การศึกษาการออกแบบนั่งร้านและแบบหล่อ

THE STUDY DESIGN OF SCAFFOLDING AND FORMWORK

จักรพันธุ์ อุทุมพร
สมัชญ์ ศรีฉัตรสุวรรณ
ธันยาภัทร์ พงศ์ดิษยนนท์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2557

การศึกษาการออกแบบนั่งร้านและแบบหล่อ

THE STUDY DESIGN OF SCAFFOLDING AND FORMWORK

จักรพันธุ์ อุทุมพร

สมัชญ์ ศรีฉัตรสุวรรณ

ธันยาภัทร์ พงศ์ดิษยนนท์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THE STUDY DESIGN OF SCAFFOLDING AND FORMWORK

CHAKKAPAN UTUMPORN

SAMART SRICHATSUWAN

THANYAPAT PHONGDISSAYANON

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF CIVIL ENGINEERING

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING , FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2014

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองโครงงานพิเศษ

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การศึกษาการออกแบบนั่งร้านและแบบหล่อ			
	THE STUDY DESIGN OF SCAFFOLDING AND FORMWORK			
นักศึกษา	นายจักรพันธุ์	อุทุมพร	รหัสประจำตัว	54010183
	นายสมัชญ์	ศรีฉัตรสุวรรณ	รหัสประจำตัว	54011322
	นางสาวธันยาภัทร์	พงศ์ดิษยนนท์	รหัสประจำตัว	54011540
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต			
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา			
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.สมเกียรติ ขวัญพฤกษ์			

คณะกรรมการสอบหัวข้อโครงงานพิเศษ	ลายมือชื่อ
ผศ.สมเกียรติ ขวัญพฤกษ์	
รศ.สุวัฒน์ ถิรเศรษฐ์	
ดร.อาทิตย์ เพชรศศิธร	
ดร.อัฏฐวิทย์ สุจริตพงศ์	

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว

(ผศ.ดร.นันทวัฒน์ จรัสโรจน์ธนเดช)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

วันที่ 25 เดือน พ.ค. พ.ศ. 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาการออกแบบนั่งร้านและแบบหล่อ

นายจักรพันธุ์	อุทุมพร	54010183
นายสมัชญ์	ศรีฉัตรสุวรรณ	54011322
นางสาวธันยาภัทร์	พงศ์ดิษยนนท์	54011540
ผศ.สมเกียรติ	ขวัญพฤกษ์	อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2557

บทคัดย่อ

ในการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กทุกชนิด จำเป็นต้องมีการออกแบบนั่งร้านและแบบหล่อซึ่งมีความสำคัญไม่น้อยไปกว่าตัวโครงสร้างหลัก จะเห็นได้จากเหตุการณ์อาคารถล่มต่างๆ ที่เกิดขึ้นในอดีตจนถึงปัจจุบัน ซึ่งสาเหตุส่วนหนึ่งก็มาจากการออกแบบนั่งร้านและแบบหล่อที่ไม่มีประสิทธิภาพ รวมถึงไม่คำนึงถึงปัจจัยที่จะส่งผลต่อความไม่ปลอดภัยในการออกแบบ

ซึ่งการศึกษาการออกแบบจะใช้การศึกษาจากกรณีศึกษาจริง และยกตัวอย่างการออกแบบออกมาเป็นรายการคำนวณ โดยใช้ข้อกำหนด ACI-347 เป็นมาตรฐานหลักในการออกแบบ ในการออกแบบจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือการออกแบบแบบหล่อค้ำยันทางด้านข้าง และการออกแบบนั่งร้านค้ำยันทางดิ่ง และนำผลที่ได้จากการออกแบบไปนำเสนอแนวทางการออกแบบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The Study Design Of Scaffolding And Formwork

Mr.Chakkapan Utumporn 54010183

Mr.Samart Srichatsuwan 54011322

Ms.Thanyapat Phongdissayanon 54011540

Asst..Prof.Somkiat Khwanpruk Advisor

Academic Year 2014

ABSTRACT

In designing every type of reinforced concrete, it is necessary to design scaffold and formwork, which are as important as the main structure. Building collapses in the past up to present are partly because scaffold and formwork designs are ineffective and the factors that have effects on safety are not considered.

In the study of design, a real case study is used and an example of design with calculation is provided. The provisions in ACI-347 are used as reference of standard in designing. The design is divided into 2 categories including single-sided formwork design and vertical formwork design. Then, the results of design are proposed as a guideline for more effective designing.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ทางผู้จัดทำได้จัดทำขึ้นด้วยความตั้งใจอย่างยิ่ง เพื่อให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สามารถเผยแพร่และเป็นประโยชน์แก่ผู้อื่น จนบัดนี้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และความสำเร็จนี้คงเกิดขึ้นไม่ได้ หากขาดความช่วยเหลือ และคำแนะนำต่างๆจาก อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ อาจารย์ท่านต่างๆ รวมถึงนักวิชาการและบริษัทต่างๆ

ทางผู้จัดทำจึงขอขอบพระคุณ อาจารย์สมเกียรติ ขวัญพฤกษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ผู้ซึ่งให้ความรู้และคำแนะนำอันเป็นประโยชน์ รวมถึงอาจารย์ท่านต่างๆ ที่สละเวลาอันมีค่าเพื่อตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องของปริญญานิพนธ์เล่มนี้

ขอขอบพระคุณนักวิชาการทุกๆท่าน บริษัทต่างๆ ที่ให้ความช่วยเหลือข้อเสนอแนะต่างๆ โดยไม่ต้องการผลตอบแทนใดๆจากทางคณะผู้จัดทำ

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบุคคลที่สำคัญที่สุด ที่ทำให้คณะผู้จัดทำมีวันนี้ก็คือ บิดามารดา อันเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ที่ให้โอกาสทางการศึกษาอย่างเต็มที่ เอาใจใส่ดูแลในทุกๆด้าน

จักรพันธุ์ อุทุมพร
สมัชญ์ ศรีฉัตรสุวรรณ
ธันยาภัทร์ พงศ์ดิษยนนท์
คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II
กิตติกรรมประกาศ.....III
สารบัญ.....IV
สารบัญตาราง.....VII
สารบัญภาพ.....IX

บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 กล่าวนำ.....1
1.2 ความเป็นมาและความสำคัญ.....1
1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....3
1.4 ขอบเขตของการศึกษา.....3
1.5 ขั้นตอนการศึกษา.....3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....5

บทที่ 2 วรรณกรรมปริทัศน์.....6
2.1 กล่าวนำ.....6
2.2 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อแรงดันคอนกรีตด้านข้าง.....7
2.3 อุปกรณ์ประกอบแบบหล่อคอนกรีต.....20
2.4 อุปกรณ์นั่งร้าน.....42
2.5 แรงดันด้านข้างเพื่อการออกแบบ.....48
2.6 การออกแบบนั่งร้านและแบบหล่อคอนกรีต.....52

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน.....60
3.1 กล่าวนำ.....60
3.2 การออกแบบค้ำยันและแบบหล่อที่รับแรงทางด้านข้าง.....60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

3.3 การออกแบบค้ำยันที่รับแรงทางแนวดิ่ง.....64

บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน.....73

4.1 กล่าวนำ.....73

4.2 รายการคำนวณแบบหล่อค้ำยันทางด้านข้าง.....73

4.3 รายการคำนวณค้ำยันในแนวดิ่ง.....83

บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงาน.....97

5.1 กล่าวนำ.....97

5.2 แบบหล่อค้ำยันทางด้านข้าง.....97

5.3 นั่งร้านและค้ำยันทางแนวดิ่ง.....98

5.4 สรุปปัจจัยที่มีผลต่อการออกแบบนั่งร้านและแบบหล่อให้มีประสิทธิภาพ.....103

เอกสารอ้างอิง.....105

บรรณนานุกรม.....106

ภาคผนวก ก.....107

ตารางคุณสมบัติของไม้และเหล็กที่ใช้ในการคำนวณ.....108

ภาคผนวก ข.....117

กฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการ
ด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงาน
เกี่ยวกับงานก่อสร้างพ.ศ. 2551.....118

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

ภาคผนวก ค.....122

มาตรฐานที่ใช้ในการออกแบบ(ACI-347).....122

ภาคผนวก ง 165

บรรยากาศภายในไซด์งาน.....165

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	ความสูงและความดันสูงสุดที่วัดได้จากการกระทุ้งด้วยมือ (การทดลองของ Teller)	16
2.2ก	ขนาดของตะปูแบบต่างๆ	23
2.2ข	ขนาดตะปูคอนกรีต	23
2.3	แรงถอนของตะปูที่ยอมให้	25
2.4	แรงต่อด้านข้างของตะปูที่ยอมให้	26
2.5	ขนาดของตะปูเกลียว	28
2.6	ขนาดของสลักเกลียว	30
2.7	กำลังดึงทดสอบของเหล็กยึดรั้ง	32
2.8	สัมประสิทธิ์การปรับแก้เนื่องจากหน่วยน้ำหนักคอนกรีต	49
2.9	ค่าสัมประสิทธิ์การปรับแก้เนื่องจากชนิดหรือส่วนผสมของซีเมนต์	49
2.10	ค่าปรับ k ตามความข้นเหลวและอุณหภูมิของคอนกรีต	51
2.11	แรงลมสำหรับการออกแบบอาคาร	52
2.12	ค่าตัวคูณประกอบความยาวประสิทธิผล	56
5.1	ระยะจุดรองรับต่างๆที่คำนวณได้	98
5.2	ระยะของการติดตั้งส่วนประกอบนั่งร้าน	99
ผ.ก.1	คุณสมบัติหน้าตัดของไม้อัดที่ใช้ภายใน	108
ผ.ก.2	คุณสมบัติหน้าตัดของไม้อัดที่ใช้ภายนอก	109
ผ.ก.3	หน่วยแรงต่างๆที่ยอมให้ของไม้อัด	110
ผ.ก.4	คุณสมบัติของประสิทธิภาพของไม้อัดสาหรับโครงสร้างทั่วไป	111
ผ.ก.5	คุณสมบัติของประสิทธิภาพของไม้อัดสาหรับโครงสร้างที่มีน้าทะเล	112
ผ.ก.6	คุณสมบัติของเหล็กกล่องสาหรับงานโครงสร้างทั่วไป	113
ผ.ก.7	คุณสมบัติของท่อเหล็กกล้าคาร์บอนสาหรับงานโครงสร้างทั่วไป	114
ผ.ค.1	Unit weight coefficient Cw	135

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
ผ.ค.2	Chemistry coefficient Cc	136
ผ.ค.3	Minimum safety factors of formwork accessories	138
ผ.ค.4	Permitted abrupt or gradual irregularities in formed surfaces as measured within a 5 ft. (1.5 m) length with a straightedge	150
ผ.ค.5	Form materials with data sources for design and specification	163

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูป		หน้า
2.1	ความดันของคอนกรีตเปรียบเทียบระหว่างความดันของของเหลว กับความดันจริง	7
2.2	ผลของส่วนผสมของคอนกรีตที่มีต่อความดัน	8
2.3	อุณหภูมิกับความดันของคอนกรีต	9
2.4(ก)	ความดันของคอนกรีตเมื่อมีอัตราการเทที่แตกต่างกัน (อุณหภูมิของคอนกรีตเท่ากับ 21 °C)	12
2.4(ข)	ความดันของคอนกรีตเมื่อมีอัตราการเทที่แตกต่างกัน (อุณหภูมิของคอนกรีตเท่ากับ 10 °C)	12
2.5	ความดันของคอนกรีตจากผลการจี้ของเครื่องจี้	17
2.6	ลักษณะรูปร่างของตะปูแบบต่างๆ	22
2.7	สลักเกลียวสำหรับงานแบบหล่อคอนกรีต	29
2.8	เหล็กยึดรั้ง	31
2.9	เหล็กยึดรั้งส่วนที่ฝังในเนื้อคอนกรีต	32
2.10	การใช้สมอยึด	33
2.11	ตัวแขวนแบบ	34
2.12	ตัวอย่างเหล็กรัดแบบที่ใช้กันทั่วๆไป	35
2.13	ค้ำยันไม้	37
2.14	ลักษณะค้ำยันเหล็ก	38
2.15	ลักษณะการวิบัติของนั่งร้าน	38
2.16	ลูกปูนหมอนหนุนเหล็กบน	40
2.17	หมอนหนุนเหล็กเสริมเหล็ก	41
2.18	หมอนหนุนเหล็กเสริมพลาสติก	41
2.19	อุปกรณ์นั่งร้าน	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูป		หน้า
2.20	ขาตั้งนั่งร้าน	43
2.21	ขาตั้งเสริมนั่งร้าน1	43
2.22	กากบาทนั่งร้าน	44
2.23	ขาตั้งเสริมนั่งร้าน2	44
2.24	ฝาครอบนั่งร้าน	45
2.25	ข้อต่อนั่งร้าน	45
2.26	อุปกรณ์เสริมนั่งร้าน1	46
2.27	อุปกรณ์เสริมนั่งร้าน2	46
2.28	อุปกรณ์เสริมนั่งร้าน3	47
2.29	อุปกรณ์เสริมนั่งร้าน4	47
2.30	ตัวอย่างหน่วยแรงดึง	53
2.31	ตัวอย่างหน่วยแรงอัด	54
2.32	ตัวอย่างหน่วยแรงดัด	54
2.33	ตัวอย่างหน่วยแรงเฉือน	54
2.34	หน่วยแรงอัดที่ยอมให้	55
2.35	การโก่งตัวสูงสุด	57
3.1	รูปฐานรากจากกรณีศึกษาจริง (case study)	60
3.2	ส่วนประกอบแบบหล่อคอนกรีตฐานราก	61
3.3	การค้ำยันแบบหล่อฐานราก	61
3.4	อุปกรณ์ที่ปลายตัวค้ำยัน	62
3.5	การค้ำยันแบบหล่อฐานราก โดยใช้เสาเข็มช่วยเป็นตัวค้ำยัน	62
3.6	เหล็ก form tie	63
3.7	การบ่มคอนกรีตหลังจากการเทคอนกรีต	63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูป		หน้า
3.8	สกรูที่ใช้ยึดกับผนังคอนกรีต	65
3.9	อุปกรณ์ Arm lock	65
3.10	การต่อ cross bracing เมื่อนั่งร้านสูงมากๆ	66
3.11	อุปกรณ์ jack base	66
3.12	อุปกรณ์ jack base ที่ค้ำยันกับผนัง	66
3.13	แผ่นไม้แบบที่ใช้ปูบนนั่งร้าน	67
3.14	อุปกรณ์แคลมป์ยึดนั่งร้าน	67
3.15	ราวกันตกสำหรับให้คนงานขึ้นไปทำงาน	68
3.16	การเริ่มการประกอบนั่งร้าน	68
3.17	การประกอบนั่งร้าน	69
3.18	การติดตั้งนั่งร้าน เมื่อแล้วเสร็จ	69
3.19	การเก็บวัสดุอุปกรณ์นั่งร้าน	70
3.20	เหล็กป๊อปค้ำยัน	72
3.21	การค้ำยันของเหล็กป๊อปค้ำยัน	72
4.1	ความดันของคอนกรีตที่เวลาต่างๆ ที่อัตราการเท 0.5m/hr	73
4.2	ใบแสดงสเป็กคอนกรีตที่ใช้ในการคำนวณ	75
4.3	ส่วนผสมคอนกรีตที่ใช้ในการคำนวณ	76
4.4	ระยะต่างๆที่ต้องใช้ในการออกแบบแบบหล่อ	79
4.5	การค้ำยันแบบหล่อที่ตำแหน่งต่างๆ	79
4.6	การค้ำยันแบบหล่อที่ระดับความสูง 1 เมตรจากพื้นดิน	80
4.7	การค้ำยันแบบหล่อที่ระดับความสูง 2 เมตรจากพื้นดิน	81
4.8	การค้ำยันแบบหล่อที่ระดับความสูง 3 เมตรจากพื้นดิน	82
4.9	ใบเสนอส่วนผสมของคอนกรีต	83
4.10	ส่วนผสมของคอนกรีตที่กำลังรับแรงอัด 280 ksc	84
4.11	ไม้อัดที่ใช้ในการคำนวณ	85

เอกสารนี้เป็นการที่ควรใช้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูป		หน้า
4.12	น้ำหนักแผ่กระจายลงบนไม้อัด	85
4.13	ระยะห่างของตง	87
4.14	ระยะห่างระหว่างคานรับตง	89
4.15	ระยะห่างระหว่างเสาตู้รับน้ำหนัก	90
4.16	การทดสอบการรับน้ำหนักของนั่งร้าน (บริษัท ฟิวเจอร์ซายน์ จำกัด)	95
5.1	แบบหล่อค้ำยันทางด้านข้าง	97
5.2	ระยะของการติดตั้งนั่งร้านในแนวดิ่ง	98
5.3	การค้ำยันเมื่อเทพื้นชั้น 2	99
5.4	การค้ำยันเมื่อเทพื้นชั้น 3	100
5.5	การค้ำยันเมื่อเทพื้นชั้น 4	100
5.6	การค้ำยันเมื่อเทพื้นชั้น 5	101
5.7	การค้ำยันเมื่อเทพื้นชั้น 6	101
5.8	การค้ำยันเมื่อเทพื้นชั้น 7	102
5.9	การค้ำยันเมื่อเทพื้นชั้น 8	102
5.10	การค้ำยันเมื่อเทพื้นชั้นดาดฟ้า	103
ผง1	หัวเข็มฐานรากและเมื่อเท lean คอนกรีตเสร็จ	165
ผง2	ตัวฐานรากเมื่อพร้อมเทคอนกรีต	165
ผง3	บริเวณโดยรอบตัวฐานราก	166
ผง4	บริเวณตาแหน่งฐานราก	166
ผง5	บริเวณโดยรอบเขตการก่อสร้าง	167
ผง6	บริเวณที่จะก่อสร้างอาคารโรงไฟฟ้า	167
ผง7	การเทคอนกรีตลงในแบบพื้น	168
ผง8	การค้ำยันในแนวดิ่งเพื่อรองรับพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก	168

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1. กล่าวนำ

ในปัจจุบันมีอุบัติเหตุที่เกี่ยวข้องกับนั่งร้านและแบบหล่อเกิดขึ้นบ่อยครั้งและในหลายๆครั้งยังสร้างความสูญเสียต่อชีวิตและทรัพย์สินแก่ประชาชน หน่วยงานองค์กรเป็นอย่างมาก จึงมีการกำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับการก่อสร้าง ออกมาในรูปกฎกระทรวง พ.ศ.2551 ซึ่งการจัดทำนั่งร้านและแบบหล่อนั้นก็ต้องอาศัยการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัยที่ดี โดยในกฎกระทรวงได้มีการกำหนดให้นายจ้าง มีการคำนวณออกแบบและควบคุมการใช้งานของนั่งร้านและแบบหล่อ โดยมีวิศวกรรับรอง ซึ่งจากกฎกระทรวงดังกล่าว จึงมีการศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการออกแบบนั่งร้านและแบบหล่อ กฎหมายข้อกำหนดของมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง มาวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลต่อการออกแบบนั่งร้านและแบบหล่อ ซึ่งจะช่วยให้ผู้ควบคุมงานสามารถออกแบบนั่งร้านและแบบหล่อให้มีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น และนำไปใช้เป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาและพัฒนามาตรฐานนั่งร้านและแบบหล่อ ซึ่งการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการออกแบบนั่งร้านและแบบหล่อ ให้มีประสิทธิภาพนั้น จำเป็นต้องอาศัยการศึกษา กรณีศึกษาจากหน้างานจริง รวมถึงสอบถามจากผู้ที่มีประสบการณ์ ผู้ควบคุมงาน ประกอบกับการศึกษาจากหน้างาน ตำรา เอกสารงานวิจัย และเว็บไซต์

1.2. ความเป็นมาและความสำคัญ

ในการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กทุกชนิด จำเป็นต้องมีการออกแบบและก่อสร้างนั่งร้านและแบบหล่อ ของคอนกรีตเสริมเหล็ก ซึ่งมีความสำคัญไม่น้อยไปกว่าตัวโครงสร้างของสิ่งปลูกสร้าง จะเห็นได้จากเหตุการณ์อาคารถล่มต่างๆที่เกิดขึ้นในอดีตจนถึงปัจจุบันอันเนื่องมาจากแรงดันคอนกรีตที่เกิดขึ้น ซึ่งจะยกตัวอย่างเหตุการณ์มาพอสังเขป ดังนี้

นั่งร้านอาคารที่กำลังก่อสร้าง โรงภาพยนตร์ขนาดใหญ่เอสพลานาด ซีนีเพล็กซ์ รัตนาธิเบศร์ ถล่ม เบื้องต้นคาดว่าสาเหตุการถล่มดังกล่าวน่าจะมาจาก " คานรับน้ำหนักพื้นปูนไม่สามารถรับน้ำหนักไหว จึงถล่มลงมา และนั่งร้านโครงเหล็กที่เป็นตัวรับพื้นคอนกรีตชั้นดังกล่าวตรวจสอบ แล้วพบว่าไม่แข็งแรงทำให้รับน้ำหนักพื้นคอนกรีตไม่ไหว จนเกิดการทรุดตัวลงมา "[1]

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลงเนื้อหา หรือนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาคารใหม่ของคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ขณะกำลังก่อสร้างเกิดทรุดตัวและถล่มลงมา " ซึ่งสาเหตุเกิดจากเหล็กที่ใช้ค้ำยันเป็นนั่งร้านบางอันเกิดคดงอ คนงานจึงเข้าไปปรับปรุงเสริมคานให้หนาขึ้น ซึ่งเป็นจังหวะเดียวกันกับที่คนงานอีกกลุ่มกำลังเทปูนลงมาจากด้านบน ทำให้เหล็กนั่งร้านที่นำมาเสริมแบกรับน้ำหนักไม่ไหว เกิดการพังลงมาดังกล่าว "[2]

อาคารยูเพลส(U-place) ที่อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี เกิดการถล่ม ซึ่งสาเหตุที่ทำให้อาคารพังถล่มลงมาซึ่งมาจาก 3 ส่วนคือ

" 1.ชั้นบนของอาคารเพิ่งมีการเทปูนจึงทำให้น้ำหนักมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น

2.ตัวเสาริมซ้ายของอาคารสร้างไม่ได้มาตรฐาน และไม่สามารถรับแรงเฉือนเจาะ (punching shear)

3.ในแต่ละชั้นไม่มีการสร้างนั่งร้านเพียงพอต่อการรองรับน้ำหนักพื้นของอาคาร ทำให้คานรับน้ำหนักไม่ไหว " [3]

จะเห็นได้ว่าจากเหตุการณ์ที่กล่าวมาทั้งหมดนั้น ซึ่งสาเหตุส่วนหนึ่งมาจาก การออกแบบนั่งร้านและแบบหล่อที่ไม่มีประสิทธิภาพ รวมถึงไม่คำนึงถึงปัจจัยที่จะส่งผลต่อความไม่ปลอดภัยในการออกแบบ การทำนั่งร้านและแบบหล่อนั้น มักจะตกอยู่ในมือของช่างที่ขาดความรู้ความสามารถทางด้านเทคนิคและการออกแบบ ซึ่งในกรณีที่ขนาดโครงสร้างมีขนาดไม่ใหญ่มากและไม่ซับซ้อน นั่งร้านและแบบหล่อ ก็อาจไม่เกิดปัญหา แต่ในกรณีที่โครงสร้างมีขนาดใหญ่และมีความซับซ้อนมาก ก็อาจก่อให้เกิดปัญหาต่างๆ เช่น นั่งร้านและค้ำยันไม่สามารถรับน้ำหนักได้ หรืออาจถึงขั้นเกิดการวิบัติของนั่งร้านและแบบหล่อ ซึ่งมีผลต่อตัวโครงสร้างของงานได้

ดังนั้น ในการออกแบบและก่อสร้างนั่งร้านและแบบหล่อ จึงต้องมีการศึกษาหาปัจจัยที่มีผลต่อการออกแบบนั่งร้านและแบบหล่อ เพื่อลดความเสี่ยงต่อการวิบัติของนั่งร้านและแบบหล่อ และการออกแบบและก่อสร้างที่ดีนั้น จะให้ความประณีต ความสวยงาม และความแข็งแรงคงทนต่อตัวโครงสร้าง อีกทั้งยังสามารถกำหนดต้นทุนในการก่อสร้างได้อีกด้วย

---

[1]คมชัดลึก. 13 พฤษภาคม 2552. **เผยนาทีระทึกนั่งร้านเอสพลานาร์ดถล่ม**. [Online].
Available : http://www. http://news.sanook.com/739991/

[2]ผู้จัดการออนไลน์. 16 สิงหาคม 2553. **ตึกคณะศึกษาฯ ม.บูรพาถล่มขณะเร่งก่อสร้างคนงานดับ** [Online].
Available : http://www.manager.co.th/Local/ViewNews.aspx?NewsID=953000011

[3]เอนก ศิริพานิชกร. 20 กันยายน 2557. **เผยสาเหตุอาคารยูเพลส คลอง 6 พังถล่ม**. [Online].
Available : http://www. http://news.sanook.com/1648061/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาการออกแบบนั่งร้านและแบบหล่อ จากกรณีศึกษา และจัดทำรายการคำนวณนั่งร้านและแบบหล่อ
2. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการออกแบบนั่งร้านและแบบหล่อจากกรณีศึกษา และนำเสนอแนวทางการออกแบบให้มีประสิทธิภาพ

1.4. ขอบเขตของการศึกษา

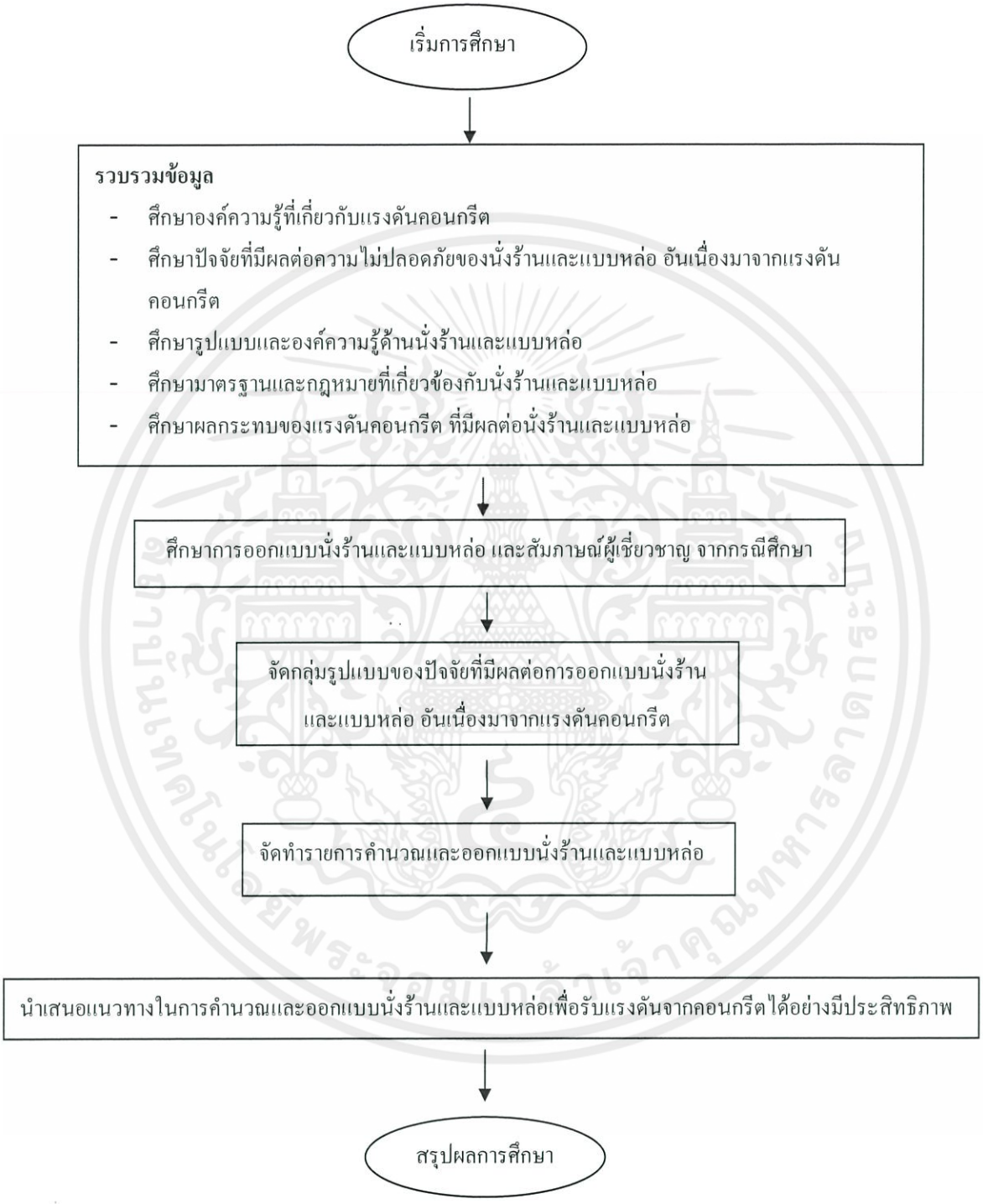
1. การศึกษาการออกแบบและจัดทำรายการคำนวณ โดยศึกษาจากโครงการอาคารที่อยู่อาศัย 8 ชั้น บริเวณรัตนาธิเบศร์และแบบหล่อฐานรากของโครงการโรงไฟฟ้าภายในบริเวณนิคมอุตสาหกรรมบางปู
2. การศึกษาการออกแบบ ใช้มาตรฐานสากลในการออกแบบ
3. การศึกษาการออกแบบ คำนึงถึงแรงเฉพาะแรงดันคอนกรีตและน้ำหนักเนื่องจากการทำงาน โดยไม่คำนึงถึงปัจจัยภายนอก เช่น แรงแผ่นดินไหว ความประมาทจากการทำงาน

1.5. ขั้นตอนการศึกษา

1. รวบรวมข้อมูล
   1.1. ศึกษาองค์ความรู้เกี่ยวกับแรงดันคอนกรีต
   1.2. ศึกษาปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหาความไม่ปลอดภัยต่อนั่งร้านและแบบหล่อ อันเนื่องมาจากแรงดัน คอนกรีต
   1.3. ศึกษารูปแบบและองค์ความรู้ด้านนั่งร้าน แบบหล่อ
   1.4. ศึกษามาตรฐานและกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับนั่งร้านและแบบหล่อ
   1.5. ศึกษาผลกระทบของแรงดันคอนกรีต ที่มีผลต่อนั่งร้านและแบบหล่อ
2. ศึกษาการออกแบบนั่งร้านและแบบหล่อจากกรณีศึกษาและสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ
3. จัดกลุ่มรูปแบบของปัจจัยที่มีผลต่อการออกแบบนั่งร้านและแบบหล่อ อันเนื่องมาจากแรงดันคอนกรีต
4. จัดทำรายการคำนวณและออกแบบนั่งร้านและแบบหล่อ
5. นำเสนอแนวทางในการคำนวณและออกแบบนั่งร้านและแบบหล่อเพื่อรับแรงดันจากคอนกรีตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการศึกษา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหาปัจจัยที่มีผลต่อความไม่ปลอดภัยของนั่งร้านและแบบหล่อ อันเนื่องมาจากแรงดันคอนกรีตได้
2. เพื่อให้กลุ่มคนที่ทำงานด้านการออกแบบและก่อสร้าง ได้เห็นถึงความสำคัญของการออกแบบที่ไม่ถูกวิธี ที่ส่งผลกระทบต่อความไม่ปลอดภัยต่อนั่งร้านและแบบหล่ออันเนื่องมาจากแรงดันคอนกรีต และนำไปพัฒนาการออกแบบและก่อสร้างนั่งร้านและแบบหล่อ ให้ดีต่อไป
3. สามารถนำวิธีการคำนวณและออกแบบนั่งร้านและแบบหล่อ มาเป็นแนวทางให้ผู้อื่นได้ศึกษาเพื่อใช้เป็นความรู้และเป็นประโยชน์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่2
วรรณกรรมปริทัศน์

2.1. กล่าวนำ

แรงดันของคอนกรีตเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อความไม่ปลอดภัยของนั่งร้านแบบหล่อ ซึ่งจากผลการศึกษาทดลองจากสถาบันต่างๆ อาจกล่าวได้ว่า ผลกระทบต่อแรงดันของคอนกรีตด้านข้างจะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น ส่วนผสมของคอนกรีต อุณหภูมิของคอนกรีต และการก่อตัวของคอนกรีต เป็นต้น

การออกแบบแบบหล่อ นั่งร้าน และค้ำยัน เพื่อรับน้ำหนักและแรงดันเนื่องจากคอนกรีตนั้น จำเป็นต้องมีการคำนึงถึงการออกแบบ ความปลอดภัย แรงที่ถ่ายลงแบบหล่อ โดยแรงที่ถ่ายลงแบบหล่อและค้ำยัน ในแนวดิ่งนั้นไม่ได้ขึ้นอยู่เฉพาะกับน้ำหนักของคอนกรีตหรือแรงที่กระทำด้านข้างเพียงอย่างเดียว อาจจะต้องพิจารณาถึงน้ำหนักของแบบหล่อคอนกรีตเอง เครื่องมือที่ใช้ในการเทคอนกรีต แรงกระแทกจากการปล่อยคอนกรีตออกจากเครื่องเท และน้ำหนักของคอนกรีตก่อนการเกลี่ยและการแต่งผิว ซึ่งปัจจัยต่างๆที่มีผลกระทบต่อแรงดันด้านข้างของคอนกรีต

อีกสิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบแบบหล่อ นั่งร้าน และค้ำยัน คือ กฎหมายด้านความปลอดภัยของนั่งร้านและค้ำยัน เช่น “ค้ำยันที่ทำด้วยเหล็ก ต้องสามารถรับน้ำหนักบรรทุกใช้งานได้ไม่น้อยกว่าสองเท่าของน้ำหนักบรรทุกใช้งาน ในกรณีค้ำยันทำด้วยวัสดุอื่นที่ไม่ใช่เหล็ก ต้องสามารถรับน้ำหนักบรรทุกใช้งานได้ไม่น้อยกว่าสี่เท่าของน้ำหนักบรรทุกใช้งาน และต้องมีเอกสารแสดงกำลังวัสดุประกอบด้วย” เป็นต้น (อ้างอิงจาก กฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับงานก่อสร้าง พ.ศ. ๒๕๕๑)

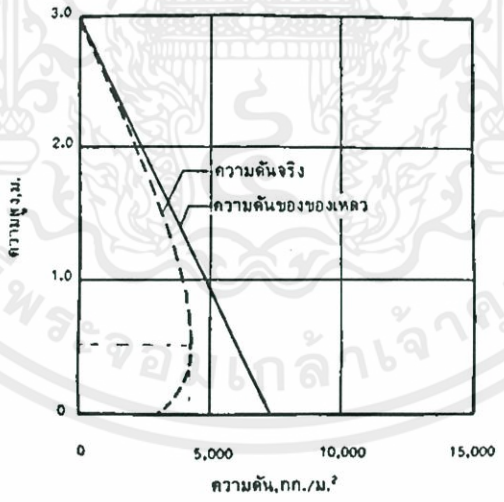
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2. ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อแรงดันคอนกรีตด้านข้าง

2.2.1. ส่วนผสมของคอนกรีต

ส่วนผสมของคอนกรีตจะมีผลต่อแรงดันที่กระทำต่อแบบหล่อคอนกรีตได้ชัดเจน ในรูปของความข้นเหลวของคอนกรีต คือ ถ้าคอนกรีตที่แห้งย่อมมีแรงดันต่อแบบหล่อน้อยกว่าคอนกรีตที่เหลว จากผลการศึกษาของ Roby เปรียบเทียบแรงดันจากการวัดจริงจากข้างแบบ โดยพยายามควบคุมอัตราการเทให้สม่ำเสมอที่ 1.2 เมตรต่อชั่วโมง และในขณะที่ทำการทดสอบนี้ อุณหภูมิแปรระหว่าง 20-24 องศาเซลเซียส จากที่เห็นดังรูปที่ 2.2 จะเห็นได้ชัดว่ากลุ่มของคอนกรีตที่เหลวมาก จะให้แรงดันของคอนกรีตใกล้เคียงกับแรงดันของเหลวมาก และความดันสูงสุดเกือบถึง 4800 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ในขณะที่คอนกรีตทั่วๆไป ซึ่งมีการยุบตัวประมาณ 7.5-12.5 เซนติเมตร มีความดันสูงสุดเพียง 3500 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

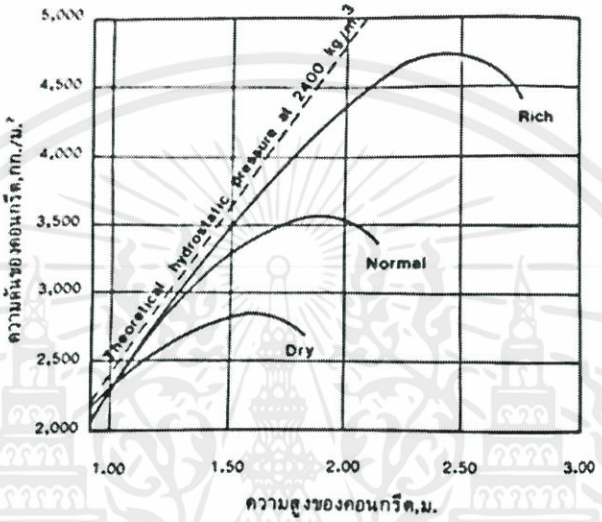
นอกจากนี้ ยังพบว่ายิ่งคอนกรีตเหลว จะทำให้การก่อตัวยิ่งช้า ความดันสูงสุดจะเกิดขึ้นเมื่อความสูงของคอนกรีตที่เทประมาณ 2.5 เมตร หลังจากเริ่มเทได้ประมาณ 2 ชั่วโมง ในขณะที่คอนกรีตธรรมดามีความดันสูงสุดเมื่อคอนกรีตที่เทมีระดับสูงเพียง 1.9 เมตร และหลังจากเทประมาณ ชั่วโมงครึ่ง



รูปที่ 2.1 ความดันของคอนกรีตเปรียบเทียบระหว่างความดันของของเหลวกับความดันจริง (Roby อ้างถึงใน เอกสิทธ์ ลิ้มสุวรรณ, 2546)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่คอนกรีตเหนียวหรือคอนกรีตแห้ง ปรากฏว่า ยิ่งจะให้ความดันต่อแบบหล่อคอนกรีตน้อยลง ตามลำดับ และในขณะเดียวกันก็มีแนวโน้ม ความดันสูงสุดจะเกิดขึ้น เมื่อระดับความสูงเพียง 1.50 เมตร หรือเกิดขึ้นเมื่อคอนกรีตเทไปแล้วประมาณชั่วโมงครึ่ง



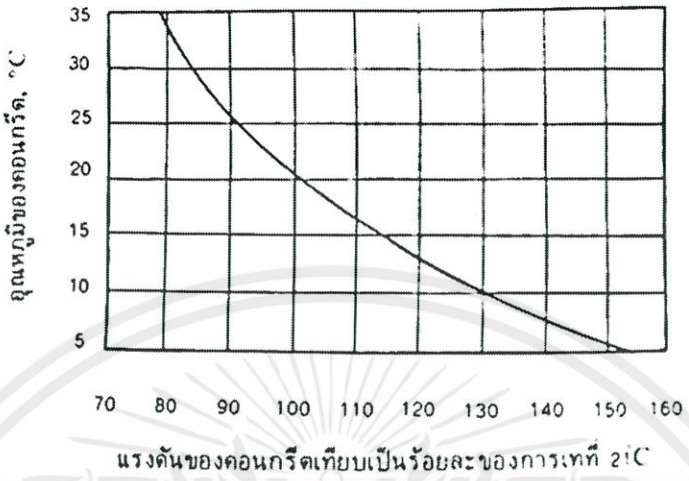
รูปที่ 2.2. ผลของส่วนผสมของคอนกรีตที่มีต่อความดัน (Roby อ้างถึงใน เอกสิทธ์ ลิ้มสุวรรณ, 2546)

นอกจากความข้นเหลวของคอนกรีตแล้ว ส่วนคละของมวลรวม และจำนวนซีเมนต์ในส่วนผสม ก็มีผลต่อแรงดันของคอนกรีตเหมือนกัน แต่ผลกระทบนั้นยังมีน้อย และไม่ปรากฏให้เห็นเด่นชัดเท่ากับความข้นเหลวคอนกรีต

2.2.2. อุณหภูมิของคอนกรีต

อุณหภูมิเป็นอีกปัจจัยหนึ่ง ที่มีผลมากต่อแรงดันของแบบหล่อคอนกรีต ทั้งนี้เพราะอุณหภูมิของคอนกรีตจะมีผลกระทบโดยตรงต่อการก่อตัวของคอนกรีต การเทคอนกรีตในเขตร้อนที่มีอุณหภูมิสูง จะทำให้เกิดแรงดันต่อแบบหล่อคอนกรีตน้อยกว่าเมื่อทำงานในอากาศหนาว โดยเฉพาะ ถ้าหนาวมากๆ เกือบจะถึงจุดเยือกแข็ง อาจทำให้ความดันของคอนกรีตเป็น 2 เท่า เมื่อเทียบกับที่อุณหภูมิทั่วๆไปสำหรับประเทศไทย ในบางกรณีถึงกับจะต้องใช้เครื่องอบไอน้ำ หรือทำความร้อนให้คอนกรีต มิฉะนั้น อาจทำให้ต้องใช้เวลานานกว่าคอนกรีตจะแข็งตัว ซึ่งจะมีผลต่อกำลังของคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3. อุณหภูมิกับความดันของคอนกรีต (เอกสิทธ์ ลิ้มสุวรรณ, 2546)

ปัญหาเกี่ยวกับอุณหภูมิในการเทคอนกรีตในเขตร้อน เช่นประเทศไทย จะต้องควบคุมไม่ให้อุณหภูมิสูงเกินพิกัด ถึงแม้ว่าการที่อุณหภูมิจะทำให้แรงดันที่กระทำต่อแบบหล่อคอนกรีตน้อยลงก็ตาม ดังแสดงในรูปที่ 2.3 แต่การทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำกับซีเมนต์ จะทำให้เกิดความร้อนเพิ่มขึ้นอีก และความร้อนที่เพิ่มขึ้น ถ้ามากถึงระดับหนึ่งแล้ว จะทำให้เกิดการแตกร้าวภายในมวลคอนกรีต แล้วจะส่งผลให้คอนกรีตกำลังตก ดังนั้น ในขณะที่เทคอนกรีตไม่ควรจะให้มีอุณหภูมิ เกิน 30 องศาเซลเซียส ถ้าร้อนจัดถึง 35-40 องศาเซลเซียส ควรจะต้องพิจารณาใช้น้ำเย็นบ่มหล่อเลี้ยงคอนกรีตภายในไม่ให้อุณหภูมิเพิ่มมากจนเกินไป แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความหนาของแบบหล่อที่เทด้วย ข้อควรระวังก็คือพยายามให้เก็บหิน ทราย ไว้ในที่ร่ม และหลีกเลี่ยงการเทคอนกรีตกลางแดดโดยไม่จำเป็น โดยทำงานตอนเช้าหรือตอนเย็นแทน โดยทั่วไปกำลังของคอนกรีตที่ 28 วัน จะสูงสุดถ้าอุณหภูมิการเทคอนกรีตอยู่ระหว่าง 15-25 องศาเซลเซียส จากกราฟในรูปที่ 2.3 จะเห็นว่า แรงดันที่อุณหภูมิโดยเฉลี่ยของประเทศไทย จะอยู่ในสัดส่วน 75-85% เมื่อเปรียบเทียบกับแรงดันคอนกรีตที่เทในอุณหภูมิดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3. การก่อตัวของคอนกรีต

การก่อตัวของคอนกรีตมีอิทธิพลมากอย่างหนึ่งต่อความดันของแบบหล่อคอนกรีตต่อแบบหล่อ ผลการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับแรงดันของคอนกรีตที่ผ่านมา ส่วนใหญ่จะเน้นเฉพาะคอนกรีตที่ผสมด้วยปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ธรรมดาแบบที่ 1 มีน้อยที่ศึกษาเกี่ยวกับปอร์ตแลนด์ซีเมนต์แบบที่ 3 หรือ ปูนซูเปอร์ แต่อย่างไรก็ตาม ปูนซีเมนต์ทั้งสองแบบนี้มีผลแตกต่างกันน้อยมากในแง่ของความดันต่อแบบหล่อ ทั้งนี้เพราะทั้งปูนซีเมนต์ทั้งสองชนิดมีการก่อตัวเริ่มแรกและการก่อตัวสุดท้ายใกล้เคียงกันมาก

ในการก่อสร้างปัจจุบันมีหลายโครงการใหญ่ ที่จำเป็นต้องใช้สารผสมคอนกรีตเพื่อเปลี่ยนคุณสมบัติบางอย่างของคอนกรีต เช่น เร่งการก่อตัว ยืดเวลาการก่อสร้าง เพิ่มความไหลลื่น ซึ่งจะพบว่า สารผสมคอนกรีตเหล่านี้จะมีผลต่อระยะการก่อตัวมาก บางชนิดอาจจะยืดระยะเวลาการก่อตัวออกไปถึง 2 -3 ชั่วโมง การยืดระยะเวลาการก่อตัวนี้ สารผสมคอนกรีตบางชนิดจะยืดหรือย่นระยะเวลาการก่อตัวเฉพาะการก่อตัวเริ่มแรก แต่สารผสมคอนกรีตส่วนใหญ่จะยืดหรือย่นระยะการก่อตัว ทั้งการก่อตัวเริ่มแรก และการก่อตัวสุดท้าย ซึ่งการยืดเวลาการก่อตัวสุดท้าย มีผลกระทบต่อระยะเวลาการถอดแบบ ในแง่ของผลกระทบที่มีต่อความดันที่กระทำต่อแบบหล่อคอนกรีต ACI-622 กล่าวว่า การหน่วงเวลาการก่อตัวของคอนกรีตด้วยสารผสมคอนกรีต ให้อยู่ในสภาพเหลวนานขึ้นคล้ายกับการหน่วงเวลาการก่อตัวจากอุณหภูมิของคอนกรีต คณะกรรมการวิชาการที่ 622 ได้เสนอแนะว่าให้ทดสอบระยะการก่อตัวของคอนกรีตนั้นเปรียบเทียบกับระยะการก่อตัวของคอนกรีตที่อุณหภูมิต่างๆ และให้ใช้ความดันของคอนกรีตที่อุณหภูมิเทียบเท่าอันนั้น

จากการสัมภาษณ์ บริษัทผลิตภัณฑ์ และวัตถุก่อสร้าง จำกัด สรุปใจความได้ว่า

"การเติมสารหน่วงลงในคอนกรีตที่ใช้ในการทำฐานราก ซึ่งเป็นการเทคอนกรีตจำนวนมากจะใช้ระยะเวลาการหน่วงของคอนกรีตประมาณ 6-8 ชั่วโมง นับตั้งแต่ผสมคอนกรีตเสร็จ" (บริษัทผลิตภัณฑ์ และวัตถุก่อสร้าง จำกัด, สัมภาษณ์, 14 ตุลาคม 2557)

สำหรับการคิดความดัน ได้มีข้อเสนอแนะว่า ช่วงเวลาที่หน่วงออกไปจากผลของสารผสมคอนกรีตนั้น อาจคิดเป็นความดันแบบของเหลว โดยคิดความสูงระดับของเหลวจากอัตราการเท แล้วเอาผลความดันอันนั้นไปผนวกเข้ากับความดันที่คิดภายใต้สภาวะการก่อตัวธรรมดา ดังตัวอย่างเช่น

เมื่อใช้สารผสมคอนกรีต แล้วทำให้การก่อตัวสามารถยืดระยะออกไปได้ 2 ชั่วโมง และในระหว่างนั้น ถ้าเทคอนกรีตได้สูง 2.50 เมตร ดังนั้น ความดันของคอนกรีตที่จะต้องบวกเพิ่มจากความดันที่คิดจากคอนกรีตธรรมดา มีค่าเท่ากับหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตคูณกับความสูงของคอนกรีตที่เทได้เพราะฉะนั้น เท่ากับ 2400*2.5 = 6000 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4. อัตราการเทคอนกรีต

อัตราการเทมีผลต่อความดันของคอนกรีตมาก เพราะในช่วงที่คอนกรีตยังคงสภาพเป็นของเหลวอยู่นั้น ถ้าระดับคอนกรีตเพิ่มขึ้น แรงดันจะใกล้เคียงกับความดันของของเหลวมาก ดังนั้นระดับของคอนกรีตที่เพิ่มขึ้นในช่วงที่คอนกรีตยังไม่ก่อตัว จะส่งผลโดยตรงต่อแบบหล่อคอนกรีต ซึ่งมีผู้ศึกษาและทดลองค่อนข้างมากในส่วนที่เกี่ยวกับอัตราการเทคอนกรีต Macklin ได้ทดสอบค่าแรงดันมากที่สุดของคอนกรีต 1:2:4 ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการ คือ

$$P_m = 150R^{(1/2 + 1/2(R\hat{}1/2))} \quad (2.1)$$

โดยที่ P_m = ความดันสูงสุดของคอนกรีต (ปอนด์ต่อตารางฟุต)

R = อัตราการเทคอนกรีต (ฟุตต่อชั่วโมง)

Rodin ได้ศึกษาในทำนองเดียวกันกับ Macklin และได้สรุปเป็นแนวทางในการคำนวณหาแรงดันสูงสุด ความสูงของคอนกรีตที่ทำให้เกิดแรงดันสูงสุด รวมไปถึงการคำนวณเวลาหลังจากเริ่มเทที่ทำให้เกิดแรงดันสูงสุด ซึ่งอาจเขียนเป็นสมการคือ

$$P_m = 400R^{1/3} \quad (2.2)$$

$$H_m = 3.6R^{1/3} \quad (2.3)$$

$$T_m = 3.6/R^{2/3} \quad (2.4)$$

และจากความสัมพันธ์ P_m และ H_m จะได้ว่า $P_m = 110\ H_m$

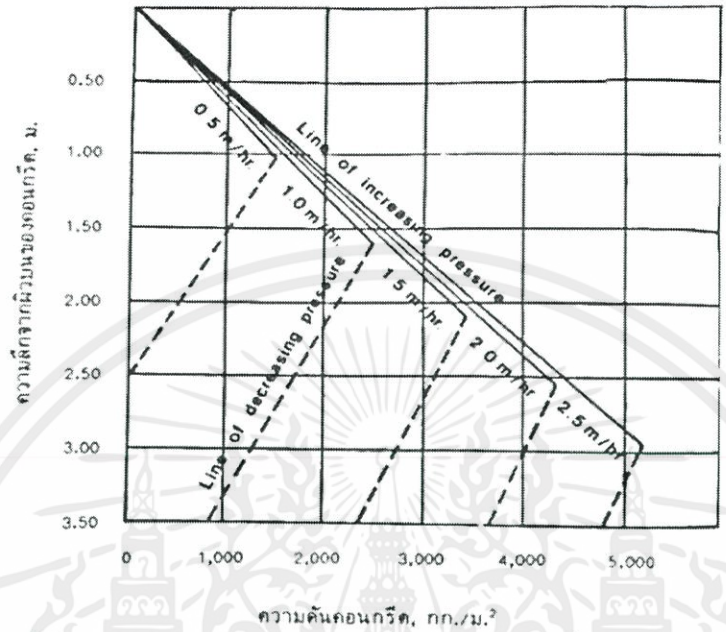
โดยที่ P_m = ความดันสูงสุดของคอนกรีต (ปอนด์ต่อตารางฟุต)

R = อัตราการเทคอนกรีต (ฟุตต่อชั่วโมง)

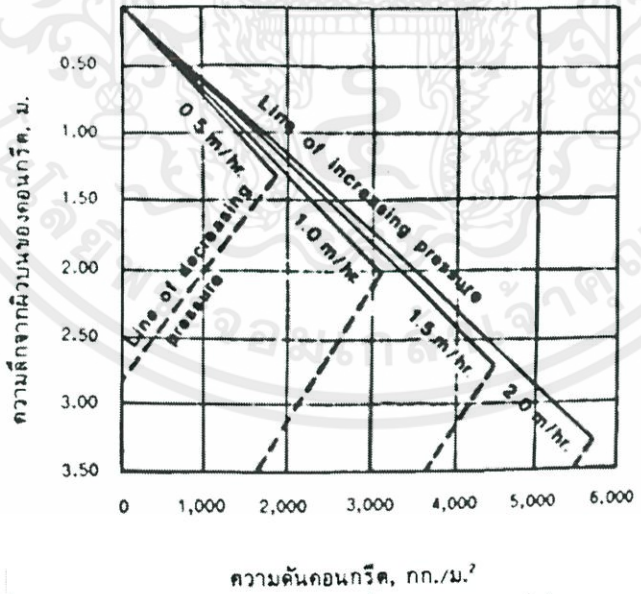
H_m = ความสูงของคอนกรีตที่ทำให้เกิดแรงดันสูงสุด (ฟุต)

