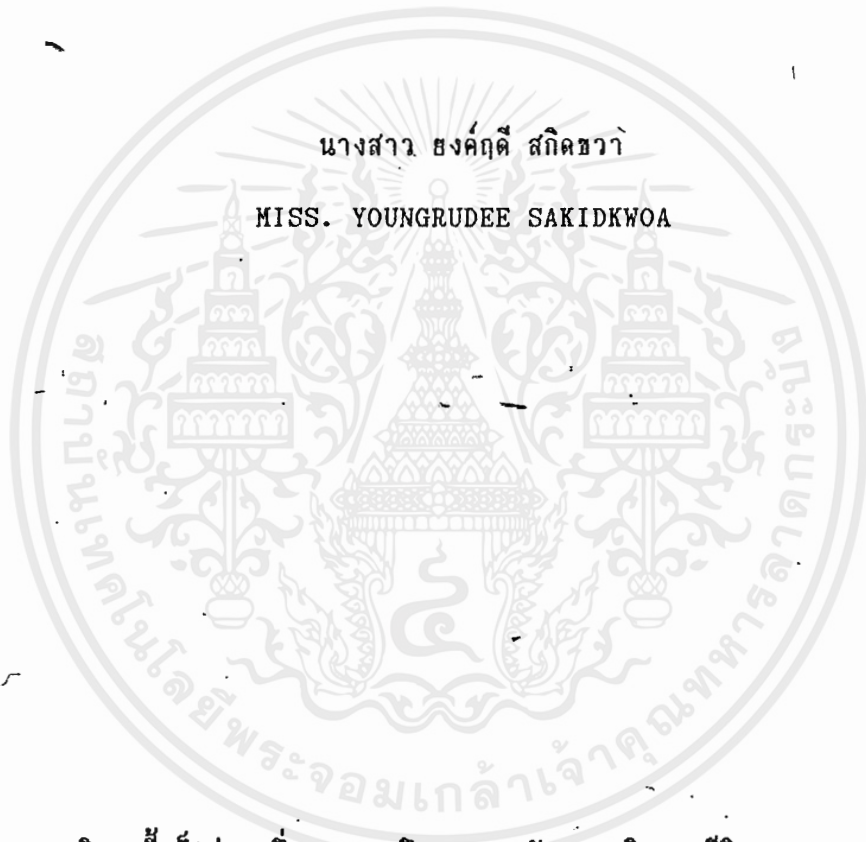




การศึกษาเปรียบเทียบการทำเสาเข็มเสียบกับเสาเข็มเจาะตอกและเสาเข็มเจาะ
COMPARISION METHOD OF NON-POLLUTION PILE, AUGER PRESS AND BORE PILE



โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการก่อสร้าง

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2535

COMPARISION METHOD OF NON-POLLUTION PILE,AUGER PRESS AND BORE PILE



A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE
BACHELOR OF CONSTRUCTION ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
KING MONGKUT 'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

1992

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้ง 032509

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองโครงการพิเศษ

หัวข้อโครงการพิเศษ การศึกษาเปรียบเทียบการทำเสาเข็มเสียบเสาเข็มเจาะตอกและ
เสาเข็มเจาะ

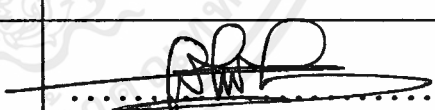
COMPARISION METHOD OF NON-POLLUTION PILE, AUGER
PRESS AND BORE PILE

นักศึกษา นางสาวขณัดดี สกิดชวา รหัสประจำตัว 32.1247


หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมการก่อสร้าง

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษา อ.อำนวยการ พานิชกุลพงศ์

คณะกรรมการสอบโครงการพิเศษ	ลายมือชื่อ
พ.ศ.ศิริวัฒน์ ไชยชนะ	
ดร.ศรีกรีช หิรัญมาศ
อ.ศักดิ์ชัย สักานพงศ์

ภาควิชาวิศวกรรมโยธาได้รับรองแล้ว


(นายสุรัตน์ หวังเจริญ)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้นที่ 10 เดือน พ.ย. พ.ศ. 2535 การค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	การศึกษาเปรียบเทียบการทำเสาเข็มเสียบกับเสาเข็มเจาะตอกและเสาเข็มเจาะ
นักศึกษา	นางสาวยงศ์ฤดี สกิดขวา
อาจารย์ที่ปรึกษา	อ.อำนวยการ พานิชกุลพงศ์
ระดับการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมการก่อสร้าง
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา	2535

บทคัดย่อ

งานโครงการพิเศษนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับวิธีการทำเสาเข็ม 3 แบบ คือเสาเข็มเจาะ (BORE PILE) เสาเข็มเจาะตอก (AUGER PRESS) เสาเข็มเสียบ (NON-POLLUTION) โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างเสาเข็มทั้ง 3 แบบ ทางด้าน เวลา ราคา ปัญหา ตลอดจนข้อดีข้อเสีย

ทั้งนี้เนื่องจากระบบเสาเข็มเสียบ (NON-POLLUTION) ซึ่งเป็นระบบการทำเสาเข็มแบบใหม่ และยังไม่เป็นที่นิยมแพร่หลายในวงการก่อสร้าง เนื่องจากยังไม่มี การรับรองว่าระบบเสาเข็มแบบนี้จะสามารถรับน้ำหนักได้มากเท่ากับเสาเข็มชนิดอื่นที่มีลักษณะคล้ายกัน และข้อจำกัดบางประการของระบบเสาเข็มแบบนี้ อีกทั้งยังมีบริษัทที่ทำแล้วประสบความสำเร็จน้อย

จากผลการศึกษานี้จะทำให้ทราบถึงข้อจำกัดของระบบเสาเข็มทั้ง 3 แบบ โดยเฉพาะเสาเข็มเสียบ และจะเป็นประโยชน์ในการเลือกใช้เสาเข็มในโครงการต่าง ๆ อันต่อไป

Project Title COMPARISION METHOD OF NON-POLLUTION PILE,AUGER
 PRESS AND BORE PILE

Student MISS.YOUNGRUDEE SAKIDKWOA

Project Adviser Mr.AUMNUAY PANITCHAKUNPONG

Level of Study Bachelor of Engineering in Construction Engineering

Department Civil Engineering Faculty of Engineering King
 Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Year 1992

ABSTRACT

The purpose of this project is studying about three method of piling which are BORE PILE,AUGER PRESS and NON-POLLUTION by comparing among these three types of piles in time,cost,problem,advantage and disadvantage.

The NON-POLLUTION method is a new tecnique is piling. Because this type is not problem in construction but it unreliability that can load wiegth as much as those pile and a little success in operating this type of pile.

This operation is the knowledge about limit of three piles,paticular NON-POLLUTION which is advantage for using the other piling project furture.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษฉบับนี้ ได้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีตามวัตถุประสงค์ เพราะได้รับความช่วยเหลือเป็นอย่างดีจากอาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์อำนวยการ พานิชกุลพงศ์ และได้รับความมือเป็นอย่างดีจากพี่ ๆ บริษัท MPAC, PACO, SEAFCO, NIPPON HOUM CONCRETE ที่ช่วยอำนวยความสะดวก และคำแนะนำที่มีประโยชน์มากมาย จนกระทั่งผลงานชิ้นนี้สำเร็จตลอดจนเพื่อนๆ ที่มีส่วนช่วยเหลือทำให้โครงการพิเศษฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

