โปรแกรมช่วยงานออกแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก (ส่วนที่2)

COMPUTER AIDED DESIGN FOR REINFORCED CONCRETE DESIGN

(PART II)

โดย

นาย ธัญลักษณ์ ชัฎอนันต์ รหัสประจำตัว 34103148

นาย อภิรักษ์ สุวรรณวิภัช รหัสประจำตัว 34109486

วัน เดือน ปี 29 ก.ค. 2540

เลขทะเบียน 036905

เลขเรียกหนังสือ T 37343 ส.455 ป

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมการก่อสร้าง

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2537

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COMPUTER AIDED DESIGN FOR REINFORCED CONCRETE DESIGN

(PART II)

MR. TANYALUK CHATANAN

MR. APIRAK SUWANPIPAT

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULLFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE BACHELOR DEGREE OF

CONSTRUCTION TECHNOLOGY DEPARTMENT

KING'S MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

1994

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองโครงงานพิเศษ

หัวข้อโครงงานพิเศษ	โปรแกรมช่วยงานออกแบบโครงสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก (ส่วนที่2) COMPUTER AIDED DESIGN FOR REINFORCED CONCRETE DESIGN (PART II)
นักศึกษา	นาย ธัญลักษณ์ ชัฎอนันต์ นาย อภิรักษ์ สุวรรณวิภัช
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
สาขา	วิศวกรรมการก่อสร้าง
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ วิบูลย์ วุฒิญาณ

คณะกรรมการสอบโครงงานพิเศษ	ลายมือชื่อ
1. อาจารย์ วิบูลย์ วุฒิญาณ	
2. อาจารย์ สมชาย สำลีรางค์กูล	
3. อาจารย์ ศรีกริช หิรัญมาศ	

ภาควิชา วิศวกรรมโยธารับรองแล้ว

(นายอำนวย พานิชกุลพงศ์)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

วันที่ ____เดือน _____พ.ศ. _____

โปรแกรมช่วยงานออกแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก (ส่วนที่2)

COMPUTER AIDED DESIGN FOR REINFORCED CONCRETE DESIGN (PART II)

นาย ธัญลักษณ์ ชัฎอนันต์ รหัสประจำตัว 34103148

นาย อภิรักษ์ สุวรรณวิภัช รหัสประจำตัว 34109486

อาจารย์ วิบูลย์ วุฒิญาณ อาจารย์ที่ปรึกษา

(MR. WIBOOL WUTHIYAN) ADVISOR

บทคัดย่อ

โครงงานพิเศษนี้จัดทำขึ้นเพื่อนำคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยอำนวยความสะดวกในการออกแบบและเขียนแบบโครงสร้างอาคารสูง ซึ่งเป็นการทำงานที่มีความละเอียดและซับซ้อน โดยการพัฒนาชุดโปรแกรมคำณวนให้สามารทำงานบนโปรแกรมเขียนแบบ AutoCAD ได้ หลักการทำงานคือติดต่อกับผู้ใช้เพื่อรับรายละเอียดต่างๆที่ใช้ในการออกแบบอาคาร แล้วนำมาคำณวนโครงสร้างส่วนต่างๆด้วยโปรแกรมคำณวน โปรแกรมคำณวนที่สามารถทำงานบนโปรแกรม AutoCAD ได้นี้ พัฒนาด้วยชุดโปรแกรม ADS (AutoCAD DEVELOPMENT SYSTEM) ซึ่งเป็นระบบที่ใช้ภาษา C พัฒนา แต่ใช้ร่วมกับชุดคำสั่งพิเศษของ ADS ซึ่งสามารถทำให้โปรแกรมทำงานบน AutoCAD และอ้างถึงคำสั่งบน AutoCAD ได้ เราจึงสามารถสร้างโปรแกรมที่สามารถวิเคราะห์และคำณวนโครงสร้างที่เป็นงานซับซ้อน ที่ทำงานบน AutoCAD ได้ โดยผลลัพธ์ของโปรแกรมจะออกมาในรูปของแบบแปลนและแบบหน้าตัดที่เป็นไฟล์ .DWG ของ AutoCAD ของโครงส่วนต่างๆ คือ พื้น บันได เสา คาน และฐานราก รวมทั้งค่าแรงและโมเมนต์ที่เกิดที่โครงสร้างนั้นๆ

ABSTRACT

This project is a research of Computer Aided Design for Reinforced Concrete Building. It is the program that can design structures of buildings and draw their drawings. The program works on AutoCAD platform. The advantage is it can do the complex calculate process and also do well in graphic functions. This program is developed by ADS (AutoCAD Development System) that makes program wrote by C langauge which added the functions of AutoCAD commands. These functions make the programs can work on AutoCAD plateform and do Autocad commands. The results of the program are the drawings of main structures in buildings, such as floors,beams,stairs,columns and footings ,saved as .DWG files.It also show shears and moments that happen in each structure.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลงได้ด้วยดี ก็เนื่องมาจากได้รับความช่วยเหลือและคำแนะนำในการทำงานจากบุคคลต่างๆ ดังนั้นคณะผู้จัดทำจึงขอแสดงความขอบคุณ

อาจารย์วิบูลย์	วุฒิญาณ	อาจารย์ที่ปรึกษา
อาจารย์ศรีกริช	หิรัญมาศ	อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
อาจารย์ศิริวัฒน์	ไชยชนะ	อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
อาจารย์สุพจน์	ศรีนิล	อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
อาจารย์อำนวย	พานิชกุลพงศ์	อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
อาจารย์สมชาย	สำลำรางค์กูล	อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
อาจารย์จักรพงษ์	พงษ์เพ็ง	อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

เพื่อนๆ และ พี่ๆ ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือในการทำโครงงานนี้

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ หน้า

บทที่ 1 บทนำ 1

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการออกแบบอาคารคอนกรีต (หน่วยแรงใช้งาน) 2

2.1 หน่วยแรงที่ยอมให้ได้ของคอนกรีต 2

2.2 หน่วยแรงที่ยอมให้ได้ของเหล็กเสริม 2

2.3 สูตรค่าคุณสมบัติต่างๆของคอนกรีต 3

2.4 พื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก 4

2.5 บันไดคอนกรีตเสริมเหล็ก 15

2.6 คานคอนกรีตเสริมเหล็ก 19

2.7 กำแพงคอนกรีตเสริมเหล็ก 30

2.8 เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก 35

2.9 ฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็ก 51

2.10 การวิเคราะห์อาคารสูงโดยวิธีการประมาณ 56

บทที่ 3 ลักษณะและการทำงานของโปรแกรม 68

3.1 ลักษณะของโปรแกรม 68

3.2 การทำงานของโปรแกรม 68

3.3 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม 72

บทที่ 4 บทวิจารณ์และสรุป 86

ภาพผนวก

โฟลว์ชาร์ตแสดงการทำงานของโปรแกรม

โฟลว์ชาร์ตแสดงการคำนวณพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก

โฟลว์ชาร์ตแสดงการคำนวณบันได

โฟลว์ชาร์ตแสดงการคำนวณคาน

โฟลว์ชาร์ตแสดงการคำนวณกำแพงคอนกรีตเสริมเหล็กรับแรงลม

โฟลว์ชาร์ตแสดงการคำนวณเสารับน้ำหนักเยื้องศูนย์

โฟลว์ชาร์ตแสดงการคำนวณเสา

โฟลว์ชาร์ตแสดงการคำนวณฐานราก

โฟลว์ชาร์ตแสดงการคำนวณฐานรากร่วม

หน่วยแรงที่ยอมให้ได้ของคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน่วยแรงที่ยอมให้ได้ของเหล็กเสริม

สูตรค่าคุณสมบัติต่างๆของคอนกรีต

ตัวอย่างรายการคำนวณจากไฟล์ REPORT.TEXT

บรรณานุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ **หน้า**

รูปที่ 2.4.1 ลักษณะของพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กทางเดียว 4

รูปที่ 2.4.2 รูปตัดขวางพื้นเสริมเหล็กทางเดียว 7

รูปที่ 2.4.3 ลักษณะของพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กสองทาง 8

รูปที่ 2.4.4 แถบกลางและแถบเสาในพื้น คลส. 8

รูปที่ 2.4.5 ตำแหน่งการเสริมเหล็กในพื้น 12

รูปที่ 2.6.1 25

รูปที่ 2.6.2 26

รูปที่ 2.8.1 37

รูปที่ 2.8.2 39

รูปที่ 2.8.3 39

รูปที่ 2.8.4 40

รูปที่ 2.9.1 48

รูปที่ 2.9.2 49

รูปที่ 2.9.3 50

รูปที่ 2.9.4 51

รูปที่ 2.9.5 51

รูปที่ 2.9.6 52

รูปที่ 2.9.7 53

รูปที่ 2.10.1 แสดงการหมุนของจุดต่อโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก 56

รูปที่ 2.10.2 โครงสร้างมีขนาด 3 ช่วงสูง 2 ชั้น 56

รูปที่ 2.10.2ก โครงข้อแข็ง 57

รูปที่ 2.10.2ข โครงสร้างแบบดีเทอร์มิเนทภายใต้แรงภายนอกและ 57
แรงส่วนเกิน 180 กระทำ

รูปที่ 2.10.3ก โครงข้อแข็ง 58

รูปที่ 2.10.3ข ผังโมเมนต์ 59

รูปที่ 2.10.3ค สมมติฐานของตำแหน่งจุดดัดกลับ 59

รูปที่ 2.10.3ง เสาที่มีคานยื่น 60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ) **หน้า**

รูปที่ 2.10.4 โครงข้อแข็งภายใต้แรงกระทำด้านข้าง 61

รูปที่ 2.10.5ก โครงข้อแข็งตำแหน่ง Lines 62

รูปที่ 2.10.5ข Free body diagram ถึงจุดดัดของเสาในชั้นบน 63

รูปที่ 2.10.5ค Free body diagram ถึงจุดดัดกลับของเสาในชั้นล่าง 63

รูปที่ 2.10.6 64

รูปที่ 2.10.7ก โครงข้อแข็งและตำแหน่ง Lines 65

รูปที่ 2.10.7ข Free body diagram ถึงจุดดัดกลับของเสาในชั้นบน 65

รูปที่ 2.10.7ค Free body diagram ถึงจุดดัดกลับของเสาในชั้นล่าง 66

รูปที่ 2.10.9 แนวคิดวิธี Cantilevel 67

รูปที่ 3.1 Main Menu 69

รูปที่ 3.2 Edit Menu 71

รูปที่ 3.3 เรียกโปรแกรมจาก Menu AutoCAD 72

รูปที่ 3.4 Size Dialog 73

รูปที่ 3.5 แบบตัวอย่าง 74

รูปที่ 3.6 Grid Distance Dialog 75

รูปที่ 3.7 Choose Column & Wall Dialog 75

รูปที่ 3.8 Choose Beam Dialog 76

รูปที่ 3.9 Choose Floor Dialog 76

รูปที่ 3.10 Stair Dialog 77

รูปที่ 3.11 Dialog Ask For Decision 77

รูปที่ 3.12 Constant Dialog 78

รูปที่ 3.13ก Floor Detail Dialog ขนาดและความหนา 79

รูปที่ 3.13ข Floor Detail Dialog โมเมนต์ที่ด้านต่างๆ 79

รูปที่ 3.13ค Floor Detail Dialog หน้าตัดเหล็กที่ต้องการ 80

รูปที่ 3.14 Stair Detail Dialog 81

รูปที่ 3.16 Beam Type Dialog 82

รูปที่ 3.17 Beam Detail Dialog 82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ) **หน้า**

รูปที่ 3.18 Select Input Dialog 83

รูปที่ 3.19 Column Type Dialog 83

รูปที่ 3.20ก Column Data Dialog Square Column 84

รูปที่ 3.20ข Column Data Dialog Round dialog 84

รูปที่ 3.21 Pile Type Dialog 85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง **หน้า**

ตารางที่ 2.4.1 สัมประสิทธิ์ของโมเมนต์ในพื้นคลส. ทางเดียว 6

ตารางที่ 2.4.2 สัมประสิทธิ์ของโมเมนต์ในพื้นคลส. สองทาง 11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ในการออกแบบอาคารปัจจุบันโดยเฉพาะการคำนวณโครงสร้างจะมีการทำงานในรูปแบบต่างๆมากมายซึ่งบางครั้งงานบางอย่างมีลักษณะในการทำซ้ำซึ่งในส่วนนี้สามารถใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ช่วยในการทำงานได้เช่นการคำนวณ พื้น,เสา,คาน,ฐานราก เป็นต้น ซึ่งจะช่วยให้ประหยัดเวลาและลดข้อผิดพลาดในการทำงานได้ด้วย นอกจากนี้หากสามารถแสดงผลออกมาในรูปแบบของรูปภาพและรายงานการคำนวณก็จะเป็นผลดีอย่างยิ่ง

โครงงานนี้เป็นโครงงานโปรแกรมช่วยในการออกแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กที่ทำงานบนโปรแกรม AutoCAD ซึ่งเป็นโปรแกรมที่นิยมใช้ในการเขียนแบบในปัจจุบัน

โปรแกรมจะทำการคำนวณ พื้น คาน เสา กำแพงรับแรงลมและฐานราก จากข้อมูลที่ผู้ใช้ป้อนเข้าไป จากนั้นจะแสดงผลออกมาในรูป แบบโครงสร้าง แบบและรายละเอียดของหน้าตัดคาน พื้น เสา และฐานราก รายการคำนวณทุกส่วน ผ่านทางโปรแกรม AutoCAD ทำให้เราสามารถใช้โปรแกรม AutoCAD แก้ไขแบบที่ได้ และสามารถนำไปใช้งานได้ทันที โปรแกรมนี้พัฒนาโดยใช้ภาษา ADS (AutoCAD Development System) ซึ่งใช้สำหรับพัฒนาโปรแกรมที่ทำงานบน AutoCAD โดยเฉพาะ

โครงงานนี้ได้แบ่งออกเป็นสองส่วน ในส่วนแรกจะกล่าวถึงทฤษฎีในการคำนวณโครงสร้าง โปรแกรมคำนวณโครงสร้าง รวมทั้งโปรแกรมส่วนการรับข้อมูลจากผู้ใช้ เพื่อนำไปคำนวณต่อไป ส่วนในส่วนที่สองจะเป็นการรับและส่งถ่ายข้อมูลจากผู้ใช้ไป เพื่อนำไปใช้ในส่วนโปรแกรมคำนวณ และแสดงผลลัพธ์การคำนวณ ได้แก่ ขนาดโครงสร้างที่เหมาะสม แรงกระทำและโมเมนต์ที่เกิดขึ้นที่ส่วนต่างๆ และ หน้าตัดแสดงโครงสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการออกแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก

1. หน่วยแรงที่ยอมให้ของคอนกรีต

ก) มาตรฐานของโปรแกรมนี้ใช้ กำลังอัดคอนรีตรูปทรงกระบอก fc' เป็นมาตรฐานในการกำหนดหน่วยแรงที่ยอมให้ของคอนกรีต ในกรณีที่ทดสอบกำลังอัดคอนกรีตรูปลูกบาศก์ 15 ซม. ก็อาจแปลงเป็นค่ากำลังอัดคอนกรีตรูปทรงกระบอกได้โดยใช้แผนภูมิที่ 6001

ข) หน่วยแรงที่เกิดจากแรงดัดและแรงแบกทานในคอนกรีตใดๆ ต้องไม่เกินค่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 6001

ค) หน่วยแรงเฉือนต้องไม่เกิดค่ากำหนดไว้ในตารางที่ 6001

รายการ	หน่วยแรงที่ยอมให้ กก./ซม^2 สำหรับกำลังอัดต่างๆ ของคอนกรีต
อัตราส่วนโมดูลัส n	$\frac{2040000}{15210\sqrt{fc'}}$
แรงดัด - หน่วยแรงอัดที่ผิว fc	0.45 * fc'
แรงเฉือน - คานที่ไม่มีเหล็กเสริมรับแรงเฉือน vc	0.29 * fc'
- แผ่นพื้นและฐานราก	0.53 * fc'
(แรงเฉือนตามเส้นขอบ)	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. หน่วยแรงที่ยอมให้ของเหล็กเสริม

เหล็กเส้นที่ใช้เสริมคอนกรีตจะรับแรงได้ไม่เกินพิกัดดังต่อไปนี้

ก) รับแรงดึง

- สำหรับเหล็กเส้นที่เป็นเหล็กละมุน ซึ่งไม่มีผลทดสอบกำลังดึง

1200 กก/ซม.^{2}

- สำหรับเหล็กเสริมเอกซึ่งเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 มม. หรือเล็กกว่าในพื้นทางเดียวช่วงไม่เกิน 3 เมตร ใช้ร้อยละ 50 ของกำลังคลากต่ำสุดแต่ต้องไม่เกิน

2100 กก./ซม.^{2}

- สำหรับเหล็กข้ออ้อยซึ่งมีกำลังคลากน้อยกว่า 4000 ให้ใช้ร้อยละ 50 ของกำลังคลาก แต่ต้องไม่เกิน 1500 กก./ซม.^{2}

- สำหรับเหล็กข้ออ้อยที่มีกำลังคลากไม่น้อยกว่า 4000 ใช้ได้ไม่เกิน

1700 กก./ซม.^{2}

ข) รับแรงอัดในเสา ค.ส.ล.

- เสาปลอกเดี่ยว ใช้ร้อยละ 40 ของกำลังคลากต่ำสุด แต่ต้องไม่เกิน

2100 กก./ซม.^{2}

- เสาปลอกเดี่ยว ใช้ร้อยละ 85 ของค่าที่กำหนดสำหรับเสาปลอกเกลียว แต่ต้องไม่เกิน

1750 กก./ซม.^{2}

3. สูตรการค่าคุณสมบัติต่างๆ ของคอนกรีต

$$k = \frac{1}{1 + \frac{fs}{n * fc}}$$

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

$$R = \frac{1}{2} * fc * k * j$$

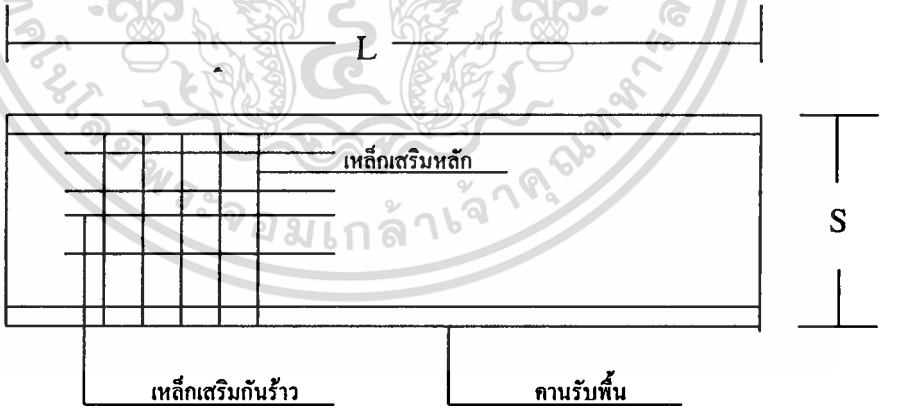
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. พื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก

พื้นเป็นส่วนของอาคารที่ต้องมีการออกแบบเป็นอันดับต้นๆ เพราะน้ำหนักจากพื้นจะต้องทำการถ่ายลงไปยังคานขอบที่อยู่รองรับรอบพื้นนั้นๆ พื้นจะทำหน้าที่รับน้ำหนักบรรทุกจากการใช้งานในอาคารโดยตรง พื้นคอนกรีตเสริมเหล็กมีอยู่หลายชนิด ซึ่งถ้าแบ่งตามการเสริมเหล็ก ก็จะมีอยู่สองชนิดได้แก่ พื้นคอนกรีตเสริมเหล็กทางเดียว และ พื้นคอนกรีตเสริมเหล็กสองทาง แต่ถ้าสนใจในเรื่องของการรองรับของคานก็จะแบ่งตามจำนวนด้านที่รองรับเพราะค่าโมเมนต์ที่ได้จะมีค่าต่างกัน

4.1 พื้นคอนกรีตเสริมเหล็กทางเดียว (One way slab)

พื้นคอนกรีตเสริมเหล็กแบบนี้ใช้กับพื้นห้องที่ด้านยาวซึ่งยาวกว่าด้านกว้างตั้งแต่สองเท่าขึ้นไป มีคานรับพื้นทางขอบด้านยาวของนพื้นทั้งสองด้าน หลักเกณฑ์ที่ใช้ออกแบบก็เหมือนกับที่ใช้ออกแบบคานรูปตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยพิจารณาออกแบบพื้นซึ่งกว้างทุกๆ หนึ่งเมตรในแนวที่ตั้งฉากกับคานรับพื้น มีความลึกเท่ากับความหนาของพื้น และให้พื้นรับน้ำหนักจรรวมกับน้ำหนักของพื้นเองซึ่งรวมทั้งน้ำหนักของวัสดุที่มาปูพื้น คิดเป็นน้ำหนักแผ่ มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อตารางเมตร อาจมีช่วงเดียวหรือต่อเนื่องหลายช่วง ซึ่งสามารถใช้ค่าสัมประสิทธ์ของโมเมนต์คัดเหมือนกับที่ใช้กับคานก็ได้



รูปที่ 2.4.1 ลักษณะของพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กทางเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการคำนวณ

1) ตรวจสอบอัตราส่วน S/L ต้องมากกว่า 2 (L,S มาจากการแบบร่าง)

2) สมมติค่าความหนาของพื้นต่ำสุด t = 8 cm. ซึ่งค่าความหนาประสิทธิผลของพื้น

d = t - 2 cm.

3) แทนค่า d (มาจากข้อ 2))เพื่อหาค่าโมเมนต์ที่คอนกรีตรับได้ในสูตร $Mc = R*b*d^2$ โดยให้ค่า b คือค่าของพื้นที่มีความกว้าง 1 m.

4) หาค่า m = S/L (L,S มาจากการแบบร่าง) , $W = 2400*t/100 + Wl$ (kg/m^2)

5) หาค่าโมเมนต์ที่ตำแหน่งต่างๆ ของพื้นจากสัมประสิทธิ์ (C) ที่ได้จากตารางที่ 2.4.1 โดยแทนค่าโมเมนต์ที่ตำแหน่งต่างๆ ด้วยสมการต่างๆ ต่อไปนี้ (W มาจากข้อ 4) , S เป็นความกว้างของด้านสั้น)

Ms(+)	$= C*W*S^2$	แทนโมเมนต์บวกกลางช่วงพื้น
Ml(-)ต่อเนื่อง	$= C*W*S^2$	แทนโมเมนต์ลบด้านต่อเนื่อง
Ml(-)ไม่ต่อเนื่อง	$= C*W*S^2$	แทนโมเมนต์ลบด้านไม่ต่อเนื่อง

6) ตรวจสอบว่าค่าโมเมนต์ต่างๆ ที่คำนวณได้จากข้อ 5) ว่าค่าไหนมีค่ามากที่สุด เพื่อนำมาหาค่าความหนาพื้นประสิทธิผลต่ำสุด โดยการเปรียบเทียบว่า โมเมนต์ที่มากที่สุดมีค่ามากกว่าค่า Mc (จากข้อ 3))หรือไม่

- ถ้ามีค่ามากก็ว่าให้ใช้ค่าโมเมนต์ดังกล่าวนำมาหาค่าความหนาประสิทธิผลต่ำสุดของพื้นเลย
- ถ้ามีค่าน้อยกว่าให้ใช้ค่า Mc เป็นค่าโมเมนต์ในการหาค่าความหนาประสิทธิผลต่ำสุด

7) หาค่าความหนาประสิทธิผลจาก $d = \sqrt{M/(R*b)}$ (cm.) b = 1 m.

8) ถ้าค่า d ที่ได้มีค่าน้อยกว่าค่า d ในข้อที่ 2) ก็ใช้ค่า d ตัวนั้นได้เลย แต่ถ้าค่า d ที่ได้มีค่ามาก d ในข้อที่ 2) ก็ให้ทำการหาค่า W ใหม่โดยการเอาค่า d ไปแทนค่า d ในข้อ 2) แล้วบวกด้วย 2 ซึ่งจะกลายเป็นความหนา t และจึงทำการคำนวณใหม่ทั้งหมด

9) ตรวจสอบหน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้ของคอนกรีต

โดยการหาค่าแรงเฉือนที่หน้าตัดวิกฤตซึ่งห่างจากขอบที่รองรับเป็นระยะ d/2

ซึ่งค่าแรงเฉือนสูงสุดหาโดย $Vmax = W*(S-d/100)/2$ (kg/m)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยแรงเฉือนสูงสุดหาโดย $v_{max} = \frac{V_{max}}{b_o * d * 100}$ (kg/cm^2)

โดย bo มีค่าเท่ากับ 1 เมตร

ซึ่งนำหน่วยแรงเฉือนที่เกิดขึ้นไปเปรียบเทียบกับหน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้ของคอนกรีตซึ่งคือ $v_c = 0.53\sqrt{f_c'}$ (kg/cm^2)

ถ้าหน่วยแรงเฉือนที่เกิดขึ้นน้อยกว่าหน่วยแรงเฉือนของคอนกรีตก็ทำการนำค่าโมเมนต์ที่ได้ ณ. ตำแหน่งต่างๆ มาหาขนาดและจำนวนของเหล็กเสริมได้เลย

ถ้าหน่วยแรงเฉือนที่เกิดขึ้นมากกว่าหน่วยแรงเฉือนของคอนกรีตก็ทำการเพิ่มความหนา t ที่ข้อ 2) โดยการเพิ่มความหนาทีละ 1 cm. แล้วทำการคำนวณใหม่จนกว่าจะตรวจสอบแรงเฉือนผ่าน จากนั้นจึงทำการหาขนาดและจำนวนของเหล็กเสริมที่ต้องใช้

10) สูตรการหาขนาดหน้าตัดของเหล็กเสริม เพื่อทำการรับค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นที่ตำแหน่งต่างๆ

$$A_s = \frac{M * 100}{f_s * j * d}$$

11) หาเหล็กเสริมกันร้าวในแนวขวาง

ตารางที่ 2.4.1 สัมประสิทธิ์ของโมเมนต์ในพื้นคสล. ทางเดียว

ตำแหน่ง		สัมประสิทธิ์ของโมเมนต์ ของ วสท.
โมเมนต์ลบ	ที่ขอบในที่หัวเสาตัวริม	1/16
	ที่ขอบนอกที่หัวเสาตัวในแรก	1/9
	ที่ขอบของหัวเสาตัวในตัวอื่นๆ	1/11
โมเมนต์บวก	ที่กลางคานช่วงนอก	1/14
	ที่กลางคานช่วงใน	1/16

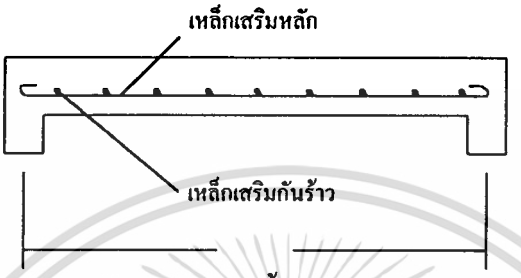
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การถ่ายน้ำหนักลงคาน

จะทำการถ่ายลงทางคานที่รองรับพื้นทางช่วงยาว โดยจะทำการแบ่งไปคนละครึ่ง ดังนี้

คานด้านสั้นรับน้ำหนักแผ่ = W*S/2

การจัดเหล็กเสริมในแผ่นพื้นทางเดียว



ด้านสั้น

รูปที่ 2.4.2 รูปตัดขวางพื้นเสริมเหล็กทางเดียว

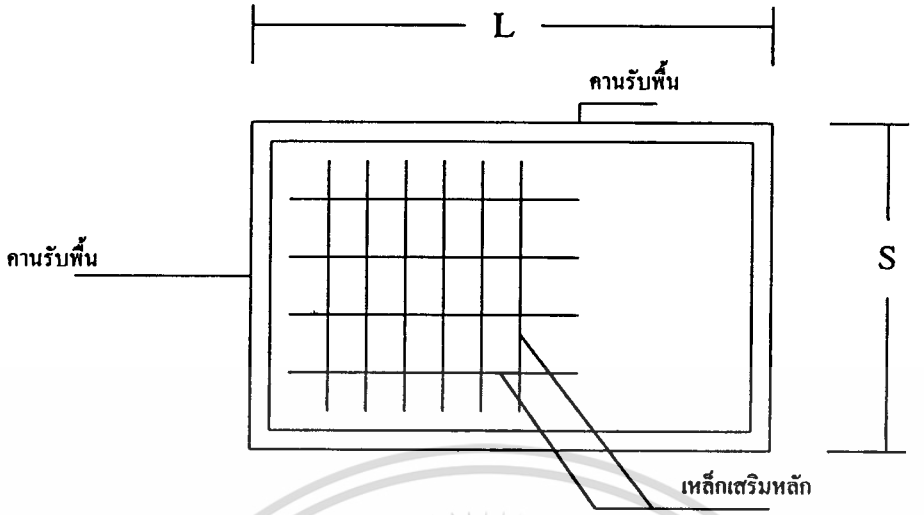
การจัดเหล็กในพื้นทางเดียวจะมีลักษณะดังรูป ซึ่งเป็นพื้นช่วงเดียวเหล็กหลักของพื้นก็จะทำหน้าที่ในการรับโมเมนต์บวกที่กลางคานด้านสั้น แต่ถ้าเกิดเป็นพื้นที่มีการต่อเนื่องก็จะต้องทำการเสริมเหล็กด้านบนเพื่อที่จะรับโมเมนต์ลบที่บริเวณขอบของที่รองรับ

4.2 พื้นคอนกรีตเสริมเหล็กสองทาง (วิธีที่ 2)

พื้นคอนกรีตเสริมเหล็กแบบนี้ใช้กับห้องที่มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส หรือสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่ด้านยาวเกือบเท่ากัน คือ ด้านยาวไม่มากกว่า 2 เท่าของด้านกว้าง มีเหล็กเสริมทั้งสองทางเพื่อใช้ในการถ่ายน้ำหนักบรรทุกทั้งหมดจากพื้นลงสู่คานที่รองรับทั้งสี่ด้าน เหล็กเสริมสำหรับพื้นแบบนี้วางเหล็กเสริมช่วงสั้นไว้ล่างเพราะต้องรับน้ำหนักมากกว่า

การออกแบบพื้นแบบนี้ พิจารณาจากพื้นกว้าง 1 เมตร ทั้งทางช่วงสั้นช่วงยาว สำหรับน้ำหนักแผ่ที่ใช้ออกแบบทั้งทางช่วงสั้นและทางช่วงยาวจะต้องแปลงค่า เพื่อที่จะให้การโก่งในแนวดิ่งของพื้นแต่ละจุดเมื่อคำนวณจากช่วงสั้นกับช่วงยาวต้องมีค่าเท่ากัน นอกจากนั้นจะต้องคำนึงถึงผลที่เกิดจากการต่อเนื่อง และการยึดแน่นกับที่รองรับด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

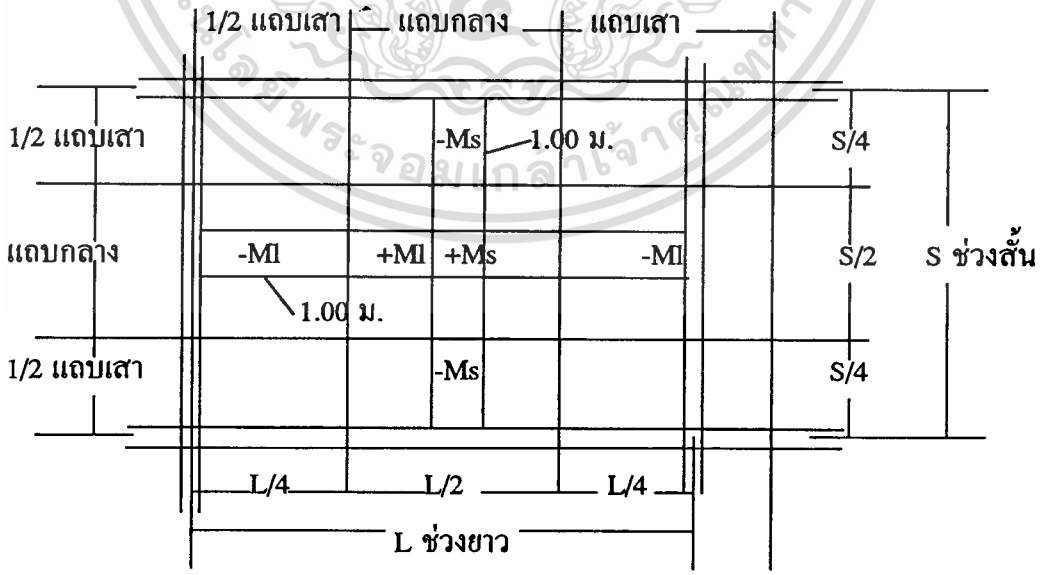


รูปที่ 2.4.3 ลักษณะของพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กสองทาง

แผ่นพื้นอาจต่อเนื่องหรือไม่ต่อเนื่องก็ได้แต่จะต้องมีคานรองรับทั้งสี่ด้าน ซึ่งหล่อเป็นเนื้อเดียวกับพื้น ค่าโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นในแผ่นพื้นจะได้จากการพิจารณาแบ่งแผ่นพื้น ขนาดกว้าง S และยาว L (ค่า S และ L เป็นค่าน้อยของระยะศูนย์ถึงศูนย์ระหว่างที่รองรับหรือช่วงว่างบวกกับอีกสองเท่าของความหนาพื้น) ให้เป็นแถบต่างๆ ในแต่ละทิศทางดังนี้

แถบกลาง ให้มีความกว้างเท่ากับครึ่งหนึ่งของช่วงพื้น

แถบเสา ให้มีความกว้างเท่ากับครึ่งหนึ่งของช่วงพื้น ดังนั้นแต่ละซีกในช่วงพื้นเดียวกันจะมีขนาดเท่ากับพื้นที่หนึ่งในสี่ของช่วงพื้นนั้น



รูปที่ 2.4.4 แถบกลางและแถบเสาในพื้น คสล.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยให้ W = น้ำหนักบรรทุกรวมซึ่งแผ่สม่ำเสมอบนแผ่นพื้น กก./ม^2

C = สัมประสิทธิ์ของโมเมนต์ในแต่ละทิศทาง (ช่วงสั้น,ช่วงยาว) สำหรับแผ่นพื้นแบบเสริมเหล็กสองทางดังในตารางที่ 2.4.2 ซึ่งขึ้นอยู่กับความต่อเนื่องของแผ่นพื้น (5 กรณี) และอัตราส่วนของ S/L ซึ่งมีค่าเท่ากับ m

ดังนั้น โมเมนต์ดัดในแถบกลาง คำนวณจาก M = C*W*S^2 กก. - เมตร/เมตร โมเมนต์ในแถบเสาเท่ากับสองในสามของโมเมนต์ในแถบกลาง

ค่าโมเมนต์ดัดในแถบกลางของพื้นที่คำนวณจากสมการ มีทั้งโมเมนต์ลบและโมเมนต์บวก ค่าโมเมนต์ลบเป็นโมเมนต์ตรงขอบของคานที่รองรับส่วนค่าโมเมนต์บวกเป็นโมเมนต์ตามแนวศูนย์กลางของช่วงพื้น ดังแสดงในรูปที่ 2.4.4 Ms เป็นโมเมนต์ในแถบกลางที่ขนานกับด้านสั้น และ Ml เป็นโมเมนต์ในแถบกลางที่ขนานกับด้านยาว

หากค่าโมเมนต์ลบที่ด้านใดด้านหนึ่งของที่รองรับมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 80 ของโมเมนต์อีกด้านหนึ่ง ให้นำสองในสามของผลต่างของโมเมนต์ที่กระจายออกไปตามสัดส่วนของความแข็งแกร่งของแผ่นพื้น

<u>ขั้นตอนการคำนวณ</u>

1) ตรวจสอบอัตราส่วน S/L ต้องมากกว่า 0.5 (L,S มาจากการแบบร่าง)

2) สมมติค่าความหนาของพื้นต่ำสุด t = 8 cm. ซึ่งค่าความหนาประสิทธิผลของพื้น
d = t - 2 cm.

3) แทนค่า d (มาจากข้อ 2) เพื่อหาค่าโมเมนต์ที่คอนกรีตรับได้ในสูตร Mc = R*b*d^2 โดยให้ค่า b คือค่าของพื้นที่มีความกว้าง 1 m.

4) หาค่า m = S/L (L,S มาจากการแบบร่าง), W = 2400*t/100 + Wl (kg/m^2)

5) หาค่าโมเมนต์ที่ตำแหน่งต่างๆ ของพื้นจากสัมประสิทธิ์ (Cs,Cl) ที่ได้จากตารางที่ 2.1.2

โดยแทนค่าโมเมนต์ที่ตำแหน่งต่างๆ ด้วยสัญลักษณ์ดังต่อไปนี้ (W มาจากข้อ 4) , S เป็นความกว้างของด้านสั้น)

Ms(-)ต่อเนื่อง	= Cs*W*S^2	แทนโมเมนต์ลบด้านต่อเนื่องด้านสั้น
Ms(-)ไม่ต่อเนื่อง	= Cs*W*S^2	แทนโมเมนต์ลบด้านไม่ต่อเนื่องด้านสั้น
Ms(+)	= Cs*W*S^2	แทนโมเมนต์บวกกลางช่วงพื้นด้านสั้น
Ml(-)ต่อเนื่อง	= Cl*W*S^2	แทนโมเมนต์ลบด้านต่อเนื่องด้านยาว
Ml(-)ไม่ต่อเนื่อง	= Cl*W*S^2	แทนโมเมนต์ลบด้านไม่ต่อเนื่องด้านยาว
Ml(+)	= Cl*W*S^2	แทนโมเมนต์บวกกลางช่วงพื้นด้านยาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
036905

6) ตรวจสอบว่าค่าโมเมนต์ต่างๆ ที่คำนวณได้จากข้อ 5) ว่าค่าไหนมีค่ามากที่สุด เพื่อนำมาหาค่าความหนาพื้นประสิทธิผลต่ำสุด โดยการเปรียบเทียบว่า โมเมนต์ที่มากที่สุดมีค่ามากกว่าค่า Mc (จากข้อ 3))หรือไม่

- ถ้ามีค่ามากกว่าให้ใช้ค่าโมเมนต์ดังกล่าวนำมาหาค่าความหนาประสิทธิผลต่ำสุดของพื้นเลย
- ถ้ามีค่าน้อยกว่าให้ใช้ค่า Mc เป็นค่าโมเมนต์ในการหาค่าความหนาประสิทธิผลต่ำสุด

7) หาค่าความหนาประสิทธิผลจาก $d = \sqrt{M/(R*b)}$ (cm.) b = 1 m.

