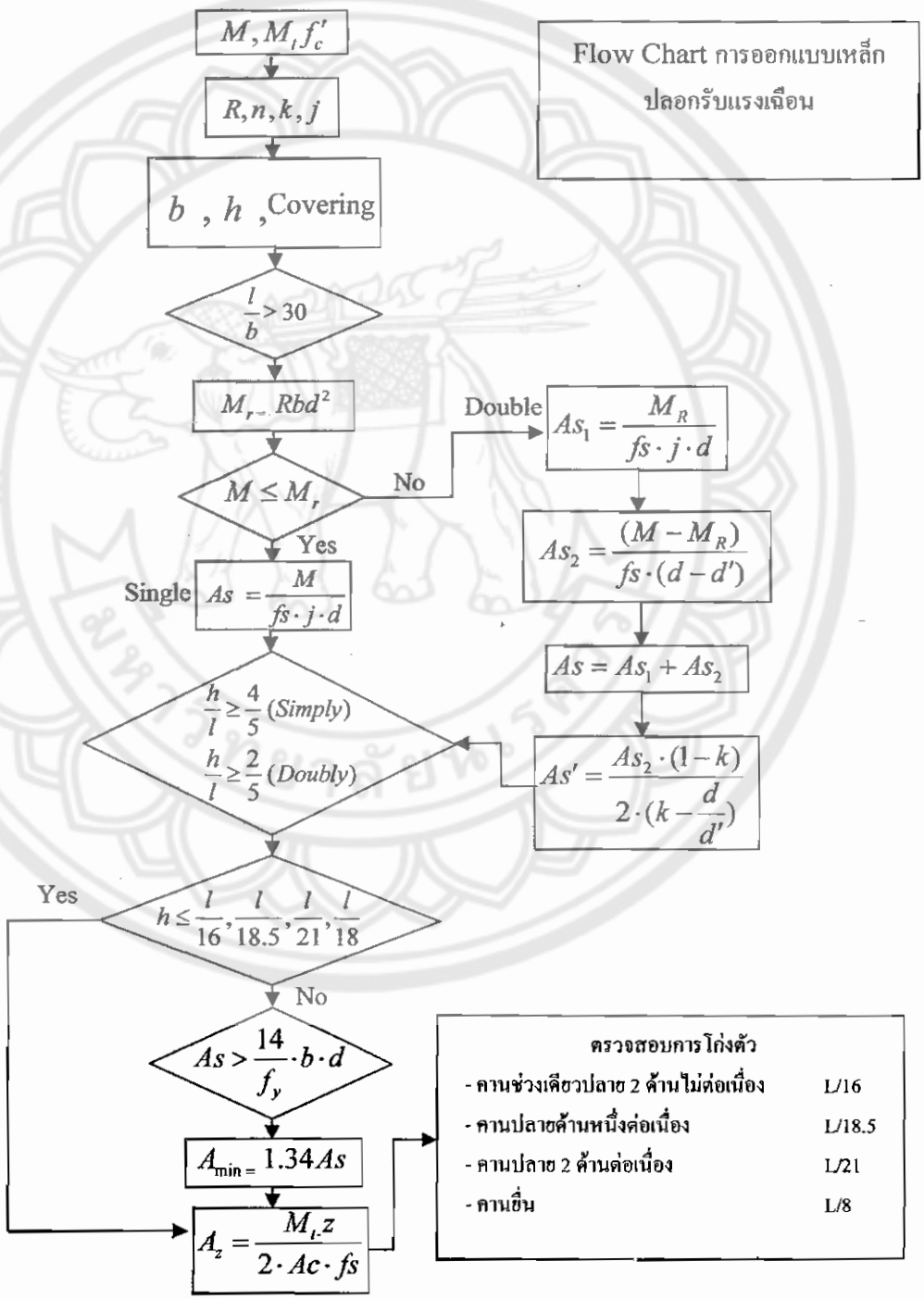
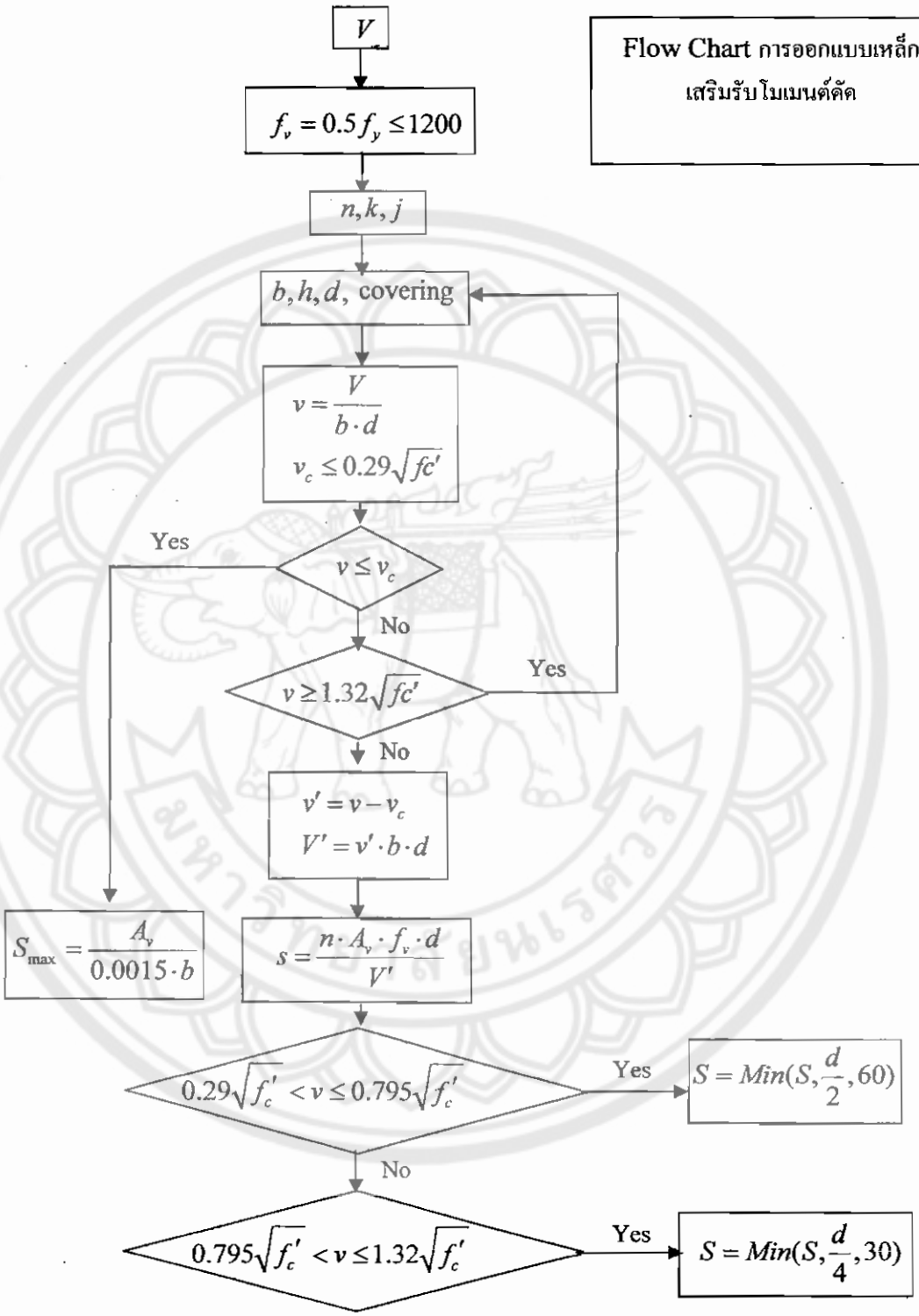
บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 รายละเอียดการเขียนโปรแกรมด้วยซอฟแวร์ Mathematica





