การออกแบบแผ่นพื้นไร้คาน โดยวิธีโครงเปรียบเทียบ ด้วยไมโครคอมพิวเตอร์

FLAT SLAB DESIGN BY EQUIVALENT-FRAME METHOD WITH MICRO COMPUTER

นายภิญโญ หาญเจนลักษณ์

MR.PINYO HANCHANLAKSH

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการก่อสร้าง

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2535

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

032498

FLAT SLAB DESIGN BY EQUIVALENT-FRAME METHOD WITH MICRO COMPUTER

MR.PINYO HANCHANLAKSH

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF REQUIREMENTS FOR THE DEGREE

BACHELOR OF CONSTRUCTION ENGINEERING

DEPART OF CIVIL ENGINEERING

KING MONGKUT 'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

1992

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

032498

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองโครงงานพิเศษ

หัวข้อโครงงานพิเศษ การออกแบบแผ่นพื้นไร้คานโดยวิธีโครงเปรียบเทียบด้วยไมโครคอมพิวเตอร์

นักศึกษา นายภิญโญ หาญเจนลักษณ์ รหัสประจำตัว 32.1230

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมการก่อสร้าง

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร. ศรีกฤช หิรัญมาศ

คณะกรรมการสอบโครงงานพิเศษ	ลายมือชื่อ
อาจารย์ สุรัตน์ หวังเจริญ	
อาจารย์ อำนวย พานิชกุลพงศ์	
อาจารย์ สุวัฒน์ ถิรเศรษฐ์	

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว

(นายสุรัตน์ หวังเจริญ)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

วันที่ 10 เดือน พ.ย. พ.ศ. 2536

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ การออกแบบแผ่นพื้นไร้คาน โดยวิธีโครงเปรียบเทียบด้วยไมโครคอมพิวเตอร์

นักศึกษา นายภิญโญ หาญเจนลักษณ์

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.ศรีกฤช หิรัญมาศ

ระดับการศึกษา วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

พ.ศ. 2535

บทคัดย่อ

การจัดทำโครงงานนี้ เพื่อใช้ในการออกแบบแผ่นพื้นไร้คาน ทั้ง Flat-Slab และ Flat-Plate ให้เกิดความประหยัด ปลอดภัย ถูกต้องแม่นยำ และรวดเร็ว ตามวิธีโครงเปรียบเทียบ และ ทฤษฎีกำลังประลัย ซึ่งจะมีสมมุติฐานใกล้เคียงความจริงมากว่า วิธี Empirical Method และ ทฤษฎี Working Stress โดยการเขียนโปรแกรมขึ้นมาใช้งานในคอมพิวเตอร์ ซึ่งใช้ภาษาซีในการเขียนโปรแกรม เนื่องจากเป็นภาษาระดับกลางเหมือนภาษาปาสคาล แต่มีการทำงานได้เร็วกว่าภาษาปาสคาล และเป็นภาษาที่สามารถดัดแปลงคำสั่งให้เป็นคำสั่งภาษาแอสเซมบลีได้ (6-น.16

วิธีโครงเปรียบเทียบนี้ถือว่าเป็น การวิเคราะห์หาโมเมนต์โดยวิธีอีลาสติกที่มีสมมุติฐานที่แน่นอนและใกล้เคียงความจริง แต่มีการวิเคราะห์ที่ค่อนข้างจะซับซ้อน และมีข้อกำหนดต่างๆมากมาย ดังนั้นเมื่อทำการวิเคราะห์จะค่อนข้างเสียเวลา ทำให้การใช้คอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยสามารถแก้ไขข้อบกพร่องนั้นได้ อีกทั้งยังเกิดความถูกต้องแม่นยำอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project Title FLAT SLAB DESIGN BY EQUIVALENT-FRAME METHOD WITH MICRO COMPUTER

Student MR.PINYO HANCHANLAKSH

Project Advisor DR.SRIKRIT HIRUNYAMAS

Level of Study Bachelar of Engineering in Construction Engineering

Department Civil Engineering Faculty of Engineering King Mongkut 's Institute of Technology Ladkrabang

Year 1992

ABSTRACT

THIS IS MAKING PROJECT FOR USE IN DESIGN FLAT-PLATE AND FLAT -SLAB BELOW ECONOMY , SAFETY , CORRECT AND FAST ACCORDING TO EQUAIVALENT-FRAME METHOD AND ULTIMATE STRENGTH DESIGN , WHICH HAVE ASSUMETION NEARLY FACT MORE THAN EMPIRICAL METHOD AND WORKING STRESS DESIGN , BY WRITING COMPUTER'S PROGRAM WHICH USE C LANGUAGE BECAUSE IT IS MIDDLE LANGUAGE SAME PASCAL BUT IT HAS WORKING FASTER THAN PASCAL AND IS LANGUAGE WHICH MODIFY TO ASSEMBLY

THIS EQUIVALENT-FRAME METHOD IS MOMENT ANALYSIS BY ELASTIC WHICH ASSUMETION NEARLY FACT BUT IT IS CLOUNDS AND MENY REQUIREMENTS. IT WILL MAKE WASTE-TIME WHEN HAVE ANALYSIS. THUS COM PUTER'S PROGRAM CAN ERADICATE THIS PROLBEM.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำโครงงานฉบับนี้ได้รับความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ดร. ศรีกฤช หิรัญมาศ , อาจารย์ สุวัฒน์ ถิรเศรษฐ์ และ อาจารย์ อำนวย พานิชกุลพงศ์ ที่ให้คำแนะนำ ปรึกษา ตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโยธาทุกท่าน ที่ประสิทธิประสาทวิชาความรู้ต่างๆ ให้แก่ข้าพเจ้า

นอกจากนี้ ข้าพเจ้าขอขอบคุณ เพื่อนๆทั้งในภาควิชา และต่างภาควิชา รวมถึงนักศึกษาต่างสถาบันด้วย ที่ให้ความช่วยเหลือในการเขียนโปรแกรม และอธิบายการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาซี รวมทั้งให้กำลังใจมาตลอด โดยเฉพาะ

นายสุริยา ภัทรเจียรพันธ์ นักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์ สาขาคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ วิทยาเขต ประสานมิตร

ท้ายสุดนี้บุคคลที่ข้าพเจ้ามิอาจจะลืมกล่าวถึงในพระคุณของท่านก็คือ บิดา มารดา และ ญาติ ผู้ซึ่งเปิดโอกาศให้ข้าพเจ้าได้ศึกษาเล่าเรียน คอยสนับสนุน ช่วยเหลือ และ ให้กำลังใจจนประสบความสำเร็จมาจนกระทั่งบัดนี้

นาย ภิญโญ หาญเจนลักษณ์
นักศึกษาผู้ประกาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II
กิตติกรรมประกาศ.....III
สารบัญ.....IV-V
สารบัญตาราง.....VI
สารบัญรูป.....VII
บทที่
1 บทนำ.....1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1
1.2 วัตถุประสงค์.....2
1.3 ขอบเขตของโครงงาน.....3
1.4 หลักการในการออกแบบทั่วไป.....3
1.5 หลักการทั่วไปของวิธี Elastic Analysis.....4
2 ข้อกำหนด.....5
2.1 ข้อกำหนดทั่วไป.....5
2.2 น้ำหนักบรรทุกที่ใช้ในการออกแบบ.....5
2.3 ความหนาต่ำสุดของแผ่นพื้น.....8
2.4 การตรวจสอบแรงเฉือนในแผ่นพื้นไร้คาน.....9
2.5 คานขอบ.....12
2.6 หัวเสา.....13
2.7 แป้นรองรับหัวเสา.....14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่ หน้า

3 ขั้นตอนในการออกแบบ.....15
ขั้นตอนที่ 1 การหาความหนาของแผ่นพื้น.....16
ขั้นตอนที่ 2 การหาขนาดเสาเปรียบเทียบ.....17
ขั้นตอนที่ 3 ตรวจสอบแรงเฉือน.....18
ขั้นตอนที่ 4 การหาค่าความแข็งเกร็งของเสา.....25,37
ขั้นตอนที่ 5 การหาค่าความแข็งเกร็งของแผ่นพื้น.....26,37
ขั้นตอนที่ 6 การหาค่าความแข็งเกร็ง
ของเสาเปรียบเทียบ.....38
ขั้นตอนที่ 7 การหาค่าตัวแปรการกระจายโมเมนต์.....41
ขั้นตอนที่ 8 การออกแบบน้ำหนักบรรทุก
สำหรับการกระจายโมเมนต์
และ ค่าโมเมนต์ยึดปลาย.....27,38
ขั้นตอนที่ 9 การหาค่า carry-over factors.....28,38
ขั้นตอนที่ 10 การวิเคราะห์ค่าโมเมนต์
จากการกระจายโมเมนต์.....42
4 การหาปริมาณเหล็กเสริม.....46
4.1 กรณีเหล็กเสริมทางเดียว.....46
4.2 กรณีเหล็กเสริมสองทาง.....47
5 การใช้งาน และ ตัวอย่างโปรแกรม.....50
6 สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....70
เอกสารอ้างอิง.....72
ภาคผนวก ก
การแสดงผลทางเครื่องพิมพ์จากตัวอย่าง.....73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

3.1 แบบฟอร์มสำหรับการหาค่าสัมประสิทธิต่างๆ.....34
3.2 แบบฟอร์มสำหรับการหาค่าสัมประสิทธิต่างๆ
ของแผ่นพื้น.....35
3.3 แบบฟอร์มสำหรับการหาค่าสัมประสิทธิต่างๆ
ของแผ่นเสา.....36
3.4 การกระจายโมเมนต์ที่ได้จากวิธีเสาอุปมาน.....43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 load pattern 1.....6
2.2 load pattern 2.....6
2.3 load pattern 3.....7
2.4 load pattern 4.....7
2.5 load pattern 5.....7
2.6 พื้นที่รับแรงเฉือนลักษณะคานกว้าง.....10
2.7 พื้นที่รับแรงเฉือนลักษณะเฉือนทะลุ.....12
2.8 อธิบายหัวเสา.....13
3.1 ตัวอย่างที่ 3.1.....15
3.2 หน้าตัดเสาเปรียบเทียบ.....17
3.3 รูปการหาค่าแรงเฉือนจากตัวอย่างที่ 3.1.....19
3.4 รูปแผนภาพ EI และหน้าตัดเสาอุปมานของเสา.....20
3.5 รูปแผนภาพ EI และหน้าตัดเสาอุปมานของเสา.....21
3.6 รูปแผนภาพ EI และหน้าตัดเสาอุปมานของเสา.....21
3.7 รูปแผนภาพ EI และหน้าตัดเสาอุปมานของพื้น.....22
3.8 รูปแผนภาพ EI และหน้าตัดเสาอุปมานของพื้น.....23
3.9 รูปแผนภาพ EI และหน้าตัดเสาอุปมานของพื้น.....24
3.10 แผนภาพ EI ที่ใช่ในการเปรียบเทียบ.....29
3.11 การแสดงมุมลาด และการโก่งตัว.....30
3.12 หน้าตัดในการหาค่า C.....40
3.13 รูปแสดงระยะวิกฤติสำหรับการหาโมเมนต์.....44
4.1 ระยะทาบ และระยะการเสริมเหล็ก.....49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

โดยทั่วไปแล้วแผ่นพื้นไร้คานคือ แผ่นพื้นสองทางที่ไม่มีคานอยู่ในแนวเสาภายใน แต่อาจจะมีหรือ ไม่มีคานขอบที่ขอบนอกของแผ่นพื้นก็ได้ แผ่นพื้นไร้คานอาจแบ่งออกเป็น แผ่นพื้นไร้คานที่มีแป้นรองหัวเสา(Drop panel) และหัวเสา(Column capital) เพื่อให้มีความต้านทานแรงเฉือนบริเวณหัวเสาให้เพียงพอ หรือที่นิยมเรียกทับศัพท์เป็นภาษาอังกฤษว่า "Flat-slab floor" และ แผ่นพื้นไร้คานที่มีแต่เสาเป็นที่รองรับเท่านั้นทำให้อาจจะต้องมีการฝัง shear head reinforcement โดยที่แบบนี้จะนิยมเรียกทับศัพท์เป็นภาษาอังกฤษว่า"Flat-plate floor" ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าแผ่นพื้นแบบ Flat-slab สามารถรับน้ำหนักบรรทุก และมีแผ่นพื้นที่มีช่วงของแผ่นพื้นได้มากกว่าและกว้างกว่าแผ่นพื้นแบบ Flat-plate

ขั้นตอนในการออกแบบแผ่นพื้นไร้คานนั้น มีความจำเป็นมากกว่าแผ่นพื้นสองทางที่มีคานรองรับอยู่เพราะว่า ในแผ่นพื้นไร้คานจะถูกพิจารณาให้มีคานตามแนวเสาภายใน แต่มีค่าความแข็งเกร็งยืดหยุ่นเท่ากับศูนย์ (zero flexural stiffness) ดังนั้นการออกแบบแผ่นพื้นไร้คานจึงพิจารณาเป็นกรณีพิเศษ

แต่เดิมนั้นแผ่นพื้น Flat-slab ถูกคิดขึ้นโดย O.W. Norcross ในอเมริกา ปีค.ศ.1902 หลายๆระบบนำความคิดเหล่านี้มาพัฒนาไม่ว่าจะเป็นระบบสองทาง สามทาง สี่ทาง และ ระบบวงกลม Mr. C.A.P. Turner เป็นหนึ่งในผู้ที่ทำให้รู้จักระบบ flat-slab ในนามของ "ระบบดอกเห็ด" (mushroom system) และระบบ flat-slab เริ่มเป็นที่ยอมรับประมาณ ปีค.ศ. 1908 (2-น.662

เนื่องจากการออกแบบแผ่นพื้นไร้คานในปัจจุบันนั้น ค่อนข้างจะเป็นที่นิยมแพร่หลายอันเนื่องมาจากการต้องการพื้นที่ใช้สอยมากขึ้นบนเนื้อที่ และ ความสูงที่จำกัด ทำให้ต้องลดความสูงจากชั้นถึงชั้นลงโดยการตัดคานทิ้งออกไปนั้นเอง และยังสามารถทำการเจาะแผ่นพื้นได้ในภายหลังอีกด้วยแต่ต้องไม่มากจนเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งการหาโมเมนต์เพื่อที่นำมาใช้ในการออกแบบค่อนข้าง จะซับซ้อน อีกทั้งวิธีที่ใช้ในการหาค่าก็มีอยู่น้อย สำหรับวิธีที่ใช้โดยการประมาณค่าที่หามาได้มักจะมีค่ามากกว่าความจริงค่อนข้างมาก หรือ ผิดสมมุติฐานก็มี ซึ่งอาจส่งผลให้มีราคาค่าก่อสร้างมากเกินไปได้ หรือ อาจเกิดความเสียหายต่อโครงสร้างภายหลังได้ เพราะส่วนใหญ่แผ่นพื้นไร้คานจะมีช่วงพื้นที่กว้าง และรับน้ำหนักที่มากอยู่แล้ว อีกทั้งยังมีผู้ที่ออกแบบแผ่นพื้นไร้คานอยู่น้อย ส่วนวิธีอื่นที่ค่อนข้างจะได้ค่าที่ใกล้เคียงความจริงมากกว่าไม่ว่าจะเป็นวิธีการออกแบบโดยตรง(DIRECT DESIGN METHOD)หรือ วิธีโครงเปรียบเทียบ(EQUIVALENT-FRAME METHOD)ก็ยิ่งมีผู้ที่เข้าใจน้อยเข้าไปใหญ่โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้ที่จบไปแล้วไม่ได้ทำงานทางด้านการออกแบบ และ มักจะมีการสอนในระดับบริญญาโทขึ้นไปด้วย ทำให้ไม่ค่อยจะมีผู้นิยมออกแบบด้วยวิธีเหล่านี้ หรือถ้ามีก็ต้องใช้การเปิดหนังสือช่วยซึ่งมักจะเป็นหนังสือต่างประเทศ สำหรับหนังสือไทยนั้นหาได้ยาก หรืออาจจะไม่มีเลย และมีการหาค่าได้ช้าจากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น ทำให้เกิดแรงจูงใจที่จะทำโครงงานพิเศษทางด้านการหาโมเมนต์ และ แรงเฉือนในแผ่นพื้นไร้คานขึ้นมาโดยวิธีโครงเปรียบเทียบเพื่อนำไปใช้ในการออกแบบ เนื่องจากพื้นฐานที่ใช้ในที่นี้มาจากการหาโมเมนต์ด้วยวิธีการกระจายโมเมนต์(MOMENT DISTRIBUTION)ซึ่งได้ทำการเรียนรู้ทฤษฎีมาแล้วในชั้นปีที่ 3 ดังนั้นจึงคิดว่าเป็นวิธีที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้อีกทั้งยังเป็นวิธีที่สามารถนำมาใช้ประยุกต์โดยไมโครคอมพิวเตอร์ได้ด้วย

ในปัจจุบันคอมพิวเตอร์เข้ามามีบทบาทในสังคมเมืองไทยค่อนข้างมากทำให้เกิดการนำคอมพิวเตอร์มาช่วยใน การออกแบบค่อนข้างสูง เพราะ มีความคล่องตัวสูง มีความแม่นยำ และ รวดเร็วกว่ามนุษย์ ซึ่งผู้ออกแบบจะเลือกทฤษฎีใดในการออกแบบก็ได้ ขึ้นอยู่กับความต้องการของแต่และบุคคล

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ

เพื่อใช้ในการออกแบบแผ่นพื้นไร้คาน โดยการวิเคราะห์หาโมเมนต์ใช้ทฤษฎีโครงเปรียบเทียบ ส่วนการออกแบบเหล็กเสริมใช้ทฤษฎีกำลังประลัย และข้อกำหนดต่างๆ ใช้ทั้งมาตราฐาน ACI Code และมาตราฐาน ว.ส.ท. ซึ่งขึ้นอยู่กับความเหมาะสม อีกทั้งยังสามารถใส่ค่าได้ตามความต้องการของผู้ออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเลือกใช้ทฤษฎีช้างต้นมาใช้ในการออกแบบเนื่องจากเป็นทฤษฎีที่มีสมมุติฐานที่ใกล้เคียงความเป็นจริง ทำให้การออกแบบออกมาได้อย่างถูกต้องตามความเป็นจริง เกิดความปลอดภัย และประหยัด

การนำมาเขียนเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อ ให้เกิดความรวดเร็วในการออกแบบ เนื่องจากการออกแบบตามทฤษฎีช้างต้นนั้นมีความซับซ้อนมาก และเครื่องคอมพิวเตอร์ยังมีประสิทธิภาพในการทำงานที่สูงกว่าคน ไม่ว่าจะเป็นในเรื่องของความคล่องตัว ความถูกต้องแม่นยำที่มีมากกว่า หรือแม้แต่ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นยังมีน้อยกว่ามนุษย์

การเขียนโปรแกรมในเลือกใช้ภาษาซีในการเขียน เนื่องจากเป็นภาษาในระดับกลาง มีการทำงานได้รวดเร็ว มีความยืดหยุ่นสูง สามารถตรวจสอบและทำการแก้ไขโปรแกรมได้ง่าย อีกทั้งยังมีความถูกต้องแม่นยำ และให้ความเชื่อถือสูงอีกด้วย โปรแกรมที่เขียนขึ้นพยายามที่จะให้ผู้ออกแบบสามารถใช้งานได้ง่ายโดยผู้ที่ทำการออกแบบจะต้องมีพื้นฐานทางการออกแบบอยู่ด้วยพอสมควร

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 คำนวณหาโมเมนต์ของแผ่นพื้น โดยทฤษฎีโครงเปรียบเทียบ

1.3.2 คำนวณหาปริมาณของเหล็กเสริม โดยวิธีทฤษฎีกำลังประลัย

1.3.3 สามารถแสดงผลทางเครื่องพิมพ์ของ EPSONได้

1.3.4 ใช้กับจอสีได้

1.3.5 สามารถ save ข้อมูลลงแผ่นดิสก์ หรือ hard disk ได้

1.3.6 แสดงผล graphic ของโมเมนต์ โดยแสดงได้กับจอชนิดชนิด VGA เท่านั้น

1.4 หลักการในการออกแบบทั่วไป

แผ่นพื้นไร้คานถือเป็นแผ่นพื้นสองทางอย่างหนึ่ง โดยการกำหนดขนาดของแผ่นพื้น เสา แป้นรองรับ และ หัวเสา (2 อย่างหลังอาจไม่มีก็ได้)รวมทั้งน้ำหนักที่ใช้ในการออกแบบตามข้อกำหนดที่ทาง ACI กำหนดไว้ จากนั้นก็ทำการตรวจสอบแรงเฉือน หาค่าโมเมนต์ดัด และหาปริมาณเหล็กเสริม แล้วตรวจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สอบค่าแรงยึดเหนี่ยวซึ่งโดยทั่วไปแล้วไม่ค่อยมีการตรวจสอบเนื่องจาก ค่าแรงยึดเหนี่ยวที่กำหนดมักมีค่าที่สูงกว่าค่าแรงยึดเหนี่ยวที่เกิดขึ้นจริงค่อนข้างมาก

การตรวจสอบแรงเฉือนและการหาปริมาณเหล็กเสริมนั้น ใช้ทฤษฎีกำลังประลัยในการออกแบบเนื่องจากให้ความคาดหมายได้ใกล้เคียงกับพฤติภาพ ตามความเป็นจริงของวัสดุ และจะมีความประหยัดมากกว่าใช้ทฤษฎีอีลาสติก

ส่วนการหาค่าโมเมนต์ดัดจะแยกออกได้เป็น 2 วิธีใหญ่ๆ คือ

1.Empirical Method

2.Elastic Analysis (ACI-บทที่ 13)

โดยที่วิธีที่ 2 จะไม่กล่าวถึงเนื่องจากได้มีรุ่นพี่ปี'33ได้ทำโครงงานไว้แล้ว

1.5 หลักการทั่วไปของวิธี Elastic Analysis ตาม ACI Code

พื้นฐานในการออกแบบนั้นให้จินตนาการให้เป็นโครงข้อแข็ง (frame) โดยการตัดแผ่นพื้นในแนวดิ่งตามแนวกึ่งกลางระหว่างเสาทั้งทางยาว (longitudinal)และทางขวาง(transverse)ของสิ่งก่อสร้างเป็นแถบๆ

ตาม ACI-8.9.1 โครงสร้างของโครงข้อแข็ง (rigid frame) จะประกอบไปด้วย

1)เสาเปรียบเทียบ(Equivalent column) ที่อยู่เหนือและอยู่ใต้แผ่นพื้น (เสาบนไม่จำเป็นต้องมีก็ได้)

