หอสมุดมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

ทร 79750
1140

การประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์สำหรับการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก

The Application Computer For Construction of Reinforced Concrete Design

คณะผู้วิจัย นายวิพล ไชยชนะ
นายบุญส่ง พุทธไชสง
นายอภิชาติ รัตน์วิเศษ
นายพชรพล บัวลาด
นายโกสินทร์ มานะดี
นายอุทิศ บุญวงษา

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

หอสมุดสถาบันราชภัฏมหาสารคาม
วันรับ.....
วันประทับ.....3 ธ.ค. 2550.....
เลขทะเบียน.....
เลขเรียกหนังสือ.....670.285 ก275.....

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนา
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
ปี พ.ศ. 2548

2548

คอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบ ... ส่วน
คอมพิวเตอร์ช่วยการผลิต และคอมพิว

ชื่อเรื่อง : การประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์สำหรับการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก

ผู้วิจัย : นายวิพล ไชยชนะ
: นายบุญส่ง พุทธไธสง
: นายอภิชาติ รัตน์วิเศษ
: นายพชรพล บัวลาด
: นายโกสินทร์ มานะดี
: นายอุทิศ บุญวงษา

หน่วยงาน/คณะ : วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ปีที่ได้รับทุน : 2548
ปีที่แล้วเสร็จ : 2550

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเกี่ยวกับการนำคอมพิวเตอร์ที่มีใช้กันอยู่ในปัจจุบันมาประยุกต์ใช้ในงานการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ในการคำนวณและ ตัดสินใจเลือกหน้าตัด เหล็กขนาดต่างๆ เพื่อให้ เกิดความสะดวก รวดเร็ว และลดความผิดพลาด โดยการศึกษา นี้ได้ใช้โปรแกรม Microsoft Excel มาใช้ประยุกต์ใช้ในการออกแบบ พื้น, เสา, คาน, ฐานราก ออกแบบโดยใช้ทฤษฎีหน่วยแรงใช้งาน และตัวอ้างตามมาตรฐานของ วสท.และสภาวิศวกร ผลจากการศึกษาทำให้ได้โปรแกรมสำหรับคำนวณระบบพื้น , เสา, คาน, ฐานราก และจากการเปรียบเทียบระหว่างการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปที่ประยุกต์ขึ้น กับการคำนวณแบบเดิมโดยใช้เครื่องคิดเลข ในด้านความเร็วจะแตกต่างกันมาก และยังถูกต้องแม่นยำขึ้น

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

TITLE : The Application Computer For Construction of Reinforced Concrete Design

RESEARCHER : Mr. Wipol Chaichana
: Mr. Boonsong Bhudthaisong
: Mr. Apichart Ratviseth
: Mr. Pathcharapol Boaulad
: Mr. Ghosin Manadee
: Mr. Utid Boonwongsa

FACULTY : : Science and Technology

ACADEMIC YEAR : 2005
ACADEMIC YEAR : 2007

Abstract

The objective of this research project was computer in used present on applied in work design construction of reinforced concrete. Calculated and decide to select was section of steel size other. The convenience in a short time and decreased incorrected. A study of this work used Microsoft Excel Program in design Floor, Column, Beam and Footing. The design by unit force theory and unit standard COUNCIL of ENGINEERS. The result of study was program for calculated Floor, Column, Beam and Footing comparison computer program at applied with calculated by calculator. The result of study was shot time and corrected in calculated increased.

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

กิตติกรรมประกาศ

รายงานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลือ จากอาจารย์และเจ้าหน้าที่ในโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีก่อสร้าง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ซึ่งให้ความอนุเคราะห์ด้วยดีในการใช้สถานที่ปฏิบัติงาน วัตถุดิบและเครื่องมือต่างๆ

ขอขอบพระคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ที่ให้ทุนสนับสนุนในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

นาย วิพล ไชยชนะ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....ข

กิตติกรรมประกาศ.....ค

บทที่ 1 บทนำ.....1

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....2

3. ขอบข่ายงานวิจัย.....2

4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....2

บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....3

2.1 การคำนวณออกแบบโดยทฤษฎีอิลาสติค (Werhiy Sterss).....3

2.2 การใช้สูตร ของโปรแกรม Microsoft Excel 6

2.3 การออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก.....10

2.5 เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก.....12

2.6 ฐานราก.....14

2.7 การออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็ก.....18

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....29

3.1 ศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยทฤษฎีอีลาสติก.....29

3.2 ศึกษาความสามารถของโปรแกรม Micro soft Excel 29

3.3 ขั้นตอนและการคำนวณการออกแบบพื้นทางเดียว.....30

3.4 ขั้นตอนและการคำนวณการออกแบบพื้นสองทาง.....31

3.5 ขั้นตอนและการคำนวณการออกแบบคาน.....32

3.6 ขั้นตอนและการคำนวณการออกแบบเสา.....33

3.7 ขั้นตอนและการคำนวณการออกแบบฐานราก.....34

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล.....36
4.1 การคำนวณแผ่นพื้น.....38
4.2 การคำนวณฐานรากสี่เหลี่ยมจัตุรัส.....40
4.3 การคำนวณเสา.....42
4.4 การคำนวณคาน.....43
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ.....45
1. สรุปผลการทดสอบ.....45
2. ข้อเสนอแนะ.....45
บรรณานุกรม.....46
ภาคผนวก.....47
ตารางที่ 1 แรงอัดของคอนกรีตเมื่อใช้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ต่างๆกัน.....48
ตารางที่ 2 หน่วยแรงที่ยอมให้ของคอนกรีต.....48
ตารางที่ 3 เนื้อที่หน้าตัดของเหล็กเส้นกลมผิวเรียบ.....49
ตารางที่ 4 กำลังจุดคลากและกำลังดึงประลัยของเหล็กเสริม.....49
ตารางที่ 5 หน่วยแรงยึดหน่วงที่ยอมให้ของคอนกรีตสำหรับเหล็กเส้นกลม.....50
ตารางที่ 6 เหล็กเสริม พื้นที่หน้าตัด น้ำหนักและเส้นรอบวง.....60

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญ

คอนกรีตเป็นวัสดุวัสดุที่สามารถแข็งตัวได้ตามรูปทรงต่างๆของแม่แบบ ส่วนผสมต่างๆที่เป็นคอนกรีตได้จากการผสมกันของ ซีเมนต์ , น้ำ , รวมเข้ากับมวลหยาบและมวลรวมละเอียด ซึ่งได้แก่ ทราย หิน หรือกรวด น้ำที่ผสมควรเป็นน้ำสะอาดไม่มีกรดหรือด่าง น้ำเค็มไม่ควรใช้ เพราะอาจลดกำลังของคอนกรีตได้ 10- 20 % และเหล็กอาจเป็นสนิมได้ ซีเมนต์ที่ใช้ คือ ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์และงานก่อสร้างส่วนใหญ่มักจะนำเหล็กใช้ในการช่วยรับแรงดึงแทนคอนกรีต เพราะคอนกรีตรับแรงดึงดึงได้น้อย จึงนำเหล็กมาเสริมคอนกรีตเพื่อให้ได้มีความสามารถในการรับแรงได้ดีขึ้น

สำหรับเหล็กที่นำมาเสริมคอนกรีตส่วนใหญ่มักนิยมเหล็กเส้นเล็ก เพื่อสะดวกในการดัดงอและ มีการยึดเกาะระหว่างเหล็กกับคอนกรีตได้ ดังนั้น การใส่เหล็กเสริมเข้าไปในคอนกรีตจึงช่วยให้คอนกรีตที่เสริมเหล็ก รับได้ทั้งแรงดึงและแรงอัด โดยคอนกรีตจะทำหน้าที่รับแรงอัดและเหล็กเสริมทำหน้าที่รับแรงดึง ฉะนั้นก่อนที่จะมีการก่อสร้าง จึงมีการคำนวณหาค่าต่างๆ และเพื่อให้การออกแบบได้เหมาะสมกับงานนั้นๆได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย

ในปัจจุบันเทคโนโลยีต่างๆได้เจริญเติบโตมาอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะคอมพิวเตอร์ได้มีการนำมาใช้อย่างแพร่หลายในด้านต่างๆ มากยิ่งขึ้นเพื่อความสะดวก ความรวดเร็ว ในงานก่อสร้างและงานการออกแบบต่างๆ คอมพิวเตอร์จึงมีบทบาทเข้ามาช่วยได้อย่างมากและการออกแบบในปัจจุบันก็มีความสลับซับซ้อนมากฉะนั้นจึงนำเอาคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้ในการคำนวณ เพื่อจะทำให้การทำงานสะดวกเร็ว และแม่นยำทันเวลามากยิ่งขึ้น สำหรับโปรแกรมที่นำมาประยุกต์ใช้นี้มีความสำคัญในการปฏิบัติงานและการใช้งานไม่ยุ่งยาก เมื่อใส่ข้อมูลลงไปก็จะมีการคำนวณและแสดงผลออกมาในทันที จากนั้นเราก็สามารถเลือกหน้าตัด หรือ นำผลลัพธ์ที่ได้ไปปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้องและปลอดภัยแต่ถ้าหากข้อมูลที่ได้ไม่เหมาะสมก็ทำการเลือกข้อมูลลงใหม่ได้

2. วัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัย (objective)

2.1 เพื่อประยุกต์ใช้โปรแกรม Microsoft Execl มาใช้ในการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก

2.2 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ ของคอมพิวเตอร์ที่นำมาประยุกต์ในการออกแบบงานก่อสร้าง

2.3 เพื่อให้เกิดทักษะความชำนาญในการใช้คอมพิวเตอร์มากยิ่งขึ้น

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.4 เพื่อความถูกต้องและแม่นยำในการคำนวณการออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก

2.5 เพื่อศึกษาและค้นคว้าความสะดวกรวดเร็วของการทำงานเกี่ยวกับการออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก

2.6 เพื่อช่วยในการตัดสินใจในการเลือกวัสดุได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

3. ขอบข่ายงานวิจัย

3.1 ประยุกต์ใช้โปรแกรม Micro soft Execlในการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก

3.2 ส่วนของโครงสร้างที่ออกแบบคือ พื้นทางเดียว (One – Way slap) พื้นสองทาง (Two – Way slap) และเสาสั้น (Short Column) คาน (Beam) ฐานรากแบบแผ่ (Spread Footing)

3.3 ออกแบบโดยใช้ทฤษฎีหน่วยแรงใช้งาน (Working Strees Design)

3.4 อ้างอิงตามมาตรฐาน วสท.และสภาวิศวกร

4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

4.1 ทราบถึงวิธีการใช้ โปรแกรม Micro soft Excel ในการคำนวณได้อย่างถูกต้อง

4.2 ทราบถึงคุณสมบัติของโปรแกรมการคำนวณอย่างถูกต้อง

4.3 ทำให้สะดวก รวดเร็ว และถูกต้องในการคำนวณการออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก

4.4 สามารถนำโปรแกรม Micro soft Excel ที่ประยุกต์ในการออกแบบไปใช้ในงานจริงได้อย่างถูกต้อง

4.5 สามารถเป็นแนวทางให้แก่คนรุ่นหลังที่จะได้พัฒนาโปรแกรมได้อีกต่อไป

4.6 ได้โปรแกรมที่เหมาะสมในการออกแบบ พื้น และเสาที่ทำงานได้อย่างดี

4.7 สามารถช่วยให้ผู้ออกแบบตัดสินใจเลือกใช้ขนาดเหล็ก และหน้าตัดของโครงสร้างได้อย่างเหมาะสม

4.8 เพื่อเป็นแหล่งข้อมูลในการศึกษาและขยายผลต่อไป

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บทที่ 2
วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 การคำนวณออกแบบโดยทฤษฎีอิลาสติค (Werhiy Sterss)

2.1.1 หน่วยแรงที่ยอมให้ของคอนกรีต

1. กำลังอัดของคอนกรีต (fc') หาได้จากการทดสอบแท่งคอนกรีตรูปกระบอกมาตรฐาน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 ซม. สูง 30 ซม. แล้วทดลองตามวิธีมาตรฐานของกระทรวงอุตสาหกรรม หรือของสหรัฐอเมริกา (A.S.T.M) เมื่ออายุได้ 28 วัน หรือเร็วกว่านั้น

2. หน่วยแรง แรงอัดและแรงแบกทานในคอนกรีตใดๆจะใช้คำนวณออกแบบได้ไม่เกินค่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 2 (ภาคผนวก)

2.1.2 หน่วยแรงที่ยอมให้เหล็กเสริม

เหล็กเส้นที่ใช้เสริมคอนกรีตจะรับแรงได้ไม่เกินพิกัดดังต่อไปนี้

1. แรงดึง

ก. สำหรับเหล็กเส้นซึ่งเป็นเหล็กกล้าละมุน ซึ่งไม่มีผลทดสอบกำลังดึง ให้ใช้ไม่เกิน 1200 ksc.

ข. สำหรับเหล็กเสริมเอกซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 มม.หรือเล็กกว่าในพื้นทางเดียวช่วงไม่เกิน 3.00 เมตร ใช้ร้อยละ 50 ของกำลังคลากต่ำสุด แต่ต้องไม่เกิน 1200 ksc.

ค. สำหรับเหล็กข้ออ้อยซึ่งมีกำลังคลากไม่น้อยกว่า 4200 ก.ก./ซ.ม.^{2} ให้ใช้ร้อยละ 50 ของกำลังคลากแต่ต้องไม่เกิน 1500 ก.ก./ซ.ม.^{2}

ง. สำหรับเหล็กข้ออ้อยซึ่งมีกำลังคลากไม่น้อยกว่า 4200 ก.ก./ซ.ม.^{2} ให้ใช้ได้ไม่เกิน 1700ก.ก./ซ.ม.^{2}

จ. สำหรับเหล็กขวั้น ให้ใช้ร้อยละ 50 ของกำลังพิสูจน์ แต่ต้องไม่เกิน 2400ก.ก./ซ.ม.^{2}

2. รับแรงอัดในเสา ค.ส.ล.

ก.เสาเหล็กปลอกเกลียว ใช้ร้อยละ 40 ของกำลังคลากต่ำสุด แต่ต้องไม่เกิน 2100 ก.ก./ซ.ม.^{2}

ข.เสาปลอกเดี่ยว ใช้ร้อยละ 85 ของค่าที่กำหนสำหรับเสาปลอกเกลียวแต่ต้องไม่เกิน 1750ก.ก./ซ.ม.^{2}

ค. เสาแบบผสมเหล็กรูปพรรณ ASTM 361250 ก.ก./ซ.ม.^{2}

ง. เหล็กหล่อ 700 ก.ก./ซ.ม.^{2}

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.1.3 โมดูลัสแห่งความยืดหยุ่นของคอนกรีต

โมดูลัสแห่งความยืดหยุ่นของคอนกรีต EC อาจคำนวณได้ดังนี้ สำหรับ w ซึ่งเป็นน้ำหนักเฉพาะของคอนกรีตระหว่าง1.45 ถึง 2.48 ตัน/ม.^{2}

$Ec = 4270 \sqrt{fc'}$ ก.ก. / ซ.ม.^{2}

สำหรับคอนกรีตธรรมดา w = 2.33 ตัน/ม.^{3}

$Ec = 15210 \sqrt{fc'}$ ก.ก/ซม.^{2}

อัตราส่วนโมดูลัส $n = \frac{Es}{Es}$ อาจใช้เป็นเลขจำนวนเต็มที่ใกล้เคียงที่สุด (แต่ต้องไม่ต่ำกว่า 6) ค่า n สำหรับน้ำหนักเบาอาจจะสมมุติให้เท่ากับของคอนกรีตน้ำหนักธรรมดาในการคำนวณหน่วยแรงในคานและพื้นที่ ค.ส.ล.ซึ่งใช้เหล็กเสริมแรงอัดให้แปลงพื้นที่หน้าตัดเหล็กเสริมแรงอัด เป็นคอนกรีตซึ่งมีเนื้อที่หน้าตัดเป็น 2 n เท่าของเหล็กเสริมนั้น

2.1.4 โมดูลัสแห่งความยืดหยุ่นของเหล็ก

โมดูลัสแห่งความยืดหยุ่นของเหล็กอาจใช้ดังนี้

Es = 2,040,000 ก.ก./ซ.ม.^{2}

2.1.5 หน่วยแรงเฉือน

1. หน่วยแรงเฉือนซึ่งใช้วัดแรงดึงทแยงในองค์อาคารคอนกรีตเสริมให้คำนวณหาดังนี้ $v = \frac{V}{bd}$ ก.ก./ซ.ม.^{2}

2. สำหรับคานรูปตัว I หรือตัว T ให้ใช้ b' แทน b ในสมการดังนี้

$v = \frac{V}{bd'}$ ก.ก./ซ.ม.^{2}

3. หน่วยแรงเฉือน vc ที่เกิดขึ้นในตัวคานคอนกรีตซึ่งไม่มีเหล็กเสริมรับแรงเฉือนจะต้องไม่เกิน $0.29 \sqrt{fc'}$ ที่ระยะ d จากขอบของที่รับรอง

2.1.6 เหล็กเสริมรับแรงเฉือน

1. หน่วยแรงเฉือน V ที่หน้าตัดใดซึ่งคำนวณจากสมการ $v = \frac{V}{bd}$ บวกกับผลที่เกิดจากแรงบิดแล้วเกินค่า หน่วยแรงเฉือน vc ซึ่งยอมให้ สำหรับคอนกรีตขององค์อาคารซึ่งไม่มีเหล็กเสริมกับแรงเฉือน จะต้องเสริมเหล็กรับแรงเฉือน เพื่อให้รับหน่วยแรงส่วนที่เกินนั้น

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2. เหล็กเสริมรับแรงเฉือน อาจประกอบด้วย

ก. เหล็กลูกตั้ง ซึ่งตั้งได้ฉากกับแนวแกนขององค์อาคาร

ข. เหล็กลูกตั้งซึ่งทำมุม 45 องศาหรือมากกว่าแนวเหล็กเสริมตามยาวรับแรงดึง

ค. เหล็กคอม้า ซึ่งหมายถึง เหล็กเสริมตามยาวที่งอขึ้นทำมุม 40 องศา

ง. เหล็กเสริมตามข้อ ก หรือ ข ใช้ร่วมกับ ค

3. เหล็กลูกตั้งหรือเหล็กอื่นๆ ที่ใช้เป็นเหล็กรับแรงเฉือนจะต้องยึดปลายทั้งสองข้างของเหล็กลูกตั้ง รูปตัว U