ผู้จัดทำ

น.ส. ยงคฤดี สกิดชวา

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	V
สารบัญรูป.....	VI
บทที่	
1. บทนำ.....	1
1.1 ปัจจัยที่นำไปสู่การทำเสาเข็มในการรับแรงของโครงสร้าง.....	1
1.2 ความเป็นมาของการศึกษา.....	2
1.3 การศึกษา.....	2
2. วัตถุประสงค์และขอบเขตของโครงการพิเศษ.....	3
- วัตถุประสงค์.....	3
- ขอบเขตของโครงการพิเศษ.....	3
3. ทฤษฎี.....	4
3.1 หลักการออกแบบเสาเข็ม.....	4
3.2 การทดสอบเสาเข็ม.....	17
3.3 การควบคุมงานเสาเข็ม.....	24
4. วิธีการทำเสาเข็ม.....	31
- เสาเข็มเจาะ (BORE PILE).....	31
1. ความหมายของเสาเข็มเจาะ.....	31
2. หลักการออกแบบ.....	31
3. เครื่องจักรที่ใช้.....	31

4. การวางแผนการทำงาน.....	32
5. วิธีการทำงานก่อสร้าง.....	32
6. ปัญหาที่เกิดและวิธีการแก้ไข.....	34
7. รายงานที่ผู้ควบคุมงานต้องตรวจสอบการทำเสาเข็มเจาะ.....	40
8. ข้อควรปฏิบัติสำหรับผู้ควบคุมงานการทำเสาเข็มเจาะ.....	41
9. การเตรียมตัวทำหน้าที่ควบคุมงาน.....	41
10. ข้อกำหนดทั่วไปที่ควรทราบ.....	42
-เสาเข็มเจาะตอก(AUGER PRESS).....	43
1. ความหมายของเสาเข็มเจาะตอก.....	43
2. การออกแบบเสาเข็มเจาะตอก.....	43
3. เครื่องจักรที่ใช้.....	65
4. การวางแผนการทำงาน.....	65
5. วิธีการทำงานก่อสร้าง.....	66
6. ปัญหาที่เกิดขึ้นและการแก้ไข.....	68
-เสาเข็มเสียบ(NON-POLLUTION).....	101
1. ความหมายของเสาเข็มเสียบ.....	101
2. การออกแบบเสาเข็มเสียบ.....	103
3. เครื่องจักรที่ใช้.....	106
4. วิธีการทำงานก่อสร้าง.....	110
5. สรุป.....	116
5.1 ปัญหา.....	116
5.2 วิเคราะห์ข้อมูล.....	123
5.3 ข้อเสแอนนะ.....	133
หนังสืออ้างอิง.....	134

ตาราง3.1 สำหรับค่า K และ ของเสาเข็มในชั้นทรายโดย TOMLINSON.....	10
ตาราง3.2 ค่าของ S_u และ C สำหรับดินบริเวณกรุงเทพมหานคร.....	11
ตาราง4.1 เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกความหนาและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน.....	47
ตาราง4.2 ความเค้นต่าง ๆ ในคอนกรีต.....	48
ตาราง4.3 ชนิดของเครื่องจักร.....	106
ตาราง4.4 อุปกรณ์ที่ใช้.....	108
ตาราง4.5 ความเร็วในการเจาะที่ตั้งเป้าไว้.....	109
ตาราง4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของแท่งเจาะกับเวลา.....	109
ตาราง4.7 โครงการที่ทำการศึกษา.....	115
ตาราง5.1 การเปรียบเทียบระบบเสาเข็มเสียบ เสาเข็มเจาะ และเสาเข็มเจาะตอก ด้านตัวเสาเข็ม.....	123
ตาราง5.2 การเปรียบเทียบระบบเสาเข็มเสียบ เสาเข็มเจาะ และเสาเข็มเจาะตอก ด้านการขนส่ง.....	126
ตาราง5.3 การเปรียบเทียบระบบเสาเข็มเสียบ เสาเข็มเจาะ และเสาเข็มเจาะตอก ด้านเครื่องจักรที่ใช้.....	127
ตาราง5.4 การเปรียบเทียบระบบเสาเข็มเสียบ เสาเข็มเจาะ และเสาเข็มเจาะตอก ด้านราคา.....	128
ตาราง5.5 การเปรียบเทียบระบบเสาเข็มเสียบ เสาเข็มเจาะ และเสาเข็มเจาะตอก ด้านอื่น ๆ	129
ตาราง5.6 การเปรียบเทียบระบบเสาเข็มเสียบ เสาเข็มเจาะ และเสาเข็มเจาะตอก วิธีการทำ.....	130
ตาราง5.7 ข้อจำกัดของงานเสาเข็ม.....	133

รูปที่ 3.1	PROFILE ของดินกรุงเทพมหานคร.....	5
รูปที่ 3.2	การรับแรงของเสาเข็ม.....	8
รูปที่ 3.3	ค่ามุมของแรงเสียดทาน.....	12
รูปที่ 3.4	ค่า C ของดิน.....	13
รูปที่ 3.5	ค่าความสามารถในการรับแรง.....	14
รูปที่ 3.6	กราฟการทรุดตัวเนื่องจากการให้น้ำหนักจนเสาเข็มพัง.....	19
รูปที่ 3.7	การหาแรงพิบัติของเสาเข็มที่ทดสอบด้วยวิธี QUICK LOAD TEST.....	21
รูปที่ 3.8	การหาแรงพิบัติของเสาเข็มโดยวิธี FELLINIUS.....	22
รูปที่ 3.9(a)	การหาแรงพิบัติของ FRICTION PILE โดยวิธีของ WHITAKER, T...	23
รูปที่ 3.10(b)	การหาแรงพิบัติของ FRICTION PILE โดยวิธีของ WHITAKER, T...	23
รูปที่ 4.1	ขั้นตอนการทำเสาเข็มเจาะ.....	33
รูปที่ 4.2	จุดการยกเสาเข็มที่ทำให้เกิด BENDING MOMENT.....	49
รูปที่ 4.3	รูปตัดของเสาเข็ม.....	60
รูปที่ 4.4	คุณสมบัติของการเชื่อมเสาเข็ม.....	61
รูปที่ 4.5	เสาเข็มกลมแรงเหวี่ยง.....	62
	- AUGER PRESS.....	69
	- FULL AUGER PRESS.....	79
	- AUGER PRESS AND DROP HAMMER.....	89
รูปที่ 4.6	ผลของน้ำที่รวมอยู่กัซีเมนต์ในการ GROUT.....	102
รูปที่ 4.7	แสดงรูปตัดของการฉีดน้ำปูน.....	104
รูปที่ 4.8	วิธีชุดแบบพิเศษของเสาเข็มเสียบ.....	113
รูปที่ 4.9	วิธีฉีดน้ำปูน.....	114

รูปที่ 5.1 การวิบัติของอาคารเนื่องจากการตอกเสาเข็ม AUGER PRESS.....121

รูปที่ 5.2 การวิบัติของอาคารเนื่องจากการตอกเสาเข็ม AUGER PRESS.....122



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

- 1.1 ปัจจัยที่นำไปสู่การทำเสาเข็มในการรับแรงของโครงสร้าง
- 1.2 ความเป็นมาของของการศึกษา
 - เสาเข็มเจาะ (BORE PILE)
 - เสาเข็มเจาะตอก (AUGER PRESS)
 - เสาเข็มเสียบ (NON - POLLUTION)
- 1.3 การศึกษา