2)ระบบพื้น 2 ทาง โดยมีขอบเขตในแนวราบระหว่างเส้นกึ่งกลางของแผ่นพื้น 2 แผ่นตามแนวเสาภายในที่พิจารณา หรือ 1 แผ่นตามแนวเสารอบนอก

ดังนั้นจึงเรียกการออกแบบนี้ว่า "วิธีโครงเปรียบเทียบ (equivalent-frame method)" ซึ่งสามารถหาโมเมนต์ได้จากการวิเคราะห์โครงสร้าง หรือ การใช้สัมประสิทธิ์ตัวคูณโดยวิธีการออกแบบโดยตรง (direct-design method)ที่มีหลักการในการหาค่าตัวแปรเหมือนกัน และ จะทำการอธิบายในรายละเอียดต่อไปในภายหลังสำหรับวิธีโครงเปรียบเทียบ(equivalent-frame method)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ข้อกำหนด

2.1 ข้อกำหนดทั่วไป

ข้อกำหนดโดยทั่วไปของแผ่นพื้นไร้คาน เหมือนแผ่นพื้นสองทางเนื่องจาก ACI Code ถือว่าแผ่นพื้นไร้คานเป็นแผ่นพื้นสองทางชนิดหนึ่ง ดังนั้นช่วงแผ่นพื้นต้องมีอัตราส่วนระหว่างด้านยาวกับด้านกว้างน้อยกว่า 2

สำหรับการออกแบบด้วยวิธีโครงเปรียบเทียบ ถือว่าเป็นการวิเคราะห์โครงข้อแข็งที่มีความต่อเนื่อง เพราะฉะนั้นแผ่นพื้นไร้คานต้องมีความต่อเนื่องอย่างน้อยสามช่วงติดต่อกันในแต่ละทิศทาง และความยาวช่วงเสาที่ต่อเนื่องกันในแต่ละทิศทางจะต่างกันได้ไม่เกินร้อยละ 33 ตาม ACI-13.6.1 (2-น.686)

2.2 น้ำหนักบรรทุกที่ใช้ในการออกแบบ

น้ำหนักที่ใช้ในการออกแบบนี้ไม่ได้นำแรงลมเข้ามาคิดด้วย เนื่องจากองค์อาคารประเภทนี้มักถ่ายแรงลมลงผนัง หรือ คอลัมน์

2.2.1 สำหรับการตรวจสอบแรงเฉือน(ACI-9.2.2) (2-น.721)

$$Wu = Wd + Wl \qquad (2\text{-}1)$$

โดยที่

Wu = น้ำหนักที่ใช้ในการออกแบบ

Wd = น้ำหนักคงที่คูณด้วย load factor (5-น.47)

load factor - Wd = 1.7 (วสท 7203,72-1) , 1.4 (ACI-9.2.2)

Wl = น้ำหนักจรคูณด้วย load factor

load factor - Wl = 2.0 (วสท 7203,72-1) , 1.7 (ACI-9.2.2)

2.2.2 สำหรับการหาโมเมนต์(ACI-13.7.6) (2-น.724)

ให้พิจารณาตาม load pattern (ACI-13.7.6.1) ที่มีอยู่ 5 แบบดังรูปที่ 2.1 - 2.5 โดยทำการอธิบายเพียงแค่ 3 ช่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

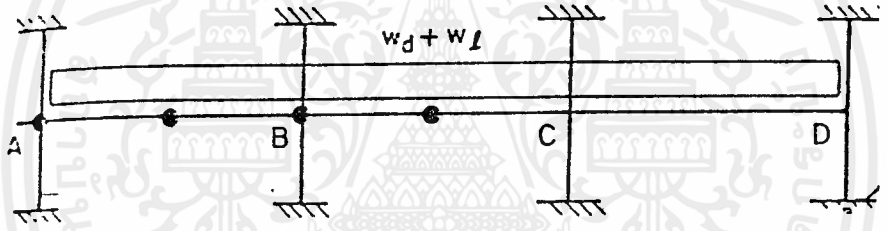
ในกรณีที่ อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักจรกับน้ำหนักคงที่ มีค่าไม่เกิน 0.75 ให้ใช้เพียงแค่ load pattern 1 เท่านั้น (ACI-13.7.6.2)

ส่วนในกรณีที่มีค่าเกิน 0.75 ให้ใช้น้ำหนักที่ใช้ในแต่ละแบบได้มาจากแนวทางของ influenceline (ACI-13.7.6.3) ตามรูปที่ 2.1 - 2.5 โดยใช้ค่าโมเมนต์ที่มีค่ามากที่สุดจาก pattern ที่มี(ACI-13.7.6.4)

ทั้งนี้อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักจรกับน้ำหนักคงที่ ต้องไม่มีค่าเกินกว่า 3 เพื่อป้องกันการแตกร้าวของแผ่นพื้น (ACI-13.6.1) (2-น.686)

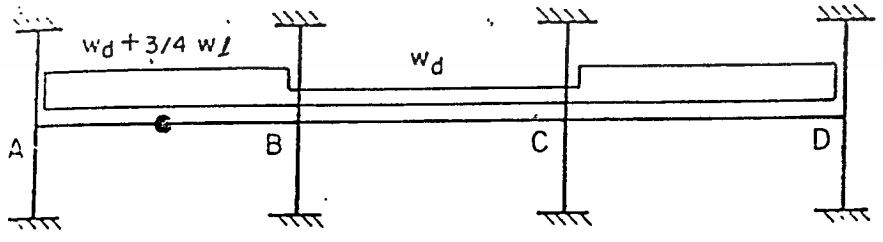
รูปที่ 2.1

load pattern 1 สำหรับการออกแบบโมเมนต์บวกและลบทุกช่วง (1-น.21-15



รูปที่ 2.2

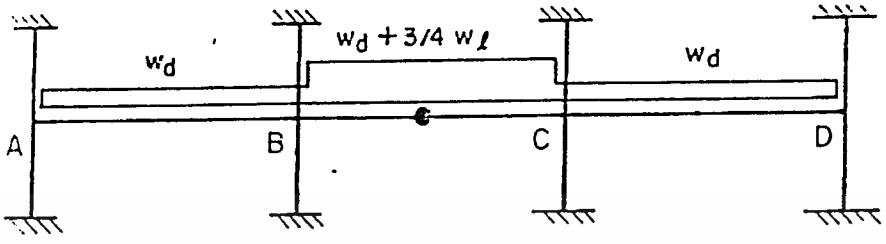
load pattern 2 สำหรับการหาค่าโมเมนต์บวกในช่วง AB,CD



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.3

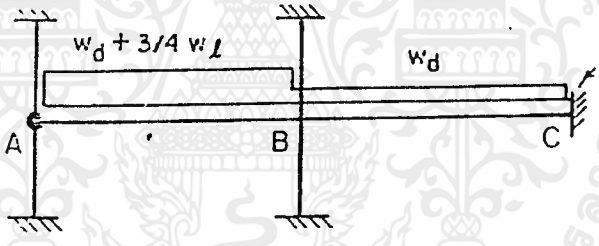
load pattern 3 สำหรับการหาค่าโมเมนต์บวกในช่วง BC



รูปที่ 2.4

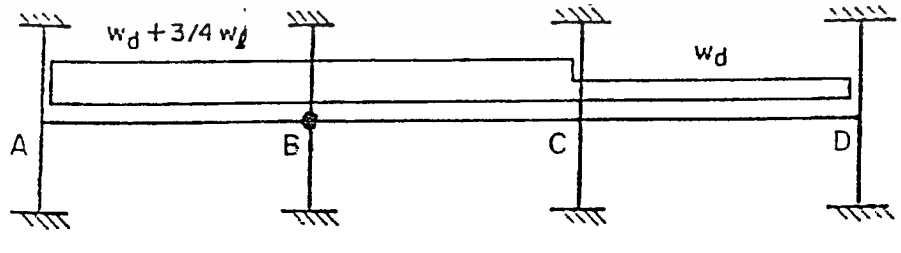
load pattern 4 สำหรับการหาค่าโมเมนต์ลบที่ ที่รองรับ A

โดยทำการพิจารณาเพียงแค่ 2 ช่วงโดยให้สมมุติว่าจุด C เป็นจุดยึดแน่น เหมือนปลายเสาบน และ ล่าง



รูปที่ 2.5

load pattern 5 สำหรับการหาค่าโมเมนต์ลบที่ ที่รองรับ B



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ความหนาต่ำสุดของแผ่นพื้น (ACI-9.5.3.2,9.5.3.3) (2-น.679)

ขนาดความหนาต่ำสุดสำหรับการควบคุมการทรุดตัว (deflection) ที่ได้มาจาก ACI-9.5.3.2, 9.5.3.3 สูตร (9-11) , (9-12) และ (9-13) โดย semi-empirical ซึ่งได้แปลงค่าเป็นหน่วย SI แล้วดังต่อไปนี้

ACI (9-11)

$$\min t = \frac{Ln(0.8 + 2.844fy/40,000)}{36 + 5\alpha m(Ln/Sn) - 0.6(1 + Ln/Sn)} \quad (2-2)$$

ACI (9-12)

$$\min t = \frac{Ln(0.8 + 2.844fy/40,000)}{36 + 9Ln/Sn} \quad (2-3)$$

ACI (9-13)

$$\min t = \frac{Ln(0.8 + 2.844fy/40,000)}{36} \quad (2-4)$$

**ค่าที่ใช้ในการแปลงคือ $2.204*2.54^2$ คูณสัมประสิทธิหน้า fy

การพิจารณาหาค่า min t ให้ใช้ค่ามากที่สุด ระหว่าง สูตรที่(2-2) และ(2-3) โดยที่ต้องมีค่าไม่เกินกว่าค่าที่ได้จากสูตรที่(2-4) แต่สำหรับแผ่นพื้นไร้คาน ในกรณีที่ไม่มีแป้นรองรับ ให้ใช้สูตรที่(2-4) ในการหาค่าความหนาต่ำสุด เนื่องจากไม่มีคาน ค่า αm จึงมีค่าเท่ากับ 0 ทำให้ค่าที่ได้จาก สูตรที่(2-2) และ (2-3) มีค่ามากกว่า สูตรที่(2-4) จึงใช้สูตรที่(2-4) เป็นสูตรที่ใช้ในการควบคุมความหนาต่ำสุด และสำหรับกรณีที่มีแป้นรองรับให้ใช้ 0.9 คูณกับค่าที่หาได้ในกรณีที่มีแป้นรองรับ

โดยที่

t = ความหนาของแผ่นพื้น

Ln= ความยาวของแผ่นพื้นประสิทธิภาพระหว่างเสาถึงเสาในแต่ละทิศทาง (ไม่นับความกว้างของเสา,หัวเสา)

Sn= ความกว้างของแผ่นพื้นที่มีระยะระหว่างแนวกึ่งกลางของแผ่นพื้นที่อยู่ติดกับแนวเสาที่กำลังพิจารณา (ไม่นับความกว้างของเสา,หัวเสา)

fy= กำลังคลากของเหล็กเสริม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

α_m= อัตราส่วนระหว่าง EbIb และ EsIs

Eb= โมดูลัสยืดหยุ่นของคาน

Es= โมดูลัสยืดหยุ่นของพื้น

Ib= โมเมนต์อินเนอร์เชียของคาน

Is= โมเมนต์อินเนอร์เชียของพื้น

(ที่มีความกว้างของพื้นจากแนวเส้นศูนย์กลางของแผ่นพื้นที่ติดกับคานนั้น)

และความหนาของแผ่นพื้นต้องมีความหนาต่ำสุดไม่น้อยกว่า

12.5 ซม. สำหรับแผ่นพื้นที่ไม่มีแป้นรองรับหัวเสา

10.0 ซม. สำหรับแผ่นพื้นที่มีแป้นรองรับหัวเสา

หมายเหตุ สูตร ACI ที่ใช้หานี้เพิ่งได้รับการปรับปรุงในปี ค.ศ.1989 โดยการกำจัดตัวแปร β_s จากสูตร(9-10),(9-11) ACI 9.5.3.1 มาเป็น (9-11) ,(9-12) ACI-9.5.3.2,ACI-9.5.3.3 และจาก(9-12) ACI 9.5.3.1 เป็น (9-13) ACI-9.5.3.2,9.5.3.3 โดย การแทนค่าเป็นตัวเลขที่ได้รับการยอมรับแล้ว (2-น.681)

2.4 การตรวจสอบแรงเฉือนในแผ่นพื้นไร้คาน (ACI-11.12) (2-น.721)

2.4.1ลักษณะคานกว้าง (Wide-Beam Action)

แผ่นพื้นจะถูกนำมาพิจารณาเป็นคานกว้างที่มีความกว้าง เท่ากับแผ่นพื้นที่ถูกตัดมาพิจารณาหน้าตัดของแผ่นพื้นที่ใช้ในการตรวจสอบแรงเฉือนจะอยู่ห่างจากขอบเสา หรือแป้นรองรับ (drop panel) เป็นระยะเท่ากับความลึกประสิทธิผล (d) โดยมีน้ำหนักที่กระทำเท่ากับน้ำหนักที่ใช้ในการออกแบบคูณพื้นที่จากหน้าตัดที่ตรวจสอบถึงกึ่งกลางระหว่างเสา ซึ่งจะต้องมีค่าน้อยกว่าสูตรดังต่อไปนี้

$$Vu = Wu*bw*Lf \quad (กก.) \qquad (2-5)$$

$$Vn = Vu/\phi \qquad (2-6)$$

จาก ACI-11.3.2.1 ได้

$$Vn \leq Vc = 0.53*\sqrt{f'c}*bw*d \quad (กก.) \qquad (2-7)$$

โดยที่

Vu = น้ำหนักที่กระทำกับหน้าตัดที่ตรวจสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

032498

ϕ = 0.85 สำหรับแรงเฉือน (ACI 9-3) (2-น.36)

Vn = น้ำหนักที่ใช้ในการตรวจสอบ (กก.)

Wu = น้ำหนักที่ใช้ในการออกแบบ (กก./ตร.ม.)

bw = ความกว้างขอบแถบแผ่นพื้นที่ออกแบบ (ม.)

Lf = ความยาวจากหน้าตัดที่ตรวจสอบถึงกึ่งกลางระหว่างเสา (ม.)

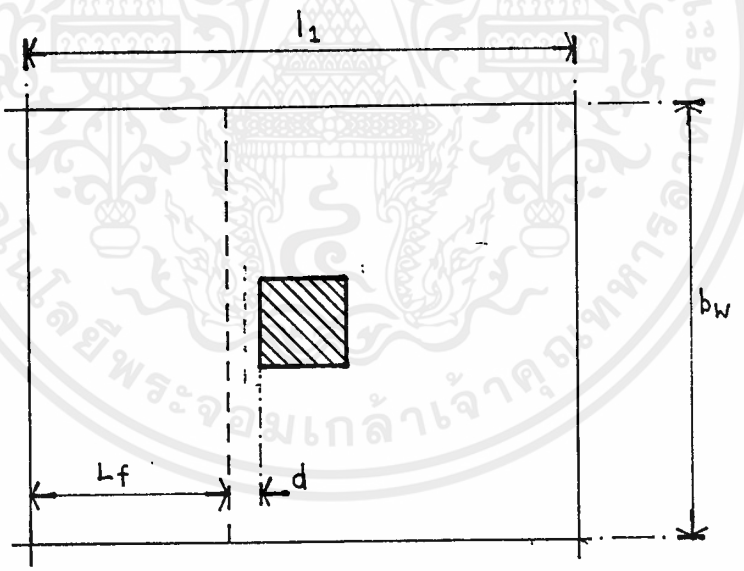
Vc = น้ำหนักที่คอนกรีตต้านทานได้ (กก.)

f'c= กำลังอัดประลัยของทรงกระบอกมาตราฐานที่ 28 วัน (กก./ซม.^{2})

d = ความลึกประสิทธิผล (ซม.)

รูปที่ 2.6

พื้นที่รับแรงเฉือนลักษณะคานกว้าง



2.4.2 ลักษณะ (Two-way Action)

จะพิจารณาจากน้ำหนักของแผ่นพื้นที่กระทำต่อเสา หรือ หัวเสา หรือ แป้นรองรับหัวเสา หน้าตัดวิกฤติที่ทำการพิจารณาจะเป็นเส้นรอบรูป รอบที่รองรับโดยมีระยะห่างจากขอบที่รองรับที่พิจารณาเป็นระยะ $d/_2$

โดย d เท่ากับ ความลึกประสิทธิผล ตาม ACI-11.12.1.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยมีสูตรที่ใช้ในการตรวจสอบดังนี้

$$Vu = Wu*(l1*l2 - Ai) \quad (2\text{-}8)$$

$$Vn = Vu/\phi \quad (2\text{-}9)$$

โดยที่

Vu = น้ำหนักที่กระทำกับหน้าตัดที่ตรวจสอบ (ระยะ d จากขอบเสา หรือ แป้นรองรับ)

ϕ = 0.85 สำหรับแรงเฉือน (ACI 9-3)

Vn = น้ำหนักที่ใช้ในการตรวจสอบ (กก.)

Wu = น้ำหนักที่ใช้ในการออกแบบ (กก./ตร.ม.)

l1 = ความกว้างขอบแถบแผ่นพื้นที่ออกแบบ (ม.)

l2 = ความยาวจากหน้าตัดที่ตรวจสอบถึงกึ่งกลางระหว่างเสา (ม.)

Ai = พื้นที่ภายในหน้าตัดที่ทำการตรวจสอบ (ตร.ม.)

สำหรับค่ากำหนดที่ใช้ในการตรวจสอบหาได้ดังนี้ (ACI-11.12.2.1)

จาก ACI-11.36

$$Vc = (2 + 4/_{B_c})\sqrt{f'c}*b_o*d \quad (2\text{-}10)$$

จาก ACI-11.37

$$Vc = (\alpha_s*d/b_o + 2)\sqrt{f'c}*b_o*d \quad (2\text{-}11)$$

จาก ACI-11.38

$$Vc = 4\sqrt{f'c}*b_o*d \quad (2\text{-}10)$$

โดยที่

b_o = เส้นรอบรูปวิกฤติรอบเสา (ซม.)

B_c = อัตราส่วนระหว่างด้านยาวกับด้านสั้น

α_s = 40 สำหรับเสาด้านใน

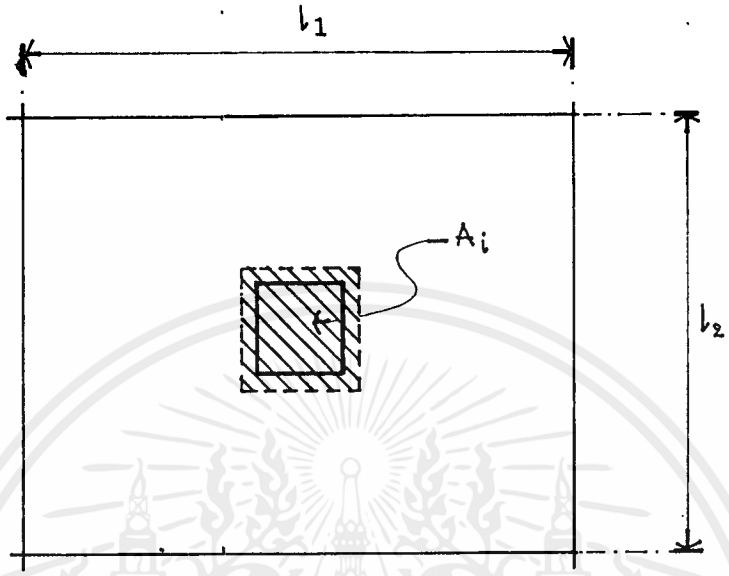
30 สำหรับเสาด้านนอก

20 สำหรับเสาที่มุม

โดยให้ใช้ค่า Vc ที่น้อยที่สุดจากสมการทั้งสาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.7
พื้นที่รับแรงเฉือนลักษณะเฉือนทะลุ



2.5 คานขอบ (Edge Beam) (2-น.681)

ความแข็งเกร็ง(stiffness)ของคานขึ้นอยู่กับ EI/L เมื่อ E และ I ของคานที่มีขนาดต่างกันมีค่าเหมือนกัน ดังนั้นค่า stiffness จึงขึ้นอยู่กับค่า I ที่มีค่าเท่ากับ $bh^3/12$

โดยที่

E = โมดูลัสยืดหยุ่นของคาน

I = โมเมนต์อินเนอร์เชียของคาน

L = ความยาวของคาน

b = ความกว้างของคาน

h = ความลึกของคาน

ความสัมพันธ์ของค่า stiffness ของคาน ต่อแผ่นพื้นที่อยู่ติดกับคานใช้สัญลักษณ์แทนด้วย α ค่า stiffness ของแผ่นพื้นคำนวณได้จาก $Bt^3/12$

เมื่อ

B = ความกว้างของแผ่นพื้นตามขวางที่ติดกับคานระหว่างแนวเส้นศูนย์กลางของแผ่นพื้นที่ตัดแล้วเปรียบเทียบเหมือน frame

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

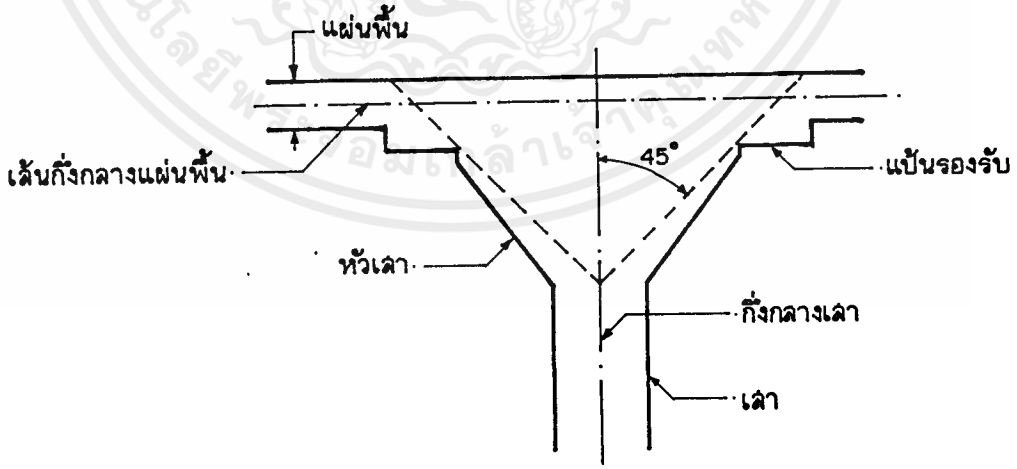
t = ความหนาของแผ่นพื้น

เมื่อไม่มีคานขอบหรือมีคานขอบที่มีขนาดเล็กค่า α จะมีค่าน้อยกว่า 0.80 และ ACI-9.5.3.3 ให้เพิ่มความหนาของแผ่นพื้นขึ้นอีก 10% จากข้อกำหนด ACI (9-10),(9-11),(9-12)

2.6 หัวเสา (column capital) (2-น.681)

ส่วนของหัวเสาที่อยู่ติดกับแป้นรองรับหัวเสา (drop panel) หรือแผ่นพื้นนั้นจะมีความกว้างของเส้นผ่าศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 0.20 - 0.25 เท่าของระยะ span เฉลี่ยระหว่างเสา และ มีรัศมีลดลงตามแนวเส้น 45 องศาเข้าหาแนวแกนเสาเพื่อกระจายแรงเฉือนเข้าสู่เสา ตามข้อกำหนด ACI-13.1.2 ที่จะทำให้หัวเสามีประสิทธิภาพ โดยมากมักจะใช้เพื่อให้เสาที่ติดกับแผ่นพื้นมีขนาดใหญ่ขึ้น

รูปที่ 2.8
รูปอธิบายหัวเสา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 แป้นรองรับหัวเสา (drop panel) (2-น.681)

ขนาดของ drop panel เป็นแป้นสี่เหลี่ยมที่มีขนาดไม่น้อยกว่า 1/3 ของระยะทางระหว่างแนวแกนของเสาในแต่ละทิศทาง และมีขนาดความหนาไม่น้อยกว่า 1/4 เท่าของความหนาของแผ่นพื้นข้อกำหนด ACI-9.5.3.2 อนุญาติให้ลดความหนาของแผ่นพื้นลงได้อีก 10% จากสูตรที่ 2.2 - 2.4

ACI-13.4.7.3 กำหนดให้ความหนาของ drop panel ใต้แผ่นพื้นมีค่าไม่น้อยไปกว่า 1/4 เท่าของระยะทางระหว่าง ขอบหัวเสา กับขอบของแป้นรองรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ขั้นตอนในการวิเคราะโมเมนต์

ตัวอย่างต่อไปนี้จะถูกนำมาใช้ในการอธิบาย วิธีการหาค่าตัวแปรต่างๆ เพื่อให้ง่ายต่อความเข้าใจ ซึ่งเป็นตัวอย่างที่ตั้งขึ้นมาเอง

ตัวอย่างที่ 1 เป็นแผ่นพื้น Flat-Plate ดังภาพที่ รูปที่ 3.1 ให้หา moment ในแถบที่พิจารณา โดยมีข้อมูลดังต่อไปนี้

ความสูงระหว่างชั้น = 2.70 ม.

