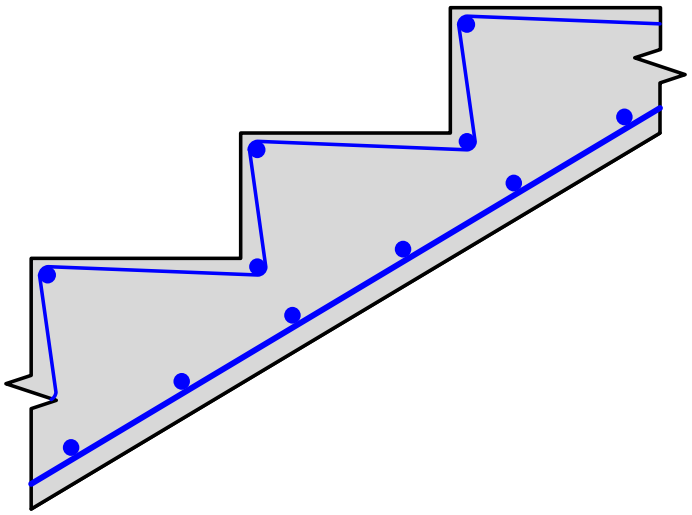
7

Design of Stairs



- ชนิดของพื้นบันไดและขนาดขั้นบันได
- บันไดพาดช่วงกว้างระหว่างคานแม่บันได
- บันไดพาดทางช่วงยาว
- บันไดแบบยื่นจากคานชิดกำแพง

Mongkol JIRAVACHARADET

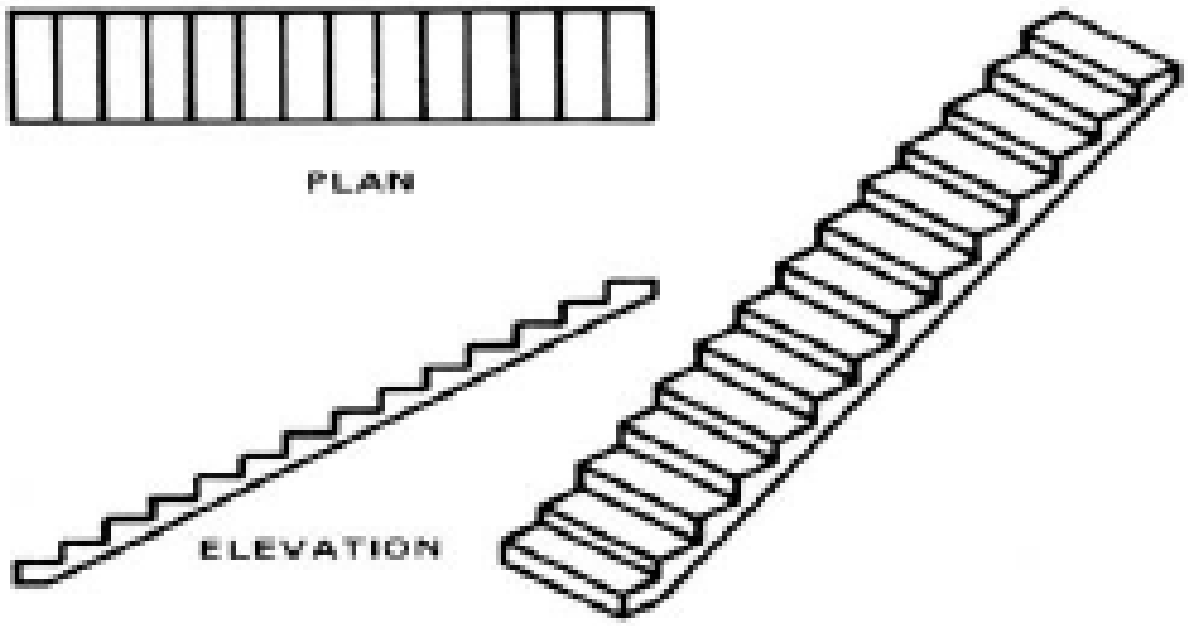
SURANAREE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

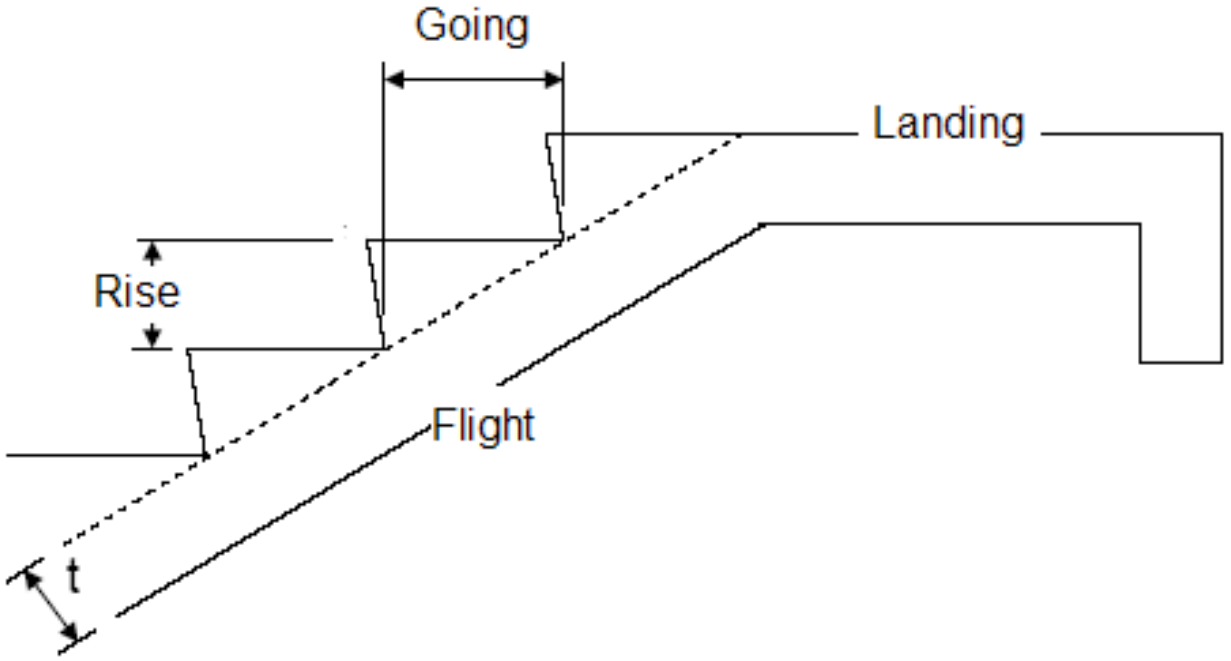
INSTITUTE OF ENGINEERING

SCHOOL OF CIVIL ENGINEERING

Stair Type

Straight Stairs





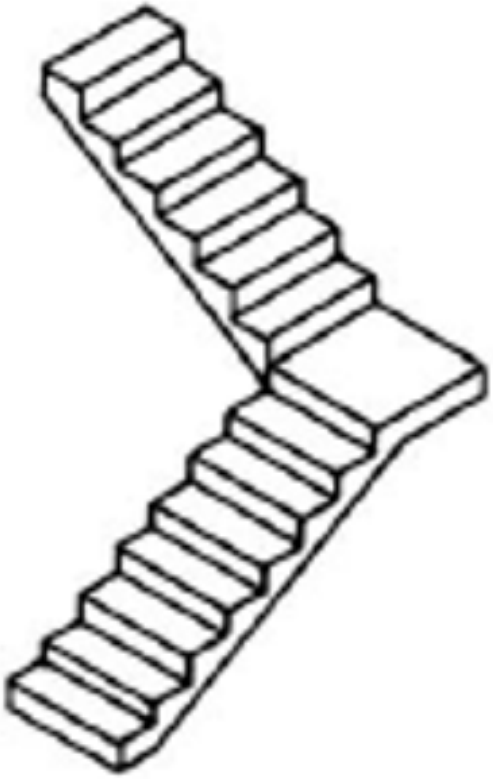
Stair Type

Quarter-turn Stairs

- One landing with a turn
- Used when little space is available

PLAN

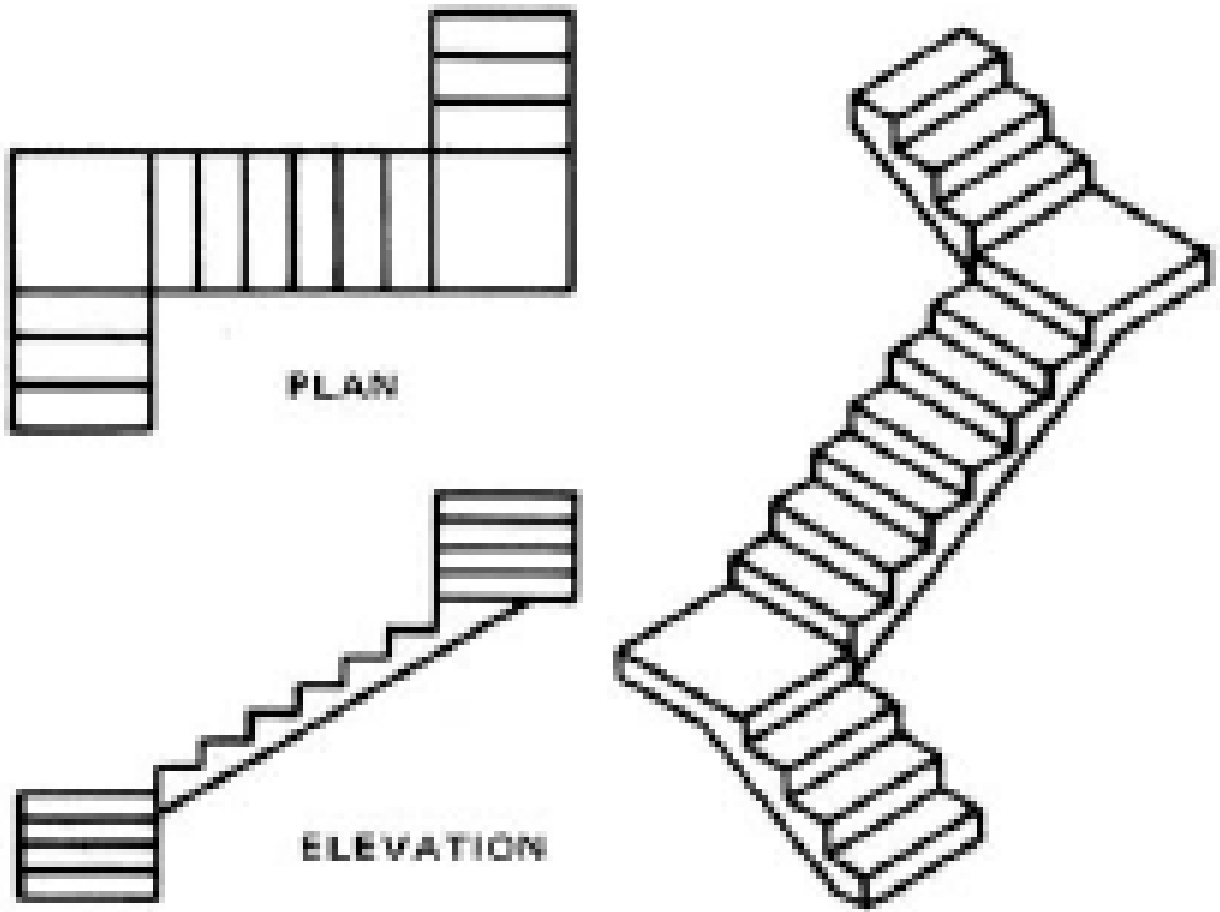
ELEVATION



Stair Type

Double-L Stairs

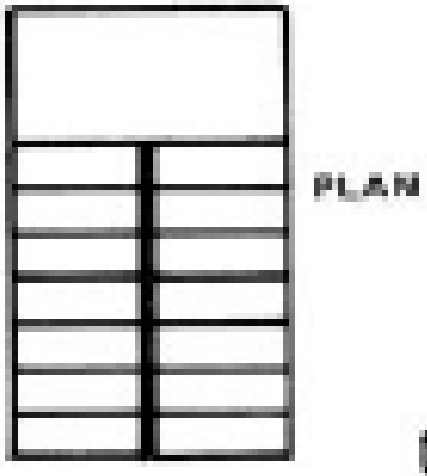
a. Two 90 degree turns, and two landings
b. Not U shaped
c. Often used in residential construction



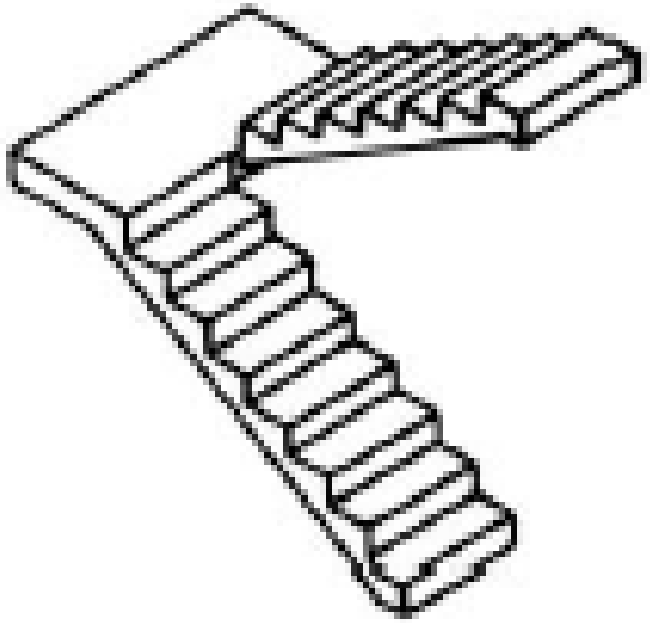
Stair Type

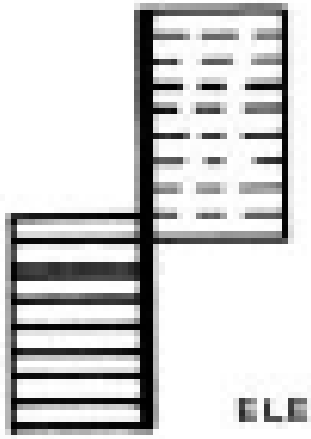
U Stairs

a. Two flights of parallel stairs
b. Introduces a landing midway the run
c. May be open or closed



PLAN



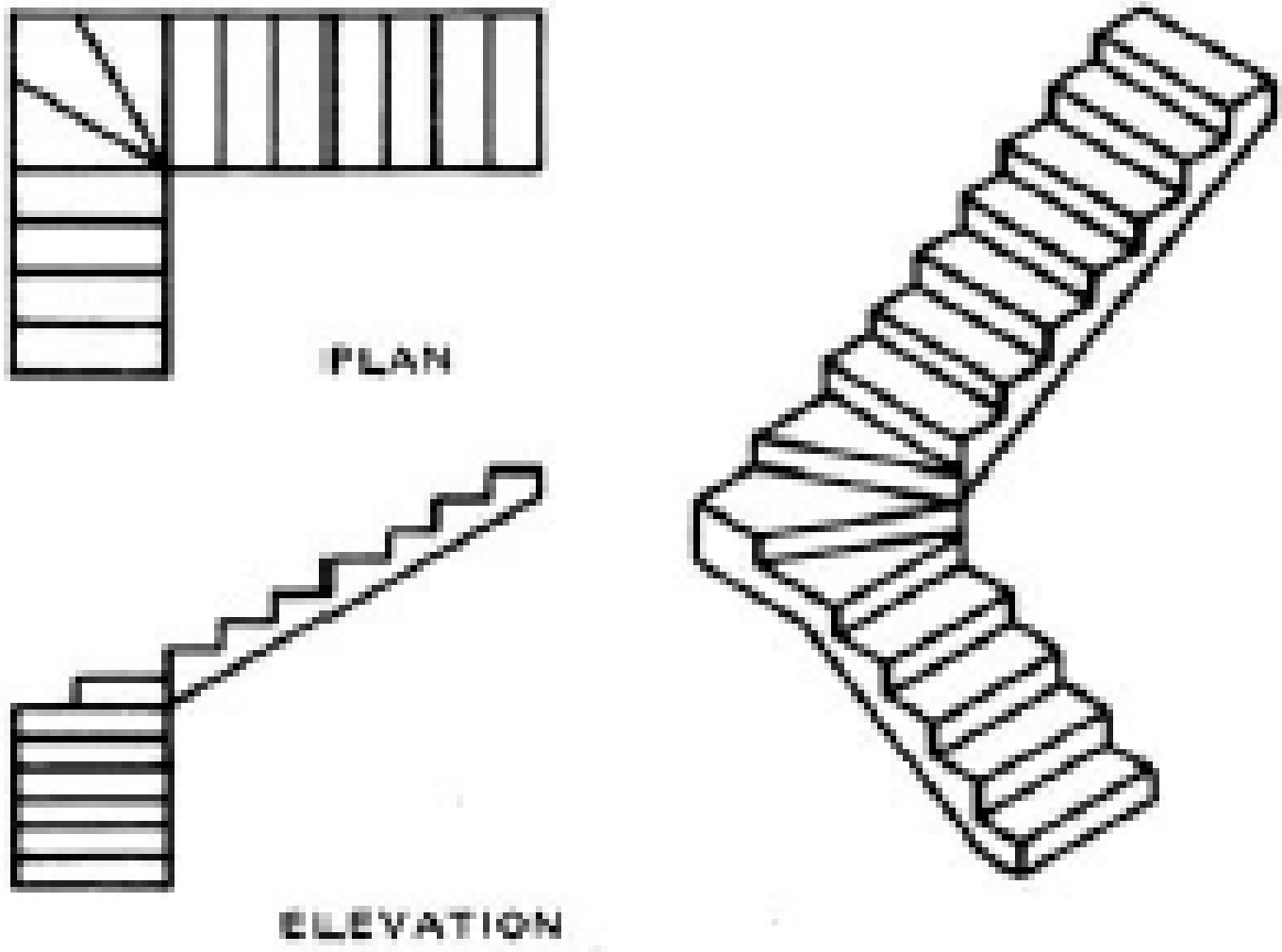


ELEVATION

Stair Type

Winder Stairs

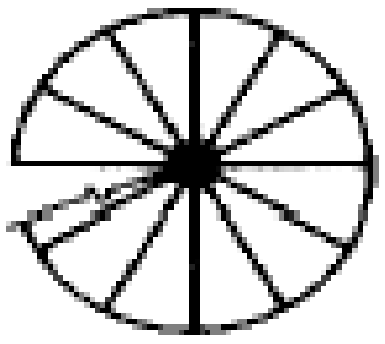
a. Used in place of a landing
b. Pie-shaped (triangular) steps
c. Mid-point width should be equal to regular tread width.
d. Not very safe



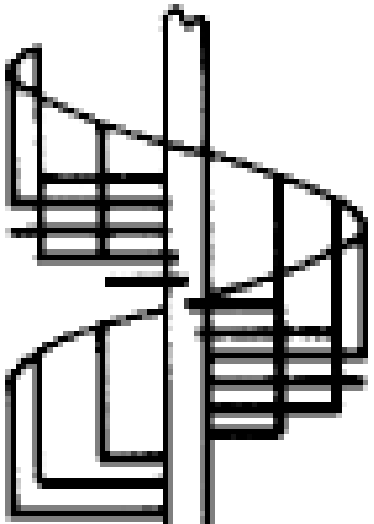
Stair Type

Spiral Stairs

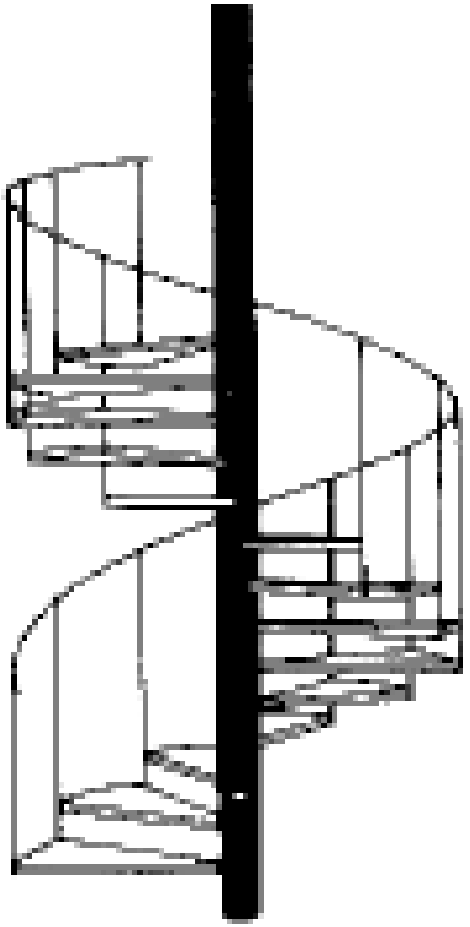
a. Rise in a circle about a point
b. Decorative styles can be used
c. Used where little space is available