Tm = เวลาจากเริ่มเทจนเกิดแรงดันสูงสุด (ชั่วโมง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4.(ก) ความดันของคอนกรีตเมื่อมีอัตราการเทที่แตกต่างกัน
(อุณหภูมิของคอนกรีตเท่ากับ 21 °C) (Rodin อ้างถึงใน เอกสิทธ์ ลิ้มสุวรรณ,2546)



รูปที่ 2.4.(ข) ความดันของคอนกรีตเมื่อมีอัตราการเทที่แตกต่างกัน
(อุณหภูมิของคอนกรีตเท่ากับ 10 °C) (Rodin อ้างถึงใน เอกสิทธ์ ลิ้มสุวรรณ,2546)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5. วิธีการลำเลียงและการจี้คอนกรีต

วิธีการลำเลียงคอนกรีตจะมีผลต่อแรงดันของแบบหล่อ ผลที่เกิดขึ้นโดยตรง คือ แรงกระแทกในขณะที่ปล่อยคอนกรีตลงสู่แบบหล่อ ถ้าในการลำเลียงคอนกรีตลงสู่แบบหล่อไม่สูงมากนัก ผลจากแรงกระแทกที่มีต่อแบบหล่อก็อาจจะไม่มากนัก แต่ถ้าเป็นกรณีที่ปากแบบสูงมากหรือมีการใช้ปั้มคอนกรีต แรงดันของคอนกรีตที่เพิ่มจากแรงกระแทกอาจจะต้องพิจารณาในการคิดแรงดันต่อแบบด้วย อย่างไรก็ตาม การคำนวณหาผลจากแรงกระแทกอาจจะยุ่งยาก และอาจจะไม่ละเอียดพอ ในทางปฏิบัติจึงนิยมใช้ตัวคูณเพิ่มแรงจากการกระแทกโดยอาศัยประสบการณ์เป็นเกณฑ์

ในการลำเลียงคอนกรีตที่ผสมแล้วต้องคำนึงถึงสภาพการลำเลียงคอนกรีตว่าต้องระวังให้เนื้อคอนกรีตสม่ำเสมอ และไม่แยกตัวก่อนการเทลงแบบ โดยต้องป้องกันคอนกรีตจากสภาพแวดล้อมและภูมิอากาศ เช่น อุณหภูมิ ความร้อน และความชื้น ซึ่งการเลือกวิธีการลำเลียงนั้นจะขึ้นอยู่กับปริมาณและอัตราการเทในแต่ละครั้ง ขนาดและประเภทของโครงสร้าง ลักษณะภูมิประเทศ สถานที่ทำงานและเส้นทางการขนส่ง และ ค่าใช้จ่ายต่างๆ เช่น ค่าแรง ค่าเครื่องจักรอุปกรณ์

วิธีการลำเลียงคอนกรีตที่เหมาะสมจะขึ้นอยู่กับสถานที่ผสมคอนกรีต และบริเวณที่จะทำการเทคอนกรีต โดยเลือกวิธีที่ไม่ทำให้คอนกรีตแยกตัว ตามข้อพิจารณา ดังต่อไปนี้

ก. เมื่อที่ผสมคอนกรีตอยู่ในระดับเดียวกับที่ต้องการเทคอนกรีต ควรใช้วิธีการลำเลียงโดยคนงานรถเข็น รถผสมคอนกรีต สายพานลำเลียงหรือคอนกรีตปั๊ม เป็นต้น

ข. เมื่อที่ผสมคอนกรีตอยู่ในระดับสูงกว่าบริเวณที่ต้องการเทคอนกรีต ควรใช้วิธีการลำเลียงโดยรางสายพานลำเลียง หรือคอนกรีตปั๊ม เป็นต้น

ค. เมื่อที่ผสมคอนกรีตอยู่ในระดับต่ำกว่าบริเวณที่ต้องการเทคอนกรีต ควรใช้วิธีการลำเลียงโดยใช้รอกลิฟท์ รถเครน ทาวเวอร์เคน สายพานลำเลียง หรือคอนกรีตปั๊ม เป็นต้น

ง. เมื่อที่ผสมคอนกรีตอยู่ห่างจากบริเวณที่ต้องการเทคอนกรีต ควรใช้วิธีการลำเลียงโดยรถโม่ขนคอนกรีตมาส่งที่หน่วยงาน และลำเลียงต่อไปสู่บริเวณที่ต้องการเทคอนกรีตด้วยวิธีอื่นที่เหมาะสม

2.2.5.1. ประเภทเครื่องมือในการลำเลียง

ก. รถเข็นหรือรถกระบะใส่คอนกรีต

การลำเลียงคอนกรีตโดยรถเข็นเหมาะกับงานที่ระดับราบ ขนาดเล็กเหมาะกับงานที่เครื่องผสมคอนกรีตอยู่ไม่ไกลจากจุดเท และปริมาณคอนกรีตในการเทแต่ละครั้งมีจำนวนไม่มาก (การลำเลียงคอนกรีตด้วยรถเข็นจะต้องระวังการแยกตัวของคอนกรีต โดยเฉพาะคอนกรีตที่มีความเหลวมาก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. รถโม่

การลำเลียงคอนกรีตโดยรถโม่เหมาะสมสำหรับการที่ผสมคอนกรีตอยู่ห่างจากบริเวณที่เทคอนกรีต หรือเหมาะสมสำหรับการเทคอนกรีตเป็นจำนวนมาก วิธีนี้เหมาะสำหรับคอนกรีตที่มีความเหลวมาก เพราะสามารถป้องกันไม่ให้คอนกรีตแยกตัวในระหว่างขนส่งได้ดี โดยทั่วไปรถโม่มี 2 แบบ

- Mixer truck เป็นรถโม่ที่สามารถผสมคอนกรีตให้เข้ากันได้ดี เหมาะสำหรับโรงงานคอนกรีตผสมเสร็จ ประเภทผสมแห้งที่ใช้รถโม่เป็นอุปกรณ์ในการผสมคอนกรีต ลักษณะของโม่จะมีใบกวนเพื่อให้คอนกรีตคลุกเคล้ากันได้ดี ซึ่งอาจเป็นแบบที่มีใบกวนอยู่ท้ายโม่ หรือเป็นแบบใบเกลียว 2 ชั้นตลอดทั้งโม่
- Agitator truck เป็นรถโม่ที่ใช้ในการขนส่งคอนกรีต เหมาะสำหรับใช้กับโรงงานคอนกรีตประเภทผสมเปียก ที่มีเครื่องผสมอยู่ที่โรงงาน ลักษณะของโม่จะมีใบเกลียวสำหรับลำเลียงคอนกรีตเข้า และคายคอนกรีตออกเท่านั้น

ค. รถกระบะเททำ้าย

รถกระบะเททำ้าย (Dump truck) การลำเลียงโดยรถกระบะเททำ้าย เหมาะสำหรับงานเทถนน หรือลานคอนกรีตกว้างๆ ที่ใช้คอนกรีตที่มีความเหลวต่ำ เช่น มีค่าการยุบตัวต่ำกว่า 5 เซนติเมตร จึงจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ที่ช่วยในการเขย่าคอนกรีตให้แน่น เช่น concrete paver และในกรณีนี้ จุดผสมคอนกรีตไม่ควรอยู่ไกลจากจุดที่เทคอนกรีตมากนัก วิธีนี้ ควรระวังเรื่อง การแยกตัวของมวลรวมหยาบในขณะที่เทคอนกรีต เนื่องจากการปล่อยคอนกรีตจากรถบรรทุกเททำ้าย ลงสู่พื้นโดยตรง อาจทำให้มวลรวมหยาบกระจายออกจากมวลของคอนกรีตได้

ง. กระบะ

การเลียงโดยกระบะ(Buckets) การลำเลียงคอนกรีตด้วยกระบะเหมาะสำหรับการเทคอนกรีตด้วยอัตรา 20 ลม.ม./ซม. เป็นวิธีการป้องกันการแยกตัวของคอนกรีตได้ดีอีกวิธีหนึ่งกระบะมีหลายขนาดตั้งแต่ประมาณ 0.3 - 6.11 ลบ.ม. จะใช้กับงานที่สูงหรือระยะที่แคบ การลำเลียงชนิด อื่น ๆ เข้าลำบาก

จ. ลิฟต์

การลำเลียงโดยลิฟต์ (Lifts) ลิฟต์จะนิยมใช้กันในโครงสร้างที่มีขนาดของอาคารปานกลางที่มีความสูงไม่มาก ใช้ในการขนลำเลียงคอนกรีตแทนการใช้รถเข็นเพราะมีความยุ่งยากต้องทำทางเดินรถเข็นขึ้นชั้นบน หรือนอกเหนือจากการลำเลียงคอนกรีตแล้วยังเป็นลิฟต์ขนถ่ายวัสดุและเครื่องมืออีกด้วย โครงสร้างของลิฟต์อาจเป็นเหล็กหรือไม้ก็ได้ แต่ข้อเสียของไม้จะมีโครงสร้างที่ไม่แข็งแรงเท่าไรซึ่งตรวจสอบได้โดยการขึ้นลงของลิฟต์จะเกิดรอยตรงช่องลิฟต์ นานไปอาจทำให้เวลาขึ้นเกิดการสะดุดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฉ. ปั๊มคอนกรีต

การลำเลียงโดยปั๊มคอนกรีต (Pump concrete) การลำเลียงคอนกรีตด้วยปั๊มคอนกรีตจะเป็นการลำเลียงที่มีคอนกรีตในปริมาณมาก ๆ และต้องการความรวดเร็ว ทั้งนี้โดยทั่วไปปั๊มคอนกรีตจะมีอยู่ 2 ประเภทคือ

- Mobile pump เป็นปั๊มคอนกรีตที่ติดอยู่กับรถ คุณสมบัติพิเศษของ Mobile pump คือจะสามรถเคลื่อนย้ายได้สะดวกตามที่ต้องการ
- Stationary pump เป็นปั๊มคอนกรีตที่สามารถเคลื่อนย้ายไปได้ตรงจุดที่ลำเลียง แรงดันสูงกว่า Mobile pump แต่การเคลื่อนย้ายในแต่ละครั้งมีความยุ่งยาก

ช. สายพานลำเลียง

การลำเลียงโดยสายพานลำเลียง (Belt conveyor) การลำเลียงคอนกรีตด้วยวิธีนี้เหมาะกับการลำเลียงที่มีความเหลวต่ำ และการเทคอนกรีตที่ต่อเนื่อง ใช้ได้ทั้งระดับการลำเลียงที่สูงกว่า หรือต่ำกว่าหรือระดับราบ การแยกตัวของคอนกรีตจะมีไม่มาก เพราะทุกจุดจะเคลื่อนไปพร้อมกันบนสายพาน แต่ต้องระวังเรื่องการสูญเสียน้ำ เนื่องจากลมและแดด วิธีการนี้ไม่ควรใช้กับคอนกรีตเหลวในเส้นทางลำเลียงที่มีความลาดชัน เพราะจะทำให้เกิดการแยกตัวได้ง่าย และต้องระวังเรื่องระยะทางในการลำเลียง เพราะถ้าระยะทางไกลมาก คอนกรีตจะสูญเสียน้ำ เนื่องจากลมและแสงแดดในระหว่างการลำเลียง

ส่วนการใช้เครื่องจี้คอนกรีตนั้น เป็นการเพิ่มแรงดันของคอนกรีตต่อแบบหล่ออย่างมาก ในกรณีของการเขย่าแบบภายนอกยังไม่มีผู้สามารถกำหนดค่าที่เพิ่มขึ้นได้แน่นอน แต่ในกรณีของการใช้เครื่องจี้ในคอนกรีต ACI-622 ได้เสนอแนะว่า ควรจะเพิ่มค่าแรงดันถึงร้อยละ 10-20 กล่าวคือ ถ้าแรงกระทุ้งน้อยๆ เช่น การกระทุ้งด้วยมือ อาจจะใช้ค่าแรงดันเพิ่มขึ้นเพียง 10 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่เครื่องจี้ที่มีพลังงานสูง อาจพิจารณาใช้แรงดันเพิ่มขึ้นถึง 20 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ดี การศึกษาอื่นๆ พบว่าผลจากการจี้ทำให้เกิดแรงดันสูงกว่าที่ ACI-622 กำหนดให้มาก

การทดลองของ Macklin ให้ข้อเสนอแนะว่า ควรจะเพิ่มความดันจากผลกระทบของเครื่องจี้ 1463 กิโลกรัมต่อตารางเมตร หรือ 300 ปอนด์ต่อตารางฟุต

การทดลองของ Teller ได้ศึกษาผลของการใช้เครื่องจี้คอนกรีต โดยการวัดความดัน ตามความลึกของแบบหล่อเสาคอนกรีต โดยที่ขนาดของเสากว้าง 60 เซนติเมตร หนา 20 เซนติเมตร และสูง 60 เซนติเมตร ใช้คอนกรีตที่มีส่วนผสม 1:2:4 มีขนาดหิน 1 ½ นิ้ว อุณหภูมิระหว่างการทดสอบอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระหว่าง 9-17 องศาเซลเซียส ในอัตราการเทประมาณ 6 เมตรต่อชั่วโมง แล้วเปรียบเทียบผลระหว่างการกระทุ้งแน่นด้วยมือกับการจี้คอนกรีตที่มีความถี่ 3600 รอบต่อนาที และพบว่า เมื่อใช้การกระทุ้งด้วยมือ จะทำให้แรงดันของคอนกรีตเกิดขึ้นในลักษณะพฤติกรรมที่ใกล้เคียงกับความดันของเหลวความหนาแน่นประมาณ 2400 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ลงไปถึงความลึก 2 เมตร โดยมีแรงดันสูงสุดและระดับคอนกรีตดังแสดงในตารางที่ 2.1 แต่เมื่อมีการจี้คอนกรีตด้วยเครื่องจี้ ปรากฏว่า ความดันของคอนกรีตจะอยู่ในสภาพความดันของเหลวด้วยความหนาแน่น 2400 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตลอดความสูงของแบบหล่อคอนกรีต

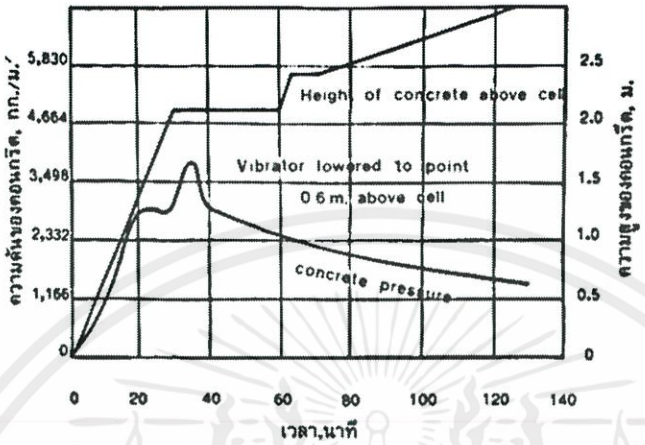
ตารางที่ 2.1. ความสูงและความดันสูงสุดที่วัดได้จากการกระทุ้งด้วยมือ

การยุบตัว (ซม.)	ระดับที่เกิดความดันสูงสุด (ม.)	ความดันสูงสุด (กก./ม.²)
9	1.68	1,845
19	2.59	2,194

ที่มา : การทดลอง Teller อ้างอิงใน เอกสิทธ์ ลิ้มสุวรรณ พ.ศ. 2546

การทดลองของ Stanton ได้ทำการศึกษาในทำนองเดียวกัน โดยใช้กำแพงสูง 5 เมตรแทนเสา และให้ความหนา 65 เซนติเมตรที่ฐาน และ 45 เซนติเมตรที่ขอบบน เทด้วยคอนกรีตที่มีการยุบตัว 10 เซนติเมตร ด้วยอัตรา 4.3 เมตรต่อชั่วโมง ผลการทดลองได้แสดงดังรูปที่ 2.5 แสดงให้เห็นถึงความดันของคอนกรีตที่วัดได้เมื่อเปรียบเทียบกับความสูงของเนื้อคอนกรีตเหนือจุดที่วัด ความดันจะสูงสุดในขณะที่หัวจี้อยู่เหนือระดับจุดที่วัดประมาณ 60 เซนติเมตร และค่าแรงดันที่เพิ่มขึ้นหลังการใช้เครื่องจี้เป็นไปได้ถึง 38 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5. ความดันของคอนกรีตจากผลการจี้ของเครื่องจี้

(Stanton อ้างอิงใน เอกสิทธ์ ลิ้มสุวรรณ,2546)

แต่อย่างไรก็ดี ผลกระทบของการใช้เครื่องจี้คอนกรีต อาจพิจารณาเชิงทฤษฎีได้ว่า การจี้คอนกรีตเป็นการเพิ่มพลังงานให้กับเนื้อคอนกรีต ดังนั้นผลกระทบที่จะเกิดขึ้นย่อมขึ้นอยู่กับปริมาตรคอนกรีต และความข้นเหลวของคอนกรีต หรือ ความสามารถในการกระจายพลังงานสู่เนื้อคอนกรีต

2.2.6. ขนาดและรูปร่างของแบบหล่อ

ตามความเป็นจริงแล้ว ความดันของของเหลวอาจจะมีผลกระทบเพียงความหนาแน่นของของเหลวกับความลึก แต่ในกรณีของคอนกรีต ขนาดและรูปร่างของแบบหล่อคอนกรีตจะมีผลด้วย ทั้งนี้เพราะคอนกรีตไม่ได้เป็นของเหลวจริงตามสมมติฐานที่ตั้งไว้เพื่อความสะดวกในการคิดแรง และนอกจากนี้คอนกรีตยังจะเปลี่ยนสภาพจากของเหลวเป็นของแข็งตามระยะเวลาการก่อตัวหลังจากที่เริ่มผสม แต่ระยะเวลาการก่อตัวมีผลกระทบจากอุณหภูมิของบรรยากาศ ซึ่งพื้นผิวโดยรอบต่อปริมาตรของเนื้อคอนกรีตจะมีผลกระทบอย่างมาก อย่างไรก็ดีส่วนผสมคอนกรีตซึ่งประกอบด้วยมวลรวม ทราย ซีเมนต์ และน้ำนั้น หลังจากการผสมเมื่อซีเมนต์ผสมกับน้ำก็จะเริ่มทำปฏิกิริยาทางเคมีทันที แต่จะค่อยเป็นค่อยไปและเมื่อเริ่มจะก่อตัวคอนกรีตก็จะเริ่มหนืด เพิ่มแรงเสียดทานระหว่างมวลรวมในเนื้อคอนกรีต ทำให้แรงดันของคอนกรีตต่อแบบหล่อลดน้อยลงกว่าแรงดันแบบของเหลว ซึ่งแรงเสียดทานอันนี้จะเกิดขึ้นภายในเนื้อคอนกรีตเอง จากการที่คอนกรีตค่อยๆก่อตัว ความฝืดที่ผิวของมวลรวมและแรงระหว่างเนื้อคอนกรีตกับแบบหล่อคอนกรีต จากสภาพผิว ขนาด และรูปร่างแบบหล่อคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาและทดลองพบว่าแบบหล่อโครงสร้างคอนกรีตที่บาง หรือเมื่อพื้นที่ผิวของแบบหล่อมากเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาตรของเนื้อคอนกรีต อุณหภูมิของบรรยากาศ และลักษณะผิวของแบบหล่อ จะมีผลกระทบต่อแรงดันคอนกรีตมาก กล่าวคือ ถ้าในเขตร้อน และผิวหยาบจะช่วยลดแรงดันได้มาก ทั้งนี้เพราะอากาศร้อนจะช่วยให้การก่อตัวเร็วขึ้น และความขรุขระจะเพิ่มมุมของแรงเสียดทานภายใน ซึ่งจะทำให้ลดแรงดันที่กระทำต่อแบบทั้งสองกรณี แต่ในทางตรงกันข้าม ถ้าเผื่อเป็นแบบหล่อชิ้นส่วนโครงสร้างที่หนาและผิวมีความขรุขระน้อย จะทำให้ความดันต่อแบบหล่อใกล้เคียงสภาพของของเหลวมากขึ้น และแรงดันจะมาก อย่างไรก็ดีมีผู้กล่าวว่า อิทธิพลจากขนาดและรูปร่างแบบหล่อนี้อาจจะมีผลน้อย ถ้าเผื่อมีการจี้คอนกรีตในระหว่างการเท เพราะผลกระทบจากการจี้คอนกรีตจะมีมากกว่า จึงอาจไม่ต้องพิจารณาในการคำนวณแบบหล่อคอนกรีต นอกเสียจากกรณีที่ไม่มีการจี้คอนกรีต

2.2.7. จำนวนและการกระจายของเหล็กเสริม

จำนวน ขนาด และการจัดเหล็กเสริมในชิ้นส่วนโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กจะมีผลต่อแรงดันของคอนกรีตอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ เพราะโดยทั่วไปแล้วโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กทุกชนิดจะต้องมีเหล็กเสริมอยู่ร่วมกับคอนกรีตเสมอ ดังนั้น แรงดันของคอนกรีตก็อาจจะแบ่งรับไปได้จำนวนหนึ่งด้วยเหล็กเสริม แต่จะมากน้อยหรือในอัตราเท่าไหร่ของแรงดันธรรมดาในคอนกรีตหลา ยังไม่มีการศึกษาอย่างจริงจัง ทั้งนี้เพราะมีตัวแปรมาก อีกทั้งในการคำนวณออกแบบชิ้นส่วนของอาคารย่อมมีจำนวนเหล็กแตกต่างกันไปตามน้ำหนักบรรทุก และการจัดเหล็กในรูปแบบต่างก็ย่อมจะแตกต่างกันตามประเภทของโครงสร้างหรือแรงกระทำภายในโครงสร้าง ซึ่งเป็นการยากที่จะนำมาร่วมพิจารณาในการคิดแรงดันคอนกรีต

เหล็กเสริมยืนขนาดใหญ่ และจำนวนมากๆ เช่น เสาหรือกำแพงชั้นล่างๆ ของอาคารสูง จะพบว่า เหล็กถี่มาก แรงดันทางด้านข้างของคอนกรีตที่อยู่ในแกนคอนกรีตแทบจะกล่าวได้ว่า ถูกโอบรัดไปด้วยเหล็กเสริมเกินกว่ากึ่งหนึ่ง และแบบหล่อจะรับเฉพาะส่วนที่เป็นเปลือกหุ้มนอกเหล็กเสริมเท่านั้น แต่ในทำนองกลับกัน ถ้าเผื่อมีเหล็กเสริมขนาดเล็กและระยะห่างมากๆ จะโอบอุ้มแรงดันของคอนกรีตไม่ได้เลย แบบหล่อคอนกรีตก็จะต้องแบกรับภาระตามที่ควรจะเป็น เหล็กเสริมที่อยู่ในแบบก่อนการเทคอนกรีตนี้ นอกจากจะช่วยอุ้มหรือโอบเนื้อคอนกรีตไว้จำนวนหนึ่งตามสติฟเนสของเหล็กเสริมเองแล้ว ยังเพิ่มแรงเสียดทานภายในเนื้อคอนกรีตเหลวอีกด้วย ทำให้คอนกรีตไหลได้ไม่สะดวกและลดความดันต่อแบบหล่อ อนึ่ง ในการเทคอนกรีตบางครั้งที่มีการปล่อยคอนกรีตสูงจากท้องแบบแรงกระแทกส่วนใหญ่จะถูกแบกรับด้วยเหล็กเสริมที่วางอยู่ เช่น ในกรณีของคาน เป็นต้น แต่ในแง่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของการที่จะลดความดันของคอนกรีตต่อแบบหล่อ โดยพิจารณาจำนวนขนาด และการจัดเหล็กเสริม อาจจะยังขาดข้อมูลในการคำนวณ และอาจจะเป็นการยากในเชิงปฏิบัติ ถ้าเผื่อจำนวนเหล็กเสริมไม่สม่ำเสมอตลอดทั้งแบบ หรือทุกครั้งที่ใช้แบบอันเดิม ทั้งนี้เพราะแบบหนึ่งๆ อาจจะต้องใช้มากกว่า 1 ครั้ง

2.2.8. น้ำหนักของคอนกรีต และความลึกของแบบหล่อ

เพื่อความสะดวกและง่ายต่อการคำนวณแรงดันที่คอนกรีตกระทำต่อแบบหล่อคอนกรีตนั้น มักเปรียบเสมือนว่าคอนกรีตเป็นของเหลว ดังนั้น ผลกระทบโดยตรงต่อความดันจะประกอบด้วย น้ำหนักหรือความหนาแน่นของคอนกรีตและความลึกของแบบหล่อ น้ำหนักของคอนกรีตนั้น โดยทั่วไปจะอยู่ประมาณ 2000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร แต่อาจจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงบ้างตามแหล่งหินทราย และส่วนผสมของคอนกรีต ซึ่งจะมีผลกระทบน้อยมากต่อความดันของคอนกรีต น้ำหนักของคอนกรีตที่จะมีผลกับแรงดันต่อแบบหล่อคอนกรีตนั้น ก็ต่อเมื่อใช้มวลรวมหรือหินทรายพิเศษในการผสมคอนกรีตเพื่อการลดหรือเพิ่มน้ำหนัก เป็นต้น ในการใช้มวลรวมเบาที่ผลิตจากดินเหนียวเผาในอุณหภูมิสูงมาก อาจให้คอนกรีตมีน้ำหนักเบาเพียง 1700 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร หรือถ้าเป็นคอนกรีตหนักประเภทหุ้มท่ออาจมีน้ำหนักถึง 5400 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยการใช้เศษเหล็กหรือหินเหล็กเป็นมวลหยาบในส่วนผสม

ในแง่ของความลึกแบบหล่อ ก็ย่อมมีผลโดยตรงต่อแรงดัน แต่อย่างไรก็ดีตามที่กล่าวมาแล้วในตอนต้น อัตราการเท การก่อตัว และอุณหภูมิของคอนกรีต จะส่งผลกระทบให้เกิดความดันสูงสุดไม่เฉพาะที่ฐานของแบบหล่อเสมอไป บางครั้งตำแหน่งที่ทำให้เกิดความดันวิกฤติ อาจจะอยู่เหนือฐานของแบบมาก ซึ่งความสูงของแบบหล่อที่เกินกว่า ความสูงวิกฤติของคอนกรีตจะไม่เพิ่มความดันต่อแบบเกินกว่า ความดันวิกฤติที่สอดคล้องกันนั้น

ดังนั้น จากผลการศึกษาวิจัยต่างๆ อาจสรุปสมการทั่วไปในการคำนวณความดันของคอนกรีตภายใต้อิทธิพลของน้ำหนักคอนกรีต และความลึกของแบบหล่อคอนกรีต คือ

$$P = CWH^K \qquad (2.5)$$

โดยที่ P = ความดันของคอนกรีต

W = น้ำหนักคอนกรีต

H = ความสูงของแบบหล่อ (มีค่าน้อยกว่าความสูงวิกฤติ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

K = ค่ายกกำลัง แปรตามส่วนผสมของคอนกรีต

C = ตัวปรับค่า ตามผลกระทบต่างๆ

2.2.9. แรงกระแทก

แรงนี้เกิดขึ้นเนื่องมาจากการตกลงมาของคอนกรีตที่เทลงในแบบหล่ออย่างอิสระ จึงทำให้มีแรงกระแทกเกิดขึ้น ซึ่งเราสามารถคำนวณหาค่าแรงกระแทกได้ตามหลักของฟิสิกส์ คือ

$$F = ma \qquad (2.6)$$

โดยที่ F = แรงกระแทก ($Kg.m/s^2$)

m = น้ำหนักคอนกรีต (Kg)

a = แรงโน้มถ่วงของโลก (m/s^2)

แต่อย่างไรก็ดี แรงกระแทกนี้มักจะเกิดขึ้นกับคอนกรีตที่เทลงไปในแบบหล่อที่สูงๆเท่านั้น และแรงกระแทกนี้บางครั้งก็ไม่ทำให้ค่าแรงดันสูงสุดมีค่าเปลี่ยนแปลง

2.3. อุปกรณ์ประกอบแบบหล่อคอนกรีต

ในการทำแบบหล่อคอนกรีตสิ่งที่จะขาดเสียมิได้ก็คือ อุปกรณ์ประกอบแบบต่างๆ ซึ่งควรพิจารณาเลือกใช้ให้เหมาะสมกับวัสดุและการใช้งานแบบหล่อคอนกรีตแต่ละอย่าง ทั้งนี้เพราะอุปกรณ์สำหรับแบบหล่อคอนกรีตแต่ละอย่างจะออกแบบเพื่อวัตถุประสงค์คือ

ก. ติดตั้งแบบได้ง่าย สะดวก และรวดเร็ว

ข. เพื่อลดค่าแรงงาน และระยะเวลาการทำงาน

ค. สามารถควบคุมอัตราการทำงานได้แน่นอน

ง. ให้ค่าบำรุงรักษาแบบหล่อคอนกรีตต่ำ

จ. มีความยืดหยุ่นในการประกอบและติดตั้งได้สูง

ฉ. มีส่วนสึกหรอและสูญเสียน้อย

ช. ไม่ต้องใช้ช่างฝีมือที่ชำนาญ

อย่างไรก็ตามการใช้อุปกรณ์สำหรับประกอบแบบหล่อคอนกรีต จะเอื้ออำนวยให้เกิดความประหยัดในการทำแบบหล่อ และให้ความละเอียดต่อขนาดและรูปร่างของเนื้อคอนกรีตโครงสร้าง จึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งที่วิศวกรควรจะได้ศึกษาในรายละเอียดเชิงพฤติกรรม คุณสมบัติ การประกอบติดตั้ง และการถอดแบบ รวมไปถึงข้อดีข้อเสียควบคู่กับการใช้งานของอุปกรณ์แต่ละอย่างอย่างถี่ถ้วน

2.3.1. ตะปู

ตะปูจำเป็นต้องใช้ควบคู่กับแบบหล่อคอนกรีตที่เป็นไม้เพื่อให้ชิ้นส่วนต่างๆยึดตัดกันตามต้องการ เช่นยึดแผ่นผิวเข้ากับโครงเคร่า การประกอบโครงเคร่าเข้าด้วยกัน การรองรับโครงเคร่า รวมไปถึงการค้ำยันและการเสริมกำลังต่างๆ อย่างไรก็ตามแม้ว่าการใช้ตะปูในการประกอบแบบหล่อคอนกรีตจะสะดวกและประหยัดกว่าวิธีการยึดรั้งแบบอื่นๆ แต่วิศวกรจนกระทั่งถึงช่างไม้ควรตระหนักว่าจำนวนตะปูที่ใช้จะต้องน้อยและได้ความแข็งแรงตามที่ต้องการ การใช้ตะปูมากเกินไปจะทำให้เปลืองวัสดุ และยังเปลืองแรงงานทั้งที่ใช้ตอกตอนติดตั้งและถอนตอนรื้อแบบ ดังนั้นจึงควรมีการคำนวณออกแบบไว้ก่อนเสมอ ซึ่งอาจออกมาในรูปของแบบมาตรฐานของงานแต่ละประเภท เพื่อให้ช่างไม้สามารถปฏิบัติตามได้

ตะปูที่มีจำหน่ายในท้องตลาดจะผลิตสอดคล้องกับขนาดของลวดตะปู ประกอบด้วยส่วนต่างๆที่สำคัญ คือ ปลายแหลมรูปเหลี่ยนคล้ายปริซึ่ม ลำตัวกลมตามลักษณะลวดและส่วนหัวแบนกลมในระนาบตั้งฉากกับลำตัว บริเวณลำตัวใกล้ๆส่วนหัวจะมีหยัก เพื่อเพิ่มความฝืดในการยึดเกาะกับเนื้อไม้ ลักษณะโดยทั่วไปได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.6 ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 แบบ คือ ตะปูตัวผอม ตะปูธรรมดา และตะปูหัวสองชั้น ลักษณะพิเศษของตะปูตัวผอม คือ ผลิตจากลวดที่มีขนาดเล็กกว่าตะปูธรรมดาและมีหัวแบนและบางกว่าตะปูธรรมดา ทั้งนี้เพื่อให้หัวตะปูกลมกลืนกับความเรียบของเนื้อไม้ ไม่ให้เป็นตุ่มหรือจุดปุ่ม นิยมใช้กับไม้อัดหรือไม้เนื้ออ่อน

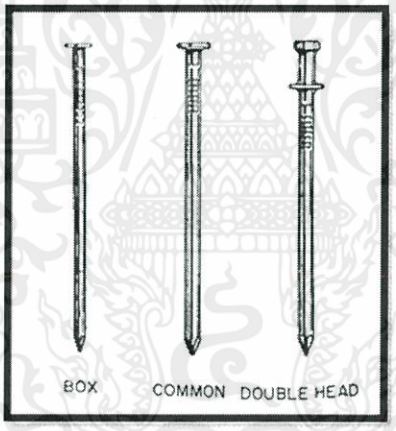
ส่วนตะปูหัวสองชั้น จะมีขนาดแตกต่างจากตะปูธรรมดาเล็กน้อย และมีหัวสองชั้นเพื่อความสะดวกในการถอนออกเมื่อถอดแบบ เหมาะสำหรับงานไม้แบบโดยเฉพาะ แต่การใช้งานในการทำไม้แบบหล่อคอนกรีต ยังไม่แพร่หลายเท่าที่ควร ทั้งนี้อาจเป็นเพราะขอบข่ายการใช้ถูกจำกัด จึงยังไม่เป็นที่นิยม อย่างไรก็ดีตะปูแบบสองหัวจะช่วยลดเวลาการถอดแบบได้อย่างมาก และป้องกันการเสียหายของแบบในระหว่างการถอดแบบได้อีกด้วย

ขนาดที่ใช้เรียกกันทั่วๆไปจะถือความยาวเป็นหลัก ในท้องตลาดจะเรียกเป็นนิ้ว ซึ่งมีขนาดแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 2.1 ก ผลิตตามมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 113-2526 ซึ่งเป็นตะปูหัวแบนสำหรับงานไม้โครงสร้างทั่วๆไป มีขนาดตั้งแต่ 1 นิ้ว ถึง 6 นิ้ว ที่แสดงไว้ในตารางจะมีเพียง 2 ชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คือ ตะปูตัวผอม และ ตะปูธรรมดา สำหรับตะปูหัวสองชั้นผลิตตามมาตรฐาน มอก. 114-2526 ตะปูเหล็กสำหรับใช้งานพิเศษ ซึ่งจะมีขนาดตั้งแต่ 2 นิ้ว ถึง $4\frac{1}{2}$ นิ้ว

นอกจากตะปูตอกไม้ที่กล่าวมาแล้วตอนต้น ในปัจจุบันนี้มีการใช้ตะปูคอนกรีตกันมาก โดยเฉพาะในกรณีที่มีการโยงยึดเข้ากับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ขนาดตามท้องตลาดจะผลิตตาม มอก. 114-2526 เช่นกัน โดยมีขนาดและความยาวดังที่แสดงในตาราง 2.1 ข ตั้งแต่ 1 นิ้ว ถึง 4 นิ้ว กำลังของตะปูคอนกรีตเกี่ยวกับการถอนตัวจะมีน้อย เพราะเกิดจากความฝืดระหว่างคอนกรีตกับผิวตะปู แต่กำลังรับแรงเฉือน หรือ แรงดันด้านข้างจะได้สูงตามกำลังของคอนกรีตที่ตอกยึด อย่างไรก็ดีในการเลือกใช้ตะปูคอนกรีตควรจะระมัดระวังและใช้เฉพาะในกรณีที่มีความจำเป็นจริงๆ เพราะความเชื่อถือเกี่ยวกับกำลังยึดเหนี่ยวกับคอนกรีตมีน้อย สืบเนื่องจากคอนกรีตเป็นวัสดุที่เปราะ แตกหักง่ายโดยเฉพาะจากการตอก



รูปที่ 2.6. ลักษณะรูปร่างของตะปูแบบต่างๆ (เอกสิทธ์ ลิ้มสุวรรณ,2546)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2.ก ขนาดของตะปูแบบต่างๆ

ขนาดตามท้องตลาด (นิ้ว)	ความยาวตะปู (มม.)	ตะปูหัวผนวน		ตะปูธรรมดา		ตะปูหัวสองชั้น	
		เส้นผ่าศูนย์กลางของลำตัวตะปู (มม.)	จำนวนตะปูโดยประมาณใน 1 กก. (ตัว)	เส้นผ่าศูนย์กลางของลำตัวตะปู (มม.)	จำนวนตะปูโดยประมาณใน 1 กก. (ตัว)	เส้นผ่าศูนย์กลางของลำตัวตะปู (มม.)	จำนวนตะปูโดยประมาณใน 1 กก. (ตัว)
1	25	–	–	1.50	2764	–	–
$1\frac{1}{4}$	30	–	–	1.70	1793	–	–
$1\frac{1}{2}$	40	2.12	865	2.50	622	–	–
$1\frac{3}{4}$	45	2.12	769	2.50	553	–	–
2	50	2.80	497	3.00	345	2.80	350
$2\frac{1}{2}$	65	2.50	305	3.55	190	3.15	220
3	75	3.55	164	4.25	115	–	–
$3\frac{1}{4}$	80	–	–	–	–	3.55	175
$3\frac{1}{2}$	90	–	–	4.25	95	4.00	105
4	100	–	–	4.75	69	5.00	60
$4\frac{1}{2}$	110	–	–	–	–	5.60	45
5	130	–	–	5.60	38	–	–
6	150	–	–	6.00	29	–	–

ที่มา : แบบหล่อคอนกรีต เอกสิทธ์ ลิ้มสุวรรณ พ.ศ. 2546

ตารางที่ 2.2.ข ขนาดตะปูคอนกรีต (เอกสิทธ์ ลิ้มสุวรรณ,2546)

ขนาดท้องตลาด (นิ้ว)	ความยาว (มม.)	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (มม.)	จำนวนตะปู ต่อ 1 กก.
1 (ผอม)	25	2.00	800
1	25	4.00	390
$1\frac{1}{2}$	40	4.00	245
2	50	4.00	195
$2\frac{1}{2}$	65	4.00	150
3	75	4.50	100
4	100	4.50	75

ที่มา : แบบหล่อคอนกรีต เอกสิทธ์ ลิ้มสุวรรณ พ.ศ. 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การรับแรงของตะปูเป็นไปได้หลายลักษณะ แต่อาจแยกเป็นกรณีหลัก 2 แบบ คือ แรงดึงถอนตัวของตะปูในทิศทางของตะปูและแรงเฉือนในแนวตั้งฉากกับแนวตะปู สำหรับกรณีแรก แรงต่อต้านการถอนตัวจะขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของเนื้อไม้ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของตะปู และความลึกของเนื้อไม้ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$P = 95\, G^{5/2}\, DH \qquad (2.7)$$

โดยที่ P = แรงถอนตะปูที่ยอมให้ , กก.

G = ความถ่วงจำเพาะของไม้คิดจากน้ำหนักและปริมาตรอบแห้ง

D = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของตะปู , ซม.

H = ระยะฝังลึกในเนื้อไม้ , ซม.

สมการนี้หมายถึงการตอกตะปูในแนวตั้งฉากกับเสี้ยนไม้และได้รวมค่าเพื่อความปลอดภัยเท่ากับ 6 ไว้แล้ว ในตารางที่ 4.2 ได้แสดงกำลังต่อต้านการถอนตัวของตะปูแบบธรรมดาสำหรับขนาดที่ใช้กันมากกับไม้ชนิดต่างๆของไทย ส่วนในกรณีหลัง แรงเฉือนของตะปูที่ตอกในแนวตั้งฉากกับเสี้ยนสามารถคำนวณได้จาก

$$P = KD^{3/2} \qquad (2.8)$$

โดยที่ P = แรงต่อต้านด้านข้างที่ยอมให้ , กก.

K = ค่าตัวแปรตามชนิดไม้โดยมีค่าระหว่าง 121-229

D = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของตะปู , ซม.

ทั้งนี้โดยมีค่าความปลอดภัยเท่ากับ 6 รวมอยู่ด้วยเช่นกัน สมการนี้จะใช้ได้ดี เมื่อความหนาแน่นหรือความถ่วงจำเพาะของไม้ที่ตอกติดกันมีค่าใกล้เคียงกัน และความลึกในการตอกจะต้องฝังเกิน 10 เท่าของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางสำหรับไม้เนื้อแน่น และ 14 เท่าของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางสำหรับไม้เบา ตารางที่ 4.3 ได้แสดงกำลังต่อต้านแรงเฉือนด้านข้างของตะปูกับไม้ไทยชนิดต่างๆ ในกรณีของการใช้งานที่อาจจะต้องตอกตะปูในแนวขนานกับแนวเสี้ยน อาจจะต้องพิจารณาลดแรงที่ยอม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้ทั้งสองกรณีเหลือเพียงร้อยละ 60 ของที่แสดงในตารางที่ 4.2 และ 4.3 ตามลำดับ และในกรณีของการใช้ตะปูกับไม้อัดจะเหมือนกับการใช้ตะปูกับไม้ทั่วๆไป แต่จะดีกว่าที่สามารถตอกชิดกับขอบไม้ได้โดยไม่มีการอตกหรือเสียหาย แรงต่อต้านทั้งเกี่ยวกับแรงถอนและแรงเฉือนทางข้างเมื่อใช้กับไม้อัดอาจพิจารณาลดลงร้อยละ 20-30 จากในกรณีของไม้ธรรมดา ทั้งนี้เพราะแนวเสี้ยนไม้จะไม่เหมือนกันตลอดทั้งหน้าตัด

ตารางที่ 2.3. แรงถอนของตะปูที่ยอมให้

ขนาดตะปูตามท้องตลาด (นิ้ว)	แรงถอนตามชนิดไม้ (กก./ตัว)			
	ไม้เนื้ออ่อนมาก (ถพ = 0.60)	ไม้เนื้ออ่อน (ถพ = 0.70)	ไม้เนื้อแข็ง (ถพ = 0.95)	ไม้เนื้อแข็งมาก (ถพ = 1.10)
1	9.9	14.6	31.2	45.1
$1\frac{1}{4}$	13.5	19.9	42.6	61.4
$1\frac{1}{2}$	26.5	38.9	83.6	120.6
$1\frac{3}{4}$	29.8	43.8	94.0	135.6
2	39.7	58.4	125.2	180.7
$2\frac{1}{2}$	61.1	89.9	192.7	278.1
3	84.4	24.1	266.2	384.1
$3\frac{1}{2}$	101.3	148.9	319.6	461.0
4	125.8	184.9	397.1	572.5
5	92.9	283.6	608.5	877.9
6	238.4	350.5	752.0	1085.0

ที่มา : แบบหล่อคอนกรีต เอกสิทธ์ ลิ้มสุวรรณ พ.ศ. 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4. แรงต่อด้านข้างของตะปูที่ยอมให้

ขนาดตะปูตามท้องตลาด (นิ้ว)	แรงต่อด้านด้านข้างตามชนิดไม้ (กก./ตัว)			
	ไม้เนื้ออ่อนมาก K = 121	ไม้เนื้ออ่อน K = 157	ไม้เนื้อแข็ง K = 193	ไม้เนื้อแข็งมาก K = 229
1	7.0	9.1	11.2	13.3
1 1/4	8.5	11.0	13.6	16.1
1 1/2	15.1	19.6	24.2	28.6
1 3/4	15.1	19.6	24.2	28.6
2	19.9	25.8	31.8	37.7
2 1/2	25.6	33.2	40.8	48.4
3	33.5	43.5	53.5	63.5
3 1/2	33.5	43.5	53.5	63.5
4	39.6	51.4	63.2	75.0
5	50.7	65.8	80.8	95.9
6	56.2	72.9	89.7	106.4

ที่มา : แบบหล่อคอนกรีต เอกสิทธ์ ลิ้มสุวรรณ พ.ศ. 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2. ตะปูเกลียว

การใช้ตะปูเกลียวในการทำแบบหล่อคอนกรีตยังไม่แพร่หลายมากนัก ทั้งนี้ เพราะทำงานยากกว่าตะปูธรรมดามาก กล่าวคือจะต้องมีการเจาะนำด้วยขนาดที่เล็กกว่า แล้วจึงขันเข้าด้วยไขควง ให้เกลียวฉุดตัวเองเข้าสู่เนื้อไม้ ทำให้เสียเวลามากกว่าการใช้ตะปูธรรมดาทั้งในแง่ของขั้นตอนการทำงานและเครื่องมือในการประกอบ แต่อย่างไรก็ดีการใช้ตะปูเกลียวมีความจำเป็นและมีความสำคัญมากในงานที่มีการติดตาย และมีการใช้ซ้ำสูงดังตัวอย่างเช่น แผงสำเร็จรูปในงานหล่อคอนกรีต เป็นต้น การใช้ตะปูเกลียวจะป้องกันการขยับ (Slip) และการถอนตัว (Withdraw) ได้ดี ทั้งนี้เพราะการขันเกลียวเข้าสู่เนื้อไม้จะมีการอัดแรงให้ตะปูแนบสนิทกับเนื้อไม้นอกจากนี้การใช้ตะปูเกลียวยังทำให้หัวตะปูเรียบแนบสนิทกลมกลืนกับแผ่นผิว

ลักษณะทั่วไปของตะปูเกลียว คือ จะมีลำตัวเป็นเทปเปอร์ปลายแหลม ขนาดที่ปลายจะเล็กกว่าขนาดที่หัว จากปลายถึงประมาณ $\frac{3}{4}$ ของความยาวจะเป็นเกลียวหยาบคล้ายกับสว่าน มีความสามารถในการเจาะไชได้ดี จากปลายแหลมและเกลียวที่คมจะดูดตัวเองเข้าสู่เนื้อไม้ตลอดเวลาที่ถูกขัน มีประสิทธิภาพในการทะลุทะลวงสูง หัวของตะปูเกลียวจะกลมแบบกรวยตัดปลายและบากเป็นร่องที่ปลายบนสุดเพื่อที่ไขควงจะสอดเข้าและขันเข้าสู่เนื้อไม้ได้ ขนาดที่เรียกกันตามท้องตลาดจะเป็นนิ้วตามความยาวดังแสดงในตารางที่ 4.4 ซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลำตัวและหัวตามลำดับ ขนาดความยาวเริ่มจาก $\frac{3}{8}$ นิ้ว ถึง $2\frac{1}{2}$ นิ้ว ส่วนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางจะแปรตามความยาว อย่างไรก็ดีจะพบว่าตะปูเกลียวที่มีขนาดสั้นจะอ้วนกว่าตะปูเกลียวที่มีขนาดยาว

เท่าที่ปรากฏในขณะนี้ยังไม่มีผู้ศึกษาถึงกำลังการถอนตัว และกำลังการขยับตัว หรือการรับแรงทางด้านข้างของตะปูเกลียวเมื่อใช้กับไม้ จึงไม่อาจแสดงสูตรคำนวณเพื่อการคาดคะเนกำลังเหล่านั้นได้ แต่เป็นที่ยอมรับว่าสูตรการคำนวณดังแสดงในสมการที่ 4.1 และ 4.2 สำหรับแรงถอนและแรงต่อต้านด้านข้างของตะปูธรรมดา จะสามารถใช้ได้อย่างปลอดภัย ทั้งนี้โดยใช้ระยะฝังลึก และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของตะปูเกลียวตามที่แสดงในตารางที่ 4.4 การเลือกใช้ตะปูเกลียวจะนิยมเฉพาะไม้เนื้ออ่อนหรือไม้อัดมากกว่าไม้เนื้อแข็ง ทั้งนี้เพราะไม้เนื้อแข็งต้องการกำลังขันสูง จึงไม่อาจขันตะปูควงด้วยกำลังคนได้ นอกจากนี้ตะปูเกลียวยังเหมาะกับงชิ้นส่วนเชิงประกอบ เช่นการติดไม้กับเหล็กอลูมิเนียมกับไม้ ไม้อัดกับเคร่ายึดเป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5. ขนาดของตะปูเกลียว

ขนาดความยาวตามท้องตลาด (นิ้ว)	ความยาวจริง (มม.)	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (มม.)	
		ลำตัว	หัว
3/8	10	2.0	4.5
1/2	13	2.5	4.5
5/8	15	3.0	6.0
3/4	20	3.0	6.0
7/8	22	3.0	6.0
1	25	4.0	8.0
1 1/4	32	4.0	7.5
1 1/2	38	4.0	9.0
2	50	4.5	8.0
2 1/2	63	4.5	9.0

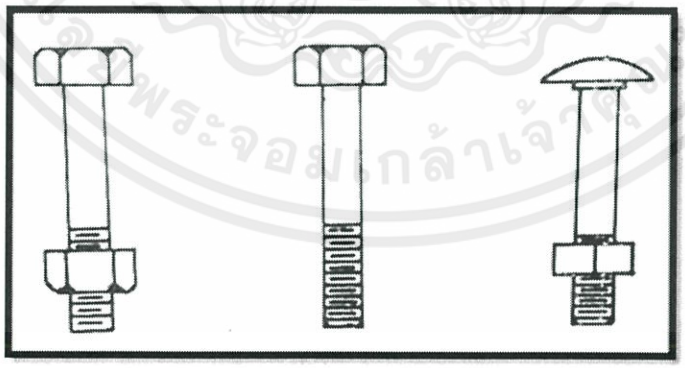
ที่มา : แบบหล่อคอนกรีต เอกสิทธ์ ลิ้มสุวรรณ พ.ศ. 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3. สลักเกลียวหรือน้อต

การใช้สลักเกลียวกับงานแบบหล่อคอนกรีตจะใช้เฉพาะกรณีที่ยึดแบบไว้เข้ากับเคร่าหรือโครงยึดต่างๆ และยึดแบบระหว่างแผ่นย่อยๆประกอบเข้าเป็นแผ่นใหญ่ รวมไปถึงการยึดรั้งชิ้นส่วนต่างๆ ของโครงสร้างแบบหล่อเพื่อให้เกิดความแข็งแรง โดยเฉพาะในกรณีที่ชิ้นส่วนประกอบเหล่านั้นเป็นเหล็ก ในการใช้งานอาจจะใช้ครบชุดทั้งสลักเกลียว (Bolt) และตัวแป้นเกลียว (Nut) หรืออาจใช้เฉพาะสลักเกลียวเพียงอย่างเดียว โดยขันลงบนแผ่นซึ่งได้ต๊าบเกลียวไว้บนชิ้นส่วนอื่นที่จะประกอบเข้าด้วยกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในการประกอบติดตั้ง

สลักเกลียวส่วนใหญ่จะมีหัวรูป 6 เหลี่ยม ยกเว้นเฉพาะในกรณีของสลักเกลียวสำหรับงานโครงสร้างไม้ถาวร ซึ่งใช้หัวด้านหนึ่งกลม และแป้นเกลียวเป็นหัวสี่เหลี่ยม ใต้หัวจะมีติ่งเป็นรูปสี่เหลี่ยมเพื่อกัดเข้าในเนื้อไม้ ควบคุมไม่ให้สลักเกลียวหมุนตามขณะที่ขันเข้า ลักษณะทั่วไปของสลักเกลียวได้แสดงในรูปที่ 4.2 ซึ่งได้แสดงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไว้ในตารางที่ 4.5 ซึ่งมีขนาดตั้งแต่ 1.6 มม. ถึง 150 มม. ตามมาตรฐาน มอก. 171-2519 ได้ระบุขนาดเป็นมิลลิเมตร ซึ่งขนาดจริงได้แสดงไว้ในตาราง อนึ่ง ความยาวของสลักเกลียวของแต่ละขนาดไม่ได้ระบุแน่ชัด อาจจะแปรได้จาก 2 มม. จนถึง 300 มม. และสลักเกลียวที่มีจำหน่ายในท้องตลาดมีกำลังดึงแตกต่างกันตามชั้นคุณสมบัติ กล่าวคือจะมีหน่วยแรงดึงจาก 3,400 กก./ซม.^{2} ถึง 14,000 กก./ซม.^{2} ค่าที่นิยมใช้ในการออกแบบงานทั่วๆไปคือ ชั้นคุณภาพที่ 3.6 โดยมีกำลังดึงสูงสุด 3,400 กก./ซม.^{2}



รูปที่ 2.7 สลักเกลียวสำหรับงานแบบหล่อคอนกรีต (เอกสิทธ์ ลิ้มสุวรรณ,2546)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

