โครงงาน

เรื่อง

การออกแบบแผ่นพื้นไร้คานคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์

จัดทำโดย

นาย กิตติ ต้นชนะชัย รหัส 301014

เสนอ

ภาควิชา เทคโนโลยีการก่อสร้าง
คณะ วิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารฯ ลาดกระบัง

028845
17 มิถุนายน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าอนุมัติ

ภาควิชาเทคโนโลยีการก่อสร้าง คณะวิศวกรรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารฯ ลาดกระบัง อนุมัติให้โครงงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมการก่อสร้าง

..... หัวหน้าภาคฯ
(อ. สุรัตน์ หวังเจริญ)

กรรมการวัดผล :

..... กรรมการ
(ผศ. ศิริวัฒน์ ไชยชนะ)

..... กรรมการ
(อ. อำนวย พานิชกุลพงศ์)

..... กรรมการ
(อ. ศิลป์ชัย จานสุวรรณ)

..... กรรมการ
(อ. เกษม อมันตกุล)

..... กรรมการ
(อ.ดร. ศรีกริช หิรัญมาศ)

..... กรรมการ
(อ. วิบูลย์ วุฒิญาณ)

..... กรรมการ
(อ. ศักดิ์ชัย สกานุพงษ์)

..... กรรมการ
(อ. สุวัฒน์ ถิรเศรษฐ์)

..... กรรมการ
(อ. สกุล ห่อวโนทยาน)

..... อ.ที่ปรึกษา
(อ. สุพจน์ ศรีนิล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

028845

บทคัดย่อ

การออกแบบแผ่นพื้นไร้คานคอนกรีตเสริมเหล็กโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์

Design for Reinforced Concrete Flat Slab by Microcomputer

ผู้จัดทำ นาย กิตติ ต้นชนะชัย

สาขา วิศวกรรมการก่อสร้าง

ภาควิชา เทคโนโลยีการก่อสร้าง

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

อ.ที่ปรึกษา อาจารย์ สุพจน์ ศรีนิล

โครงงานนี้เป็นการนำไมโครคอมพิวเตอร์มาใช้ช่วยในการออกแบบแผ่นพื้นไร้คานคอนกรีตเสริมเหล็ก ตามวิธี Empirical Method ซึ่งสามารถหาค่าความหนาของแผ่นพื้น, ปริมาณเหล็กเสริม และขนาดเสาโดยประมาณ ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชา Special Project ตามหลักสูตรชั้นปีที่ 4 ปีการศึกษา 2533 ภาควิชาเทคโนโลยีการก่อสร้าง คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารฯ ลาดกระบัง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ประกอบกับโปรแกรมที่คิดขึ้นมา เพื่อให้ทราบถึงประวัติความเป็นมา, ขอบเขตของโปรแกรม และข้อจำกัดต่างๆ และเข้าใจในหลักการ, วิธีการ และขั้นตอนต่างๆ เพื่อให้สามารถที่จะใช้โปรแกรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ หรือ หากต้องการปรับปรุงแก้ไขโปรแกรมให้ดีขึ้น ก็สามารถที่จะทำได้โดยไม่ยากนัก

กระผมหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะสามารถใช้ในงานจริงได้ หากมีข้อดีหรือ ความดี อยู่บ้างก็ขอมอบให้กับอาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยีการก่อสร้างทุกท่าน และหากมีข้อผิดพลาดประการใดก็ต้องขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

ผู้จัดทำ

กิตติ ต้นชนะชัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบาญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญของการออกแบบ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.4 ขอบเขตของโปรแกรม	3
บทที่ 2 เรื่องทั่วไป	4
2.1 ทั่วๆไป	4
2.2 ประวัติการออกแบบ	6
2.3 หลักการออกแบบ	8
2.4 วิธีการออกแบบค่าโมเมนต์ดัด	10
2.5 การออกแบบแผ่นพื้นไร้คาน	19
บทที่ 3 รายละเอียด Project	34
ลักษณะทั่วไปของโปรแกรม	34
บทที่ 4 สรุปและวิเคราะห์	50
4.1 ตัวอย่างการคำนวณ	50
4.2 บทสรุปและวิเคราะห์	59
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	60
ภาคผนวก ก รายละเอียดข้อมูลการคำนวณ	61
ภาคผนวก ข ผังแสดงตำแหน่งต่างๆ	62
ภาคผนวก ค ตารางแสดงค่าต่างๆจากผัง	63
ภาคผนวก ง ตารางแสดงปริมาณเหล็กเสริมแต่ละกรณี	64
ภาคผนวก จ ตารางแสดงค่าต่างๆที่แต่ละตำแหน่งเสา	68
ภาคผนวก ฉ รายละเอียดคำสั่งต่างๆ	69
ภาคผนวก ช คู่มือการใช้	72
ภาคผนวก ซ ตัวอย่างการเสริมเหล็กในแถบต่างๆ	76
บรรณานุกรม	77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญของการออกแบบ

เนื่องจากในปัจจุบันนี้ได้มีการก่อสร้างอาคารขนาดใหญ่เพิ่มขึ้นมากมาย ความจำเป็นที่จะต้องออกแบบอาคารซึ่งมีช่วงพื้นกว้างมากๆ ก็จำเป็นมากขึ้นด้วย ดังนั้น พื้นชนิดหนึ่งซึ่งถูกพิจารณาเลือกใช้สำหรับอาคารขนาดใหญ่นี้ นอกจากพื้น Post Tension นั้นก็คือ พื้นไร้คาน (Flat Slab)

พื้นไร้คาน จะถูกพิจารณาเลือกใช้ในกรณีที่อาคารมีช่วงพื้นกว้าง, รับน้ำหนักบรรทุกค่อนข้างมากและต้องการความโอ่อ่า นอกเหนือจากสาเหตุเหล่านี้ก็จะเนื่องมาจากข้อจำกัดของพื้นชนิดอื่นเอง เช่น พื้น Post Tension นั้นจะไม่สา-มารถเจาะพื้นได้ เนื่องจากจะทำให้พังลง นอกจากจะมีการทำไว้ตั้งแต่ต้นซึ่งก็มีได้ไม่มากนัก

จากความจำเป็นและสาเหตุข้างต้นดังกล่าว ทำให้ต้องมีการออกแบบพื้นไร้คาน ซึ่งในสมัยก่อนที่ยังไม่มีการนำคอมพิวเตอร์มาใช้ช่วยในการออกแบบนั้น มนุษย์เราจะต้องคำนวณและออกแบบเอง ทำให้งานออกแบบนั้นล่าช้าและส่งผลต่อความล่าช้าของโครงการด้วย ดังนั้น หากเราสามารถที่จะนำคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้ในงานออกแบบได้ก็จะช่วยให้งานออกแบบเร็วขึ้น

นอกจากสาเหตุเพื่อความรวดเร็วในงานออกแบบแล้ว อีกสาเหตุหนึ่งก็คือความถูกต้อง (Accuracy) ซึ่งคอมพิวเตอร์สามารถทำได้ดีกว่ามนุษย์

1.2 วัตถุประสงค์

ในปัจจุบัน คอมพิวเตอร์ได้เข้ามามีบทบาทในงานต่างๆมากยิ่งขึ้น เนื่องจากความต้องการของมนุษย์ในด้านความรวดเร็ว และความถูกต้อง นอกจากในส่วนที่คอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในงานได้แล้ว ยังช่วยให้ด้านความบันเทิงอีกด้วย งานต่างๆที่คอมพิวเตอร์ได้เข้ามาช่วยมีมากมาย เช่น งานทางสถิติ, ด้านบัญชี,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางการแพทย์, ด้านวิศวกรรมและงานด้านอื่นๆ ส่วนหน้าที่ของมันก็จะในเรื่องของการออกแบบ, การเก็บข้อมูล รวมถึงการคำนวณต่างๆ

ด้วยความสามารถของคอมพิวเตอร์ดังกล่าวข้างต้นจึงมีการนำคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้ในงานด้านการก่อสร้าง ไม่ว่าจะเป็นการควบคุมต้นทุน, การเก็บข้อมูลของพนักงาน, การวางแผนงาน, งานเขียนแบบ, งานออกแบบ และงานอื่นๆ

สำหรับงานออกแบบนั้น สามารถแบ่งออกเป็น 2 ด้าน คือ ด้านสถาปัตย์ และด้านโครงสร้าง สำหรับด้านสถาปัตย์จะไม่กล่าวถึง จะกล่าวเฉพาะด้านโครงสร้างซึ่งจะเป็นการออกแบบส่วนต่างๆ เช่น พื้น, คาน, เสา, ฐานราก และอื่นๆ สำหรับงานออกแบบที่เลือกนำมาทำ คือ การออกแบบพื้นไร้คาน (Flat Slab) เนื่องจากเห็นว่าสามารถที่จะนำคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ช่วยในการออกแบบได้

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สำหรับ โปรแกรมการออกแบบพื้นไร้คาน (Flat Slab) นี้ คาดว่าจะสามารถให้ประโยชน์ได้ดังนี้

- ด้านความถูกต้อง เนื่องจากเป็นการคำนวณโดยใช้คอมพิวเตอร์ ฉะนั้น ความถูกต้องนั้นเชื่อถือได้ ส่วนความผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นนั้นน่าจะมีสาเหตุมาจากความขัดข้องของเครื่องคอมพิวเตอร์ หรือผู้ใช้เองมากกว่า
- ด้านความเร็ว แน่นอนการคำนวณโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์นั้นย่อมเร็วกว่าการใช้คนคำนวณ

ด้วยข้อได้เปรียบทั้ง 2 ข้อนี้ของคอมพิวเตอร์ ก็จะช่วยให้งานออกแบบเสร็จเร็วขึ้นด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขอบเขตของโปรแกรม

โปรแกรมที่นำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบพื้นไร้คานนี้คือ โปรแกรมสำเร็จรูปโลตัส ดังนั้น ลักษณะของหน้าจอที่ออกมาจะอยู่ในรูปของ worksheet แต่ได้มีการนำคำสั่งมาโคร (Macro) มาใช้ช่วยในบางส่วนของโปรแกรม สำหรับค่าต่างๆที่ได้จากการคำนวณจะแยกออกเป็นกรณีที่มีแป้นหัวเสา และไม่มีแป้นหัวเสา รวมทั้งกรณีมีคานขอบเพิ่มขึ้นมาด้วย ซึ่งประกอบด้วยค่าต่างๆ ดังนี้

- ขนาดแถบเสา (Column Strip) ทั้ง 2 กรณี
- ขนาดแถบกลาง (Middle Strip) ทั้ง 2 กรณี
- ขนาดหัวเสา (Column Capital) ทั้ง 2 กรณี
- ขนาดแป้นหัวเสา (Drop Panel) เฉพาะกรณีที่มีแป้นหัวเสา
- ขนาดเสา (Column) ทั้ง 2 กรณีจะบอกค่าเป็นโมเมนต์อินเนอเชีย และขนาดโดยประมาณเป็น ซม.
- ความหนาของแผ่นพื้น (Thickness) จะบอกค่าเป็น ซม.
  ทั่วไป ทั้งกรณีที่มีแป้นหัวเสาและไม่มีแป้นหัวเสา
  ที่แป้น เฉพาะกรณีที่มีแป้นหัวเสา
  ที่คานขอบ ทั้งกรณีที่มีแป้นหัวเสาและไม่มีแป้นหัวเสา
- น้ำหนักถ่ายจากพื้นลงที่เสาแต่ละต้น (Reaction)
- ปริมาณเหล็กเสริม (A_s) จะบอกสำหรับแต่ละหน้าตัด

สำหรับข้อจำกัดของโปรแกรมนี้ก็มี คือ

- มีขนาดช่วงพื้นเท่ากันทุกช่วง
- การพิจารณาแรงเฉือนใช้เป็นเสาสี่เหลี่ยม
- ค่ากำหนดขนาดต่างๆจะใช้ค่าเดียวกันทั้งกรณีมีแป้นและไม่มีแป้น
- เป็นการออกแบบโดยวิธี Empirical Method
- มีช่วงพื้นแต่ละช่วงพื้นเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือผืนผ้าเท่านั้น
- ตำแหน่งเสาไม่มีการเยื้องกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
เรื่องทั่วไป

2.1 ทั่วๆไป

การออกแบบโครงสร้างโดยใช้ Flatslab นั้น มีมาตั้งแต่ราวต้น ค.ศ. 1910 และแนวความคิดนี้ก็ได้รับการยอมรับเนื่องจากลักษณะของโครงสร้างอาคารที่ไม่มีคานช่วยในการถ่ายน้ำหนักลงจากพื้นสู่เสา ทำให้ในลักษณะของอาคารที่จำเป็นต้องมีน้ำหนักจรมากๆ, ช่วงพื้นกว้างๆ หรือแม้แต่จำนวนชั้นสูงๆ หันมาใช้ Flat Slab ซึ่งมีข้อได้เปรียบต่างๆ ดังนี้

1) ช่วยประหยัดค่าก่อสร้าง เนื่องจากที่ช่วยประหยัดแบบหล่อซึ่งในการก่อสร้างจะมีมูลค่าถึงกึ่งหนึ่งของมูลค่าการก่อสร้างทั้งหมด นั่นหมายถึงการประหยัดค่าก่อสร้างทั้งหมด

2) ความสูง เนื่องจากไม่ต้องมีคานทำให้ได้ค่าความสูงที่ต้องการโดยที่ความสูงแต่ละชั้นไม่ต้องมาก นั่นเท่ากับเป็นการช่วยลดความสูงทั้งหมดของตัวอาคาร

3) ให้ความสวยงามน่าพอใจมากกว่า

4) ในอาคารที่ต้องมีงานระบบเข้ามาเกี่ยวข้องมากๆ พื้นไร้คานนี้สามารถที่จะให้ความสะดวกในการติดตั้งงานระบบต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการป้องกันไฟระบบไฟฟ้า, ประปา และอื่นๆ

ใน คศ. 1914 J. R. Nichols ได้เสนอสูตรในการหาค่าโมเมนต์รวมทั้งบวกและลบดังนี้

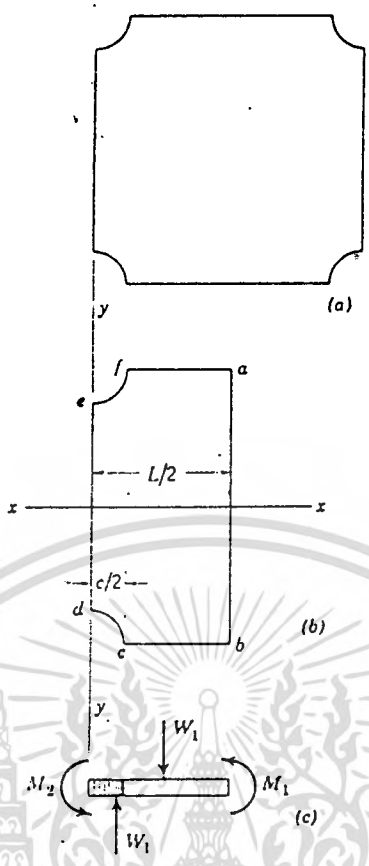
$$M_o = \frac{1}{8} WL \left(1 - \frac{2C}{3L}\right)^2$$

โดยที่ W - น้ำหนักบรรทุกแผ่ทั้งหมด ,L - ความยาวช่วงพื้น และ C - ขนาดของหัวเสา หรือเสา โดยรวมถึงในกรณีครึ่งแถบด้วย

ลักษณะของการพิจารณาเป็นไปตามรูป 2.1 และสูตรข้างล่าง

$$W_1 = w(L^2/2 - \pi C^2/8) = (L^2 - \pi C^2/4)w/2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Equilibrium conditions indicate $M_1 + M_2$ is established by statics.

รูป 2.1

โมเมนต์เนื่องจากน้ำหนักบรรทุกนี้ ในแกน y-y คือ:

$$\frac{wL^2}{2}\cdot\frac{L}{4} - \frac{\pi C^2}{8}w\cdot\frac{2C}{3\pi} = \frac{wL^3}{8} - \frac{wC^3}{12}$$

จะได้

$$-M_1 - M_2 + \frac{wL^3}{8} - \frac{wC^3}{12} - \frac{w}{2}\left(L^2 - \frac{\pi C^2}{4}\right)\frac{C}{\pi} = 0$$

$$M_1 + M_2 = M_o = \frac{wL^3}{8} - \frac{wC^3}{12} - \frac{wCL^2}{2\pi} - \frac{wC^3}{8}$$

$$= \frac{wL^3}{8}\left(1 + \frac{C^3}{3L^3} - \frac{4C}{\pi L}\right)$$

$$M_o = \frac{WL}{8}\left(1 - \frac{2C}{3L}\right)^2$$

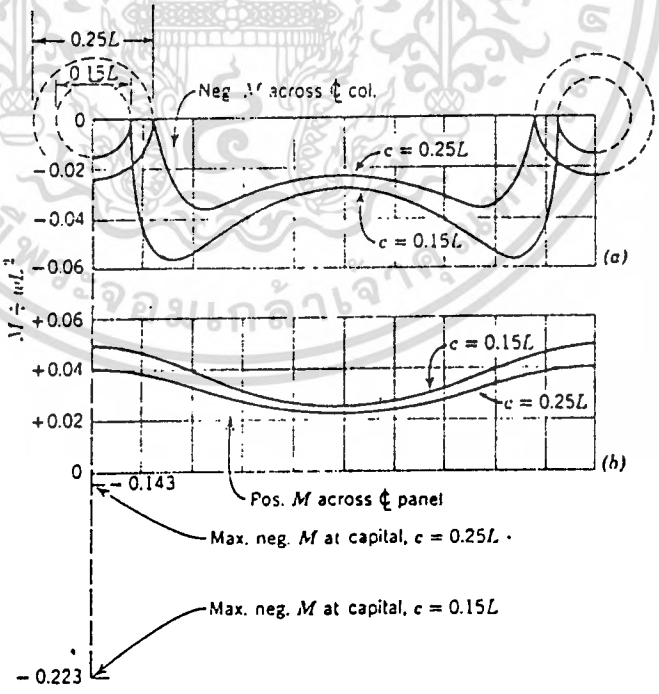
ค่าผิดพลาดสำหรับสูตรนี้ก็คือ ที่ C/L = 0.1 จะต่ำไป 0.5 %, C/L = 0.2 สูงไป 0.5 %, C/L = 0.25 สูงไป 1.3 %, C/L = 0.3 สูงไป 2.0 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ประวัติการออกแบบ

การออกแบบพื้นไร้คานนี้ เป็นที่ทราบกันอยู่ทั่วไปว่าได้รับการพัฒนาขึ้นมาโดยชาวอเมริกัน แต่ผู้ที่ริเริ่มจริงๆนั้นคือ C.A.P. Turner ผู้ที่สร้างและขายอยู่เป็นเวลานานก่อนที่ทฤษฎีการออกแบบที่ได้รับการยอมรับอยู่ในขณะนั้น จะถูกพัฒนาขึ้น ภายหลังในราวปี คศ. 1947 โครงสร้างที่ถูกออกแบบและสร้างขึ้นมาโดยใช้ flat slab ในช่วง คศ. 1910-1920 จำนวนมากได้มีการทำ load-test แต่ก็ได้ผลการทดสอบออกมาเป็นที่น่าพอใจ ซึ่งอาจจะเนื่องมาจากทฤษฎีของ Nichols ที่ได้รับการยอมรับอยู่ในขณะนั้น

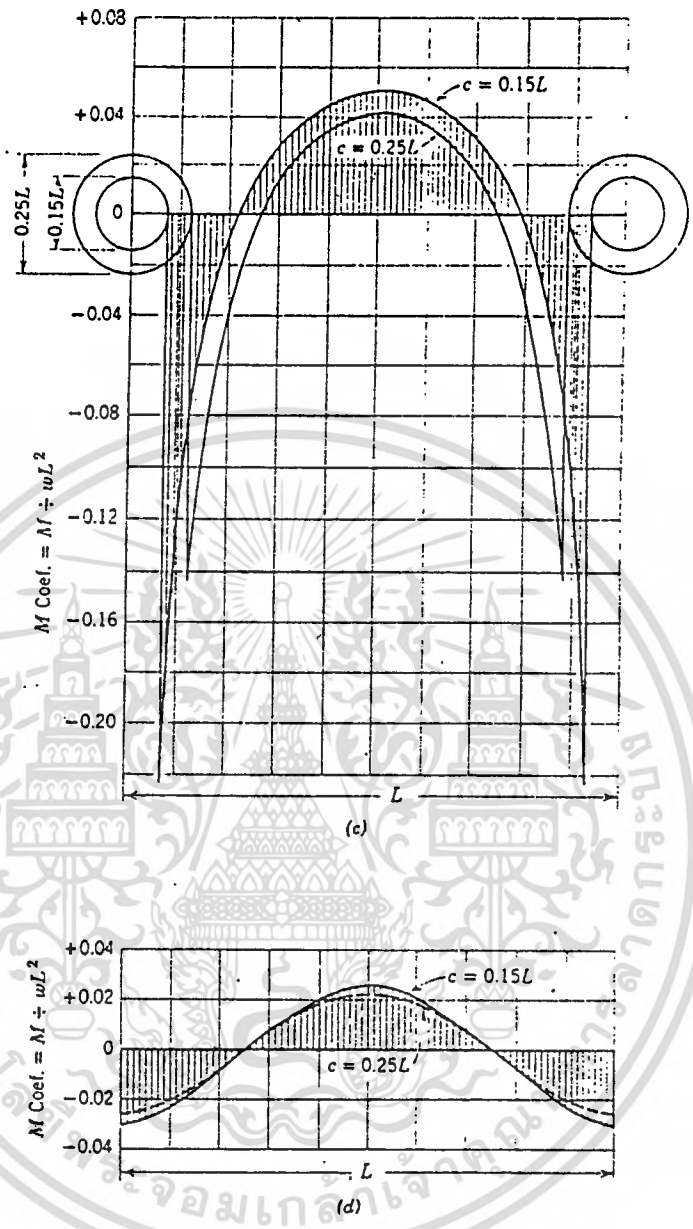
สำหรับการพัฒนาในช่วงแรกจะเน้นไปที่ค่าของ M_o ที่เกิดขึ้น ซึ่งต่อมานาย Slater ได้พบว่าค่า M_o ตามทฤษฎีของนาย Nichols นั้นมีค่ามากเกินไป จึงได้ให้ค่าใหม่เท่ากับ $0.09WL(1-(2C/3L))^2$ ซึ่งลดลงไปถึง 28 % โดยที่เขาได้มีการทดสอบและพิสูจน์หาค่าต่างๆ



Theoretical bending moments (Poisson's ratio zero). Adapted from Ref. 2, ACI. (*a*) Negative moments on strips crossing the center line of column and the column capital. (*b*) Positive moments on strips crossing the center line of span.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 2.2



Theoretical bending moments (Poisson's ratio zero). Adapted from Ref. 2, ACI. (*c*) Moment diagram for strip along center line of columns. (*d*) Moment diagram for strip along middle of panel.