ขนาดของเสา = 40 * 40 ซม.

ไม่มีคานขอบ

นน.ของ Partition = 100 กก./ม.2

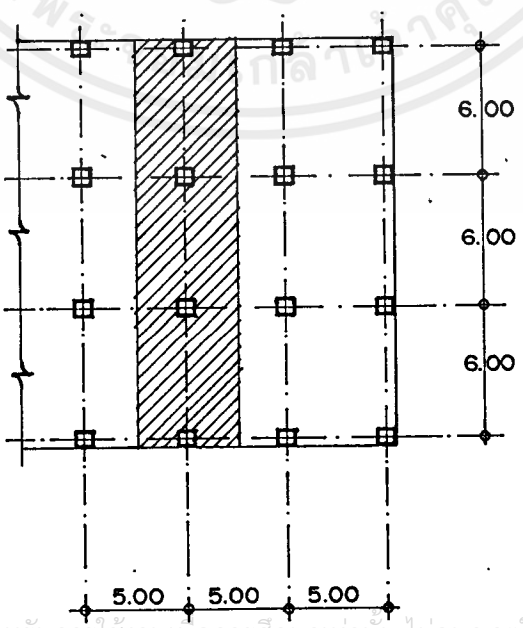
นน.จร = 200 กก./ม.2

f'c = 280 ksc-สำหรับพื้น

f'c = 350 ksc-สำหรับเสา

fy = 4,000 ksc

รูปที่ 3.1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีขั้นตอนในการหาดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การหาความหนาของแผ่นพื้น

ขั้นตอนที่ 2 การหาขนาดหน้าตัดเสาเปรียบเทียบ

ขั้นตอนที่ 3 การตรวจสอบแรงเฉือน

ขั้นตอนที่ 4 การหาค่าความแข็งเกร็งของเสา

ขั้นตอนที่ 5 การหาค่าความแข็งเกร็งของแผ่นพื้น

ขั้นตอนที่ 6 การหาค่าความแข็งเกร็งของเสาเปรียบเทียบ

ขั้นตอนที่ 7 การหาค่าตัวแปรการกระจายโมเมนต์

ขั้นตอนที่ 8 การออกแบบน้ำหนักบรรทุกสำหรับการกระจายโมเมนต์ และ ค่าโมเมนต์ยึดปลาย

ขั้นตอนที่ 9 การหาค่า carry-over factors

ขั้นตอนที่ 10 การวิเคราะห์การกระจายโมเมนต์

ขั้นตอนที่ 1 การหาความหนาของแผ่นพื้น

จากสูตรที่ 2-4

เมื่อ fy = 4,000 ksc

$$\min t = Ln(0.8 + 2.844fy/40,000)/36 = Ln/33.20$$

Ln = 600 - 40 = 560 ซม.

$$\min t = 560/33.20 = 16.87 \text{ ซม.}$$

ใช้ 17.50 ซม. - น้ำหนักแผ่นพื้น = 420 กก.

พิสูจน์ว่าใช้เพียงสูตรที่ 2-4 เป็นสูตรควบคุม

จากสูตรที่ 2-2

$$\min t = \frac{Ln(0.8 + 2.844fy/40,000)}{36 + 5\alpha m(Ln/Sn) - 0.6(1 + Ln/Sn)}$$

แทนค่า $\alpha m=0$

Sn = 500 - 40 = 460 ซม.

แทนค่าลงในสูตรจะได้ min t = 17.52 ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสูตรที่ 2-3

$$\min t = \frac{Ln(0.8 + 2.844fy/40,000)}{36 + 9Ln/Sn}$$

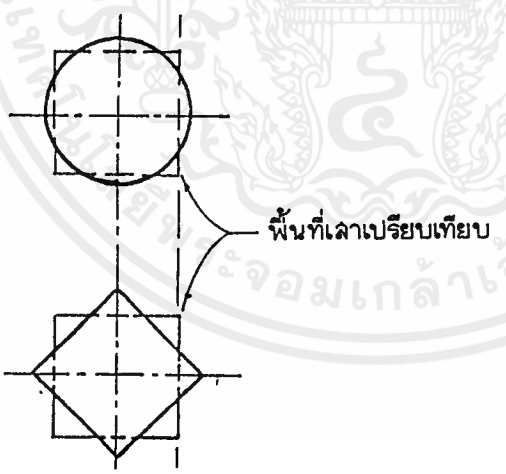
แทนค่าลงในสูตรจะได้ min t = 12.93 ซม.

ค่ามากที่สุดจากทั้ง 2 สูตรคือ 17.52 ซม. แต่ค่าที่ได้มีค่ามากกว่าค่าที่หาได้จากสูตรที่ 2-4 เพราะฉะนั้นค่า min t จึงใช้ค่าที่หาได้จากสูตรที่ 2-4

ขั้นที่ 2 การหาขนาดหน้าตัดเสาเปรียบเทียบ (Equivalent Column)

ให้พิจารณาดูจากรูปที่ 3.2 โดยที่หน้าตัดเสาเปรียบเทียบต้องมีพื้นที่เท่ากับ พื้นที่ของหน้าตัดเสาเดิม

รูปที่ 3.2
หน้าตัดเสาเปรียบเทียบ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 3 ตรวจสอบแรงเฉือน

ใช้ d = 17.50 - 3 = 14.50 ซม

นน.คงที่ = 420 + 100 = 520 กก./ตร.ม factor load = 1.4

W_d = 520*1.4 = 728 กก./ตร.ม

นน.จร = 200 กก./ตร.ม factor load = 1.7

W_l = 200*1.7 = 340 กก./ตร.ม

จากสูตรที่ 2-1 , $W_u = W_d + W_l$ เพราะฉะนั้น

W_u = 728 + 340 = 1,068 กก./ตร.ม

แรงเฉือนลักษณะคาน: พิจารณาความกว้าง 1 ม. จากรูปที่ 3.3

โดยพิจารณากับหน้าตัดเสาเปรียบเทียบที่หาได้ในขั้นที่ 2

จากสูตรที่ 2-5

V_u = 1,068*2.655

= 2,836 กก.

จากสูตรที่ 2-6

V_n = 2,836/0.85 = 3,336 กก.

จากสูตรที่ 2-7

V_c = 0.53√280*100*14.50

= 12,859 กก.

$V_n < V_c$ OK.

แรงเฉือนลักษณะสองทาง:พิจารณาจากหน้าตัดเสาจริง โดยคิดพื้นที่พิจารณาตามรูปที่ 3.3

พิจารณาเฉพาะเสาในเนื่องจากรับน้ำหนักกระทำมากสุด

จากสูตรที่ 2-8

Vu = 1,068*(6*5-0.545*0.545)

= 31,723 กก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสูตรที่ 2-9

$V_n = 31,723/0.85 = 37,321$ กก.

จากสูตรที่ 2-10

เมื่อ $\beta_s = 40/40 = 1$ $b_o = (40+14.50)*4 = 218$ ซม.

$V_c = (0.53+1.06/1)\sqrt{280}*218*14.50$

$= 84,101$ กก.

จากสูตรที่ 2-11

เมื่อ $\alpha_s = 40$

$V_c = (10.6*14.50/218+0.53)\sqrt{280}*218*14.50$

$= 65,326$ กก.

จากสูตรที่ 2-12

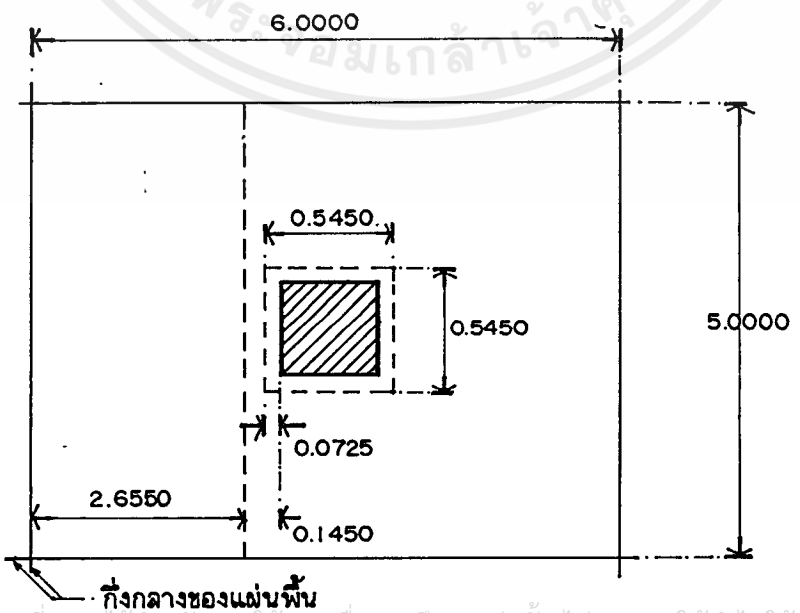
$V_c = 1.06*\sqrt{280}*218*14.50$

$= 56,067$ กก.

ใช้ $V_c = 56,067$ กก. $> V_n$

รูปที่ 3.3

รูปการหาค่าแรงเฉือนจากตัวอย่างที่ 1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับขั้นตอนในขั้นที่ 4-5 และ 8-9 ซึ่งเป็นขั้นตอนในการหาค่าสัมประสิทธิ และ ตัวแปรต่างๆ ซึ่งมีวิธีในการหาค่าได้ 2 วิธี ดังนี้

1.วิธีเสาอุปมาน (Column Analogy) (3-บ.5)

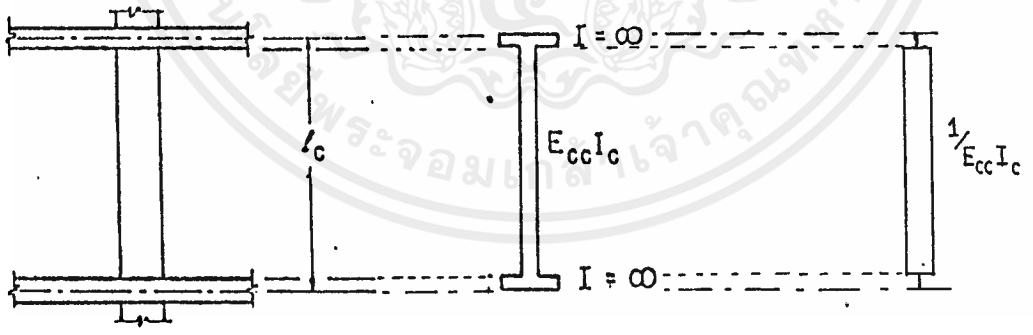
2.วิธีมุมลาด และการโก่ง (Slope-Deflection) (1-บ.13)

แต่สำหรับการทำโครงงานพิเศษนี้เลือกใช้วิธีที่ 2 ในการหาค่าเนื่องจากมีการหาค่าเป็นเชิงตัวเลขมากกว่าในวิธีที่ 1 ซึ่งมีวิธีการหาค่าที่ค่อนข้างซับซ้อนเมื่อมีการหาค่าสัมประสิทธิ และตัวแปร ของแผ่นพื้นแบบ "Flat-slab" และจะอธิบายที่ละวิธีโดยใช้ตัวอย่างข้างต้นซึ่งเป็นแผ่นพื้นแบบ "Flat-plate"

โดยดูรูปที่ 3.4 - 3.6 ที่อธิบายถึงแผนภาพ EI และหน้าตัดเสาอุปมานที่ใช้ในการหาค่าสัมประสิทธิและตัวแปรของเสา ส่วนรูปที่ 3.7-3.9 อธิบายถึงแผนภาพ EI และหน้าตัดเสาอุปมานที่ใช้ในการหาค่าสัมประสิทธิและตัวแปรของแผ่นพื้น

รูปที่ 3.4

กรณีไม่มีแป้นรองรับหัวเสา และหัวเสา

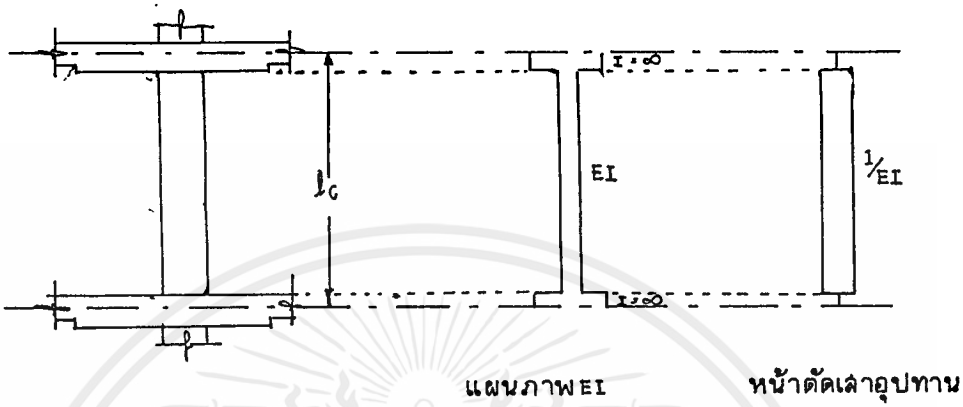


แผนภาพ หน้าตัดเสาอุปมาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.5

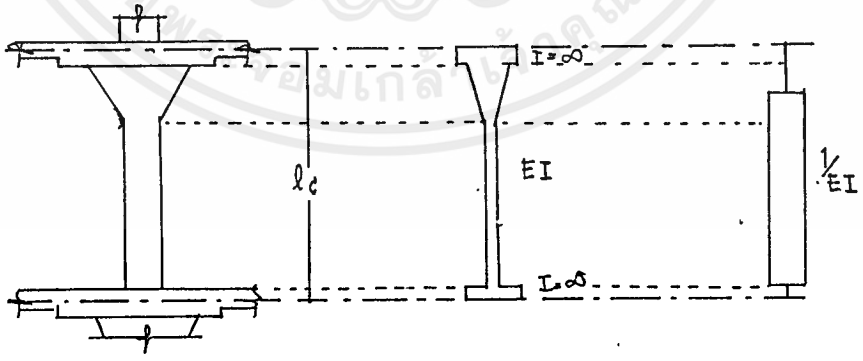
กรณีมีแป้นรองรับหัวเสา แต่ไม่มีหัวเสา



แผนภาพ EI หน้าตัดเสาอุปทาน

รูปที่ 3.6

กรณีมีแป้นรองรับหัวเสา และหัวเสา

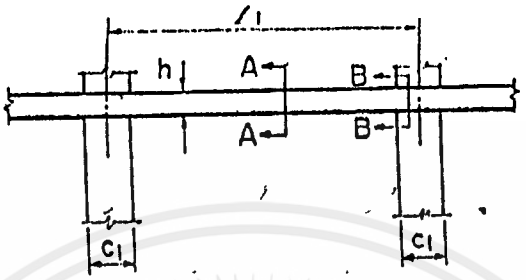


แผนภาพ EI หน้าตัดเสาอุปทาน

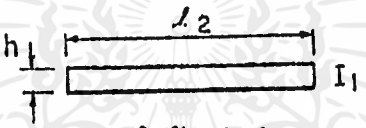
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.7

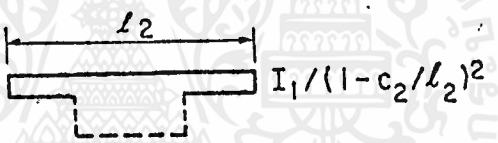
กรณีไม่มีแป้นรองรับหัวเสา และหัวเสา



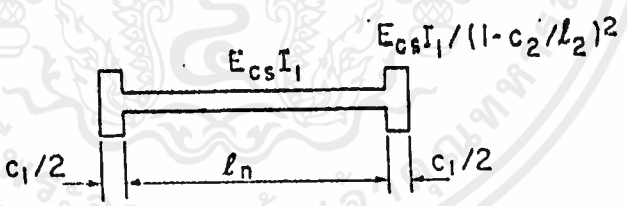
หน้าตัดตามขวาง



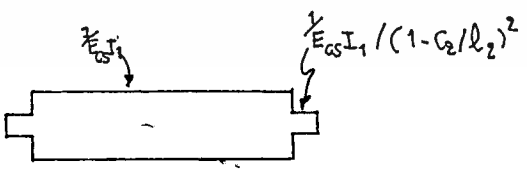
หน้าตัด A-A



หน้าตัด, B-B



แผนภาพ EI

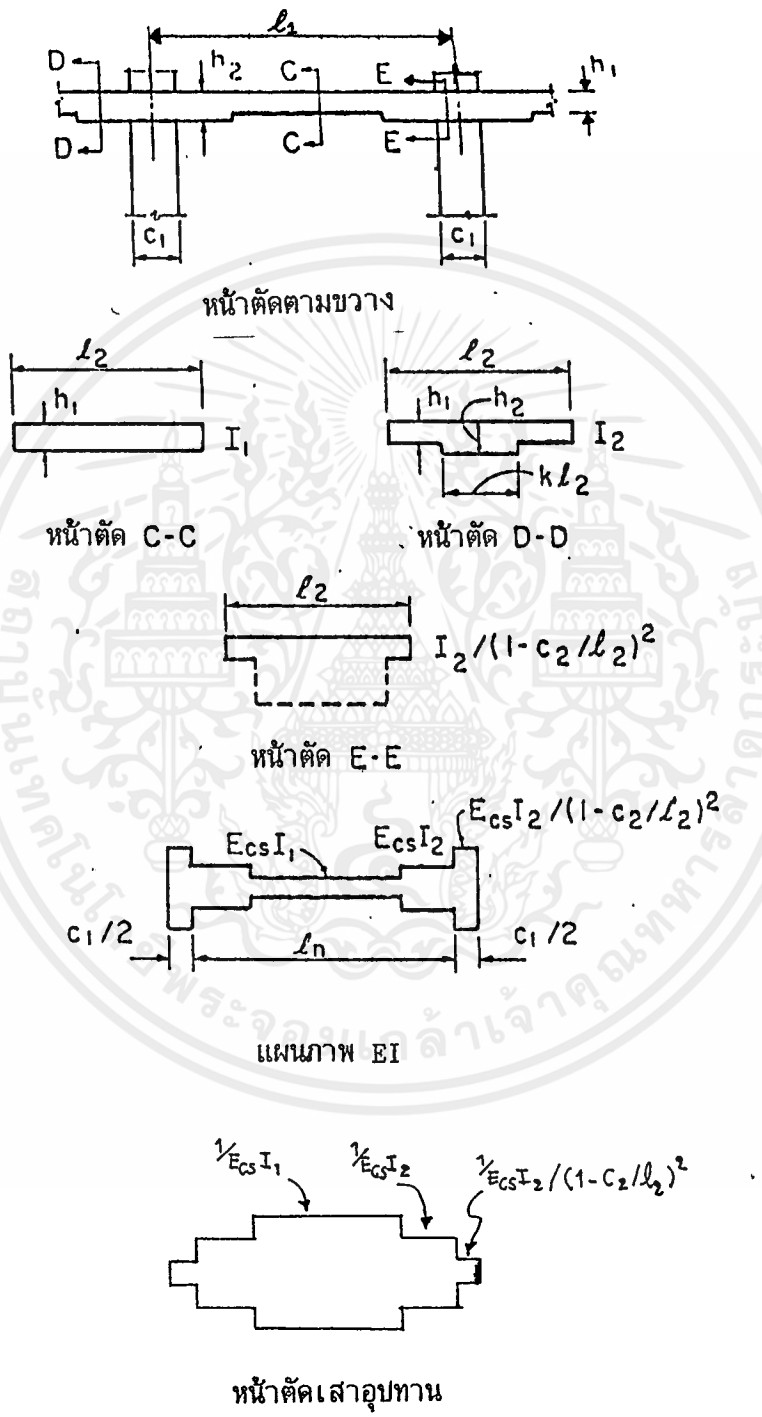


หน้าตัดเสาอุปทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.8

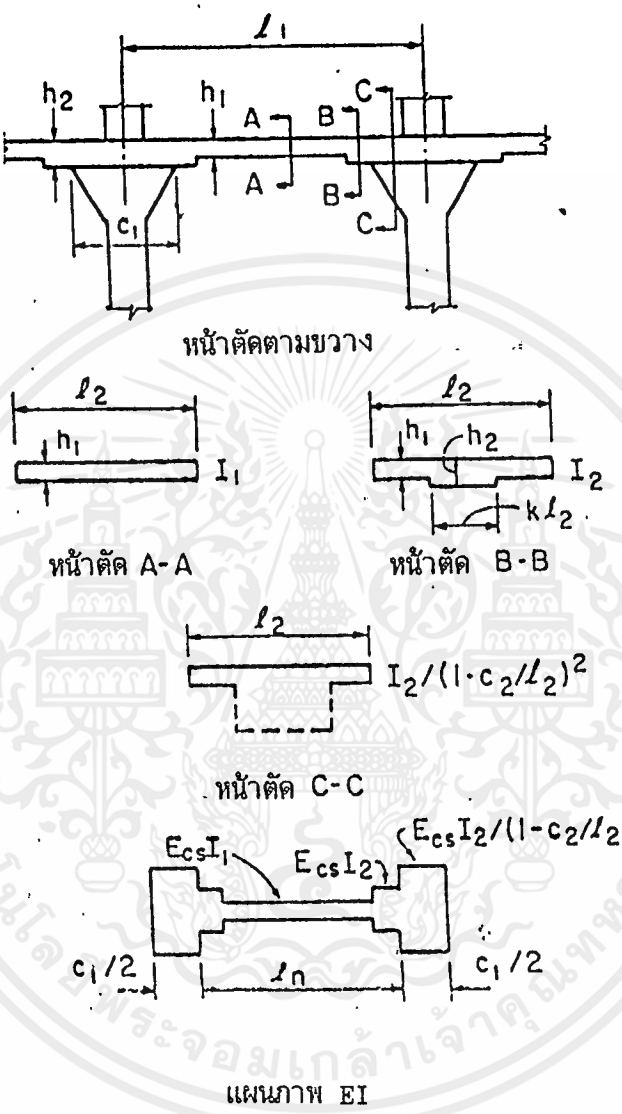
กรณีมีแป้นรองรับหัวเสา แต่ไม่มีหัวเสา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.9

