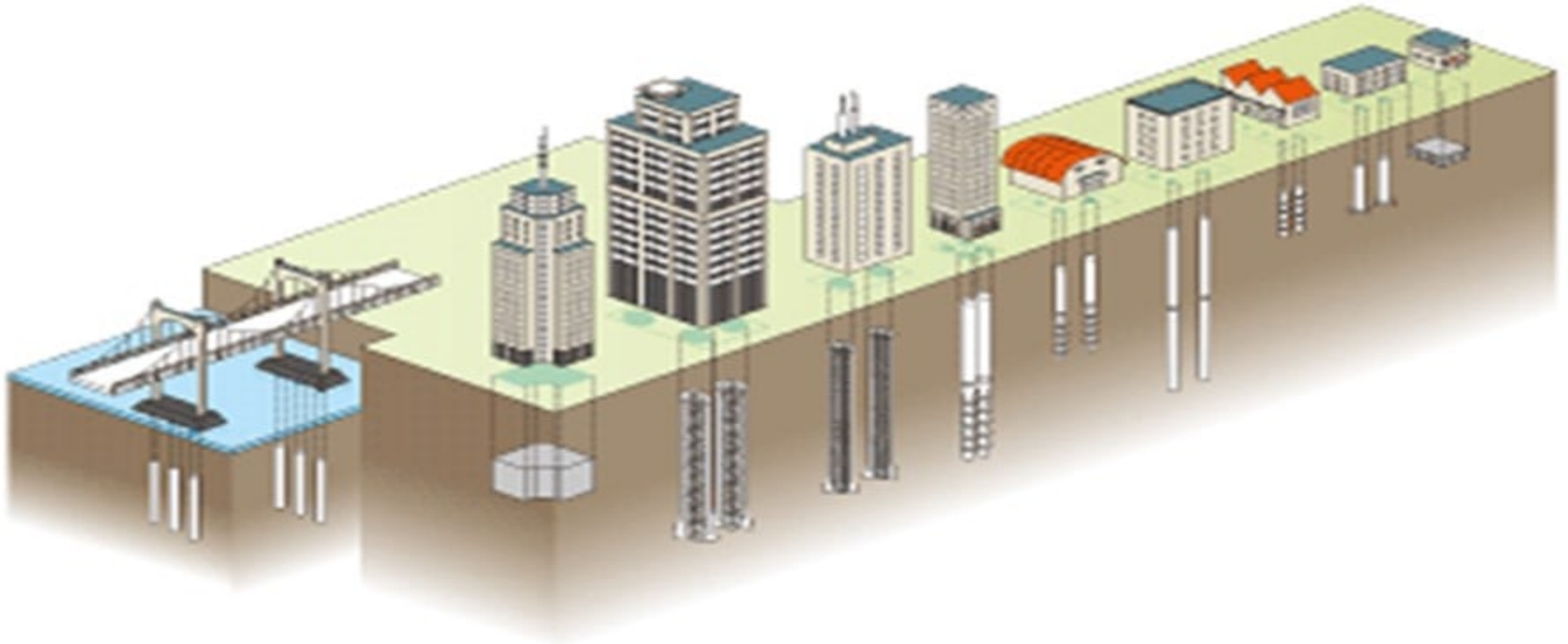
PILE FOUNDATION

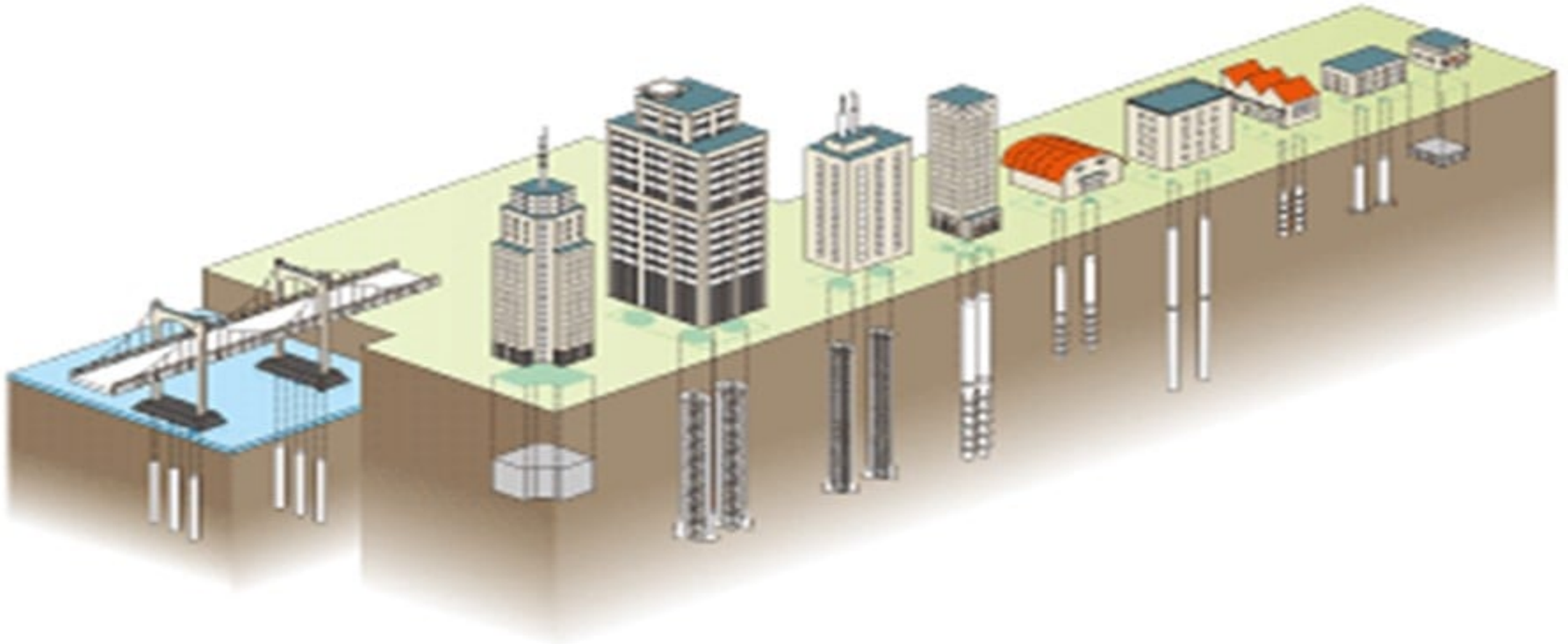
ฐานรากเสาเข็ม



ผศ. สนิท พิพิธสมบัติ

PILE FOUNDATION

ฐานรากเสาเข็ม



ผศ. สนิท พิพิธสมบัติ

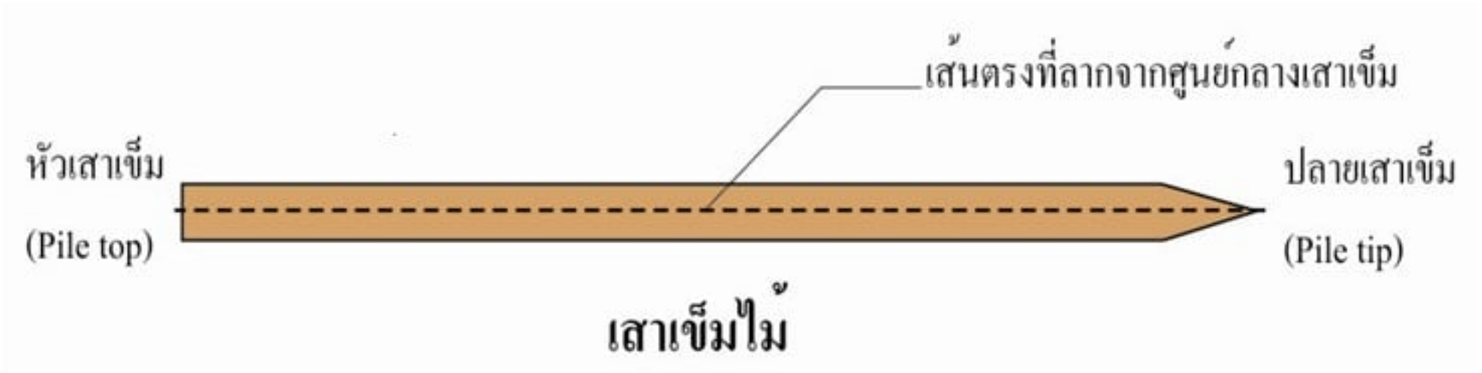
PILE FOUNDATION

กรณีที่ชั้นดินที่ความลึก 1.5-3.0 m. รับน้ำหนักได้น้อยไม่สามารถรับน้ำหนักจากโครงสร้างที่ถ่ายลงสู่ฐานรากได้ จำเป็นต้องใช้ระบบฐานรากแบบลึกเพื่อถ่ายน้ำหนักสู่ดินชั้นล่างที่ลึกลงไป นอกจากนี้ยังสามารถรับแรงถอน เนื่องจากโครงสร้างด้วย

Type of piles

แบ่งตามวัสดุที่ใช้ทำเข็ม

1. เสาเข็มไม้⟶ขนาด 4”-6” ยาว 4-6 m.