PLAN

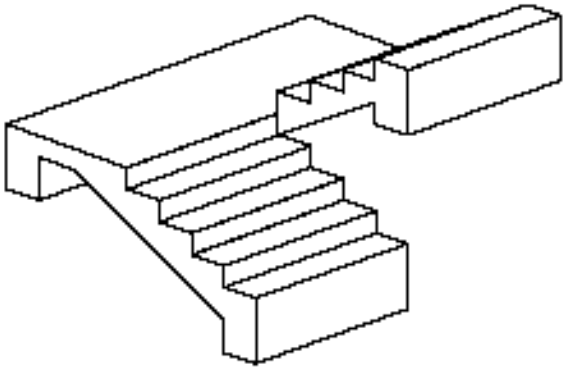


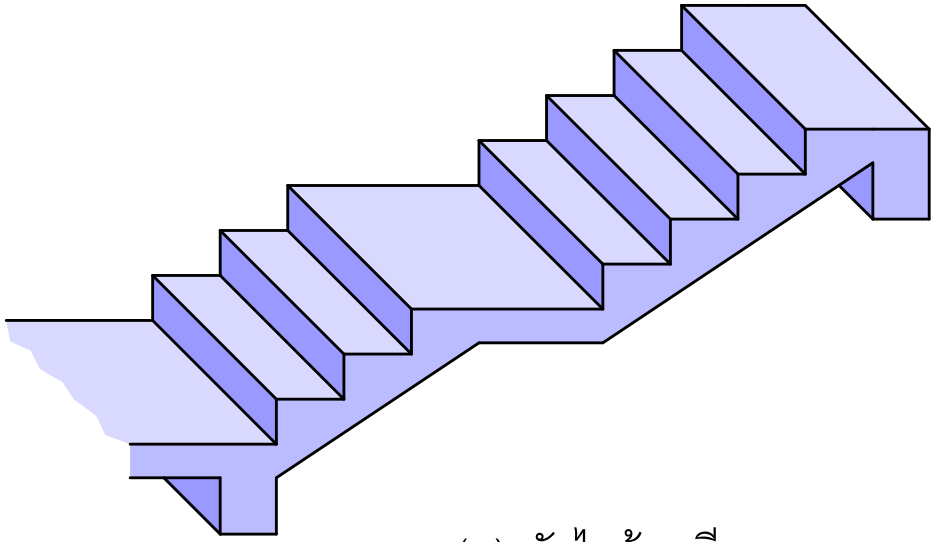
ELEVATION



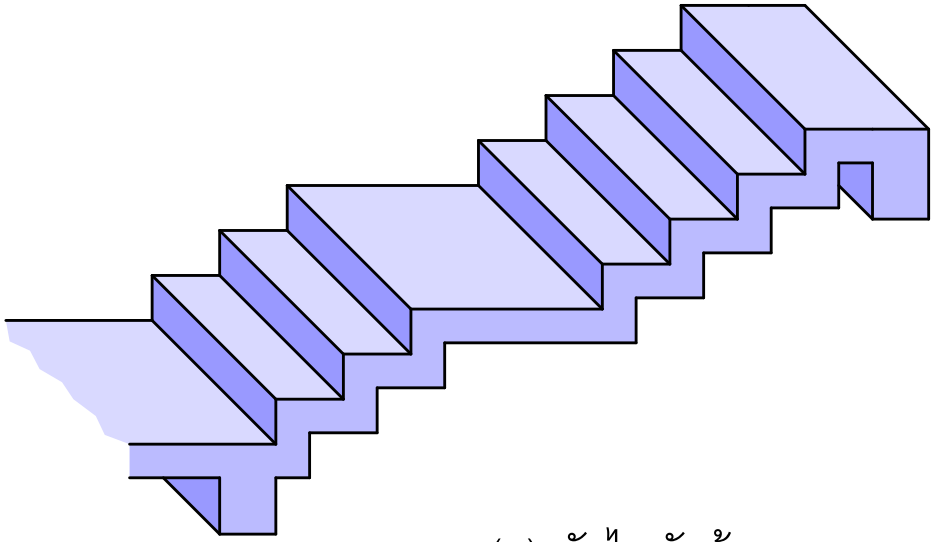
Stair Type based on Loading Type

Longitudinally supported stair





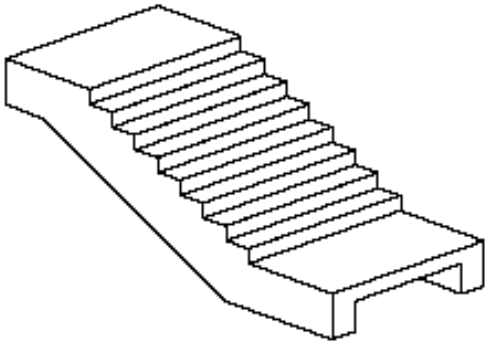
(ก) บันไดท้องเรียบ

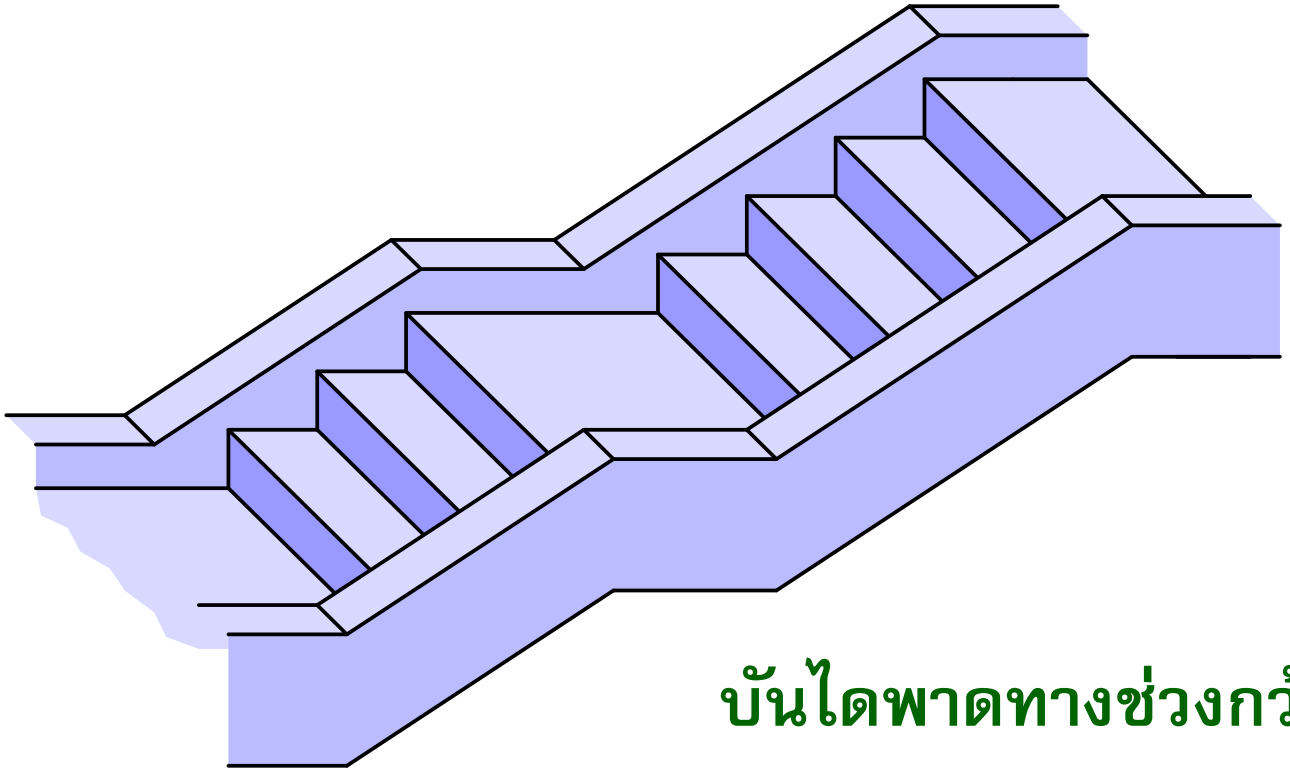


(ข) บันไดพับผ้า

Stair Type based on Loading Type

Simply supported stair
(transversely supported)

