# บทที่ 5

## การทดสอบโปรแกรม

ในบทนี้จะเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม Visual Basic 6.0 โดยการนำผลการคำนวณที่ได้จากโปรแกรมไปเปรียบเทียบกับผลการคำนวณด้วยโปรแกรม excel

ตัวอย่างที่ 1 จงออกแบบคานต่อเนื่องคอนกรีตเสริมเหล็ก2 ช่วงโดยวิธีกำลังและกำหนดให้ความยาวช่วงคานยาว 6 ม. รับนน.บรรทุกคงที่ 4,000 กก./ ม. และนน.บรรทุกจร 5,000 กก./ ม., (f'c) = 280 กก./ ซม$^2$., (fy) = 4,000 กก./ ซม$^2$.

Sol$^n$

DESIGN CALCULATION REPORT OF BEAM

**Materials strength :**

| | | | |
|---|---|---|---|
| concrete strength ($f'_c$) | = | 280 | kg/cm$^2$. |
| yield stress of tension steel ($f_y$) | = | 4,000 | kg/cm$^2$. |
| yield stress of compression steel ($f_y$) | = | 4,000 | kg/cm$^2$. |

**Dimension of beam:**

| | | | |
|---|---|---|---|
| beam length (L) | = | 6.00 | m. |
| beam width (b) | = | 25.00 | cm. |
| beam heigth (h) | = | 60.00 | cm. |
| effective depth of beam : (d) | = | 50.00 | cm. |
| d' | = | 5.00 | cm. |
| covering | = | 5.00 | cm. |

**Active load on beam :**

| | | | |
|---|---|---|---|
| uniform dead load (DL) | = | 4,000.00 | kg/m$^2$. |
| uniform live load (LL) | = | 5,000.00 | kg/m$^2$. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| beam weight ( 0.24xbxh) | = | 360.00 | $kg/m^2$. |
| ultimate load(Wu =1.4DL+1.7LL) | = | 14,604.00 | $kg/m^2$. |

**Maximum moment :**

| | | | |
|---|---|---|---|
| maximum positive moment :($M^+_{max}=(Wul^2)/14$ ) | = | 37,553.14 | kg-m. |
| maximum nagative moment :($M^-_{max}=(Wul^2)/9$) | = | 58,416.00 | kg-m. |
| maximum shear :($V_{(max)}=1.15Wul/2$) | = | 50,383.80 | kg. |

**Maximum positive moment :$M^+_{max}$**

$\phi$ = 0.9 $\beta_1$ = 0.85

| | | | |
|---|---|---|---|
| ultimate moment : ($M^+_{max}$) | = | 37,553.14 | kg-m. |
| $Mu/\phi$ | = | 41,725.71 | kg-m. |
| $\rho_b = 0.85(f'_c/f_y)\beta_1(6120/(6120+f_y))$ | = | 0.0306 | |
| $\rho_{max} = 0.75\ \rho_b$ | = | 0.02293866 | |
| $\rho_{min} = 14/f_y$ | = | 0.0035 | |
| (use$\rho$=0.5 $\rho_b$ ) | = | 0.0153 | |
| $R_u = \rho f_y(1-(0.59\rho fy/f'c))$ | = | 53.31 | $kg/cm^2$. |
| $As1 = \rho bd$ | = | 19.12 | $cm^2$. |
| $Mn1=R_u bd^2$ | = | 33,318.10 | kg-m. |
| $Mn2 =Mu/\phi-Mn1$ | = | 8,407.61 | kg-m. |
| $As2=Mn2/(f_y*(d-d'))$ | = | 4.67 | $cm^2$ |
| As=As1+As2 | = | 23.79 | $cm^2$. |

เลือกเหล็กเสริมรับแรงดึง

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| USE DB32 | จำนวน | 3 | เส้น | พื้นที่จริง | 24.12 | $cm^2$. |

เลือกเหล็กเสริมรับแรงอัด

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| USE DB12 | จำนวน | 5 | เส้น | พื้นที่จริง | 5.65 | $cm^2$. |

ตรวจสอบเหล็กเสริมรับแรงอัด ($f'_s$ มากกว่าหรือเท่ากับ $f_y$ หรือไม่)

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $\rho$ | | = | 0.0193 | |
| $\rho'$ | | = | 0.0045 | |
| $\rho-\rho'$ | | = | 0.0148 | |
| $(\rho-\rho')_{min} = 0.85(\beta 1 f'_c d'(6120)/((6120-f_y)(f_y d))$ | | = | 0.0146 | |
| $\rho-\rho' > 0.85(\beta_1 f'_c d'(6120)/((6120-f_y)(f_y d))$ | | f's >= fy | ok | |
| $R = (6120As'-Asf_y)/(1.7f'_c b\beta_1)$ | | = | -6.12 | |
| $Q = 6120d'As'/(0.85f'_c b\beta_1)$ | | = | 34.18 | |
| $c = (-R+(R^2+Q)^{0.5}$ | | = | 14.58 | |
| $f'_s = 6120(c-d')/c$ | | = | 4,021.77 | $kg/cm^2$. |
| | Use $f'_s = fy$ | = | 4,000.00 | $kg/cm^2$. |
| a = (As-As')fy/(0.85*f'cb) | | = | 12.42 | |
| | As2 =As'f's/fy | = | 5.65 | $cm^2$. |
| | As | = | 24.12 | $cm^2$. |
| $Mn =(Asf_y-As'f'_s)(d-a/2)+(As'f'_s)(d-d')$ | | = | 42,523.23 | kg-m. |
| Mn>Mn(max)+ | | | ok | |

**<u>maximum nagative moment</u> :$M^-_{max}$**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **ultimate moment : ($M^-_{max}$)** | = | 58,416.00 | kg-m. |
| $Mu/\phi$ | = | 64,906.67 | kg-m. |
| $\rho_b = 0.85(f'_c/f_y)\beta_1(6120/(6120+f_y))$ | = | 0.0306 | |
| $\rho_{max} = 0.75\ \rho_b$ | = | 0.0229 | |
| $\rho_{min} = 14/f_y$ | = | 0.0035 | |
| (use $\rho=0.5\rho_b$ ) | = | 0.0153 | |
| $R_u = \rho f_y(1-(\rho f_y/1.7f'_c))$ | = | 53.31 | $kg/cm^2$. |
| $As1 = \rho bd$ | = | 19.12 | $cm^2$. |
| $Mn1=R_u bd^2$ | = | 33,318.10 | kg-m. |
| $Mn2 =Mu/\phi$-Mn1 | = | 31,588.56 | kg-m. |
| $As2=Mn2/(f_y*(d-d'))$ | = | 17.55 | $cm^2$ |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| As=As1+As2 | = | 36.66 | $cm^2$. | |

**เลือกเหล็กเสริมรับแรงดึง**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| USE DB32 | จำนวน | 5 | เส้น | พื้นที่จริง | 40.20 | $cm^2$. |

**เลือกเหล็กเสริมรับแรงอัด**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| USE DB32 | จำนวน | 3 | เส้น | พื้นที่จริง | 24.12 | $cm^2$. |

**ตรวจสอบ**.

| | | | |
|---|---|---|---|
| $\rho$ | = | 0.032160 | |
| $\rho'$ | = | 0.019296 | |
| $\rho-\rho'$ | = | 0.0128640 | |
| $(\rho-\rho')_{min} = 0.85(\beta 1 f'_c d'(6120)/((6120-f_y)(f_y d))$ | = | 0.014600 | |
| $\rho-\rho' \quad < \quad 0.85(\beta_1 f'_c d'(6120)/((6120-f_y)(f_y d))$ | f's<fy | ok | |
| $R = (6120As'-Asf_y)/(1.7f'_c b\beta_1)$ | = | -1.30 | |
| $Q = 6120d'As'/(0.85f'_c b\beta_1)$ | = | 145.94 | |
| $c = (-R+(R^2+Q)^{0.5})$ | = | 13.45 | |
| $f'_s = 6120(c-d')/c$ | = | 3845.60 | $kg/cm^2$. |
| Use $f'_s$ =fy | = | 3,845.60 | $kg/cm^2$. |
| a = (As-As')fy/(0.85*f'cb) | = | 10.81 | |
| As2 =As'f's/fy | = | 23.19 | $cm^2$. |
| As | = | 42.30 | $cm^2$. |
| Mn =(Asfy-As'$f'_s$)(d-a/2)+(As'$f'_s$)(d-d') | = | 75,838.44 | kg-m. |
| Mn>Mn(max)+ | | ok | |

**maximum shear :V(max)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| แรงเฉือนสูงสุด V(max) | = | 50,383.80 | kg. |
| แรงเฉือนสูงสุดที่ระยะ d จากขอบเสา (Vu) | = | 43,081.80 | |
| $\phi Vc = \phi 0.53 f'^{0.5}_c b_w d$ | = | 9,422.88 | kg. |
| $\phi Vs_{(max)} = \phi 2.1 f'^{0.5}_c b_w d$ | = | 37,335.95 | kg. |

$\phi Vs_{(min)} = \phi 1.1 f'c^{0.5} b_w d$ = 19,556.93 kg.

Vs = (Vu-$\phi$Vc) = 33,658.92 kg.

เลือกเหล็กปลอก Use RB19 Av = 5.68 $cm^2$

0.85*1.1f'c^0.5bwd < (Vu-0.85*Vc) > 0.85*2.1f'c^0.5bwd

ระยะเรียงเหล็กเสริม Ok

1). ไม่เกิน 30 cm.

2). s=d/4 = 12.5 cm.

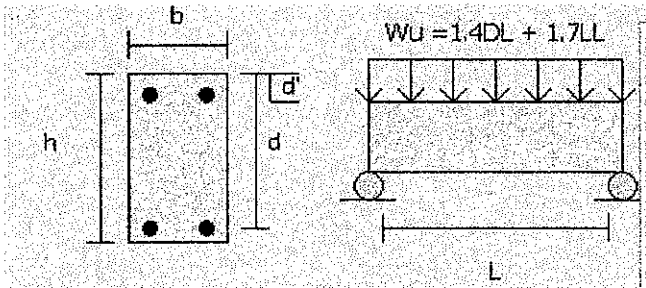
3). s=0.85Avfy/(Vu-0.9Vc) = 28.69 cm.

<u>เลือกเหล็กปลอก</u>

USE

RB19 @ 12.50 cm. ok

คำนวณโดยใช้โปรแกรมจากตัวอย่างที่ 1




คุณสมบัติของวัสดุ :

| | | | |
|---|---|---|---|
| กำลังอัดที่กำหนดของคอนกรีต (f'c) : | = | 280 | ksc |
| กำลังครากที่กำหนดของเหล็กเสริม (fy): | = | 4000 | ksc |

คุณสมบัติของคาน :

| | | | |
|---|---|---|---|
| ความยาวช่วงคาน (L) | = | 6 | m |
| ความลึกของหน้าตัดคาน (h) | = | 60 | cm |
| ความกว้างของหน้าตัดคาน (b) | = | 25 | cm |
| ความลึกประสิทธิผลของหน้าตัดคาน (d) | = | 50 | cm |
| d' | = | 5 | cm |
| ระยะหุ้มของคอนกรีต | = | 5 | cm |
| น้ำหนักที่กระทำต่อคาน | | | |
| น้ำหนักบรรทุกจร( LL) | = | 5000 | kg/m |
| น้ำหนักบรรทุกคงที่ (DL) | = | 4000 | kg/m |

คำนวณ ย้อนกลับ

ผลจากการคำนวณ

| | | | |
|---|---|---|---|
| โมเมนต์บวกสูงสุด (M,max +) | = | 37553.14 | Kg-m |
| โมเมนต์ลบสูงสุด (M,max -) | = | 58416 | Kg-m |
| แรงเฉือนสูงสุด (Vu,max) | = | 50383.8 | Kg-m |

ปริมาณเหล็กเสริม (As)

ปริมาณเหล็กเสริมที่กึ่งกลางช่วงคาน

As = 23.79 cm^2

As' = 4.67 cm^2

เลือกชนิดเหล็กเสริม :

ชั้นคุณภาพเหล็กเสริม : SD30

ขนาดเหล็กเสริมรับแรงดึง : DB32

จำนวนเหล็กเสริม : 3 เส้น

As = 24.12 cm^2

ขนาดเหล็กเสริมรับแรงอัด : DB12

จำนวนเหล็กเสริม : 5 เส้น

As' = 5.65 cm^2

ขนาดเหล็กปลอก : RB19

Av = 5.68 cm^2 ระยะ Spacing 12.5 cm

ปริมาณเหล็กเสริมที่จุดรองรับ :

As = 36.67 cm^2

As' = 17.55 cm^2

เลือกชนิดเหล็กเสริม :

ชั้นคุณภาพเหล็กเสริม : SD30

ขนาดเหล็กเสริมรับแรงดึง: DB32

จำนวนเหล็กเสริม : 5 เส้น

As = 40.2 cm^2

ขนาดเหล็กเสริมรับแรงอัด: DB32

จำนวนเหล็กเสริม : 3 เส้น

As' = 24.12 cm^2

รายละเอียดการคำนวณ รายละเอียดการเสริมเหล็ก

(มีต่อ)

กำลังอัดที่กำหนดของคอนกรีต f'c : = 280 ksc
หน้าตัดคาน ( b x h ) : = 25 cm × 60 cm
ความลึกประสิทธิผลของคอนกรีต : d = 50 cm

กำลังครากที่กำหนดของเหล็กเสริม: fy = 4000 ksc
ความยาวช่วงคาน: L = 6 cm
ระยะหุ้มของคอนกรีต = 5 cm d' : = 6 cm

แรงที่กระทำต่อคาน :

น้ำหนักบรรทุกจร : LL = 5000 kg/m
น้ำหนักบรรทุกคงที่ : DL = 4000 kg/m
น้ำหนักคาน : = 360 kg/m
Ultimate Load : Wu = 14604 kg/m

โมเมนต์ดัดสูงสุดที่กระทำต่อคาน

โมเมนต์บวกสูงสุด, M(+) max = 37553.14 Kg/m
โมเมนต์ลบสูงสุด, M(-)max = 58416 Kg/m
แรงเฉือนสูงสุด ,V(max) = 50383.8 Kg/m

Maximum positive moment : M(+)

Mn = Mu/2 = 41725.71 Kg-m
$\rho_b$ = [0.85f'c ($\beta$ 1)/fy(6120/(6120+fy))] = 0.03058
$\rho_{max}$ = 0.75($\rho$b) = 0.02294
$\rho$ = 14/fy = 0.0035
Use $\rho$ = 0.50$\rho_b$
Ru = $\rho$fy (1-( $\rho$f'c/1.7fy)) = 53.31 Kg/cm $^2$
As1 = 0.75($\rho$b) bd = 19.12 cm $^2$
Mn1 = $\rho$fy bd^2 (1-P1 fy /(1.7f'c) = 33318.1 Kg-m
Mn2 = Mn - Mn1 = 8407.61 Kg-m
As2 = Mn2/(fy(d-d')) = 4.67 cm $^2$
As = As1 + As2 = 23.79 cm $^2$

เลือกปริมาณเหล็กเสริมรับแรงดึง
USE 3 DB32 As = 24.12 cm $^2$
เลือกปริมาณเหล็กเสริมรับแรงอัด
USE 5 DB12 As = 5.65 cm $^2$

หน้าต่อไป
ย้อนกลับ

(มีต่อ)

**ตรวจสอบจุดตรากของเหล็กเสริมรับแรงอัด :**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $\rho$ | | = | 0.0193 | |
| $\rho'$ | | = | 0.00452 | |
| $\rho - \rho'$ | | = | 0.01478 | |
| $(\rho - \rho')_{min}$ = | $\beta_1$ 0.85f'c d' (6120/(6120-fy))/fyd | = | 0.0146 | |
| $(\rho - \rho')_{min}$ > | $\beta_1$ 0.85f'c d' (6120/(6120-fy))/fyd | f's>=fy | ok | |
| R=(6120d'As'-Asfy)/(1.7f'cb $\beta_1$) | | = | -6.12 | |
| Q=(6120d'As'/(0.85f'cb $\beta_1$) | | = | 34.18 | |
| c = +R-(R^2+Q)^0.5 | | = | 14.58 | |
| f's = 6120(c-d')/c | | = | 4021.7 | Kg-cm$^2$ |
| a = (As-As')fy/(0.85f'cb) | | = | 12.42 | cm |
| Use f's | | = | 4000 | Kg-cm$^2$ |
| Mn = (Asfy-As'f's)(d-a/2) +(As'f'c)(d-d') | | = | 42523.23 | Kg-m |
| Mn>M(max) | | OK | | |

