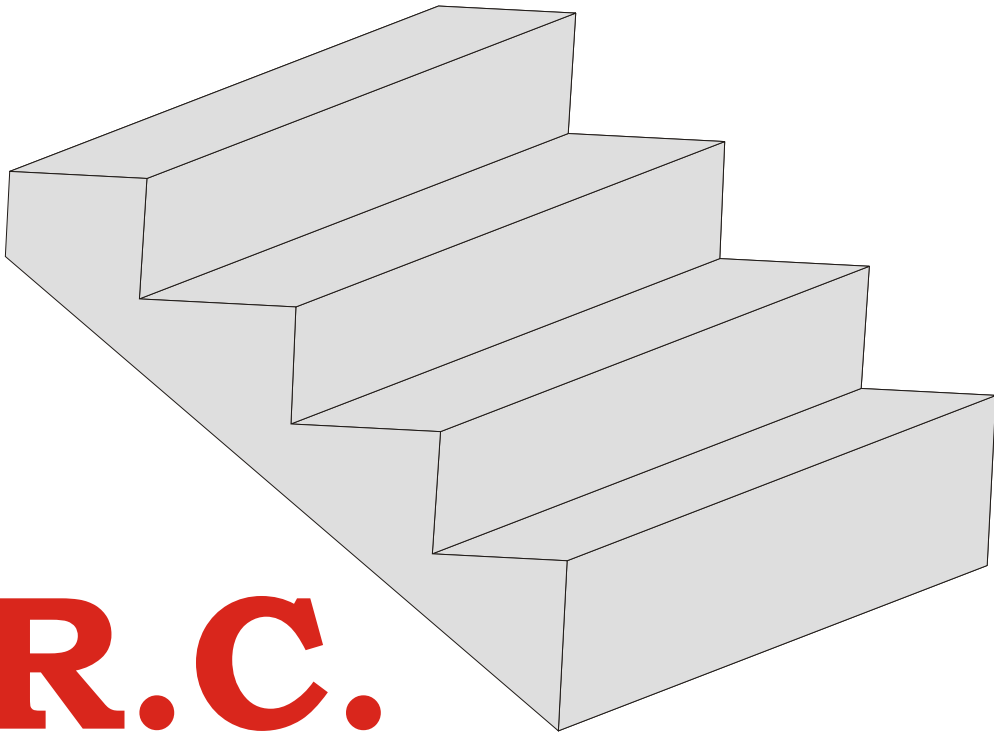


บันได ค.ส.ล.



# R.C. STAIRS



# บันได ค.ส.ล.

บันไดคอนกรีตเสริมเหล็ก

ข้อกำหนดบันไดคอนกรีตเสริมเหล็ก

อาคารพักอาศัย

ความกว้างไม่น้อยกว่า 90 เซนติเมตร

สูงช่วงละไม่เกิน 3 เมตร

ชั้นบันได ลูกตั้งต้องสูงไม่เกิน 20 เซนติเมตร

ลูกนอนกว้างไม่น้อยกว่า 22 เซนติเมตร

อาคารสาธารณะ โรงงานอุตสาหกรรม และอาคารเพื่อการพาณิชย์

ความกว้างไม่น้อยกว่า 1.50 เมตร

สูงช่วงละไม่เกิน 4 เมตร

ชั้นบันได ลูกตั้งสูงสูงไม่เกิน 19 เซนติเมตร

ลูกนอนกว้างไม่น้อยกว่า 24 เซนติเมตร

กรณี เป็นบันไดเวียน ลูกนอนส่วนแคบที่สุดต้องไม่น้อยกว่า 10 เซนติเมตร

# วิธีการคำนวณบันได ค.ส.ล.

คำนวณโมเมนต์สูงสุด

$$\text{โมเมนต์สูงสุด } M = WL^2/8$$

คำนวณน้ำหนักบันได W

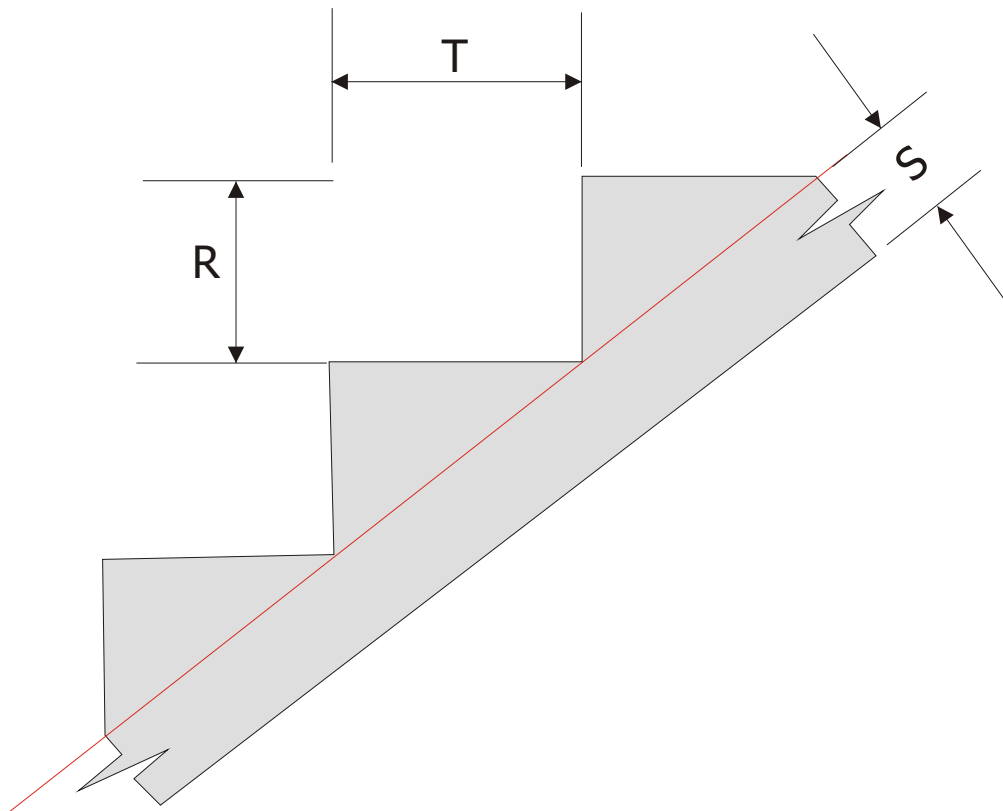
$$\text{น้ำหนักขั้นบันได} = 12(R) \text{ kg./sq.m.}$$

$$\text{น้ำหนักพื้นบันได} = 24(S)/T \sqrt{R^2+T^2} \text{ kg./sq.m.}$$

เมื่อ R = ความสูงของลูกตั้ง หน่วยเป็น cm.

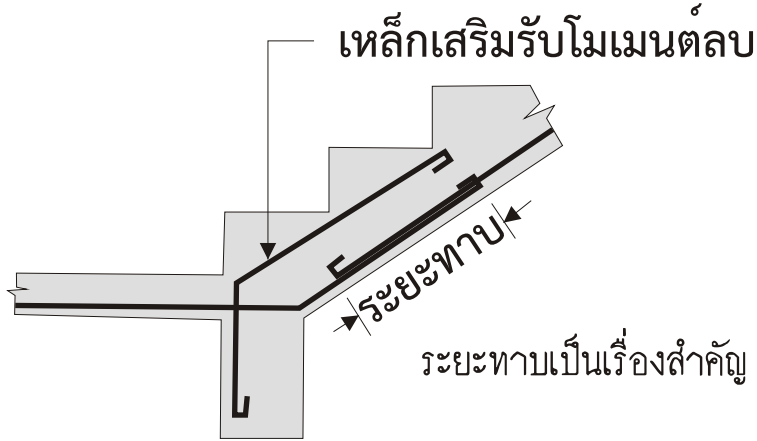
T = ความกว้างของลูกนอน หน่วยเป็น cm.

S = ความหนาของพื้นบันได หน่วยเป็น cm.

