6

Two-Way Slab

- Design of Two-Way Slab
- Moment Coefficient Method
- Load Transfer from Two-Way Slab
- Bar Detailing
- Design Example

Mongkol JIRAVACHARADET

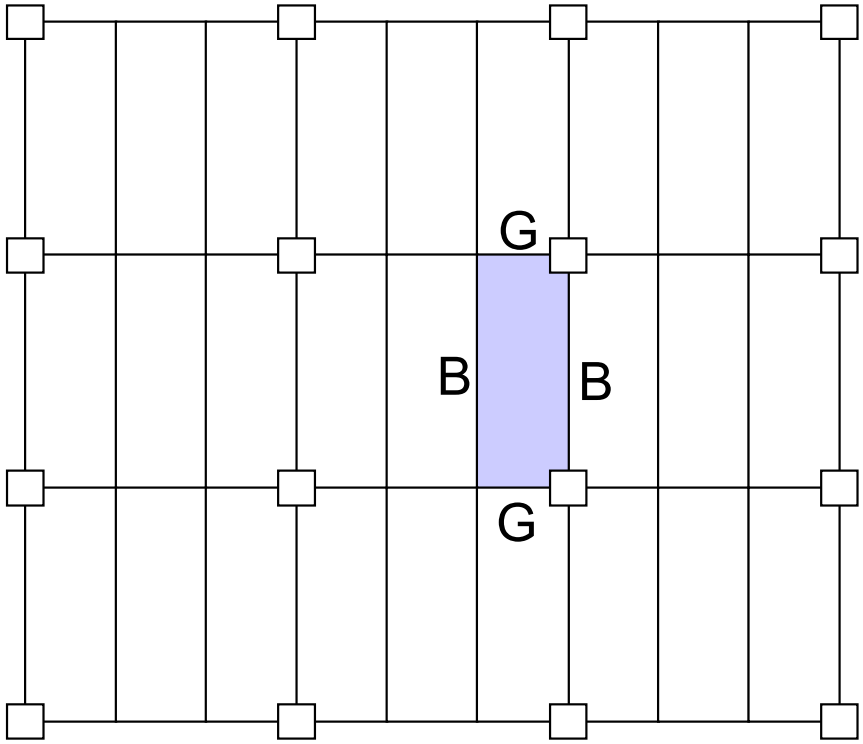
SURANAREE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