ทำต่อไป

ย้อนกลับ

**Maximum nagative moment : M(-)**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Mn | = | | = | 64906.67 | Kg-m |
| $\rho_b$ | = | [0.85f'c ($\beta$1)/fy(6120/(6120+fy))] | = | 0.03058 | |
| $\rho_{max}$ | = | 0.75($\rho$b) | = | 0.02294 | |
| $\rho_{min}$ | = | 14/fy | = | 0.0035 | |
| Use $\rho$ | = | 0.50 $\rho$b | | | |
| Ru | = | $\rho$fy (1-($\rho$f'c/1.7fy)) | = | 53.31 | Kg-cm$^2$ |
| As1 | = | 0.75($\rho$b) bd | = | 19.12 | cm$^2$ |
| Mn1 | = | $\rho$ fy bd$^2$(1-P1 fy /(1.7f'c) | = | 33318.1 | Kg-m |
| Mn2 | = | Mn - Mn1 | = | 31588.56 | Kg-m |
| As2 | = | Mn2/(fy(d-d')) | = | 17.55 | cm$^2$ |
| As | = | As1 + As2 | = | 36.67 | cm$^2$ |

(มีต่อ)

**เลือกปริมาณเหล็กเสริมรับแรงดึง** **เลือกปริมาณเหล็กเสริมรับแรงอัด**

USE 5 DB32 As = 40.2 $cm^2$ USE 3 DB32 As = 24.12 $cm^2$

**ตรวจสอบจุดครากของเหล็กเสริมรับแรงอัด :**

| | | | |
|---|---|---|---|
| $\rho$ | = | 0.03216 | |
| $\rho'$ | = | 0.0193 | |
| $\rho - \rho'$ | = | 0.01286 | |
| 0.85f'c d' (6120/(6120-fy))/fyd | = | 0.0146 | |
| $\rho - \rho'$ < 0.85f'c d' (6120/(6120-fy))/fyd | f's<fy | ok | |
| R=(6120d'As'-Asfy)/(1.7f'cb $\beta_1$) | = | -1.3 | |
| Q=(6120d'As'/(0.85f'cb $\beta_1$) | = | 145.94 | |
| c = +R-(R^2+Q)^0.5 | = | 13.45 | |
| f's = 6120(c-d')/c | = | 3845.601 | $Kg/cm^2$ |
| a = (As-As')fy/(0.85f'cb) | = | 10.39 | cm. |
| Use f's | = | 3845.601 | Kg-m |
| Mn = (Asfy-As'f's)(d-a/2) | = | 72226.36 | |
| Mn>M(max) | OK | | |

**พิจารณาแรงเฉือน :**

| | | | |
|---|---|---|---|
| แรงเฉือนประลัยที่จุดรองรับ (V,max) | = | 50383.8 | Kg |
| กำลังรับแรงเฉือนของคอนกรีต (Vc) | = | 11085.75 | Kg |
| $\phi$Vc = $\phi$ 0.53^f'c^0.5bwd | = | 9422.88 | Kg |
| $\phi$Vs(max) = $\phi$ 2.1f'c^0.5bwd | = | 37335.95 | Kg |
| $\phi$Vs(min) = $\phi$1.1f'c^0.5bwd | = | 19556.9 | Kg |
| $\phi$Vs =(Vu- $\phi$Vc) | = | 33658.92 | Kg |

0.85*1.1(f'c^0.5)bwd <Vu-0.85*Vc<0.85*2.1*f'c^0.5bwd

เหล็กปลอก USE RB15 Av 3.54 $cm^2$ @ 12.5 m

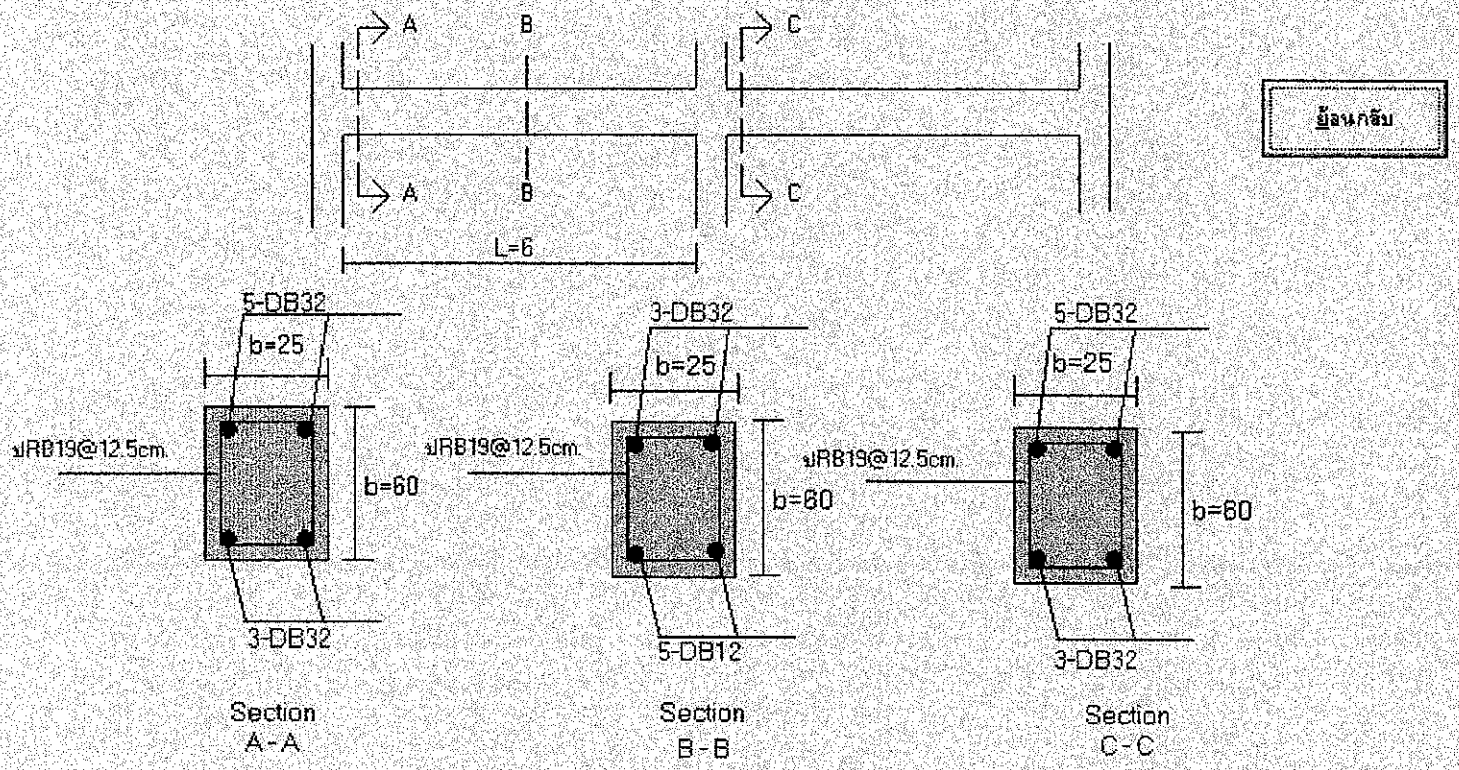
ย้อนกลับ

**ชื่อโครงการ :** การก่อสร้างอาคาร 2 ชั้นเสริมคอนกรีต

**ออกแบบโดย :** นายไกรวุธ จันสุข

(มีต่อ)

รายละเอียดการเสริมเหล็กบนหน้าตัด กรณีคานต่อเนื่อง 2 ช่วง



ตารางที่ 5.1 แสดงการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์

| รายการคำตอบ | ค่าที่ได้จาก โปรแกรม Exce | ค่าได้จาก โปรแกรม |
|---|---|---|
| โมเมนต์บวกสูงสุด $M_{max}^{+}$ | 37,553.14 | 37,553.14 |
| โมเมนต์ลบสูงสุด $M_{max}^{-}$ | 58,416.00 | 58,416.00 |
| แรงเฉือนสูงสุด $V_{u\,max}$ | 50,383.80 | 50,383.80 |
| **ปริมาณเหล็กเสริมที่กึ่งกลางช่วงคาน** | | |
| - ที่คำนวณได้ | | |
| พท.หน้าตัดทั้งหมดของเหล็กเสริมรับแรงดึง $A_s$ (ตร./ซม.$^2$) | 23.79 | 23.79 |
| พท.หน้าตัดทั้งหมดของเหล็กเสริมรับแรงอัด As (ตร./ซม.$^2$) | 4.67 | 4.67 |
| - ที่เสริมจริง | | |
| เหล็กเสริมรับแรงดึง | | |
| ขนาดของเหล็กเสริม | DB32 | DB32 |
| จำนวน(เส้น) | 3 | 3 |
| พท.หน้าตัดทั้งหมด(ตร./ซม.$^2$) | 24.12 | 24.12 |
| เหล็กเสริมรับแรงอัด | | |
| ขนาดของเหล็กเสริม | DB12 | DB12 |
| จำนวน (เส้น) | 5 | 5 |
| พท.หน้าตัดทั้งหมด (ตร./ซม.$^2$) | 5.65 | 5.65 |
| **ปริมาณเหล็กเสริมที่จุดรองรับ** | | |
| - ที่คำนวณได้ | | |
| พท.หน้าตัดทั้งหมดของเหล็กเสริมรับแรงดึง $A_s$ (ตร./ซม.$^2$) | 36.66 | 36.67 |
| พท.หน้าตัดทั้งหมดของเหล็กเสริมรับแรงอัด As (ตร./ซม.$^2$) | 17.55 | 17.55 |
| - ที่เสริมจริง | | |
| เหล็กเสริมรับแรงดึง | | |
| ขนาดของเหล็กเสริม | DB32 | DB32 |

(ตารางที่ 5.1 ต่อ)

| รายการคำตอบ | ค่าที่ได้จาก โปรแกรม Exce | ค่าได้จาก โปรแกรม |
|---|---|---|
| จำนวน(เส้น) | 5 | 5 |
| พท.หน้าตัดทั้งหมด(ตร./ซม.$^2$) | 40.20 | 40.20 |
| เหล็กเสริมรับแรงอัด | | |
| ขนาดของเหล็กเสริม | DB32 | DB32 |
| จำนวน (เส้น) | 3 | 3 |
| พท.หน้าตัดทั้งหมด (ตร./ซม.$^2$) | 24.12 | 24.12 |
| **ปริมาณเหล็กเสริมรับแรงเฉือน** | | |
| ขนาดเหล็กปลอก | RB19 | RB19 |
| พท.หน้าตัดของเหล็กปลอก $A_v$ (ซม$^2$.) | 5.68 | 5.68 |
| ระยะ Spacig (ซม.) | 12.50 | 12.50 |

จากผลการคำนวณด้วยโปรแกรม excel และโปรแกรมที่เขียนขึ้นมาพบว่าคำตอบที่ได้มีค่าเท่ากันหรือใกล้เคียงกันมาก ทำให้สามารถสรุปได้ว่าผลการคำนวณจากโปรแกรมมีค่าถูกต้อง

ตัวอย่างที่ 2 จงออกแบบคานต่อเนื่องคอนกรีตเสริมเหล็ก 2 ช่วง โดยวิธีกำลัง และกำหนดให้ ความยาวช่วงคานยาว 6 ม.รับนน.บรรทุกคงที่ 1,652 กก./ ม. นน.บรรทุกจร 1,152 กก./ ม., (f'c) = 240 กก./ ซม$^2$., (fy) = 4,000 กก./ ซม$^2$.

Sol$^n$

DESIGN CALCULATION REPORT OF BEAM

**Materials strength :**

| | | | |
|---|---|---|---|
| concrete strength ($f'_c$) | = | 240 | kg/cm$^2$. |
| yield stress of tension steel ($f_y$) | = | 4,000 | kg/cm$^2$. |
| yield stress of compression steel ($f_y$) | = | 4,000 | kg/cm$^2$. |

**Dimension of beam:**

| | | | |
|---|---|---|---|
| beam length (L) | = | 6.00 | m. |
| beam width (b) | = | 15.00 | cm. |
| beam heigth (h) | = | 42.50 | cm. |
| effective depth of beam : (d) | = | 37.00 | cm. |
| d' | = | 5.00 | cm. |
| covering | = | 2.00 | cm. |

**Active load on beam :**

| | | | |
|---|---|---|---|
| uniform dead load (DL) | = | 1,652.00 | kg/m$^2$. |
| uniform live load (LL) | = | 1,152.00 | kg/m$^2$. |
| beam weight ( 0.24xbxh) | = | 153.00 | kg/m$^2$. |
| ultimate load(Wu =1.4DL+1.7LL) | = | 4,485.40 | kg/m$^2$. |

**Maximum moment :**

| | | | |
|---|---|---|---|
| maximum positive moment :($M^+_{max}$=(Wul$^2$)/14 ) | = | 11,533.89 | kg-m. |
| maximum nagative moment :($M^-_{max}$ = (Wul$^2$)/9) | = | 17,941.60 | kg-m. |
| maximum shear :($V_{(max)}$ =1.15Wul/2) | = | 15,474.63 | kg. |

**Maximum positive moment :$M^+_{max}$**

$\phi$ = 0.9 $\beta_1$ = 0.85

| | | | |
|---|---|---|---|
| ultimate moment : $(M^{+}_{max})$ | = | 11,533.89 | kg-m. |
| $Mu/\phi$ | = | 12,815.43 | kg-m. |
| $\rho_b = 0.85(f'_c/f_y)\beta_1(6120/(6120+f_y))$ | = | 0.0262 | |
| $\rho_{max} = 0.75\ \rho_b$ | = | 0.01966171 | |
| $\rho_{min} = 14/f_y$ | = | 0.0035 | |
| $(use\rho=0.5\ \rho_b)$ | = | 0.0131 | |
| $R_u = \rho f_y(1-(0.59\rho fy/f'c))$ | = | 45.69 | $kg/cm^2$. |
| $As1 = \rho bd$ | = | 7.27 | $cm^2$. |
| $Mn1=R_u bd^2$ | = | 9,383.14 | kg-m. |
| $Mn2 =Mu/\phi-Mn1$ | = | 3,432.29 | kg-m. |
| $As2=Mn2/(f_y*(d-d'))$ | = | 2.68 | $cm^2$ |
| $As=As1+As2$ | = | 9.96 | $cm^2$. |

<u>เลือกเหล็กเสริมรับแรงดึง</u>

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| USE DB28 | จำนวน | 2 | เส้น | พื้นที่จริง | 12.32 | $cm^2$. |

<u>เลือกเหล็กเสริมรับแรงอัด</u>

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| USE DB12 | จำนวน | 3 | เส้น | พื้นที่จริง | 3.39 | $cm^2$. |

<u>ตรวจสอบเหล็กเสริมรับแรงอัด</u> ($f'_s$ มากกว่าหรือเท่ากับ $f_y$ หรือไม่)

| | | | |
|---|---|---|---|
| $\rho$ | = | 0.0222 | |
| $\rho'$ | = | 0.0061 | |
| $\rho-\rho'$ | = | 0.0161 | |
| $(\rho-\rho')_{min} = 0.85(\beta 1 f'_c d'(6120)/((6120-f_y)(f_y d))$ | = | 0.0169 | |
| $\rho-\rho' < 0.85(\beta_1 f'_c d'(6120)/((6120-f_y)(f_y d))$ | f's<fy | ok | |
| $R = (6120As'-Asf_y)/(1.7f'_c b\beta_1)$ | = | -5.49 | |
| $Q = 6120d'As'/(0.85f'_c b\beta_1)$ | = | 39.88 | |
| $c = (-R+(R^2+Q)^{0.5}$ | = | 13.85 | |
| $f'_s = 6120(c-d')/c$ | = | 3,910.57 | $kg/cm^2$. |
| Use $f'_s = fy$ | = | 3,910.57 | $kg/cm^2$. |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| a = (As-As')fy/(0.85*f'cb) | = | 11.67 | | |
| As2 =As'f's/fy | = | 3.31 | $cm^2$. | |
| As | = | 10.59 | $cm^2$. | |
| $Mn = (Asf_y - As'f'_s)(d-a/2)+(As'f'_s)(d-d')$ | = | 13,310.53 | kg-m. | |
| Mn>Mn(max)+ | | ok | | |

**maximum nagative moment :$M^-_{max}$**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **ultimate moment : ($M^-_{max}$)** | = | 17,941.60 | kg-m. |
| $Mu/\phi$ | = | 19,935.11 | kg-m. |
| $\rho_b = 0.85(f'_c/f_y)\beta_1(6120/(6120+f_y))$ | = | 0.0262 | |
| $\rho_{max} = 0.75\ \rho_b$ | = | 0.0197 | |
| $\rho_{min} = 14/f_y$ | = | 0.0035 | |
| (use $\rho=0.5\rho_b$) | = | 0.0131 | |
| $R_u = \rho f_y(1-(\rho f_y/1.7f'_c))$ | = | 45.69 | $kg/cm^2$. |
| $As1 = \rho bd$ | = | 7.27 | $cm^2$. |
| $Mn1=R_u bd^2$ | = | 9,383.14 | kg-m. |
| Mn2 =Mu/$\phi$-Mn1 | = | 10,551.97 | kg-m. |
| $As2=Mn2/(f_y*(d-d'))$ | = | 8.24 | $cm^2$ |
| As=As1+As2 | = | 15.52 | $cm^2$. |

<u>เลือกเหล็กเสริมรับแรงดึง</u>

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| USE DB28 | จำนวน | 3 | เส้น | พื้นที่จริง | 18.48 | $cm^2$. |

<u>เลือกเหล็กเสริมรับแรงอัด</u>

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| USE DB25 | จำนวน | 2 | เส้น | พื้นที่จริง | 9.82 | $cm^2$. |

<u>ตรวจสอบ</u>.

| | | |
|---|---|---|
| $\rho$ | = | 0.033297 |
| $\rho'$ | = | 0.017694 |
| $\rho-\rho'$ | = | 0.0156036 |
| $(\rho-\rho')_{min} = 0.85(\beta 1 f'_c d'(6120)/((6120-f_y)(f_y d))$ | = | 0.016911 |

$\rho-\rho'$ < $0.85(\beta_1 f'_c d'(6120)/((6120-f_y)(f_y d))$ f's<fy ok

$R = (6120As'-Asf_y)/(1.7f'_c b\beta_1)$ = -2.66

$Q = 6120d'As'/(0.85f'_c b\beta_1)$ = 115.53

$c = (-R+(R^2+Q)^{0.5})$ = 13.73

$f'_s = 6120(c-d')/c$ = 3891.14 $kg/cm^2$.