8) ถ้าค่า d ที่ได้มีค่าน้อยกว่าค่า d ในข้อที่ 2) ก็ใช้ค่า d ตัวนั้นได้เลย แต่ถ้าค่า d ที่ได้มีค่ามาก d ในข้อที่ 2) ก็ให้ทำการหาค่า W ใหม่โดยการเอาค่า d ไปแทนค่า d ในข้อ 2) แล้วบวกด้วย 2 ซึ่งจะกลายเป็นความหนา t และจึงทำการคำนวณใหม่ทั้งหมด

9) ตรวจสอบหน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้ของคอนกรีต

โดยการหาค่าแรงเฉือนที่หน้าตัดวิกฤตซึ่งห่างจากขอบที่รองรับเป็นระยะ d/2

ซึ่งค่าแรงเฉือนสูงสุดหาโดย $Vmax = W*(L-d/100)/2$ (kg/m)

หน่วยแรงเฉือนสูงสุดหาโดย $vmax = \frac{Vmax}{bo * d * 100}$ (kg/cm^2)

โดย bo มีค่าเท่ากับ 1 เมตร

ซึ่งนำหน่วยแรงเฉือนที่เกิดขึ้นไปเปรียบเทียบกับหน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้ของคอนกรีตซึ่งคือ $vc = 0.53\sqrt{fc'}$ (kg/cm^2)

ถ้าหน่วยแรงเฉือนที่เกิดขึ้นน้อยกว่าหน่วยแรงเฉือนของคอนกรีตก็ทำการนำค่าโมเมนต์ที่ได้ ณ. ตำแหน่งต่างๆ มาหาขนาดและจำนวนของเหล็กเสริมได้เลย

ถ้าหน่วยแรงเฉือนที่เกิดขึ้นมากกว่าหน่วยแรงเฉือนของคอนกรีตก็ทำการเพิ่มความหนา t ที่ข้อ 2) โดยการเพิ่มความหนาทีละ 1 cm. แล้วทำการคำนวณใหม่จนกว่าจะตรวจสอบแรงเฉือนผ่าน จากนั้นจึงทำการหาขนาดและจำนวนของเหล็กเสริมที่ต้องใช้

10) สูตรการหาขนาดหน้าตัดของเหล็กเสริม เพื่อทำการรับค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นที่ตำแหน่งต่างๆ

$$As = \frac{M * 100}{fs * j * d}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4.2 สัมประสิทธิ์ของโมเมนต์ของพื้นคสล. สองทาง

โมเมนต์	ช่วงสั้น						ช่วงยาว
	ค่าต่างๆ ของ m						สำหรับ
	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5 และต่ำกว่า	m ทุกค่า
กรณีที่ 1 ต่อเนื่องทั้ง 4 ด้าน							
โมเมนต์ลบ - ด้านต่อเนื่อง	0.033	0.040	0.048	0.055	0.063	0.083	0.033
- ด้านไม่ต่อเนื่อง							
โมเมนต์บวกที่กึ่งกลางช่วง	0.025	0.030	0.036	0.041	0.047	0.062	0.025
กรณีที่ 2 ต่อเนื่อง 3 ด้าน							
โมเมนต์ลบ - ด้านต่อเนื่อง	0.041	0.048	0.055	0.062	0.069	0.085	0.041
- ด้านไม่ต่อเนื่อง	0.021	0.024	0.027	0.031	0.035	0.042	0.021
โมเมนต์บวกที่กึ่งกลางช่วง	0.031	0.036	0.041	0.047	0.052	0.064	0.031
กรณีที่ 3 ต่อเนื่อง 2 ด้าน							
โมเมนต์ลบ - ด้านต่อเนื่อง	0.049	0.057	0.064	0.071	0.078	0.090	0.049
- ด้านไม่ต่อเนื่อง	0.025	0.028	0.032	0.036	0.039	0.045	0.025
โมเมนต์บวกที่กึ่งกลางช่วง	0.037	0.043	0.048	0.054	0.059	0.068	0.037
กรณีที่ 4 ต่อเนื่องด้านเดียว							
โมเมนต์ลบ - ด้านต่อเนื่อง	0.058	0.066	0.074	0.082	0.090	0.098	0.058
- ด้านไม่ต่อเนื่อง	0.029	0.033	0.037	0.041	0.045	0.049	0.029
โมเมนต์บวกที่กึ่งกลางช่วง	0.044	0.050	0.056	0.062	0.068	0.074	0.044
กรณีที่ 5 ไม่ต่อเนื่องทุกด้าน							
โมเมนต์ลบ - ด้านต่อเนื่อง							
- ด้านไม่ต่อเนื่อง	0.033	0.038	0.043	0.047	0.053	0.055	0.033
โมเมนต์บวกที่กึ่งกลางช่วง	0.050	0.057	0.064	0.072	0.080	0.083	0.050

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การถ่ายน้ำหนักลงคานที่รองรับ

น้ำหนักแผ่นพื้นซึ่งแบ่งไปลงคานที่รองรับเป็นลักษณะของน้ำหนักแผ่สม่ำเสมอดังนี้

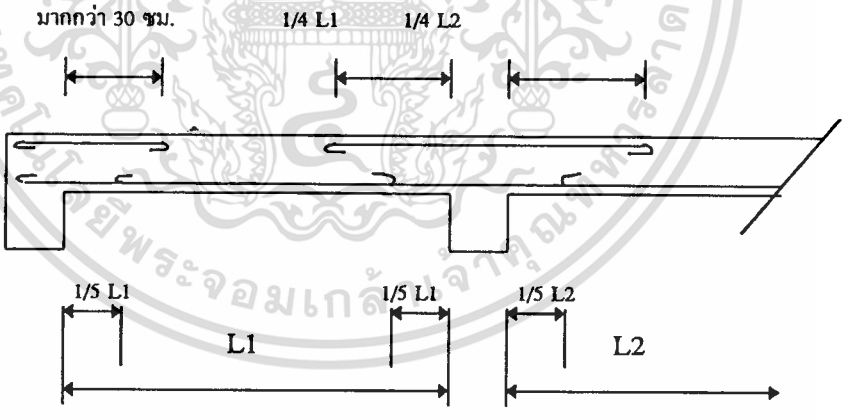
คานด้านสั้น = WS/3

คานด้านยาว = $WS/3*(3-m^2)/2$

การจัดเหล็กเสริมในพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กสองทาง

เหล็กเสริมหลักในแต่ละแถบมีทั้งเหล็กบนและเหล็กล่าง บริเวณกลางช่วงของแผ่นพื้นจะเป็นเหล็กล่าง เพราะรับโมเมนต์บวกตรงที่รองรับจะเป็นเหล็กบน เพราะรับโมเมนต์ลบอย่างไรก็ดี เหล็กเสริมที่ขนานกับด้านสั้นจะจัดให้อยู่ด้านล่างกว่า หรือ อยู่ด้านบนกว่าเหล็กเสริมที่ขนานกับด้านยาวที่กลางช่วงและที่รองรับตามลำดับ เนื่องจากรับโมเมนต์คัดมากกว่านั่นเองประมาณสองในสามของเหล็กเสริมรับโมเมนต์บวกที่เป็นเหล็กล่าง

สำหรับมุมนอกของแผ่นพื้นต้องเสริมเหล็กพิเศษทั้งด้านบนและด้านล่าง เพื่อกันรอยแตกร้าวในแนวทแยง โดยเรียงออกไปจากมุมในแต่ละทิศทางเป็นระยะหนึ่งในห้าของด้านยาวเหล็กเสริมด้านบนให้วางขนานกับแนวแทยงของมุม ส่วนเหล็กเสริมด้านล่างให้วางตั้งฉากกับแนวของเหล็กเสริมด้านบน



รูปที่ 2.4.5 ตำแหน่งการเสริมเหล็กในพื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อกำหนดของพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก (ตามมาตรฐาน วสท.)

1. เหล็กเสริมหลักจะวางอยู่ในแนวตั้งฉากกับคานรับพื้นเพียงทางเดียว และทำหน้าที่ถ่ายน้ำหนักให้กับคานที่รองรับ ในทิศทางที่ขนานกับคานรับพื้น

2. ต้องมีเหล็กเสริมกันร้าว ดังนี้

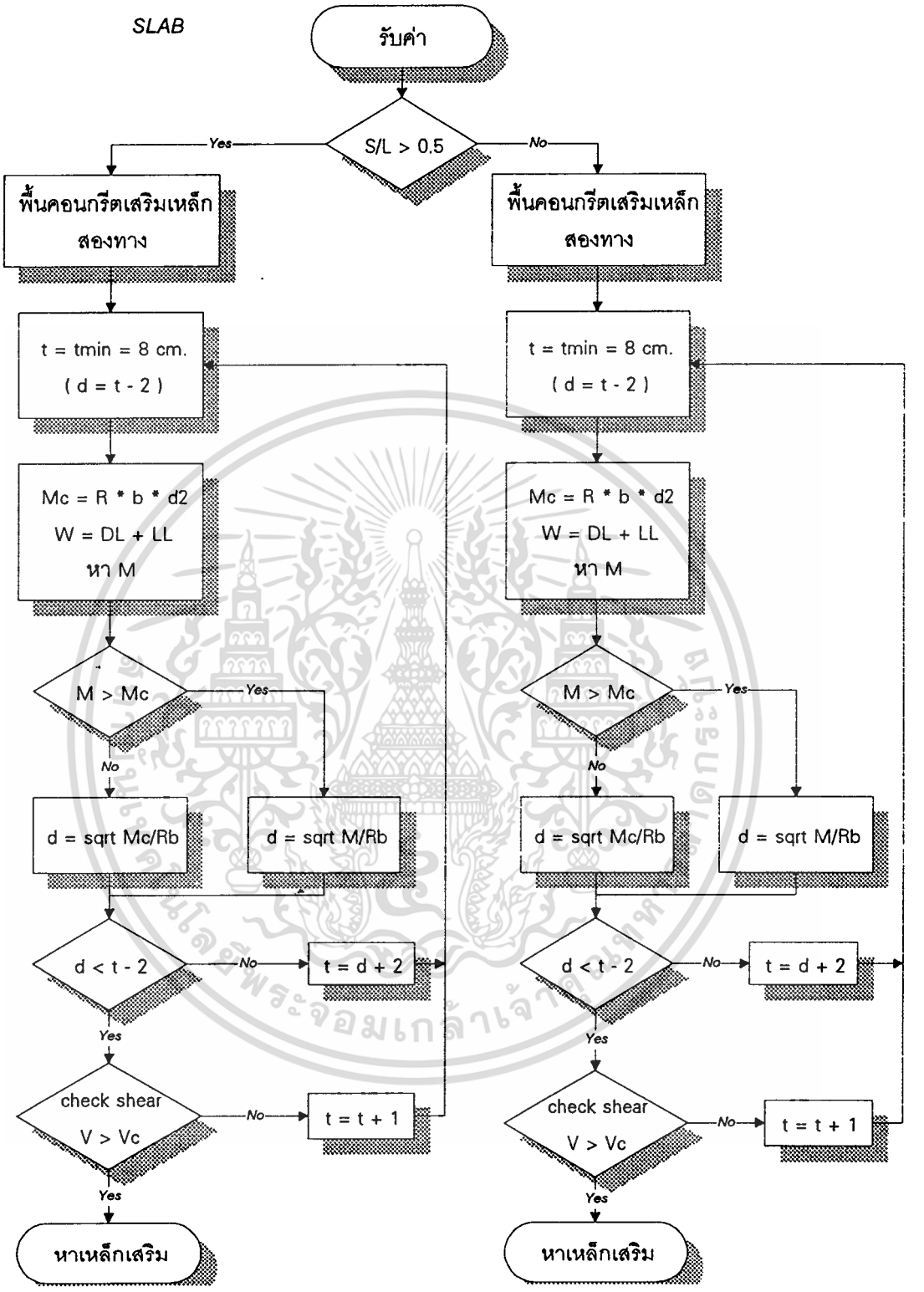
ถ้าเป็นเหล็กผิวเรียบจะใช้เท่ากับ 0.0025 เท่าของเนื้อที่หน้าตัดพื้น

ส่วนเหล็กข้ออ้อยจะใช้เท่ากับ 0.0020 เท่าของเนื้อที่หน้าตัดพื้น

3. ระยะเรียงของเหล็กเสริมจะต้องไม่ห่างกว่า 3 เท่าของความหนาของแผ่นพื้น และจะต้องไม่เกิน 30 ซม.

4. ความหนาของแผ่นพื้นจะต้องมีความหนาไม่น้อยกว่า 8 ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



โฟลว์ชาร์ตแสดงการคำนวณพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.บันไดคอนกรีตเสริมเหล็ก (แบบพื้นตันพาดทางช่วงยาว)

บันไดเป็นส่วนหนึ่งของอาคารที่มีความสำคัญไม่น้อยไปกว่าส่วนอื่นของอาคาร บันไดใช้เป็นทางขึ้นลงระหว่างชั้นต่างๆ ในอาคาร ซึ่งจำเป็นต้องมีสัดส่วนที่พอเหมาะเพื่อสามารถใช้ประโยชน์ได้เพียงพอและปลอดภัย สำหรับความลาดที่นิยมใช้ มีส่วนกว้างของขั้น 25 - 30 ซม. และส่วนยกของขั้น 15 - 18 ซม. เป็นต้น

บันไดแบบนี้ออกแบบเป็นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กทางเดียวพาดทางช่วงยาวระหว่างคานพื้นและคานที่ชานพักซึ่งทำหน้าที่เป็นฐานรอง ช่วงยาวของบันไดที่ใช้คิดโมเมนต์ดัดเป็นระยะในแนวราบระหว่างคานพื้นกับคานชานพัก การเสริมเหล็กก็เช่นเดียวกับในแผ่นพื้นแบบเสริมเหล็กทางเดียว โดยเหล็กเสริมหลักจะอยู่ด้านล่างและยื่นเข้าไปในคานที่รองรับ ถ้าออกแบบให้ปลายยึดติดแน่นกับคาน จะต้องล้วงเหล็กเข้าไปในคานที่รองรับให้มีระยะฝังพอเพียงกับแรงยึดเหนี่ยว

ขั้นตอนการคำนวณ

1) สมมติค่าความหนาของพื้นบันไดต่ำสุด t = 8 cm. ซึ่งค่าความหนาประสิทธิผลของพื้น d = t - 2 cm.

2) แทนค่า d (มาจากข้อ 1) เพื่อหาค่าโมเมนต์ที่คอนกรีตรับได้ในสูตร $Mc = R*b*d^2$ โดยให้ค่า b คือค่าของพื้นที่มีความกว้าง 1 m.

3) น้ำหนักของบันได (Wst) เท่ากับ

น้ำหนักของบันได (Ws) + น้ำหนักของพื้นบันได (Wf) จากสูตร

$$Wst = (((\sqrt{h^2 + v^2}) * t) + (\frac{1}{2} * h * v)) * 2400 * \frac{Nh}{Ls}) \quad กก/ม^2$$

4) หาน้ำหนักรวมจาก W = Wst + LL.

5) หาความยาวทั้งหมดจาก L = Ld + Ls

5) หาค่าโมเมนต์สูงสุดจากสูตร $Mmax = W*L^2/8$, (W มาจากข้อ 4)

6) นำค่าโมเมนต์สูงสุดที่หาได้มาหาค่าความหนาพื้นประสิทธิผลต่ำสุด โดยการเปรียบเทียบว่าโมเมนต์ที่มากที่สุดมีค่ามากกว่าค่า Mc (จากข้อ 2))หรือไม่

- ถ้ามีค่ามากกว่าให้ใช้ค่าโมเมนต์ดังกล่าวนำมาหาค่าความหนาประสิทธิผลต่ำสุดของพื้นเลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ถ้ามีค่าน้อยกว่าให้ใช้ค่า Mc เป็นค่าโมเมนต์ในการหาค่าความหนาประสิทธิผลต่ำสุด

6) หาค่าความหนาประสิทธิผลจาก $d = \sqrt{M/(R*b)}$ (cm.) $b = 1$ m.

7) ถ้าค่า d ที่ได้มีค่าน้อยกว่าค่า d ในข้อที่ 1) ก็ใช้ค่า d ตัวนั้นได้เลย แต่ถ้าค่า d ที่ได้มีค่ามาก d ในข้อที่ 1) ก็ให้ทำการหาค่า W ใหม่โดยการเอาค่า d ไปแทนค่า d ในข้อ 1) แล้วบวกด้วย 2 ซึ่งจะกลายเป็นความหนา t และจึงทำการคำนวณใหม่ทั้งหมด

8) ตรวจสอบหน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้ของคอนกรีต

โดยการหาค่าแรงเฉือนที่หน้าตัดวิกฤตซึ่งห่างจากขอบที่รองรับเป็นระยะ d/2

ซึ่งค่าแรงเฉือนสูงสุดหาโดย $Vmax = W*(L-d/100)/2$ (kg/m)

หน่วยแรงเฉือนสูงสุดหาโดย $vmax = \frac{Vmax}{bo * d * 100}$ (kg/cm^2)

โดย bo มีค่าเท่ากับ 1 เมตร

ซึ่งนำหน่วยแรงเฉือนที่เกิดขึ้นไปเปรียบเทียบกับหน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้ของคอนกรีตซึ่งคือ $vc = 0.53\sqrt{fc'}$ (kg/cm^2)

ถ้าหน่วยแรงเฉือนที่เกิดขึ้นน้อยกว่าหน่วยแรงเฉือนของคอนกรีตก็ทำการนำค่าโมเมนต์ที่ได้ ณ. ตำแหน่งต่างๆ มาหาขนาดและจำนวนของเหล็กเสริมได้เลย

ถ้าหน่วยแรงเฉือนที่เกิดขึ้นมากกว่าหน่วยแรงเฉือนของคอนกรีตก็ทำการเพิ่มความหนา t ที่ข้อ 1) โดยการเพิ่มความหนาทีละ 1 cm. แล้วทำการคำนวณใหม่จนกว่าจะตรวจสอบแรงเฉือนผ่าน จากนั้นจึงทำการหาขนาดและจำนวนของเหล็กเสริมที่ต้องใช้

9) สูตรการหาขนาดหน้าตัดของเหล็กเสริม เพื่อทำการรับค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นที่ตำแหน่งต่างๆ

$$As = \frac{M * 100}{fs * j * d}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10) หาเหล็กเสริมกันร้าวในแนวขวางจาก

As = 0.0025*b*t (สำหรับเหล็กผิวเรียบ)

As = 0.0020*b*t (สำหรับเหล็กข้ออ้อย)

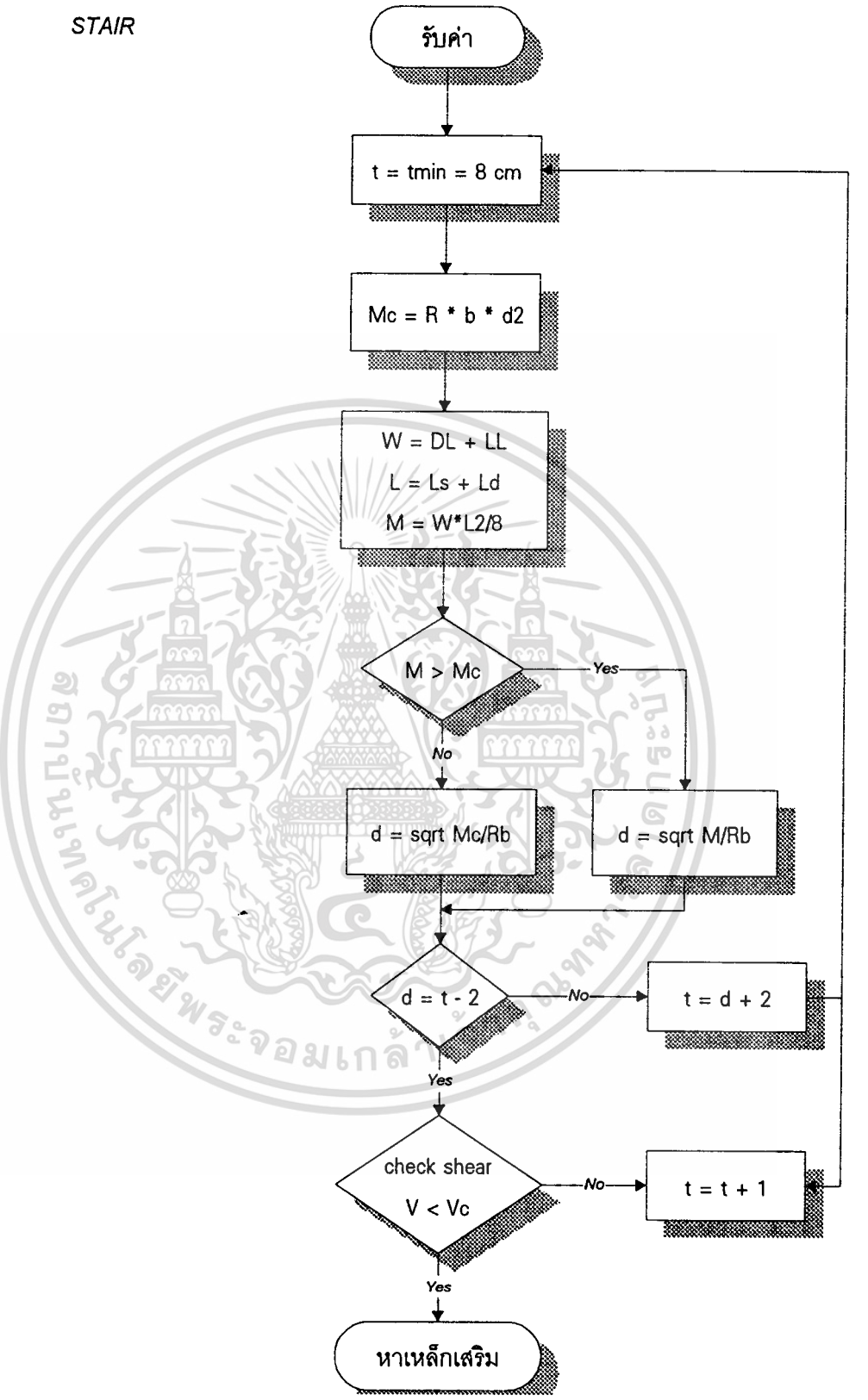
<u>การถ่ายน้ำหนักลงคาน</u>

จะเป็นการถ่ายน้ำหนักในลักษณะเดียวกับพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กทางเดียว

= W*L/2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

STAIR



โฟลว์ชาร์ตแสดงการคำนวณบันได

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.คานคอนกรีตเสริมเหล็ก

คานเป็นส่วนหนึ่งของอาคารที่อยู่ในแนวนอนใช้สำหรับรับน้ำหนักบรรทุกที่กระทำในแนวดิ่ง เช่น น้ำหนักแผ่จากพื้นอาคารหรือน้ำหนักที่กดเป็นจุดจากคานซอย โดยทำให้เกิดโมเมนต์ดัด แรงเฉือน และบางครั้งก็มีโมเมนต์บิดเกิดขึ้นด้วย เป็นผลให้เกิดหน่วยแรงต่างๆ ในการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็ก จะต้องเลือกใช้ขนาดรูปตัดของคานและปริมาณเหล็กเสริมให้สามารถรับน้ำหนักบรรทุกใช้งานได้ โดยหน่วยแรงต่างๆ ที่เกิดในตัวคานมีค่าไม่เกินกว่าค่าหน่วยแรงที่ยอมให้ รูปตัดของคานคอนกรีตแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้าซึ่งจะเป็นแบบที่นิยมมากที่สุดเนื่องจากง่ายต่อการทำแบบหล่อคอนกรีต

โดยปกติแล้วคานเมื่อมีการรับน้ำหนักจากองค์อาคารที่บรรทุกอยู่ข้างบน ในกรณีของคานมีลักษณะเป็นคานต่อเนื่องก็จะทำให้เกิดโมเมนต์ลบขึ้นที่บริเวณหัวเสาและเกิดโมเมนต์บวกที่บริเวณกลางคาน ส่วนในกรณีของคานช่วงเดี่ยวจะเกิดโมเมนต์บวกสูงสุดที่กลางคาน

การเกิดโมเมนต์บวกขึ้นแสดงว่าคานมีแรงดึงกระทำที่ท้องคานบริเวณตรงกลางคานซึ่งจะต้องทำการเสริมเหล็กเพื่อทำการรับแรงดึงเนื่องจากคอนกรีตไม่มีคุณสมบัติในการรับแรงดึง ส่วนหลังคานจะทำให้เกิดแรงอัดขึ้นซึ่งโดยปกติแล้วคอนกรีตจะรับแรงอัดเหล่านั้นได้แต่บางครั้งแรงอัดอาจจะเกิดขึ้นมากกว่าความสามารถของคอนกรีตจะรับได้ก็จะต้องทำการเสริมเหล็กเพิ่มขึ้นเพื่อช่วยรับแรงส่วนเกินนั้น ส่วนโมเมนต์ลบจะมีลักษณะตรงข้ามกับโมเมนต์บวกคือจากท้องคานเป็นหลังคานและจากท้องคานเป็นหลังคาน

6.1 คานเดี่ยว

เป็นที่มีลักษณะเป็นคานช่วงเดียว ซึ่งจะทำให้เกิดโมเมนต์บวกขึ้นอย่างมากที่กลางคาน เพราะไม่มีคานใกล้เคียงทำหน้าที่ดัดกลับอยู่

<u>ขั้นตอนการคำนวณ</u>

1) สมมติขนาดหน้าตัดคาน กว้าง,ยาว (b*t) ที่เล็กที่สุด

2) หา d , d' จาก d = t - 2 และ $d' = t - d$

3) รับค่าการถ่ายน้ำหนักแบบจุดเดียวจากคานซอย หน่วยเป็น กก. ,น้ำหนักกระจายของพื้น, น้ำหนัก กระจายจากบันได และ น้ำหนักจากตัวของมันเอง (2400*b*t) หน่วยเป็น กก/ม.

4) นำค่าน้ำหนักและ ระยะของแรงที่กระทำมาหาค่าโมเมนต์ที่เกิดสูงสุด (M) ในคาน

5) หาค่าโมเมนต์ที่รับได้เนื่องจากหน้าตัดคอนกรีต ($Mc = R*b*d^2$)

6) ตรวจสอบค่า M/Mc จะต้องอยู่ระหว่าง 1 กับ 1.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้ามากกว่า 1.5 แสดงว่าคานขนาดนี้จะมีเหล็กเสริมรับแรงอัดมากกว่าเหล็กเสริมรับแรงดึง จะต้องไปทำการเพิ่มหน้าตัดคานที่ข้อ 1)

ถ้าน้อยกว่า 1.5 แต่มากกว่า 1 ก็จะทำการคำนวณในข้อต่อไป

ถ้าน้อยกว่า 1 จะทำการลดขนาดหน้าตัดคานจนกว่าจะเป็นขนาดหน้าตัดที่เล็กที่สุดในข้อ 1)

7) เปรียบเทียบค่า M กับ Mc เพื่อหาขนาดหน้าตัดของเหล็กเสริมที่จะต้องใช้

ถ้า $M < Mc$

- $As = \frac{M}{fs * j * d}$

ถ้า $M > Mc$

- As รับแรงอัด $= \frac{M - Mc}{fs'*(d - d')}$ โดยที่ $fs' = 2 * fs * \frac{(k - \left(\frac{d'}{d}\right))}{(1-k)}$

- As รับแรงดึง $= \frac{Mc}{fs * j * d} + \frac{(M - Mc)}{fs * (d - d')}$

8) นำ As ที่ได้จากข้อ 7) มาหาจำนวนเหล็กและขนาดเหล็กเสริม

9) หา V จาก W สุดท้าย*L/2

10) หา Vc จาก $Vc = 0.29 * \sqrt{fc'}$

11) เปรียบเทียบ V กับ Vc

ถ้า $V < Vc$ ก็ใช้เหล็กปลอกที่ยอมให้ต่ำสุด คือเหล็ก 6 มม. ระยะห่างไม่เกิน d/2 หรือไม่เกิน 30 ซม.

ถ้า $V > Vc$ ต้องใช้สูตรต่อไปนี้ในการคำนวณหาเหล็กปลอก

11.1 หา V' จาก $V' = V - Vc$

11.2 กำหนดขนาดเหล็กปลอกที่จะมาใช้ (6 , 9 มม.)

11.3 หาระยะห่างของเหล็กปลอกที่ใช้จากสูตร

$S = \frac{Av * fv * d}{V'}$ โดย fv=fs

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12) ตรวจสอบหน่วยแรงยึดเหนี่ยวของคอนกรีตหุ้มเหล็ก (u) จากสูตร

$$u = \frac{V}{\sum o * j * d}$$

6.2 คานต่อเนื่อง

เป็นคานที่มีการต่อเนื่องกันหลายช่วงซึ่งจะต้องทำการวิเคราะห์ทุกช่วงพร้อมกัน เพราะคานแต่ละช่วงจะเกิดการถ่ายโมเมนต์ทำให้เกิดการดัดกลับไปกลับมา ลักษณะของโมเมนต์ที่เกิดขึ้นในชุดคานโดยธรรมดาแล้วจะเกิดโมเมนต์บวกที่กลางช่วงและเกิดโมเมนต์ลบที่บริเวณหัวเสา

ขั้นตอนการคำนวณ

1) สมมติขนาดหน้าตัดคาน กว้าง,ยาว (b*t) ที่เล็กที่สุด ตลอดคานทุกช่วง

2) หา d , d' จาก $d = t - 2$ และ $d' = t - d$

3) รับค่าการถ่ายน้ำหนักแบบจุดเดียวจากคานซอย หน่วยเป็น กก. ,น้ำหนักกระจายของพื้น, น้ำหนักกระจายจากบันได และ น้ำหนักจากตัวของมันเอง (2400*b*t) ของแต่ละช่วง หน่วยเป็น กก/ม.

4) นำค่าน้ำหนักและ ระยะของแรงที่กระทำมาหาค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงคาน โดยวิธีสติฟเนส

5) หาค่าโมเมนต์ที่รับได้เนื่องจากหน้าตัดคอนกรีต ($Mc = R*b*d^2$)

6) เลือกค่าโมเมนต์สูงสุด (Mmax) จากทุกช่วง

7) ตรวจสอบค่า Mmax/Mc จะต้องอยู่ระหว่าง 1 ถึง 1.5

ถ้ามากกว่า 1.5 แสดงว่าคานขนาดนี้จะมีเหล็กเสริมรับแรงอัดมากกว่าเหล็กเสริมรับแรงดึง จะต้องไปทำการเพิ่มหน้าตัดคานที่ข้อ 1)

ถ้าน้อยกว่า 1.5 แต่มากกว่า 1 ก็จะทำการคำนวณในข้อต่อไป

ถ้าน้อยกว่า 1 จะทำการลดขนาดหน้าตัดคานจนกว่าจะเป็นขนาดหน้าตัดที่เล็กที่สุดในข้อ 1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8) นำค่าโมเมนต์บวกและลบของแต่ละช่วงมาหาพื้นที่หน้าตัดเหล็กเสริมที่ต้องใช้ โดยการเปรียบเทียบค่าโมเมนต์ต่างๆ กับ Mc

ถ้า M < Mc

- $As = \frac{M}{fs * j * d}$ d นำมาค่ามาจาก Mc ในข้อ 7)

ถ้า M > Mc

- As รับแรงอัด $= \frac{M - Mc}{fs'*(d - d')}$ โดยที่ $fs' = 2 * fs * \frac{(k - \left(\frac{d'}{d}\right))}{(1-k)}$

- As รับแรงดึง $= \frac{Mc}{fs * j * d} + \frac{(M - Mc)}{fs * (d - d')}$

8) นำ As ที่ได้จากข้อ 7) ทุกค่ามาหาจำนวนเหล็กและขนาดเหล็กเสริม

9) หา V ที่ทุกหัวเสาจากการวิเคราะห์โครงสร้างด้วยวิธีสติฟเนส

10) หา Vc จาก $Vc = 0.29 * \sqrt{fc'}$

11) นำ V ทุกค่ามาเปรียบเทียบกับ Vc แล้วทำการหาขนาดและระยะห่างของเหล็กปลอกดังนี้

ถ้า V < Vc ก็ใช้เหล็กปลอกที่ยอมให้ต่ำสุด คือเหล็ก 6 มม. ระยะห่างไม่เกิน d/2 หรือไม่เกิน 30 ซม.

ถ้า V > Vc ต้องใช้สูตรต่อไปนี้ในการคำนวณหาเหล็กปลอก

11.1 หา V' จาก V' = V - Vc

11.2 กำหนดขนาดเหล็กปลอกที่จะมาใช้ (6 , 9 มม.)