ก. งอเป็นขอมาตรฐานโดยถือว่ารับแรงได้ครึ่งหนึ่งของที่ยอมให้เหล็กนั้นรับ

ข. เชื่อมติดกับเหล็กเสริมตามยาว

ค. งอให้กระชับแน่นกับเหล็กเสริมตามยาวอย่างน้อย 180 องศา

ง. ให้เหล็กเสริมรับแรงเฉือนมีระยะฝังในด้านรับแรงอัดครึ่งบนหรือครึ่งล่างของคาน

4. ทุกๆแห่งที่มีการดัดระหว่างปลายยึดทั้งสองของเหล็กลูกตั้งรูปตัว U จะต้องดัดรอบเหล็กเสริมตามยาว

5. การงอขอ หรือการดัดเหล็กลูกตั้งรอบเหล็กเสริมตามยาว

6. ในด้านที่รับแรงดึงขององค์อาคาร เหล็กคอม้าสำหรับแรงเฉือนจะต้องต่อเนื่องกับเหล็กเสริมตามยาว

2.1.7 แรงยึดหน่วงและการยึด

การคำนวณค่าแรงยึดหน่วงในองค์อาคารรับแรงดัด

1. ในองค์อาคารรับแรงดัด ซึ่งมีเหล็กเสริมแรงดึงขนานกับผิวที่รับแรงอัดหน่วยแรงยึดหน่วงอันเกิดจากแรงดันที่หน้าตัดใดๆให้หาได้ดังนี้ $U = \frac{V}{\sum ojd}$ ทั้งนี้ให้นับรวมเหล็กคอม้าที่วางห่างจากระดับของเหล็กเสริมหลักตามแนวยาวไม่เกิน $\frac{d}{3}$ เข้าไว้ด้วย

2. เพื่อป้องกันการแตกสลายอันเนื่องมาจากแรงยึดหน่วง จะต้องทำให้แรงดึงและแรงอัดที่คำนวณมาได้ในเหล็กเสริมทุกเส้น และทุกหน้าตัด เกิดขึ้นตลอดทั้งสองข้างของหน้าตัดนั้นๆ

3. หน่วยแรงยึดหน่วง จะต้องไม่เกินกำหนดที่ให้ไว้ด้านล่างนี้

ก.สำหรับเหล็กรับแรงดึงประเภทเหล็กข้ออ้อยตามมาตรฐาน ASTM 305 เหล็กบน $\frac{2.29\sqrt{fc'}}{D}$ หรือไม่เกิน 25 ก.ก./ซ.ม.^{2} เหล็กอื่นนอกเหนือจากเหล็กบน $\frac{3.23\sqrt{fc'}}{D}$ หรือไม่เกิน 35 ก.ก./ซ.ม.^{2}

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ข. สำหรับเหล็กรับแรงดึงประเภทเหล็กข้ออ้อยตามมาตรฐาน ASTM 408 เหล็กบน

0.556 $\sqrt{fc'}$ เหล็กอื่นนอกเหนือจากเหล็กบน 0795 $\sqrt{fc'}$

ค. สำหรับเหล็กข้ออ้อยรับแรงอัด 1.72 $\sqrt{fc'}$ หรือไม่เกิน 28 ก.ก./ซ.ม.^{2}

ง. สำหรับเหล็กเส้นผิวเรียบ หน่วยแรงยึดหน่วงที่ยอมให้ ให้ใช้เท่ากับครึ่งหนึ่งของค่าที่ให้ไว้สำหรับเหล็กข้ออ้อยตามมาตรฐาน ASTM 3.5 แต่ต้องไม่เกิน 11 ก.ก./ซ.ม.^{2}

จ.ในองค์อาคารที่รับแรงดัด ซึ่งไม่สามารถจะใช้สมการ $U = \frac{V}{\sum ojd}$ ได้ เช่น จะต้องออกแบบเหล็กเสริมรับแรงดึงให้มีการยึดอย่างเพียงพอ

2.2 การใช้สูตร ของโปรแกรม Microsoft Excel

จุดเด่นของโปรแกรมเอ็กซ์เซลจะอยู่ที่การใช้สูตร ซึ่งคำนวณตัวเลขด้วยเครื่องหมายต่างๆ เหล่านี้ เช่น(+) บวก , (-) ลบ , (*) คูณ , (/) หาร, (^) ยกกำลัง รวมทั้ง (%) เปอร์เซ็นต์ เป็นต้น

2.2.1 เกี่ยวกับตัวดำเนินการคำนวณ

ตัวดำเนินการคำนวณที่ต้องการกระทำกับองค์ประกอบของสูตร Microsoft Excel จะรวมชนิดของตัวดำเนินการ การกดคำนวณสี่ประเภทที่ต่างกันคือ คณิตศาสตร์ การเปรียบเทียบข้อความ และการอ้างอิง

ตัวดำเนินการทางคณิตศาสตร์ ในวิธีการคำนวณทางคณิตศาสตร์ขั้นพื้นฐาน เช่น การบวก การลบ การคูณ การรวมเลขและการหาผลลัพธ์เป็นตัวเลขต่างๆ คุณสามารถใช้ตัวดำเนินการทางคณิตศาสตร์ต่อไปนี้

ตัวดำเนินการทางคณิตศาสตร์	**ความหมาย (ตัวอย่าง)**
+ (เครื่องหมายบวก)	การบวก (5+5)
- (เครื่องหมายลบ)	การลบ (5-5)
นิเสธ (-1)* (เครื่องหมายดอกจันทร์)	การคูณ (5*5)
/ (เครื่องหมายทับ)	การหาร(5/5)
% (เครื่องหมายเปอร์เซ็นต์)	เปอร์เซ็นต์ (7%)
(เครื่องหมายบวก)	เลขชี้กำลัง (6^2)

ตัวดำเนินการเปรียบเทียบ คุณสมบัติเปรียบเทียบค่าสองค่าด้วยตัวดำเนินการ ต่อไปนี้โดยผลลัพธ์จากการเปรียบเทียบด้วยตัวดำเนินการเหล่านี้มีค่าเป็นตรรกะ TURE หรือ FALSE

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

3. กด ENTER
4. ค่าที่แสดงในช่องเซลล์จะมีค่าเป็น

นอกจากนั้นยังรวมไปถึงสูตรต่างๆ เหล่านี้ด้วย

สูตรแบบมีเงื่อนไข สำหรับสูตรนี้จะยกขึ้นอย่างง่ายๆคือสูตรที่เขียนจากฟังก์ชัน IF ซึ่งจะใช้ฟังก์ชัน AND,OR และ NOT และตัวดำเนินการเพื่อกำหนดเงื่อนไขต่อไปนี้

A	ข้อมูล
1	
2	10
3	6
4	2

เขียนบอกเงื่อนไขได้ดังนี้

= AND(A2>A3, A2<A4) 10 มากกว่า 6 น้อยกว่า 2 จริงหรือไม่ เป็นเท็จ (FALSE)

= OR(A2>A3,A2<A4) 10 มากกว่า 6 หรือมากกว่า 2 จริงหรือไม่ เป็นจริง(TURE)

= NOT(A2+A3=20) 10 มากกว่า 6 ไม่เท่ากับ 20 จริงหรือไม่ เป็นจริง (TURE)

สูตรคณิตศาสตร์คุณสามารถใช้ฟังก์ชัน SUMIF เพื่อสร้างค่าผลรวมของช่วงหนึ่งโดยใช้ค่าที่อยู่ในอีกช่วง ดังในตัวอย่างต่อไปนี้ หากคัดลอกตัวอย่างไปใส่แผ่นงานว่างเปล่าจะทำให้อ่านตัวอย่างได้เข้าใจยิ่งขึ้น วิธีการ

1. สร้างสมุดงานหรือแผ่นงานว่างเปล่า
2. เลือกตัวอย่างในหัวข้อวิธีใช้ แต่อย่าเลือกหัวแถวหรือหัวคอลัมน์ การเลือกตัวอย่างจากวิธีใช้
3. พิมพ์ข้อความของตัวอย่างขั้นตอนที่ 5
4. เมื่อต้องการสลับระหว่างคู่ค่าผลลัพธ์กับการดูสูตรที่ส่งกลับค่าผลลัพธ์นั้น ให้กด Ctrl+'

2.2.3 สูตรที่มีฟังก์ชัน SUMIF

1. ช่วงที่จะประเมิน ตรวจสอบเซลล์เหล่านี้เพื่อกำหนดว่าแถวตรงตามเกณฑ์ของคุณหรือไม่
2. เกณฑ์ เงื่อนไขที่ว่าเซลล์ที่คุณประเมินต้องชนกับแถวที่รวมอยู่ในผลลัพธ์รวมดังกล่าว

RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

3. ช่วงที่จะคิดผลรวม บวกตัวเลขในเซลล์เหล่านี้ โดยมีข้อแม้ว่าแถวเป็นไปตามเงื่อนไข

*** SUMIF คือ การหาผลรวมเซลล์ที่ตรงกับเงื่อนไขหรือเกณฑ์ที่ระบุไวยากรณ์

range คือช่วงของเซลล์ที่คุณต้องการประเมิน

criteria คือเงื่อนไขหรือกฎเกณฑ์ที่อยู่ในรูปแบบตัวเลข นิพจน์ หรือข้อความซึ่งจะถูกใช้เป็นตัวบ่ง

บอกว่าเซลล์ใดจะถูกรวมเข้า ตัวอย่างเช่น criteria อาจแสดงเป็น 20, "20," ">20," "Customer_ID"

sum_range คือเซลล์จริงที่จะหาผลรวม

สูตรข้อความ เช่น การเปลี่ยนแปลงตัวพิมพ์ของข้อความ ซึ่งจะใช้ฟังก์ชัน UPPER, LOWER หรือ PROPER เพื่อทำงานครั้งนี้

2.2.4 โครงสร้างฟังก์ชัน

1. โครงสร้าง โครงสร้างฟังก์ชันเริ่มต้นด้วยเครื่องหมายเท่ากับ (=) ตามด้วยชื่อฟังก์ชัน วงเล็บปิด อาร์กิวเมนต์ของฟังก์ชันจะขั้นด้วยเครื่องหมายจุลภาคและวงเล็บปิด

2. ชื่อฟังก์ชัน สำหรับรายการฟังก์ชันที่มีอยู่ คลิกเซลล์และกด Shift + F3

3. อาร์กิวเมนต์ อาร์กิวเมนต์สามารถเป็นตัวเลข ข้อความ ค่าตรรกะ เช่น TURE หรือ FALSE อาร์เรย์ ค่าผิดผลาด เช่น # N/A หรือการอ้างอิงเซลล์ อาร์กิวเมนต์ที่คุณต้อง 10 แสดงถึงค่าที่ถูกต้องสำหรับอาร์กิวเมนต์นั้น อาร์กิวเมนต์สามารถเป็นค่าคงที่ สูตร หรือฟังก์ชันอื่นได้

4. คำแนะนำหรือทูลทิป แนะนำเครื่องมือที่มีสิ่งต่อท้ายและอาร์กิวเมนต์ปรากฏเมื่อคุณพิมพ์ฟังก์ชันนั้น ตัวอย่างเช่น พิมพ์ = ROUND (แล้วคำแนะนำเครื่องมือจะปรากฏคำแนะนำเครื่องมือจะปรากฏฟังก์ชันที่มีอยู่แล้วภายในนั้น

2.2.5 การใช้ AutoSum

สำหรับหัวข้อนี้ใช้งานสะดวกและง่าย สำหรับ AotoSum ไม่มีอะไรซับซ้อนมากนัก ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. คลิกเลือกเซลล์ที่ต้องการใส่ผลรวม

2. คลิกที่ปุ่ม บนทูลบาร์ Standard

3. ลากเมาส์ส่วนที่ต้องการรวม เช่น ใช้ในแถวหรือในคอลัมน์นั้น จนไปถึงจำนวนสุดท้ายที่ต้องการรวม

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

4. ปล่อยเมาส์แล้วกดปุ่ม ENTER

จากนั้นโปรแกรมจะแสดงผลรวมของตัวเลขให้ทันที ซึ่งจะแสดงในเซลล์ที่คุณเลือกไว้ตามขั้นตอนที่ 1

2.2.6 ความผิดพลาดจากสูตรและฟังก์ชัน

ในระหว่างการใช้สูตรหรือฟังก์ชันจะมีข้อความแจ้งขึ้นมาให้คุณทราบถึงข้อผิดพลาดของการงานซึ่งรายละเอียดมีดังนี้

ข้อความ	คำอธิบาย	วิธีแก้ไข
#DIV1!	ตัวหารที่ใช้ในสูตรมีค่าเป็นศูนย์ ซึ่งในทางคณิตศาสตร์ ห้ามตัวหารที่มีค่าเป็นศูนย์ เพราะจะทำให้หาค่าไม่ได้	ให้ตรวจสอบตัวหาร
#N/A	ระบุค่าอาร์กิวเมนต์ที่ใช้กับฟังก์ชันไม่ครบ	ตรวจสอบอาร์กิวเมนต์
#NAME?	อ้างอิงถึงชื่อที่ไม่มีอยู่ในเซลล์	ตรวจสอบชื่อที่อยู่ในเซลล์
#NULL	อ้างอิงเซลล์ไม่ถูกต้อง	ตรวจสอบเซลล์ในสูตรที่เขียน
#NUM	อาจเกิดจากเอ็กเซลหาผลลัพธ์ไม่ได้	ตรวจสอบตัวเลขให้เป็นค่าอาร์กิวเมนต์
#REF	เอ็กเซลหาผลลัพธ์ของเซลล์ที่สูตร	แก้ไขสูตรใหม่คำนวณไม่ได้
#VALUE!	กำหนดฟังก์ชันและสูตรผิด	ตรวจสอบค่าอาร์กิวเมนต์ใหม่

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.3 การออกแบบพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก

พื้นที่เป็นองค์อาคารอันดับแรกที่ทำหน้าที่รับน้ำหนักโดยตรงจากน้ำหนักจร เพื่อถ่ายน้ำหนักไปยังองค์อาคารอื่นๆส่วนใหญ่แล้วในอาคารทั่วๆไป พื้นจะเป็นส่วนประกอบของเซลล์อาคารที่มากที่สุดของอาคาร ฉะนั้นการเลือกระบบพื้นที่ถูกต้องการให้รายละเอียดที่ชัดเจนและการตัดเหล็กเสริมที่ประหยัดทำงานง่ายย่อมทำให้ประหยัดค่าก่อสร้างได้มากระบบพื้นที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันมีอยู่ด้วยกันหลายชนิดคือ

1. พื้นทางเดียว (One Way Slab)

ลักษณะของพื้นคอนกรีตแบบนี้ มีคานทำหน้าที่เป็นฐานรองรับพื้นเพียง ด้านเท่านั้น หรือถ้ามีคานรอบพื้นทั้ง 4 ด้าน ให้พิจารณาอัตราส่วนด้านยาวต่อด้านสั้นตั้งแต่ 2 ขึ้นไปตามทฤษฎีการโก่งตัวของพื้นระบบทางเดียวนี้จะโก่งเฉพาะทางด้านสั้นเท่านั้น

หลักเกณฑ์ในการออกแบบพื้น ให้คิดความกว้าง 1.00 เมตร และความลึกเท่ากับความหนาของพื้น การวางเหล็กต้องว่างห่างกันไม่เกิน 3 เท่าของความหนาของพื้นแต่ไม่เกิน 30 เซนติเมตร และมีอัตราส่วนของเหล็กกันร้าวดังนี้

1) เหล็กผิวเรียบ = 0.0025 X b X D

2) เหล็กข้ออ้อย = 0.0020 X b X D

เมื่อ

b = ความกว้างของพื้น.....ซ.ม.

D = ความหนาของพื้น.....ซ.ม.

ระยะโก่งของพื้นระบบทางเดียวจะมีการโก่งมากกว่าพื้นระบบสองทาง ตามมาตรฐาน ว.ส.ท. ความหนาของพื้นจึงควรจะหนาไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนดดังนี้

ช่วงเดียว	สองช่วง	สาวช่วง	ปลายยื่น
$\frac{L}{25}$	$\frac{L}{30}$	$\frac{L}{35}$	$\frac{L}{12}$

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่า การโก่งของพื้นที่ทางเดียวจะโก่งเฉพาะทางด้านสั้นทางเดียวเท่านั้น นั่นหมายความว่าจะมีโมเมนต์เฉพาะทางด้านสั้นเท่านั้น แต่โดยพฤติกรรมที่แท้จริงแล้วทางด้านยาวโมเมนต์เกิดขึ้นเหมือนกัน แต่มีเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ฉะนั้นจะต้องมีเหล็กบนตรงที่จุดรองรับอยู่บ้าง มิฉะนั้นผิวของพื้นที่ติดกับดานอาจแตกร้าวได้

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2. พื้นสองทาง (Two way Slab)

พื้นระบบสองทางเป็นพื้นที่มีคานล้อมรอบทั้ง 4 ด้าน อาจจะเป็นสี่เหลี่ยมจตุรัสหรือสี่เหลี่ยมผืนผ้า แต่ต้องมีอัตราส่วนด้านยาวต่อด้านสั้นน้อยกว่า 2 การยึดรั้งของคานโดยรอบพื้นจะมีทั้งสองทาง ฉะนั้นเหล็กเสริมทางด้านสั้นและความหนาของพื้นจะน้อยกว่าพื้นระบบทางเดียวซึ่งมีการยึดรั้งทางด้านสั้นเพียงด้านเดียวเท่านั้น ความหนาของพื้นระบบสองทางนี้ไม่ควรหนาน้อยกว่า $\frac{\text{เส้นรอบรูป}}{180}$ แต่ไม่น้อยกว่า 8 ซ.ม. ระยะเรียงของเหล็กเสริมศูนย์ต้องไม่ห่างเกิน 3 เท่าของความหนาของพื้น ในการออกแบบพื้นสองทางนี้ให้พิจารณาจากพื้นกว้าง 1.00 เมตร ทั้งช่วงสั้นและช่วงยาว น้ำหนักแผ่ทางช่วงสั้นจะมีค่ามากกว่าน้ำหนักแผ่ทางยาวเสมอ ดังนั้นในการเสริมเหล็ก เหล็กเสริมทางด้านสั้นจะมีปริมาณมากกว่าเสริมทางด้านยาวเสมอ ฉะนั้นการจัดวางเหล็กเหล็กเสริมทางด้านสั้นจะต้องอยู่ล่างเพราะต้องรับน้ำหนักมากกว่า

การออกแบบพื้นสองทาง

C = สัมประสิทธิ์ของโมเมนต์สำหรับแผ่นพื้นสองทาง

m = อัตราส่วนระหว่างช่วงสั้นต่อช่วงยาว

S = ความยาวของช่วงสั้นสำหรับแผ่นพื้นสองทางโดยคิดจากระยะ

m = น้ำหนักแผ่กระจายทั้งหมดต่อตารางเมตร

2.4 โมเมนต์ดัด

การหาค่าโมเมนต์ดัดสำหรับพื้นสองทาง ทั้งค่าโมเมนต์ลบและโมเมนต์บวก โดยใช้สูตร $M = CwS^2$ คานรองรับ อาจหาค่าประมาณของน้ำหนักเฉลี่ยของพื้นต่อเมตรของคานสำหรับช่วงพื้นและช่วงที่มีการรองรับดังนั้น

สำหรับช่วงสั้น : $\frac{ws}{3}$

สำหรับช่วงยาว : $\frac{ws}{3}\left\{\frac{3-m^2}{2}\right\}$

เมื่อ :

W = น้ำหนักแผ่กระจายทั้งหมดของพื้น.....ก.ก./ม2

S = ความยาวของช่วงสั้นของพื้น.....ม.