Use $f_s' = fy$ = 3,891.14 $kg/cm^2$.

a = (As-As')fy/(0.85*f'cb) = 11.32

As2 =As'f's/fy = 9.55 $cm^2$.

As = 16.83 $cm^2$.

Mn =(Asfy-As'$f'_s$)(d-a/2)+(As'$f'_s$)(d-d') = 21,347.20 kg-m.

Mn>Mn(max)+ ok

**maximum shear :V(max)**

แรงเฉือนสูงสุด V(max) = 15,474.63 kg.

แรงเฉือนสูงสุดที่ระยะ d จากขอบเสา (Vu) = 13,815.03

$\phi Vc = \phi 0.53 f_c^{0.5} b_w d$ = 3,873.41 kg.

$\phi Vs_{(max)} = \phi 2.1 f'c^{0.5} b_w d$ = 15,347.47 kg.

$\phi Vs_{(min)} = \phi 1.1 f'c^{0.5} b_w d$ = 8,039.15 kg.

Vs = (Vu-$\phi$Vc) = 9,941.62 kg.

<u>ลือกเหล็กปลอ</u> Use RB6 Av = 0.56 $cm^2$

0.85*1.1f'c^0.5bwd < (Vu-0.85*Vc) > 0.85*2.1f'c^0.5bwd

ระยะเรียงเหล็กเสริม Ok

1). ไม่เกิน 30 cm.

2). s=d/4 = 9.25 cm.

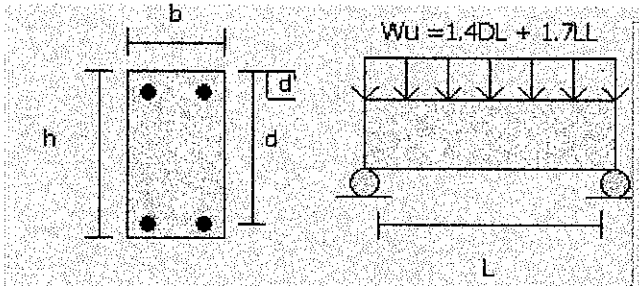
3). s=0.85Avfy/(Vu-0.9Vc) = 7.09 cm.

<u>เลือกเหล็กปลอก</u>

USE

RB6 @ 7.09 cm. ok

คำนวณโดยใช้โปรแกรมจากตัวอย่างที่ 2




คุณสมบัติของวัสดุ :

| | | | |
|---|---|---|---|
| กำลังอัดที่กำหนดของคอนกรีต (f'c) : | = | 240 | ksc |
| กำลังครากที่กำหนดของเหล็กเสริม (fy): | = | 4000 | ksc |

คุณสมบัติของคาน :

| | | | |
|---|---|---|---|
| ความยาวช่วงคาน (L) | = | 6 | m |
| ความลึกของหน้าตัดคาน (h) | = | 42.5 | cm |
| ความกว้างของหน้าตัดคาน (b) | = | 15 | cm |
| ความลึกประสิทธิผลของหน้าตัดคาน (d) | = | 37 | cm |
| d' | = | 5 | cm |
| ระยะหุ้มของคอนกรีต | = | 2 | cm |

น้ำหนักที่กระทำต่อคาน

| | | | |
|---|---|---|---|
| น้ำหนักบรรทุกจร( LL) | = | 1152 | kg/m |
| น้ำหนักบรรทุกคงที่ (DL) | = | 1652 | kg/m |

คำนวณ ย้อนกลับ

ผลจากการคำนวณ

| | | | |
|---|---|---|---|
| โมเมนต์บวกสูงสุด (M,max +) | = | 11527.41 | Kg-m |
| โมเมนต์ลบสูงสุด (M,max -) | = | 17931.52 | Kg-m |
| แรงเฉือนสูงสุด (Vu,max) | = | 15465.94 | Kg-m |

ปริมาณเหล็กเสริม (As)

ปริมาณเหล็กเสริมที่กึ่งกลางช่วงคาน

As = 9.95 cm^2

As' = 2.68 cm^2

เลือกชนิดเหล็กเสริม :

ชั้นคุณภาพเหล็กเสริม : SD30

ขนาดเหล็กเสริมรับแรงดึง : DB28

จำนวนเหล็กเสริม : 2 เส้น

As = 12.32 cm^2

ขนาดเหล็กเสริมรับแรงอัด : DB12

จำนวนเหล็กเสริม : 3 เส้น

As' = 3.39 cm^2

ขนาดเหล็กปลอก : RB6

Av = 0.57 cm^2 ระยะ Spacing 7.22 cm

รายละเอียดการคำนวณ

ปริมาณเหล็กเสริมที่จุดรองรับ :

As = 15.5 cm^2

As' = 8.23 cm^2

เลือกชนิดเหล็กเสริม :

ชั้นคุณภาพเหล็กเสริม : SD30

ขนาดเหล็กเสริมรับแรงดึง: DB28

จำนวนเหล็กเสริม : 3 เส้น

As = 18.48 cm^2

ขนาดเหล็กเสริมรับแรงอัด: DB25

จำนวนเหล็กเสริม : 2 เส้น

As' = 9.82 cm^2

รายละเอียดการเสริมเหล็ก

(มีต่อ)

กำลังอัดที่กำหนดของคอนกรีต f'c : = 240 ksc
หน้าตัดคาน ( b x h ) : = 15 cm × 42.5 cm
ความลึกประสิทธิผลของคอนกรีต : d = 37 cm

กำลังครากที่กำหนดของเหล็กเสริม: fy = 4000 ksc
ความยาวช่วงคาน: L = 6 cm
ระยะหุ้มของคอนกรีต = 2 cm d' : = 6 cm

แรงที่กระทำต่อคาน :

น้ำหนักบรรทุกจร : LL = 1152 kg/m
น้ำหนักบรรทุกคงที่ : DL = 1652 kg/m
น้ำหนักคาน : = 151.2 kg/m
Ultimate Load : Wu = 4482.88 kg/m

โมเมนต์ดัดสูงสุดที่กระทำต่อคาน

โมเมนต์บวกสูงสุด, M(+) max = 11527.41 Kg/m
โมเมนต์ลบสูงสุด, M(-)max = 17931.52 Kg/m
แรงเฉือนสูงสุด ,V(max) = 15465.94 Kg/m

Maximum positive moment : M(+)

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Mn | = | Mu/2 | = 12808.23 | Kg-m |
| $\rho_b$ | = | [0.85f'c ($\beta$ 1)/fy(6120/(6120+fy))] | = 0.02622 | |
| $\rho_{max}$ | = | 0.75($\rho$b) | = 0.01966 | |
| $\rho$ | = | 14/fy | = 0.0035 | |
| Use $\rho$ | = | 0.50$\rho_b$ | | |
| Ru | = | $\rho$fy (1-( $\rho$f'c/1.7fy)) | = 45.69 | Kg/cm $^2$ |
| As1 | = | 0.75($\rho$b) bd | = 7.27 | cm $^2$ |
| Mn1 | = | $\rho$fy bd^2 (1-P1 fy /(1.7f'c) | = 9383.14 | Kg-m |
| Mn2 | = | Mn - Mn1 | = 3425.09 | Kg-m |
| As2 | = | Mn2/(fy(d-d')) | = 2.68 | cm $^2$ |
| As | = | As1 + As2 | = 9.95 | cm$^2$ |

เลือกปริมาณเหล็กเสริมรับแรงดึง

USE 2 DB28 As = 12.32 cm $^2$

เลือกปริมาณเหล็กเสริมรับแรงอัด

USE 3 DB12 As = 3.39 cm $^2$

หน้าต่อไป

ย้อนกลับ

(มีต่อ)

**ตรวจสอบจุดคราก ของเหล็กเสริมรับแรงอัด :**

| | | | |
|---|---|---|---|
| $\rho$ | = | 0.0222 | |
| $\rho'$ | = | 0.00611 | |
| $\rho - \rho'$ | = | 0.01609 | |
| $(\rho - \rho')_{min} = \beta_1 0.85 f'c\ d' (6120/(6120-fy))/fyd$ | = | 0.01691 | |
| $(\rho - \rho')_{min} < \beta_1 0.85 f'c\ d' (6120/(6120-fy))/fyd$ | | f's<fy ok | |
| $R=(6120d'As'-Asfy)/(1.7f'cb\beta_1)$ | = | -5.49 | |
| $Q=(6120d'As'/(0.85f'cb\beta_1)$ | = | 39.88 | |
| $c = +R-(R^2+Q)^{0.5}$ | = | 13.85 | |
| $f's = 6120(c-d')/c$ | = | 3910.5 | $Kg-cm^2$ |
| $a = (As-As')fy/(0.85f'cb)$ | = | 11.41 | cm |
| Use f's | = | 3910.572 | $Kg-cm^2$ |
| $Mn = (Asfy-As'f's)(d-a/2) +(As'f'c)(d-d')$ | = | 15515.24 | Kg-m |
| Mn>M(max) | OK | | |

หน้าต่อไป

ย้อนกลับ

**Maximum nagative moment : M(-)**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Mn | = | | = | 19923.91 | Kg-m |
| $\rho_b$ | = | $[0.85f'c\ (\beta1)/fy(6120/(6120+fy))]$ | = | 0.02622 | |
| $\rho_{max}$ | = | $0.75(\rho b)$ | = | 0.01966 | |
| $\rho_{min}$ | = | 14/fy | = | 0.0035 | |
| Use $\rho$ | = | $0.50\rho b$ | | | |
| Ru | = | $\rho fy\ (1-(\rho f'c/1.7fy))$ | = | 45.69 | $Kg-cm^2$ |
| As1 | = | $0.75(\rho b)\ bd$ | = | 7.27 | $cm^2$ |
| Mn1 | = | $\rho\ fy\ bd^2(1-P1\ fy\ /(1.7f'c)$ | = | 9383.14 | Kg-m |
| Mn2 | = | Mn - Mn1 | = | 10540.77 | Kg-m |
| As2 | = | Mn2/(fy(d-d')) | = | 8.23 | $cm^2$ |
| As | = | As1 + As2 | = | 15.5 | $cm^2$ |

(มีต่อ)

**เลือกปริมาณเหล็กเสริมรับแรงดึง** **เลือกปริมาณเหล็กเสริมรับแรงอัด**

USE 3 DB28 As = 18.48 $cm^2$ USE 2 DB25 As = 9.82 $cm^2$

**ตรวจสอบจุดครากของเหล็กเสริมรับแรงอัด :**

| | | |
|---|---|---|
| $\rho$ | = | 0.0333 |
| $\rho'$ | = | 0.01769 |
| $\rho - \rho'$ | = | 0.0156 |
| $0.85f'_c d' (6120/(6120-f_y))/f_{yd}$ | = | 0.01691 |
| $\rho - \rho' < 0.85f'_c d' (6120/(6120-f_y))/f_{yd}$ | f's<fy | ok |
| $R=(6120d'A_s'-A_sf_y)/(1.7f'_c b \beta_1)$ | = | -2.66 |
| $Q=(6120d'A_s'/(0.85f'_c b \beta_1)$ | = | 115.53 |
| $c = +R-(R^2+Q)^{0.5}$ | = | 13.73 |
| $f_s' = 6120(c-d')/c$ | = | 3891.136 $Kg/cm^2$ |
| $a = (A_s-A_s')f_y/(0.85f'_c b)$ | = | 11.01 cm. |
| Use f's | = | 3891.136 Kg-m |
| $Mn = (A_sf_y-A_s'f_s')(d-a/2)$ | = | 23473.68 |
| Mn>M(max) | OK | |

**พิจารณาแรงเฉือน :**

| | | | |
|---|---|---|---|
| แรงเฉือนประลัยที่จุดรองรับ (V,max) | = | 15465.94 | Kg |
| กำลังรับแรงเฉือนของคอนกรีต (Vc) | = | 4556.95 | Kg |
| $\phi Vc = \phi\ 0.53\sqrt{f'_c}\,bwd$ | = | 3873.41 | Kg |
| $\phi Vs(max) = \phi\ 2.1\sqrt{f'_c}\,bwd$ | = | 15347.47 | Kg |
| $\phi Vs(min) = \phi 1.1\sqrt{f'_c}\,bwd$ | = | 8039.15 | Kg |
| $\phi Vs = (Vu-\phi Vc)$ | = | 9933.87 | Kg |

ย้อนกลับ

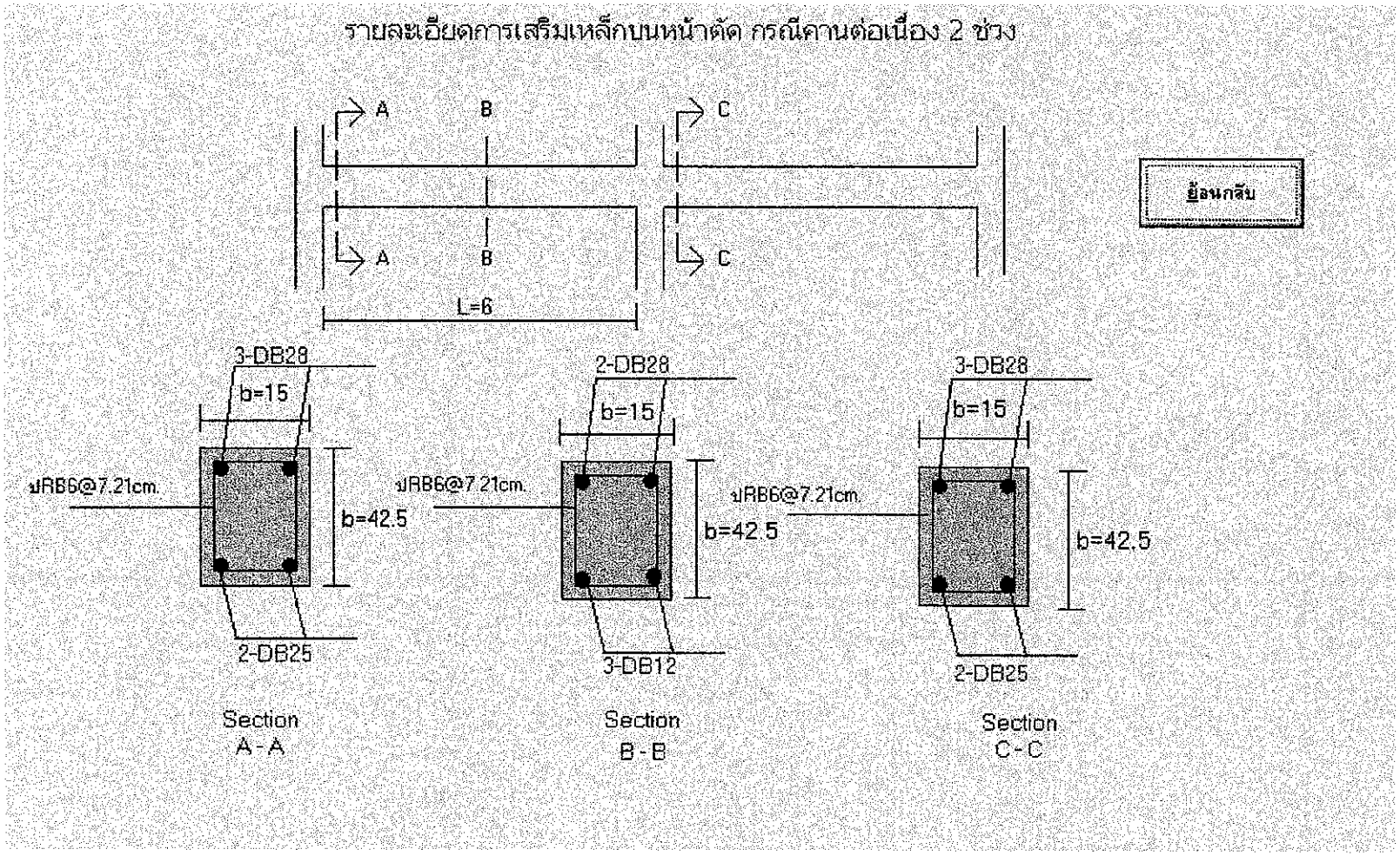
$0.85*1.1(f'_c{}^{0.5})bwd < Vu-0.85*Vc < 0.85*2.1*f'_c{}^{0.5}bwd$