1.1 ปัจจัยที่นำไปสู่การทำเสาเข็มในการรับแรงของโครงสร้าง

ฐานรากคือ สิ่งที่รับรองรับน้ำหนักบรรทุกแล้วถ่ายน้ำหนักลงไปยังชั้นดินหรือชั้นหินที่อยู่ใต้ฐานราก น้ำหนักบรรทุกนี้ได้แก่น้ำหนักของโครงสร้างและน้ำหนักจร ซึ่งรวมถึงแรงลมหรือพายุด้วย ฐานรากต้องมีความแข็งแรง และสามารถถ่ายน้ำหนักลงไปยังชั้นใต้ฐานรากได้โดยปลอดภัยไม่เกิดความเสียหายทรุดตัวเอียง หรือเกิดการแตกร้าวขึ้นแก่โครงสร้างนั้น ๆ อย่างไรก็ตามเมื่อฐานรากรับน้ำหนักย่อมเกิดการทรุดตัว การทรุดตัวลงทั้งหมดของโครงสร้างบางส่วนอาจทำให้ส่วนของโครงสร้างเสียรูป พื้นผนังแตกร้าวและอาจเกิดอันตรายต่อชีวิตและทรัพย์สิน ก่อนการออกแบบก่อสร้างฐานรากควรทำการสำรวจ และวิจัยถึงสภาพและความสามารถในการรับน้ำหนักของดินใต้ฐานราก เพื่อทำให้เกิดความมั่นใจในการใช้ข้อมูลคำนวณออกแบบ และเป็นแนวให้เลือกใช้ชนิดและออกแบบโครงสร้างฐานรากได้ถูกต้องเหมาะสม และประหยัด สำหรับอาคารธรรมดาที่มีน้ำหนักบรรทุกไม่มากนัก อาจใช้การศึกษาเปรียบเทียบกับ การก่อสร้างที่เคยทำในสภาพของดินที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันได้ ถ้าเป็นขนาดใหญ่สูงมากขึ้น ควรทำการสำรวจวิเคราะห์ และวิจัยกำลังและความสามารถในการรับน้ำหนักของดิน

1.2 ความเป็นมาของการศึกษา

เนื่องจากเสาเข็มเสียบ(NON- POLLUTION)เป็นระบบเสาเข็มชนิดใหม่ที่เพิ่งได้นำเข้ามาก่อสร้างและยังไม่มีเป็นที่นิยมของวงการก่อสร้างเท่าที่ควร เนื่องจากมีข้อจำกัดหลายอย่าง ตลอดจนการคิดค้นว่าระบบเสาเข็มระบบนี้จะเหมาะสมกับสภาพของเมืองไทยหรือไม่ อีกทั้งยังมีผู้ที่ไม่เข้าใจระบบเสาเข็มแบบนี้อยู่มาก ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาวิจัยการเวลา บุคคลากร ปัญหา แนวทางการแก้ไข ตลอดจนการนำไปใช้ ของระบบเสาเข็มเสียบกับระบบเสาเข็มเจาะตอก (AUGER PRESS) และระบบเสาเข็มเจาะ (BORE PILE) ว่ามีข้อดีข้อเสียบ้าง เพื่อที่จะได้นำระบบเสาเข็มทั้ง 3 แบบมาพิจารณาในการเลือกใช้ในโครงการ

1.3 การศึกษา

1. ทำการศึกษาจากสถานที่ทำงานจริง ถึงวิธีการทำงาน ของเสาเข็มทั้ง 3 ประเภทนี้ภายในเขตกรุงเทพมหานคร
2. ทำการศึกษา และรวบรวมข้อมูลจากหนังสือหรือเอกสารอ้างอิง ทฤษฎีการทำเสาเข็มทั้ง 3 ประเภทนี้
3. ทำการวิเคราะห์ถึง เวลาการทำงาน ข้อดีข้อเสีย ปัญหาของเสาเข็มทั้ง 3 ประเภท เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้เสาเข็มในอนาคตต่อไป

บทที่ 2

วัตถุประสงค์และขอบเขตของโครงการพิเศษ

วัตถุประสงค์ของโครงการพิเศษ

1. ศึกษาเปรียบเทียบวิธีการทำเสาเข็มเสียบ เสาเข็มเจาะตอก และเสาเข็มเจาะ
2. ศึกษาเปรียบเทียบทางด้านเวลาการทำงานของเข็มขนาดเท่ากันที่ระดับใกล้เคียงกัน ภายในกรุงเทพมหานคร
3. ทำการเปรียบเทียบปัญหาที่เกิดขึ้นกับการทำเสาเข็มทั้ง 3 ชนิดนี้
4. ทำการเปรียบเทียบประโยชน์ที่ได้รับ ตลอดจนผลคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ

ขอบเขตของโครงการพิเศษ

1. ทำการศึกษาจากสถานที่ทำงานจริง ถึงวิธีการทำงาน ของเสาเข็มทั้ง 3 ประเภทภายในเขตกรุงเทพมหานคร
2. ทำการศึกษา และรวบรวมข้อมูลจากหนังสือหรือเอกสารอ้างอิง ทฤษฎีการทำเสาเข็มทั้ง 3 ประเภทนี้
3. ทำการวิเคราะห์ถึง เวลาการทำงาน ข้อดีข้อเสีย ปัญหาของเสาเข็มทั้ง 3 ประเภท เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้เสาเข็มในอนาคตต่อไป

บทที่ 3

ทฤษฎี

- 3.1 หลักการออกแบบเสาเข็ม
- 3.2 การทดสอบเสาเข็ม
- 3.3 การควบคุมงานเสาเข็ม

3.1 หลักการออกแบบเสาเข็ม1. หลักการพิจารณาออกแบบเสาเข็ม

ขนาดและประเภทของฐานรากที่เสาเข็มต้องรับน้ำหนักบรรทุกต้องพิจารณาออกแบบให้มีความสัมพันธ์พอเหมาะกับความแข็งแรง และน้ำหนักบรรทุกต่าง ๆ ที่ฐานรากต้องรับ และถ่ายน้ำหนักลงสู่ดินได้โดยปลอดภัยซึ่งควรพิจารณาถึงชั้นดินที่รองรับให้ฐานรากให้ปลอดภัยจากแรงเฉือน การอ่อนตัวของดินใต้ฐานรากต้องเป็นไปตามการทรุดตัวหรือการอ่อนตัวของฐานราก การก่อสร้างฐานรากต้องไม่ทำให้เกิดอันตรายต่ออาคารข้างเคียงการแผ่กระจายน้ำหนักจากโครงสร้างส่วนบน และน้ำหนักของอาคารข้างเคียง ฉะนั้นก่อนการออกแบบฐานรากควรทำการสำรวจใต้ผิวดินระดับที่จะทำการก่อสร้างฐานรากถ้าเป็นบริเวณกว้างใหญ่ต้องทำหลายจุดให้คลุมโดยทั่วบริเวณ โดยรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับบริเวณที่ดินบริเวณรอบ ๆ สถานที่ก่อสร้าง ทำการทดสอบความสามารถรับน้ำหนักของดินโดยการเจาะทดสอบ นำตัวอย่างดินหลาย ๆ ระดับความลึกของชั้นดินไปทดสอบหาค่าความสามารถรับแรงเฉือน ความสามารถรับแรงกดอัด ทำแผนที่รูปตัดของชั้นดิน หาระดับน้ำใต้ดิน ปริมาณน้ำในดินที่จุดพบ หาเอกสารทำการก่อสร้างฐานรากของอาคารข้างเคียงไว้เป็นข้อมูลในการกำหนดระดับน้ำใต้ดินสูงสุด และความลึกของกันฐานราก

2. ประเภทของฐานราก

ฐานรากมีหลายชนิด อาจจำแนกได้เป็นแบบตื้น (SHALLOW FOUNDATION) และแบบลึก (DEEP FOUNDATION) ฐานรากแบบตื้นหมายถึงฐานรากที่มีความลึกต่ำกว่าระ