M = อัตราส่วนระหว่างช่วงสั้นและช่วงยาวหรือ

$m^2 = \frac{s^2}{L^2}$

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.5 เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก

เสาเป็นองค์อาคารส่วนที่สำคัญส่วนหนึ่งของอาคาร ซึ่งทำหน้าที่ถ่ายน้ำหนักจากโครงสร้างลงสู่ฐานราก การออกแบบเสาจะต้องคำนึงถึงการรับน้ำหนักเป็นส่วนใหญ่นอกเหนือจากการรับน้ำหนักแล้วจะต้องคำนึงถึงความประหยัด ความสะดวกในการทำงาน ในแบบก่อสร้างส่วนใหญ่แล้วจะระบุเพียงหน้าตัดเสา จำนวนเหล็กยืนและระยะเหล็กปลอกซึ่งไม่เพียงพอสำหรับรายละเอียดในการก่อสร้าง ควรเพิ่มรายละเอียดของรูปด้านเพื่อแสดงวิธีต่อเหล็กแต่ละชั้น เพื่อให้ผู้ทำการก่อสร้างสะดวกในการคิดปริมาณของเหล็ก และทำงานได้ถูกต้องไม่เป็นปัญหาสำหรับผู้ควบคุมงาน

1. การออกแบบเสาสั้น (Short Column)

ในอาคารทั่วๆไป ส่วนใหญ่แล้วเสาคอนกรีตเสริมเหล็กมักจะเป็นเสาสั้น ลักษณะของเสาสั้น หมายถึง อัตราส่วน $\frac{h}{t}$ ไม่เกิน 10 เมื่อ

h = ความสูงของเสา

t = ความกว้างด้านแคบของเสา

1.1 เสาปลอกเดี่ยว

คำนวณได้ดังนี้

(ก) P = 0.085Ag (0.25fc + pg.fs)

เมื่อ P = น้ำหนักที่เสาสามารถรับได้โดยปลอดภัย.....ก.ก.

Ag = พื้นที่หน้าตัดของเสา

Fc = แรงแค้นอัดประลัยของคอนกรีต

pg = อัตราส่วนระหว่างพื้นที่หน้าตัดเหล็กยืนต่อพื้นที่หน้าตัดเสา

fs = หน่วยแรงอัดที่ยอมให้ของเหล็กเสริม

- เหล็กเส้นกลม = 1200 ก.ก./.ซ.ม.2
- เหล็กข้ออ้อย = 1500 ก.ก./ซ.ม.2
- กำลังรับน้ำหนักโดยคอนกรีต © = 0.85 Ag (0.25 fc)
- พื้นที่หน้าตัดเหล็กเสริม (As)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

เมื่อ C = กำลังน้ำหนักโดยคอนกรีต

S = กำลังรับน้ำหนักโดยเหล็กเสริม

Ag = พื้นที่หน้าตัดของเสา

fc = แรงแค้นอัดประลัยของคอนกรีต

W = น้ำหนักที่เสาจะต้องรับทั้งหมด

As = พื้นที่หน้าตัดเหล็กเสริม

fa = หน่วยแรงอัดที่ยอมให้ของเหล็กเสริม

2. การออกแบบเสายาว (Long Column)

ในการคำนวณเสายาวต้องใช้ค่า R เป็นตัวประกอบในการคำนวณโดยนำเอาค่า R มาคูณกับค่า P ของเสาสั้น จึงเป็นน้ำหนักที่เสายาวจะรับได้โดยปลอดภัย

ฉะนั้นน้ำหนักที่รับได้โดยปลอดภัยของเสายาว (P) = P (R)

เมื่อ

P = น้ำหนักที่รับได้โดยปลอดภัยของเสาสั้น

R = ตัวคูณลดค่า

ในทางปฏิบัติโดยทั่วไป ปลายเสาทั้งบนและล่างจะยึดติดกับคาน เสาที่รับน้ำหนักจะงอโค้งทางเดียวกันเท่านั้น ฉะนั้นตัวคูณลดค่า (R) จะเท่ากับ

$$R = 1.07 - 0.008 \frac{h}{t} \leq 1.00$$

หมายเหตุ

ค่า R จะใช้น้อยกว่า 1.00 เสมอ ถ้ามากกว่า 1.00 ให้ใช้ 1.00

เมื่อ

h = ความสูงของเสา

r = รัศมีไจเรชั่น

- เสาสี่เหลี่ยม r = 0.3 t
- เสากลม r = 0.25 D

เมื่อ

t = หน้าตัดด้านแคบของเสาสี่เหลี่ยม.....ซ.ม.

D = เส้นผ่าศูนย์กลางของเสากลม.....ซ.ม.

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

จากสูตรการหาค่า R ดังกล่าว การคิดความสูงของเสาต้องใช้ค่า K เข้ามาเกี่ยวข้องด้วย โดยใช้ความสูงของเสาเท่ากับ kh ค่า k นี้ หมายถึงค่าที่นำมาพิจารณาลักษณะต่างๆในการยึดของเสาและค่าต้องไม่เกิน 100

2.6 ฐานราก (Footing)

ฐานรากเป็นองค์อาคารที่ทำหน้าที่ถ่ายน้ำหนักบรรทุกจากเสาหรือกำแพงลงสู่ที่รองรับ ซึ่งอาจเป็นดินในกรณีที่ดินมีความสามารถในการรับแรงกดได้ดี หรืออาจเป็นเข็มในกรณีที่ดินไม่สามารถรับแรงกดได้พอ

การต้านทานของดินและหินในการรับน้ำหนัก

พื้นใต้ฐานรากมีลักษณะที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับลักษณะของแต่ละพื้นที่จึงไม่สามารถกำหนดลงไปได้อย่างชัดเจน ดังนั้นจึงต้องมีการคิดความต้านทานของเสาเข็มในฐานรากโดยซึ่งแบ่ง ออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. เสาเข็มยาว (End Bearing Piles)

หมายถึงเสาเข็มที่ตอกลงไปในหินหรือดินแข็ง ซึ่งสามารถรับน้ำหนักได้เกินกว่าที่เสาเข็มจะรับได้ ในกรณีเช่นนี้เสาเข็มจะทำหน้าเสมือนเสาที่รับน้ำหนัก

2. เสาเข็มสั้น (Friction Piles)

หมายถึงเสาเข็มสั้นที่ตอกในดินหรือทรายและอยู่ด้วยความฝืดระหว่างดินกับผิวนอกของเสาเข็ม ในกรณีเช่นนี้ดินจะรับเสาเข็มไว้ด้วยความฝืดตลอดความยาวของเสาเข็ม ดังนั้นระยะการตอกระหว่างเสาเข็มแต่ละต้นจึงมีความสำคัญมาก ที่จะทำให้เสาเข็มทุกต้นสามารถรับน้ำหนักได้อย่างเต็มที่

ประเภทของฐานราก

ฐานรากอาจแบ่งตามลักษณะฐานที่รองรับได้ 2 ประเภทคือ

1. ฐานแผ่ (ไม่มีเข็มรองรับ)

2. ฐานรากชนิดมีเข็มรองรับ

ซึ่งฐานราก 2 ประเภทใหญ่นี้สามารถแบ่งเป็นประเภทย่อยๆ ได้ดังนี้

ก. ฐานเดี่ยว

- รับน้ำหนักจากเสามีระยะห่างกันเป็นจุดๆ

ข. ฐานร่วม (Combined Footing)

- เป็นฐานที่รับน้ำหนักจากเสาหลายๆ ต้นซึ่งมีตำแหน่งใกล้กัน

ค. ฐานชิดเขต (Strap Footing)

- ในกรณีที่อาคารอยู่ชิดเขตที่ดินของผู้อื่น เสาอาคารอยู่ชิดเขตที่ดินไม่สามารถทำให้น้ำหนักถ่ายลงศูนย์กลางของฐานได้ ซึ่งต้องทำฐานเป็นรูปตีนเป็ดแล้วทำ Strap Beam ยึดกับฐานภายใน

ง. ฐานต่อเนื่องรับกำแพง (Wall Footing)

จ. ฐานรากแบบแพ (Raft Foundation)

- เป็นฐานที่แผ่กระจายบนพื้นที่เป็นบริเวณกว้างมากๆ หรือบางครั้งอาจจะกระจายเต็มพื้นที่

พฤติกรรมฐานรากเมื่อรับน้ำหนัก

โดยปกติเมื่อฐานรากรับน้ำหนักจะมีแรงดัดเกิดขึ้น การคำนวณหาพื้นที่หน้าตัดของเหล็กเสริม เมื่อรับแรงนั้น จะต้องมีพื้นที่หน้าตัดและผิวสัมผัสเพียงพอเพื่อให้ยึดเกาะกับคอนกรีต

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สำหรับแรงเฉือน จะออกแบบให้คอนกรีตมีความหนาเพื่อรับแรงเฉือน ส่วนแรงอัดด้านบนกำหนดให้คอนกรีตรับทั้งหมด

การเสริมเหล็ก

ในกรณีฐานแผ่ซึ่งเป็นฐานเดี่ยวหรือฐานรับกำแพงจะใช้หลักเสริมส่วนล่าง แต่บางกรณีถ้าฐานหนามากๆ อาจจะงอเหล็กขึ้นไปข้างฐานเพื่อป้องกันคอนกรีตแตกเป็นชั้นๆ และเมื่อให้เหล็กเสริมมีระยะยึดเกาะกับคอนกรีตได้มากขึ้น ถ้าฐานเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสให้เฉลี่ยเท่ากันทั้งสองด้านแต่ถ้ากรณีฐานรากเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าให้ถือค่าโมเมนต์ ถ้าค่าโมเมนต์มากด้านนั้นเหล็กเสริมควรอยู่ด้านล่างค่าโมเมนต์น้อยเหล็กเสริมควรอยู่ด้านบน ในกรณีฐานรับกำแพงเหล็กเสริมหลักต้องเป็นหลักล่างเสมอ ในกรณีฐานเป็นฐานร่วมแรงดัดจะเกิดขึ้นทั้งส่วนล่างและส่วนบน สำหรับฐานรากแบบแพต้องมีเหล็กเสริมทั้งบนและล่าง สำหรับฐานชิดเขตหรือฐานตีนเป็ดนั้นโดยปกติจะมีคานยึดฐานซึ่งทำให้หน้าที่รับโมเมนต์ที่เกิดขึ้นเนื่องจากน้ำหนักที่เยื้องศูนย์ เพื่อเฉลี่ยน้ำหนักลงเข็มเท่าๆ กันข้อกำหนดของมาตรฐาน ว.ส.ท.

1. ฐานรากไม่เสริมเหล็ก

ก. สำหรับฐานซึ่งรับน้ำหนักร่วมศูนย์ หน่วยแรงอัดที่ยอมให้ต่อเนื้อที่ทั้งหมดจะต้องไม่เกิน 0.25 fc' เมื่อรับน้ำหนักใช้งาน ถ้าหน่วยแรงอัดที่เกิดขึ้นเกินกว่าค่าที่กำหนดไว้นี้ ให้คำนวณออกแบบองค์อาคารดังกล่าวเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก

ข. ความกว้างและความลึกของฐานราก หรือฐานรากที่ไม่เสริมเหล็กจะต้องไม่ทำให้แรงดึงในคอนกรีต อันเกิดจากแรงดันเกินกว่า $0.424\sqrt{fc'}$

2. ความหนาต่ำสุดของฐานราก

ก. ในฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็ก ความหนาของคอนกรีตส่วนที่อยู่เหนือเหล็กเสริมที่ขอบนอกของฐาน จะต้องไม่น้อยกว่า 15 ซ.ม.

ข. ในฐานรากคอนกรีตไม่เสิมเหล็ก ความหนาของคอนกรีตที่ขอบนอกของฐานต้องไม่น้อยกว่า 20 ซ.ม. สำหรับฐานรากที่รองรับด้วยดิน ไม่น้อยกว่า 35 ซ.ม. จากหัวเข็มสำหรับฐานรากที่รองรับด้วยเข็ม

3. ความหนาของคอนกรีตหุ้มเหล็กนับจากผิวเหล็ก ต้องไม่น้อยกว่า 5 ซ.ม.

4. ระยะเสาเข็ม จากศูนย์กลางถึงศูนย์กลางเสาเข็มใช้ 2.5 เท่า ถึง 3 เท่าของขนาดเสาเข็ม

หน้าตัดวิกฤตสำหรับแรงเฉือน

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ความต้านทานแรงเฉือนของฐานรากขึ้นอยู่กับความหนาของฐานเป็นส่วนใหญ่การพิจารณาแรงเฉือนของฐาน ให้แยกการคิดออกเป็น 2 กรณีคือ

1. คิดเสมือนฐานรากเป็นคานกว้าง การคำนวณหน่วยแรงเฉือนให้ใช้สูตรดังนี้

$$v = \frac{V}{bd} \quad \text{..... ก.ก./ซ.ม.}^2$$

b = ความกว้างด้านแคบของฐานราก

หน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้ $vc = 0.29\sqrt{fc'}$ ..... ก.ก. /ซ.ม.^{2}

2. คิดตามแนวร้าวของฐานรากเป็นแบบเฉือน

$$v = \frac{V}{bd} \quad \text{..... ก.ก./ซ.ม.}^2$$

b = 4(a+b) ..... ซ.ม.

v = คิดจากแรงดึงขึ้นของดินหรือจากเสาเข็ม

หน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้ $vc = 0.53\sqrt{fc'}$ ..... ก.ก. /ซ.ม.^{2}

สำหรับแรงเฉือนที่คิดจากแรงดันขึ้นของเสาเข็มที่ใกล้หน้าตัดวิกฤต การลดค่าการรับน้ำหนักของเสาเข็มใช้สูตรดังนี้

$$P' = \frac{1}{30}(x + 15)P$$

เมื่อ :

P' = กำลังเสาเข็มที่ลดค่า

P = กำลังของเสาเข็ม

x = ระยะระหว่างจุดวิกฤตกับศูนย์กลางเสาเข็ม

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

การใช้เสาเข็มยาว (End Bearing Piles) สำหรับฐานราก

เสาเข็มยาวเป็นเสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็ก เสาเข็มยาวที่ใช้จะมีอยู่ประมาณ 1-3 % เสาเข็มยาวแต่ละต้นจะรับน้ำหนักได้ตั้งแต่ 20 ตัน - 100 ตัน ในการใช้เข็มยาวนี้เข็มจะถูกตอกลงไปถึงดินชั้นล่างซึ่งเป็นชั้นดินแข็ง ดังนั้นการรับน้ำหนักจริง ๆ จึงอยู่ที่ปลายล่างของเข็มสำหรับน้ำหนักที่เสาเข็มจะรับได้นั้นขึ้นอยู่กับขนาดของเสาเข็ม วิธีการที่จะทำให้เข็มจมลงไปในดินนั้นจะใช้วิธี Drop hammer วิธีนี้จะประกอบด้วยโครงเหล็ก (Frame Work) สำหรับยกเสาเข็มเข้าที่ ซึ่ง

1.3 คานต่อเนื่อง

เหล็กเสริมตามความยาวของคานจะแบ่งออกเป็นสองลักษณะ คือเหล็กล่างบริเวณกลางช่วงของคาน และเหล็กบริเวณใกล้หัวเสา เนื่องจากว่าส่วนกลางของช่วงคานจะเกิดโมเมนต์บวกซึ่งจะทำให้ผิวล่างของคานเป็นแรงดึง ในการออกแบบเหล็กเสริมทางยาวที่รับโมเมนต์ลบและโมเมนต์บวกจะใช้เท่ากัน ถ้าในกรณีที่เหล็กล่างเกนกว่าสองเส้นมักจะนิยมดัดเหล็กเสริมล่างตัวกลางขึ้นไปเป็นเหล็กเสริมบนซึ่งเรียกกันว่า " เหล็กคอม้า " เหล็กคอม้าจะถูกดัดจากเหล็กล่างขึ้นไปเป็นเหล็กบนในตำแหน่งที่โมเมนต์เปลี่ยนจากบวกเป็นลบ ส่วนเหล็กล่างที่เหลือจะวิ่งเลยเข้าไปในเสา

1.4 คานต่อเนื่องที่ไม่สามารถใช้ค่าสัมประสิทธิ์หาค่าโมเมนต์และแรงเฉือนภายในขีดจำกัดของ ACI

