

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ในบทนี้จะเป็นการยกตัวอย่างของการทดลองใช้โปรแกรม Mathematica ซึ่งในตัวอย่างนี้ได้นำโปรแกรม SUTStructor มาช่วยในการหา Bending Moment Diagram (BMD) และหา Shear Force Diagram (SFD) เพื่อจะได้นำค่า BMD และ SFD มาเป็นค่า Input เข้าไปในโปรแกรม Mathematica อีกทีหนึ่งเพื่อตรวจสอบผลของการใช้โปรแกรมกับการคำนวณด้วยมือ

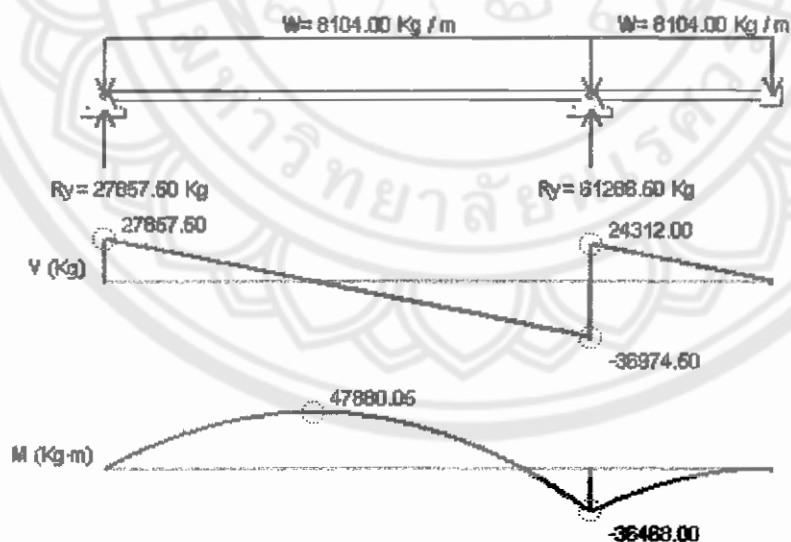
ตัวอย่างที่ 1 จงออกแบบหาปริมาณเหล็กเสริม โดยให้ใช้หน้าตัดคานขนาดเท่ากับ 30 ซม.×50 ซม. ยาว 11 เมตร รูปประกอบโครงรับน้ำหนักบรรทุกทุกครั้งที่ 3000 กก./ม. (ยังไม่รวมน้ำหนักคาน) รับน้ำหนักบรรทุกจร 2000 กก./ม. (กำหนดให้ใช้ $f'_c = 320$ กก./ซม.², $f_y = 4000$ กก./ซม.²)

วิธีทำ

คำนวณหาน้ำหนักคาน = $0.30 \times 0.50 \times 2400 = 360$ กก./ม.

$$w_u = (1.4 \times (3000 + 360)) + (1.7 \times 2000) \\ = 8104 \text{ กก./ม.}$$

นำค่า w_u ไปแทนในโปรแกรม SutStructor



การวิเคราะห์โดยไมใช้โปรแกรมคำนวณ

กำหนดเลือกใช้เหล็กเสริม DB25

เหล็กปลอก RB9

ระยะหุ้ม 3 cm

หน้าตัดคานขนาด 30 ซม. × 50 ซม.

ยาว 8 เมตร

ผลการคำนวณ (Manual Calculation)

$$d = 44.85 \text{ ซม.}$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{f'_c - 280}{70} \geq 0.65 \text{ เมื่อ } f'_c > 280 \text{ กก./ซม.}$$

$$\beta_1 = 0.82 \text{ ซม.}$$

$$\rho_b = 0.0337$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \rho_b = 0.0253$$

$$M_{u_{\max}} = 0.9 M_{n_{\max}} = 0.9 \times 49671.37 \\ = 44704.23 < 47880$$

จึงเป็น Double Reinforcement

$$A_{s1} = 0.253 \times 30 \times 44.85 = 34.04 \text{ ซม.}^2$$

$$M_{n1} = 49671.37$$

$$M_{n2} = 3528.68$$

$$A_{s2} = A'_s = M_{n2} / f_y (d - d') \\ = 3528.68 / (4000 \times 40.6) = 2.17 \text{ ซม.}^2$$