กรณีมีแป้นรองรับหัวเสา และหัวเสา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อไปนี้จะอธิบายการหาค่าในขั้นตอนที่ 4-5 และ 8-9 ที่ละวิธีก่อน แล้วจึงอธิบายขั้นตอนที่ 6-7 และ 10 ต่อไป

วิธีที่ 1 วิธีเสาอุปมาน

ขั้นตอนที่ 4 การหาค่าความแข็งเกร็งของเสา, K_c

$$K = 1/A_{ac} + M_c/I_{ac} \qquad (3\text{-}1)(3\text{-น.}102)$$

โดยที่

K = ค่าความแข็งเกร็ง

A_{ac} = พื้นที่ของเสาอุปมาน (หาได้จากรูปที่ 3.4-3.9)

I_{ac} = Moment of inertia ของเสาอุปมาน

M_c = โมเมนต์ 1 หน่วย ของเสาอุปมาน ซึ่งในที่นี้ใช้ = $l_c/2$

เนื่องจากตัวอย่างที่ 1 เป็นแผ่นพื้นแบบ flat-plate เพราะฉะนั้น จากรูปที่ 3.4 จะได้

$$A_{ac} = l_c - h/E_{cc}I_c \qquad (3\text{-}2)$$

$$I_{ac} = (l_c - h)^3/12E_{cc}I_c \qquad (3\text{-}3)$$

โดยที่

l_c คือความสูงแต่ละชั้นโดยวัดจากกึ่งกลางของแผ่นพื้น

h คือความหนาของแผ่นพื้น กรณีที่มีแป้นรองรับให้รวมความหนาใต้แผ่นพื้นของแป้นรองรับเข้าไปด้วย ส่วนในกรณีที่มีหัวเสาให้เพิ่มค่า h ไปอีกประมาณ ครึ่งหนึ่งของความสูงของหัวเสา

E_{cc} คือค่ายังโมดูลัสของคอนกรีตของเสา

I_c คือค่าโมเมนต์อินเนอร์เชียของเสา

แทนค่า (4-2) และ (4-3) ลงใน (4-1) จะได้

$$K_c/E_{cc} = I_c/(l_c-h)*(1+[3l_c^2/(l_c-h)^2]) \qquad (3\text{-}4)$$

เมื่อ

l_c = 270 ซม.

h = 17.5 ซม.

I_c = $40^4/12$ =

= 213,333 ซม.^{4}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนค่าลงในสมการที่ (4-4) จะได้

K_c/E_{cc}= 213,333/(270-17.5)*(1+[3*270^2/(270-17.5)^2])

= 3,743 ซม.^{3}

เมื่อเปรียบเทียบเท่ากับ E_c ของแผ่นพื้น ,E_{cs} โดยการคูณด้วย $\sqrt{f'c}$ ของเสา แล้วหารด้วย $\sqrt{f'c}$ ของแผ่นพื้น

K_c/E_{cs} = 4,185 ซม.^{3}

ขั้นตอนที่ 5 การหาค่าความแข็งเกร็งของแผ่นพื้น,K_s (2-น.755)

จากสมการ (4-1)

เมื่อ ACI-13.7.3.3 กำหนดให้I_s ที่เสา มีค่าเท่ากับ I_s ระหว่างเสาที่ติดกับเสา/$(1-C_2/l_2)^2$ (2-น.746)

โดยที่

I_s = โมเมนอินเนอร์เชียของแผ่นพื้น (ซม.^{4})

l_2 = ความกว้างของแถบพื้นที่พิจารณา (ซม.)

t = ความหนาของแผ่นพื้น (ซม.)

C_2 = ความกว้างตามทิศทาง l_2 ของเสา หรือหัวเสา (ซม.)

เมื่อ

l_2 = 420 ซม.

t = 17.5 ซม.

C_2 = 40 ซม.

แทนค่า

สมมุติ I_s ระหว่างเสา = I = 500*17.5^3/12 = 223,307 ซม.^{4}

I_s ที่เสา = I/$(1-40/500)^2$ = 1.181 I

จากรูปที่ 3.7 จะได้ค่า

A_{sc} = $(5.6/IE_c + 2*0.4/1.181IE_c)$

= 6.277/IE_c

I_{sc} = 0.846*6^3/12IE_c + 0.154*5.6^3/12IE_c

= 17.48/IE_c

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

M_c = $(l_1/2)^2$ เมื่อ l_1 = ความยาวของช่วงพื้น = 6 ม. จะได้

= $(6/2)^2$ = 9

เพราะฉะนั้นเมื่อแทนลงในสมการที่ (4-1) จะได้

K_s/E_{cs} = (1/6.277 + 9/17.48)*223,307/100

= (.159 + .515)*223,307/100

= 1,505 ซม^3

ขั้นตอนที่ 8 การออกแบบน้ำหนักบรรทุกสำหรับการกระจายโมเมนต์ และ ค่าโมเมนต์ยึดปลาย

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 2 ในเรื่องของ load pattern จากตัวอย่างที่ จะได้อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักบรรทุกจรต่อน้ำหนักบรรทุกคงที่เท่ากับ 0.38 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.75 ดังนั้นจึงใช้แค่ load pattern 1ในการออกแบบเท่านั้น โดยมีวิธีการใรการหาค่าดังนี้

$FEM_c = P/Al_1^2$ (3-5)

$FEM = FEM_c * W_u * l_{2*} l_1^2$ (3-6)

(2-น.755)

โดยที่

FEM_c = ค่าสัมประสิทธิหน้าตัวแปรโมเมนต์ยึดปลาย

FEM = โมเมนต์ยึดปลาย

P = พื้นที่ใต้กราฟโมเมนต์กรณี simmple support ส่วน IE ที่คิดเฉพาะ 1 ช่วง และ คิดน้ำหนักบรรทุก กระทำเพียง 1 หน่วย

A = พื้นที่หน้าตัดเสาอุปมานจากรูปที่ 3.7-3.9

W_u = น้ำหนักบรรทุกที่ใช้ในการออกแบบจาก load pattern

l_1 = ความยาวของช่วงพื้นที่พิจารณาจากกึ่งกลางของเสาแต่ละต้น

l_2 = แถบพื้นที่พิจารณาจากกึ่งกลางของแผ่นพื้นแต่ละด้าน

เมื่อ

p = 2/3*(6^2/8)*6 = 18 IE_{cs}

A = 6.277 IE_{cs}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

l_1 = 6 ม.

แทนค่าลงในสมการที่ (4-5) จะได้

$FEM_c = 18/6.277/6^2 = 0.0797$

เมื่อ

W_u = 1068 กก./ม.^{2}

l_2 = 5 ม.

แทนค่าลงในสมการที่ (4-6) จะได้

$FEM = 0.0797*1068*5*6^2 = 15,321$ กก.-ม.

หมายเหตุ ความละเอียดของการหาค่า FEM_c ขึ้นอยู่กับการหาค่าพื้นที่ใต้กราฟ

ขั้นตอนที่ 9 การหาค่า carry-over factors ,COF

Carry - over factors คือตัวแปรที่ใช้ในการส่งถ่ายโมเมนต์จากปลายข้างหนึ่งไปยังอีกข้างหนึ่ง โดยใช้สมการหาค่าได้ดังนี้ (2-น.755)

$$COF_{AB} = COF_{BA} = (M_c/I_{ac} - 1/A_{ac})/(1/A_{ac} + M_c/I_{ac}) \quad (3\text{-}7)$$

จากค่าที่ได้ในขั้นตอนที่ 5 แทนค่าลงในสมการที่ (4-7) จะได้

$COF_{AB} = COF_{BA}$ = (.515-.159)/(.159+.515)

= 0.528

วิธีที่ 2 วิธีมุมลาด และการโก่ง (1-น.21-27)

จากสมการหามุมลาด

$$\theta = \int_A^B (M_x/EI)\, dx \quad (3\text{-}8)$$

จากสมการหาการโก่งตัว

$$\Delta_A = \int_A^B (M_x/EI)x\,dx \quad (3\text{-}9)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\theta_b = F(M_B)/EI_1 l_1 \int_A^B x\,dx = l_1 M_B/EI_1[C_2]$$

เมื่อ

$$C_2 = [-F_B a^2(1-F_A)-b^2(1-F_B)+r^2(1-F_R)-s^2(1-F_R)$$
$$+c^2(1-F_C)+F_C d^2(1-F_D)+F_C F_D]/2$$

จากสมการที่ 3-9 จะได้

$$(\Delta_a)_A = F(M_A)/EI_1 l_1 \int_A^B (l_1 - x)x\,dx = l_1 M_A/EI_1[C_3]$$

เมื่อ

$$C_3 = [-F_B a^2(3-2a)(1-F_A)-b^2(3-2b)(1-F_B)$$
$$+r^2(3-2r)(1-F_R)-s^2(3-2s)(1-F_R)+c^2(3-2c)(1-F_C)$$
$$+F_C d^2(3-2d)(1-F_D)+F_C F_D]/3$$

$$(\Delta_b)_A = F(M_B)/EI_1 l_1 \int_A^B x^2\,dx = l_1 M_B/EI_1[C_4]$$

เมื่อ

$$C_4 = [-F_B a^3(1-F_A)-b^3(1-F_B)+r^3(1-F_R)-s^3(1-F_R)$$
$$+c^3(1-F_C)+F_C d^3(1-F_D)+F_C F_D]/^3$$

$$(\Delta_c)_A = F(M_A)/EI_1 l_1 \int_A^B (l_1 - x)x^2\,dx = l_1 M_A/EI_1[C_5]$$

เมื่อ

$$C_5 = [-F_B a^3(4-3a)(1-F_A)-b^3(4-3b)(1-F_B)$$
$$+r^3(4-3r)(1-F_R)-s^3(4-3s)(1-F_R)+c^3(4-3c)(1-F_C)$$
$$+F_C d^3(4-3d)(1-F_D)+F_C F_D]/3$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการที่ 3-10 จะได้

$$(\Delta_a)_B = F(M_A)/EI_1 l_1 \int_A^B (l_1 - x)x\,dx = l_1 M_A/EI_1[C_6]$$

เมื่อ

$$C_6 = [-F_B a(3-3a+a^2)(1-F_A)-b(3-3b+b^2)(1-F_B)$$
$$+r(3-3r+r^2)(1-F_R)-s(3-3s+s^2)(1-F_R)+c(3-3c+c^2)(1-F_C)$$
$$+F_C d(3-3d+d^2)(1-F_D)+F_C F_D]/3$$

$$(\Delta_b)_B = F(M_B)/EI_1 l_1 \int_A^B x^2\,dx = l_1 M_B/EI_1[C_3]$$

$$(\Delta_c)_B = F(M_A)/EI_1 l_1 \int_A^B (l_1 - x)^2 x\,dx = l_1 M_A/EI_1[C_7]$$

เมื่อ

$$C_7 = [-F_B a^2(6-8a+3a^2)(1-F_A)-b^2(6-8b+3b^2)(1-F_B)$$
$$+r^2(6-8r+3r^2)(1-F_R)-s^2(6-8s+3s^2)(1-F_R)$$
$$+c^2(6-8c+3c^2)(1-F_C)+F_C d^2(6-8d+3d^2)(1-F_D)+F_C F_D]/3$$

จากการแก้สมการข้างต้นจะได้ค่าตัวแปร และสัมประสิทธิ์ต่างดังนี้

2.1 ค่า carryover factors

$$COF_{AB} = C_3/C_4 \qquad (3\text{-}11)$$

$$COF_{BA} = C_3/C_6 \qquad (3\text{-}12)$$

2.2 ค่า stiffness factors

$$k_{AB} = C_4/(C_6C_4-C_3C_3) \qquad (3\text{-}13)$$

$$k_{BA} = C_6/(C_6C_4-C_3C_3) \qquad (3\text{-}14)$$

2.3 ค่า fixed-end moment coefficients

$$FEMC_{AB} = (C_7C_4-C_5C_3)/(C_6C_4-C_3C_3) \qquad (3\text{-}15)$$

$$FEMC_{BA} = (C_6C_5-C_7C_3)/(C_6C_4-C_3C_3) \qquad (3\text{-}16)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนค่า (C_8C_4-C_3C_3) ด้วย r

จากสมการดังกล่าวข้างต้นเนื่องจากแผ่นพื้นไร้คานโดยทั่วไปมักจะมีหน้าตัดอย่างมากแค่ 5 เท่านั้น ดังนั้นจึงตัดหน้าตัดที่ 6 ออก เพราะฉะนั้น ค่า r s และ (1- F_R) จึงเท่ากับศูนย์ดังนั้น พจน์ที่มีตัวแปรดังกล่าวคูณรวมอยู่อยู่จึงสามารถตัดทิ้งได้ โดยสามารถสร้างเป็นตารางเพื่อให้ง่ายแก่การทำงานดังตารางที่ 3.1 ในหน้าถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 แบบฟอร์ม สำหรับ คำนวณ หาค่า สัมประสิทธิต่างๆ

MEMBER _____ NO. _____ : FROM JOINT _____ TO _____

l_1 =_____ a =_____ $F_A = (1-c_{2A}/l_2)^2$ =_____ $1-F_A$ =+_____

l_2 =_____ b =_____ $F_B = I_1/I_2$ =_____ $1-F_B$ =+_____

c_{1A} =_____ c =_____ $F_C = I_1/I_3$ =_____ $1-F_C$ =+_____

c_{1B} =_____ d =_____ $F_D = (1-c_{2B}/l_2)^2$ =_____ $1-F_D$ =+_____

c_{2A} =_____ c_{2B} =_____

==========

$-F_Ba^2(3-2a)(1-F_A)$=-_____ $-F_Ba(3-3a+a^3)(1-F_A)$ =-_____

$-\ b^2(3-2b)(1-F_B)$=-_____ $-\ b(3-3b+b^3)(1-F_B)$ =-_____

$+\ c^2(3-2c)(1-F_C)$=+_____ $+\ c(3-3c+c^3)(1-F_C)$ =+_____

$+F_Cd^2(3-2d)(1-F_D)$=+_____ $+F_Cd(3-3d+d^3)(1-F_D)$ =+_____

$+F_CF_D$ =+_____ $+F_CF_D$ =+_____

$C_3 = (1/6)\Sigma$ =+_____ $C_6 = (1/3)\Sigma$ =+_____

==========

$-F_Ba^3(1-F_A)$ =-_____ $-F_Ba^2(6-8a+3a^2)(1-F_A)$=-_____

$-\ b^3(1-F_B)$ =-_____ $-\ b^2(6-8b+3b^2)(1-F_B)$=-_____

$+\ c^3(1-F_C)$ =+_____ $+\ c^2(6-8c+3c^2)(1-F_C)$=+_____

$+F_Cd^3(1-F_D)$ =+_____ $+F_Cd^2(6-8d+3d^2)(1-F_D)$=+_____

$+F_CF_D$ =+_____ $+F_CF_D$ =+_____

$C_4 = (1/3)\Sigma$ =+_____ $C_7 = (1/24)\Sigma$ =+_____

==========

$-F_Ba^3(4-3a)(1-F_A)$=-_____ $R = C_6C_4-C_3C_3$ =+_____

$-\ b^3(4-3b)(1-F_B)$=-_____ $COF_{AB} = C_3/C_4$ =+_____

$+\ c^3(4-3c)(1-F_C)$=+_____ $COF_{BA} = C_3/C_6$ =+_____

$+F_Cd^3(4-3d)(1-F_D)$=+_____ $k_{AB} = C_4/R$ =+_____

$+F_CF_D$ =+_____ $k_{BA} = C_6/R$ =+_____

$C_5 = (1/24)\Sigma$ =+_____ $FEMC_A = (C_7C_4-C_5C_3)/R$=+_____

$FEMC_B = (C_6C_5-C_7C_3)/R$=+_____

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 แบบฟอร์ม สำหรับ คำนวณ หาค่า สัมประสิทธิ์ต่างๆ

MEMBER SLAB-BEAM NO. 1,2 & 3 : FROM JOINT _____ TO _____

l_1 = 600 a = 0.033 $F_A = (1-c_{2A}/l_2)^2$ = 0.8464 $1-F_A$ = +0.1536

l_2 = 500 b = NA $F_B = I_1/I_2$ = 1 $1-F_B$ = +0

c_{1A} = 40 c = NA $F_C = I_1/I_3$ = 1 $1-F_C$ = +0

c_{1B} = 40 d = 0.967 $F_D = (1-c_{2B}/l_2)^2$ = 0.8464 $1-F_D$ = +0.1536

c_{2A} = 40 c_{2B} = 40

$-F_Ba^2(3-2a)(1-F_A)$	=- 0.0005	$-F_Ba(3-3a+a^3)(1-F_A)$	=-
$-\ b^2(3-2b)(1-F_B)$	=- 0	$-\ b(3-3b+b^3)(1-F_B)$	=-
$+\ c^2(3-2c)(1-F_C)$	=+ 0	$+\ c(3-3c+c^3)(1-F_C)$	=+
$+F_Cd^2(3-2d)(1-F_D)$	=+ 0.1531	$+F_Cd(3-3d+d^3)(1-F_D)$	=+
$+F_CF_D$	=+ 0.8464	$+F_CF_D$	=+
$C_3 = (1/6)\Sigma$	=+ 0.1665	$C_6 = (1/3)\Sigma$	=+ 0.3284

$-F_Ba^3(1-F_A)$	=- 0	$-F_Ba^2(6-8a+3a^2)(1-F_A)$	=-
$-\ b^3(1-F_B)$	=- 0	$-\ b^2(6-8b+3b^2)(1-F_B)$	=-
$+\ c^3(1-F_C)$	=+ 0	$+\ c^2(6-8c+3c^2)(1-F_C)$	=+
$+F_Cd^3(1-F_D)$	=+ 0.1389	$+F_Cd^2(6-8d+3d^2)(1-F_D)$	=+
$+F_CF_D$	=+ 0.8464	$+F_CF_D$	=+
$C_4 = (1/3)\Sigma$	=+ 0.3284	$C_7 = (1/24)\Sigma$	=+ 0.0416

$-F_Ba^3(4-3a)(1-F_A)$	=- 0	$R = C_6C_4-C_3C_3$	=+ 0.0801
$-\ b^3(4-3b)(1-F_B)$	=- 0	$COF_{AB} = C_3/C_4$	=+ 0.507
$+\ c^3(4-3c)(1-F_C)$	=+ 0	$COF_{BA} = C_3/C_6$	=+ 0.507
$+F_Cd^3(4-3d)(1-F_D)$	=+ 0.1526	$k_{AB} = C_4/R$	=+ 4.10
$+F_CF_D$	=+ 0.8464	$k_{BA} = C_6/R$	=+ 4.10
$C_5 = (1/24)\Sigma$	=+ 0.0416	$FEMC_A = (C_7C_4-C_5C_3)/R$	=+ 0.0841
		$FEMC_B = (C_6C_5-C_7C_3)/R$	=+ 0.0841

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 แบบฟอร์ม สำหรับ คำนวณ หาค่า สัมประสิทธิ์ต่างๆ

MEMBER COLUMNS NO. 1,2,3 & 4: FROM JOINT _____ TO _____

l_1 = 270 a = 0.0324 $F_A = (1-c_{2A}/l_2)^2$ = 0 $1-F_A$ = +1

l_2 = NA b = NA $F_B = I_1/I_2$ = 1 $1-F_B$ = +0

c_{1A} = NA c = NA $F_C = I_1/I_3$ = 1 $1-F_C$ = +0

c_{1B} = NA d = 0.9676 $F_D = (1-c_{2B}/l_2)^2$ = 0 $1-F_D$ = +1

c_{2A} = NA c_{2B} = _____

$-F_B a^2(3-2a)(1-F_A)$	= -0.00308	$-F_B a(3-3a+a^3)(1-F_A)$	= -
$-\ b^2(3-2b)(1-F_B)$	= -0	$-\ b(3-3b+b^3)(1-F_B)$	= -
$+\ c^2(3-2c)(1-F_C)$	= +0	$+\ c(3-3c+c^3)(1-F_C)$	= +
$+F_C d^2(3-2d)(1-F_D)$	= +0.99692	$+F_C d(3-3d+d^3)(1-F_D)$	= +
$+F_C F_D$	= +0	$+F_C F_D$	= +
$C_3 = (1/6)\Sigma$	= +0.16564	$C_6 = (1/3)\Sigma$	= +0.30195

$-F_B a^3(1-F_A)$	= -0.00003	$-F_B a^2(6-8a+3a^2)(1-F_A)$	= -
$-\ b^3(1-F_B)$	= -0	$-\ b^2(6-8b+3b^2)(1-F_B)$	= -
$+\ c^3(1-F_C)$	= +0	$+\ c^2(6-8c+3c^2)(1-F_C)$	= +
$+F_C d^3(1-F_D)$	= +0.90589	$+F_C d^2(6-8d+3d^2)(1-F_D)$	= +
$+F_C F_D$	= +0	$+F_C F_D$	= +
$C_4 = (1/3)\Sigma$	= +0.30195	$C_7 = (1/24)\Sigma$	= +

$-F_B a^3(4-3a)(1-F_A)$	= -	$R = C_6C_4 - C_3C_3$	= +0.06374
$-\ b^3(4-3b)(1-F_B)$	= -	$COF_{AB} = C_3/C_4$	= +0.547
$+\ c^3(4-3c)(1-F_C)$	= +	$COF_{BA} = C_3/C_6$	= +0.547
$+F_C d^3(4-3d)(1-F_D)$	= +	$k_{AB} = C_4/R$	= +4.74
$+F_C F_D$	= +	$k_{BA} = C_6/R$	= +4.74
$C_5 = (1/24)\Sigma$	= +	$FEMC_A = (C_7C_4 - C_5C_3)/R$	= +
		$FEMC_B = (C_6C_5 - C_7C_3)/R$	= +

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 4 การหาค่าความแข็งเกร็งของเสา ,K_c

หาได้จากสมการดังต่อไปนี้ (1-น.21-45)

$$K_c = k_c E_{cc} I_c / l_c \qquad (3\text{-}16)$$

เมื่อ

k_c = 4.74 จากตารางที่ 3.3

$I_c = bd^3/12 = 40^4/12 = 213,333$ ซม.^{4}

l_1 = 270 ซม.