11.3 หาระยะห่างของเหล็กปลอกที่ใช้จากสูตร

$$S = \frac{Av * fv * d}{V'}$$ โดย fv=fs

12) ตรวจสอบหน่วยแรงยึดเหนี่ยวของคอนกรีตหุ้มเหล็ก (u) จากสูตร

$$u = \frac{V}{\sum o * j * d}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13) นำเหล็กเสริมหลักและเหล็กปลอกที่คำนวณได้มาจัด โดยจะต้องดูทั้งคานเพื่อให้เกิดความประหยัดและสามารถทำงานจริงๆ ได้

ข้อกำหนดของคานคอนกรีตเสริมเหล็ก

1) เหล็กเสริมรับแรงดึงจะต้องมีปริมาณในเกณฑ์ที่ค่าของเปอร์เซ็นต์เหล็ก p ไม่น้อยกว่า 14/fy นอกจากนั้นหน้าตัดทุกแห่งตลอดคานจะมีเหล็กเสริมสำหรับโมเมนต์บวกหรือโมเมนต์ลบไม่น้อยกว่า 1.34 เท่าของที่คำนวณได้

2) เหล็กเสริมทางยาวจะต้องมีเนื้อที่หน้าตัดมากพอโดยมีหน่วยแรงดึงไม่เกินค่าที่ยอมให้ ขนาดและจำนวนเหล็กเสริมควรให้พอเหมาะกับความกว้างของเพื่อให้เทคอนกรีตได้สะดวก เมื่อมีเหล็กเสริมมากกว่าหนึ่งชั้นก็ควรจัดเหล็กขนาดใหญ่กว่าวางไว้ล่างและการจัดเหล็กในแต่ละชั้นให้ดูเหมือนกันทั้งสองข้างของแกนในแนวดิ่ง

3) บริเวณที่ต้องใช้เหล็กเสริมรับแรงเฉือน จะต้องจัดให้มีระยะเรียงไม่เกิน d/2 และเหล็กเสริมรับแรงเฉือนจะต้องเสริมให้เลยจุดที่ต้องการทางทฤษฎีออกไปอีกเป็นระยะ d

6.3 การวิเคราะห์โครงสร้างด้วยวิธีสติฟเนส (Stiffness Method)

การวิเคราะห์โครงสร้างด้วยวิธีสติฟเนส แตกต่างกับการวิเคราะห์ด้วยวิธีเฟลกซิบิลิตีคือ แทนที่จะพิจารณาดีกรีอินดีเทอร์มิเนซีสสถิตย์ (Statically Indeterminacy) หรือแรงส่วนเกิน (Redundants) ซึ่งเป็นแรง แต่จะสนใจดีกรีอินดีเทอร์มิเนซีจลน์ (KinamaticallyIndeterminacy) หรือการเปลี่ยนตำแหน่ง (Displacements) หรือเมทริกซ์ {D} ได้ทำการจำแนกเมทริกซ์ {A} ออกเป็นเมทริกซ์ {L} และ {R} ซึ่งเป็นแรงกระทำภายนอกและแรงส่วนเกินตามลำดับ สำหรับการวิเคราะห์โครงสร้างด้วยวิธีสติฟเนส จะแยกเมทริกซ์ {D} ออกเป็น {Dd} ได้แก่ การเปลี่ยนตำแหน่งที่ไม่ทราบค่าที่จุดต่อ (Joints) ต่าง ๆ และ {Ds} หรือการเปลี่ยนตำแหน่งที่ทราบค่าแล้ว เช่น ที่ฐานรองรับ

ข้อแตกต่างดังกล่าวข้างต้น จึงทำให้วิธีเฟลกซิบิลิตีได้ชื่ออีกชื่อหนึ่งว่า วิธีของแรง (Force Method) ส่วนวิธีสติฟเนสก็มีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า วิธีการเปลี่ยนรูป (Deformation Method)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก่อนจะกล่าวถึงรายละเอียดต่อไป จะจำแนกชนิดของแรงกระทำที่จุดต่อและแรงที่กระทำบนองค์อาคาร ซึ่งรวมถึงน้ำหนักแผ่กระจายรูปแบบต่าง ๆ รวมทั้งการนิยามชื่อของแรงเหล่านี้ เพื่อให้เป็นระบบที่จะนำไปใช้ ดังนี้

Aj = แรงกระทำที่จุดต่อ (Actual Joint Actions)

Alj = แรงที่จุดต่อขององค์อาคาร

Aej = แรงเปรียบเทียบที่จุดต่อขององค์อาคาร (Equivalent Joint Actions)

Afj = แรงหรือโมเมนต์ดัดที่ปลายยึดแน่น (Fixed-End Actions)

Acj = ผลรวมของแรง Alj และ Aej (Combined Actions at Joints)

Aej = -Afj

Acj = Alj + Aej

ดังได้กล่าวแล้วว่า การเปลี่ยนตำแหน่ง {D} จำแนกออกเป็น {Dd} และ {Ds} ดังนั้น แรง {A} ต่าง ๆ จึงจำเป็นต้องแยกตัวให้สอดคล้องกับ {D} เช่นกัน

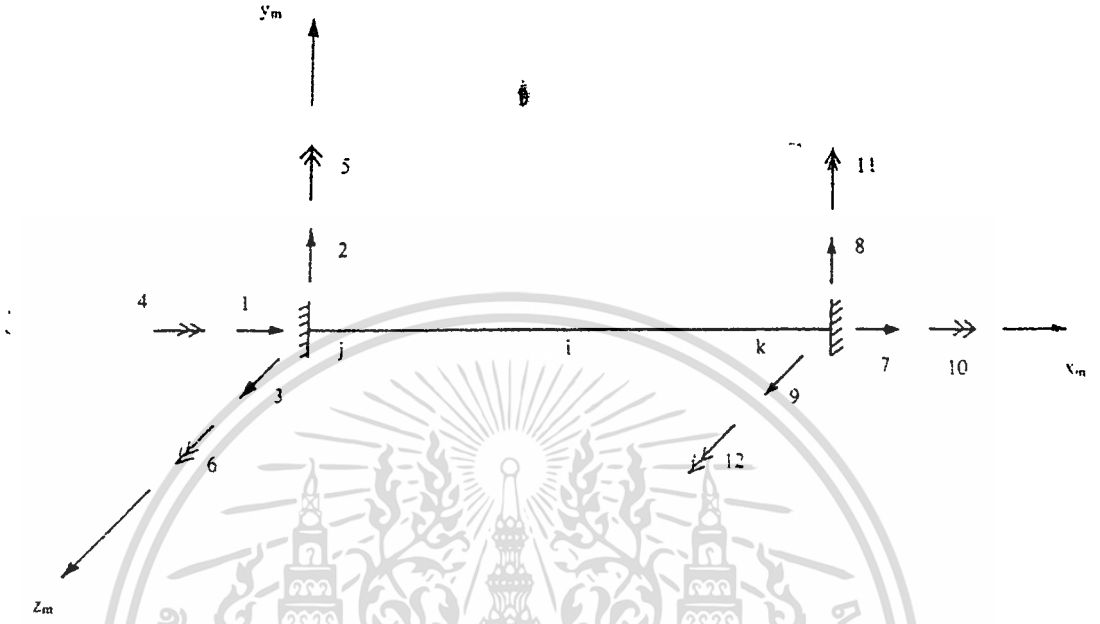
$$\{Aj\} = \left\{\frac{Ad}{As}\right\}$$

$$\{Aej\} = \left\{\frac{Aed}{Aes}\right\} = -\{Afj\} = -\left\{\frac{Afd}{Afs}\right\}$$

$$\{Acj\} = \left\{\frac{Acd}{Acs}\right\} = \left\{\frac{Afd}{Afs}\right\} + \left\{\frac{Aed}{Aes}\right\}$$

การสร้างสมการความสัมพันธ์ต่าง ๆ เริ่มด้วยการคำนวณคุณสมบัติของโครงสร้างในรูปของเมทริกซ์สติฟเนส ซึ่งเริ่มจากการสร้างเมทริกซ์สติฟเนสขององค์อาคาร แล้วจึงนำมารวมกันเป็นเมทริกซ์สติฟเนสของโครงสร้าง

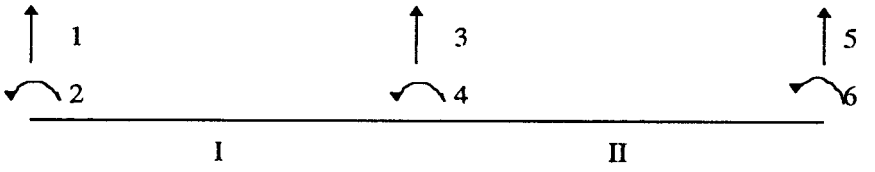
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6.1

รูปที่ 2.6.1 แสดงองค์อาคาร i ใด ๆ มีปลาย j และ k อ้างอิงถึงพิกัดขององค์อาคาร xm,ym และ zm แรงและคู่ควบต่าง ๆ ที่ปลายขององค์อาคารมีทั้งสิ้น 12 ทิศทาง ถ้ากำหนดให้แต่ละทิศทางมีการเปลี่ยนตำแหน่งเป็นระยะ 1 หน่วย เช่น กำหนดให้ทิศทาง 1 ที่ปลาย j เปลี่ยนตำแหน่งไป 1 หน่วย ในขณะที่ตำแหน่งอื่น ๆ (2 ถึง 12) ไม่มีการเคลื่อนที่ ก็จะสามารถคำนวณขนาดของแรง หรือคู่ควบทั้ง 12 ทิศทางที่จะทำให้องค์อาคารอยู่ในภาวะสมดุล ต่อไปให้ทิศทาง 2 เปลี่ยนตำแหน่งไป 1 หน่วย ขณะที่ทิศทางอื่น ๆ ไม่มีการเคลื่อนที่ คำนวณแรงและคู่ควบทั้ง 12 ทิศทาง ทำเช่นนี้เรื่อยไปจนครบทั้ง 12 ทิศทาง จะได้เมทริกซ์สติฟเนสขององค์อาคาร i วิธีการดังกล่าวก็คือ หลักการของสัมประสิทธิ์สติฟเนสนั่นเอง เมทริกซ์สติฟเนสนี้มีขนาด 12x12 เป็นคุณสมบัติขององค์อาคาร i ใด ๆ เพียงองค์อาคารเดียว จึงมีสัญลักษณ์ [Sm]i (Individual Member Stiffness Matrix) เมื่อนำเมทริกซ์สติฟเนสของหลาย ๆ องค์อาคารมาเขียนรวมกัน จะได้เมทริกซ์สติฟเนสของโครงสร้าง [Sm] (System Stiffness Matrix)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6.2

รูปที่ 2.6.2 ประกอบด้วยคาน I และ II ต่อเนื่องกัน โดยที่ปลายของแต่ละคานเป็นจุดต่อหมุน แต่ละคานประกอบด้วยทิศทางการเคลื่อนที่ 4 ทิศทาง ได้แก่ ทิศทาง 1-4 สำหรับคาน I และทิศทาง 3-6 สำหรับคาน II การคำนวณ [Sm]i ใช้หลักการสัมประสิทธิ์สติฟเนส

$$[Sm]1 = EI * \begin{bmatrix} \frac{12}{L^3} & \frac{6}{L^2} & -\frac{12}{L^3} & \frac{6}{L^2} \\ \frac{6}{L^2} & \frac{4}{L} & -\frac{6}{L^2} & \frac{2}{L} \\ -\frac{12}{L^3} & -\frac{6}{L^2} & \frac{12}{L^3} & -\frac{6}{L^2} \\ \frac{6}{L^2} & \frac{2}{L} & -\frac{6}{L^2} & \frac{4}{L} \end{bmatrix}$$

$$[Sm]2 = EI * \begin{bmatrix} \frac{12}{L^3} & \frac{6}{L^2} & -\frac{12}{L^3} & \frac{6}{L^2} \\ \frac{6}{L^2} & \frac{4}{L} & -\frac{6}{L^2} & \frac{2}{L} \\ -\frac{12}{L^3} & -\frac{6}{L^2} & \frac{12}{L^3} & -\frac{6}{L^2} \\ \frac{6}{L^2} & \frac{2}{L} & -\frac{6}{L^2} & \frac{4}{L} \end{bmatrix}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คานที่ I และ II ใช้ทิศทางการเคลื่อนที่ร่วมกันที่ทิศทาง 3 และ 4 เมื่อนำ [Sm]I และ [Sm]II มาเขียนรวมกันเป็น [Sm] สมาชิกเมทริกซ์ส่วนที่เกี่ยวข้องกับทิศทาง 3 และ 4 ต้องนำมารวมกันซึ่งจะกลายเป็นเมตริกซ์ 6*6

การนำเมทริกซ์ [Sm]i มารวมกันในลักษณะนี้ อาจทำให้เมทริกซ์ [Sm] มีโอกาสเป็นเมทริกซ์ซิงกูลาร์ (Singular Matrix) ซึ่งทำให้หาส่วนกลับไม่ได้ จึงจำเป็นต้องจัดเรียงเทอมต่าง ๆ ของเมทริกซ์ [Sm] เสียใหม่ โดยแยกเทอมจำพวก d และ s ให้สอดคล้องกับการแยก {D} ออกเป็น {Dd} และ {Ds} ด้วยเมทริกซ์ [Sm] ที่ถูกจัดเทอมใหม่นี้มีชื่อเรียกว่าเมทริกซ์สติฟเนสของระบบที่จุดต่อ (System Joint Stiffness Matrix) ใช้สัญลักษณ์ [Sj]

$$[Sj] = \left[\begin{array}{c|c} Sdd & Sds \\ \hline Ssd & Sss \end{array}\right]$$

(d+s)*(d+s)

ความสัมพันธ์ทั่วไประหว่างแรงและการเปลี่ยนตำแหน่งของโครงสร้างใด ๆ

$$\{Aj\} = [Sj]\{Dj\}$$

หรือ

$$\left\{\begin{array}{c} Ad \\ \hline As \end{array}\right\} = \left[\begin{array}{c|c} Sdd & Sds \\ \hline Ssd & Sss \end{array}\right] \left\{\begin{array}{c} Dd \\ \hline Ds \end{array}\right\}$$

ดังได้กล่าวแล้วว่า {Ds} คือ การเปลี่ยนตำแหน่งที่ทราบค่า เช่น ที่ฐานรองรับประเภทไม่มีการเคลื่อนตัว หรือ {Ds} = 0 เป็นต้น

$$\{Ad\} = [Sdd]\{Dd\}$$

หรือ

$$\{Dd\} = [Sdd]\text{-}1\{Ad\}$$

ในกรณีที่มีแรงกระทำบนองค์อาคารนอกเหนือไปจากแรงที่กระทำที่จุดต่อสมการข้างต้น จะเปลี่ยนเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\{Dd\} = [Sdd]\text{-}1\{Acd\}$$

การคำนวณแรงปฏิกิริยา ซึ่งจะเรียกว่า {Ars}

$$\{As\} = [Ssd]\{Dd\} \quad \text{(สำหรับ } \{Ds\} = 0\text{)}$$

เมทริกซ์ {Acs} จากสมการ คือ ผลรวมของแรงที่กระทำที่จุดต่อที่เป็นฐานรองรับ ดังนั้นส่วนหนึ่งของแรงปฏิกิริยาที่จะต่อต้านกับแรงกระทำ {Acs} นี้คือ ผลลบของ {Acs} ดังนั้น

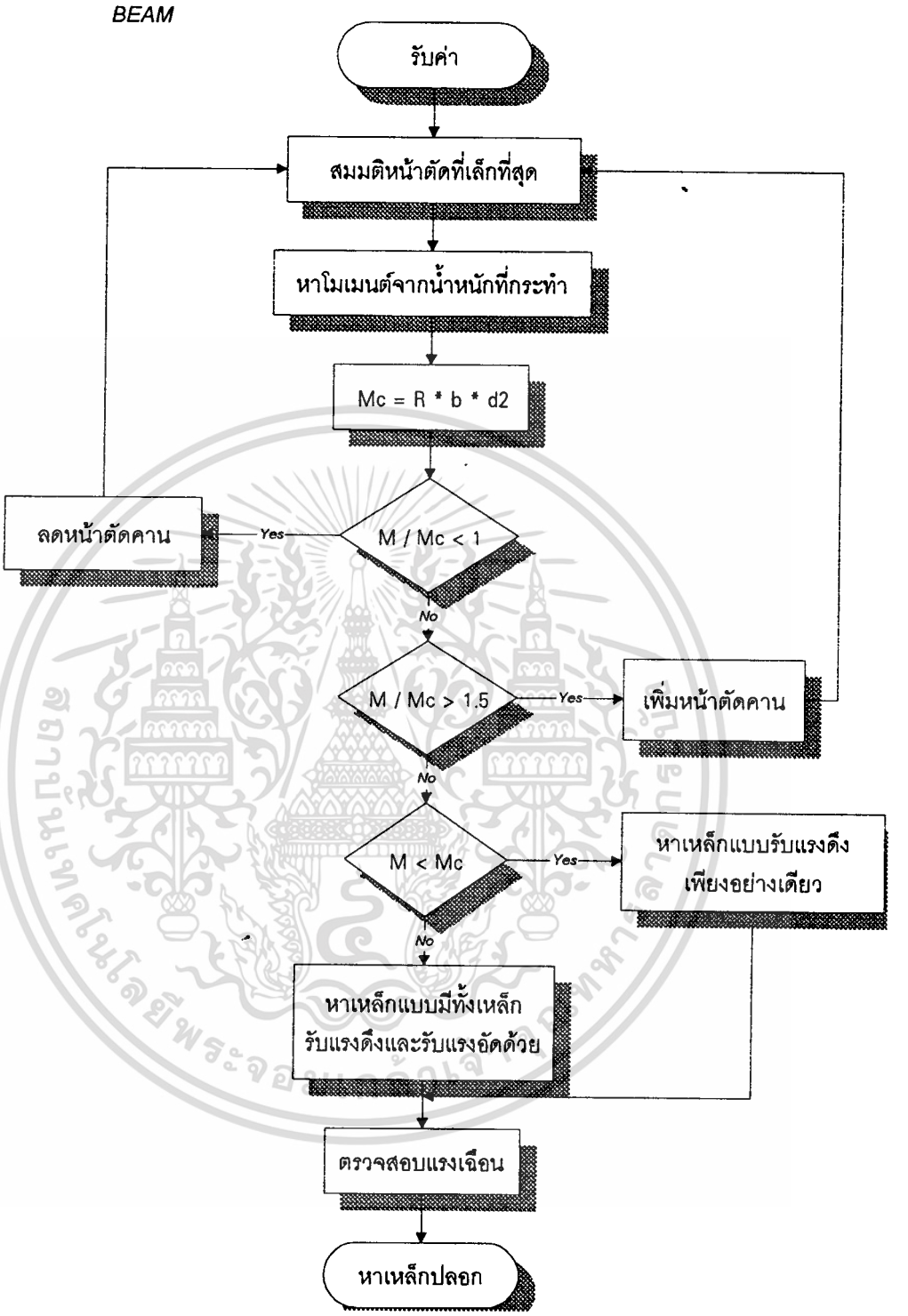
$$\{Ars\} = -\{Acs\} + [Ssd]\{Dd\}$$

นอกเหนือจากค่า {Dd} และ {Ars} แล้วยังมีแรงอีกชุดหนึ่ง คือ {Ami} หรือแรงที่ปลายองค์อาคารซึ่งมีความสำคัญต่อการนำผลการวิเคราะห์ไปใช้ในการออกแบบ เช่น เขียนไดอะแกรมแรงเฉือน และ ไดอะแกรมโมเมนต์ดัด

$$\{Am\}i = \{Afm\}i + [Sm]i\{Dm\}i$$

สัญลักษณ์ m ที่ใช้ในสมการข้างต้น หมายถึง องค์อาคาร (Member) และสัญลักษณ์ i หมายถึงหมายเลขของแต่ละองค์อาคาร (Individual) ค่า {Dm}i คือ ค่าบางส่วนของ {Dd} ที่คำนวณได้จากสมการข้างต้น เพราะค่า {Ds} เป็นค่าการเปลี่ยนตำแหน่งที่จุดต่อต่าง ๆ ของโครงสร้าง ในขณะที่ {Dm}i คือ การเปลี่ยนตำแหน่งที่ปลายองค์อาคารใด ๆ ซึ่งมีค่าเท่ากับการเปลี่ยนตำแหน่งที่จุดต่อที่องค์อาคารนั้น ๆ บรรจบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



โฟลว์ชาร์ตแสดงการคำนวณคาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.กำแพงคอนกรีตเสริมเหล็กรับแรงลม (ช่องลิฟท์)

ระบบของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีจำนวนชั้นตั้งแต่ 20 ชั้นขึ้นไปจะต้องสนใจในเรื่องของแรงด้านข้างที่เนื่องมาจากแรงลม เพราะจะทำให้เกิดผลต่อโครงสร้างเป็นอย่างมาก การที่จะทำการออกแบบอาคารเป็นระบบที่ให้เสาในอาคารทำหน้าที่รับโมเมนต์ไปทั้งหมดเพียงอย่างเดียว ถือว่าเป็นการยากที่จะทำได้ เพราะระบบที่ให้เสารับโมเมนต์เพียงผู้เดียวจะก่อให้เกิดการเอนตัวขึ้นสูงซึ่งจะทำให้มีโอกาสการ fail ของโครงสร้างขึ้นได้ ดังนั้นจึงต้องมีการหาโครงสร้างที่สามารถรับแรงทางข้างได้เป็นอย่างดีมาช่วยในการรับแรงลมเพื่อเสริมความแข็งแรงให้กับอาคาร เพราะพฤติกรรมของการเอนตัวของโครงสร้างทั้งสองแบบนั้นจะมีความแตกต่างกัน ซึ่งจะเป็นการเพิ่มความสามารถในการรับกำลังได้เมื่อนำมาใช้ร่วมกัน แต่กระนั้นระบบของอาคารแบบดังที่กล่าวมานี้ถ้าเกิดมีความสูงเกินกว่า 35 ชั้นขึ้นไปจะใช้ได้ไม่ดีเท่าที่ควรหรืออาจจะทำให้ค่าก่อสร้างมีราคาแพงมากโดยไม่จำเป็น

การคำนวณออกแบบช่องลิฟท์จะประกอบไปด้วยกำแพงรับแรงคอนกรีตเสริมเหล็กที่รับน้ำหนักทางแนวดิ่งประกอบกับแรงทางแนวราบซึ่งได้แก่แรงลม ซึ่งจะทำการออกแบบเสมือนว่าเป็นเสาปลอกเดี่ยว โดยใช้อัตราส่วนของเหล็กเสริมในแนวตั้ง (pg) ไม่เกินกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2) เปรียบเทียบค่า Vc กับ V

- ถ้า Vc มากกว่า V ก็กลับไปทำในข้อ 1) โดยการเพิ่มหน้าตัดเพิ่มค่า b ทีละ 2.5 ซม.
- ถ้า Vc น้อยกว่า V แสดงว่าใช้ได้

7) ออกแบบเหล็กเสริมรับโมเมนต์ดัด

7.1) นำมาค่า b ที่ได้จากข้อ 6) มาหาค่า Mc จาก $Mc = R*b*d^2$

7.2) ตรวจสอบค่า M/Mc จะต้องมีค่าน้อยกว่า 1.2 ถ้ามีค่ามากกว่า จะต้องกลับไปเพิ่มหน้าตัดในข้อ 1) โดยการเพิ่ม b ทีละ 2.5 ซม.

7.3) หาขนาดของเหล็กเสริมที่ต้องใช้จากสูตร

$$As = \frac{Mc}{fs * j * d} + \frac{M - Mc}{fs * (d - d') * t}$$

โดยที่ $d' = t - d$

8) ตรวจสอบการรับน้ำหนักของกำแพง

8.1) จาก As ที่ได้ในข้อที่ 7) นำมาจัดเหล็กซึ่งจำนวนเหล็กที่ได้คือเหล็กเสริมเพียงด้านเดียว เพราะฉะนั้นจะต้องทำการเสริมเหล็กให้เหมือนกันอีกด้าน

8.2) นำ As จริงที่ใช้มาหาค่า pg จากสูตร $pg = As/b*t$

8.3) เปรียบเทียบค่า pg ว่าอยู่ในช่วง 0.01 - 0.04 หรือไม่

ถ้าน้อยกว่าต้องทำการเพิ่มจำนวนเหล็กเสริม โดยทำการเพิ่มทีละ 2 เส้น

ถ้ามากกว่าต้องกลับไปทำการเพิ่มขนาดหน้าตัด โดยการเพิ่มค่า b ทีละ 2.5 ซม. ในข้อ 1)

8.4) หาค่า d' จาก $d' = t - d$

8.5) หาค่า $I = \frac{1}{12} * b * t^3$, $m = \frac{fy}{0.85 * fc'}$,

8.6) หาค่าระยะเยื้องศูนย์สมดุลย์ $eb = (0.67*pg*m + 0.17) * (t - d')$

8.7) หาค่า $e = M/P$

8.8) เปรียบเทียบค่า e กับ eb

ถ้า $e < eb$ ทำตามวิธีในข้อ 8.9)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้า e > eb ทำตามวิธีในข้อ 8.10)

8.9) ในกรณีที่ e < eb จะเป็นการพิจารณาแบบแรงอัดเป็นหลัก คือ ทำการหาค่าต่างๆ ต่อไปนี้

$Fa = 0.34*(1 + pg*m)*fc'$

$Fb = 0.45*fc'$

$fa = P/(b*t)$

$fb = M*(t/2)/I$

แล้วนำมาทำการแทนค่าลงในสูตรต่อไปนี้ $\frac{fa}{Fa}+\frac{fb}{Fb}$ เทียบกับ 1

ถ้ามากกว่า 1 จะต้องทำการกลับไปเพิ่มค่า b ทีละ 2.5 ซม. ในข้อ 1)

ถ้าน้อยกว่า 1 แสดงว่ากำแพงนี้สามารถรับน้ำหนักได้

8.10) ในกรณีที่ e > eb จะต้องพิจารณาเป็นแบบรับแรงดึงเป็นหลักซึ่งจะทำการนำค่าต่างๆ ที่คำนวณได้มาดังนี้ Fa,Fb,eb,b,t,I,As

8.10.1) ทำการหาค่า Pb จากสมการต่อไปนี้

$$\frac{Pb/(b*t)}{Fa}+\frac{Pb*eb*(t/2)/I}{Fb}=1$$

8.10.2) หา $Mo = 0.40*As*fy*(t - (2*d'))$

8.10.3) หา $P' = Pb*(M - Mo)/(Mb - Mo)$

8.10.4) นำ P' เปรียบเทียบกับ P

ถ้า P' > P ต้องทำการเพิ่มค่า b ทีละ 2.5 ซม.ทำใหม่ในข้อ 1)

ถ้า P' < P แสดงว่ากำแพงนี้สามารถรับน้ำหนักได้

9) หาเหล็กเสริมระหว่างกำแพง

เหล็กทางตั้ง $As = 0.0015*t*b$

เหล็กทางนอน $As = 0.0025*t*b$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อกำหนดเกี่ยวกับกำแพงคอนกรีตเสริมเหล็ก

1) ความหนาของกำแพงที่ใช้ในการรับน้ำหนัก

- ต้องไม่น้อยกว่า 1/25 ของความสูงหรือความกว้างในช่วงที่ไม่มีการจับยึด ทั้งนี้ให้ใช้ค่าที่น้อยกว่า

- กำแพงด้านนอกของห้องใต้ดิน หรือ กำแพงฐานราก ต้องไม่น้อยกว่า 15 ซม.

2) เนื้อที่หน้าตัดของเหล็กเสริมในกำแพง

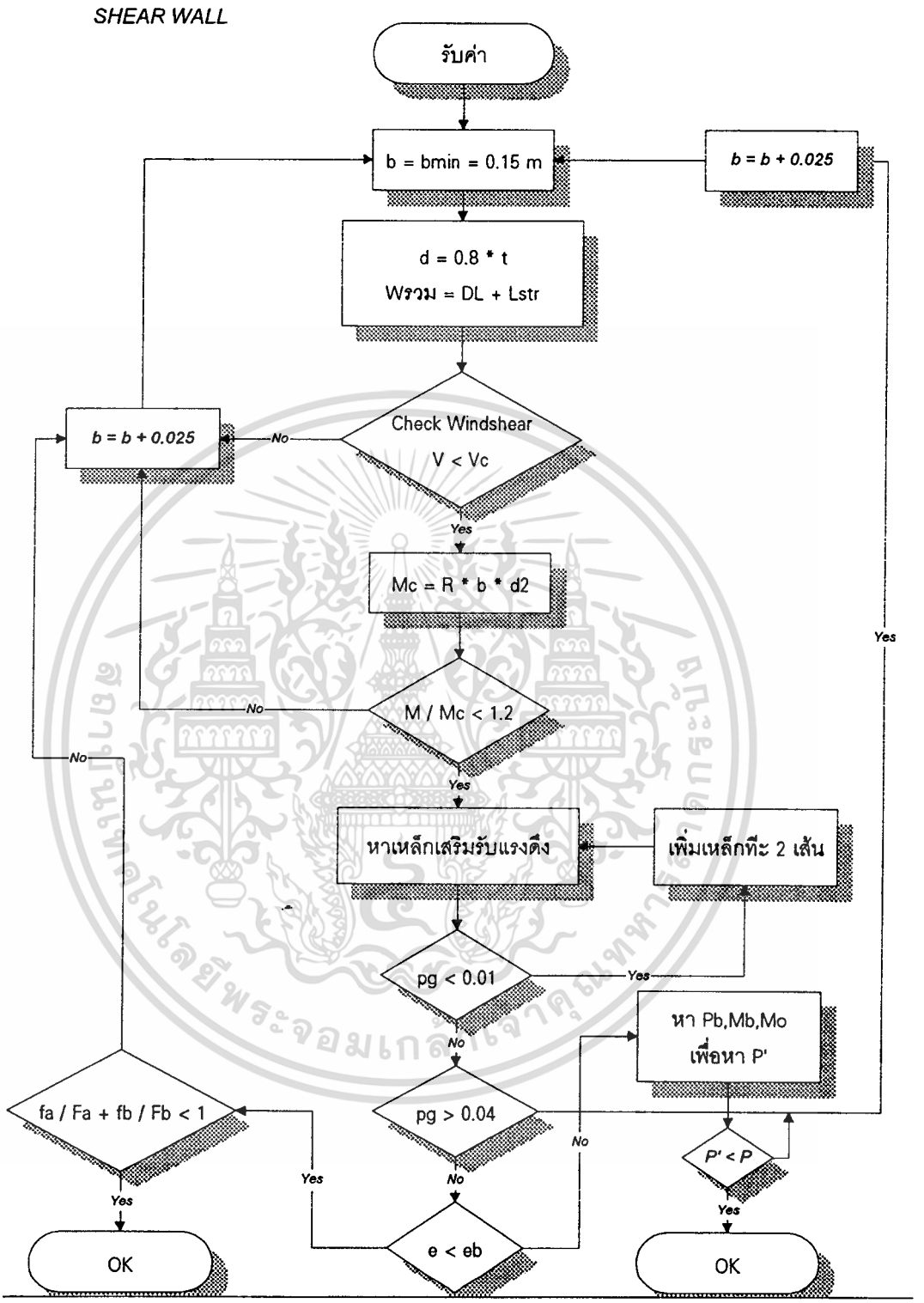
- สำหรับเหล็กเสริมในแนวดิ่ง ต้องไม่น้อยกว่า 0.0015 ของเนื้อที่หน้าตัดผนัง

- สำหรับเหล็กเสริมตามแนวราบ ต้องไม่น้อยกว่า 0.0025 ของเนื้อที่หน้าตัดผนัง

3) การจัดเหล็กเสริม

- เหล็กเสริมในผนังต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า 9 มม. และระยะเรียงไม่เกิน 30 ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



โฟลว์ชาร์ตแสดงการคำนวณกำแพงคอนกรีตเสริมเหล็กรับแรงลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก

เสาเป็นส่วนของอาคารในแนวดิ่งที่รับแรงอัด หรือทั้งแรงอัดและแรงอัดร่วมกันที่ได้จากการถ่ายน้ำหนักบรรทุกจากคาน หรือแผ่นพื้นไร้คาน

เนื่องจากในการคำนวณหาเสาในโปรแกรมนี้ เป็นการคำนวณหาเสาที่ใช้ในอาคารสูง ดังนั้นจึงต้องคำนึงถึงการรับโมเมนต์ของเสาอันเนื่องมาจากแรงลมด้วย

8.1 เสาสั้นรับน้ำหนักตามแกน

เสาเป็นส่วนของอาคารที่รับน้ำหนักในแนวดิ่งทั้งแรงอัดและแรงดัดร่วมกันได้ มีทั้งแบบหน้าตัดกลมและแบบหน้าตัดเหลี่ยม ส่วนการพันเหล็กรอบเหล็กยืนหากพันต่อเนื่องกันเรียกว่า *เสาปลอกเกลียว* หากพันเป็นปลอกเดี่ยวเว้นระยะ เรียกว่า *เสาปลอกเดี่ยว*

เสาปลอกเกลียว

คำนวนกำลังรับน้ำหนักปลอดภัยโดยใช้สูตร

$$P = A_g(0.25fc' + f_s p_g)$$

เสาปลอกเดี่ยว

คำนวนกำลังรับน้ำหนักปลอดภัยโดยใช้สูตร

$$P = 0.85A_g(0.25fc' + f_s p_g)$$

โดย p = กำลังรับน้ำหนักปลอดภัยตามแนวแกนของเสา

A_g = เนื้อที่หน้าตัดทั้งหมดของคอนกรีต

fs = หน่วยแรงอัดยอมให้ของเหล็กเสริม

= 0.4 fy ไม่เกิน 2100 kg/cm^2

p_g = อัตราส่วนหน้าตัดเหล็กยืนต่อหน้าตัดคอนกรีตทั้งหมด

fc' = กำลังอัดประลัยของคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อกำหนดเกี่ยวกับเสา

1. อัตราส่วน ความสูงต่อด้านแคบของเสาไม่ควรเกิน 15 มิฉะนั้นจะต้องลดกำลังรับน้ำหนักของเสา

2. เนื้อที่หน้าตัดของเหล็กยืน ต้องอยู่ในระหว่าง 1-8 %ของเนื้อที่หน้าตัดAg และมีขนาดไม่เล็กกว่า 12 มม. เสาเหลี่ยมต้องมีเหล็กยืนอย่างน้อย 4 เส้นและเสากลมต้องมีอย่างน้อย 6 เส้น

3.ช่องว่างระหว่างเหล็กยืนของเสาต้องไม่น้อยกว่า 1.5 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็กหรือ 1.5 เท่าของวัสดุหยาบที่สุด หรือ 4 ซม.

4.ปลอกเกลียวต้องมีปริมาณไม่น้อยกว่าที่คำนวณจาก

$$ps = 0.45 * \left[\frac{Ag}{Ac} - 1 \right] * \frac{fc'}{fy}$$

เมื่อ P_s = อัตราส่วนระหว่างปริมาตรของเหล็กปลอกเกลี่ยวกับปริมาตรของแดนเสาวัดที่ขอบนอก ของเหล็กปลอกเกลียว

f_y = กำลังคลากของเหล็กปลอกเกลียวแต่ไม่เกิน 4200 กก./ซม^2.

A_c = เนื้อที่หน้าตัดแกนคอนกรีตภายในศูนย์กลางของเหล็กปลอกเกลียว

A_g = เนื้อที่หน้าตัดทั้งหมดของปลอกเกลียว

5. เสาปลอกเกลียวและเสาปลอกเดี่ยว คอนกรีตหุ้มเหล็กที่หล่อเป็นเนื้อเดียวกับแกนคอนกรีต หนาไม่น้อยกว่า 3 ซม.

6. เสาปลอกเดี่ยวต้องใช้เหล็กปลอกไม่เล็กกว่า 6 มม.ระยะห่างไม่เกิน 16 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็กยืนหรือ 48 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็กปลอก และไม่ห่างกันมากกว่าด้านแคบของเสา

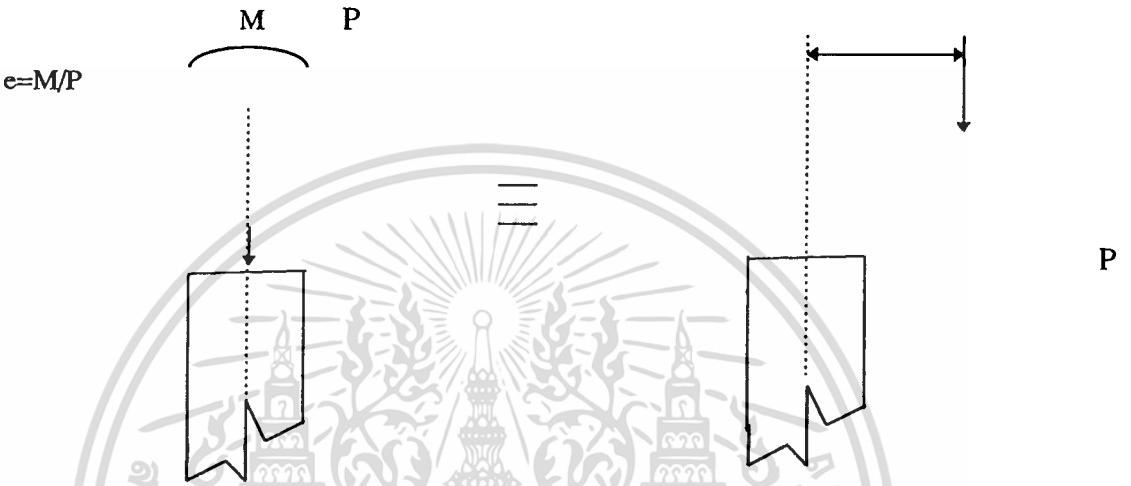
7. เหล็กปลอกเกลียวของเสาต้องพันต่อเนื่องสม่ำเสมอมีระยะห่างไม่เกิน 7 ซม. และไม่แคบกว่า 3 ซม. เส้นผ่านศูนย์กลางเหล็กปลอก เกลียวต้องไม่เล็กกว่า 6 มม.