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} = 36.21 \text{ ซม.}^2$$

(เลือกใช้ 8DB25, $A_s = 39.28 \text{ ซม.}^2$)

$$A'_s = 2.17 \text{ ซม.}^2$$

(เลือกใช้ 2DB25, $A'_s = 9.82 \text{ ซม.}^2$)

ออกแบบเหล็กเสริมสำหรับโมเมนต์ดัด

$$M_n^- = M_u^- / \phi = 36468 / 0.9 = 40520$$

$$M_u^- \leq M_{u_{\max}}$$

จึงเป็น Single Reinforcement

$$\text{กำหนดให้ } m = \frac{f_y}{0.85 f'_c}$$

$$R = (M_n / bd^2) \times 100$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR}{f_y}} \right)$$

$$\rho = 0.0187$$

$$A_s = \rho bd = 0.0187 \times 30 \times 44.85 = 25.24$$

(เลือกใช้ 6DB25, $A_s = 29.45 \text{ ซม.}^2$)

ผลการคำนวณด้วยโปรแกรมและการแสดงผล

ln[28]: Z =

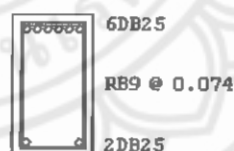
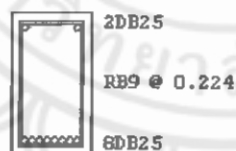
f'_c	320	ksc
b	30	cm
h	50	cm
cov	3	cm
L	8	m

Bar	Type	Bar	Bar
Upper	SD40	DB25	DB25
Tie	SR24	RB9	2 Bar
Lower	SD40	DB25	DB25

ค่าพารามิเตอร์	"A"	"B"
ค่าพารามิเตอร์	"S"	"C"
Mu (kg.m)	-1	47880
Vu (kg)	27857	0

```
InputParameter[Z[[1]]];
printOutput[Z[[1]]];
```

ค่า B1 แนว grid A - B	ความถี่ของพิกเซลยาว 8 m	ขนาด b x h = 30 x 50 cm2	ระยะห่าง = 3 cm
ความถี่ $f'_c = 320$ ksc	$\rho_b = 0.0337727$	$\rho_{max} = 0.0253295$	$M_{u,max} = (44748 \text{ kg.m})$
เหล็กเสริมแนว SD40	DB25/DB25	$f_y = (4000 \text{ ksc})$	
เหล็กปลอก SR24	RB9 (2 ขา)	$f_y = (2400 \text{ ksc})$	
เหล็กเสริมข้าง SD40	DB25/DB25	$f_y = (4000 \text{ ksc})$	
ตรวจสอบความเค้น	L/b = (26.6667 < 30)	(ผ่าน) ไม่เป็นความเค้น	
ตรวจสอบความถี่	h/L = (0.0625 < 0.4)	(ผ่าน) ไม่เป็นความถี่	
การคำนวณการโก่ง	d = (44.85 > L/18.5)	(ผ่าน) ไม่ต้องตรวจสอบการโก่ง	
ค่าพารามิเตอร์	A	B	
โมเมนต์ (kg.m)	-1	47880	-36468
แรงเฉือน (kg)	27857	0	36975
As (cm2)	0.001	36.273	26.409
vc (ksc)	$0.53\phi_s\sqrt{f'_c} = 8.059$	$1.59\phi_s\sqrt{f'_c} = 24.176$	$2.65\phi_s\sqrt{f'_c} = 40.294$
v (ksc)	$20.704 \leq 40.29$ (ผ่าน)	$0 \leq 40.29$ (ผ่าน)	$27.48 \leq 40.29$ (ผ่าน)
v - vc (ksc)	12.645	-8.059	19.421
nV (ค่าเฉลี่ย)	8.769	0.	13.469
As_min (cm2)	4.709	4.709	4.709
A_upper (cm2)	4.709	2.192	26.409
A_lower (cm2)	0.	36.273	0.
Upper (cm2)	2 DB25 (9.82)	2 DB25 (9.82)	6 DB25 (29.45)
Tie	RB9 @ 0.114	RB9 @ 0.224	RB9 @ 0.074
Lower (cm2)	2 DB25 (9.82)	8 DB25 (39.27)	2 DB25 (9.82)