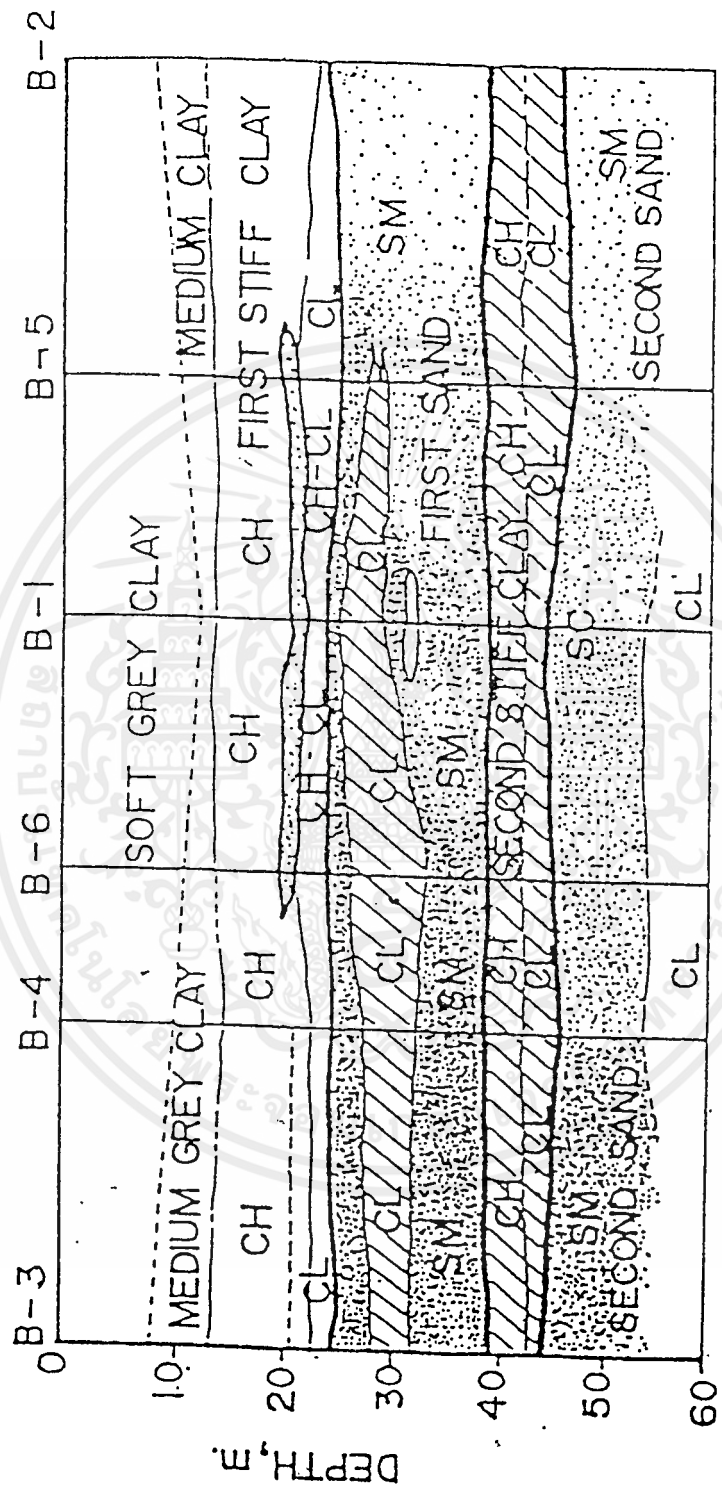


Fig. 1. Typical Profile of Bangkok Subsoils

รูปที่ 3.1 PROFILE ของดินกรุงเทพมหานคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับดินเท่ากับหรือน้อยกว่าความกว้างของฐานราก ส่วนฐานรากแบบลึกหมายถึง ฐานรากที่มีความลึกต่ำกว่าระดับดินเท่ากับหรือมากกว่าความกว้างของฐานรากอย่างไรก็ดี อาจแบ่งฐานรากตามลักษณะสำคัญที่แตกต่างกันได้เป็น 3 ประเภท คือ

1. ฐานรากแผ่ (SPREAD FOUNDATION) ซึ่งมีพื้นที่ของฐานรากแผ่กว้างพอให้ดินสามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้โดยปลอดภัย จัดอยู่ในฐานรากแบบตื้น

2. ฐานรากเสาเข็ม (PILE FOUNDATION) ใช้การตอกเสาเข็มให้จำนวนและความยาวเพียงพอ จนสามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้ด้วยแรงเสียดสีของผิว หรือตอกจนจรดชั้นดินแข็งหรือหินข้างล่าง ให้ปลายถ่ายน้ำหนักข้างบนลง

เมื่อดินที่อยู่ไม่ลึกจากผิวพื้นดินมีลักษณะอ่อนมากจนเกินไป ซึ่งไม่สามารถรับน้ำหนักของอาคารก่อสร้างได้ หรือเมื่อมีน้ำหนักบรรทุกที่มากเกินไป ทำให้การใช้ฐานรากแผ่ไม่เป็นการประหยัด ซึ่งฐานรากเสาเข็มช่วยรับและถ่ายน้ำหนักบรรทุก ในปัจจุบันนี้การก่อสร้างนิยมใช้วิธีนี้มาก

เสาเข็ม อาจจำแนกตามลักษณะการใช้งาน

1. แบบใช้ปลายของเสาเข็มนั่งบนชั้นดิน หรือหินที่มีความแข็งมั่นคงที่อยู่ลึกลงไป (end bearing pile)
2. แบบใช้แรงเสียดสี หรือ แรงเสียดรอบพื้นที่ผิวของตัวเสาเข็มช่วยรับน้ำหนัก (friction pile)
3. แบบใช้ช่วยอัดดินทรายให้แน่น เพื่อเพิ่มความสามารถของดินต่อแรงกดอัด (compaction pile)
4. แบบใช้ต้านทานแรงดึงขึ้นหรือต้านทานการพลิกตัวของอาคาร (tension pile or uplift pile)
5. แบบใช้เพื่อต้านทานแรงดึงในแนวนอนโดยทำหน้าที่เป็นตัวยึด หรือ สมอยึด (anchor pile)

6. แบบใช้แรงต้านทางด้านข้างโดยตอกเข็มเอียง (batter pile)

7. แบบใช้ตอกลงในดินที่อ่อนมาก เพื่อช่วยรับแรงทางด้านข้าง

นอกจากนี้ยังจำแนกเสาเข็มตามชนิดของวัสดุที่ใช้ทำ คือ เสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กธรรมดา เสาเข็มคอนกรีตอัดแรง เสาเข็มคอนกรีตแบบหล่อลงไปในดิน เสาเข็มไม้เบญจพรรณทึบเปลือก เสาเข็มเหล็กรูปตัว H หรือรูปท่อกกลมกลวง เข็มพืด (เหล็ก) เสาเข็มแบบที่ใช้วัสดุหลายอย่างร่วมกัน เช่น คอนกรีตกับไม้ คอนกรีตกับเหล็กรูปพรรณ เป็นต้น

3. ฐานรากแบบแท่งตอม่อ (PIER FOUNDATION) เป็นฐานรากขนาดโต และกำลังทั้งแท่งจนหนึ่งบนชั้นดินที่มีความแข็งแรงมากพอกับการรับน้ำหนักได้

3. กำลังรับน้ำหนักของเสาเข็ม

การออกแบบฐานรากเสาเข็ม ต้องคำนึงถึงความสามารถในการรับน้ำหนักของดินรอบข้างเสาเข็มว่ามีความสามารถรับน้ำหนักได้หรือไม่ ระยะห่างระหว่างเสาเข็ม ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดและความยาวของเสาเข็ม ซึ่งค่าการรับน้ำหนักบรรทุกโดยปลอดภัยของเสาเข็มกลุ่มอาจไม่เท่ากับผลรวมของกำลังการรับน้ำหนักของเสาเข็มแต่ละต้น เพราะมีดินบางชนิดถูกทำลายความสามารถรับน้ำหนักบรรทุกหลังจากการตอกเข็ม นอกจากนี้ควรพิจารณาถึงระดับน้ำใต้ดินเมื่อใช้เสาเข็มไม้

ระยะห่างระหว่างเสาเข็มไม่ควรแคบเกินไป เพราะอาจทำให้กำลังการรับน้ำหนักของดินระหว่างกลางเสาเข็มลดลง ช่วงระยะห่างของเสาเข็มธรรมดาอย่างน้อยที่สุดควรให้ห่างกันประมาณ 90 เซนติเมตร ช่วงระยะห่างระหว่างศูนย์กลางหัวเสาเข็มไม่ควรน้อยกว่า 3 เท่าของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเสาเข็ม