เหล็กปลอก USE RB6 Av 0.57 $cm^2$ @ 7.22 m

**ชื่อโครงการ :** การก่อสร้างอาคาร 2 ชั้นเสริมคอนกรีต

**ออกแบบโดย :** นายไกรวุธ จันสุข

(มีต่อ)


รายละเอียดการเสริมเหล็กบนหน้าตัด กรณีคานต่อเนื่อง 2 ช่วง
A
B
C
A
B
C
L=6
ย้อนกลับ
3-DB28
b=15
RB6@7.21cm.
b=42.5
2-DB25
Section
A - A
2-DB28
b=15
RB6@7.21cm.
b=42.5
3-DB12
Section
B - B
3-DB28
b=15
RB6@7.21cm.
b=42.5
2-DB25
Section
C - C

ตารางที่ 5.2 แสดงการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์

| รายการคำตอบ | ค่าที่ได้จาก โปรแกรม Excel | ค่าได้จาก โปรแกรม |
|---|---|---|
| โมเมนต์บวกสูงสุด $M_{max}^{+}$ | 11,533.89 | 11,527.41 |
| โมเมนต์ลบสูงสุด $M_{max}^{-}$ | 17,941.60 | 17,931.52 |
| แรงเฉือนสูงสุด $V_{u\,max}$ | 15,474.63 | 15,465.94 |
| **ปริมาณเหล็กเสริมที่กึ่งกลางช่วงคาน** | | |
| - ที่คำนวณได้ | | |
| พท.หน้าตัดทั้งหมดของเหล็กเสริมรับแรงดึง $A_s$ (ตร./ซม.$^2$) | 9.96 | 9.95 |
| พท.หน้าตัดทั้งหมดของเหล็กเสริมรับแรงอัด $A_s'$ (ตร./ซม.$^2$) | 2.68 | 2.68 |
| - ที่เสริมจริง | | |
| เหล็กเสริมรับแรงดึง | | |
| ขนาดของเหล็กเสริม | DB28 | DB28 |
| จำนวน(เส้น) | 2 | 2 |
| พท.หน้าตัดทั้งหมด(ตร./ซม.$^2$) | 12.32 | 12.32 |
| เหล็กเสริมรับแรงอัด | | |
| ขนาดของเหล็กเสริม | DB12 | DB12 |
| จำนวน (เส้น) | 3 | 3 |
| พท.หน้าตัดทั้งหมด (ตร./ซม.$^2$) | 3.39 | 3.39 |
| **ปริมาณเหล็กเสริมที่จุดรองรับ** | | |
| - ที่คำนวณได้ | | |
| พท.หน้าตัดทั้งหมดของเหล็กเสริมรับแรงดึง $A_s$ (ตร./ซม.$^2$) | 15.52 | 15.50 |
| พท.หน้าตัดทั้งหมดของเหล็กเสริมรับแรงอัด $A_s'$ (ตร./ซม.$^2$) | 8.24 | 8.23 |
| - ที่เสริมจริง | | |
| เหล็กเสริมรับแรงดึง | | |
| ขนาดของเหล็กเสริม | DB28 | DB28 |

(ตารางที่ 5.2 ต่อ)

| รายการคำตอบ | ค่าที่ได้จาก โปรแกรม Excel | ค่าได้จาก โปรแกรม |
|---|---|---|
| จำนวน(เส้น) | 3 | 3 |
| พท.หน้าตัดทั้งหมด(ตร./ซม.$^2$) | 18.48 | 18.48 |
| เหล็กเสริมรับแรงอัด | | |
| ขนาดของเหล็กเสริม | DB25 | DB25 |
| จำนวน (เส้น) | 2 | 2 |
| พท.หน้าตัดทั้งหมด (ตร./ซม.$^2$) | 9.82 | 9.82 |
| **ปริมาณเหล็กเสริมรับแรงเฉือน** | | |
| ขนาดเหล็กปลอก | RB6 | RB6 |
| พท.หน้าตัดของเหล็กปลอก $A_v$ (ซม$^2$.) | 0.56 | 0.57 |
| ระยะ Spacig (ซม.) | 7.09 | 7.22 |

จากผลการคำนวณด้วยโปรแกรม excel และโปรแกรมที่เขียนขึ้นมาพบว่าคำตอบที่ได้มีค่าเท่ากันหรือใกล้เคียงกันมาก ทำให้สามารถสรุปได้ว่าผลการคำนวณจากโปรแกรมมีค่าถูกต้อง

ตัวอย่างที่ 3 จงออกแบบคานต่อเนื่องคอนกรีตเสริมเหล็ก 2 ช่วง โดยวิธีกำลัง และกำหนดให้ ความยาวช่วงคานยาว 6 ม. รับนน.บรรทุกคงที่ 2,500 กก./ ม. นน.บรรทุกจร 1,200 กก./ ม., (f'c) = 250 กก./ ซม$^2$. , (fy) = 4,000 กก./ ซม$^2$.

Sol$^n$

DESIGN CALCULATION REPORT OF BEAM

**Materials strength :**

| | | | |
|---|---|---|---|
| concrete strength ($f'_c$) | = | 250 | kg/cm$^2$. |
| yield stress of tension steel ($f_y$) | = | 4,000 | kg/cm$^2$. |
| yield stress of compression steel ($f_y$) | = | 4,000 | kg/cm$^2$. |

**Dimension of beam:**

| | | | |
|---|---|---|---|
| beam length (L) | = | 6.00 | m. |
| beam width (b) | = | 20.00 | cm. |
| beam heigth (h) | = | 50.00 | cm. |
| effective depth of beam : (d) | = | 40.00 | cm. |
| d' | = | 5.00 | cm. |
| covering | = | 5.00 | cm. |

**Active load on beam :**

| | | | |
|---|---|---|---|
| uniform dead load (DL) | = | 2,500.00 | kg/m$^2$. |
| uniform live load (LL) | = | 1,200.00 | kg/m$^2$. |
| beam weight ( 0.24xbxh) | = | 240.00 | kg/m$^2$. |
| ultimate load(Wu =1.4DL+1.7LL) | = | 5,876.00 | kg/m$^2$. |

**Maximum moment :**

| | | | |
|---|---|---|---|
| maximum positive moment :($M^+_{max}$=(Wul$^2$)/14 ) | = | 15,109.71 | kg-m. |
| maximum nagative moment :($M^-_{max}$ = (Wul$^2$)/9) | = | 23,504.00 | kg-m. |
| maximum shear :($V_{(max)}$ =1.15Wul/2) | = | 20,272.20 | kg. |

**Maximum positive moment :$M^+_{max}$**

$\phi$ = 0.9 $\beta_1$ = 0.85

| | | | |
|---|---|---|---|
| ultimate moment : $(M^{+}_{max})$ | = | 15,109.71 | kg-m. |
| $Mu/\phi$ | = | 16,788.57 | kg-m. |
| $\rho_b = 0.85(f'_c/f_y)\beta_1(6120/(6120+f_y))$ | = | 0.0273 | |
| $\rho_{max} = 0.75\ \rho_b$ | = | 0.02048095 | |
| $\rho_{min} = 14/f_y$ | = | 0.0035 | |
| $(use\rho=0.5\ \rho_b)$ | = | 0.0137 | |
| $R_u = \rho f_y(1-(0.59\rho fy/f'c))$ | = | 47.60 | $kg/cm^2$. |
| $As1 = \rho bd$ | = | 10.92 | $cm^2$. |
| $Mn1=R_u bd^2$ | = | 15,231.13 | kg-m. |
| $Mn2 =Mu/\phi-Mn1$ | = | 1,557.44 | kg-m. |
| $As2=Mn2/(f_y*(d-d'))$ | = | 1.11 | $cm^2$ |
| $As=As1+As2$ | = | 12.04 | $cm^2$. |

<u>เลือกเหล็กเสริมรับแรงดึง</u>

USE DB25 จำนวน 3 เส้น พื้นที่จริง 14.73 $cm^2$.

<u>เลือกเหล็กเสริมรับแรงอัด</u>

USE DB12 จำนวน 1 เส้น พื้นที่จริง 1.13 $cm^2$.

<u>ตรวจสอบเหล็กเสริมรับแรงอัด</u> ($f'_s$ มากกว่าหรือเท่ากับ $f_y$ หรือไม่)

| | | | |
|---|---|---|---|
| $\rho$ | = | 0.0184 | |
| $\rho'$ | = | 0.0014 | |
| $\rho-\rho'$ | = | 0.0170 | |
| $(\rho-\rho')_{min} = 0.85(\beta 1 f'_c d'(6120)/((6120-f_y)(f_y d))$ | = | 0.0163 | |
| $\rho-\rho' > 0.85(\beta_1 f'_c d'(6120)/((6120-f_y)(f_y d))$ | f's >= fy | ok | |
| $R = (6120As'-Asf_y)/(1.7f'_c b\beta_1)$ | = | -7.20 | |
| $Q = 6120d'As'/(0.85f'_c b\beta_1)$ | = | 9.57 | |
| $c = (-R+(R^2+Q)^{0.5}$ | = | 15.03 | |
| $f'_s = 6120(c-d')/c$ | = | 4,084.40 | $kg/cm^2$. |
| Use $f'_s = fy$ | = | 4,000.00 | $kg/cm^2$. |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $a = (As-As')fy/(0.85*f'cb)$ | | = | 12.80 | |
| | $As2 = As'f's/fy$ | = | 1.13 | $cm^2$. |
| | $As$ | = | 14.73 | $cm^2$. |
| $Mn = (Asf_y-As'f'_s)(d-a/2)+(As'f'_s)(d-d')$ | | = | 19,860.40 | kg-m. |
| Mn>Mn(max)+ | | | ok | |

**maximum nagative moment :$M^-_{max}$**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **ultimate moment : ($M^-_{max}$)** | = | 23,504.00 | kg-m. |
| $Mu/\phi$ | = | 26,115.56 | kg-m. |
| $\rho_b = 0.85(f'_c/f_y)\beta_1(6120/(6120+f_y))$ | = | 0.0273 | |
| $\rho_{max} = 0.75\ \rho_b$ | = | 0.0205 | |
| $\rho_{min} = 14/f_y$ | = | 0.0035 | |
| (use $\rho=0.5\rho_b$) | = | 0.0137 | |
| $R_u = \rho f_y(1-(\rho f_y/1.7f'_c))$ | = | 47.60 | $kg/cm^2$. |
| $As1 = \rho bd$ | = | 10.92 | $cm^2$. |
| $Mn1=R_u bd^2$ | = | 15,231.13 | kg-m. |
| $Mn2 = Mu/\phi-Mn1$ | = | 10,884.42 | kg-m. |
| $As2=Mn2/(f_y*(d-d'))$ | = | 7.77 | $cm^2$ |
| $As=As1+As2$ | = | 18.70 | $cm^2$. |

<u>เลือกเหล็กเสริมรับแรงดึง</u>

USE DB25 จำนวน 4 เส้น พื้นที่จริง 19.64 $cm^2$.

<u>เลือกเหล็กเสริมรับแรงอัด</u>

USE DB20 จำนวน 3 เส้น พื้นที่จริง 9.42 $cm^2$.

<u>ตรวจสอบ</u> .

| | | |
|---|---|---|
| $\rho$ | = | 0.024550 |
| $\rho'$ | = | 0.011775 |
| $\rho-\rho'$ | = | 0.0127750 |
| $(\rho-\rho')_{min} = 0.85(\beta 1 f'_c d'(6120)/((6120-f_y)(f_y d))$ | = | 0.016295 |

$\rho-\rho'$ < $0.85(\beta_1 f'_c d'(6120)/((6120-f_y)(f_y d))$ f's<fy ok

$R = (6120As'-Asf_y)/(1.7f'_c b\beta_1)$ = -2.89

$Q = 6120d'As'/(0.85f'_c b\beta_1)$ = 79.79

$c = (-R+(R^2+Q)^{0.5})$ = 12.28

$f'_s = 6120(c-d')/c$ = 3628.93 $kg/cm^2$.

Use $f_s'$ =fy = 3,628.93 $kg/cm^2$.

a = (As-As')fy/(0.85*f'cb) = 9.62

As2 =As'f's/fy = 8.55 $cm^2$.

As = 19.47 $cm^2$.

Mn =(Asfy-As'$f'_s$)(d-a/2)+(As'$f'_s$)(d-d') = 27,340.29 kg-m.

Mn>Mn(max)+ ok

**maximum shear :V(max)**

แรงเฉือนสูงสุด V(max) = 20,272.20 kg.

แรงเฉือนสูงสุดที่ระยะ d จากขอบเสา (Vu) = 17,921.80

$\phi Vc = \phi 0.53 f_c^{0.5} b_w d$ = 5,698.42 kg.

$\phi Vs_{(max)} = \phi 2.1 f'c^{0.5} b_w d$ = 22,578.66 kg.

$\phi Vs_{(min)} = \phi 1.1 f'c^{0.5} b_w d$ = 11,826.92 kg.

Vs = (Vu-$\phi$Vc) = 12,223.38 kg.

<u>เลือกเหล็กปลอก</u> Use RB9 Av = 1.28 $cm^2$

0.85*1.1f'c^0.5bwd < (Vu-0.85*Vc) > 0.85*2.1f'c^0.5bwd

ระยะเรียงเหล็กเสริม Ok

1). ไม่เกิน 30 cm.

2). s=d/4 = 10 cm.

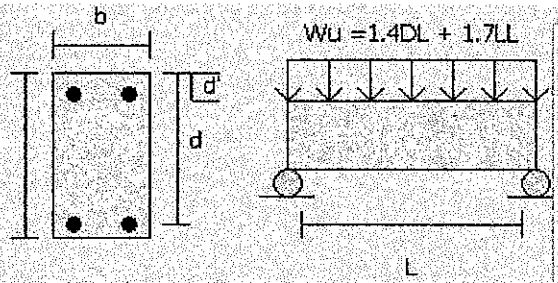
3). s=0.85Avfy/(Vu-0.9Vc) = 14.24 cm.

<u>เลือกเหล็กปลอก</u>

USE

RB9 @ 10.00 cm. ok

คำนวณโดยใช้โปรแกรมจากตัวอย่างที่ 3




คุณสมบัติของวัสดุ :

| | | | |
|---|---|---|---|
| กำลังอัดที่กำหนดของคอนกรีต (f'c) : | = | 250 | ksc |
| กำลังครากที่กำหนดของเหล็กเสริม (fy): | = | 4000 | ksc |

คุณสมบัติของคาน :

| | | | |
|---|---|---|---|
| ความยาวช่วงคาน (L) | = | 6 | m |
| ความลึกของหน้าตัดคาน (h) | = | 50 | cm |
| ความกว้างของหน้าตัดคาน (b) | = | 20 | cm |
| ความลึกประสิทธิผลของหน้าตัดคาน (d) | = | 40 | cm |
| d' | = | 5 | cm |
| ระยะหุ้มของคอนกรีต | = | 5 | cm |

น้ำหนักที่กระทำต่อคาน

| | | | |
|---|---|---|---|
| น้ำหนักบรรทุกจร( LL) | = | 1200 | kg/m |
| น้ำหนักบรรทุกคงที่ (DL) | = | 2500 | kg/m |

คำนวณ ย้อนกลับ

ผลจากการคำนวณ

| | | | |
|---|---|---|---|
| โมเมนต์บวกสูงสุด (M,max +) | = | 15109.71 | Kg-m |
| โมเมนต์ลบสูงสุด (M,max -) | = | 23504 | Kg-m |
| แรงเฉือนสูงสุด (Vu,max) | = | 20272.2 | Kg-m |

ปริมาณเหล็กเสริม (As)

ปริมาณเหล็กเสริมที่กึ่งกลางช่วงคาน

As = 12.03 cm^2

As' = 1.11 cm^2

เลือกชนิดเหล็กเสริม :

ชั้นคุณภาพเหล็กเสริม : SD30

ขนาดเหล็กเสริมรับแรงดึง : DB25

จำนวนเหล็กเสริม : 3 เส้น

As = 14.73 cm^2

ขนาดเหล็กเสริมรับแรงอัด : DB12

จำนวนเหล็กเสริม : 1 เส้น

As' = 1.13 cm^2

ขนาดเหล็กปลอก : RB9

Av = 1.27 cm^2 ระยะ Spacing 10 cm

รายละเอียดการคำนวณ

ปริมาณเหล็กเสริมที่จุดรองรับ :

As = 18.69 cm^2

As' = 7.77 cm^2

เลือกชนิดเหล็กเสริม :