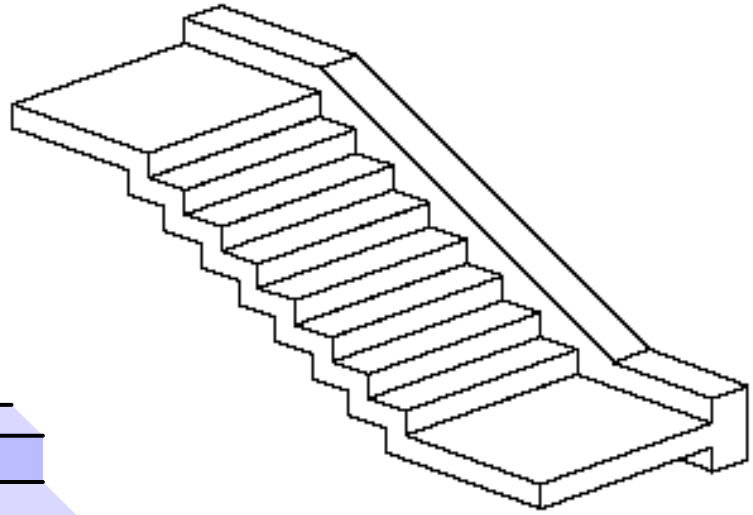


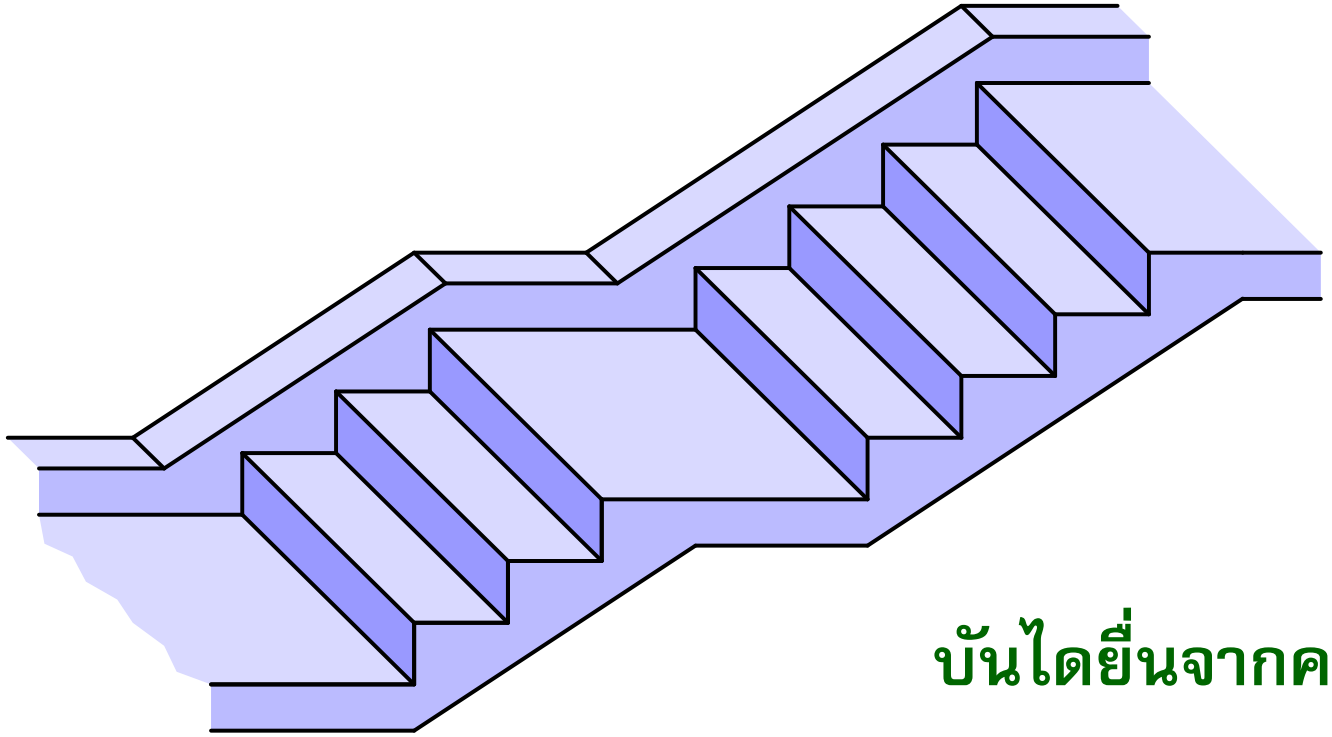


บันไดพาดทางช่วงกว้าง

Stair Type based on Loading Type

Cantilever stair

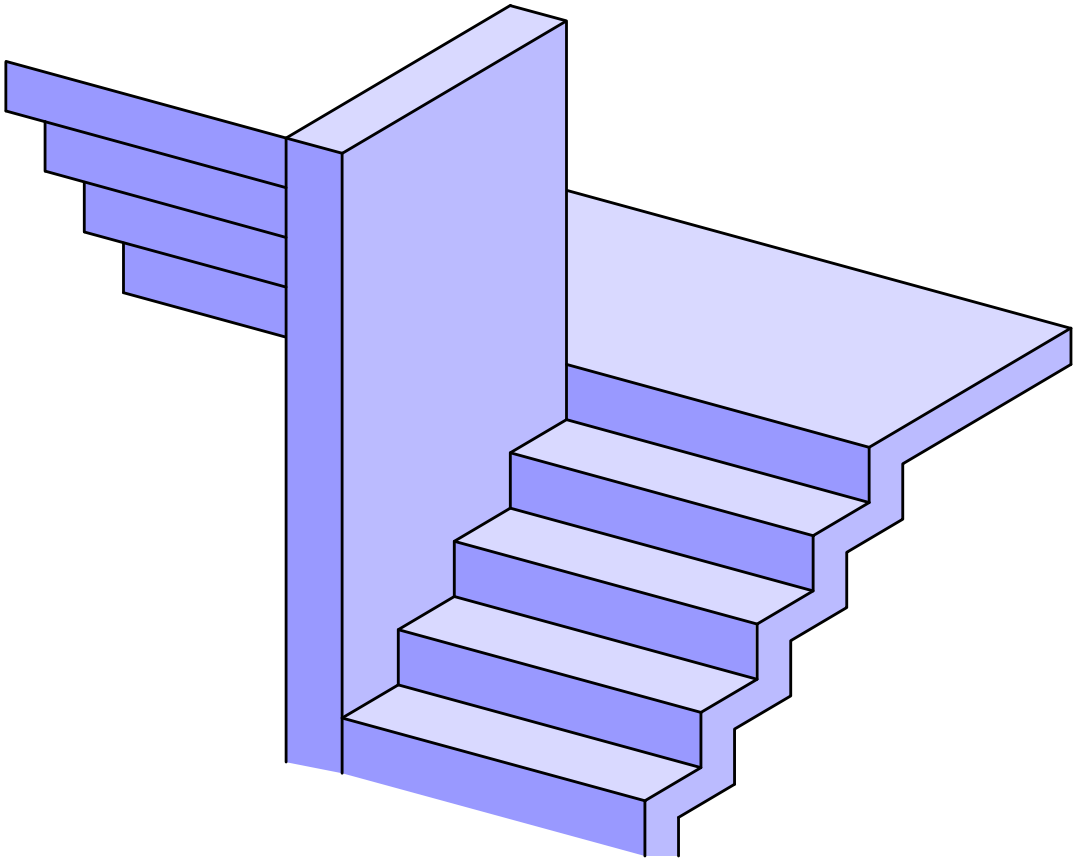




บันไดยื่นจากคานแม่บันได

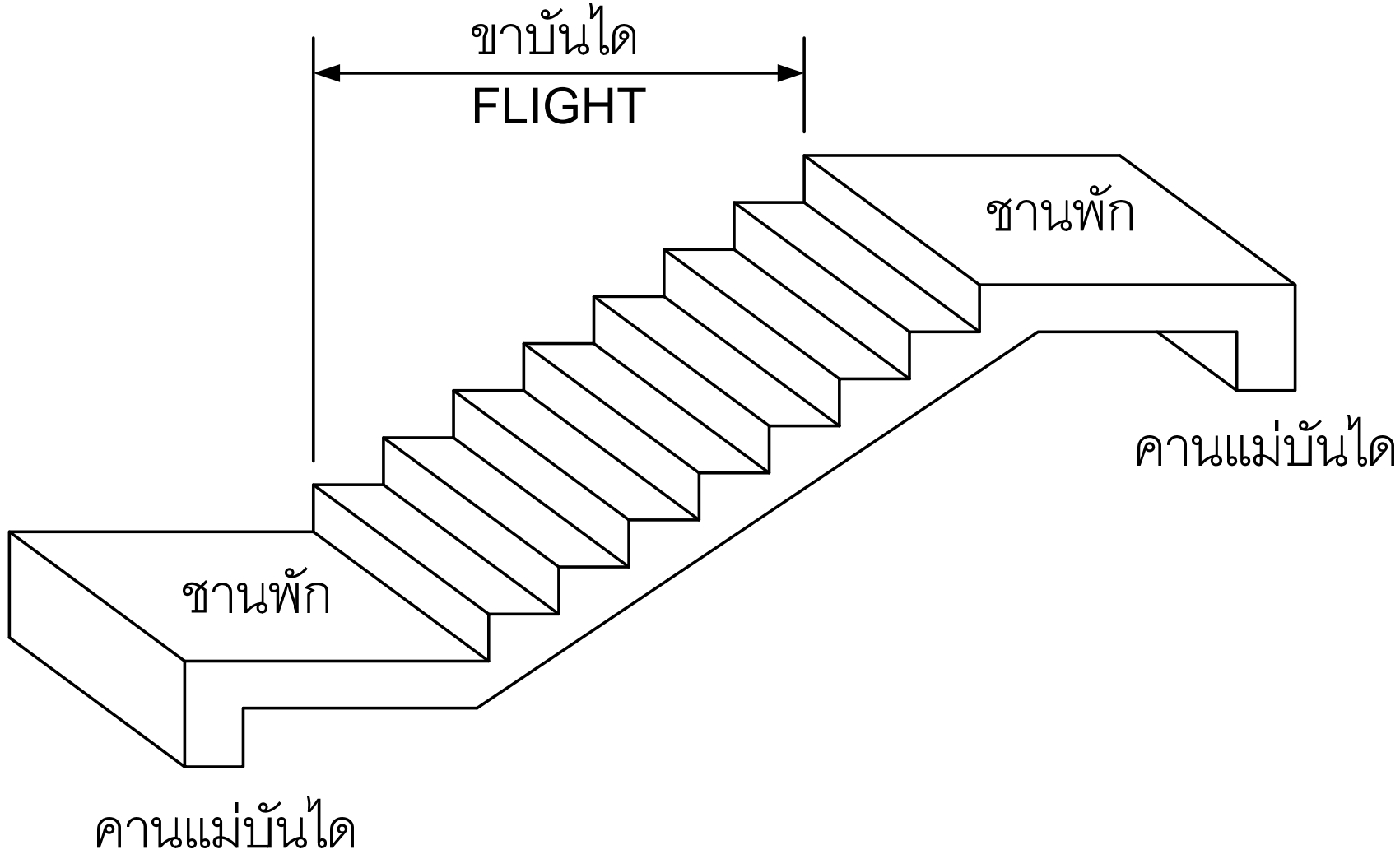
Stair Type based on Loading Type

Cantilever stair



บันไดยื่นจากผนัง

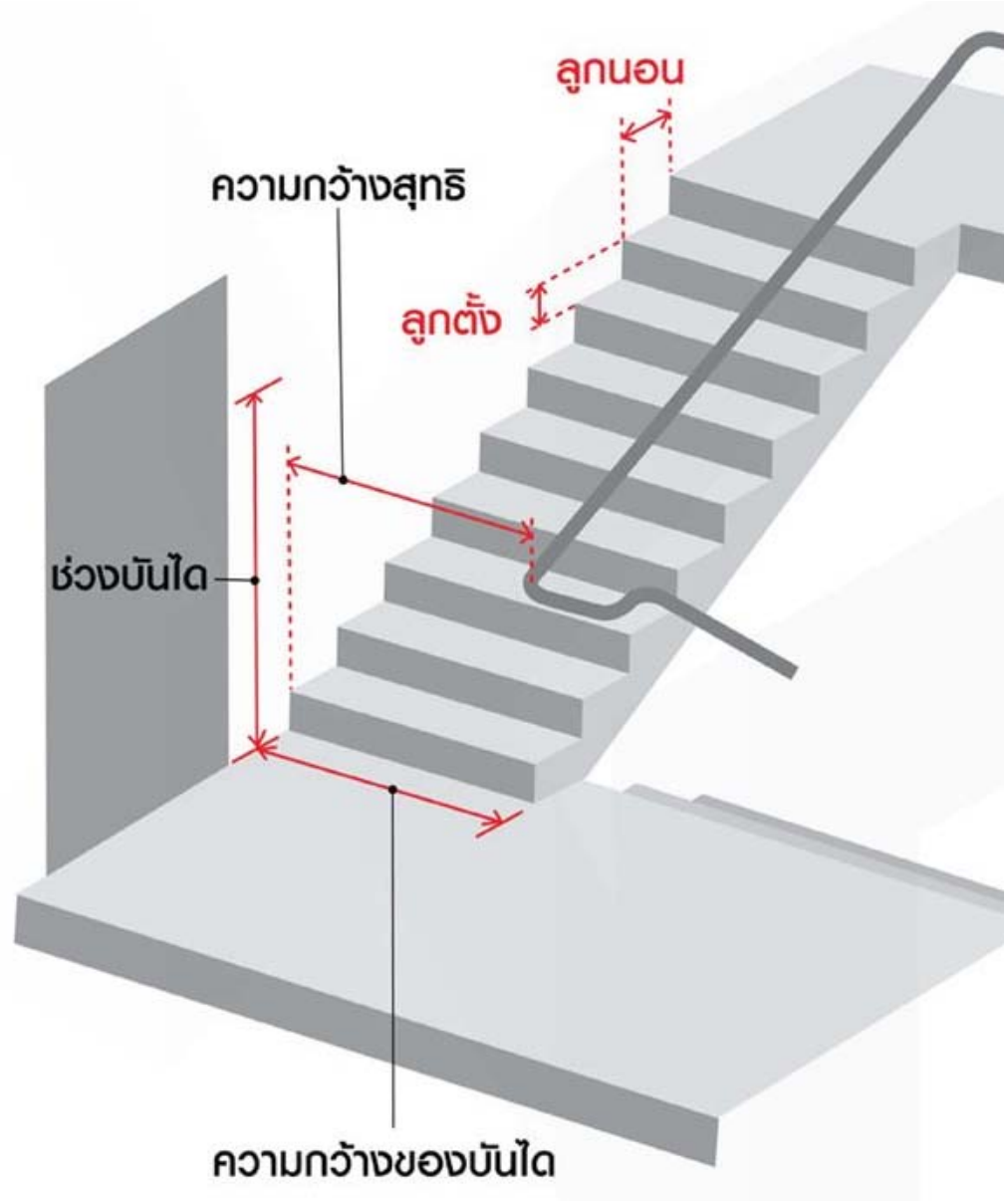
องค์ประกอบบันได



Stair Dimensions

ขนาดบันไดสำหรับบ้านพักอาศัยใน กฎกระทรวงฉบับที่ 55 (พ.ศ. 2543)

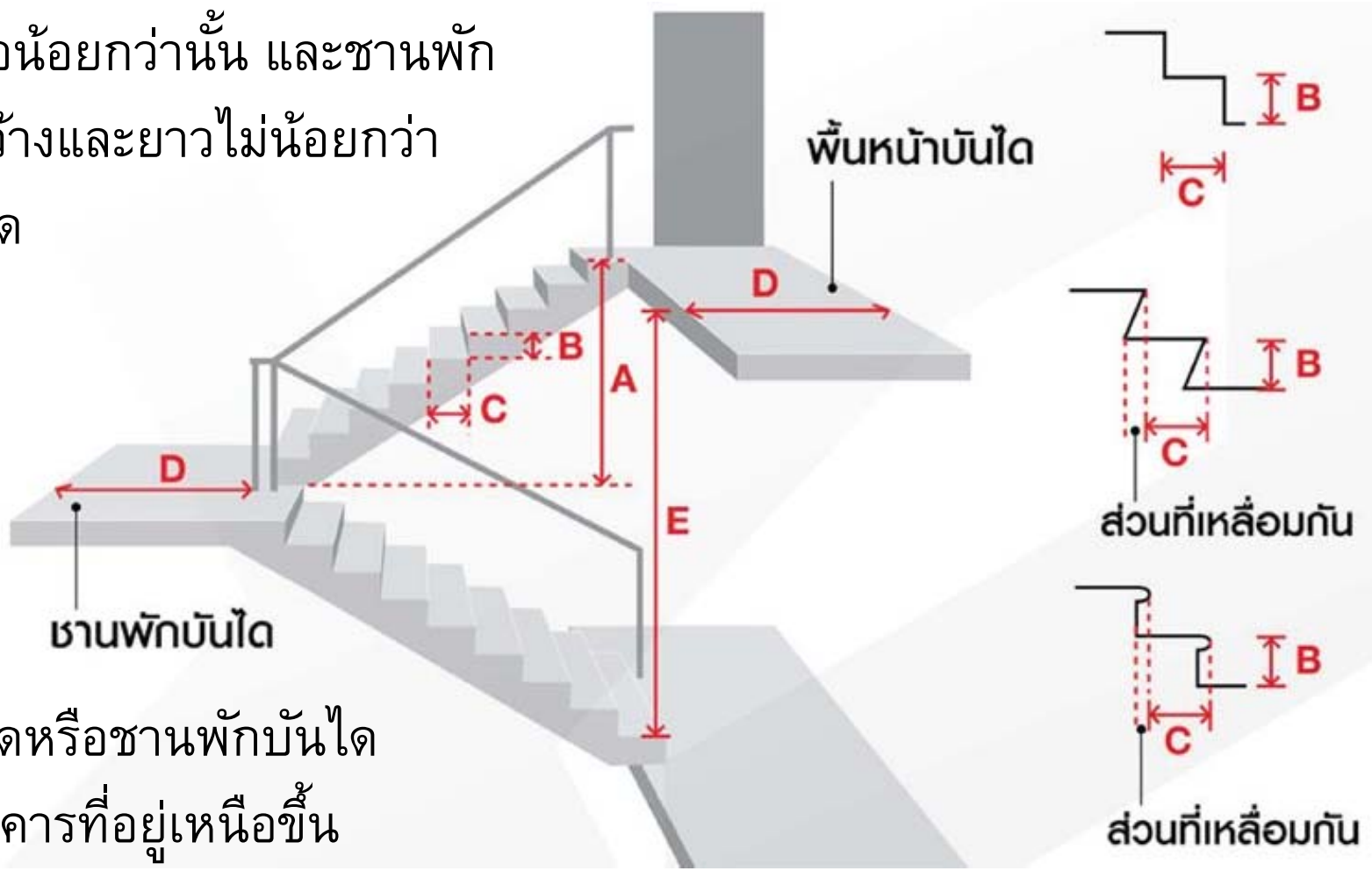
ข้อ 23 บันไดของอาคารอยู่อาศัยถ้ามีต้องมีอย่างน้อยหนึ่งบันไดที่มีความกว้างสุทธิไม่น้อยกว่า 80 เซนติเมตร ช่วงหนึ่งสูงไม่เกิน 3 เมตร ลูกตั้งสูงไม่เกิน 20 เซนติเมตร ลูกนอนเมื่อหักส่วนที่ขั้นบันไดเหลื่อมกันออกแล้วเหลือความกว้างไม่น้อยกว่า 22 เซนติเมตร และต้องมีพื้นหน้าบันไดมีความกว้างและยาวไม่น้อยกว่าความกว้างของบันได



Stair Dimensions

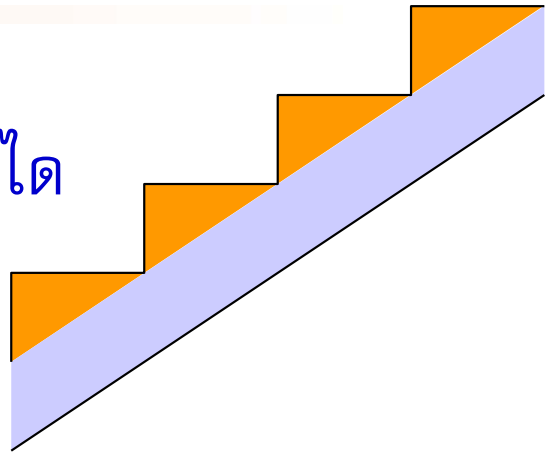
ขนาดบันไดสำหรับบ้านพักอาศัยใน กฎกระทรวงฉบับที่ 55 (พ.ศ. 2543)

บันไดที่สูงเกิน 3 เมตร ต้องมีชานพักบันได ทุกช่วง 3 เมตร หรือน้อยกว่านั้น และชานพักบันไดต้องมีความกว้างและยาวไม่น้อยกว่าความกว้างของบันได



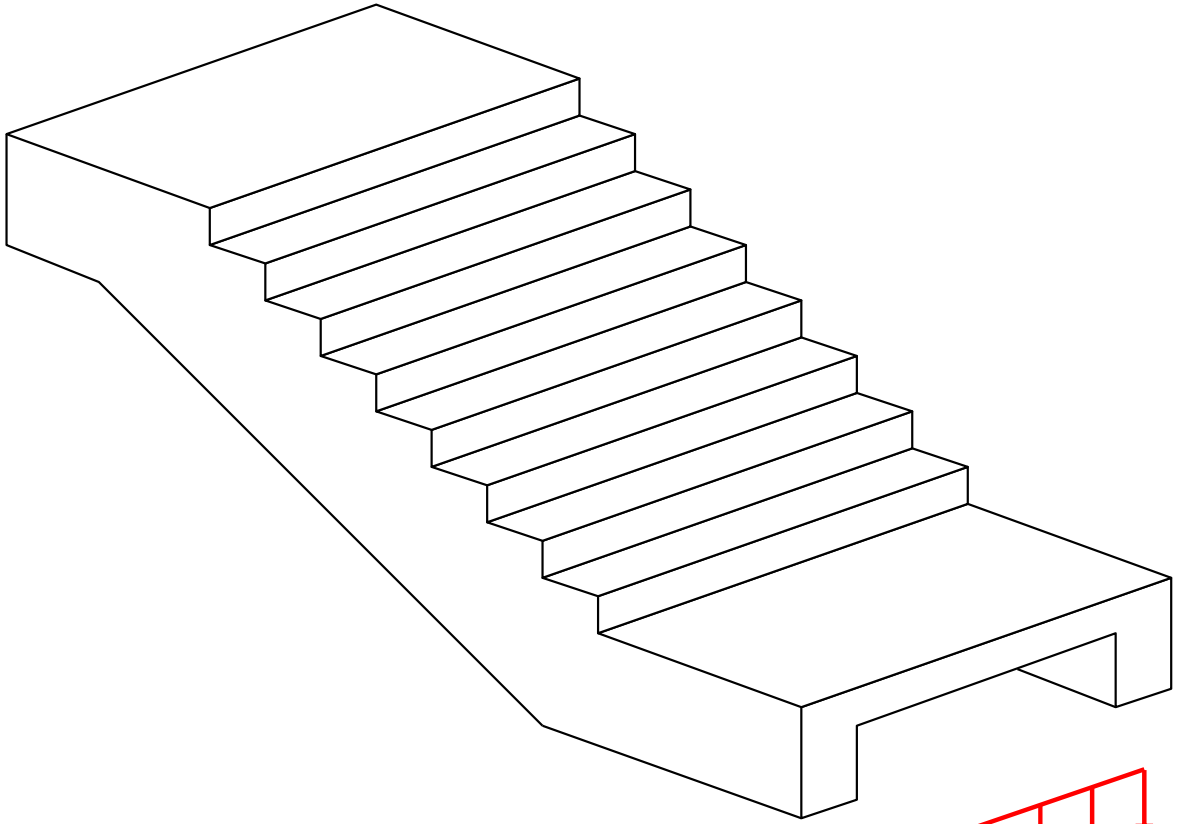
ระยะดิ่งจากขั้นบันไดหรือชานพักบันได ถึงส่วนต่ำสุดของอาคารที่อยู่เหนือขึ้นไปต้องสูงไม่น้อยกว่า 1.90 เมตร

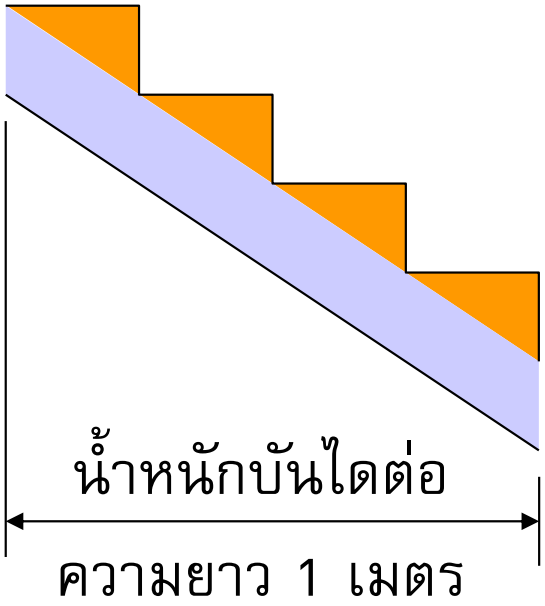
น้ำหนักที่กระทำต่อบันได

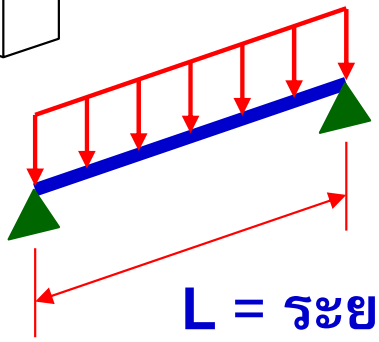


- น้ำหนักตัวบันไดเอง (DL) = พื้นบันได + ขั้นบันได
- น้ำหนักจร (LL) ใช้ตามข้อกำหนด
- น้ำหนักวัสดุปูผิว (SDL) : หินขัด, หินแกรนิต, ไม้
- น้ำหนักส่วนประกอบอื่นๆ เช่น ราวบันได, ผนัง, งานระบบ

