# บทที่ 4

# ผลจากการศึกษา

## 4.1 หลังคา

สามารถทำแนวฝ้าหลังคาในระนาบเดียวกับแนวจันทันหลังคาได้ เนื่องจากการออกแบบระบบโครงสร้างที่ไม่ได้มองแยกส่วนระหว่างหลังคากับผนัง แต่อาศัยความเข้าใจอย่างลึกซึ้งในเรื่องการรับแรงร่วมกันระหว่างหลังคาและผนังที่ถูกต้องออกแบบให้เป็นส่วนหนึ่งของกันและกันทำงานร่วมกัน เป็นโครงสร้างที่เรียกว่าเฟรม (Frame Structure) จึงสามารถสร้างหลังคาที่ไม่ต้องมี ขื่อ ดั้ง ดังที่เห็นกันโดยทั่วไปได้

**หลักการออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน**

**กำหนดให้**

ความยาวของโครงหลังคา , L = 10 m.

ระยะห่างของโครงหลังคา = 5 m.

LL. = 50 $kg/m^2$

DL. น้ำหนักแป = 10 $kg/m^2$

DL. น้ำหนักกระเบื้อง = 20 $kg/m^2$

รวมน้ำหนัก = 50+10+20 = 80 $kg/m^2$

**น้ำหนักโครงหลังคา**

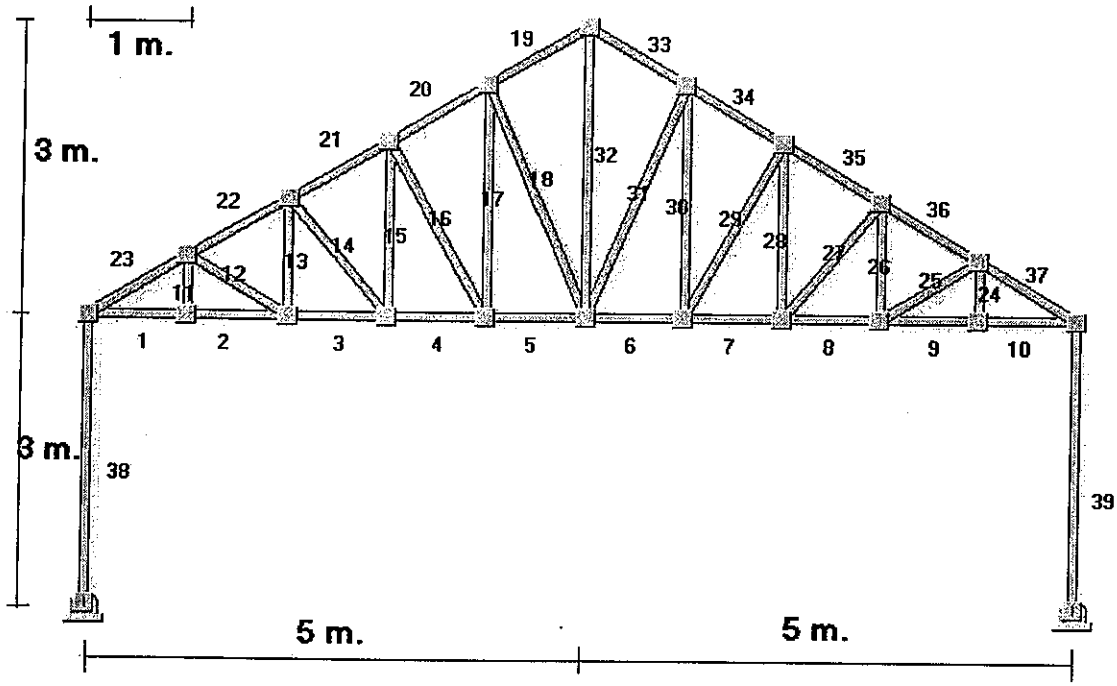
$W_1$ = 0.01w(1+0.33L) = 0.01×80×(1+0.33×10) = 3.44 $kg/m^2$

