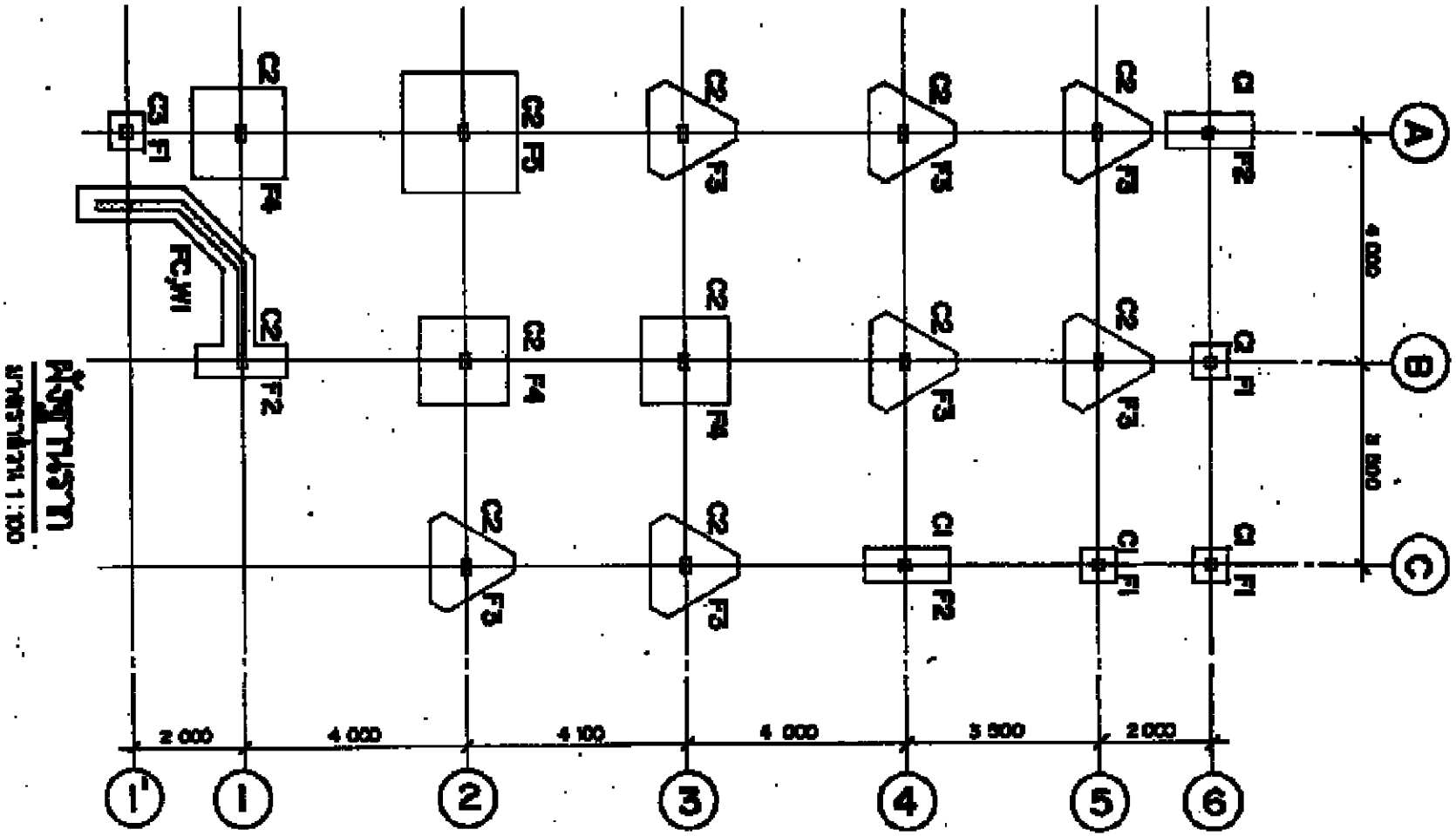
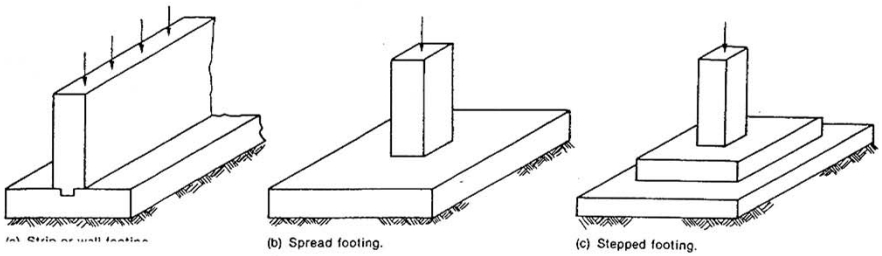
การออกแบบฐานราก



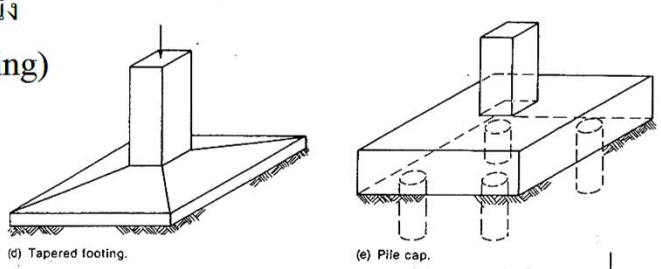
ตัวอย่างการเขียนแบบผังฐานราก

ตัวอย่างการเขียนแบบผังเสาเข็ม

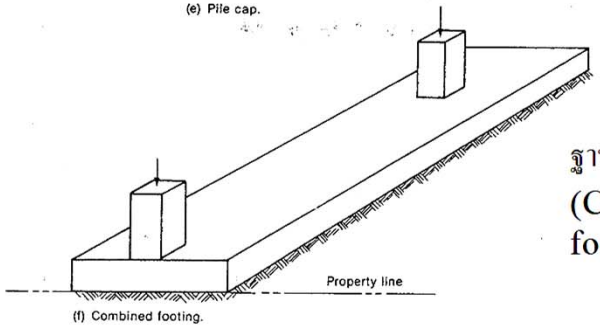


ฐานแยก
แบบวางบนดิน
(Spread footing)

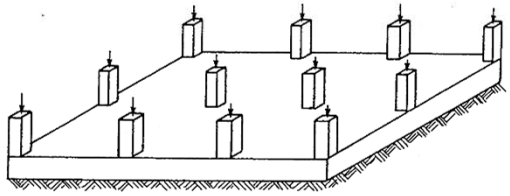
ฐานรากรับผนัง
(Wall footing)



ฐานแยกแบบวางบน
เข็ม (Pile footing)



ฐานร่วม
(Combine
footing)



ฐานแบบ Mat (Mat footing)

รูปที่6.1 ฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็ก แบบต่างๆ

การออกแบบฐานรากวางบนดิน

ในบางพื้นที่ของประเทศไทย ดินรับน้ำหนักปลอดภัยได้สูง เช่น ภาคเหนือ ตะวันออกเฉียงเหนือ พื้นที่บริเวณ ภูเขา ที่เป็นหิน หรือ ดินที่ต้านแรงแบกทานได้สูง อาจพิจารณาออกแบบให้เป็นฐานแผ่ วางบนดิน

กำลังรับแรงแบกทาน (Bearing) ปลอดภัย สามารถหาได้จาก การคำนวณโดยใช้ผลการเจาะสำรวจดิน หรือ การทำ Plate bearing test

การออกแบบฐานรากวางบนดิน

การออกแบบฐานรากจะออกแบบคล้ายกับคานและพื้นโดยต้องพิจารณาดังนี้

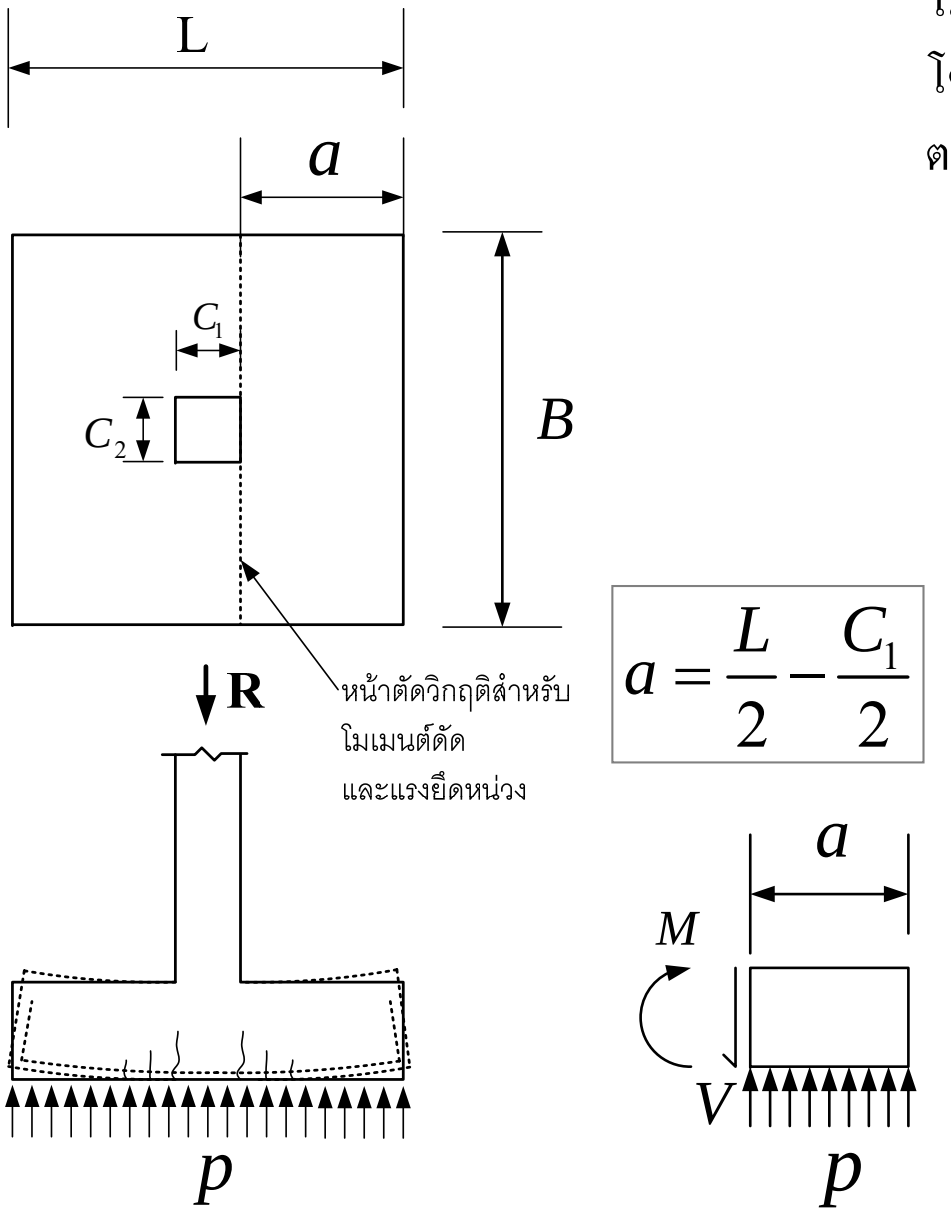
1 โมเมนต์ดัด

2 แรงเฉือน

แรงเฉือนดัด (Beam shear)

แรงเฉือนทะลุ (Punching shear)

3 แรงยึดเหนี่ยว (Bond)



$$a = \frac{L}{2} - \frac{C_1}{2}$$

โมเมนต์ดัดต้องพิจารณาทั้งสองทิศทาง โดยต้องเสริมเหล็กในแต่ละทิศทางเป็นตะแกรง

$$M = pBa\left(\frac{a}{2}\right) = \frac{pBa^2}{2}$$

$$p = \frac{R}{BL}$$

$R =$ น้ำหนักจากเสาไม่รวมน้ำหนักฐาน

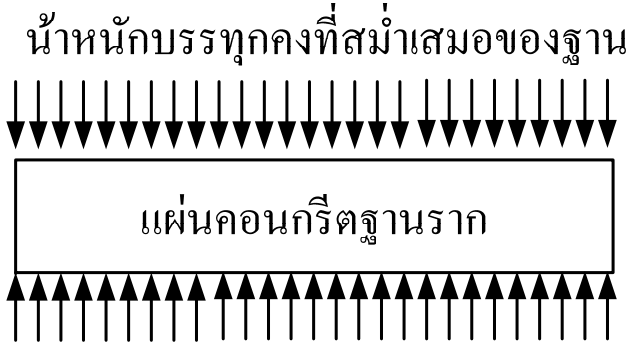
$p =$ หน่วยแรงแบกทานสุทธิ (Net pressure)

แรงเฉือน V ที่หน้าตัดนี้ใช้ในการตรวจสอบหน่วยแรงยึดเหนี่ยว

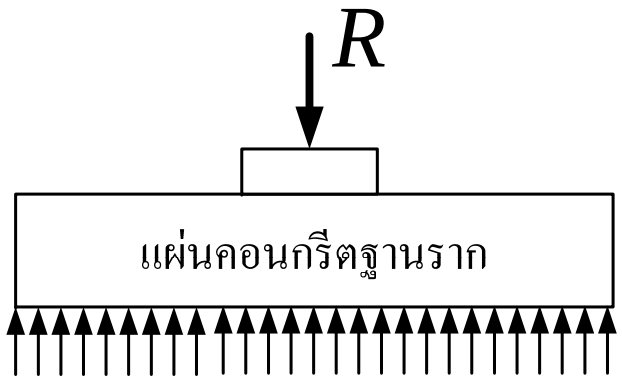
$$V = pBa$$

รูปที่6.2 หน้าตัดวิกฤตสำหรับโมเมนต์ดัด

เหตุที่ต้องใช้หน่วยแรงแบกทานสุทธิในการคำนวณโมเมนต์ดัดและแรงเฉือนในฐานรากแบบวางบนดิน