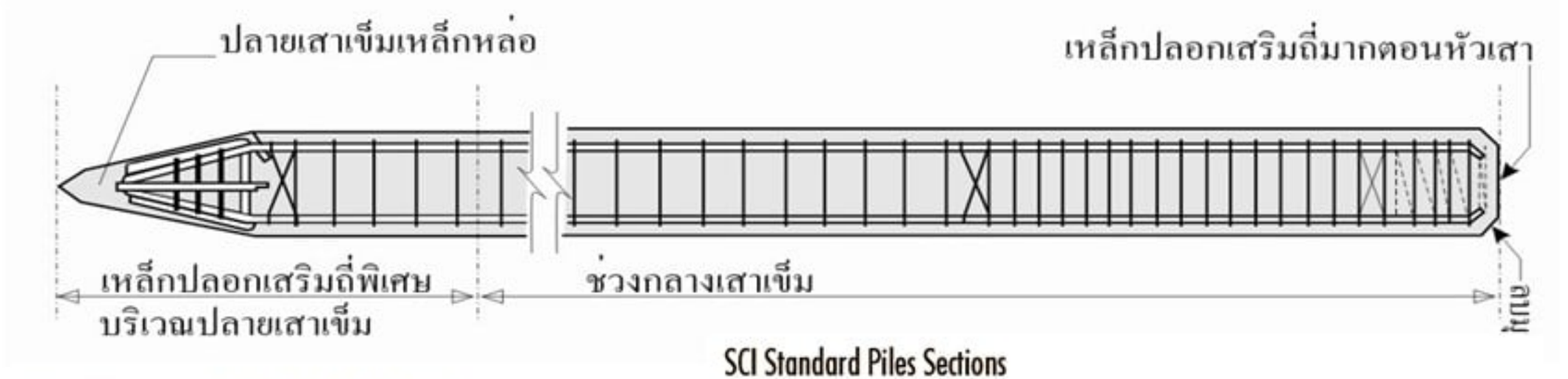


เสาเข็มไม้

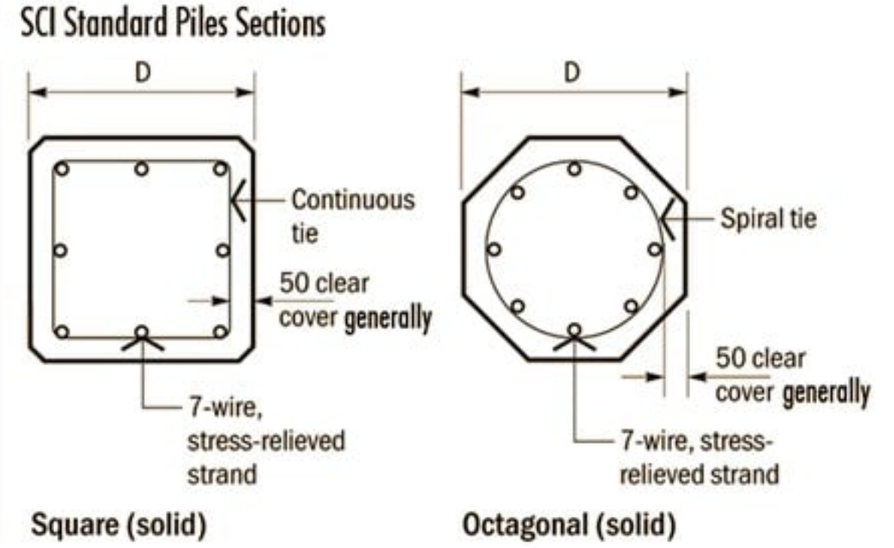
Type of piles

2. เสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็ก Reinforced Concrete Pile

ความยาวไม่เกิน 10 m.

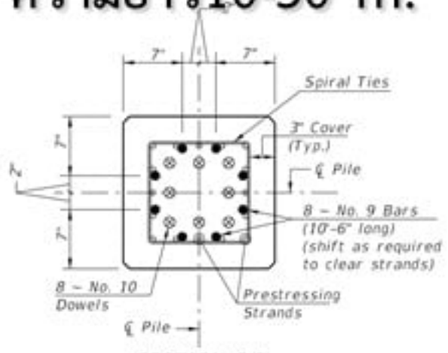


shutterstock.com • 576187948



3. เสาเข็มคอนกรีตอัดแรง Pre-stress Concrete Pile

ความยาว10-30 m.



SECTION F-F
(See Drivable Preplanned Predtresses Precast Splice Detail)

SS PILE SPLICE REINFORCEMENT DETAILS

Spun pile เสาเข็มแรงเหวี่ยง

เสาเข็มคอนกรีตอัดแรงใช้แรงเหวี่ยง
เพื่อให้ได้คอนกรีตที่มีกำลังอัดสูง

สามารถต่อเสาเข็ม Spun ได้โดยการ
เชื่อมแผ่นเหล็กที่ปลายเข็มเข้าด้วยกัย

Type of piles

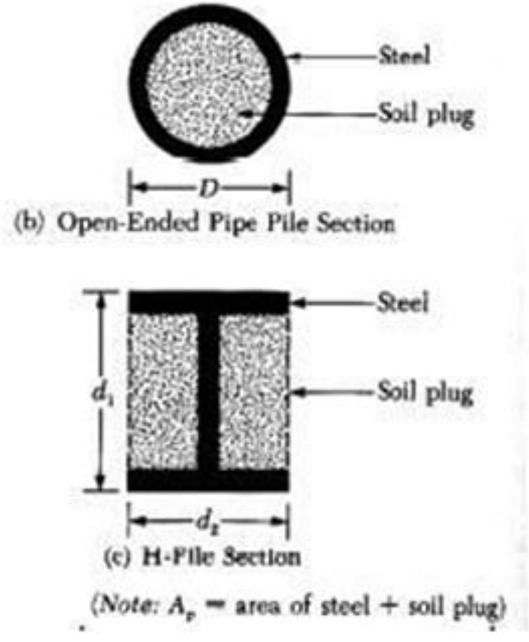
4. เสาเข็มเหล็ก

Sheet Pile รับแรงด้านข้างเนื่องจากการขุดดิน

H- Pile รับน้ำหนักได้สูงกว่า แทนที่ดินน้อยกว่า
ส่วนใหญ่รับน้ำหนักที่ปลายเข็ม

Pipe Pile ใช้งานเหมือน H- Pile

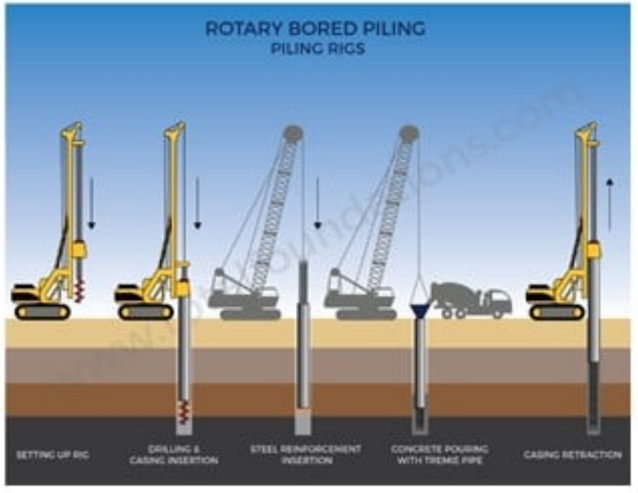
ระวังเรื่องสนิม, ต่อเข็มได้เร็ว

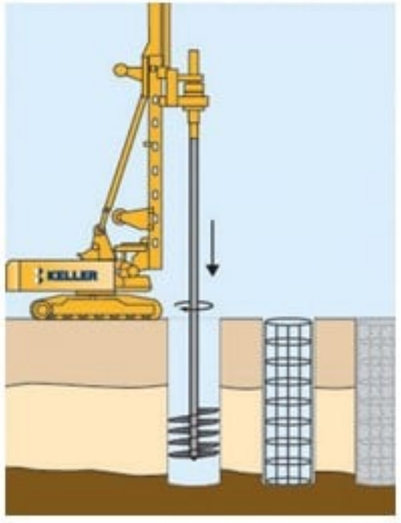


แบ่งตามวิธีการติดตั้ง

เสาเข็มตอก เสาเข็มเจาะ-

Driving pile⟶ Drop hammer & Diesel hammer





Bored pile ⟶ Dry process & Wet process

ปัญหาของการตอกเสาเข็ม

เสียงดัง มีควันจากเครื่องมือ
การสั่นสะเทือน ทำให้เกิดความเสียหายกับที่ข้างเคียง
เสาเข็มลงไปแทนที่ดิน เกิดการเคลื่อนตัวของดิน