ในการคำนวณโครงสร้างใช้วิธี MOMENT DISTRIBUTION หรือ THE THREE MOMENT EQUATION

พฤติกรรมของคานเมื่อรับน้ำหนัก

คอนกรีตมีคุณสมบัติที่สามารถรับแรงอัดได้ดี แต่รับแรงดึงได้ต่ำมาก ส่วนเหล็กเสริมทางยาวมีคุณสมบัติรับแรงดึงได้สูง ในเวลาเดียวกัน คานนอกจากจะเกิดแรงอัดและแรงดึงแล้วยังเกิดแรงเฉือนและแรงบิดขึ้นอีกด้วย

1. คานที่เกิดแรงดัดภายในตัวคาน

หมายเหตุ 1

ถ้าคานต่อเนื่องที่มีช่วงกลางยาวน้อยมาก แต่คานข้างเคียงทั้งสองข้างมีความยาวมาก คานช่วงกลางจะเกิดแรงในลักษณะกลับกัน

หมายเหตุ 2

ในกรณีของห้องใต้ดิน คานที่ถ่ายน้ำหนักจากพื้นห้องใต้ดิน ซึ่งพื้นจะต้องรับแรงดันของน้ำและรับน้ำหนักบรรทุกที่ถ่ายลงบนพื้น ถ้าน้ำหนักบรรทุกบนด้านบนมีมากกว่าก็จะเกิดแรงดึงที่กลางคานส่วนล่างแต่ถ้าน้ำหนักบรรทุกน้อยกว่าแรงดันของน้ำ ก็จะเกิดแรงในลักษณะกลับกัน

2. แรงเฉือนและแรงดึงทแยงที่เกิดในคาน

3. แรงบิดที่เกิดในคาน

4. การใช้เหล็กเสริมรับแรงอัด

ในบางกรณี วิศวกรมีความจำเป็นต้องออกแบบให้คานมีขนาดความลึกที่น้อยมากเนื่องจากผลทางสถาปัตยกรรม ทำให้แรงอัดที่ส่วนบนของคานเหนือแนวแกนสะเทิน (Neutral axis)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

มากกว่าที่กำลังของคอนกรีตจะต้านทานไว้โดยปลอดภัย ในกรณีเช่นนี้จะต้องออกแบบให้เหล็กเสริมเข้าไปช่วยคอนกรีตรับแรงอัด

ขนาดของคานและการจัดเหล็กเสริม

1. ขนาดของคาน

โดยทั่วๆ ไปการกำหนดความลึกของคาน ผู้ออกแบบจะกำหนดโดยถือมาตรฐานของ ว.ส.ท. หรือ A.C.I Code เป็นหลักดังนี้

1-1 ความลึกประสิทธิผลของคาน (d) หมายถึงระยะจากผิวนอกของคอนกรีตที่รับแรงอัดถึงจุดศูนย์ถ่วงของพื้นที่หน้าตัดเหล็กเสริมรับแรงดึง

1-2 ขนาดรูปตัดของคาน จะต้องมีส่วนลึก ความกว้างและความลึกมากพอที่จะต้านทานการโก่งของคานได้ โดยยอมให้ได้ไม่เกิน L/360 ความลึกของคานไม่ควรน้อยกว่าค่าดังต่อไปนี้

ก. สำหรับคานช่วงเดียว = $\frac{L}{20}$

ข. สำหรับคานสองช่วง = $\frac{L}{23}$

ค. สำหรับคานต่อเนื่องตั้งแต่สองช่วงขึ้นไป = $\frac{L}{26}$

ง. สำหรับคานยื่น = $\frac{L}{10}$

1-3 การออกแบบขนาดความลึกของคาน จะต้องคำนึงถึงการโก่งทางด้านข้างด้วย ปริมาณเหล็กเสริมทางนอนต้องไม่น้อยกว่า 0.0025 เท่าของหน้าตัด และปริมาณเหล็กเสริมทางตั้ง (เหล็กปลอก) ต้องไม่น้อยกว่า 0.0015 เท่าของหน้าตัด

1-4 เหล็กเสริมรับแรงดึง จะต้องมีปริมาณค่าของเปอร์เซ็นเหล็ก (P) ไม่น้อยกว่า $\frac{14}{fy}$

2. การจัดเหล็กเสริม

ข้อคำนึงในการจัดเหล็กเสริมในคาน โดยทั่วๆ ไปมีดังนี้

2-1 คานช่วงเดียวเหล็กเสริมหลักจะเป็นเหล็กล่างตลอดคาน ยกเว้นคานที่ใช้เหล็กเสริมรับแรงอัดด้วย เหล็กเสริมจะมีทั้งเหล็กล่างและเหล็กบน

2-2 คานต่อเนื่อง เหล็กเสริมหลักที่เป็นเหล็กล่างจะอยู่บริเวณกลางงช่วงคาน ส่วนเหล็กเสริมหลักที่เหลือจะเป็นเหล็กบน จะอยู่บริเวณใกล้กับเสา

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2-3 คานยื่น เหล็กเสริมหลักจะเป็นเหล็กบนตลอดช่วงคาน และจะต้องฝังเข้าไปในคานช่วงในหรือในเสาที่มีความยาวเพียงพอที่จะไม่ทำให้หน่วยแรงยึดเหนี่ยวเกิดขึ้นจริงมากกว่าที่ยอมให้ตามมาตรฐานกำหนด

2-4 ระยะห่างของเหล็กเสริมวัดจากผิวเหล็กถึงผิวเหล็ก ต้องไม่น้อยกว่า 2.5 ซ.ม.

2-5 ในกรณีเหล็กเสริมมากกว่า 1 ชั้น ระยะช่องว่างระหว่างผิวเหล็กแต่ละชั้น จะต้องไม่น้อยกว่า 2.5 ซ.ม. ไม่มากกว่า 2.5 ซ.ม. และต้องเรียงเหล็กแต่ละชั้นให้ตรงกัน

2-6 ปลายของเหล็กเสริม จะต้องเสริมให้เลยตำแหน่งที่ไม่ได้รับแรง เป็นระยะไม่น้อยกว่าความลึกของคาน หรือ 12 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางเหล็กเสริม และจะต้องงอปลายเหล็กด้วย

2-7 เหล็กเสริมสำหรับโมเมนต์บวก จะต้องยื่นเข้าไปในที่รองรับเป็นต้นว่าเสาหรือคานหลักไม่น้อยกว่า 15 ซ.ม. เป็นจำนวนไม่น้อยกว่า 1 ใน 3 สำหรับคานช่วงเดียว และไม่น้อยกว่า 1 ใน 4 สำหรับคานต่อเนื่อง

2-8 เหล็กเสริมสำหรับโมเมนต์ลบ ไม่น้อยกว่า 1 ใน 3 จะต้องให้เลยจุดดัดกลับของโมเมนต์เป็นระยะไม่น้อยกว่าความลึกของคาน

สำหรับความหนาของคอนกรีตที่หุ้มเหล็ก (Covering) นับจากผิวเหล็ก จะต้องไม่น้อยกว่าเกณฑ์ต่อไปนี้

1. หุ้มเหล็ก 2 ซ.ม. และต้องไม่น้อยกว่าเส้นผ่าศูนย์กลางเหล็กเสริมหลัก สำหรับคานภายในที่ไม่ได้สัมผัสกับอากาศภายนอกหรือผิวดิน

2. หุ้มเหล็ก 3 ซ.ม. ในกรณีที่คานต้องสัมผัสกับแดดหรือฝน หรือคานดินที่ใช้ไม้แบบท้องคาน และเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 12 ม.ม. ลงมา

3. หุ้มเหล็ก 4 ซ.ม. ในกรณีที่คานต้องสัมผัสกับแดดหรือฝน หรือคานดินที่ไมมีไม้แบบท้องคาน และเหล็กเสริมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 15 ม.ม. ขึ้นไป

4. ในกรณีที่คานมีเหล็กลูกตั้ง (เหล็กปลอก) เพอเสริมรับแรงเฉือน ความหนาของคอนกรีตที่หุ้มเหล็ก จะต้องวัดจากผิวของเหล็กลูกตั้งถึงผิวคอนกรีต

5. เนื้อคอนกรีตข้างคาน หุ้มถึงผิวเหล็กปลอก หนา 2 ซ.ม. หรือหนาเท่ากับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเหล็กเสริม ในกรณีที่เหล็กเสริมมีขนาดใหญ่กว่า 2 ซ.ม.

การใช้เหล็กเสริมรับแรงเฉือน

เมื่อคานมีน้ำหนักบรรทุกมากระทำ นอกจากคานจะเกิดโมเมนต์แล้วยังทำให้เกิดแรงเฉือนขึ้นอีกด้วย ทั้งในแนวตั้ง (Vertical) และแนวนอน (Horizontal) ของคานผลลัพธ์ของแรงดังกล่าวเรียกว่า "แรงเฉือน"(Shear) หรือ Diagonal tension ซึ่งค่าดังกล่าวนี้จะเกิดขึ้นสูงสุดในบริเวณที่

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

123382

รองรับคาน (Support) และมีผลทำให้เกิดรอยแตกร้าวขึ้นได้ในระนาบ (Plane) เป็นมุมประมาณ 45 องศากับแกนนอนของคาน

การป้องกันการแตกร้าวเนื่องจากแรงเฉือน สามารถป้องกันได้โดยการเสริมเหล็ก ซึ่งมีอยู่ 3 วิธีด้วยกันคือ

1. ใช้เหล็กคอม้า (Bent up bar) โดยการใช้เหล็กล่างที่รับแรงดัดของคานดัดเป็นคอม้าขึ้นมา

2. ใช้เหล็กปลอก (Stirrups) เพื่อรับแรงเฉือนโดยตรง

3. ใช้ทั้งเหล็กคอม้าและเหล็กปลอกร่วมกัน

เกณฑ์บังคับสำหรับเหล็กเสริมรับแรงเฉือนตามมาตรฐาน ว.ส.ท.

1. ณ ที่ใดที่ต้องใช้เหล็กเสริมรับแรงเฉือน จะต้องจัดให้ระยะเรียงของเหล็กปลอกห่างไม่เกิน $\underline{d}/2$ และหากค่าหน่วยแรงเฉือนมีค่ามากกว่า $0.795\sqrt{fc'}$ ก.ก./ซ.ม.^{2} แล้ว ระยะเรียงจะต้องห่างไม่เกิน $\underline{d}/4$

2. ณ ที่ใดต้องใช้เหล็กเสริมรับแรงเฉือน (เหล็กปลอก) เนื้อที่หน้าตัดของเหล็กปลอก ณ ที่ดังกล่าวจะต้องไม่น้อยกว่า 0.0015 ของเนื้อที่ bs ซึ่งหาได้จากผลคูณของความกว้างของตัวคานและระยะเรียงของเหล็กปลอกตามความยาวของคาน

การออกแบบเหล็กปลอกเพื่อรับแรงเฉือน

ตามธรรมดาคอนกรีตที่มีขนาดหน้าตัดที่ใหญ่อย่างเพียงพอ จะสามารถต้านทานแรงเฉือนได้โดยที่ไม่ต้องใส่เหล็กปลอกเพื่อรับแรงเฉือน แต่ในกรณีที่คานคอนกรีตมีขนาดเล็กแต่รับน้ำหนักมากคานคอนกรีตจะต้องต้านทานแรงเฉือนมากเกินกว่าที่คานคอนกรีตเองจะสามารถรับไว้ได้ ดั้งนั้นจึงจำเป็นต้องออกแบบเหล็กเสริมเพื่อรับแรงเฉือนส่วนเกิน โดยมีสูตรการคำนวณดังต่อไปนี้

$$S = \frac{Av.fv.d}{V'}$$

เมื่อ :-

S = ระยะเรียงของเหล็กปลอก.....ซ.ม.

Av = เนื้อที่หน้าตัดของเหล็กเสริมหนึ่งปลอกคิดทั้งสองขา.....ซ.ม.^{2}

fv = ความเค้นเฉือนโดยปลอดภัยของเหล็กปลอก.....ก.ก./ซ.ม.

d = ความลึกประสิทธิผลของคาน..... .....ซ.ม.

V' = Vd-Vc= แรงเฉือนที่ใช้คำนวณหาเหล็กเสริมรับแรงเฉือน.....ก.ก.

Vd = แรงเฉือนทั้งหมดในแนวดิ่ง = V-[$\frac{d \times w}{}$].....ก.ก.

V = แรงเฉือนแนวดิ่งทั้งหมดที่ขอบเสา.....ก.ก.

d = $\sqrt{\frac{M(100)}{}}$ .....ซ.ม. Rb

w = น้ำหนักแผ่.....ก.ก./ม

M = โมเมนต์ตัด.....ก.ก./ม

R = $\frac{1}{}$ fc.k.j .....ก.ก./ซ.ม.^{2}

B = ความกว้างของคาน .....ซ.ม.

Vc = แรงเฉือนที่คอนกรีตรับได้ = vc.b.d .....ก.ก.

vc = ความเค้นปลอดภัยของแรงเฉือนในคอนกรีต

= 0.29 $\sqrt{fc'}$

b = ความกว้างของคาน.....ซ.ม.

d = ความลึกประสิทธิผลของคาน.....ซ.ม.

v = ความเค้นของแรงเฉือนที่เกิดจากน้ำหนักบรรทุก = Vd..... ก.ก./ซ.ม.^{2}

a = ระยะที่จำเป็นต้องเสริมเหล็กปลอกรับแรงเฉือน .....ซ.ม.

L = ความยาวของคาน (แทนค่าในสูตรเป็น ซ.ม.) .....ม.

a = $\frac{L}{2} \times \frac{V'}{V}$

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

แรงยึดเกาะและระยะฝังของเหล็กเสริม

การออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องให้คอนกรีตและเหล็กเกิดการยึดเกาะกันอย่างดี สำหรับหรับเหล็กข้ออ้อยนี้ผลิตขึ้นมาเพื่อการนี้เป็นพิเศษนอกจากการยึดเกาะที่ดีแล้ว เหล็กเสริมตามยาวของคาน จำเป็นต้องมีระยะของเหล็กที่ฝังเข้าไปในเนื้อคอนกรีตอย่างเพียงพอ หลักการคำนวรความเค้นยึดเกาะหรือหน่วยแรงยึดเหนี่ยว (u) ของคอนกรีต ใช้สูตรต่อไปนี้ :-

$$u = \frac{V}{\sum o \; j \; d} \quad \text{.....ก.ก./ซ.ม.}^2$$

เมื่อ :

u = หน่วยแรงยึดหน่วงหรือแรงยึดเกาะ.....ก.ก./ซ.ม.^{2}

V = แรงเฉือน.....ก.ก.

$\sum o$= ผลรวมเส้นรอบรูปของเหล็กเสริม.....ซ.ม.

jd = ช่วงแขนโมเมนต์ของแรงภายใน.....ซ.ม.

เหล็กเสริมในคานตามปกติจะเป็นเหล็กเสริมรับแรงดึง โดยกับหนดให้ D เป็นเส้นผ่าศูนย์กลางของเหล็กเสริม

ฉะนั้นพื้นที่หน้าตัดของเหล็ก $= \frac{\pi D^2}{4}$

กำหนดให้แรงดึงต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ $= fs$

นั้นจะได้แรงดึงของเหล็กเท่ากับพื้นที่หน้าตัดคูณด้วย fs $= \frac{\pi D^2}{4} . fs$

เส้นรอบรูปของเหล็ก = πD

ระยะของเหล็กที่ต้องฝังเข้าไปในคอนกรีต = L

ฉะนั้นจะได้พื้นที่ผิวโดยรอบ = πDL

กำหนดให้ u คือแรงยึดเกาะต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่

ฉะนั้นแรงยึดเกาะของเหล็กทั้งหมด $= \pi D.L.u.$

เพื่อการสมดุล :-

แรงดึงของเหล็ก = แรงยึดเกาะระหว่างเหล็กกับคอนกรีต

ฉะนั้น $\frac{\pi D^2}{4} . fs = \pi D.L.u.$

$$L = \frac{\pi D^2}{4} . fs \times \frac{1}{\pi D.L}$$

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ฉะนั้นความยาวของเหล็กที่จะฝังในคอนกรีต $L = \frac{D . fs}{4u}$

เมื่อ :-

L = ความยาวของเหล็กที่จะฝังในคอนกรีต.....ซ.ม.

D = เส้นผ่าศูนย์กลางของเหล็ก.....ซ.ม.

fs = แรงดึงของเหล็ก.....ซ.ม.^{2}

u = แรงยึดหน่วงที่ยอมให้..... ซ.ม.^{2}

คานรูปตัดตัว T นี้มีความแตกต่างกับคานรูปตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าตรงที่ว่าคานรูปตัดตัว T สามารถรับโมเมนต์ต้านทานได้มากกว่าคานรูปตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า ที่มีความลึกเท่าๆ กัน เนื่องจากคานรูปตัดตัว T นี้ไม่นิยมทำเป็นคานเดี่ยว ส่วนมากมักจะทำคานที่ขนานกันหลายๆ ตัว

สำหรับปีกของคานจะสามารถต้านทานแรงอัดได้มากหรือน้อยนั้น ขึ้นอยู่กับความหนาของพื้นความยาวของคาน และระยะห่างของคานข้างเคียง

ตำแหน่งของคานสะเทินรูปตัดตัว T นี้ แบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ

1. แนวแกนสะเทินอยู่ภายในปีกของคาน (Flange)
2. แนวแกนสะเทินอยู่ตรงผิวล่างของปีกคานพอดี
3. แนวแกนสะเทินอยู่ในตัวคาน (Web)

การหาค่าโมเมนต์ต้านทานโดยคอนกรีต (Mc) สำหรับคานรูปตัดตัว T นี้ ขึ้นอยู่กับแนวแกนสะทิน ดังต่อไปนี้

1. เมื่อ แนวแกนสะเทินอยู่ภายในปีกของคานหมายถึงค่า kd น้อยกว่า t หรือ แนวแกนสะเทินอยู่ตรงผิวล่างของปีกคานพอดี หมายถึง kd เท่ากับ t ให้คำนวณโมเมนต์ต้านทาน โดยคอนกรีตเหมือนกับคานรูปตัดเสี่ยมเหลี่ยมผืนผ้า โดยให้สูตรดังนี้

$$Mc = \tfrac{1}{2}\ fc.\ b.\ kd.\ Jd$$

2. เมื่อแนวแกนสะเทินอยู่ในตัวคาน หมายถึงระยะ kd มากกว่า t การหาค่าโมเมนต์ต้านทานโดยคอนกรีต จะต้องใช้สูตรสำหรับคานรูปตัดตัว T โดยเฉพาะ

เพื่อมิให้สับสน สรุปค่ากำหนดต่างๆ ในการคำนวณได้ดังนี้ :-

1. เมื่อปีกคานอยู่ต่างหากมิใช่ส่วนหนึ่งของพื้น

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

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2. เมื่อปีกคานเป็นส่วนหนึ่งของพื้น

$$k = \frac{np + \tfrac{1}{2}(1/d)^2}{np + (1/d)}$$

3. เมื่อแนวแกนสะเทิน kd น้อยกว่าความหนาของปีกคาน t หรือแนวแกนสะเทิน kd เท่ากับความหนาของปีกคาน t

$$Mc = \tfrac{1}{2}\ fc.\ b.\ kd.\ jd$$

$$jd = d - \frac{kd}{3}$$

3. แนวแกนสะเทินอยู่ในตัวคาน หรือ kd มากกว่า t

$$Mc = \left(1 - \frac{t}{2kd}\right) fc.\, b.\, kd.\, jd$$

$$jd = \frac{d-y}{}$$

$$y = \frac{t(3kd-2t)}{3\,(2kd-t}$$

ข้อกำหนดสำหรับคานรูปตัดตัว T (ตามมาตรฐาน ว.ส.ท.)