$W_2$ = 0.33L+5 = 0.33×10+5 = 8.30 $kg/m^2$

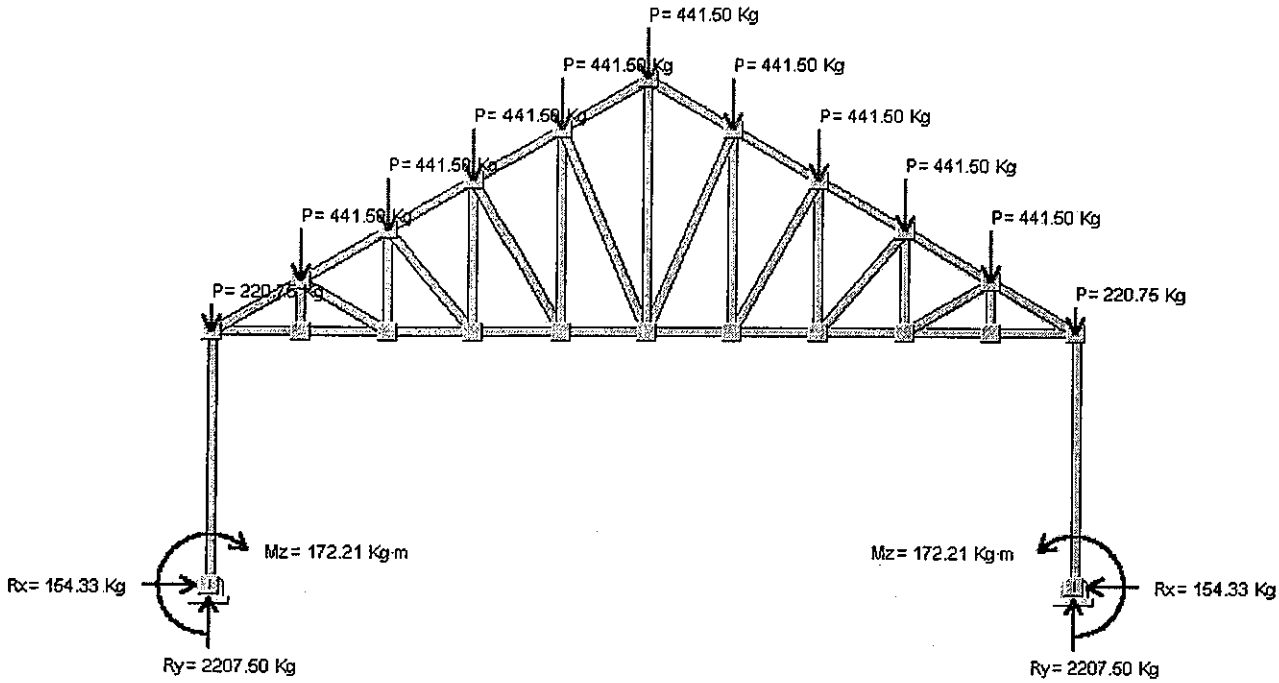
ดังนั้นใช้น้ำหนักโครงหลังคา = 8.30 $kg/m^2$

**น้ำหนักทั้งหมด** = 80+8.30 = 88.30 $kg/m^2$

ดังนั้น P = 88.30×5×1 = 441.50 kg.