บันไดพาดทางช่วงกว้างระหว่างคานแม่บันได

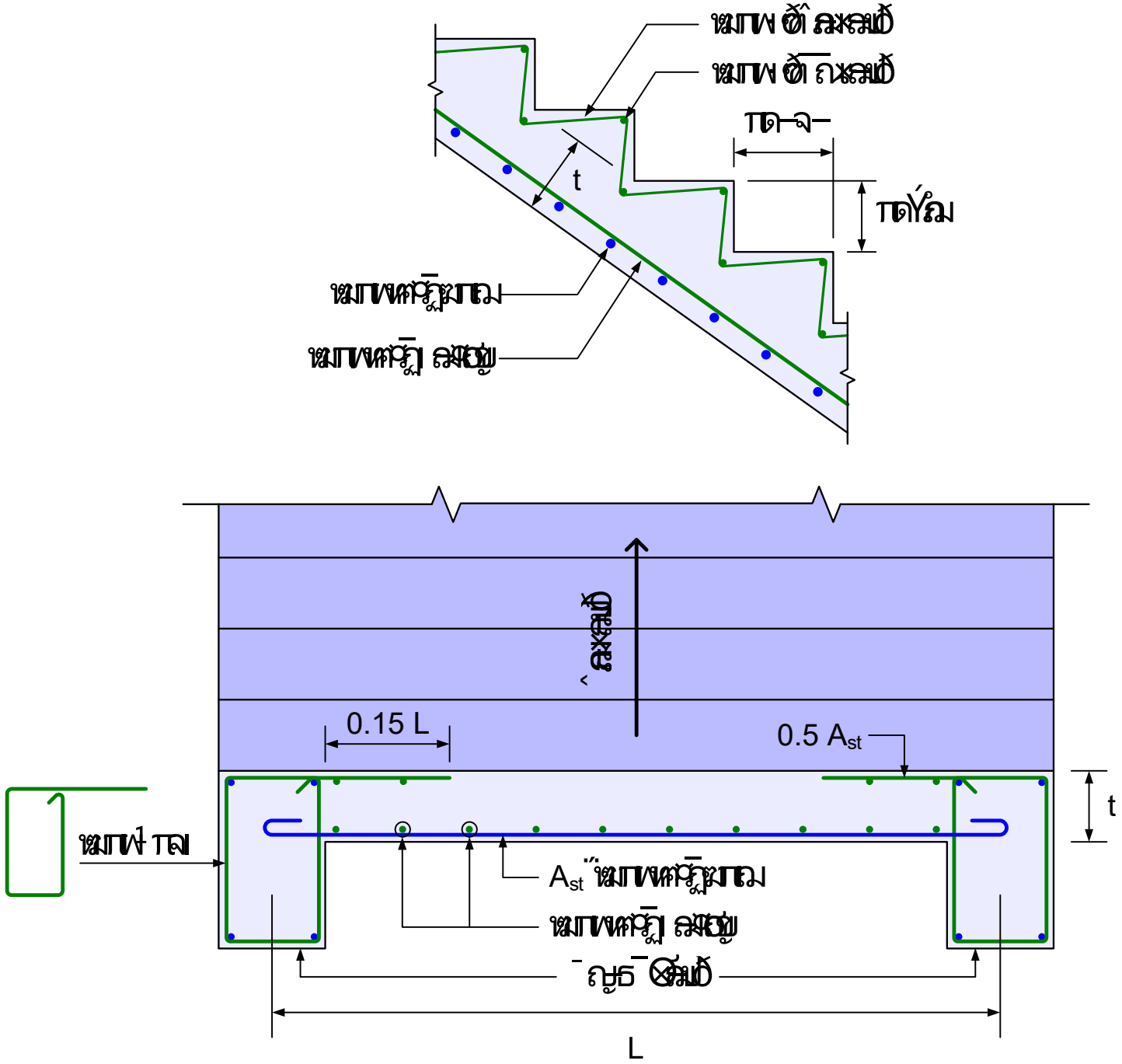




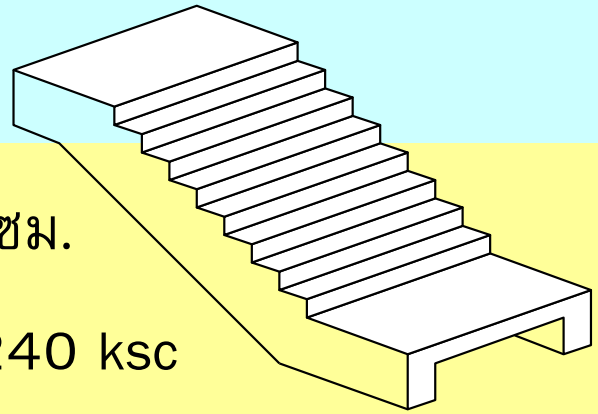


L = ระยะห่างคานแม่บันได

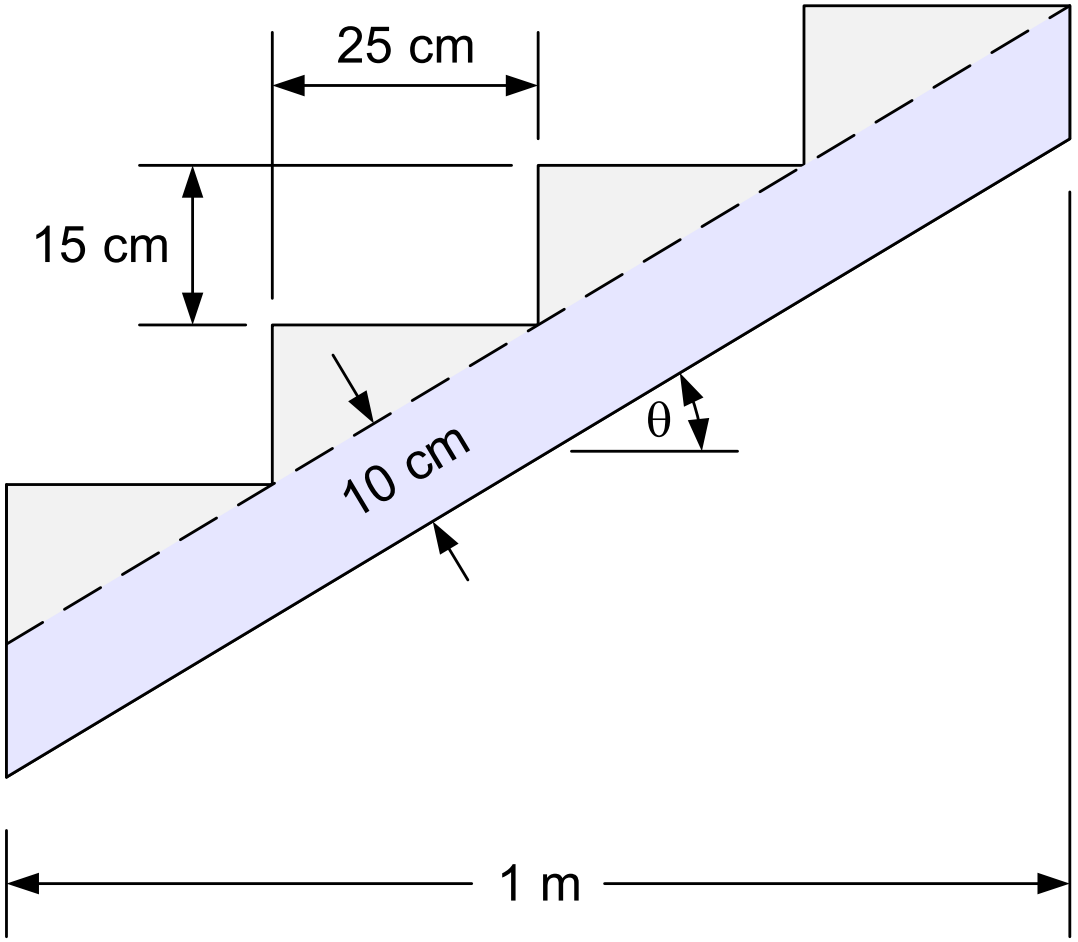
การเสริมเหล็กในบันไดพาดทางช่วงกว้าง



บันไดพาดทางช่วงกว้างระหว่างคานแม่บันได



ตัวอย่างที่ 7.1 ออกแบบบันไดกว้าง 2.0 ม. ขั้นบันไดกว้าง 25 ซม. ส่วนยก 15 ซม. เพื่อรับน้ำหนักจร 300 กก./ม.^{2} กำหนด f'_c = 240 ksc และ f_y = 2,400 ksc



วิธีทำ

1. คำนวณน้ำหนักบรรทุก

ใช้พื้นบันไดหนา 200/20 = 10 ซม. → ความลึก d = 10 – 2 – 0.45 = 7.55 ซม.

น้ำหนักพื้นบันได $0.10(2400)\dfrac{\sqrt{15^2+25^2}}{25}$ = 280 กก./ม.^{2}

น้ำหนักขั้นบันได $0.5(0.15)(2400)$ = 180 กก./ม.^{2}

น้ำหนักบรรทุกจร LL = 300 กก./ม.^{2}

น้ำหนักบรรทุกแผ่รวม $w_u = 1.4(280+180)+1.7(300)$ = 1154 กก./ม.^{2}

2. พิจารณาปริมาณเหล็กเสริม

จากกำลังของคอนกรีตและเหล็กเสริม (ตารางที่ ก.3) ρ_{max} = 0.0389

โมเมนต์บวกบนคานช่วงเดี่ยว $M_u = 1{,}154(2.0)^2/8$ = 577 ก.ก.-ม.

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{577(100)}{0.90(100)(7.55)^2} = 11.25 \text{ ksc}$$

$$\rho = \frac{0.85 f'_c}{f_y}\left(1-\sqrt{1-\frac{2R_n}{0.85 f'_c}}\right) = 0.0048$$ $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$ **OK**

ปริมาณเหล็กเสริม $A_s = 0.0048(100)(7.55) = 3.62$ ซม.^{2}/ความกว้าง 1 เมตร

เลือกใช้เหล็กเสริม RB9 @ 0.17 ม. ($A_s = 0.636\times100/17 = 3.74$ ซม.^{2})

เหล็กเสริมกันร้าว $= 0.0025(100)(10) = 2.5$ ซม.^{2}

เลือกใช้เหล็กเสริมกันร้าว RB9 @ 0.25 ม. ($A_s = 0.636\times100/25 = 2.54$ ซม.^{2})

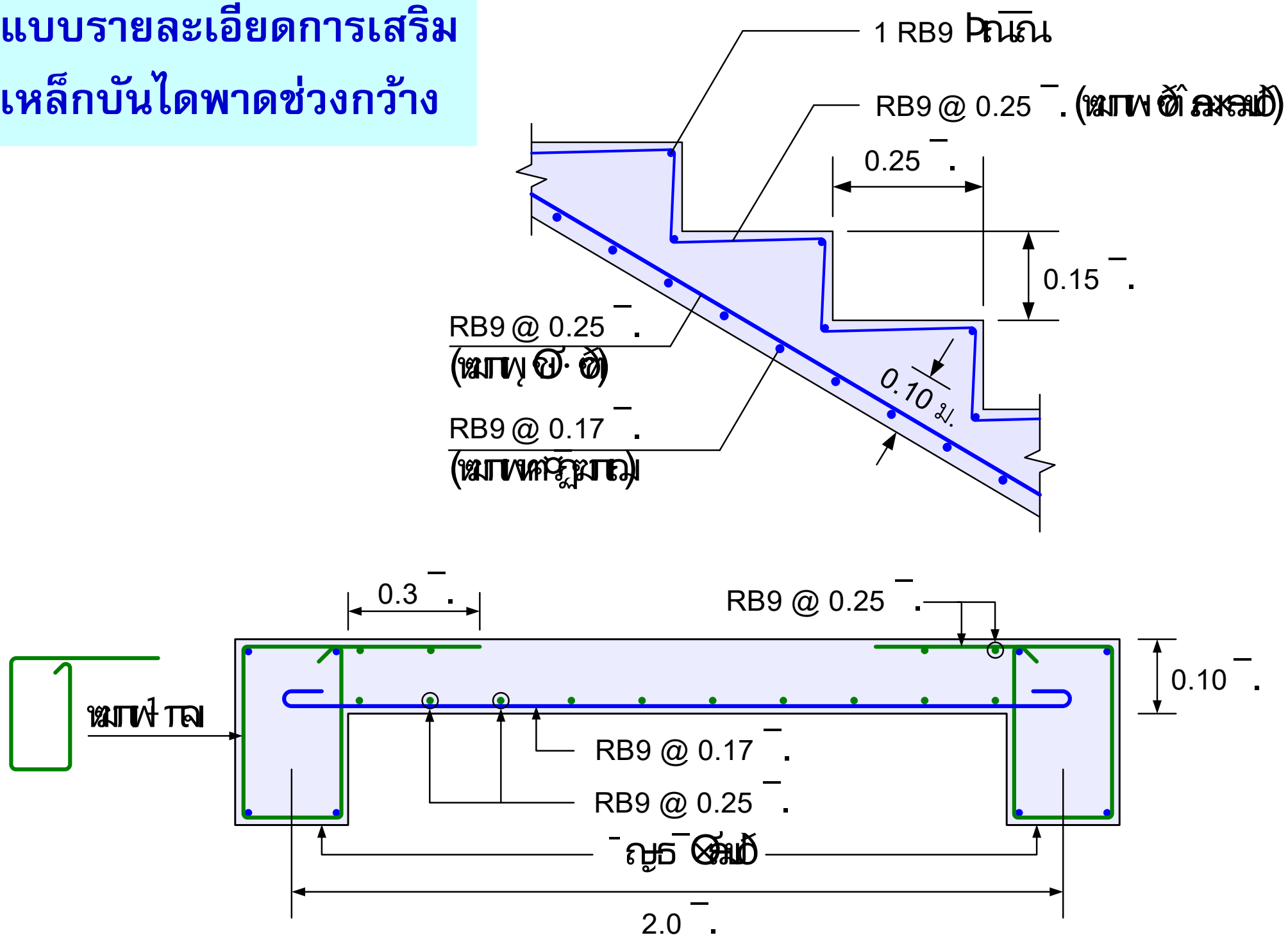
3. ตรวจสอบกำลังรับแรงเฉือน

แรงเฉือนประลัยต่อความกว้าง 1 เมตร $V_u = wL/2 = 1154(2.0)/2 = 1154$ กก.

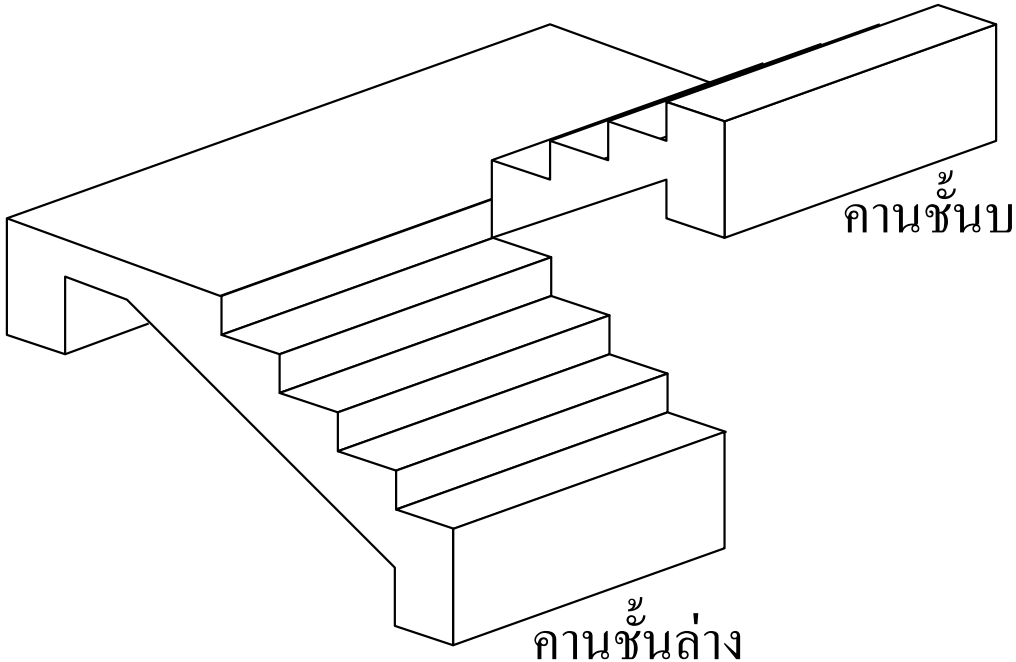
กำลังรับแรงเฉือนของคอนกรีต:

$$\phi V_c = 0.85\times0.53\sqrt{240}\times100\times7.55 = 5269 \text{ กก.} > 2\,V_u$$ **No need for shear reinf.**

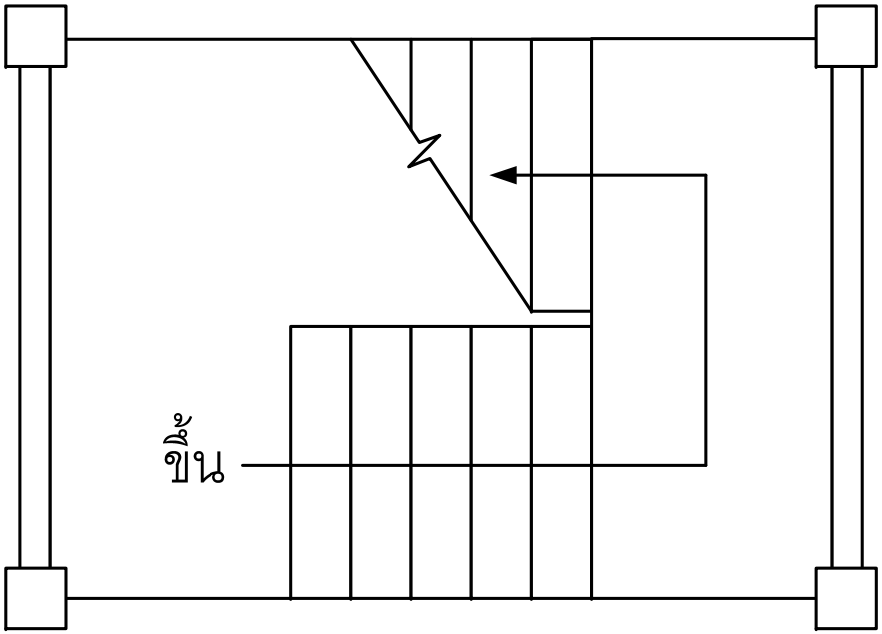
แบบรายละเอียดการเสริมเหล็กบันไดพาดช่วงกว้าง