รูป 2.2 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากนั้น ก็ได้มีการพิจารณาถึงค่าความปลอดภัยของการออกแบบพื้นเสริมเหล็กสองทาง, ทางเดียว และพื้นไร้คาน และผลตามที่ ACI Code ระบุดูเหมือนว่าค่าความปลอดภัยของพื้นไร้คานจะน้อยที่สุด

ต่อมานาย Wastergaard จึงทำการพัฒนาทฤษฎีการวิเคราะห์พื้นนี้รวมกับการวิเคราะห์ตามทฤษฎีของ Slater นอกจากนี้ยังพิจารณาถึงการกระจายของโมเมนต์ในแผ่นพื้นอีกด้วย โดยแยกพิจารณาเป็น 2 แถบคือ แถบเสา และแถบกลาง โดยทดสอบที่ค่า C/L = 0.15 และ 0.25

รูปที่ 2.2a พิจารณาค่าโมเมนต์ลบในแถบซึ่งตัดกับศูนย์กลางเสา และที่ขอบของหัวเสาจะได้ค่าคงที่ $-0.223wL^2$ สำหรับ C/L = 0.15 และที่ $-0.143wL^2$ เมื่อใช้ C/L = 0.25 ซึ่งมีค่า 4 เท่าของค่าโมเมนต์ที่เกิดขึ้นระหว่างเสา

รูปที่ 2.2b พิจารณาค่าโมเมนต์บวกบนแถบซึ่งตัดกับกึ่งกลางพื้น

รูปที่ 2.2c จะแสดงผังโมเมนต์บนแถบซึ่งวิ่งระหว่างเสาทั้งสอง

รูปที่ 2.2d แสดงผังโมเมนต์ในกึ่งกลางของแถบกลางพื้น

ในปี 1956 ได้มี Code ออกมาเพื่อกำหนดค่า M_o ออกมาใหม่โดยเพิ่มสัมประสิทธิ์ F เข้าไปในสมการ โดยที่ F = 1.15 - C/L แต่มากกว่า 1;

$$M_o = 0.09\ FWL\left(1 - \frac{2C}{3L}\right)^2$$

เมื่อไม่มีหัวเสา ค่า C จะหมายถึงขนาดของเสา นั่นทำให้ค่า F มากขึ้น และส่งผลโดยรวมให้ M_o มากขึ้นด้วย

2.3 หลักการออกแบบ

สำหรับการออกแบบพื้นไร้คานนี้ก็จะคล้ายกับการออกแบบพื้นทั่วไป ที่จะต้องมีการพิจารณาตรวจสอบค่าต่างๆ คือ โมเมนต์ดัด, แรงเฉือน และแรงยึดเหนี่ยว ว่าจะยอมได้หรือไม่ จะต่างกันก็ตรงที่การหาค่าต่างๆที่ใช้ในการตรวจสอบเท่านั้น ดังจะแยกเป็นแต่ละกรณี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

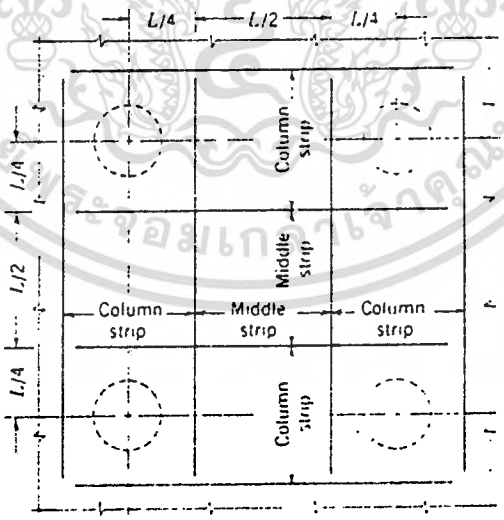
2.3.1 การออกแบบโมเมนต์ดัด

การออกแบบพื้นไร้คานนั้น จะต้องพิจารณาแบ่งพื้นออกเป็นแถบๆคือ แถบเสา และแถบกลางดังรูปที่ 2.3 ซึ่งจะพบว่าในแถบเสานั้นจะต้องรับโมเมนต์ที่มากกว่าจึงต้องการควบคุมความหนาพื้น ส่วนในแถบกลางนั้นจะรับโมเมนต์น้อยกว่าจึงต้องการเหล็กเสริมน้อยกว่า

สำหรับวิธีการออกแบบนั้นสามารถแยกออกได้เป็น 2 วิธี, วิธีแรกคือ วิธี Elastic Analysis จะพิจารณาหาค่าโมเมนต์บวก และโมเมนต์ลบทั้งหมดในแต่ละทิศทางจากการวิเคราะห์ Elastic Frame แล้วจึงกระจายโมเมนต์ในแต่ละแถบเสา และแถบกลาง เป็นร้อยละตามตารางกำหนดของวิธีนี้ วิธีที่ 2 คือ วิธี Empirical Method ที่กำหนดว่าต้องมีช่วงพื้นต่อเนื่องอย่างน้อย 3 ช่วง วิธีนี้จะหาค่า M_o จากสูตรแล้วจึงกระจายค่าตามตารางของวิธี Empirical Method

$$M_o = 0.09\ FWL(1 - (2C/3L))^2$$

ส่วนรายละเอียดในแต่ละวิธีนั้นจะกล่าวถึงในภายหลัง



Flat slab design strips.

รูป 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

022845

2.3.2 การตรวจสอบแรงเฉือนและแรงยึดเหนี่ยว

การพิจารณาแรงเฉือนนั้นจะพิจารณาที่หน้าตัดวิกฤติ คือ ที่ระยะ d/2 จากขอบของเสาหรือหัวเสา, แป้นหัวเสา โดยที่ค่าหน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้ v_c จะไม่เกิน $0.53\sqrt{f'_c}$

ส่วนแรงยึดเหนี่ยวจะพิจารณาที่ระยะ 2L/5 จากเส้นผ่านศูนย์กลางของเสา โดยใช้ค่าหน่วยแรงยึดเหนี่ยวที่ยอมให้ไม่เกิน 11 กก./ซม.^{2}

2.4 วิธีการออกแบบค่าโมเมนต์ดัด

จากที่กล่าวข้างต้นมาแล้วว่าการออกแบบแยกออกได้เป็น 2 วิธี คือ

2.4.1. วิธี Elastic Analysis

2.4.2. วิธี Empirical Method

จะขอกล่าวถึงวิธี Empirical Method ก่อน เนื่องจากมีขั้นตอนที่ง่ายไม่สลับซับซ้อน สามารถเข้าใจได้ง่าย และยังเป็นพื้นฐานในการทำความเข้าใจกับวิธีแรกอีกด้วย ดังรายละเอียดดังนี้

2.4.1 วิธี Empirical Method

วิธีนี้เป็นวิธีที่ง่ายแต่ก็มีข้อกำหนดพอสมควรคือ

1) จะต้องมีอย่างน้อยสามช่วงติดต่อกันในแต่ละทิศทาง

2) ช่วงพื้นอาจเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือผืนผ้าก็ได้ แต่จะต้องมีอัตราส่วนระหว่างความยาวกับความกว้างไม่เกิน 1.50

3) ความยาวช่วงเสาที่ติดต่อกันในแต่ละทิศทาง จะต่างกันได้ไม่เกินร้อยละ 33 ของช่วงยาว

4) โครงสร้างสูงได้ไม่เกิน 40 เมตร และความสูงแต่ละชั้นต้องไม่เกิน 4.00 เมตร

5) แผ่นพื้นไร้คานช่วงหนึ่งๆจะต้องประกอบด้วยแถบกลางและแถบเสา ในแต่ละทิศทาง ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แถบกลาง มีความกว้างเท่ากับครึ่งหนึ่งของช่วงพื้นและเหมือนกัน ทั้งสองข้างของเส้นแบ่งกึ่งกลางพื้น

แถบเสา มีสองแถบ แต่ละแถบกว้างหนึ่งในสี่ของช่วงพื้น และอยู่ติดกับเส้นแบ่งศูนย์กลางเสา

เมื่อได้แผ่นพื้นที่มีลักษณะตรงตามข้อกำหนดแล้ว ขั้นตอนต่อไปก็จะเป็นการหาค่า M_o จากสูตร

$$M_o = 0.09\ FWL(1 - (2C/3L))^2$$

จากนั้นจึงนำค่า M_o ที่ได้ มากระจายเป็นร้อยละเข้าแต่ละแถบตามตารางที่จะแสดงโดยละเอียดในภายหลัง

2.4.2 วิธี Elastic Analysis

วิธีนี้เนื่องจากมีขั้นตอนที่ซับซ้อน จึงมักจะนำมาใช้เมื่อแผ่นพื้นนั้นไม่ผ่านตามข้อกำหนดของวิธี Empirical Analysis โดยการออกแบบมีสมมติฐานดังนี้

1) โครงสร้างจะต้องถูกแบ่งเป็นแถบจำนวนมาก โดยจะพิจารณาที่แถบซึ่งอยู่ที่เส้นกึ่งกลางพื้น และเส้นแบ่งศูนย์กลางเสา โดยจะวิ่งตามความยาวและความกว้างของโครงสร้าง

2) ในแต่ละแถบที่พิจารณาจะถือว่าที่ปลายเสาหรือปลายพื้นนั้นจะเป็นแบบ Fixed

3) ข้อต่อระหว่างเสากับพื้นนั้นเป็น Rigid การเปลี่ยนแปลงในเรื่องความยาวของเสาและพื้นเนื่องจาก Direct Stress และ Deflection เนื่องจากแรงเฉือน จะไม่นำมาพิจารณา

4) ในกรณีที่ใช้หัวเสาเป็นโลหะนั้น จะต้องมีการพิจารณาถึงค่า Stiffness และแรงต้านทานโมเมนต์ดัดและแรงเฉือน

5) ค่าโมเมนต์อินเนอเชียของเสาที่ต้องการนั้น จะหมายถึงหน้าตัดของคอนกรีต

6) ค่าน้ำหนักบรรทุกนั้น ที่จะต้องมีการพิจารณาถึงคือ น้ำหนักบรรทุกจร จะต้องไม่เกินสามในสี่ของน้ำหนักบรรทุกคงที่ ในขณะเดียวกันค่า M_{max} ที่ได้นั้นเกิดขึ้นเมื่อพื้นรับน้ำหนักเต็มที่เท่ากันตลอดความยาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2.1 <u>ขั้นตอนการหาโมเมนต์</u>

1) หาค่า Carry-over และ Stiffness สำหรับแต่ละชิ้นส่วน จากรูปที่ 2.4

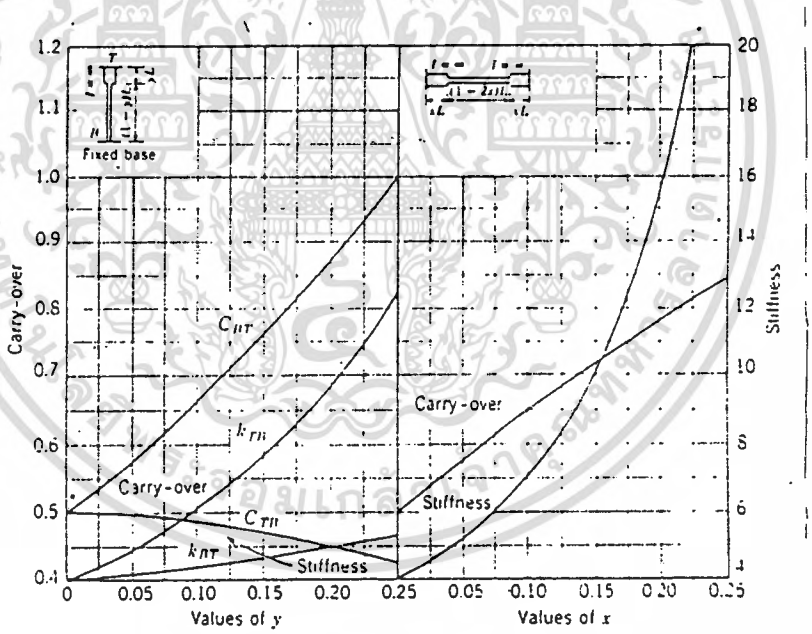
2) หาค่า สัมประสิทธิ์ของ Fixed-end Moment จากรูปที่ 2.5a และ b

3) หาค่าระยะที่ I= ∞

โดยที่ yh = ระยะจากขอบล่างของแป้นหัวเสาถึงขอบล่างของหัวเสา

$xL = b - (b-a)I/I_1$

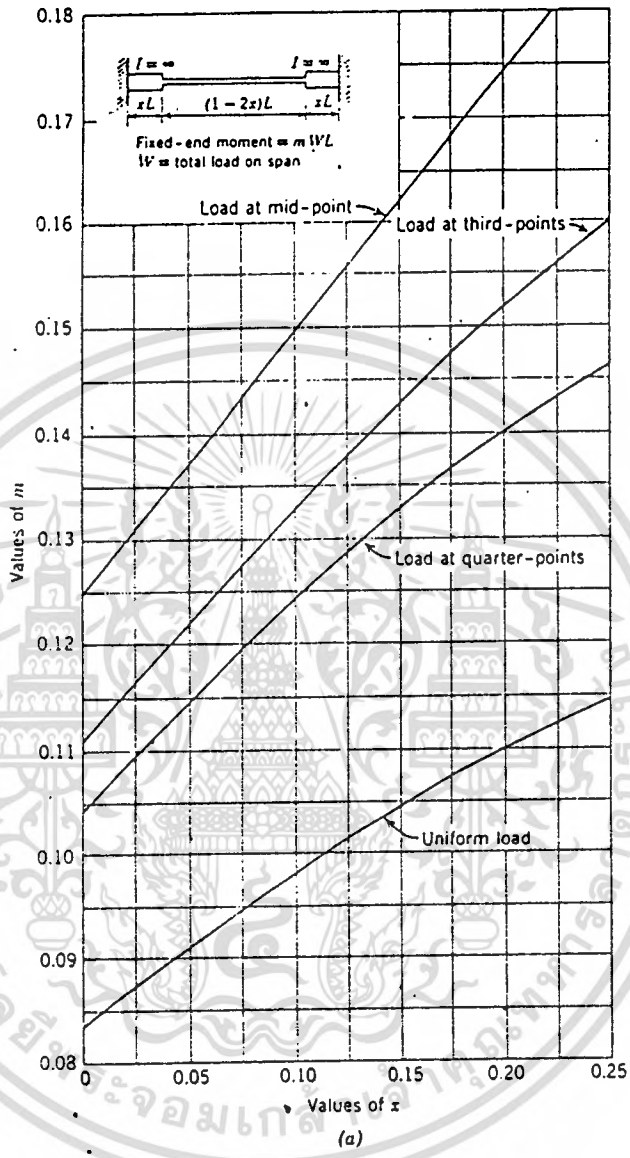
พิจารณาจากรูปที่ 2.6a และ b ประกอบ



Carry-over factors and stiffness factors for member with infinite I over part of length. Adapted from Ref. 4, Portland Cement Assn.

รูป 2.4

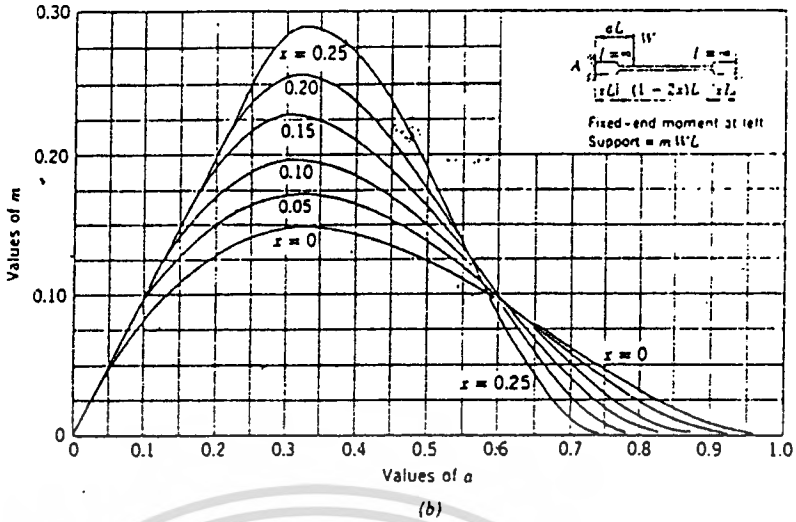
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Fixed-end moment coefficients for members having infinite I over part of length, symmetrical loading. Adapted from Ref. 4, Portland Cement Assn.

รูป 2.5a

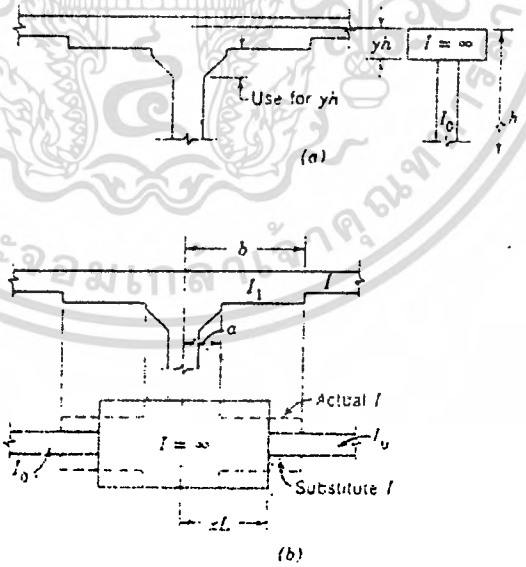
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(b)

Fixed-end moment coefficients for members having infinite I over part of length, concentrated load. Adapted from Ref. 4, Portland Cement Assn.

รูป 2.5b



Suggested lengths for use with infinite I. (a) Column (b) Slab

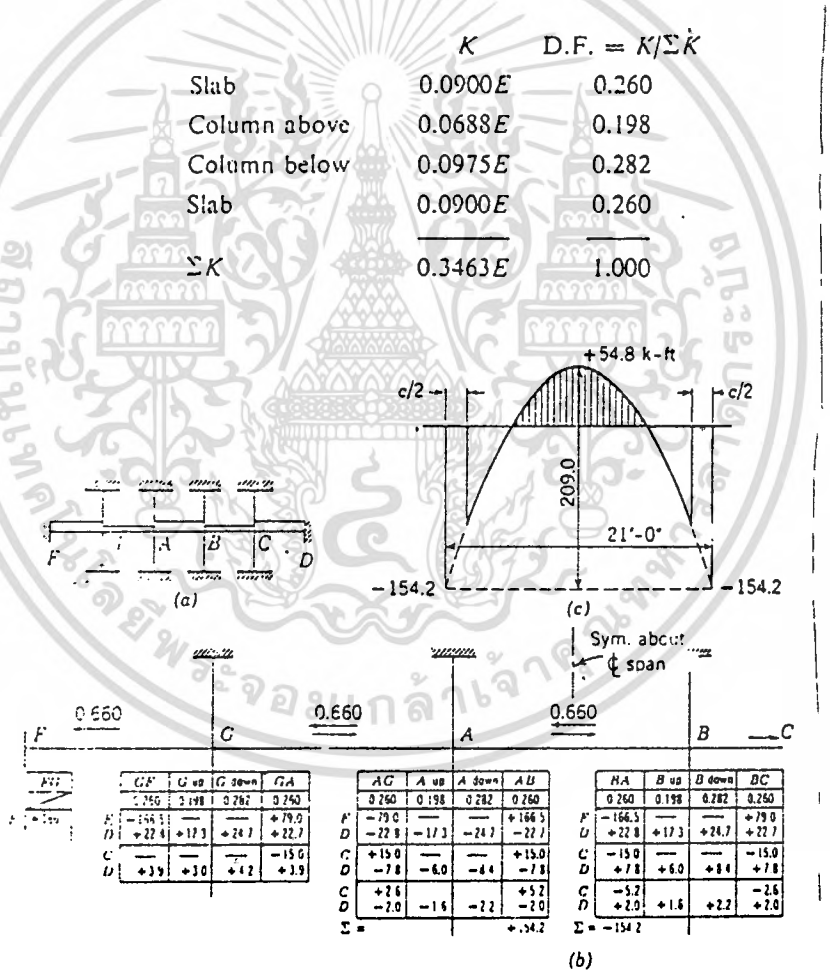
รูป 2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) นำข้อมูลที่กำหนดมาให้คือ น้ำหนักบรรทุก, ขนาดช่วงพื้น, แป้นหัวเสา,หัวเสา(เสา) และความสูงของแต่ละชั้น

5) นำข้อมูลดังกล่าวนั้นมาหาค่า Stiffness (K) และ Distribution Factor (D.F.) ของพื้นแต่ละทาง, เสาด้านบนและล่าง

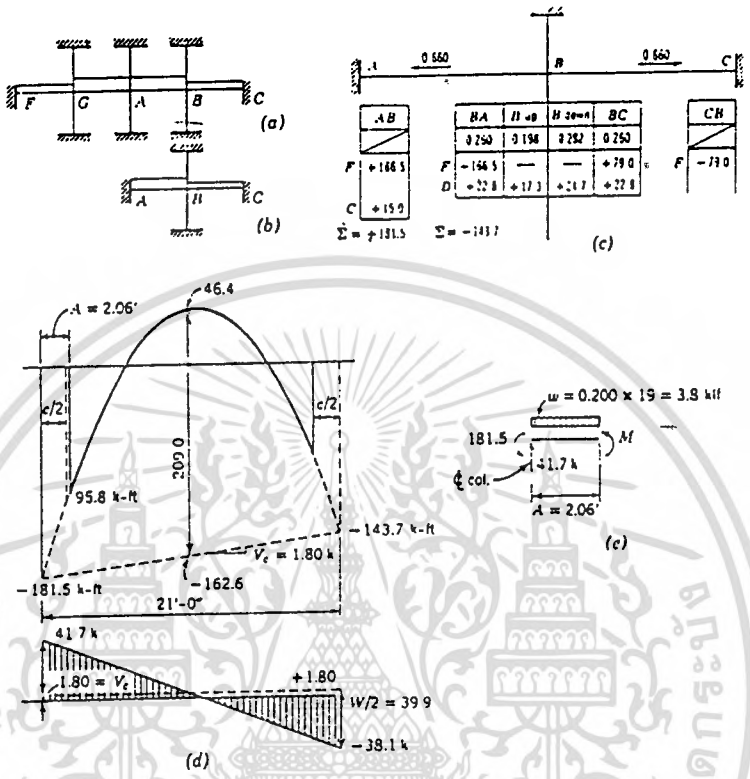
6) จากนั้นจึงนำมาหาค่า M^{+}_{max} ตามรูปที่ 2.7 a, b, c และค่า M^{-}_{max} ตามรูปที่ 2.8 a, b, c, d และ e



Maximum positive moment calculation. (*a*) Loading pattern. (*b*) Moment distribution. (*c*) Moment diagram.

