บทที่ 4
ผลการวิจัย

4.1 ขั้นตอนการใช้โปรแกรม Mathematica

ขั้นตอนที่ 1 ใส่ค่า Input ตามตาราง โดยค่าที่ต้องการคือ b , h , L ,V , M ,ขนาดเหล็กบน , ขนาดเหล็กล่าง , ขนาดเหล็กปลอก ,ระยะหุ้ม , fc', ลักษณะการยึดรั้ง , Mt

ขั้นตอนที่ 2 เมื่อใส่ค่า Input ครบแล้วกด Shitf+Enter โปรแกรมจะทำการ

แสดงผลการออกแบบ

T =

คานกว้าง (b)	15	cm
คานลึก (h)	30	cm
ความยาวคาน (L)	4	m
แรงเฉือน (V)	400	kg
โมเมนต์ดัด (M)	1026	kg — m
SD	40	(30 / 40 / 50)
SR	24	(24)
ขนาดเหล็กบน	12	mm
ขนาดเหล็กล่าง	12	mm
ขนาดเหล็กปลอก	6	mm
ระยะหุ้ม	3	cm
กำลังอัดประลัยคอนกรีต	240	ksc
ลักษณะการยึดรั้ง	1	(1 / 2 / 3 / 4)
โมเมนต์บิด	0	kg — m / m

Parameter ที่ใช้ในการออกแบบ

fc' = 240 ksc , n = 9 , k = 0.355 , j = 0.882

fc = 108. ksc , R = 16.895 ksc

การยึดรั้ง = คานช่วงเดียวสองด้านไม่ต่อเนื่อง

Calculate ผลการคำนวณ

Mr = 1686.9 kg-m

As' = 0. cm^2 < $\frac{14\,bd}{fy}$ (= 1.3545 cm^2) ปริมาณเหล็กเสริมรับแรงอัด = 0. cm^2

As = 2.653 cm^2 > $\frac{14\,bd}{fy}$ (= 1.3545 cm^2) ปริมาณเหล็กเสริมรับแรงดึง = 2.653 cm^2

จำนวนเหล็กเสริมรับแรงอัด = 2 -DB 12 mm.

จำนวนเหล็กเสริมรับแรงดึง = 3 -DB 12 mm.

เหล็กปลอกรับแรงเฉือน = 6-RB @ 0.12 m.

เหล็กเสริมรับโมเมนต์บิด = ไม่ต้องเสริมเหล็กต้านทานโมเมนต์บิด

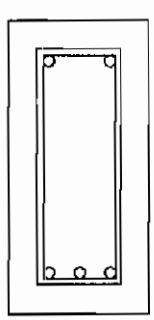
Check! ตรวจสอบ

L/b = $\frac{80}{3}$ > 30 (ผ่าน) ไม่เป็นคานแตบ

h/L = 0.075 < 0.8 (ผ่าน) ไม่เป็นคานลึก

d = 25.8 > 25 (L/16) ดังนั้น ไม่ต้องตรวจสอบการโก่ง

Δ = 2.33205 < $\frac{3.32\sqrt{fc'}}{D}$ (42.861) ตรวจสอบแรงยึดหน่วง (ผ่าน)



2-DB12 (upper steel)

RB6 @ 0.124 (ties)

3-DB12 (lower steel)

4.2 ตัวอย่างการใช้โปรแกรม Mathematica และการวิเคราะห์โจทย์

ตัวอย่างที่ 1 จงหาปริมาณเหล็กเสริมคานปลายไม่ต่อเนื่องทั้งสองด้านความยาว 4 เมตร ขนาดกว้าง 15 ซ.ม. ลึก 30 ซ.ม. แรงเฉือน 400 กก. / ม. โมเมนต์ดัด 1026 กก.-ม.(กำหนดให้ใช้ fc'= 240 ksc , SD40 , มอก.-2527)