ชั้นคุณภาพเหล็กเสริม : SD30

ขนาดเหล็กเสริมรับแรงดึง: DB25

จำนวนเหล็กเสริม : 4 เส้น

As = 19.64 cm^2

ขนาดเหล็กเสริมรับแรงอัด: DB20

จำนวนเหล็กเสริม : 3 เส้น

As' = 9.42 cm^2

รายละเอียดการเสริมเหล็ก

(มีต่อ)

กำลังอัดที่กำหนดของคอนกรีต f'c : = 250 ksc
หน้าตัดคาน ( b x h ) : = 20 cm × 50 cm
ความลึกประสิทธิผลของคอนกรีต : d = 40 cm

กำลังครากที่กำหนดของเหล็กเสริม: fy = 4000 ksc
ความยาวช่วงคาน: L = 6 cm
ระยะหุ้มของคอนกรีต = 5 cm d' : = 6 cm

แรงที่กระทำต่อคาน :

น้ำหนักบรรทุกจร : LL = 1200 kg/m
น้ำหนักบรรทุกคงที่ : DL = 2500 kg/m
น้ำหนักคาน : = 240 kg/m
Ultimate Load : Wu = 5876 kg/m

โมเมนต์ดัดสูงสุดที่กระทำต่อคาน

โมเมนต์บวกสูงสุด, M(+) max = 15109.71 Kg/m
โมเมนต์ลบสูงสุด, M(-)max = 23504 Kg/m
แรงเฉือนสูงสุด ,V(max) = 20272.2 Kg/m

Maximum positive moment : M(+)

Mn = Mu/2 = 16788.57 Kg-m
$\rho_b$ = [0.85f'c ($\beta$1)/fy(6120/(6120+fy))] = 0.02731
$\rho_{max}$ = 0.75($\rho$b) = 0.02048
$\rho$ = 14/fy = 0.0035
Use $\rho$ = 0.50$\rho_b$
Ru = $\rho$fy (1-( $\rho$f'c/1.7fy)) = 47.6 Kg/cm$^2$
As1 = 0.75($\rho$b) bd = 10.92 cm$^2$
Mn1 = $\rho$fy bd^2 (1-$\rho$1 fy /(1.7f'c) = 15231.13 Kg-m
Mn2 = Mn - Mn1 = 1557.43 Kg-m
As2 = Mn2/(fy(d-d')) = 1.11 cm$^2$
As = As1 + As2 = 12.03 cm$^2$

เลือกปริมาณเหล็กเสริมรับแรงดึง

USE 3 DB25 As = 14.73 cm$^2$

เลือกปริมาณเหล็กเสริมรับแรงอัด

USE 1 DB12 As = 1.13 cm$^2$

หน้าต่อไป

ย้อนกลับ

(มีต่อ)

**ตรวจสอบจุดดรากของเหล็กเสริมรับแรงอัด :**

| | | | |
|---|---|---|---|
| $\rho$ | = | 0.01841 | |
| $\rho'$ | = | 0.00141 | |
| $\rho - \rho'$ | = | 0.017 | |
| $(\rho - \rho')_{min} = \beta_1 0.85 f'c\, d' (6120/(6120-fy))/fyd$ | = | 0.01629 | |
| $(\rho - \rho')_{min} > \beta_1 0.85 f'c\, d' (6120/(6120-fy))/fyd$ | | f's>=fy | ok |
| $R=(6120d'As'-Asfy)/(1.7f'cb\beta_1)$ | = | -7.2 | |
| $Q=(6120d'As'/(0.85f'cb\beta_1)$ | = | 9.57 | |
| c = +R-(R^2+Q)^0.5 | = | 15.03 | |
| f's = 6120(c-d')/c | = | 4084.4 | Kg-cm$^2$ |
| a = (As-As')fy/(0.85f'cb) | = | 12.8 | cm |
| Use f's | = | 4000 | Kg-cm$^2$ |
| Mn = (Asfy-As'f's)(d-a/2) +(As'f'c)(d-d') | = | 19860.4 | Kg-m |
| Mn>M(max) | OK | | |

หน้าต่อไป

ย้อนกลับ

**Maximum nagative moment : M(-)**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Mn | = | | = | 26115.56 | Kg-m |
| $\rho_b$ | = | $[0.85f'c\,(\beta 1)/fy(6120/(6120+fy))]$ | = | 0.02731 | |
| $\rho_{max}$ | = | $0.75(\rho b)$ | = | 0.02048 | |
| $\rho_{min}$ | = | 14/fy | = | 0.0035 | |
| Use $\rho$ | = | $0.50\rho b$ | | | |
| Ru | = | $\rho fy\,(1-(\rho f'c/1.7fy))$ | = | 47.6 | Kg-cm$^2$ |
| As1 | = | $0.75(\rho b)\ bd$ | = | 10.92 | cm$^2$ |
| Mn1 | = | $\rho\ fy\ bd^2(1-P1\ fy\ /(1.7f'c)$ | = | 15231.13 | Kg-m |
| Mn2 | = | Mn - Mn1 | = | 10884.42 | Kg-m |
| As2 | = | Mn2/(fy(d-d')) | = | 7.77 | cm$^2$ |
| As | = | As1 + As2 | = | 18.69 | cm$^2$ |

(มีต่อ)

**เลือกปริมาณเหล็กเสริมรับแรงดึง** USE 4 DB25 As = 19.64 $cm^2$

**เลือกปริมาณเหล็กเสริมรับแรงอัด** USE 3 DB20 As = 9.42 $cm^2$

**ตรวจสอบจุดครากของเหล็กเสริมรับแรงอัด :**

| | | | |
|---|---|---|---|
| $\rho$ | = | 0.02455 | |
| $\rho'$ | = | 0.01178 | |
| $\rho - \rho'$ | = | 0.01278 | |
| $0.85f'_c d' (6120/(6120-f_y))/f_{yd}$ | = | 0.01629 | |
| $\rho - \rho' < 0.85f'_c d' (6120/(6120-f_y))/f_{yd}$ | f's<fy | ok | |
| $R=(6120d'A_s'-A_sf_y)/(1.7f'_cb\beta_1)$ | = | -2.89 | |
| $Q=(6120d'A_s'/(0.85f'_cb\beta_1)$ | = | 79.79 | |
| c = +R-(R^2+Q)^0.5 | = | 12.28 | |
| f's = 6120(c-d')/c | = | 3628.929 | $Kg/cm^2$ |
| a = (As-As')fy/(0.85f'cb) | = | 8.73 | cm. |
| Use f's | = | 3628.929 | Kg-m |
| Mn = (Asfy-As'f's)(d-a/2) | = | 27778.56 | |
| Mn>M(max) | OK | | |

**พิจารณาแรงเฉือน :**

| | | | |
|---|---|---|---|
| แรงเฉือนประลัยที่จุดรองรับ (V,max) | = | 20272.2 | Kg |
| กำลังรับแรงเฉือนของคอนกรีต (Vc) | = | 6704.03 | Kg |
| $\phi Vc = \phi$ 0.53^f'c^0.5bwd | = | 5698.42 | Kg |
| $\phi Vs(max) = \phi 2.1f'c^{0.5}bwd$ | = | 22578.66 | Kg |
| $\phi Vs(min) = \phi 1.1f'c^{0.5}bwd$ | = | 11826.9 | Kg |
| $\phi Vs = (Vu - \phi Vc)$ | = | 12223.37 | Kg |

0.85*1.1(f'c^0.5)bwd <Vu-0.85*Vc<0.85*2.1*f'c^0.5bwd

เหล็กปลอก USE RB9 Av 1.27 $cm^2$ @ 10 m

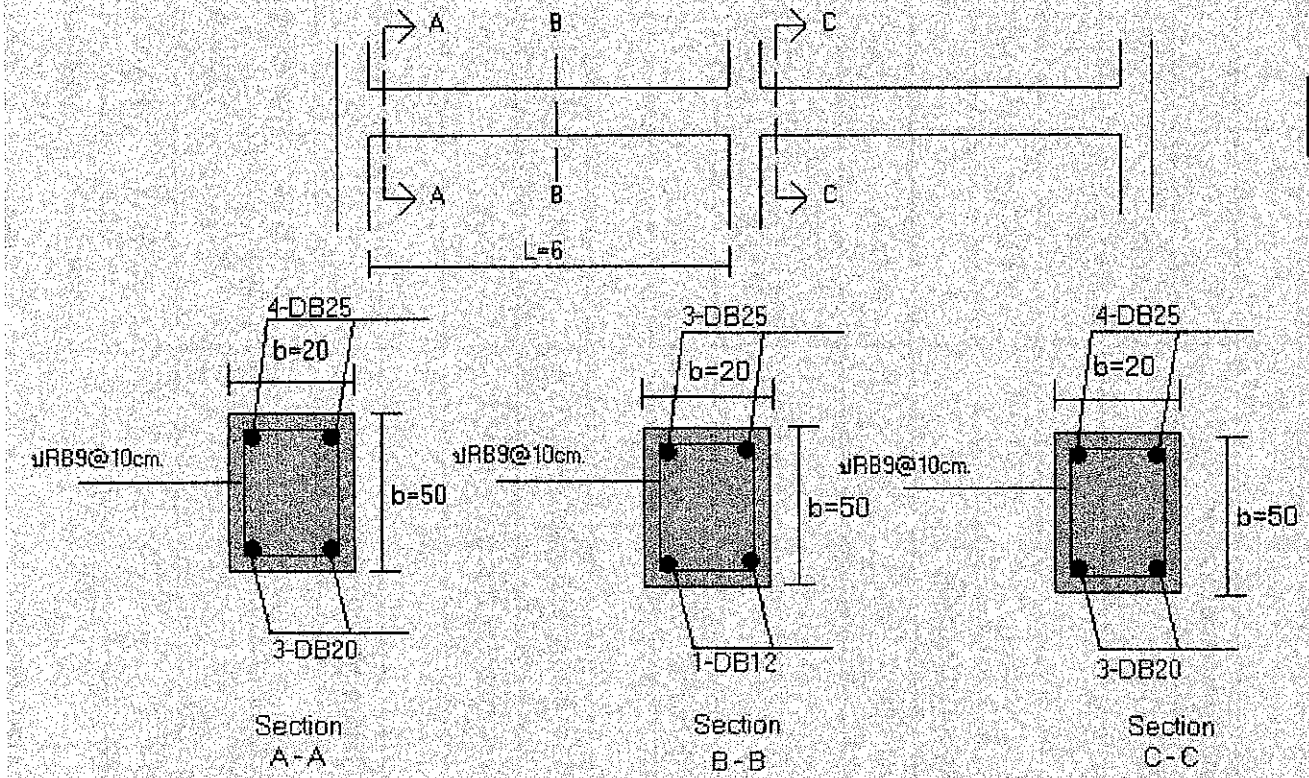
ย้อนกลับ

**ชื่อโครงการ :** การก่อสร้างอาคาร 2 ชั้นเสริมคอนกรีต

**ออกแบบโดย :** นายไกรวุธ จันสุข

(มีต่อ)

รายละเอียดการเสริมเหล็กบนหน้าตัด กรณีคานต่อเนื่อง 2 ช่วง



(ตารางที่ 5.3 ต่อ)

| รายการคำตอบ | ค่าที่ได้จาก โปรแกรม Excel | ค่าได้จาก โปรแกรม |
|---|---|---|
| จำนวน(เส้น) | 4 | 4 |
| พท.หน้าตัดทั้งหมด(ตร./ซม.$^2$) | 19.64 | 19.64 |
| เหล็กเสริมรับแรงอัด | | |
| ขนาดของเหล็กเสริม | DB20 | DB20 |
| จำนวน (เส้น) | 3 | 3 |
| พท.หน้าตัดทั้งหมด (ตร./ซม.$^2$) | 9.42 | 9.42 |
| **ปริมาณเหล็กเสริมรับแรงเฉือน** | | |
| ขนาดเหล็กปลอก | RB9 | RB9 |
| พท.หน้าตัดของเหล็กปลอก $A_v$ (ซม.$^2$) | 1.28 | 1.27 |
| ระยะ Spacig (ซม.) | 10.00 | 10.00 |

จากผลการคำนวณด้วยโปรแกรม excel และโปรแกรมที่เขียนขึ้นมาพบว่าคำตอบที่ได้มีค่าเท่ากันหรือใกล้เคียงกันมาก ทำให้สามารถสรุปได้ว่าผลการคำนวณจากโปรแกรมมีค่าถูกต้อง

ตัวอย่างที่4 ออกแบบคานต่อเนื่องคอนกรีตเสริมเหล็กมากกว่า2 ช่วง โดยวิธีกำลัง และกำหนดให้ ความยาวช่วงคานยาว 6 ม. รับนน.บรรทุกคงที่ 3,500 กก./ ม. นน.บรรทุกจร 2,000 กก./ ม. , $(f'c) = 250$ กก./ ซม$^2$. , $(fy) = 4{,}000$ กก./ ซม$^2$.

Sol$^n$

DESIGN CALCULATION REPORT OF BEAM

**Materials strength :**

| | | | |
|---|---|---|---|
| concrete strength ($f'_c$) | = | 250 | kg/cm$^2$. |
| yield stress of tension steel ($f_y$) | = | 4,000 | kg/cm$^2$. |
| yield stress of compression steel ($f_y$) | = | 4,000 | kg/cm$^2$. |

**Dimension of beam:**

| | | | |
|---|---|---|---|
| beam length (L) | = | 6.00 | m. |
| beam width (b) | = | 20.00 | cm. |
| beam heigth (h) | = | 50.00 | cm. |
| effective depth of beam : (d) | = | 42.00 | cm. |
| d' | = | 5.00 | cm. |
| covering | = | 5.00 | cm. |

**Active load on beam :**

| | | | |
|---|---|---|---|
| uniform dead load (DL) | = | 3,500.00 | kg/m$^2$. |
| uniform live load (LL) | = | 2,000.00 | kg/m$^2$. |
| beam weight ( 0.24xbxh) | = | 240.00 | kg/m$^2$. |
| ultimate load(Wu =1.4DL+1.7LL) | = | 8,636.00 | kg/m$^2$. |

**Maximum moment :**

| | | | |
|---|---|---|---|
| maximum positive moment :($M^+_{max}$=(Wul$^2$)/14 ) | = | 22,206.86 | kg-m. |
| maximum nagative moment :($M^-_{max}$ = (Wul$^2$)/10) | = | 31,089.60 | kg-m. |
| maximum shear :($V_{(max)}$ =1.15Wul/2) | = | 29,794.20 | kg. |

**Maximum positive moment :$M^+_{max}$**

$\phi$ = 0.9 $\beta_1$ = 0.85

| | | | |
|---|---|---|---|
| ultimate moment : $(M^{+}_{max})$ | = | 22,206.86 | kg-m. |
| $Mu/\phi$ | = | 24,674.29 | kg-m. |
| $\rho_b = 0.85(f'_c/f_y)\beta_1(6120/(6120+f_y))$ | = | 0.0273 | |
| $\rho_{max} = 0.75\ \rho_b$ | = | 0.0205 | |
| $\rho_{min} = 14/f_y$ | = | 0.0035 | |
| (use $\rho=0.5\rho_b$ ) | = | 0.0137 | |
| $R_u = \rho f_y(1-(\rho fy/1.7f'c))$ | = | 47.60 | $kg/cm^2$. |
| $As1 = \rho bd$ | = | 11.47 | $cm^2$. |
| $Mn1=R_u bd^2$ | = | 16,792.32 | kg-m. |
| $Mn2 =Mu/\phi-Mn1$ | = | 7,881.96 | kg-m. |
| $As2=Mn2/(f_y*(d-d'))$ | = | 5.33 | $cm^2$ |
| $As=As1+As2$ | = | 16.79 | $cm^2$. |

<u>เลือกเหล็กเสริมรับแรงดึง</u>

USE DB25 จำนวน 4 เส้น พื้นที่จริง 19.64 $cm^2$.

<u>เลือกเหล็กเสริมรับแรงอัด</u>

USE DB20 จำนวน 2 เส้น พื้นที่จริง 6.28 $cm^2$.