Flow Chart การออกแบบเหล็กเสริมรับโมเมนต์ดัด

3.2 ขั้นตอนการเขียนโปรแกรม

เมื่อนำ Flowchart การออกแบบหน้าดัดคานคอนกรีตเสริมเหล็ก สามารถนำมากำหนด Function ต่างๆที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมดังนี้

1. Input
2. Sub program
3. Main program
4. Output

3.2.1 Input โดยคำที่ Input เข้าไปจะใช้ตารางในการป้อน Input โดยทำการป้อนค่าความกว้างคาน ความลึกคาน แรงเฉือน โมเมนต์ดัด มาตรฐานเหล็ก ขนาดเหล็กรับแรงอัด ขนาดเหล็กรับแรงดึง ขนาดเหล็กปลอก กำลังอัดของคอนกรีต ลักษณะการยึดรั้ง โดย program จะดึงค่าจากตารางไปทำการคำนวณ

T =

คานกว้าง (b)	20	cm
คานลึก (h)	40	cm
ความยาวคาน (L)	4	m
แรงเฉือน (V)	3000	kg
โมเมนต์ดัด (M)	5000	kg — m
SD	40	(30 / 40 / 50)
SR	24	(24)
ขนาดเหล็กบน	12	mm
ขนาดเหล็กล่าง	16	mm
ขนาดเหล็กปลอก	6	mm
ระยะหุ้ม	3	cm
กำลังอัดประลัยคอนกรีต	210	ksc
ลักษณะการยึดรั้ง	1	(1 / 2 / 3 / 4)
โมเมนต์บิด	200	kg — m / m