ปัญหาของการใช้เสาเข็มเจาะ

เสียงดัง มีควันจากเครื่องมือ
ในชั้นดินอ่อน ต้องมีการป้องกันผนังหลุมเจาะ
การเทคอนกรีตต้องใช้ผู้ที่ชำนาญ อาจทำให้เสาเข็มไม่สมบรูณ์ มีจุดอ่อน
ในการรับแรง มีการทรุดตัวมากในช่วงแรก

เสาเข็มกด Jack in pile, JIP

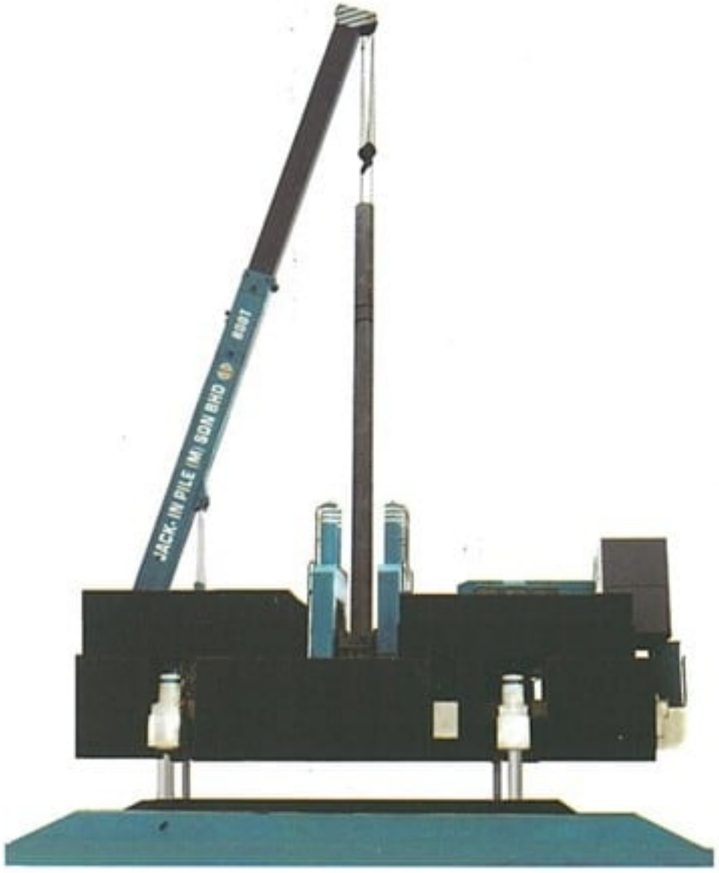
ไม่มีแรงสั่นสะเทือน ไม่มีเสียงดังรบกวน

ไม่สามารถกดผ่านชั้นดินแข็ง มากได้ (เมื่อเทียบกับเข็มเจาะ)

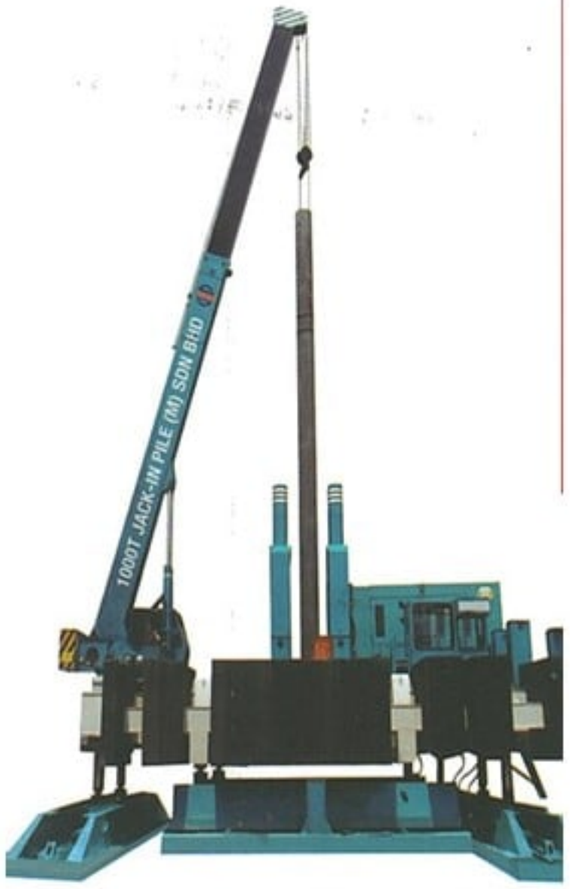
ยังคงมีการแทนที่ดิน อาจทำให้ฐานรากข้างเคียงเสียหาย