รูป 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



. Maximum negative moment calculation. (*a*) Loading pattern. (*b*) Equivalent reduced frame. (*c*) Moment distribution. (*d*) Moment and shear diagram. (*e*) Free body for calculation of moment at critical section at distance *A* from center line of column.

รูป 2.8

7) หลังจากได้ค่า M^{+}_{max} และ M^{-}_{max} แล้วให้นำค่าทั้งสองมาบวกกันโดยไม่คิดเครื่องหมาย สมมติได้ M_{max}

8) หาค่า M_o จาก $M_o = 0.09\,FWL((1 - (2C/3L))^2$

9) หาค่าอัตราส่วนลด r จาก $r = M_o/M_{max}$ ดังตัวอย่างตามรูป 2.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Maximum positive moment = 54.8 k-ft

Maximum negative moment = 103.7 k-ft

Total M = 158.5 k-ft

$$M_0 = 0.09WFL\left(1 - \frac{2}{3}\frac{c}{L}\right)^2$$

$F = 1.15 - c/L = 1.15 - 3.25/21 < 1.0$ Use $F = 1$

$$M_0 = 0.09 \times 0.200 \times 19 \times 21^2 \times 1\left(1 - \frac{2}{3}\frac{3.25}{21}\right)^2 = 121.7 \text{ k-ft} < 158.5$$

Reduce the design moments in the ratio 121.7/158.5 = 0.767

Modified positive moment = 54.8 × 0.767 = 42.0 k-ft

Column strip positive moment = 0.60 × 42.0 = 25.2 k-ft

Middle strip positive moment = 0.40 × 42.0 = 16.8 k-ft

(The empirical method gave 24.3 and 18.3 k-ft, respectively)

Modified negative moment = −103.7 × 0.767 = −79.5 k-ft

Column strip negative moment = 0.76(−79.5) = −60.4 k-ft

Middle strip negative moment = 0.24(−79.5) = −19.1 k-ft

(The empirical method gave −60.8 and −18.3 k-ft respectively)

รูป 2.9

10) นำค่า r ที่ได้ไปคูณลดค่า M^+_{max} และ M^-_{max} จากนั้นจึงนำค่า M^+_{max} และ M^-_{max} ที่คูณลดค่าแล้ว ไปกระจายเป็นร้อยละเข้าในแต่ละแถบตามตารางที่ 2.1

หลังจากนั้นจึงนำค่าโมเมนต์ไปหาปริมาณเหล็กเสริม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 การออกแบบแผ่นพื้นไร้คาน

วิธีคำนวณซึ่งใช้ในโปรแกรมสำหรับออกแบบแผ่นพื้นไร้คานนี้ เป็นวิธี Empirical Method โดยใช้สูตรสำเร็จตามมาตรฐาน วสท. ซึ่งมีข้อจำกัดดังนี้

2.5.1 ข้อกำหนดทั่วไป

1) แผ่นพื้นไร้คานต้องมีอย่างน้อยสามช่วงติดต่อกันในแต่ละทิศทาง

2) ช่วงแผ่นพื้นอาจเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือสี่เหลี่ยมผืนผ้าก็ได้ แต่จะต้องมีอัตราส่วนระหว่างความยาวต่อความกว้างของช่วงไม่เกิน 1.50

3) ความยาวช่วงเสาที่ติดต่อกันในแต่ละทิศทาง จะต่างกันได้ไม่เกินร้อยละ 33 ของระยะช่วงยาว สำหรับข้อนี้ในโปรแกรมจะใช้ความยาวช่วงเสาที่ติดต่อกันในแต่ละทิศทางเท่ากัน

4) โครงสร้างสูงได้ไม่เกิน 40 เมตร และความสูงแต่ละชั้นต้องไม่เกิน 4.00 เมตร

5) แผ่นพื้นไร้คานช่วงหนึ่งๆนั้นให้ประกอบด้วยแถบกลาง และแถบเสา ในแต่ละทิศทาง ดังนี้

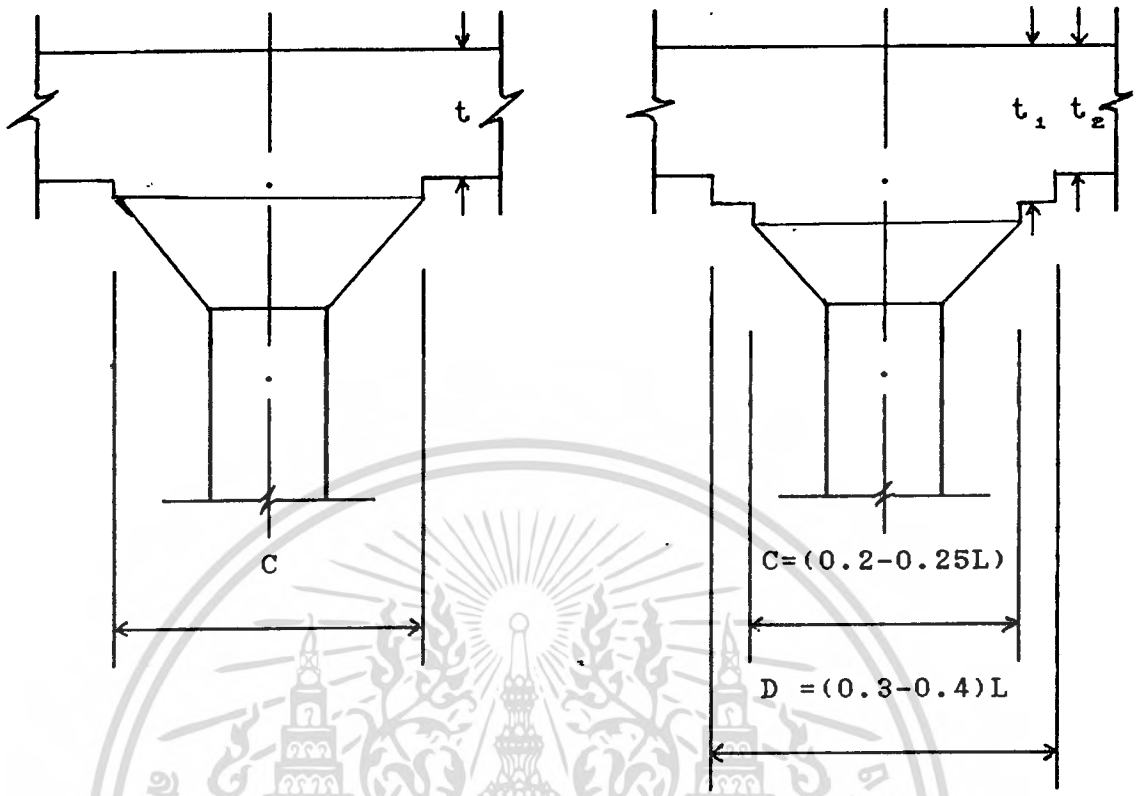
แถบกลาง มีความกว้างเท่ากับครึ่งหนึ่งของช่วงพื้นและเหมือนกันทั้งสองข้างของเส้นแบ่งศูนย์กลางของช่วงพื้นนั้น

แถบเสา มีสองแถบ แต่ละแถบอยู่ติดกับเส้นแบ่งศูนย์กลางของเสา และกว้างหนึ่งในสี่ของช่วงพื้น

2.5.2 ความหนาของแผ่นพื้น

มาตรฐานการออกแบบได้ให้ข้อจำกัดของความหนาของแผ่นพื้นสำหรับไม่ต้องคำนวณการโก่งตัวของพื้น ที่จะเกิดขึ้น ซึ่งแยกออกเป็นแผ่นพื้นที่ไม่มีแป้นหัวเสา กับแผ่นพื้นที่มีแป้นหัวเสา ดังแสดงในรูป 2.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แผ่นพื้นที่ไม่มีแป้นหัวเสา :

tต่ำสุด $= L/36 \geq 12$ ซม.

หรือ $t = 0.106L\left(1-\frac{2C}{3L}\right)\sqrt{\frac{w'}{f'_c/144}} + 3.81$ ซม.

แผ่นพื้นที่มีแป้นหัวเสา :

t_2ต่ำสุด $= L/40 \geq 10$ ซม.

หรือ $t_2 = 0.091L\left(1-\frac{2C}{3L}\right)\sqrt{\frac{w'}{f'_c/144}} + 2.54$ ซม.

t_1สูงสุด $= 1.5t_2$ หรือ $t_2 + (D-C)/8$

t_1ต่ำสุด $= 0.106\left(1-\frac{2C}{3L}\right)\sqrt{\frac{w'}{f'_c/144}} + 3.81$ ซม.

รูป 2.10

ในที่นี้ w' = น้ำหนักบรรทุกคงที่ + น้ำหนักจร , กก./ตารางเมตร

f'_c = กำลังอัดประลัยของคอนกรีต , กก./ตาราง ซม.

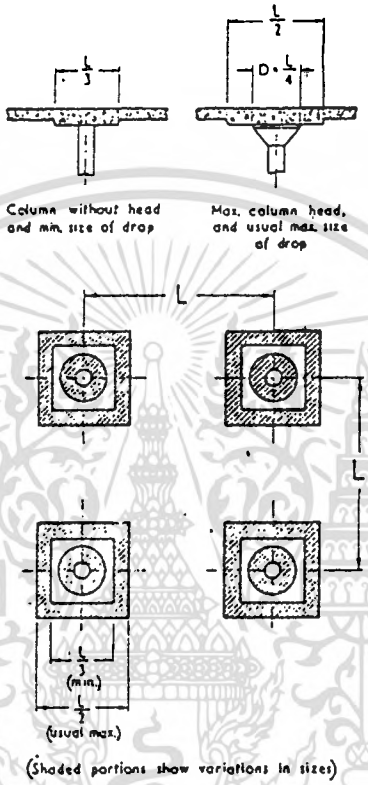
L - ความยาวช่วงพื้น , มีหน่วยเป็น ซม.

C - ขนาดหัวเสา , มีหน่วยเป็น ซม.

D - ขนาดแป้นหัวเสา , มีหน่วยเป็น ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.10 จะเห็นว่า มีการกำหนดขนาดหัวเสาเฉพาะในกรณีที่มีแป้นหัวเสาเท่านั้น แต่สำหรับกรณีที่ไม่มีหัวเสานั้นได้มีการกำหนดขนาดต่ำสุดไว้ดังรูปที่ 2.11



รูป 2.11

2.5.3 ขนาดเสา

ขนาดความกว้างของเสาอย่างน้อยเท่ากับ 25 ซม.

โมเมนต์อินเนอเชียของเสากรณีที่มีทั้งเสาบนและเสาล่าง :

$$\text{อย่างน้อย} \quad I_c = \frac{0.083t^3H}{0.5 + W_D/W_L} \geq 42{,}000 \text{ ซม.}^4$$

กรณีไม่มีเสาเหนือพื้น :

$$\text{อย่างน้อย} \quad I_c = \left(2 - 2.3\frac{h}{H}\right)\left(\frac{0.083t^3H}{0.5 + W_D/W_L}\right) \geq 42{,}000 \text{ ซม.}^4$$

ในที่นี้ t = ความหนาของแผ่นพื้น, ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

H - ความสูงเฉลี่ยของชั้นของเสาซึ่งอยู่เหนือและใต้แผ่นพื้น มีหน่วยเป็น ซม.

W_D - น้ำหนักบรรทุกคงที่ทั้งหมดในช่วงพื้น , กก.

W_L - น้ำหนักบรรทุกคงที่ทั้งหมดในช่วงพื้น , กก.

h - ระยะจากขอบบนสุดของแผ่นพื้นถึงขอบล่างสุดของหัวเสา มีหน่วยเป็น ซม.

2.5.4 <u>โมเมนต์ดัดในแผ่นพื้นไร้คาน</u>

การวิเคราะห์หาโมเมนต์ดัดในแผ่นพื้นไร้คานมีความยุ่งยากและซับซ้อนมากเพราะต้องพิจารณาถึงคุณสมบัติทั้งในทางอีลาสติก และอินอีลาสติก ของแผ่นพื้น ตลอดจนความแข็งแกร่งสัมพัทธ์ของส่วนอื่นประกอบด้วย วิธีง่ายๆก็อาจทำได้โดยแบ่งช่วงพื้นหนึ่งๆ ออกเป็นแถบสี่เหลี่ยมผืนผ้าในแต่ละทิศทาง ดังเช่น แถบกลางและแถบเสาในรูปที่ 2.12 แล้วพิจารณาให้แถบดังกล่าวเปรียบเสมือนคานที่รับน้ำหนักบรรทุก ซึ่งจะเห็นว่าตามแนวเส้นขอบของช่วงพื้นจะรับโมเมนต์ลบ ส่วนบริเวณกลางช่วงพื้นจะรับโมเมนต์บวก เมื่อรวมค่าของโมเมนต์บวกและโมเมนต์ลบในทิศทางแต่ละด้านของช่วงพื้นก็จะเป็นค่าโมเมนต์สูงสุดของด้านนั้น มาตรฐานการออกแบบได้อาศัยหลักการดังกล่าวข้างต้น และดัดแปลงตัวเลขให้ง่ายขึ้นเพื่อให้เหมาะสำหรับการออกแบบ ใช้เป็นสูตรสำเร็จสำหรับการคำนวณออกแบบแผ่นพื้นไร้คานดังนี้

ผลรวมตามตัวเลขของโมเมนต์บวก และโมเมนต์ลบเฉลี่ยในทิศทางแต่ละด้านของช่วงพื้นสี่เหลี่ยมจัตุรัส ยาวด้านละ L ต้องมีค่าไม่น้อยกว่า

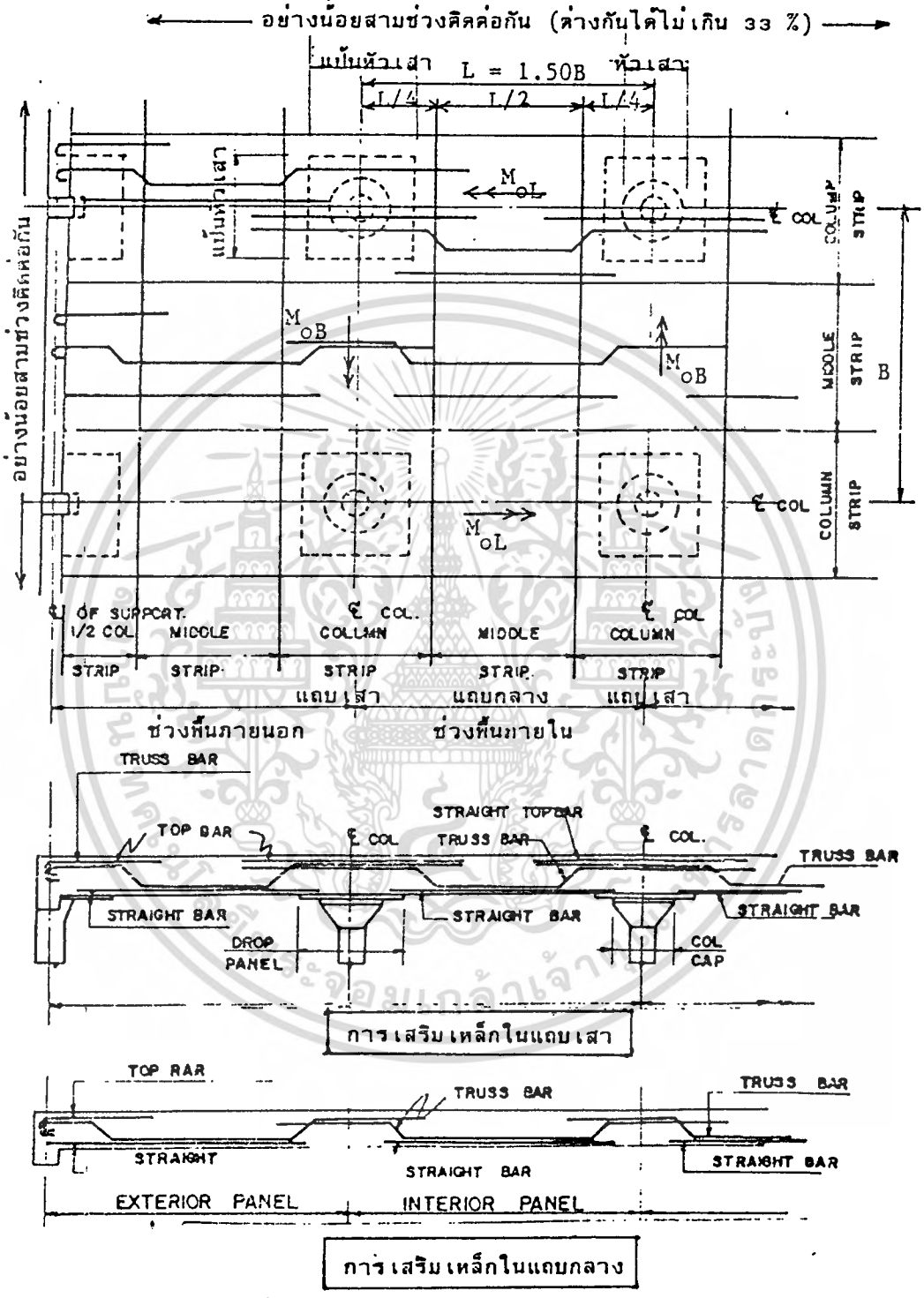
$$M_o = 0.09FWL\left(1 - \frac{2C}{3L}\right)^2 \quad \text{กก.-เมตร}$$

ในที่นี้ W - น้ำหนักทั้งหมดบนช่วงพื้น , กก.

$$F = 1.15 - \frac{C}{L} \geq 1.00$$

ถ้าช่วงพื้นเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดกว้าง B ยาว L คำนวณค่า M_o ได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$M_{oL} = 0.09FWL\left(1 - \frac{2C}{3L}\right)^2 \quad \text{กก.-เมตร}$$

$$M_{oB} = 0.09FWL\left(1 - \frac{2C}{3L}\right)^2 \quad \text{กก.-เมตร}$$

รูปที่ 2.12 แสดงทิศทางของโมเมนต์ M_{oL} และ M_{oB} โดยใช้กฎมือขวา

ค่าโมเมนต์ M_o นี้ จะกระจายไปเป็นโมเมนต์บวกและโมเมนต์ลบในแถบกลางและแถบเสาของแผ่นพื้นช่วงนั้นๆ โดยอาศัยค่าสัมประสิทธิ์ที่คิดเป็นร้อยละของ M_o ดังตารางที่ 2.2 ก ซึ่งจะเห็นว่าค่าสัมประสิทธิ์สำหรับช่วงพื้นภายในไม่ขึ้นอยู่กับชนิดของที่รองรับที่ตรงปลายหรือตรงด้านข้างเลย แต่ค่าสัมประ-สิทธิ์สำหรับช่วงพื้นนอกสุดจะขึ้นอยู่กับชนิดของที่รองรับด้านข้างขนานกับแถบ และตรงปลายของขอบแผ่นพื้น ซึ่งตั้งได้ฉากกับแถบที่กำลังพิจารณา ดังตารางที่ 2.2 ข

นอกจากนี้ทาง วสท. ยังได้นำค่าจากตาราง 2.2 ก และ ข มาทำเป็นตารางใหม่เพื่อให้สามารถดูค่าได้ง่ายขึ้นตามตารางที่ 2.3 ก สำหรับการออกแบบพื้นที่ไม่มีแป้นหัวเสา และตารางที่ 2.3 ข สำหรับการออกแบบพื้นที่มีแป้นหัวเสา

2.5.5 <u>แรงเฉือนในแผ่นพื้นไร้คาน</u>

ในการออกแบบแผ่นพื้นไร้คาน จะต้องพิจารณาแรงเฉือนที่เกิดขึ้น ณ หน้าตัดวิกฤติ คือ ตรงหน้าตัดตามแนวดิ่ง ตามเส้นรอบรูป b_o ซึ่งห่างจากขอบของเสา, หัวเสา หรือ ขอบของแป้นหัวเสา เป็นระยะ d/2 โดยมีศูนย์กลางร่วมกันดังรูปที่ 2.13 โดยกำหนดว่า

หน่วยแรงเฉือน $v = \frac{V}{b_o d} \leq v_c = 0.53\sqrt{f'_c}$ กก./ตาราง ซม.