**รูปที่ 4.1** แสดงโครงสร้างบ้านประหยัดพลังงาน

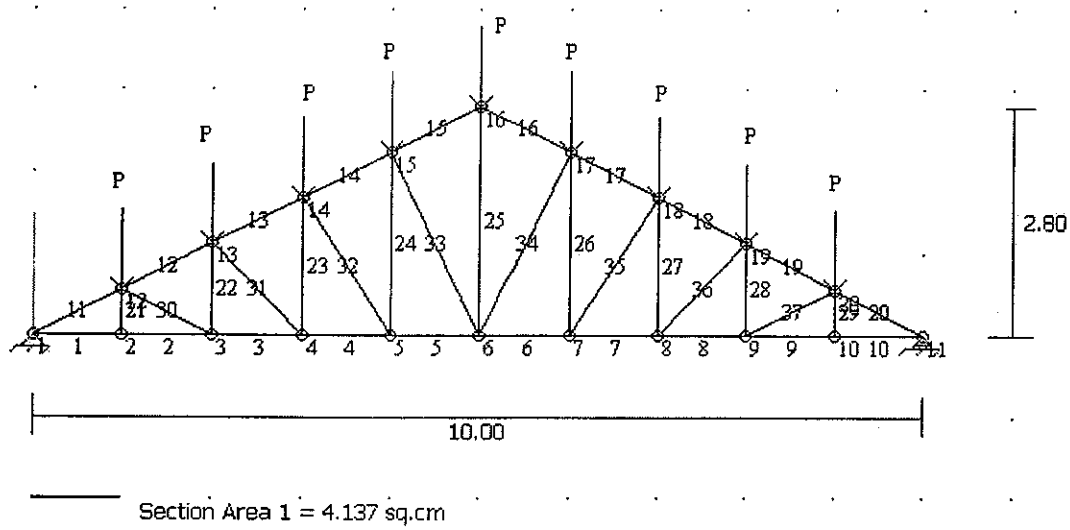



**รูปที่ 4.2** แสดงการวิเคราะห์โครงสร้างบ้านประหยัดพลังงาน

**ตารางที่ 4.1** แสดงแรงกระทำในชิ้นส่วนต่างๆภายในโครงหลังคาบ้านประหยัดพลังงาน

| Member | Max Compression [Kg] | Max Tension [Kg] | Max Shear [Kg] | Max Moment [+] [Kg-m] | Max Moment [-] [Kg-m] |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.00 | 1946.15 | 398.04 | 230.31 | 167.73 |
| 2 | 0.00 | 2262.64 | 83.48 | 107.48 | 0.00 |
| 3 | 0.00 | 2448.85 | 49.61 | 62.67 | 0.00 |
| 4 | 0.00 | 2207.03 | 68.94 | 65.04 | 3.90 |
| 5 | 0.00 | 1868.10 | 125.33 | 75.02 | 50.32 |
| 6 | 0.00 | 1868.10 | 125.33 | 75.02 | 50.32 |
| 7 | 0.00 | 2207.03 | 68.94 | 65.04 | 3.90 |
| 8 | 0.00 | 2448.85 | 49.61 | 62.67 | 0.00 |
| 9 | 0.00 | 2262.64 | 83.48 | 107.48 | 0.00 |
| 10 | 0.00 | 1946.15 | 398.04 | 230.31 | 167.73 |
| 11 | 481.52 | 0.00 | 316.49 | 122.83 | 67.07 |
| 12 | 0.00 | 243.90 | 16.38 | 51.58 | 0.00 |
| 13 | 77.57 | 0.00 | 31.36 | 31.44 | 6.19 |
| 14 | 304.88 | 0.00 | 26.99 | 35.62 | 6.53 |
| 15 | 0.00 | 197.61 | 25.91 | 30.29 | 16.35 |
| 16 | 559.44 | 0.00 | 30.43 | 40.08 | 22.58 |
| 17 | 0.00 | 417.86 | 40.64 | 58.71 | 38.84 |
| 18 | 513.34 | 0.00 | 32.38 | 37.67 | 46.52 |
| 19 | 1954.73 | 0.00 | 231.16 | 124.93 | 144.65 |
| 20 | 2389.26 | 0.00 | 27.78 | 52.09 | 0.00 |
| 21 | 2752.08 | 0.00 | 53.22 | 61.28 | 0.78 |
| 22 | 3039.74 | 0.00 | 54.39 | 86.74 | 0.00 |
| 23 | 2618.53 | 0.00 | 281.62 | 205.39 | 123.04 |
| 24 | 481.52 | 0.00 | 316.49 | 67.07 | 122.83 |
| 25 | 0.00 | 243.90 | 16.38 | 51.58 | 0.00 |
| 26 | 77.57 | 0.00 | 31.36 | 6.19 | 31.44 |
| 27 | 304.88 | 0.00 | 26.99 | 35.62 | 6.53 |
| 28 | 0.00 | 197.61 | 25.91 | 16.35 | 30.29 |
| 29 | 559.44 | 0.00 | 30.43 | 40.08 | 22.58 |
| 30 | 0.00 | 417.86 | 40.64 | 38.84 | 58.71 |
| 31 | 513.34 | 0.00 | 32.38 | 37.67 | 46.52 |
| 32 | 0.00 | 1173.46 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 33 | 1954.73 | 0.00 | 231.16 | 124.93 | 144.65 |
| 34 | 2389.26 | 0.00 | 27.78 | 52.09 | 0.00 |
| 35 | 2752.08 | 0.00 | 53.22 | 61.28 | 0.78 |
| 36 | 3039.74 | 0.00 | 54.39 | 86.74 | 0.00 |
| 37 | 2618.53 | 0.00 | 281.62 | 205.39 | 123.04 |
| 38 | 2207.50 | 0.00 | 154.33 | 172.21 | 290.76 |
| 39 | 2207.50 | 0.00 | 154.33 | 290.76 | 172.21 |

**หลักการออกแบบบ้านทั่วไป**




**รูปที่ 4.3** แสดงโครงสร้างบ้านทั่วไป

**กำหนดให้**

L = 10 m.

ระยะห่างของโครงหลังคา = 5 m.

LL. = 50 kg/m$^2$

DL. น้ำหนักแป = 10 kg/m$^2$

DL. น้ำหนักกระเบื้อง = 20 kg/m$^2$

รวมน้ำหนัก = 50+10+20 = 80 kg/m$^2$

**น้ำหนักโครงหลังคา**

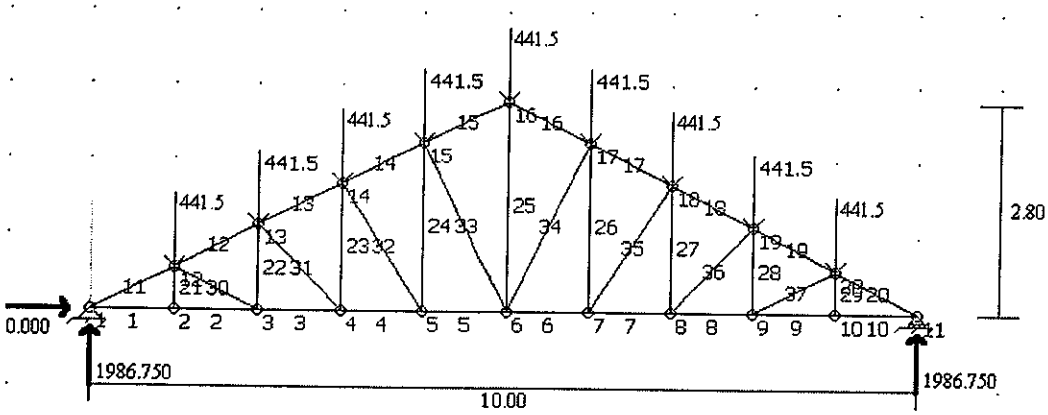
$W_1$ = 0.01w(1+0.33L) = 0.01×80×(1+0.33×10) = 3.44 kg/m$^2$

$W_2$ = 0.33L+5 = 0.33×10+5 = 8.30 kg/m$^2$

ดังนั้นใช้น้ำหนักโครงหลังคา = 8.30 kg/m$^2$

**น้ำหนักทั้งหมด** = 80+8.30 = 88.30 kg/m$^2$

ดังนั้น P = 88.30×5×1 = 441.50 kg.




