



รูปแบบการก่อสร้างบ้านเรือนแถว

CONSTRUCTION PATTERN OF TOWNHOUSE

โดย

นาย กวี จินดารัตนาภรณ์

นาย วิรัช แวบบัณฑิต

นาย เอกสิทธิ์ นาคทอง

วัน เดือน ปี... ๑ สิงหาคม ๒๕๔๐

เลขทะเบียน... ๐๖๙๑๖

เลขเรียกหนังสือ... ท ๖๘๘๖ ก ๖๖๖ ๕

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ประจำปีการศึกษา ๒๕๓๘

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

037193

# **CONSTRUCTION PATTERN OF TOWNHOUSE**

**BY**

**MR. KAWEE JINDARATANAPORN**

**MR. WIRAT WAEWBUNDIT**

**MR. EKASIT NAKTHONG**

**THIS SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIRMENTS FOR THE DEGREE  
BACHELOR OF CONSTRUCTION ENGINEERING  
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEER**

**KING MONGUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**1995**

ใบยืนยันโครงการพิเศษ  
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

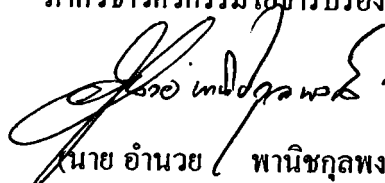
หัวข้อโครงการพิเศษ      รูปแบบการก่อสร้างบ้านเรือนแถว  
CONSTRUCTION PATTERN OF TOWNHOUSE

นักศึกษา      นาย กวี จินดารัตนาภรณ์      รหัสประจำตัว      35104017  
                                         นาย วิรัช แวบบันทิต      รหัสประจำตัว      35104391  
                                         นาย เอกสิทธิ์ นาคทอง      รหัสประจำตัว      35104573

หลักสูตร      วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขา      วิศวกรรมก่อสร้าง  
ภาควิชา      วิศวกรรมโยธา  
อาจารย์ที่ปรึกษา      อ. ศิลป์ชัย จานสุวรรณ

| คณะกรรมการสอบโครงการ  | ลายมือชื่อ |
|-----------------------|------------|
| อ. อำนวย พานิชกุลพงษ์ |            |
| ผศ. ศิริวัฒน์ ไชยชนะ  |            |
| อ. ศิลป์ชัย จานสุวรรณ |            |

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว

  
(นาย อำนวย พานิชกุลพงษ์)  
หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

การทำรายงานฉบับนี้ พวกข้าพเจ้าได้รับความอนุเคราะห์ด้านข้อมูล รวมทั้งคำชี้แนะต่าง ๆ ด้านการทำโครงการวิจัยนี้ พวกข้าพเจ้ารู้สึกสำนึกในความกรุณาและขอกราบขอบพระคุณทุกท่าน เป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ในการทำโครงการวิจัยฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงด้วยดี พวกข้าพเจ้าได้รับความอนุเคราะห์และความช่วยเหลือจาก

- อาจารย์ ศิลป์ชัย จานสุวรรณ อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้คอยให้คำชี้แนะและให้คำปรึกษา ระหว่างการทำโครงการวิจัยและได้ให้ความอนุเคราะห์ตรวจสอบแก้ไขโครงการวิจัยฉบับนี้
- พนักงาน บริษัท เจียม อินเตอร์กรุ๊ป ที่ให้ข้อมูล ให้คำปรึกษาและพาไปดูสถานที่ก่อสร้าง ระหว่างการทำโครงการวิจัยฉบับนี้
- บิดา มารดา ของพวกข้าพเจ้า ผู้คอยให้กำลังใจและกำลั้งทรัพย์ตลอดการทำโครงการวิจัยฉบับนี้

ท้ายที่สุดนี้ ขอให้ความดีและประโยชน์ทั้งหลาย อันพึงจะมี จากการทำโครงการวิจัยฉบับนี้ พวกข้าพเจ้าขอบมอบให้แก่ บิดา มารดา และครูบาอาจารย์ ที่ได้ให้การอบรมสั่งสอน และชี้แนะพวกข้าพเจ้าตลอดมา

นาย กวี จินดารัตนาภรณ์

นาย วิรัช แวบัณญัติ

นาย เอกสิทธิ์ นาคทอง

ผู้จัดทำโครงการพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## คำนำ

โครงการ รูปแบบการก่อสร้างบ้านเรือนแถว เป็นส่วนหนึ่งของวิชา Special Project ซึ่งเป็นวิชาในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิศวกรรมโยธา ซึ่งจะแสดงรายการออกแบบ การเปรียบเทียบทางค่าราคาและระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้าง เมื่อมีการก่อสร้างแบบระบบทั่วไป การก่อสร้างในระบบผนังรับแรงแบบหล่อในที่และการก่อสร้างในระบบผนังรับแรงแบบ- ขึ้นส่วนประกอบ ผู้จัดทำหวังว่า โครงการนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับการพิจารณา เพื่อที่จะนำไปใช้งานการก่อสร้างโครงการการก่อสร้างบ้านเรือนแถว

นาย กวี จินคาร์ตนารถ

นาย วิรัช แววบัณฑิต

นาย เอกสิทธิ์ นาคทอง

ผู้จัดทำโครงการพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

|                    |                                                                       |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| หัวข้อโครงการพิเศษ | รูปแบบการก่อสร้างของบ้านเรือนแถว                                      |
| นักศึกษา           | นาย กวี จินดารัตนาภรณ์<br>นาย วิรัช แววบัณฑิต<br>นาย เอกสิทธิ์ นาคทอง |
| อาจารย์ที่ปรึกษา   | อ. ศิลป์ชัย จานสุวรรณ                                                 |
| ระดับการศึกษา      | วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมการก่อสร้าง                           |
| ภาควิชา            | วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์                                        |
| พ.ศ.               | 2539                                                                  |

### บทคัดย่อ

ในปัจจุบันความต้องการที่อยู่อาศัยได้เพิ่มขึ้นอย่างมาก บ้านเรือนแถวก็เป็นที่อยู่อาศัยแบบหนึ่งที่มีความต้องการอย่างมาก เนื่องจากมีราคาถูกและมีความเป็นส่วนตัว จึงเป็นที่ต้องการสำหรับบุคคลโดยทั่วไปแต่ระบบการก่อสร้างที่ใช้ก่อสร้างส่วนใหญ่นั้นก็ยังคงเป็นระบบทั่วไป ซึ่งใช้เวลาการก่อสร้างนานและจำเป็นที่จะต้องการแรงงานมาก การที่ใช้แรงงานมากนี้สามารถทำให้เกิดปัญหาที่จะตามมาได้มากขึ้น เช่นปัญหาราคาค่าแรงงานซึ่งมีราคาสูงขึ้นอย่างมาก ในปัจจุบัน ปัญหาการขาดแคลนแรงงานซึ่งจะมีผลทำให้การแล้วเสร็จของโครงการช้าลง ด้วยเหตุนี้จึงมีความจำเป็นที่จะต้องนำระบบอุตสาหกรรมการก่อสร้างเข้ามาใช้ในการก่อสร้าง

ระบบอุตสาหกรรมการก่อสร้างมีหลายรูปแบบ เช่นระบบกำแพงรับน้ำหนัก ( Bearing wall ) และระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป( Prefabrication ) เป็นต้น การนำระบบอุตสาหกรรมการก่อสร้างเข้ามานั้น นอกจากจะทำให้เกิดความรวดเร็วในการก่อสร้างแล้วยังจะสามารถที่จะลดค่าแรงงานในการก่อสร้างได้อีกด้วย ถ้ามีการออกแบบโครงการให้มีโครงสร้างที่มีความเหมาะสม

**Project Title** CONSTRUCTION PATTERN OF TOWNHOUSE  
**Student** MR. KAWEE JINDARATANAPORN  
MR. WIRAT WAEWBUNDIT  
MR. EKASIT NAKTHONG  
**Project Adviser** MR. SILPCHAI JARNSUWAN  
**Level of Study** Bachelor of Engineering in Construction Engineering  
**Department** Civil Engineering Faculty of Engineering King Mongkut's Institute  
of Technology Ladkrabang  
**Year** 1996

### ABSTRACT

Nowadays, the desires for housing are extremely increasing . Tounhouse is one of housing that is desired by many people because it is low price and private but it's construction method ,Conventional method, uses more time for construction and more workers. Because it uses more workers, it also can creat many problem ,for example the expensive worker's wage problem , the shortage of workers that can be done the construction period slow etc. So it has to use the construction industry system

The construction industry system has got a variety of method ,for instance Bearing wall system and Prefabrication system etc. Using the construction industry not only can reduce construction period but also can reduce worker's wage if project's structure was specifically designed .

## บทนำ

ในระยะ 4-5ปีมานี้ ได้มีความต้องการที่อยู่อาศัยมากขึ้น เนื่องมาจากประเทศไทยมีการเพิ่มขึ้นของประชากรอย่างรวดเร็วและได้มีการอพยพเข้ามาทำงานในเมืองมากขึ้น ในขณะนี้นับว่าเรือนแถวก็เป็นที่อยู่อาศัยแบบที่มีความต้องการอย่างสูงมาก เนื่องจากมีราคาถูกและมีพื้นที่ใช้สอยพอประมาณเหมาะกับครอบครัวขนาดเล็ก นอกจากนี้ยังมีความเป็นส่วนตัวซึ่งเหมาะกับนิสัยของคนไทยที่ชอบความเป็นส่วนตัว ทางด้านบริษัทเอกชนก็ได้มีการดำเนินการก่อสร้างบ้านเรือนแถวเพื่อให้ทันเพียงพอกับความต้องการนี้

ระบบการก่อสร้างของบริษัทเอกชนส่วนใหญ่ที่ใช้กัน จะเป็นการก่อสร้างแบบทั่วไป (Conventional) ซึ่งการก่อสร้างในระบบนี้จำเป็นที่จะต้องใช้เวลาและแรงงานในการก่อสร้างเป็นอันมาก แต่ในสภาวะปัจจุบันราคาค่าแรงงานได้มีการเพิ่มขึ้นมากและยังจะมีค่าใช้จ่ายต่างๆที่จะตามมาเช่นค่าใช้จ่ายอื่นเนื่องมาจากการสร้างที่พักของคนงานมากขึ้น นอกจากนี้ในการก่อสร้างแบบทั่วไป นั้นมีการใช้แบบไม้ซึ่งมีราคาแพงและใช้ได้เพียง 2-3 ครั้ง แต่ในการก่อสร้างของโครงการบ้านเรือนแถวนั้นมีโครงสร้างที่ซ้ำกันและมีการก่อสร้างเป็นจำนวนมาก ดังนั้นการนำการก่อสร้างเข้ามาเป็นระบบอุตสาหกรรม ซึ่งมีการก่อสร้างโดยใช้แบบหล่อที่เป็นเหล็กซึ่งสามารถใช้ได้เป็นจำนวนมากครั้งก็น่าจะมีส่วนช่วยลดเวลาในการก่อสร้างและลดราคาค่าก่อสร้างได้เมื่อมีการก่อสร้างได้เมื่อมีการก่อสร้างเป็นจำนวนมากจริงๆ เนื่องจากในระบบอุตสาหกรรมจำเป็นที่จะต้องมีการลงทุนในขั้นต้นที่สูงมากแต่เมื่อมีการก่อสร้างเป็นจำนวนมากก็จะทำให้ค่าใช้จ่ายในส่วนนี้มีอัตราส่วนราคาต่อชิ้นส่วนลดลงไปได้มากซึ่งอาจจะถูกกว่าการก่อสร้างแบบทั่วไปก็ได้

ดังนั้นการที่จะพิจารณาถึงการนำระบบอุตสาหกรรมการก่อสร้างมาใช้ในการก่อสร้างจึงเป็นเรื่องที่ควรที่จะพิจารณาศึกษาอย่างยิ่ง

วัตถุประสงค์ของโครงการพิเศษ

1. เพื่อทำการศึกษารูปแบบการก่อสร้างและวิเคราะห์ข้อดี-ข้อเสีย ของรูปแบบการก่อสร้างของบ้านเรือนแถวที่ใช้อยู่ในปัจจุบันกับรูปแบบการก่อสร้างที่จะนำมาพิจารณาซึ่งเป็นระบบที่มีการใช้อยู่ในอุตสาหกรรมการก่อสร้าง



## ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในโครงการพิเศษ

แนวความคิดที่ใช้ในโครงการพิเศษ คือรูปแบบการก่อสร้างที่ใช้ในอุตสาหกรรมการก่อสร้างในปัจจุบันนี้ ซึ่งน่าจะมีความเหมาะสมในการก่อสร้างในโครงการการก่อสร้างบ้านเรือนแถวขนาดใหญ่ คือ

1. ระบบกำแพงรับน้ำหนักแบบหล่อในที่(Cast in Place Bearing wall )
2. ระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป ( Prefabrication )

## ขอบเขตของโครงการพิเศษ

นำแบบบ้านแถวสองชั้น มาทำการศึกษาทั้งในด้านราคา การวางแผนการก่อสร้าง และนำมาออกแบบโครงสร้างใหม่ให้เป็นโครงสร้างในระบบอุตสาหกรรมการก่อสร้างที่จะนำมาพิจารณาคือระบบกำแพงรับน้ำหนักแบบหล่อในที่และระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป แล้วทำการเปรียบเทียบทั้งทางด้านราคาและการวางแผนการก่อสร้าง โดยจะมีการหาข้อมูลทางด้านราคาและเทคนิคการก่อสร้าง ซึ่งจะหาข้อมูลเหล่านี้จากบริษัทเอกชนต่างๆที่ดำเนินการก่อสร้างในระบบดังกล่าวแล้วประสบความสำเร็จ

## ผลที่คาดว่าจะได้รับการทำโครงการพิเศษ

1. ได้รับความรู้ในด้าน ขั้นตอนและเทคโนโลยีการก่อสร้างในระบบอุตสาหกรรมการก่อสร้างในปัจจุบัน
2. สามารถเปรียบเทียบและวิเคราะห์ข้อดี-ข้อเสียในแง่ต่างๆของระบบการก่อสร้างที่นำมาพิจารณาได้

## สารบัญ

|                                                                                          | หน้า |
|------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| บทที่ 1 การดำเนินการก่อสร้าง                                                             | 1    |
| 1.1 ความต้องการที่อยู่อาศัยในปัจจุบัน                                                    | 1    |
| 1.2 รูปแบบการดำเนินการก่อสร้าง                                                           | 1    |
| 1.3 รูปแบบการก่อสร้างเพื่อการพัฒนาการดำเนินการก่อสร้าง                                   | 2    |
| บทที่ 2 วัสดุอุปกรณ์                                                                     |      |
| 2.1 คอนกรีต                                                                              | 4    |
| 2.2 แก๊ส, มอร์ต้า, และแผ่นแข็ง                                                           | 21   |
| 2.3 เหล็กเสริม                                                                           | 24   |
| บทที่ 3 การออกแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กโดยทฤษฎีอิลาสติก<br>(Working Stress Design)       | 46   |
| 3.1 นิยามทั่วไป                                                                          | 46   |
| 3.2 การออกแบบ                                                                            | 47   |
| บทที่ 4 การออกแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กโดยทฤษฎีกำลังประลัย<br>(Ultimate Strength Design) | 71   |
| 4.1 นิยามทั่วไป                                                                          | 71   |
| 4.2 การออกแบบ                                                                            | 73   |
| บทที่ 5 การก่อสร้างระบบธรรมดา และระบบสำเร็จรูป                                           | 86   |
| 5.1 บ้านพักอาศัยระบบธรรมดา                                                               | 86   |
| 5.2 บ้านพักอาศัยสำเร็จรูป (Prefabrication House)                                         | 92   |
| บทที่ 6 ขบวนการผลิต                                                                      | 111  |
| 6.1 กล่าวนำ                                                                              | 111  |
| 6.2 การออกแบบทางโครงสร้าง                                                                | 112  |
| 6.3 ข้อจำกัดของความเค้น                                                                  | 113  |
| 6.4 ส่วนประกอบความปลอดภัย                                                                | 120  |
| 6.5 วิธีที่ใช้ในการยกและความเค้น                                                         | 120  |
| 6.6 การเก็บสำรอง                                                                         | 124  |

|                                                      | หน้า |
|------------------------------------------------------|------|
| 6.9 การประกอบ                                        | 134  |
| บทที่ 7 การยึดในคอนกรีตสำเร็จรูป                     | 135  |
| 7.1 กล่าวนำ                                          | 135  |
| 7.2 ชนิดของจุดต่อ                                    | 136  |
| 7.3 คำแนะนำสำหรับแผ่นที่ไม่ได้รับน้ำหนัก             | 139  |
| 7.4 ตำแหน่งของรอยต่อ                                 | 154  |
| 7.5 การวิเคราะห์และการออกแบบจุดต่อ                   | 155  |
| 7.6 ชนิดของรอยต่อสำหรับผนังรับแรง                    | 182  |
| 7.7 ชนิดของรอยต่อสำหรับผนังที่ไม่ได้รับแรง           | 188  |
| บทที่ 8 เทคนิคการก่อสร้าง                            | 193  |
| 8.1 Conventional Construction                        | 193  |
| 8.2 Cast In Place Construction                       | 197  |
| 8.3 Pre-Cast Baring Wall                             | 199  |
| บทที่ 9 ตัวอย่างการออกแบบ การประมาณราคา และการวางแผน | 202  |
| ตัวอย่างการออกแบบ                                    | 202  |
| การประมาณราคา                                        | 231  |
| การวางแผน                                            | 288  |
| บทที่ 10 สรุปวิจารณ์                                 | 296  |
| 10.1 ผลการศึกษา                                      | 296  |
| 10.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกรูปแบบในการก่อสร้าง     | 297  |
| ภาคผนวก                                              |      |
| บรรณานุกรม                                           |      |

## บรรณานุกรม

1. PCI Manual For Structural Design of Architecture Precast Concrete , MNL 121-77 ,Prestressed concrete Institue , 1977.
2. สนั่น เจริญเผ่า และ วินิต ช่อวิเชียร , คอนกรีตเสริมเหล็ก , พิมพ์ครั้งที่ 7 , พ.ศ. 2530 .
3. สนั่น เจริญเผ่า และ วินิต ช่อวิเชียร , การออกแบบโครงสร้างไม้และโครงสร้างเหล็ก , พิมพ์ครั้งที่ 7 , พ.ศ. 2530 .



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 1

### การดำเนินการก่อสร้าง

#### 1.1 ความต้องการที่อยู่อาศัยในปัจจุบัน

ที่อยู่อาศัยเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญอย่างหนึ่งของมนุษย์ อาคารที่อยู่อาศัยมีความต้องการสูงมากในปัจจุบัน หากมองภาพรวมธุรกิจอสังหาริมทรัพย์ประเภทที่อยู่อาศัยในปัจจุบันพบว่าการขยายตัวเพิ่มมากขึ้นจนดูเหมือนกับเกินความต้องการ แต่แท้จริงแล้วเมื่อความต้องการส่วนใหญ่ของประชาชนเป็นผู้ที่มีรายได้น้อย ยังคงมีความต้องการอีกมาก การก่อสร้างจึงเกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา

ที่อยู่อาศัยที่ได้รับความนิยมอย่างมาในผู้ที่มีรายได้อานกลางและผู้มีรายได้น้อย ได้แก่ บ้านเรือนแถวหรือที่นิยมเรียกกันว่าทาวน์เฮาส์ ( TOWN HOUSE ) เนื่องจากมีราคาต่อหน่วยค่อนข้างเหมาะสมกับรายได้ หรือผู้ที่เริ่มจะมีบ้านหลังแรก อีกทั้งยังมีขนาดพื้นที่ใช้สอยเหมาะสมกับครอบครัวใหม่

จากข้อมูลการสำรวจที่อยู่อาศัยในปี 2537 ที่ผ่านมา ปริมาณส่วนแบ่งในการก่อสร้างที่เป็นอาคารเรือนแถว มีปริมาณการก่อสร้างสูงถึง 40.29 % ของการก่อสร้างทั้งหมด โดยมีราคาประมาณ 600,000 - 1,000,000 บาท

จากที่กล่าวมาในขั้นต้นนั้นแสดงให้เห็นถึงตลาดที่อยู่อาศัยมีความต้องการอาคารเรือนแถวเป็นอย่างมาก การก่อสร้างอาคารเรือนแถวจึงมีความจำเป็นต้องเน้นทางด้านราคาในการก่อสร้างเพื่อเป็นการลดต้นทุนในการผลิต และระยะลดเวลาในการก่อสร้างเนื่องจากผู้ที่ทำการเลือกซื้อมักมีความต้องการเช่าอยู่อาศัยได้ในทันทีหรือเร็วที่สุดที่สามารถจะกระทำได้

#### 1.2 รูปแบบการดำเนินการก่อสร้าง

การสร้างที่อยู่อาศัยสำหรับประชาชน โดยเฉพาะผู้ที่มีรายได้น้อยและปานกลาง ต้องคำนึงถึงสภาพอาคารที่มีความทันสมัยเหมาะสมขึ้น มีการใช้สภาพแวดล้อมและใช้ที่ดินให้มีความคุ้มค่ามากขึ้นตามภาวะเศรษฐกิจในปัจจุบัน และเพื่อประโยชน์ต่อผู้บริโภคที่มีความต้องการที่เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อยู่อาศัยที่เพิ่มขึ้นอย่างมากในปัจจุบัน จึงมีการร่วมลงทุนของภาคเอกชนหลายรูปแบบเพื่อทำการผลิตที่อยู่อาศัยให้เพียงพอต่อความต้องการของตลาด

ในการทำงานที่ผ่านมา ผู้ดำเนินโครงการหรือเจ้าของจะเป็นที่ออกแบบรูปแบบทางด้านสถาปัตยกรรมที่อยู่อาศัย การออกแบบผังโครงการ การออกแบบโครงสร้างต่างๆเอง ทำการออกหนังสือเชิญชวนเข้าทำการประกวดราคาในการก่อสร้าง และทำการคัดเลือกผู้ชนะการประกวดราคามาดำเนินการในการก่อสร้าง

การทำงานในลักษณะนี้มีผลทำให้การดำเนินงานในการก่อสร้างเกิดความล่าช้า เนื่องจากเป็นระบบการก่อสร้างแบบเก่า ซึ่งต้องใช้แรงงานในการก่อสร้างจำนวนมาก และใช้เวลาในการทำงานสูง ถ้าผู้รับเหมาและผู้ที่เป็นเจ้าของโครงการได้ร่วมมือกัน พัฒนาการก่อสร้างไปสู่ระบบการก่อสร้างแบบอุตสาหกรรม ที่จะมีการนำรูปแบบการก่อสร้างสมัยใหม่มาใช้มากขึ้น มีการใช้เทคโนโลยีการก่อสร้างสูงขึ้น เป็นการยกระดับการทำงานให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น สามารถทำการก่อสร้างให้มีความรวดเร็วทันต่อความต้องการที่อยู่อาศัยที่มากขึ้นในสภาพปัจจุบัน

### 1.3 รูปแบบการก่อสร้างเพื่อการพัฒนาการดำเนินการก่อสร้าง

การดำเนินการของภาคเอกชนนั้นจะมุ่งดำเนินการในรูปแบบการก่อสร้างสมัยใหม่ คือ การลดแรงงานในการก่อสร้าง การนำเครื่องจักรเข้ามาใช้แทนแรงงานคน การก่อสร้างที่ใช้ระยะเวลาในการก่อสร้างที่สั้นลงเพื่อลดสถานะการเสี่ยงต่างปัญหาต่างๆที่จะเกิดขึ้น

การคัดเลือกรูปแบบในการก่อสร้างมีความสำคัญอย่างยิ่งในด้านการก่อสร้างที่มีความต้องการเป็นจำนวนมาก การที่มีรูปแบบทางด้านสถาปัตยกรรมเหมือนเดิม คือ มีการใช้แบบเดิมๆ ในการก่อสร้างจะทำให้มีการทำงานที่เป็นรูปแบบที่แน่นอน สามารถทำการควบคุมทั้งทางด้านการใช้วัสดุอุปกรณ์ การกำหนดระยะเวลาในการก่อสร้าง และการควบคุมระยะเวลาในการก่อสร้างโครงการทั้งหมด

การก่อสร้างที่มีรูปแบบซ้ำๆกันนั้นมีผลดีต่อการก่อสร้างในรูปแบบอุตสาหกรรม กล่าวคือ การที่มีรูปแบบซ้ำๆกันมากๆนี้ ทำให้ภาคเอกชนสามารถกล้าทำการลงทุนสร้างในส่วนของการสร้างโรงงานในการผลิตชิ้นส่วนอาคารสำเร็จรูป การสร้างแบบหล่อที่ใช้งานได้เป็นจำนวนมากครั้ง ซึ่งมีผลในด้านต้นทุนในการก่อสร้างที่จะมีอัตราลดลงเมื่อการก่อสร้างในรูปแบบนี้มีปริมาณในการผลิตที่มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่โรงเรียนสถาปัตย์ให้การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การดำเนินนโยบายที่อยู่อาศัยราคาถูกสำหรับผู้มีรายได้น้อย ในการสร้างโครงการใหม่ในแต่ละโครงการนั้น มักจะเป็นชุมชนที่มีขนาดใหญ่ มีการก่อสร้างเป็นหน่วยในระดับสูง มีรูปแบบที่ซ้ำกันเป็นจำนวนมาก การคัดเลือกรูปแบบการก่อสร้างจึงเป็นข้อพิจารณาข้อหนึ่งในการตัดสินใจดำเนินการ เพื่อให้ได้การก่อสร้างที่มีประสิทธิภาพสูง

รูปแบบการก่อสร้างสมัยใหม่นี้มีอยู่มากมายหลายรูปแบบ การนำเสนอในครั้งนี้จะเป็นการนำเสนอรูปแบบการก่อสร้างที่สามารถทำการก่อสร้างได้ โดยไม่ต้องใช้การดำเนินการที่ใช้เทคนิคการก่อสร้างที่มีความยุ่งยาก มีการใช้เครื่องมือที่มีราคาในการทำงานสูงหรือมีความซับซ้อนทั้งในการออกแบบและการดำเนินการก่อสร้าง

รูปแบบที่นำเสนอในที่นี้ คือ

- การก่อสร้างแบบ CONVENTIONAL
- การก่อสร้างแบบ CAST IN PLACE BEARING WALL
- การก่อสร้างแบบ PRE CAST BEARING WALL ( Prefabrication )

การที่เราใช้ระบบกำแพงรับน้ำหนักในการพิจารณาในครั้งนี้เนื่องจาก การก่อสร้างแบบหล่อในที่นี้ เป็นการหล่อทุกชิ้นส่วนของอาคาร การใช้ผนังรับแรงจะเป็นการประหยัดในส่วนของการสร้างคานและเสา เพื่อให้การทำงานเป็นไปได้สะดวกและมีความรวดเร็ว

ในระบบชิ้นส่วนสำเร็จก็มีผลสืบเนื่องอันเดียวกันกับที่ได้กล่าวมาในระบบการก่อสร้างแบบหล่อในที่

## บทที่ 2

### วัสดุอุปกรณ์

#### 2.1 คอนกรีต

คอนกรีตใช้ผลิตท่อนและชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จในเชิงสถาปัตยกรรม ซึ่งมีลักษณะพิเศษสามารถรับกำลังอัดได้สูง เนื่องจากอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (w/c) ต่ำ และปริมาณซีเมนต์สูง การหดตัว และการครีป (คืบ) ต่ำ เพราะค่ายุบตัวและปริมาณน้ำน้อย คอนกรีตมีความทนทานสูง เพราะว่า w/c ต่ำ มีการใช้สารกักการกระจายฟองอากาศ และมวลรวมที่แข็งแรง

ปกติมวลรวมที่เลือกใช้กับคอนกรีตที่ต้องการโชว์ผิวหน้าคือ ควอทซ์ แกรนิต หรือหินอ่อน ซึ่งมีหลากหลายสายและสี แต่สิ่งเหล่านี้แพงกว่าทรายและกรวดธรรมดา ซึ่งอาจใช้ผลิตคอนกรีตในเชิงสถาปัตย์ได้เช่นเดียวกัน สิ่งที่ต้องสนใจเป็นพิเศษคือ การพิจารณาว่ามวลรวมในท้องถิ่น ซึ่งราคาถูกกว่าหาได้ง่ายกว่านั้นต้องไม่มีสนิมและรอยค่าง เมื่อมวลรวมเหล่านั้นปรากฏต่อสิ่งแวดล้อม

คุณสมบัติของคอนกรีตในเชิงสถาปัตย์ส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับสัดส่วนผสม, มวลรวม, ชนิดของซีเมนต์, เทคนิคการผสม, การบ่ม, สภาพ และอายุของคอนกรีต ซึ่งอาจถูกกระทบกระเทือนทำให้เกิดผลเสียเนื่องจากสภาพสิ่งแวดล้อม ซึ่งหมายถึง อุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์และแสงแดด

การทดสอบหาความแข็งแรงโดยวิธีปกติธรรมดา จะได้ค่าคุณสมบัติของคอนกรีตแข็ง ซึ่งมีอยู่

#### 3 ประการ ดังนี้

1. ความแข็งแรงในคานกำลังอัดและกำลังดึง มีผลโดยตรงต่อคุณสมบัติ ของชิ้นส่วนคอนกรีต
2. ในบรรดาคุณสมบัติทั้งหมดของคอนกรีตแข็ง ความแข็งแรงสามารถหาได้ง่ายมาก
3. ผลของการทดสอบความแข็งแรงสามารถใช้เป็นเครื่องมือวัดคุณสมบัติที่สำคัญของคอนกรีตได้

ในบทนี้เน้นหนักที่คุณสมบัติทางกายภาพ(physical) ของคอนกรีตแข็ง ซึ่งน่าสนใจเป็นพิเศษในการดีไซน์ส่วนประกอบของคอนกรีตอัดแรงในเชิงสถาปัตย์ คุณสมบัติของคอนกรีตที่ถูกรวบรวมแบบทั้งหมดอ้างอิงจาก "Hand book of Concrete Engineering"



### 2.1.1 กำลังอัด

w/c และระดับกาเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชัน ซึ่งดำเนินไปในขอบเขตที่กว้าง ในการหาคุณภาพของคอนกรีตสำหรับซีเมนต์และมวลรวมที่กำหนด ความแข็งแรงอาจเพิ่มขึ้นภายใต้อิทธิพลของ

- (1) w/c
- (2) อัตราส่วนซีเมนต์ต่อมวลรวม
- (3) ขนาดกละ, ผิวหน้า, รูปร่าง, ความแข็งแรงและความแข็งแรงของมวลรวม
- (4) ขนาดโคสดูของมวลรวม

ส่วนองค์ประกอบอื่นๆ ซึ่งอาจมีผลต่อความแข็งแรง คือ

- (1) ชนิดของซีเมนต์
- (2) จำนวนและชนิดของสารผสมเพิ่ม
- (3) แร่ธาตุที่เป็นส่วนประกอบของมวลรวม
- (4) การผสม

กำลังอัดของคอนกรีตเพิ่มขึ้นเมื่อค่า w/c ลดลง เพราะกำลังอัดสูงเป็นสัดส่วนกับค่า w/c ที่ต่ำ ปกติกำลังอัดของ คอนกรีตที่ 28 วันอยู่ในช่วง 5000-8000 psi

การวัดกำลังอัดโดยการทดสอบมาตรฐาน คอนกรีตทรงกระบอกขนาด 6\*12 นิ้ว ตาม ASTM C31, " Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field" , ASTM C192, " Making and Curing Concrete Test Specinuns." อย่างไรก็ตามการผลิตคอนกรีต ปกติใช้ตัวอย่างทรงกระบอก 4 \*8 นิ้ว และลูกบาศก์ 4 นิ้ว เนื่องจากลูกบาศก์จะให้ค่ากำลังอัดสูงกว่าทรงกระบอกโดยกำลังอัดของทรงกระบอกเป็น 80 % ของลูกบาศก์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้ผลิตคอนกรีตหล่อสำเร็จจะมีข้อมูลที่จะให้ค่า factor ที่ถูกต้อง

### ชนิดของซีเมนต์

การประมาณความสัมพันธ์ของกำลังอัดของคอนกรีตซึ่งทำจากซีเมนต์ชนิดที่ 1 และชนิดที่ 3 ที่อายุต่างกัน 4 ช่วงอายุ สมมติว่าชนิดที่ 1 มีความแข็งแรง 100 % ที่แต่ละอายุ ดังแสดงในตาราง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Relative strength of architectural concrete as affected by type of cement

| Type of Portland Cement* | Compressive Strength — % of strength of concrete made with Type I cement |        |         |          |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------|--------|---------|----------|
|                          | 1 day                                                                    | 7 days | 28 days | 3 months |
| I                        | 100                                                                      | 100    | 100     | 100      |
| III                      | 150                                                                      | 125    | 110     | 105      |

Type I — Normal portland cement

Type III — High-early strength portland cement

## ตารางที่ 2.1

การแข็งตัวของซีเมนต์ชนิดที่ 3 เป็นเหตุผลที่ผู้ผลิตคอนกรีตสำเร็จใช้ซีเมนต์ชนิดแข็งตัวเร็วในการทำงานหลายอย่าง

คอนกรีตปกติทำด้วยซีเมนต์เทาและขาวตามข้อกำหนด ASTM 450, ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ชนิดที่ 3 และชนิดที่ 1 ของปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ ปกติซีเมนต์ขาวชนิดที่ 1 มีความแข็งแรงระหว่างซีเมนต์ชนิดที่ 1 และ ชนิดที่ 3 ดังในตารางที่ 2.1

เมื่อเร็ว ๆ นี้มีการทดลองเกี่ยวกับสารลดปริมาณน้ำพบว่าความคอนกรีตมีความแข็งแรงที่ 1 วัน ถึง 80 % กำลังอัดที่ 28 วัน

### เทคนิคการบ่ม

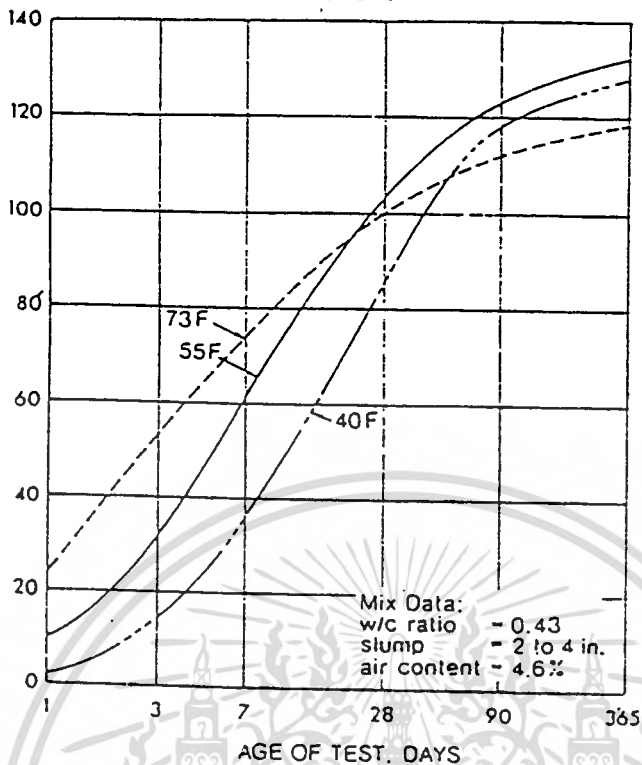
ช่วงเวลาในการบ่มคอนกรีตซึ่งทำในแบบโดยใช้สิ่งปกคลุมเพื่อป้องกันการสูญเสียความชื้น และในบางกรณีสามารถนำความร้อนที่เกิดขึ้นไปใช้ได้ โดยทั่วไปขั้นตอนการบ่มไม่จำเป็นเพราะว่าความเค้นสูงสุดในผลิตภัณฑ์คอนกรีตเกิดขึ้นระหว่างการถอดแบบและการยก

ข้อมูลแสดงความสัมพันธ์ของผลกระทบจากเวลาและอุณหภูมิในการบ่มคอนกรีตมีน้อย อย่างไรก็ตาม ผลกระทบของอุณหภูมิสูงและต่ำอาจทำนายได้จากรูปที่ 2.1 และ 2.2

ข้อมูลเหล่านี้ขึ้นอยู่กับวิธีการบ่มคอนกรีตที่ต่อเนื่อง

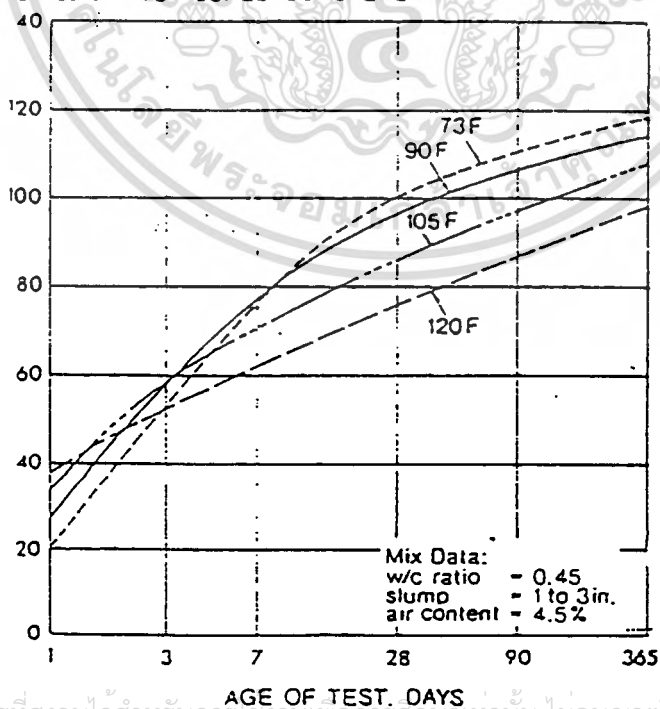
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COMPRESSIVE STRENGTH, %  
OF 28-DAY 73 F CURED CONCRETE



รูปที่ 2.1

COMPRESSIVE STRENGTH, %  
OF 28-DAY 73 F CURED CONCRETE

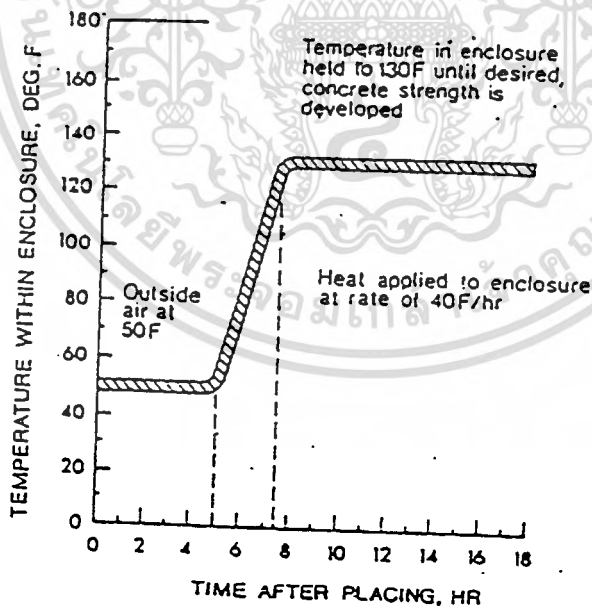


รูปที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.1 แสดงถึงความสัมพันธ์ของอายุกับการกำลังอัดสำหรับคอนกรีตประกอบด้วย ส่วนผสมของซีเมนต์ชนิดที่ 1 และการบ่มที่ อุณหภูมิ 40, 55 และ 73 F อย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 28 วัน หลังจาก 28 วัน คอนกรีตถูกบ่มที่ 73 F ลักษณะการเพิ่มความแข็งแรงช้าๆ ที่ 40 และ 55 F มักเกิดขึ้นในฤดูหนาว เพื่อไม่ให้ให้ความร้อนกับมวลรวมและน้ำ เมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตซึ่งใช้ซีเมนต์ชนิดที่ 3 ก็ยังคงเหมือนเดิม ยกเว้นคอนกรีตแข็งตัวเร็ว

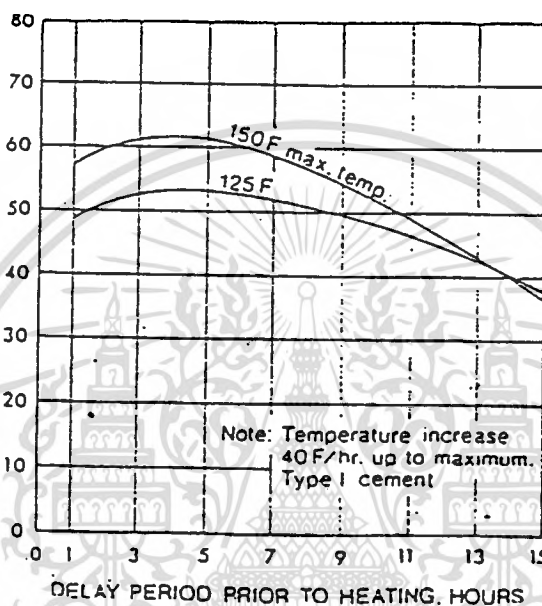
ผลกระทบของส่วนผสมและการบ่มคอนกรีตที่อุณหภูมิ 73, 90, 105 และ 120 F อย่างต่อเนื่อง 28 วัน แสดงดังรูป 2.2 หลังจาก 28 วัน คอนกรีตได้รับการบ่มที่ 73 F ซึ่งสภาวะเช่นนี้มักเกิดขึ้นกับสภาพอากาศร้อนการบ่มในไม้แบบปกติคอนกรีตจะมีกำลังอัด 2000 ถึง 2500 psi ที่อายุ 16 ถึง 20 ชั่วโมง หากว่าเป็นคอนกรีตแข็งตัวเร็วแล้วจำเป็นต้องใช้เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติระหว่างการถอดแบบ ซึ่งช่วยต้านทานการแตกร้าวแล้วการบ่มความร้อนจะถูกใช้เร่งกำลังอัดและกำลังดึงของคอนกรีต เมื่อเทคนิคการบ่มความร้อนถูกใช้คอนกรีตจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นระหว่าง 110-1240 F ระหว่างช่วง 10-18 ชั่วโมงที่ บ่มด้วยความร้อน แสดงดังรูป 2.3



รูปที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.4 แสดงถึงการบ่มด้วยความร้อนที่ 125 และ 150 F ใช้เวลา 18 ชม.แล้วจึงถอดแบบจะเพิ่มความแข็งแรงถึง 50-65 % ของกำลังที่ 28 วัน ของการบ่มคอนกรีตด้วยการใช้ปูนซีเมนต์ชนิดที่ 1 ถ้าใช้ปูนซีเมนต์ชนิดที่ 3 ความแข็งแรงที่ 18 ชม. จะอยู่ที่ 60-80 % ที่ 28 วัน ของกำลังอัดที่บ่มด้วยความชื้น



รูปที่ 2.4

เมื่อพิจารณารูปที่ 2.4 จะสังเกตได้ว่า ช่วงเวลาที่ก่อนถึงความร้อนปกติ อยู่ในช่วง 2-6 ชม. ช่วงเวลา 6 ชม. ถัดมาจะไม่ค่อยเกิดขึ้น

การทดสอบข้อมูลแสดงให้เห็นว่า ความแข็งแรงของคอนกรีตซึ่งหล่อด้วยอุณหภูมิปกติ และบ่มคอนกรีตด้วยความร้อน และเมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิในระยะเวลาอันสั้น จะได้ความแข็งแรงของคอนกรีต 90-150 % ของความแข็งแรงที่ 28 วัน สำหรับคอนกรีตชนิดเดียวกัน ที่ได้รับการบ่มคอนกรีตที่ความชื้น 73 F

#### คอนกรีตที่กระจายฟองอากาศ

ตามทฤษฎีการควบคุมคุณภาพคอนกรีตได้แนะนำว่า ภายใต้สภาวะอากาศเป็นน้ำแข็งและเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ใช้ประโยชน์ในการค้า

ผสมของคอนกรีต มีความแตกต่างในค่าปริมาณของปูนซีเมนต์ที่ใช้กันอยู่ 4-7 % ขนาดมวลรวมและค่าการยุบตัว ดังนั้นการกำหนดปริมาณการใช้สารกักกระจายฟองอากาศ จะเป็นตัวกำหนดปริมาณของอากาศ ที่ค่า w/c คงที่ค่าหนึ่งจะมีกำลังของคอนกรีตลดลงประมาณ 5 % สำหรับปริมาณอากาศที่เพิ่มขึ้น 1 % และที่ความสามารถในการทำงานเดียวกัน การลดลงของความแข็งแรงเนื่องจากการใช้สารกักกระจายฟองอากาศเพื่อเพิ่มปริมาณอากาศมีน้อยมาก

### 2.1.2 ความแข็งแรงตอแรงดึง

คอนกรีตจะมีความต้านทานตอแรงดึงประมาณ 10 % ของกำลังอัดประลัย การออกแบบจะถือว่าคอนกรีตไม่มีคุณสมบัติในการรับแรงดึงเลย คอนกรีตที่มีการหล่อสำเร็จรูปต้องมีความต้านทานต่อการแตกร้าวจากแรงดึงเนื่องจากการขยาย คอนกรีตแม้จะไม่รับแรงดึงโดยตรงก็ตาม แต่การทรบค่านี้อจะช่วยในการควบคุมการแตกร้าวของคอนกรีตเนื่องจากผลกระทบต่างๆ เช่น อุณหภูมิ การหดตัว

วิธีวัดแรงดึงของคอนกรีตมี 3 วิธีด้วยกัน คือ

- 1 Direct Tensile Test
- 2 Flexural Strength Test
- 3 Splitting Test

การทดสอบทั้ง 3 แบบนี้ยังไม่มีความมาตรฐานที่แน่นอนเนื่องจากมีปัจจัยหลายอย่างในการทดสอบ ค่าที่ได้จึงมีความแตกต่างกัน เราจึงหาลำดับจาก 7-12 % ของกำลังอัด

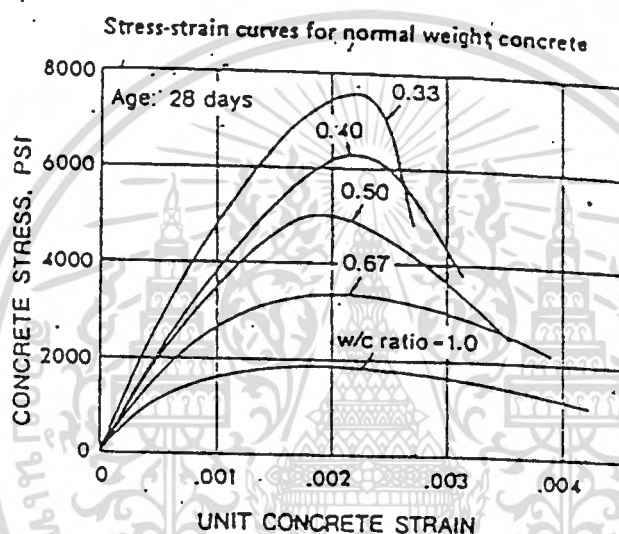
### กำลังคัค

การทดสอบกำลังคัคของคอนกรีตสามารถทำได้ตาม ASTM C78 โดยการทดสอบคานคอนกรีตขนาดเล็กๆ เราสามารถหาได้จากผลของค่ากำลังแตกหัก ( Modulus of Rupture ) ซึ่งค่านี้จะขึ้นอยู่กับการศึกษาขอบเขตของแบบกระจาย สภาพความชื้น ขนาดของตัวอย่าง

คอนกรีตที่มีมวลรวมเบา ซึ่งปล่อยให้แห้งจะมีกำลังแตกหักน้อยกว่า เมื่อทำการบ่มด้วยความชื้น การลดลงเนื่องจากอากาศที่แห้งจะมีค่ามากกว่าในคอนกรีตที่ชื้นมวลรวมหนัก กำลังคัคเป็นผลจากความแข็งแรงของมวลรวมหยาบ และการยึดเหนี่ยวตัวระหว่างมวลรวมหยาบกับการปูน

ซีเมนต์ เมื่อมีกำลังอัดเท่าๆกันแล้ว คอนกรีตเบาจะมีความแข็งแรงต่ำกว่าคอนกรีตปกติ เนื่องจากคอนกรีตเบาจะมีการแตกตัวมากขึ้นเมื่ออยู่ในสภาวะอากาศแห้ง การใช้ทรายปกติในส่วนผสมจะสามารถเพิ่มการยึดเหนี่ยวได้ดีขึ้น

## 2.13 โมดูลัสยืดหยุ่น



รูปที่ 2.6

คอนกรีตมิใช่วัสดุที่มีความยืดหยุ่นอย่างแท้จริง รูปที่ 2.6 แสดงให้เห็นถึง กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค้นและค่าความเครียด ที่ค่า w/c ต่างๆกัน จะเห็นว่ามีช่วงที่เป็นเส้นตรงอยู่ประมาณ 35-50 % ของความเค้นสูงสุด ลักษณะที่สำคัญคือ ความอัดสูงสุดจะมีความเครียดอัดอยู่ที่ค่าประมาณ 0.0020 - 0.0025 และคอนกรีตนี้จะมีการแตกหักที่ค่าความเครียดคงประมาณ 0.0001 - 0.0002

### 2.1.4 Poisson's Ratio

อัตราส่วนบัวซอง เป็นค่าอัตราส่วนความเครียดตามขวางกับความเครียดตามแกน เนื่องเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าจากผลของแรงที่กระจายตามแนวแกน เป็นค่าที่มีความคล้ายกับค่าโมดูลัสยืดหยุ่น ซึ่งมีการไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลี่ยนแปลงไปตามมวลรวมและอุณหภูมิ รวมทั้งสภาพความชื้นและอายุของคอนกรีต โดยค่าปรกติจะอยู่ระหว่าง 0.11 - 0.27 สำหรับสภาวะภายใต้ความเค้นปรกติ อัตราส่วนน้ำของอาจจะใช้ค่าประมาณ 0.20 สำหรับโครงสร้างคอนกรีตและคอนกรีตเบา

### 2.1.5 การเปลี่ยนแปลงปริมาตร

การเปลี่ยนแปลงปริมาตรของคอนกรีต เป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ การหดตัวเนื่องจากอากาศแห้ง การคืบเนื่องจากการรับความเค้น ขนาดของปริมาตรที่เปลี่ยนไปมีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติขององค์ประกอบของวัสดุต่างๆ การเปลี่ยนแปลงนี้สามารถที่จะควบคุมได้โดยการคัดเลือกวัสดุที่นำมาใช้งานอย่างระมัดระวัง โดยมากจะบอกขนาดปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงด้วยค่าความยาวที่เปลี่ยนแปลง

คอนกรีตหล่อสำเร็จเมื่อยังไม่นำมาประกอบติดตั้ง จะมีผลกระทบเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงปริมาตรน้อยมาก แต่เมื่อนำมาใช้งานโดยประกอบติดตั้งเชื่อมกันแล้ว จะมีการถ่ายเทความเค้นแก่กัน ซึ่งอาจทำให้เกิดความเค้นที่ไม่พึงปรารถนาขึ้น

#### ผลกระทบเนื่องจากอุณหภูมิ

การขยายตัวของคอนกรีต จะขึ้นอยู่กับสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากอุณหภูมิ และปริมาณมวลรวมในส่วนผสม ดังค่าที่แสดงในตารางที่ 2.2

ในช่วงของคอนกรีตปรกติ มีค่าสัมประสิทธิ์อยู่ระหว่าง 5 - 7 นิ้ว/นิ้ว/°F เมื่อมีการใช้ทรายเป็นมวลรวม และ  $3.5 - 5 \times 10^{-6}$  นิ้ว/นิ้ว/°F เมื่อใช้มวลรวมที่มีหินปูนหรือมีธาตุปูนผสมอยู่ สำหรับคอนกรีตเบาจะมีค่า  $3.6 - 6 \times 10^{-6}$  นิ้ว/นิ้ว/°F ซึ่งจะขึ้นอยู่กับชนิดของมวลรวมและทรายธรรมชาติ ปรกติค่าที่ใช้ คือ  $5.5 \times 10^{-6}$  นิ้ว/นิ้ว/°F



Average coefficients of linear thermal expansion of rock (aggregate) and concrete

| Type of Rock (Aggregate) | Average Coefficient of Thermal Expansion<br>$\alpha \times 10^{-6}$ in./in. per deg F |           |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
|                          | Aggregate                                                                             | Concrete* |
| Quartzite, Cherts        | 6.1-7.0                                                                               | 6.6-7.1   |
| Sandstones               | 5.6-6.7                                                                               | 5.6-6.5   |
| Quartz Sands & Gravels   | 5.5-7.1                                                                               | 6.0-8.7   |
| Granites & Gneisses      | 3.2-5.3                                                                               | 3.8-5.3   |
| Syenites,                | 3.0-4.5                                                                               | 4.4-5.3   |
| Diorites, Andesite       |                                                                                       |           |
| Gabbros, Diabas, Basalt  |                                                                                       |           |
| Limestones               | 2.0-3.6                                                                               | 3.4-5.1   |
| Marbles                  | 2.2-3.9                                                                               | 2.3       |
| Dolomites                | 3.9-5.5                                                                               | —         |
| Expanded Shale,          | —                                                                                     | 3.6-4.3   |
| Clay & Slate             |                                                                                       |           |
| Expanded Slag            | —                                                                                     | 3.9-6.2   |
| Blast-Furnace Slag       | —                                                                                     | 5.1-5.9   |
| Pumice                   | —                                                                                     | 5.2-6.0   |
| Perlite                  | —                                                                                     | 4.2-6.5   |
| Vermiculite              | —                                                                                     | 4.6-7.9   |
| Barite                   | —                                                                                     | 10.0      |
| Limonite, Magnetite      | —                                                                                     | 4.6-6.0   |
| None (Neat Cement)       | —                                                                                     | 10.3      |
| Cellular Concrete        | —                                                                                     | 5.0-7.0   |
| 1:1 (Cement: Sand)       | —                                                                                     | 7.5       |
| 1:3                      |                                                                                       | 6.2       |
| 1:6                      |                                                                                       | 5.6       |

\* Coefficients for concretes made with aggregates from different sources vary from these values, especially those for gravels, granites, and limestones. Fine aggregates generally the same material as coarse aggregates.

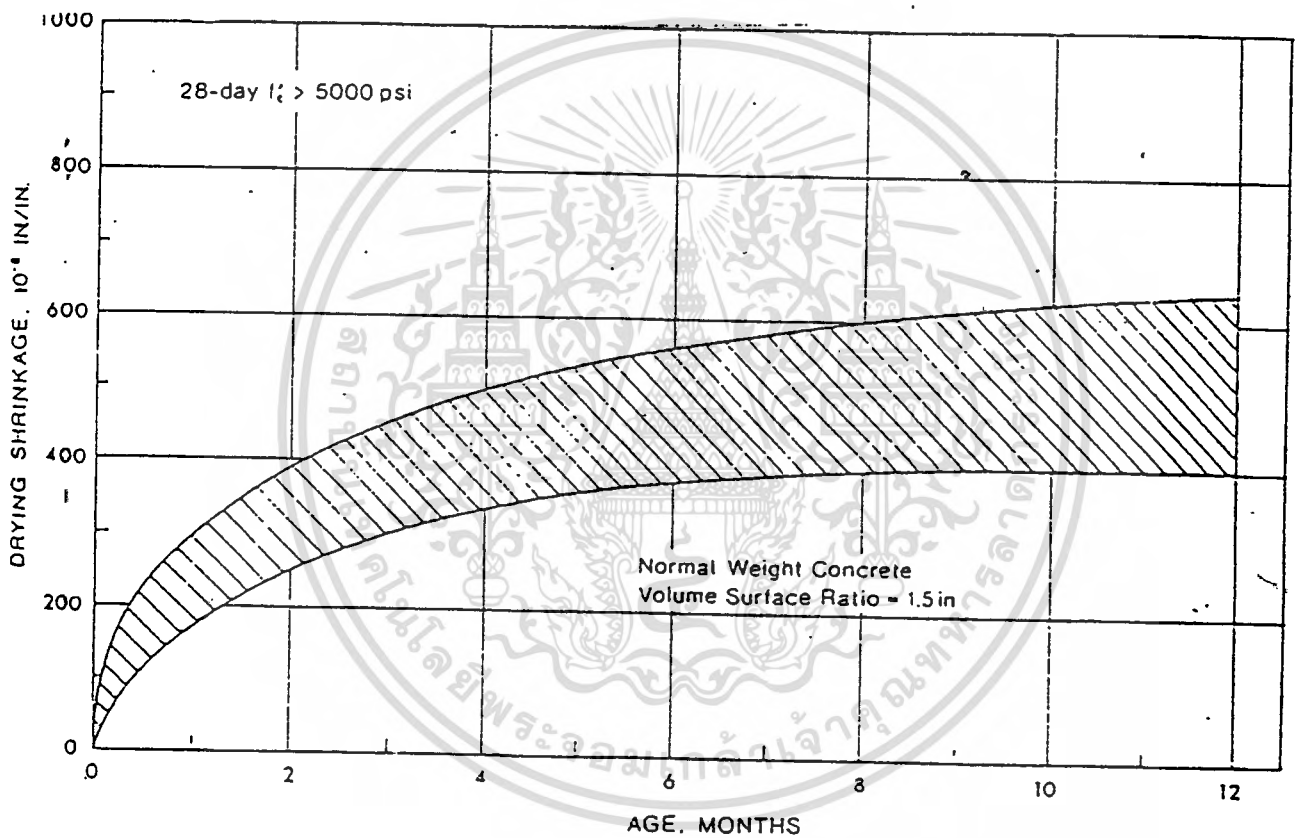
\*\* Tests made on 2-yr. old samples.

## ตารางที่ 2.2

### การหดแห้ง

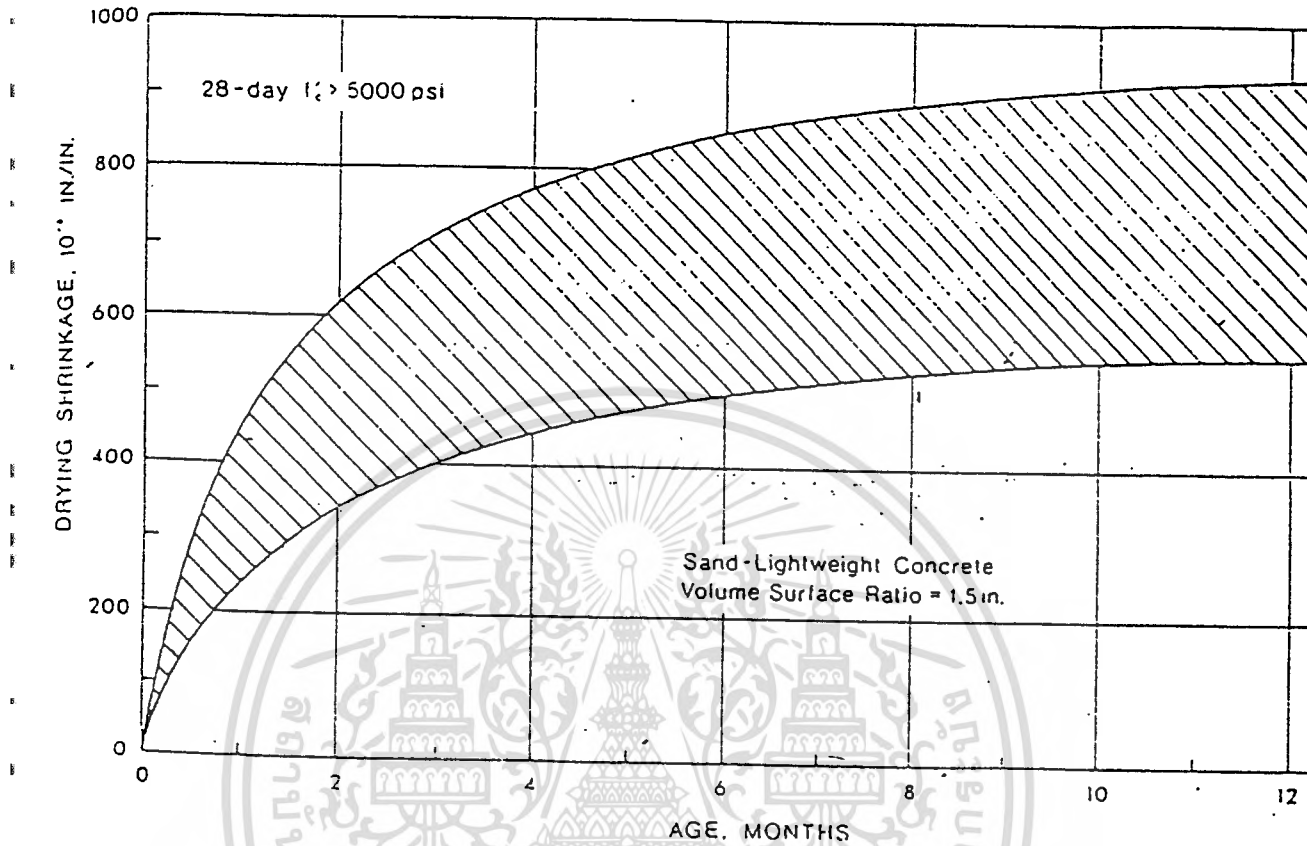
ชิ้นส่วนคอนกรีตที่อยู่ในสภาวะอากาศแห้ง คอนกรีตจะมีการสูญเสียน้ำอย่างช้าๆ จะมีการสูญเสียน้ำในปีแรก หรือการหดแห้งนี้มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาตร ตัวอย่างการหดแห้งของคอนกรีต จากรูปที่ 2.7 และรูปที่ 2.8 ซึ่งแสดงถึงค่าของคอนกรีตและคอนกรีตเบา จากกราฟจะเห็นได้ว่าการหดแห้งที่อายุ 28 วัน มีค่าประมาณ 40 % และที่อายุ 90 วัน มีค่าประมาณ 60 % ล้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลรวมความยาวที่เปลี่ยนไปในระยะเวลา 1 ปี เนื่องจากการหดแห้งของคอนกรีต จะอยู่ในช่วง 400 - 650 นิ้ว / ล้านนิ้ว คอนกรีตที่มีค่าการหดตัว 600 นิ้ว / ล้านนิ้ว มีค่าเท่ากับ 0.72 นิ้ว / 100 ฟุต ขณะที่การแห้งเนื่องจากสภาพความชื้นที่กำหนดในอาคารมีค่าเท่ากับ 50 % ในการเปรียบเทียบ การหดตัวเนื่องจากอุณหภูมิลดลงประมาณ 100 F



รูปที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8

### การคืบ

เมื่อคอนกรีตอยู่ภายใต้แรงต้าน การเปลี่ยนรูปร่างอาจแบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ

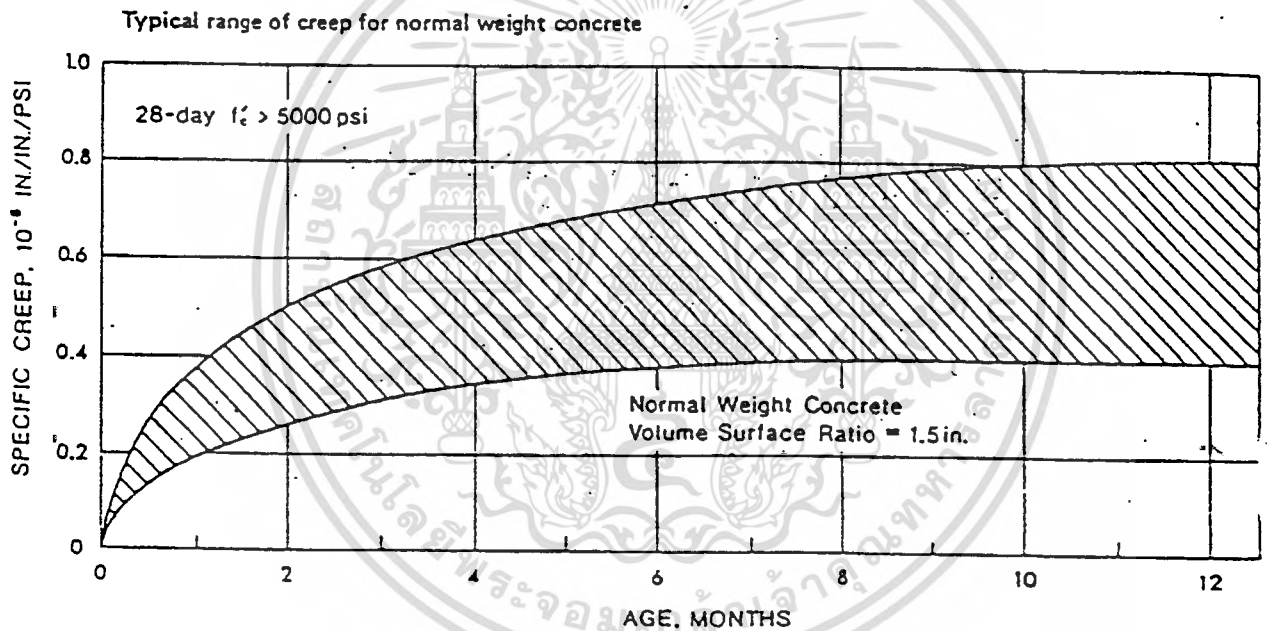
- 1 การเปลี่ยนแปลงแบบยืดหยุ่น ซึ่งจะเกิดขึ้นในทันที
- 2 การเปลี่ยนแปลงที่ขึ้นกับเวลา จะเริ่มขึ้นทันทีและเกิดต่อเนื่องกันเป็นเวลานาน ซึ่งเรียกกันว่า การคืบตัว

คืบ เป็นการเปลี่ยนแปลงความยาวเนื่องจากความเค้นต้าน ผลของการคืบ ตามความแตกต่างเหล่านี้ ควรได้รับการพิจารณาให้ได้รับการชดเชยในการออกแบบ การคืบตัวจะเป็นการหดตัวเมื่ออยู่ภายใต้ความเค้นอัด และเป็นการยืดเมื่ออยู่ภายใต้ความเค้นดึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

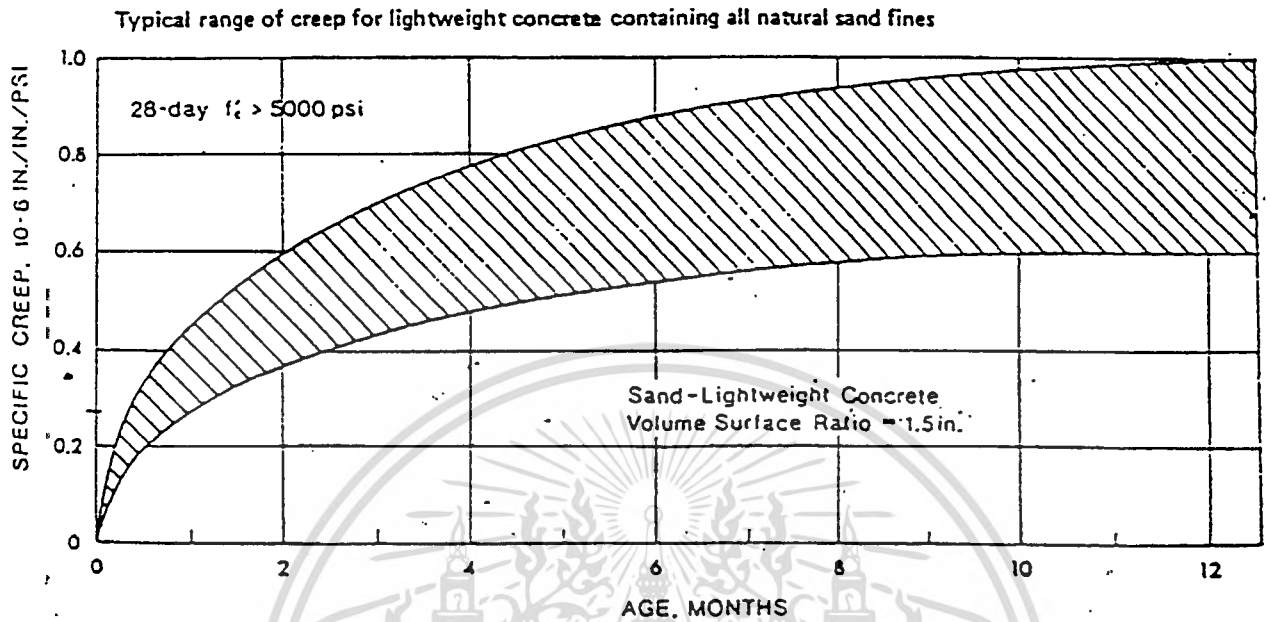
ในการออกแบบนิยมนิยมนำค่าที่กำหนดไว้โดยเฉพาะ ซึ่งนิยมนำเป็นความคืบหน้าของความคืบหน้าที่ได้รับ ค่าการคืบนี้ในช่วง 0.2 - 2.0 หนึ่งในล้านนิ้ว / นิ้ว / psi โดยทั่วไปอยู่ประมาณ 0.5 - 1.0 หนึ่งในล้านนิ้ว / นิ้ว / psi สำหรับคอนกรีตมวลรวมปรกติ

ข้อมูลตัวอย่างในการเปลี่ยนแปลงปริมาตรเนื่องจากการคืบ ที่อุณหภูมิห้องสำหรับคอนกรีต ซึ่งทำด้วยมวลรวมปรกติและมวลรวมเบา แสดงในรูปที่ 2.9 และ 2.10 ข้อมูลสำหรับการคืบ อาจได้มาด้วยการคูณกับค่าความคืบที่ค่ารับคืบ ด้วยการคูณกับค่าระดับความคืบตาม ระดับความคืบตามไม่เกิน 50 % ของกำลังคืบหรือกำลังอัดของคอนกรีต



รูปที่ 2.9

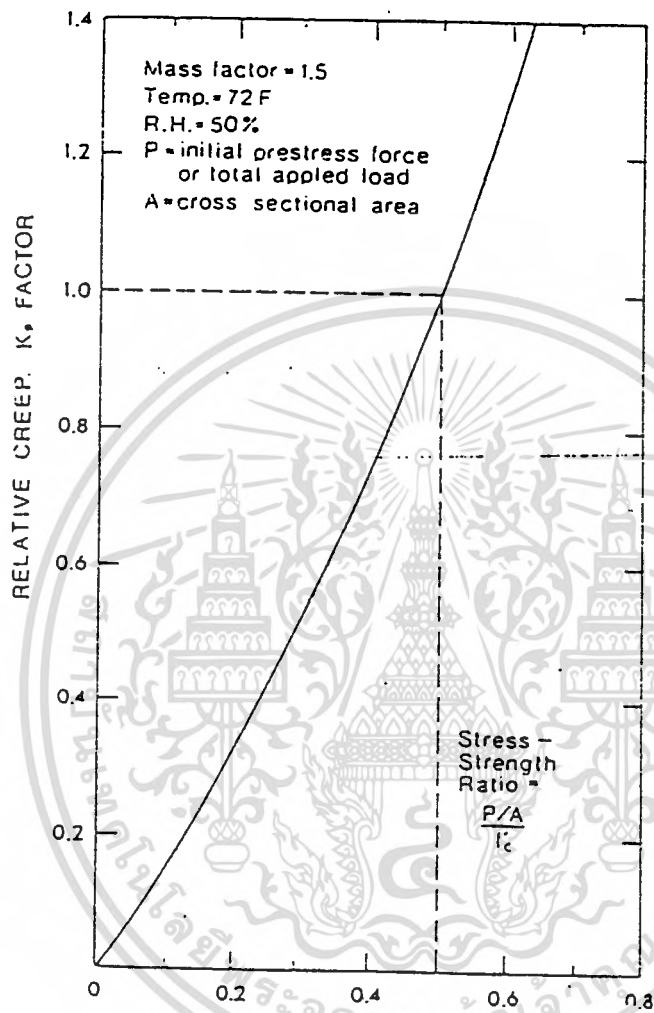
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10

รูปที่ 2.11 อาจนำมาใช้หาการคืบสัมพัทธ์  $k_p$  factor สำหรับอัตราส่วนความเค้น - ความแข็งแรง ที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11

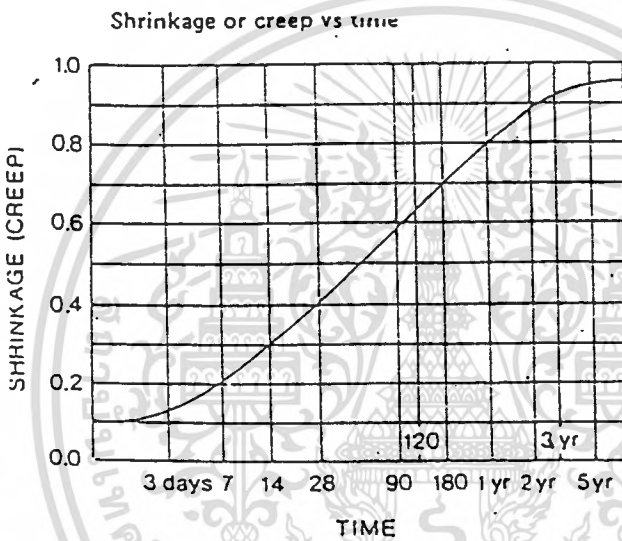
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



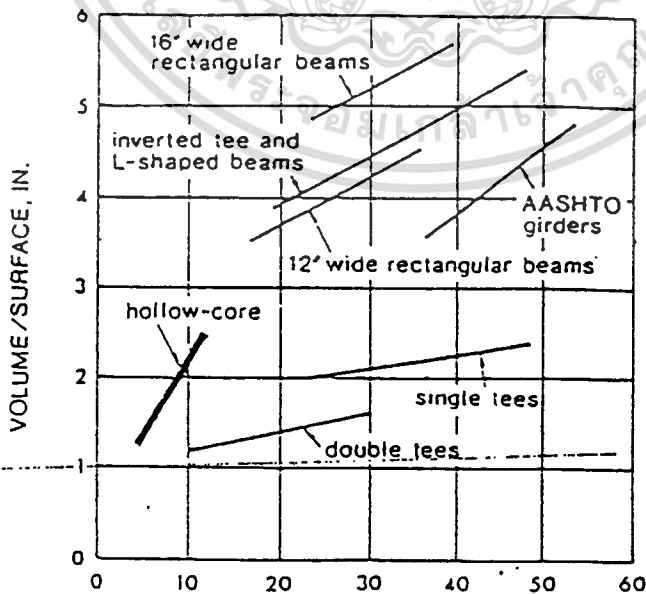
### ผลของขนาดชิ้นส่วน

ทั้งการคืบและการหดตัว ได้มีการพิจารณาอัตราส่วนของมันกับระยะเวลา ดังแสดงในรูปที่ 2.12 แสดงถึงเส้นโค้งเฉลี่ยของการคืบ หรือการหดตัวที่ระยะเวลาใดๆ ค่ำค่าสุดท้ายที่เวลาอนันต์ สำหรับคอนกรีตที่มีปริมาตรต่อพื้นที่ผิว 1.5 in ที่เวลา 25 วัน จะมีการคืบหรือความเครียดหดได้เกิดขึ้นและจะมีค่าเพิ่มเป็น 60-70 % หลังจากเวลาผ่านไป 3-6 เดือน

เมื่อปลายของมันเป็นฉนวนกันน้ำ เส้นโค้งสามารถใช้เทียบค่าคืบประลัย หรือค่าการหดตัวจากการทดลองในห้องแลป ครอบคลุมความสัมพันธ์ในระยะเวลาสั้นๆ



รูปที่ 2.12

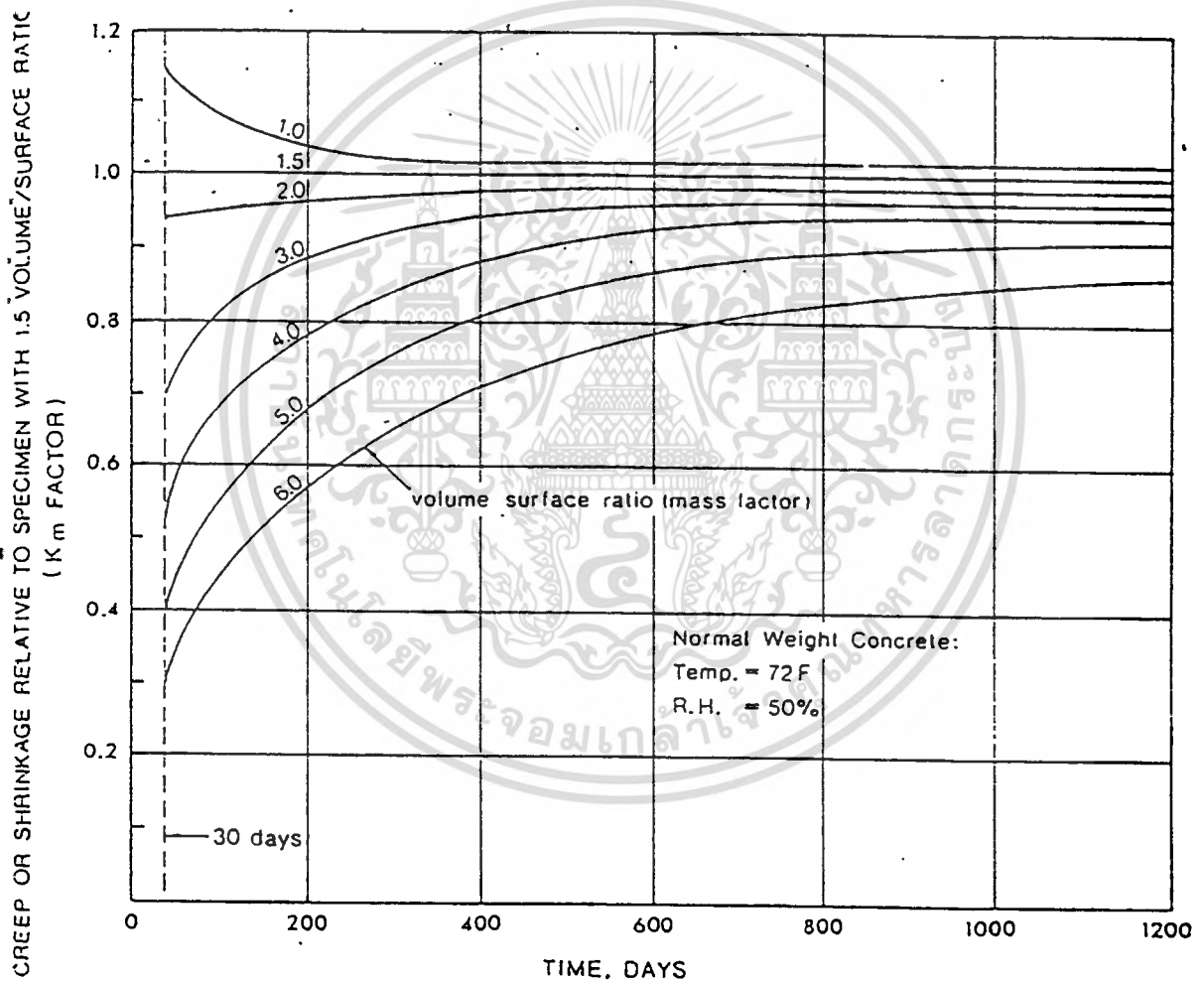


รูปที่ 2.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดขององค์ประกอบชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่มีอัตราส่วนปริมาตรต่อพื้นที่ผิว 1.5 - 3 นิ้ว โดยการเปรียบเทียบชนิดของโครงสร้างคอนกรีตสำเร็จรูปที่มีอัตราส่วนปริมาตรต่อพื้นที่ผิว 1.2 - 5.5 นิ้ว ดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.13

ถ้าชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่มีค่าอัตราส่วนปริมาตรต่อพื้นที่ผิวมากกว่า 2.0 หรือ 2.5 นิ้ว อัตราแรกเริ่มของการหดตัวหรือคิพจะมีเนื้อสารต่ำ รูปที่ 2.14 สามารถนำมาใช้ในการประมาณ ปริมาตรเริ่มต้นและปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงไป



รูปที่ 2.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## 2.2 แก๊ส มอร์ต้า และแผ่นแข็ง

ในหัวข้อที่กล่าวมา ได้อธิบายถึงคุณสมบัติของคอนกรีตไปแล้ว ซึ่งมีส่วนประกอบ คือ น้ำซีเมนต์ ทราย และมวลรวมหยาบ เมื่อน้ำผสมกับซีเมนต์โดยไม่มวลรวมเราเรียกว่า มอร์ต้า ซึ่งอาจมีความคล้ายเคียงกับแก๊สและแผ่นแข็ง วัสดุทั้ง 3 นี้สามารถนำมาใช้ในงานคอนกรีตหล่อสำเร็จได้ ซึ่งเป็นส่วนเชื่อมและถ่ายแรง

ซีเมนต์ชนิดต่างๆ อาจนำไปใช้ในเป็นส่วนประกอบการผลิต โดยได้แก่

- 1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา
- 2 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดเชยการหดตัว
- 3 ปูนซีเมนต์แผ่ขยายที่มีส่วนเติมพิเศษ
- 4 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ฮิปซัม - เบส
- 5 อีป็อกซีเรซิน

ชนิดที่เป็นพื้นฐานและถูกที่สุดของปูนซีเมนต์ คือ ปูนซีเมนต์ธรรมดา อย่างไรก็ตามปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดอื่นๆ จะใช้ในงานพิเศษ หรือเมื่ออากาศเย็นจะเกิดปัญหาความแข็งแรงของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา

แก๊ส คือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่มีปริมาณของน้ำในส่วนผสมอยู่สูง ซึ่งมีความสามารถในการไหลได้ดีกว่ามอร์ต้า แต่มีผลให้กำลังอัดต่ำประมาณ 2000 - 4000 psi และมีการหดตัวสูงขึ้น

ส่วนซีเมนต์ที่เรียกว่า mortar จะใช้น้ำน้อย และให้ค่าความแข็งแรงระหว่าง 3000 - 6000 psi ขึ้นอยู่กับการเลือกใช้ส่วนผสม ส่วนซีเมนต์ที่เรียกว่า drypack จะใช้น้ำน้อยที่สุด แต่ให้ค่าความแข็งแรงอยู่ระหว่าง 4000 - 9000 psi ตามการ เลือกใช้ส่วนผสม

โดยทั่วไปจะไม่มีการทดสอบหรือวัดค่าคุณสมบัติพลาสติก และความสามารถในการทำ งานของวัสดุ แต่มีการวัดการทรุดตัว (Slump) เพื่อเป็นการทดสอบคุณสมบัติเฉพาะตัว ซึ่งมีค่าประมาณดังนี้

แก๊ส 6 - 9 in

มอร์ต้า 1 - 5 in

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผ่นแข็ง ไม่สามารถทำการวัดค่าได้

โดยทั่วไปแล้วทั้ง 3 จะมีการผสมส่วนผสมตามน้ำหนักดังนี้

- ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ 2 1/4 - 1 ส่วน (ASTM)
- หินทราย 2 1/4 - 3 ส่วน (ASTM)
- ส่วนผสมอื่นๆ แล้วแต่จะพิจารณา

### 2.2.1 คุณสมบัติทางกายภาพ

คุณสมบัติทางกายภาพของ mortars ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์การนำไปใช้งาน ว่าเป็นการเชื่อมต่อ หรือเป็นตัวยึด

- 1 กำลังรับแรงอัดขึ้นอยู่กับอัตราส่วน w/c
- 2 กำลังรับแรงดึงประมาณ 10 % ของกำลังรับแรงอัด
- 3 โมดูลัสความยืดหยุ่นของแรงดึงและแรงอัด สามารถประมาณได้
- 4 การเปลี่ยนแปลงปริมาตร เนื่องจากการหดตัวและการคืบจะขึ้นอยู่กับ ปริมาตรของน้ำ และกำลังอัดของวัสดุ

5 พันธะระหว่างคอนกรีตแข็งและมอร์ต้า หรือเกาส์ ได้รับผลกระทบจากการเก็บกักน้ำของวัสดุพลาสติก อัตราการดูดความชื้นในคอนกรีตแข็ง ความมั่นคงของพลาสติก และเทคนิคการทำรอยต่อ สำหรับกำลังพันธะสูงสุด การเก็บน้ำจะมีค่าสูงสุด และมีค่าการยุบตัวต่ำสุด รูปแบบรอยต่อต้องมีความเหมาะสมโดยมีค่าความดันเพียงพอ เพื่อให้เกิดการติดเชื่อมสนิทระหว่างการก่อตัวของพลาสติกและคอนกรีตที่แข็งตัวในระหว่างกระบวนการก่อตัวของพลาสติกคอนกรีต โดยมีกำลังพันธะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

### 2.2.2 คุณสมบัติของเกาส์

คุณสมบัติของปูนและปูนสอที่สามารถนำมาใช้งานได้ วัสดุเหล่านี้ประกอบไปด้วย ช่วงการใช้งานที่กว้าง เนื่องจากสูตรของซีเมนต์ ซีเมนต์พิเศษ การเพิ่ม - ลด ส่วนผสม เอกสารเป็นเอกสารที่ส่งมอบเวลาสำหรับการใช้งานเพื่อการตัดสินใจเท่านั้น เมื่ออยู่ภายใต้เงื่อนไขประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การรวมหรือลำดับชั้น และ " อีพอกซ์ แอคโรริก " และพลาสติกอื่นๆ ซึ่งถูกรวมอยู่ในผลิตภัณฑ์เหล่านี้ คุณสมบัติของเกาส์และมอร์ต้าเป็นไปได้อย่างหลากหลาย อีกทั้งมีขอบเขตที่กว้างของสูตรซีเมนต์ ซีเมนต์ชนิดพิเศษ ส่วนเพิ่มเติมและส่วนผสมขนาดจะพิเศษ หรือ " อีพอกซี่ อีคลิกซ์ " และพลาสติกอื่นๆที่จะถูกรวมในคุณสมบัติเหล่านี้

ส่วนมากวัสดุจะมีคุณสมบัติพิเศษ หรือลักษณะพิเศษ เช่น กำลังสูง กำลังพันระสูง ไม่หดตัวหรือมีการขยายตัว คุณสมบัติของวัสดุ ต้องเป็นข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือ และเพียงพอในการเลือกใช้งาน

### 2.2.3 การใช้งานในอากาศที่หนาวเย็น

มอร์ต้าอาจจะมีกำลังขยายตัวอย่างมากเมื่ออยู่ในสภาวะอากาศหนาว ส่วนความร้อนไม่มีผลกับมอร์ต้า เพราะว่าความร้อนจะกระจายไปอย่างรวดเร็วไปรอบๆมอร์ต้าธรรมดา ซึ่งทำการผสมที่อุณหภูมิ 80 -90 F อาจจะทำให้กำลังอัด 200 - 600 psi

คุณสมบัติของวัสดุซีเมนต์ ซึ่งรวม อีพ็อกซี่ซีเมนต์ และ ปอร์ทแลนด์ซีเมนต์ ได้มีการพัฒนาเพื่อให้มีกำลังโดยเร็วภายใต้สภาวะอากาศที่หนาวเย็น อายุกำลังของวัสดุนี้ ซึ่งทำการผสมที่อุณหภูมิ 80 -90 F และวางรวมที่ 30 -40 F คือ

- 1000 psi ที่ 1 ชั่วโมง
- 1500 psi ที่ 2 ชั่วโมง
- 2000 psi ที่ 24 ชั่วโมง
- 4000 - 8000 psi ที่ 28 วัน

อย่างไรก็ตาม วัสดุนี้ต้องถูกใช้ในระดับสูงกว่า เพราะการปล่อยทิ้งไว้เป็นเวลานานๆ จะสาเหตุให้กำลังของคอนกรีตเสียไป

## 2.3 เหล็กเสริม

การใส่เหล็กเสริมในคอนกรีตอาจมีวัตถุประสงค์หลายอย่าง ความเค้นภายในคอนกรีตจะเป็นแรงอัดเสมอ ถือว่าคอนกรีตไม่สามารถรับแรงดึงได้ การสร้างเหล็กเสริมต้องควบคุมการแตกหัก ซึ่งอาจมีการเสียหายเกิดขึ้นในระหว่างการทำโครงถัก หรือการตั้งตรง และการเตรียมการรับสภาวะบรรทุกน้ำหนักเกินอัตรา โดยไม่ได้คาดหมาย

ความเค้นภายในอาจมีมากกว่ากำลังดึงของคอนกรีต ซึ่งต้องการเหล็กเสริมที่ใช่โดยปรกติ หรือการเสริมเหล็กรับแรงอัด เพื่อให้พอเพียงกับน้ำหนักที่ต้องรับและมีเพียงพอต่อความปลอดภัย

เหล็กเสริมเสริมธรรมดาซึ่งใช้งานคอนกรีตหล่อสำเร็จ คือ เหล็กตะแกรงซึ่งเป็นเหล็กเส้นที่นำมาเชื่อมติดกันเป็นตาข่าย มีขนาดและช่องว่างต่างๆกัน

เหล็กเสริมนี้อาจทำการชุบอบสังกะสีเพื่อเป็นการลดการผุกร่อน และปัญหาสนิมที่ทำให้สีลอกและล่อน เพราะลวดเหล็กในโครงถักอยู่ใกล้ชิดกันและมีรูปแบบเดียวกัน ตลอดพื้นที่ซึ่งเป็นผลดีในการควบคุมการแตกหัก ยิ่งไปกว่านั้นยังรับประกันได้ว่า รอยเชื่อมของเหล็กเสริมจะอยู่ใกล้กับขอบขององค์อาคาร ความต้านทานการหักเนื่องจากการเคลื่อนย้าย ทำให้ง่ายต่อการซ่อมแซมส่วนที่เกิดการเสียหาย บริเวณขอบเครื่องมือหล่อสำเร็จทั่วไปมีความสามารถในการตัดลวดเหล็กโครงตาข่าย ซึ่งเพิ่มประโยชน์ในองค์ประกอบอาคารใหญ่ๆ

เหล็กข้ออ้อยมักถูกใช้งานกันอย่างกว้างขวางในคอนกรีตสำเร็จรูป ลวดเหล็ก ( สเตรน ) และเหล็กเส้นจะนำมาใช้ในวัสดุอัดแรง ซึ่งมีประโยชน์ในด้านสถาปัตยกรรมคอนกรีตหล่อสำเร็จ การอัดแรงจะช่วยให้เหล็กเลี่ยงการแตกหักขององค์อาคาร โดยการประยุกต์ใช้เป็นคอนกรีตอัดแรง อาจใช้ในการเชื่อมต่อองค์อาคารหล่อสำเร็จเข้าด้วยกัน ทำให้โครงสร้างมั่นคงและแข็งแรง

ในที่นี้จะกล่าวถึงคุณสมบัติและข้อกำหนดของตัวแปลของวัสดุเสริมกำลังที่ใช้ในสถาปัตยกรรมคอนกรีตหล่อสำเร็จขององค์อาคาร และรวมไปถึงข้อมูลของโครงตาข่าย การคงอยู่ของเหล็กเสริมกำลัง วิธีป้องกันเหล็กเสริมผุกร่อนเกินไป

### 2.3.1 โครงลวดเหล็กเชื่อม

โครงลวดเหล็กเชื่อม เป็นเหล็กสำเร็จรูป ที่ประกอบด้วย ลวดดิ่งยื่นวางขนานกันและเชื่อมกันเป็นตาข่าย แต่ละจุดจะได้รับความร้อนและความดันเนื่องจากการเชื่อมจนหลอมติดกัน มีการยึดระหว่างกันตลอดบริเวณพื้นที่

โครงถักลวดเหล็กเชื่อม ( WWF ) มีชื่อเรียกสามัญว่า MASH มีความกว้างไม่จำกัด ตะแกรงลวดเรียบจะติดกับคอนกรีตโดยการยึดเกาะทางกลที่จุดเชื่อมของเหล็กตะแกรง เหล็กข้ออ้อยจะมีส่วนผิวเหล็กช่วยเพิ่มในการยึดเกาะ

โครงถักลวดเชื่อมจะถูกแสดงด้วยสัญลักษณ์ดังนี้

เช่นเหล็กตะแกรง WWF 6 x 12 - W 2.9 x w1.4

- ระยะเรียงในแนวนอน 6 in
- ระยะเรียงในแนวตั้ง 12 in
- หนาดัดลวดในแนวนอน 0.029 in<sup>2</sup>
- หนาดัดลวดในแนวตั้ง 0.014 in<sup>2</sup>

ถ้าใช้เหล็กข้ออ้อยในการทำตะแกรง จะเปลี่ยนสัญลักษณ์จาก W ที่แสดงว่าเป็นลวดเรียบ เป็น D ที่แสดงถึงเหล็กข้ออ้อยแทน

ข้อสำคัญของลวดในแนวตั้งและแนวนอน คือ ความสัมพันธ์ที่มีผลในการกำหนดการผลิตโครงถัก

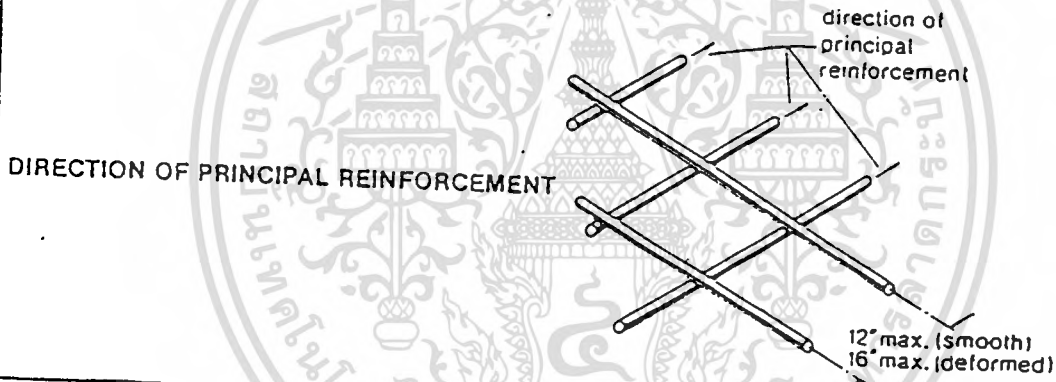
ตาข่ายเหล็กที่ใช้ในคอนกรีตจะถูกเรียกตามรหัส ACI 318 - 77 ดังแสดงในรูปที่ 2.15 โดยใช้คุณสมบัติ ASTM ตามข้างล่างนี้

- A82 ลวดดิ่งยื่นสำหรับงานคอนกรีตเสริมเหล็ก
- A185 โครงตาข่ายเหล็กเชื่อมสำหรับงานคอนกรีตเสริมเหล็ก
- A496 เหล็กข้ออ้อยสำหรับงานคอนกรีตเสริมเหล็ก
- A497 โครงตาข่ายเหล็กข้ออ้อยเชื่อมสำหรับงานคอนกรีตเสริมเหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Requirements for WWF used in conformance with the ACI Building Code

| PROVISION                                                                                                                                         | ACI 318-77<br>Section<br>Number |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Definitions and Specifications                                                                                                                    |                                 |
| 1. Welded wire fabric (smooth and deformed) is defined as <i>deformed reinforcement</i> when conforming to subsequent sections .....              | 2.1                             |
| 2. Smooth wire conforms to ASTM A 82. Yield strength ( $f_y$ ) is considered to be 60,000 psi unless measured at 0.35 percent strain ...          | 3.5.4.2                         |
| 3. Smooth wire fabric conforms with ASTM A 185. Maximum spacing of welded intersections in direction of principal reinforcement = 12 inches ..... | 3.5.3.6                         |
| 4. Deformed wire conforms to ASTM A 496. Yield strength ( $f_y$ ) considered to be 60,000 psi unless measured at 0.35 percent strain ...          | 3.5.3.5                         |
| 5. Deformed wire fabric conforms to ASTM A 497. Maximum spacing of welded intersections in direction of principal reinforcement = 16 inches. .... | 3.5.3.7                         |



รูปที่ 2.15

คุณสมบัติทางกายภาพที่ต่ำที่สุดใน WWF ที่เทียบเท่ากับ ASTM สรุปไว้ในตารางที่ 2.3 โครงถักที่มีขนาดของลวดเล็กกว่าค่าน้อยสุดในตารางจะไม่สามารถรับแรงได้เพียงพอในรอยเชื่อม

การตั้งชื่อโดยไร้รายละเอียดของ WWF ที่แสดงในรูปที่ 2.16 การเปลี่ยนแปลงมีความเป็นไปได้ในขบวนการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

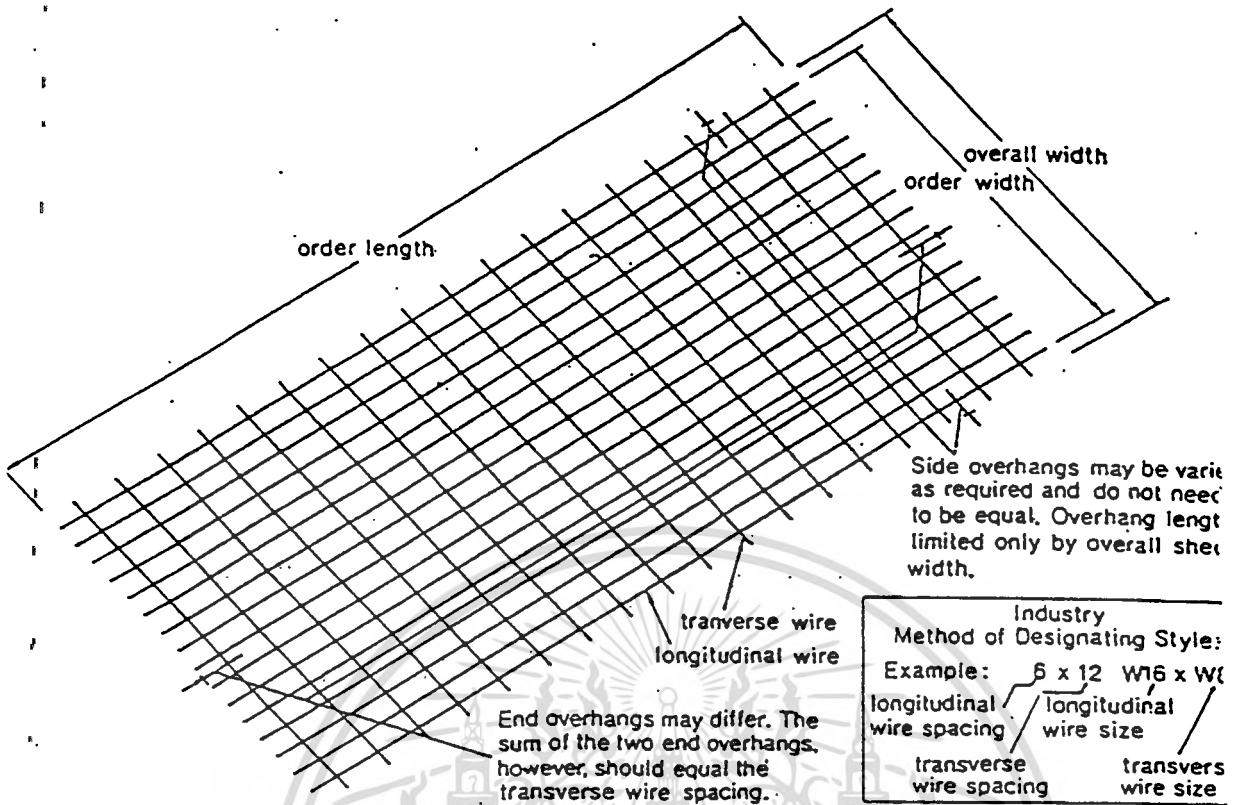
Table Minimum properties of steel wires in welded wire fabric

| Type of Fabric | Yield Strength<br>psi | Tensile Strength<br>psi | Weld Shear Strength<br>psi |
|----------------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|
| Smooth         | 65,000                | 75,000                  | 35,000 <sup>1</sup>        |
| Deformed       | 70,000                | 80,000                  | 20,000 <sup>2</sup>        |

Note: 1. Based on the area of the larger wire, when the smaller wire is not less than size W1.2 and has an area of 40% or more of the area of the larger wire.  
2. Based on the area of the larger wire, when the smaller wire is not less than size D4 and has an area of 35% or more of the area of the larger wire.

ตารางที่ 2.3

- 1 ระยะห่างของลวดในแนวตั้ง
- 2 ขนาดของลวดในแนวตั้ง
- 3 ความกว้าง
- 4 ด้านข้างและปลายของการแขวน
- 5 ระยะห่างของลวดในแนวนอน
- 6 ขนาดของลวดในแนวนอน
- 7 ความยาว



รูปที่ 2.16

| STYLE DESIGNATION                      |                                  | STEEL AREA    |        | APPROX. WEIGHT<br>lb per 100 sq ft |
|----------------------------------------|----------------------------------|---------------|--------|------------------------------------|
| Old Designation<br>By Steel Wire Gage) | New Designation<br>(By W-Number) | sq in. per ft |        |                                    |
|                                        |                                  | Longit.       | Trans. |                                    |
| 6x6-10x10                              | 6x6-W1.4xW1.4                    | .029          | .029   | 21                                 |
| 4x12-8x12**                            | 4x12-W2.1xW0.9                   | .062          | .009   | 25                                 |
| 6x6-8x8                                | 6x6-W2.1xW2.1                    | .041          | .041   | 30                                 |
| 4x4-10x10                              | 4x4-W1.4xW1.4                    | .043          | .043   | 31                                 |
| 4x12-7x11**                            | 4.12-W2.5xW1.1                   | .074          | .011   | 31                                 |
| 6x6-6x6*                               | 6x6-W2.9xW2.9                    | .058          | .058   | 42                                 |
| 4x4-8x8                                | 4x4-W2.1xW2.1                    | .062          | .062   | 44                                 |
| 6x6-4x4*                               | 6x6-W4.0xW4.0                    | .080          | .080   | 58                                 |
| 4x4-6x6                                | 4x4-W2.9xW2.9                    | .087          | .087   | 62                                 |
| 6x6-2x2*                               | 6x6-W5.5xW5.5***                 | .110          | .110   | 80                                 |
| 4x4-4x4*                               | 4x4-W4.0xW4.0                    | .120          | .120   | 85                                 |
| 4x4-3x3*                               | 4x4-W4.7xW4.7                    | .141          | .141   | 102                                |
| 4x4-2x2*                               | 4x4-W5.5xW5.5***                 | .165          | .165   | 114                                |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ตารางที่ 2.4  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



โครงถักลวดเชื่อมสำหรับคอนกรีตหล่อสำเร็จใช้งานแผ่นแบน ประโยชน์ของโครงถักจากมันของมัน โดยเฉพาะการหล่อคอนกรีตสำเร็จแบบบางไม่อาจจะทำได้เนื่องจากไม่สามารถทำการคลี่ให้เป็นแผ่นราบได้ ขนาดของแผ่นราบมีหลายขนาด แต่โดยมากนิยมใช้ขนาด 8 ฟุต x 12 ฟุต หรือ 8 ฟุต x 15 ฟุต ในตารางที่ 2.4 ได้แสดงถึงรายการขนาดต่างๆ ของ WWF

เมื่อมีปริมาณมากพอที่จะเริ่มงานบนเครื่องทำตะแกรง ขนาดและระยะเรียงของลวดจะถูกเลือกเพื่อการประหยัดเหล็ก ระยะเรียงสามารถกำหนดให้มากกว่าที่กำหนดในตารางได้ 2 - 3 นิ้ว ขนาดของลวดก็ดูตาม WWF ในตารางที่ 2.5 ตารางจะแสดงรายการเส้นผ่านศูนย์กลางน้ำหนักของลวดโดยประมาณ และพื้นที่หน้าตัดต่อฟุตของความกว้างจากศูนย์กลางถึงศูนย์กลางมีระยะเรียง 2 - 12 นิ้ว

ปริมาณที่น้อยที่สุดในข้อกำหนดสำหรับการสั่งทำพิเศษที่ไม่มีการเก็บสำรองไว้ ถูกควบคุมโดยราคาที่ต้องเปลี่ยนแปลงขบวนการผลิต ปริมาณที่น้อยที่สุดที่ได้มาจากผลต่างของผู้ผลิตโดยเป็นข้อกำหนดทั่วไป

1 ระยะห่างในแนวตั้ง ขนาดของลวดและการเปลี่ยนแปลงขนาดความกว้างของโครงถักต้องใช้ปริมาณ 20,000 - 40,000 lb ต่องาน

2 ระยะห่างลวดในแนวนอน ขนาด ด้านข้าง ปลายแขนและการเปลี่ยนความยาวต้องใช้ปริมาณ 4,000 - 10,000 lb ต่องาน

3 ค่าเฉลี่ย น้ำหนักของชิ้นงานสำหรับปริมาณรวม การสั่งทำแบบพิเศษควรเป็นจำนวนเท่าของ 40,000 lb ข้อเสนอต่อไปนี้จะนำไปสู่ความประหยัด

- จำนวนของลวดในแนวตั้งนอน จำนวนของระยะห่างอาจลดลง โดยการเปลี่ยนขนาดของลวดในแนวตั้ง เพื่อให้ได้พื้นที่หน้าตัดเหล็กตามที่ต้องการ

- การควบคุมความแตกต่างของขนาดลวดตามที่ต้องการ การเปลี่ยนแปลงระยะห่างของลวดในแนวนอนทำได้ง่าย โดยการเปลี่ยนระยะห่างและขนาดของลวด เพื่อให้ได้หน้าตัดเหล็กตามต้องการ

ราคาที่น้อยที่สุดหรือราคาพื้นฐานสามารถประยุกต์ใช้กับโครงถักที่ทำจากเหล็กกลมได้ ราคาที่เพิ่มขึ้นสำหรับการใช้เหล็กข้อย้อย ประมาณ 3 % จากราคาพื้นฐานและราคาที่เพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการป้องกันสนิม ประมาณ 20 - 25 % ของราคาพื้นฐาน บางครั้งเหล็กข้อย่อยไม่ใช่  
การป้องกันสนิม

increased in WWF

| Wire Size Number |          | Nominal<br>Diameter<br>In. | Nominal<br>Weight<br>Plf | Area — sq in. per ft of width |      |      |      |      |      |      |
|------------------|----------|----------------------------|--------------------------|-------------------------------|------|------|------|------|------|------|
|                  |          |                            |                          | Center to Center Spacing, in. |      |      |      |      |      |      |
| Smooth           | Deformed |                            |                          | 2                             | 3    | 4    | 6    | 8    | 10   | 12   |
| W31              | D31      | 0.628                      | 1.054                    | 1.86                          | 1.24 | .93  | .62  | .465 | .372 | .31  |
| W30              | D30      | 0.618                      | 1.020                    | 1.80                          | 1.20 | .90  | .60  | .45  | .36  | .30  |
| W28              | D28      | 0.597                      | .952                     | 1.68                          | 1.12 | .84  | .56  | .42  | .336 | .28  |
| W26              | D26      | 0.575                      | .934                     | 1.56                          | 1.04 | .78  | .52  | .39  | .312 | .26  |
| W24              | D24      | 0.553                      | .816                     | 1.44                          | .96  | .72  | .48  | .36  | .288 | .24  |
| W22              | D22      | 0.529                      | .748                     | 1.32                          | .88  | .66  | .44  | .33  | .264 | .22  |
| W20              | D20      | 0.504                      | .680                     | 1.20                          | .80  | .60  | .40  | .30  | .24  | .20  |
| W18              | D18      | 0.478                      | .612                     | 1.08                          | .72  | .54  | .36  | .27  | .216 | .18  |
| W16              | D16      | 0.451                      | .544                     | .96                           | .64  | .48  | .32  | .24  | .192 | .16  |
| W14              | D14      | 0.422                      | .476                     | .84                           | .56  | .42  | .28  | .21  | .168 | .14  |
| W12              | D12      | 0.390                      | .408                     | .72                           | .48  | .36  | .24  | .18  | .144 | .12  |
| W11              | D11      | 0.374                      | .374                     | .66                           | .44  | .33  | .22  | .165 | .132 | .11  |
| W10.5            |          | 0.366                      | .357                     | .63                           | .42  | .315 | .21  | .157 | .126 | .105 |
| W10              | D10      | 0.356                      | .340                     | .60                           | .40  | .30  | .20  | .15  | .12  | .10  |
| W9.5             |          | 0.348                      | .323                     | .57                           | .38  | .285 | .19  | .142 | .114 | .095 |
| W9               | D9       | 0.338                      | .306                     | .54                           | .36  | .27  | .18  | .135 | .108 | .09  |
| W8.5             |          | 0.329                      | .289                     | .51                           | .34  | .255 | .17  | .127 | .102 | .085 |
| W8               | D8       | 0.319                      | .272                     | .48                           | .32  | .24  | .16  | .12  | .096 | .08  |
| W7.5             |          | 0.309                      | .255                     | .45                           | .30  | .225 | .15  | .112 | .09  | .075 |
| W7               | D7       | 0.298                      | .238                     | .42                           | .28  | .21  | .14  | .105 | .084 | .07  |
| W6.5             |          | 0.288                      | .221                     | .39                           | .26  | .195 | .13  | .097 | .078 | .065 |
| W                | D6       | 0.276                      | .204                     | .36                           | .24  | .18  | .12  | .09  | .072 | .06  |
| W5.5             |          | 0.264                      | .187                     | .33                           | .22  | .165 | .11  | .082 | .066 | .055 |
| W5               | D5       | 0.252                      | .170                     | .30                           | .20  | .15  | .10  | .075 | .06  | .05  |
| W4.5             |          | 0.240                      | .153                     | .27                           | .18  | .135 | .09  | .067 | .054 | .045 |
| W4               | D4       | 0.225                      | .136                     | .24                           | .16  | .12  | .08  | .06  | .048 | .04  |
| W3.5             |          | 0.211                      | .119                     | .21                           | .14  | .105 | .07  | .052 | .042 | .035 |
| W3               |          | 0.195                      | .102                     | .18                           | .12  | .09  | .06  | .045 | .036 | .03  |
| W2.9             |          | 0.192                      | .098                     | .174                          | .116 | .087 | .058 | .043 | .035 | .029 |
| W2.5             |          | 0.178                      | .085                     | .15                           | .10  | .075 | .05  | .037 | .03  | .025 |
| W2.1             |          | 0.162                      | .070                     | .126                          | .084 | .063 | .042 | .031 | .025 | .021 |
| W2               |          | 0.159                      | .068                     | .12                           | .08  | .06  | .04  | .03  | .024 | .02  |
| W1.5             |          | 0.138                      | .051                     | .09                           | .06  | .045 | .03  | .022 | .018 | .015 |
| W1.4             |          | 0.135                      | .049                     | .084                          | .056 | .042 | .028 | .021 | .017 | .014 |

Note: Other wire sizes may be produced if the quantity is sufficient to justify manufacture.