การรับน้ำหนักของเสาเข็ม (BEARING CAPACITY OF PILES) การรับน้ำหนักของเสาเข็ม ขึ้นกับตัวเสาเข็ม (คอนกรีตเสริมเหล็ก) ที่จะทาบหรือรับน้ำหนักบรรทุก โดยไม่เกิดหน่วยแรงในตัวเสาเข็มเกินกว่าหน่วยแรงปลอดภัย และยังขึ้นอยู่กับความสามารถของเสาเข็มที่จะถ่ายน้ำหนักให้ดินรอบ ๆ เสาเข็มนั้นโดยอาศัยแรงฝืดของผิวรอบเสาเข็ม และการถ่ายน้ำหนักที่ปลายเสาเข็มเมื่อตั้งอยู่ในชั้นดินแข็งหรือชั้นทราย

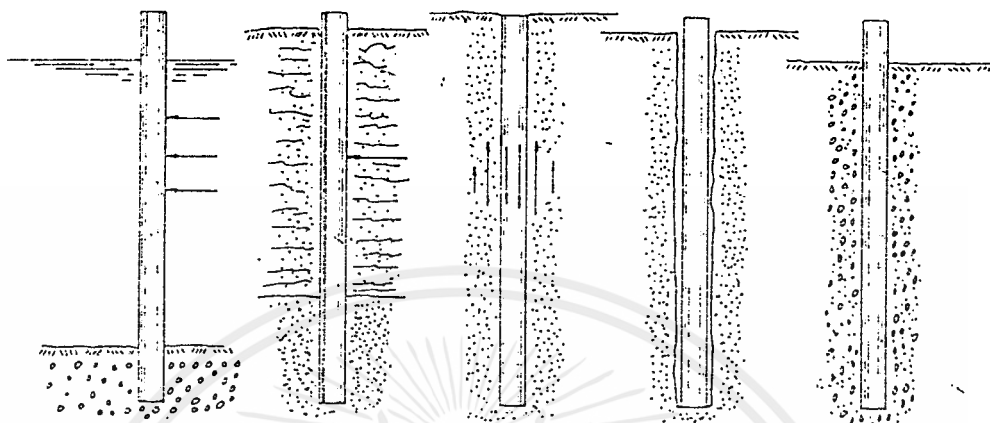
กำลังการรับน้ำหนักประลัยของเสาเข็มเป็นค่าน้ำหนักสูงสุดที่เสาเข็มได้โดยไม่เกิดการทรุดหรือจมลงอย่างรวดเร็วเมื่อรับน้ำหนักคงที่ กำลังรับน้ำหนักปลอดภัยของเสาเข็มคำนวณได้จากการใช้ส่วนปลอดภัย (Factor of Safety) หาค่าการรับน้ำหนักประลัยของเสาเข็ม หรือจากการทรุดตัวที่ยอมให้ หรือจากเสถียรภาพต่าง ๆ ของฐานรากเสาเข็ม ซึ่งยังมีผู้วิจัยตลอดมา

การคาดโดยวิธีสถิตย์ศาสตร์ (Static Formula)

สูตรทั่วไปที่ใช้คำนวณคาดคะเนการรับน้ำหนักประลัยของเสาเข็ม (Q_u) หนึ่งต้นได้จากการรวมค่าการต้านทานจากแรงฝืดของผิวรอบ ๆ พื้นที่ผิวของตัวเสาเข็มที่สัมผัสกับดิน (Q_s) กับค่าความต้านทานต่อแรงกดอัดที่ปลายเสาเข็ม (Q_p)

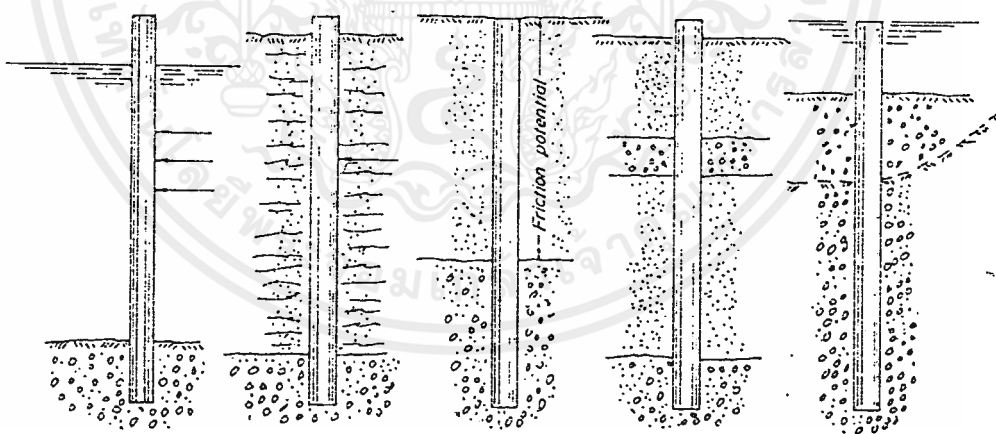
$$Q_u = Q_s + Q_p$$

FRICION PILES



<p>UNDER WATER</p> <p><i>Not a true friction pile unless water is shallow in relation to depth of penetration.</i></p>	<p>LIQUID SOIL</p> <p><i>May offer some support but depth of penetration below liquid is important.</i></p>	<p>MOIST CLAY</p> <p><i>Ideal friction pile. Clay bonds to pile. Shear value of clay determines bearing.</i></p>	<p>DRY CLAY</p> <p><i>Pile may simply punch hole in clay providing inadequate bond and pile damage.</i></p>	<p>SAND-GRAVEL</p> <p><i>Hard to drive. Pile may be damaged. Can be jettied in sand but not in gravel. Is this pile necessary?</i></p>
---	--	---	--	---

END BEARING PILES



<p>UNDER WATER</p> <p><i>Satisfactory use if size of pile or cap provides adequate lateral stability.</i></p>	<p>LIQUID SOIL</p> <p><i>Check bending as free-standing column. Dynamic formula should not be used.</i></p>	<p>MOIST CLAY</p> <p><i>Carried through supportable layers to increase bearing potential. Some friction allowable.</i></p>	<p>STRATIFIED SOIL</p> <p><i>Pile punched through thin hard stratum to reach better support below.</i></p>	<p>GRAVEL-HARDPAN</p> <p><i>Piling needed here only as protection from scour. Bearing carried well below scour line.</i></p>
--	--	---	---	---

รูปที่ 3.2 การรับแรงของเสาเข็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



$$= \sum (\Delta L) (a_u) (s_u) + A_p (q_c)$$

โดยที่

L = ความยาวของเสาเข็มในชั้นของดิน เมตร

a_u = เส้นรอบรูปเสาเข็มรับแรงผิผองผิว เมตร

s_u = แรงผิผหรือแรงผิผผองผิผระหว่างเสาเข็มกับดิน กก./ม²

q_c = ความต้านทานต่อแรงกดอัดประลัย ที่ปลายเสาเข็ม เช่น

$$= cN_c + \gamma dN_q + 0.5 \gamma BN_\gamma$$

A_p = พื้นที่หน้าตัดที่ปลายเสาเข็ม

c = แรงยึดเหนี่ยวของดิน กก./ม²

ในที่นี้ตัวกำลังต้านทานของดิน c หรือ อาจอยู่ในเทอมของหน่วยแรงรวม หรือหน่วยแรงประสิทธิผล ขึ้นอยู่กับว่าเสาเข็มอยู่ในดินชนิดใดเมื่อเสาเข็มอยู่ในดินที่มีความเชื่อมแน่นเช่นดินเหนียวแบบขบอัดตัวตามปกติหรือเกินปกติก็ใช้หน่วยแรงรวม เพราะเสาเข็มที่กำลังรับน้ำหนักได้น้อยที่สุดขณะที่ยังตอกลงไป แต่เมื่อเวลาเพิ่มขึ้นกำลังรับน้ำหนักจะเพิ่มขึ้นส่วนเสาเข็มที่อยู่ในดินที่ไม่มีความเชื่อมแน่นหรือดินที่มีความเชื่อมแน่นชนิด heavily consolidate ก็ใช้หน่วยแรงประสิทธิผล