Range of Machines

380 Tons Hydraulic
Jack-in machines with crane

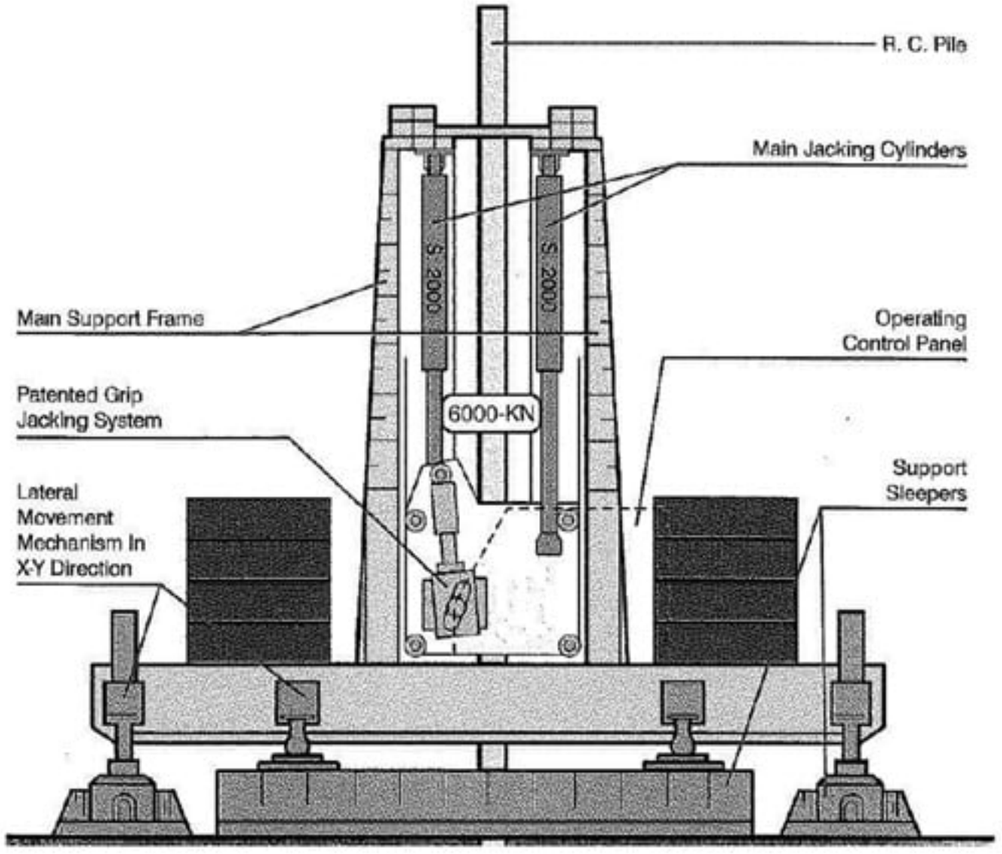


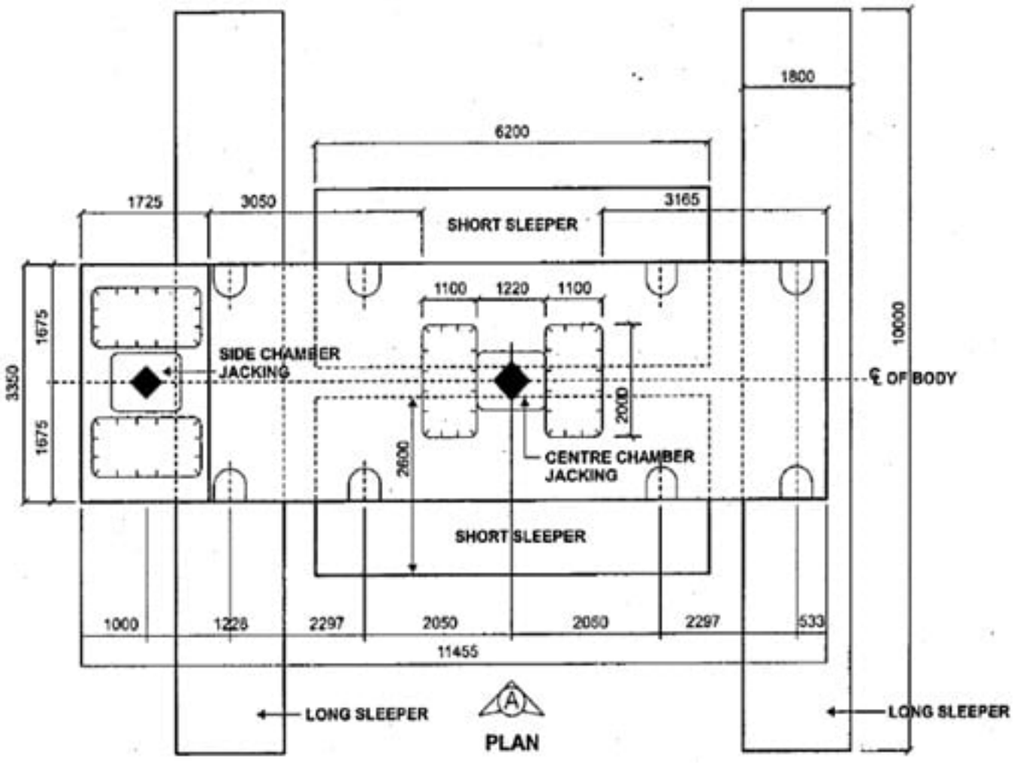
800 Tons Hydraulic
Jack-in machines with crane



1000 Tons Hydraulic
Jack-in machines with crane

JIP





Typical schematic of high capacity jack-in pile machine

TERMINATION CRITERION

1. Jack the pile to 2.0 times of the design load for a minimum of two cycles.

2. Pressure held for minimum 30 seconds with settlement not exceeding 2mm.

Construction of pile foundation

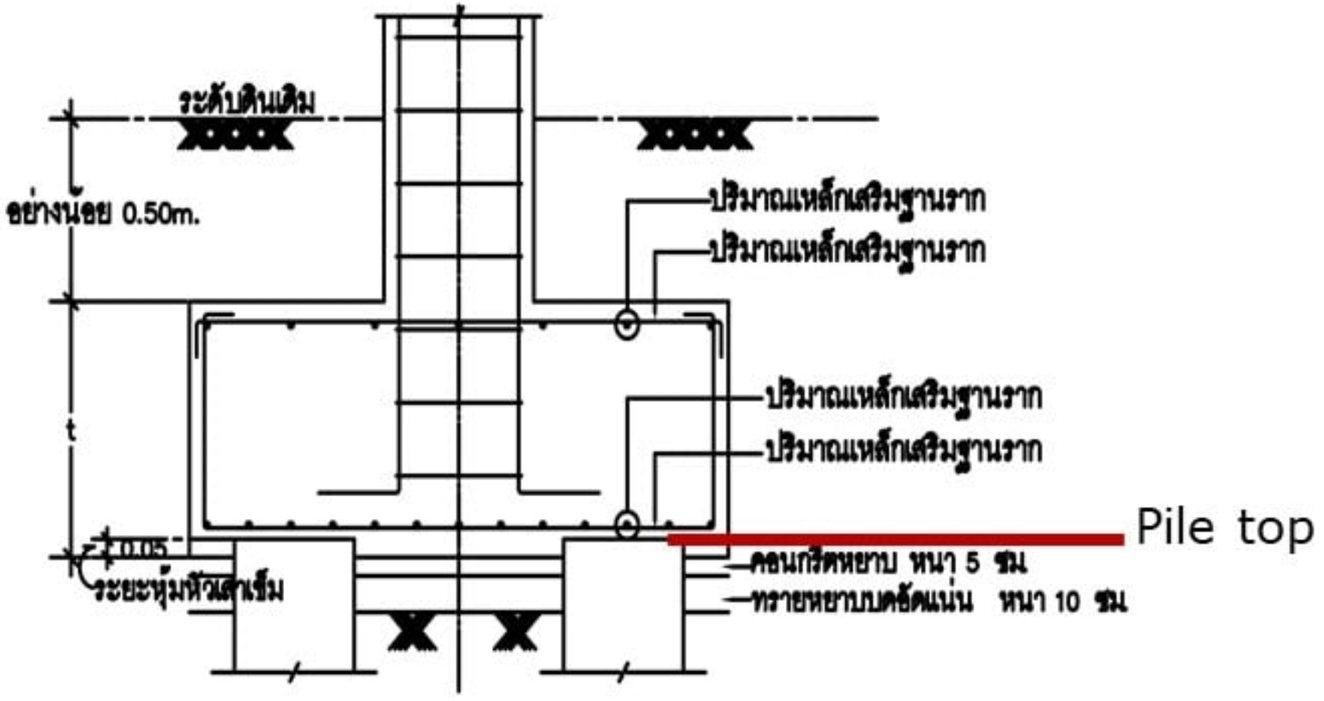
ขั้นตอนการก่อสร้างฐานรากเสาเข็ม

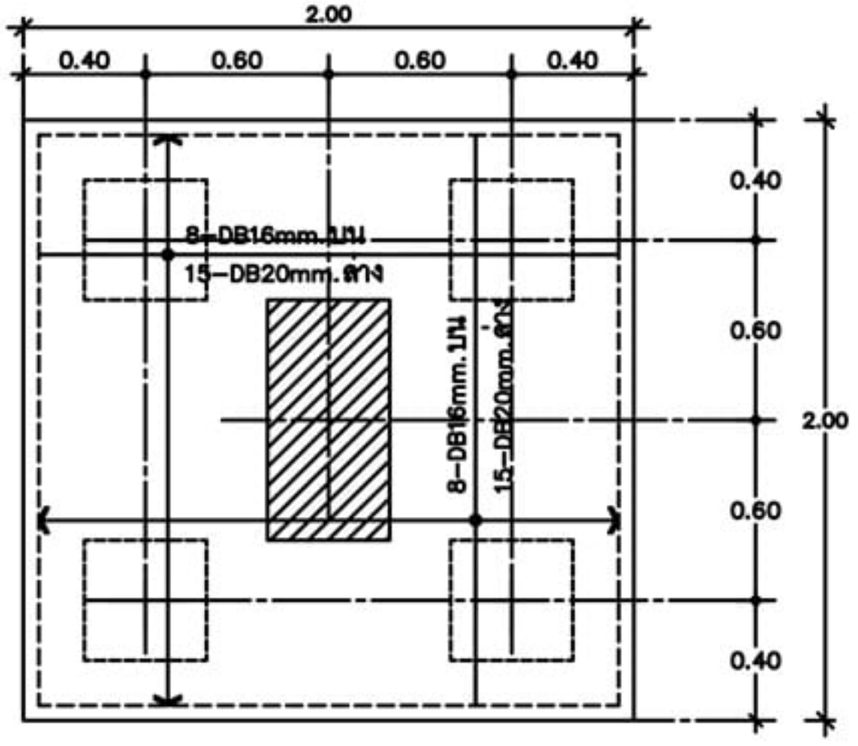
1. ทำการติดตั้งเสาเข็มลงไปยังตำแหน่งที่ต้องการตามแบบ ซึ่งอาจจะเป็นเสาเข็มตอกหรือ เสาเข็มเจาะ

2. สกัดเสาเข็มถึงระดับที่ต้องการตามแบบ

Construction of pile foundation

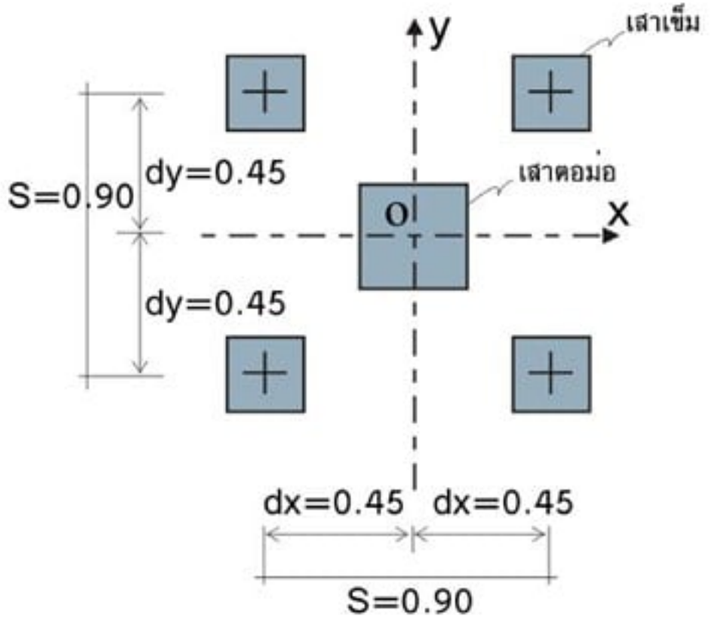
ระดับการตัดหัวเสาเข็ม (pile top) ต้องเป็นไปตามแบบรายละเอียดฐานราก



