# บทที่ 4
# ผลการดำเนินการวิจัย

## 4.1 บทนำ

ในบทนี้ จะกล่าวถึงผลของการดำเนินงาน ซึ่งจะแสดงผลของการวิเคราะห์โครงสร้างบันไดคอนกรีตเสริมเหล็ก ด้วยวิธีหน่วยแรงใช้งาน ( working stress design ) ด้วยโปรแกรม Mathematica 5.1 แล้วเปรียบเทียบกับการวิเคราะห์ด้วยมือ ตามทฤษฎี โดยจะมีตัวอย่างที่จะคำนวณอยู่ เพื่อตรวจสอบว่าโครงสร้างที่ได้ทำการวิเคราะห์นั้นได้รับการ INPUT และประมวลผลอย่างถูกต้อง

ตัวอย่าง จะเป็นการออกแบบบันไดห้องเรียบ โดยในตัวอย่างนี้จะตรวจสอบรายการคำนวณระหว่างผลการคำนวณด้วยมือกับผลการคำนวณจากโปรแกรม แล้วทำการเปรียบเทียบว่าผลที่ได้จากการคำนวณด้วยมือนั้นแตกต่างกับโปรแกรม Mathematica 5.1 อย่างไร

4.2 ตัวอย่างการคำนวณและรายละเอียดโปรแกรม

# ออกแบบบันไดท้องเรียบ

## INPUT

In[52]:= **Tinput =**

| | | |
|---|---|---|
| ความสูงระหว่างชั้น | 3 | m |
| ความสูงช่วงบันได | 1.75 | m |
| ความยาวช่วงบันได | 2.25 | m |
| ลูกนอนกว้าง | 0.25 | m |
| ความหนา | 0.12 | m |
| น้ำหนักบรรทุกคงที่ | 460 | $kg / m^2$ |
| น้ำหนักบรรทุกจร | 300 | $kg / m^2$ |
| f'c | 210 | ksc |
| เหล็กชั้นคุณภาพ | SR24 | "SR24,SD30,SD40" |
| ระยะหุ้ม | 0.025 | m |
| โย้เหล็ก | 9 | mm |

;

```
Compute;
Output;
```

DATA

| | | |
|---|---|---|
| ความสูงระหว่างชั้น | 3 | m |
| ความสูงช่วงบันได | 1.75 | m |
| ความยาวช่วงบันได | 2.25 | m |
| ลูกนอนกว้าง | 0.25 | m |
| ความหนา | 0.12 | m |
| น้ำหนักบรรทุกคงที่ | 460 | $\frac{kg}{m^2}$ |

| | | |
|---|---|---|
| น้ำหนักบรรทุกจร | 300 | $\frac{kg}{m^2}$ |
| น้ำหนักรวม= | 760 | $kg/m^2$ |
| fc' | 210 | ksc |
| เหล็กชั้นคุณภาพ | SR24 | |
| fs | 1200 | ksc |
| ระยะห้ม | 0.025 | m |
| ใช้เหล็ก | 9 | mm |

(****** บันไดควรมีชานพักหรือไม่ก็ได้ ******)

.....

.....CALULATE PARAMETER.....

$$n = \frac{2040000}{15210\sqrt{fc'}} = 9$$

$$k = \frac{1}{1+\frac{fs}{(n*fc)}} = 0.414777$$

$$j = 1-\frac{k}{3} = 0.861741$$

$$R = \frac{1}{2}*fc*j*k = 16.8886 \text{ ksc}$$

.....CALULATE MOMENT AND SHEAR.....

$$M_{max} = \frac{W*L^2}{8} = 481 \text{ kg-m}$$

$$V_{max} = \frac{W*L}{2} = 855 \text{ kg}$$

.....CALULATE Effective Depth.....

$$\text{Minimum Effective Depth} = \sqrt{\frac{Mmax}{Rb}} = 5.33674 \text{ cm}$$

$$\text{Using Effective Depth} = \text{ความหนา} - \text{ระยะหุ้ม} - \frac{\text{ระยะเส้นผ่าศูนย์กลางเหล็กเสริม}}{2} = 0.0905 \text{ m}$$

.....Check Moment Require and Shear.....