ตารางแสดงค่าที่ใช้ในการออกแบบ

T =

คานกว้าง (b)	15	cm
คานลึก (h)	30	cm
ความยาวคาน (L)	4	m
แรงเฉือน (V)	400	kg
โมเมนต์ดัด (M)	1026	kg — m
SD	40	(30 / 40 / 50)
SR	24	(24)
ขนาดเหล็กบน	12	mm
ขนาดเหล็กล่าง	12	mm
ขนาดเหล็กปลอก	6	mm
ระยะหุ้ม	3	cm
กำลังอัดประลัยคอนกรีต	240	ksc
ลักษณะการยึดรั้ง	1	(1 / 2 / 3 / 4)
โมเมนต์ปิด	0	kg — m / m

ผลการออกแบบ

Parameter ที่ใช้ในการออกแบบ

fc' = 240 ksc , n = 9 , k = 0.355 , j = 0.882

fc = 108. ksc , R = 16.895 ksc

การยึดรั้ง = คานช่วงเดียวสองด้านไม่ต่อเนื่อง

MISSING

ตัวอย่างที่ 2 จงหาปริมาณเหล็กเสริมคานปลายด้านหนึ่งต่อเนื่อง ความยาว 4 เมตร ขนาดกว้าง 15 ซ.ม. ลึก 30 ซ.ม. แรงเฉือน 700 กก. / ม. โมเมนต์ดัด 2026 กก.-ม. เกิดโมเมนต์บิด 200 (กำหนดให้ใช้ fc'= 180 ksc , SD40 , มอก.-2527)

ตารางแสดงค่าที่ใช้ในการออกแบบ

T =

คานกว้าง (b)	15	cm
คานลึก (h)	30	cm
ความยาวคาน (L)	4	m
แรงเฉือน (V)	700	kg
โมเมนต์ดัด (M)	2026	kg — m
SD	40	(30 / 40 / 50)
SR	24	(24)
ขนาดเหล็กบน	16	mm
ขนาดเหล็กล่าง	16	mm
ขนาดเหล็กปลอก	6	mm
ระยะหุ้ม	3	cm
กำลังอัดประลัยคอนกรีต	180	ksc
ลักษณะการยึดรั้ง	2	(1 / 2 / 3 / 4)
โมเมนต์บิด	200	kg — m / m

ผลการออกแบบ

Parameter ที่ใช้ในการออกแบบ

fc' = 180 ksc , n = 10 , k = 0.323 , j = 0.892

fc = 81. ksc , R = 11.662 ksc

การยึดรั้ง = คานปลายด้านหนึ่งต่อเนื่อง

Calculate ผลการคำนวณ

Mr = 1146.39 kg-m

$As' = 5.483\ cm^2 \geq \frac{14\,bd}{fy}\ (= 1.344\ cm^2)$ ปริมาณเหล็กเสริมรับแรงอัด $= 5.483\ cm^2$

$As = 5.392\ cm^2 \geq \frac{14\,bd}{fy}\ (= 1.344\ cm^2)$ ปริมาณเหล็กเสริมรับแรงดึง $= 5.392\ cm^2$

จำนวนเหล็กเสริมรับแรงอัด = 3-DB 16 mm.

จำนวนเหล็กเสริมรับแรงดึง = 3-DB 16 mm.

เหล็กปลอกรับแรงเฉือน = 6-RB @ 0.12 m.

เหล็กเสริมรับโมเมนต์บิด = เหล็กต้านทานโมเมนต์บิด 1-DB16 ทั้ง 4 มุม

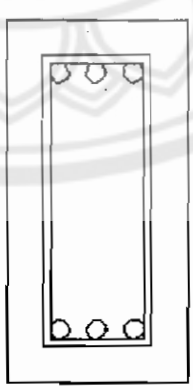
Check! ตรวจสอบ

$L/b = \frac{80}{3} < 30$ (ผ่าน) ไม่เป็นคานแคบ

$h/L = 0.075 < 0.4$ (ผ่าน) ไม่เป็นคานลึก

$d = 25.6 > 21.6216\ (L/18.5)$ ดังนั้น ไม่ต้องตรวจสอบการโก่ง

$\mu = 2.03041 \leq \frac{3.32\sqrt{fc'}}{D}\ (\ 27.839\ )$ ตรวจสอบแรงยึดหน่วง (ผ่าน)