3.2.2 Sub program เป็นตัวกำหนดค่าที่จะถูกดึงมาใช้บ่อยๆ เช่น พื้นที่หน้าตัดเหล็ก จำนวนเหล็ก และ Graphics ที่จะแสดง Output หน้าตัดคาน โดยกำหนดค่าต่างๆดังนี้

ค่าพื้นที่หน้าตัดเหล็ก โดยกำหนดจากค่าขนาด Diameter ของเหล็กรับแรงอัดและแรงดึง และให้ program เลือกจำนวนเส้นของเหล็ก และกำหนดให้เลือกขนาดเหล็กเสริมใหม่ในกรณีที่ขนาดเหล็กเสริมไม่เหมาะสม มีดังนี้

```
NRound[x_,digit_:4]:=NSteelCheck[dia_,AsUse1_]:=
 Module[{},
   If[dia=12,
   If[0 ≤ AsUse1 ≤ 2.26,{steel = 2}];
   If[2.26 < AsUse1 ≤ 3.39,{steel =3}];
   If[3.39 < AsUse1 ≤ 4.25,{steel = 4}];
   If[4.25 < AsUse1 ≤ 5.65,{steel = 5}];
   If[5.65 < AsUse1 ≤ 6.79,{steel = 6}];
   If[6.79 < AsUse1 ≤ 7.92,{steel = 7}];
   If[7.92 < AsUse1 ≤ 9.05,{steel = 8}];
   If[AsUse1 > 9.05,steel="ขนาดเหล็กเสริมไม่เหมาะสม กรุณาเพิ่มขนาดเหล็กเสริม"]];


  If[dia ≤ 15,
   If[0 ≤ AsUse1 ≤ 3.53,{steel= 2}];
   If[3.53 < AsUse1 ≤ 5.30,{steel=3}];
   If[5.30 < AsUse1 ≤ 7.07,{steel= 4}];
   If[7.07 < AsUse1 ≤ 8.84,{steel= 5}];
   If[8.84 < AsUse1 ≤ 10.60,{steel= 6}];
   If[10.60 < AsUse1 ≤ 12.37,{steel= 7}];
   If[12.37 < AsUse1 ≤ 14.14,{steel= 8}];
   If[AsUse1 > 14.14,steel= "ขนาดเหล็กเสริมไม่เหมาะสม กรุณาเพิ่มขนาดเหล็กเสริม"]];
```

```
If[dia ≤ 16,
  If[0 ≤ AsUse1 ≤ 4.02,{steel= 2}];
  If[4.02 < AsUse1 ≤ 6.03,{steel=3}];
  If[6.03 < AsUse1 ≤ 8.04,{steel= 4}];
  If[8.04 < AsUse1 ≤ 11.34,{steel= 5}];
  If[11.34 < AsUse1 ≤ 12.06,{steel= 6}];
  If[12.06 < AsUse1 ≤ 14.07,{steel= 7}];
  If[14.07 < AsUse1 ≤ 16.10,{steel= 8}];
  If[AsUse1 > 16.10,steel= "ขนาดเหล็กเสริมไม่เหมาะสม  กรุณาเพิ่มขนาดเหล็กเสริม"]];


If[dia≤19,
  If[0 ≤ AsUse1 ≤ 5.67,{steel= 2}];
  If[5.67 < AsUse1 ≤ 8.51,{steel=3}];
  If[8.51 < AsUse1 ≤ 11.34,{steel= 4}];
  If[11.34 < AsUse1 ≤ 14.18,{steel= 5}];
  If[14.18 < AsUse1 ≤ 17.01,{steel= 6}];
  If[17.01 < AsUse1 ≤ 19.85,{steel= 7}];
  If[19.85 < AsUse1 ≤ 22.68,{steel= 8}];
  If[AsUse1 > 22.68,steel= "ขนาดเหล็กเสริมไม่เหมาะสม  กรุณาเพิ่มขนาดเหล็กเสริม"]];
 If[dia ≤ 20,
  If[0 ≤ AsUse1 ≤ 6.28,{steel= 2}];
  If[6.28 < AsUse1 ≤ 9.42,{steel=3}];
  If[9.42 < AsUse1 ≤ 12.57,{steel= 4}];
  If[12.57 < AsUse1 ≤ 15.71,{steel= 5}];
  If[15.71 < AsUse1 ≤ 18.85,{steel= 6}];
  If[18.85 < AsUse1 ≤ 21.99,{steel= 7}];
  If[21.99 < AsUse1 ≤ 25.13,{steel= 8}];
  If[AsUse1 > 25.13,steel= "ขนาดเหล็กเสริมไม่เหมาะสม  กรุณาเพิ่มขนาดเหล็กเสริม"]];
```

```
If[dia ≤ 25,
  If[0 ≤ AsUse1 ≤ 9.82,{steel= 2}];
  If[9.82 < AsUse1 ≤ 14.73,{steel=3}];
  If[14.73 < AsUse1 ≤ 19.63,{steel= 4}];
  If[19.63 < AsUse1 ≤ 24.54,{steel= 5}];
  If[24.54 < AsUse1 ≤ 29.45,{steel= 6}];
  If[29.45 < AsUse1 ≤ 34.36,{steel= 7}];
  If[34.36 < AsUse1 ≤ 39.27,{steel= 8}];
  If[AsUse1 > 39.27,steel="ขนาดเหล็กเสริมไม่เหมาะสม กรุณาเพิ่มขนาดเหล็กเสริม"]];

 If[dia ≤ 28,
  If[0 ≤ AsUse1 ≤ 12.32,{steel= 2}];
  If[12.36 < AsUse1 ≤ 18.47,{steel=3}];
  If[18.47 < AsUse1 ≤ 24.63,{steel= 4}];
  If[24.63 < AsUse1 ≤ 30.79,{steel= 5}];
  If[30.79 < AsUse1 ≤ 36.95,{steel= 6}];
  If[36.95 < AsUse1 ≤ 43.10,{steel=7}];
  If[43.10 < AsUse1 ≤ 49.26,{steel= 8}];
  If[AsUse1 > 49.26,steel="ขนาดเหล็กเสริมไม่เหมาะสม กรุณาเพิ่มขนาดเหล็กเสริม"]];

If[dia ≤ 32,
  If[0 ≤ AsUse1 ≤ 16.08,{steel= 2}];
  If[16.08 < AsUse1 ≤ 24.13,{steel=3}];
  If[24.13 < AsUse1 ≤ 32.17,{steel= 4}];
  If[32.17 < AsUse1 ≤ 40.21,{steel= 5}];
  If[40.21 < AsUse1 ≤ 48.25,{steel= 6}];
  If[48.25 < AsUse1 ≤ 56.30,{steel=7}];
  If[56.30 < AsUse1 ≤ 64.34,{steel=8}];
  If[AsUse1 > 64.34,steel="ขนาดเหล็กเสริมไม่เหมาะสม กรุณาเพิ่มขนาดเหล็กเสริม"]];
 {dia,AsUse1,steel}];
```