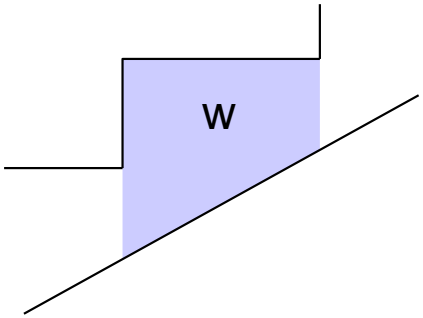


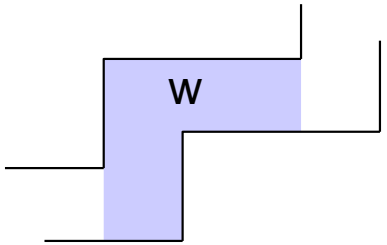
บันไดพาดทางช่วงยาว

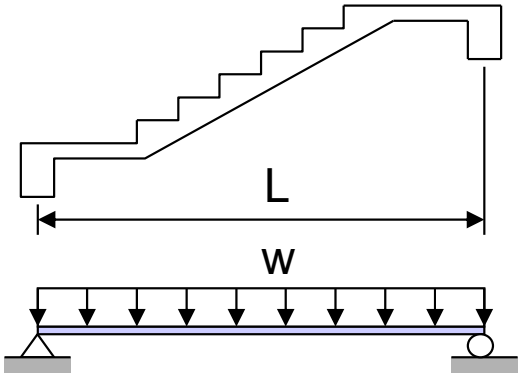


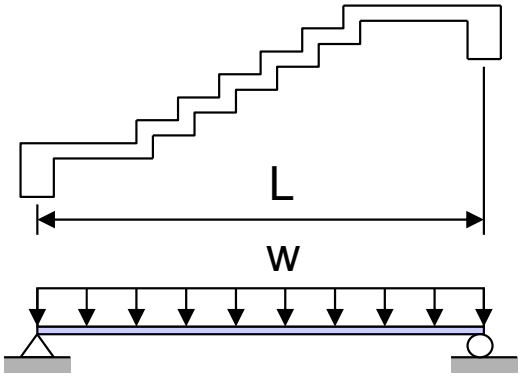
คานชานพัก



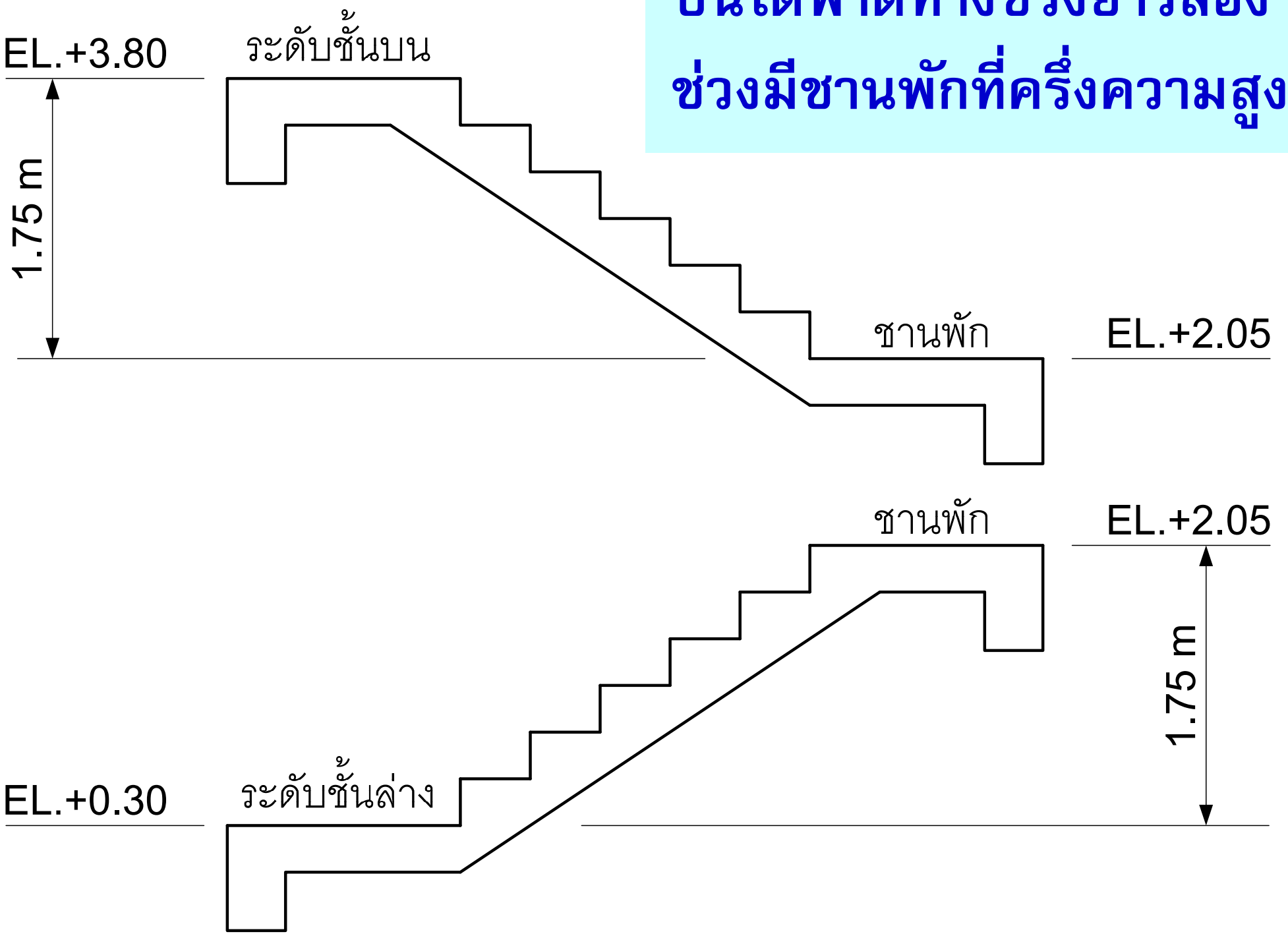






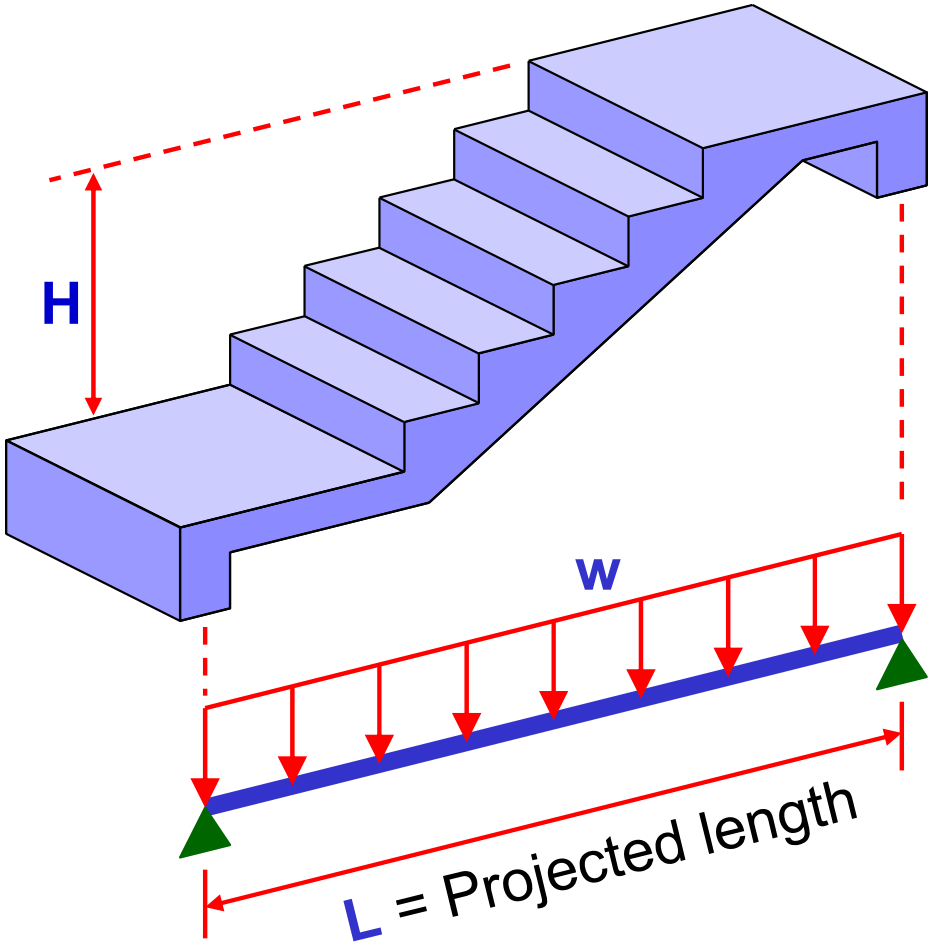


บันไดพาดทางช่วงยาวสอง ช่วงมีชานพักที่ครึ่งความสูง



ขนาดต่าง ๆของบันไดพาดทางช่วงยาว

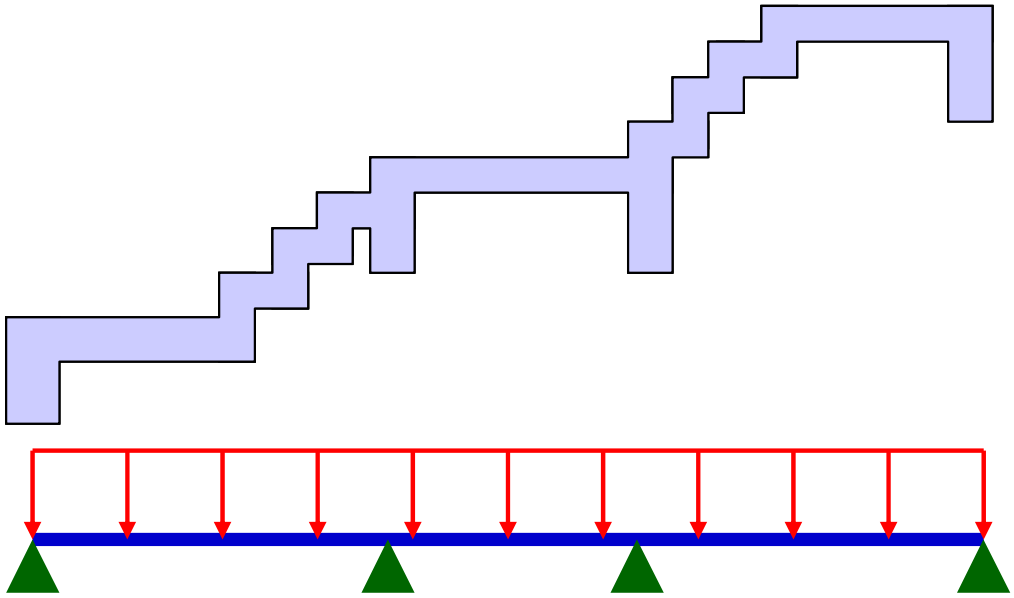
เพื่อความปลอดภัยและความเหมาะสมทางสรีระ

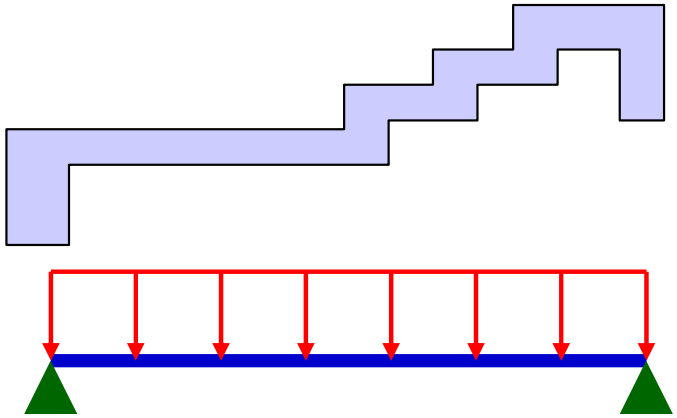


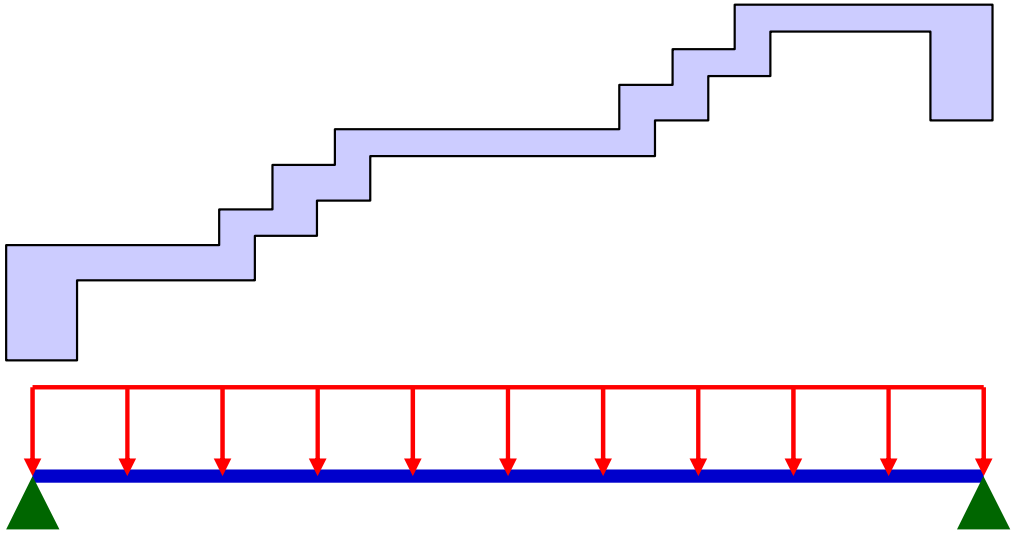
	อาคารที่พักอาศัย	อาคารสาธารณะ
ลูกตั้ง (ซม.)	≤ 20	≤ 19
ลูกนอน (ซม.)	≥ 22	≥ 24
ความสูง **H** (ม.)	≤ 3.0	≤ 4.0
ความยาว **L** (ม.)	≤ 4.0	≤ 4.0
ความกว้าง (ม.)	≥ 0.9	≥ 1.5
จมูกบันได (ซม.)	2 – 2.5	2 – 2.5

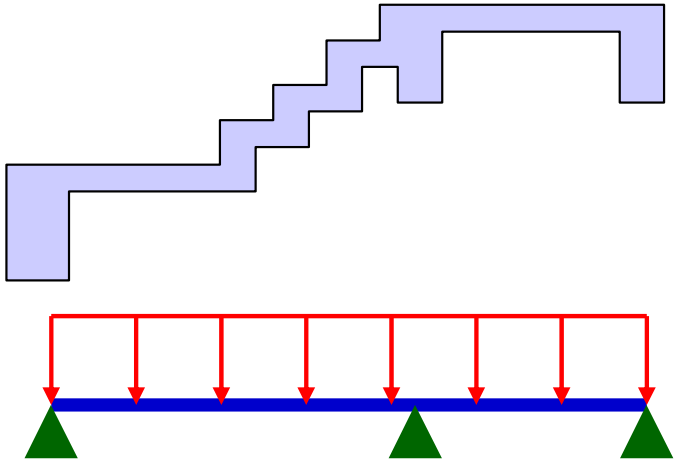
การโมเดลบันไดไปเป็นคาน

อาจเป็นคานช่วงเดี่ยวหรือคานต่อเนื่อง ขึ้นกับลักษณะโครงสร้าง

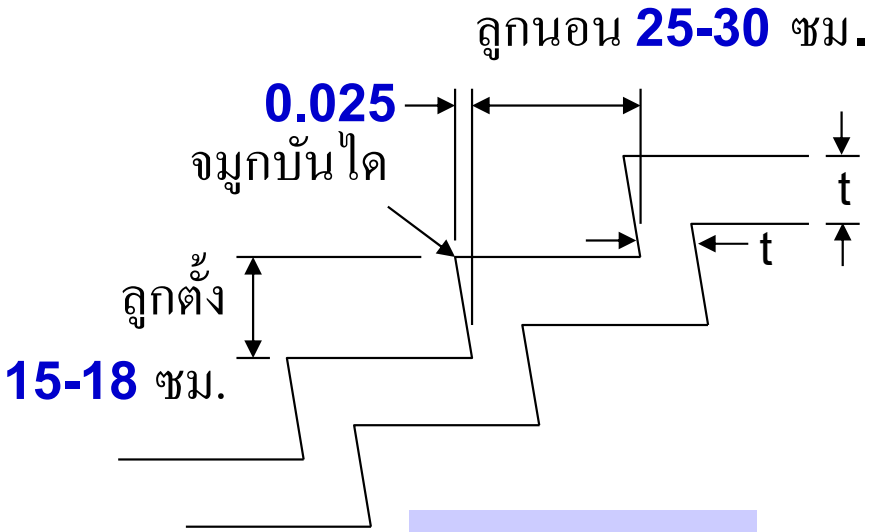




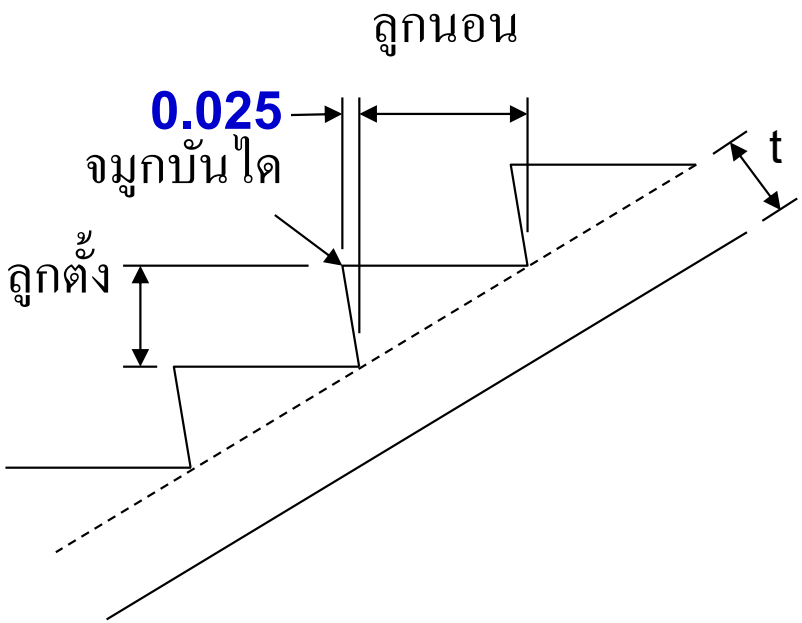




ชนิดของพื้นบันไดและขนาดขั้นบันได



บันไดพับผ้า



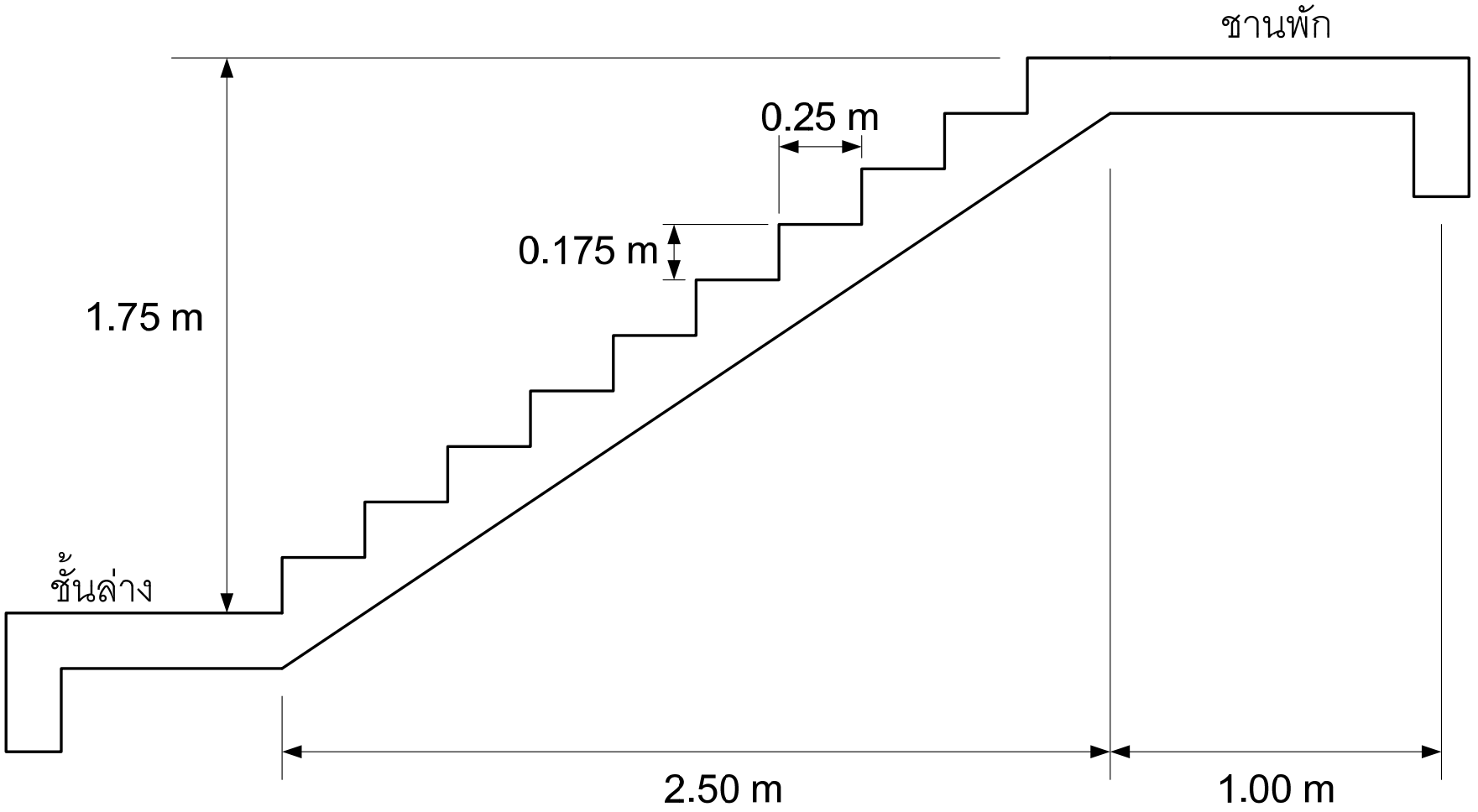
บันไดท้องแบน

ตัวอย่างการคำนวณจำนวนขั้นบันได

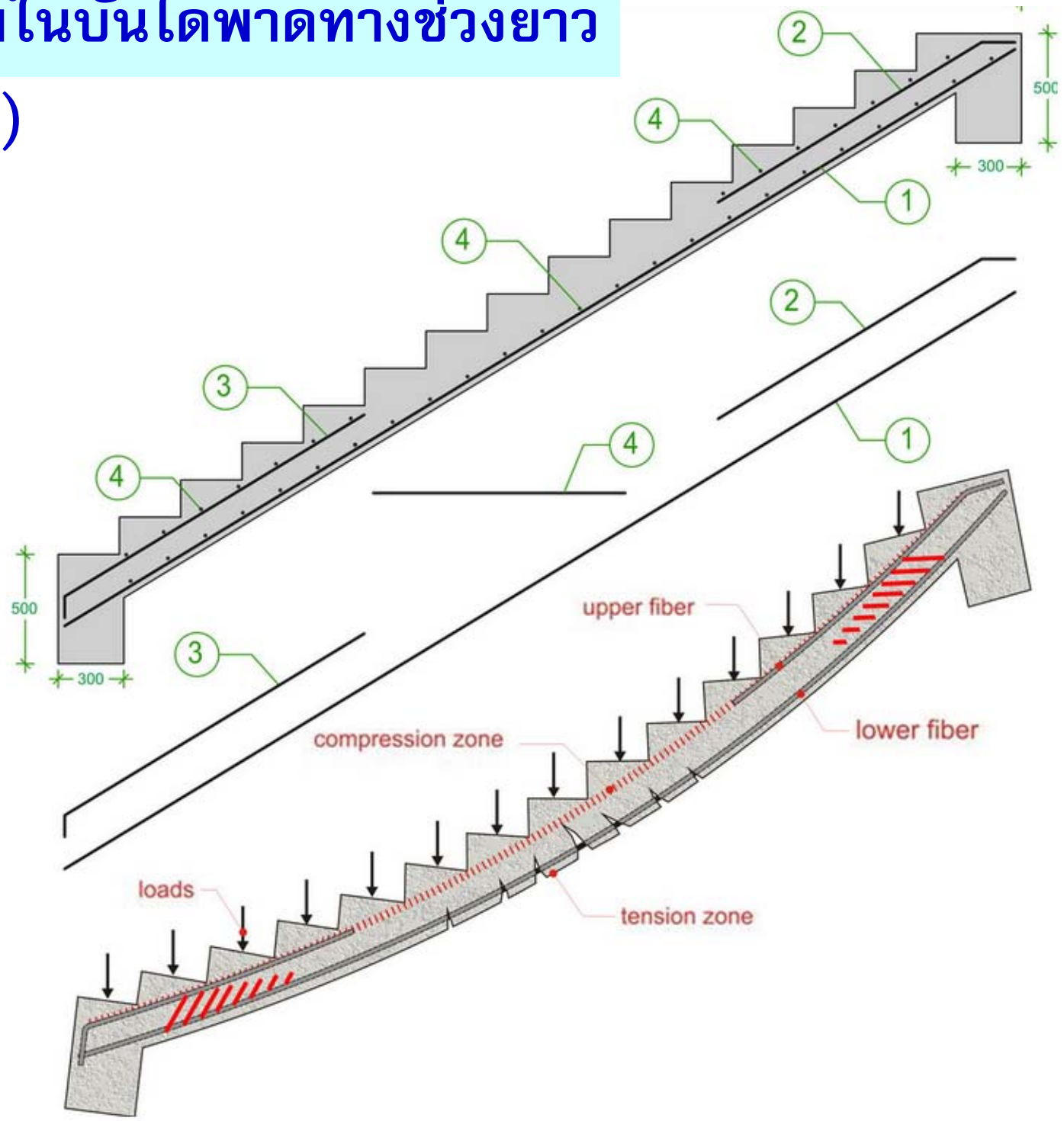
ความสูงระหว่างชั้นคือ 3.5 เมตร ครึ่งความสูงคือ 3.5/2 = 1.75 เมตร

จะได้ 10 ขั้น สูงขั้นละ 175/10 = 17.5 ซม.