INSTITUTE OF ENGINEERING

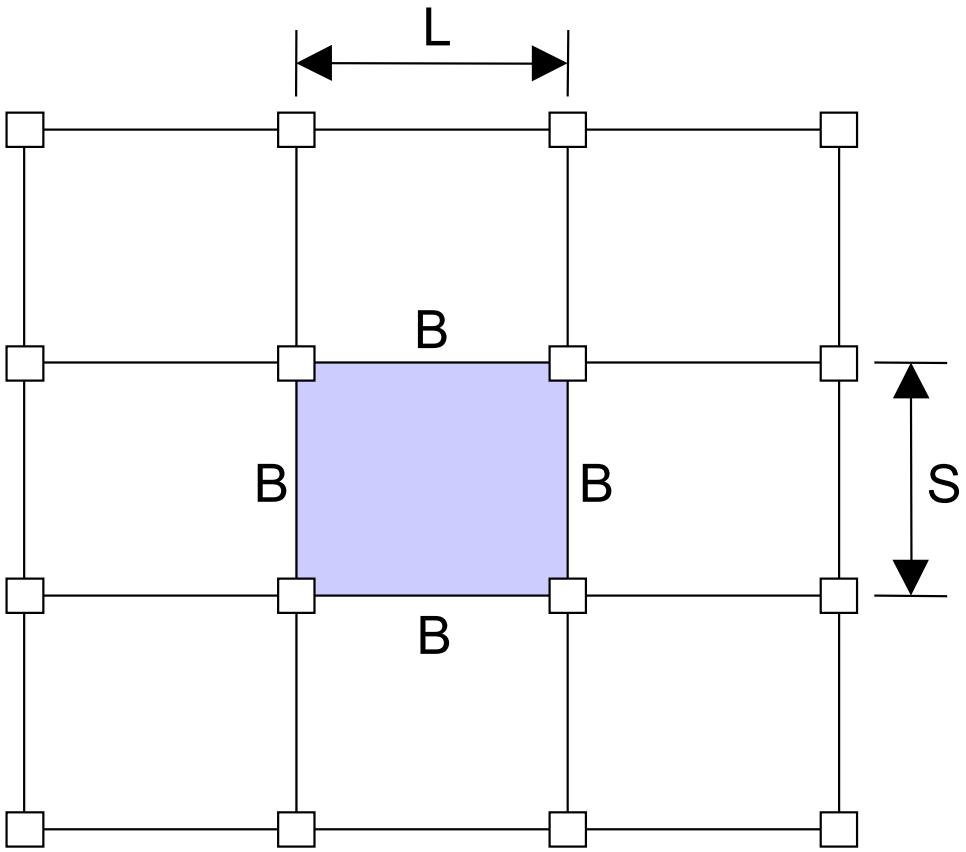
SCHOOL OF CIVIL ENGINEERING

ระบบพื้นทางเดียวและสองทาง

พื้นสองทาง คือพื้นที่มีด้านยาว **L** ยาวไม่เกินสองเท่าของด้านสั้น **S**

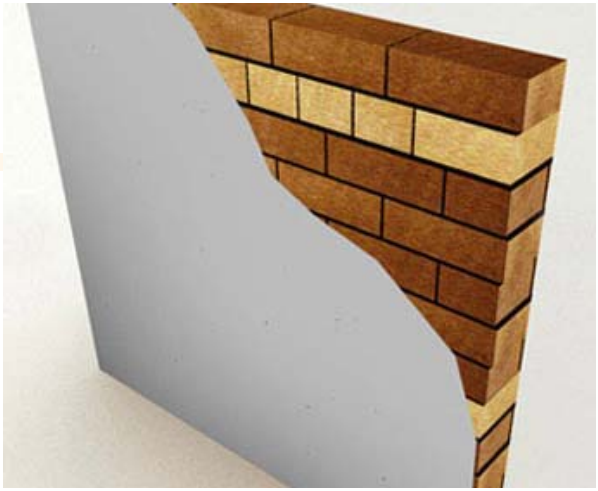


(ก) ระบบพื้นทางเดียว

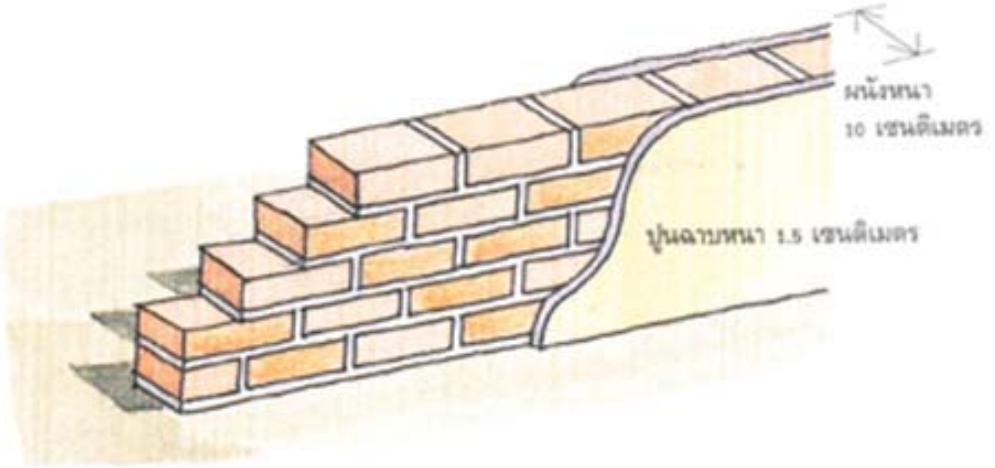


(ข) ระบบพื้นสองทาง

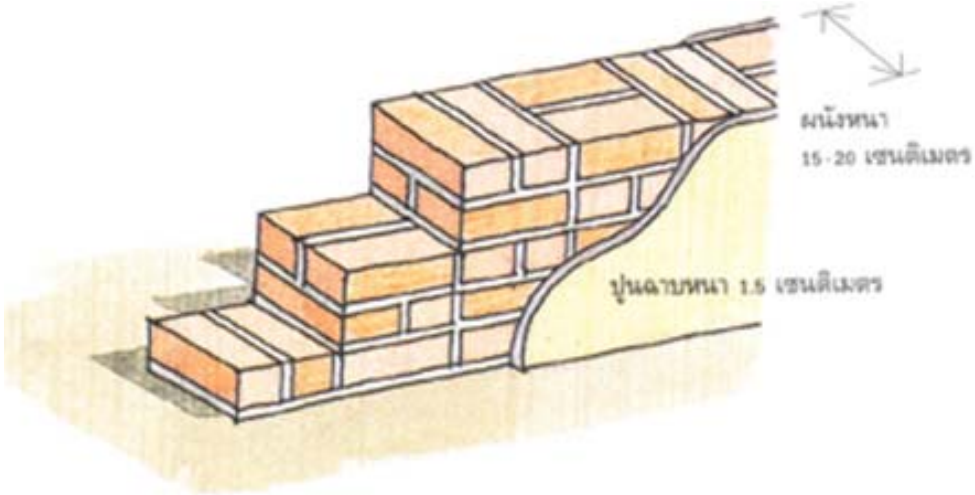
ผนังก่ออิฐเต็มแผ่น-ครึ่งแผ่น



ผนังก่ออิฐครึ่งแผ่น คือ ผนังที่มีการก่ออิฐที่วางแผ่นอิฐมอญตามความยาวของผนัง ทำให้ผนังนั้นจะมีความหนาเป็นปกติที่เราเห็นกันโดยทั่วไป คือ เมื่อฉาบปูนเสร็จแล้วจะหนาประมาณ 10 เซนติเมตร



การก่ออิฐแบบครึ่งแผ่น

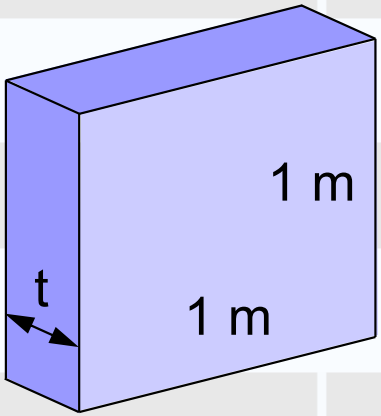


การก่ออิฐแบบเต็มแผ่น

การก่ออิฐเต็มแผ่น คือ ผนังที่มีการก่ออิฐที่วางแผ่นอิฐมอญตามขวางของผนัง ทำให้ผนังนั้นจะมีความหนามากกว่าปกติ เมื่อฉาบปูนแล้วผนังนั้นอาจจะหนาประมาณ 15-20 เซนติเมตร

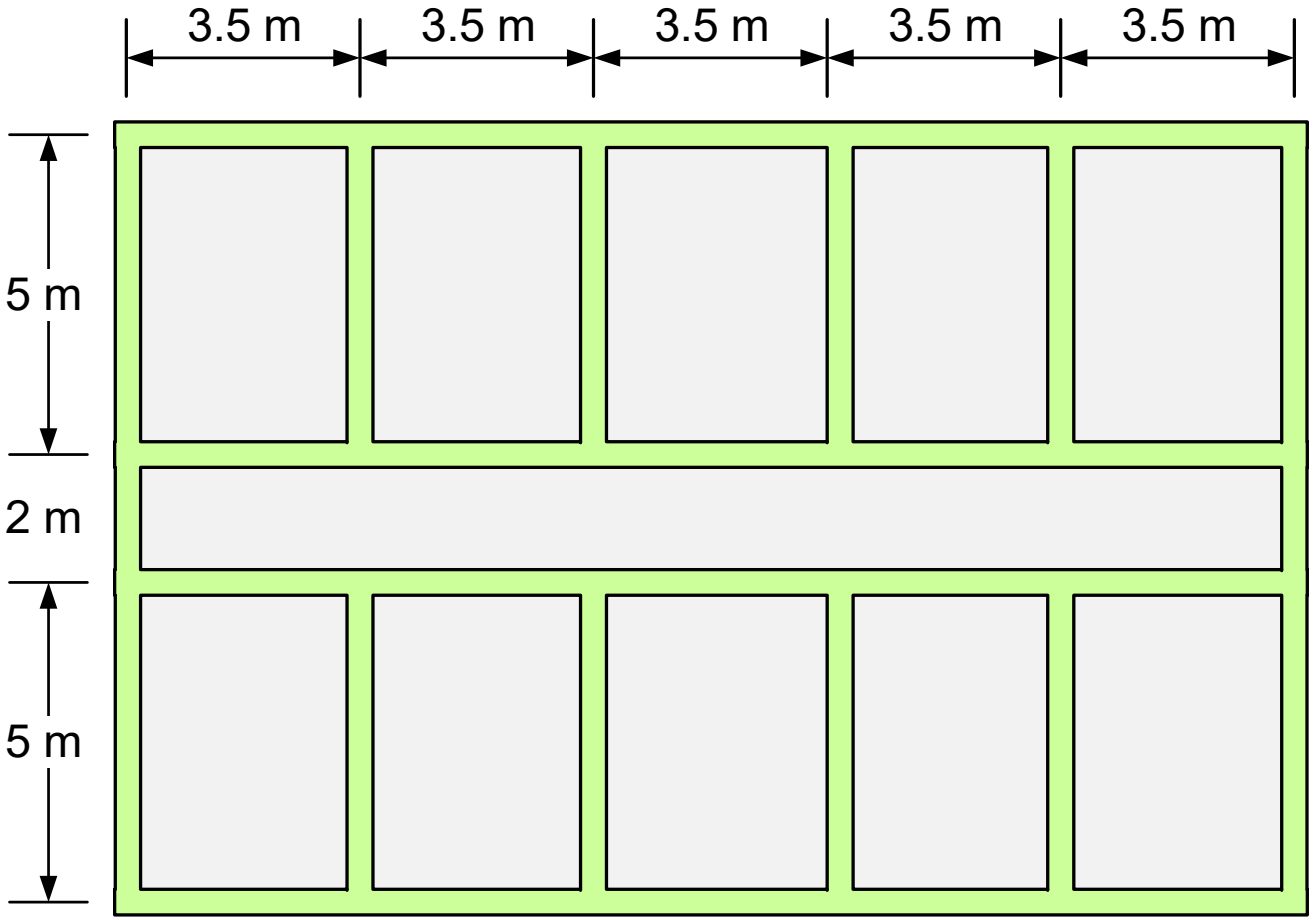
น้ำหนักผนังต่อพื้นที่

ลำดับ	ชนิดผนังหรือกำแพง	น้ำหนัก (กก./ม^2)
1	ผนังอิฐมอญก่อครึ่งแผ่นอิฐ + ฉาบปูน	180
2	ผนังอิฐมอญก่อเต็มแผ่นอิฐ + ฉาบปูน	360
3	ผนังก่ออิฐคอนกรีตบล็อกหนา 7 ซม.	120
4	ผนังก่ออิฐคอนกรีตบล็อกหนา 9 ซม.	160
5	ฝาไม้อัด 6 มม. 2 ด้าน + คร่าวไม้	22
6	ฝาเซลโลกรีต + คร่าวไม้	30
7	ผนังก่ออิฐ บ.ป.ก. เต็มแผ่น	240
8	ผนังก่ออิฐ บ.ป.ก. ครึ่งแผ่น	220
9	ผนังก่ออิฐบล็อกแก้ว ขนาด 7 1/4" * 7 1/4" *3 "	90



น้ำหนักผนังเทียบเท่า (Equivalent Partition Weight)

Weight of all walls (weight of 1m span of wall x total spans of all walls) carrired by the slab **divided by the floor area.**



น้ำหนักผนังสูง 3 m :