<u>ตรวจสอบเหล็กเสริมรับแรงอัด (f's เท่ากับหรือมากกว่า fy หรือไม่)</u>

| | | | |
|---|---|---|---|
| $\rho$ | = | 0.0234 | |
| $\rho'$ | = | 0.0075 | |
| $\rho-\rho'$ | = | 0.0159 | |
| $(\rho-\rho')_{min} =0.85(\beta 1 f'_c d'(6120)/((6120-f_y)(f_y d))$ | = | 0.0155 | |
| $\rho-\rho' > 0.85(\beta_1 f'_c d'(6120)/((6120-f_y)(f_y d))$ | f's >= fy | ok | |
| $R = (6120As'-Asf_y)/(1.7f'_c b\beta_1)$ | = | -5.55 | |
| $Q = 6120d'As'/(0.85f'_c b\beta_1)$ | = | 53.20 | |
| $c = (-R+(R^2+Q)^{0.5})$ | = | 14.72 | |
| $f'_s = 6120(c-d')/c$ | = | 4,041.36 | $kg/cm^2$. |
| Use $f'_s$ =fy | = | 4,000.00 | $kg/cm^2$. |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $a = (As-As')fy/(0.85*f'cb)$ | = | 12.57 | | |
| $As2 = As'f's/fy$ | = | 6.28 | $cm^2$. | |
| As | = | 19.64 | $cm^2$. | |
| $Mn = (Asf_y-As'f'_s)(d-a/2)+(As'f'_s)(d-d')$ | = | 28,379.40 | kg-m. | |
| Mn>Mn(max)+ | | ok | | |

**maximum nagative moment :** $M^-_{max}$

| | | | |
|---|---|---|---|
| **ultimate moment :** $(M^-_{max})$ | = | 31,089.60 | kg-m. |
| $Mu/\phi$ | = | 34,544.00 | kg-m. |
| $\rho_b = 0.85(f'_c/f_y)\beta_1(6120/(6120+f_y))$ | = | 0.0273 | |
| $\rho_{max} = 0.75\ \rho_b$ | = | 0.0205 | |
| $\rho_{min} = 14/f_y$ | = | 0.0035 | |
| $(use\rho=0.5\rho_b)$ | = | 0.0137 | |
| $R_u = \rho f_y(1-(\rho f_y/1.7f'_c))$ | = | 47.60 | $kg/cm^2$. |
| $As1 = \rho bd$ | = | 11.47 | $cm^2$. |
| $Mn1=R_u bd^2$ | = | 16,792.32 | kg-m. |
| $Mn2 = Mu/\phi-Mn1$ | = | 17,751.68 | kg-m. |
| $As2=Mn2/(f_y*(d-d'))$ | = | 11.99 | $cm^2$ |
| As=As1+As2 | = | 23.46 | $cm^2$. |

<u>เลือกเหล็กเสริมรับแรงดึง</u>

USE DB32 จำนวน 3 เส้น พื้นที่จริง 24.12 $cm^2$.

<u>เลือกเหล็กเสริมรับแรงอัด</u>

USE DB20 จำนวน 4 เส้น พื้นที่จริง 12.56 $cm^2$.

<u>ตรวจสอบเหล็กเสริมรับแรงอัด (f's เท่ากับหรือมากกว่า fy หรือไม่)</u>

| | | |
|---|---|---|
| $\rho$ | = | 0.0287 |
| $\rho'$ | = | 0.0150 |
| $\rho-\rho'$ | = | 0.0138 |
| $(\rho-\rho')_{min} = 0.85(\beta 1 f'_c d'(6120)/((6120-f_y)(f_y d))$ | = | 0.0155 |

$\rho-\rho'$ < $0.85(\beta_1 f'_c d'(6120)/((6120-f_y)(f_y d))$ f's<fy ok

$R = (6120As'-Asf_y)/(1.7f'_c b\beta_1)$ = -2.71

$Q = 6120d'As'/(0.85f'_c b\beta_1)$ = 106.39

$c = (-R+(R^2+Q)^{0.5})$ = 13.38

$f'_s = 6120(c-d')/c$ = 3833.07 $kg/cm^2$.

Use $f'_s = fy$ = 3,833.07 $kg/cm^2$.

a = (As-As')fy/(0.85*f'cb) = 10.88

As2 =As'f's/fy = 12.04 $cm^2$.

As = 23.51 $cm^2$.

Mn =(Asfy-As'$f'_s$)(d-a/2)+(As'$f'_s$)(d-d') = 34,585.79 kg-m.

Mn>Mn(max)+ ok

**maximum shear :V(max)**

แรงเฉือนสูงสุด V(max) = 29,794.20 kg.

แรงเฉือนสูงสุดที่ระยะ d จากขอบเสา (Vu) = 26,167.08

$\phi Vc = \phi 0.53 f'^{0.5}_c b_w d$ = 5,983.35 kg.

$\phi Vs_{(max)} = \phi 2.1 f'^{0.5}_c b_w d$ = 23,707.60 kg.

$\phi Vs_{(min)} = \phi 1.1 f'^{0.5}_c b_w d$ = 12,418.26 kg.

$\phi Vs = (Vu-\phi Vc)$ = 20,183.73 kg.

<u>เลือกเหล็กปลอก</u> Use RB15 Av = 3.54 $cm^2$

0.85*1.1f'c^0.5bwd < (Vu-0.85*Vc) > 0.85*2.1f'c^0.5bwd

ระยะเรียงเหล็กเสริม Ok

1). ไม่เกิน 30 cm.

2). s=d/4 = 10.5 cm.

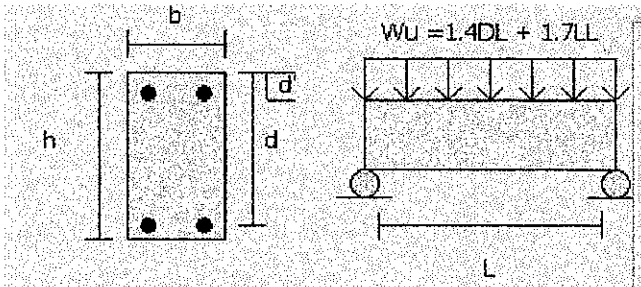
3). s=0.85Avfy/(Vu-0.9Vc) = 25.05 cm.

<u>เลือกเหล็กปลอก</u>

USE

RB15 @ 10.50 cm. ok

คำนวณโดยใช้โปรแกรมจากตัวอย่างที่ 4




คุณสมบัติของวัสดุ :

| | | | |
|---|---|---|---|
| กำลังอัดที่กำหนดของคอนกรีต (f'c) : | = | 250 | ksc |
| กำลังครากที่กำหนดของเหล็กเสริม (fy): | = | 4000 | ksc |

คุณสมบัติของคาน :

| | | | |
|---|---|---|---|
| ความยาวช่วงคาน (L) | = | 6 | m |
| ความลึกของหน้าตัดคาน (h) | = | 50 | cm |
| ความกว้างของหน้าตัดคาน (b) | = | 20 | cm |
| ความลึกประสิทธิผลของหน้าตัดคาน (d) | = | 42 | cm |
| d' | = | 5 | cm |
| ระยะหุ้มของคอนกรีต | = | 5 | cm |

น้ำหนักที่กระทำต่อคาน

| | | | |
|---|---|---|---|
| น้ำหนักบรรทุกจร( LL) | = | 2000 | kg/m |
| น้ำหนักบรรทุกคงที่ (DL) | = | 3500 | kg/m |

คำนวณ | ย้อนกลับ

ผลจากการคำนวณ

| | | | |
|---|---|---|---|
| โมเมนต์บวกสูงสุด (M,max +) | = | 22206.86 | Kg-m |
| โมเมนต์ลบสูงสุด (M,max -) | = | 31089.6 | Kg-m |
| แรงเฉือนสูงสุด (Vu,max) | = | 29794.2 | Kg-m |

ปริมาณเหล็กเสริม (As)

ปริมาณเหล็กเสริมที่กึ่งกลางช่วงคาน

As = 16.8 cm^2

As' = 5.33 cm^2

เลือกชนิดเหล็กเสริม :

ชั้นคุณภาพเหล็กเสริม : SD30

ขนาดเหล็กเสริมรับแรงดึง : DB25

จำนวนเหล็กเสริม : 4 เส้น

As = 19.64 cm^2

ขนาดเหล็กเสริมรับแรงอัด : DB20

จำนวนเหล็กเสริม : 2 เส้น

As' = 6.28 cm^2

ขนาดเหล็กปลอก : RB15

Av = 3.54 cm^2 ระยะ Spacing 10.5 cm

รายละเอียดการคำนวณ

ปริมาณเหล็กเสริมที่จุดรองรับ :

As = 23.46 cm^2

As' = 11.99 cm^2

เลือกชนิดเหล็กเสริม :

ชั้นคุณภาพเหล็กเสริม : SD30

ขนาดเหล็กเสริมรับแรงดึง: DB32

จำนวนเหล็กเสริม : 3 เส้น

As = 24.12 cm^2

ขนาดเหล็กเสริมรับแรงอัด: DB20

จำนวนเหล็กเสริม : 4 เส้น

As' = 12.56 cm^2

รายละเอียดการเสริมเหล็ก

(มีต่อ)

กำลังอัดที่กำหนดของคอนกรีต f'c : = 250 ksc  กำลังครากที่กำหนดของเหล็กเสริม: fy = 4000 ksc
หน้าตัดคาน ( b x h ) : = 20 cm x 50 cm  ความยาวช่วงคาน: L = 6 cm
ความลึกประสิทธิผลของคอนกรีต : d = 42 cm  ระยะหุ้มของคอนกรีต = 5 cm d' : = 6 cm

แรงที่กระทำต่อคาน :

น้ำหนักบรรทุกจร : LL = 2000 kg/m  น้ำหนักคาน : = 240 kg/m
น้ำหนักบรรทุกคงที่ : DL = 3500 kg/m  Ultimate Load : Wu = 8636 kg/m

โมเมนต์ดัดสูงสุดที่กระทำต่อคาน

โมเมนต์บวกสูงสุด, M(+) max = 22206.86 Kg/m
โมเมนต์ลบสูงสุด, M(-)max = 31089.6 Kg/m
แรงเฉือนสูงสุด ,V(max) = 29794.2 Kg/m

Maximum positive moment : M(+)

Mn = Mu/2 = 24674.29 Kg-m
$\rho_b$ = [0.85f'c ($\beta$1)/fy(6120/(6120+fy))] = 0.02731
$\rho_{max}$ = 0.75($\rho$b) = 0.02048
$\rho$ = 14/fy = 0.0035
Use $\rho$ = 0.50$\rho_b$
Ru = Pfy (1-( Pf'c/1.7fy)) = 47.6 Kg/cm$^2$
As1 = 0.75($\rho$b) bd = 11.47 cm$^2$
Mn1 = pfy bd^2 (1-P1 fy /(1.7f'c) = 16792.32 Kg-m
Mn2 = Mn - Mn1 = 7881.96 Kg-m
As2 = Mn2/(fy(d-d')) = 5.33 cm$^2$
As = As1 + As2 = 16.8 cm$^2$

เลือกปริมาณเหล็กเสริมรับแรงดึง

USE 4 DB25 As = 19.64 cm$^2$

เลือกปริมาณเหล็กเสริมรับแรงอัด

USE 2 DB20 As = 6.28 cm$^2$

หน้าต่อไป

ย้อนกลับ

(มีต่อ)

**ตรวจสอบจุดครากของเหล็กเสริมรับแรงอัด :**

| | | | |
|---|---|---|---|
| $\rho$ | = | 0.02338 | |
| $\rho'$ | = | 0.00748 | |
| $\rho - \rho'$ | = | 0.0159 | |
| $(\rho - \rho')_{min} = \beta_1 0.85 f'c\ d' (6120/(6120-fy))/fyd$ | = | 0.01552 | |
| $(\rho - \rho')_{min} > \beta_1 0.85 f'c\ d' (6120/(6120-fy))/fyd$ | | f's>=fy | ok |
| $R=(6120d'As'-Asfy)/(1.7f'cb\beta_1)$ | = | -5.55 | |
| $Q=(6120d'As'/(0.85f'cb\beta_1)$ | = | 53.2 | |
| c = +R-(R^2+Q)^0.5 | = | 14.72 | |
| f's = 6120(c-d')/c | = | 4041.3 | Kg-cm$^2$ |
| a = (As-As')fy/(0.85f'cb) | = | 12.57 | cm |
| Use f's | = | 4000 | Kg-cm$^2$ |
| Mn = (Asfy-As'f's)(d-a/2) +(As'f'c)(d-d') | = | 28379.4 | Kg-m |
| Mn>M(max) | OK | | |

หน้าต่อไป

ย้อนกลับ

**Maximum nagative moment : M(-)**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Mn | = | = | 34544 | Kg-m |
| $\rho_b$ | = | $[0.85f'c\ (\beta 1)/fy(6120/(6120+fy))]$ | = 0.02731 | |
| $\rho_{max}$ | = | $0.75(\rho b)$ | = 0.02048 | |
| $\rho_{min}$ | = | 14/fy | = 0.0035 | |
| Use $\rho$ | = | $0.50\rho b$ | | |
| Ru | = | $\rho fy\ (1-(\rho f'c/1.7fy))$ | = 47.6 | Kg-cm$^2$ |
| As1 | = | $0.75(\rho b)\ bd$ | = 11.47 | cm$^2$ |
| Mn1 | = | $\rho\ fy\ bd^2(1-P1\ fy\ /(1.7f'c)$ | = 16792.32 | Kg-m |
| Mn2 | = | Mn - Mn1 | = 17751.68 | Kg-m |
| As2 | = | Mn2/(fy(d-d')) | = 11.99 | cm$^2$ |
| As | = | As1 + As2 | = 23.46 | cm$^2$ |

(มีต่อ)

**เลือกปริมาณเหล็กเสริมรับแรงดึง** USE 3 DB32 As = 24.12 $cm^2$

**เลือกปริมาณเหล็กเสริมรับแรงอัด** USE 4 DB20 As = 12.56 $cm^2$

**ตรวจสอบจุดครากของเหล็กเสริมรับแรงอัด :**

| | | | |
|---|---|---|---|
| $\rho$ | = | 0.02871 | |
| $\rho'$ | = | 0.01495 | |
| $\rho - \rho'$ | = | 0.01376 | |
| $0.85f'_c d' (6120/(6120-f_y))/f_{yd}$ | = | 0.01552 | |
| $\rho - \rho' < 0.85f'_c d' (6120/(6120-f_y))/f_{yd}$ | | f's<fy | ok |
| $R=(6120d'A_s'-A_sf_y)/(1.7f'_c b \beta_1)$ | = | -2.71 | |
| $Q=(6120d'A_s'/(0.85f'_c b \beta_1)$ | = | 106.39 | |
| $c = +R-(R^2+Q)^{0.5}$ | = | 13.38 | |
| $f'_s = 6120(c-d')/c$ | = | 3833.07 | $Kg/cm^2$ |
| $a = (A_s-A_s')f_y/(0.85f'_c b)$ | = | 10.43 | cm. |
| Use f's | = | 3833.07 | Kg-m |
| $M_n = (A_sf_y-A_s'f'_s)(d-a/2)$ | = | 35594.66 | |
| Mn>M(max) | OK | | |

**พิจารณาแรงเฉือน :**

| | | | |
|---|---|---|---|
| แรงเฉือนประลัยที่จุดรองรับ (V,max) | = | 29794.2 | Kg |
| กำลังรับแรงเฉือนของคอนกรีต (Vc) | = | 7039.23 | Kg |
| $\phi Vc = \phi\ 0.53\sqrt{f'_c}\,bwd$ | = | 5983.35 | Kg |
| $\phi Vs(max) = \phi\ 2.1f'^{0.5}_c bwd$ | = | 23707.6 | Kg |
| $\phi Vs(min) = \phi\ 1.1f'^{0.5}_c bwd$ | = | 12418.2 | Kg |
| $\phi Vs = (Vu-\phi Vc)$ | = | 20183.73 | Kg |