**รูปที่ 4.4** แสดงการวิเคราะห์โครงสร้างบ้านทั่วไป

**ตารางที่ 4.2** แสดงแรงกระทำภายในโครงสร้างหลังคาบ้านทั่วไป

| ชิ้นส่วนที่ | ความยาว (m) | แรงที่ I (kg) | แรงที่ J (kg) | หน่วยแรงที่ I (ksc) | หน่วยแรงที่ J (ksc) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1.00 | 3547.768 <max+> | 3547.768 <max+> | 857.57 | 857.57 |
| 2 | 1.00 | 3547.768 <max+> | 3547.768 <max+> | 857.57 | 857.57 |
| 3 | 1.00 | 3153.571 | 3153.571 | 762.28 | 762.28 |
| 4 | 1.00 | 2759.375 | 2759.375 | 667.00 | 667.00 |
| 5 | 1.00 | 2365.179 | 2365.179 | 571.71 | 571.71 |
| 6 | 1.00 | 2365.179 | 2365.179 | 571.71 | 571.71 |
| 7 | 1.00 | 2759.375 | 2759.375 | 667.00 | 667.00 |
| 8 | 1.00 | 3153.571 | 3153.571 | 762.28 | 762.28 |
| 9 | 1.00 | 3547.768 <max+> | 3547.768 <max+> | 857.57 | 857.57 |
| 10 | 1.00 | 3547.768 <max+> | 3547.768 <max+> | 857.57 | 857.57 |
| 11 | 1.15 | -4066.182 <max-> | -4066.182 <max-> | -982.88 | -982.88 |
| 12 | 1.15 | -3614.384 | -3614.384 | -873.67 | -873.67 |
| 13 | 1.15 | -3162.586 | -3162.586 | -764.46 | -764.46 |
| 14 | 1.15 | -2710.788 | -2710.788 | -655.25 | -655.25 |
| 15 | 1.15 | -2258.990 | -2258.990 | -546.05 | -546.05 |
| 16 | 1.15 | -2258.990 | -2258.990 | -546.05 | -546.05 |
| 17 | 1.15 | -2710.788 | -2710.788 | -655.25 | -655.25 |
| 18 | 1.15 | -3162.586 | -3162.586 | -764.46 | -764.46 |
| 19 | 1.15 | -3614.384 | -3614.384 | -873.67 | -873.67 |
| 20 | 1.15 | -4066.182 <max-> | -4066.182 <max-> | -982.88 | -982.88 |
| 21 | 0.56 | 0.000 | 0.000 | 0.00 | 0.00 |
| 22 | 1.12 | 220.750 | 220.750 | 53.36 | 53.36 |
| 23 | 1.68 | 441.500 | 441.500 | 106.72 | 106.72 |
| 24 | 2.24 | 662.250 | 662.250 | 160.08 | 160.08 |
| 25 | 2.80 | 1766.000 | 1766.000 | 426.88 | 426.88 |
| 26 | 2.24 | 662.250 | 662.250 | 160.08 | 160.08 |
| 27 | 1.68 | 441.500 | 441.500 | 106.72 | 106.72 |
| 28 | 1.12 | 220.750 | 220.750 | 53.36 | 53.36 |
| 29 | 0.56 | 0.000 | 0.000 | 0.00 | 0.00 |
| 30 | 1.15 | -451.798 | -451.798 | -109.21 | -109.21 |
| 31 | 1.50 | -591.872 | -591.872 | -143.07 | -143.07 |
| 32 | 1.96 | -770.692 | -770.692 | -186.29 | -186.29 |
| 33 | 2.45 | -966.995 | -966.995 | -233.74 | -233.74 |
| 34 | 2.45 | -966.995 | -966.995 | -233.74 | -233.74 |
| 35 | 1.96 | -770.692 | -770.692 | -186.29 | -186.29 |
| 36 | 1.50 | -591.872 | -591.872 | -143.07 | -143.07 |
| 37 | 1.15 | -451.798 | -451.798 | -109.21 | -109.21 |

I ——— J + หมายถึง แรงดึง, - หมายถึง แรงอัด

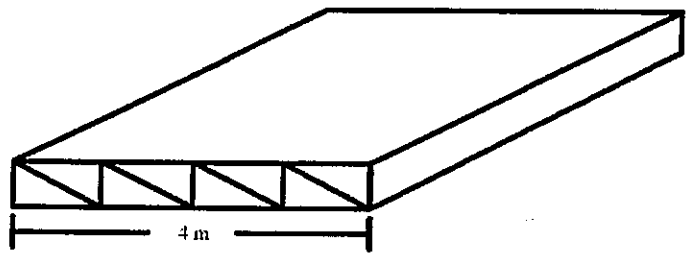
ชิ้นส่วน

**ตารางที่ 4.3** แสดงแรงปฏิกิริยาภายในโครงสร้าง

| จุดต่อที่ | แกน X (kg) | แกน Y (kg) |
|---|---|---|
| 1 | 0.000 | 1986.750 |
| 11 | 0.000 | 1986.750 |

## 4.2 ระเบียง

ในการสร้างบ้านประหยัดพลังงาน ต้องทำให้ภายในบ้านมีความร้อนน้อยที่สุด ดังนั้นวิธีที่จะสามารถลดอุณหภูมิของบ้านได้ นั่นคือการก่อสร้างระเบียง เพื่อให้สามารถบังแดดที่จะส่องลงมากระทบภายในบ้านโดยตรง




**รูปที่ 4.5** แสดงตัวอย่างระเบียงที่ใช้ในการออกแบบโครงสร้างระเบียง

**หลักการออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน**

**กำหนดให้**

ออกแบบคานยื่น 4.00 m.