ผนังอิฐมอญครึ่งแผ่น

$= 180 \text{ kg/m}^2 \times 3 \text{ m}$

$= 540 \text{ kg/m}$

ความยาวผนังทั้งชั้น

$= 134 \text{ m}$

พื้นที่ทั้งชั้น

$= 17.5 \times 12$

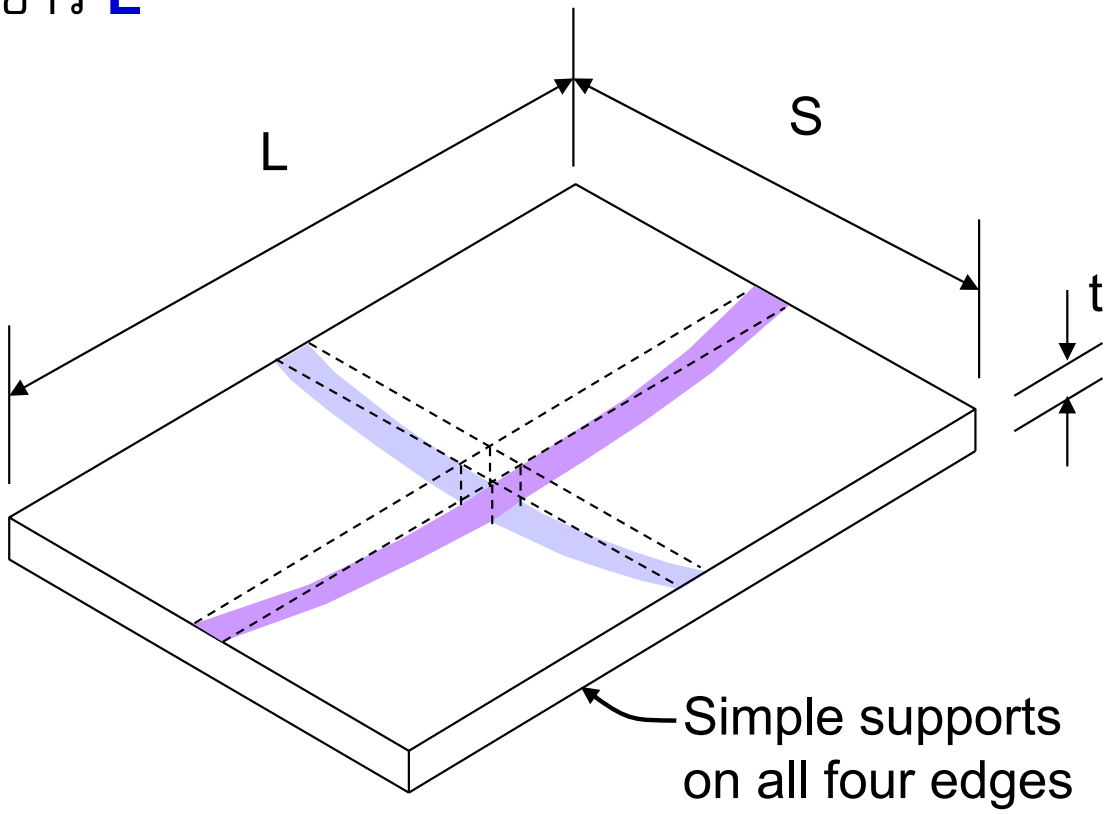
$= 210 \text{ m}^2$

น้ำหนักผนังเทียบเท่าต่อพื้นที่ $= 540 \times 134 / 210 = 345 \text{ kg/m}^2$

การแอ่นตัวของพื้นสองทาง

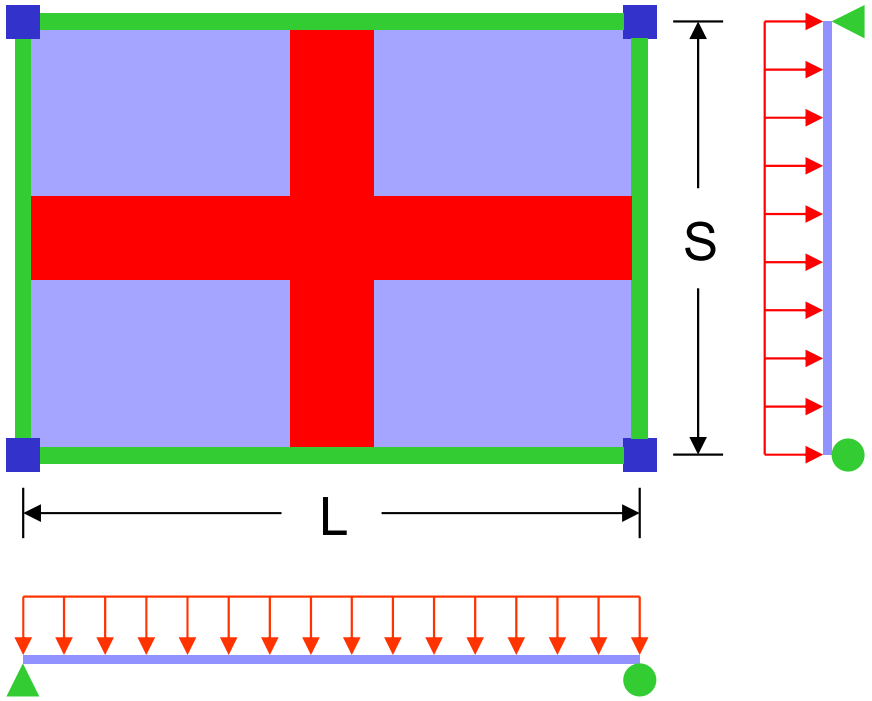
การแอ่นตัวเกิดขึ้นทั้งสองทิศทาง มีการแบ่งถ่ายน้ำหนักทั้งสองทิศทางคือ

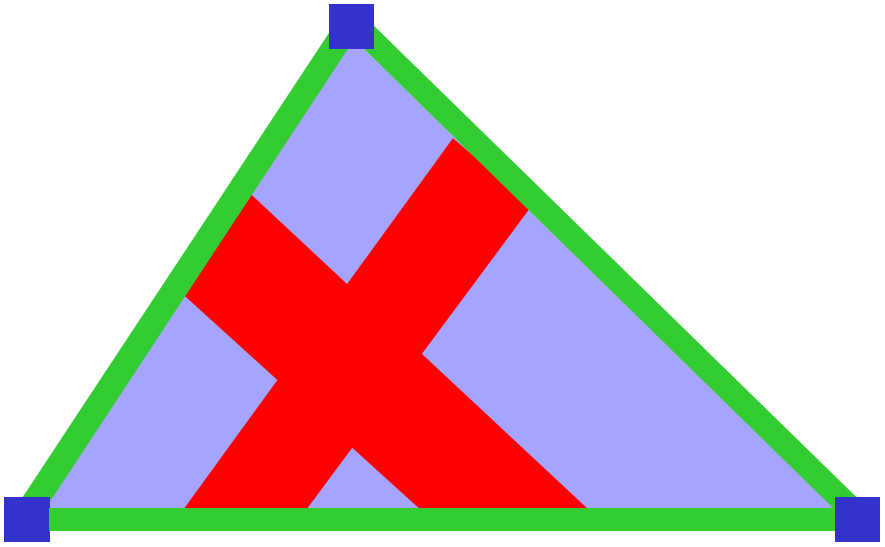
ด้านสั้น **S** และด้านยาว **L**



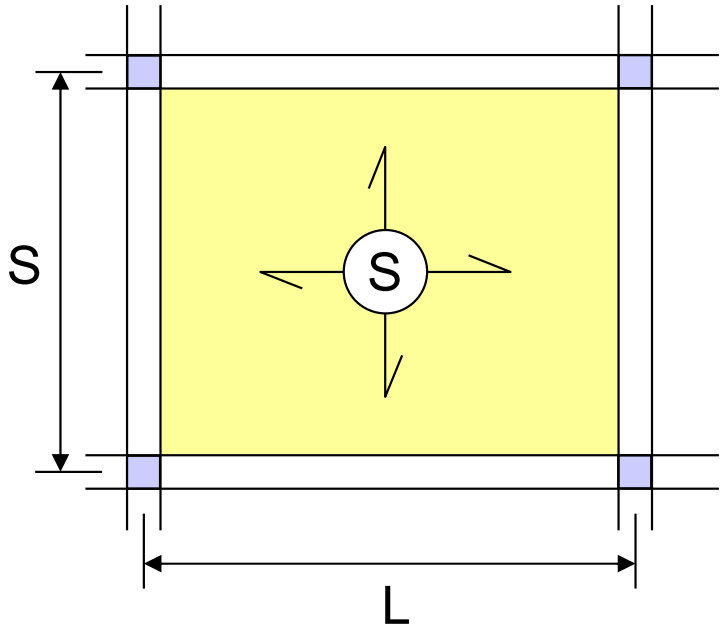
การวิเคราะห์พื้นสองทาง

จะพิจารณาแผ่นพื้นเป็นแถบกว้าง **b = 1** เมตร ทั้งสองทิศทางคือด้านสั้น **S** และด้านยาว **L แล้วแยกวิเคราะห์และออกแบบในแต่ละทิศทาง**