แทนค่าลงในสมการที่ 3-16 จะได้

$K_c/E_{cc} = 4.74*213,333/270 = 3,745$ ซม.^{3}

เปรียบเทียบกับ E_c ของพื้น

$K_c/E_{cs} = 3,745*\sqrt{350}/\sqrt{280} = 4,187$ ซม.^{3}

จากวิธีเสาอุปมานได้ $K_c/E_{cs} = 4,185$ ซม.^{3}

จากโครงงานที่ทำได้ $K_c/E_{cs} = 4,185$ ซม.^{3}

ขั้นตอนที่ 5 การหาค่าความแข็งเกร็งของแผ่นพื้น ,K_s

หาได้จากสมการดังต่อไปนี้ (1-น.21-45)

$$K_s = k_s E_c I_s / l_1 \qquad (3\text{-}17)$$

เมื่อ

k_s = 4.10 จากตารางที่ 3.2

$I_c = l_2 h^3/12 = 500*17.5^3/12 = 223,307$ ซม.^{4}

l_1 = 600 ซม.

แทนค่าลงในสมการที่ 3-17 จะได้

$K_s/E_c = 4.10*223,307/600 = 1,526$ ซม.^{3}

จากวิธีของเสาอุปมานได้ $K_s/E_c = 1,505$ ซม.^{3}

จากโครงงานที่ทำได้ $K_s/E_c = 1,526$ ซม.^{3}

จะเห็นได้ว่าค่าที่ได้จาก 2 วิธีนั้นมีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้นในการทำโครงงานพิเศษจึงได้เลือกใช้วิธีที่ 2 นี้ในการทำโครงงานเนื่องจากมีความยุ่งยากน้อยกว่าวิธีเสาอุปมานโดยเฉพาะในแผ่นพื้นแบบ "Flat-slab"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 8 การออกแบบน้ำหนักบรรทุกสำหรับการกระจายโมเมนต์ และ ค่าโมเมนต์ยึดปลาย

ใช้สมการที่ 3-6 เหมือนวิธีเสาอุปมานแต่ใช้ค่า FEM_c จากตารางที่ 3.1

ดังนั้นเมื่อแทนค่าจากตารางที่ 3.2 ลงในสมการที่ 3.6 จะได้

$FEM = 0.0841*1068*5*6^2 = 16,167$

จากวิธีของเสาอุปมาน FEM = 15,321 กก.-ม.

จากโครงงานที่ทำได้ FEM = 16,167 กก.-ม.

ขั้นตอนที่ 9 การหาค่า carry-over factors ,COF

ใช้ค่าจากในตารางที่ 3.2 ได้เลย

ต่อไปจะอธิบายการหาค่าตัวแปรในขั้นที่ 6-7 และ 10 ซึ่งมีวิธีการหาที่เหมือนกันแต่ค่าที่หามาได้ในขั้นที่ 4-5 และ 8-9 อาจจะได้ค่าต่างกันบ้าง

ขั้นตอนที่ 6 การหาค่าความแข็งเกร็งของเสาเปรียบเทียบ ,K_{ec}

จากขั้นตอนที่แล้วได้ทำการหาค่าความแข็งเกร็งของเสาไว้แล้วแต่ยังไม่สมบูรณ์ กล่าวคือต้องมีการหาค่าความแข็งเกร็งบิด (torsion stiffness), K_t ที่บริเวณรอยต่อระหว่างเสา และแผ่นพื้น แล้วนำค่าที่หาได้มารวมเข้าด้วยกันเพื่อให้เกิดสมมุติฐานที่ใกล้เคียงความเป็นจริง โดยมีวิธีการรวมค่าเข้าด้วยกันดังต่อไปนี้

$$1/K_{ec} = (1/\Sigma K_c) + (1/\Sigma K_t) \qquad (3\text{-}18)$$

หรือจะได้ว่า (1-น.21-18

$$K_{ec} = (\Sigma K_c * \Sigma K_t)/(\Sigma K_c + \Sigma K_t) \qquad (3\text{-}19)$$

โดยที่

K_c หาได้จากในขั้นตอนที่ 4 แล้ว

จาก ACI-13-6

K_t คำนวณได้จาก $9E_{cs}C/l_2[1-(C_2/l_2)]^3$ (3-20)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ

E_{cs} = E_c ของแผ่นพื้น

$$C = \Sigma[1 - 0.63(x/y)]x^3y/3 \qquad (3\text{-}21)$$

โดยที่

x = ด้านสั้นของส่วนที่เป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า

y = ด้านยาวของส่วนที่เป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า

โดยดูหน้าตัดที่พิจารณารับแรงบิดที่เกิดขึ้นดังในรูปที่ 3.12 สำหรับกรณีที่หน้าตัดประกอบไปด้วยหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าหลายรูปให้ทำการหาค่า C หลายแบบแล้วใช้ค่าที่มากที่สุดมาใช้ในการหาค่า K_t ต่อไป

สำหรับตัวอย่างที่ 1 เมื่อแทนค่าลงในสมการที่ 3-21 จะได้ค่า

$C = [1 - 0.63*17.50/40]17.50^3*40/3 = 51,763$ ซม.^{4}

และเมื่อนำค่า C ลงไปแทนในสมการที่ 3-20 จะได้ค่า

$K_t = 9*E_{cs}*51,763/[500*(1-40/500)^3] = 1,196\ E_{cs}$

จากนั้นนำค่า K_c ที่ได้ในขั้นตอนที่ 4 และ ค่า K_t ที่ได้แทนลงในสมการที่ 3-19 จะได้ค่า K_{oc}

จากวิธีเสาอุปมาน

$K_{oc} = (2*4185*2*1196)/(2*4185+2*1196) = 1,860\ E_{cs}$

จากวิธีความลาด และการโก่งตัว

$K_{oc} = (2*4187*2*1196)/(2*4187+2*1196) = 1,861\ E_{cs}$

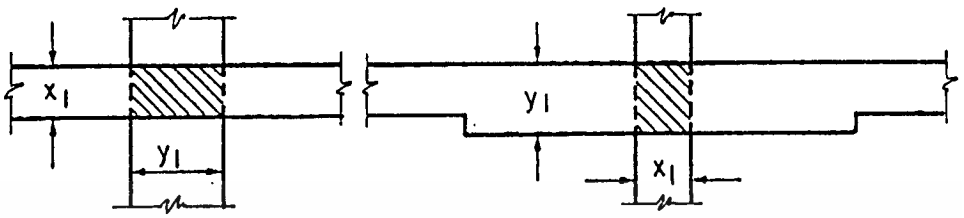
จากวิธีโครงงานที่ทำ

$K_{oc} = 1,861\ E_{cs}$

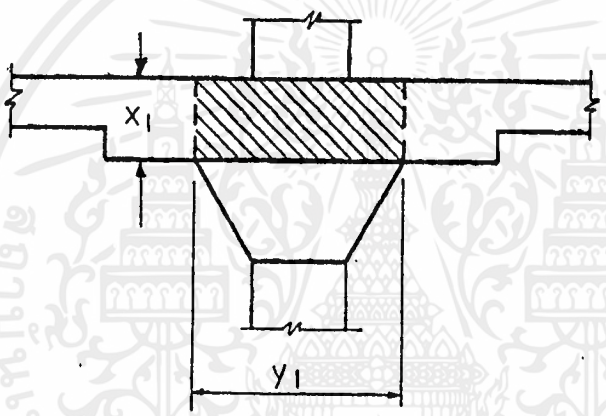
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.12

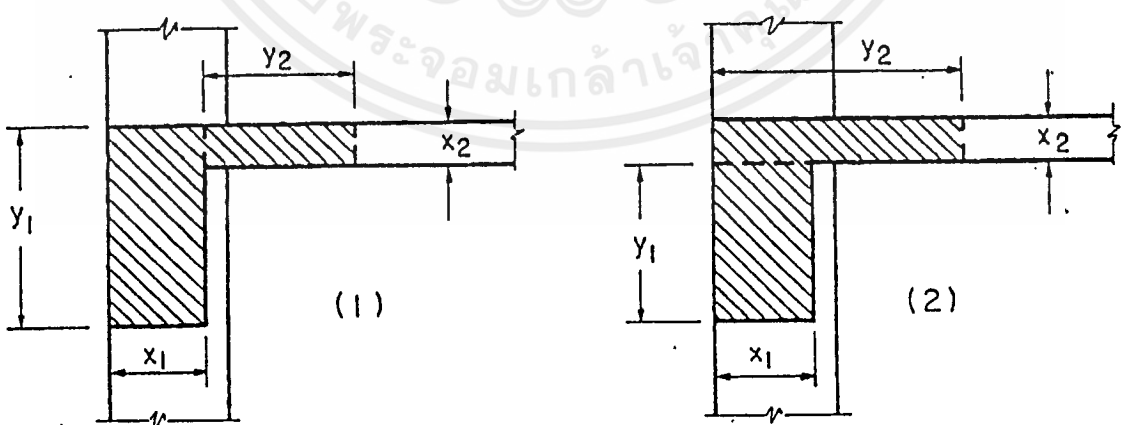
หน้าตัดในการหาค่า C



กรณีมีเฉพาะแผ่นพื้น กรณีมีแป้นรองรับ



กรณีมีแป้นรองรับ และ หัวเสา



กรณีคานขอบ ใช้ค่ามากที่สุดจากทั้ง 2 รูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 7 หาค่าตัวแปรการกระจายโมเมนต์, DF

จากขั้นตอนที่ 5 และ 6 ได้ค่า ความแข็งเกร็งของแผ่นพื้น และความแข็งเกร็งของเสาเปรียบเทียบ ซึ่งเพียงพอที่จะนำมาใช้ในการหาค่า DF เพื่อใช้ในการกระจายค่าโมเมนต์ เกิดขึ้นที่แต่ละ node ค่า DF นี้หาค่าได้จากสมการต่อไปนี้

$$DF \text{ ที่เสานอก} = K_s/(K_s+\Sigma K_c) \quad (3\text{-}21)$$

$$DF \text{ ที่เสาใน} = K_s/(\Sigma K_s+\Sigma K_c) \quad (3\text{-}22)$$

เมื่อแทนค่าที่ได้ในขั้นที่ 5 และ 6 จะได้ค่า DF

จากวิธีเสาอุปมาน

DF ที่เสานอก = 1505/(1505+1860) = 0.447

DF ที่เสาใน = 1505/(1505*2+1860) = 0.309

จากวิธีความลาด และการโก่งตัว

DF ที่เสานอก = 1526/(1526+1861) = 0.450

DF ที่เสาใน = 1526/(1526*2+1861) = 0.311

จากวโครงงานที่ทำ

DF ที่เสานอก = 0.450

DF ที่เสาใน = 0.311

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 10 การวิเคราะห์หาค่าโมเมนต์จากการกระจายโมเมนต์

แบ่งออกเป็นขั้นตอนย่อยดังนี้

1.การวิเคราะห์โมเมนต์จากการกระจายโมเมนต์

นำค่า carry-over factors , distribution factors , fixed-end moment ที่หาได้ในขั้นตอนที่ 7-9 นำมาใส่ค่าในตารางที่ 3.4 การกระจายโมเมนต์ที่สร้างขึ้น เพื่อทำการวิเคราะห์หาโมเมนต์ โดยที่ค่า carry-over moment รอบแรกนั้นได้จากถ่ายแรงจากการกระจายผลรวมโมเมนต์ของ fixed-end moment ที่ด้านตรงข้าม คูณกับค่า carryover factors โดยมีค่าเป็นลบ สำหรับรอบถัดมาก็จะได้จากการถ่ายแรงของผลรวมโมเมนต์ของ carry-over ด้านตรงข้ามที่ได้ในรอบก่อนหน้านั้น ทำ 3 รอบ จากนั้นนำผลรวมโมเมนต์จาก fixed-end moment และ carry-over moment ที่ได้มารวมกันในแต่ละ joint จากนั้นก็ทำการกระจายโมเมนต์ที่รวม โดยมีค่าเป็นลบแล้วนำกับมาบวกกับผลรวมโมเมนต์ที่ได้ในตอนแรกก็จะได้ผลรวมโมเมนต์แต่ละ joint ที่ใกล้เคียงความจริง และ ได้ทำการเปรียบเทียบผลลัพท์ที่ได้กับค่าที่ได้จากโครงงานพิเศษซึ่งเป็นใช้ค่าตัวแปรจากวิธีมุมลาดและการโก่ง ค่า POS M. ในที่นี้เป็นค่าโมเมนต์ที่กึ่งกลางพื้นดังจะกล่าวถึงในเรื่องการหาโมเมนต์ที่ใช้ในการออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 (1-น.21-49)

การกระจายโมเมนต์ของค่าที่ได้จากวิธีของเสาอุปมาน

(*** เป็นค่าจากโครงงานพิเศษ ซึ่งใช้วิธีที่ 2)

joint	1	2		3		4
Member	1-2	2-1	2-3	3-2	3-4	4-3
DF	0.447	0.309	0.309	0.309	0.309	0.447
COF	0.528	0.528	0.528	0.528	0.528	0.528
FEM	15321	-15321	15321	-15321	15321	-15321
COM	0	-3616	0	0	3616	0
COM	590	0	-590	590	0	-590
COM	96	-139	-96	96	139	-96
Σ	16007	-19076	14635	-14635	19076	-16007
DM	-7155	1372	1372	-1372	-1372	7155
NEG.M	8852	-17704	16007	-16007	17704	-8852
***	9255	-18598	16894	-16894	18598	-9255
POS.M	10752		8023		10752	
***	10103		7136		10103	

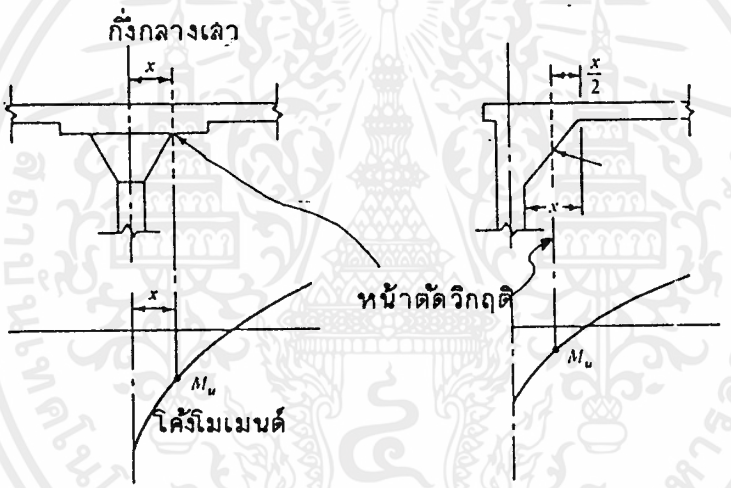
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.การหาโมเมนต์ในการออกแบบ

ค่าโมเมนต์ลบที่ได้จากการกระจายโมเมนต์นั้นเป็นค่าที่กึ่งกลางของเสา แต่จากข้อกำหนดของ ACI 13.7.7.1 ค่าโมเมนต์ที่นำมาใช้ในการออกแบบสามารถใช้โมเมนต์ที่เกิดขึ้นที่ขอบเสา หรือขอบหัวเสาได้ แต่ระยะดังกล่าวต้องไม่มากกว่า 0.175 เท่าของช่วงเสา และถ้าเสาด้านนอกมีหัวเสาให้ใช้ได้เพียงครึ่งหนึ่งของระยะระหว่างขอบหัวเสาและขอบเสา ซึ่งเรียกว่าระยะวิกฤติสำหรับการหาโมเมนต์ดังในรูปที่ 3.13 (4-น.512)

รูปที่ 3.13

รูปแสดงระยะวิกฤติสำหรับการหาโมเมนต์



สมการที่ใช้ในการหาค่าโมเมนต์ที่ใช้ในการออกแบบเขียนได้ดังนี้

$$M = Mo + V*x - W_u*l_2*x^2/2 \qquad (3\text{-}23)$$

โดยที่

Mo = โมเมนต์ลบที่เกิดขึ้นที่กึ่งกลางเสามีค่าเป็นลบเสมอ

V = แรงเฉือนเปรียบเทียบเป็นผลรวมของแรงเฉือนปกติบวกกับแรงเฉือนอันเกิดจากโมเมนต์ที่กระทำต่อแผ่นพื้นช่วงนั้น

x = ระยะห่างจากกึ่งกลางเสาถึงขอบเสา หรือ ขอบหัวเสา แต่ต้องมีค่าน้อย 0.175 l_1 หรือ ระยะวิกฤติ

l_2 = แถบของแผ่นพื้นที่พิจารณา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จาก ACI-13.6.2 การหาโมเมนต์บวกที่กึ่งกลางช่วงพื้นให้ใช้สูตรได้ดังต่อไปนี้ (2-น.667)

$$M \text{ ที่กึ่งกลาง} = M_s - (M_L + M_R)/2 \qquad (3\text{-}24)$$

โดยที่

M_s คือ ค่าโมเมนต์ที่กึ่งกลางช่วงของ simple support มีค่าเท่ากับ $W_u * l_2 * l_1^2$

M_L คือ ค่าโมเมนต์ลบที่กึ่งกลางเสาด้านซ้ายโดยใช้ค่าเป็นบวกตามตาราง

M_R คือ ค่าโมเมนต์ลบที่กึ่งกลางเสาด้านขวาโดยใช้ค่าเป็นบวกตรงข้ามกับตาราง เนื่องจากโมเมนต์หมุนทวนเข็มนาฬิกาทางด้านขวาจึงนำค่าเป็นบวกมาใช้

3.การหาโมเมนต์ที่เกิดขึ้นที่เสา

ค่าโมเมนต์ที่ไม่เท่ากันของแผ่นพื้นในแต่ละ joint เนื่องมาจากมีโมเมนต์ส่วนหนึ่งกระจายเข้าไปในเสา ดังนั้นจากตารางการหาโมเมนต์ ผลลัพท์จากการบวกกันของโมเมนต์ในแต่ละ joint ก็คือโมเมนต์รวมที่เกิดขึ้นในเสา

ค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นในเสาแต่ละต้นสามารถหาได้จากค่าความแข็งเกร็งของเสาแต่ละต้นที่ joint นั้นๆ ดังสมการข้างล่างนี้

$$M \text{ ของเสาบน} = M_c * K_c,up \;/\; \Sigma K_c \qquad (3\text{-}25)$$

$$M \text{ ของเสาล่าง} = M_c * K_c,low \;/\; \Sigma K_c \qquad (3\text{-}26)$$

โดยที่

M_c = ผลรวมของโมเมนต์ในแผ่นพื้นแต่ละ joint จากตารางการกระจายโมเมนต์

K_c = ค่าความแข็งเกร็งของเสาแต่ละต้น

และจะมีโมเมนต์เกิดขึ้นที่ด้านตรงข้าม joint ของเสาแต่ละต้นโดยการถ่ายแรงจากค่า carryover factors คูณกับโมเมนต์ของเสาแต่ละต้นที่ jointที่พิจารณาแต่มีค่าตรงกันข้ามกัน สำหรับค่าโมเมนต์ที่ได้นั้นเป็นค่าที่กึ่งกลางของแผ่นพื้นดังนั้น ค่าโมเมนต์ที่ใช้ในการออกแบบสามารถใช้ที่ขอบพื้น หรือขอบแป้นรองรับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การหาปริมาณเหล็กเสริม

4.1 กรณีเสริมเหล็กทางเดียว (2-น.59)

จากทฤษฎีกำลังประลัย (Ultimate strength design ซึ่งในปัจจุบันทาง ACI Code ปี 1988 ได้ทำการตัดคำ "Ultimate" ออก) สามารถใช้สูตรต่างๆในการหาค่าได้ดังต่อไปนี้

$$M_n = M_u/\phi \qquad (4\text{-}1)$$

โดยที่

M_n คือ โมเมนต์ที่ใช้ในการหาเหล็กเสริม

M_u คือ โมเมนต์ที่ได้จากการวิเคราะห์

$\phi = 0.90$ (ACI-9.3)

จาก

$$C = T \qquad (4\text{-}2)$$

และ

$$M_n = (C \text{ หรือ } T)(d-a/2) \qquad (4\text{-}3)$$

จะได้ (4-2)

$$0.85f'_c ba = \rho bdf_y$$

$$a = \rho(f_y/0.85f'_c)d$$

แทนค่า a ลงในสมการ (4-3) จะได้

$$M_n = \rho bdf_y[d-\rho/2(f_y/0.85f'_c)d] \qquad (4\text{-}4)$$

แทนค่า $f_y/0.85f'_c$ ด้วย m

ดังนั้น

$$R_n = M_n/bd^2 = \rho f_y(1-m/2) \qquad (4\text{-}5)$$

หรือ

$$\rho = 1/m[1-\sqrt{(1-2mR_n/f_y)}] \qquad (4\text{-}6)$$

เมื่อ

ρ คือ เปอร์เซ็นต์พื้นที่หน้าตัดเหล็กเสริมต่อพื้นที่หน้าตัดของแผ่นพื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพราะฉะนั้นพื้นที่หน้าตัดของเหล็กเสรม, A_s จะได้เท่ากับสมการข้างล่างนี้

$$A_s = \rho b_w d \qquad (4\text{-}7)$$

เมื่อ

b_w คือ ความกว้างของแถบพื้นที่พิจารณา

d คือ ความลึกประสิทธิผลของแผ่นพื้นโดยในที่นี้ใช้เท่ากับความหนาของแผ่นพื้นลบออก 3 ซม.