ค่าพื้นที่หน้าตัดเหล็กรับแรงเฉือน โดยจะกำหนดคำสั่งเพื่อให้ program เลือกระยะ Spacing และพิจารณาขนาดเหล็กปลอกว่าเหมาะสมหรือไม่ดังนี้

```
plokCheck[plok_,Av_]:=
 Module[{Sp},
  If[plok ≤ 6,
   If[Av > 5.65,Sp={ขนาดเหล็กปลอกไม่เหมาะสม กรุณาเพิ่มขาดเหล็กปลอก}];
   If[3.77 < Av ≤ 5.65,{Sp= 0.075}];
   If[2.83 < Av ≤ 3.77,{Sp=  0.100}];
   If[2.26 < Av ≤ 2.83,{Sp=0.125}];
   If[1.88 < Av ≤ 2.26,{Sp= 0.150}];
   If[1.62 < Av ≤ 1.88,{Sp= 0.175}];
   If[1.41 < Av ≤ 1.62,{Sp= 0.200}];
   If[1.26 < Av ≤ 1.41,{Sp= 0.225}];
   If[1.13 < Av ≤ 1.26,{Sp= 0.250}];
   If[1.03 < Av ≤ 1.13,{Sp= 0.275}];
   If[0.94 < Av ≤ 1.03,{Sp= 0.300}];
   If[Av < 0.94,{Sp= 0.300}]];
  If[plok ≤ 9,
   If[Av ≤ 12.72,{Sp= 0.05}];
   If[12.72 < Avv8.48,{Sp= 0.75}];
   If[6.36 < Av ≤ 8.48,{Sp= 0.100}];
   If[5.09 < Av ≤ 6.36,{Sp= 0.125}];
   If[4.24 < Av ≤ 5.09,{Sp= 0.150}];
   If[3.64 < Av ≤ 4.24,{Sp= 0.175}];
   If[3.18 < Av ≤ 3.64,{Sp= 0.200}];
   If[2.83 < Av ≤ 3.18,{Sp= 0.225}];
   If[2.54 < Av ≤ 2.83,{Sp= 0.250}];
   If[2.31 < Av ≤ 2.54,{Sp= 0.275}];
   If[2.12 < Av ≤ 2.31,{Sp= 0.300}]];
  {plok,Av,Sp}];
```