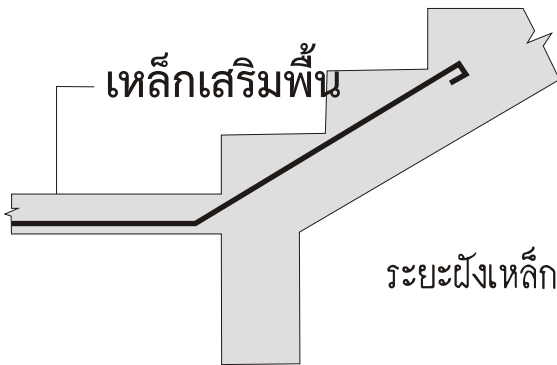


# การพิจารณาจุดต่อในบันได ค.ส.ล.

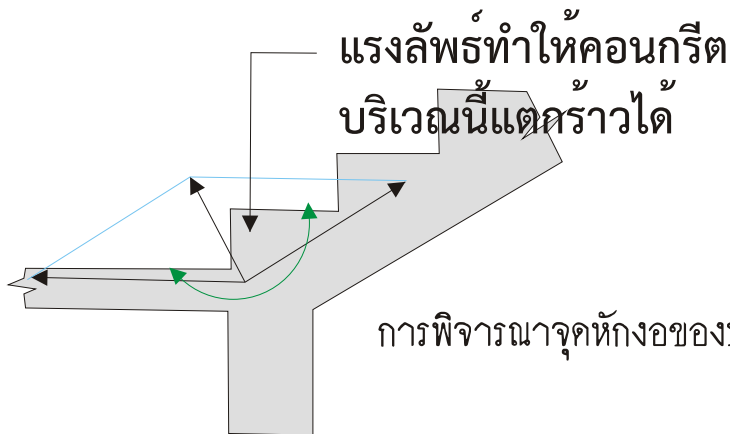
## การต่อเหล็กในบันไดคอนกรีตเสริมเหล็ก



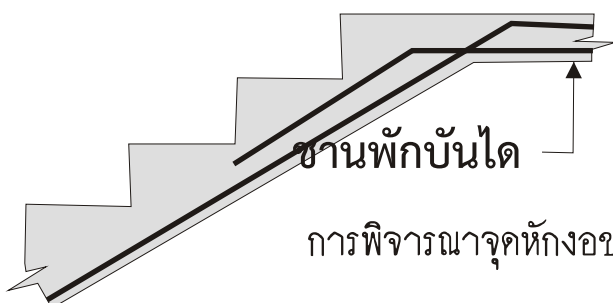
ระยะทาบเป็นเรื่องสำคัญ เพื่อให้เกิดแรงยึดเหนี่ยวที่พอเพียง



ระยะฝังเหล็กเป็นเรื่องสำคัญ เพื่อให้เกิดแรงยึดเหนี่ยวที่พอเพียง



การพิจารณาจุดหักงอของบันได จะต้องเสริมเหล็กกันร้าว

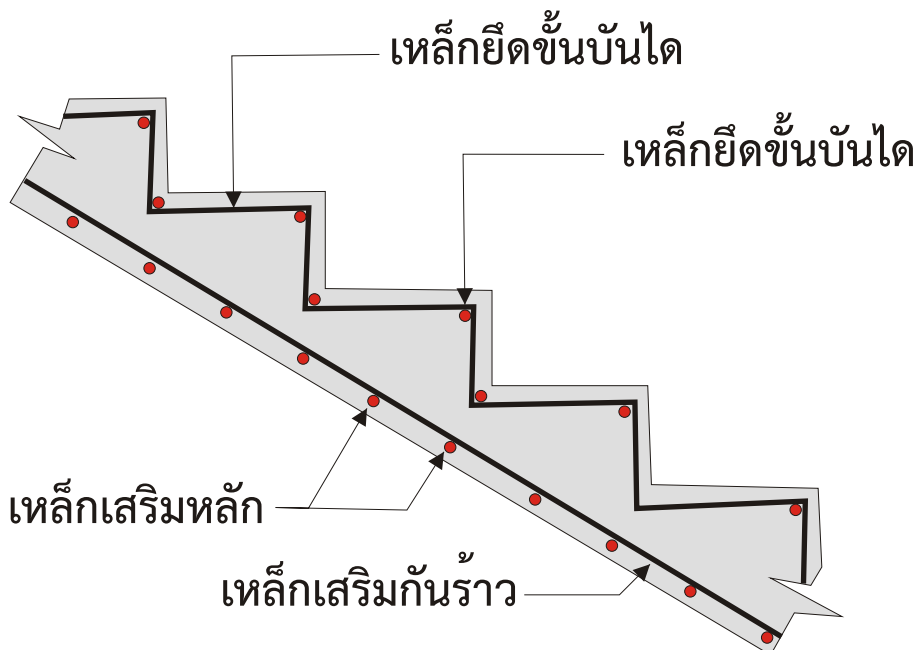
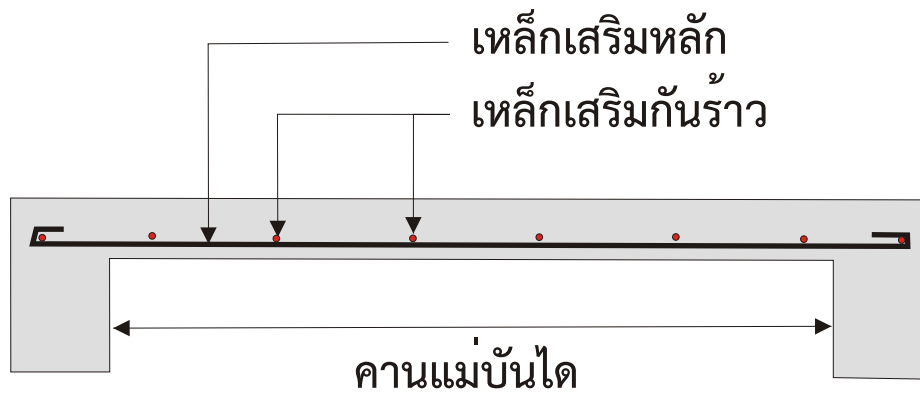
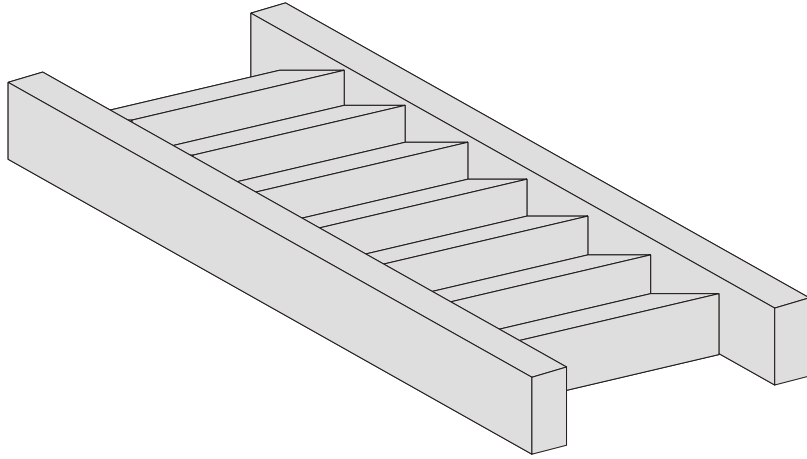


การพิจารณาจุดหักงอของบันได จะต้องเสริมเหล็กกันร้าว

# บันไดมีคานพาดรับสองข้าง

บันไดคอนกรีตเสริมเหล็กแบบมีคานพาดสองข้าง ท้องเรียบและพับผ้า

บันไดคอนกรีตเสริมเหล็กแบบนี้ จะคำนวณเหมือนพื้น One Way Slab



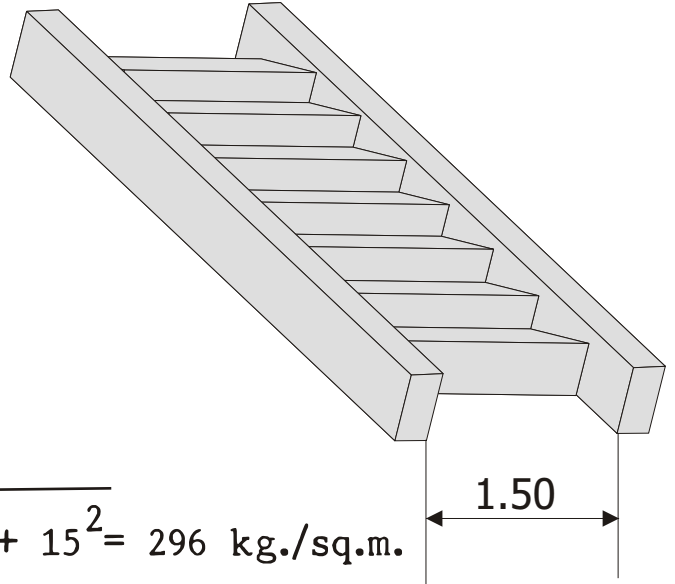
# บันไดห้องเรียน

ตัวอย่าง คำนวณออกแบบบันไดห้องเรียน มีคานพาดสองข้าง(ต่อ)

ตัวอย่าง บันไดคอนกรีตเสริมเหล็กกว้าง 1.50 เมตร รับน้ำหนักจร 300 กก./ตร.ม.