3-DB16 (upper steel)

RB6 @ 0.124 (ties)

3-DB16 (lower steel)

ตัวอย่างที่ 3 จงหาปริมาณเหล็กเสริมคานปลายต่อเนื่องสองด้าน ความยาว 3.5 เมตร ขนาดกว้าง 45 ซ.ม. ลึก 60 ซ.ม. แรงเฉือน 1000 กก. / ม. โมเมนต์ดัด 15000 กก.-ม. เกิดโมเมนต์บิด 700 (กำหนดให้ใช้ fc'= 240 ksc , SD40 , มอก.-2527)

ตารางแสดงค่าที่ใช้ในการออกแบบ

T =

คานกว้าง (b)	45	cm
คานลึก (h)	60	cm
ความยาวคาน (L)	3.5	m
แรงเฉือน (V)	1000	kg
โมเมนต์ดัด (M)	15000	kg — m
SD	40	(30 / 40 / 50)
SR	24	(24)
ขนาดเหล็กบน	25	mm
ขนาดเหล็กล่าง	25	mm
ขนาดเหล็กปลอก	9	mm
ระยะหุ้ม	3	cm
กำลังอัดประลัยคอนกรีต	240	ksc
ลักษณะการยึดรั้ง	3	(1 / 2 / 3 / 4)
โมเมนต์บิด	700	kg — m / m

ผลการออกแบบ

Parameter ที่ใช้ในการออกแบบ

fc' = 240 ksc , n = 9 , k = 0.355 , j = 0.882

fc = 108. ksc , R = 16.895 ksc

การยึดรั้ง = คานปลายทั้งสองด้านต่อเนื่อง

Calculate ผลการคำนวณ

Mr = 22870.1 kg-m

As' = 0. cm^2 ≤ $\frac{14\,bd}{fy}$ (= 8.63888 cm^2) ปริมาณเหล็กเสริมรับแรงอัด = 0. cm^2

As = 18.245 cm^2 ≥ $\frac{14\,bd}{fy}$ (= 8.63888 cm^2) ปริมาณเหล็กเสริมรับแรงดึง = 18.245 cm^2

จำนวนเหล็กเสริมรับแรงอัด = 2 -DB 25 mm.

จำนวนเหล็กเสริมรับแรงดึง = 4 -DB 25 mm.

เหล็กปลอกรับแรงเฉือน = 9-RB @ 0.09 m.

เหล็กเสริมรับโมเมนต์บิด = เหล็กต้านทานโมเมนต์บิด 1-DB16 ทั้ง 4 มุม

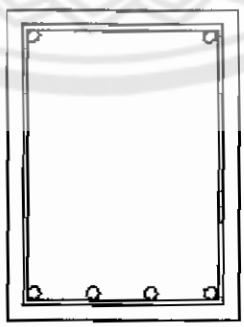
Check! ตรวจสอบ

L/b = 7.77778 < 30 (ผ่าน) ไม่เป็นคานแคบ

h/L = 0.171 < 0.4 (ผ่าน) ไม่เป็นคานลึก

d = 54.85 > 16.6667 (L/21) ดังนั้น ไม่ต้องตรวจสอบการโก่ง

μ = 1.31702 ≤ $\frac{3.32\sqrt{fc'}}{D}$ (20.5733) ตรวจสอบแรงยึดหน่วง (ผ่าน)



2-DB25 (upper steel)

RB9 @ 0.095 (ties)

4-DB25 (lower steel)

ตัวอย่างที่ 4 จงหาปริมาณเหล็กเสริมคานยื่น ความยาว 2.5 เมตร ขนาดกว้าง 20 ซ.ม. ลึก 40 ซ.ม. แรงเฉือน 1520 กก. / ม. โมเมนต์ดัด 8965 กก.-ม. เกิดโมเมนต์บิด 620 (กำหนดให้ใช้ fc'= 240 ksc , SD40 , มอก.-2527)