เมื่อจำเป็นต้องใช้เหล็กเสริมรับแรงเฉือน เหล็กเส้นแรกจะต้องห่างจากขอบของที่รองรับไม่เกินระยะ $\frac{d}{2}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก) โมเมนต์ในช่วงแผ่นพื้นไร้คานคิดเป็นร้อยละของ M_o

แถบ	หัวเสา	ชนิดของที่รองรับด้านข้าง	ชนิดของที่รองรับตรงปลาย	ช่วงขนนอกสุด			ช่วงขนถัดใน	
				โมเมนต์ลบขอบนอกสุด	โมเมนต์บวก	โมเมนต์ลบขอบใน	โมเมนต์บวก	โมเมนต์ลบ
แถบเสา	มีเสียน		A	44				
			B	36	24	56	20	50
			C	6	36	72		
	ไม่มีเสียน		A	40				
			B	32	28	50	22	56
			C	6	40	66		
แถบกลาง	มีเสียน		A	10				
			B	20	20	17*	15	15*
			C	6	26	22*		
	ไม่มีเสียน		A	10				
			B	20	20	18*	16	16*
			C	6	28	24*		
ส่วนของพื้นติดกับขอบหรือผนัง	มีเสียน	1	A	22				
			B	18	12	28	10	25
			C	3	18	36		
		2	A	17				
			B	14	9	21	8	19
			C	3	14	27		
		3	A	11				
			B	9	6	14	5	13
			C	3	9	18		
	ไม่มีเสียน	1	A	20				
			B	16	14	25	11	23
			C	3	20	33		
		2	A	15				
			B	12	11	19	9	18
			C	3	15	25		
		3	A	10				
			B	8	7	13	6	12
			C	3	10	17		

*ด้านกลางต่อเนื่องกัน ผ่านที่รองรับชนิด B หรือ C ใช้เพิ่มโมเมนต์ลบจากเส้นสองไว้ในตารางอีกร้อยละ 30 สำหรับค่าอื่นๆไม่ต้องเพิ่ม :

ตาราง 2.2ก

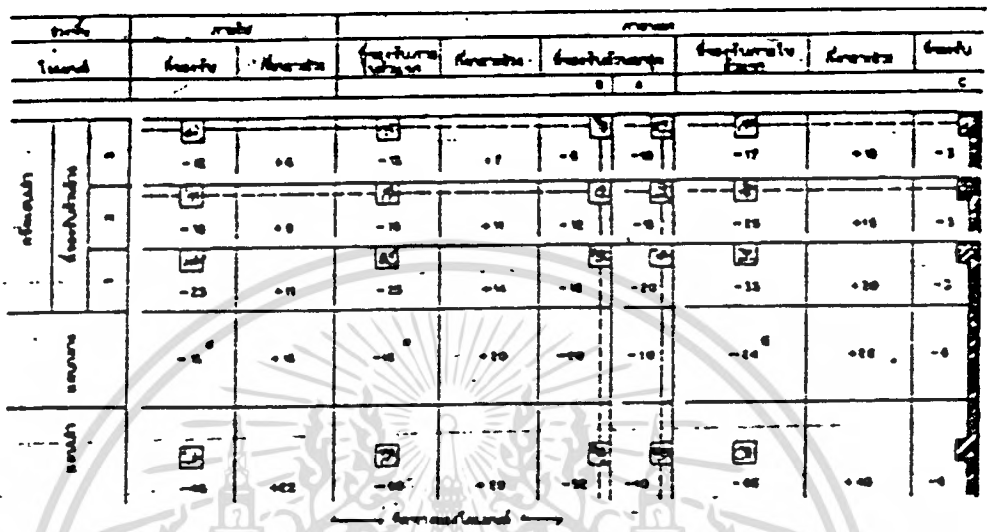
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ข) ชนิดของที่รองรับ

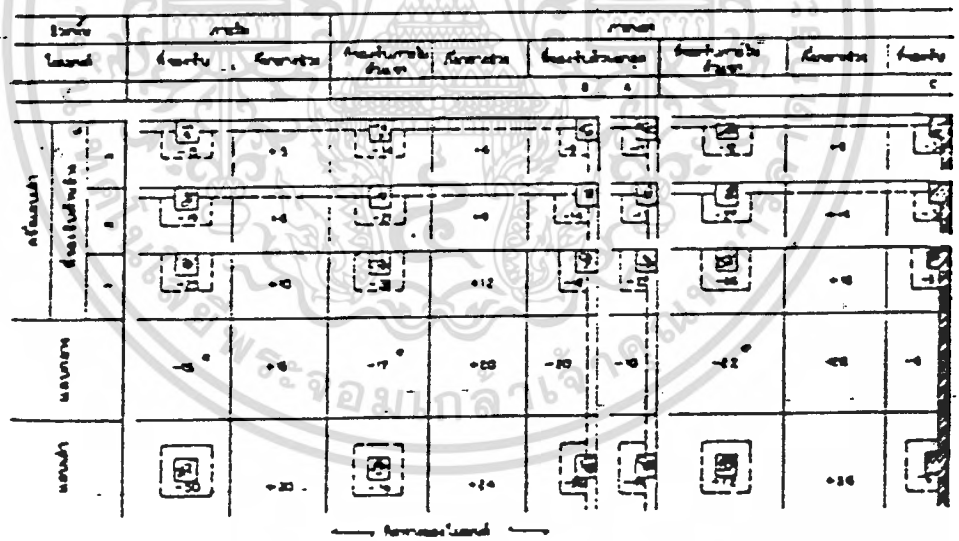
ร้อยละของน้ำหนักที่ลงบนช่วงพื้น ซึ่งจะได้จากคานขอบหรือผนังที่เป็นตัวรับเพิ่มเติมจากน้ำหนักที่กดลงโดยตรง	ชนิดของที่รองรับ		
	ที่รองรับด้านข้าง ขนาดกับแถบ	สภาพกลางด้านข้างหรือด้านปลายตรงขอบของแผ่นพื้นที่มีความหนา t	ที่รองรับที่ปลายซึ่งตั้งได้ฉากกับแถบ
0	1	เสาที่มีคาน	A
20	2	เสาที่มีคานหนา 5t/4	
40	3	เสาที่มีคานซึ่งมีความหนา 3t หรือมากกว่านั้น	B
		ผนัง คสล. หล่อเป็นเนื้อเดียวกับแผ่นพื้น	
		ผนังก่อหรืออย่างอื่นซึ่งให้สภาพยึดรั้งน้อยมาก	C

ตาราง 2.2 ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



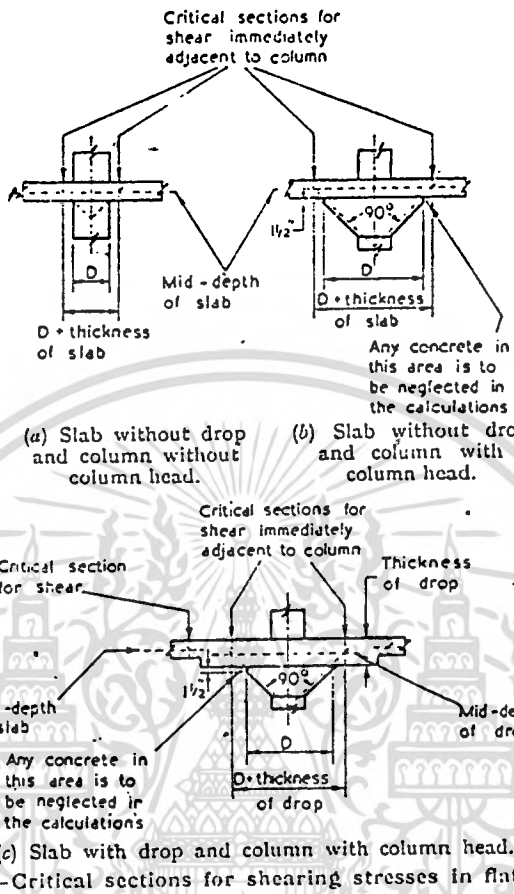
(ก) โมเมนต์ดัดแผ่นพื้นไร้คาน (ที่ไม่มีแป้นหัวเสา) คิดเป็นร้อยละของ M_o



โมเมนต์ดัดแผ่นพื้นไร้คาน (ที่มีแป้นหัวเสา) คิดเป็นร้อยละของ M_o

ตาราง 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.13

2.5.6 <u>การตรวจสอบแรงยึดเหนี่ยว</u>

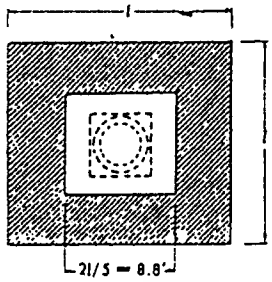
เมื่อทำการตรวจสอบโมเมนต์ดัดและแรงเฉือนแล้ว ถัดมาก็จะเป็นการตรวจสอบแรงยึดเหนี่ยว ซึ่งได้มีการกำหนดว่า ระยะที่จะทำการตรวจสอบแรงยึดเหนี่ยวคือที่ 2L/5 จากเส้นแบ่งศูนย์กลางเสา จากสูตร

$$\text{หน่วยแรงยึดเหนี่ยว} \quad u = \frac{V}{\Sigma o.jd} \leqslant \text{หน่วยแรงยึดเหนี่ยวที่ยอมให้}$$

$$\text{หน่วยแรงยึดเหนี่ยวที่ยอมให้} = 1.615\sqrt{f'_c}/D \quad (\text{กก./ซม.}^2)$$

ดังแสดงได้ตามรูป 2.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Area loaded for bond investigation.

รูป 2.14

2.5.7 <u>การจัดเหล็กเสริมในแผ่นพื้นไร้คาน</u>

การเสริมเหล็กสองทางที่ตั้งฉากกันในแผ่นพื้นไร้คาน เป็นวิธีที่ง่าย และสะดวกต่อการออกแบบและก่อสร้าง โดยต้องจัดเหล็กเสริมให้เรียงสม่ำเสมอกันตลอดแถบของช่วงพื้นแต่ละแถบ โดยมีระยะห่างของเหล็กเสริมแต่ละเส้นไม่เกินกว่า 2 เท่าของความหนาของแผ่นพื้น มีเนื้อที่หน้าตัดเหล็กเสริมไม่น้อยกว่า 0.002 ของหน้าตัดคอนกรีตในแถบเสาของช่วงพื้น จะต้องมีเหล็กเสริมรับโมเมนต์ลบอย่างน้อยหนึ่งในสี่ผ่านระยะเส้นรอบรูปซึ่งอยู่ห่างจากขอบของเสาหรือหัวเสาเป็นระยะ d แต่กรณีที่มีแป้นหัวเสาให้มีเหล็กเสริมรับโมเมนต์ลบอย่างน้อยหนึ่งในสองผ่านระยะแป้น

ในช่วงนอกสุดของแผ่นพื้นให้ต่อเหล็กเสริมรับโมเมนต์บวกซึ่งตั้งได้ฉากกับขอบที่ไม่มีการต่อเนื่องออกไปยังขอบของแผ่นพื้น และต้องมีระยะฝังในคานขอบ, ผนังหรือเสาอย่างน้อย 15 ซม.และให้ยึดเหล็กเสริมรับโมเมนต์ลบทั้งหมดซึ่งตั้งได้ฉากกับขอบที่ไม่มีการต่อเนื่องเข้าในคานขอบ, ผนัง หรือเสา โดยวิธีงอเหล็กหรือโดยวิธีอื่นๆ

ความยาวของเหล็กเสริมรับโมเมนต์ลบ และเหล็กเสริมโมเมนต์บวกที่ต้องใช้อย่างน้อยในแถบเสาและแถบกลางของช่วงพื้น ต้องเป็นไปตามที่กำหนดในตารางที่ 2.4ก และ ข แต่ถ้าต้องการเทียบเป็นรูปก็สามารถดูจากตารางที่ 2.5ก และ ข

ตัวอย่างการเสริมเหล็กในแต่ละแถบนั้น สามารถดูได้จากรูป 2.15 และ2.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก) ค่าน้อยที่สุดของความยาวของเหล็กเสริมลบ

ชนิด	ร้อยละของเหล็กเสริมที่จะต้องดัดออกไปต้องไม่น้อยกว่า	ระยะสั้นที่สุดจากศูนย์กลางของเสาไปยังปลายของเหล็กตรงหรือไปยังจุดหักของเหล็กคอม้า			
		แผ่นพื้นไร้คานที่ไม่มีแป้นหัวเสา		แผ่นพื้นไร้คานที่มีแป้นหัวเสา	
		เหล็กตรง	จุดหักของเหล็กคอม้าที่งอลงแล้วเดินต่อเป็นเหล็กเสริมบวก	เหล็กตรง	จุดหักของเหล็กคอม้าที่งอลงแล้วเดินต่อเป็นเหล็กเสริมบวก
เหล็กเสริมในแถบเสา	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 33	0.30l+		0.33l++	
	ไม่น้อยกว่าอีกร้อยละ 34	0.27l+		0.30l++	
	ส่วนที่เหลือ+	0.25l หรือ 0.20l		0.25l หรือ ต่อไปโค้งขอบแป้นหัวเสา แต่ต้องไม่น้อยกว่า 0.20l	
เหล็กเสริมในแถบกลาง	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 50	0.25l		0.25l	
	ส่วนที่เหลือ+++	0.25l หรือ 0.15l		0.25l หรือ 0.15l	

* สำหรับที่รองรับตัวนอกสุด ซึ่งมีผนังก่อหรือสิ่งก่อสร้างอย่างอื่นที่ยึดรั้งแผ่นพื้นไว้เชียงเล็กน้อย ไม่จำเป็นต้องต่อเหล็กเสริมลบให้เลยจากศูนย์กลางของที่รองรับนั้นเกิน 0.20l

+ ถ้าไม่ได้เสริมเหล็กคอม้า และถ้าเหล็กตรงที่ยาว 0.30l มีปริมาณไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 ของปริมาณเหล็กเสริมที่ต้องการทั้งหมดแล้ว อาจจะดัดเหล็กตรงที่ยาว 0.27l ทิ้งก็ได้

++ ถ้าไม่ได้เสริมเหล็กคอม้า และถ้าเหล็กตรงที่ยาว 0.30l มีปริมาณไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 ของปริมาณเหล็กเสริมที่ต้องการทั้งหมดแล้ว อาจจะดัดเหล็กตรงที่ยาว 0.30l ทิ้งก็ได้

+++ เหล็กเสริมอาจจะเป็นเหล็กตรง เหล็กคอม้า หรือคละกันระหว่างเหล็กตรงกับเหล็กคอม้าก็ได้ สำหรับปลายข้างใดข้างหนึ่งให้ถือว่าเหล็กเสริมทั้งหมดเป็นเหล็กตรง นอกจากจะงอคอม้าที่ปลายข้างนั้น และเดินต่อไปเป็นเหล็กเสริมบวก

ตาราง 2.4ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

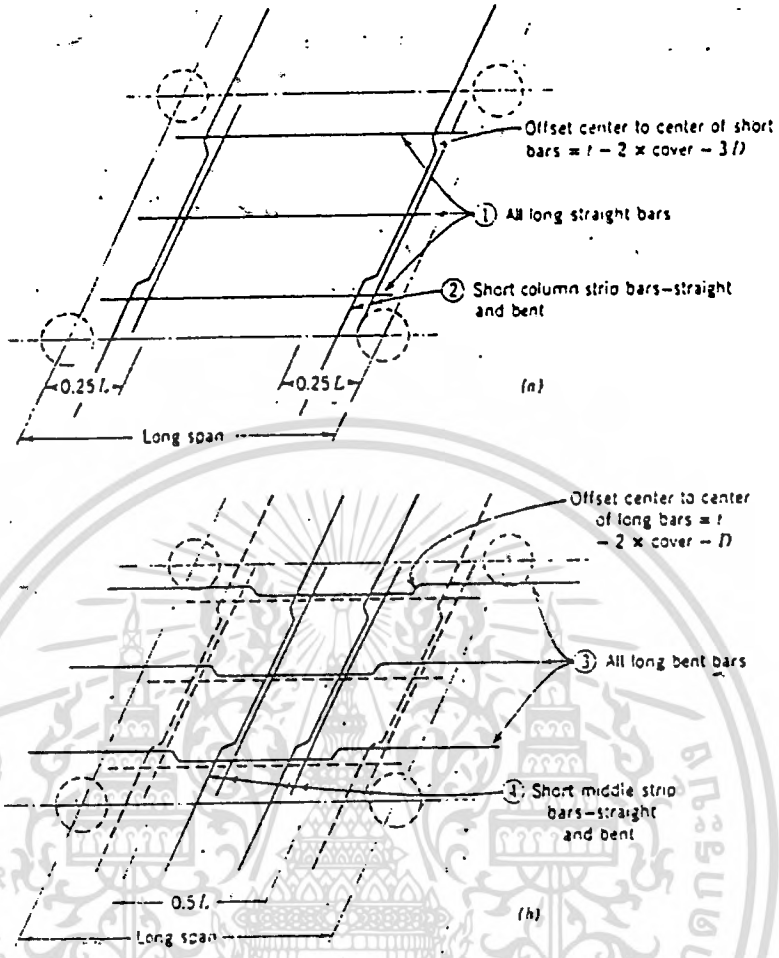
(ข) ค่าน้อยที่สุดของความยาวของเหล็กเสริมบวก

แถบ	ร้อยละของเนื้อที่เหล็กเสริมที่จะต้องต่ออีกไปต้องไม่น้อยกว่า	ระยะมากที่สุดจากศูนย์กลางของเสาไปยังปลายของเหล็กตรงหรือไปยังจุดหักของเหล็กคอม้า			
		แผ่นพื้นไร้คานที่ไม่มีแป้นหัวเสา		แผ่นพื้นไร้คานที่มีแป้นหัวเสา	
		เหล็กตรง	จุดหักของเหล็กคอม้าที่งอลงแล้วเดินต่อเป็นเหล็กเสริมบวก	เหล็กตรง	จุดหักของเหล็กคอม้าที่งอลงแล้วเดินต่อเป็นเหล็กเสริมบวก
เหล็กเสริมในแถบเสา	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 33	0.125L		ต้องฝังในแป้นหัวเสาอย่างน้อย 16 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางเหล็กเสริม และต้องไม่น้อยกว่า 25 ซม.	
	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 50*	7.5 ซม. หรือ 0.25L			
	ส่วนที่เหลือ*	0.125L	หรือ 0.25L	ต้องฝังในแป้นหัวเสาอย่างน้อย 16 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางเหล็กเสริม และต้องไม่น้อยกว่า 25 ซม.	หรือ 0.25L*
เหล็กเสริมในแถบกลาง	ร้อยละ 50	0.15L		0.15L	
	ร้อยละ 50*	7.5 ซม.	หรือ 0.25L	7.5 ซม. หรือ 0.25L	

* เหล็กเสริมอาจจะเป็นเหล็กตรง เหล็กคอม้า หรือคละกันระหว่างเหล็กตรงกับเหล็กคอม้าก็ได้ สำหรับปลายข้างใดข้างหนึ่งให้ถือว่าเหล็กเสริมทั้งหมดเป็นเหล็กตรง นอกจากจะงอคอม้าที่ปลายข้างนั้น และเดินต่อไปเป็นเหล็กเสริมลบ

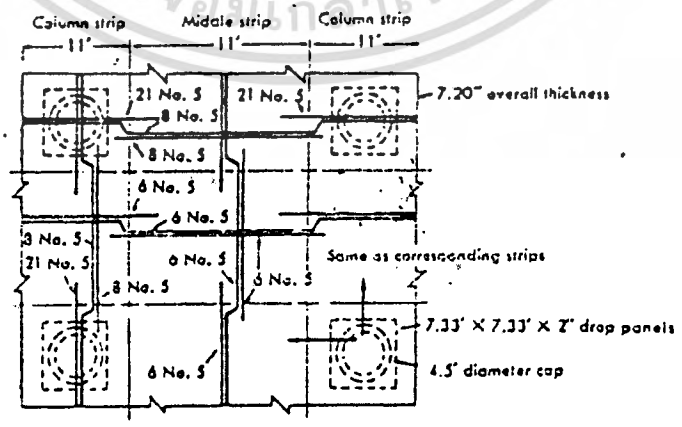
ตาราง 2.4ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Placement sequence for steel. (*a*) First two groups. (*b*) Remaining two groups.

รูป 2.15



Sketch of dimensions and steel arrangement.