โดยค่า ρ ที่หามาได้นั้นจะต้องมีค่ามากกว่าสมการ(4-8) และมีค่าน้อยกว่าสมการ(4-9) ดังต่อไปนี้

$$\rho_{,min} = 14/f_y \text{ -SI Unit} \qquad (4\text{-}8)$$

$$\rho_{,max} = 0.75\ \rho_b \qquad (4\text{-}9)$$

โดยที่ $\rho_b = 0.85\beta_1 f'_c/f_y[6117/(6117+f_y)]$ -SI Unit

$\beta_1 = 0.85$ เมื่อ $f'_c \leq 280$ ksc

$= 0.85-0.05(f'_c-280)/70 \geq 0.65$ เมื่อ $f'_c > 280$ ksc

4.2 ในกรณีเสริมเหล็กสองทาง . (2-น.85)

โดยมากมักจะใช้การสมมุติเอาซึ่งขึ้นอยู่กับประสพการณ์ของแต่ละคน ดังต่อสมการที่ใช้ต่อไปนี้

$$C_c + C_s = T \qquad (4\text{-}10)$$

$$M_n = C_c(d-\beta_1 x/2) + C_s(d-d') = M_{nc} + M_{ns} \qquad (4\text{-}11)$$

โดยที่จะใช้ค่า x ในการออกแบบทั่วไปประมาณ $0.375\ x_b$

$$x_b = \Delta_c/(\Delta_c+\Delta_y)d \qquad (4\text{-}12)$$

$$\Delta'_s = \Delta_c(x-d')/x$$

เมื่อ

Δ_c = ค่า strain ของคอนกรีต ปกติใช้ 0.003

$\Delta_y = f_y/E_s$

E_s = 2.04e6 ksc

d' = ระยะระหว่างขอบเหล็กกับผิวคอนกรีตด้านบน

Δ'_s = ค่า strain ของเหล็กรับแรงอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าค่า $\Delta'_s > \Delta_y$ ให้ใช้ $f'_s = f_y$ ไม่เช่นนั้นให้ใช้ $f'_s = \Delta'_s E_s$ จะมีลำดับขั้นในการหาปริมาณเหล็กเสริมดังต่อไปนี้

1.หาค่า M_{nc} จากสมการ (4-11) โดยที่ $C_c = 0.85f'_c b_w a$ เมื่อ

$a = \beta_1 x$

2.หาค่า M_{ns} จากสมการ (4-11) = $M_n - M_{nc}$

3.หาค่า C_s จากค่า M_{ns} ที่ได้หารด้วย (d-d')

4.หาปริมาณเหล็กเสริมบนรับแรงอัด $A'_s = C_s/(f'_s-0.85f'_c)$

5.หาปริมาณเหล็กเสริมล่างรับแรงดึง $A_s = (C_c+C_s)/f_y$

6.ให้หาพื้นที่หน้าตัดเหล็กจริงจากนั้นให้ทำย้อนกลับเพื่อไปตรวจสอบตามสภาพความจริงที่เกิดถ้าได้ค่า x ใกล้เคียงกับที่สมมุติก็ถือว่าใช้ได้

การตรวจสอบย้อนกลับ

1.หาค่า $C_s = A'_s(f'_s-0.85f'_c)$ และหาค่า $T = A_s f_y$

2.หาค่า $C_c = T - C_s$

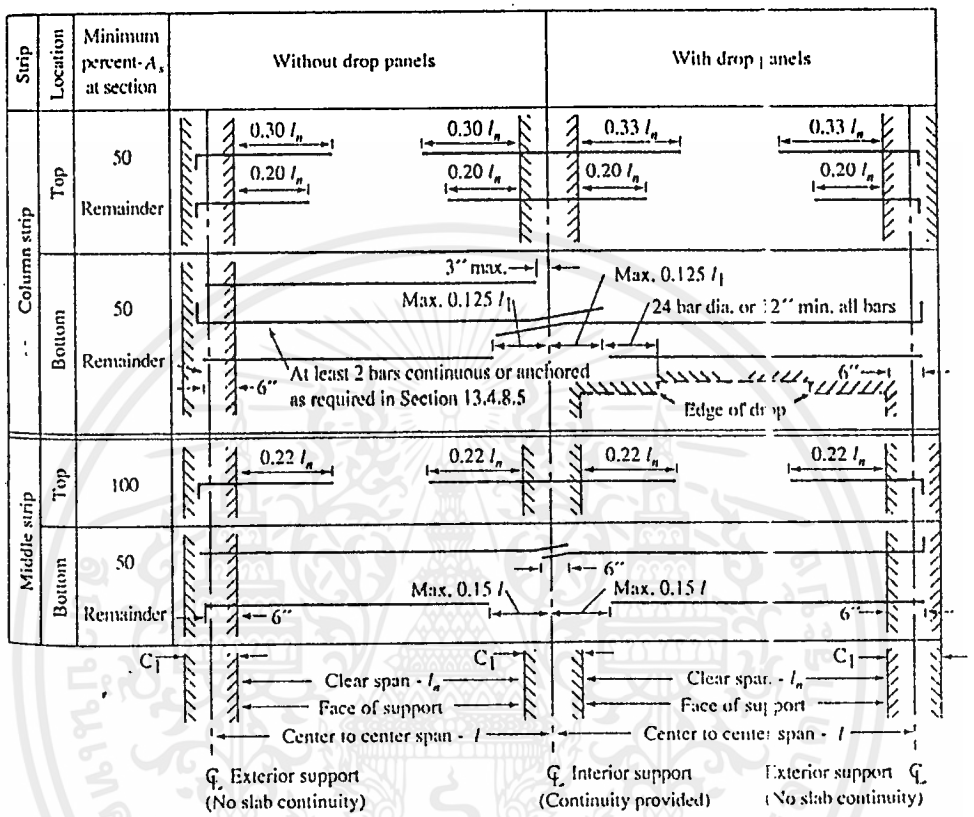
3.หาค่า $a = C_c/(0.85f'_c b_w)$

4.หาค่า $x = a/\beta_1$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.1

รูปแสดงระยะทาบ และ ระยะการเสริมเหล็ก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
การใช้งาน และตัวอย่างโปรแกรม

ในบทนี้จะทำการอธิบายการใช้งานของโปรแกรมโดยการยกตัวอย่างแผ่นพื้นแบบ flat-slab มาอธิบายเนื่องจากต้องทำการป้อนข้อมูลทั้งหมดโดยตัวอย่างที่ยกมานี้ ได้มาจาก

ตัวอย่างในหนังสือ REINFORCED CONCRETE DESIGN พิมพ์ครั้งที่ 5 ของ Chu-Kia Wang และ Charles G. Salman หน้าที่ 671-672

ซึ่งจะใช้วิธีการหาค่าตัวแปรต่างๆด้วยวิธี column analogy โดยมีข้อมูลดังต่อไปนี้แปลงหน่วยจากตัวอย่างแล้ว เนื่องจากโปรแกรมใช้หน่วย SI Unit ในขณะที่ในหนังสือใช้หน่วย ปอนด์-นิ้ว

ค่าที่ใช้ในการแปลงหน่วย

1 นิ้ว = 2.54 ซม.

1 ฟุต = 30.48 ซม.

1 ปอนด์ = 0.454 กก.

1 psf = 4.884 กก./ม.^{2}

1 psi = 0.0703 กก./ซม.^{2}

f'_c = 211 ksc

f_y = 2,812 ksc

เป็นแผ่นพื้นขนาด 5 * 5 ช่วง

ด้านยาวมีความยาวช่วงละ 7.62 ม.

ด้านสั้นมีความยาวช่วงละ 6.10 ม.

ความหนาของแผ่นพื้น 19.05 ซม.

ความสูงของแต่ละชั้น 3.05 ม.

เสานอกเป็นเสาสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 40.64 * 40.64 ซม.

เสาในเป็นเสากลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 45.72 ซม.

ส่วนของ MAIN MENU จะขึ้นคำสั่งที่ขอบบนของจอภาพดังรูป

แป้นรองรับมีขนาด 254*213 ซม. มีความหนาใต้แผ่นพื้น 7.62 ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวเสาด้านในขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 152 ซม. มีความลึกใต้แป้นรองรับ 57.15 ซม.

bracketด้านนอกเป็นครึ่งเหลี่ยมจัตุรัสขนาดความกว้างเท่ากับ 137 ซม. มีความลึกใต้แป้นรองรับ 52.07 ซม.

ขนาดของคานขอบ 36 * 61 ซม.

น้ำหนักบรรทุกจร 586 กก./$ม^2$

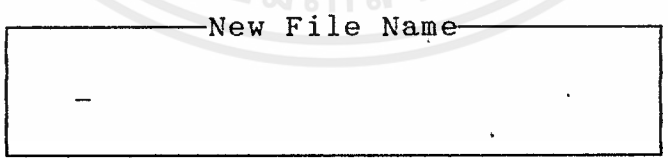
น้ำหนักบรรทุกคงที่ 461 กก./$ม^2$

ตัวโปรแกรมจะประกอบไปด้วย file ชื่อ eqf.exe เพียง 1 file เท่านั้นการเรียกโปรแกรมใช้ได้โดยการเรียก "eqf" จากนั้นจะขึ้น MAIN MENU ที่ขอบบนสุดของจอภาพดังนี้

File daTa Solution Display Graphic Print Quit

ขั้นตอนที่ 1 เปิดแฟ้มข้อมูล

เลือกไปที่คำสั่ง NEW ในชุดคำสั่ง FILE จะขึ้นข้อความดังรูป จากนั้นให้ใส่ชื่อแฟ้มข้อมูล(ไม่เกิน 8 ตัวอักษร)

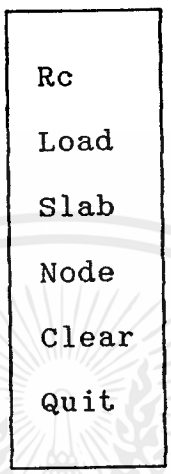


จากตัวอย่าง ให้ใส่ชื่อแฟ้มข้อมูลดังนี้ "SLAB1" Enter รับข้อมูลจะขึ้นข้อความที่มุมล่างซ้ายดังนี้ "PROJECT:SLAB1.EQF" จากนั้นกด " Q " ออกไปที่ MAIN MENU

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 2 ป้อนข้อมูล

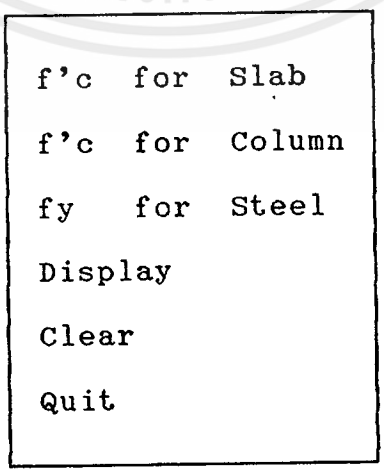
จะแบ่งข้อมูลออกเป็น 4 ส่วนหลักๆ โดยจะใช้คำสั่งที่ 1 - 4 ในชุดคำสั่ง Data ดังนี้



48

เรียงลำดับการป้อนข้อมูลดังต่อไปนี้

ส่วนที่ 1 เป็นส่วนที่ป้อนข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติของคอนกรีตเสริมเหล็ก อยู่ในชุดคำสั่ง Rc หรือกด "R" จะขึ้นชุดคำสั่งซ้อนดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลที่จะป้อนอยู่ในค่าสั่งที่ 1 - 3 ซึ่งประกอบไปด้วย

1. f'c ของแผ่นพื้น: เลือกค่าสั่งแรกหรือกด "S" จะขึ้นข้อความดังนี้

```
  PREVIOUS Slab's f'c :   0  ksc
Enter Your Slab's f'c :      ksc
```

ให้ใส่ข้อมูลลงไป จากตัวอย่างก็คือ 211 แล้ว Enter รับค่า (ถ้ากด Enter เลยจะขึ้นข้อมูลเดิมก่อนหน้านี้) จะขึ้นข้อความ "Data is correct (Y/N)" ใต้ข้อความเดิมเสมอทุกครั้งที่มีการป้อนข้อมูล ถ้าข้อมูลถูกต้องให้กด "Y" ถ้าไม่ถูกต้องให้กด "N"

2. f'c ของเสา: เลือกค่าสั่งที่ 2 หรือกด "C" จะเหมือนค่าสั่งที่ 1 แต่จะเปลี่ยนค่าจาก "Slab" เป็น "Column" ถ้าเป็นการป้อนข้อมูลใหม่จะมีข้อมูลเท่ากับ f'c ของแผ่นพื้น เพราะฉะนั้นไม่จำเป็นต้องป้อนข้อมูลก็ได้ถ้าข้อมูล f'c ทั้ง 2 ค่ามีค่าเท่ากัน

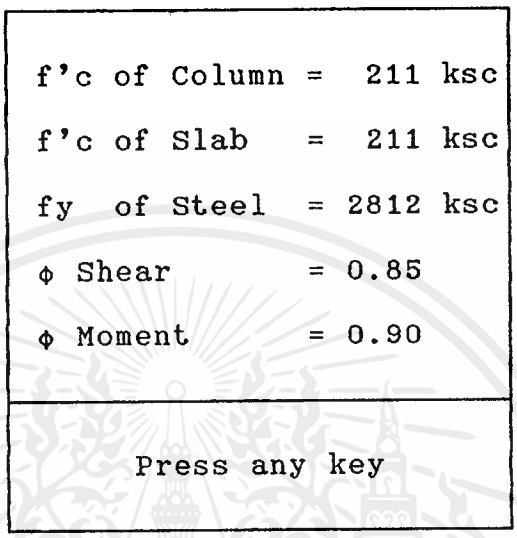
3. fy ของเหล็กเสริม: เลือกค่าสั่งที่ 3 หรือ กด "T" จะขึ้นชุดค่าสั่งซ้อนดังนี้

```
2400    fy = 2,400 ksc
3000    fy = 3,000 ksc
4000    fy = 4,000 ksc
Other   fy ที่ต้องการใส่ค่าเอง
Quit
```

จากตัวอย่างให้เลือกไปที่ Other หรือกด "O" แล้วใส่ค่า 2812 ลงไป จากนั้นเลือกไปที่ Quit หรือ กด "Q" เพื่อออกจากชุดค่าสั่ง fy for sTeel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

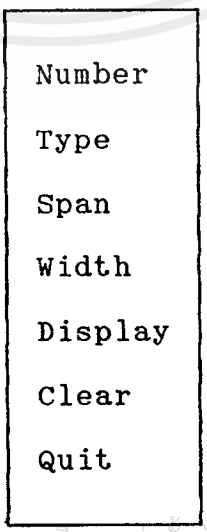
สำหรับในคำสั่งที่ 4 จะเป็นเป็นส่วนที่แสดงข้อมูลที่ป้อนในชุดคำสั่ง Rc ถ้าต้องการดูข้อมูลที่ป้อนให้เลือกมาที่ Display หรือ กด"D" จากตัวอย่างจะขึ้นข้อมูลดังรูป



คำสั่งที่ 5 เป็นคำสั่งที่ใช้ในการลบข้อมูลส่วนที่ 1 ใช้โดยการเลือกมาที่ Clear หรือกด "C"

เมื่อป้อนข้อมูลในส่วนที่ 1 เสร็จให้เลือกไปที่ Quit หรือกด "Q" เพื่อออกจากชุดคำสั่ง Rc

ส่วนที่ 2 การป้อนข้อมูลเกี่ยวกับแผ่นพื้นอยู่ในคำสั่งที่ 3 ในชุดคำสั่ง Data ใช้งานโดยการเลือกมาที่คำส่ง Slab หรือกด "S" จะขึ้นชุดคำสั่งซ้อนดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ใช้ในการป้อนข้อมูลจะอยู่ในคำสั่งที่ 1 - 4 เรียงลำดับการป้อนข้อมูลดังนี้

1.จำนวนช่วง:ให้เลือกคำสั่งที่ 1 หรือกด"N" จะขึ้นข้อความดังนี้

```
PREVIOUS :  0
Enter number of slab :     (MIN 3)
```

จากตัวอย่างให้ใส่ 5 (จำนวนช่วงของแผ่นพื้น)แล้ว Enter รับค่า ถ้าข้อมูลถูกต้องให้กด "Y" เพื่อออกจากคำสั่ง

2.ประเภทของแผ่นพื้นไร้คาน:ให้เลือกไปที่คำสั่ง 2 หรือกด "T" จะขึ้นชุดคำสั่งดังนี้

```
flat Plate
flat Slab
Quit
```

จากตัวอย่างให้เลือกไปที่คำสั่งที่ 2 หรือกด "S" จะขึ้นข้อความดังนี้

```
YOUR TYPE IS FLAT SLAB
```

จากนั้นกดปุ่มใดๆ เพื่อออกจากคำสั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.ความกว้างขอบแถบและคานขอบ:ให้เลือกคำสั่งที่ 4 หรือ กด "W" จะขึ้นข้อความดังนี้

```
                    PEVIOUS : 0
ENTER YOUR WIDTH OF SLAB, L2 :          m.
     SIZE OF EDGE BEAM (X&Y) :    *    cm.
```

จากตัวอย่างให้ใส่ข้อมูลดังนี้ ใส่ 6.1 แล้ว Enter รับค่า จากนั้นให้ Enter ผ่านมาเลย (เพราะพิจารณาแถบในไม่มีคานขอบในแนวที่พิจารณา) เมื่อข้อมูลเรียบร้อย กด "Y" ออกจากคำสั่ง

4.ความยาวของช่วงพื้น และความหนาของพื้น:ให้เลือกไปที่คำสั่ง 3 หรือ กด "S" จะขึ้นชุดคำสั่งซ้อนดังนี้

Equal	ข้อมูลในแต่ละช่วงพื้นมีขนาดเท่ากัน
Unequal	ข้อมูลในแต่ละช่วงพื้นมีขนาดไม่เท่ากัน
Quit	ออกจากชุดคำสั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตัวอย่างแผ่นพื้นแต่ละช่วงเท่ากันให้ กด "E" จะขึ้นข้อความดังต่อไปนี้

SLAB'S THICKNESS
1. ALL EQUAL 2. MIDDLE = UPPER 3. MIDDLE = LOWER 4. UPPER = LOWER 5. ALL UNEQUAL
YOUR CASE :

ตัวเลือกที่ 1 กรณีแผ่นพื้นที่พิจารณาเท่ากับแผ่นพื้นบน-ล่างแผ่นพื้นที่พิจารณา

ตัวเลือกที่ 2 กรณีแผ่นพื้นที่พิจารณาเท่ากับแผ่นพื้นบนแผ่นพื้นที่พิจารณา

ตัวเลือกที่ 3 กรณีแผ่นพื้นที่พิจารณาเท่ากับแผ่นพื้นล่างแผ่นพื้นที่พิจารณา

ตัวเลือกที่ 4 กรณีแผ่นพื้นบน-ล่างแผ่นพื้นที่พิจารณาเท่ากัน

ตัวเลือกที่ 5 กรณีแผ่นพื้นไม่เท่ากัน

จากตัวอย่าง แผ่นพื้นในแต่ละชั้นเหมือนกัน ให้ใส่ 1 กด "Y" จะขึ้นข้อความดังในหน้าต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

YOUR SLABS HAVE 5 SPANS

ALL SLABS HAVE EQUAL PROPERTIES

MIN THICKNESS (T1) :

	SLAB NO.	(m.) SPAN,L1	THICKNESS, T(cm.) MID,T1	UP,T2	LOW,T3
PREVIOUS ENTRY :					
CURRENT ENTRY ->	ALL	_			

จากตัวอย่างให้ใส่ข้อมูลดังนี้ ให้ใส่ 7.62(ความยาวช่วงพื้น) Enter รับค่า (จะขึ้นค่าความหนาต่ำสุดที่ส่วนบนข้อความขึ้นมา = 18.99 cm.) แต่จากตัวอย่างใช้ 19.05 Enter รับค่า ข้อมูลถูกต้องให้กด "Y" เพื่อออกจากคำสั่ง แล้ว กด "Q" ออกจากชุดคำสั่ง 3

สำหรับคำสั่งที่ 5 เป็นส่วนแสดงข้อมูลที่ป้อน ใช้งานโดยเลือกไปที่คำสั่ง หรือกด "D" จะขึ้นข้อความดังในหน้าถัดไป จากนั้นให้กดปุ่มใด ๆ เพื่อออกจากการทำงาน

คำสั่งที่ 6 เป็นการลบข้อมูลในส่วนที่ 2 ใช้งานโดยเลือกไปที่คำสั่ง หรือกด "C" จากนั้นให้เลือกไปที่คำสั่งสุดท้าย หรือ กด "Q" เพื่อออกจากชุดคำสั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SLAB NO.	(m.) SPAN,L1	(m.) WIDTH,L2	THICKNESS, T(cm.) MID,T1	VP,T2	LOW,T3
1	7.62	6.10	19.05	19.05	19.05
2	7.62	6.10	19.05	19.05	19.05
3	7.62	6.10	19.05	19.05	19.05
4	7.62	6.10	19.05	19.05	19.05
5	7.62	6.10	19.05	19.05	19.05

Press any key

ส่วนที่ 3 การป้อนข้อมูลเกี่ยวกับเสา หัวเสา แป้นรองรับหัวเสา ขนาด คานขอบที่ NODE แต่ละ NOTE อยู่ในชุดค่าสั่ง NODE กด "N" จะขึ้นชุดค่าสั่งดังรูป

Edge beam
Drop Panel
coLumn
CAPITAL
cleaR
QUIT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยส่วนที่ใช้ป้อนข้อมูลจะอยู่ในคำสั่งที่ 1 - 4 โดยเรียงลำดับการป้อนข้อมูลดังนี้

1.แป้นรองรับ:ให้เลือกไปที่คำสั่งที่ 2 หรือกด "P" จะขึ้นชุดคำสั่งซ้อนดังรูป

Square	แป้นรองรับรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส
Rectangular	แป้นรองรับรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า
Display	แสดงข้อมูล
Clear	ลบข้อมูล
Quit	ออกจากชุดคำสั่ง

จากตัวอย่างเป็นแป้นรองรับรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ให้เลือกไปที่คำสั่งที่ 2 , หรือกด "R" จะขึ้นชุดคำสั่งซ้อน

Equal	ขนาดข้อมูลในแต่ละ node เท่ากัน
Unequal	ขนาดข้อมูลในแต่ละ node ไม่เท่ากัน
Quit	ออกจากชุดคำสั่ง

จากตัวอย่างแป้นรองรับมีขนาดเท่ากัน ให้เลือกไปที่คำสั่งแรก หรือกด "R" จะขึ้นข้อความดังรูป

DROP PANEL ' THK
1. UPPER == LOWER 2. UPPER != LOWER
YOUR cASE :

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวเลือกที่ 1 ขนาดข้อมูลที่มีขนาดเท่ากันทั้งบนและล่าง

ตัวเลือกที่ 2 ขนาดข้อมูลที่มีขนาดไม่เท่ากันทั้งบนและล่าง

จากตัวอย่างแป้นรองรับเท่ากันทุกชั้นเลือกใส่ 1 กด "Y" จะขึ้นข้อความดังรูป

YOUR DROP PANELS HAVE 6 NODES EQUAL SIZE

USEFUL SIZE (cd1*cd2) : 254.00*2.03 cm.