DL. Topping หนา 5 cm. $= \frac{5 \times 2400 \times 0.5}{100} = 60$ kg/m

DL. Truss = 49.90 kg/m

LL. = 100×0.5 = 50 kg/m

Total = 60+49.90+50 = 159.90 kg/m

**เลือก** WF = 200×200×49.9 ($S_x$ = 472 $cm^3$)

**หน่วยแรงดัดที่ยอมให้**

$$\frac{b_f}{2t_f} = \frac{200}{2\times 12} = 8.33 < \frac{437.7}{\sqrt{F_y}} = \frac{437.7}{\sqrt{2400}} = 8.93 \text{ (เป็นหน้าตัดแบบ Compact)}$$

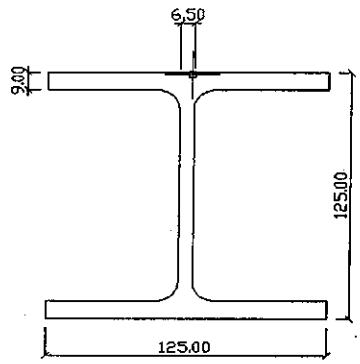
ใช้ $F_b = 0.66F_y = 0.66\times 2400 = 1584$ kg/$cm^2$

**ค่าโมเมนต์สูงสุดที่คานรับได้**

$$M = F_b \times S_x = \frac{1584 \times 472}{100} = 7476.48 \text{ kg-m} > 1279.20 \text{ kg-m}$$

# เนื่องจากว่ารับ M เกินไป เพราะฉะนั้นจึงเป็นการสิ้นเปลือง ควรเลือกหน้าตัดใหม่ที่เล็กกว่านี้

**เลือกใหม่** ใช้คานรูปตัว I ขนาด 125×125 (23.8 kg/m), $S_x$ = 136 $cm^3$, $I_x$ = 847 $cm^4$




**รูปที่ 4.6** แสดงเหล็กตัว I ขนาด 125×125

**หน่วยแรงดัดที่ยอมให้**

$$\frac{b_f}{2t_f} = \frac{125}{2\times 9} = 6.94 < \frac{437.7}{\sqrt{F_y}} = \frac{437.7}{\sqrt{2400}} = 8.93 \text{ (เป็นหน้าตัดแบบ Compact)}$$

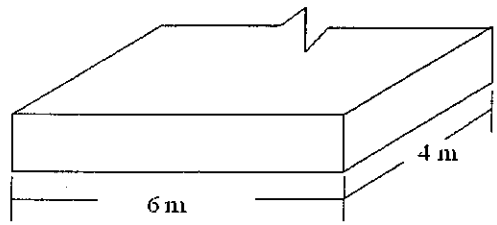
ใช้ $F_b = 0.66F_y = 0.66\times 2400 = 1584$ kg/$cm^2$

**ค่าโมเมนต์สูงสุดที่คานรับได้**

$$M = F_b \times S_x = \frac{1584 \times 136}{100} = 2154.24 \text{ kg-m} > 1279.20 \text{ kg-m}$$

ดังนั้น ใช้คานรูปตัว I ขนาด 125×125 (23.8 kg/m) , $S_x = 136\ cm^3$ , $I_x = 847\ cm^4$

**หลักการออกแบบบ้านทั่วไป**




**รูปที่ 4.7** แสดงตัวอย่างระเบียงที่ใช้ในการออกแบบบ้านทั่วไป

**ตารางที่ 4.4** แสดงแรงกระทำในโครงสร้างแผ่นพื้น

| Max Shear[Kg] | Max Moment [+][Kg·m] | Max Moment [-][Kg·m] |
|---|---|---|
| 1168 | 0 | 2336 |

**<u>รายการออกแบบระเบียง</u>**

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $f_c'$ = | 210 | ksc | มาตรฐาน | sd-40 | b | b = (m) | 0.2 | |
| $f_c$ = | 94.5 | | | | | h = (m) | 0.4 | |
| $f_y$ = | 4000 | ksc | $E_s$ = | 2040000 | h | | | |
| $f_s$= | 1700 | ksc | $E_c$ = | 220414 | | คานยาว = | 4 | m. |
| $n=(E_s/E_c)$ | 9 | | | | | | | |
| k= | 0.333 | | j= | 0.889 | R= | 14.005 | | |
| covering = | 3 | cm. | เหล็กเสริมหลัก = | | 12 | mm. | | |
| | | | เหล็กปลอก = | | 6 | mm. | | |
| d = (cm.) | 36.3 | 36 | | $f_v$ = | 1700 | ksc | | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| d' = (cm.) | 3.7 | 4 | | | |
| | | kg - | | | |
| $M_{max}^{+}$ = | 0 | m. | $M_R=Rbd^2$ | 3630.04 | kg - m. |
| | | kg - | | | |
| $M_{max}^{-}$ = | 2336 | m. | เป็น( $M^+$) | Singly reinforcement | |
| | | | เป็น( $M^-$) | Singly reinforcement | |
| $V_{max}$ = | 1168 | kg | | | |
| $V_d$ = | 957.8 | kg | | | |