รูป 2.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
รายละเอียด Project

ลักษณะทั่วไปของโปรแกรม

โปรแกรมที่ใช้ในการออกแบบพื้นไร้คานนี้ เป็นการนำเอาทฤษฎีและหลักการคำนวณตามที่ได้ใช้ออกแบบมาประยุกต์ใช้กับคอมพิวเตอร์ โดยสามารถแบ่งโปรแกรมออกได้เป็น 4 ส่วนดังนี้

3.1. ส่วนสำหรับใส่ข้อมูล

3.2. ส่วนคำนวณหาค่าต่างๆ

3.3. ส่วนแสดงผล

3.4. ส่วนคำสั่งมาโคร

3.1. <u>ส่วนสำหรับใส่ข้อมูล</u> ในส่วนนี้จะเป็นการบันทึกค่าต่างๆซึ่งจะเกี่ยวกับขนาดต่างๆที่ต้องการ, คุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ออกแบบ และน้ำหนักบรรทุก ซึ่งสามารถแยกประเภทข้อมูลออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

3.1.1 สามารถใส่ค่าได้เลย

3.1.2 จะต้องเลือกจากค่าที่ให้

3.1.1 <u>ประเภทสามารถใส่ค่าได้เลย</u> จะเป็นข้อมูลซึ่งจำเป็นที่จะต้องใช้ในการออกแบบ ก็คือ

- ขนาดช่วงพื้น จะต้องบอกทั้ง 2 ค่าคือ ด้านกว้าง และด้านยาว โดยใช้หน่วยเป็นเมตร
- คุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ (คอนกรีต, เหล็กเสริม และอัตราส่วนโมดูลัส)
  คอนกรีต จะต้องใส่ค่า f'_c โดยใส่หน่วยเป็น กก./ซม.^{2}
  เหล็กเสริม จะต้องใส่ค่า f_s (กก./ซม.^{2}) และขนาดเหล็กเสริม
- น้ำหนักจร บอกเป็น กก. ต่อตารางเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ค่าต่างๆ เกี่ยวกับเสา แบ่งเป็น 2 กรณี

กรณีไม่มีเสาบน จะต้องบอกค่า

H - ความสูงของชั้นล่าง

h - ระยะจากขอบบนสุดของพื้นถึงขอบล่างสุดของหัวเสา

กรณีมีทั้งเสาบนและเสาล่าง จะต้องบอกค่าความสูงของชั้นบนและชั้นล่าง

3.1.2 ประเภทเลือกจากค่าที่ให้ ก็จะเป็นค่าซึ่งได้จากการคำนวณมาในขั้นหนึ่งแล้ว คือ

- ขนาดหัวเสา (Column Capital) จะมีค่าอยู่ระหว่าง (0.2-0.25)L แล้วให้เลือกขนาดที่จะใช้ ถ้าไม่มีหัวเสาจะใช้ขนาดเสาซึ่งอาจจะต่ำกว่าค่าที่ให้ก็ได้

- ขนาดแป้นหัวเสา (Drop Panel) จะอยู่ระหว่าง (0.3-0.5)L

- ค่าสัมประสิทธิ์ของ f'_c จะมีค่าให้เลือก 2 ค่าคือ 0.375 กับ 0.45 เพื่อนำไปใช้ในการหาค่า f_c

3.2. ส่วนคำนวณหาค่าต่างๆ ในส่วนนี้จะเป็นการคำนวณหาค่าต่างๆของแผ่นพื้นโดยจะหาค่าต่างๆ ดังต่อไปนี้

3.2.1 ความหนาแผ่นพื้น (t) แบ่งเป็น 2 กรณีคือ

1) กรณีมีแป้นหัวเสา ประกอบด้วยค่าความหนาทั่วไป, ที่แป้นและที่คานขอบซึ่งมีการพิจารณาตามข้อกำหนดดังนี้

ทั่วไป (t_2) จะพิจารณาจากค่าต่อไปนี้

ข้อจำกัดของความหนาแผ่นพื้น สำหรับไม่ต้องคำนวณการโก่งของพื้น

ความหนาต่ำสุด $t_2 = L/40$, $\geq$ 10 ซม. , $\geq t_1/1.5$ หรือ

$$t_2 = 0.091L\left(1 - \frac{2C}{3L}\right)\sqrt{\frac{w'}{(f'_c/144)}} + 2.54 \text{ ซม.}$$

L - ความยาวช่วงพื้น (ม.)

C - ขนาดหัวเสา (ม.)

w' - น้ำหนักบรรทุก (DL + LL) (กก. ต่อตารางเมตร)

f'_c - กำลังอัดของคอนกรีต (กก./ซม.^{2})

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้น จะพิจารณาเป็น 2 ทาง คือช่วงกว้าง กับช่วงยาวจากสูตร

ช่วงยาว (L) $M_{oL} = 0.09\ FWL \left(1- \frac{2C}{3L}\right)^2$

ช่วงกว้าง (B) $M_{oB} = 0.09\ FWB \left(1- \frac{2C}{3B}\right)^2$

$F = 1.15 - \frac{C}{L} \geq 1.00$

W - น้ำหนักบรรทุกทั้งหมด (กก.)

L - ด้านยาว (ม.)

B - ด้านกว้าง(ด้านแคบ) (ม.)

C - ขนาดหัวเสา (ม.)

จากนั้นจึงนำค่าโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นมาหาความหนาพื้นที่ต้องการ

$t = d +$ คอนกรีตหุ้ม(2 ซม.) + ขนาดเหล็กเสริม

และ $d = \sqrt{\frac{M}{Rb}}$

M - โมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้น เป็นโมเมนต์บวก ใช้ค่า $0.24\ M_o$

$R = \frac{1}{2}.f_c kj$

f_c - หน่วยแรงที่ยอมให้ของคอนกรีต

$k = \frac{1}{(1 + f_s/nf_c)}$

f_s - หน่วยแรงที่ยอมให้ของเหล็กเสริม

f'_c - กำลังอัดของคอนกรีต

n - อัตราส่วนโมดูลัส

$j = 1 - k/3$

$b = \frac{3}{4}$ ของความกว้างของแถบที่พิจารณา (= $B.\frac{3}{8}$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงเฉือนที่เกิดขึ้น พิจารณาเป็นเสาสี่เหลี่ยมโดยพิจารณากลับกัน คือ หาค่าความหนาโดยใช้ค่าหน่วยแรงที่ยอมให้มากที่สุด

- $v_c = 0.53\sqrt{f'_c}$

พิจารณาที่ระยะ d/2 ห่างจากขอบของแป้นหัวเสา

$$d = \frac{V}{v_c . b_o}$$

V - แรงเฉือนที่เกิดขึ้น ($V = w'(L.B-((D_L+d)(D_B+d)))$)

v_c - หน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้

b_o - เส้นรอบรูป ($b_o = 2(D_L+D_B+2d)$)

L, B - ขนาดช่วงพื้น

D_L, D_B - ขนาดแป้นหัวเสาในแต่ละทิศทาง

w' - DL + LL (กก. ต่อตารางเมตร)

การคำนวณหาค่า t นั้นจะทำไปพร้อมๆกัน ทั้ง worksheet และทำซ้ำเป็นจำนวน 10 รอบจะได้ค่าน้อยที่สุดออกมา แล้วจึงนำค่านั้นไปหาความหนาของ t1 ต่อไป แล้วจึงนำไปคำนวณหาค่าปริมาณเหล็กเสริมอีกครั้ง

<u>ที่แป้น</u> (t_1) จะมีการคำนวณหาค่าโดยต้องพิจารณาดังต่อไปนี้

ข้อจำกัดของความหนาแผ่นพื้น สำหรับไม่ต้องคำนวณการโก่งของพื้น

ความหนาต่ำสุด $t_1 = 0.106L\left(1-\frac{2C}{3L}\right)\sqrt{\frac{w'}{(f'_c/144)}} + 3.81$ ซม.

และไม่เกิน $1.5t_2$ หรือ $t_2 + (D-C)/8$

L - ความยาวช่วงพื้น (ม.)

C - ขนาดหัวเสา (ม.)

w' - น้ำหนักบรรทุก (DL + LL) (กก. ต่อตารางเมตร)

f'_c - กำลังอัดของคอนกรีต (กก./ซม.^{2})

โมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้น จะพิจารณาเป็น 2 ทาง คือช่วงกว้าง กับช่วงยาวจากสูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วงยาว (L) $M_{oL} = 0.09\ FWL \left(1 - \frac{2C}{3L}\right)^2$

ช่วงกว้าง (B) $M_{oB} = 0.09\ FWB \left(1 - \frac{2C}{3B}\right)^2$

$F = 1.15 - \frac{C}{L} \geq 1.00$

W - น้ำหนักบรรทุกทั้งหมด (กก.)

L - ด้านยาว (ม.)

B - ด้านกว้าง(ด้านแคบ) (ม.)

C - ขนาดหัวเสา (ม.)

จากนั้นจึงนำค่าโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นมาหาความหนาพื้นที่ต้องการ

$t = d +$ คอนกรีตหุ้ม(2 ซม.) + ขนาดเหล็กเสริม

และ $d = \sqrt{\frac{M}{Rb}}$

M - โมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้น เป็นโมเมนต์ลบ ใช้ค่า $0.56\ M_o$

$R = \frac{1}{2}.f_c kj$

f_c - หน่วยแรงที่ยอมให้ของคอนกรีต

$k = \frac{1}{(1 + f_s/f_c)}$

f_s - หน่วยแรงที่ยอมให้ของเหล็กเสริม

f'_c - กำลังอัดของคอนกรีต

n - อัตราส่วนโมดูลัส

$j = 1 - k/3$

$b = \frac{3}{4}$ ของความกว้างของแถบที่พิจารณา $= D.\frac{3}{4}$

แรงเฉือนที่เกิดขึ้น พิจารณาเป็นเสาสี่เหลี่ยมโดยพิจารณากลับกัน คือ หาค่าความหนาโดยใช้ค่าหน่วยแรงที่ยอมให้มากที่สุด จากกรณี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- $v_c = 0.53\sqrt{f'_c}$

พิจารณาที่ระยะ d/2 ห่างจากหัวเสา โดยใช้ค่า d จากกรณีต่างๆข้างต้น

$$d = \frac{V}{v_c . b_o}$$

V - แรงเฉือนที่เกิดขึ้น ($V = w'(L.B-((C_L+d)(C_B+d)))$)

v_c - หน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้

b_o - เส้นรอบรูป ($b_o = 2(C_L+C_B+2d)$)

L, B - ขนาดช่วงพื้น

C_L, C_B - ขนาดหัวเสาในแต่ละทิศทาง

w' - DL + LL (กก. ต่อตารางเมตร)

<u>ที่คานขอบ</u> (t_b) จะมีความหนาเท่ากับ $5t_1/4$

หลังจากที่ได้มีการคำนวณเรียบร้อยก็จะแสดงค่า t_1, t_2 และ t_b แล้วจึงนำค่าทั้งสามที่ได้ไปหาค่าปริมาณเหล็กเสริม

2) <u>กรณีไม่มีแป้นหัวเสา</u> ก็จะพิจารณาคล้ายกับแบบมีแป้นแต่จะมีขนาดความหนาเท่ากันตลอดแผ่น ในกรณีที่มีคานขอบจะมีความหนาที่คานขอบ(t_b) เพิ่มขึ้นมาจึงต้องพิจารณาดังต่อไปนี้

<u>ทั่วไป</u> (t) จะต้องพิจาณาดังต่อไปนี้

ข้อจำกัดของความหนาแผ่นพื้น สำหรับไม่ต้องคำนวณการโก่งของพื้น

ความหนาต่ำสุด $t_1 = L/36$, $\geq$ 12 ซม. หรือ

$$t_1 = 0.106L\left(1 - \frac{2C}{3L}\right)\sqrt{\frac{w'}{(f'_c/144)}} + 3.81 \text{ ซม.}$$

L - ความยาวช่วงพื้น (ม.)

C - ขนาดหัวเสา (ม.)

w' - น้ำหนักบรรทุก (DL + LL) (กก. ต่อตารางเมตร)

f'_c - กำลังอัดของคอนกรีต (กก./ซม.^{2})

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้น จะพิจารณาเป็น 2 ทาง คือช่วงกว้าง กับช่วงยาวจากสูตร

ช่วงยาว (L) $M_{oL} = 0.09\ FWL \left(1 - \frac{2C}{3L}\right)^2$

ช่วงกว้าง (B) $M_{oB} = 0.09\ FWB \left(1 - \frac{2C}{3B}\right)^2$

$F = 1.15 - \frac{C}{L} \geq 1.00$

W - น้ำหนักบรรทุกทั้งหมด (กก.)

L - ด้านยาว (ม.)

B - ด้านกว้าง(ด้านแคบ) (ม.)

C - ขนาดหัวเสา (ม.)

จากนั้นจึงนำค่าโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นมาหาความหนาพื้น t ที่ต้องการ จาก

$t = d +$ คอนกรีตหุ้ม(2 ซม.) + ขนาดเหล็กเสริม

และ $d = \sqrt{\frac{M}{Rb}}$

M - โมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้น จะพิจารณาที่ค่ามากที่สุดที่เป็นโมเมนต์ลบซึ่งมีค่าเท่ากับ $0.5\ M_o$

$R = \frac{1}{2} f_c kj$

f_c - หน่วยแรงที่ยอมให้ของคอนกรีต

$k = \frac{1}{(1 + f_s/nf'_c)}$

f_s - หน่วยแรงที่ยอมให้ของเหล็กเสริม

f'_c - กำลังอัดของคอนกรีต

n - อัตราส่วนโมดูลัส

$j = 1 - k/3$

b = $\frac{3}{4}$ ของความกว้างของแถบที่พิจารณา แบ่งเป็น 2 กรณี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีโมเมนต์ลบ $b = D.\frac{3}{4}$

กรณีโมเมนต์บวก $b = B.\frac{3}{8}$

โดยที่ค่า M และ b จะอยู่ในแนวเดียวกัน (กว้าง หรือยาว)

แรงเฉือนที่เกิดขึ้น พิจารณาเป็นเสาสี่เหลี่ยมโดยพิจารณากลับกัน คือ หาค่าความหนาโดยใช้ค่าหน่วยแรงที่ยอมให้มากที่สุด จาก 2 กรณี

- $v_c = 0.53\sqrt{f'_c}$

พิจารณาที่ระยะ d/2 ห่างจากหัวเสา โดยใช้ค่า d จากกรณีต่างๆข้างต้น

$$d = \frac{V}{v_c . b_o}$$

V - แรงเฉือนที่เกิดขึ้น ($V = w'(L.B-((C_L+d)(C_B+d)))$)

v_c - หน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้

b_o - เส้นรอบรูป ($b_o = 2(C_L+C_B+2d)$)

L, B - ขนาดช่วงพื้น

C_L, C_B - ขนาดหัวเสาในแต่ละทิศทาง

w' - DL + LL (กก. ต่อตารางเมตร)

พิจารณาที่ระยะ d/2 ห่างจากขอบของแป้นหัวเสา

$$d = \frac{V}{v_c . b_o}$$

V - แรงเฉือนที่เกิดขึ้น ($V = w'(L.B-((D_L+d)(D_B+d)))$)

v_c - หน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้

b_o - เส้นรอบรูป ($b_o = 2(D_L+D_B+2d)$)

L, B - ขนาดช่วงพื้น

D_L, D_B - ขนาดแป้นหัวเสาในแต่ละทิศทาง

w' - DL + LL (กก. ต่อตารางเมตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ทั้งนี้ให้ลบข้อความนี้ออกก่อนนำเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ที่คานขอบ</u> (t_b) จะมีความหนาเท่ากับ 5t/4

เมื่อการพิจารณาตามข้อกำหนดต่างๆเสร็จเรียบร้อย ก็จะได้ค่าความหนา t และ t_b ออกมา โปรแกรมก็จะนำค่าทั้งสองปใช้หาค่าปริมาณเหล็กเสริมต่อไป

3.2.2 ปริมาณเหล็กเสริม (A_s) จะเป็นการนำค่าความหนาแผ่นพื้นที่ใส่ลงไปนั้นไปคำนวณหาค่าปริมาณเหล็กเสริม ซึ่งจะได้ออกมาเป็นจำนวนเหล็กเสริมตามขนาดที่ได้กำหนดไว้ โดยมีขั้นตอนดังนี้

(1) นำค่าความหนาที่ได้ไปหาน้ำหนักบรรทุกทั้งหมด(W) จาก

กรณีมีแป้น W = น้ำหนักจร + น้ำหนักบรรทุกคงที่

น้ำหนักจร = LL(กก. ต่อตารางเมตร)x B x L (กก.)

น้ำหนักบรรทุกคงที่ = น้ำหนักพื้น

$$= (t_2.B.L + (t_1-t_2)D_L.D_B).24$$

โดยที่ t_1, t_2 - ความหนา (ซม.)

B,L - ขนาดช่วงพื้น (ม.)

D_B, D_L - ขนาดแป้นหัวเสา (ม.)

กรณีไม่มีแป้น W = น้ำหนักจร + น้ำหนักบรรทุกคงที่

น้ำหนักจร = LL(กก. ต่อตารางเมตร)x B x L (กก.)

น้ำหนักบรรทุกคงที่ คือ น้ำหนักพื้น

$$= t.B.L.24$$

โดยที่ t_1, t_2 - ความหนา (ซม.)

B,L - ขนาดช่วงพื้น (ม.)

(2) นำค่า W ไปหาค่า M_{oL}, M_{oB} จากสูตร

$$M_{oL} = 0.09\ FWL \left(1 - \frac{2C}{3L}\right)^2$$

$$M_{oB} = 0.09\ FWB \left(1 - \frac{2C}{3B}\right)^2$$

(3) นำค่าร้อยละของ M_o ในแต่ละช่วงแผ่นพื้นไว้คานไปหาปริมาณเหล็กเสริม จากสูตร

$$\text{ปริมาณเหล็กเสริม } (A_s) = \frac{M}{f_s.jd}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(4) ตรวจสอบแรงยึดเหนี่ยว ก็จะพิจารณาที่ระยะ L/5 โดยนำค่า d ที่ได้จากการคำนวณมาหาค่า Σo ที่ต้องการ แล้วจึงเทียบกลับเป็นปริมาณเหล็กเสริม (A_s) ที่ต้องการอีกทีหนึ่ง และใช้ค่ามากเมื่อเทียบกับการหาโดยใช้ร้อยละของ M_o โดยได้จากสูตรดังนี้

$$\Sigma o = \frac{V}{u.d.j}$$

Σo - ความยาวเส้นรอบรูปของเหล็กเสริมที่ต้องการหา

V - แรงเฉือนที่เกิดขึ้น $V = \frac{w'.L.B}{4}\left(1 - \frac{2}{5}\right)^2$

u - หน่วยแรงยึดเหนี่ยวที่ยอมให้ (= 11 กก./ซม.^{2})

$j = 1 - k/3$

d - ความหนาประสิทธิผล (ซม.)

หลังจากนั้นจึงนำค่า Σo ที่ต้องการไปหาค่าปริมาณเหล็กเสริมจากสูตร

$$\Sigma o = \pi D$$

และ $$A_s = \frac{\pi D^2}{4}$$

ฉะนั้นจะได้ $$A_s = \frac{\Sigma o.D}{4}$$

โดยที่ D - ϕ ของเหล็กเสริม (มม.)

(5) เมื่อได้ปริมาณเหล็กเสริมจากการคำนวณแล้ว ก็จะนำมาเทียบกับค่าน้อยที่สุดที่จำเป็นของเหล็กเสริมพื้น คือ

$$A_{s\ min} = 0.002bt$$

และระยะห่างเหล็กเสริมมากสุด (spacing)

$$S_{max} = 2t$$

(6) เมื่อได้ A_s ทุกๆ ค่า แล้วจึงเลือกค่ามากที่สุดมาหาเป็นจำนวนที่ต้องเสริมในแต่ละกรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 โมเมนต์อินเนอเชียของเสา จะบอกเป็นค่าอย่างต่ำมาแล้วให้คำนวณขนาดเสาให้โดยประมาณ แบ่งการพิจารณาออกเป็น 2 กรณี

กรณีไม่มีเสาเหนือพื้น จะหาได้จากสูตร

$$I_c = \left(2 - 2.3\,\frac{h}{H}\right)\left(\frac{0.083t^3H}{0.5 + W_D/W_L}\right) \geq 42{,}000 \text{ ซม.}^4$$

t - ความหนาของแผ่นพื้น (t หรือ t_2) (ซม.)

W_D - น้ำหนักบรรทุกคงที่ทั้งหมดในช่วงพื้น (กก.)

W_L - น้ำหนักจรทั้งหมดในช่วงพื้น (กก.)

H - ความสูงของชั้นล่าง (ซม.)

h - ระยะจากขอบบนสุดของพื้นถึงขอบล่างสุดของหัวเสา (ซม.)

กรณีมีทั้งเสาบนและเสาล่าง จะหาได้จากสูตร

$$I_c = \frac{0.083t^3H}{0.5 + W_D/W_L} \geq 42{,}000 \text{ ซม.}^4$$

t - ความหนาของแผ่นพื้น (t หรือ t_2) (ซม.)

W_D - น้ำหนักบรรทุกคงที่ทั้งหมดในช่วงพื้น (กก.)

W_L - น้ำหนักจรทั้งหมดในช่วงพื้น (กก.)

H - ความสูงเฉลี่ยของชั้นบนและชั้นล่าง (ซม.)

3.2.4 น้ำหนักถ่ายจากพื้นลงเสาแต่ละชั้น (Reaction) เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณขนาดของเสาแต่ละต้น แบ่งเป็น 3 กรณี

เสาต้นกลาง R = W หรือ W'

เสาต้นริม R = W/2 หรือ W'/2

เสาต้นมุม R = W/4 หรือ W'/4

W - น้ำหนักทั้งหมดในแต่ละช่วงพื้น (กก.)

W' - น้ำหนักทั้งหมดในแต่ละช่วงพื้นที่มีคานขอบ (กก.)