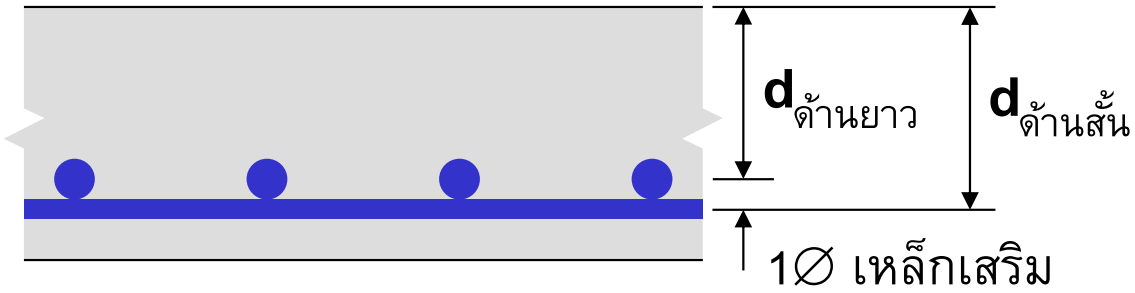


การออกแบบพื้นสองทาง (L < 2S)



ความหนาพื้นน้อยที่สุด t_{min} :

$$\frac{\text{Perimeter}}{180} = \frac{2\,(L+S)}{180} \leq 10\ \text{cm}$$



เหล็กเสริมในพื้นสองทาง

$A_s \geq$ RB 9 $\geq$ Temp. steel

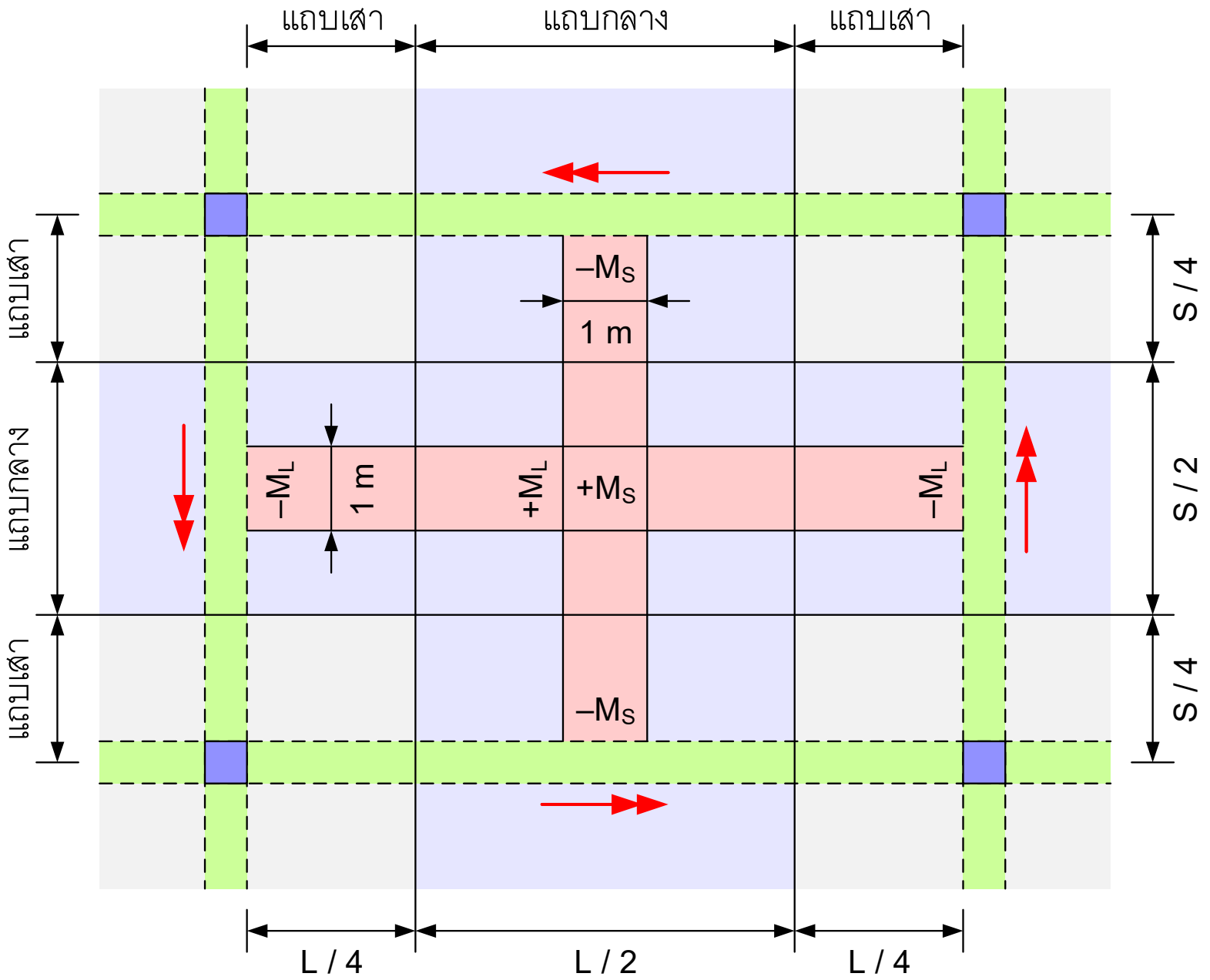
Min. Spacing $\geq$ ∅ main steel $\geq$ 4/3 max agg. $\geq$ 2.5 cm