MIN. THICKNESS (td1,td2) : 4.69,4.69 cm.

	NODE NO.	(cm.) LENGHT,Cd1	(cm.) WIDTH,Cd2	THICKNESS,td(cm.) MID,td1	UP,td2
Previous Entry:					
Current Entry	ALL	_			

จากตัวอย่างให้ใส่ขอ้มูลดังนี้ ใส่ 254 (ความยาวของแป้นรองรับ) Enterรับค่า ใส่ 213 (ความกว้างของปันรองรับ) Enterรับค่า ใส่ 7.62 (ความหนาใต้แผ่นพื้น) กด "Enter" เมื่อข้อมูลถูกต้องให้กด "Y" เพื่อออกจากค่าสั่ง แล้วกด "Q" เพื่อออกจากชุดค่าสั่ง "RECTANQULAR" แล้วกด "Q" เพื่อออกจากชุดค่าสั่ง "DROP PANEL"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.ขนาดหัวเสาะให้เลือกไปที่คำสั่งที่ 4 หรือกด "C" จะขึ้นชุดคำสั่งซ้อนดังรูป

Equal	ขนาดข้อมูลในแต่ละ node เท่ากัน
Unequal	ขนาดข้อมูลในแต่ละ node ไม่เท่ากัน
Display	แสดงผลข้อมูลของหัวเสา
Clear	ลบผลข้อมูลส่วนหัวเสา
Quit	ออกจากชุดคำสั่ง

จากตัวอย่างข้อมูลของ node ภายในเท่ากัน และ node ภายนอกเท่ากัน ให้ป้อนข้อมูลดังนี้ ให้เลือกไปที่คำสั่งแรก หรือกด "E" ก่อน จะขึ้นข้อความดังรูป

YOUR CAPITALS HAVE 6 NODES

ALL CAPITALS HAVE EQUAL SIZE

USEFUL DIAMETER : 152.40-190.50 cm.

USEFUL THK. (tc1) :

	NODE NO.	(cm.) DIAMETER	THICKNESS,td(cm.) MID,td1	UP,td2
Previous Entry :				
Current Entry ->	ALL	_		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตัวอย่าง ให้ใส่152(เส้นผ่าศูนย์กลาง) Enterรับค่า ใส่ 57.15 (ความหนาใต้แป้นรองรับช่วงใน) Enterรับค่า ข้อมูลถูกต้องให้กด "Y" ออกจากค่าสั่ง

จากนั้นให้เลือกไปที่คำสั่งที่ 2 หรือกด "U"เพื่อเปลี่ยนข้อมูลที่ปลายแต่ละข้าง เลือก 1 กด "Y" จะขึ้นข้อความเหมือนข้างบนแต่ช่องแรกจะใส่ค่า node ได้ ให้ใส่ 1 Enterรับค่า แล้วกด Enterเลย จะขึ้นข้อมูลเดิมในช่องที่ 2 ใส่ 52.07 (ความหนาใต้แป้นรองรับช่วงนอก)ที่ช่องที่ 3 Enterรับค่า กด "Y" ใส่ 6 ช่องแรก Enterรับค่า กด Enterเลย ใส่ 51.25 Enterรับค่า ข้อมูลถูกต้องให้ กด "Y" แล้วกด "Q" เพื่อออกจากชุดคำสั่ง CAPITAL

3.ขนาดเสา:ให้เลือกไปที่คำสั่งที่ 3 หรือ กด "L" จะขึ้นชุดคำสั่งซ้อนดังรูป

Circle	เสากลม
Square	เสาสี่เหลี่ยมจัตุรัส
Rectanqular	เสาสี่เหลี่ยมผืนผ้า
Display	แสดงผลข้อมูล
cLear	ลบผลข้อมูล
Quit	ออกจากชุดคำสั่ง

จากตัวอย่างเสาช่วงในเป็นเสากลมขนาด ϕ เท่ากับ 45 ซม. และเสาช่วงนอกเป็นเสาเหลี่ยมจัตุรัสขนาด 40 ซม. ซึ่งเมื่อแปลงเสากลมมาเป็นเสาเหลี่ยมจะมีขนาดเสาเท่ากัน เพราะฉะนั้นจะเลือกใส่เป็นเสาเหลี่ยมหรือเสากลมก็ได้ แต่ในที่นี้เลือกเสากลมให้เลือกคำสั่งแรก หรือกด "C"จะขึ้นชุดคำสั่งซ้อนดังรูป

Equal	ขนาดข้อมูลในแต่ละ node เท่ากัน
Unequal	ขนาดข้อมูลในแต่ละ node ไม่เท่ากัน
Quit	ออกจากชุดคำสั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตัวอย่างถือว่าเสามีขนาดเท่ากันทุก node ให้เลือกค่าสั่งแรก หรือ กด "E" จะขึ้นข้อความดังรูป

COLUMN & CASE
1. UPPER == LOWER 2. UPPER != LOWER
YOUR cASE :

ใส่ 1 กด "ENTER" (เสาบนเท่ากับเสาล่าง) กด "Y" จะขึ้นข้อความดังรูป

YOUR COLUMNS HAVE 6 NODES

ALL COLUMNS HAVE EQUAL SIZE & UPPER = LOWER

REQUIRMENT : Vc = ksc Vp = ksc

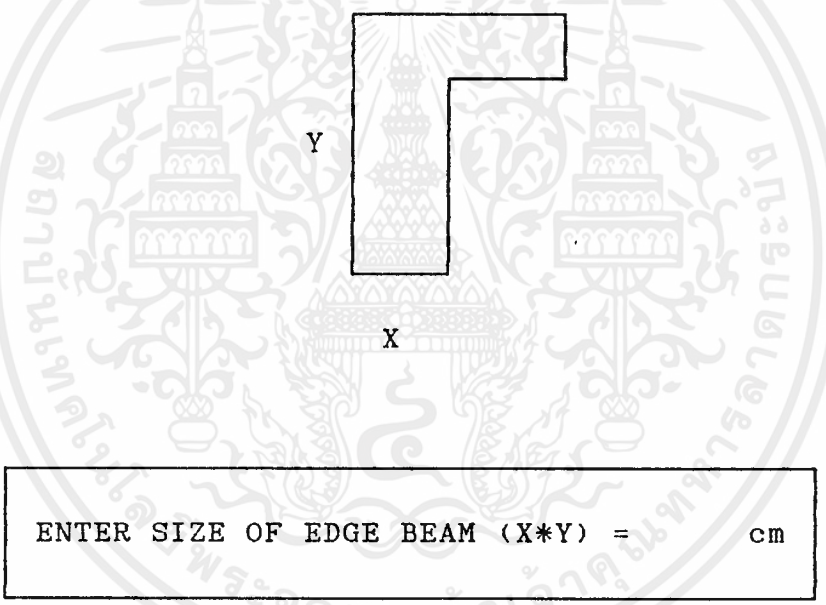
ACTIVE : Vc = ksc Vp = ksc

	NODE NO.	UPPER C1(cm)	UPPER C2(cm)	UPPER C3(cm)	LOWER C1(cm)	LOWER C2(cm)	LOWER C3(cm)
Previous Entry:							
Current Entry	ALL	-					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตัวอย่างให้ใส่ 45.72(เส้นผ่าศูนย์กลางของเสา) Enterรับค่า ใส่ 3.05(ความสูงของพื้น) Enterรับค่า (จะแสดงค่า Vc,Vp ข้างบนให้ดูเป็นค่าที่ Node ภายในเท่านั้น) ข้อมูลถูกต้องให้กด "Y" ออกจากค่าสั่ง จากนั้นให้กด "Q" เพื่อออกจากชุดค่าสั่ง "Circle" กด "Q" อีกที เพื่อออกจากชุดค่าสั่ง "Column"

4.ขนาดของคานขอบที่ node นอก:ให้เลือกค่าสั่งแรก หรือกด "E"(ถ้าไม่มีคานขอบไม่จำเป็นต้องป้อนข้อมูล) จะขึ้นข้อความดังรูป



จากตัวอย่างให้ข้อมูลดังนี้ ใส่ 36 Enterรับค่า ,ใส่ 61 Enterรับค่า , เมื่อข้อมูลถูกต้องกด "Y" เพื่อออกจากค่าสั่ง

จากนั้นให้เลือกไปที่ค่าสั่งสุดท้าย หรือกด "Q" เพื่อออกจากชุดค่าสั่ง "Node"

ส่วนที่ 4 ข้อมูลเกี่ยวกับน้ำหนักบรรทุก และ Load pattern:เลือกใช้โดยการเลือกไปที่ค่าสั่งที่ 2 (Load) หรือกด "L" จะขึ้นชุดค่าสั่งซ้อนดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Input	ป้อนน้ำหนักบรรทุก
Load pattern	เลือก load pattern ที่จะใช้
Display	แสดงผลข้อมูลที่ป้อน
cLear	ลบผลข้อมูลส่วนนี้
Quit	ออกจากชุดคำสั่ง

คำสั่งที่ 1(Input) เป็นคำสั่งที่ใช้ในการป้อนข้อมูลเกี่ยวกับน้ำหนักบรรทุก เลือกใช้โดยการเลือกคำสั่ง หรือกด "I" จะขึ้นข้อความดังข้างล่าง

	Kg/m^2	FACTOR	
PREVIOUS :			
ENTER LIVE LOAD :			(Default2.0)
ENTER PARTITION LOAD :			
ENTER SLAB LOAD :			
DEAD LOAD :			(Default 1.7)

จากตัวอย่างให้ใส่ข้อมูลดังนี้ ใส่ 586(นน.จร)Enterรับค่า ใส่ 1.7 (load factor) Enterรับค่า (ถ้ากด "Enter" เลยจะให้ค่า = 2.0) ใส่ 0 (นน.วัสดุผิวพื้น) Enterรับค่า ใส่ 461 (นน.พื้น)กด "Enter" (ถ้ากด "Enter" เลยจะให้ค่าเท่ากับที่เครื่องคำนวณนน.คอนกรีต = 2400 กก./$ม^3$ คิดจากความหนาพื้นบวกกับนน.ของแป้นรองรับเฉลี่ย) ใส่ 1.4 (load factor) Enterรับค่า (ปกติเท่ากับ 1.7 ถ้ากด "Enter" เลย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นจะแสดงข้อความภายในช่องข้างล่างของกรอบดังนี้

RESULT W1 = 996 & Wd = 645 & Wt = 1641 kg/m^2

Live load/Dead load = 1.27 > 0.75 USE LOAD PATTERN

เมื่อข้อมูลถูกต้องกด "Y" ออกจากคำสั่ง

คำสั่งที่ 2(load pattern) เป็นคำสั่งที่ใช้ในกรณีที่ L/D > 0.75 โดยปกติ load pattern ที่ใช้จะเท่ากับ 1 เสมอเลือกใช้โดยการเลือกคำสั่ง หรือกด "L" จะแสดงข้อความดังนี้

Use load pattern no.	
At node no. or in spans	

Pattern 1 for design moment all span

Pattern 2 for design positive moment in span 1,3,...

Pattern 3 for design positive moment in span 2,4,...

Pattern 4 for design negative moment at extexia node

Pattern 5 for design negative moment at interior node

จะต้องใส่ทีละ pattern จากนั้นไปคำนวณแสดงผล แล้วจึงนำมาเปลี่ยน load pattern ใหม่ จะมีเพียง pattern 5 เท่านั้นที่จำเป็นต้องใส่ node ด้วย

จากตัวอย่างค่า L/D > 0.75 ให้ใส่ข้อมูลดังนี้ ใส่ 1 Enterรับค่า กด "Y" เพื่อออกจากคำสั่ง

กด "Q" (ออกจากชุดคำสั่ง "load") กด "Q" ออกจากชุดคำสั่ง "Data"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 3 การคำนวณผล: จะมีการตรวจสอบข้อมูลที่ป้อนว่าสมบูรณ์หรือไม่"S" จะแสดงข้อความดังนี้

TYPE OF SLAB : FLAT-SLAB

USE LOAD PATTERN NO. : 1 ALL SPAN

CHECK RC'S DATA : RC DATA, OK.

CHECK LOAD' DATA : USE DESIGN'S LOAD PATTERN

CHECK SLAB' DATA [5] : SLAB'S DATA, OK.

CHECK DROP' DATA [6] : DROP'S DATA, OK.

CHECK CAP' DATA [6] : CAP'S DATA, OK.

CHECK COLUMN' DATA [6]: COLUMN'S DATA, OK.

กดปุ่มใด ๆ ก็ได้ เพื่อออกจากคำสั่ง

ขั้นตอนที่ 4 แสดงผล: มี 3 ส่วนประกอบไปด้วย

ส่วนที่ 1 แสดงผลลัพธ์ที่หน้าจอ อยู่ในคำสั่งที่ 4 (Display) เลือกใช้โดยการเลือกคำสั่ง หรือ

ส่วนที่ 2 แสดงผลกราฟฟิกส์เฉพาะโมเมนต์ไดอะแกรม อยู่ในคำสั่งที่ 5 (Graphic) เลือกใช้โดยการเลือกคำสั่ง หรือ กด "G"

ส่วนที่ 3 แสดงผลลัพธ์ทางเครื่องพิมพ์ อยู่ในคำสั่งที่ 6 (Print) เลือกใช้โดยการเลือกคำสั่ง หรือกด "P"

ส่วนที่ 1 Display จะขึ้นชุดคำสั่งดังนี้

Stiffness
Cof&df&fem
Distribution
Moment
Quit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าสั่งแรก "S" แสดงผลค่าความแข็งแกร่ง

ค่าสั่งที่ 2 "C" แสดงผลค่า Carryaver factors Distribution factors และค่า Fixed-end Moment

ค่าสั่งที่ 3 "D" แสดงตารางการกระจายโมเมนต์

ค่าสั่งที่ 4 "M" เป็นชุดค่าสั่งแสดงผลโมเมนต์ของแผ่นพื้นและพื้นที่เหล็กเสริม และโมเมนต์ในเสา

ค่าสั่งที่ 5 "Q" ออกจากชุดค่าสั่ง "Display"

ส่วนที่ 3 ประกอบไปด้วยชุดค่าสั่งดังนี้

Slab	พิมพ์ข้อมูลแผ่นพื้น
Column	พิมพ์ข้อมูลเสา
Arop Panel	พิมพ์ข้อมูลแป้นรองรับ
Capital	พิมพ์ข้อมูลหัวเสา
Stiffness	พิมพ์ข้อมูลค่าความแข็งแกร่ง
coF	พิมพ์ข้อมูล Carry over factor
Df	พิมพ์ข้อมูล Distribution factor
fEm	พิมพ์ข้อมูล Fixed-end Moment
Moment	พิมพ์ข้อมูลโมเมนต์ที่กึ่งกลางเสาและโมเมนต์บวกที่กึ่งกลาง
As	พิมพ์ข้อมูลโมเมนต์ที่ใช้ออกแบบและพื้นที่เหล็กเสริม
Quit	ออกจากชุดค่าสั่ง

สำหรับในส่วนนี้จะแสดงผลให้ดูในภาคผนวก ก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
บทสรุป และ ข้อเสนอแนะ

บทสรุปและข้อเสนอแนะต่อไปนี้เป็นการบอกถึง ข้อบกพร่องของโปรแกรม และสิ่งที่ผู้จัดทำโครงงานต้องการจะให้ผู้ที่สนใจในเรื่องนี้ และมีความรู้ความสามารถทางด้านคอมพิวเตอร์ได้ทำการพัฒนาโปรแกรมได้ในโอกาศต่อๆไป โดยทำการเสนอป็นข้อๆดังต่อไปนี้

1.การหาความหนาของแผ่นพื้นในโครงงานนั้น ใช้ค่าความยาวของช่วงแผ่นพื้นจากกึ่งกลางเสา ในการหาค่าความหนาของแผ่นพื้นทำให้ได้ค่าที่มากกว่าความจริงบ้าง แทนที่จะใช่ค่าความยาวจากขอบของที่รองรับในการหาเนื่องจากต้องป้อนข้อมูลส่วนนี้ก่อน

2.การตรวจสอบแรงเฉือนทะลุนั้นใช้เพียงสมการที่ 2-12 ในการตรวจสอบเพียงสมการเดียวเท่านั้น แทนที่จะใช้สมการที่ 2-10 และ 2-11 มาทำการตรวจสอบด้วย เนื่องจากมีปัญหาในเรื่องของการระบุว่าเป็นการตรวจสอบแถบพื้นช่วงใน หรือแถบพื้นด้านนอกซึ่งควรจะมีการระบุด้วยเพื่อง่ายแก่การตรวจสอบ

3.ชนิดของข้อมูลในโครงงานนั้นเป็นประเภท array ทำให้โปรแกรมมีการใช้หน่วยความจำมาก จึงอยากให้ทำเป็น link list

4.ในส่วนการคำนวณหาค่าความแข็งเกร็งของโปรแกรมสามารถพัฒนาเป็นการหาค่าความแข็งเกร็งของแผ่นพื้นระบบคานได้อีกโดยการสร้างส่วนรับข้อมูลของคานเข้ามา และระบุชนิดของแผ่นพื้น

5.ส่วนที่ใช้ในการตรวจสอบค่าแรงเฉือน ที่จริงแล้วควรจะทำแยกออกมาตั้งหาก

6.ควรจะมีการเพิ่มส่วนในการป้อนข้อมูลของขนาดเหล็กที่ใช้ เพื่อให้หาระยะห่างของเหล็กเสริมที่ จะนำไปใช้งานจริงได้เลยอีกทั้งยังทำให้มีการตรวจสอบค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจริงได้ด้วย

7.ควรเพิ่มส่วนที่จะใช้ในการออกแบบ shear head ที่หัวเสากรณีที่ตรวจสอบแรงเฉือนไม่ผ่าน และไม่สามารถเปลี่ยนแปลงขนาดของแผ่นพื้นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.ในส่วนของกราฟฟิกนั้นใช้ได้เพียงจอประเภท VGA เท่านั้น จึงควรมีการทำส่วนนี้ให้รับประเภทของหน้าจอได้ด้วย รวมไปถึงประเภทของเครื่องพิมพ์ที่ในโครงงานใช้ได้แต่ของ EPSON เท่านั้น

9.ควรมีการแสดงกราฟฟิกแบบขยายการเสริมเหล็กด้วย

10.ในส่วนของการพิมพ์ออกโดยเครื่องพิมพ์ควรจะมีการจัดให้เป็นมาตราฐานมากกว่านี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1."REQIREMENTS FOR REINFORCED CONCRETE WITH DESIGN APPLICATIONS" , Notes on ACI 318-77 Building Code , Portland Cement Association , Second Edition

2.Chu-Kia Wang & Charles G. Salmon : "REINFORDED CONCRETE DESIGN",Fifth Edition,chapter 16,page 661,1992

3.Paul F. Rice & Edward S. Hoffman : "STRUCTURAL DESIGN GUIDE TO THE ACI BUILDING CODE",chapter 5,6,page 98 ,163,1977

4.Kenneth Leet:"REINFORDED CONCRETE DESIGN",second editon ,chapter 11,page 509,1989

5.มาตราฐาน สำหรับ อาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก , คณะกรรมการสาขาวิศวกรรมโยธา 2513-14 , แก้ไขปรับปรุงครั้งที่ 1 , คณะกรรมการสาขาวิศวกรรมโยธา 2515-16 , มิถุนายน 2517 , พิมพ์ครั้งที่ 10 , กุมภาพันธ์ 2534

6.ดร.วิทยา เรืองพรวิสุทธิ:"คู่มือ โปรแกรมภาษา C สำหรับผู้เริ่มต้น",2536

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ตัวอย่างผลลัพท์ทางเครื่องพิมพ์

จากตัวอย่างการใช้โปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
**********************************************************
      FLAT-SLAB DESIGN  BY  EQUIVALENT FRAME METHOD
                          FILE'S NAME : SLAB1.EQF
**********************************************************

**********INPUT DATA**********
DATA OF SLAB
*****WIDTH OF SLAB [m.]*****
SLAB
  1 : 6.10
  2 : 6.10
  3 : 6.10
  4 : 6.10
  5 : 6.10
*****LENGTH OF SLAB [m.]*****
SLAB
  1 : 7.62
  2 : 7.62
  3 : 7.62
  4 : 7.62
  5 : 7.62
*****THICKNESS OF SLAB [m.]*****
SLAB
  1   : 19.05
  2   : 19.05
  3   : 19.05
  4   : 19.05
  5   : 19.05

DATA OF COLUMN
*****WIDTH OF COLUMN [cm.]*****
NODE  : LOWER : UPPER
  1   :   46  :   46
  2   :   46  :   46
  3   :   46  :   46
  4   :   46  :   46
  5   :   46  :   46
  6   :   46  :   46
***** LEGTH OF COLUMN [cm.]*****
NODE  : LOWER : UPPER
  1   :   46  :   46
  2   :   46  :   46
  3   :   46  :   46
  4   :   46  :   46
  5   :   46  :   46
  6   :   46  :   46
*****HEIGHT OF COLUMN [m.]*****
NODE  : LOWER : UPPER
  1   : 3.05 : 3.05
  2   : 3.05 : 3.05
  3   : 3.05 : 3.05
  4   : 3.05 : 3.05
  5   : 3.05 : 3.05
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
**********************************************************
      FLAT-SLAB DESIGN  BY  EQUIVALENT FRAME METHOD
                          FILE'S NAME : SLAB1.EQF
**********************************************************