ถ้าใช้ F.S. เป็นอัตราส่วนปลอดภัย (ใช้อย่างน้อยเท่ากับ 2.50) ดังนั้นการรับน้ำหนักปลอดภัยของเสาเข็ม

$$Q_u = Q_c / F.S. \quad (\text{ยังไม่ได้หักน้ำหนักของเสาเข็ม})$$

สำหรับเสาเข็มที่มีความเชื่อมแน่น และ $C' = 0$ เช่นทรายดินร่วน

$$Q_u = \sum (\Delta L) (a_u) (K \gamma d \tan \phi')$$

$$= \sum (\Delta L) (a_u) (K \gamma' \tan \phi')$$

$$Q_p = A_p (\gamma d N_q + 0.5 \gamma B N_\gamma)$$

แต่ค่าของ 0.50 BN น้อยมากเมื่อเทียบกับค่าของ dN ดังนั้น

$$Q_p = A_p (\gamma d N_q) = A_p \gamma' N_q$$

โดย K = ที่สัมประสิทธิ์แรงดันทางข้างของดิน

$\sigma_v' = \gamma d$ = หน่วยแรงในแนวดิ่งที่คิดในเทอมของหน่วยแรงประสิทธิ

ผล

γ = หน่วยน้ำหนักของดินกก. ต่อลบ. เมตร

d = ความลึกของเสาเข็มให้ผิวดินเมตร

ϕ' = มุมเสียดทานระหว่างเสาเข็มกับดิน (ประมาณ 30 - 50 องศาสำหรับบริเวณกรุงเทพฯ)

N_u = สัมประสิทธิ์ความต้านทานต่อแรงกดอัดขึ้นอยู่กับมุมเสียดทาน
(= 35 สำหรับชั้นทรายบริเวณกรุงเทพฯ)

ตารางที่ 3.1 ค่าสำหรับ K และ ϕ' ของเสาเข็มในชั้นทรายโดย TOMLINSON

เสาเข็ม	ϕ'	K	
		ความหนาแน่นสัมพัทธ์ของทราย	
		หลวม	แน่น
เหล็ก	● 20 องศา	0.5	1.0
คอนกรีต	0.75	1.0	2.0
ไม้	0.67	1.5	4.0

สำหรับดินที่มีความเชื่อมแน่น และ $\phi' = 0$ เช่นดินเหนียวอ่อน

$$\text{ดังนั้น } Q_u = \sum (\Delta L) (a_u) (s_u)$$

$$Q_p = A_p (cN_u + \gamma d) = A_p (cN_u + \sigma_v')$$

$$\text{หรือ } = A_p (cN_u) \text{ โดยประมาณ}$$

$$\text{โดยที่ } N_u = \text{ตัวคงที่} = 9 \text{ (สำหรับดินแข็ง)}$$

s_u = c (สำหรับดินอ่อน) และ = c(0.4 - 0.6) (สำหรับดินแข็ง)

c = หน่วยแรงเฉือนของดิน (undrained shear strength)

σ_v = γd = หน่วยแรงในแนวตั้งที่คิดในเทอมของหน่วยแรงรวม

ดังนั้นการรับน้ำหนักประลัยของเสาเข็ม เมื่อปลายหยั่งอยู่ในชั้นดินต่าง ๆ ก็สามารถคำนวณได้ดังนี้

ก. เสาเข็มคอนกรีตปลายหยั่งในชั้นดินแข็ง

$$Q_p = \sum (\Delta L)(a_u) + A_p(cN_c)$$

ข. เสาเข็มคอนกรีตปลายหยั่งในชั้นดินทราย (ผ่านชั้นดินที่มีความเชื่อมแน่น)

$$Q_p = \sum (\Delta L)(a_u)(s_u + K\sqrt{\tan \phi'}) + A_p(\alpha'N_c)$$

ค. เสาเข็มไม้หรือเสาคอนกรีตในชั้นดินอ่อน

$$Q_p = \sum (\Delta L)(a_u)(s_u)$$

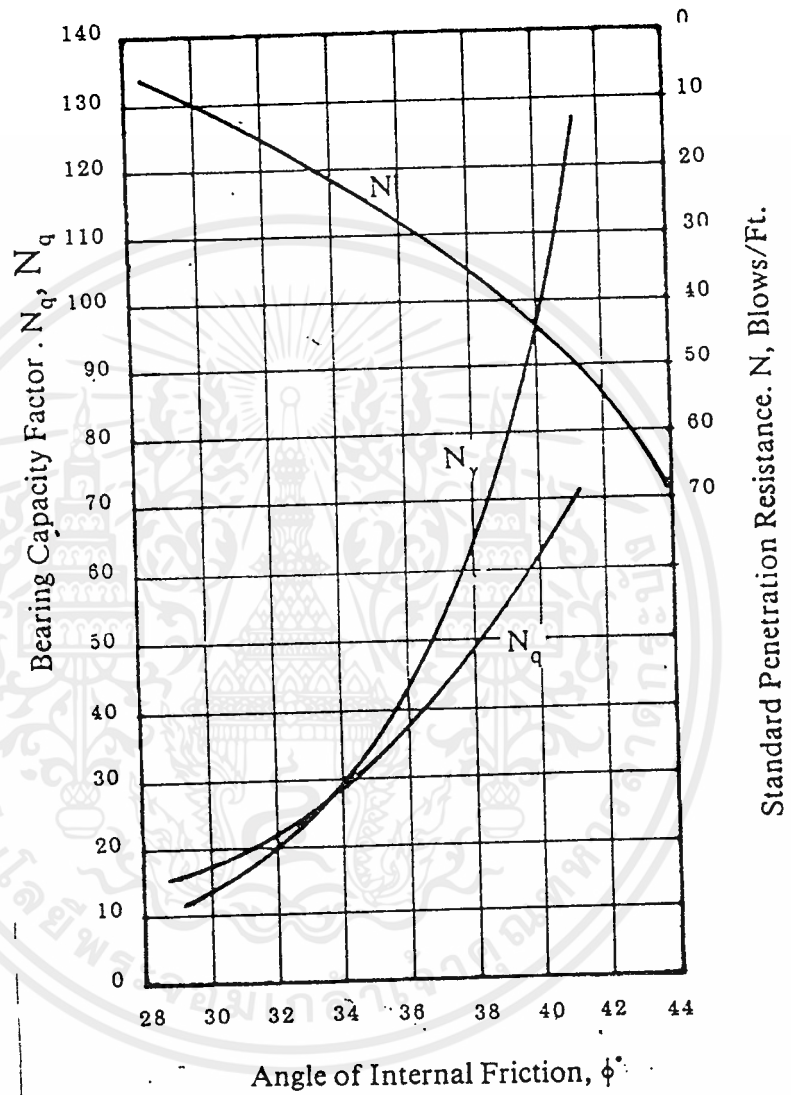
ตารางที่ 3.2 ค่าของ s_u และ c สำหรับดินบริเวณกรุงเทพมหานคร

ชั้นดิน	s_u (กก./ม ²)		c (กก./ม ²)	
	เข็มคอนกรีต	เข็มไม้	เข็มคอนกรีต	เข็มไม้
ดินอ่อน 0-6 ม.	1800	1470		
ดินอ่อน 6-12 ม.	1800	1800		
ดินปานกลาง 12-14 ม.	4000	1800		5000
ชั้นดินแข็ง	6000	6000	10000	10000