ลูกนอน 25 cm. ลูกตั้ง 18 cm.  $F_c = 45 \text{ ksc. } F_s = 1200 \text{ ksc.}$

ค่า  $n = 15, R = 7.13$



ความกว้างบันได  $L = 1.50 \text{ m.}$

กำหนดพื้นบันไดหนา 10 cm.

น้ำหนักพื้นบันได =  $24(10)/25 \sqrt{18^2 + 15^2} = 296 \text{ kg./sq.m.}$

น้ำหนักชั้นบันได =  $12(18) = 216 \text{ kg./sq.m.}$

น้ำหนักจร  $LL = 300 \text{ kg./sq.m.}$

$W = 296 + 216 + 300 = 812 \text{ kg./sq.m.}$

$M = WL^2/8 = 812(1.5)^2/8 = 228 \text{ kg.-m.}$

$D' = 10 - 2.45 = 7.55 \text{ cm.}$

$D' = \sqrt{M/Rb} = \sqrt{288(100)/7.13(100)} = 5.65 < 7.55 \text{ OK}$

$A_s = M / F_s \cdot j \cdot D' = 228(100)/1200 \times 0.88 \times 7.55 = 2.86 \text{ sq.cm.}$

ใช้เหล็กเสริมหลัก 9 มม. ระยะ 0.25 ม. ( $A_s = 3.18 > 2.86 \text{ sq.cm.}$ ) OK

$A_{st} = 0.0025 \times 100 \times 10 = 2.5 \text{ sq.cm.}$

ใช้เหล็กเสริมกั้นราว 6 มม. ระยะ 0.125 ม. ( $A_s = 2.55 > 2.5 \text{ sq.cm.}$ ) OK

แรงเฉือน  $V = \frac{1}{2}(WL) = \frac{1}{2} (812 \times 1.5) = 609 \text{ kg.}$

$V_d = V - (W \times D') = 609 - (812 \times 0.0755) = 548 \text{ kg.}$

$V' = V_d / bD' = 548/100 \times 7.55 = 0.72 \text{ kg./sq.cm.}$

หน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้  $v_c = 0.29 \sqrt{100} = 2.9 > 0.72 \text{ kg./sq.cm. OK}$

# บันไดห้องเรียน

ตัวอย่าง คำนวณออกแบบบันไดห้องเรียน มีคานพาดสองข้าง(ต่อ)

หน่วยแรงยึดเกาะ  $u = V / \sum o.j.D'$  kg./sq.cm.

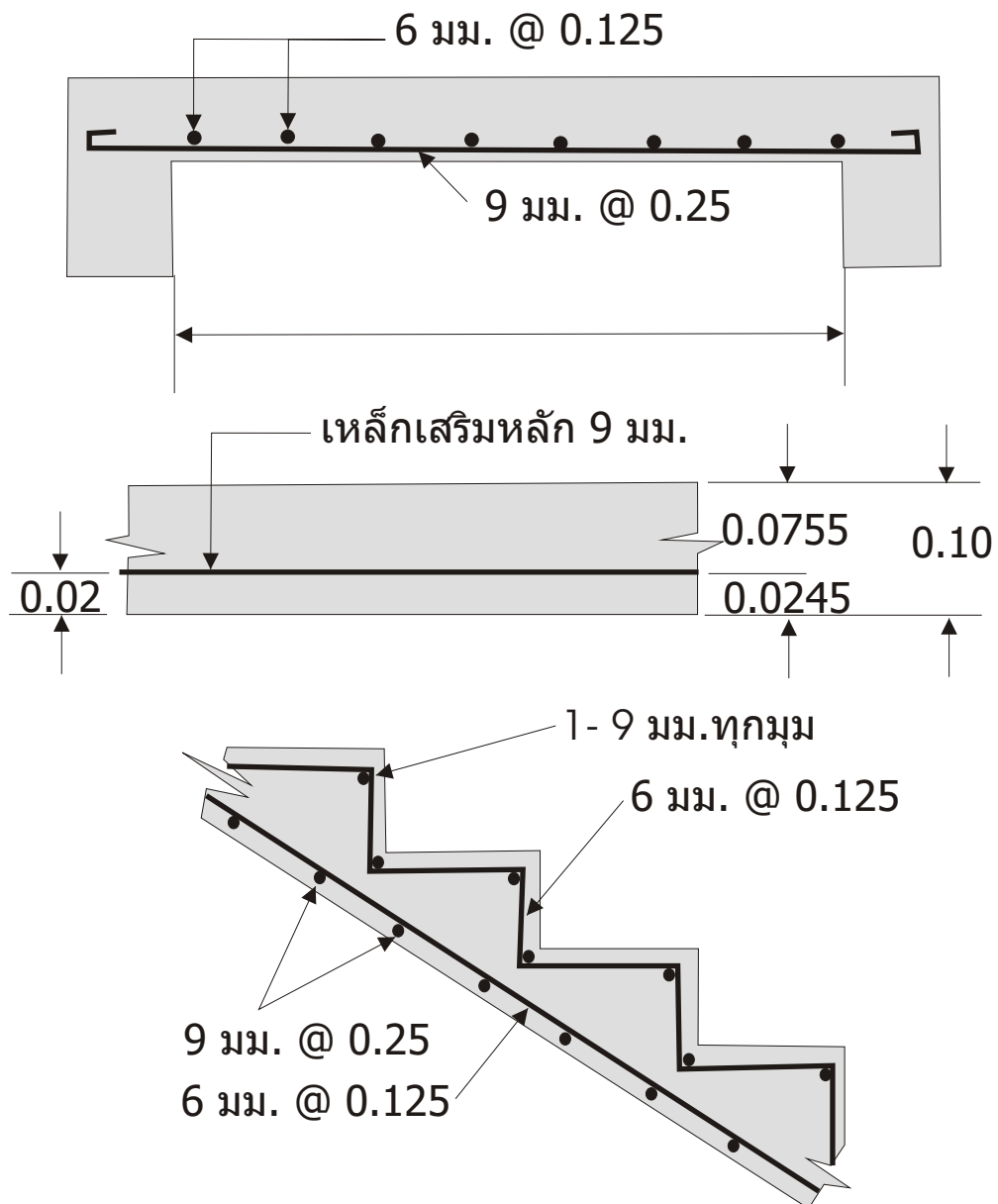
ใช้เหล็กเสริม 9 มม. ใน 1.00 เมตร ใช้จำนวน 5 เส้น

เหล็ก 9 มม. เส้นรอบวง = 2.83 cm.