## ตารางที่ 2.5

ประโยชน์ของโครงถักในคอนกรีตผิวบาง ในหลายงานที่ต้องมีเครื่องมือในการคัด  
ตะแกรงเหล็กให้เป็นรูปร่างต่างๆ ตามที่เราต้องการ ACI Code ได้กำหนดไว้ว่า ภายในเส้น  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผ่าศูนย์กลางของการบิดตะแกรงเหล็กเรียบหรือเหล็กข้อย้อยสำหรับเหล็กดัดและเหล็กปลอกจะต้องไม่น้อยกว่า 4 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลาง สำหรับเหล็กข้อย้อยที่ใหญ่กว่า D6 และ 2 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางลวดสำหรับลวดชนิดอื่นๆ

ข้อกำหนดใน ACI Code จะคล้ายกับการทดสอบการบิด ข้อกำหนดนี้จะรวมไว้ใน ASTM สำหรับคอนกรีตเสริมเหล็ก มีข้อยกเว้นคือกรณีของเหล็กกลม เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.30 นิ้ว หรือน้อยกว่านี้ การทดสอบการบิดมีความรุนแรงเกินไป ในกรณีนี้ต้องใช้ลวดที่จะบิดมาหมุนรอบเส้นสลักเส้นผ่าศูนย์กลางของมันซึ่งจะเท่ากับเส้นผ่าศูนย์กลางของตัวอย่าง

การทดสอบแรงบิดตามข้อกำหนด ASTM ทำที่อุณหภูมิห้องและใช้เหล็กข้อย้อยหมุนเป็นมุม  $90^{\circ}$  และเหล็กกลมหมุน  $180^{\circ}$  โดยไม่มีการแตกหักที่ผิวนอก

ข้อกำหนดจำกัดการใช้ความยาวของ WWF อยู่ใน ACI Code กำลังคลากของตะแกรงเหล็กกลมจะถูกใช้ที่หน้าตัดที่กำหนด โดยฝังลวดไขว้ 2 เส้น ให้ห่างจากหัวข้อ โดยที่ลวดทั้ง 2 เส้นจะอยู่ใกล้กันไม่น้อยกว่า 2 นิ้ว จากที่กำหนด อย่างไรก็ตามควรใช้ความยาวไม่น้อยกว่า 6 นิ้ว

กำลังคลากของเหล็กตะแกรงข้อย้อย จะถูกพัฒนาโดยการฝังลวดไขว้ 1 คู่ มีระยะห่างไม่น้อยกว่า 2 นิ้ว จากข้อกำหนดที่ให้ความยาวไม่น้อยกว่า 8 นิ้ว จากการอ้างอิงของ ACI Code และข้อกำหนดนี้ยังขึ้นกับระยะทางด้วย

### 2.3.2 เหล็กเส้นเสริม

เหล็กเส้นเสริมเป็นเหล็กรีดร้อน ทำจากเหล็กโดยการเปลี่ยนแปลงค่าคาร์บอน เหล็กข้อย้อยมีมาตรฐาน ASTM A615 ซึ่งมีค่าที่ใช้ในงานคอนกรีตเสริมเหล็ก มีค่า # 3 ถึง # 11 เกรด 40 และเกรด 60

เหล็กเสริมอีก 3 ชนิดที่อยู่ในมาตรฐาน ASTM A616 เหล็กแรงรถไฟ และเส้นเหล็กผิวเรียบสำหรับงานคอนกรีตเสริมเหล็ก A617 เหล็กข้อย้อย และเหล็กผิวเรียบสำหรับงานคอนกรีตเสริมเหล็ก และ A706 เหล็กอัลลอยด์ต่ำสำหรับงานคอนกรีตเสริมเหล็ก จะมีส่วนผสมของคาร์บอนไม่เกิน 0.3 % โดยจะกำหนดผลประโยชน์ก่อนการกำหนดการผลิต

ตารางที่ 2.6 และ 2.7 แสดงรายการต่างๆและคุณสมบัติทางกายภาพของเส้นเหล็กเสริม รายละเอียดของเหล็กเสริมในพื้นที่แอ็ค แสดงให้เห็นความสำคัญของขนาดเหล็กเสริมที่ไม่วารณใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีการเปลี่ยนรูปมากกว่าที่ระบุข้อมูลของการเปลี่ยนรูปในตารางที่ 2.6 พื้นที่และเส้นรอบวงของเหล็กเสริมจะแสดงในตารางที่ 2.8 ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น  $E_s$  สำหรับเหล็กเสริมจะมีค่าใกล้เคียงกัน มีค่าประมาณ  $29 \times 10^6$  psi

ASTM standard reinforcing bars

| Bar Designation No. | Nominal Weight, lb/ft | Nominal Dimensions* |                                        |
|---------------------|-----------------------|---------------------|----------------------------------------|
|                     |                       | Diameter, in.       | Cross-Sectional Area, in. <sup>2</sup> |
| 3                   | 0.376                 | 0.375               | 0.11                                   |
| 4                   | 0.668                 | 0.500               | 0.20                                   |
| 5                   | 1.043                 | 0.625               | 0.31                                   |
| 6                   | 1.502                 | 0.750               | 0.44                                   |
| 7                   | 2.044                 | 0.875               | 0.60                                   |
| 8                   | 2.670                 | 1.000               | 0.79                                   |
| 9                   | 3.400                 | 1.128               | 1.00                                   |
| 10                  | 4.303                 | 1.270               | 1.27                                   |
| 11                  | 5.313                 | 1.410               | 1.56                                   |
| 14                  | 7.65                  | 1.693               | 2.25                                   |
| 18                  | 13.60                 | 2.257               | 4.00                                   |

ตารางที่ 2.6

จุดผูกที่ตีระหว่างเหล็กและคอนกรีตนั้นมีความสำคัญ ถ้าเหล็กถูกทำให้อยู่ในสภาวะต้านแรงดึงและมีรอยร้าวเล็กน้อย เพราะฉะนั้นเหล็กเสริมต้องไม่เป็นอันตรายในตำแหน่งผูก

ความยาวของเหล็กเส้นตรงต้องมีความสามารถในการยึดตามลำพังที่ความยาว  $l_d$  ภายใต้แรงดึงและแรงอัดดังแสดงในตารางที่ 2.9 และ 2.10 ซึ่งมีค่าเปลี่ยนแปลงตามขนาด เกรดของเหล็กเสริม และกำลังของคอนกรีต ค่านี้เท่ากับค่าของ ACI 318 - 77 ค่าใช้ความยาวในแรงดึงสำหรับส่วนบนของเหล็กเสริมจะถูกคูณด้วย 1.4 ส่วนบนของเหล็กเสริมตามแนวขวางจะวางห่างกันมากกว่า 12 นิ้ว สำหรับงานหล่อคอนกรีตในองค์ประกอบได้เหล็กเส้น เมื่อใช้คอนกรีตมวลรวมเบา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Physical requirements for deformed reinforcing bars

| Type of Steel and ASTM Specification No. | Size Nos. Inclusive | Grade | Tensile Strength Min., psi | Yield <sup>(a)</sup> Min., psi | Elongation in 8 in. Min. %                                                                        | Cold Bend Test <sup>(d)</sup> Pin Diameter (d = nominal diameter of bar)                                     |
|------------------------------------------|---------------------|-------|----------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Billet Steel A615 <sup>(c)</sup>         | 3-11                | 40    | 70,000                     | 40,000                         | #3, #7 ..... 11<br>#4, #5, #6 ..... 12<br>#8 ..... 10<br>#9 ..... 9<br>#10 ..... 8<br>#11 ..... 7 | Under Size #6 ..... 4d<br>#6 and Larger ..... 5d                                                             |
|                                          | 3-11<br>14, 18      | 60    | 90,000                     | 60,000                         | #3, #4, #5, #6 ..... 9<br>#7, #8 ..... 8<br>#9, #10, #11, #14, #18 ..... 7                        | Under Size #6 ..... 4d<br>#6 ..... 5d<br>#7, #8 ..... 6d<br>#9, #10, #11 ..... 8d<br>#14, #18 ..... 10d(90°) |
| Rail Steel A616 <sup>(c)</sup>           | 3-11                | 50    | 80,000                     | 50,000                         | #3, #7 ..... 6<br>#4, #5, #6 ..... 7<br>#8, #9, #10, #11 ..... 5                                  | Under Size #9 ..... 6d<br>#9, #10 ..... 8d<br>#11 ..... 8d(90°)                                              |
|                                          | 3-11                | 60    | 90,000                     | 60,000                         | #3, #4, #5, #6 ..... 6<br>#7 ..... 5<br>#8, #9, #10, #11 ..... 4.5                                | Under Size #9 ..... 6d<br>#9, #10 ..... 8d<br>#11 ..... 8d(90°)                                              |
| Axle Steel A617 <sup>(c)</sup>           | 3-11                | 40    | 70,000                     | 40,000                         | #3, #7 ..... 11<br>#4, #5, #6 ..... 12<br>#8 ..... 10<br>#9 ..... 9<br>#10 ..... 8<br>#11 ..... 7 | Under Size #6 ..... 4d<br>#6 and Larger ..... 5d                                                             |
|                                          | 3-11                | 60    | 90,000                     | 60,000                         | #3, #4, #5, #6, #7 ..... 8<br>#8, #9, #10, #11 ..... 7                                            | Under Size #6 ..... 4d<br>#6 ..... 5d<br>#7, #8 ..... 6d<br>#9, #10, #11 ..... 8d                            |
| Low Alloy Steel A706 <sup>(e)</sup>      | 3-11<br>14, 18      | 60    | 80,000 <sup>(h)</sup>      | 60,000 <sup>(g)</sup>          | #3, #4, #5, #6 ..... 14<br>#7, #8, #9, #10, #11 ..... 12<br>#14, #18 ..... 10                     | Under Size #6 ..... 3d<br>#6, #7, #8 ..... 4d<br>#9, #10, #11 ..... 6d<br>#14, #18 ..... 8d                  |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ตารางที่ 2.7  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

|     |   | 0    | 5     |     |      | 1     | 2     | 3     | 4     | 5                                                                                                      | Areas, $A_s$ (or $A'_s$ ) sq. in. |      |       |       |       |
|-----|---|------|-------|-----|------|-------|-------|-------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|------|-------|-------|-------|
| #4  | 1 | 0.20 | 1.20  | #3  | 0.31 | 0.42  | 0.53  | 0.64  | 0.75  | Columns headed <b>0 5</b> contain data for bars of one size in groups of one to ten.                   |                                   |      |       |       |       |
|     | 2 | 0.40 | 1.40  |     | 0.51 | 0.62  | 0.73  | 0.84  | 0.95  | Columns headed <b>1 2 3 4 5</b> contain data for bars of two sizes with from one to five of each size. |                                   |      |       |       |       |
|     | 3 | 0.60 | 1.60  |     | 0.71 | 0.82  | 0.93  | 1.04  | 1.15  |                                                                                                        |                                   |      |       |       |       |
|     | 4 | 0.80 | 1.80  |     | 0.91 | 1.02  | 1.13  | 1.24  | 1.35  |                                                                                                        |                                   |      |       |       |       |
|     | 5 | 1.00 | 2.00  |     | 1.11 | 1.22  | 1.33  | 1.44  | 1.55  |                                                                                                        |                                   |      |       |       |       |
| #5  | 1 | 0.31 | 1.86  | #4  | 0.51 | 0.71  | 0.91  | 1.11  | 1.31  | #3                                                                                                     | 0.42                              | 0.53 | 0.64  | 0.75  | 0.86  |
|     | 2 | 0.62 | 2.17  |     | 0.82 | 1.02  | 1.22  | 1.42  | 1.62  |                                                                                                        | 0.73                              | 0.84 | 0.95  | 1.06  | 1.17  |
|     | 3 | 0.93 | 2.48  |     | 1.13 | 1.33  | 1.53  | 1.73  | 1.93  |                                                                                                        | 1.04                              | 1.15 | 1.26  | 1.37  | 1.48  |
|     | 4 | 1.24 | 2.79  |     | 1.44 | 1.64  | 1.84  | 2.04  | 2.24  |                                                                                                        | 1.35                              | 1.46 | 1.57  | 1.68  | 1.79  |
|     | 5 | 1.55 | 3.10  |     | 1.75 | 1.95  | 2.15  | 2.35  | 2.55  |                                                                                                        | 1.66                              | 1.77 | 1.88  | 1.99  | 2.10  |
| #6  | 1 | 0.44 | 2.64  | #5  | 0.75 | 1.06  | 1.37  | 1.68  | 1.99  | #4                                                                                                     | 0.64                              | 0.84 | 1.04  | 1.24  | 1.44  |
|     | 2 | 0.88 | 3.08  |     | 1.19 | 1.50  | 1.81  | 2.12  | 2.43  |                                                                                                        | 1.08                              | 1.28 | 1.48  | 1.68  | 1.88  |
|     | 3 | 1.32 | 3.52  |     | 1.63 | 1.94  | 2.25  | 2.56  | 2.87  |                                                                                                        | 1.52                              | 1.72 | 1.92  | 2.12  | 2.32  |
|     | 4 | 1.76 | 3.96  |     | 2.07 | 2.38  | 2.69  | 3.00  | 3.31  |                                                                                                        | 1.96                              | 2.16 | 2.36  | 2.56  | 2.76  |
|     | 5 | 2.20 | 4.40  |     | 2.51 | 2.82  | 3.13  | 3.44  | 3.75  |                                                                                                        | 2.40                              | 2.60 | 2.80  | 3.00  | 3.20  |
| #7  | 1 | 0.60 | 3.60  | #6  | 1.04 | 1.48  | 1.92  | 2.36  | 2.80  | #5                                                                                                     | 0.91                              | 1.22 | 1.53  | 1.84  | 2.15  |
|     | 2 | 1.20 | 4.20  |     | 1.64 | 2.08  | 2.52  | 2.96  | 3.40  |                                                                                                        | 1.51                              | 1.82 | 2.13  | 2.44  | 2.75  |
|     | 3 | 1.80 | 4.80  |     | 2.24 | 2.68  | 3.12  | 3.56  | 4.00  |                                                                                                        | 2.11                              | 2.42 | 2.73  | 3.04  | 3.35  |
|     | 4 | 2.40 | 5.40  |     | 2.84 | 3.28  | 3.72  | 4.16  | 4.60  |                                                                                                        | 2.71                              | 3.02 | 3.33  | 3.64  | 3.95  |
|     | 5 | 3.00 | 6.00  |     | 3.44 | 3.88  | 4.32  | 4.76  | 5.20  |                                                                                                        | 3.31                              | 3.62 | 3.93  | 4.24  | 4.55  |
| #8  | 1 | 0.79 | 4.74  | #7  | 1.39 | 1.99  | 2.59  | 3.19  | 3.79  | #6                                                                                                     | 1.23                              | 1.67 | 2.11  | 2.55  | 2.99  |
|     | 2 | 1.58 | 5.53  |     | 2.18 | 2.78  | 3.38  | 3.98  | 4.58  |                                                                                                        | 2.02                              | 2.46 | 2.90  | 3.34  | 3.78  |
|     | 3 | 2.37 | 6.32  |     | 2.97 | 3.57  | 4.17  | 4.77  | 5.37  |                                                                                                        | 2.81                              | 3.25 | 3.69  | 4.13  | 4.57  |
|     | 4 | 3.16 | 7.11  |     | 3.76 | 4.36  | 4.96  | 5.56  | 6.16  |                                                                                                        | 3.60                              | 4.04 | 4.48  | 4.92  | 5.36  |
|     | 5 | 3.95 | 7.90  |     | 4.55 | 5.15  | 5.75  | 6.35  | 6.95  |                                                                                                        | 4.39                              | 4.83 | 5.27  | 5.71  | 6.15  |
| #9  | 1 | 1.00 | 6.00  | #8  | 1.79 | 2.58  | 3.37  | 4.16  | 4.95  | #7                                                                                                     | 1.60                              | 2.20 | 2.80  | 3.40  | 4.00  |
|     | 2 | 2.00 | 7.00  |     | 2.79 | 3.58  | 4.37  | 5.16  | 5.95  |                                                                                                        | 2.60                              | 3.20 | 3.80  | 4.40  | 5.00  |
|     | 3 | 3.00 | 8.00  |     | 3.79 | 4.58  | 5.37  | 6.16  | 6.95  |                                                                                                        | 3.60                              | 4.20 | 4.80  | 5.40  | 6.00  |
|     | 4 | 4.00 | 9.00  |     | 4.79 | 5.58  | 6.37  | 7.16  | 7.95  |                                                                                                        | 4.60                              | 5.20 | 5.80  | 6.40  | 7.00  |
|     | 5 | 5.00 | 10.00 |     | 5.79 | 6.58  | 7.37  | 8.16  | 8.95  |                                                                                                        | 5.60                              | 6.20 | 6.80  | 7.40  | 8.00  |
| #10 | 1 | 1.27 | 7.62  | #9  | 2.27 | 3.27  | 4.27  | 5.27  | 6.27  | #8                                                                                                     | 2.06                              | 2.85 | 3.64  | 4.43  | 5.22  |
|     | 2 | 2.54 | 8.89  |     | 3.54 | 4.54  | 5.54  | 6.54  | 7.54  |                                                                                                        | 3.33                              | 4.12 | 4.91  | 5.70  | 6.49  |
|     | 3 | 3.81 | 10.16 |     | 4.81 | 5.81  | 6.81  | 7.81  | 8.81  |                                                                                                        | 4.60                              | 5.39 | 6.18  | 6.97  | 7.70  |
|     | 4 | 5.08 | 11.43 |     | 6.08 | 7.08  | 8.08  | 9.08  | 10.08 |                                                                                                        | 5.87                              | 6.66 | 7.45  | 8.24  | 9.03  |
|     | 5 | 6.35 | 12.70 |     | 7.35 | 8.35  | 9.35  | 10.35 | 11.35 |                                                                                                        | 7.14                              | 7.93 | 8.72  | 9.51  | 10.30 |
| #11 | 1 | 1.56 | 9.36  | #10 | 2.83 | 4.10  | 5.37  | 6.64  | 7.91  | #9                                                                                                     | 2.56                              | 3.56 | 4.56  | 5.56  | 6.56  |
|     | 2 | 3.12 | 10.92 |     | 4.39 | 5.66  | 6.93  | 8.20  | 9.47  |                                                                                                        | 4.12                              | 5.12 | 6.12  | 7.12  | 8.12  |
|     | 3 | 4.68 | 12.48 |     | 5.95 | 7.22  | 8.49  | 9.76  | 11.03 |                                                                                                        | 5.68                              | 6.68 | 7.68  | 8.68  | 9.68  |
|     | 4 | 6.24 | 14.04 |     | 7.51 | 8.78  | 10.05 | 11.32 | 12.59 |                                                                                                        | 7.24                              | 8.24 | 9.24  | 10.24 | 11.24 |
|     | 5 | 7.80 | 15.60 |     | 9.07 | 10.34 | 11.61 | 12.88 | 14.15 |                                                                                                        | 8.80                              | 9.80 | 10.80 | 11.80 | 12.80 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาในเอกสารนี้โดยมิได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.8

Tension:

$$l_d = 0.04 A_b \frac{f_y}{\sqrt{f'_c}} ; \text{min } 0.0004 f_y d_b \text{ or } 12 \text{ in.}$$

Compression development length:

$$l_d = 0.02 f_y \frac{d_b}{\sqrt{f'_c}} ; \text{min } 0.0003 f_y d_b \text{ or } 8 \text{ in.}$$

Compression Splice:

Compression  $l_d$ ; min  $0.0005 f_y d_b$  or 12 in. $A_b$  = area of individual bar, in.<sup>2</sup> $d_b$  = diameter of bar, in.

For limitations or special conditions see ACI 318-77, Sects. 12.2, 12.3, 12.14, 12.16, and 12.17.

Development and lap lengths in inches

| Bar size | $f'_c = 3000 \text{ psi}$ |          |          |                               | $f'_c = 4000 \text{ psi}$ |          |          |                               | $f'_c = 5000 \text{ psi}$ |          |          |                               | Min. Comp. Splice |
|----------|---------------------------|----------|----------|-------------------------------|---------------------------|----------|----------|-------------------------------|---------------------------|----------|----------|-------------------------------|-------------------|
|          | Tension                   |          |          | Com-<br>pres-<br>ion<br>$l_d$ | Tension                   |          |          | Com-<br>pres-<br>ion<br>$l_d$ | Tension                   |          |          | Com-<br>pres-<br>ion<br>$l_d$ |                   |
|          | $l_d$                     | $1.3l_d$ | $1.7l_d$ |                               | $l_d$                     | $1.3l_d$ | $1.7l_d$ |                               | $l_d$                     | $1.3l_d$ | $1.7l_d$ |                               |                   |
| 3        | 12                        | 12       | 12       | 8                             | 12                        | 12       | 12       | 8                             | 12                        | 12       | 12       | 8                             | 12                |
| 4        | 12                        | 12       | 14       | 8                             | 12                        | 12       | 14       | 8                             | 12                        | 12       | 14       | 8                             | 12                |
| 5        | 12                        | 13       | 17       | 9                             | 12                        | 13       | 17       | 8                             | 12                        | 13       | 17       | 8                             | 13                |
| 6        | 13                        | 17       | 22       | 11                            | 12                        | 16       | 20       | 9                             | 12                        | 16       | 20       | 9                             | 15                |
| 7        | 18                        | 23       | 30       | 13                            | 15                        | 20       | 26       | 11                            | 14                        | 18       | 24       | 11                            | 18                |
| 8        | 23                        | 30       | 39       | 15                            | 20                        | 26       | 34       | 13                            | 18                        | 23       | 30       | 12                            | 20                |
| 9        | 29                        | 38       | 50       | 17                            | 25                        | 33       | 43       | 14                            | 23                        | 30       | 38       | 13                            | 23                |
| 10       | 37                        | 48       | 63       | 19                            | 32                        | 42       | 55       | 16                            | 29                        | 37       | 49       | 15                            | 25                |
| 11       | 46                        | 59       | 77       | 21                            | 39                        | 51       | 67       | 18                            | 35                        | 46       | 60       | 17                            | 28                |

| Bar size | $f'_c = 6000 \text{ psi}$ |          |          |                      | $f'_c = 7000 \text{ psi}$ |          |          |                      | $f'_c = 8000 \text{ psi}$ |          |          |                      | Min. Comp. Splice |
|----------|---------------------------|----------|----------|----------------------|---------------------------|----------|----------|----------------------|---------------------------|----------|----------|----------------------|-------------------|
|          | Tension                   |          |          | Compression<br>$l_d$ | Tension                   |          |          | Compression<br>$l_d$ | Tension                   |          |          | Compression<br>$l_d$ |                   |
|          | $l_d$                     | $1.3l_d$ | $1.7l_d$ |                      | $l_d$                     | $1.3l_d$ | $1.7l_d$ |                      | $l_d$                     | $1.3l_d$ | $1.7l_d$ |                      |                   |
| 3        | 12                        | 12       | 12       | 8                    | 12                        | 12       | 12       | 8                    | 12                        | 12       | 12       | 8                    | 12                |
| 4        | 12                        | 12       | 14       | 8                    | 12                        | 12       | 14       | 8                    | 12                        | 12       | 14       | 8                    | 12                |
| 5        | 12                        | 13       | 17       | 8                    | 12                        | 13       | 17       | 8                    | 12                        | 13       | 17       | 8                    | 13                |
| 6        | 12                        | 16       | 20       | 9                    | 12                        | 16       | 20       | 9                    | 12                        | 16       | 20       | 9                    | 15                |
| 7        | 14                        | 18       | 24       | 10                   | 14                        | 18       | 24       | 11                   | 14                        | 18       | 24       | 11                   | 18                |
| 8        | 16                        | 21       | 28       | 12                   | 16                        | 21       | 27       | 12                   | 16                        | 21       | 27       | 12                   | 20                |
| 9        | 21                        | 27       | 35       | 14                   | 19                        | 25       | 33       | 14                   | 18                        | 23       | 31       | 14                   | 23                |
| 10       | 26                        | 34       | 45       | 15                   | 24                        | 32       | 41       | 15                   | 23                        | 40       | 39       | 15                   | 25                |
| 11       | 32                        | 42       | 55       | 17                   | 30                        | 37       | 51       | 17                   | 28                        | 36       | 47       | 17                   | 28                |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.9

Tension:

$$l_d = 0.04 A_b \frac{f_y}{\sqrt{f'_c}} ; \text{min } 0.0004 f_y d_b \text{ or } 12 \text{ in.}$$

Compression development length:

$$l_d = 0.02 f_y \frac{d_b}{\sqrt{f'_c}} ; \text{min } 0.0003 f_y d_b \text{ or } 8 \text{ in.}$$

Compression Splice:

Compression  $l_d$  ; min  $0.0005 f_y d_b$  or 12 in. $A_b$  = area of individual bar, in.<sup>2</sup> $d_b$  = diameter of bar, in.

For limitations or special conditions see ACI 318-77, Sects. 12.2, 12.3, 12.14, 12.16, and 12.17.

Development and lap lengths in inches

| Bar size | $f'_c = 3000 \text{ psi}$ |          |          |                                | $f'_c = 4000 \text{ psi}$ |          |          |                                | $f'_c = 5000 \text{ psi}$ |          |          |                                | Min. Comp. Splice |
|----------|---------------------------|----------|----------|--------------------------------|---------------------------|----------|----------|--------------------------------|---------------------------|----------|----------|--------------------------------|-------------------|
|          | Tension                   |          |          | Com-<br>pres-<br>sion<br>$l_d$ | Tension                   |          |          | Com-<br>pres-<br>sion<br>$l_d$ | Tension                   |          |          | Com-<br>pres-<br>sion<br>$l_d$ |                   |
|          | $l_d$                     | $1.3l_d$ | $1.7l_d$ |                                | $l_d$                     | $1.3l_d$ | $1.7l_d$ |                                | $l_d$                     | $1.3l_d$ | $1.7l_d$ |                                |                   |
| 3        | 12                        | 12       | 15       | 8                              | 12                        | 12       | 15       | 8                              | 12                        | 12       | 15       | 8                              | 12                |
| 4        | 12                        | 16       | 20       | 11                             | 12                        | 16       | 20       | 9                              | 12                        | 16       | 20       | 9                              | 15                |
| 5        | 15                        | 20       | 26       | 14                             | 15                        | 20       | 26       | 12                             | 15                        | 20       | 26       | 11                             | 19                |
| 6        | 19                        | 25       | 33       | 16                             | 18                        | 23       | 31       | 14                             | 18                        | 23       | 31       | 14                             | 23                |
| 7        | 26                        | 34       | 45       | 19                             | 23                        | 30       | 39       | 17                             | 21                        | 27       | 36       | 16                             | 26                |
| 8        | 35                        | 45       | 59       | 22                             | 30                        | 39       | 51       | 19                             | 27                        | 35       | 46       | 18                             | 30                |
| 9        | 44                        | 57       | 74       | 25                             | 38                        | 49       | 65       | 21                             | 34                        | 44       | 58       | 20                             | 34                |
| 10       | 56                        | 72       | 95       | 28                             | 48                        | 63       | 82       | 24                             | 43                        | 56       | 73       | 23                             | 38                |
| 11       | 68                        | 89       | 116      | 31                             | 59                        | 77       | 101      | 27                             | 53                        | 68       | 90       | 25                             | 42                |

| Bar size | $f'_c = 6000 \text{ psi}$ |          |          |                                | $f'_c = 7000 \text{ psi}$ |          |          |                                | $f'_c = 8000 \text{ psi}$ |          |          |                                | Min. Comp. Splice |
|----------|---------------------------|----------|----------|--------------------------------|---------------------------|----------|----------|--------------------------------|---------------------------|----------|----------|--------------------------------|-------------------|
|          | Tension                   |          |          | Com-<br>pres-<br>sion<br>$l_d$ | Tension                   |          |          | Com-<br>pres-<br>sion<br>$l_d$ | Tension                   |          |          | Com-<br>pres-<br>sion<br>$l_d$ |                   |
|          | $l_d$                     | $1.3l_d$ | $1.7l_d$ |                                | $l_d$                     | $1.3l_d$ | $1.7l_d$ |                                | $l_d$                     | $1.3l_d$ | $1.7l_d$ |                                |                   |
| 3i       | 12                        | 12       | 15       | 8                              | 12                        | 12       | 15       | 8                              | 12                        | 12       | 15       | 8                              | 12                |
| 4i       | 12                        | 16       | 20       | 9                              | 12                        | 16       | 20       | 9                              | 12                        | 16       | 20       | 9                              | 15                |
| 5        | 15                        | 20       | 26       | 11                             | 15                        | 20       | 26       | 11                             | 15                        | 20       | 26       | 11                             | 19                |
| 6i       | 18                        | 23       | 31       | 14                             | 18                        | 23       | 31       | 14                             | 18                        | 23       | 31       | 14                             | 23                |
| 7i       | 21                        | 27       | 36       | 16                             | 21                        | 27       | 36       | 16                             | 21                        | 27       | 36       | 16                             | 26                |
| 8i       | 24                        | 32       | 42       | 18                             | 24                        | 31       | 41       | 18                             | 24                        | 31       | 41       | 18                             | 30                |
| 9i       | 31                        | 40       | 53       | 20                             | 29                        | 37       | 49       | 20                             | 27                        | 35       | 46       | 20                             | 34                |
| 10i      | 39                        | 51       | 67       | 23                             | 36                        | 47       | 62       | 23                             | 34                        | 44       | 58       | 23                             | 38                |
| 11i      | 48                        | 63       | 82       | 25                             | 45                        | 58       | 76       | 25                             | 42                        | 55       | 71       | 25                             | 42                |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



1. ภายในแรงดึงจะถูกคูณด้วย 1.33 สำหรับคอนกรีตเบา การเปรียบเทียบเป็นค่าเส้นตรงจะทำให้ค่าที่ต้องการได้ 1 ในแรงดึง อาจคูณด้วย

1 0.8 สำหรับเหล็กเสริมที่ 1 พิจารณาอย่างน้อยสุดที่ปลาย 6 นิ้ว , บนจุดศูนย์กลางอย่างน้อย 3 นิ้ว จากผิวของชิ้นส่วนกับขอบของเหล็กเส้น วัดในทิศทางเดียวกับระยะห่าง

2 อัตราส่วนระหว่างพื้นที่ที่ต้องการค่อพื้นที่ที่แบ่ง เมื่อเหล็กเส้นเกิดการบิดงอองค์ประกอบจะถูกแบ่งเกินจากที่กำหนด

3 0.75 สำหรับเหล็กเส้นที่เป็นเกลียวมีเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า  $1/4$  นิ้ว ระยะพิทไม่เกิน 4 นิ้ว

ความยาวที่ใช้ในแรงอัดอาจลดลง 25 % เมื่อเหล็กเสริมมีเส้นผ่านศูนย์กลางเกลียวไม่เกิน  $1/4$  นิ้ว และระยะพิทไม่เกิน 4 นิ้ว เมื่อเพิ่มพื้นที่ของเหล็กเส้นความยาว 1 จะมียาลดลงโดยอัตราส่วนของพื้นที่ที่กำหนดค่อพื้นที่ที่จัดการ เมื่อจำเป็นต้องเพิ่มความสามารถของเหล็กเส้นโดยที่มีระยะน้อยกว่า 1 ปลายของเหล็กเส้นสามารถงอเป็นตะขอได้

การหาความยาวระยะฝังสมมูล โดยการหาคะขอควรทำตามมาตรฐาน ACI 318 - 77 สามารถดูรายละเอียดคุณสมบัติของตะขอได้ในรูปที่ 2.17 โดยปรกติการแตกหัก มักไม่เป็นปัญหาถ้าไม่องเหล็กที่อุณหภูมิต่ำกว่า 40 F

ACI Building Code กำหนดให้เหล็กเสริมเป็นเหล็กดัดเย็น หรือเป็นวิธีอื่นที่ได้รับการยอมรับจากการทดสอบแล้ว ส่วนเหล็กเส้นที่อยู่ภายในคอนกรีตจะไม่ได้รับการรับรอง โดยทั่วไปความร้อนจะทำให้เหล็กมีการงอได้ง่าย อุณหภูมิต้องไม่เกิน 1200 F จึงจะไม่เป็นอันตรายต่อเหล็ก แต่คอนกรีตจะมีความเสียหายเมื่อไม่มีเหล็กฝังอยู่ เมื่ออยู่ในช่วง 600 - 800 F ซึ่งเป็นช่วงที่เกิดการบิดที่ยอมรับได้จะไม่ทำให้คอนกรีตและเหล็กเส้นเกิดการเสียหาย

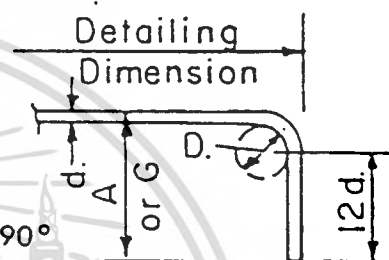
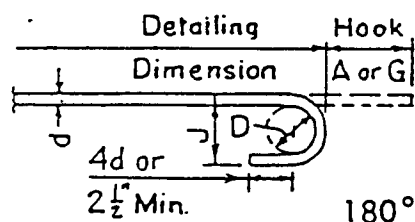
## Details of standard hooks

RECOMMENDED END HOOKS  
All Grades

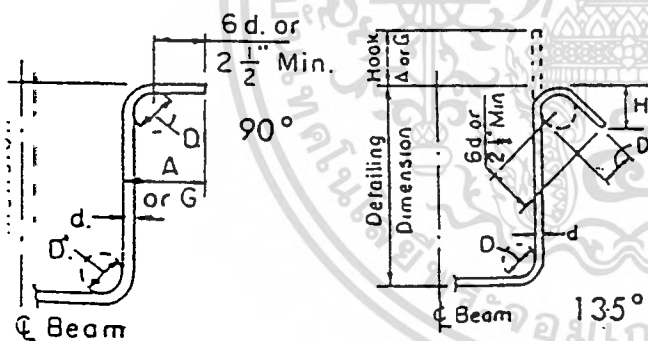
$D = 6d$  for #3 through #8  
 $D = 8d$  for #9, #10 and #11  
 $D = 10d$  for #14 and #18

| Bar Size | 180° HOOKS* |      | 90° HOOKS |
|----------|-------------|------|-----------|
|          | A or G      | J    | A or G    |
| #3       | 5           | 3    | 6         |
| #4       | 6           | 4    | 8         |
| #5       | 7           | 5    | 10        |
| #6       | 8           | 6    | 1-0       |
| #7       | 10          | 7    | 1-2       |
| #8       | 11          | 8    | 1-4       |
| #9       | 1-3         | 11¼  | 1-7       |
| #10      | 1-5         | 1-0¾ | 1-10      |
| #11      | 1-7         | 1-2¼ | 2-0       |
| #14      | 2-2         | 1-8½ | 2-7       |
| #18      | 2-11        | 2-3  | 3-5       |

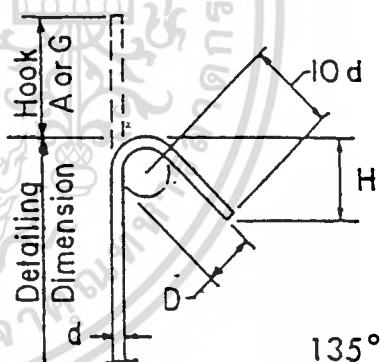
\*With Grade 40 only, where available depth is limited, bars may be bent with  $D = 5d$  for #3 through #11.



## STIRRUP AND TIE HOOKS



## 135° SEISMIC STIRRUP/TIE HOOKS

STIRRUPS  
(TIES SIMILAR)STIRRUP AND TIE HOOK DIMENSIONS  
Grades 40-50-60 ksi

| Bar Size | D (in.) | 90° Hook    | 135° Hook   |           |
|----------|---------|-------------|-------------|-----------|
|          |         | Hook A or G | Hook A or G | H Approx. |
| #3       | 1½      | 4           | 4           | 2½        |
| #4       | 2       | 4½          | 4½          | 3         |
| #5       | 2½      | 6           | 5½          | 3¾        |

135° SEISMIC STIRRUP/TIE  
HOOK DIMENSIONS

Grades 40-50-60 ksi

| Bar Size | D (in.) | 135° Hook   |           |
|----------|---------|-------------|-----------|
|          |         | Hook A or G | H Approx. |
| #3       | 1½      | 5           | 3½        |
| #4       | 2       | 6½          | 4½        |
| #5       | 2½      | 8           | 5½        |
| #6       | 4½      | 11          | 6¾        |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.3.3 เหล็กกำลังอัดแรง

เหล็กแรงดึงสูงใช้ในการผลิตเป็นกำลังอัดแรง แรงดึงกำลังสูงเป็นข้อกำหนดให้อนุภาติการสูญเสียความเค้นที่เกิดขึ้นหลังจากเหล็กถูกอัดแรง ขึ้นอยู่กับชนิดของเหล็ก ชนิดของคอนกรีต ความเค้นอัดในคอนกรีตและสิ่งแวดล้อม เหล็กจะมีการสูญเสียกำลัง 20000 ถึง 50000 psi ระหว่างการติดตั้งและปลายชีวิตในการใช้งาน จาก 50 - 70 % ของการสูญเสียที่เกิดขึ้นใน 30 วันแรก และจะเพิ่มมากขึ้นตลอดระยะเวลาการใช้งานในอัตราที่ลดลง

เหล็กกำลังในคอนกรีตอัดแรง ประกอบไปด้วย ลวด เชือกเหล็ก และเหล็กเส้น กำลังและจุดผูกของลวดจะลดลงเมื่อเพิ่มเส้นผ่าศูนย์กลาง ทำให้ในทางปฏิบัติเส้นผ่าศูนย์กลางของลวดจะถูกจำกัดที่ 9/32 นิ้ว สำหรับงานอัดแรงแบบการดึงที่หลัง ลวดขนาด 1/4 นิ้ว จัดเป็นกลุ่มขนาน เชือกเหล็กจะบิดจับเป็นกลุ่ม จะช่วยลดค่าใช้จ่ายในส่วนของตัวจับยึด ส่วนใหญ่ลวดรับกำลังสูงจะใช้งานคอนกรีตอัดแรงแบบดึงก่อน เหล็กผสมทนความร้อนจะใช้งานคอนกรีตอัดแรงแบบดึงที่หลัง

ลวดอัดแรงหรือเหล็กเสริมกำลังอัดแรงเป็นวัสดุที่เข้ากับอุณหภูมิต่ำ ( 600 F ) เมื่อผ่านกระบวนการคลายความเค้น ลวดอัดแรงหรือเหล็กเสริมกำลังจะมีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนสูงกับกำลังประลัย ลวดหรือเหล็กกำลัง บางครั้งอาจนำมาใช้เป็นวัสดุผสมที่อุณหภูมิต่ำ และแรงดึงสูง เป็นกระบวนการที่ปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพ และช่วยลดการสูญเสียเนื่องจากการผอมคลาย

เหล็กอัดแรงจะไม่แสดงจุดคานงให้เห็นเด่นชัดเหมือนเหล็กผสมคาร์บอน ข้อกำหนดของลวดและเหล็กกำลัง คือ กำลังคลาก  $f_{py}$  ซึ่งสามารถวัดได้ 1 % ภายใต้วิธีการรับแรง วิธีหาจุดคานงทำได้โดยใช้ค่าน้อยที่สุดที่กำหนดโดย ASTM คือ

- 95 % ของกำลังถึงประลัย สำหรับเหล็กข้ออ้อย
- 80 % ของกำลังถึงประลัย สำหรับเหล็กผิวเรียบ

ลวดเหล็กไม่ใช้งานที่มีอุณหภูมิสูงเนื่องจากที่กล่าวมาในขั้นต้นจึงไม่สามารถทำการเชื่อมได้ ถ้าได้รับอุณหภูมิสูงจะเกิดการเสียหายที่มองไม่เห็น คือ เมื่อเย็นตัวลงหลังจากได้รับความร้อน กำลังจะลดลงเหลือน้อยกว่าครึ่งของกำลังเริ่มแรกก่อนได้รับความร้อน

เชือกเหล็ก

Strand จะใช้ในงานคอนกรีตอัดแรงทั้งก่อนและหลังรับแรงดึง ถูกผลิตขึ้นมา 2 เกรด ตามมาตรฐาน ASTM A416 เชือกเหล็กเปลือย 7 เส้นคล้ายความเค้นสำหรับคอนกรีตอัดแรง ดังแสดงในตารางที่ 2.11

Properties of prestressing strand and wire

| Grade 270 Seven-Wire Strand, $f_{pu} = 270 \text{ ksi}^*$ |       |       |       |       |
|-----------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Nominal Diameter, in.                                     | 3/8   | 7/16  | 1/2   | 0.600 |
| Area, sq in.                                              | 0.085 | 0.115 | 0.153 | 0.217 |
| Weight, plf                                               | 0.29  | 0.39  | 0.52  | 0.74  |
| Ult. strength, kips                                       | 23.0  | 31.0  | 41.3  | 58.6  |

| Grade 250 Seven-Wire Strand, $f_{pu} = 250 \text{ ksi}^*$ |       |       |       |       |       |       |
|-----------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Nominal Diameter, in.                                     | 1/4   | 5/16  | 3/8   | 7/16  | 1/2   | 0.600 |
| Area, sq in.                                              | 0.036 | 0.058 | 0.080 | 0.108 | 0.144 | 0.215 |
| Weight, plf                                               | 0.12  | 0.20  | 0.27  | 0.37  | 0.49  | 0.74  |
| Ult. strength, kips                                       | 9.0   | 14.5  | 20.0  | 27.0  | 36.0  | 54.0  |

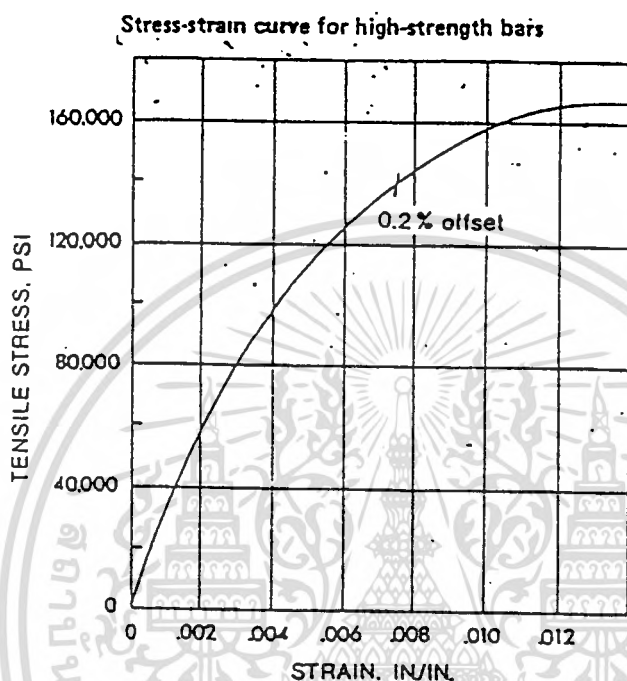
\*  $f_{pu}$  = ultimate strength of prestressing steel

| Prestressing Wire |        |        |        |        |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|
| Diameter          | 0.192  | 0.196  | 0.250  | 0.276  |
| Area, sq in.      | 0.0289 | 0.0302 | 0.0491 | 0.0598 |
| Weight, plf       | 0.098  | 0.10   | 0.17   | 0.20   |
| $f_{pu}$ , ksi*   | 250    | 250    | 240    | 234    |
| Ult. strength     | 7.22   | 7.55   | 11.78  | 14.05  |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งาน **ตารางที่ 2.11** เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดของเส้นโค้งความเค้น - ความเครียด สำหรับเชือกเหล็ก 7 เส้น แสดงในรูปที่

2.18 การคำนวณการขยายความยาวนิยมนำค่า โมดูลัสยืดหยุ่น  $27 - 28 \times 10^6$  psi



รูปที่ 2.18

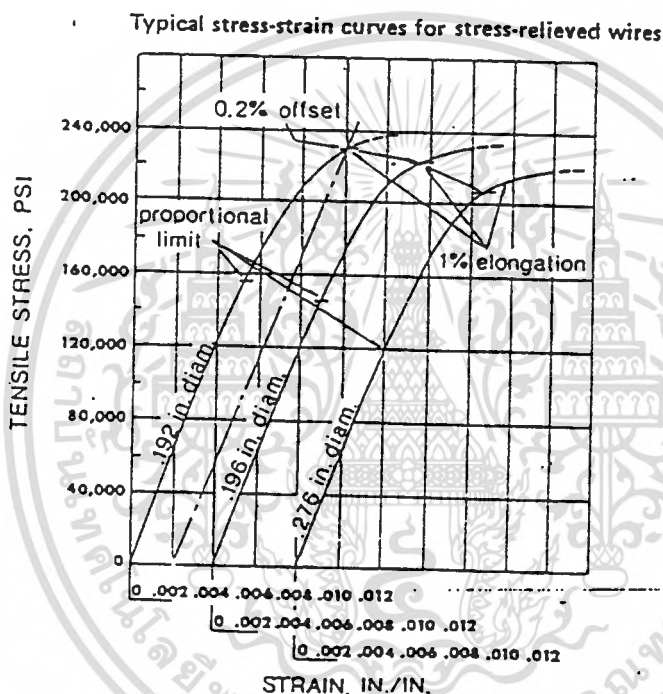
## เหล็กเส้น

เหล็กเส้นกำลังสูงจะใช้งานเหมือนกับเหล็กอัดแรง โดยกำหนดตามมาตรฐาน ASTM A722 เหล็กเส้นกำลังสูงที่ใช้ในงานคอนกรีตอัดแรง คุณสมบัติของเหล็กเส้นแสดงในตาราง 2.11 ชนิดของเส้นโค้งความเค้น - ความเครียด ตามรูปที่ 2.18 ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นคงที่เพราะช่วงหนึ่งๆ จนถึงความเค้น 80000 psi โดยมีค่าอยู่ระหว่าง  $25 - 28 \times 10^6$  psi และใช้ค่า  $26 \times 10^6$  psi เป็นค่าพื้นฐานในการวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ลวดเหล็ก ( Wire )

ลวดเปลี่ยนคลายความเค้นจะอยู่ในมาตรฐาน ASTM A421 ลวดเปลี่ยนคลายความเค้นจะใช้สำหรับงานคอนกรีตอัดแรง คุณสมบัติโดยทั่วไป และขนาดของลวดอัดแรงแสดงในตารางที่ 2.11 ชนิดของเส้นโค้งความเค้น - ความเครียดแสดงในรูปที่ 2.19 ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของลวดเปลี่ยนมีค่าประมาณ  $29 \times 10^6$  psi



รูปที่ 2.19

## คอนกรีตอัดแรงแบบดึงก่อน ( Pretensioned Method )

ลวดรับแรงดึงสูงจะถูกดึงจะถูกจัดวางในตำแหน่งที่กำหนด และถูกดึงให้มีการยืดตัวตามที่กำหนดไว้ แล้วจึงทำการเทคอนกรีต เมื่อคอนกรีตมีความสามารถในการรับกำลังส่วนหนึ่งแล้วจะทำการคลายการอัดแรง โดยการตัดลวดที่ปลายของคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อลวดรับกำลังสูงก่อนการดึงถูกยึดโดยพันธะตามลำพัง พันธะจะมีการพัฒนาระหว่าง เชือกเหล็กและคอนกรีตเพิ่มการยึดเกาะ สนิมบางจะทำให้พันธะเพิ่มขึ้น 25 % ส่วนน้ำมันจะลด ค่าพันธะลง

การทดสอบจะแสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงระหว่างความยาวสำหรับขนาดหนึ่งๆ คือ เป็นค่าประมาณในกำลังคอนกรีตทุกค่า ACI Code พิจารณาการเปลี่ยนระหว่างความยาวไป เป็น 50 เส้นผ่าศูนย์กลางสำหรับลวดรับกำลังสูง และ 100 เส้นผ่าศูนย์กลางสำหรับลวดเดี่ยว

### คอนกรีตอัดแรงแบบดึงหลัง ( Post - tensioned Method )

การก่อสร้างคอนกรีตอัดแรงประเภทนี้แบ่งเป็นแบบมีพันธะและไม่มีพันธะ ซึ่งขึ้นอยู่กับ ท่อร้อยลวดกำลังสูงเมื่อใส่มอร์ตาร์ในภายหลังจะมีความเค้นหรือไม่ ลวดรับกำลังสูงมีผิวลื่นหรือมี สิ่งปกคลุมหรือไม่

การกำหนดมาตรฐานความดันของลวดรับกำลังสูง และการคลายเพื่อกำหนดค่าแรงดึง ภายในเอาชนะแรงเสียดทานทั้งหมด ตัวยึด อุปกรณ์ล็อก และอุปกรณ์เกาะ ลวดรับกำลังสูง ส่วนใหญ่จะใช้ในคอนกรีตหล่อสำเร็จมีชื่อเรียกว่า สเตรนเดี่ยว ถึงแม้ว่าจะถูกเคลือบด้วยน้ำมัน และหุ้มด้วยพลาสติกหรือกระดาษ ซึ่งจะทำให้มันไร้พันธะ โดยมากมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1/2 นิ้ว หรือ 0.6 นิ้ว 270 ksi หรือสเตรนเดี่ยวขนาด 3/8, 7/16, หรือ 1/2 นิ้ว ksi รายละเอียดของจำนวนชนิดตัวยึดสเตรนเส้นเดี่ยว และวัสดุรับแรงดึงจะถูกแสดงไว้ในคู่มือการทำงาน ถ้ามีแรงเสียดทานมากจะขึ้นกับค่าความยาวและความโค้งของ Tendon ลวดรับกำลังสูง ที่มีการเคลือบด้วยสารเทฟลอน และสวมไว้ในท่อพลาสติกมีประโยชน์ช่วยให้สเตรนมีสัมประสิทธิ์ความต้านทานต่ำ

ข้อมูลในการคำนวณค่าการสูญเสียเนื่องจากความต้านทานจะแสดงไว้ในคู่มือตาม ACI Code ในกรณีสัมประสิทธิ์ความต้านทานต่ำของมุมของแรงเสียดทานและมุมรวมกว้างเปลี่ยนโดยใช้ Tendon ในสถาปัตยกรรมช่วงพื้น การคำนวณหาค่าการสูญเสียเนื่องจากความต้านทาน ควรทำด้วยความระมัดระวังและในการจัดความยาวควรจะทำในช่วงการดึงหลัง

รูปที่ร่างของแผ่นยึดจะแปรตามชนิดหนึ่งไปอีกชนิดหนึ่ง แต่จะมีพื้นที่โดยประมาณเท่า กัน ระบบหนึ่งจะมีขนาด  $2\frac{1}{2}$  นิ้ว x  $4\frac{1}{2}$  นิ้ว สำหรับเชือกเหล็กเส้นผ่าศูนย์กลาง 1/2 นิ้ว และ  $3\frac{1}{4}$  นิ้ว x 5 นิ้ว สำหรับเชือกเหล็กเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.6 นิ้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารในเชิงนโยบายและการปฏิบัติของกรมโยธาธิการและผังเมืองไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหล็กเส้นเคียวกำลังสูงจะถูกไขเหมือนกับสเตรนเคียว เหล็กเส้นเคียวกำลังสูงและสเตรนเคียวถูกไขในงานหล่อคอนกรีตรับแรงดึงร่วมกัน

ลวดเหล็กค้ำที่หลังมักจะมีการซื้อขายเป็นชุด โดยประกอบไปด้วย ตัวยึด อุปกรณ์ล็อก และอาจรวมไปถึงท่อโลหะ วัสดุปูนหรือมอร์ต้า หรือลวดเหล็กที่ลื่นสวมในท่อโลหะ

ข้อกำหนดการดูแลและติดตั้ง การค้ำ และการประสานของระบบการค้ำที่หลัง ถูกกำหนดไว้ในข้อกำหนดอ้างอิงที่ 2 ระยะยึด และความดันของแม่แรงของแต่ละสเตรนจะถูกตรวจสอบซึ่งกันและกัน และควรทำการจดบันทึกไว้

ความจริงเชือกเหล็กจะถูกทำให้ตรงและวางไว้ในช่องที่แกนกลาง การค้ำและการประสานขณะที่ปูนมีกำลังเพียงพอ ตัวยึดภายนอกจะเคลื่อนไหว สเตรนจะยื่นตัวลงอย่างมาก เมื่อปลายของคอนกรีตแข็งตัวก่อนการค้ำจะถูกถ่ายไปยังคอนกรีตโดยพันธะก่อนไปถึงเกาส์

หน่วยรับความดันของตัวยึดจะถูกโครงค้ำเชื่อมติด หรือค้ำขายของเหล็กเสริมจะถูกหล่อด้วยคอนกรีตภายใต้ความดันของตัวยึดเพื่อกระจายภาระ

#### 2.3.4 การป้องกันเหล็กเสริม

เหล็กเสริมจะถูกฝังในเนื้อคอนกรีตเพื่อป้องกันเหล็กเสริมจากการกัดเคาะ การป้องกันเหล็กออกไซด์ที่ผิวของเหล็ก เป็นผลจากการเป็นธาตุในหมู่ที่หนึ่งของวัณซีเมนต์ ทรายโคที่ความเป็นธาตุในหมู่หนึ่งยังคงสภาพอยู่จะมีฟิล์มเคลือบป้องกันการกัดเคาะได้

การเป็นธาตุในหมู่ที่หนึ่งของวัณซีเมนต์ มักมีการสูญเสียโดยการซึมหรือการเปลี่ยนเป็นเกลือของคาร์บอน ดังนั้น คอนกรีตที่มีค่าความซึมต่ำและมีความหนามากจะป้องกันได้ เราสามารถทำได้โดยการใช้อัตราส่วน w/c ต่ำๆ ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของคอนกรีตหล่อสำเร็จ

การแตกร้าวจะมีผลให้ออกซิเจนและความชื้นเข้าไปถึงเนื้อเหล็กทำให้เกิดความเครียดและเป็นสนิม ประสิทธิภาพของเหล็กเสริมจะขึ้นอยู่กับระยะห่างของลวด และถูกจำกัดด้วยความกว้างของการแตกร้าวและการซึมของน้ำ ดังนั้นจึงต้องมีระยะหุ้มของคอนกรีตที่มากพอ



หลักการพิจารณาการเพิ่มระยะหุ้มเพื่อป้องกันเหล็กเสริม

- 1 โครงสร้างหรือส่วนที่ไม่เป็นโครงสร้างควรหุ้มข้อประกอบที่หล่อสำเร็จ
- 2 ขนาดรวมมากที่สุด ( การปกคลุมควรจะมากกว่าขนาดรวมที่มากที่สุดถ้าใช้การผสม  
หน้างาน
- 3 ความปลอดภัยของเหล็กในการควบคุมตำแหน่ง และการวางตำแหน่งระหว่างการ  
วางคอนกรีต
- 4 การเข้าถึงการวางคอนกรีตและให้เป็นสัดส่วนคอนกรีตสัมพันธ์กับ โครงสร้างแวดล้อม
- 5 ชนิดของคอนกรีตที่นำมาใช้ตกแต่งผิว
- 6 สภาพแวดล้อมของคอนกรีต เช่น ความดันบรรยากาศ ฝุ่นละออง
- 7 ข้อกำหนดเกี่ยวกับไฟ

ข้อกำหนดค่าปกคลุมที่ต่ำสุดสำหรับการผลิตคอนกรีตสำเร็จรูป ภายใต้การควบคุมของ  
ACI Code สำหรับผนังแผ่นบางที่มีความหนาน้อยกว่า 3 นิ้ว ในทางปฏิบัติต้องมีความหนา  
หุ้มอย่างน้อย 1/2 นิ้ว ถ้าแผ่นพื้นสัมผัสกับภายนอก และหนา 3/8 นิ้วในแผ่นภายในที่ไม่  
โดนสภาวะภายนอก

a เมื่อคอนกรีตมีความเค้นภายใต้ภาระ  $6\sqrt{f_c}$  ซึ่งเป็นจำนวนที่ขึ้นกับสิ่งแวดล้อมรอบๆ  
อาจมีการเพิ่มค่าสูง 50 % จากที่ระบุไว้

b เมื่อมีการใช้ท่อและมีการยึดปลาย

ข้อกำหนดที่ให้มาอยู่ในระหว่าง 1 1/2 นิ้วเมื่อใส่กำลังอัดเข้าไป หรือ 3/4 นิ้วในวัสดุที่  
เป็นสังกะสีชุบแข็ง เมื่อเสาคอนกรีตอยู่ในสภาพที่เป็นกรด หรือสิ่งแวดล้อมมีผลต่อการเกิดการ  
สึกหลอ ซึ่งใช้ 3/4 นิ้วเป็นค่ามากที่สุด ซึ่งอาจไม่เกิน 1/2 นิ้วก็ได้

จุดต่อเชื่อมที่เป็นสังกะสี ต้องมีการพิจารณาเป็นพิเศษ เมื่อข้อกำหนดไม่เป็นไปตามที่  
ต้องการ หรือเมื่อคอนกรีตอยู่ในสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม อย่างไรก็ตาม ปฏิบัติวิธี  
คอนกรีตจะมีผลเมื่อคอนกรีตได้รับความชื้นเท่านั้นยิ่งกว่านั้นอาจมีผลต่อปฏิบัติวิธีเคมีทำให้เกลือ  
หรืออื่นๆ

Minimum cover requirements for precast concrete

| Condition                       | Minimum Cover <sup>a</sup>                                                |                                        |
|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
|                                 | Nonprestressed Reinforcement                                              | Prestressed Reinforcement <sup>b</sup> |
| Exposed to earth or weather     |                                                                           |                                        |
| Wall panels                     | #11 and smaller 3/4 in.                                                   | 1 in.                                  |
| Other members                   | #6 through #11 1 1/2 in.<br>#5, 5/8 in. wire, and smaller 1 1/4 in.       | 1 1/2 in.                              |
| Not exposed to earth or weather |                                                                           |                                        |
| Wall panels, slabs, and joists  | #11 and smaller 5/8 in.                                                   | 3/4 in.                                |
| Beams and columns               |                                                                           |                                        |
| Main steel                      | Diameter of bar, but not less than 5/8 in., and need not exceed 1 1/2 in. | 1 1/2 in.                              |
| Ties, stirrups or spirals       | All sizes 3/4 in.                                                         | —                                      |

ตารางที่ 2.12

โดยทั่วไปสถาปัตยกรรมคอนกรีตจะกำหนดให้ใช้เหล็กถือ 2 oz สังกะสีต่อตารางฟุตของพื้นที่เหล็ก การเชื่อมตักด้วยสังกะสีอาจมีสนิมที่เกิดขึ้นที่รอยเชื่อม แต่เป็นจุดเล็กๆเท่านั้น ไม่เป็นปัญหาซึ่งภายหลังจากการเชื่อมจะไม่มี การตรวจสอบในอนาคต และคุณสมบัติ ASTM ยังไม่ครอบคลุมถึง

เมื่อเราได้ทำเสาคอนกรีตสำเร็จแล้ว โดยที่เหล็กอยู่ภายใน มันจะช่วยรับความเค้น เมื่อมีความเค้นมากระทำที่เสา

เมื่อคอนกรีตเสริมเหล็กได้รับแรงจะถูกแทนที่ด้วยคอนกรีตในลักษณะที่ไม่มีเหล็กเสริม สำหรับคอนกรีตที่มีเหล็กเสริมด้วยสังกะสีจะมี  $\text{CrO}_3$  เกิดขึ้นภายใน เป็นผลให้เกิดการเสีรูปภายในตัวของคอนกรีต เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 8

### การออกแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กโดยทฤษฎีอัตราส่วน ( Working Stress Design )

#### 8.1. นิยามทั่วไป

กำลังคาน หรือจุดคาน ( $f_y$ ) - ค่าต่ำสุดของกำลังคาน หรือจุดคานของเหล็กเสริม หน่วยเป็นกิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร กำลังคานหรือจุดคานนี้หาได้จากการทดสอบแรงดึง ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.)

กำลังอัดของคอนกรีต ( $f'_c$ ) - หาได้จากการทดสอบแท่งคอนกรีตรูปทรงกระบอกขนาด มาตรฐาน  $\varnothing 15 \times 30$  ซม. ตามวิธีการที่ไคร้ระบุไว้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม(มอก.) เมื่อ อายุได้ 28 วัน หรือเร็วกว่านั้น ถ้าต้องการให้คอนกรีตรับน้ำหนักบรรทุกเต็มที่ในเวลานั้น

ความลึกประสิทธิภาพ - ระยะจากผิวบนสุดคานรับแรงอัดถึงศูนย์กลางของเหล็กเสริมรับแรงดึงในองค์อาคารหนึ่งๆ

คอนกรีต - ส่วนผสมของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ มวลรวมละเอียด มวลรวมหยาบและน้ำ

คอนกรีตน้ำหนักเบา - คอนกรีตที่มวลรวมเบา

คอนกรีตล่วน - คอนกรีตที่อยู่นอกเหนือจากคานियาม สำหรับคอนกรีตเสริมเหล็ก

คอนกรีตหล่อสำเร็จ - ชิ้นส่วนที่ทำด้วยคอนกรีต ซึ่งหล่อสำเร็จจากที่อื่นแล้วนำมา ประกอบในโครงสร้าง

คอนกรีตเสริมเหล็ก - คอนกรีตที่มีเหล็กเสริมในลักษณะที่ทำให้เหล็กและคอนกรีตทำงาน ร่วมกันในการต้านแรงต่างๆที่เกิดแก่คอนกรีต

น้ำหนักบรรทุกจรใช้งาน - น้ำหนักบรรทุกจรซึ่งกำหนดไว้ในพระราชบัญญัติควบคุม อาคาร

น้ำหนักบรรทุกคงที่ใช้งาน - น้ำหนักบรรทุกคงที่ที่คำนวณมาได้ ซึ่งรองรับโดยองค์อาคาร

หน่วยแรง - แรงต่อหน่วยพื้นที่ที่มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

มวลรวม - วัสดุที่เชื่อมต่อกับปฏิกิริยาเคมี ไซ้ผสมกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์และน้ำเพื่อให้ได้ คอนกรีต

มวลรวมเบา - มวลรวมที่มีน้ำหนักในสภาพหลวม และแห้งไม่เกิน 1200 กิโลกรัมต่อ ลูกบาศก์เมตร

เหล็กข้ออ้อย - เหล็กเส้นเสริมคอนกรีต ที่ทำข้อนูนเป็นปล้องๆตลอดความยาว เพื่อวัตถุประสงค์ในการเพิ่มแรงยึดเหนี่ยว

เหล็กคอกมา - เหล็กเส้นเสริมคอนกรีตตามแนวยาวที่งอขึ้นเพื่อทำมุมกับแนวเหล็กเสริมคัง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาดูเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้ใช้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย ไม่สามารถใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหล็กเสริม - เหล็กเสริมสำหรับงานคอนกรีตเสริมเหล็กทั้งหมด ต้องมีคุณสมบัติตรงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

- ท่อเหล็กที่ใช้ทำเสา และเหล็กรูปพรรณ ตลอดจนเหล็กหล่อที่ใช้ทำเสา คอนกรีตแกนเหล็ก และ/ หรือเสาเหล็กที่หุ้มด้วยคอนกรีต ต้องมีคุณสมบัติตรงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม หรือมาตรฐาน ASTM

เหล็กเสริมเรียบ - เหล็กเส้นเสริมคอนกรีตที่มีผิวเรียบ

สารผสมเพิ่ม - วัสดุนอกเหนือจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ มวลรวมหยาบ มวลรวมละเอียด หรือน้ำ ซึ่งเติมลงไป ในขณะผสมคอนกรีตเพื่อให้ได้คุณสมบัติของคอนกรีตตามต้องการ

เสา - องค์อาคารรับแรงอัดที่อยู่ตามแนวตั้ง และมีความยาวเกินสามเท่าของด้านที่แคบที่สุด

### 3.2.การออกแบบ

การออกแบบโดยวิธีนี้ได้ใช้กันแพร่หลายและคุ้นเคยและคุ้นเคยกันมากในประเทศ เป็นการออกแบบให้รูปตัดสามารถต้านทานต่อแรงต่างๆ ที่คำนวณหาค่ามาจากการวิเคราะห์โดยทฤษฎี อีลาสติก ใ้รับน้ำหนักบรรทุกทุกใช้งาน ( Working Load) ตามประเภทของอาคาร โดยมีหน่วยแรงต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายในส่วนต่างๆ ไม่เกินหน่วยแรงที่ยอมให้ (allowable stress) ที่กำหนดโดยเทศบัญญัติ และพระราชบัญญัติการก่อสร้างอาคาร สมมติฐานเบื้องต้นของทฤษฎีอีลาสติก

1. ระบายรูปตัด ยังคงเป็นระนาบทั้งก่อนและหลังการรับแรงอัด
2. วัสดุคอนกรีตและเหล็กเสริมเป็นไปตามกฎของ Hook
3. หน่วยการยืดหรือหดตัวเป็นสัดส่วนโดยตรงกับระยะที่ห่างจากแนวแกนสะเทิน
4. ไม่คิดกำลังต้านทานแรงดึงของคอนกรีต
5. การยืดเหี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริมเป็นไปอย่างสมบูรณ์
6. โมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตเท่ากับ  $w^{1.5} 4270 \sqrt{f'_c}$  กก/ซม<sup>2</sup>.
7. โมดูลัสยืดหยุ่นของเหล็กเสริมเท่ากับ  $2.04 \times 10^6$  กก/ซม<sup>2</sup>.

หน่วยแรงที่ยอมให้สำหรับใช้ในการออกแบบโดยทฤษฎีอีลาสติก ได้มาจากการกำหนดส่วนลดความต้านทานประลัยของวัสดุนั้นๆ โดยใช้หน่วยแรงในช่วงขีดจำกัดยืดหยุ่นในส่วนที่เป็นเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงกับหน่วยการยืดตัว หรือหดตัวของวัสดุนั้น

หน่วยแรงที่ยอมให้ของคอนกรีตเมื่อรับแรงต่างๆ กำหนดเป็นส่วนเทียบจากกำลังอัดประลัย ( $f'_c$ ) ของแท่งคอนกรีตมาตรฐานรูปทรงกระบอกเมื่ออายุ 28 วัน เช่น หน่วยแรงที่ยอมให้สำหรับรับแรงอัด เมื่อเกิดหน่วยแรงอัดที่ผิวเท่ากับ  $0.45f'_c$  ซึ่งจะเห็นว่าใช้ส่วนปลอดภัยเท่ากับ

$f'_c/0.45f'_c$  หรือเท่ากับ 2.2 ส่วนหน่วยแรงที่ยอมให้สำหรับเหล็กเสริมได้กำหนดเป็นส่วนเทียบ

ไม่วารณมีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกำลังจุดคาน (fy) เช่น หน่วยแรงที่ยอมให้สำหรับรับแรงดึงเท่ากับ  $0.5f_y$  ซึ่งจะเห็นว่าใช้ส่วน  
ปลอดภัยเท่ากับ  $f_y/0.5f_y$  หรือเท่ากับ 2.0

หน่วยแรงที่ยอมให้ตามมาตรฐาน ว.ส.ท.

หน่วยแรงตามมาตรฐาน ว.ส.ท. ได้กำหนดหน่วยแรงที่ยอมให้เพื่อใช้ในการออกแบบ  
อาคารคอนกรีตเสริมเหล็กโดยทฤษฎีอิลาสติก สำหรับคอนกรีตและเหล็กเสริม ในกรณีที่ได้รับแรง  
ต่างๆต่อไปนี้

หน่วยแรงที่ยอมให้สำหรับคอนกรีต

สำหรับแรงดัด

หน่วยแรงอัดที่ผิว  $f_c = 0.45 f'_c$  กก/ซม<sup>2</sup>.

หน่วยแรงดึงที่ผิวในฐานรากและกำแพงคอนกรีตล้วน

$$f_c = 0.42 \sqrt{f'_c} \text{ กก/ซม}^2.$$

สำหรับแรงเฉือน

คานที่ไม่มีเหล็กเสริมรับแรงเฉือน  $v_c = 0.29 \sqrt{f'_c}$  กก/ซม<sup>2</sup>.

คานที่ไม่มีเหล็กเสริมรับแรงเฉือน  $v_c = 0.32 \sqrt{f'_c}$  กก/ซม<sup>2</sup>.

คานที่เสริมเหล็กถูกต้องหรือค้อม้า หรือประกอบกันทั้ง 2 อย่าง

(แรงเฉือนที่เกิดขึ้นในคาน)  $v = 1.32 \sqrt{f'_c}$  กก/ซม<sup>2</sup>.

พื้นและฐานราก (ตามเส้นขอบ)  $v_c = 0.53 \sqrt{f'_c}$  กก/ซม<sup>2</sup>.

สำหรับแรงกด

รับเต็มเนื้อที่  $f_c = 0.25 f'_c$  กก/ซม<sup>2</sup>.

รับไม่เกินหนึ่งในสามของเนื้อที่  $f_c = 0.37 f'_c$  กก/ซม<sup>2</sup>.

สำหรับแรงขีดเหนี่ยว

เหล็กบนรับแรงดึง  $= 1.145 \sqrt{(f'_c / D)} < 11$  กก/ซม<sup>2</sup> (เหล็กกลม)

เหล็กอื่นรับแรงดึง  $= 1.615 \sqrt{(f'_c / D)} < 11$  กก/ซม<sup>2</sup> (เหล็กกลม)

### หน่วยแรงที่ยอมให้สำหรับเหล็กเสริม

เหล็กเสริมที่ใช้เสริมคอนกรีตจะต้องมีหน่วยแรงที่ยอมให้  $f_s$  ดังนี้

#### ก. รับแรงดึง

-เหล็กเส้นชนิดเหล็กโครงสร้าง ( เมื่อไม่มีผลการทดสอบ ) ใช้  $1200 \text{ กก/ชม}^2$

-เหล็กเสริมเอกที่มีขนาด 9 มม.หรือเล็กกว่า ในพื้นเสริมเหล็กทางเดียวที่ช่วงยาวไม่เกิน 3.00 ม. ให้ใช้ 0.50 เท่าของกำลังคลากต่ำสุดแต่ไม่เกิน  $1500 \text{ กก/ชม}^2$

-เหล็กข้ออ้อยที่มี  $f_y$  สูงกว่า  $3400 \text{ กก/ชม}^2$  ใช้ 0.50 เท่าของกำลังคลากต่ำสุดแต่ไม่เกิน  $1500 \text{ กก/ชม}^2$

-เหล็กข้ออ้อยที่มี  $f_y$  สูงกว่า  $4200 \text{ กก/ชม}^2$  ให้ใช้ ได้ไม่เกิน  $1700 \text{ กก/ชม}^2$

-เหล็กขั้วใช้ 0.50 เท่าของกำลังพิสูจน์แต่ไม่เกิน  $2400 \text{ กก/ชม}^2$

#### ข. รับแรงอัดในเสา

เสาเหล็กปลอกเกลียว

ให้ใช้ 0.40 เท่าของกำลังคลากต่ำสุดแต่ไม่เกิน  $2100 \text{ กก/ชม}^2$

เสาเหล็กปลอกเดี่ยว

ให้ใช้ 0.85 เท่าของค่าที่กำหนดในเสาปลอกเกลียว แต่ไม่เกิน  $1700 \text{ กก/ชม}^2$

เสาที่มีเหล็กขึ้นเป็นเหล็กรูป ชนิด A 36 (ASTM) ใช้  $1250 \text{ กก/ชม}^2$

และ เหล็กรูป ชนิด A 7 (ASTM) ใช้  $1250 \text{ กก/ชม}^2$

ก. รับแรงอัดในโครงสร้างที่รับแรงดัด ใช้ได้ไม่เกินหน่วยแรงที่ยอมให้

ง. เหล็กปลอกเกลียว ใช้กำลังคลากได้ไม่เกิน  $2800 \text{ กก/ชม}^2$

#### โมดูลัสยืดหยุ่นของเหล็ก $E_s$

ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของเหล็กให้ใช้  $2.04 \times 10^6 \text{ กก/ชม}^2$

#### โมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต $E_c$

ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต ให้คำนวณได้ดังนี้

เมื่อน้ำหนักของคอนกรีต  $w = 1.45 \text{ ถึง } 2.48 \text{ ตัน/เมตร}^3$

$$E_c = w^{1.5} 4270 \sqrt{f'_c} \text{ กก/ชม}^2.$$

เมื่อน้ำหนักของคอนกรีตธรรมดา  $w = 2.33 \text{ ตัน/เมตร}^3$

$$E_c = 15210 \sqrt{f'_c} \text{ กก/ชม}^2.$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราส่วนโมดูลัส  $n$  คืออัตราส่วนระหว่างโมดูลัสยืดหยุ่นของเหล็ก  $E_s$  กับโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต  $E_c$

$$n = E_s/E_c = 2040000/15210\sqrt{f'_c} \text{ ประมาณ } 134\sqrt{f'_c}$$

ค่าของ  $n$  อาจจะทำให้เป็นเลขจำนวนเต็มทีใกล้เคียงที่สุด แต่ต้องไม่น้อยกว่า 6

หน่วยแรงที่ยอมให้ตามข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร

หน่วยแรงที่ยอมให้สำหรับคอนกรีต

คอนกรีตล้วน  $f_c = 0.33 f'_c$  กก/ซม<sup>2</sup>

คอนกรีตเสริมเหล็ก  $f_c = 0.375 f'_c$  กก/ซม<sup>2</sup>

หน่วยแรงที่ยอมให้สำหรับเหล็กเสริม

เหล็กเสริมรับแรงดึง  $f_s = 1200$  กก/ซม<sup>2</sup> (เหล็กกลม)

$$f_s = 0.5f_y < 1500 \text{ กก/ซม}^2 \text{ (เหล็กข้ออ้อยที่มี } F_y < 4200 \text{ กก/ซม}^2 \text{)}$$

$$f_s = 1700 \text{ กก/ซม}^2 \text{ (เหล็กข้ออ้อยที่มี } F_y > 4200 \text{ กก/ซม}^2 \text{)}$$

$$f_s = 0.5 \text{ เท่าของกำลังพิสูจน์แต่ไม่เกิน } 2400 \text{ กก/ซม}^2 \text{ (เหล็กขั้ว)} \text{ (เหล็กขั้ววัน)}$$

เหล็กเสริมรับแรงอัดในเสา

เสาปลอกเกลียว :  $f_s = 1200$  กก/ซม<sup>2</sup> (เหล็กกลม)

$$f_s = 0.4f_y < 2100 \text{ กก/ซม}^2 \text{ (เหล็กข้ออ้อย,เหล็กขั้ว)}$$

เสาเหล็กปลอกเดี่ยว

ให้ใช้ 0.85 เท่าของค่าที่กำหนดในเสาปลอกเกลียว แต่ไม่เกิน 1700 กก/ซม<sup>2</sup>

เสาเหล็กรูปพรรณ :  $f_s = 1250$  กก/ซม<sup>2</sup>

เหล็กหล่อ :  $f_s = 700$  กก/ซม<sup>2</sup>

### 8.2.1 การออกแบบคาน คสล.

การออกแบบคานคสล. เป็นการออกแบบขนาดรูปตัดของคานและปริมาณเหล็กเสริมที่ต้องใช้ เพื่อให้สามารถต้านทานของแรงต่างๆ เช่น โมเมนต์ดัด แรงเฉือน และแรงยึดเหนี่ยว ได้อย่างปลอดภัยและประหยัด โดยมีหน่วยแรงที่เกิดขึ้นในคอนกรีตและเหล็กเสริม ไม่เกินกว่าหน่วยแรงที่ยอมให้ตามมาตรฐานกำหนด ซึ่งมีลำดับขั้นตอน ดังนี้

1. กำหนดหน่วยแรงที่ยอมให้  $f'_c$ ,  $f_c$ ,  $f_s$ ,  $n$  ตามมาตรฐานกำหนด

2. เลือกขนาดรูปหน้าตัดของคานโดยจัดสัดส่วนความกว้างความลึกให้มากพอที่จะต้านทานการโก่งของคานไม่ให้มากเกินไป (ความลึกของคานประมาณ  $1/10$  ถึง  $1/20$  ของช่วงความยาวคาน ความกว้างของคานประมาณ  $1/2$  ถึง  $1/4$  ของความลึกของคาน ) แต่ในบางครั้งอาจต้องใช้ขนาดรูปหน้าตัดคานที่กำหนดตามความสวยงามทางสถาปัตยกรรม ซึ่งเมื่อประมาณความหนาของคอนกรีตที่หุ้มจะได้ความลึกประสิทธิภาพของคาน  $d$

3. หาน้ำหนักบรรทุกที่กระทำต่อคาน ซึ่งประกอบด้วย น้ำหนักของคาน, ผนัง เป็นต้น และน้ำหนักบรรทุกจรตามข้อกำหนดในแต่ละประเภทของอาคาร แล้วคำนวณหาโมเมนต์ดัด แรงเฉือน โมเมนต์บิด ตามวิธีการวิเคราะห์โครงสร้าง หรือใช้ค่าสัมประสิทธิ์ที่กำหนดตามมาตรฐานการออกแบบ

4. คำนวณหาโมเมนต์ต้านทานของคอนกรีตจากรูปตัดและหน่วยแรงที่เลือกใช้ แล้วเปรียบเทียบกับโมเมนต์ที่ต้านทาน จากสูตร

$$M_c = 0.5 f_c \cdot b \cdot j \cdot k \cdot d^2$$

$$\text{และหา } A_{s1} = M_s / f_s \cdot j \cdot d$$

$$\text{เมื่อ } k = 1 / ( 1 + f_s / n \cdot f_c )$$

$$j = 1 - k/3$$

ถ้า  $M_{max} > M_c$  จะต้องออกแบบหาปริมาณเหล็กเสริมรับแรงดึงและแรงอัด จากสูตร

$$A_{s2} = ( M_{max} - M_c ) / ( f_s (d - d') )$$

เมื่อ  $d'$  คือระยะจากผิวบนสุดด้านรับแรงอัดถึงศูนย์กลางของเหล็กเสริมรับแรงอัดในองค์อาคารหนึ่งๆ

$$\text{เหล็กเสริมรับแรงดึง } A_s = A_{s1} + A_{s2}$$



## 5. ตรวจสอบแรงเฉือน

$$\text{จากสูตร } v_c = 0.29 \sqrt{f'_c} \text{ กก/ชม}^2$$

เมื่อคานคอนกรีตต้องต้านทานแรงเฉือนมากเกินไปที่คานคอนกรีตเองจะสามารถรับไว้ได้ ก็จำเป็นที่จะต้องให้เหล็กเสริมรับแรงเฉือนส่วนที่เกิน

$$V' = V - V_c$$

เมื่อ

$$V_c = v_c \cdot b \cdot d$$

$$V = \text{แรงเฉือนที่คานต้องทานไว้, กก.}$$

$$V_c = \text{แรงเฉือนที่คอนกรีตรับไว้ได้, กก.}$$

$$V' = \text{แรงเฉือนที่ต้านทานโดยเหล็กเสริมรับแรงเฉือน, กก.}$$

และหา

$$s = A_v \cdot f_v \cdot d / V'$$

เมื่อ s คือระยะห่างระหว่างเหล็กเสริมรับแรงเฉือน

## 6. ตรวจสอบแรงยึดเหนี่ยว

$$\text{จากสูตร } u = V / ((\Sigma o) \cdot j \cdot d) \text{ กก/ชม}^2$$

เมื่อ

$$u = \text{หน่วยแรงยึดเหนี่ยวที่เกิดขึ้น, กก/ชม}^2$$

$$\Sigma o = \text{ผลบวกของเส้นรอบวงของเหล็กเสริมตามแนวยาว, ซม.}$$

เพื่อไม่ให้เหล็กเสริมหลุดจากคอนกรีต ค่าหน่วยแรงยึดเหนี่ยวที่เกิดขึ้นจะต้องไม่เกินกว่าแรงยึดเหนี่ยวที่ยอมให้

หน่วยแรงยึดเหนี่ยวที่ยอมให้

เหล็กรับแรงดึงประเภทเหล็กข้ออ้อยมาตรฐาน ASTM A 305

หรือมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่ มอก. 24-2516

$$\text{เหล็กบน} \dots\dots\dots 2.29(\sqrt{f'_c}) / D < 25 \text{ กก/ชม}^2$$

$$\text{เหล็กอื่นๆนอกจากเหล็กบน} \dots\dots\dots 3.23(\sqrt{f'_c}) / D < 35 \text{ กก/ชม}^2$$

เหล็กรับแรงดึงประเภทเหล็กข้ออ้อยมาตรฐาน ASTM A 305

หรือมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่ มอก. 24-2516

$$\text{เหล็กบน} \dots\dots\dots 2.29(\sqrt{f'_c}) \text{ กก/ชม}^2$$

$$\text{เหล็กอื่นๆนอกจากเหล็กบน} \dots\dots\dots 3.23(\sqrt{f'_c}) \text{ กก/ชม}^2$$

$$\text{เหล็กข้ออ้อยรับแรงอัดทั้งหมด} \dots\dots\dots 1.72(\sqrt{f'_c}) < 28 \text{ กก/ชม}^2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 7. ตรวจสอบแรงบิด

การออกแบบคานนอกจากที่จะต้องมียเหล็กเสริมรับแรงจากโมเมนต์คัตแล้ว ในบางครั้งจะต้องมียเหล็กเสริมรับแรงจากโมเมนต์บิดด้วย เหล็กเสริมที่จะทำหน้าที่ต้านทานแรงบิดนั้นคือเหล็กเสริมตามยาวที่มุมทั้งสี่ของคานรูปตัดสี่เหลี่ยม ร่วมกันกับเหล็กดัดที่พันรอบรูปตัดคาน หรือ ปลอกเกลียว การออกแบบให้คำนวณแรงบิดสูงสุดที่ระยะ  $d$  จากจุดรองรับตามหลักเกณฑ์ ดังนี้

ก) หน่วยแรงบิดสำหรับรูปตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าและสี่เหลี่ยมจัตุรัสมีค่าสูงสุดที่กึ่งกลางของแต่ละด้านรูปตัด ค่าของหน่วยแรงบิดสำหรับรูปตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า หาได้จาก

$$v_t = 3.5M_t / (\sum x y^2)$$

เมื่อ  $M_t$  = โมเมนต์บิด

$v_t$  = หน่วยแรงบิด

$x, y$  = ด้านสั้นและด้านยาวของสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่ประกอบเป็นคาน

ข) ค่าหน่วยแรงบิดอย่างเดียวยังต้องมีค่าไม่เกิน  $1.32\sqrt{f'_c}$  กก/ซม<sup>2</sup>

ค) ค่าหน่วยแรงบิดและหน่วยแรงเฉือนจากโมเมนต์คัตรวมกันยอมใช้ได้ไม่เกิน  $1.65\sqrt{f'_c}$  กก/ซม<sup>2</sup>

ง) เมื่อค่าหน่วยแรงบิด จากข้อ (ข) และ (ค) เกินค่าหน่วยแรงเฉือนที่ต้านทานโดยคอนกรีต จะต้องเสริมเหล็กต้านทานแรงเฉือนส่วนที่เกินนี้

จ) เหล็กเสริมชนิดดัดที่พันรอบเพื่อต้านทานหน่วยแรงบิดอย่างเดียวนั้นพื้นที่หน้าตัดเพียงขาเดียวของแต่ละรอบที่พิจารณาให้ต้านทานหน่วยแรงบิด หาได้จาก

$$A_v = M_t s / (2 A_c f_v)$$

ฉ) เหล็กเสริมชนิดปลอกเกลียวที่ต้านทานหน่วยแรงบิดอย่างเดียวนั้นให้หาเนื้อที่หน้าตัดปลอกเกลียวแต่ละรอบจาก

$$A_v = M_t s / (2\sqrt{2} A_c f_v)$$

ช) เหล็กเสริมชนิดปลอกเกลียวที่ต้านทานหน่วยแรงบิดอย่างเดียวนั้นให้จัดไว้ตามมุมของหน้าตัดสี่เหลี่ยม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เล็กกว่า 12 มม. เนื้อที่หน้าตัดเหล็กเสริมตามยาวแต่ละมุมหาได้จาก

$$A_s = M_t z / (2 A_c f_s)$$

เมื่อ  $A_v$  = เนื้อที่หน้าตัดของเหล็กดัดหรือปลอกเกลียว

$A_s$  = เนื้อที่หน้าตัดของเหล็กเสริมตามยาว

$A_c$  = เนื้อที่หน้าตัดของคอนกรีตภายในวงเหล็กดัดหรือเหล็กปลอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

เกลียว ไม่วากรรมใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$M_t$  = โมเมนต์บิด

$s$  = ค่าเฉลี่ยของระยะระหว่างเหล็กดัดหรือเหล็กปลอกเกลียว

$z$  = ค่าเฉลี่ยของระยะระหว่างเหล็กเสริมตามยาว

$f_v$  = หน่วยแรงดึงที่ยอมให้ของเหล็กดัดหรือเหล็กปลอกเกลียว

$f_s$  = หน่วยแรงดึงที่ยอมให้ของเหล็กเสริมตามยาว

### 3.2.2 การออกแบบพื้น

#### 3.2.2.1 พื้นคอนกรีตเสริมเหล็กทางเดียว (One way slab)

พื้นคอนกรีตแบบนี้ ใ้กับพื้นท้องที่มีด้านยาวซึ่งยาวกว่าด้านกว้างตั้งแต่สองเท่าขึ้นไป มีคานรับพื้นทางขอบทั้งสองด้าน หลักเกณฑ์ที่ใช้ออกแบบก็เหมือนกับที่ใช้ออกแบบคานรูปตั้ดสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยพิจารณาออกแบบพื้นซึ่งกว้างทุกๆหนึ่งเมตรในแนวที่ตั้งฉากกับคานรับพื้น มีความลึกเท่ากับความหนาของพื้น และให้พื้นรับน้ำหนักจรรวมกับน้ำหนักพื้นเอง คิดเป็นน้ำหนักแผ่น มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อตารางเมตร เหล็กเสริมหลัก (main steel) วางในแนวตั้งฉากกับคานรับพื้นเพียงทางเดียวและทำหน้าที่ถ่ายน้ำหนักให้กับคานที่รองรับ ในทิศทางขนานกับคานรับพื้นต้องมีเหล็กเสริมกันร้าว ในอัตราดังนี้

เหล็กผิวเรียบ 0.0025 เท่าของเนื้อที่หน้าตัดพื้น

เหล็กข้ออ้อย 0.0020 เท่าของเนื้อที่หน้าตัดพื้น

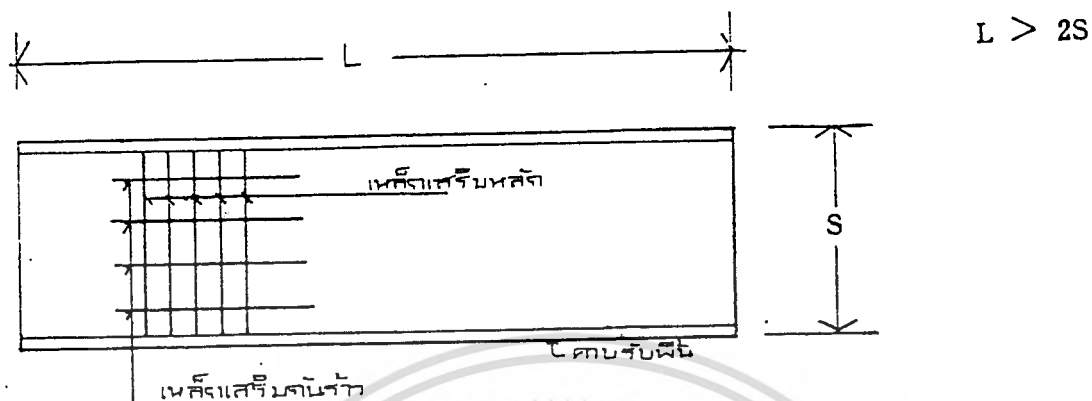
เหล็กเสริมที่ใช้ต้องมีขนาดไม่ต่ำกว่า 6 มม. วางห่างกันไม่เกิน 3 เท่าของความหนาของพื้น เมื่อไม่คิดการ โกงของพื้น พื้นต้องมีขนาดไม่น้อยกว่าค่าต่างๆดังต่อไปนี้

L/25 พื้นช่วงเดิยธรรมดา

L/25 พื้นต่อเนื่องข้างเดียว

L/25 พื้นต่อเนื่องทั้งสองด้าน

L/25 พื้นขึ้น



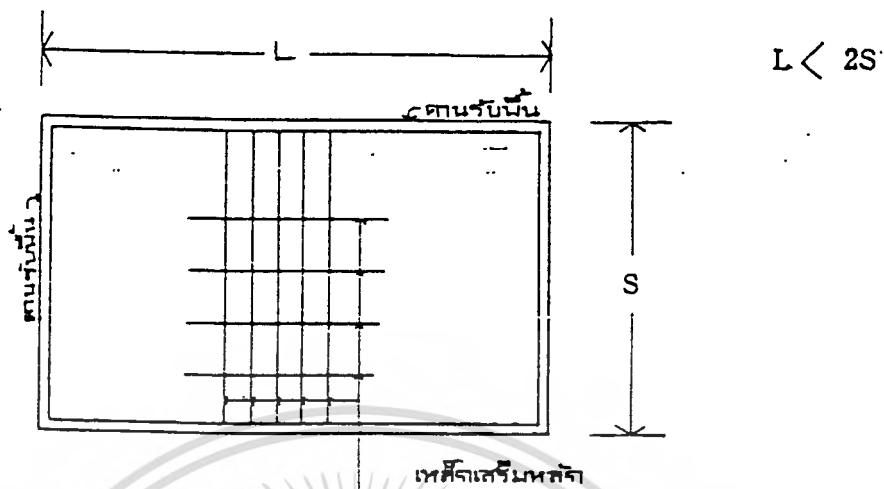
รูปที่ 3.1 พื้นคอนกรีตเสริมเหล็กทางเดียว

การกระจายน้ำหนักของพื้นเสริมเหล็กทางเดียวลงบนคาน ให้คิดครึ่งหนึ่งของความกว้างของแต่ละซีกของคาน

### 3.2.2.2 พื้นคอนกรีตเสริมเหล็กสองทาง (Two way slab)

พื้นคอนกรีตแบบนี้ ใช้กับพื้นที่ที่มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส หรือสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีด้านยาวเกือบเท่ากัน คือด้านยาวไม่มากกว่าสองเท่าของด้านกว้าง มีเหล็กเสริมสองทาง มีคานรับพื้นทางขอบทั้งสี่ด้าน ความหนาของพื้นจะต้องไม่น้อยกว่า 8 ซม. หรือ  $1/180$  ของเส้นรอบรูปพื้นนั้น มีการวางเหล็กเสริมช่วงสั้นไว้ด้านล่างเพราะต้องรับน้ำหนักมากกว่า และวางห่างกันไม่เกิน 3 เท่าของความหนาพื้น

หลักเกณฑ์ที่ใช้ออกแบบก็เหมือนกับที่ใช้ออกแบบคานรูปตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยพิจารณาออกแบบพื้นซึ่งกว้างทุกๆหนึ่งเมตร ทั้งทางช่วงสั้นและช่วงยาว มีความลึกเท่ากับความหนาของพื้น และให้พื้นรับน้ำหนักจรรวมกับน้ำหนักพื้นเอง คิดเป็นน้ำหนักแผ่ มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อตารางเมตร ซึ่งจะต้องแปลงค่าสำหรับน้ำหนักแผ่สำหรับทั้งทางช่วงสั้นและช่วงยาว เพื่อที่จะให้การโค้งในแนวโค้งของพื้นแต่ละจุดเมื่อคำนวณจากช่วงยาวและช่วงสั้น นอกจากนี้จะต้องคำนึงถึงผลที่เกิดขึ้นจากการต่อเนื่องและการยึดแน่นกับที่รองรับด้วย

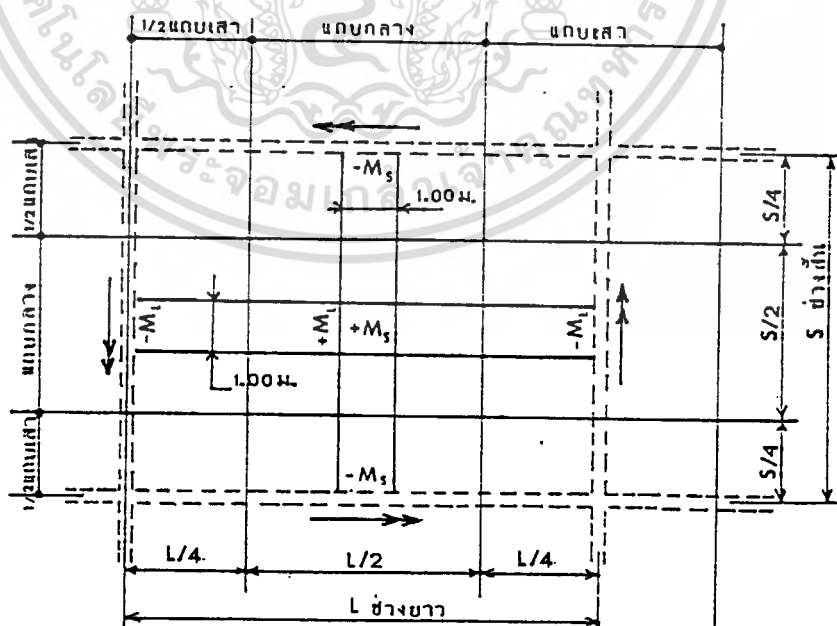


รูปที่ 3.2 พื้นคอนกรีตเสริมเหล็กสองทาง

การคำนวณออกแบบแผ่นพื้นเสริมเหล็กสองทางตามวิธีที่ 2 ของมาตรฐาน วสท.

ขอบข่าย แผ่นพื้นอาจเป็นแบบคั่นหรือแบบครีป และอาจจะต่อเนื่องหรือไม่ต่อเนื่อง แต่ต้องมีผนังหรือคานรองรับทั้งสี่ด้าน ซึ่งหล่อเป็นเนื้อเดียวกันกับพื้น

โมเมนต์คัต ค่าโมเมนต์คัตที่เกิดขึ้นในแผ่นพื้นจะได้รับการแบ่งพื้นขนาดกว้าง S ยาว L ให้เป็นแถบต่างๆ ในแต่ละทิศทางตามรูป



รูปที่ 3.3 แถบกลางและแถบบนในพื้น คสล.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แถบกลาง ให้มีความกว้างเท่ากับครึ่งหนึ่งของช่วงพื้น

แถบเสา ให้มีความกว้างเท่ากับครึ่งหนึ่งของช่วงพื้น ดังนั้นแต่ละซีกในช่วงพื้นเดียวกัน จะมีขนาดเท่ากับพื้นที่หนึ่งในสี่ของช่วงพื้นนั้น

ในกรณีที่  $L > 2S$  แถบกลางที่ขนานกับด้านสั้น ให้มีความกว้างเท่ากับ ผลต่างระหว่างด้านทั้งสอง ที่เหลือเป็นความกว้างของแถบเสา

ถ้าให้  $w$  = น้ำหนักบรรทุกรวมซึ่งแผ่สม่ำเสมอบนแผ่นพื้น กก./ม<sup>2</sup>

$c$  = สัมประสิทธิ์ของโมเมนต์ในแต่ละทิศทาง (ช่วงสั้น, ช่วงยาว) สำหรับแผ่นพื้น

แบบ

เสริมเหล็กสองทาง (ตารางข้างล่าง) ซึ่งขึ้นอยู่กับความต่อเนื่องของแผ่นพื้น (5

กรณี)

และอัตราส่วน  $m$  ซึ่งเท่ากับ  $S/L$

ดังนั้น โมเมนต์ในแถบกลาง คำนวณจาก  $M = CwS^2$  กก.-เมตร/เมตร

โมเมนต์คดในแถบเสา เท่ากับ สองในสามของโมเมนต์ในแถบกลาง

ค่าโมเมนต์คดในแถบกลางของพื้นที่คำนวณจากสมการ  $M = CwS^2$  มีทั้งโมเมนต์บวกและโมเมนต์ลบ

ค่าโมเมนต์ลบ เป็นโมเมนต์ตรงขอบของคานที่รองรับ ส่วนค่าโมเมนต์บวกเป็นโมเมนต์ตามแนวศูนย์กลางของช่วงพื้น ดังแสดงในรูป  $M_s$  เป็นโมเมนต์ในแถบกลางที่ขนานที่ขนานกับด้านสั้นและ  $M_L$  เป็นโมเมนต์ในแถบกลางที่ขนานที่ขนานกับด้านยาว

ตารางที่ 1 สัมประสิทธิ์ของโมเมนต์

| โมเมนต์                              | ช่วงสั้น        |       |       |       |                       |       | ช่วงยาว<br>สำหรับ<br>m<br>ทุกค่า |
|--------------------------------------|-----------------|-------|-------|-------|-----------------------|-------|----------------------------------|
|                                      | ค่าต่าง ๆ ของ m |       |       |       |                       |       |                                  |
|                                      | 1.0             | 0.9   | 0.8   | 0.7   | 0.6<br>และ<br>ต่ำกว่า | 0.5   |                                  |
| กรณีที่ 1 ช่วงพินภายใน               |                 |       |       |       |                       |       |                                  |
| โมเมนต์ลบ—ที่ด้านซึ่งต่อเนื่องกัน    | 0.033           | 0.040 | 0.048 | 0.055 | 0.063                 | 0.083 | 0.033                            |
| —ที่ด้านซึ่งไม่ต่อเนื่องกัน          | —               | —     | —     | —     | —                     | —     | —                                |
| โมเมนต์บวกที่กึ่งกลางช่วง            | 0.025           | 0.030 | 0.036 | 0.041 | 0.047                 | 0.062 | 0.025                            |
| กรณีที่ 2 ไม่ต่อเนื่องกันด้านเดียว   |                 |       |       |       |                       |       |                                  |
| โมเมนต์ลบ—ที่ด้านซึ่งต่อเนื่องกัน    | 0.041           | 0.048 | 0.055 | 0.062 | 0.069                 | 0.085 | 0.041                            |
| —ที่ด้านซึ่งไม่ต่อเนื่องกัน          | 0.021           | 0.024 | 0.027 | 0.031 | 0.035                 | 0.042 | 0.021                            |
| โมเมนต์บวกที่กึ่งกลางช่วง            | 0.031           | 0.036 | 0.041 | 0.047 | 0.052                 | 0.064 | 0.031                            |
| กรณีที่ 3 ไม่ต่อเนื่องกันสองด้าน     |                 |       |       |       |                       |       |                                  |
| โมเมนต์ลบ—ที่ด้านซึ่งต่อเนื่องกัน    | 0.049           | 0.057 | 0.064 | 0.071 | 0.078                 | 0.090 | 0.049                            |
| —ที่ด้านซึ่งไม่ต่อเนื่องกัน          | 0.025           | 0.028 | 0.032 | 0.036 | 0.039                 | 0.045 | 0.025                            |
| โมเมนต์บวกที่กึ่งกลางช่วง            | 0.037           | 0.043 | 0.048 | 0.054 | 0.059                 | 0.068 | 0.037                            |
| กรณีที่ 4 ไม่ต่อเนื่องกันสามด้าน     |                 |       |       |       |                       |       |                                  |
| โมเมนต์ลบ—ที่ด้านซึ่งต่อเนื่องกัน    | 0.058           | 0.066 | 0.074 | 0.082 | 0.090                 | 0.098 | 0.058                            |
| —ที่ด้านซึ่งไม่ต่อเนื่องกัน          | 0.029           | 0.033 | 0.037 | 0.041 | 0.045                 | 0.049 | 0.029                            |
| โมเมนต์บวกที่กึ่งกลางช่วง            | 0.044           | 0.050 | 0.056 | 0.062 | 0.068                 | 0.074 | 0.044                            |
| กรณีที่ 5 ไม่ต่อเนื่องกันทั้งสี่ด้าน |                 |       |       |       |                       |       |                                  |
| โมเมนต์ลบ—ที่ด้านซึ่งต่อเนื่องกัน    | —               | —     | —     | —     | —                     | —     | —                                |
| —ที่ด้านซึ่งไม่ต่อเนื่องกัน          | 0.033           | 0.038 | 0.043 | 0.047 | 0.053                 | 0.055 | 0.033                            |
| โมเมนต์บวกที่กึ่งกลางช่วง            | 0.050           | 0.057 | 0.064 | 0.072 | 0.080                 | 0.083 | 0.050                            |

หากค่าโมเมนต์ลบที่ด้านใดของที่รองรับมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 80 ของโมเมนต์อีกด้านหนึ่งให้นำสองในสามของผลต่างของโมเมนต์กระจายออกไปตามสัดส่วนของความแข็งแรงของแผ่นพื้น

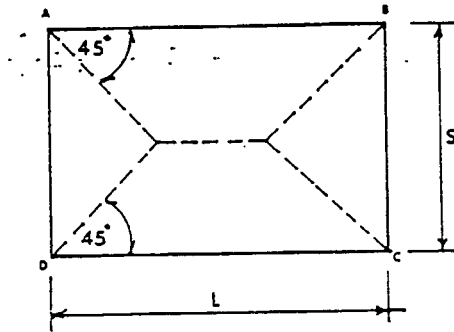
แรงเฉือน

แรงเฉือนในแผ่นพื้น คำนวณโดยสมมติว่า น้ำหนักบนแผ่นพื้น (w) ถูกแบ่งไปยังที่รองรับโดยเส้นที่ลาก 45 องศาจากมุมทั้งสี่ติดกับเส้นมีเดียของช่วงพื้นที่มีด้านขนานกับด้านยาวดังรูป

ดังนั้น แรงเฉือนเฉลี่ยที่กระทำด้าน AD และ BC =  $wS^2/4$

แรงเฉือนเฉลี่ยที่กระทำด้าน AB และ DC =  $wS^2 \cdot (2-m) / 4m$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่4 การแบ่งน้ำหนักแผ่นผังกานรับพื้น

กานที่รองรับ

น้ำหนักแผ่นพื้นซึ่งแบ่งไปลงกานที่รองรับ ให้สมมติเช่นเดียวกับการหาแรงเฉือนข้างต้น แต่โมเมนต์ในกานคำนวณจากน้ำหนักแผ่นสม่ำเสมอ ดังนี้

$$\text{กานด้านสั้น AD และ BC รับน้ำหนักแผ่น} = wS / 3$$

$$\text{กานด้านยาว AB และ DC รับน้ำหนักแผ่น} = wS.(3-m^2) / 6$$

### 3.2.3 การออกแบบเสา

กำลังรับน้ำหนักปลอดภัยของเสาต้นแบบต่างๆที่รับน้ำหนักตามแนวแกนอย่างเดียวได้มาจากผลการทดลองหาลำดับรับน้ำหนักประลัยของเสาที่รับแรงตามแนวแกนโดยใช้อัตราส่วนปลอดภัยเท่ากับ 2.5 และเพื่อระยะเชิงศูนย์ค่าสุดเท่ากับ 0.10 : สำหรับเสาปลอกเดี่ยวและ 0.05D สำหรับเสาปลอกเกลียว คำนวณได้ดังนี้

3.2.3.1 เสาปลอกเกลียว เสาคอนกรีตที่มีเหล็กปลอกเกลียวพันถี่ๆ รอบเหล็กขึ้นที่อยู่บนเส้นรอบวงของวงกลม ให้คำนวณน้ำหนักปลอดภัยตามแนวแกนดังนี้

$$P = A_g ( 0.25f'_c + f_s.P_g )$$

3.2.3.2 เสาปลอกเดี่ยว เสาคอนกรีตที่มีเหล็กปลอกเดี่ยวพันถี่ๆ รอบเหล็กขึ้นที่อยู่บนเส้นขอบของรูปสี่เหลี่ยม ให้คำนวณน้ำหนักปลอดภัยตามแนวแกนดังนี้

$$P = 0.85 A_g ( 0.25f'_c + f_s.P_g )$$

เมื่อ  $P$  = กำลังรับน้ำหนักโดยปลอดภัยตามแนวแกนของเสา

$A_g$  = เนื้อที่หน้าตัดทั้งหมดของคอนกรีต

$P_g$  = อัตราส่วนระหว่างเนื้อที่หน้าตัดของเหล็กขึ้นต่อเนื้อที่หน้าตัดทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



$f_s$  = หน่วยแรงอัดที่ยอมให้ของเหล็กเสริม

=  $0.40 f_y$  แต่ไม่เกิน  $2100 \text{ กก./ซม.}^2$

$f'_c$  = กำลังอัดของคอนกรีต

ข้อกำหนดเกี่ยวกับเสา

ก) อัตราส่วน  $h/t$  ความสูงของเสาระหว่างชั้นต่อด้านแคบของเสาที่เหลื่อมพื้นผ้าหรือเส้นผ่าศูนย์กลางของเสากลม ไม่ควรเกิน 15 มิฉะนั้นแล้วต้องลดกำลังรับน้ำหนักของเสา

ข) เนื้อที่หน้าตัดเหล็กยื่นของเสาต้องไม่น้อยกว่า 0.01 และไม่เกิน 0.08 ของเนื้อที่หน้าตัดเสา  $A_g$  และมีขนาดไม่เล็กกว่า 12 มม. เสาที่เหลื่อมจะต้องมีเหล็กยื่นอย่างน้อย 4 เส้น และเสากลมอย่างน้อย 6 เส้น

ค) ช่องว่างระหว่างเหล็กยื่นของเสาต้องไม่น้อยกว่า 1.5 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางของเหล็ก หรือ 1.5 เท่าของวัสดุผสมหยาบที่ใหญ่ที่สุดหรือ 4 ซม.

ง) ปลอกเกลียวต้องมีปริมาณไม่น้อยกว่าที่คำนวณจาก

$$P_s = 0.45 [A_g/A_c - 1] \cdot f'_c/f_y$$

เมื่อ  $P_s$  = อัตราส่วนระหว่างปริมาตรของเหล็กปลอกเกลียวต่อปริมาตรของเสา  
วัดที่ขอบนอก ของเหล็กปลอกเกลียว

$f_y$  = กำลังกลากของเหล็กปลอกเกลียวแต่ไม่เกิน  $4200 \text{ กก./ซม.}^2$

$A_g$  = เนื้อที่หน้าตัดทั้งหมดของเสาปลอกเกลียว

$A_c$  = เนื้อที่หน้าตัดคอนกรีตภายในศูนย์กลางของเหล็กปลอกเกลียว

จ) เสาปลอกเกลียวและเสาปลอกเดี่ยว คอนกรีตหุ้มเหล็กที่หล่อเป็นเนื้อเดียวกับแกนคอนกรีตหนาไม่น้อยกว่า 3 ซม. หรือ 1.5 เท่าของวัสดุผสมหยาบที่ใหญ่ที่สุด

ฉ) เสาปลอกเดี่ยว ต้องให้เหล็กปลอกไม่เล็กกว่า 6 มม. ระยะไม่น้อยกว่า 16 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางเหล็กยื่น หรือ 48 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางเหล็กปลอก และไม่ห่างกันมากกว่าด้านแคบของเสา

ช) เหล็กปลอกเกลียวต้องพันต่อเนื่องสม่ำเสมอมีระยะห่างไม่เกิน 7 ซม. และไม่แคบกว่า 3 ซม. หรือ 1.5 เท่าขนาดวัสดุผสมหยาบที่ใหญ่ที่สุด เส้นผ่าศูนย์กลางเหล็กปลอกเกลียวต้องไม่น้อยกว่า 6 มม.