บัญชีของกรุงเทพมหานคร

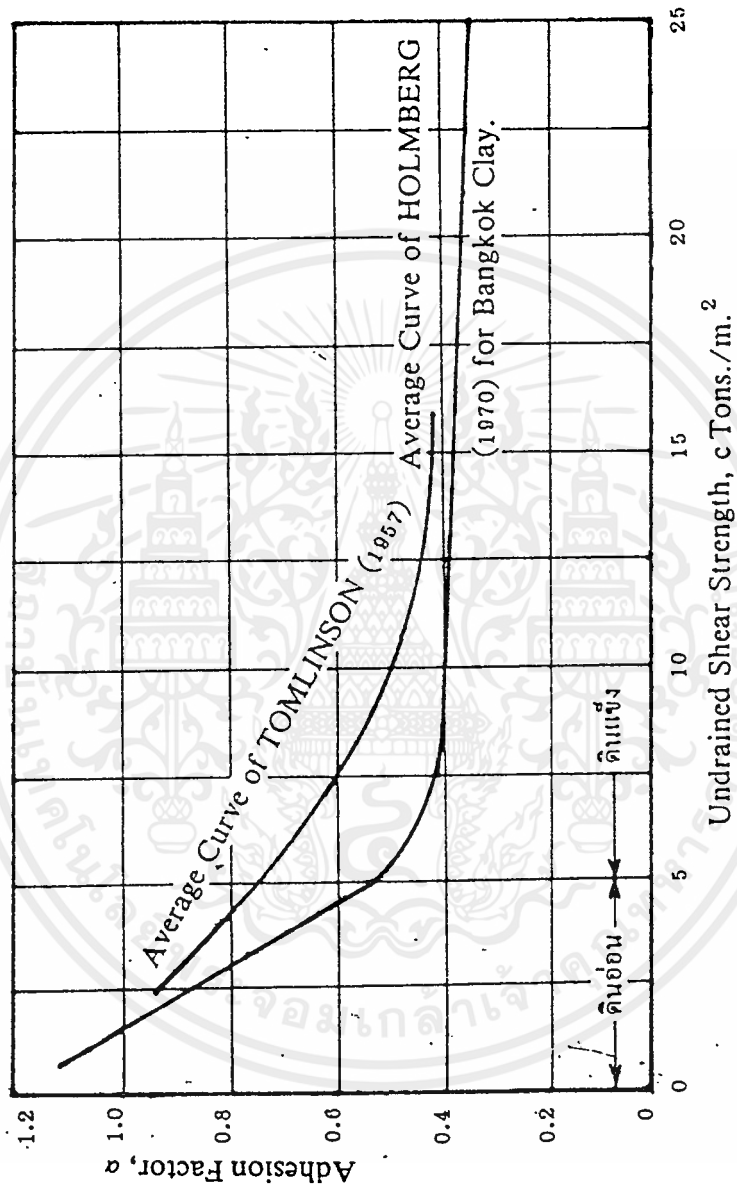
ข้อมูลบัญชีกรุงเทพมหานคร ได้ให้ข้อกำหนดต่าง ๆ เพื่อให้เป็นข้อมูลสำหรับการหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 ค่าของแรงเสียดทาน

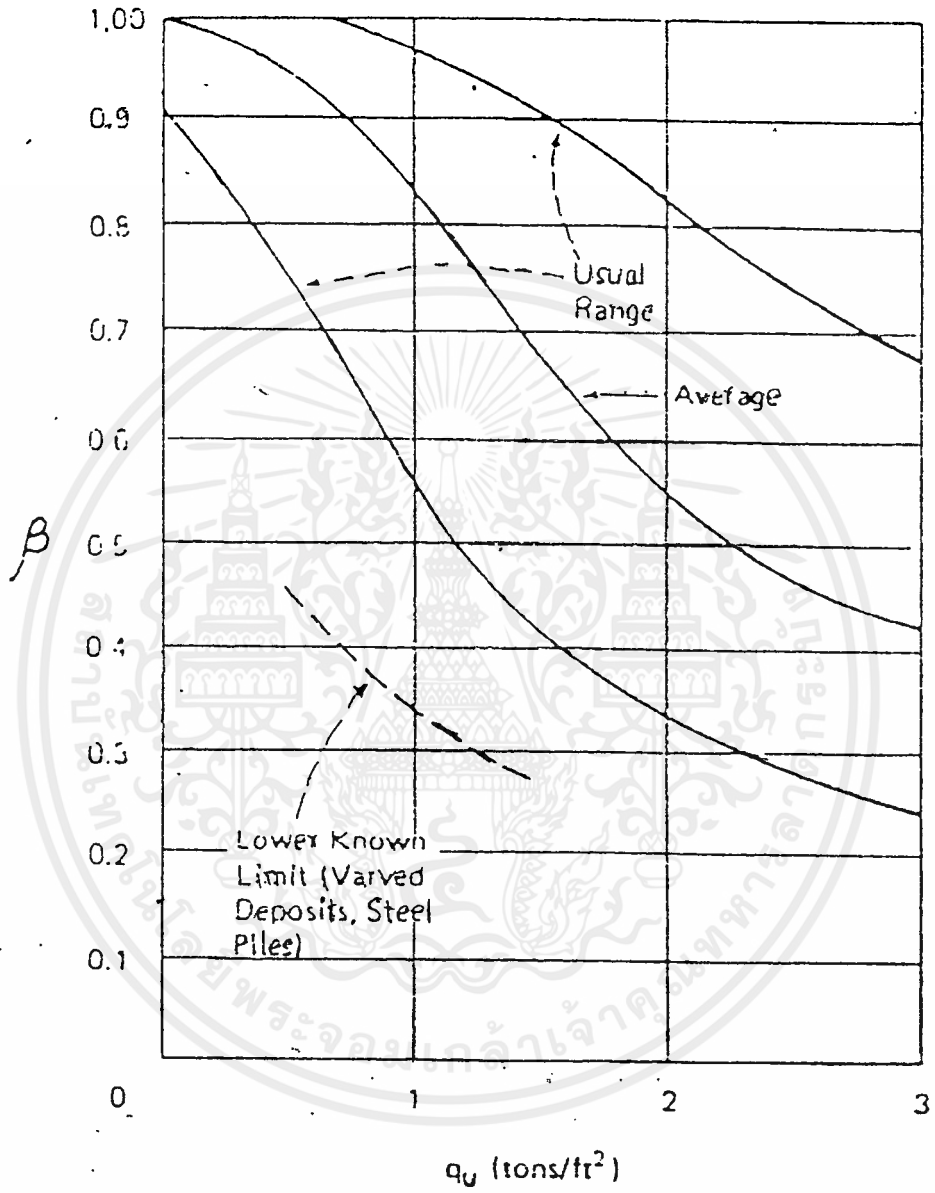
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



: Adhesion Factors for Clays. $C_a = \alpha \cdot c$

รูปที่ 3.4 ค่า C ของดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 ค่าความสามารถในการรับแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำลังรับน้ำหนักเสาเข็มต่อไปดังนี้

ในกรณีที่ไม่มีเอกสารแสดงผลการทดสอบคุณสมบัติของดิน

หน่วยแรงผิวดินที่ยอมให้

- ดินที่อยู่ในระดับลึกไม่เกิน 7 เมตร ให้ระดับน้ำทะเลปานกลาง

หน่วยแรงผิวดินที่ยอมให้ เท่ากับ 600 กก./ตารางเมตร

- ดินที่มีความลึกเกินกว่า 7 เมตร ให้ระดับน้ำทะเลปานกลาง

หน่วยแรงผิวดินที่ยอมให้ = $800 + 200L$ กก./ตารางเมตร

ในเมื่อ L เป็นความยาวของเสาเข็มเป็นเมตรส่วนที่ลึกเกินกว่า 7 เมตร

ในกรณีที่มีการทดสอบคุณสมบัติของดินหรือมีการทดสอบหาลำดับแวกทานของเสาเข็มในบริเวณก่อสร้างหรือข้างเคียงให้ใช้กำลังแวกทานของเสาเข็มไม่เกินอัตราดังต่อไปนี้