$$\sum o = 2.83 \times 5 = 14.15 \text{ cm.}$$

หน่วยแรงยึดเกาะ  $u = 609 / 14.15 \times 88 \times 7.55 = 6.47 \text{ ksc.}$

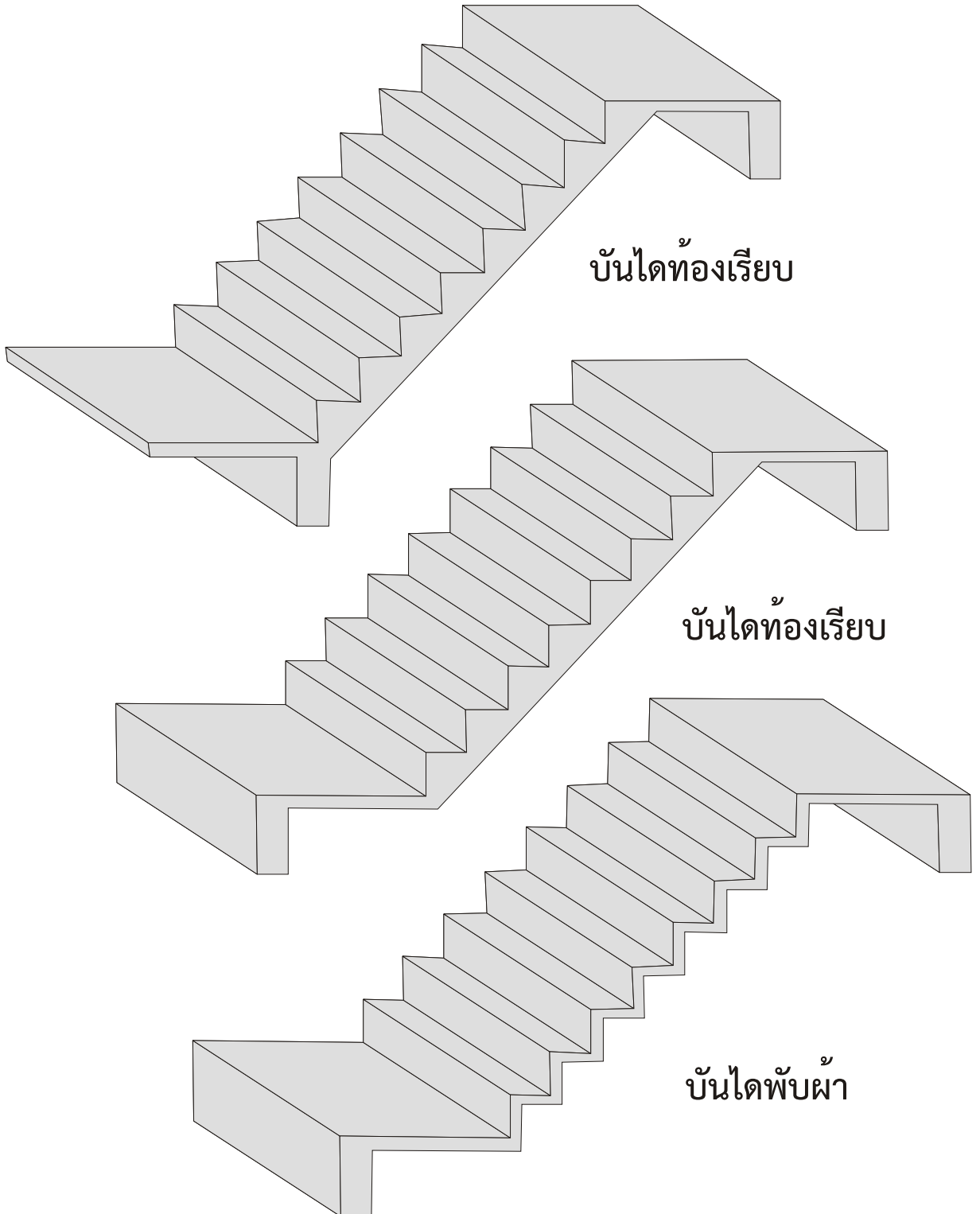
หน่วยแรงยึดเกาะที่ยอมให้สำหรับเหล็ก 9 มม. = 11 > 6.47 kg./sq.cm. OK



# บันไดพาตรองรับด้วยคาน

บันไดคอนกรีตเสริมเหล็กแบบพาตรองรับด้วยคานต่างระดับ

บันไดคอนกรีตเสริมเหล็กแบบนี้ จะคำนวณเหมือนพื้น One Way Slab แต่ถือความยาวช่วงพาดยาวของบันได เป็นช่วงสั้น ของ Slab





# บันไดห้องเรียนวางบนคาน

ตัวอย่าง คำนวณออกแบบบันไดห้องเรียน

บันไดคอนกรีตเสริมเหล็กมีช่วงยาว 3.00 เมตร พาดอยู่ระหว่างคานพื้นและคานชานพัก  
รับน้ำหนักจร 300 กก./ตร.ม. ชานพักกว้าง 1.00 เมตร  $F_c = 65 \text{ ksc.}$

$F_s = 1200 \text{ ksc.}$  ค่า  $n = 11$ ,  $j = 0.876$ ,  $R = 10.62$

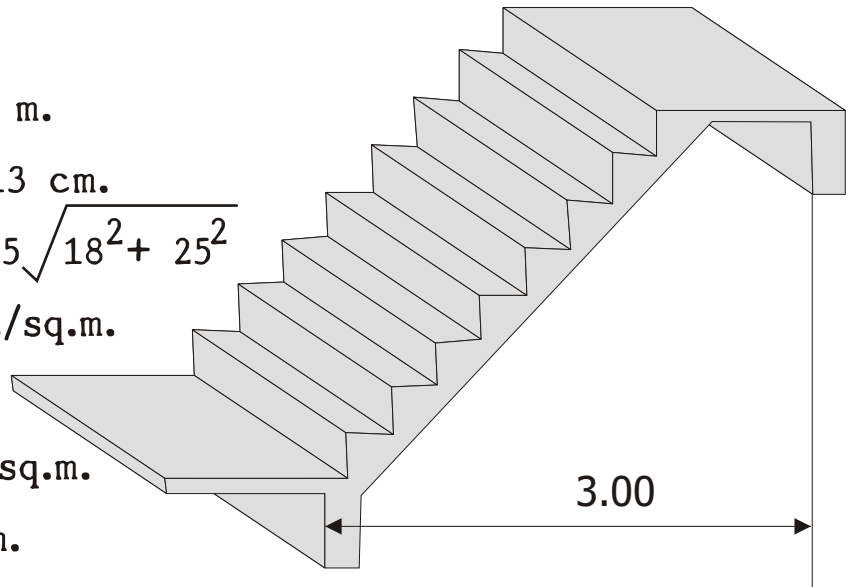
ช่วงยาวของบันได  $L = 3.00 \text{ m.}$

กำหนดความหนาพื้นบันได = 13 cm.

$$\begin{aligned} \text{น้ำหนักพื้นบันได} &= 24(13)/25 \sqrt{18^2 + 25^2} \\ &= 384 \text{ kg./sq.m.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{น้ำหนักชั้นบันได} &= 12(18) \\ &= 216 \text{ kg./sq.m.} \end{aligned}$$

น้ำหนักจร = 300 kg./sq.m.



$$W = 384 + 216 + 300 = 900 \text{ kg./sq.m.}$$

$$M = WL^2/8 = 900(3)^2/8 = 1012.5 \text{ kg.-m.}$$

$$D' = 13 - 2.45 = 10.55 \text{ cm.}$$

$$D' = \sqrt{M/Rb} = \sqrt{1012.5(100)/10.62(100)} = 9.76 < 10.55 \text{ cm. OK}$$

$$A_s = M/F_s.j.D' = 1012.5(100)/1200 \times 0.876 \times 10.55 = 9.13 \text{ sq.cm.}$$

ใช้เหล็กเสริมหลัก 9 มม. ระยะ 0.07 ม. ( $A_s = 9.54 > 9.13 \text{ sq.cm.}$ ) OK

เหล็กเสริมกั้นร้าว  $A_{st} = 0.0025 \times 100 \times 13 = 3.25 \text{ sq.cm.}$

ใช้เหล็กเสริมกั้นร้าว 9 มม. ระยะ 0.20 ม. ( $A_s = 3.82 > 3.25 \text{ sq.cm.}$ ) OK

$$\text{แรงเฉือน } V = \frac{1}{2}(WL) = \frac{1}{2}(900)(3) = 1350 \text{ kg.}$$

$$V_d = V - (W \times D') = 1350 - (900 \times 0.1055) = 1255 \text{ kg.}$$

$$V' = V_d/bD' = 1255/100 \times 10.55 = 1.19 \text{ kg./sq.cm.}$$

หน่วยแรงเฉือนที่ยอมให้  $V_c = 0.29 \sqrt{144} = 3.43 > 1.19 \text{ kg./sq.cm. OK}$

# บันไดห้องเรียนวางบนคาน

ตัวอย่าง คำนวณออกแบบบันไดห้องเรียน(ต่อ)

แรงยึดเกาะ  $u = V / \sum o.j.D'$  kg./sq.cm.