ก. ในการก่อสร้างคานรูปตัดตัว T พื้นที่และตัวคานจะต้องหล่อพร้อมกัน หรือมิฉะนั้นก็ต้องหล่อยึดติดกัน

ข. ความกว้างประสิทธิผลของปีกที่ใช้ในการออกแบบคานรูปตัดตัว T ที่มีปีกของ คานจะต้องเป็นค่าน้อยสุดของค่าต่อไปนี้

1. ¼ ของช่วงคาน
2. 2 (8) t+b′
3. ½ ของระยะช่วงว่างของคานตัวถัดไป

ค. คานโดดๆ ที่ทำเป็นรูปตัว T แต่มิใช่ปีกขั้นเป็นส่วนของพื้น ปีกของคานจะต้องเป็นค่าน้อยสุดของค่าต่อไปนี้

1. t > ½ b′
2. b < 4 b′

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ง. สำหรับคานที่มีปีกข้างเดียว ปีกคานที่ยื่นออกไปจะต้องเป็นค่าน้อยสุดของค่าต่อไปนี้

1. ½ ของช่วงคาน
2. 6 เท่าของความหนาของพื้น (t)
3. ½ ของระยะช่วงว่างระหว่างคานตัวถัดไป

จ. ถ้าพื้นคอนกรีตส่วนที่พิจารณาให้เป็นปีกของคานรูปตัดตัว T มีเหล็กเสริมเอกขนานกับตัวคานจะต้องเสริมเหล็กตามขวางที่ผิวบนพื้นคอนกรีตนั้น โดยออกแบบให้เหล็กเสริมตามขวงรับน้ำหนักบรรทุก เฉพาะส่วนที่ใช้เป็นปีกของคานรูปตัว T โดยสมมติว่าปีกทำหน้าที่เสมือนคานยื่น ระยะห่างของเหล็กต้องไม่เกิน 3 เท่าของความหนาของปีก (t) แต่ไม่เกิน 30 ซ.ม.

แรงบิด (TORSION)

ในลักษณะของคานที่รับกันสาดคอนกรีตเสริมเหล็ก หลังคาโรงรถ หรือคานที่รับบันไดที่ออกแบบเป็นพื้นที่ยื่น ลักษณะของคานที่รับน้ำหนักดังกล่าวนี้อาจต้องต้านทานทั้งโมเมนต์ดัดและโมเมนต์บิดพร้อมๆ กัน ดังนั้นการออกแบบคานคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดนี้จึงต้องเลือกขนาดหน้าตัดคานให้มีขนาดพอที่จะต้านทานหน่วยแรงบิดดังกล่าวได้ การต้านทานหน่วยแรงบิดของคานคอนกรีตเสริมเหล็กนี้ประกอบด้วย

1. ขนาดหน้าตัดคาน
2. เหล็กเสริมตามยาวที่มุมทั้งสี่ของคานรูปตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า
3. เหล็กปลอก

เมื่อคานถูกบิดด้วยโมเมนต์บิด (Mt) จะทำให้เกิดหน่วยแรงเฉือนขึ้น สำหรับหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า หน่วยแรงเฉือนนี้จะมีค่าสูงสุดที่จุดกึ่งกลางของแต่ละด้าน และค่อยๆ ลดลงไปจนเป็นศูนย์ที่มุมทั้งสี่

ข้อกำหนดต่างๆ ในการคำนวณแรงบิด

ก. หน่วยแรงบิดสำหรับหน้าตัดคานรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า รูปตัดตัว T หรือรูปตัดตัว L ให้คำนวณหน่วยแรงบิดสูงสุดได้ดังนี้ :-

$$Vt = \frac{3.5mt}{\sum x^2 y}$$

เมื่อ :-

Mt = โมเมนต์บิด

Vt = หน่วยแรงบิด

X,y = เป็นด้านสั้นและด้านยาวของสี่เหลี่ยมผืนผ้า ซึ่งประกอบขึ้นเป็นหน้าตัดนั้น ทั้งนี้สำหรับคานรูปตัดตัว T และตัว L ความกว้างของปีกคานที่ใช้ในการคำนวณผลรวม $\sum x^2 y$ จะต้องไม่เกิน 3 เท่าความหนาปีกนั้น หรือไม่เกิน ½ ของช่วงคาน แล้วแต่ค่าไหนจะน้อยกว่ากัน

ข. ในกรณีที่หน่วยแรงเฉือน ซึ่งคำนวณจากสมการตามข้อ ก. มีค่าเกิน $1.32\sqrt{fc'}$ จะต้องเพิ่มขนาดของหน้าตัดคานนั้น จนกระทั่งหน่วยแรงเฉือนไม่เกินเกณฑ์กำหนดนี้

ค. เมื่อคานรับแรงตัดและแรงบิดพร้อมกัน ให้รวมหน่วยแรงเฉือนที่เกิดจากแรงทั้งสองเข้าด้วยกันและยอมให้ใช้ได้ไม่เกิน $1.65\sqrt{fc'}$

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ง. เมื่อคานเกิดหน่วยแรงบิดตามลำพังหรือหน่วยแรงเฉือนตามข้อ ค. ค่าเกินหน่วยแรงเฉือน vc ซึ่งยอมให้สำหรับคอนกรีตของคานที่ที่ไม่เสริมเหล็กรับแรงเฉือนตามตารางที่ 6 (คานที่ไม่มีเหล็กรับแรงเฉือน) จะต้องเสริมเหล็กให้รับแรงส่วนที่เกินนั้น

จ. สำหรับคานที่มีหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า เหล็กเสริมรับแรงบิดอาจประกอบด้วย

1. เหล็กเสริมตามยาว และเหล็กลูกตั้งซึ่งพันครบรอบหรือ

2. เหล็กเสริมตามยาว และเหล็กปลอกเกลียวซึ่งพันให้หมุน 45 องศากับแนวเหล็กตามยาว ในทิศที่จะเกิดแรงดึงในเส้นเหล็กเสริมนั้นเมื่อเกิดแรงบิด

ฉ. หน้าตัดเหล็กลูกตั้งหนึ่งขา ที่พันครบรอบเพื่อต้านทานหน่วยแรงบิดอย่างเดียว คำนวณได้ดังนี้ :-

$$Av = \frac{Mt \cdot s}{2Ac \cdot fv}$$

ช. หน้าตัดเหล็กเสริมชนิดปลอกเกลียว ซึ่งรับเฉพาะแรงบิดเท่านั้น คำนวณได้ดังนี้ :-

$$Av = \frac{Mt\frac{s}{2}}{\sqrt{2Ac.AC}}$$

ซ. เหล็กเสริมตามยาวต้องเสริมให้รับแรงบิด โดยจัดไว้ทุกมุมของหน้าตัดสี่เหลี่ยม เหล็กเสริมนี้เป็นเหล็กที่ต้องเสริมพิเศษนอกเหนือจากเหล็กเสริมรับแรงดัดหน้าตัดเหล็กเสริมตามยาว คำนวณได้ดังนี้ :-

$$Ast = \frac{Mt.z}{2Ac.fs}$$

เมื่อ :- Ast = เนื้อที่หน้าตัดเหล็กเสริมตามยาวแต่ละมุม

Mt = โมเมนต์บิด

Av = เนื้อที่หน้าตัดของเหล็กลูกตั้งหรือปลอกเกลียว

Ac = เนื้อที่หน้าตัดของคอนกรีตภายในเหล็กลูกตั้งหรือปลอกเกลียว

Fv = หน่วยแรงดึงที่ยอมให้ของเหล็กเหล็กลูกตั้งหรือปลอกเกลียว

Fs = หน่วยแรงดึงที่ยอมให้สำหรับเหล็กเสริมตามยาว

S = ระยะเหล็กลูกตั้งหรือปลอกเกลียว

Z = ระยะระหว่างเหล็กเสริมตามยาวโดยเฉลี่ย

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยแยกเป็นข้อและขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

3.1 ศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยทฤษฎีอีลาสติก โดยศึกษาในหัวข้อต่างๆ ดังนี้

3.1.1 ข้อกำหนดของ วสท. และมาตรฐานต่างๆที่เกี่ยวข้อง

3.1.2 ศึกษาตัวอย่างการออกแบบจากแหล่งข้อมูลต่างๆ เช่น ตำรา , วารสารและแหล่งข้อมูลบนอินเตอร์เน็ท

3.1.3 ศึกษาการออกแบบระบบแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก

3.1.4 ศึกษาระบบการออกแบบระบบเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก , คาน , ฐานราก

3.2 ศึกษาความสามารถของโปรแกรม Micro soft Excel โดยเน้นในหัวข้อต่างๆ ดังนี้

3.2.1 การใช้สูตร และฟังก์ชันต่างๆ เกี่ยวกับการคำนวณทางคณิตศาสตร์

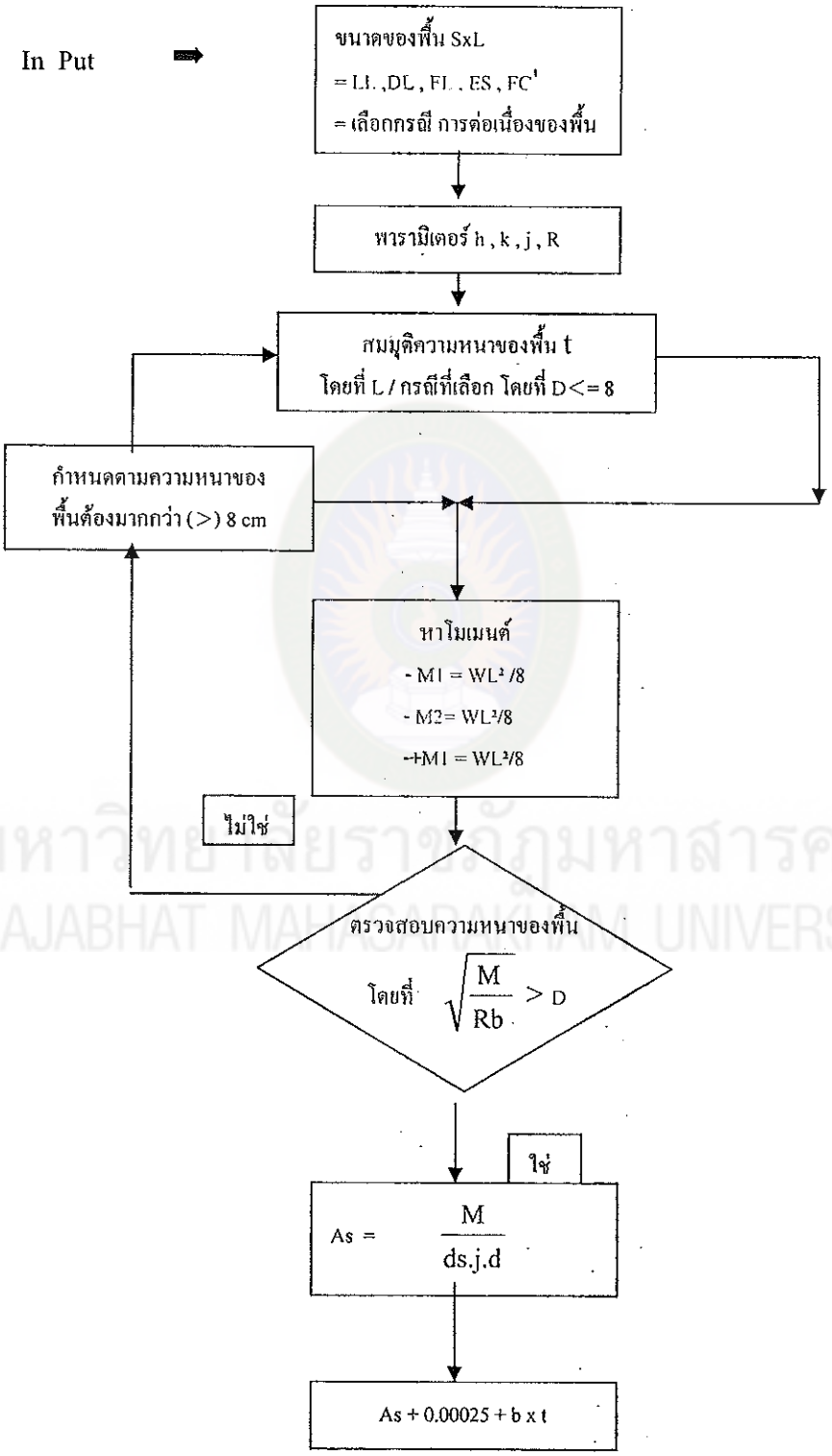
3.2.2 ศึกษาเกี่ยวกับการเสนอผลงาน เมื่อโปรแกรมทำงานแล้วเสร็จ โดยการพิมพ์ออกเป็นเอกสารรายการคำนวณเพื่อ ยื่นขออนุญาตก่อสร้างต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

3.2.3 ศึกษาเกี่ยวกับการเก็บรักษาข้อมูลและการนำข้อมูลที่ได้ออกเผยแพร่สาธารณชนต่อไป

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

3.3 ขั้นตอนและการคำนวณการออกแบบพื้นทางเดียว

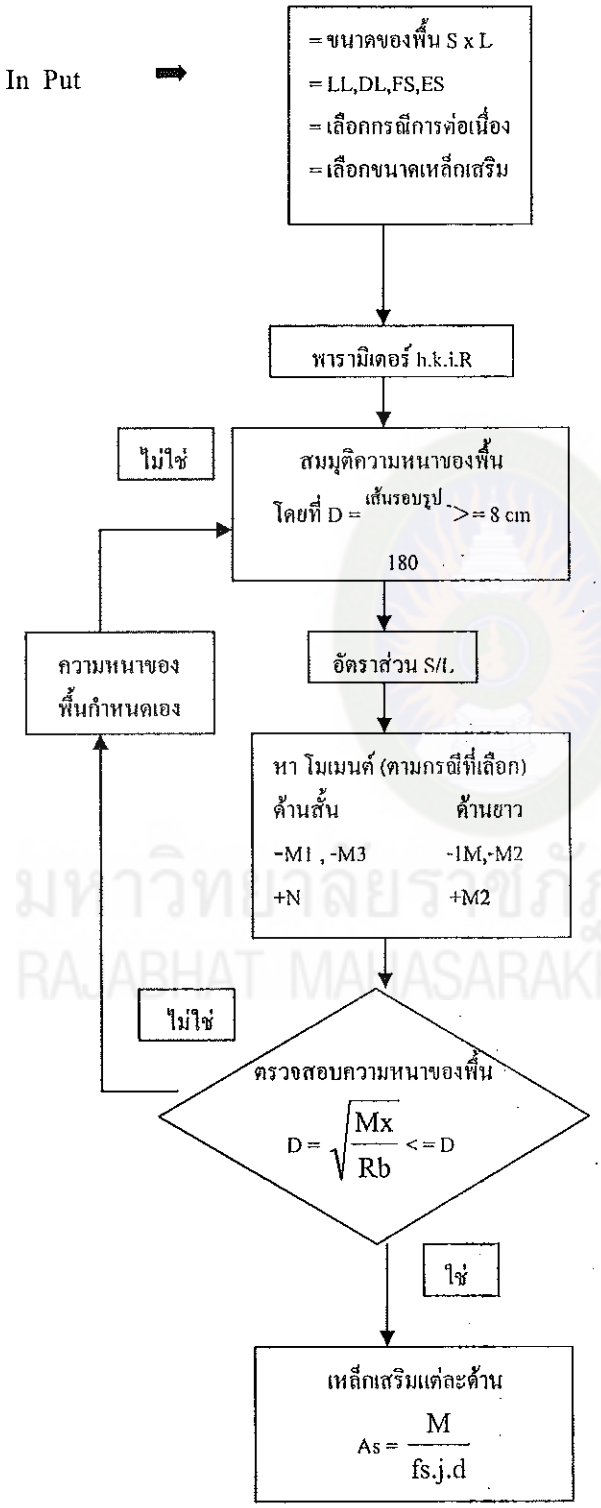
(one way slap Design)