$M_r = R*b*d^2 = 1383.22$ kg-m

$M_r > M_{max}$.....ใช้ได้

$Vc = 0.29\sqrt{fc'}*b*d = 3803.26$ kg

$Vc > V_{max}$.....ใช้ได้

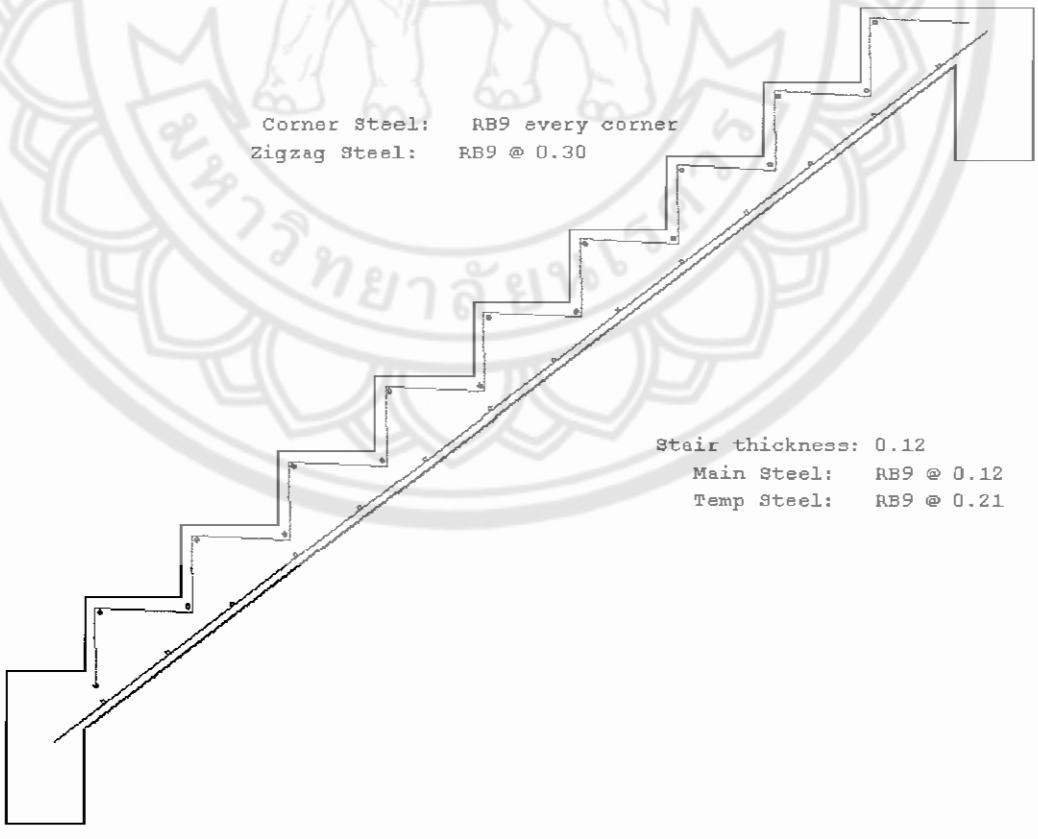
.....CALULATE Steel Area.....

$As = \frac{M_r}{fs*j*d} = 5.13971$ cm$^2$ use RB9 @ 0.12

u = 11 ksc

$E_0 = 1.0022$ cm

$A_{s-temp} = 3$ cm$^2$ use RB9 @ 0.21



# CALCULATION

```
Compute :=
 Block[{},
  ความสูงระหว่างชั้น = Tinput[[1, 2]];
  ความสูงช่วงบันได = Tinput[[2, 2]];
  L = Tinput[[3, 2]];
  ลูกนอนกว้าง = Tinput[[4, 2]];
  ความหนา = Tinput[[5, 2]];
  บรรทุกคงที่  = Tinput[[6, 2]];
  บรรทุกจร = Tinput[[7, 2]];
  fc' = Tinput[[8, 2]];
  เหล็กชั้นคุณภาพ = Tinput[[9, 2]];
  ระยะหุ้ม = Tinput[[10, 2]];
  dmain = Tinput[[11, 2]];
```