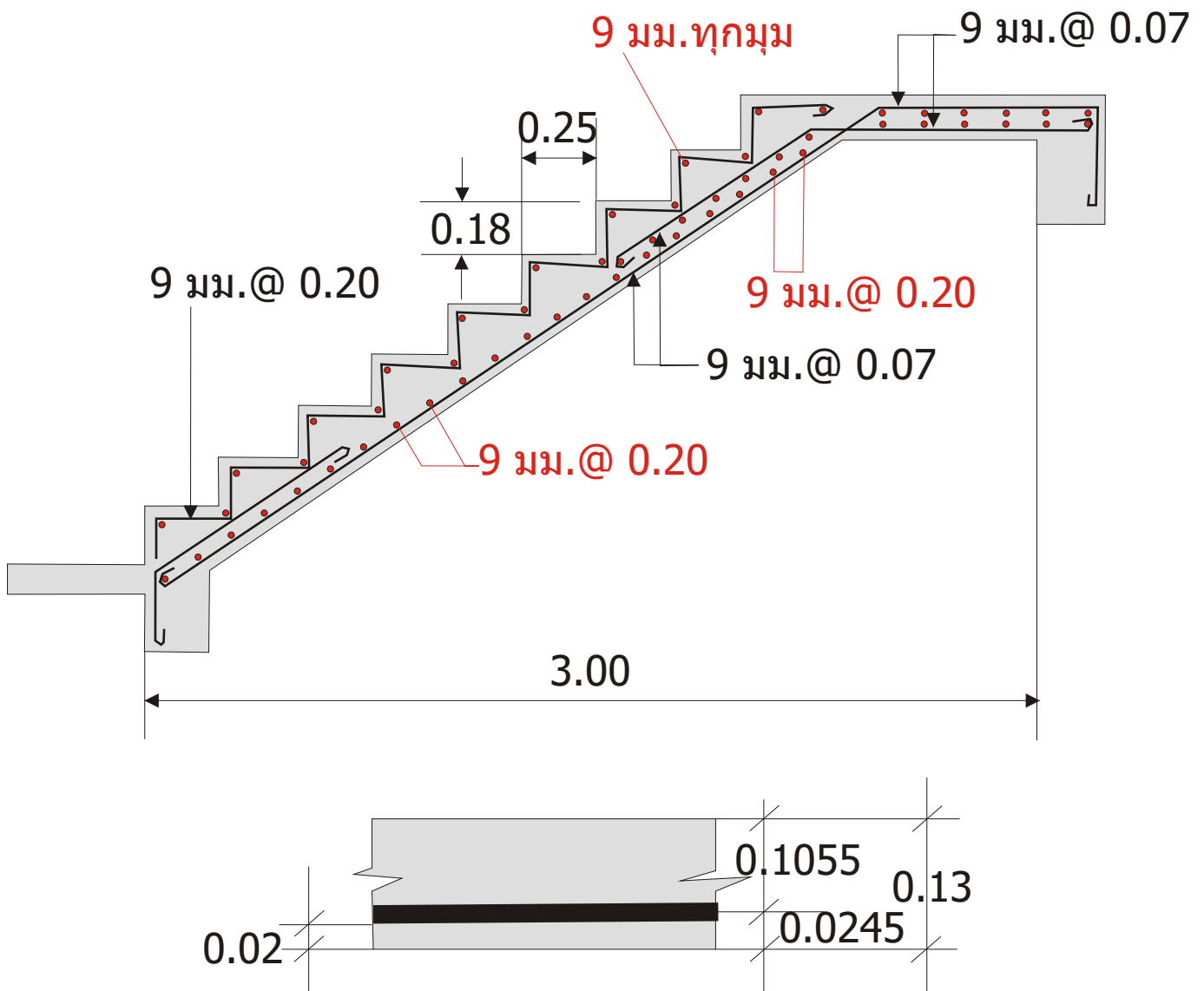
ใช้เหล็กเสริมหลัก 9 มม. ใน 1.00 เมตร ใช้เหล็กจำนวน 15 เส้น

เหล็ก 9 มม. เส้นรอบวง = 2.83 cm.

$$\sum o = 2.83 \times 15 = 42.25 \text{ cm.}$$

แรงยึดเกาะ  $u = 1350 / 42.45 \times 0.876 \times 10.55 = 3.44 \text{ kg./sq.cm.}$

หน่วยแรงยึดเกาะที่ยอมให้สำหรับเหล็ก 9 มม. = 11 > 3.44 kg./sq.cm. OK



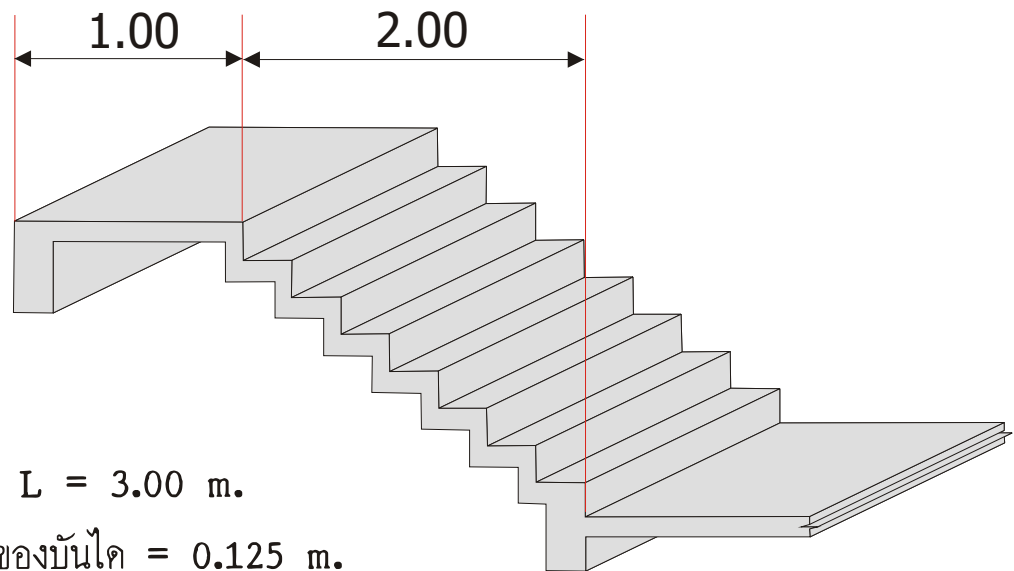
# บันไดพับผ้าพาดรองรับด้วยคาน

ตัวอย่าง คำนวณออกแบบบันไดพับผ้า

ตัวอย่าง ออกแบบคำนวณบันไดพับผ้า ช่วงยาว 3.00 ม.(รวมชานพัก 1.00 ม.)

รับน้ำหนักจร 300 kg./sq.m. ลูกนอนกว้าง 25 cm. ลูกตั้งสูง 18 cm.

$F_c = 65 \text{ ksc. } F_s = 1200 \text{ ksc. } \text{ค่า } n = 11, R = 10.62, j = 0.876$



ช่วงยาวของบันได  $L = 3.00 \text{ m.}$

กำหนดความหนาของบันได = 0.125 m.