8. เสาปลอกเกลียวที่มีหน้าตัดมากกว่าความต้องการในการรับน้ำหนักมากๆ การหาปริมาณเหล็กเสริมน้อยที่สุดนี้ยอมให้ใช้ A_g เพียงครึ่งเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.2 เสาสั้นรับน้ำหนักเยื้องศูนย์

ในการคำนวณหาเสาที่รับโมเมนต์ เมื่อมีแรงกระทำในแนวแกนเท่ากับ P และต้องรับโมเมนต์ดัด M พร้อมกัน อาจพิจารณาได้ว่า แรงกระทำ P เป็นแรงเยื้องศูนย์ โดยมีระยะเยื้องศูนย์ วัดจากศูนย์ กลางของหน้าตัดเท่ากับ M/P ดังรูป



รูปที่ 2.8.1

ค่าหน่วยแรงในแนวแกนและหน่วยแรงดัดไม่สามารถนำมารวมกันโดยตรงได้ ต้องพิจารณาโดยอัตราส่วนของหน่วยแรงที่เกิดขึ้นจริงกับที่ยอมให้หน่วยแรง จากนั้นจึงพิจารณาผลรวมของอัตราส่วนของหน่วยแรงในแนวแกน และโมเมนต์ทางแกน X และ Y รวมกันไม่เกิน1

$$fa/Fa + fbx/Fbx + fby/Fby < 1$$

fa คือหน่วยแรงอัดที่เกิดในแนวแกน = P/Ag

fbx คือหน่วยแรงดัดที่เกิดขึ้นรวบแกน x = Mx Cx/Ix

fby คือหน่วยแรงดัดที่เกิดขึ้นรวบแกน y = My Cy/Iy

Fa คือหน่วยแรงอัดที่ยอมให้ของคอนกรีต = $0.34(1+Pgm)fc'$

Fb คือหน่วยแรงดัดที่ยอมให้ของคอนกรีต = $0.45fc'$

โดย $m = fy/0.85fc'$

$P_g = Ast/Ag$

$P = As/bd$

และ $P' = As'/bd$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ค่าโมเมนต์อินเนอร์เชีย</u>

คำนวณจากสูตรสำเร็จดังต่อไปนี้

1. หน้าตัดเสารูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส เสริมเหล็กรับแรงดึงและแรงอัดเหมือนกัน

ปลอกเกลียว ; $e_{bx} = e_{by} = 0.43Pgm\ Ds + 0.14t$

ปลอกเดี่ยว ; $e_{bx} = e_{by} = [0.67Pgm+0.17](t-d')$

2. หน้าตัดกลม

ปลอกเกลียว ; $e_{bx} = e_{by} = 0.43Pgm\ Ds + 0.14D$

3. หน้าตัดเสารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

ปลอกเกลียว ; $e_{bx} = [0.67Pgm+0.17](t-d')$

$e_{by} = [0.67Pgm+0.17](b-d')$

ปลอกเดี่ยว ;

$$ebx = \frac{p'm(t-2d')+0.1(t-d')}{(p'-p)m+0.6}$$

$$eby = \frac{p'm(b-2d')+0.1(b-d')}{(p'-p)m+0.6}$$

<u>คุณสมบัติของหน้าตัด</u>

มีค่าต่างๆในการคำนวณดังนี้

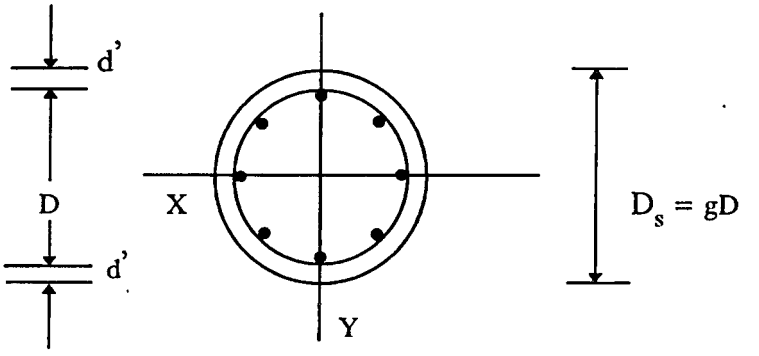
1. หน้าตัดกลม

โมเมนต์อินเนอร์เชีย $I_x = I_y = (\pi D^4/64) + Ast(2n-1)Ds^2/8$

เนื้อที่หน้าตัดคอนกรีต $Ag = \pi D^2/4$

ระยะ $C_x = C_y = D/2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8.2

2. หน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า เหล็กยืนเหมือนกันทั้ง 4 ด้าน

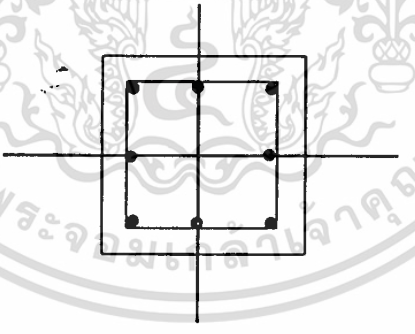
โมเมนต์อินเนอร์เชีย $I_x = 1/12 * bt^3 + (2n-1)Ast\ (gt^2)/2$

$I_x = 1/12 * b^3 t + (2n-1)Ast\ (gb^2)/2$

เนื้อที่หน้าตัดคอนกรีต $Ag = bt$

ระยะ $C_x = b/2$

$C_y = t/2$



รูปที่ 2.8.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า เหล็กยืนเหมือนกัน 2 ด้าน

โมเมนต์อินเนอร์เชีย $I_x = 1/12 * bt^3 + (2n-1)Ast\ (gt^2)/6$

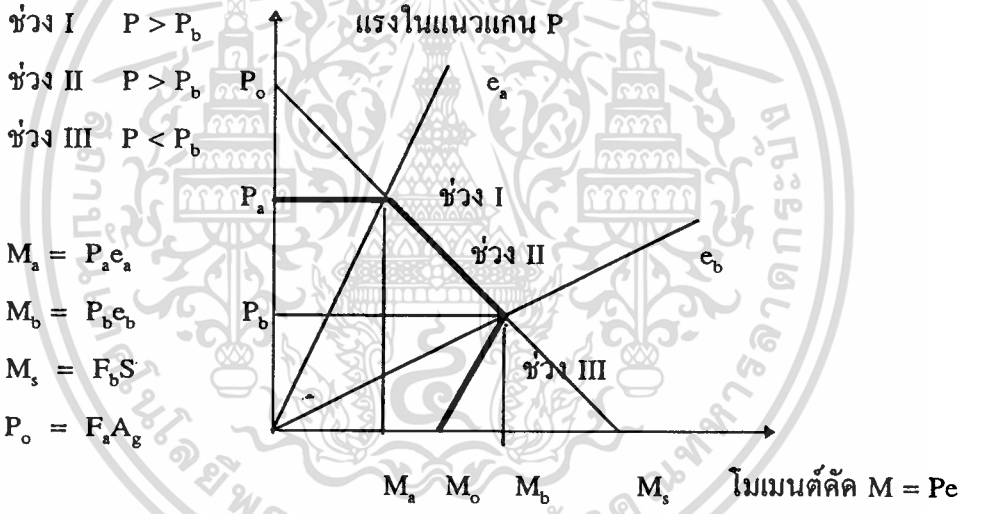
$I_x = 1/12 * b^3t + (2n-1)Ast\ (gb^2)/6$

เนื้อที่หน้าตัดคอนกรีต $Ag = bt$

ระยะ $C_x = b/2$

$C_y = t/2$

8.4.3 การพิจารณาออกแบบเสา เมื่อเสามีแรงในแนวแกน P และโมเมนต์กระทำมี ระยะเยื้องศูนย์ $e = M/P$ ให้พิจารณาการออกแบบเสาแบ่งออกเป็น 3 ช่วงดังในรูปที่ 2.8.4



รูปที่ 2.8.4

ช่วงที่ I เมื่อ $e<e_a$ให้ออกแบบเป็นเสารับแรงในแนวแกนล้วน

ระยะเยื้องศูนย์ $e_a = Ms((1/P_a) - (1/P_0))$

เมื่อ P_a = ค่าที่คำนวณได้จากสมการการคำนวณเสา

$P_o = F_aA_g$

$M_s = F_bS$

โมดูลัสหน้าตัด $S = I/C$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วงที่ II เมื่อ $e_b > e > e_a$ ให้ออกแบบโดยมีแรงอัดเป็นหลัก และระยะเยื้องศูนย์สมดุลย์ e_b คำนวณจากสมกาขางต้น

ช่วงที่ III เมื่อ $e > e_b$ ให้ออกแบบโดยมีแรงดึงเป็นหลัก ค่าโมเมนต์ M ให้ถือว่าเป็นสัดส่วนกับค่า M_0 (ที่ $P = 0$) และค่า M_b (ที่คำนวณจากค่า $M_b = P_b e_b$) ค่า e_b และค่า P_b คำนวณจากสมการข้างต้น

ส่วนค่า M_o คำนวณจากสมการต่อไปนี้

เสาหน้าตัดกลมและสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีปลอกเกลียว :

$$M_{ox} = M_{oy} = 0.12\ A_{st} f_y D_s$$

เสาหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีปลอกเดี่ยว :

$$M_{ox} = 0.40\ A_s f_y (t-2d')$$

$$M_{oy} = 0.40\ A_s f_y (b-2d')$$

เสาหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีปลอกเกลียวและมีสองด้านไม่เหมือนกัน :

$$M_{ox} = 0.40\ A_s f_y (j_x) (t-d')$$

$$M_{oy} = 0.40\ A_s f_x (j_y) (b-d')$$

ในที่นี้ A_{st} = เนื้อที่หน้าตัดเหล็กเสริมตั้งทั้งหมด

A_s = เนื้อทีหน้าตัดเหล็กเสริมรับแรงดึง

$j_x(t-d')$ และ $j_y (b-d')$ = ช่วงแขนโมเมนต์

เมื่อเสาต้องรับโมเมนต์ทั้งแกน x และแกน y พร้อมกัน ต้องตรวจสอบความปลอดภัยจากสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปสูตรการคำนวณเสาสั้นรับน้ำหนักเยื้องศูนย์

1. การหาระยะเยื้องศูนย์

$$e = M/P$$

e = ระยะเยื้องศูนย์

M = โมเมนต์ดัด

P = แรงตามแนวแกน

2. ความกว้างต่ำสุดของเสา

$$t = h/15$$

h = ความสูงของเสา

3. ระยะเยื้องศูนย์สมดุลย์(e_b)

1. หน้าตัดเสารูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส เสริมเหล็กรับแรงดึงและแรงอัดเหมือนกัน

ปลอกเกลียว ; $e_{bx} = e_{by} = 0.43Pgm\ Ds + 0.14t$

ปลอกเดี่ยว ; $e_{bx} = e_{by} = [0.67Pgm+0.17](t-d')$

2. หน้าตัดกลม

ปลอกเกลียว ; $e_{bx} = e_{by} = 0.43Pgm\ Ds + 0.14D$

3. หน้าตัดเสารูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

ปลอกเกลียว ; $e_{bx} = [0.67Pgm+0.17](t-d')$

$e_{by} = [0.67Pgm+0.17](b-d')$

ปลอกเดี่ยว ; $ebx = \dfrac{p'm(t-2d')+0.1(t-d')}{(p'-p)m+0.6}$

$eby = \dfrac{p'm(b-2d')+0.1(b-d')}{(p'-p)m+0.6}$

4. หน่วยแรงดัดที่ยอมให้ของคอนกรีต

$$Fb = 0.45fc'$$

5. หน่วยแรงอัดที่ยอมให้ของคอนกรีต

$$Fa = 0.34(1+Pgm)fc'$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย $m = fy/0.85fc'$

$P_g = Ast/Ag$

$P = As/bd$

และ $P' = As'/bd$

6. <u>คุณสมบัติของหน้าตัด</u>

6.1 หน้าตัดกลม

โมเมนต์อินเนอร์เชีย $I_x = I_y = (\pi D^4/64) + Ast(2n-1)Ds^2/8$

เนื้อที่หน้าตัดคอนกรีต $Ag = \pi D^2/4$

ระยะ $C_x = C_y = D/2$

6.2 สี่เหลี่ยมผืนผ้า

เรียงเหล็กเหมือนกันทั้ง 4 ด้าน

โมเมนต์อินเนอร์เชีย $I_x = (1/12)bt^3 + (2n-1)As\,(gt)^2/6$

$I_y = (1/12)b^3t + (2n-1)As\,(gb)^2/6$

$Ag = bt$

$Cx = b/2$

$Cy = t/2$

เรียงเหล็กเหมือนกัน 2 ด้านที่ขนานกัน

โมเมนต์อินเนอร์เชีย $I_x = (1/12)bt^3 + (2n-1)As\,(gt)^2/4$

$I_y = (1/12)b^3t + (2n-1)As\,(gt)^2/4$

7. <u>การหาค่า e_a</u>

$e_a = Ms((1/P_a) - (1/P_0))$

P_a = Pจากการหาเสารับแรงในแนวแกนล้วน

$P_0 = Fa\,Ag$

$Ms = Fb\,S$

$S = I/C$ = โมดุลัสหน้าตัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. $fa/Fa + fbx/Fbx + fby/Fby < 1$

fa คือหน่วยแรงอัดที่เกิดในแนวแกน $= P/Ag$

fbx คือหน่วยแรงดัดที่เกิดขึ้นรวบแกน x $= Mx\ Cx/Ix$

fby คือหน่วยแรงดัดที่เกิดขึ้นรวบแกน y $= My\ Cy/Iy$

Fa คือหน่วยแรงอัดที่ยอมให้ของคอนกรีต $= 0.34(1+Pgm)fc'$

Fb คือหน่วยแรงดัดที่ยอมให้ของคอนกรีต $= 0.45fc'$

โดย $m = fy/0.85fc'$

$P_g = Ast/A$

$P = As/bd$

และ $P' = As'/bd$

9. การหาค่า M_0

สี่เหลี่ยมผืนผ้าปลอกเดี่ยว

$M_{0x} = 0.4As\ fy\ (t-2d')$

$M_{0y} = 0.4As\ fy\ (b-2d')$

สี่เหลี่ยมผืนผ้าปลอกเกลียว 2 ด้านไม่เหมือนกัน

$M_{0x} = 0.4As\ fy\ (j_x)\ (t-2d')$

$M_{0y} = 0.4As\ fy\ (j_x)\ (t-2d')$

โดย Ast = เนื้อที่หน้าตัดเหล็กเสริมทั้งทั้งหมด

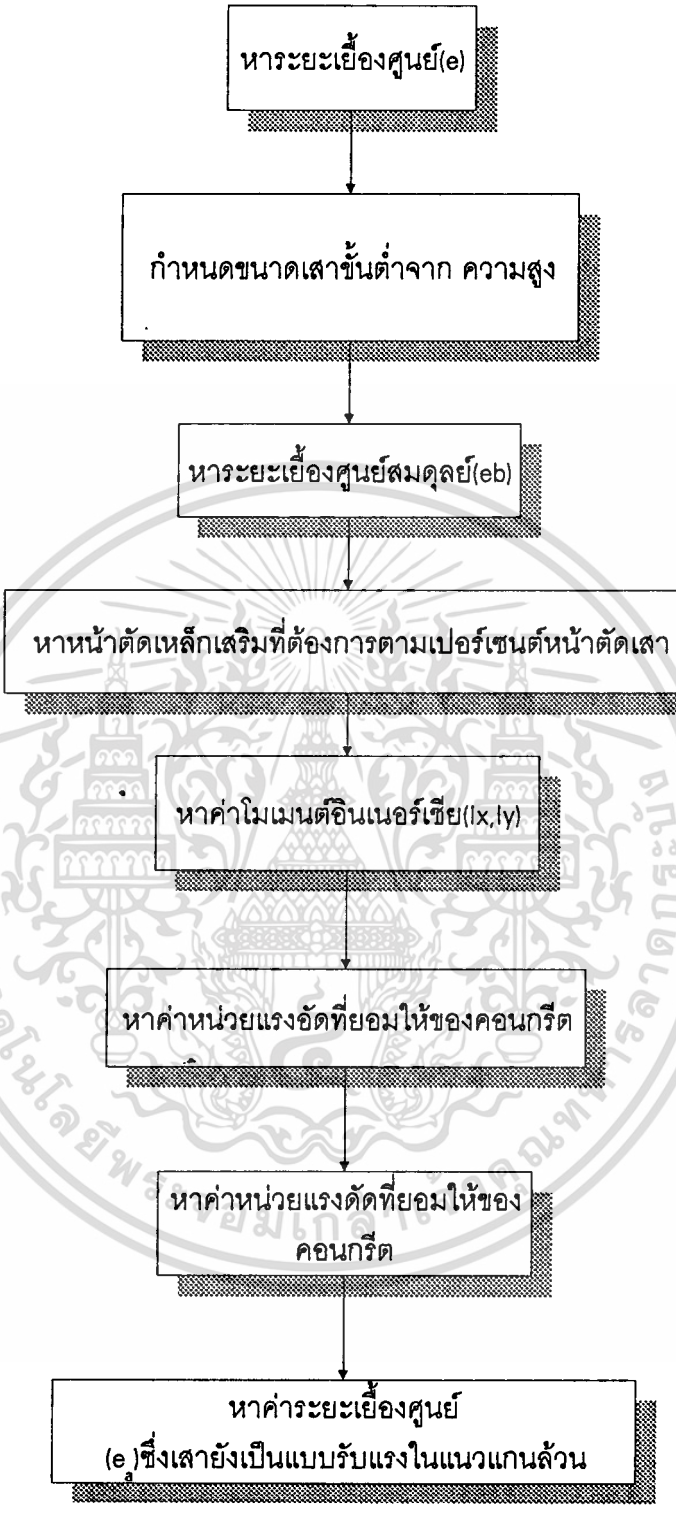
As = เนื้อที่หน้าตัดเหล็กเสริมรับแรงดึง

$(j_x)\ (t-2d')$ และ $(j_x)\ (t-2d')$ = ช่วงแขนโมเมนต์

ตรวจสอบสมการปลอดภัยจาก

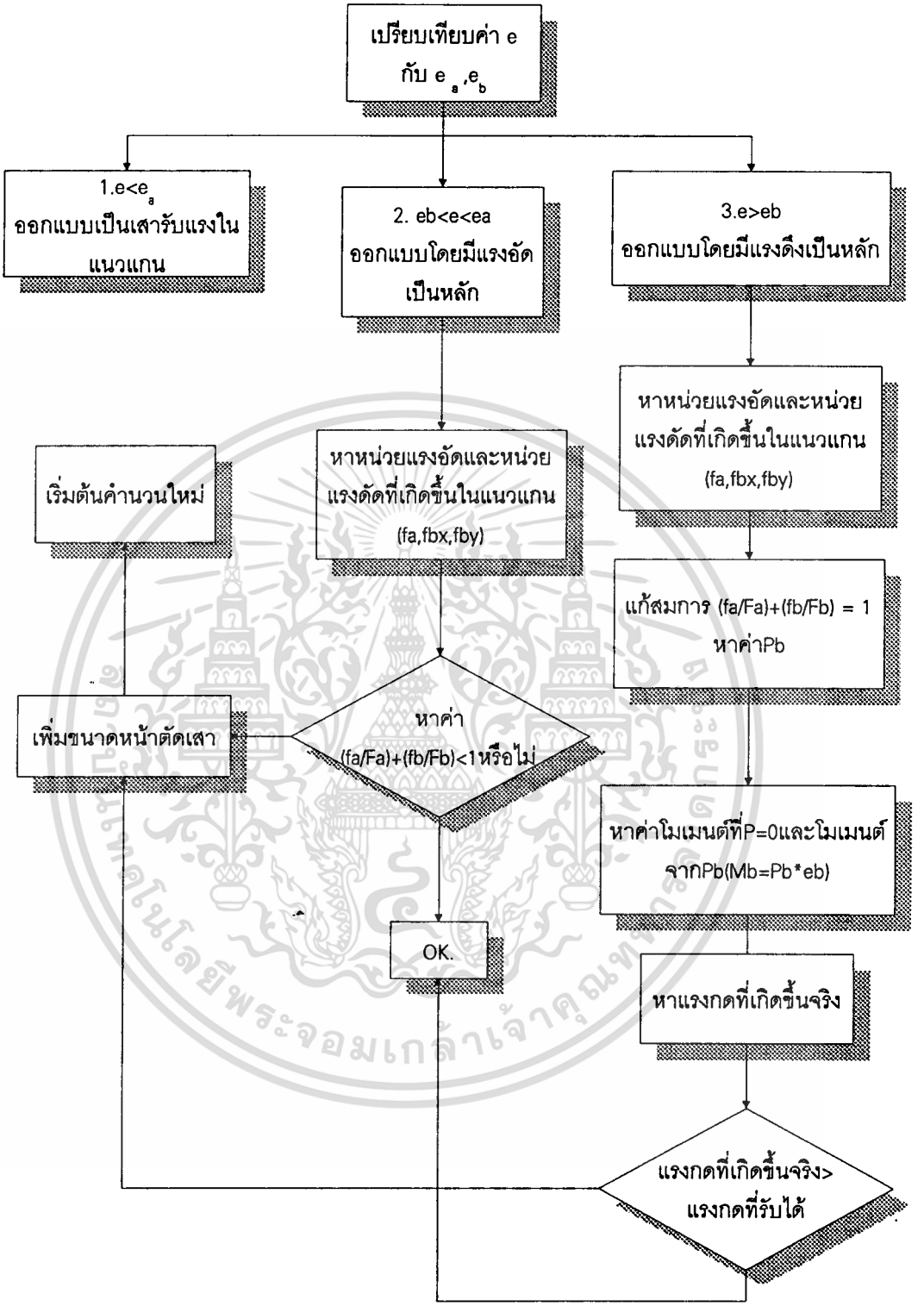
$(Mx/M_{ox})+(My/M_{0y}) \leq 1$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



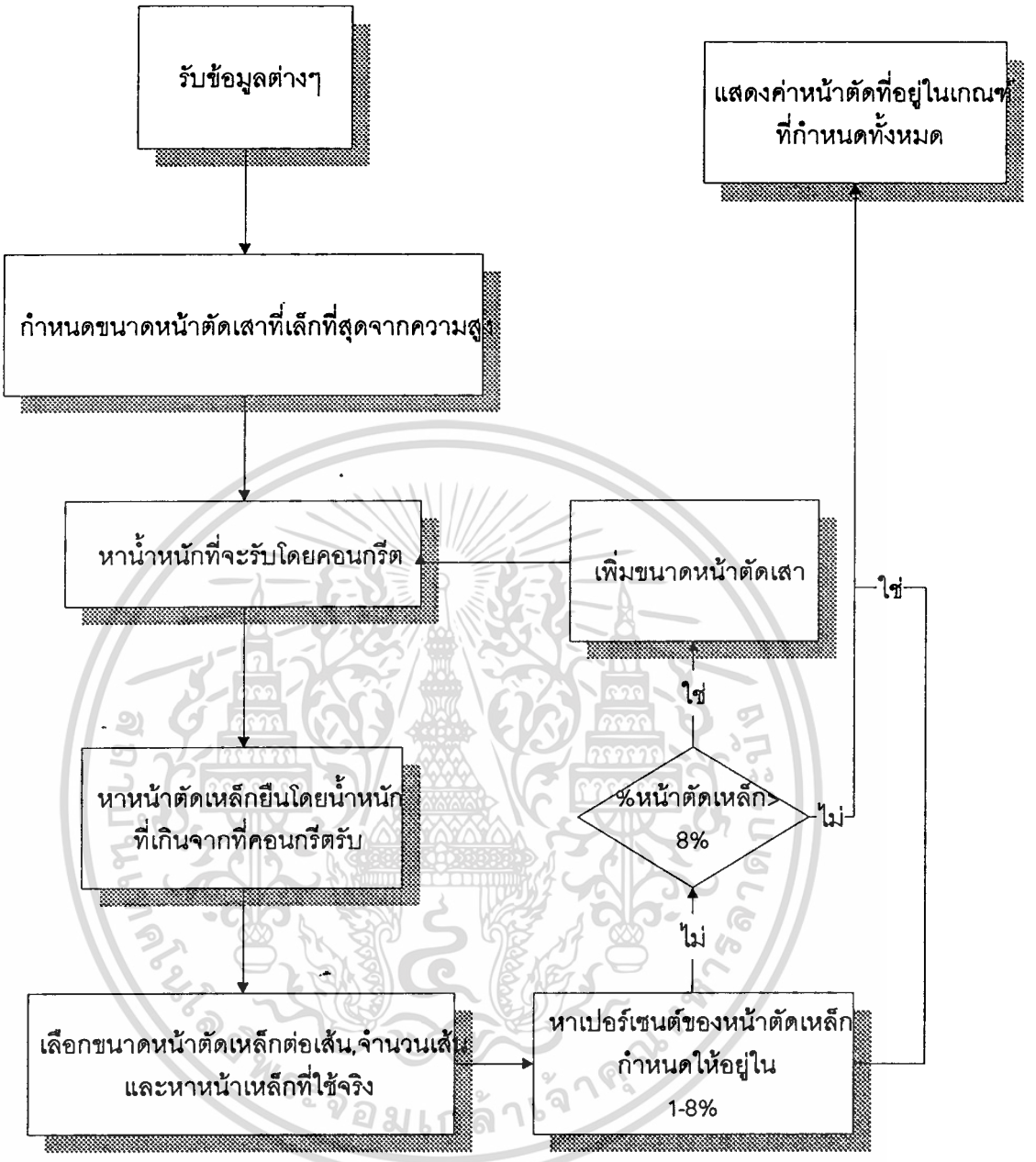
โฟลว์ชาร์ตแสดงการคำนวณเสารับน้ำหนักเยื้องศูนย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



โฟลว์ชาร์ตแสดงการคำณวนเสา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



โฟลว์ชาร์ตแสดงการคำนวณเสา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. ฐานรากวางบนเสาเข็ม

เมื่อฐานรากวางบนเสาเข็มมีน้ำหนักบรรทุกตามแนวแกนให้ถือว่า เสาเข็มทุกต้นรับน้ำหนักจากฐานรากเฉลี่ยเท่ากันทุกต้น หาค่าได้จาก

$$P1 = P/N$$

เมื่อ P = น้ำหนักรวมทั้งหมดจากฐานราก

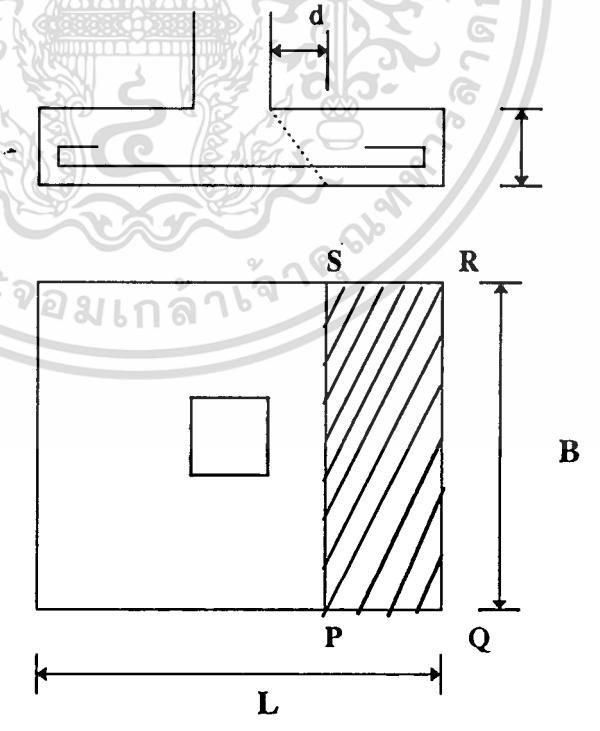
P1= น้ำหนักที่เสาเข็มแต่ละต้นรับไว้

N = จำนวนเสาเข็ม

<u>หน้าตัดวิกฤติสำหรับแรงเฉือน</u>

ในการพิจารณาแรงเฉือนจะแยกพิจารณาเป็น 2 กรณี คือ

1. พิจารณาว่าฐานรากเป็นคานกว้าง เกิดแนวร้าวจากแรงดึงทแยงตลอดความกว้างของฐานราก ห่างจากแนวตอม่อเท่ากับความหนาฐานราก(d) แรงเฉือน(V)ที่เกิดขึ้นคิดจากแรงดันขึ้นของเสาเข็มในพื้นที่แรเงา (PQRS)



รูปที่ 2.9.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พื้นที่ที่รับแรงเฉือนคือแนว PS ตามความลึก ดังนั้นพื้นที่รับแรงจึงเท่ากับ d x B หน่วยแรงเฉือนที่เกิดขึ้น v = V/(d xB)

หน่วยแรงเฉือนของคอนกรีตที่ยอมให้ของการพิจารณาแรงเฉือนแบบนี้คือ

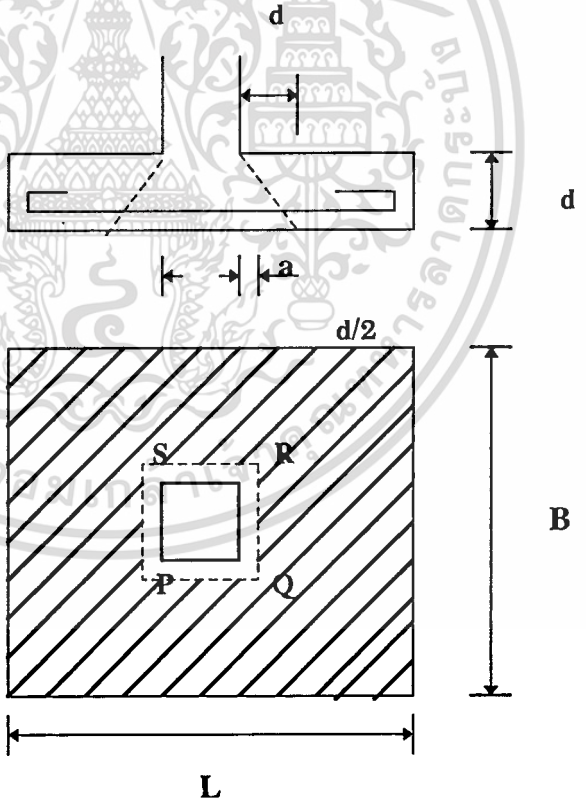
$$vc = 0.29\sqrt{fc'}$$

2. พิจารณาว่าแนวร้าวที่ฐานรากเป็นแรงเฉือนทะลุ เกิดตามแนวเส้นขอบที่ฐานเป็นกรวย ระยะห่างจากตอม่อเท่ากับครึ่งหนึ่งของ ความหนาฐานราก(d/2)

แรงฉือน(V)ที่เกิดขึ้นคิดจากแรงดันขึ้นของเสาเข็มในพื้นที่แรเงา พื้นที่รับแรงคือแนว PQRS ซึ่งเท่ากับ 4x(a+d) ดังนั้นหน่วยแรงเฉือน v = V/(4(a+d))

หน่วยแรงเฉือนของคอนกรีตที่ยอมให้ของการพิจารณาแรงเฉือนแบบนี้คือ

$$vc = 0.53\sqrt{fc'}$$

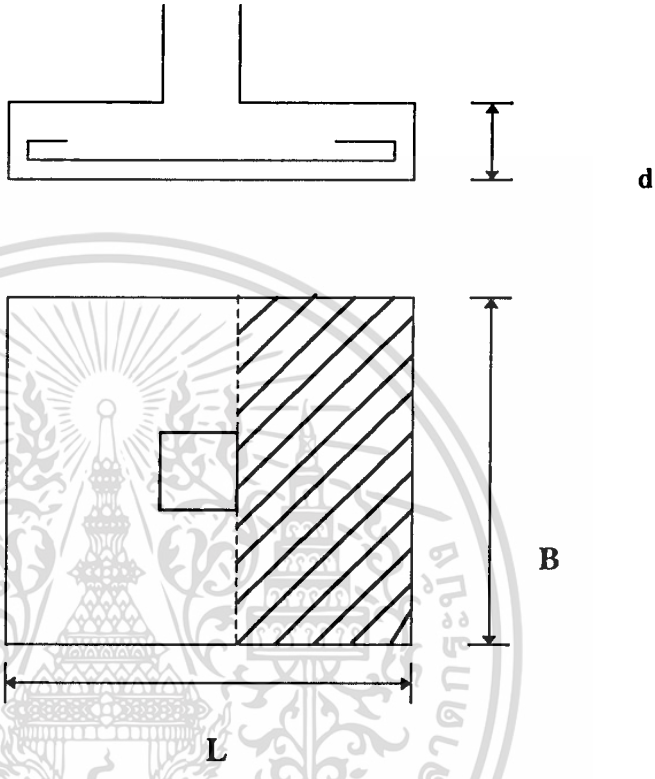


รูปที่ 2.9.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>โมเมนต์วิกฤต</u>

โมเมนต์วิกฤตจะเกิดขึ้นที่บริเวณ ขอบเสา



รูปที่ 2.9.3

โดยพิจาณาเสาเข็มที่อยู่ในพื้นที่แรเงา โมเมนต์ที่เกิดข้นจะเท่ากับผลรวมของแรงดันขึ้นของเสาเข็มแต่ละต้นคูณกับระยะที่เสาเข็มต้นนั้นห่างจากเสา

9.1 ฐานรากร่วม

ฐานรากร่วมในโปรแกรมนี้จะใช้ในโครงสร้างที่รับกำแพงรับแรง หรือช่องลิฟท์ ซึ่งในส่วนของการคำนวณนั้นจะมีลักษณะคล้ายฐานรากเดี่ยว คือมีการคำนวณ

-แรงเฉือนทะลุ

-แรงเฉือนแบบคานกว้าง

-โมเมนต์ขอบเสา

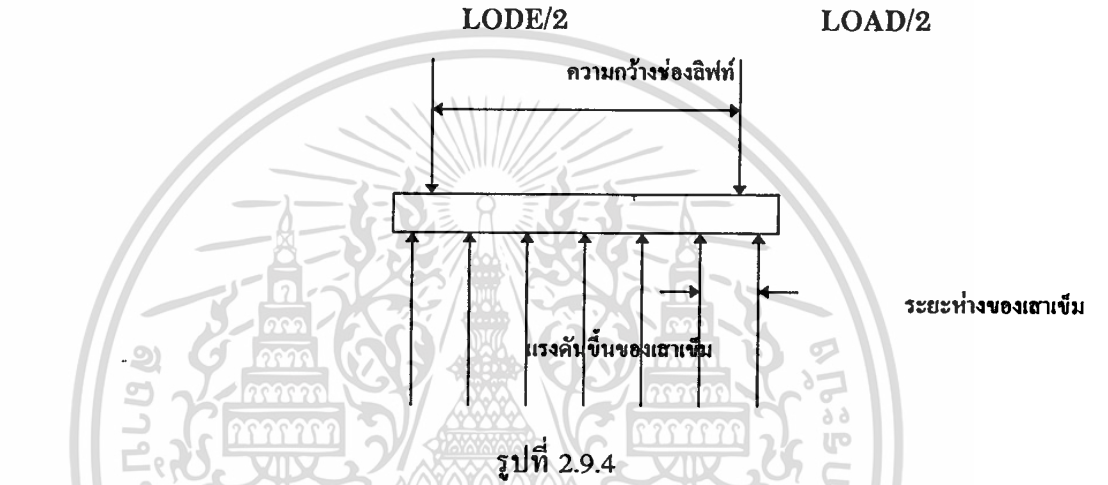
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยพิจารณาช่องลิฟท์เป็นเสากลวง นอกจากนี้จะต้องมีส่วนที่ต้องคำนวณเพิ่มอีก คือ 1. โมเมนต์บวกภายในช่องลิฟท์

2. โมเมนต์จากแรงลมที่ถ่ายลงฐานราก

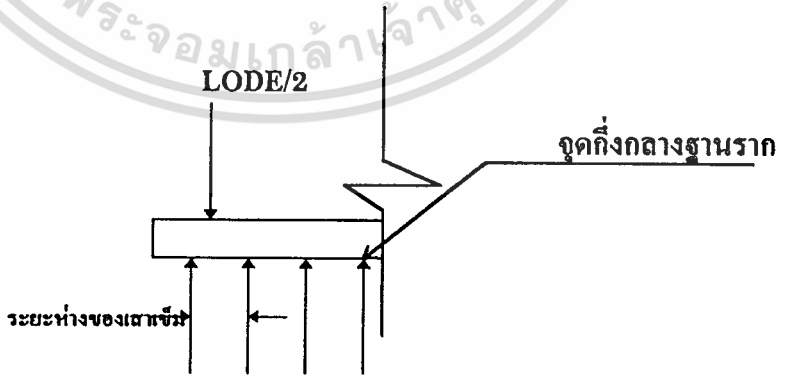
1. โมเมนต์บวกภายในช่องลิฟท์

มีการคำนวณเป็นไปตามลักษณะดังรูป



รูปที่ 2.9.4

โมเมนต์บวกที่เกิดขึ้นภายในช่องลิฟท์ จะมีค่ามากที่สุดที่จุดกึ่งกลางคาน เพื่อทราบค่าแรง และ ระยะต่างๆแล้วก็สามารถที่จะหาโมเมนต์ที่จุดกึ่งกลางคานได้

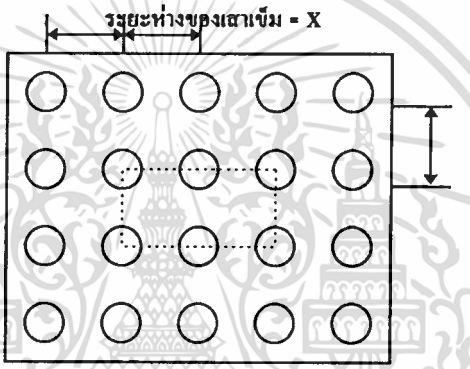


รูปที่ 2.9.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. โมเมนต์จากแรงลมที่ถ่ายลงฐานราก

เนื่องจากเป็นฐานรากที่รับกำแพงรับแรงซึ่งเป็นส่วนที่รับแรงลมโดยตรง ดังนั้นจะมีโมเมนต์เกิดขึ้นในฐานราก ซึ่งมีผลทำให้เกิดแรงกดในเสาเข็มเพิ่มขึ้น โดยแรงที่กระจายไปในเสาเข็มแต่ละต้นนั้นจะไม่เท่ากัน ในการออกแบบของโปรแกรมนี้จะกระจายแรงออกไปโดยใช้สูตร $p = V/N + MX/\sum X^2$



รูปที่ 2.9.6

โดย V = แรงในแนวแกนที่ถ่ายจากช่องลิฟท์

N = จำนวนเสาเข็ม

M = โมเมนต์ในแนวแกน Y

X = ระยะห่างของเสาเข็มในแนวแกน X

และเกิดขึ้นลักษณะเดียวกันในแนวแกน Y เมื่อหาค่า P max ในการเกิด Moment ในแต่ละด้านแล้วจึงนำมาเปรียบเทียบกัน นำต่ามากมาใช้ในการตำนวณ โดยพิจารณาตามหลักของโมเมนต์

โมเมนต์ทวน = โมเมนต์ตาม

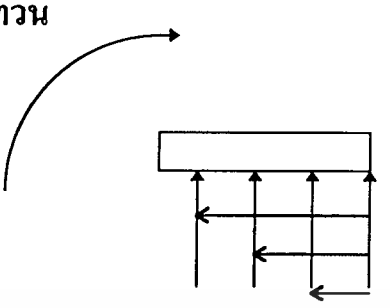
โมเมนต์ทวน คือ LOAD / 2 คูณกับ ระยะห่างของแรงจากจุดศูนย์กลางลิฟท์

โมเมนต์ตาม คือ แรงดันขึ้นของเสาเข็มคูณกับ ระยะห่างของแรงจากจุดศูนย์กลางลิฟท์

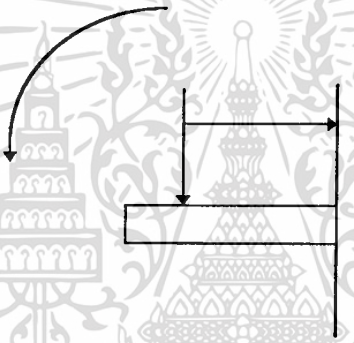
เพราะฉะนั้นผลต่างชองโมเมนต์ ก็คือ โมเมนต์ที่เกิดชึ้นที่กลางลิฟท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โมเมนต์ทวน