ตัวอย่างที่ 2 จงออกแบบหาปริมาณเหล็กเสริม โดยให้ใช้หน้าตัดขนาดเท่ากับ 30 ซม.×50 ซม. ยาว 12 เมตร รูปประกอบโจทย์ รับน้ำหนักบรรทุกทุกครั้งที่ 2000 กก./ม. (ยังไม่รวมน้ำหนักคาน) รับน้ำหนักบรรทุกจร 500 กก./ม. (กำหนดให้ใช้ $f'_c = 280$ กก./ซม.² , $f_y = 4000$ กก./ซม.²)

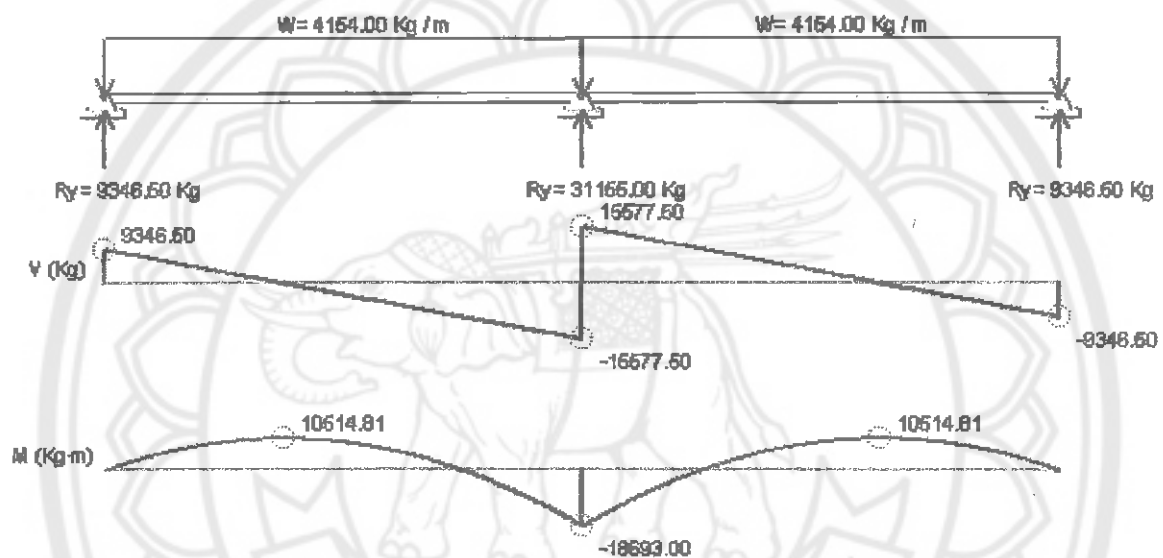
วิธีทำ

$$\text{คำนวณหาน้ำหนักคาน} = 0.30 \times 0.50 \times 2400 = 360 \text{ กก./ม.}$$

$$w_u = (1.4 \times (2000 + 360)) + (1.7 \times 500)$$

$$= 4154 \text{ กก./ม}$$

นำค่า w_u ไปแทนในโปรแกรม SutStructur



การวิเคราะห์โดยไม่มีโปรแกรมคำนวณ

กำหนดเลือกใช้เหล็กเสริม DB25

เหล็กปลอก RB9

ระยะหุ้ม 3 cm

หน้าตัดคานขนาด 30 ซม. × 50 ซม.

ยาว 8 เมตร

ผลการคำนวณ (Manual Calculation)

$$d = 45.15 \text{ ซม.}$$

$$\beta_1 = 0.85 \text{ เมื่อ } f'_c \leq 280 \text{ กก./ซม.}^2$$

$$\beta_1 = 0.85 \text{ ซม.}$$

$$\rho_b = 0.030579$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \rho_b = 0.0229$$

$$M_{u_{\max}} = 0.9 M_{n_{\max}}$$

$$= 10515 < 40642$$

จึงเป็น Single Reinforcement

$$M_n^+ = M_u^+ / \phi = 10515 / 0.9 = 11683.33$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 f'_c}$$

$$R = (M_n / bd^2) \times 100$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR}{f_y}} \right)$$

$$\rho = 0.005$$

$$A_s^+ = \rho bd = 0.005 \times 30 \times 45.1 = 6.765 \text{ ซม.}^2$$

(เลือกใช้ 3-DB20, $A_s = 9.42 \text{ ซม.}^2$)