**ปริมาณเหล็กเสริมในคาน**

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1. $M_{max} < M_R$ | | | |
| $A_s^+$ = | 0.00 | $cm^2$ | |
| $A_s^-$ = | 4.29 | $cm^2$ | |
| $A_{s-min}$ = | 2.52 | $cm^2$ | |
| หรือ = ( 1.34 x $A_s^+$) | | 0.00 | $cm^2$ |
| หรือ = ( 1.34 x $A_s^-$) | | 5.75 | $cm^2$ |
| 2.เหล็กรับแรงอัด | | | |
| $A_{s-min}$ = | 2.52 | $cm^2$ | |
| 1.34 x $A_s$+ | 0.00 | $cm^2$ | |
| 1.34 x $A_s$'+ | 0.00 | $cm^2$ | |

**ระยะเรียงเหล็กปลอก**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $V_c$ = | 3025.80 | kg | s = | 0.18 | m. |
| V' = | 0 | kg | | | |

| | | |
|---|---|---|
| $A_{s-min}$ = | 2.52 | $cm^2$ |
| 1.34 x $A_s^-$ | 0.00 | $cm^2$ |
| 1.34 x $A_s^-$ | 0.00 | $cm^2$ |

## 4.3 พื้น

โครงสร้างพื้นที่เรานำมาใช้เป็นพื้นแบบตง เพื่อลดความหนาของแผ่นพื้นให้มีความหนาน้อยลง เพื่อที่จะไม่เป็นส่วนที่สะสมความร้อนให้แก่ตัวบ้าน

**การออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน**

**กำหนดให้**

น้ำหนักเหล็ก = 3.25 kg/m

LL = 200 $kg/m^2$

ใช้เหล็กรูปตัวซีขนาด 75x45x15 หนา 2.3 mm

พื้นคอนกรีต = 16 $m^2$

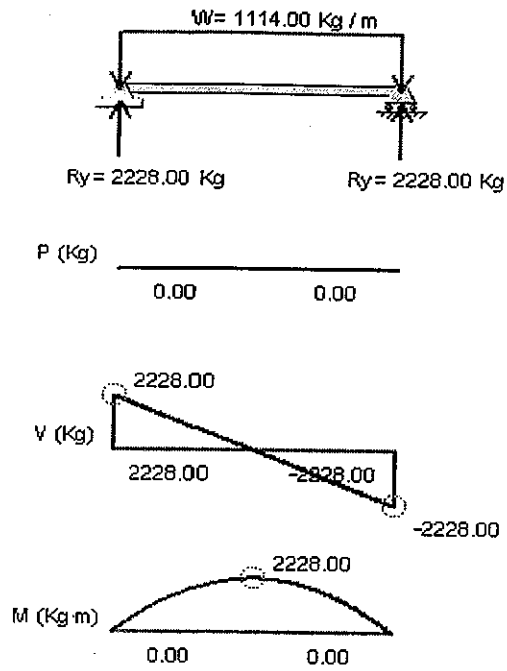
**น้ำหนักทั้งหมด**

น้ำหนักคอนกรีต = 2400x0.025x4x4 = 960 kg/m.

น้ำหนักเหล็ก = 3.25x4x8 = 104 kg/m.

LL = 200 $kg/m^2$ = 50 kg/m.

น้ำหนักรวม = 960+104+50 = 1114 kg/m.




**รูปที่ 4.8** รูปแสดงแรงกระทำที่เกิดขึ้นในโครงสร้างแผ่นพื้น

## การออกแบบบ้านทั่วไป

**กำหนดให้**

1) $m = 1$

2) $d = \text{t-cover} - \frac{\text{Dia.}}{2} = 10 - 2.5 - \frac{1.2}{2} = 6.9$

3) $M_R = R\,b\,d^2 = 14.005 \times 0.2 \times 6.9^2 = 133.36$ kg.m

4) $C_{A\,neg} = 0.050$

   $C_{B\,neg} = 0.050$

5) $W_D = 2400 \times 0.10 \times 1 = 240$ kg/m$^2$

   $W_L = 200$ kg/m$^2$

   $W_D + W_L = 240 + 200 = 440$ kg/m$^2$

6) $C_{A\,DL} = 0.027$

   $C_{A\,LL} = 0.032$

   $C_{B\,DL} = 0.027$

   $C_{B\,LL} = 0.032$

7) $M^{-} = 0.050\times440\times4^2 = 352$ kg.m

$$\frac{A_s^{+}}{3} = \frac{206.08}{3} = 68.69$$

$M_D^{+} = 0.027\times240\times4^2 = 103.68$ kg.m

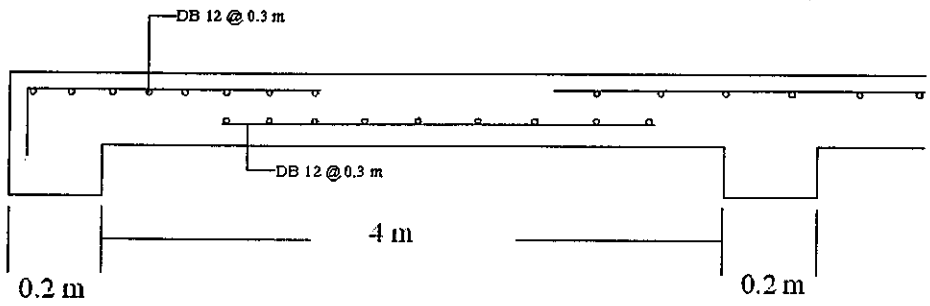
$M_L^{-} = 0.032\times200\times4^2 = 102.40$ kg.m