ตารางแสดงค่าที่ใช้ในการออกแบบ

T =

คานกว้าง (b)	20	cm
คานลึก (h)	40	cm
ความยาวคาน (L)	2.5	m
แรงเฉือน (V)	1520	kg
โมเมนต์ดัด (M)	8965	kg — m
SD	40	(30 / 40 / 50)
SR	24	(24)
ขนาดเหล็กบน	25	mm
ขนาดเหล็กล่าง	25	mm
ขนาดเหล็กปลอก	9	mm
ระยะหุ้ม	3	cm
กำลังอัดประลัยคอนกรีต	240	ksc
ลักษณะการยึดรั้ง	4	(1 / 2 / 3 / 4)
โมเมนต์บิด	620	kg — m / m

ผลการออกแบบ

Parameter ที่ใช้ในการออกแบบ

fc' = 240 ksc , n = 9 , k = 0.355 , j = 0.882

fc = 108. ksc , R = 16.895 ksc

การยึดรั้ง = คานยื่น

Calculate ผลการคำนวณ

Mr = 4103.89 kg-m

$As' = 14.999\ cm^2 \geq \frac{14\,bd}{fy}\ (= 2.4395\ cm^2)$ ปริมาณเหล็กเสริมรับแรงอัด = $14.999\ cm^2$

$As = 17.484\ cm^2 \geq \frac{14\,bd}{fy}\ (= 2.4395\ cm^2)$ ปริมาณเหล็กเสริมรับแรงดึง = $17.484\ cm^2$

จำนวนเหล็กเสริมรับแรงอัด = 4 -DB 25 mm.

จำนวนเหล็กเสริมรับแรงดึง = 4 -DB 25 mm.

เหล็กปลอกรับแรงเฉือน = 9-RB @ 0.21 m.

เหล็กเสริมรับโมเมนต์บิด = เหล็กต้านทานโมเมนต์บิด 1-DB25 ทั้ง 4 มุม

Check! ตรวจสอบ

L/b = 12.5 < 30 (ผ่าน) ไม่เป็นคานแคบ

h/L = 0.16 < 0.4 (ผ่าน) ไม่เป็นคานลึก

d = 34.85 > 31.25 (L/8) ดังนั้น ไม่ต้องตรวจสอบการโก่ง

$\mu = 1.57536 \leq \frac{3.32\sqrt{fc'}}{D}\ (\ 20.5733\ )$ ตรวจสอบแรงยึดหน่วง (ผ่าน)

4-DB25 (upper steel)

RB9 @ 0.213 (ties)

4-DB25 (lower steel)

ตัวอย่างที่ 5 จงหาปริมาณเหล็กเสริมคานปลายด้านหนึ่งต่อเนื่อง ความยาว 4 เมตร ขนาดกว้าง 20 ซ.ม. ลึก 40 ซ.ม. แรงเฉือน 2100 กก. / ม. โมเมนต์คัด 11270 กก.-ม. เกิดโมเมนต์บิด 500 (กำหนดให้ใช้ fc'= 240 ksc , SD40 , มอก.-2527)

ตารางแสดงค่าที่ใช้ในการออกแบบ

T =

คานกว้าง (b)	20	cm
คานลึก (h)	40	cm
ความยาวคาน (L)	4	m
แรงเฉือน (V)	2100	kg
โมเมนต์คัด (M)	11270	kg — m
SD	40	(30 / 40 / 50)
SR	24	(24)
ขนาดเหล็กบน	12	mm
ขนาดเหล็กล่าง	12	mm
ขนาดเหล็กปลอก	9	mm
ระยะหุ้ม	3	cm
กำลังอัดประลัยคอนกรีต	240	ksc
ลักษณะการยึดรั้ง	2	(1 / 2 / 3 / 4)
โมเมนต์บิด	500	kg — m / m

ผลการออกแบบ

Parameter ที่ใช้ในการออกแบบ

fc' = 240 ksc , n = 9 , k = 0.355 , j = 0.882

fc = 108. ksc , R = 16.895 ksc

การยึดรั้ง = คานปลายด้านหนึ่งต่อเนื่อง

Calculate ผลการคำนวณ

Mr = 4258.4 kg-m

As' = 18.817 cm^2 ≥ $\frac{14\,bd}{fy}$ (= 2.485 cm^2) ปริมาณเหล็กเสริมรับแรงอัด = 18.817 cm^2

As = 21.307 cm^2 ≥ $\frac{14\,bd}{fy}$ (= 2.485 cm^2) ปริมาณเหล็กเสริมรับแรงดึง = 21.307 cm^2

จำนวนเหล็กเสริมรับแรงอัด = ขนาดเหล็กเสริมไม่เหมาะสม กรุณาเพิ่มขนาดเหล็กเสริม -DB 12 mm.