ออกแบบเหล็กเสริมสำหรับโมเมนต์ลบ

$$M_n^- = M_u^- / \phi = 36468 / 0.9 = 40520$$

จึงเป็น Single Reinforcement

$$m = \frac{f_y}{0.85 f'_c}$$

$$R = (M_n / bd^2) \times 100$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR}{f_y}} \right)$$

$$\rho = 0.00923$$

$$A_s^- = \rho bd = 0.00923 \times 30 \times 45.1 = 12.48 \text{ ซม.}^2$$

(เลือกใช้ 4-DB20, $A_s = 12.57 \text{ ซม.}^2$)

ln(30)= Z =

f'_c	280	ksc
b	30	cm
h	50	cm
cov	3	cm
L	6	m

"B1"	TYPE	AS	CSF
upper	SD40	DB20	DB20
Tie	SR24	RB9	2m
lower	SD40	DB20	DB20

ตำแหน่ง	"A"		"B"
ค่าผสม	"S"	"CSF"	"C"
Mu (kg.m)	-1	10515	-18693
Vu (kg)	9347	0	15578

InputParameter[Z[[1]]];
printOutput[Z[[1]]];

คาน B1 แนว grid A - B

คอนกรีต $f'_c = 280$ ksc

เหล็กเสริมแนว SD40

เหล็กปลอก SR24

เหล็กเสริมต่าง SD40

ตรวจสอบคานดัด

ตรวจสอบคานจิก

การคำนวณการโก่ง

คานต่อเนื่องหนึ่งด้านยาว 6 m

$\rho_b = 0.030579$

DB20/DB20

RB9 (2ท)

DB20/DB20

$L/b = (20. < 30)$

$h/L = (0.0833333 < 0.4)$

$d = (45.1 > L/18.5)$

ขนาด $b \times h = 30 \times 50$ cm2

$\rho_{max} = 0.0229342$

$R_{u,max} = (74.004$ ksc)

$f_y = (4000$ ksc)

$f_y = (2400$ ksc)

$f_y = (4000$ ksc)

(ส่วน) ไม่เป็นคานดัด

(ส่วน) ไม่เป็นคานจิก

(ส่วน) ไม่ต้องตรวจสอบการโก่ง

ระยะคาน = 3 cm

$M_{u,max} = (40642$ kg.m)

ตำแหน่ง

โมเมนต์ (kg.m)

แรงเฉือน (kg)

A_s (cm2)

v_c (ksc)

v (ksc)

$v - v_c$ (ksc)

nV (ค่าเฉลี่ย)

$A_{s,min}$ (cm2)

A_{upper} (cm2)

A_{lower} (cm2)

Upper (cm2)

Tie

Lower (cm2)

A

-1

9347

0.001

$0.53\phi_s\sqrt{f'_c} = 7.538$

$6.908 \leq 37.69$ (ส่วน)

-0.63

0.

4.736

4.736

0.

2 DB20 (6.28)

RB9 @ 0.226

2 DB20 (6.28)

-

10515

0

6.761

$1.59\phi_s\sqrt{f'_c} = 22.615$

$0. \leq 37.69$ (ส่วน)

-7.538

0.

4.736

0.

2 DB20 (6.28)

RB9 @ 0.226

3 DB20 (9.42)

B

-18693

15578

12.484

$2.65\phi_s\sqrt{f'_c} = 37.692$

$11.514 \leq 37.69$ (ส่วน)

3.976

2.757

4.736

12.484

4 DB20 (12.57)

RB9 @ 0.226

2 DB20 (6.28)



สรุปผลการคำนวณ

ผลที่ได้จากการคำนวณมือ กับ ผลจากโปรแกรมจะเห็นว่าขนาดเหล็กเสริมที่ได้มีค่าใกล้เคียงกันมาก ต่างกันเพียงเล็กน้อยเพราะโปรแกรมมีความละเอียดในการคำนวณ แต่เวลาที่ใช้ในการคำนวณโดยโปรแกรมจะเร็วกว่าวิธีคำนวณด้วยมือมาก