กลับ

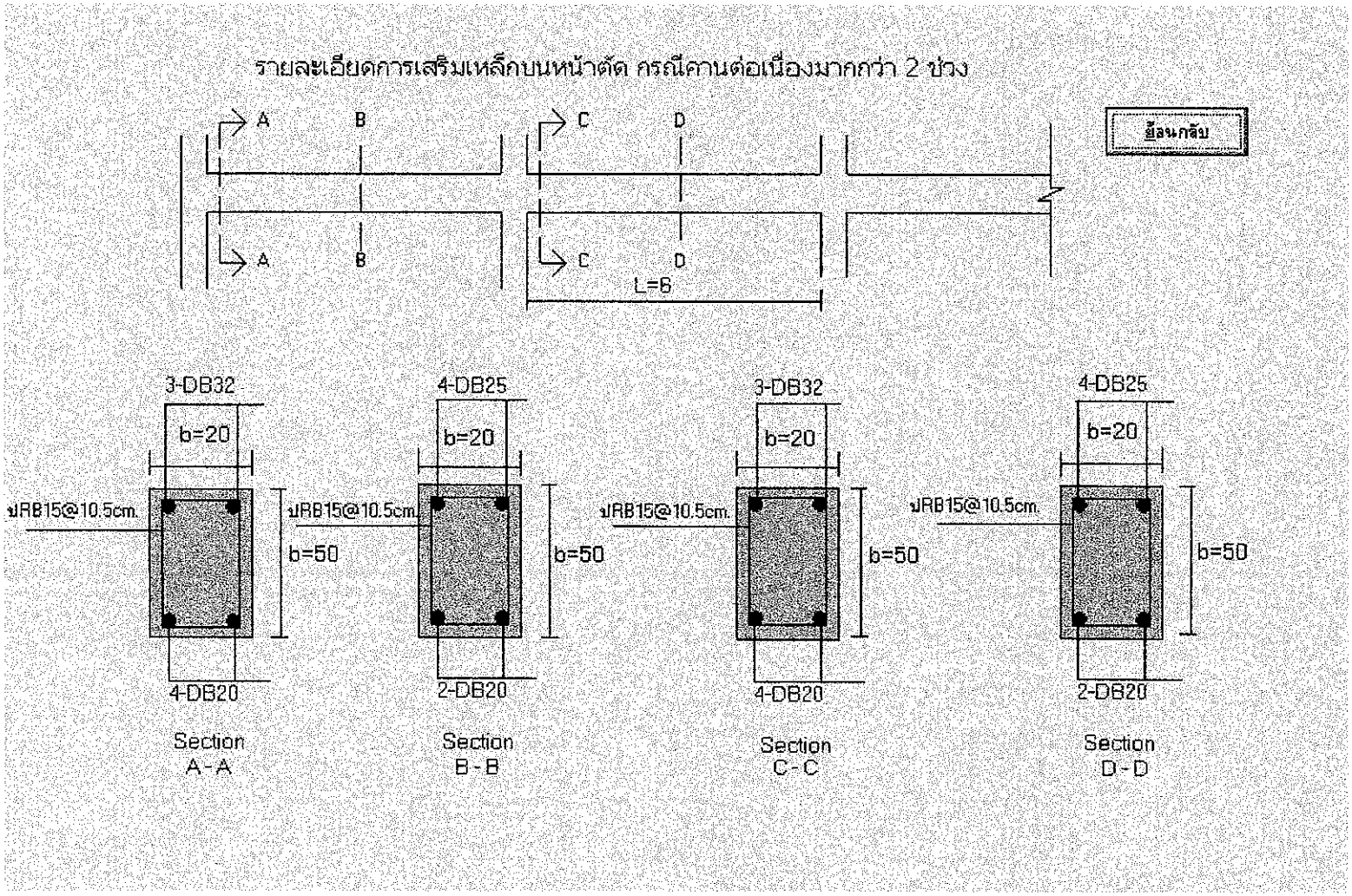
$0.85*1.1(f'^{0.5}_c)bwd < Vu-0.85*Vc < 0.85*2.1*f'^{0.5}_c bwd$

เหล็กปลอก USE RB15 Av 3.54 $cm^2$ @ 10.5 m

**ชื่อโครงการ :** การก่อสร้างอาคาร 2 ชั้นเสริมคอนกรีต

**ออกแบบโดย :** นายไกรวุธ จันสุข

(มีต่อ)


รายละเอียดการเสริมเหล็กบนหน้าตัด กรณีคานต่อเนื่องมากกว่า 2 ช่วง
A
B
C
D
ยืลนกลับ
L=6
3-DB32
b=20
RB15@10.5cm.
b=50
4-DB20
Section
A-A
4-DB25
b=20
RB15@10.5cm.
b=50
2-DB20
Section
B-B
3-DB32
b=20
RB15@10.5cm.
b=50
4-DB20
Section
C-C
4-DB25
b=20
RB15@10.5cm.
b=50
2-DB20
Section
D-D

ตารางที่ 5.4 แสดงการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์

| รายการคำตอบ | ค่าที่ได้จากโปรแกรม Excel | ค่าได้จากโปรแกรม |
|---|---|---|
| โมเมนต์บวกสูงสุด $M_{max}^{+}$ | 22,206.86 | 22,206.86 |
| โมเมนต์ลบสูงสุด $M_{max}^{-}$ | 31,089.60 | 31,089.60 |
| แรงเฉือนสูงสุด $V_{u\,max}$ | 29,794.20 | 29,794.20 |
| **ปริมาณเหล็กเสริมที่กึ่งกลางช่วงคาน** | | |
| - ที่คำนวณได้ | | |
| พท.หน้าตัดทั้งหมดของเหล็กเสริมรับแรงดึง $A_s$ (ตร./ซม.$^2$) | 16.79 | 16.80 |
| พท.หน้าตัดทั้งหมดของเหล็กเสริมรับแรงอัด $A_s'$ (ตร./ซม.$^2$) | 5.33 | 5.33 |
| - ที่เสริมจริง | | |
| เหล็กเสริมรับแรงดึง | | |
| ขนาดของเหล็กเสริม | DB25 | DB25 |
| จำนวน(เส้น) | 4 | 4 |
| พท.หน้าตัดทั้งหมด(ตร./ซม.$^2$) | 19.64 | 19.64 |
| เหล็กเสริมรับแรงอัด | | |
| ขนาดของเหล็กเสริม | DB20 | DB20 |
| จำนวน (เส้น) | 2 | 2 |
| พท.หน้าตัดทั้งหมด (ตร./ซม.$^2$) | 6.28 | 6.28 |
| **ปริมาณเหล็กเสริมที่จุดรองรับ** | | |
| - ที่คำนวณได้ | | |
| พท.หน้าตัดทั้งหมดของเหล็กเสริมรับแรงดึง $A_s$ (ตร./ซม.$^2$) | 23.46 | 23.46 |
| พท.หน้าตัดทั้งหมดของเหล็กเสริมรับแรงอัด $A_s'$ (ตร./ซม.$^2$) | 11.99 | 11.99 |
| - ที่เสริมจริง | | |
| เหล็กเสริมรับแรงดึง | | |
| ขนาดของเหล็กเสริม | DB32 | DB32 |

(ตารางที่ 5.4 ต่อ)

| รายการคำตอบ | ค่าที่ได้จากโปรแกรม Excel | ค่าได้จากโปรแกรม |
|---|---|---|
| จำนวน(เส้น) | 3 | 3 |
| พท.หน้าตัดทั้งหมด(ตร./ซม.$^2$) | 24.12 | 24.12 |
| เหล็กเสริมรับแรงอัด | | |
| ขนาดของเหล็กเสริม | DB20 | DB20 |
| จำนวน (เส้น) | 4 | 4 |
| พท.หน้าตัดทั้งหมด (ตร./ซม.$^2$) | 12.56 | 12.56 |
| **ปริมาณเหล็กเสริมรับแรงเฉือน** | | |
| ขนาดเหล็กปลอก | RB15 | RB15 |
| พท.หน้าตัดของเหล็กปลอก $A_v$ (ซม.$^2$) | 3.54 | 3.54 |
| ระยะ Spacig (ซม.) | 10.50 | 10.50 |

จากผลการคำนวณด้วยโปรแกรม excel และโปรแกรมที่เขียนขึ้นมาพบว่าคำตอบที่ได้มีค่าเท่ากันหรือใกล้เคียงกันมาก ทำให้สามารถสรุปได้ว่าผลการคำนวณจากโปรแกรมมีค่าถูกต้อง

ตัวอย่างที่5 ออกแบบคานต่อเนื่องคอนกรีตเสริมเหล็กมากกว่า2 ช่วง โดยวิธีกำลัง และกำหนดให้ ความยาวช่วงคานยาว 6 ม. รับนน.บรรทุกคงที่ 2,500 กก./ ม. นน.บรรทุกจร 1,200 กก./ ม. , (f'c) = 280 กก./ ซม$^2$. , (fy) = 4,000 กก./ ซม$^2$.

Sol$^n$

DESIGN CALCULATION REPORT OF BEAM

**Materials strength :**

| | | | |
|---|---|---|---|
| concrete strength ($f'_c$) | = | 280 | kg/cm$^2$. |
| yield stress of tension steel ($f_y$) | = | 4,000 | kg/cm$^2$. |
| yield stress of compression steel ($f_y$) | = | 4,000 | kg/cm$^2$. |

**Dimension of beam:**

| | | | |
|---|---|---|---|
| beam length (L) | = | 6.00 | m. |
| beam width (b) | = | 15.00 | cm. |
| beam heigth (h) | = | 40.00 | cm. |
| effective depth of beam : (d) | = | 35.00 | cm. |
| d' | = | 4.00 | cm. |
| covering | = | 2.00 | cm. |

**Active load on beam :**

| | | | |
|---|---|---|---|
| uniform dead load (DL) | = | 2,500.00 | kg/m$^2$. |
| uniform live load (LL) | = | 1,200.00 | kg/m$^2$. |
| beam weight ( 0.24xbxh) | = | 144.00 | kg/m$^2$. |
| ultimate load(Wu =1.4DL+1.7LL) | = | 5,741.60 | kg/m$^2$. |

**Maximum moment :**

| | | | |
|---|---|---|---|
| maximum positive moment :($M^+_{max}$=(Wul$^2$)/14 ) | = | 14,764.11 | kg-m. |
| maximum nagative moment :($M^-_{max}$ = (Wul$^2$)/10) | = | 20,669.76 | kg-m. |
| maximum shear :($V_{(max)}$ =1.15Wul/2) | = | 19,808.52 | kg. |

**Maximum positive moment :$M^+_{max}$**

$\phi$ = 0.9 $\beta_1$ = 0.85

ultimate moment : $(M^{+}_{max})$ = 14,764.11 kg-m.

$Mu/\phi$ = 16,404.57 kg-m.

$\rho_b = 0.85(f'_c/f_y)\beta_1(6120/(6120+f_y))$ = 0.0306

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

$\rho_{min} = 14/f_y$ = 0.0035

(use $\rho=0.5\rho_b$ ) = 0.0153

$R_u = \rho f_y(1-(\rho fy/1.7f'c))$ = 53.31 $kg/cm^2$.

$As1 = \rho bd$ = 8.03 $cm^2$.

$Mn1=R_u bd^2$ = 9,795.52 kg-m.

$Mn2 = Mu/\phi - Mn1$ = 6,609.05 kg-m.

$As2=Mn2/(f_y*(d-d'))$ = 5.33 $cm^2$

$As=As1+As2$ = 13.36 $cm^2$.

<u>เลือกเหล็กเสริมรับแรงดึง</u>

USE DB32 จำนวน 2 เส้น พื้นที่จริง 16.08 $cm^2$.

<u>เลือกเหล็กเสริมรับแรงอัด</u>

USE DB16 จำนวน 3 เส้น พื้นที่จริง 6.03 $cm^2$.

<u>ตรวจสอบเหล็กเสริมรับแรงอัด (f's เท่ากับหรือมากกว่า fy หรือไม่)</u>

$\rho$ = 0.0306

$\rho'$ = 0.0115

$\rho-\rho'$ = 0.0191

$(\rho-\rho')_{min} = 0.85(\beta 1 f'_c d'(6120)/((6120-f_y)(f_y d))$ = 0.0167

$\rho-\rho' > 0.85(\beta_1 f'_c d'(6120)/((6120-f_y)(f_y d))$ f's >= fy ok

$R = (6120As'-Asf_y)/(1.7f'_c b\beta_1)$ = -4.52

$Q = 6120d'As'/(0.85f'_c b\beta_1)$ = 48.65

$c = (-R+(R^2+Q)^{0.5})$ = 12.83

$f'_s = 6120(c-d')/c$ = 4,211.56 $kg/cm^2$.

Use $f'_s = fy$ = 4,000.00 $kg/cm^2$.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $a = (As-As')fy/(0.85*f'cb)$ | | = | 11.26 | |
| | $As2 = As'f's/fy$ | = | 6.03 | $cm^2$. |
| | $As$ | = | 16.08 | $cm^2$. |
| $Mn = (Asf_y-As'f'_s)(d-a/2)+(As'f'_s)(d-d')$ | | = | 19,283.84 | kg-m. |
| $Mn>Mn(max)+$ | | | ok | |

**maximum nagative moment** :$M^-_{max}$

| | | | |
|---|---|---|---|
| **ultimate moment :** $(M^-_{max})$ | = | 20,669.76 | kg-m. |
| $Mu/\phi$ | = | 22,966.40 | kg-m. |
| $\rho_b = 0.85(f'_c/f_y)\beta_1(6120/(6120+f_y))$ | = | 0.0306 | |
| $\rho_{max} = 0.75\ \rho_b$ | = | 0.0229 | |
| $\rho_{min} = 14/f_y$ | = | 0.0035 | |
| $(use\rho=0.5\rho_b)$ | = | 0.0153 | |
| $R_u = \rho f_y(1-(\rho f_y/1.7f'_c))$ | = | 53.31 | $kg/cm^2$. |
| $As1 = \rho bd$ | = | 8.03 | $cm^2$. |
| $Mn1=R_u bd^2$ | = | 9,795.52 | kg-m. |
| $Mn2 = Mu/\phi-Mn1$ | = | 13,170.88 | kg-m. |
| $As2=Mn2/(f_y*(d-d'))$ | = | 10.62 | $cm^2$ |
| $As=As1+As2$ | = | 18.65 | $cm^2$. |

<u>เลือกเหล็กเสริมรับแรงดึง</u>

USE DB25 จำนวน 4 เส้น พื้นที่จริง 19.64 $cm^2$.

<u>เลือกเหล็กเสริมรับแรงอัด</u>

USE DB16 จำนวน 6 เส้น พื้นที่จริง 12.06 $cm^2$.

<u>ตรวจสอบเหล็กเสริมรับแรงอัด (f's เท่ากับหรือมากกว่า fy หรือไม่)</u>

| | | |
|---|---|---|
| $\rho$ | = | 0.0374 |
| $\rho'$ | = | 0.0230 |
| $\rho-\rho'$ | = | 0.0144 |
| $(\rho-\rho')_{min} = 0.85(\beta 1 f'_c d'(6120)/((6120-f_y)(f_y d))$ | = | 0.0167 |

$\rho-\rho'$ < $0.85(\beta_1 f'_c d'(6120)/((6120-f_y)(f_y d))$ f's<fy ok

$R = (6120As'-Asf_y)/(1.7f'_c b\beta_1)$ = -0.78

$Q = 6120d'As'/(0.85f'_c b\beta_1)$ = 97.29

$c = (-R+(R^2+Q)^{0.5})$ = 10.68

$f'_s = 6120(c-d')/c$ = 3827.39 $kg/cm^2$.

Use $f'_s = fy$ = 3,827.39 $kg/cm^2$.

a = (As-As')fy/(0.85*f'cb) = 8.49

As2 =As'f's/fy = 11.54 $cm^2$.

As = 19.57 $cm^2$.

Mn =(Asfy-As'$f'_s$)(d-a/2)+(As'$f'_s$)(d-d') = 24,185.29 kg-m.

Mn>Mn(max)+ ok

**<u>maximum shear :V(max)</u>**

แรงเฉือนสูงสุด V(max) = 19,808.52 kg.

แรงเฉือนสูงสุดที่ระยะ d จากขอบเสา (Vu) = 17,798.96

$\phi Vc = \phi 0.53 f'^{0.5}_c b_w d$ = 3,957.61 kg.

$\phi Vs_{(max)} = \phi 2.1 f'c^{0.5} b_w d$ = 15,681.10 kg.

$\phi Vs_{(min)} = \phi 1.1 f'c^{0.5} b_w d$ = 8,213.91 kg.

$\phi Vs = (Vu-\phi Vc)$ = 13,841.35 kg.

<u>เลือกเหล็กปลอก</u> Use RB9 Av = 1.28 $cm^2$

0.85*1.1f'c^0.5bwd < (Vu-0.85*Vc) > 0.85*2.1f'c^0.5bwd

ระยะเรียงเหล็กเสริม Ok

1). ไม่เกิน 30 cm.

2). s=d/4 = 8.75 cm.

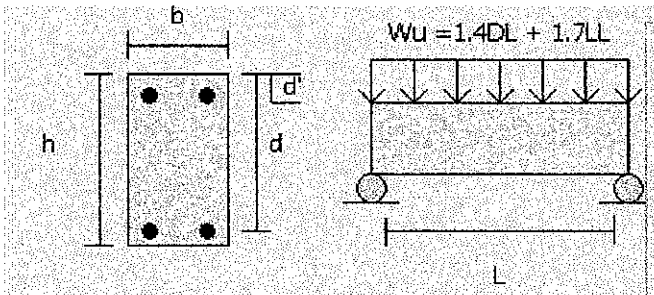
3). s=0.85Avfy/(Vu-0.9Vc) = 11.00 cm.