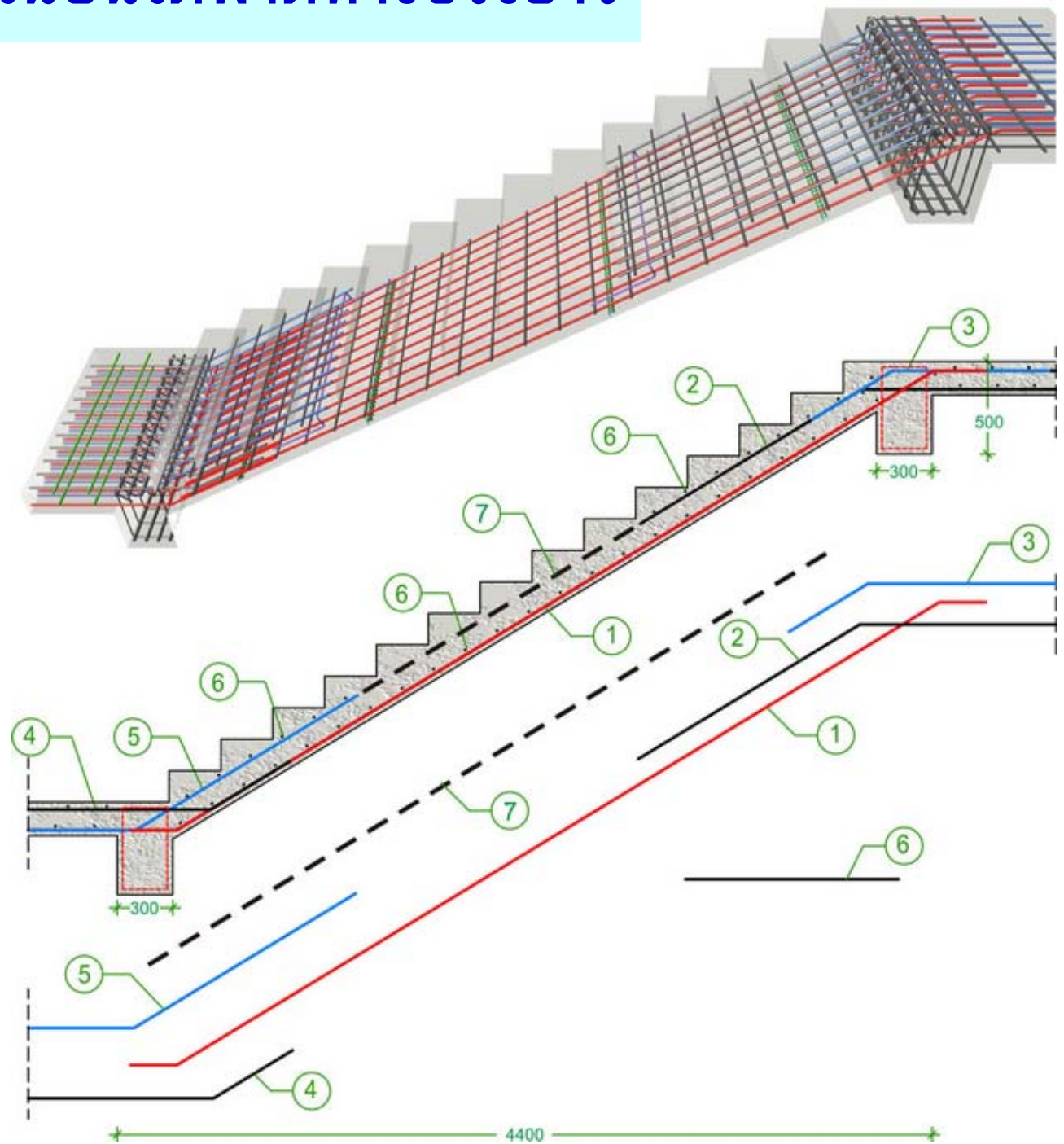
ลูกนอนขั้นละ 25 ซม. จะต้องใช้ระยะในแนวราบ 10×0.25 = 2.5 เมตร



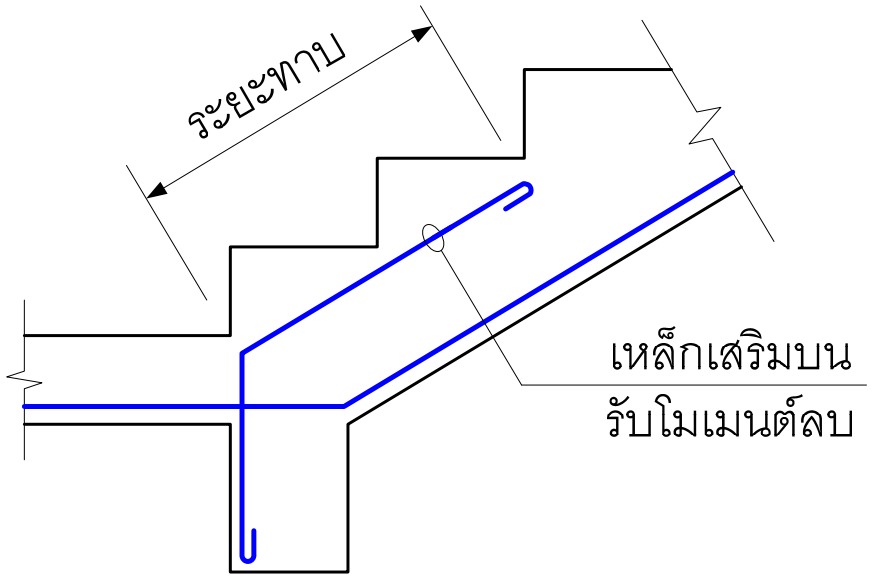
เหล็กเสริมในบันไดพาดทางช่วงยาว (ช่วงเดี่ยว)

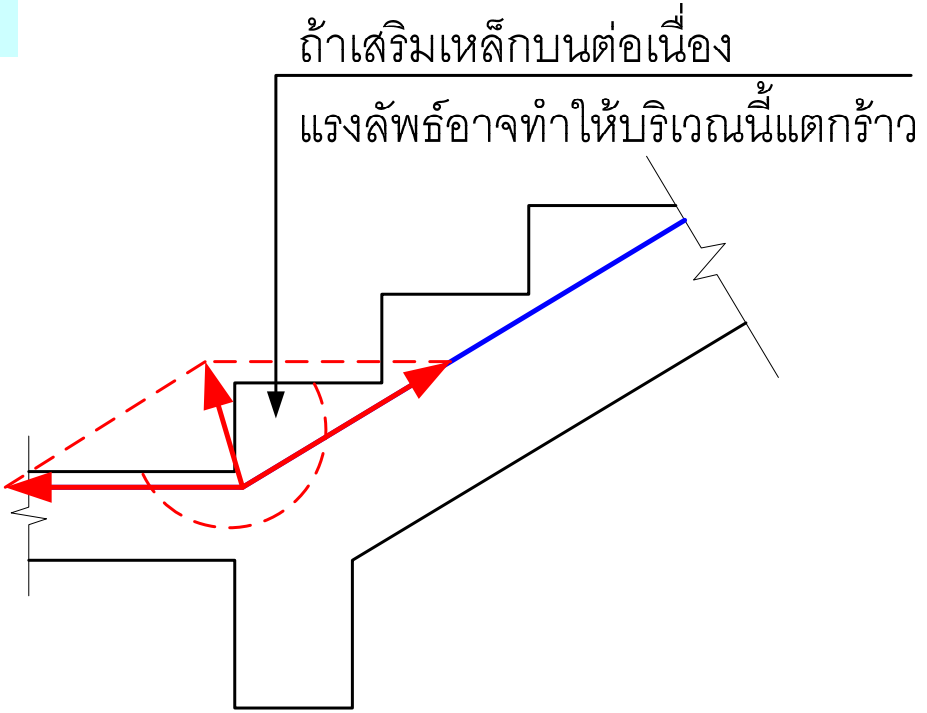


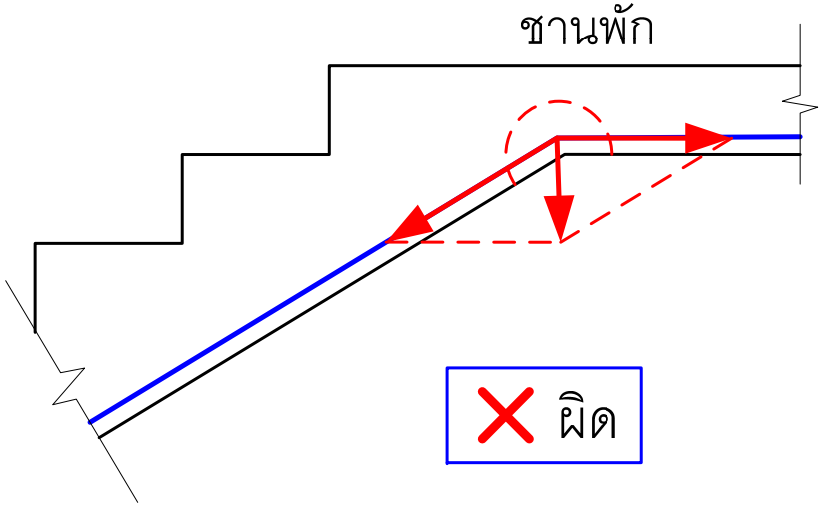
เหล็กเสริมในบันไดพาดทางช่วงยาว (ต่อเนื่อง)

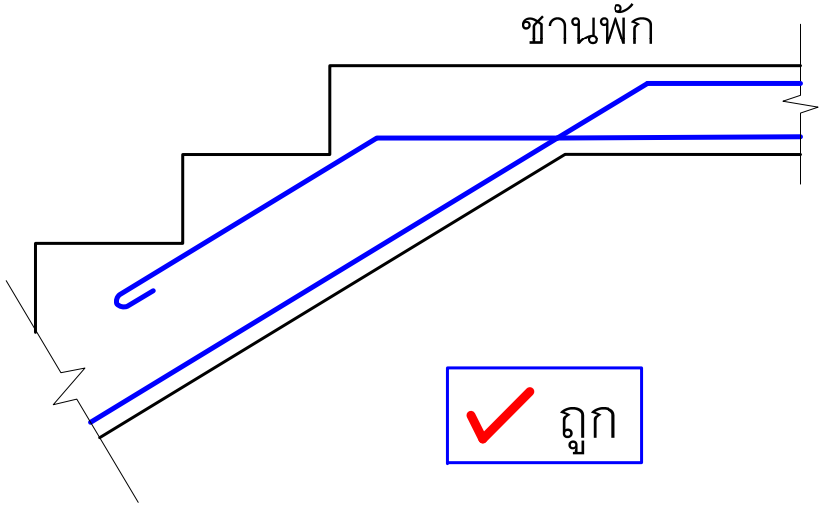


เหล็กเสริมที่จุดต่อลาดเอียงบันได









ตัวอย่างที่ 7.2 จงออกแบบบันไดพาดช่วงยาวจากพื้นชั้นหนึ่งที่ระดับ +0.20 ม. ถึงชั้นสองที่ระดับ +3.70 ม. เพื่อรับน้ำหนักบรรทุกจร 400 ก.ก./ตร.ม. ชานพักกว้าง 1.5 เมตร อยู่ที่กลางชั้น กำหนด $f'_c = 240$ ก.ก./ตร.ซม. $f_y = 4{,}000$ ก.ก./ตร.ซม.

วิธีทำ

1. พิจารณาขนาดและจำนวนขั้นบันได

ความสูงจากระดับชั้นหนึ่งถึงชานพัก $= (3.70 - 0.20)/2 = 1.75$ เมตร

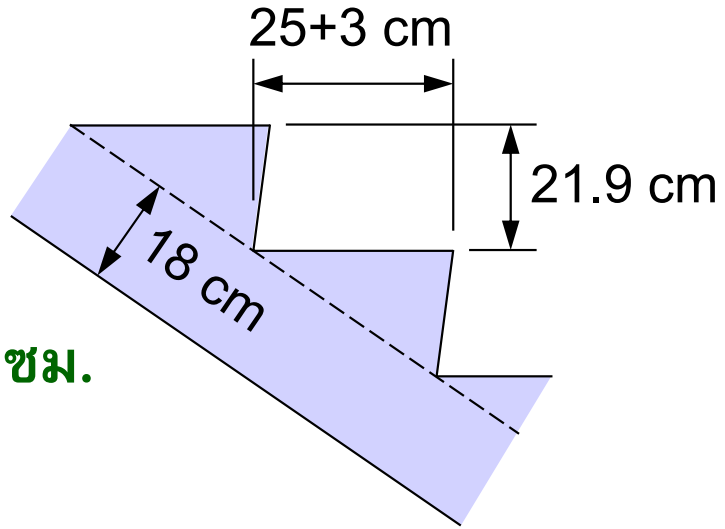
ใช้บันได 8 ขั้น ความสูงขั้นบันได $= 175/8 = 21.9$ ซม.

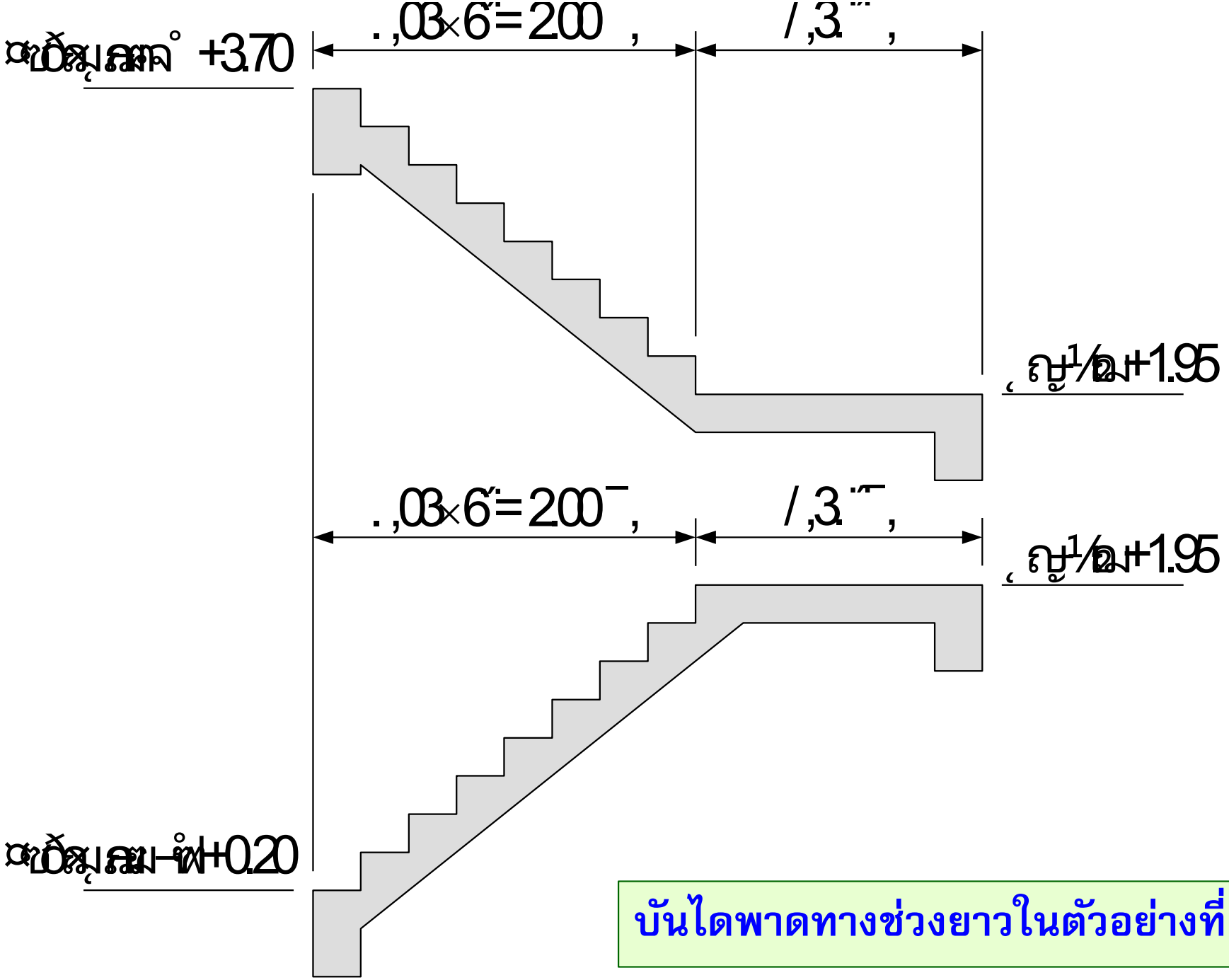
ใช้ความกว้างขั้นบันได 25 ซม. + จมูก 3 ซม.

ระยะในแนวราบ $= 0.25 \times 8 = 2.00$ เมตร

พื้นบันไดหนา (200+150)/20 = 17.5 ซม. **เลือก 18 ซม.**

ความลึก $d = 18 - 2 - 1.0/2 = 15.5$ ซม.





บันไดพาดทางช่วงยาวในตัวอย่างที่ 7.2

น้ำหนักพื้นบันได $= 0.18 \times 2,400 \times \sqrt{21.9^2 + 25^2} / 25 =$ 574 ก.ก./ ม.^{2}

น้ำหนักขั้นบันได $= (0.5)(0.219)(2,400) =$ 263 ก.ก./ ม.^{2}

น้ำหนักจร $=$ 400 ก.ก./ ม.^{2}

น้ำหนักประลัย $w_u = 1.4(574 + 263) + 1.7(400) = 1,852$ ก.ก./ ม.^{2}

2. พิจารณาปริมาณเหล็กเสริม

จากกำลังของคอนกรีตและเหล็กเสริม (ตารางที่ ก.3) $\rho_{max} = 0.0197$

โมเมนต์บวกบนคานช่วงเดี่ยว $M_u = 1,852 \times 3.5^2 / 8 = 2,836$ ก.ก.-ม.

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{2,836(100)}{0.90(100)(15.5)^2} = 13.12 \text{ ksc}$$

$$\rho = \frac{0.85 f'_c}{f_y}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{0.85 f'_c}}\right) = 0.00339$$

ปริมาณเหล็กเสริม $A_s = 0.00339(100)(15.5) = 5.26$ ซม.^{2}/ความกว้าง 1 เมตร

เลือกใช้เหล็กเสริม DB10 @ 0.14 ม. ($A_s = 0.785\times100/14 = 5.61$ ซม.^{2}/ม.)

เหล็กเสริมกันร้าว $= 0.0018(100)(18) = 3.24$ ซม.^{2}/ความกว้าง 1 เมตร

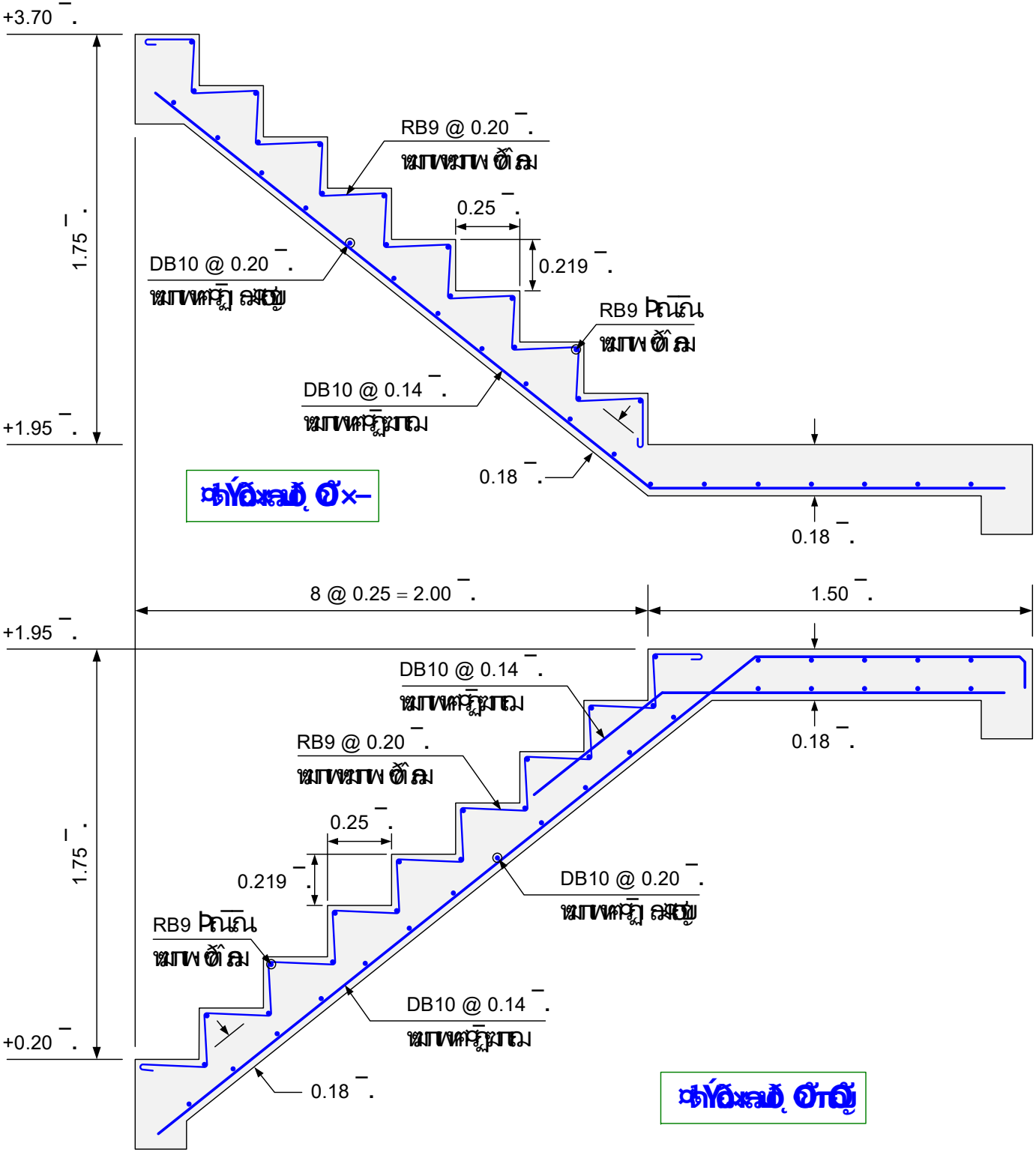
ใช้เหล็กเสริมกันร้าว DB10 @ 0.20 ม. ($A_s = 0.785\times100/20 = 3.93$ ซม.^{2}/ม.)