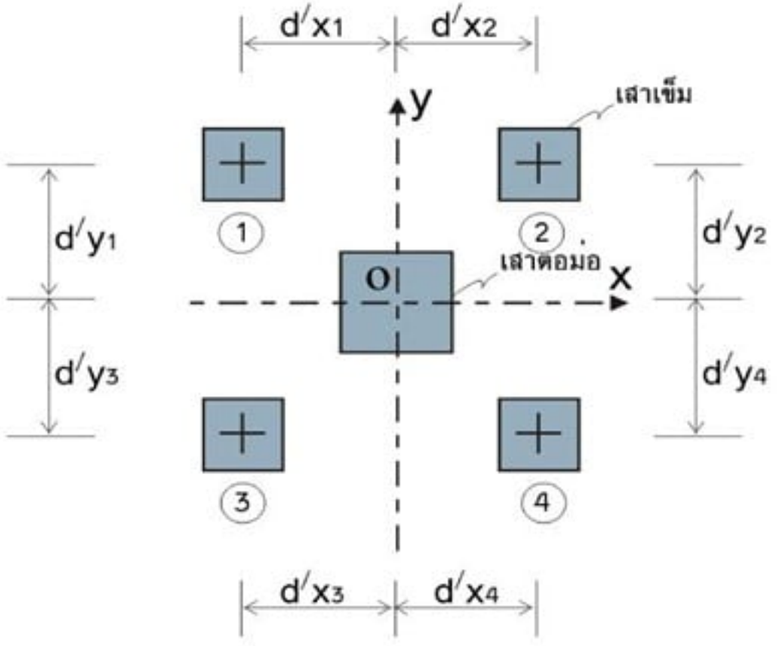


Construction of pile foundation

3. ตรวจสอบพิกัดของเสาเข็มแต่ละฐานว่าตรงตามที่ออกแบบไว้หรือไม่ หาระยะเยื้องศูนย์ของเสาเข็มแต่ละต้นเป็นค่า ex และ ey



a) ระยะห่างของเสาเข็มสำหรับฐานรากเสาเข็ม เสาเข็ม 4 ต้น ตามแบบระยะ dx=dy=0.45 เมตร

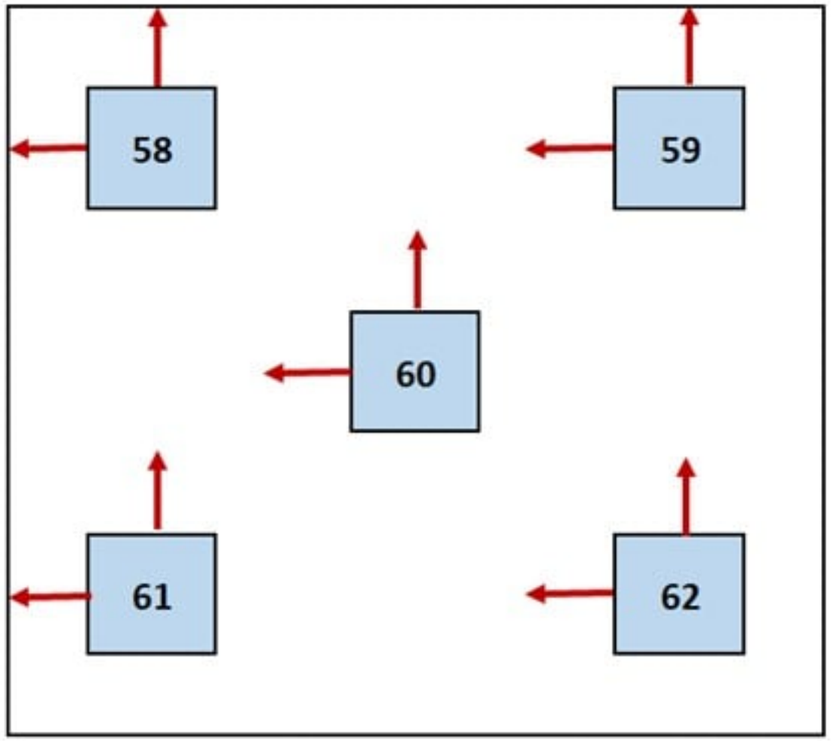


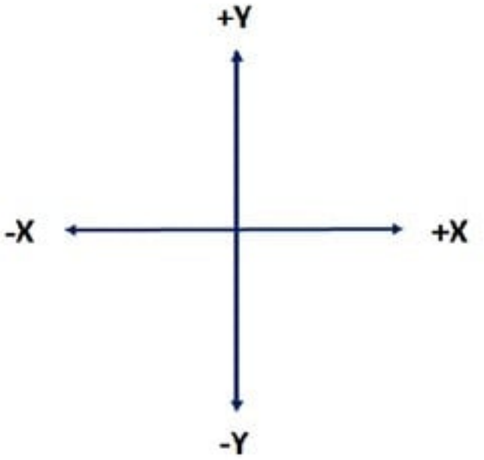
b) ระยะห่างของเสาเข็มเมื่อติดตั้งเสร็จ

Construction of pile foundation

หาระยะเยื้องศูนย์ของเสาเข็มทุกต้น

Construction of pile foundation





Pile no.	Eccentric (cm.)			
	+X	-X	+Y	-Y
58		-15.50	8.00	
59		-9.50	5.00	
60		-9.00	8.00	
61		-14.00	5.00	
62		-8.00	6.00	

Sum		**-56.00**	**32.00**	
e footing		**-11.20**	**6.40**	

ระยะเยื้องศูนย์ ex=-11.2 cm ey=6.40 cm

$$e\text{รวม} = \frac{\sqrt{ex^2+ey^2}}{} = 12.9 \text{ cm}$$

e รวม มากกว่า 7.5 cm. ต้องออกแบบฐานรากใหม่
ให้รับ moment ที่เกิดจากการตอกเสาเข็มเยื้องศูนย์

ระยะคลาดเคลื่อนของเสาเข็มที่ยอมรับได้

5.0 ซม. สำหรับเสาเข็ม 1 หรือ 2 ต้น

7.5 ซม. สำหรับเสาเข็มกลุ่ม ตั้งแต่ 3 ต้นขึ้นไป

ความเอียง

1:150 สำหรับเสาเข็ม 1 หรือ 2 ต้น

1:100 สำหรับเสาเข็มกลุ่ม

Construction of pile foundation

กรณีที่ CG ของกลุ่มเข็ม เทียบกับ CG ของฐานราก ต่างกันมากกว่า 7.5 cm.ต้องออกแบบฐานรากใหม่เพื่อรับ Moment เนื่องจากการเยื้องศูนย์

4. ทำการวางเหล็กเสริมฐานราก เหล็กเสา และ เทคอนกรีต

Construction of pile foundation

ระยะคลาดเคลื่อนของเสาเข็มที่ยอมรับ

ผู้รับจ้างต้องตอกเสาเข็มให้ตรงตำแหน่งตามที่แสดงในแบบแปลนฐานราก ในกรณีที่เสาเข็มตอกแล้วมีระยะผิดไปจากแบบ จะต้องมีความคลาดเคลื่อนไม่เกินที่กำหนดไว้นี้ หากเกินจะต้องแก้ไขตามที่ระบุไว้

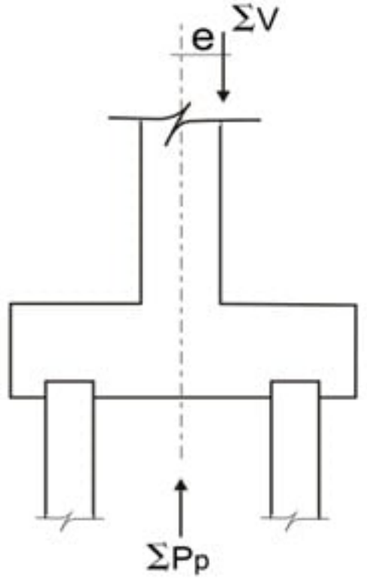
4.1 แนวทางราบ +5.0 ซม. สำหรับเสาเข็ม 1 ต้น และ 2 ต้น