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

วิธีสัมประสิทธิ์ของโมเมนต์

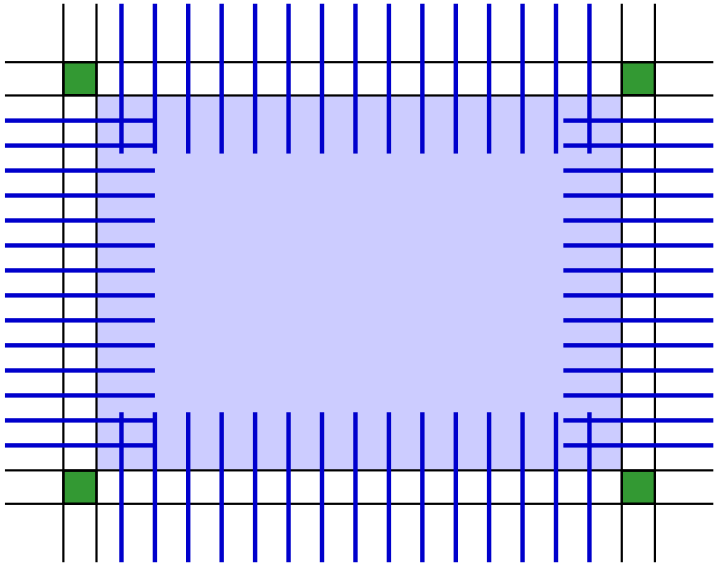
Middle strip moment: $M_M = CwS^2$

Column strip moment: $M_C = 2M_M/3$

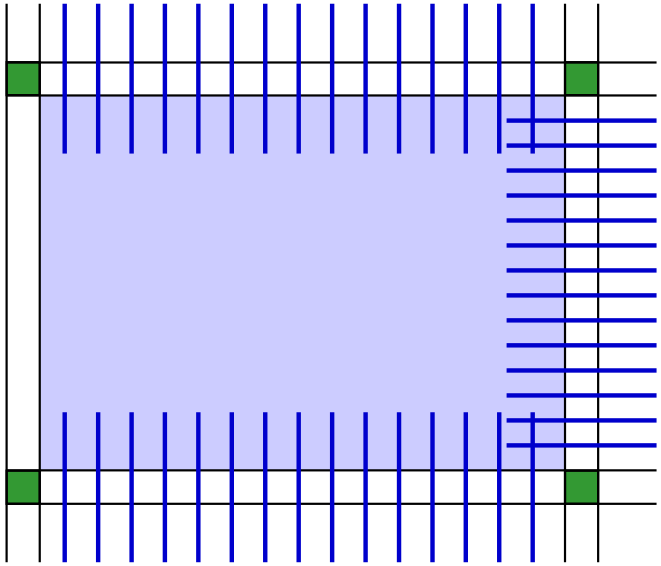


พื้นสองทางลักษณะต่างๆ

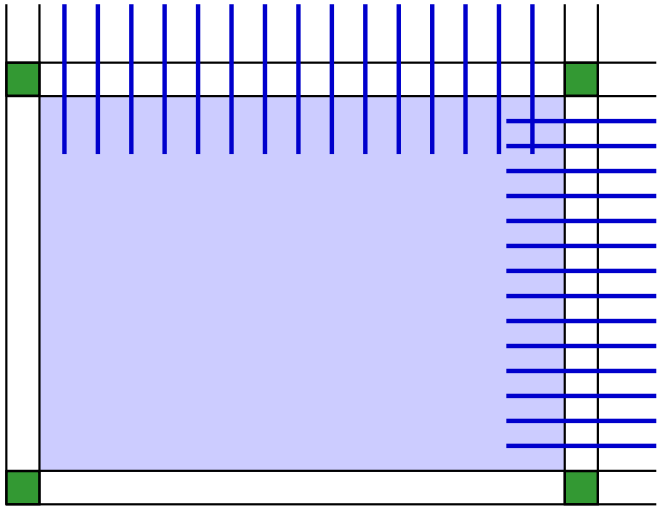
พื้นภายใน (ต่อเนื่องสี่ด้าน)



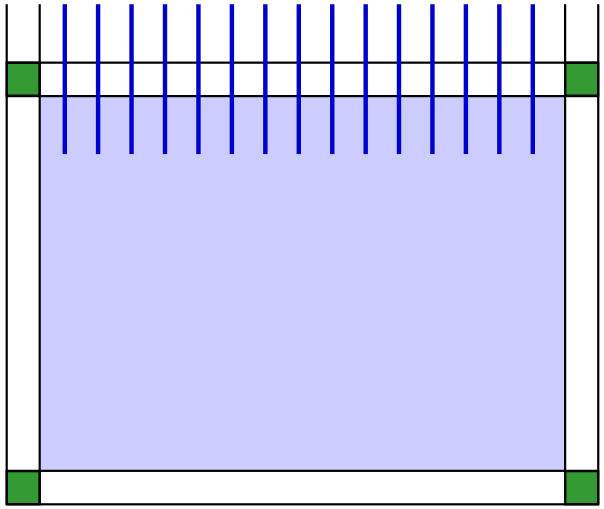
พื้นไม่ต่อเนื่องด้านเดียว



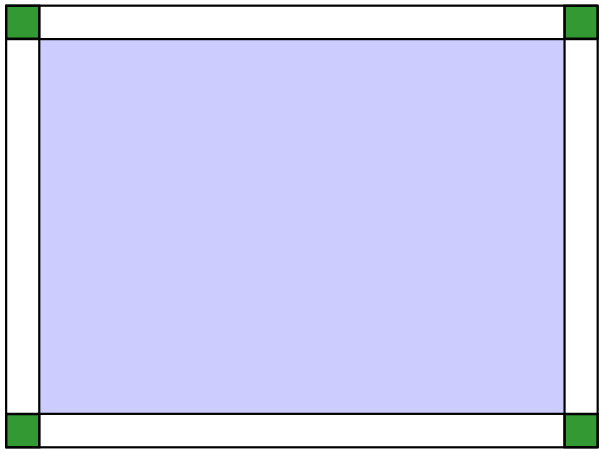
พื้นไม่ต่อเนื่องสองด้าน



พื้นไม่ต่อเนื่องสามด้าน



พื้นไม่ต่อเนื่องสี่ด้าน



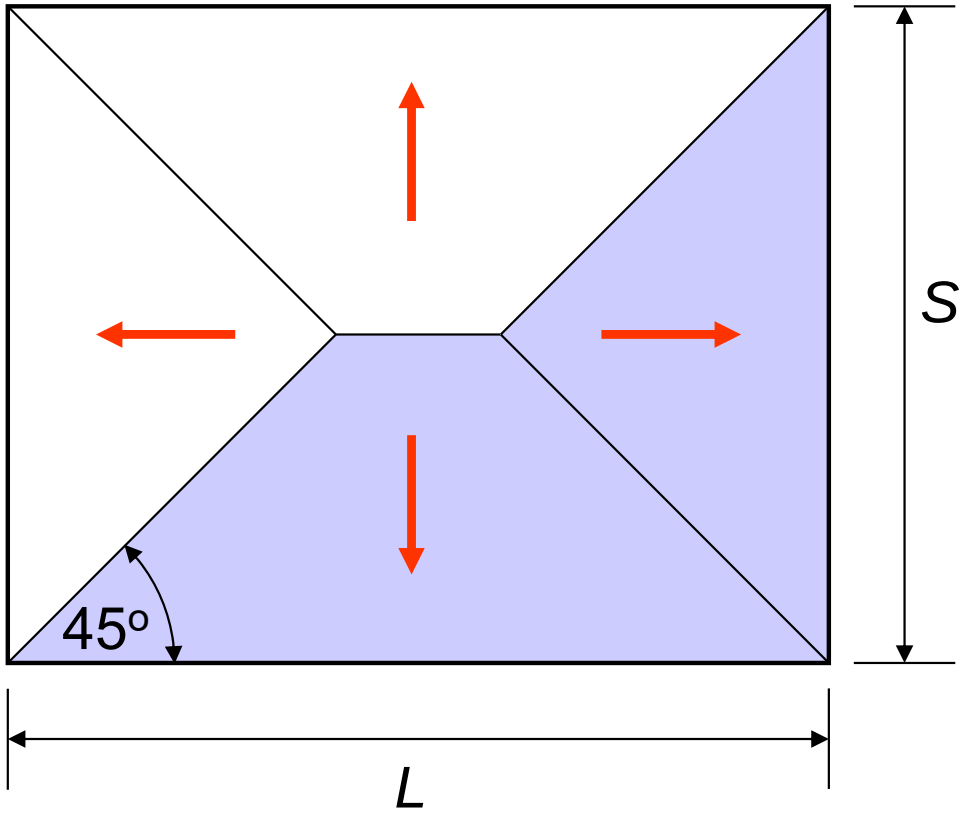
ตารางสัมประสิทธิ์ของโมเมนต์ (C)

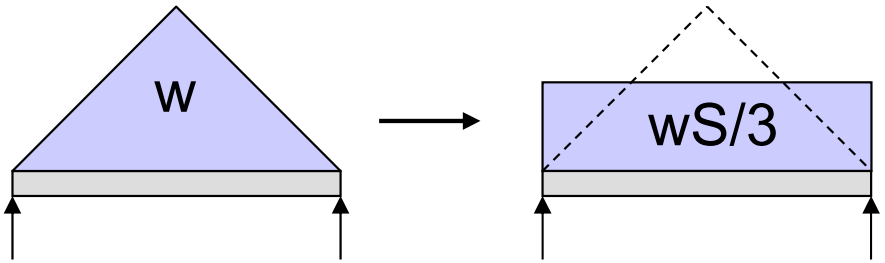
ลักษณะพื้น	ช่วงสั้น						ช่วงยาว
	ค่าต่างๆของ m						
	1.0	**0.9**	**0.8**	**0.7**	**0.6**	**0.5**	
พื้นภายใน							
โมเมนต์ลบ -ด้านต่อเนื่อง	0.033	0.040	0.048	0.055	0.063	0.083	0.033
-ด้านไม่ต่อเนื่อง	-	-	-	-	-	-	-
โมเมนต์บวกที่กลางช่วง	0.025	0.030	0.036	0.041	0.047	0.062	0.025
พื้นไม่ต่อเนื่องด้านเดียว							
โมเมนต์ลบ -ด้านต่อเนื่อง	0.041	0.048	0.055	0.062	0.069	0.085	0.041
-ด้านไม่ต่อเนื่อง	0.021	0.024	0.027	0.031	0.035	0.042	0.021
โมเมนต์บวกที่กลางช่วง	0.031	0.036	0.041	0.047	0.052	0.064	0.031
พื้นไม่ต่อเนื่องสองด้าน							
โมเมนต์ลบ -ด้านต่อเนื่อง	0.049	0.057	0.064	0.071	0.078	0.090	0.049
-ด้านไม่ต่อเนื่อง	0.025	0.028	0.032	0.036	0.039	0.045	0.025
โมเมนต์บวกที่กลางช่วง	0.037	0.043	0.048	0.054	0.059	0.068	0.037

ตารางสัมประสิทธิ์ของโมเมนต์ (C)

ลักษณะพื้น	ช่วงสั้น						ช่วงยาว
	ค่าต่างๆของ m						
	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	
พื้นไม่ต่อเนื่องสามด้าน							
โมเมนต์ลบ -ด้านต่อเนื่อง	0.058	0.066	0.074	0.082	0.090	0.098	0.058
-ด้านไม่ต่อเนื่อง	0.029	0.033	0.037	0.041	0.045	0.049	0.029
โมเมนต์บวกที่กลางช่วง	0.044	0.050	0.056	0.062	0.068	0.074	0.044
พื้นไม่ต่อเนื่องสี่ด้าน							
โมเมนต์ลบ -ด้านต่อเนื่อง	-	-	-	-	-	-	-
-ด้านไม่ต่อเนื่อง	0.033	0.038	0.043	0.047	0.053	0.055	0.033
โมเมนต์บวกที่กลางช่วง	0.050	0.057	0.064	0.072	0.080	0.083	0.050

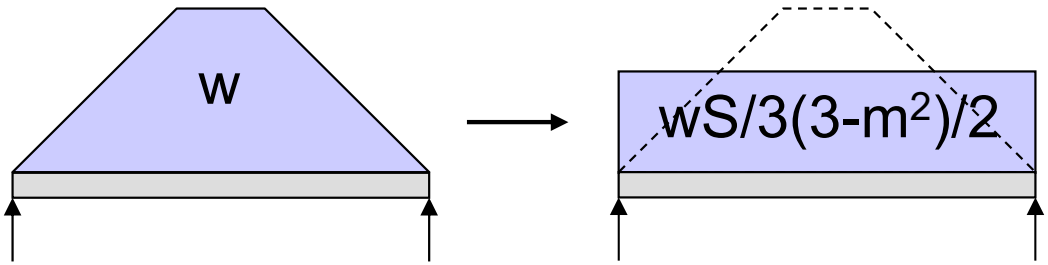
การถ่ายน้ำหนักจากพื้นสองทางลงคาน



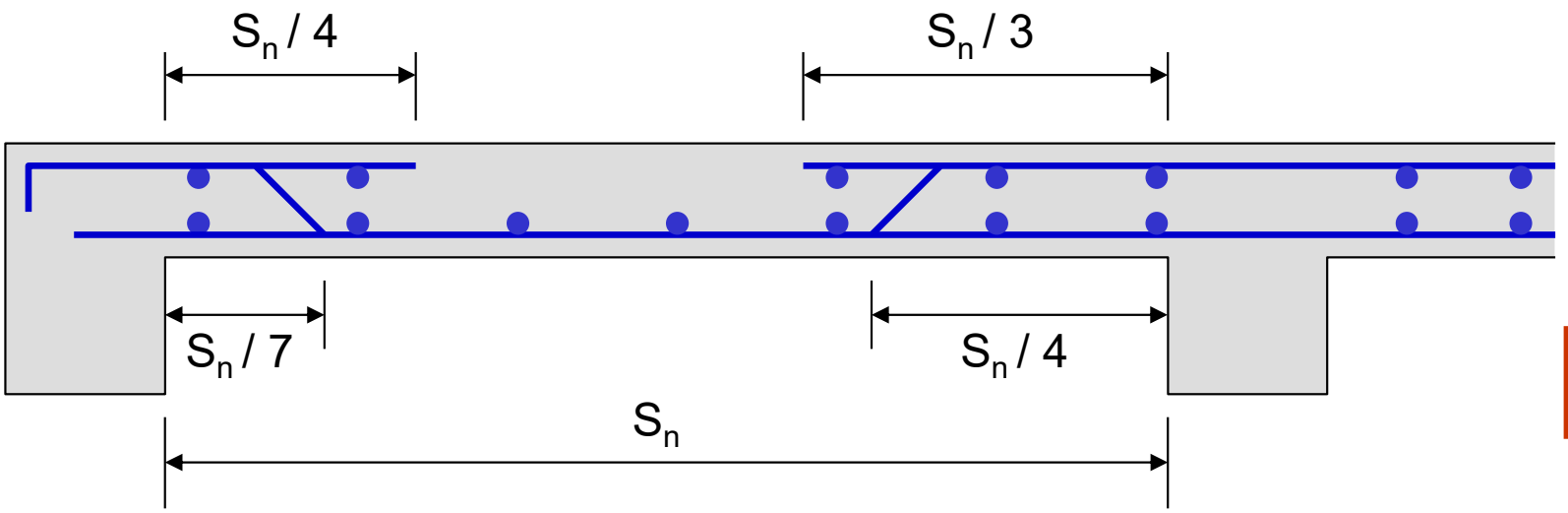


น้ำหนักลงคานด้านสั้น $= \frac{wS}{3}$

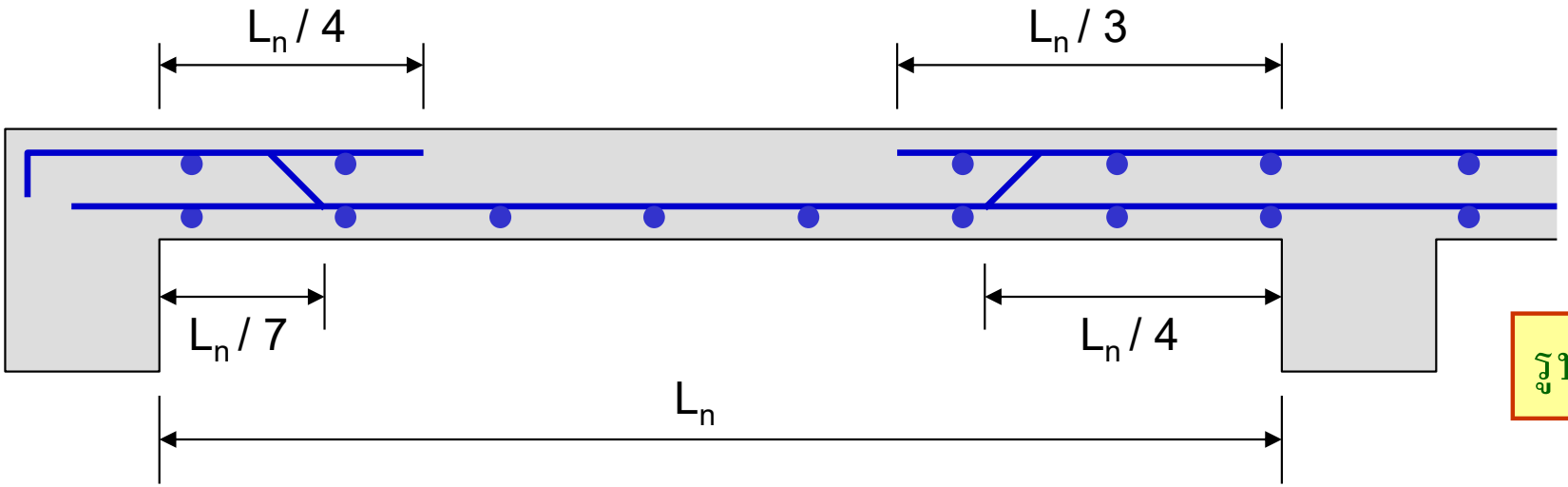
น้ำหนักลงคานด้านยาว $= \frac{wS}{3}\left(\frac{3-m^2}{2}\right)$