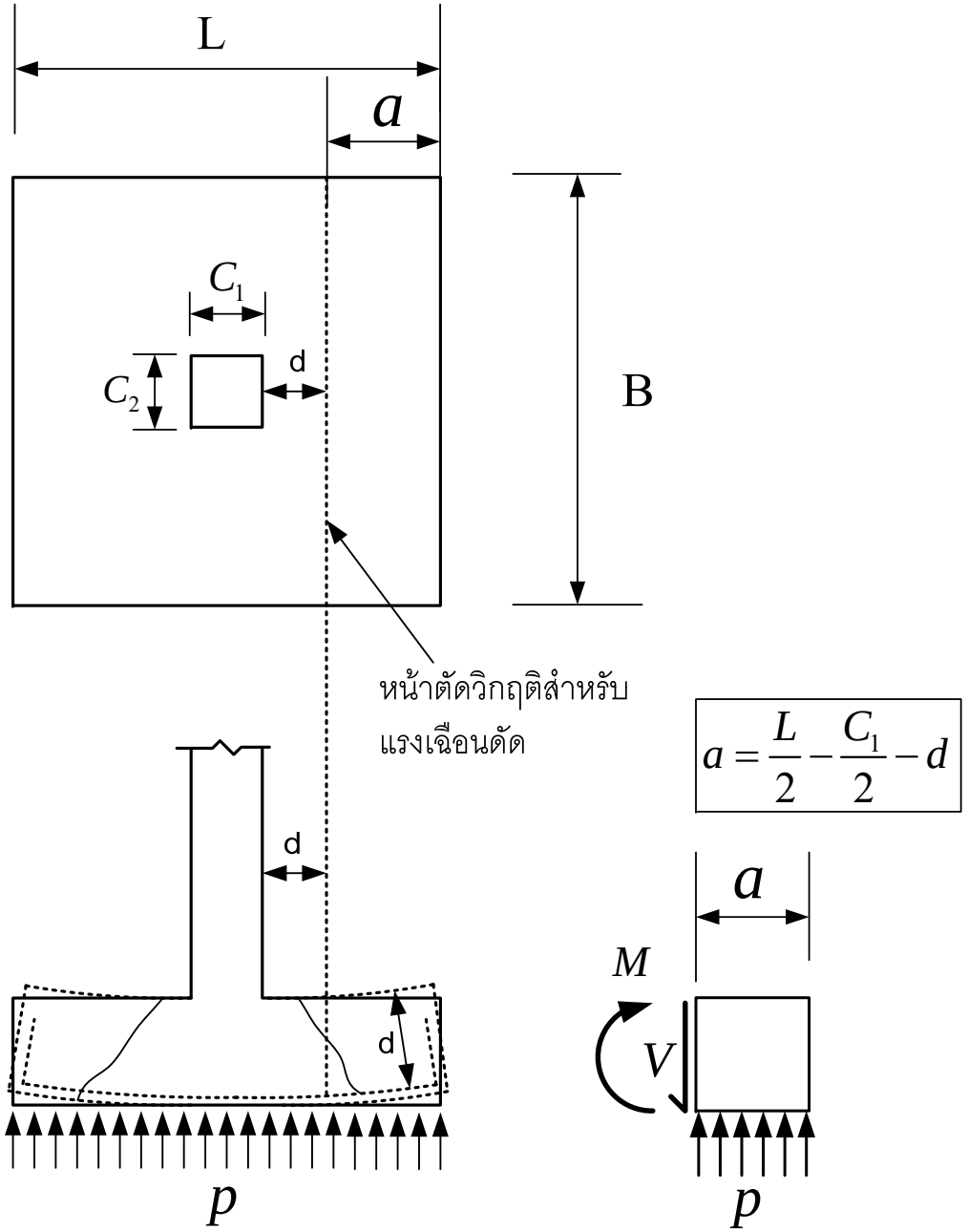


น้ำหนักของฐานรากสมดุลกับแรงแบกทานของดินใต้ฐานดังนั้นหน้าตัดใดของฐานจะไม่มีโมเมนต์ดัดและแรงเฉือน



$$p = \frac{R}{Area}$$

น้ำหนักที่มาจากเสา R ไม่รวมน้ำหนักฐานจะทำให้เกิดหน่วยแรงแบกทานใต้ฐานที่ทำให้เกิดโมเมนต์ดัดและแรงเฉือนในฐานราก



รูปที่**6.3** หน้าตัดวิกฤตสำหรับแรงเฉือนดัด

<u>การตรวจสอบแรงเฉือนดัด</u>

คล้ายการตรวจสอบแรงเฉือนในคาน แต่จะไม่มีการเสริมเหล็กปลอก

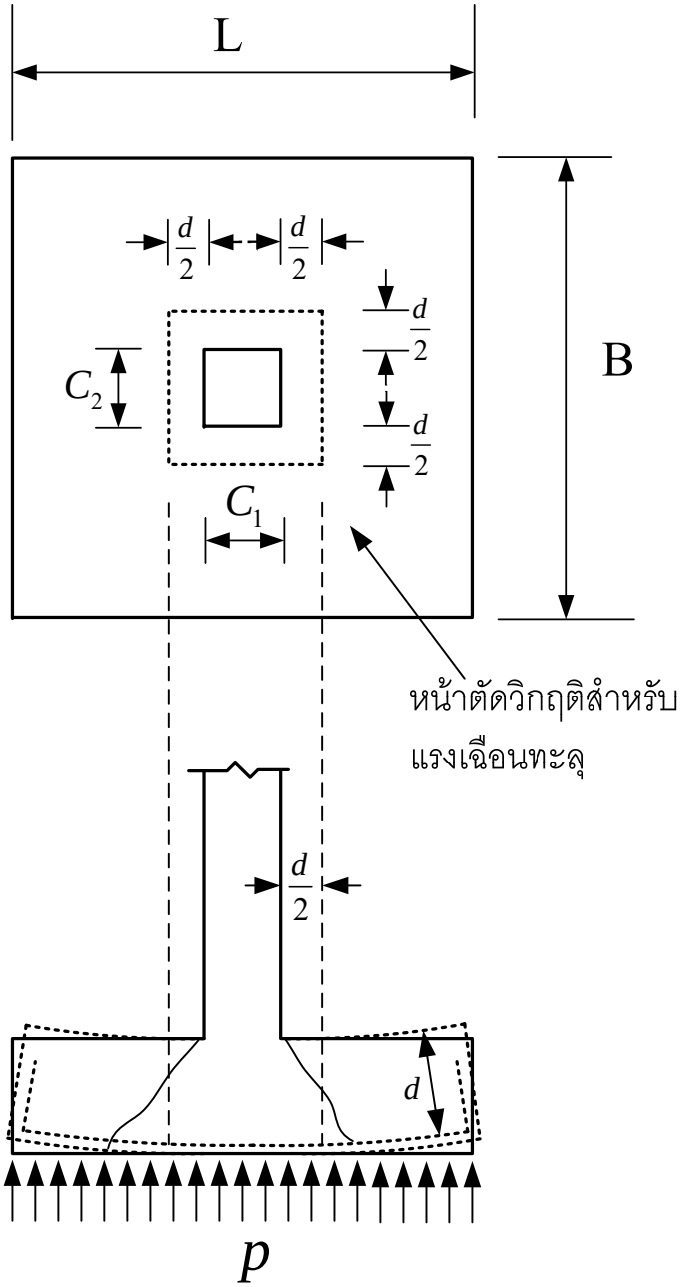
โดยเมื่อตรวจสอบการต้านแรงเฉือนปลอดภัยของหน้าตัดที่ไม่มีเหล็กปลอก

$$V_c = 0.29\sqrt{f_c'}Bd$$

แล้วมีค่าน้อยกว่าแรงเฉือนที่เกิดขึ้น

$$V = pBa$$

จะใช้วิธีเพิ่มความหนา d จนกว่าหน้าตัดดังกล่าวจะต้านแรงเฉือนที่เกิดขึ้นได้



รูปที่**6.4** หน้าตัดวิกฤตสำหรับแรงเฉือนทะลุ

เมื่อเสามีขนาดเล็กและความหนาของฐานรากน้อยเกินไป อาจมีกำลังต้านปลอดภัยต่อการเฉือนทะลุรอบหัวเสาไม่เพียงพอเสี่ยงต่อการวิบัติโดยแรงเฉือนทะลุ จึงต้องทำการตรวจสอบ

กำลังต้านแรงเฉือนทะลุปลอดภัย

$$V_c = 0.53\sqrt{f_c'}\,b_o d$$

$$b_o = 2\left[(C_1 + d) + (C_2 + d)\right]$$

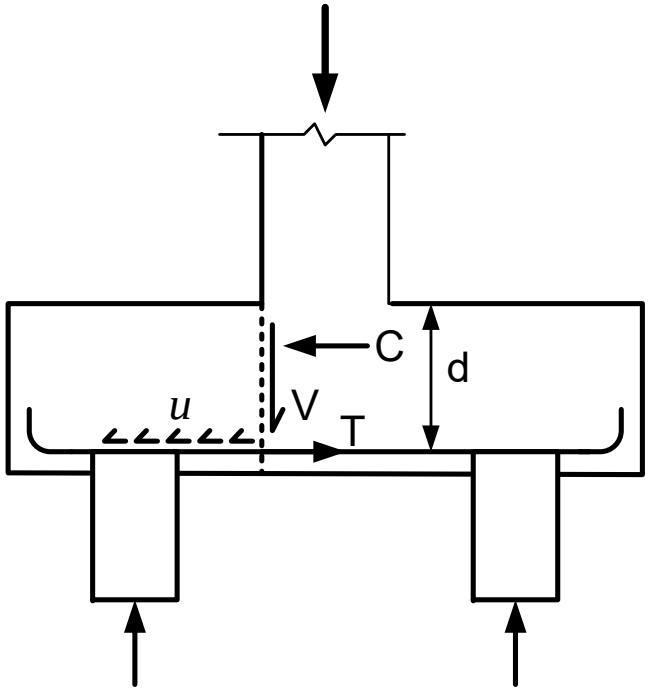
$$= 2\left[C_1 + C_2 + 2d\right]$$

แรงเฉือนทะลุที่เกิดขึ้น

$$V = p\left[BL - \left(C_1 + d\right)\left(C_2 + d\right)\right]$$

หากแรงเฉือนที่เกิดขึ้นมากกว่าที่ต้านได้ต้องเพิ่มความหนาของฐานจนกว่าจะผ่าน

การตรวจสอบแรงยึดเหนี่ยว (Bond)

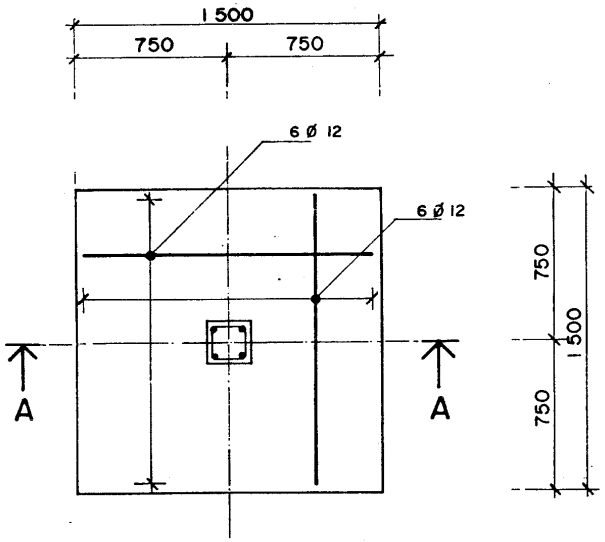


$$u = \frac{V}{(\sum O)\, jd}$$

ในฐานรากแรงเฉือนที่ขอบเสามาก ทำให้หน่วยแรงยึดเหนี่ยวมาก

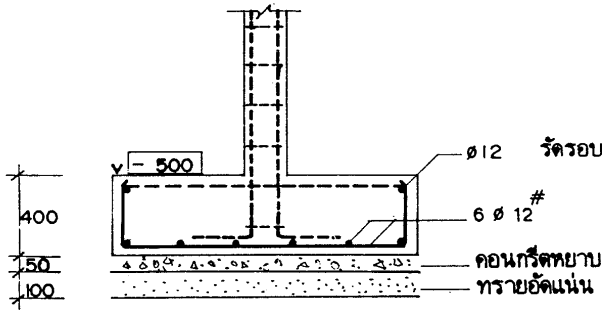
หน้าตัดวิกฤตสำหรับตรวจสอบแรงยึดเหนี่ยวคือที่เดียวกันกับโมเมนต์ดัด

หากหน่วยแรงยึดเหนี่ยวมีค่ามากเกินไปเหล็กเสริมอาจเกิดการครูด(Slip) ทำให้เหล็กเสริมไม่สามารถรับแรงดึงได้อีกต่อไปคานจึงอาจถือว่าเกิดการวิบัติโดยแรงยึดเหนี่ยวได้ ดังนั้นหน่วยแรงยึดเหนี่ยวจึงต้องจำกัดไว้ไม่ให้ มีค่าเกินกว่าค่าที่ยอมให้ ในกรณีที่หน่วยแรงยึดเหนี่ยวเกินกว่าที่ยอมให้ ให้เพิ่มความหนา d จนกว่าจะผ่าน