8) $A_{s\text{-temp}} = 0.0018\times10\times100 = 1.8$ cm$^2$

9) DB 12 @ 0.30 , $A_s = \dfrac{352\times100}{1700\times0.333\times6.9} = 3.012$ cm$^2$

DB 12 @ 0.30 , $A_s = \dfrac{68.69\times100}{1700\times0.333\times6.9} = 1.757$ cm$^2$

DB 12 @ 0.30 , $A_s = \dfrac{206.08\times100}{1700\times0.333\times6.9} = 5.276$ cm$^2$




**รูปที่ 4.9** แสดงโครงสร้างแผ่นพื้นบ้านทั่วไป

## 4.4 ผนัง

**ผนัง EIFS ( EIFS wall )**

**ข้อดี**

- มีค่าความต้านทานความร้อนมากกว่าผนังก่ออิฐชั้นเดียวประมาณ 15 เท่า
- สะสมความร้อนน้อย
- กันความชื้นและการรั่วซึมของอากาศได้ดีเนื่องจากวัสดุภายนอกเป็นลักษณะเซลล์ปิด
- ทำงานได้รวดเร็วเนื่องจากเป็นวัสดุสำเร็จ
- ทนทานต่อสภาพภูมิอากาศ ไม่แตกร้าวและไม่แตกรายงา
- สีทาภายนอกทนทาน ไม่เกิดการแตกร้าวลายงาหรือผุกร่อนจากรังสีอัลตราไวโอเลต
- น้ำหนักเบา ทำให้ประหยัดโครงสร้างมาก

**ข้อด้อย**

- ต้องอาศัยทักษะและความชำนาญในการออกแบบผสานกับระบบโครงสร้าง เพื่อให้ราคาโดยรวมของอาคารไม่แตกต่างกับอาคารทั่วไป

**ผนังมวลเบา 4 นิ้ว และฉาบปูน ( 4 – inch light weight masory wall )**

**ข้อดี**

- มีค่าความต้านทานความร้อนมากกว่าผนังก่ออิฐชั้นเดียวประมาณ 2 เท่า
- น้ำหนักเบากว่าผนังก่ออิฐฉาบปูนชั้นเดียว 2 เท่า ทำให้ประหยัดโครงสร้างขึ้น
- ได้มาตรฐานและมีความเที่ยงตรงกว่า
- ก่อสร้างได้รวดเร็วกว่าผนังก่ออิฐชั้นเดียว

**ข้อด้อย**

- กันความชื้นและการรั่วซึมของอากาศได้ไม่ดี
- ราคาวัสดุแพงกว่าผนังก่ออิฐชั้นเดียว

**ผนังก่ออิฐ 2 ชั้นหนา 8 นิ้ว และฉาบปูน ( Two layers of brick and 8 – inch thick wall )**

**ข้อดี**

- มีค่าความต้านทานความร้อนมากกว่าผนังก่ออิฐชั้นเดียวประมาณ 1.3 เท่า
- ลดความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างกลางวันกับกลางคืนได้ดี

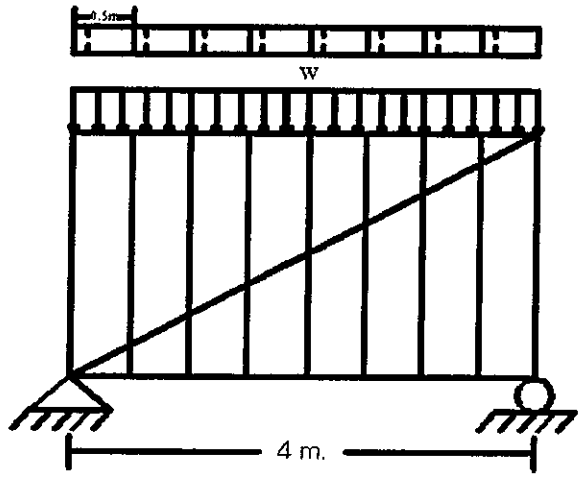
**ข้อด้อย**

- สะสมความร้อนมาก หรือมีความจุความร้อนสูง ( High Thermal Capacity )
- มีน้ำหนักมาก ทำให้เปลืองโครงสร้าง
- กันความชื้นและการรั่วซึมของอากาศได้ไม่ดี
- ราคาวัสดุแพงกว่าผนังก่ออิฐชั้นเดียวและก่อสร้างช้ามาก

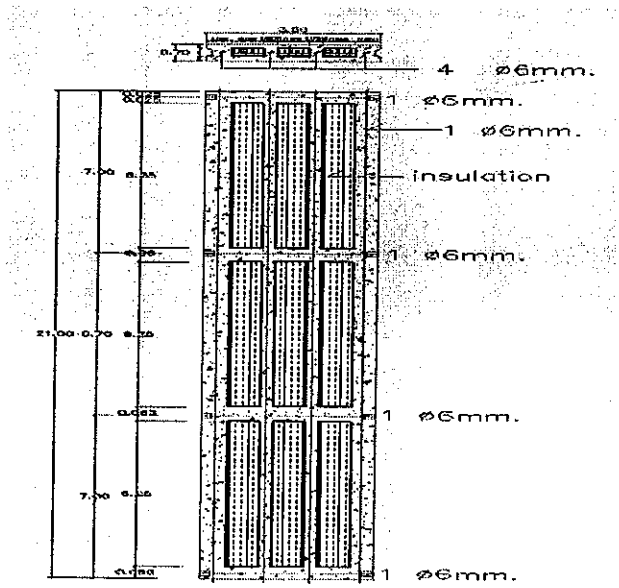
**การออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน**