ซ) เสาปลอกเดี่ยวที่มีหน้าตัดมากกว่าความต้องการในการรับน้ำหนักมาก ๆ การหาปริมาณเหล็กเสริมที่น้อยที่สุดนี้ยอมให้ใช้  $A_g$  เพียงครั้งเดียว

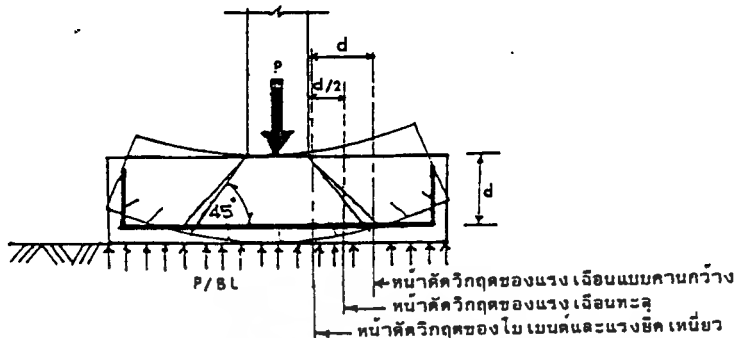
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้ใช้เฉพาะภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ณ) การต่อเหล็กขึ้นในเสา อาจต่อโดยวิธีทาบทหรือเมื่อขนาดเหล็กขึ้นโตกว่า 25 มม. ก็ควรต่อโดยวิธีเชื่อม การต่อเหล็กขึ้นให้ต่อที่พื้นชั้นล่างของชั้นนั้นๆ เมื่อตัดเหล็กที่เชื่อมกันที่รอยต่อความลาดเอียงไม่เกิน 1 ต่อ 6 เมื่อเทียบกับแกนของเสา เหล็กส่วนบนและล่างของส่วนที่ถูกต้องขนานกับแกนเสา และต้องมีเหล็กยึดในแนวราบอย่างเพียงพอ

### 3.2.4 การออกแบบฐานราก

น้ำหนักบรรทุกที่กระทำต่อฐานรากเพื่อส่งถ่ายไปยังชั้นดินที่รองรับ ประกอบด้วยน้ำหนักบรรทุกคงที่และน้ำหนักจรส่วนของอาคารที่อยู่เหนือฐานรากและน้ำหนักของฐานรากเอง ซึ่งประมาณร้อยละ 10 ของน้ำหนักที่ฐานจะต้องรับ น้ำหนักจรที่ใช้ออกแบบฐานรากไม่จำเป็นจะต้องรวมจากทุกๆ ครั้งเสมอไป เพราะโครงสร้างบางประเภทเช่น อาคารสำนักงาน คงไม่มีโอกาสบรรทุกน้ำหนักที่เดียวทุกชั้น ดังนั้นจึงสามารถพิจารณาลดน้ำหนักจรลงได้มาก ทั้งนี้ต้องเป็นไปตามข้อบังคับ

จากรูป สมมติให้ฐานรากเดี่ยวชนิดฐานแผ่ต้องรับน้ำหนักบรรทุก  $P$  และให้ฐานรากมีขนาดกว้าง  $B$  ยาว  $L$  น้ำหนัก  $P$  ที่กระทำจะถ่ายจากฐานรากสู่ชั้นดินใต้ฐานราก โดยสมมติน้ำหนักแผ่กระจายสม่ำเสมอ ดังนั้นดินใต้ฐานรากจะมีหน่วยแรงดันขึ้นเท่ากับ  $P/BL$  หากการออกแบบฐานรากไม่แข็งแรงเพียงพอ ฐานรากจะโก่งงอ เนื่องจากแรงดันขึ้นนี้ ซึ่งด้านล่างของฐานรากในส่วนที่สัมผัสกับดินจะรับแรงดึงที่เกิดขึ้นจากโมเมนต์ดัดที่กระทำ คอนกรีตจะแตกร้าวตรงด้านนี้เพราะรับแรงดึงได้น้อยมาก จึงควรพิจารณาเสริมเหล็กตรงส่วนที่ใกล้กับผิวดินตรงระยะนาบที่ตัดผ่านฐานรากและใกล้กับเสาตอม่อ ซึ่งเป็นส่วนที่ฐานรากรับโมเมนต์มากที่สุด เรียกว่าหน้าตัดวิกฤติสำหรับการพิจารณาโมเมนต์ดัด และใช้สำหรับการพิจารณาแรงยึดเหนี่ยวด้วย เพราะแรงเฉือนตรงหน้าตัดนั้นมีค่ามากที่สุด แต่การวิบัติของฐานรากเนื่องจากแรงเฉือนแบบคานกว้างจะเกิดตรงระยะนาบที่ห่างจากเสาตอม่อเป็นระยะเท่ากับความลึกประสิทธิผล โดยมีรอยแตกร้าวเป็นแนวเฉียงทะแยงที่มุมประมาณ 45 องศาหรือเป็นแบบเฉือนทะลุ ในลักษณะที่เสาเจาะผ่านฐานรากกลายเป็นรูปปียามิด หน้าตัดวิกฤติของแรงเฉือนทะลุ จะพิจารณาตามเส้นขอบที่ห่างจากขอบของเสาตอม่อเป็นระยะครึ่งหนึ่งของระยะประสิทธิผล



รูปที่ 3.5

ฉะนั้นต้องพิจารณาออกแบบให้ฐานรากรับแรงต่างๆได้ปลอดภัย ปกติจะให้เหล็กเสริมให้ต้านทานแรงดึงอันเนื่องมาจากแรงดึงเพียงอย่างเดียว และพิจารณาให้รูปตัดส่วนที่เป็นคอนกรีตต้านทานแรงอัดและแรงเฉือน ในกรณีที่ฐานรากหนากว่า 25 ซม. อาจพิจารณาเหล็กเสริมรับแรงเฉือนได้

เมื่อพิจารณาออกแบบใช้เสาเข็มเพื่อถ่ายน้ำหนักสู่ชั้นดิน ต้องคำนึงถึงความสามารถรับน้ำหนักของดินรอบข้างว่ามีความสามารถรับน้ำหนักได้ดีหรือไม่ ตลอดจนระยะห่างระหว่างเสาเข็มซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดและความยาวของเสาเข็ม ค่ากำลังรับน้ำหนักโดยปลอดภัยของเสาเข็มที่ออกแบบเป็นกลุ่มอาจไม่เท่ากับผลรวมของกำลังรับน้ำหนักปลอดภัยของเสาเข็มแต่ละต้น เพราะมีดินบางชนิดถูกทำลายความสามารถในการรับน้ำหนักไประหว่างที่ทำการตอกเสาเข็ม นอกจากนี้ควรพิจารณาระดับน้ำใต้ดินเมื่อใช้เสาเข็มไม้ ความล้นสะเทือนเมื่อใช้การตอกเสาเข็มซึ่งอาจทำให้อาคารข้างเคียงเสียหายได้

ช่องว่างระหว่างเสาเข็มไม่ควรให้แคบเกินไป เพราะอาจจะทำให้กำลังรับน้ำหนักของดินระหว่างเสาเข็มลดลง ช่องระยะห่างของเสาเข็มธรรมดาอย่างน้อยที่สุดควรให้ห่างกันประมาณ 90 ซม. ช่วงระยะห่างจากศูนย์กลางของเสาเข็มไม่ควร น้อยกว่า 3 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเสาเข็ม

ข้อบัญญัติของกรุงเทพมหานคร ได้ให้ข้อกำหนดต่างๆ เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการพิจารณาออกแบบฐานรากดังต่อไปนี้

1. น้ำหนักบรรทุกที่ขอมให้บนชั้นดินเดิม ไม่เกิน 2 ตันต่อตารางเมตร

2. หน่วยแรงผิวดินที่ขอมให้

- ดินที่อยู่ในระดับลึกไม่เกิน 7 เมตร ได้ระดับน้ำทะเลปานกลาง

หน่วยแรงผิวดินของดินที่ขอมให้ = 600 กก./ตารางเมตร

- ดินที่อยู่ในระดับลึกเกินกว่า 7 เมตร ได้ระดับน้ำทะเลปานกลาง

หน่วยแรงผิวดินของดินที่ขอมให้ =  $800 + 200L$  กก./ตารางเมตร

เมื่อ  $L$  เป็นความยาวของเสาเข็มเฉพาะส่วนที่ลึกเกินกว่า 7 เมตร

ในกรณีที่มีเอกสารทดสอบคุณสมบัติของดินหรือมีการทดสอบหาค่าลึงแบกทานของเสาเข็มในบริเวณที่ก่อสร้างหรือใกล้เคียง ให้ใช้ค่าลึงแบกทานของเสาเข็มไม่เกินอัตราต่อไปนี้

1. ไม่เกินร้อยละ 40 ของค่าลึงแบกทานของเสาเข็มที่คำนวณได้จากการทดสอบคุณสมบัติของดิน

2. ไม่เกินร้อยละ 40 ของค่าลึงแบกทานของเสาเข็มที่คำนวณได้จากสูตรการดักเสาเข็ม

3. ไม่เกินร้อยละ 50 ของค่าลึงแบกทานของเสาเข็มที่คำนวณได้จากการแบกทานสูงสุด

### 3.2.4.1 การกระจายน้ำหนัก

3.2.4.1.1 ฐานแผ่ เมื่อฐานรากวางบนดินที่รับน้ำหนักตามแนวกั้น การกระจายน้ำหนักให้ถือหน่วยแรงดันขึ้นของดิน มีค่าสมำเสมอเท่ากันทุกจุด ดังรูปที่ 6 (ก)

$$p = P / BL$$

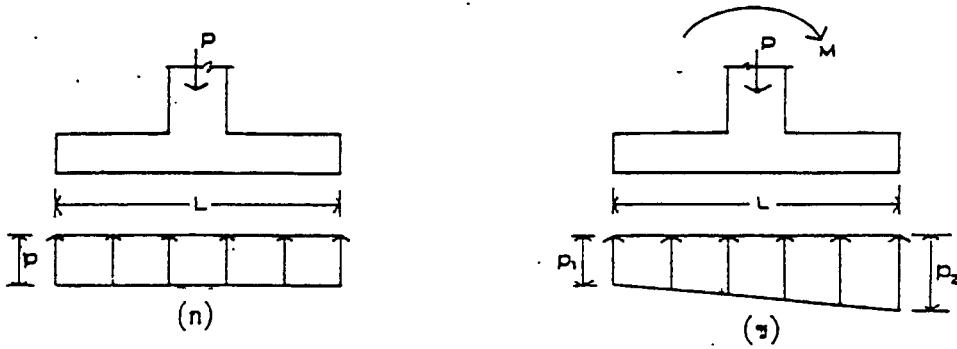
เมื่อ  $p$  = แรงดันขึ้นของดิน

$P$  = น้ำหนักทั้งหมดที่ลงฐานราก

$A_p$  = พื้นที่ของฐานราก

$B, L$  = ความกว้างและความยาวของฐานราก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6

สำหรับฐานรากที่มีโมเมนต์กระทำร่วมกับน้ำหนักบรรทุกจะทำให้หน่วยแรงดันขึ้นของดินที่ขอบของฐานรากไม่เท่ากัน ดังรูปที่ 6 (ข) และหาค่าได้จาก

$$p_1 = P/BL - 6M/BL^2$$

และ 
$$p_2 = P/BL + 6M/BL^2$$

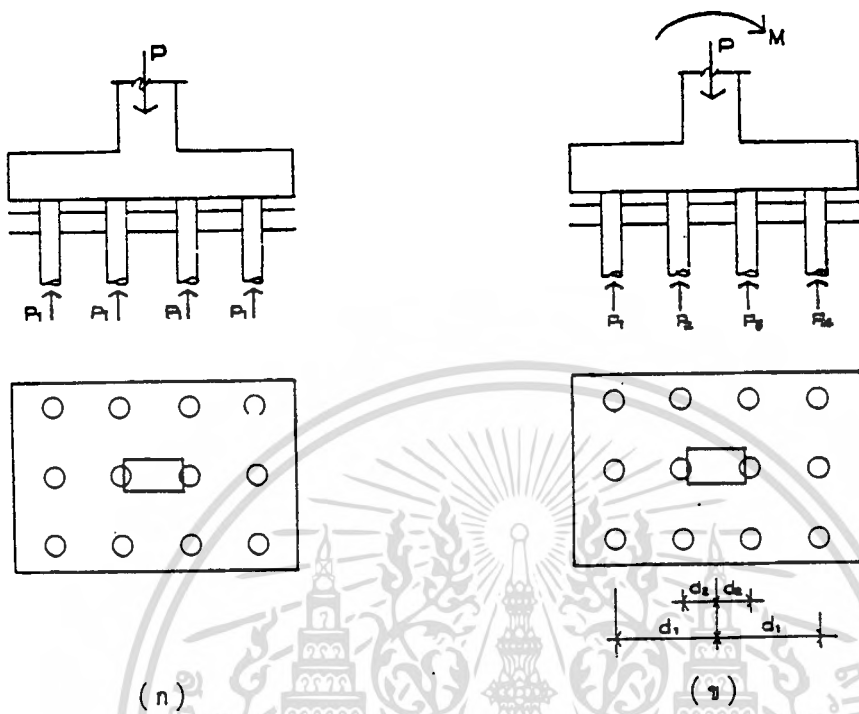
3.2.4.1.2 ฐานรากวางบนเสาเข็ม เมื่อฐานรากวางบนเสาเข็มมีน้ำหนักบรรทุกตามแนวแกนให้ถือว่า เสาเข็มทุกต้นรับน้ำหนักของฐานรากเฉลี่ยเท่ากันทุกต้นดังรูปที่ 7 (ก) และหาค่าได้จาก

$$P_1 = P/N$$

เมื่อ  $P$  = น้ำหนักรวมทั้งหมดจากฐานราก

$P_1$  = น้ำหนักที่เสาเข็มแต่ละต้นรับไว้

$N$  = จำนวนเสาเข็ม



รูปที่ 7

สำหรับฐานรากที่มีโมเมนต์รวมกับน้ำหนักบรรทุกทุกดังรูปที่ 7 (ข) เสาค้ำจะรับน้ำหนักไม่เท่ากัน ทางขอบที่ปลายลูกศรแสดงทิศทางโมเมนต์ซึ่งจะมีค่าเป็นบวก หากค่าได้จาก

$$P_1 = P/N - Md_1/\Sigma d^2$$

$$P_2 = P/N - Md_2/\Sigma d^2$$

$$P_3 = P/N + Md_2/\Sigma d^2$$

$$P_4 = P/N + Md_1/\Sigma d^2$$

### 3.2.4.2 โมเมนต์คัตและแรงยึดเหนี่ยว

#### 3.2.4.2.1 หน้าที่คัตวิฤติ

ก) โมเมนต์คัตและแรงยึดเหนี่ยวจากแรงภายนอกและหน้าคัตใดๆ ให้คำนวณจากแรงภายนอกที่กระทำข้างใดข้างหนึ่งของหน้าคัตวิฤติ ซึ่งได้จากการผ่านระนาบดิ่งตลอดแนวฐานราก

ข) สำหรับฐานรากเดี่ยว โมเมนต์คัตและแรงยึดเหนี่ยวสูงสุดที่คำนวณได้จากหน้าคัตในข้อ (ก) ที่ตำแหน่งหน้าคัตวิฤติดังต่อไปนี้

1. ที่ขอบเสา คม่อ หรือกำแพง สำหรับฐานรากที่รับเสาตอม่อ หรือกำแพง

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ที่กึ่งกลางระหว่างขอบและศูนย์กลางของกำแพง สำหรับฐานรากกำแพงก่อ  
 ดังรูปที่ 8 (ข)

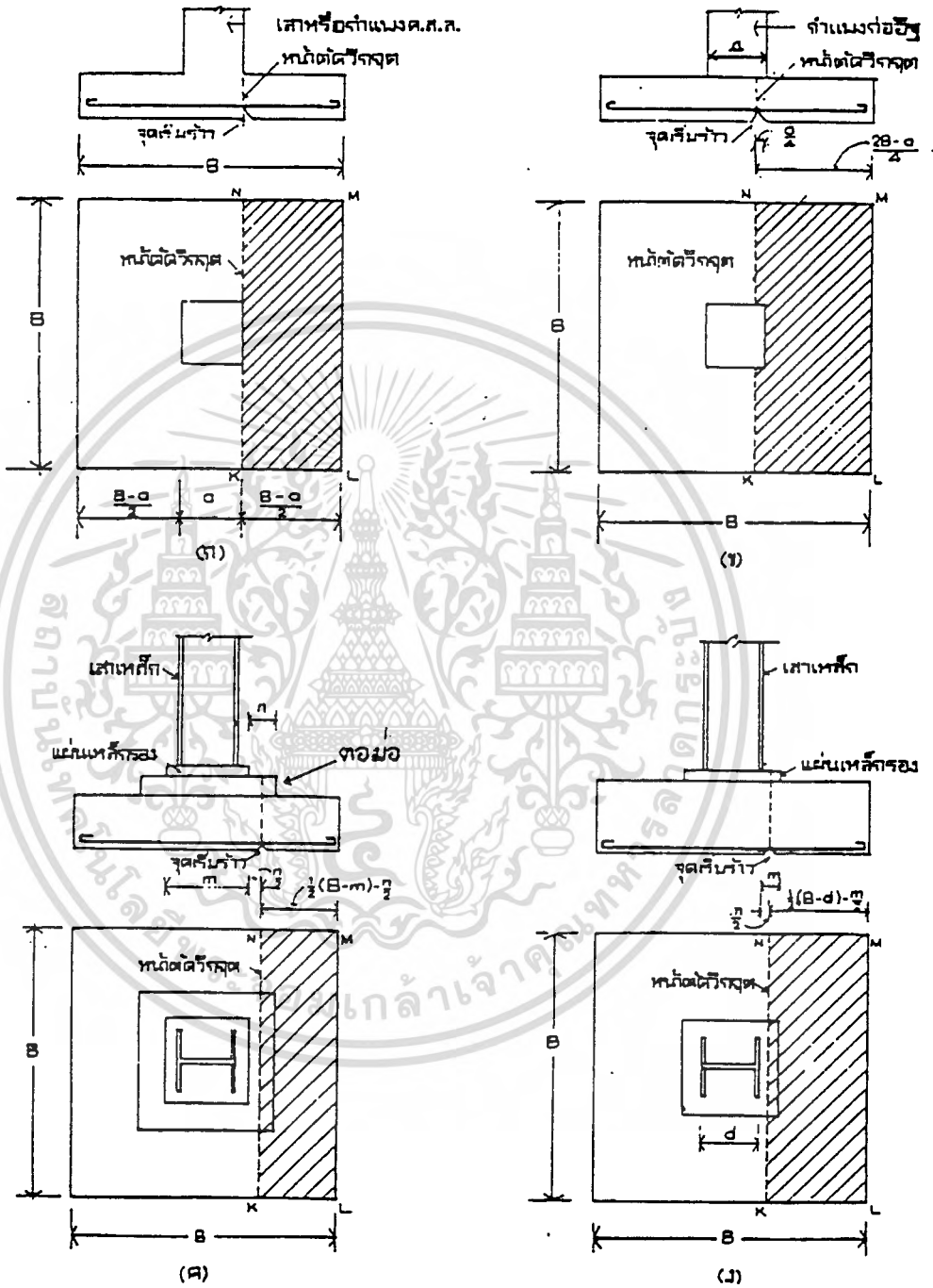
3. ที่กึ่งกลางระหว่างขอบเสาหรือตอม่อกับแผ่นเหล็กรองใต้เสา สำหรับฐานราก  
 ที่ใช้แผ่นเหล็กดังรูปที่ 8 (ค) และ (ง)

แรงเฉือนที่ใช้คำนวณแรงยึดเหนี่ยว คำนวณได้จากแรงดันขึ้นของดินหรือเสาเข็ม  
 ในพื้นที่ KLMN ในแต่ละกรณี

ค) ความกว้างของฐานราก ซึ่งรับแรงอัดที่หน้าตัดใดๆ คือความกว้างทั้งหมดที่ส่วนบน  
 ของฐานราก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



### 3.2.4.2.2 การเสริมเหล็ก

ก) ฐานรากที่เสริมเหล็กทางเดียว ต้องเสริมเหล็กให้มีปริมาณที่จะต้านทานโมเมนต์และแรงยึดเหนี่ยวที่หน้าตัดวิกฤตได้อย่างเพียงพอ และต้องการการกระจายเหล็กให้สม่ำเสมอตลอดความกว้างที่หน้าตัดนั้นๆ

ข) ฐานรากที่เสริมเหล็กสองทาง ต้องเสริมเหล็กแต่ละทางให้มีปริมาณที่จะต้านทานโมเมนต์และแรงยึดเหนี่ยวที่หน้าตัดวิกฤตได้อย่างเพียงพอ และต้องการการกระจายเหล็กให้สม่ำเสมอตลอดความกว้างแต่ละทางด้วย

ค) ฐานรากสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่เสริมเหล็กสองทาง เหล็กเสริมแต่ละทางเท่ากันโดยอาศัยหลักเกณฑ์ในข้อ (ข)

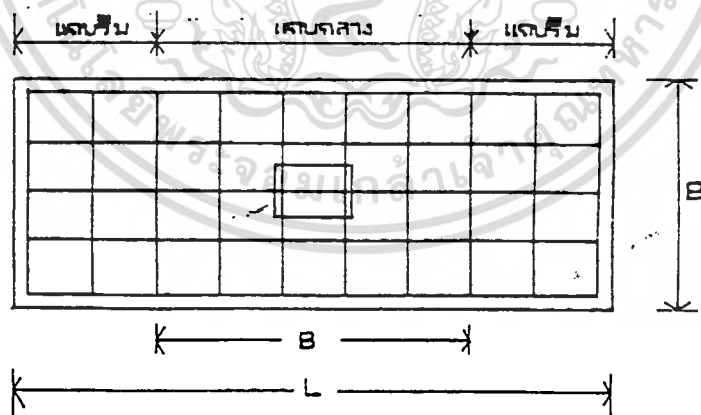
ง) ฐานรากสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่เสริมเหล็กสองทาง เหล็กเสริมทางด้านยาวต้องกระจายให้สม่ำเสมอเท่ากันตลอดความกว้างของด้านสั้น และอยู่ด้านล่างได้เหล็กเสริมทางด้านสั้น ส่วนเหล็กเสริมทางด้านสั้นให้กระจายสม่ำเสมอเป็นสองพวกคือแถบกลางและแถบริมตามรูปที่ 9 โดยมีปริมาณดังนี้

เหล็กเสริมในแถบกลางที่กว้าง  $B = 2A_{SB} / (S + 1)$

เมื่อ  $A_{SB}$  = เนื้อที่หน้าตัดเหล็กเสริมทางสั้นทั้งหมด

$S$  = อัตราส่วนระหว่างด้านยาวต่อด้านสั้นของฐานราก

ส่วนแถบริมให้กระจายเหล็กที่เหลือจากแถบกลางให้สม่ำเสมอทั้งสองข้างของฐานราก



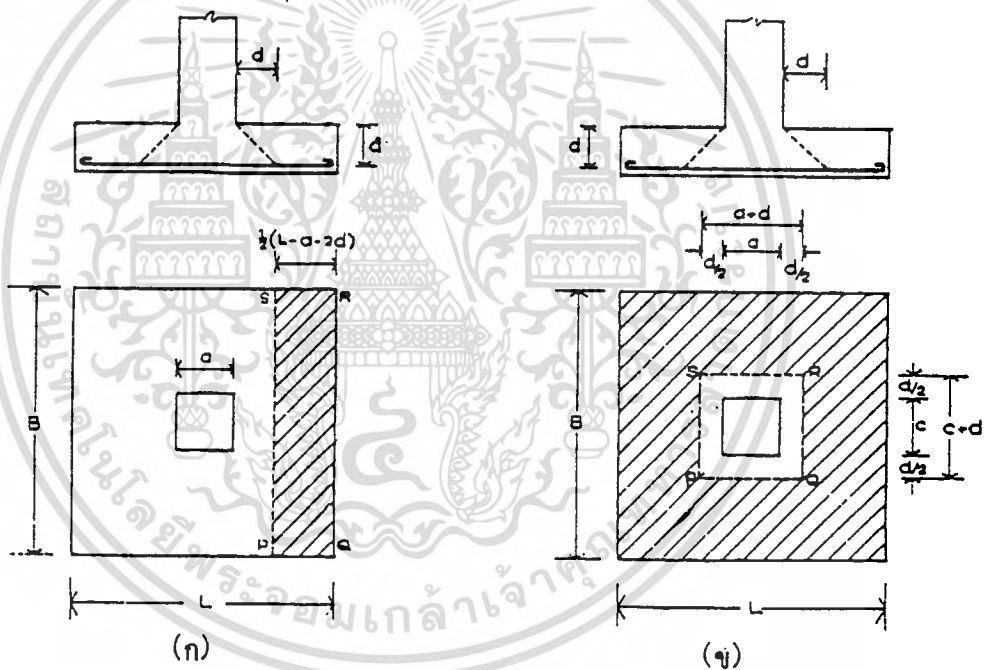
รูปที่ 3.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.4.2.3 หน้าตัดวิกฤติสำหรับแรงเฉือน

ความต้านทานต่อแรงเฉือนของฐานรากที่รับน้ำหนักเป็นจุดเช่นจากเสาตอม่อ ต้องแยกพิจารณาออกเป็นสองกรณีและฐานรากจะต้องมีความหนาเพียงพอที่จะต้านทานแรงเฉือนที่สูงกว่าจากกรณีใดก็ตาม

ก) พิจารณาว่าฐานรากเป็นคานกว้าง มีแนวร้าวเนื่องจากแรงดึงทะแยงตามระนาบเฉียงตลอดความกว้างของฐานรากและห่างจากจากขอบเสาตอม่อเป็นระยะ  $D$  แรงเฉือน  $V$  คิดจากแรงดันขึ้นของดินหรือจากเสาเข็มที่อยู่ใต้พื้นที่ PQRS การคำนวณหน่วยแรงเฉือนใช้สูตร  $v = V/bd$  เมื่อ  $b = B$  ตามรูปที่ 10(ก)



รูปที่ 3.10

ข) พิจารณาว่าแนวร้าวที่ฐานรากเป็นแบบเฉือนทะลุตามเส้นขอบฐานของกรวยกลมหรือกรวยเหลี่ยม โดยรวมน้ำหนักกดจากเสาตอม่อและห่างจากเสาตอม่อเป็นระยะ  $a/2$  การคำนวณหน่วยแรงเฉือน  $v = V/bd$  ใช้ค่า  $b = 4(a + d)$  แรงเฉือน  $V$  คิดจากแรงดันขึ้นของดินหรือจากเสาเข็มที่อยู่ภายนอกพื้นที่ PQRS ในรูปที่ 10 (ข)

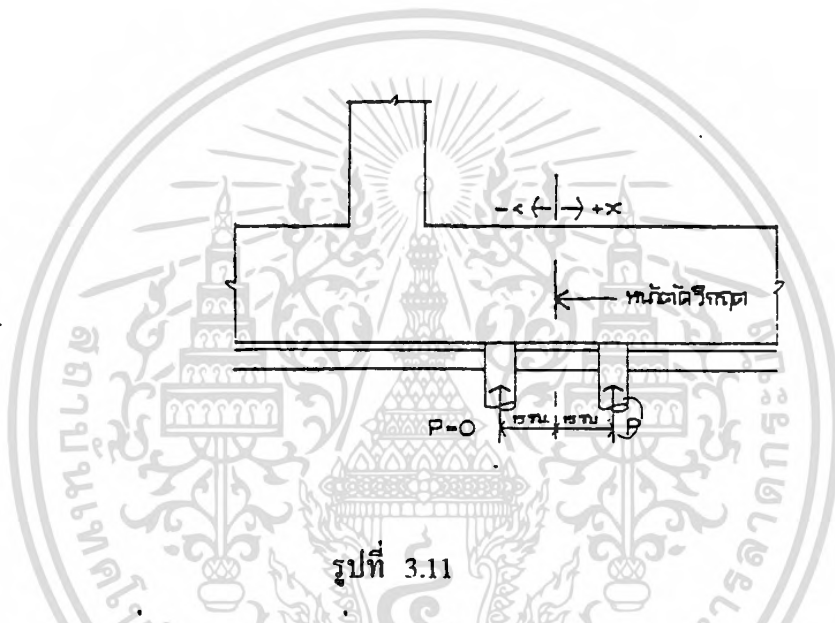
แรงเฉือนที่คิดจากแรงดันขึ้นของเสาเข็มที่ใกล้หน้าตัดวิกฤติทั้งสองกรณีดังกล่าวต้องลดค่าลงตามส่วน โดยพิจารณาว่าเสาเข็มที่อยู่ห่างจากหน้าตัดวิกฤติออกไป 15 ซม. หรือมากกว่าให้คิดไม่รวมกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เต็มกำลังของเสาเข็มและเสาเข็มที่อยู่ภายในหน้าตัดวิกฤติเข้ามา 15 ซม. หรือมากกว่า ไม่ต้องนำไปคิดแรงเฉือน ซึ่งคำนวณได้จาก  $P' = (x + 15) * P/30$

เมื่อ  $P$  = กำลังของเสาเข็ม

$P'$  = กำลังเสาเข็มที่ประสิทธิภาพ

$x$  = ระยะระหว่างหน้าตัดวิกฤติกับศูนย์กลางของเสาเข็ม มีค่าเป็นลบเมื่ออยู่ภายในหน้าตัดวิกฤติและมีค่าเป็นบวกเมื่ออยู่นอกหน้าตัดวิกฤติ ที่หน้าตัดวิกฤติ  $P' = P/2$



#### 3.2.4.2.4 การถ่ายแรงจากเสาตอม่อลงฐานราก

การถ่ายแรงจากเสาตอม่อลงฐานรากที่รองให้ถือว่า แรงอัดจากคอนกรีตในเสาตอม่อ ถ่ายส่งเป็นแรงกดลงไปยังส่วนบนของฐานราก โดยมีหน่วยแรงกดไม่เกินหน่วยแรงกดของคอนกรีตที่ยอมให้ของคอนกรีตที่ทำฐานราก ส่วนแรงจากเหล็กเสริมตามแกนในเสาตอม่อถ่ายส่งไปยังฐานรากโดยใช้เหล็กเคียวหรือต่อเหล็กเสริมตามแกนนั้นเข้าไปในฐานราก ให้มีระยะฝังมากพอที่จะถ่ายแรงโดยแรงอาศัยแรงยึดเหนี่ยว ในกรณีที่ใช้เหล็กเคียวเนื้อที่หน้าตัดของเหล็กเคียวจะต้องไม่น้อยกว่าเนื้อที่หน้าตัดของเหล็กเสริมตามแกนและต้องใช้เหล็กเคียวไม่น้อยกว่า 4 เส้น

### 3.2.4.2.5 ฐานรากไม่เสริมเหล็ก

ฐานรากที่เป็นคอนกรีตล้วนที่รับน้ำหนักจากเสาตอม่อซึ่งเป็นแรงตามแนวแกนต้องไม่ทำให้เกิดแรงอัดในคอนกรีตฐานรากเกิน  $0.25f'_c$  เมื่อรับน้ำหนักใช้งาน ต้องออกแบบฐานรากให้มีขนาดกว้างยาวลึกเพียงพอที่จะไม่ทำให้เกิดแรงดึงในคอนกรีตเนื่องจากโมเมนต์ดัดเกินกว่า  $0.424 \sqrt{f'_c}$

### 3.2.4.2.6 ฐานรากสำหรับเสากลม

การคำนวณออกแบบฐานรากที่รับเสาตอม่อแบบเสากลมหรือเสารูปแปดเหลี่ยม ให้ถือว่าขอบเสาตอม่อนั้นเป็นขอบเสาตอม่อสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีเนื้อที่หน้าตัดเท่ากับเสาตอม่อกลมนั้น

### 3.2.4.2.7 ความหนาต่ำสุดของฐานราก

ก. ฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็ก ความหนาของคอนกรีตเนื้อเหล็กเสริมที่ขอบนอกของฐานรากต้องไม่น้อยกว่า 15 ซม.

ข. ฐานรากคอนกรีตล้วนที่วางบนดิน ความหนาที่ขอบนอกต้องไม่น้อยกว่า 20 ซม. และฐานรากที่วางบนเสาเข็มจะต้องมีความหนาที่ขอบนอกไม่น้อยกว่า 35 ซม. จากหัวเข็ม

### 3.2.4.2.8 คอนกรีตหยาบที่ก้นหลุมของฐานราก

ในการทำฐานรากเมื่อขุดดินที่ก้นหลุมฐานรากจนถึงระดับที่ต้องการแล้ว จะต้องโยกโคลนเลนก้นหลุมออกให้หมด แล้วจึงเอาทรายหยาบหรืออิฐหักกระทุ้งให้แน่นมีความหนาประมาณ 10 ซม. เหนือขึ้นมาจึงเทคอนกรีตหยาบทับลงไปหนาประมาณ 5 ซม. เพื่อปิดสิ่งสกปรกจากก้นหลุมมิให้มาเปื้อนเปราะเหล็กเสริมของฐานรากได้ จากนั้นจึงวางเหล็กเสริมของตอม่อของเหล็กเสริมฐานรากและหนุนด้วยก้อนซีเมนต์แล้วจึงเทคอนกรีตฐานรากต่อไป

## บทที่ 4

### การออกแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กโดยทฤษฎีกำลังประลัย (Ultimate Strength Design)

การออกแบบให้รูปตัดสามารถต้านทานต่อแรงประลัยในการใช้งานต่างๆ ที่คำนวณหา มาจากการวิเคราะห์โดยทฤษฎีอิลาสติกให้น้ำหนักบรรทุกประลัยที่ได้จากผลคูณของน้ำหนักประลัยใช้งานตามประเภทต่างๆของอาคารกับส่วนปลอดภัยตามชนิดของน้ำหนักบรรทุกนั้น โดยมีหน่วยแรงต่างๆที่เกิดขึ้นภายในส่วนของอาคาร ไม่เกินกว่าหน่วยแรงประลัยที่ยอมให้เกินกำหนด การออกแบบโดยวิธีนี้นิยมกันมากในต่างประเทศ เนื่องจากให้ค่าคาดหมายได้ใกล้เคียงกับพฤติกรรมการรับน้ำหนักของส่วนต่างๆของอาคาร และใช้ในการออกแบบคอนกรีตอัดแรง

#### 4.1. บททั่วไป

##### 4.1.1 สมมติฐานของทฤษฎีกำลังประลัย

1. ระนาบของหน้าตัดทั้งก่อนและหลังการรับแรงดัดยังคงเหมือนเดิม
2. ณ กำลังประลัยหน่วยแรงและหน่วยการยืดตัวไม่เป็นสัดส่วนกัน
3. หน่วยการยืดหรือหดตัวเป็นสัดส่วนโดยตรงกับระยะที่ห่างจากแนวแกนสะเทิน
4. ไม่คิดกำลังต้านทานแรงดึงของคอนกรีต
5. หน่วยการหดตัวสูงสุดของคอนกรีตที่ขอบรับแรงอัด ณ กำลังประลัยมีค่าเท่ากับ 0.003
6. โมดูลัสยืดหยุ่นของเหล็กเสริมเท่ากับ  $2.04 \times 10^6$  กก/ซม.<sup>2</sup>
7. หน่วยแรงอัดที่มากที่สุดในคอนกรีตมีค่าเท่ากับ  $0.85f'_c$
8. หน่วยแรงดึงในเหล็กเสริมมีค่ามากที่สุดเท่ากับกำลังที่จุดคลาก  $f_y$  ถึงแม้ว่าหน่วยการยืดตัวจะให้ค่าสูงกว่าค่าที่ให้กำลังคลากก็ตาม

##### 4.1.2 การจัดน้ำหนักบรรทุก

น้ำหนักประลัยใช้งาน (U) ที่จะใช้ในการออกแบบเพื่อหาขนาดส่วนของโครงสร้างและปริมาณเหล็กเสริม ได้จากการคูณน้ำหนักบรรทุกใช้งานที่กระทำ ด้วยตัวคูณน้ำหนัก (Load Factor) ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำหนักบรรทุกนั้นๆ ทั้งนี้เพื่อให้ส่วนของโครงสร้างมีกำลังต้านทานต่อแรงหรือน้ำหนักกระทำ

ถ้ากำหนดให้

$U$  = น้ำหนักประลัยที่ใช้ออกแบบ

$D$  = น้ำหนักบรรทุกใช้งานแบบคงที่

$L$  = น้ำหนักบรรทุกใช้งานแบบจรที่กำหนด บวกด้วยแรงกระแทก(ถ้ามี)

$W$  = แรงแลม

$E$  = แรงจากแผ่นดินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น หากมีข้อผิดพลาดหรือข้อสงสัยใดๆ กรุณาแจ้งไปยังเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐาน ว.ส.ท. ได้กำหนดให้ใช้น้ำหนักประลัย (U) ดังนี้

1. สำหรับอาคารที่ไม่ได้คิดรับแรงลมหรือแผ่นดินไหว

$$U = 1.4D + 1.7L$$

2. สำหรับอาคารที่คิดแรงลมด้วย

$$U = 0.75(1.4D + 1.7L + 1.7W)$$

หรือ  $U = 0.9D + 1.3 W$

โดยให้ใช้ค่า U ที่ให้ค่าสูงสุด แต่ต้องไม่น้อยกว่า U จากสมการ  $U = 1.4D + 1.7L$

3. สำหรับอาคารที่คิดรับแรงจากแผ่นดินไหว

ให้แทนค่าของ W ในข้อ 2. ด้วยค่า 1.1E นั่นคือ

$$U = 1.05D + 1.28L + 1.40E$$

หรือ  $U = 0.9D + 1.43E$

ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร ได้กำหนดให้ใช้น้ำหนักประลัย (U) ดังนี้

1. สำหรับอาคารที่ไม่ได้คิดรับแรงลมหรือแผ่นดินไหว

$$U = 1.7D + 2.0L$$

2. สำหรับอาคารที่คิดแรงลมด้วย

$$U = 0.75(1.7D + 2.0L + 2.0W)$$

หรือ  $U = 0.9D + 1.3 W$

โดยให้ใช้ค่า U ที่ให้ค่าสูงสุด แต่ต้องไม่น้อยกว่า U จากสมการ  $U = 1.7D + 2.0L$

#### 4.1.3 ตัวคูณลดกำลังประลัย

สำหรับกำลังประลัยที่คำนวณได้จริงในอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก จะต้องลดค่าลงทั้งนี้ เพราะในการก่อสร้างอาจจะมีคุณภาพของงานที่แตกต่างกัน ดังนั้นเพื่อความปลอดภัย มาตรฐาน ว.ส.ท. จึงกำหนดให้ใช้ตัวคูณลดค่ากำลังประลัย  $\phi$  คูณเข้ากับกำลังประลัยที่คำนวณได้จริง ซึ่งจะได้อำลังประลัยที่ใช้งาน กล่าวคือ ถ้า  $M_u'$  เป็นแรงดัดประลัยที่คำนวณได้จริง และ  $M_u$  เป็นแรงดัดประลัยที่ใช้งาน ดังนั้น  $M_u = \phi M_u'$

มาตรฐาน ว.ส.ท. กำหนดค่าของตัวคูณลดค่ากำลังประลัย  $\phi$  (Strength Reduction Factor) ดังนี้

$$\phi = 0.90 \text{ สำหรับการดัด}$$

$$= 0.90 \text{ สำหรับแรงดึงตามแนวแกน หรือ แรงดึงตามแนวแกนร่วมกับแรงดัด}$$

$$= 0.85 \text{ สำหรับแรงเฉือน แรงบิด และแรงยึดเหนี่ยว}$$

$$= 0.75 \text{ สำหรับแรงอัด หรือ แรงอัดร่วมกับแรงดัด ที่เสริมด้วยเหล็กปลอกเกลียว}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการเรียนการสอนและเพื่อเผยแพร่ความรู้เท่านั้น ไม่สามารถนำเอกสารนี้ไปใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่นใดได้โดยไม่ได้รับอนุญาต  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- = 0.70 สำหรับแรงอัด หรือ แรงอัดร่วมกับแรงดัด ที่เสริมด้วยเหล็กปลอกเดี่ยว
- = 0.70 สำหรับแรงกดบนคอนกรีต
- = 0.65 สำหรับการดัดในคอนกรีตล้วนๆ

#### 4.1.4 หน่วยแรงประลัยที่ยอมให้ของคอนกรีตและเหล็กเสริม

มาตรฐาน ว.ส.ท. กำหนดไว้ดังนี้

หน่วยแรงประลัยที่ยอมให้ของคอนกรีต =  $0.85f'_c$

หน่วยแรงประลัยที่ยอมให้ของเหล็กเสริม =  $f_y$  แต่ไม่เกิน  $5600 \text{ กก/ชม}^2$

ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร กำหนดไว้ดังนี้

หน่วยแรงประลัยที่ยอมให้ของคอนกรีต =  $150 \text{ กก/ชม}^2$

หน่วยแรงประลัยที่ยอมให้ของเหล็กเสริม :

ก. เหล็กเส้นธรรมดา เมื่อไม่มีผลการทดสอบแรงดึงใช้ได้ไม่เกิน  $2000 \text{ กก/ชม}^2$

ข. เหล็กเสริมอื่นๆ ใช้เท่ากับ  $0.85f_y$  แต่ได้ไม่เกิน  $4200 \text{ กก/ชม}^2$

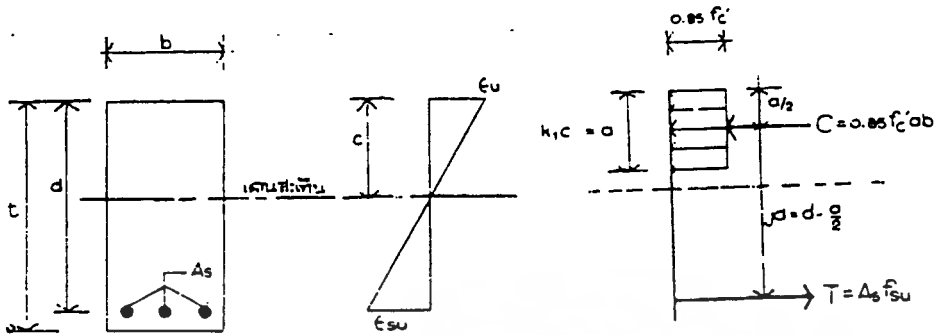
#### 4.2.การออกแบบ

##### 4.2.1การออกแบบคานและพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก

##### 3.2.1.1 ความต้านทานดัดแรงดัด

##### 3.2.1.1.1 หน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีเหล็กเสริมรับแรงดัดอย่างเดียว

พิจารณาโครงสร้าง (คานหรือพื้น) ซึ่งมีหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด  $b$  และ  $t$  ตามรูปมีเหล็กเสริมรับแรงดัด  $A_s$  เดียวอย่างเดียว วางเรียงโดยมีความลึกประสิทธิผล  $d$  เมื่อคานนี้รับน้ำหนักจนถึงน้ำหนักประลัย หน่วยการยืดและหดตัวและหน่วยแรงจะแผ่กระจายตามรูป โดยที่  $\epsilon_u$  เป็นหน่วยการหดตัวสูงสุดที่ขอบบนของคอนกรีต ณ จุดประลัยมีค่าประมาณ  $0.003 \epsilon_u$  เป็นหน่วยการยืดตัวที่ตำแหน่งของเหล็กเสริม ณ จุดประลัย ขนาดของหน่วยแรงอัดในคอนกรีตมีค่าเท่ากับ  $0.85 f'_c$  และแผ่นสม่ำเสมอบนเนื้อที่รับแรงอัดสมมูล  $ab$  ตามสมมุติฐานของการคำนวณ(รูป (ก)) แรงอัดในคอนกรีต (C) จะเท่ากับ  $0.85 f'_c ab$  แรงดึงในเหล็กเสริม (T) จะเท่ากับ  $A_s f_{su}$  โดยที่  $f_{su}$  เป็นหน่วยแรงดึงในเหล็กเสริม มีค่าเท่ากับ  $\epsilon_{su} E_s$



(ก) (ข) การกระจายของหน่วยการยึดและหดตัวที่จุดประลัย จากการสมมูลย์ของแรงบนหน้าตัด จะได้

แรงอัดในคอนกรีต (C) = แรงดึงในเหล็กเสริม (T)

$$\text{หรือ } 0.5 f'_c ab = A_s f_{su}$$

$$\text{ดังนั้น ระยะ } a = A_s f_{su} / (0.85 f'_c b)$$

ค่าโมเมนต์ดัดประลัยที่คานจะรับได้จริง  $M_u$  จะคำนวณได้จากแรงดึงในเหล็กเสริม  $T$  คูณด้วยช่วงแขนโมเมนต์  $jd$  หรือจากแรงอัดในคอนกรีต  $C$  คูณด้วยช่วงแขนโมเมนต์  $jd$  ก็ได้ ดังนี้

คำนวณจากแรงดึงในเหล็กเสริม :

$$M'_u = T \cdot jd = A_s f_{su} \cdot (d - a/2)$$

แทนค่าของ  $a$  จะได้  $M'_u = A_s a f_u d (1 - 0.59 p f_{su} / f'_c)$

ในเมื่อ  $p = A_s / bd$  อัตราส่วนของเนื้อที่หน้าตัดเหล็กเสริมรับแรงดึงต่อเนื้อที่ประสิทธิภาพ

คำนวณจากแรงอัดในคอนกรีต :

$$M'_u = C \cdot jd = 0.85 f'_c ab \cdot (d - a/2)$$

แทนค่าของ  $a$  จะได้  $M'_u = 0.85 f'_c a \cdot bd (1 - 0.59 (p f_{su}) / f'_c)$

เมื่อคานรับน้ำหนักถึงน้ำหนักประลัยคานจะเริ่มชำรุด การชำรุดของคานจะเกิดได้สองแบบ คือ แบบแรงดึงเป็นหลัก (tension failure) และแบบแรงอัดเป็นหลัก (compression failure) แบบแรกจะเกิดเมื่อเหล็กเสริมในคานมีจำนวนพอควร ดังนั้นเหล็กเสริมจะรับแรงถึงจุดคลากก่อนที่คานชำรุด การชำรุดแบบหลัง(แรงอัดเป็นหลัก) จะเกิดเมื่อเหล็กเสริมมีจำนวนมากหรือมีกำลังจุดคลาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



สูงมาก ในลักษณะนี้คอนกรีตจะถูกอัดถึงกำลังประลัย โดยมีหน่วยการหัดตัวสูงเท่ากับ 0.003 ก่อนที่เหล็กเสริมจะเริ่มคลาก

กรณีแรงดึงเป็นหลัก เหล็กจะถูกดึงถึงจุดคลากก่อน ดังนั้น  $f_{su} = f_y$  ตำแหน่ง แกนสะเทินซึ่งห่างจากขอบบนของคานจะหาได้จาก

$$c = a/k_1 = A_s f_y / (0.85 k_1 f'_c b)$$

$$\text{หรือ } c = p f_y d / (0.85 k_1 f'_c)$$

$$\text{โมเมนต์ดัดประลัย } M'_u = A_s f_y d (1 - 0.59 p f_y / f'_c)$$

กรณีแรงอัดเป็นหลัก คอนกรีตจะถูกอัดจนกระทั่งมีหน่วยการหัดตัวสูงสุดเท่ากับ  $\epsilon_u = 0.003$  หน่วยแรงดึงในเหล็กเสริม  $f_{su}$  อาจยังไม่ถึงจุดคลาก ซึ่งยังคงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับการหัดตัว  $\epsilon_u$  นั่นคือ  $\epsilon_u = f_{su} / E_s$

โดยอาศัยทฤษฎีของสามเหลี่ยมคล้าย ในรูปการกระจายหน่วยการหัดและยึดตัว(รูป (ข))จะได้

$$c = \epsilon_u d / (\epsilon_{su} + \epsilon_u) = 0.003 d / (f_{su} / E_s + 0.003)$$

จากลักษณะการชำรุดของโครงสร้างดังที่กล่าวมาแล้ว จะเห็นว่าปริมาณของเหล็กเสริมในคอนกรีตมีผลทำให้คานชำรุดแบบไหนก็ได้ ปริมาณเหล็กเสริมที่พอเหมาะจะทำให้คอนกรีตถึงกำลังอัดประลัยพร้อมกับเหล็กเสริมถึงจุดคลาก เรียกว่าปริมาณเหล็กเสริมที่สภาวะสมดุล อัตราส่วนของเนื้อที่หน้าตัดของเหล็กเสริมต่อเนื้อที่หน้าตัดประสิทธิภาพของคอนกรีตที่สภาวะนี้เรียกว่า  $P_b$  ดังนั้นถ้าอัตราส่วน  $p$  มีค่าน้อยกว่าอัตราส่วน  $P_b$  คานจะชำรุดแบบแรงดึงเป็นหลัก

ณ สภาวะสมดุล หน่วยการหัดตัวสูงสุดของคอนกรีต เท่ากับ  $\epsilon_u = 0.003$  และเหล็กเสริมถึงกำลังจุดคลาก  $f_y$  เพราะฉะนั้นจะได้

$$P_b = 0.85 k_1 0.003 / (f_y / E_s + 0.003) * f_y / f'_c$$

ถ้าโมดูลัสยืดหยุ่นของเหล็กเสริมเท่ากับ  $2.04 * 10^6$  กก./ซม<sup>2</sup> ดังนั้น

$$P_b = 0.85 k_1 6117 / (f_y + 6117) * f_y / f'_c$$

ค่าของ  $k_1$  ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างความลึกของรูปหน่วยแรงอัดสมมูลกับความลึกของแกนสะเทินเท่ากับ 0.85 สำหรับกำลังกำลังอัดของคอนกรีต  $f'_c$  เท่ากับหรือน้อยกว่า 280 กก./ซม<sup>2</sup> และค่าของ  $k_1$  จะลดลงตามลำดับในอัตรา 0.05 สำหรับกำลังของคอนกรีตที่เพิ่มขึ้น ทุกๆ 70 กก./ซม<sup>2</sup> ( $k_1$ ต่ำสุด = 0.65 )

ในการคำนวณตามมาตรฐาน ว.ส.ท. ค่าอัตราส่วน  $p$  ให้ใช้ไม่เกิน 0.75  $P_b$  ทั้งนี้เพื่อให้การชำรุดเป็นไปในแบบที่แข็งแรงดังอย่างเดียว ดังนั้นค่า  $p$  นั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการคำนวณว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้าม  $p_{max} = 0.75 P_b$  หาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้มาตรฐานว.ส.ท. ให้ใช้

$$p_{min} = 14/f_y$$

ฉะนั้นเมื่อต้องออกแบบตามมาตรฐานนี้ ค่าหน่วยแรงดึงในเหล็กเสริม  $f_{su}$  จะเท่ากับ  $f_y$  ที่จุดประลัย

จะได้ 
$$a = A_s f_y / (0.85 f'_c) = p f_y d / 0.85 f'_c$$

โมเมนต์ดัดประลัย 
$$M'_u = A_s f_y \cdot (d - a/2)$$
  

$$= A_s f_y d (1 - 0.59 p f_y / f'_c)$$
  

$$= p f_y b d^2 (1 - 0.59 p f_y / f'_c)$$

ดังนั้นโมเมนต์ดัดประลัยที่ใช้ในการออกแบบ =  $\phi M'_u = \phi A_s f_y \cdot (d - a/2)$

หรือ 
$$= \phi p f_y b d^2 (1 - 0.59 p f_y / f'_c)$$

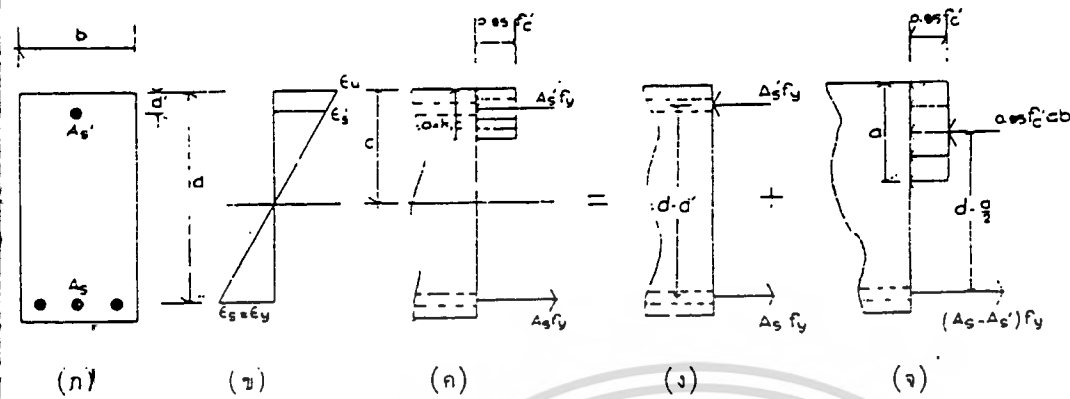
#### 4.2.1.1.2 หน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีเหล็กเสริมรับแรงอัด

ในบางครั้งหน้าตัดของคานถูกจำกัดด้วยเหตุผลทางสถาปัตยกรรม ทำให้ความลึกของคานตื้นกว่าสถานะสมดุล เนื้อที่หน้าตัดของคอนกรีตที่จะรับแรงอัดอาจมีไม่พอสำหรับค่าโมเมนต์ที่ต้องรับ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเสริมเหล็กเสริมรับแรงอัด ทำให้หน้าตัดของคานมีทั้งเหล็กเสริมรับแรงดึงและแรงอัด นอกจากเหล็กเสริมรับแรงอัดเพื่อผลดังกล่าว เหล็กเสริมรับแรงอัดยังช่วยในการลดการโก่งของคานและช่วยยึดเหล็กดัดตลอดแนวคานอีกด้วย

ในคานประเภทนี้ ถ้าอัตราส่วนของพื้นที่หน้าตัดเหล็กเสริมรับแรงดึง ต่อเนื้อที่ประสิทธิผลของคอนกรีต  $p$  ที่ใช้น้อยกว่าหรือเท่ากับค่า  $p_{max}$  ( $0.75 P_b$ ) การคำนวณหาค่ารับโมเมนต์ดัดโดยประมาณอาจทำได้ โดยไม่คิดรวมถึงว่ามีเหล็กเสริมรับแรงอัดอยู่หรือไม่ และจะสมมติว่าเหล็กเสริมรับแรงดึงถูกดึงถึงจุดคลาก แต่ถ้าอัตราส่วน  $p$  นี้มากกว่า  $0.75 P_b$  การคำนวณก็จะยุ่งยากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการชำรุดของคานจะเป็นแบบแรงดึงเป็นหลัก

พิจารณาคานที่มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยมีเหล็กเสริมรับแรงอัด  $A_s'$  ที่ระยะลึก  $d'$  จากขอบรับแรงอัด และมีเหล็กเสริมรับแรงดึงอยู่ที่ระยะลึก  $d$  ตามรูป สมมติว่าที่จุดประลัยของเหล็กเสริมรับแรงดึงและแรงอัด ถูกกระทำจนถึงจุดคลาก โมเมนต์ดัดจะได้จากการรวมโมเมนต์  $M'_1$  และ  $M'_2$  โดย  $M'_1$  เป็นโมเมนต์ดัดเนื่องจากแรงคู่ควบของเหล็กเสริมรับแรงอัดกับเหล็กเสริมรับแรงดึงที่มีปริมาณเท่ากัน  $M'_2$  เป็นโมเมนต์ดัดเนื่องจากแรงคู่ควบของเหล็กเสริมรับแรงดึงที่เหลือจากการหักเนื้อที่เหล็กเสริมรับแรงอัดแล้ว ( $A_s - A_s'$ ) กับแรงในส่วนของคอนกรีตตามรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



จากรูป(ง)  $M'_1 = A's.fy.(d-d')$

จากรูป(จ)  $M'_2 = (As-A's).fy.(d-a/2)$

จากการสมดุลย์ของแรงในรูป (จ) จะได้

$$a = (As-A's).fy / (0.85 f'c.b)$$

ถ้าให้  $p = As/bd$  และ  $p' = (As-A's)/bd$  จะได้

$$a = (p-p').fy.d / (0.85 f'c)$$

โมเมนต์ดัดประลัย  $M'_u = M'_2 + M'_1$

$$= (As-A's).fy.(d-a/2) + A's.fy.(d-d')$$

แทนค่าของ a จะได้  $M'_u = 0.85 f'c.a.bd(1-0.59(p fsu)/ f'c)$

ในการคำนวณตามมาตรฐาน ว.ส.ท. ค่าโมเมนต์ดัดประลัยที่ใช้ในการออกแบบ

$$\mu = \phi M'_u = \phi As.fy.(d-a/2)$$

$$\text{หรือ} = \phi (As-A's).fy.(d-a/2) + A's.fy.(d-d')$$

ณ สภาวะสมดุล หน่วยการยึดตัวของเหล็กเสริมรับแรงดึงเท่ากับ  $\epsilon_y$  คำนวณหาตำแหน่งของแกนสะเทินและรวมแรงในแนวราบตามรูป(ค) จะได้อัตราส่วนของพื้นที่หน้าตัดเหล็กเสริมต่อเนื้อที่ประสิทธิภาพของคอนกรีต ที่สภาวะสมดุล  $p$  คือ

$$p = p_b + p'$$

ในเมื่อ  $p_b$  เป็นอัตราส่วนของพื้นที่หน้าตัดเหล็กเสริมรับแรงดึง ต่อเนื้อที่ประสิทธิภาพของคอนกรีต มีค่าเท่ากับ  $0.85k1.6117 / (fy + 6117) * fy/f'c$  เพื่อให้คานมีการชำรุดแบบแรงดึงเป็นหลัก

หลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 คำนวณ  $p_{max} = 0.75(p_b + p')$   
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่มাত্রาฐาน ว.ส.ท. ได้กำหนด  $p_{max}$  ที่ยอมให้

$$p_{max} = 0.75p_b + p'$$

สำหรับการตรวจสอบค่าที่กำลังประลัยเหล็กเสริมรับแรงอัดจะถูกอัดจนถึงจุดศลากหรือไม่นั้น อาจทำได้โดย ในตอนแรกสมมติให้  $\epsilon'_s = \epsilon_y$  และใช้รูปการกระจายหน่วยแรงของหน่วยการยืดและหดตัว (ดูรูป ข.) อาศัยทฤษฎีของสามเหลี่ยมคล้าย จะได้

$$c = \epsilon_u d / (\epsilon_u - \epsilon_y)$$

จากรูป (ค) รวมแรงในแนวราบ จะได้

$$p \cdot f_y \cdot b \cdot d = 0.85k_1 f'_c \cdot b \cdot c + p' \cdot f_y \cdot b \cdot d$$

$$(p - p') = 0.85k_1 (f'_c / f_y) \cdot (c/d) = 0.85k_1 (f'_c / f_y) \cdot (\epsilon_u / (\epsilon_u - \epsilon_y)) \cdot (d'/d)$$

ถ้าให้  $\epsilon_u = 0.003$  และ  $\epsilon_y = f_y / E_s$  ในเมื่อ  $E_s = 2.04 \times 10^6$  กก./ชม<sup>2</sup> จะได้ค่า  $(p - p')$  ที่น้อยที่สุดที่จะทำให้เหล็กเสริมรับแรงอัดถึงจุดศลาก นั่นคือ

$$(p - p') > 0.85k_1 \cdot 6117 / (6117 - f_y) \cdot f'_c / f_y \cdot (d'/d)$$

ดังนั้นถ้าอัตราส่วน  $(p - p')$  น้อยกว่าค่าที่ให้ไว้ข้างต้น หน่วยแรงในเหล็กเสริมรับแรงอัดน้อยกว่าแรงที่จุดศลาก ถ้าเป็นเช่นนั้น การคำนวณหาโมเมนต์ดัดประลัยต้องใช้หน่วยแรงและหน่วยการหดตัวที่เกิดขึ้นจริงในเหล็กเสริมรับแรงอัด

#### 4.2.1.2 ความต้านทานต่อแรงเฉือนและแรงดัดทแยง

##### 4.2.1.2.1 แรงเฉือนประลัย

ในการคำนวณหาหน่วยแรงเฉือนประลัยซึ่งใช้วัดแรงดัดทแยงในอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก ให้คำนวณที่ระยะ  $d$  จากขอบของที่รองรับ และค่าหน่วยแรงเฉือนประลัย คำนวณได้จากสูตร

$$\text{หน่วยแรงเฉือนประลัย } v_u = V_u / b \cdot d$$

ในที่นี้  $V_u$  เป็นแรงเฉือนประลัยที่ระยะ  $d$  จากขอบของที่รองรับ

$b, d$  เป็นความกว้างและความลึกประสิทธิผลของคานตามลำดับ

##### 4.2.1.2.2 หน่วยแรงเฉือนในคาน คสล. ซึ่งไม่มีเหล็กเสริมรับแรงเฉือน

ในคานคอนกรีตที่มีแต่เหล็กเสริมรับแรงดัดเพียงอย่างเดียว แต่ไม่มีเหล็กเสริมรับแรงเฉือน จะต้องออกแบบให้ค่าหน่วยเฉือนที่เกิดขึ้นในตัวคานคอนกรีต ณ จุดวิกฤติ(ระยะ  $d$  จากขอบของที่รองรับ) ไม่เกินกว่าค่าหน่วยแรงเฉือนที่จะทำให้คอนกรีตแตกร้าว เนื่องจากแรงดัดในแนวทแยง ค่าหน่วยแรงเฉือนประลัยที่คอนกรีตสามารถรับได้มีค่าเท่ากับ

$$v_c = V_c / b \cdot d = (0.504 \sqrt{f'_c} + 176 p_w) V_d / M < 0.93 \sqrt{f'_c}$$

ในเมื่อ  $p_w$  = อัตราส่วนของเหล็กเสริมรับแรงดัดต่อหน้าตัดประสิทธิผลของคานคอนกรีตให้นำไปใช้

$d$  = ความลึกประสิทธิภาพของคาน

$V$  = แรงเฉือนหน้าตัดที่พิจารณา

$M$  = โมเมนต์ที่หน้าตัดที่พิจารณา ต้องไม่น้อยกว่าค่า  $Vd$

ตามมาตรฐาน ว.ส.ท. กำหนดหน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้ในคานคอนกรีตที่ไม่มีเหล็กเสริมรับแรงเฉือนเป็น  $v_c = \phi(0.504 \sqrt{f'_c} + 176 p_w V.d) < 0.93 \phi \sqrt{f'_c}$

โดยที่  $\phi$  เป็นตัวคูณลดค่ากำลังประลัย มีค่าเท่ากับ 0.85 สำหรับแรงดึงทแยง

นอกจากการใช้สมการข้างต้นเพื่อหาหน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้ ในคานคอนกรีตที่ไม่มีเหล็กเสริมรับแรงเฉือนแล้ว มาตรฐาน ว.ส.ท. ยังกำหนดค่าหน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้ของคอนกรีตโดยประมาณ ไว้โดยประมาณอีกด้วย คือ  $v_c = 0.53 \phi \sqrt{f'_c}$  ทั้งนี้เพื่อให้การคำนวณง่ายและสะดวกขึ้น

#### 4.2.1.2.3 แรงเฉือนในพื้นและฐานราก

หน่วยแรงเฉือนประลัยที่หน้าตัดวิกฤติ (คือหน้าตัดที่ตั้งได้ฉากกับระนาบของพื้น โดยห่างจากขอบโดยรอบของน้ำหนักที่กระทำเป็นจุด หรือโดยรอบพื้นที่ของที่รองรับออกไปเป็นระยะ  $d/2$ ) คำนวณได้โดยใช้สมการ

$$v_u = V_u / b_o.d$$

หน่วยแรงเฉือนประลัยที่คำนวณได้นี้จะต้องมีค่าไม่เกิน  $1.06 \phi \sqrt{f'_c}$  ในกรณีที่ไม่มีเหล็กเสริมต้านแรงเฉือน และถ้ามีเหล็กเสริมต้านเหล็กเฉือนค่า  $v_c$  นี้ จะต้องไม่เกิน  $1.59 \phi \sqrt{f'_c}$  ในกรณีที่พื้นหรือฐานรากบางกว่า 25 ซม. จะใส่เหล็กเสริมไม่ได้

#### 4.2.1.2.4 การเสริมเหล็กรับแรงเฉือน

ณ หน้าตัดใดๆ ที่มีหน่วยแรงเฉือนประลัยของคอนกรีต  $v_u$  เกินกว่าค่าหน่วยแรงเฉือนประลัยของคอนกรีต  $v_c$  ของอาคารซึ่งไม่มีเหล็กเสริมรับ จะต้องเสริมเหล็กรับแรงเฉือนเพื่อ ให้อรับหน่วยเฉือนส่วนที่เกิน

ในการเสริมเหล็กรับแรงเฉือนนี้ จะต้องเสริมเหล็กให้เลยจากจุดที่ต้องการทางทฤษฎีออกไปอีกเป็นระยะเท่ากับความลึกประสิทธิภาพ  $d$  ของส่วนโครงสร้าง จำนวนเหล็กเสริมรับแรงเฉือน ณ หน้าตัดระหว่างขอบของรองรับและที่หน้าตัดออกมาเป็นระยะ  $d$  ให้ใช้เท่ากับที่ต้องการตรงหน้าตัด  $d$  นั้น

มาตรฐาน ว.ส.ท. กำหนดเนื้อที่หน้าตัดของเหล็กเสริมรับแรงเฉือนที่ต้องการไว้ดังนี้

เหล็กเสริมในแนวตั้ง  $A_v = (V_u - V_c) / (\phi f_y.d)$

เหล็กเสริมในแนวเอียง  $A_v = (V_u - V_c). s / (\phi f_y.d(\sin \alpha + \cos \alpha))$

ในที่นี้  $V_u$  = แรงเฉือนประลัยทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปะสิ่งเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$A_v$  = เนื้อที่หน้าตัดของเหล็กเสริมรับแรงเฉือน

$f_y$  = กำลังจุดคลากของเหล็กเสริมรับแรงเฉือน (จะต้องไม่เกิน 4200 กก./ซม<sup>2</sup>)

$d$  = ความลึกประสิทธิภาพของโครงสร้าง

$\alpha$  = มุมเอียงระหว่างเหล็กเสริมรับแรงเฉือนกับแกนตามยาวของอาคาร

$s$  = ระยะเรียงของเหล็กเสริมรับแรงเฉือน

#### 4.2.1.2.5 ระยะเรียงของเหล็กเสริม

โดยทั่วไปจะเรียงลูกตั้งให้ห่างกันอย่างน้อย 10 ซม. การเลือกขนาดของเหล็กลูกตั้งก็ต้องเลือกให้พอที่จะไม่ทำให้ระยะห่างระหว่างเหล็กลูกตั้งชิดเกินกว่าที่กำหนด โดยปกติจะวางเรียงเหล็กลูกตั้งตลอดแกนความยาวของคาน ถึงแม้ว่าต้องการเหล็กลูกตั้งเพียงบางส่วนเท่านั้น ระยะเรียงที่ใช้จะคำนวณจากค่าแรงเฉือนมากที่สุด แต่ถ้าหากต้องการเหล็กเสริมรับแรงเฉือนตลอดแนวกาน หรือเมื่อค่า แรงเฉือนแปรเปลี่ยนกับความยาวคาน ก็คำนวณหาเหล็กเสริมเป็นช่วงๆ ไป

มาตรฐาน ว.ส.ท. กำหนดเกี่ยวกับระยะเรียงของเหล็กเสริมรับแรงเฉือนมีไว้ดังนี้ คือ ระยะเรียงจะห่างกันได้ไม่เกิน  $1.59d\sqrt{f'_c}$  ระยะเรียงห่างกันได้ไม่เกิน  $d/4$  ค่าแรงเฉือนที่ยอมให้ที่หน้าตัดที่มีเหล็กเสริมรับแรงเฉือนต้องไม่เกินกว่า  $2.65d\sqrt{f'_c}$

นอกจากนี้ยังกำหนดด้วยว่า เนื้อที่หน้าตัดของเหล็กเสริมรับแรงเฉือนจะต้องไม่น้อยกว่า  $3.5b_s/f_y$  ในเมื่อ  $b$  เป็นความกว้างของตัวคานและ  $s$  เป็นระยะเรียงของเหล็กเสริมรับแรงเฉือน ค่าของเนื้อที่หน้าตัดของเหล็กเสริมที่น้อยที่สุดที่ยอมให้ใช้เป็นข้อกำหนดถึงระยะห่างมากที่สุดของเหล็กเสริมรับแรงเฉือนได้ กล่าวคือ

$$s_{\max} = A_v f_y / 3.5b$$

#### 4.2.1.3 แรงยึดเหนี่ยวและการยึด

##### 4.2.1.3.1 หน่วยแรงยึดเหนี่ยวประลัย

หน้าตัดวิกฤติสำหรับพิจารณาหาหน่วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตกับเหล็กเสริมในคาน เนื่องจากโมเมนต์ดัด จะอยู่ตรงหน้าตัดที่มีการเปลี่ยนแปลงโมเมนต์ดัดมากที่สุดและจำนวนเส้นรอบรูปของเหล็กเสริมทั้งหมดน้อยที่สุด นั่นคือ ตรงขอบที่รองรับหรือตรงจุดที่เหล็กเสริมรับแรงดึงสิ้นสุดในช่วงนั้นๆ และหรือจุดดัดกลับ หน่วยแรงยึดเหนี่ยวจะเกิดขึ้นทั้งที่ผิวของเหล็กเสริมรับแรงดึงและแรงอัด แต่โดยปกติส่วนที่เกิดขึ้นระหว่างผิวของเหล็กเสริมรับแรงอัดมีค่าน้อยมาก ดังนั้นการคำนวณออกแบบคานจึงพิจารณาเฉพาะหน่วยแรงยึดเหนี่ยวที่ผิวของเหล็กเสริมรับแรงดึง โดยให้หน่วยแรงยึดเหนี่ยวประลัยที่เกิดขึ้นจริงมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับหน่วยแรงยึดเหนี่ยวที่ยอมให้ตามมาตรฐานกำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าให้  $u_u$  = หน่วยแรงยึดเหนี่ยวที่ยอมให้ , กก/ซม<sup>2</sup>.

$V_u$  = แรงเฉือนประลัยตรงหน้าตัดวิกฤติ , กก.

$\Sigma o$  = ผลรวมของเส้นรอบรูปของเหล็กทั้งหมด , ซม.

$j d$  = ระยะระหว่างศูนย์กลางของแรงอัดกับศูนย์กลางของแรงดึง , ซม.

$d$  = ระยะความลึกประสิทธิภาพของคาน , ซม.

$l_d$  = ความยาวยึดรั้งหรือระยะฝังเหล็กเสริมในคอนกรีต , ซม.

$d_b, A_b$  = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและเนื้อที่หน้าตัดของเหล็กเสริมตามลำดับ

$f_{su}$  = หน่วยแรงในเหล็กเสริม ณ จุดประลัย , กก/ซม<sup>2</sup>.

$\phi$  = ตัวคูณลดค่ากำลังประลัย = 0.85

หน่วยแรงยึดเหนี่ยวประลัยที่เกิดขึ้นในคานคอนกรีตอันเนื่องจากโมเมนต์จะหาได้จาก

$$u_u = V_u / (\phi \Sigma o \cdot j d)$$

หน่วยแรงยึดเหนี่ยวประลัยที่เกิดขึ้นจากระยะฝังเหล็กเสริมในคอนกรีต จะหาได้จาก

$$u_u = A_b f_{su} / (l_d \Sigma o) = d_b f_{su} / 4 l_d$$

ถ้าหน่วยแรงยึดเหนี่ยวประลัยที่เกิดขึ้น  $u_u$  มีค่าเท่ากับหน่วยแรงยึดเหนี่ยวที่ยอมให้ จะได้ระยะอย่างน้อยที่ต้องฝังเหล็กในคอนกรีตที่จะฝังเหล็กเสริมในคอนกรีตซึ่งจะทำให้เกิดหน่วยแรงในเหล็กเสริมนั้นตามต้องการ  $l_d = d_b f_{su} / 4 u_u$

หน่วยแรงยึดเหนี่ยวที่ยอมให้

มาตรฐาน ว.ส.ท. กำหนดค่าหน่วยแรงยึดเหนี่ยวที่ยอมให้  $u_u$  สำหรับเหล็กข้ออ้อยที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 35 ซม. ดังต่อไปนี้ โดยที่  $f'_c$  เป็นกำลังอัดประลัยของแท่งคอนกรีตรูปทรงกระบอกเมื่ออายุ 28 วัน และ ก็เป็นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเสริม

เมื่อรับแรงดึง

เหล็กบน.....  $u_u = 4.51(\sqrt{f'_c}) / d_b < 39.4$  กก/ซม<sup>2</sup>

เหล็กอื่นๆนอกจากเหล็กบน.....  $u_u = 6.39(\sqrt{f'_c}) / d_b < 56.2$  กก/ซม<sup>2</sup>

เมื่อรับแรงอัด

เหล็กบนและเหล็กอื่นๆ.....  $u_u = 3.44(\sqrt{f'_c}) < 56.2$  กก/ซม<sup>2</sup>

ในที่นี้ เหล็กบน หมายถึงเหล็กเสริมตามแนวราบที่มีคอนกรีตหล่ออยู่ใต้เหล็กเส้นเกินกว่า 30 ซม. ขึ้นไป

สำหรับเหล็กกลมผิวเรียบ ให้ใช้ค่าเพียงครึ่งหนึ่งของค่าที่ให้ไว้ข้างต้น แต่ต้องไม่เกินกว่า 17.6 กก/ซม<sup>2</sup>.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.1.4 ความต้านทานต่อแรงบิด

แรงบิดที่กระทำต่อคาน ทำให้เกิดแรงบิดโดยรอบตัวคาน ซึ่งเมื่อรวมผลของแรงเฉือน และแรงคดที่คานจะต้องรับ จะได้แรงดัดรวมที่อาจเกินกว่ากำลังต้านทานของคอนกรีต รอยร้าวที่ปรากฏทุกด้านของคานมีลักษณะคล้ายเป็นเกลียว ทำมุมประมาณ 45 องศากับแกนของแรงบิด ในการออกแบบต้านทานแรงบิด ต้องเลือกใช้ขนาดรูปตัดและเสริมเหล็กให้พอที่จะต้านทานต่อแรงคด แรงเฉือนและแรงบิดที่กระทำ เหล็กเสริมที่ใช้ต้านทานแรงบิดจะเป็นเหล็กปลอกเดี่ยว ( $A_t$ ) ซึ่งเป็นเหล็กถูกดัดที่พันครบรอบรูปตัดคาน เรียงห่างกันเป็นระยะไม่เกินกว่าข้อกำหนด ส่วนเหล็กเสริมตามยาวที่จะต้องใช้ ( $A_1$ ) จะถือเป็นเพียงส่วนเสริมเพื่อยึดเหล็กปลอกเดี่ยวให้มีกำลังต้านทานแรงบิดได้อย่างเต็มที่

การออกแบบต้านทานแรงบิดประลัย ให้พิจารณาจากแรงบิดประลัยที่ระยะ  $d$  จากจุดรองรับ ถ้ามีแรงบิดประลัยเกินกว่า  $0.13\phi\sqrt{f'_c} \cdot \Sigma x^2 y$  กก./ชม.<sup>2</sup>. ให้พิจารณาออกแบบตามสมการต่อไปนี้

$$T_u < \phi(T_c + T_s)$$

ในเมื่อ  $T_u$  = แรงบิดที่ใช้ออกแบบ

$T_c$  = กำลังต้านทานของคอนกรีตต่อแรงบิดที่กระทำร่วมกับแรงเฉือนและแรง

คด

$$= 0.21\sqrt{f'_c} \cdot \Sigma x^2 y / \sqrt{(1 + (0.4V_u / C_t T_u)^2)} \quad \text{กก-ชม.}$$

$T_s$  = กำลังต้านทานของเหล็กปลอกเดี่ยวต่อแรงบิด

$$= A_t \alpha_f f_y x_1 y_1 / s \quad \text{กก-ชม. แต่ต้องไม่เกินกว่า } 4T_c$$

$$\phi = \text{ตัวคูณลดกำลังประลัย} = 0.85$$

$x, y$  = ด้านแคบและด้านยาวของสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่ประกอบเป็นหน้าคด , ชม.

$x_1, y_1$  = ด้านแคบและด้านยาวของเหล็กปลอกเดี่ยว หน่วยเป็น ชม.

$f'_c$  = กำลังอัดประลัยของแท่งคอนกรีตรูปทรงกระบอก เมื่ออายุ 28 วัน

$V_u, T_u$  = แรงเฉือนประลัย กก. และแรงบิดประลัย กก-ชม. ตรงหน้าคดที่พิจารณา

$$C_t = \text{ความสัมพันธ์ระหว่างแรงเฉือนและแรงบิด} = bd / \Sigma x^2 y$$

$b, d$  = ด้านแคบและความลึกประสิทธิภาพของคานหน่วยเป็น ชม.

$$\alpha_f = \text{ตัวประกอบของรูปตัด} = 0.66 + 0.33(y_1/x_1) < 1.50$$

$A_t$  = เนื้อที่หน้าคดของเหล็กปลอกเดี่ยว (ขาเดียว) , ชม.

$f_y$  = กำลังที่จุดกลางของเหล็กปลอกเดี่ยว ใช้ได้ไม่เกินกว่า 4200 กก./ชม.<sup>2</sup>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 s = ระยะห่างของเหล็กปลอกเกลียว ต้องไม่เกินกว่า  $(x_1 + y_1)/4$  หรือ 30 ซม.  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ต้องเสริมเหล็กปลอกเดี่ยวให้เลยจากจุดที่ไม่ต้องการทางทฤษฎีออกไปอีกอย่างน้อย  $d+b$  ซม.  
 เนื้อที่หน้าตัดของเหล็กปลอกที่ใช้ด้านทานแรงเฉือนและแรงบิดร่วมกัน ต้องไม่น้อยกว่า

$$3.5 \text{ bs} / \text{fy ซม}^2$$

เหล็กเสริมทางยาวทั้งหมดในรูปตัด (At) ต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า 9 มม. และต้องกระจายเหล็กเสริมนี้ให้รอบหน้าตัดของคาน โดยมีระยะห่างกันไม่เกิน 30 ซม. แต่อย่างน้อยต้องจัดไว้ที่มุมทั้งสองของหน้าตัด ให้ใช้เหล็กเสริมทางยาว  $A_1$  เท่ากับ  $2A_s(x_1 + y_1) / s$  ซม<sup>2</sup> แต่ต้องไม่น้อยกว่า  $[ 28x_s * T_u / (f_y * (T_u + V_u / 3C_u) - 2A_s ) * (x_1 + y_1) / s$  ซม<sup>2</sup> หรือเกินกว่าค่าในสมการดังกล่าวเมื่อแทนค่าของ  $2A_1$  ด้วย  $3.5bs / \text{fy}$

#### 4.2.2 การออกแบบเสา

ที่จุดประลัยคอนกรีตจะรับน้ำหนักได้เพียง 85 % ของกำลังอัดประลัยของคอนกรีตรูปทรงกระบอก ความสามารถในการรับน้ำหนักตามแกนของเสาได้จากการรวมน้ำหนักที่เป็นส่วนของคอนกรีตและเหล็กเสริม ดังนี้คือ

$$\text{น้ำหนักประลัย } P'_o = 0.85f'_c A_c + f_y A_{st}$$

ในเมื่อ

$f'_c$  = กำลังอัดประลัยของคอนกรีตรูปทรงกระบอก

$A_c$  = เนื้อที่หน้าตัดทั้งหมดของคอนกรีต

$f_y$  = กำลังจุดคานของเหล็กเสริม

$A_{st}$  = เนื้อที่หน้าตัดทั้งหมดของเหล็กเสริม

มาตรฐาน ว.ส.ท. ให้ใช้ค่ากำลังประลัยในการออกแบบ ซึ่งได้จากผลคูณของกำลังประลัยที่ได้จากทฤษฎี กับตัวคูณลดกำลังประลัย  $\phi$  โดยที่  $\phi$  มีค่าเท่ากับ 0.70 สำหรับเสาปลอกเดี่ยวและมีค่าเท่ากับ 0.85 สำหรับเสาปลอกเกลียว

สำหรับเสาสั้นที่จะออกแบบให้รับน้ำหนักตามแกนอย่างเดียว ต้องพิจารณาออกแบบให้เสานั้นรับโมเมนต์ดัดด้วย โดยใช้ระยะเยื้องศูนย์กลาง  $e$  อย่างน้อยเท่ากับ  $0.10t$  สำหรับเสาปลอกเดี่ยวและเท่ากับ  $0.05t$  สำหรับเสาปลอกเกลียว ในเมื่อ  $t$  เป็นความหนาของเสาน้ำตัดสี่เหลี่ยมหรือหน้าตัดกลมทางด้านที่พิจารณาออกแบบ อย่างไรก็ตาม ค่า  $e$  จะต้องไม่น้อยกว่า 1 นิ้ว สำหรับคอนกรีตหล่อในที่และไม่น้อยกว่า 0.6 นิ้ว สำหรับคอนกรีตหล่อสำเร็จ

เมื่อมีการกำหนดค่าต่ำสุดของใช้ระยะเยื้องศูนย์กลาง  $e$  มาตรฐาน ASCI ปี 1977 ได้คำนวณหาสูตรสำเร็จที่เทียบเท่าเมื่อไม่มีการคิดระยะเยื้องศูนย์กลาง มีค่าเท่ากับ 0.80 สำหรับเสาปลอกเดี่ยวและเท่ากับ 0.85 สำหรับเสาปลอกเกลียว คูณกับค่า  $P'_o$

จะได้ น้ำหนักประลัย  $P_o = 0.8 * 0.7 * (0.85f'_c A_c + f_y A_{st})$  สำหรับเสาปลอกเดี่ยว

น้ำหนักประลัย  $P_o = 0.8 * 0.85 * (0.85f'_c A_c + f_y A_{st})$  สำหรับเสาปลอกเกลียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่นางสาวปัทมาพร ใจงาม เพื่อการศึกษาวานาน ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.8 การออกแบบฐานราก

การพิจารณาออกแบบเพื่อหาขนาดของฐานรากและเหล็กเสริมที่จะต้องใช้ เนื่องจากโมเมนต์ดัด แรงเฉือน (ทางเดียว และสองทาง) ณ หน้าตัดวิกฤติ ที่เกิดจากน้ำหนักหรือแรงอัดประลัยตลอดจนโมเมนต์ที่กระทำ มีวิธีการเช่นเดียวกับที่กล่าวในทฤษฎีอิลาสติก แต่ใช้หน่วยแรงประลัยที่ยอมรับให้ อย่างไรก็ตาม ในการออกแบบเพื่อหาขนาดความกว้างและความยาวของฐานราก ให้พิจารณาจากแรงกระทำของแรงอัดและโมเมนต์ดัดใช้งาน โดยใช้หน่วยแรงที่ยอมรับของดินหรือของเสาเข็มที่หาได้จากการคำนวณทางปฐพีกลศาสตร์

หน่วยแรงเฉือนประลัยที่ยอมรับของฐานราก คสล.

$$\text{สำหรับแรงเฉือนทางเดียว} = 0.53\phi\sqrt{f'_c} \text{ กก./ซม}^2$$

$$\text{สำหรับแรงเฉือนทางเดียว} = 0.265(2+4/\beta_c)\phi\sqrt{f'_c} \text{ กก./ซม}^2$$

$$\text{แต่ไม่เกินกว่า } 1.06\phi\sqrt{f'_c} \text{ กก./ซม}^2$$

$$\begin{aligned} \text{ในที่นี้} &= \text{อัตราส่วนระหว่างด้านยาวกับด้านสั้นของหน้าตัดเสาที่รับแรงกระทำ} \\ &= \text{ตัวคูณลดกำลังประลัย} = 0.85 \end{aligned}$$

แรงเฉือนที่คิดจากแรงดันขึ้นของเสาเข็มที่อยู่ใกล้หน้าตัดวิกฤติ มีค่าเท่ากับกำลังของเสาเข็มเมื่อศูนย์กลางของเสาเข็มอยู่นอกหน้าตัดวิกฤติ ที่ระยะครึ่งหนึ่งของเสาเข็ม และมีค่าลดลงเป็นเส้นตรง จนมีค่าเป็นศูนย์ เมื่อศูนย์กลางของเสาเข็มอยู่ในหน้าตัดวิกฤติ ที่ระยะครึ่งหนึ่งของเสาเข็ม นั่นคือ ถ้า  $d_p$  เป็นขนาดของเสาเข็ม และ  $P$  เป็นกำลังของเสาเข็มจะหาแรงดันขึ้นของเสาเข็ม  $P'$  ได้จากสมการ

$$P' = P(1/2 + x/d_p).$$

ในเมื่อ  $x$  เป็นระยะห่างระหว่างหน้าตัดวิกฤติกับศูนย์กลางของเสาเข็ม มีค่าเป็นลบเมื่ออยู่ในหน้าตัดวิกฤติเข้ามา มีค่าเป็นบวกเมื่ออยู่นอกหน้าตัดวิกฤติออกไป

การถ่ายแรงจากเสาตอม่อให้ถือว่า แรงอัดจากเสาตอม่อถ่ายไปยังฐานรากโดยแรงกด ซึ่งหน่วยแรงกดจะต้องไม่เกิน  $0.85\phi f'_c$  โดยที่  $\phi$  มีค่าเท่ากับ 0.7 ส่วนแรงดึงที่เกิดขึ้นเนื่องจากแรงดัดจะถ่ายผ่านตามเหล็กเสริมตามแกนของเสาตอม่อไปยังฐานราก ซึ่งอาจใช้เหล็กเคียว หรือยื่นเหล็กเสริมตามแกนนั้นเข้าไปในฐานรากโดยตรงโดยที่มีความยาวที่วัดจากขอบบนของฐานรากไม่น้อยกว่าความยาวยัดครึ่ง  $l_d$  ของเหล็กเสริมที่จะถ่ายแรงโดยอาศัยแรงยึดเหนี่ยว

เหล็กเคียวจะต้องมีไม่น้อยกว่า 4 เส้น เมื่อที่หน้าตัดทั้งหมดของเหล็กเคียวจะต้องไม่น้อยกว่า 0.5% ของเนื้อที่หน้าตัดเสาและขนาดของเหล็กเคียวจะต้องไม่ใหญ่กว่าขนาดของเหล็กเสริมตามแกนเกินกว่า 3 มม.ระยะทาบระหว่างเหล็กเคียวกับเหล็กเสริมตามแกนต้องไม่น้อยกว่าความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขวษีครั้งทึกคจากเหล็กเสริมทึมีขนาดใหญ่มากว่า และต้องขึ้นเหล็กเดือยเข้าไปในฐานรากโดยให้มีความยาวเพียงพอทึจะรับหน่วยแรงได้ ถึงหน่วยแรงทึจุดคดาก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### การก่อสร้างระบบธรรมดาและระบบสำเร็จรูป

#### กล่าวนำ

การก่อสร้างระบบธรรมดา หมายถึง วิธีการก่อสร้างโดยทั่วไป ซึ่งเป็นการหล่อส่วนประกอบทางโครงสร้างในที่ ส่วนผนังจะใช้วิธีการก่ออิฐและฉาบปูนตกแต่งผิว

การก่อสร้างระบบสำเร็จรูป หมายถึง วิธีการก่อสร้างระบบกึ่งสำเร็จรูป ซึ่งจะเป็นการใช้ชิ้นส่วนของอาคาร เช่น ส่วนของห้องน้ำ

ความแตกต่างของการก่อสร้างของทั้งสองระบบจะอยู่ที่กรรมวิธีในการก่อสร้างและติดตั้ง และจะเน้นในหลักการบางอย่างที่แตกต่างกัน เช่น เรื่องของ JOINTS ซึ่งจะมีผลอย่างมากในระบบสำเร็จรูปส่วนในระบบธรรมดานั้นเกือบจะไม่มีผลสำคัญเลยแต่จะไปในเรื่องของการก่อการฉาบเพื่อไม่ให้เกิดรอยแตก รอยร้าว เป็นต้น ดังจะได้กล่าวในรายละเอียดต่อไป

#### 5.1 บ้านพักอาศัยระบบธรรมดา

บ้านพักอาศัยโดยทั่วไปจะก่อสร้างโดยระบบธรรมดา เนื่องจากเป็นวิธีการก่อสร้างแบบเก่าที่ทำกันมานานและเป็นที่รู้จักคุ้นเคยดี ถึงแม้ว่าในปัจจุบันจะได้มีการพัฒนามาใช้ระบบสำเร็จรูปเข้ามาใช้ในการก่อสร้างแล้วก็ตาม ผู้อยู่อาศัยส่วนใหญ่ก็ยังนิยมที่จะก่อสร้างบ้านพักอาศัยของตนด้วยระบบการก่อสร้างแบบธรรมดาอยู่ ทั้งนี้จากการไปศึกษาและดูงานบริเวณสถานที่ก่อสร้างด้วยระบบสำเร็จรูป จะเห็นได้ว่ามีบุคคลที่ให้ความสนใจเข้าไปดูงานการก่อสร้างกันมาก เพราะเห็นว่าเป็นวิธีการก่อสร้างแบบใหม่ ดังนั้นจึงเป็นการแสดงให้เห็นว่า การก่อสร้างระบบสำเร็จรูป ยังเป็นสิ่งใหม่ที่บุคคลทั่วไปจะนำไปใช้ในการก่อสร้างบ้านพักอาศัย

ในการออกแบบระบบการก่อสร้างแบบธรรมดา สถาปนิกและวิศวกรมีอิสระในการออกแบบได้เต็มที่ เพราะไม่ต้องสนใจในเรื่องเกี่ยวกับระบบการประสานทางพิคต,มิติ(DIMENSIONS) หรือต้องออกแบบให้เป็นไปตามตารางพิคตต่างๆเหล่านี้เป็นต้น ทางผู้อยู่อาศัยสามารถให้สถาปนิกออกแบบบ้านพักอาศัยให้ได้ตามต้องการ เพราะในระบบธรรมดาสามารถที่จะก่อสร้างบ้านให้มีลักษณะส่วนโค้ง เว้า หรือหักมุมได้ตามต้องการเพราะเป็นการสร้างด้วยระบบหล่อในที่ที่สามารถที่จะประกอบแบบในสถานที่ก่อสร้างได้ หรือในการก่อก็สามารถที่จะก่อให้มีรูปแบบลักษณะใดๆก็ได้ เมื่อได้รูปแบบบ้านทางด้านสถาปัตย์แล้ววิศวกรก็นำแบบบ้านนั้นไปออกแบบทางโครงสร้าง กำหนดขนาดคาน เสา ความหนาพื้น จำนวนและขนาดเหล็กเสริมที่ใช้ โดยจะต้องมีความสัมพันธ์กับแบบทางสถาปัตย์ด้วย ซึ่งอาจจะมีความยุ่งยากเกี่ยวกับการออกแบบทางโครงสร้างอย่างหนึ่งก็คือ

ในแบบบ้านหลังหนึ่งอาจต้องมีการออกแบบคานหลายตัว เสาหลายต้น และเมื่อมีแบบบ้านใหม่ก็ต้องมีการออกแบบใหม่ เพื่อความแน่นอนและปลอดภัย

การก่อสร้างด้วยระบบธรรมดานั้น จะมีขั้นตอนในการก่อสร้างที่ยุ่งยาก และหลายลำดับ ขั้นตอนเริ่มจากการตอกเสาเข็ม ทำฐานราก ทำคาน เสา พื้น ซึ่งจะต้องมีการทำไม้แบบ ผูกเหล็ก และเทคอนกรีตในที่ ส่วนผนังจะต้องทำการก่ออิฐ ฉาบปูนทับ และต้องมีการตกแต่งผิว ในแต่ละขั้นตอนจะต้องอาศัยช่างฝีมือที่รู้งานจริง มิฉะนั้นจะเกิดปัญหาตามมาภายหลัง เช่นรอยร้าวที่ผิวปูนฉาบ คอนกรีตแตก เป็นต้น คนงานและช่างฝีมือที่ใช้ทำการก่อสร้างต้องมีความรู้และความชำนาญในงานนั้นๆ โดยเฉพาะ จะนำช่างไม้มาฉาบปูนหรือนำช่างปูนไปผูกเหล็กไม่ได้

บริเวณสถานที่ก่อสร้างต้องกว้างพอสำหรับที่จะกองเก็บวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างทั้งวัสดุผสม ( หิน กรวด ทราย ) ไม้แบบ อิฐ ปูน ไม้ และอื่นๆ ถ้าบริเวณสถานที่ก่อสร้างคับแคบจะเป็นอุปสรรคต่อการทำงาน ทำให้การทำงานไม่สะดวก กีดขวางการทำงานซึ่งกันและกัน เพราะงานก่อสร้างระบบธรรมดานี้สามารถทำไปพร้อมๆ กันได้ไม่ต้องทำตามลำดับทุกขั้นตอนเหมือนระบบสำเร็จรูป เพราะในการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปต้องประกอบชิ้นส่วนสำเร็จรูปแต่ละชิ้นไปตามลำดับ แต่ระบบธรรมดาสามารถที่จะทำงานเทคอนกรีตพร้อมกับงานก่อได้ถ้าคอนกรีตบริเวณที่ทำการก่อสร้างสามารถรับแรงได้เช่น ขณะที่เทคานหรือพื้นชั้นสองก็สามารถทำงานก่อชั้นหนึ่งได้ แต่การก่อสร้างระบบธรรมดาคะเสียเวลาในด้านการรอให้คอนกรีตแข็งตัวสามารถที่จะรับแรงได้จึงจะสามารถที่จะขึ้นไปทำงานบนโครงสร้างส่วนนั้นได้

ไม้แบบและด้ายันเป็นวัสดุในการก่อสร้างที่สำคัญมากอย่างหนึ่งในการก่อสร้างระบบธรรมดาเนื่องจากระบบหล่อในที่จะต้องมีไม้แบบประกอบเป็นโครงสร้างที่มีรูปร่างตามต้องการสำหรับเทคอนกรีตและรับน้ำหนักพร้อมกับด้ายันในขณะที่คอนกรีตยังไม่แข็งตัว ไม่สามารถรับแรงได้ ในการก่อสร้างระบบธรรมดาคะเสียค่าใช้จ่ายไปกับไม้แบบถึงประมาณ 10-15 % ของราคาค่าก่อสร้างดังนั้นจึงควรมีการออกแบบเพื่อให้ใช้ไม้แบบได้อย่างประหยัด

ขั้นตอนการก่อสร้างในขั้นต้น คือ การเตรียมสถานที่ การตอกเสาเข็มฐานราก จะคล้ายกับการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปซึ่งจะได้กล่าวโดยละเอียดในเรื่องบ้านพักอาศัยสำเร็จรูประบบช็อคคอนแต่ในการก่อสร้างอาคารขนาดใหญ่อาจจะมีการใช้ฐานรากสำเร็จรูปในการก่อสร้าง ซึ่งมีอยู่บ้างในต่างประเทศแต่จะไม่ขอกกล่าวในที่นี้

กรรมวิธีการก่อสร้างที่ต่างกันระหว่างบ้านพักอาศัยสำเร็จรูประบบธรรมดาและระบบสำเร็จรูปจะเป็นในเรื่องของเสา คาน พื้น และผนัง หรืออาจจะรวมถึงโครงหลังคาด้วยในกรณีที่ระบบสำเร็จรูปมีการใช้โครงสำเร็จรูปยกขึ้นติดตั้ง กรรมวิธีโดยทั่วไปนั้นในระบบสำเร็จรูปจะนำชิ้นส่วนสำเร็จรูปซึ่งได้แก่ชิ้นส่วน เสา คาน พื้น ผนัง มาประกอบกัน แต่การก่อสร้างใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบธรรมดา จะเป็นการหล่อคอนกรีต เสา คาน และพื้นในที่ ส่วนหนึ่งจะเป็นการก่ออิฐ ฉาบปูน และมีการปรับแต่งผิวเพื่อให้งานเรียบร้อย จะเห็นได้ว่าการก่อสร้างระบบธรรมดานั้นเรื่องของ JOINT ระหว่างส่วนมีความสำคัญอย่างมากหรืออาจกล่าวได้ว่าไม่มีความสำคัญเลย เพราะสามารถที่จะทำงานได้ต่อเนื่อง เชื่อมต่อกันได้ตลอด จะมีก็แต่การแต่งรอยต่ออิฐเพื่อความสวยงาม ซึ่งไม่เกี่ยวกับระบบโครงสร้าง หรือจะเป็นรอยต่อคอนกรีตซึ่งอาจจะเป็นรอยต่อที่เกิดจากการหยุดงานประจำวันก็สามารถที่จะทำการเทต่อได้และไม่มีผลทางโครงสร้างมากนักเพราะจะหยุดเทในส่วนที่ทำให้โครงสร้างเสียความแข็งแรงน้อยที่สุดซึ่งจะได้กล่าวต่อไปเพื่อเป็นการเปรียบเทียบกับรอยต่อของระบบสำเร็จรูป เนื่องจากรอยต่อของระบบสำเร็จรูปมีความสำคัญมาก

ในที่นี้จะกล่าวถึงกรรมวิธีในการก่อสร้างระบบธรรมดาสั้นๆเนื่องจากเป็นวิธีที่ใคร่จึกและคุ้นเคยกันมานานแล้ว

### 5.1.1 งานหล่อคอนกรีต

#### การผสมคอนกรีต

เป็นการนำวัสดุผสมคอนกรีต คือ ปูนซีเมนต์ วัสดุผสม และน้ำ มาผสมคลุกเคล้าเข้าด้วยกันในอัตราส่วนที่เหมาะสม

#### การลำเลียงคอนกรีต

ทำได้โดย

- การใช้ถังบรรจุคอนกรีต
- การใช้รถกระบะเข็น
- การใช้รางส่งคอนกรีต
- การใช้สายพานส่งคอนกรีต
- การใช้ท่ออัดส่งหรือฉีด
- การสูบส่งไปตามท่อ

#### การเทคอนกรีต

การเทคอนกรีต นับเป็นงานที่สำคัญตอนหนึ่งเพราะมีผลต่อกำลังความแข็งแรงของโครงสร้างมาก ถ้าหากควบคุมการเทไม่ดีแล้ว อาจทำให้เกิดความเสียหายแก่ส่วนของอาคารได้ถึงแม้ว่าการผสมคอนกรีตนั้นดีเพียงไรก็ตาม

การเทคอนกรีตที่ดีต้องให้คอนกรีตมีเนื้อสม่ำเสมอ ไม่เกิดการแยกตัวไม่มีช่องว่างหรือรูโพรงเหมือนรังผึ้ง ในการเทคอนกรีตควรเทคอนกรีตเป็นชั้นๆในแนวราบโดยให้แต่ละชั้นมีความสูงไม่เกิน 1 เมตร และควรใช้เหล็กเส้นมัดติดกันเพื่อป้องกันการแตกร้าว นอกจากนี้ควรใช้ไม้ฉากช่วยในการเทคอนกรีตให้ตรงตามแบบเสมอ

หนาเท่าๆกันและไม่ควรเกินชั้นละ 45 ซม. การติดตั้งกระทำในช่วงที่คอนกรีตยังไม่เริ่มก่อตัว และสามารถไหลลงไปในช่วงว่างระหว่างเหล็กเสริมได้

ในบางครั้งเมื่อไม่สามารถเทคอนกรีตส่วนใดให้เสร็จได้ก็ให้หยุดเทตามตำแหน่งที่จะทำให้โครงสร้างเสียความแข็งแรงน้อยที่สุดดังนี้

1. สำหรับเสา ให้เทถึงระดับ 25 มม. ต่ำจากท้องคกที่หัวเสา
2. สำหรับคาน ให้เทถึงกลางคาน
3. สำหรับพื้น ให้เทถึงกลางแผ่น

#### แบบหล่อคอนกรีต

แบบสำหรับหล่อคอนกรีตหรือที่เรียกสั้นๆว่า “แบบ” นั้น เป็นส่วนประกอบสำคัญอีกสิ่งหนึ่งของงานคอนกรีตใช้เป็นโครงสร้างอาคารคอนกรีตทั่วไปหากใช้ไม่เป็นแบบ ราคาของแบบจะตกประมาณ 10-15 % ของค่าใช้จ่ายในโครงสร้างทั้งหมดและในบางครั้งราคาของไม้แบบที่ต้องประเมิตก็จะสูงขึ้นอีก ฉะนั้นในงานก่อสร้างทั่วไปจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องมีการออกแบบไม้แบบโดยคำนึงถึงความประหยัด ความมั่นคงแข็งแรงขณะใช้งานความสะดวกในการทำงานและการถอดแบบ และรูปร่างของคอนกรีตเมื่อเสร็จแล้ว แบบหล่อคอนกรีตต้องได้ฉากได้เหลี่ยม ได้คิงและมีรูปร่างแนวและระดับตามลักษณะของส่วนอาคารที่ปรากฏในแบบก่อสร้าง ต้องมีค้ำยันไว้อย่างแข็งแรงไม่บิดเบี้ยวหรือโก่งเนื่องจากแรงใดๆ ที่มากระทำ ผิวของแบบต้องเรียบ ต้องไม่มีรูหรือรอยร้าวที่จะปล่อยให้น้ำปูนซีเมนต์ซึมออกไปได้มากนัก และต้องถอดแบบออกได้ง่ายโดยไม่ทำความเสียหายให้กับเนื้อคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว

#### 5.1.2 งานก่ออิฐ

การก่ออิฐมีหลักการสำคัญดังนี้คือ

1. การก่ออิฐจะต้องวางอิฐซ้อนกันให้แนวรอยต่อไม่ตรงกันในชั้นดิน
2. ปูนก่อจะต้องให้หุ้มอยู่โดยรอบของแผ่นอิฐ
3. อิฐทุกก้อนก่อนนำมาใช้ทำการก่อต้องแช่น้ำให้อิ่มตัวเสียก่อน
4. ปูนก่อจะต้องมีความเหลวพอดีไม่แข็งแรงหรือเหลวเกินไป
5. อิฐที่จะนำมาก่อต้องเลือกให้มีแฉกมุมและเหลี่ยมบริบูรณ์ไม่ชำรุด ขนาด

ของอิฐจะต้องเท่ากันตามชนิด ขนาดที่กำหนด

6. ต้องทำการจับคั้ง ฉาก และขนาดตามระยะที่กำหนดตลอดเวลา

7. ควรก่ออิฐให้มีแนวปูนก่อทางตั้งและทางนอนหนา 1 ถึง 1.5 ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า โดยให้อยู่ตามระดับเดียวกันโดยตลอด  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ต้องทำการก่ออิฐจากมุมก่อน
9. ต้องใช้เกรียงให้ถนัดมือ
10. เวลาก่ออิฐควรตักปูนเพียงหนึ่งครั้งให้ได้พอดีหรืออย่างมาก 2 ครั้ง
11. ถ้าจะทำการก่ออิฐต่อจากที่ก่อไว้แล้วให้ชะล้างและรดน้ำให้อิฐอิมตัวก่อน
12. ถ้ามีการก่อกำแพงเพิ่มเติมกว้างออกไปอีกต้องทำเสาแผ่นอิฐออกให้ลึกเข้าไป
13. วิธีก่ออิฐ นำปูนก่อเกลี่ยบนอิฐแผ่นล่างให้หนากว่าแนวปูนก่อเล็กน้อย
14. การก่ออิฐกำแพงครึ่งแผ่น ช่วงกำแพงกว้างอย่างมาก 2 เมตร จะต้อง มีเสาเอ็น 1 ต้น
15. การก่ออิฐต้องให้ตรงกับความมุ่งหมาย ตามประเภทของการก่ออิฐ คือ ก่ออิฐประดับไม่ฉาบปูน หรือก่ออิฐที่ต้องให้ฉาบปูนเรียบ
16. เมื่อก่ออิฐได้รูปแล้วห้ามเคาะหรือห้ามบรรทุกลูกน้ำหนักภายใน 3 วัน

### 5.1.8 งานฉาบ (ถือปูน)

งานฉาบปูนนี้จำเป็นมากสำหรับผู้ที่จะทำงานได้ดี เรียบร้อยถูกต้องจะต้องเป็นช่างปูนที่ได้ รับการฝึกอย่างดี และมีเวลาการฝึกนานพอกระทั่งเกิดทักษะ หรือความชำนาญขึ้น ผู้ที่รู้เพียงหลัก การถือปูน ยังเป็นช่างถือปูนไม่ได้ ถ้ามิได้ผ่านการฝึกจะถือปูนไม่ได้ ถ้ามิได้ผ่านการฝึก จะถือ ปูนไม่ถูกต้อง ฉาบไม่ติด เก้งก้าง ใช้เครื่องมือไม่ถูกทำงานได้ช้ากว่าปกติ หลักการปฏิบัติก่อน การฉาบดังนี้คือ

1. ต้องดูแบบให้เข้าใจ
2. ต้องสำรวจกำแพงหรือสิ่งที่จะทำการฉาบปูน
3. เตรียมเครื่องมือ สำหรับการฉาบปูน
4. ทำนั้งร้าน
5. ชูคแนวปูนผนังอิฐและสกัดเป็นรอย เพื่อปูนถือจะได้ยึดเกาะได้แน่น
6. สกัดส่วนที่จะก่อแก้ไขให้ถูกต้องตามความต้องการหรืออาจก่ออิฐเสริมขึ้นอีก
7. ทำความสะอาดผนังโดยการใช้น้ำกวาดหรือลมเป่าให้เสมผ่นปูนหลุดออก
8. รดน้ำผนังให้ชุ่ม

9. เริ่มการฉาบปูนโดยการปั้นปูนทำระดับตามความหนาที่ต้องการ จึงเชือกเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า แนวและทำการฉาบ ให้เสมอระดับลูกปูน

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



#### 5.1.4 การแต่งรอยต่อ (Finishishes of Joint)

##### การแต่งรอยต่ออิฐ

จะกระทำด้วยจุดประสงค์ให้ผนังอิฐนั้นต้านทานน้ำได้และช่วยให้เกิดความสวยงามเป็นแนวเรียบขนานกันหรือได้คั้งแม้อิฐจะมีขนาดไม่เท่ากันก็ตามนับเป็นการเจตนาที่จะก่ออิฐเป็นผนังเพื่อกันสายตา เพื่อโชว์ในสวน ห้องรับแขกแม้แต่ผนังของอาคารก็ตาม จะต้องก่อด้วยความประณีต จับคั้ง และฉาก โดยเคร่งครัด ความหนาของรอยปูนก่อจะต้องเท่ากัน ตลอดเพราะแผ่นอิฐจะเปิดให้คนเห็นตลอดเวลา ไม่ฉาบปิดทับ จึงสรุปว่า เมื่อก่ออิฐได้เรียบก็ควรทำการแต่งรอยต่อได้ง่ายและสวยงามยิ่งขึ้น

การแต่งรอยต่อเป็นงานช่างฝีมือ ควรจะได้ประณีต โดยเฉพาะแนวตั้งและแนวนอนตัดทำจากกัน นอกจากนี้สัมผัสกับผิวอิฐเท่ากันเมื่อเสร็จงานแต่งควรใช้แปรงล้างผิวอิฐให้น้ำซึมมันที่เกาะผิวอิฐออกให้หมดก่อนเลิกงานทุกวัน

##### รอยต่อในคอนกรีต

รอยต่อในคอนกรีต แบ่งได้ออกเป็น 2 แบบคือ รอยต่อสำหรับการขยายตัว และรอยต่อระหว่างงาน

รอยต่อสำหรับการขยายตัว เป็นรอยต่อที่มีแฉกไว้ในแบบการก่อสร้างซึ่งเผื่อไว้สำหรับการขยายตัวหรือหดตัว รอยต่อแบบนี้อาจประกอบด้วย แผ่นโลหะ แผ่นยางมะตอยสำเร็จรูปไม้ ไม้อัด คอร์ก ยาง หรือ วัสดุอื่นๆ หรืออาจจะทำเป็นร่องสำหรับใส่ลิ่ม หรือทำให้มีบั้งใบในคอนกรีตก็ได้ การทำเป็นร่องรูปตัววี จะช่วยป้องกันการขบกันที่มักจะเกิดการขบกันที่รอยต่อในการขยายตัวได้ รอยต่อ รวมทั้งสลักต้องวางให้ได้แนวอย่างระมัดระวัง คอนกรีตที่ขึ้นออกมาเป็นครีบหรือเป็นลิ่มที่อาจเกิดขึ้นในขณะก่อสร้างควรขจัดออกให้หมด

รอยต่อระหว่างงานเป็นรอยต่อระหว่างส่วนปลายของชั้นหรือการสิ้นสุดของงานประจำวัน ซึ่งต่างกับรอยต่อที่เผื่อไว้สำหรับการขยายตัว คือมิได้มีไว้เพื่อให้มีการเคลื่อนที่ใดระหว่างส่วนของโครงสร้าง รอยต่อระหว่างงานนี้จะกะตำแหน่งให้ดีทำให้เรียบรอยและเกาะยึดกันให้แน่น เพราะที่รอยต่อนี้เป็นจุดอ่อนแอเมื่อคำนึงถึงความต้านทานน้ำซึม และการต้านทานลมฟ้าอากาศ

รอยต่อแบบนี้ควรให้อยู่ในลักษณะที่จะทำให้โครงสร้างเสียความแข็งแรงน้อยที่สุด เช่นในงานแผ่นพื้นและคานก็ควรให้รอยต่ออยู่ใกล้กับส่วนกลางของช่วง (ซึ่งเป็นที่เกิดแรงเฉือนที่สุด) และอยู่ในแนวตั้งตั้งฉากกับแกนของพื้นหรือคาน

ก่อนเทคอนกรีตตรงจุดที่จะทำรอยต่อ ควรทำขอบของรอยต่อที่จะมองเป็นเป็นเส้นเรียบ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในการค้า โดยวางแบบบังคับไว้หรือใช้ปากคอกก็ได้ และควรทำให้แบบติดกับรอยต่อให้แน่นนอกจากนี้ต้องไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำความสะอาดที่ผิวของรอยต่อไม่ให้มีเศษคอนกรีตหลุดออกมา ตามมุมและริมขอบของคอนกรีตต้องไม่แตก การใช้ทรายเปียกๆ พ่นจะช่วยขจัดที่สกปรกต่างๆ ได้ดี

สำหรับพื้นผิวที่ตั้งตรงๆ หรือชันมาก ตัวคอนกรีตเองก็ควรจะมีมอร์ต้าให้มากพอและถ้าต้องการให้มีการเกาะยึดดี ควรฉีผิวคอนกรีตด้วยซิเมนต์ล้วน หรือพ่นด้วยมอร์ต้าก่อนที่จะเทคอนกรีตใหม่สักเล็กน้อย คอนกรีตที่จะ เทตรงรอยต่อควรจะต้องอัดให้แน่นเพื่อทำให้มอร์ต้าออกมาอยู่ที่ผิว และควรขจัดหินที่รวมเป็นกระจุกเสียด้วย

## 5.2 บ้านพักอาศัยสำเร็จรูป (PREFABRICATION HOUSE)

### 5.2.1 การศึกษาและพัฒนาชิ้นส่วนสำเร็จรูปและวัสดุก่อสร้างในปัจจุบัน

การก่อสร้างโดยใช้ชิ้นส่วนสำเร็จรูปมาประกอบกันหรือที่เรียกกันว่าการก่อสร้างแบบพรีแฟ็บ (Prefabricated Construction) กำลังเป็นที่นิยมกันมากในการในการก่อสร้างอาคารในปัจจุบัน โดยเฉพาะการใช้ชิ้นส่วนสำเร็จรูปจากการหล่อของคอนกรีตเสริมเหล็กและคอนกรีตอัดแรง การก่อสร้างในระบบนี้ได้มีการพัฒนากันออกไปอย่างกว้างขวาง สิ่งที่สำคัญก็คือการจัดระบบการปฏิบัติงานและการประสานงานร่วมกันในช่วง 2 ปี ที่แล้วมาถึงปัจจุบันทั้งภาครัฐและเอกชนมุ่งศึกษาระบบนี้กันอย่างจริงจังทั้งการศึกษาด้วยตนเองและมอบหมายให้สถาบันการศึกษาระดับสูงศึกษาวิจัยด้วย

การเรียนรู้ระบบโครงสร้างต่างๆ มีความจำเป็นอย่างมาก เพื่อความเข้าใจและเปรียบเทียบหาระบบที่เหมาะสมที่สุดเพื่อดำเนินงาน สิ่งสำคัญต่อมาได้แก่การต่อเชื่อมกันของโครงสร้างต่างๆ ซึ่งต้องมีวิธีการที่ง่ายและมีความแข็งแรงสูง นอกจากนี้แล้วต้องศึกษาถึงหลักการออกแบบคำนวณตลอดจนเทคนิคการรับแรง การเลือกวิธีการผลิตและชนิดของโรงงานด้วย

การก่อสร้างในระบบนี้แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ การก่อสร้างอาคารชั้นเดียว (shedtype หรือ single-story construction) และการก่อสร้างอาคารหลายชั้น (multi-story construction) เนื่องจากมีระบบโครงสร้างอาคารและระบบการทำงานที่แตกต่างกันไป (รูปที่ 5.1 และ 5.2) อาคารหลายชั้นดังกล่าวนี้ยังแบ่งได้ออกเป็นสามประเภทด้วยกันคือ อาคารโรงงาน (industrial buildings) อาคารสาธารณะ (public buildings) ทั้งสถาปนิกและวิศวกรส่วนมาก จะมุ่งความสนใจมายังอาคารที่พักอาศัยมากกว่าอย่างอื่นๆ

เนื่องจากมีความต้องการสูงมาก

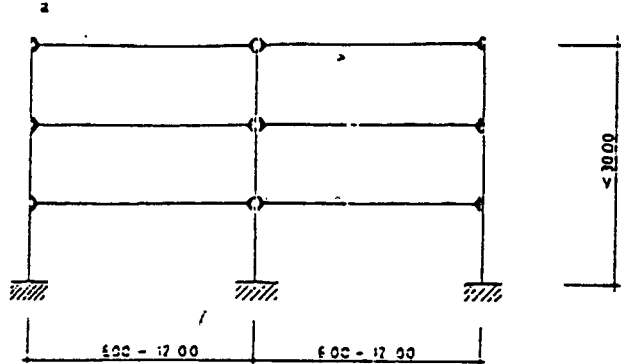
เนื่องจากราคาก่อสร้างในบริเวณการก่อสร้างโดยตรงมีราคาสูงมาก การก่อสร้างในระบบ พรี-แฟ็บ นี้จะช่วยลดราคาก่อสร้างลงได้ แต่จะลดลงมากน้อยแค่ไหน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

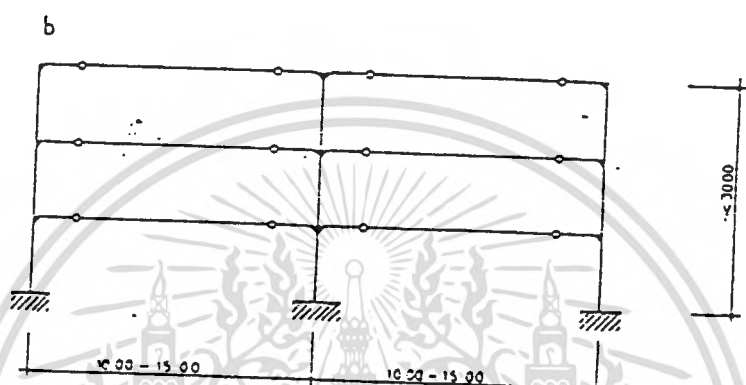
ก็แล้วแต่การเลือกใช้ระบบโครงสร้าง ระบบการผลิตและระบบการประกอบขึ้นเป็นอาคาร ในปัจจุบันนี้ไม่ว่าที่ไหนในโลกนี้ก็ใช้วัสดุอย่างเดียวกัน คือ คอนกรีต ดังนั้นจึงต้องศึกษาเรื่องคอนกรีตนี้ให้ดี นอกเหนือไปจากสิ่งต่างๆดังกล่าวมาตอนต้น เพื่อที่จะได้ออกแบบคอนกรีตให้เหมาะสมกับสภาพที่จะดำเนินการก่อสร้าง



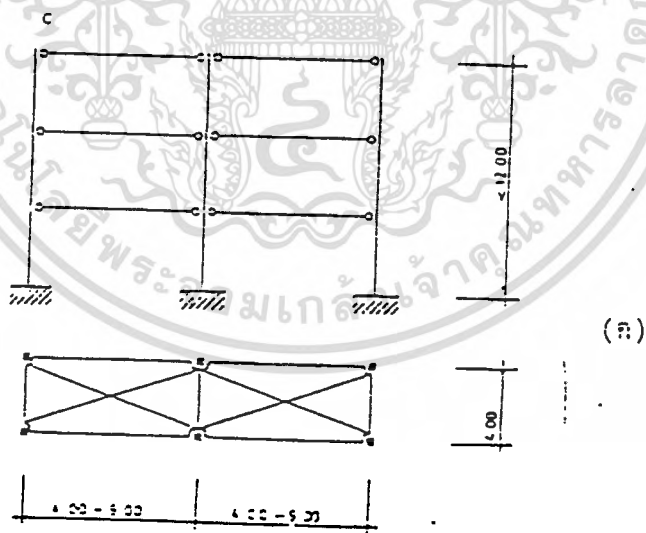
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)



(ค)

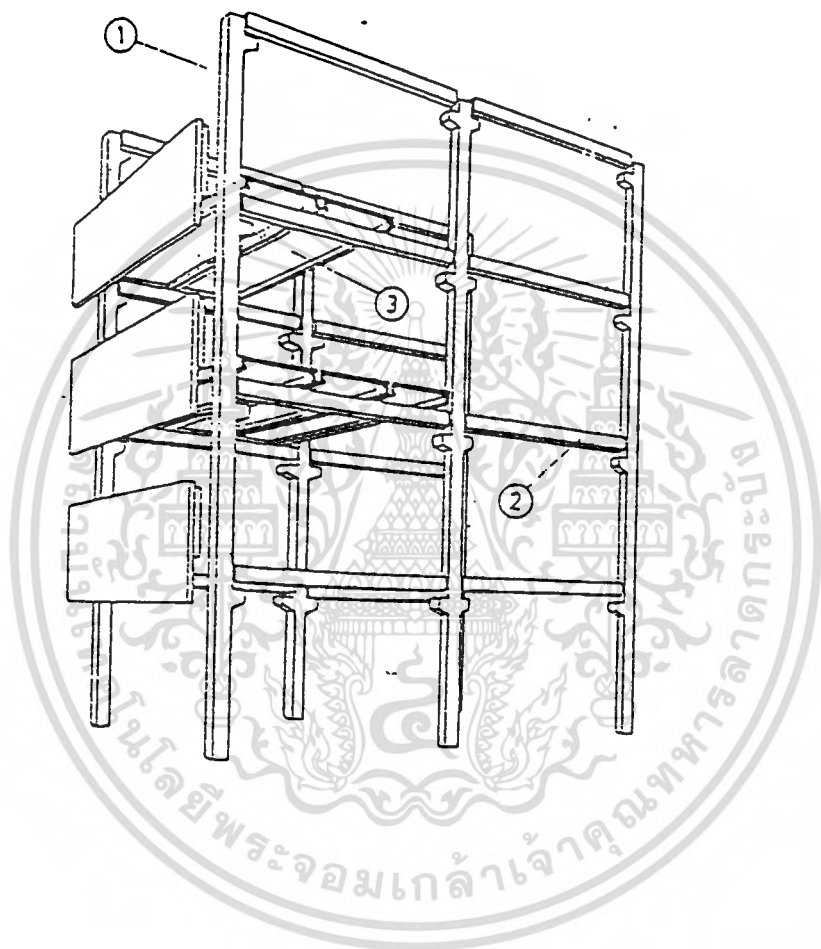
รูปที่ 5.1 ตัวอย่างระบบโครงสร้างอาคารหลายชั้นแบบโครงขีด (Frame Structure)

(ก) รอยต่อติดตายกับเสา (rigid joints)

(ข) รอยต่อแบบวางกับส่วนอื่นของเสา (pin-joints or hinges)

(ค) รอยต่อแบบวางบนโครงสร้างเสา (pin-joints or hinges) ใช้โครงสร้างคอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้เช่าเห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 เสารับแรงบริเวณที่เกิดขึ้นคานข้าง  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.2 ตัวอย่างโครงขีค (Frame Structure)

- 1 - ชั้นส่วนเสา
- 2 - ชั้นส่วนคาน
- 3 - ชั้นส่วนพื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5.2.2 การออกแบบ

การออกแบบงานก่อสร้างโดยใช้ชิ้นส่วนสำเร็จรูปจะต้องมีการประสานงานร่วมกันอย่างใกล้ชิดระหว่างสถาปนิกและวิศวกร เสมือนหนึ่งว่าต้องเป็นคนเดียวกันเพราะว่าวิศวกรจะต้องคิดในส่วน of โครงสร้างและความแข็งแรง (Engineer Term) และความสวยงาม (Architectural Terms) เพื่อให้ได้มาซึ่งความสวยงามของรูปทรงและความแข็งแรงของวัสดุที่ใช้สำหรับชิ้นส่วนทั้งภายในและภายนอกของอาคาร

ในระหว่างการออกแบบจะต้องใช้ความสามารถและความระมัดระวังในการให้รายละเอียดมากกว่าการก่อสร้างธรรมดา ต้องยอมเสียเวลาในเรื่องนี้เพราะการให้รายละเอียดของแต่ละชิ้นและการต่อเข้าด้วยกันเป็นเรื่องสำคัญมาก นอกจากนี้แล้วยังต้องคอยปรับปรุงแก้ไขหน้าตัดของชิ้นส่วนและจุดต่อรอยเชื่อมอยู่เสมอเมื่อผู้ประกอบการณ์เท่านั้นจึงจะทำได้โดยง่าย

นอกจากนี้แล้วยังต้องคำนึงถึงความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบของโครงสร้าง เช่น ระเบียงสูง น้ำหนัก และแสงสว่างกับวิธีการก่อสร้าง เช่น การผลิต การขนส่ง และการติดตั้ง ระบบโครงสร้าง ของอาคารที่ก่อสร้างแบบวิธีธรรมดาจะนำมาใช้กับระบบโครงสร้างโดยใช้ชิ้นส่วนสำเร็จรูปไม่ได้เพราะไม่เป็นการประหยัด ระบบโครงสร้างของการใช้ชิ้นส่วนสำเร็จรูปจึงเป็นระบบของตนเองที่ขึ้นกับการผลิตและการประกอบติดตั้ง

หลักเกณฑ์การออกแบบระบบโครงสร้างของการใช้ชิ้นส่วนสำเร็จรูปโดยทั่วไปมีดังนี้

1. โครงสร้างจะประกอบด้วย "ชิ้นส่วน" ที่มีจำนวนไม่มากนัก ชิ้นส่วนเหล่านี้คือ ส่วนของโครงสร้างที่ทำหน้าที่ต่างกัน เช่น คาน เสา ผนัง จันทัน ฯลฯ เป็นต้น
2. ชิ้นส่วนโครงสร้างจะต้องมีขนาดแต่ละชิ้นแตกต่างกันไม่มากนัก ถ้าจะให้ดีและสามารถให้แบบหล่ออันเดียวกันได้
3. การต่อควรจะมีน้อยและทำได้ด้วยวิธีง่ายๆ ควรจะให้ป็นวิธีการเดียวกันทั้งหลัง เพื่อที่จะได้ใช้วิธีการเดียวกันตลอด
4. ชิ้นส่วนควรจะทำหน้าที่ได้หลายอย่าง เช่น ใช้น้ำหนักก็ได้ หรือ ไขกันห้องก็ได้ โดยการดัดแปลงเพิ่มเติมได้ตามความเหมาะสม
5. ชิ้นส่วนจะต้องทำการผลิตด้วยอุตสาหกรรมได้
6. ชิ้นส่วนต้องมีน้ำหนักใกล้เคียงกัน เพื่อความสะดวกในการใช้ปั้นจั่นติดตั้ง

### 5.2.3 ระบบโครงสร้างชิ้นส่วน

การก่อสร้างระบบใช้ชิ้นส่วนสำเร็จรูปสามารถออกแบบโครงสร้างชิ้นส่วนให้ใช้งานได้เกือบทุกประเภทแต่การผลิตและการนำไปใช้นั้นจะขึ้นอยู่กับเงื่อนไขของสภาพภูมิศาสตร์เศรษฐกิจ วัฒนธรรม และความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี ระบบโครงสร้างชิ้นส่วนดังกล่าวพัฒนามาจากประเทศทางแถบยุโรปและสแกนดิเนเวีย ดังนี้