  6    : 3.05 : 3.05

DATA OF DROP PANEL
*****WIDTH OF DROP PANEL [cm.]*****
NODE   :
  1    : 213
  2    : 213
  3    : 213
  4    : 213
  5    : 213
  6    : 213
*****LENGTH OF DROP PANEL [cm.]*****
NODE   :
  1    : 254
  2    : 254
  3    : 254
  4    : 254
  5    : 254
  6    : 254
*****THICKNESS OF DROP PANEL [cm.]*****
NODE   :
  1    :   8
  2    :   8
  3    :   8
  4    :   8
  5    :   8
  6    :   8

DATA OF CAPITAL CAP
*****DIAMETER OF CAPITAL CAP [cm.]*****
NODE   :
  1    : 152
  2    : 152
  3    : 152
  4    : 152
  5    : 152
  6    : 152
*****DIAMETER OF CAPITAL CAP [cm.]*****
NODE   :
  1    :  52
  2    :  57
  3    :  57
  4    :  57
  5    :  57
  6    :  52
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
**********************************************************
      FLAT-SLAB DESIGN  BY  EQUIVALENT FRAME METHOD
                          FILE'S NAME : SLAB1.EQF
**********************************************************

  4    : 0.607 : 0.607
  5    : 0.607 : 0.607
*****CARRY-OVER FACTORS OF COLUMN*****
NODE   : LOWER : UPPER
  1    : 0.517 : 0.745
  2    : 0.513 : 0.762
  3    : 0.513 : 0.762
  4    : 0.513 : 0.762
  5    : 0.513 : 0.762
  6    : 0.517 : 0.745

*****DISTRIBUTIN FACTORS*****
SLAB   : LEFT  : RIGHT
  1    : 0.479 : 0.323
  2    : 0.323 : 0.323
  3    : 0.323 : 0.323
  4    : 0.323 : 0.323
  5    : 0.323 : 0.479
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
**********************************************************
      FLAT-SLAB DESIGN  BY  EQUIVALENT FRAME METHOD
                          FILE'S NAME : SLAB1.EQF
**********************************************************

*****FIXED-END MOMENT [loap pattern 1][Kg.-m.]*****
SLAB   : LEFT   : RIGHT
  1    : 54901 : -54901
  2    : 54901 : -54901
  3    : 54901 : -54901
  4    : 54901 : -54901
  5    : 54901 : -54901

*****MOMENT OF SLAB [loap pattern 1][Kg.-m.]*****

*****NEGATIVE MOMENT*****
SLAB   :   LEFT   : RIGHT
  1    : -30235 : -66126
  2    : -59933 : -52982
  3    : -54307 : -54307
  4    : -52982 : -59933
  5    : -66126 : -30235
*****POSITIVE MOMENT
SLAB   :
  1    :  24500
  2    :  16223
  3    :  18374
  4    :  16223
  5    :  24500

*****MOMENT OF COLUMN
NODE   : LOWER : UPPER
  1    : 12382 : 17853
  2    :  2492 :  3701
  3    :   533 :   792
  4    :   533 :   792
  5    :  2492 :  3701
  6    : 12382 : 17853

*****DATA OF DESIGN MOMENT AND As [loap pattern 1]*****

*****DESIGN NEGATIVE MOMENT*****
SLAB   :   LEFT   : RIGHT
  1    :    9982 :  39528
  2    :   35893 :  30171
  3    :   30881 :  30881
  4    :   30171 :  35893
  5    :   39528 :   9982

*****As OF NEGATIVE MOMENT [sq.cm/m.]*****
SLAB   : LEFT   : RIGHT
  1    : 7.99 : 15.96
  2    : 14.49 : 12.18
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
**********************************************************
      FLAT-SLAB DESIGN  BY  EQUIVALENT FRAME METHOD
                          FILE'S NAME : SLAB1.EQF
**********************************************************

  3   : 12.47 : 12.47
  4   : 12.18 : 14.49
  5   : 15.96 : 7.99

*****As OF POSITIVE MOMENT [sq.cm/m.]*****
SLAB  :
  1   : 9.89
  2   : 7.99
  3   : 7.99
  4   : 7.99
  5   : 9.89
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
**********************************************************
      FLAT-SLAB DESIGN  BY  EQUIVALENT FRAME METHOD
                          FILE'S NAME : SLAB1.EQF
**********************************************************

*****FIXED-END MOMENT [loap pattern 2][Kg.-m.]*****
SLAB   : LEFT   : RIGHT
  1    : 46572 : -46572
  2    : 21585 : -21585
  3    : 46572 : -46572
  4    : 21585 : -21585
  5    : 46572 : -46572

*****MOMENT OF SLAB [loap pattern 2][Kg.-m.]*****

*****NEGATIVE MOMENT*****
SLAB   :  LEFT  : RIGHT
  1    : -29040 : -46796
  2    : -29473 : -25998
  3    : -40895 : -40895
  4    : -25998 : -29473
  5    : -46796 : -29040
*****POSITIVE MOMENT
SLAB   :
  1    :  34762
  2    :  44945
  3    :  31786
  4    :  44945
  5    :  34762

*****MOMENT OF COLUMN
NODE   : LOWER : UPPER
  1    : 11893 : 17148
  2    :  6970 : 10354
  3    :  5994 :  8904
  4    :  5994 :  8904
  5    :  6970 : 10354
  6    : 11893 : 17148
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
**********************************************************
      FLAT-SLAB DESIGN  BY  EQUIVALENT FRAME METHOD
                          FILE'S NAME : SLAB1.EQF
**********************************************************

*****DATA OF DESIGN MOMENT AND As [loap pattern 2]*****

*****DESIGN NEGATIVE MOMENT*****
SLAB   :  LEFT   : RIGHT
  1    :   7184 :  21801
  2    :   5740 :   2879
  3    :  17469 :  17469
  4    :   2879 :   5740
  5    :  21801 :   7184

*****As OF NEGATIVE MOMENT [sq.cm/m.]*****
SLAB   : LEFT   : RIGHT
  1    : 7.99 : 8.80
  2    : 7.99 : 7.99
  3    : 7.99 : 7.99
  4    : 7.99 : 7.99
  5    : 8.80 : 7.99

*****As OF POSITIVE MOMENT [sq.cm/m.]*****
SLAB   :
  1    : 14.03
  2    : 18.15
  3    : 12.83
  4    : 18.15
  5    : 14.03
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
**********************************************************
      FLAT-SLAB DESIGN  BY  EQUIVALENT FRAME METHOD
                          FILE'S NAME : SLAB1.EQF
**********************************************************

*****FIXED-END MOMENT [loap pattern 3][Kg.-m.]*****
SLAB   : LEFT   : RIGHT
  1    : 21585 : -21585
  2    : 46572 : -46572
  3    : 21585 : -21585
  4    : 46572 : -46572
  5    : 21585 : -21585

*****MOMENT OF SLAB [loap pattern 3][Kg.-m.]*****

*****NEGATIVE MOMENT*****
SLAB   :   LEFT   : RIGHT
  1    :   -8495 : -35295
  2    : -44930 : -39776
  3    : -26524 : -26524
  4    : -39776 : -44930
  5    : -35295 :   -8495
*****POSITIVE MOMENT
SLAB   :
  1    :   50786
  2    :   30327
  3    :   46157
  4    :   30327
  5    :   50786

*****MOMENT OF COLUMN
NODE   : LOWER : UPPER
  1    :   3479 :   5016
  2    :   3876 :   5758
  3    :   5332 :   7920
  4    :   5332 :   7920
  5    :   3876 :   5758
  6    :   3479 :   5016
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
**********************************************************
      FLAT-SLAB DESIGN  BY  EQUIVALENT FRAME METHOD
                          FILE'S NAME : SLAB1.EQF
**********************************************************

*****DATA OF DESIGN MOMENT AND As [loap pattern 3]*****

*****DESIGN NEGATIVE MOMENT*****
SLAB   :  LEFT   : RIGHT
  1    : -12562 :   9501
  2    :  21049 :  16806
  3    :   3098 :   3098
  4    :  16806 :  21049
  5    :   9501 : -12562

*****As OF NEGATIVE MOMENT [sq.cm/m.]*****
SLAB   : LEFT   : RIGHT
  1    : 7.99 : 7.99
  2    : 8.50 : 7.99
  3    : 7.99 : 7.99
  4    : 7.99 : 8.50
  5    : 7.99 : 7.99

*****As OF POSITIVE MOMENT [sq.cm/m.]*****
SLAB   :
  1    : 20.51
  2    : 12.24
  3    : 18.64
  4    : 12.24
  5    : 20.51
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
**********************************************************
      FLAT-SLAB DESIGN  BY  EQUIVALENT FRAME METHOD
                            FILE'S NAME : SLAB1.EQF
**********************************************************

*****FIXED-END MOMENT [loap pattern 4][Kg.-m.]*****
**FOR DESIGN AT NODE [ 1]**
SLAB   : LEFT   : RIGHT
  1    : 46572 : -46572
  2    : 21585 : -21585
  3    :     0 :      0
  4    :     0 :      0
  5    :     0 :      0

*****MOMENT OF SLAB [loap pattern 4][Kg.-m.]*****
     FOR DESIGN AT NODE [ 1]

*****NEGATIVE MOMENT*****
SLAB   :  LEFT   : RIGHT
  1    : -28344 : -49158
  2    : -34732 : -13756
  3    :    -0  :     -0
  4    :     0  :     -0
  5    :     0  :     -0
*****POSITIVE MOMENT
SLAB   :
  1    :  33929
  2    :  48436
  3    :  72680
  4    :  72680
  5    :  72680

*****MOMENT OF COLUMN
NODE   : LOWER : UPPER
  1    : 11608 : 16737
  2    :  5804 :  8622
  3    :  5535 :  8222
  4    :    -0 :    -0
  5    :    -0 :    -0
  6    :    -0 :    -0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
**********************************************************
      FLAT-SLAB DESIGN  BY  EQUIVALENT FRAME METHOD
                          FILE'S NAME : SLAB1.EQF
**********************************************************

*****DATA OF DESIGN MOMENT AND As [loap pattern 4]*****
FOR DESIGN AT NODE [ 1]

*****DESIGN NEGATIVE MOMENT*****
SLAB   :  LEFT   : RIGHT
  1    :    6758 :  23893
  2    :    9452 :  -7815
  3    : -23426 : -23426
  4    : -23426 : -23426
  5    : -23426 : -23426

*****As OF NEGATIVE MOMENT [sq.cm/m.]*****
SLAB   : LEFT   : RIGHT
  1    : 7.99 : 9.65
  2    : 7.99 : 7.99
  3    : 7.99 : 7.99
  4    : 7.99 : 7.99
  5    : 7.99 : 7.99

*****As OF POSITIVE MOMENT [sq.cm/m.]*****
SLAB   :
  1    : 13.70
  2    : 19.56
  3    : 29.36
  4    : 29.36
  5    : 29.36
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
**********************************************************
      FLAT-SLAB DESIGN  BY  EQUIVALENT FRAME METHOD
                          FILE'S NAME : SLAB1.EQF
**********************************************************

*****FIXED-END MOMENT [loap pattern 4][Kg.-m.]*****
**FOR DESIGN AT NODE [ 6]**
SLAB   : LEFT   : RIGHT
  1    :      0 :      0
  2    :      0 :      0
  3    :      0 :      0
  4    : 21585 : 21585
  5    : 46572 : -46572

*****MOMENT OF SLAB [loap pattern 4][Kg.-m.]*****
     FOR DESIGN AT NODE [ 6]

*****NEGATIVE MOMENT*****
SLAB   :  LEFT   : RIGHT
  1    :       0 :     -0
  2    :       0 :     -0
  3    :       0 :     -0
  4    :  -4815 :  -6295
  5    : -36885 : -33003
*****POSITIVE MOMENT
SLAB   :
  1    :  72680
  2    :  72680
  3    :  72680
  4    :  67125
  5    :  37736

*****MOMENT OF COLUMN
NODE   : LOWER : UPPER
  1    :    -0 :    -0
  2    :    -0 :    -0
  3    :    -0 :    -0
  4    :  1937 :  2878
  5    : 12307 : 18283
  6    : 13515 : 19487
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
**********************************************************
      FLAT-SLAB DESIGN  BY  EQUIVALENT FRAME METHOD
                          FILE'S NAME : SLAB1.EQF
**********************************************************

*****DATA OF DESIGN MOMENT AND As [loap pattern 4]*****
FOR DESIGN AT NODE [ 6]

*****DESIGN NEGATIVE MOMENT*****
SLAB   :  LEFT  : RIGHT
  1    : -23426 : -23426
  2    : -23426 : -23426
  3    : -23426 : -23426
  4    : -18479 : -17262
  5    :  13116 :   9920

*****As OF NEGATIVE MOMENT [sq.cm/m.]*****
SLAB   : LEFT  : RIGHT
  1    : 7.99 : 7.99
  2    : 7.99 : 7.99
  3    : 7.99 : 7.99
  4    : 7.99 : 7.99
  5    : 7.99 : 7.99

*****As OF POSITIVE MOMENT [sq.cm/m.]*****
SLAB   :
  1    : 29.36
  2    : 29.36
  3    : 29.36
  4    : 27.11
  5    : 15.24
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
**********************************************************
      FLAT-SLAB DESIGN  BY  EQUIVALENT FRAME METHOD
                          FILE'S NAME : SLAB1.EQF
**********************************************************

*****FIXED-END MOMENT [loap pattern 5][Kg.-m.]*****
**FOR DESIGN AT NODE [ 2]**
SLAB   : LEFT   : RIGHT
  1    : 46572 : -46572
  2    : 46572 : -46572
  3    : 21585 : -21585
  4    : 46572 : -46572
  5    : 21585 : -21585

*****MOMENT OF SLAB [loap pattern 5][Kg.-m.]*****
     FOR DESIGN AT NODE [ 2]

*****NEGATIVE MOMENT*****
SLAB   :   LEFT   : RIGHT
  1    : -25050 : -57978
  2    : -55097 : -35241
  3    : -24460 : -27362
  4    : -40176 : -44803
  5    : -35234 :  -8495
*****POSITIVE MOMENT
SLAB   :
  1    :  31167
  2    :  27511
  3    :  46769
  4    :  30191
  5    :  50816

*****MOMENT OF COLUMN
NODE   : LOWER : UPPER
  1    : 10258 : 14791
  2    :  1159 :  1722
  3    :  4338 :  6444
  4    :  5155 :  7658
  5    :  3850 :  5719
  6    :  3479 :  5016
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
**********************************************************
      FLAT-SLAB DESIGN  BY  EQUIVALENT FRAME METHOD
                          FILE'S NAME : SLAB1.EQF
**********************************************************

*****DATA OF DESIGN MOMENT AND As [loap pattern 5]*****
FOR DESIGN AT NODE [ 2]

*****DESIGN NEGATIVE MOMENT*****
SLAB   :  LEFT   : RIGHT
  1    :   4535 :  31642
  2    :  29917 :  13571
  3    :   1291 :   3680
  4    :  17159 :  20968
  5    :   9445 : -12567

*****As OF NEGATIVE MOMENT [sq.cm/m.]*****
SLAB   : LEFT   : RIGHT
  1    : 7.99 : 12.77
  2    : 12.08 : 7.99
  3    : 7.99 : 7.99
  4    : 7.99 : 8.46
  5    : 7.99 : 7.99

*****As OF POSITIVE MOMENT [sq.cm/m.]*****
SLAB   :
  1    : 12.58
  2    : 11.11
  3    : 18.88
  4    : 12.19
  5    : 20.52
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
**********************************************************
      FLAT-SLAB DESIGN  BY  EQUIVALENT FRAME METHOD
                          FILE'S NAME : SLAB1.EQF
**********************************************************

*****FIXED-END MOMENT [loap pattern 5][Kg.-m.]*****
**FOR DESIGN AT NODE [ 3]**
SLAB   : LEFT   : RIGHT
  1    : 21585 : -21585
  2    : 46572 : -46572
  3    : 46572 : -46572
  4    : 21585 : -21585
  5    : 46572 : -46572

*****MOMENT OF SLAB [loap pattern 5][Kg.-m.]*****
     FOR DESIGN AT NODE [ 3]

*****NEGATIVE MOMENT*****
SLAB   :   LEFT   : RIGHT
  1    :   -9190 : -33041
  2    : -39896 : -51363
  3    : -52291 : -35897
  4    : -23713 : -30378
  5    : -47228 : -28942
*****POSITIVE MOMENT
SLAB   :
  1    :   51565
  2    :   27051
  3    :   28586
  4    :   45635
  5    :   34596

*****MOMENT OF COLUMN
NODE   : LOWER : UPPER
  1    :   3764 :   5427
  2    :   2758 :   4097
  3    :    373 :    554
  4    :   4902 :   7282
  5    :   6779 : 10071
  6    : 11852 : 17090
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
**********************************************************
      FLAT-SLAB DESIGN  BY  EQUIVALENT FRAME METHOD
                          FILE'S NAME : SLAB1.EQF
**********************************************************

*****DATA OF DESIGN MOMENT AND As [loap pattern 5]*****
FOR DESIGN AT NODE [ 3]

*****DESIGN NEGATIVE MOMENT*****
SLAB   :  LEFT   : RIGHT
  1    : -12127 :   7507
  2    :  17484 :  26924
  3    :  27416 :  13921
  4    :    877 :   6363
  5    :  22186 :   7133

*****As OF NEGATIVE MOMENT [sq.cm/m.]*****
SLAB   : LEFT   : RIGHT
  1    : 7.99 : 7.99
  2    : 7.99 : 10.87
  3    : 11.07 : 7.99
  4    : 7.99 : 7.99
  5    : 8.96 : 7.99

*****As OF POSITIVE MOMENT [sq.cm/m.]*****
SLAB   :
  1    : 20.82
  2    : 10.92
  3    : 11.54
  4    : 18.43
  5    : 13.97
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
**********************************************************
      FLAT-SLAB DESIGN  BY  EQUIVALENT FRAME METHOD
                          FILE'S NAME : SLAB1.EQF
**********************************************************

*****FIXED-END MOMENT [loap pattern 5][Kg.-m.]*****
**FOR DESIGN AT NODE [ 4]**
SLAB   : LEFT   : RIGHT
  1    : 46572 : -46572
  2    : 21585 : -21585
  3    : 46572 : -46572
  4    : 46572 : -46572
  5    : 21585 : -21585

*****MOMENT OF SLAB [loap pattern 5][Kg.-m.]*****
     FOR DESIGN AT NODE [ 4]

*****NEGATIVE MOMENT*****
SLAB   :   LEFT   : RIGHT
  1    : -28942 : -47228
  2    : -30378 : -23713
  3    : -35897 : -52291
  4    : -51363 : -39896
  5    : -33041 :  -9190
*****POSITIVE MOMENT
SLAB   :
  1    :  34596
  2    :  45635
  3    :  28586
  4    :  27051
  5    :  51565

*****MOMENT OF COLUMN
NODE   : LOWER : UPPER
  1    : 11852 : 17090
  2    :  6779 : 10071
  3    :  4902 :  7282
  4    :   373 :   554
  5    :  2758 :  4097
  6    :  3764 :  5427
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
**********************************************************
      FLAT-SLAB DESIGN  BY  EQUIVALENT FRAME METHOD
                          FILE'S NAME : SLAB1.EQF
**********************************************************

*****DATA OF DESIGN MOMENT AND As [loap pattern 5]*****
FOR DESIGN AT NODE [ 4]

*****DESIGN NEGATIVE MOMENT*****
SLAB   :  LEFT   : RIGHT
  1    :   7133 :  22186
  2    :   6363 :    877
  3    :  13921 :  27416
  4    :  26924 :  17484
  5    :   7507 : -12127

*****As OF NEGATIVE MOMENT [sq.cm/m.]*****
SLAB   : LEFT   : RIGHT
  1    : 7.99 : 8.96
  2    : 7.99 : 7.99
  3    : 7.99 : 11.07
  4    : 10.87 : 7.99
  5    : 7.99 : 7.99

*****As OF POSITIVE MOMENT [sq.cm/m.]*****
SLAB   :
  1    : 13.97
  2    : 18.43
  3    : 11.54
  4    : 10.92
  5    : 20.82
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
**********************************************************
      FLAT-SLAB DESIGN  BY  EQUIVALENT FRAME METHOD
                          FILE'S NAME : SLAB1.EQF
**********************************************************

*****FIXED-END MOMENT [loap pattern 5][Kg.-m.]*****
**FOR DESIGN AT NODE [ 5]**
SLAB   : LEFT   : RIGHT
  1    : 21585 : -21585
  2    : 46572 : -46572
  3    : 21585 : -21585
  4    : 46572 : -46572
  5    : 46572 : -46572

*****MOMENT OF SLAB [loap pattern 5][Kg.-m.]*****
     FOR DESIGN AT NODE [ 5]

*****NEGATIVE MOMENT*****
SLAB   :   LEFT   : RIGHT
  1    :   -8495 : -35234
  2    : -44803 : -40176
  3    : -27362 : -24460
  4    : -35241 : -55097
  5    : -57978 : -25050
*****POSITIVE MOMENT
SLAB   :
  1    :  50816
  2    :  30191
  3    :  46769
  4    :  27511
  5    :  31167

*****MOMENT OF COLUMN
NODE   : LOWER : UPPER
  1    :  3479 :  5016
  2    :  3850 :  5719
  3    :  5155 :  7658
  4    :  4338 :  6444
  5    :  1159 :  1722
  6    : 10258 : 14791
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
**********************************************************
      FLAT-SLAB DESIGN  BY  EQUIVALENT FRAME METHOD
                          FILE'S NAME : SLAB1.EQF
**********************************************************

*****DATA OF DESIGN MOMENT AND As [loap pattern 5]*****
FOR DESIGN AT NODE [ 5]

*****DESIGN NEGATIVE MOMENT*****
SLAB   :  LEFT   : RIGHT
  1    : -12567 :   9445
  2    :  20968 :  17159
  3    :   3680 :   1291
  4    :  13571 :  29917
  5    :  31642 :   4535

*****As OF NEGATIVE MOMENT [sq.cm/m.]*****
SLAB   : LEFT   : RIGHT
  1    : 7.99 : 7.99
  2    : 8.46 : 7.99
  3    : 7.99 : 7.99
  4    : 7.99 : 12.08
  5    : 12.77 : 7.99

*****As OF POSITIVE MOMENT [sq.cm/m.]*****
SLAB   :
  1    : 20.52
  2    : 12.19
  3    : 18.88
  4    : 11.11
  5    : 12.58
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้