F2
SCALE 1: 25

ตัวอย่างการเขียนแบบฐานรากแบบวางบนดิน

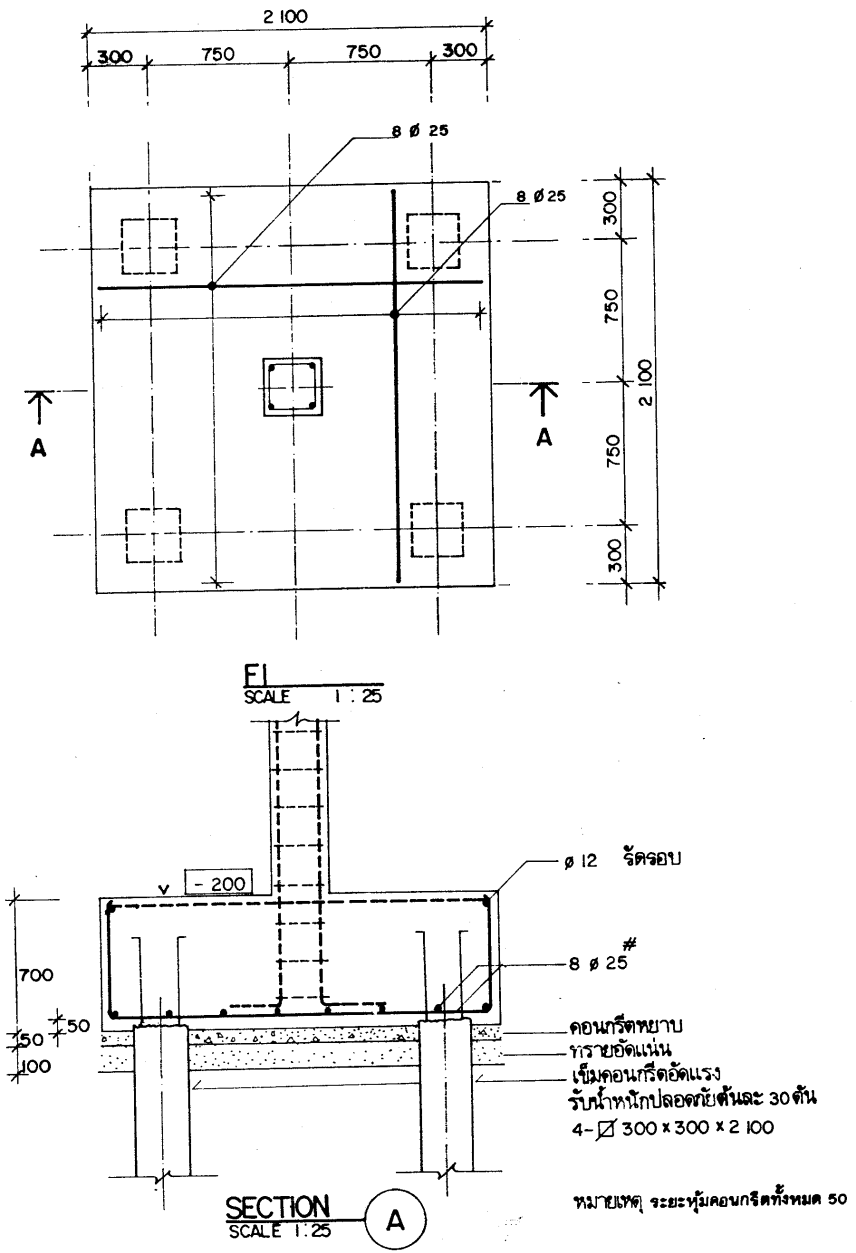


หมายเหตุ 1. ระยะหุ้มคอนกรีตทั้งหมด 50

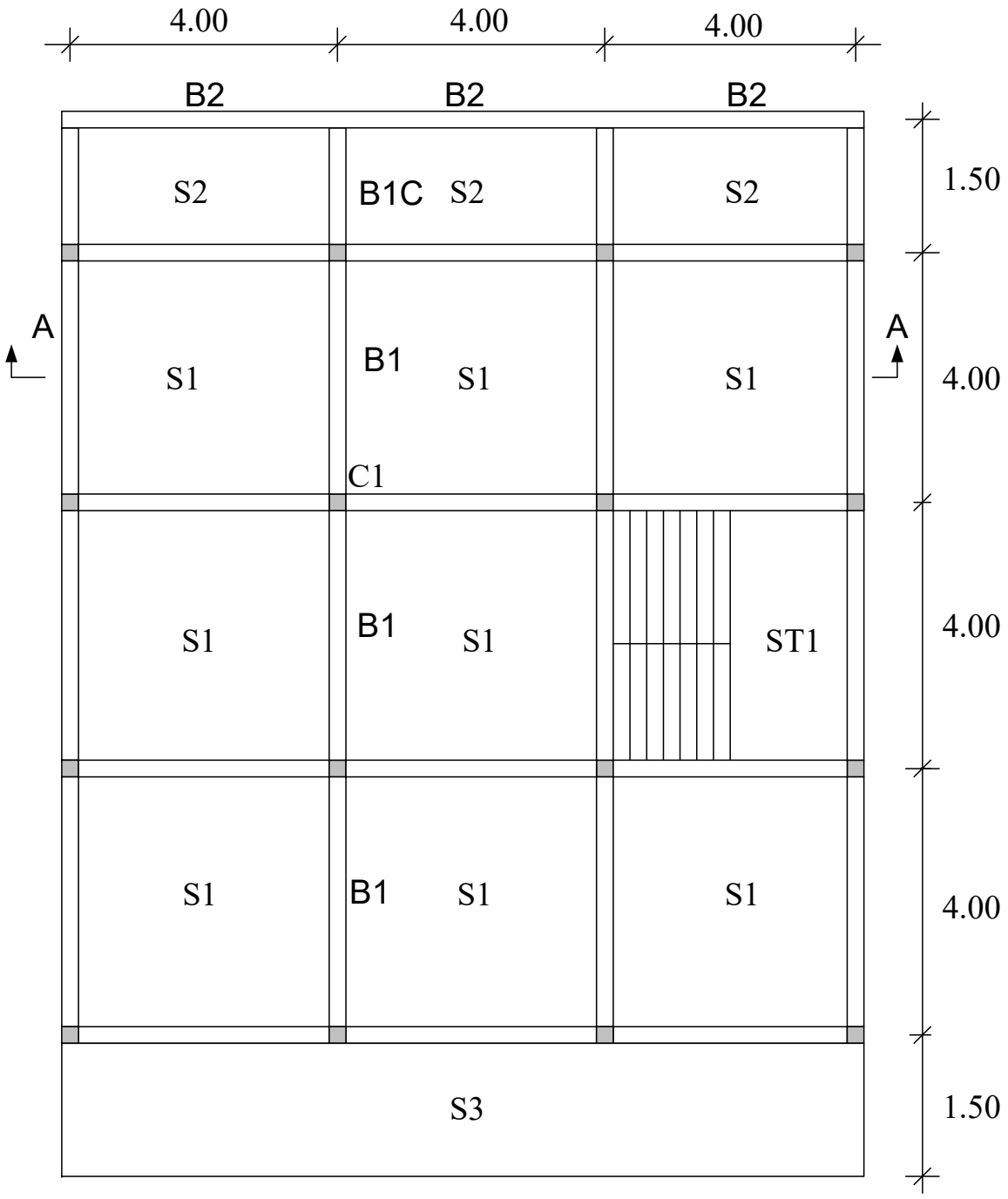
2. กรณีรูปตัดแลดงเหล็กเสริมชัดเจน

ไม่จำเป็นต้องแลดงเหล็กเสริมในผัง

SECTION A
SCALE 1:25

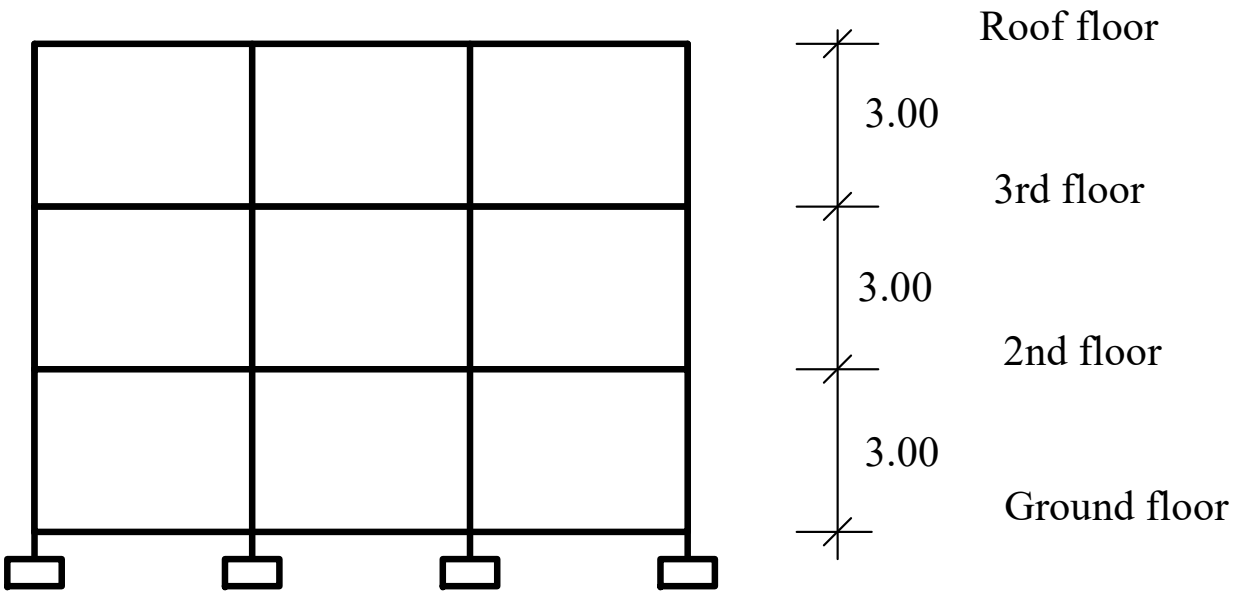


ตัวอย่างการเขียนแบบฐานรากแบบมีเสาเข็ม



จากตัวอย่างการออกแบบเสา น้ำหนักที่ลงเสา C1 ชั้นตอม่อ เท่ากับ 41,792 กิโลกรัม ให้ออกแบบฐานรากรองรับเสา C1 แบบวางบนดิน พร้อมเขียนรายละเอียดการเสริมเหล็ก สมมติดินฐานรากรับน้ำหนักปลอดภัยได้ 10 ตันต่อตารางเมตร

กำหนดให้ใช้หน่วยแรงที่ยอมให้ของคอนกรีตและเหล็กเสริม ตามข้อบัญญัติ กทม. ในกรณีที่ไม่มีการควบคุมงานที่ดี หน่วยแรงที่ยอมให้ของคอนกรีตต้องไม่เกินกว่า 65 ksc



A-A

ตามข้อบัญญัติ กทม. ในกรณีที่ไม่มีการควบคุมงานที่ดี

$f_c^{'} = 170\ ksc$ $\quad f_c = 0.375\, f_c^{'} = 63.75\ ksc$

$f_y = 3000\ ksc$ $\quad f_s = 0.5\, f_y = 1500\ ksc$

$n = 10.4$ $\quad k = 0.306$

$j = 0.898$ $\quad R = 8.71\ ksc$

ออกแบบฐานรากรองรับเสาตอม่อ C1 กรณีเป็นฐานแผ่

กำลังรับน้ำหนักแบกทานปลอดภัย ของดินฐานราก 10 ตันต่อตารางเมตร

น้ำหนักจากเสาตอม่อ C1 = 41,792 kg

สมมติน้ำหนักฐานราก เท่ากับ 10% ของน้ำหนักลงฐานรากจะได้น้ำหนักรวม =1.1(41,792)

= 45,792 kg

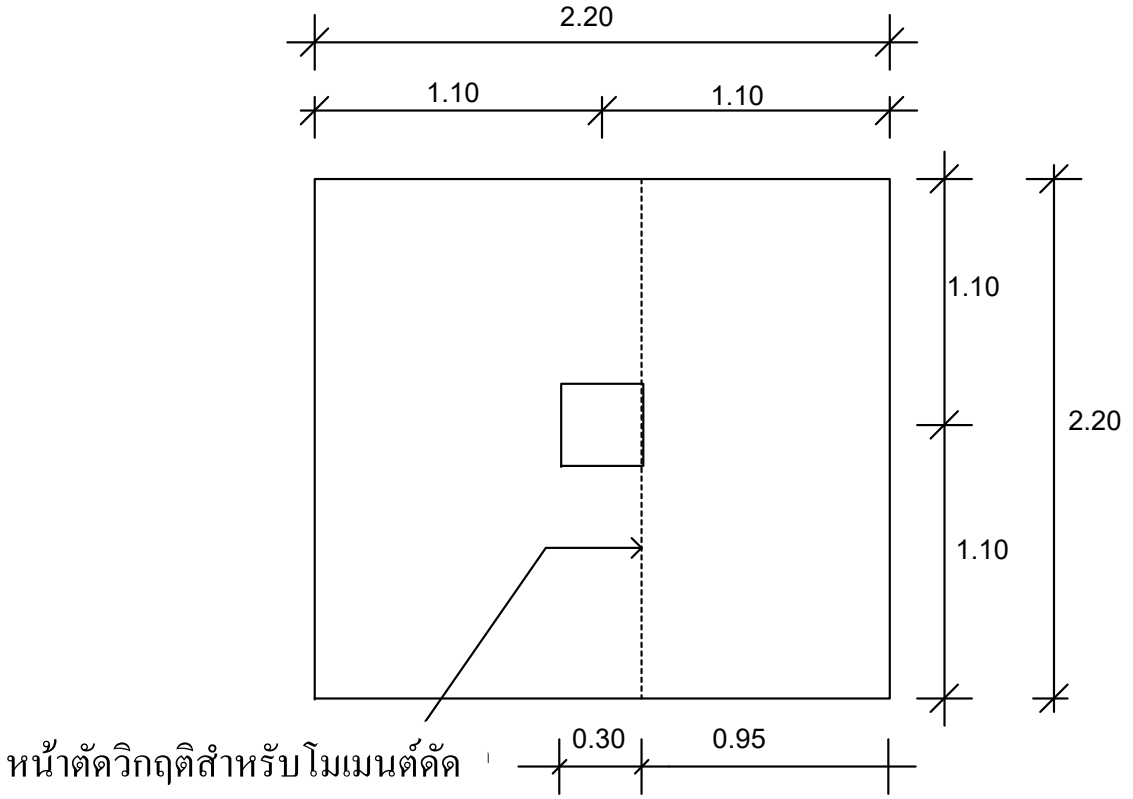
ต้องการพื้นที่รับแรงแบกทานปลอดภัย = $\frac{45791}{10000}$ = $4.58\ m^2$