#### ระบบแผ่นผนังรับน้ำหนัก (Load Bearing Structure or Panel System)

ระบบนี้แพร่หลายทางประเทศทางยุโรปด้านการก่อสร้างอาคารที่พักอาศัย โดยการนำผนังสำเร็จรูปขนาดใหญ่เท่าความสูงของเพดานมาวางบนพื้นสำเร็จรูปและวางพื้นสำเร็จรูปชั้นต่อไปบนผนังนี้เรื่อยขึ้นไปจนแล้วเสร็จ ผนังและพื้นในระบบนี้สามารถผลิตได้ง่ายในการหล่อกับแบบในแนวนอนและแนวตั้ง แต่การขนส่งและติดตั้งต้องใช้ช่างที่มีความชำนาญและความประณีตในการทำงาน

การรับแรงของโครงสร้างในระบบนี้คือ การถ่ายแรงจากพื้นลงสู่แนวผนัง ซึ่งผนังจะทำหน้าที่ทั้งกันห้องและรับน้ำหนักแทนเสาและคาน (รูปที่ 5.3 ก) คือแผ่นผนังแบบนี้จะต้านทานแรงลมได้ดีและมีประสิทธิภาพมาก การวางผนังรับน้ำหนักมี 3 วิธี คือ

1. วางรับน้ำหนักตามความยาวของตัวอาคาร (Long-Wall System)
2. วางรับน้ำหนักตามขวางกับความยาวของตัวอาคาร (Cross-Wall System)
3. วางรับน้ำหนักจากพื้นที่ทั้ง 2 แนว (Two-Way Span System)

#### ระบบเสาและคาน (Skelton Frame or Column and Beam)

ระบบนี้ใช้กันแพร่หลายทั่วไปและเป็นระบบเดียวที่ใช้ในประเทศมานานไม่ว่าจะเป็นบ้านพักอาศัยหรืออาคารตึกแถวทั่วไป โดยปกติแล้วระบบเสาและคานจะใช้สำหรับอาคารที่ไม่สามารถให้ระบบผนังรับน้ำหนักได้ เนื่องจากความจำเป็นทางด้านการใช้สอยที่ต้องการเปิดเนื้อที่ให้ผ่านถึงกันได้ตลอด เช่นอาคารโรงงาน สำนักงาน และโรงเรียน เป็นต้น

การรับแรงของโครงสร้างแบบนี้คือ การถ่ายแรงจากพื้นลงคานและจากคานสู่เสา (รูปที่ 5.3 ข) โครงสร้างเสาและคานแบบสำเร็จรูปจะแตกต่างไปจากโครงสร้างเสาและคานแบบหล่ออยู่กับที่ โดยทั่วไปแล้วระบบโครงสร้างแบบเสาและคานจะมีแนวอยู่แนวหนึ่งเท่านั้น ไม่มีคานวิ่งเข้าเสาทั้ง 4 ด้านเหมือนหล่ออยู่กับที่ ทั้งนี้เพราะจะทำให้เกิดข้อยุ่งยากในการผลิตและติดตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนสำเร็จรูปเป็นอันมากดังนั้นจึงดังนั้นจึงมีคานเฉพาะส่วนที่รับน้ำหนักจากพื้นเท่านั้น ส่วนคานที่ไม่มีคานยึดนั้นจะยึดแทนโดยแผ่นพื้นหรือผนัง

วิธีการต่อชิ้นส่วนของเสาและคานคอนกรีตเข้าด้วยกัน มีความยากกว่าระบบ แผ่นผนังรับน้ำหนักวิธีการต่อรอยต่อระหว่างเสาและคานส่วนใหญ่จะใช้วิธีการของโครงสร้างไม้และโครงสร้างเหล็ก

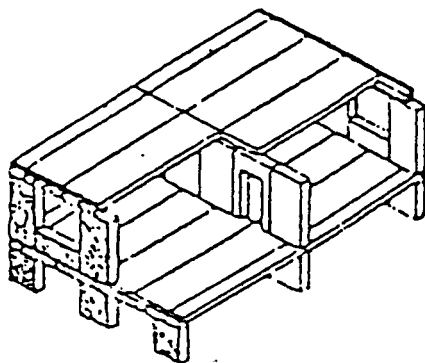
#### ระบบเสาและแผ่นพื้น (Beamless Skeleton)

ระบบนี้ใช้แผ่นพื้นวางบนเสาโดยไม่ต้องมีคานเช่นเดียวกับโครงสร้างประเภท Flat Slab เสาจะวางห่างไม่เกินขนาดของแผ่นพื้นที่จะวางบนเสาได้ (ดูรูปที่ 5.3 ค) แผ่นพื้นนี้จะมีความหนาและปริมาณเหล็กเสริมมากเป็นพิเศษ แต่จะมีความสะดวกรวดเร็วในการประกอบติดตั้งเนื่องด้วยส่วนประกอบของคานออกไปได้ส่วนหนึ่ง พื้นจะทำหน้าที่แทนคานเพื่อยึดเสาให้เป็นโครงสร้างต่อเนื่องทั้งอาคาร โครงสร้างแบบนี้จะต้องออกแบบให้ต้านทานแรงลมเป็นพิเศษหรือใช้แผ่นผนังคอนกรีตช่วยรับแรงลมในโครงสร้างด้วย

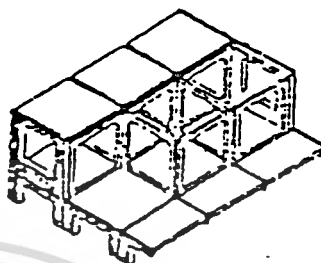
#### ระบบกล่อง ( Box หรือ Module )

ระบบนี้พัฒนาขึ้นในประเทศรัสเซียโดยการประกอบหรือหล่อเป็นกล่อง 3 มิติขนาดเท่ากับ 1 ห้อง พร้อมประกอบติดตั้งระบบไฟฟ้า-ประปาและตกแต่งเสร็จเรียบร้อยจากโรงงานทำการประกอบติดตั้งเรียงกันเป็นชั้นๆ ในบริเวณการก่อสร้างได้อย่างรวดเร็ว ( ดูรูปที่ 5.3 ง และ จ ) ลดแรงงานและเวลาได้มากกว่าระบบใดๆ

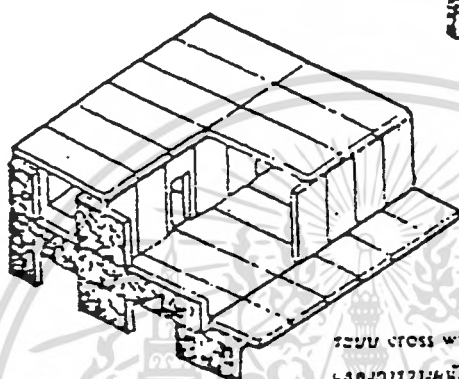




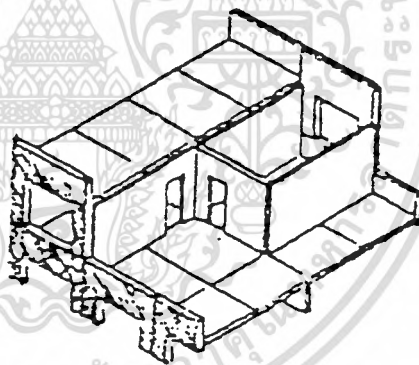
แสดงระบบโครงสร้างแบบ long wall



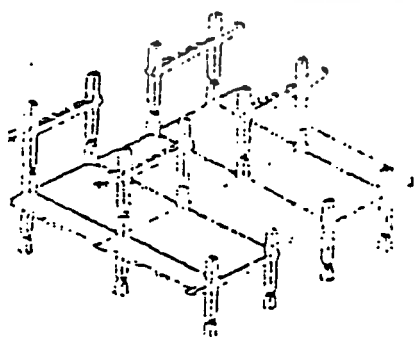
ระบบกรอบวง (ring-frame)



ระบบ cross wall สามารถวางผนังได้หลายวิธี  
แสดงการวางผนังที่ผนังให้รับน้ำหนักกันเอง  
และผนังเกาะติดอยู่กับตัวเสริมรองรับน้ำหนัก

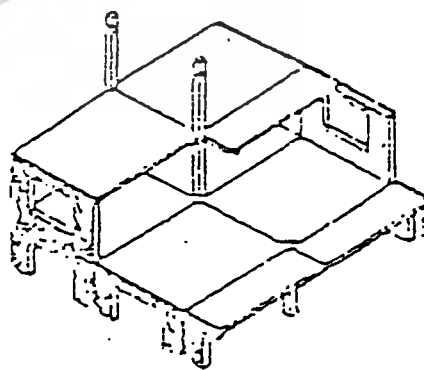


(ก)



(ข)

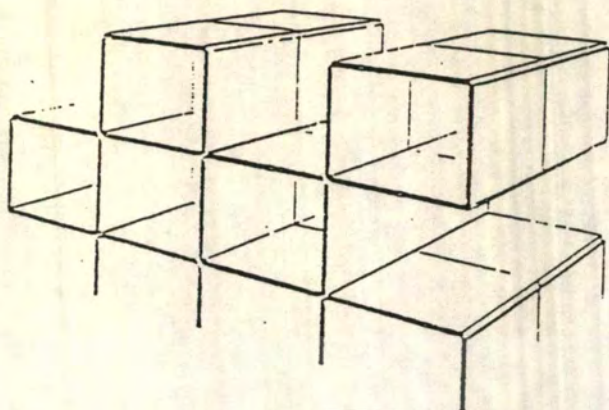
โครงสร้างแบบเสาและคานใช้คานรับน้ำหนัก



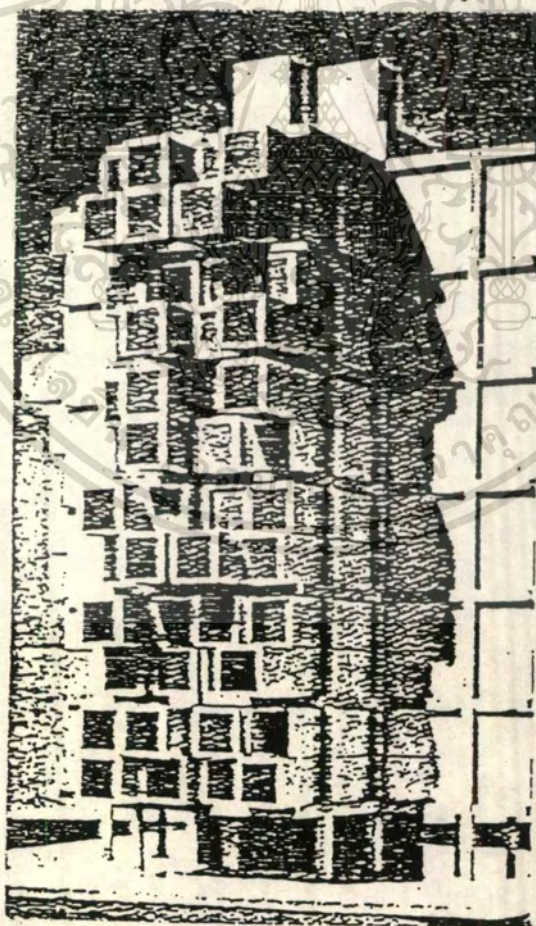
(ค)

โครงสร้างแบบเสาและคานรับน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ 5.3 ตัวอย่างโครงสร้างชิ้นส่วนชนิดต่างๆ  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.3 (ง) ระบบกล่อง หรือ โมดูล



รูปที่ 5.3 (จ) อาคารระบบกล่อง หรือ โมดูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 5.2.4 การเตรียมแบบมาตรฐานและชิ้นส่วนมาตรฐาน (Type Standardization and Component Standardization) เพื่อให้เป็นงานอุตสาหกรรม

##### การผลิตจำนวนมากและแบบมาตรฐาน

##### (Mass Product and Type Standardization)

การผลิตจำนวนมากๆ จะเป็นไปได้ก็ต่อเมื่อมีความต้องการผลิตภัณฑ์นั้นสูง ซึ่งจะเป็นไปได้ก็ต่อเมื่อ

ก) สามารถนำไปใช้ได้กับงานหลายชนิด (เช่น ใช้ได้ทั้งการก่อสร้างระบบอุตสาหกรรม และอาคารธรรมดาโดยทั่วไป)

ข) สามารถนำไปใช้ได้ตามความต้องการต่างๆ (เช่น ทำเป็นหลังคา หรือผนัง)

ค) สามารถเอามาต่อกันเพื่อให้ได้ขนาดใหญ่ขึ้น ในกรณีที่ต้องการอาคารขนาดใหญ่กว่า

แต่ทั้งหมดนี้จะต้องพิจารณาการออกแบบโครงสร้างให้สอดคล้องกับสายงานการผลิต (Serial Production) ด้วย (ดูรูปที่ 5.4)

นอกจากนี้ชิ้นส่วนต่างๆ ควรทำการผลิตด้วยเครื่องจักรกลได้ และต้องง่ายต่อการยกและขนส่งสิ่งที่จะต้องเตรียมล่วงหน้าคือสถานที่เก็บซึ่งจะต้องให้เพียงพอเพื่อที่การผลิตจะไม่ต้องชะงัก

การออกแบบและการพิจารณาชิ้นส่วนต่างๆ เพื่อให้การประกอบเป็นไปตามขั้นตอน (Serial Prefabrication) นั้น จะต้องทำให้แบบตัวอาคารเป็นแบบมาตรฐานเสียก่อน ขั้นตอนต่อไปก็คือการทำแบบมาตรฐานของแต่ละชิ้นส่วนซึ่งจะเอาไปประกอบเป็นตัวอาคาร ซึ่งในที่สุดตัวอาคารก็จะสามารถสร้างขึ้นด้วยแบบมาตรฐานต่างๆ ซึ่งได้ออกแบบไว้ได้โดยตลอดจะเปรียบได้ก็เหมือนกับการผลิตหุ่นจำลองโดยเฉพาะของรถยนต์คันหนึ่ง

การออกแบบมาตรฐานจะต้องมีรากฐานเกี่ยวกับความกว้างยาวของระบบใดระบบหนึ่งอย่างเคร่งครัด และในเวลาเดียวกันต้องคำนึงถึงการประหยัดและการใช้งานได้ดีไม่ว่าทั้งทางด้านโครงสร้างหรือความสวยงาม นอกจากนี้จะต้องเลือกอาคารที่มีความเหมาะสมเพื่อที่จะให้แบบมาตรฐานที่ทำไว้ถูกได้นำไปใช้ได้เรื่อยไป เช่น อาคารที่นิยมปลูกอยู่เรื่อย ๆ ทุกปีและจะต้องทำการผลิตได้ทันที แบบมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างจะต้องมีรายละเอียด (Details) และการต่อ (Connection) ที่ได้มาตรฐานอย่างสมบูรณ์เพราะจะทำให้การวางแผนและการก่อสร้างเป็นไปอย่างสะดวกที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



### ระบบการกำหนดขนาดร่วมกัน (The Unified Dimensional System)

การที่มีขนาดร่วมกันและแบบมาตรฐานจะทำให้การประสานงานระหว่างการออกแบบและการผลิตเป็นไปได้ด้วยดีการมีขนาดร่วมกันจะทำให้ค่อเมื่อขนาด (Dimensions) ของผลิตภัณฑ์ (ชิ้นส่วนของโครงสร้าง) ถูกนำมาปรับร่วมกันก่อนแล้วจึงใช้ขนาดให้อยู่ในพิสัยเดียวกัน ซึ่งทุกชิ้นส่วนของโครงสร้างจะต้องมีขนาดบอกไว้โดยตลอด เช่น ขนาดสำหรับการผลิตและระยะเพื่อสำหรับการก่อสร้าง

วัตถุประสงค์ที่กำหนดขนาดร่วมกันทำขึ้นเพื่อ

- ก) เพื่อให้แต่ละชิ้นสามารถร่วมกันได้
- ข) ให้ชิ้นส่วนต่างๆ สามารถแลกเปลี่ยนหรือแทนกันได้
- ค) ให้สามารถนำมาต่อร่วมกันได้

เมื่อต้องการให้ไดขนาดที่กว้างขึ้นก็สามารถนำมาต่อเข้ากับชิ้นส่วนอื่นๆ ที่ผลิตขึ้นมาได้ โดยอาศัยหน่วยที่อยู่ในมาตรฐานเดียวกัน

ผลของการที่ใช้ขนาดเป็นพิสัยก็คือ

- ก) ทำให้เลือกใช้ผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมที่สุดให้เข้ากับงาน เพราะจะต้องมีผลิตภัณฑ์หลายชนิดที่มีขนาดเท่ากัน
- ข) ทำให้การออกแบบง่ายขึ้นและลดความผิดพลาดได้มาก
- ค) เพิ่มผลผลิตสูง (อันสืบเนื่องมาจากแบบมาตรฐาน)
- ง) ให้มีความชำนาญในการผลิต

หน่วยเบื้องต้นที่จะทำให้อยู่ในระบบเดียวกันนี้ว่า “หน่วยพิสัย” (Module) เป็นค่าซึ่งใช้หารความกว้างยาวของชิ้นส่วนต่างๆ ให้ออกมาเป็นเลขลงตัว ซึ่งถ้าต้องการให้มีความยาวเพิ่มขึ้นก็ใช้ค่านี้บวกหรือคูณเข้าไปอันจะทำให้ชิ้นส่วนต่างๆ เหล่านี้มีความสัมพันธ์ต่อกัน และสามารถจะเชื่อมโยงได้โดยตลอด ขนาดพิสัยที่ใช้งานจะต้องเป็นตัวเลขที่เลือกขึ้นมา จะมากน้อยแค่ไหนไม่สำคัญแต่ให้มีความเหมาะสมก็แล้วกันระบบการกำหนดขนาดและการประสานทางพิสัยได้มีการดัดแปลงกันมานานแล้ว ดังนี้

หน่วยพิสัยของ Le Corbusier ขึ้นอยู่กับส่วนตักของมนุษย์ ไม่ออกมาเป็นตัวเลขลงตัว (Round Figures) ทั้งๆ ที่ต้องการทำออกมาให้เป็นอุตสาหกรรม

ศาสตราจารย์ Neuffer's ใช้ระบบ (Octameter system) ซึ่งได้จากการศึกษาและสังเกตการณ์จากธรรมชาติมาเป็นเวลาหลายปี

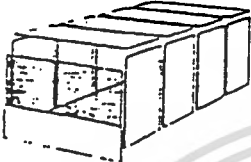
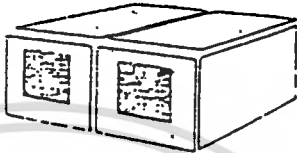
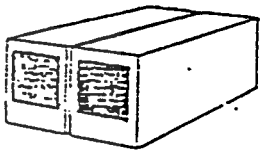
ขนาดที่เหมาะสมที่สุดคือ ขนาดที่หารด้วย 2 หรือ 4 ลงตัวขนาดเล็กที่สุดของวิธีนี้จะเป็น 25 เซนติเมตร ซึ่งเหมาะสมพอดีกับอิฐ (ในต่างประเทศ) เมื่อกำหนด 10 เทา ของขนาดนี้ก็จะเท่ากับ 250 เซนติเมตร ไม่วากณใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 เมตร หรือเรียกได้อีกอย่างหนึ่งว่าค่า IBM (“Industribaumass”= industrial structural dimension) ระยะศูนย์กลาง และช่วงต่างๆ ของอาคารจะต้องได้มาตรฐานตามที่กำหนดไว้นั้น

การผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปจะต้องพิจารณาเกี่ยวกับหน่วยพิกัดสำหรับการประสานทางความสูงของชั้น และความสูงของห้อง โดยเฉพาะพิกัดทางผังของอาคาร Planning Module เพื่อที่จะได้ผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปให้มีขนาดมาตรฐาน เช่น กานหรือพื้นสำเร็จรูปจะต้องให้มีความกว้าง\*ความลึก\*ความยาวเท่าใดที่จะคล่องตัวต่อการนำไปใช้งานหรือมีผู้นิยมใช้มากที่สุด ทั้งนี้เพื่อการลดค่าเสียหายในการผลิตชิ้นส่วนต่างๆ และเก็บสต็อกไว้นานกว่าจะมีผู้สั่งนำไปใช้ ซึ่งเป็นภาระหนักมากสำหรับเงินทุนหมุนเวียนของผู้ผลิต



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

|                             |                                                                                    |                                                                                   |                                                                                      |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| METHODS OF CONSTRUCTION     |   |  |   |
| CONSTRUCTIONAL PRINCIPLE    | Small panel<br>Joints in room                                                      | Large panel<br>No joints in room walls                                            | Box-shaped unit<br>("module")                                                        |
| PLAN                        | Grid in one direction,<br>no restrictions                                          | No grid needed,<br>possibility of transport<br>imposes restrictions               | Grid,<br>possibility of transport<br>imposes restrictions                            |
| MANUFACTURE                 | Type-standardised<br>components, mass-produced<br>with equipment already available | Components not type-<br>standardised, mass-produced,<br>special equipment         | Components not type<br>standardised, possibly<br>mass-produced,<br>special equipment |
| TRANSPORT<br>ERECTION       | Vehicles and lifting<br>appliances already<br>available                            | Low-loaders,<br>heavy lifting appliances                                          | Low-loaders,<br>heavy lifting appliances                                             |
| FINISHING AND<br>FITTING-UP | Mainly in situ,<br>after erection                                                  | Mainly in the<br>manufacturer's works                                             | Mainly in the<br>manufacturer's works                                                |

รูปที่ 5.4 คุณลักษณะของการก่อสร้างอาคารบ้านพักอาศัยระบบ 프리แค็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5.2.5 ชิ้นส่วนสำเร็จรูปกับอาคารที่พักอาศัย

การก่อสร้างบ้านพักอาศัยโดยใช้ชิ้นส่วนสำเร็จรูปมีอยู่ 2 ระบบ คือ

1. การก่อสร้างด้วยระบบแผ่นเล็ก (small panel)
2. การก่อสร้างด้วยระบบแผ่นใหญ่ (large panel)

ระบบแผ่นขนาดเล็กคือ การใช้ชิ้นส่วนขนาดพอเหมาะมาประกอบกันเพื่อกันห้องและคลุมพื้นที่ของแต่ละห้อง เช่น แผ่นผนัง แผ่นพื้นและเพดาน ซึ่งเรียงต่อกันโดยเห็นรอยต่อปรากฏอยู่ก่อนที่จะมีการฉาบหน้าหรือตกแต่ง

ระบบแผ่นขนาดใหญ่คือ การใช้ชิ้นส่วนขนาดเท่าห้องมาประกอบกันเป็นผนังห้อง พื้นหรือเพดานห้องโดยไม่มีรอยต่อให้เห็นแต่ละแผ่น ผนังในระบบนี้จะใช้เป็นโครงสร้างรับน้ำหนักด้วยโดยเฉพาะอย่างยิ่งผนังที่ตัดขวางกัน (cross-wall) เนื่องจากมีความแข็งแรงในการรับแรงดันข้างอีกด้วย ชิ้นส่วนใดที่ไม่รับน้ำหนักก็จะไม่รวมอยู่ในระบบโครงสร้าง

โครงสร้างที่ออกแบบให้รับน้ำหนักแบบเสาได้จะเป็นชิ้นส่วนรูปตัวแอล (L) ตัวยู (U) หรือรูปอื่นๆ เป็นต้น

อาคารที่พักอาศัยแบ่งได้ออกเป็น 3 ส่วนคือ

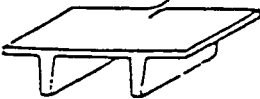
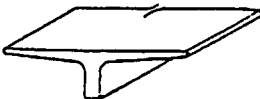
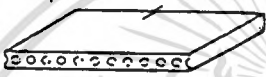
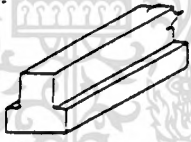
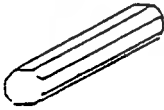
1. โครงสร้างและส่วนประกอบภายนอก เช่น ผนังคอนกรีตสำเร็จรูป
2. ชิ้นส่วนภายใน
3. หลังคา

ส่วนที่เป็นโครงสร้างจะผลิตจากโรงงานซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป และชิ้นส่วนภายในก็จะผลิตจากโรงงานต่างๆ ของแต่ละชนิด

โครงสร้างและส่วนประกอบภายนอกได้กล่าวมาแล้วเป็นส่วนใหญ่ ในที่นี้จะกล่าวเพิ่มเติมเฉพาะชิ้นส่วนภายในซึ่งได้แก่ แผ่นปูพื้น แผ่นบุผนัง ช่องแสงสว่าง ประตูภายในตู้เสื้อผ้า ตู้เก็บของ ชุดห้องน้ำ ชุดทำครัว ระบบระบายอากาศ ระบบเครื่องปรับอากาศ ระบบไฟฟ้า และระบบน้ำร้อน เป็นต้น ชิ้นส่วนขนาดใหญ่สำหรับห้องน้ำและห้องส้วมก็เป็นที่ยอมรับกันในประเทศและกำลังพัฒนาขึ้นใช้ในประเทศไทย

ในการพัฒนาชิ้นส่วนสำเร็จรูปประกอบอาคารจะต้องคำนึงถึงระยะเวลาภายในเพื่อการเปลี่ยนแปลง เช่น การเสื่อมสภาพของวัสดุ การแก้ไขเปลี่ยนแปลงและแม้แต่การใช้สอยพื้นที่ในอาคาร เช่น การเติบโตของเด็ก ถ้าชิ้นส่วนเหล่านี้สามารถสับเปลี่ยน โยกย้ายและต่อเติมได้ก็就会有ความสมบูรณ์ในตัวเอง อาจเป็นที่ปรารถนาของเจ้าของบ้านในอนาคตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

|                    |                                                                                     | Approximate size ranges |          |                                     |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|----------|-------------------------------------|
|                    |                                                                                     | Width                   | Depth    | Span                                |
| Double T           |    | 4-12 ft                 | 10-41 in | 30-90 ft                            |
| Single T           |    | 6-12 ft                 | 16-48 in | 30-110 ft                           |
| Channel slab       |    | 6-12 ft                 | 24-42 in | 40-90 ft                            |
| Flat slab          |    | 8-12 ft                 | 3-6 in   | 14-22 ft<br>(35 ft with<br>shoring) |
| Hollow-core plank  |    | 3 ft 4 in-8 ft          | 6-12 in  | 16-42 ft                            |
| Rectangular girder |   | 12-36 in                | 18-48 in | 24-70 ft                            |
| Inverted-T girder  |  | 12-24 in                | 18-48 in | 24-48 ft                            |
| Ledge beam         |  | 12-30 in                | 18-48 in | 24-48 ft                            |
| Column             |  | 10-24 in                | 12-24 in |                                     |
| Beams pile         |  | 12-24 in                | 12-24 in |                                     |
| Steel pile         |  | 4-6 ft                  | 10-16 in |                                     |

### รูปที่ 5.5 ชิ้นส่วนโครงสร้างแบบต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## 5.2.6 วัสดุก่อสร้างที่ใช้ทำชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่นิยม

### 1. คอนกรีต

คอนกรีตเป็นวัสดุที่รู้จักกันดีมาหลายร้อยปีแล้ว คอนกรีตเสริมเหล็กสามารถผลิตเป็นอุตสาหกรรมได้ ชิ้นส่วนคอนกรีตเสริมเหล็กสามารถรับน้ำหนัก และเป็นส่วนผนังได้ดีมากไม่ต้องมีการบำรุงรักษา ทนไฟและไม่ผุพัง หรือ เป็นสนิม มีข้อเสีย คือ น้ำหนักมากทำให้การต่อกันของโครงสร้างทำได้ยากการลดน้ำหนักทำได้โดยการหล่อในแบบและอัดแรง (precasting and prestressing) นอกจากนี้ยังเป็นวัสดุเก็บเสียง (acoustic insulation) ด้วยเพราะมีความถ่วงจำเพาะสูง วัสดุใช้ทำคอนกรีตส่วนใหญ่ผลิตในประเทศ

### 2. เหล็ก

เหล็กเป็นวัสดุที่ใช้คู่กันมากับคอนกรีต และไม้ ชิ้นส่วนต่างๆ สามารถ ผลิตได้โดยใช้เครื่องจักรกล หากต้องการให้ชิ้นส่วนสำเร็จรูปจากเหล็กสามารถรับน้ำหนัก และเป็นส่วนผนังได้ก็จะต้องใช้เหล็กจำนวนมาก อีกประการหนึ่งคือ การใช้เหล็กเป็นส่วนโครงสร้างก็จะต้องใช้คอนกรีตหุ้มกันไฟและงานเหล็กต้องมีการกำจัดสนิมและบำรุงรักษามากจึงไม่ค่อยนิยม อย่างไรก็ตามในระยะ 10 ปี มานี้มีการใช้โครงเหล็กกันมากขึ้นเพราะต้องการประหยัด เวลาการก่อสร้างและไม่เกิดการขาดแคลน ข้อเสียของการใช้เหล็ก คือ การต้องนำเข้าจากต่างประเทศเช่น ญี่ปุ่น อินเดีย

### 3. ไม้

ไม้เป็นวัสดุก่อสร้างที่คนไทยรู้จักดีที่สุด สามารถทำเป็นชิ้นส่วนสำเร็จรูป งานก่อสร้างอาคารบ้านพักอาศัยได้อย่างสะดวก สามารถผลิตเป็นระบบอุตสาหกรรมได้ โครงสร้างไม้ก็เช่นเดียวกับโครงสร้างเหล็ก คือ ไม้ทนไฟ มี การขยายและหดตัว ที่สำคัญก็คือ มีความแข็งแรงต่ำกว่าส่วนที่ดี คือ มีน้ำหนัก เบาและตัดต่อได้ง่ายแต่ปัจจุบันไม้เป็นวัสดุก่อสร้างที่มีปัญหา เนื่องจากการขาดแคลนและต้องสั่งจากต่างประเทศเช่น มาเลเซีย พม่า ลาว และแคนาดา

### 4. อลูมิเนียม

อลูมิเนียมนิยมใช้ทำชิ้นส่วนวงกบประตู - หน้าต่างของอาคาร มีน้ำหนักเบา และตัดต่อได้ง่ายแต่มีราคาแพง ต้องสั่งเข้าจากต่างประเทศ

### 5. ไฟเบอร์กลาส

ไฟเบอร์กลาสทำเป็นชิ้นส่วนของหลังคา คลุมในส่วนของเฉลียงหรือระเบียง ข้อดีคือ ขึ้นรูปง่าย น้ำหนักเบา แข็งแรงดี แต่ราคาแพง

## 6. GRC ( glass fibre reinforced cement )

GRC ใช้ทำชิ้นส่วนสำเร็จรูปได้ดีเพราะขึ้นรูปได้ง่าย น้ำหนักเบา แข็งแรง และสวยงาม พื้นผิวเรียบ สามารถทาสีได้เลยโดยไม่ต้องฉาบปูนซ้ำ ข้อเสีย คือราคาแพง วัสดุสำคัญคือ ใยแก้ว นั้นต้องนำเข้าจากต่างประเทศ

## 7. คอนกรีตเบา

คอนกรีตเบาเป็นวัสดุก่อสร้างที่นิยมใช้กันมากในต่างประเทศ สำหรับเมืองไทย ก็มีผู้ศึกษาวิจัยคิดค้นกันอยู่ แต่ไม่สามารถนำมาใช้ในเชิงอุตสาหกรรมได้ น้ำยาเคมีที่ใช้ ต้องสั่งมาจากต่างประเทศ

## 8. แผ่นเหล็กชุบสังกะสี

ใช้ทำแผ่นสังกะสีมุงหลังคา โครงหลังคา และคร่าวผ้าเพดาน ตัวแผ่นเหล็กต้องนำเข้าจากประเทศญี่ปุ่น และแร่สังกะสีมีอยู่ในประเทศ

## 9. พีวีซี (PVC)

พีวีซี เป็นวัสดุสังเคราะห์ ซึ่งเป็นผลพลอยได้จาก อุตสาหกรรมปิโตรเคมีคอล (น้ำมัน และ แก๊สธรรมชาติ ผู้ผลิตในประเทศคือบริษัทไทยพลาสติก เคมีภัณฑ์ จำกัด)

## 10. กระเบื้องกระดาษ

กระเบื้องกระดาษ เป็นผลิตภัณฑ์จากปูนซีเมนต์ และใยหิน ซึ่งมีแหล่งภายในประเทศ

## 11. กระฉก

กระฉกเป็นวัสดุที่ใช้ทำชิ้นส่วนประกอบอาคาร เป็นผลิตภัณฑ์ ภายในประเทศ

## 5.2.7 วัสดุสำเร็จรูปภายในประเทศไทย

### ประเภทน้ำหนักเบา

1. กระเบื้องคอนกรีตมุงหลังคา
2. กระเบื้องซีเมนต์ใยหิน
3. กระเบื้องเซโลกริต
4. กระเบื้องดินเผา มุงหลังคา
5. กระเบื้องโปร่งแสงไฟเบอร์กลาสอะคริลิก
6. กระเบื้องยางใยแก้วมุงหลังคา
7. กระเบื้องเหล็กเคลือบมุงหลังคา
8. โครงคร่าวเหล็กมุงหลังคา
9. โครงคร่าวอลูมิเนียม
10. แผ่นฝ้าเพดาน
11. ฝ้าเพดานอลูมิเนียม
12. ระแนงเหล็กอาบสังกะสี
13. สังกะสีมุงหลังคา
14. หลังคาสกายไลท์โคม
15. หลังคาเหล็กเคลือบรีดลอน
16. หลังคาอลูมิเนียมรีดลอน
17. ตะแกรงเหล็กเสริมคอนกรีต
18. ตะแกรงโครงสร้างรูปพรรณ
19. เหล็กแผ่น
20. อลูมิเนียมแผ่น
21. ไม้บัว คิ้ว ลูกกรง ราวบันได
22. ไม้ปาร์เก้ ไม้พื้น
23. ไม้ไผ่อัด
24. ไม้อัด -บอร์ด
25. แผ่นพลาสติกอะคริลิก
26. กระฉกเงา
27. กระฉกใสแผ่นเรียบ
28. โครงสร้างผนังกระฉก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

29. บานเกล็ดหน้าต่าง
30. ประติมากรรม ไฟเบอร์กลาส
31. ประติมากรรมแผ่นเรียบ
32. ประติมากรรมเตนเลส
33. ประติมากรรมเหล็ก
34. ประติมากรรมหน้าต่างอลูมิเนียม
35. หน้าต่างไม้
36. หน้าต่างเหล็ก
37. สุขภัณฑ์
38. ห้องน้ำสำเร็จรูป
39. เสารั้วคอนกรีต
40. คอนกรีตบล็อก

#### ประเภทน้ำหนักมาก

1. เสาเข็มคอนกรีต
2. เสาเข็มพืด เหล็กกล้า
3. ผนังคอนกรีต สำเร็จรูป
4. พื้นคอนกรีตสำเร็จรูป
5. คานคอนกรีตสำเร็จรูป
6. ตงคอนกรีตสำเร็จรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 6

### ขบวนการ ผลิต

#### 6.1 กล่าวนำ

ในการกำหนดการออกแบบของภายในของ คอนกรีตสำเร็จรูป ที่จะรองรับโครงสร้างอาจจะต้องพิจารณาในแง่เศรษฐกิจและความเหมาะสมกับการรับน้ำหนักของชิ้นงาน อย่างไรก็ตามจะต้องมีการเกิดการถ่ายแรงของชิ้นงานแต่อย่างไรก็ตามแรงที่เกิดจากการวิเคราะห์ซึ่งอาจจะพิจารณาเพียงเล็กน้อยยกเว้นแผ่นที่อยู่ในบริเวณที่มีการเกิดแผ่นดินไหว แผ่นที่อยู่ในโครงสร้างอาคารสูง พิจารณาที่รับน้ำหนักโดยทั่วไปจะไม่อันตรายในการรับหรือในการพัฒนาในการผลิต

ทั้งนี้ เพื่อผลทางเศรษฐกิจของวัสดุและการผลิต การพิจารณาขบวนการออกแบบในการผลิตในส่วนของแผ่นสำเร็จรูป ควรจะมีรูปทรงที่มีความแข็งแรงในการรองรับความเค้น และข้อจำกัดของผลิตภัณฑ์ในการพิจารณาในการขนส่ง จะต้องพิจารณาขบวนการนี้ด้วย

นักออกแบบควรจะต้องมีความคุ้นเคยกับข้อบังคับในข้อจำกัดของการถ่ายแรง และเรื่องราคา และควรพิจารณาจำนวนราคาในการขนส่งด้วย

วัสดุส่วนมากในทางเศรษฐกิจจะเลือกใช้ชิ้นส่วนที่ใหญ่ที่สุด ซึ่งสามารถเลือกได้หลังจากพิจารณา ดังต่อไปนี้

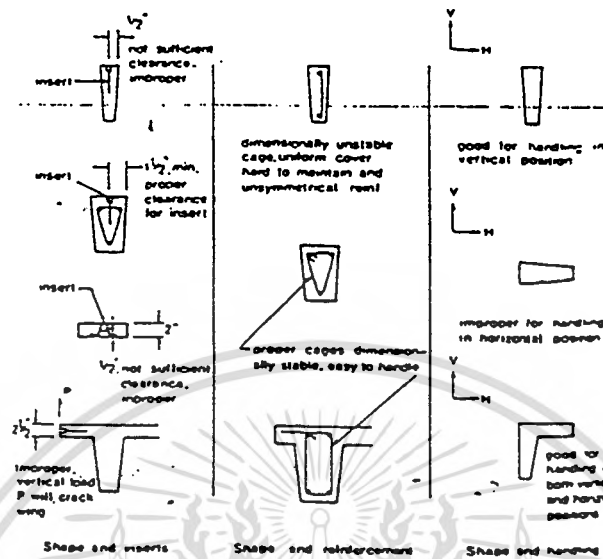
1. ชิ้นส่วนที่มีขนาดใหญ่ ที่เหมาะสมในการยก, ความมั่นคง, และความเค้นของชิ้นส่วน ยกจะมีผลให้พิจารณาจากความมั่นคงและความเค้นของชิ้นงาน

2. จำนวนมากที่สุดที่สามารถขนส่งได้ ภายในข้อบังคับทางด้านขนาดและน้ำหนัก

3. จำนวนมากที่สุดที่คนสามารถยกชิ้นงาน และความง่ายของเครนที่สามารถยกได้ พิจารณาจากตำแหน่งของเครน และความสามารถในการยก

4. ขนาดนี้จำกัดที่สถานที่และจำนวนในการพิจารณา

ความต้องการเหล็กเสริมและขนาดที่สามารถให้ความสะดวกต่อชิ้นงาน รูป 6.1



รูป 6.1

## 6.2 การออกแบบทางโครงสร้าง

สำหรับในชิ้นงานของคอนกรีตสำเร็จรูปมีส่วนสำคัญที่จะต้องพิจารณา แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

1. ขณะทำการผลิต
2. ขณะรับแรงในโครงสร้าง

แรงที่เกิดขึ้นในส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป ระหว่างการถอดแบบและการใช้เป็นผลมาจาก

1. การผลิตชิ้นส่วน
2. รวมแรงดึงจากภายนอกเช่น จากแรงกระแทกและแรงดูด
3. ตำแหน่งหรือชิ้นส่วนที่ใช้ในการสอดคั้งที่ใช้ในการยก
4. น้ำหนักของส่วนประกอบและอุปกรณ์ที่จะเข้าไปที่จะค้องยก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่วนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
5. ตำแหน่งของจุดรองรับชั่วคราว  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงที่เกิดขึ้นบน ส่วนประกอบแต่ละส่วนในระหว่างการขนส่ง มีผลกระทบมาจาก

1. การผลิตชิ้นส่วน
2. ตำแหน่งของจุดรองรับ
3. เงื่อนไขของพาหนะในการขนส่ง, ถนนและสถานที่ก่อสร้าง

### 6.3 ข้อจำกัดของความเค้น

การออกแบบแผ่นว่าในลักษณะพื้นผิวเปิดสู่ภายนอก ซึ่งจะเลือกตาม ข้อจำกัดของวิกฤต ระหว่างส่วนการผลิตและการประกอบหรือทำตามกฎที่เลือก เหมือนกฎเกณฑ์ข้อจำกัดระหว่าง ขบวนการการผลิต

- a ไม่สามารถมองเห็นรอยแตกร้าว
- b รอยแตกที่ควบคุมได้ เป็นที่ยอมรับ

#### 6.3.1 การยกโดยปราศจากการแตกร้าว

ภายใต้เกณฑ์ พื้นผิวที่เปลี่ยนที่ไม่อาจเห็นการแตกร้าวได้ สามารถทำได้โดยการเลือก ตำแหน่งที่จะยก ว่าควรจะเป็นตำแหน่งใดบนพื้นผิวที่มีแรงคึงน้อยที่สุดที่จะไม่ทำให้เกิดการแตก ประชุกต์ตามความเหมาะสมของส่วนประกอบความปลอดภัย ซึ่งมีต่อความปลอดภัยที่ 1.5 และ จากการให้ค่า โมดูลัสของการแตกเท่ากับน้ำหนักธรรมชาติของคอนกรีต เท่ากับ  $7.5f_c$

$$f_r = 5f_c$$

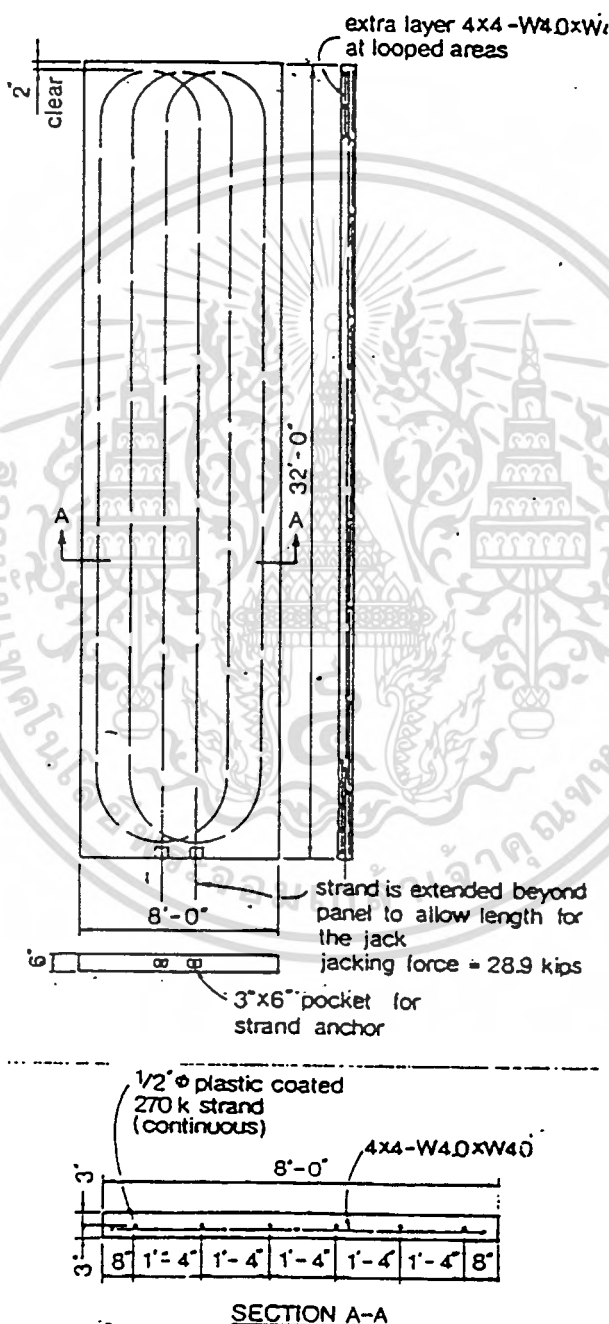
$f_r$  = ความเป็นไปได้ของแรงคึงของการโค้งค้ำ จากหลักการของความหนาของ หน้าตัด คอนกรีต

$$f_{cr} = \text{ความเครียดของคอนกรีต เวลาที่พิจารณา}$$

วิธีการการไขยกปลายน้อยที่สุด แสดงให้เห็นใน รูปที่ 6.3

### 6.3.2 การยกซึ่งควบคุมการแตกร้าว

เหล็กเสริมในคอนกรีตนั้น เป็นส่วนต้านแรงดึง จำนวนและตำแหน่งของเหล็กเสริมจะมีผลกระทบเล็กน้อยต่อคุณสมบัติของชิ้นส่วนจนกระทั่งให้เห็นรอยร้าวเกิดขึ้น ความเค้นที่เพิ่มขึ้น เส้นของรอยแตกเกิดขึ้นและขยายออกไปยังส่วนต่างๆ ถ้าการแตกร้าวเล็กน้อย ไม่ทำให้เสียโครงสร้างขององค์ประกอบเสียหาย



รูปที่ 6.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ตามมาตรฐานข้อจำกัดของความกว้างของการแตกร้าว ขนาดของเหล็กเสริมต่อพื้นที่ที่ควร  
เลือกขนาดมาตรฐานตามต่อไปนี้  $W_m = 0.076 R f_r \sqrt{f_c} A = 10^{-3}$

$W_m$  = ความกว้างมากที่สุดของการแตกร้าวจากการดง

$R = h_2/h_1$

$h_1$  = ระยะทางจากจุดศูนย์กลางของการดิ่งเหล็กเสริมไปยังแกนกลาง

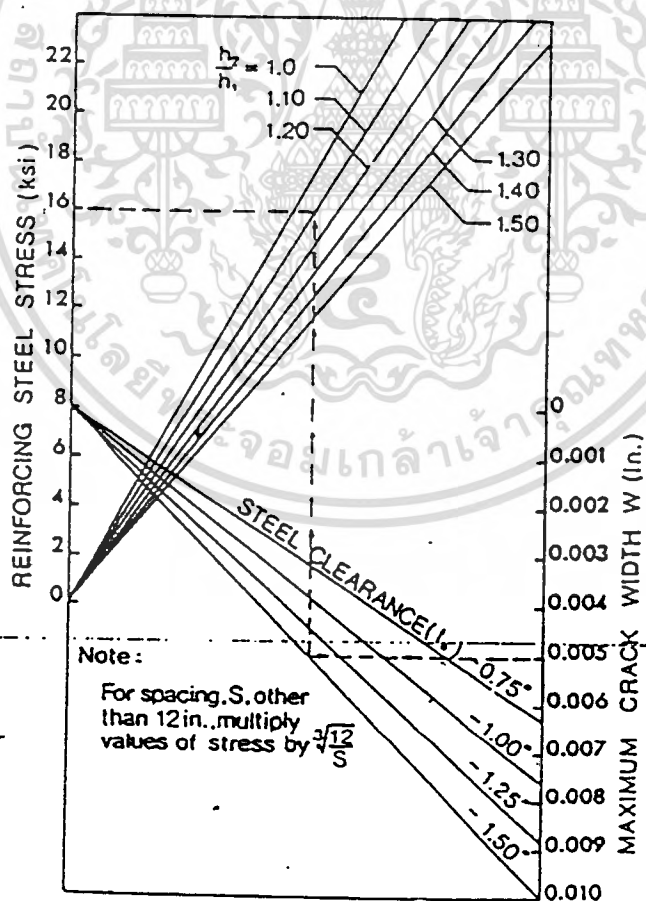
$h_2$  = ระยะทางจากจุดปลายของการดิ่งไปยังแกนกลาง

$t_b$  = ความหนาของคอนกรีต

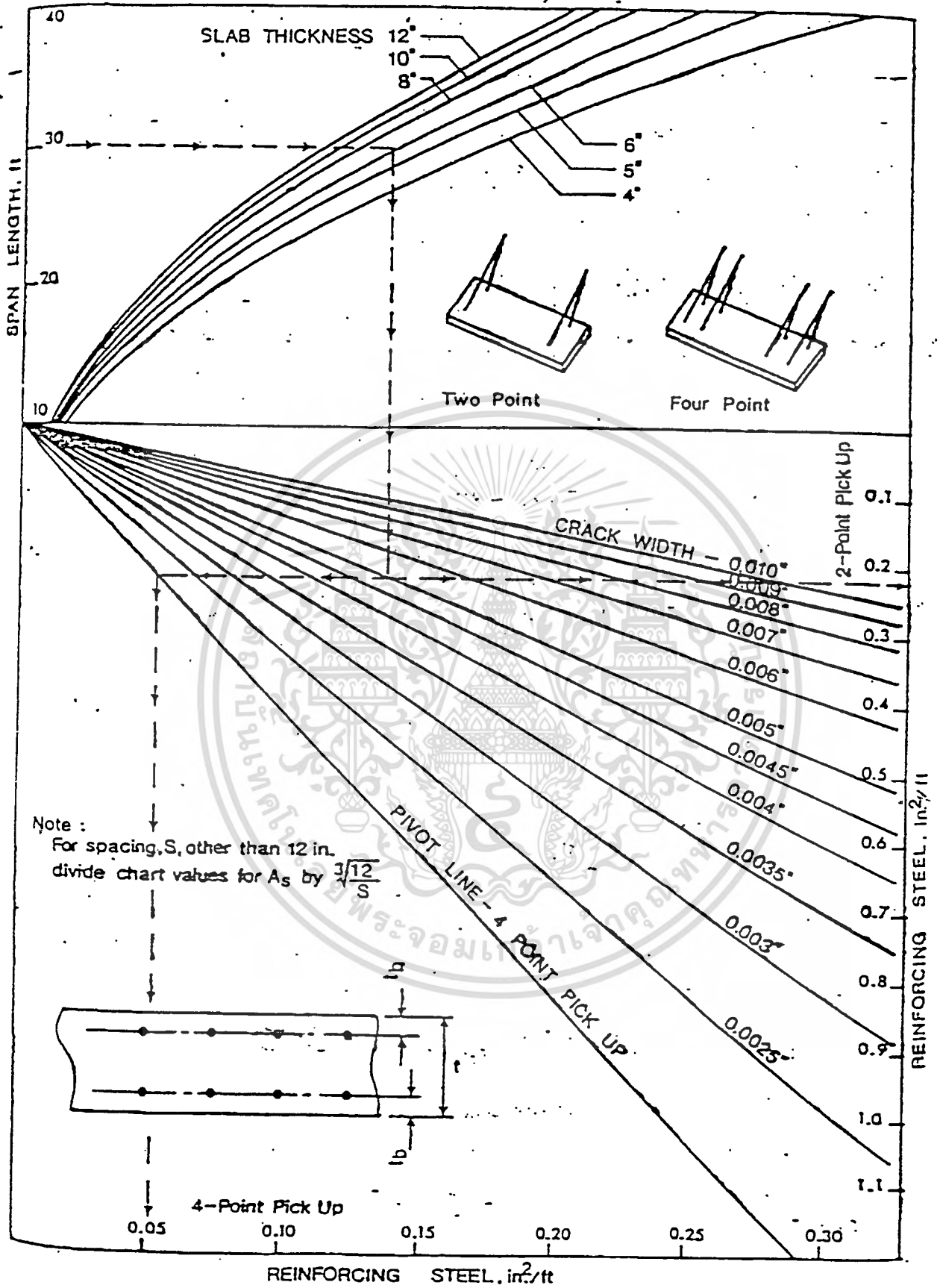
$A$  = ค่าเฉลี่ยของพื้นที่ คอนกรีต รอบๆ หน้าตัดเหล็กเสริม

$t_s$  = ความเค้นของเหล็ก

ความเค้นของเหล็กและค่าฟังก์ชันการแตกร้าว สามารถกำหนดได้จาก รูปที่ 6.4

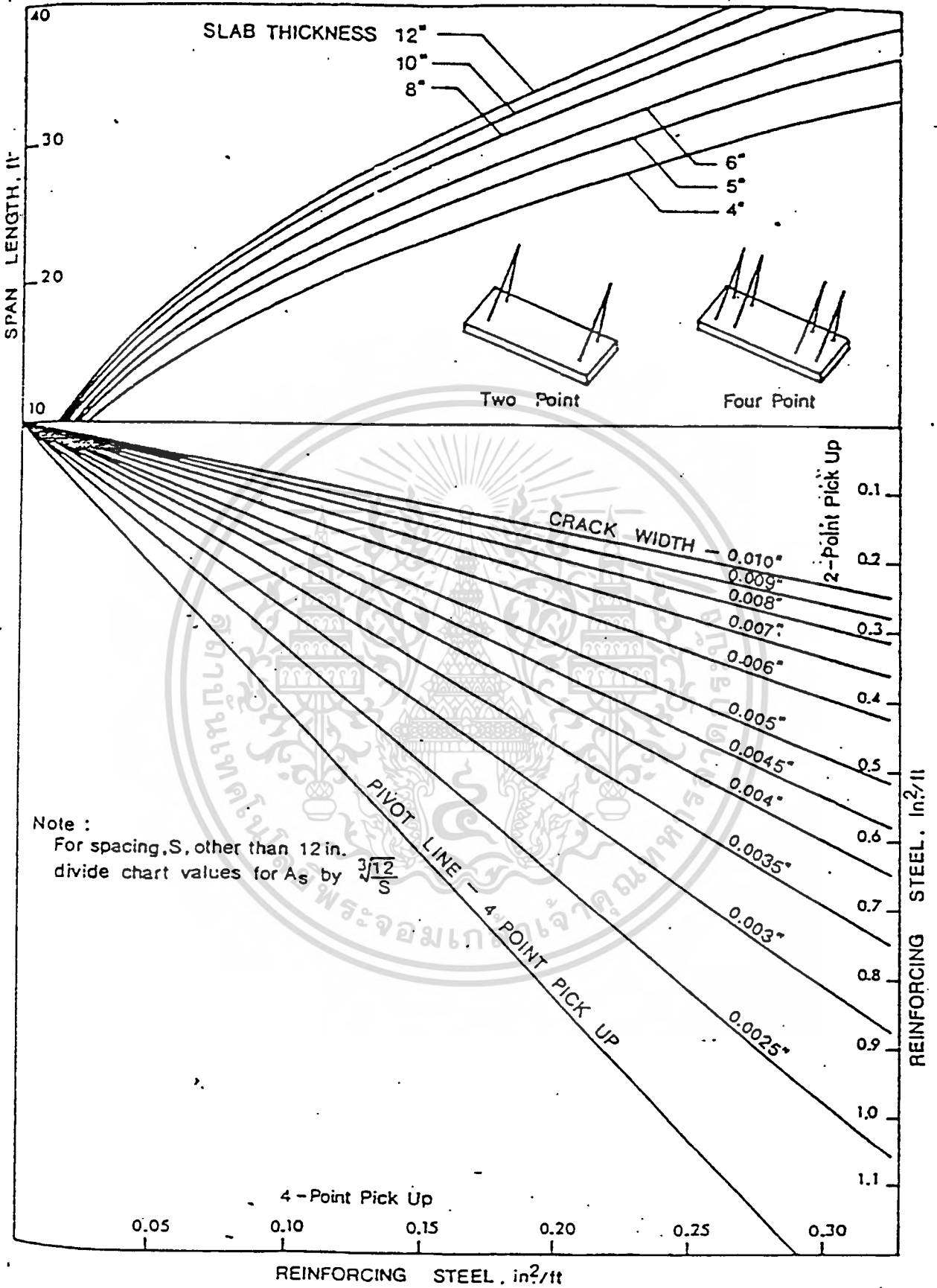


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานรูปที่ 6.4 เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อที่รูปที่ 6.5 อย่างอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

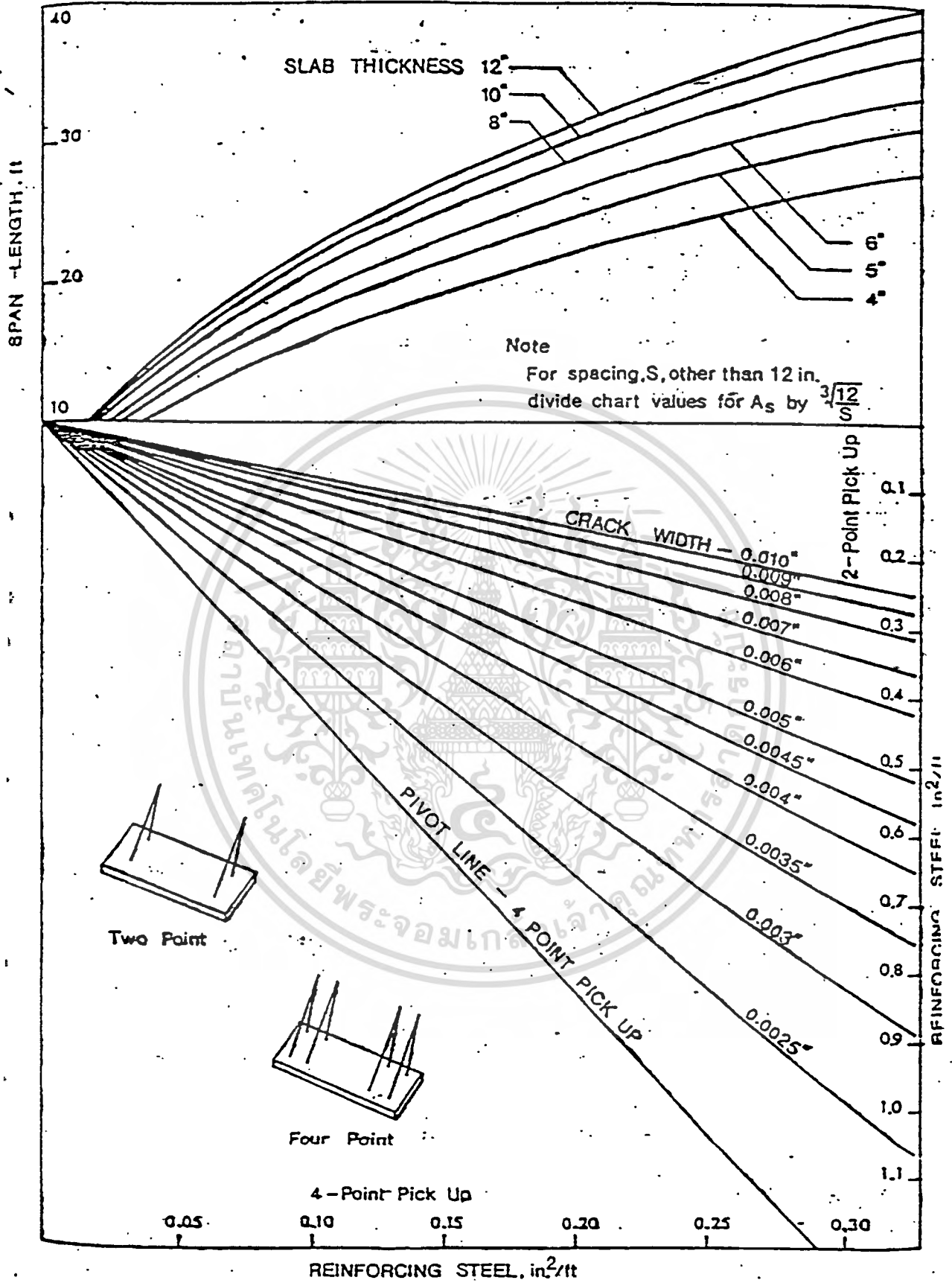
Reinforcement required each face for various crack widths — flat panels with reinforcing steel 12 in. o.c.,  
 $t_b = 1.00$  in.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 6.6

Reinforcement required each face for various crack widths — flat panels with reinforcing steel 12 in. o.c.,  
 $t_b = 1.25$  in.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหารูปที่ 6.7 ของเอกสารนี้อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3.3 ตัวคูณน้ำหนักสำหรับการผลิต

ค่าที่ใช้เป็นพื้นฐานโดยทั่วไป จากการทดลองของแผ่นที่ใช้ในการผลิต ดูจากตารางที่

6.1

| Equivalent static load multipliers <sup>1</sup> to account for stripping and dynamic forces |        |                                                                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|--------|----------------------------------------------------------------|
| STRIPPING                                                                                   |        |                                                                |
| Panel Type                                                                                  | Finish | Exposed aggregate with retarder<br>Smooth mold (form oil only) |
| Flat, with removable side forms, no false joints or reveals                                 | 1.2    | 1.3                                                            |
| Flat, with false joints and/or reveals                                                      | 1.3    | 1.4                                                            |
| Fluted, with proper draft                                                                   | 1.4    | 1.6                                                            |
| Sculptured                                                                                  | 1.5    | 1.7                                                            |
| YARD HANDLING <sup>2</sup> AND ERECTION <sup>3</sup>                                        |        |                                                                |
| All panels                                                                                  | 1.2    |                                                                |
| TRAVEL <sup>1</sup>                                                                         |        |                                                                |
| All panels                                                                                  | 1.5    |                                                                |

1. These factors are used in flexural design of panels and are not to be applied to required safety factors on lifting devices. At stripping, suction between product and form introduces forces, which are treated here by introducing a multiplier on product weight. It would be more accurate to establish these multipliers based on the actual contact area and a suction factor independent of product weight.
2. Certain unfavorable conditions in road surface, equipment, etc., may require use of higher values.
3. Under certain circumstances may be higher.

ตารางที่ 6.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 6.4 ส่วนประกอบความปลอดภัย

การแนะนำให้ยอมรับในทฤษฎีของทุกโครงสร้าง จะต้องมีความเครียดที่ยอมรับได้ในการรับแรง ตามค่าความปลอดภัยที่แนะนำต่อไปนี้

1. การยกและอุปกรณ์ในการประกอบยึดติดหรือตัวฝังในคอนกรีต คือ 2.5 เท่าของการรับแรงตามปกติจากตารางที่ 6.1 แต่จะต้องไม่น้อยกว่า 4 เท่าของที่รับน้ำหนักจริงของแผ่นที่รองรับ

2. สำหรับแผ่นที่ไม่เสริมเสริม  $f'_m$  เป็นแรงดึงคิดจากหน้าตัดของคอนกรีตทั้งหมด

3. สำหรับแผ่นที่เสริมเหล็ก ควรจะสร้างด้วย ACI 318-77 พิจารณาจากการเทียบเท่ากันของการรับแรงที่คงที่ ดูตารางที่ 6.1 และค่าความปลอดภัยคือ 1.4 เท่าของแรงคงที่

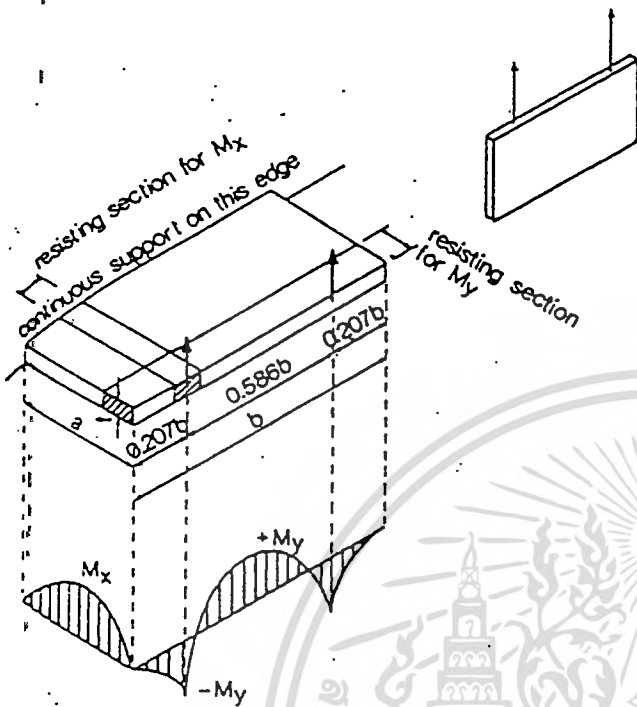
#### 6.5 วิธีที่ใช้ในการยก และความเค้น

การจัดการยกถอดแบบของอุปกรณ์ในการยกสามารถกำหนดได้โดยวิธีการทางวิศวกรรม เนื่องจากการยกในขบวนการในการผลิตจะทำให้เกิดความเครียดของคอนกรีตที่กำลังงาน ขนาดของความเค้น  $\psi$  ที่เวลาขกงานสามารถกำหนดได้จากการออกแบบพื้นฐานไม่ให้มีรอยแตกร้าวหรือควบคุมการแตกร้าว ซึ่งส่วนใหญ่ทำได้ เมื่อมีโมเมนต์มากที่สุด  $\psi$  เวลาขกงาน ซึ่งค่าที่ได้จากการคิดพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ถ้าเกินความสามารถของคอนกรีตการเพิ่มขึ้นของจำนวนจุดยกอาจจะจำเป็น การฝังอุปกรณ์ที่ช่วยในการยกอาจจะช่วยในการสร้างจุดยกใหม่ได้

##### 6.5.1 ผนังแบบเรียบ

แผ่นที่มีหลายชั้น โดยการเคลื่อนแผ่นโดยขกด้านเดียว ตรงจุดที่อยู่ด้านขอบจะเกิดโมเมนต์ดังรูปที่ 6.9(a) และ 6.9(b)

(a) Two point pick-up

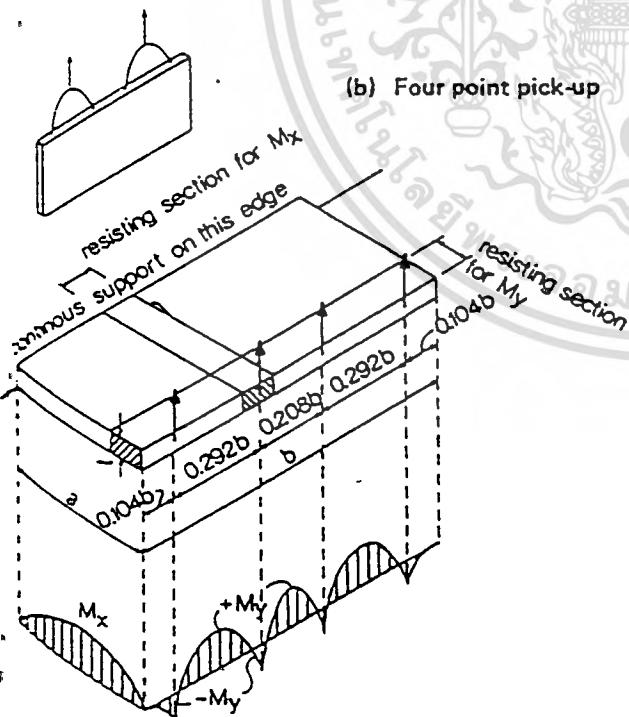


Maximum Moments (Approximate)

$$M_x = \frac{wa^2}{8} \quad (\text{per unit of width})$$

$$-M_y = +M_y = .0214 \frac{wab^2}{2} \quad (\text{acting over a section of width } 10t \text{ or } \frac{a}{2}, \text{ whichever is less})$$

(b) Four point pick-up



Maximum Moments (Approximate)

$$M_x = \frac{wa^2}{8} \quad (\text{per unit of width})$$

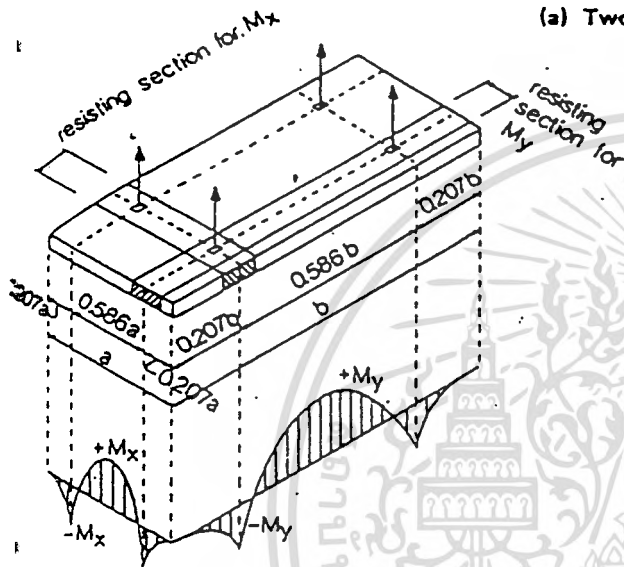
$$+M_y = -M_y = .0054 \frac{wab^2}{2} \quad (\text{acting over a section of width } 10t \text{ or } \frac{a}{2}, \text{ whichever is less})$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกสิ่งนี้ และต้องอยู่ภายใต้การดูแลของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 6.9 (a) และ 6.9 (b)

องค์ประกอบที่ถอดแบบขึ้นแบบจากการหล่อแบบ จะเกิดโมเมนต์ดังรูปที่ 6.10

(a) Two point pick-up



Maximum Moments (Approximate)

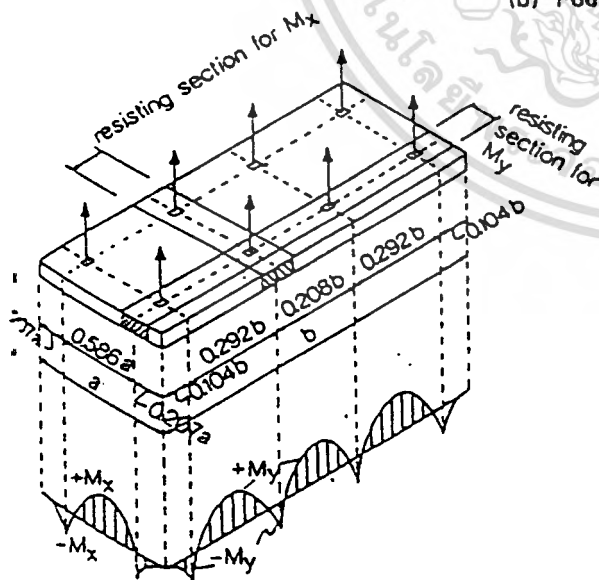
$$+M_x = -M_x = 0.0107 wba^2$$

$$+M_y = -M_y = 0.0107 wab^2$$

$M_x$  acting over a section of width  $0.293a$ ,  $10t$ ,  
or  $\frac{b}{2}$ , whichever is less

$M_y$  acting over a section of width  $0.293b$ ,  $10t$ ,  
or  $\frac{a}{2}$ , whichever is less

(b) Four point pick-up



Maximum Moments (Approximate)

$$-M_x = +M_x = 0.0054 wa^2b$$

$$-M_y = +M_y = 0.0027 wab^2$$

$M_x$  acting over a section of width  $0.292a$ ,  $10t$ ,  
or  $\frac{b}{2}$ , whichever is less

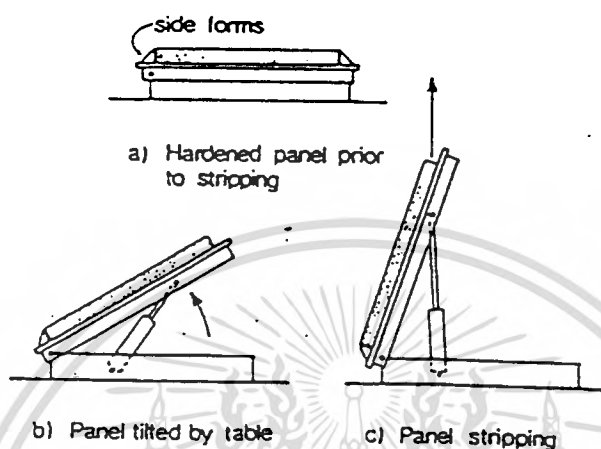
$M_y$  acting over a section of width  $0.293b$ ,  $10t$ ,  
or  $\frac{a}{2}$ , whichever is less

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกไปใช้ในเชิงพาณิชย์ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 6.10 (a) และ 6.9 (b)



ถ้าเป็นไปได้ อาจมีการใช้ตัวยกที่จะช่วยในการถอดแบบ การเอียงของแบบจากการยกจากแนวราบสู่แนวตั้ง ซึ่งอาจขกเว้นการหาแรงและความเค้นในการถอดแบบ ตามรูป 6.11

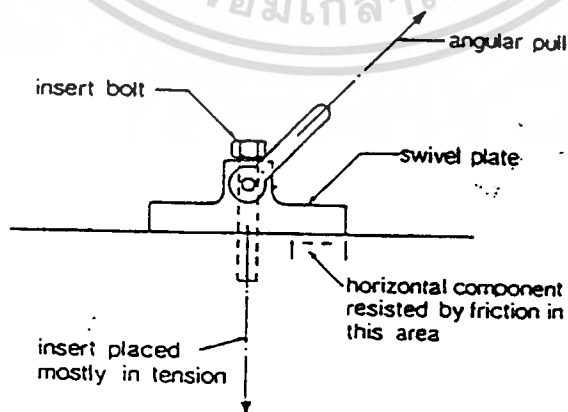


รูปที่ 6.11

### 6.5.3 เครื่องมือในการยก

อุปกรณ์ในการยกโดยมาตรฐานโดยทั่วไปจะเป็นห่วงลวด หรือส่วนที่ยื่นออกมาจากคอนกรีตหรือเป็นตัวแทรกเกลียว

เพื่อให้แน่นอนในการฝังตัวแทรกในการรับแรงดึง ควรมรการใช้ห่วงยก



รูปที่ 6.12

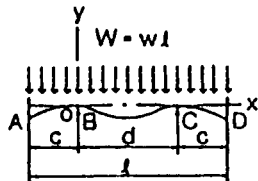
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 6.6 การเก็บสำรอง

โมเมนต์ แรงดัดเค้น และการเปลี่ยนรูปทรงที่เป็นมาตรฐานการรองรับแรงขององค์ประกอบจะแตกต่างกันในการรองรับการจัดการจะชี้ให้เห็นตามตารางที่ 6.2



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Equal overhangs,  
uniform load

$$R_1 = R_2 = \frac{W}{2}$$

$$(A \text{ to } B) V = -\frac{W(c-x)}{l}$$

$$(B \text{ to } C) V = W\left(\frac{1}{2} - \frac{x+c}{l}\right)$$

$$(C \text{ to } D) V = \frac{W(c+d-x)}{l}$$

$$(A \text{ to } B) M = -\frac{W}{2l}(c-x)^2$$

$$(B \text{ to } C) M = -\frac{W}{2l}(c^2 - x(d-x))$$

$$M = -\frac{Wc^2}{2l} \text{ at } B \text{ and } D$$

$$M = -\frac{W}{2l}\left(c^2 - \frac{d^2}{4}\right)$$

$$\text{at } x = \frac{d}{2}$$

$$\text{If } d > 2c, M = 0$$

$$\text{at } x = \frac{d}{2} \pm \left[\frac{d^2}{4} - c^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\text{If } c = 0.207l, M = -\frac{Wl}{48.62}$$

$$\text{at } x = 0 = d \text{ and } M = +\frac{Wl}{48.62}$$

$$\text{at } x = \frac{d}{2}$$

$x$  is considered positive on both sides of the origin.

Deflection, maximum deflection, and end slope  $\theta$ 

$$(A \text{ to } B) y = -\frac{Wx}{24EI} [6c^2(d+x) - x^2(4c-x) - d^3]$$

$$(B \text{ to } C) y = -\frac{Wx(d-x)}{24EI} [x(d-x) + d^2 - 6c^2]$$

$$y = -\frac{Wc}{24EI} [3c^2(c+2d) - d^3] \text{ at } A \text{ and } D$$

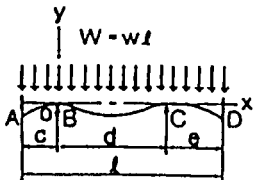
$$y = -\frac{Wd^3}{384EI} [5d^2 - 24c^2] \text{ at } x = \frac{d}{2}$$

If  $2c < d < 2.449c$ , the maximum deflection between supports is

$$y = +\frac{W}{96EI} [6c^2 - d^2]^2 \text{ at } x = \frac{d}{2} \pm \left[3\left(\frac{d^2}{4} - c^2\right)\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\theta = +\frac{W}{24EI} [6c^2d + 4c^3 - d^3] \text{ at } A$$

$$\theta = -\frac{W}{24EI} [6c^2d + 4c^3 - d^3] \text{ at } D$$

Unequal overhangs,  
uniform load

$$R_1 = \frac{W}{2d}(c+d-e)$$

$$R_2 = \frac{W}{2d}(d+e-c)$$

$$(A \text{ to } B) V = -\frac{W}{l}(c-x)$$

$$(B \text{ to } C) V = R_1 - \frac{W}{l}(c+x)$$

$$(C \text{ to } D) V = -\frac{W}{l}(d+e-x)$$

$$(A \text{ to } B) M = -\frac{W}{2l}(c-x)^2$$

$$(B \text{ to } C) M = -\frac{W}{2l}(c+x)^2 + R_1x$$

$$(C \text{ to } D) M = -\frac{W}{2l}(e+d-x)^2$$

$$M = -\frac{Wc^2}{2l} \text{ at } B$$

$$M = -\frac{We^2}{2l} \text{ at } C$$

$M_{\max}$  between supports

$$= \frac{W}{2l}(c^2 - x_1^2) \text{ at } x = x_1$$

$$= \frac{c^2 + d^2 - e^2}{2d}$$

If  $x_1 > c$ ,  $M = 0$  at  $x$

$$= x_1 \pm [x_1^2 - c^2]^{\frac{1}{2}}$$

$x$  is considered positive on both sides of the origin.

$$(A \text{ to } B) y = -\frac{Wx}{24EI} [2d(e^2 + 2c^2) + 6c^2x - x^2(4c-x) - d^3]$$

$$(B \text{ to } C) y = -\frac{Wx(d-x)}{24EI} \left\{ x(d-x) + d^2 - 2(c^2 + e^2) - \frac{2}{d}(e^2x + c^2(d-x)) \right\}$$

$$(C \text{ to } D) y = -\frac{W(x-d)}{24EI} [2d(c^2 + 2e^2) + 6e^2(x-d) - (x-d)^2(4e+d-x) - d^3]$$

$$y = -\frac{Wc}{24EI} [2d(e^2 + 2c^2) + 3c^3 - d^3] \text{ at } A$$

$$y = -\frac{We}{24EI} [2d(c^2 + 2e^2) + 3e^3 - d^3] \text{ at } D$$

This case is too complicated to obtain a general expression for critical deflections between the supports.

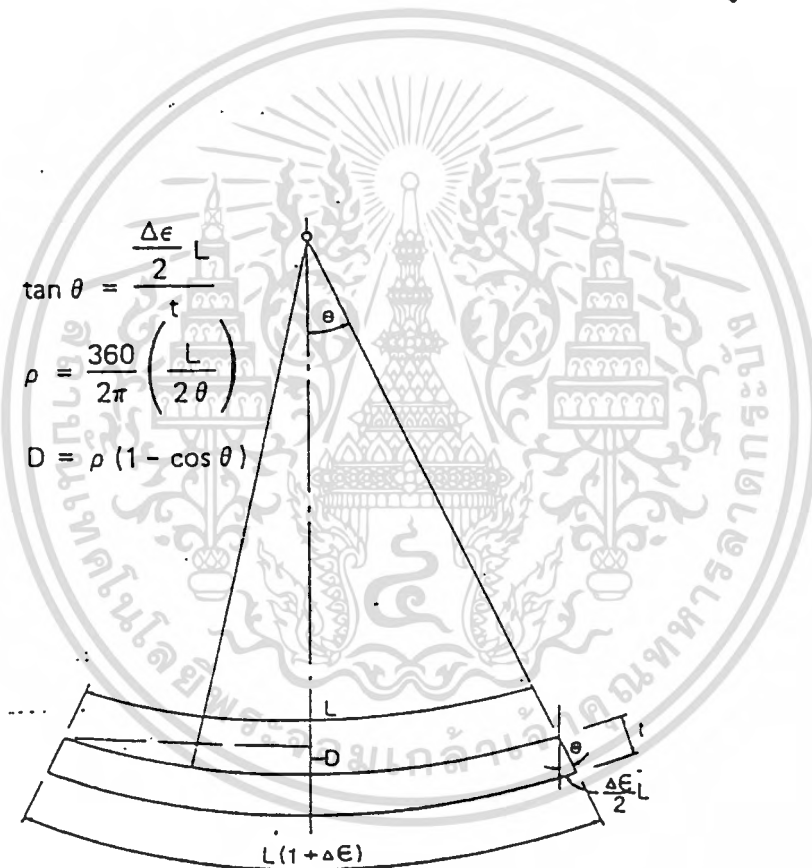
$$\theta = +\frac{W}{24EI} [4c^3 + 4c^2d - d^3 + 2de^2] \text{ at } A$$

$$\theta = -\frac{W}{24EI} [2c^2d + 4de^2 - d^3 + 4e^3] \text{ at } D$$

### 6.6.1 การยับในการเก็บสำรอง

ระหว่างการเก็บสำรอง ความแข็งแรงของคอนกรีต อาจน้อยเกินไป และแผ่นที่เป็นปัญหาที่จะเกิดการยับ, เกิดการโก่ง และเป็นไปได้ที่จะเกิดการร้าว ระหว่างที่มีการเปลี่ยนรูปทรง และเหตุผลเบื้องต้นของการยับคือ ความแตกต่างของอุณหภูมิ และการหดของคอนกรีต และเงื่อนไขในการเก็บสำรอง การที่สามารถทำเป็น ช่วงเล็กๆของแผ่นเล็กๆ ที่จะสามารถรวมเป็นแผ่นใหญ่ได้

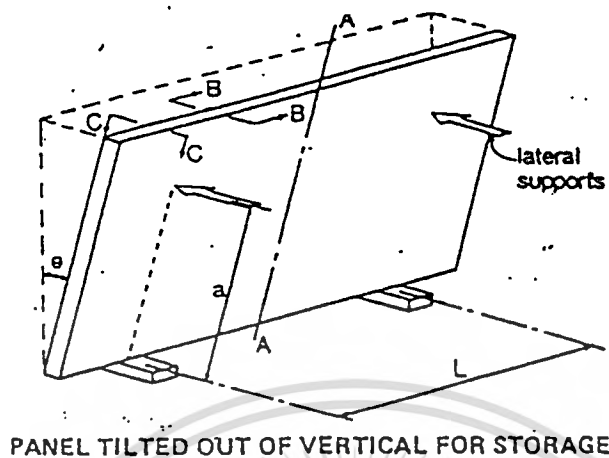
เมื่อความเครียดที่แตกต่างกันบนพื้นผิวเกิดขึ้น สามารถคาดเดาได้ว่าแผ่นจะเกิดการโก่งตัวจากรูปร่างเดิม การประมาณของการงอตัวของแผ่นสามารถคาดเดาได้จากกรณีรูปที่ 6.13



รูปที่ 6.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับชนิดของเงื่อนไขการรองรับแสดงในรูปที่ 6.14



รูปที่ 6.14

การยับ สามารถเกิดใน 2 ทิศทางโดยวิธี Superposition จุดที่มีการยับมากที่สุดสามารถประมาณโดย

$$Y_{\max} = \frac{5w \sin \theta}{384 E_c} \left( \frac{a^4}{I_c} + \frac{L^4}{I_b} \right)$$

$Y_{\max}$  = การงอตัวสูงสุด

$W$  = น้ำหนักแผ่น

$E_c$  = ค่า modulus ความยืดหยุ่นของคอนกรีต

$a$  = ความสูงที่รองรับแผ่น, นิ้ว

$L$  = ระยะทางในแนวนอนระหว่างจุดรองรับ, นิ้ว

$I_c, I_b$  = หน้าที่ดัดที่ไม่มีรอยแตกในการตรวจสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการเขียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณาการยับในการเก็บสำรอง การคืบและหดตัวจะขึ้นอยู่กับเวลาซึ่งควรจะต้องนำมาพิจารณา การเปลี่ยนรูปทรงจะเป็นฟังก์ชันของการจำนวนเหล็กเสริมการเปลี่ยนรูปร่างที่เวลาใด ๆ สามารถประมาณได้ดังนี้

$$Y_t = Y_{\max}(1 + )$$

$$Y_t = \text{เวลาที่ขึ้นกับการเคลื่อนที่}$$

$$Y_{\max} = \text{ระยะที่เคลื่อนที่ขณะหนึ่ง}$$

$$= \text{ตัวขยายระหว่างการหดและการขยายตัว}$$

## 6.7 ความมั่นคงในแนวราบ

ความพยายามที่จะทำให้ความเค้นชั่วคราวของชิ้นส่วนที่ยาวและแคบ มีแรงดันน้อยระหว่างการยก การขนส่งและการประกอบ

ผลจากการเคลื่อนไหวที่ยอมรับได้ ค่าความปลอดภัยควรเพิ่มขึ้นจน 2 เท่า สำหรับการยก

$$Y_t = 2y$$

$$\text{ค่า factor of safety} = Y_t / y$$

$$y = \frac{5W_p L^4}{384 E I_y}$$

$$y = \text{ระยะโก่งสูงสุด}$$

$$W_p = \text{น้ำหนักที่ปลอดภัยขององค์ประกอบ}$$

$$l = \text{ระยะระหว่างคาน}$$

$$I_y = \text{moment of inertia}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับความปลอดภัยในการยกส่วนประกอบที่ยาว จะทำให้แผ่นหักกลางได้ สามารถอ้างได้โดย

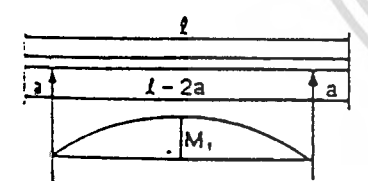
1. การออกแบบที่ moment of Inertialy ,  $I_y$  , เพียงพอ
2. ใช้คอนกรีต ชนิดความแข็งแรงสูง
3. รักษาหน้าหนัก  $w_f$  ให้ต่ำสุด
4. ลดค่า  $\beta_y$  โดยการยกที่ห่างห่างจากปลายชิ้นส่วน
5. การยึดชั่วคราวที่ใช้ยึดด้วยการใช้เหล็กค้ำ, ใช้โครงข้อหมุน หรือใช้โครงท่อน

ในบางครั้งแผ่น 2 แผ่นหรือ มากกว่าสามารถขนส่งไปได้ด้วยกัน ซึ่งจะเสริมความแข็งแรงระหว่างแผ่น

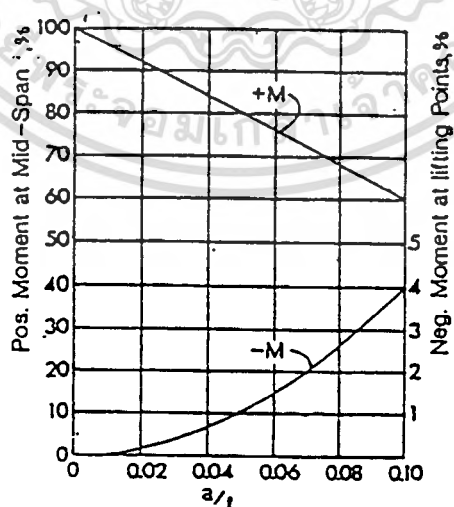
เมื่อมีความแค่นชั่วคราวที่ยอมรับ ได้ตำแหน่งของการยกห่างจากปลายของชิ้นส่วน ซึ่งสามารถเพิ่มความมั่นคงในแนวราบได้ ทำให้แผ่นมีความมั่นคงดั้งเดิมได้ตามรูปที่ 6.15a

ความโค้งที่สามารถแสดงการเปลี่ยนแปลงโมเมนต์ของฟังก์ชันของระยะที่ลดลง ตามรูปที่ 6.15b

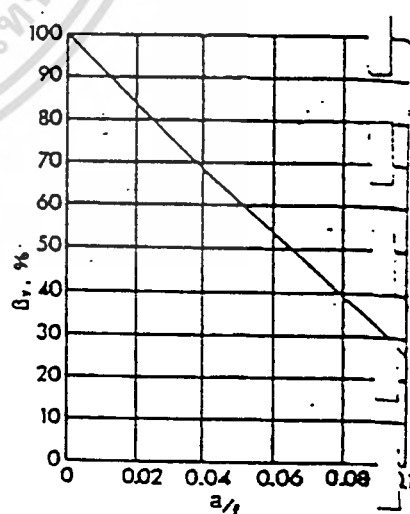
เปอร์เซ็นต์ที่ลดลงในสำหรับ  $\beta_y$  แสดงในรูปที่ 6.15c



(a)



(b)

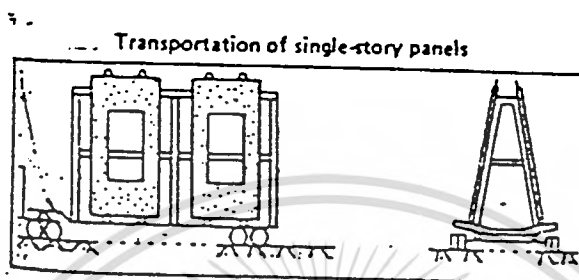


(c)

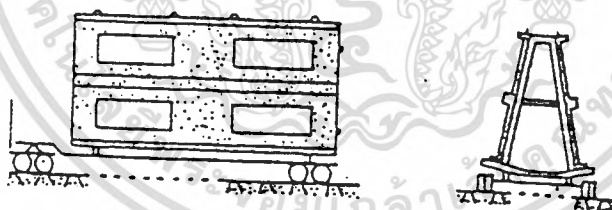
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงหรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 6.8 การขนส่ง

การรองรับแผ่นในการขนส่งโดยใช้จุด 2 จุด ตามความกว้างและความยาวของชิ้นงาน  
ตามรูปที่ 6.16 , 6.17



รูปที่ 6.16

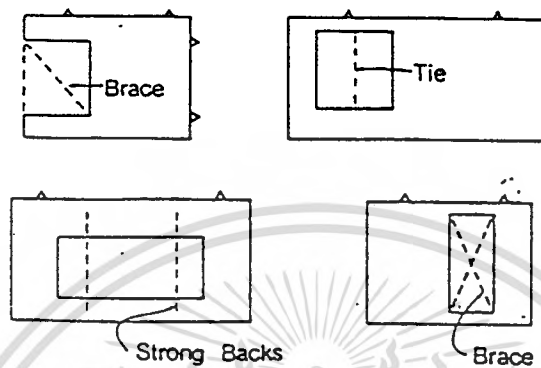


รูปที่ 6.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



### 6.8.1 ความเค้นจากการเคลื่อนที่



รูปที่ 6.18

การหาความเค้นระหว่างที่มีการสั่น สามารถแทนค่าได้จากสมการ

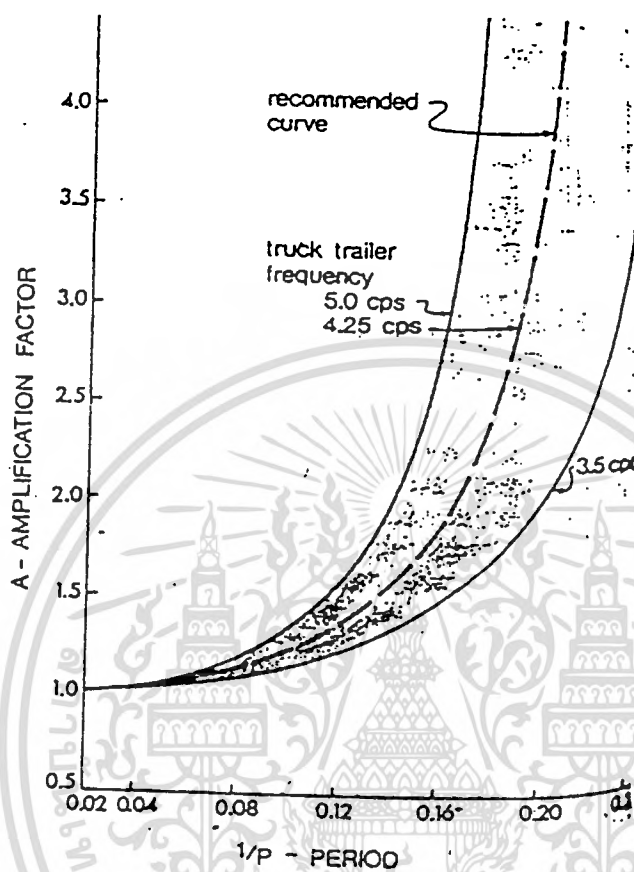
$$W_{cy} = A W_{dl}$$

$$W_{cy} = \text{แรงรับที่เพิ่มขึ้น}$$

$$A = \text{ค่าส่วนประกอบ ที่เพิ่มขึ้น โดยดูจากกราฟ รูปที่ 6.19}$$

$$W_{dl} = \text{น้ำหนักของส่วนประกอบ}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

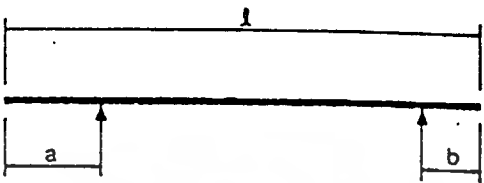


รูปที่ 6.19

ความแน่นอนของข้อมูลสามารถพิสูจน์ได้จากกราฟ ซึ่งจะช่วยให้ข้อจำกัดของความถี่  
ระหว่างการดึงได้ รูปที่ 6.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$f = F \sqrt{\frac{Elg}{wl^4}}$$



where

- $f$  = fundamental frequency, cps
- $g$  = acceleration of gravity, 386 in./sec<sup>2</sup>
- $F$  = factor from table below
- $E$  = modulus of elasticity, psi
- $I$  = moment of inertia, in.<sup>4</sup>
- $w$  = unit weight of beam, pli
- $l$  = total length of beam, in.
- $a$  = length of cantilever at one end, in.
- $b$  = length of cantilever at opposite end, in.

FACTOR F

| a/l | b/l  |      |      |      |
|-----|------|------|------|------|
|     | 0    | 0.1  | 0.2  | 0.3  |
| 0   | 1.57 | 1.92 | 2.30 | 2.37 |
| 0.1 | 1.92 | 2.40 | 2.88 | 2.77 |
| 0.2 | 2.30 | 2.88 | 3.38 | 3.10 |
| 0.3 | 2.37 | 2.77 | 3.10 | 3.04 |

รูปที่ 6.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 6.9 การประกอบ

โดยทั่วไป ในการประกอบจะเกิดปัญหากับบางชิ้นงานได้ ในการออกแบบแผ่นความเค้นที่จำกัดจะต้องมีการพิจารณาการประกอบและการขกในระหว่างมีการประกอบ

จุดศูนย์กลางของแผ่น ควรจะได้รับการคำนวณ และตำแหน่งในการขกจุดศูนย์กลางของน้ำหนักรจะอยู่ใต้ห้วงหลักและใต้จุดยกต่ำสุดของสลิง และที่จะขกควรอยู่ในระนาบที่จะทำการประกอบ ผนังที่เปิดควรระวังเรื่องการแตกร้าวในระหว่างการขกและการประกอบ

การประกอบจะพิจารณาสถานะทั่วไปที่ทำให้เร็วที่สุด มีประสิทธิภาพและปลอดภัย ความเร็วของการประกอบขึ้นอยู่กับตัวยึดที่ใช้ประกอบ และการเรียงลำดับของการประกอบแผ่น และความเป็นไปได้ของตัวยึดนี้จะติดตั้งได้อย่างรวดเร็ว และความสัมพันธ์ในการขกของเกรนในการให้การรองรับ

การติดตั้งในสถานที่ของลำดับของชิ้นงานในการประกอบจะขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ของความเครียดของโครงสร้าง ซึ่งแสดงให้เห็นการด้อยอย่างคร่าวๆ และสถานะที่จำกัดในการถ่ายน้ำหนักควรจะมีโครงสร้างที่สมดุล

## บทที่ 7

### การยึดในคอนกรีตสำเร็จรูป

#### 7.1 กล่าวนำ

ความคิดและการออกแบบการเชื่อมต่อเป็นหนึ่งในปัจจัยที่สำคัญ ที่ทำให้เราสรุปและนำเสนอทั้งด้านความปลอดภัยและเศรษฐกิจ ในการคอนกรีตสำเร็จรูป มีพื้นฐานสำคัญอยู่ 3 ข้อ คือ

1. ความแข็งแรงและการเปลี่ยนรูปร่าง
2. หน้าที่และการให้บริการ
3. กระบวนการประกอบและติดตั้ง

ข้อเพิ่มเติมในการออกแบบตัวเชื่อมต่อ ทำให้มีผลต่อพื้นฐานทางโครงสร้าง ในการรองรับระบบและขนาดของโครงสร้าง ตัวเชื่อมต่อควรจะมีการออกแบบเพื่อการถ่ายน้ำหนัก ซึ่งพิจารณาจาก

1. ความปลอดภัยภายใต้แรงโน้มถ่วง, แรงลม และแผ่นดินไหว
2. ขบวนการในการสร้างหรือประกอบ จะต้องให้มีความเป็นไปได้ในทางเศรษฐกิจ
3. ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงปริมาตรภายใต้สภาวะจะต้องสอดคล้องกับ ระบบ
4. ผลกระทบจากการเคลื่อนย้าย
5. การป้องกันจากการสึกกร่อนและไฟ

การออกแบบตัวเชื่อมต่อ ในพื้นฐานทางวิศวกรรม และใช้ประสบการณ์ ที่สนับสนุนโดยความเหมาะสมในการวิเคราะห์ทางวิศวกรรม

การออกแบบต้องพยายามทำให้การถ่ายน้ำหนักผ่าน ไปยังตัวแทรกและความอ่อนตัว ภายใต้ตัวเชื่อมต่อ เพื่อให้มีความถูกต้องในการคำนวณแรง เหตุผลจากการเปลี่ยนแปลงของปริมาตรทั้งหมดของการเชื่อมต่อ การจะพัฒนาให้มีความยืดหยุ่น รวมทั้งการแตกหักของเหล็ก หรือตัวเชื่อมต่อ หรือการเปราะบางของคอนกรีต ที่เกิดขึ้นภายในคอนกรีต เมื่อได้รับแรงกระแทก มีแรงภายในเหล็กเกิดขึ้นจะทำให้เกิดขอบเขต หรือในการนี้คือจะมีการหยุดเมื่อมีการส่งถ่ายแรงจากคอนกรีตไปยังโครงเหล็ก จำนวนของการถ่ายน้ำหนัก จากจุดไปยังระนาบโครงสร้างจะมีการเก็บแรงไว้น้อยที่สุด โดยเฉพาะตัวเชื่อม 2 จุดจะทำให้มีการถ่ายแรงสู่พื้น การถ่ายแรงจะเป็นแรงโดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของ บริษัท อีเอสเอส จำกัด ไม่สามารถนำออกเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากบริษัทฯ  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวเชื่อมต่อควรมีหลักทางเศรษฐกิจในการสร้างแบบสำเร็จรูป ซึ่งราคาก็ขึ้นอยู่กับตำแหน่งการ  
สร้างของผลิตภัณฑ์ ความขาดแคลนทางด้านวัสดุ ซึ่งเป็นองค์ประกอบ

## 7.2 ชนิดของจุดต่อ

ชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปประกอบไปด้วย ส่วนที่ไม่รับแรงจะยึดติดกับโครงสร้างที่รองรับหรือ เป็นส่วนที่รองรับ โครงสร้างซึ่งอาจเป็นการที่รับน้ำหนักของตัวมันเองและรับแรงจากส่วน  
ต่างๆ ของโครงสร้าง ความแตกต่างของหลักการขึ้นอยู่กับชนิดของตัวเชื่อมต่อ

ดังโครงสร้างที่มีคุณลักษณะของการถ่ายแรง และมีจะงานชนิดของตัวแทรกที่มากมายดัง  
เช่นรูป 5.1

### 7.2.1 จุดต่อแบบกดทับ

จุดต่อแบบกดทับเป็นการเชื่อมภายใน การถ่ายน้ำหนักทางแนวดิ่งที่มีโครงสร้างดังรูป  
7.1a การกดทับอนุญาตให้มีระนาบยาวของพื้นผิวหรือบริเวณที่จำเป็น โดยรูปร่างทั้งหมดและ  
ระนาบจะต่อเนื่องกันหรือตำแหน่งที่ยื่นออกมาหรือ โดยฝังไว้ที่ตอโครงสร้างเหล็กภายในระนาบ  
การถ่ายน้ำหนักจะขึ้นอยู่กับลักษณะของข้อยึดตามข้อกำหนด ส่วนมากในการรองรับระบบจะ  
เป็นจะต้องใช้เหล็กทรงและแผ่นรองกดทับ

ชนิดและวัสดุของแผ่นรองกดทับ จะขึ้นอยู่กับน้ำหนักรับและความสัมพันธ์ในการ  
เคลื่อนที่รับรองโครงสร้างถ้าการแสดงการยอมรับการเคลื่อนที่ที่พื้นอ่อน หรือความฝืดต่ำจะถูกใช้  
อย่างไรก็ตาม ถ้าไม่ยอมให้มีการเคลื่อน วัสดุที่แข็งก็就会被ใช้เช่น แก้ว หรือ แผ่นแข็ง

### 7.2.2 จุดต่อแบบฝังโบลท์

โบลท์ และการยึดภายในมีอยู่ 4 ชนิด ฉะนั้นจะมีคุณสมบัติในการยึดในการติดตั้งดังนี้  
รูปที่ 7.1b

- จุดต่อโดยการฝังโบลท์ในการหล่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารตัวอย่างเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- จุดต่อโดยฝังโบลท์ที่ขยายตัวได้
- จุดต่อแบบไขเหล็กยึด

### 7.2.3 จุดต่อโดยการไขแผ่นเหล็กเป็นตัวยึด

ต้องยึดแบบฝังแผ่นเหล็ก มีไขโดยทั่วไป ในการยึดวัสดุแบนราบหรือตัวยึดให้เชื่อมต่อกับระนาบ พื้นผิวภายนอกของระนาบปกติจะไข คอนกรีตช่วยในการยึด โดยแทนที่แผ่นเชื่อมกับรูปร่างของโครงสร้าง และระนาบที่ขัดกับการหล่อสามารถเพิ่มเข้าโดยการฝังเพิ่มเติมแรงและการกระจายโมเมนต์ เป็นเหมือนการหล่อ โบลท์ และจุดต่อแบบการฝังแบบอื่น

### 7.2.4 จุดต่อที่ใช้การเจาะแล้วฝังโคเวล

เมื่อไม่นานมานี้ได้มีการใช้กาวยีฟอกซี และกาวยีเมนต์ ภายใต้เงื่อนไขทางสนามเพื่อทำให้เกิดความแข็งแรงในขณะเดียวกันก็มีเทคนิคใหม่ในการติดตั้ง การสร้างโคเวลยึด การได้เปรียบอย่างหนึ่งก็คือ สามารถเพิ่มในแบบที่ไม่ได้ออกแบบมารองรับเลย โดยใช้โบลท์เป็นตัวยึด

การยึดด้วย โคเวล-เกาส์ จะทำให้แข็งแรงโดยการยึดกาวยีกับโคเวล และการยึดกาวยีกับคอนกรีต การทำโดยวิธีนี้จะทำให้แข็งแรงขึ้นอยู่กับการหดตัวของคอนกรีต และคุณสมบัติของกาวยี

การหดตัวและการขยายตัวของกาวยีมีความสัมพันธ์กับ โคเวล-เกาส์ ที่เป็นตัวยึดโคเวล ถูกออกแบบมาเพื่อทำการหล่อเหล็กบางหรือการเจาะเพื่อยึด

ตัวยึดโคเวลอีฟอกซี มีคุณสมบัติในการยึดกับคอนกรีต ขึ้นอยู่กับแรงเฉือนหรือความแข็งแรงต่อการแยกตัวของคอนกรีต หรือความแข็งแรงของจุดต่อ ตัวเชื่อมจะอยู่ในรูปของเหล็กเส้นหรือโบลท์ที่ถูกเพิ่มเข้าไปภายหลังจากการเจาะรูภายในวัสดุที่ได้เตรียมในการสอดเข้าไป โคเวลอีฟอกซี ตัวยึดจะอยู่ภายใต้อุณหภูมิและผลจากการหดตัวของกาวยีและคอนกรีต

### 7.2.5 ระบบยึดพิเศษ

เป็นการยึดแบบพิเศษ ที่ใช้ในงานใหญ่ สามารถทำให้แน่นได้ตามขนาดที่ต้องการจะเปลี่ยนมืออยู่ 3 แบบ ที่สามารถจัดระดับ รูปที่ 7.1e แรงและการถ่ายโมเมนต์ ทางกลไกสามารถวิเคราะห์ได้จากคุณสมบัติที่ให้เป็นตัวยึด เนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





## 7.8 คำแนะนำสำหรับแผนที่ไม่ได้รับน้ำหนัก

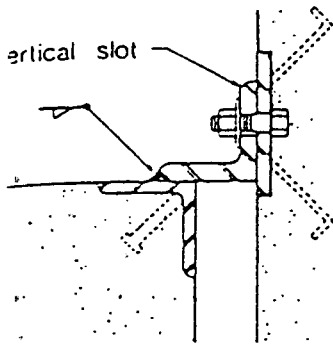
### 7.8.1 การพิจารณาโดยทั่วไป

มีขนาดและรูปร่างมากมายของพื้นสำเร็จ ที่นำมาทำการเชื่อมต่อ ยกตัวอย่างการออกแบบแต่ละงาน การกำหนดและการจัดจำแนกของมาตรฐานในการยึด ดูได้จากการวิเคราะห์ระบบของแรงและการเคลื่อนที่ของระนาบตามที่ระบบต้องการ การออกแบบและรายละเอียดของการยึดจะต้องพิจารณาดังต่อไปนี้

1. ความสามารถในการถ่ายน้ำหนัก แรงจากระบบที่กระทำกับวัสดุจะต้องถ่ายไปยังการยึดที่รองรับโครงสร้าง
2. การเชื่อมต่อ ตามจริงการประเมินการควบคุมของจุดที่แรงจะต้องกระทำ ในการผลิตและการสร้าง จะพิจารณาจากการเปลี่ยนปริมาตร การทรุดตัวของฐานราก ระดับชั้นที่แตกต่าง และผลจากการเกิดแผ่นดินไหว
3. การป้องกัน การเตรียมการป้องกันวัสดุ จะต้องให้รายละเอียดที่จะใช้ในการยึด อาจจะมีการสึกกร่อนได้

ถ้าขาดการป้องกันวัสดุและการขาดคุณสมบัติของการยึดเหล็ก จะทำให้เกิดปัญหาในการทำตัวแทรกต่อ ซึ่งจะมีข้อแนะนำดังนี้

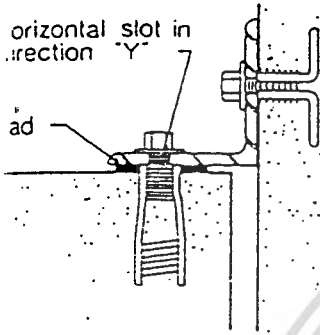
การยึดจะต้องอยู่ภายใต้การวิเคราะห์ความเค้น การผ่านแรงไปยังตัวยึด ซึ่งเป็นไปได้ ผลจากความเค้นโดยการเปลี่ยนขนาด เพื่อความเหมาะสม อัตราของความเค้นที่ผ่านไปยังการยึดควรจะน้อยที่สุด และการเพิ่มประสิทธิภาพของตัวยึด



- Concrete to Anchors
- Anchors to Plate
- Plate to Bolt
- Bolt to Angle
- Angle to Stud
- Stud to Concrete

## 7 Force Transfers

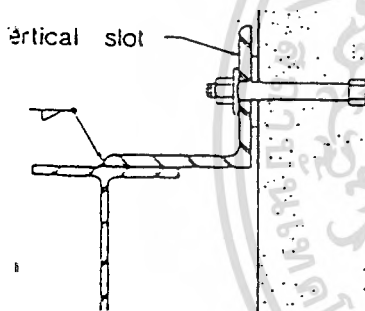
### Horizontal Load Transfer in X & Y Direction



- Concrete to Insert
- Insert to Bolt
- Bolt to Angle
- Angle to Bolt
- Bolt to Insert
- Insert to Concrete

## 6 Force Transfers

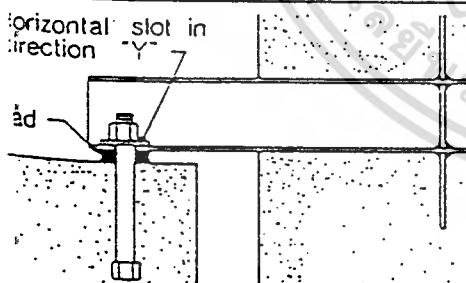
### Horizontal Load Transfer in X Direction & Vertical Load Transfer



- Concrete to Bolt
- Bolt to Angle
- Angle to Support

## 3 Force Transfers

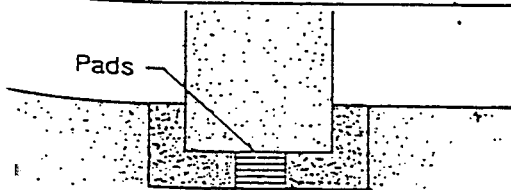
### Horizontal Load Transfer in X or Y Direction



- Concrete to Embedded Shape
- Embedded Shape to Bolt
- Bolt to Concrete

## 3 Force Transfers

### Horizontal Load Transfer in Direction X & Vertical Load Transfer



- Concrete to Grout
- Grout to Support

## 2 Force Transfers

### Horizontal Load Transfer in Direction X & Y & Vertical Load Transfer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 7.2

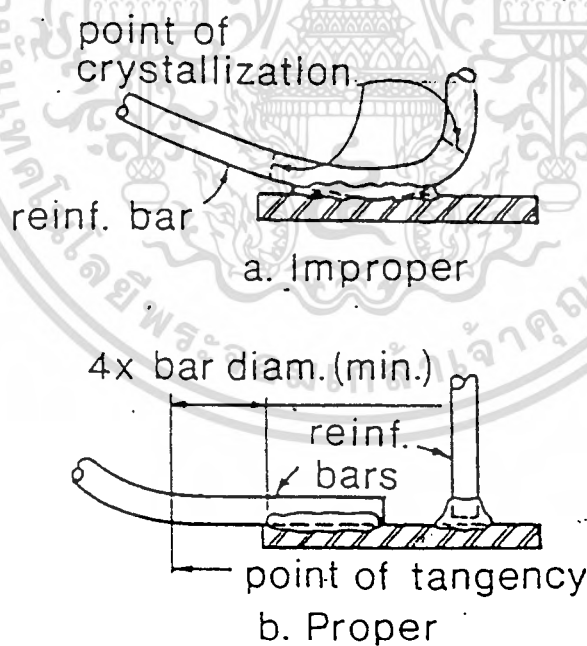
### 7.3.2 การพิจารณาการผลิต

#### ขนาดที่เป็นมาตรฐาน

การมีมาตรฐานของการยึดเป็นสิ่งสำคัญที่ยอมรับในการออกแบบ เนื่องจากจะช่วยให้การพัฒนาคุณภาพให้ดีขึ้นและยังมีส่วนช่วยในการผลิตทางอุตสาหกรรมด้วย

#### การเสริมเหล็กในการเชื่อมต่อ

รายละเอียดของค้ำยึดด้วยเหล็กเสริม ทุกตัวต้องการขนาดที่แน่นอนว่าจะเพียงพอต่อระยะช่องว่าง ที่สามารถทำให้เกิดผลผลิตได้ เพื่อจุดประสงค์ในการวางตำแหน่งเหล็ก



รูปที่ 7.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## รูปร่างของเหล็กที่ต้องการจะฝัง

รูปร่างของเหล็กที่ต้องการจะฝังมักจะถูกมองข้ามในการออกแบบ ซึ่งเหล็กที่ฝังอยู่จะมีผิวหน้าติดกับแบบ ถ้าไม่ได้ป้องกันในแบบพวกมันอาจเอียง จากตำแหน่งที่ต้องการ ซึ่งจะทำให้ไม่สามารถรองรับหรือกระจายแรงได้ตามต้องการ

ซึ่งในการผลิตควรจะทราบค่าการทรุดตัวที่แน่นอนของคอนกรีตหลังจากการฝังแผ่นเหล็ก ซึ่งทำให้เกิดช่องอากาศตามรูปร่างของเหล็ก

## การสอด

การสอดจะต้องมีที่ที่ถูกต้องแม่นยำ ซึ่งขึ้นอยู่กับตำแหน่งวิกฤตสำหรับการฝัง จะต้องมีความพอดีเพื่อจะสะดวกในการติดตั้ง อุปกรณ์ส่วนใหญ่ควรจะถูกเก็บโดยปราศจากฝุ่น โดยการเคลือบพลาสติก

## ระยะวาง

การเพื่อระยะในการติดตั้งให้มีความพอดีกับอุปกรณ์และอาจจะเผื่อเล็กน้อย

## ค่าที่ยอมรับได้

ความผิดพลาดที่สามารถอนุโลมให้ใช้ได้ในการประมาณ การเพื่อระยะในการใช้งานจริงๆ

## การตรวจสอบ

เมื่อมีการออกแบบและติดตั้งจะต้องมีการตรวจสอบคอนทักซ์ว่าเป็นไปตามที่ต้องการหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การป้องกัน

การกีดกันสามารถป้องกันได้ โดยพิจารณาจากความเป็นไปได้ ตามการประมาณตามลำดับราคานี้เพิ่มขึ้นต่อไปนี้

1. ทาด้วยสีรองพื้น
2. เคลือบด้วยสังกะสี
3. ชุบโครเมียม
4. ใช้กระบวนการกลวไนซ์
5. ใช้สแตนเลสสตีล

### 7.3.3 การพิจารณาในการประกอบ

#### ค่าที่ยอมรับได้

มีอยู่ 3 แบบที่ยอมรับให้มีการผิดพลาดเกิดขึ้นได้คือ การเปลี่ยนในความยาว ความสูงและความหนา ในแนวดิ่งจำเป็นต้องพิจารณาความเป็นไปได้ ในการหมุนและความไม่สม่ำเสมอของพื้นผิว

#### ระยะว่าง

ความผิดพลาดที่จะต้องให้มีระยะว่างพอเพียงจำเป็น สำหรับการออกแบบ พิจารณาได้จากสิ่งต่อไปนี้

1. ความเหมาะสมของการเคลื่อนที่ระหว่างชิ้นส่วนปรับแต่ง
2. การจัดหาขนาดที่เป็นไปได้ของการเปลี่ยนแปลงและการไม่ตรงแนว
3. การจัดหาพื้นที่ทำงานซึ่งจะทำการยึด บริเวณที่เพียงพอในตัวแทรก หรือพอเพียงที่จะทำการขันโบลท์ให้แน่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## โครงสร้างที่รองรับ