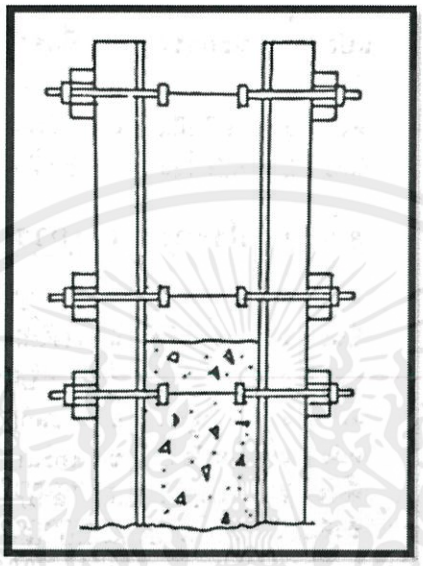
ตารางที่ 2.6. ขนาดของสลักเกลียว

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (มม.)			ความยาว (มม.)	
1.6	39		2	70
2	42		2.5	75
2.5	45		3	80
3	48		4	85
4	52		5	90
5	56		6	100
6	60		8	110
7	64		10	120
8	68		12	130
10	72		14	140
12	76		16	150
14	80		20	160
16	90		25	170
18	95		30	180
20	100		35	190
22	110		40	200
24	120		45	220
27	125		50	240
30	130		55	260
33	140		60	280
36	150		65	300

ที่มา : แบบหล่อคอนกรีต เอกสิทธ์ ลิ้มสุวรรณ พ.ศ. 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4. เหล็กยึดรั้ง (ties)



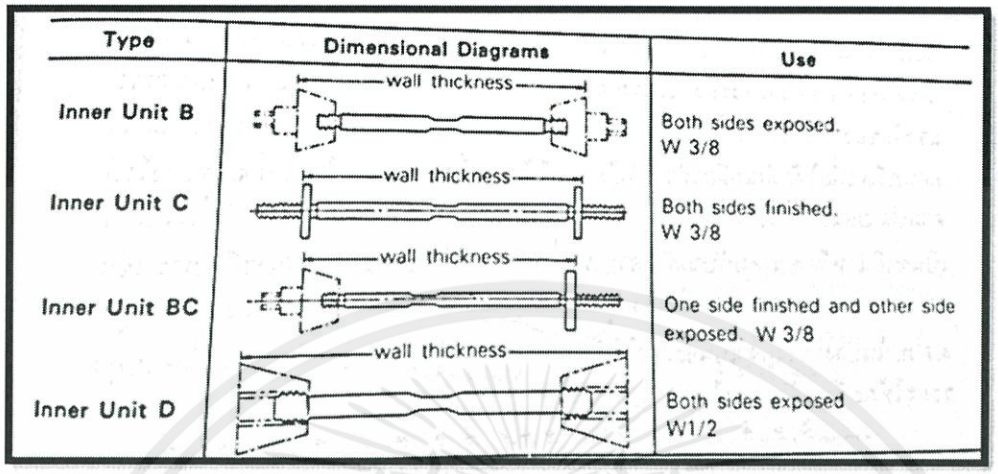
รูปที่ 2.8. เหล็กยึดรั้ง (เอกสิทธ์ ลิ้มสุวรรณ,2546)

เหล็กยึดรั้งเป็นชิ้นส่วนรับแรงดึงเพื่อยึดรั้งแบบหล่อคอนกรีต 2 ด้าน ซึ่งรับแรงดันจากคอนกรีตให้สมดุลกันเอง โดยไม่ต้องใช้ค้ำยันหรือชิ้นส่วนอย่างอื่นเพิ่มเติม เป็นชิ้นส่วนแบบหล่อที่ให้ประสิทธิภาพสูง ป้องกันแบบบวม และสามารถควบคุมความหนาได้อย่างละเอียด ตัวเหล็กยึดรั้งอาจชุบด้วยสังกะสีเพื่อป้องกันสนิม บางชนิดอาจมีหน้าแปลนเป็นพลั้กกันน้ำซึมผ่าน ส่วนหัวท้ายนิยมฝังลึกในเนื้อคอนกรีตและถอดออกด้วยเกลียว บางชนิดมีพลั้กสวมอัดรูกันความชื้น หรือเป็นปุ่มลึกในเนื้อคอนกรีตแล้วใช้ปูนทรายอัด ขนาดของเหล็กยึดรั้งแตกต่างกันไปตามแต่ผู้ผลิต และจะแปรตามระยะห่างระหว่างจุด ขนาดของแผงแบบ และตัวเสริมกำลังของแบบหล่อ

ลักษณะของเหล็กยึดรั้งที่มีจำหน่ายมีอยู่ 4 แบบ

- แบบ B สำหรับคอนกรีตเปลือยทั้ง 2 ด้าน
- แบบ C สำหรับคอนกรีตที่มีการฉาบทั้ง 2 ด้าน
- แบบ BC สำหรับคอนกรีตเปลือยด้านหนึ่งและตกแต่งผิวอีกด้านหนึ่ง
- แบบ D สำหรับงานคอนกรีตที่มีความดันสูงมากๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9. เหล็กยึดรั้งส่วนที่ฝังในเนื้อคอนกรีต (เอกสิทธ์ ลิ้มสุวรรณ,2546)

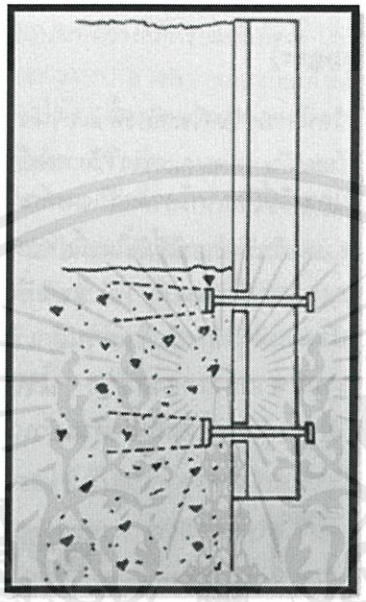
ตารางที่ 2.7. กำลังดึงทดสอบของเหล็กยึดรั้ง

ชนิด	ขนาด (นิ้ว)	พื้นที่หน้าตัด (ซม.^{2})	กำลังประลัย (กก.)	กำลังใช้งาน (กก.)	ความยาว (ซม.)
B,C,BC	3/8	0.50	3000	2100	18 - 31
D	1/2	0.90	4000	2800	25 - 36

ที่มา :แบบหล่อคอนกรีต เอกสิทธ์ ลิ้มสุวรรณ พ.ศ. 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5. สมอยึด (Anchor)



รูปที่ 2.10. การใช้สมอยึด (เอกสิทธ์ ลิ้มสุวรรณ,2546)

สมอยึดแบบหล่อคอนกรีตมีลักษณะคล้ายๆกับเหล็กยึดรั้ง แต่โดยทั่วไปจะใช้ฝังไว้ในเนื้อคอนกรีต เพื่อประโยชน์ในการยึดแบบหล่อคอนกรีตสำหรับการเทช่วงถัดไป โดยอาศัยความแข็งแรงของตัวโครงสร้างคอนกรีตที่แข็งตัวแล้วเป็นส่วนยึดรั้งแบบ และรับแรงดันคอนกรีตเหลว ลักษณะของสมอยึดโดยทั่วไปนิยมเป็นเกลียวตัวเมียฝังในเนื้อคอนกรีต เพื่อให้สลักเกลียวตัวผู้ฝังยึดแบบได้อย่างมั่นคง

กำลังการยึดเกาะของสมอยึดจะขึ้นอยู่กับรูปร่างลักษณะของตัวสมอยึดเอง แต่ปัจจัยหลักจะขึ้นอยู่กับกำลังคอนกรีต โดยเฉพาะในขณะที่ใช้งาน คอนกรีตมักจะมีอายุที่อ่อน จึงควรพิจารณากำลังของคอนกรีตในช่วงแรกคือ 3-7วันด้วย ตามปกติแล้วสมอยึดจะเลือกค่าเพื่อความปลอดภัยประมาณ 1.5-3 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพการก่อสร้างและการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.6. ตัวแขวน (Hanger)

รูปที่ 2.11. ตัวแขวนแบบ

แบบหล่อคอนกรีตหลายชนิดที่จะต้องหิ้วแขวนจากโครงเหล็ก หรือโครงสร้างคอนกรีตที่หล่อเสร็จเรียบร้อยแล้ว ลักษณะการใช้งานคล้ายกับสมอยึด แต่ใช้ในกรณีที่แขวนไว้ในแนวดิ่ง ถ้าเป็นกรณีที่ยึดจากโครงสร้างเหล็กก็สามารถคำนวณออกแบบเป็นชิ้นส่วนรับแรงดึงธรรมดา แต่ถ้าเป็นกรณีที่ฝังในเนื้อคอนกรีต ความแข็งแรงในการรับแรงดึงจะขึ้นอยู่กับอายุของคอนกรีต เช่นเดียวกับสมอยึดแบบ

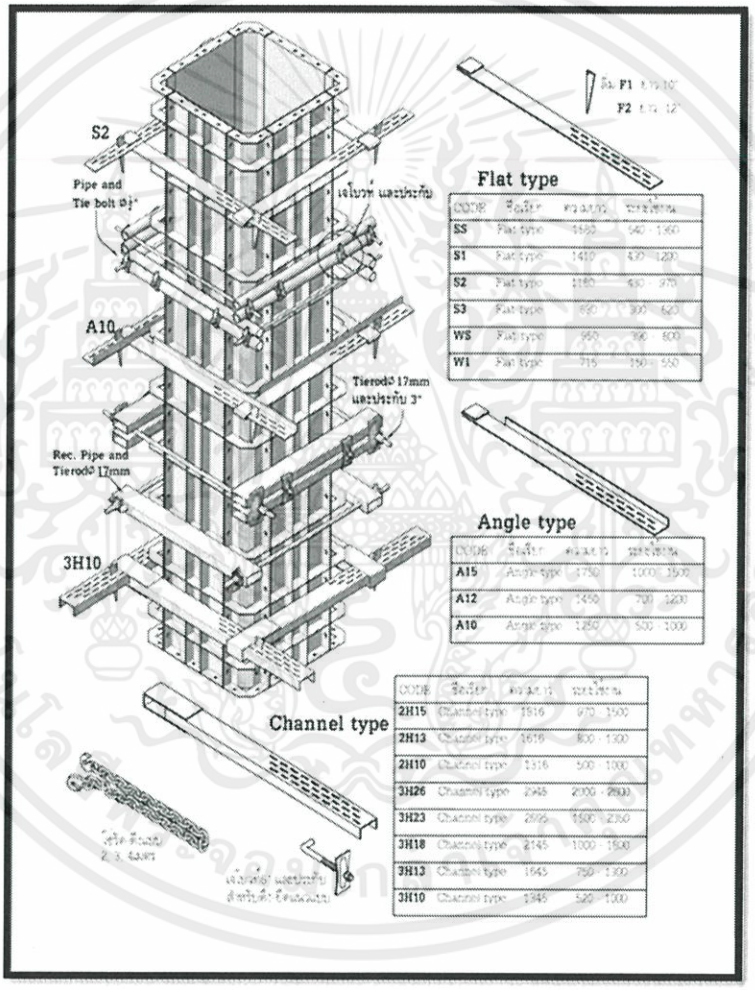
ตัวแขวนแบบในปัจจุบันมีผู้ผลิตเป็นชิ้นส่วนสำเร็จรูป เพื่อความสะดวกในการเลือกใช้ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับความหนาของโครงสร้าง น้ำหนัก และขนาดของแบบหล่อคอนกรีตที่จะแขวน ในการคำนวณออกแบบ อาจพิจารณาเลือกใช้ตัวคูณเพื่อความปลอดภัย 1.5-2.0 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน และอายุของคอนกรีตที่ใช้แขวน

2.3.7. เหล็กรัดแบบ (Clamp)

เหล็กรัดแบบส่วนใหญ่จะใช้กับแบบหล่อเสาคอนกรีตที่มีขนาดความหนาทั้งด้านกว้างและด้านยาวไม่แตกต่างกันมาก การรัดก็เพื่อป้องกันแบบป่องหรือปูดบวมในขณะที่เทคอนกรีต ตัวเหล็กรัดแบบเองนอกจากจะเป็นชิ้นส่วนรับแรงดึงแล้ว อาจพิจารณาเป็นตัวเสริมรับกำลังในแนวระนาบด้วยเช่นกัน ตามที่แสดงในรูปที่ 2.12. มีแบบสายรัดรอบโดยมีไม้ประกับเสริมกำลัง แบบเหล็กฉากทำเป็นฟันเลื่อยวางให้ฟันขบกัน หรือแบบเหล็กกลมมีเกลียวที่ปลายขันเร่งโดยมีเหล็กรับมุมบังคับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับงานไม้แบบนิยมใช้พุกขวาง จัดให้แต่ละด้านเหลื่อมกันเล็กน้อยพอที่จะตอกตะปูให้ยึดรัดซึ่งกันและกัน แต่ต้องมีการเตรียมงานแบบที่ดีพอสมควร มาระยะหลังมีการใช้เหล็กรัดแบบมากขึ้น แต่ก็เป็นไปในลักษณะที่ทำใช้กันเองในแต่ละหน่วยงานดังแสดงในรูป 2.12 และยังไม่แพร่หลายมากนัก การใช้งานอาจพิจารณาความแข็งแรงในการรับแรงด้านข้างโดยให้แบบหล่อคอนกรีตรับเพียงอย่างเดียวหรืออาจจะให้เหล็กรัดแบบเสริมกำลังรับด้วยก็ได้ แต่จะต้องมีการควบคุมระยะให้เหมาะสม



รูปที่ 2.12. ตัวอย่างเหล็กรัดแบบที่ใช้กันทั่วๆไป (เอกสิทธิ์ ลิ้มสุวรรณ, 2546)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.8. ค้ำยัน(Shoring)

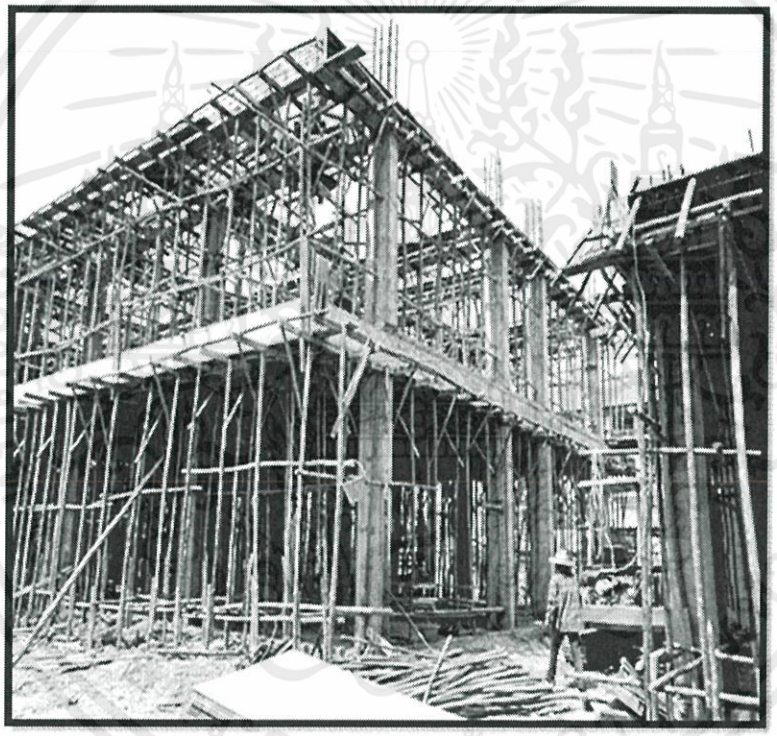
ค้ำยันสำหรับแบบหล่อคอนกรีต ทำหน้าที่เป็นเสาถ่ายน้ำหนักของแบบคอนกรีตและส่วนประกอบต่างๆลงพื้นล่างที่ยันไว้ อาจจะเป็นไม้ เหล็กแป๊บหรือเหล็กรูปพรรณ ส่วนประกอบหลักของค้ำยันจะแบ่งออกได้ 4 ส่วน คือ แป้นขาหยั่ง ตัวเสา ตัวปรับความสูง และแป้นรองรับ ปัญหาหลักของค้ำยันก็คือเรื่องโก่งดุ้ง เพราะค้ำยันทำหน้าที่เสมือนเสาซึ่งเป็นชิ้นส่วนโครงสร้างรับแรงอัด ดังนั้นจึงอาจจะต้องมีการยึดรั้งเพื่อป้องกันการดุ้งที่บริเวณกึ่งกลางความสูงหรือระหว่างช่วงความสูงของค้ำยันนั้น ในบางกรณีอาจใช้นั่งร้านเหล็กประกอบเป็นชุดๆ ทำหน้าที่เป็นค้ำยันได้เช่นกัน โดยปรับปรุงชิ้นส่วนประกอบให้ทำหน้าที่ได้เหมือนกัน

การใช้ค้ำยันไม้ตามหลักควรจะแยกเป็น 2 ท่อนตีตะปูแนบติดกัน ดังแสดงในรูป 2.13 เพื่อสามารถที่จะปรับปรุงระดับได้ง่าย และสามารถถอดแบบได้สะดวกกว่า แป้นรองรับส่วนบนอาจตีขวางด้วยไม้หนา 1 ½ นิ้ว x 3 นิ้ว เป็นตุ๊กตารูปสามเหลี่ยม สำหรับแป้นขาหยั่งนิยมใช้แผ่นไม้หรือเศษไม้วางแบนราบเพื่อกระจายแรงให้ถ่ายแผ่มากขึ้นส่วนการยึดรั้งระหว่างค้ำยันแต่ละตัว จะต้องได้รับการตรวจสอบเกี่ยวกับการดุ้งให้ละเอียด โดยยึดในแนวราบหรือแนวทแยงเพื่อลดชะลูดของค้ำยันลง

ค้ำยันเหล็กส่วนใหญ่จะเป็นเหล็กแป๊บขนาดเดียวตลอดความยาวหรือสองขนาดสวมกันได้พอเหมาะ ปรับระยะได้โดยใช้สลักเสียบผ่านรูที่เจาะไว้ที่แป๊บตัวนอกแป๊บตัวในจะนิ่งอยู่บนสลักนี้หรืออาจจะปรับได้ด้วยเกลียวโดยให้แป๊บตัวนอกนั่งอยู่บนแป้นเกลียวที่ปรับ แป้นรองรับตัวบนนิยมสวมไว้ในตัวเสายัน ซึ่งอาจปรับหน้าแปลนได้เล็กน้อยหรืออาจปรับไม่ได้ แต่อาจดัดแปลงให้สอดคล้องกับการใช้งานแต่ละอย่าง แป้นขาหยั่งที่ส่วนล่างอาจเป็นเหล็กหล่อมีรูกลวงสำหรับเสียบท่อแป๊บลงได้พอดี หรืออาจเป็นเกลียวระยะสั้นๆ เพื่อการยึดกับเสาค้ำยันได้อย่างมั่นคง อนึ่งการยึดกันระหว่างเสาเพื่อป้องกันการดุ้งอาจทำได้โดยการใช้ตัวรัดทั้งแป้นบน แป้นขาหยั่งและตัวปรับระดับ รวมทั้งตัวรัดกับดุ้งได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.14 อย่างไรก็ดีลักษณะของชิ้นส่วนประกอบเหล่านี้อาจแตกต่างกันตามบริษัทผู้ผลิตหรือการใช้งานเฉพาะอย่าง แต่ในหลักการแล้วก็เพื่อผลประโยชน์อันเดียวกัน

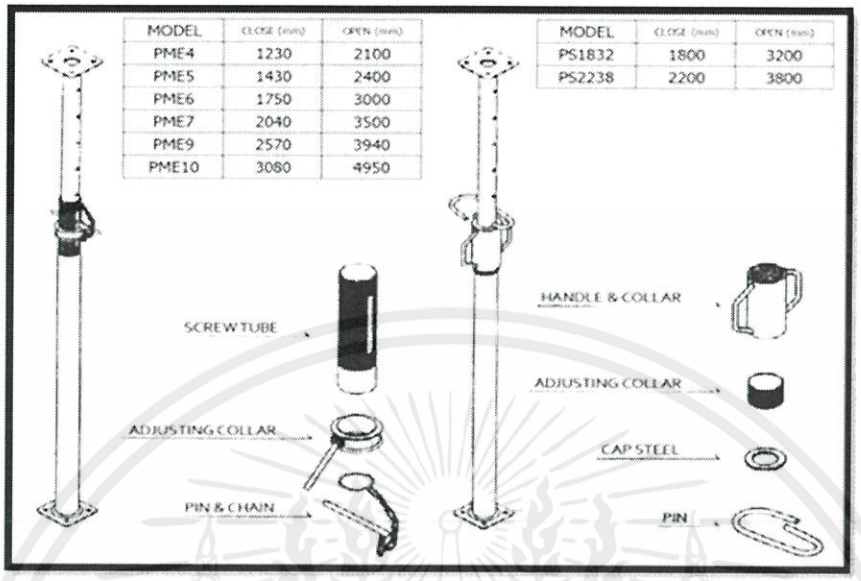
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้นั่งร้านทำค้ำยันใช้ได้ในหลายๆกรณี เพราะนั่งร้านสำเร็จรูปส่วนใหญ่จะเบา แต่อาจเป็นปัญหาเกี่ยวกับระดับได้ เพราะค้ำยันแต่ละท่อนมีความยาวจำกัดอาจจะเป็น 1.20,1.50,2.00,หรือ 2.40 เมตร ตามบริษัทผู้ผลิต ดังนั้นจึงต้องดัดแปลงให้มีการปรับระดับได้ที่แป้นรับส่วนบนและแป้นขาหยั่งส่วนล่าง ข้อควรพิจารณาประกอบการใช้นั่งร้านเป็นค้ำยันคือกำลังความามารถรับแรงในแกนโดยศึกษารายละเอียดของผู้ผลิตอย่างถี่ถ้วน และอาจจะต้องพิจารณาถึงเสถียรภาพตลอดถึงวิธีการยึดเกาะกับตัวโครงสร้างข้างเคียงเพื่อลดความชลูดและเพิ่มกำลังความสามารถในการรับแรง ลักษณะการวิบัติของนั่งร้านที่เกิดจากการทดสอบกำลังสูงสุดได้แสดงในรูปที่ 2.15

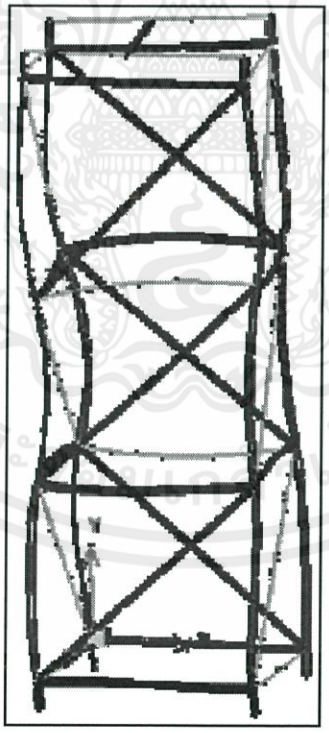


รูปที่ 2.13. ค้ำยันไม้ (เอกสิทธิ์ ลิ้มสุวรรณ, 2546)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14. ลักษณะค้ำยันเหล็ก (เอกสิทธิ์ ลิ้มสุวรรณ, 2546)



รูปที่ 2.15. ลักษณะการวิบัติของนั่งร้าน (เอกสิทธิ์ ลิ้มสุวรรณ, 2546)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.9. หมอนหนุนเหล็กเสริม

การควบคุมระยะหุ้มของเหล็กเสริมในโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กจำเป็นจะต้องใช้หมอนหนุนเหล็กให้เข้าที่ ในการก่อสร้างโดยทั่วๆไปยังคงใช้วิธีการหล่อลูกปูนให้ได้ความหนาตามต้องการแล้วใช้ผูกเข้ากับเหล็กเสริมตอนเข้าแบบข้าง หรือหนุนรองรับในกรณีที่เป็นแบบพื้น แต่ในปัจจุบันเริ่มมีการผลิตหมอนหนุนเหล็กเสริมสำเร็จรูปทำจากวัสดุอื่น เช่นเหล็กชุปพลาสติกหรือพลาสติกออกจำหน่ายในท้องตลาดบ้างเช่นกันแต่การใช้งานยังไม่แพร่หลายเท่าที่ควร อาจจะเนื่องจากราคาค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับการหล่อลูกปูนหนุน อีกทั้งการควบคุมคุณภาพของงานหล่อคอนกรีตยังไม่พิถีพิถันถึงขั้นที่ไม่ยอมให้ใช้

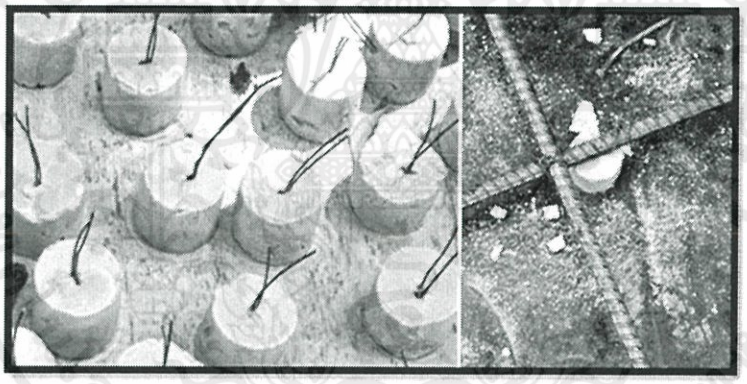
การหล่อลูกปูนถ้าเผื่อไม่หนามากจะใช้วิธีการตอกคิ้วกั้นแบบข้างบนแผ่นไม้อัดซึ่งวางบนพื้นราบให้ได้ความหนาตามที่ต้องการ เช่น 2 , 3 , 4 , 5 ซม. ตามลำดับ หลังจากนั้นจะใช้ปูนทรายเทลงแผ่นไม้อัดแล้วใช้เกรียงปาดให้ได้ความหนาตามขอบคิ้วกั้นไว้ ตีตารางตามขนาดของลูกปูนคร่าวๆ เพื่อให้รู้ตำแหน่งศูนย์กลางแล้วจึงเอาลวดผูกเหล็กพับกลางเสียบฝังในเนื้อปูน โดยโผล่สองปลายขึ้นมาเพื่อใช้ผูกกับเหล็กเสริมได้และเมื่อปูนทรายหมาด อาจใช้เกรียงหรือเหล็กแบนกรีดตามรอยแบ่งขนาดลูกปูนออกเป็นลูกเต๋าเล็กๆ หลังจากนั้นจะต้องบ่มด้วยการฉีดน้ำจนได้อายุกำลัง ข้อควรระวังในการหล่อลูกปูนแบบนี้คือส่วนผสมปูนทรายจะต้องไม่เหลวมาก คือมีสัดส่วนน้ำต่อซีเมนต์น้อยเพื่อให้ได้กำลังสูงพอจะป้องกันการซึมได้พอควร และในการเสียบลวดผูกเหล็กลงในเนื้อปูน จะต้องให้ฝังและยึดเกาะที่ดีเพื่อการใช้งานที่ดี ในกรณีที่ต้องการการหนุนเหล็กเสริมที่หนามาก เช่น 7 , 10 หรือ 12 ซม. อาจจะต้องกั้นแบบหล่อเป็นลูกเต๋า โดยใช้คอนกรีตที่ผสมด้วยหินเล็กใช้แทนปูนทรายเพื่อที่จะให้มีกำลังสูงและแข็งแรงขึ้น การฝังลวดผูกเหล็กแทนที่จะฝังเพียงลูกละคู่ อาจจะต้องมากกว่า 2 หรือ 3 คู่เพื่อป้องกันการพลิกตัวจากน้ำหนักของลูกปูนเองในกรณีที่ผูกยันข้างแบบ แต่ถ้าเป็นกรณีการหมุนท้องแบบก็อาจจะใช้แค่ 2 คู่ก็พอ กำลังของลูกปูนที่หล่อนี้ไม่ควรจะน้อยกว่ากำลังของคอนกรีตที่จะใช้หล่อโครงสร้างส่วนนั้นๆ ลักษณะลูกปูนทั้งแบบบาง และแบบหนาได้แสดงในรูปที่ 2.16

หมอนหนุนที่ทำด้วยเหล็กเส้นมีสองแบบ คือหมอนหนุนเฉพาะจุดและหมอนหนุนเป็นแถบ มีลักษณะรูปร่างดังในรูปที่ 2.17 ปลายขาส่วนที่หมุนที่แตะกับแบบหล่อคอนกรีตอาจจะพอกหุ้มไว้ด้วยเซรามิคหรือพลาสติกแข็งเพื่อป้องกันการเป็นสนิม และเพื่อให้สีกลมกลืนกับเนื้อคอนกรีต อนึ่งการหนุนแบบดังกล่าวนี้จะใช้ได้ทั้งในกรณีของผิวแบบเป็นไม้ ไม้อัด หรือเหล็ก ส่วนความหนาของคอนกรีตจะแตกต่างกันตามความยาวขาซึ่งผู้ผลิตจะระบุไว้ในคู่มือการใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

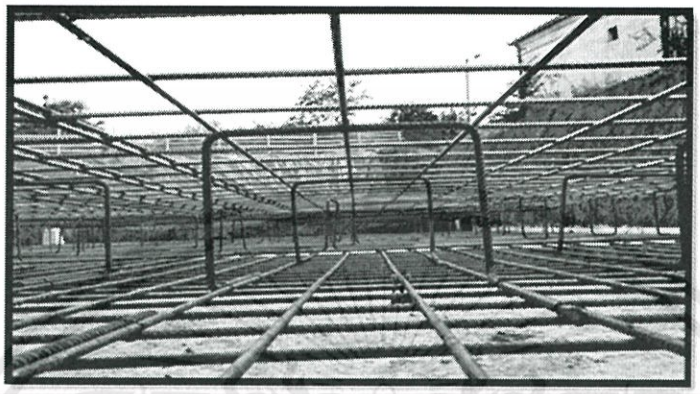
การหนุนเหล็กเสริมบนในกรณีของเหล็กคานอาจไม่จำเป็น เพราะสามารถใช้เหล็กปลอกเป็นส่วนช่วย หรือถ้าไม่มีปลอกเหล็กก็อาจใช้เหล็กขวางยึดระหว่างเหล็กปลอกก็สามารถจะยึดเหล็กให้เข้าที่ได้ แต่ในกรณีของเหล็กพื้นอาจจะงอเหล็กตามแสดงใน2.17 เพื่อยันไว้กับเหล็กเสริมล่าง อย่างไรก็ตามถ้าจะมีการหนุนของเหล็กเสริมบนจากแบบหล่อเลยก็อาจจะกระทำได้โดยใช้เหล็กหนุน แต่อาจจะเกะกะเสริมเหล็กล่างและไม่สะดวก

หมอนหนุนเหล็กเสริมที่ทำด้วยพลาสติกเพิ่งจะเริ่มมีบทบาทในวงการก่อสร้างลักษณะรูปร่างดังแสดงในรูปที่ 2.18 มักจะมีขนาดบางและเล็ก ทั้งนี้เพื่อให้แทนที่เนื้อคอนกรีตน้อยที่สุด จึงมักจะเป็นพลาสติกที่มีกำลังสูง บางชนิดปลายที่ยึดติดกับเหล็กจะทำเป็นตัวล็อค ยึดติดแน่นกับเหล็กเสริมเลย ส่วนปลายด้านที่ยันกับแบบอาจจะเป็นแป้นยันกับแบบเฉยๆ หรือถ้าเผื่อเป็นกรณีของไม้แบบอาจจะใช้เดือยเสียบเข้าไม้ลึกพอที่จะเพิ่มความมั่นคงและกับการขยับเขยื้อนในขณะที่เทคอนกรีต



รูปที่ 2.16. ลูกปูนหมอนหนุนเหล็กบน (เอกสิทธิ์ ลิ้มสุวรรณ, 2546)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17. หมอนหนุนเหล็กเสริมเหล็ก (เอกสิทธิ์ ลิ้มสุวรรณ, 2546)

รูปที่ 2.18. หมอนหนุนเหล็กเสริมพลาสติก (เอกสิทธิ์ ลิ้มสุวรรณ, 2546)

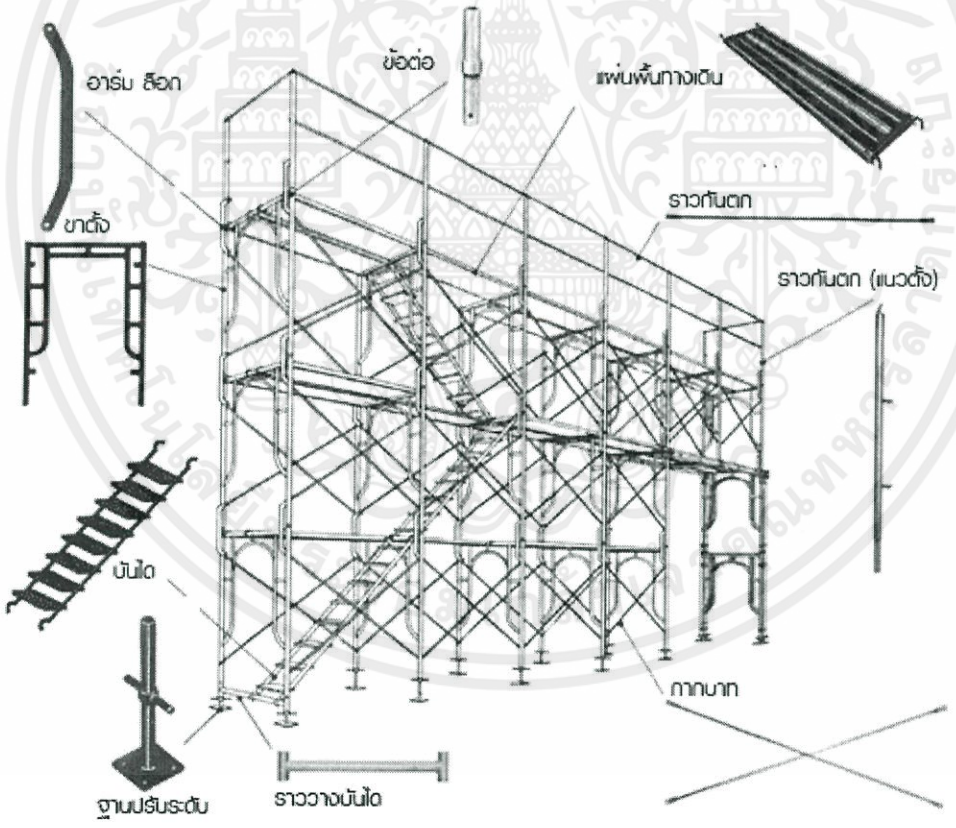
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4. อุปกรณ์นั่งร้าน

ในงานก่อสร้างทั่วไปนั้นจำเป็นต้องมีนั่งร้าน ซึ่งเป็นโครงสร้างชั่วคราว สำหรับใช้ในการทำงานก่อสร้างในที่สูงและยังเป็นตัวถ่ายน้ำหนักลงสู่พื้นได้อีกด้วย นั่งร้านที่มีในปัจจุบันมีอยู่หลายรูปแบบ แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะนั่งร้านแบบญี่ปุ่น ซึ่งประกอบไปด้วย อาร์ม ล็อค ขาตั้ง บันได ฐานปรับระดับ ราววางบันได ข้อต่อ แผ่นพื้นทางเดิน ราวกันตก กากบาท

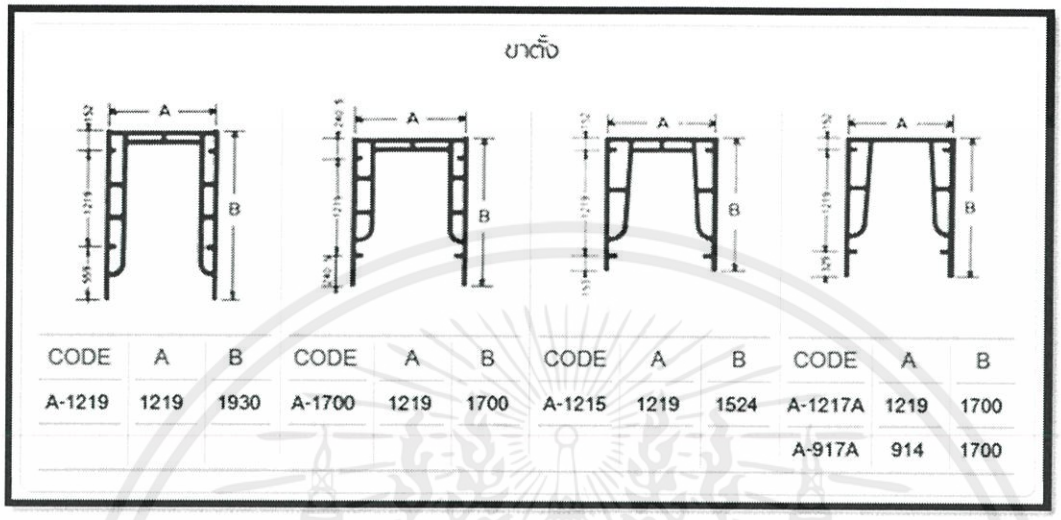
จากการสัมภาษณ์ บริษัท แม็คไลเกอร์ จำกัด สรุปใจความได้ว่า

"การคำนวณการรับน้ำหนักของนั่งร้านญี่ปุ่นทั่วไปที่มีสภาพยังใหม่อยู่ ถ้าไม่มีผลการทดสอบการรับน้ำหนักของนั่งร้านเพื่อใช้ในการคำนวณ โดยจะให้นั่งร้านญี่ปุ่น 1 ตัวซึ่งมีสองขา รับน้ำหนักได้ 3 ตัน" (บริษัท แม็คไลเกอร์ จำกัด, สัมภาษณ์, 20 ตุลาคม 2557)



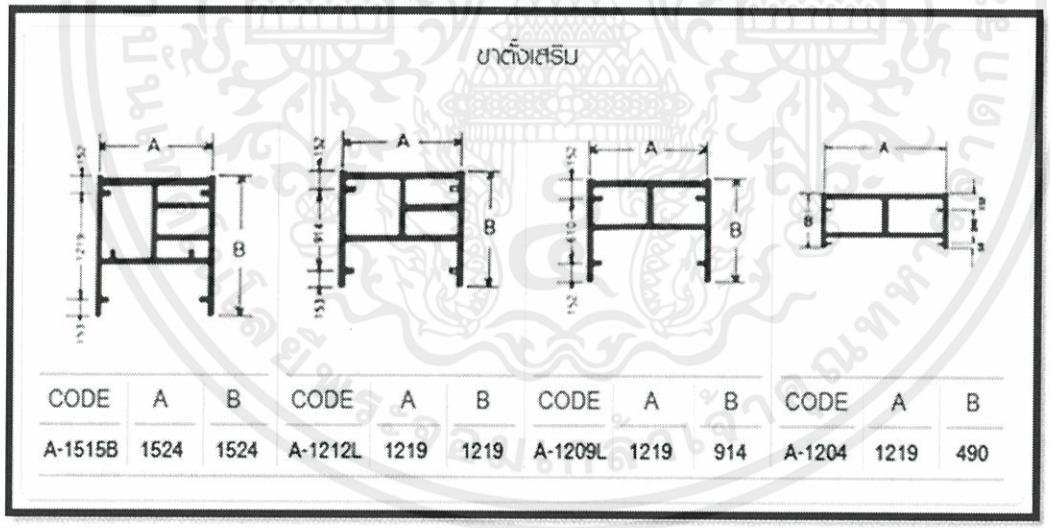
รูปที่ 2.19. อุปกรณ์นั่งร้าน (บริษัท แม็คไลเกอร์ จำกัด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



CODE	A	B	CODE	A	B	CODE	A	B	CODE	A	B
A-1219	1219	1930	A-1700	1219	1700	A-1215	1219	1524	A-1217A	1219	1700
									A-917A	914	1700

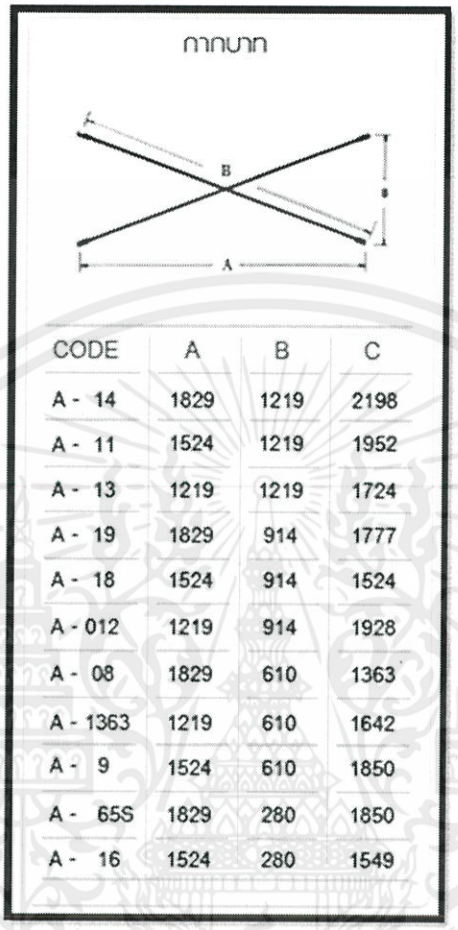
รูปที่ 2.20. ขาตั้งนั่งร้าน (บริษัท แม็คไลเกอร์ จำกัด)



CODE	A	B	CODE	A	B	CODE	A	B	CODE	A	B
A-1515B	1524	1524	A-1212L	1219	1219	A-1209L	1219	914	A-1204	1219	490

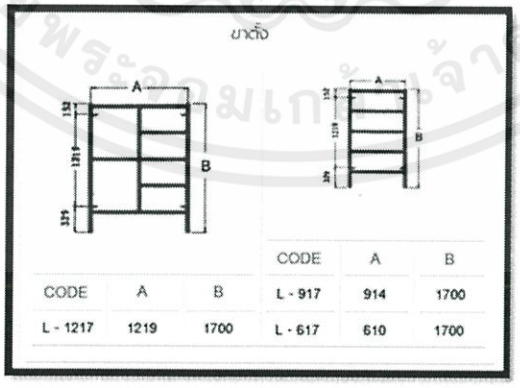
รูปที่ 2.21. ขาตั้งเสริมนั่งร้าน1 (บริษัท แม็คไลเกอร์ จำกัด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



CODE	A	B	C
A - 14	1829	1219	2198
A - 11	1524	1219	1952
A - 13	1219	1219	1724
A - 19	1829	914	1777
A - 18	1524	914	1524
A - 012	1219	914	1928
A - 08	1829	610	1363
A - 1363	1219	610	1642
A - 9	1524	610	1850
A - 65S	1829	280	1850
A - 16	1524	280	1549

รูปที่ 2.22. กากบาทนั่งร้าน (บริษัท แม็คไลเกอร์ จำกัด)

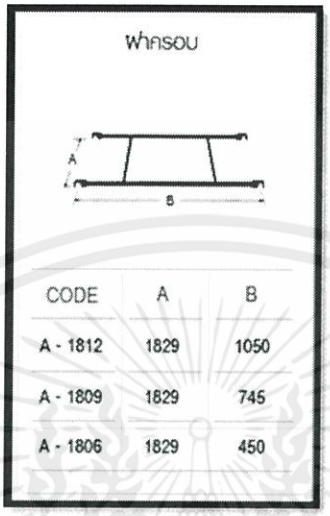


CODE	A	B
L - 1217	1219	1700

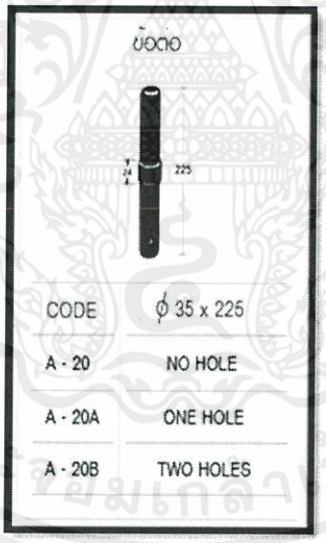
CODE	A	B
L - 917	914	1700
L - 617	610	1700

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.23. ขาตั้งเสริมนั่งร้าน2 (บริษัท แม็คไลเกอร์ จำกัด)

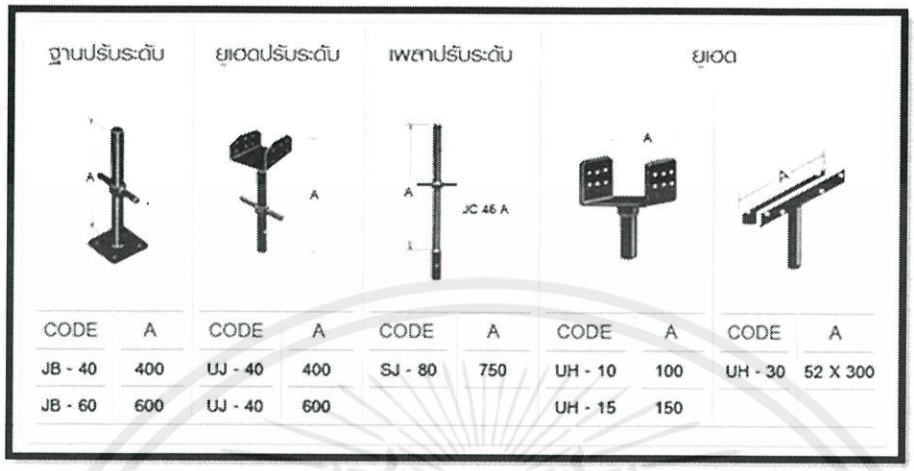


รูปที่ 2.24. ฝาครอบนั่งร้าน (บริษัท แม็คไลเกอร์ จำกัด)



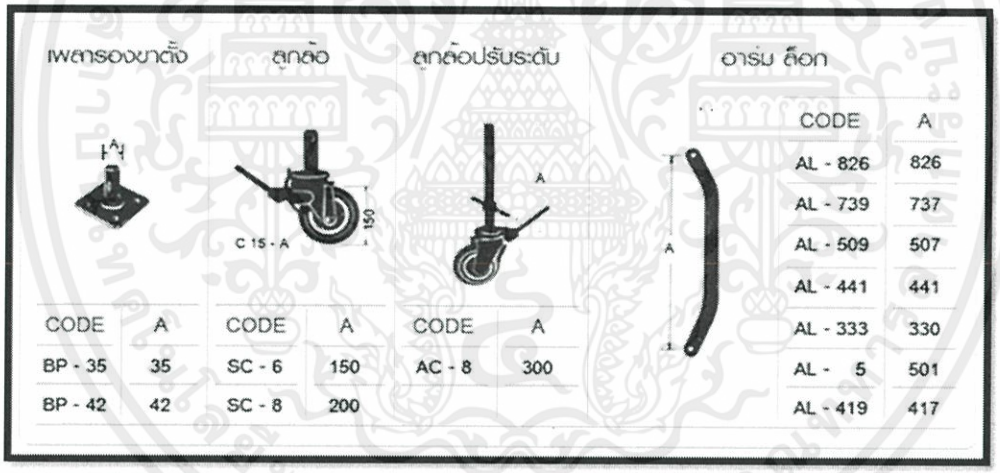
รูปที่ 2.25. ข้อต่อนั่งร้าน (บริษัท แม็คไลเกอร์ จำกัด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



CODE	A	CODE	A	CODE	A	CODE	A	CODE	A
JB - 40	400	UJ - 40	400	SJ - 80	750	UH - 10	100	UH - 30	52 X 300
JB - 60	600	UJ - 40	600			UH - 15	150		

รูปที่ 2.26. อุปกรณ์เสริมนั่งร้าน1 (บริษัท แม็คไลเกอร์ จำกัด)

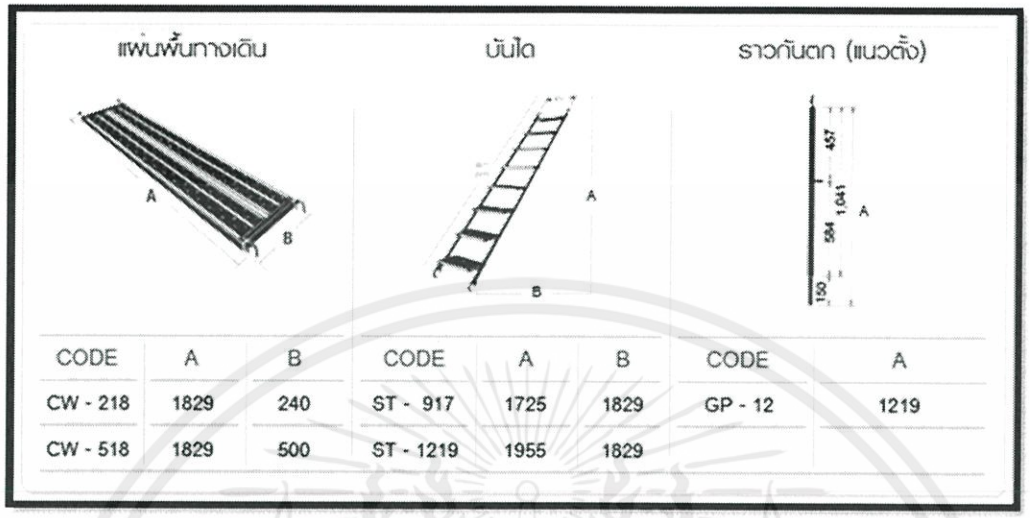


CODE	A	CODE	A	CODE	A
BP - 35	35	SC - 6	150	AC - 8	300
BP - 42	42	SC - 8	200		

CODE	A
AL - 826	826
AL - 739	737
AL - 509	507
AL - 441	441
AL - 333	330
AL - 5	501
AL - 419	417

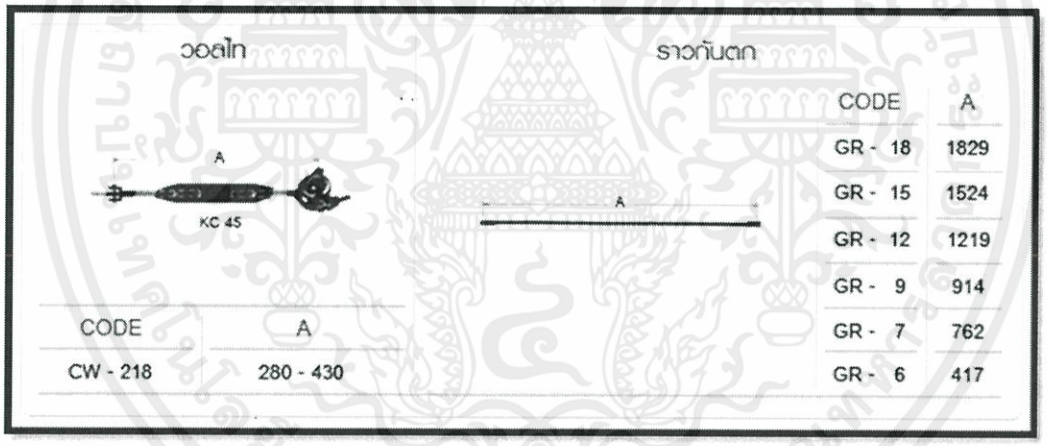
รูปที่ 2.27. อุปกรณ์เสริมนั่งร้าน2 (บริษัท แม็คไลเกอร์ จำกัด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



CODE	A	B	CODE	A	B	CODE	A
CW - 218	1829	240	ST - 917	1725	1829	GP - 12	1219
CW - 518	1829	500	ST - 1219	1955	1829		

รูปที่ 2.28. อุปกรณ์เสริมนั่งร้าน3 (บริษัท แม็คไลเกอร์ จำกัด)



CODE	A
CW - 218	280 - 430

CODE	A
GR - 18	1829
GR - 15	1524
GR - 12	1219
GR - 9	914
GR - 7	762
GR - 6	417

รูปที่ 2.29. อุปกรณ์เสริมนั่งร้าน4 (บริษัท แม็คไลเกอร์ จำกัด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5. แรงดันด้านข้างเพื่อการออกแบบ

แรงดันด้านข้างของคอนกรีตขึ้นอยู่กับอิทธิพลของตัวแปรต่างๆหลายอย่างดังที่กล่าวมาแล้วตอนต้น ในกรณีที่จะคำนวณเพื่อการออกแบบนั้นจะพิจารณาทุกตัวแปรอาจทำให้เกิดความยุ่งยากหรือละเอียดเกินความจำเป็น ซึ่งในที่นี้จะสรุปเฉพาะที่เป็นข้อเสนอแนะในการคิดเพื่อการออกแบบจากสถาบันคอนกรีตที่มีความน่าเชื่อถือ

2.5.1. การคำนวณตาม ACI-347 (American Concrete Institute)