3.2.5 ขนาดเสา จะเป็นค่าโดยประมาณโดยหาจากข้อ 3.2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3. ส่วนแสดงผล ในส่วนนี้จะเป็นการแสดงค่าและผลที่ได้จากการคำนวณ

โดยแยกได้เป็น 2 ลักษณะ คือ 3.3.1 ผังแสดงค่าและขนาดต่างๆ

3.3.2 ตารางแสดงค่าต่างๆจากผัง

3.3.1 <u>ผังแสดงค่าและขนาดต่างๆ</u> ในส่วนนี้จะแสดงเป็นรูปแผ่นพื้นและสัญญลักษณ์แสดงค่าที่ตำแหน่งต่างๆ โดยมีลักษณะดังนี้

(1) เป็นแผ่นพื้นที่มีขนาด 4 ช่วงพื้นในแต่ละด้าน โดยที่แต่ละช่วง จะมีขนาดเท่ากัน

(2) ขนาดที่กำหนดนั้น ในแนวตั้งจะเป็นด้าน B หรือ ด้านแคบ ส่วนในแนวนอนจะหมายถึงด้าน L หรือ ด้านยาว

(3) มีเส้นแบ่งแต่ละช่วงพื้นเป็นแถบเสา, แถบกลาง และครึ่งแถบเสา โดยที่มีครึ่งแถบเสาอยู่ที่ริมพื้นแต่ละด้านซึ่งจะมีสัญญลักษณ์แสดงอยู่ดังนี้

C - Column Strip (แถบเสา)

M - Middle Strip (แถบกลาง)

1/2 C - ครึ่งแถบเสา

(4) หลังจากแบ่งเรียบร้อย ก็จะได้จำนวนกรอบในแต่ละด้านเท่ากับ 9 กรอบ รวมทั้งหมด 81 กรอบ โดยที่ในแต่ละด้านนั้นจะพิจารณาเป็นแถว(แถบ) ซึ่งมีค่าต่างกันในแต่ละแนวเท่ากับ 3 ฉะนั้น จะเท่ากับมีแถวต่างๆ 6 แถว มีตัวเลขกำกับอยู่ตั้งแต่ 1-6

(5) ในแต่ละแถวจะมีตัวอักษรกำหนดค่าในแต่ละกรอบอีกทีหนึ่ง โดยมีทั้งหมด 5 ค่า ใช้อักษร a-e

(6) Reaction และโมเมนต์อินเนอเชียของเสา จะพิจารณาจากตำแหน่งของเสา แยกเป็น 3 ค่า คือ ต้นมุม, ต้นริม และต้นกลาง

3.3.2 <u>ตารางแสดงค่าต่างๆจากผัง</u> แบ่งเป็น 2 ตารางคือ

(1) ตารางแสดงค่าที่เกี่ยวกับพื้นโดยตรง

(2) ตารางแสดงปริมาณเหล็กเสริม

(3) ตารางแสดงค่าเกี่ยวกับเสา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(1) <u>ตารางแสดงค่าที่เกี่ยวกับพื้นโดยตรง</u> ในส่วนนี้จะเป็นการแสดงค่าต่างๆที่เกี่ยวกับการออกแบบพื้นไร้คานโดยตรง จะแสดงค่าต่างๆดังนี้

- ขนาดช่วงพื้น (B x L) มีหน่วยเป็น ซม.
- ขนาดหัวเสา (C_B x C_L) มีหน่วยเป็น ซม.
- ขนาดแป้นหัวเสา (D_B x D_L) มีหน่วยเป็น ซม.
- ความหนาของแผ่นพื้น มีหน่วยเป็น ซม. แบ่งเป็น 2 กรณี คือ

  กรณีมีแป้นหัวเสา

  t_1 - ความหนาแป้นหัวเสา

  t_2 - ความหนาทั่วไป

  t_b - ความหนาที่คานขอบ

  กรณีไม่มีแป้นหัวเสา

  t - ความหนาทั่วไป

  t_b - ความหนาที่คานขอบ
- ปริมาณเหล็กเสริมรับแรงเฉือน โดยบอกเป็นจำนวนเส้น

(2) <u>ตารางแสดงค่าปริมาณเหล็กเสริม</u> ตารางนี้จะแสดงค่าปริมาณเหล็กเสริม (A_s) เป็นจำนวนเส้น และระยะห่าง (spacing) จากกรณีต่างๆ ยกเว้น เนื่องจากแรงเฉือน โดยแยกออกเป็น 4 ตาราง ตามแต่ละกรณี คือ

- กรณีมีแป้น แต่ไม่มีคานขอบ
- กรณีมีแป้น และมีคานขอบ
- กรณีไม่มีแป้น และไม่มีคานขอบ
- กรณีไม่มีแป้น แต่มีคานขอบ

(3) <u>ตารางแสดงค่าเกี่ยวกับเสา</u> ตารางนี้ก็จะแสดงค่าต่างๆนอกเหนือจากตารางทั้งสอง คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ความสูงแต่ละชั้น (H) มีหน่วยเป็น ซม.
  ความสูงชั้นล่าง กรณีไม่มีเสาเหนือพื้น
  ความสูงทั้งชั้นบนและชั้นล่าง กรณีมีเสาบนและเสาล่าง
- ระยะจากขอบบนสุดของพื้นถึงขอบล่างสุดของหัวเสา (h) ซึ่งจะใช้หาค่าโมเมนต์อินเนอเชียในกรณีไม่มีเสาเหนือพื้น โดยมีหน่วยเป็น ซม.
- โมเมนต์อินเนอเชียของเสา มีหน่วยเป็น ซม.^{4} โดยบอกเป็นค่าอย่างน้อยที่ต้องการ
- ค่า Reaction มีหน่วยเป็น กก. โดยบอกเป็นค่าตามตำแหน่งของเสา
- ขนาดเสา มีหน่วยเป็น ซม.

3.4. ส่วนคำสั่งมาโคร ก่อนอื่นก็จะขออธิบายก่อนว่าคำสั่งมาโครคืออะไร มาโคร คือ การนำคำสั่งที่ใช้ในส่วนของ 1-2-3 (ส่วนหนึ่งของโปรแกรมโลตัส) มาเรียงตามลำดับของคำสั่ง ตามลักษณะของงานที่ต้องการตั้งแต่ต้นจนจบ แล้วเก็บไว้ในชื่อชุดของคำสั่ง เมื่อต้องการใช้ก็เพียงเรียกชื่อชุดของคำสั่งนั้นเท่านั้น เช่นชื่อ \A การเรียกใช้ก็จะต้องกด [Alt] ตามด้วยชื่อคือ A

หลังจากที่รู้จักคำสั่งมาโครแล้วก็จะมาดูว่า ในส่วนนี้จะมีคำสั่งมาโครซึ่งใช้ช่วยในการคำนวณให้สะดวกและมีขั้นตอนดีขึ้นนั้นทั้งหมดกี่คำสั่ง ชื่ออะไร และใช้ทำอะไรบ้าง

ในส่วนของคำสั่งมาโครนี้ จะประกอบไปด้วย

3.4.1 \A จะเป็นคำสั่งที่ควบคุมเกี่ยวกับการใส่ค่าต่างๆซึ่งเป็นข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณหาความหนาพื้น และจำนวนเหล็กเสริม โดยแยกเป็นประเภทของข้อมูลและเรียงตามลำดับขั้นตอนดังนี้

(1) ข้อมูลเกี่ยวกับขนาดต่างๆของพื้น จะต้องบอกทั้งด้านกว้างและยาวซึ่งประกอบด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ขนาดช่วงพื้นทั้ง 2 ด้าน (เมตร)
- ขนาดหัวเสา หรือเสาในกรณีที่ไม่มีหัวเสา (เมตร)
- ขนาดแป้นหัวเสา (เมตร)

(2) ข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ แบ่งเป็น 2 อย่าง คือ คอนกรีตและเหล็กเสริม

- คอนกรีต จะต้องบอกค่า f'_c (กก./ซม.^{2}) และค่าสัมประสิทธิ์ของ f'_c เพื่อใช้หาค่าของ f_c
- เหล็กเสริม จะต้องบอกคุณสมบัติคือ f_s (กก./ซม.^{2}) และขนาดของเหล็กเสริม ϕ (มม.)

(3) ข้อมูลเกี่ยวกับน้ำหนักบรรทุก โดยใส่ค่าน้ำหนักจรลงไปโดยที่เป็นน้ำหนักแผ่ (กก./ตารางเมตร)

(4) หลังจากนั้น ก็จะเป็นการคำนวณหาค่าความหนาของพื้น โดยจะได้ค่าเป็น 2 กรณี คือ

- กรณีมีแป้นหัวเสา จะได้ค่า t_1 , t_2 และ t_b
- กรณีไม่มีแป้นหัวเสา จะได้ค่า t และ t_b

(5) เมื่อได้ค่าความหนาพื้น ก็จะนำไปคำนวณหาค่าโมเมนต์ และออกมาเป็นจำนวนเหล็กเส้นที่จะต้องเสริม

3.4.2 \B หลังจากที่ได้ขนาดความหนาพื้น และจำนวนเหล็กเสริมตามที่ต้องการแล้ว หากเราต้องการทราบค่าต่างๆเกี่ยวกับเสาแล้วก็จะใช้ค่าสั่งนี้ โดยที่จะต้องใส่ค่าต่างๆคือ h,H จากนั้นก็จะได้ค่าเกี่ยวกับเสาคือ

- โมเมนต์อินเนอเชียของเสาที่ต้องการ (ซม.^{4})
- ค่า Reaction ของเสาแต่ละต้น (กก.)
- ขนาดเสาโดยประมาณ (ซม.)

3.4.3 \K เป็นค่าสั่งที่ใช้ในการสั่งพิมพ์ข้อมูลเบื้องต้นตามค่าสั่ง \A

3.4.4 \L เป็นค่าสั่งพิมพ์ผังแสดงขนาดต่างๆ

3.4.5 \M ใช้สั่งพิมพ์ตารางแสดงค่าและขนาดต่างๆจากผัง,ปริมาณเหล็กเสริมรับแรงเฉือน

3.4.6 \N สำหรับพิมพ์ตารางแสดงค่าปริมาณเหล็กเสริม (ไม่รวมเหล็กเสริมรับแรงเฉือน) กรณีที่มีแป้น แต่ไม่มีคานขอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.7 \O สำหรับพิมพ์ตารางแสดงค่าปริมาณเหล็กเสริม (ไม่รวมเหล็กเสริมรับแรงเฉือน) กรณีที่มีแป้น และมีคานขอบ

3.4.8 \P สำหรับพิมพ์ตารางแสดงค่าปริมาณเหล็กเสริม (ไม่รวมเหล็กเสริมรับแรงเฉือน) กรณีที่ไม่มีแป้น และไม่มีคานขอบ

3.4.9 \Q สำหรับพิมพ์ตารางแสดงค่าปริมาณเหล็กเสริม (ไม่รวมเหล็กเสริมรับแรงเฉือน) กรณีที่ไม่มีแป้น แต่มีคานขอบ

3.4.10 \R เป็นคำสั่งที่ใช้สั่งพิมพ์ตารางแสดงค่าเกี่ยวกับเสา

3.4.11 \K เป็นคำสั่งที่ใช้เพื่อเรียกดูข้อจำกัด, คำอธิบาย และวิธีการใช้ ของโปรแกรมนี้

สำหรับรายละเอียดแต่ละคำสั่ง และตัวอย่างผลการพิมพ์ สามารถดูได้จากภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
สรุปและวิเคราะห์

4.1 ตัวอย่างการคำนวณ

ตัวอย่างการคำนวณที่ยกมาเป็นการออกแบบช่วงพื้นขนาดต่างๆ โดยจะยกมาเปรียบเทียบค่าในกรณีต่างๆ ซึ่งมีข้อมูลเบื้องต้นที่จำเป็นสำหรับใช้ในการออก-แบบ ดังนี้

- ค่าสัมประสิทธิ์ของ f'_c = 0.375
- f_s = 1400 ksc.
- ขนาดเหล็กเสริม ϕ12 มม.
- น้ำหนักจร = 400 กก./ตารางเมตร

โดยตัวอย่างกรณีที่เรายกขึ้นมาพิจารณาเปรียบเทียบนั้น จะดูเฉพาะที่ความหนาของพื้น เพราะเปรียบเทียบได้ง่ายและยังสามารถที่จะใช้ช่วยในการคาดเดาค่าโมเมนต์รวม, ปริมาณเหล็กเสริม และขนาดเสาได้

สำหรับค่าของขนาดหัวเสา จะใช้ที่ขนาดเล็กสุดซึ่งยอมให้คือ 0.08L ส่วนแป้นหัวเสาที่ใช้ก็จะใช้ค่ามากสุดคือ 0.5L

โดยที่แต่ละตัวอย่างจะมีการเปลี่ยนแปลงที่ขนาดช่วงพื้นและค่า f'_c ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 1 ขนาดช่วงพื้น 6 x 6 ม. , f'_c = 280 ksc.
ตัวอย่างที่ 2 ขนาดช่วงพื้น 8 x 8 ม. , f'_c = 210 ksc.
ตัวอย่างที่ 3 ขนาดช่วงพื้น 8 x 8 ม. , f'_c = 280 ksc.
ตัวอย่างที่ 4 ขนาดช่วงพื้น 8 x 8 ม. , f'_c = 350 ksc.
ตัวอย่างที่ 5 ขนาดช่วงพื้น 10 x 10 ม. , f'_c = 210 ksc.
ตัวอย่างที่ 6 ขนาดช่วงพื้น 10 x 10 ม. , f'_c = 280 ksc.
ตัวอย่างที่ 7 ขนาดช่วงพื้น 10 x 10 ม. , f'_c = 350 ksc.
ตัวอย่างที่ 8 ขนาดช่วงพื้น 12 x 12 ม. , f'_c = 280 ksc.

จากการแทนค่าตามตัวอย่างจะได้ผล ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างที่ 1

ก่อนการใช้ควรอ่านวิธีการใช้ และ
ขอบเขตโปรแกรมโดยกด ALT-H

ขนาดช่วงพื้น = 6 x 6 ม.
ขนาดหัวเสา (เสา) 0.48 - 1.5 , 0.48 - 1.5 ม.
เลือกใช้ขนาด 0.48 x 0.48 ม.
ขนาดแป้นหัวเสา 1.98 - 3 , 1.98 - 3 ม.
เลือกใช้ขนาด 3 x 3 ม.

f'(c) = 280 ksc.
เลือกใช้ f (c) = 0.375 f'(c)
จะได้ค่า f (c) = 105 ksc.
f (s) = 1400 ksc.
n = 8.02
น้ำหนักจร = 400 kg/m2.

** ขนาดเหล็กเสริมที่เลือกใช้
= 12 มม.

ความหนาของพื้น (t)

- กรณีมีแป้น จะได้
  - ทั่วไป (t1) หนา 15 ซม.
  - ที่แป้น (t2) หนา 18 ซม.
  - ที่คานขอบ (tb) หนา 22.5 ซม.

- กรณีไม่มีแป้น
  - ทั่วไป (t) หนา 18 ซม.
  - ที่คานขอบ (tb) หนา 22.5 ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างที่ 2

ก่อนการใช้ควรอ่านวิธีการใช้ และ
ขอบเขตโปรแกรมโดยกด ALT-H

ขนาดช่วงพื้น = 8 x 8 ม.
ขนาดหัวเสา (เสา) 0.64 - 2 , 0.64 - 2 ม.
เลือกใช้ขนาด 0.64 x 0.64 ม.
ขนาดแป้นหัวเสา 2.64 - 4 , 2.64 - 4 ม.
เลือกใช้ขนาด 4 x 4 ม.

f'(c) = 210 ksc. : ความหนาของพื้น (t)
เลือกใช้ f (c) = 0.375 f'(c) :
จะได้ค่า f (c) = 78.75 ksc. : - กรณีมีแป้น จะได้
f (s) = 1400 ksc. : ที่วไป (t1) หนา 21 ซม.
n = 9.26 : ที่แป้น (t2) หนา 29 ซม.
น้ำหนักจร = 400 kg/m2. : ที่คานขอบ (tb) หนา 36.25 ซม.
:
: - กรณีไม่มีแป้น
** ขนาดเหล็กเสริมที่เลือกใช้ : ที่วไป (t) หนา 30 ซม.
= 12 มม. : ที่คานขอบ (tb) หนา 37.5 ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างที่ 3

ก่อนการใช้ควรอ่านวิธีการใช้ และ
ขอบเขตโปรแกรมโดยกด ALT-H

ขนาดช่วงพื้น = 8 x 8 ม.
ขนาดหัวเสา (เสา) 0.64 - 2 , 0.64 - 2 ม.
เลือกใช้ขนาด 0.64 x 0.64 ม.
ขนาดแป้นหัวเสา 2.64 - 4 , 2.64 - 4 ม.
เลือกใช้ขนาด 4 x 4 ม.

f'(c) = 280 ksc. : ความหนาของพื้น (t)
เลือกใช้ f (c) = 0.375 f'(c) :
จะได้ค่า f (c) = 105 ksc. : - กรณีมีแป้น จะได้
f (s) = 1400 ksc. : ทั่วไป (t1) หนา 20 ซม.
n = 8.02 : ที่แป้น (t2) หนา 25 ซม.
น้ำหนักจร = 400 kg/m2. : ที่คานขอบ (tb) หนา 31.25 ซม.
:
: - กรณีไม่มีแป้น
** ขนาดเหล็กเสริมที่เลือกใช้ : ทั่วไป (t) หนา 24 ซม.
= 12 มม. : ที่คานขอบ (tb) หนา 30 ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างที่ 4

ก่อนการใช้ควรอ่านวิธีการใช้ และ
ขอบเขตโปรแกรมโดยกด ALT-H

ขนาดช่วงพื้น = 8 x 8 ม.
ขนาดหัวเสา (เสา) 0.64 - 2 , 0.64 - 2 ม.
เลือกใช้ขนาด 0.64 x 0.64 ม.
ขนาดแป้นหัวเสา 2.64 - 4 , 2.64 - 4 ม.
เลือกใช้ขนาด 4 x 4 ม.

f'(c) = 350 ksc. : ความหนาของพื้น (t)
เลือกใช้ f (c) = 0.375 f'(c) :
จะได้ค่า f (c) = 131.25 ksc. : - กรณีมีแป้น จะได้
f (s) = 1400 ksc. : ทั่วไป (t1) หนา 20 ซม.
n = 7.17 : ที่แป้น (t2) หนา 22 ซม.
น้ำหนักจร = 400 kg/m2. : ที่คานขอบ (tb) หนา 27.5 ซม.
:
: - กรณีไม่มีแป้น
** ขนาดเหล็กเสริมที่เลือกใช้ : ทั่วไป (t) หนา 23 ซม.
= 12 มม. : ที่คานขอบ (tb) หนา 28.75 ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างที่ 5

ก่อนการใช้ควรอ่านวิธีการใช้ และ
ขอบเขตโปรแกรมโดยกด ALT-H

ขนาดช่วงพื้น = 10 x 10 ม.
ขนาดหัวเสา (เสา) 0.8 - 2.5 , 0.8 - 2.5 ม.
เลือกใช้ขนาด 0.8 x 0.8 ม.
ขนาดแป้นหัวเสา 3.3 - 5 , 3.3 - 5 ม.
เลือกใช้ขนาด 5 x 5 ม.

f'(c) = 210 ksc. : ความหนาของพื้น (t)
เลือกใช้ f (c) = 0.375 f'(c) :
จะได้ค่า f (c) = 78.75 ksc. : - กรณีมีแป้น จะได้
f (s) = 1400 ksc. : ทั่วไป (t1) หนา 27 ซม.
n = 9.26 : ที่แป้น (t2) หนา 39 ซม.
น้ำหนักจร = 400 kg/m2. : ที่คานขอบ (tb) หนา 48.75 ซม.
:
: - กรณีไม่มีแป้น
** ขนาดเหล็กเสริมที่เลือกใช้ : ทั่วไป (t) หนา 40 ซม.
= 12 มม. : ที่คานขอบ (tb) หนา 50 ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างที่ 6

ก่อนการใช้ควรอ่านวิธีการใช้ และ
ขอบเขตโปรแกรมโดยกด ALT-H

ขนาดช่วงพื้น = 10 x 10 ม.
ขนาดหัวเสา (เสา) 0.8 - 2.5 , 0.8 - 2.5 ม.
เลือกใช้ขนาด 0.8 x 0.8 ม.
ขนาดแป้นหัวเสา 3.3 - 5 , 3.3 - 5 ม.
เลือกใช้ขนาด 5 x 5 ม.

f'(c) = 280 ksc. : ความหนาของพื้น (t)
เลือกใช้ f (c) = 0.375 f'(c) :
จะได้ค่า f (c) = 105 ksc. : - กรณีมีแป้น จะได้
f (s) = 1400 ksc. : ทั่วไป (t1) หนา 25 ซม.
n = 8.02 : ที่แป้น (t2) หนา 32 ซม.
น้ำหนักจร = 400 kg/m2. : ที่คานขอบ (tb) หนา 40 ซม.
:
: - กรณีไม่มีแป้น
** ขนาดเหล็กเสริมที่เลือกใช้ : ทั่วไป (t) หนา 32 ซม.
= 12 มม. : ที่คานขอบ (tb) หนา 40 ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างที่ 7

ก่อนการใช้ควรอ่านวิธีการใช้ และ
ขอบเขตโปรแกรมโดยกด ALT-H

ขนาดช่วงพื้น = 10 x 10 ม.
ขนาดหัวเสา (เสา) 0.8 - 2.5 , 0.8 - 2.5 ม.
เลือกใช้ขนาด 0.8 x 0.8 ม.
ขนาดแป้นหัวเสา 3.3 - 5 , 3.3 - 5 ม.
เลือกใช้ขนาด 5 x 5 ม.

f'(c) = 350 ksc. : ความหนาของพื้น (t)
เลือกใช้ f (c) = 0.375 f'(c) :
จะได้ค่า f (c) = 131.25 ksc. : - กรณีมีแป้น จะได้
f (s) = 1400 ksc. : ที่วไป (t1) หนา 25 ซม.
n = 7.17 : ที่แป้น (t2) หนา 28 ซม.
น้ำหนักจร = 400 kg/m2. : ที่คานขอบ (tb) หนา 35 ซม.
:
: - กรณีไม่มีแป้น
** ขนาดเหล็กเสริมที่เลือกใช้ : ที่วไป (t) หนา 28 ซม.
= 12 มม. : ที่คานขอบ (tb) หนา 35 ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างที่ 8