โครงสร้างที่รองรับ มีผลต่อการเลือกชนิดของคอนกรีต การโค้งงอมีผลจากระบบค้ำยัน อ่อนเกินไปหรือบริเวณนั้นอ่อนหรือมีความแข็งแกร่งของการยึด ข้อจำกัดควรทำให้หมดไป พิจารณาจากการเชื่อมต่อเริ่มต้น และการเชื่อมต่อในระยะเวลานานซึ่งมีสาเหตุมาจากการคืบของระบบรองรับ

## จุดต่อชั่วคราว

การวิเคราะห์ทุกส่วนของโครงสร้างอาจจำเป็นที่จะต้องมีส่วนที่ใช้ได้โดยการยึด และในการวิเคราะห์ซึ่งไปว่าส่วนใดที่จะต้องให้การหล่อสำเร็จ ซึ่งจะดีกว่าในการแก้ปัญหาด้านเศรษฐกิจ ซึ่งต้องนำการยึดแบบชั่วคราวมาใช้ในการสร้างการถ่ายน้ำหนัก

## การเชื่อมในสนาม

การเชื่อมตัวยึดเป็นสิ่งจำเป็น จะถูกแสดงโดยการรับรองตามแนะนำของการสร้างและแบบ ควรจะทำให้เด่นชัดตามชนิด, การขยาย, ลำดับ ถ้าเกิดวิกฤตของตำแหน่งเชื่อมอาจใช้ AWS D1.1-75<sup>1</sup> and AWS D 12.1-75

## การต่อคอนกรีต

ที่เป็นไปได้ว่ารายละเอียดของตัวยึดของรูปแบบ การยึดควรจะทำตามรูปแบบของคอนกรีต และงานต่อการเคลื่อนย้ายไปหน้างาน

## การพิจารณาอุปกรณ์เพิ่มเติม

การพิจารณาตัวยึด รายละเอียดของตัวยึดของการสร้างควรจะเป็นมาตรฐาน การทำซ้ำๆ ของการยึด จะทำให้คุณภาพในการควบคุมงานสนาม และนำไปสู่การนำเสนอโครงสร้างที่ดีกว่ามากไปกว่านั้นการเป็นมาตรฐานยังง่ายต่อการเคลื่อนย้ายซึ่งเป็นเหตุในการล่าช้าและเพิ่มค่าใช้จ่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความปลอดภัยในการประกอบ

องค์ประกอบการยึดควรจะเป็นการสร้างผ่านที่รองรับ โดยปราศจากการก้ำกั้นชั่วคราว ควรจะสามารถรับแรงชั่วคราวหรือแรงจากการเคลื่อนไหว ที่มีการต้องการสร้างกาวยึดแบบพิเศษก็ ควรจะอนุญาตเพื่อการบรรเทาหรือตัดออก ของช่วงเวลาที่สะสมของตัวยึดแบบถาวร

7.3.4 ระบบแรง

ระบบแรงในการยึดเป็นการรวบรวมแรงทั้งหมดส่งไปยังตัวยึด

ชนิดของน้ำหนัก

พื้นสำเร็จทุกชนิด การยึดจะต้องออกแบบเพื่อต้านแรงดึงดูดของโลก แรงจากลม จากแผ่น ดินไหว ตัวยึดจะต้องต้านแรงที่เปลี่ยนแปลงของระนาบ เมื่อมีการยึดของตัวเชื่อม และลงไปสู่ ระนาบ โดยการยึดที่แตกต่างกันจะเคลื่อนที่ระหว่างระนาบและโครงสร้าง

ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงปริมาตร

ระนาบป้องกันและระนาบจะมีการเปลี่ยนทันทีในพื้นที่หน้าตัด โดยเฉพาะจุดอ่อนที่ร้าว, ขั้วและจากผลกระทบอื่นๆ ถ้าจะไม่พิจารณาการยึดของปริมาตรการเปลี่ยนรูปร่าง การติดตามดู การออกแบบเพื่อให้เข้าใกล้ปริมาณการเปลี่ยนแปลงที่เล็กน้อยและจุดประสงค์ของประสิทธิผลควร จะยอมรับที่ตำแหน่งทดสอบและค่าที่ได้จากการทดลอง

อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง

$E_f = CAFL$

$E_r = \text{ความยาวที่เปลี่ยนระหว่างอุณหภูมิ}$

$C = \text{Thermal coefficient of expansion in/in/F}$  ตารางที่ 2.2

$\Delta F = \text{ค่าเฉลี่ยที่เปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ, F}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### การหดตัว

$$E_s = km (E_{s2} - E_{s1})$$

$E_s$  = ความไม่แน่นอนของความเครียดของการหดตัวที่ ให้ระหว่างช่วงเวลา  $t_1$  ถึง  $t_2$

$E_{s2}, E_{s1}$  = ความไม่แน่นอนของความเครียดของการหดตัวที่เวลา  $t_1$  และ  $t_2$  ในรูปที่ 2.7 และ รูปที่ 2.8

$km$  = ส่วนของปริมาตรซึ่งขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของปริมาตรต่อพื้นที่

### การเปลี่ยนแปลงของการคืบ

$$E_c = k_p k_m (E_{c2} - E_{c1})$$

$E_c$  = ความเครียดที่ไ้มาจากช่วงเวลา  $t_1$  ถึง  $t_2$

$E_{c2}, E_{c1}$  = มาตรฐานความเครียดของการคืบ

$k_m$  = มวล

$k_p$  = ความสัมพันธ์ของส่วนของการคืบ

$t_1$  = เวลาเริ่มต้นหลังจากการหล่อ ปกติเวลาในการสร้าง 30 วัน

$t_2$  = เวลาหลังจากการหล่อนั้น 400 วัน

$$\Delta_c = E_c l$$

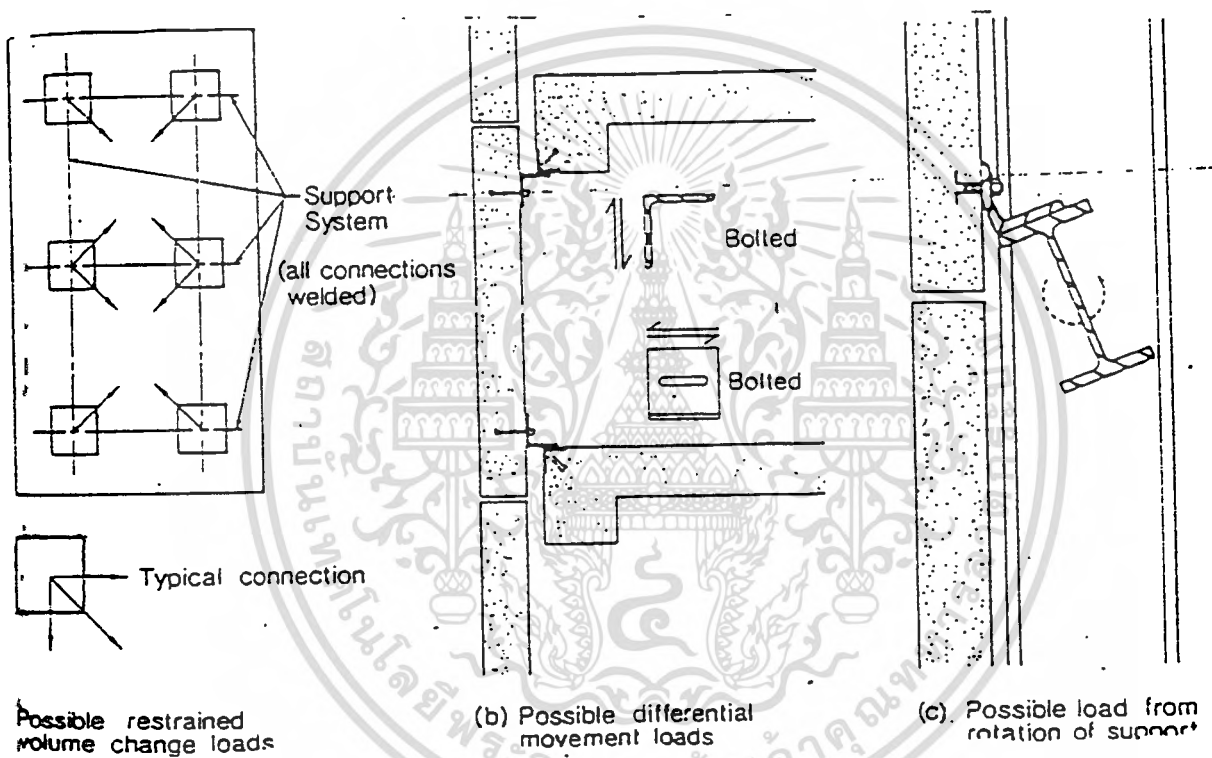
$\Delta_c$  = ความยาวที่เปลี่ยนไปของการคืบ

### แรงจากความแตกต่างของโมเมนต์ระหว่างผนังและโครงสร้างที่รองรับ

ความแตกต่างระหว่างการเคลื่อนย้าย พื้นสำเร็จ ผนังบางและการรองรับโครงสร้างจะต้องพิจารณาจากการออกแบบ แรงที่กระทำ ความเครียดย้อนกลับ ปริมาณการแปลงทรงปกติ เป็นผลมาจาก ความแกร่งของตัวยึดที่อยู่ตรงข้างกับพื้นสำเร็จดังรูป 7.4a ความแตกต่างของแรงสามารถพิจารณาตัวเชื่อม เพื่อให้รองรับงานแสดงในรูป 7.4b

เอกสารนี้เป็นเอกสารทบทวนเวลาสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



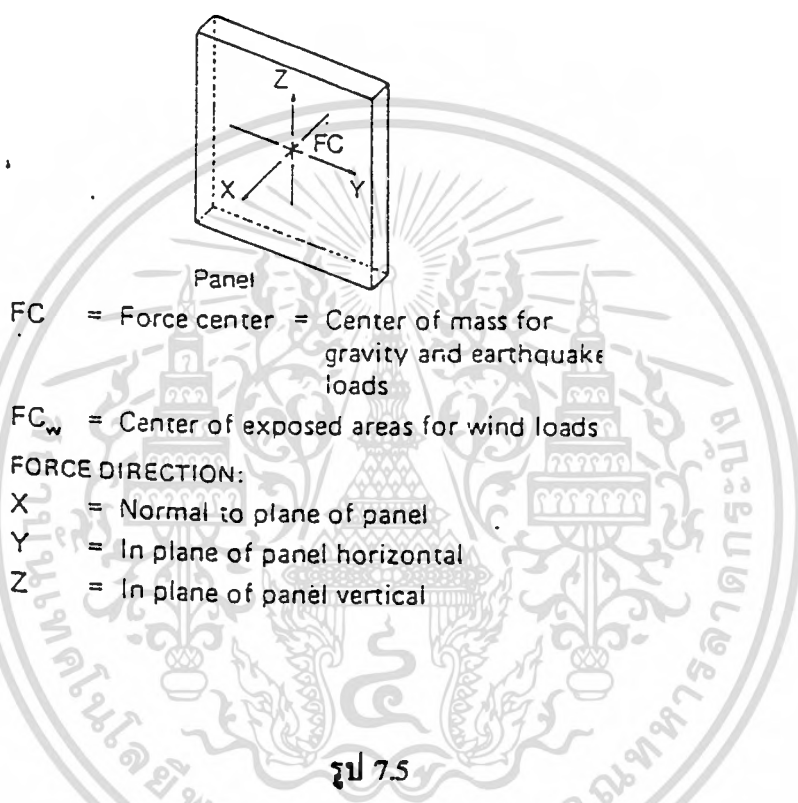


รูป 7.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.3.5 ขนาดที่ใช้งานของผนังและตำแหน่งของตัวยึด

ตำแหน่งและทิศทางของแรงจะมีผลต่อระนาบ x-y-z ดังแสดงในรูป 7.5



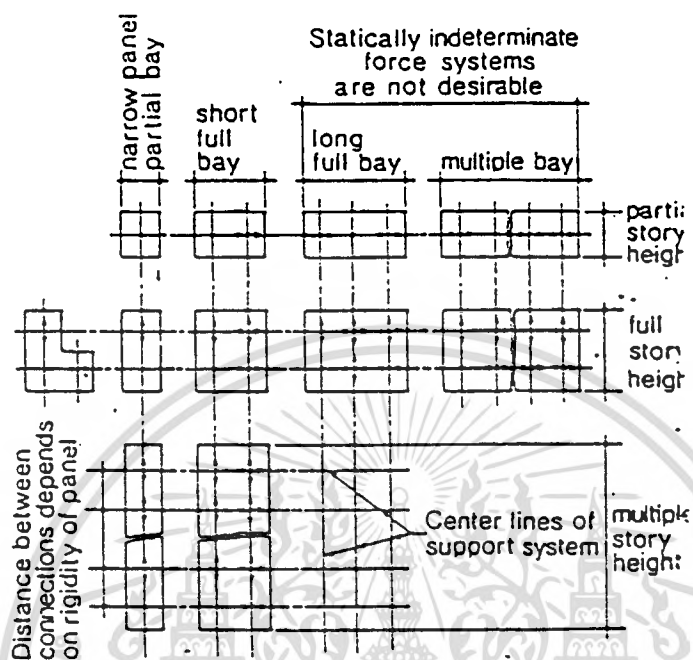
คุณสมบัติของการถ่ายแรงของตัวยึดจะอยู่ในทิศทางที่เป็นไปได้ แรงจะถูกส่งผ่านไปยังตำแหน่งโดยสัญลักษณ์ที่แสดงในรูป 7.6

| Symbol | Force Transfer Possible<br>In Direction Of |   |   | Designation Of<br>Connection |
|--------|--------------------------------------------|---|---|------------------------------|
|        | X                                          | Y | Z |                              |
|        | •                                          | • | • | X-Y-Z Connection             |
|        | •                                          | • | • | X-Y Connection               |
|        | •                                          |   |   | X-Z Connection               |
|        | •                                          |   |   | X Connection                 |

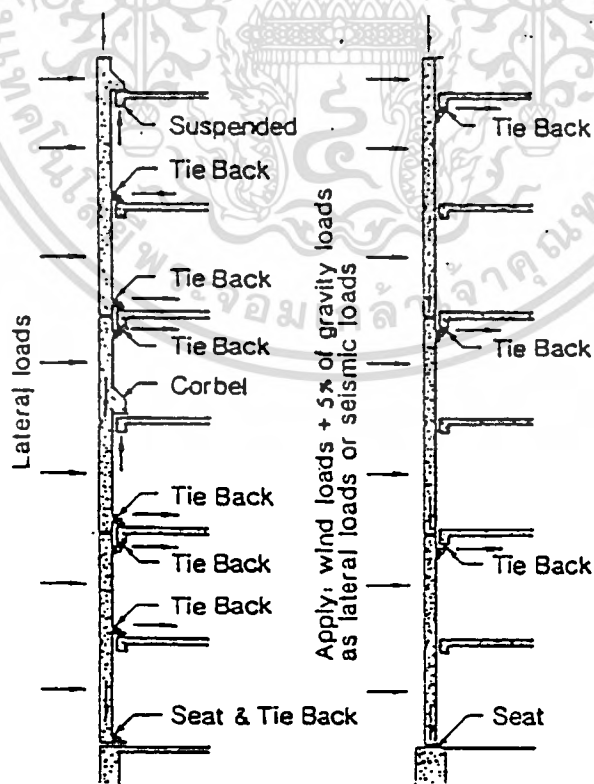
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 7.6

เส้นแสดงขนาดของระนาบและตำแหน่งถูกตัวยึด ที่ใช้หลักทางเศรษฐกิจความปลอดภัย และสถาปัตยกรรมและทางคานวิศวกรรม ตามรูป 7.7



รูป 7.7



รูป 7.8 - 7.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เฉพาะภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 7.3.6 การพิจารณาการออกแบบโครงสร้าง

แรงดึงดูดและตัวรับน้ำหนักชั้นสุดท้ายของตัวยึดแสดงดังรูป 7.8 และ 7.9

พิจารณาความเป็นไปได้ของระดับชั้นต่างๆ ของระนาบ ดังรูป 7.9

#### แรงจากแผ่นดินไหว

แรงจากแผ่นดินไหวต่อตัวยึด  $F_p$

$$F_p = ZIC_pSW_p$$

$$C_p = 2.0$$

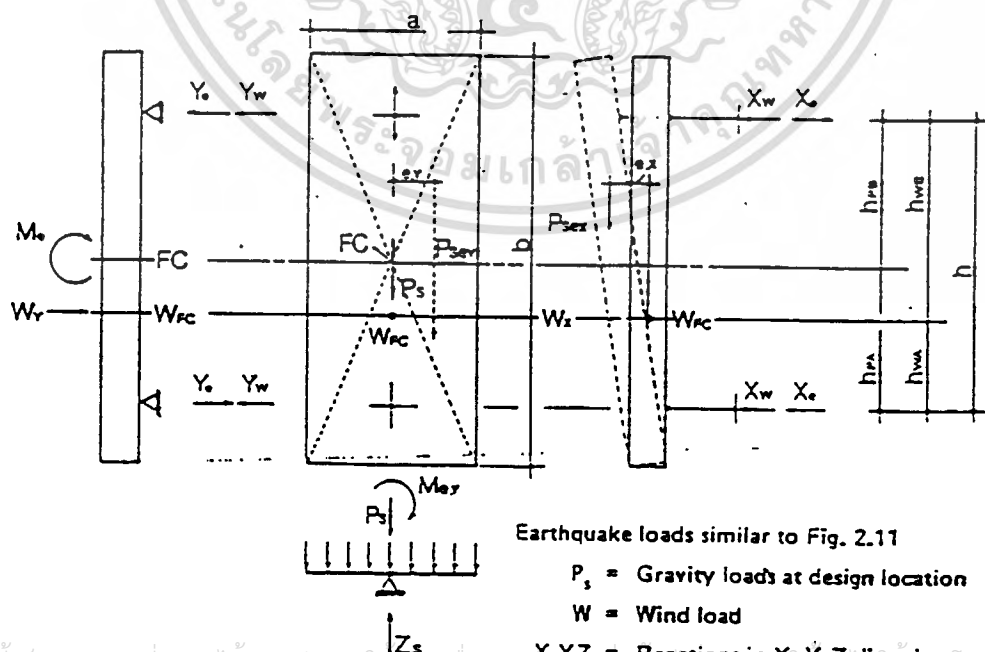
$I$  = สัมประสิทธิ์ของระยะเวลา

$S$  = ค่าคงที่ของการเกิดทำทอนต่อโครงสร้าง

$$IS = 1 \text{ ถ้า } C_p = 2$$

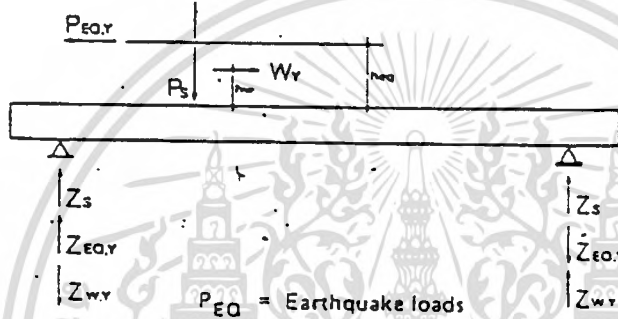
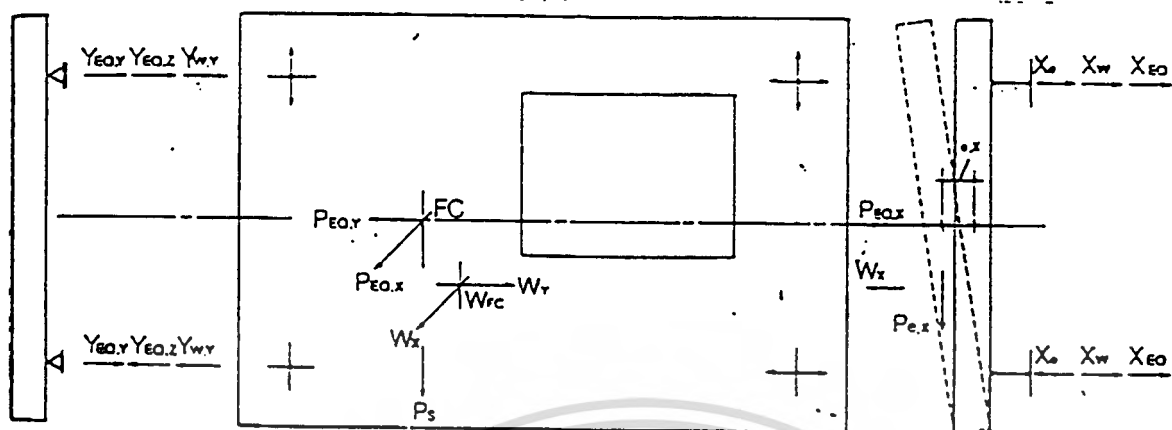
$Z$  = ค่าความรุนแรงของการเกิดแผ่นดินไหว

$W_p$  = น้ำหนักของระนาบ

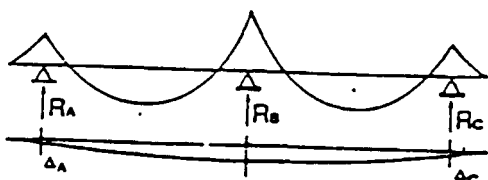
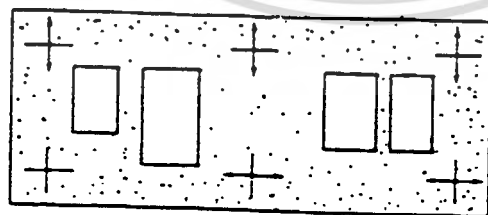


รูป 7.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



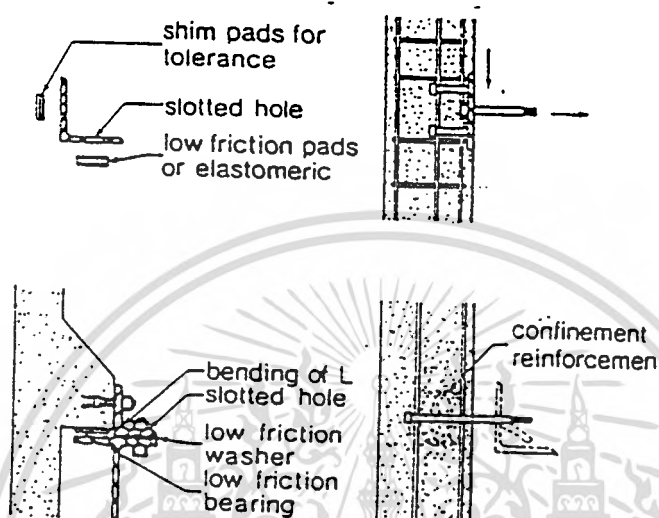
รูป 7.11



Elastic supports

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 7.12

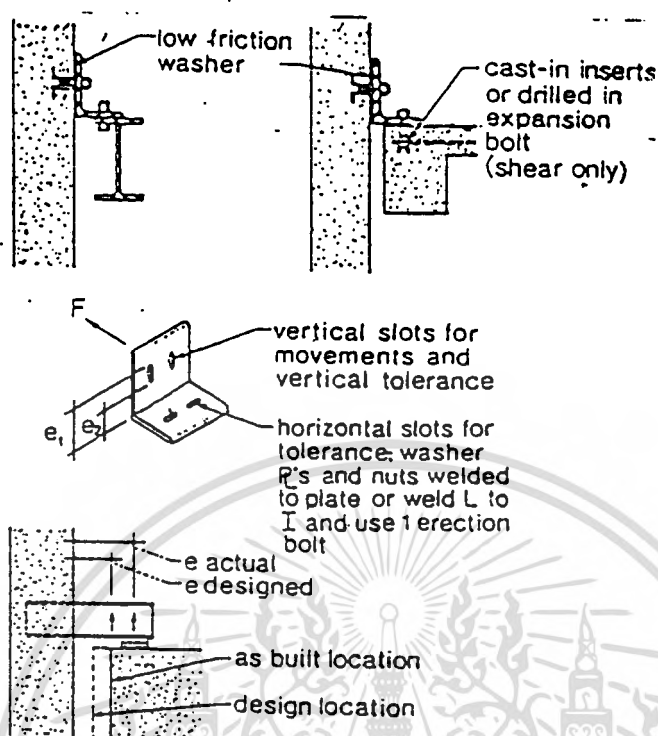


รูป 7.13

### ความเค้นที่เพิ่มขึ้นจากการเยื้องศูนย์

การเพิ่มความเค้นขณะที่เยื้องศูนย์ เป็นเหตุมาจากชนิดและรูปทรงของตัวยึด และจำเป็นต้องการประกอบและค่าความผิดพลาดที่ยอมรับได้ ขนาดของตัวยึดมีผลต่อการเยื้องศูนย์ ที่รองรับและจุดศูนย์ถ่วง ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดและข้อกำหนดของตัวยึดและผลจากการเยื้องศูนย์ แรงตรงบนระนาบ จะทำการปรับเพื่อรวมจากแรงเฉือน-ค้ำ หรือแรงเฉือน-อัด และการเพิ่มโมเมนต์สำหรับตัวยึดเป็นไป ได้จะมีโมเมนต์ย้อนกลับจากตัวยึดกับระนาบ พิจารณาจากการประกอบในสนามสถานะที่นี้ว่ามาก ก่อนที่จะรวมความผิดพลาด สำหรับการออกแบบให้ผ่าน รูป 7.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 7.14

### 7.3.7 ส่วนประกอบความปลอดภัย

เราจะประยุกต์ขึ้นอยู่กับนักออกแบบตามความเหมาะสมและดุลยพินิจดังต่อไปนี้

1. ชนิดของความเสียหาย คอนกรีตหรือเหล็ก
2. การคาดการณ์ของน้ำหนักที่ใช้
3. ความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้น
4. ความผิดพลาดที่ยอมรับได้และการควบคุมคุณภาพของการประกอบและการก่อสร้าง
5. ความผิดพลาดที่เกิดจากมนุษย์
6. เศรษฐกิจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

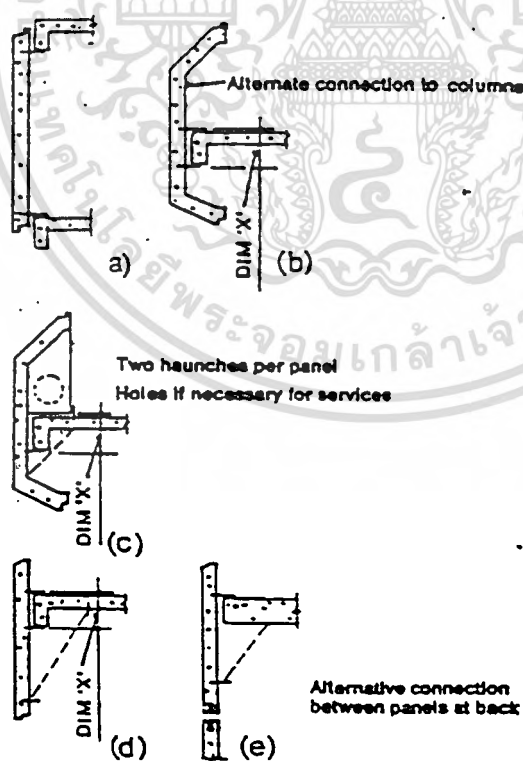
### 7.3.8 ค่าความผิดพลาดที่ยอมรับได้

จากการทดลองพบว่าการเพิ่มบางส่วนของแบบเพื่อรองรับระบบคือการเคี้ยว การเพิ่มความน่าจะเป็นที่จะเกิดการขุดตัวในการก่อสร้าง ความยืดหยุ่น การเปลี่ยนแปลงรูปร่าง สำหรับค่าสูง การโค้งงอและน้ำหนักที่แน่นอน มีผลต่ออุณหภูมิ การเคลื่อนที่ จำเป็นต้องนำมาพิจารณา

การแนะนำให้เพื่อ (+)(-) 1 in ก็เพื่อให้ตัวคิดเพี้ยนมีความเพียงพอสำหรับการเฉลี่ยในการสร้างเพื่อรองรับระบบหรือการคาดหวั่งการเป็นมาตรฐานการขนส่ง จะต้องการให้มีคลาดเคลื่อนได้กว้างมากๆ เช่น รูที่เจาะไว้สำหรับโดเวล, แผ่นเหล็กรองรับ, ระดับ โบลท์ และเป็นหน้าที่ที่มีการยืดหยุ่นได้ใช้คุณสมบัติเหล่านี้ใช้เป็นตัวยึดในการติดตั้งผนังต่างๆ

### 7.4 ตำแหน่งของรอยต่อ

ตำแหน่งของจุดเชื่อมตามแนวนอน เป็นส่วนหนึ่งของความเหมาะสมทางเศรษฐกิจของตัวยึด ซึ่งความแตกต่างของตำแหน่งจะมีการตอบสนองตามรูปแบบที่นำเสนอในรูป 7.15



รูป 7.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



7.5 การวิเคราะห์และการออกแบบจุดต่อ

7.5.1 ทั่วไป

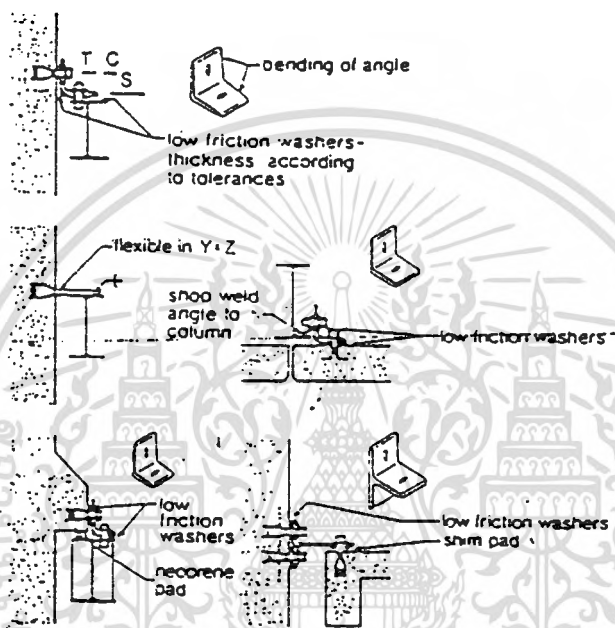
การวิเคราะห์การออกแบบของตัวยึด เป็นพื้นฐานบนกฎของกลศาสตร์และความแข็งแรงของวัสดุ พื้นฐานที่ถูกต้องของการออกแบบ จะต้องอยู่กับความเหมาะสมของขนาดและแรงนี้ส่งผ่านหรือต้านทานไว้

ความพึงพอใจของการยึดแสดงใหญ่ในตาราง 7.1

| Failure In:  | Cladding                              |                       | Connector |                       | Support Element |                             |                   |
|--------------|---------------------------------------|-----------------------|-----------|-----------------------|-----------------|-----------------------------|-------------------|
| Failure Type | Concrete                              | Steel                 | Concrete  | Steel                 | Concrete        | Steel                       | Pads              |
|              | Cone or Wedge Bearing                 | Tension Shear Bending |           | Tension Shear Bending | Bearing         | Bending Shear Web Crippling | Compression Shear |
|              | Bond Development Friction Development | Tension Shear Bending |           | Tension Shear Bending | Bearing         | Bending Shear Web Crippling | Compression Shear |
|              | Cone or Wedge Weld Shear Bearing      | Tension Shear         |           | Weld Tension Shear    | Bearing         | Bending Shear Web Crippling | Compression Shear |
|              | Cone or Wedge Bearing                 | Loop (Tension)        |           | Tension Shear Bending | Bearing         | Bending Shear Web Crippling | Compression Shear |
|              | Splitting                             | Tension Shear         |           | Tension Shear Bending | Bearing         | Bending Shear Web Crippling | Compression Shear |
|              | Shear Bearing                         | Tension Shear         | Bearing   | Shear Bending         | Bearing         |                             | Compression Shear |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเฉพาะเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่สำคัญของแรงดึงและแรงอัดของการยึด ส่วนแรงอยู่กับการยึดรั้งซึ่งยึดหุ่นจะไม่เคลื่อนที่ดังรูป 7.16



รูป 7.16

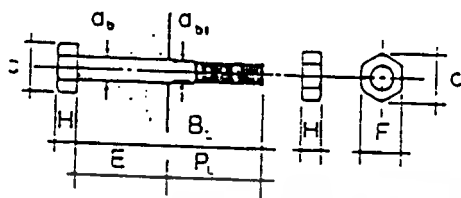
7.5.3 โบลท์, เหล็กเส้น และสตั๊ด

โบลท์, เหล็กเส้น และสตั๊ด จะถูกหล่อในคอนกรีต และจะยื่นออกมาจากพื้นผิวเพื่อให้เป็นตัวยึด ซึ่งใช้ในผนังยึดเป็นส่วนใหญ่

คุณสมบัติทางกายภาพและการใช้งาน

คุณสมบัติและคุณลักษณะของความแข็งแรง ส่วนใหญ่ใช้ชนิดของโบลท์และพื้นที่หน้าตัด

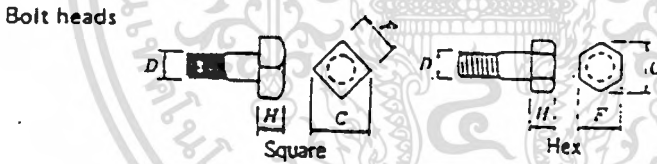
เอกสารอ้างอิง 7.1 และรูป 7.17 กับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Types: ASTM A307 A325

รูป 7.17

The American National Standards Institute (ANSI B1.1) มีเกณฑ์ของสลักหัวเกลียวและประเภทของสลักเกลียว ที่กำหนดและความคลาดเคลื่อนที่แสดงในตาราง 7.2

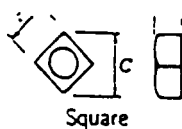


Bolt head dimensions, rounded to nearest 1/16 inch, are in accordance with ANSI B1.2.1—1965 (Square and Hex)

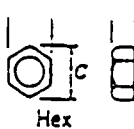
| Standard Dimensions for Bolt Heads |            |            |             |            |            |             |            |            |             |
|------------------------------------|------------|------------|-------------|------------|------------|-------------|------------|------------|-------------|
| Diam.<br>of Bolt<br>D              | Square     |            |             | Hex        |            |             | Heavy Hex  |            |             |
|                                    | Width<br>F | Width<br>C | Height<br>H | Width<br>F | Width<br>C | Height<br>H | Width<br>F | Width<br>C | Height<br>H |
| In.                                | In.        | In.        | In.         | In.        | In.        | In.         | In.        | In.        | In.         |
| 1/2                                | 3/4        | 1-1/16     | 3/8         | 3/4        | 7/8        | 3/8         | 7/8        | 1          | 5/16        |
| 5/8                                | 15/16      | 1-5/16     | 7/16        | 15/16      | 1-1/16     | 7/16        | 1-1/16     | 1-1/4      | 7/16        |
| 3/4                                | 1-1/8      | 1-9/16     | 1/2         | 1-1/8      | 1-5/16     | 1/2         | 1-1/4      | 1-7/16     | 1/2         |
| 7/8                                | 1-5/16     | 1-11/16    | 5/8         | 1-5/16     | 1-1/2      | 5/8         | 1-7/16     | 1-11/16    | 9/16        |
| 1                                  | 1-1/2      | 2-1/8      | 11/16       | 1-1/2      | 1-11/16    | 11/16       | 1-5/8      | 1-7/8      | 5/8         |
| 1-1/4                              | 1-7/8      | 2-5/8      | 7/8         | 1-7/8      | 2-1/8      | 7/8         | 2          | 2-5/16     | 7/8         |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 7.2



Square



Hex

Nut dimensions, rounded to nearest  $\frac{1}{16}$  inch, are in accordance with ANSI B18.2.2-1965.

| Dimensions for Nuts |         |         |          |         |         |          |              |         |          |           |         |          |
|---------------------|---------|---------|----------|---------|---------|----------|--------------|---------|----------|-----------|---------|----------|
| Nut Size            | Square  |         |          | Hex     |         |          | Heavy Square |         |          | Heavy Hex |         |          |
|                     | Width F | Width C | Height N | Width F | Width C | Height N | Width F      | Width C | Height N | Width F   | Width C | Height N |
| In.                 | In.     | In.     | In.      | In.     | In.     | In.      | In.          | In.     | In.      | In.       | In.     | In.      |
| 1/2                 | 13/16   | 1-1/8   | 7/16     | 3/4     | 7/8     | 7/16     | 7/8          | 1-1/4   | 1/2      | 7/8       | 1       | 1/2      |
| 5/8                 | 1       | 1-3/8   | 9/16     | 15/16   | 1-1/16  | 9/16     | 1-1/16       | 1-1/2   | 5/8      | 1-1/16    | 1-1/4   | 5/8      |
| 3/4                 | 1-1/8   | 1-9/16  | 1 1/16   | 1-1/8   | 1-5/16  | 1 1/16   | 1-1/4        | 1-3/4   | 3/4      | 1-1/4     | 1-7/16  | 3/4      |
| 7/8                 | 1-5/16  | 1-13/16 | 1 3/16   | 1-5/16  | 1-1/2   | 3/4      | 1-7/16       | 2-1/16  | 7/8      | 1-7/16    | 1-11/16 | 7/8      |
| 1                   | 1-1/2   | 2-1/8   | 7/8      | 1-1/2   | 1-3/4   | 7/8      | 1-5/8        | 2-5/16  | 1        | 1-5/8     | 1-7/8   | 1        |
| 1-1/4               | 1-7/8   | 2-5/8   | 1-1/8    | 1-7/8   | 2-3/16  | 1-1/16   | 2            | 2-13/16 | 1-5/16   | 2         | 2-5/16  | 1-1/4    |

## Screw threads

| Diameter      |        | Area                 |                     |                     | Th'ds per Inch n |
|---------------|--------|----------------------|---------------------|---------------------|------------------|
| Basic Major D | Root K | Gross A <sub>g</sub> | Root A <sub>r</sub> | Tensile Stress Area |                  |
| In.           | in.    | in. <sup>2</sup>     | in. <sup>2</sup>    | in. <sup>2</sup>    |                  |
| 1/2           | .400   | .196                 | .126                | .142                | 13               |
| 5/8           | .507   | .307                 | .202                | .226                | 11               |
| 3/4           | .620   | .442                 | .302                | .334                | 10               |
| 7/8           | .731   | .601                 | .419                | .462                | 9                |
| 1             | .838   | .785                 | .551                | .606                | 8                |
| 1-1/4         | 1.064  | 1.227                | .890                | .969                | 7                |

| MINIMUM LENGTH OF THREAD ON BOLTS |                             |       |       |       |       |       |
|-----------------------------------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| ANSI B18.2.1 — 1965               |                             |       |       |       |       |       |
| Length of Bolt                    | Diameter of Bolt, D, Inches |       |       |       |       |       |
|                                   | 1/2                         | 5/8   | 3/4   | 7/8   | 1     | 1-1/4 |
| To 6 in. Inc.                     | 1-1/4                       | 1-1/2 | 1-3/4 | 2     | 2-1/4 | 2-3/4 |
| Over 6 in.                        | 1-1/2                       | 1-3/4 | 2     | 2-1/4 | 2-1/2 | 3     |

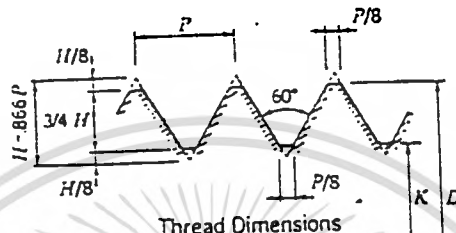
| NOMI-<br>NAL<br>AREA    | TEN-<br>SILE<br>STRESS<br>AREA | ALLOWABLE STRESSES  |                |                   |                |                |                   |                |                   |                |                   |                |                   |
|-------------------------|--------------------------------|---------------------|----------------|-------------------|----------------|----------------|-------------------|----------------|-------------------|----------------|-------------------|----------------|-------------------|
|                         |                                | F <sub>y</sub> = 36 |                |                   | A 307          |                |                   | A 325F         |                   | A 325N         |                   | A 325X         |                   |
| In. <sup>2</sup>        | In. <sup>2</sup>               | F <sub>t</sub>      | F <sub>t</sub> | F <sub>v</sub>    | F <sub>t</sub> | F <sub>t</sub> | F <sub>v</sub>    | F <sub>t</sub> | F <sub>v</sub>    | F <sub>t</sub> | F <sub>v</sub>    | F <sub>t</sub> | F <sub>v</sub>    |
|                         |                                | THREAD PART         | GROSS AREA     | BEAR-<br>ING TYPE | THREAD PART    | GROSS AREA     | BEAR-<br>ING TYPE | GROSS AREA     | BEAR-<br>ING TYPE | GROSS AREA     | BEAR-<br>ING TYPE | GROSS AREA     | BEAR-<br>ING TYPE |
|                         |                                | 22.0 ksi            | 22.0 ksi       | 10.8 ksi          | 20.0 ksi       | 20.0 ksi       | 10.0 ksi          | 44.0 ksi       | 12.5 ksi          | 44.0 ksi       | 21.0 ksi          | 44.0 ksi       | 30.0 ksi          |
| ALLOWABLE FORCES = kips |                                |                     |                |                   |                |                |                   |                |                   |                |                   |                |                   |
| 0.196                   | 0.142                          | 3.12                | 4.31           | 2.1               | 2.84           | 3.92           | 2.0               | 8.62           | 2.45              | 8.62           | 4.12              | 8.62           | 5.84              |
| 0.3068                  | 0.2260                         | 4.97                | 6.75           | 3.3               | 4.52           | 6.14           | 3.1               | 13.50          | 3.84              | 13.50          | 6.44              | 13.50          | 9.20              |
| 0.4418                  | 0.3345                         | 7.36                | 9.72           | 4.8               | 6.69           | 8.84           | 4.4               | 19.44          | 5.52              | 19.44          | 9.28              | 19.44          | 13.25             |
| 0.6013                  | 0.4617                         | 10.16               | 13.23          | 6.5               | 9.23           | 12.03          | 6.0               | 26.46          | 7.52              | 26.46          | 12.63             | 26.46          | 18.00             |
| 0.7854                  | 0.6057                         | 13.33               | 17.28          | 8.5               | 12.11          | 15.71          | 7.9               | 34.56          | 9.82              | 34.56          | 16.49             | 34.56          | 23.56             |
| 1.2272                  | 0.9691                         | 21.32               | 30.00          | 13.3              | 19.32          | 24.54          | 12.3              | 54.00          | 15.34             | 54.00          | 25.77             | 54.00          | 36.82             |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาเอกสารอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7.2 ต่อ

SCREW THREADS  
Unified Standard Series—UNC and 4 UN  
ANSI B.1.1—1960



Thread Dimensions

- Nominal size (basic major dia.)
- No. threads per inch ( $n$ )
- Thread series symbol
- Thread class symbol
- Left hand thread.  
No symbol req'd for right hand thread.

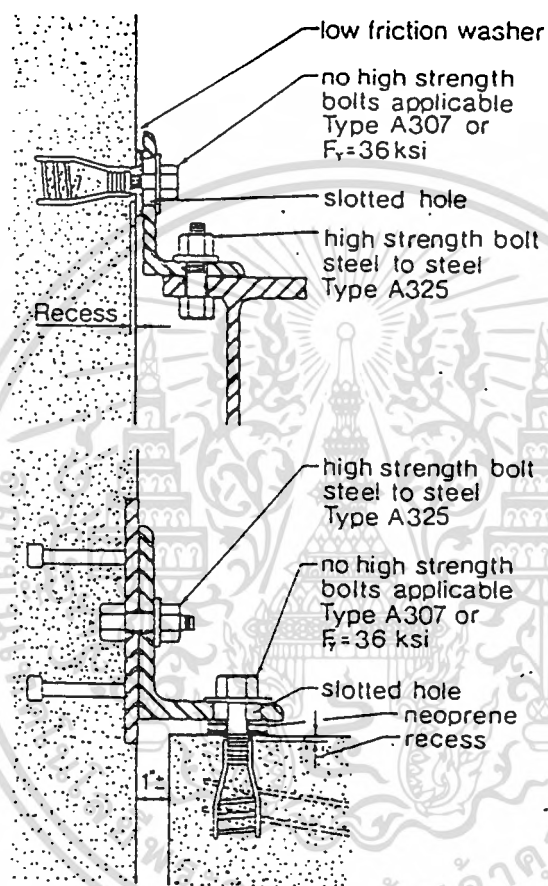
$3/4-10$  UNC 2A LH  
Standard Designations

รูปที่ 7.18

ชนิดและการปรับปรุงและข้อจำกัดของโครงสร้างและความแข็งแรงของโบลต์แสดงในรูป

7.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Headed concrete anchors – dimensions and strengths

| ANCHOR DIA. AND (AREA)<br>in. (in. <sup>2</sup> ) | AFTER WELD LENGTH TOTAL<br>in. | HEAD DIA.<br>$d_h$<br>in. | HEAD THICKNESS<br>$d_s$<br>in. | ANCHOR LENGTH<br>$l_a$<br>in. | $P_{us}^{(1)}$<br>kip | $V_{us}^{(1)}$<br>kip |
|---------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1/2<br>(0.196)                                    | 2                              | 1                         | 5/16                           | 1.6875                        | 10.60                 | 8.83                  |
|                                                   | 3                              |                           |                                | 2.6875                        |                       |                       |
|                                                   | 4                              |                           |                                | 3.6875                        |                       |                       |
|                                                   | 5-3/16                         |                           |                                | 4.8750                        |                       |                       |
|                                                   | 6                              |                           |                                | 5.6875                        |                       |                       |
|                                                   | 8                              |                           |                                | 7.6875                        |                       |                       |
| 5/8<br>(0.307)                                    | 2-1/2                          | 1-1/4                     | 5/16                           | 2.1875                        | 16.56                 | 13.80                 |
|                                                   | 6-3/8                          |                           |                                | 6.0625                        |                       |                       |
|                                                   | 8                              |                           |                                | 7.6875                        |                       |                       |
| 3/4<br>(0.442)                                    | 3                              | 1-1/4                     | 3/8                            | 2.6250                        | 23.84                 | 19.87                 |
|                                                   | 4                              |                           |                                | 3.6250                        |                       |                       |
|                                                   | 5                              |                           |                                | 4.6250                        |                       |                       |
|                                                   | 6                              |                           |                                | 5.6250                        |                       |                       |
|                                                   | 7                              |                           |                                | 6.6250                        |                       |                       |
|                                                   | 8                              |                           |                                | 7.6250                        |                       |                       |
| 7/8<br>(0.601)                                    | 3-1/2                          | 1-3/8                     | 3/8                            | 3.1250                        | 32.45                 | 27.04                 |
|                                                   | 4                              |                           |                                | 3.6250                        |                       |                       |
|                                                   | 5                              |                           |                                | 4.6250                        |                       |                       |
|                                                   | 6                              |                           |                                | 5.6250                        |                       |                       |
|                                                   | 7                              |                           |                                | 6.6250                        |                       |                       |
|                                                   | 8                              |                           |                                | 7.6250                        |                       |                       |

(1)  $P_{us}$  and  $V_{us}$  = ultimate strength based on  $f_y = 54,000$  psi.

Mechanical Requirements: Stud shall be made from cold drawn bar stock conforming to the requirement of the specification A108, Grades 1010, 1015, 1017, or 1020, either semi or fully-killed.

Tensile Strength (Min.) – 60,000 psi

Elongation (Min.) – 20% in 2 in.

Reduction of area (Min.) – 50%

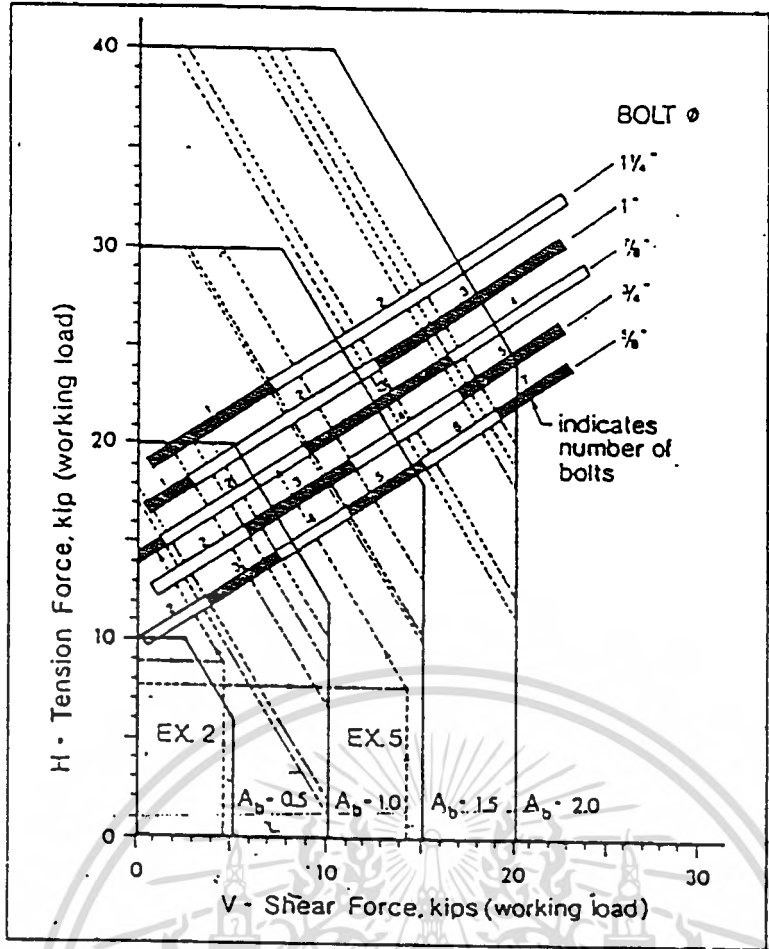
Deformed bar anchors shall be made from cold drawn wire conforming to ASTM A496

Minimum Tensile – 80,000 psi

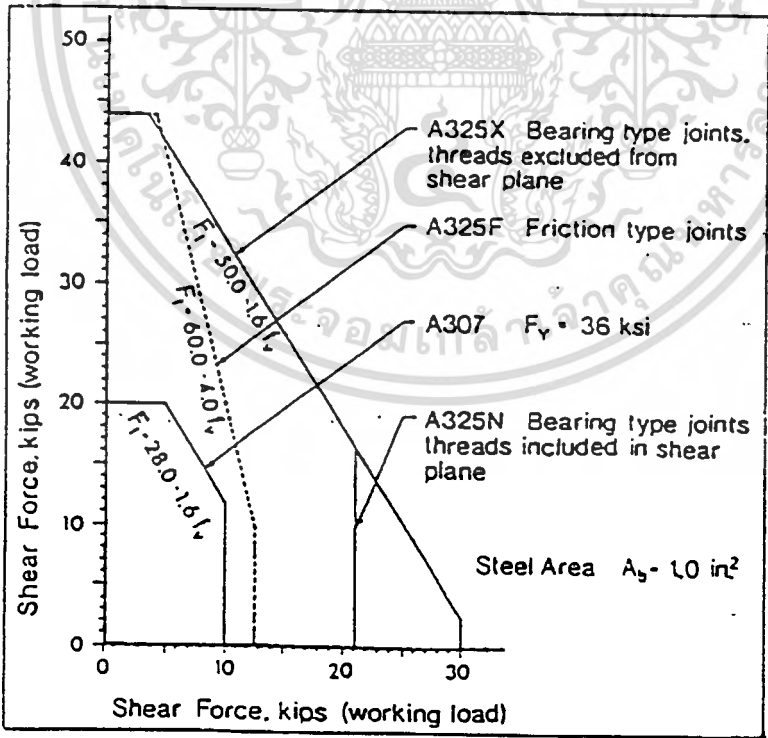
Minimum Yield – 70,000 psi

## ตารางที่ 7.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.20

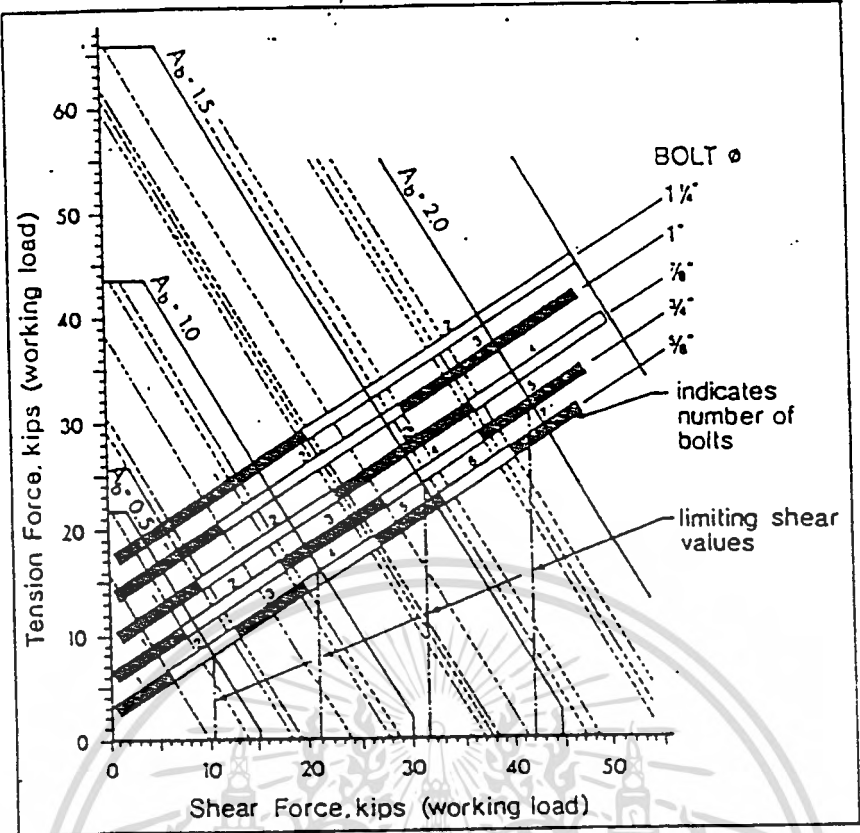


$F_y = 36$  and A307 interaction diagrams — selection of size and number of bolts for combined tension and shear forces.

รูปที่ 7.21

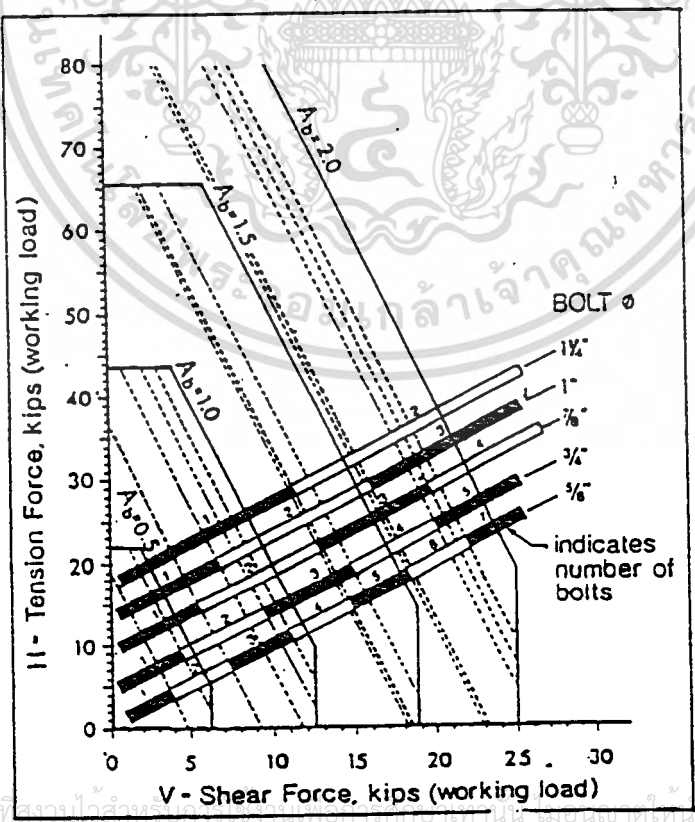
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





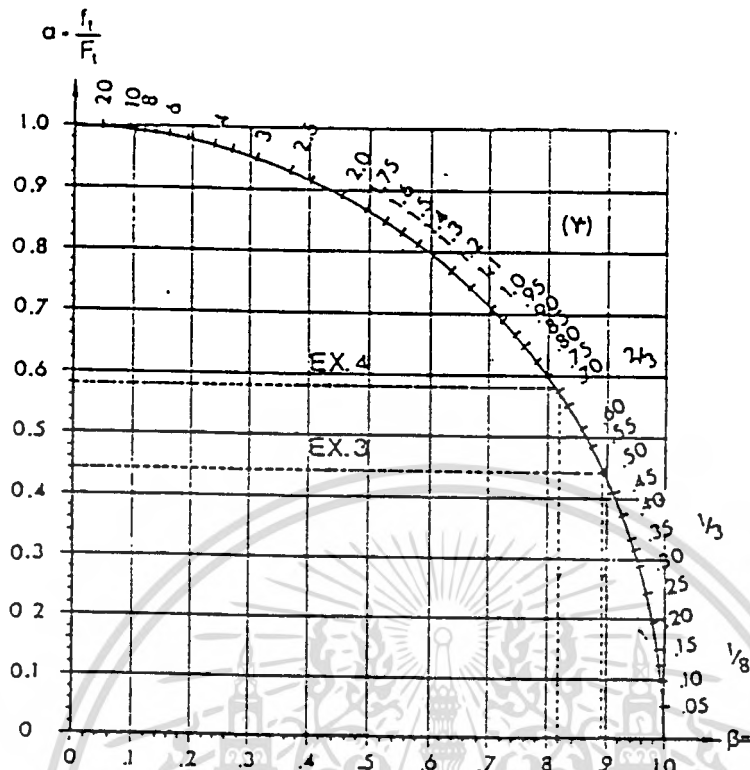
A325F interaction diagram — selection of size and number of bolts for combined tension and shear forces.

รูปที่ 7.22



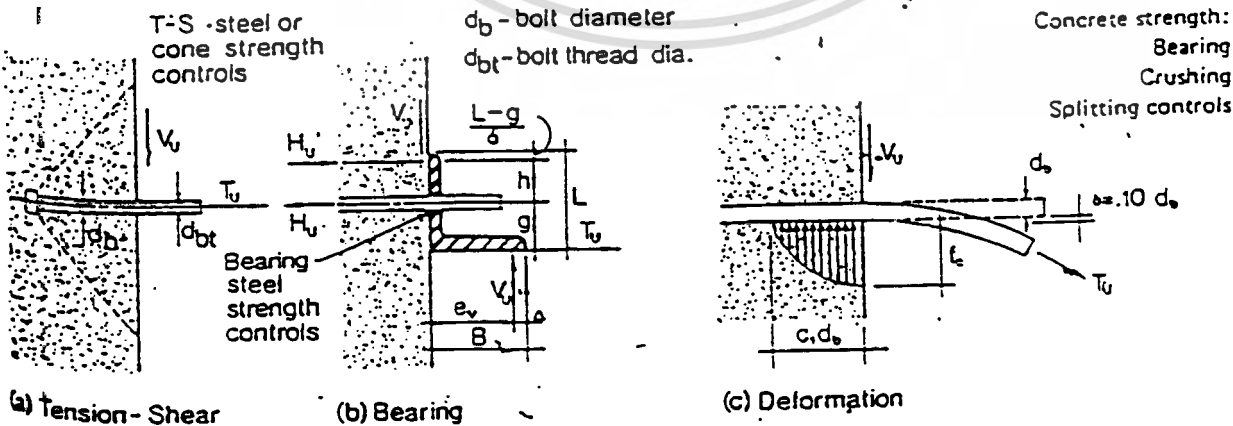
รูปที่ 7.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่...  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.24

การประยุกต์แรงที่กระทำทั้งหมดจากภายนอกและแรงกระทำจากแรงดึงเป็นเหตุผลมาจาก  
การตั้งขึ้นงานจะมีการเปลี่ยนรูปร่างของคอนกรีตบางส่วน ดังรูปที่ 7.25



รูปที่ 7.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเครียดที่คำนวณบนแรงดึงบนบริเวณที่เกิดความเครียด ปริมาณจะถูกแสดงดังตาราง

7.2 การป้องกันส่วนที่ไกลจากส่วนที่ยึดระยะทางน้อยที่สุดจากด้านจากจุดศูนย์กลางของจุดไปยังอีกด้านของเหล็กที่ใช้เพิ่ม จะให้ผลออกมาดังตารางที่ 7.4

2.5 Edge distances and gages for steel plates, structural sections and angles

| MINIMUM EDGE DISTANCE FOR<br>PUNCHED, REAMED OR DRILLED HOLES***<br>(IN.) |                        |                                                                    |
|---------------------------------------------------------------------------|------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| BOLT<br>DIAMETER<br>(IN.)                                                 | AT<br>SHEARED<br>EDGES | AT ROLLED EDGES OF<br>PLATES, SHAPES OR BARS<br>OR GAS CUT EDGES** |
| 1/2                                                                       | 7/8                    | 3/4                                                                |
| 5/8                                                                       | 1-1/8                  | 7/8                                                                |
| 3/4                                                                       | 1-1/4                  | 1                                                                  |
| 7/8                                                                       | 1-1/2*                 | 1-1/8                                                              |
| 1                                                                         | 1-3/4*                 | 1-1/4                                                              |
| 1-1/4                                                                     | 2-1/4                  | 1-5/8                                                              |

- \* These may be 1-1/4 in. at the ends of beam connection angles.
- \*\* All edge distances in this column may be reduced 1/8 in. when the hole is at a point where stress does not exceed 25% of the maximum allowed stress in the element.
- \*\*\* When oversized or slotted holes are used, edge distances should be increased to maintain the clear distance from edge of hole to free edge provided by distances tabulated.

| USUAL GAGES FOR ANGLES, IN. |    |    |    |    |    |    |    |       |       |    |     |       |    |     |
|-----------------------------|----|----|----|----|----|----|----|-------|-------|----|-----|-------|----|-----|
| Leg                         | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3½ | 3  | 2½    | 2     | 1¾ | 1½  | 1-3/8 | 1¼ | 1   |
| g                           | 4½ | 4  | 3½ | 3  | 2½ | 2  | 1¾ | 1-3/8 | 1-1/8 | 1  | 7/8 | 7/8   | ¾  | 5/8 |
| g <sub>1</sub>              | 3  | 2½ | 2¼ | 2  |    |    |    |       |       |    |     |       |    |     |
| g <sub>2</sub>              | 3  | 3  | 2½ | 1¾ |    |    |    |       |       |    |     |       |    |     |

ตารางที่ 7.4

Capacity : Direct Tension, Shear and Bearing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การยอมรับได้ของแรงดึงโดยตรงและแรงดัดเฉือนซึ่งส่วนใหญ่จะใช้ขนาดของโบลท์ ดังตาราง 7.2 แรงดึงสุดท้ายและแรงเฉือนจากตัวแทรกสตัด และดังรายละเอียดในตารางที่ 7.3

ขอบเขตของการยอมรับความเครียดจากโครงสร้าง โบลท์ ของ  $F_y = 36$ , A307 และ A325 รวมถึงแรงกระทำภายในรูปที่ 7.20

รูปที่ 7.21, 7.22, 7.23 ให้รูปแบบของแรงภายในจากผลกระทบของบริเวณเหล็ก จาก  $F_y = 36$ , A307 A325X ชนิดของโบลท์ ซึ่งกราฟนี้มีการเลือกขนาดและเบอร์ของ โบลท์ ตามที่ต้องการ โดยทั่วไปแรงกระทำภายในของ กราฟ แสดงในรูปที่ 7.24 ซึ่งเป็นพื้นฐานบนความสัมพันธ์และอัตราส่วน

$$f_t = F_t \times (F^2 - f_v^2) / F_v$$

$$r_c = H_v \times F_v / (V_u \times F_t) = f_t \times F_v / (F_t \times f_v) = a / b$$

จำนวนของโบลท์, บาร์ ที่ต้องการออกแบบแรงดึง (T) และ แรงเฉือน (V) แล้ว สามารถกำหนดให้โดยตรงหลังจากเลือกชนิดของเหล็ก และขนาดของ โบลท์ จากสมการ

$$N = H_u E / (f_t A_t) \quad \text{หรือ}$$

$$N = V_u E / (f_v A_v)$$

เมื่อ  $N$  = จำนวนของโบลท์

### ความแข็งแรงในคอนกรีต

ความแข็งแรงของ โบลท์, บาร์ และ สตัด ในคอนกรีต ที่ใช้ภายใต้แผ่นสำเร็จรูป ดังนี้

1. ความเกี่ยวข้องกับทางความต้านทานทางกลศาสตร์ที่เป็นแรงกระทำออกมา รูปที่ 7.25a
2. ความผิดพลาดของตัวรองรับเหล็กที่จะกระทำต่อเหล็ก รูปที่ 7.25b
3. ความยืดหยุ่นของคอนกรีต
4. การรวมแรงระหว่างแรงดึงและความเครียดเฉือน รูปที่ 7.25c

แรงในโบลท์, เหล็กเส้น, หรือสตัดสามารถคำนวณได้จาก  $T_u$  จะอยู่ในรูปของ  $V_u$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$T_u = \mu V_u$$

$$= V_u (e_v + u_g) + \mu ; (e_v + u_g) = h$$

$$\mu = \text{function factor (ตารางที่ 7.20)}$$

ความแข็งแรงดัดของตัวยึดสำหรับแรงเฉือนที่สามารถรับได้เต็มที่ของตัวยึดที่อยู่ในระนาบ จะมีแรงดัดสามารถคำนวณได้จาก

$$P_u, CAP = \phi_c k \sqrt{f'} A_o$$

$$\text{ที่ } k = 1.00 \text{ สำหรับคอนกรีตน้ำหนักธรรมดา}$$

$$= 0.85 \text{ สำหรับคอนกรีตทรายน้ำหนักเบา}$$

$$= 0.75 \text{ สำหรับคอนกรีตน้ำหนักเบาทั่วไป}$$

$$\phi_c = 0.65 \text{ capacity reduction factor}$$

$$= \sqrt{2 \pi l_e (l_e + d_h)}$$

การออกแบบที่สมดุลของกลายคอนกรีตแข็งแรงสามารถทำให้เท่ากับตัวยึดแข็งแรง

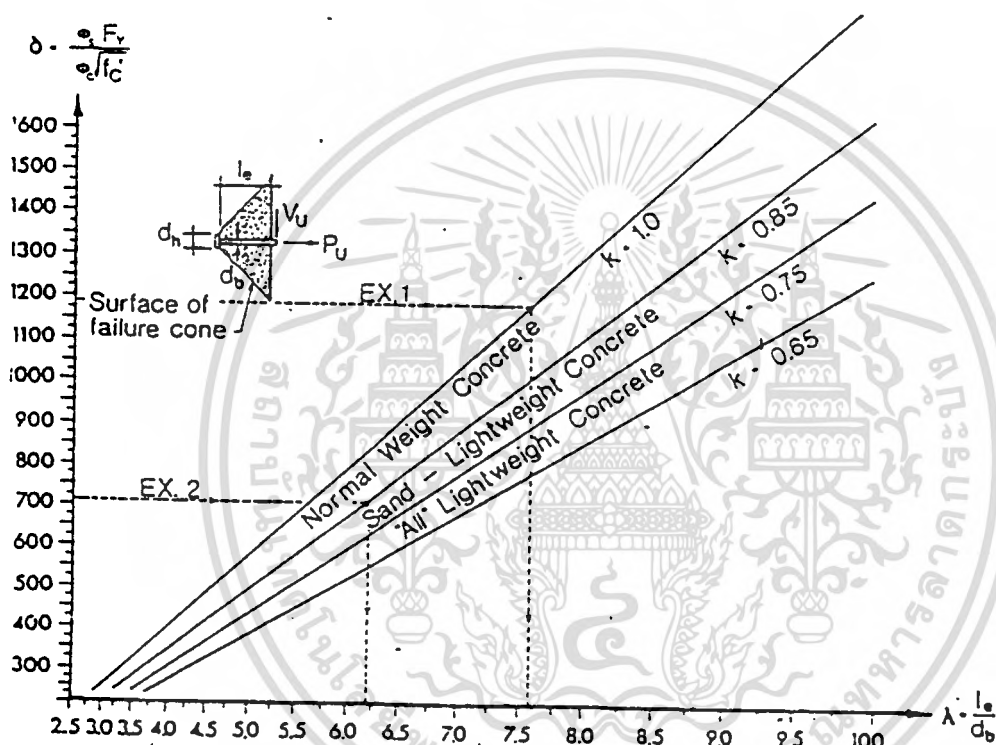
$$P_u, CAT = \phi_c k \sqrt{f'} q A_o$$

$$= \phi_c F_y \pi / 4 (d_o^2) q$$

$$\text{เมื่อ } q = \text{ปัจจัยในการลดของกลุ่มที่กระทำ (รูป 7.32)}$$

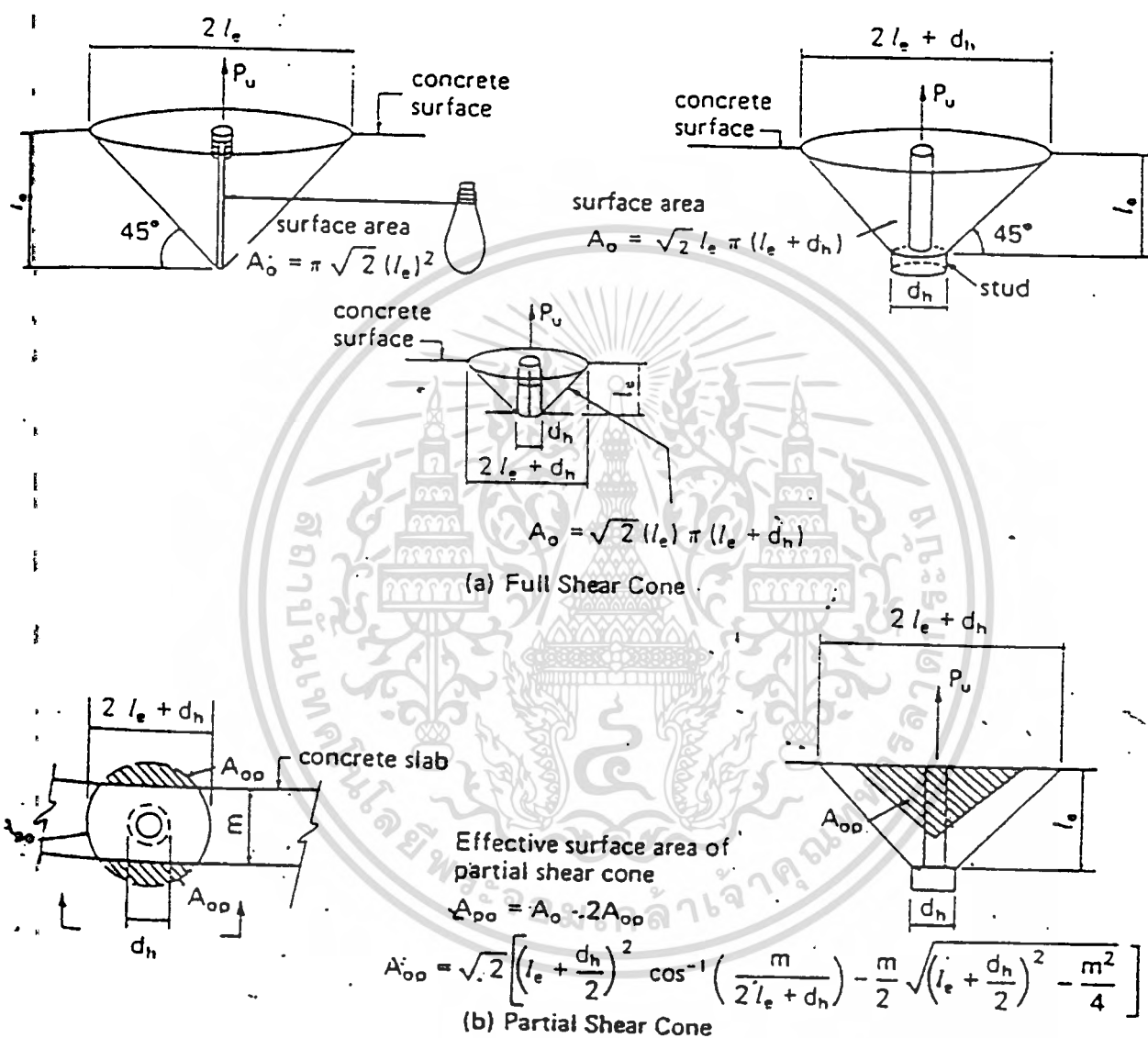
$$\phi_c = 0.90 = \text{ความจุของการจัดปัจจัยของเหล็ก}$$

ความยาวของการฝังตัว 1 สามารถทำได้โดย รูป 7.26



รูปที่ 7.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$1e = \lambda d_b$$

$$\phi_c = 0.90$$

$$\phi_s = 0.65$$

$$A = \sqrt{(2)} * \pi 1e (1e + d_n) = \text{พื้นที่ผิวกรวย}$$

$$d_n = 2d_b$$

การติดตามการคาดหมายในการผลิต

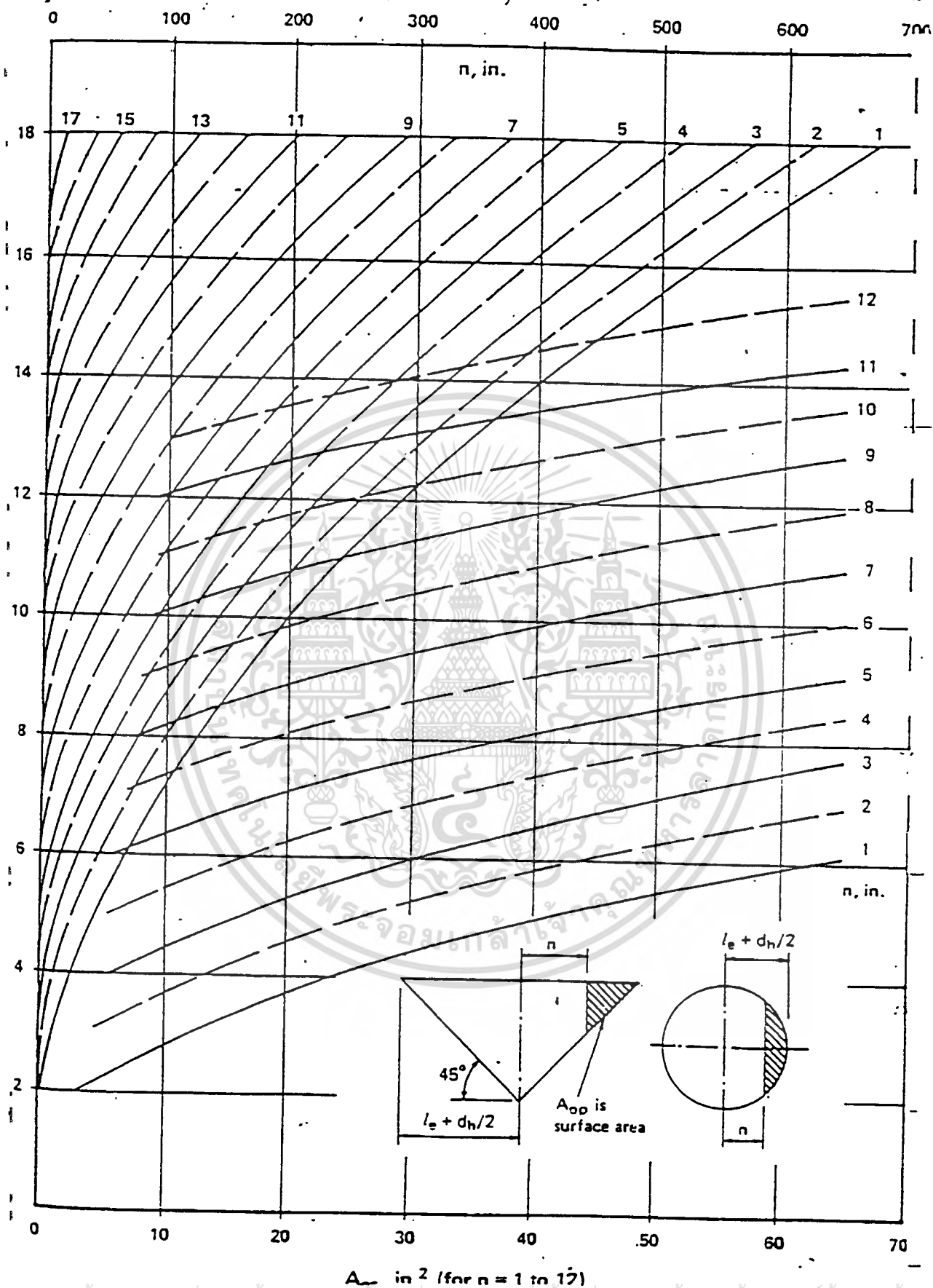
1. การขยายตัวครั้งสุดท้ายของพื้นที่ ที่สมมุติเป็น 2 เท่าของรัศมีจากแกนของรัศมี
2. แรงดัดเค้นเต็มที่ที่คาดว่าจะหลุดถ้าระยะทางระหว่าง ตัวยึด เท่ากับหรือมากกว่า  $2l_c + d_n$  และถ้าขอบของระยะทางที่เท่ากับหรือมากกว่า  $((l_c + d_n) / 2)$
3. สำหรับ โบลท์ ที่เป็นห่วงมาตรฐานหรือคาน แรงดัดเค้นที่สามารถเกิดขึ้นถ้าโบลท์ หรือแรงยึดที่ไม่สามารถควบคุมได้

ความแข็งแรงต่อแรงดึงของตัวยึดที่สามารถรับแรงเค้นได้บางส่วน

ถ้าระยะทางระหว่าง ตัวยึด ไม่พอเพียง จะทำให้การปรับปรุงแรงดัดเค้นที่เต็มที่ (รัศมีของกรวยที่คาดไว้  $2l_c + d_n$  จะดึงตัวยึด อาจจะต้านทานโดยสัดส่วนโดยตรงของอัตราส่วนของ การลดพื้นที่ผิวของบางส่วนของแรงดัดเค้นไปยังบริเวณแรงดัดเค้นเต็มที่) การตอบสนอง ของ การลดบริเวณแรงดัดเค้น จะให้ดังรูปที่ 7.28 และ 7.29

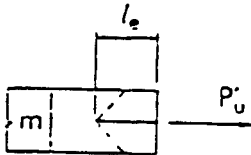
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



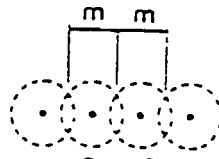


รูป 7.28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



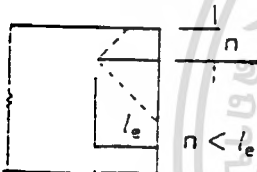
Case 1



Case 2

Interior studs or  
inserts in a group.  
 $m < 2 l_e$

| m (in.) | $l_e = 2.5''$ | $l_e = 4''$ | $l_e = 6''$ | $l_e = 8''$ | $l_e = 9''$ | $l_e = 12''$ | $l_e = 15''$ | $l_e = 18''$ |
|---------|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| 3       | 0.72          | 0.47        | 0.31        | 0.24        | 0.21        | 0.16         | 0.13         | 0.11         |
| 4       | 0.90          | 0.61        | 0.42        | 0.31        | 0.28        | 0.21         | 0.17         | 0.14         |
| 5       | 1.0           | 0.74        | 0.51        | 0.39        | 0.35        | 0.26         | 0.21         | 0.18         |
| 6       | 1.0           | 0.86        | 0.61        | 0.47        | 0.42        | 0.31         | 0.25         | 0.21         |
| 7       | 1.0           | 0.95        | 0.70        | 0.54        | 0.48        | 0.37         | 0.29         | 0.25         |
| 8       | 1.0           | 1.0         | 0.78        | 0.61        | 0.55        | 0.42         | 0.34         | 0.28         |
| 9       | 1.0           | 1.0         | 0.86        | 0.68        | 0.61        | 0.47         | 0.38         | 0.31         |
| 10      | 1.0           | 1.0         | 0.92        | 0.74        | 0.67        | 0.51         | 0.42         | 0.35         |
| 11      | 1.0           | 1.0         | 0.97        | 0.80        | 0.73        | 0.56         | 0.46         | 0.38         |
| 12      | 1.0           | 1.0         | 1.0         | 0.86        | 0.78        | 0.61         | 0.50         | 0.42         |
| 13      | 1.0           | 1.0         | 1.0         | 0.91        | 0.83        | 0.65         | 0.53         | 0.45         |
| 14      | 1.0           | 1.0         | 1.0         | 0.95        | 0.88        | 0.70         | 0.57         | 0.48         |
| 15      | 1.0           | 1.0         | 1.0         | 0.98        | 0.92        | 0.74         | 0.61         | 0.51         |
| 16      | 1.0           | 1.0         | 1.0         | 1.0         | 0.96        | 0.78         | 0.65         | 0.55         |
| 17      | 1.0           | 1.0         | 1.0         | 1.0         | 0.98        | 0.82         | 0.68         | 0.58         |
| 18      | 1.0           | 1.0         | 1.0         | 1.0         | 1.0         | 0.86         | 0.72         | 0.61         |



Case 1

One Side of Shear Cone Not Developed



Case 2

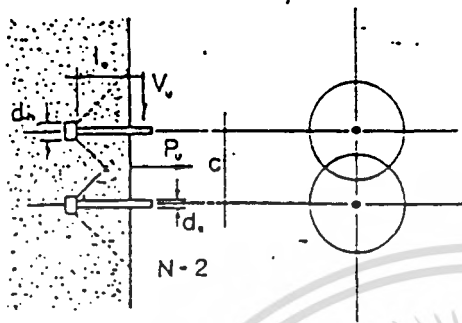
Exterior studs or  
inserts in a group.  
 $n < l_e$

| n (in.) | $l_e = 2.5''$ | $l_e = 4''$ | $l_e = 6''$ | $l_e = 8''$ | $l_e = 9''$ | $l_e = 12''$ | $l_e = 15''$ | $l_e = 18''$ |
|---------|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| 1.5     | 0.85          | 0.73        | 0.66        | 0.62        | 0.60        | 0.58         | 0.56         | 0.55         |
| 2       | 0.95          | 0.80        | 0.71        | 0.66        | 0.64        | 0.61         | 0.58         | 0.57         |
| 2.5     | 1.0           | 0.86        | 0.75        | 0.70        | 0.67        | 0.63         | 0.60         | 0.59         |
| 3       | 1.0           | 0.93        | 0.80        | 0.73        | 0.71        | 0.66         | 0.63         | 0.61         |
| 4       | 1.0           | 1.0         | 0.89        | 0.80        | 0.77        | 0.71         | 0.67         | 0.64         |
| 5       | 1.0           | 1.0         | 0.96        | 0.87        | 0.83        | 0.76         | 0.71         | 0.67         |
| 6       | 1.0           | 1.0         | 1.0         | 0.93        | 0.89        | 0.80         | 0.75         | 0.71         |
| 7       | 1.0           | 1.0         | 1.0         | 0.97        | 0.94        | 0.85         | 0.79         | 0.74         |
| 8       | 1.0           | 1.0         | 1.0         | 1.0         | 0.98        | 0.89         | 0.82         | 0.77         |
| 9       | 1.0           | 1.0         | 1.0         | 1.0         | 1.0         | 0.93         | 0.86         | 0.80         |
| 10      | 1.0           | 1.0         | 1.0         | 1.0         | 1.0         | 0.96         | 0.89         | 0.83         |
| 11      | 1.0           | 1.0         | 1.0         | 1.0         | 1.0         | 0.99         | 0.92         | 0.86         |
| 12      | 1.0           | 1.0         | 1.0         | 1.0         | 1.0         | 1.0          | 0.95         | 0.89         |
| 13      | 1.0           | 1.0         | 1.0         | 1.0         | 1.0         | 1.0          | 0.97         | 0.92         |
| 14      | 1.0           | 1.0         | 1.0         | 1.0         | 1.0         | 1.0          | 0.99         | 0.94         |
| 15      | 1.0           | 1.0         | 1.0         | 1.0         | 1.0         | 1.0          | 1.0          | 0.96         |
| 16      | 1.0           | 1.0         | 1.0         | 1.0         | 1.0         | 1.0          | 1.0          | 0.98         |
| 17      | 1.0           | 1.0         | 1.0         | 1.0         | 1.0         | 1.0          | 1.0          | 0.99         |
| 18      | 1.0           | 1.0         | 1.0         | 1.0         | 1.0         | 1.0          | 1.0          | 1.0          |

## รูปที่ 7.29

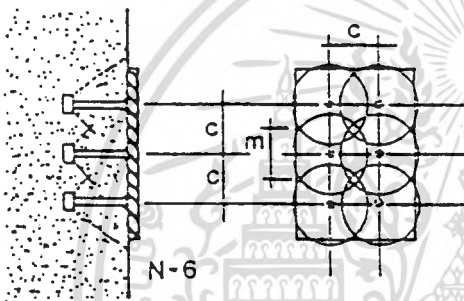
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเพิ่มกลุ่มของปัจจัยที่ลดค่า  $q$ , จะแสดงดังรูปที่ 7.30



Group Reduction Factors

| N | q   |
|---|-----|
| 2 | .94 |
| 3 | .88 |
| 4 | .82 |
| 5 | .76 |
| 6 | .70 |
| 7 | .64 |
| 8 | .58 |
| 9 | .50 |



where  $q$  = group reduction factor

For use with

Pullout capacity

Reduced cone areas

Minimum edge distance for full cone capacity

รูปที่ 7.30

การตอบสนองแรงดึงที่เป็นไปได้ ตามสมการ

$$P_u, CAP = \phi_c k_4 \sqrt{f'} q A_{op}$$

$$= \phi_c F_y \pi / 4 (d_o^2) q$$

$A_{op}$  เป็นบริเวณบางส่วนของกรวยทรงตัดเฉียง

$q$  = กลุ่มที่ลดปัจจัย ดังรูปที่ 7.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ความแข็งแรงตอแรงดึงและแรงเฉือนของตัวยึด

การอธิบายโดยทั่วไปสำหรับการรวมแรงดึง ( $P_u$ ) และแรงคดเฉือน ( $V_u$ ) แรงกระทำภายในของคอนกรีตของจำนวนตัวยึด จะทำได้โดยสมการ

$$(P_u)^n / (P_u, CAP) + (V_u)^n / (V_u, CAP) \leq N_u$$

เมื่อ  $N =$  จำนวนของตัวยึด

$$n = \text{โค้งที่ดีที่สุดกำหนดระดับ} = 5/3$$

$P_u$  และ  $V_u =$  แรงประลัยที่ใช้ในการออกแบบ

$P_u, CAP$  และ  $V_u, CAP =$  แรงดึงและแรงเฉือนประลัยของคอนกรีต

เมื่อใช้ระดับ  $n = 5/3$  จะทำให้เราได้

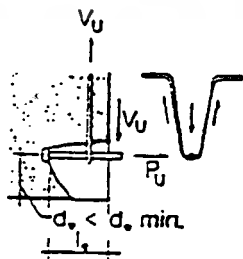
$$(P_u)^n / (P_u, CAP) + (V_u)^n / (V_u, CAP) \leq 1$$

### ความแข็งแรงของตัวยึดบริเวณขอบ

แรงดึงประลัยของตัวยึด ตำแหน่งจะอยู่ใกล้ขอบของแผ่น สามารถกำหนดได้จากสมการ

$$\begin{aligned} P_u, CAP &= \phi_s K_4 \sqrt{f'_c} A_{\phi} q \\ &= [\phi_s F_y \pi (d_b)^2 q] / 4 \end{aligned}$$

ถ้า  $d_b, d_{emin}$  แรงคดเฉือนที่สมบูรณ์จะต้องส่งผ่านโดยท่อนหัวเหล็กเสริม ภายในคอนกรีตในส่วนภายนอกโดยคาดว่าตรวจแรงคดเฉือน

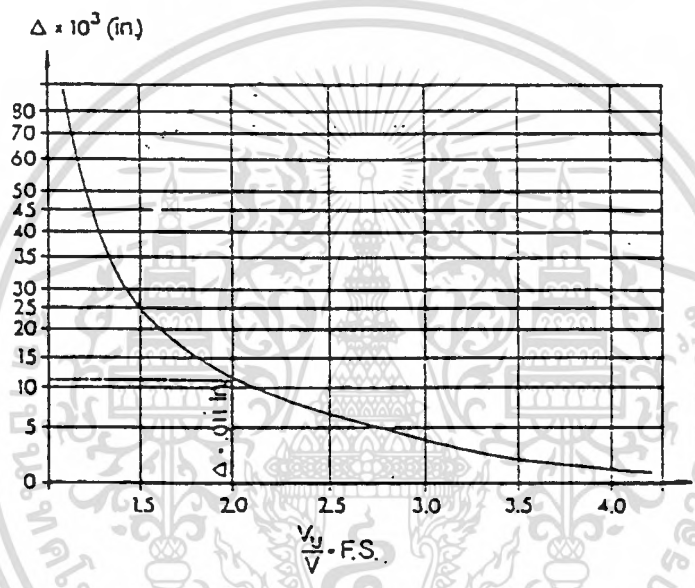


รูป 7.31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความแข็งแรงต่อการรองรับและการเปลี่ยนรูปร่าง

การเปลี่ยนแปลงของตัวยึดที่ยื่นออกมาระหว่างที่แรงดัดเฉือนเป็นเหตุให้ตัวรองรับแสดง ความเครียด ณ จุดสัมผัสพิจารณา 2 มิติ สภาวะความเครียดและขอบเขตโดยความสัมพันธ์ของพื้นที่ ส่วนใหญ่ของคอนกรีต รอบๆที่ผิวสัมผัส ความผิดพลาดอาจเกิดขึ้นได้ ถ้าแรงเฉือนเกิดจากความ สามารถที่รองรับได้ของคอนกรีตแข็ง สภาวะที่มีความแข็งแรงสุดท้ายในการค้นคว้าถ้าการเปลี่ยนแปลงประมาณ 10 % จากระดับของตัวยึด การเปลี่ยนแปลงจากการถ่วงน้ำหนักแสดงดังรูปที่ 7.32



รูปที่ 7.32

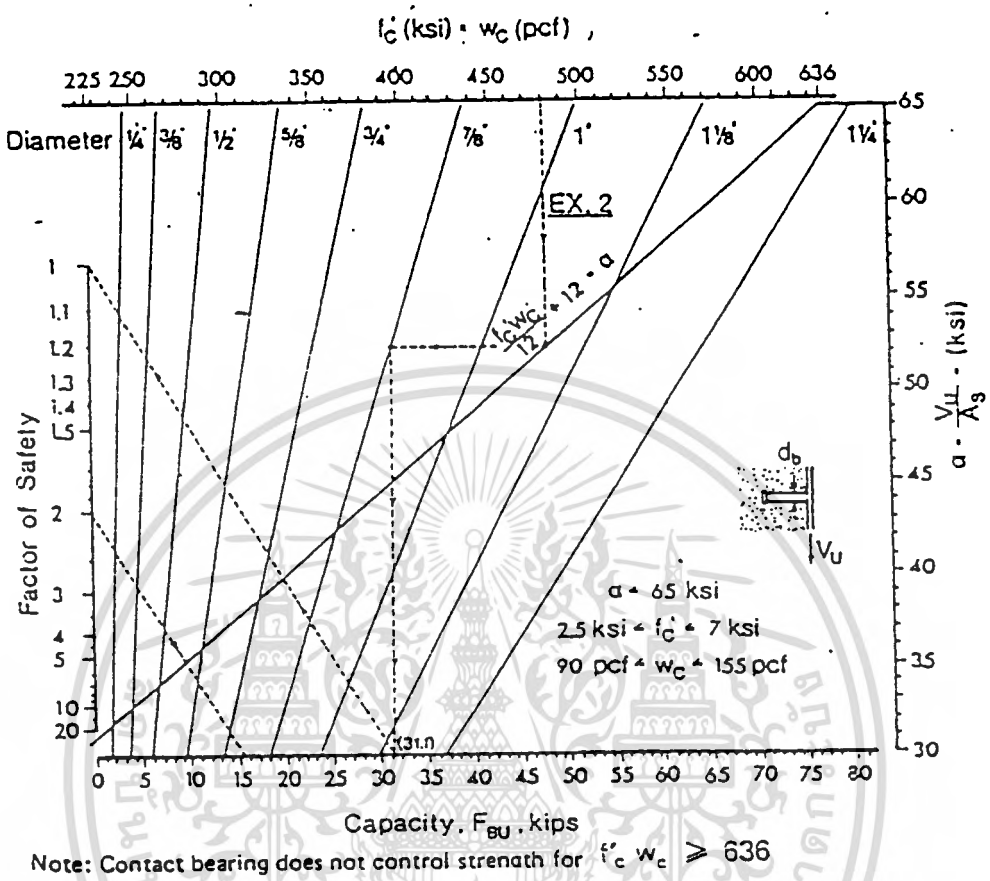
ความสัมพันธ์ของแรงในการเปลี่ยนแปลงรูปร่างตามรูปที่ 7.32 เป็นผลจากการทดสอบ จำนวนของการเคลื่อนที่โดยประมาณของแผ่น ซึ่งผลที่เป็นไปได้ของรอยค้ำที่วางและช่วยในการ หาค่าพฤติกรรมของรอยค้ำเนื่องจากแรงแผ่นคั่นไหว

การเคลื่อนในน้ำ

เมื่อ  $V_u = 1.01$  ดังนั้น  $1/5 \text{ in.}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ =  $f'(w_0)/12 + 12$  หรือ  $\leq 65$  ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการนี้จะให้กราฟดังรูป 7.33



รูปที่ 7.33

7.5.4 ตัวแทรก

การแทรกเข้าไปในคอนกรีต ประกอบไปด้วยตัวยึดและถ้าเชื่อมด้วยโบลท์ ดังรูปที่ 7.34 การทดสอบและประสบการณ์ชี้ให้เห็นว่าการติดตามสถานะการควบคุมความแข็งแรงท้ายสุด

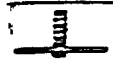
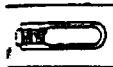
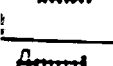
1. การดึงออก (ทั้งรับแรงเฉือนเต็มทีหรือบางส่วน) รูปที่ 7.35 - 7.36
2. การแตกของคอนกรีต คอนกรีตที่แตกจากความผิดพลาดอาจเกิดขึ้นถ้าตัวแทรกที่ติดอยู่กับขอบ ถูกระยะทางจากขอบน้อยกว่า  $d$  รูป 7.30 และ 7.31 ควรมีการใช้เหล็กเสริม

3. สดักหรือการเชื่อมของจุดต่อเกิดความเสียหาย คือถ้าพันธะและแรงเฉือนของคอนกรีตมากกว่าความแข็งแรงของสดักหรือการเชื่อม ซึ่งอาจเกิดขึ้นเสมอเหล็กเหนือกว่าความเปราะของคอนกรีต ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. พันธะ ความผิดพลาดทางคานพันธะชี้ให้เห็นถึง คอนกรีตคุณภาพต่ำ ความไม่แห้งหรือความไม่พอเพียงในการฝังความยาว ดังนั้นในกรณีนี้ความผิดพลาดจะควบคุมไม่ได้
5. จุดต่อเป็นที่ยอมรับทั่วไปของความผิดพลาดและความแข็งแรงของตัวยึด สามารถกำหนดในการแนะนำ การออกแบบควรจะมีการแทรกให้ดำเนินไปตามขั้น

ชิ้นส่วนของตัวยึด

ตัวยึด จะประกอบด้านการคำนวณของความหนาที่หลายแบบและพื้นฐาน หรือไม่มีการเพิ่มตัวยึดสุดท้าย เหมือนกับการเปิดเป็นเกลียวเปิด ดังรูปที่ 7.34

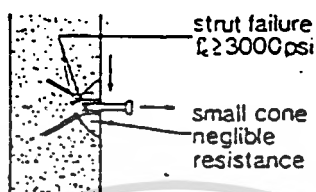
| Kind of Insert                                                                     | Anchorage Element           | Connection Element | Connector                                 | Preferred Use  | Notes                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------------|-------------------------------------------|----------------|------------------------------------------|
|  | Strut — Long                | Coil or Ferrule    | Bolt                                      | Thick Sections |                                          |
|  | Strut — Cross               | Ferrule            | Bolt                                      | Thin Sections  | Min. 1 in. Concrete Cover                |
|  | Loop — Straight             | Coil or Ferrule    | Bolt                                      | Thick Sections |                                          |
|  | Loop — Flaired              | Coil or Ferrule    | Bolt                                      | Thick Sections |                                          |
|  | Loop — Bend<br>Strut — Bent | Coil or Ferrule    | Bolt                                      | Thin Sections  | Min. 1 in. Concrete Cover                |
|  | Strut-Open Coil             | Coil               | Bolt                                      | Thick Sections |                                          |
|  | Screw Anchor                | Open Coil          | Cold Rolled Anchor Bolt<br>Special Thread | Thick Sections | Min. $l = 10d$<br>Not for Load Reversals |
|  | “Cast” Inserts              | Ferrule            | Bolt                                      | Thin Sections  | Min. 1 in. Concrete Cover                |
|  | Loop-Struts                 | Wedge-Nut          | Bolt                                      | All Sections   |                                          |

รูปที่ 7.34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

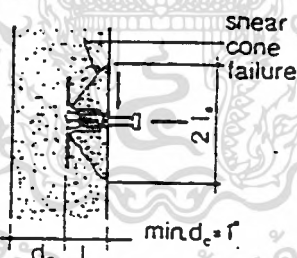
### การคำนวณที่มีส่วนช่วย ดังที่อาจจะตัดออกได้ดังรูป 7.35

Strut insert failure condition



รูปที่ 7.35

การควบคุมความแข็งแรงจากเหล็กที่เนื่องจากการรองรับ จุดยอดของกรวยแรงตัดเนื่อง  
สามารถคาดหมายตำแหน่งที่แสดงในรูปที่ 7.35 และ 7.36



รูปที่ 7.36

ความแข็งแรงสามารถกำหนดความต้านทานทำได้จากสมการ

$$P_u = A_s F_u$$

กราฟการตอบสนองจากสมการที่พัฒนาจากตัวชี้วัดของโบลท์, เหล็กเส้น หรือ สดัด  
ตัวชี้วัดตามตารางที่ 7.4 ซึ่งให้ขนาดของการคำนวณและความแข็งแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ค่าน้อยที่สุดของระยะทางของของ demin ที่ให้ในรูป ที่ 7.3 ควรจะมีความแน่นอนหรือการอนุญาตให้มีการหิวแสดงในรูปที่ 7.31

### จีนส่วนของตัวยึด

การจัดของตำแหน่งหรือที่ใกล้บริเวณผิวหน้าของระนาบและความแข็งที่ถูกควบคุมโดยตัวรองรับความเครียดประลัษที่สามารเป็นไปได้ดังรูปที่ 7.33 เมื่อรัศมีของโบลท์ สามารแทนด้วย  $d_c$  = รัศมีภายนอกของปลอกโลหะ

### ตัวยึด

หัวเชื่อมที่เป็น โบลท์ จะมีขนาดมาตรฐานเกลียวหรือแกนเกลียวด้วยเครื่อง คุณสมบัติของแข็งของโบลท์ แสดงในหัวข้อ 7.3.5

### 7.5.5 ตัวแทรกและช่องตัวแทรก

ตัวแทรกภายในแต่ละชนิดแสดงในรูปที่ 7.37 ทำมาจากเหล็กดัดแปลง ซึ่งประกอบด้วยตัวยึดซึ่งควรใช้ตามค่าเดือน เมื่อเชื่อมกับผนังของโครงสร้างตัวแทรกภายในไว้ประมาณ 1 นิ้ว ถ้าอาจจะขึ้นอยู่กัตำแหน่งและความแน่นของ โบลท์ภายใต้การแทรกสามารถกำหนดความแข็งแรงได้ (รูปที่ 7.36)

แรงดัดเชื่อมสุดสามารถคำนวณได้จาก

$$V_u' = \phi 5000 (2.5 - (1/L_1))$$

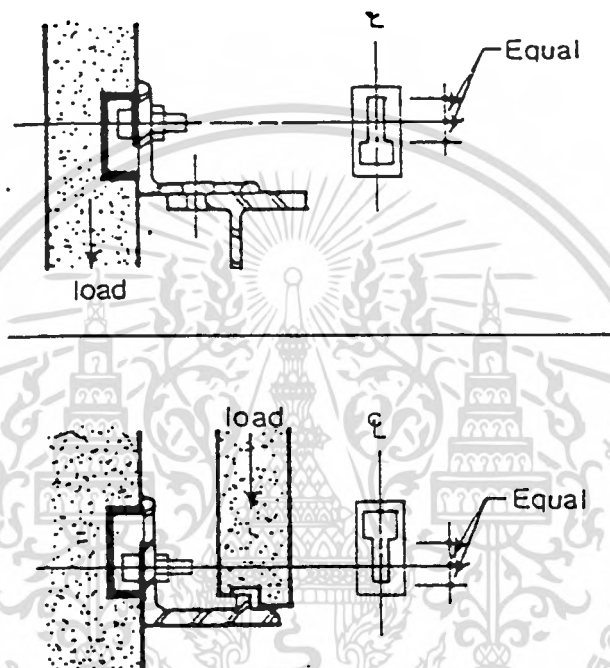
โดยที่  $\phi = 0.85$

ปัญหาของตัวแทรกจากตัวแทรกภายในและการจะทำให้ดีขึ้นโดย

1. ตัวแทรกจะต้องทำให้ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็น 2. ตัวแทรกจะต้องทำให้สมบูรณ์ตามลำดับ กษาน่ามัน ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การไม่ตรวจตราความแน่นของหัวเกลียวจากการสร้างแผ่นคอนกรีต
4. ตัวแทรกที่ละเอียดมากๆ จะต้องไม่แน่นหรือหลวมเกินไป
5. การยึดที่ไม่สามารถต้านทานแรงจากการหดหรือแรงจากแผ่นดินไหว การยึดของผนังจะต้องรองรับโครงสร้างควรจะไม่ทำด้วยการเชื่อมตัวแทรก



รูปที่ 7.37

### 7.5.7 ตัวยึดโคเวล

การยึดแบบโคเวล หรือ ตัวยึดแบบโคเวล-เฉือน จะช่วยรองรับโครงสร้างและผนังขึ้นสามารถแก้ปัญหาทางด้านเศรษฐกิจด้วย ความกว้างของโคเวล ในการดึงหรือแรงคดเคี้ยวขึ้นอยู่กับความยาวของการฝังตัว และพื้นที่การยึด ตำแหน่งของปูนเข้าไประหว่างการสร้าง, ตัวยึดโคเวล ปกติในการสร้างที่มีต้นทุนต่ำและจะต้องพิจารณาว่าระยะนาบโค ที่หลังจากเริ่มจากกลุ่มของการฉีดอัดปูนเข้าไปอาจจะไปทำลายการยึดตัวของโคเวล และลดความแข็งแรงของตัวยึด จึงมีนตเอกสเก๊าส์และโคเวลที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหล็กเสริมเบอร์ 6 และเล็กกว่านี้อาจจะถูกฝังในช่องโวลและเกาส์ เพื่อให้ยึดสำหรับแรงดึงแรงยึดหรือแรงเฉือนในตัวยึด การหาความยาวที่ฝังตัวสามารถคำนวณได้จากสูตร

$$l_e = A_b f_y / ( \phi \Sigma_o (1200) )$$

ที่  $l_e$  = ความยาวในการฝังตัวเป็น in

$A_b$  = พื้นที่ของเหล็กเส้น เป็น in<sup>2</sup>

$f_y$  = ความแข็งแรงที่จุดลากของเหล็กเส้น

$\Sigma_o$  = perimetres ของเหล็กเส้นเป็น in

$$\phi = 0.85$$

คำแนะนำเพิ่มเติม

1. คอนกรีตที่ทับเหล็กเสริมควรจะหนา 3 นิ้ว
2. ควรจะปฏิบัติตามรายละเอียด ด้านข้างของกระเปาะควรจะหยาบ และต้องปลอดจากน้ำมัน คอนกรีตเสี้ยนหรือฝุ่น เพราะจะเกิดผลกับการเกาะรอบๆ คอนกรีต
3. วัสดุเกาส์ ควรจะไม่หดตัวและคืบ ควรจะมีแรงกดอย่างน้อย 4,000 psi
4. ข้อกำหนดของเหล็กเสริม ประกอบด้วยเกลียวควรมีพื้นที่

$$A_{sh} = A_b f_y = \mu f_y$$

$f_y$  = จุดแข็งคลากของเหล็กเสริม

5. 1. ควรจะไม่น้อยกว่า 8 นิ้ว

## อีพอกซ์ เกาส์และ โวล

อีพอกซ์ สามารถใช้ได้กับตัวยึดแบบ โวล, โบลท์, บาร์ หรือรูปทรงที่คล้ายๆกัน ภายในคอนกรีต ความแข็งของอีพอกซ์-เกาส์ ประมาณ 2-4 เท่าของแรงดึงและ 10-15 เท่าของแรงดึงของซีเมนต์-เกาส์ ถ้าโวลที่ติดตั้งอยู่ในช่องแนวราบจะต้องใช้ อีพอกซ์ที่มีความหนืด หรือจะต้องรองรับกลไกของโบลท์ และความดันจากการยึด

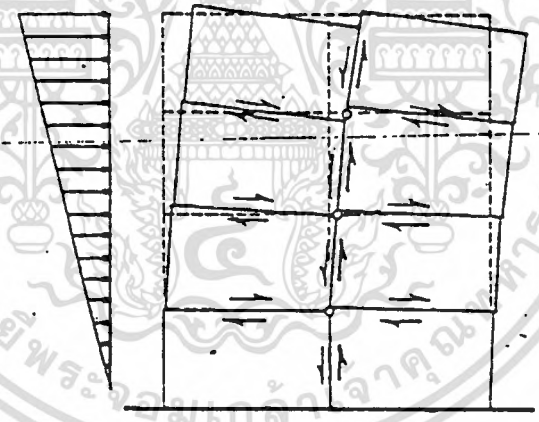
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ทำไว้ควรจะกว้างและพื้นที่ผิวที่เปียกควรจะมีขนาดสอดคล้องพร้อมที่จะใช้ได้ การติดตั้งโดเวล จะไม่ทำในบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 40 องศาฟาเรนไฮด์ การดูแลเป็นพิเศษและการติดตั้งโดยรวดเร็ว อีพอกซี ที่มีความหนืดจะต้องใช้ภายใต้อุณหภูมิที่คอนกรีต อยู่ระหว่าง 40-60 องศาฟาเรนไฮด์ การผสมส่วนประกอบและการติดตั้งของอีพอกซี จะต้องเน้นตามคำสั่งและคำแนะนำให้ใช้ตามคำสั่งการทำที่นำมา

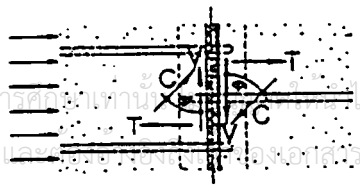
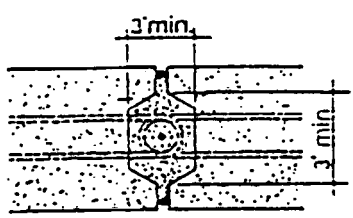
7.6 ชนิดของรอยต่อสำหรับผนังรับแรง

7.6.1 ชนิดของรอยต่อ

- รอยต่อแบบจุดหมุน รูปที่ 7.38

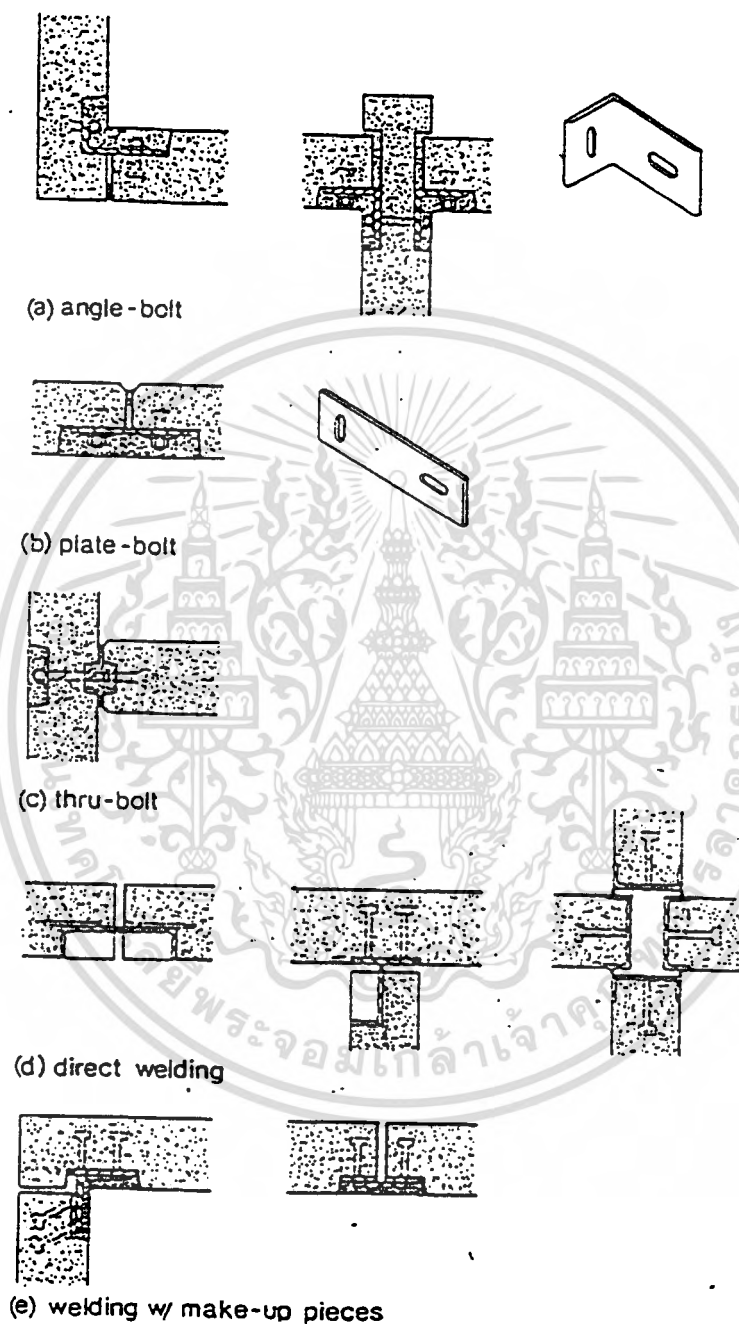


- รอยต่อแบบช่อง รูปที่ 7.39



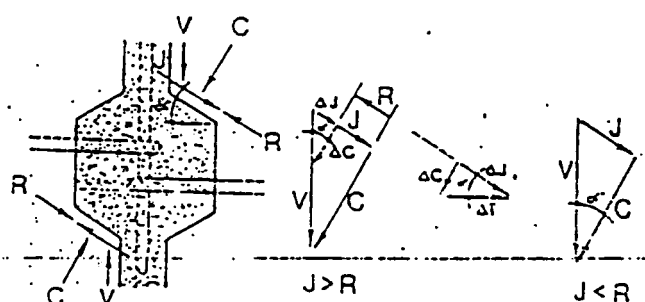
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่ควรใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- รอยต่อแบบกลไก รูปที่ 7.40