3. ตรวจสอบกำลังรับแรงเฉือน

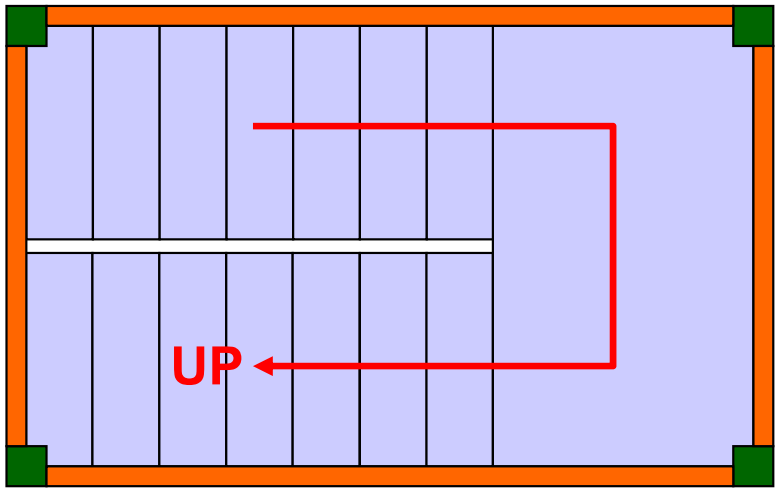
แรงเฉือน $V_u = w_uL/2 = 1{,}852(3.5)/2 = 3{,}241$ ก.ก.

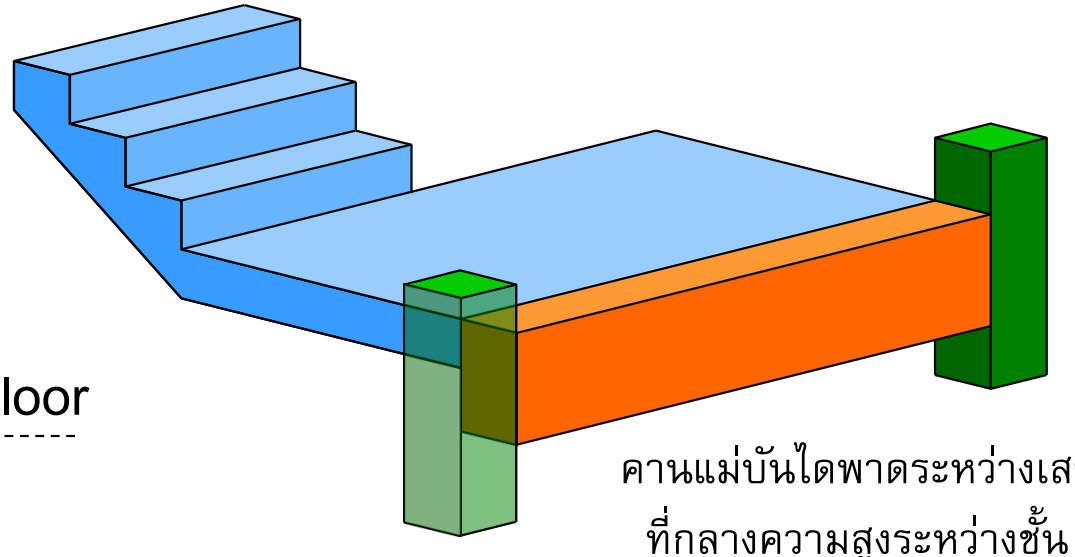
กำลังเฉือนคอนกรีต $\phi V_c = 0.85(0.53)\sqrt{240}\,(10)(17.5)$

$= 12{,}213$ ก.ก. $> 2V_u$ **OK**

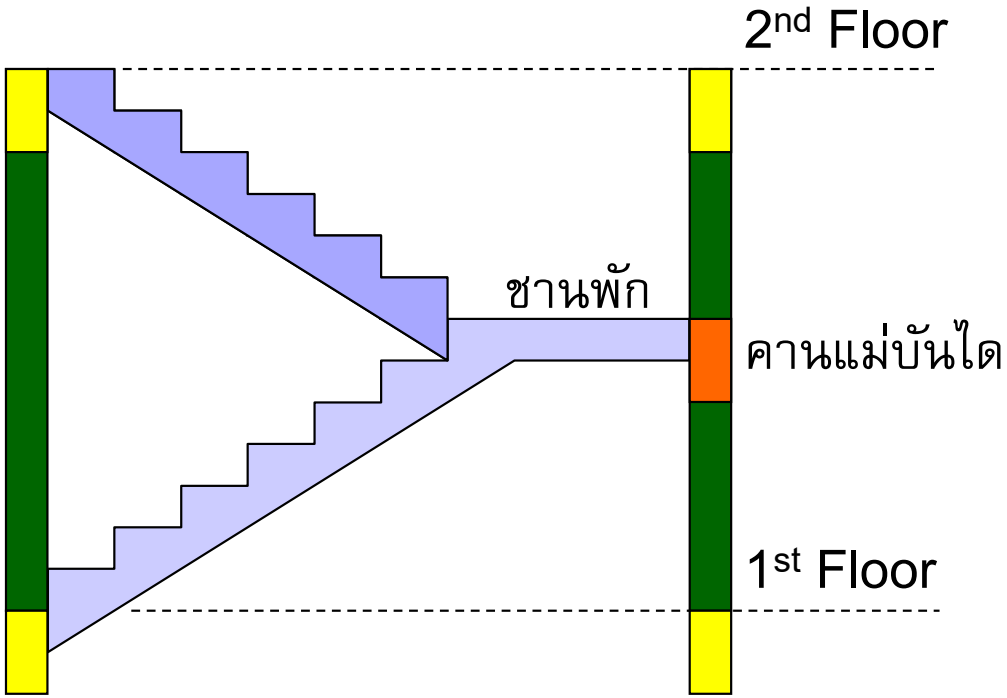

+3.70
1.75
+1.95
RB9 @ 0.20
0.25
0.219
DB10 @ 0.20
RB9
DB10 @ 0.14
0.18
0.18
8 @ 0.25 = 2.00
1.50
+1.95
DB10 @ 0.14
RB9 @ 0.20
0.18
0.25
0.219
DB10 @ 0.20
RB9
DB10 @ 0.14
1.75
+0.20
0.18