4.2 ทางแนวราบ +7.5 ซม. แต่ละต้นสำหรับเสาเข็มกลุ่มตั้งแต่ 3 ต้นขึ้นไป

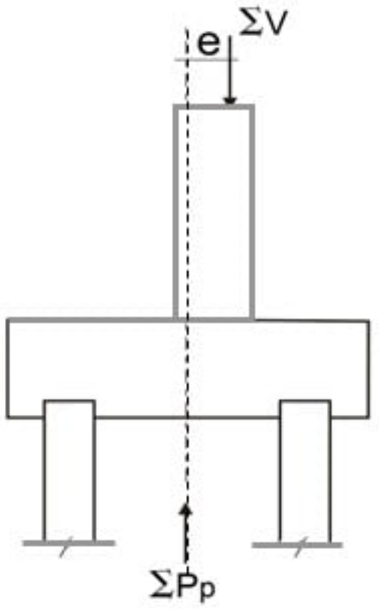
4.3 ความเอียงเสาเข็ม 1 : 100 สำหรับเสาเข็มกลุ่ม และ 1 : 150 สำหรับเสาเข็ม 1, 2 ต้น

กรณีติดตั้งเสาเข็มเยื้องศูนย์

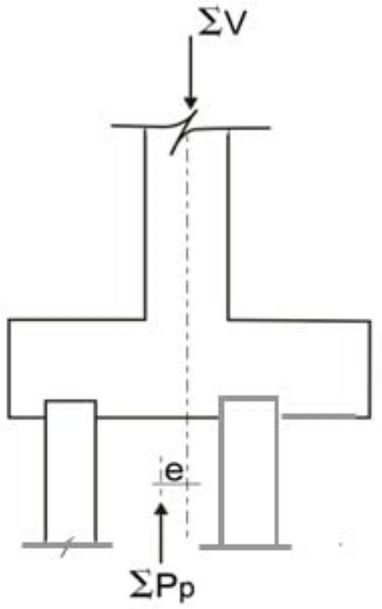
ปกติ ยอมให้ 5 cm. สำหรับเข็มเดี่ยว และ 7.5 cm. สำหรับเข็มกลุ่ม



a) ฐานรากรับแรงเยื้องศูนย์



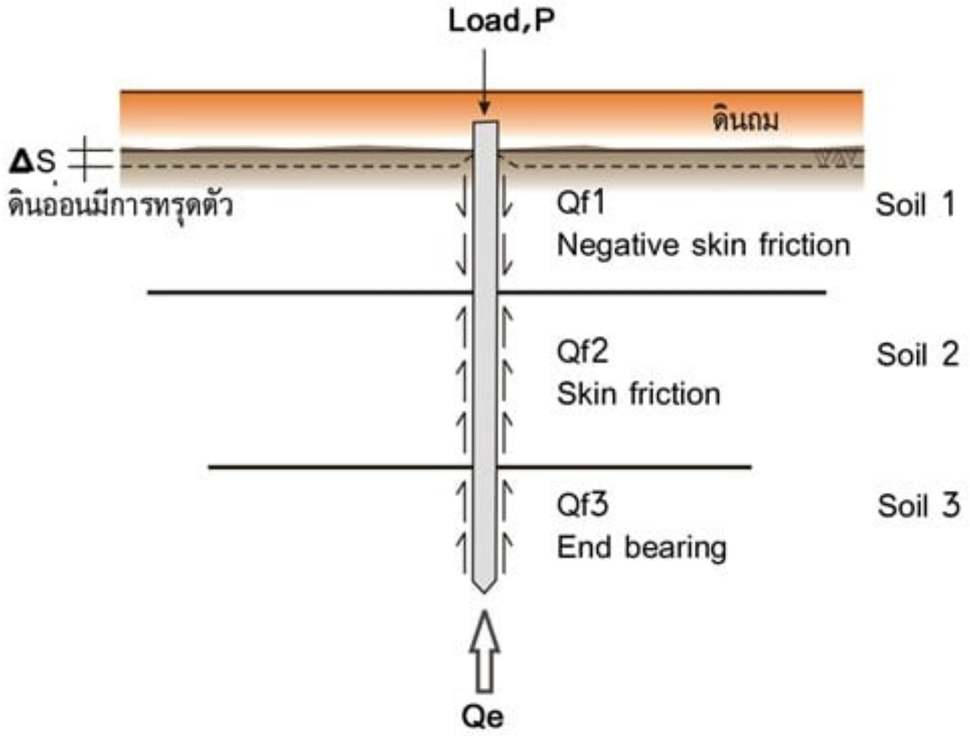
a) ฐานรากรับแรงเยื้องศูนย์



b) ฐานรากกรณีติดตั้งเสาเข็มเยื้องศูนย์

Negative skin friction

เกิดขึ้นในกรณี ถมดิน หรือระดับน้ำใต้ดินลดลง จะเกิดการทรุดตัวในชั้นดินอ่อน หรือทรายหลวม



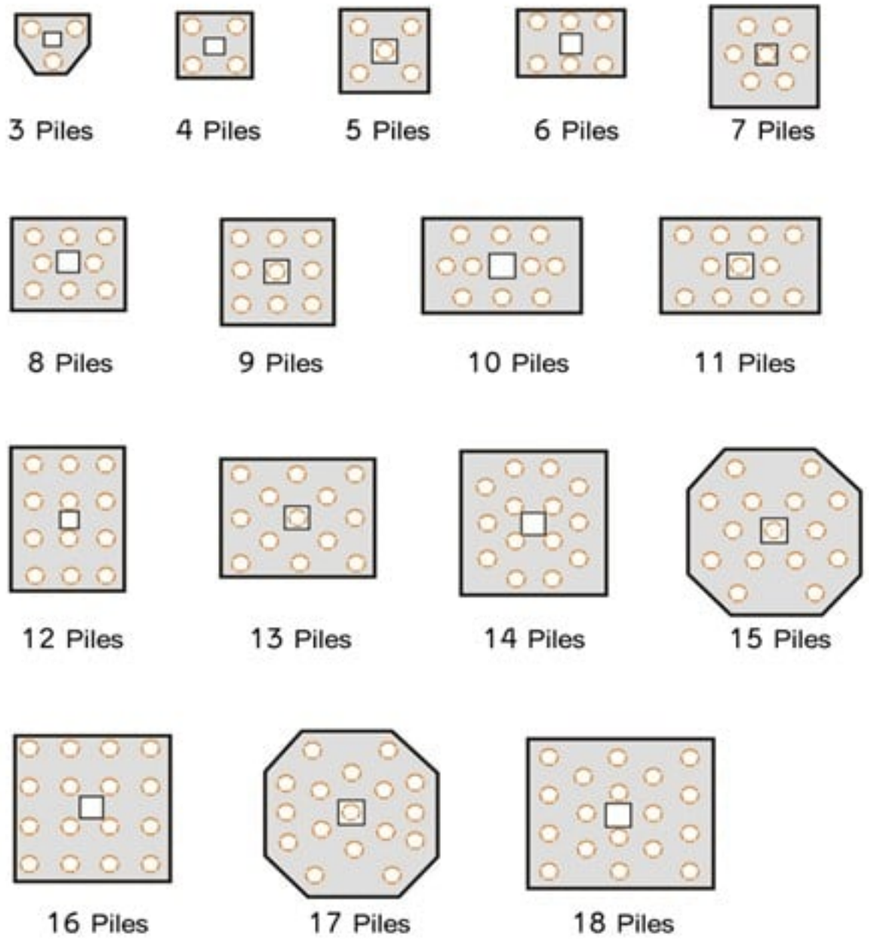
Q_f ในชั้นดินที่ทรุดตัวจะติดลบ

$$Q_{ult} = \sum Q_f + Q_e$$
$$= (-Q_{f1} + Q_{f2} + Q_{f3}) + Q_e$$

แก้ไขโดย สวมปลอกรอบเสาเข็มในชั้นดินที่เกิดการทรุด แต่ Q_f ชั้นนี้จะไม่คิด

Pile group

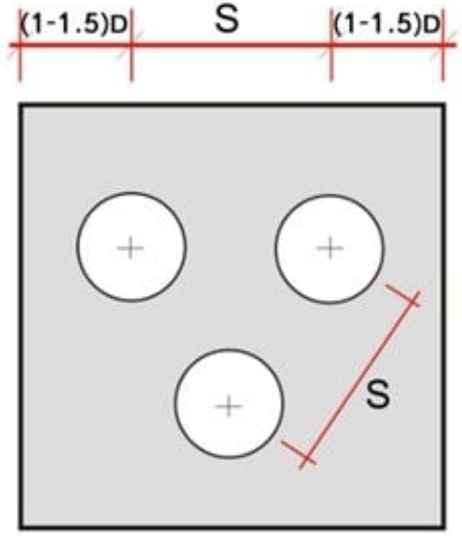
จัดตำแหน่งเสาเข็มให้เพื่อเกิด Moment ในฐานรากน้อยสุด