การเสริมเหล็กในพื้นสองทาง

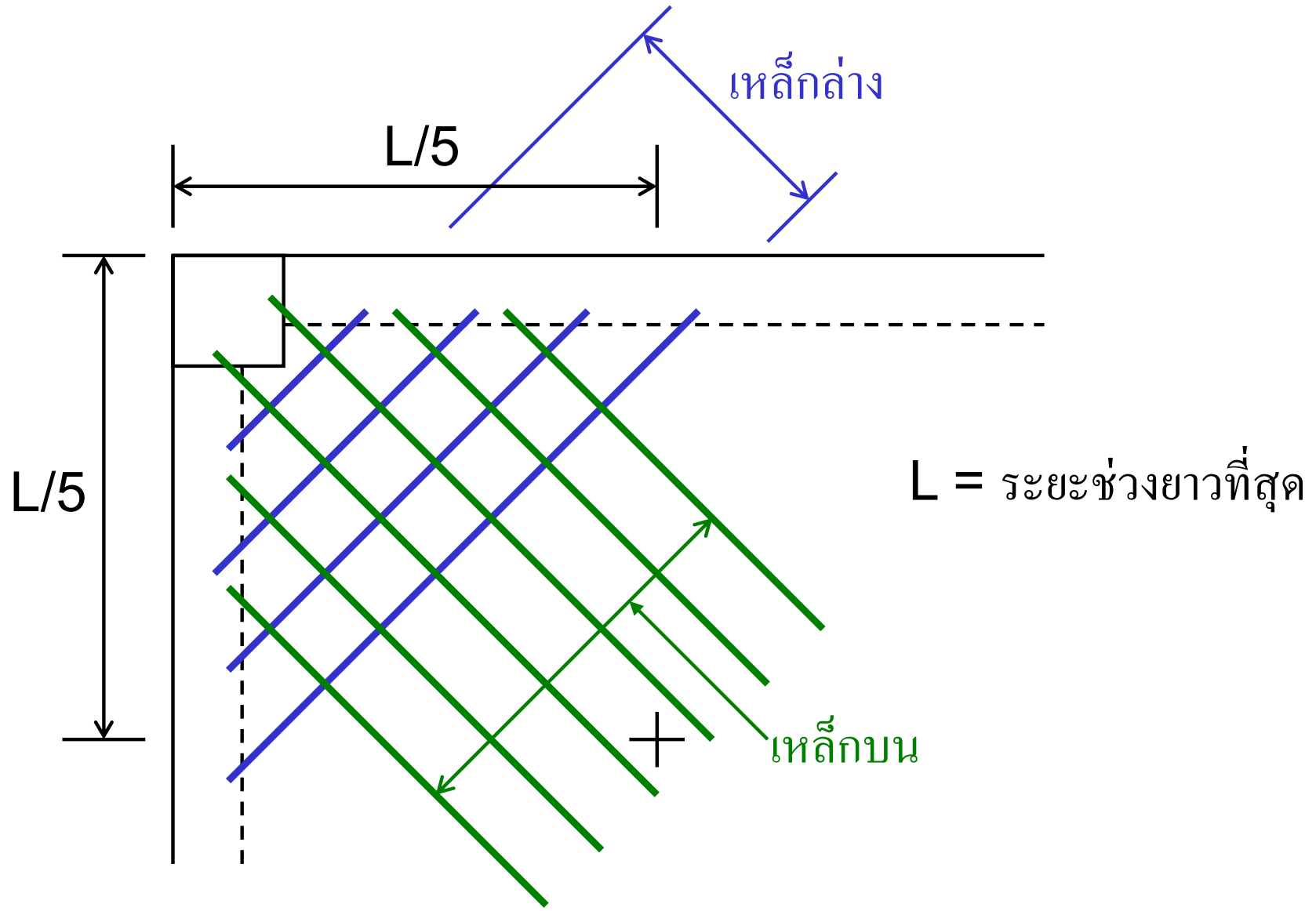


รูปตัดด้านสั้น



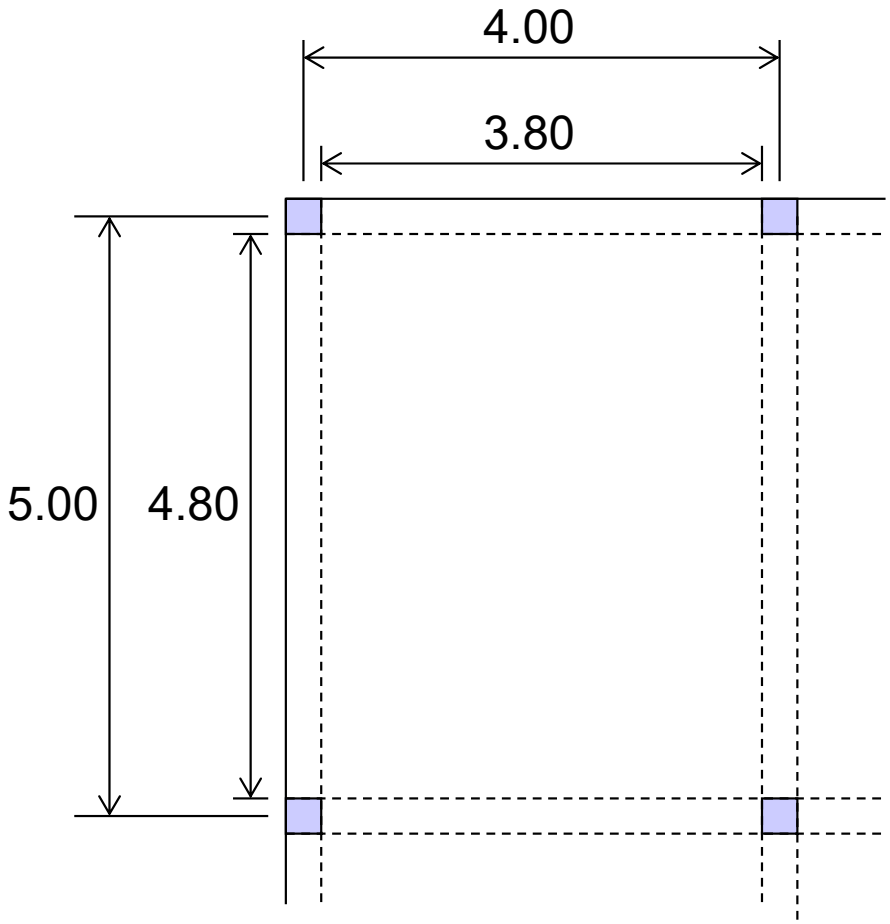
รูปตัดด้านยาว

การเสริมเหล็กพิเศษที่มุมอาคาร

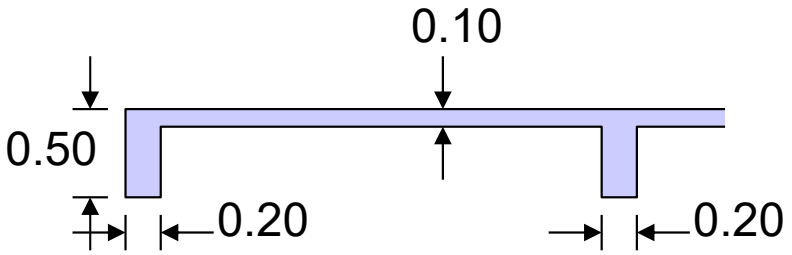


Example: Design two-way slab as shown below to carry the live load 300-kg/m^2

f_c' = 240 kg/cm^2, f_y = 2,400 kg/cm^2



Floor plan



Cross section

Min h = 2(400+500)/180 = 10 cm

DL = 0.10(2,400) = 240 kg/m^2

w_u = 1.4(240)+1.7(300) = 846 kg/m^2

m = 4.00/5.00 = 0.8

$$\rho_{max} = 0.75\frac{0.85(240)(0.85)}{4{,}000}\left(\frac{6{,}120}{6{,}120+4{,}000}\right)$$

$$= 0.0197$$

พื้นไม่ต่อเนื่องสองด้าน **(m = 0.8)**

Short span	-M(ไม่ต่อเนื่อง)	+M	-M(ต่อเนื่อง)
Moment coeff. *C*	0.032	0.048	0.064

Max. **M** $= C\,w\,S^2 = 0.064 \times 846 \times 4.0^2 = 866$ kg-m/1 m width

d = 10 - 2(covering) - 0.5(half of DB10) = 7.5 cm

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{86{,}600}{0.9 \times 100 \times 7.5^2} = 17.11 \text{ kg/cm}^2$$

$$\rho = \frac{0.85 f'_c}{f_y}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{0.85 f'_c}}\right) = 0.0045 \quad \leq \quad \rho_{max} = 0.0197 \quad \textbf{OK}$$