ก่อนการใช้ควรอ่านวิธีการใช้ และ
ขอบเขตโปรแกรมโดยกด ALT-H

ขนาดช่วงพื้น = 12 x 12 ม.
ขนาดหัวเสา (เสา) 0.96 - 3 , 0.96 - 3 ม.
เลือกใช้ขนาด 0.96 x 0.96 ม.
ขนาดแป้นหัวเสา 3.96 - 6 , 3.96 - 6 ม.
เลือกใช้ขนาด 6 x 6 ม.

f'(c) = 280 ksc. : ความหนาของพื้น (t)
เลือกใช้ f (c) = 0.375 f'(c) :
จะได้ค่า f (c) = 105 ksc. : - กรณีมีแป้น จะได้
f (s) = 1400 ksc. : ทั่วไป (t1) หนา 30 ซม.
n = 8.02 : ที่แป้น (t2) หนา 39 ซม.
น้ำหนักจร = 400 kg/m2. : ที่คานขอบ (tb) หนา 48.75 ซม.
:
: - กรณีไม่มีแป้น
** ขนาดเหล็กเสริมที่เลือกใช้ : ทั่วไป (t) หนา 40 ซม.
= 12 มม. : ที่คานขอบ (tb) หนา 50 ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 บทสรุปและวิเคราะห์

จากตัวอย่างผลการคำนวณที่ได้มาในแต่ละกรณี เราสามารถเปรียบเทียบผลลัพธ์และพอสรุปได้เป็นข้อๆดังนี้

1) ค่าความหนาจะเพิ่มขึ้นตามขนาดช่วงพื้นที่มากขึ้น

2) การเพิ่มค่าคุณสมบัติของคอนกรีต f'_c จะส่งผลให้ช่วยลดความหนาพื้นลงได้

สำหรับข้อสรุปอื่นที่พอสรุปได้ จากการพิจารณาสูตรต่างๆที่ใช้ในการคำนวณ นอกเหนือจากที่กล่าวข้างต้น ก็มีคือ

1) ในกรณีที่มีหัวเสา จะส่งผลทำให้ลดความหนาพื้นลงได้

2) หากเราพิจารณาเลือกใช้พื้นที่มีแป้นแล้ว ก็จะสามารถช่วยลดปริมาณคอนกรีตลงได้มากทีเดียว

3) เหล็กเสริมรับแรงเฉือนนั้น มักจะถูกพิจารณาให้ต้องเสริมเมื่อมีหัวเสา(เสา)ขนาดเล็ก หรือในกรณีที่มีช่วงพื้นมากๆ เท่านั้น

4) หากต้องการลดปริมาณเหล็กเสริมลง สามารถทำได้โดยเลือกใช้เหล็กเสริมที่มีค่า f_y มากๆ

5) ในกรณีที่มีคานขอบนั้น จะช่วยลดปริมาณเหล็กเสริมลงที่บริเวณขอบของโครงสร้างซึ่งใช้คานขอบเท่านั้น

6) ขนาดเสาที่เล็กที่สุดที่ยอมให้คือ 0.08L นั้น จะสามารถใช้ได้

7) ค่าขนาดเสาต่ำสุดที่ต้องการนั้นจะขึ้นอยู่กับค่า H,h และความหนาของแผ่นพื้น

ดังนั้นการเลือกใช้ชนิดของพื้น และขนาดของเสา, หัวเสา และแป้นหัวเสา ควรจะมีการลองเปรียบเทียบและพิจารณาดูว่าพื้นชนิดใด และขนาดเท่าไรจึงจะเป็นค่าที่เหมาะสมที่สุด ในบางครั้งอาจจะต้องพิจารณาถึงคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ด้วยคือ f'_c และ f_y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

จากรายละเอียดของโปรแกรม รวมทั้งรายละเอียดขั้นตอนต่างๆพอจะเข้าใจได้หลักการและขั้นตอนต่างๆ ซึ่งจะพบว่าผลลัพธ์ที่ได้ออกมานั้นเป็นค่าที่ค่อนข้างถูกต้อง สามารถที่จะนำไปใช้ได้ในการออกแบบจริง แต่จากการศึกษาจากตำรา, สอบถามจากผู้มีประสบการณ์ และค้นคว้าทดลองหาค่าต่างๆ โดยเฉพาะความหนาของพื้นนั้นพอจะสรุปเป็นข้อเสนอแนะได้เป็นข้อๆ ดังนี้

1) ในการพิจารณาออกแบบพื้นเป็นพื้นไร้คานชนิดนี้นั้น ความยาวช่วงพื้นควรที่จะมีค่าอยู่ในระหว่าง 6-10 เมตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการของเจ้าของและความเห็นของผู้ออกแบบ

2) หากอาคารมีความยาวช่วงพื้นที่ไม่มากนัก (ไม่เกิน 6 เมตร) อาจจะพิจารณาใช้ระบบคานพื้นธรรมดาก็ได้ แต่สามารถพิจารณาใช้เป็นพื้นชนิดนี้ก็ได้หากอาคารที่ออกแบบมีน้ำหนักจรมาก หรือเปรียบเทียบส่วนดีส่วนเสียต่างๆแล้ว เห็นว่าเหมาะสมที่จะใช้พื้นชนิดนี้

3) ในทางตรงกันข้ามหากอาคารที่ออกแบบมีความยาวช่วงพื้นมาก(เกิน 10 เมตร) ควรที่จะเปลี่ยนไปใช้พื้นชนิด Post Tension ซึ่งจะให้ความหนาของพื้นน้อยกว่า และน้ำหนักของพื้นเองก็จะลดลง แต่ก็สามารถที่จะเลือกใช้พื้นชนิดนี้ก็ได้ ซึ่งทั้งนี้ขึ้นกับความเห็นของผู้ออกแบบ

4) จากข้อ 3. เมื่อผู้ออกแบบเลือกใช้พื้นชนิดนี้แล้ว ทางแก้ทางหนึ่งที่จะลดความหนาของพื้นคือการเพิ่มค่า f'_c หรืออีกทางหนึ่งก็โดยการกำหนดความหนาของพื้นที่เหมาะสมค่าหนึ่ง แล้วออกแบบหาปริมาณเหล็กเสริมโดยที่ถือว่าคอนกรีตไม่สามารถรับแรงอัดได้เลย กล่าวคือใช้หลักการของ Steel Design จะไม่ขอกล่าวถึงรายละเอียด

5) ดังนั้นพอจะสรุปได้ว่าค่าความยาวช่วงพื้นที่เหมาะสม และประหยัดมากที่สุด จะอยู่ที่ประมาณ 8 เมตร

6) สำหรับโปรแกรมที่ใช้ออกแบบนี้ หากผู้ใช้มีความสามารถในการใช้โปร-แกรมสำเร็จรูป โลตัส เป็นอย่างดีแล้ว ก็จะสามารถใช้โปรแกรมนี้ได้อย่างมีประ-สิทธิภาพ และยังอาจจะช่วยปรับปรุงโปรแกรมนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

– ภาคผนวก ก. –

ก่อนการใช้ควรอ่านวิธีการใช้ และ
ขอบเขตโปรแกรมโดยกด ALT–H

ขนาดช่วงพื้น = 10 x 10 ม.
ขนาดหัวเสา (เสา) 0.8 – 2.5 , 0.8 – 2.5 ม.
เลือกใช้ขนาด 0.8 x 0.8 ม.
ขนาดแป้นหัวเสา 3.3 – 5 , 3.3 – 5 ม.
เลือกใช้ขนาด 5 x 5 ม.

f'(c) = 280 ksc.
เลือกใช้ f (c) = 0.375 f'(c)
จะได้ค่า f (c) = 105 ksc.
f (s) = 1400 ksc.
n = 8.02
น้ำหนักจร = 400 kg/m2.

** ขนาดเหล็กเสริมที่เลือกใช้
= 12 มม.

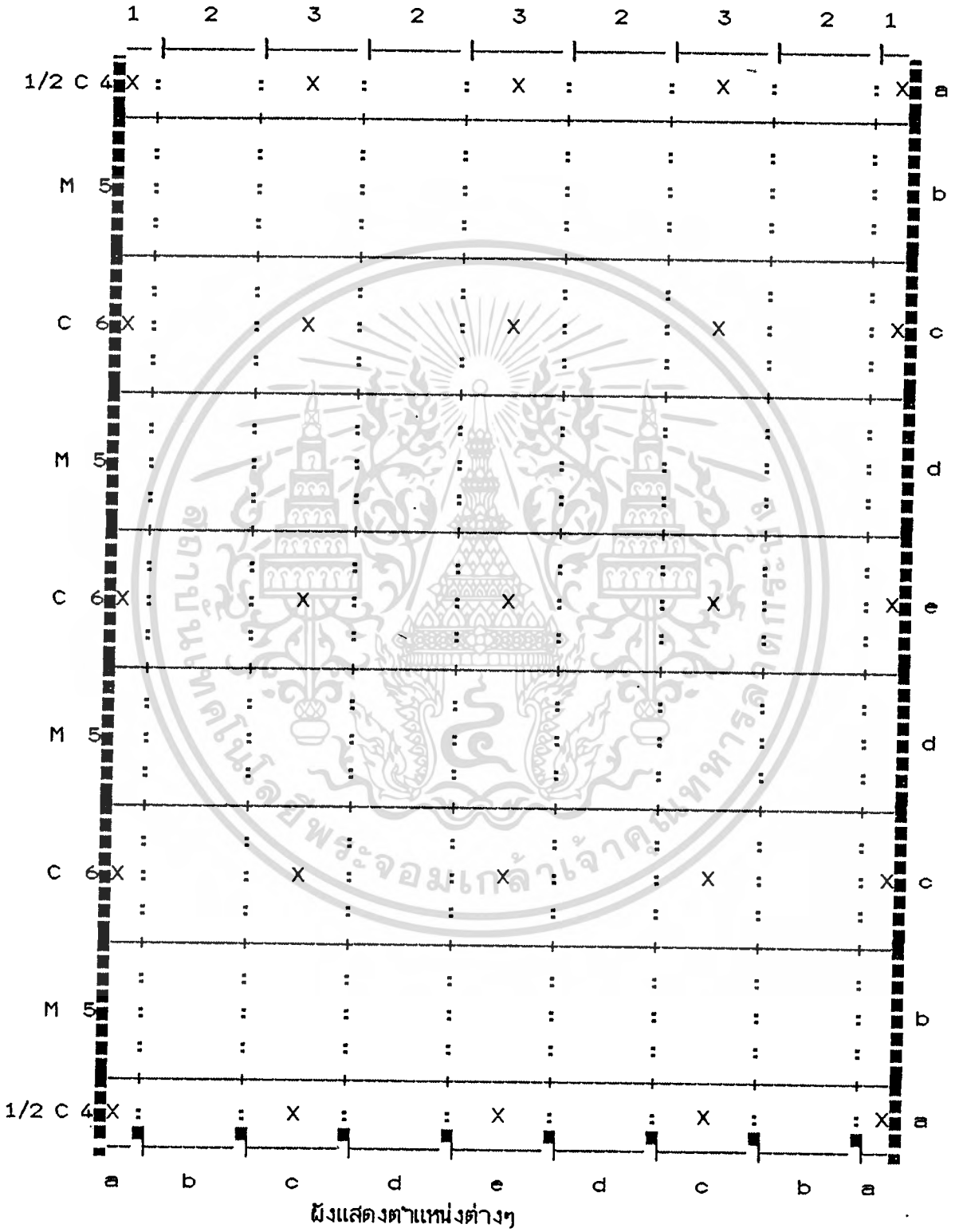
ความหนาของพื้น (t)

– กรณีมีแป้น จะได้
ทั่วไป (t1) หนา 25 ซม.
ที่แป้น (t2) หนา 32 ซม.
ที่คานขอบ (tb) หนา 40 ซม.

– กรณีไม่มีแป้น
ทั่วไป (t) หนา 31 ซม.
ที่คานขอบ (tb) หนา 38.75 ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ภาคผนวก ข. -



ผังแสดงตำแหน่งต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

– ภาคผนวก ค. –

ตารางแสดงค่าต่างๆจากรูป [ALT-M]

	แบบมีแป้น		แบบไม่มีแป้น	
ขนาดต่างๆ (ซม.)	B	L	B	L
– ช่วงพื้น	1000 x	1000	1000 x	1000
– แป้นหัวเสา	500 x	500	–	
– หัวเสา (หรือเสา)	80 x	80	80 x	80
– แถบเสา (C)	500 ,	500	500 ,	500
– 1/2 แถบเสา(1/2 C)	250 ,	250	250 ,	250
– แถบกลาง (M)	500 ,	500	500 ,	500
– ความหนา				
ทั่วไป		25		31
ที่แป้น		32		–
ที่คานขอบหนา 5t/4		40		38.75
– ขนาดเหล็กเสริมที่ใช้	12 มม.		12 มม.	
– Mo ที่เกิดขึ้น (ตัน–ม.)	มีคานขอบ,	ไม่มี	มีคานขอบ,	ไม่มี
ด้าน B	95.846 ,	84.636	100.47 ,	92.921
ด้าน L	95.846 ,	84.636	100.47 ,	92.921
– แรงเฉือน V (ตัน)				
ที่ระยะ d/2 จาก				
ขอบของหัวเสา(เสา)		102.96		113.05
ขอบของแป้นหัวเสา		75.829		–
– แรงเฉือนที่ยอมให้ (ตัน)				
ที่ขอบของหัวเสา(เสา)		414.65		109.21
ที่ขอบของแป้นหัวเสา		113.47		–
– เหล็กเสริมรับแรงเฉือน				
ที่ขอบของหัวเสา(เสา)		0		1
ที่ขอบของแป้นหัวเสา		0		–

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงปริมาณเหล็กเสริม (กรณีมีแป้น แต่ไม่มีคานขอบ) [ALT-N]

แถบ	ตำแหน่ง		ร้อยละของ Mo	ค่า As เนื่องจากโมเมนต์	As(min) 0.002bt	As เมื่อระยะห่าง max. 2t	ค่าที่เลือกใช้ จำนวน (เส้น)	ค่าที่เลือกใช้ ระยะห่าง (ซม.)	ตำแหน่งเสริมเหล็กในพื้น
แนวตั้ง (L)									
ครึ่งแถบเสา	1	a	-22	51.702	16	4.5238	46	5.43	เสริมบน
		b	12	37.014	12.5	5.6548	33	7.58	เสริมล่าง
		c	-28	65.802	16	4.5238	58	4.31	เสริมบน
		d	10	30.845	12.5	5.6548	27	9.26	เสริมล่าง
		e	-25	58.752	16	4.5238	52	4.81	เสริมบน
แถบกลาง	2	a	-10	23.501	32	9.0477	28	17.86	เสริมบน
		b	20	61.69	25	11.309	55	9.09	เสริมล่าง
		c	-17	39.951	32	9.0477	35	14.29	เสริมบน
		d	15	46.267	25	11.309	41	12.2	เสริมล่าง
		e	-15	35.251	32	9.0477	31	16.13	เสริมบน
แถบเสา	3	a	-44	103.40	32	9.0477	91	5.49	เสริมบน
		b	24	74.028	25	11.309	65	7.69	เสริมล่าง
		c	-56	131.60	32	9.0477	116	4.31	เสริมบน
		d	20	61.69	25	11.309	55	9.09	เสริมล่าง
		e	-50	117.50	32	9.0477	104	4.81	เสริมบน
แนวนอน(B)									
ครึ่งแถบเสา	4	a	-22	51.702	16	4.5238	46	5.43	เสริมบน
		b	12	37.014	12.5	5.6548	33	7.58	เสริมล่าง
		c	-28	65.802	16	4.5238	58	4.31	เสริมบน
		d	10	30.845	12.5	5.6548	27	9.26	เสริมล่าง
		e	-25	58.752	16	4.5238	52	4.81	เสริมบน
แถบกลาง	5	a	-10	23.501	32	9.0477	28	17.86	เสริมบน
		b	20	61.69	25	11.309	55	9.09	เสริมล่าง
		c	-17	39.951	32	9.0477	35	14.29	เสริมบน
		d	15	46.267	25	11.309	41	12.2	เสริมล่าง
		e	-15	35.251	32	9.0477	31	16.13	เสริมบน
แถบเสา	6	a	-44	103.40	32	9.0477	91	5.49	เสริมบน
		b	24	74.028	25	11.309	65	7.69	เสริมล่าง
		c	-56	131.60	32	9.0477	116	4.31	เสริมบน
		d	20	61.69	25	11.309	55	9.09	เสริมล่าง
		e	-50	117.50	32	9.0477	104	4.81	เสริมบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

– ภาคผนวก ง. –

ตารางแสดงปริมาณเหล็กเสริม (กรณีมีแป้น และมีคานขอบ) [ALT-O]

แถบ	ตำแหน่ง		ร้อยละของ Mo	ค่า As เนื่องจากโมเมนต์	As(min) 0.002bt	As เมื่อระยะห่าง max. 2t	ค่าที่เลือกใช้ จำนวน	ค่าที่เลือกใช้ ระยะห่าง	ตำแหน่งเสริมเหล็กในพื้น
แนวตั้ง (L)									
ครึ่งแถบเสา	1	a	-17	35.565	20	3.9584	31	8.06	เสริมบน
		b	9	18.828	20	3.9584	18	13.89	เสริมล่าง
		c	-21	43.934	20	3.9584	39	6.41	เสริมบน
		d	8	16.736	20	3.9584	18	13.89	เสริมล่าง
		e	-19	39.749	20	3.9584	35	7.14	เสริมบน
แถบกลาง	2	a	-10	20.921	40	7.9168	35	14.29	เสริมบน
		b	20	61.69	25	11.309	55	9.09	เสริมล่าง
		c	-17	39.951	32	9.0477	35	14.29	เสริมบน
		d	15	46.267	25	11.309	41	12.2	เสริมล่าง
		e	-15	35.251	32	9.0477	31	16.13	เสริมบน
แถบเสา	3	a	-44	92.052	40	7.9168	81	6.17	เสริมบน
		b	24	74.028	25	11.309	65	7.69	เสริมล่าง
		c	-56	131.60	32	9.0477	116	4.31	เสริมบน
		d	20	61.69	25	11.309	55	9.09	เสริมล่าง
		e	-50	117.50	32	9.0477	104	4.81	เสริมบน
แนวนอน(B)									
ครึ่งแถบเสา	4	a	-17	35.565	20	3.9584	31	8.06	เสริมบน
		b	9	18.828	20	3.9584	18	13.89	เสริมล่าง
		c	-21	43.934	20	3.9584	39	6.41	เสริมบน
		d	8	16.736	20	3.9584	18	13.89	เสริมล่าง
		e	-19	39.749	20	3.9584	35	7.14	เสริมบน
แถบกลาง	5	a	-10	20.921	40	7.9168	35	14.29	เสริมบน
		b	20	61.69	25	11.309	55	9.09	เสริมล่าง
		c	-17	39.951	32	9.0477	35	14.29	เสริมบน
		d	15	46.267	25	11.309	41	12.2	เสริมล่าง
		e	-15	35.251	32	9.0477	31	16.13	เสริมบน
แถบเสา	6	a	-44	92.052	40	7.9168	81	6.17	เสริมบน
		b	24	74.028	25	11.309	65	7.69	เสริมล่าง
		c	-56	131.60	32	9.0477	116	4.31	เสริมบน
		d	20	61.69	25	11.309	55	9.09	เสริมล่าง
		e	-50	117.50	32	9.0477	104	4.81	เสริมบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

– ภาคผนวก ง. –

ตารางแสดงปริมาณเหล็กเสริม (กรณีไม่มีแป้น และไม่มีคานขอบ) [ALT-P]

แถบ	ตำแหน่ง		ร้อยละของ Mo	ค่า As เนื่องจากโมเมนต์	As(min) 0.002bt	As ใช้ได้ ระยะห่าง max. 2t	ค่าที่เลือกใช้ จำนวน	ค่าที่เลือกใช้ ระยะห่าง	ตำแหน่งเสริมเหล็กในพื้น
แนวตั้ง (L)									
ครึ่งแถบเสา	1	a	-20	53.42	15.5	5.0893	47	5.32	เสริมบน
		b	14	37.394	15.5	5.0893	33	7.58	เสริมล่าง
		c	-25	66.775	15.5	5.0893	59	4.24	เสริมบน
		d	11	29.381	15.5	5.0893	26	9.62	เสริมล่าง
		e	-23	61.433	15.5	5.0893	54	4.63	เสริมบน
แถบกลาง	2	a	-10	26.71	31	10.178	27	18.52	เสริมบน
		b	20	53.42	31	10.178	47	10.64	เสริมล่าง
		c	-18	48.078	31	10.178	43	11.63	เสริมบน
		d	16	42.736	31	10.178	38	13.16	เสริมล่าง
		e	-16	42.736	31	10.178	38	13.16	เสริมบน
แถบเสา	3	a	-40	106.84	31	10.178	94	5.32	เสริมบน
		b	28	74.788	31	10.178	66	7.58	เสริมล่าง
		c	-50	133.55	31	10.178	118	4.24	เสริมบน
		d	22	58.762	31	10.178	52	9.62	เสริมล่าง
		e	-46	122.86	31	10.178	109	4.59	เสริมบน
แนวนอน(B)									
ครึ่งแถบเสา	4	a	-20	53.42	15.5	5.0893	47	5.32	เสริมบน
		b	14	37.394	15.5	5.0893	33	7.58	เสริมล่าง
		c	-25	66.775	15.5	5.0893	59	4.24	เสริมบน
		d	11	29.381	15.5	5.0893	26	9.62	เสริมล่าง
		e	-25	61.433	15.5	5.0893	54	4.63	เสริมบน
แถบกลาง	5	a	-10	26.71	31	10.178	27	18.52	เสริมบน
		b	20	53.42	31	10.178	47	10.64	เสริมล่าง
		c	-18	48.078	31	10.178	43	11.63	เสริมบน
		d	16	42.736	31	10.178	38	13.16	เสริมล่าง
		e	-16	42.736	31	10.178	38	13.16	เสริมบน
แถบเสา	6	a	-40	106.84	31	10.178	94	5.32	เสริมบน
		b	28	74.788	31	10.178	66	7.58	เสริมล่าง
		c	-50	133.55	31	10.178	118	4.24	เสริมบน
		d	22	58.762	31	10.178	52	9.62	เสริมล่าง
		e	-46	122.86	31	10.178	109	4.59	เสริมบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงปริมาณเหล็กเสริม (กรณีไม่มีแป้น แต่มีคานขอบ) [ALT-Q]