กำหนดเหล็กเสริมต้านทานโมเมนต์บิด และเลือกขนาดเหล็กเสริมบริเวณมุมทั้ง 4 มุม

```
TorsionCheck[t_]:=
 Module[{},
  If[t == 0,
    R = " ไม่ต้องเสริมเหล็กต้านทานโมเมนต์บิด "];
If[t > 0,
If[0 < t ≤ 0.28,r = " เหล็กต้านทานโมเมนต์บิด 1-RB 6 ทั้ง 4 มุม"];
If[0.28 < t ≤ 0.64,r  = " เหล็กต้านทานโมเมนต์บิด 1-RB 9 ทั้ง 4 มุม"];
If[0.64 < t ≤ 1.13,r  = " เหล็กต้านทานโมเมนต์บิด 1-DB 12 ทั้ง 4 มุม"];
If[1.13 <t ≤1.77,r = " เหล็กต้านทานโมเมนต์บิด 1-DB15 ทั้ง 4 มุม"];
If[1.77 < t ≤2.01,r = " เหล็กต้านทานโมเมนต์บิด 1-DB16 ทั้ง 4 มุม"];
If[2.01 < t ≤ 2.84, r = " เหล็กต้านทานโมเมนต์บิด 1-DB19 ทั้ง 4 มุม"];
If[2.84<t≤3.14,r = " เหล็กต้านทานโมเมนต์บิด 1-DB20 ทั้ง 4 มุม"];
If[3.14<t≤4.91,r = " เหล็กต้านทานโมเมนต์บิด 1-DB25 ทั้ง 4 มุม"];
If[4.91<t≤6.16,r = " เหล็กต้านทานโมเมนต์บิด 1-DB28 ทั้ง 4 มุม"];
If[6.16<t≤8.04,r = " เหล็กต้านทานโมเมนต์บิด 1-DB32 ทั้ง 4 มุม"]];
{t,r}];
BondCheck[steel_]:=
   Module[{},
    If[steel==6,E1=1.88];
    If[steel==9,E1=2.83];
    If[steel==12,E1=3.77];
    If[steel==15,E1=4.71];
    If[steel==16,E1=5.03];
    If[steel==19,E1=5.97];
    If[steel==20,E1=6.28];
    If[steel==25,E1=7.85];
    If[steel==28,E1=8.80];
    If[steel==32,E1=10.05];
```

กราฟิกแสดงหน้าตัดคาน โดยกำหนดให้ program วาดหน้าตัดคานและแสดงค่าหน้าตัดคานเป็นรูปภาพออกมาดังนี้

```
graphicBeam[{B_,H_,cov_},{{dLower_,nLower_},{dUpper_,nUpper_},{dhoop_,sho
op_}},RDB_:{"DB","DB","RB"}]:=
 Module[{},
```

```
cow=cov+dhoop/1000;
envelop={{0,0},{0,H},{B,H},{B,0},{0,0}};
hoop1={{cov,cov},{cov,H-cov},{B-cov,H-cov},{B-cov,cov},{cov,cov}};
hoop2={{cow,cow},{cow,H-cow},{B-cow,H-cow},{B-cow,cow},{cow,cow}};
"----------";
sLower=(B-2cov-0.002dhoop-0.001dLower)/(nLower-1);
sUpper=(B-2cov-0.002dhoop-0.001dUpper)/(nUpper-1);
coorLow={1.1B,cow};txtLow=ToString[nLower]<>RDB[[1]]<>ToString[dLower]<>" (lower steel)";
coorUp={1.1B,H-cow};txtUp=ToString[nUpper]<>RDB[[2]]<>ToString[dUpper]<>" (upper steel)";
coorHoop={1.1B,0.5H};txtHoop=RDB[[3]]<>ToString[dhoop]<>" @ "<>ToString[shoop]<>" (ties)";
"----------";
Show[Graphics[
{Line[envelop],Line[hoop1],Line[hoop2],
Table[Circle[{cow+0.0005dLower+i sLower,cow+0.0005dLower},0.0005dLower],{i,0,nLower-1}],
Table[Circle[{cow+0.0005dUpper+i sUpper,H-cow-0.0005dUpper},0.0005dUpper],{i,0,nUpper-1}],
Text[txtUp,coorUp,{-1,0}],
Text[txtLow,coorLow,{-1,0}],
Text[txtHoop,coorHoop,{-1,0}]}],
AspectRatio□Automatic,PlotRange->{{-0.1B,4B},{-0.1H,1.0H}}]]
```