การคำนวณแรงดันด้านข้างของคอนกรีตตาม ACI-347 จะพิจารณาเฉพาะอัตราความเร็วในการเท และอุณหภูมิของคอนกรีต โดยอัตราการเทไม่ควรเกิน 10 ฟุต (= 3 ม.) ต่อชั่วโมง ค่าการยุบตัวของคอนกรีตไม่เกิน 4 นิ้ว (=10 ซม.) ปละเมื่อมีการจี้จะต้องจุ่มลึกไม่เกิน 4 ฟุต (1.20 ม.) จากผิวคอนกรีต

2.5.1.1. แบบหล่อกำแพง

$$P_m = C_w C_c \left(150 + \frac{9000R}{T}\right) \qquad (2.9)$$

เมื่ออัตราการเทช้า 7 ฟุตต่อชั่วโมง (2 เมตรต่อชั่วโมง)

$$P_m = C_w C_c \left(150 + \frac{43400}{T} + \frac{2800R}{T}\right) \qquad (2.10)$$

เมื่ออัตราการเทเร็วกว่า 7 ฟุตต่อชั่วโมง (2 เมตรต่อชั่วโมง)

โดยที่ P = แรงดันด้านข้างของคอนกรีต(ปอนด์/ฟุต^2)

Cw = ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยน้ำหนัก

Cc = ค่าสัมประสิทธิ์เคมี

R = อัตราการเทคอนกรีต (ฟุต/ชั่วโมง)

T = อุณหภูมิ (F)

ค่าคำนวณที่ได้จากการคำนวณจะต้องน้อยกว่า 2000 ปอนด์/ฟุต^2 (9760 กก./ม.) หรือผลคูณระหว่างน้ำหนักต่อหน่วย 150 ปอนด์/ฟุต^3 (2400 กก./ม^2) และความสูงของคอนกรีตเท

เอกสารนี้มีไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในเชิงการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.8. สัมประสิทธิ์การปรับแก้เนื่องจากหน่วยน้ำหนักคอนกรีต

หน่วยน้ำหนักคอนกรีต		ค่า Cw
น้อยกว่า 140 lb/ft^3	น้อยกว่า 2349.83 kg/m^3	0.5(1+(w/145))
140-150 lb/ft^3	2349.83-2517.68 kg/m^3	1.0
มากกว่า 150 lb/ft^3	มากกว่า 2517.68 kg/m^3	w/145

หมายเหตุ w คือ หน่วยน้ำหนักคอนกรีต (lb/ft^3)

ที่มา : มาตรฐาน ACI-347 (American Concrete Institute) พ.ศ 2547

ตารางที่ 2.9. ค่าสัมประสิทธิ์การปรับแก้เนื่องจากชนิดหรือส่วนผสมของซีเมนต์

ชนิดหรือส่วนผสมของซีเมนต์	ค่า Cc
ซีเมนต์ type1,2,3 ปราศจากสารหน่วงเวลา	1.0
ซีเมนต์ type1,2,3 โดยเติมสารหน่วงเวลา	1.2
ซีเมนต์ type อื่นๆหรือซีเมนต์ที่มีส่วนผสมของแร่น้อยกว่า70% หรือขี้เถ้าน้อยกว่า40% ปราศจากสารหน่วงเวลา	1.2
ซีเมนต์ type อื่นๆหรือซีเมนต์ที่มีส่วนผสมของแร่น้อยกว่า70% หรือขี้เถ้าน้อยกว่า40% โดยเติมสารหน่วงเวลา	1.4
ซีเมนต์ที่มีส่วนผสมของแร่มากกว่า70%หรือขี้เถ้ามากกว่า40%	1.4

ที่มา : มาตรฐาน ACI-347 (American Concrete Institute) พ.ศ 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1.2. แบบหล่อเสา

$$P_m = C_w C_c (150 + \frac{9000R}{T}) \quad (2.11)$$

โดยที่ P = แรงดันด้านข้างของคอนกรีต(ปอนด์/ฟุต^2)

Cw = ค่าสัมประสิทธิ์ของหน่วยน้ำหนัก

Cc = ค่าสัมประสิทธิ์เคมี

R = อัตราการเทคอนกรีต (ฟุต/ชั่วโมง)

T = อุณหภูมิ (F)

โดยที่ P จะต้องมีค่าน้อยกว่า 3000 ปอนด์/ฟุต^2 (14640 กก./ม.^2) หรือผลคูณระหว่างน้ำหนักต่อหน่วย 150 ปอนด์/ฟุต^3 (2400 กก./ม^2) และความสูงของคอนกรีตเท ความสูงที่เหมาะสมที่จะใช้กับเสาที่สูงน้อยกว่า 18 ฟุต (6 เมตร) และมีขนาดกว้างหรือยางไม่ควรเกิน 6 ฟุต (2 เมตร) หรืออาจจะใช้สูตรคำนวณหาแรงดันของคอนกรีตสำหรับแบบหล่อกำแพงก็ได้

2.5.2. การคำนวณตาม CEB (Comite Euro-International de Beton)

การคำนวณแรงดันคอนกรีตกระทำต่อแบบหล่อนั้น CEB ได้เสนอแนะแนวการคำนวณไว้ 3 กรณี และให้เลือกค่าต่ำสุดเพื่อการคำนวณออกแบบชิ้นส่วนแบบหล่อคอนกรีต

ก.คิดแบบความดันของเหลว

$$P = \gamma H \quad (2.12)$$

โดยที่ P = แรงดันของคอนกรีตแบบของเหลว (กก./ม^2)

γ = น้ำหนักของคอนกรีตต่อหน่วยปริมาตร (กก./ม^3)

H = ความสูงของคอนกรีตที่เท (ม.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.คิดโดยพิจารณาการก่อตัว

$$Ps = 2400kR + 500 \quad (2.13)$$

โดยที่ Ps = แรงดันของคอนกรีตพิจารณาการก่อตัว (กก./ม^2)

R = อัตราการเทคอนกรีต (ม./ซม.)

k = ค่าปรับให้สอดคล้องกับอุณหภูมิ และความข้นเหลวของคอนกรีต

ตารางที่ 2.10. ค่าปรับ k ตามความข้นเหลวและอุณหภูมิของคอนกรีต

การยุบตัวของคอนกรีต (ซม.)	ค่าปรับ k อุณหภูมิของคอนกรีตขณะที่เท (°C)					
	5	10	15	20	25	30
2.5	1.45	1.10	0.80	0.60	0.45	0.35
5.0	1.90	1.45	1.10	0.80	0.60	0.45
7.5	2.35	1.80	1.35	1.00	0.75	0.55
10.0	2.75	2.10	1.60	1.15	0.90	0.65

ที่มา : แบบหล่อคอนกรีต เอกสิทธิ์ ลิ้มสุวรรณ พ.ศ. 2546

ค. คิดผลกระทบจากขนาดด้านแคบ

$$Ps = 300R + 10000d + 1500 \quad (2.14)$$

โดยที่ Pa = แรงดันของคอนกรีตจากผลของขนาดด้านแคบ (กก./ม^2)

R = อัตราการเทคอนกรีต (ม./ซม.)

d = ขนาดด้านแคบของแบบหล่อ (ม.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6. การออกแบบนั่งร้านและแบบหล่อคอนกรีต

ในงานก่อสร้างโดยทั่วไปวิศวกรและผู้ออกแบบจะเน้นหนักในเรื่องของการรับน้ำหนักที่ปลอดภัยและแรงจากภายนอกที่กระทำต่อโครงสร้าง ดังนั้น ในการออกแบบนั่งร้านและแบบหล่อ "น้ำหนักและแรงจากภายนอกที่กระทำต่อตัวโครงสร้าง" จึงเป็นเรื่องที่สำคัญที่ต้องคำนึง

น้ำหนักบรรทุกคงที่ (Dead Load) ได้แก่ น้ำหนักของตัวโครงสร้างเองที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง เช่น น้ำหนักคาน พื้น เสา กำแพง เป็นต้น

น้ำหนักบรรทุกจร (Live Load) ได้แก่ น้ำหนักที่เคลื่อนย้ายไปมาได้ เช่น คน สัตว์ เครื่องมือและอุปกรณ์การก่อสร้าง เป็นต้น

แรงลม (Wing Load) เป็นแรงที่พัดผ่านตัวอาคาร สามารถทำให้สิ่งที่ขวางอยู่โค่นหรือพังทลายลงมาได้ อาคารที่สร้างในที่โล่งแจ้งจะรับแรงลมอย่างเต็มที่ เพราะฉะนั้น ในการออกแบบต้องคำนึงแรงลมด้วย

ตารางที่ 2.11. แรงลมสำหรับการออกแบบอาคาร

ขนาดความสูงอาคาร	น้ำหนักบรรทุกจร (kg/m)
อาคารสูงไม่เกิน 10 เมตร	50
อาคารสูง 10-20 เมตร	80
อาคารสูง 20-40 เมตร	120
อาคารสูงเกิน 40 เมตร	160

ที่มา : แบบหล่อคอนกรีต เอกสิทธิ์ ลิ้มสุวรรณ พ.ศ. 2546

แผ่นดินไหว (Earthquake or Seismic Load) เกิดจากการเปลี่ยนแปลงภายในของโลกแล้วมีผลออกมาสู่ผิวโลก การไหวตัวของดินที่อาคารตั้งอยู่ทำให้เกิดแรงในแนวราบต่ออาคาร ขนาดของแรงขึ้นอยู่กับมวลน้ำหนักทั้งหมดของอาคาร และความเร่งที่อาคารเกิดการเคลื่อนที่ สำหรับประเทศไทยในการคำนวณแรงเฉือนทั้งหมดในแนวราบที่ระดับพื้นดินสามารถคำนวณได้จากสูตร ออกตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กฎกระทรวงฉบับที่ 49 (พ.ศ. 2540) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2552 ประกาศใช้เมื่อเดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2540

แรงกระแทก (Impact Load) สำหรับโครงสร้างที่รับน้ำหนักบรรทุกจรที่ทำให้เกิดแรงกระแทก จะต้องเพิ่มน้ำหนักบรรทุกจรให้เพียงพอที่จะรับแรงกระแทก ซึ่งมาตรฐาน ว.ส.ท. ได้กำหนดค่าที่เพิ่มสำหรับแรงกระแทกไว้ดังนี้

1. โครงสร้างรองรับลิฟต์ เพิ่ม 100 %
2. คานหลักและรอยต่อที่รองรับปั้นจั่นวิ่ง
   - ชนิดห้องควบคุมอยู่ข้างบน เพิ่ม 25 %
   - ชนิดห้องควบคุมห้อยลงมา เพิ่ม 10 %
3. โครงสร้างรับเครื่องจักรเบา ขับเคลื่อนโดยเพลาหรือมอเตอร์ เพิ่ม 20 %
4. โครงสร้างรับเครื่องจักรที่มีลูกสูบหรือเครื่องกำเนิดกำลัง เพิ่ม 50 %
5. องค์อาคารแขวนพื้นหรือเฉลียง เพิ่ม 33 %

การถ่ายแรงในแนวดิ่ง สามารถถ่ายได้ 4 แบบ

1. ถ่ายลงสู่พื้น มักพบเห็นได้ทั่วไปในงานก่อสร้าง เช่น การถ่ายแรงในอาคาร
2. ถ่ายลงสู่เสา มักพบเห็นได้ในโครงสร้างที่มีความซับซ้อน
3. ถ่ายลงสู่ฐานราก มักพบเห็นในกรณีที่จุดรองรับสามารถรับน้ำหนักได้ไม่มาก
4. ถ่ายลงสู่ดิน มักพบเห็นในกรณีที่น้ำหนักที่ถ่ายลงจุดรองรับมีค่าไม่มาก

2.6.1 หน่วยแรงที่ใช้ในการออกแบบ

2.6.1.1. หน่วยแรงดึง (tensile stress)

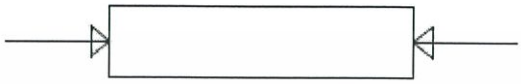
หมายถึง แรงที่จะทำให้วัตถุแยกออกจากกัน โดยมีทิศทางตั้งฉากกับพื้นที่หน้าตัด

รูปที่ 2.30 ตัวอย่างหน่วยแรงดึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.1.2. หน่วยแรงอัด (compression stress)

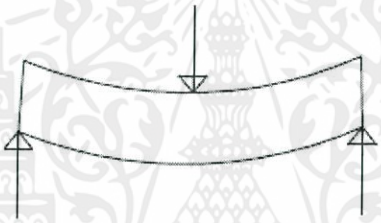
หมายถึง แรงที่จะทำให้วัตถุทลายเข้าหากัน โดยมีทิศทางตั้งฉากกับพื้นที่หน้าตัด



รูปที่ 2.31 ตัวอย่างหน่วยแรงอัด

2.6.1.3. หน่วยแรงดัด (bending stress)

หมายถึง แรงที่จะทำให้วัตถุโค้งหรือโก่งตัว



รูปที่ 2.32 ตัวอย่างหน่วยแรงดัด

2.6.1.4. หน่วยแรงเฉือน (shearing stress)

หมายถึง แรงที่ทำให้วัตถุขาดออกจากกันตามแนวระนาบที่ขนานกับทิศทางของแรงนั้น

รูปที่ 2.33 ตัวอย่างหน่วยแรงเฉือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2. โครงสร้างรับแรงอัด

ชิ้นส่วนของโครงสร้างรับแรงอัดคล้ายกับโครงสร้างรับแรงดึง กล่าวคือ เป็นชิ้นส่วนของโครงสร้างซึ่งรับแรงในปลายโครงสร้างทั้งสอง โดยกระทำผ่านจุดศูนย์ถ่วงของรูปหน้าตัดโครงสร้างนั้นๆ โครงสร้างรับแรงอัด โดยทั่วไปคือ ชิ้นส่วนของเสา จันทัน โครงสร้างสะพาน โครงสร้างหลังคา และค้ำยัน

สมการที่สำคัญสำหรับใช้ในการวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้างส่วนรับแรงอัด โดยเริ่มจากหน่วยแรงอัดที่เกิดขึ้นในโครงสร้าง สามารถหาได้ด้วยสมการ ดังนี้

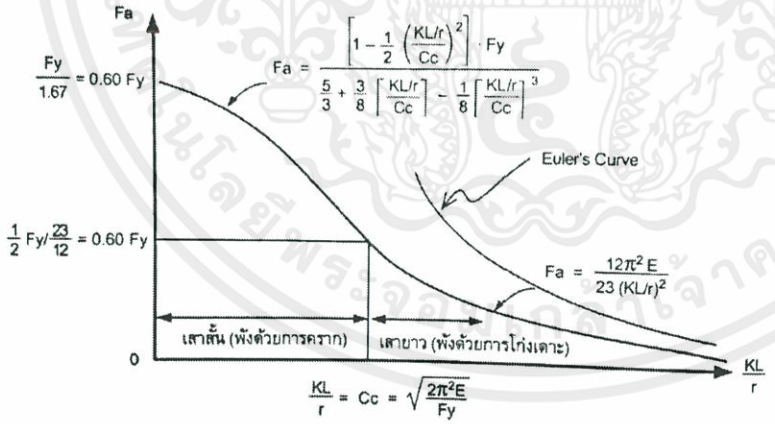
$$Fc = \frac{P}{A} \tag{2.15}$$

โดยที่ Fc = หน่วยแรงอัดที่เกิดขึ้น (ksc)

P = แรงอัดในแนวแกนของชิ้นส่วนโครงสร้าง ผ่านจุดศูนย์ถ่วง (kg)

A = พื้นที่หน้าตัดชิ้นส่วนโครงสร้าง (cm^2)

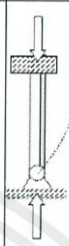
2.6.2.1. หน่วยแรงอัดที่ยอมให้



รูปที่ 2.34. หน่วยแรงอัดที่ยอมให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.12. ค่าตัวคูณประกอบความยาวประสิทธิผล

ลักษณะการโค้งงอของเสาแสดงโดยเส้นประ	ก	ข	ค	ง	จ	ฉ
						
ค่า k (ทางทฤษฎี)	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
ค่า k(ทางออกแบบ)	0.65	0.8	1.2	1.0	2.1	2.0
สัญลักษณ์ของการยึดปลาย		การหมุนที่ปลายเสา		การเคลื่อนที่ของปลายเสา		
		ไม่มี		ไม่มี		
		มี		ไม่มี		
		ไม่มี		มี		
		มี		มี		

ที่มา : การออกแบบโครงสร้างเหล็ก วินิต ช่อวิเชียร และ วรนิติ ช่อวิเชียร พ.ศ. 2553

$$\text{อัตราส่วนความยาวชะลูด} = \frac{kl}{r} \tag{2.16}$$

$$Cc = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{Fy}} \tag{2.17}$$

เมื่อ $\frac{kl}{r} < Cc$ กรณีเสาพังด้วยการคราก

หน่วยแรงอัดที่ยอมให้จะเป็นไปตามสมการดังนี้ $Fa = \frac{(1-\frac{(kl/r)^2}{2Cc^2})Fy}{\frac{5}{3}+\frac{3(kl/r)}{8Cc}-\frac{(kl/r)^3}{8Cc^3}}$ (2.18)

เมื่อ $\frac{kl}{r} > Cc$ กรณีเสาพังด้วยการโก่งเดาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยแรงอัดที่ยอมให้จะเป็นไปตามสมการดังนี้ $Fa = \frac{12\pi^2 E}{23(kl/r)^2}$ (2.19)

โดยที่ Fa = หน่วยแรงอัดที่ยอมให้ (แรงตั้งฉากกับหน้าเสา) (ksc)

Fy = หน่วยแรงอัดที่จุดครากของเหล็ก (ksc)

E = โมดูลัสยืดหยุ่นของเหล็ก 2.04×10^6 (ksc)

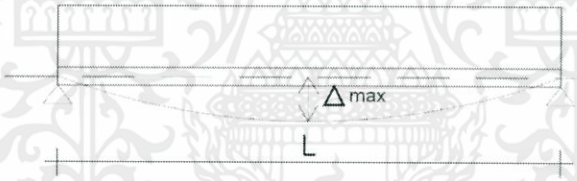
K = ตัวคูณประกอบความยาวประสิทธิผล ขึ้นอยู่กับปลายการรองรับ

L = ความยาวเสา (cm)

r = รัศมีไจเรชั่นที่น้อยที่สุด (cm)

2.6.3. การโก่งตัวที่ยอมให้

มาตรฐาน วสท. ได้กำหนดค่าการโกงที่ยอมให้และการโก่งตัวสูงสุด



รูปที่ 2.35. การโก่งตัวสูงสุด

$$\Delta_{all} = \frac{L}{360} \quad (2.20)$$

$$\Delta_{max} = \frac{5WL^4}{384EI} \quad (2.21)$$

$$\frac{L}{360} = \frac{5\omega L^4}{384EI} \quad (2.22)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพราะฉะนั้น ระยะห่างสูงสุดจากจุดรองรับ เนื่องจากผลของการแอ่นตัว มีค่าเท่ากับ

$$L = 0.60\sqrt[3]{\frac{EI}{\omega}} \qquad (2.23)$$

โดยที่ Δ_{all} = การโก่งที่ยอมให้ (cm)

Δ_{max} = การโก่งตัวสูงสุด (cm)

L = ความยาวของคาน (cm)

E = โมดูลัสยืดหยุ่นของเหล็ก 2.04×10^6 (ksc)

I = โมเมนต์อินเนอร์เชียร์รอบแกน N.A. หาได้จากตารางเหล็ก (cm^4)

2.6.4. โครงสร้างรับแรงดัด

หน่วยแรงดัดที่ยอมให้สามารถคำนวณได้จากสูตรดังนี้

$$F_b = \frac{M}{S} = \frac{\omega L^2}{10s} \qquad (2.24)$$

ซึ่งโมเมนต์ดัด (คานหลายช่วง) สามารถหาได้จาก $M = \frac{\omega L^2}{10}$ (2.25)

เพราะฉะนั้น ระยะห่างสูงสุดเนื่องจากผลของแรงดัด หาได้จาก

$$L = 3.16\sqrt{\frac{SF_b}{\omega}} \qquad (2.26)$$

โดยที่ F_b= หน่วยแรงดัดที่ยอมให้ (Bending Stress) (kg/cm^2)

M = โมเมนต์ดัด (Bending Moment) (kg.cm)

S = โมดูลัสหน้าตัด (cm^3)

ω = น้ำหนักกระจายที่กระทำ (kg/cm)

L = ระยะห่างสูงสุดเนื่องจากผลของแรงดัด (cm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.5 โครงสร้างรับแรงเฉือน

สมการหน่วยแรงเฉือน

$$F_v = \frac{VQ}{Ib} \tag{2.27}$$

ซึ่ง แรงเฉือน (คานหลายช่วง) สามารถหาได้จาก $V = \frac{5\omega L}{8}$ (2.28)

เพราะฉะนั้น ระยะห่างสูงสุดเนื่องจากผลของแรงเฉือน หาได้จาก

$$L = \frac{1.6F_v}{\omega}\left(\frac{Ib}{Q}\right) \tag{2.29}$$

โดยที่ F_v = หน่วยแรงเฉือน (kg/cm^2)

V = แรงเฉือน (kg-cm)

I = โมเมนต์อินเนอร์เชียร์รอบแกน N.A. หาได้จากตารางเหล็ก (cm^4)

Q = โมเมนต์รอบแกนสะเทิน N.A. หาได้จาก $Q = \int ydA$

B = ความกว้างของคาน (cm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

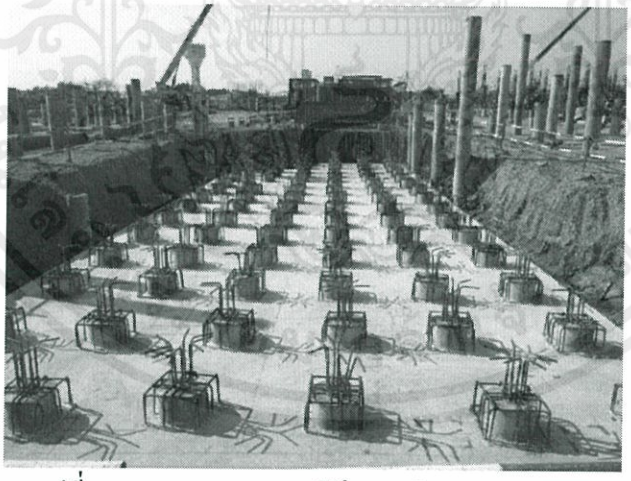
3.1 กล่าวนำ

ในการออกแบบนั่งร้านและค้ำยันแบบหล่อคอนกรีตนั้น มีวัตถุประสงค์หลักๆ ก็คือ เพื่อต้านน้ำหนักและแรงต่างๆที่มากระทำกับตัวโครงสร้างในขณะที่ตัวโครงสร้างยังไม่แข็งแรงพอที่จะรับน้ำหนักและแรงต่างๆได้ โดยในวิธีการดำเนินงานนี้ จะแบ่งการออกแบบออกเป็น 2 ส่วนด้วยกัน คือการออกแบบค้ำยันและแบบหล่อที่รับแรงทางด้านข้าง และการออกแบบค้ำยันที่รับแรงทางแนวดิ่ง

3.2 การออกแบบค้ำยันและแบบหล่อที่รับแรงทางด้านข้าง

ในการออกแบบค้ำยันที่รับแรงทางด้านข้าง ได้ทำการศึกษาจาก case study แห่งหนึ่ง ซึ่งทำการออกแบบแบบหล่อฐานรากซึ่งมีขนาดใหญ่มาก โดยจะแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ การศึกษาข้อมูลจากหน้างาน และการศึกษาข้อมูลจากทฤษฎี

3.2.1 การศึกษาข้อมูลจากหน้างาน

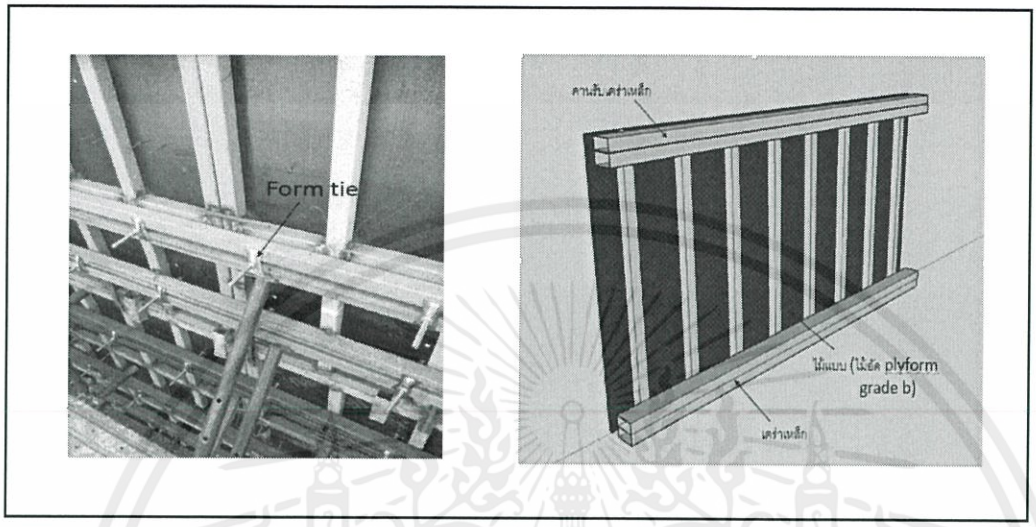


รูปที่ 3.1 ฐานรากจากกรณีศึกษาจริง (case study)

จากรูป เป็นฐานรากที่ทำการศึกษา ซึ่งมีขนาด 24x7x3.2 m. เป็นฐานรากของตัวโรงไฟฟ้า ซึ่งต้องใช้คอนกรีตประมาณ 540 คิว โดยในรูป ได้เทคอนกรีต lean เสร็จเรียบร้อยแล้ว และติดตั้งตะแกรงเหล็กตรงหัวเสาเข็ม เพื่อทำหน้าที่อุ้มคอนกรีตหลา (mass concrete) และป้องกันการวิบัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของคอนกรีต อันเนื่องมาจากดินไม่สามารถรับน้ำหนักแบกทานได้ โดยน้ำหนักจะถ่ายลงสู่ตะแกรงเหล็กและถ่ายลงสู่เสาเข็มอีกที



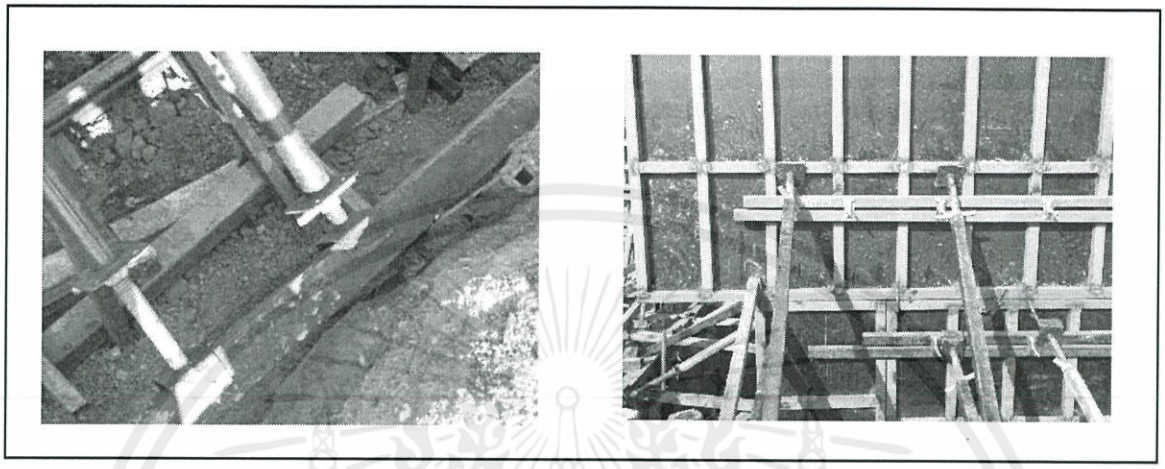
รูปที่ 3.2 ส่วนประกอบแบบหล่อคอนกรีตฐานราก

จากรูปเป็นส่วนประกอบของตัวแบบหล่อฐานราก ซึ่งประกอบด้วย ไม้แบบซึ่งใช้ไม้อัด PLYFORM APA B-B หนา 15 mm มีเคร่าขนาด 50x50x2.3 mm. เป็นท่อเหล็กสี่เหลี่ยม ตีทางด้านตั้งรองรับแผ่นไม้อัด และมีคานรับเคร่าขนาด 100x100x2.3 mm. เป็นท่อเหล็กสี่เหลี่ยม ตีทางด้านแนวนอนเพื่อรับตัวเคร่าอีกที โดยทั้งเหล็กเคร่าและคานรับเคร่า เป็นเหล็กชนิด A36 (f_y= 2500 ksc , E=2040000 ksc) ส่วนตัว form tie ทำหน้าที่ยึดแบบ 2 ฝั่ง ไม่ให้แบบหล่อแบะออก

รูปที่ 3.3 การค้ำยันแบบหล่อฐานราก

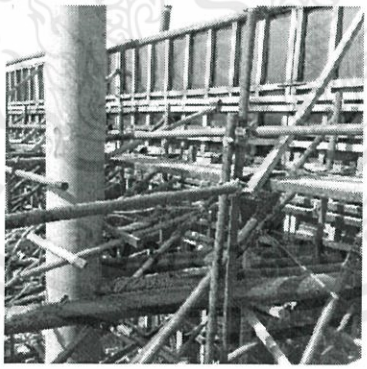
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ [illegible] ญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปเป็นเหล็กป็อปค้ำยัน ที่ทำหน้าที่ค้ำยันตัวแบบหล่ออันเนื่องจากแรงทางด้านข้าง ในกรณีที่ตัวเหล็ก form tie ไม่สามารถรับแรงได้ ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกประมาณ 60.5 mm. และหนาประมาณ 2.3 mm



รูปที่ 3.4 อุปกรณ์ที่ปลายตัวค้ำยัน

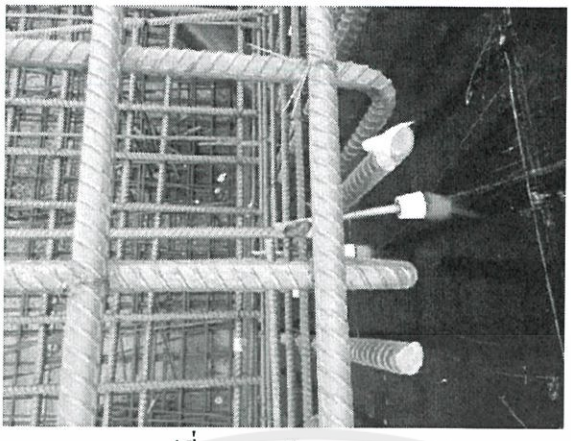
จากรูป แสดงการค้ำยันที่ปลาย โดยที่ปลายล่าง ใช้เกลียวปรับระดับตัวยู (u-jack) เป็นตัวค้ำยัน ซึ่งค้ำยันกับพื้นดิน ซึ่งจะต้องมีการคำนวณว่าดินสามารถรับแรงด้านข้างได้หรือไม่ ส่วนที่ปลายบนค้ำยันกับแบบหล่อ ใช้ตัว base plate เป็นตัวค้ำยัน ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.5 การค้ำยันแบบหล่อฐานราก โดยใช้เสาเข็มช่วยเป็นตัวค้ำยัน

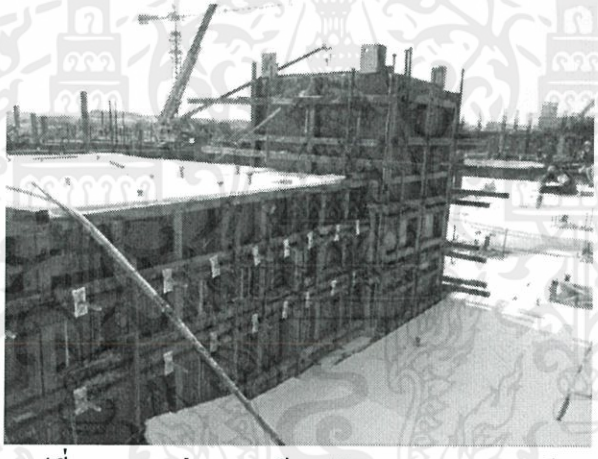
จากรูปแสดงการค้ำยันแบบหล่อฐานราก โดยใช้เสาเข็มที่เหลือจากการใช้งานมาตอก เพื่อช่วยรับแรงทางด้านข้าง

เอกสารนี้มีไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 เหล็ก form tie

จากรูปแสดงตัวเหล็ก form tie ที่ติดตั้งอยู่ภายในแบบหล่อ โดยเชื่อมติดกับเหล็กเส้น ซึ่งโยงจากอีกฝั่งไปหาอีกฝั่งหนึ่ง เพื่อไม่ให้แบบหล่อเกิดการแบะออก



รูปที่ 3.7 การบ่มคอนกรีตหลังจากการเทคอนกรีต

จากรูป แสดงการบ่มคอนกรีตหลังจากการเทคอนกรีตลงในแบบหล่อ โดยใช้แผ่นโฟมมาวางบนผิวคอนกรีต เพื่อไม่ให้คอนกรีตภายในมีความร้อนสูงและเกิดการก่อตัวเร็ว ซึ่งอาจทำให้คอนกรีตภายในเกิดการแตกร้าวได้

3.2.2 การศึกษาข้อมูลจากทฤษฎี

3.2.2.1 การคำนวณหาความดันคอนกรีต

ในการศึกษาหาความดันคอนกรีตที่กระทำทางด้านข้างนั้น จะต้องศึกษาว่าความดันของคอนกรีตเมื่อเวลาเริ่มต้นในการเทคอนกรีต มีลักษณะเป็นอย่างไร และเมื่อเวลาผ่านไปที่ชั่วโมงต่างๆ จนถึงสิ้นสุดการเทคอนกรีต ความดันคอนกรีต มีลักษณะเป็นอย่างไร โดยต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ เช่น อุณหภูมิของคอนกรีต สารหน่วงเวลาการก่อตัวคอนกรีต เป็นต้น และนำมาสร้าง

แผนภาพความดันคอนกรีตที่เวลาต่างๆ เพื่อหาว่าสูตรจากทฤษฎีของมาตรฐาน ACI-347 มาจากไหน

นอกจากนี้ ในการหาความดันคอนกรีต ยังมีวิธีการหาจากมาตรฐาน CEB ซึ่งเป็นมาตรฐานของประเทศอังกฤษ และไม่เป็นที่นิยมมากนัก

3.2.2.2 การคำนวณหาระยะเคร่าและคานรับเคร่า

ในการคำนวณหาระยะเคร่าและคานรับเคร่านั้น จะต้องคำนึงถึงผลจากแรงดัด แรงเฉือน แต่ในที่นี้แรงเฉือนให้ค่าน้อยมาก อาจไม่ต้องคำนวณก็ได้ และคำนึงถึงการแอ่นตัว ซึ่งในที่นี้ให้ค่าการโก่งตัวสูงสุด จากมาตรฐาน ว.ส.ท. มีค่าเท่ากับ $\frac{L}{360}$

3.2.2.3 การหาขนาดของเหล็กยึดรั้ง

การหาขนาดของเหล็กยึดรั้งนั้น จะต้องหา พื้นที่ของเหล็กยึดรั้ง ที่ใช้ยึดรั้งใน 1 ตัว มีค่าเท่าใด และเหล็กยึดรั้ง 1 ตัว สามารถรับแรงกระทำได้เท่าไหร่ รวมถึงคำนวณว่าจะต้องใช้เหล็กยึดรั้งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่าไหร่ และสำรวจดูว่า ในท้องตลาดมีขนาดของเหล็กยึดรั้งที่สามารถใช้ได้หรือไม่ ถ้าไม่มีอาจต้องเพิ่มจำนวนเหล็กยึดรั้งแทน

3.2.2.4 การหาขนาดของเหล็กป็อปค้ำยัน

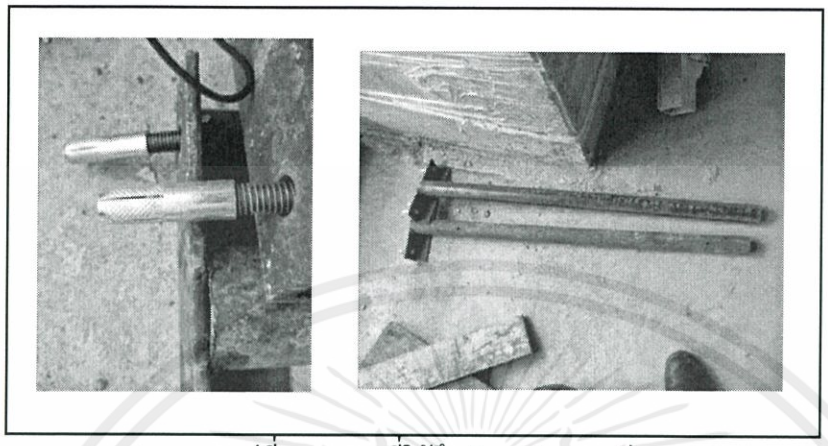
การหาขนาดของเหล็กป็อปค้ำยันนั้น จะต้องหา มุมที่ค้ำยันกระทำกับแนวราบ ซึ่งถ้าใช้มุมที่มีขนาดมากเกินไป ก็จะทำให้เหล็กป็อปค้ำยัน ไม่สามารถรับแรงได้ และจะต้องหาแรงอัดที่เกิดขึ้นในเหล็กป็อปค้ำยันว่ามีค่าเท่าใด แล้วมาเปรียบเทียบกับค่าแรงอัดที่ยอมให้ โดยคำนึงถึงอัตราส่วนความชะลูดของเหล็กป็อปค้ำยันด้วย

3.3 การออกแบบค้ำยันที่รับแรงทางแนวดิ่ง

ในการออกแบบค้ำยันที่รับแรงในแนวดิ่ง ได้ทำการศึกษาจาก case study แห่งหนึ่ง ซึ่งเป็นการก่อสร้างอาคารที่อยู่อาศัยจำนวน 8 ชั้น โดยทำการศึกษาค้ำยันและนั่งร้านที่รับแรงในแนวดิ่ง โดยจะแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ การศึกษาข้อมูลจากหน้างาน และการศึกษาข้อมูลจากทฤษฎี

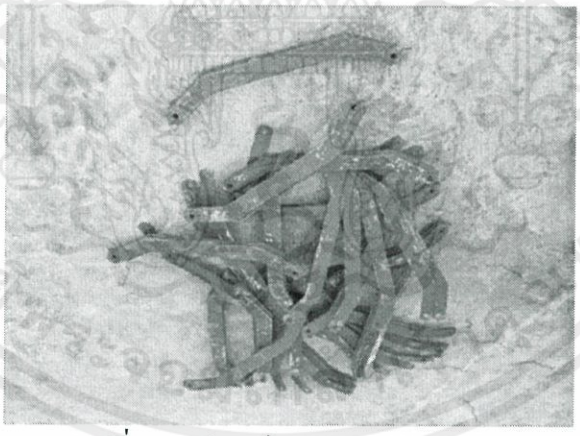
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1 การศึกษาข้อมูลจากหน้างาน



รูปที่ 3.8 สกรูที่ใช้ยึดกับผนังคอนกรีต

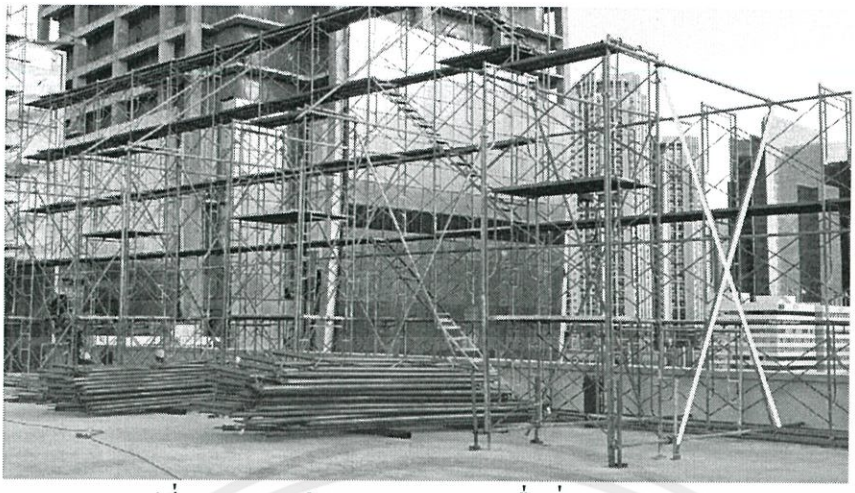
จากรูป เป็นอุปกรณ์เสริมสำหรับยึดติดกับผนังคอนกรีต คล้ายกับแคล้มป์ยึดผนัง โดยยึดตัดกับผนังชั่วคราว ใช้เมื่อการก่อสร้างนั่งร้านมีความสูงมาก และอยู่ติดกับผนัง เพื่อป้องกันการโยกตัวของนั่งร้าน



รูปที่ 3.9 อุปกรณ์ Arm lock

จากรูป เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการค้ำบริเวณขาต่อของนั่งร้าน เวลาที่มีการก่อสร้างนั่งร้านที่มีความสูงมากๆ และเพื่อป้องกันการโยกตัวของนั่งร้าน โดยทำการเชื่อมต่อระหว่างขานั่งร้านทั้งสอง ที่ปลายบนและล่าง ซึ่งจะอยู่คร่อมระหว่าง cross bracing

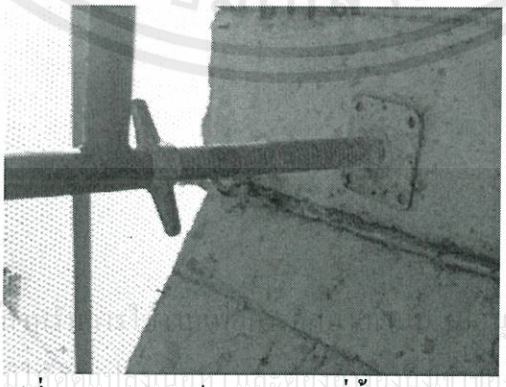
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 การต่อ cross bracing เมื่อนั่งร้านสูงมากๆ

จากรูป เป็นการต่อ cross bracing เมื่อมีการก่อสร้างนั่งร้านที่มีความสูงมากๆ เพื่อป้องกันความชะลูดของนั่งร้านและการโยกตัวของนั่งร้าน อันเนื่องมาจากการทำงานและปัจจัยภายนอกต่างๆ เช่นแรงลม แรงแผ่นดินไหว โดยให้ทำการต่อ cross bracing ตามเส้นสีเหลือง ดังรูปที่ 3.10

รูปที่ 3.11 อุปกรณ์ jack base



รูปที่ 3.12 อุปกรณ์ jack base ที่ค้ำยันกับผนัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

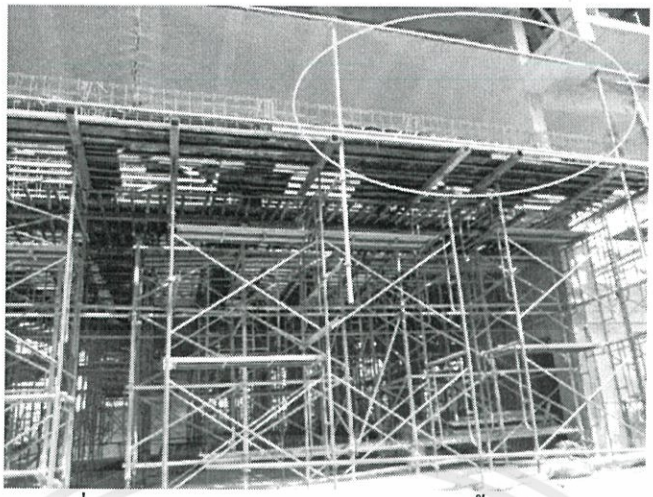
จากรูป เป็นอุปกรณ์ของนั่งร้าน เรียกว่า Jack base ซึ่งเป็นส่วนของฐานนั่งร้าน จะต้องมีความมั่นคงและวางอยู่ในลักษณะสมดุล โดยทำการต่อที่ปลายขานั่งร้านส่วนล่าง ซึ่งติดกับพื้นที่จะค้ำยัน หรือใช้ค้ำยันกับผนังคอนกรีตก็ได้ โดยส่วนมากมีขนาดความยาว 40 เซนติเมตร และ 60 เซนติเมตร

รูปที่ 3.13 แผ่นไม้แบบที่ใช้ปูบนนั่งร้าน

รูปที่ 3.14 อุปกรณ์แคลมป์ยึดนั่งร้าน

อุปกรณ์แคลมป์ยึดนั่งร้าน เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ยึดนั่งร้านและอุปกรณ์ประกอบ เช่น ท่อของนั่งร้าน แผ่นทางเดิน ท่อของนั่งร้านที่ใช้เป็นท่อรับแรงในแนวดิ่งและแนวราบ ซึ่งมีขนาดและชนิดที่ผลิต ดังนี้ แคลมป์เป็น แคลมป์ตาย แคลมป์เดี่ยว แคลมป์เป็นหนา แคลมป์เป็นตาย แคลมป์ปั้มร้อนเป็น แคลมป์ปั้มร้อนตาย บีมแคลมป์ เบซิ่งแคลมป์ แคลมป์ยึดแผ่นทางเดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 ราวกันตกสำหรับให้คนงานขึ้นไปทำงาน

ในงานก่อสร้างขนาดใหญ่ ส่วนใหญ่จะเป็นการทำงานในที่ที่มีความสูง ซึ่งมีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ ซึ่งกฎหมายกำหนดไว้ว่านั่งร้านที่มีความสูงมากกว่า 2 เมตร จะต้องมีราวกันตกติดตั้งไว้ เพื่อให้คนงานสามารถทำงานได้อย่างสะดวกและปลอดภัย

รูปที่ 3.16 แสดงการเริ่มการประกอบนั่งร้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.17 การประกอบนั่งร้าน

รูปที่ 3.18 แสดงการติดตั้งนั่งร้าน เมื่อแล้วเสร็จ

ในการติดตั้งชุดนั่งร้านจำเป็นต้องใส่อุปกรณ์ประกอบที่เกี่ยวข้องให้ครบชุด และขาตั้งอยู่ในแนวดิ่งเสมอ เพื่อความปลอดภัย และในกรณีที่นั่งร้านมีความสูงมากๆควรจะมีอุปกรณ์ยึดเพิ่มความแข็งแรงแก่ตัวนั่งร้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.19 แสดงการเก็บวัสดุอุปกรณ์นั่งร้าน

การกองวัสดุ ไม่ควรกองอุปกรณ์ติดไว้กับพื้นโดยตรงหรือเก็บอุปกรณ์ไว้กลางแจ้ง เพื่อป้องกันน้ำและแสงแดด ซึ่งเป็นตัวการที่ทำให้เหล็กเกิดการผุกร่อนได้ง่าย อีกทั้งยังช่วยให้อุปกรณ์มีอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้น

3.3.2 การศึกษาข้อมูลจากทฤษฎี

3.3.2.1 การออกแบบความหนาของแผ่นไม้อัด

เป็นการคำนวณเพื่อหาความหนาของไม้อัดเพื่อที่จะได้เลือกใช้ขนาดความหนาที่สามารถรับแรงจากน้ำหนักบรรทุกตายตัวจากคอนกรีต และน้ำหนักบรรทุกจรจากคนงาน นั่งร้าน และอุปกรณ์ประกอบการติดตั้ง รวมถึงเครื่องจักรใช้ในการทำงาน

3.3.2.2 การออกแบบตงรับแผ่นไม้อัด

ในการคำนวณหาระยะตงรับแผ่นไม้อัดนั้นจะต้องทราบขนาดความหนาของแผ่นไม้อัดก่อนและ จะต้องคำนึงถึงผลจากแรงดัด การแอ่น และ แรงเฉือน แต่ในที่นี้แรงเฉือนให้ค่าน้อยมาก อาจไม่ต้องคำนวณก็ได้ การแอ่นตัว ซึ่งในที่นี้ให้ค่าการโก่งตัวสูงสุด จากมาตรฐาน ว.ส.ท. มีค่าเท่ากับ $\frac{L}{360}$

3.3.2.3 ออกแบบคานรับตง

การคำนวณออกแบบระยะห่างของคานรับตงนั้นจะต้องทำการคำนวณระยะห่างของตงก่อน และจะต้องคำนึงถึงผลจากแรงดัด การแอ่น และ แรงเฉือน แต่ในที่นี้แรงเฉือนให้ค่าน้อยมาก อาจไม่ต้องคำนวณก็ได้ การแอ่นตัว ซึ่งในที่นี้ให้ค่าการโก่งตัวสูงสุด จากมาตรฐาน ว.ส.ท. มีค่าเท่ากับ $\frac{L}{360}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2.4 ออกแบบเสาตู้หรือเสาค้ำยัน

การคำนวณออกแบบเสาค้ำยันจะต้องทำการคำนวณระยะห่างของคานก่อน และจะต้องคำนึงถึงผลจากแรงดัด การแอ่น และ แรงเฉือน แต่ในที่นี้แรงเฉือนให้ค่าน้อยมาก อาจไม่ต้องคำนวณก็ได้ การแอ่นตัว ซึ่งในที่นี้ให้ค่าการโก่งตัวสูงสุด จากมาตรฐาน ว.ส.ท. มีค่าเท่ากับ $\frac{L}{360}$

3.3.2.5 ตรวจสอบการรับน้ำหนักของเสาตู้

การตรวจสอบการรับน้ำหนักของเสาค้ำยันโดยจะต้องทราบระยะห่างของตงและระยะห่างของคานเพื่อใช้ผลคูณของระยะห่างของตงและระยะห่างของคานเป็นพื้นที่สำหรับถ่ายน้ำหนักบรรทุกลงนั่งร้าน1ตัวและจะให้การรับน้ำหนักลงเสาค้ำยัน1เสาเป็นตัวพิจารณาโดยนำผลคูณของพื้นที่ถ่ายแรงและน้ำหนักบรรทุกทั้งหมดมาหารสองแล้วนำไปเปรียบเทียบกับกำลังรับแรงอัดตามแนวแกนของเสาที่คำนวณได้ถ้ามีค่ามากกว่าก็ถือว่านั่งร้านสามารถค้ำยันได้

3.3.2.6 การคำนวณการทำค้ำยันกลับและจัดวางระยะของนั่งร้าน

1. ทำการหาน้ำหนักบรรทุกทั้งหมดที่จะถ่ายลงสู่อาคารโดยแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ น้ำหนักบรรทุกตายตัวและน้ำหนักบรรทุกจร
2. นำน้ำหนักบรรทุกทั้งหมดมาหักล้างออกจากน้ำหนักบรรทุกจรของอาคารตามที่ระบุในกฎกระทรวงฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2547)โดยมีหลักการดังนี้ คือ ใช้การรับน้ำหนัก 80 เปอร์เซ็นต์ของน้ำบรรทุกจรของอาคารตามที่ระบุในกฎกระทรวงฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2547) เพราะว่าการรับน้ำหนักของแผ่นพื้นคอนกรีตนั้นจะรับน้ำหนักได้เต็มที่100เปอร์เซ็นต์ที่ประมาณ 28 วันตามทฤษฎี แต่ในการทำงานนั้นไม่สามารถรอได้ถึง 28 วัน จึงต้องใช้เพียง 80 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักบรรทุกจรของอาคาร
3. น้ำหนักบรรทุกทั้งหมดที่นำมาหักล้างออกจากน้ำหนักบรรทุกจรของอาคารจะลดลงไปในชั้นล่าง โดยลดลงไปจนถึงชั้นที่ความแข็งแรงของแผ่นพื้นสามารถรับได้ และในชั้นที่ถัดลงไปข้างล่างอาจจะไม่ต้องค้ำยันแต่ทั้งนี้ก็ต้องพิจารณาตามลักษณะหน้างานซึ่งทำให้ลดการค้ำยันที่มากเกินความจำเป็นและประหยัดราคาค่าก่อสร้าง
4. ทำการจัดระยะของค้ำยันในชั้นที่ใช้เปอร์เซ็นค้ำยันที่น้อยกว่า 100 เปอร์เซ็นต์ซึ่งจะทำให้ระยะของค้ำยันห่างกันมากกว่าชั้นที่ทำการค้ำยัน 100 เปอร์เซ็นต์

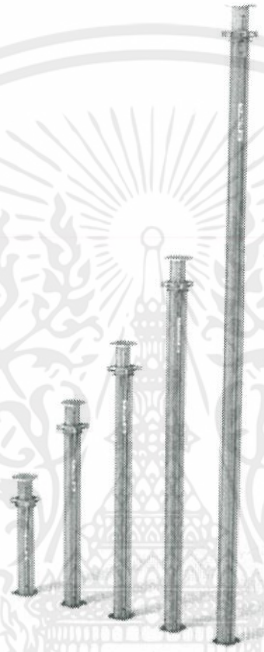
3.3.2.7 การคำนวณโดยใช้เหล็กป๊อป

การใช้เหล็กป๊อปค้ำยันมักจะทำในกรณีที่เป็นพื้นที่แคบไม่สามารถตั้งนั่งร้านได้และมักจะใช้ในตอนที่มีการถอดนั่งร้านแต่ยังต้องมีการค้ำยันอยู่ ซึ่งมักจะใช้เหล็กป๊อปในการค้ำยัน การใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้นำไปดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหล็กป๊อบค้ำยันนั้นต้องคำนึงถึงการเซและความชะลูดของเหล็กป๊อปเพราะว่าไม่มี bracing หรือเหล็กกากบาท มารองรับ

สำหรับการคำนวณนั้นจะใช้หลักการเดียวกันกับการคำนวณโดยใช้นั่งร้านแต่จะต้องมีการตรวจสอบแรงเฉือนทะลุ (Punching Shear) ซึ่งมีตัวอย่างเหล็กป๊อปที่มีจำหน่าย ดังรูปที่ 3.20. และรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.20. แสดงเหล็กป๊อปค้ำยัน (peri group company)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.21. แสดงการค้ำยันของเหล็กป๊อปค้ำยัน (peri group company)

บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

4.1. กล่าวนำ

จากผลการศึกษาการออกแบบนั่งร้านและค้ำยัน ที่ศึกษาจากกรณีศึกษาจริงหน้างานโดยจะแบ่งผลการดำเนินงานออกเป็น 2 ส่วน คือ รายการคำนวณแบบหล่อค้ำยันทางด้านข้าง และรายการคำนวณการค้ำยันทางดิ่ง

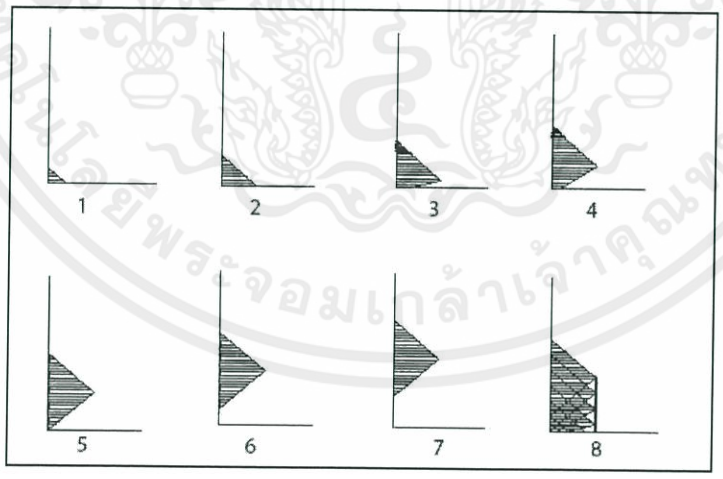
4.2. รายการคำนวณแบบหล่อค้ำยันทางด้านข้าง

ออกแบบค้ำยันและแบบหล่อฐานรากขนาดประมาณ 24 x 7 m^2 สูง 3.2 m. มีอัตรา การเท 80 m^3/hr. พื้นที่ฐานราก = 24 x 7 = 168 m^2

เพราะฉะนั้นความสูงของคอนกรีตที่เทได้ใน 1 ชม. = $\frac{80}{168}$ = 0.48 m. 48 cm. (1.6 ft.) ประมาณ 50 cm

4.2.1. คำนวณหาความดันคอนกรีตด้านข้าง

4.2.1.1. วิธี ACI-347



รูปที่ 4.1. ความดันของคอนกรีตที่เวลาต่างๆที่อัตราการเท 0.5 m/hr

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป เป็นการแสดงความดันของคอนกรีตทางด้านข้างของฐานรากจากไซด์งานแห่งหนึ่ง ที่เวลาต่างๆและระดับความสูงต่างๆ มีอัตราการเทคอนกรีตที่ 0.5 m/hr อุณหภูมิ

บรรยากาศ 30 องศาเซลเซียส โดยน้ำยาหน่วงสามารถหน่วงเวลาการก่อตัวได้ 5 ชั่วโมง ซึ่งแกน y เป็นค่าระดับความสูงของแบบหล่อ ส่วนแกน x เป็นค่าความดันของคอนกรีต โดยรูปหมายเลข1-7 เป็นการแสดงค่าความดันของคอนกรีตทางด้านข้างที่เวลาต่างๆ โดยเริ่มจากชั่วโมงที่ 1 ถึงชั่วโมงที่ 7 ส่วนรูปหมายเลข 8 เป็นการนำรูปหมายเลข1-7 มารวมกัน แสดงให้เห็นว่า ค่าความดันของคอนกรีตทางด้านข้าง จะมีค่าสูงสุดที่ค่าๆหนึ่งแต่ไม่ถึงค่า maximum และเลื่อนขึ้นตามระยะความสูงของแบบหล่อ ดังนั้น ในการออกแบบแบบหล่อที่มีผลจากความดันของคอนกรีตทางด้านข้าง จึงใช้ค่าความดันของคอนกรีตสูงสุดตลอดช่วงความสูงแบบหล่อ

$$P = (C_c)(C_w)(1150 + \frac{9000R}{T})$$

$$P = (1.2)(1.0)(150 + \frac{9000\ (1.6)}{86})$$

$$P = 380.4\ lb/ft^2$$

$$P = 1856.35\ kg/m^2$$

จากมาตรฐาน ACI-347 กำหนดไว้ว่า ความดันคอนกรีตจะต้องมีค่าไม่น้อยกว่า $600C_W = 600(1) = 600\ lb/ft^2$ $(2928\ kg/m^2)$

และต้องมีค่าไม่เกิน $\gamma H = 2400 \times 3.2 = 7680\ kg/m^2$

เพราะฉะนั้นจากวิธี ACI-347 ใช้ความดันคอนกรีต $2928\ kg/m^2$

4.2.1.2. วิธี CEB

ก.คิดผลจากความดันของของเหลว

$P = \gamma H$

$P = 2400 \times 3.2$

$P = 7680\ kg/m^2$

ข.คิดผลกระทบจากการก่อตัว

$P = 2400kR + 500$

สมมติให้คอนกรีตมีค่าการยุบตัว 7.5 cm.และอุณหภูมิ 30°C (อุณหภูมิเฉลี่ยประเทศไทย)เปิดตารางได้ค่า $k = 0.55$

$P = 2400(0.55)(0.48) + 500$

$P = 1133.6\ kg/m^2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค.คิดผลกระทบจากความแคบของแบบหล่อ

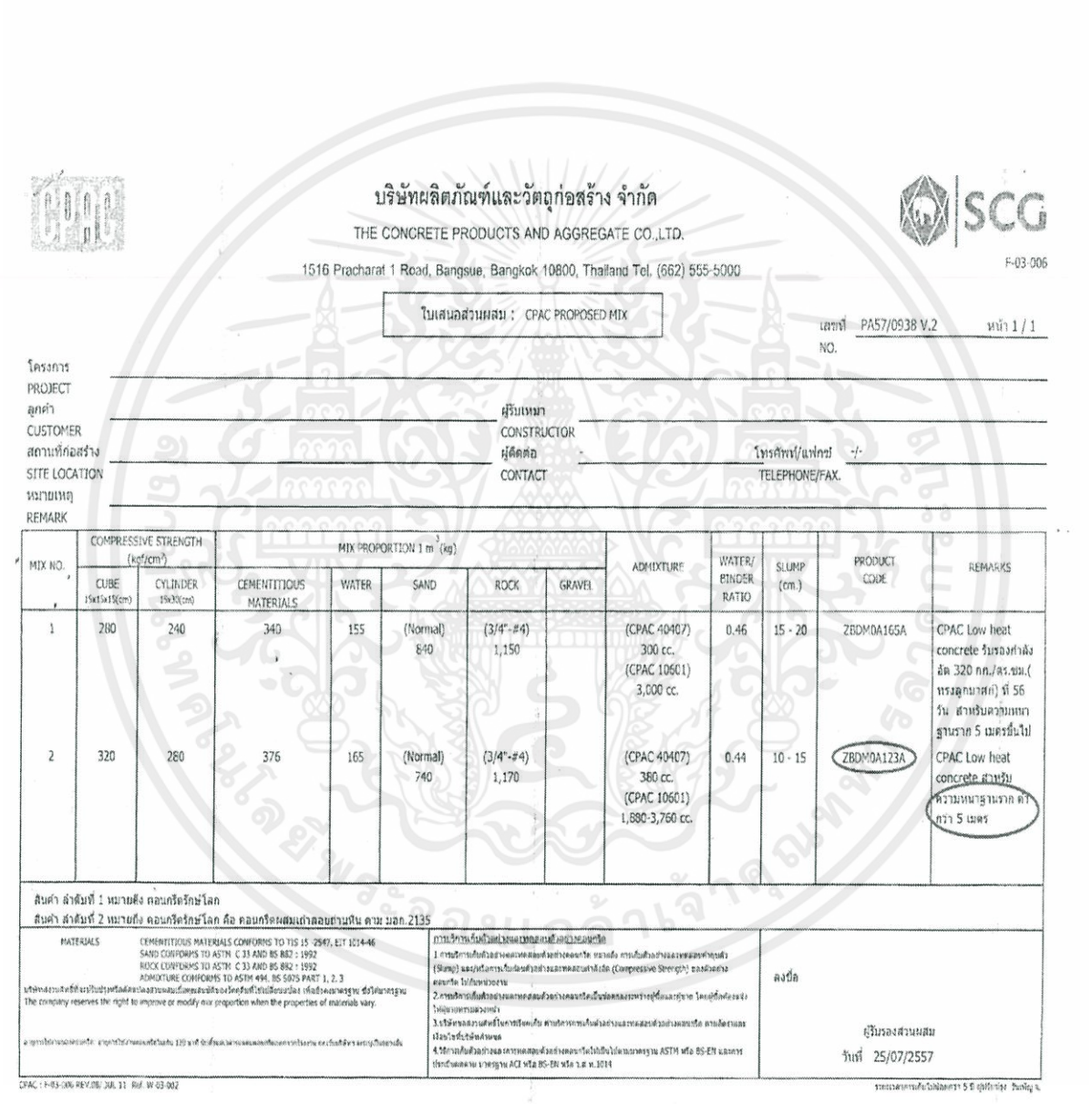
$P = 300R + 10,000d + 1500$

$P = 300(4.8) + 10,000(7) + 1500$

$P = 71,514.4\ kg/m^2$

เพราะฉะนั้นจากวิธี CEB ใช้ความดัน $1133.6\ kg/m^2$

จากการคำนวณทั้ง 2 วิธี ใช้ค่าความดัน $2928\ kg/m^2$



บริษัทผลิตภัณฑ์และวัตถุก่อสร้าง จำกัด

THE CONCRETE PRODUCTS AND AGGREGATE CO.,LTD.

1516 Pracharat 1 Road, Bangsue, Bangkok 10800, Thailand Tel. (662) 555-5000

F-03-006

ใบเสนอส่วนผสม : CPAC PROPOSED MIX

เลขที่ NO. PA57/0938 V.2 หน้า 1 / 1

โครงการ PROJECT

ลูกค้า CUSTOMER — ผู้รับเหมา CONSTRUCTOR

สถานที่ก่อสร้าง SITE LOCATION — ผู้ติดต่อ CONTACT — โทรศัพท์/แฟกซ์ TELEPHONE/FAX. -/-

หมายเหตุ REMARK

MIX NO.	COMPRESSIVE STRENGTH (kgf/cm²) CUBE 15x15x15(cm)	CYLINDER 15x30(cm)	MIX PROPORTION 1 m³ (kg) CEMENTITIOUS MATERIALS	WATER	SAND	ROCK	GRAVEL	ADMIXTURE	WATER/ BINDER RATIO	SLUMP (cm.)	PRODUCT CODE	REMARKS
1	280	240	340	155	(Normal) 840	(3/4"-#4) 1,150		(CPAC 40407) 300 cc. (CPAC 10601) 3,000 cc.	0.46	15 - 20	ZBDM0A165A	CPAC Low heat concrete รับรองกำลังอัด 320 กก./ตร.ซม.(ทรงลูกบาศก์) ที่ 56 วัน สำหรับควบคุมหนา ฐานราก 5 เมตรขึ้นไป
2	320	280	376	165	(Normal) 740	(3/4"-#4) 1,170		(CPAC 40407) 380 cc. (CPAC 10601) 1,880-3,760 cc.	0.44	10 - 15	ZBDM0A123A	CPAC Low heat concrete สำหรับ ความหนาฐานราก ต่ำ กว่า 5 เมตร

สินค้า ลำดับที่ 1 หมายถึง คอนกรีตรักษ์โลก

สินค้า ลำดับที่ 2 หมายถึง คอนกรีตรักษ์โลก คือ คอนกรีตผสมเถ้าลอยถ่านหิน ตาม มอก.2135

MATERIALS — CEMENTITIOUS MATERIALS CONFORMS TO TIS 15 -2547, EIT 1014-46
SAND CONFORMS TO ASTM C 33 AND BS 882 : 1992
ROCK CONFORMS TO ASTM C 33 AND BS 882 : 1992
ADMIXTURE CONFORMS TO ASTM 494, BS 5075 PART 1, 2, 3
The company reserves the right to improve or modify mix proportion when the properties of materials vary.

ลงชื่อ

ผู้รับรองส่วนผสม

วันที่ 25/07/2557

CPAC : F-03-006 REV.08 JUL 11 Ref. W-03-002

รูปที่ 4.2. ใบสเป็กคอนกรีตที่ใช้ในการคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.2. เลือกใช้คอนกรีตชนิดที่ 2 Code : ZBDM0A123A ซึ่งออกแบบไว้สำหรับฐานรากที่มีความหนาน้อยกว่า 5 เมตร

CPAC READY MIXED CONCRETE
MIX DESIGN

PROJECT	:		
CUSTOMER	:		
CONTRACTOR	:		
เลขที่ : PA57/0938 V.2	PRODUCT CODE	:	ZBDM0A123A

Cubic compressive strength		:	320	ksc.
Cylindrical compressive strength		:	280	ksc.
Slump		:	10 - 15	cm.
Water-cementitious materials ratio		:	0.44	
Maximum size of coarse aggregate		:	19	mm.
CALCULATION OF PROPORTION VOLUME FOR 1 CU.M. OF CONCRETE				
Required water		=	165	ltr.
Solid volume of cementitious materials	= 376 / 2.72	=	138	ltr.
Solid volume of fine aggregate	= 740 / 2.65	=	279	ltr.
Solid volume of coarse aggregate	= 1,170 / 2.70	=	433	ltr.
Air content	= 1.0 x 1,000 / 100	=	10	ltr.
Total volume		=	1,025	ltr.
COMPOSITION FOR 1 CU.M. of CONCRETE				
Cementitious materials		=	376	kg.
Water		=	165	ltr.
Sand (Normal)		=	740	kg.
ROCK (3/4"-#4)		=	1,170	kg.
CPAC 40407		=	380	cc.
CPAC 10601		=	1,880-3,760	cc.

รับรองเอกสารถูกต้อง

ชื่อวิศวกร _____

เลขที่ กว. _____

วันที่ 25/07/2557

SCG
บริษัทผลิตภัณฑ์และวัสดุก่อสร้าง จำกัด
1516 ถนนประชาธิปก 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800
โทรศัพท์ : 0 2555 5000 โทรสาร : 0 2555 5676
อีเมล์ : cpacrmc@scg.co.th

The Concrete Products and Aggregate Co.,Ltd.
1516 Pracharat 1 Rd., Wong Sawang, Bangsue, Bangkok 10800, Thailand
Tel: +66 2 555 5000 Fax: +66 2 555 5676
Email: cpacrmc@scg.co.th

รูปที่ 4.3. แสดงส่วนผสมคอนกรีตที่ใช้ในการคำนวณ

ตรวจสอบว่าดินสามารถรับน้ำหนักแบกทานของคอนกรีตได้หรือไม่

$P = \gamma H = 2400 \times 3.2 = 7680\ kg/m^2 = 7.68\ t/m^2$

แต่ดินกรุงเทพสามารถรับน้ำหนักได้ $2\ t/m^2$

แสดงว่า ดินไม่สามารถรับน้ำหนักแบกทานของคอนกรีตได้ จึงต้องทำตะแกรงเหล็กครอบหัวเสาเข็ม เพื่อถ่ายน้ำหนักคอนกรีตลงสู่ตะแกรงเหล็ก และถ่ายแรงจากตะแกรงเหล็กลงสู่เสาเข็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2. หาระยะเคร่า

ไม้อัดหนา 15 mm. , F_b= 135 ksc. , E = 115,500 kg/cm^2

$$W = \frac{2928\ x\ 0.3}{100} = 8.784 \text{ kg/cm (ต่อ 0.3 เมตร)}$$

ก.ระยะห่างสูงสุดของเคร่าที่รองรับไม้อัด เนื่องจากผลของการดัด

โมดูลัสหน้าตัดของ ไม้อัด จากตาราง มีค่าเท่ากับ 5.56cm^3

$$f_b = \frac{M}{S} = \frac{WL^2}{10s}$$

$$L = 3.16\sqrt{\frac{SF_b}{W}}$$

$$L = 3.16\sqrt{\frac{5.56\ x\ 83.68}{8.784}} = 23.00 \text{ cm}$$

ข.ระยะห่างสูงสุดของเคร่าที่รองรับไม้อัด เนื่องจากผลของการแอ่นตัว

โมเมนต์อินเนอร์เชียของไม้อัดที่ใช้ จากตาราง เท่ากับ 5.37 cm^4

$$\frac{5WL^4}{384\ EI} = \frac{L}{360}$$

$$L = 0.60\sqrt[3]{\frac{EI}{W}}$$

$$L = 0.60\sqrt[3]{\frac{5.37\ x\ 115{,}500}{8.784}} = 24.80 \text{ cm.}$$

เพราะฉะนั้นใช้ระยะเคร่าเท่ากับ 20 cm.

4.1.3. หาระยะคานรับเคร่า

กำหนดขนาดเคร่า □ 50 x 50 x 2.3 mm. จากตารางเหล็ก(ตารางที่4.6) เปิดค่า

S_x = 6.36 cm^3 , I_x= 15.9 cm^4

คุณสมบัติเหล็ก E = 2.04x10^6 ksc. , F_b= 0.6f_y = (0.6)(2500) = 1500 ksc.

จากระยะเคร่า 20 cm.

ก.ระยะห่างสูงสุดของคานที่รับเคร่า เนื่องจากผลของการดัด

$$W = \frac{2928\ x\ 0.2}{100} = 5.86 \text{ kg/cm}$$

$$F_b = \frac{M}{S} = \frac{WL^2}{10S}$$

$$L = 3.16\sqrt{\frac{SF_b}{W}} = 3.16\sqrt{\frac{6.36\ x\ 1500}{5.86}} = 127.54 \text{ cm}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.ระยะห่างสูงสุดของคานที่รับเคร่า เนื่องจากผลของการแอ่นตัว

$$\frac{5WL^4}{384\,EI} = \frac{L}{360}$$

$$L = 0.60\sqrt[3]{\frac{EI}{W}}$$

จากตาราง I_x = 15.9 cm^4

$$L = 0.60\sqrt[3]{\frac{2040000\ x\ 15.9}{5.86}} = 106.15 \text{ cm.}$$

เพราะฉะนั้นใช้ระยะคานรับเคร่า 100 cm.

<u>หมายเหตุ</u> ในการคำนวณระยะเคร่าและคานรับเคร่า ควรคำนวณระยะห่างเนื่องจากผลของแรงเฉือนด้วย แต่เนื่องจากแรงเฉือนนั้นมีค่าน้อยมากที่จะทำให้วัสดุเกิดการวิบัติ

4.1.4 หาระยะของจุดรองรับ (ระยะยึดรั้ง)

กำหนดขนาดคานรับเคร่า □ 100 x 50 x 2.3 mm. จากตารางเหล็ก (ตารางที่ 4.6) เปิดค่า S_x = 17 cm^3 , I_x = 84.9 cm^4

คุณสมบัติเหล็ก E = 2.04x10^6 ksc. , F_b= 0.6f_y = (0.6)(2500) = 1500 ksc.

ก.ระยะห่างสูงสุดของจุดรองรับ เนื่องจากผลของการดัด

$$W = \frac{2928\ x\ 1.0}{100} = 29.28 \text{ kg/cm}$$

$$L = 3.16\sqrt{\frac{SF_b}{W}} = 3.16\sqrt{\frac{17\ x\ 1500}{29.28}} = 93.25 \text{ cm.}$$

ข.ระยะห่างสูงสุดของจุดรองรับ เนื่องจากผลของการแอ่นตัว

$$\frac{5WL^4}{384\,EI} = \frac{L}{360}$$

$$L = 0.6\sqrt[3]{\frac{EI}{W}}$$

$$L = 0.6\sqrt[3]{\frac{2040000\ x\ 84.9}{29.28}} = 108.5 \text{ cm}$$

เพราะฉะนั้นใช้ระยะของจุดรองรับ 80 cm. เพื่อให้เหล็กยึดรั้งสามารถยึดบนคานรับเคร่าได้พอดี

4.1.5. หาขนาดของเหล็กยึดรั้ง

พื้นที่เหล็กยึดรั้ง 1 ตัว ต้องรับแรงดันคอนกรีต 0.8 x 1.0 = 0.8 m^2

แรงดึงในเหล็กยึดรั้ง 2928 x 0.8 = 2342.4 kg

F_t= 0.6f_y = (0.6)(2500) = 1500 ksc.

ดังนั้น พื้นที่ของเหล็กยึดรั้งมีค่าเท่ากับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จาก $T = F_T A_S$ จะได้ว่า $A_S = \frac{T}{F_t} = \frac{2342.4}{1500} = 1.56\ cm^2$

เพราะฉะนั้นใช้เส้นผ่านศูนย์กลาง $\frac{\pi(d)^2}{4} = 1.56\ cm^2$

$d = \sqrt{\frac{1.56(4)}{\pi}} = 1.41$ cm.

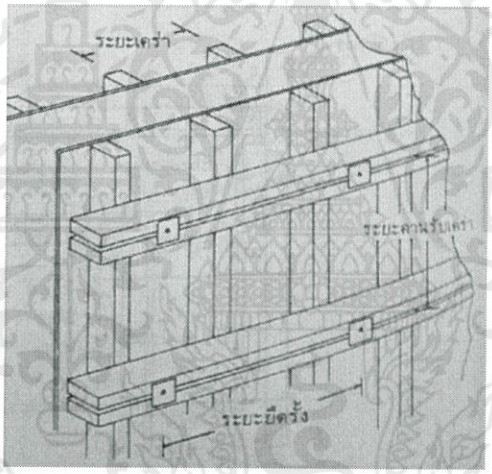
แต่เนื่องจากเหล็กยึดรั้งไม่มีขนาด 14.1mm (มีเฉพาะ 9 และ12mm) จึงสมมติเลือกใช้เหล็กยึดรั้งขนาด $\varnothing = 9$ mm

พื้นที่เหล็กยึดรั้ง $\frac{\pi(0.9)^2}{4} = 0.64\ cm^2$

แรงดึงในเหล็กยึดรั้ง = 0.64x1500 = 954.26 kg

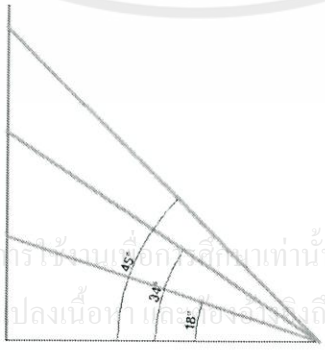
พื้นที่ที่เหล็กยึดรั้ง 1 ตัว ต้องรับแรงดันคอนกรีต = $\frac{954.26}{2928} = 0.32\ m^2$

เพราะฉะนั้น ใช้เหล็กยึดรั้งขนาด 9 mm ต่อพื้นที่ $0.32\ m^2$



รูปที่ 4.4. ระยะต่างๆที่ต้องใช้ในการออกแบบแบบหล่อ

4.1.6. หาขนาดของเหล็กป็อปค้ำยัน



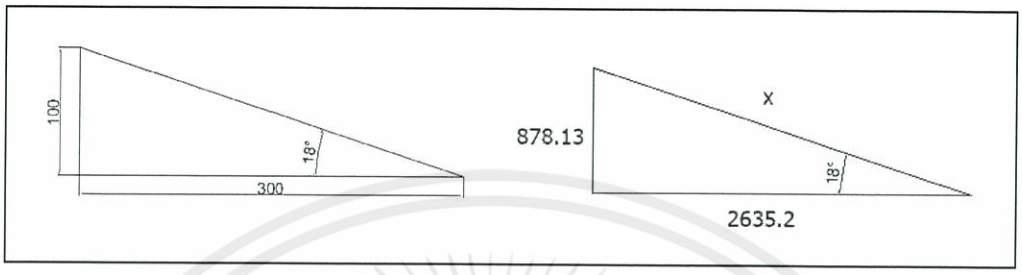
รูปที่ 4.5. แสดงการค้ำยันแบบหล่อที่ตำแหน่งต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก. E = 2040000 ksc , F_y = 2500 ksc (A36)

ใช้เหล็กป๊อปค้ำยันขนาด ∅ ภายนอก 76.3 mm หนา 3.2 mm

เปิดตารางเหล็ก (ผ.ก.7) ได้ค่า A= 7.349 cm^2 , r = 2.59 cm



รูปที่ 4.6. การค้ำยันแบบหล่อที่ระดับความสูง 1เมตรจากพื้นดิน

$\tan^{-1}(\frac{100}{300})$ = 18.43

$X = \frac{2928}{cos18.43}$ = 3086.29 kg

$c_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{F_y}} = \sqrt{\frac{2\pi^2(2040000)}{2500}}$ = 126.91

อัตราส่วนความชะลูด $= \frac{Kl}{r} = \frac{1(316.23)}{2.59}$ = 122.10

เพราะฉะนั้น kl/r < C_c แสดงว่าพังด้วยการคราก

$F_c = \frac{3086.29}{7.349}$ = 419.96 ksc

แรงอัดที่ยอมให้ : $F_a = \frac{(1-\frac{(kl/r)^2}{2Cc^2})Fy}{\frac{5}{3}+\frac{3(kl/r)}{8Cc}-\frac{(kl/r)^3}{8Cc^3}}$ =

$= \frac{(1-\frac{122.10^2}{2(126.91)^2})(2500)}{\frac{5}{3}+\frac{3(122.10)}{8(126.91)}-\frac{(122.10)^3}{8(126.91)^3}}$

= 700.87 ksc.

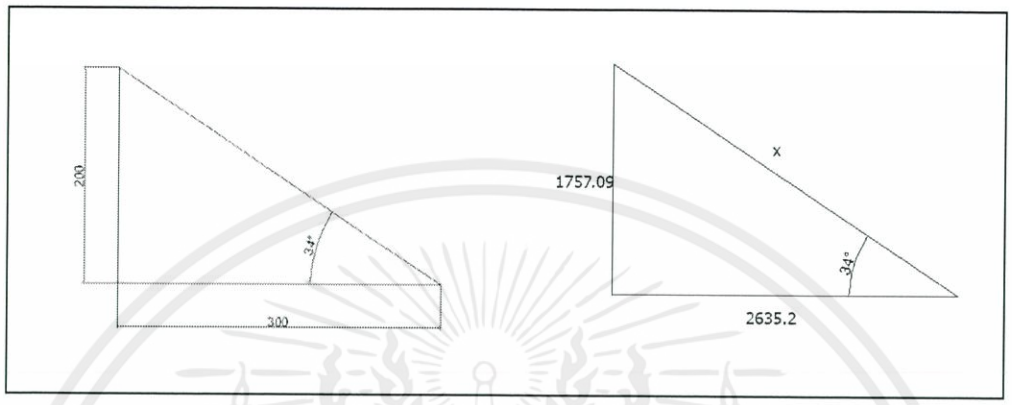
เพราะฉะนั้นหน่วยแรงอัดที่ยอมให้ > หน่วยแรงอัดที่เกิดขึ้น (ใช้ได้)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. E = 2040000 ksc , F_y = 2500 ksc(A36)

ใช้เหล็กป็อปค้ำยันขนาด ∅ ภายนอก 76.3 mm หนา 3.2 mm

เปิดตารางเหล็ก (ผ.ก.7) ได้ค่า A= 7.349 cm^2 , r = 2.59 cm



รูปที่ 4.7. การค้ำยันแบบหล่อที่ระดับความสูง 2 เมตรจากพื้นดิน

$$\tan^{-1}\left(\frac{200}{300}\right) = 33.69$$

$$X = \frac{2928}{cos33.69} = 3519.02 \text{ kg}$$

$$c_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{F_y}} = \sqrt{\frac{2\pi^2(2040000)}{2500}} = 126.91$$

อัตราส่วนความชะลูด $= \frac{Kl}{r} = \frac{1(360.56)}{2.59} = 139.21$

เพราะฉะนั้น kl/r > C_c แสดงว่าพังด้วยการโก่งเดาะ

$$F_c = \frac{3519.02}{7.349} = 478.84 \text{ ksc}$$

แรงอัดที่ยอมให้ : $F_a = \frac{12\pi^2 E}{23(\frac{Kl}{r})^2} = \frac{12\pi^2(2040000)}{23(139.21)^2} = 542.05$ ksc

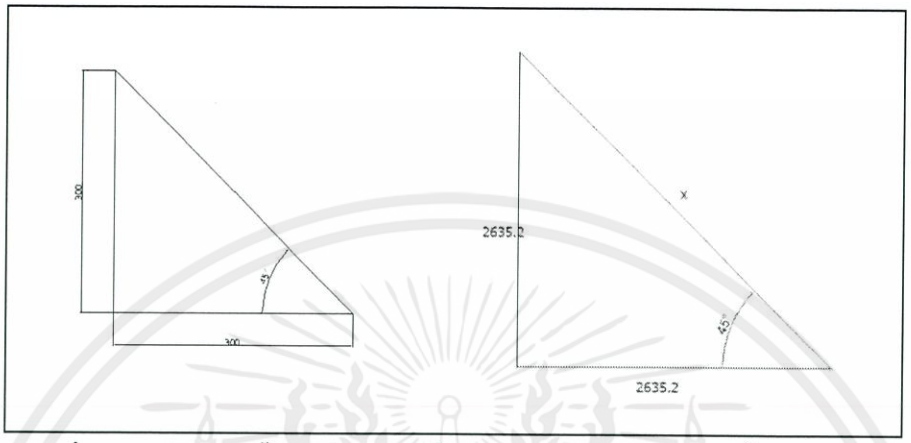
เพราะฉะนั้นหน่วยแรงอัดที่ยอมให้ > หน่วยแรงอัดที่เกิดขึ้น *(ใช้ได้)*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค. E = 2040000 ksc , F_y = 2500 ksc(A36)

ใช้เหล็กป๊อปค้ำยันขนาด ∅ ภายนอก 89.1 mm หนา 3.2 mm

เปิดตารางเหล็ก (ผ.ก.7) ได้ค่า A= 8.636 cm^2 , r = 3.04 cm



รูปที่ 4.8. แสดงการค้ำยันแบบหล่อที่ระดับความสูง 3 เมตรจากพื้นดิน

$$\tan^{-1}\left(\frac{300}{300}\right) = 45$$

$$X = \frac{2928}{cos45} = 4140.82 \text{ kg}$$

$$c_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{F_y}} = \sqrt{\frac{2\pi^2(2040000)}{2500}} = 126.91$$

อัตราส่วนความชะลูด $= \frac{Kl}{r} = \frac{1(424.26)}{3.04} = 139.56$

เพราะฉะนั้น kl/r > C_c แสดงว่าพังด้วยการโก่งเดาะ

$$F_c = \frac{4140.82}{8.636} = 479.48 \text{ ksc}$$

แรงอัดที่ยอมให้ : $F_a = \frac{12\pi^2 E}{23(\frac{Kl}{r})^2} = \frac{12\pi^2(2040000)}{23(139.56)^2} = 539.34$ ksc

เพราะฉะนั้นหน่วยแรงอัดที่ยอมให้ > หน่วยแรงอัดที่เกิดขึ้น *(ใช้ได้)*

ทั้งนี้ ในการออกแบบเหล็กค้ำยันทางข้าง เป็นเพียงการป้องกันไม่ให้แบบเกิดการโยกตัวทางข้าง และใช้รับแรงแทนในกรณีที่เหล็กยึดรั้งไม่สามารถรับแรงได้ นอกจากนี้ ในการออกแบบค้ำยันทางข้าง จะต้องคำนึงถึงจุดรับแรงที่ผิวดิน ว่าดินสามารถรับแรงเฉือนทางด้านข้างได้หรือไม่ แต่ในที่นี้ไม่ได้คำนึงถึง

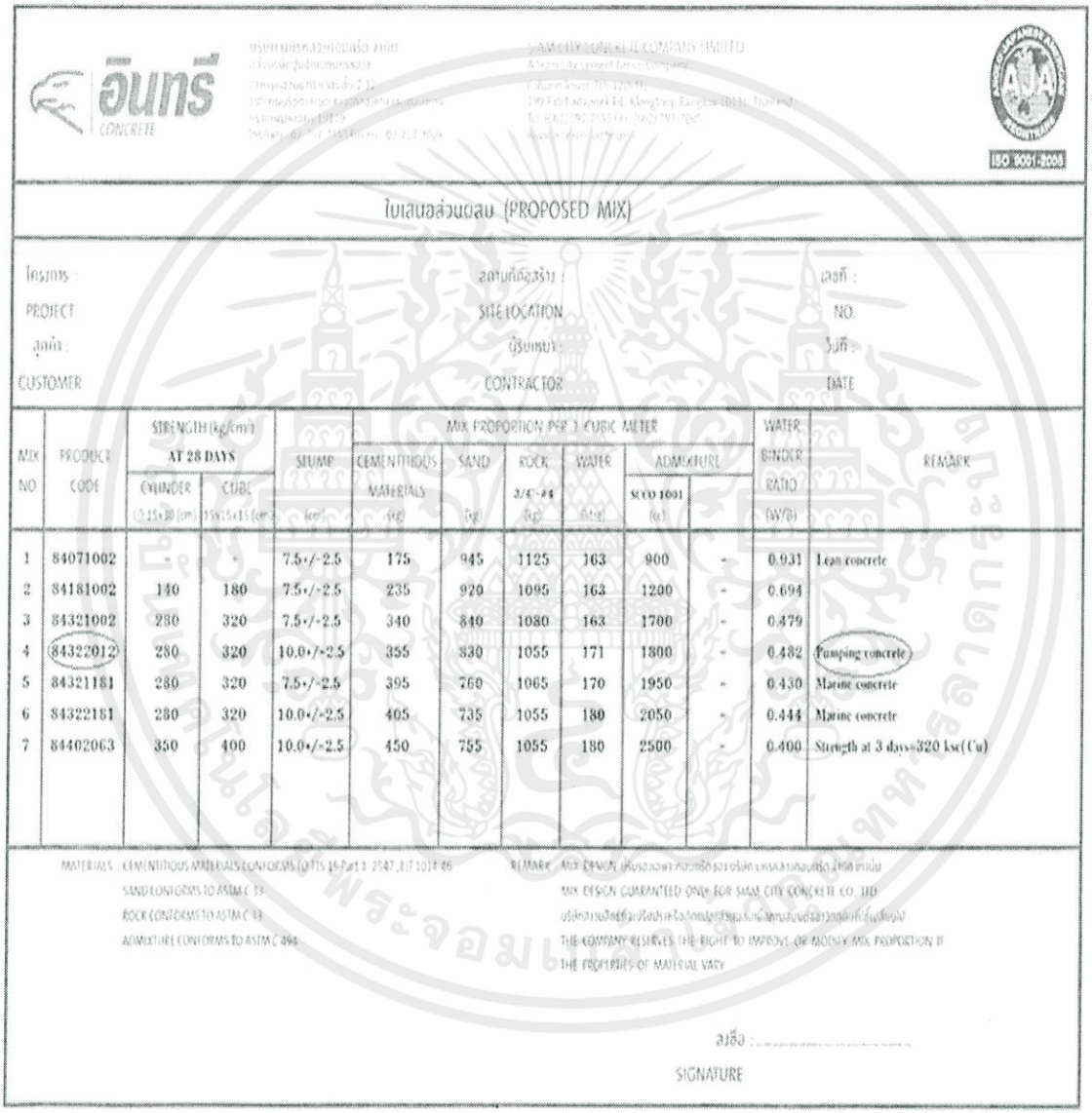
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 รายการคำนวณค้ำยันในแนวดิ่ง

ออกแบบค้ำยันและนั่งร้าน ซึ่งเป็นพื้น post-tension หนา 17 cm โครงการอาคารที่อยู่อาศัย สูง 8 ชั้น

4.3.1. ออกแบบความหนาของแผ่นไม้อัด

4.3.1.1 น้ำหนักบรรทุก



อินทรี CONCRETE

ISO 9001:2008

ใบเสนอส่วนผสม (PROPOSED MIX)

โครงการ : PROJECT : ลูกค้า : CUSTOMER — สถานที่ก่อสร้าง : SITE LOCATION : ผู้รับเหมา : CONTRACTOR — เลขที่ : NO. : วันที่ : DATE

MIX NO	PRODUCT CODE	STRENGTH (kg/cm²) AT 28 DAYS CYLINDER (ø 15×30 cm)	STRENGTH (kg/cm²) AT 28 DAYS CUBE (15×15×15 cm)	SLUMP (cm)	MIX PROPORTION PER 1 CUBIC METER CEMENTITIOUS MATERIALS (kg)	SAND (kg)	ROCK 3/4"-#4 (kg)	WATER (litre)	ADMIXTURE SCO 1001 (g)	ADMIXTURE	WATER BINDER RATIO (W/B)	REMARK
1	84071002	-	-	7.5+/-2.5	175	945	1125	163	900	-	0.931	Lean concrete
2	84181002	140	180	7.5+/-2.5	235	920	1095	163	1200	-	0.694	
3	84321002	280	320	7.5+/-2.5	340	840	1080	163	1700	-	0.479	
4	84322012	280	320	10.0+/-2.5	355	830	1055	171	1800	-	0.482	Pumping concrete
5	84321181	280	320	7.5+/-2.5	395	760	1065	170	1950	-	0.430	Marine concrete
6	84322181	280	320	10.0+/-2.5	405	735	1055	180	2050	-	0.444	Marine concrete
7	84402063	350	400	10.0+/-2.5	450	755	1055	180	2500	-	0.400	Strength at 3 days=320 ksc(Cu)

MATERIALS : CEMENTITIOUS MATERIALS CONFORMS TO TIS 15 Part 1 2547 , JIT 101 : 06
SAND CONFORMS TO ASTM C 33
ROCK CONFORMS TO ASTM C 33
ADMIXTURE CONFORMS TO ASTM C 494

REMARK : MIX DESIGN
MIX DESIGN GUARANTEED ONLY FOR SIAM CITY CONCRETE CO., LTD.
THE COMPANY RESERVES THE RIGHT TO IMPROVE OR MODIFY MIX PROPORTION IF THE PROPERTIES OF MATERIAL VARY

ลงชื่อ : .....
SIGNATURE

รูปที่ 4.9 แสดงใบเสนอส่วนผสมของคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.9. เลือกใช้คอนกรีต code :84322012 ที่มีกำลังรับแรงอัด 280 ksc และใช้ปั๊มคอนกรีตในการลำเลียง

อินทร CONCRETE

Strength Performance Passion.

CALCULATION SHEET				
PRODUCT CODE : 84322012				
SPECIFICATION OF DESIGN				
Cylinder compressive strength	:	280	ksc at 28 days	
Cube compressive strength	:	320	ksc at 28 days	
Slump	:	10.0+/-2.5	cm	
Maximum size of aggregate	:	20.0	mm	
Water-Cementitous materials ratio	:	0.482		
Specific gravity of cementitous materials	:	2.88		
Specific gravity of fine aggregate	:	2.61		
Specific gravity of coarse aggregate	:	2.71		
Air content	:	1	%	
Chemical Admixture : SCCO 1001	:	507	cc / 100 kg of cementitous materials	
CALCULATION OF VOLUMETRIC COMPOSITION FOR 1 CUBIC METER				
Required water		=	171	litres
Required cementitious materials	= 171 / 0.482	=	355	kg
Solid volume of cementitious materials	= 355 / 2.88	=	123	litres
Designed solid volume of fine portion (cementitious materials + fine aggregate)		=	441	litres
Solid volume of fine aggregate	= 441 - 123	=	318	litres
Volume of Air content		=	10	litres
Designed Total volume		=	1012	litres
Solid volume of coarse aggregate	= 1012 - 441 - 171 - 10	=	389	litres
CHANGE TO THE WEIGHT (SSD CONDITION)				
Cementitous materials		=	355	kg
Water	= 171 x 1.00	=	171	litres
Fine aggregate	= 318 x 2.61	=	830	kg
Coarse aggregate	= 389 x 2.71	=	1055	kg
Chemical Admixture : SCCO 1001	= 355 x 5.07	=	1800	cc
Remark :				

APPROVED BY : .....

รูปที่ 4.10 แสดงส่วนผสมของคอนกรีตที่กำลังรับแรงอัด 280 ksc.

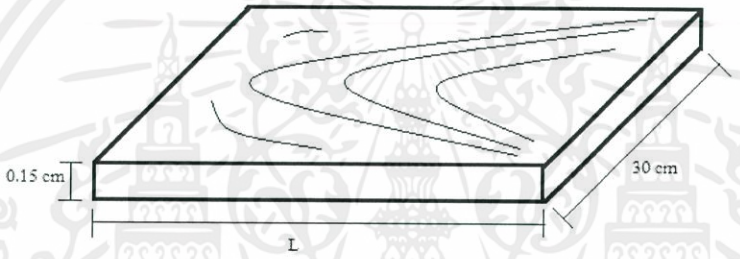
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- น้ำหนักคอนกรีตเสริมเหล็ก = $240 \times \frac{17}{100} = 408$ kg/m^2
- น้ำหนักบรรทุกจร 150 kg/m^2
- น้ำหนักนั่งร้านและอื่นๆ 50 kg/m^2
- น้ำหนักอุปกรณ์ติดตั้ง+ฝัง+ยึด 15 kg/m^2
- น้ำหนักจากแรงกระแทกอีก 30 %ของน้ำหนักบรรทุกตายตัว

  เท่ากับ $\frac{30}{100} \times 408 =$ 122.4 kg/m^2
- รวมน้ำหนักทั้งหมดที่กระทำ = 408+150+50+15+122.4 = 745.4 kg/m^2

  เนื่องจากไม้อัดที่ใช้ในการคำนวณคิดต่อความลึก 30 cm

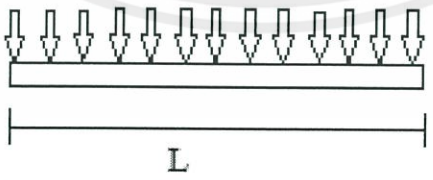
4.3.1.2 หาความหนาไม้อัด



รูปที่ 4.11 แสดงไม้อัดที่ใช้ในการคำนวณ

สมมุติใช้ไม้อัดความหนา $\frac{5}{8}$ นิ้ว = 1.59 cm ใช้ 1.5 cm (จากตารางที่ 4.2 , ตารางที่ 4.3 , ตารางที่ 4.4)

(I = 6.54 cm^4/ft , Ib/Q = 37.57cm^2/ft ,หนัก 2.20 Ib/ft^2 , F_b = 83.74 ksc , F_s = 3.1ksc ,E = 105555.21ksc) คิดที่ความลึก 30 cm



รูปที่ 4.12 แสดงน้ำหนักแผ่กระจายลงบนไม้อัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จึงได้น้ำหนักรวม = $\frac{745.4 \times 0.30}{100}$ = 2.236 kg/cm คิดต่อความกว้างไม้อัด 30 cm

4.3.2 ออกแบบตงรับแผ่นไม้อัด

ก. ระยะห่างสูงสุดของจุดรองรับ เนื่องจากผลของโมเมนต์ดัด

$$F_b = \frac{M}{S};\ M = \frac{\omega L^2}{10}$$

$$L = \sqrt{\frac{10SF_b}{\omega}}$$

$$L = \sqrt{\frac{10\times5.56\times83.74}{2.236}}$$

L = 45.60 cm

ข. ระยะห่างสูงสุดของจุดรองรับ เนื่องจากผลของการแอ่นตัว

$$\frac{5WL^4}{384\,EI} = \frac{L}{360}$$

$$L = 0.6\sqrt[3]{\frac{EI}{W}}$$

$$L = 0.6\sqrt[3]{\frac{6.54\times105555.21}{2.236}}$$

L = 40.55 cm

ค.ระยะห่างสูงสุดของจุดรองรับเนื่องจากผลของแรงเฉือน

$$F_s = \frac{VQ}{Ib}$$

$$V = \frac{5\omega L}{8}$$

$$F_s = \frac{5\omega LQ}{Ib8}$$

$$L = \frac{F_s*8*Ib}{5\omega Q}$$

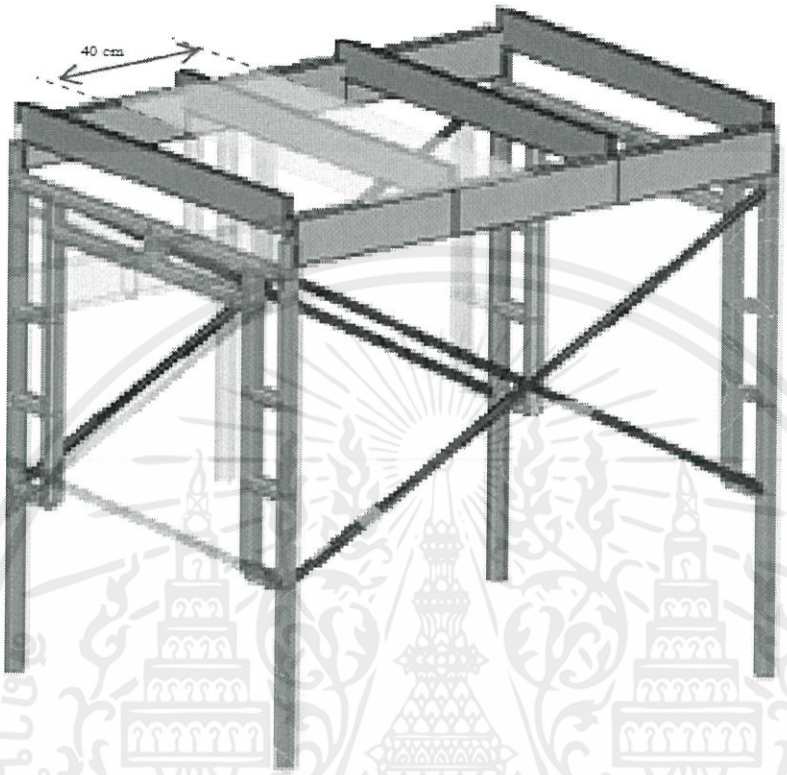
$$L = \frac{3.1\times8\times37.57}{5\times2.236}$$

L = 83.33 cm

ผลเนื่องจากการแอ่นตัวเป็นตัวควบคุม 40.55 cm เลือกใช้ 40 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3. ออกแบบคานรับตง



รูปที่ 4.13 แสดงระยะห่างของตง

จากระยะห่างระหว่างตง 0.40 m

เลือกใช้เหล็กรูปพรรณ □ 50*50*2.3*3.04 ($I = 15.9\ cm^4$, $S = 6.36\ cm^3$, $A_s = 4.252\ cm^2$,หนัก 3.34 kg/m) ; (ตารางที่ 4.6)

F_y=2500 ksc , F_u=4100 ksc

- น้ำหนักบรรทุกต่อตง 745.4 kg/m^2
- น้ำหนักที่กระทำต่อตงแต่ละตัว = $\frac{745.4 \times 0.4}{100}$ = 2.982 kg/cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3.1 ตรวจสอบระยะห่างสูงสุดที่ยอมให้ของคานรองรับตง

ก.ระยะห่างสูงสุดของจุดรองรับ เนื่องจากผลของโมเมนต์ดัด

$F_b = \frac{M}{S}$, $M = \frac{\omega L^2}{10}$, $F_s = 0.6F_y$

$$L = \sqrt{\frac{10SF_b}{\omega}}$$

$$L = \sqrt{\frac{10\times6.36\times0.6\times2500}{2.982}}$$

L = 178.75 cm

ข.ระยะห่างสูงสุดของจุดรองรับ เนื่องจากผลของการแอ่นตัว

$\Delta = \frac{5\omega L^4}{384IE} = \frac{L}{360}$, $E_s = 2.04*10^6$

$$L = 0.6\sqrt[3]{\frac{EI}{W}}$$

$$L = \sqrt[3]{\frac{15.9\times2040000}{2.982}}$$

L = 132.95 cm

ค.ระยะห่างสูงสุดของจุดรองรับ เนื่องจากผลของแรงเฉือน

$F_s = 0.4F_y = \frac{V}{Aw}$, $V = \frac{5\omega L}{8}$, $A = 2d_t$

$$0.4F_y = \frac{5\omega L}{8\times2d_t\times w}$$

$$L = \frac{0.4\times8\times2\times d_t\times w\times F_y}{5\omega}$$

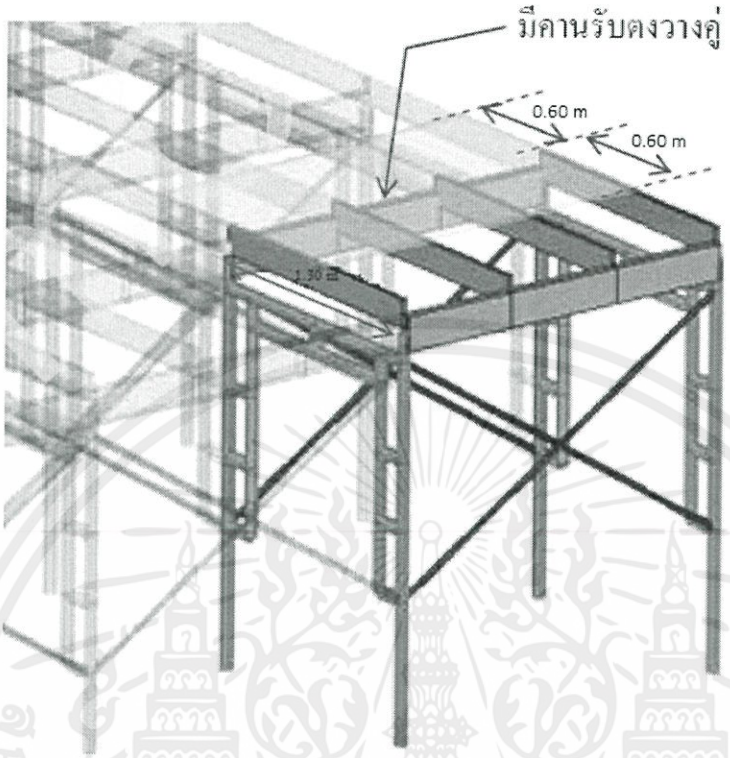
$$L = \frac{0.4\times8\times2\times0.23\times5\times2500}{5\times2.982}$$

L = 1234.24 cm

ผลเนื่องจากการแอ่นตัวเป็นตัวควบคุม คือ 132.95 cm ใช้ 120 cm (เป็นความกว้างของนั่งร้าน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.4. ออกแบบเสาค้ำยัน



รูปที่ 4.14 แสดงระยะห่างระหว่างคานรับตง

- ระยะห่างระหว่างคานรับตง 1.20 m

เลือกใช้เหล็กรูปพรรณ □100*100*2.3 mm ($I = 84.9\ cm^4$, $S = 17\ cm^3$, $A_s = 6.552\ cm^2$, หนัก 5.14 kg/m) ; (ตารางที่ 4.6.)