จำนวนเหล็กเสริมรับแรงดึง = ขนาดเหล็กเสริมไม่เหมาะสม กรุณาเพิ่มขนาดเหล็กเสริม -DB 12 mm.

เหล็กปลอกรับแรงเฉือน = 9-RB @ 0.21 m.

เหล็กเสริมรับโมเมนต์บิด = เหล็กต้านทานโมเมนต์บิด 1-DB25 ทั้ง 4 มุม

กรณีที่ปริมาณเหล็กเสริมขนาดเล็กเกินไป ผู้ใช้ต้องทำการเลือกขนาดเหล็กเสริมใหม่

T =

คานกว้าง (b)	20	cm
คานลึก (h)	40	cm
ความยาวคาน (L)	4	m
แรงเฉือน (V)	2100	kg
โมเมนต์ดัด (M)	11270	kg — m
SD	40	(30 / 40 / 50)
SR	24	(24)
ขนาดเหล็กบน	32	mm
ขนาดเหล็กล่าง	32	mm
ขนาดเหล็กปลอก	9	mm
ระยะหุ้ม	3	cm
กำลังอัดประลัยคอนกรีต	240	ksc
ลักษณะการยึดรั้ง	2	(1 / 2 / 3 / 4)
โมเมนต์บิด	500	kg — m / m

เปลี่ยนจากเหล็ก 12 มม. เป็นเหล็ก 32 มม. ผลการออกแบบจะเป็นดังนี้

Parameter ที่ใช้ในการออกแบบ

fc' = 240 ksc , n = 9 , k = 0.355 , j = 0.882

fc = 108. ksc , R = 16.895 ksc

การยึดรั้ง = คานปลายด้านหนึ่งต่อเนื่อง

Calculate ผลการคำนวณ

Mr = 4021.87 kg-m

$As' = 24.268\ cm^2 \geq \frac{14\,bd}{fy}\ (= 2.415\ cm^2)$ ปริมาณเหล็กเสริมรับแรงอัด = 24.268 cm^2

$As = 22.479\ cm^2 \geq \frac{14\,bd}{fy}\ (= 2.415\ cm^2)$ ปริมาณเหล็กเสริมรับแรงดึง = 22.479 cm^2

จำนวนเหล็กเสริมรับแรงอัด = 4 -DB 32 mm.

จำนวนเหล็กเสริมรับแรงดึง = 3 -DB 32 mm.

เหล็กปลอกรับแรงเฉือน = 9-RB @ 0.21 m.

เหล็กเสริมรับโมเมนต์บิด = เหล็กต้านทานโมเมนต์บิด 1-DB20 ทั้ง 4 มุม

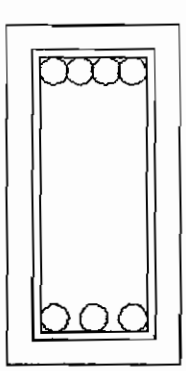
Check! ตรวจสอบ

L/b = 20 < 30 (ผ่าน) ไม่เป็นคานแคบ

h/L = 0.1 < 0.4 (ผ่าน) ไม่เป็นคานลึก

d = 34.5 > 21.6216 (L/18.5) ดังนั้น ไม่ต้องตรวจสอบการโก่ง

$\mu = 2.28972 \leq \frac{3.32\sqrt{fc'}}{D}\ (\ 16.0729\ )$ ตรวจสอบแรงยึดหน่วง (ผ่าน)



4-DB32 (upper steel)

RB9 @ 0.213 (ties)

3-DB32 (lower steel)