3.2.3 Main program

เริ่มโดยใช้คำสั่ง Calculate : Module [{}, โดยโปรแกรมจะดึงค่าจากตารางของ Input โดยใช้คำสั่ง

```
calculate:=Module[{},
  b=T[[1,2]];
  h=T[[2,2]];
  L=T[[3,2]];
  V=T[[4,2]];
  M=Abs[T[[5,2]]];
  signM=Sign[T[[5,2]]];
  SD=T[[6,2]];
  SR=T[[7,2]];
  up=T[[8,2]];
  down=T[[9,2]];
  plok=T[[10,2]];
  hoom=T[[11,2]];
  (fcp)=T[[12,2]];
  rank=T[[13,2]];
  Mt=T[[14,2]];
```

กำหนดค่า SD และ SR เพื่อให้โปรแกรมเลือกค่า fy , fs เพื่อนำไปคำนวณดังนี้

```
If[SD==30,fy=3000];
  If[SD==40,fy=4000];
  If[SD==50,fy=5000];

  If[SD==30,fs=1500];
  If[SD==40,fs=1700];
  If[SD==50,fs=1700];

  If[SR==24,fy1=2400];
  If[SR==24,fs1=1200];
```

ตรวจสอบหน้าตัดคานที่เลือกว่าเป็นคานแคบหรือเปล่า

$$cab = \frac{100\ L}{b};$$

If[cab < 30,

check = " < 30 (ผ่าน) ไม่เป็นคานแคบ ",

check = " ≥ 30 เป็นคานแคบ กรุณาเลือกความกว้างใหม่"];

หาค่า fc , n , k , j , R , d , d' , M_R จาก main Program ดังนี้

$$fc = 0.45 * (fcp);$$

$$n = \left(\frac{2040000}{15210 * \sqrt{(fcp)}} \right);$$

$$k = \frac{1}{\left(1 + \frac{fs}{n * fc}\right)};$$

$$j = 1 - \left(\frac{k}{3}\right);$$

$$R = 0.5 * fc * k * j;$$

$$d = h - 3 - (plok * 0.1) - \left(\frac{up * 0.1}{2}\right);$$

$$dp = h - d;$$

เมื่อให้ค่า M_R แล้ว นำค่า M_R ที่ได้มาหาปริมาณเหล็กเสริม โดยคิดสองกรณีคือ Single Reinforcement และ Double Reinforcement ดังนี้

$$\text{If}\left[M \le Mr,\right.$$

$$As = \frac{M}{fs * j * \left(\frac{d}{100}\right)};$$

$$As1 = 0;$$

$$As2 = 0;$$

$$\left.As3 = 0;\right];$$

$$\text{If}\left[M > Mr,\right.$$

$$As1 = \frac{Mr}{fs * j * \left(\frac{d}{100}\right)};$$

$$As2 = \frac{(M - Mr)}{fs * \left(\left(\frac{d}{100}\right) - \left(\frac{dp}{100}\right)\right)};$$

$$As = As1 + As2;$$

$$As3 = \frac{As2}{2} * \frac{(1 - k)}{\left(k - \left(\frac{dp}{d}\right)\right)};\left.\right];$$

$$\text{If}\left[\text{As} < \text{Asmin},\right.$$

$$\text{AsCheck1} = \text{"} < \frac{14\ \text{bd}}{\text{fy}}\ (= \text{"};\ \text{AsUse1} = \text{Min}[1.34\ \text{As}],$$

$$\text{AsCheck1} = \text{"} \geq \frac{14\ \text{bd}}{\text{fy}}\ (= \text{"};\ \left.\text{AsUse1} = \text{As}\right];$$

$$\text{Asmin} = 14\ \text{b}\ \text{d} / \text{fy};$$

$$\text{If}\left[\text{As3} < \text{Asmin},\right.$$

$$\text{AsCheck2} = \text{"} < \frac{14\ \text{bd}}{\text{fy}}\ (= \text{"};\ \text{AsUse2} = 1.34\ \text{As3},$$

$$\text{AsCheck2} = \text{"} \geq \frac{14\ \text{bd}}{\text{fy}}\ (= \text{"};\ \left.\text{AsUse2} = \text{As3}\right];$$