สมมติฐานรากเป็นรูปสี่เหลี่ยมด้านเท่า ต้องการความยาวด้าน เท่ากับ

$\sqrt{4.58}$ = $2.14\ m$

เลือกใช้ฐานรากขนาด 2.20x2.20 เมตร

ออกแบบความหนาของฐานรากและเหล็กเสริมรับโมเมนต์ดัด



หน้าตัดวิกฤติสำหรับโมเมนต์ดัด

$$\text{หน่วยแรงแบกทานสุทธิ} = \frac{41,792}{2.20 \times 2.20} = 8,634\ kg/m^2$$

โมเมนต์ดัดที่หน้าตัดวิกฤติ

$$= 8634(0.95)(2.20)(\frac{0.95}{2}) = 8571\ kg-m$$

ความลึกประสิทธิผลต่ำสุดที่ไม่ต้องการเหล็กเสริมรับแรงอัด

$$d = \sqrt{\frac{M}{Rb}} = \sqrt{\frac{8571(100)}{8.71(220)}} = 21.15\,cm$$

เลือกความหนา $30\,cm, \quad d = 25\,cm$

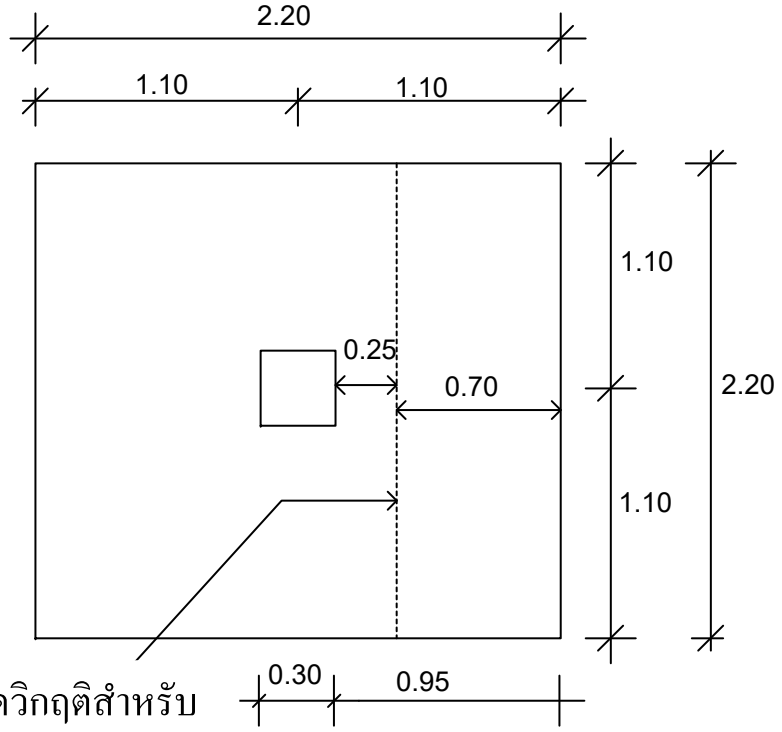
$$A_s = \frac{M}{f_s jd} = \frac{8571(100)}{1{,}500(0.899)(25)} = 25.42\,cm^2$$

ใช้ 13DB16#

$$A_s = 26.13\,cm^2$$

ตรวจสอบแรงเฉือน

แรงเฉือนดัด (Flexural shear)



หน้าตัดวิกฤติสำหรับแรงเฉือนดัด

หน่วยแรงที่ยอมให้

$$= \quad 0.29\sqrt{f_c'} \quad = \quad 0.29\sqrt{170} \quad = \quad 3.78\ ksc$$

แรงเฉือนที่หน้าตัดวิกฤติ

$$= \quad 8634(0.70)(2.20) \quad = \quad 13,296\ kg$$

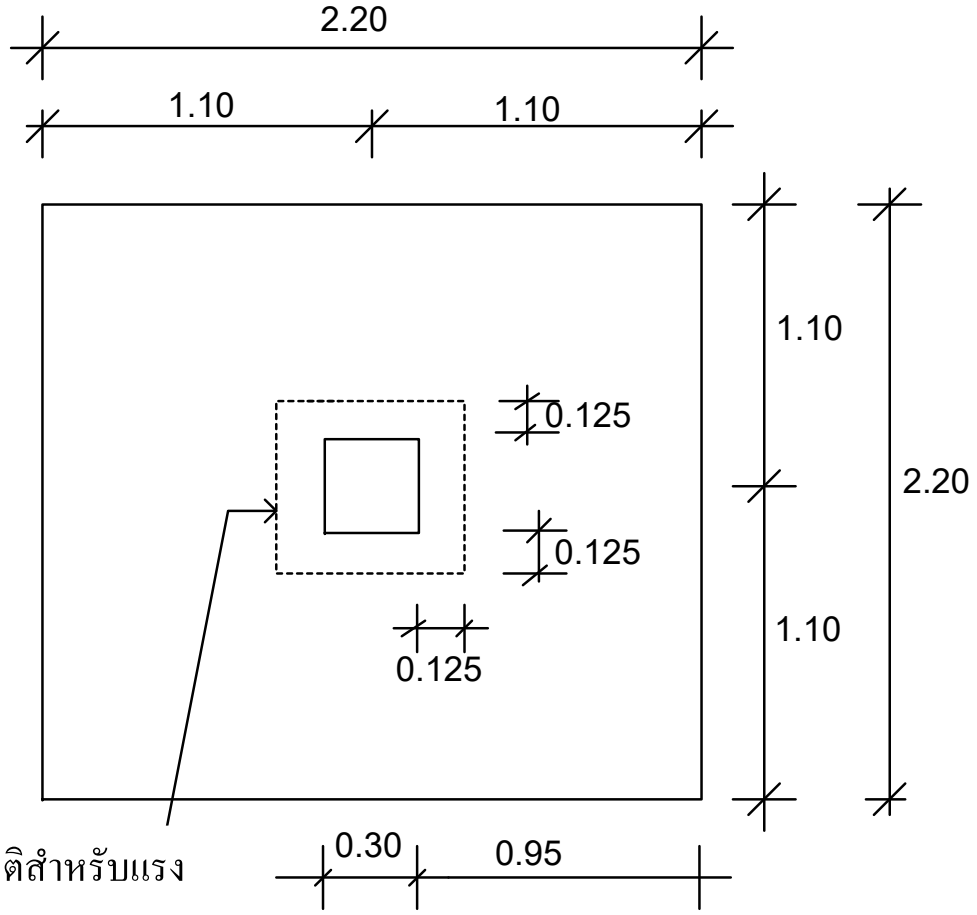
หน่วยแรงเฉือนดัด

$$v \quad = \quad \frac{V}{bd}$$

$$= \quad \frac{13,296}{220(25)} \quad = \quad 2.42\ ksc \quad < \quad 3.78\ ksc$$

ฐานรากปลอดภัยต่อการเฉือนดัด

ตรวจสอบแรงเฉือนทะลุ (Punching shear)



หน้าตัดวิกฤติสำหรับแรงเฉือนทะลุ

หน่วยแรงที่ยอมให้ของคอนกรีตต้านแรงเฉือนทะลุ

$$= \quad 0.53\sqrt{f_c'} = \quad 0.53\sqrt{170} = \quad 6.91\ ksc$$

แรงเฉือนที่หน้าตัดวิกฤติ $= \quad 8634[(2.20\times 2.20)-(0.55)(0.55)]$

$= \quad 39{,}177\ kg$

หน่วยแรงเฉือนทะลุที่เกิดขึ้น $= \quad \dfrac{V}{b_0 d} \quad = \quad \dfrac{39{,}177}{4(55)(25)} \quad = \quad 7.12\ ksc$

มากกว่าที่ยอมให้ $6.91\ ksc$

เพิ่มความหนาเป็น $35\ cm,\ \ d \ = \ 30\ cm$

หน่วยแรงเฉือนทะลุที่เกิดขึ้น $= \quad \dfrac{39{,}177}{4(60)(30)} \quad = \quad 5.44\ ksc$ < ที่ยอมให้

ตรวจสอบแรงยึดเหนี่ยว

หน่วยแรงยึดเหนี่ยวที่ยอมให้สำหรับเหล็กอื่นที่ไม่ใช่เหล็กบน

$$= 1.615\frac{\sqrt{f_c'}}{D} \leq 11\,ksc$$ (เหล็กกลม)

กรณีเหล็กข้ออ้อย เพิ่มได้ 2 เท่า แต่ไม่เกิน 25 ksc

หน่วยแรงยึดหน่วงที่ยอมให้ $= \frac{1.615\sqrt{170}}{1.6}(2) = 26.32$

ใช้ $25\,ksc$

หน่วยแรงยึดเหนี่ยวที่เกิดขึ้น $= \frac{V}{\Sigma_0 jd}$

แรงเฉือนที่หน้าตัดวิกฤติสำหรับแรงยึดหน่วง

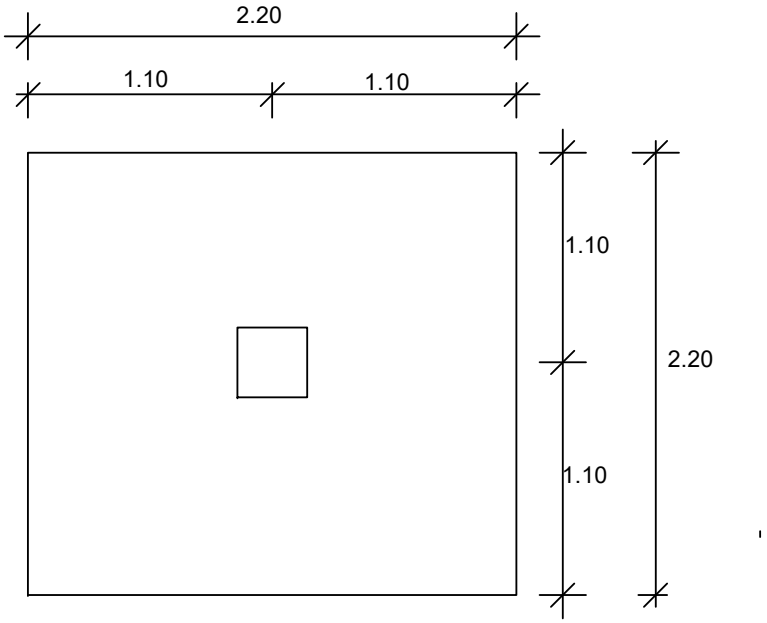
$$V = 8634(2.20)(0.95) = 18,045\,Kg$$

$$\Sigma_0 = 13(\pi)(1.6) = 65.31\,cm$$

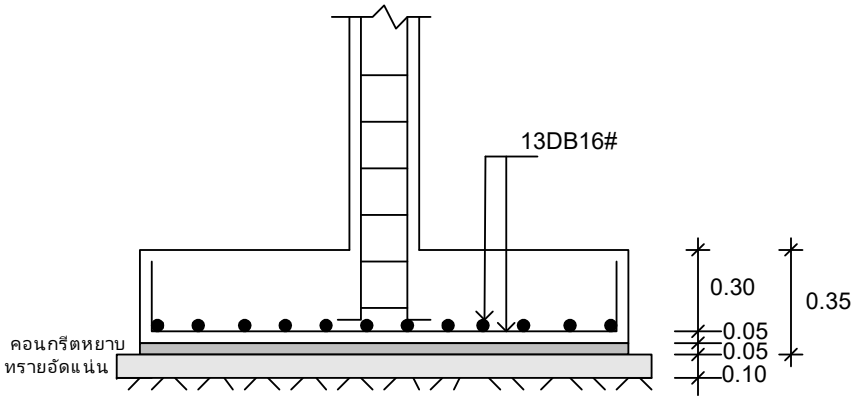
$$j = 0.899$$

$$d = 30$$

$$u = \frac{18,045}{(65.31)(0.899)(30)} = 6.15\,ksc < 25\,ksc$$ ผ่าน



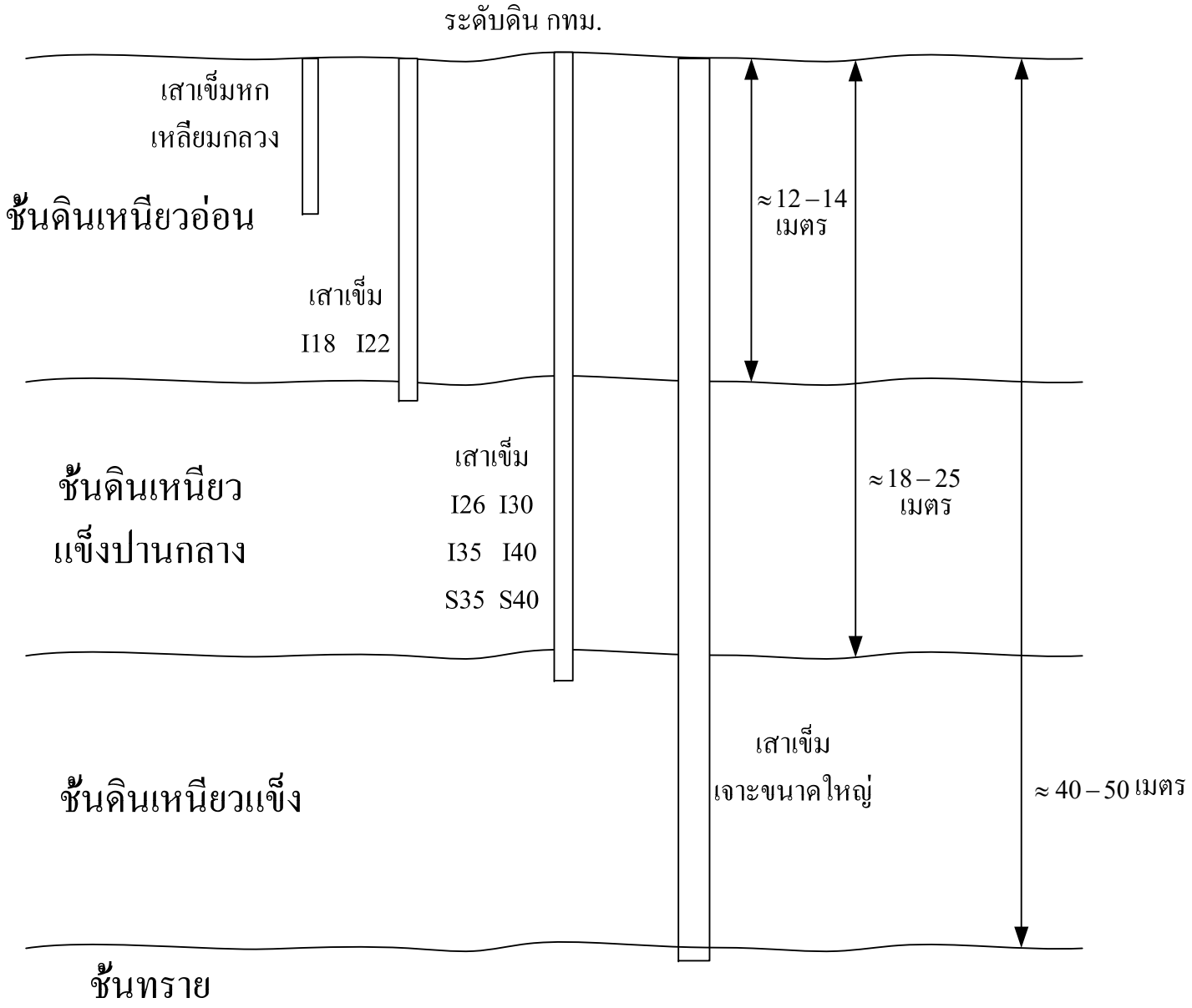
รายละเอียดการเสริมเหล็กของฐานรากรองรับเสา C1