$$\text{If}\left[\text{เหล็กชั้นคุณภาพ} == \text{SR24},\ \left\{\text{fymain} = 2400,\ \text{fsmain} = 1200,\ u = N\left[\frac{1.615\sqrt{fc'}}{(\text{dmain}/10)}\right],\right.\right.$$

$$\left.\left.\text{If}[u \geq 11,\ u = 11],\ \text{nameu} = "\frac{1.615\sqrt{fc'}}{(\text{diameter main steel}/10)} = "\right\},\right.$$

$$\text{If}\left[\text{เหล็กชั้นคุณภาพ} == \text{SD30},\ \left\{\text{fymain} = 3000,\ \text{fsmain} = 1500,\ u = N\left[\frac{3.35\sqrt{fc'}}{(\text{dmain}/10)}\right],\right.\right.$$

$$\left.\left.\text{If}[u \geq 35,\ u = 35],\ \text{nameu} = "\frac{3.35\sqrt{fc'}}{(\text{diameter main steel}/10)} = "\right\},\right.$$

$$\text{If}\left[\text{เหล็กชั้นคุณภาพ} == \text{SD40},\ \left\{\text{fymain} = 4000,\ \text{fsmain} = 1700,\ u = N\left[\frac{3.35\sqrt{fc'}}{(\text{dmain}/10)}\right],\right.\right.$$

$$\left.\left.\text{If}[u \geq 35,\ u = 35],\ \text{nameu} = "\frac{3.35\sqrt{fc'}}{(\text{diameter main steel}/10)} = "\right\},\right.$$

```
เหล็กชั้นคุณภาพ = " Select main steel quality "]]];
```

$$fc = N[0.45 * fc'];$$

$$n = \text{Round}\left[2040000 / \left(15210\sqrt{fc'}\right)\right];$$

$$k = N[1 / (1 + (fsmain / (n * fc)))];$$

$$j = N[1 - k / 3];$$

$$R = N[0.5 * fc * j * k];$$

$$dl = \text{Round}[N[2400 * \text{ความหนา}]];$$

$$w = \text{Round}[N[\text{บรรทุกคงที่} + \text{บรรทุกจร}]];$$

$$M_{max} = \text{Round}\left[N\left[\frac{w * L^2}{8}\right]\right];$$

$$V_{max} = \text{Round}\left[N\left[\frac{w * L}{2}\right]\right];$$

$$d = \text{ความหนา} - \text{ระยะหุ้ม} - \frac{(dmain / 1000)}{2};$$

$$dmin = N\left[\sqrt{\frac{(M_{max} * 100)}{(R * 100)}}\right];$$

$$M_r = N[R * (d * 100)^2];$$

$$Vc = N\left[\left(0.29\sqrt{fc'}\right) * 100 * d * 100\right];$$

$$As = N\left[\frac{M_{max}}{fsmain * j * d}\right];$$

$$E_0 = N\left[\frac{V_{max}}{u * j * dmain * 10}\right];$$

$$A_{s\text{-}temp} = \text{Round}[N[0.0025 * 100 * \text{ความหนา} * 100]]];$$

## Module for OUTPUT

```
Output :=
 Block[{},
  Print[""];
  Print[TableForm[
    {{"DATA", "", ""},
     {"ความสูงระหว่างชั้น", ความสูงระหว่างชั้น, "m"},
     {"ความสูงช่วงบันได", ความสูงช่วงบันได, "m"},
     {"ความยาวช่วงบันได", L, "m"},
     {"ลูกนอนกว้าง", ลูกนอนกว้าง, "m"},
     {"ความหนา", ความหนา, "m"},
     {"น้ำหนักบรรทุกคงที่ ", บรรทุกคงที่ , "kg/m^2"},
     {"น้ำหนักบรรทุกจร", บรรทุกจร, "kg/m^2"},
     {"น้ำหนักรวม=", w, "kg/m^2"},
     {"fc'", fc', "ksc"},
     {"เหล็กชั้นคุณภาพ", เหล็กชั้นคุณภาพ},
     {"fs", fsmain, "ksc"},
     {"ระยะหุ้ม", ระยะหุ้ม, "m"},
     {"ใช้เหล็ก", dmain, "mm"}}]];

If[ความสูงระหว่างชั้น > 3, Print["(****** บันไดต้องมีชานพัก ******)"],
 If[ความสูงระหว่างชั้น <= 3, Print["(****** บันไดควรมีชานพักหรือไม่ก็ได้ ******)"]]];
Print["..................................................."];
Print["..............CALULATE PARAMETER................."];
```