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

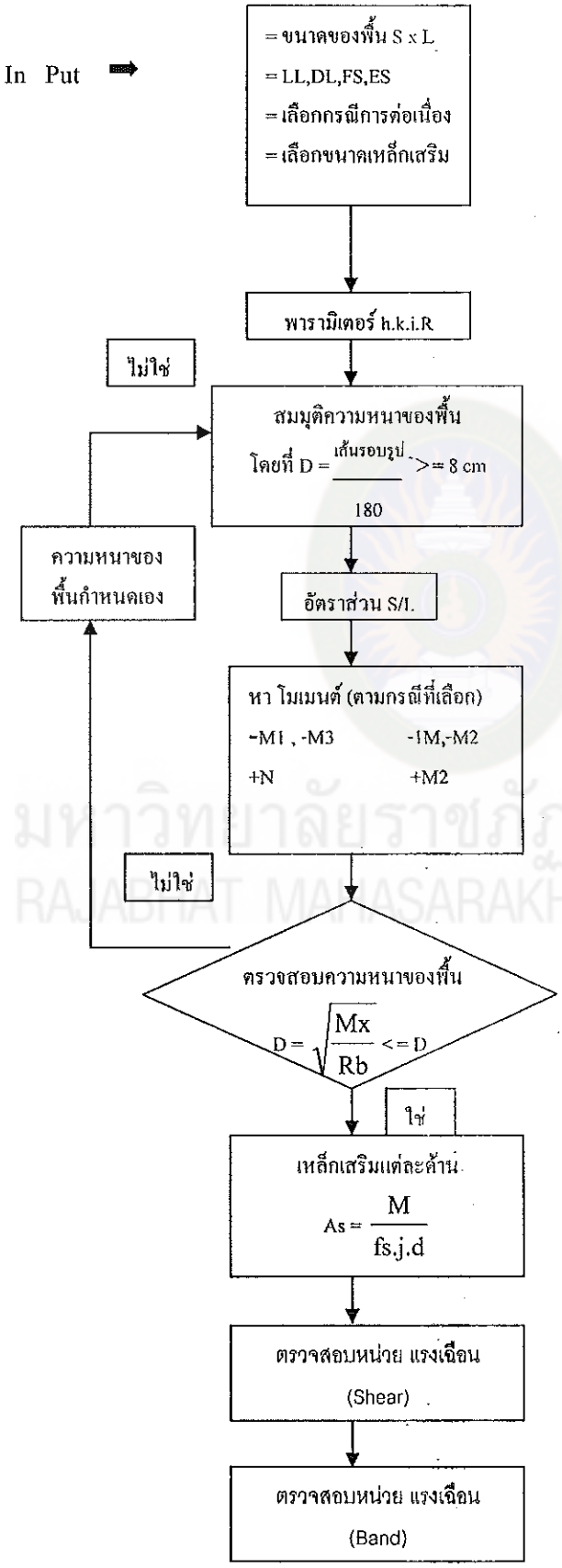
3.4 ขั้นตอนและการคำนวณการออกแบบพื้นสองทาง

(two way slap Design)



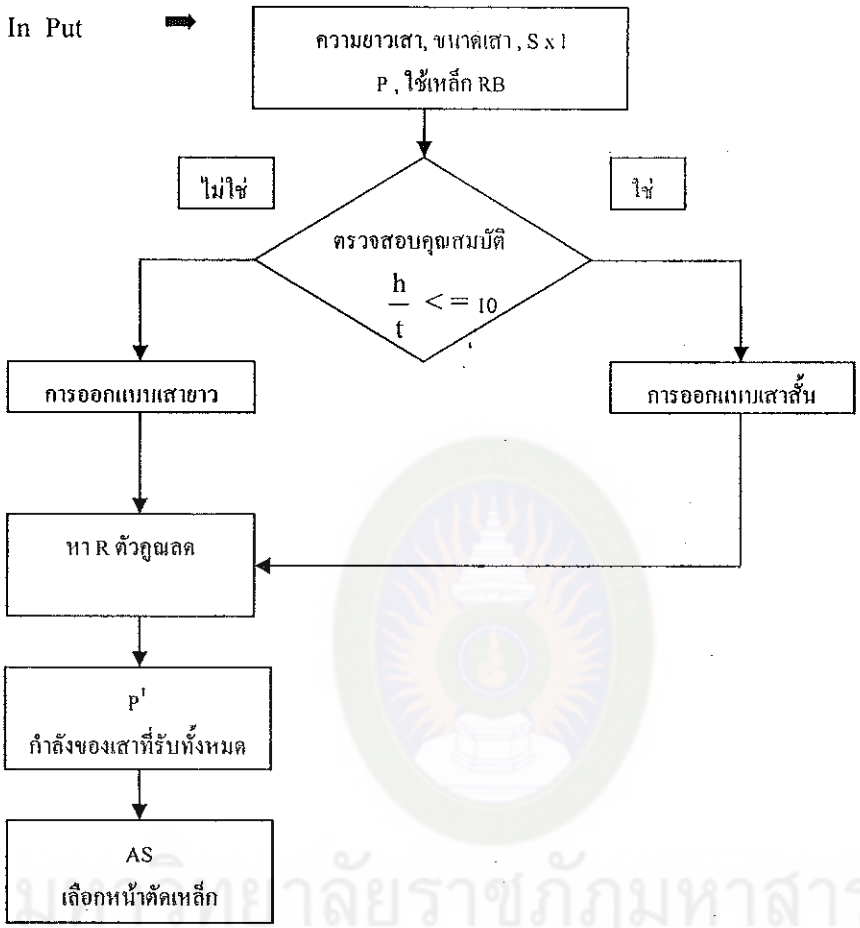
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

3.5 ขั้นตอนและการคำนวณการออกแบบคาน



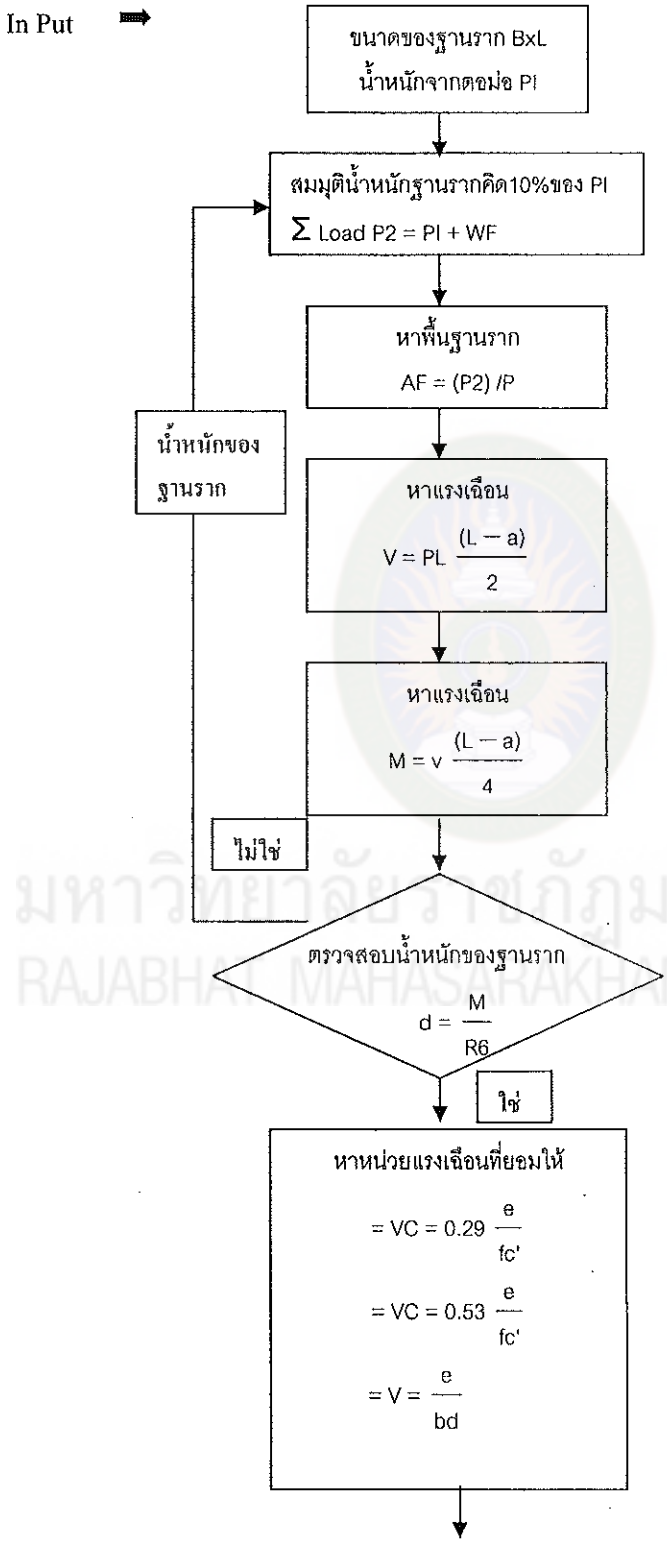
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

3.6 ขั้นตอนและการคำนวณการออกแบบเสา



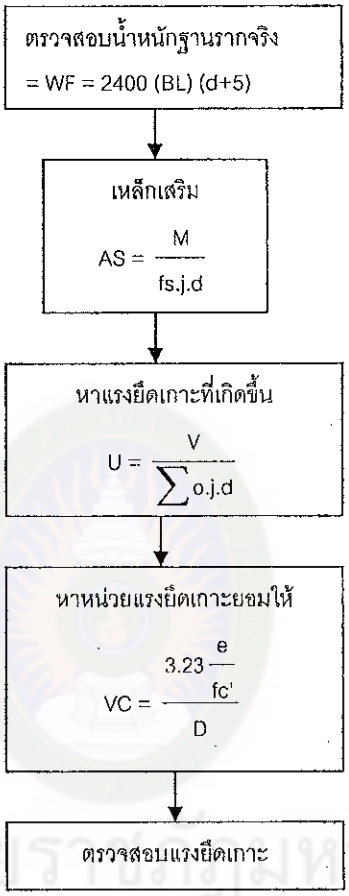
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

3.7 ขั้นตอนและการคำนวณการออกแบบฐานราก



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

3.7 ขั้นตอนและการคำนวณการออกแบบฐานราก (ต่อ)



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บทที่ 4

ผลการวิจัย และอภิปราย

จากขอบเขตการศึกษา เป็นการศึกษาของคุณสมบัติของการใช้ โปรแกรม Microsoft Office Excel ในการนำมาประยุกต์ใช้ เป็นการคำนวณซึ่งเมื่อหลังจากการนำมาทดลองใช้งานแล้วทำให้การทำงานได้ผลดี สะดวก รวดเร็ว ถูกต้อง และการทำงานก็ง่ายๆ ไม่ยุ่งยากไม่ซับซ้อนเพียงผู้ใช้ป้อนข้อมูลที่ต้องการลงในสูตรที่กำหนดไว้ จากนั้นโปรแกรมก็จะคำนวณผลนั้นออกมาอย่างรวดเร็วถ้าผู้ป้อนข้อมูลใส่ข้อมูลที่ถูกต้องก็จะมีคำตอบในการคำนวณ แต่ถ้าผู้ป้อนข้อมูลใส่ข้อมูลไม่ถูกต้องโปรแกรมก็จะบอกให้ใส่ข้อมูลอีกครั้ง

จากการทดสอบการใช้งานของ Micro soft office Excel ที่ประยุกต์ใช้นี้เมื่อนำใช้งานแล้วพอสรุปการทำงาน และประโยชน์ได้เป็นข้อๆ ดังนี้

1. ทำให้การคำนวณ สะดวก รวดเร็ว และถูกต้อง

2 . การใส่ข้อมูลที่ต้องการออกแบบไม่ยุ่งยาก และไม่ซับซ้อน

3. ใส่ข้อมูลลงตามช่องที่กำหนดให้ใส่ ผลการคำนวณก็จะออกมาเองโดยการคิดคำนวณจากสูตรที่เขียนไว้แล้ว

4. หากใส่ข้อมูลผิด ผลการคำนวณก็จะไม่แสดงผลออกมาแต่จะบอกให้ใส่ข้อมูลใหม่อีกจนกว่าการออกแบบนั้นจะผ่านตามที่กำหนดในโปรแกรมที่กำหนดไว้แล้ว

5. เป็นโปรแกรมประยุกต์ที่สามารถใช้ได้ ในบุคคลหลายระดับ

6. เป็นโปรแกรมคำนวณที่ช่วยประหยัดเวลาในการคำนวณ

7. ใช้โปรแกรมคำนวณในงานจริงได้

8. ช่วยให้ผู้ออกแบบสามารถเลือกขนาดหน้าตัด และขนาดของเหล็กในการออกแบบได้

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

CONDITION FOR DESIGN

กฎกระทรวงฉบับที่ 6/2527 ตามข้อบัญญัติของ กทม. พ.ศ. 2522

fc	=	65		Ksc.
fc'	=	145		Ksc.
fs	=	1,200		Ksc. (RB) เหล็กเส้นกลม
fs	=	1,400		Ksc. (DB) เหล็กข้ออ้อย
n	=	11		
j	=	0.876		
K	=	0.373		
R	=	10.620		
Wt. Of concrete	=	2,400		kg/m3
wt. Of brick wall	=	180		kg/m2
Live load (LL)	=	200 - 300	ใช้ = 300	kg/m2 (ตามข้อกำหนดแต่ละชนิด)
(กันสาดหรือหลังคาคอนกรีต) Roof	=	100		kg/m2
vc	=	3.49		Ksc. (for beam)คาน
vc	=	6.38		Ksc.(for slab , footing)พื้น และฐานราก
Bearing capacity of soil	=	8 - 10	ใช้ = 10.00	Ton/m2

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
PIBULSONGKRAM RAJABHAT UNIVERSITY

Continuous beams : Shears from equal loads on equal spans

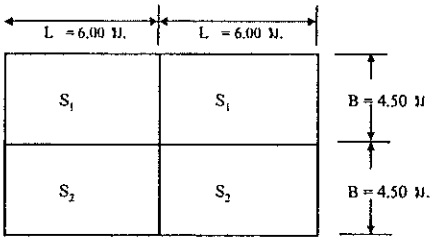
คานแบบกระจายน้ำหนักสม่ำเสมอ

Design R.C. Slab S1

ข้อมูลทั่วไป แผ่นพื้นแบบไม่ติดต่อกัน 2 ด้าน | F1 | ขนาด

แผ่นพื้นปกติหรือทั่วไป (n) =	n

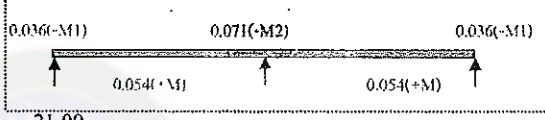
ความยาวพื้น L =	6.00	m
ความกว้างพื้น B =	4.50	m



อัตราส่วน = $\frac{L}{B} = \frac{6.00}{4.50} = 1.33 < 2$ = Two Way Slab

อัตราส่วน = $\frac{B}{L} = \frac{4.50}{6.00} = 0.70 =$ m.

* ค่าสัมประสิทธิ์ โมเมนต์ ในกรณีที่ 3 ไม่ต่อเนื่องกันสองด้าน (C) จากตาราง



สมมติพื้นคอนกรีตหนา (t) = $\frac{\text{เส้นรอบรูป}}{180} = \frac{21.00}{180} =$ 0.117 ใช้ (t) = 0.140 ม.

DL = 0.14 x 1 x 1 x 2400 = 336 ก.ก./ม.^{2}

LL = = 300 ก.ก./ม.^{2}

$\therefore$ w = DL + LL = 636 ก.ก./ม.^{2}

1. หาค่าโมเมนต์คัด

(s = ความยาวทางช่วงสั้นของพื้น (ม.)) $-M_1 = Cws^2 = 0.036 (636) (4.5 \times 4.5) =$ 464 ก.ก. - ม.

$-M_2 = Cws^2 = 0.071 (636) (4.5 \times 4.5) =$ 914 ก.ก. - ม.

$+M = Cws^2 = 0.054 (636) (4.5 \times 4.5) =$ 695 ก.ก. - ม.

สมมติใช้เหล็กเสริม ϕ | 9 มม. | ทั้งสองทาง (D = เส้นผ่าศูนย์กลางเหล็กเสริม)

d = t - (2 + D/2) = 14 - (2 + 0.9/2) = 11.55 ซม , d' = t - d = 14 - d = 2.45 ซม.

$d = \sqrt{\frac{M}{Rb}} = \sqrt{\frac{914 (100)}{10.62 (100)}} =$ 9.28 ซม. < 11.55 OK

1. หาพื้นที่หน้าตัดเหล็กเสริม

$-As_1 = \frac{M_1}{fs\,jd} = \frac{464 (100)}{1200 \times 0.876 \times 11.55} =$ 3.82 ซม.^{2}

ใช้เหล็กเสริมขนาด ϕ 9 มม. ระยะ 0.143 ม. ปรับระยะเป็น 0.140 ม. (As = 5.18 ซม.^{2})

$-As_2 = \frac{M_2}{fs\,jd} = \frac{914 (100)}{1200 \times 0.876 \times 11.55} =$ 7.53 ซม.^{2}

ใช้เหล็กเสริมขนาด ϕ 9 มม. ระยะ 0.083 ม. ปรับระยะเป็น 0.080 ม. (As = 8.58 ซม.^{2})

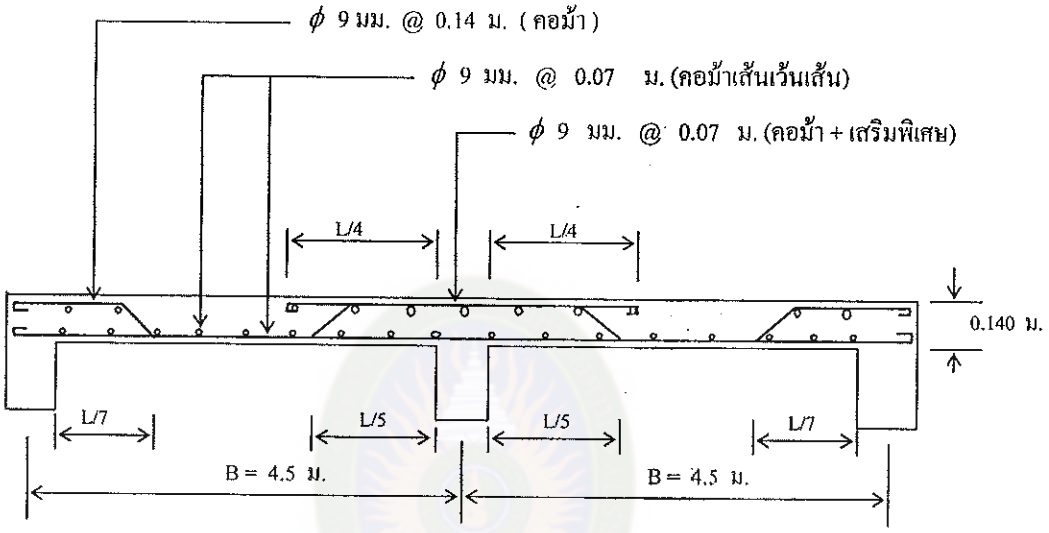
$+As = \frac{M}{fs\,jd} = \frac{695 (100)}{1200 \times 0.876 \times 11.55} =$ 5.72 ซม.^{2}