คานแม่บันไดของบันไดพาดทางช่วงยาว

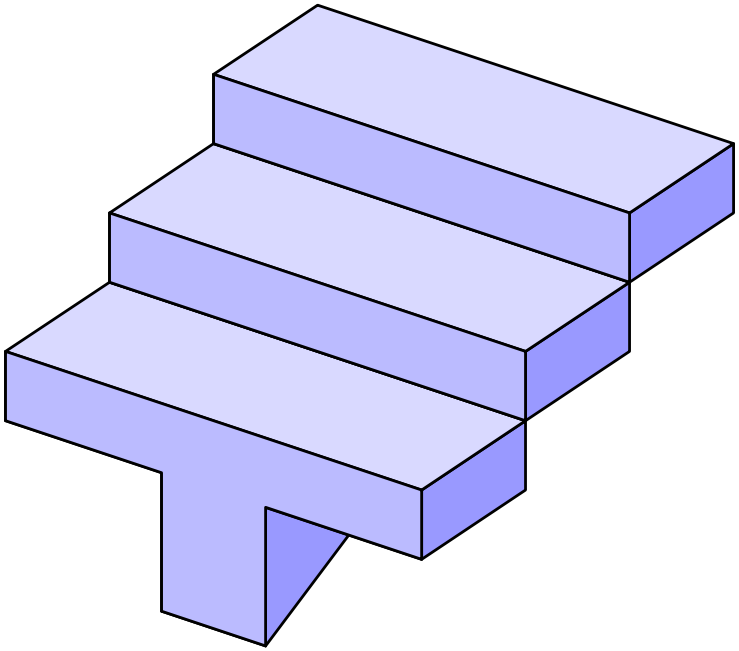


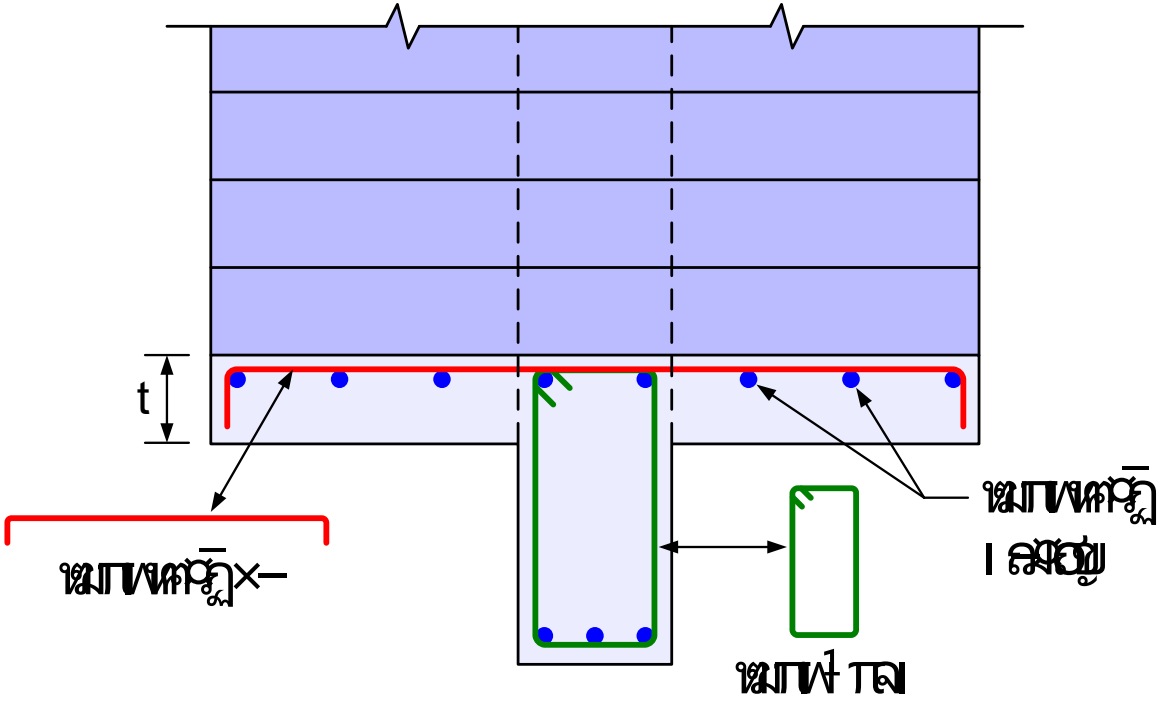


คานแม่บันไดพาดระหว่างเสา
ที่กลางความสูงระหว่างชั้น



บันไดยื่นจากคานแม่บันไดตัวเดียว

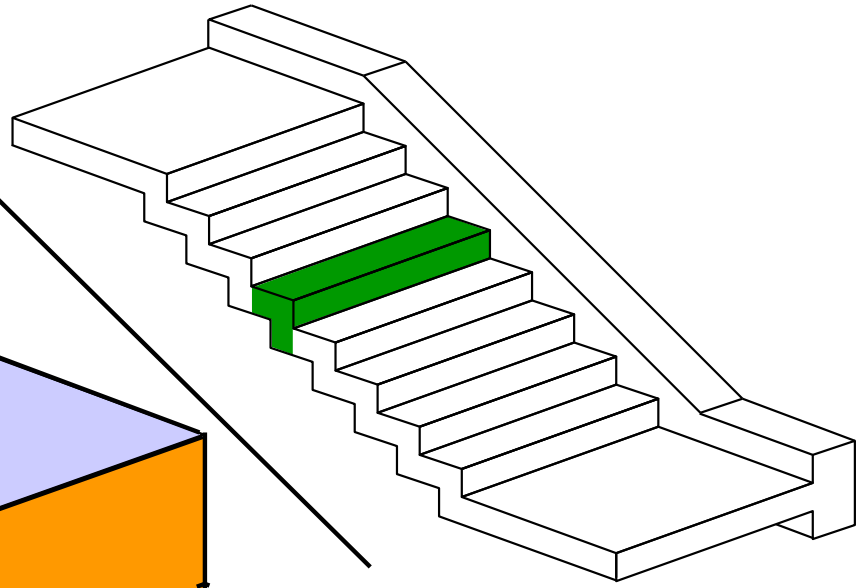


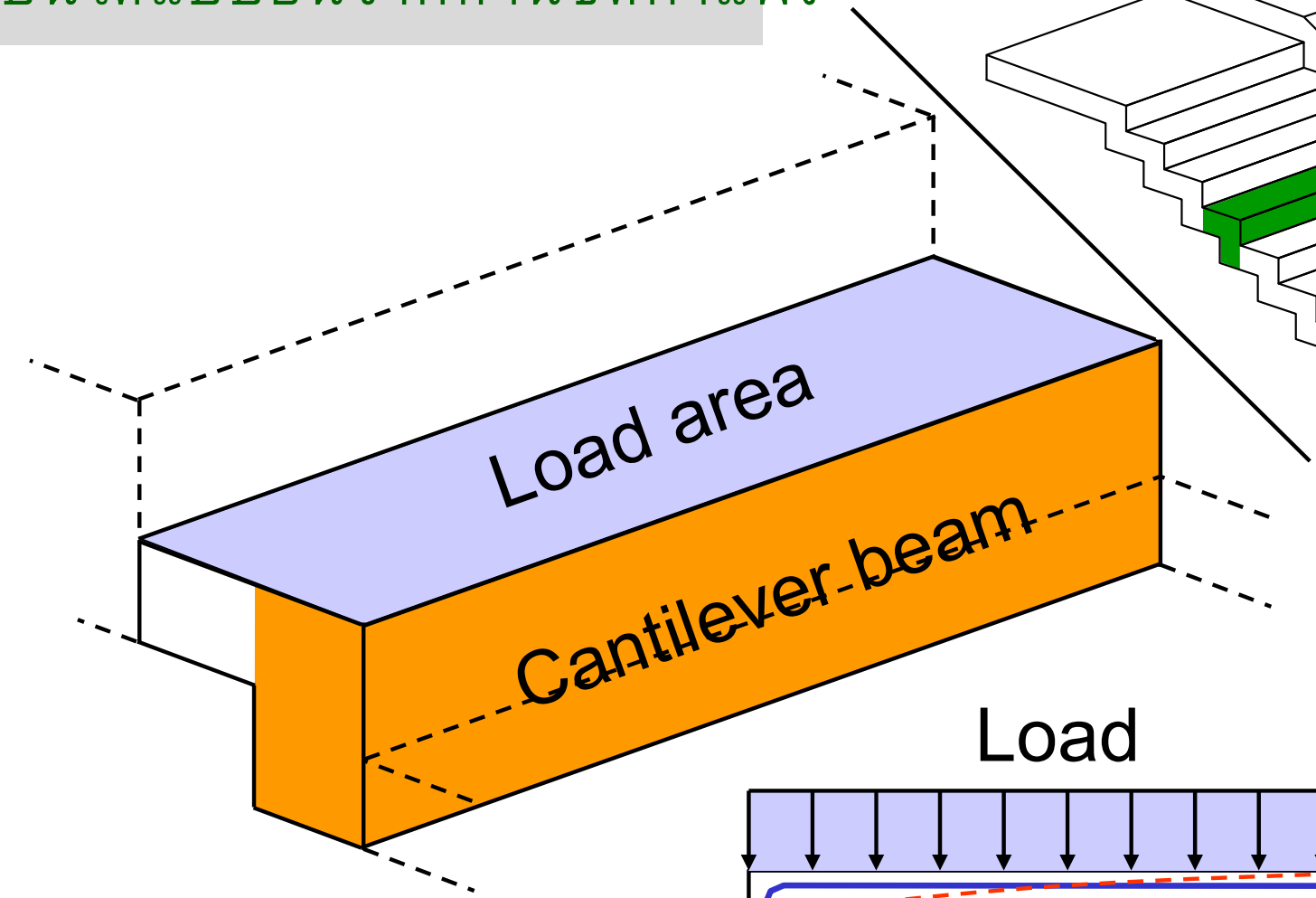


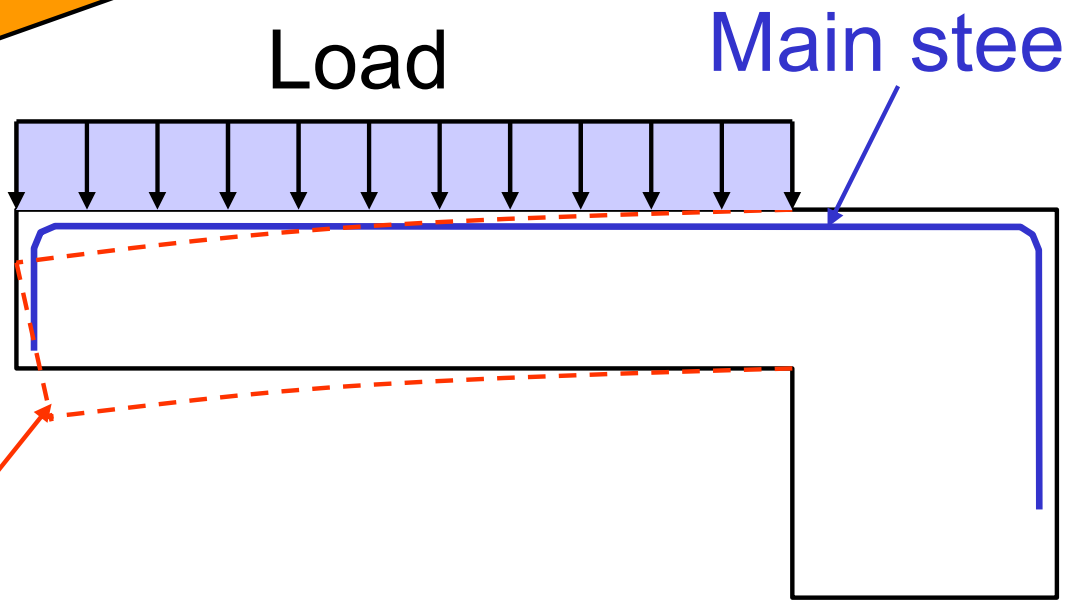
บันไดยื่นจากคานแม่บันไดตรงกลาง

builderbill

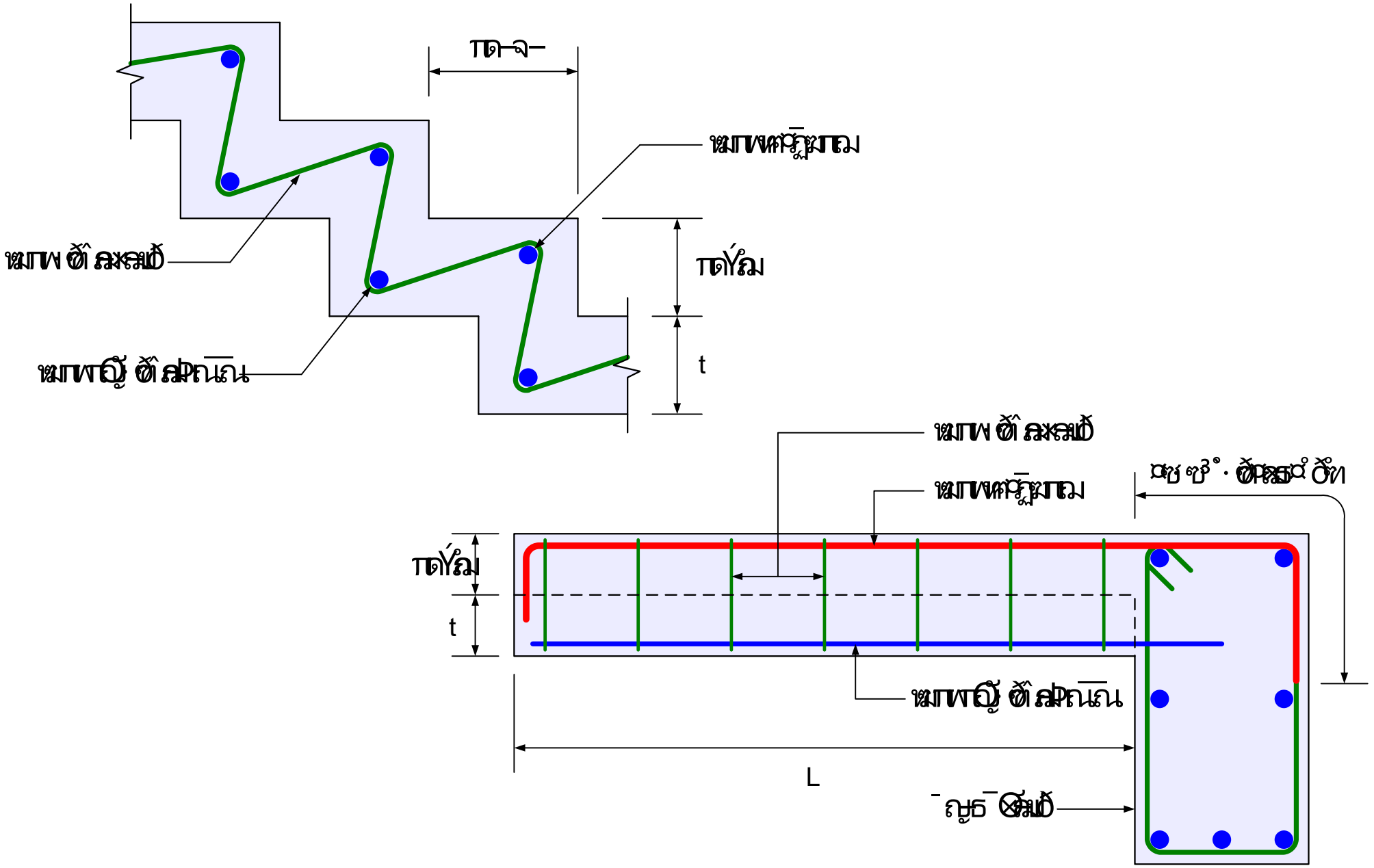
บันไดแบบยื่นจากคานชิดกำแพง



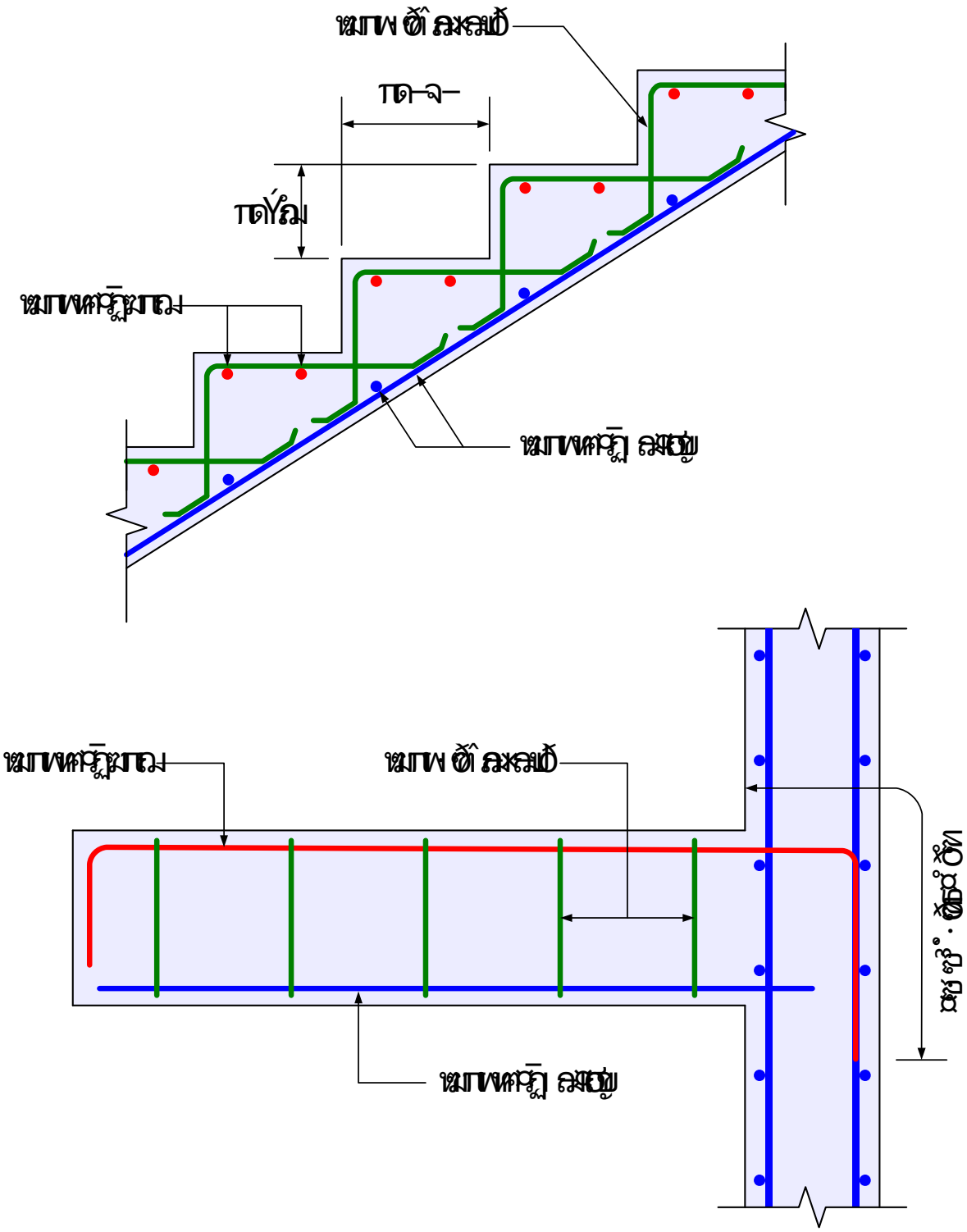




การเสริมเหล็กในบันไดยื่นจากคานข้างเดียว

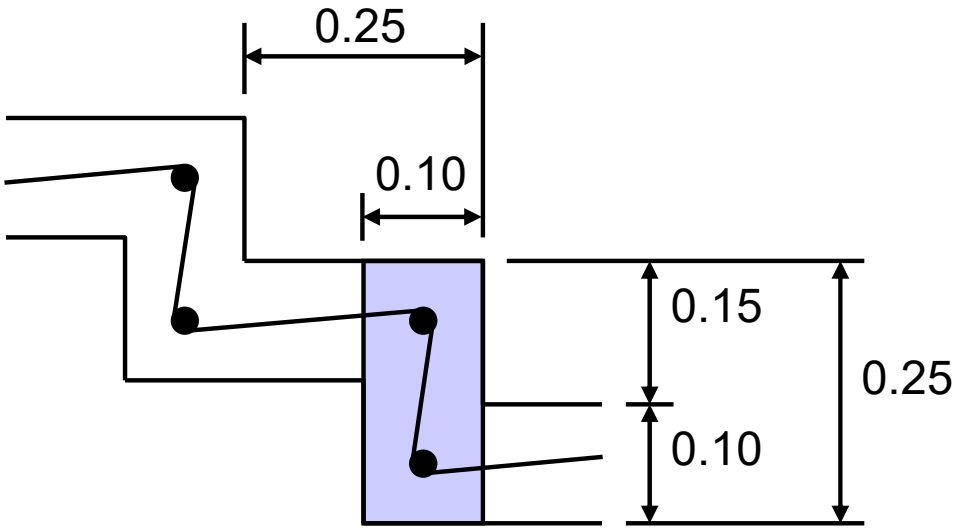


การเสริมเหล็กในบันไดยื่นท้องเรียบจากผนัง



brit co

ตัวอย่างที่ 7.3 ออกแบบบันไดยื่นจากคานชิดกำแพงกว้าง 1.50 เมตร น้ำหนักจร 300 กก./ตร.ม. มีระยะในแนวราบ 2.5 เมตร ขั้นบันไดกว้าง 25 ซม. ส่วนยกขั้นละ 15 ซม. f'_c = 240 กก./ตร.ซม. f_y = 4,000 กก./ตร.ซม.



วิธีทำ เลือกพื้นหนา 10 ซม. พิจารณาขั้นตั้งเป็นคานขนาด 10×25 ซม. ดังในรูป

ความลึกคาน d = 25 – 2 – 1.2/2

= 22.4 ซม.

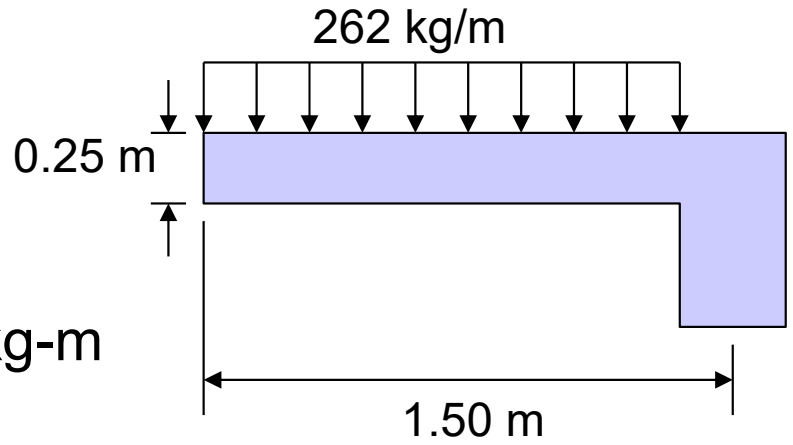
1. พิจารณาน้ำหนักบรรทุก

น้ำหนักขั้นบันไดหนึ่งขั้น = (0.15+0.25)(0.10)(2,400) = 96 ก.ก./ม.

น้ำหนักจรบนขั้นบันไดหนึ่งขั้น = 0.25(300) = 75 ก.ก./ ม.

น้ำหนักแผ่ประลัย w_u = 1.4(96) + 1.7(75) = 262 ก.ก./ ม.

2. พิจารณาเหล็กเสริม



โมเมนต์ช่วงเดียว $M_u = \frac{1}{2}(262)(1.5)^2 = 295$ kg-m

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{295(100)}{0.90(10)(22.4)^2} = 6.53 \text{ ksc}$$

จากตารางที่ ก.3 : $\rho_{min} = 0.0035$ และ $\rho_{max} = 0.0197$

$$\rho = \frac{0.85f'_c}{f_y}\left(1-\sqrt{1-\frac{2R_n}{0.85f'_c}}\right) = 0.0017 < \rho_{min}$$ **USE ρ_{min}**

ปริมาณเหล็กเสริม $A_s = 0.0035(10)(22.4) = 0.784$ ซม.^{2}/ขั้นบันได 1 ขั้น

เลือกใช้เหล็กเสริม 1 DB12 ($A_s = 1.13$ ซม.^{2})

3. พิจารณาแรงเฉือน

แรงเฉือนประลัย $V_u = w_u L = 262(1.5) = 393$ กก.

กำลังรับแรงเฉือนของคอนกรีต:

$$\phi V_c = 0.85(0.53)\sqrt{240}(10)(22.4) = 1{,}563 \text{ kg} > 2V_u \quad \textbf{OK}$$

4. พิจารณาระยะฝัง

ระยะฝังตรงในคาน $l_{dh} = \dfrac{318 d_b}{\sqrt{f'_c}} = \dfrac{318(1.2)}{\sqrt{240}} = 24.6$ cm ใช้ **25** ซม.

ระยะดัดงอฉาก $= 12d_b = 12(1.2) = 14.4$ ซม. ใช้ **15** ซม.

รัศมีการงอ $= 3d_b = 3(1.2) = 3.6$ ซม. ใช้ **1** ซม.

5. พิจารณาขนาดของคานแม่บันได: (ให้มีขนาดเพียงพอไม่ต้องคิดผลของการบิด)

โมเมนต์บิดจากขั้นบันไดต่อความยาวคานในแนวราบ

$$m_{tu} = 295/0.25 = 1{,}180 \text{ กก.-ม./ม.}$$

โมเมนต์บิดมากที่สุดในคานแม่บันได $T_u = 1180(2.5)/2 = 1{,}475$ กก.-ม.

ถ้าต้องการละเลยโมเมนต์บิด T_u ต้องน้อยกว่า $0.27\phi\sqrt{f'_c}\,\dfrac{A_{cp}^2}{p_{cp}}$

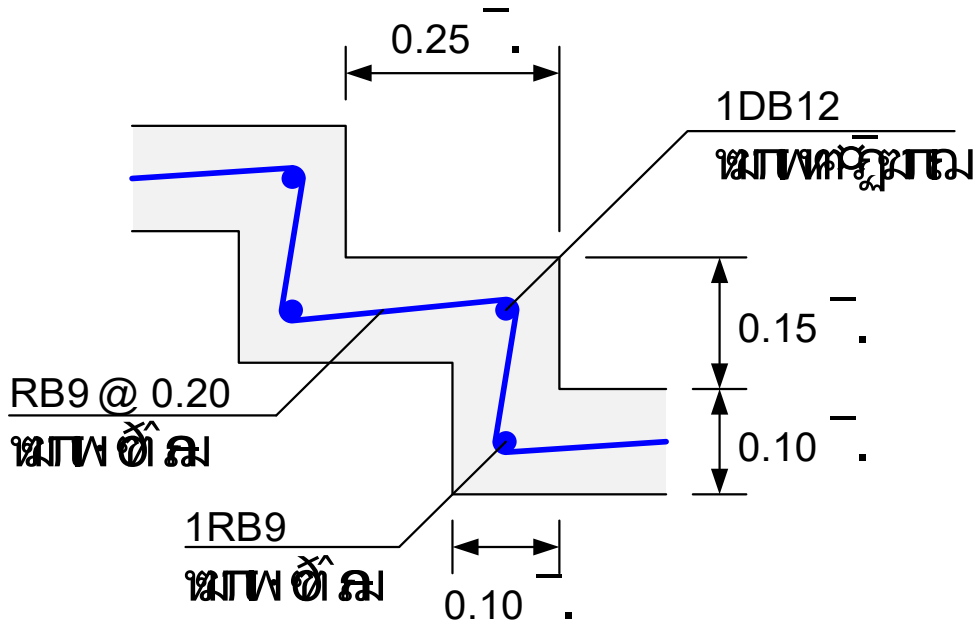
$$1475(100) \le 0.27(0.85)\sqrt{240}\,\frac{A_{cp}^2}{p_{cp}}$$

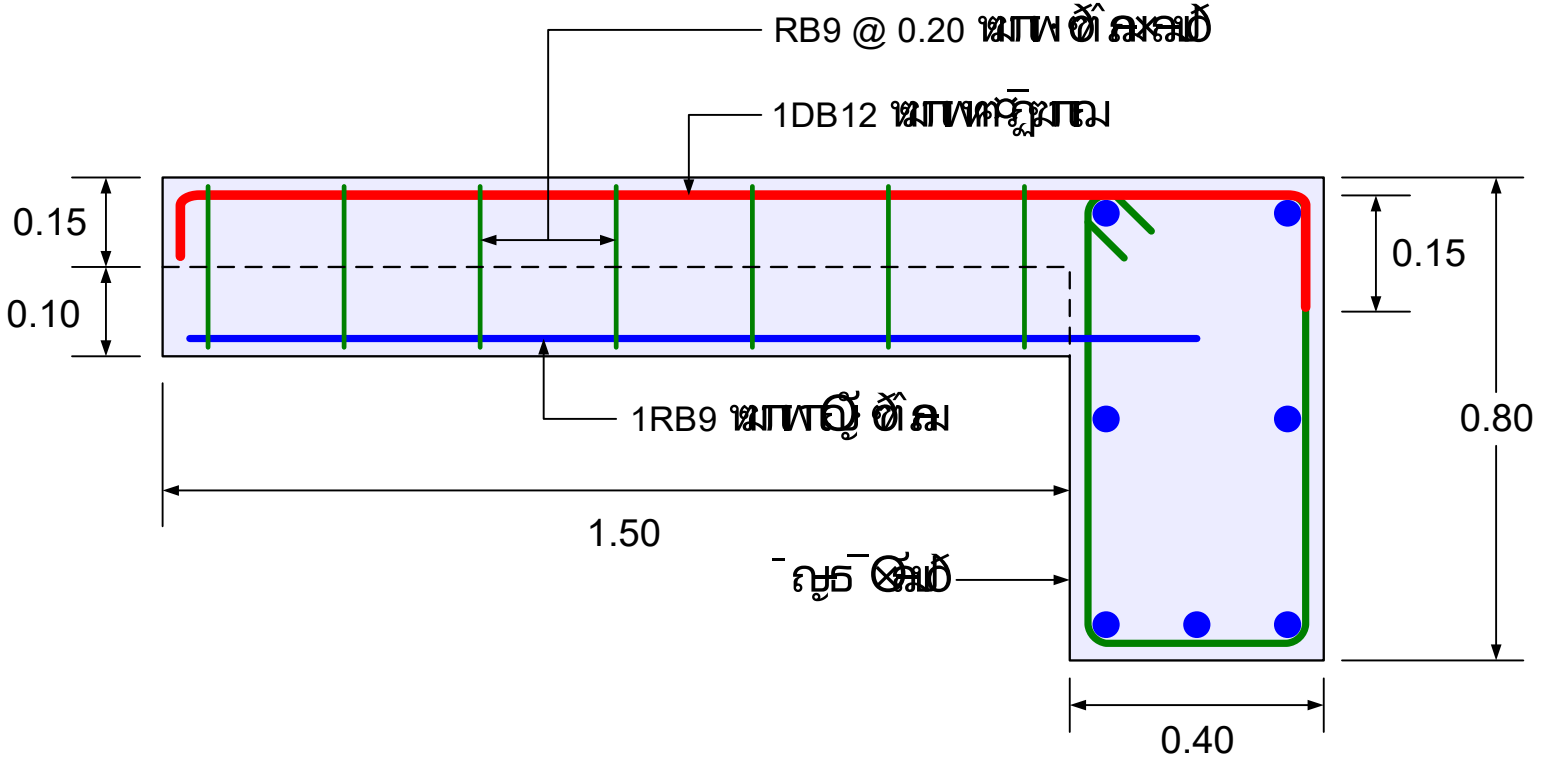
$$\frac{A_{cp}^2}{p_{cp}} \ge 41{,}486 \text{ cm}$$

เลือกคาน 40×80 ซม. $A_{cp} = (40)(80) = 3{,}200$ ซม.^{2} และ $p_{cp} = 2(40+80) = 240$ ซม.

$$\frac{A_{cp}^2}{p_{cp}} = \frac{3200^2}{240} = 42{,}667 \ge 41{,}486 \text{ cm}$$ **OK**

แบบรายละเอียดบันไดยื่นจากคานข้างเดียว





แบบรายละเอียดคานแม่บันได