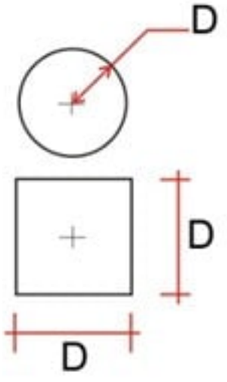
Typical configurations of pile caps

ระยะห่างของ Pile group

S = (2-3)D



D= เส้นผ่านศูนย์กลางของเสาเข็ม
หรือขนาดของเสาเข็ม

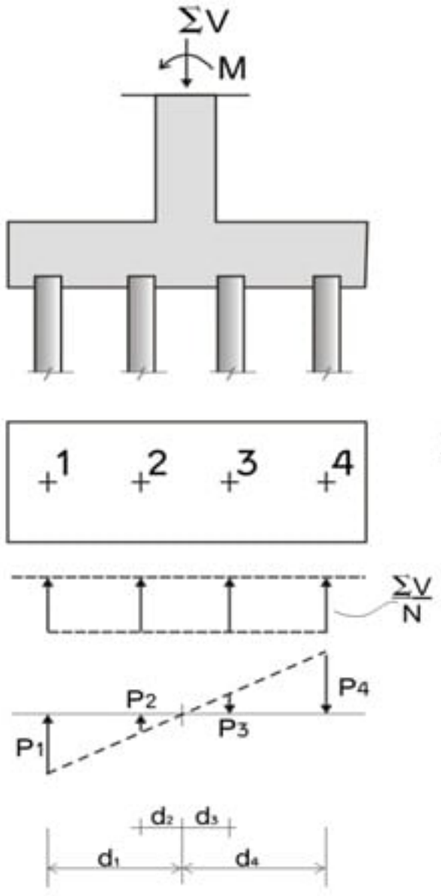


เสาเข็มกลม

เสาเข็มรูปสี่เหลี่ยมจตุรัส

ฐานรากเสาเข็มรับแรงกระทำเยื้องศูนย์

หาโดยสมการของทฤษฎีความยืดหยุ่น

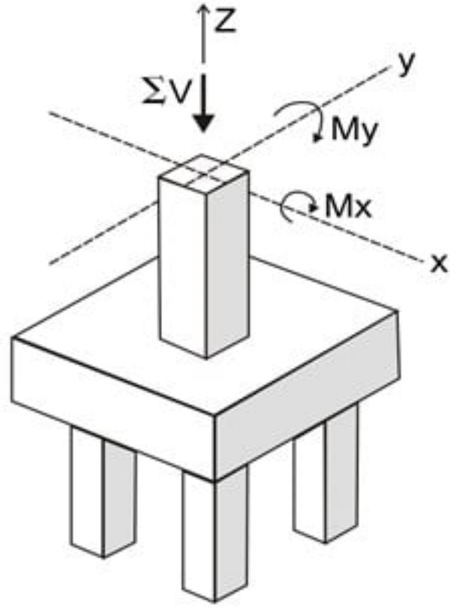


เยื้องศูนย์แกนเดียว

$$P_p = \frac{\sum V}{N} \pm \frac{\sum M.d_n}{\sum d^2}$$

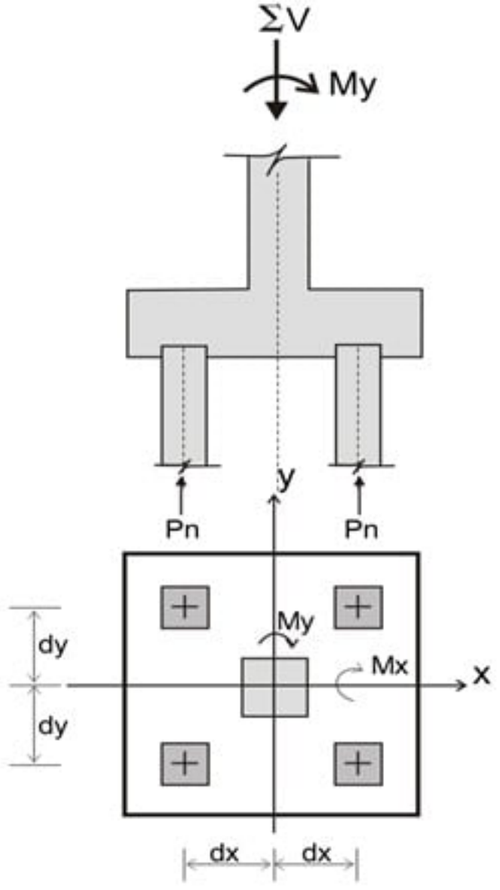
ΣV = แรงลัพท์ในแนวดิ่ง

N = จำนวนเสาเข็มทั้งหมด

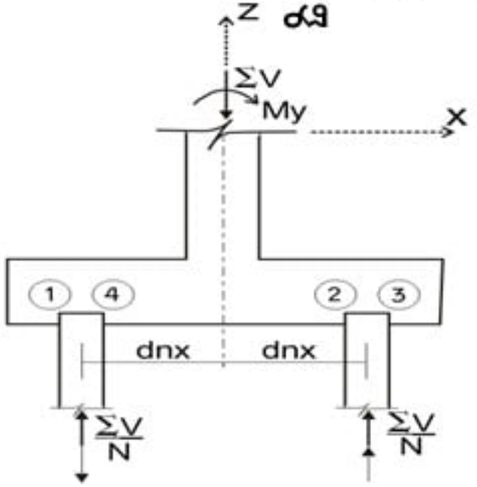


เยื้องศูนย์สองแกน

$$P_p = \frac{\sum V}{N} \pm \frac{\sum M_y d_{nx}}{\sum d_x^2} \pm \frac{\sum M_x d_{ny}}{\sum d_y^2}$$

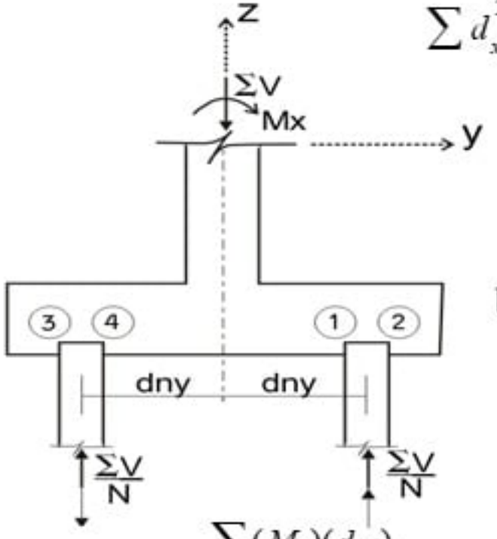


ฐานรากเสาเข็มรับแรงกระทำเยื้องศูนย์



a) เมื่อพิจารณา แรงที่เกิดขึ้นในเสาเข็ม เนื่องจากโมเมนท์ My

$$\frac{\sum(M_y)(d_{nx})}{\sum d_x^2} \qquad \frac{\sum(M_y)(d_{nx})}{\sum d_x^2}$$



b) เมื่อพิจารณา แรงที่เกิดขึ้นในเสาเข็ม เนื่องจากโมเมนท์ Mx

$$\frac{\sum(M_x)(d_{ny})}{\sum d_y^2} \qquad \frac{\sum(M_x)(d_{ny})}{\sum d_y^2}$$

$$P_{p1} = \frac{\sum V}{N} - \frac{\sum(M_y)(d_{nx})}{\sum d_x^2} + \frac{\sum(M_x)(d_{ny})}{\sum d_y^2}$$

$$P_{p2} = \frac{\sum V}{N} + \frac{\sum(M_y)(d_{nx})}{\sum d_x^2} + \frac{\sum(M_x)(d_{ny})}{\sum d_y^2}$$

$$P_{p3} = \frac{\sum V}{N} + \frac{\sum(M_y)(d_{nx})}{\sum d_x^2} - \frac{\sum(M_x)(d_{ny})}{\sum d_y^2}$$

$$P_{p4} = \frac{\sum V}{N} - \frac{\sum(M_y)(d_{nx})}{\sum d_x^2} - \frac{\sum(M_x)(d_{ny})}{\sum d_y^2}$$

การควบคุมคุณภาพงานก่อสร้าง

การเก็บตัวอย่างคอนกรีต เพื่อส่งทดสอบ

การเก็บตัวอย่างคอนกรีต

มยผ. 1208-50

มาตรฐานการเก็บตัวอย่างคอนกรีตในหน้างาน และการเก็บรักษา

(Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field)