ใช้เหล็กเสริมขนาด ϕ 9 มม. ระยะ 0.111 ม. ปรับระยะเป็น 0.110 ม. (As = 6.41 ซม.^{2})

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

จัดเหล็กเสริมใหม่เพื่อให้ลงตัว

$-As_1$	=	ϕ 9 มม. ระยะ	=	0.140 ม.	(เหมือนเดิม)
$-As_2$	=	ϕ 9 มม. ระยะ	=	0.070 ม.	(เหมือนเดิม)
$+As$	=	ϕ 9 มม. ระยะ	=	0.070 ม.	< 0.11



แสดงการเสริมเหล็ก S1

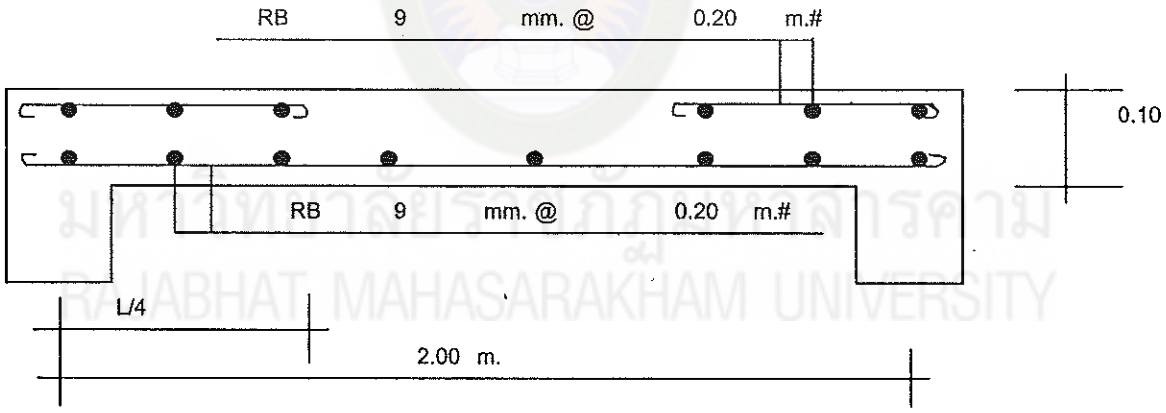
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

DESIGN SLAB : S1

PROJECT : house 2 floor

ENGINEER: P. Isarace c.e. 15746

SIZE	S	x	L		
	2.00	x	2.00	m.	
THICKNESS ' t		=	0.10	m.	
Load					
	1. LL.	=	150.00	ksm.	
	2. DL.	=	240.00	ksm.	
	w	=	390.00	ksm.	
moment , M		=	wl^2/10		
		=	156.00	kg-m./m.	
	As	=	M/fs*j*d		
		=	1.83	cm.^2	
use	main steel				
	RB	9	mm. @	0.20	m.#
	As	=	3.18	cm.^2	OK.



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

Deign R.C. Footing

ข้อมูลทั่วไป ฐานรากสี่เหลี่ยมจัตุรัส F1 ขนาด

น้ำหนักจากตอม่อ P1 =	20,000	kg.
ขนาดเสาตอม่อ a =	0.250	m.
ขนาดเสาตอม่อ c =	0.250	m.
พิจารณาเพิ่มค่า d =	40.000	%
หน่วยแรงดันขึ้นปลอดภัยของดิน ρ =	10.00	Ton / m.^{2}

สมมติน้ำหนักฐานรากคิด 10% ของ (P1) $WF = 0.10(P)$ = 2,000 kg.

ΣLoad $P2 = P1 + WF$ = 22,000 kg.

พื้นที่ ฐานราก $AF = (P2) / \rho$ = 2.20 m.^{2}

ความกว้างฐานราก $L = \sqrt{AF}$ = 1.50 m.

ใช้ $AF = 1.5 \times 1.5$ = 2.25 m.^{2}

$\rho = (P2) / (AF)$ = 9.78 Ton / m.^{2}

แรงเฉือน $V = \rho L(\frac{L - a}{2})$ = 9,169 kg.

โมเมนต์ $M = V(\frac{L - a}{4})$ = 2,866 kg. - m.

$d = \sqrt{\frac{M}{Rb}} = 13.42$ ใช้ d = 19.00 cm. (เผื่อ $\cong$ 40 %)

หน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้ $vc = 0.29\sqrt{fc'}$ = 3.49 ksc.

$v = \frac{V}{bd}$ = 2.24 < 3.49 ksc. OK

พิจารณาแรงเฉือนแบบทะลุ Punching Shear

หน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้ $vc = 0.53\sqrt{fc'}$ = 6.38 ksc.

$v = \frac{V}{bd}$ = 6.01 < 6.38 ksc. OK

ตรวจสอบน้ำหนักจากฐานรากจริง $WF = 2400(B\ L)(d+5)$ = 1,296 < 2000 kg. OK

$As = \frac{M}{fs\ j\ d}$ = 12.30 cm.^{2}

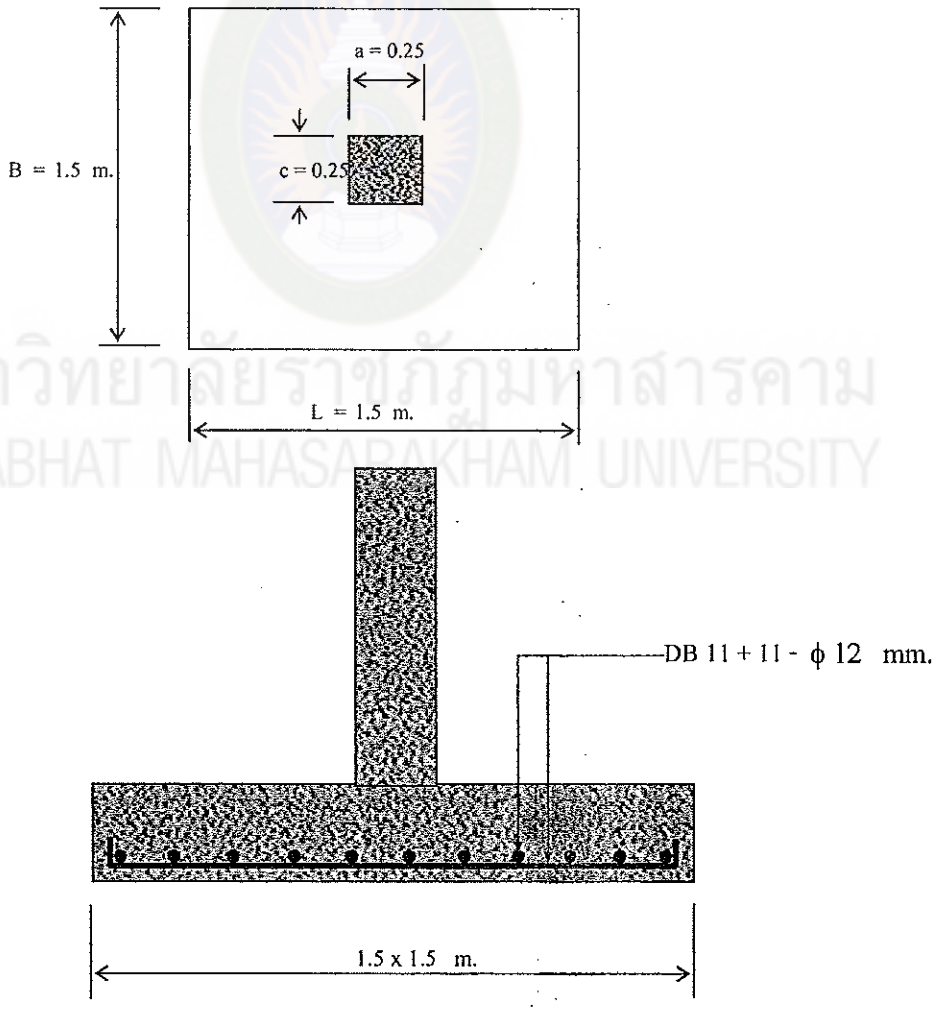
ใช้เหล็กเสริมข้ออ้อย ขนาด = 11 - ϕ 12 mm. As = 12.4 > 12.30 cm.^{2} OK

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

แรงยึดเกาะที่เกิดขึ้น $u = \frac{V}{\Sigma 0\, j\, d}$ = 31.37 ksc

หน่วยแรงยึดเกาะที่ยอมให้ $uc = \frac{3.23\sqrt{fc'}}{D}$ = 32.41 ksc.

ตรวจสอบแรงยึดเกาะ = u < uc OK



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

แสดงรูปฐานราก F1

DESIGN FOOTING	F1
Building :	House 2 floor
Engineer :	Mr. Isarace Pigul CE. 15746
Structure Detail	Footing F1
design criteria	
concrete:	

Fc' = 210 ksc. fc = 78.75 ksc. (0.375*Fc')

steel :

SR-24 (RB)			SD - 30(DB)		
Fy =	2,400	ksc.	Fy =	3,000	ksc.
fs =	1,200	ksc. (0.5*Fy)	fs =	1,500	ksc. (0.5*Fy)

select steel => RB

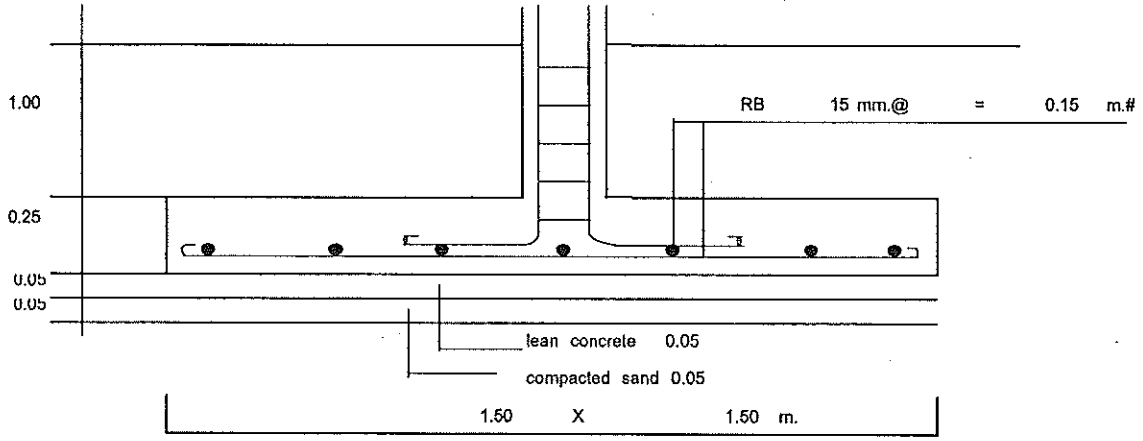
footing size	B	X	L	
	1.50	X	1.50	m.
thickness, t		=	0.25	m.
load from column		=	16,000.00	kg
soil bearing capacity , qu		=	8	tons/m.^2
check size of footing				
require area footing		=	2.00	m.^2
area of footing		=	2.25	m.^2 OK.
soil bearing capacity actual , quact.		=	3,555.56	kg./m.^2

column size		0.20	x	0.20	m.
moment ,		M = wl^2/2	=	1,000.00	kg.-m.
RB		As=M/fsjd	=	4.23	cm^2/m.
use	RB 15	mm.@	=	0.15	m.#
		As	=	13.55	cm.^2/m. OK.
		no. of steel	=	11	each

check steel				
sum perimeter of steel sigmaO	=	4.71	cm.	
bond stress actual, uact.=V/sigmaO*j*d	=	3.91	kg./cm.^2	
bond stress allowable, ull.=1.145*sqrt(Fc')	=	11.06	kg./cm.^2	OK

Check Shear			
maximum shear, V=w*L*B/2	=	4,000.00	kg.
area for resist shear, A1 = B*t	=	3,750.00	cm.^2
actual shear stres, vact.=V/A1	=	1.07	kg./cm.^2
allowable shear stres,vall.= 0.29*sqrt(Fc')	=	4.20	kg./cm.^3 OK

Check Punching Shear			
maximum shear, V=w*(L*B-(a+d/2)^2)	=	7,624.44	kg.
area for resist shear, A2 = (a+d)*4*d	=	4,500.00	cm.^2
actual shear stres, vact.=V/A2	=	1.69	kg./cm.^2
allowable shear stres,vall.= 1 0.35*sq.rt(Fc')	=	7.68	kg./cm.^3 OK



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

Design R.C. Column

ข้อมูลทั่วไป แบบกำหนด เสา C1 จากชั้น2ถึงหลังคา ขนาด

น้ำหนักลงเสาตามแนวแกนทั้งหมด (P) =	7,500	kg.
หน้ากว้างหน้าแคบของเสา (t) =	20	cm.
ความหนาของเสา (b) =	20	cm.
ความสูงของเสา (h) =	310	cm.
กำหนดค่า K สำหรับยึดปลายเสาแบบกรณีที่	4	กำหนดให้ใช้ออกแบบ
จากตารางค่า K (AISC)		

จากอัตราส่วน = h / t = 15.5 > 15 ออกแบบเป็นเสายาว รัศมีไจเรชั่น (r) = 0.3t

ตัวคูณลดค่าสำหรับเสา (R) = 1.07 - 0.008 (h) / r = 0.65 < 1.00 OK

$$PS = \frac{PL}{R} = \frac{7,500}{0.65} = 11,539 \text{ kg.}$$

พื้นที่หน้าตัดของเสา (Ag) = b x t = 20 x 20 = 400 $cm.^2$

กำลังรับน้ำหนักโดยคอนกรีต C = 0.85(Ag) 0.25(fc') = 0.85(400)0.25 (145) = 12,325 kg.

กำลังรับน้ำหนักโดยเหล็กเสริม S = P_S - C = 11539 - 12325 = - 786 kg.

$$Pg = \frac{Ps - 0.2125(Ag)fc'}{0.85(fs)Ag} = \frac{11539 - 0.2125(400)145}{0.85(1200)400} = - 0.002$$

☞ - 0.002 Pg < 0.01 พิจารณาลดขนาดเสา หรือใช้ Ag / 2

☞ - 0.002 Pg < 0.08 OK

$$As = \frac{PgAg}{2} = (0.01)(400)/2 = 2.00 \text{ } cm.^2$$

$$\text{หรือ } As = \frac{S}{0.85(fs)} = \frac{-786}{0.85(1200)} = - 0.78 \text{ } cm.^2$$

ใช้เหล็กเสริมขนาด = 4 - ϕ 12 mm. As = 4.52 > 2.00 $cm.^2$ OK

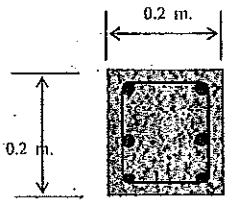
ใช้เหล็กปลอกขนาด = ϕ 6 mm. @ 0.19 m.

ระยะห่างเหล็กปลอก

48d = 28.8 cm

16D = 19.2 cm

t = 20 cm



4 - ϕ 12 mm.

ปลอก ϕ 6 mm. @ 0.19 m.

C1

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครสารคาม
RAJABHAT MAHA SARAKHAM UNIVERSITY

DESIGN COLUMN: C2

PROJECT : hotel 2 floor

ENGINEER : p. isarace 15746

column case		short column
type of column		round column
design criteria		

concrete:

Fc' = 210 ksc. fc = 79 ksc. (0.375*Fc')

w = 2,400 ksm. Ec = 220,413.84 ksc (= w^1.5*4270*sqrt(Fc'))

select steel => DB

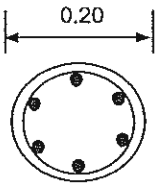
computation table

formular Pc = 0.2125*Ag*Fc'

Ps = 0.34*Fy*As

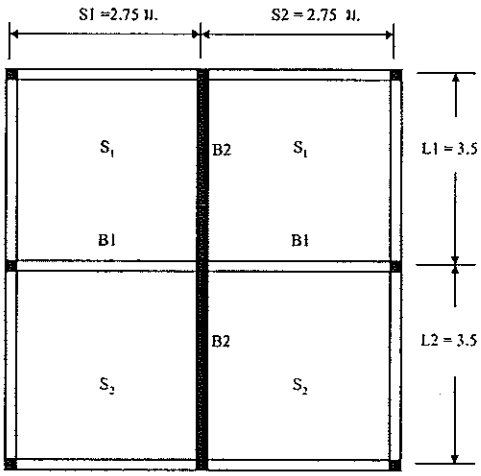
P = Pc + Ps unit : force(kg.) , length(m.), area(cm.^2)

properties		compute		detail
floor :	PIER - 1FL	P =	3,000 kg.	check pg
section : b=	0.20	Pc =	14,019.36 kg.	0.022
t=		Ps =	-11,019.4 kg.	OK.
h=	3.00	Ast =	-10.803 cm.^2	
main :	6	DB	12 mm.	6 DB 12
stirrup :	RB	6	mm. @ 0.15	RB 6 mm. @ 0.15
	As =	7	cm.^2 OK.	



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ออกแบบ คาน (BEAM)



ข้อมูลทั่วไป แบบกำหนด คาน B2 ขนาด

ความลึก คาน (t)	=	0.40	ม.
ความกว้าง คาน (b)	=	0.20	ม.
ความยาว คาน B1 (L1)	=	3.50	ม.
ความยาว คาน B1 (L2)	=	3.50	ม.
ความยาว คาน B2 (S1)	=	2.75	ม.
ความยาว คาน B2 (S2)	=	2.75	ม.
แผ่นพื้น (S_1) หนา	=	0.10	ม.
แผ่นพื้น (S_2) หนา	=	0.10	ม.

รายการคำนวณ

น้ำหนักคาน = t x b x 2400 = 0.4 x 0.2 x 2400 = 192 ก.ก./ม.

น้ำหนัก Slab S_1 (w) = ความหนา x 2400 + LL = 0.1 x 2400 + 300 = 540 ก.ก./$ม.^2$

น้ำหนัก S1 (เพื่อหาโมเมนต์) = $\frac{wS}{3}\frac{[3-(S/L)^2]}{2}$ = $\frac{540 \times 2.75[3-(2.75/3.5)(2.75/}{3}{2}$ = 590 ก.ก./ม.

น้ำหนัก S1 (เพื่อหาแรงเฉือน) = $\frac{(2L-S)w}{L}$ = $\frac{(2 \times 3.5 - 2.75)540}{3.5}$ = 656 ก.ก./ม.