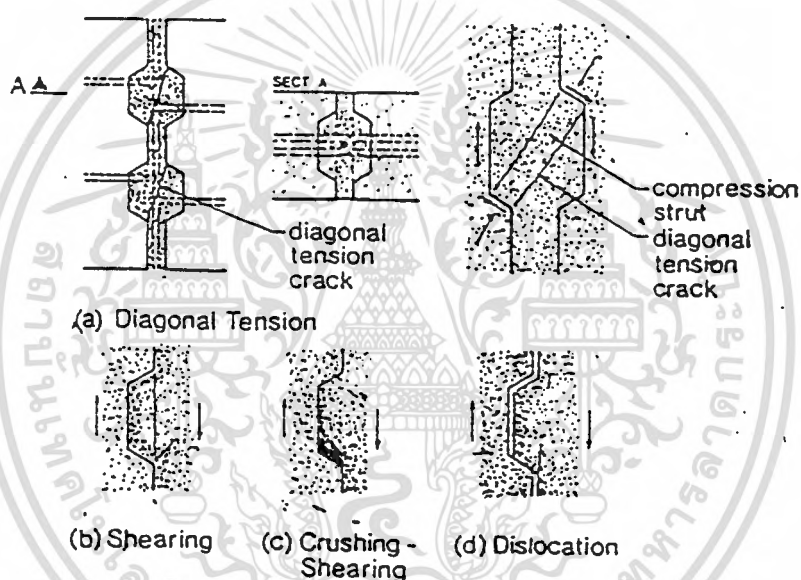


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

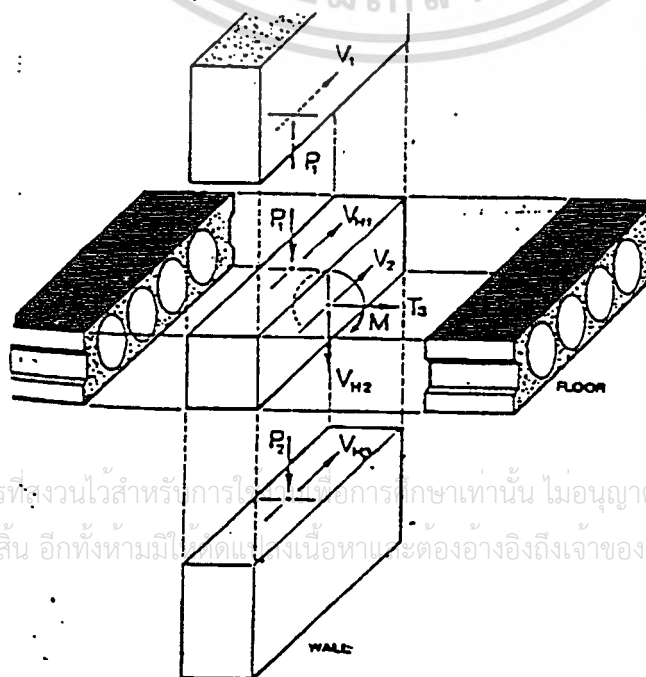
- รอยต่อแบบกฤษฎา รูปที่ 7.41



- รูปที่ 7.42 หลักแนวแรงตัดเฉือนตามแนวค้ำ ที่ใช้แก้ปัญหาแรงดึงและแรงอัดภายใน

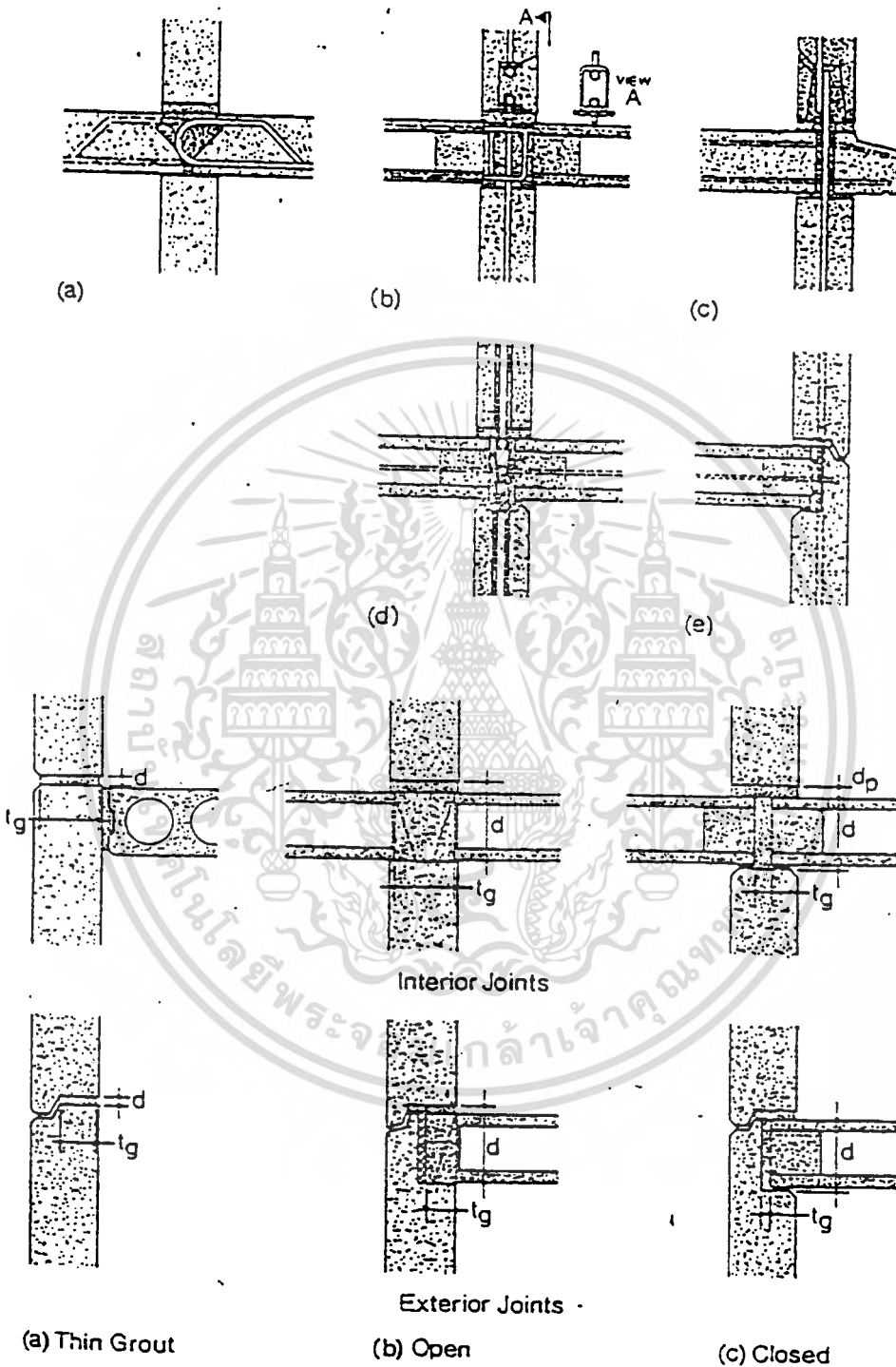


- รอยต่อในแนวระดับ รูปที่ 7.43



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- รอยต่อในแนวเส้นตรงและในแนวระนาบ รูปที่ 7.44



รูปที่ 7.45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 7.6.2 ตัวยึดของผนังและพื้น

รายละเอียดของความหลากหลายที่เป็นไปได้ของการยึดพื้น แนะนำในรายละเอียดการเลือก, การหมุนและแรงเยื้องศูนย์ที่เกิดขึ้น สามารถแนะนำโดยเฉพาะที่ระยะกว้างของพื้นจากภายนอกที่รองรับภายในจะต้องรองรับโดยการเชื่อมจะทำการหนีบผนังและการหด ยิ่งอาจเป็นผลมาจากการแตกร้าวของพื้นที่รองรับ ถ้าไม่มีหรือเล็กน้อยของโมเมนต์ ทางค้ำลบ เป็นการชี้สถานะที่เป็นได้ 2 กรณีที่ควรหลีกเลี่ยงที่จะเลือกมากที่สุดที่สามารถลดได้ หรือสถานะน้อยที่สุดที่ลดได้

สมการของ Cross ties

$T1, u \ 15800 \text{ (lb/ft)}$  ระยะความกว้างของพื้นที่ (ft)

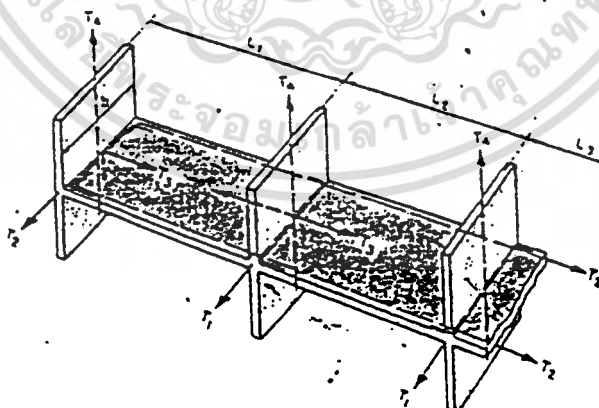
$T2, u \ 16000 \text{ lb, peripheral tie}$

$T3, u \ 2122\%$  ของน้ำหนักบนผนังจะรับได้

$1500 \text{ (lb/ft)} \times \text{ระยะทางระหว่าง tie (ft)}$

$T4, u \ 3000 \text{ (lb/ft)} \times \text{ระยะทางระหว่าง tie (ft)}$

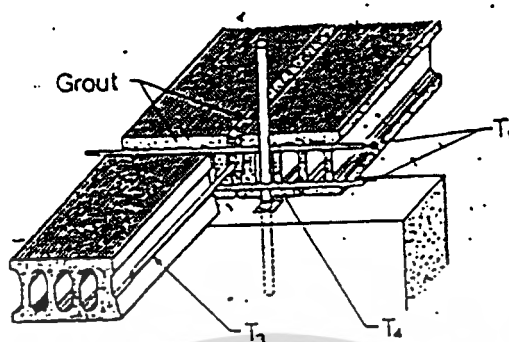
ความต้องการในการพิจารณาโครงสร้าง ถ้าการออกแบบไม่สามารถทำตาม Cross ties หรือ ความต่อเนื่องของเหล็กเสริมสำหรับเพิ่มความแข็งแรง รูปที่ 7.46 และรูปที่ 7.47



รูปที่ 7.46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





รูปที่ 7.47

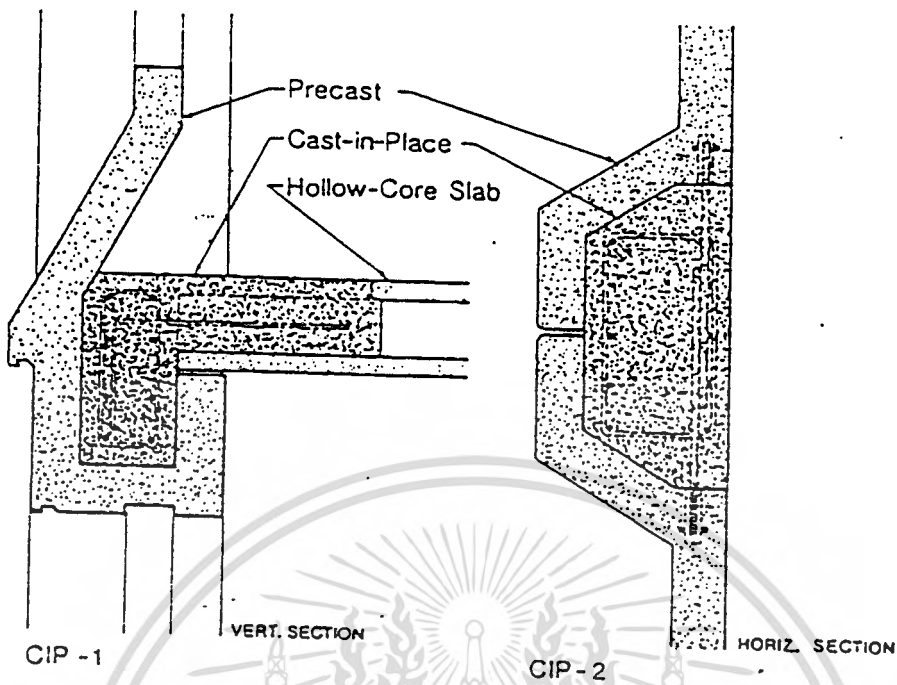
### การยึดผนังกับฐานราก

การเชื่อมผนังไปยังฐานรากหรือการตีกรอบ, เป็นแนวเดียวกัน หรือเป็นยี่ดเคี้ยวๆ สามารถทำได้ สิ่งที่เป็น คือ

1. วิธีการของการยกและตามการวางแนวของผนังที่เป็นไปได้
2. ความแข็งแรงของแรงที่ส่วนจะต้องรองรับโครงสร้าง และรายละเอียด ในการส่งแรงทั้งทางแนวตั้งและบริเวณรอบๆ

### ตัวยึดผนังกับพื้นหล่อในที่และกับผนัง

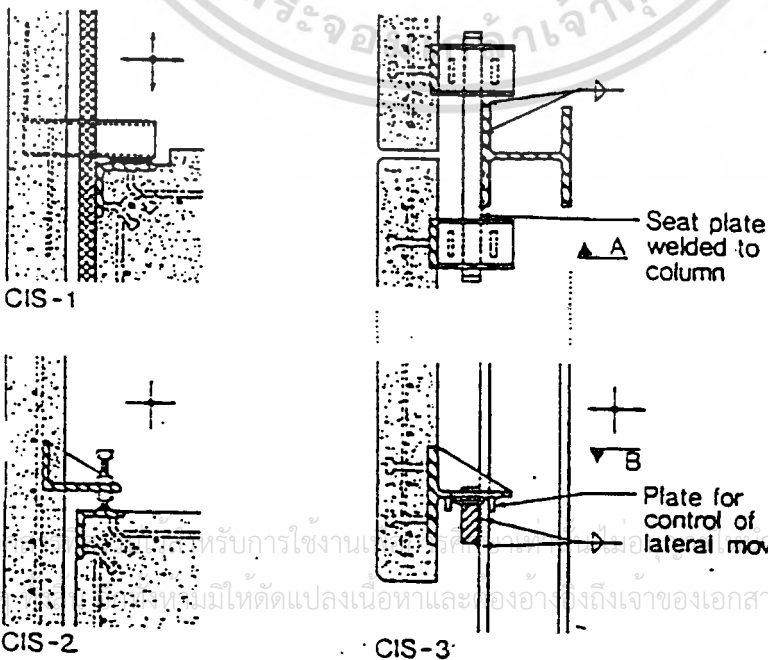
ตัวยึดผนังรับแรงสำเร็จรูปและพื้นสำเร็จรูป ด้วยการหล่อในที่ตัวยึดที่สะดวกในการใช้จะทำให้เพิ่มแรงต้านบริเวณรอบๆที่สร้าง รูปที่ 7.48



รูปที่ 7.48

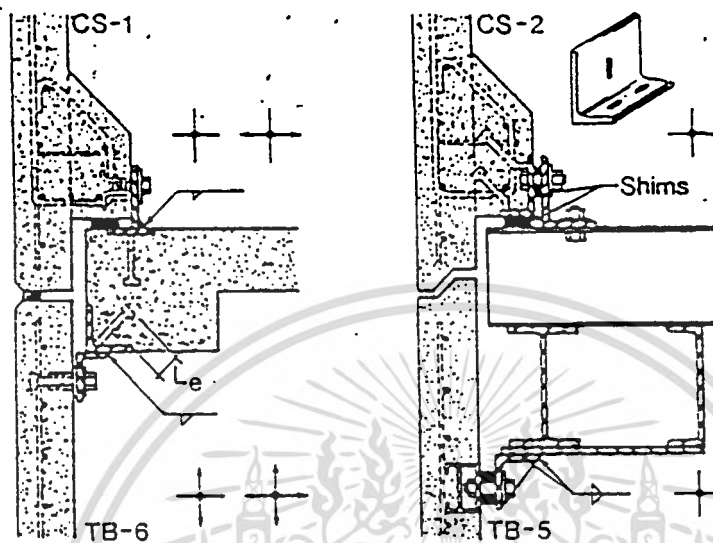
### 7.7 ชนิดของรอยต่อสำหรับผนังที่ไม่ได้รับแรง

- รอยต่อแบบรองรับโดยตรง รูปที่ 7.49

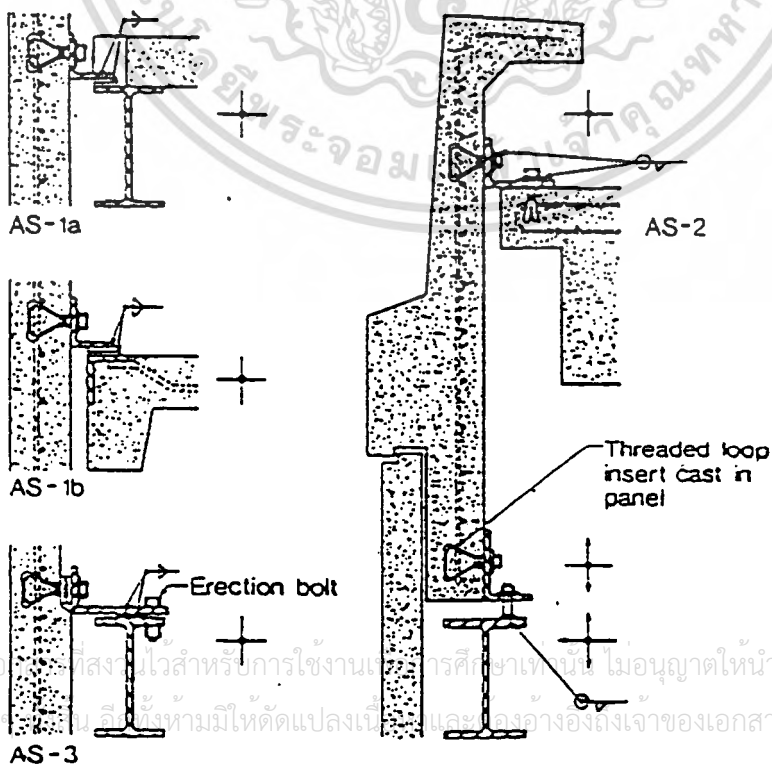


เอกสารนี้เป็นเอกสารตัวอย่างสำหรับการใช้งานเท่านั้น ไม่ควรนำข้อมูลไปใช้ในการตัดสินใจใดๆ โดยผู้ใช้งานควรตรวจสอบข้อมูลจากแหล่งข้อมูลอื่นเพิ่มเติม

-รอยต่อแบบใช้โคเบลรองรับ รูปที่ 7.50

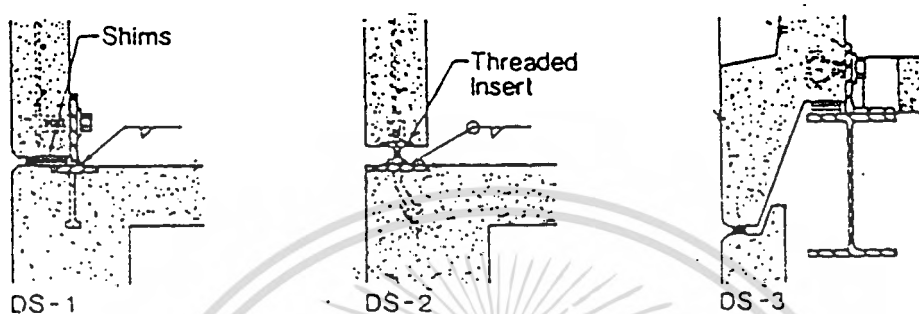


-รอยต่อแบบใช้ตัวฝังในการรองรับ รูปที่ 7.51

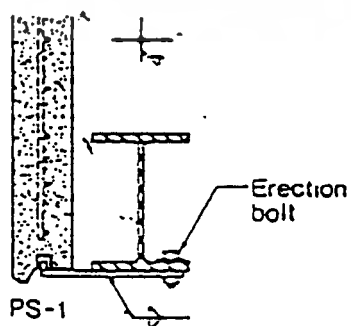


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น ห้ามมิให้ดัดแปลงแก้ไข และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-รอยต่อแบบใช้เหล็กฉากรองรับโดยตรง รูปที่ 7.52

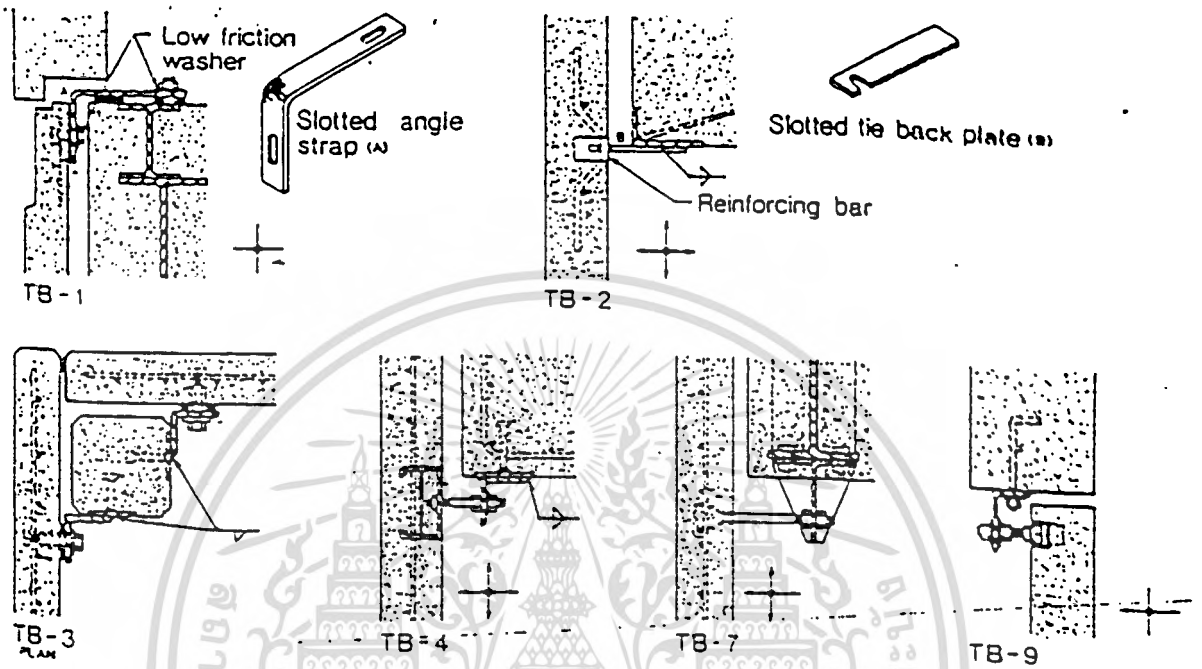


-รอยต่อแบบใช้แผ่นเหล็กรองรับ รูปที่ 7.53

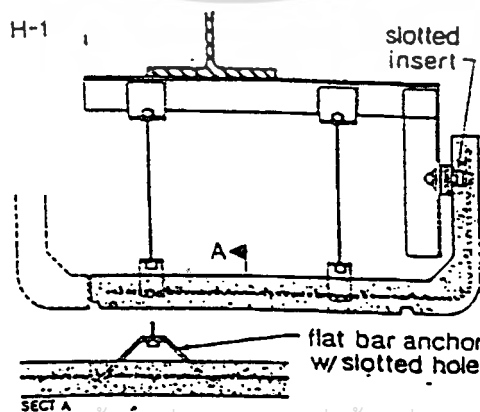


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-รอยต่อแบบยึดรัด รูปที่ 7.54

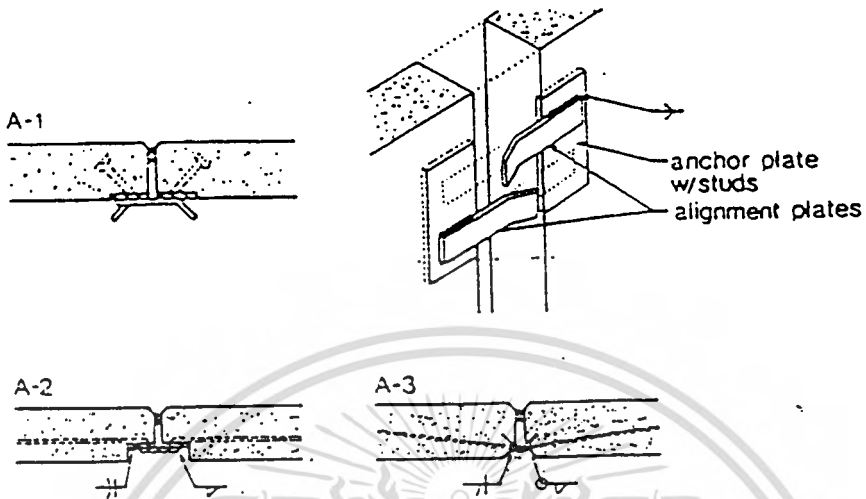


-รอยต่อแบบแขวน รูปที่ 7.55

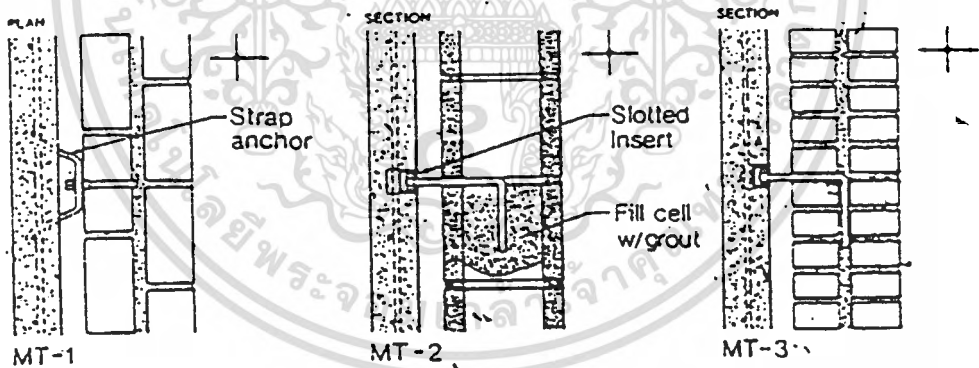


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-รอยต่อในเส้นตรงในแนวดิ่ง รูปที่ 7.56



-รอยต่อการยึดรั้งของการก่ออิฐฉาบปูน รูปที่ 7.57



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 8

## เทคนิคการก่อสร้าง

## 8.1 CONVENTIONAL CONSTRUCTION

การก่อสร้างแบบนี้เป็น การก่อสร้างแบบดั้งเดิมที่ยังคงเป็นที่นิยมน้อยมากในปัจจุบัน ยังคงเป็นรูปแบบที่มีความคล่องตัวในการก่อสร้างสูง ใช้ได้กับการก่อสร้างทุกประเภทโดยไม่จำกัดในเรื่องของปริมาณในการก่อสร้าง

การดำเนินการในการก่อสร้างแบบนี้มี การก่อสร้างดังนี้ คือ  
การก่อสร้างฐานราก

ก่อนอื่นต้องทำการปักผัง เพื่อทำการวางตำแหน่งในการกำหนดจุดที่จะทำการตอกเสาเข็ม การตอกเสาเข็มโดยทั่วไปผู้ขายจะเป็นผู้ทำการตอกเสาเข็มด้วย โดยที่ทางวิศวกรผู้ออกแบบจะเป็นผู้ทำการกำหนดค่าน้ำหนักลูกตุ้มเหล็ก ระยะชดคุ้ม BLOW COUNT เพื่อให้เสาเข็มสามารถรับกำลังได้ตามที่กำหนด ฉะนั้นจะต้องทำการตรวจสอบให้เป็นไปตามข้อกำหนด และมิให้เกิดการเสียหายต่อเสาเข็มที่ทำการตอก

การกำหนดเส้นทางเดินของบันจันมีผลอย่างมาก เพราะการเคลื่อนย้ายบันจันในแต่ละครั้งนั้นต้องเสียเวลาเอาสลิงไปยึดหลักแล้วจึงตัวให้เลื่อนไปบนทางที่ทำการทาสารบีไว้ให้ลื่น

หลังจากทำการตอกเสาเข็มเสร็จเรียบร้อยแล้ว เราจะทำการขุดดินลงไปเพื่อทำการตัดหัวเข็มในระดับ PILE CUT การทำการตัดหัวเสาเข็มจะถูกกำหนดระดับความลึกไว้โดยที่เสาเข็มทุกต้นควรจะทำการตัดในระดับความลึกที่เท่ากัน การตัดหัวเข็มมักใช้เครื่องตัดที่ประกอบด้วยแผ่นไฟเบอร์ แผ่นไฟเบอร์นี้หนึ่งแผ่นสามารถทำการตัดขี้มได้ประมาณ 10 ต้น

หลังจากตัดหัวเข็มแล้ว จะทำการปรับระดับดินโดยให้ทรายปรับระดับโดยต้องทำการอัดทรายนี้ให้แน่น เทคอนกรีตหยาบรองกันหลุมเพื่อป้องกันน้ำในส่วนผสมของคอนกรีตถูกดูดสูญหายไป ทำการประกอบแบบฐานราก ผูกเหล็กฐานรากตามแบบ และทำการเทคอนกรีต ในการเทคอนกรีตนี้ต้องระวังในเรื่องการแยกตัวของคอนกรีต ออกจากกันในขณะที่ทำการเท เนื่องจากมีผลต่อความแข็งแรงของคอนกรีต ฉะนั้นการเทคอนกรีตควรที่จะเทคอนกรีตลงไปตรงๆในแบบ ต้องพยายามยกภาชนะในการเทให้ต่ำที่สุดที่สามารถทำได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารของบริษัทฯ ไม่ควรเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากการเทคอนกรีตแล้วต้องทำการคอนกรีตให้มีความแน่น การที่คอนกรีตเป็นรูปทรงมีผลให้คอนกรีตเสียกำลังไป แล้วทำการบ่มคอนกรีตเพื่อป้องกันการแตกร้าวและเสียกำลังของคอนกรีต ซึ่งมักจะกระทำทันทีหลังจากคอนกรีตแข็งตัว

หลังจากคอนกรีตสามารถรับกำลังได้ก็จะทำการผูกเหล็กและประกอบแบบเพื่อทำการเทคอนกรีตเสาต่อม่อต่อไป

### การก่อสร้างคานคอดินและพื้นหล่อในที่ชั้นล่าง

หลังจากที่เราได้ทำการหล่อม่อแล้ว เราจะทำการประกอบแบบคานคอดินเป็นลำดับต่อไป การประกอบแบบคานคอดินนี้จะประกอบเฉพาะแบบข้างคานเท่านั้น แบบท้องคานเราจะปรับระดับดินและใช้เป็นแบบแทน ในส่วนพื้นหล่อในที่จะใช้ทรายปรับระดับ แล้วใช้แผ่นพลาสติกวางทับลงไปกันทรายคุดน้ำในส่วนผสมของคอนกรีต ในคานที่ต้องทำการเจาะช่องต้องวางตำแหน่งให้ถูกต้อง ทำการวางเหล็กตามแบบ แล้วจึงเทคอนกรีต

ในการเทคานนั้น ควรเริ่มจากด้านปลายของคานเข้าหาตรงกลาง วิธีนี้สามารถจัดการผสมของมอร์ต้าตามแบบได้ จึงไม่เกิดโพรงหรือช่องว่างตามมุมของแบบ

ส่วนการเทคอนกรีตในส่วนพื้นควรทำการเทที่มุมใดมุมหนึ่งที่ใกล้ที่สุดก่อน แล้วจึงทำการเทต่อมาเรื่อยๆ เพื่อที่จะทำให้คอนกรีตแน่น มีการเชื่อมต่อกันเป็นอย่างดี อีกทั้งยังสามารถป้องกันการแยกตัวของส่วนผสม ใช้อุปกรณ์หรือพลั่วเกลี่ยเข้าด้วยกัน แล้วใช้เกรียงไม้ตบเพื่อกดคอนกรีตให้แน่นและให้เสมอกับขอบไม้แบบ แล้วจึงใช้เกรียงไม้บันทึกปรับระดับปาดพื้นให้เรียบ โดยทั่วไปการแต่งผิวหน้าจะเริ่มกระทำทันทีที่ผิวหน้าของคอนกรีตแห้ง โดยทั่วไปใช้เวลาประมาณ 1 - 3 ชั่วโมงหลังการเท

หลังจากคอนกรีตแข็งตัวดีต้องทำการบ่มคอนกรีต โดยมากจะใช้วิธีการบ่มแบบการใช้วัสดุเปียกคลุม วัสดุที่ใช้กันทั่วไป ได้แก่ กระสอบ ผ้าใบ ซึ่งสามารถอมความชื้นไว้ได้นานอย่างน้อย 3 วัน หรือการใช้ผ้าพลาสติกคลุมหลังการฉีบน้ำ แต่ต้องระวังในเรื่องการฉีกขาดหรือทะลุ เพราะจะทำให้ความชื้นเล็ดลอดออกมาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## การหล่อเสาชั้นล่าง

ต้องทำการผูกเหล็กให้เรียบร้อยก่อนที่จะประกอบแบบข้างเสา ควรทำการหล่อลูกปูนทั้งสี่ด้านเพื่อบังคับเหล็กให้อยู่ในศูนย์กลางของเสา แล้วจึงทำการประกอบแบบ แบบต้องมีเคร่าจำนวนมากพอเนื่องจากการเทเสาเป็นการเทคอนกรีตในแนวตั้ง และมีการเทเกือบจะตลอดความสูง จึงมีแรงดันข้างแบบสูง เคร่าจึงต้องมีความแข็งแรงเพียงพอ

การเทเสาไม่ควรเทสูงเกินกว่า 2.50 ม. ถ้ามีความสูงเกินนิยมใช้การเทลงในช่องข้างแบบที่เปิดไว้ เพื่อป้องกันมิให้คอนกรีตตกสูงเกินไปซึ่งมีผลต่อการแยกตัวของคอนกรีต และทำการปิดช่องทันทีที่เทคอนกรีตมาถึงช่อง ใต้ช่องที่เปิดควรทำเป็นกระเปาะสำหรับรองรับคอนกรีตเพื่อช่วยให้คอนกรีตไหลลงสู่แบบช้าๆ จึงสามารถป้องกันการแยกตัวของคอนกรีตได้ การเทเสาควรเทติดต่อกันจนถึงระดับ 25 มม. ต่ำจากระดับท้องคาน

การบ่มควรทำทันทีหลังการถอดแบบ หรือถ้ายังไม่ต้องการถอดแบบก็ควรที่จะราดน้ำให้ชุ่มเสมอ

## การหล่อคานชั้นบนและพื้นหล่อในที่

การตั้งแบบคานชั้นบน ต้องทำการสร้างค้ำยันเป็นโครงสร้างรับแบบท้องคานและท้องพื้น ค้ำยันนี้จะใช้เป็นจำนวนมาก โดยทั่วไปการตั้งค้ำยันจะกระทำพร้อมกับการวางไม้แบบท้องคานหรือท้องพื้น ต้องทำการปรับระดับค้ำยันให้เท่ากัน หลังจากนั้นจึงจะทำการประกอบแบบข้างคาน วางเหล็ก เทคอนกรีตต่อไป

หลังการเทคอนกรีต ต้องทำการบ่มคอนกรีตเช่นเดียวกัน การถอดค้ำยัน วสท.ได้กำหนดไว้ดังนี้ คือ 21 วัน ทั้งนี้ก็เพื่อให้คอนกรีตมีกำลังรับน้ำหนักได้

## การก่อสร้างชั้นบน

หลังจากทำการก่อสร้างตามงวด ที่ผ่านมาแล้วขั้นตอนนี้ต่อไปจะเป็นการหล่อเสาชั้นบน การดำเนินการเป็นรูปแบบเดิมเหมือนกับการหล่อเสาในชั้นล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทำการก่อสร้างหล่อเสาชั้นบนเรียบร้อยแล้วก็จะทำการก่อสร้าง หล่อคานหลังคาเป็นลำดับต่อมา แล้วจึงทำการหล่อเสาดังเป็นส่วนสุดท้ายของส่วนโครงสร้างคอนกรีตหลัก

### งานโครงสร้างเหล็ก

เมื่องานโครงสร้างหลักเสร็จสิ้นแล้ว ก็จะก่อสร้างในส่วนของโครงหลังคาเหล็ก ทำการมุงหลังคา และมีการก่อสร้างโครงบันไดเหล็กติดตั้งเข้ากับส่วนโครงสร้างอาคารที่กำหนดไว้ตามรูปแบบ

### ก่อสร้างทางคานสถาปัตยกรรม

หลังจากที่งานทางคานโครงสร้างเสร็จสิ้นลงแล้ว ก็จะเริ่มการเก็บงานทางสถาปัตยกรรม การก่ออิฐและฉาบปูน

การก่ออิฐสามารถจะกระทำได้อดเมื่อได้นำเอาส่วนค้ำยันคานออกแล้ว เนื่องจากผนังมักอยู่ในแนวของคาน ก่อนการก่ออิฐต้องทำการตั้งวงกบก่อน การก่ออิฐต้องทำให้อิฐชุ่มน้ำก่อนการก่อเพื่อป้องกันการดูดน้ำในส่วนผสมของปูนก่อ การก่อไม่สามารถก่อที่เดียวเป็นแนวสูงได้ โดยทั่วไปจะก่อได้สูง 0.80 ม. แล้วต้องพักให้ปูนก่อได้แข็งตัวก่อน ในบางครั้งก็เป็นการหยุดเพื่อทำการหล่อทับหลังและเสาเอ็นของช่องเปิด เมื่อปูนก่อมีความแข็งแรงพอควรแล้ว จะทำการประกอบแบบข้างคานแล้วทำการเทคอนกรีตสูงประมาณ 0.10 ม.

ต้องทำการเว้นช่องในตำแหน่งของการเดินท่อระบบต่างๆ เมื่อทำการติดตั้งระบบท่อน้ำที่เรียบร้อยแล้วจึงเริ่มทำการฉาบ การฉาบต้องใช้น้ำปูนฉาบทำการฉาบ ในขั้นตอนการฉาบต้องอาศัยช่างที่มีฝีมือเพราะจะได้งานฉาบที่เรียบสวยงามไม่เป็นคลื่น หลังจากการฉาบเรียบร้อยแล้วจึงเป็นการเก็บงานตามรายละเอียดทางสถาปัตยกรรมต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 8.2 CAST IN PLACE BEARING WALL

การก่อสร้างในรูปแบบนี้เป็นการก่อสร้างแบบหล่อในที่ เป็นการทำงานที่มีรูปแบบก่อสร้างแบบอุตสาหกรรมรูปแบบหนึ่ง เนื่องจากการหล่อในที่จำเป็นต้องใช้ไม้แบบเป็นปริมาณมาก การทำงานต้องการความรวดเร็วในการก่อสร้าง โดยการใส่แบบเหล็กในการทำงานจากช่วยในรวดเร็วแล้ว ยังสามารถลดแรงงานคนลงได้อีกด้วย

ในการใช้แบบเหล็กในการก่อสร้างจะต้องทำการก่อสร้างเป็นปริมาณหน่วยในการก่อสร้างจำนวนมากจึงจะคุ้มค่าในการลงทุน อีกทั้งแบบเหล็กนี้ยังสามารถสร้างเป็นแบบที่มีขนาดใหญ่จึงทำให้ชิ้นส่วนในการประกอบและติดตั้งน้อยลงและง่ายต่อการดำเนินการ

### การก่อสร้างฐานราก

การก่อสร้างฐานรากนี้ยังมียังคงมีการทำงานที่เหมือนกับการก่อสร้างแบบ CONVENTIONAL CONSTRUCTION

เมื่อทำการก่อสร้างฐานรากเสร็จเรียบร้อยแล้ว ทำการหล่อเสาตอม่อ และทำการดำเนินการก่อสร้างคานคอดินและพื้นเป็นที่เรียบร้อยแล้วจึงจะทำการหล่อผนัง

ในส่วนของคานคอดินต้องมี DOWEL BAR เสียบอยู่เป็นระยะๆ เพื่อให้เป็นส่วนจับยึดและถ่ายแรงจากผนังลงสู่คานคอดินได้

### การก่อสร้างโครงสร้างหลัก

โครงสร้างหลักของระบบนี้ คือ ผนังซึ่งเป็นส่วนถ่ายแรงลงสู่ฐานรากและส่วนพื้น ทั้งสองส่วนนี้จะทำการเทคอนกรีตพร้อมกัน ได้แก่ผนังชั้นล่างและพื้นชั้นบน

เราจะทำการประกอบติดตั้งแบบผนังเพียงด้านเดียวก่อน ในแบบเหล็กจะกำหนดตำแหน่งของวงกบไว้แล้ว เราจะนำเอาวงกบประกอบติดตั้งและใส่ค้ำยันให้แก่วงกบ ป้องกันวงกบเสียรูป ทำการวางเหล็กตะแกรงตามที่ได้ออกแบบ โดยทั่วไปการวางเหล็กตะแกรงจะเป็นการวางชั้นเดียวจึงต้องให้อยู่ในตำแหน่งตรงกลาง เราจึงนำตัวแหวนบังคับตำแหน่งมาใช้ยึดติดกับตะแกรงเหล็ก การใช้ตะแกรงเหล็กจะช่วยให้ประหยัดเวลาในการผูกเหล็กเป็นอย่างมากอีกทั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเท่านั้น เมื่ออยู่ในพื้นที่สาธารณะหรือใช้ในการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ราคาตะแกรงเหล็กนี้เมื่อเทียบกับการผูกเหล็กของคานแล้วไม่ต่างกันเท่าไร จึงเป็นการคุ้มค่านมากในการนำมาใช้ในการก่อสร้าง อีกทั้งเมื่อใช้ในปริมาณมากๆ ราคาก็ยังต่ำลงอีก

ที่บริเวณมุมหรือจุดต่อจะต้องเสริมเหล็กพิเศษเพื่อทำการยึดให้เหล็กมีความต่อเนื่องกัน ทำการวางท่อระบบต่างๆในตำแหน่งที่ได้กำหนดไว้ให้มีความแน่นหนา ทำการผูกเหล็กขี้นุมและเหล็กครอบช่องเปิดให้เรียบร้อย ทำการผูกเหล็ก DOWEL BAR ที่ยื่นออกมาจากคานคอดินติดกับเหล็กตะแกรง และผูกเหล็ก DOWEL BAR ไว้เพื่อเชื่อมต่อกับผนังชั้นบนที่จะทำการเทต่อไป

ทำการประกอบแบบผนังเปิดให้เรียบร้อย ใส่ ANCHORAGE เพื่อบังคับขนาดความหนาของผนังให้ได้ตามที่ออกแบบ วางเหล็กตะแกรงพื้นโดยที่มีลูกป้อนรองให้ไครระดับ และเสริมเหล็กพิเศษ

ทำการเทคอนกรีตในส่วนของผนังโดยให้ความหนาในการเทคอนกรีตแต่ละชั้นไม่เกิน 0.45 ม. เพื่อป้องกันการแยกตัวของคอนกรีต ใช้เหล็กกระทุ้งให้คอนกรีตมีความแน่นตัวโดยการกระทุ้งควรกระทุ้งลงไปในชั้นที่เทก่อนหน้านี้ แต่ต้องระวังมิให้ลึกเกินไปถึงส่วนที่เริ่มมีการเซตตัวแล้ว

เมื่อทำการเทคอนกรีตในส่วนของผนังเรียบร้อยแล้วจึงทำการเทคอนกรีตพื้นต่อไป เมื่อเทพื้นเสร็จก็รอเวลาเพื่อทำการตกแต่งผิวหน้าของคอนกรีต เมื่อตกแต่งผิวหน้าของคอนกรีตเรียบร้อยแล้ว ก็ปล่อยให้คอนกรีตเซตตัว แล้วจึงทำการบ่มคอนกรีตด้วยการใช้น้ำ

การถอดแบบสามารถกระทำได้เทคอนกรีตได้ 2 วันในส่วนของผนัง และพื้นประมาณ 7 วัน แต่จะต้องมีค้ำยันอยู่อย่างต่ำ 21 วัน เมื่อมีการถอดแบบควรทำการซ่อมแซมความเสียหายผิวหน้าของคอนกรีต และทำการอุดช่องว่างที่เกิดขึ้นเนื่องจากการเทคอนกรีตเข้าไม่ถึง เช่น ใต้วงกบประตูหรือหน้าต่าง

เมื่อถึงระยะเวลาให้คอนกรีตมีความสามารถรับน้ำหนักได้แล้วก็ทำการประกอบแบบเทคอนกรีตผนังชั้นบนต่อไป โดยมีการทำงานคล้ายกับในชั้นล่างดังได้กล่าวมาแล้ว

แบบหล่อจะถูกหิ้วโดยหิ้วที่ยึดติดกับผนังโดยการใส่ BOLT ร้อยในช่องที่ทำ ANCHORAGE ไว้

การประกอบติดตั้งแบบนี้มักนิยมใช้ MOBILE CRANE ในการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ก่อสร้างทางคานสถาปัตยกรรม

การดำเนินการก่อสร้างในส่วนสถาปัตยกรรม และตกแต่งเก็บงาน มีการทำงานที่ไม่ต่างกับระบบ CONVENTIONAL CONSTRUCTION แต่การเก็บงานในส่วนของผนังจะแตกต่างกัน คือ การฉาบผิวของผนังในการก่อสร้างรูปแบบนี้จะใช้น้ำปูนหรือซีเมนต์เฟลสในการอุดร่องรอยของผิวคอนกรีตที่เกิดจากฟองอากาศ ซึ่งมีการทำงานที่รวดเร็วกว่าการฉาบปูนของผนังก่ออิฐ

### 8.3 PRE CAST BEARING WALL

การก่อสร้างรูปแบบนี้เป็นการนำชิ้นส่วนสำเร็จรูปมาประกอบติดตั้ง โดยการใช้ MOBILE CRANE ยกชิ้นส่วน โดยมีคนงานอีก 2-3 คนเป็นผู้ช่วยในการประกอบติดตั้งและทำการเชื่อมยึดหรือยึดติดกับค้ำยัน

#### การก่อสร้างฐานราก

การก่อสร้างฐานรากนี้ยังคงมีการทำงานที่เหมือนกับการก่อสร้างแบบ CONVENTIONAL CONSTRUCTION ในปัจจุบันได้มีการนำเอาคานคอดินสำเร็จรูปมาใช้งานบ้างแล้ว

เมื่อทำการก่อสร้างฐานรากเสร็จเรียบร้อยแล้ว ทำการหล่อเสาตอม่อ และทำการดำเนินการก่อสร้างคานคอดินและพื้นเป็นที่เรียบร้อยแล้วจึงจะนำชิ้นส่วนสำเร็จรูปมาประกอบติดตั้ง ในคานคอดินจะมีการฝัง DOWEL BARS เอาไว้

#### การผลิตชิ้นส่วนโครงสร้าง

ในขบวนการผลิตนั้นต้องทำที่โรงงานผลิตซึ่งจะมีแบบประกอบสำเร็จอยู่ เป็นการหล่อคอนกรีตในแนวราบจึงเป็นการทำงานที่ง่ายและสามารถผลิตชิ้นส่วนให้มีผิวหน้าที่เรียบและมีคุณภาพที่ดี ในการผลิตจะใช้เหล็กตะแกรงเพื่อให้งานมีความรวดเร็ว มีการวางท่อระบบต่างๆ การคำนวณราคา ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วาง STEEL PLATE ในตำแหน่งที่จะทำการไขเชื่อมต่อกับชิ้นส่วนอื่นๆ และวางท่อนคูด ซึ่งเป็นท่อนสังกะสีในตำแหน่งที่มีการเชื่อมต่อกับ DOWEL BARS ที่กำหนดไว้

เมื่อทำการเทคอนกรีตเสร็จ รอกอนกรีตแข็งตัวแล้วจะทำการบ่มคอนกรีตจนกระทั่งคอนกรีตมีกำลังถึง 140 ksc ตามที่มาตรฐาน วสท.กำหนดไว้ จึงทำการถอดแบบได้ แล้วจึงนำไปเก็บสำรองหรือนำมาใช้งานต่อไป

### การประกอบโครงสร้างหลัก

การประกอบโครงสร้างนี้จะต้องมีการกำหนดลำดับชิ้นส่วนให้เป็นที่แน่นอนในการติดตั้ง เพื่อให้การประกอบติดตั้งเป็นไปได้อย่างสะดวกและง่ายในการทำงาน ในบางชิ้นส่วนที่ทำการประกอบติดตั้งต้องทำการกำขึ้นไว้เพื่อป้องกันความเสียหาย เกิดขึ้นเนื่องจากการเคลื่อนตัวของชิ้นส่วนสำเร็จรูป

เมื่อนำชิ้นส่วนมาประกอบติดตั้งจะทำการวางให้ตรงกับตำแหน่งที่ได้กำหนดไว้ มีการปรับระดับให้ถูกต้องโดยใช้แผ่นซิล ทำการเชื่อมต่อกับชิ้นส่วนอื่นๆ โดยมากมีการเชื่อม 2 ครั้ง กล่าวคือ เป็นการเชื่อมแถมเอาไว้ก่อนให้ชิ้นส่วนสามารถอยู่ได้ แล้วจึงทำการเชื่อมจริงในภายหลังเพื่อความสะดวกในการทำงาน ความรวดเร็วและคุ้มค่าในการใช้เครื่องจักร เมื่อทำการติดตั้งและเชื่อมจริงสำเร็จแล้วจะมีการเทคอนกรีตหล่อลงช่องท่อนคูดที่ได้ทำการค้ำเอาสังกะสีที่ทำเป็นท่อนออกไปแล้ว การเทคอนกรีตนี้ก็เพื่อให้ DOWEL BARS ยึดติดอยู่กับชิ้นส่วนสำเร็จรูป โดยมากมีการกำหนดปริมาณของคอนกรีตเอาไว้ ทั้งนี้ก็เพื่อป้องกันการอุดตันที่อาจจะเกิดขึ้นซึ่งเป็นผลเสียกับโครงสร้าง

หลังจากที่ทำการประกอบติดตั้งชิ้นส่วนสำเร็จรูปเป็นที่เรียบร้อยแล้ว จะทำการเกาส์ระหว่างรอยต่อทั้งหมด โดยที่ปูนเกาส์นี้จะมีส่วนผสมของน้ำยากันซึมน้ำเอาไว้ด้วย ทำการอุดรอยต่อหรือปิดทับส่วนที่เป็นรอยเชื่อม

**ก่อสร้างทางด้านสถาปัตยกรรม**

การดำเนินการก่อสร้างในส่วนสถาปัตยกรรม และตกแต่งเก็บงาน มีการทำงานที่ไม่ต่างกับระบบ CONVENTIONAL CONSTRUCTION แต่การเก็บงานในส่วนของผนังจะแตกต่างกัน คือ การฉาบผิวของผนังในการก่อสร้างรูปแบบนี้จะใช้ น้ำปูนหรือซีเมนต์เพสต์ในการอุดร่องรอยของผิวคอนกรีตที่เกิดจากฟองอากาศ ซึ่งมีการทำงานที่รวดเร็วกว่าการฉาบปูนของผนังก่ออิฐ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 9

ตัวอย่างการออกแบบ การประมาณราคาและวางแผนงาน

ตัวอย่างการออกแบบ

WORKING STRESS

ข้อกำหนดในการออกแบบ

$$f_c' = 210 \text{ ksc}$$

$$f_y = 3000 \text{ ksc}$$

$$n = 11$$

$$k = \frac{1}{1 + \frac{f_y}{n f_c'}} = \frac{1}{1 + \frac{3000}{11 \times 210}} = 0.323$$

$$j = 1 - \frac{k}{3} = 1 - \frac{0.323}{3} = 0.892$$

$$R = \frac{1}{2} f_c k j = \frac{1}{2} \times 210 \times 0.323 \times 0.892 = 30.362 \text{ kg/cm}^2$$

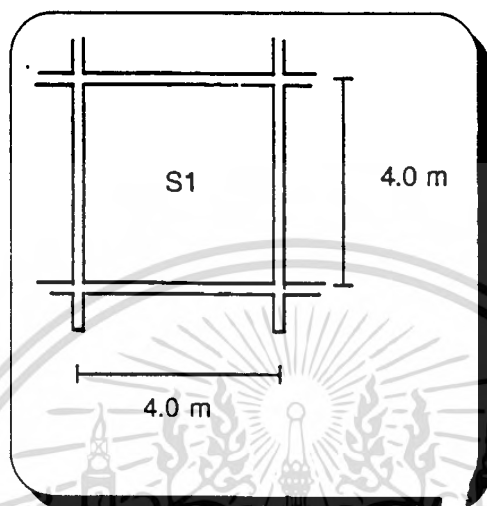
พบบ. กำหนดให้ใช้

$$f_c = 65 \text{ ksc}$$

$$f_s = 300 \text{ ksc}$$



## การออกแบบพื้น



หาโมเมนต์ของพื้นโดยใช้วิธีที่ 2 ของ ว.ส.ท.

Design case 2

กำหนดความหนาของพื้น 10 cm

$$w = 2400 \times 0.1 + 200 = 440 \text{ kg/m}^2$$

$$m = \frac{4.0}{4.0} = 1.00$$

$$M = Cws^2$$

$$As = \frac{M}{fsjd}$$

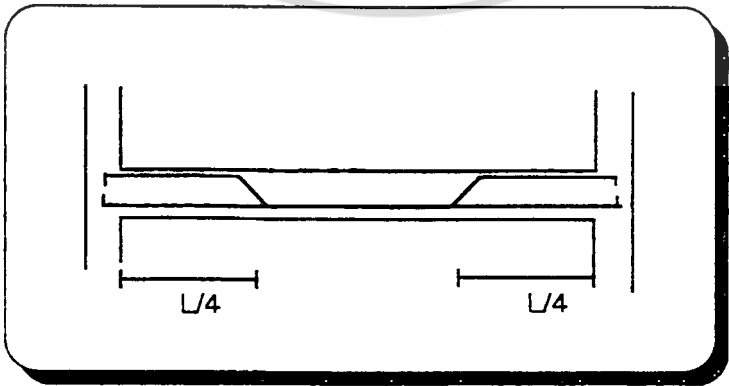
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| Short span | Coeff | Moment | As    |
|------------|-------|--------|-------|
| M cont     | 0.041 | 288.64 | 2.875 |
| M discont  | 0.021 | 147.84 | 1.473 |
| M          | 0.031 | 218.24 | 2.174 |

| Long span | Coeff | Moment | As    |
|-----------|-------|--------|-------|
| M cont    | 0.041 | 288.64 | 2.875 |
| M discont | 0.021 | 147.84 | 1.473 |
| M         | 0.031 | 218.24 | 2.174 |

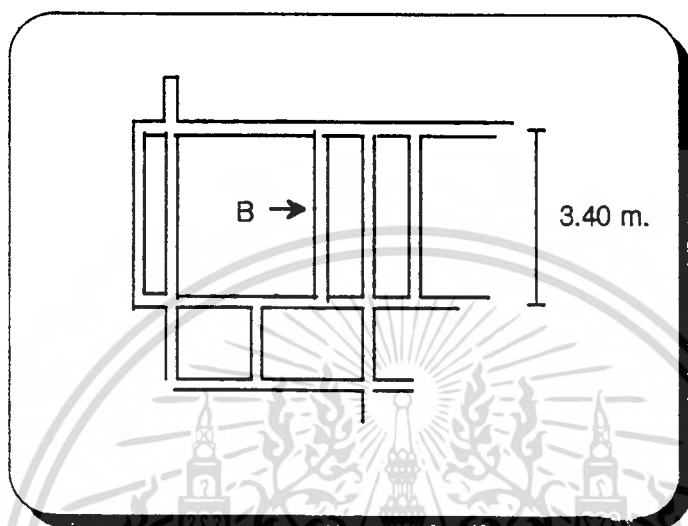
ด้านสั้นใช้เหล็กเสริมขนาด RB9 @ 0.20 m.

ด้านยาวใช้เหล็กเสริมขนาด RB9 @ 0.20 m.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# การออกแบบคาน



$$\text{น้ำหนักผนังก่ออิฐครึ่งแผ่น} \quad 180 \times 3.1 = 558 \text{ kg/m}$$

$$\text{น้ำหนักแผ่นจากพื้น} = 483 \text{ kg/m}$$

กำหนดคานขนาด  $0.15 \text{ m} \times 0.40 \text{ m}$

$$\text{น้ำหนักคาน} \quad 2400 \times 0.15 \times 0.40 = 144 \text{ kg/m}$$

$$\text{น้ำหนักที่กระทำลงคาน W} = 1185 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} M_r &= Rbd^2 \\ &= 9.362 \times 0.15 \times 35^2 \\ &= 1720.268 \text{ kg-m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M &= WL^2/8 \\ &= 1185 \times 3.4^2/8 \end{aligned}$$

$$= 1712.325 \text{ kg-m}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ทำซ้ำหรือลงเนื้อหาและตบียังอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$M_r > M$  แสดงว่าไม่ต้องเสริมเหล็กรับแรงอัด

$$\begin{aligned} A_s &= M / (f_s j d) \\ &= 1712.325 / (1500 \times 0.892 \times 0.35) \\ &= 3.65 \quad \text{cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= WL/2 - Wd \\ &= 1185 \times 3.4 / 2 - 1185 \times 0.35 \\ &= 1599.75 \quad \text{kg} \end{aligned}$$

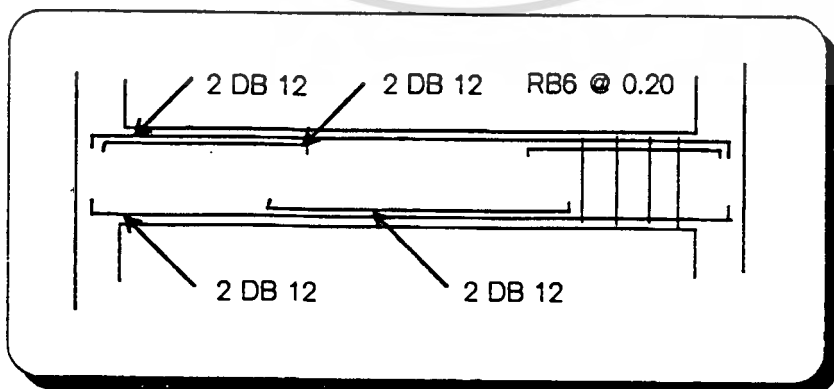
$$\begin{aligned} V_{all} &= 0.29 \sqrt{f_c} b d \\ &= 0.29 \sqrt{210} \times 15 \times 35 \\ &= 2206.31 \quad \text{kg} \end{aligned}$$

$V_{all} > V$  แสดงว่าคอนกรีตสามารถรับแรงเฉือนได้โดยไม่ต้องเสริมเหล็กปลอก  
ต้องใช้เหล็กปลอกขนาดเล็กสุดระยะเรียงไม่เกิน  $d/2$  แต่ไม่เกิน 30 cm

ใช้เหล็กปลอก RB6 @ 0.20 m.

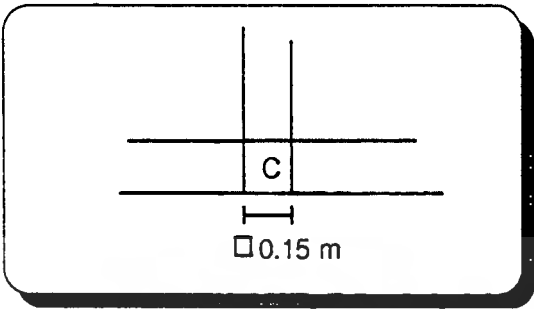
เหล็กเสริมกลางรับแรงดึง 4 - DB 12 mm

เหล็กเสริมบน 2 - DB 12 mm



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**การออกแบบเสา**



น้ำหนักการทำลงเสา = 15.78 Tons

$P = 0.85Ag( 0.25fc' + fsp )$

$15.48 = 0.85 \times ( 15 \times 15 \times 0.25 \times 210 + 0.4 \times 3000 \times As )$

$As = 5.63 \text{ cm}^2$

ใช้เหล็กเสริมในเสา 6 - DB 12 mm

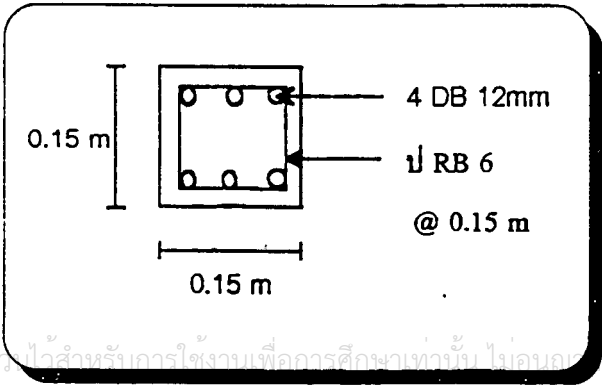
เหล็กปลอก ใช้ค่าน้อยสุดต่อไปนี้

= ช่วงแคบสุดของเสา = 15 cm

= 48 เท่าเหล็กปลอก =  $48 \times 0.6 = 28.8 \text{ cm}$

= 16 เท่าเหล็กขึ้น =  $16 \times 1.2 = 19.2 \text{ cm}$

ใช้เหล็กปลอก RB6 @ 0.15 m



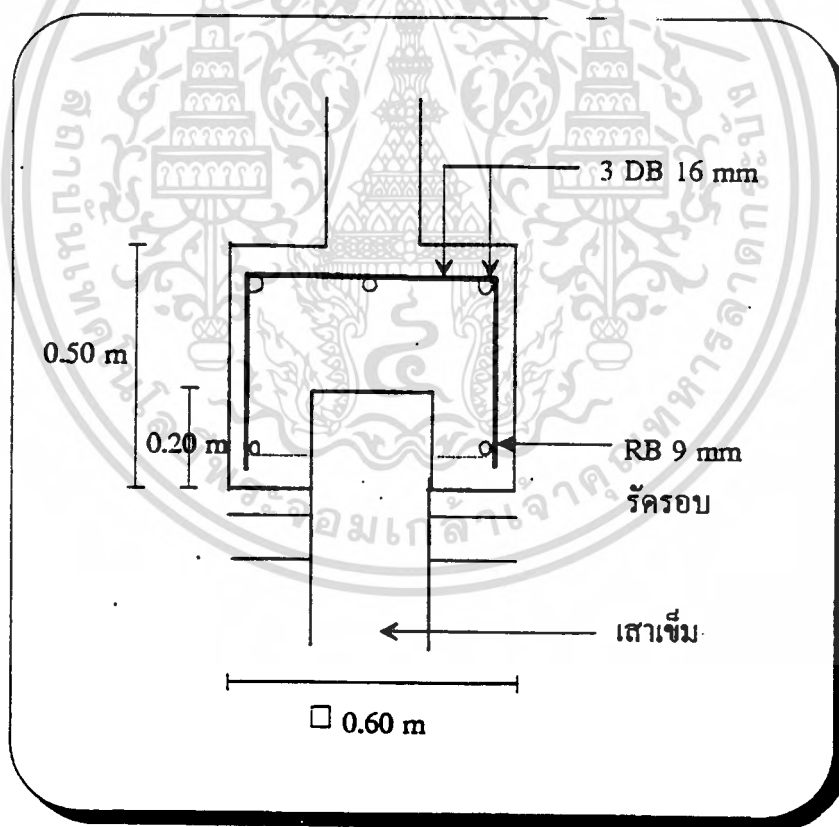
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรณีการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ออกแบบฐานรากเสาเข็ม

|                                            |   |                 |      |
|--------------------------------------------|---|-----------------|------|
| น้ำหนักถ่ายลงฐานราก                        | = | 25.24           | Tons |
| เลือกใช้เสาเข็ม I - 26 x 21.00 m Safe Load | = | 30              | Tons |
| เลือกใช้ขนาด Pile Cap ขนาด                 | = | 0.60 m x 0.60 m |      |
| หนา                                        | = | 0.50 m          |      |

ใช้เหล็กเสริม 3 DB 16 mm

เหล็กรักรอบ RB 9 mm



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ULTIMATE DESIGN

### ข้อกำหนดในการออกแบบ

$$f_c' = 210 \text{ ksc} \quad \text{พรบ. กำหนดให้ใช้} \quad f_c = 150 \text{ ksc}$$

$$f_y = 3000 \text{ ksc} \quad f_s = 2550 \text{ ksc}$$

$$w = 1.7DL. + 2.0 LL$$

$$P_b = k \frac{f_c \left( \frac{6117}{6117 + f_s} \right)}{f_s}$$

$$= 0.85 \times \frac{150 \left( \frac{6117}{6117 + 2550} \right)}{2550}$$

$$= 0.3529$$

$$P_{max} = 0.75 P_b$$

$$= 0.75 \times 0.3529$$

$$= 0.0265$$

$$P_{min} = \frac{14}{f_s}$$

$$= \frac{14}{2550}$$

$$= 0.0055$$

$$R = P \times f_s \left( 1 - 0.5 P \frac{f_s}{f_c} \right)$$

$$R_{max} = 0.0265 \times 2550 \times \left( 1 - 0.5 \times 0.0265 \times \frac{2550}{150} \right)$$

$$= 52.307$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$R_{min} = 0.0055 \times 2550 \times \left( 1 - 0.5 \times 0.0055 \times \frac{2550}{150} \right)$$

$$= 13.346$$

$$R_n = \frac{M}{\Phi_{hd}^2}$$

$$P = \frac{f_c}{f_s} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{f_c}} \right)$$

$$A_s = P b d$$

ถ้าในการคำนวณได้ค่า  $R_n > R_{max}$  แสดงว่าต้องเสริมเหล็กรับแรงอัด

$$A_s' = \frac{\Delta M}{\Phi_{fs}(d-d')}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



# CAST IN PLACE BEARING WALL

## การออกแบบพื้น

หาโมเมนต์ของพื้นโดยใช้วิธีที่ 2 ของ ว.ส.ท.

Design Case 2

พื้นขนาด 3.40 m x 4.00 m

กำหนดความหนาของพื้น 10 cm

$$\begin{aligned} W &= 1.7DL + 2.0 LL \\ &= 1.7 \times (2400 \times 0.1) + 2.0 \times 200 \\ &= 808 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{3.40}{4.00} \\ &= 0.85 \end{aligned}$$

$$M = CWS^2$$

$$Rn = \frac{M}{\Phi bd^2}$$

$$P = \frac{fc}{fs} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2Rn}{fc}} \right)$$

$$As = Pbd$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| Short span | Coeff | Moment  | Rn     | P      | As   |
|------------|-------|---------|--------|--------|------|
| M cont     | 0.052 | 485.681 | 11.014 | 0.0045 | 3.22 |
| M discount | 0.026 | 242.915 | 5.508  | 0.0022 | 1.54 |
| M          | 0.039 | 364.864 | 8.261  | 0.0033 | 2.31 |

| Long span  | Coeff | Moment  | Rn    | P      | As   |
|------------|-------|---------|-------|--------|------|
| M cont     | 0.041 | 382.957 | 8.684 | 0.0035 | 2.52 |
| M discount | 0.021 | 196.153 | 4.448 | 0.0018 | 1.26 |
| M          | 0.031 | 289.546 | 6.566 | 0.0026 | 1.82 |

ด้านสั้นใช้เหล็กเสริมขนาด RB9 @ 0.20 m.  
ด้านยาวใช้เหล็กเสริมขนาด RB9 @ 0.20 m.

ออกแบบคาน

$$\text{น้ำหนักผนัง} \quad 1.7(2400 \times 0.07 \times 3.1) = 885.4 \text{ kg/m}$$

$$\text{น้ำหนักแผ่นจากพื้น} = 887 \text{ kg/m}$$

ออกแบบเป็นคานชอนภายในพื้น ความกว้างของคานนี้ห้ามเกิน 4d

กำหนดคานขนาด 0.25 m x 0.15 m

$$\text{น้ำหนัก DROP PANEL} \quad 2400 \times 0.25 \times 0.05 = 51 \text{ kg/m}$$

$$\text{น้ำหนักที่กระทำลงคาน W} = 1772.5 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} M &= \frac{WL^2}{8} \\ &= \frac{1772.5 \times 3.40^2}{8} \\ &= 2568.43 \text{ kg-m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_r &= \Phi R_n b d^2 \\ &= 0.9 \times 52.307 \times 25 \times 12^2 \\ &= 1693.29 \text{ kg-m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta M &= M - M_r \\ &= 2568.43 - 1693.29 \\ &= 875.14 \text{ kg-m} \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 As = Pbd  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= 0.02647 \times 25 \times 12$$

$$= 7.94 \quad \text{cm}^2$$

$$A_s' = \frac{\Delta M}{\Phi f_s (d - d')}$$

$$= \frac{875.14 \times 100}{0.9 \times 2550 \times (12 - 3)}$$

$$= 4.2 \quad \text{cm}^2$$

$$A_{st} = 4.2 \quad \text{cm}^2$$

$$A_{sb} = A_s + A_s'$$

$$= 7.94 + 4.2$$

$$= 12.14 \quad \text{cm}^2$$

ออกแบบรับแรงเฉือน

$$V = \frac{WL}{2}$$

$$= \frac{2568.43 \times 3.40}{2}$$

$$= 3021.68 \quad \text{kg}$$

$$V_c = 0.53 \Phi \sqrt{f_c'} b d'$$

$$= 0.53 \times 0.85 \sqrt{210} \times 25 \times 12$$

$$= 1958.51 \quad \text{kg}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= 1.59 \times 0.85 \sqrt{210 \times 25 \times 12}$$

$$= 5875.53 \quad \text{kg}$$

หน้าตัดคานนี้ใช้ได้  $V_c < V < V_c'$

เลือกใช้เหล็กปลอกขนาด RB6

$$\Delta V = V - V_c$$

$$= 3021.68 - 1958.51$$

$$= 1063.17 \quad \text{kg}$$

$$S_{\max} = \frac{A_v x f_v}{3.5b}$$

$$= \frac{2 \times 0.283 \times 2400}{3.5 \times 25}$$

$$= 15.52 \quad \text{cm}$$

$$S = \frac{A_v x f_v \Phi_d}{\Delta V}$$

$$= \frac{2 \times 0.283 \times 2400 \times 0.85 \times 12}{1063.17}$$

$$= 13 \quad \text{cm}$$

ใช้เหล็กปลอก RB6 @ 0.125 m.

เหล็กเสริมล่างรับแรงดึง 6 - DB 16 mm

เหล็กเสริมบน 2 - DB 16 mm

1 - DB 10 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกแบบผนัง

ความหนาผนังไม่รับแรง ไม่น้อยกว่าระยะห่างช่วงยึด / 50

กำหนดผนังความหนา 7 cm < 310/50

เหล็กเสริมกันการแตกร้าว = 0.0020x100x7

= 1.4 cm<sup>2</sup>

ใช้เหล็ก # RB6 @ 0.20 m



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ออกแบบผนังรับน้ำหนัก

- ผนังรับน้ำหนักต้องมีความหนา ไม่น้อยกว่าระยะห่างช่วงชิด / 25
- บ้านเรือนที่อยู่อาศัยที่ไม่เกิน 3 ชั้นสามารถใช้ความหนา 10 cm ตลอดความสูงได้

$$\text{ความหนาผนัง } 13 \text{ cm} > 310/25$$

แรงกดที่ผนังคอนกรีตรับแรงสามารถรับได้

$$f_c = 0.225 f_c' x \left( 1 - \left( \frac{h}{40t} \right)^3 \right)$$

$$= 0.225 x 210 \left( 1 - \left( \frac{310}{40 x 13} \right)^3 \right)$$

$$= 37.24 \text{ cm}^2$$

$$W = 37.2 x 13 x 100$$

$$= 48410.72 \text{ kg/m}$$

ปริมาณเหล็กเสริม

$$\begin{aligned} \text{เหล็กเสริมแนวตั้ง} &= 0.0015 b t \\ &= 0.0015 x 100 x 13 \end{aligned}$$

$$= 1.95 \text{ cm}^2$$

RB 9 @ 0.30 m

$$\begin{aligned} \text{เหล็กเสริมแนวตั้ง} &= 0.0025 b t \\ &= 0.0025 x 100 x 13 \\ &= 3.25 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

RB 9 @ 0.20 m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกแบบเสา

น้ำหนักประลัยที่ถ่ายลงสู่เสาตอม่อ = 39.3 Tons

กำหนดขนาดเสาตอม่อ 0.20 m x 0.20 m

$$P_u = \Phi(f_c A_c + f_s A_{st})$$

$$39.3 = 0.9( 150 \times 20 \times 20 + 2550 A_{st} )$$

$$A_{st} = -6.4$$

ใช้เหล็กเสริมน้อยที่สุด 4 - DB 12 mm

เหล็กปลอก ใช้ค่าน้อยสุดต่อไปนี้

$$= \text{ช่วงแคบสุดของเสา} = 20 \text{ cm}$$

$$= 48 \text{ เท่าเหล็กปลอก} = 48 \times 0.6 = 28.8 \text{ cm}$$

$$= 16 \text{ เท่าเหล็กขึ้น} = 16 \times 1.2 = 19.2 \text{ cm}$$

ใช้เหล็กปลอก RB6 @ 0.20 m



### ออกแบบฐานรากเสาเข็ม

$$\text{น้ำหนักถ่ายลงฐานราก} = 50.49 \text{ Tons}$$

$$\text{คำนวณหาน้ำหนักประลัยของเสาเข็ม} \quad I - 26 \times 21.00 \text{ m}$$

- ค่าเฉลี่ยหน่วยแรงประลัยของกรุงเทพมหานคร

$$\begin{aligned} \text{ความลึก 0 - 12 m ความฝืดเฉลี่ย} &= 0.5(0.82 + 2.3) \\ &= 1.56 \text{ T/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ความลึก 0 - 12 m ดินมีแรงฝืด} &= 156 \times 12 \\ &= 18.72 \text{ T/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ความลึก 12 - 15 m ดินมีแรงฝืด} &= 5.6 \times 3 \\ &= 16.8 \text{ T/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ความลึก 15 - 21 m ดินมีแรงฝืด} &= 9.4 \times 6 \\ &= 56.4 \text{ T/m} \\ \text{แรงฝืดประลัย} &= 1.26(18.42+16.8+56.4) \\ &= 115.45 \text{ Tons} \end{aligned}$$

- การวิบัติของคอนกรีตเสาเข็ม โดยมากเสาเข็มใช้คอนกรีต 350 ksc

$$\begin{aligned} &= 350 \times 460 \\ &= 161 \text{ Tons} \end{aligned}$$

- การวิบัติของคอนกรีตฐานราก

$$\begin{aligned} &= 150 \times 460 \\ &= 69 \text{ Tons} \end{aligned}$$

ใช้เสาเข็ม I - 26 x 21.00 m ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลือกใช้ขนาด Pile Cap ขนาด = 0.60 m x 0.60 m

หนา = 0.50 m

ใช้เหล็กเสริม 3 - DB 16 mm

เหล็กมัดรอบ RB 9 mm



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## PRE CAST BEARING WALL

ออกแบบพื้นกันสาด

กำหนดขนาดแผ่นพื้นทางเดียว 0.80 m x 2.80 m

กำหนดพื้นหนา 10 cm

$$\begin{aligned} U &= 1.7 (2400 \times 0.1) + 2 \times 100 \\ &= 608 \quad \text{kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M &= \frac{WL^2}{8} \\ &= \frac{608 \times 0.8^2}{8} \\ &= 48.64 \quad \text{kg-m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M}{\phi b d^2} \\ &= \frac{48.64}{0.9 \times 1 \times 7^2} \\ &= 1.103 \quad \text{kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= \frac{f_c}{f_s} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{f_c}} \right) \\ &= \frac{150}{2550} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1.103}{150}} \right) \\ &= 0.00043 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s &= P b d \\ &= 0.00043 \times 100 \times 7 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= 0.3 < 0.0020 b r = 2 \quad \text{cm}^2$$

- ออกแบบคานชอน

กำหนดให้คานชอนมีขนาด 0.20 m x 0.10 m

$$\begin{aligned} W &= 608 \times 0.4 + 1.7 \times 180 \times 1.0 \\ &= 549.2 \quad \text{kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M &= \frac{549.2 \times 3.4^2}{8} \\ &= 793.6 \quad \text{kg-m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_r &= 0.9 \times 52.307 \times 20 \times 7^2 \\ &= 461.35 \quad \text{kg-m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta M &= 793.6 - 461.35 \\ &= 87.86 \quad \text{kg-m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s' &= \frac{87.86 \times 100}{0.9 \times 2550 (7-3)} \\ &= 1 \quad \text{cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s &= 0.2647 \times 20 \times 7 \\ &= 3.71 \quad \text{cm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{st} = 1 \quad \text{cm}^2 \quad 2 - \text{DB } 12 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} A_{sb} &= 3.71 + 1 \\ &= 4.71 \quad \text{cm}^2 \quad 4 - \text{DB } 12 \text{ mm} \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned} V &= 549.2 \times 3.4 / 2 \\ &= 933.64 \quad \text{kg} \\ V_c &= 0.53 \times 0.85 \sqrt{210} \times 20 \times 7 \\ &= 913.97 \quad \text{kg} \end{aligned}$$

ใช้เหล็กปลอก RB6 @ 0.10 m

-พิจารณาขณะทำการถอดแบบ

กำหนดความแข็งแรงของคอนกรีตขณะถอดแบบ 140 ksc

กำหนดจุดยก 4 จุด

$$\begin{aligned} f_a &= 0.42 \sqrt{f_c} \\ &= 0.42 \sqrt{140} \\ &= 4.97 \quad \text{ksc} \\ M_v &= 7.86 \quad \text{kg-m} \\ Z_v &= \frac{bt^2}{4} \\ &= \frac{140 \times 10^2}{4} \\ &= 3500 \quad \text{cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_v &= \frac{786 \times 100}{3500} \\ &= 2.2 < f_a \end{aligned}$$

$$M_h = 27.51 \quad \text{kg-m}$$

$$Z_h = 1000$$

$$f_h = 2.751 < f_a$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-ออกแบบหุยก ไซ้ DB 12 mm

$$T = 571.2 \quad \text{kg}$$

$$\begin{aligned} \mu &= 6.39 \frac{\sqrt{fc'}}{D} \\ &= 6.39 \frac{\sqrt{140}}{12} \\ &= 77.17 > 56.2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T &= \mu \sum O \times L \\ 571.2 &= 56.2 \times 3.771 \times L \end{aligned}$$

$$L = 1.2$$

$$\begin{aligned} ld &= 0.06 A_b \frac{f_y}{\sqrt{fc'}} \\ &= 17.2 \quad \text{cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l_{min} &= 0.006 d_b \times f_y \\ &= 21.6 \quad \text{cm} \end{aligned}$$

ไซ้หุยก DB 12 ระยะห่าง 0.30 m

2 - DB 10 ชาว 0.30 m ผูกยึด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ออกแบบผนังขึ้น

ผนังขนาด 3.1 m x 1.4 m หนา 0.13 m

#### - ตรวจสอบแรงกด

$$N = 3582.232 \quad \text{kg}$$

$$N_{all} = 0.225 \times f_c' \times A_g \left[ 1 - \left( \frac{h}{40f} \right)^3 \right]$$

$$= 0.225 \times 210 \times 13 \times 140 \left[ 1 - \left( \frac{310}{40 \times 13} \right)^3 \right]$$

$$= 67775.01 \quad \text{kg}$$

#### - ตรวจสอบแรงเฉือนเนื่องจากลม

$$V = 1.3(50 \times 3.1 \times 1.4) / (310 \times 13)$$

$$= 0.07 \quad \text{ksc}$$

$$V_{all} = 0.464 \sqrt{f_c' \left( 1 + 0.057 \frac{N}{A_g} \right)}$$

$$= 0.464 \sqrt{210 \left( 1 + 0.057 \frac{3582.232}{310 \times 13} \right)}$$

$$= 6.89 \quad \text{ksc}$$

#### - ตรวจสอบโมเมนต์เนื่องจากลม

$$f_{all} = 0.42 \sqrt{f_c'}$$

$$= 0.42 \sqrt{210}$$

$$= 6.09 \quad \text{ksc}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 M_h &= 1.3(50 \times 3.1) \times \frac{1.4^2}{2} \\
 &= 197.47 \quad \text{kg-m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z_h &= 310 \times \frac{13^2}{4} \\
 &= 13097.5 \quad \text{cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_h &= \frac{M_h}{Z_h} \\
 &= \frac{197.47 \times 100}{13097.5} \\
 &= 1.5 < \text{fall}
 \end{aligned}$$

- พิจารณาขนาดลวดแบบ

กำหนดความแข็งแรงของคอนกรีตขนาดลวดแบบ 140 ksc

กำหนดจุดดขย 2 จุด

มุมขย 45

การโก่งตัวที่ขอมใหในการลวดแบบ 0.065 cm

$$\begin{aligned}
 \text{fall} &= 0.42 \sqrt{f_c'} \\
 &= 0.42 \sqrt{140} \\
 &= 4.97 \quad \text{ksc}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_v &= 1.7 (312 \times 1.4) \times \frac{3.1^2}{8} \\
 &= 892 \quad \text{kg-m}
 \end{aligned}$$

$$Z_v = 140 \frac{13^2}{4}$$

$$= 5915 \quad \text{cm}^3$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



$$\begin{aligned}
 f_v &= \frac{892 \times 100}{5915} \\
 &= 15.08 > f_{all}
 \end{aligned}$$

คำนวณเหล็กเสริม

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M}{\phi b d^2} \\
 &= \frac{892}{0.9 \times 1.4 \times 6.5^2} \\
 &= 16.756 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{f_c}{f_s} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{f_c}} \right) \\
 &= \frac{140}{2550} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16.756}{140}} \right) \\
 &= 0.007
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_v &= P b d \\
 &= 0.007 \times 100 \times 6.5 \\
 &= 4.55 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$M_h = 69.3 \text{ kg-m}$$

$$\begin{aligned}
 M_h' &= D L \times Y / \tan \theta \\
 &= 312 \times 3.1 \times 1.4 \times 0.065 / \tan 45 \\
 &= 88.02 \text{ kg-m}
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 Z_h &= 310 \frac{13^2}{4} \\
 &= 13097.5 \quad \text{cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_h &= \frac{(88.02+69.3) \times 100}{13097.5} \\
 &= 1.2 < f_{all}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_h &= 0.0025 b t \\
 &= 0.0025 \times 100 \times 13 \\
 &= 3.25 \quad \text{cm}^2
 \end{aligned}$$

ใช้เหล็กเสริมทางตั้ง RB 9 @ 0.125 m

ใช้เหล็กเสริมทางนอน RB 9 @ 0.175 m

- ออกแบบหุยก ใช้เหล็ก DB 12

$$T = 1150.97 \quad \text{kg}$$

$$\begin{aligned}
 \mu &= 6.39 \frac{\sqrt{f_c'}}{D} \\
 &= 6.39 \frac{\sqrt{140}}{12} \\
 &= 63.0 > 56.2
 \end{aligned}$$

$$T = \mu \sum o_x L$$

$$1150.97 = 56.2 \times 3.771 \times L$$

$$L = 5.4$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 l_d &= 0.06 A_b \frac{f_y}{\sqrt{f_c}} \\
 &= 0.06 \times 1.13 \frac{3000}{\sqrt{140}} \\
 &= 17.2 \quad \text{cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 l_{min} &= 0.006 d_b \times f_y \\
 &= 0.006 \times 1.2 \times 3000 \\
 &= 21.6
 \end{aligned}$$

ใช้เหล็ก DB 12 ระยะห่าง 0.30 m  
 2 - DB 10 ยาว 0.30 m ผูกยึด

- พิจารณาเป็นคานาขึ้นรับน้ำหนัก

$$\begin{aligned}
 W &= \frac{3582.232}{1.4} \\
 &= 2558.74 \quad \text{kg/m} \\
 M &= 2558.74 \frac{1.4^2}{2} \\
 &= 2507.56 \quad \text{kg-m}
 \end{aligned}$$

กำหนดให้เป็นคานาแคบซ่อนอยู่ในกำแพง ขนาด 0.13 m x 0.45 m

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M}{\Phi b d^2} \\
 &= \frac{2507.56}{0.9 \times 0.13 \times 40^2} \\
 &= 13.39
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{f_c}{f_s} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{f_c}} \right) \\
 &= \frac{150}{2550} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13.93}{150}} \right) \\
 &= 0.0055
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s &= P_b d \\
 &= 0.0055 \times 13 \times 40
 \end{aligned}$$

$$= 2.87 \text{ cm}^2 \text{ ใช้ 3-DB12}$$

$$\begin{aligned}
 V &= W_L \\
 &= 2558.74 \times 1.4 \\
 &= 3582.24 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0.53 \Phi \sqrt{f_c} x b d \\
 &= 0.53 \times 0.85 \sqrt{210} \times 13 \times 40 \\
 &= 3394.75 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

ใช้เหล็กปลอกขนาด RB6

$$\begin{aligned}
 \Delta V &= 3582.24 - 3394.75 \\
 &= 187.49 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{A_v f_v \Phi_d}{\Delta V} \\
 &= \frac{2 \times 0.283 \times 2400 \times 0.85 \times 40}{187.49} \\
 &= 246.3 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารเหล็กปลอก RB 6 @ 0.20 m เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประมาณราคาอาคารที่ก่อสร้างแบบทั่วไป(Conventional)

1. งานขุดดินและกลบกลับ

|                                  |   |      |                |
|----------------------------------|---|------|----------------|
| $F1 = 1.2 \times 0.5 \times 0.5$ | = | 0.30 | m <sup>3</sup> |
| มีทั้งหมด 14 ฐาน                 | = | 4.20 | m <sup>3</sup> |
| $F2 = 1.2 \times 0.5 \times 0.5$ | = | 0.30 | m <sup>3</sup> |
| มีทั้งหมด 14 ฐาน                 | = | 4.20 | m <sup>3</sup> |
| รวมงานดิน                        | = | 8.40 | m <sup>3</sup> |

2. งานทรายหยาบรองฐานราก(หนา 10 cm)

|                                  |   |      |                |
|----------------------------------|---|------|----------------|
| $F1 = 0.1 \times 0.5 \times 0.5$ | = | 0.03 | m <sup>3</sup> |
| มีทั้งหมด 14 ฐาน                 | = | 0.35 | m <sup>3</sup> |
| $F2 = 0.1 \times 0.5 \times 0.5$ | = | 0.03 | m <sup>3</sup> |
| มีทั้งหมด 14 ฐาน                 | = | 0.35 | m <sup>3</sup> |
| รวมทรายหยาบ                      | = | 0.70 | m <sup>3</sup> |

3. งานคอนกรีตหยาบรองฐานราก(หนา 10 cm)

|                                  |   |      |                |
|----------------------------------|---|------|----------------|
| $F1 = 0.1 \times 0.5 \times 0.5$ | = | 0.03 | m <sup>3</sup> |
| มีทั้งหมด 14 ฐาน                 | = | 0.35 | m <sup>3</sup> |
| $F2 = 0.1 \times 0.5 \times 0.5$ | = | 0.03 | m <sup>3</sup> |
| มีทั้งหมด 14 ฐาน                 | = | 0.35 | m <sup>3</sup> |
| รวมคอนกรีตหยาบ                   | = | 0.70 | m <sup>3</sup> |

4. งานคอนกรีตฐานราก

|                                  |   |      |                |
|----------------------------------|---|------|----------------|
| $F1 = 0.5 \times 0.5 \times 0.5$ | = | 0.13 | m <sup>3</sup> |
| มีทั้งหมด 14 ฐาน                 | = | 1.75 | m <sup>3</sup> |
| $F2 = 0.5 \times 0.5 \times 0.5$ | = | 0.13 | m <sup>3</sup> |
| มีทั้งหมด 14 ฐาน                 | = | 1.75 | m <sup>3</sup> |
| รวมคอนกรีต                       | = | 3.50 | m <sup>3</sup> |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5. งานไม้แบบฐานราก

|                                |        |   |       |                |
|--------------------------------|--------|---|-------|----------------|
| $F1 = 0.5 \times 0.5 \times 4$ |        | = | 1.00  | m <sup>2</sup> |
| มีทั้งหมด                      | 14 ฐาน | = | 14.00 | m <sup>2</sup> |
| $F2 = 0.5 \times 0.5 \times 4$ |        | = | 1.00  | m <sup>2</sup> |
| มีทั้งหมด                      | 14 ฐาน | = | 14.00 | m <sup>2</sup> |
| รวมไม้แบบ                      |        | = | 28.00 | m <sup>2</sup> |

## 6. งานเหล็กเสริมฐานราก

|                         |                                                                 |   |        |    |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------|---|--------|----|
| $F1 = \#3 \text{ DB16}$ | $= 2 \times 3 \times (0.4 + 0.4 + 0.4) \times 1.1 \times 1.578$ | = | 12.50  | kg |
| มีทั้งหมด               | 14 ฐาน                                                          | = | 174.97 | kg |
| $F2 = \#3 \text{ DB16}$ | $= 2 \times 3 \times (0.4 + 0.4 + 0.4) \times 1.1 \times 1.578$ | = | 12.50  | kg |
| มีทั้งหมด               | 14 ฐาน                                                          | = | 174.97 | kg |
| รวมเหล็ก DB16           |                                                                 | = | 349.94 | kg |

## 7. งานคอนกรีตคอดม

|                                   |        |   |      |                |
|-----------------------------------|--------|---|------|----------------|
| $C1 = 0.2 \times 0.2 \times 1.10$ |        | = | 0.04 | m <sup>3</sup> |
| มีทั้งหมด                         | 10 ต้น | = | 0.44 | m <sup>3</sup> |
| $C3 = 0.2 \times 0.2 \times 1.10$ |        | = | 0.04 | m <sup>3</sup> |
| มีทั้งหมด                         | 18 ต้น | = | 0.79 | m <sup>3</sup> |
| รวมคอนกรีต                        |        | = | 1.23 | m <sup>3</sup> |

## 8. งานไม้แบบคอดม

|                                |        |   |       |                |
|--------------------------------|--------|---|-------|----------------|
| $C1 = 4 \times 0.2 \times 1.1$ |        | = | 0.88  | m <sup>2</sup> |
| มีทั้งหมด                      | 10 ต้น | = | 8.80  | m <sup>2</sup> |
| $C3 = 4 \times 0.2 \times 1.1$ |        | = | 0.88  | m <sup>2</sup> |
| มีทั้งหมด                      | 18 ต้น | = | 15.84 | m <sup>2</sup> |
| รวมไม้แบบ                      |        | = | 24.64 | m <sup>2</sup> |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 9. งานเหล็กเสริมค่อม

|           |                                         |        |    |
|-----------|-----------------------------------------|--------|----|
| C1        | 2 DB16 = $2*(0.95+0.4)*1.1*1.58$        | = 4.69 | kg |
|           | 6 DB12 = $6*(0.95+0.4)*1.1*0.888$       | = 7.91 | kg |
|           | ป-2RB6 @0.20 = $2*6*(4*0.14)*1.1*0.222$ | = 1.64 | kg |
| มีทั้งหมด | 10 ตัน                                  |        |    |

|              |         |    |
|--------------|---------|----|
| รวมเหล็กRB6  | = 16.41 | kg |
| รวมเหล็กDB12 | = 79.12 | kg |
| รวมเหล็กDB16 | = 46.93 | kg |

|           |                                      |        |    |
|-----------|--------------------------------------|--------|----|
| C3        | 6 DB12 = $6*(0.95+0.4)*1.1*0.888$    | = 7.91 | kg |
|           | ป-RB6 @0.20 = $6*(4*0.14)*1.1*0.222$ | = 0.82 | kg |
| มีทั้งหมด | 18 ตัน                               |        |    |

|              |          |    |
|--------------|----------|----|
| รวมเหล็กRB6  | = 14.77  | kg |
| รวมเหล็กDB12 | = 142.42 | kg |
| รวมเหล็กRB6  | = 31.18  | kg |
| รวมเหล็กDB12 | = 221.54 | kg |
| รวมเหล็กDB16 | = 46.93  | kg |

## 10. งานคอนกรีตคานคอดิน

|     |                                |        |                |
|-----|--------------------------------|--------|----------------|
| GB1 | = $5*2*3.80*0.15*0.30$         | = 1.71 | m <sup>3</sup> |
| GB1 | = $2*2*3.80*0.15*0.30$         | = 0.68 | m <sup>3</sup> |
| GB2 | = $5*(1.45*2+0.975)*0.12*0.30$ | = 0.70 | m <sup>3</sup> |
| GB2 | = $2*(1.45*2+0.975)*0.12*0.30$ | = 0.35 | m <sup>3</sup> |
| GB3 | = $5*1.3*0.15*0.30$            | = 0.29 | m <sup>3</sup> |
| GB3 | = $2*1.3*0.15*0.30$            | = 0.12 | m <sup>3</sup> |
| GB4 | = $5*3.8*0.15*0.30$            | = 0.68 | m <sup>3</sup> |
| GB4 | = $2*3.8*0.15*0.30$            | = 0.34 | m <sup>3</sup> |
| GB5 | = $5*3.8*0.15*0.30$            | = 0.86 | m <sup>3</sup> |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

|                                                                             |   |      |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------|---|------|----------------------|
| GB5 = $2 \times 3.8 \times 0.15 \times 0.30$                                | = | 0.34 | m <sup>3</sup>       |
| GB6 = $5 \times 1 \times (3.20 + 1.40 + 3.20 + 1.30) \times 0.2 \times 0.4$ | = | 3.64 | m <sup>3</sup>       |
| GB6 = $2 \times 1 \times (3.20 + 1.40 + 3.20 + 1.30) \times 0.2 \times 0.4$ | = | 1.46 | m <sup>3</sup>       |
| รวมคอนกรีต                                                                  |   | =    | 11.17 m <sup>3</sup> |

## 11. งานไม้แบบคานคอดิน

|                                                                                     |   |       |                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---|-------|-----------------------|
| GB1 = $4 \times 2 \times 3.80 \times (0.15 + 2 \times 0.30)$                        | = | 22.80 | m <sup>2</sup>        |
| GB1 = $2 \times 2 \times 3.80 \times (0.15 + 2 \times 0.30)$                        | = | 11.40 | m <sup>2</sup>        |
| GB2 = $4 \times (1.45 \times 2 + 0.975) \times (0.15 + 2 \times 0.30)$              | = | 11.63 | m <sup>2</sup>        |
| GB2 = $2 \times (1.45 \times 2 + 0.975) \times (0.15 + 2 \times 0.30)$              | = | 5.58  | m <sup>2</sup>        |
| GB3 = $4 \times 1.3 \times (0.15 + 2 \times 0.30)$                                  | = | 3.90  | m <sup>2</sup>        |
| GB3 = $2 \times 1.3 \times (0.15 + 2 \times 0.30)$                                  | = | 1.95  | m <sup>2</sup>        |
| GB4 = $4 \times 3.8 \times (0.15 + 2 \times 0.30)$                                  | = | 11.40 | m <sup>2</sup>        |
| GB4 = $2 \times 3.8 \times (0.15 + 2 \times 0.30)$                                  | = | 5.70  | m <sup>2</sup>        |
| GB5 = $4 \times 3.8 \times (0.15 + 2 \times 0.30)$                                  | = | 11.40 | m <sup>2</sup>        |
| GB5 = $2 \times 3.8 \times (0.15 + 2 \times 0.30)$                                  | = | 5.70  | m <sup>2</sup>        |
| GB6 = $4 \times 1 \times (3.20 + 1.40 + 3.20 + 1.30) \times (0.2 + 2 \times 0.4)$   | = | 36.40 | m <sup>2</sup>        |
| GB6 = $2 \times 1.5 \times (3.20 + 1.40 + 3.20 + 1.30) \times (0.2 + 2 \times 0.4)$ | = | 27.30 | m <sup>2</sup>        |
| รวมไม้แบบ                                                                           |   | =     | 155.16 m <sup>2</sup> |

## 12. งานเหล็กเสริมคานคอดิน

|     |         |                                                                                                   |   |        |    |
|-----|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---|--------|----|
| GB1 | ล่าง,บน | 4 DB12 = $4 \times 2 \times 4 \times (4.0) \times 1.1 \times 0.888$                               | = | 125.03 | kg |
|     | เสริม   | 1 DB12 = $4 \times 2 \times 1 \times (2.0) \times 1.1 \times 0.888$                               | = | 15.63  | kg |
|     | ปลอก    | RB6 @0.15 = $4 \times 2 \times 27 \times (2 \times 0.10 + 2 \times 0.25) \times 1.1 \times 0.222$ | = | 36.92  | kg |
| GB1 | ล่าง,บน | 4 DB12 = $2 \times 2 \times 4 \times (4.0) \times 1.1 \times 0.888$                               | = | 62.52  | kg |
|     | เสริม   | 1 DB12 = $2 \times 2 \times 1 \times (2.0) \times 1.1 \times 0.888$                               | = | 7.81   | kg |
|     | ปลอก    | RB6 @0.15 = $2 \times 2 \times 27 \times (2 \times 0.10 + 2 \times 0.25) \times 1.1 \times 0.222$ | = | 18.46  | kg |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



|     |            |                                                     |   |       |    |
|-----|------------|-----------------------------------------------------|---|-------|----|
| GB2 | ล่าง,บน    | $4 \text{ DB10} = 4*4*(1.45*2+0.975)*1.1*0.617$     | = | 42.08 | kg |
|     | ปลอก       | $\text{RB6 @0.15} = 4*26*(2*0.08+2*0.25)*1.1*0.222$ | = | 16.76 | kg |
| GB2 | ล่าง,บน    | $4 \text{ DB10} = 2*4*(1.45*2+0.975)*1.1*0.617$     | = | 21.04 | kg |
|     | ปลอก       | $\text{RB6 @0.15} = 2*26*(2*0.08+2*0.25)*1.1*0.222$ | = | 8.38  | kg |
| GB3 | ล่าง,บน    | $4 \text{ DB10} = 4*4*(1.3)*1.1*0.617$              | = | 14.12 | kg |
|     | ปลอก       | $\text{RB6 @0.15} = 4*9*(2*0.10+2*0.25)*1.1*0.222$  | = | 6.15  | kg |
| GB3 | ล่าง,บน    | $4 \text{ DB10} = 2*4*(1.3)*1.1*0.617$              | = | 7.06  | kg |
|     | ปลอก       | $\text{RB6 @0.15} = 2*9*(2*0.10+2*0.25)*1.1*0.222$  | = | 3.08  | kg |
| GB4 | ล่าง,บน    | $4 \text{ DB12} = 4*4*(4.0)*1.1*0.888$              | = | 62.52 | kg |
|     | เสริมล่าง1 | $1 \text{ DB12} = 4*1*(4.0)*1.1*0.888$              | = | 15.63 | kg |
|     | เสริมบน2   | $2 \text{ DB12} = 4*2*(2.4)*1.1*0.888$              | = | 18.75 | kg |
|     | เสริมบน3   | $1 \text{ DB12} = 4*1*(2.4)*1.1*0.888$              | = | 9.38  | kg |
|     | ปลอก       | $\text{RB6 @0.15} = 4*27*(2*0.10+2*0.25)*1.1*0.222$ | = | 18.46 | kg |
|     | ล่าง,บน    | $4 \text{ DB12} = 2*4*(4.0)*1.1*0.888$              | = | 31.26 | kg |
| GB4 | เสริมล่าง1 | $1 \text{ DB12} = 2*1*(4.0)*1.1*0.888$              | = | 7.81  | kg |
|     | เสริมบน2   | $2 \text{ DB12} = 2*2*(2.4)*1.1*0.888$              | = | 9.38  | kg |
|     | เสริมบน3   | $1 \text{ DB12} = 2*1*(2.4)*1.1*0.888$              | = | 4.69  | kg |
|     | ปลอก       | $\text{RB6 @0.15} = 2*27*(2*0.10+2*0.25)*1.1*0.222$ | = | 9.23  | kg |
|     | ล่าง,บน    | $4 \text{ DB12} = 4*4*(4.0)*1.1*0.888$              | = | 62.52 | kg |
| GB5 | เสริม      | $1 \text{ DB12} = 4*1*(2.0)*1.1*0.888$              | = | 7.81  | kg |
|     | ปลอก       | $\text{RB6 @0.15} = 4*27*(2*0.10+2*0.25)*1.1*0.222$ | = | 18.46 | kg |
|     | ล่าง,บน    | $4 \text{ DB12} = 2*4*(4.0)*1.1*0.888$              | = | 31.26 | kg |
| GB5 | เสริม      | $1 \text{ DB12} = 2*1*(2.0)*1.1*0.888$              | = | 3.91  | kg |
|     | ปลอก       | $\text{RB6 @0.15} = 2*27*(2*0.10+2*0.25)*1.1*0.222$ | = | 9.23  | kg |
|     | ล่าง,บน    | $4 \text{ DB12} = 2*4*(4.0)*1.1*0.888$              | = | 31.26 | kg |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

|     |         |                                                     |   |               |           |
|-----|---------|-----------------------------------------------------|---|---------------|-----------|
| GB6 | ล่าง,บน | $4 \text{ DB12} = 4*4*(9.8)*1.1*0.888$              | = | 153.16        | kg        |
|     | เสริม2  | $3 \text{ DB12} = 4*3*(4.3)*1.1*0.888$              | = | 50.40         | kg        |
|     | เสริม3  | $4 \text{ DB12} = 4*4*(2.3)*1.1*0.888$              | = | 35.95         | kg        |
|     | ปลอก    | $\text{RB6 @0.20} = 4*37*(2*0.10+2*0.25)*1.1*0.222$ | = | 25.30         | kg        |
|     | ปลอก    | $\text{RB6 @0.10} = 4*24*(2*0.10+2*0.25)*1.1*0.222$ | = | 16.41         | kg        |
| GB6 | ล่าง,บน | $4 \text{ DB12} = 3*4*(9.8)*1.1*0.888$              | = | 114.87        | kg        |
|     | เสริม2  | $3 \text{ DB12} = 3*3*(4.3)*1.1*0.888$              | = | 37.80         | kg        |
|     | เสริม3  | $4 \text{ DB12} = 3*4*(2.3)*1.1*0.888$              | = | 26.96         | kg        |
|     | ปลอก    | $\text{RB6 @0.20} = 3*37*(2*0.10+2*0.25)*1.1*0.222$ | = | 18.97         | kg        |
|     | ปลอก    | $\text{RB6 @0.10} = 3*24*(2*0.10+2*0.25)*1.1*0.222$ | = | 12.31         | kg        |
|     |         | <b>รวมเหล็กRB6</b>                                  | = | <b>226.52</b> | <b>kg</b> |
|     |         | <b>รวมเหล็กDB10</b>                                 | = | <b>84.29</b>  | <b>kg</b> |
|     |         | <b>รวมเหล็กDB12</b>                                 | = | <b>886.66</b> | <b>kg</b> |

### 13. งานคอนกรีตพื้นชั้น

|                                         |   |                |           |
|-----------------------------------------|---|----------------|-----------|
| $S0 = 6*0.1*(3.8*3.85+2.225*3.8)$       | = | 13.85          | m3        |
| $S0 = 6*0.1*(0.975*2.35+0.65*2.35)$     | = | 2.29           | m3        |
| $S00 = 6*0.1*(1.1*3.8+1.1*2.45+5.2*3)$  | = | 13.49          | m3        |
| $S1 = 6*0.08*((0.925+0.675+0.3)*1.475)$ | = | 1.35           | m3        |
| <b>รวมคอนกรีต</b>                       |   | <b>= 30.97</b> | <b>m3</b> |

### 14. งานทรายหยาบรองพื้น

|                                        |   |              |           |
|----------------------------------------|---|--------------|-----------|
| $S0 = 6*0.05*(3.8*3.85+2.225*3.8)$     | = | 6.93         | m3        |
| $S0 = 6*0.05*(0.975*2.35+0.65*2.35)$   | = | 1.15         | m3        |
| $S00 = 6*0.1*(1.1*3.8+1.1*2.45+5.2*3)$ | = | 13.49        | m3        |
| <b>รวมทรายหยาบ</b>                     | = | <b>21.56</b> | <b>m3</b> |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 15. งานเหล็กเสริมพื้น

|                           |                                                     |              |
|---------------------------|-----------------------------------------------------|--------------|
| S0                        | # RB9 @0.20 = $6*2*39*(4.0+2.4)*1.1*0.499$          | = 1644.07 kg |
| S0                        | # RB9 @0.20 = $6*2*13*(0.975+0.65)*1.1*0.499$       | = 139.15 kg  |
| S00                       | # RB9 @0.30 = $6*2*(1.1*14+1.1*9+5.2*11)*1.1*0.499$ | = 543.41 kg  |
| S1                        | # RB9 @0.20 = $6*2*((0.925+0.675+0.3)*9)*1.1*0.499$ | = 112.63 kg  |
| รวมเหล็ก RB9 = 2439.26 kg |                                                     |              |

## 16. งานคอนกรีตเสาชั้น1

|            |                   |           |
|------------|-------------------|-----------|
| C0,C1,C3   | = $0.15*0.15*3.1$ | = 0.07 m3 |
| มีทั้งหมด  | 30 ต้น            | = 2.09 m3 |
| รวมคอนกรีต |                   | = 2.09 m3 |

## 17. งานไม้แบบเสาชั้น1

|           |                |            |
|-----------|----------------|------------|
| C0,C1,C3  | = $4*0.15*3.1$ | = 1.86 m2  |
| มีทั้งหมด | 30 ต้น         | = 55.80 m2 |
| รวมไม้แบบ |                | = 55.80 m2 |

## 18. งานเหล็กเสริมเสาชั้น1

|              |                              |             |
|--------------|------------------------------|-------------|
| C0           | 4 DB12 = $4*(3.1)*1.1*0.888$ | = 12.11 kg  |
| ป-RB6 @0.15  | = $22*(4*0.11)*1.1*0.222$    | = 2.36 kg   |
| มีทั้งหมด    | 3 ต้น                        |             |
| รวมเหล็กRB6  |                              | = 7.09 kg   |
| รวมเหล็กDB12 |                              | = 36.34 kg  |
| C1,C3        | 6 DB12 = $6*(3.1)*1.1*0.888$ | = 18.17 kg  |
| ป-RB6 @0.15  | = $22*(4*0.11)*1.1*0.222$    | = 2.36 kg   |
| มีทั้งหมด    | 28 ต้น                       |             |
| รวมเหล็กRB6  |                              | = 66.19 kg  |
| รวมเหล็กDB12 |                              | = 508.72 kg |
| รวมเหล็กRB6  |                              | = 73.28 kg  |
| รวมเหล็กDB12 |                              | = 545.05 kg |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 19. งานคอนกรีตคานชั้น2

|            |                                             |   |      |            |
|------------|---------------------------------------------|---|------|------------|
| B1         | $=6*(1*1.45+1*3.25)*0.15*0.40$              | = | 1.69 | m3         |
| B2         | $=6*(1.025+1.8)*0.12*0.30$                  | = | 0.61 | m3         |
| B3         | $=6*(1.325+3.25+1.45+3.25+1.325)*0.15*0.40$ | = | 3.82 | m3         |
| B5         | $=6*(1.125+3.25+1.45+3.25)*0.15*0.40$       | = | 3.27 | m3         |
| B7         | $=6*(1*3.875)*0.15*0.40$                    | = | 1.40 | m3         |
| B8         | $=(6*1*3.875+2*0.725)*0.15*0.40$            | = | 1.48 | m3         |
| B9         | $=2*(6*1*3.875+2*0.725)*0.15*0.40$          | = | 2.96 | m3         |
| รวมคอนกรีต |                                             |   |      | = 15.23 m3 |

## 20. งานไม้แบบคานชั้น2

|           |                                                 |   |       |             |
|-----------|-------------------------------------------------|---|-------|-------------|
| B1        | $=6*(1*1.45+1*3.25)*(0.15+2*0.40)$              | = | 26.79 | m2          |
| B2        | $=6*(1.025+1.8)*(0.12+2*0.30)$                  | = | 12.20 | m2          |
| B3        | $=6*(1.325+3.25+1.45+3.25+1.325)*(0.15+2*0.40)$ | = | 60.42 | m2          |
| B5        | $=6*(1.125+3.25+1.45+3.25)*(0.15+2*0.40)$       | = | 51.73 | m2          |
| B7        | $=(6*1*3.875+2*0.725)*(0.15+2*0.40)$            | = | 23.47 | m2          |
| B8        | $=(6*1*3.875+2*0.725)*(0.15+2*0.40)$            | = | 23.47 | m2          |
| B9        | $=2*(6*1*3.875+2*1*0.725)*0.15*0.40$            | = | 2.96  | m2          |
| รวมไม้แบบ |                                                 |   |       | = 201.04 m2 |

## 21. งานเหล็กเสริมคานชั้น2

|    |         |           |                                         |   |        |    |
|----|---------|-----------|-----------------------------------------|---|--------|----|
| B1 | ล่าง,บน | 4 DB12    | $=6*4*(1*1.6+1*3.4)*1.1*0.888$          | = | 117.22 | kg |
|    | ปลอก    | RB6 @0.20 | $=6*(9+1*18)*(2*0.10+2*0.35)*1.1*0.222$ | = | 35.60  | kg |
| B2 | ล่าง,บน | 4 DB10    | $=6*4*(1.175+1.95)*1.1*0.617$           | = | 50.90  | kg |
|    | ปลอก    | RB6 @0.15 | $=6*17*(2*0.08+2*0.25)*1.1*0.222$       | = | 16.44  | kg |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

|    |            |                                                     |              |             |
|----|------------|-----------------------------------------------------|--------------|-------------|
| B5 | ล่าง,บน    | $4 \text{ DB16} = 6*4*(11)*1.1*1.578$               | = 458.25     | kg          |
|    | เสริมบน1   | $1 \text{ DB12} = 6*(2.5)*1.1*0.888$                | = 14.65      | kg          |
|    | เสริมล่าง2 | $1 \text{ DB12} = 6*(2.1)*1.1*0.888$                | = 12.31      | kg          |
|    | เสริมบน3   | $2 \text{ DB12} = 6*2*(3.8)*1.1*0.888$              | = 44.54      | kg          |
|    | เสริมล่าง4 | $2 \text{ DB12} = 6*2*(2.2)*1.1*0.888$              | = 25.79      | kg          |
|    | ปลอก       | $\text{RB6 @0.15} = 6*27*(2*0.10+2*0.35)*1.1*0.222$ | = 35.60      | kg          |
|    | ปลอก       | $\text{RB6 @0.20} = 6*31*(2*0.10+2*0.35)*1.1*0.222$ | = 40.88      | kg          |
| B7 | ล่าง,บน    | $4 \text{ DB16} = 4*(6*4*1+2*1*0.8)*1.1*1.578$      | = 177.75     | kg          |
|    | เสริมล่าง2 | $2 \text{ DB12} = 6*2*(2)*1.1*0.888$                | = 23.44      | kg          |
|    | ปลอก       | $\text{RB6 @0.20} = 6*25*(2*0.10+2*0.35)*1.1*0.222$ | = 32.97      | kg          |
| B8 | ล่าง,บน    | $4 \text{ DB16} = 4*(2*0.8+4*6)*1.1*1.578$          | = 177.75     | kg          |
|    | เสริมบน2   | $2 \text{ DB12} = 6*2*(2.4/2)*1.1*0.888$            | = 14.07      | kg          |
|    | ปลอก       | $\text{RB6 @0.10} = 6*69*(2*0.10+2*0.35)*1.1*0.222$ | = 90.99      | kg          |
|    | ปลอก       | $\text{RB6 @0.20} = 6*95*(2*0.10+2*0.35)*1.1*0.222$ | = 125.27     | kg          |
| B9 | ล่าง,บน    | $4 \text{ DB12} = 2*4*(2*0.8+4*6)*1.1*0.888$        | = 200.05     | kg          |
|    | เสริมล่าง2 | $2 \text{ DB12} = 6*2*2*(2.5/2)*1.1*0.888$          | = 29.30      | kg          |
|    | ปลอก       | $\text{RB6 @0.20} = 6*29*(2*0.10+2*0.35)*1.1*0.222$ | = 38.24      | kg          |
|    |            |                                                     | รวมเหล็กRB6  | = 416.00 kg |
|    |            |                                                     | รวมเหล็กDB10 | = 50.90 kg  |
|    |            |                                                     | รวมเหล็กDB12 | = 481.37 kg |
|    |            |                                                     | รวมเหล็กDB16 | = 813.74 kg |

## 22. งานคอนกรีตพื้นชั้น2

$$S1 = 6*0.08*(1.675*0.875+1.45*1.45) = 1.71 \text{ m}^3$$

$$\text{รวมคอนกรีต} = 1.71 \text{ m}^3$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 23. งานไม้แบบพื้นชั้น2

$$S1 = 6 * (1.675 * 0.875 + 1.45 * 1.45) = 21.41 \text{ m}^2$$

$$\text{รวมไม้แบบ} = 21.41 \text{ m}^2$$

## 24. งานเหล็กเสริมพื้นชั้น2

$$S1 \quad \#RB9 @0.30 = 6 * 2 * (1.675 * 6 + 1.45 * 8) * 1.1 * 0.499 = 142.60 \text{ kg}$$

$$\text{รวมเหล็กRB9} = 142.60 \text{ kg}$$

## 25. งานคอนกรีตเสาชั้น2

$$C1, C3 = 0.15 * 0.15 * 3.1 = 0.07 \text{ m}^3$$

$$\text{มีทั้งหมด} \quad 16 \text{ ต้น} = 1.12 \text{ m}^3$$

$$\text{รวมคอนกรีต} = 1.12 \text{ m}^3$$

## 26. งานไม้แบบเสาชั้น2

$$C1, C3 = 4 * 0.15 * 3.1 = 1.86 \text{ m}^2$$

$$\text{มีทั้งหมด} \quad 16 \text{ ต้น} = 29.76 \text{ m}^2$$

$$\text{รวมไม้แบบ} = 29.76 \text{ m}^2$$

## 27. งานเหล็กเสริมเสาชั้น2

$$C1, C3 \quad 4 \text{ DB12} = 4 * (3.1) * 1.1 * 0.888 = 12.11 \text{ kg}$$

$$1\text{-RB6} @0.15 = 22 * (4 * 0.11) * 1.1 * 0.222 = 2.36 \text{ kg}$$

$$\text{มีทั้งหมด} \quad 16 \text{ ต้น} \quad \text{รวมเหล็กRB6} = 37.82 \text{ kg}$$

$$\text{รวมเหล็กDB12} = 193.80 \text{ kg}$$

## 28. งานคอนกรีตคานหลังคา

$$RB1 = 2 * (3.95 + 1.45 + 3.25) * 0.12 * 0.30 = 0.62 \text{ m}^3$$

$$RB2 = 6 * 2 * (3.85 + 0.725) * 0.15 * 0.30 = 2.47 \text{ m}^3$$

$$RB3 = 6 * 2 * (3.85 + 0.725) * 0.15 * 0.30 = 2.47 \text{ m}^3$$

$$RB4 = 6 * (1 * (3.25 + 1.45 + 3.25)) * 0.15 * 0.30 = 2.15 \text{ m}^3$$

$$RB5 = 2 * (2 * 4.53) * (0.12 * 0.30 + 0.085 * 0.20) = 0.96 \text{ m}^3$$

$$\text{รวมคอนกรีต} = 8.67 \text{ m}^3$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 29. งานไม้แบบคานหลังคา

$$RB1 = 2 * (3.95 + 1.45 + 3.25) * (0.12 + 2 * 0.30) = 12.46 \text{ m}^2$$

$$RB2 = 6 * 2 * (3.85 + 0.725) * (0.15 + 2 * 0.30) = 41.18 \text{ m}^2$$

$$RB3 = 6 * 2 * (3.85 + 0.725) * (0.15 + 2 * 0.30) = 41.18 \text{ m}^2$$

$$RB4 = 6 * ((3.25 + 1.45 + 3.25)) * (0.15 + 2 * 0.30) = 35.78 \text{ m}^2$$

$$RB5 = 2 * (2 * 4.53) * (0.12 + 2 * 0.30 + 0.085 + 0.20) = 18.21 \text{ m}^2$$

$$\text{รวมไม้แบบ} = 148.79 \text{ m}^2$$

## 30. งานเหล็กเสริมคานหลังคา

$$RB1 \quad \text{ล่าง,บน} \quad 4 \text{ DB10} = 2 * 4 * (3.4 + 1.6 + 3.4) * 1.1 * 0.617 = 45.61 \text{ kg}$$

$$\text{ปลอก} \quad RB6 @ 0.15 = 2 * 57 * (2 * 0.08 + 2 * 0.25) * 1.1 * 0.222 = 18.37 \text{ kg}$$

$$RB2 \quad \text{ล่าง,บน} \quad 4 \text{ DB12} = 6 * 2 * 4 * (4 + 0.8) * 1.1 * 0.888 = 225.05 \text{ kg}$$

$$\text{ปลอก} \quad RB6 @ 0.15 = 6 * 2 * 33 * (2 * 0.10 + 2 * 0.25) * 1.1 * 0.222 = 67.69 \text{ kg}$$

$$RB3 \quad \text{ล่าง,บน} \quad 4 \text{ DB10} = 6 * 2 * 4 * (4 + 0.8) * 1.1 * 0.617 = 156.37 \text{ kg}$$

$$\text{ปลอก} \quad RB6 @ 0.15 = 6 * 2 * 33 * (2 * 0.10 + 2 * 0.25) * 1.1 * 0.222 = 67.69 \text{ kg}$$

$$RB4 \quad \text{ล่าง,บน} \quad 4 \text{ DB12} = 6 * 1.5 * 4 * (3.4 + 1.6 + 3.4) * 1.1 * 0.888 = 295.38 \text{ kg}$$

$$\text{ปลอก} \quad RB6 @ 0.15 = 6 * 1.5 * 57 * (2 * 0.10 + 2 * 0.25) * 1.1 * 0.222 = 87.69 \text{ kg}$$

$$RB5 \quad \text{ล่าง,บน} \quad 4 \text{ DB10} = 2 * 4 * (2 * 4.53 + 0.15) * 1.1 * 0.617 = 50.01 \text{ kg}$$

$$\text{ล่าง,บน} \quad 2 \text{ RB6} = 2 * 2 * (2 * 4.53 + 0.15) * 1.1 * 0.222 = 9.00 \text{ kg}$$

$$\text{ปลอก} \quad RB6 @ 0.20 = 2 * 46 * (2 * 0.08 + 2 * 0.25 + 0.15) * 1.1 * 0.222 = 18.20 \text{ kg}$$

$$\text{รวมเหล็กRB6} = 268.64 \text{ kg}$$

$$\text{รวมเหล็กDB10} = 251.99 \text{ kg}$$

$$\text{รวมเหล็กDB12} = 520.44 \text{ kg}$$

## 31. งานคอนกรีตพื้นหลังคา

$$RS1 = 2 * 0.08 * ((0.675 * 1.45) + 2 * (0.675 * 3.25)) = 0.43 \text{ m}^3$$

$$\text{รวมคอนกรีต} = 0.43 \text{ m}^3$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 32. งานไม้แบบพื้นหลังคา

$$RS1 = 2 * ((0.675 * 1.45) + 2 * (0.675 * 3.25)) = 5.37 \text{ m2}$$

$$\text{รวมไม้แบบ} = 5.37 \text{ m2}$$

## 33. งานเหล็กเสริมพื้นหลังคา

$$RS1 \quad \#RB9 @0.30 = 2 * 2 * (1 * (3 * 1.45) + 2 * (3 * 3.25)) * 1.1 * 0.499 = 26.18 \text{ kg}$$

$$\text{รวมเหล็กRB9} = 26.18 \text{ kg}$$

## 34. งานผนังชั้น1

$$W1 \quad \text{ด้านข้าง} = 6 * 1.5 * 3.1 * (2.325 + 1.45 + 3.2 + 1.3) = 230.87 \text{ m2}$$

$$W2 \quad \text{ด้านหน้า} = 6 * (3.1 * 3.85 - 0.7 * 2.0 - 1.2 * 1.4) = 53.13 \text{ m2}$$

$$W3 \quad \text{ห้องน้ำ} = 6 * (3.1 * (1.575 * 2 + 1.1) - 0.6 * 2.0) = 71.85 \text{ m2}$$

$$W4 \quad \text{ด้านหลัง} = 6 * (3.1 * 2.275 - 1.2 * 2 - 0.7 * 1.2) = 22.88 \text{ m2}$$

$$W5 \quad \text{ทอระบาย} = 6 * 3.1 * (0.4 + 0.35 + 0.25) = 18.60 \text{ m2}$$

$$\text{รวมงานผนัง} = 397.33 \text{ m2}$$

## 35. งานผนังชั้น2

$$W6 \quad \text{ด้านข้าง} = 6 * (3.1 * ((3.25 * 4 + 1.45 + 0.725) + 1 * 1.4) - 0.8 * 2 - 0.6 * 2) = 291.50 \text{ m2}$$

$$W7 \quad \text{ด้านหน้า} = 6 * ((3.1 * 3.85 - 1.2 * 1.4 + 2 * 0.7) + 3.1 * 0.7) = 66.15 \text{ m2}$$

$$W8 \quad \text{หน้าห้อง} = 6 * ((3.85 * 3.1) + (3.6 - 3.1) + 0.7 * 3.1 - (2 * 1.2 * 0.5 - 2 * 2.0 * 0.7)) = 97.23 \text{ m2}$$

$$W9 \quad \text{ด้านหลัง} = 6 * ((3.1 * 3.85 - 1.2 * 1.4 + 2 * 0.7) + 3.1 * 0.7) = 66.15 \text{ m2}$$

$$W10 \quad \text{ทอระบาย} = 6 * (3.1 * (0.4 + 0.35 + 0.25)) = 18.60 \text{ m2}$$

$$W11 \quad \text{ระเบียง} = 6 * (1.3 + 1.75) * 0.9 = 16.47 \text{ m2}$$

$$W12 \quad \text{ปิดใต้หลังคา} = 2 * 1.75 * 4.2 = 14.70 \text{ m2}$$

$$\text{รวมงานผนัง} = 570.80 \text{ m2}$$

## 36. งานพื้นสำเร็จ

$$\text{งานพื้นสำเร็จ} = 6 * 2 * 4.65 * 3.25 + 6 * 1.45 * 2.05 = 199.19 \text{ m2}$$

$$\text{รวมงานพื้นสำเร็จ} = 199.19 \text{ m2}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## 37. งานหลังคากระเบื้องลอนคู่

$$\text{หลังคากระเบื้องลอนคู่} = 24 \times 1.87 + 24 \times 2 \times 4.53 = 262.32 \text{ m}^2$$

$$\text{งานหลังคากระเบื้องลอนคู่} = 262.32 \text{ m}^2$$

## 38. งานโครงหลังคา

$$\text{แป} [125 \times 50 \times 20 \times 2.3 = 14 \times 24 \times 3.53 = 1186.08 \text{ kg}$$

$$\text{จันทัน} [125 \times 50 \times 20 \times 2.3 = 6.4 \times 18 \times 3.53 = 180.74 \text{ kg}$$

$$\text{แป} [100 \times 50 \times 20 \times 3.2 = 24 \times 1.87 \times 4.27 = 199.62 \text{ kg}$$

$$\text{แป} [100 \times 50 \times 20 \times 3.2 = 3 \times 24 \times 4.27 = 307.44 \text{ kg}$$

$$\text{รวมงานโครงหลังคา} = 1873.88 \text{ kg}$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การประมาณราคาอาคารที่ก่อสร้างแบบระบบกำแพงรับน้ำหนัก ( Bearing wall )

### 1. งานขุดดินและกลบกลับ

|                        |   |      |                |
|------------------------|---|------|----------------|
| $F1 = 1.2 * 0.5 * 0.5$ | = | 0.30 | m <sup>3</sup> |
| มีทั้งหมด 14 ฐาน       | = | 4.20 | m <sup>3</sup> |
| $F2 = 1.2 * 0.5 * 0.5$ | = | 0.30 | m <sup>3</sup> |
| มีทั้งหมด 14 ฐาน       | = | 4.20 | m <sup>3</sup> |
| รวมงานดิน =            |   | 8.40 | m <sup>3</sup> |

### 2. งานทรายหยาบรองฐานราก(หนา 10 cm)

|                        |   |      |                |
|------------------------|---|------|----------------|
| $F1 = 0.1 * 0.5 * 0.5$ | = | 0.03 | m <sup>3</sup> |
| มีทั้งหมด 14 ฐาน       | = | 0.35 | m <sup>3</sup> |
| $F2 = 0.1 * 0.5 * 0.5$ | = | 0.03 | m <sup>3</sup> |
| มีทั้งหมด 14 ฐาน       | = | 0.35 | m <sup>3</sup> |
| รวมทรายหยาบ =          |   | 0.70 | m <sup>3</sup> |

### 3. งานคอนกรีตหยาบรองฐานราก(หนา 10 cm)

|                        |   |      |                |
|------------------------|---|------|----------------|
| $F1 = 0.1 * 0.5 * 0.5$ | = | 0.03 | m <sup>3</sup> |
| มีทั้งหมด 14 ฐาน       | = | 0.35 | m <sup>3</sup> |
| $F2 = 0.1 * 0.5 * 0.5$ | = | 0.03 | m <sup>3</sup> |
| มีทั้งหมด 14 ฐาน       | = | 0.35 | m <sup>3</sup> |
| รวมคอนกรีตหยาบ =       |   | 0.70 | m <sup>3</sup> |

### 4. งานคอนกรีตฐานราก

|                        |   |      |                |
|------------------------|---|------|----------------|
| $F1 = 0.5 * 0.5 * 0.5$ | = | 0.13 | m <sup>3</sup> |
| มีทั้งหมด 14 ฐาน       | = | 1.75 | m <sup>3</sup> |
| $F2 = 0.5 * 0.5 * 0.5$ | = | 0.13 | m <sup>3</sup> |
| มีทั้งหมด 14 ฐาน       | = | 1.75 | m <sup>3</sup> |
| รวมคอนกรีต =           |   | 3.50 | m <sup>3</sup> |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5. งานไม้แบบฐานราก

|                                |        |   |       |                        |
|--------------------------------|--------|---|-------|------------------------|
| $F1 = 0.5 \times 0.5 \times 4$ |        | = | 1.00  | m <sup>2</sup>         |
| มีทั้งหมด                      | 14 ฐาน | = | 14.00 | m <sup>2</sup>         |
| $F2 = 0.5 \times 0.5 \times 4$ |        | = | 1.00  | m <sup>2</sup>         |
| มีทั้งหมด                      | 14 ฐาน | = | 14.00 | m <sup>2</sup>         |
| รวมไม้แบบ                      |        |   |       | = 28.00 m <sup>2</sup> |

## 6. งานเหล็กเสริมฐานราก

|                         |                                                                 |   |        |             |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------|---|--------|-------------|
| $F1 = \#3 \text{ DB16}$ | $= 2 \times 3 \times (0.4 + 0.4 + 0.4) \times 1.1 \times 1.578$ | = | 12.50  | kg          |
| มีทั้งหมด               | 14 ฐาน                                                          | = | 174.97 | kg          |
| $F2 = \#3 \text{ DB16}$ | $= 2 \times 3 \times (0.4 + 0.4 + 0.4) \times 1.1 \times 1.578$ | = | 12.50  | kg          |
| มีทั้งหมด               | 14 ฐาน                                                          | = | 174.97 | kg          |
| รวมเหล็ก DB16           |                                                                 |   |        | = 349.94 kg |

## 7. งานคอนกรีตค่อม

|                                   |         |   |      |                       |
|-----------------------------------|---------|---|------|-----------------------|
| $C1 = 0.2 \times 0.2 \times 1.10$ |         | = | 0.04 | m <sup>3</sup>        |
| มีทั้งหมด                         | 14 คั่น | = | 0.62 | m <sup>3</sup>        |
| $C0 = 0.2 \times 0.2 \times 1.10$ |         | = | 0.04 | m <sup>3</sup>        |
| มีทั้งหมด                         | 14 คั่น | = | 0.62 | m <sup>3</sup>        |
| รวมคอนกรีต                        |         |   |      | = 1.23 m <sup>3</sup> |

## 8. งานไม้แบบค่อม

|                                |         |   |       |                        |
|--------------------------------|---------|---|-------|------------------------|
| $C1 = 4 \times 0.2 \times 1.1$ |         | = | 0.88  | m <sup>2</sup>         |
| มีทั้งหมด                      | 14 คั่น | = | 12.32 | m <sup>2</sup>         |
| $C0 = 4 \times 0.2 \times 1.1$ |         | = | 0.88  | m <sup>2</sup>         |
| มีทั้งหมด                      | 14 คั่น | = | 12.32 | m <sup>2</sup>         |
| รวมไม้แบบ                      |         |   |       | = 24.64 m <sup>2</sup> |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 9. งานเหล็กเสริมค่อม

|           |                                      |   |      |    |
|-----------|--------------------------------------|---|------|----|
| C1        | 2 DB10 = $2*(0.95+0.4)*1.1*0.617$    | = | 1.83 | kg |
|           | 4 DB12 = $4*(0.95+0.4)*1.1*0.888$    | = | 5.27 | kg |
|           | ป-RB6 @0.20 = $6*(4*0.14)*1.1*0.222$ | = | 0.82 | kg |
| มีทั้งหมด | 14 ตัน                               |   |      |    |

รวมเหล็กRB6 = 11.49 kg

รวมเหล็กDB10 = 25.65 kg

รวมเหล็กDB12 = 73.85 kg

|           |                                      |   |      |    |
|-----------|--------------------------------------|---|------|----|
| C0        | 4 DB12 = $4*(0.95+0.4)*1.1*0.888$    | = | 5.27 | kg |
|           | ป-RB6 @0.20 = $4*(4*0.14)*1.1*0.222$ | = | 0.55 | kg |
| มีทั้งหมด | 14 ตัน                               |   |      |    |

รวมเหล็กRB6 = 7.66 kg

รวมเหล็กDB12 = 73.85 kg

รวมเหล็กRB6 = 19.15 kg

รวมเหล็กDB10 = 25.65 kg

รวมเหล็กDB12 = 147.69 kg

## 10. งานคอนกรีตคานคอดิน

|            |                                   |   |       |                |
|------------|-----------------------------------|---|-------|----------------|
| B1         | = $6*0.77*0.25*0.15$              | = | 0.17  | m <sup>3</sup> |
| GB1        | = $6*4.00*0.15*0.30$              | = | 1.08  | m <sup>3</sup> |
| GB2        | = $6*4.00*0.15*0.30$              | = | 1.08  | m <sup>3</sup> |
| GB3        | = $6*4.00*0.20*0.40$              | = | 1.92  | m <sup>3</sup> |
| GB4        | = $6*2.2*0.15*0.30$               | = | 0.59  | m <sup>3</sup> |
| GB5        | = $2*(3.4+3.4+1.6+1.5)*0.20*0.40$ | = | 4.75  | m <sup>3</sup> |
| GB6        | = $6*(3.4+0.8+1.5)*0.25*0.40$     | = | 3.42  | m <sup>3</sup> |
| รวมคอนกรีต |                                   | = | 13.02 | m <sup>3</sup> |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 11. งานไม้แบบเหล็กคานเหล็กคอดิน

|                |                                      |   |        |    |
|----------------|--------------------------------------|---|--------|----|
| B1             | $=6*0.77*(0.25+2*0.15)$              | = | 2.54   | m2 |
| GB1            | $=6*3.870*(0.15+2*0.30)$             | = | 17.42  | m2 |
| GB2            | $=6*3.87*(0.15+2*0.30)$              | = | 17.42  | m2 |
| GB3            | $=6*2.27*(0.20+2*0.40)$              | = | 13.62  | m2 |
| GB4            | $=6*2.2*(0.15+2*0.30)$               | = | 9.90   | m2 |
| GB5            | $=2*(3.4+3.4+1.6+1.5)*(0.20+2*0.40)$ | = | 59.40  | m2 |
| GB6            | $=6*(3.4+0.8+1.5)*(0.25+2*0.40)$     | = | 35.91  | m2 |
| รวมไม้แบบเหล็ก |                                      | = | 156.20 | m2 |

## 12. งานเหล็กเสริมคานคอดิน

|     |         |            |                                   |   |        |    |
|-----|---------|------------|-----------------------------------|---|--------|----|
| B1  | ล่าง,บน | 4 DB16     | $=6*4*0.77*1.1*1.578$             | = | 32.08  | kg |
|     | ล่าง    | 2 DB12     | $=6*2*0.77*1.1*0.888$             | = | 9.03   | kg |
|     | ปลอก    | RB6 @0.125 | $=6*8*(2*0.10+2*0.20)*1.1*0.222$  | = | 7.03   | kg |
| GB1 | ล่าง,บน | 5 DB16     | $=6*5*(4.0)*1.1*1.578$            | = | 208.30 | kg |
|     | ล่าง    | 2 DB12     | $=6*2*(4.0)*1.1*0.888$            | = | 46.89  | kg |
|     | ปลอก    | RB6 @0.10  | $=6*21*(2*0.10+2*0.25)*1.1*0.222$ | = | 21.54  | kg |
|     | ปลอก    | RB6 @0.125 | $=6*15*(2*0.10+2*0.25)*1.1*0.222$ | = | 15.38  | kg |
| GB2 | ล่าง,บน | 3 DB16     | $=6*3*(4.0)*1.1*1.578$            | = | 124.98 | kg |
|     | ล่าง    | 4 DB12     | $=6*4*(4.0)*1.1*0.888$            | = | 93.77  | kg |
|     | ปลอก    | RB6 @0.15  | $=6*8*(2*0.10+2*0.25)*1.1*0.222$  | = | 28.72  | kg |
| GB3 | ล่าง,บน | 4 DB16     | $=6*4*(2.4)*1.1*1.578$            | = | 99.98  | kg |
|     | ปลอก    | RB6 @0.125 | $=6*20*(2*0.15+2*0.35)*1.1*0.222$ | = | 29.30  | kg |
| GB4 | ล่าง,บน | 4 DB12     | $=6*4*(2.2)*1.1*0.888$            | = | 51.58  | kg |
|     | ปลอก    | RB6 @0.125 | $=6*19*(2*0.10+2*0.25)*1.1*0.222$ | = | 19.49  | kg |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

|                |         |           |                                      |        |    |
|----------------|---------|-----------|--------------------------------------|--------|----|
| GB5            | ล่าง,บน | 4 DB16    | $=2*4*(3.4+3.4+1.6+1.5)*1.1*1.578 =$ | 137.48 | kg |
|                | เสริม   | 3 DB16    | $=2*3*(2.0)*1.1*1.578 =$             | 20.83  | kg |
|                | เสริม   | 3 DB16    | $=2*3*(2.1)*1.1*1.578 =$             | 21.87  | kg |
|                | เสริม   | 2 DB16    | $=2*2*2*(1.2)*1.1*1.578 =$           | 16.66  | kg |
|                | ปลอก    | RB6 @0.10 | $=2*43*(2*0.10+2*0.35)*1.1*0.222 =$  | 18.90  | kg |
|                | ปลอก    | RB6 @0.20 | $=2*30*(2*0.10+2*0.35)*1.1*0.222 =$  | 13.19  | kg |
| GB6            | ล่าง,บน | 4 DB16    | $=6*4*(3.4+1.5+0.8)*1.1*1.578 =$     | 237.46 | kg |
|                | เสริม   | 4 DB20    | $=6*2*4*(2.4)*1.1*2.47/2 =$          | 156.50 | kg |
|                | เสริม   | 1 DB16    | $=6*1*(2+2.2)*1.1*0.888/2 =$         | 12.31  | kg |
|                | เสริม   | 5 DB20    | $=6*5*(2.5)*1.1*2.47/2 =$            | 101.89 | kg |
|                | ปลอก    | RB6 @0.10 | $=6*54*(2*0.20+2*0.35)*1.1*0.222 =$  | 43.52  | kg |
|                | ปลอก    | RB6 @0.20 | $=6*25*(2*0.20+2*0.35)*1.1*0.222 =$  | 20.15  | kg |
| รวมเหล็กRB6 =  |         |           |                                      | 217.22 | kg |
| รวมเหล็กDB12 = |         |           |                                      | 201.26 | kg |
| รวมเหล็กDB16 = |         |           |                                      | 911.94 | kg |
| รวมเหล็กDB20 = |         |           |                                      | 258.39 | kg |

### 13. งานคอนกรีตพื้นชั้น1

|              |                                 |   |       |          |
|--------------|---------------------------------|---|-------|----------|
| S1           | $=6*0.10*(2.27*0.77+1.47*1.37)$ | = | 2.26  | m3       |
| S2           | $=6*0.10*(4.74*3.87+3.27*3.87)$ | = | 18.60 | m3       |
| S00          | $=6*0.1*(1.1*2.45+5.2*3)$       | = | 10.98 | m3       |
| รวมคอนกรีต = |                                 |   |       | 31.83 m3 |

### 14. งานทรายหยาบรองพื้น

|               |                                 |   |       |          |
|---------------|---------------------------------|---|-------|----------|
| S1            | $=6*0.10*(2.27*0.77+1.47*1.37)$ | = | 2.26  | m3       |
| S2            | $=6*0.10*(4.74*3.87+3.27*3.87)$ | = | 18.60 | m3       |
| S00           | $=6*0.1*(1.1*2.45+5.2*3)$       | = | 10.98 | m3       |
| รวมทรายหยาบ = |                                 |   |       | 31.83 m3 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 15. งานเหล็กเสริมพื้นชั้น1

$$\begin{aligned}
 S1 \text{ \#DB10 @0.30} &= 6*2*3.333*(2.27*0.77+1.47*1.37)*1.1*0.617 &= 102.12 \text{ kg} \\
 S2 \text{ DB10 @0.20} &= 6*5*(4.74*3.87+3.27*3.87)*1.1*0.617 &= 631.16 \text{ kg} \\
 S2 \text{ DB10 @0.30} &= 6*3.333*(4.74*3.87+3.27*3.87)*1.1*0.617 &= 420.73 \text{ kg} \\
 S00 \text{ \#DB10 @0.30} &= 6*2*3.333*(1.1*2.45+5.2*3)*1.1*0.617 &= 496.62 \text{ kg} \\
 \text{รวมเหล็กDB10} &= 1650.64 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

## 16. งานคอนกรีตกำแพงชั้น1

$$\begin{aligned}
 W1 \text{ ด้านข้าง} &= 2*(0.13*3.1*(1+3.4+3.4+1.5+1.6)-2*1.2*1.2) &= 3.03 \text{ m}^3 \\
 \text{ระหว่างห้อง} &= 5*0.13*3.1*(3.4+1.6+3.4) &= 16.93 \text{ m}^3 \\
 \text{ด้านหน้า} &= 6*0.13*(3.1*3.87-1.2*1.2-0.6*2.0) &= 7.30 \text{ m}^3 \\
 \text{ห้องน้ำ} &= 6*0.13*3.1*1.65 &= 3.99 \text{ m}^3 \\
 W2 \text{ หน้าห้องน้ำ} &= 6*0.07*(3.1*(1.4)-0.6*2.0) &= 1.32 \text{ m}^3 \\
 \text{ด้านหลัง} &= 6*0.07*(3.1*2.275-1.2*2-0.7*1.2) &= 1.60 \text{ m}^3 \\
 \text{รวมคอนกรีต} &= 34.16 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

## 17. งานไม้แบบเหล็กกำแพงชั้น1

$$\begin{aligned}
 W1 \text{ ด้านข้าง} &= 2*2*(3.1*(1+3.4+3.4+1.5+1.6)-2*1.2*1.2) &= 61.82 \text{ m}^2 \\
 \text{ระหว่างห้อง} &= 5*2*3.1*(3.4+1.6+3.4) &= 260.40 \text{ m}^2 \\
 \text{ด้านหน้า} &= 6*2*(3.1*3.87-1.2*1.2-0.6*2.0) &= 112.28 \text{ m}^2 \\
 \text{ห้องน้ำ} &= 6*2*3.1*1.65 &= 61.38 \text{ m}^2 \\
 W2 \text{ หน้าห้องน้ำ} &= 6*2*2*(3.1*(1.4)-0.6*2.0) &= 75.36 \text{ m}^2 \\
 \text{ด้านหลัง} &= 6*2*(3.1*2.275-1.2*2-0.7*1.2) &= 45.75 \text{ m}^2 \\
 \text{รวมไม้แบบเหล็ก} &= 495.88 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 18. งานเหล็กเสริมกำแพงชั้น1

W1 ด้านข้าง

$$DB10@0.20 = 2*5*(3.1*(1+3.4+3.4+1.5+1.6)-2*1.2*1.2)*1.1*0.617 = 209.79 \text{ kg}$$

$$DB10@0.30 = 2*3.333*(3.1*(1+3.4+3.4+1.5+1.6)-2*1.2*1.2)*1.1*0.617 = 139.84 \text{ kg}$$

ระหว่างห้อง

$$DB10@0.20 = 5*5*3.1*(3.4+0.8+1.5)*1.1*0.617 = 299.82 \text{ kg}$$

$$DB10@0.30 = 5*3.333*3.1*(3.4+0.8+1.5)*1.1*0.617 = 199.86 \text{ kg}$$

ด้านหน้า

$$DB10@0.20 = 6*5*(3.1*3.87-1.2*1.2-0.6*2.0)*1.1*0.617 = 190.52 \text{ kg}$$

$$DB10@0.30 = 6*3.333*(3.1*3.87-1.2*1.2-0.6*2.0)*1.1*0.617 = 127.00 \text{ kg}$$

ห้องน้ำ

$$DB10@0.20 = 6*5*3.1*1.66*1.1*0.617 = 104.78 \text{ kg}$$

$$DB10@0.30 = 6*3.333*3.1*1.67*1.1*0.617 = 70.27 \text{ kg}$$

W2 หน้าห้องน้ำ

$$\#RB6@0.225 = 2*4.44*6*(2*3.1*3.27+4*0.67*3.1-2*1.2*0.5)*1.1*0.222 = 356.27 \text{ kg}$$

ด้านหลัง

$$\#RB6@0.225 = 2*4.44*6*(3.1*2.275-1.2*2-0.7*1.2)*1.1*0.222 = 49.60 \text{ kg}$$

$$\text{รวมเหล็กRB6} = 405.87 \text{ kg}$$

$$\text{รวมเหล็กDB10} = 1698.18 \text{ kg}$$

## 19. งานเสริมเหล็กเสาชั้น1

8 จุด

$$+DB12 = 4*8*3.1*1.1*0.888 = 96.90 \text{ kg}$$

$$RB6@0.10 = 8*32*1.1*0.222 = 62.52 \text{ kg}$$

$$\text{รวมเหล็กRB6} = 62.52 \text{ kg}$$

$$\text{รวมเหล็กDB10} = 96.90 \text{ kg}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## 20. งานเสริมเหล็กรอยต่อผนังชั้น1

$$36 \text{ จุด} \quad 2\text{-DB10@0.20} = 36 * 2 * 16 * 1.3 * 1.1 * 0.617 = 1016.421 \text{ kg}$$

$$\text{รวมเหล็กDB10} = 1016.42 \text{ kg}$$

## 21. งานเสริมเหล็กรอยประตูหน้าต่างชั้น1

$$2\text{-DB12} = 4 * 2 * (2 * (1.2 + 1.2 + 2 * 2 * 0.6) + 4) * 1.1 * 0.888 = 53.14 \text{ kg}$$

$$2\text{-DB12} = 4 * (2 * (0.6 + 2.0 + 2 * 2 * 0.6) + 4) * 1.1 * 0.888 = 27.35 \text{ kg}$$

$$2\text{-DB12} = 16 * 2 * (2 * (0.6 + 2.0 + 2 * 2 * 0.6) + 4) * 1.1 * 0.888 = 109.40 \text{ kg}$$

$$\text{รวมเหล็กDB12} = 189.89 \text{ kg}$$

## 22. งานคอนกรีตคานชั้น2

$$B1 \text{ ชอนในพื้น} = 0.00 \text{ m}^3$$

$$B2 = 2 * (3.4 * 2 + 0.8 * 4) * 0.13 * 0.05 = 0.13 \text{ m}^3$$

$$B3 \text{ ชอนในพื้น} = 0.00 \text{ m}^3$$

$$B4 = 6 * 2 * 3.87 * 0.10 * 0.20 = 0.93 \text{ m}^3$$

$$B5 = 6 * (3.87) * 0.05 * 0.20 = 0.23 \text{ m}^3$$

$$B6 = 6 * (3.87) * 0.10 * 0.25 = 0.58 \text{ m}^3$$

$$BB' \text{ ชอนในพื้น} = 0.00 \text{ m}^3$$

$$\text{รวมคอนกรีต} = 1.87 \text{ m}^3$$

## 23. งานไม้แบบเหล็กคานชั้น2

$$B1 = 0 = 0.00 \text{ m}^2$$

$$B2 = 0 = 0.00 \text{ m}^2$$

$$B3 = 0 = 0.00 \text{ m}^2$$

$$B4 = 0 = 0.00 \text{ m}^2$$

$$B5 = 0 = 0.00 \text{ m}^2$$

$$B6 = 0 = 0.00 \text{ m}^2$$

$$B7 = 0 = 0.00 \text{ m}^2$$

$$\text{รวมไม้แบบเหล็ก} = 0.00 \text{ m}^2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 24. งานเหล็กเสริมคานชั้น2

|                |         |                                                      |   |         |    |
|----------------|---------|------------------------------------------------------|---|---------|----|
| B1             | ล่าง,บน | $4 \text{ DB16} = 6*4*(3.4)*1.1*1.587$               | = | 142.45  | kg |
|                | ล่าง    | $2 \text{ DB12} = 6*2*(3.4)*1.1*0.888$               | = | 39.85   | kg |
|                | ปลอก    | $\text{RB6 @0.125} = 6*27*(2*0.20+2*0.10)*1.1*0.222$ | = | 23.74   | kg |
| B2             | ล่าง,บน | $4 \text{ DB12} = 2*4*(0.8*4+3.4*2)*1.1*0.888$       | = | 78.14   | kg |
|                | ล่าง    | $2 \text{ DB16} = 2*2*(0.8*4+3.4*2)*1.1*1.587$       | = | 69.83   | kg |
|                | ปลอก    | $\text{RB6 @0.15} = 2*23*(2*0.15+2*0.10)*1.1*0.222$  | = | 5.62    | kg |
| B3             | ล่าง,บน | $4 \text{ DB12} = 6*4*(1.6)*1.1*0.888$               | = | 37.51   | kg |
|                | ล่าง    | $2 \text{ DB16} = 6*2*(1.6)*1.1*1.587$               | = | 33.52   | kg |
|                | ปลอก    | $\text{RB6 @0.10} = 6*15*(2*0.15+2*0.06)*1.1*0.222$  | = | 9.23    | kg |
| B4             | ล่าง,บน | $7 \text{ DB16} = 6*7*4*2*1.1*1.578$                 | = | 583.23  | kg |
|                | ปลอก    | $\text{RB6 @0.10} = 6*82*(2*0.15+2*0.25)*1.1*0.222$  | = | 96.12   | kg |
| B5             | ล่าง,บน | $4 \text{ DB12} = 6*4*(4)*1.1*0.888$                 | = | 93.77   | kg |
|                | ล่าง    | $2 \text{ DB16} = 6*2*(4.0)*1.1*1.587$               | = | 83.79   | kg |
|                | ปลอก    | $\text{RB6 @0.10} = 6*41*(2*0.15+2*0.10)*1.1*0.222$  | = | 30.04   | kg |
| B6             | ล่าง,บน | $8 \text{ DB16} = 6*8*(4.0)*1.1*1.587$               | = | 335.17  | kg |
|                | ปลอก    | $\text{RB6 @0.05} = 6*80*(2*0.15+2*0.20)*1.1*0.222$  | = | 82.05   | kg |
| BB'            | ล่าง    | $2 \text{ DB16} = 7*2*(1.4)*1.1*1.578$               | = | 34.02   | kg |
|                | บน      | $2 \text{ DB12} = 7*2*(1.4)*1.1*0.888$               | = | 19.15   | kg |
|                | ปลอก    | $\text{RB6 @0.15} = 7*8*(2*0.35+2*0.08)*1.1*0.222$   | = | 11.76   | kg |
| รวมเหล็กRB6 =  |         |                                                      |   | 258.55  | kg |
| รวมเหล็กDB12 = |         |                                                      |   | 268.42  | kg |
| รวมเหล็กDB16 = |         |                                                      |   | 1282.01 | kg |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 25. งานคอนกรีตกำแพงชั้น2

|    |                                                                                                                   |   |       |                |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------|----------------|
| W1 | ด้านข้าง = $2 \times 0.13 \times (3.1 \times (1.6) - 1.4 \times 0.7)$                                             | = | 1.03  | m <sup>3</sup> |
|    | ระหว่างห้อง = $5 \times 0.13 \times 3.1 \times (3.4 + 3.4 + 1.6)$                                                 | = | 16.93 | m <sup>3</sup> |
|    | ด้านหลัง = $6 \times 0.13 \times (3.1 \times 1.1)$                                                                | = | 2.66  | m <sup>3</sup> |
| W2 | ด้านข้าง = $2 \times 0.07 \times (2 \times 3.1 \times 3.27 + 4 \times 0.67 \times 3.1 - 2 \times 1.2 \times 0.5)$ | = | 3.83  | m <sup>3</sup> |
|    | ด้านข้างบันได = $6 \times 0.07 \times 3.1 \times 3.3$                                                             | = | 4.30  | m <sup>3</sup> |
|    | ด้านหน้า = $6 \times 0.07 \times ((3.1 \times 3.85 - 1.2 \times 1.4 + 2 \times 0.7) + 3.1 \times 0.7)$            | = | 4.63  | m <sup>3</sup> |
|    | หน้าห้อง = $6 \times 0.07 \times ((3.85 \times 3.1) + (3.6 - 3.1) - (2 \times 2.0 \times 0.7))$                   | = | 4.05  | m <sup>3</sup> |
|    | ด้านหลัง = $6 \times 0.07 \times ((3.1 \times 3.85 - 1.2 \times 1.4 + 2 \times 0.7) + 3.1 \times 0.7)$            | = | 4.63  | m <sup>3</sup> |
|    | หน้าห้องน้ำ = $6 \times 0.07 \times (3.1 \times (1.4) - 0.6 \times 2.0)$                                          | = | 1.32  | m <sup>3</sup> |
|    | ระเบียง = $6 \times 0.07 \times (1.3 + 1.75) \times 0.9$                                                          | = | 1.15  | m <sup>3</sup> |
|    | รวมคอนกรีต                                                                                                        | = | 44.58 | m <sup>3</sup> |

## 26. งานไม้แบบเหล็กกำแพงชั้น2

|    |                                                                                                                |   |         |                |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---------|----------------|
| W1 | ด้านข้าง = $2 \times 2 \times (3.1 \times (1.6) - 1.4 \times 0.7)$                                             | = | 15.92   | m <sup>2</sup> |
|    | ระหว่างห้อง = $5 \times 2 \times 3.1 \times (3.4 + 0.8)$                                                       | = | 130.2   | m <sup>2</sup> |
|    | ด้านหลัง = $6 \times 2 \times (3.1 \times 1.1)$                                                                | = | 40.92   | m <sup>2</sup> |
| W2 | ด้านข้าง = $2 \times 2 \times (2 \times 3.1 \times 3.27 + 4 \times 0.67 \times 3.1 - 2 \times 1.2 \times 0.5)$ | = | 109.528 | m <sup>2</sup> |
|    | ด้านข้างบันได = $2 \times 6 \times 3.1 \times 3.3$                                                             | = | 122.76  | m <sup>2</sup> |
|    | ด้านหน้า = $6 \times 2 \times ((3.1 \times 3.85 - 1.2 \times 1.4 + 2 \times 0.7) + 3.1 \times 0.7)$            | = | 132.3   | m <sup>2</sup> |
|    | หน้าห้อง = $6 \times 2 \times ((3.85 \times 3.1) + (3.6 - 3.1) - (2 \times 2.0 \times 0.7))$                   | = | 115.62  | m <sup>2</sup> |
|    | ด้านหลัง = $6 \times 2 \times ((3.1 \times 3.85 - 1.2 \times 1.4 + 2 \times 0.7) + 3.1 \times 0.7)$            | = | 132.3   | m <sup>2</sup> |
|    | หน้าห้องน้ำ = $6 \times 2 \times (3.1 \times (1.4) - 0.6 \times 2.0)$                                          | = | 37.68   | m <sup>2</sup> |
|    | ระเบียง = $6 \times 2 \times (1.3 + 1.75) \times 0.9$                                                          | = | 32.94   | m <sup>2</sup> |
|    | รวมไม้แบบเหล็ก                                                                                                 | = | 870.17  | m <sup>2</sup> |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 27. งานเหล็กเสริมกำแพงชั้น2

W1 ด้านข้าง

$$DB10@0.20 = 2*5*((3.1*(1.6)-1.4*0.7))*1.1*0.617 = 27.01 \text{ kg}$$

$$DB10@0.30 = 2*3.333*((3.1*(1.6)-1.4*0.7))*1.1*0.617 = 18.01 \text{ kg}$$

ระหว่างห้อง

$$DB10@0.20 = 5*5*3.1*(3.4+0.8)*1.1*0.617 = 220.92 \text{ kg}$$

$$DB10@0.30 = 5*3.333*3.1*(3.4+0.8)*1.1*0.617 = 147.26 \text{ kg}$$

ด้านหลัง

$$DB10@0.20 = 6*5*(3.1*1.1)*1.1*0.617 = 69.43 \text{ kg}$$

$$DB10@0.30 = 6*3.333*(3.1*1.1)*1.1*0.617 = 46.28 \text{ kg}$$

W2 ด้านข้าง

$$\#RB6@0.22.5 = 2*2*4.44*(2*3.1*3.27+4*0.67*3.1-2*1.2*0.5)*1.1*0.222 = 118.76 \text{ kg}$$

ด้านข้างบันได

$$\#RB6@0.22.5 = 6*2*4.44*3.1*3.3*1.1*0.222 = 133.10 \text{ kg}$$

ด้านหน้า

$$\#RB6@0.22.5 = 6*2*4.44*((3.1*3.85-1.2*1.4-2*0.7)+3.1*0.7)*1.1*0.222 = 143.45 \text{ kg}$$

หน้าห้อง

$$\#RB6@0.22.5 = 6*2*4.44*((3.85*3.1)+(3.6-3.1)-(2*2.0*0.7))*1.1*0.222 = 125.36 \text{ kg}$$

ด้านหลัง

$$\#RB6@0.22.5 = 6*2*4.44*((3.1*3.85-1.2*1.4-2*0.7)+3.1*0.7)*1.1*0.222 = 143.45 \text{ kg}$$

หน้าห้องน้ำ

$$\#RB6@0.22.5 = 6*2*4.44*(3.1*(1.4)-0.6*2.0)*1.1*0.222 = 40.85 \text{ kg}$$

ระเบียง

$$\#RB6@0.22.5 = 6*2*4.44*(1.3+1.75)*0.9*1.1*0.222 = 35.72 \text{ kg}$$

$$\text{รวมเหล็กRB6} = 740.68 \text{ kg}$$

$$\text{รวมเหล็กDB10} = 528.91 \text{ kg}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 28. งานเสริมเหล็กเสาชั้น 2

102 จุด

$$4\text{-DB12} = 102 * 4 * 3.1 * 1.1 * 0.888 = 1235.46 \text{ kg}$$

$$\text{RB6@0.10} = 102 * 32 * 1.1 * 0.222 = 797.07 \text{ kg}$$

$$\text{รวมเหล็กRB6} = 797.07 \text{ kg}$$

$$\text{รวมเหล็กDB12} = 1235.46 \text{ kg}$$

## 29. งานเสริมเหล็กรอยต่อผนังชั้น 2

24 จุด

$$2\text{-DB10@0.25} = 24 * 16 * 2 * 1.3 * 1.1 * 0.617 = 677.6141 \text{ kg}$$

$$\text{รวมเหล็กDB10} = 677.61 \text{ kg}$$

## 30. งานเสริมเหล็กกรอบประตูหน้าต่างชั้น 2

$$2\text{-DB12} = 6 * 2 * (2 * (1.4 + 1.7 + 2 * 2 * 0.6) + 4) * 1.1 * 0.888 = 175.82 \text{ kg}$$

$$2\text{-DB12} = 6 * 2 * 2 * (2 * (0.5 + 1.2 + 2 * 2 * 0.6) + 4) * 1.1 * 0.888 = 286.01 \text{ kg}$$

$$\text{รวมเหล็กDB12} = 461.83 \text{ kg}$$

## 31. งานคอนกรีตพื้นชั้น 2

$$S1 = 6 * 0.10 * (3.77 * 3.27 + 1.47 * 3.74 + 1.97 * 0.97) = 11.84 \text{ m}^3$$

$$S2 = 6 * 0.10 * (4.67 * 3.27) = 9.16 \text{ m}^3$$

$$\text{รวมคอนกรีต} = 21.00 \text{ m}^3$$

## 32. งานไม้แบบเหล็กพื้นชั้น 2

$$S1 = 6 * (3.77 * 3.27 + 1.47 * 3.74 + 1.97 * 0.97) = 118.42 \text{ m}^2$$

$$S2 = 6 * (4.67 * 3.27) = 91.63 \text{ m}^2$$

$$\text{รวมไม้แบบเหล็ก} = 210.05 \text{ m}^2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 33. งานเหล็กเสริมพื้นชั้น2

$$S1 \text{ \#DB10 @0.30} = 6*2*3.333*(3.77*3.27+1.47*3.74+1.97*0.97)*1.1*0.617 = 434.16 \text{ kg}$$

$$S2 \text{ DB10 @0.20} = 6*5*(4.67*3.27)*1.1*0.617 = 251.97 \text{ kg}$$

$$S2 \text{ DB10 @0.30} = 6*3.333*(4.67*3.27)*1.1*0.617 = 217.08 \text{ kg}$$

$$\text{รวมเหล็กDB10} = 903.21 \text{ kg}$$

## 34. งานคอนกรีตคานหลังคา

$$RB = 0 = 0.00 \text{ m3}$$

$$\text{รวมคอนกรีต} = 0.00 \text{ m3}$$

## 35. งานไม้แบบเหล็กคานหลังคา

$$RB = 0 = 0.00 \text{ m2}$$

$$\text{รวมไม้แบบเหล็ก} = 0.00 \text{ m2}$$

## 36. งานเหล็กเสริมคานหลังคา

$$RB \text{ ล่าง.บน } 6 \text{ DB12} = 0 = 0.00 \text{ kg}$$

$$\text{ปลอก } RB6 @0.10 = 0 = 0.00 \text{ kg}$$

$$\text{รวมเหล็กRB6} = 0.00 \text{ kg}$$

$$\text{รวมเหล็กDB12} = 0.00 \text{ kg}$$

## 37. งานคอนกรีตพื้นหลังคา

$$RS1 = 2*0.08*((0.675*1.45)+2*(0.675*3.25)) = 0.86 \text{ m3}$$

$$\text{รวมคอนกรีต} = 0.86 \text{ m3}$$

## 38. งานไม้แบบเหล็กพื้นหลังคา

$$RS1 = 2*((0.675*1.45)+2*(0.675*3.25)) = 10.73 \text{ m2}$$

$$\text{รวมไม้แบบเหล็ก} = 10.73 \text{ m2}$$

## 39. งานเหล็กเสริมพื้นหลังคา

$$RS1 \text{ \#DB10 @0.30} = 2*2*(1*(3*1.45)+2*(3*3.25))*1.1*0.617 = 64.75 \text{ kg}$$

$$\text{รวมเหล็กDB10} = 64.75 \text{ kg}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 40. งานผนังชั้น1

$$W \quad \text{ทอระบาย} = 6 \times 3.1 \times (0.4 + 0.35 + 0.25) = 18.60 \quad m^2$$

$$\text{รวมงานผนัง} = 18.60 \quad m^2$$

## 41. งานผนังชั้น2

$$W \quad \text{ทอระบาย} = 6 \times 3.1 \times (0.4 + 0.35 + 0.25) = 18.60 \quad m^2$$

$$W \quad \text{ปิดใต้หลังคา} = 2 \times 1.75 \times 4.2 = 11.90$$

$$\text{รวมงานผนัง} = 30.50 \quad m^2$$

## 42. งานหลังคากระเบื้องลอนคู่

$$\text{หลังคากระเบื้องลอนคู่} = 24 \times 1.87 + 24 \times 2 \times 4.53 = 262.32 \quad m^2$$

$$\text{งานหลังคากระเบื้องลอนคู่} = 262.32 \quad m^2$$

## 43. งานโครงหลังคา

$$\text{แป} [125 \times 50 \times 20 \times 2.3 = 14 \times 24 \times 3.53 = 1186.08 \quad kg$$

$$\text{จันทัน} [125 \times 50 \times 20 \times 2.3 = 6.4 \times 18 \times 3.53 = 180.74 \quad kg$$

$$\text{แป} [100 \times 50 \times 20 \times 3.2 = 24 \times 1.87 \times 4.27 = 199.62 \quad kg$$

$$\text{แป} [100 \times 50 \times 20 \times 3.2 = 3 \times 24 \times 4.27 = 307.44 \quad kg$$

$$\text{รวมงานโครงหลังคา} = 1873.88 \quad kg$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การประมาณราคาอาคารที่ก่อสร้างแบบระบบชิ้นส่วนประกอบ(Prefabrication)

### 1. งานขุดดินและกลบกลับ

|                        |   |      |                |
|------------------------|---|------|----------------|
| $F1 = 1.2 * 0.5 * 0.5$ | = | 0.30 | m <sup>3</sup> |
| มีทั้งหมด 14 ฐาน       | = | 4.20 | m <sup>3</sup> |
| $F2 = 1.2 * 0.5 * 0.5$ | = | 0.30 | m <sup>3</sup> |
| มีทั้งหมด 14 ฐาน       | = | 4.20 | m <sup>3</sup> |
| รวมงานดิน              | = | 8.40 | m <sup>3</sup> |

### 2. งานทรายหยาบรองฐานราก(หนา 10 cm)

|                        |   |      |                |
|------------------------|---|------|----------------|
| $F1 = 0.1 * 0.5 * 0.5$ | = | 0.03 | m <sup>3</sup> |
| มีทั้งหมด 14 ฐาน       | = | 0.35 | m <sup>3</sup> |
| $F2 = 0.1 * 0.5 * 0.5$ | = | 0.03 | m <sup>3</sup> |
| มีทั้งหมด 14 ฐาน       | = | 0.35 | m <sup>3</sup> |
| รวมทรายหยาบ            | = | 0.70 | m <sup>3</sup> |

### 3. งานคอนกรีตหยาบรองฐานราก(หนา 10 cm)

|                        |   |      |                |
|------------------------|---|------|----------------|
| $F1 = 0.1 * 0.5 * 0.5$ | = | 0.03 | m <sup>3</sup> |
| มีทั้งหมด 14 ฐาน       | = | 0.35 | m <sup>3</sup> |
| $F2 = 0.1 * 0.5 * 0.5$ | = | 0.03 | m <sup>3</sup> |
| มีทั้งหมด 14 ฐาน       | = | 0.35 | m <sup>3</sup> |
| รวมคอนกรีตหยาบ         | = | 0.70 | m <sup>3</sup> |

### 4. งานคอนกรีตฐานราก

|                        |   |      |                |
|------------------------|---|------|----------------|
| $F1 = 0.5 * 0.5 * 0.5$ | = | 0.13 | m <sup>3</sup> |
| มีทั้งหมด 14 ฐาน       | = | 1.75 | m <sup>3</sup> |
| $F2 = 0.5 * 0.5 * 0.5$ | = | 0.13 | m <sup>3</sup> |
| มีทั้งหมด 14 ฐาน       | = | 1.75 | m <sup>3</sup> |
| รวมคอนกรีต             | = | 3.50 | m <sup>3</sup> |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## 5. งานไม้แบบฐานราก

|                                |        |   |       |                |
|--------------------------------|--------|---|-------|----------------|
| $F1 = 0.5 \times 0.5 \times 4$ |        | = | 1.00  | m <sup>2</sup> |
| มีทั้งหมด                      | 14 ฐาน | = | 14.00 | m <sup>2</sup> |
| $F2 = 0.5 \times 0.5 \times 4$ |        | = | 1.00  | m <sup>2</sup> |
| มีทั้งหมด                      | 14 ฐาน | = | 14.00 | m <sup>2</sup> |
| รวมไม้แบบ                      |        | = | 28.00 | m <sup>2</sup> |

## 6. งานเหล็กเสริมฐานราก

|                         |                                                                 |   |        |    |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------|---|--------|----|
| $F1 = \#3 \text{ DB16}$ | $= 2 \times 3 \times (0.4 + 0.4 + 0.4) \times 1.1 \times 1.578$ | = | 12.50  | kg |
| มีทั้งหมด               | 14 ฐาน                                                          | = | 174.97 | kg |
| $F2 = \#3 \text{ DB16}$ | $= 2 \times 3 \times (0.4 + 0.4 + 0.4) \times 1.1 \times 1.578$ | = | 12.50  | kg |
| มีทั้งหมด               | 14 ฐาน                                                          | = | 174.97 | kg |
| รวมเหล็ก DB16           |                                                                 | = | 349.94 | kg |

## 7. งานคอนกรีตค่อม

|                                   |        |   |      |                |
|-----------------------------------|--------|---|------|----------------|
| $C1 = 0.2 \times 0.2 \times 1.10$ |        | = | 0.04 | m <sup>3</sup> |
| มีทั้งหมด                         | 14 ต้น | = | 0.62 | m <sup>3</sup> |
| $C0 = 0.2 \times 0.2 \times 1.10$ |        | = | 0.04 | m <sup>3</sup> |
| มีทั้งหมด                         | 14 ต้น | = | 0.62 | m <sup>3</sup> |
| รวมคอนกรีต                        |        | = | 1.23 | m <sup>3</sup> |

## 8. งานไม้แบบค่อม

|                                |        |   |       |                |
|--------------------------------|--------|---|-------|----------------|
| $C1 = 4 \times 0.2 \times 1.1$ |        | = | 0.88  | m <sup>2</sup> |
| มีทั้งหมด                      | 14 ต้น | = | 12.32 | m <sup>2</sup> |
| $C0 = 4 \times 0.2 \times 1.1$ |        | = | 0.88  | m <sup>2</sup> |
| มีทั้งหมด                      | 14 ต้น | = | 12.32 | m <sup>2</sup> |
| รวมไม้แบบ                      |        | = | 24.64 | m <sup>2</sup> |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 9. งานเหล็กเสริมตอม่อ

|           |                                                                  |   |      |    |
|-----------|------------------------------------------------------------------|---|------|----|
| C1        | 2 DB10 = $2 \times (0.95 + 0.4) \times 1.1 \times 0.617$         | = | 1.83 | kg |
|           | 4 DB12 = $4 \times (0.95 + 0.4) \times 1.1 \times 0.888$         | = | 5.27 | kg |
|           | ป-RB6 @0.20 = $6 \times (4 \times 0.14) \times 1.1 \times 0.222$ | = | 0.82 | kg |
| มีทั้งหมด | 14 ตัน                                                           |   |      |    |

รวมเหล็กRB6 = 11.49 kg

รวมเหล็กDB10 = 25.65 kg

รวมเหล็กDB12 = 73.85 kg

|           |                                                                  |   |      |    |
|-----------|------------------------------------------------------------------|---|------|----|
| C0        | 4 DB12 = $4 \times (0.95 + 0.4) \times 1.1 \times 0.888$         | = | 5.27 | kg |
|           | ป-RB6 @0.20 = $4 \times (4 \times 0.14) \times 1.1 \times 0.222$ | = | 0.55 | kg |
| มีทั้งหมด | 14 ตัน                                                           |   |      |    |

รวมเหล็กRB6 = 7.66 kg

รวมเหล็กDB12 = 73.85 kg

รวมเหล็กRB6 = 19.15 kg

รวมเหล็กDB10 = 25.65 kg

รวมเหล็กDB12 = 147.69 kg

## 10. งานคอนกรีตคานคอดิน

|     |                                                              |   |      |                |
|-----|--------------------------------------------------------------|---|------|----------------|
| B1  | = $6 \times 0.77 \times 0.25 \times 0.15$                    | = | 0.17 | m <sup>3</sup> |
| GB1 | = $6 \times 4.00 \times 0.15 \times 0.30$                    | = | 1.08 | m <sup>3</sup> |
| GB2 | = $6 \times 4.00 \times 0.15 \times 0.30$                    | = | 1.08 | m <sup>3</sup> |
| GB3 | = $6 \times 4.00 \times 0.20 \times 0.40$                    | = | 1.92 | m <sup>3</sup> |
| GB4 | = $6 \times 2.2 \times 0.15 \times 0.30$                     | = | 0.59 | m <sup>3</sup> |
| GB5 | = $2 \times (3.4 + 3.4 + 1.6 + 1.5) \times 0.20 \times 0.40$ | = | 4.75 | m <sup>3</sup> |
| GB6 | = $6 \times (3.4 + 0.8 + 1.5) \times 0.25 \times 0.40$       | = | 3.42 | m <sup>3</sup> |

รวมคอนกรีต = 13.02 m<sup>3</sup>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 11. งานไม้แบบเหล็กคานเหล็กคอดิน

|                |                                      |   |        |                |
|----------------|--------------------------------------|---|--------|----------------|
| B1             | $=6*0.77*(0.25+2*0.15)$              | = | 2.54   | m <sup>2</sup> |
| GB1            | $=6*3.870*(0.15+2*0.30)$             | = | 17.42  | m <sup>2</sup> |
| GB2            | $=6*3.87*(0.15+2*0.30)$              | = | 17.42  | m <sup>2</sup> |
| GB3            | $=6*2.27*(0.20+2*0.40)$              | = | 13.62  | m <sup>2</sup> |
| GB4            | $=6*2.2*(0.15+2*0.30)$               | = | 9.90   | m <sup>2</sup> |
| GB5            | $=2*(3.4+3.4+1.6+1.5)*(0.20+2*0.40)$ | = | 59.40  | m <sup>2</sup> |
| GB6            | $=6*(3.4+0.8+1.5)*(0.25+2*0.40)$     | = | 35.91  | m <sup>2</sup> |
| รวมไม้แบบเหล็ก |                                      | = | 156.20 | m <sup>2</sup> |

## 12. งานเหล็กเสริมคานคอดิน

|     |         |            |                                   |   |        |    |
|-----|---------|------------|-----------------------------------|---|--------|----|
| B1  | ล่าง,บน | 4 DB16     | $=6*4*0.77*1.1*1.578$             | = | 32.08  | kg |
|     | ล่าง    | 2 DB12     | $=6*2*0.77*1.1*0.888$             | = | 9.03   | kg |
|     | ปลอก    | RB6 @0.125 | $=6*8*(2*0.10+2*0.20)*1.1*0.222$  | = | 7.03   | kg |
| GB1 | ล่าง,บน | 5 DB16     | $=6*5*(4.0)*1.1*1.578$            | = | 208.30 | kg |
|     | ล่าง    | 2 DB12     | $=6*2*(4.0)*1.1*0.888$            | = | 46.89  | kg |
|     | ปลอก    | RB6 @0.10  | $=6*21*(2*0.10+2*0.25)*1.1*0.222$ | = | 21.54  | kg |
|     | ปลอก    | RB6 @0.125 | $=6*15*(2*0.10+2*0.25)*1.1*0.222$ | = | 15.38  | kg |
| GB2 | ล่าง,บน | 3 DB16     | $=6*3*(4.0)*1.1*1.578$            | = | 124.98 | kg |
|     | ล่าง    | 4 DB12     | $=6*4*(4.0)*1.1*0.888$            | = | 93.77  | kg |
|     | ปลอก    | RB6 @0.15  | $=6*28*(2*0.10+2*0.25)*1.1*0.222$ | = | 28.72  | kg |
| GB3 | ล่าง,บน | 4 DB16     | $=6*4*(2.4)*1.1*1.578$            | = | 99.98  | kg |
|     | ปลอก    | RB6 @0.125 | $=6*20*(2*0.15+2*0.35)*1.1*0.222$ | = | 29.30  | kg |
| GB4 | ล่าง,บน | 4 DB12     | $=6*4*(2.2)*1.1*0.888$            | = | 51.58  | kg |
|     | ปลอก    | RB6 @0.125 | $=6*19*(2*0.10+2*0.25)*1.1*0.222$ | = | 19.49  | kg |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

|     |         |           |                                    |     |        |    |
|-----|---------|-----------|------------------------------------|-----|--------|----|
| GB5 | ล่าง,บน | 4 DB16    | $=2*4*(3.4+3.4+1.6+1.5)*1.1*1.578$ | $=$ | 137.48 | kg |
|     | เสริม   | 3 DB16    | $=2*3*(2.0)*1.1*1.578$             | $=$ | 20.83  | kg |
|     | เสริม   | 3 DB16    | $=2*3*(2.1)*1.1*1.578$             | $=$ | 21.87  | kg |
|     | เสริม   | 2 DB16    | $=2*2*2*(1.2)*1.1*1.578$           | $=$ | 16.66  | kg |
|     | ปลอก    | RB6 @0.10 | $=2*43*(2*0.10+2*0.35)*1.1*0.222$  | $=$ | 18.90  | kg |
|     | ปลอก    | RB6 @0.20 | $=2*30*(2*0.10+2*0.35)*1.1*0.222$  | $=$ | 13.19  | kg |
| GB6 | ล่าง,บน | 4 DB16    | $=6*4*(3.4+1.5+0.8)*1.1*1.578$     | $=$ | 237.46 | kg |
|     | เสริม   | 4 DB20    | $=6*2*4*(2.4)*1.1*2.47/2$          | $=$ | 156.50 | kg |
|     | เสริม   | 1 DB16    | $=6*1*(2+2.2)*1.1*0.888/2$         | $=$ | 12.31  | kg |
|     | เสริม   | 5 DB20    | $=6*5*(2.5)*1.1*2.47/2$            | $=$ | 101.89 | kg |
|     | ปลอก    | RB6 @0.10 | $=6*54*(2*0.20+2*0.35)*1.1*0.222$  | $=$ | 43.52  | kg |
|     | ปลอก    | RB6 @0.20 | $=6*25*(2*0.20+2*0.35)*1.1*0.222$  | $=$ | 20.15  | kg |
|     |         |           | รวมเหล็กRB6                        | $=$ | 217.22 | kg |
|     |         |           | รวมเหล็กDB12                       | $=$ | 201.26 | kg |
|     |         |           | รวมเหล็กDB16                       | $=$ | 911.94 | kg |
|     |         |           | รวมเหล็กDB20                       | $=$ | 258.39 | kg |

### 13. งานคอนกรีตพื้นชั้น

|     |                                 |     |       |                |
|-----|---------------------------------|-----|-------|----------------|
| S1  | $=6*0.10*(2.27*0.77+1.47*1.37)$ | $=$ | 2.26  | m <sup>3</sup> |
| S2  | $=6*0.10*(4.74*3.87+3.27*3.87)$ | $=$ | 18.60 | m <sup>3</sup> |
| S00 | $=6*0.1*(1.1*2.45+5.2*3)$       | $=$ | 10.98 | m <sup>3</sup> |
|     | รวมคอนกรีต                      | $=$ | 31.83 | m <sup>3</sup> |

### 14. งานทรายหยาบรองพื้น

|     |                                 |     |       |                |
|-----|---------------------------------|-----|-------|----------------|
| S1  | $=6*0.10*(2.27*0.77+1.47*1.37)$ | $=$ | 2.26  | m <sup>3</sup> |
| S2  | $=6*0.10*(4.74*3.87+3.27*3.87)$ | $=$ | 18.60 | m <sup>3</sup> |
| S00 | $=6*0.1*(1.1*2.45+5.2*3)$       | $=$ | 10.98 | m <sup>3</sup> |
|     | รวมทรายหยาบ                     | $=$ | 31.83 | m <sup>3</sup> |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 15. งานเหล็กเสริมพื้นชั้น1

$$S1 \text{ \#DB10 @0.30} = 6 \times 2 \times 3.333 \times (2.27 \times 0.77 + 1.47 \times 1.37) \times 1.1 \times 0.617 = 102.12 \text{ kg}$$

$$S2 \text{ DB10 @0.20} = 6 \times 5 \times (4.74 \times 3.87 + 3.27 \times 3.87) \times 1.1 \times 0.617 = 631.16 \text{ kg}$$

$$S2 \text{ DB10 @0.30} = 6 \times 3.333 \times (4.74 \times 3.87 + 3.27 \times 3.87) \times 1.1 \times 0.617 = 420.73 \text{ kg}$$

$$S00 \text{ \#DB10 @0.30} = 6 \times 2 \times 3.333 \times (1.1 \times 2.45 + 5.2 \times 3) \times 1.1 \times 0.617 = 496.62 \text{ kg}$$

$$\text{รวมเหล็กDB10} = 1650.64 \text{ kg}$$

## 16. งานคอนกรีตกำแพงชั้น1

$$WG1' \text{ ด้านข้าง} = 2 \times 1.0 \times 0.13 \times 3.1 \times 3.3 = 2.66 \text{ m}^3$$

$$WG1 \text{ ด้านข้าง} = 5 \times 0.13 \times 3.1 \times 3.3 = 6.65 \text{ m}^3$$

$$WG2 \text{ ด้านข้าง} = 7 \times 0.13 \times 3.1 \times 3.2 = 9.03 \text{ m}^3$$

$$WG3 \text{ ด้านข้าง} = 7 \times 0.13 \times 3.1 \times 3.3 = 9.31 \text{ m}^3$$

$$W10 \text{ ด้านหน้า} = 6 \times (3.1 \times 3.9 - 0.8 \times 2 - 1 \times 1.2) \times 0.13 = 7.25 \text{ m}^3$$

$$W15 \text{ ห้องน้ำ} = 6 \times (1.6 \times 3.1) \times 0.07 = 2.08 \text{ m}^3$$

$$W16 \text{ ห้องน้ำ} = 6 \times (3.1 \times 0.8 + 1.1 \times 0.7) \times 0.07 = 1.37 \text{ m}^3$$

$$W17 \text{ ด้านหลัง} = 6 \times (3.1 \times 2.4 + 1.1 \times 0.7) \times 0.07 = 3.45 \text{ m}^3$$

$$W18 \text{ ห้องน้ำ} = 6 \times (3.1 \times 3.6 - 0.4 \times 0.8) \times 0.07 = 4.55 \text{ m}^3$$

$$\text{รวมคอนกรีต} = 43.88 \text{ m}^3$$

## 17. งานพื้นที่ไม้แบบกำแพงชั้น1

$$WG1' \text{ ด้านข้าง} = 2 \times 1.0 \times 3.1 \times 3.3 = 20.46 \text{ m}^2$$

$$WG1 \text{ ด้านข้าง} = 5 \times 3.1 \times 3.3 = 51.15 \text{ m}^2$$

$$WG2 \text{ ด้านข้าง} = 7 \times 3.1 \times 3.2 = 69.44 \text{ m}^2$$

$$WG3 \text{ ด้านข้าง} = 7 \times 3.1 \times 3.3 = 71.61 \text{ m}^2$$

$$W10' \text{ ด้านหน้า} = 6 \times (3.1 \times 3.9 - 0.8 \times 2 - 1 \times 1.2) = 55.74 \text{ m}^2$$

$$W15 \text{ ห้องน้ำ} = 6 \times 1.6 \times 3.1 = 29.76 \text{ m}^2$$

$$W16 \text{ ห้องน้ำ} = 6 \times (3.1 \times 0.8 + 1.1 \times 0.7) = 19.50 \text{ m}^2$$

$$W17 \text{ ด้านหลัง} = 6 \times (3.1 \times 2.4 + 1.1 \times 0.7) = 49.26 \text{ m}^2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$W18 \quad \text{ห้องน้ำ} = 6 * (3.1 * 3.6 - 0.4 * 0.8) = 65.04 \quad m^2$$

$$\text{รวมพื้นที่แบบ} = 411.50 \quad m^2$$

#### 18. งานเหล็กเสริมกำแพงชั้น1

WG1' ด้านข้าง

$$\# RB9@0.125 = 2 * 2 * 8 * 1.0 * 3.1 * 3.3 * 1.1 * 0.499 = 179.69 \quad kg$$

$$\text{เสริม 3-DB12} = 2 * 3 * 3.1 * 1.1 * 0.888 = 18.17 \quad kg$$

$$\text{ป- RB6@0.125} = 2 * 26 * 0.15 * 1.1 * 0.222 = 1.90 \quad kg$$

WG1 ด้านข้าง

$$\# RB9@0.125 = 5 * 8 * 0.5 * 3.1 * 3.3 * 1.1 * 0.499 = 112.30 \quad kg$$

WG2 ด้านข้าง

$$\# RB9@0.125 = 7 * 8 * 1.5 * 3.1 * 3.2 * 1.1 * 0.499 = 457.39 \quad kg$$

$$2\text{-เสริม 3-DB12} = 7 * 2 * 1.5 * 3.1 * 1.1 * 0.888 = 190.77 \quad kg$$

$$\text{ป- RB6@0.125} = 7 * 26 * 1.5 * 0.15 * 1.1 * 0.222 = 10.00 \quad kg$$

WG3 ด้านข้าง

$$\# RB9@0.125 = 7 * 8 * 1.5 * 3.1 * 3.3 * 1.1 * 0.499 = 471.68 \quad kg$$

W10' ด้านหน้า

$$RB9@0.175 = 6 * 5.714 * (3.1 * 3.9 - 0.8 * 2 - 1 * 1.2) * 1.1 * 0.499 = 174.82 \quad kg$$

$$RB9@0.10 = 6 * 10 * (3.1 * 3.9 - 0.8 * 2 - 1 * 1.2) * 1.1 * 0.499 = 305.96 \quad kg$$

W15 ห้องน้ำ

$$RB9@0.125 = 6 * 8 * 1.6 * 3.1 * 1.1 * 0.499 = 130.68 \quad kg$$

$$RB9@0.175 = 6 * 5.714 * 1.6 * 3.1 * 1.1 * 0.499 = 93.34 \quad kg$$

$$\text{เสริม 3-DB12} = 6 * 3 * 3.1 * 1.1 * 0.888 = 54.51 \quad kg$$

$$\text{ป- RB6@0.125} = 6 * 26 * 0.15 * 1.1 * 0.222 = 5.71 \quad kg$$

W16 ห้องน้ำ

$$RB9@0.15 = 6 * 6.667 * (3.1 * 0.8 + 1.1 * 0.7) * 1.1 * 0.499 = 71.36 \quad kg$$

$$RB6@0.175 = 6 * 5.714 * (3.1 * 0.8 + 1.1 * 0.7) * 1.1 * 0.222 = 27.21 \quad kg$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## W17 ด้านหลัง

$$RB9@0.125 = 6*8*(3.1*2.4+1.1*0.7)*1.1*0.499 = 216.31 \text{ kg}$$

$$RB6@0.15 = 6*6.667*(3.1*2.4+1.1*0.7)*1.1*0.222 = 80.20 \text{ kg}$$

## W18 ห้องน้ำ

$$RB9@0.125 = 6*8*(3.1*3.6-0.4*0.8)*1.1*0.499 = 285.60 \text{ kg}$$

$$RB6@0.15 = 6*6.667*(3.1*3.6-0.4*0.8)*1.1*0.222 = 105.89 \text{ kg}$$

$$\text{รวมเหล็กRB6} = 230.92 \text{ kg}$$

$$\text{รวมเหล็กRB9} = 2499.14 \text{ kg}$$

$$\text{รวมเหล็กDB12} = 263.44 \text{ kg}$$

## 19. งานเสริมเหล็กหุยกผนังชั้น1

หุยก1 36 หุ

$$DB12 \text{ ยาว } 40 \text{ cm} = 36*0.4*0.888 = 12.79 \text{ kg}$$

$$2\text{-DB10 ยาว } 30 \text{ cm} = 36*0.3*2*0.617 = 13.33 \text{ kg}$$

หุยก2 50 หุ

$$DB12 \text{ ยาว } 70 \text{ cm} = 50*0.7*0.888 = 31.08 \text{ kg}$$

$$2\text{-DB10 ยาว } 40 \text{ cm} = 50*2*0.4*0.617 = 24.68 \text{ kg}$$

$$\text{รวมเหล็กDB10} = 38.01 \text{ kg}$$

$$\text{รวมเหล็กDB12} = 43.87 \text{ kg}$$

## 20. งานเสริมเหล็กและSteel Plate เหล็กรอยต่อผนังชั้น1

$$\text{เหล็กฉาก } 144 \text{ จุด} = 144 \text{ อัน}$$

$$\text{Plate เชื่อม } 44 \text{ จุด} = 44 \text{ อัน}$$

$$\text{Plate ดัดคอนกรีต } 56 \text{ จุด} = 56 \text{ อัน}$$

$$4\text{-DB12 ยาว } 30 \text{ ซม.} = 72*4*2*0.3*1.1*0.888 = 28.13 \text{ kg}$$

$$\text{รวมเหล็กDB12} = 28.13 \text{ kg}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 21. งานเสริมเหล็ก Dowel bar และ ท่อหนวดกุ้ง ชั้น 1

94 จุด

ท่อหนวดกุ้ง 94 อัน = 94 อัน

DB16 ยาว 60 ซม.  $= 94 * 0.6 * 1.1 * 1.578$  = 97.90 kg

รวมเหล็ก DB16 = 97.90 kg

## 22. งานคอนกรีตคานชั้น 2

B1  $= 3.27 * 0.25 * 0.15$  = 0.12 m<sup>3</sup>B2  $= (3.4 * 2 + 0.8 * 4) * 0.20 * 0.15$  = 0.30 m<sup>3</sup>B3  $= 1.47 * 0.10 * 0.20$  = 0.03 m<sup>3</sup>B4  $= 2 * 3.87 * 0.20 * 0.30$  = 0.46 m<sup>3</sup>B5  $= (3.87) * 0.15 * 0.20$  = 0.12 m<sup>3</sup>B6  $= (3.87) * 0.20 * 0.25$  = 0.19 m<sup>3</sup>BB'  $= 1.335 * 0.13 * 0.40$  = 0.07 m<sup>3</sup>รวมคอนกรีต = 1.30 m<sup>3</sup>

## 23. งานพื้นที่แบบคานชั้น 2

B4  $= 6 * 2 * 3.87 * (0.20 + 2 * 0.30)$  = 37.15 m<sup>2</sup>รวมพื้นที่แบบ = 37.15 m<sup>2</sup>

## 24. งานเหล็กเสริมคานชั้น 2

B4 ... ล่าง,บน 7 DB16  $= 6 * 7 * 4 * 2 * 1.1 * 1.578$  = 583.23 kgปลอก RB6 @0.10  $= 6 * 82 * (2 * 0.15 + 2 * 0.25) * 1.1 * 0.222$  = 96.12 kg

คานชั้นใต้ W2

ล่าง,บน 6 DB12  $= 6 * 6 * (1.60) * 1.1 * 0.888$  = 56.26 kgปลอก RB6 @0.15  $= 6 * 12 * (2 * 0.06 + 2 * 0.20) * 1.1 * 0.222$  = 9.14 kg

รวมเหล็ก RB6 = 9.14 kg

รวมเหล็ก DB12 = 56.26 kg

รวมเหล็ก DB16 = 583.23 kg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## 25. งานคอนกรีตกำแพงชั้น2

|            |                                                          |   |       |    |
|------------|----------------------------------------------------------|---|-------|----|
| W1         | คานหน้า $= 6 * 0.07 * 0.8 * (1.9 + 1.1)$                 | = | 1.01  | m3 |
| W2         | หน้าห้องน้ำ $= 6 * 0.07 * (3.1 * 1.5 - 2 * 0.7)$         | = | 1.37  | m3 |
| W2'        | หน้าห้อง $= 6 * 0.07 * (3.1 * 2.8 - 2 * 0.7)$            | = | 3.06  | m3 |
| W3         | หน้าห้อง $= 6 * 0.07 * (3.1 * 3.9 - 0.7 * 2)$            | = | 4.49  | m3 |
| W4         | คานข้าง $= 2 * 0.07 * 3.1 * 3.4 * 2$                     | = | 2.95  | m3 |
| W5         | คานหลัง $= 6 * 0.07 * 3.1 * 3.8$                         | = | 4.95  | m3 |
| W6         | คานข้าง $= 2 * 0.13 * 3.1 * 1.4$                         | = | 1.13  | m3 |
| W7         | หน้าห้อง $= 2 * 0.07 * (0.8 * 0.8 + 0.8 * 1.3)$          | = | 0.24  | m3 |
| W8         | คานหน้า $= 2 * 0.07 * 3.1 * 0.8$                         | = | 0.35  | m3 |
| W8         | คานหลัง $= 2 * 0.07 * 3.1 * 0.8$                         | = | 0.35  | m3 |
| W9         | คานข้าง $= 2 * 0.13 * (3.1 * 1.8 - 0.4 * 0.2)$           | = | 1.43  | m3 |
| W10        | คานหน้า $= 6 * 0.07 * (3.1 * 3.9 - 0.8 * 2 - 1.2 - 1.2)$ | = | 3.40  | m3 |
| W11        | ข้างบันได $= 6 * 0.07 * 3.4 * 3.1$                       | = | 4.43  | m3 |
| W12        | ระหว่างห้อง $= 5 * 0.13 * 3.1 * 3.25$                    | = | 6.55  | m3 |
| W13        | ระหว่างห้อง $= 5 * 0.13 * 3.1 * 3.0$                     | = | 6.05  | m3 |
| W14        | ระหว่างห้อง $= 5 * 0.13 * 3.1 * 3.25$                    | = | 6.55  | m3 |
| รวมคอนกรีต |                                                          | = | 48.27 | m3 |

## 26. งานพื้นที่แบบกำแพงชั้น2

|     |                                           |   |       |    |
|-----|-------------------------------------------|---|-------|----|
| W1  | คานหน้า $= 6 * 0.8 * (1.9 + 1.1)$         | = | 14.40 | m2 |
| W2  | หน้าห้องน้ำ $= 6 * (3.1 * 1.5 - 2 * 0.7)$ | = | 19.50 | m2 |
| W2' | หน้าห้อง $= 6 * (3.1 * 2.8 - 2 * 0.7)$    | = | 43.68 | m2 |
| W3  | หน้าห้อง $= 6 * (3.1 * 3.9 - 0.7 * 2)$    | = | 64.14 | m2 |
| W4  | คานข้าง $= 2 * 3.1 * 3.4 * 2$             | = | 42.16 | m2 |
| W5  | คานหลัง $= 6 * 3.1 * 3.8$                 | = | 70.68 | m2 |
| W6  | คานข้าง $= 2 * 3.1 * 1.4$                 | = | 8.68  | m2 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

|               |                                        |   |        |    |
|---------------|----------------------------------------|---|--------|----|
| W7            | หน้าห้อง = $2*(0.8*0.8+0.8*1.3)$       | = | 3.36   | m2 |
| W8            | ด้านหน้า = $2*3.1*0.8$                 | = | 4.96   | m2 |
| W8            | ด้านหลัง = $2*3.1*0.8$                 | = | 4.96   | m2 |
| W9            | ด้านข้าง = $2*(3.1*1.8-0.4*0.2)$       | = | 11.00  | m2 |
| W10           | ด้านหน้า = $6*(3.1*3.9-0.8*2-1.2-1.2)$ | = | 48.54  | m2 |
| W11           | ข้างบันได = $6*3.4*3.1$                | = | 63.24  | m2 |
| W12           | ระหว่างห้อง = $5*3.1*3.25$             | = | 50.38  | m2 |
| W13           | ระหว่างห้อง = $5*3.1*3.0$              | = | 46.50  | m2 |
| W14           | ระหว่างห้อง = $5*3.1*3.25$             | = | 50.38  | m2 |
| รวมพื้นที่แบบ |                                        | = | 546.55 | m2 |

## 27. งานเหล็กเสริมกำแพงชั้น2

|            |                                       |   |        |    |
|------------|---------------------------------------|---|--------|----|
| W1         | ด้านหน้า                              |   |        |    |
| RB6 @0.15  | = $6*6.667*0.8*(1.9+1.1)*1.1*0.222$   | = | 23.44  | kg |
| RB6 @0.20  | = $6*5*0.8*(1.9+1.1)*1.1*0.222$       | = | 17.58  | kg |
| W2         | หน้าห้องน้ำ                           |   |        |    |
| RB9 @0.125 | = $6*8*(3.1*1.5-2*0.7)*1.1*0.499$     | = | 85.63  | kg |
| RB6 @0.20  | = $6*5*(3.1*1.5-2*0.7)*1.1*0.222$     | = | 23.81  | kg |
| W2'        | หน้าห้อง                              |   |        |    |
| RB9 @0.175 | = $6*5.714*(3.1*2.8-2*0.7)*1.1*0.499$ | = | 137.00 | kg |
| RB6 @0.15  | = $6*6.666*(3.1*2.8-2*0.7)*1.1*0.222$ | = | 71.10  | kg |
| W3         | หน้าห้อง                              |   |        |    |
| RB9 @0.175 | = $6*5.714*(3.1*3.9-0.7*2)*1.1*0.499$ | = | 201.17 | kg |
| RB6 @0.15  | = $6*6.666*(3.1*3.9-0.7*2)*1.1*0.222$ | = | 104.41 | kg |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## W4 คานข้าง

$$RB9 @0.175 = 2 * 5.714 * 3.1 * 3.4 * 2 * 1.1 * 0.499 = 132.23 \text{ kg}$$

$$RB6 @0.15 = 2 * 6.666 * 3.1 * 3.4 * 2 * 1.1 * 0.222 = 68.63 \text{ kg}$$

## W5 คานหลัง

$$RB9 @0.175 = 6 * 5.714 * 3.1 * 3.8 * 1.1 * 0.499 = 221.68 \text{ kg}$$

$$RB6 @0.15 = 6 * 6.666 * 3.1 * 3.8 * 1.1 * 0.222 = 115.06 \text{ kg}$$

## W6 คานข้าง

$$RB9 @0.175 = 2 * 5.714 * 3.1 * 1.4 * 1.1 * 0.499 = 27.22 \text{ kg}$$

$$RB9 @0.125 = 2 * 8 * 3.1 * 1.4 * 1.1 * 0.499 = 38.12 \text{ kg}$$

$$\text{เสริม 3-DB12} = 2 * 3 * 3.1 * 1.1 * 0.888 = 18.17 \text{ kg}$$

$$\text{ป- RB6@0.10} = 2 * 32 * 0.15 * 1.1 * 0.222 = 2.34 \text{ kg}$$

$$\text{เสริม 3-DB12} = 2 * 3 * 3.1 * 1.1 * 0.888 = 18.17 \text{ kg}$$

$$\text{ป- RB6@0.125} = 2 * 26 * 0.15 * 1.1 * 0.222 = 1.90 \text{ kg}$$

## W7 หนาห้อง

$$RB6 @0.15 = 2 * 6.667 * (0.8 * 0.8 + 0.8 * 1.3) * 1.1 * 0.222 = 5.47 \text{ kg}$$

$$RB6 @0.20 = 2 * 5 * (0.8 * 0.8 + 0.8 * 1.3) * 1.1 * 0.222 = 4.10 \text{ kg}$$

## W8 คานหน้า

$$RB9 @0.175 = 2 * 2 * 5.714 * 3.1 * 0.8 * 1.1 * 0.499 = 31.11 \text{ kg}$$

$$RB6 @0.20 = 2 * 2 * 5 * 3.1 * 0.8 * 1.1 * 0.222 = 12.11 \text{ kg}$$

## W9 คานข้าง

$$RB9 @0.125 = 2 * 8 * (3.1 * 1.8 - 0.4 * 0.2) * 1.1 * 0.499 = 48.30 \text{ kg}$$

$$RB9 @0.175 = 2 * 5.714 * (3.1 * 1.8 - 0.4 * 0.2) * 1.1 * 0.499 = 34.50 \text{ kg}$$

$$\text{เสริม 3-DB12} = 2 * 2 * 3 * 3.1 * 1.1 * 0.888 = 36.34 \text{ kg}$$

$$\text{ป- RB6@0.10} = 2 * 2 * 26 * 0.15 * 1.1 * 0.222 = 3.81 \text{ kg}$$

$$\text{เสริม 4-DB12} = 2 * 4 * 1.8 * 1.1 * 0.888 = 14.07 \text{ kg}$$

$$\text{ป- RB6@0.125} = 2 * 13 * 0.15 * 1.1 * 0.222 = 0.95 \text{ kg}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## W10 ด้านหน้า

$$RB6 @0.15 = 6 * 6.666 * (3.1 * 3.9 - 0.8 * 2 - 1.2 - 1.2) * 1.1 * 0.222 = 79.02 \text{ kg}$$

$$RB9 @0.175 = 6 * 5.714 * (3.1 * 3.9 - 0.8 * 2 - 1.2 - 1.2) * 1.1 * 0.499 = 152.24 \text{ kg}$$

## W11 ข้างบันได

$$RB6 @0.15 = 6 * 6.666 * 3.4 * 3.1 * 1.1 * 0.222 = 102.94 \text{ kg}$$

$$RB9 @0.175 = 6 * 5.714 * 3.4 * 3.1 * 1.1 * 0.499 = 198.35 \text{ kg}$$

## W12 ระหว่างห้อง

$$RB9 @0.125 = 5 * 8 * 3.25 * 3.1 * 1.1 * 0.499 = 221.21 \text{ kg}$$

$$RB9 @0.175 = 5 * 5.714 * 3.25 * 3.1 * 1.1 * 0.499 = 158.00 \text{ kg}$$

## W13 ระหว่างห้อง

$$RB9 @0.125 = 5 * 8 * 3.0 * 3.1 * 1.1 * 0.499 = 204.19 \text{ kg}$$

$$RB9 @0.175 = 5 * 5.714 * 3.0 * 3.1 * 1.1 * 0.499 = 145.84 \text{ kg}$$

## W14 ระหว่างห้อง

$$RB9 @0.125 = 5 * 8 * 3.25 * 3.1 * 1.1 * 0.499 = 221.21 \text{ kg}$$

$$RB9 @0.175 = 5 * 5.714 * 3.25 * 3.1 * 1.1 * 0.499 = 158.00 \text{ kg}$$

$$\text{รวมเหล็กRB6} = 636.69 \text{ kg}$$

$$\text{รวมเหล็กRB9} = 2416 \text{ kg}$$

$$\text{รวมเหล็กDB12} = 86.74 \text{ kg}$$

## 28. งานเสริมเหล็กหุยกผนังชั้น2

หุยก1 60 หุ

$$DB12 \text{ ยาว } 40 \text{ cm} = 60 * 0.4 * 0.888 = 21.31 \text{ kg}$$

$$2\text{-DB10 \text{ ยาว } 30 \text{ cm} = 60 * 0.3 * 2 * 0.617 = 22.21 \text{ kg}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทุยอก2 84 พู

$$\text{DB12 ยาว 70 cm} = 84 * 0.7 * 0.888 = 114.87 \text{ kg}$$

$$2\text{-DB10 ยาว 40 cm} = 84 * 2 * 0.4 * 0.617 = 91.22 \text{ kg}$$

$$\text{รวมเหล็กDB10} = 119.43 \text{ kg}$$

$$\text{รวมเหล็กDB12} = 136.18 \text{ kg}$$

## 29. งานเสริมเหล็กและPlate เหล็กรอยต่อผนังชั้น2

$$\text{เหล็กฉาก 220 จุด} = 220 \text{ อัน}$$

$$\text{Plate เชื่อม 20 จุด} = 20 \text{ อัน}$$

$$\text{Plate ติดคอนกรีต 40 จุด} = 40 \text{ อัน}$$

$$4\text{-DB12 ยาว 30 ซม.} = 40 * 4 * 2 * 0.3 * 1.1 * 0.888 = 93.77 \text{ kg}$$

$$\text{รวมเหล็กDB12} = 93.77 \text{ kg}$$

## 30. งานเสริมเหล็ก Dowel bar และท่อหมวดกึ่งชั้น2

162 จุด

$$\text{ท่อหมวดกึ่ง 162 อัน} = 162 \text{ อัน}$$

$$\text{DB16 ยาว 60 ซม.} = 162 * 0.6 * 1.1 * 1.578 = 168.72 \text{ kg}$$

$$\text{รวมเหล็กDB16} = 168.72 \text{ kg}$$

## 31. งานคอนกรีตพื้นชั้น2

$$S3 = 6 * 0.10 * (4.6 * 3.33) = 9.19 \text{ m}^3$$

$$S4 = 6 * 0.10 * (1.7 * 1.5 + 1.5 * 2.1 + 3.6 * 3.33) = 10.61 \text{ m}^3$$

$$\text{รวมคอนกรีต} = 19.80 \text{ m}^3$$

## 32. งานพื้นที่แบบพื้นชั้น2

$$S3 = 6 * (4.6 * 3.33) = 91.91 \text{ m}^2$$

$$S4 = 6 * (1.7 * 1.5 + 1.5 * 2.1 + 3.6 * 3.33) = 106.13 \text{ m}^2$$

$$\text{รวมพื้นที่แบบ} = 198.04 \text{ m}^2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 33. งานเหล็กเสริมพื้นชั้น2

$$S4 \text{ RB9 @0.30} = 6 \times 3.333 \times (4.6 \times 3.33) \times 1.1 \times 0.499 = 168.14 \text{ kg}$$

$$S4 \text{ RB9 @0.20} = 6 \times 5 \times (4.66 \times 3.33) \times 1.1 \times 0.499 = 255.53 \text{ kg}$$

$$S4 \text{ \#RB9 @0.30} = 6 \times 2 \times 3.333 \times (4.67 \times 3.27) \times 1.1 \times 0.499 = 335.25 \text{ kg}$$

$$\text{รวมเหล็กDB10} = 758.93 \text{ kg}$$

## 34. งานคอนกรีตพื้นหลังคา

$$RS1 = 2 \times 0.08 \times ((0.675 \times 1.45) + 2 \times (0.675 \times 3.25)) = 0.86 \text{ m}^3$$

$$\text{รวมคอนกรีต} = 0.86 \text{ m}^3$$

## 35. งานพื้นที่แบบพื้นหลังคา

$$RS1 = 2 \times ((0.675 \times 1.45) + 2 \times (0.675 \times 3.25)) = 10.73 \text{ m}^2$$

$$\text{รวมพื้นที่แบบ} = 10.73 \text{ m}^2$$

## 36. งานเหล็กเสริมพื้นหลังคา

$$RS1 \text{ \#DB10 @0.30} = 2 \times 2 \times (1 \times (3 \times 1.45) + 2 \times (3 \times 3.25)) \times 1.1 \times 0.617 = 129.50 \text{ kg}$$

$$\text{รวมเหล็กDB10} = 129.50 \text{ kg}$$

## 37. งานผนังชั้น1

$$W \text{ ท่อระบาย} = 6 \times 3.1 \times (0.4 + 0.35 + 0.25) = 18.60 \text{ m}^2$$

$$\text{รวมงานผนัง} = 18.60 \text{ m}^2$$

## 38. งานผนังชั้น2

$$W \text{ ท่อระบาย} = 6 \times 3.1 \times (0.4 + 0.35 + 0.25) = 18.60 \text{ m}^2$$

$$W \text{ ปิดใต้หลังคา} = 2 \times 1.75 \times 4.2 = 11.90$$

$$\text{รวมงานผนัง} = 30.50 \text{ m}^2$$

## 39. งานหลังคากระเบื้องลอนคู่

$$\text{หลังคากระเบื้องลอนคู่} = 24 \times 1.87 + 24 \times 2 \times 4.53 = 262.32 \text{ m}^2$$

$$\text{งานหลังคากระเบื้องลอนคู่} = 262.32 \text{ m}^2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 40. งานโครงหลังคา

$$\text{แป} [125 \times 50 \times 20 \times 2.3 = 14 * 24 * 3.53 = 1186.08 \text{ kg}]$$

$$\text{จันทัน} [125 \times 50 \times 20 \times 2.3 = 6.4 * 18 * 3.53 = 180.74 \text{ kg}]$$

$$\text{แป} [100 \times 50 \times 20 \times 3.2 = 24 * 1.87 * 4.27 = 199.62 \text{ kg}]$$

$$\text{แป} [100 \times 50 \times 20 \times 3.2 = 3 * 24 * 4.27 = 307.44 \text{ kg}]$$

$$\text{รวมงานโครงหลังคา} = 1873.88 \text{ kg}$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| สรุปราคาอาคารที่ก่อสร้างแบบทั่วไป(Conventional) |                                            |       |                 |              |           |              |           |             |
|-------------------------------------------------|--------------------------------------------|-------|-----------------|--------------|-----------|--------------|-----------|-------------|
|                                                 |                                            |       | ค่าวัสดุสิ่งของ |              | ค่าแรงงาน |              |           |             |
| ลำดับ                                           | รายการ                                     | หน่วย | จำนวน           | ราคาต่อหน่วย | จำนวนเงิน | ราคาต่อหน่วย | จำนวนเงิน | รวมเป็นเงิน |
|                                                 |                                            |       | (บาท)           | (บาท)        | (บาท)     | (บาท)        | (บาท)     | (บาท)       |
| 1.หมวดงานโครงสร้าง คสล.                         |                                            |       |                 |              |           |              |           |             |
| 1                                               | ปรับพื้นที่วางผัง                          | ตร.ม. | 360             | 50           | 18000     | 50           | 18000     | 36000       |
| 2                                               | เสาเข็ม I-26 ยาว 21m.<br>Safe Load=30 Ton. | ต้น   | 28              | 3500         | 98000     | 150          | 4200      | 102200      |
| 3                                               | ตัดแต่งหัวเสาเข็ม                          | ต้น   | 28              | 100          | 2800      | 150          | 4200      | 7000        |
| 4                                               | ขุดดิน-ถมกลับ                              | ลบ.ม  | 8.4             | 0            | 0         | 300          | 2520      | 2520        |
| 5                                               | ทรายหยาบ                                   | ลบ.ม. | 22.26           | 250          | 5565      | 60           | 1336      | 6901        |
| 6                                               | คอนกรีตหยาบ                                | ลบ.ม. | 0.7             | 1100         | 770       | 250          | 175       | 945         |
| 7                                               | คอนกรีต                                    | ลบ.ม. | 76.12           | 1250         | 95150     | 300          | 22836     | 117986      |
| 8                                               | เหล็ก RB6                                  | กก.   | 1053            | 14           | 14748     | 4            | 4214      | 18962       |
| 9                                               | เหล็ก RB9                                  | กก.   | 2608            | 12           | 31296     | 4            | 10432     | 41729       |
| 10                                              | เหล็ก DB10                                 | กก.   | 378.2           | 12           | 4538      | 4            | 1513      | 6051        |
| 11                                              | เหล็ก DB12                                 | กก.   | 2849            | 12           | 34186     | 4            | 11395     | 45582       |
| 12                                              | เหล็ก DB16                                 | กก.   | 1211            | 12           | 14527     | 4            | 4842      | 19370       |
| 13                                              | เหล็ก DB20                                 | กก.   | 0               | 12           | 0         | 4            | 0         | 0           |
| 14                                              | ลวดผูกเหล็ก                                | กก.   | 162             | 20           | 3240      | 0            | 0         | 3240        |
| 15                                              | ผนังก่ออิฐฉาบปูนครึ่งแผ่น                  | ตร.ม. | 968.1           | 120          | 116174    | 45           | 43565     | 159740      |
| 16                                              | ฉาบปูน                                     | ตร.ม. | 1936            | 60           | 116174    | 70           | 135537    | 251711      |
| 17                                              | ทาสี                                       | ตร.ม. | 1936            | 30           | 58087     | 30           | 58087     | 116174      |
| 18                                              | ไม้แบบ                                     | ตร.ม. | 670             | 80           | 53600     | 80           | 53600     | 107200      |
| 19                                              | พื้นสำเร็จรูป                              | ตร.ม. | 199.2           | 195          | 38842.05  | 35           | 6971.65   | 45814       |
|                                                 | รวมทั้งหมด                                 |       |                 |              | 705699    |              | 383424    | 1089123     |
|                                                 |                                            |       |                 |              |           |              |           |             |
|                                                 |                                            |       |                 |              |           |              |           |             |
|                                                 |                                            |       |                 |              |           |              |           |             |
|                                                 |                                            |       |                 |              |           |              |           |             |
|                                                 |                                            |       |                 |              |           |              |           |             |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



|                 |                         | ค่าวัสดุสิ่งของ |       | ค่าแรงงาน    |           |              |                      |
|-----------------|-------------------------|-----------------|-------|--------------|-----------|--------------|----------------------|
| ลำดับ           | รายการ                  | หน่วย           | จำนวน | ราคาต่อหน่วย | จำนวนเงิน | ราคาต่อหน่วย | จำนวนเงินรวมเป็นเงิน |
|                 |                         |                 | (บาท) | (บาท)        | (บาท)     | (บาท)        | (บาท)                |
| 2. หมวดงานอื่นๆ |                         |                 |       |              |           |              |                      |
| 1               | บันไดไม้เนื้อแข็ง       | ชุด             | 6     | 30000        | 180000    | 0            | 0                    |
| 2               | ผ้าเทคนิซิปซึม          | ตร.ม.           | 181.3 | 120          | 21751     | 60           | 10876                |
| 3               | โครงคราว T Bar          | ตร.ม.           | 181.3 | 165          | 29908     | 60           | 10876                |
| 4               | ไม้ปิดลอนหลังคา         | ลบ.ฟุต          | 53.64 | 350          | 18774     | 250          | 13410                |
| 5               | ไม้ปิดลอนหลังคาอาบนํ้า  | ลบ.ฟุต          | 5.34  | 450          | 2403      | 250          | 1335                 |
| 6               | ราวระเบียง              | ม.              | 18    | 400          | 7200      | 0            | 0                    |
| 7               | เหล็ก [ 125x50x20x2.3mm | กก.             | 1874  | 14           | 26234     | 9            | 16865                |
| 8               | ทาสีกันสนิมเหล็ก 1      | ตร.ม.           | 192   | 0            | 0         | 115          | 22080                |
| 9               | กระเบื้องลอนคู่         | ตร.ม.           | 262.3 | 60           | 15739     | 40           | 10493                |
| 10              | กรอบหลังคา              | ม.              | 24    | 20           | 480       | 40           | 960                  |
| รวมทั้งหมด      |                         |                 |       | 302489       |           | 86894        | 389383               |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| สรุปราคาอาคารที่ก่อสร้างแบบระบบกำแพงรับน้ำหนัก ( Bearing wall ) |                                            |       |                 |              |           |              |        |             |
|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-------|-----------------|--------------|-----------|--------------|--------|-------------|
|                                                                 |                                            |       | ค่าวัสดุสิ่งของ |              | ค่าแรงงาน |              |        |             |
| ลำดับ                                                           | รายการ                                     | หน่วย | จำนวน           | ราคาต่อหน่วย | จำนวน     | ราคาต่อหน่วย | จำนวน  | รวมเป็นเงิน |
|                                                                 |                                            |       | (บาท)           | (บาท)        | (บาท)     | (บาท)        | (บาท)  |             |
| 1.หมวดงานโครงสร้าง กสส.                                         |                                            |       |                 |              |           |              |        |             |
| 1                                                               | ปรับพื้นที่ทางฝั่ง                         | ตร.ม. | 360             | 50           | 18000     | 50           | 18000  | 36000       |
| 2                                                               | เสาเข็ม I-26 ยาว 21m.<br>Safe Load=30 Ton. | ต้น   | 28              | 3500         | 98000     | 150          | 4200   | 102200      |
| 3                                                               | ตัดแต่งหัวเสาเข็ม                          | ต้น   | 28              | 100          | 2800      | 150          | 4200   | 7000        |
| 4                                                               | ขุดดิน-ถมกลับ                              | ลบ.ม. | 8.4             | 0            | 0         | 300          | 2520   | 2520        |
| 5                                                               | ทรายหยาบ                                   | ลบ.ม. | 22.26           | 250          | 5565      | 60           | 1336   | 6901        |
| 6                                                               | คอนกรีตหยาบ                                | ลบ.ม. | 0.7             | 1100         | 770       | 250          | 175    | 945         |
| 7                                                               | คอนกรีต                                    | ลบ.ม. | 152             | 1250         | 190013    | 300          | 45603  | 235616      |
| 8                                                               | เหล็ก RB6                                  | กก.   | 2501            | 14           | 35015     | 4            | 10004  | 45019       |
| 9                                                               | เหล็ก RB9                                  | กก.   | 0               | 12           | 0         | 4            | 0      | 0           |
| 10                                                              | เหล็ก DB10                                 | กก.   | 6367            | 12           | 76404     | 4            | 25468  | 101872      |
| 11                                                              | เหล็ก DB12                                 | กก.   | 2315            | 12           | 27776     | 4            | 9259   | 37035       |
| 12                                                              | เหล็ก DB16                                 | กก.   | 2544            | 12           | 30527     | 4            | 10176  | 40702       |
| 13                                                              | เหล็ก DB20                                 | กก.   | 258.4           | 12           | 3101      | 4            | 1034   | 4134        |
| 14                                                              | ลวดผูกเหล็ก                                | กก.   | 279.7           | 20           | 5594      | 0            | 0      | 5594        |
| 15                                                              | ผนังก่ออิฐมอญครึ่งแผ่น                     | ตร.ม. | 49.1            | 120          | 5892      | 45           | 2210   | 8102        |
| 16                                                              | ฉาบปูน                                     | ตร.ม. | 98.2            | 60           | 5892      | 70           | 6874   | 12766       |
| 17                                                              | ฉาบปูนเก็บงาน                              | ตร.ม. | 3486            | 20           | 69720     | 30           | 104580 | 174300      |
| 18                                                              | ทาสี                                       | ตร.ม. | 3584            | 30           | 107526    | 30           | 107526 | 215052      |
| 19                                                              | ไม้แบบ                                     | ตร.ม. | 52.64           | 80           | 4211      | 80           | 4211   | 8422        |
| 20                                                              | ไม้แบบเหล็ก                                | ตร.ม. | 1743            | 22           | 38346     | 20           | 34860  | 73206       |
| 21                                                              | พื้นสำเร็จรูป                              | ตร.ม. | 0               | 195          | 0         | 35           | 0      | 0           |
| รวมทั้งหมด                                                      |                                            |       |                 |              | 725151    |              | 392234 | 1117385     |
|                                                                 |                                            |       |                 |              |           |              |        |             |
|                                                                 |                                            |       |                 |              |           |              |        |             |
|                                                                 |                                            |       |                 |              |           |              |        |             |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| ลำดับ | รายการ                                 | ค่าวัสดุสิ่งของ        |       | ค่าแรงงาน |        |                       |       |             |
|-------|----------------------------------------|------------------------|-------|-----------|--------|-----------------------|-------|-------------|
|       |                                        | หน่วยจำนวนราคาต่อหน่วย |       | จำนวนเงิน |        | ราคาต่อหน่วยจำนวนเงิน |       | รวมเป็นเงิน |
|       |                                        |                        |       | (บาท)     | (บาท)  | (บาท)                 | (บาท) | (บาท)       |
|       | 2. หมวดงานอื่นๆ                        |                        |       |           |        |                       |       |             |
| 1     | บันไดไม้เนื้อแข็ง                      | ชุด                    | 6     | 30000     | 180000 | 0                     | 0     | 180000      |
| 2     | ผ้าเตาดนยิปซัม                         | ตร.ม.                  | 181.3 | 120       | 21751  | 60                    | 10876 | 32627       |
| 3     | โครงกราว T Bar                         | ตร.ม.                  | 181.3 | 165       | 29908  | 60                    | 10876 | 40784       |
| 4     | ไม้ปิดลอนหลังคา                        | ลบ.ฟ                   | 53.64 | 350       | 18774  | 250                   | 13410 | 32184       |
| 5     | ไม้ปิดลอนหลังคาอาบนํ้า                 | ลบ.ฟ                   | 5.34  | 450       | 2403   | 250                   | 1335  | 3738        |
| 6     | ราวระเบียง                             | ม.                     | 18    | 400       | 7200   | 0                     | 0     | 7200        |
| 7     | เหล็ก [ 125x50x20x2.3mm                | กก.                    | 1874  | 14        | 26234  | 9                     | 16865 | 43099       |
| 8     | ทาสีกันสนิมเหล็ก 1                     | ตร.ม.                  | 192   | 0         | 0      | 115                   | 22080 | 22080       |
| 9     | กระเบื้องลอนคู่                        | ตร.ม.                  | 262.3 | 60        | 15739  | 40                    | 10493 | 26232       |
| 10    | ครอบหลังคา                             | ม.                     | 24    | 20        | 480    | 40                    | 960   | 1440        |
|       | รวมทั้งหมด                             |                        |       |           | 302489 |                       | 86894 | 389383      |
|       |                                        |                        |       |           |        |                       |       |             |
|       | หมายเหตุ เป็นกรณีที่ใช้ไม้แบบเหล็ก 50% |                        |       |           |        |                       |       |             |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| สรุปราคาอาคารที่ก่อสร้างแบบระบบกำแพงรับน้ำหนัก( Bearing wall )(2) |                                            |                 |       |              |           |              |                      |
|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------|-------|--------------|-----------|--------------|----------------------|
|                                                                   |                                            | ค่าวัสดุสิ่งของ |       |              | ค่าแรงงาน |              |                      |
| ลำดับ                                                             | รายการ                                     | หน่วย           | จำนวน | ราคาต่อหน่วย | จำนวนเงิน | ราคาต่อหน่วย | จำนวนเงินรวมเป็นเงิน |
|                                                                   |                                            |                 |       | (บาท)        | (บาท)     | (บาท)        | (บาท)                |
| 1.หมวดงานโครงสร้าง คสล.                                           |                                            |                 |       |              |           |              |                      |
| 1                                                                 | ปรับพื้นที่วางผัง                          | ตร.ม.           | 360   | 50           | 18000     | 50           | 18000                |
| 2                                                                 | เสาเข็ม I-26 ยาว 21m.<br>Safe Load=30 Ton. | ต้น             | 28    | 3500         | 98000     | 150          | 4200                 |
| 3                                                                 | ติดตั้งหัวเสาเข็ม                          | ต้น             | 28    | 100          | 2800      | 150          | 4200                 |
| 4                                                                 | ขุดดิน-ถมกลับ                              | ลบ.ม.           | 8.4   | 0            | 0         | 300          | 2520                 |
| 5                                                                 | ทรายหยาบ                                   | ลบ.ม.           | 22.26 | 250          | 5565      | 60           | 1336                 |
| 6                                                                 | คอนกรีตหยาบ                                | ลบ.ม.           | 0.7   | 1100         | 770       | 250          | 175                  |
| 7                                                                 | คอนกรีต                                    | ลบ.ม.           | 152   | 1250         | 190013    | 300          | 45603                |
| 8                                                                 | เหล็ก RB6                                  | กก.             | 2501  | 14           | 35015     | 4            | 10004                |
| 9                                                                 | เหล็ก RB9                                  | กก.             | 0     | 12           | 0         | 4            | 0                    |
| 10                                                                | เหล็ก DB10                                 | กก.             | 6367  | 12           | 76404     | 4            | 25468                |
| 11                                                                | เหล็ก DB12                                 | กก.             | 2315  | 12           | 27776     | 4            | 9259                 |
| 12                                                                | เหล็ก DB16                                 | กก.             | 2544  | 12           | 30527     | 4            | 10176                |
| 13                                                                | เหล็ก DB20                                 | กก.             | 258.4 | 12           | 3101      | 4            | 1034                 |
| 14                                                                | ลวดผูกเหล็ก                                | กก.             | 279.7 | 20           | 5594      | 0            | 0                    |
| 15                                                                | ผนังก่ออิฐฉาบปูนครึ่งแผ่น                  | ตร.ม.           | 49.1  | 120          | 5892      | 45           | 2210                 |
| 16                                                                | ฉาบปูน                                     | ตร.ม.           | 98.2  | 60           | 5892      | 70           | 6874                 |
| 17                                                                | ฉาบปูนเก็บงาน                              | ตร.ม.           | 3486  | 20           | 69720     | 30           | 104580               |
| 18                                                                | ทาสี                                       | ตร.ม.           | 3584  | 30           | 107526    | 30           | 107526               |
| 19                                                                | ไม้แบบ                                     | ตร.ม.           | 52.64 | 80           | 4211      | 80           | 4211                 |
| 20                                                                | ไม้แบบเหล็ก                                | ตร.ม.           | 1743  | 40           | 69720     | 20           | 34860                |
| 21                                                                | พื้นสำเร็จรูป                              | ตร.ม.           | 0     | 195          | 0         | 35           | 0                    |
| รวมทั้งหมด                                                        |                                            |                 |       | 756525       |           | 392234       | 1148759              |
|                                                                   |                                            |                 |       |              |           |              |                      |
|                                                                   |                                            |                 |       |              |           |              |                      |
|                                                                   |                                            |                 |       |              |           |              |                      |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

|                                          |                              | ค่าวัสดุตั้งของ |       |              | ค่าแรงงาน |              |                      |
|------------------------------------------|------------------------------|-----------------|-------|--------------|-----------|--------------|----------------------|
| ลำดับ                                    | รายการ                       | หน่วย           | จำนวน | ราคาต่อหน่วย | จำนวนเงิน | ราคาต่อหน่วย | จำนวนเงินรวมเป็นเงิน |
|                                          |                              |                 |       | (บาท)        | (บาท)     | (บาท)        | (บาท)                |
|                                          | 2. หมวดงานอื่นๆ              |                 |       |              |           |              |                      |
| 1                                        | บันไดไม้เนื้อแข็ง            | ชุด             | 6     | 30000        | 180000    | 0            | 0                    |
| 2                                        | ฝ้าเพดานยิปซัม               | ตร.ม.           | 181.3 | 120          | 21751     | 60           | 10876                |
| 3                                        | โครงคร่าว T Bar              | ตร.ม.           | 181.3 | 165          | 29908     | 60           | 10876                |
| 4                                        | ไม้ปิดลอนหลังคา              | ลบ.ฟ.           | 53.64 | 350          | 18774     | 250          | 13410                |
| 5                                        | ไม้ปิดลอนหลังคาอาบนํ้า       | ลบ.ฟ.           | 5.34  | 450          | 2403      | 250          | 1335                 |
| 6                                        | ราวระเบียง                   | ม.              | 18    | 400          | 7200      | 0            | 0                    |
| 7                                        | เหล็ก [ 125x50x20x2.3mm] กก. | 1874            | 14    | 26234        | 9         | 16865        | 43099                |
| 8                                        | ทาสีกันสนิมเหล็ก 1           | ตร.ม.           | 192   | 0            | 0         | 115          | 22080                |
| 9                                        | กระเบื้องลอนคู่              | ตร.ม.           | 262.3 | 60           | 15739     | 40           | 10493                |
| 10                                       | ครอบหลังคา                   | ม.              | 24    | 20           | 480       | 40           | 960                  |
|                                          | รวมทั้งหมด                   |                 |       |              | 302489    | 86894        | 389383               |
| หมายเหตุ เป็นกรณีที่ใช้ไม้แบบเหล็ก 100 % |                              |                 |       |              |           |              |                      |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| สรุปราคาราคาอาคารที่ก่อสร้างแบบระบบชิ้นส่วนประกอบ(Prefabrication) |                                            |             |       |              |           |              |           |             |
|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------|-------|--------------|-----------|--------------|-----------|-------------|
|                                                                   |                                            | ค่าวัสดุของ |       |              |           | ค่าแรงงาน    |           |             |
| ลำดับ                                                             | รายการ                                     | หน่วย       | จำนวน | ราคาต่อหน่วย | จำนวนเงิน | ราคาต่อหน่วย | จำนวนเงิน | รวมเป็นเงิน |
|                                                                   |                                            |             | (บาท) | (บาท)        | (บาท)     | (บาท)        | (บาท)     | (บาท)       |
| 1.หมวดงาน โครงสร้าง กสค.                                          |                                            |             |       |              |           |              |           |             |
| 1                                                                 | ปรับพื้นที่ทางฝั่ง                         | ตร.ม.       | 360   | 50           | 18000     | 50           | 18000     | 36000       |
| 2                                                                 | เสาเข็ม I-26 ยาว 21m.<br>Safe Load=30 Ton. | ต้น         | 28    | 3500         | 98000     | 150          | 4200      | 102200      |
| 3                                                                 | ตัดแต่งหัวเสาเข็ม                          | ต้น         | 28    | 100          | 2800      | 150          | 4200      | 7000        |
| 4                                                                 | ขุดดิน-ถมกลับ                              | ลบ.ม.       | 8.4   | 0            | 0         | 300          | 2520      | 2520        |
| 5                                                                 | ทรายหยาบ                                   | ลบ.ม.       | 22.26 | 250          | 5565      | 60           | 1336      | 6901        |
| 6                                                                 | คอนกรีตหยาบ                                | ลบ.ม.       | 0.7   | 1100         | 770       | 250          | 175       | 945         |
| 7                                                                 | คอนกรีต                                    | ลบ.ม.       | 163.5 | 1250         | 204375    | 300          | 49050     | 253425      |
| 8                                                                 | เหล็ก RB6                                  | กก.         | 1113  | 14           | 15584     | 4            | 4452      | 20036       |
| 9                                                                 | เหล็ก RB9                                  | กก.         | 4915  | 12           | 58982     | 4            | 19661     | 78642       |
| 10                                                                | เหล็ก DB10                                 | กก.         | 2716  | 12           | 32594     | 4            | 10865     | 43458       |
| 11                                                                | เหล็ก DB12                                 | กก.         | 1057  | 12           | 12688     | 4            | 4229      | 16918       |
| 12                                                                | เหล็ก DB16                                 | กก.         | 2112  | 12           | 25341     | 4            | 8447      | 33788       |
| 13                                                                | เหล็ก DB20                                 | กก.         | 258.4 | 12           | 3101      | 4            | 1054      | 4134        |
| 14                                                                | ลวดผูกเหล็ก                                | กก.         | 243.4 | 20           | 4869      | 0            | 0         | 4869        |
| 15                                                                | ผนังก่ออิฐมวลครึ่งแผ่น                     | ตร.ม.       | 49.1  | 120          | 5892      | 45           | 2210      | 8102        |
| 16                                                                | ฉาบปูน                                     | ตร.ม.       | 98.2  | 60           | 5892      | 70           | 6874      | 12766       |
| 17                                                                | ฉาบปูนเก็บงาน                              | ตร.ม.       | 3486  | 20           | 69720     | 30           | 104580    | 174300      |
| 18                                                                | ทาสี                                       | ตร.ม.       | 3584  | 30           | 107526    | 30           | 107526    | 215052      |
| 19                                                                | ไม้แบบ                                     | ตร.ม.       | 52.64 | 80           | 4211      | 80           | 4211      | 8422        |
| 20                                                                | พื้นที่แบบ                                 | ตร.ม.       | 1743  | 30           | 52290     | 20           | 34860     | 87150       |
| 21                                                                | คาดคั้ง                                    | ชิ้น        | 130   | 0            | 0         | 350          | 45500     | 45500       |
| 22                                                                | เหล็กฉาก                                   | จุด         | 364   | 5.00         | 1820.00   | 5.00         | 1820.00   | 3640.00     |
| 23                                                                | Plate เชื่อม                               | จุด         | 64    | 5.00         | 320.00    | 10.00        | 640.00    | 960.00      |
| 24                                                                | Plate คัดคอนกรีต                           | จุด         | 96    | 5.00         | 480.00    | 5.00         | 480.00    | 960.00      |
| 25                                                                | ท่อนวดกุ้ง                                 | อัน         | 256   | 30.00        | 7680.00   | 0.00         | 0.00      | 7680.00     |
| รวมทั้งหมด                                                        |                                            |             |       |              | 738498    |              | 436869    | 1175367     |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

|                 |                         | ค่าวัสดุสิ่งของ |       | ค่าแรงงาน    |           |              |                      |
|-----------------|-------------------------|-----------------|-------|--------------|-----------|--------------|----------------------|
| ลำดับ:          | รายการ                  | หน่วย           | จำนวน | ราคาต่อหน่วย | จำนวนเงิน | ราคาต่อหน่วย | จำนวนเงินรวมเป็นเงิน |
|                 |                         | (บาท)           |       | (บาท)        |           | (บาท)        | (บาท)                |
| 2. หมวดงานอื่นๆ |                         |                 |       |              |           |              |                      |
| 1               | บันไดไม้เนื้อแข็ง       | ชุด             | 6     | 30000        | 180000    | 0            | 0                    |
| 2               | ผ้าเพดานยิปซัม          | ตร.ม.           | 181.3 | 120          | 21751     | 60           | 10876                |
| 3               | โครงคร่าว T Bar         | ตร.ม.           | 181.3 | 165          | 29908     | 60           | 10876                |
| 4               | ไม้ปิดลอนหลังคา         | ลบ.ฟ.           | 53.64 | 350          | 18774     | 250          | 13410                |
| 5               | ไม้ปิดลอนหลังคาอาบนํ้า  | ลบ.ฟ.           | 5.34  | 450          | 2403      | 250          | 1335                 |
| 6               | ราวระเบียง              | ม.              | 18    | 400          | 7200      | 0            | 0                    |
| 7               | เหล็ก [ 125x50x20x2.3mm | กก.             | 1874  | 14           | 26234     | 9            | 16865                |
| 8               | ทาสีกันสนิมเหล็ก 1      | ตร.ม.           | 192   | 0            | 0         | 115          | 22080                |
| 9               | กระเบื้องลอนคู่         | ตร.ม.           | 262.3 | 60           | 15739     | 40           | 10493                |
| 10              | กรอบหลังคา              | ม.              | 24    | 20           | 480       | 40           | 960                  |
| รวมทั้งหมด      |                         |                 |       | 302489       |           | 86894        | 389383               |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**สรุปราคาค่าก่อสร้าง**

| ราคารวมหมวดงานโครงสร้าง(บาท)                    | ค่าวัสดุ | ค่าแรง  | รวม       |
|-------------------------------------------------|----------|---------|-----------|
| 1 ราคาอาคารที่ก่อสร้างแบบทั่วไป                 | 705,699  | 383,424 | 1,089,123 |
| 2 ราคาอาคารที่ก่อสร้างแบบระบบกำแพงรับน้ำหนัก    | 725,151  | 392,234 | 1,117,385 |
| 3 ราคาอาคารที่ก่อสร้างแบบระบบกำแพงรับน้ำหนัก(2) | 756,525  | 392,234 | 1,148,759 |
| 4 ราคาราคาอาคารที่ก่อสร้างแบบระบบชั้นส่วนประกอบ | 738,498  | 436,869 | 1,175,367 |

| ราคารวมหมวดงานหมวดงานอื่นๆ(บาท)                 | ค่าวัสดุ | ค่าแรง | รวม     |
|-------------------------------------------------|----------|--------|---------|
| 1 ราคาอาคารที่ก่อสร้างแบบทั่วไป                 | 302,489  | 86,894 | 389,383 |
| 2 ราคาอาคารที่ก่อสร้างแบบระบบกำแพงรับน้ำหนัก    | 302,489  | 86,894 | 389,383 |
| 3 ราคาอาคารที่ก่อสร้างแบบระบบกำแพงรับน้ำหนัก(2) | 302,489  | 86,894 | 389,383 |
| 4 ราคาราคาอาคารที่ก่อสร้างแบบระบบชั้นส่วนประกอบ | 302,489  | 86,894 | 389,383 |

| ราคารวมหมวดงานทั้งหมด(บาท)                      | ค่าวัสดุ  | ค่าแรง  | รวม       |
|-------------------------------------------------|-----------|---------|-----------|
| 1 ราคาอาคารที่ก่อสร้างแบบทั่วไป                 | 1,008,188 | 470,318 | 1,478,506 |
| 2 ราคาอาคารที่ก่อสร้างแบบระบบกำแพงรับน้ำหนัก    | 1,027,640 | 479,128 | 1,506,768 |
| 3 ราคาอาคารที่ก่อสร้างแบบระบบกำแพงรับน้ำหนัก(2) | 1,059,014 | 479,128 | 1,538,142 |
| 4 ราคาราคาอาคารที่ก่อสร้างแบบระบบชั้นส่วนประกอบ | 1,040,988 | 523,762 | 1,564,750 |

| ราคารวมหมวดงานโครงสร้างค่อพื้นที่(บาท/ตร.ม)     | ค่าวัสดุ | ค่าแรง | รวม   |
|-------------------------------------------------|----------|--------|-------|
| 1 ราคาอาคารที่ก่อสร้างแบบทั่วไป                 | 1,501    | 816    | 2,317 |
| 2 ราคาอาคารที่ก่อสร้างแบบระบบกำแพงรับน้ำหนัก    | 1,543    | 834    | 2,377 |
| 3 ราคาอาคารที่ก่อสร้างแบบระบบกำแพงรับน้ำหนัก(2) | 1,609    | 834    | 2,444 |
| 4 ราคาราคาอาคารที่ก่อสร้างแบบระบบชั้นส่วนประกอบ | 1,571    | 929    | 2,500 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



| ราคารวมหมวดงานทั้งหมดต่อพื้นที่(บาท/ตร.ม)       | ค่าวัสดุ | ค่าแรง | รวม  |
|-------------------------------------------------|----------|--------|------|
| 1 ราคาอาคารที่ก่อสร้างแบบทั่วไป                 | 2145     | 1000   | 3145 |
| 2 ราคาอาคารที่ก่อสร้างแบบระบบกำแพงรับน้ำหนัก    | 2186     | 1019   | 3205 |
| 3 ราคาอาคารที่ก่อสร้างแบบระบบกำแพงรับน้ำหนัก(2) | 2253     | 1019   | 3272 |
| 4 ราคาอาคารที่ก่อสร้างแบบระบบชั้นส่วนประกอบ     | 2214     | 1114   | 3329 |

| เปอร์เซ็นต์ราคารวมหมวดงานโครงสร้าง(%)           | ค่าวัสดุ | ค่าแรง | รวม    |
|-------------------------------------------------|----------|--------|--------|
| 1 ราคาอาคารที่ก่อสร้างแบบทั่วไป                 | 100.00   | 100.00 | 100.00 |
| 2 ราคาอาคารที่ก่อสร้างแบบระบบกำแพงรับน้ำหนัก    | 102.76   | 102.30 | 102.59 |
| 3 ราคาอาคารที่ก่อสร้างแบบระบบกำแพงรับน้ำหนัก(2) | 107.20   | 102.30 | 105.48 |
| 4 ราคาอาคารที่ก่อสร้างแบบระบบชั้นส่วนประกอบ     | 104.65   | 113.94 | 107.92 |

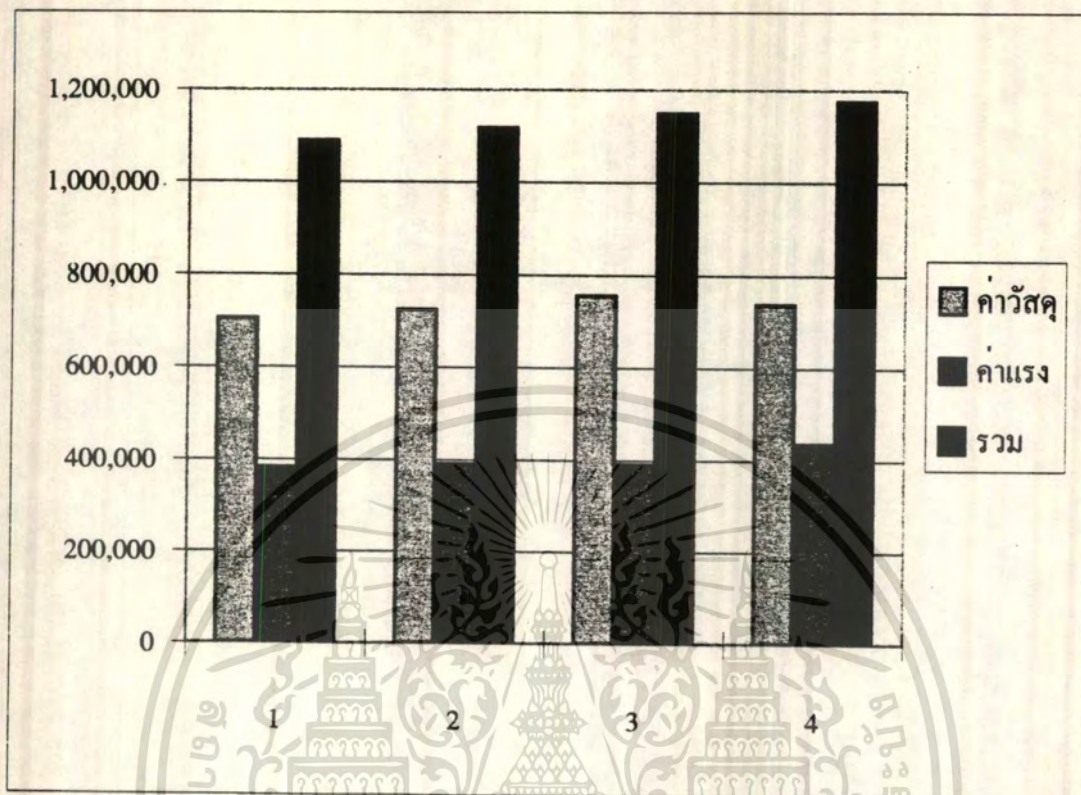
| เปอร์เซ็นต์ราคารวมหมวดงานทั้งหมด(%)             | ค่าวัสดุ | ค่าแรง | รวม    |
|-------------------------------------------------|----------|--------|--------|
| 1 ราคาอาคารที่ก่อสร้างแบบทั่วไป                 | 100.00   | 100.00 | 100.00 |
| 2 ราคาอาคารที่ก่อสร้างแบบระบบกำแพงรับน้ำหนัก    | 102.76   | 102.30 | 102.59 |
| 3 ราคาอาคารที่ก่อสร้างแบบระบบกำแพงรับน้ำหนัก(2) | 107.20   | 102.30 | 105.48 |
| 4 ราคาอาคารที่ก่อสร้างแบบระบบชั้นส่วนประกอบ     | 104.65   | 113.94 | 107.92 |

| ราคารวมหมวดงานโครงสร้างต่อยูนิต(บาท)            | ค่าวัสดุ | ค่าแรง | รวม     |
|-------------------------------------------------|----------|--------|---------|
| 1 ราคาอาคารที่ก่อสร้างแบบทั่วไป                 | 117,617  | 63,904 | 181,521 |
| 2 ราคาอาคารที่ก่อสร้างแบบระบบกำแพงรับน้ำหนัก    | 120,858  | 65,372 | 186,231 |
| 3 ราคาอาคารที่ก่อสร้างแบบระบบกำแพงรับน้ำหนัก(2) | 126,087  | 65,372 | 191,460 |
| 4 ราคาอาคารที่ก่อสร้างแบบระบบชั้นส่วนประกอบ     | 123,083  | 72,811 | 195,895 |

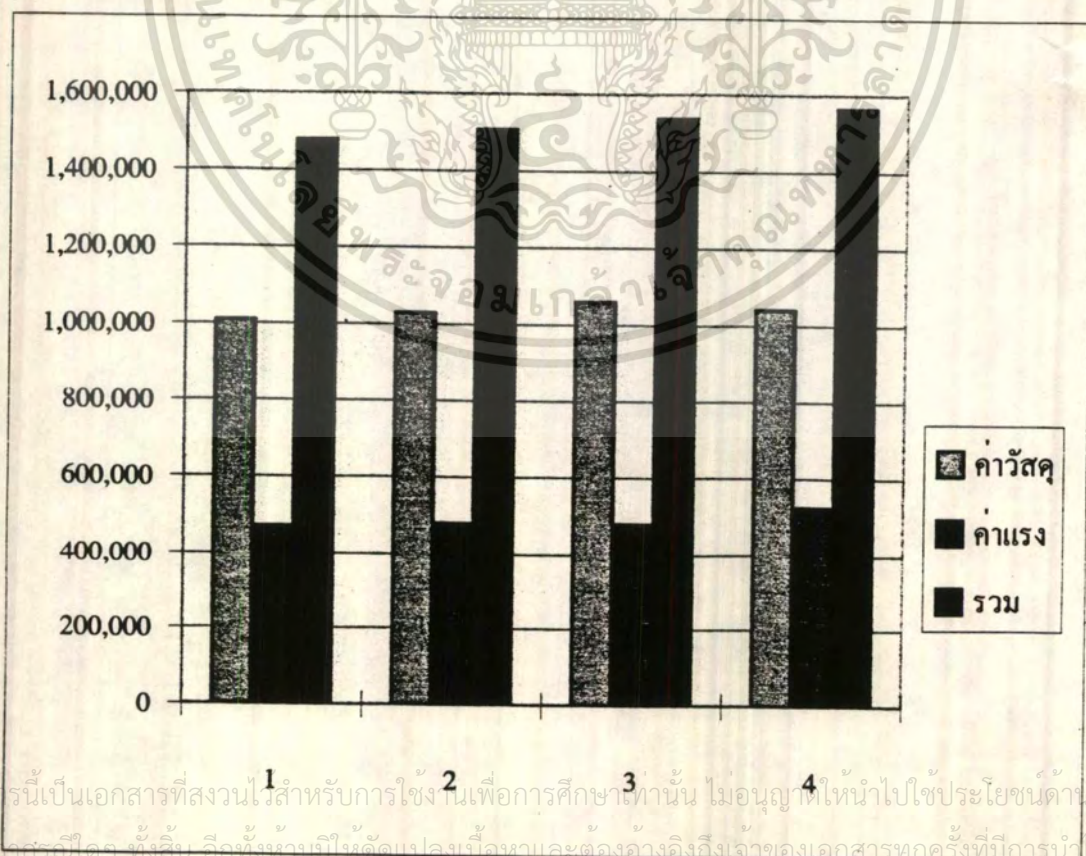
| ราคารวมหมวดงานทั้งหมดต่อยูนิต(บาท)              | ค่าวัสดุ | ค่าแรง | รวม     |
|-------------------------------------------------|----------|--------|---------|
| 1 ราคาอาคารที่ก่อสร้างแบบทั่วไป                 | 168,031  | 78,386 | 246,418 |
| 2 ราคาอาคารที่ก่อสร้างแบบระบบกำแพงรับน้ำหนัก    | 171,273  | 79,855 | 251,128 |
| 3 ราคาอาคารที่ก่อสร้างแบบระบบกำแพงรับน้ำหนัก(2) | 176,502  | 79,855 | 256,357 |
| 4 ราคาอาคารที่ก่อสร้างแบบระบบชั้นส่วนประกอบ     | 173,498  | 87,294 | 260,792 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งมอบให้สำหรับใช้ในการใช้งานเท่านั้น ไม่สามารถนำเอกสารนี้ไปใช้ในการค้า  
ไม่ว่าในรูปแบบใด ๆ ทั้งสิ้น บริษัทฯ ขอสงวนสิทธิ์ในข้อมูลและข้อมูลอื่น ๆ ที่ปรากฏในเอกสารนี้ไว้

### ราคารวมหมวดงานโครงสร้าง



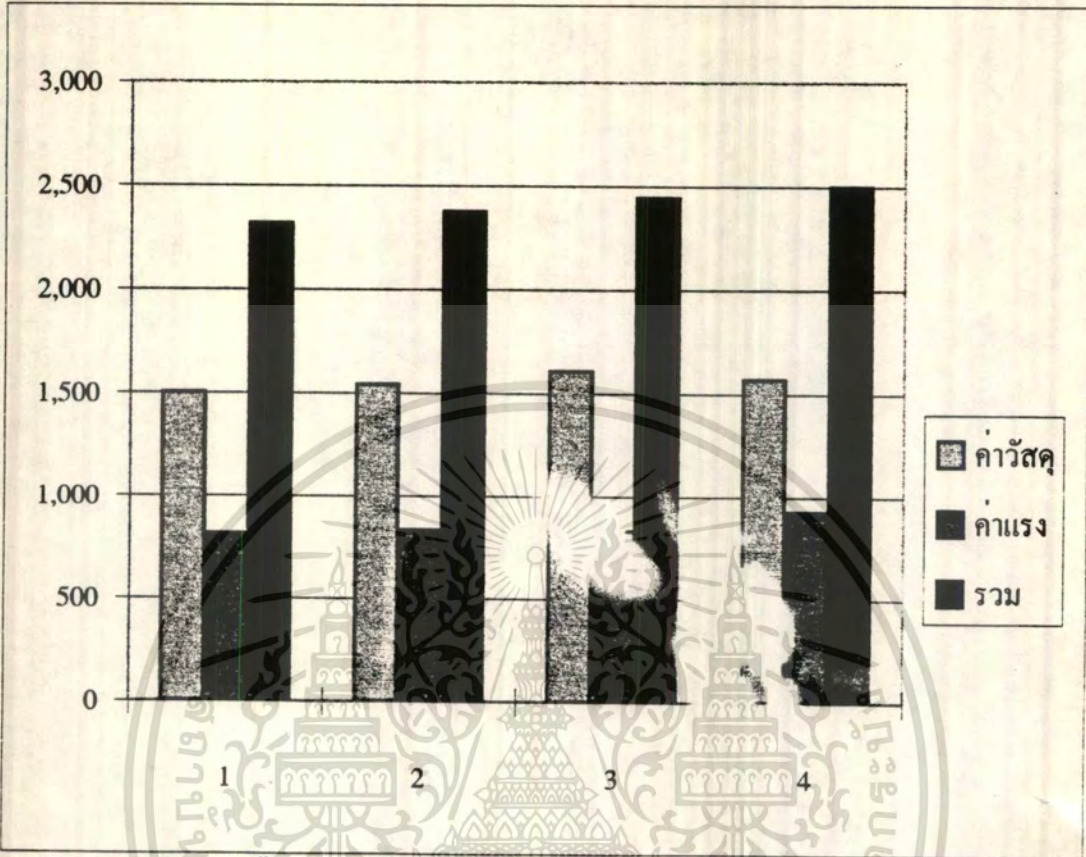
### ราคารวมหมวดงานทั้งหมด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ราคารวมหมวดงานโครงสร้างต่อพื้นที่



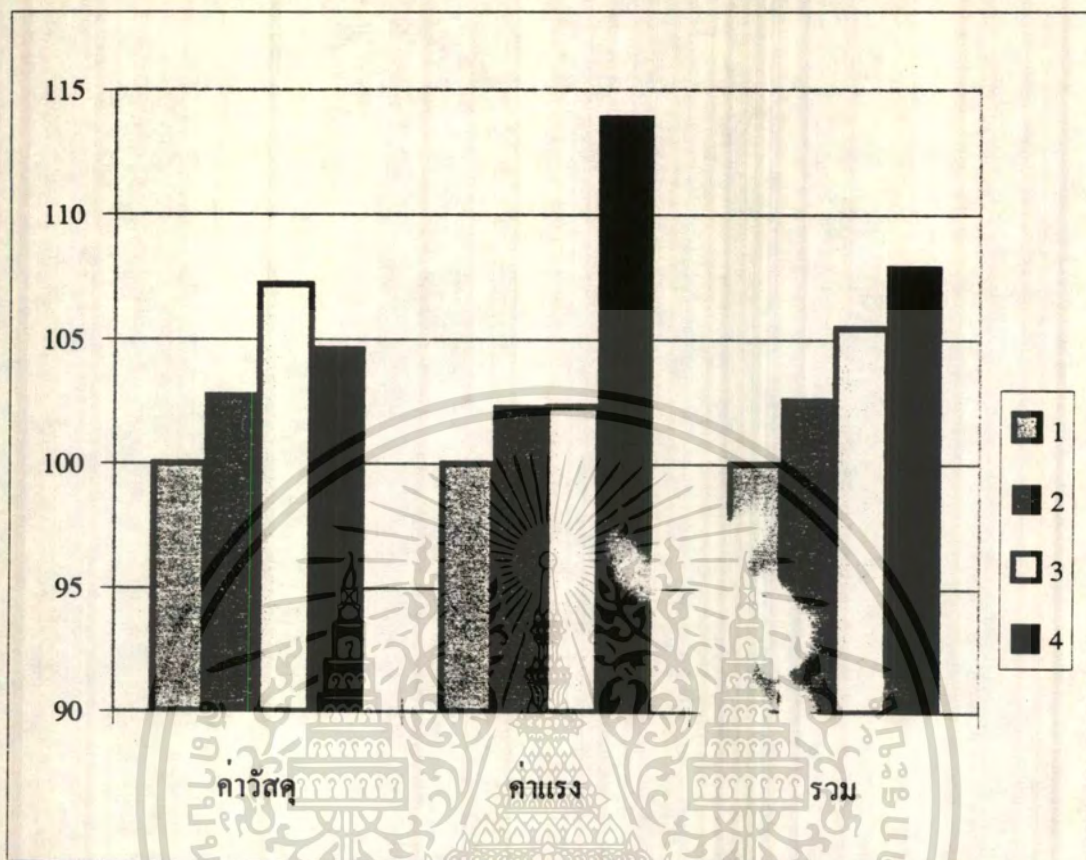
ราคารวมหมวดงานทั้งหมดต่อพื้นที่



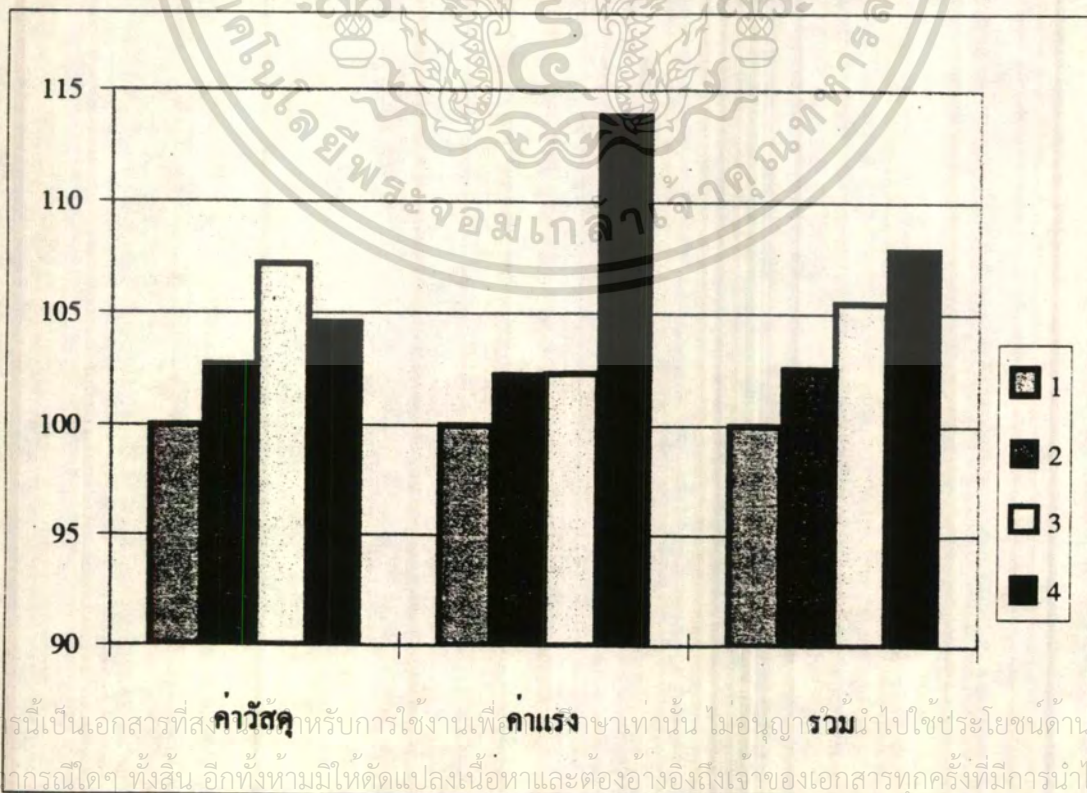
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่ง<sup>1</sup>ไว้สำหรับการ<sup>2</sup>งานเพื่อการศึกษา<sup>3</sup>เท่านั้น ไม่อนุญาต<sup>4</sup>ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เปอร์เซ็นต์ราคารวมหมวดงานโครงสร้างเมื่อเปรียบเทียบกับการก่อสร้างแบบทั่วไป(%)



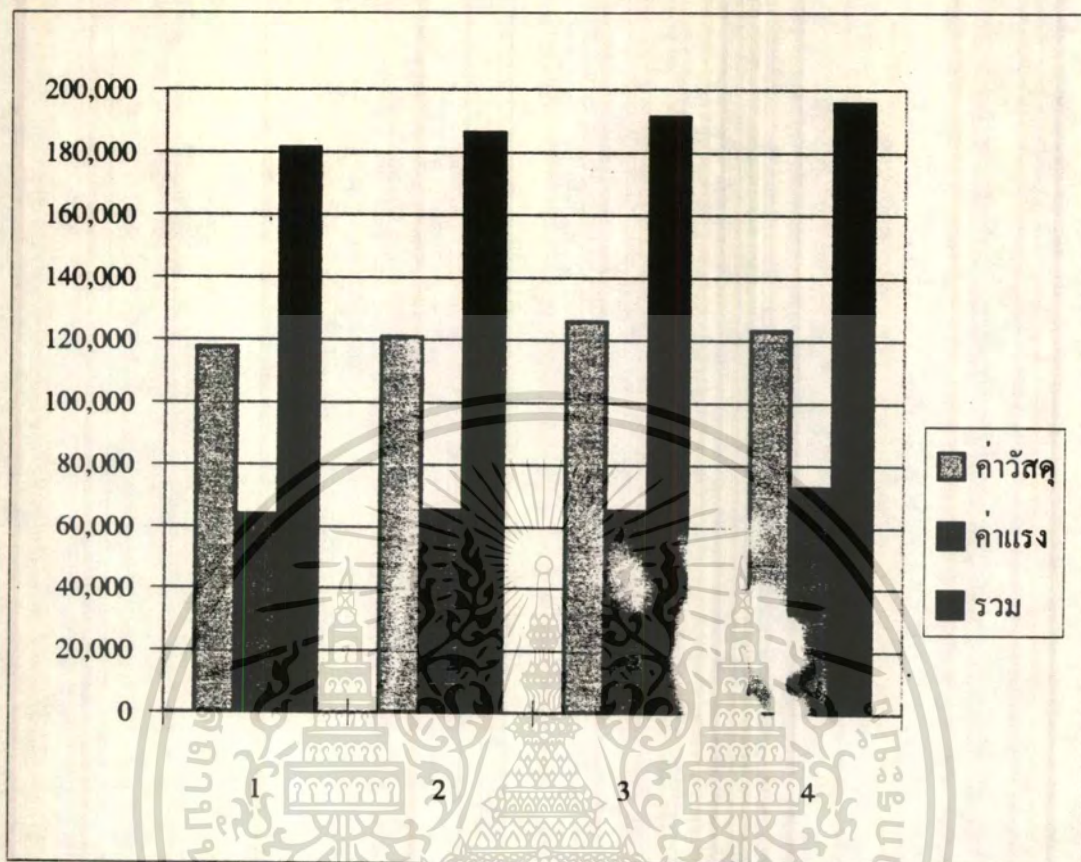
เปอร์เซ็นต์ราคารวมหมวดงานทั้งหมดเมื่อเปรียบเทียบกับการก่อสร้างแบบทั่วไป(%)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่ง **ค่าวัสดุ** สำหรับการใช้งานเพื่อ **ค่าแรง** เท่านั้น ไม่อนุญาต **รวม** นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



### ราคาหมวดงานโครงสร้างตอญนิต



### ราคาหมวดงานทั้งหมดคตอญนิต



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ 2 เพื่อการศึกษา 3 เท่านั้น ไม่อนุญาต 4 ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### การเปรียบเทียบการวางแผนการทำงานแต่ละวิธี

โดยทั่วไปแล้วการก่อสร้างจะได้รับการควบคุมให้เป็นไปตามที่ได้จัดทำไว้ล่วงหน้า เพื่อผลงานที่ได้จะสำเร็จลุล่วงตามเวลาที่กำหนด และสามารถควบคุมค่าใช้จ่ายได้อย่างมีประสิทธิภาพ การก่อสร้างที่ได้กล่าวมาแล้วอันได้แก่

- 1) Conventional Construction
- 2) Cast In Place Construction
- 3) Pre-cast Construction

ล้วนมีระยะเวลาในการดำเนินการก่อสร้างแตกต่าง ซึ่งมีผลต่อระยะเวลาดำเนินการของโครงการโดยรวม โดยในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะโครงการก่อสร้างอาคารที่พักอาศัยซึ่งมีลักษณะซ้ำๆกัน

#### Conventional Construction

เป็นการก่อสร้างแบบเดิมซึ่งไม่อาศัยการใช้เทคโนโลยีก่อสร้างมากนัก มักใช้แรงงานคนเป็นส่วนใหญ่ ทำให้การก่อสร้างใช้เวลาและแรงงานมาก การก่อสร้างจะเริ่มในส่วน of โครงสร้างหลัก อันได้แก่ ฐานราก คาน เสา แล้วจึงทำการหล่อพื้น และก่อผนังตามลำดับ

ในการก่อสร้างแบบนี้แม้ว่าจะเร่งงานเช่นไรก็ตามจำเป็นต้องรอให้คอนกรีตให้ได้อายุพอที่จะรับน้ำหนัก จึงจะสามารถทำการก่อสร้างในส่วนอื่นต่อได้

#### Cast In Place Construction

เป็นการก่อสร้างที่อาศัยการลดเวลาในการทำงานโดยการใช้ผนังรับแรง (Wall Baring) โดยในชั้นคอนของการทำการก่อสร้างเมื่อทำฐานรากแล้วเสร็จ รวมทั้งส่วนของคานคอดินแล้วจะทำการวางเหล็ก หรือ ใช้ Wire Mesh แทน จึงขึ้นแบบหล่อพื้นและผนัง ทีละชั้นขึ้นไป

จะเห็นได้ว่าหากใช้การก่อสร้างแบบหล่อในที่นี้จะทุนเวลาในการก่อสร้างในแต่ละชั้นลงไปได้มาก เพราะไม่ต้องเสียเวลาในการก่อผนัง รวมทั้งการขึ้นแบบคานและเสาค้ำ หากใช้ผนังรับทั้งหมดในการออกแบบ

แต่การก่อสร้างแบบนี้ต้องคำนึงถึงจำนวนแบบที่ใช้ และค่าขึ้น ซึ่งต้องมีจำนวนเพียงพอ โดยในทางปฏิบัติแล้วยังมีจำนวนแบบและค่าขึ้นมากเท่าไรเราก็สามารถทำการก่อสร้างได้เร็วขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

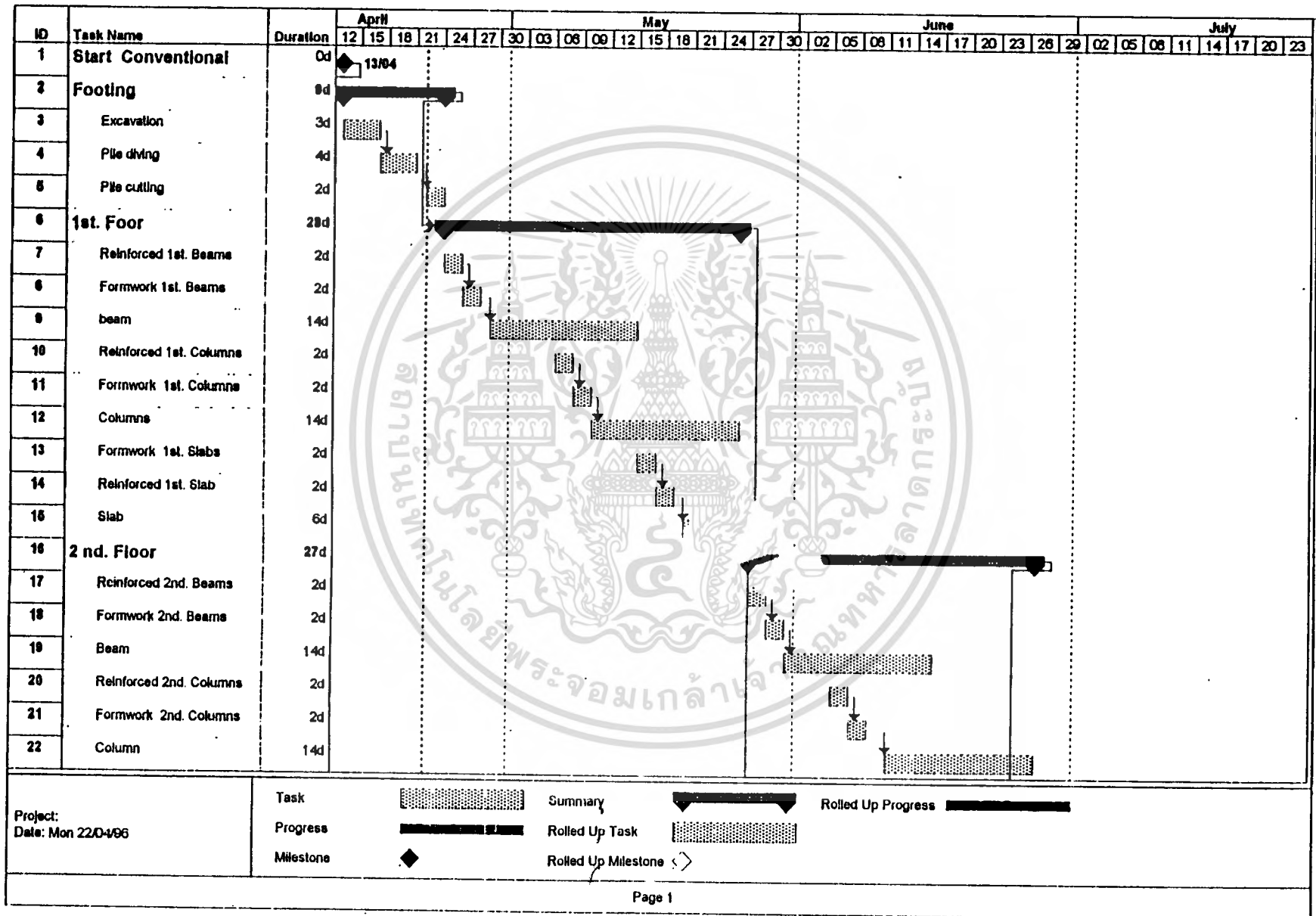
### Pre-cast Construction

การก่อสร้างแบบนี้มีลักษณะคล้ายกับวิธีหล่อในที่ในการลดระยะเวลา แต่จะหล่อชิ้นส่วนของผนังและพื้นจากโรงงานแล้วจึงขนย้ายมาประกอบติดตั้งโดยใช้โมบิลไครนยกขึ้นประกอบ แล้วจึงค้ำ และประกอบรอยต่อเข้าด้วยกัน

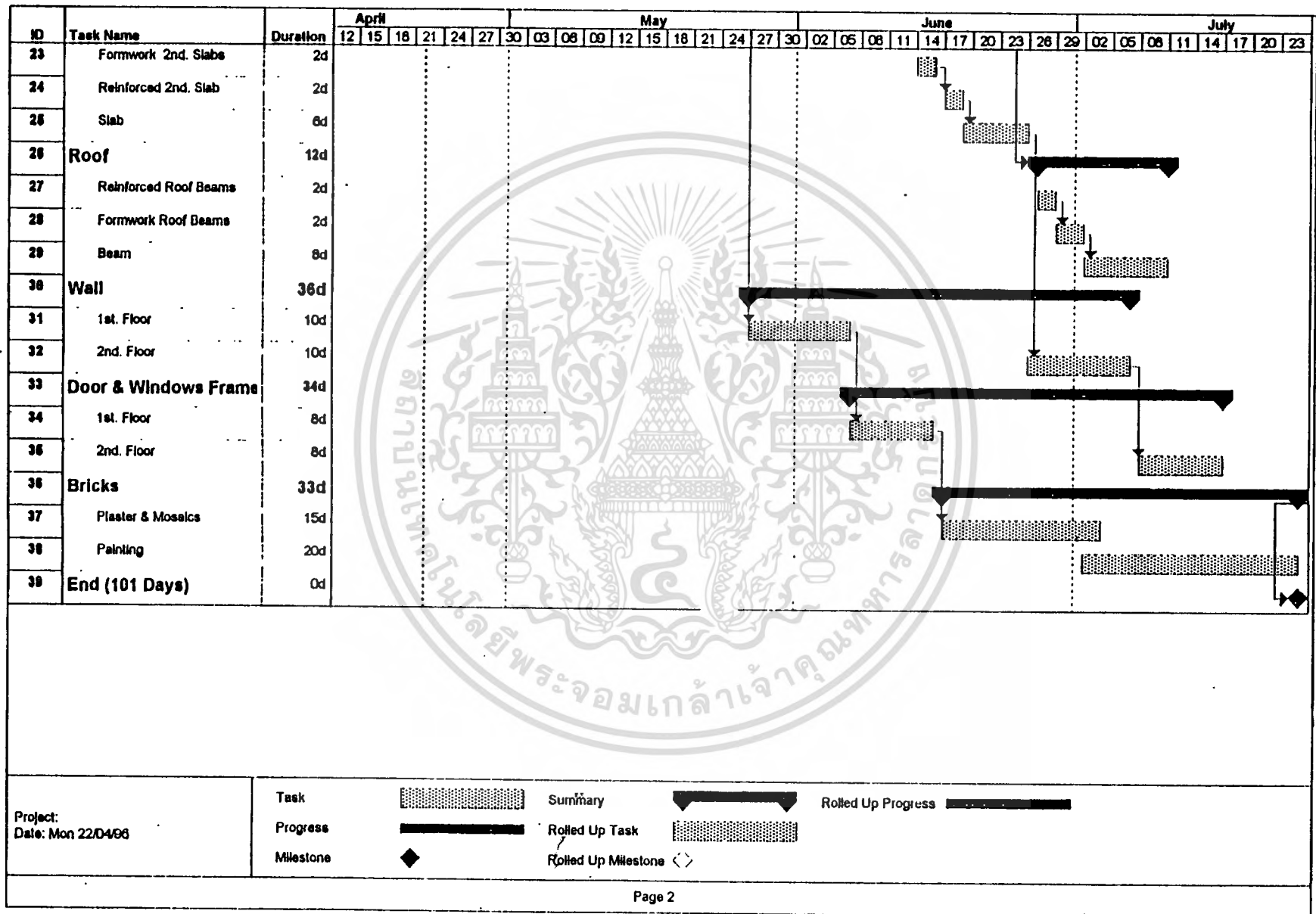
สำหรับการตกแต่งผิวซึ่งได้จากกระบวนการนี้จะเรียบเช่นเดียวกับการหล่อในที่ ทำให้ไม่เสียเวลาในการฉาบผิว เพียงแต่ขัดเล็กน้อยก็ทำสีได้ นอกจากนี้ในการหล่อสามารถวางส่วนของกรอบประตู หน้าต่างได้เลย

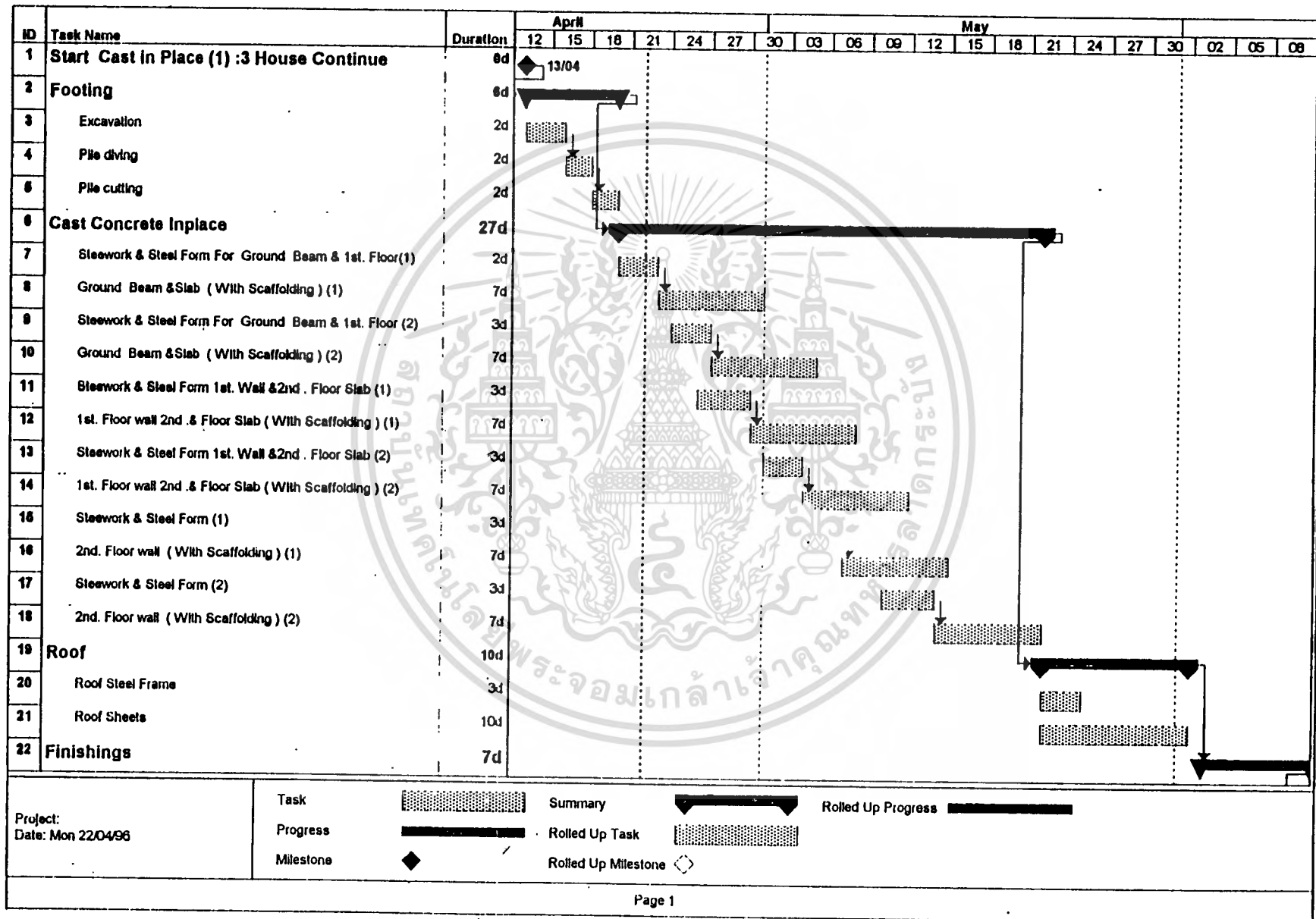
การก่อสร้างแบบนี้จะเร็วมากหากสามารถสร้างโรงงานที่สามารถหล่อชิ้นส่วนเตรียมล่วงหน้าไว้ตั้งแต่เริ่ม หากไม่มีโรงงานที่มีกำลังผลิตเพียงพอแล้ว การก่อสร้างจำเป็นต้องหยุดรอให้ชิ้นส่วนซึ่งหล่อด้วยคอนกรีตได้อายุจนมีกำลังพอที่จะยก ประ ซึ่งไม่น้อยกว่า 14 วันทำในดำเนินการก่อสร้างไม่เร็วอย่างที่คาดไว้

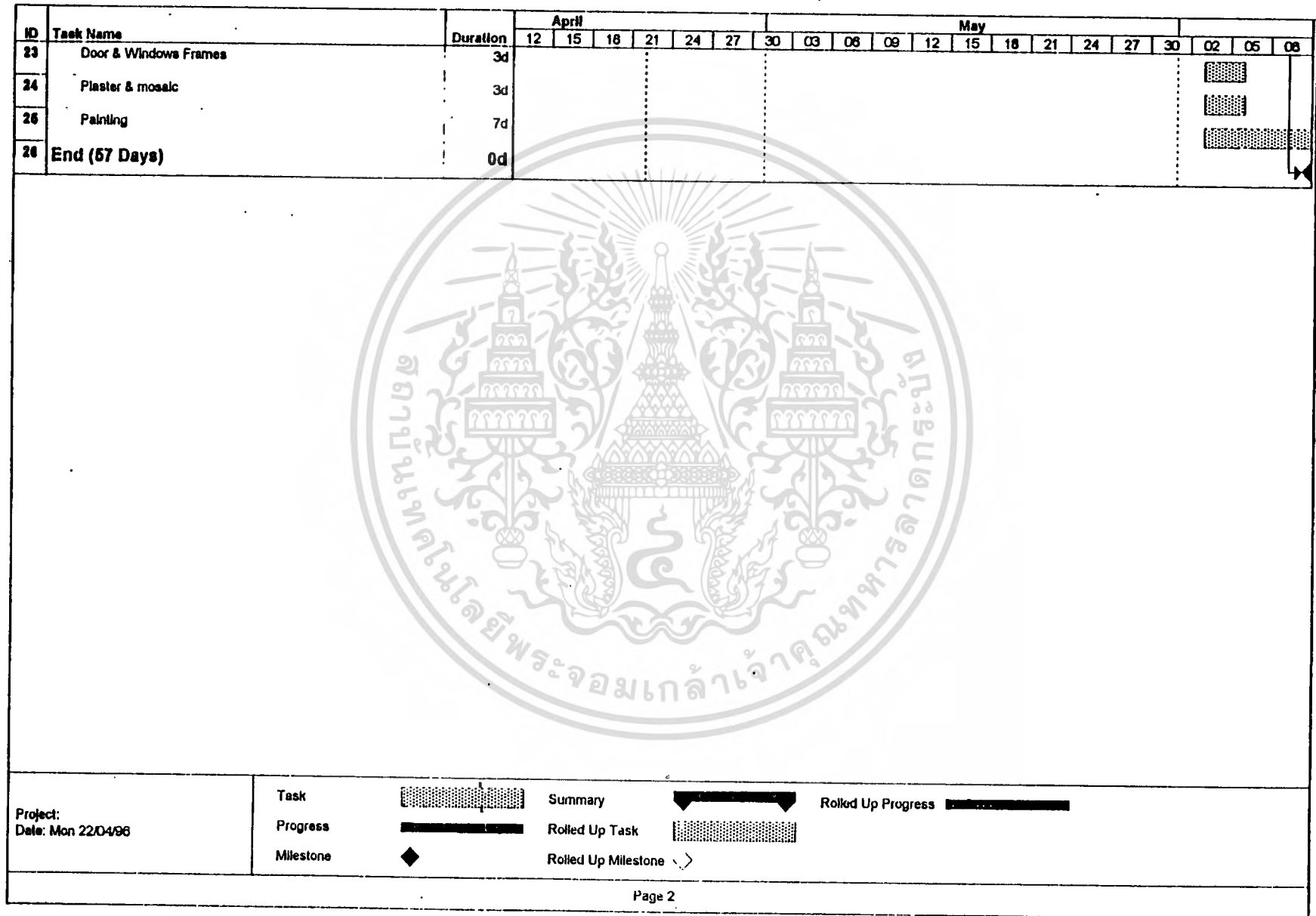
จากข้างต้นสามารถที่จะจัดแผนภูมิลำดับการก่อสร้างและ

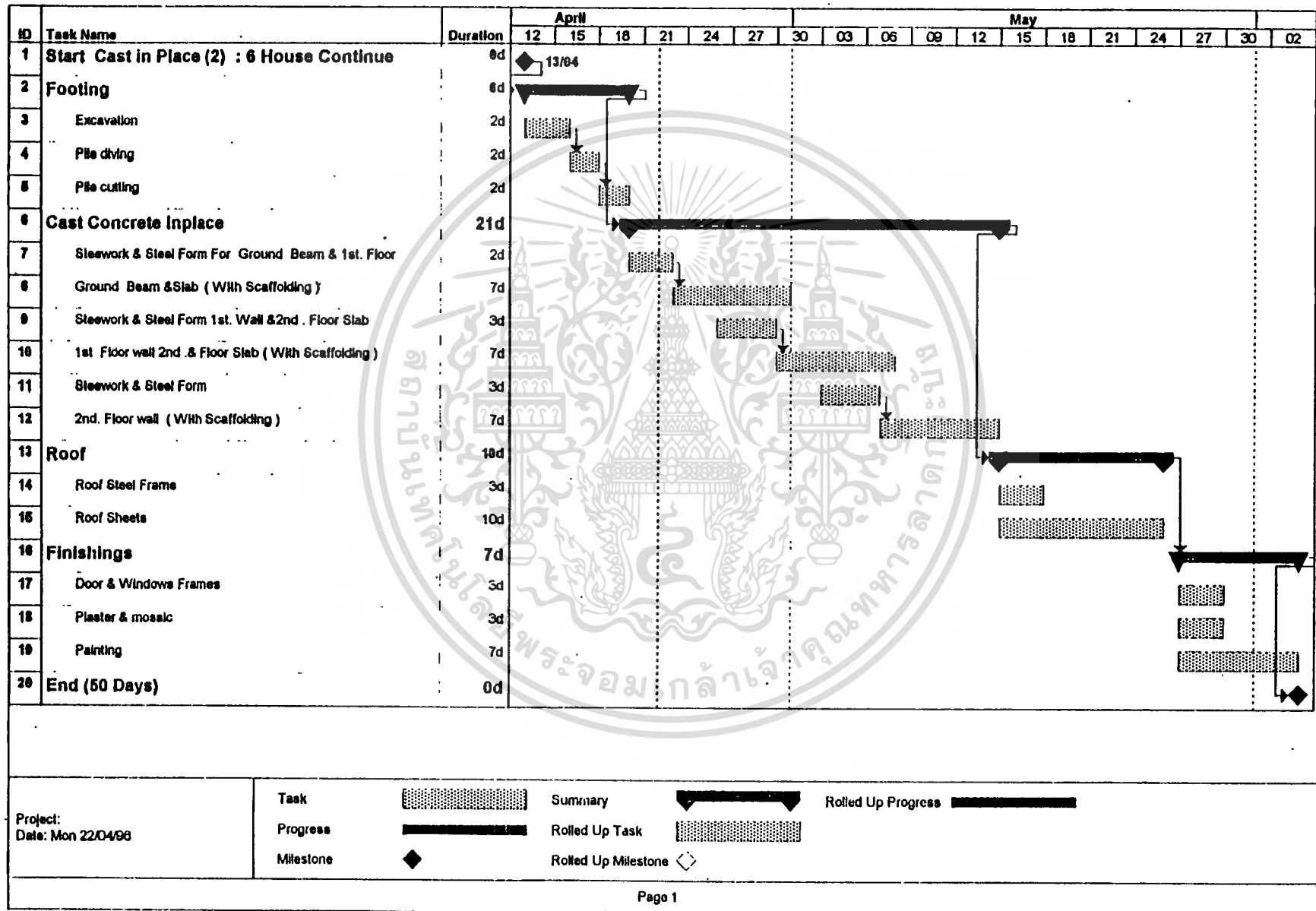


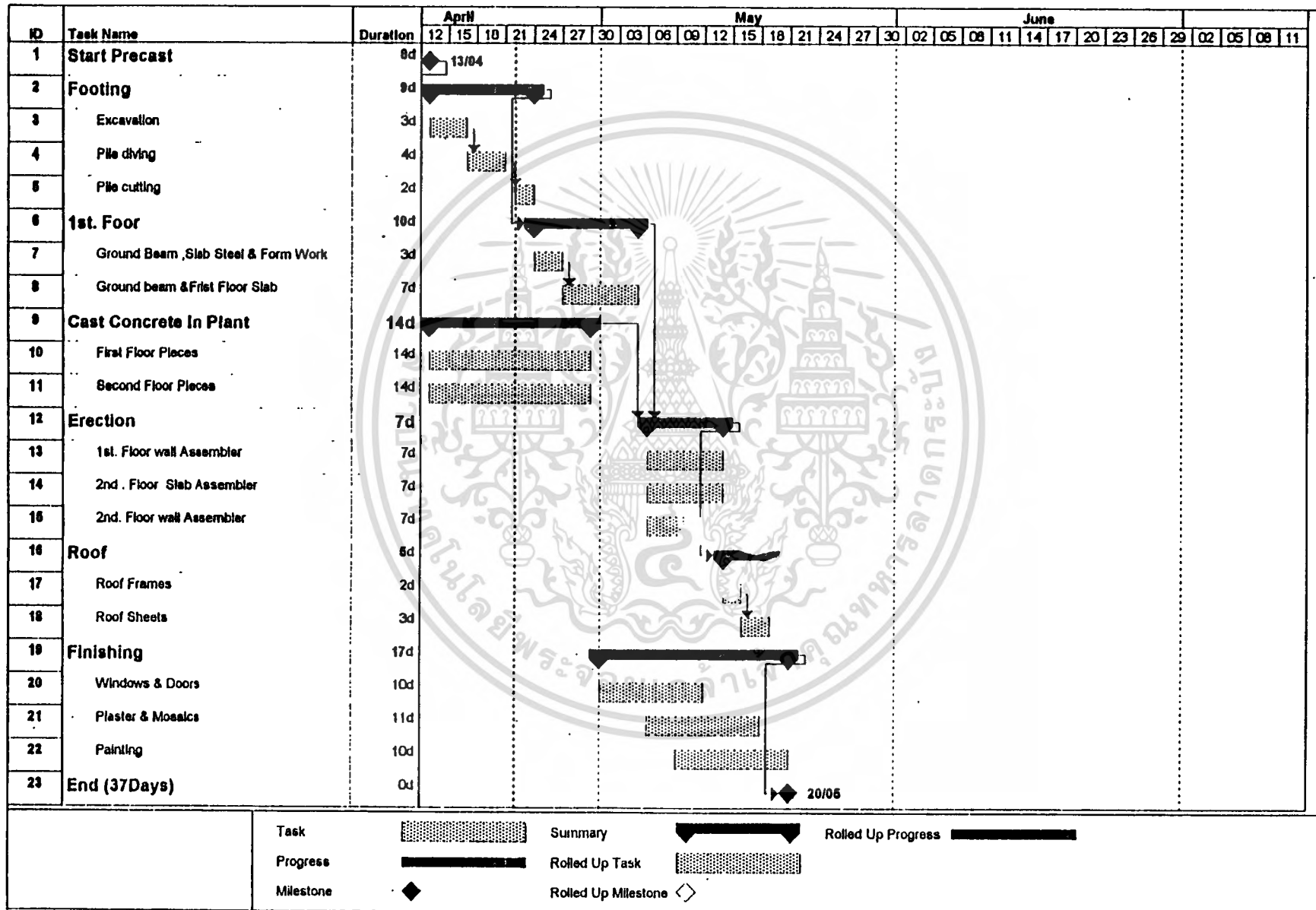












## บทที่ 10

### สรุปวิจารณ์

#### 10.1 ผลการศึกษา

##### ระบบธรรมดา

- 1 ใช้เวลาในการก่อสร้างนานที่สุด
- 2 ใช้แรงงานคนจำนวนมาก
- 3 มีความคล่องตัวทางค้ำรูปแบบทางสถาปัตยกรรม
- 4 สามารถทำการเปลี่ยนแปลง ค่อยเติมได้สะดวก
- 5 ไม่มีข้อจำกัดทางค้ำปริมาณในการก่อสร้าง
- 6 มีความคล่องตัวในการเคลื่อนย้ายสถานที่
- 7 เป็นที่นิยมในการทำงานทั่วไป

##### ระบบสำเร็จรูป

1 ระบบการก่อสร้างบ้านสำเร็จรูปมีความรวดเร็วในการก่อสร้างสูงมาก เมื่อมีการผลิตสำรองไว้เป็นปริมาณมาก

- 2 มีการลงทุนในครั้งแรกสูง
- 3 มีความจำกัดในด้านสถาปัตยกรรม
- 4 ต้องก่อสร้างเป็นปริมาณมากจึงจะคุ้มทุน
- 5 ใช้แรงงานคนน้อย แต่ใช้เครื่องจักรเข้ามาแทนที่
- 6 ควบคุมคุณภาพงานได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น หากมีเหตุให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 7 การค่อยเติมเปลี่ยนแปลงสามารถทำได้ยาก

8 ต้องทำการขนส่งจากโรงผลิตไปหน้างาน ซึ่งมีความยุ่งยากกว่าการขนส่งวัสดุอย่างเดียว ( ในกรณีโรงงานผลิตไม่อยู่หน้างาน ) การขนส่งต่อครั้งทำได้น้อย

9 ราคาแพงกว่าธรรมดา จะมีราคาลดลงเมื่อมีการผลิตมากๆ

### ระบบหล่อในที่

- 1 มีความรวดเร็วในการทำงาน
- 2 ราคาค่าก่อสร้างไม่แพงนัก
- 3 ปริมาณในการผลิต ไม่ต้องสูงเหมือนกับระบบสำเร็จรูป

## 10.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกรูปแบบในการก่อสร้าง

ในปัจจุบันได้มีการก่อสร้างในรูปแบบต่างๆมากมาย และมีการนำเทคโนโลยีใหม่ๆมาใช้ในการก่อสร้างมากขึ้นเพื่อช่วยให้งานก่อสร้างเป็นไปได้อย่างราบรื่น ตามความต้องการของเจ้าของโครงการ ความต้องการนี้มีผลในการเลือกรูปแบบในการก่อสร้างเป็นอย่างมาก ปัจจัยต่างๆได้แก่

### ระยะเวลาในการดำเนินโครงการ

ในการดำเนินโครงการเราจำเป็นต้องกำหนดระยะเวลาในการดำเนินโครงการ เพื่อที่จะได้สามารถควบคุมความเป็นไปได้ ความเสี่ยง งบประมาณ และผลกระทบในด้านต่างๆที่จะเกิดขึ้นมาในภายหลัง ในบางโครงการต้องการผลงานในการก่อสร้างอย่างรวดเร็ว เพื่อลดปัญหาแรงงาน หรือค่าดอกเบี้ยเงินกู้จึงต้องเร่งโครงการให้ทันที่สุด เมื่อเลือกใช้ระบบสำเร็จรูปจะต้องระดมเงินทุนครั้งแรกสูงในด้านค่าโรงงานผลิตชิ้นส่วน

การกำหนดระยะเวลาของโครงการมีผลโดยตรงต่อการวางแผนงานก่อสร้างและการส่งมอบผลงาน ในบางโครงการมีการขายบ้านไปเป็นจำนวนมาก แต่ยังไม่มีการก่อสร้างเกิดขึ้น เอกสารประกอบโครงการที่ส่งมอบให้ลูกค้าแล้ว แต่ยังไม่มีการก่อสร้างเกิดขึ้น การคำนวณราคาไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อถึงเวลาการส่งมอบแต่การก่อสร้างไม่ทันต่อการส่งมอบลูกค้า การนำระบบการก่อสร้างแบบสำเร็จรูปก็น่าจะนำมาใช้

### รูปแบบทางสถาปัตยกรรม

รูปแบบทางสถาปัตยกรรมมีผลต่อการเลือกใช้ระบบการก่อสร้าง คือการก่อสร้างระบบผนังรับแรงไม่ว่าจะเป็นการหล่อในที่ หรือขึ้นส่วนสำเร็จมาประกอบติดตั้งก็ตาม จะมีรูปทรงที่แข็งแกร่งเป็นรูปกล่องหรือเป็นแท่ง ทั้งนี้เนื่องมาจากการคำนึงผลทางหลักวิศวกรรมในการก่อสร้าง กล่าวคือ การที่กำหนดรูปทรงอย่างนี้ก็เพื่อให้ง่ายในการถ่ายแรง

ถ้านำระบบผนังรับแรงไปใช้กับรูปทรงที่ไม่เป็นกล่อง จะมีค่าวัสดุและค่าแรงในการก่อสร้างมีราคาสูงขึ้น เช่นบ้านที่มีชั้นลอย ภายในเป็นพื้นที่ ที่มีช่องเปิดขนาดใหญ่เป็นจำนวนมาก การถ่ายแรงของผนังไม่สามารถทำได้ จึงมีความจำเป็น ออกแบบเสาและคานเพิ่มเติมรับน้ำหนัก ในบางครั้งอาจออกแบบให้คานซ่อนในพื้นที่ก็ได้แต่ถ้ามีน้ำหนักการทำมาก ๆ ก็ต้องทำ DROP PANEL ขึ้นซึ่งอาจทำให้ความสวยงามทางสถาปัตยกรรมสูญเสียไป

การก่อสร้างระบบทั่วไปจะให้ความคล่องตัวในด้านการออกแบบทางสถาปัตยกรรมได้มากกว่า อีกทั้งยังมีข้อจำกัดทางวิศวกรรมในการก่อสร้างน้อยกว่า การออกแบบและก่อสร้างสามารถทำได้โดยไม่ต้องหาผู้ชำนาญเหมือนระบบสำเร็จรูป

### ปัญหาด้านแรงงาน

ในปัจจุบันด้านแรงงาน เป็นปัญหาที่มีความสำคัญปัญหาหนึ่งที่พบกันอยู่ทั่วไป เนื่องจากแรงงานมีจำนวนน้อย และมีค่าแรงงานสูง หาช่างที่มีความชำนาญงานหรือมีฝีมือจริงๆ ได้น้อย การลดจำนวนแรงงานโดยใช้เทคโนโลยีในการก่อสร้าง และเครื่องจักรกลมาช่วยงานสามารถได้ผลงานที่มีคุณภาพดีทัดเทียมกัน อีกทั้งยังสามารถควบคุมคุณภาพในการทำงานได้ง่ายเนื่องจากเป็นการทำงานที่ค่อนข้างคงที่และมีความแน่นอนสูง

การใช้เครื่องจักรในการทำงานนอกจากสามารถลดแรงงานแล้ว ยังทำให้การควบคุมการทำงานได้สะดวก อีกทั้งยังลดภาระเกี่ยวกับแรงงานได้ด้วย เช่น การลดปริมาณบ้านพักคนงาน มีได้ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## ปัญหาด้านแรงงาน

ค่านิยมของผู้บริโภคมีผลต่อการคัดเลือกรูปแบบในการก่อสร้าง โดยทั่วไปค่านิยมในปัจจุบันยังไม่ค่อยนิยมการก่อสร้างแบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป เนื่องจากมีความเชื่อว่าโครงสร้างไม่มีความแข็งแรงเพียงพอไม่เหมือนการก่อสร้างแบบหล่อในที่ ฉะนั้นการให้ความรู้และความเข้าใจที่ถูกต้องจะช่วยให้ผู้บริโภคคลอเคลียได้

## จำนวนในการผลิต

ระบบการก่อสร้างในปัจจุบัน ไม่มีปัญหาในเรื่องของ จากมีความคล่องตัวสูงในด้านรูปแบบทางสถาปัตยกรรม สามารถเปลี่ยนแปลงรูปแบบ ระหว่ง

การก่อสร้างแบบหล่อในที่จำเป็นต้องใช้ไม้แบบเป็นจำนวนมาก เพื่อความสะดวกในการประกอบติดตั้ง และผลงานที่ได้มักใช้ไม้แบบเหล็กแทนไม้แบบไม้ การนำไม้แบบเหล็กมาใช้ต้องคำนึงถึงหน่วยในการผลิต ยังมีจำนวนในการผลิตมากกว่าไม้แบบยังถูกลง

การก่อสร้างระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป การผลิตมักทำการผลิตในโรงงาน การก่อสร้างจึงต้องมีการขนส่งชิ้นส่วนไปยังหน้างาน ค่าขนส่งจะขึ้นอยู่กับระยะทางและปริมาณ ในทางปฏิบัติ ถ้าโครงการมีการใช้ชิ้นส่วนเป็นปริมาณมากมักจะสร้างโรงงานไว้ที่หน้างาน ซึ่งต้องมีการลงทุนสูง ฉะนั้นการพิจารณาจุดคุ้มทุนจึงมีความจำเป็นอย่างมาก

## การควบคุมคุณภาพ

เนื่องจากการใช้ชิ้นส่วนสำเร็จรูปนั้นมีการผลิตจากโรงผลิตซึ่งการทำงานสามารถควบคุมคุณภาพได้งาน เพราะมีการทำงานที่สะดวก คล่องตัวสูงเนื่องจากมีการทำงานบนพื้นราบ เช่น การควบคุมความเรียบของผนัง การก่อสร้างแบบเดิมจะมีการก่ออิฐและฉาบปูน การฉาบปูนถึงแม้จะมีช่างที่เก่งแค่ไหนก็ยังมีปัญหาการฉาบไม่เรียบเป็นลูกคลื่น อีกทั้งเมื่อเวลานานไปมักเกิดปัญหาการร้าว หรือรอยร้าวอยู่เสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหล่อในที่หรือส่วนสำเร็จรูปผนังเป็นคอนกรีตอยู่และความเรียบของผิวคอนกรีตขึ้น  
อยู่กับแบบหล่อ แบบเหล็กจะให้ผิวคอนกรีตที่มีคุณภาพดี การฉาบตกแต่งผิวมีความแตกต่างกับ  
การฉาบของการก่ออิฐฉาบปูน โดยจะใช้น้ำปูนหรือซีเมนต์เฟลส ฉาบอุดร่องรอยของฟอง  
อากาศจึงไม่เกิดรอยรานเหมือนกับแบบเดิม

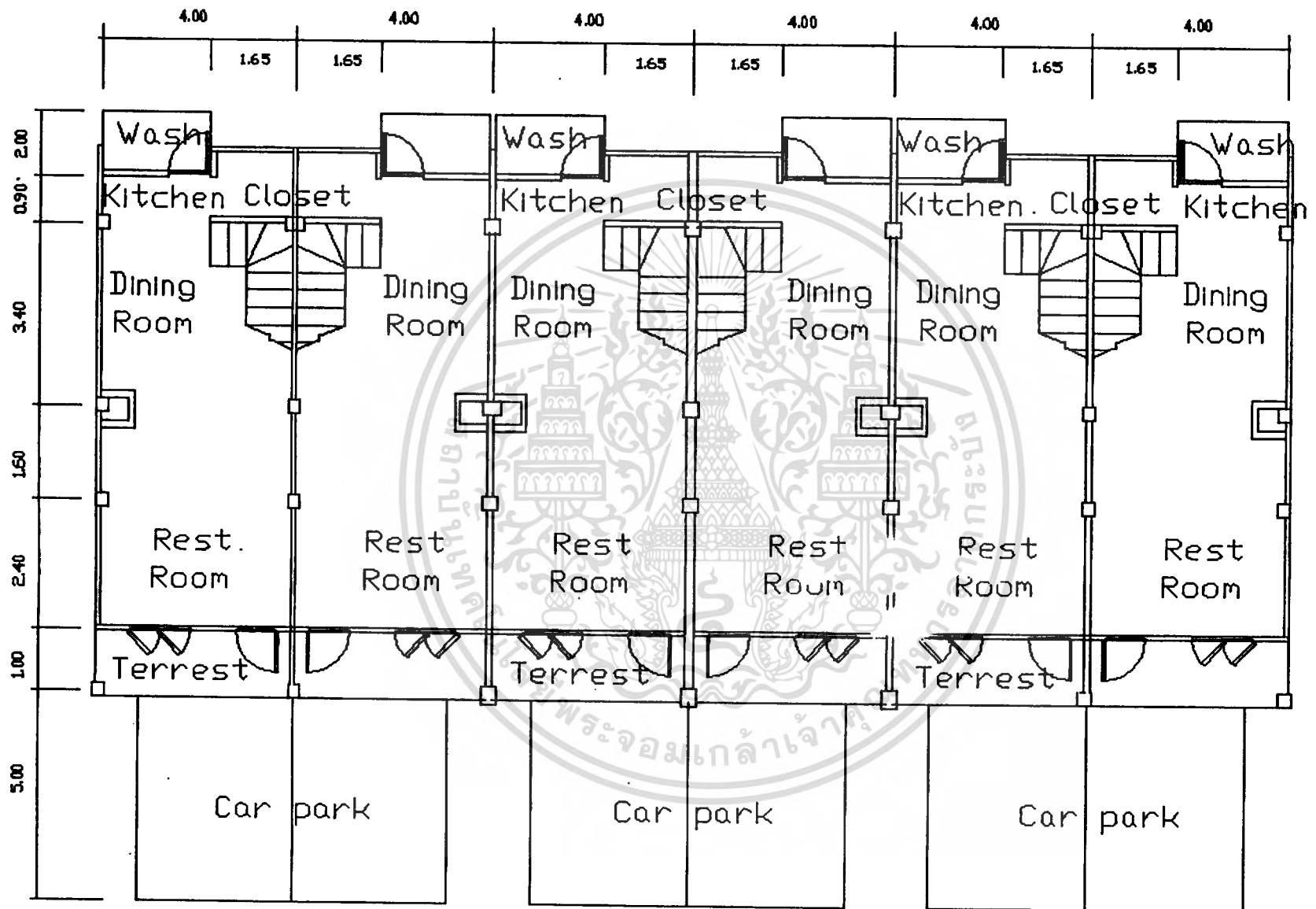


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

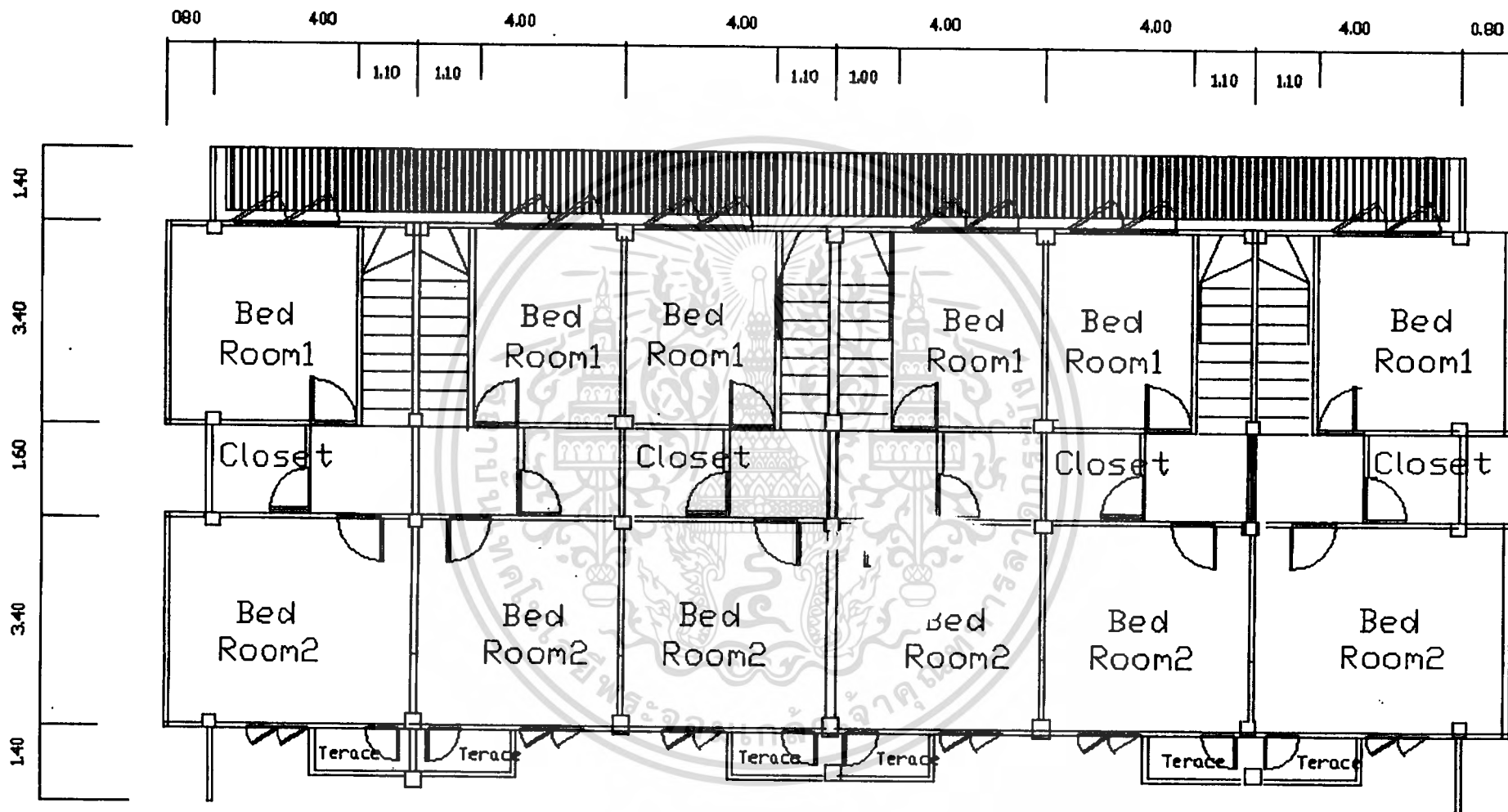
## ภาคผนวก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



1st. Floor Plan



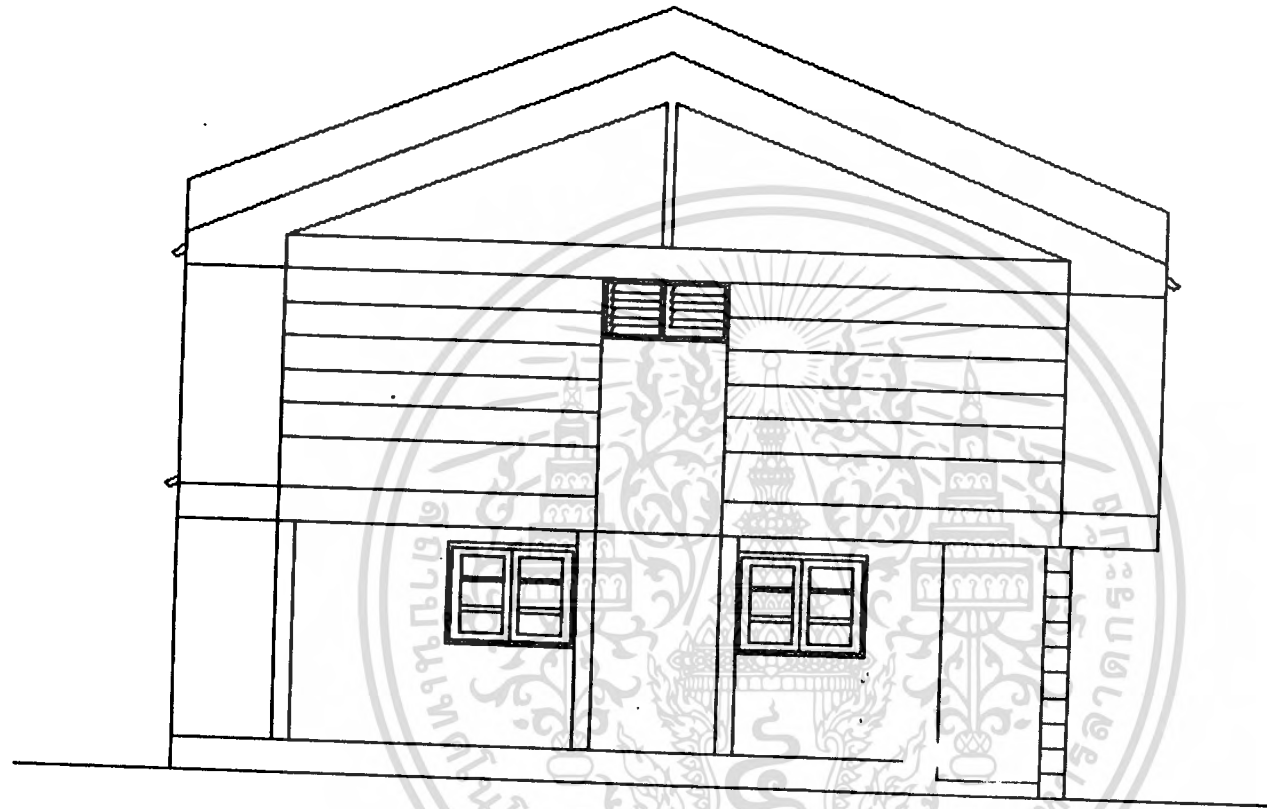
2nd. Floor



Front Views



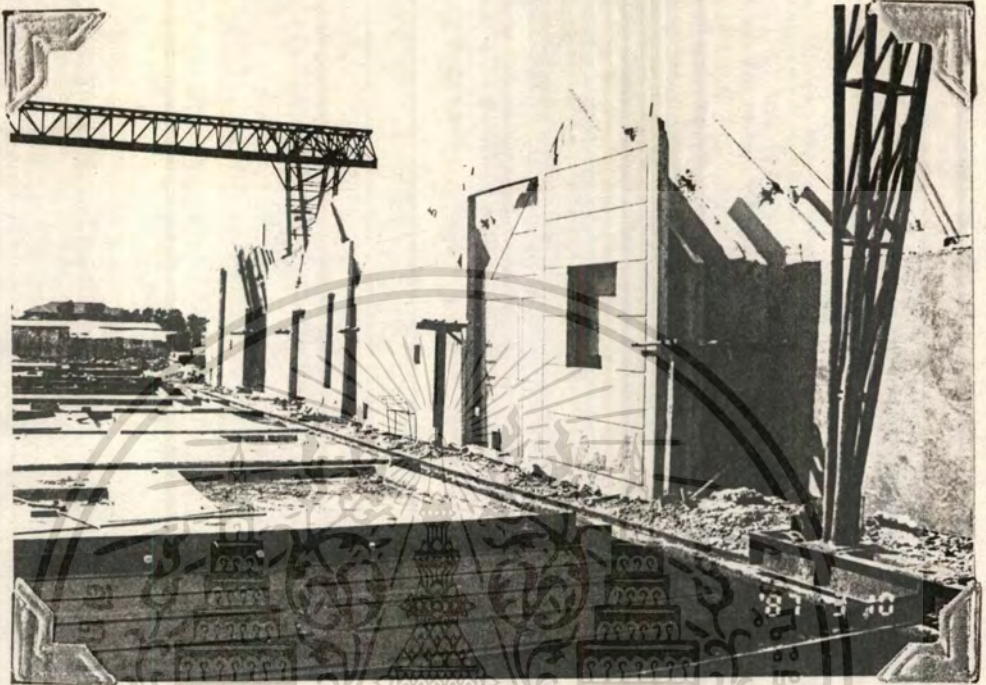
BACK VIEW



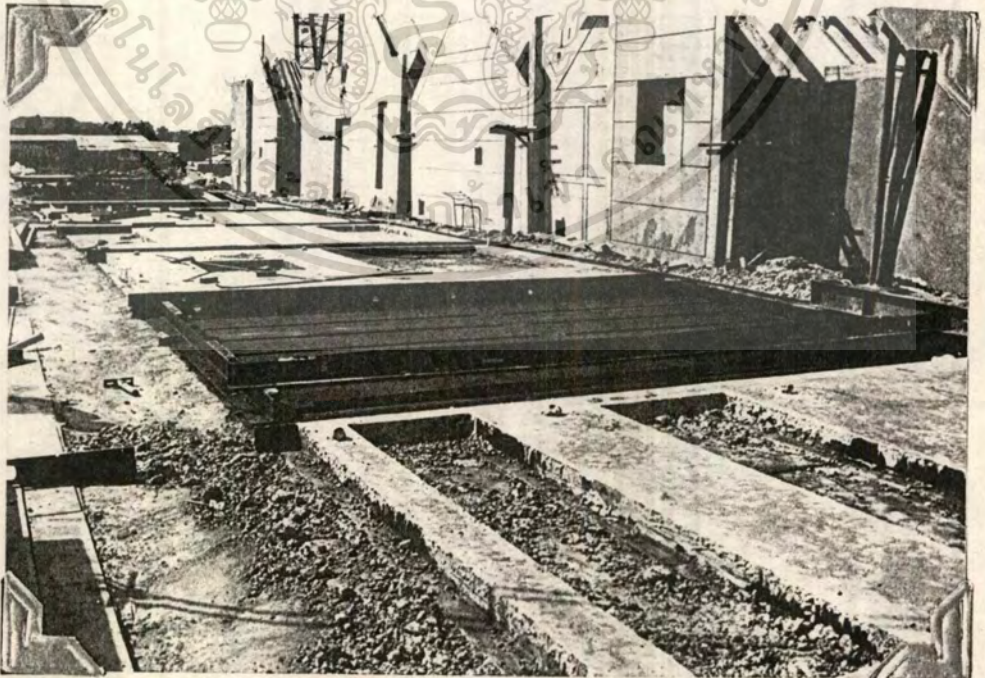
Side View



รูปแบบในการก่อสร้าง  
รูปแสดงการก่อสร้างด้วยระบบสำเร็จรูป



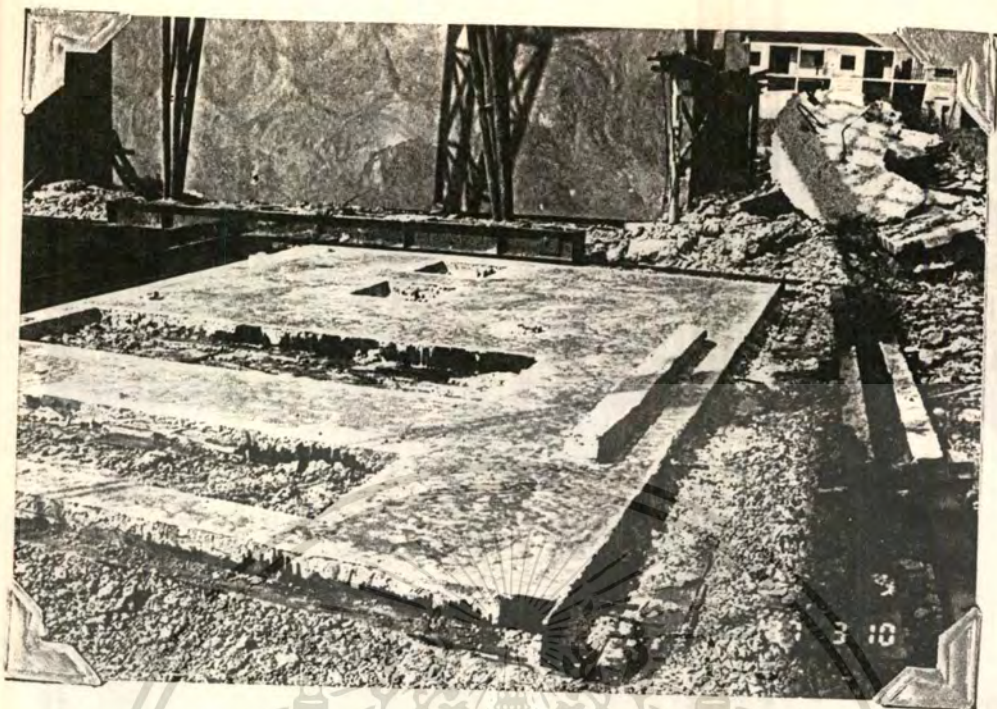
รูปที่ 1 แสดงโรงงานผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาหรือข้อมูลของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2 แสดงแบบหล่อเหล็ก



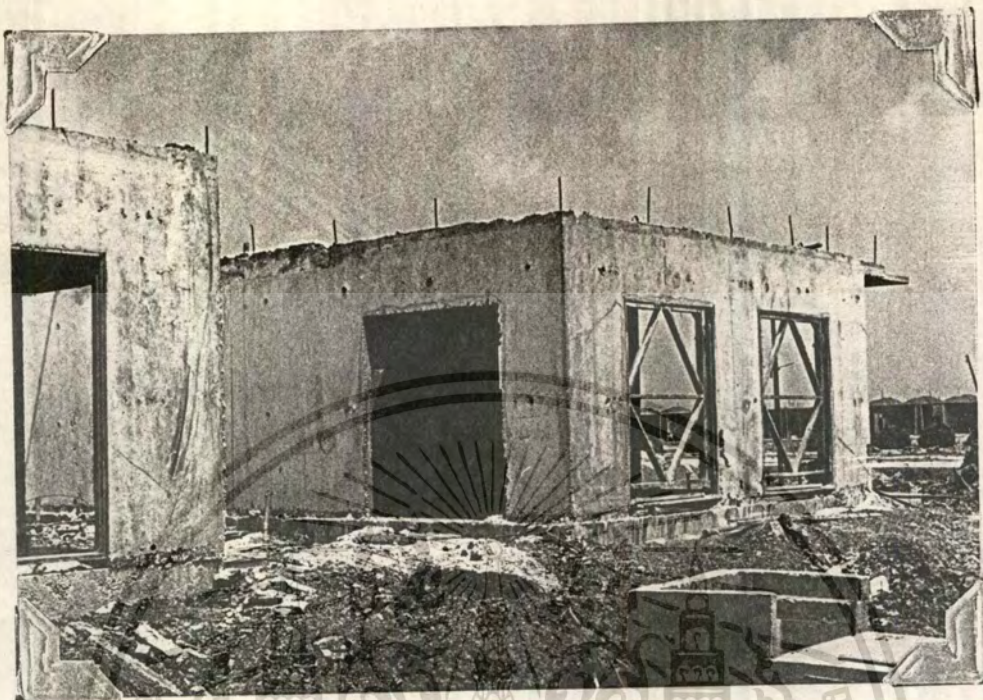


รูปที่ 3 แสดงการหล่อชิ้นส่วนสำเร็จรูป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตีแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





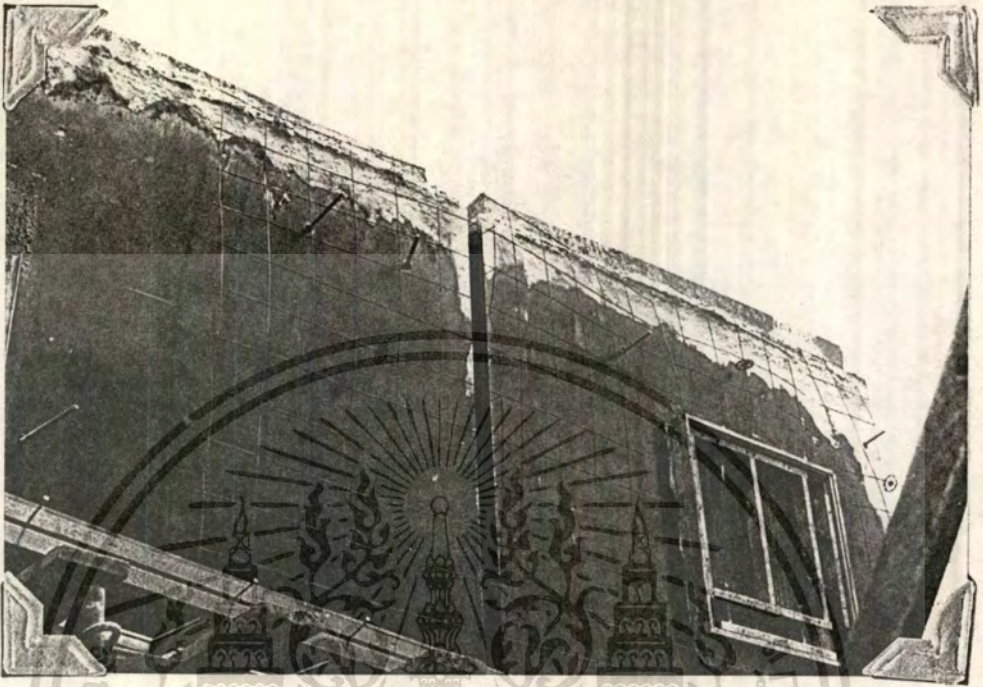
รูปที่ 7 แสดงส่วนของอาคารหลังจากการถอดแบบ



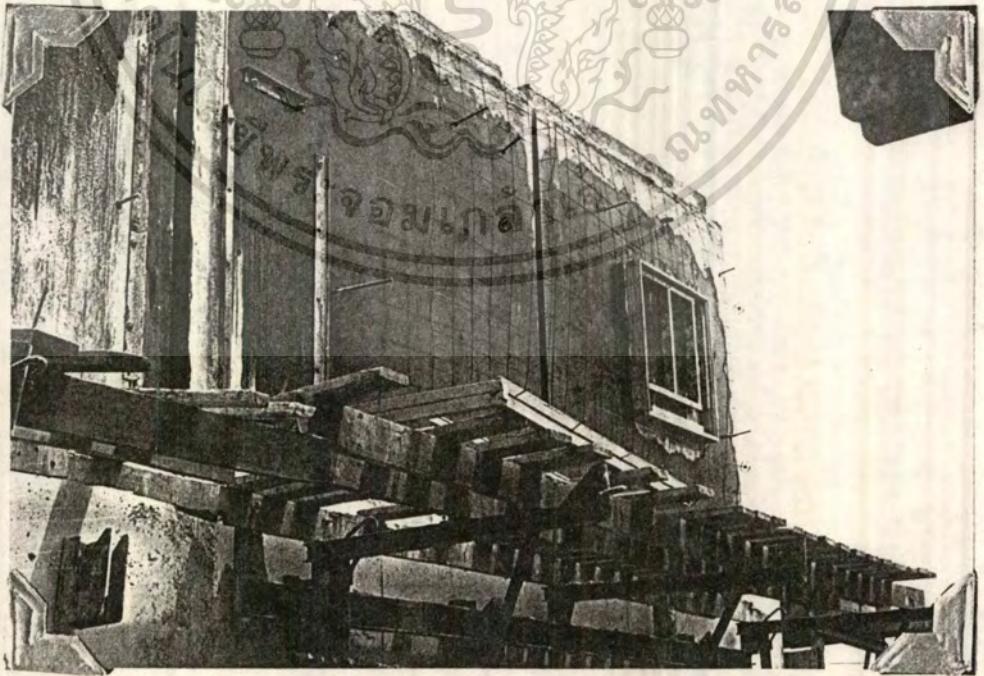
รูปที่ 8 แสดงการประกอบแบบในชั้นบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





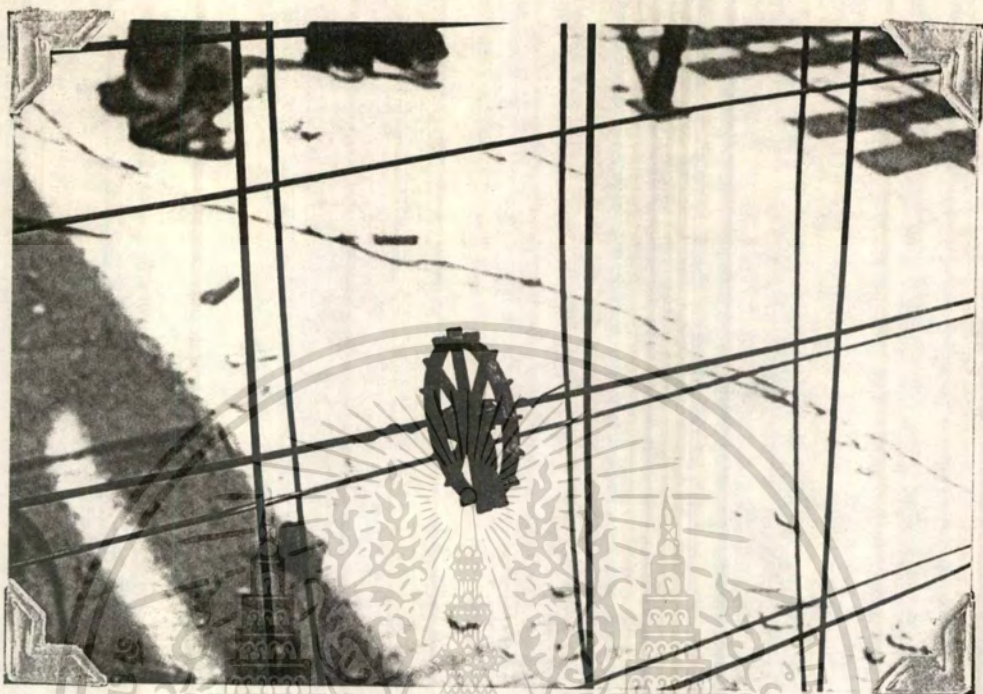
รูปที่ 9 แสดงการติดตั้งวงกบกับแบบ



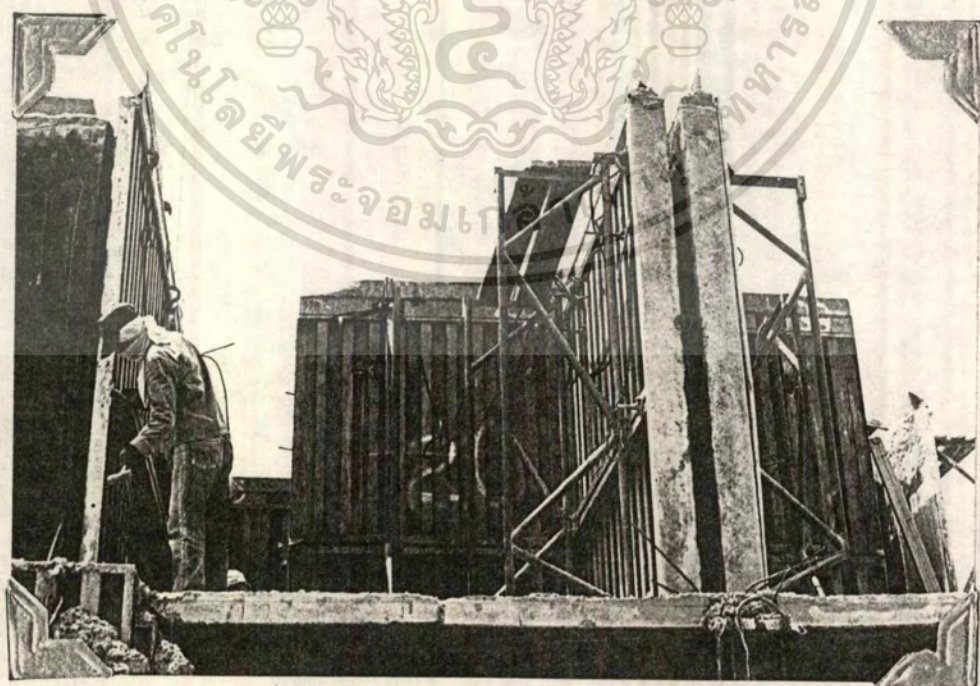
รูปที่ 10 แสดงการวางเหล็กโครงสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้เผยแพร่ลงเนื้อหา และต่อยัง องค์กรใดๆ ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



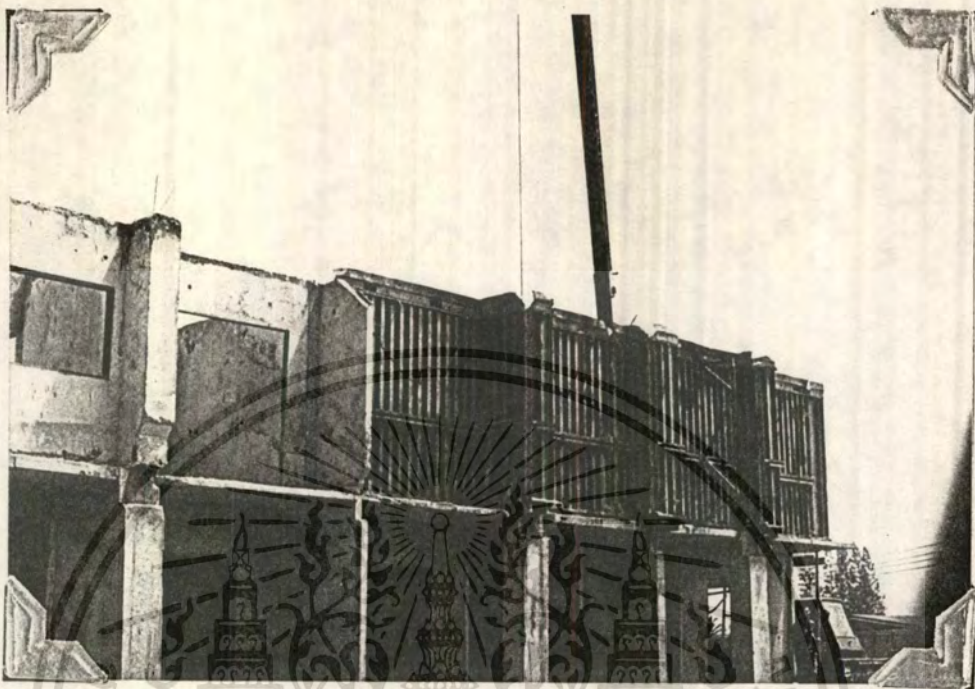


รูปที่ 11 แสดงแวนบังคับตำแหน่งของเหล็ก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





รูปที่ 13 แสดงการเทคอนกรีตลงในแบบ



รูปที่ 14 แสดงสวนโครงสร้างที่แล้วเสร็จ

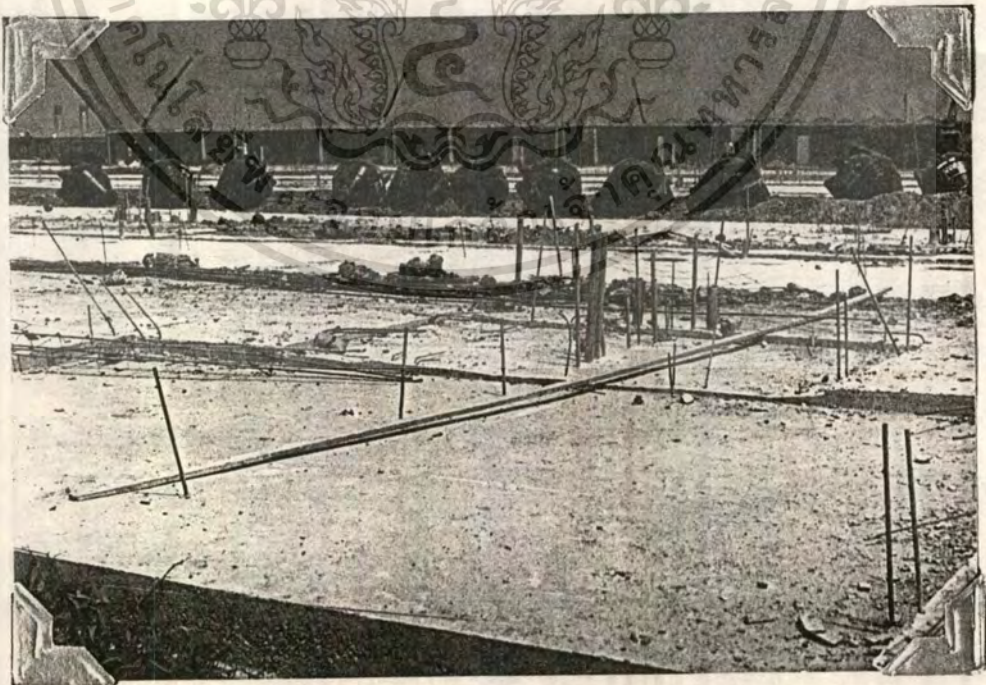
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตีแบบลงนิตยสารและหนังสือพิมพ์โดยไม่ได้รับอนุญาตจากกรมศิลปากร



## รูปแสดงการก่อสร้างระบบหล่อในที่

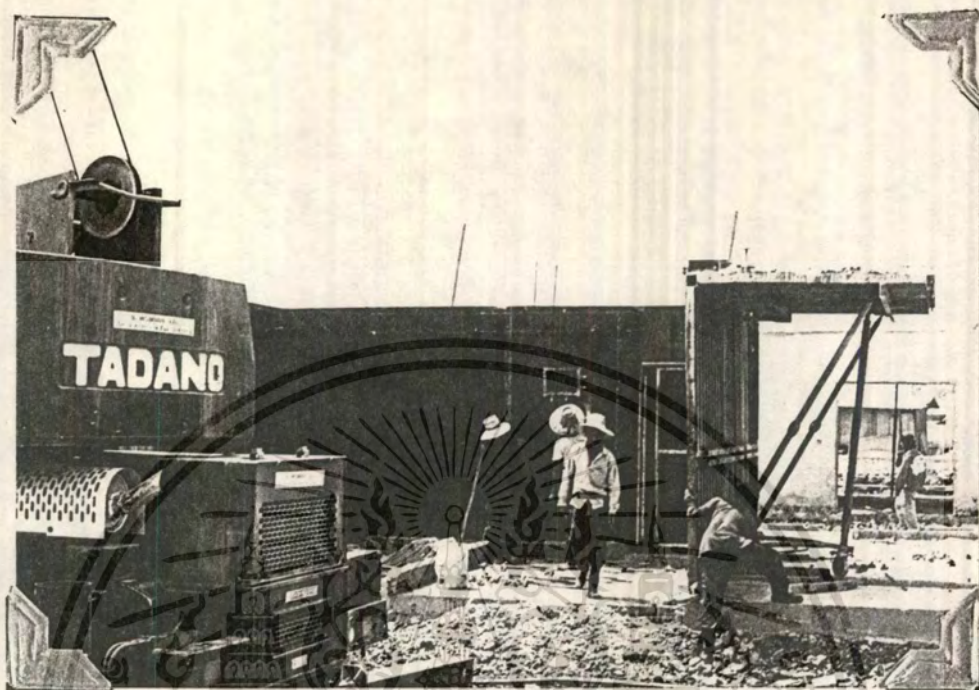


รูปที่ 1 แสดงการวางงานระบบในส่วนฐานราก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ประโยชน์ในการค้า  
รูปที่ 2 แสดงการก่อสร้างในส่วนฐานรากแล้วเสร็จ  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





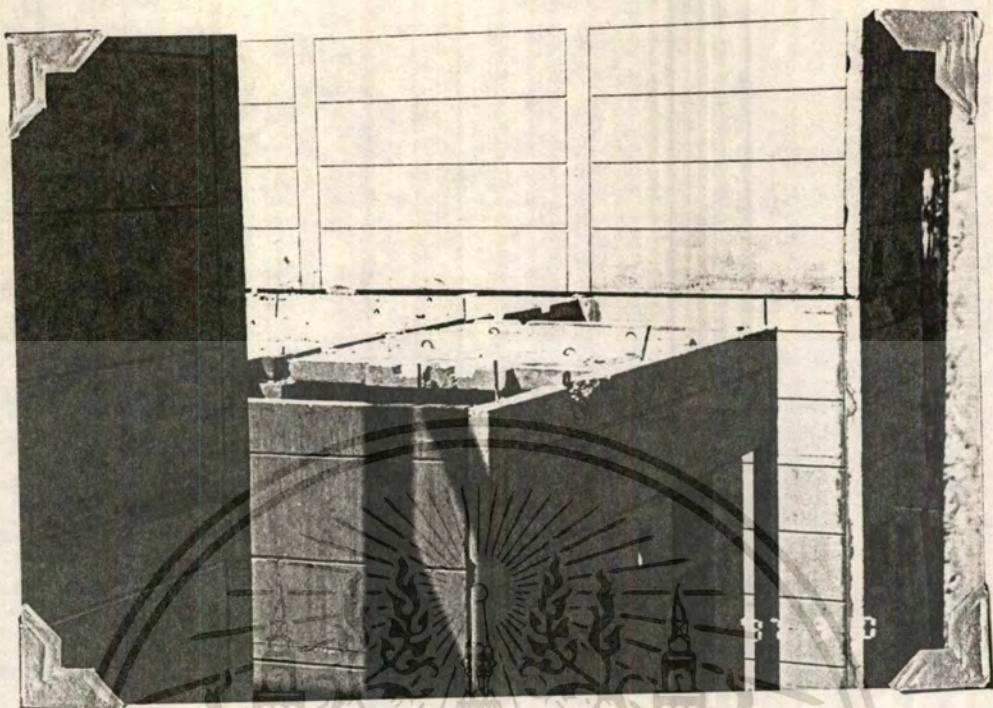
รูปที่ 3 แสดงการประกอบติดตั้งแบบเหล็ก



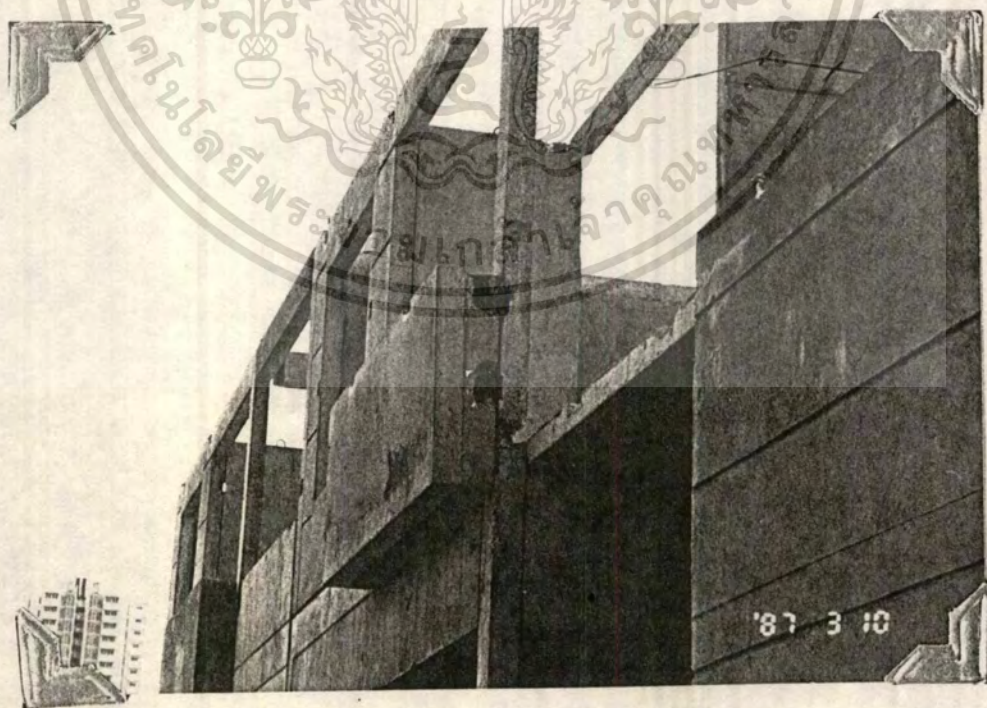
รูปที่ 4 แสดงขั้นตอนการยกแบบมาประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาเพื่อประโยชน์อื่นใดของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





รูปที่ 7 แสดงการประกอบชิ้นส่วนพื้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้เผยแพร่ไปยังผู้อื่นโดยไม่ได้รับอนุญาตจากศูนย์ฯ ซึ่งเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 8 แสดงการประกอบติดตั้งผนังขึ้น





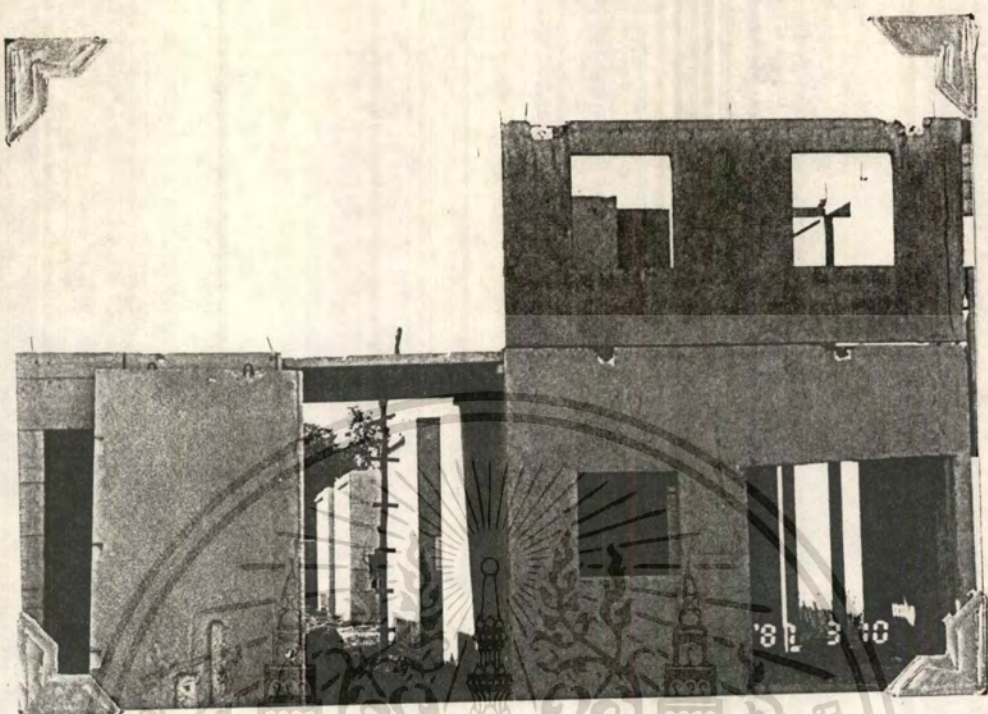
รูปที่ 9 แสดงการประกอบระหว่างพื้นและผนัง



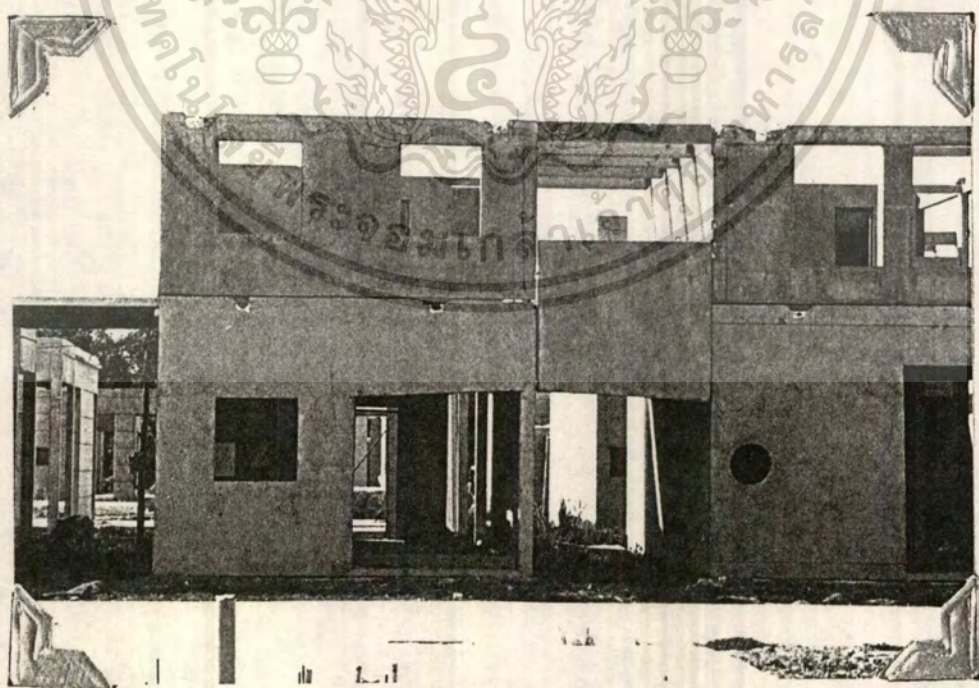
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกหรือเผยแพร่ข้อมูลใดๆ ที่ปรากฏในเอกสารนี้โดยไม่ได้รับอนุญาต

รูปที่ 10 แสดงการประกอบอาคารชั้นสองแล้วเสร็จ





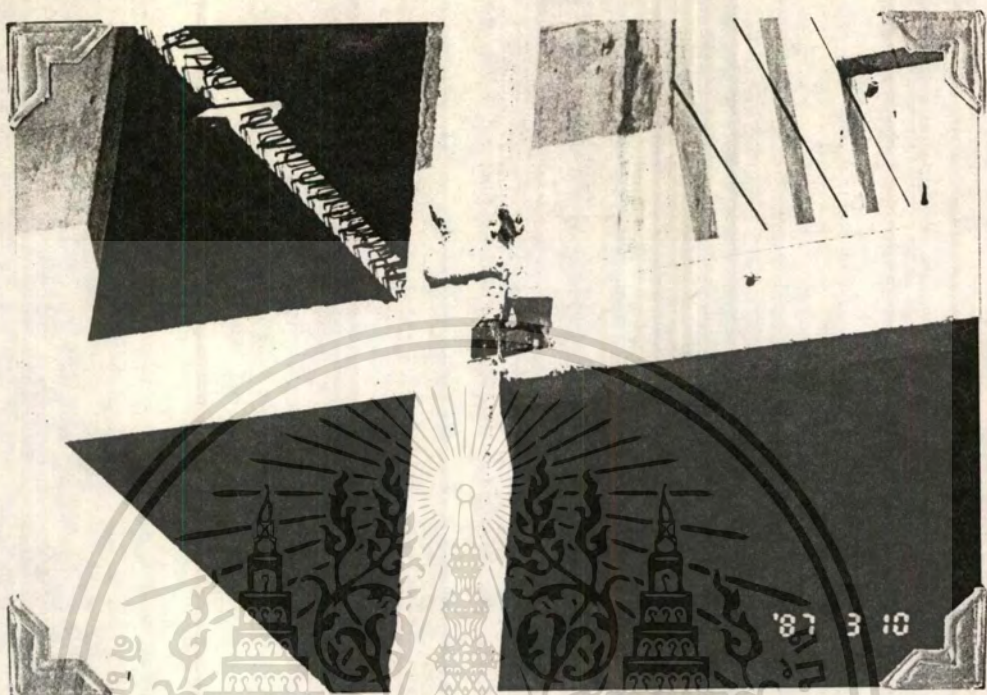
รูปที่ 11 แสดงการประติตตั้งขึ้นส่วนเชื่อมต่อกับอาคารอื่น



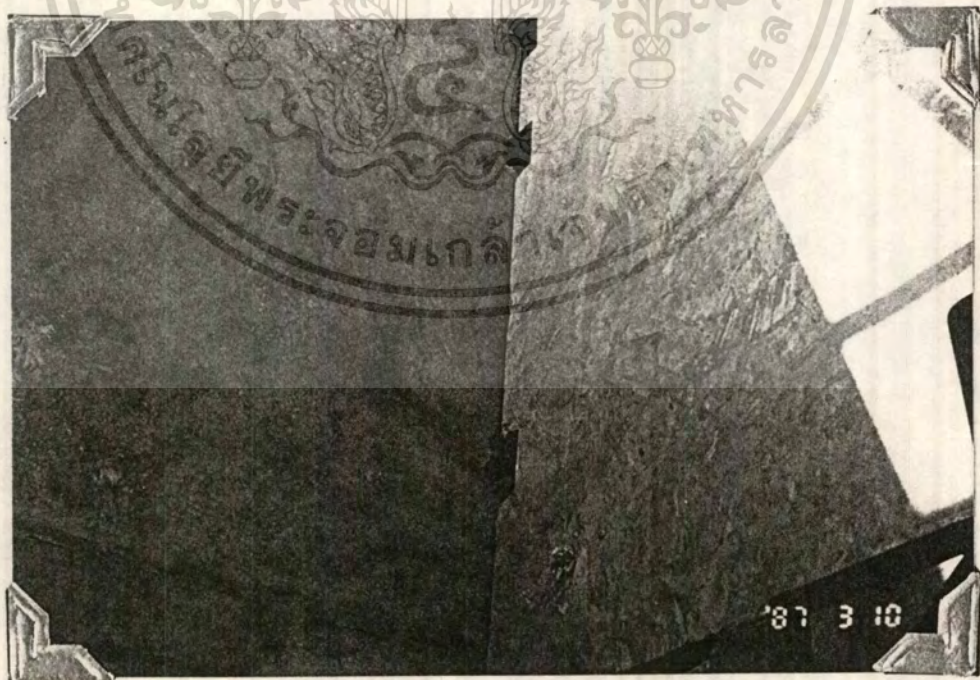
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ทำซ้ำหรือดัดแปลงเนื้อหาและข้อมูลของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 12 แสดงรอยต่อระหว่างคานกับเสา



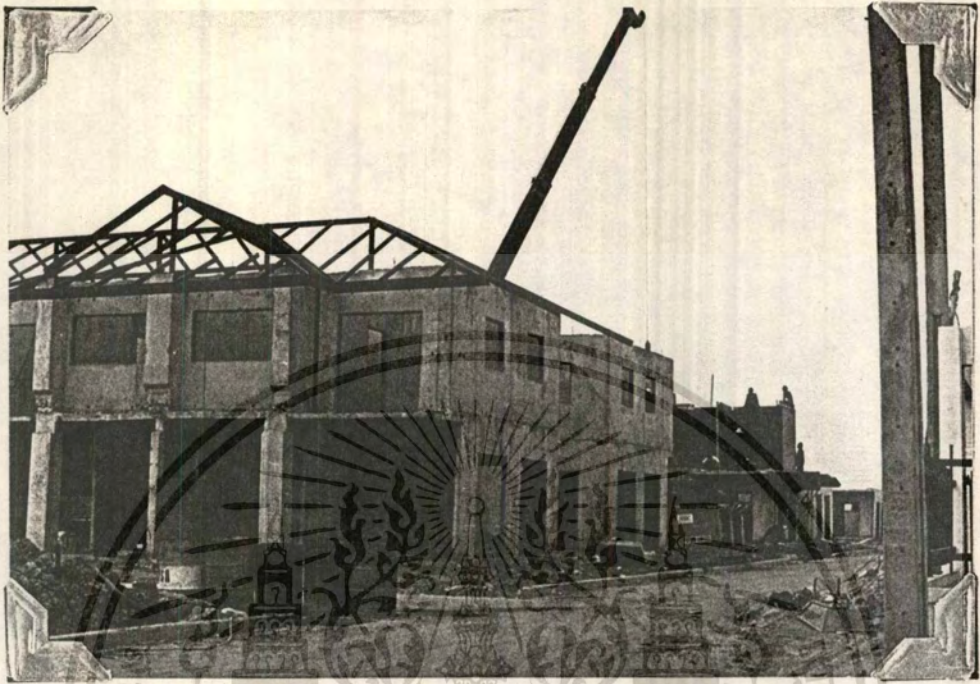


รูปที่ 13 แสดงรอยต่อระหว่างผนัง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งรูปที่ 14 แสดงช่องเทปูนเชื่อมของ DOWEL BARS ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





รูปที่ 15 แสดงการก่อสร้างโครงหลังคา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้