5. การเตรียมตัวอย่าง

5.1 เกณฑ์ในการเก็บตัวอย่างคอนกรีตเพื่อการทดสอบ ให้เก็บทุกครั้งเมื่อมีการเทคอนกรีตและต้องเก็บอย่างน้อย 3 ตัวอย่าง เพื่อทดสอบกำลังคอนกรีตเมื่ออายุ 28 วัน โดยมีวิธีการเก็บดังนี้

5.1.1 เก็บตัวอย่างคอนกรีตไม่น้อยกว่า 1 ครั้ง ในแต่ละวันที่มีการเทคอนกรีต

5.1.2 เก็บตัวอย่างเมื่อมีการเทคอนกรีตในแต่ละส่วนของโครงสร้าง

5.1.3 เก็บตัวอย่างทุกครั้งที่มีการเทคอนกรีตทุกๆ 50 ลูกบาศก์เมตร และเศษของ 50 ลูกบาศก์เมตร กรณีเทพื้นและกำแพงให้เก็บทุกๆ 250 ตารางเมตร

5.1.4 เก็บตัวอย่างทุกครั้งเมื่อมีการเปลี่ยนแหล่งของ ทราย หิน หรือกรวด

5.2 การเก็บตัวอย่างจากลักษณะการผสมต่างๆ กระทำ ดังนี้

5.2.1 การเก็บจากเครื่องผสม (โม่) ที่ประจำอยู่ในที่ก่อสร้างให้เก็บตัวอย่างจากช่วงกลางๆ ของปริมาณคอนกรีตที่เทลงในภาชนะรองรับ (กระบะหรือรถเข็นปูน)

5.2.2 การเก็บจากเครื่องผสมสำหรับทำพื้นถนน ให้เก็บหลังจากเทคอนกรีตจากเครื่องผสมลงบนพื้นที่เตรียมไว้ โดยเก็บตัวอย่างคอนกรีตจากหลายๆ บริเวณโดยให้มีปริมาณมากพอที่จะใช้เป็นตัวแทนเพื่อทดสอบได้ ทั้งนี้ต้องระวังไม่ให้มีการปนเปื้อนของวัสดุอย่างอื่นด้วย

5.2.3 การเก็บจากเครื่องผสมแบบถังหมุนตั้งบนรถบรรทุก (Ready Mixed Concrete) ให้เก็บตัวอย่างคอนกรีต อย่างน้อย 3 ส่วน เป็นระยะๆ อย่างสม่ำเสมอตลอดเวลาที่ปล่อยคอนกรีตจากรถผสมลงสู่ภาชนะที่รองรับ โดยมีเวลาห่างกันระหว่างการเก็บครั้งแรกและครั้งสุดท้ายไม่เกิน 15 นาที

การควบคุมคุณภาพ

การเก็บตัวอย่างคอนกรีต เพื่อส่งทดสอบ

9. ข้อควรระวัง

9.1 ให้ทำการเก็บตัวอย่างคอนกรีตไม่น้อยกว่า 3 ตัวอย่าง ต่อ 1 ชุด

9.2 การประกอบแบบหล่อต้องมีความแข็งแรงได้ฉากและได้ระดับก่อนทำการหล่อตัวอย่างคอนกรีต

9.3 การกระทุ้งแต่ละชั้นอาจจมลึกถึงชั้นถัดไปประมาณ 25 มิลลิเมตร

9.4 การใช้ค้อนเคาะรอบแบบหล่อต้องใช้แรงที่เหมาะสม การเคาะแรงเกินไปจะทำให้แบบหล่อเกิดความเสียหาย

การเก็บตัวอย่างเหล็กเสริม เพื่อส่งทดสอบ

การเก็บตัวอย่างเหล็กเสริม

มถ. 103-2550

มาตรฐานงานเหล็กเส้นเสริมคอนกรีต

2.5 การเก็บตัวอย่างเหล็กเส้นเพื่อการทดสอบ

2.5.1 ผู้รับจ้างต้องตัดเหล็กเส้นทุก ๆ ขนาด แต่ละขนาดยาวไม่น้อยกว่า 1.00 เมตร เพื่อทำการทดสอบตามข้อ 1

2.5.2 การเก็บตัวอย่างให้เก็บหนึ่งตัวอย่างจากเหล็กเส้นเส้นหนึ่ง ต่อจำนวนเหล็กเส้นทุก ๆ 100 เส้น หรือเศษของ 100 เส้นแต่จำนวนตัวอย่างแต่ละขนาดที่ส่งมาทดสอบในแต่ละชุดต้องต้องไม่น้อยกว่า 5 ตัวอย่าง

2.5.3 การเก็บตัวอย่างต้องเก็บจากกองเหล็กเส้นแต่ละชุดที่อยู่ในสถานที่ก่อสร้าง และต้องเก็บตัวอย่ างต่อหน้าผู้ควบคุมงานของผู้ว่าจ้าง

2.5.4 เมื่อเก็บตัวอย่างได้เรียบร้อยแล้ว ผู้รับจ้างต้องนำส่งมายังผู้ว่าจ้างเพื่อทำการทดสอบ ทั้งนี้ผู้ว่าจ้างอาจแจ้งให้นำไปทดสอบที่หน่วยราชการอื่น ที่ผู้ว่าจ้างเชื่อถือก็ได้ ค่าใช้จ่ายในการทดสอบนี้ผู้รับจ้างต้องเป็นผู้ออกเองทั้งสิ้น

การควบคุมคุณภาพ

การเก็บตัวอย่างเหล็กเสริม เพื่อส่งทดสอบ

ตารางที่ 1 สมบัติทางกลของเหล็กเส้นกลม

สัญลักษณ์	ความต้านแรงดึง ที่จุดคราก ไม่น้อยกว่า (กก./ตร.ซม.)	ความต้านแรงดึง สูงสุด ไม่น้อยกว่า (กก./ตร.ซม.)	ความยืดในช่วงความยาว 5 เท่าของเส้นผ่านศูนย์-กลางไม่น้อยกว่า (ร้อยละ)	การทดสอบด้วยการดัดโค้งเย็น	
				มุมการดัด (องศา)	เส้นผ่านศูนย์กลางวงดัด
SR 24	2400	3900	21	180	1.5 เท่าของเส้นผ่าน - ศูนย์กลางระบุ

ตารางที่ 2 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสำหรับมวลต่อเมตรสำหรับเหล็กเส้นกลม

ชื่อขนาด	มวลต่อเมตร กิโลกรัม	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสำหรับมวลต่อเมตร	
		เฉลี่ย ร้อยละ	แต่ละเส้น ร้อยละ
RB 6	0.222	±5.0	±10.0
RB 9	0.499	±3.5	±6.0
RB 12	0.888		
RB 15	1.387		
RB 19	2.226		
RB 22	2.984		
RB 25	3.853		
RB 28	4.834		
RB 34	7.127		

การควบคุมคุณภาพ

การเก็บตัวอย่างเหล็กเสริม เพื่อส่งทดสอบ

ตารางที่ 3 สมบัติทางกลของเหล็กข้ออ้อย

สัญลักษณ์	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ (มิลลิเมตร)	ความต้านแรงดึงที่จุดครากไม่น้อยกว่า (กก./ตร.ซม.)	ความต้านแรงดึงสูงสุดไม่น้อยกว่า (กก./ตร.ซม.)	ความยืดในช่วงความยาว 5 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า (ร้อยละ)	การทดสอบด้วยการดัดโค้งเย็น	
					มุมการดัด (องศา)	เส้นผ่านศูนย์กลางวงดัด
SD 30	ไม่เกิน 16	3000	4900	17	180	4 เท่าเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ
	เกิน 16	4000	5700	15	180	5 เท่าเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ
SD 40	ทุกขนาด	5000	6300	13	90	5 เท่าเส้นผ่านศูนย์กลางระบุ
SD 50	ไม่เกิน 25					
	เกิน 25					

ตารางที่ 4 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสำหรับมวลต่อเมตรของเหล็กข้ออ้อย

ชื่อขนาด	มวลต่อเมตร กิโลกรัม	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสำหรับมวลต่อเมตร	
		เฉลี่ย ร้อยละ	แต่ละเส้น ร้อยละ
DB 6	0.222	±7	±8
DB 8	0.395		
DB 10	0.616	±5	±6
DB 12	0.888		
DB 16	1.578		
DB 20	2.466	±4	±5
DB 22	2.984		
DB 25	3.853		
DB 28	4.834		
DB 32	6.313	±3.5	±4
DB 36	7.990		
DB 40	9.865		