น้ำหนัก Slab S_2 (w) = เนื่องจากน้ำหนักพื้น S_2 กับ S_1 เท่ากัน จึงใช้ค่า S_1 เป็น 2 เท่า

ฉะนั้นน้ำหนัก W เพื่อหาค่าโมเมนต์ = = 192 + 590 x 2 = 1,372 ก.ก./ม.

ฉะนั้นน้ำหนัก W เพื่อหาค่าแรงเฉือน = = 192 + 655.714285714286 x 2 = 1,504 ก.ก./ม.

ใช้ค่าสัมประสิทธิ์ เพื่อหาค่าโมเมนต์ และแรงเฉือน

M_1 max = $\frac{WL^2}{9}$ = $\frac{1372 \times 3.5 \times 3.5}{9}$ = 1,868 ก.ก. - ม.

Mc = Rbd^2 = 10.62 (20) (36 x 36) / 100 = 2,753 ก.ก. - ม.

Mc > M OK หาเฉพาะเหล็กเสริมรับแรงดึง

$As_1 = \frac{M}{fs\,j\,d}$ = $\frac{1868\,(100)}{1200(0.876)36}$ = 4.94 ซม.^{2} ใช้เหล็กเสริม 3 - ϕ 12 มม.+ 2 - ϕ 12 มม. (As = 5.65 ซม) OK

$As' = \frac{M'}{fs(d-d')}$ = - ซม.^{2} $As_2 = \frac{As'}{2}\left[\frac{1-K}{K-(d'/d)}\right]$ = - ซม.^{2}

ใช้เหล็กเสริมรับแรงอัด = 2 - ϕ 12 มม. (As_2 = - > - ซม.^{2})

V max = 0.625 (W) S = 0.625 (655.714285714286) 2 = 1,128 ก.ก.

v = $\frac{V}{bd}$ = 1.57 ksc. , vc = 0.29 $\sqrt{f'c}$ = 3.492 > 1.57 ksc. OK

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

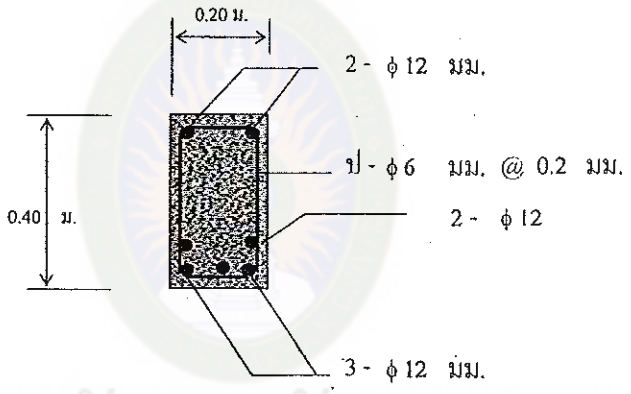
Vc = vcdb = 2,514 > 1,128 kg. OK ใช้เหล็กปลอก 6 มม.@ = d/2

ใช้เหล็กปลอกขนาด = ϕ 6 มม. @ = d/2 = 0.2 ม.

<u>ตรวจสอบแรงยึดเหนี่ยว</u>

Σo = ผลรวมเส้นรอบวงเหล็กเสริม = 188 ซม.

$$u = \frac{V}{\Sigma o\, jd} = \frac{1128}{188(0.876)36} = 0.19 < 11.0 \text{ ksc.}$$ OK มีแรงยึดเหนี่ยวพอ



<u>หน้าตัดคาน</u> <u>B2</u>

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

DESIGN BEAM : B1A

PROJECT : house 2 floor

ENGINEER : p. isarace c.e. 15746

type of beam	cantiliver beam

section

b = 25 cm. t = 50 cm.

cover = 2.50 cm. d = 47.50 cm.

span length , L = 1.80 m., d' = 3 cm.

load

1. dead load = 300 kg./m.

2. slab load + LL. = 3,008 kg./m.

3. Roof load = 360 kg./m. (varies for heigth & thick)

total load ,w = 3,668 kg./m. ,wl^2 = 11,884 kg-m.

total load of sub beam, P = 1,000 kg. ,Pl = 1,800 kg-m.

select main steel	DB

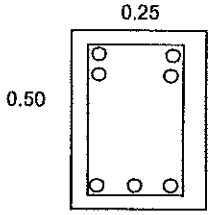
==> fs = 1,500 ksc.

k = 0.321 ,j = 0.893 ,K = 0.5*(1-k)/(k-d'/d) = 1.318

R = fc*k*j/2 = 11.283 ksc.

computation table

description		external beam		internal beam	
		-M (1/2)	+M (0)	-M (1/2)	+M (0)
moment coefficeint c (c1 = 1/2 or 0.25)		0.5000	0.0000	0.5000	0.0000
moment , M = cwl^2+Pl ,(kg.-m.)		7,742	0	7,742	0
area of bar As , (cm.^2)		12.1677	0.0000	12.1677	0.0000
use	bar DB 20 mm.(no.)	3.87	0.00	3.87	0.00
	use no. of bar	4.00	0.00	4.00	0.00
shears in beam V =wL+P ,(kg.)		5,101	0	5,101	0
allowable shear Vc = 0.29(fc')^0.5*(bd) , (kg.)		4,990	0	4,990	0
effective shear V' = V - Vc ,(kg.)		111	0	111	0
use stirrup bar dia. ,(mm.)		6	0	6	0
spacing of stirrup bar S = Avfvd/V' ,(cm.)		291.088	0.000	291.088	0.000
use	spacing, S ,(cm.)	15	0	15	0
	check stirrup if Suse < Sdesign OK.	OK.	0	OK.	0
bond stress u = V/(sum0*jd) , (kg./cm.^2)		5	0	0	0
allowable bond stress , u = 2.298sqrt(fc') , (kg./cm.^2)		16.59	0.00	16.59	0.00
check bond stress		OK.	0	OK.	0



4 DB 20 mm.

str. RB 6 mm.@ 0.15 m.

3 DB 20 mm.

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดสอบ

การศึกษาการวิจัย เรื่องการประยุกต์ Micro soft office Excel มาใช้คำนวณในการออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก พบว่าช่วยให้การทำการออกแบบหน้าตัดเสา ออกแบบพื้น และการเลือกขนาดเล็กเป็นไปอย่างรวดเร็ว และประหยัดเวลาอีกอย่ายังช่วยในการคำนวณที่แม่นยำมากยิ่งขึ้น

สำหรับผู้วิจัยที่ได้นำวิธีการประยุกต์ Micro soft office Excel มาใช้นี้ก็เพราะว่า เห็นคุณค่าและประโยชน์ในการที่จะนำมาออกแบบให้ได้ความ สะดวก รวดเร็ว และถูกต้อง อีกอย่างเป็นโปรแกรมที่สามารถนำมาใช้กับบุคคลหลายกลุ่ม อย่างเช่น

5.1.1 นักศึกษาก็สามารถนำโปรแกรมประยุกต์นี้ มาใช้เป็นแนวทางในการเรียนหรือใช้เป็นแนวทางในการเขียนโปรแกรมอื่นๆอีก

5.1.2 บุคคลหรือห้างหุ้นส่วนที่ทำงาน เกี่ยวกับงานโครงสร้างอาคารหรือต้องการ การออกแบบหน้าตัด หรือการคำนวณต่างๆได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรที่จะมีการพัฒนาโปรแกรมที่สามารถคำนวณออกแบบโครงสร้างต่างๆ หรืออย่างอื่นได้มากกว่านี้อีก

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บรรณานุกรม

กุญแจ สุกใส และสมชัย ชัยสกุลสุรินทร์. Microsoft Excel 2000 Step by Step" บริษัท ซีเอ็ทยูเคชั่น จำกัด (มหาชน) : กรุงเทพฯ ,2543.

น.ต กำธน สันตวานนท์. นายกวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย มาตรฐานความ มาตรฐาน วสท. EIT Standard. , พิมพ์ครั้งที่ 10, 2539

ฉัตรชัย กางกั้น. Excel 5 . บริษัท โปรวิชั่น จำกัด : กรุงเทพฯ.2538

พันจันทร์ ธนวัฒนเสถียร. Microsoft Excel Xp. กรุงเทพฯ. : บริษัทซัสเซส มีเดีย จำกัด : กรุงเทพฯ (2537)

รศ. ชาญชัย จารุจินดา.การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โรงพิมพ์บุญเลิศ การพิมพ์ : กรุงเทพฯ พิมพ์ครั้งที่ 7 (2542)

วินิต ช่อวิเชียร. คอนกรีตเทคโนโลยี.ป.สัมพันธ์พาณิชย์: กรุงเทพฯ.(2527)

ประสงค์ ธาราไชย. และคณะ รายละเอียดเหล็กเสริมงานคอนกรีต.บริษัท ส.เอเชียเพลส (1998) จำกัด: กรุงเทพฯ. พิมพ์ครั้งที่ 12,2539

รองศาสตราจารย์ ศิริวัฒน์ ไชยชนะ คอนกรีตเสริมเหล็กทฤษฎีกำลัง หจก.วี.เจ พริ้นติ้ง จำกัด: กรุงเทพฯ. พิมพ์ครั้งที่ 4,2544

รศ.ดร.พิภพ สุนทรสมัย. ปฏิบัติการและควบคุมงานคอนกรีต,บริษัท ส.เอเชียเพลส จำกัด : กรุงเทพฯ .พิมพ์ครั้งที่ 15,2541

บริษัท ปูนซีเมนต์นครหลวง จำกัด (มหาชน) การผลิตและการจ่ายผลิตภัณฑ์ปูน โดย สถาบัน รับรองมาตรฐานไอเอสโอ,2545.

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
Mahasarakham Rajabhat University

ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ 1 แรงอัดของคอนกรีตเมื่อใช้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ต่างๆกัน

อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ ลิตรต่อซีเมนต์ 1 ถุง (50 ก.ก.)	แรงอัดของคอนกรีตอายุ 28 วัน ก.ก. ต่อตาราง ซ.ม.
17	335-420
21	280-350
25	225-280
30	180-225
34	140-175
38	115-140

ตารางที่ 2 หน่วยแรงที่ยอมให้ของคอนกรีต

รายการ		หน่วยแรงที่ยอมให้ ก.ก./ซ.ม.						
		สูตร	สำหรับคอนกรีตที่มีกำลังอัดประลัย ก.ก./ซ.ม.					
			100	111	122	133	144	155
อัตราส่วนโมดูลัส	n	$\frac{2,040,000}{15210\sqrt{fc'}}$	14	13	12	12	11	11
แรงอัด:	fc	0.45 fc'	45	50	55	60	65	70
- หน่วยแรงอัดที่ผิว		0.42						
- หน่วยแรงดึงในผิวฐานรากและกำแพงคอนกรีตล้วน	fc	$\sqrt{fc'}$	4.2	4.4	4.6	4.8	5.0	5.2
แรงเฉือน:								
- คานที่ไม่มีเหล็กรับแรงเฉือน	Vc	$0.29\sqrt{fc'}$	2.9	3.1	3.2	3.4	3.5	3.6
- คงที่ไม่มีเหล็กรับแรงเฉือน	Vc	$0.32\sqrt{fc'}$	3.2	3.4	3.5	3.7	3.8	4.0
- โครงสร้างที่เสริมเหล็กลูกตั้งหรือคอม้า	Vc	$1.32\sqrt{fc'}$	13.2	13.9	14.6	15.3	15.9	16.5
- พื้นและฐานราก(แรงเฉือนตามเส้นขอบ)	vc	$0.53\sqrt{fc'}$	5.3	5.6	5.9	6.1	6.4	6.6
แรงกด :								
- รับเต็มเนื้อที่	fc	0.25 fc'	25.0	27.8	30.6	33.3	36.1	38.9
- รับหนึ่งในสามของเนื้อที่หรือน้อยกว่า	fc	0.37 fc'	0.37	41.1	45.2	49.3	53.4	57.6

หมายเหตุ ค่าfc' ยอมให้ใช้ได้ไม่เกิน 175 ก.ก./ซ.ม.^{2}

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตาราง 3 เนื้อที่หน้าตัดของเหล็กเส้นกลมผิวเรียบ

หมายเลขขนาด	เส้นผ่านศูนย์กลาง (ม.ม.)	น้ำหนัก (ก.ก./ม.)	พื้นที่หน้าตัด (ตร.ซ.ม.)	เส้นรอบวง (ซ.ม.)
RB 6	6	0.222	0.283	1.886
RB 9	9	0.499	0.63	2.829
RB 12	12	0.888	1.13	3.771
RB 15	15	1.39	1.77	4.714
RB 19	19	2.23	2.84	5.971
RB 22	22	2.98	3.80	6.914
RB 25	25	3.85	4.91	7.857
RB 28	28	4.83	6.16	8.800

ตารางที่ 4 กำลังจุดคลากและกำลังดึงประลัยของเหล็กเสริม

ชนิดของเหล็ก	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง	กำลังจุดคลาก ก.ก./ซ.ม.²	กำลังดึงประลัย ก.ก./ซ.ม.²
เหล็กเส้นกลม (R.B)	6 ม.ม. ถึง 9 ม.ม.	2500	4100
	12 ม.ม. ขึ้นไป	2400	4100
เหล็กข้ออ้อย (D.B)	SD 24	2400	4900
	SD 30	3000	4900
	SD 35	3500	4900
	SD 40	4000	4900

หมายเหตุ : SD 24 , SD 35 ไม่มีขายในท้องตลาด

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ 5 หน่วยแรงยึดหน่วงที่ยอมให้ของคอนกรีตสำหรับเหล็กเส้นกลม

รายการ	fc ก.ก./ซ.ม.²	fc ก.ก./ซ.ม.²	หน่วยแรงยึดหน่วงที่ยอมให้ ก.ก./ซ.ม.² เส้นผ่าศูนย์กลางของเหล็กเส้นกลม ม.ม.							
			6	9	12	15	19	22	25	28
สำหรับเหล็กบน $\frac{1.145\sqrt{fc'}}{D} < 11$ ก.ก./ซ.ม.²	45	100	11.0	11.0	9.5	7.6	6.0	5.2	4.6	4.1
	50	111	0	0	10.0	8.0	6.3	5.5	4.8	4.3
	55	122	11.0	11.0	0	8.4	6.6	5.7	5.0	4.5
	60	133	0	0	10.0	8.8	6.9	6.0	5.3	4.7
	65	144	11.0	11.0	5	9.2	7.2	6.2	5.5	4.9
	70	155	0	0	11.0	9.5	7.5	6.5	5.7	5.1
	75	166	11.0	11.0	0	9.8	7.8	6.7	5.9	5.3
			0	0	11.0					
			11.0	11.0	0					
			0	0	11.0					
			11.0	11.0	0					
			0	0	11.0					
			11.0	11.0	0					
			0	0						

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ 6 เหล็กเสริม พื้นที่หน้าตัด น้ำหนักและเส้นรอบวง

ขนาด	น้ำหนัก	$\sum A$ = ซ.ม.² / $\sum O$ = ซ.ม.	จำนวนเหล็กเส้นเสริม									
ม.ม.	ก.ก./ม.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RB 6 –	0.222	$\sum A$	0.28	0.57	0.85	1.13	1.42	1.70	1.98	2.26	2.55	2.83
		$\sum O$	1.89	3.77	5.66	7.54	9.43	11.32	13.20	15.09	16.97	18.86
RB 9 –	0.499	$\sum A$	0.64	1.27	1.91	2.54	3.18	3.82	4.45	5.09	5.72	6.36
		$\sum O$	2.83	5.66	8.49	11.32	14.14	16.97	19.80	22.63	25.46	28.29
– 10 DB	0.617	$\sum A$	0.78	1.56	2.34	3.12	3.90	4.68	5.46	6.24	7.02	7.80
		$\sum O$	3.14	6.28	9.42	12.56	15.70	18.84	21.98	25.12	28.26	31.40
SB 12 DB	0.888	$\sum A$	1.13	2.26	3.39	4.52	5.65	6.78	7.91	9.04	10.17	11.30
		$\sum O$	3.77	7.54	11.31	15.08	18.86	22.63	26.40	30.17	33.94	37.71
RB 15 –	1.39	$\sum A$	1.77	3.54	5.31	7.08	8.85	10.62	12.39	14.16	15.93	17.70
		$\sum O$	4.71	9.43	14.14	18.88	23.57	28.28	33.00	37.71	42.43	47.14
RB 16 –	1.58	$\sum A$	2.01	4.02	6.03	8.04	10.05	12.06	14.07	16.08	18.09	20.10
		$\sum O$	5.03	10.06	15.09	20.12	25.14	30.17	35.20	40.23	45.26	20.29
SB 19 DB	2.23	$\sum A$	2.84	5.68	8.52	11.36	14.20	17.04	19.88	22.72	25.56	27.40
		$\sum O$	5.97	11.94	17.91	23.88	29.86	35.83	41.80	47.77	53.74	59.71
– 20 DB	2.47	$\sum A$	3.14	6.28	9.42	12.56	15.70	18.84	21.98	25.12	28.26	31.40
		$\sum O$	6.29	12.58	18.87	25.16	31.45	37.74	44.03	50.32	56.61	62.90
SB 22 DB	2.98	$\sum A$	3.80	7.60	11.40	15.20	19.00	22.80	26.60	30.40	34.20	38.00
		$\sum O$	6.91	13.83	20.74	27.66	34.57	41.48	48.40	55.13	62.23	69.14
SB 25 DB	3.85	$\sum A$	4.91	9.82	14.73	19.64	24.55	29.46	34.37	39.28	44.19	49.10
		$\sum O$	7.86	15.71	23.57	31.43	39.28	47.14	55.00	62.86	70.71	78.57
SB 28 DB	4.83	$\sum A$	6.16	12.32	18.84	24.64	30.80	36.96	43.12	49.28	55.44	61.60
		$\sum O$	8.80	17.60	26.40	35.20	44.00	52.80	61.60	70.40	79.20	88.00

หมายเหตุ : -RB = เหล็กเส้นกลม

-DB = เหล็กข้ออ้อย

$-\sum A$ = พื้นที่หน้าตัดทั้งหมด

$\sum O$ = เส้นรอบวงทั้งหมด

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY