6

Reinforced Concrete Design II

One-Way Slab

- ชนิดของพื้น
- น้ำหนักที่กระทำต่อพื้น
- การแอ่นตัวของพื้นทางเดียว
- การออกแบบพื้นทางเดียว

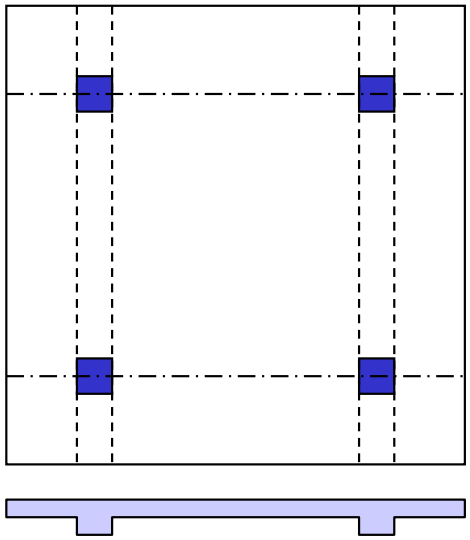
Mongkol JIRAVACHARADET

S U R A N A R E E UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

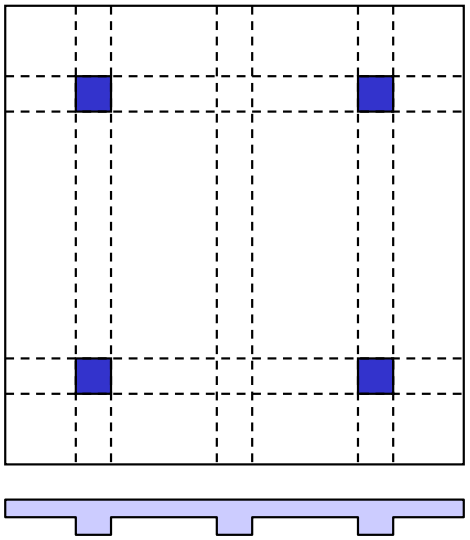
INSTITUTE OF ENGINEERING

SCHOOL OF CIVIL ENGINEERING

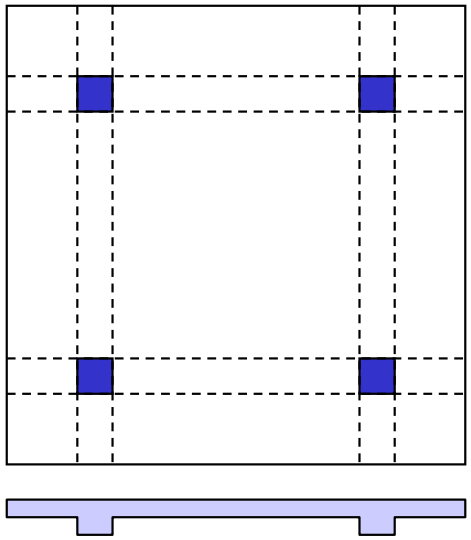
ชนิดของพื้น



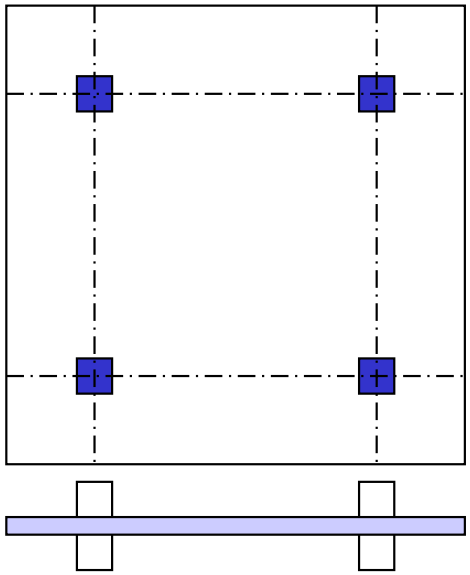
One-way slab



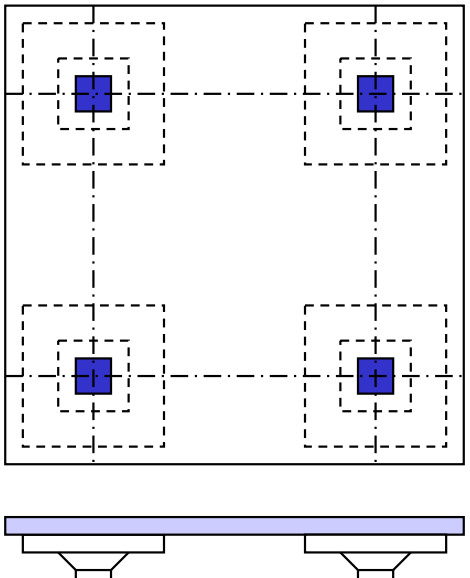
One-way slab



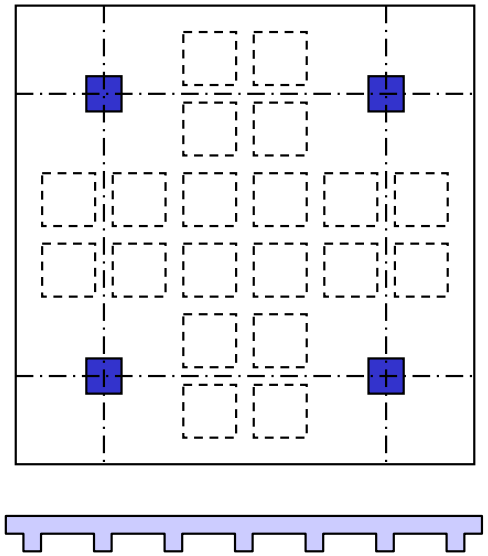
Two-way slab



Flat plate slab



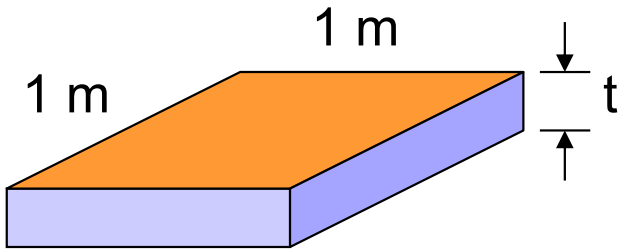
Flat slab



Grid slab

น้ำหนักที่กระทำต่อพื้น

น้ำหนักต่อตารางเมตร

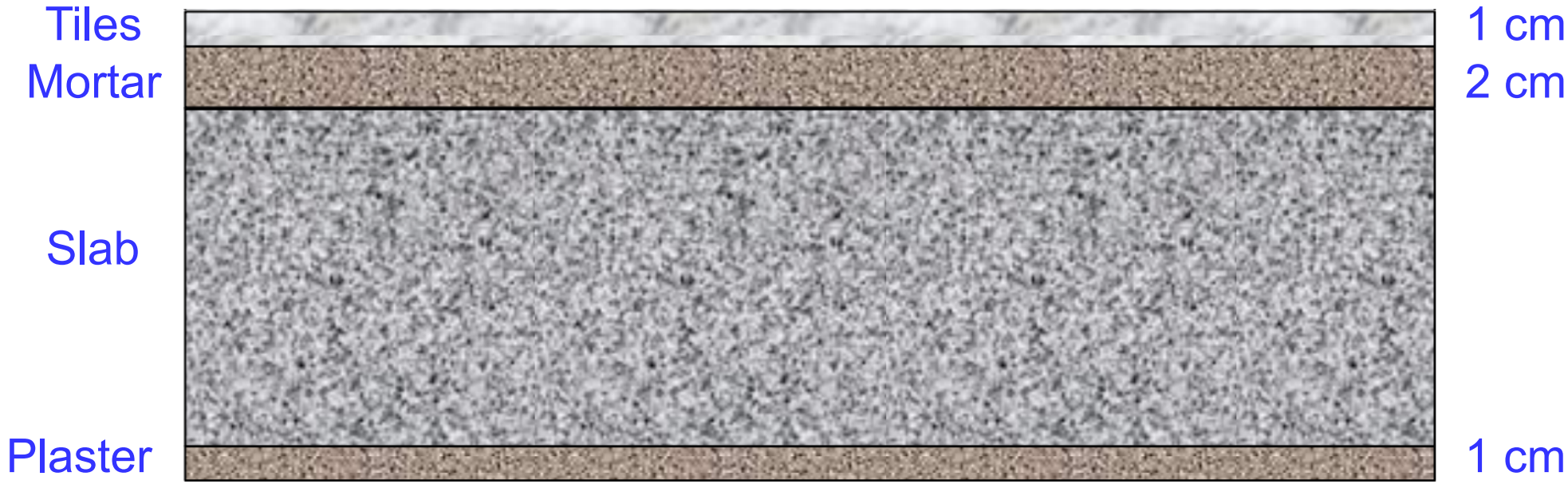


- น้ำหนักตัวพื้นเอง (DL) = 2,400 × t
- น้ำหนักจร (LL) ใช้ตามข้อกำหนด
- น้ำหนักวัสดุปูผิว (SDL) : หินขัด, หินแกรนิต, ไม้
- น้ำหนักส่วนประกอบอื่นๆ เช่น งานระบบ, ฝ้า, พัดลม, โคมไฟ

น้ำหนักวัสดุปูผิว

ชนิดวัสดุ	น้ำหนัก (ก.ก./ม.^{2})
ปูนทรายปรับระดับ	1,658 t
พื้นซีเมนต์ขัดมันหนา 2.5 ซม.	55
พื้นหินขัดหนา 2.5 ซม.	80
พื้นปูหินอ่อนหรือหินอัคนี(หรือ 2,645 t)	55
พื้นปูหินแกรนิต (หรือ 2,800 t)	60
พื้นปูหินทราย	2,400 t
พื้นปูหินปูน	2,550 t
พื้นปูปาเก้หนา 1/2”	15

ตัวอย่างการคำนวณน้ำหนักวัสดุปูผิว



Tiles (1 cm thick) = $0.01 \times 2{,}300$ = 23 kg/m^2

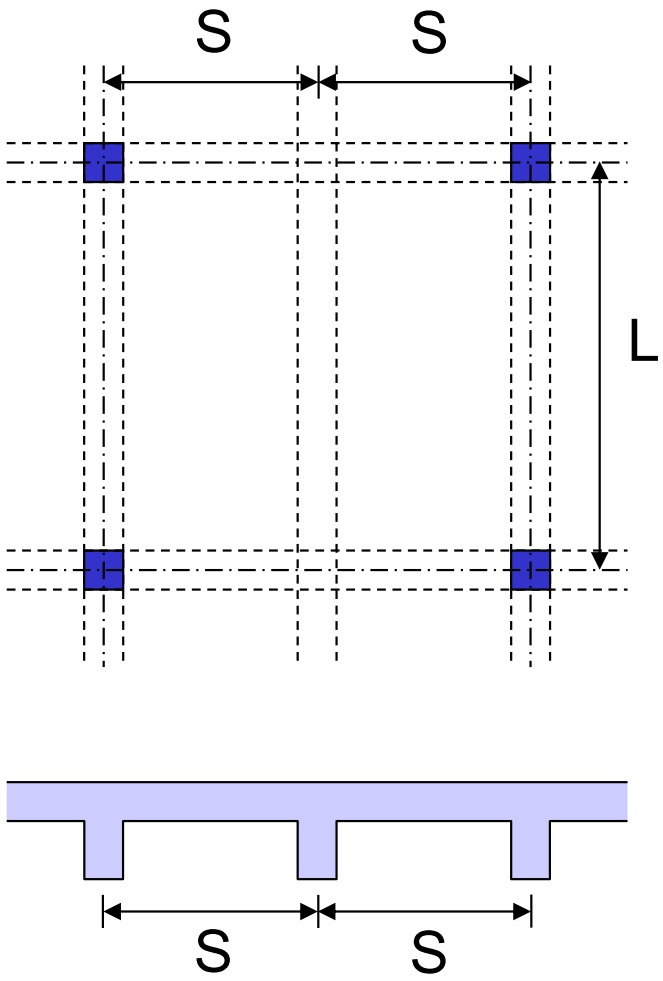
Mortar (2 cm thick) = $0.02 \times 2{,}100$ = 42 kg/m^2

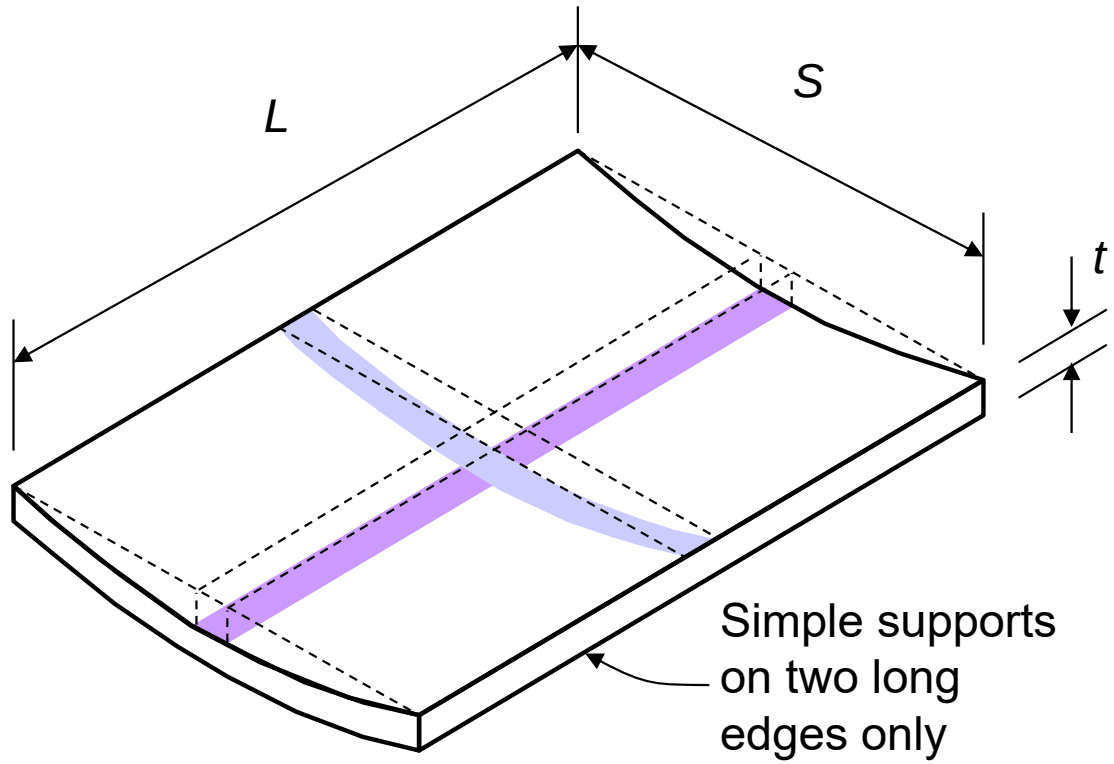
Plaster (1 cm thick) = $0.01 \times 2{,}100$ = 21 kg/m^2

Total covering materials = 86 kg/m^2

การแอ่นตัวของพื้นทางเดียว

พื้นทางเดียว : ด้านยาว (L) > สองเท่าของด้านสั้น (S)



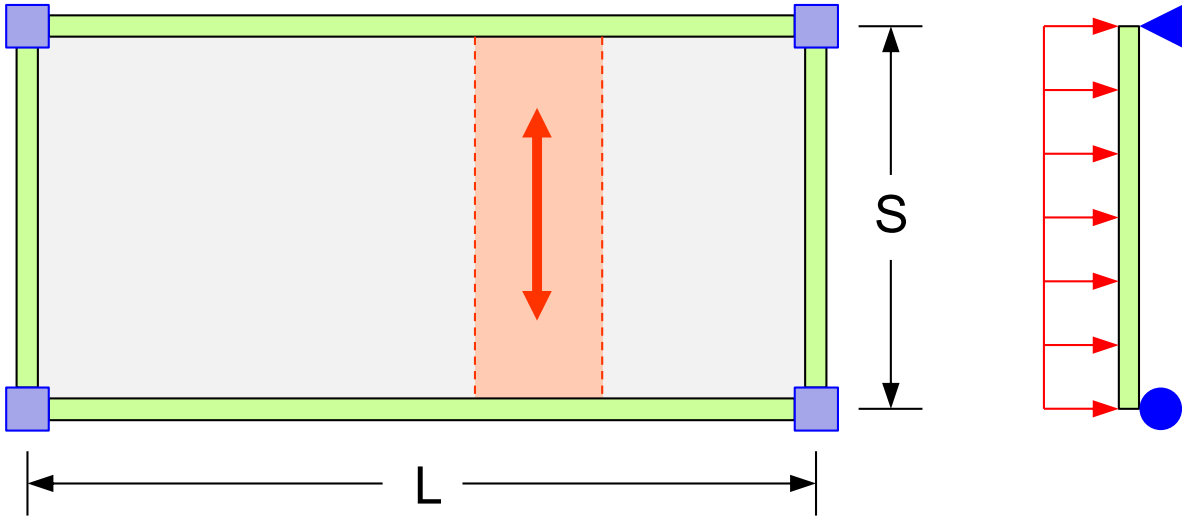


การแอ่นตัวเกิดขึ้นบนด้านสั้น

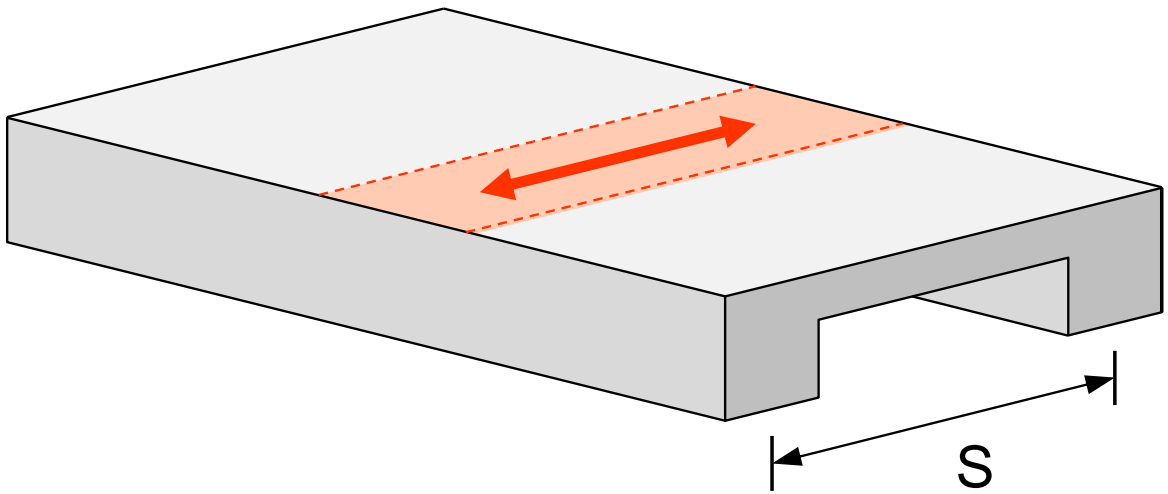
พื้นทางเดียว = การดัดใน 1 ทิศทาง

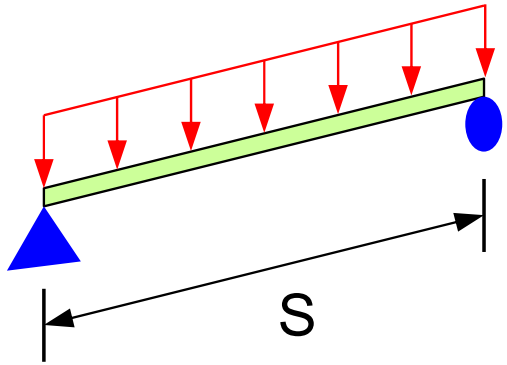
- พื้นมีคานรองรับทั้ง 4 ด้าน

$$L \geq 2S$$



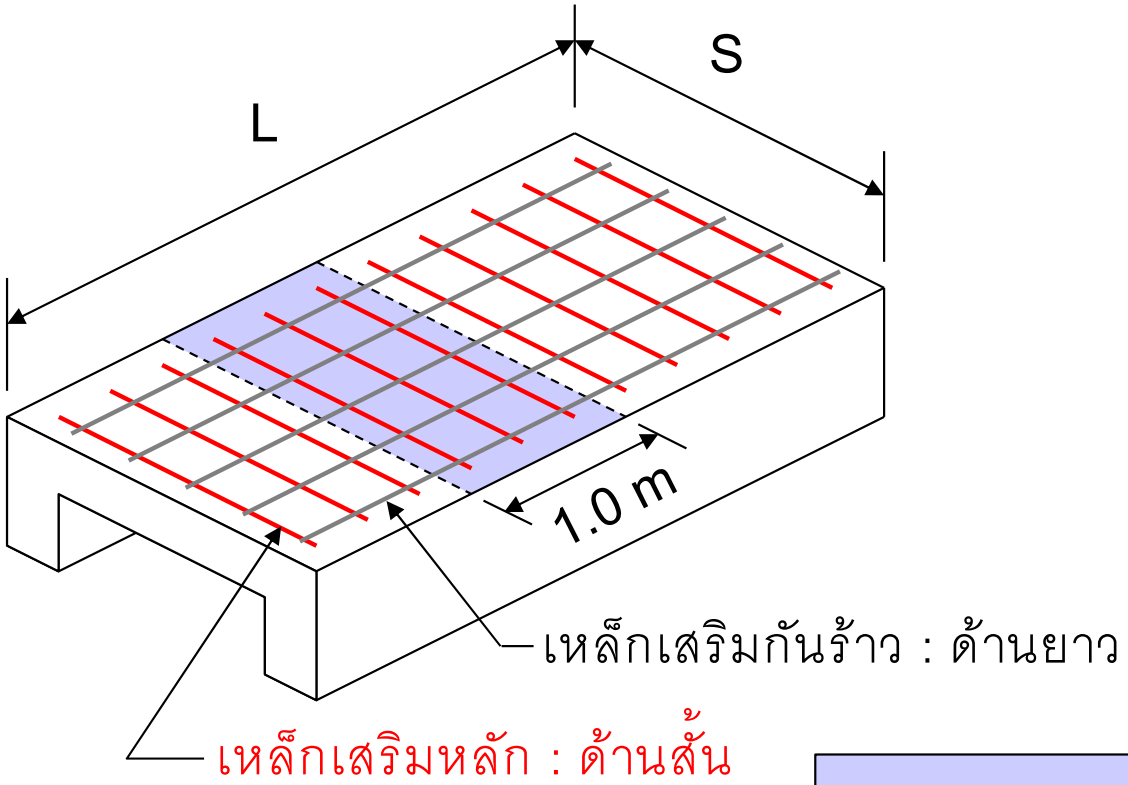
- พื้นมีคานรองรับ 2 ด้านขนานกัน

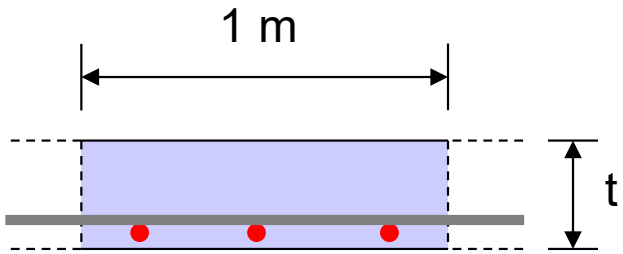




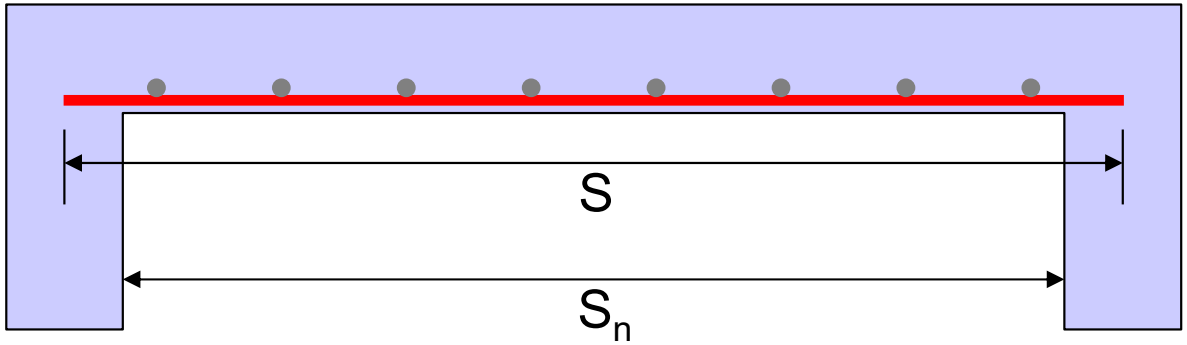
การออกแบบพื้นทางเดียว

การออกแบบ : พิจารณาพื้นเป็นคานกว้างหนึ่งเมตร





รูปหน้าตัด

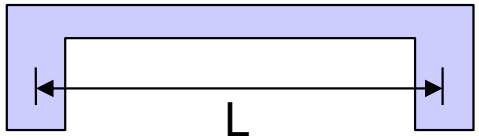
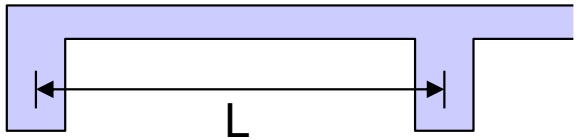
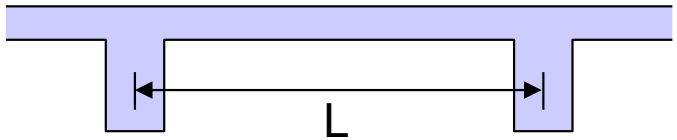
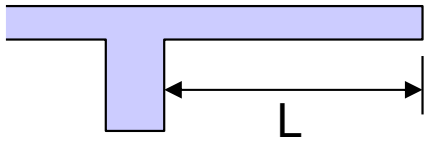


รูปด้านข้าง

ความหนาของพื้นทางเดียว

ความหนาพื้นอยู่ระหว่าง 10-15 ซม. ระยะหุ้มคอนกรีต 2-3 ซม.

ความหนาน้อยที่สุดของพื้นทางเดียว

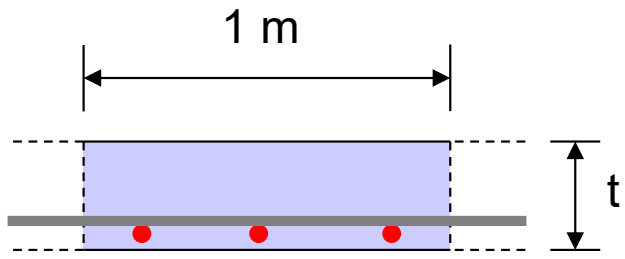
ความหนาน้อยที่สุด	ลักษณะของจุดรองรับ
L / 20	พื้นช่วงเดี่ยว 
L / 24	ปลายต่อเนื่องข้างเดียว 
L / 28	ปลายต่อเนื่องสองข้าง 
L / 10	พื้นยื่น 

*สำหรับเหล็กเสริม $f_y \neq 4{,}000$ กก./ซม.^{2} ให้คูณค่าในตารางด้วย $(0.4+f_y/7{,}000)$

ปริมาณเหล็กเสริมในพื้นทางเดียว

เหล็กเสริมป้องกันการหดตัวและการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (เหล็กเสริมกันร้าว)

อัตราส่วนเหล็กเสริม **A_s** ต่อพื้นที่คอนกรีตทั้งหมด **A_g : A_s/A_g**



$A_g = b \times t = 100\ t$

RB24 (fy = 2,400 ksc) 0.0025

SD30 (fy = 3,000 ksc) 0.0020

SD40 (fy = 4,000 ksc) 0.0018

SD (fy > 4,000 ksc) . . . . . $\dfrac{0.0018 \times 4{,}000}{f_y} \geq 0.0014$

Spacing $\leq$ 3 t $\leq$ 45 cm

Main Steel (short direction):

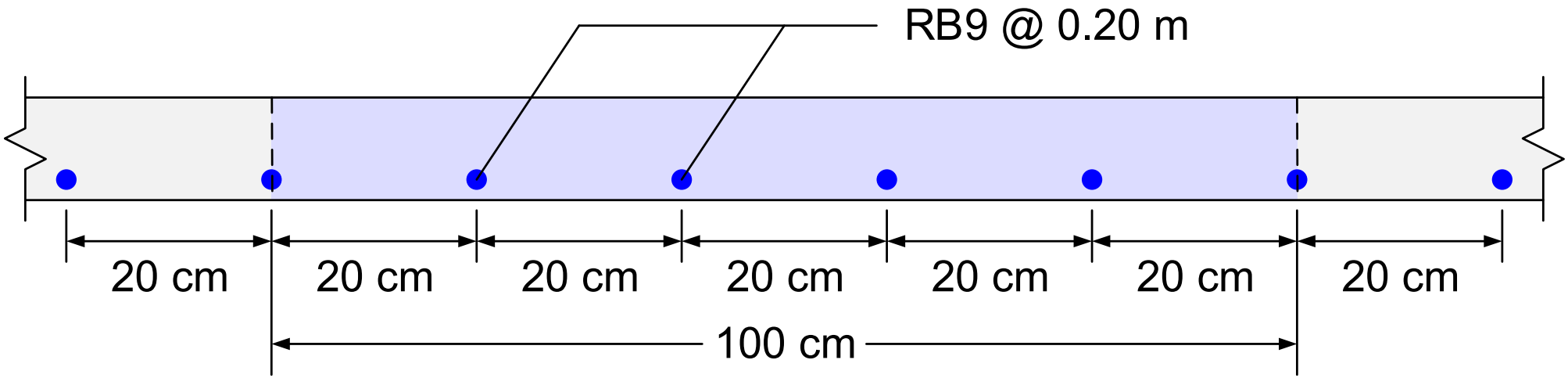
$A_s \geq \varnothing$ 6 mm

Max. Spacing $\leq$ 3 t $\leq$ 45 cm

Min. Spacing $\geq \phi$ main steel $\geq$ 4/3 max agg. $\geq$ 2.5 cm

ตัวอย่างการคิดปริมาณเหล็กเสริมในพื้น :

RB9 @ 0.20 m = RB9 (A_b = 0.636 cm^2) ระยะห่าง 0.20 m



พื้นที่เหล็กเสริมในความกว้าง 1 เมตร :

$$A_s = A_b\left(\frac{100}{s}\right) = 0.636\left(\frac{100}{20}\right) = 3.18\ cm^2/m$$

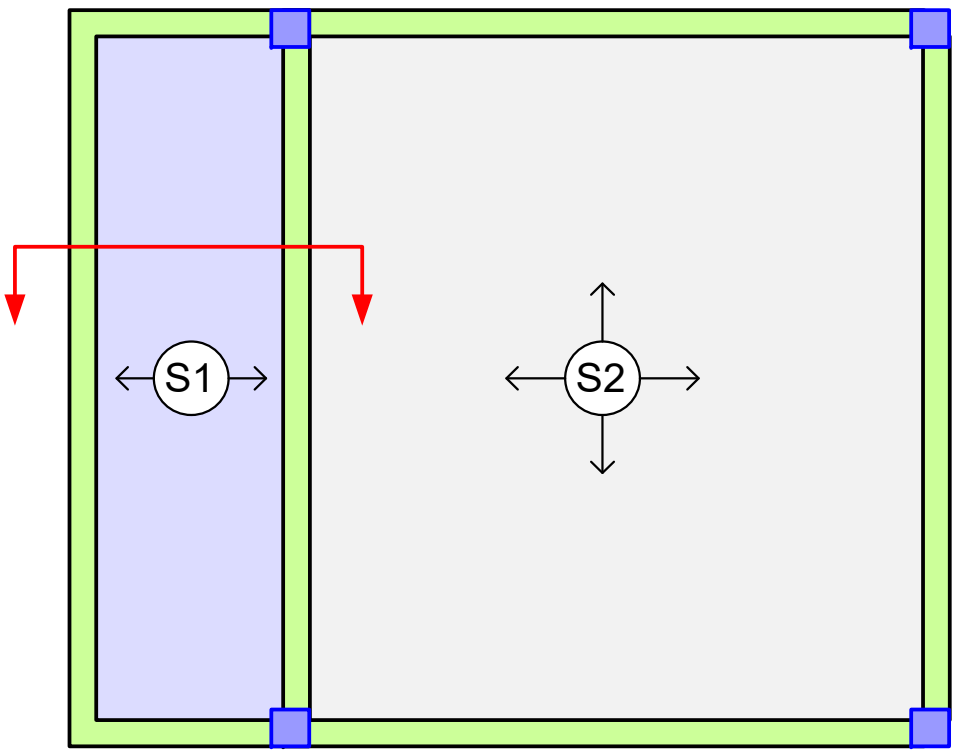
สมมุติว่าต้องการ $A_s = 5\ cm^2/m$, ระยะห่างที่ต้องการคือ

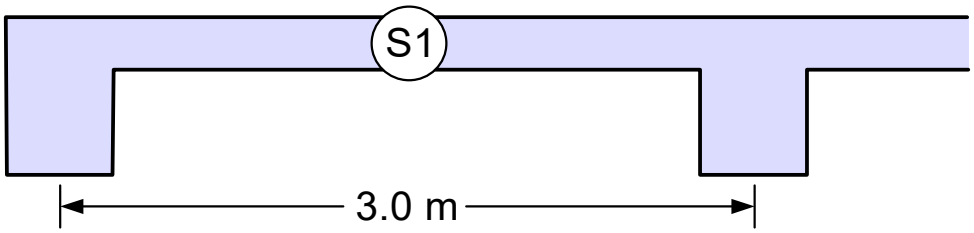
$$s = \left(\frac{A_b}{A_s}\right)\times 100 = \frac{0.636}{5}\times 100 = 12.72\ cm$$

USE RB9 @ 0.12 m

SDM

ตัวอย่างที่ 6.1 ออกแบบพื้นทางเดียว S1 เพื่อรับน้ำหนักบรรทุกใช้งาน 300 ก.ก./ม.^{2} น้ำหนักของวัสดุปูพื้นเท่ากับ 50 ก.ก./ม.^{2} กำหนดหน่วยแรงที่ยอมให้ f'_c = 210 ก.ก./ซม.^{2} และ f_y = 2,400 ก.ก./ซม.^{2}





วิธีทำ 1) ความหนาน้อยที่สุด

สำหรับพื้นต่อเนื่องข้างเดียว $t_{min} = L/24$

ตัวคูณลดค่าเมื่อ f_y = 2,400 ksc คือ

$$0.4 + \frac{2,400}{7,000} = 0.74$$

$$t_{min} = 0.74 \times \frac{300}{24} = 9.25 \text{ cm}$$

เลือกความหนาพื้น **t = 10 cm**

น้ำหนักพื้น = 0.1 x 2,400 = 240 kg/m^2

น้ำหนักวัสดุปูผิว = 50 kg/m^2

น้ำหนักจร = 300 kg/m^2

SDM

น้ำหนักประลัย $w_u = 1.4\times(240+50) + 1.7\times300 = 916$ kg/m^2

โมเมนต์ที่หน้าตัดวิกฤตคำนวณโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ในตาราง ก.8 ดังนี้

ณ. จุดรองรับภายใน: $-M_u = 916\times2.7^2/9 = 742.0$ kg-m

ณ. กลางช่วงคาน: $+M_u = 916\times2.7^2/14 = 477.0$ kg-m

ณ. จุดรองรับภายนอก: $-M_u = 916\times2.7^2/24 = 278.2$ kg-m

ปริมาณเหล็กเสริมมากที่สุด (ตาราง ก.3): $\rho_{max} = 0.0341$

ความลึกของหน้าตัดโดยสมมุติว่าใช้เหล็ก RB9 มม. ระยะหุ้ม 2 ซม.

$$d = 10 - 0.45 - 2 = 7.55 \text{ cm}$$

คำนวณปริมาณเหล็กเสริมที่ต้องการ : $R_n = \dfrac{M_u}{\phi b d^2}$

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

RB9 : $A_s = 0.636$ cm^2

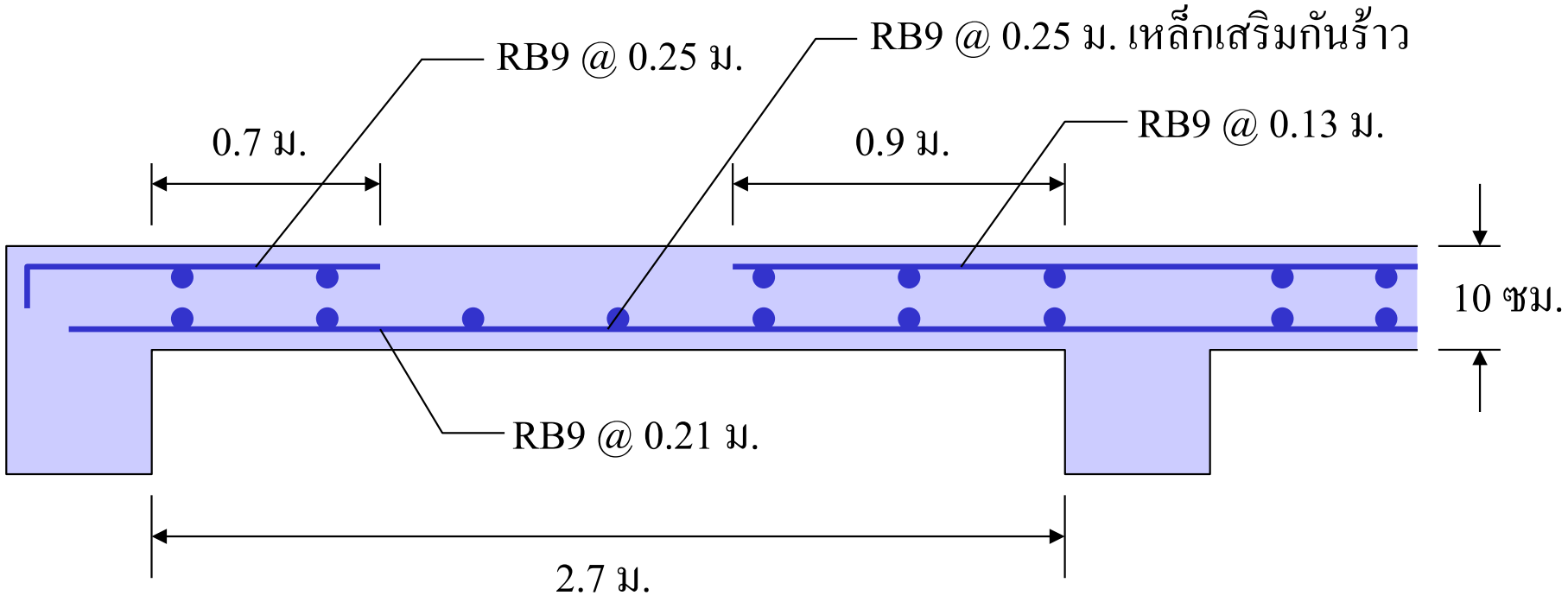
Spacing = $0.636\times100/A_s$

SDM

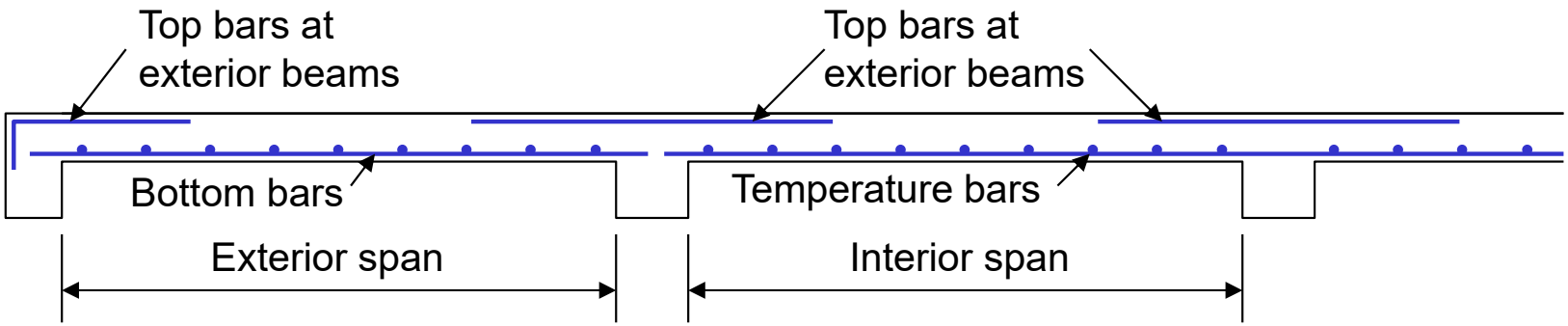
เหล็กเสริมกันร้าว : $A_{s,min} = 0.0025 \times 100 \times 10 = 2.5\ cm^2$ **USE RB9 @ 0.25 m**

ตำแหน่ง	M_u	A_s	เหล็กเสริม
จุดรองรับภายใน	-742.0	4.75	RB9 @ 0.13
กลางช่วงคาน	477.0	3.01	RB9 @ 0.21
จุดรองรับภายนอก	-278.2	1.73	**RB9 @ 0.25**

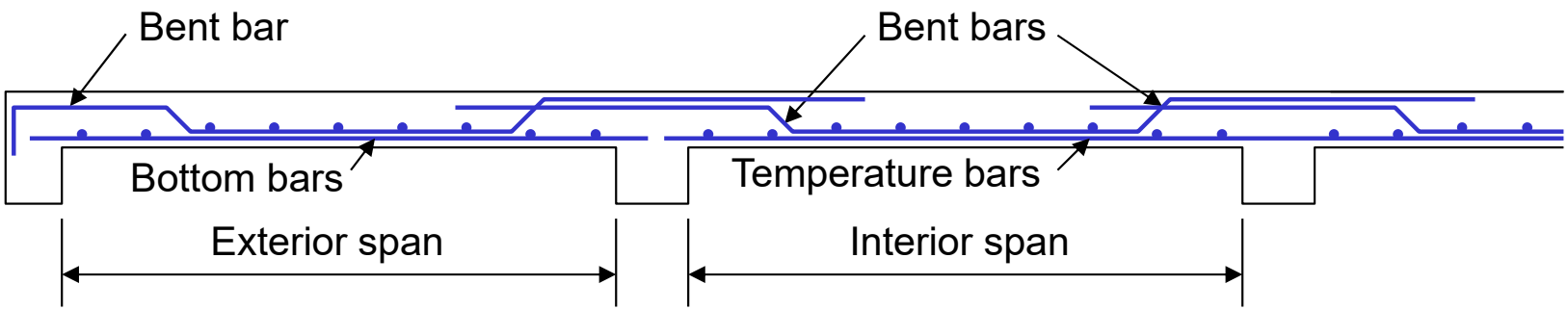
เหล็กเสริมทางยาว : ใช้เหล็กเสริมกันร้าว **USE RB9 @ 0.25 m**



การเสริมเหล็กในพื้นทางเดียว

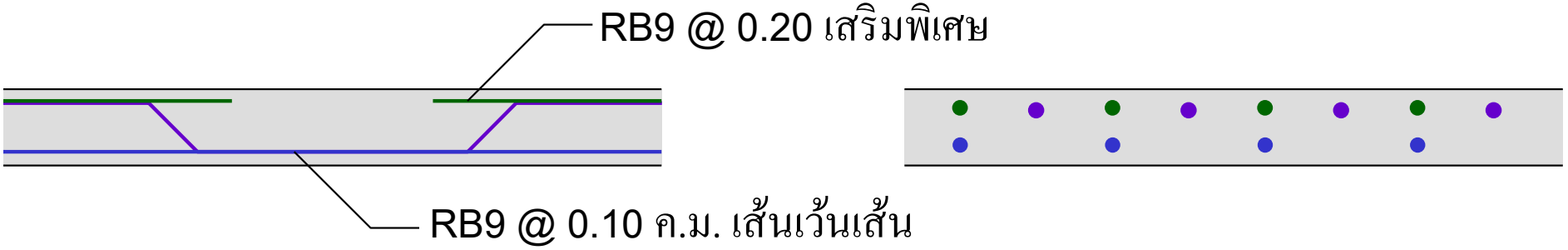


(a) Straight top and bottom bars



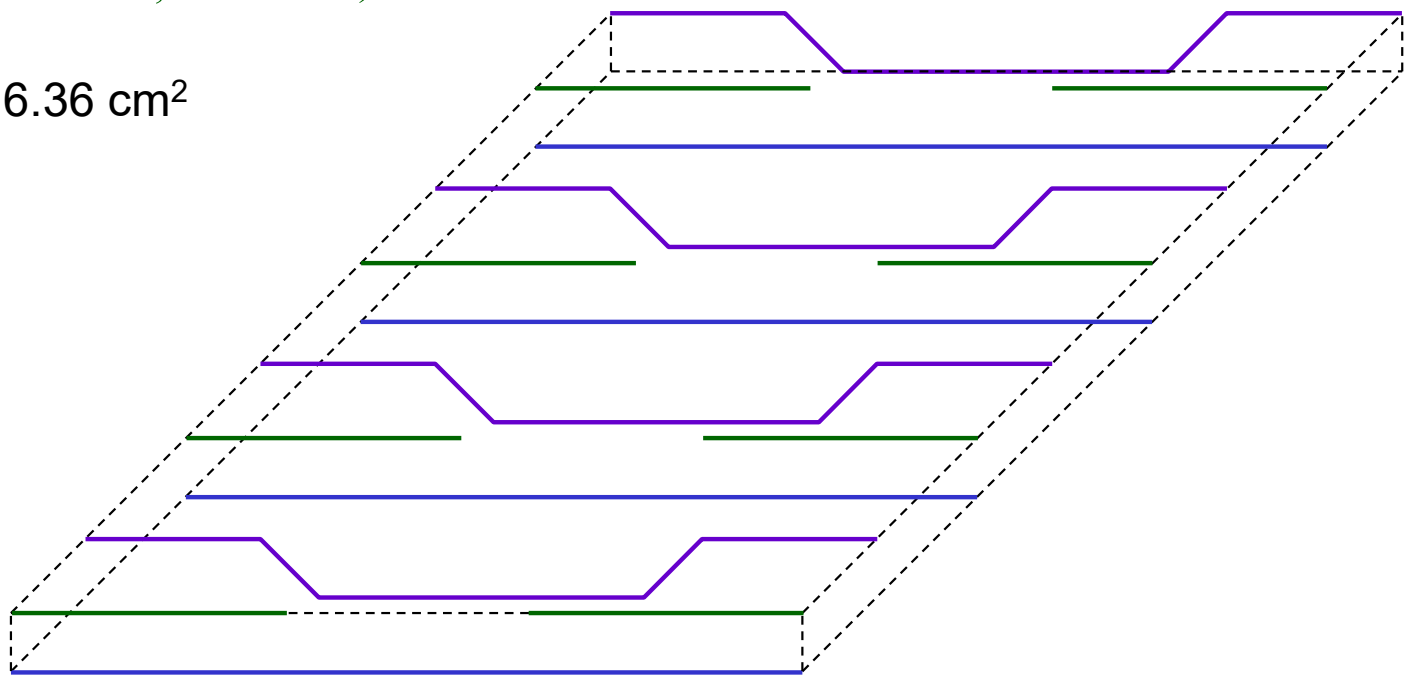
(b) Alternate straight and bent bars

คอม้าเส้นเว้นเส้น

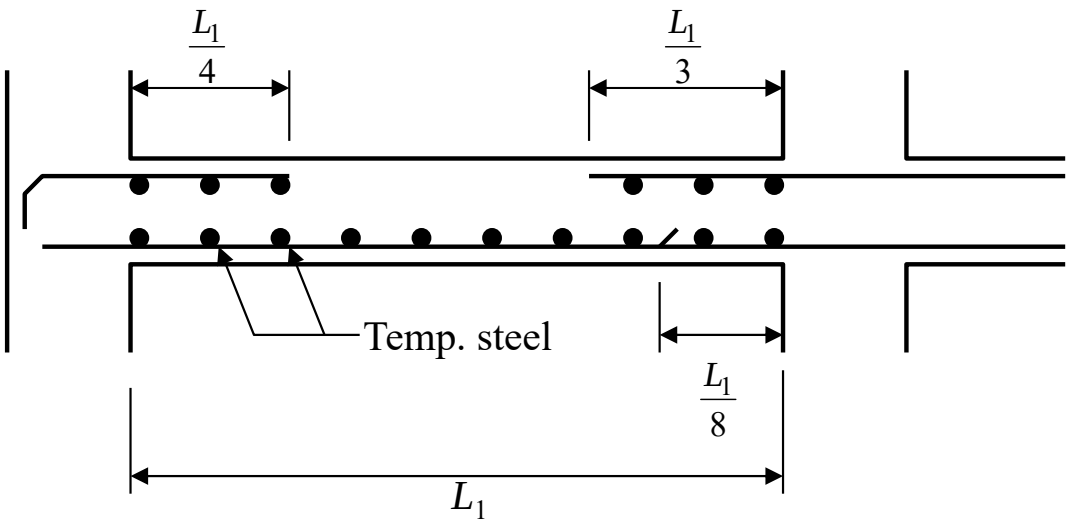


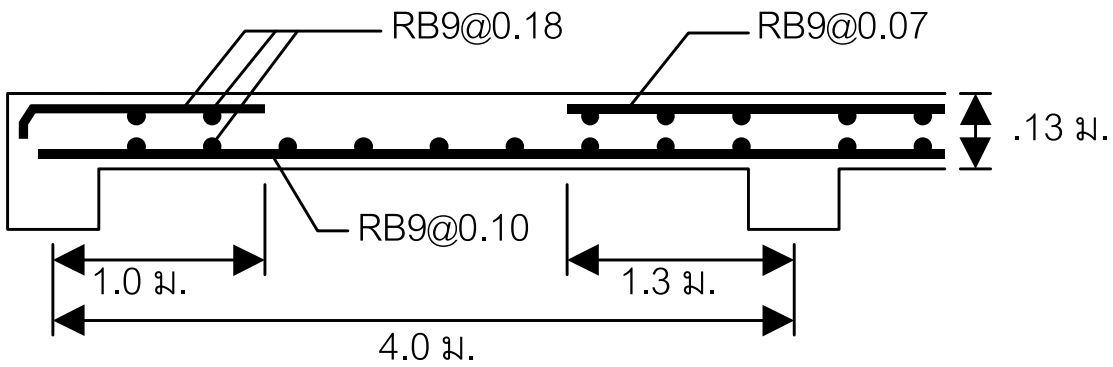
ปริมาณเหล็กเสริมเท่ากัน (กลางช่วง, ปลายช่วง)

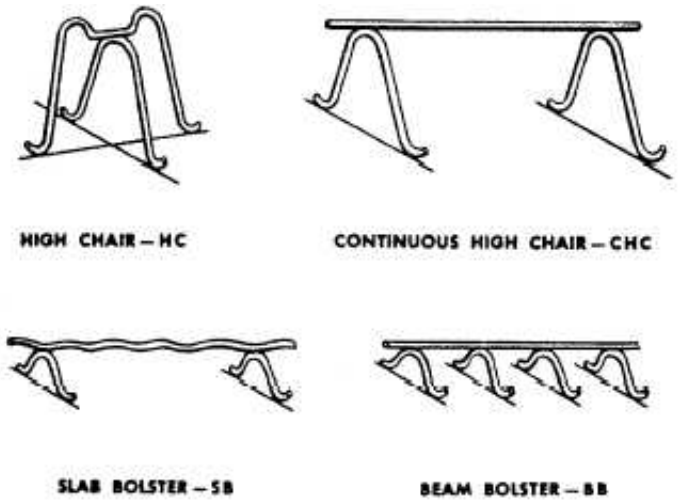
RB9 @ 0.10 m A_s = 6.36 cm^2

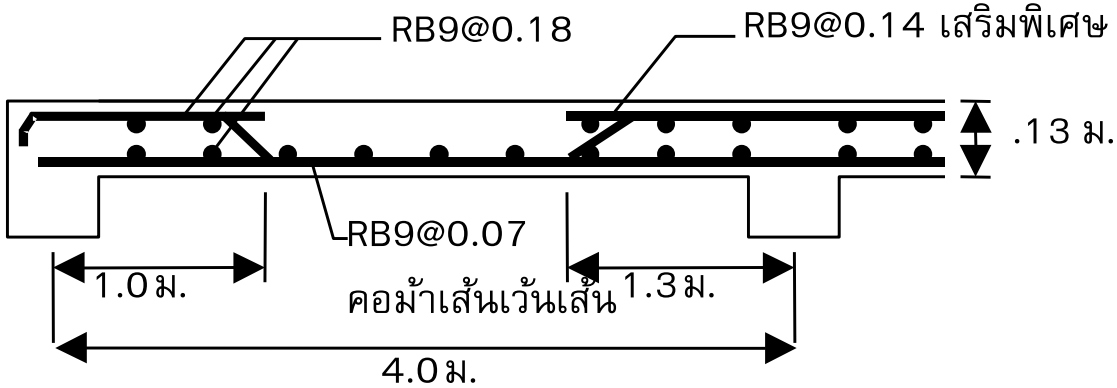


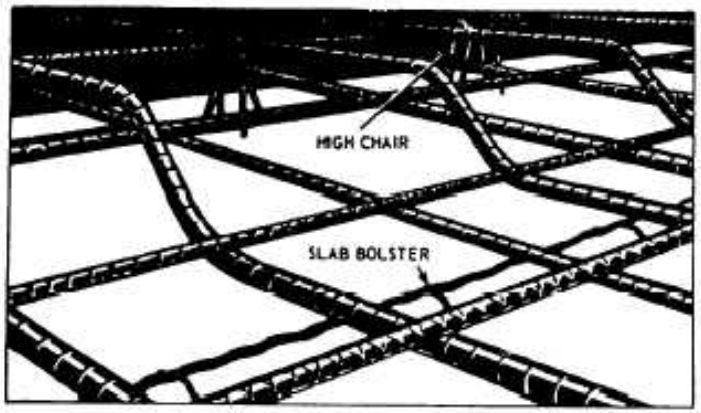
ระยะหยุดเหล็กเสริม



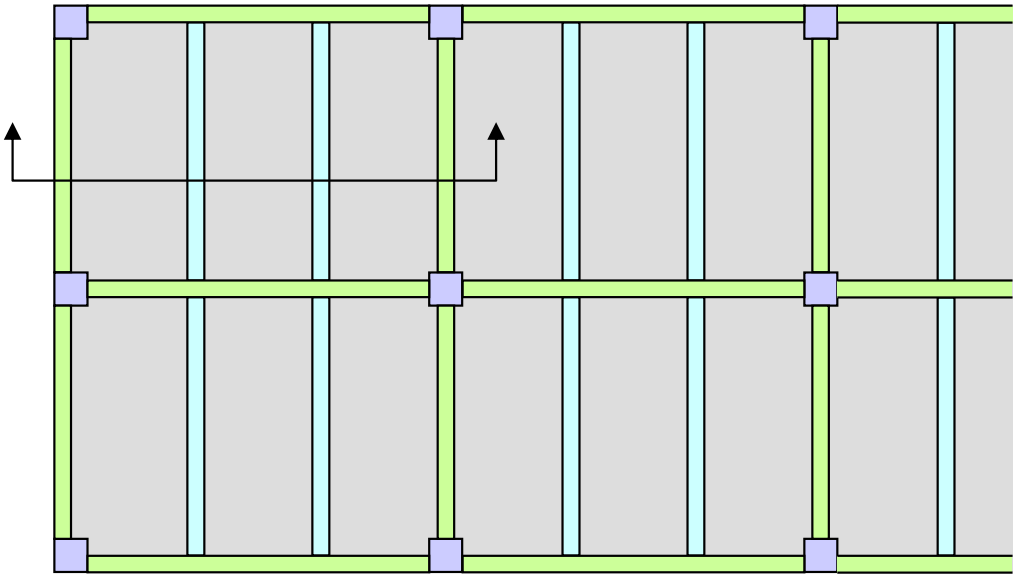




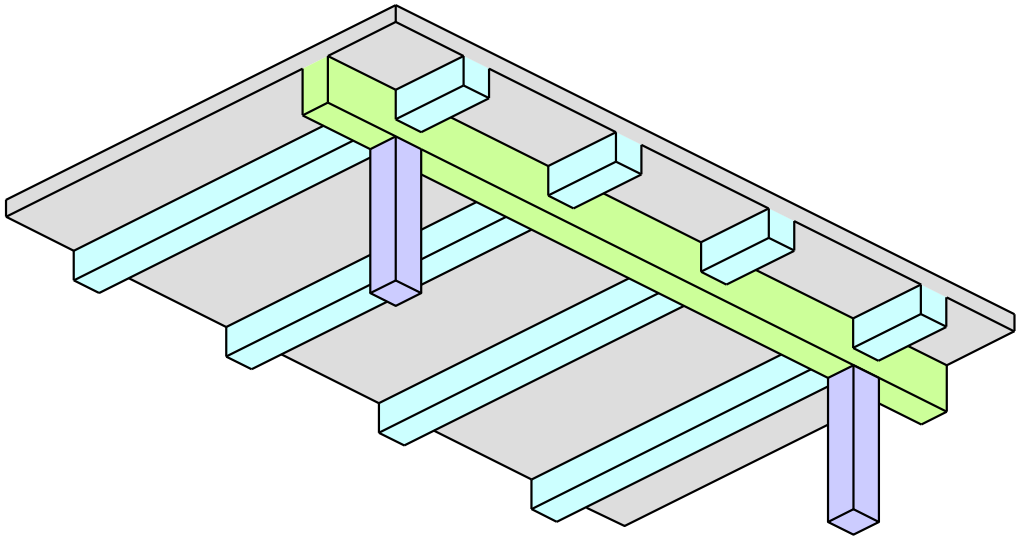


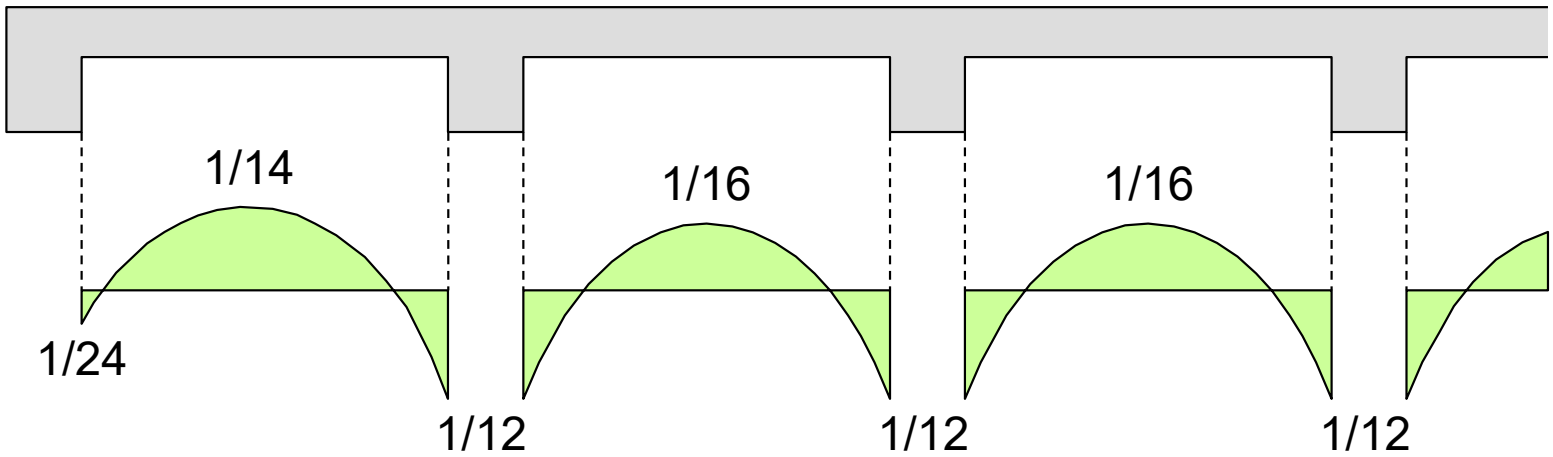


ระบบพื้นทางเดียว



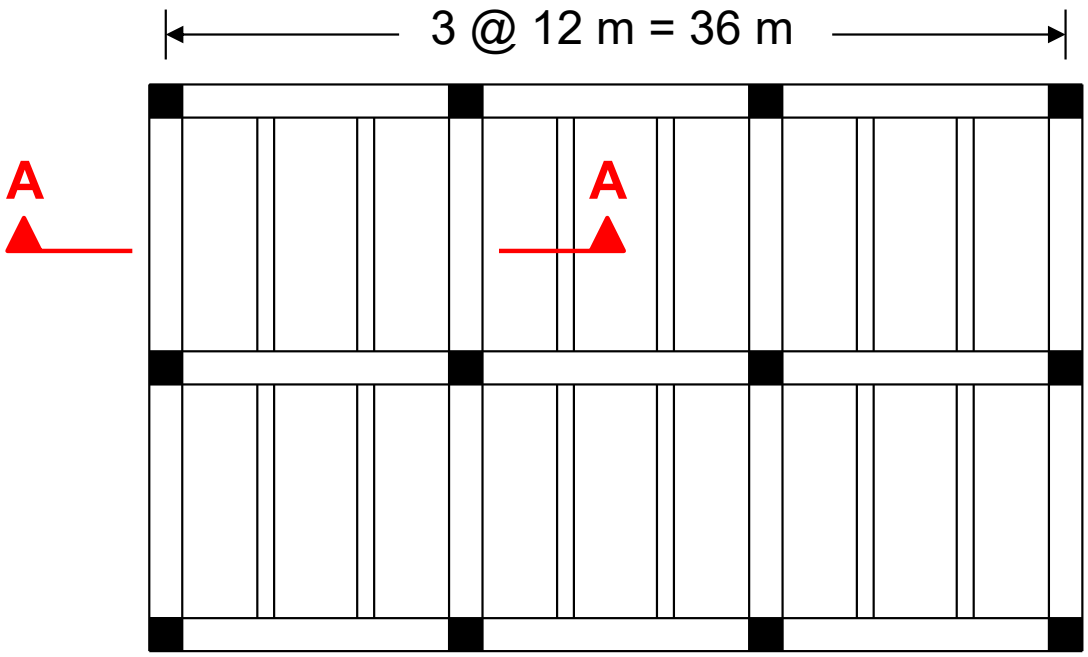
Floor Plan

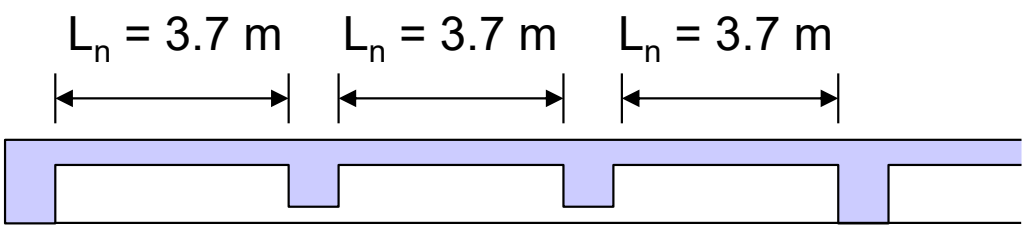




SDM

ตัวอย่างที่ 9.2 จงหาออกแบบพื้นทางเดียวสำหรับน้ำหนักจร 500 ก.ก./ม^2 กำหนดหน่วยแรงที่ยอมให้ f'_c = 210 ksc และ f_y = 2,400 ksc





Section A-A

1) Minimum depth :

0.4 + 2,400/7,000 = 0.74

Min. h = 0.74×400/24 = 11.4 cm

USE h = 12 cm

Slab weight = 0.12×2,400 = 288 kg/m^2

Assume beam + super DL :

Service DL = 350 kg/m^2

Service LL = 500 kg/m^2

2) Factored Load :

w_u = 1.4×350 + 1.7×500 = 1,340 kg/m^2

3) Max. Moment :

M_u = -1,340 × 3.7^2 / 11 = **-1,668 kg-m**

Max. reinforcement ratio (from Table ก.5) : ρ_{max} = **0.0341**

USE RB9 with 2 cm covering: d = 12-2-0.45 = **9.55 cm**

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{1{,}668 \times 100}{0.9 \times 100 \times 9.55^2} = 20.32 \text{ kg/cm}^2$$

$$\rho = \frac{0.85 f_c'}{f_y}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{0.85 f_c'}}\right) = 0.0090 < \rho_{max} = \mathbf{0.0341}$$

OK

Required A_s = ρbd = 0.0090 × 100 × 9.55 = 8.60 cm^2/m

RB9 : A_s = 0.636 cm^2 → s = 0.636×100/8.60 = 7.40 cm

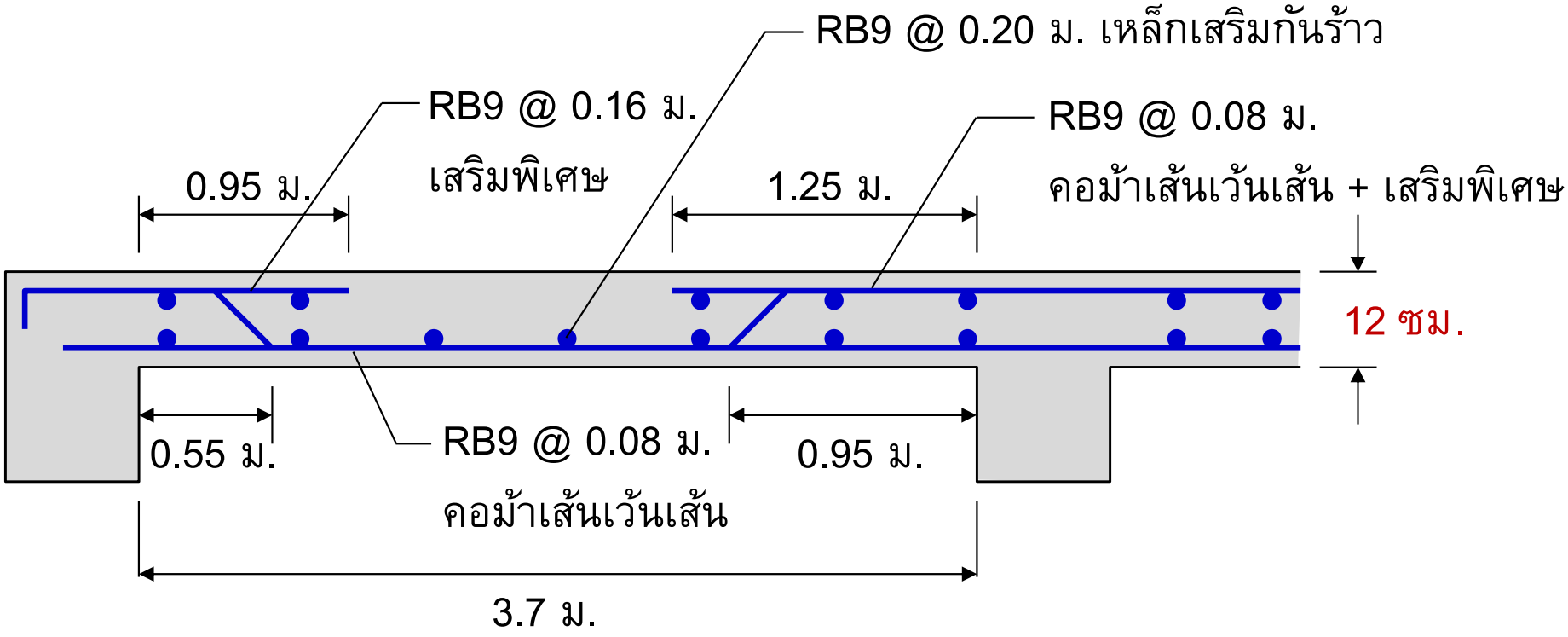
Select RB9@0.08 : A_s = 0.636×100/8 = 7.95 cm^2/m > **Required A_s**

OK

Temp. steel = 0.0025 × 100 × 12 = 3.00 < 7.95 cm^2/m

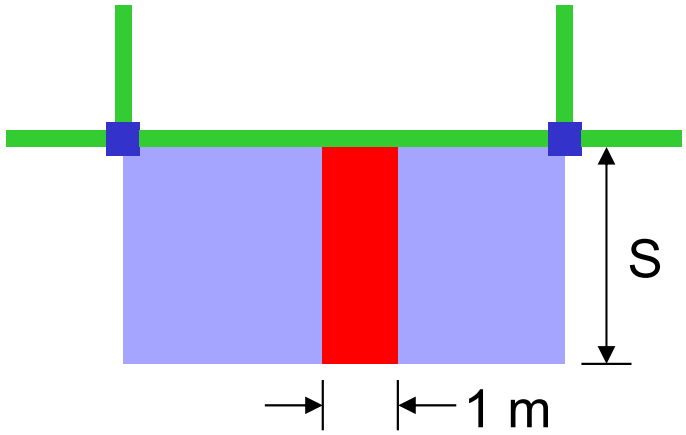
OK

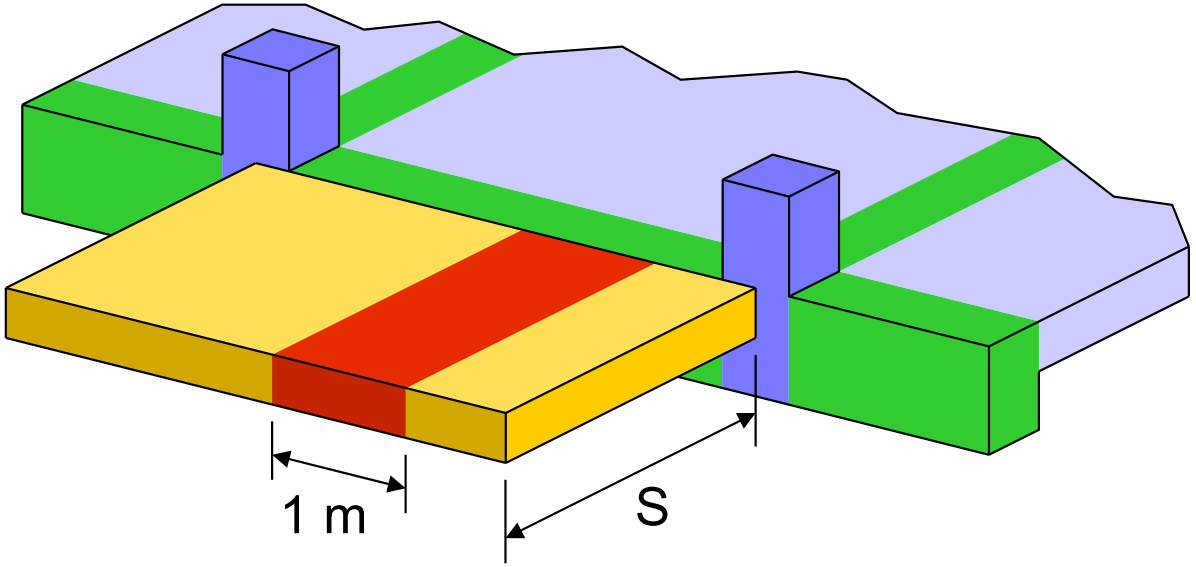
Select RB9@0.20 : A_s = 0.636×100/20 = 3.18 cm^2/m

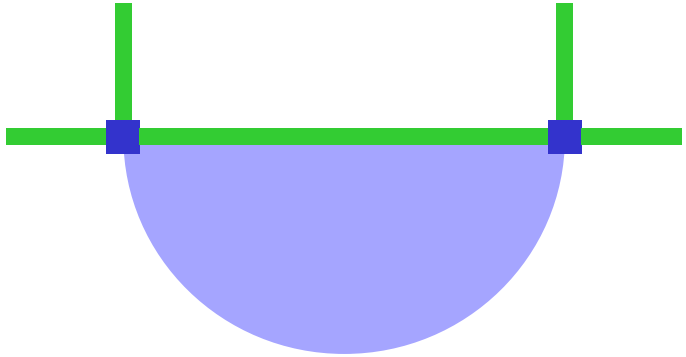


แบบรายละเอียดการเสริมเหล็กในพื้นทางเดียว

พื้นระเบียงยื่น

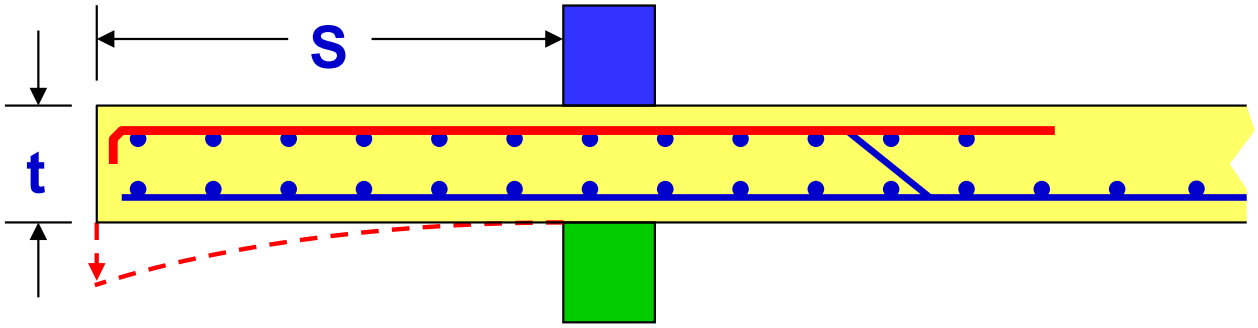






โมเมนต์ดัดต่อความกว้าง 1 เมตร

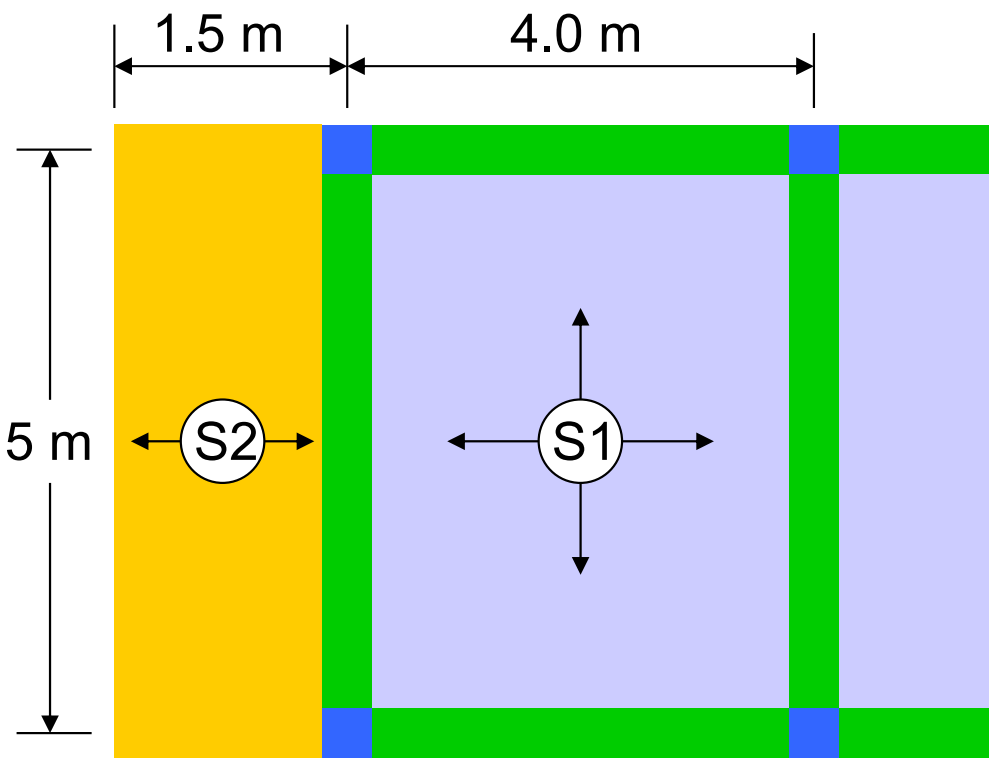
$$M = \frac{wS^2}{2}$$



$t \geq S / 10$

for deflection control

ตัวอย่าง ออกแบบพื้นยื่นทางเดียวต่อจากพื้นสองทาง



Min. h = 150/10 = 15 cm

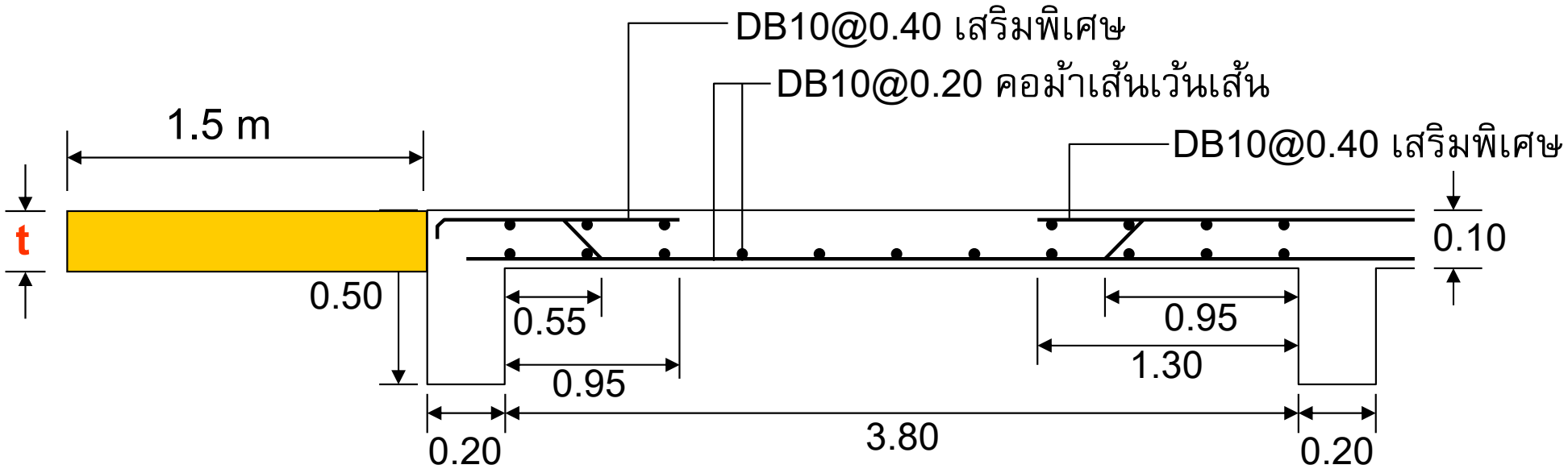
USE h = 15 cm

DL = 0.15×2,400 = 360 kg/m^2

LL = 200 kg/m^2

w_u = 1.4×360 + 1.7×200

= 844 kg/m^2



$M_u = 844 \times 1.5^2 / \mathbf{2} = \mathbf{949.5\ kg\text{-}m}$ (per 1 m width)

USE DB10 with 2 cm covering: d = 15-2-0.5 = **12.5 cm**

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{949.5 \times 100}{0.9 \times 100 \times 12.5^2} = 6.75 \text{ ksc}$$

$$\rho = \frac{0.85 f'_c}{f_y}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{0.85 f'}}\right) = 0.0017 < \rho_{min} = \mathbf{0.0035}$$

Use ρ_{min}

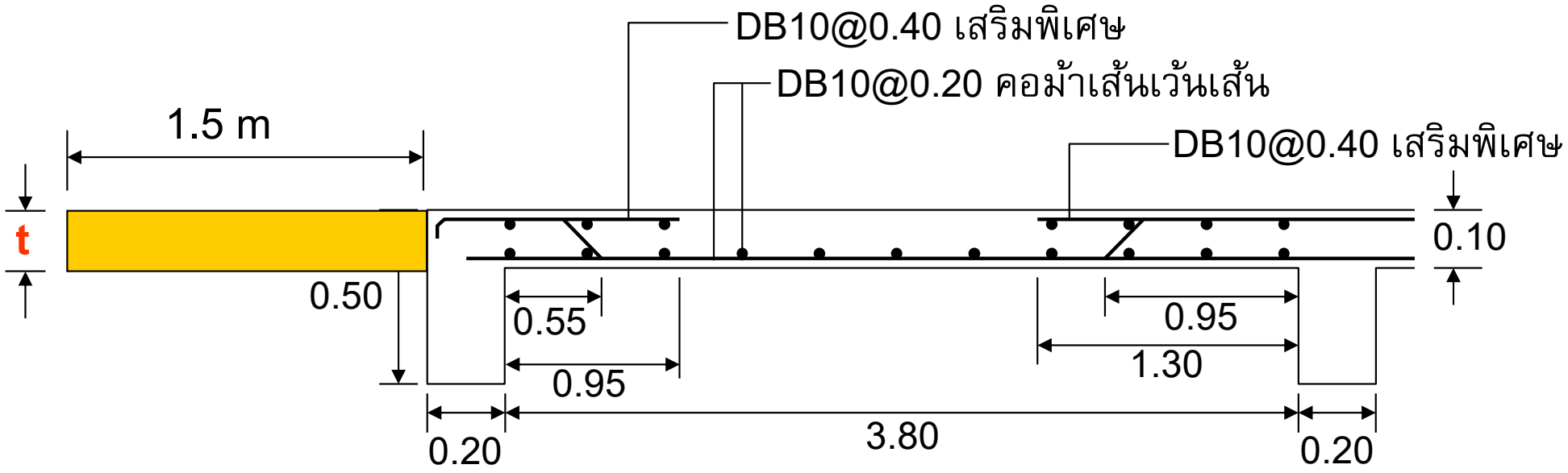
Required $A_s = \rho bd = 0.0035 \times 100 \times 12.5 = 4.38\ cm^2/m$

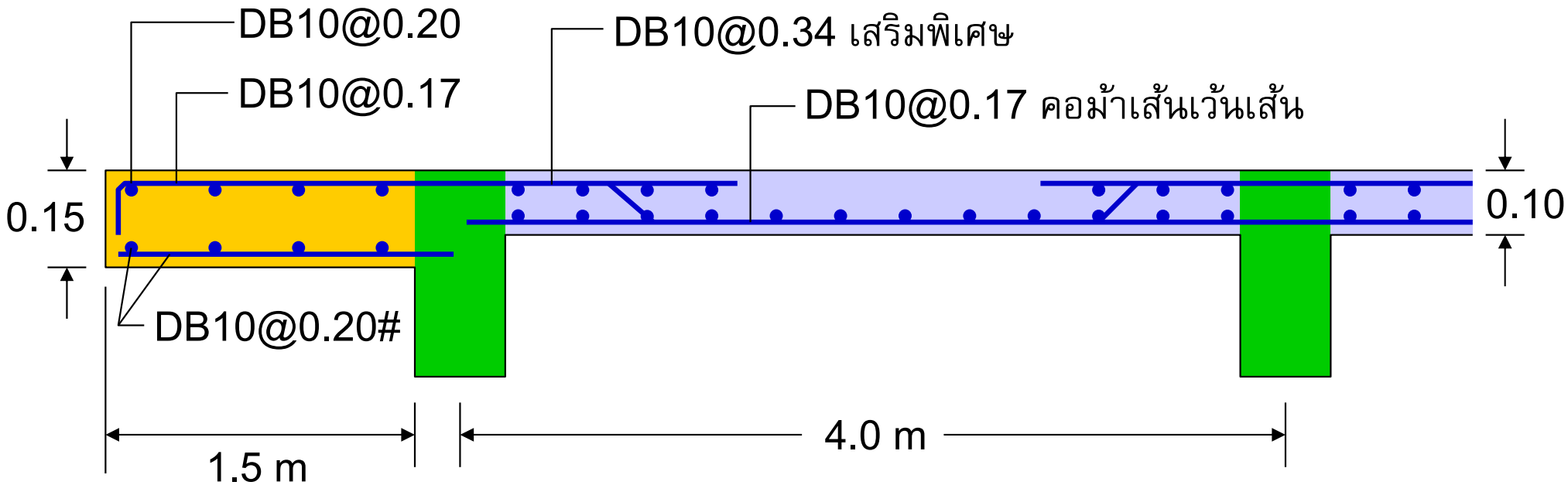
DB10 : $A_s = 0.785\ cm^2 \rightarrow s = 0.785 \times 100/4.38 = 17.9$ cm

Use DB10@0.17 : $A_s = 0.785 \times 100/17 = 4.62\ cm^2/m$ **> Required A_s** **OK**

Temp. steel = $0.0018 \times 100 \times 15 = 2.70\ cm^2/m$

Use DB10@0.20 : $A_s = 0.785 \times 100/29 = 2.71\ cm^2/m$


DB10@0.40 เสริมพิเศษ
DB10@0.20 คอม้าเส้นเว้นเส้น
DB10@0.40 เสริมพิเศษ
1.5 m
t
0.10
0.50
0.55
0.95
0.95
1.30
0.20
3.80
0.20


DB10@0.20
DB10@0.17
DB10@0.34 เสริมพิเศษ
DB10@0.17 คอม้าเส้นเว้นเส้น
0.15
0.10
DB10@0.20#
1.5 m
4.0 m

ข้อสอบภย

ข้อที่ : 122

แผ่นพื้นทางเดียว รับโมเมนต์ดัดประลัย 1500 กก.-ม. กำหนด fc′ = 280 ksc; fy = 2400 ksc และถ้าใช้ปริมาณเหล็กเสริมเหล็กเสริมที่มีอัตราส่วนเหล็กเสริมรับแรงดึงต่อหน้าตัดประสิทธิผลสูงสุดตามมาตรฐาน ว.ส.ท. จงตรวจสอบหาค่า d ที่ต่ำที่สุดที่สามารถออกแบบได้ (วิธี SDM)

$$\rho_b = \frac{0.85 \times 280}{2400} \times 0.85 \times \left(\frac{6120}{6120 + 4000} \right) = 0.05097$$

$$\rho_{max} = 0.75 \times 0.05097 = 0.0382$$

$$R_{n,\,max} = \rho f_y \left(1 - \frac{\rho f_y}{1.7\, f'_c} \right)$$

$$= 0.0382 \times 2400 \left(1 - \frac{0.0382 \times 2400}{1.7 \times 280} \right) = 74.08 \ \text{ksc}$$

$$M_u = \phi R_n b d^2 \longrightarrow d = \sqrt{\frac{M_u}{\phi R_n b}} = \sqrt{\frac{1500 \times 100}{0.9 \times 74.08 \times 100}} = \mathbf{4.74\ cm}$$

ข้อสอบภย

ข้อที่ : 182

แผ่นพื้นต่อเนื่องมีระยะศูนย์ถึงศูนย์ของที่รองรับ = 4.00 เมตร ต้องรับน้ำหนักบรรทุกจรแบบแผ่สม่ำเสมอใช้งานเท่ากับ 500 กก./ม.^{2} ถ้าที่รองรับสามารถรับโมเมนต์ดัดได้เท่ากับ $wL^2/24$ จงใช้วิธี WSD หาขนาดและระยะเรียงของเหล็กเสริมที่ "ประหยัด" ตรงกลางช่วงพื้นสมมุติพื้นหนา 20 ซม. เสริมเหล็กรับแรงดึงอย่างเดียวที่ระยะ d = 15 ซม. fc′ = 150 กก./ซม.^{2} และ f_y = 3000 กก./ซม.^{2} ตำแหน่งแกนสะเทิน kd = 5 ซม.

น้ำหนักพื้น + น้ำหนักจร = $0.2\times2400 + 500$ = 980 กก./ม.^{2}

โมเมนต์ดัดกลางช่วง M+ = $980\times4^2/14$ = 1120 กก.-ม.

จาก kd = 5 ซม. → jd = 15 – 5/3 = 13.33 ซม.

$$A_s = \frac{M}{f_s\,jd} = \frac{1120\times100}{1500\times13.33} = \mathbf{5.60\ ซม.^2}$$

เหล็ก 12 มม. (A_s = 1.13 ซม.^{2}) → s = $100\times1.13/5.60$ = 20.18 ซม.

เสริมเหล็ก 12 มม. @ 20 ซม.