$A_s = 0.0045(100)(7.5) = 3.36$ cm^2

Select short span reinforcement **DB10 @ 0.20 m** ($A_s = 3.90$ cm^2)

$A_{s,min} = 0.0018(100)(10) = 1.8$ cm^2 < A_s **OK**

พื้นไม่ต่อเนื่องสองด้าน **(m = 0.8)**

Long span	-M(ไม่ต่อเนื่อง)	+M	-M(ต่อเนื่อง)
Moment coeff. *C*	0.025	0.037	0.049

Max. **M** $= C\,w\,S^2 = 0.049 \times 846 \times 4.0^2 = 663$ kg-m/1 m width

d = 10 - 2(covering) - 1.5(half of DB10) = 6.5 cm

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{66{,}300}{0.9 \times 100 \times 6.5^2} = 17.44 \text{ ksc}$$

$$\rho = \frac{0.85 f'_c}{f_y}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{0.85 f'_c}}\right) = 0.0046 \leq \rho_{max} = 0.0197$$ **OK**

$A_s = 0.0045(100)(6.5) = 2.97$ cm^2

Select short span reinforcement **DB10 @ 0.20 m** ($A_s = 3.90$ cm^2)

$A_{s,min} = 0.0018(100)(10) = 1.8$ cm^2 < A_s **OK**

ตรวจสอบกำลังรับแรงเฉือนของคอนกรีต

แรงเฉือนเฉลี่ย $V_u = w_u S/4 = (846)(4.0)/4$

$= 846$ ก.ก./ม.

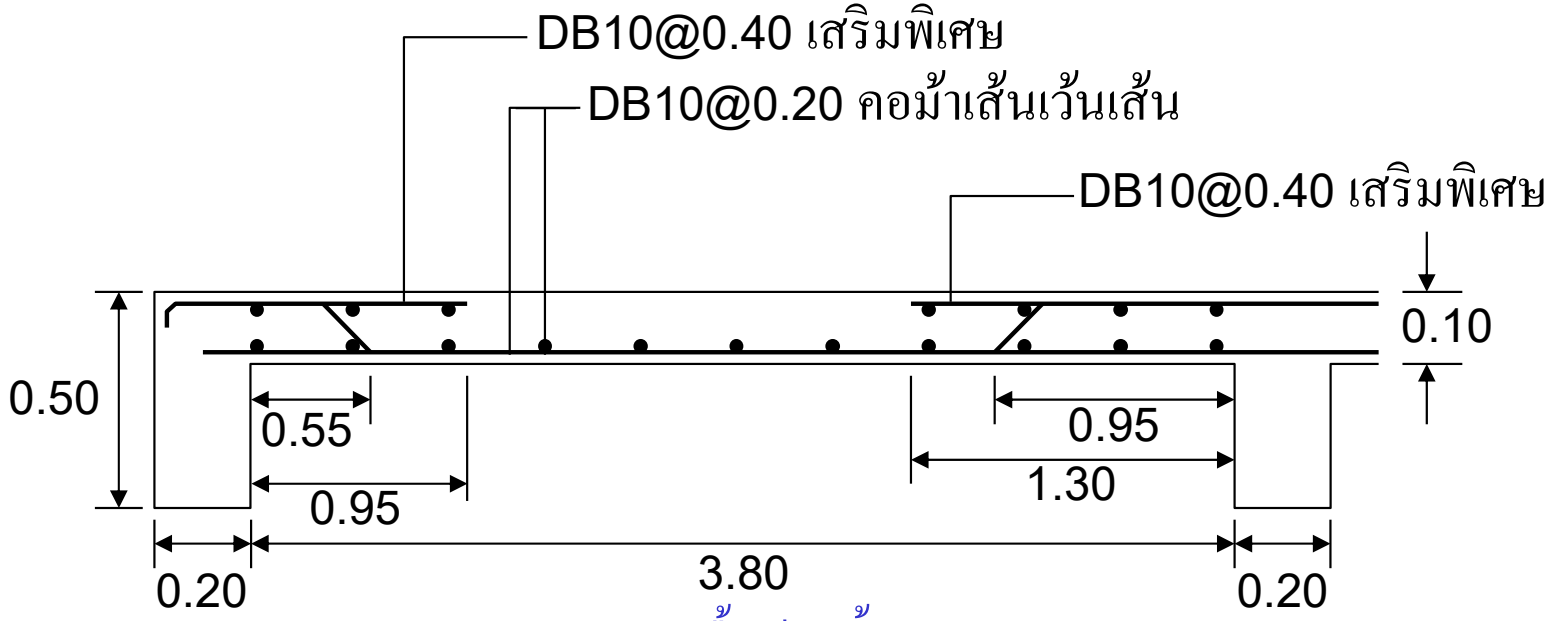
กำลังรับแรงเฉือนคอนกรีต $\phi V_c = 0.85(0.53)\sqrt{240}(100)(7.5)$

$= 5{,}234$ ก.ก./ม. **OK**

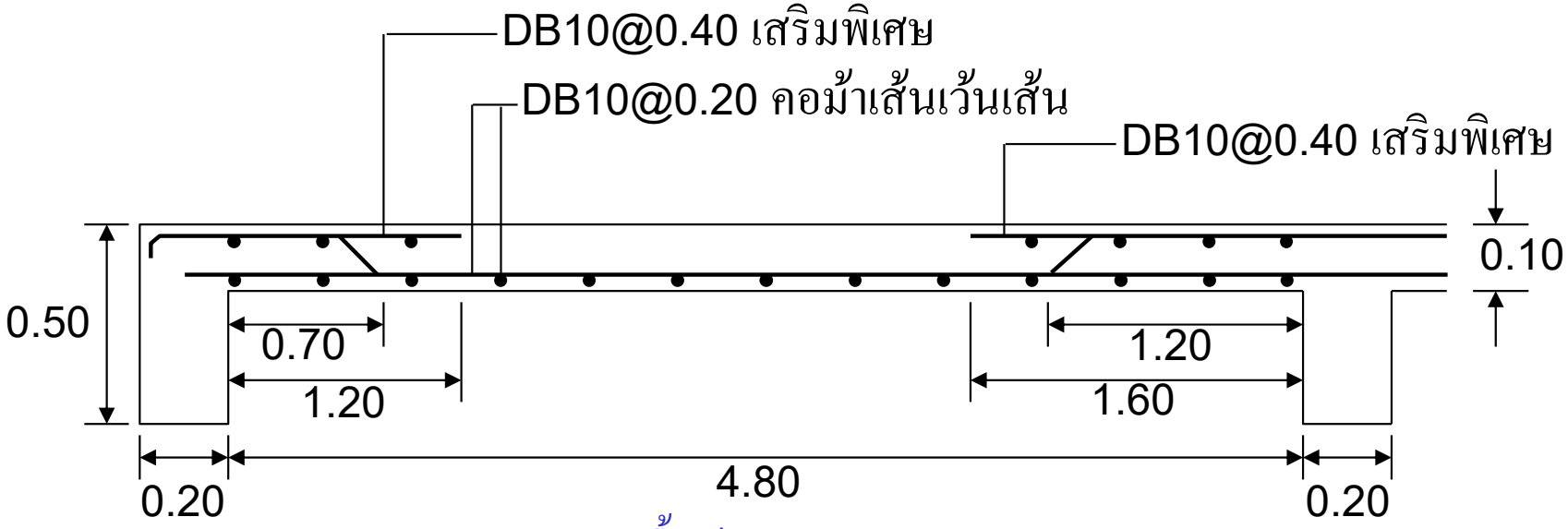
เหล็กเสริมกันร้าว

$A_{s,min} = 0.0018(100)(10) = 1.8$ cm^2

Select temp. steel reinforcement **DB10 @ 0.30 m** ($A_s = 2.60$ cm^2)



พื้นด้านสั้น



พื้นด้านยาว