น้ำหนักชั้นบันได =  $4(0.125 \times 0.28 \times 1 \times 2400) = 336 \text{ kg./sq.m.}$

=  $4(0.125 \times 0.15 \times 1 \times 2400) = 180 \text{ kg./sq.m.}$

น้ำหนักจร  $LL = 300 \text{ kg./sq.m.}$

$W = 336 + 180 + 300 = 816 \text{ kg./sq.m.}$

$M = WL^2/8 = 816(3^2)/8 = 918 \text{ kg.-m.}$

$D' = \sqrt{M/Rb} = \sqrt{918(100)/10.62(100)} = 9.29 < 10.05 \text{ cm. OK}$

$A_s = M / F_s \cdot j \cdot D' = 918(100)/1200 \times 0.876 \times 10.05 = 8.68 \text{ sq.cm.}$

ใช้เหล็กเสริมขนาด 9 มม. ระยะ 0.075 ม.( $A_s = 8.9 > 8.68 \text{ sq.cm.}$ ) OK

$V = \frac{1}{2}(WL) = \frac{1}{2}(816 \times 3) = 1224 \text{ kg.}$

$V_d = V - (W \times D') = 1224 - (816 \times 0.1005) = 1142$

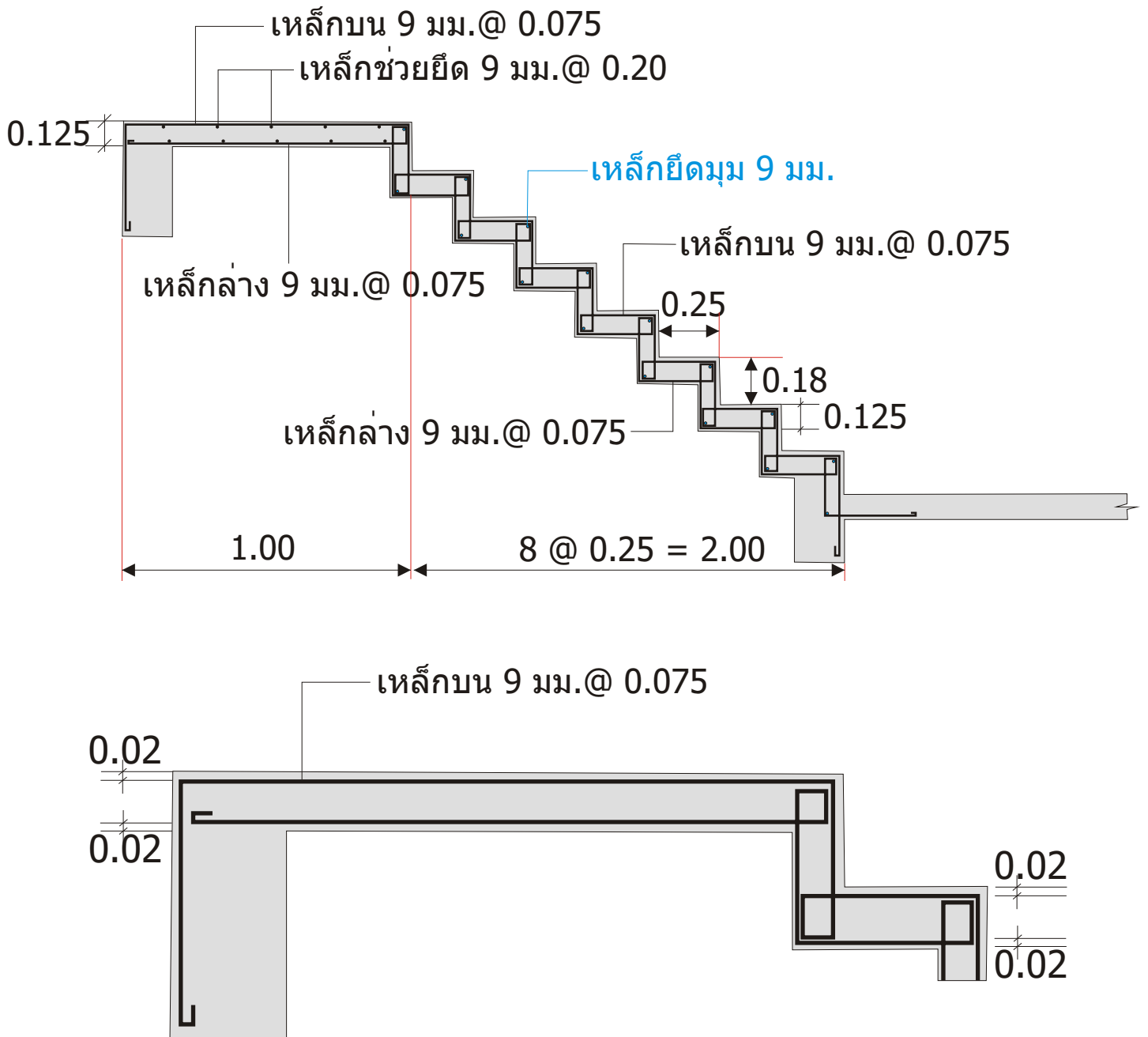
$V' = V_d / bD' = 1142 / 100 \times 10.05 = 1.13 < 3.48 \text{ ksc. OK}$

หรือ  $V_c = 0.29 \times 144 \times 100 \times 12.5 = 4350 > 12.24 \text{ kg.}$

ค่า  $u = V / \sum o \cdot j \cdot D' = 1224 / 14(2.83) \times 0.876 \times 10.05 = 3.5 > 11 \text{ kg./sq.cm.}$

# บันไดพับผ้าพาตรองรับด้วยคาน

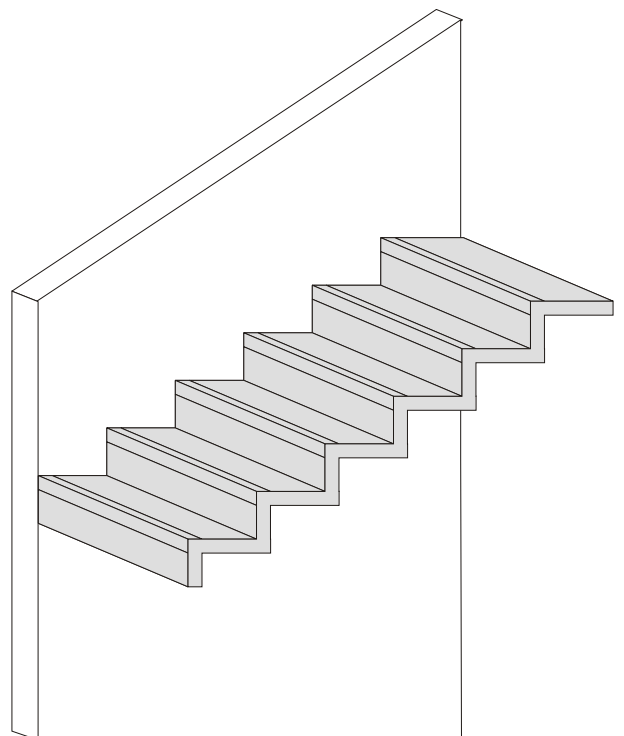
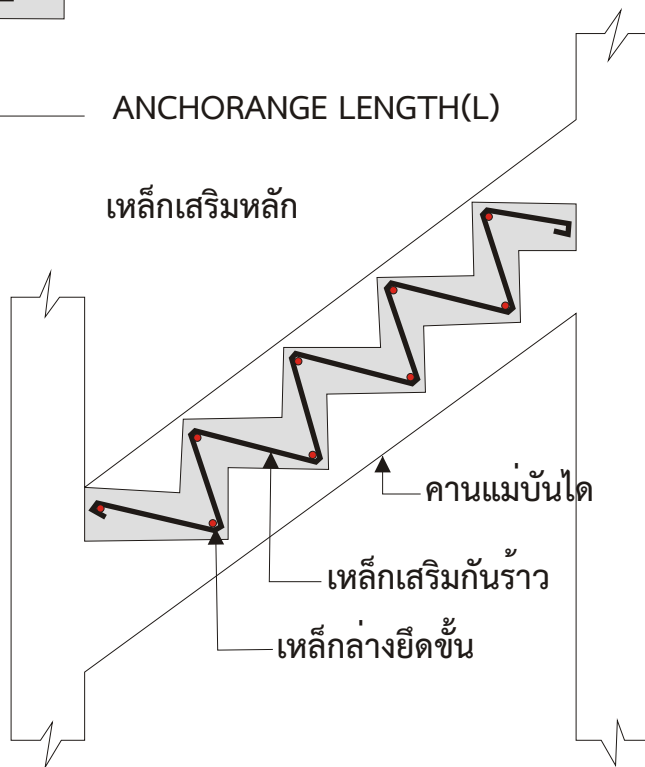
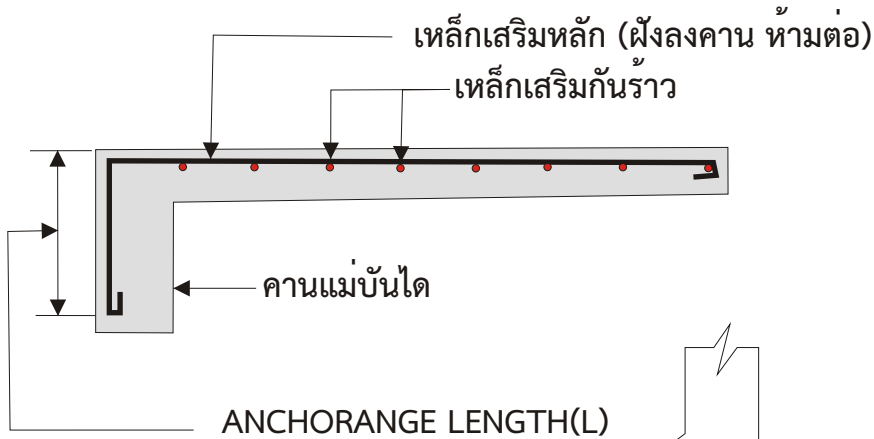
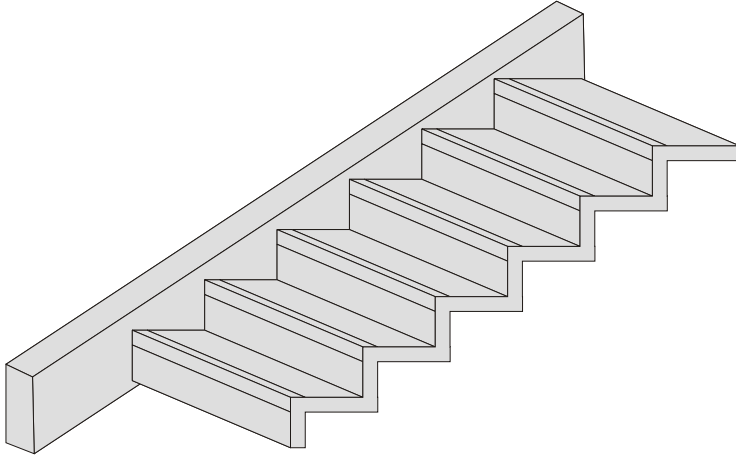
ตัวอย่าง คำนวณออกแบบบันไดพับผ้า(ต่อ)