<u>เลือกเหล็กปลอก</u>

USE

RB9 @ 8.75 cm. ok

คำนวณโดยใช้โปรแกรมจากตัวอย่างที่ 5




คุณสมบัติของวัสดุ :

| | | | |
|---|---|---|---|
| กำลังอัดที่กำหนดของคอนกรีต (f'c) : | = | 280 | ksc |
| กำลังครากที่กำหนดของเหล็กเสริม (fy): | = | 4000 | ksc |

คุณสมบัติของคาน :

| | | | |
|---|---|---|---|
| ความยาวช่วงคาน (L) | = | 6 | m |
| ความลึกของหน้าตัดคาน (h) | = | 40 | cm |
| ความกว้างของหน้าตัดคาน (b) | = | 15 | cm |
| ความลึกประสิทธิผลของหน้าตัดคาน (d) | = | 35 | cm |
| d' | = | 4 | cm |
| ระยะหุ้มของคอนกรีต | = | 2 | cm |

น้ำหนักที่กระทำต่อคาน

| | | | |
|---|---|---|---|
| น้ำหนักบรรทุกจร( LL) | = | 1200 | kg/m |
| น้ำหนักบรรทุกคงที่ (DL) | = | 2500 | kg/m |

คำนวณ | ย้อนกลับ

ผลจากการคำนวณ

| | | | |
|---|---|---|---|
| โมเมนต์บวกสูงสุด (M,max +) | = | 14764.11 | Kg-m |
| โมเมนต์ลบสูงสุด (M,max -) | = | 20669.76 | Kg-m |
| แรงเฉือนสูงสุด (Vu,max) | = | 19808.52 | Kg-m |

ปริมาณเหล็กเสริม (As)

ปริมาณเหล็กเสริมที่กึ่งกลางช่วงคาน

As = 13.36 cm^2

As' = 5.33 cm^2

เลือกชนิดเหล็กเสริม :

ชั้นคุณภาพเหล็กเสริม : SD30

ขนาดเหล็กเสริมรับแรงดึง : DB32

จำนวนเหล็กเสริม : 2 เส้น

As = 16.08 cm^2

ขนาดเหล็กเสริมรับแรงอัด : DB16

จำนวนเหล็กเสริม : 3 เส้น

As' = 6.03 cm^2

ขนาดเหล็กปลอก : RB9

Av = 1.27 cm^2 ระยะ Spacing 8.75 cm

ปริมาณเหล็กเสริมที่จุดรองรับ :

As = 18.65 cm^2

As' = 10.62 cm^2

เลือกชนิดเหล็กเสริม :

ชั้นคุณภาพเหล็กเสริม : SD30

ขนาดเหล็กเสริมรับแรงดึง: DB25

จำนวนเหล็กเสริม : 4 เส้น

As = 19.64 cm^2

ขนาดเหล็กเสริมรับแรงอัด: DB16

จำนวนเหล็กเสริม : 6 เส้น

As' = 12.06 cm^2

รายละเอียดการคำนวณ | รายละเอียดการเสริมเหล็ก

(มีต่อ)

กำลังอัดที่กำหนดของคอนกรีต f'c : = 280 ksc
หน้าตัดคาน ( b x h ) : = 15 cm x 40 cm
ความลึกประสิทธิผลของคอนกรีต : d = 35 cm

กำลังครากที่กำหนดของเหล็กเสริม: fy = 4000 ksc
ความยาวช่วงคาน: L = 6 cm
ระยะหุ้มของคอนกรีต = 2 cm d' : = 6 cm

แรงที่กระทำต่อคาน :

น้ำหนักบรรทุกจร : LL = 1200 kg/m
น้ำหนักบรรทุกคงที่ : DL = 2500 kg/m
น้ำหนักคาน : = 144 kg/m
Ultimate Load : Wu = 5741.6 kg/m

โมเมนต์ดัดสูงสุดที่กระทำต่อคาน

โมเมนต์บวกสูงสุด, M(+) max = 14764.11 Kg/m
โมเมนต์ลบสูงสุด, M(-)max = 20669.76 Kg/m
แรงเฉือนสูงสุด ,V(max) = 19808.52 Kg/m

Maximum positive moment : M(+)

Mn = Mu/2 = 16404.57 Kg-m
$\rho_b$ = [0.85f'c ($\beta$1)/fy(6120/(6120+fy))] = 0.03058
$\rho_{max}$ = 0.75($\rho$b) = 0.02294
$\rho$ = 14/fy = 0.0035
Use $\rho$ = 0.50$\rho_b$
Ru = $\rho$fy (1-( $\rho$f'c/1.7fy)) = 53.31 Kg/cm$^2$
As1 = 0.75($\rho$b) bd = 8.03 cm$^2$
Mn1 = $\rho$fy bd^2 (1-P1 fy /(1.7f'c) = 9795.52 Kg-m
Mn2 = Mn - Mn1 = 6609.04 Kg-m
As2 = Mn2/(fy(d-d')) = 5.33 cm$^2$
As = As1 + As2 = 13.36 cm$^2$

เลือกปริมาณเหล็กเสริมรับแรงดึง

USE 2 DB32 As = 16.08 cm$^2$

เลือกปริมาณเหล็กเสริมรับแรงอัด

USE 3 DB16 As = 6.03 cm$^2$

หน้าต่อไป
ย้อนกลับ

(มีต่อ)

**ตรวจสอบจุดครากของเหล็กเสริมรับแรงอัด :**

| | | | |
|---|---|---|---|
| $\rho$ | = | 0.03063 | |
| $\rho'$ | = | 0.01149 | |
| $\rho - \rho'$ | = | 0.01914 | |
| $(\rho - \rho')_{min}$ $\beta_1 0.85f'c\ d' (6120/(6120-fy))/fyd$ | = | 0.01669 | |
| $(\rho - \rho')_{min} > \beta_1 0.85f'c\ d' (6120/(6120-fy))/fyd$ | f's>=fy | ok | |
| $R=(6120d'As'-Asfy)/(1.7f'cb\beta_1)$ | = | -4.52 | |
| $Q=(6120d'As'/(0.85f'cb\beta_1)$ | = | 48.65 | |
| $c = +R-(R^2+Q)^{0.5}$ | = | 12.83 | |
| $f's = 6120(c-d')/c$ | = | 4211.5 | Kg-cm$^2$ |
| $a = (As-As')fy/(0.85f'cb)$ | = | 11.26 | cm |
| Use f's | = | 4000 | Kg-cm$^2$ |
| $Mn = (Asfy-As'f's)(d-a/2) +(As'f'c)(d-d')$ | = | 19283.84 | Kg-m |
| Mn>M(max) | OK | | |

หน้าต่อไป

ย้อนกลับ

**Maximum nagative moment : M(-)**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Mn | = | | = | 22966.4 | Kg-m |
| $\rho_b$ | = | $[0.85f'c\ (\beta1)/fy(6120/(6120+fy))]$ | = | 0.03058 | |
| $\rho_{max}$ | = | $0.75(\rho b)$ | = | 0.02294 | |
| $\rho_{min}$ | = | 14/fy | = | 0.0035 | |
| Use $\rho$ | = | $0.50\rho b$ | | | |
| Ru | = | $\rho fy\ (1-(\rho f'c/1.7fy))$ | = | 53.31 | Kg-cm$^2$ |
| As1 | = | $0.75(\rho b)\ bd$ | = | 8.03 | cm$^2$ |
| Mn1 | = | $\rho\ fy\ bd^2(1-P1\ fy\ /(1.7f'c)$ | = | 9795.52 | Kg-m |
| Mn2 | = | Mn - Mn1 | = | 13170.88 | Kg-m |
| As2 | = | Mn2/(fy(d-d')) | = | 10.62 | cm$^2$ |
| As | = | As1 + As2 | = | 18.65 | cm$^2$ |

(มีต่อ)

**เลือกปริมาณเหล็กเสริมรับแรงดึง** **เลือกปริมาณเหล็กเสริมรับแรงอัด**

USE 4 DB25 As = 19.64 $cm^2$ USE 6 DB16 As = 12.06 $cm^2$

**ตรวจสอบจุดครากของเหล็กเสริมรับแรงอัด :**

| | | |
|---|---|---|
| $\rho$ | = | 0.03741 |
| $\rho'$ | = | 0.02297 |
| $\rho - \rho'$ | = | 0.01444 |
| $0.85f'_c d' (6120/(6120-f_y))/f_{yd}$ | = | 0.01669 |
| $\rho - \rho' < 0.85f'_c d' (6120/(6120-f_y))/f_{yd}$ | | f's<fy ok |
| $R=(6120d'A_s'-A_sf_y)/(1.7f'_c b \beta_1)$ | = | -0.78 |
| $Q=(6120d'A_s'/(0.85f'_c b \beta_1)$ | = | 97.29 |
| c = +R-(R^2+Q)^0.5 | = | 10.68 |
| f's = 6120(c-d')/c | = | 3827.387 $Kg/cm^2$ |
| a = (As-As')fy/(0.85f'cb) | = | 8.13 cm. |
| Use f's | = | 3827.387 Kg-m |
| Mn = (Asfy-As'f's)(d-a/2) | = | 24333.11 |
| Mn>M(max) | | OK |

**พิจารณาแรงเฉือน :**

| | | | |
|---|---|---|---|
| แรงเฉือนประลัยที่จุดรองรับ ($V_u$max) | = | 19808.52 | Kg |
| กำลังรับแรงเฉือนของคอนกรีต (Vc) | = | 4656.01 | Kg |
| $\phi Vc = \phi\ 0.53\sqrt{f'_c}\,bwd$ | = | 3957.61 | Kg |
| $\phi Vs(max) = \phi\ 2.1\sqrt{f'_c}\,bwd$ | = | 15681.1 | Kg |
| $\phi Vs(min) = \phi 1.1\sqrt{f'_c}\,bwd$ | = | 8213.91 | Kg |
| $\phi Vs = (Vu-\phi Vc)$ | = | 13841.35 | Kg |

ย้อนกลับ

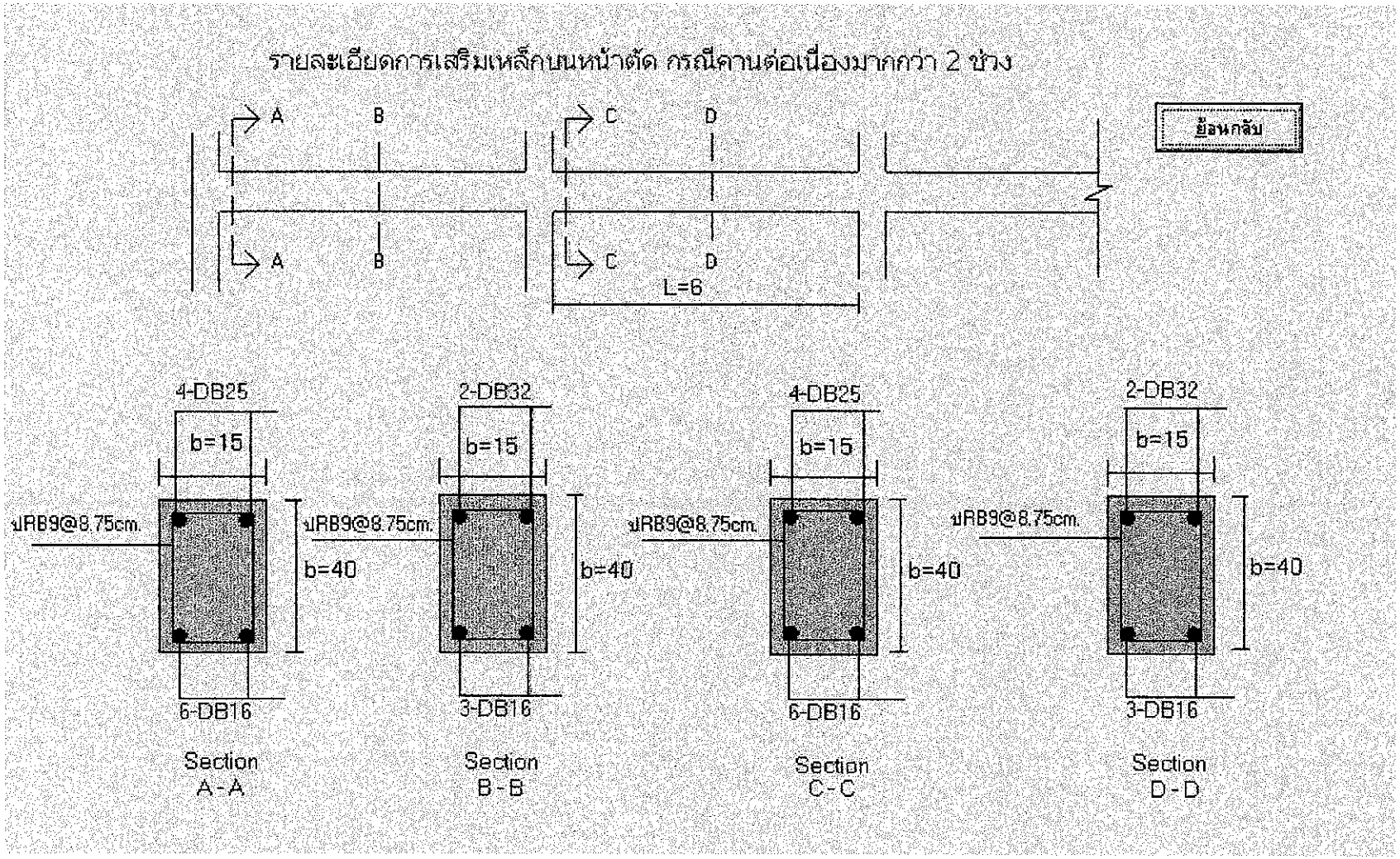
$0.85*1.1(\sqrt{f'_c})bwd < Vu-0.85*Vc < 0.85*2.1*\sqrt{f'_c}\,bwd$

เหล็กปลอก USE RB9 Av 1.27 $cm^2$ @ 8.75 m

**ชื่อโครงการ :** การก่อสร้างอาคาร 2 ชั้นเสริมคอนกรีต

**ออกแบบโดย :** นายไกรวุธ จันสุข

(มีต่อ)


รายละเอียดการเสริมเหล็กบนหน้าตัด กรณีคานต่อเนื่องมากกว่า 2 ช่วง
ย้อนกลับ
A
B
C
D
L=6
4-DB25
2-DB32
4-DB25
2-DB32
b=15
b=15
b=15
b=15
RB9@8.75cm.
RB9@8.75cm.
RB9@8.75cm.
RB9@8.75cm.
b=40
b=40
b=40
b=40
6-DB16
3-DB16
6-DB16
3-DB16
Section A-A
Section B-B
Section C-C
Section D-D

ตารางที่ 5.5 แสดงการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์

| รายการคำตอบ | ค่าที่ได้จาก โปรแกรม Excel | ค่าได้จาก โปรแกรม |
|---|---|---|
| โมเมนต์บวกสูงสุด $M_{max}^{+}$ | 14,764.11 | 14,764.11 |
| โมเมนต์ลบสูงสุด $M_{max}^{-}$ | 20,669.76 | 20,669.76 |
| แรงเฉือนสูงสุด $V_{u\,max}$ | 19,808.52 | 19,808.52 |
| **ปริมาณเหล็กเสริมที่กึ่งกลางช่วงคาน** | | |
| - ที่คำนวณได้ | | |
| พท.หน้าตัดทั้งหมดของเหล็กเสริมรับแรงดึง $A_s$ (ตร./ซม.$^2$) | 13.36 | 13.36 |
| พท.หน้าตัดทั้งหมดของเหล็กเสริมรับแรงอัด $A_s'$ (ตร./ซม.$^2$) | 5.33 | 5.33 |
| - ที่เสริมจริง | | |
| เหล็กเสริมรับแรงดึง | | |
| ขนาดของเหล็กเสริม | DB32 | DB32 |
| จำนวน(เส้น) | 2 | 2 |
| พท.หน้าตัดทั้งหมด(ตร./ซม.$^2$) | 16.08 | 16.08 |
| เหล็กเสริมรับแรงอัด | | |
| ขนาดของเหล็กเสริม | DB16 | DB16 |
| จำนวน (เส้น) | 3 | 3 |
| พท.หน้าตัดทั้งหมด (ตร./ซม.$^2$) | 6.03 | 6.03 |
| **ปริมาณเหล็กเสริมที่จุดรองรับ** | | |
| - ที่คำนวณได้ | | |
| พท.หน้าตัดทั้งหมดของเหล็กเสริมรับแรงดึง $A_s$ (ตร./ซม.$^2$) | 18.65 | 18.65 |
| พท.หน้าตัดทั้งหมดของเหล็กเสริมรับแรงอัด $A_s'$ (ตร./ซม.$^2$) | 10.62 | 10.62 |
| - ที่เสริมจริง | | |
| เหล็กเสริมรับแรงดึง | | |
| ขนาดของเหล็กเสริม | DB25 | DB25 |

(ตารางที่ 5.5 ต่อ)

| รายการคำตอบ | ค่าที่ได้จาก โปรแกรม Excel | ค่าได้จาก โปรแกรม |
|---|---|---|
| ขนาดของเหล็กเสริม | DB16 | DB16 |
| จำนวน (เส้น) | 6 | 6 |
| พท.หน้าตัดทั้งหมด (ตร./ซม.$^2$) | 12.06 | 12.06 |
| **ปริมาณเหล็กเสริมรับแรงเฉือน** | | |
| ขนาดเหล็กปลอก | RB9 | RB9 |
| พท.หน้าตัดของเหล็กปลอก $A_v$ (ซม.$^2$) | 1.28 | 1.27 |
| ระยะ Spacig (ซม.) | 8.75 | 8.75 |

จากผลการคำนวณด้วยโปรแกรม excel และโปรแกรมที่เขียนขึ้นมาพบว่าคำตอบที่ได้มีค่าเท่ากันหรือใกล้เคียงกันมาก ทำให้สามารถสรุปได้ว่าผลการคำนวณจากโปรแกรมมีค่าถูกต้อง