แถบ	ตำแหน่ง		ร้อยละของ Mo	ค่า As เนื่องจากโมเมนต์	As(min) 0.002bt	As เมื่อระยะห่าง max. 2t	ค่าที่เลือกใช้ จำนวน	ค่าที่เลือกใช้ ระยะห่าง	ตำแหน่งเสริมเหล็กในพื้น
แนวตั้ง (L)									
ครึ่งแถบเสา	1	a	-15	34.035	19.375	3.9584	30	8.33	เสริมบน
		b	11	24.959	19.375	3.9584	22	11.36	เสริมล่าง
		c	-19	43.111	19.375	3.9584	38	6.58	เสริมบน
		d	9	20.421	19.375	3.9584	18	13.89	เสริมล่าง
		e	-18	40.842	19.375	3.9584	36	6.94	เสริมบน
แถบกลาง	2	a	-10	22.69	38.75	7.9168	34	14.71	เสริมบน
		b	20	53.42	31	10.178	47	10.64	เสริมล่าง
		c	-18	48.078	31	10.178	43	11.63	เสริมบน
		d	16	42.736	31	10.178	38	13.16	เสริมล่าง
		e	-16	42.736	31	10.178	38	13.16	เสริมบน
แถบเสา	3	a	-40	90.76	38.75	7.9168	80	6.25	เสริมบน
		b	28	74.788	31	10.178	66	7.58	เสริมล่าง
		c	-50	133.55	31	10.178	118	4.24	เสริมบน
		d	22	58.762	31	10.178	52	9.62	เสริมล่าง
		e	-46	122.86	31	10.178	109	4.59	เสริมบน
แนวนอน(B)									
ครึ่งแถบเสา	4	a	-15	34.035	19.375	3.9584	30	8.33	เสริมบน
		b	11	24.959	19.375	3.9584	22	11.36	เสริมล่าง
		c	-19	43.111	19.375	3.9584	38	6.58	เสริมบน
		d	9	20.421	19.375	3.9584	18	13.89	เสริมล่าง
		e	-18	40.842	19.375	3.9584	36	6.94	เสริมบน
แถบกลาง	5	a	-10	22.69	38.75	7.9168	34	14.71	เสริมบน
		b	20	53.42	31	10.178	47	10.64	เสริมล่าง
		c	-18	48.078	31	10.178	43	11.63	เสริมบน
		d	16	42.736	31	10.178	38	13.16	เสริมล่าง
		e	-16	42.736	31	10.178	38	13.16	เสริมบน
แถบเสา	6	a	-40	90.76	38.75	7.9168	80	6.25	เสริมบน
		b	28	74.788	31	10.178	66	7.58	เสริมล่าง
		c	-50	133.55	31	10.178	118	4.24	เสริมบน
		d	22	58.762	31	10.178	52	9.62	เสริมล่าง
		e	-46	122.86	31	10.178	109	4.59	เสริมบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

– ภาคผนวก จ. –

ตารางแสดงค่าต่างๆ ที่แต่ละตำแหน่งเสา [ALT-R]

	แบบมีแป้น	แบบไม่มีแป้น
ค่าต่างๆเกี่ยวกับเสา		
กรณีไม่มีเสาบน	(ซม.)	(ซม.)
– ความสูงแต่ละชั้น (H)	350	350
– ระยะจากขอบบนสุดของแผ่นพื้น ถึงขอบล่างสุดของหัวเสา (h)	25	31
– โมเมนต์อินเนอเชียของเสา อย่างน้อย (Ic)	(ซม.)4 395839	(ซม.)4 658711
– ขนาดเสาโดยประมาณ (ซม.)	47 , 47	54 , 54
กรณีมีเสาบนและเสาล่าง	(ซม.)	(ซม.)
– ความสูงเสาบน	350	350
– ความสูงเสาล่าง	350	350
– โมเมนต์อินเนอเชียของเสา อย่างน้อย (Ic)	(ซม.)4 215632	(ซม.)4 366707
– ขนาดเสาโดยประมาณ (ซม.)	41 , 41	46 , 46
– ค่าน้ำหนักถ่ายจากพื้นลงที่ เสาแต่ละต้น	(กก.)	(กก.)
เสาต้นมุม (W/4)	26050	28600
เสาต้นริม (W/2)	52100	57200
เสาภายใน (W)	104200	114400
– กรณีมีคานขอบ		
เสาต้นมุม (W'/4)	29500	30930
เสาต้นริม (W'/2)	59000	61850
เสาภายใน (W)	104200	114400

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ภาคผนวก ฉ. -

```
\a    {home}{paneloff}{breakon}
      /wgzn~/wgpd~/wgrm~/wgrc~/wgri1~
      {goto}i4~{getnumber "ใส่ค่าความยาวพื้น ..",i4}~
      {goto}k4~{getnumber "ใส่ค่าความกว้างพื้น ..",k4}~{calc}~
      {goto}i6~{getnumber "เลือกขนาดหัวเสา (จาก I5 - K5)..",i6}~
      {goto}k6~{getnumber "เลือกขนาดหัวเสา (จาก M5 - O5)..",k6}~{calc}~
      {goto}i8~{getnumber "เลือกขนาดแป้นหัวเสา (จาก I7 - K7)..",i8}~
      {goto}k8~{getnumber "เลือกขนาดแป้นหัวเสา (จาก m7 - O7)..",k8}~
      {goto}i10~{getnumber "ใส่ค่า f'c..",i10}~
      {goto}i11~{getnumber "เลือกค่าสัมประสิทธิ์ f'c (0.375 หรือ 0.45)..",i11}~
      {goto}i13~{getnumber "ใส่ค่า f s..",i13}~
      {goto}i19~{getnumber "เลือกขนาดเหล็กเสริม..",i19}~
      {goto}i15~{getnumber "ใส่ค่าน้ำหนักจร..",i15}~
      {CALC 10}~/wgri3~{goto}z14~
      {calc}{pgdn}{beep 3}
      {return}

\h    {home}{paneloff}{breakon}
      {bigright 5}
      {return}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ภาคผนวก ฉ. -

```
\b {paneloff}{breakon}
   /wgzn~/wgpd~/wgrm~/wgri3~
   {goto}ah67~{getnumber "ใส่ค่าความสูง H (หน่วยเป็น ซม.)..",ah67}~
   {goto}ah68~{getnumber "ใส่ค่าระยะ h (กรณีมีแป้น)..",ah68}~
   {goto}al68~{getnumber "ใส่ค่าระยะ h (กรณีไม่มีแป้น)..",al68}~
   {goto}ah75~{getnumber "ใส่ค่าความสูงเสาบน (หน่วยเป็น ซม.)..",ah75}~
   {goto}ah76~{getnumber "ใส่ค่าความสูงเสาล่าง (หน่วยเป็น ซม.)..",ah76}~
   {calc}~{beep 2}~
   {return}

\k {home}{paneloff}{breakon}
   /ppcara1..w20~op55~m18~mr82~oaqaqq~
   {return}

\l {home}{paneloff}{breakon}
   /ppcara21..w56~op55~m18~mr82~mt0~oaqaqq~
   {return}

\m {home}{paneloff}{breakon}
   /ppcara61..w90~op55~m18~mr82~oaqaqq~
   {return}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ภาคผนวก ฉ. -

```
\n {home}{paneloff}{breakon}
   /ppcara92..y130~op60~ml8~mr88~mt0~oaqagq~
   {return}

\o {home}{paneloff}{breakon}
   /ppcara132..y170~op60~ml8~mr88~mt0~oaqagq~
   {return}

\p {home}{paneloff}{breakon}
   /ppcara172..y210~op60~ml8~mr88~mt0~oaqagq~
   {return}

\q {home}{paneloff}{breakon}
   /ppcara212..y250~op60~ml8~mr88~mt0~oaqagq~
   {return}

\r {home}{paneloff}{breakon}
   /ppcarx61..an91~op60~ml8~mr88~mt0~oaqagq~
   {return}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ภาคผนวก ช. -

คู่มือการใช้

ขั้นตอนการใช้โปรแกรมนี้สามารถที่จะแบ่งได้คร่าวๆดังนี้

1. การเตรียมโปรแกรม ในขั้นแรกจะต้องเตรียมโปรแกรมเพื่อใช้งานก่อน โดยที่จะต้องเริ่มต้นดังนี้

- เตรียมแผ่น Thai Driver เพื่อเรียกให้เครื่องสามารถใช้ภาษาไทยได้

- เตรียมโปรแกรมโลตัส เวอร์ชันที่สามารถใช้ภาษาไทยได้ ก็จะเป็นเวอร์ชัน 2.1 ลงมา

- เตรียมไฟล์ที่บรรจุโปรแกรมออกแบบพื้นไร้คานนี้เอาไว้ ในที่นี้ชื่อ FLATSLAB.WK1 และ FLATSLAB.PRN

2. การเรียกใช้โปรแกรม หลังจากที่ได้เตรียมพร้อมตามขั้นตอนแรกแล้วก็จะเป็นการเรียกใช้โปรแกรม โดยทำได้ดังนี้

- เรียก Thai Driver เพื่อให้สามารถใช้ภาษาไทยได้ ในที่นี้ใช้ของ IRC ซึ่งการเรียกจะเป็นดังนี้

A > thaiega สำหรับจอ ega

A > thaivga สำหรับจอ vga

- เรียกโปรแกรมโลตัสตามที่ได้เตรียมมา ในที่นี้ใช้เวอร์ชัน 2.1 การเรียกก็จะเป็นดังนี้

A > lotus21

- จากนั้นให้เข้า 123 เพื่อใช้ worksheet แล้วจึงเรียกชื่อไฟล์ โดยกด /fr แล้วใส่ชื่อไฟล์ในที่นี้ใช้ชื่อ flatslab.wk1

3. เมื่อสามารถเรียกโปรแกรมได้แล้ว จะมีคำสั่งที่จะสามารถนำไปใช้ได้เพื่อให้สะดวกขึ้นประกอบด้วยหลายคำสั่ง ซึ่งแต่ละคำสั่งก็จะมีหน้าที่แตกต่างกันออกไป สามารถแยกได้เป็นกลุ่มๆ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 ประเภทใส่ข้อมูลและคำนวณ คำสั่งประเภทนี้จะใช้ในการบันทึกข้อมูลแล้วนำไปคำนวณหาค่าต่างๆ มี 2 คำสั่งดังนี้

(1) \A จะใช้ในการหาค่าความหนาแผ่นพื้น แล้วนำค่านั้นไปหาปริมาณเหล็กเสริม เมื่อเรียกใช้คำสั่งนี้แล้วก็จะต้องมีการใส่ค่าต่างๆ ตามลำดับดังนี้

- ใส่ค่าความยาวพื้น..
- ใส่ค่าความกว้างพื้น..
- เลือกขนาดหัวเสา (จาก I5 - K5)..
- เลือกขนาดหัวเสา (จาก M5 - O5)..
- เลือกขนาดแป้นหัวเสา (จาก I7 - K7)..
- เลือกขนาดแป้นหัวเสา (จาก M7 - O7)..
- ใส่ค่า f'_c..
- เลือกค่าสัมประสิทธิ์ของ f'_c (0.375 หรือ 0.45)..
- ใส่ค่า f_y..
- เลือกขนาดเหล็กเสริม..
- ใส่ค่าน้ำหนักจร..

หลังจากนั้นเครื่องก็จะคำนวณหาขนาดความหนาที่ต้องการ

เมื่อได้ค่าแล้ว เครื่องก็จะคำนวณหาค่าปริมาณเหล็กเสริมต่อ หลังจากนั้นก็จะขึ้นผังแสดงขนาดของช่วงพื้นและตำแหน่งต่างๆ หากต้องการทราบค่าต่างๆ จากผังให้กดปุ่ม PgDn

(2) \B คำสั่งนี้จะใช้หาค่าโมเมนต์อินเนอเชียของเสา, ขนาดเสาโดยประมาณ และน้ำหนักถ่ายลงเสาโดยที่จะมีลำดับการใส่ข้อมูล ดังนี้

- ใส่ค่าความสูง H (หน่วยเป็น ซม.)..
- ใส่ค่าระยะ h (หน่วยเป็น ซม.)..
- ใส่ค่าความสูงเสาบน (หน่วยเป็น ซม.)..
- ใส่ค่าความสูงเสาล่าง (หน่วยเป็น ซม.)..

จากนั้นเครื่องจะหาค่าตามที่แสดงในตาราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ 1) หน่วยของค่าต่างๆที่ใช้เป็นดังนี้

- ความกว้างพื้น, ความยาวพื้น, ขนาดหัวเสา, แป้นหัวเสา เป็น ม.
- ค่า f'_c, f_s เป็น กก./ซม.^{2}
- ขนาดเหล็กเสริม เป็น มม.
- ค่าสัมประสิทธิ์ของ f'_c ไม่มีหน่วย
- น้ำหนักจร เป็น กก./ตารางเมตร
- ความหนา t_1, t_2, t และ t_b เป็น ซม.

2) ในการใส่ค่าข้อมูลหากผิดพลาด สามารถหยุดโปรแกรมได้โดยกด Ctrl-Break

3) ในกรณีที่ต้องการแก้เพียงบางค่าก็สามารถใช้คำสั่งทั่วไปของโปรแกรมโลตัสได้

4) การใส่ค่าต่างๆ ควรเป็นค่าที่ใช้จริง และตรงตามข้อกำหนดทั่วไปของมาตรฐาน วสท. เมื่อใส่ค่าเรียบร้อยในแต่ละค่าให้กด Enter

3.2 ประเภทจัดการเกี่ยวกับการพิมพ์ คำสั่งประเภทนี้ใช้ในการพิมพ์โดยที่จะตั้งค่าที่เหมาะสมไว้ ใช้สำหรับพิมพ์ผลต่างๆดังนี้

(1) \K สำหรับพิมพ์ข้อมูลที่เลือกใช้ในการคำนวณตามคำสั่ง \A

(2) \L ใช้ในการพิมพ์รูปผังแสดงค่าต่างๆ

(3) \M ใช้พิมพ์ตารางแสดงค่าขนาดต่างๆ ยกเว้น ปริมาณเหล็กเสริม

(4) \N ใช้พิมพ์ตารางแสดงค่าปริมาณเหล็กเสริม กรณีที่มีแป้น แต่ไม่มีคานขอบ

(5) \O ใช้พิมพ์ตารางแสดงค่าปริมาณเหล็กเสริม กรณีที่มีแป้น และมีคานขอบ

(6) \P ใช้พิมพ์ตารางแสดงค่าปริมาณเหล็กเสริม กรณีที่ไม่มีแป้น และไม่มีคานขอบ

(7) \Q ใช้พิมพ์ตารางแสดงค่าปริมาณเหล็กเสริม กรณีที่ไม่มีแป้น แต่มีคานขอบ

(8) \R ใช้พิมพ์ตารางแสดงค่าต่างเกี่ยวกับเสา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ 1) ในการใช้คำสั่งประเภทนี้จะต้องใส่กระดาษเตรียมให้พร้อมก่อน

2) ในการสั่งการพิมพ์อาจใช้คำสั่งทั่วไปของโปรแกรมโลตัสได้

3.3 ประเภทอื่นๆ ใช้ในการเรียกดูขอบเขต, ข้อจำกัด, วิธีการใช้และคำอธิบายโปรแกรม เพื่อให้สามารถใช้ได้อย่างถูกต้อง และมีประสิทธิภาพ ที่ใช้อยู่มีเพียงคำสั่งเดียวคือ \H

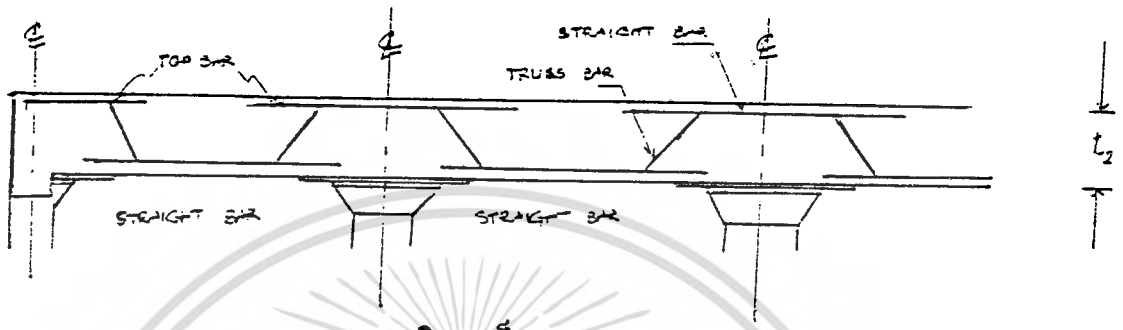
4. การเรียกใช้คำสั่งต่างๆในข้อ 3. สามารถทำได้โดยกดปุ่ม Alt กับชื่อคำสั่งพร้อมๆกัน เช่น ชื่อ \A ให้กด Alt-A

5. ในการใช้โปรแกรมนี้ สามารถที่จะใช้คำสั่งทั่วไปของโปรแกรมโลตัสได้ทุกอย่าง นอกเหนือจากคำสั่งพิเศษที่ให้มาเพื่อช่วยให้สะดวกขึ้น

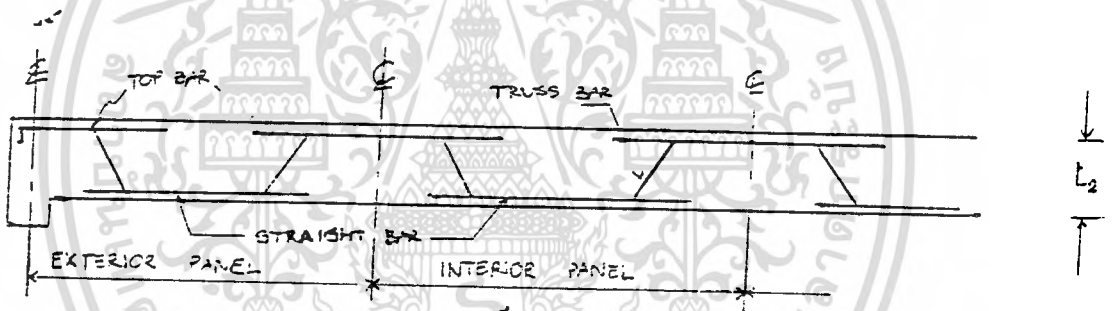
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

– ภาคผนวก ช. –

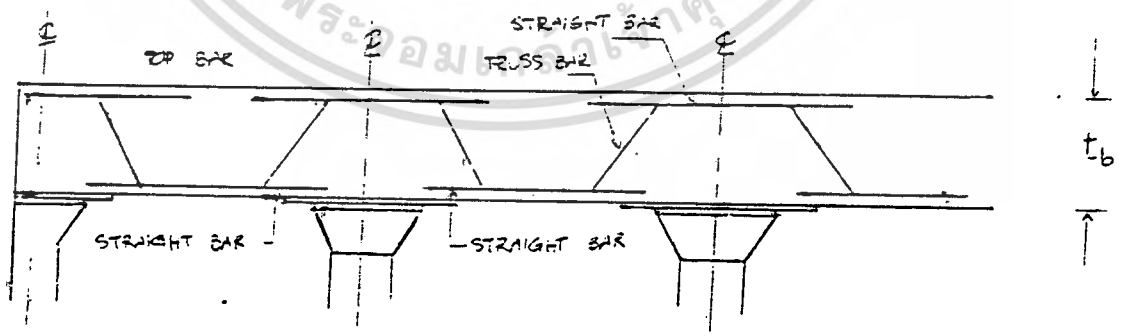
ตัวอย่างการเสริมเหล็กในแถบต่างๆ



การเสริมเหล็กในแถบเสา



การเสริมเหล็กในแถบกลาง



การเสริมเหล็กในคานขอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. วินิต ช่อวิเชียร และ สนั่น เจริญเผ่า : คอนกรีตเสริมเหล็ก พิมพ์ครั้งที่ 7 พ.ศ.2530
2. ชัยวุฒิ จันมา และ ประเสริฐ ประวัติรุ่งเรือง : โลตัส เวอร์ชัน 2.2 & ALLWAYS พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ.2533
3. Phil M. Ferguson : Reinforced Concrete Fundamentals, 4th Printing, John Wiley & Sons, Inc.,New York, July 1961.
4. Scott, W.L., Glanville, W.H., and Thomas, F.G. : B.S. Code of Practice for Reinforced Concrete, revised no.114, Concrete Publications Limited, London, 1957.
5. The American Concrete Institute : Building Code Requirements for Reinforced Concrete, 12th Printing, Journal of American Concrete Institute, January 1961.
6. John N. Cernica : Fundamentals of Reinforced Concrete, 1st Printing, Addison-Wesley Publishing Company, Inc., London, 1966.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้