- น้ำหนักบรรทุกทั้งหมด 745.4 kg/m^2
- น้ำหนักที่กระทำคานรับตงแต่ละตัว = $\frac{745.4\times1.2}{2\times100}$ = 4.472 kg/cm

4.3.4.1 ตรวจสอบระยะห่างสูงสุดที่ยอมให้ของเสาค้ำยัน

ก. ระยะห่างสูงสุดของจุดรองรับ เนื่องจากโมเมนต์ดัด

$F_b = \frac{M}{S}$; $M = \frac{\omega L^2}{10}$, $F_b = 0.6F_y$

$L = \sqrt{\frac{10SF_b}{\omega}}$

$L = \sqrt{\frac{10**17**0.6**2500}{4.472}}$

L = 238.61 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. ระยะห่างสูงสุดของจุดรองรับ เนื่องจากการแอ่นตัว

$$\Delta = \frac{5\omega L^4}{384IE} = \frac{L}{360}$$

$$L = 0.6\sqrt[3]{\frac{EI}{W}}$$

$$L = \sqrt[3]{\frac{84.9\times2040000}{4.472}}$$

L = 202.99 cm

ค. ระยะห่างสูงสุดของจุดรองรับ เนื่องจากแรงเฉือน

$$F_s = 0.4F_y = \frac{V}{Aw}$$

$V = \frac{5\omega L}{8}$, $A = 2d_t$

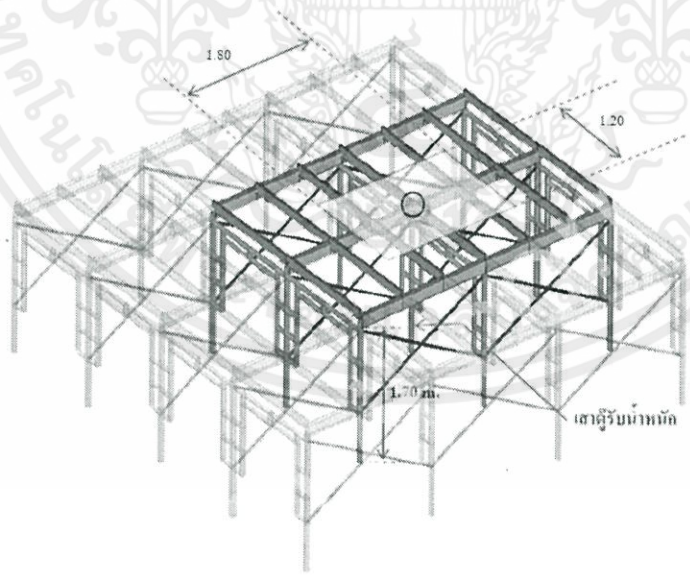
$$L = \frac{0.4\times8\times2\times d_t\times w\times F_y}{5\omega}$$

$$L = \frac{0.4\times8\times2\times0.23\times10\times2500}{5\times4.472}$$

L = 1645.65 cm

ผลเนื่องจากการแอ่นตัวเป็นตัวควบคุม 202.99 cm ใช้ 180 cm (เนื่องจากที่มีการจำหน่าย ในรูปที่ 2.22 โดยใช้ Code A-14)

4.3.5 ตรวจสอบการรับน้ำหนักของเสาค้ำยัน



รูปที่ 4.15 แสดงระยะห่างระหว่างเสาค้ำยันรับน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ใช้นั่งร้านสูง 1.70 m กว้าง 1.20 m
- พื้นที่เทียบเท่าสำหรับน้ำหนักบรรทุก = $1.20\times1.80 = 2.16\ m^2$

- พื้นที่น้ำหนักบรรทุกที่กระทำต่อเสาค้ำยัน = 745.4×2.16 = 1610.06 kg

- น้ำหนักที่กระทำต่อเสาแต่ละตัว (F_C) = $\frac{1610.06}{2}$ = 805.03 kg

4.3.6 หาขนาดเสาค้ำยัน

- พื้นที่หน้าตัดที่ต้องการ = $\frac{F_c}{0.6F_y} = \frac{805.03}{0.6*2500}$ = 0.54 cm^2 (แต่เป็นพื้นที่หน้าตัดที่น้อยกว่าเหล็กที่จำหน่ายตามท้องตลาด)

จึงเลือกใช้เหล็กกลมกลวง ∅ 42.7×2.30 mm ขนาดนั่งร้านญี่ปุ่นตามแบบของบริษัทจำหน่ายนั่งร้านแห่งหนึ่ง (I_X= 5.97 cm^4 , S_X= 2.80 cm^3 , A_S=2.919 cm^2 ,หนัก 2.29 kg/m , r_{min}=1.43 cm) ; (ตารางที่ 4.7.)

4.3.6.1. ตรวจสอบหน่วยแรง

- ค่า k=1 เพราะเป็น hinge ที่ปลายบนและล่าง

- อัตราส่วนความชะลูด $\frac{KL}{r_{min}} = \frac{1\times(1.70\times100)}{1.43}$=118.88

- หา $C_c = \sqrt{\frac{2E_s\pi^2}{F_y}} = \sqrt{\frac{2\times2040000*\times\pi^2}{2500}}$=126.91

จาก $\frac{KL}{r} < C_c$

$$F_{ac} = \frac{1-\frac{1}{2}\left(\frac{KL}{r_{min}\times C_c}\right)^2}{\frac{5}{3}+\frac{3}{8}\left(\frac{KL}{r_{min}\times C_c}\right)-\frac{1}{8}\left(\frac{KL}{r_{min}\times C_c}\right)^3}Fy$$

$$F_{ac} = \frac{\left(1-\frac{1}{2}\left(\frac{118.88}{126.91}\right)^2\right)\times2500}{\frac{5}{3}+\frac{3}{8}\left(\frac{118.88}{126.91}\right)-\frac{1}{8}\left(\frac{118.88}{126.91}\right)^3} = 885.73 \text{ ksc}$$

4.3.6.2 ตรวจสอบขนาดหน้าตัดที่เลือกออกแบบ

- หาความสามารถในการรับแรงอัดตามแนวแกนได้จากสมการ $F_{ac}A_s \geq F_c$

= 885.73×2.919

= 2585.45 kg > 805.03 kg ใช้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.7 การค้ำยันกลับ

-พื้นหนา 17 cm = 2400X0.17= 408 kg/m^2

- น้ำหนักบรรทุกจร 150 kg/m^2
- น้ำหนักนั่งร้านและอื่นๆ 50 kg/m^2
- น้ำหนักอุปกรณ์ติดตั้ง+ฝัง+ยึด 15 kg/m^2
- น้ำหนักจากแรงกระแทกอีก 30 %ของน้ำหนักบรรทุกตายตัว

เท่ากับ $\frac{30}{100} \times 408 = 122.4$ kg/m^2

- รวมน้ำหนักทั้งหมดที่กระทำ = 408+150+50+15+122.4 = 745.4 kg/m^2

จากน้ำบรรทุกจรของอาคารตามที่ระบุในกฎกระทรวงฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2547) ใช้น้ำหนักบรรทุกจรของอาคาร 200 kg/m^2

- น้ำหนักบรรทุกที่ออกแบบ (100 %) =200 kg/m^2
- น้ำหนักบรรทุกที่ออกแบบ (ที่กำลังรับแรงอัด 80 %) = 0.80x200 = 160 kg/m^2

จากแบบที่ใช้ในการคำนวณเป็นอาคารสูง 8 ชั้น

4.3.7.1 กรณีเทพื้นชั้น 1

น้ำหนักที่ถ่ายลงดิน = 745.4 kg/m^2

ซึ่งโดยทั่วไป ดินเหนียว มีความสามารถในการรับน้ำหนักได้ 2 ตันต่อตารางเมตร (ให้ส่วนปลอดภัยมีค่า 1 ตันต่อตารางเมตร) และยังมีเสาเข็มรองรับเพิ่มอีก ดินจึงสามารถรับได้

4.3.7.2 กรณีเทพื้นชั้น 2

เพราะฉะนั้นต้องถ่ายน้ำหนักลงพื้นชั้น 1 = 745.4 kg/m^2 รับ 100% ฉะนั้น

น้ำหนักบรรทุกที่เหลือจากชั้นที่ 1 รับไว้ = 745.4 – 160 = 585.4 kg/m^2

เพราะฉะนั้นต้องถ่ายน้ำหนักลงดิน = 585.4 kg/m^2

ส่วนน้ำหนักที่เหลืออีก 585.4 kg/m^2 ให้พิจารณาความสามารถรับน้ำหนักของซึ่งโดยทั่วไป ดินเหนียว มีความสามารถในการรับน้ำหนักได้ 2 ตันต่อตารางเมตร (ให้ส่วนปลอดภัยมีค่า 1 ตันต่อตารางเมตร) และยังมีเสาเข็มรองรับเพิ่มอีก ดินจึงสามารถรับได้

4.3.7.3 กรณีเทพื้นชั้น 3

เพราะฉะนั้นต้องถ่ายน้ำหนักลงพื้นชั้น 2 = 745.4 kg/m^2 รับ 100%

น้ำหนักบรรทุกที่เหลือจากชั้นที่ 2 รับไว้ = 745.4 - 160 = 585.4 kg/m^2 รับ 100%

เพราะฉะนั้นต้องถ่ายน้ำหนักลงพื้นชั้น 1 = 585.4 160 = 425.4 kg/m^2 รับ 100%

ส่วนน้ำหนักที่เหลืออีก 425.4 kg/m^2 ให้พิจารณาความสามารถรับน้ำหนักของซึ่งโดยทั่วไป ดินเหนียว มีความสามารถในการรับน้ำหนักได้ 2 ตันต่อตารางเมตร (ให้ส่วนปลอดภัยมีค่า 1 ตันต่อตารางเมตร) และยังมีเสาเข็มรองรับเพิ่มอีก ดินจึงสามารถรับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.7.4 กรณีเทพื้นชั้น 4

เพราะฉะนั้นต้องถ่ายน้ำหนักลงพื้นชั้น 3 = 745.4 kg/m^2 รับ 100% ฉะนั้น
น้ำหนักบรรทุกที่เหลือจากชั้นที่ 3 รับไว้ = 745.4 - 160 = 585.4 kg/m^2 รับ 100%
เพราะฉะนั้นต้องถ่ายน้ำหนักลงพื้นชั้น 2 = 585.4 - 160 = 425.4 kg/m^2 รับ 100%
เพราะฉะนั้นต้องถ่ายน้ำหนักลงพื้นชั้น 1 = 425.4 - 160 = 265.4 kg/m^2 รับ 100%
ส่วนน้ำหนักที่เหลืออีก 265.4 kg/m^2 ให้พิจารณาความสามารถรับน้ำหนักของซึ่งโดยทั่วไป ดินเหนียว มีความสามารถในการรับน้ำหนักได้ 2 ตันต่อตารางเมตร (ให้ส่วนปลอดภัยมีค่า 1 ตันต่อตารางเมตร) และยังมีเสาเข็มรองรับเพิ่มอีก ดินจึงสามารถรับได้

4.3.7.5 กรณีเทพื้นชั้น 5

เพราะฉะนั้นต้องถ่ายน้ำหนักลงพื้นชั้น 4 = 745.4 kg/m^2 รับ 100% ฉะนั้น
น้ำหนักบรรทุกที่เหลือจากชั้นที่ 4 รับไว้ = 745.4 - 160 = 585.4 kg/m^2 รับ 100%
เพราะฉะนั้นต้องถ่ายน้ำหนักลงพื้นชั้น 3 = 585.4 - 160 = 425.4 kg/m^2 รับ 100%
เพราะฉะนั้นต้องถ่ายน้ำหนักลงพื้นชั้น 2 = 425.4 - 160 = 265.4 kg/m^2 รับ 100%
เพราะฉะนั้นต้องถ่ายน้ำหนักลงพื้นชั้น 1 = 265.4 - 160 = 105.4 kg/m^2
เพราะฉะนั้นต้องค้ำยันชั้น 1 = $\frac{105.4}{160}$X100 = 65.88 % ใช้รับ 66 %

4.3.7.6 กรณีเทพื้นชั้น 6

เพราะฉะนั้นต้องถ่ายน้ำหนักลงพื้นชั้น 5 = 745.4 kg/m^2 รับ 100% ฉะนั้น
น้ำหนักบรรทุกที่เหลือจากชั้นที่ 5 รับไว้ = 745.4 - 160 = 585.4 kg/m^2 รับ 100%
เพราะฉะนั้นต้องถ่ายน้ำหนักลงพื้นชั้น 4 = 585.4 - 160 = 425.4 kg/m^2 รับ 100%
เพราะฉะนั้นต้องถ่ายน้ำหนักลงพื้นชั้น 3 = 425.4 - 160 = 265.4 kg/m^2 รับ 100%
เพราะฉะนั้นต้องถ่ายน้ำหนักลงพื้นชั้น 2 = 265.4 - 160 = 105.4 kg/m^2
เพราะฉะนั้นต้องค้ำยันชั้น 2 = $\frac{105.4}{160}$X100 = 65.88 % ใช้รับ 66 %

4.3.7.7 กรณีเทพื้นชั้น 7

เพราะฉะนั้นต้องถ่ายน้ำหนักลงพื้นชั้น 6 = 745.4 kg/m^2 รับ 100% ฉะนั้น
น้ำหนักบรรทุกที่เหลือจากชั้นที่ 6 รับไว้ = 745.4 - 160 = 585.4 kg/m^2 รับ 100%
เพราะฉะนั้นต้องถ่ายน้ำหนักลงพื้นชั้น 5 = 585.4 - 160 = 425.4 kg/m^2 รับ 100%
เพราะฉะนั้นต้องถ่ายน้ำหนักลงพื้นชั้น 4 = 425.4 - 160 = 265.4 kg/m^2 รับ 100%
เพราะฉะนั้นต้องถ่ายน้ำหนักลงพื้นชั้น 3 = 265.4 - 160 = 105.4 kg/m^2
เพราะฉะนั้นต้องค้ำยันชั้น 3 = $\frac{105.4}{160}$X100 = 65.88 % ใช้รับ 66 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.7.8 กรณีเทพื้นชั้น 8

เพราะฉะนั้นต้องถ่ายน้ำหนักลงพื้นชั้น 7 = 745.4 kg/m^2 รับ 100% ฉะนั้น น้ำหนักบรรทุกที่เหลือจากชั้นที่ 7 รับไว้ = 745.4 - 160 = 585.4 kg/m^2 รับ 100%

เพราะฉะนั้นต้องถ่ายน้ำหนักลงพื้นชั้น 6 = 585.4 - 160 = 425.4 kg/m^2 รับ 100%

เพราะฉะนั้นต้องถ่ายน้ำหนักลงพื้นชั้น 5 = 425.4 - 160 = 265.4 kg/m^2 รับ 100%

เพราะฉะนั้นต้องถ่ายน้ำหนักลงพื้นชั้น 4 = 265.4 - 160 = 105.4 kg/m^2

เพราะฉะนั้นต้องค้ำยันชั้น 4 = $\frac{105.4}{160}$X100 = 65.88 % ใช้รับ 66 %

4.3.7.9 กรณีเทพื้นชั้นดาดฟ้า

เพราะฉะนั้นต้องถ่ายน้ำหนักลงพื้นชั้น 8 = 745.4 kg/m^2 รับ 100% ฉะนั้น น้ำหนักบรรทุกที่เหลือจากชั้นที่ 8 รับไว้ = 745.4 - 160 = 585.4 kg/m^2 รับ 100%

เพราะฉะนั้นต้องถ่ายน้ำหนักลงพื้นชั้น 7 = 585.4 - 160 = 425.4 kg/m^2 รับ 100%

เพราะฉะนั้นต้องถ่ายน้ำหนักลงพื้นชั้น 6 = 425.4 - 160 = 265.4 kg/m^2 รับ 100%

เพราะฉะนั้นต้องถ่ายน้ำหนักลงพื้นชั้น 5 = 265.4 - 160 = 105.4 kg/m^2

เพราะฉะนั้นต้องค้ำยันชั้น 5 = $\frac{105.4}{160}$X100 = 65.88 % ใช้รับ 66 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.8. การจัดตำแหน่งการติดตั้งนั่งร้าน

น้ำหนักบรรทุกทั้งหมด 745.4 kg/m^2

ใช้นั่งร้านขนาดสูง 1.70 m. กว้าง 1.20 m

น้ำหนักที่ลงเสาตู้ 1 ต้น = $\frac{745.4 \times 1.20 \times 1.80}{2}$ = 805.03 kg < 1041.67 kg (จากค่าการรับน้ำหนักของนั่งร้าน 1 ขา จากรูปที่ 4.16.)

LOAD TEST OF SCAFFODING (Thickness 2.0 mm.)

SAMPLE	DESCRIPTION	HEIGH (mm.)		ULTIMATE LOAD	REMARK
		A	B	(tons)	
SCAFFOLDING	MODULAR 1700X1219X2.0 MM. SET UP AS SHOWN IN FIG.1 AND FIG.2 - OPEN END FRAME 1700 X 1219 - 4 LEG→ 42 MM. PIPES - WALK FRAME BRACING - USE 2 LVDT FOR DEFLECTION EVALUATION	1700	200	12.5	BUCKLING FAILURE
		FACTOR OF SAFETY = 3.0 เท่า			

รูปที่ 4.16 การทดสอบการรับน้ำหนักของนั่งร้าน (บริษัท ฟิวเจอร์ซายน์ จำกัด)

น้ำหนักที่ลงนั่งร้าน 1 ตัว = 805.03x2=1610.06 kg

จากน้ำบรรทุกจรของอาคารตามที่ระบุในกฎกระทรวงฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2547)ใช้น้ำหนักบรรทุกจรของอาคาร 200 kg/m^2

น้ำหนักบรรทุกที่ออกแบบ (100 %) = 200 kg/m^2

น้ำหนักบรรทุกที่ออกแบบ (ที่กำลังรับแรงอัด 80 %) = 0.80x200 = 160 kg/m^2

= 160x1.20x1.80 = 345.6 kg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.8.1 ตัวอย่างการคำนวณ

กรณีเทพื้นชั้น 5

พื้นชั้น 4

รับ 100% ใช้เสาค้ำยันระยะห่าง 1.20x1.80 m^2

พื้นชั้น 3

รับ 100% ใช้เสาค้ำยันระยะห่าง 1.20x1.80 m^2

พื้นชั้น 2

รับ 100% ใช้เสาค้ำยันระยะห่าง 1.20x1.80 m^2

พื้นชั้น 1

น้ำหนักถ่ายลงพื้นชั้น 1 = 1610.06 – (4x345.6) = 227.66 kg

$\frac{227.66}{345.6}$x100 = 65.87 % ใช้ 66 % คือ 228.10 kg

แสดงว่าชั้น 1 รับน้ำหนักได้มากกว่าน้ำหนักที่ออกแบบอีก 100 - 66 = 34 % คือ

$\frac{34\times345.6}{100}$ = 117.50 kg

160x(1.2xA) = 117.50+345.6

A = 2.41 m ใช้ 2.40 m

จาก 66% ใช้เสาค้ำยันระยะห่าง 1.20x2.40 m^2

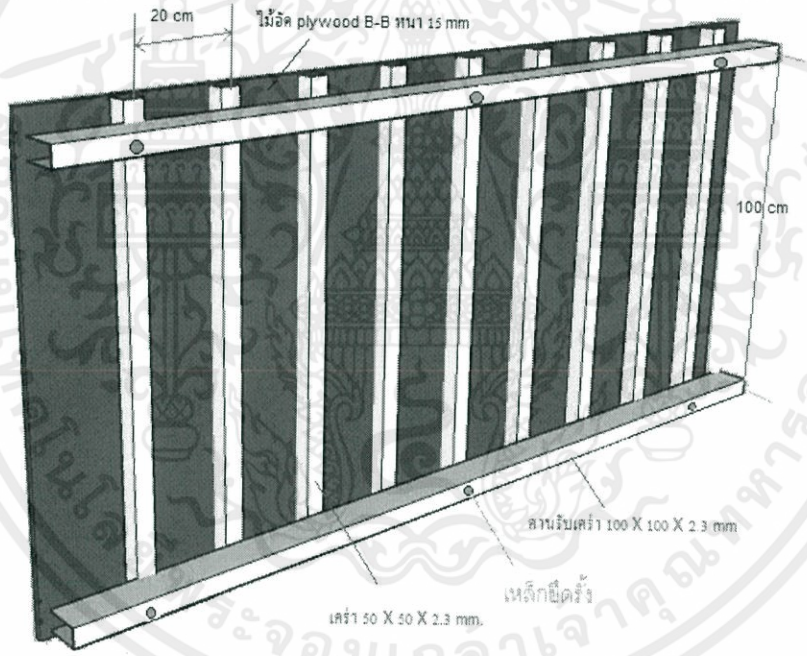
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการดำเนินงาน

5.1. กล่าวนำ

จากผลการศึกษาการออกแบบนั่งร้าน แบบหล่อ และค้ำยัน จากกรณีศึกษาจริง ซึ่งสามารถแยกผลการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ แบบหล่อค้ำยันทางด้านข้าง และ นั่งร้านและค้ำยันทางแนวดิ่ง และสรุปผลการดำเนินงานออกมาได้ดังนี้

5.2. แบบหล่อค้ำยันทางด้านข้าง



รูปที่ 5.1. แบบหล่อค้ำยันทางด้านข้าง

- เลือกใช้ไม้อัด plyform class B-B หนา 15 mm
- ความดันคอนกรีตที่เกิดขึ้น เท่ากับ 2928 kg/m^2
- ขนาดของเหล็กยึดรั้ง ต้องใช้ขนาด 14.1 mm. แต่ในท้องตลาดมีขนาด 9 mm. และ 12 mm. จึงคำนวณใหม่แล้วเลือกใช้ขนาด 9 mm ต่อพื้นที่ 0.32 m^2

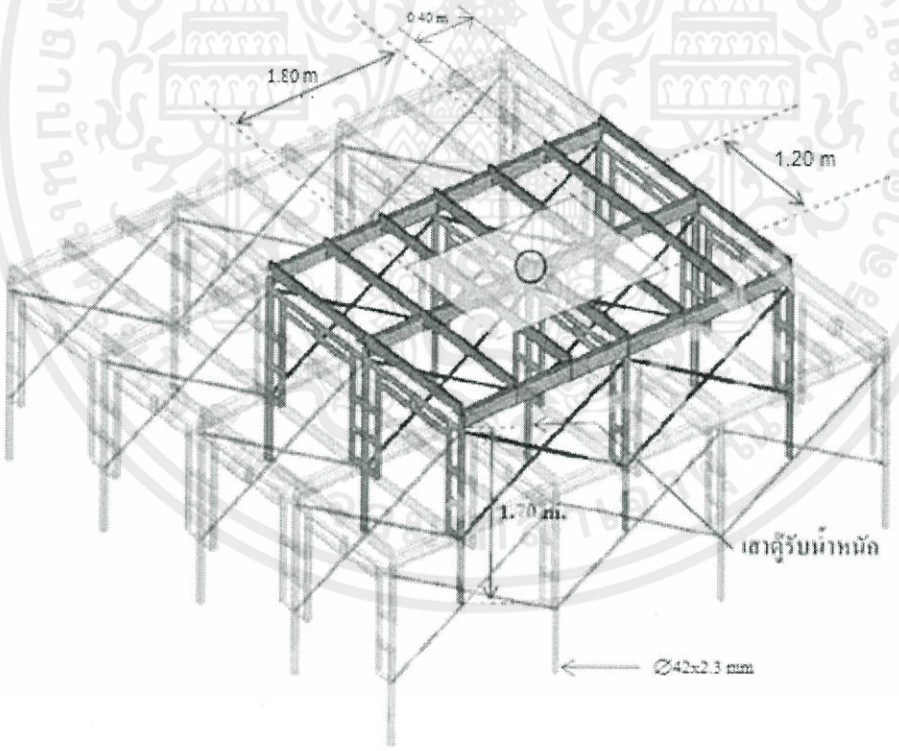
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ขนาดของเหล็กป็อปค้ำยัน ใช้เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 76.3 mm และ 89.1 mm หนา 3.2 mm ค้ำยันทำมุม 18 , 34 และ 45 องศากับแนวราบ

ตารางที่ 5.1. แสดงระยะจุดรองรับต่างๆที่คำนวณได้

วัสดุ	ระยะห่างของจุดรองรับ (cm)
เคร่าเหล็กรูปพรรณ □ 50 x 50 x 2.3 mm	20
คานรับเคร่าเหล็กรูปพรรณ □ 100 x 50 x 2.3 mm	100
เหล็กยึดรั้ง 9 mm.	80

5.3 นั่งร้านและค้ำยันทางแนวดิ่ง



รูปที่ 5.2 ระยะของการติดตั้งนั่งร้านในแนวดิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เลือกใช้ไม้อัด plyform class B-B หนา 15 mm
- น้ำหนักบรรทุกในแนวดิ่งทั้งหมดที่กระทำต่อค้ำยัน 745.4 kg/m^2

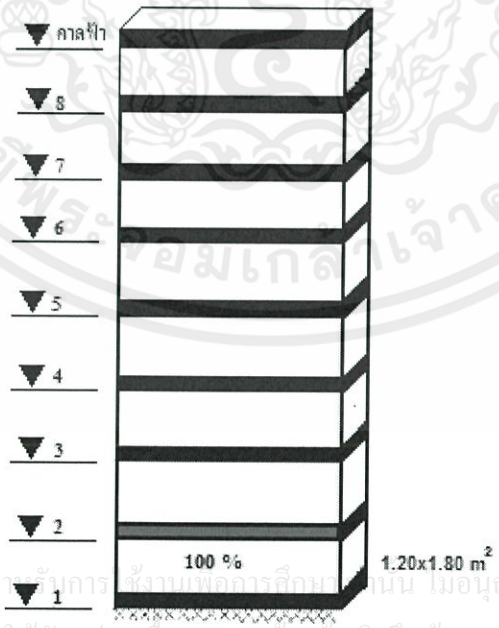
- เลือกใช้นั่งร้านเหล็กขนาด 1.70*120 m โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเสานั่งร้านเหล็กขนาดเหล็กกลมกลวง ∅ 42 X2.30 mm ซึ่งเป็นขนาดนั่งร้านญี่ปุ่นทั่วไป

ตารางที่ 5.2 ระยะของการติดตั้งส่วนประกอบนั่งร้าน

วัสดุ	ระยะห่างของจุดรองรับ (cm)
ตงเหล็กรูปพรรณขนาด □ 50*50*2.3*3.04 mm	40
คานเหล็กรูปพรรณขนาด □100*100*2.30 mm	120
นั่งร้านญี่ปุ่นขนาด 1.70*120 m	180

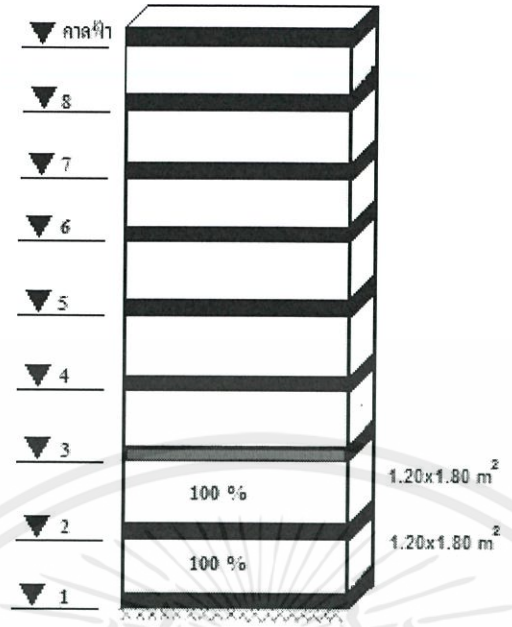
-น้ำหนักบรรทุกที่กระทำต่อเสานั่งร้านหนึ่งต้นเท่ากับ 1431.17 kg

-เปอร์เซ็นต์ของจำนวนการตั้งนั่งร้านในแนวดิ่งของอาคาร

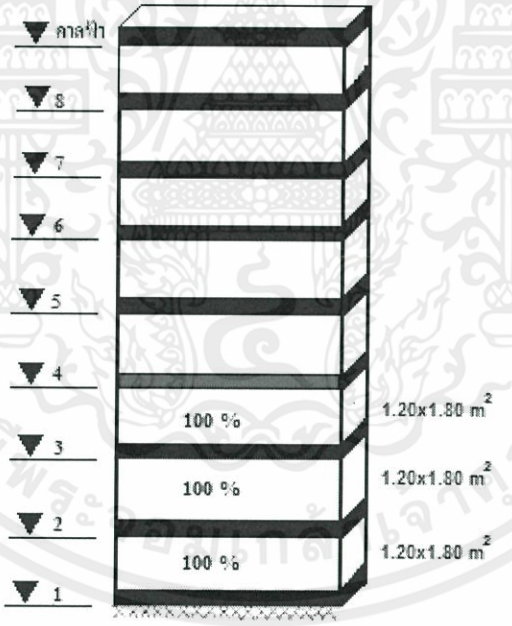


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.3 การค้ำยันเมื่อเทพื้นชั้น 2

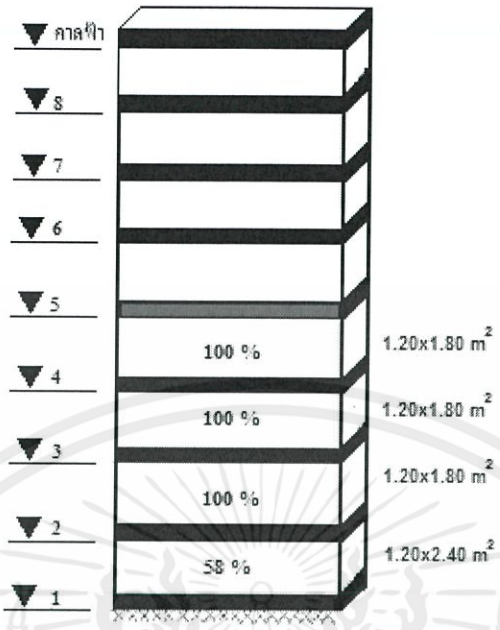


รูปที่ 5.4 การค้ำยันเมื่อเทพื้นชั้น 3

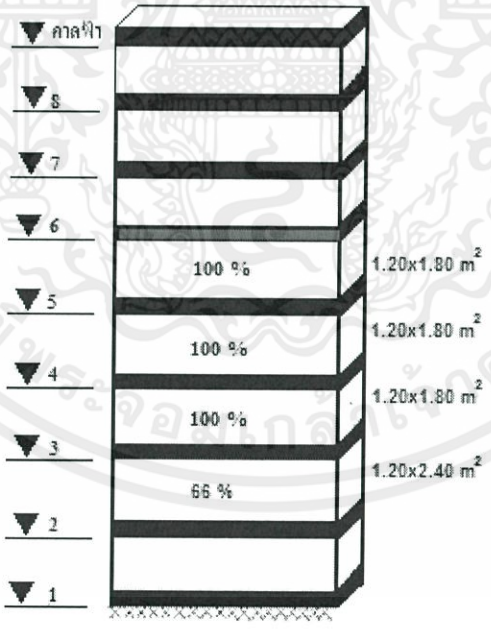


รูปที่ 5.5 การค้ำยันเมื่อเทพื้นชั้น 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

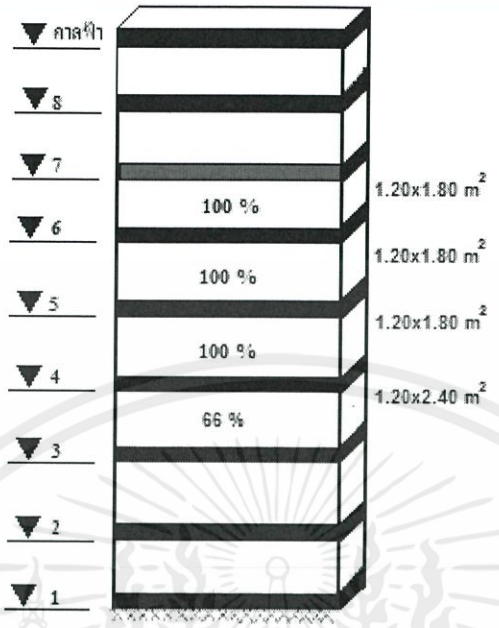


รูปที่ 5.6 การค้ำยันเมื่อเทพื้นชั้น 5

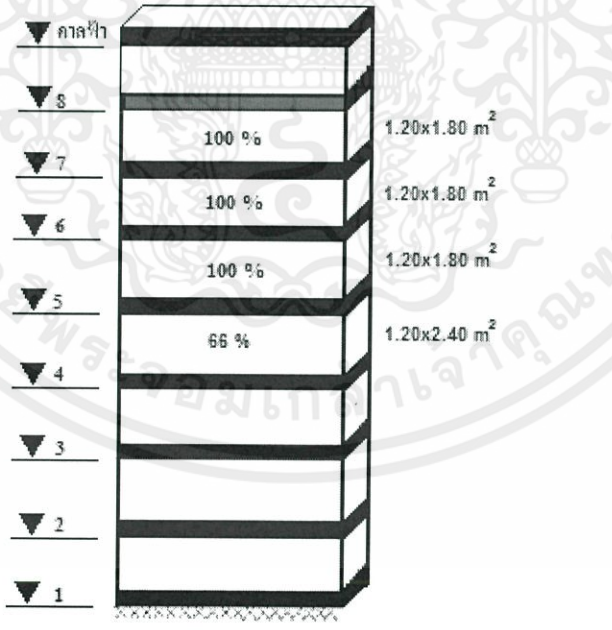


รูปที่ 5.7 การค้ำยันเมื่อเทพื้นชั้น 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

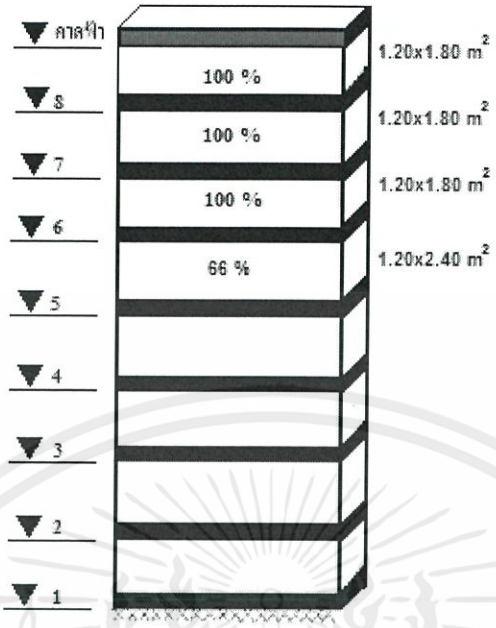


รูปที่ 5.8 การค้ำยันเมื่อเทพื้นชั้น 7



รูปที่ 5.9 การค้ำยันเมื่อเทพื้นชั้น 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.10 การค้ำยันเมื่อเทพื้นชั้นดาดฟ้า

5.4. สรุปปัจจัยที่มีผลต่อการออกแบบและแนวทางการออกแบบให้มีประสิทธิภาพ

5.4.1. น้ำหนักบรรทุกและความดันคอนกรีต

ในการออกแบบนั่งร้านและแบบหล่อ จำเป็นต้องมีการคำนึงถึงน้ำหนักบรรทุกและความดันคอนกรีตที่เกิดขึ้น ไม่ว่าจะเป็นจากการทำงาน หรือสิ่งแวดล้อมภายนอก เพราะว่า ในการทำงานก่อสร้าง จะมีทั้งเครื่องมือ อุปกรณ์การทำงาน และคนงาน ซึ่งถ้าหากมีน้ำหนักบรรทุกหรือความดันคอนกรีตที่มากเกินกว่าที่ออกแบบไว้ ก็อาจทำให้เกิดการพังทลายของนั่งร้านและแบบหล่อได้ ซึ่งส่งผลต่อความไม่ปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สิน ซึ่งแนวทางการแก้ไข ก็อาจคำนวณเผื่อค่าอัตราส่วนความปลอดภัย(safety factor)หรือควบคุมน้ำหนักบรรทุกขณะทำงาน ให้มีค่าไม่เกินกว่าค่าที่ออกแบบ

5.4.2. การประกอบและการติดตั้ง

ในขั้นตอนการประกอบและติดตั้งนั่งร้านแบบหล่อ ก็เป็นส่วนที่สำคัญส่วนหนึ่ง เพราะถ้าหากการประกอบหรือติดตั้งไม่ถูกวิธี ก็อาจทำให้เกิดการวิบัติของนั่งร้านค้ำยันได้ ดังนั้น ควรจะมีการควบคุมการทำงานอย่างละเอียด โดยวิศวกรควบคุมงาน หรือผู้เชี่ยวชาญ เพื่อให้งานที่เกิดขึ้นมีประสิทธิภาพสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.3. ความสมบูรณ์ของอุปกรณ์

ในการคำนวณหาความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกของนั่งร้านหรือความดันคอนกรีตของแบบหล่อ ควรจะคำนึงถึงความสึกหรอและอายุการใช้งานของอุปกรณ์ด้วย ว่าสามารถรับน้ำหนักได้เต็มประสิทธิภาพหรือไม่ เพราะเมื่อเวลาผ่านไป อุปกรณ์อาจมีการเสื่อมสภาพ รวมถึงอาจเกิดการชำรุด ถ้าหากไม่มีการบำรุงรักษา ดังนั้น ในการทำงานควรจะมีการตรวจสอบอุปกรณ์ โดยวิศวกรควบคุมงานหรือผู้เชี่ยวชาญ หรือเปลี่ยนอุปกรณ์ใหม่ เมื่อครบอายุการใช้งาน

5.4.4. การออกแบบและการทำงานไม่ถูกวิธี

ในขั้นตอนการออกแบบนั่งร้านและแบบหล่อ ซึ่งเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญที่สุด ถ้าหากมีการออกแบบหรือการทำงานที่ไม่ถูกวิธี เช่น การเทคอนกรีตด้วยปั๊มคอนกรีตแล้วเกลี่ยคอนกรีตไม่ทัน ทำให้คอนกรีตสุมเป็นกอง ก็อาจเกิดอันตรายในงานก่อสร้างได้ ดังนั้น ในการออกแบบควรจะคำนึงถึงแรงต่างๆที่เกิดขึ้นและสิ่งที่ส่งผลต่อนั่งร้านและแบบหล่อ และควรจะมีการเผื่อค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (safety factor)ไว้ด้วย เพราะในการทำงานจริงค่าต่างๆที่เกิดขึ้นอาจไม่เป็นไปตามที่เราคำนวณไว้ นอกจากนี้ควรมีการควบคุมการออกแบบและการทำงานจากวิศวกรผู้ควบคุมงาน หรือ ผู้เชี่ยวชาญ

5.4.5. ฐานค้ำยัน

ในการออกแบบนั่งร้านและค้ำยัน ควรจะมีการคำนึงถึงฐานของนั่งร้านและค้ำยัน ซึ่งอาจเป็นชั้นดินอ่อนที่ไม่มีความแข็งแรงพอที่จะรับน้ำหนักได้ ก็อาจส่งผลให้เกิดการวิบัติของนั่งร้านค้ำยันได้ เพราะฉะนั้นในการก่อสร้างควรมีการคำนวณว่าดินสามารถรับน้ำหนักแบกทาน (bearing capacity) ได้เท่าไหร่ หรืออาจใช้เสาเข็มมาช่วยในการค้ำยัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

ทยากร จันทรางศุ. สำนักควบคุมตรวจสอบอาคาร. ฉบับที่ 36/2555. **การออกแบบนั่งร้านเหล็กและความปลอดภัยในการติดตั้งใช้งาน**. วารสารกรมโยธาธิการและผังเมือง.

สำเริง รักซ้อน. 2551. **การออกแบบโครงสร้างไม้และเหล็ก**. กรุงเทพฯ : โอ เอส พริ้นติ้งเฮ้าส์

เอกสิทธิ์ ลิ้มสุวรรณ. 2537. **แบบหล่อคอนกรีต**. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพ : ส.เอเชียเพรส

เอนก ศิริพานิชกร. 20 กันยายน 2557. **เผยสาเหตุอาคารยูเพลส คลอง 6 พังถล่ม**. [Online]. Available : http://www. http://news.sanook.com/1648061/

คมชัดลึก. 13 พฤษภาคม 2552. **เผยนาทีระทึกนั่งร้านเอสพลานาร์ดถล่ม**. [Online]. Available : http://www. http://news.sanook.com/739991/

ผู้จัดการออนไลน์. 16 สิงหาคม 2553. **ตึกคณะศึกษาฯ ม.บูรพาถล่มขณะเร่งก่อสร้างคนงานดับ**. [Online]. Available : http://www.manager.co.th/Local/ViewNews.aspx?NewsID=9530000113233

สัมภาษณ์, บริษัท ผลิตภัณฑ์และวัสดุก่อสร้าง จำกัด. 14 ตุลาคม 2557

สัมภาษณ์, บริษัท แม็คไลเกอร์ จำกัด. 20 ตุลาคม 2557

Juddith J. Stalnaker and Ernest C. Harris. 1997. **Structural Design in wood**. Second Edition. U.S.A : Chapman & Hall.

Robert L. Peurifoy and Garold D. Oberlender. 2011. **Formwork for Concrete Structures**. Fourth Edition U.S.A. : the McGraw-Hill companies

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ทักษิณ เทพชาตรี และคณะ. 2555.**พฤติกรรมและการออกแบบโครงสร้างเหล็ก.** พิมพ์ครั้งที่ 3.กรุงเทพ : จุฬาฯ.

ทยากร จันทรางศุ. สำนักควบคุมตรวจสอบอาคาร. ฉบับที่ 36/2555. **การออกแบบนั่งร้านเหล็กและความปลอดภัยในการติดตั้งใช้งาน.** วารสารกรมโยธาธิการและผังเมือง.

มงคล จิรวัชรเดช. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 2548. **การออกแบบโครงสร้างไม้และเหล็ก.** พิมพ์ครั้งที่ 4 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

วินิต ช่อวิเชียร,วรนิต ช่อวิเชียร. 2553. **การออกแบบโครงสร้างเหล็ก.** พิมพ์ครั้งที่ 3

วินิต ช่อวิเชียร,วรนิต ช่อวิเชียร. 2554. **การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก.** พิมพ์ครั้งที่ 5

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย. 2540. มาตรฐานสำหรับอาคารเหล็กรูปพรรณ. พิมพ์ครั้งที่ 1

สำนักความปลอดภัยแรงงานกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน. 13 พฤษภาคม 2552. **ข้อควรรู้เกี่ยวกับการออกแบบนั่งร้าน.** [Online].
Available : http:// www.vpcgroup.co.th/information/scaffoldingDesign.html

สำเริง รักซ้อน. 2551. **การออกแบบโครงสร้างไม้และเหล็ก.** กรุงเทพฯ : โอ เอส พริ้นติ้งเฮ้าส์

เอกสิทธิ์ ลิ้มสุวรรณ. 2537. **แบบหล่อคอนกรีต.** พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพ : ส.เอเชียเพรส.

Juddith J. Stalnaker and Ernest C. Harris. 1997. **Structural Design in wood**. Second Edition. U.S.A : Chapman & Hall.

Robert L. Peurifoy and Garold D. Oberlender. 2011. **Formwork for Concrete Structures**. Fourth Edition U.S.A. : the McGraw-Hill companies.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

แสดงตารางคุณสมบัติของไม้และเหล็กที่ใช้ในการคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ก. 1 แสดงคุณสมบัติหน้าตัดของไม้อัดที่ใช้ภายใน

Guide to Use of Allowable Stress and Section Properties Tables—Interior.

	Plywood Grade	Description and Use	Typical Trademarks	Veneer Grade			Common Thicknesses	Grade Stress Level (Table 3)	Species Group	Section Property Table
				Face	Back	Inner				
INTERIOR OR PROTECTED APPLICATIONS	APA RATED SHEATHING EXP 1 or 2[3]	Unsanded sheathing grade for wall, roof, subflooring, and industrial applications such as pallets and for engineering design, with proper stresses. Manufactured with intermediate and exterior glue (1). For permanent exposure to weather or moisture only. Exterior type plywood is suitable.	APA RATED SHEATHING 32/16 15/32 INCH SIZED FOR SPACING EXPOSURE 1 000 PS 1-83 C-D MILL 108	C	D	D	5/16, 3/8, 15/32, 1/2, 19/32, 5/8, 23/32, 3/4	S-3 (1)	See "Key to Span Rating"	Table 4A (unsanded)
	APA STRUCTURAL I RATED SHEATHING EXP 1 or APA STRUCTURAL II[2] RATED SHEATHING EXP 1	Plywood grades to use where strength properties are of maximum importance, such as plywood-lumber components. Made with exterior glue only. STRUCTURAL I is made from all Group 1 woods. STRUCTURAL II allows Group 3 woods.	APA RATED SHEATHING STRUCTURAL I 24/0 3/8 INCH SIZED FOR SPACING EXPOSURE 1 000 PS 1-83 C-D MILL 108	C	D	D	5/16, 3/8, 15/32, 1/2, 19/32, 5/8, 23/32, 3/4	S-2	Structural I use Group 1	Table 4B (unsanded)
									Structural II See "Key to Span Rating"	Table 4A (unsanded)
	APA RATED STURD-I-FLOOR EXP 1 or 2[3]	For combination subfloor-underlayment. Provides smooth surface for application of carpet. Possesses high concentrated and impact load resistance during construction and occupancy. Manufactured with intermediate and exterior glue. Touch-sanded (4). Available with tongue and groove (5).	APA RATED STURD-I-FLOOR 20 oc 19/32 INCH SIZED FOR SPACING EXPOSURE 1 000 UNDERLAYMENT PS 1-83 MILL 108	C plugged	D	C & D	19/32, 5/8, 23/32, 3/4, 1-1/8 (2-4-1)	S-3 (1)	See "Key to Span Rating"	Table 4A (touch-sanded)
	APA UNDERLAYMENT EXP 1, 2 or INT	For underlayment under carpet. Available with exterior glue. Touch-sanded. Available with tongue and groove (5).	APA UNDERLAYMENT GROUP 1 EXPOSURE 1 000 PS 1-83	C plugged	D	C & D	1/2, 19/32, 5/8, 23/32, 3/4	S-3 (1)	As Specified	Table 4A (touch-sanded)
	APA C-D PLUGGED EXP 1, 2 or INT	For built-ins, wall and ceiling tile backing, NOT for underlayment. Available with exterior glue. Touch-sanded (5).	APA C-D PLUGGED GROUP 2 EXPOSURE 1 000 PS 1-83	C plugged	D	D	1/2, 19/32, 5/8, 23/32, 3/4	S-3 (1)	As Specified	Table 4A (touch-sanded)
	APA APPEARANCE GRADES EXP 1, 2 or INT	Generally applied where a high quality surface is required. Includes APA N-N, N-A, N-B, N-D, A-A, A-B, A-D, B-B, and B-D INT grades (5).	APA A-D GROUP 1 EXPOSURE 1 000 PS 1-83	B or better	D or better	C & D	1/4, 11/32, 3/8, 15/32, 1/2, 19/32, 5/8, 23/32, 3/4	S-3 (1)	As Specified	Table 4A (sanded)

ที่มา: structure design in wood, Juddith J. Stalnaker & Ernest C. Harris ค.ศ. 1997

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ก. 2 แสดงคุณสมบัติหน้าตัดของไม้อัดที่ใช้ภายนอก

Guide to Use of Allowable Stress and Section Properties Tables—Exterior.

	Plywood Grade	Description and Use	Typical Trademarks	Veneer Grade: Face	Veneer Grade: Back	Veneer Grade: Inner	Common Thicknesses	Grade Stress Level (Table 3)	Species Group	Section Property Table
EXTERIOR APPLICATIONS	APA RATED SHEATHING EXT[3]	Unsanded sheathing grade with waterproof glue bond for wall, roof, subfloor and industrial applications such as pallet bins.	APA RATED SHEATHING 48/24 23/32 INCH SIZED FOR SPACING EXTERIOR 000 PS 1-83 C-C MAN-186	C	C	C	5/16, 3/8, 15/32, 1/2, 19/32, 5/8, 23/32, 3/4	S-1	See "Key to Span Rating"	Table 4A (unsanded)
	APA STRUCTURAL I RATED SHEATHING EXT or APA STRUCTURAL II[2] RATED SHEATHING EXT	"Structural" is a modifier for this unsanded sheathing grade. For engineered applications in construction and industry where full exterior-type panels are required. STRUCTURAL I is made from Group 1 woods only.	APA RATED SHEATHING STRUCTURAL I 24/0 3/8 INCH SIZED FOR SPACING EXTERIOR 000 PS 1-83 C-C MAN-186	C	C	C	5/16, 3/8, 15/32, 1/2, 19/32, 5/8, 23/32, 3/4	S-1	Structural I use Group 1 Structural II See "Key to Span Rating"	Table 4B (unsanded) Table 4A (unsanded)
	APA RATED STURD-I-FLOOR EXT[3]	For combination subfloor-underlayment where severe moisture conditions may be present, as in balcony decks. Possesses high concentrated and impact load resistance during construction and occupancy. Touch-sanded (4). Available with tongue and groove.(5)	APA RATED STURD-I-FLOOR 20 oc 19/32 INCH SIZED FOR SPACING EXTERIOR 000 UNDERLAYMENT PS 1-83 NER-108	C plugged	C	C	19/32, 5/8, 23/32, 3/4,	S-2	See "Key to Span Rating"	Table 4A (touch-sanded)
	APA UNDERLAYMENT EXT and APA C-C PLUGGED EXT	Underlayment for floor under where severe moisture conditions may exist. Also for controlled atmosphere rooms and many industrial applications. Touch-sanded. Available with tongue and groove.(5)	APA C-C PLUGGED GROUP 2 EXTERIOR 000 PS 1-83	C plugged	C	C	1/2, 19/32, 5/8, 23/32, 3/4	S-2	As Specified	Table 4A (touch-sanded)
	APA B-B PLYFORM CLASS I or II[2]	Concrete-form grade with high reuse factor. Sanded both sides, mill-oiled unless otherwise specified. Available in HDO. For refined design information on this special-use panel see *APA Design/Construction Guide: Concrete Forming*, Form No. V345. Design using values from this specification will result in a conservative design.(5)	APA PLYFORM B-B CLASS I EXTERIOR 000 PS 1-83	B	B	C	19/32, 5/8, 23/32, 3/4	S-2	Class I use Group 1; Class II use Group 3	Table 4A (sanded)
	APA MARINE EXT	Superior Exterior-type plywood made only with Douglas Fir or Western Larch. Special solid-core construction. Available with MDO or HDO face. Ideal for boat hull construction.	MARINE A-A EXT APA 000 PS1-83	A or B	A or B	B	1/4, 3/8, 1/2, 5/8, 3/4	A face & back use S-1 B face or back use S-2	Group 1	Table 4B (sanded)
	APA APPEARANCE GRADES EXT	Generally applied where a high quality surface is required. Includes APA A-A, A-B, A-C, B-B, B-C, HDO and MDO EXT.(5)	APA A-C GROUP 1 EXTERIOR 000 PS 1-83	B or better	C or better	C	1/4, 11/32, 3/8, 15/32, 1/2, 19/32, 5/8, 23/32, 3/4	A or C face and back use S-1 B face or back use S-2	As Specified	Table 4A (sanded)

ที่มา: structure design in wood, Juddith J. Stalnaker & Ernest C. Harris ค.ศ. 1997

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ก. 3 แสดงหน่วยแรงต่างๆที่ยอมให้ของไม้อัด

Allowable Stresses for Plywood (psi) conforming to U.S. Product Standard PS 1-95 for Construction and Industrial Plywood. Stresses are based on normal duration of load, and on common structural applications where panels are 24" or greater in width.

Type of Stress		Species Group of Face Ply	Grade Stress Level[1]				
			S-1		S-2		S-3
			Wet	Dry	Wet	Dry	Dry Only
EXTREME FIBER STRESS IN BENDING (F_b)		1	1430	2000	1190	1650	1650
TENSION IN PLANE OF PLIES (F_t)	F_b &	2, 3	980	1400	820	1200	1200
Face Grain Parallel or Perpendicular to Span	F_t	4	940	1330	780	1110	1110
(At 45° to Face Grain Use 1/6 F_t)							
COMPRESSION IN PLANE OF PLIES		1	970	1640	900	1540	1540
		2	730	1200	680	1100	1100
Parallel or Perpendicular to Face Grain	F_c	3	610	1060	580	990	990
(At 45° to Face Grain Use 1/3 F_c)		4	610	1000	580	950	950
SHEAR THROUGH THE THICKNESS[3]		1	155	190	155	190	160
Parallel or Perpendicular to Face Grain	F_v	2, 3	120	140	120	140	120
(At 45° to Face Grain Use 2 F_v)		4	110	130	110	130	115
ROLLING SHEAR (IN THE PLANE OF PLIES)		MARINE & STRUCTURAL I	63	75	63	75	—
Parallel or Perpendicular to Face Grain	F_s	ALL OTHER[2]	44	53	44	53	48
(At 45° to Face Grain Use 1-1/3 F_s)							
MODULUS OF RIGIDITY (OR SHEAR MODULUS)		1	70,000	90,000	70,000	90,000	82,000
		2	60,000	75,000	60,000	75,000	68,000
Shear in Plane Perpendicular to Plies (through the thickness)	G	3	50,000	60,000	50,000	60,000	55,000
(At 45° to Face Grain Use 4G)		4	45,000	50,000	45,000	50,000	45,000
BEARING (ON FACE)		1	210	340	210	340	340
Perpendicular to Plane of Plies	$F_{c\perp}$	2, 3	135	210	135	210	210
		4	105	160	105	160	160
MODULUS OF ELASTICITY IN BENDING IN PLANE OF PLIES		1	1,500,000	1,800,000	1,500,000	1,800,000	1,800,000
		2	1,300,000	1,500,000	1,300,000	1,500,000	1,500,000
	E	3	1,100,000	1,200,000	1,100,000	1,200,000	1,200,000
Face Grain Parallel or Perpendicular to Span		4	900,000	1,000,000	900,000	1,000,000	1,000,000

(1) See Table 11-1 for guide.
To qualify for stress level S-1, gluelines must be exterior and only veneer grades N, A, and C are allowed in either face or back.
For stress level S-2, gluelines must be exterior and veneer grade B, C-Plugged and D are allowed on the face or back.
Stress level S-3 includes all panels with interior or intermediate (IMG) gluelines.

(2) Reduce stresses 25% for 3-layer (4- or 5-ply) panels over 5/8" thick. Such layups are possible under PS 1-95 for APA RATED SHEATHING, APA RATED STURD-I-FLOOR, UNDERLAYMENT, C-C Plugged and C-D Plugged grades over 5/8" through 3/4" thick.

(3) Shear-through-the-thickness stresses for MARINE and SPECIAL EXTERIOR grades may be increased 33%. See Section 3.8.1 for conditions under which stresses for other grades may be increased.

Source: Courtesy of APA—the Engineered Wood Association.

ที่มา: structure design in wood, Juddith J. Stalnaker & Ernest C. Harris ค.ศ. 1997

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ก. 4 แสดงคุณสมบัติของประสิทธิภาพของไม้อัดสำหรับโครงสร้างทั่วไป

Nominal Thickness (in.)	Approximate Weight (psf)	t_s Effective Thickness For Shear (in.)	Stress Applied Parallel to Face Grain				Stress Applied Perpendicular to Face Grain			
			A Area ($in.^2/ft$)	*I* Moment of Inertia ($in.^4/ft$)	*KS* Effective Section Modulus ($in.^3/ft$)	*Ib/Q* Rolling Shear Constant ($in.^2/ft$)	*A* Area ($in.^2/ft$)	*I* Moment of Inertia ($in.^4/ft$)	*KS* Effective Section Modulus ($in.^3/ft$)	*Ib/Q* Rolling Shear Constant ($in.^2/ft$)
UNSANDED PANELS										
5/16-U	1.0	0.268	1.491	0.022	0.112	2.569	0.660	0.001	0.023	4.497
3/8 -U	1.1	0.278	1.866	0.039	0.152	3.110	0.799	0.002	0.033	5.444
15/32&1/2 -U	1.5	0.298	2.292	0.067	0.213	3.921	1.007	0.004	0.056	2.450
19/32&5/8 -U	1.8	0.319	2.330	0.121	0.379	5.004	1.285	0.010	0.091	3.106
23/32&3/4 -U	2.2	0.445	3.247	0.234	0.496	6.455	1.563	0.036	0.232	3.613
7/8 -U	2.6	0.607	3.509	0.340	0.678	7.175	1.950	0.112	0.397	4.791
1 -U	3.0	0.842	3.916	0.493	0.859	9.244	3.145	0.210	0.660	6.533
1-1/8 -U	3.3	0.859	4.725	0.676	1.047	9.960	3.079	0.288	0.768	7.931
SANDED PANELS										
1/4 -S	0.8	0.267	0.996	0.008	0.059	2.010	0.348	0.001	0.009	2.019
11/32-S	1.0	0.284	0.996	0.019	0.093	2.765	0.417	0.001	0.016	2.589
3/8 -S	1.1	0.288	1.307	0.027	0.125	3.088	0.626	0.002	0.023	3.510
15/32-S	1.4	0.421	1.947	0.066	0.214	4.113	1.204	0.006	0.067	2.434
1/2 -S	1.5	0.425	1.947	0.077	0.236	4.466	1.240	0.009	0.087	2.752
19/32-S	1.7	0.546	2.423	0.115	0.315	5.471	1.389	0.021	0.137	2.861
5/8 -S	1.8	0.550	2.475	0.129	0.339	5.824	1.528	0.027	0.164	3.119
23/32-S	2.1	0.563	2.822	0.179	0.389	6.581	1.737	0.050	0.231	3.818
3/4 -S	2.2	0.568	2.884	0.197	0.412	6.762	2.081	0.063	0.285	4.079
7/8 -S	2.6	0.586	2.942	0.278	0.515	8.050	2.651	0.104	0.394	5.078
1 -S	3.0	0.817	3.721	0.423	0.664	8.882	3.163	0.185	0.591	7.031
1-1/8 -S	3.3	0.836	3.854	0.548	0.820	9.883	3.180	0.271	0.744	8.428
TOUCH-SANDED PANELS										
1/2 -T	1.5	0.342	2.698	0.083	0.271	4.252	1.159	0.006	0.061	2.746
19/32&5/8 -T	1.8	0.408	2.354	0.123	0.327	5.346	1.555	0.016	0.135	3.220
23/32&3/4 -T	2.2	0.439	2.715	0.193	0.398	6.589	1.622	0.032	0.219	3.635
1-1/8 -T	3.3	0.839	4.548	0.633	0.977	11.268	4.067	0.272	0.743	8.535

ที่มา: structure design in wood, Juddith J. Stalnaker & Ernest C. Harris ค.ศ. 1997

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

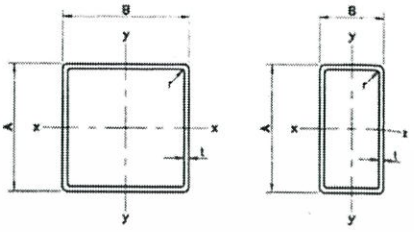
ตารางที่ ผ.ก. 5 แสดงคุณสมบัติของประสิทธิภาพของไม้อัดสำหรับโครงสร้างที่มีน้ำทะเล

Nominal Thickness (in.)	Approximate Weight (psf)	t_s Effective Thickness For Shear (in.)	Stress Applied Parallel to Face Grain				Stress Applied Perpendicular to Face Grain			
			A Area ($in.^2/ft$)	*I* Moment of Inertia ($in.^4/ft$)	*KS* Effective Section Modulus ($in.^3/ft$)	*Ib/Q* Rolling Shear Constant ($in.^2/ft$)	*A* Area ($in.^2/ft$)	*I* Moment of Inertia ($in.^4/ft$)	*KS* Effective Section Modulus ($in.^3/ft$)	*Ib/Q* Rolling Shear Constant ($in.^2/ft$)
UNSANDED PANELS										
5/16-U	1.0	0.356	1.619	0.022	0.126	2.567	1.188	0.002	0.029	6.037
3/8 -U	1.1	0.371	2.226	0.041	0.195	3.107	1.438	0.003	0.043	7.307
15/32&1/2 -U	1.5	0.535	2.719	0.074	0.279	4.157	2.175	0.012	0.116	2.408
19/32&5/8 -U	1.8	0.707	3.464	0.154	0.437	5.685	2.742	0.045	0.240	3.072
23/32&3/4 -U	2.2	0.739	4.219	0.236	0.549	6.148	2.813	0.064	0.299	3.540
7/8 -U	2.6	0.776	4.388	0.346	0.690	6.948	3.510	0.131	0.457	4.722
1 -U	3.0	1.088	5.200	0.529	0.922	8.512	5.661	0.270	0.781	6.435
1-1/8 -U	3.3	1.118	6.654	0.751	1.164	9.061	5.542	0.408	0.999	7.833
SANDED PANELS										
1/4 -S	0.8	0.342	1.280	0.012	0.083	2.009	0.626	0.001	0.013	2.723
11/32-S	1.0	0.365	1.280	0.026	0.133	2.764	0.751	0.001	0.023	3.397
3/8 -S	1.1	0.373	1.680	0.038	0.177	3.086	1.126	0.002	0.033	4.927
15/32-S	1.4	0.537	1.947	0.067	0.246	4.107	2.168	0.009	0.093	2.405
1/2 -S	1.5	0.545	1.947	0.078	0.271	4.457	2.232	0.014	0.123	2.725
19/32-S	1.7	0.709	3.018	0.116	0.338	5.566	2.501	0.034	0.199	2.811
5/8 -S	1.8	0.717	3.112	0.131	0.361	5.934	2.751	0.045	0.238	3.073
23/32-S	2.1	0.741	3.735	0.183	0.439	6.109	3.126	0.085	0.338	3.780
3/4 -S	2.2	0.748	3.848	0.202	0.464	6.189	3.745	0.108	0.418	4.047
7/8 -S	2.6	0.778	3.952	0.288	0.569	7.539	4.772	0.179	0.579	5.046
1 -S	3.0	1.091	5.215	0.479	0.827	7.978	5.693	0.321	0.870	6.981
1-1/8 -S	3.3	1.121	5.593	0.623	0.955	8.841	5.724	0.474	1.098	8.377
TOUCH-SANDED PANELS										
1/2 -T	1.5	0.543	2.698	0.084	0.282	4.511	2.486	0.020	0.162	2.720
19/32&5/8 -T	1.8	0.707	3.127	0.124	0.349	5.500	2.799	0.050	0.259	3.183
23/32&3/4 -T	2.2	0.739	4.059	0.201	0.469	6.592	3.625	0.078	0.350	3.596

ที่มา: structure design in wood, Juddith J. Stalnaker & Ernest C. Harris ค.ศ. 1997

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ก. 6 แสดงคุณสมบัติของเหล็กกล่องสำหรับงานโครงสร้างทั่วไป



WELDED STEEL TUBING
SQUARE TUBE
RECTANGULAR TUBE

Metric Size

Dimension	mm		Sectional Area	Weight	Moment of Inertai		Radius of Gyration		Modulus of Section	
A x B	t	R	mm^2	kg/m	Ix cm^4	Iy cm^4	ix cm	iy cm	Zx cm^3	Zy cm^3
150 X 150	6.0	12	33.63	26.4	1150	1150	5.84	5.84	153	153
150 X 150	4.5	9	25.67	20.2	896	896	5.91	5.91	120	120
125 X 125	6.0	12	27.63	21.7	641	641	4.82	4.82	103	103
125 X 125	4.5	9	21.17	16.6	506	506	4.89	4.89	80.9	80.9
125 X 125	3.2	6.4	15.33	12.0	379	379	4.97	4.97	60.6	60.6
100 X 100	6.0	12	21.63	17.0	312	312	3.80	3.80	62.4	62.4
100 X 100	4.5	9	16.67	13.1	249	249	3.87	3.87	49.9	49.9
100 X 100	3.2	6.4	12.13	9.52	187	187	3.93	3.93	37.5	37.5
100 X 100	2.3	4.6	8.852	6.95	140	140	3.97	3.97	28.0	28.0
75 X 75	4.5	9	12.17	9.55	99	99	2.85	2.85	26.3	26.3
75 X 75	3.2	6.4	8.925	7.01	75.6	75.6	2.91	2.91	20.2	20.2
75 X 75	2.3	4.6	6.552	5.14	57.1	57.1	2.95	2.95	15.2	15.2
60 X 60	2.3	4.6	5.172	4.06	28.3	28.3	2.34	2.34	9.44	9.44
60 X 60	1.6	3.2	3.672	2.88	20.7	20.7	2.37	2.37	6.89	6.89
50 X 50	2.3	4.6	4.252	3.34	15.9	15.9	1.93	1.91	6.36	6.36
50 X 50	1.6	3.2	3.032	2.38	11.7	11.7	1.97	1.97	4.68	4.68
200 X 100	6.0	12	33.63	26.4	1700	577	7.12	4.14	170	115
200 X 100	4.5	9	25.67	20.2	1330	455	7.20	4.21	133	90.9
150 X 100	6.0	12	27.63	21.7	835	444	5.50	4.01	111	88.8
150 X 100	4.5	9	21.17	16.6	658	352	5.58	4.08	87.7	70.4
150 X 100	3.2	6.4	15.33	12.0	488	262	5.64	4.14	65.1	52.5
150 X 75	4.5	9	18.92	14.9	537	182	5.33	3.10	71.6	48.5
150 X 75	3.2	6.4	13.73	10.8	401	124	5.41	3.01	55.1	33.2
125 X 75	3.2	6.4	12.13	9.52	256	117	4.60	3.10	41.0	31.1
125 X 75	2.3	4.6	8.852	6.95	192	87.5	4.65	3.14	30.6	23.3
100 X 50	3.2	6.4	8.952	7.01	112	38.0	3.55	2.06	22.5	15.2
100 X 50	2.3	4.6	6.552	5.14	84.9	29.0	3.60	2.10	17.0	11.6
75 X 45	3.2	6.4	7.007	5.50	50.8	22.8	2.69	1.81	13.6	10.2
75 X 45	2.3	4.6	5.172	4.06	38.9	17.6	2.74	1.85	10.4	7.84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง หรือนำไปเผยแพร่ต่อ ก่อนได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสาร ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่มา : คู่มืองานเหล็ก ประสิทธิ์ เวียงแก้ว พ.ศ.2554

ตารางที่ ผ.ก. 7 แสดงคุณสมบัติของท่อเหล็กกล้าคาร์บอนสำหรับงานโครงสร้างทั่วไป

Carbon Steel Tubes for General Structure Purposes

JIS G 3444 – 2006

ท่อเหล็กกล้าคาร์บอนสำหรับงานโครงสร้างทั่วไป

เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (OD) mm	ความหนาผนังท่อ Thickness mm	น้ำหนัก Unit weight kg/m	พื้นที่ - Area		โมเมนต์ความเฉื่อย Moment of inertia	รัศมีไจเรชัน Radius of gyration	โมดูลัสภาคตัด Modulus of section
			หน้าตัด Section cm^2	ผิวภายนอก Surface m^2/m	cm^4	cm	cm^3
21.7	2.0	0.972	1.238	0.068	0.607	0.700	0.560
27.2	2.0	1.24	1.583	0.085	1.26	0.890	0.930
	2.3	1.41	1.799	0.085	1.41	0.880	1.03
34.0	2.3	1.80	2.291	0.107	2.89	1.12	1.70
42.7	2.3	2.29	2.919	0.134	5.97	1.43	2.80
	2.5	2.48	3.157	0.134	6.40	1.42	3.00
48.6	2.3	2.63	3.345	0.153	8.99	1.64	3.70
	2.5	2.84	3.621	0.153	9.65	1.63	3.97
	2.8	3.16	4.029	0.153	10.6	1.62	4.36
	3.2	3.58	4.564	0.153	11.8	1.61	4.86
60.5	2.3	3.30	4.205	0.190	17.8	2.06	5.90
	3.2	4.52	5.760	0.190	23.7	2.03	7.84
	4.0	5.57	7.100	0.190	28.5	2.00	9.41
76.3	2.8	5.08	6.465	0.240	43.7	2.60	11.5
	3.2	5.77	7.349	0.240	49.2	2.59	12.9
	4.0	7.13	9.085	0.240	59.5	2.58	15.6
89.1	2.8	5.96	7.591	0.280	70.7	3.05	15.9
	3.2	6.78	8.636	0.280	79.8	3.04	17.9
101.6	3.2	7.76	9.892	0.319	120	3.48	23.6
	4.0	9.63	12.26	0.319	146	3.45	28.8
	5.0	11.9	15.17	0.319	177	3.42	34.9
114.3	3.2	8.77	11.17	0.359	172	3.93	30.2
	3.5	9.56	12.18	0.359	187	3.92	32.7
	4.5	12.2	15.52	0.359	234	3.89	41.0
139.8	3.6	12.1	15.40	0.439	357	4.82	51.1
	4.0	13.4	17.07	0.439	394	4.80	56.3
	4.5	15.0	19.13	0.439	438	4.79	62.7
	6.0	19.8	25.22	0.439	566	4.74	80.9
165.2	4.5	17.8	22.72	0.519	734	5.68	88.9
	5.0	19.8	25.16	0.519	808	5.67	97.8
	6.0	23.6	30.01	0.519	952	5.63	115
	7.1	27.7	35.26	0.519	1,100	5.60	134
190.7	4.5	20.7	26.32	0.599	1,140	6.59	120
	5.3	24.2	30.87	0.599	1,330	6.56	139
	6.0	27.3	34.82	0.599	1,490	6.53	156
	7.0	31.7	40.40	0.599	1,710	6.50	179
	8.2	36.9	47.01	0.599	1,960	6.46	206
216.3	4.5	23.5	29.94	0.680	1,680	7.49	155
	5.8	30.1	38.36	0.680	2,130	7.45	197
	6.0	31.1	39.64	0.680	2,190	7.44	203
	7.0	36.1	46.03	0.680	2,520	7.40	233
	8.0	41.1	52.35	0.680	2,840	7.37	263
	8.2	42.1	53.61	0.680	2,910	7.36	269

ที่มา : คู่มืองานเหล็ก ประสิทธิ์ เวียงแก้ว พ.ศ.2554

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ก. 7 (ต่อ) แสดงคุณสมบัติของท่อเหล็กกล้าคาร์บอนสำหรับงานโครงสร้างทั่วไป

เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (OD) mm	ความหนาผนังท่อ Thickness mm	น้ำหนัก Unit weight kg/m	พื้นที่ - Area		โมเมนต์ความเฉื่อย Moment of inertia	รัศมีไจเรชัน Radius of gyration	โมดูลัสภาคตัด Modulus of section
			หน้าตัด Section cm^2	ผิวภายนอก Surface m^2/m	cm^4	cm	cm^3
267.4	6.0	38.7	49.27	0.8401	4,210	9.24	315
	6.6	42.4	54.08	0.8401	4,600	9.22	344
	7.0	45.0	57.26	0.8401	4,860	9.21	363
	8.0	51.2	65.19	0.8401	5,490	9.18	411
	9.0	57.3	73.06	0.8401	6,110	9.14	457
	9.3	59.2	75.41	0.8401	6,290	9.13	470
318.5	6.0	46.2	58.91	1.0006	7,190	11.1	452
	6.9	53.0	67.55	1.0006	8,200	11.0	515
	8.0	61.3	78.04	1.0006	9,140	11.0	591
	9.0	68.7	87.51	1.0006	10,500	10.9	659
	10.3	78.3	99.73	1.0006	11,900	10.9	744
355.6	6.4	55.1	70.21	1.1171	10,700	12.3	602
	7.9	67.7	86.29	1.1171	13,000	12.3	734
	9.0	76.9	98.00	1.1171	14,700	12.3	828
	9.5	81.1	103.3	1.1171	15,500	12.2	871
	12.0	102	129.5	1.1171	19,100	12.2	1,080
	12.7	107	136.8	1.1171	20,100	12.1	1,130
406.4	7.9	77.6	98.90	1.2767	19,600	14.1	967
	9.0	88.2	112.4	1.2767	22,200	14.1	1,090
	9.5	93.0	118.5	1.2767	23,300	14.0	1,150
	12.0	117	148.7	1.2767	28,900	14.0	1,420
	12.7	123	157.1	1.2767	30,500	13.9	1,500
	16.0	154	196.2	1.2767	37,400	13.8	1,840
	19.0	182	231.2	1.2767	43,500	13.7	2,140
457.2	9.0	99.5	126.7	1.4363	31,800	15.8	1,400
	9.5	105	133.6	1.4363	33,500	15.8	1,470
	12.0	132	167.8	1.4363	41,600	15.7	1,820
	12.7	139	177.3	1.4363	43,800	15.7	1,920
	16.0	174	221.8	1.4363	54,000	15.6	2,360
	19.0	205	261.6	1.4363	62,900	15.5	2,750
500.0	9.0	109	138.8	1.5708	41,800	17.4	1,670
	12.0	144	184.0	1.5708	54,800	17.3	2,190
	14.0	168	213.8	1.5708	63,200	17.2	2,530
508.0	7.9	97.4	124.1	1.5959	38,800	17.7	1,530
	9.0	111	141.1	1.5959	43,900	17.6	1,730
	9.5	117	148.8	1.5959	46,200	17.6	1,820
	12.0	147	187.0	1.5959	57,500	17.5	2,270
	12.7	155	197.6	1.5959	60,600	17.5	2,390
	14.0	171	217.3	1.5959	66,300	17.5	2,610
	16.0	194	247.3	1.5959	74,900	17.4	2,950
	19.0	229	291.9	1.5959	87,400	17.3	3,440
	22.0	264	335.9	1.5959	99,400	17.2	3,910
558.8	9.0	122	155.5	1.7555	58,800	19.4	2,100
	12.0	162	206.1	1.7555	77,100	19.3	2,760
	16.0	214	272.8	1.7555	101,000	19.2	3,600
	19.0	253	322.2	1.7555	118,000	19.1	4,210
	22.0	291	371.0	1.7555	134,000	19.0	4,790

ที่มา : คู่มืองานเหล็ก ประสิทธิ์ เวียงแก้ว พ.ศ.2554

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ก. 7 (ต่อ) แสดงคุณสมบัติของท่อเหล็กกล้าคาร์บอนสำหรับงานโครงสร้างทั่วไป

เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (OD) mm	ความหนาผนังท่อ Thickness mm	น้ำหนัก Unit weight kg/m	พื้นที่ - Area		โมเมนต์ความเฉื่อย Moment of Inertia	รัศมีไจเรชัน Radius of gyration	โมดูลัสภาคตัด Modulus of section
			หน้าตัด Section cm^2	ผิวภายนอก Surface m^2/m	cm^4	cm	cm^3
600.0	9.0	131	167.1	1.8850	73,000	20.9	2,430
	12.0	174	221.7	1.8850	95,800	20.8	3,200
	14.0	202	257.7	1.8850	111,000	20.7	3,690
	16.0	230	293.6	1.8850	125,000	20.7	4,180
609.6	9.0	133	169.8	1.9151	76,600	21.2	2,510
	9.5	141	179.1	1.9151	80,600	21.2	2,650
	12.0	177	225.3	1.9151	101,000	21.1	3,300
	12.7	187	238.2	1.9151	106,000	21.1	3,480
	14.0	206	262.0	1.9151	116,000	21.1	3,810
	16.0	234	298.4	1.9151	132,000	21.0	4,310
	19.0	277	352.5	1.9151	154,000	20.9	5,050
	22.0	319	406.1	1.9151	176,000	20.8	5,760
700.0	9.0	153	195.4	2.1991	117,000	24.4	3,330
	12.0	204	259.4	2.1991	154,000	24.3	4,390
	14.0	237	301.7	2.1991	178,000	24.3	5,070
	16.0	270	343.8	2.1991	201,000	24.2	5,750
711.2	9.0	156	198.5	2.2343	122,000	24.8	3,440
	12.0	207	263.6	2.2343	161,000	24.7	4,530
	14.0	241	306.6	2.2343	186,000	24.7	5,240
	16.0	274	349.4	2.2343	211,000	24.6	5,940
	19.0	324	413.2	2.2343	248,000	24.5	6,960
	22.0	374	476.3	2.2343	283,000	24.4	7,960
812.8	9.0	178	227.3	2.5535	184,000	28.4	4,520
	12.0	237	301.9	2.5535	242,000	28.3	5,960
	14.0	276	351.3	2.5535	280,000	28.2	6,900
	16.0	314	400.5	2.5535	318,000	28.2	7,820
	19.0	372	473.8	2.5535	373,000	28.1	9,190
	22.0	429	546.6	2.5535	428,000	28.0	10,500
914.4	12.0	267	340.2	2.8727	348,000	31.9	7,580
	14.0	311	396.0	2.8727	401,000	31.8	8,780
	16.0	354	451.6	2.8727	456,000	31.8	9,970
	19.0	420	534.5	2.8727	536,000	31.7	11,700
	22.0	484	616.5	2.8727	614,000	31.5	13,400
1016.0	12.0	297	378.5	3.1919	477,000	35.5	9,390
	14.0	346	440.7	3.1919	553,000	35.4	10,900
	16.0	395	502.7	3.1919	628,000	35.4	12,400
	19.0	467	595.1	3.1919	740,000	35.2	14,600
	22.0	539	687.0	3.1919	849,000	35.2	16,700

หมายเหตุ : 1. น้ำหนักท่อคำนวณจากสูตรต่อไปนี้ (โดยใช้ค่า ถ.พ. ของเหล็กกล้า = 7.85)

$W = 0.02466\ t\ (OD - t)$

เมื่อ W คือ น้ำหนักท่อต่อหน่วยความยาว (kg/m)

t คือ ความหนาท่อ (mm)

OD คือ เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของท่อ (mm)

ที่มา : คู่มืองานเหล็ก ประสิทธิ์ เวียงแก้ว พ.ศ.2554

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

กฎกระทรวง

กำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับงานก่อสร้าง

พ.ศ. ๒๕๕๑

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กฎกระทรวง
กำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย
และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับงานก่อสร้าง
พ.ศ. ๒๕๕๑

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๖ และมาตรา ๑๐๓ วรรคหนึ่ง แห่งพระราชบัญญัติคุ้มครองแรงงาน พ.ศ. ๒๕๔๑ อันเป็นกฎหมายที่มีบทบัญญัติบางประการเกี่ยวกับการจำกัดสิทธิและเสรีภาพของบุคคล ซึ่งมาตรา ๒๙ ประกอบกับมาตรา ๓๓ มาตรา ๔๑ และมาตรา ๔๓ ของรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย บัญญัติให้กระทำได้โดยอาศัยอำนาจตามบทบัญญัติแห่งกฎหมาย รัฐมนตรีว่าการกระทรวงแรงงานออกกฎกระทรวงไว้ ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ กฎกระทรวงนี้ให้ใช้บังคับเมื่อพ้นกำหนดเก้าสิบวันนับแต่วันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ข้อ ๒ ในกฎกระทรวงนี้

“งานก่อสร้าง” หมายความว่า การประกอบการเกี่ยวกับการก่อสร้างสิ่งก่อสร้างทุกชนิด เช่น อาคาร สนามบิน ทางรถไฟ ทางรถราง ถนน อุโมงค์ ท่าเรือ อู่เรือ คานเรือ สะพานเทียบเรือสะพานทางน้ำ ท่อระบายน้ำ ประปา รั้ว กำแพง ประตู ป้ายหรือสิ่งที่สร้างขึ้นสำหรับติดหรือตั้งป้ายพื้นที่หรือสิ่งก่อสร้างเพื่อจอดรถ กลับรถ และทางเข้าออกของรถ และหมายความรวมถึงการต่อเติม ซ่อมแซม ซ่อมบำรุง ดัดแปลง เคลื่อนย้าย หรือการรื้อถอนทำลายสิ่งก่อสร้างนั้นด้วย

“อาคาร” หมายความว่า อาคารตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร

“เขตก่อสร้าง” หมายความว่า พื้นที่ที่ดำเนินการก่อสร้าง รวมทั้งพื้นที่โดยรอบบริเวณซึ่งนายจ้างได้กำหนดขึ้นตามกฎกระทรวงนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

"เขตอันตราย" หมายความว่า บริเวณที่เป็นสถานที่ที่กำลังก่อสร้าง ที่ติดตั้งนั่งร้าน ใช้ปั้นจั่น หรือใช้เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าเพื่อการก่อสร้าง พื้นที่ที่เป็นทางลำเลียงวัสดุเพื่อการก่อสร้าง หรือพื้นที่ที่ใช้เป็นสถานที่เก็บเชื้อเพลิง วัตถุระเบิด หรือวัสดุก่อสร้าง

"อุปกรณ์ไฟฟ้า" หมายความว่า เครื่องมือ เครื่องใช้ หรือเครื่องจักรที่ใช้ไฟฟ้าเป็นต้นกำลัง หรือเป็นส่วนประกอบ หรือใช้เกี่ยวเนื่องกับไฟฟ้า

"เสาเข็ม" หมายความว่า สิ่งซึ่งทำให้จมลงไปในพื้นดินเพื่อรับน้ำหนักของโครงสร้างต่าง ๆ โดยถ่ายน้ำหนักจากโครงสร้างอาคารหรือสิ่งก่อสร้างอื่นสู่ดินชั้นล่าง หรือเพื่อใช้เป็นกำแพงกันดิน

"เสาเข็มเจาะ" หมายความว่า เสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กหรือไม่เสริมเหล็กที่ก่อสร้างโดยวิธีการขุดหรือเจาะเอาดินออก แล้วเทคอนกรีตลงในหลุมที่ขุดหรือเจาะนั้น

"การตอกเสาเข็ม" หมายความว่า วิธีการทำให้เสาเข็มจมลงไปในพื้นดินตามความต้องการ โดยใช้น้ำหนักตอกหรือกด

"เครื่องตอกเสาเข็ม"หมายความว่าเครื่องจักรที่ใช้ในการตอกเสาเข็มประกอบด้วยโครงสร้างและเครื่องต้นกำลัง ซึ่งอาจแยกออกจากกันหรือรวมเป็นชุดเดียวกันก็ได้

"แคร่ลอย" หมายความว่า เรือ แพ โป๊ะ หรือสิ่งอื่นที่มีลักษณะเดียวกัน ที่ใช้ในงานก่อสร้าง

"กำแพงพืด" หมายความว่า กำแพงหรือผนังคอนกรีตเสริมเหล็ก ซึ่งเป็นกำแพงกันดินหรือผนังของโครงสร้างส่วนที่อยู่ใต้ดิน ก่อสร้างโดยวิธีการขุดหรือเจาะเอาดินออก แล้วเทคอนกรีตลงในร่องที่ขุดหรือเจาะนั้น

"ค้ำยัน" หมายความว่า โครงชั่วคราวที่รองรับ ยึดโยง หรือเสริมความแข็งแรงของโครงสร้างนั่งร้าน หรือแบบหล่อคอนกรีต ในระหว่างการก่อสร้าง

"เครื่องจักร" หมายความว่า สิ่งที่ประกอบด้วยชิ้นส่วนหลายชิ้นสำหรับก่อกำเนิดพลังงาน เปลี่ยนหรือแปลงสภาพพลังงาน หรือส่งพลังงาน ทั้งนี้ ด้วยกำลังน้ำ ไอน้ำ เชื้อเพลิง ลม ก๊าซ ไฟฟ้า หรือพลังงานอื่น และหมายความรวมถึงเครื่องอุปกรณ์ ล้อตุนกำลัง รอก สายพาน เพลา เฟือง หรือสิ่งอื่นที่ทำงานสัมพันธ์กัน รวมทั้งเครื่องมือกล

"ปั้นจั่น" หมายความว่า เครื่องจักรที่ใช้ยกสิ่งของขึ้นลงตามแนวดิ่งและเคลื่อนย้ายสิ่งของเหล่านั้นในลักษณะแขวนลอยไปตามแนวราบ และหมายความรวมถึงเครื่องจักรประเภทรอกที่ใช้ยกสิ่งของขึ้นลงในแนวดิ่งด้วย

"ลิฟต์ขนส่งวัสดุชั่วคราว" หมายความว่า เครื่องสำหรับใช้ขนส่งวัสดุขึ้นลงเพื่อประโยชน์ในการก่อสร้าง ซึ่งประกอบด้วยหอลิฟต์หรือปล่องลิฟต์ ตัวลิฟต์ และเครื่องจักร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

"ลิฟต์โดยสารชั่วคราว" หมายความว่า เครื่องสำหรับใช้ขนส่งบุคคลขึ้นลงเพื่อประโยชน์ในการก่อสร้าง ซึ่งประกอบด้วยหอลิฟต์หรือปล่องลิฟต์ ตัวลิฟต์ และเครื่องจักร

"ลวดสลิง" หมายความว่า เชือกที่ทำด้วยเส้นลวดหลายเส้นที่ตีเกลียวหรือพันกันรอบแกนชั้นเดียวหรือหลายชั้น

"นั่งร้าน" หมายความว่า ที่ทำงานซึ่งจัดไว้สูงจากพื้นดินหรือจากพื้นของอาคารหรือส่วนของงานก่อสร้าง สำหรับเป็นที่รองรับผู้ทำงานหรือวัสดุในงานก่อสร้างเป็นการชั่วคราว

"งานก่อสร้างในน้ำ" หมายความว่า การก่อสร้างทุกประเภทในน้ำหรือบนสิ่งก่อสร้างซึ่งอยู่ในน้ำและรวมถึงการก่อสร้างที่ใช้แคร่ลอย

"ค่าความปลอดภัย" หมายความว่า อัตราส่วนของหน่วยแรงหรือน้ำหนักบรรทุกที่คาดว่าจะทำให้เกิดการวิบัติต่อหน่วยแรงหรือน้ำหนักบรรทุกที่ใช้งานจริง

"วิศวกร" หมายความว่า ผู้ซึ่งได้รับใบอนุญาตเป็นผู้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมตามกฎหมายว่าด้วยวิศวกร

"ผู้ควบคุมงาน" หมายความว่า ผู้ซึ่งรับผิดชอบในการอำนวยการหรือควบคุมดูแลงานก่อสร้างตามลักษณะและประเภทของงาน

"ผู้บังคับเครื่องตอกเสาเข็ม" หมายความว่า ผู้ซึ่งมีหน้าที่บังคับการทำงานของเครื่องตอกเสาเข็มให้ทำงานตามความต้องการ

"ผู้บังคับปั้นจั่น" หมายความว่า ผู้ซึ่งมีหน้าที่บังคับการทำงานของปั้นจั่นให้ทำงานตามความต้องการ

หมวด ๖
ค้ำยัน

ข้อ ๖๖ การใช้ค้ำยัน ให้นายจ้างจัดให้มีการคำนวณออกแบบและควบคุมการใช้ โดยมีวิศวกรรับรอง ดังต่อไปนี้

(๑) ค้ำยันที่ทำด้วยเหล็ก ต้องสามารถรับน้ำหนักบรรทุกใช้งานได้ไม่น้อยกว่าสองเท่าของน้ำหนักบรรทุกใช้งาน ในกรณีค้ำยันทำด้วยวัสดุอื่นที่ไม่ใช่เหล็ก ต้องสามารถรับน้ำหนักบรรทุกใช้งานได้ไม่น้อยกว่าสี่เท่าของน้ำหนักบรรทุกใช้งาน และต้องมีเอกสารแสดงกำลังวัสดุประกอบด้วย

(๒) ไม้ที่ใช้ทำค้ำยัน ต้องเป็นไม้ที่ไม่ผุเปื่อยหรือชำรุดจนทำให้ไม้ขาดความแข็งแรงทนทานและต้องมีหน่วยแรงดัดประลัย (ultimate bending stress) ไม่น้อยกว่า ๓๐๐ กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และมีค่าความปลอดภัยไม่น้อยกว่า ๔

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(๓) เหล็กที่ใช้ทำค้ำยัน ต้องเป็นเหล็กที่มีจุดคราก (yield point) ไม่น้อยกว่า ๒,๔๐๐ กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และมีค่าความปลอดภัยไม่น้อยกว่า ๒

(๔) ข้อต่อและจุดยึดต่าง ๆ ของค้ำยันต้องมั่นคงแข็งแรง

(๕) ในกรณีที่มีที่รองรับค้ำยัน ต้องสามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้ไม่น้อยกว่าสองเท่าของน้ำหนักบรรทุกใช้งาน

(๖) ค้ำยันต้องยึดโยงหรือตรึงกับพื้นดินหรือส่วนของสิ่งก่อสร้างให้มั่นคงแข็งแรง

ข้อ ๖๗ ในกรณีที่มีการเทคอนกรีตเหนือค้ำยัน ให้นายจ้างควบคุมการเทคอนกรีตให้เป็นไปตามมาตรฐานของสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ และควบคุมดูแลมิให้บุคคลที่ไม่เกี่ยวข้องเข้าไปอยู่ใต้บริเวณที่เทคอนกรีตนั้น

ข้อ ๖๘ ให้นายจ้างสร้าง ประกอบ ติดตั้ง และตรวจสอบค้ำยันให้มั่นคงแข็งแรงและมีความปลอดภัย

ให้ไว้ ณ วันที่ ๑๘ กันยายน พ.ศ. ๒๕๕๑
อุไรวรรณ เทียนทอง
รัฐมนตรีว่าการกระทรวงแรงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
มาตรฐานที่ใช้ในการออกแบบ(ACI-347)

PREFACE

Before the formation of ACI Committee 347 (formerly ACI Committee 622) in 1955, there had been an increase in the use of reinforced concrete for longer span structures,multistoried structures, and increased story heights.

The need for a formwork standard and increased knowledge concerning the behavior of formwork was evident from the rising number of failures, sometimes resulting in the loss of life. The first report by the committee , based on a survey of current practices in the United States and Canada, was published in the ACI JOURNAL in June 1957.1.1 The second committee report was published in the ACI JOURNAL in August 1958.1.2 This second report was an in-depth review of test reports and design formulas for determining lateral pressure on vertical formwork. The major result of this study and report was the development of a basic formula establishing form pressures to be used in the design of vertical formwork.

The first standard was ACI 347-63. Subsequent revisions were ACI 347-68 and ACI 347-78. Two subsequent revisions, ACI 347R-88 and ACI 347R-94, were committee reports because of changes in the ACI policy on the style and format of standards. ACI 347-01 returned the guide to the standardization process.

A major contribution of the committee has been the sponsorship and review of Formwork for Concrete1.3 by M. K. Hurd, first published in 1963 and currently in its sixth edition.
Now comprising more than 490 pages, this is the most comprehensive and widely used document on thissubject. (The Japan National Council on Concrete haspublished a Japanese translation.)

The paired values stated in inch-pound and SI units are usually not exact equivalents. Therefore, each system is to be used independently of the other. Combining values from the two systems may result in nonconformance with this document.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CHAPTER 1 INTRODUCTION

1.1 Scope

This guide covers:

- A listing of information to be included in the contract documents;
- Design criteria for horizontal and vertical forces on formwork;
- Design considerations, including safety factors, to be used in determining the capacities of Formwork accessories;
- Preparation of formwork drawings;
- Construction and use of formwork, including safety considerations;
- Materials for formwork;
- Formwork for special structures;
- Formwork for special methods of construction; and
- Qualification of personnel for inspection and testing.

This guide is based on the premise that layout, design, and construction of formwork should be the responsibility of the formwork engineer/contractor. This is believed to be fundamental to the achievement of safety and economy of formwork for concrete.

1.2 Definitions

The following definitions will be used in this guide. Many of the terms can also be found in ACI 116R:

backshores—shores placed snugly under a concrete slab or structural member after the original formwork and shores have been removed from a small area at a time, without allowing the slab or member to deflect; thus, the slab or other member does not yet support its own weight or existing construction loads from above.

bugholes—surface air voids: small regular or irregular cavities, usually less than 0.6 in. (15 mm) in diameter, resulting from entrapment of air bubbles in the surface of formed concrete during placement and consolidation. Also called blowholes.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

centering—specialized temporary support used in the construction of arches, shells, and space structures where the entire temporary support is lowered (struck or decentered) as a unit to avoid introduction of injurious stresses in any part of the structure.

climbing form—a form that is raised vertically for succeeding lifts of concrete in a given structure.

diagonal bracing—supplementary formwork members designed to resist lateral loads.

engineer/architect—the engineer, architect, engineering firm, architectural firm, or other agency issuing project plans and specifications for the permanent structure, administering the work under contract documents, or both.

flying forms—large prefabricated, mechanically handled sections of formwork designed for multiple reuse; frequently including supporting truss, beam, or shoring assemblies completely unitized. Note: Historically, the term has been applied to floor forming systems.

form—a temporary structure or mold for the support of concrete while it is setting and gaining sufficient strength to be self-supporting.

formwork—total system of support for freshly placed concrete, including the mold or sheathing that contacts the concrete and all supporting members, hardware, and necessary bracing.

formwork engineer/contractor—engineer of the formwork system, contractor, or competent person in charge of designated aspects of formwork design and formwork operations.

ganged forms—large assemblies used for forming vertical surfaces; also called gang forms.

horizontal lacing—horizontal bracing members attached to shores to reduce their unsupported length, thereby increasing load capacity and stability.

preshores—added shores placed snugly under selected panels of a deck-forming system before any primary (original) shores are removed. Preshores and the panels they support remain in place until the remainder of the complete bay has been stripped and backshored, a small area at a time.

reshores—shores placed snugly under a stripped concrete slab or other structural member after the original forms and shores have been removed from a large area, requiring the new slab or structural member to deflect and support its own weight and existing construction loads to be applied before installation of the reshores.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

scaffold—a temporary elevated platform (supported or suspended) and its supporting structure used for supporting workers, tools, and materials; adjustable metal scaffolding can be used for shoring in concrete work, provided its structure has the necessary load-carrying capacity and structural integrity.

shores—vertical or inclined support members designed to carry the weight of the formwork, concrete, and construction loads above.

slipform—a form that is pulled or raised as concrete is placed; may move in a horizontal direction to lay concrete for concrete paving or on slopes and inverts of canals, tunnels, and siphons; or may move vertically to form walls, bins, or silos.

1.3 Achieving economy in formwork

The engineer/architect can help overall economy in the structure by planning so that formwork costs are minimized. The cost of formwork in the United States can be as much as 60% of the total cost of the completed concrete structure in place and sometimes greater. This investment requires careful thought and planning by the engineer/architect when designing and specifying the structure and by the formwork engineer/contractor when designing and constructing the formwork

Formwork drawings, prepared by the formwork engineer/contractor, can identify potential problems and should give project site employees a clear picture of what is required and how to achieve it. The following guidelines show how the engineer/architect can plan the structure so that formwork economy may best be achieved:

• To simplify and permit maximum reuse of formwork,the dimensions of footings, columns, and beams shouldbe of standard material multiples, and the number of sizes should be minimized;

• When interior columns are the same width as or smaller than the girders they support, the column form becomes a simple rectangular or square box without boxouts, and the slab form does not have to be cut out at each corner of the column;

• When all beams are made one depth (beams framing into beams as well as beams framing into columns), the supporting structures for the beam forms can be carried on a level platform supported on shores;

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

• Considering available sizes of dressed lumber, plywood, and other ready-made formwork components and keeping beam and joist sizes constant will reduce labor time;

• The design of the structure should be based on the use of one standard depth wherever possible when commercially available forming systems, such as one- or two-way joist systems, are used;

• The structural design should be prepared simultaneously with the architectural design so that dimensions can be better coordinated. Room sizes can vary a few inches to accommodate the structural design;

• The engineer/architect should consider architectural features, depressions, and openings for mechanical or electrical work when detailing the structural system, with the aim of achieving economy. Variations in the structural system caused by such items should be shown on the structural plans. Wherever possible, depressions in the tops of slabs should be made without a corresponding break in elevations of the soffits of slabs, beams, or joists;

• Embedments for attachment to or penetration through the concrete structure should be designed to minimize random penetration of the formed surface; and

• Avoid locating columns or walls, even for a few floors, where they would interfere with the use of large formwork shoring units in otherwise clear bays.

1.4 Contract documents

The contract documents should set forth the tolerances required in the finished structure but should not attempt to specify the manner in which the formwork engineer/ contractor designs and builds the formwork to achieve the required to lerances.The layout and design of the formwork and its construction should be the responsibility of the formwork engineer/ contractor. This approach gives the necessary freedom to use skill, knowledge, and innovation to safely construct an economical structure. By reviewing the formwork drawings the engineer/architect can understand how the formwork engineer/contractor has interpreted the contract documents. Some local areas have legal requirements defining the specific responsibilities of the engineer/architect in formwork design, review, or approval.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4.1 Individual specifications

The specification writer is encouraged to refer to this guide as a source of recommendations that can be written into the proper language for contract documents.

The specification for formwork will affect the overall economy and quality of the finished work; therefore, it should be tailored for each particular job, clearly indicate what is expected of the contractor, and ensure economy and safety.A well-written formwork specification tends to equalize bids for the work. Unnecessarily exacting requirements can make bidders question the specification as a whole and make it difficult for them to understand exactly what is expected. They can be overly cautious and overbid or misinterpret requirements and underbid.

A well-written formwork specification is of value not only to the owner and the contractor, but also to the field representative of the engineer/architect, approving agency, and the subcontractors of other trades. Some requirements can be written to allow discretion of the contractor where quality of finished concrete work would not be impaired by the use of alternative materials and methods.

Consideration of the applicable general requirements suggested herein will not be sufficient to make a complete specification. Requirements should be added for actual materials, finishes, and other items peculiar to and necessary for the individual structure. The engineer/architect can exclude, call special attention to, strengthen, or make morelenient any general requirement to best fit the needs of the particular project. Helpful and detailed information is given in Formwork for Concrete.1.3

1.4.2 Formwork materials and accessories

If the particular design or desired finish requires special attention, the engineer/ architect can specify in the contract documents the formwork materials and such other features necessary to attain the objectives. If the engineer/architect does not call for specific

materials or accessories, the formwork engineer/contractor can choose any materials that meet the contract requirements.

When structural design is based on the use of commercially available form units in standard sizes, such as one-way or two-way joist systems, plans should be drawn to make use of available shapes and sizes. Some latitude should be permitted for connections of form units to other

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

framing or centering to reflect the tolerances and normal installation practices of the form type anticipated.

1.4.3 Finish of exposed concrete

Finish requirements for concrete surfaces should be described in measurable terms as precisely as practicable. Refer to Section 3.4 and Chapter 5.

1.4.4 Design, inspection, review, and approval of formwork

Although the safety of formwork is the responsibility of the contractor, the engineer/architect or approving agency may, under certain circumstances, decide to review and approve the formwork, including drawings and calculations.If so, the engineer/architect should call for such review or approval in the contract documents.

Approval might be required for unusually complicated structures, structures whose designs were based on a particular method of construction, structures in which the forms impart a desired architectural finish, certain post-tensioned structures, folded plates, thin shells, or long-span roof structures.

The following items should be clarified in the contract documents:

- Who will design the formwork;
- Who will inspect the specific feature of formwork and when will the inspection be performed; and
- What reviews, approvals, or both will be required

a. For formwork drawings;

b. For the formwork before concreting and during concreting; and

c. Who will give such reviews, approvals, or both

1.4.5 Contract documents

The contract documents should include all information about the structure necessary for the formwork engineer/contractor to design the formwork and prepare formwork drawings, such as:

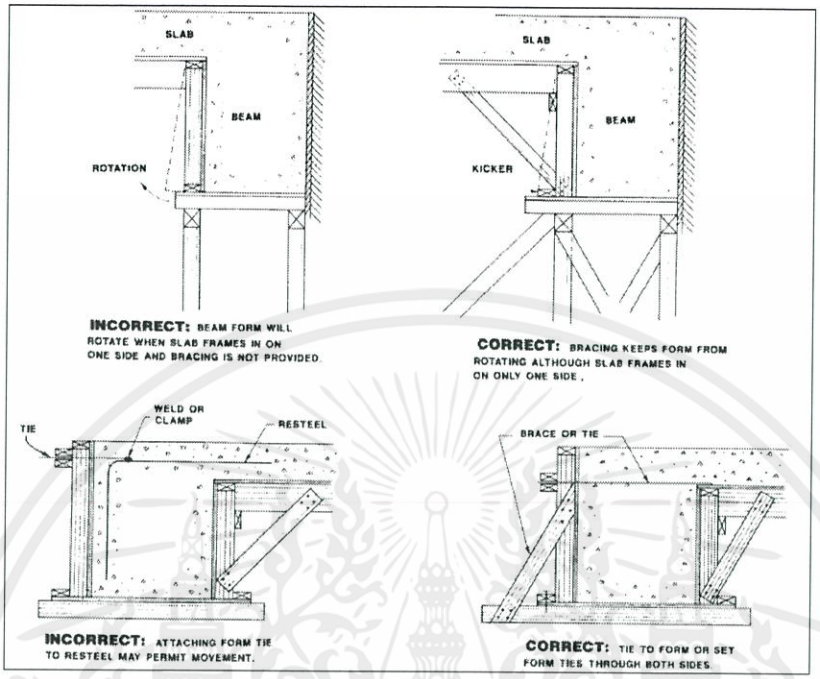
- Number, location, and details of all construction joints, contraction joints, and expansion joints that will be required for the particular job or parts of it;
- Sequence of concrete placement, if critical;

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Tolerances for concrete construction;
- The live load and superimposed dead load for which the structure is designed and any live-load reduction used. This is a requirement of ACI 318;
- Intermediate supports under stay-in-place forms, such as metal deck used for forms and permanent forms of other materials; supports, bracing, or both, required by the structural engineer's design for composite action; and any other special supports;
- The location and order of erection and removal of shores for composite construction;
- Special provisions essential for formwork for special construction methods and for special structures such as shells and folded plates. The basic geometry of such structures, as well as their required camber, should be given in sufficient detail to permit the formwork engineer/contractor to build the forms;
- Special requirements for post-tensioned concrete members. The effect of load transfer and associated movements during tensioning of post-tensioned members can be critical, and the contractor should be advised of any special provisions that should be made in the formwork for this condition;
- Amount of required camber for slabs or other structural members to compensate for deflection of the structure. Measurements of camber attained should be made at the soffit level after initial set and before removal of formwork supports;
- Where chamfers are required or prohibited on beam soffits or column corners;
- Requirements for inserts, waterstops, built-in frames for openings and holes through concrete; similar

requirements where the work of other trades will be attached to, supported by, or passed through formwork;

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ผ.ค.1 Prevention of rotation is important where the slab frames into the beam form on only one side.(fig.2.1)

• Where architectural features, embedded items, or the work of other trades could change the location of structural members, such as joists in one- or two-way joist systems, such changes or conditions should be coordinated by the engineer/architect; and

• Locations of and details for architectural concrete. When architectural details are to be cast into structural concrete, they should be so indicated or referenced on the structural plans because they can play a key role in the structural design of the form.

CHAPTER 2—DESIGN

2.1 General

2.1.1 Planning

All formwork should be well planned before construction begins. The amount of planning required will depend on the size, complexity, and importance (considering reuses) of the form.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Formwork should be designed for strength and serviceability. System stability and member buckling should be investigated in all cases.

2.1.2 Design methods

Formwork is made of many different materials, and the commonly used design practices for each material are to be followed (refer to Chapter 4). For example, wood forms are designed by working-stress methods recommended by the American Forest and Paper Association. When the concrete structure becomes a part of the formwork support system, as in many multistory buildings, it is important for the formwork engineer/contractor to recognize that the concrete structure has been designed by the strength method. Accordingly, in communication of the loads, it should be clear whether they are service loads or factored loads.

Throughout this guide, the terms design, design load, and design capacity are used to refer to design of the formwork. Where reference is made to design load for the permanent structure, structural design load, structural dead load, or some similar term is used to refer to unfactored service loads on the structure

2.1.3 Basic objectives

Formwork should be designed so that concrete slabs, walls, and other members will have the correct dimensions, shape, alignment, elevation, and position within established tolerances. Formwork should also be designed so that it will safely support all vertical and lateral loads that might be applied until such loads can be supported by the concrete structure. Vertical and lateral loads should be carried to the ground by the formwork system or by the in-place construction that has adequate strength for that purpose. Responsibility for the design of the formwork rests with the contractor or the formwork engineer hired by the contractor to design and be responsible for the formwork.

2.1.4 Design deficiencies

Some common design deficiencies that can lead to failure are:

- Lack of allowance in design for loadings such as wind, power buggies, placing equipment, and temporary material storage;
- Inadequate reshoring;
- Overstressed reshoring;

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Inadequate provisions to prevent rotation of beam forms where the slabs frame into them on only one side (Fig. 2.1);
- Insufficient anchorage against uplift due to battered form faces;
- Insufficient allowance for eccentric loading due toplacement sequences;
- Failure to investigate bearing stresses in members in contact with shores or struts;
- Failure to provide proper lateral bracing or lacing of shoring;
- Failure to investigate the slenderness ratio of compression members;
- Inadequate provisions to tie corners of intersecting cantilevered forms together;
- Failure to account for loads imposed on form hardware anchorages during closure of form panel gaps when aligning formwork; and
- Failure to account for elastic shortening during posttensioning.

2.1.5 Formwork drawings and calculations

Before constructing forms, the formwork engineer/contractor may be required to submit detailed drawings, design calculations,or both of proposed formwork for review and approval by the engineer/architect or approving agency. If such drawings are not approved by the engineer/architect or approving agency, the formwork engineer/contractor should make such changes as may be required before the start of construction of the formwork.