$$\text{ab} = \left(\frac{\text{h}}{\text{L} * 100}\right);$$

ตรวจสอบว่าคานต้องตรวจสอบการโก่งตัวหรือไม่ โดยที่กำหนดลักษณะการยึดรั้งของคานก่อน และนำลักษณะการยึดรั้งมาตรวจสอบในแต่ละกรณี ดังนี้

```
If [rank= 1, การยึดรั้ง="คานช่วงเดียวสองด้านไม่ต่อเนื่อง"];
If [rank= 2, การยึดรั้ง="คานปลายด้านหนึ่งต่อเนื่อง"];
If [rank= 3,การยึดรั้ง="คานปลายทั้งสองด้านต่อเนื่อง"];
If [rank= 4,การยึดรั้ง="คานยื่น"];

If[rank=1,
  dw=(100L/16);
  If[d>dw,
   dwC1 = " > ";dwC2=" (L/16) ดังนั้น ไม่ต้องตรวจสอบการโก่ง",
   dwC1 = " ≤ ";dwC2=" (L/16) ดังนั้น เลือกความลึกคานใหม่"];

If[ab≥0.8,
   Ch= " ≥ 0.8 เป็นคานลึก เลือกความลึกคานใหม",
   Ch= " < 0.8 (ผ่าน) ไม่เป็นคานลึก" ]];
```

```
If[rank=2,
  dw=(100L/18.5);
  If[d>dw,
   dwC1 = " > ";dwC2=" (L/18.5) ดังนั้น ไม่ต้องตรวจสอบการโก่ง",
   dwC1 = " ≤ ";dwC2=" (L/18.5) ดังนั้น เลือกความลึกคานใหม่"];

  If[ab≥0.4,
   Ch= " ≥ 0.4 เป็นคานลึก เลือกความลึกคานใหม่",
   Ch= " < 0.4 (ผ่าน)  ไม่เป็นคานลึก"]];

If[rank=3,
  dw=(100L/21);
  If[d>dw,
   dwC1 = " > ";dwC2=" (L/21) ดังนั้น ไม่ต้องตรวจสอบการโก่ง",
   dwC1 = " ≤ ";dwC2=" (L/21) ดังนั้น เลือกความลึกคานใหม่"]];

If[rank=4,
  dw=(100L/8);
  If[d>dw,
   dwC1 = " > ";dwC2=" (L/8) ดังนั้น ไม่ต้องตรวจสอบการโก่ง",
   dwC1 = " ≤ ";dwC2=" (L/8) ดังนั้น เลือกความลึกคานใหม่"]];
```

หาปริมาณเหล็กเสริมรับโมเมนต์บิด โดยกำหนดให้ Program หาค่า Ac , z

$$Ac = \left(b - 2*\left(\frac{plok}{10} + hoom\right)\right)*\left(h - 2*\left(\frac{plok}{10} + hoom\right)\right);$$

$$z = 2*\left(b - 2*\left(\frac{plok}{10} + hoom + \frac{up}{20}\right)\right) + 2*\left(h - 2*\left(\frac{plok}{10} + hoom + \frac{down}{20}\right)\right);$$

$$t = \left(\frac{100\,Mt*z}{2*Ac*fs}\right);$$

steel1 = SteelCheck[down, AsUse1];

steel2 = SteelCheck[up, AsUse2];

r = TorsionCheck[t][[2]];

steel3 = SteelCheck[up, t];

การเลือกจำนวนเหล็กเสริม และเหล็กด้านทานแรงบิด โดย Program จะนำค่าจาก Sub program ที่เรากำหนดไว้ข้างต้นนำมาเลือกจำนวนเส้นเหล็กเสริม

If[plok == 6, Av = 0.28];

If[plok == 9, Av = 0.64];

fv1 = 0.50 * fy1;

If[fv1 ≥ 1200, fv = 1200];

If[fv1 < 1200, fv = fv1];

$$Vd = \left(\frac{2\,V}{100\,L}\right)*\left(\frac{100\,L}{2} - d\right);$$

$$v = \frac{Vd}{b*d};$$

$$Vc = 0.29*\sqrt{(fcp)};$$

การหาระยะเรียงของเหล็กปลอก โดยจะหาค่า v , Vc , v' , V' และคำนวณระยะเรียง ดังนี้

$$vpam = v - Vc;$$

$$Vpam = vpam * b * d;$$

$$SPACING = \frac{2 * Av * fv * d}{Vpam};$$

$$SPACINGMAX = \frac{Av}{0.0015\ (100\ b)};$$

$$If\left[v \leq Vc,\ Sp = SPACINGMAX\right];$$

$$If\left[v > Vc,\right.$$

$$If\left[0.29\sqrt{(fcp)} < v \leq 0.795\sqrt{(fcp)},\ Sp = Min\left[\frac{SPACING}{100},\ \frac{d}{100 * 2},\ 0.60\right]\right];$$

$$If\left[0.795\sqrt{(fcp)} < v \leq 1.32\sqrt{(fcp)},\ Sp = Min\left[\frac{SPACING}{100},\ \frac{d}{100 * 4},\ 0.30\right]\right];$$

$$If\left[v > 1.32\sqrt{(fcp)},\ Sp = \text{"กำหนดใหม่"}\right];\left.\right];$$

ตรวจสอบค่าแรงยึดหน่วง

$$E1 = \text{BondCheck}[\text{down}][[2]];$$

$$E2 = \text{BondCheck}[\text{up}][[2]];$$

$$\mu 1 = \frac{V}{E2 * \text{steel1}[[3]] * j * d};$$

$$\mu 2 = \frac{V}{E1 * \text{steel2}[[3]] * j * d};$$

$$\text{DIA} = \text{Max}[\text{up}, \text{down}];$$

$$\mu\text{Che} = \frac{3.32\sqrt{(\text{fcp})}}{\frac{\text{DIA}}{10}};$$

$$\mu = \text{Max}[\mu 1, \mu 2];$$

$$\text{If}\left[\mu \le \mu\text{Che},\ \mu\text{CHE} = \text{" } \le \frac{3.32\sqrt{\text{fc'}}}{D}\text{"; DF = " ตรวจสอบแรงยึดหน่วง (ผ่าน)",}\right.$$

$$\left.\mu\text{CHE} = \text{" } > \frac{3.32\sqrt{\text{fc'}}}{D}\text{"; DF = " เลือกขนาดเหล็กเสริมใหม่หรือเพิ่มจำนวนเส้นเหล็กเสริม"}\right];$$

Output การแสดง Output จะใช้คำสั่ง Print ในการแสดงผลเพียงคำสั่งเดียว โดยกำหนดสัญลักษณ์และให้นำค่าจาก Calculate มาแสดง Output ดังนี้

```
output := Module[{},
    Print[UnderBar["Parameter ที่ใช้ในการออกแบบ"]];
    Print[" fc' = ", (fcp), "  ksc  , ", " n = ", Round[n], "
, k = ", NRound[k, 3], "  , j = ", NRound[j, 3]];
    Print[" fc = ",  fc  , "  ksc  ", ",  R = ", NRound[R, 3],
      "  ksc"];
    Print[ "  การยึดรั้ง = ",  การยึดรั้ง];
    Print["          "];
    Print[UnderBar["Calculate ผลการคำนวณ"]];
    Print[" Mr = ",  Mr, "  kg-m"];
    Print[" As' = ", NRound[As3, 3], " cm^2", AsCheck2, Asmin, " cm^2)
ปริมาณเหล็กเสริมรับแรงอัด = ", NRound[AsUse2, 3], " cm^2"];
    Print[" As = ",  NRound [As, 3], " cm^2", AsCheck1, Asmin, " cm^2)
ปริมาณเหล็กเสริมรับแรงดึง = ", NRound[AsUse1, 3], " cm^2"];
```

```
Print[" จำนวนเหล็กเสริมรับแรงอัด = ",steel2[[3]]"-DB ",up," mm."];
Print[" จำนวนเหล็กเสริมรับแรงดึง = ",steel1[[3]]"-DB ",down," mm."];
Print[" เหล็กปลอกรับแรงเฉือน  = ",plok,"-RB"," @ ",NRound[Sp,2] ," m."];
Print[" เหล็กเสริมรับโมเมนต์บิด  = ",r];
Print[UnderBar["Check! ตรวจสอบ"]];
Print[" L/b = ",cab,check];
Print[" h/L = ",NRound[ab,3],Ch];
Print[" d  = ", d,dwC1 ,dw,dwC2];
Print[" μ  = ", μ,μCHE ,"( ",μChe," )",DF];
If[signM==1, If[signM==1,
graphicBeam[{0.01b,0.01h,0.01hoom},{{down,steel1[[3]]},
{up,steel2[[3]]},{plok,NRound[Sp,3]}},{"-DB","-DB","RB"}],
graphicBeam[{0.01b,0.01h,0.01hoom},{{up,steel2[[3]]},
{down,steel1[[3]]},{plok,NRound[Sp,3]}},{"-DB","-DB","RB"}]] ;]
```