# บันไดยื่นจากผนังหรือคาน

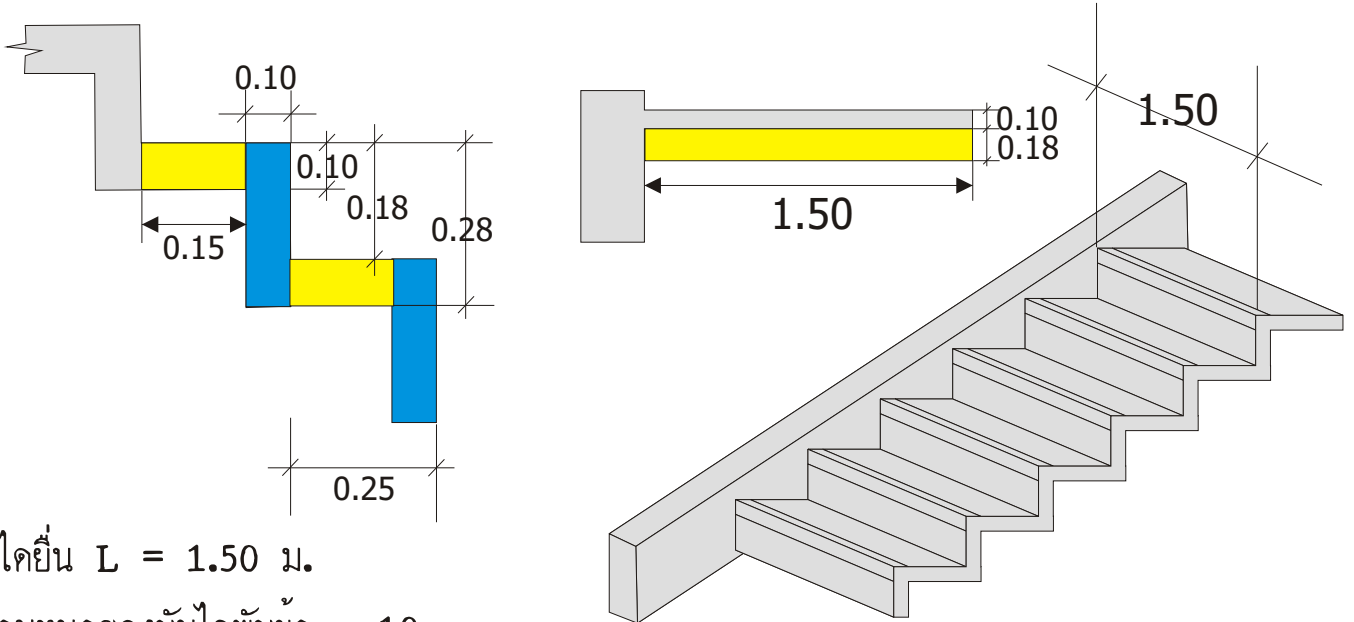
บันไดคอนกรีตเสริมเหล็กแบบมีคานรับข้างเดียว หรือยื่นออกจากผนัง

บันไดคอนกรีตเสริมเหล็กแบบนี้ จะคำนวณเหมือนพื้นยื่น Cantilever slab



# บันไดพับผ้ายื่นจากผนังหรือคาน

ตัวอย่าง ออกแบบคำนวณบันไดพับผ้ายื่นออกจากคาน



บันไดยื่น  $L = 1.50$  ม.

ความหนาของบันไดพับผ้า = 10 cm.

น้ำหนักบันได 1 ชั้น =  $(0.10 \times 1 \times 0.28 \times 2400) + (0.10 \times 0.15 \times 1 \times 2400) = 103$  kg./m.

น้ำหนักจร LL = 500 kg./sq.m. น้ำหนักจร =  $0.25 \times 1 \times 500 = 125$  kg./m.

น้ำหนักรวมนับได 1 ชั้น  $W = 103 + 125 = 228$  kg./m.

$$M = \frac{1}{2} WL^2 = \frac{1}{2} 228(1.5)^2 = 257 \text{ kg.-m.}$$

$$M_c = R_b D^2 = 6.86 \times 10 \times 25^2 / 100 = 429 > 257 \text{ kg./m. OK}$$

โมเมนต์จากแรงภายนอกที่กระทำต่อคาน  $M <$  โมเมนต์ต้านทานโดยคอนกรีต  $M_c$

หน้าตัดคาน 10x28 cm. ใช้ได้ OK

$$A_s = M / F_s \cdot j \cdot D' = 257(100) / 1200 \times 0.885 \times 25 = 0.967 \text{ sq.cm.}$$