The review, approval, or both of the formwork drawings does not relieve the contractor of the responsibility for adequately constructing and maintaining the forms so that they will function properly. If reviewed by persons other than those employed by the contractor, the review or approval indicates that no exception is taken by the reviewer to the assumed design loadings in combination with design stresses shown; the proposed construction methods; the placement rates, equipment, and sequences; the proposed form materials; and the overall scheme of formwork. All major design values and loading conditions should be shown on formwork drawings. These include assumed values of live load; the compressive strength of concrete for formwork removal and for application of construction loads; rate of placement, minimum temperature, height, and drop of concrete; weight of moving equipment that can be operated on formwork; foundation pressure; design stresses; camber diagrams; and other pertinent information, if applicable.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

In addition to specifying types of materials, sizes, lengths, and connection details,formwork drawings should provide for applicable details, such as:

- Procedures, sequence, and criteria for removal of forms, shores, and reshores;
- Design allowance for construction loads on new slabs when such allowance will affect the development of shoring,reshoring schemes, or both (refer to Sections 2.5 and 3.8 for shoring and reshoring of multistory structures);
- Anchors, form ties, shores, lateral bracing, and horizontal lacing;
- Field adjustment of forms;
- Waterstops, keyways, and inserts;
- Working scaffolds and runways;
- Weepholes or vibrator holes, where required;
- Screeds and grade strips;
- Location of external vibrator mountings;
- Crush plates or wrecking plates where stripping candamage concrete;
- Removal of spreaders or temporary blocking;
- Cleanout holes and inspection openings;
- Construction joints, contraction joints, and expansion joints in accordance with contract documents (also refer to ACI 301);
- Sequence of concrete placement and minimum elapsed time between adjacent placements;
- Chamfer strips or grade strips for exposed corners and construction joints;
- Camber;
- Mudsills or other foundation provisions for formwork;
- Special provisions, such as safety, fire, drainage, and protection from ice and debris at water crossings;
- Formwork coatings;
- Notes to formwork erector showing size and location of conduits and pipes projecting through formwork;
- Temporary openings or attachments for climbing crane or other material handling equipment.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 Loads

2.2.1 Vertical loads

Vertical loads consist of dead and live loads. The weight of formwork plus the weight of the reinforcement and freshly placed concrete is dead load. The live load includes the weight of the workers, equipment, material storage, runways, and impact.

Vertical loads assumed for shoring and reshoring design for multistory construction should include all loads transmitted from the floors above as dictated by the proposed construction schedule. Refer to Section 2.5.

The formwork should be designed for a live load of not less than 50 lb/ft2 (2.4 kPa) of horizontal projection. When motorized carts are used, the live load should not be less than 75 lb/ft2 (3.6 kPa).The design load for combined dead and live loads should not be less than 100 lb/ft2 (4.8 kPa) or 125 lb/ft2 (6.0 kPa) if motorized carts are used.

2.2.2 Lateral pressure of concrete

Unless the conditions of Section 2.2.2.1 or 2.2.2.2 are met, formwork should be designed for the lateral pressure of the newly placed concrete given in Eq. (2.1a) or (2.1b). Minimum values given for other pressure formulas do not apply to Eq. (2.1a) and (2.1b).

$$p = wh \text{ (lb/ft2)} \tag{2.1a}$$

$$p = \rho gh \text{ (kPa)} \tag{2.1b}$$

where

p = lateral pressure, lb/ft2 (kPa);

w = unit weight of concrete, lb/ft3;

ρ = density of concrete, kg/m3;

g = gravitational constant, 9.81 N/kg;

h = depth of fluid or plastic concrete from top of placement to point of consideration in form, ft (m).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ค. 1 แสดง Unit weight coefficient C_w (Table 2.1)

Inch-pound version		SI version	
Unit weight of concrete	C_w	Density of concrete	C_w
Less than 140 lb/ft^3	$C_w = 0.5[1 + (w/145 \text{ lb/ft}^3)]$ but not less than 0.80	Less than 2240 kg/m^3	$C_w = 0.5[1 + (w/2320 \text{ kg/m}^3)]$ but not less than 0.80
140 to 150 lb/ft^3	1.0	2240 to 2400 kN/m^3	1.0
More than 150 lb/ft^3	$C_w = w/145$ lb/ft^3	More than 2400 kg/m^3	$C_w = w/2320$ kg/m^3

The set characteristics of a mixture should be understood,and using the rate of placement, the level of fluid concrete can be determined. For columns or other forms that can be filled rapidly before stiffening of the concrete takes place, h should be taken as the full height of the form or the distance between horizontal construction joints when more than one placement of concrete is to be made. When working with mixtures using newly introduced admixtures that increase set time or increase slump characteristics, such as selfconsolidating concrete, Eq. (2.1a) [(2.1b)] should be used until the effect on formwork pressure is understood by measurement.

2.2.2.1 Inch-pound version

For concrete having a slump of 7 in. or less and placed with normal internal vibration to a depth of 4 ft or less, formwork can be designed for a lateral pressure as follows, where pmax = maximum lateral pressure, lb/ft2; R = rate of placement, ft/h; T = temperature of concrete during placing, °F; Cw = unit weight coefficient per Table 2.1;and Cc = chemistry coefficient per Table 2.2.

For columns:

$$P_{max} = CwCc[150 + 9000R/T] \qquad (2.2)$$

with a minimum of 600Cw lb/ft2, but in no case greater than wh.

For walls with a rate of placement of less than 7 ft/h and a placement height not exceeding 14 ft

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Pmax = CwCc[150 + 9000R/T] \quad (2.3)$$

with a minimum of 600Cw lb/ft2, but in no case greater than wh.

For walls with a placement rate less than 7 ft/h where

placement height exceeds 14 ft, and for all walls with aplacement rate of 7 to 15 ft/h

$$Pmax = CwCc[150 + 43{,}400/T + 2800R/T] \quad (2.4)$$

with a minimum of 600Cw lb/ft2, but in no case greater than wh.

2.2.2.1 SI version

For concrete having a slump of 175 mm or less and placed with normal internal vibration to a depth of 1.2 m or less, formwork can be designed for a lateral pressure as follows, where pmax = maximum lateral pressure, kPa; R =rate of placement, m/h; T = temperature of concrete duringplacing, °C; Cw = unit weight coefficient per Table 2.1; and Cc = chemistry coefficient per Table 2.2.

For columns

ตารางที่ ผ.ค. 2 แสดง Chemistry coefficient Cc(Table 2.2)

Cement type or blend	C_c
Types I, II, and III without retarders*	1.0
Types I, II, and III with a retarder	1.2
Other types or blends containing less than 70% slag or 40% fly ash without retarders*	1.2
Other types or blends containing less than 70% slag or 40% fly ash with a retarder*	1.4
Blends containing more than 70% slag or 40% fly ash	1.4

*Retarders include any admixture, such as a retarder, retarding water reducer, retarding midrange water-reducing admixture, or high-range water-reducing admixture (superplasticizer),that delays setting of concrete

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Pmax = CwCc \quad (2.2)$$

with a minimum of 30Cw kPa, but in no case greater than ρgh.

For walls with a rate of placement of less than 2.1 m/h and a placement height not exceeding 4.2 m

$$Pmax = CwCc \quad (2.3)$$

with a minimum of 30Cw kPa, but in no case greater than ρgh.

For walls with a placement rate less than 2.1 m/h where placement height exceeds 4.2 m, and for all walls with a placement rate of 2.1 to 4.5 m/h

$$Pmax = CwCc \quad (2.4)$$

with a minimum of 30Cw kPa, but in no case greater than ρgh.

2.2.2.1.1 The unit weight coefficient Cw is determined from Table 2.1.

2.2.2.1.2 The chemistry coefficient Cc is determined from Table 2.2.

2.2.2.1.3 For the purpose of applying the pressure formulas, columns are defined as vertical elements with no plan dimension exceeding 6.5 ft (2 m). Walls are defined as vertical elements with at least one plan dimension greater than 6.5 ft (2 m).

2.2.2.2 Alternatively, a method based on appropriate experimental data can be used to determine the lateral pressure used for form design (References 2.2 to 2.7).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ค. 3 แสดง Minimum safety factors of formwork accessories (Table 2.3)

Accessory	Safety factor	Type of construction
Form tie	2.0	All applications
Form anchor	2.0	Formwork supporting form weight and concrete pressures only
	3.0	Formwork supporting weight of forms, concrete, construction live loads, and impact
Form hangers	2.0	All applications
Anchoring inserts used as form ties	2.0	Precast-concrete panels when used as formwork

Safety factors are based on the ultimate strength of the accessory when new.

2.2.2.3 If concrete is pumped from the base of the form, the form should be designed for full hydrostatic head of concrete wh plus a minimum allowance of 25% for pump surge pressure. In certain instances, pressures can be as high as the face pressure of the pump piston.

2.2.2.4 Caution is necessary and additional allowance for pressure should be considered when using external vibration or concrete made with shrinkage compensating or expansive cements. Pressures in excess of the equivalent hydrostatic head can occur.

2.2.2.5 For slipform lateral pressures, refer to Section7.3.2.4.

2.2.3 Horizontal loads

Braces and shores should be designed to resist all horizontal loads such as wind, cable tensions, inclined supports, dumping of concrete, and starting and stopping of equipment. Wind loads on enclosures or other wind breaks attached to the formwork should be considered in addition to these loads.

2.2.3.1 For building construction, the assumed value of horizontal load due to wind, dumping of concrete,inclined placement of concrete, and equipment acting in any direction at each floor line should be not less than 100 lb/linear ft (1.5 kN/m) of floor edge or 2% of total dead load on the form distributed as a uniform load per linear foot (meter)of slab edge, whichever is greater.

2.2.3.2 Wall form bracing should be designed to meet the minimum wind load requirements of the local building code or ANSI/SEI/ASCE-7 with adjustment for shorter recurrence interval as provided in SEI/ASCE 37. For wall forms exposed to the elements, the minimum wind design load

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

should be not less than 15 lb/ft2 (0.72 kPa). Bracing for wall forms should be designed for a horizontal load of at least

100 lb/linear ft (1.5 kN/m) of wall length, applied at the top.

2.2.3.3 Wall forms of unusual height or exposure should be given special consideration.

2.2.4 Special loads

The formwork should be designed for any special conditions of construction likely to occur,such as unsymmetrical placement of concrete, impact of machine-delivered concrete, uplift, concentrated loads of reinforcement, form handling loads, and storage of construction materials. Form designers should provide for special loading conditions, such as walls constructed over spans of slabs or beams that exert a different loading pattern before hardening of concrete than that for which the supporting structure is designed.

Imposition of any construction loads on the partiallycompleted structure should not be allowed, except as specifiedin formwork drawings or with the approval of the engineer/architect. Refer to Section 3.8 for special conditionspertaining to multistory work.

2.2.5 Post-tensioning loads—Shores, reshores, and backshores need to be analyzed for both concrete placement loads and for all load transfer that takes place during post-tensioning.

2.3 Unit stresses

Unit stresses for use in the design of formwork, exclusive of accessories, are given in the applicable codes or specificationslisted in Chapter 4. When fabricated formwork, shoring, or scaffolding units are used, manufacturer's recommendations for allowable loads can be followed if supported by engineering calculations, test reports of a qualified and recognized testing agency, or successful experience records. For formwork materials that will experience substantial reuse, reduced values should be used. For formwork materials with limited reuse, allowable stresses specified in the appropriate design codes or specifications for temporary structures or for temporary loads on permanent structures can be used. Where there will be a considerable number of formwork reuses or where formwork is fabricated from materials such as steel, aluminum, or magnesium, the formwork should be designed as a permanent structure carrying permanent loads.

เอกสารนี้ได้รับการคุ้มครองลิขสิทธิ์ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 Safety factors for accessories

Table 2.3 shows recommended minimum factors of safety for formwork accessories, such as form ties, form anchors, and form hangers. In selecting these accessories, the formwork designer should be certain that materials furnished for the job meet these minimum ultimatestrength safety requirements.

2.5 Shores

Shores and reshores or backshores (as defined in Section 1.2) should be designed to carry all loads transmitted to them. A rational analysis should be used to determine the number of floors to be shored, reshored, or backshored and to determine the loads transmitted to the floors, shores, and reshores or backshores as a result of the construction sequence.

The analysis should consider, but should not necessarily be limited to:

- Structural design load of the slab or member including live load, partition loads, and other loads for which the engineer of the permanent structure designed the slab. Where the engineer included a reduced live load for the design of certain members and allowances for construction loads, such values should be shown on the structural plans and be taken into consideration when performing this analysis;
- Dead load weight of the concrete and formwork;
- Construction live loads, such as placing crews and equipment or stored materials;
- Design strength of specified concrete;
- Cycle time between the placement of successive floors;
- Strength of concrete at the time it is required to supportshoring loads from above;
- The distribution of loads between floors, shores, and reshores or backshores at the time of placing concrete,stripping formwork, and removal of reshoring or backshoring;1.3, 2.8, 2.9, 2.10
- Span of slab or structural member between permanent supports;
- Type of formwork systems, that is, span of horizontal formwork components, and individual shore loads; and
- Minimum age of concrete where appropriate.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Commercially available load cells can be placed underselected shores to monitor actual shore loads to guide the shoring and reshoring during construction.2.11

Field-constructed butt or lap splices of timber shoring are not recommended unless they are made with fabricated hardware devices of demonstrated strength and stability. If plywood or lumber splices are made for timber shoring, they should bedesigned to prevent buckling and bending of the shoring.

Before construction, an overall plan for scheduling of shoring and reshoring or backshoring, and calculation of loads transferred to the structure, should be prepared by a qualified and experienced formwork designer. The structure's capacity to carry these loads should be reviewed or approved by the engineer/architect. The plan and responsibility for its execution remain with the contractor.

2.6 Bracing and lacing

The formwork system should be designed to transfer all horizontal loads to the ground or to completed construction in such a manner as to ensure safety at all times. Diagonal bracing should be provided in vertical and horizontal planes where required to resist lateral loads and to prevent instability of individual members. Horizontal lacing can be considered in design to hold in place and increase the buckling strength of individual shores and reshores or backshores. Lacing should be provided in whatever directions are necessary to produce the correct slenderness ratio l/r for the load supported, where l = unsupported length and r = least radius of gyration. The braced system should be anchored to ensure stability of the total system.

2.7 Foundations for formwork

Proper foundations on ground, such as mudsills, spread footings, or pile footings, should be provided. If soil under mudsills is or may become incapable of supporting superimposed loads without appreciable settlement, it should be stabilized or other means of support should be provided. No concrete should be placed on formwork supported on frozen ground.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 Settlement

Formwork should be designed and constructed so that vertical adjustments can be made to compensate for take-up and settlements.

CHAPTER 3 CONSTRUCTION

3.1 Safety precautions

Contractors should follow all state, local, and federal codes, ordinances, and regulations pertaining to forming and shoring. In addition to the very real moral and legal responsibility to maintain safe conditions for workmen and the public, safe construction is, in the final analysis, more economical than any short-term cost savings from cutting corners on safety provisions.

Attention to safety is particularly significant in formwork construction that supports the concrete during its plastic state and until the concrete becomes structurally self-sufficient. Following the design criteria contained in this guide is essential for ensuring safe performance of the forms. All structural members and connections should be carefully planned so that a sound determination of loads may be accurately made and stresses calculated.

In addition to the adequacy of the formwork, special structures, such as multistory buildings, require consideration of the behavior of newly completed beams and slabs that are used to support formwork and other construction loads. It should be kept in mind that the strength of freshly cast slabs or beams is less than that of a mature slab.

Formwork failures can be attributed to substandard materials and equipment, human error, and inadequacy in design. Careful supervision and continuous inspection of formwork during erection, concrete placement, and removal can prevent many accidents.

Construction procedures should be planned in advance to ensure the safety of personnel and the integrity of the finished structure. Some of the safety provisions that should be considered are:

- Erection of safety signs and barricades to keep unauthorized personnel clear of areas in which erection,concrete placing, or stripping is under way;
- Providing experienced form watchers during concrete placement to ensure early recognition of possible form displacement or failure. A supply of extra shores or other material and equipment that might be needed in an emergency should be readily available;

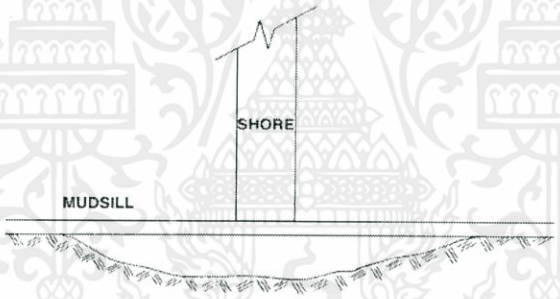
เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Provision for adequate illumination of the formwork and work area;
- Inclusion of lifting points in the design and detailing of all forms that will be crane-handled. This is especially important in flying forms or climbing forms. In the case of wall formwork, consideration should be given to an independent work platform bolted to the previous lift;
- Incorporation of scaffolds, working platforms, and guardrails into formwork design and all formwork drawings;
- Incorporation of provisions for anchorage of alternative fall protection devices, such as personal fall arrest systems, safety net systems, and positioning device systems; and
- A program of field safety inspections of formwork.

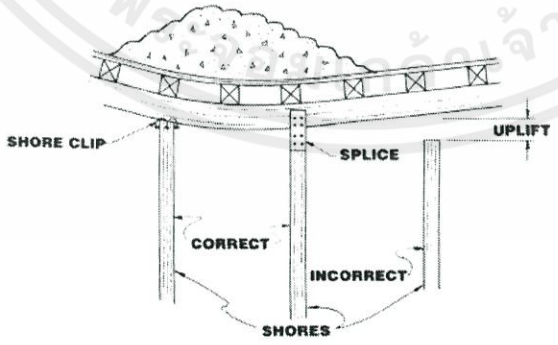
3.1.1 Formwork construction deficiencies

Some common construction deficiencies that can lead to formwork failures are:

- Failure to inspect formwork during and after concrete



รูปที่ ผ.ค. 2 Inadequate bearing under mudsill.(Fig. 3.1)



รูปที่ ผ.ค. 3 Uplift of formwork. Connection of shores to joistsand stringers should hold shores in place (Fig. 3.2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

when uplift or torsion occurs. Lacing to reduce the shore slenderness ratio can be required in both directions

placement to detect abnormal deflections or other signs of imminent failure that could be corrected;

- Insufficient nailing, bolting, welding, or fastening;
- Insufficient or improper lateral bracing;
- Failure to comply with manufacturer's recommendations;
- Failure to construct formwork in accordance with the form drawings;
- Lack of proper field inspection by qualified persons to ensure that form design has been properly interpreted by form builders; and
- Use of damaged or inferior lumber having lower strength than needed

3.1.1.1 Examples of deficiencies in vertical formwork

Construction deficiencies sometimes found in vertical formworkinclude:

- Failure to control rate of placing concrete verticallywithout regard to design parameters;
- Inadequately tightened or secured form ties or hardware;
- Form damage in excavations resulting from embankmentfailure;
- Use of external vibrators on forms not designed fortheir use;
- Deep vibrator penetration of earlier semihardened lifts;
- Improper framing of blockouts;
- Improperly located or constructed pouring pockets;
- Inadequate bulkheads;
- Improperly anchored top forms on a sloping face;
- Failure to provide adequate support for lateral pressures on formwork; and
- Failure to provide adequate bracing resulting in attempts to plumb forms against concrete pressure force.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1.2 Examples of deficiencies in horizontal formwork

Construction deficiencies sometimes found in horizontal forms for elevated structures include:

- Failure to properly regulate the rate and sequence of placing concrete horizontally to avoid unanticipated loadings on the formwork;
- Shoring not plumb, thus inducing lateral loading and reducing vertical load capacity;
- Locking devices on metal shoring not locked, inoperative,or missing. Safety nails missing on adjustable twopiece wood shores;
- Failure to account for vibration from adjacent moving loads or load carriers;
- Inadequately tightened or secured shore hardware or wedges;
- Loosening or premature removal of reshores or backshores under floors below;
- Premature removal of supports, especially under cantilevered sections;
- Inadequate bearing area or unsuitable soil under mudsills (Fig. 3.1);
- Mudsills placed on frozen ground subject to thawing;
- Connection of shores to joists, stringers, or wales that are inadequate to resist uplift or torsion at joints (refer to Fig. 3.2);
- Failure to consider effects of load transfer that can occur during post-tensioning (refer to Section 3.8.7); and
- Inadequate shoring and bracing of composite construction

3.2 Construction practices and workmanship

3.2.1Fabrication and assembly details

3.2.1.1 Studs, wales, or shores should be properlyspliced.

3.2.1.2 Joints or splices in sheathing, plywood panels,and bracing should be staggered.

3.2.1.3 Shores should be installed plumb and with adequate bearing and bracing.

3.2.1.4 Specified size and capacity of form ties or clamps should be used.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

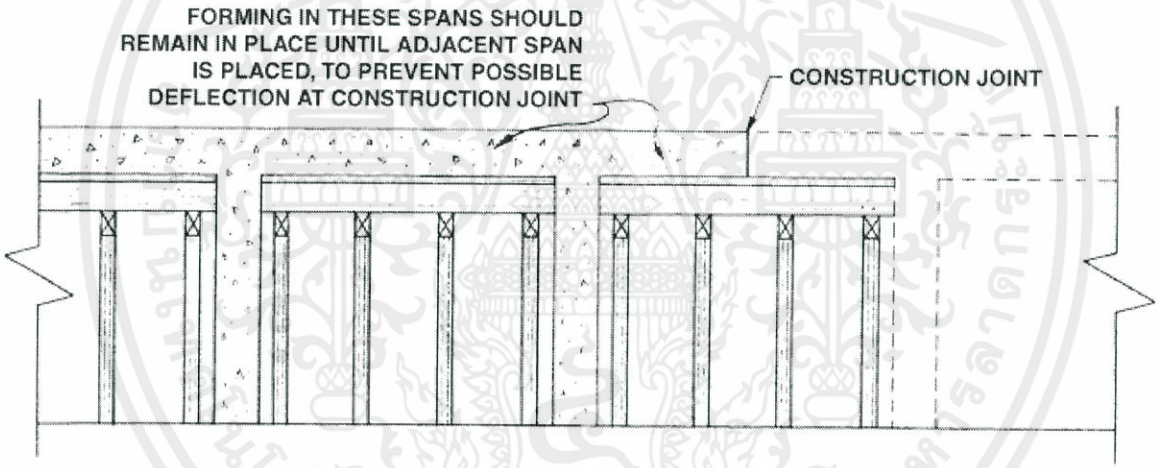
3.2.1.5 All form ties or clamps should be installed and properly tightened as specified. All threads should fully engage the nut or coupling. A double nut may be required to develop the full capacity of the tie.

3.2.1.6 Forms should be sufficiently tight to prevent loss of mortar from the concrete.

3.2.1.7 Access holes may be necessary in wall forms or other high, narrow forms to facilitate concrete placement.

3.2.2 Joints in the concrete

3.2.2.1 Contraction joints, expansion joints, control joints, construction joints, and isolation joints should be installed as specified in the contract documents (refer to Fig. 3.3) or as requested by the contractor and approved by the engineer/architect.



รูปที่ ผ.ค.4 Forming and shoring restraints at construction joints in supported slabs.(Fig. 3.3)

3.2.2.2 Bulkheads for joints should preferably bemade by splitting the bulkhead along the lines of reinforcement passing through the bulkhead. By doing this, each portion can be positioned and removed separately. When required on the engineer/architect's plans, beveled inserts at control joints should be left undisturbed when forms are stripped and removed only after the concrete has been sufficiently cured. Wood strips inserted for architectural treatment should be kerfed to permit swelling without causing pressure on the concrete.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 Sloping surfaces

Sloped surfaces steeper than 1.5 horizontal to 1 vertical should be provided with a top form to hold the shape of the concrete during placement, unless it can be demonstrated that the top forms can be omitted.

3.2.4 Inspection

The inspection should be performed by a person certified as an ACI Concrete Construction Inspector or a person having equivalent formwork training and knowledge.

3.2.4.1 Forms should be inspected and checked before the reinforcing steel is placed to confirm that the dimensions and the location of the concrete members will conform to the structural plans.

3.2.4.2 Blockouts, inserts, sleeves, anchors, and other embedded items should be properly identified, positioned,and secured.

3.2.4.3 Formwork should be checked for camber when specified in the contract documents or shown on the formwork drawings.

3.2.5 Cleanup and coatings

3.2.5.1 Forms should be thoroughly cleaned of all dirt, mortar, and foreign matter and coated with a release agent before each use. Where the bottom of the form is inaccessible from within, access panels should be provided to permit thorough removal of extraneous material before placing concrete. If surface appearance is important, forms should not be reused if damage from previous use would cause impairment to concrete surfaces.

3.2.5.2 Form coatings should be applied before placing of reinforcing steel and should not be used in such quantities as to run onto bars or concrete construction joints.

3.2.6 Construction operations on the formwork

3.2.6.1 Building materials, including concrete, should not be dropped or piled on the formwork in such a manner as to damage or overload it.

3.2.6.2 Runways for moving equipment should be provided with struts or legs as required and should besupported directly on the formwork or structural member. They should not bear on or be supported by the reinforcing steel unless special bar supports are provided. The formwork should

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

be suitable for the support of such runways without significant deflections, vibrations, or lateral movements.

3.2.7 Loading new slabs

Overloading of new slabs by temporary material stockpiling or by early application of permanent loads should be avoided. Loads, such as aggregate,lumber, reinforcing steel, masonry, or machinery should not be placed on new construction in such a manner as to damage or overload it.

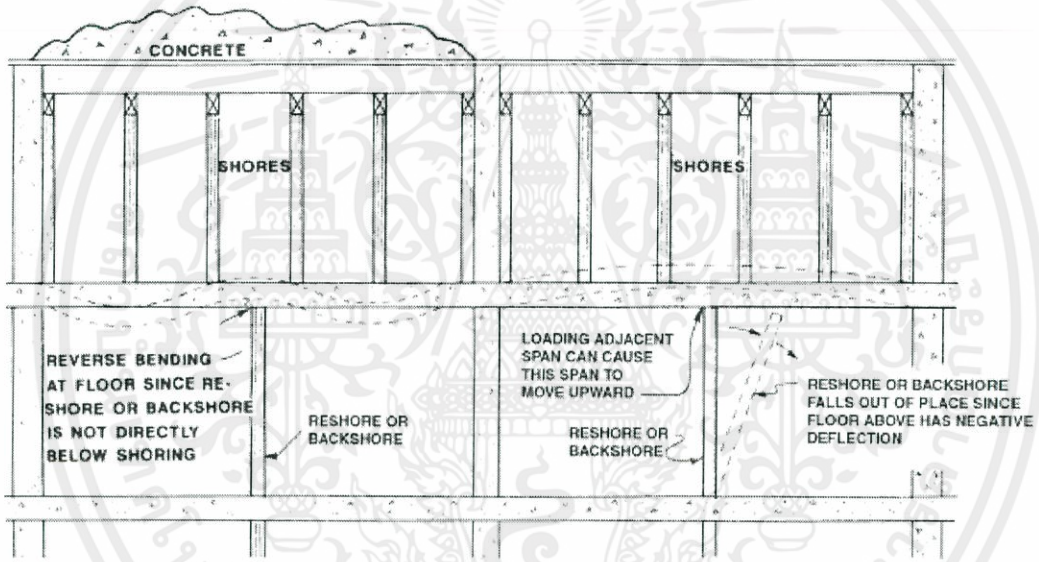
3.3 Tolerances

Tolerance is a permissible variation from lines, grades, or dimensions given in contract documents. Suggested tolerances for concrete structures can be found in ACI 117. The contractor should set and maintain concrete forms, including any specified camber, to ensure completed work is within the tolerance limits.

3.3.1 Recommendations for engineer/architect and contractor—Tolerances should be specified by the engineer/architect so that the contractor will know precisely what is required and can design and maintain the formwork accordingly. Specifying tolerances more exacting than needed can increase construction costs. Contractors should be required to establish and maintain control points and benchmarks in an undisturbed condition until final completion and acceptance of a project. Both should be adequate for the contractor's use and for reference to establish tolerances. This requirement can become even more important for the contractor's protection when tolerances are not specified or shown. The engineer/architect should specify tolerances or require performance appropriate to the type of construction. Specifying tolerances more stringent than commonly obtained for a specific type of construction should be avoided, as this usually results in disputes among the parties involved. For example, specifying permitted irregularities more stringent than those allowed for a Class C surface (Table 3.1) is incompatible with most concrete oneway joist construction techniques. Where a project involves features sensitive to the cumulative effect of tolerances on individual portions, the engineer/architect should anticipate and provide for this effect by setting a cumulative tolerance. Where a particular situation involves several types of generallyaccepted tolerances on items such as concrete, location of reinforcement, and fabrication of reinforcement, which become mutually incompatible, the engineer/architect should anticipate the difficulty and specify special tolerances or

indicate that governs. The project specifications shouldclearly state that a permitted variation in one part of the construction or in one section of the specifications should not be construed as permitting violation of the more stringent requirements for any other part of the construction or in any other such specification section.

The engineer/architect should be responsible for coordinating the tolerances for concrete work with the tolerance requirements of other trades whose work adjoins the concrete construction. For example, the connection detail for a building's façade should accommodate the tolerance range for the lateral alignment and elevation of the perimeter concrete member.



รูปที่ ผ.ค 5 Reshore installation. Improper positioning of shore from floor to floor can create bending stresses for which the slab was not designed.(Fig. 3.4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ค. 4 Permitted abrupt or gradual irregularities in formed surfaces as measured within a 5 ft (1.5 m) length with a straightedge (Table 3.1)

Class of surface			
A	B	C	D
1/8 in. (3 mm)	1/4 in. (6 mm)	1/2 in. (13 mm)	1 in. (25 mm)

3.4 Irregularities in formed surfaces

This section provides a way of evaluating surface variations due to forming quality but is not intended for evaluation of surface defects, such as bugholes (blowholes) and honeycomb,attributable to placing and consolidation deficiencies. The latter are more fully explained by ACI 309.2R. Allowable irregularities are designated either abrupt or gradual. Offsets and fins resulting from displaced, mismatched, or misplaced forms, sheathing, or liners, or from defects in forming materials are considered abrupt irregularities. Irregularities resulting from warping and similar uniform variations from planeness or true curvature are considered gradual irregularities

Gradual irregularities should be checked with a straightedge for plane surfaces or a shaped template for curved or warped surfaces. In measuring irregularities, the straightedge or template can be placed anywhere on the surface in any direction.

Four classes of formed surface are defined in Table 3.1. The engineer/architect should indicate which class is required for the work being specified or indicate other irregularity limits where needed, or the concrete surface tolerances as specified in ACI 301 should be followed.

Class A is suggested for surfaces prominently exposed to public view where appearance is of special importance. Class B is intended for coarse-textured, concrete-formed surfaces intended to receive plaster, stucco, or wainscoting. Class C is a general standard for permanently exposed surfaces where other finishes are not specified. Class D is a minimum-quality requirement for surfaces where roughness is not objectionable, usually applied where surfaces will be permanently concealed. Special limits on irregularities can be needed for surfaces continuously exposed to flowing water, drainage, or exposure. If permitted irregularities are different from those given in Table 3.1, they should be specified by the engineer/architect.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 Shoring and centering

3.5.1 Shoring

Shoring should be supported on satisfactory foundations, such as spread footings, mudsills, or piling, as discussed in Section 2.7. Shoring resting on intermediate slabs or other construction already in place need not be located directly above shores or reshores below, unless the slab thickness and the location of its reinforcement are inadequate to take the reversal of stresses and punching shear. The reversal of stresses results from the reversal of bending moments in the slab over the shore or reshore below as shown in Fig. 3.4. Where the conditions are questionable, the shoring location should be approved by the engineer/architect. If reshores do not align with the shores above, then calculate for reversal stresses.Generally, the dead load stresses are sufficient to compensate for reversal stresses caused by reshores. Reshores should be prevented from falling.

All members should be straight and true without twists or bends. Special attention should be given to beam and slab or one- and two-way joist construction to prevent local overloading when a heavily loaded shore rests on the thin slab.

Multitier shoring, single-post shoring in two or more tiers, is a dangerous practice and is not recommended. Where a slab load is supported on one side of the beam only (refer to Fig. 2.1), edge beam forms should be carefully planned to prevent tipping of the beam due to unequal loading.

Vertical shores should be erected so that they cannot tilt and should have a firm bearing. Inclined shores should be braced securely against slipping or sliding. The bearing ends of shores should be square. Connections of shore heads to other framing should be adequate to prevent the shores from falling out when reversed bending causes upward deflection of the forms (refer to Fig. 3.2).

3.5.2 Centering

When centering is used, lowering is generally accomplished by the use of sand boxes, jacks, or wedges beneath the supporting members. For the special problems associated with the construction of centering for folded plates, thin shells, and long-span roof structures, refer to Section 6.4.

3.5.3 Shoring for composite action between previously erected steel or concrete framing and cast-in-placeconcrete—Refer to Section 6.3.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 Inspection and adjustment of formwork

Helpful information about forms before, during, and after concreting can be found in Reference 1.3 and ACI 311.1R.

3.6.1 Before concreting

3.6.1.1 Telltale devices should be installed on shores or forms to detect formwork movements during concreting.

3.6.1.2 Wedges used for final alignment before concrete placement should be secured in position before the final check.

3.6.1.3 Formwork should be anchored to the shores below so that movement of any part of the formwork system will be prevented during concreting.

3.6.1.4 Additional elevation of formwork should be provided to allow for closure of form joints, settlements of mudsills, shrinkage of lumber, and elastic shortening and dead load deflections of form members.

3.6.1.5 Positive means of adjustment (wedges or jacks) should be provided to permit realignment or readjustment of shores if settlement occurs.

3.6.2 During and after concreting

During and after concreting, but before initial set of the concrete, the elevations, camber, and plumbness of formwork systems should be checked using telltale devices.

Formwork should be continuously watched so that any corrective measures found necessary can be promptly made. Form watchers should always work under safe conditions and establish in advance a method of communication with placing crews in case of emergency.

3.7 Removal of forms and supports

3.7.1 Discussion

Although the contractor is generally responsible for design, construction, and safety of formwork, criteria for removal of forms or shores should be specified by the engineer/architect.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.2 Recommendations

3.7.2.1 The engineer/architect should specify the minimum strength of the concrete to be attained before removal of forms or shores. The strength can be determined by tests on job-cured specimens or on in-place concrete. Other concrete tests or procedures (refer to ACI 228.1R) can be used such as the maturity method, rebound numbers,penetration resistance, or pullout tests, but these methods should be correlated to the actual concrete mixture used in the project, periodically verified by job-cured specimens, and approved by the engineer/architect. The engineer/architect should specify who will make the specimens and who will make the tests. Results of such tests, as well as records of weather conditions and other pertinent information, should be recorded by the contractor. Depending on the circumstances, a minimum elapsed time after concrete placement can be established for removal of the formwork.

Determination of the time of form removal should be based on the resulting effect on the concrete.* When forms are stripped there should be no excessive deflection or distortion and no evidence of damage to the concrete due to either removal of support or to the stripping operation (Fig. 3.5). When forms are removed before the specified curing is completed, measures should be taken to continue the curing and provide adequate thermal protection for the concrete. Supporting forms and shores should not be removed from beams, floors, and walls until these structural units are strong enough to carry their own weight and any approved superimposed load. In no case should supporting forms and shores be removed from horizontal members before the concrete has achieved the strength specified by the engineer/architect.

As a general rule, the forms for columns and piers can be removed before forms for beams and slabs. Formwork and shoring should be constructed so each can be easily and safely removed without impact or shock and permit the concrete to carry its share of the load gradually and uniformly.

3.7.2.2 The removal of forms, supports, and protective enclosures, and the discontinuance of heating and curing should follow the requirements of the contract documents. When standard beam or cylinder tests are used to determine stripping times, test specimens should be cured under conditions that are not more favorable than the most unfavorable conditions for the concrete the test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

specimens represent. The curing records can serve as the basis on which the engineer/architect will determine the review or approval of form stripping.

3.7.2.3—Because the minimum stripping time is a function of concrete strength, the preferred method of determining stripping time is using tests of job-cured cylinders or concrete in place. When the contract documents do not specify the minimum strength required of concrete at the time of stripping, however, the following elapsed times can be used. The times shown represent a cumulative number of days, or hours, not necessarily consecutive, during which the temperature of the air surrounding the concrete is above 50 °F (10 °C). If high early-strength concrete is used, these periods can be reduced as approved by the engineer/architect. Conversely, if ambient temperatures remain below 50 °F (10 °C), or if retarding agents are used, then these periods should be increased at the discretion of the engineer/architect. Shorter stripping times listed for live load to dead load ratios greater than 1.0 are the result of more reserve strength being available for dead load in absence of live load at time of stripping.

Walls* ..... 12 h

Columns* ..... 12 h

Sides of beams and girders* ..... 12 h

Pan joist forms†

30 in. (760 mm) wide or less ..... 3 days

Over 30 in. (760 mm) wide ..... 4 days

	Structural live load less than structural dead load	Structural live load more than structural dead load
Arch centers	14 days	7 days
Joist, beam or girder soffits		
Under 10 ft (3 m) clear span between structural supports	7 days‡	4 days
10 to 20 ft (3 to 6 m) clear span between structural supports	14 days‡	7 days

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Over 20 ft (6 m) clear span

between structural supports .....21 days‡ 14 days

One-way floor slabs

Under 10 ft (3 m) clear span

between structural supports .....4 days‡ 3 days

10 to 20 ft (3 to 6 m) clear span

between structural supports .....7 days‡ 4 days

Over 20 ft (6 m) clear span

between structural supports .....10 days‡ 7 days

Two-way slab systems§.....Removal times are contingent on reshores where required, being placed as soon as practicable after stripping operations are complete but not later than the end of the working day in which stripping occurs. Where reshores are required to implement early stripping while minimizing sag or creep (rather than for distribution of superimposed construction loads as covered in Section 3.8), capacity and spacing of such reshores should be designed by the formwork engineer/contractor and reviewed by the engineer/architect. Post-tensioned slab system§.....As soon as full posttensioning has been applied

3.8 Shoring and reshoring of multistory structures

3.8.1 Discussion

The following definitions apply for purposes of this discussion:

shores—vertical or inclined support members designed to carry the weight of formwork, concrete, and construction loads.

reshores—shores placed snugly under a stripped concrete slab or structural member after the original forms and shores have been removed from a large area. This requires the new slab or structural member to deflect and support its ownweight and existing construction loads applied before theinstallation of the reshores. It is assumed that the reshores carry no load at the time of installation. Afterward, additional construction loads will be distributed among all members connected by reshores.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Multistory work represents special conditions, particularly in relation to the removal of forms and shores. Reuse of form material and shores is an obvious economy. Furthermore, the speed of construction in this type of work permits other trades to follow concreting operations from floor to floor as closely as possible. The shoring that supports freshly placed and low-strength early-age concrete, however, is supported by lower floors that were not originally designed specifically for these loads. The loads imposed must not exceed the safe capacity of each floor providing support. For this reason, shoring or reshoring should be provided for a sufficient number of floors to distribute the imposed construction loads to several slab levels without causing excessive stresses, excessive slab deflections,orboth.1.3,2.8, 2.9,2.10 Reshoring isused to distribute construction loads to the lower floors.

In a common method of analysis, while reshoring remains in place at grade level, each level of reshores carries the weight of only the new slab plus other construction live loads. The weight of intermediate slabs is not included because each slab carries its own weight before reshores are put in place.

Once the tier of reshores in contact with grade has been removed, the assumption is made that the system of slabs behaves elastically. The slabs interconnected by reshores will deflect, equally during addition or removal of loads. Loads will be distributed among the slabs in proportion to their developed stiffness. The deflection of concrete slabs can be considered elastic, that is, neglecting shrinkage and creep. Caution should also be taken when a wood compressible system is used. Such systems tend to shift most of the imposed construction loads to the upper floors, which have less strength. Addition or removal of loads may be due to construction activity or to removing shores or reshores in the system. Shore loads are determined by equilibrium of forces at each floor level.

3.8.2 Advantages of reshoring

Stripping formwork is more economical if all the material can be removed at the same time and moved from the area before placing reshores. Slabs are allowed to support their own weight, reducing the load in the reshores. Combination of shores and reshores usually requires fewer levels of interconnected slabs, thus freeing more areas for other trades.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8.3 Other methods

Other methods of supporting newconstruction are less widely used and involve leaving theoriginal shores in place or replacing them individually (backshoring and preshoring), which prevents the slab fromdeflecting and carrying its own weight. These methods are not recommended unless performed under careful supervision by the formwork engineer/contractor and with review by the engineer/architect because excessively high slab and shore stresses can develop.

3.8.4 Design

Refer to Chapter 2.

3.8.5 Placing reshores

When used in this section, the word shore refers to either reshores or the original shores. Reshoring is one of the most critical operations in formwork; consequently, the procedure should be planned in advance by the formwork engineer/contractor and should be reviewed or approved by the engineer/architect. Operations should be performed so that areas of new construction will not be required to support combined dead and construction loads in excess of their capability, as determined by design load and developed concrete strength at the time of stripping and reshoring.

Shores should not be located so as to alter the pattern of stress determined in the structural analysis or induce tensile stresses where reinforcing bars are not provided. Size and number of shores, and bracing, if required, should provide a supporting system capable of carrying any loads that could be imposed on it.

Where possible, shores should be located in the same position on each floor so that they will be continuous in their support from floor to floor. When shores above are not directly over shores below, an analysis should be made to determine whether or not detrimental stresses are produced in the slab. This condition seldom occurs in reshoring because the bending stresses normally caused by the offset reshores are not large enough to overcome the stress resulting from the slab carrying its own dead load. Where slabs are designed for light live loads or on long spans where the loads on the shores are heavy, care should be used in placing the shores so that the loads on the shores do not cause excessive punching shear or bending stress in the slab.

While reshoring is under way, no construction loads should be permitted on the new construction unless the new construction can safely support the construction loads.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

When placing reshores, care should be taken not to preload the lower floor and not to remove the normal deflection of the slab above. The reshore is simply a strut and should be tightened only to the extent necessary to achieve good bearing contact without transferring load between upper and lower floors.

3.8.6 Removal of reshoring

Shores should not be removed until the supported slab or member has attained sufficient strength to support itself and all applied loads. Removal operations should be carried out in accordance with a planned sequence so that the structure supported is not subject to impact or loading eccentricities.

3.8.7 Post-tensioning effects on shoring and reshoring

The design and placement of shores and reshores for post-tensioned construction requires more consideration than for normal reinforced concrete. The stressing of posttensioning tendons can cause overloads to occur in shores, reshores, or other temporary supports. The stressing sequence has the greatest effect. When a slab is post-tensioned, the force in the tendon produces a downward load at the beam. If the beam is shored, the shoring should carry this added load. The magnitude of the load can approach the dead load of 1/2 the slab span on both sides of the beam. If the floor slab is tensioned before the supporting beams and girders, a careful analysis of the load transfer to the beam or girder shores orreshores will be required.Similar load transfer situations occur in post-tensioned bridge construction.

CHAPTER 4 MATERIALS

4.1 General

The selection of materials suitable for formwork should be based on the price, safety during construction, and the quality required in the finished product. Approval of formwork materials by the engineer/architect, if required by the contract documents, should be based on how the quality of materials affects the quality of finished work. Where the concrete surface appearance is critical, the engineer/architect should give special notice and make provision for preconstruction mockups. Refer to Chapter 5 for architectural concrete provisions.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 Properties of materials

4.2.1 General

Formwork for Concrete1.3 describes the formwork materials commonly used in the United States and provides extensive related data for form design. Useful specification and design information is also available from manufacturers and suppliers. Table 4.1 indicates specific sources of design and specification data for formwork materials. This tabulated information should not be interpreted to exclude the use of any other materials that can meet quality and safety requirements established for the finished work.

4.2.2 Sheathing

Sheathing is the supporting layer of formwork closest to the concrete. It can be in direct contact with the concrete or separated from it by a form liner. Sheathing consists of wood, plywood, metal, or other materials capable of transferring the load of the concrete to supporting members, such as joists or studs. Liners are made of wood, plastic, metal, cloth, or other materials selected to alter or enhance the surface of the finished concrete. In selecting and using sheathing and lining materials, important considerations are:

- Strength;
- Stiffness;
- Release;
- Reuse and cost per use;
- Surface characteristics imparted to the concrete, such as wood grain transfer, decorative patterns, gloss, orpaintability;
- Absorptiveness or ability to drain excess water from the concrete surface;
- Resistance to mechanical damage, such as from vibrators and abrasion from slipforming;
- Workability for cutting, drilling, and attaching fasteners;
- Adaptability to weather and extreme field conditions, temperature, and moisture; and
- Weight and ease of handling.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 Structural supports

Structural support systems carry the dead and live loads that have been transferred through the sheathing. Important considerations are:

- Strength;
- Stiffness;
- Dimensional accuracy and stability;
- Workability for cutting, drilling, and attaching fasteners;
- Weight;
- Cost and durability; and
- Flexibility to accommodate varied contours and shapes

4.3 Accessories

4.3.1 Form ties

A form tie is a tensile unit used to hold concrete forms against the active pressure of freshly placed plastic concrete. In general, it consists of an inside tensile member and an external holding device, both made to specifications of various manufacturers. These manufacturers also publish recommended working loads on the ties for use in form design. There are two basic types of tie rods: the onepiece prefabricated rod or band type and the threaded internal disconnecting type. Their suggested working loads range from 1000 to more than 50,000 lb (4.4 to more than 220 kN).

4.3.2 Form anchors

Form anchors are devices used to secure formwork to previously placed concrete of adequate strength. The devices normally are embedded in the concrete during placement. The actual load-carrying capacity of the anchors depends on their shape and material, the strength and type of concrete in which they are embedded, the area of contact between concrete and anchor, and the depth of embedment and location in the member. Manufacturers publish design data and test information to assist in the selection of proper form anchor devices.

4.3.3 Form hangers

Form hangers are devices used to suspend formwork loads from structural steel, precast concrete, or other members.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.4 Side form spacers

A side form spacer is a device that maintains the desired distance between a vertical form and reinforcing bars. Both factory-made and job-site fabricated devices have been successfully used. Advantages and disadvantages of the several types are explained in References1.3, 4.1, and 4.2.

4.3.5 Recommendations

4.3.5.1 The recommended factors of safety for ties, anchors, and hangers are given in Section 2.4.

4.3.5.2 The rod- or band-type form tie, with a supplemental provision for spreading the forms and a holding device engaging the exterior of the form, is the common type used for light construction.The threaded internal disconnecting type of tie (also called through tie) is more often used for formwork on heavy construction, such as heavy foundations, bridges, power houses, locks, dams, and architectural concrete. Removable portions of all ties should be of a type that can be readily removed without damage to the concrete and that leaves the smallest practicable holes to be filled.Removable portions of the tie should be removed unless the contract documents permit their remaining in place. A minimum specification for form ties should require that the bearing area of external holding devices be adequate to prevent excessive bearing stress in form lumber.

4.3.5.3 Form hangers should support the dead load of forms, weight of concrete, and construction and impact loads. Form hangers should be symmetrically arranged on the supporting member and loaded, through proper sequencing of the concrete placement, to minimize twisting or rotation of the hanger or supporting members. Form hangers should closely fit the flange or bearing surface of the supporting member so that applied loads are transmitted properly.

4.3.5.4 Where the concrete surface is exposed and appearance is important, the proper type of form tie or hanger will not leave exposed metal at the surface. Otherwise, noncorrosive materials should be used when tie holes are left unpatched, exposing the tie to the elements.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 Form coatings and release agents

4.4.1 Coatings

Form coatings or sealers are usually applied in liquid form to contact surfaces either during manufacture or in the field to serve one or more of the following purposes:

- Alter the texture of the contact surface;
- Improve the durability of the contact surface;
- Facilitate release from concrete during stripping; or
- Seal the contact surface from intrusion of moisture.

4.4.2 Release agents

Form release agents are applied to the form contact surfaces to prevent bond and thus facilitate stripping. They can be applied permanently to form materials during manufacture or applied to the form before each use. When applying in the field, be careful to avoid coating adjacent construction joint surfaces or reinforcing steel

4.4.3 Manufacturers' recommendations

Manufacturers'recommendations should be followed in the use of coatings, sealers, and release agents, but independent investigation of their performance is recommended before use. When concrete surface color is critical, effects of the coating, sealing, and
release agents should be evaluated. Where surface treatments such as paint, tile adhesive, sealers, or other coatings are to be applied to formed concrete surfaces, be sure that adhesion of such surface treatments will not be impaired or prevented by use of the coating, sealers, or release agent. Also, considerbonding requirements of subsequent concrete placements.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ค. 5 Form materials with data sources for design and specification (Table 4.1)

Materials	Principal uses	Data sources
Sawn lumber	Form framing, sheathing, and shoring	"American Softwood Lumber Standard," *PS 20-94* *Wood Handbook*, Reference 4.3 *Manual for Wood Frame Construction*, Reference 4.4 *National Design Specification for Wood Construction*, ANSI/AF&PA NDS-1997, Reference 4.7 *Timber Construction Manual*, Reference 4.6 *Structural Design in Wood*, Reference 4.5
Engineered wood*	Form framing and shoring	*Engineered Wood Products*, Reference 4.21 "Code for Engineering Design in Wood," (Canada) *CAN3-086* "Engineering Design in Wood (Limit States Design)," *CAN/CSA-096.1-94*
Plywood	Form sheathing and panels	"Construction and Industrial Plywood," *PSI-95* APA *Plywood Design Specification*, Reference 4.8 APA *Concrete Forming*, Reference 4.20
Steel	Panel framing and bracing Heavy forms and falsework	*Specification for Structural Steel Buildings—Allowable Stress Design and Plastic Design*, Reference 4.9 *Specification for Design of Cold Formed Steel Structural Members*, Reference 4.10
	Column and joist forms	*Forms for One-Way Joist Construction*, ANSI A48.1 *Forms for Two-Way Concrete Joist Construction*, ANSI A48.2 *Recommended Industry Practice for Concrete Joist Construction*, part of Reference 4.1
	Stay-in-place deck forms	ASTM A 446 (galvanized steel)
	Shoring	*Recommended Safety Requirements for Shoring Concrete Formwork*, Reference 4.19
	Steel joists used as horizontal shoring	*Recommended Horizontal Shoring Beam Erection Procedure*, Reference 4.18
	Expanded metal bulkheads, single-sided forms	*Standard Specification and Load Tables for Open Web Steel Joists*, Reference 4.17 *Expand Your Forming Options*, Reference 4.16
Aluminum†	Form panels and form framing members Horizontal and vertical shoring and bracing	*Aluminum Construction Manual*, Reference 4.11
Reconstituted wood panel products‡	Form liners and sheathing	*Mat Formed Wood Particle Board*, ANSI A208.1 *Hardboard Concrete Form Liners*, LLB-810a *Performance Standard for Wood-Based Structural Use Panels*, PS2-92
Insulation materials • Wood fiber or glass fiber • Other commercial products	Stay-in-place form liners or sheathing Cold-weather protection for fresh concrete	ASTM C 532 (insulating form board)
Fiber or laminated paper pressed tubes or forms	Column and beam forms Void forms for slabs, beams, girders and precast piles	
Corrugated cardboard	Internal and under-slab void forms Void forms in beams and girders (normally used with internal "egg-crate" stiffeners)	*A Study of Cardboard Voids for Prestressed Concrete Box Slabs*, Reference 4.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.ค. 5 (ต่อ)Form materials with data sources for design and specification(Table 4.1)

Materials	Principal uses	Data sources
Concrete	Stay-in-place forms Molds for precast units	*Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary*, ACI 318 *Precast Concrete Units Used as Form for Cast-in-Place Concrete*, ACI 347.1R
Glass fiber-reinforced plastic	Ready-made column forms Domes and pans for concrete joist construction Custom-made forms for special architectural effects Form ties	*Using Glass-Fiber Reinforced Forms*, Reference 4.13 *Nonmetallic Form Ties*, Reference 4.14
Cellular plastics	Form lining and insulation Stay-in-place wall forms	*Cellular Plastics in Construction*, Reference 4.15 Insulating Concrete Forms Association
Other plastics, including ABS, polypropylene, polyethylene, polyvinyl chloride, polyurethane	Form liners, both rigid and flexible, for decorative concrete Chamfer and rustication formers	*Plastic Form Liners*, Reference 4.22
Rubber and rubberized or architectural fabrics	Form lining and void forms Inflatable forms for dome and culvert construction	Monolithic Dome Institute
Form ties, anchors, and hangers	Hold formwork secure against loads and pressures from concrete and construction activities	Safety factors recommended in Section 2.4 Also refer to Reference 4.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

บรรยากาศภายในไซด์งาน

รูปที่ ผ.ง.1 หัวเข็มฐานรากและเมื่อเท lean คอนกรีตเสร็จ

รูปที่ ผ.ง.2 ตัวฐานรากเมื่อพร้อมเทคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ง.3 บริเวณโดยรอบตัวฐานราก

รูปที่ ง.4 บริเวณตำแหน่งฐานราก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ผ.ง.5 บริเวณโดยรอบเขตการก่อสร้าง

รูปที่ ผ.ง.6 บริเวณที่จะก่อสร้างอาคารโรงไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ผ.ง.7 การเทคอนกรีตลงในแบบพื้น

รูปที่ ผ.ง.8 การค้ำยันในแนวดิ่งเพื่อรองรับพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้