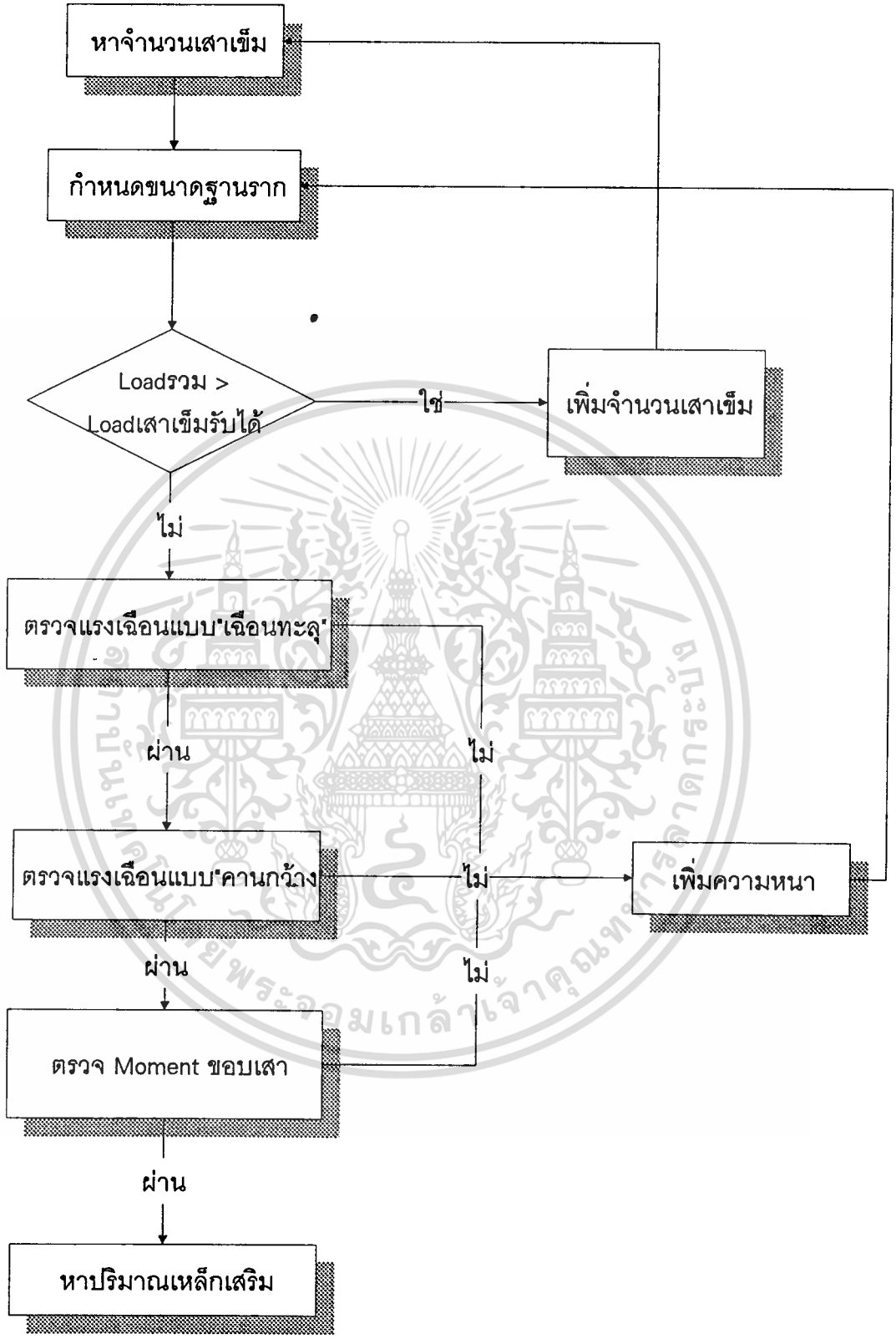


โมเมนต์ตาม



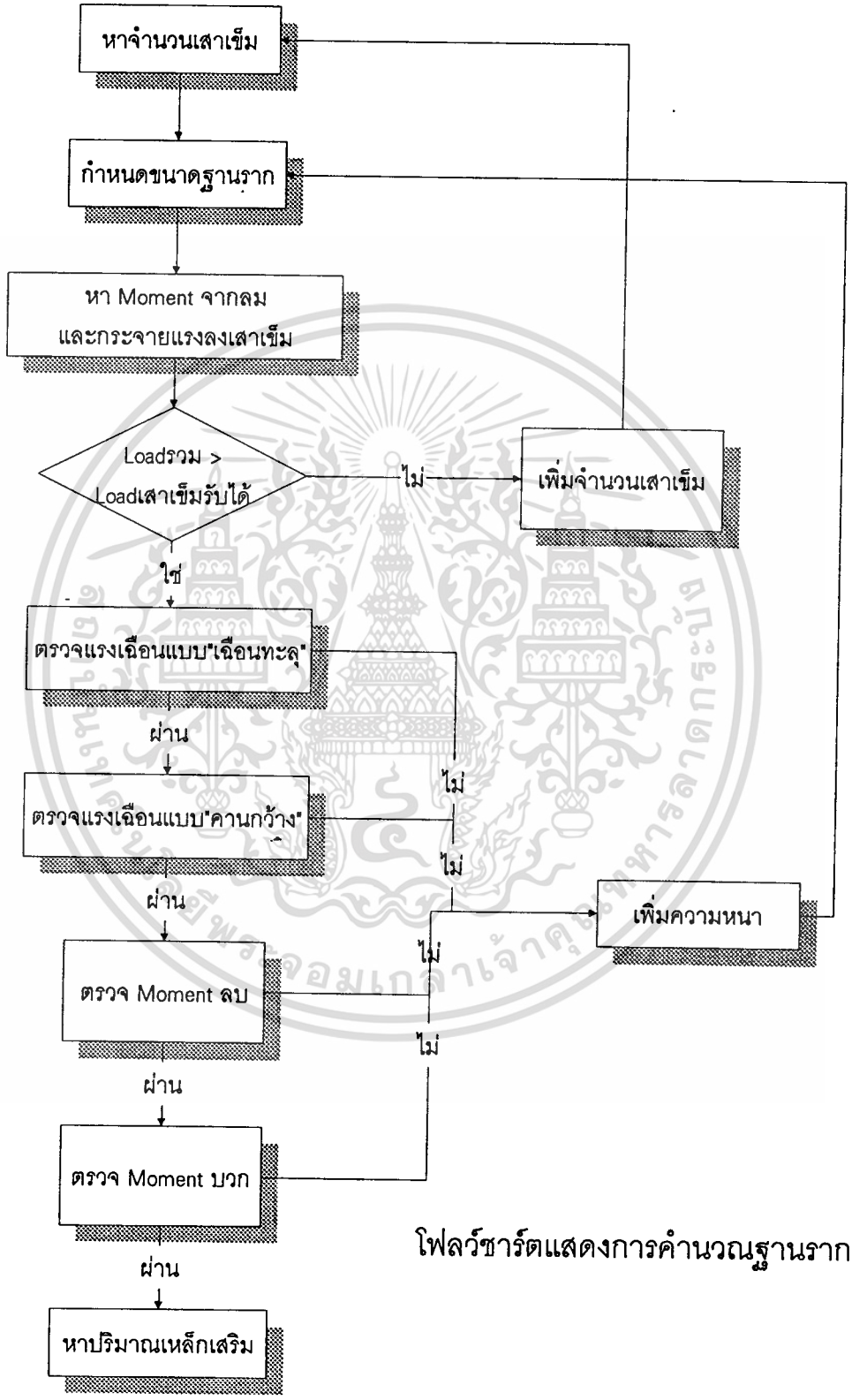
รูปที่ 2.9.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



โฟลว์ชาร์ตแสดงการคำนวณฐานราก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



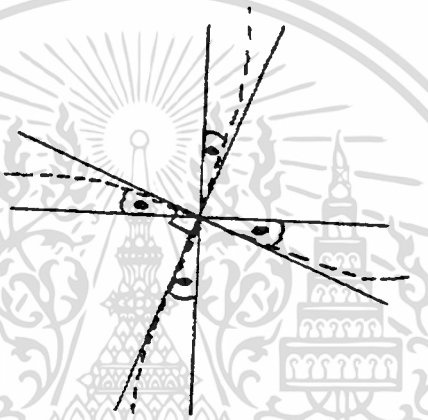
โฟลว์ชาร์ตแสดงการคำนวณฐานรากร่วม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. การวิเคราะห์อาคารสูงโดยวิธีการประมาณ (APPROXIMATE METHODS OF MULTISTORY-FRAM ANALYSIS)

สำหรับโครงสร้างอาคารที่มีความสูงมากๆ จะต้องคำนึงถึงแรงลมที่มากระทำกับอาคารด้วยเนื่องจากแรงลมจะทำให้เกิดแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดขึ้นในเสาซึ่งจะต้องทำการออกแบบการต้านทานโมเมนต์ที่เกิดขึ้น ณ จุดที่ต่อเนื่องระหว่างคานและเสา

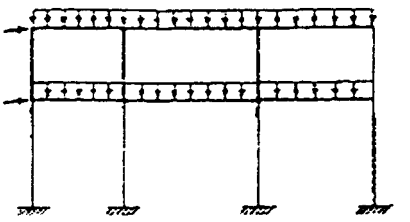
โดยทางทฤษฎีแล้ว สำหรับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กจุดต่อที่คานและเสามาต่อกัน จะมีพฤติกรรมเป็นโครงข้อแข็ง (Rigid joint) ซึ่งนั่นคือเมื่อเกิดการหมุน ที่จุดต่อคานและเสาจะเคลื่อนที่ไปเป็นมุมที่เท่ากันดังรูปที่ 2.10.1



รูปที่ 2.10.1 แสดงการหมุนของจุดต่อโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก

10.1 ดีกรีของอินดีเทอร์มิเนซี

จากข้อสรุปจากวิธี Displacement Method ดีกรีของอินดีเทอร์มีเนซี (NI) ของโครงข้อแข็งจะเท่ากับ NF-NP,ซึ่ง NF คือจำนวน 2 เท่าของเมมเบอร์ (Member) ของโครงข้อแข็ง และ NP คือจำนวนทั้งหมดของการหมุนและการเคลื่อนที่ทางข้างของแต่ละจุดต่อในโครงข้อแข็ง



รูปที่ 2.10.2 โครงสร้างมีขนาด 3 ช่วงสูง 2ชั้น

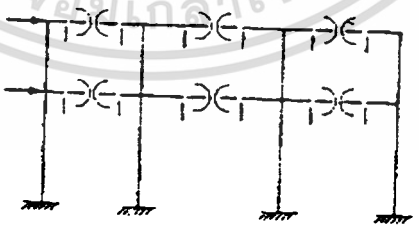
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.10.2 จะพบว่าจำนวนตัวแปรไม่ทราบค่าคือจำนวนของโมเมนต์ปลายของแต่ละ member จะเท่ากับ 28 และจำนวนจุดที่เกิดการเคลื่อนที่คือ 10 ซึ่ง 8 จุดคือการหมุนและอีก 2 จุดคือการเซด้านข้างเพราะฉะนั้นดีกรีของอินดีเทอร์มิเนซี NI คือ NF - NP = 28 - 10

จากข้อสรุปของ Force Method คือการที่ได้โครงสร้างแบบ อินดีเทอร์มิเนทถูกตัดและปล่อยตรงจุดที่แรงส่วนเกิน(redundant)กระทำซึ่งจะทำให้โครงสร้างกลายเป็นโครงสร้างแบบ ดีเทอร์มิเนทที่มีแรงส่วนเกินกระทำ(redundant) จำนวนที่แรงส่วนเกินกระทำจำนวนเท่าใด ก็จะเท่ากับจำนวนดีกรีของอินดีเทอร์มิเนซีนั่นเอง

จากรูปที่ 2.10.2ก ทางเลือกหนึ่งที่จะทำให้เป็นโครงสร้างดีเทอร์มิเนทคือการทำให้เป็นคานยื่นที่ตั้งอยู่ในแนวดิ่ง 4 อันที่แสดงในรูปที่ 2.10.2ข โดยการตัดที่กึ่งกลางคานทุกๆคาน

รูปที่ 2.10.2ก โครงข้อแข็ง



รูปที่ 2.10.2ข โครงสร้างแบบดีเทอร์มิเนทภายใต้แรงภายนอกและแรงส่วนเกิน 180 กระทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ละที่ที่ทำการตัดจะมีแรงไม่ทราบค่าอยู่ 3 คู่ ซึ่งแรงทั้ง 3 คู่มีเงื่อนไขว่าจะมีค่าของการโก่งที่เท่ากันในแนวดิ่งแนวราบและความชันของการโกงทั้ง 2 ข้าง ดังนั้น ดีกรีของอินเทอร์มิเนซี ก็จะเท่ากับ 3 เท่าของจำนวนคานคือ 6 x 3 = 18

โดยให้ NB เป็นจำนวนของช่วงของโครงสร้างและ NS เป็นจำนวนชั้นดังนั้นดีกรีของอินเทอร์มิเนซี NI ของอาคารหลายชั้นแบบสี่เหลี่ยมคือ

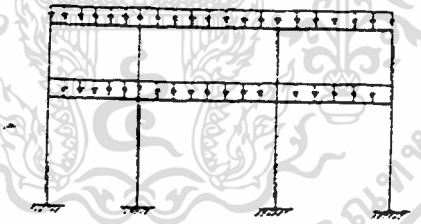
$$NI = 3 \times NB \times NS$$

$$3 \times 3 \times 2 = 18$$

ซึ่งจะเห็นว่ามีความสอดคล้องกับวิธี Force method

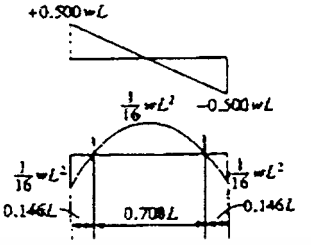
10.2 สมมุติฐานการวิเคราะห์โครงสร้างเนื่องจากแรงในแนวดิ่ง

สำหรับโครงสร้างแบบหลายชั้นธรรมดาดังแสดงในรูปที่ 2.10.3ก ตามวิธีการที่ผ่านมาคือการตัดและปล่อยที่จุดที่แรงส่วนเกินกระทำบนเมมเบอร์ซึ่งทำให้ดีกรีของอินเทอร์มิเนซีคือ 3 เท่าของจำนวนคานซึ่งทำให้สามารถแก้สมการได้โดยใช้สมการทางสแตติก(static)เท่านั้น สำหรับผังโมเมนต์ที่เกิดขึ้นเนื่องจากแรงกระจายกระทำจะเป็นดังรูปที่ 2.10.3ข

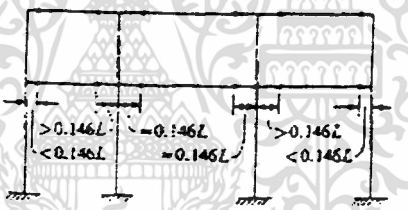


รูปที่ 2.10.3ก โครงข้อแข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10.3ข ผังโมเมนต์

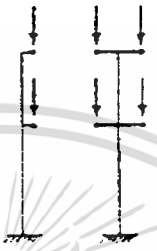


รูปที่ 2.10.3ค สมมติฐานของตำแหน่งจุดดัดกลับ

จากรูปโมเมนต์จุดปลายเท่านั้นที่ไม่ทราบค่า สำหรับคานช่วงในทั่วไป โมเมนต์ที่จุดปลายทั้งสองข้างนั้นเกือบจะเท่ากันและถ้าคานนั้นมีพื้นที่หน้าตัดที่คงที่เท่ากันตลอด จะทำให้เกิดโมเมนต์บวกและโมเมนต์ลบที่เท่ากันคือ $\frac{1}{10}wL^2$ ในกรณีนี้จะทำให้จุดดัดกลับห่างจากเสาเท่ากับ 0.146L จากเสา สำหรับคานช่วงนอก จุดดัดกลับที่อยู่ใกล้เสาต้นนอกจะมีค่าน้อยกว่า 0.146L นับจากเสาและฝั่งเสาต้นในจะมีระยะมากกว่า 0.146L จะสังเกตได้ว่าใน 1 คานจะมีจุดดัดกลับอยู่ 2 แห่ง ซึ่งดีกรีของอินเทอร์มิเนซีจะลดลงไป 2 เท่าของจำนวนคาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมติฐานข้อต่อไปคือในส่วนของคานตรงจุดดัดกลับ ซึ่งสามารถออกแบบให้เป็นคานช่วงเดียวที่ไม่มีโมเมนต์ดัดที่ปลายและในส่วนของเสาก็สามารถออกแบบให้เป็นคานยื่นได้ดังแสดงในรูปที่ 2.10.3ง



รูปที่ 2.10.3ง เสาที่มีคานยื่น

ดังนั้นแล้วก็สามารถทำการออกแบบคานและเสาอย่างคร่าวๆได้ โดยแท้จริงแล้วตำแหน่งจุดดัดกลับจะขึ้นอยู่กับขนาดของแรงกระทำซึ่งได้จากการวิเคราะห์อย่างละเอียด

10.3 สมมุติฐานการวิเคราะห์โครงสร้างเนื่องจากแรงในแนวราบ

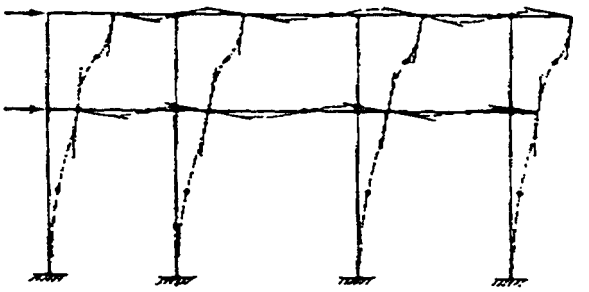
พิจารณาโครงสร้างที่แสดงในรูปที่ 2.10.4 ซึ่งรับแรงกระทำแนวราบที่ด้านซ้ายของโครงเป็นเหตุให้โครงสร้างโย้และเซออกทางด้านขวา ดังสภาพของการเซที่แสดงโดยเส้นประจากการสังเกต สามารถสรุปเป็นข้อๆ ดังต่อไปนี้

1. ระยะเซด้านข้างจะเพิ่มขึ้นค่อนข้างรวดเร็ว จากชั้นล่างขึ้นไปยังชั้นที่สูงกว่า จุดต่อทุกจุดจะหมุนไปตามเข็มนาฬิกา

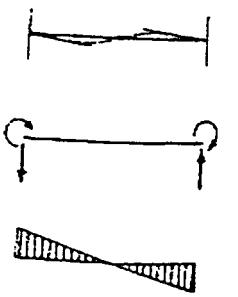
2. โมเมนต์โคนเสาทุกต้นจะมีทิศทางทวนเข็มนาฬิกา ทั้งนี้เพื่อให้เกิดแรงเฉือนด้านในแนวราบจากทางด้านขวาไปซ้ายซึ่งเกิดขึ้นที่โคนเสาและเสาแต่ละต้นจะมีจุดดัดกลับ (Inflection point) เพียงจุดเดียว

3. โมเมนต์ปลายคานทุกตัวจะมีทิศทางตามเข็มนาฬิกาซึ่งจะทำการต้านรงทิศลงในแนวดิ่งที่ปลายคานด้านซ้ายและแรงทิศขึ้นในแนวดิ่งที่ปลายคานด้านขวา และจะมีจุดดัดกลับเพียงจุดเดียวเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



การเซด้านข้างของโครงสร้างที่รับแรงกระทำด้านข้าง



คานทั่วไป

เสาทั่วไป

รูปที่ 2.10.4 โครงข้อแข็งภายใต้แรงกระทำด้านข้าง

สำหรับโครงสร้างที่แสดงในรูปที่ 2.10.4 มีตัวไม่ทราบค่าซึ่งเป็นโมเมนต์ปลายถึง 28 ตัวแต่สามารถสร้างสมการสแตติกได้เพียง 10 สมการเท่านั้นดังนั้นจึงมีขีดความเป็นอินดิเทอร์มิเนทเท่ากับ 18 สมการทั้ง 10 ดังกล่าว

ก. สมการของจุดต่อทั้งหมด 8 จุดต่อ จากหลักการของผลรวมของโมเมนต์ทวนเข็มที่โคนเสาต้องเท่ากับผลรวมของโมเมนต์ตามเข็มที่ปลายคาน(ทั้งทิศของโมเมนต์อาจจะสลับกันได้ แล้วแต่แรงที่กระทำที่ปลายคาน)

ข. ผลรวมของแรงเฉือนด้านแนวราบ ที่โคนเสาทุกต้นของแต่ละชั้น ต้องเท่ากับผลรวมของแรงกระทำแนวราบที่อยู่เหนือระดับที่พิจารณา

เพื่อที่จะให้การวิเคราะห์แรงในแนวราบสามารถแก้โดยวิธีสแตติกอย่างเดียว จากการสรุปอย่างละเอียดของวิธี Force หรือ Displacement methods กล่าวว่าจะต้องมี 18 ข้อสมมุติฐานที่เท่ากับจำนวนดีกรีของอินเทอร์เนซี ข้อสมมติฐาน 14 ข้อ นั้นคือจุดดัดกลับที่ตรงจุดกลางของเสาและคานทุกตัว ส่วนอีก 4 ข้อสมมติฐานมาจาก 2 ข้อต่อ 1 ชั้นซึ่งเกี่ยวกับจำนวนความสัมพันธ์ของแรง แนวดิ่งในตัวคานซึ่งมีอยู่ 3 ตัวในแต่ละชั้นซึ่งจำนวนความสัมพันธ์ระหว่างแรงเฉือนในคานสามารถนับได้เพียง 2 สมมติฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยทั่วๆไป เราจะให้ NB เป็นจำนวนช่วงและ NS เป็นจำนวนชั้นจำนวนของคานคือ NB x NS จำนวนของเสาคือ (NB+1) x NS และจำนวนของจุดดัดกลับ (PI) คือ

จำนวน PI = (NB X NS) + (NB + 1) x NS _____(1)

และจากความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงเฉือนในคาน ในแต่ละชั้นเท่ากับ (NB - 1) เป็นจำนวนของข้อสมมุติฐานต่อชั้นดังนั้น

จำนวนของสมมติฐาน = (NB - 1) x NS _____(2)

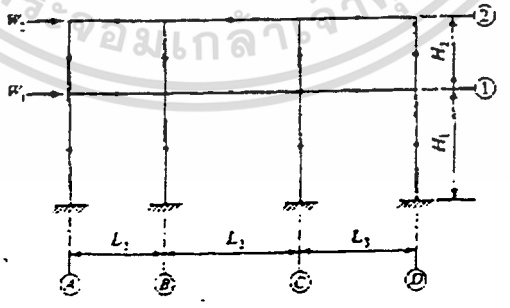
รวมสมการ 1 และ 2

จำนวนทั้งหมดของข้อสมมติฐาน = 3 x (NB x NS)

ซึ่งมีจำนวนเท่ากับค่าดีกรีของอินเทอร์มิเนซี (NI) ที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นจึงทำให้ได้มีการนำมาประมาณแรงในแนวราบว่ามีผลทำให้เกิดแรงอย่างไรบ้างในโครงสร้างหลายชั้นนั้นคือ Portal method และ Cantilever method

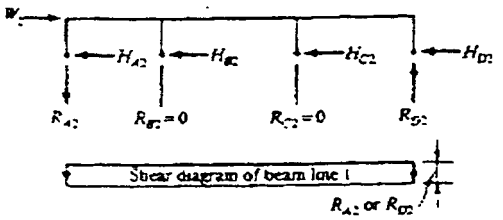
10.4 Portal Method

สำหรับวิธีพอทธอล แรงเฉือนในคานเดียวกันในแต่ละชั้นจะถูกสมมติให้มีค่าเท่ากันหมดตลอดคาน จากรูปโครงสร้างข้อแข็งเดิมในรูปที่ 2.10.5ก จะให้แนวเสาแต่ละแนวมีชื่อว่า A,B,C และ D ตามลำดับและให้คานมีชื่อ 1และ 2 ด้วย free-body diagrams ของโครงข้อแข็งจากส่วนบนของจุดครึ่งเสาที่อยู่ระหว่างชั้นบนกับชั้นล่างดังรูป ในรูปที่ 2.10.5ข และ 2.10.5ค จากสมมติฐานนั้นฐานสามารถวิเคราะห์ได้ว่า

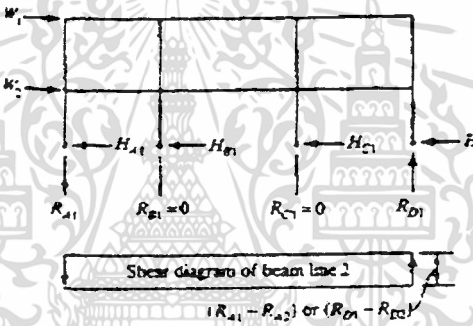


รูปที่ 2.10.5ก โครงข้อแข็งตำแหน่ง Lines

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10.5ข Free body diagram ถึงจุดดัดกลับของเสาในชั้นบน



รูปที่ 2.10.5ค Free body diagram ถึงจุดดัดกลับของเสาในชั้นล่าง

1. มีแรงดึงและแรงอัดตามแนวแกนที่มีจำนวนเท่ากันในเสาต้นแรกที่รับแรงลมและเสาต้นสุดท้ายที่อยู่ตรงข้ามกับทิศทางของแรงลมแต่ให้ถือว่าไม่มีแรงแนวแกนเกิดขึ้นที่เสาต้นใน

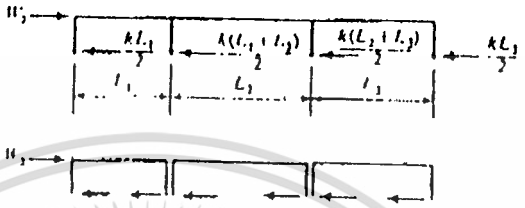
2. โมเมนต์ที่ปลายคาน ถูกทำให้เกิดขึ้นจากแรงเฉือนแนวดิ่งกับระยะหนึ่งช่วงครึ่งของช่วงคานตามลำดับ ซึ่งมีสัดส่วนในช่วงคานเช่น $L_1/L_2/L_3$

3. โมเมนต์ที่ปลายเสามีสัดส่วนคือ L_1 , L_1+L_2 , L_2+L_3 , L_4 หรือจะเป็น $L_1/2$, $(L_1+L_2)/2$, $(L_2+L_3)/2$ และ $L_4/2$ เท่ากับว่าอัตราส่วนของระยะทางแนวราบจะขึ้นอยู่กับเสาแต่ละเสา

4. การต้านทานแรงในแนวราบที่ปลายที่ของเสาที่ต่ำกว่าในชั้นเดียวกันจะเป็นสัดส่วน $L_1/2$, $(L_1+L_2)/2$, $(L_2+L_3)/2$ และ $L_4/2$ ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากข้อวินิจฉัยทั้ง 4 ข้อ ข้างต้นสามารถแสดงดังรูปที่ 2.10.6 ซึ่งแรงลมด้านข้างถูกแบ่งเป็น 4ส่วนในอัตราส่วนของ $L_1/2$, $(L_1+L_2)/2$, $(L_2+L_3)/2$ และ $L_4/2$ ถ้าช่วงคานเท่ากันแรงเฉือนในเสาช่วงในก็จะเป็น 2 เท่าของคานช่วงนอก



รูปที่ 2.10.6

การใช้วิธีพอธทอล ถ้าระยะของช่วงคานเท่ากันก็จะง่ายมาก ถ้าไม่เท่าก็จะทำดังรูปที่ 2.10.5 ตามนี้

1.สำหรับแรงในแนวแกนที่เสาต้นนอกของแต่ละชั้นเปลี่ยนเป็นสมการโมเมนต์ดังแสดงในรูป 2.10.5ข และ ค

2. สำหรับโมเมนต์ปลายหมุนตามเข็มของคานเกิดการคูณแรงเฉือนที่คงที่กับระยะหนึ่งช่วงครึ่งของช่วงคานตามลำดับ

3.สำหรับโมเมนต์ปลายหมุนทวนเข็มของเสาด้วยการใช้เงื่อนไขที่ว่าผลรวมของโมเมนต์ตามเข็มที่ปลายคานต้องเท่ากับผลรวมของโมเมนต์ทวนเข็มที่ปลายเสา ณ. จุดต่อเดียวกัน

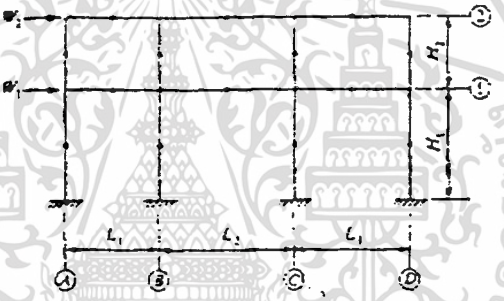
4.สำหรับแรงในแนวราบที่ทำให้เกิดขึ้นจากโมเมนต์ปลายของเสา ต้องทำการตรวจสอบว่าผลรวมของแรงเฉือนด้านทานในแนวราบที่เสาชั้นเดียวกันจะมีค่าเท่ากับแรงกระทำแนวราบทั้งหมดที่เข้ามากระทำหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

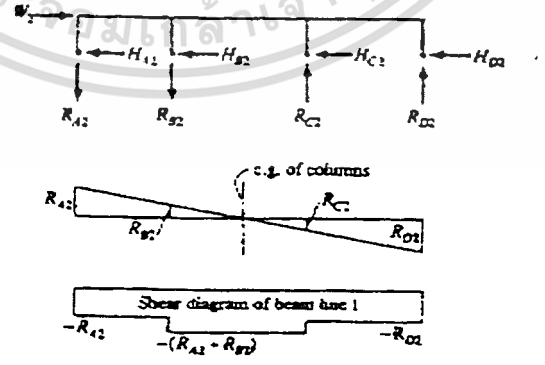
10.5 Cantilivel Method

สำหรับวิธี Cantilivel Method แรงแนวแกนในเสาจะถูกสมมติว่าจะเกิดแรงดึงและแรงอัดข้างในแต่ละข้างของแต่ละชั้นโดยแบ่งตรงจุดศูนย์ถ่วงของพื้นที่เสาของทั้งหมด ตามสัดส่วนของระยะห่างของเสากับจุดศูนย์ถ่วงตามลำดับโดยถือว่าเสาแต่ละต้นมีพื้นที่เท่ากันหมด

จากตัวอย่างของรูปเดิม การสมมติฐานสำหรับการแปรผันตรงของแรงแนวแกนในเสา ซึ่งหมายถึงขนาดความสัมพันธ์ของแรงแนวแกนในเสา เหมือนกันในทุกๆ ชั้นดังแสดงในรูปที่ 2.10.7ก,ขและ ค ค่าของแรงเฉือนนี้จะมีค่ามากที่สุดที่ช่วงกลางคาน ซึ่งจะตรงกันข้ามกับในวิธี Portal method ที่แรงเฉือนจะคงที่กับทุกช่วงคานดังนั้นโมเมนต์ปลายของคาน เสาที่บริเวณกลางๆ ความกว้างของอาคารจะมีค่ามากกว่าในวิธี Portal Method

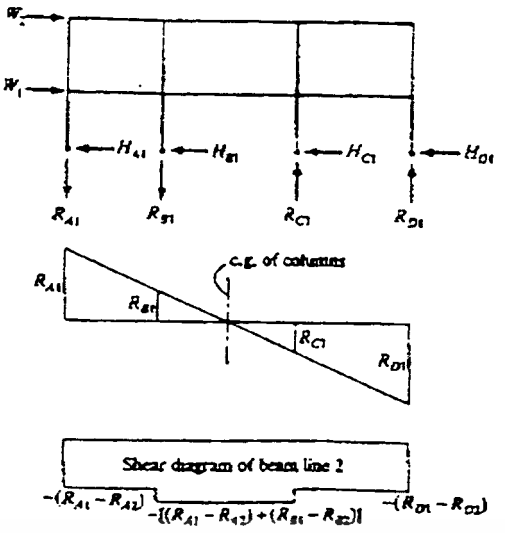


รูปที่ 2.10.7ก โครงข้อแข็งและตำแหน่ง Lines



รูปที่ 2.10.8ข Free body diagram ถึงจุดดัดกลับของเสาในชั้นบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10.8ค Free body diagram ถึงจุดดัดกลับของเสาในชั้นล่าง

วิธี Cantilivel method สามารถทำตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ตำแหน่งของจุดศูนย์ถ่วงของเสา สมมติว่าเสาทุกต้นมีพื้นที่เท่ากันหมด

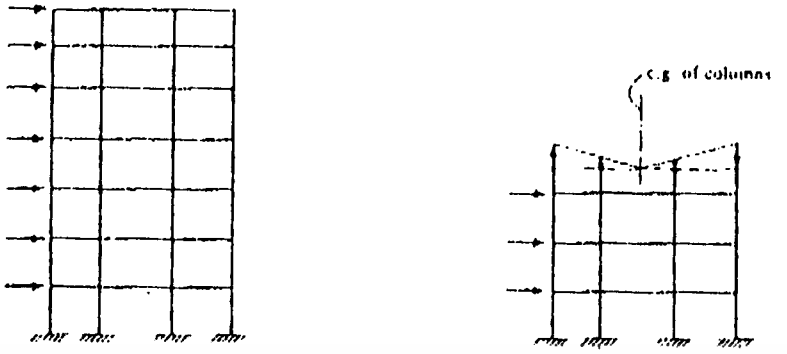
2. แก้ปัญหาแรงแนวแกนในเสาของแต่ละชั้นด้วยสมการโมเมนต์จากจุดยอดของโครงสร้างลงมาถึงจุดดัดกลับของเสาในแต่ละชั้น

3.จากไดอะแกรมแรงเฉือนของคานในแต่ละชั้นและก็คำณวนโมเมนต์ปลายของคานในชั้นนั้น

4.โมเมนต์ปลายของเสาที่มีทิศทวนเข็มจะมีเงื่อนไขว่าผลรวมของโมเมนต์ปลายของเสาต้องเท่ากับผลรวมของโมเมนต์ปลายของคานที่จุดต่อ

5.แรงเฉือนด้านทานในแนวราบที่จุดฐานของเสาทุกต้นในแต่ละชั้นจะมีค่าเท่ากับแรงในแนวราบรวมทั้งหมดที่กระทำด้านบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก ข

รูปที่ 2.10.9 แนวคิดวิธี Cantilevel

คานยื่นมีลักษณะที่ปลายข้างหนึ่งยึดติดแน่นแต่อีกข้างปล่อยอิสระนอกจากนี้การกระจายของความเค้นในคานจะมีลักษณะเป็นเส้นตรง จะมีการเปลี่ยนจากแรงดึงเป็นแรงอัดในหน้าตัด ในรูปที่ 2.10.9ก โครงข้อแข็งของอาคารสูงที่มีแรงด้านข้างกระทำ จะมีลักษณะเดียวกับคานยื่นที่ยื่นออกมาในแนวดิ่งและเมื่อพิจารณาสมการสมดุลย์ที่แสดงในรูปที่ 2.10.9ข แรงแนวแกนในแต่ละเสาด้วยความคล้ายคลึงของมันที่เหมือนกับคานยื่น แรงแนวแกนในแต่ละเสาที่เกิดขึ้นจะเป็นสัดส่วนกับระยะห่างของมันจากจุดศูนย์ถ่วงของพื้นที่เสาทั้งหมด

เมื่อได้ค่าโมเมนต์ปลายที่เสาแต่ละต้นที่เริ่มจากชั้นบนสุดถ่ายลงมายังชั้นล่างเรื่อยๆ ค่าโมเมนต์ที่ปลายเสาในแต่ละชั้นที่ได้จะต้องนำมาทำการออกแบบเสา เพื่อให้เสารับโมเมนต์พร้อมกับแรงในแนวแกน ซึ่งจะทำให้เสาในโครงสร้างสามารถรับแรงในแนวราบที่มากระทำได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ลักษณะและการทำงานของโปรแกรม

1. ลักษณะของโปรแกรม

จากที่เคยกล่าวถึงโครงสร้าง ลักษณะและการทำงานของโปรแกรมในส่วนที่ 1 ไปแล้วนั้น เมื่อเริ่มทำงานในส่วนที่สองได้มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างบางอย่างของโปรแกรม โดยแต่เดิมได้ใช้ AutoLISP ช่วยในการเขียนโปรแกรม แต่ตอนนี้ได้ใช้ ADS เพียงอย่างเดียว เพื่อง่ายต่อการเชื่อมส่วนต่างๆของโปรแกรม และได้เพิ่มเติมคำสั่งต่างๆ เพื่อช่วยให้โปรแกรมทำงานได้สมบูรณ์แบบยิ่งขึ้น เช่น คำสั่งจัดการไฟล์,คำสั่งในการพิมพ์ เป็นต้น นอกจากนี้เพื่อความยืดหยุ่นในการทำงานได้แบ่งขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมออกเป็นส่วนๆให้ชัดเจน

2.การทำงานของโปรแกรม

การทำงานของโปรแกรมในส่วนที่สองนี้มีลักษณะแตกต่างไปจากโปรแกรมส่วนแรก โดยได้มีการปรับปรุงโปรแกรมส่วนเดิมให้มีลักษณะที่ใช้งานง่ายยิ่งขึ้น และเพิ่มรายละเอียดต่างๆที่จำเป็นในการทำงาน จากโปรแกรมส่วนแรกที่มีลักษณะการทำงานที่ค่อนข้างต่อเนื่องในแต่ละขั้นตอนตามที่ได้เคยกล่าวไปแล้ว ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ ช่วงรับข้อมูลของอาคารจากผู้ใช้ขั้นตอนต่อเนื่องช่วงที่สองเป็นช่วงคำนวณโครงสร้าง และช่วงที่สามเป็นช่วงแสดงผลลัพธ์ทั้งหมดในการคำนวณ ซึ่งเราจะสามารถควบคุมขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมจากเมนูหลักและเมนูทำงาน โดยจะทำงานตามขั้นตอนการออกแบบโครงสร้างส่วนต่างๆตามลำดับ และสามารถแก้ไขค่าข้อมูลที่ได้ป้อนไปแล้วเพื่อความเหมาะสมได้

เมนูหลัก (Main Menu)

เป็นเมนูรวมชุดคำสั่งหลังที่ใช้จัดการไฟล์ชิ้นงาน โดยประกอบด้วยคำสั่งต่างๆที่จำเป็นต่อการทำงานของโปรแกรม คำสั่งที่ใช้ในการทำงานมีดังนี้