Print["n = $\frac{2040000}{15210\sqrt{fc'}}$ = ", n];

If[n < 6, Print["n less then 6"]];

Print["k = $\frac{1}{1+\frac{fs}{(n*fc)}}$ = ", k];

Print["j = $1-\frac{k}{3}$ = ", j];

Print["R = $\frac{1}{2}$*fc*j*k = ", R, " ksc"];

Print[".....CALULATE MOMENT AND SHEAR....."];

Print["$M_{max}$ = $\frac{w*L^2}{8}$=", $M_{max}$, " kg-m"];

Print["$V_{max}$ = $\frac{w*L}{2}$=", $V_{max}$, " kg"];

Print[".....CALULATE Effective Depth....."];

Print["Minimum Effective Depth = $\sqrt{\frac{Mmax}{Rb}}$ = ", dmin, " cm"];

Print["Using Effective Depth =ความหนา-ระยะหุ้ม-$\frac{\text{ระยะเส้นผ่าศูนย์กลางเหล็กเสริม}}{2}$= ", d, " m"];

Print[".....Check Moment Require and Shear....."];

Print["$M_r$ = R*b*$d^2$= ", $M_r$, " kg-m"];

If[$M_r$ > $M_{max}$, Print["$M_r$ > $M_{max}$.....ใช้ได้ "], If[$M_r$ < $M_{max}$, Print["$M_r$ < $M_{max}$.....ใช้ไม่ได้ "]]];

Print["Vc =0.29$\sqrt{fc'}$*b*d = ", Vc, " kg"];

If[Vc > $V_{max}$, Print["Vc > $V_{max}$.....ใช้ได้ "], If[Vc < $V_{max}$, Print["Vc < $V_{max}$.....ใช้ไม่ได้ "]]];

```
Print["..........CALULATE Steel Area................."];
useSteel = AsCompute[{As, As-temp, E0}, {dmain, เหล็กขึ้นคุณภาพ}];
Print["As = Mr / (fs * j * d) =", As, " cm^2 use ", useSteel[[1]]];
Print["u = ", u, " ksc"];
Print["E0 = ", E0, " cm"];
Print["As-temp = ", As-temp, " cm^2 use ", useSteel[[2]]];
Stair[{L, ความสูงช่วงบันได, Round[L / ลูกนอนกว้าง], ความหนา}, {0.20, 0.40},
 {ระยะพุ้ม, 0.009, "RB9 every corner"}, {0.009, "RB9 @ 0.30"},
 {0.001 dmain, useSteel[[1]]}, {0.001 dmain, useSteel[[3]], useSteel[[2]]}];
```

---

# Module for Graphics

```
In[25]:= NRound[x_, digit_: 2] := If[NumericQ[x], N[Round[x*10^digit] / 10^digit], x, x]

In[26]:= AsCompute[{As_, Ast_, E0_}, {dmain_, SRD_}] :=
    Module[{As1Z, Ps1Z},
     As1Z = Pi / 4 * (0.1 dmain)^2;
     Ps1Z = (Pi 0.1 dmain);
     "----------------------------------------";
    sSZ = NRound[1 / Max[As / As1Z, E0 / Ps1Z]];
    sStZ = NRound[1 / (Ast / As1Z)];
    If[SRD = SR24, sText = "RB" <> ToString[dmain] <> " @ " <> ToString[sSZ];
     stText = "RB" <> ToString[dmain] <> " @ " <> ToString[sStZ]];
    If[Or[SRD = SD30, SRD = SD40],
     sText = "DB" <> ToString[dmain] <> " @ " <> ToString[sSZ];
     stText = "DB" <> ToString[dmain] <> " @ " <> ToString[sStZ]];
    {sText, stText, sStZ}]
```

```
In[27]:= Stair[{L_, H_, n_, t_}, {Bb_, Bh_}, {cov_, corner_, txtcorn_},
    {zigzag_, txtzigzag_}, {main_, txtmain_}, {temp_, stemp_, txttemp_}] :=
   Module[{},
    "--- Stair Frame ----------";
    hZ = H / n; lZ = L / n; vLZ = {};
    Do[AppendTo[vLZ, (i - 1) {lZ, hZ}];
     AppendTo[vLZ, {(i - 1) lZ, i hZ}], {i, 1, n}];
    AppendTo[vLZ, {L, H}];
    tvZ = (t / L) Sqrt[H^2 + L^2];
    vTZ = {{0, 0}, {-Bb, 0}, {-Bb, -Bh}, {0, -Bh}, {0, -tvZ}, {L, H - tvZ},
      {L, H - Bh}, {L + Bb, H - Bh}, {L + Bb, H}, {L, H}};
   "--- Corner Steel ----------";
   dcZ1 = (cov + 0.5 corner);
   dcZ2 = (cov + zigzag + 0.5 corner);
   dcZ3 = (cov + zigzag + 1.5 corner);
   sinZ = H / Sqrt[H^2 + L^2];
   cosZ = L / Sqrt[H^2 + L^2];
   tcZ = {dcZ3 {sinZ, -cosZ}, dcZ2 {1, -1}};
  Do[
   tcZ = Join[tcZ, {dcZ1 {sinZ, -cosZ}, dcZ2 {1, -1}}], {i, 0.5 Length[vLZ] - 1}];
  AppendTo[tcZ, (dcZ3 + cov) {sinZ, -cosZ}];
  vCZ = Delete[vLZ + tcZ, -1];
  tvCZ = Table[Circle[vCZ[[i]], 0.5 corner], {i, Length[vCZ]}];
  "--- Zigzag Steel ----------";
  tcZ2 = {};
  Do[
   tcZ2 = Join[tcZ2, {dcZ3 {sinZ, -cosZ}, cov {1, -1}}], {i, 0.5 Length[vLZ]}];
  AppendTo[tcZ2, dcZ3 {sinZ, -cosZ}];
  tvCZ2 = Line[vLZ + tcZ2];
  "--- Main Steel ----------";
  tmZ = (t - cov) Sqrt[H^2 + L^2] / L;
  tvmZ = Line[{{-0.5 Bb cosZ, -0.5 Bb sinZ - tmZ},
```

```
    {L + 0.5 Bb cosZ, H + 0.5 Bb sinZ - tmZ}}];
"--- Temp Steel -------------------------";
ttZ = (t - cov - 0.5 temp) Sqrt[H^2 + L^2] / L;
nt = Floor[Sqrt[H^2 + L^2] / stemp];
sxtN = stemp cosZ; sytN = stemp sinZ;
vttZ = Table[
  {0.5 (L - nt sxtN), 0.5 (H - nt sytN) - ttZ} + i {sxtN, sytN}, {i, 0, nt}];
tvtZ = Table[Circle[vttZ[[i]], 0.5 temp], {i, Length[vttZ]}];
 "--- Text-------------------------";
 vText = Text[
   {{"Stair thickness: " <> ToString[t]},
     {"   Main Steel:   " <> txtmain},
     {"   Temp Steel:   " <> txttemp}} // TableForm, {0.65 L, 0.3 H}, {-1, 0}];
 wText = Text[
   {{"   Corner Steel:   " <> txtcorn},
     {"  Zigzag Steel:   " <> txtzigzag}} // TableForm, {0.15 L, 0.8 H},
   {-1, 0}];
 "----------------------------------------";
 Show[Graphics[{Line[vLZ], Line[vTZ], tvCZ, RGBColor[1, 0, 0], tvCZ2,
    RGBColor[0, 0, 1], tvmZ, tvtZ, vText, wText}], AspectRatio → Automatic]]
```