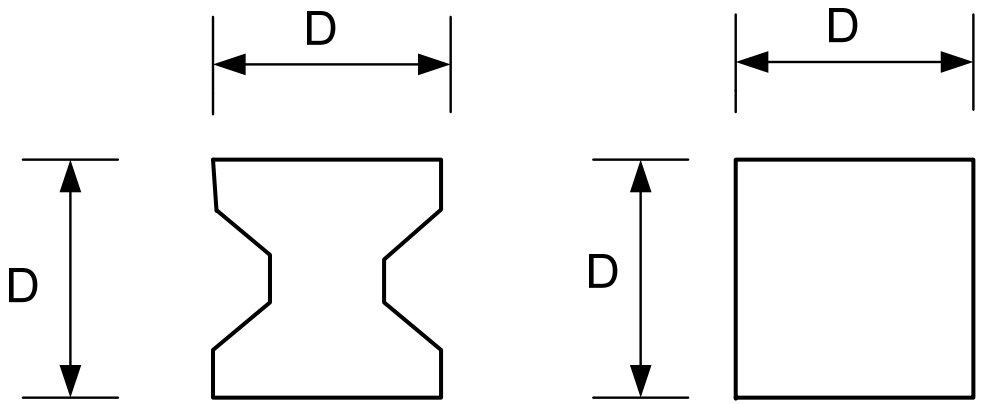
การออกแบบฐานรากวางบนเสาเข็ม

กรณีที่ดินรับน้ำหนักปลอดภัยได้น้อย เช่น ใน กทม. หน่วยแรงแบกทานปลอดภัยของดิน กำหนดโดยข้อบัญญัติกทม. ให้ใช้ได้ไม่เกินกว่า 2 ตันต่อตารางเมตร ดังนั้นหากใช้ฐานแผ่ ฐานจะมีขนาดพื้นที่ใหญ่มาก และมีอัตราการทรุดตัวสูงเนื่องจากดินชั้นบนสุดเป็นดินเหนียวอ่อน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้ฐานรากแบบวางบนเสาเข็ม

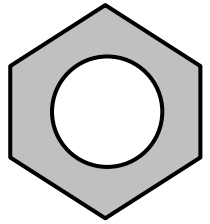
กรณีตัวอย่าง อาคารคณะอักษรศาสตร์จุฬา ถูกขึ้นทะเบียนเป็นโบราณสถาน ออกแบบให้เป็นฐานวางบนดิน แต่เกิดปัญหาการทรุดตัวสูง เลยต้องพิจารณาเปลี่ยนระบบฐานรากโดยการเสริมเสาเข็ม



รูปที่6.5 รูปตัดแสดงความลึกของชั้นดินในกทม. โดยประมาณ

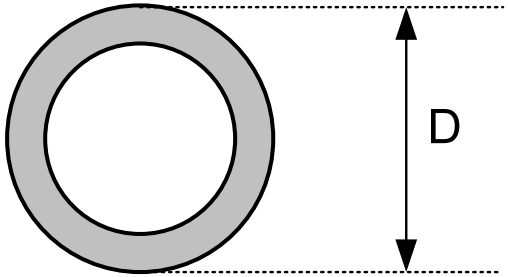


เสาเข็มตอกรูปตัวไอ I เสาเข็มตอกรูปสี่เหลี่ยมตัน S



เสาเข็มหกเหลี่ยมกลวง

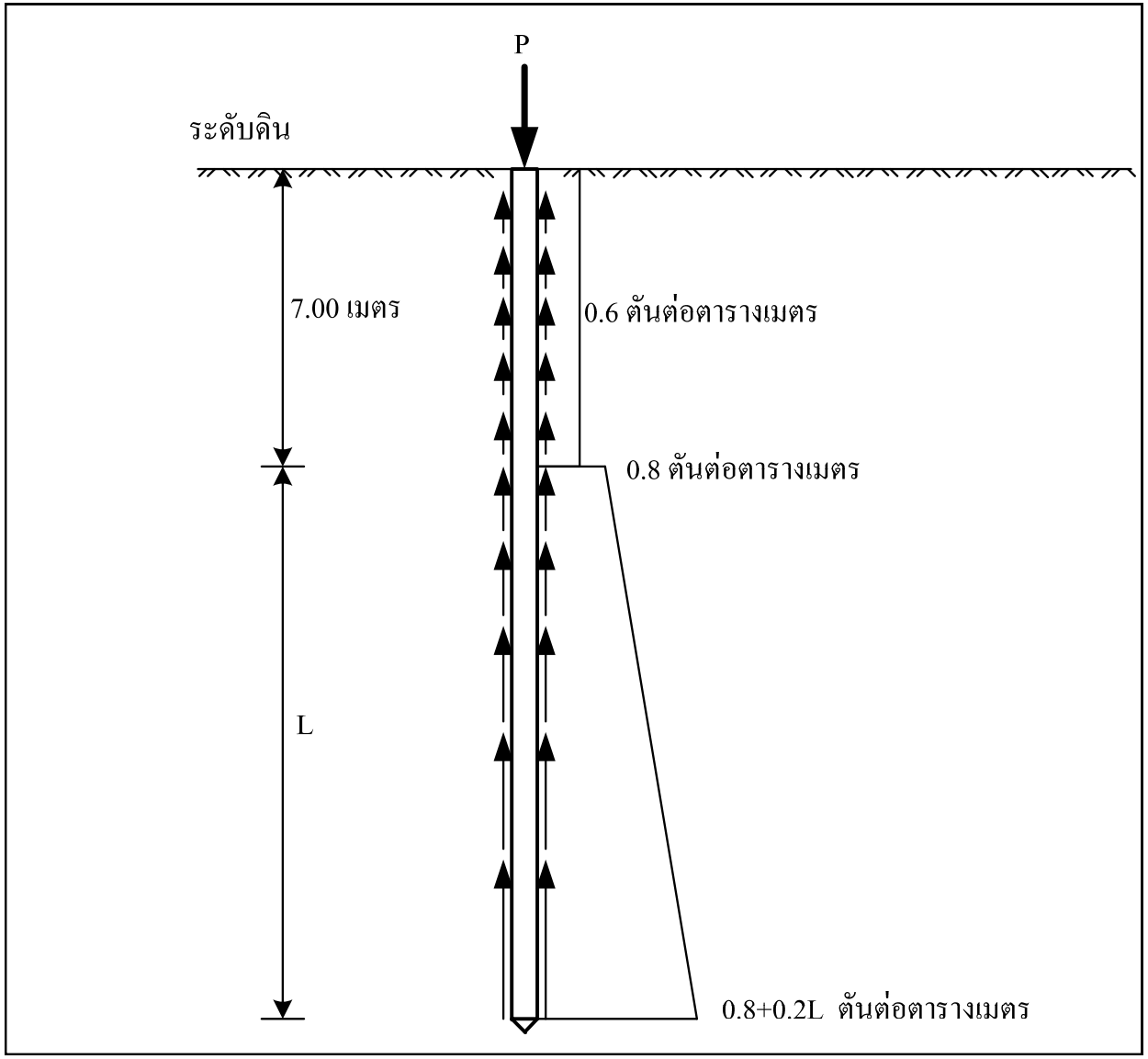
เสาเข็มสัน



เสาเข็ม Spun

เสาเข็มยาว

กำลังรับน้ำหนักปลอดภัยของฐานรากสามารถคำนวณได้จากข้อมูลการเจาะสำรวจดิน



ในกรณีเป็นการก่อสร้างใน กทม หากยังไม่มีผลการเจาะสำรวจดิน อาจใช้หน่วยแรงฝืดปลอดภัยรอบเสาเข็ม ในการคำนวณออกแบบเบื้องต้นก็ได้ เพื่อความเชื่อมั่นอาจพิจารณาให้มีการทดสอบการรับน้ำหนักของเสาเข็มเช่น

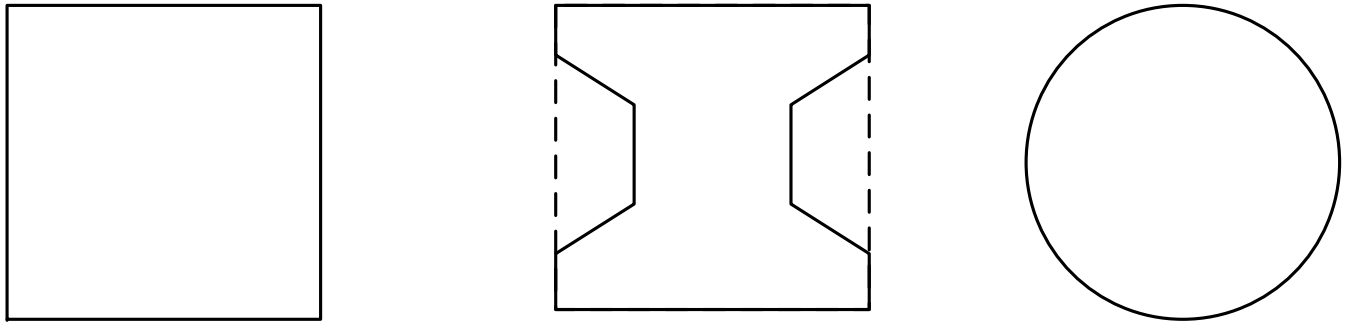
-Static Pile Load Test

-Dynamic Pile load test

เป็นต้น

แรงต้านปลอดภัยของเสาเข็ม = หน่วยแรงฝืดXพื้นที่ผิวรอบเสาเข็ม

พื้นที่ผิว = เส้นรอบรูปเสาเข็ม X ความยาว



เส้นรอบรูปของเสาเข็มแบบต่างๆ

กำลังรับน้ำหนักปลอดภัยของเสาเข็มเมื่อคำนวณจากความฝืดปลอดภัยของ กทม แสดงได้ดังตาราง

ตาราง น้ำหนักปลอดภัยของเสาเข็มเสาเข็มหกเหลี่ยมกลวง

คำนวณโดยใช้ความฝืดปลอดภัยตามเทศบรรญัติกทม.

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (นิ้ว)	ความยาว (เมตร)	หน่วยแรงฝืดปลอดภัย (ตัน/ตรม.)	เส้นรอบรูป (เมตร)	พื้นที่ผิว (ตรม.)	น้ำหนักปลอดภัย (ตัน)	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (เมตร)
4	1	0.6	0.32	0.32	0.19	0.10
4	2	0.6	0.32	0.64	0.38	0.10
4	3	0.6	0.32	0.96	0.57	0.10
4	4	0.6	0.32	1.28	0.77	0.10
6	1	0.6	0.48	0.48	0.29	0.15
6	2	0.6	0.48	0.96	0.57	0.15
6	3	0.6	0.48	1.44	0.86	0.15
6	4	0.6	0.48	1.92	1.15	0.15
6	5	0.6	0.48	2.39	1.44	0.15
6	6	0.6	0.48	2.87	1.72	0.15

ตาราง น้ำหนักปลอดภัยของเสาเข็มเสาเข็มรูปตัว I หรือ S

คำนวณโดยใช้ความฝืดปลอดภัยตามเทศบรรญัติกทม.

ขนาด (เมตร)	ยาว (เมตร)	น้ำหนักบรรทุกปลอดภัย (ตัน)	ขนาด (เมตร)	ยาว (เมตร)	น้ำหนักบรรทุกปลอดภัย (ตัน)
0.18	10	5	0.22	10	7
0.18	11	6	0.22	11	8
0.18	12	8	0.22	12	9
0.18	13	9	0.22	13	11
0.18	14	11	0.22	14	13
0.18	15	12	0.22	15	15
0.18	16	14	0.22	16	17
0.18	17	16	0.22	17	20
0.18	18	18	0.22	18	22
0.18	19	20	0.22	19	25
0.18	20	23	0.22	20	28
0.18	21	25	0.22	21	31

ตาราง	น้ำหนักปลอดภัยของเสาเข็มเสาเข็มรูปตัว I หรือ S
	คำนวณโดยใช้ความฝืดปลอดภัยตามเทศบรรญัติกทม.