**ในที่นี้เลือกใช้**

ผนัง EIFS ( EIFS wall )




**รูปที่ 4.10** แสดงโครงสร้างผนังบ้านประหยัดพลังงาน




**รูปที่ 4.11** แสดงผนังสำเร็จรูปที่ใช้ในการก่อสร้างบ้านประหยัดพลังงาน

**การออกแบบบ้านทั่วไป**

**ใช้ผนังก่ออิฐชั้นเดียว หนา 4 นิ้ว และฉาบปูน ( One layer of brick and 4 – inch thick wall )**

**ข้อดี**

- สามารถซื้อวัสดุได้ทั่วไป
- ช่างทั่วไปทำงานง่าย
- ราคาถูก

**ข้อด้อย**

- ไม่สามารถกันความร้อนได้ดี ( มีค่าความต้านทานความร้อนต่ำ)
- มีความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างกลางวันกับกลางคืนมาก
- กันความชื้นและการรั่วซึมของอากาศได้ไม่ดี
- ก่อสร้างได้ช้า

**4.5 เสา**

ในการก่อสร้างบ้านนอกจากคำนึงถึงประโยชน์ใช้สอย ยังต้องคำนึงถึงความสวยงามทางด้านสถาปัตยกรรม จึงออกแบบบ้านด้วยการทำให้เสามีขนาดเท่ากับผนังของบ้าน

**การออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน**

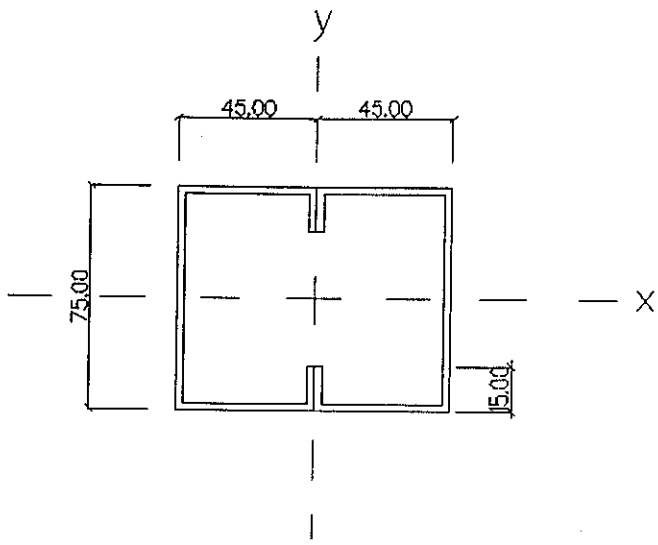
**กำหนดให้**

$d = \frac{75}{2} - 2.3$ mm. $= 3.52$ cm.

$I_{y\,(เดิม)} = 11.8$ $cm^4$

$I_x = 37.1$ $cm^4$

$t = 2.3$




**รูปที่ 4.12** แสดงโครงสร้างเสาที่ใช้ในการออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน

$I_{NA} = I+Ad^2$

$I_y = (11.8+4.137\times3.52^2)\times2 = 126.118\ cm^4$

$I_x = (37.233+4.137\times4.5^2)\times2 = 242.014\ cm^4$

ดังนั้น $r = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{126.118}{8.274}} = 3.904$ cm.

**ตรวจสอบ**

$$\frac{KL}{r} = \frac{1.2\times300}{3.90} = 92.307$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2E}{F_y}} = \sqrt{\frac{2\pi^2\times2.1\times10^6}{2400}} = 131.42$$

จะได้ $\frac{KL}{r} < C_c$

**หน่วยแรงอัดที่ยอมให้**

$$F_a = \frac{\left[1-\frac{1}{2}\left(\frac{KL/r}{C_c}\right)^2\right]\cdot F_y}{\frac{5}{3}+\frac{3}{8}\left(\frac{KL/r}{C_c}\right)-\frac{1}{8}\left(\frac{KL/r}{C_c}\right)^3} = \frac{\left[1-\frac{1}{2}\left(\frac{92.307}{131.42}\right)^2\right]\times2400}{\frac{5}{3}+\frac{3}{8}\left(\frac{92.307}{131.42}\right)-\frac{1}{8}\left(\frac{92.307}{131.42}\right)^3} = 958.26\ kg/cm^2$$

* แรงอัดสูงสุดที่เสาประกอบกันรับได้ $P = 958.26\times(4.137\times2) = 7928.64$ kg.

## การออกแบบบ้านทั่วไป

**กำหนดให้**

เสา 0.2x0.2 m.

แรงอัดตามแกน = 1986.75 kg.

$f_c'$ = 210 ksc.

$f_y$ = 4000 ksc.

เลือก เหล็กยืน 4-DB 12 mm. ($A_{st} = 4.52\ cm^2$)

$$P = 0.85 \times A_g \times (0.25 \times f_c' + f_s \times P_g)$$

$$= 0.85 \times 400 \times (0.25 \times 210 + 0.4 \times 4000 \times \frac{4 \times 1.13}{400})$$

P = 23997.20 kg. > 1986.75 kg.