1.Start New Project

เป็นคำสั่งเพื่อเริ่มการทำงานชิ้นใหม่

2.Load Project

เป็นคำสั่งเพื่อเรียกชิ้นงานเก่าขึ้นมาทำงาน

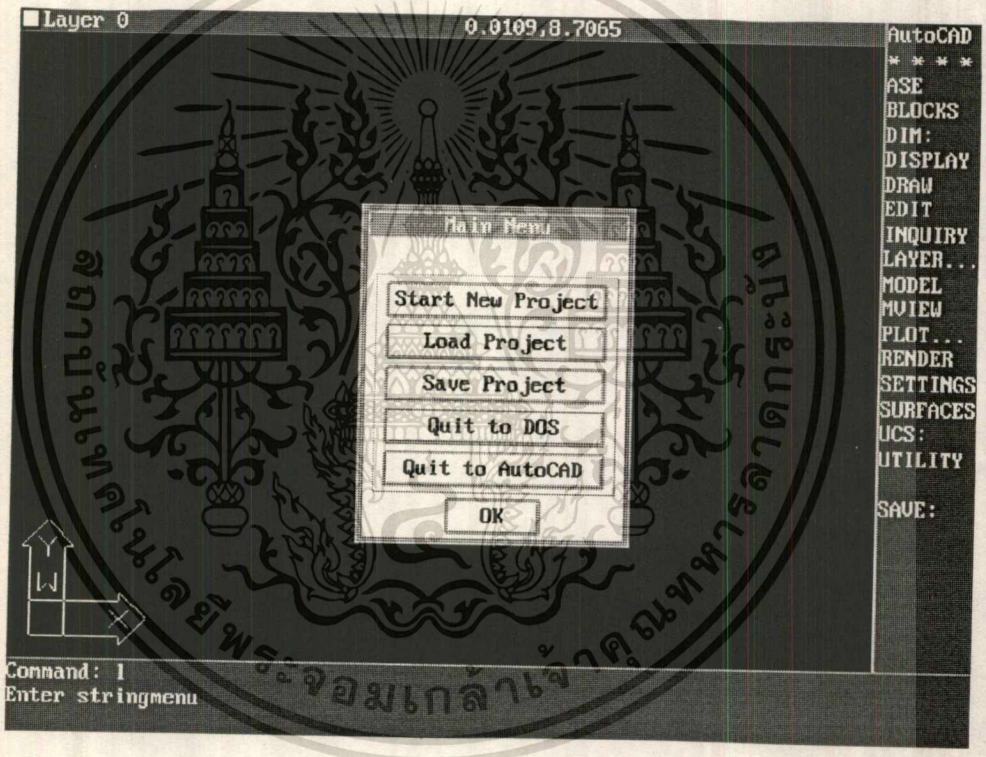
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.Save Project

คำสั่งใช้ในการเซฟข้อมูลและรูปชิ้นงาน

4.Quit to DOS

คำสั่งออกจากโปรแกรมไปยัง DOS



รูปที่ 3.1 Main Menu

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมนูทำงาน (Edit Menu)

เป็นเมนูที่ประกอบด้วยคำสั่งที่ใช้ในการเลือกการทำงานส่วนต่างๆ เช่น ป้อนข้อมูลการคำนวณ หรือ การคำนวณโครงสร้างส่วนต่างๆ รวมถึงการพิมพ์งานออกทางเครื่องพิมพ์ ประกอบด้วย

1.Edit Input Data

ใช้แก้ไขข้อมูลของโครงสร้างที่เราป้อนค่าก่อนการคำนวณ ซึ่งเราจะทำได้หลังจากเราได้ทำงานในโครงสร้างนั้นๆไปแล้ว โปรแกรมจะให้เราแก้ค่าข้อมูลโครงสร้างเป็นส่วนๆดังนี้

- ค่ากริดและระยะห่างระหว่างกริดเริ่มต้น (Grid line Position&Distance)
- ตำแหน่งเสา (Column Position)
- ตำแหน่งผนัง (Wall Position)
- ตำแหน่งและข้อมูลพื้น (Floor Position)
- ตำแหน่งและข้อมูลบันได (Stair Data&Position)
- ตำแหน่งคาน (Beam Position)

2.Edit Calculate Process

ใช้ทำงานต่อหรือแก้ไขส่วนที่เป็นการคำนวณ เช่น แก้ไขค่าคงที่ที่ใช้ในการคำนวณชิ้นส่วนต่างๆ ซึ่งโปรแกรมจะให้เรากลับไปแก้ในลักษณะเดียวกับ ข้อ 3. คือ

- ขั้นตอนคำนวณพื้น (Calculate Floor)
- ขั้นตอนตำนานบันได (Calculate Stair)
- ขั้นตอนคำนวณคาน (Calculate Beam)
- ขั้นตอนคำนวณเสา (Calculate Column)
- ขั้นตอนคำนวณฐานราก (Calculate Footing)

3.Show Section

เป็นคำสั่งให้แสดงหน้าตัดโครงสร้างที่ได้ทำการคำนวณเสร็จเรียบร้อยแล้ว ดังนี้

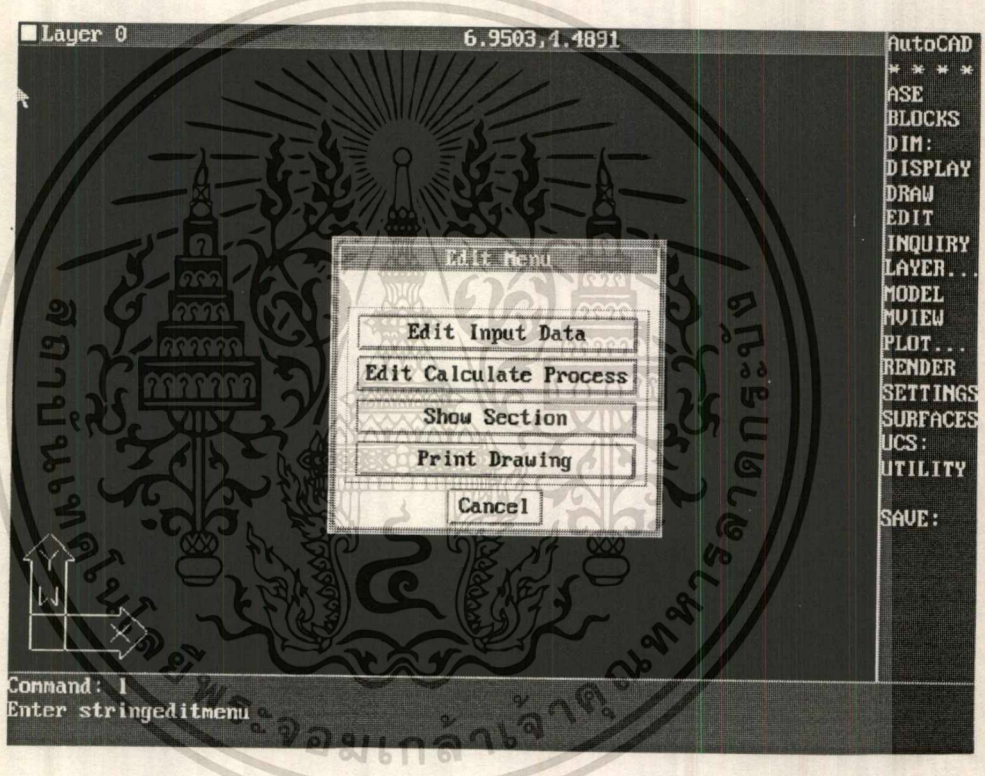
- หน้าตัดพื้น (Floor Section)
- หน้าตัดบันได (Stair Section)
- หน้าตัดคาน (Beam Section)
- หน้าตัดเสา (Column Section)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- หน้าตัดฐานราก (Footing Section)

4.Print Drawing

สั่งพิมพ์แบบออกทางเครื่องพิมพ์ เมื่อเสร็จการป้อนข้อมูลและวาดรูปในแต่ละขั้นตอน



รูปที่ 3.2 Edit Menu

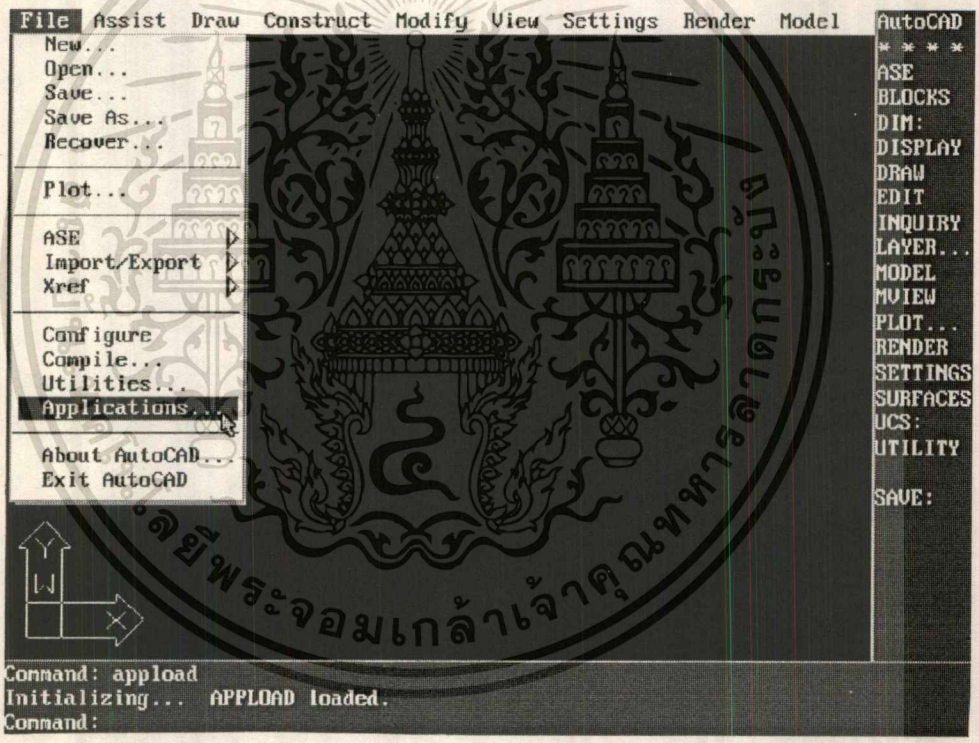
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

1. เรียกโปรแกรมจาก command prompt ของ AutoCAD หรือเรียกจากเมนู Application พร้อมกับพิมพ์ชื่อโปรแกรมลงในไดอะล็อก แล้วพิมพ์คำสั่งเริ่มใช้งาน (start) ตามลงไป

command > (xload "building")

command > start

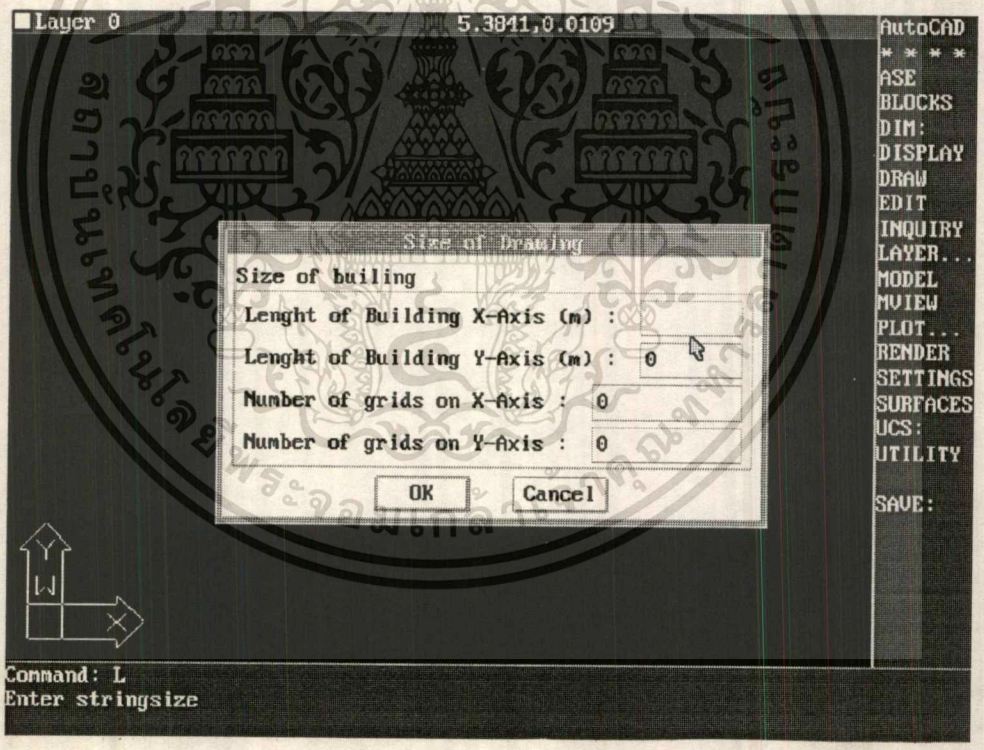


รูปที่ 3.3 เรียกโปรแกรมจาก Menu AutoCAD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. โปรแกรมจะเข้าสู่ main menu เพื่อให้ผู้ใช้เลือกคำสั่งที่ต้องการ เช่น ต้องการเริ่มต้นชิ้นงานใหม่ ให้เลือก Start New Project หรือ เรียกชิ้นเก่ามาแก้ไขก็เลือก Load Project

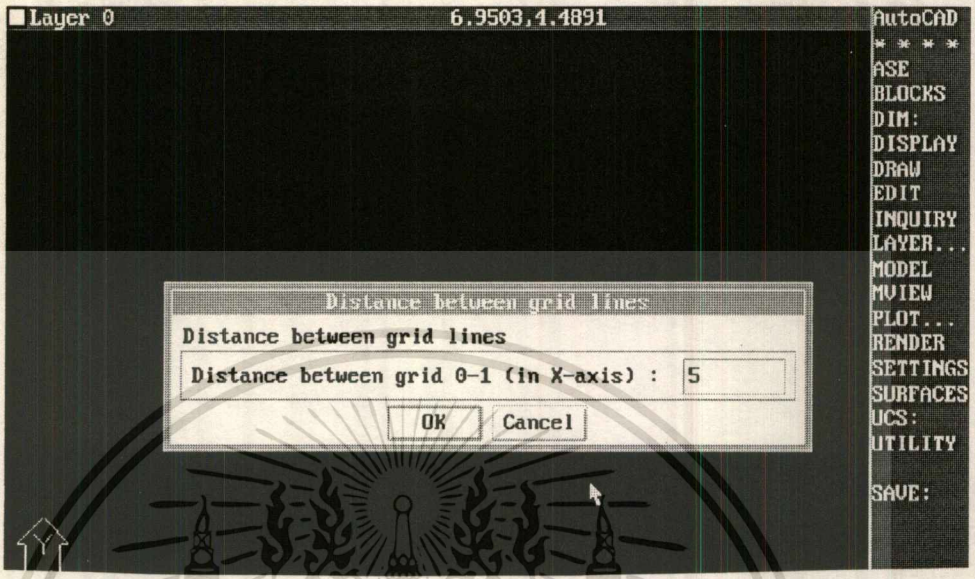
3. กรณีเริ่มชิ้นงานใหม่ โปรแกรมจะให้ป้อนป้อนค่าขนาดขอบเขตของอาคารลงในไดอะล็อก ให้แกนนอนเป็นแกน X ส่วนแกนตั้งเป็นแกน Y ป้อนค่าความยาวลงในช่อง Length of Building in X-axis , Length of Building in Y-axis เป็นความยาวของอาคารทั้งในแนว X และ Y จากนั้นจึงป้อนจำนวนเส้นกริดอ้างอิงทั้งสองแนวแกน โดยเส้นกริดนี้จะนับเอาเส้นที่ผ่านแนวโครงสร้างทุกแนว เช่น กำแพง,เสา,ช่องลิฟต์ และ บันได เป็นต้น แต่จะไม่รวมเส้นกรอบรูป ดังในรูปที่ 4.5 เป็นรูปตัวอย่าง จะมีเส้นกริดในแนว X = 3, Y=2 แกน X ยาว 10 ม.,แกน Y ยาว 8 ม.



รูปที่ 3.4 Size Dialog

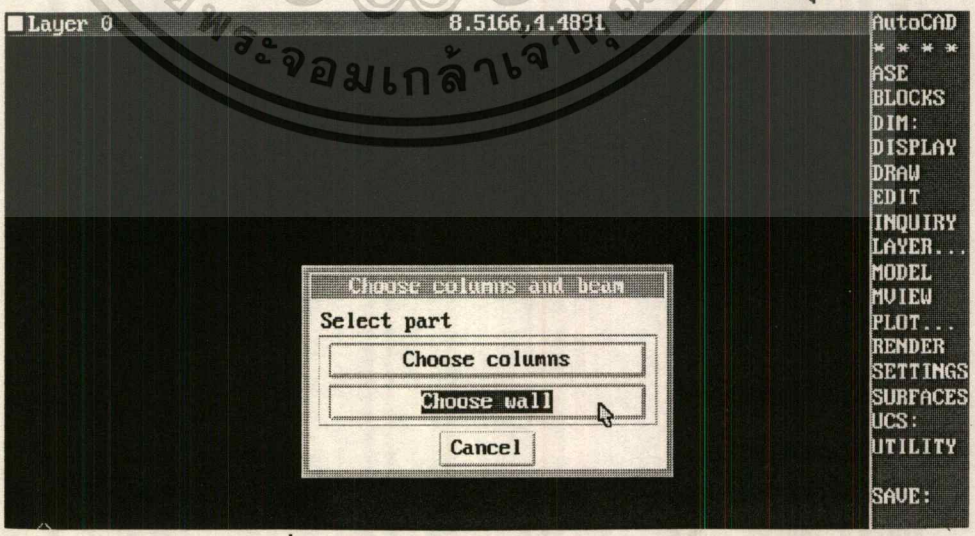
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ป้อนค่าระยะห่างระหว่างกริดต่างๆ ทั้งสองแนวแกนที่ได้ระบุจำนวนเอาไว้แล้ว ใช้หน่วยการป้อนค่าเป็นเมตร เช่น ระยะจริง 3 เมตร ให้ป้อนระยะระหว่างกริด 3 ด้วย



รูปที่ 3.6 Grid Distance Dialog

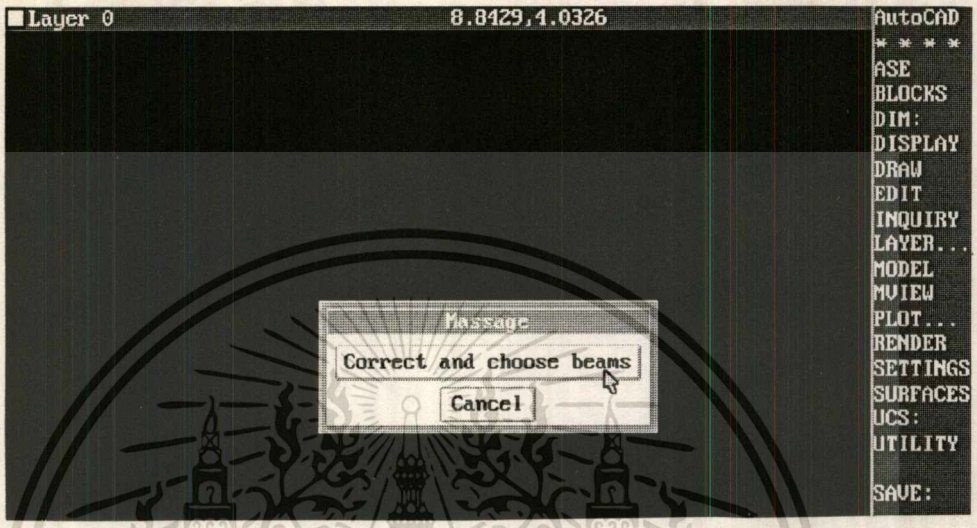
5. โปรแกรมจะวาดรูปเสาและกำแพงมาให้ตามแนวกริดที่มีอยู่ และจะให้ผู้ใช้เลือกว่าตรงเส้นกริดไหนที่มีเสาหรือไม่มี และ มีกำแพงหรือไม่มี โดยเลือกจากไดอะล็อกถัดมาว่าจะ Choose Columns หรือ ChooseWalls สามรถเลือกอะไรก่อนก็ได้ และย้อยกลับมาเลือกได้อีกจนกว่าจะสมบูรณ์ โดยการคลิ๊กเมาส์ตรงเสาที่ต้องการจะลบหรือเพิ่ม เมื่อครบตามความต้องการแล้วให้คลิ๊กเม้าส์ปุ่มขวา ไดอะล็อกจะกลับมาให้เลือกอีกครั้ง ว่าจะแก้ไขอะไรต่อไป ถ้าเสร็จแล้วให้กดปุ่ม OK



รูปที่ 3.7 Choose Column & Wall Dialog

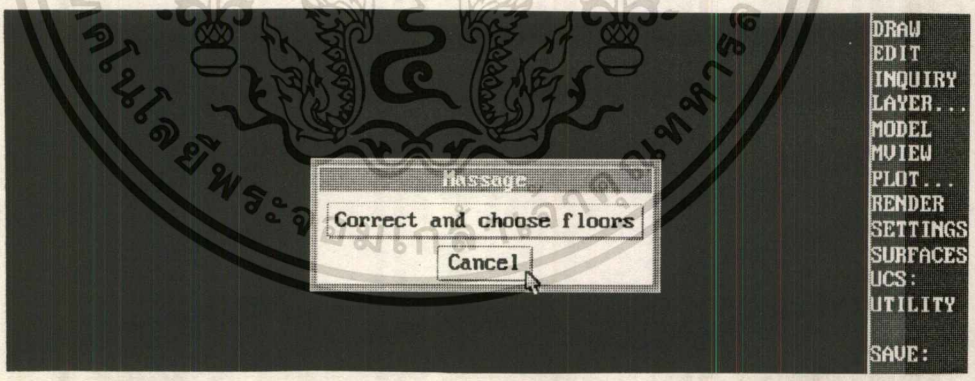
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. เมื่อผู้ใช้กำหนดตำแหน่งเสาและกำแพงของอาคารโดยการเลือกตามข้อ 5. แล้ว โปรแกรมจะคำนวณหาตำแน่งของเสาที่เหมาะสมจากตำแหน่งของเสาและผนัง จากนั้นจะวาดออกมาทางหน้าจอ ผู้ใช้สามารถเลือกที่จะเพิ่มหรือตัดคานที่ตำแหน่งต่างๆตามแนวกริดได้ ตามวิธีเดียวกับเสา โดยเลือก Choose Beams จากไดอะล็อก



รูปที่ 3.8 Choose Beam Dialog

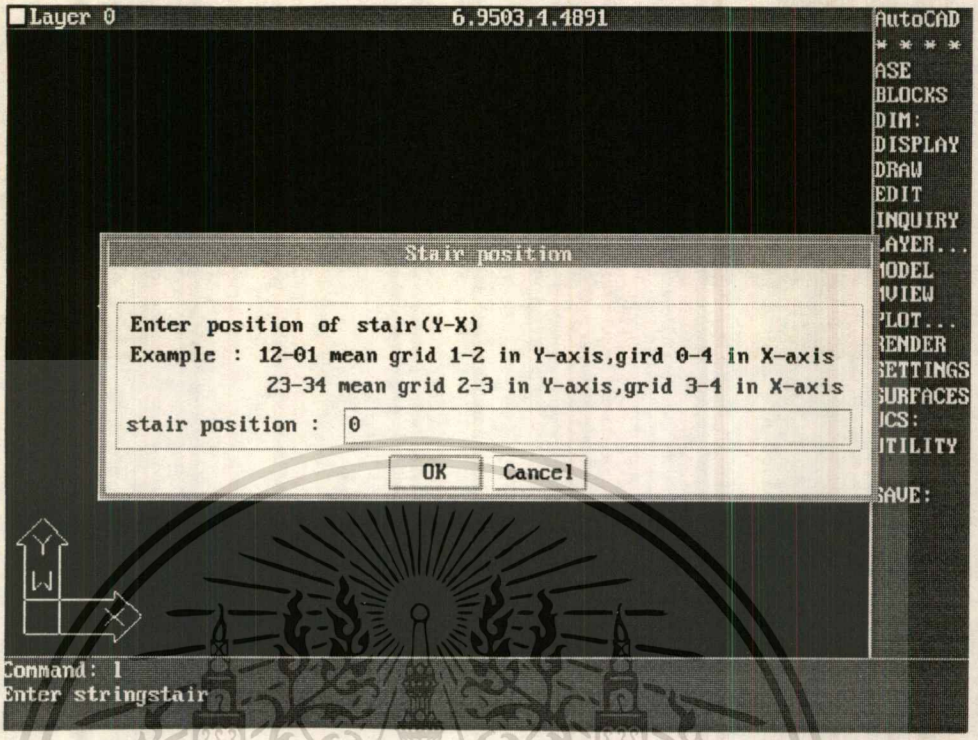
7. โปรแกรมจะคำนวณตำแหน่งของพื้นและคำนวณขนาดของพื้นจากคานที่มีอยู่ ซึ่งผู้ใช้สามรถเลือกพื้นได้เช่นเดียวกัน จากไดอะล็อก Choose Floors



รูปที่ 3.9 Choose Floor Dialog

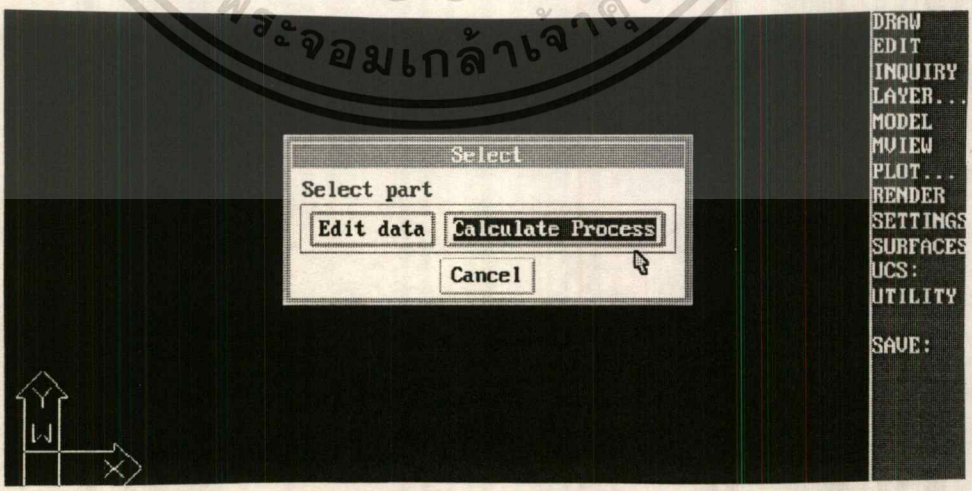
8. ไดอะล็อกบันไดจะถามว่าผู้ใช้ต้องการบันไดกี่อัน และจะถามรายละเอียดของบันไดที่ต้องการ เช่น ความกว้างของลูกตั้ง,ลูกนอน,ชานพัก จำนวนขั้นของบันไดทั้งส่วนบนและล่าง รวมไปถึงถามทางเข้าและทางขึ้นของบันไดด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



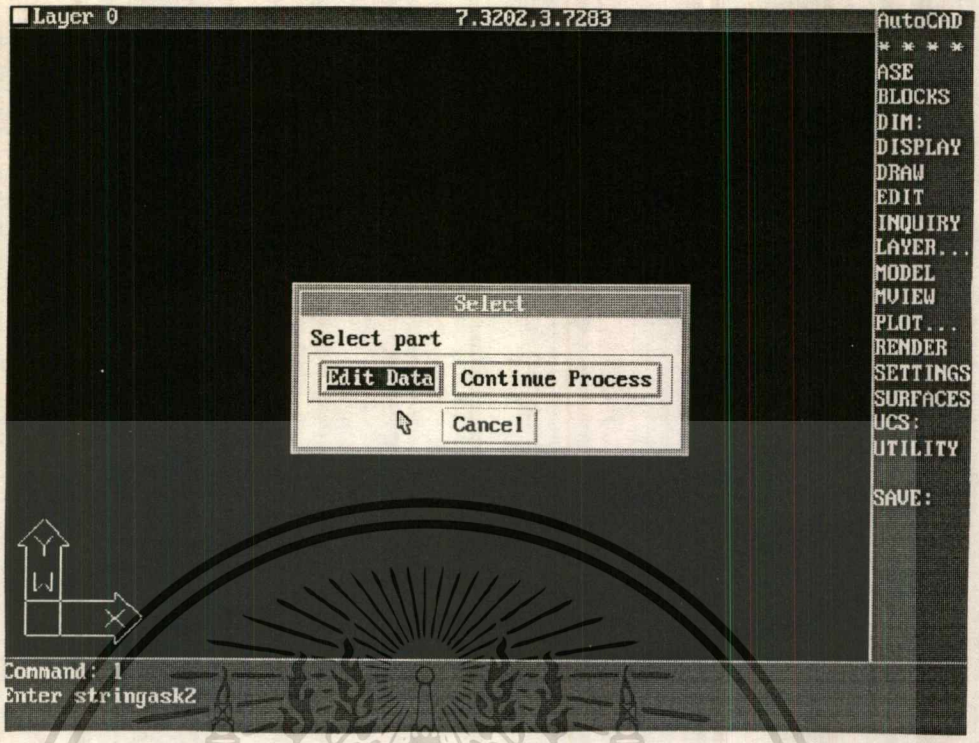
รูปที่ 3.10 Stair Dialog

9. ถึงขั้นตอนนี้จะสิ้นสุดขั้นตอนการป้อนข้อมูลโครงสร้าง ไดอะล็อกจะขึ้นมาถามว่าต้องการแก้ไขส่วนต่างๆที่ผ่านมาหรือไม่ และต้องการแก้ไขที่ส่วนใด หรือจะข้ามไปยังส่วนคำนวณเลย และต่อไปเมื่อสิ้นสุดการคำนวณส่วนใด โปรแกรมจะถามว่าจะย้อนกลับไปป้อนค่า หรือ คำนวณส่วนก่อนหน้านี้ใหม่หรือไม่เสมอ



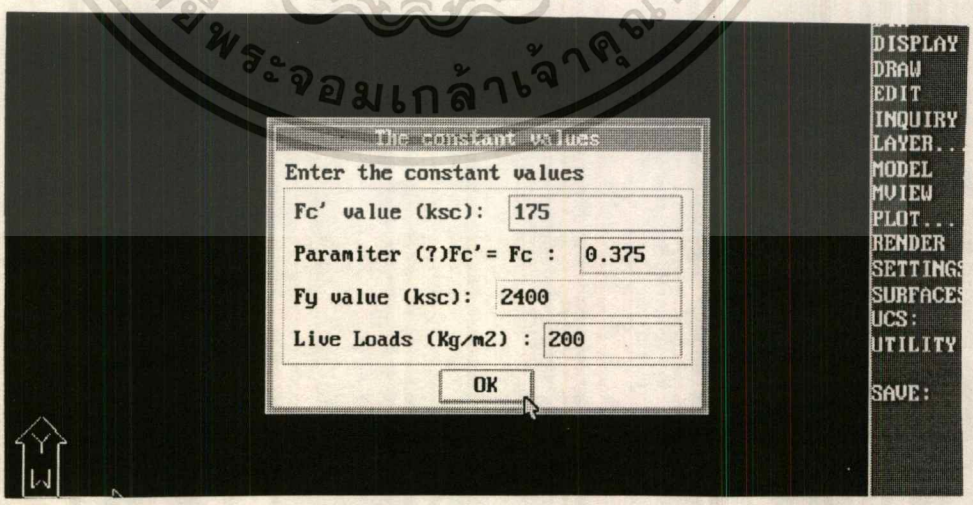
รูปที่ 3.11 Dialog Ask For Decision

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 Dialog Ask For Decision

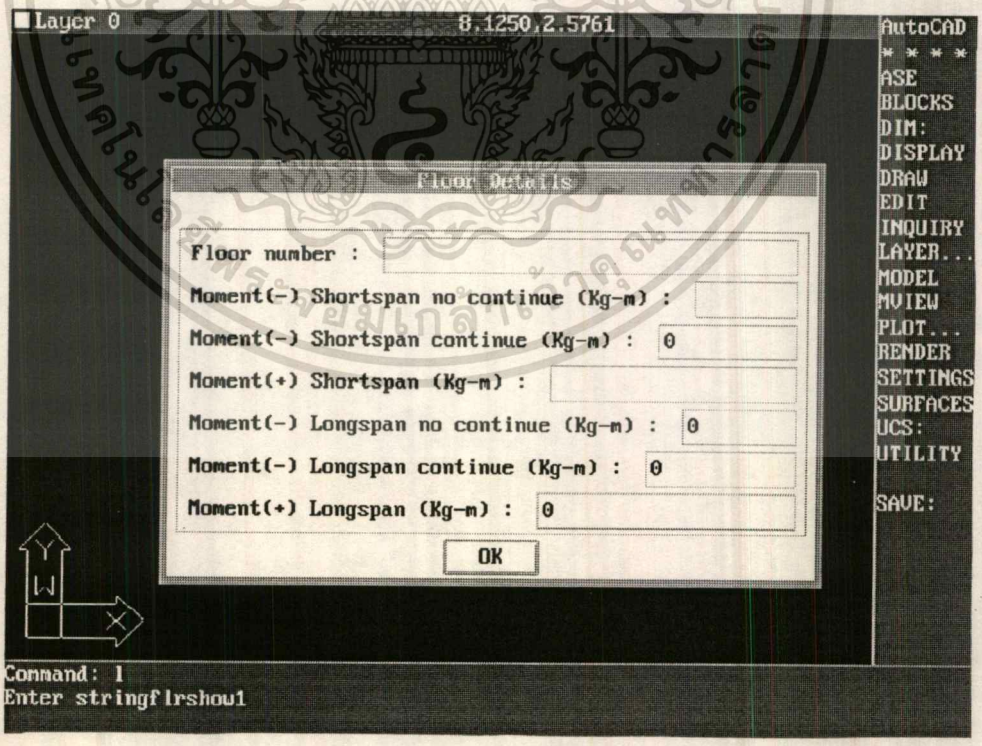
10. เมื่อเข้าสู่ส่วนคำนวณ โปรแกรมทำการคำนวณโครงสร้างส่วนต่างๆ โดยจะรับข้อมูลจากผู้ใช้เป็นระยะๆ เริ่มจากการคำนวณพื้น ผู้ใช้จะต้องเลือกที่พื้นต่างๆทีละพื้น และป้อนค่าคงที่ต่างๆที่ใช้คำนวณพื้นนั้น โปรแกรมจะนำคุณสมบัติของพื้นที่มีอยู่ไปคำนวณหา ค่าความหนาของพื้น,ค่าโมเมนต์ของด้านต่างๆ,แรงเฉือน และ เหล็กเสริม ของพื้นนั้น แล้วรายงานค่าต่างๆที่คำนวณได้ทางไดอะล็อก และวาดรูปหน้าตัดด้วย



รูปที่ 3.12 Constant Dialog

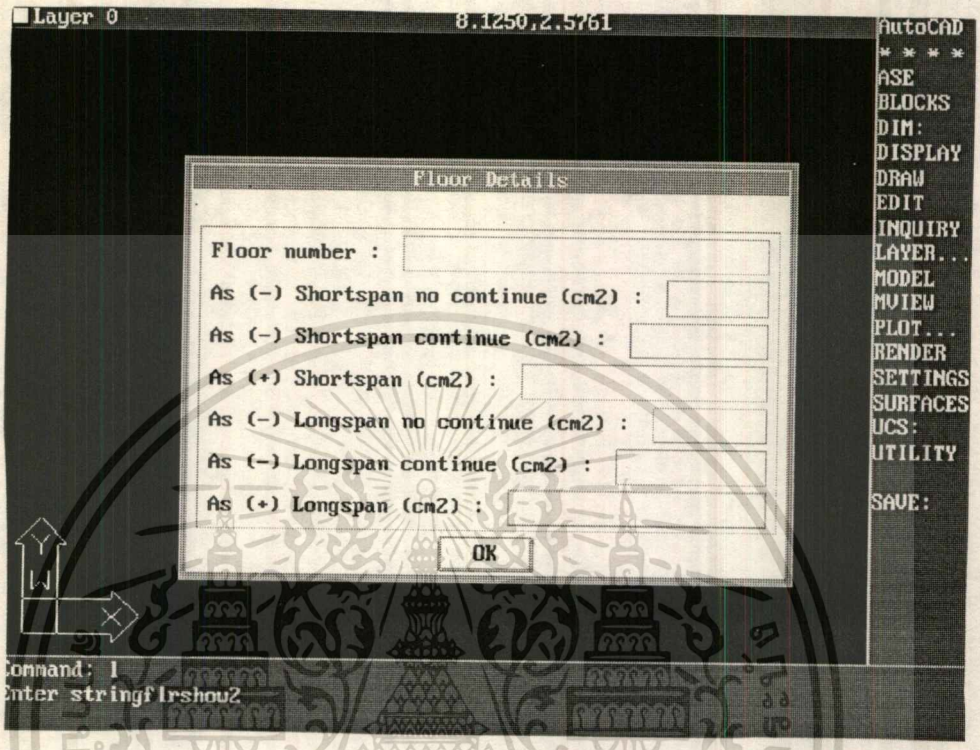
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก)



ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ค)