ใช้เหล็กเสริม 12 มม. 1 เส้น ( $A_s = 1.13 > 0.967$  sq.cm.) OK

$$\text{เส้นรอบวง เหล็ก 12 มม.} = 3.77 \text{ cm.}$$

$$\text{แรงเฉือน } V = WL = 228(1.5) = 342 \text{ kg.}$$

$$V' = V / bD' = 342 / 10 \times 25 = 1.368 < 2.9 \text{ kg./sq.cm. OK}$$

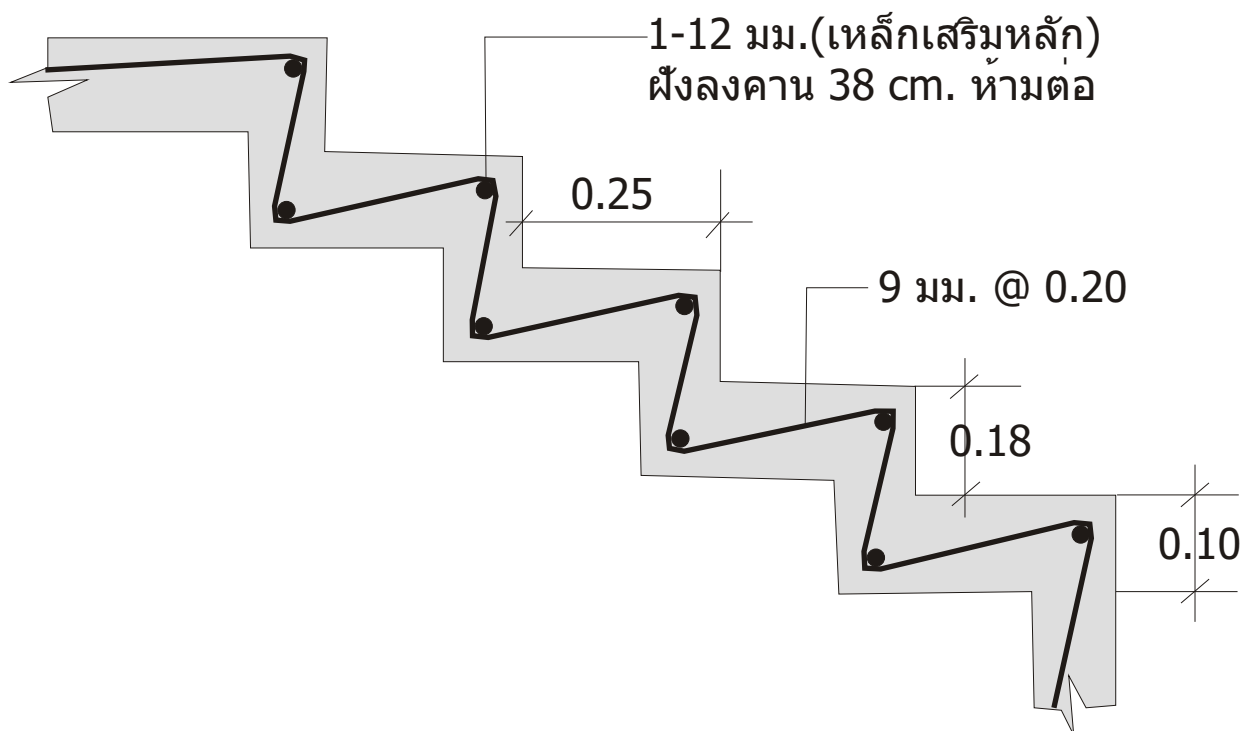
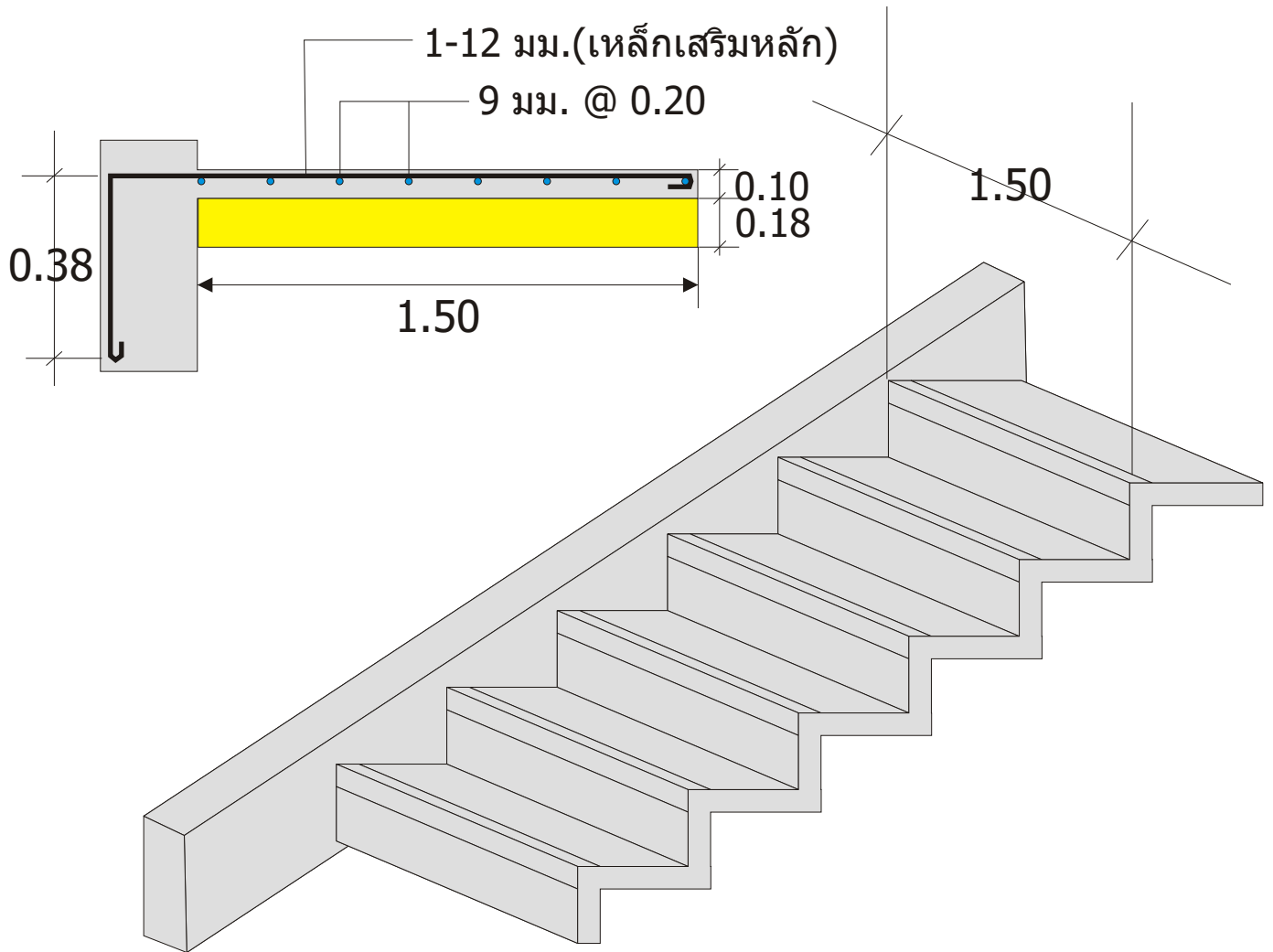
$$\text{แรงยึดเกาะ } u = V / \sum o \cdot j \cdot D' = 342 / 3.77 \times 0.885 \times 25 = 4.1 < 9.54 \text{ kg./sq.cm.}$$

หน่วยแรงยึดเกาะที่ยอมให้ เหล็ก 12 มม. =  $1.145 \sqrt{F_c'} / 1.2 = 9.54$  kg./sq.cm.

$$\begin{aligned} \text{ระยะเหล็กฝังในคาน Anchorage Length} &= D \cdot F_s / 4u = 1.2(1200) / 4(9.54) \\ &= 37.73 \text{ cm. ใช้ระยะฝัง } 38 \text{ cm. OK} \end{aligned}$$

# บันไดพับผ้ายื่นออกจากคาน

ตัวอย่าง ออกแบบคำนวณบันไดพับผ้ายื่นออกจากคาน(ต่อ)



# บันได ชานพักลอย

## บันไดคอนกรีตเสริมเหล็ก ชานพักลอย (Jack Knife Stairs)

บันไดคอนกรีตเสริมเหล็กแบบนี้ จะคำนวณค่อนข้างยุ่งยาก และราคาก่อสร้างแพง ในอดีตวิศวกรเรียกว่า บันไดปราบเซียน ไม่ค่อยเป็นที่นิยม(เพราะคำนวณติดบ่อยๆ) แต่เป็นบันไดที่สวยงาม ปัจจุบันเนื่องจาก คอมพิวเตอร์สามารถคำนวณได้อย่างรวดเร็ว บันไดชนิดนี้จึงกลับมาเป็นที่นิยมใหม่ เพราะมี Software หลายตัวที่คำนวณได้อย่างรวดเร็ว แม่นยำกว่าการคำนวณด้วยมือ ที่มีโอกาสคำนวณผิดพลาดได้ง่าย

ผู้เขียนขอแนะนำ โปรแกรม AFrame3D, ERC3R2 ที่สามารถคำนวณได้เพียงแค่ว่าครูปก็สามารรถคำนวณและออกแบบบันไดชนิดนี้ได้อย่างรวดเร็ว