ขนาด (เมตร)	ยาว (เมตร)	น้ำหนักบรรทุกปลอดภัย (ตัน)		ขนาด (เมตร)	ยาว (เมตร)	น้ำหนักบรรทุกปลอดภัย (ตัน)
0.26	18	26		0.3	18	30
0.26	19	29		0.3	19	34
0.26	20	33		0.3	20	38
0.26	21	36		0.3	21	42
0.26	22	40		0.3	22	46
0.26	23	44		0.3	23	51
0.26	24	49		0.3	24	56
0.26	25	53		0.3	25	61

ตาราง น้ำหนักปลอดภัยของเสาเข็มเสาเข็มรูปตัว I หรือ S

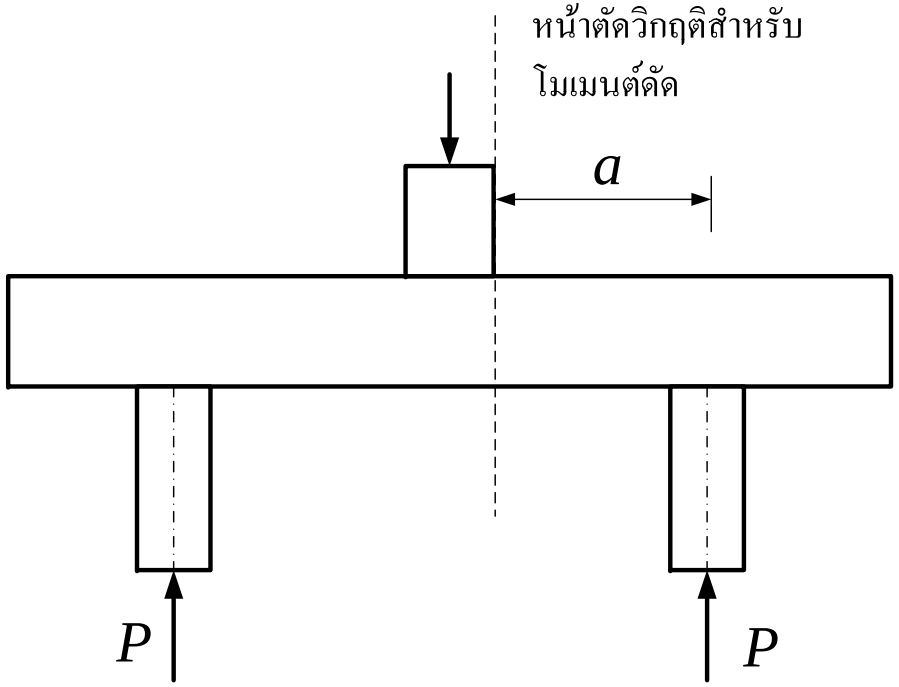
คำนวณโดยใช้ความฝืดปลอดภัยตามเทศบรรญัติกทม.

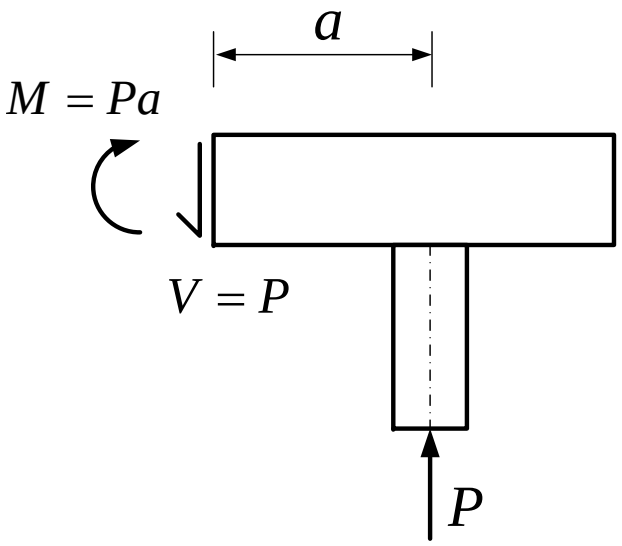
ขนาด (เมตร)	ยาว (เมตร)	น้ำหนักบรรทุกปลอดภัย (ตัน)	ขนาด (เมตร)	ยาว (เมตร)	น้ำหนักบรรทุกปลอดภัย (ตัน)
0.35	18	35	0.4	18	40
0.35	19	39	0.4	19	45
0.35	20	44	0.4	20	50
0.35	21	49	0.4	21	56
0.35	22	54	0.4	22	62
0.35	23	60	0.4	23	68
0.35	24	65	0.4	24	75
0.35	25	71	0.4	25	82

การคำนวณโมเมนต์ดัด
ในฐานรากแบบมี
เสาเข็ม

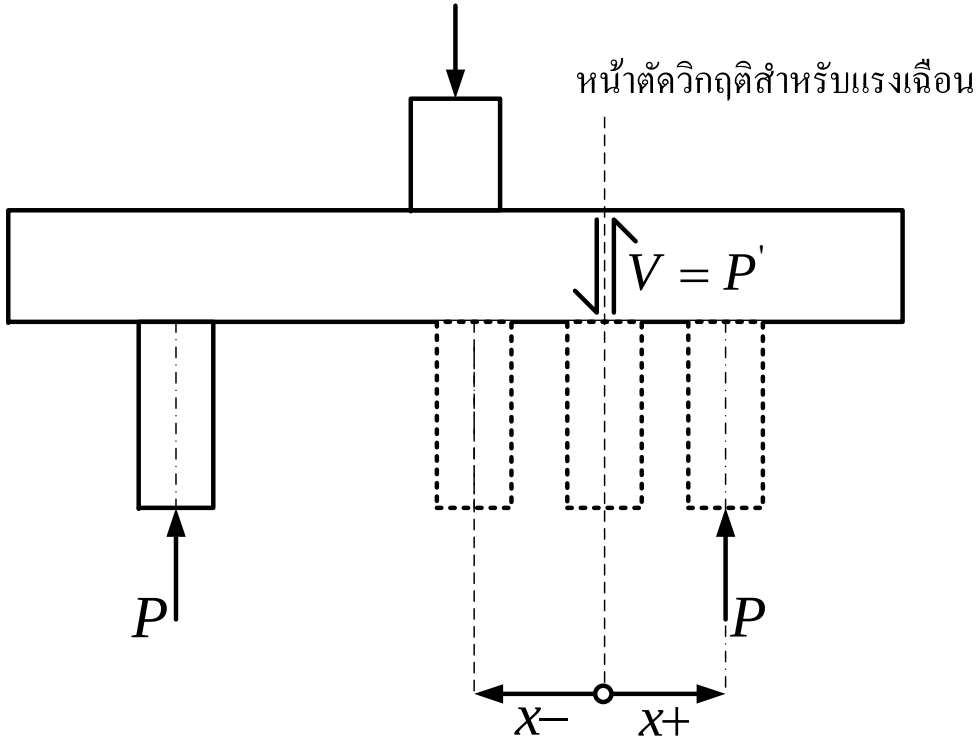
คำนวณเหมือนคานยื่น
รับน้ำหนักเป็นจุด

แต่การคำนวณแรง
เฉือนจะมีข้อพิจารณา
เพิ่มขึ้นแตกต่างจาก
คานเล็กน้อย





การคำนวณแรงเฉือน ในฐานรากแบบมีเสาเข็ม

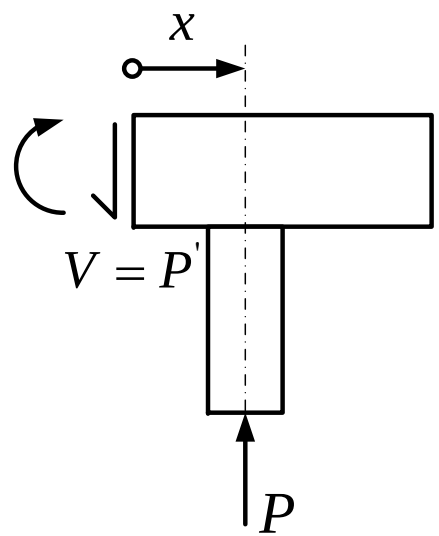


$$x \geq +15cm \qquad V = P$$

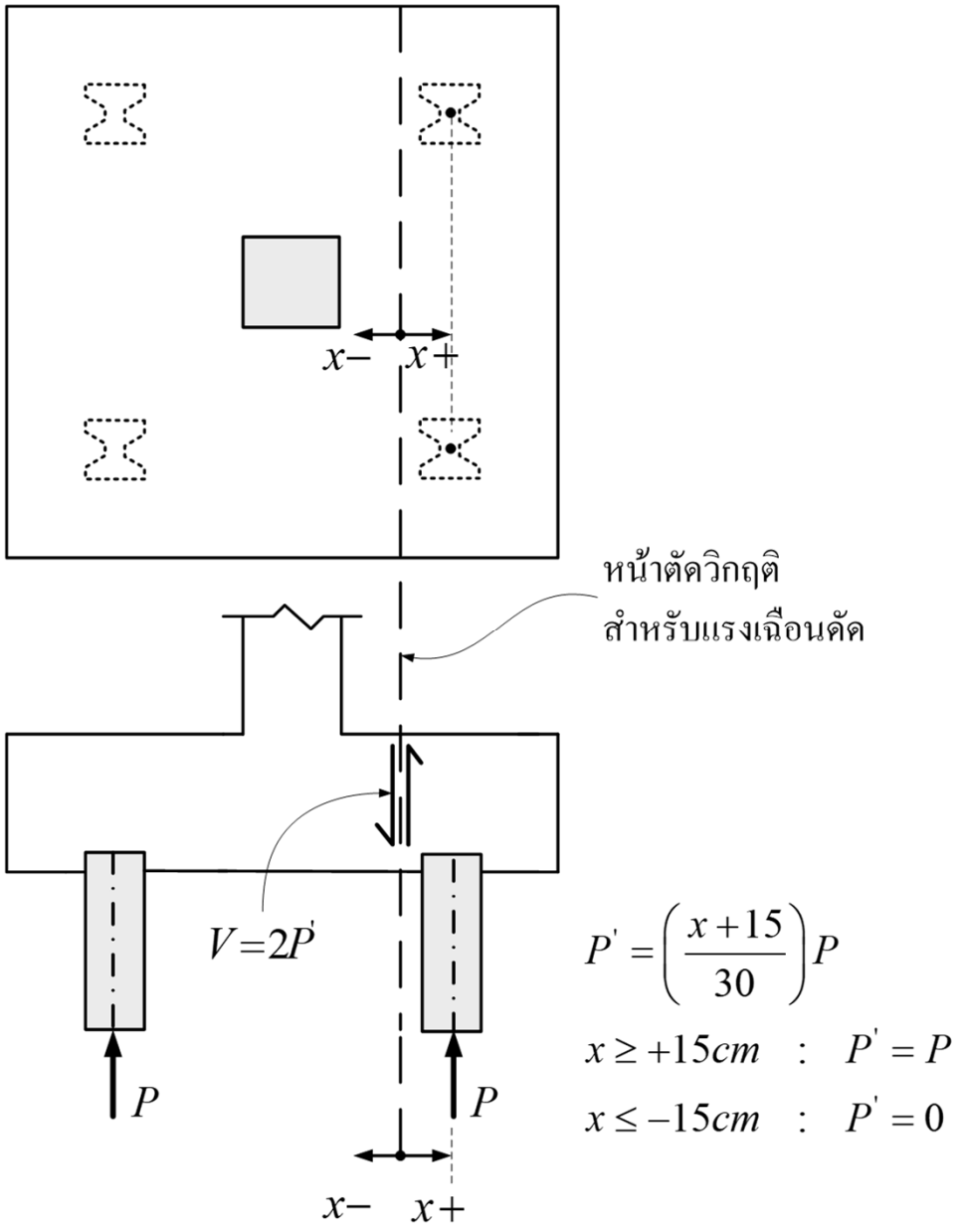
$$x \leq -15cm \qquad V = 0$$

$$-15cm < x < +15cm \qquad V = P'$$

$$P' = \left(\frac{x+15}{30} \right) P$$



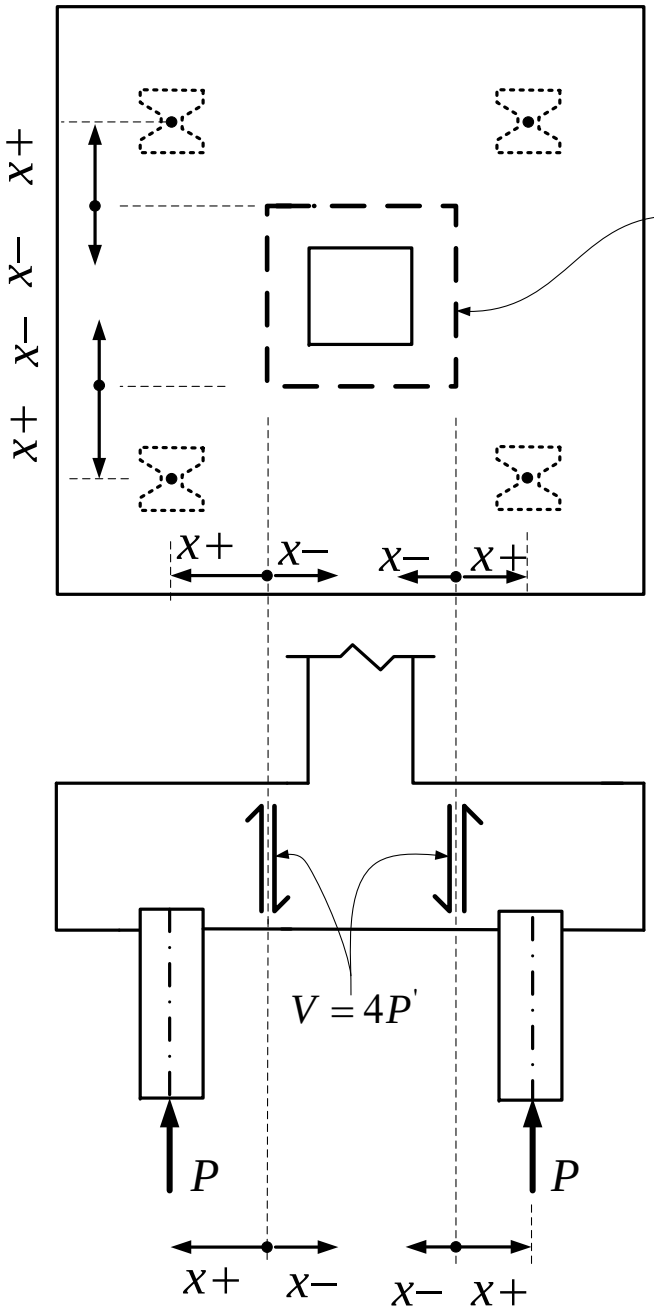
ฐานราก
วางบนเสาเข็ม



$$P' = \left(\frac{x+15}{30}\right)P$$

$x \geq +15cm \quad : \quad P' = P$

$x \leq -15cm \quad : \quad P' = 0$

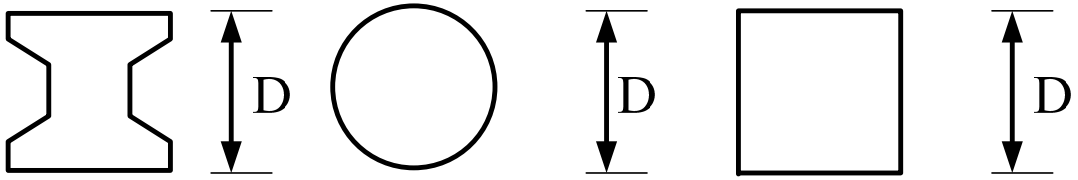


$$P' = \left(\frac{x+15}{30}\right)P$$

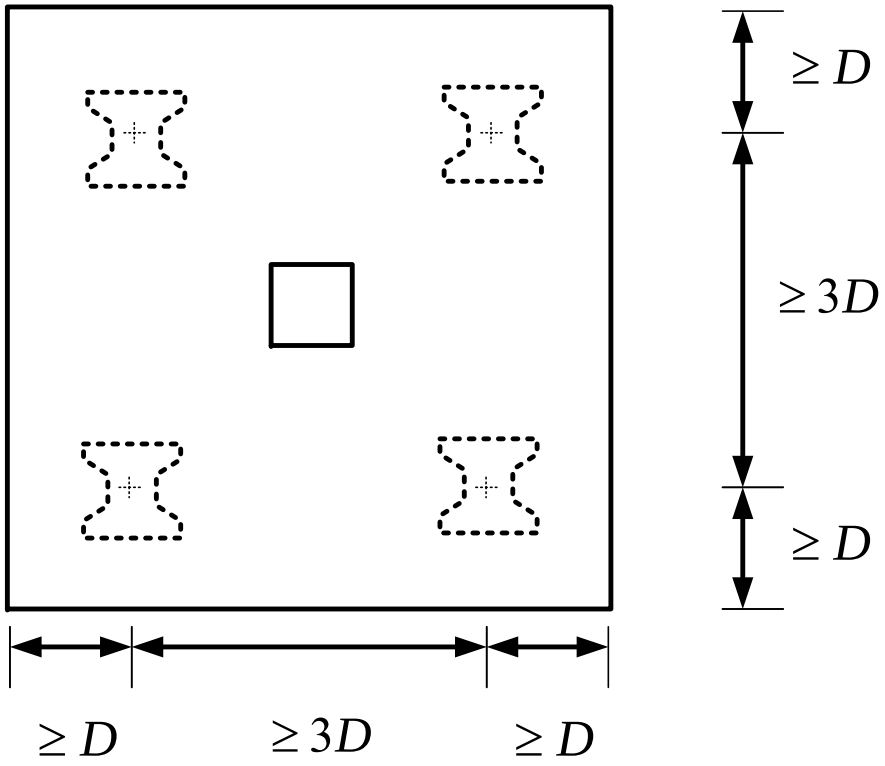
$$x \geq +15cm \quad : \quad P' = P$$

$$x \leq -15cm \quad : \quad P' = 0$$

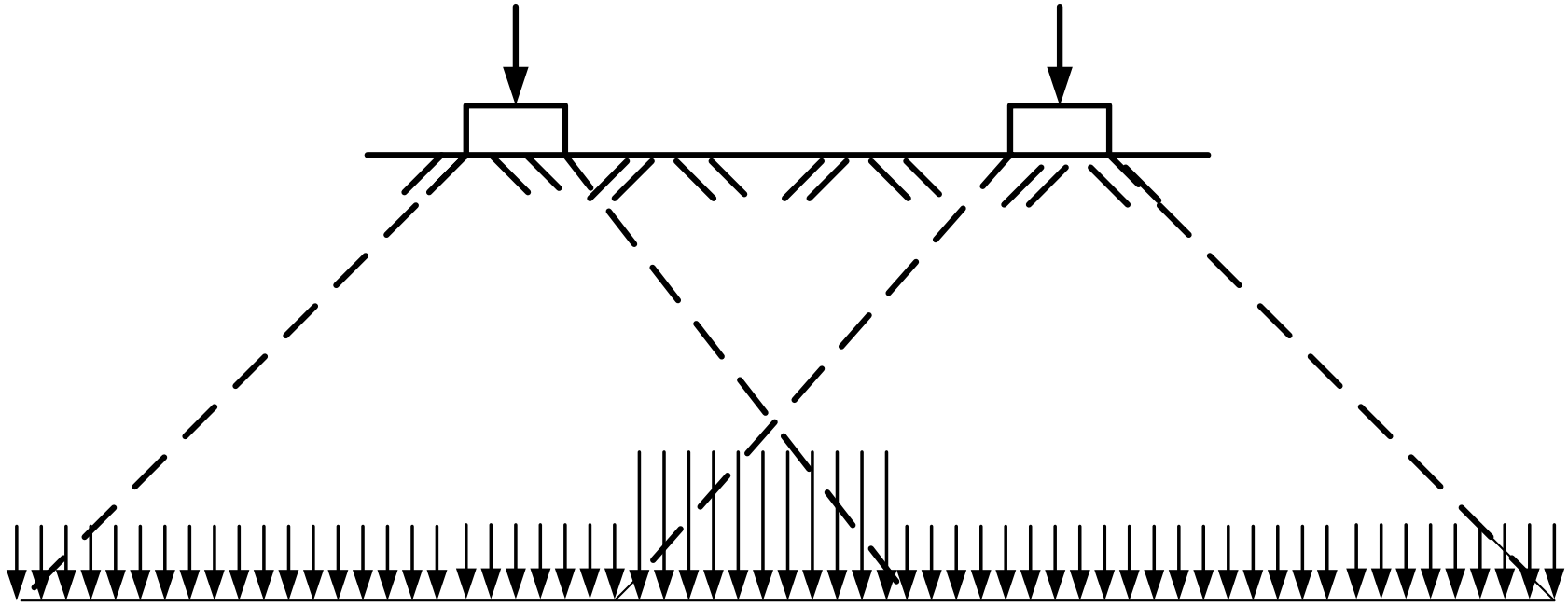
การจัดตำแหน่งเสาเข็มในฐานราก



เสาเข็มไม่ควรชิดกันเกินไป เพราะจะทำให้ Stress overlap กัน ทำให้ฐานรากทรุดตัวมากกว่าที่ควรจะเป็น



ถ้าห่างเกินไปโมเมนต์ในฐานจะมากทำให้ต้องใช้ความหนาของฐานและเหล็กเสริมมากไม่ประหยัด



<u>กรณีฐานรากเป็นแบบมีเสาเข็ม</u>

น้ำหนักลงฐานราก $= 45,791\,kg$ (รวมน้ำหนักฐานราก)

ถ้าใช้เข็ม I35 รับน้ำหนักปลอดภัยได้ 50 ตัน จะใช้เข็มเพียง 1 ต้น

จึงไม่ต้องคำนวณยุ่งยากมาก

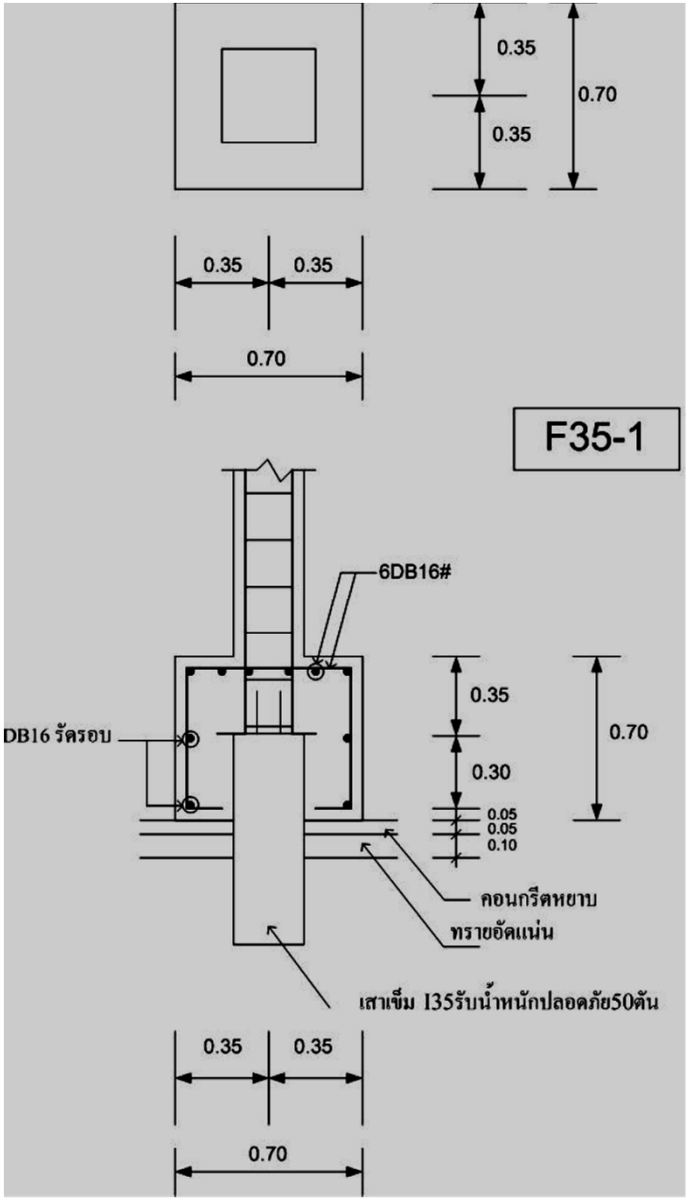
ดังนั้น เพื่อให้เห็นวิธีการออกแบบ กรณีมีเสาเข็มหลายต้น

จะใช้เข็ม I18 รับน้ำหนักปลอดภัยต้นละ 12 ton

จะต้องการจำนวนเสาเข็ม $= \dfrac{45,791}{12,000} =$ 3.8ต้น ใช้ 4 ต้น

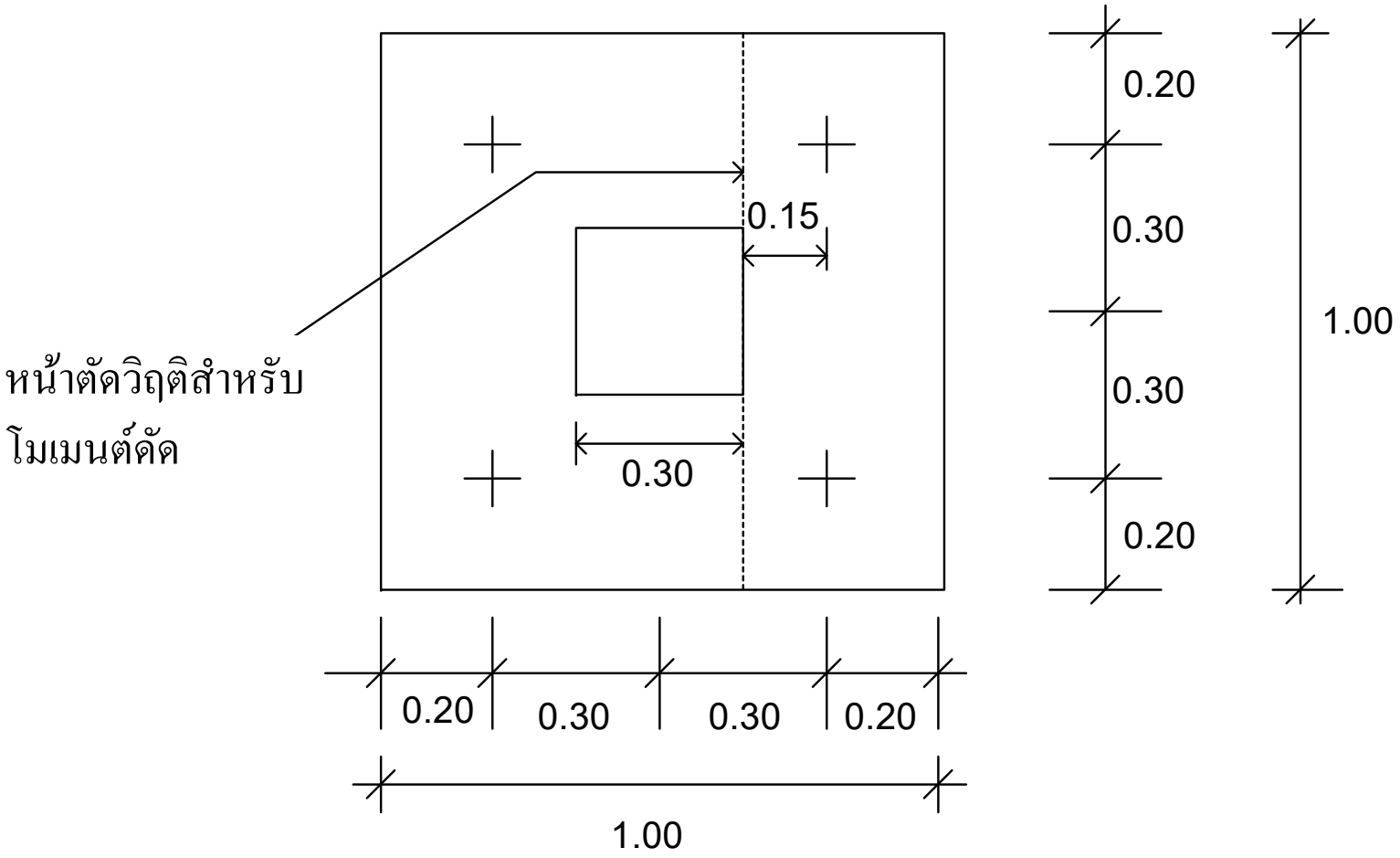
น้ำหนักลงเสาเข็มต่อต้น $= \dfrac{45,791}{4} = 11.45\,ton$

ตัวอย่างการเขียนรายละเอียดการเสริมเหล็กของฐานรากแบบมีเสาเข็มต้นเดียว



<u>ออกแบบความหนาและเหล็กเสริมรับโมเมนต์ดัด</u>

โมเมนต์ดัดที่หน้าตัดวิกฤติ $= 11.45(2)(0.15) = 3.44\ ton-m$



ความลึกประสิทธิผลต่ำสุดที่ไม่ต้องการเหล็กเสริมรับแรงอัด

$$d = \sqrt{\frac{M}{Rb}} = \sqrt{\frac{3.44(1000)(100)}{8.71(100)}} = 19.87\ cm$$

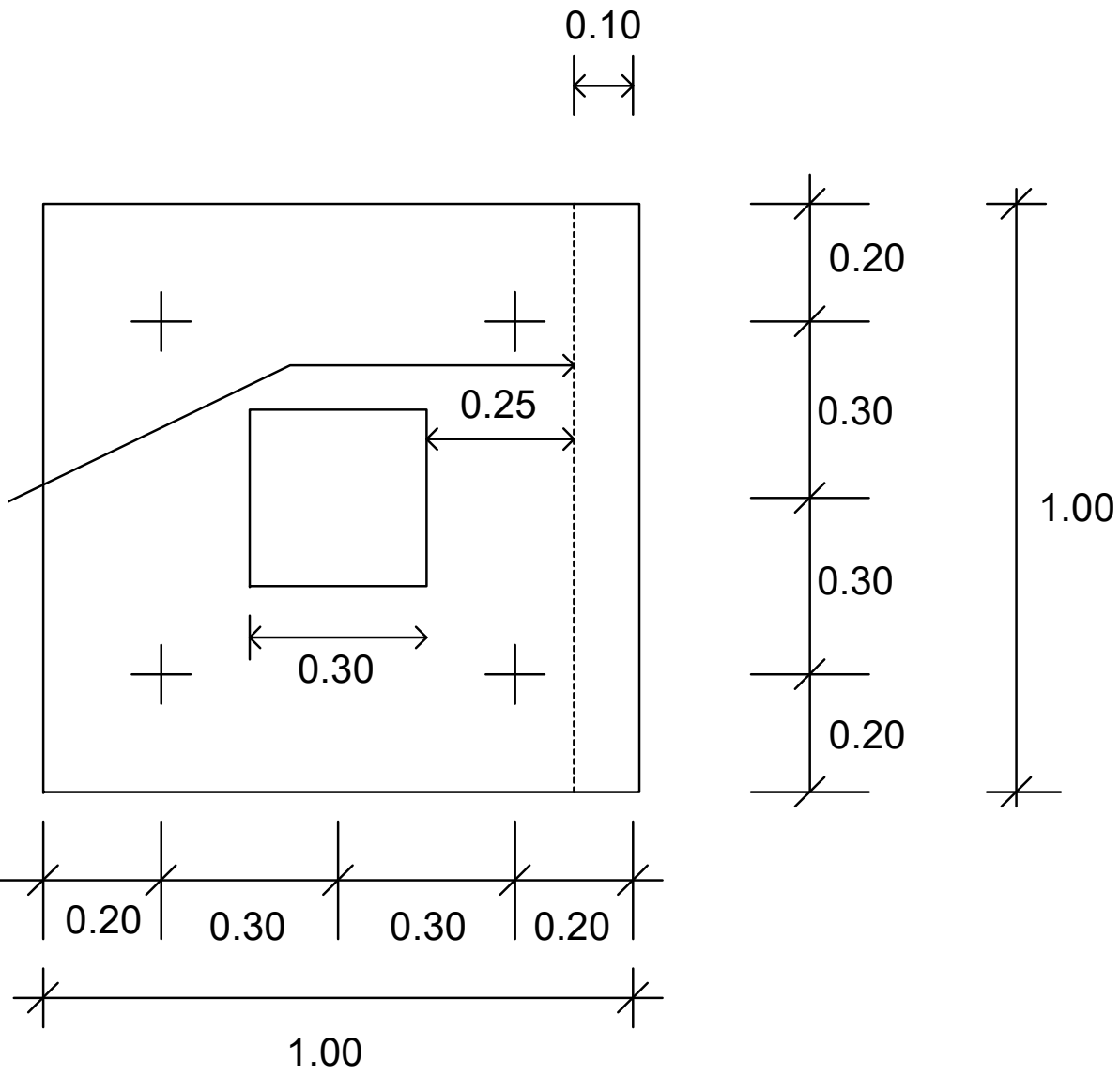
เลือกความหนา $30\ cm,\quad d = 25\ cm$

$$A_s = \frac{M}{f_s jd} = \frac{3.44(1000)(100)}{1500(0.899)(25)} = 10.2\ cm^2$$

ใช้ 10 DB12, $A_s = 1.13\times 10 = 11.3\ cm^2 > 10.2\ cm^2$

ตรวจสอบแรงเฉือนดัด

หน้าตัดวิกฤติสำหรับ
แรงเฉือนดัด



แรงเฉือนดัดที่หน้าตัดวิกฤติ $= 2P'$

$$P' = \frac{1}{30}(x+15)P$$

$$P = 11.45\ ton$$

$$x = -10\ cm$$

$$P' = \frac{1}{30}(-10+15)(11.45) = 1.9\ ton$$

$$V = 2(1.9) = 3.8\ ton$$

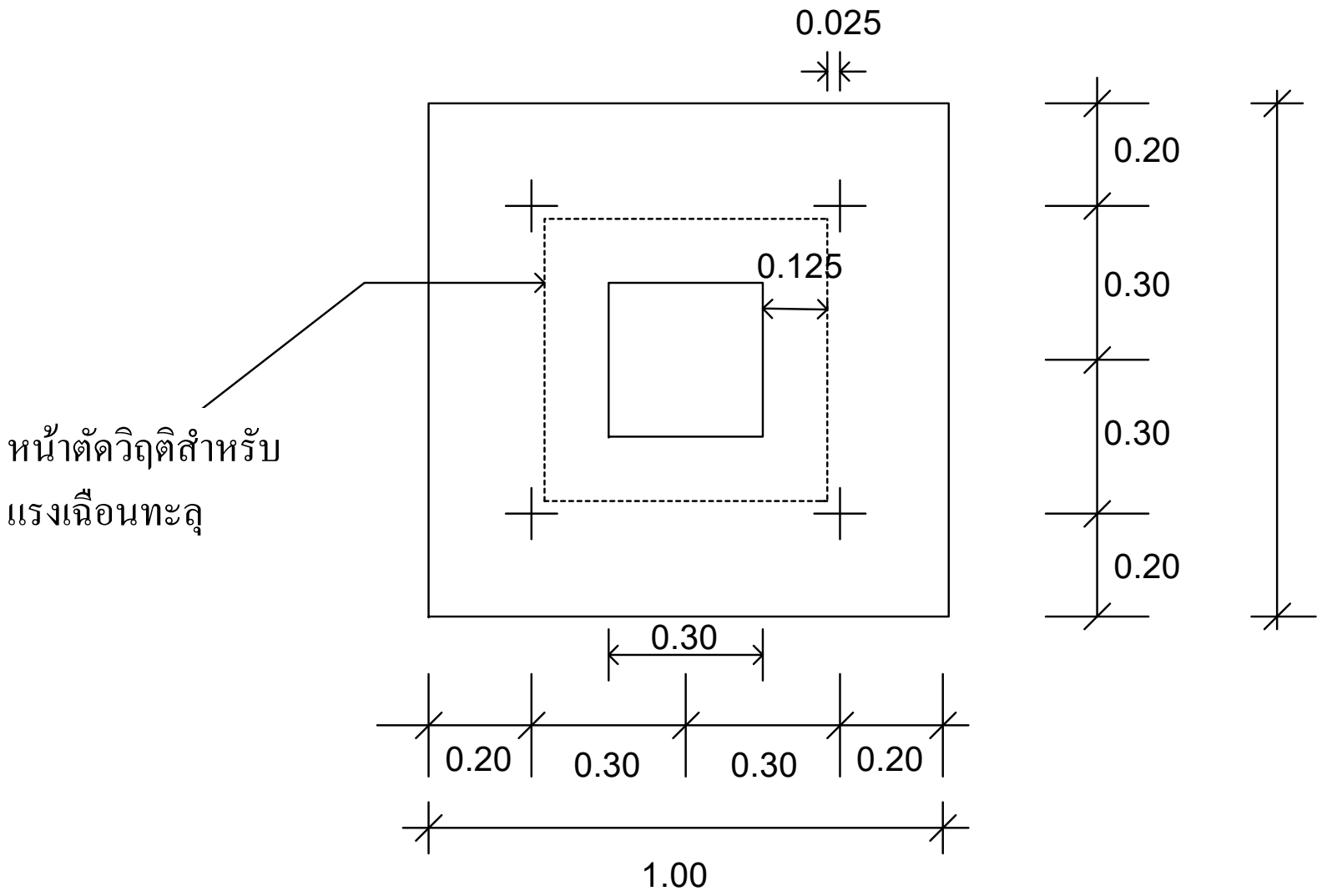
หน่วยเฉือนแรงที่ยอมให้

$$= 0.29\sqrt{f_c'} = 0.29\sqrt{170} = 3.78\ ksc$$

หน่วยแรงเฉือนที่เกิดขึ้น

$$= \frac{V}{bd} = \frac{3.80(1000)}{100(25)} = 1.52\ ksc < 3.78\ ksc$$

หน่วยแรงเฉือนทะลุ



หน่วยแรงเฉือนทะลุที่ยอมให้ $= \quad 0.53\sqrt{f_c^{'}} \quad = \quad 0.53\sqrt{170} \quad = \quad 6.91\,ksc$

แรงเฉือนที่หน้าตัดวิกฤต $\quad = \quad 4P^{'}$

$$P^{'} \quad = \quad \frac{1}{30}(x+15)P$$

$$P \quad = \quad 11.45\,ton$$

$$x \quad = \quad +2.5\,cm$$

$$P^{'} \quad = \quad \frac{1}{30}(2.5+15)(11.45) \quad = \quad 6.7\,ton$$

$$V \quad = \quad 4(6.7) \quad = \quad 26.8\,ton$$

หน่วยแรงที่เกิดขึ้นจริง $\quad = \quad \frac{V}{b_0 d}$

$$b_0 \quad = \quad (30+25)(4) \quad = \quad 220\,cm$$

$$d \quad = \quad 25$$

$$v \quad = \quad \frac{26.8(1000)}{220(25)} \quad = \quad 4.87\,ksc \quad < \quad 6.91\,ksc$$

ตรวจสอบแรงยึดหน่วง

หน่วยแรงยึดหน่วงที่ยอมให้ $= \frac{1.615\sqrt{f_c'}}{D}(2) < 25\ ksc$

$= \frac{1.615\sqrt{170}}{1.2}(2)$

$= 25.3\ ksc$ ใช้ $25\ ksc$

หน่วยแรงยึดหน่วงที่เกิดขึ้น

$$u = \frac{V}{\Sigma_0 jd}$$

$V = 2(11.45) = 22.9\ ton$

$\Sigma_0 = 10(\pi)(1.2) = 37.7\ cm$

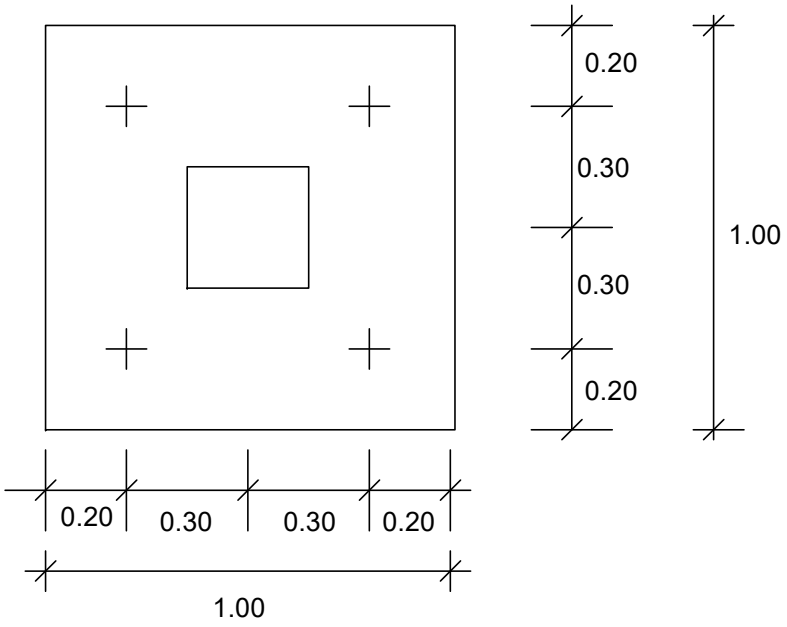
$j = 0.899$

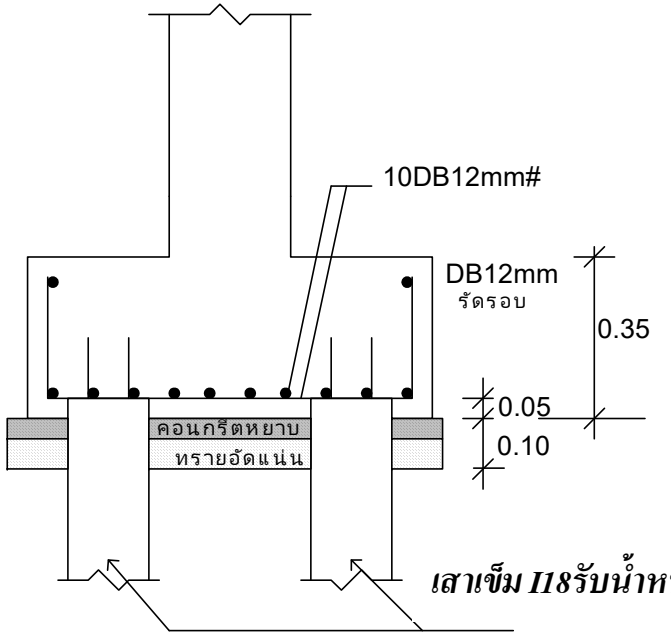
$d = 25$

$$u = \frac{22.9(1000)}{37.7(0.899)(25)} = 27\ ksc > 25\ ksc$$

วิธีลดหน่วยแรงยึดหน่วง อาจทำได้โดย เพิ่มความหนา (เพิ่ม d) หรือเพิ่มจำนวนเหล็กเสริม (เพิ่ม Σ_0) สมมติเพิ่มความหนาเป็น $35\ cm,\quad d = 30\ cm$

ห น่วยแรงยึดหน่วง $= \frac{22.9(1000)}{37.7(0.899)(30)} = 22.5\ ksc < 25\ ksc$





เสาเข็ม I18รับน้ำหนักปลอดภัยต้นละ 12 ตัน