รูปที่ 3.13 Floor Detail Dialog

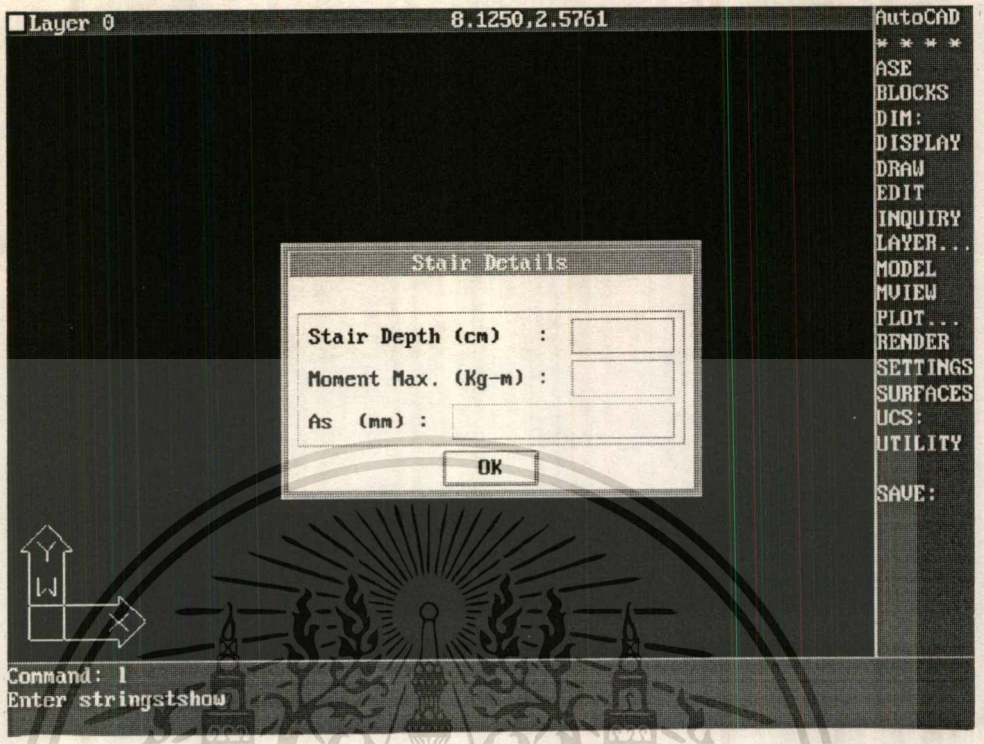
ก) ขนาดและความหนา

ข) โมเมนต์ที่ด้านต่างๆ

ค) หน้าตัดเหล็กที่ต้องการ

11. ส่วนคำนวณบันได ผู้ใช้ป้อนค่าคงที่ในการคำนวณ โปรแกรมจะแสดงหน้าตัดเช่นเดียวกับพื้น และแสดงค่าความหนาของบันได,ค่าโมเมนต์สูงสุด,ค่าหน้าตัดเหล็กเสริมด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



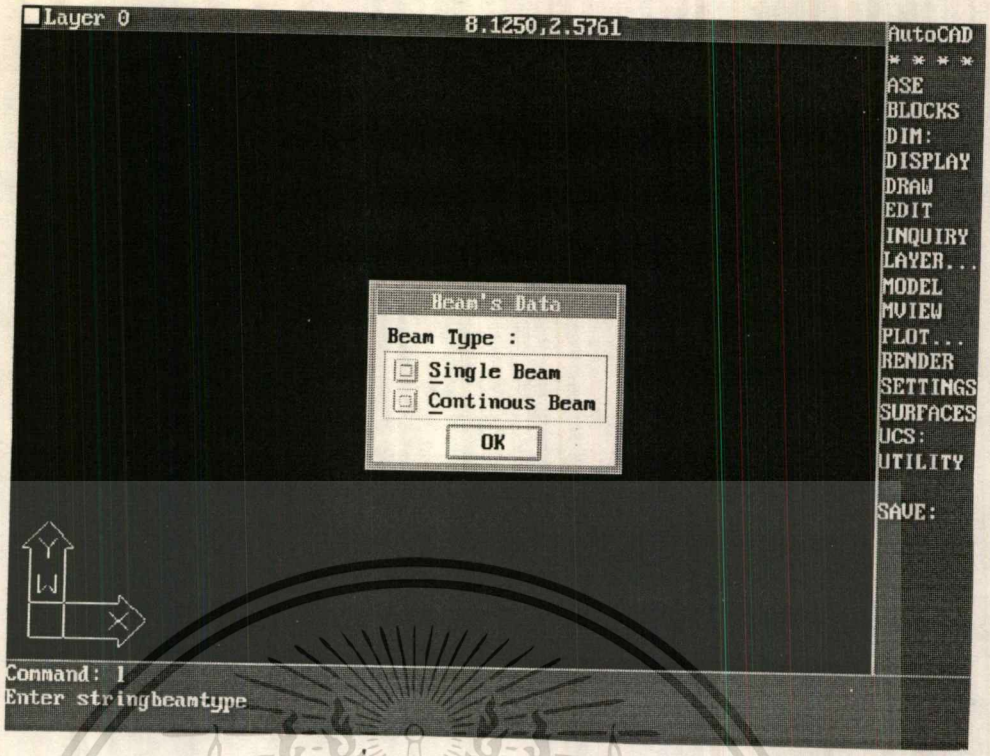
รูปที่ 3.14 Stair Detail Dialog

12. ส่วนต่อไปเป็นขั้นตอนการคำนวณคาน เป็นขั้นตอนที่ค่อนข้างซับซ้อน ผู้ใช้จะต้องตัดสินใจในการเลือกคำนวณคานว่าต้องคำนวณคานใดก่อน โดยอ้างอิงจากการทำงานคำนวณจริง เช่นต้องคำนวณส่วนที่เป็นคานเดี่ยวที่ไม่ต้องรับน้ำหนักจากคานใดเลย แล้วจึงคำนวณคานเดี่ยวที่มีคานมาฝาก จากนั้นค่อยเริ่มคำนวณคานต่อเนื่อง

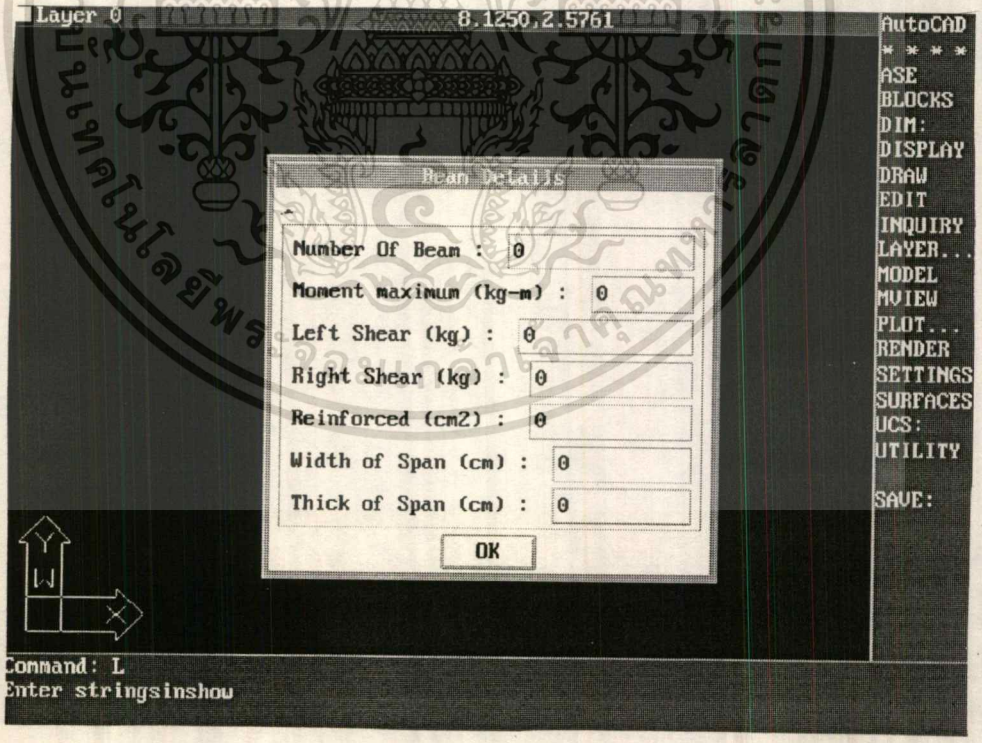
ในการเลือกคานที่จะคำนวณให้คลิ๊กไปที่คานที่ต้องการ จะมีไดอะล็อกให้เลือกว่าจะคำนวณคานนั้นเป็นคานเดี่ยวหรือคานต่อเนื่อง ในการเลือกต่อเนื่องจะต้องเลือกที่คานแรกของแต่ละชุด โดยในแนวแกน X ให้เลือกอันซ้ายสุด ส่วนในแกน Y ให้เลือกอันบนสุด

โปรแกรมจะนำคานนั้นไปคำนวณคามข้อมูลการคำนวณที่มีอยู่ และที่ผู้ใช้ป้อนให้ จากนั้นจะมีไดอะล็อกแสดง ค่าข้อมูลในการคำนวณคานแต่ละชิ้น เช่น ค่า โหลดจากพื้น และจะแสดงค่าผลลัพธ์ต่างๆ คือ ค่าขนาดของคาน , โมเมนต์ต่างๆที่เกิดขึ้น ,แรงเฉือน และ เหล็กเสริม รวมทั้งวาดหน้าตัดคานต่างๆให้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



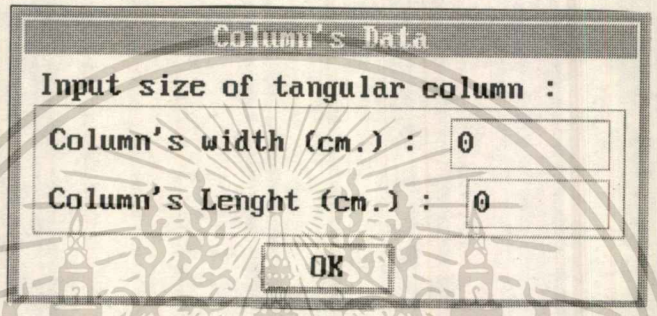
รูปที่ 3.16 Beam Type Dialog



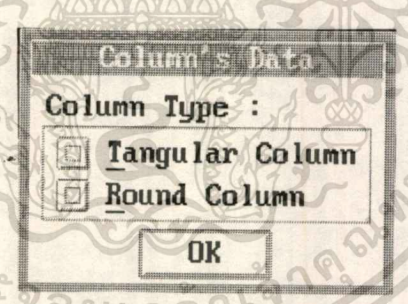
รูปที่ 3.17 Beam Detail Dialog

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. เมื่อผู้ใช้เลือกคำนวณคานครบแล้ว ต่อไปโปรแกรมจะเริ่มทำงานในส่วนของเสา โดยจะคำนวณหาขนาดหน้าตัด และ เหล็กเสริม จากน้ำหนักลงเสาที่มาจากคาน โปรแกรมจะสามารถคำนวณหาหน้าตัดได้เองโดยอัตโนมัติโดยจะคำนวณเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส หรือผู้ใช้สามารถเลือกที่จะใช้หน้าตัดของตนเองได้ และสามารถเลือกได้ว่าจะใช้เสาเหลี่ยมหรือเสากลม ซึ่งจะต้องระบุขนาดด้านหรือเส้นผ่านศูนย์กลางด้วย โปรแกรมจะแสดงผลลัพธ์การคำนวณเช่นเดียวกับคาน และพื้น

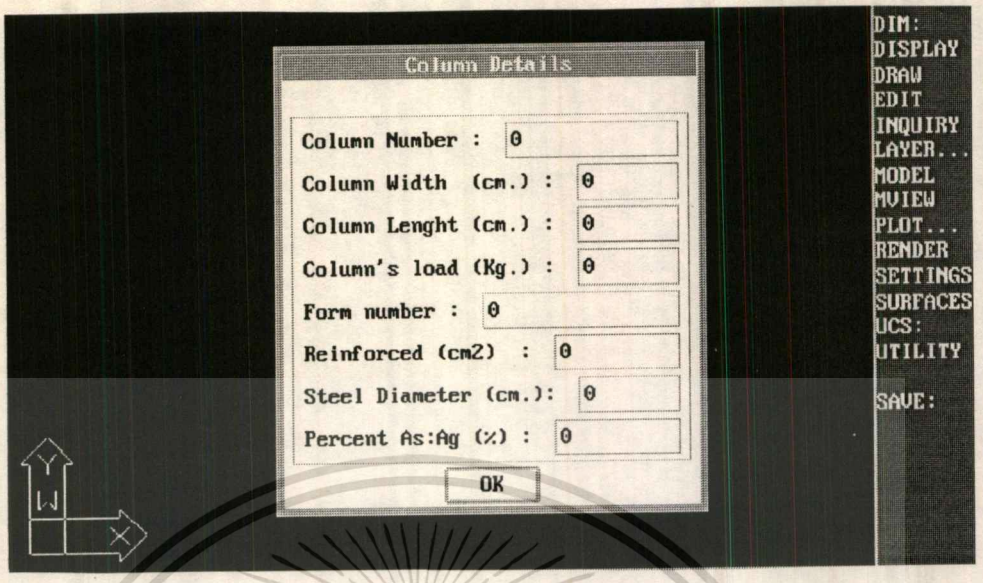


รูปที่ 3.18 Select Input Dialog



รูปที่ 3.19 Column Type Dialog

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก)

ข)

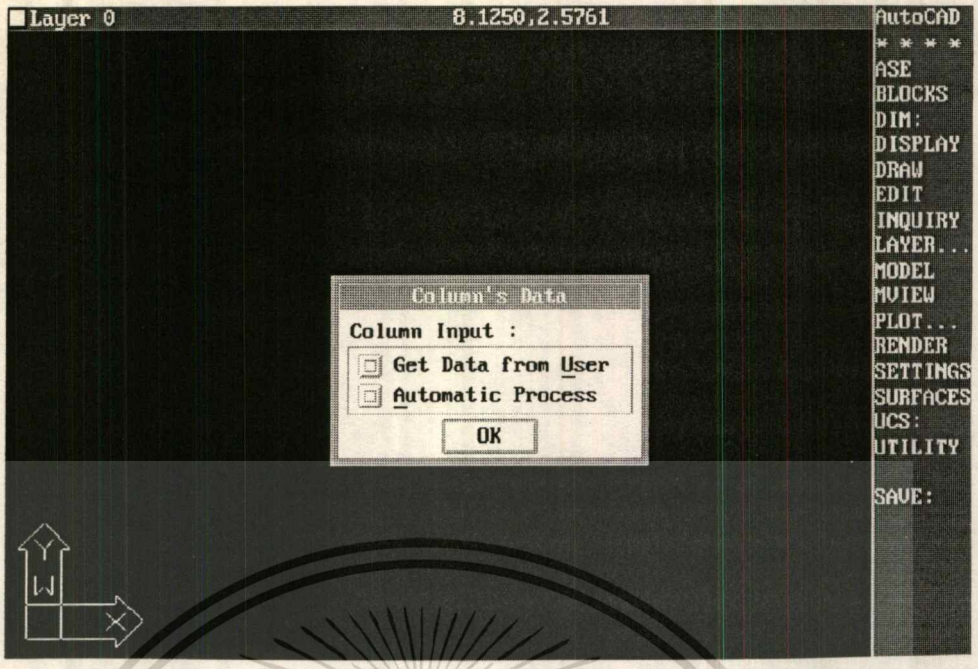
รูปที่ 3.20 Column Data Dialog

ก) Square Column

ข) Round Dialog

14. โปรแกรมจะเข้าสู่ขั้นตอนการคำนวณฐานรากเมื่อเสร็จสิ้นการคำนวณเสา ไดอะล็อกจะบอกค่าน้ำหนักลงเสาเข็มแต่ละต้น ให้ผู้ใช้เลือกใช้หน้าตัดเสาเข็มและน้ำหนักปลอดภัยของเสาเข็มที่ต้องการ จากนั้นโปรแกรมจะคำนวณฐานราก ทั้งฐานรากร่วมและฐานรากเดี่ยว รวมทั้งแสดงผลคำนวณและรูปตัดของฐานรากด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

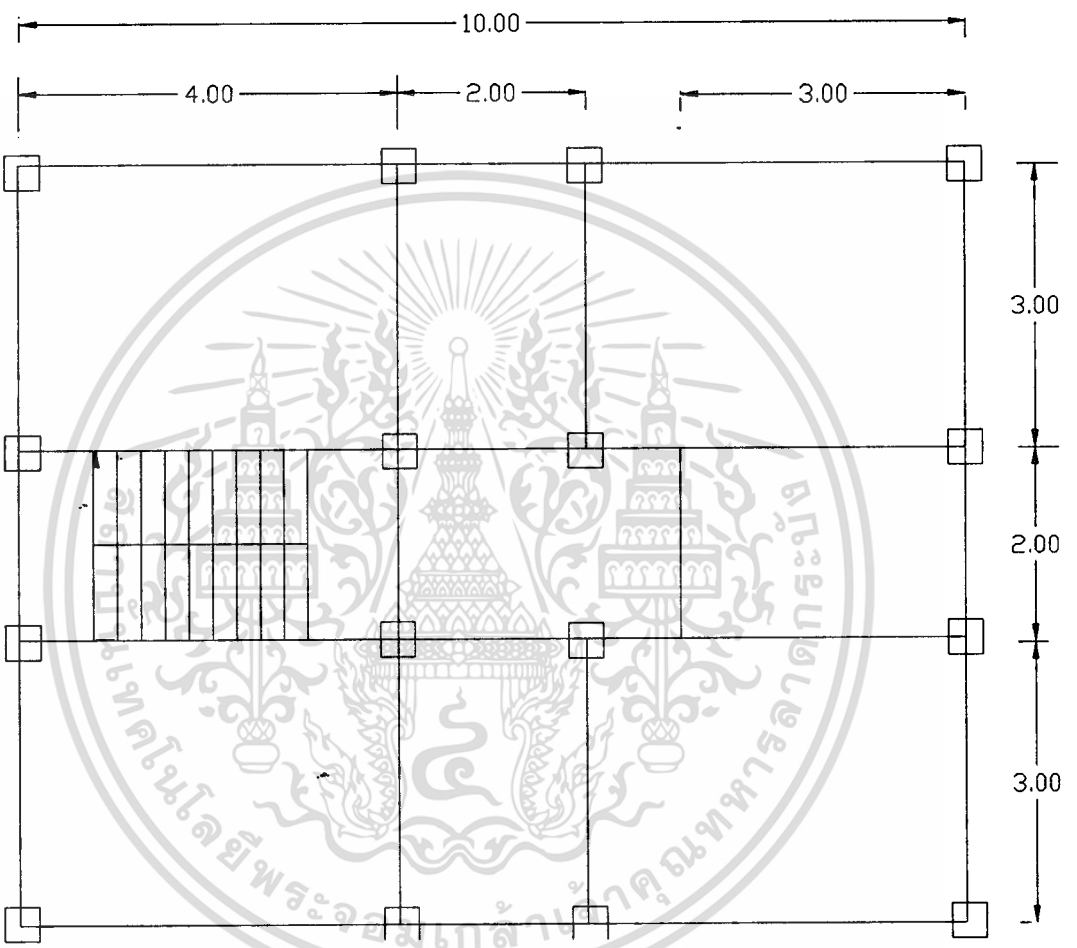


รูปที่ 3.21 Pile Type Dialog

15. เสร็จสิ้นการคำนวณ โปรแกรมจะถาม ว่าต้องการแก้ไขส่วนใดๆ ที่คำนวณมาหรือไม่ เช่นเดียวกับที่ถามหลักจากการคำนวณส่วนอื่นๆเสร็จ

16. ผู้ใช้สามารถแก้ไขแบบอาคารและแบบหน้าตัดของส่วนต่างๆ ได้ตามต้องการ เหมือนกับ drawing ทั่วไปของ AutoCAD เพราะรูปอาคารจะเป็นไฟล์.DWG ของ AutoCAD เลย และถ้าต้องการดูหรือพิมพ์รายการคำนวณส่วนต่างๆที่คำนวณมา ผู้ใช้จะต้องออกไปที่ DOS prompt เรียกคำสั่ง report จะมีโปรแกรมแสดงรายการคำนวณที่เป็น ภาษาไทยเอาไว้ให้ ซึ่งสามารถพิมพ์ออกทางเครื่องพิมพ์ได้เลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 แบบตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
บทวิจารณ์และสรุป

เนื่องจากการออกแบบทั้งอาคารนั้นเป็นงานที่ซับซ้อนมาก มีรายละเอียดสูงจึงเป็นการยากในการศึกษารายละเอียดการคำนวณและการออกแบบ ให้ได้ทั้งหมด นอกจากนี้ยังขาดประสบการณ์ในการออกแบบ ดังนั้นวัตถุประสงค์ในการทำโครงงานชิ้นนี้เพียงเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการเขียนโปรแกรมออกแบบโครงสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กร่วมกับโปรแกรมเขียนแบบ AutoCAD ดังนั้นทางกลุ่มโครงงานจึงจำกัดขอบเขตการทำงานของโปรแกรมเพื่อความเหมาะสมในการทำงานดังนี้

1) พื้นคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีรูปร่างไม่เป็นรูปสี่เหลี่ยม จะไม่สามารถทำการคำนวณได้ เพราะโปรแกรมออกแบบใช้วิธีการออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กแบบที่ 2 พื้นยื่น สำหรับโปรแกรมนี้ไม่สามารถทำการคำนวณได้เพราะปัญหาการกำหนดตำแหน่งของตัวพื้นระบบของพื้นจะเป็นพื้นท้องตันเพียงอย่างเดียวพื้นระบบอื่นๆ อย่างเช่นพื้นระบบตง หรือ พื้นแบบรังผึ้ง เป็นต้น ซึ่งจะเป็นสาเหตุให้พื้นที่ออกแบบได้มีความหนามากเมื่อมีช่วงยาวมาก อีกทั้งในเรื่องการเปิดช่องในพื้นนั้นไม่ได้มีการกำหนดเอาไว้

2) บันไดคอนกรีตเสริมเหล็กจะมีการออกแบบเป็นแบบเดียวคือเป็นบันไดท้องเรียบแบบมีชานพักเพราะเห็นว่าโดยทั่วไปแล้วจะเป็นแบบที่นิยมใช้กันในอาคารสำนักงาน

3) คานคอนกรีตเสริมเหล็กจะไม่มีการคำนวณในเรื่องโมเมนต์บิด การโก่งตัวของคาน ลักษณะหน้าตัดคานจะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าเพียงอย่างเดียว และไม่สามารถวิเคราะห์คานลึก คานเชิงประกอบ และ คานแคบได้

และโปรแกรมไม่สามารถเลือกให้ได้ว่าคานใดเป็นคานต่อเนื่อง คานใดเป็นคานเดี่ยว เนื่องจากรูปแบบและเงื่อนไขในการเลือกคานนั้นสลับซับซ้อนเกินกว่าที่จะออกแบบโครงสร้างในการตัดสินใจได้ ทางกลุ่มโครงงานจึงให้ผู้ใช้โปรแกรมเป็นผู้เลือก

4) เสาคอนกรีตเสริมเหล็กจะเป็นลักษณะของเสาปลอกเดี่ยว การจัดเหล็กเสริมหลักในเสาสำหรับเสารับโมเมนต์เนื่องจากแรงลมจะทำการจัดไว้ตามขอบทั้งหมดเพราะจะทำให้การคำนวณมีความถูกต้องเป็นอย่างมาก เสาสูงจะไม่มีการคำนวณไว้ การหาโมเมนต์เนื่องจากแรงลมที่ทำให้เกิดโมเมนต์ที่หัวเสาใช้วิธี Cantilever Method ซึ่งเป็นวิธีที่ประมาณพอสมควรแต่ก็เป็นวิธีคำนวณที่ใช้กันโดยทั่วไป

5) กำแพงคอนกรีตเสริมเหล็กรับแรงลมจะมีความหนาคงที่ตลอดความสูง ระบบการรับแรงลมของอาคารนี้ จะเป็นแบบโครงเฟรมร่วมกับกำแพงรับแรงลมซึ่งจะสามาถสร้างได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประมาณ 30 ชั้นเป็นอย่างมาก ซึ่งการคำนวณรับแรงลมของอาคารระบบนี้จะต้องมีความละเอียดกว่านี้คือต้องมีการคำนวณร่วมกันทั้งสองทาง ดังนั้นจึงทำการคำนวณแบบประมาณแต่สามารถใช้ในงานจริงได้แต่จะมีความสิ้นเปลืองอยู่มาก

6) ฐานรากจะเป็นฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กแบบวางบนเข็ม โดยจะแบ่งการคำนวณเป็นสองแบบคือฐานรากเดี่ยวกับฐานรากร่วม ในส่วนของฐานรากเดี่ยวจะมีขอบเขตการคำนวณเท่ากับฐานเข็ม 7 ต้น ถ้าจะต้องใช้จำนวนมากกว่านี้ทางกลุ่มโครงงานเห็นว่าอาจจะมีปัญหาในเรื่องของขนาดของฐานรากจะมาทับกันซึ่งจะต้องออกแบบเป็นแบบฐานรากร่วมคลุมทั้งอาคารโดยโปรแกรมจะทำการทิ้งค่าน้ำหนักที่ถ่ายลงมาจากเสาไว้เพื่อทำการคำนวณต่างหากต่อไป ส่วนของฐานรากร่วมจะสร้างเพื่อรับน้ำหนักที่ถ่ายลงมาจากช่องลิฟท์ซึ่งสามารถรับโมเมนต์เนื่องจากแรงลมได้อีกด้วย โดยจะใช้แรงลมตามเทศบัญญัติกรุงเทพมหานคร

นอกจากนี้ปัญหาในการเขียนโปรแกรมการคำนวณ ยังมีในเรื่องของการออกแบบทางโยธาด้วย เนื่องจากการออกแบบส่วนใหญ่ใช้การตัดสินใจของวิศวกรในการเลือกว่าต้องการจะออกแบบแบบใด ยกตัวอย่างเช่น การเลือกเหล็กเสริม โดยปกติแล้วผู้ออกแบบจะต้องเป็นผู้ตัดสินใจว่าจะต้องใช้เหล็กขนาดใดและระยะใดจึงจะเหมาะสม การเลือกขนาดหน้าตัดเสาคาน ขนาดฐานราก การจัดเหล็กเสริมในคานต่อเนื่อง เป็นต้น

นอกจากปัญหาด้านการคำนวณแล้วยังมีปัญหาของตัวภาษาที่ใช้เขียนด้วยเนื่องจากภาษา ADS นั้นยังไม่เป็นที่แพร่หลายมากนัก จึงมีแหล่งข้อมูลให้ศึกษาน้อยและต้องใช้เวลาศึกษานานพอสมควร อีกทั้งในช่วงแรกของการทำงาน ได้มีการวางแผนงานการเขียนโปรแกรมโดยจะใช้ ภาษา AutoLISP ซึ่งเป็นภาษาบน AutoCAD ที่มีการใช้แพร่หลายทั่วไปแต่ไม่สามารถทำงานที่มีความสลับซับซ้อนได้ จึงต้องเสียเวลาในการศึกษาหาแนวทางในการเขียนโปรแกรม และ การเปลี่ยนแปลง อยู่มาก

ปัญหาที่พบอีกก็คือการตรวจสอบและแก้ไขโปรแกรมนั้นเป็นไปด้วยความยากลำบากเนื่องจากไม่สามารถทำการตรวจสอบโปรแกรมทีละขั้นตอนได้และจากการที่ตัวโปรแกรมมีขนาดใหญ่ มีตัวแปรมากทำให้ใช้หน่วยความจำสูง จึงต้องใช้ตัวแปลภาษาแบบพิเศษด้วยคือ WATCOM C++ ซึ่งเป็นโปรแกรมที่หายาก ราคาแพง มีการใช้งานยุ่งยากและซับซ้อน และมีแหล่งข้อมูลให้ศึกษาได้น้อยมาก

หลังจากที่ได้ศึกษาการเขียนโปรแกรมที่ทำงานบน AutoCAD อย่างละเอียดแล้วพบว่าโปรแกรมต่างๆที่สามารถทำงานบน AutoCAD ได้นั้นมีข้อจำกัดอยู่บ้าง โดยเฉพาะความสะดวกและยืดหยุ่นในการทำงาน ต่างจากโปรแกรมที่ทำงานบน DOS หรือ Windows ซึ่งใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง่ายกว่า ดังนั้นในการสร้างโปรแกรมจะต้องมีการคำนึงถึงการออกแบบรูปแบบการใช้งาน เพื่อลดความยุ่งยากในการใช้งานจริง

จะเห็นได้ว่าเราสามารถพัฒนาโปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้างบน AutoCAD ได้ และถ้าหากต้องการออกแบบโครงสร้างที่มีความละเอียดในการคำนวณที่มากกว่านี้ ก็สามารถนำโครงงานนี้ไปพัฒนาขั้นตอนในการคำนวณได้ แต่ก็คงต้องใช้เวลาและความสามารถในการศึกษาเรื่องการเขียนโปรแกรม ADS การเขียน AutoCAD การใช้ WATCAM C compiler และ ความสามารถทางด้านการออกแบบโครงสร้างอาคาร รวมถึงประสบการในงานออกแบบอีกด้วย

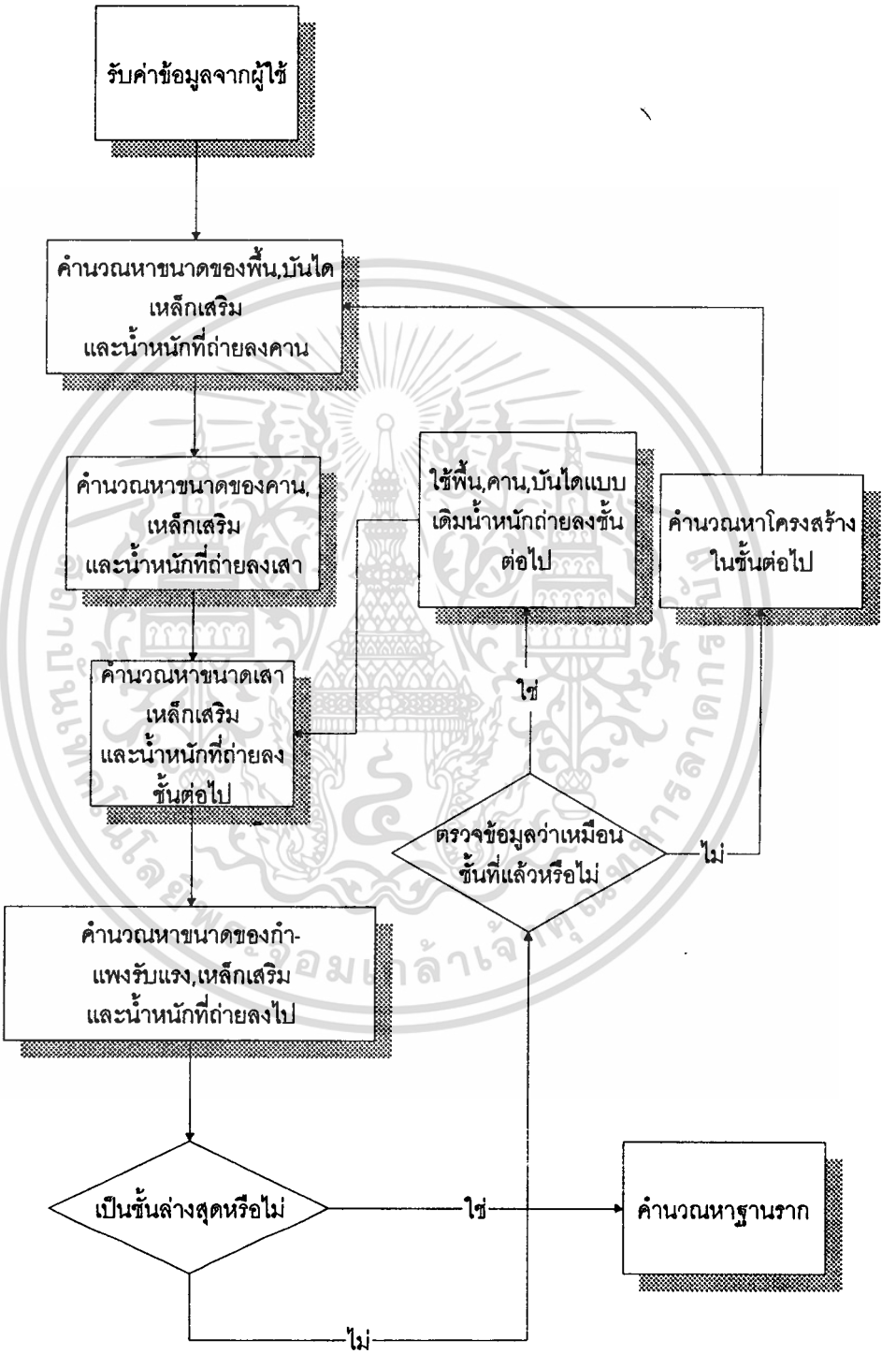
โปรแกรมนี้มีแนวทางในการพัฒนาและศึกษาต่อมากมายหลายทาง เพราะโปรแกรมได้ชี้ถึงความเป็นไปได้ในการสร้างโปรแกรมในลักษณะเช่นนี้ นอกจากจะสามารถปรับปรุงรูปแบบการทำงานแล้ว ยังสามารถนำระบบฐานข้อมูล (Database) เข้ามาช่วยในการเก็บข้อมูลต่างๆในการคำณวน เพื่อให้ง่ายต่อการค้นหา และทำให้โปรแกรมมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

ในการทำงานของโปรแกรมในส่วนที่สองนี้ได้ผลงานเป็นที่น่าพอใจ ทั้งส่วนที่เป็นการคำนวณ และส่วนที่ทำงานบน AutoCAD ซึ่งโปรแกรมสามารถนำไปเพิ่มเติมปรับปรุงและแก้ไขรูปแบบ และการทำงานได้ ซึ่งแนวทางในการพัฒนาได้กล่าวไปแล้วข้างต้น

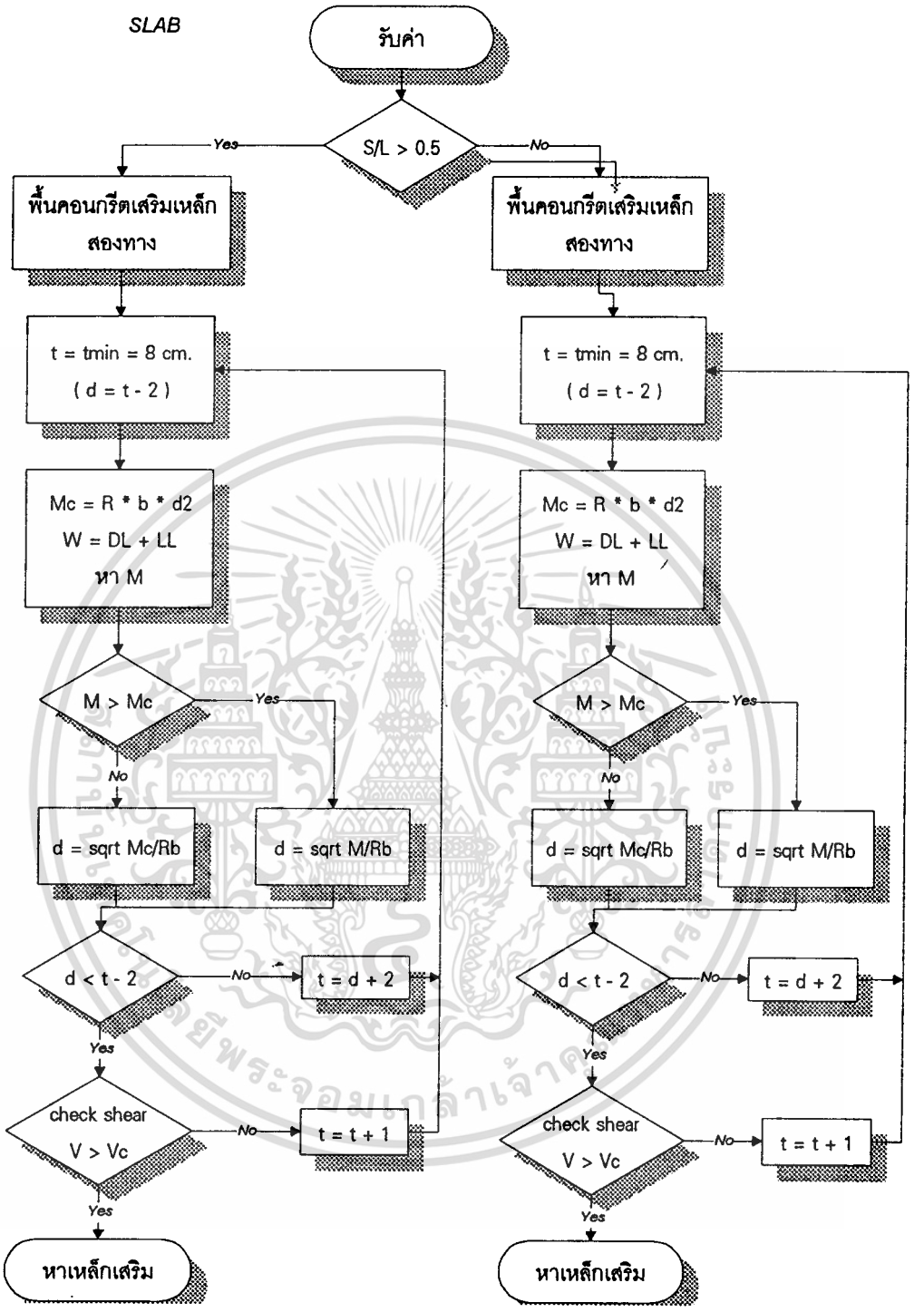
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพผนวก

โฟลว์ชาร์ตแสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม



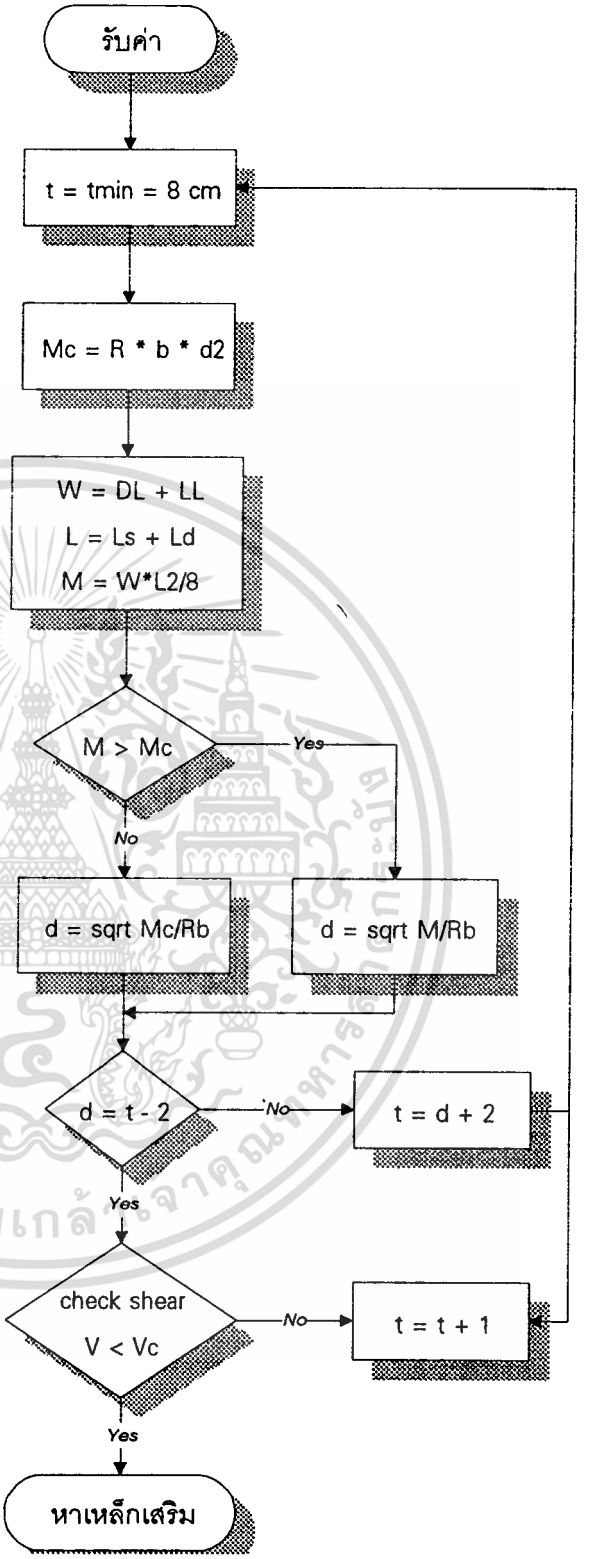
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



โฟลว์ชาร์ตแสดงการคำนวณพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก

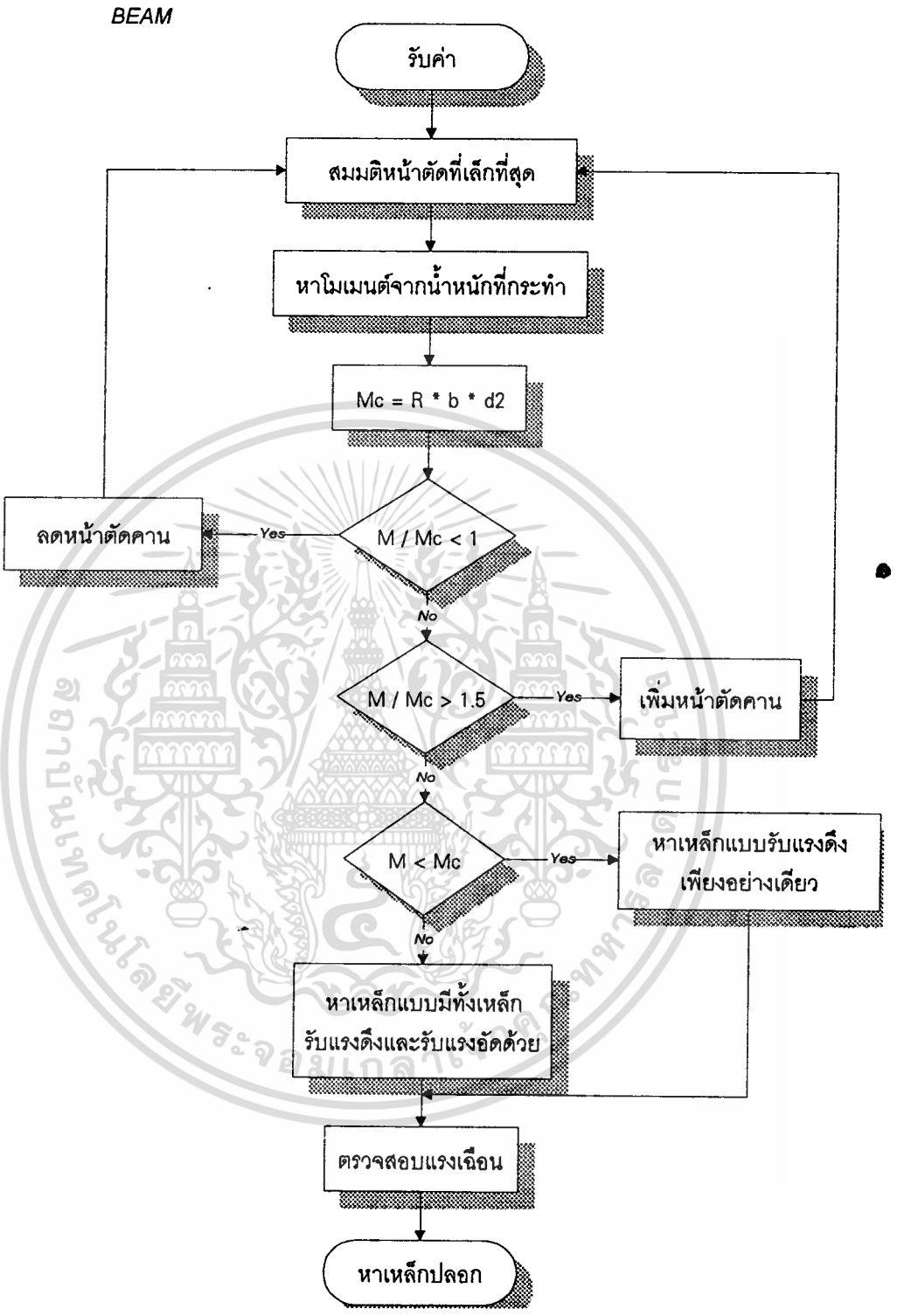
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

STAIR



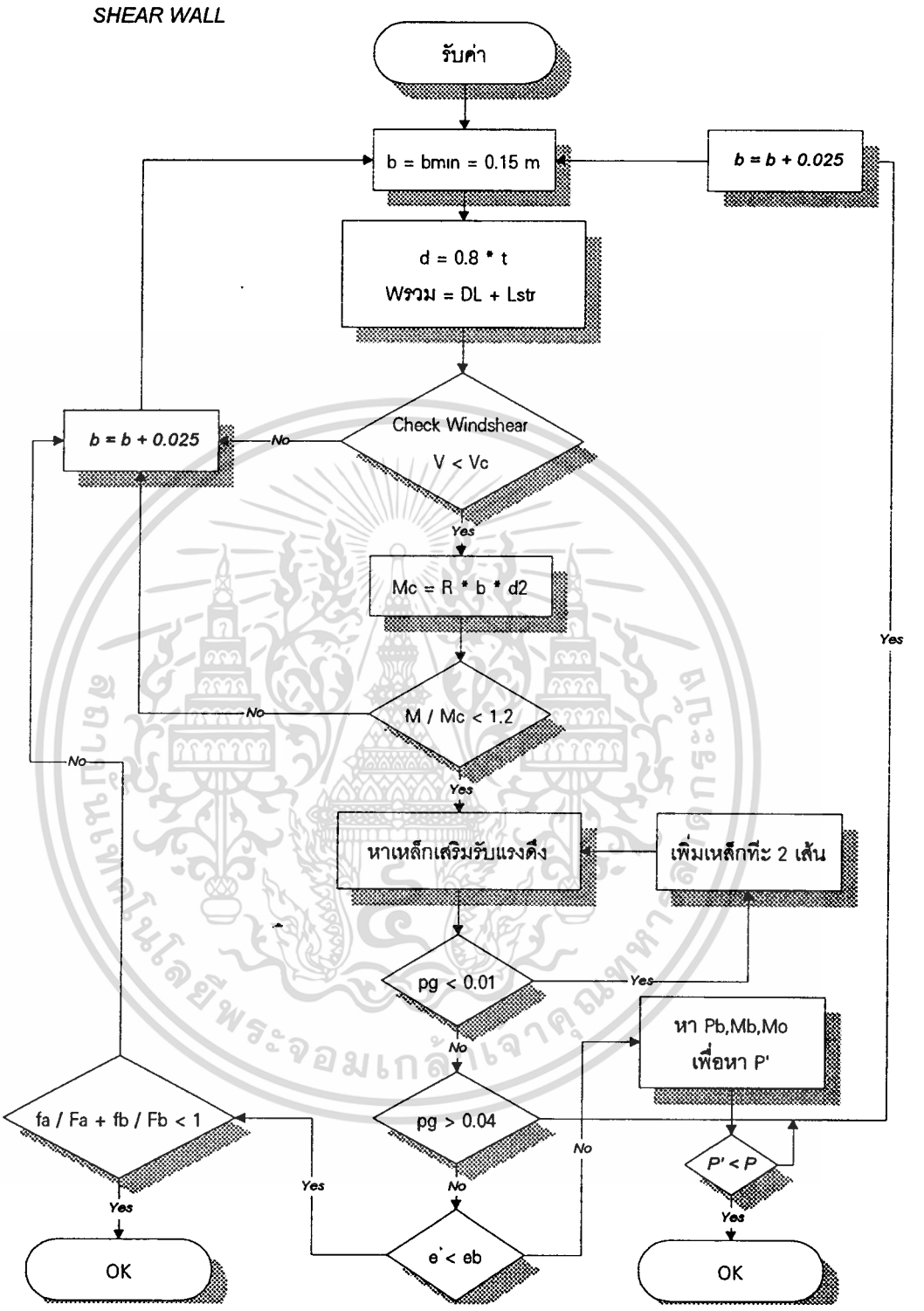
โฟลว์ชาร์ตแสดงการคำนวณบันได

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



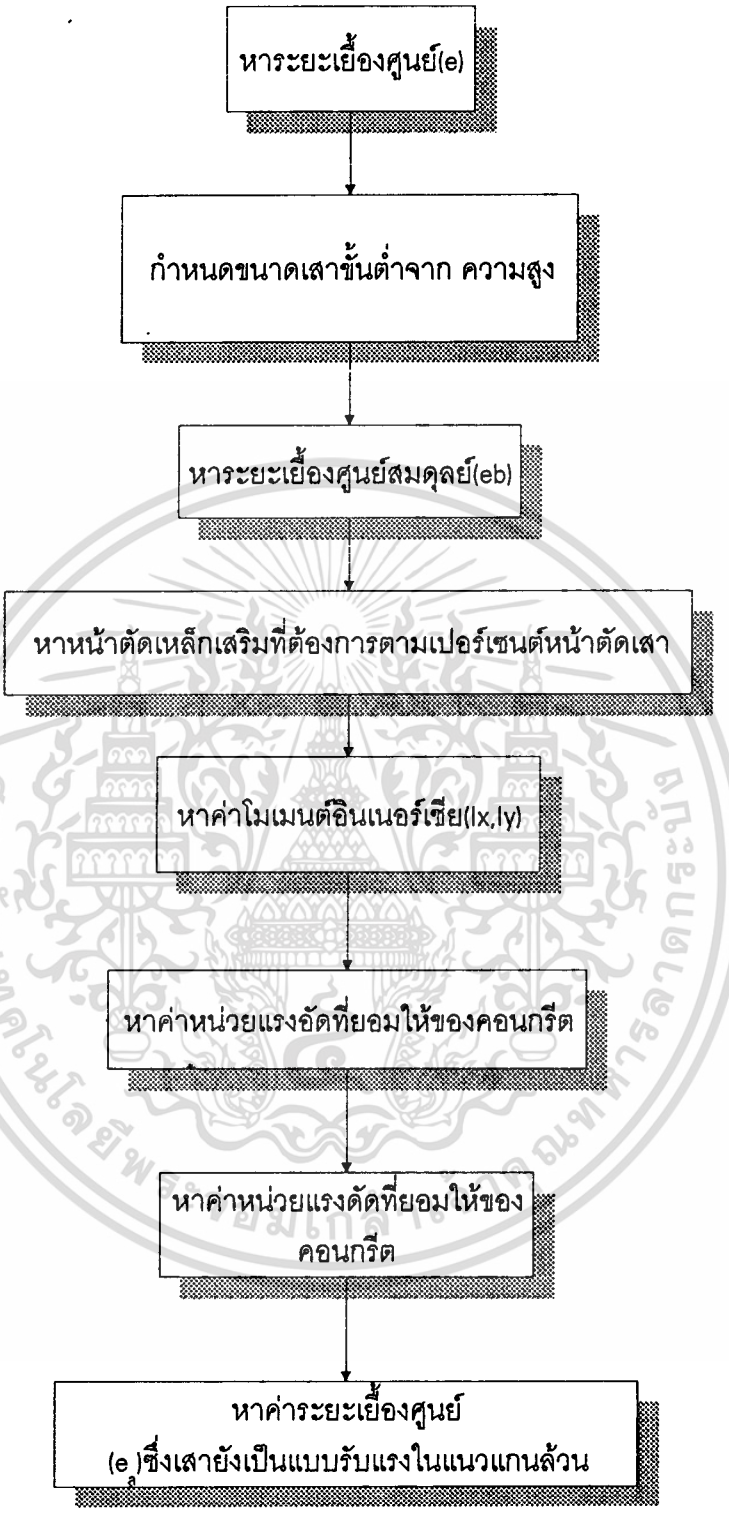
โฟลว์ชาร์ตแสดงการคำนวณคาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



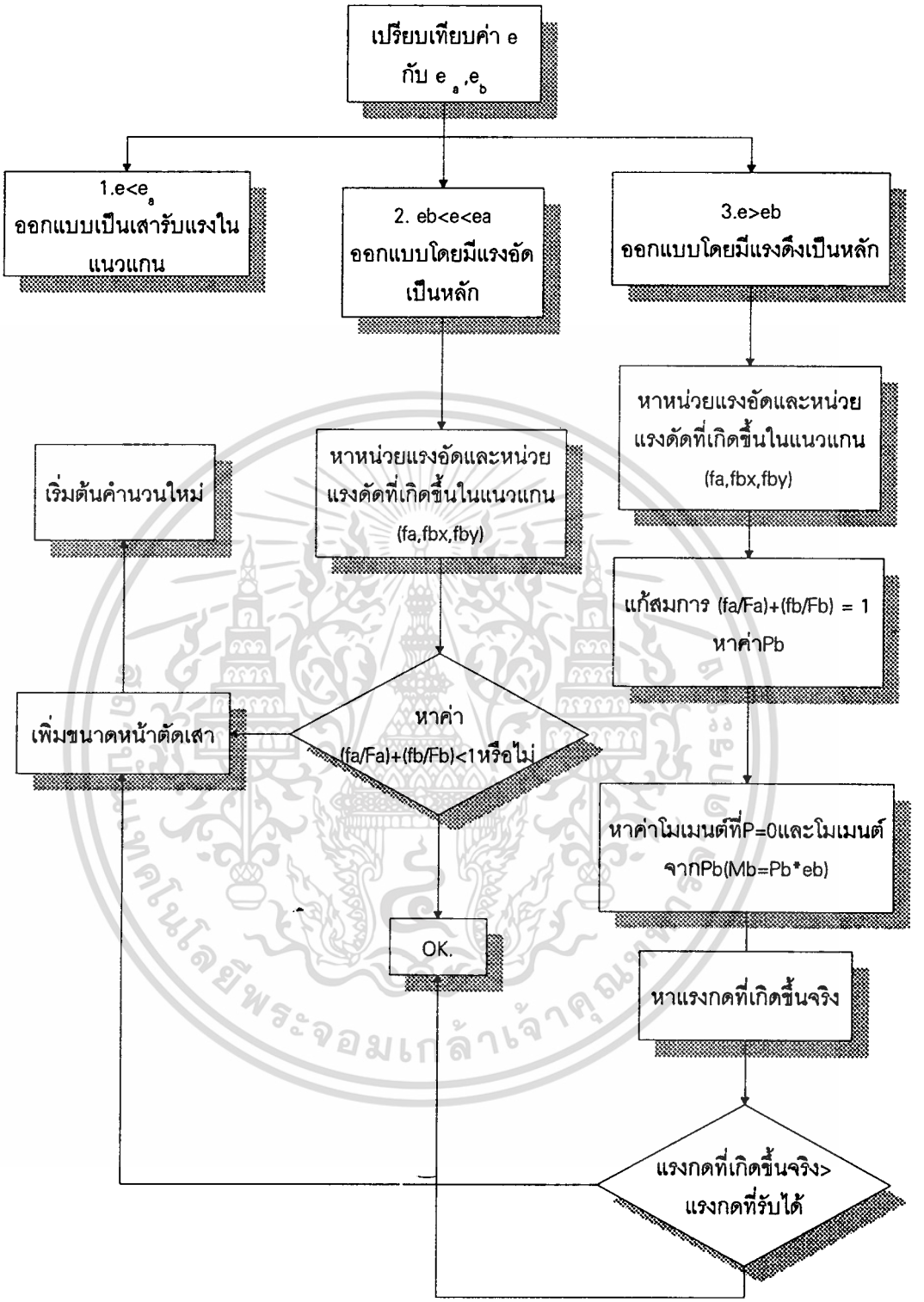
โฟลว์ชาร์ตแสดงการคำนวณกำแพงคอนกรีตเสริมเหล็กรับแรงลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



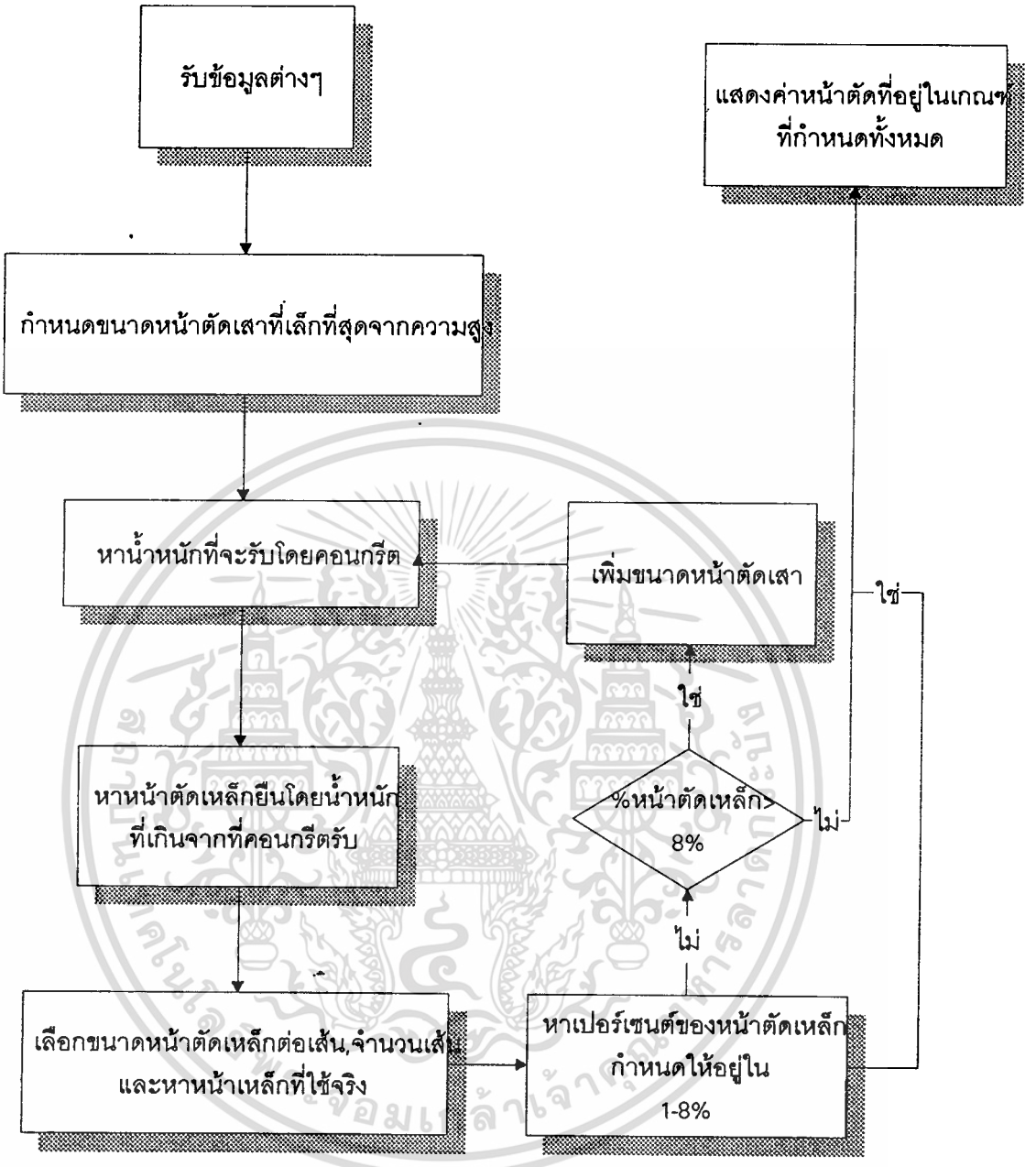
โฟลว์ชาร์ตแสดงการคำนวณเสารับน้ำหนักเยื้องศูนย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



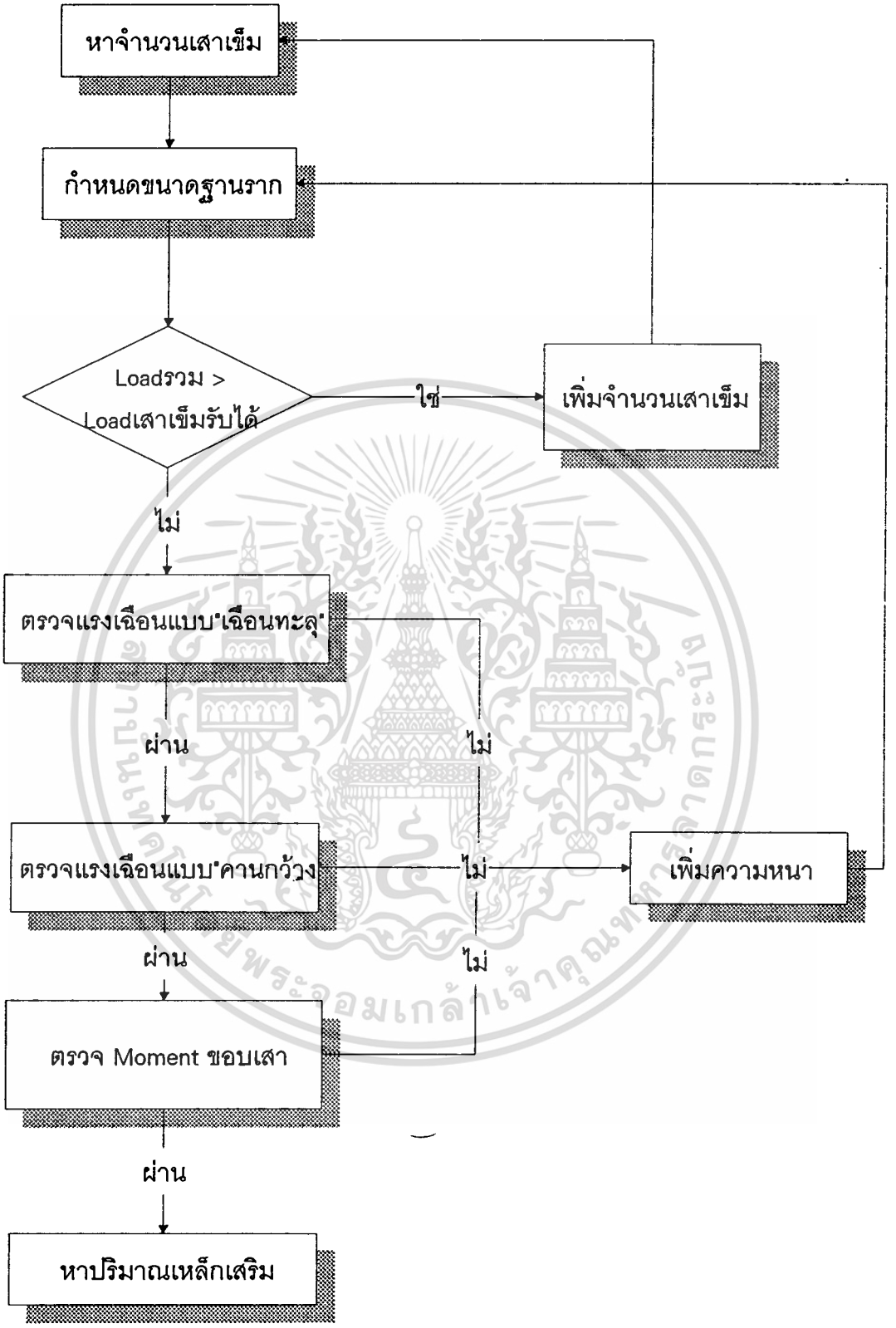
โฟลว์ชาร์ตแสดงการคำณวนเสา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



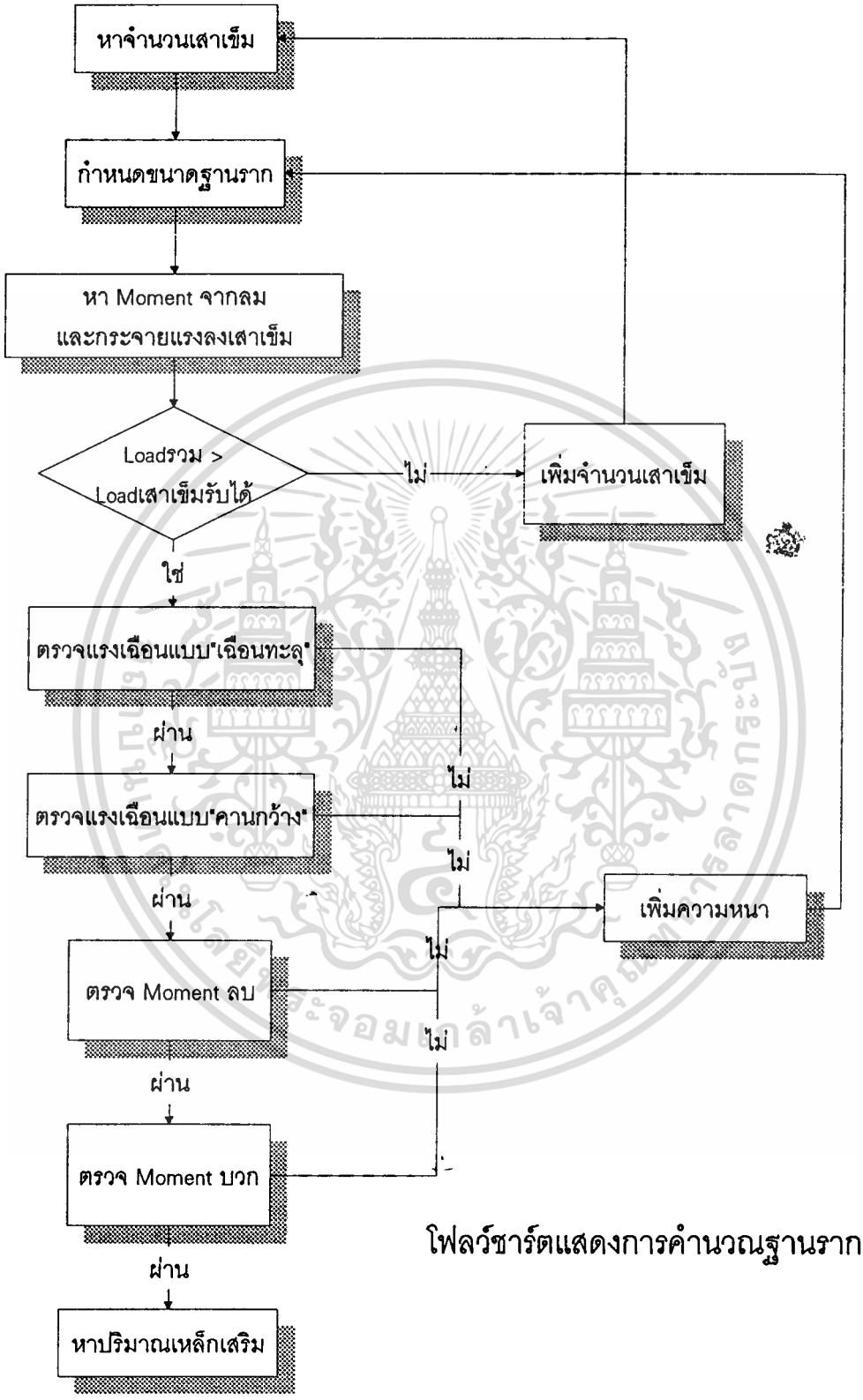
โฟลว์ชาร์ตแสดงการคำนวณเสา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



โฟลว์ชาร์ตแสดงการคำนวณฐานราก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



โฟลว์ชาร์ตแสดงการคำนวณฐานรากร่วม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยแรงที่ยอมให้ของคอนกรีต

ก) มาตรฐานของโปรแกรมนี้ใช้ กำลังอัดคอนรีตรูปทรงกระบอก f_c' เป็นมาตรฐานในการกำหนดหน่วยแรงที่ยอมให้ของคอนกรีต ในกรณีที่ทดสอบกำลังอัดคอนกรีตรูปลูกบาศก์ 15 ซม. ก็อาจแปลงเป็นค่ากำลังอัดคอนกรีตรูปทรงกระบอกได้โดยใช้แผนภูมิที่ 6001

ข) หน่วยแรงที่เกิดจากแรงดัดและแรงแบกทานในคอนกรีตใดๆ ต้องไม่เกินค่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 6001

ค) หน่วยแรงเฉือนต้องไม่เกิดค่ากำหนดไว้ในตารางที่ 6001

รายการ	หน่วยแรงที่ยอมให้ กก./ซม^2 สำหรับกำลังอัดต่างๆ ของคอนกรีต
อัตราส่วนโมดูลัส n	$\frac{2040000}{15210\sqrt{f_c'}}$
แรงดัด - หน่วยแรงอัดที่ผิว fc	$0.45 * f_c'$
แรงเฉือน - คานที่ไม่มีเหล็กเสริมรับแรงเฉือน vc - แผ่นพื้นและฐานราก (แรงเฉือนตามเส้นขอบ)	$0.29 * f_c'$ $0.53 * f_c'$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยแรงที่ยอมให้ของเหล็กเสริม

เหล็กเส้นที่ใช้เสริมคอนกรีตจะรับแรงได้ไม่เกินพิกัดดังต่อไปนี้

ก) รับแรงดึง

- สำหรับเหล็กเส้นที่เป็นเหล็กละมุน ซึ่งไม่มีผลทดสอบกำลังดึง

1200 กก/ซม.^{2}

- สำหรับเหล็กเสริมเอกซึ่งเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 มม. หรือเล็กกว่าในพื้นทางเดียวช่วงไม่เกิน 3 เมตร ใช้ร้อยละ 50 ของกำลังคลากต่ำสุดแต่ต้องไม่เกิน

2100 กก./ซม.^{2}

- สำหรับเหล็กข้ออ้อยซึ่งมีกำลังคลากน้อยกว่า 4000 ให้ใช้ร้อยละ 50 ของกำลังคลาก แต่ต้องไม่เกิน 1500 กก./ซม.^{2}

- สำหรับเหล็กข้ออ้อยที่มีกำลังคลากไม่น้อยกว่า 4000 ใช้ได้ไม่เกิน

1700 กก./ซม.^{2}

ข) รับแรงอัดในเสา ค.ส.ล.

- เสาปลอกเดี่ยว ใช้ร้อยละ 40 ของกำลังคลากต่ำสุด แต่ต้องไม่เกิน

2100 กก./ซม.^{2}

- เสาปลอกเดี่ยว ใช้ร้อยละ 85 ของค่าที่กำหนดสำหรับเสาปลอกเกลียว แต่ต้องไม่เกิน

1750 กก./ซม.^{2}

สูตรการค่าคุณสมบัติต่างๆ ของคอนกรีต

$$k = \frac{1}{1 + \frac{fs}{n * fc}}$$

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

$$R = \frac{1}{2} * fc * k * j$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กทางเดียว

FLOOR NO. S5

จำนวนด้านต่อเนื่อง 2 ด้าน

ความหนาของพื้น (ต่ำสุด 8 cm.) ใช้ | 8 cm.

ขนาดของพื้น : ด้านกว้าง (s) | 1 m.

ด้านยาว (l) | 3 m.

น้ำหนักบรรทุก : น้ำหนักพื้น | 192 Kg/m2

น้ำหนักจร | 200 Kg/m2

รวมน้ำหนักบรรทุก | 392 Kg/m2

ค่า ws2 | 392 Kg

ใช้ fs = 1080 ksc. , fc = 67 ksc. , n = 10

k = 0.387 , j = 0.871 , R = 11.366 ksc.

รายการ	M-	M+
	ไม่ต่อเนื่อง	ต่อเนื่อง	
ส.ป.ส โมเมนต์ดัด C	0.000	0.091	0.064
โมเมนต์ M=C*w*s2 (Kg/m2)	0	36	25
As = M/(fs*j*d) (cm2)	0.000	0.632	0.445
ขนาดเหล็ก (mm)		6	6
ระยะห่าง (@) (m)	0.000	0.150	0.150

หา d จาก M=R*b*d2 = 6 cm

ตรวจสอบแรงเฉือน v = w*(s-d)/(2*100*d) | 0.30707 ksc.

vc = 0.29 sqrt fc' | 3.83634 ksc.

น้ำหนักบรรทุกที่ถ่ายลงคาน

คานช่วงสั้น = ws/2 | 196 Kg/m

เหล็กเสริมกันร้าว 6 @ 0.125 m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างรายการคำนวณจากไฟล์ REPORT.TEXT

รายการคำนวณ

การออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กสองทาง (วิธีที่ 2)

FLOOR NO. S1

พื้นไม่ต่อเนื่องสองด้าน

ความหนาของพื้น (ต่ำสุด 8 cm.) ใช้ | 8 cm.

ขนาดของพื้น : ด้านกว้าง (s) | 2 m.

ด้านยาว (l) | 2 m.

น้ำหนักบรรทุก : น้ำหนักพื้น | 192 Kg/m2

น้ำหนักจร | 200 Kg/m2

รวมน้ำหนักบรรทุก | 392 Kg/m2

ค่า ws2 | 1568 Kg

อัตราส่วน m = s/l | 1.0

ใช้ fs = 1080 ksc. , fc = 67 ksc. , n = 10

k = 0.387 , j = 0.871 , R = 11.366 ksc.

รายการ	ช่วงสั้น		ช่วงยาว	
	M-	M+	M-	M+
	ไม่ต่อเนื่อง	ต่อเนื่อง	ไม่ต่อเนื่อง	ต่อเนื่อง
ส.ป.ส โมเมนต์ดัด C	0.025	0.049	0.037	0.025	0.049	0.037
โมเมนต์ M=C*w*s2 (Kg/m2)	39	77	58	39	77	58
As = M/(fs*j*d) (cm2)	0.695	1.362	1.028	0.695	1.362	1.028
ขนาดเหล็ก (mm)	6	6	6	6	6	6
ระยะห่าง (@) (m)	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150

หา d จาก M=R*b*d2 = 6 cm

ตรวจสอบแรงเฉือน v = w*(s-d)/(2*100*d) | 0.65333 ksc.

vc = 0.29 sqrt fc' | 3.83634 ksc.

น้ำหนักบรรทุกที่ถ่ายลงคาน

คานช่วงสั้น = ws/3 | 261 Kg/m

คานช่วงยาว = ws/3 * (3-m2)/2 | 261 Kg/m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. ชมรมวิศวฯจุฬาฯ 07 ,"รายละเอียดเหล็กเสริมงานคอนกรีต",ชมรมวิศวกรรมโยธา จุฬาฯ, 271 หน้า,2537

2. ธันวา ศรีประมง,"การเขียนโปรแกรมภาษาซีสำหรับวิศวกรรม",มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร,739 หน้า, 2537

3. บัญชา สุปรินายก,"การวิเคราะห์โครงสร้าง",สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น), 387 หน้า,2536

4. วรากร ไม้เรียง,"เอกสารประกอบการสอน วิชา CE 531 วิศวกรรมฐานราก",ภาควิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,313 หน้า

5. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย,"มาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยวิธีหน่วย แรงใช้งาน",92 หน้า,2534

6. ศิริวัฒน์ ไชยชนะ,"วิเคราะห์โครงสร้าง",คณะวิศวกรรมศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง,230 หน้า,2535

7. สมศักดิ์ คำปลิว,"การออกแบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก",ซีเอ็ดยูเคชั่น,243 หน้า,2535

8. สนั่น เจริญผ่า และ วินิต ช่อวิเชียร ,"คอนกรีตเสริมเหล็ก",399 หน้า,2530

9. อำนวย พานิชกุล สมนึก กุลประภา และ วินิต ช่อวิเชียร,"การวิเคราะห์โครงสร้าง", 412 หน้า,2535

10. Bungale S. Taranath,"Structural Analysis & Design of Tall Buildings",McGRAW-HILL,739 p.,1988

11. C.K. Wang,"Intermediate Structural Analysis",McGRAW-HILL,790 p.,1983

12. F. Arbabi,"Structural Analysis and Behavior",McGRAW-HILL,585 p.,1991

13. Kurt Hampe and Jim Boyce,"The AutoCAD Professional's API Toolkit",New Riders Publishing,903 p.1993

14. T.J. Macginley and B.S Choo,"Reinforced Concrete Design Theory and Exam", Chapman and Hall,519 p.,1990

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้