1. ไม่เกินร้อยละ 40 ของกำลังแวกทานของเสาเข็มที่คำนวณจากการทดสอบคุณสมบัติของดิน

2. ไม่เกินร้อยละ 40 ของกำลังแวกทานของเสาเข็มที่คำนวณจากสูตรการตอกเสาเข็ม

3. ไม่เกินร้อยละ 50 ของกำลังแวกทานของเสาเข็มที่ได้จากการทดสอบกำลังแวกทานสูงสุด

การคาดคะเนโดยวิธีพลศาสตร์ (DYNAMIC FORMULA)

จากการวิเคราะห์โดยอาศัยสมมติฐานว่า พลังงานเนื่องจากน้ำหนักลูกตุ้มที่ปล่อยกระทบบนหัวเสาเข็ม ต้องเท่ากับพลังงานที่เสาเข็มได้รับเพื่อที่จะดันเสาเข็มให้เคลื่อนที่ลงไปในดินจะได้

สูตรการตอกเสาเข็มซึ่งมีผู้เสนอไว้หลายคน

Engineering News Formula สูตรนี้เสนอโดย A.M. Wellington (1888) เป็นสูตรง่าย ๆ ไม่ยุ่งยากเหมือนสูตรอื่น ๆ กำลังรับน้ำหนักปลอดภัยของเสาเข็มหาได้เมื่อใช้ค่าอัตราส่วนปลอดภัยเท่ากับ 6

1. สำหรับการตอกเสาเข็มลูกตุ้มปล่อย (Drop hammer)

$$Q_u = WH/6(S+2.5)$$

2. สำหรับการตอกโดยปล่อยลูกตุ้มด้วยเครื่องจักร (Single acting steam hammer)

- ในชั้น
- $Q_u = WH/6(S+0.25)$
- Q_u = กำลังรับน้ำหนักปลอดภัยของเสาเข็ม, กก.
- W = น้ำหนักของลูกตุ้มที่ใช้ตอก, กก.
- H = ระยะตกกระแทกของลูกตุ้ม, ซม.
- S = ระยะที่เสาเข็มจมต่อการตอกหนึ่งครั้ง, ซม. (ปกติใช้ค่าเฉลี่ยจากการตอก 5 ครั้งสุดท้ายเมื่อตอกโดยลูกตุ้มปล่อยหรือใช้ค่าเฉลี่ยจากการตอกครั้งสุดท้ายเมื่อตอกโดยลูกตุ้มปล่อยหรือใช้ค่าเฉลี่ยจากการตอก 20 ครั้งสุดท้ายเมื่อตอกโดยการปล่อยลูกตุ้มด้วยเครื่องจักร)

Hiley's Formula สูตรนี้เสนอโดย Hiley ใช้ค่าอัตราส่วนปลอดภัย F เท่ากับ

2-2.5

- ในชั้น
- $Q_p = EWHx(W+e^2P)/(S+0.50C)x(W+P)$
- Q_p = กำลังรับน้ำหนักประลัยของเสาเข็ม, กก.
- W = น้ำหนักลูกตุ้มที่ใช้ตอก, กก.
- H = ระยะตกกระแทกของลูกตุ้ม, ซม.
- S = ระยะที่เสาเข็มจมต่อการตอกหนึ่งครั้ง, ซม.
- C = ระยะยุบตัวยึดหย่อน, ซม. $C_1 + C_2 + C_3$
- C_1 = ระยะยุบตัวของหมอนรองหัวเสาเข็มหนา t ซม.
 $= 0.018xQ_p/A$ ซม.
 $= 0.20-0.40$ ซม. สำหรับเสาเข็มคอนกรีตที่รองด้วยไม้ในหัวครอบเหล็ก
- C_2 = ระยะยุบตัวของเสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กยาว L เมตร
 $= 0.72Q_pL/A$ ซม.
- C_3 = ระยะยุบตัวของดินใต้และรอบเสาเข็ม = $3.60Q_p/A$ ซม.
 ประมาณ 0.25 ซม.
- A = เนื้อที่หน้าตัดของเสาเข็ม, ซม.²
- E = ประสิทธิภาพของลูกตุ้ม
 $= 1.00$ สำหรับลูกตุ้มปลอดภัยด้วยโกหรือ $= 0.75$ เมื่อปล่อยตัวลาดและเครื่องถ่วง

- = 0.75 - 0.85 สำหรับ single acting steam hammer
 = 0.85 สำหรับ Double acting steam hammer
 = 1.00 สำหรับ Diesel hammer
 e = สัมประสิทธิ์ของการรองรับการตอก
 = 0.25 สำหรับการตอกเสาเข็มคอนกรีตที่รองด้วยหมอนรองไม้
 P = น้ำหนักของเสาเข็มเมื่อปลายเสาเข็มตั้งบนชั้นดินแข็งหรือชั้นทราย
 = ครึ่งหนึ่งของน้ำหนักของเสาเข็มเมื่อปลายเสาเข็มตั้งบนชั้นดิน

Janbu's Formula สูตรนี้เสนอโดย Janbu ใช้ค่าอัตราส่วนปลอดภัยเท่ากับ 3

$$Q_e = WH/K_u S$$

ในที่นี้ $K_u = C_d [1 + (1 + (P/C_d))^{0.5}]$

$$C_d = 0.75 + 0.15P/W$$

$$= WHL/AES^2$$

P = น้ำหนักของเสาเข็ม, กก. น้ำหนักของลูกตุ้ม, กก.
 W = ระยะลูกตุ้มตก, ซม.
 H = ระยะที่เสาเข็มจมต่อการตอกหนึ่งครั้ง, ซม.
 A, E, L = พื้นที่หน้าตัด ซม.² โมดูลัสยืดหยุ่น กก./ซม.², ความยาวของเสาเข็ม ซม. ตามลำดับ

3.2 การทดสอบเสาเข็ม

ปัจจุบันการก่อสร้างอาคารขนาดใหญ่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และในการก่อสร้างอาคารนั้นเพื่อความมั่นใจในชีวิตและทรัพย์สินว่าอาคารนั้นจะไม่พังลงมา เนื่องจากการพังของฐานรากทรุดตัวเร็วเกินไปเนื่องจากการใช้เสาเข็ม ขนาดและความยาวไม่เหมาะสมวิศวกรผู้ออกแบบต้องทำการเจาะสำรวจชั้นดิน แล้วนำค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ มาคำนวณหาขนาดและความยาวของเสาเข็ม โดยขั้นนี้ต้องทราบว่าเสาเข็มที่เราใช้นั้นรับน้ำหนักบรรทุกได้ปลอดภัยต้นละกี่ตัน เมื่อทำการตอกเสาเข็มหรือฝังเสาเข็มลงไปในดินเรียบร้อยแล้ว เราต้องทำการทดลองน้ำหนักบรรทุกเสาเข็มอีกครั้ง เพื่อเป็นการยืนยันผลการเจาะสำรวจ

การประเมินน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มโดยให้คินรับน้ำหนักจากการทดสอบ

จากการศึกษาของ TOMLINSON (1979) พบว่าเมื่อให้น้ำหนักบรรทุกในแนวตั้งแก่เสาเข็มในลักษณะต่อเนื่อง จะได้กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง LOAD กับ SETTLEMENT ดังรูปที่ 3.6 คือช่วงแรกเป็นช่วงที่ ELASTIC การทรุดตัวจะเป็นเส้นตรงถ้าเอาน้ำหนักบรรทุกออกหัวเสาเข็มจะคืนตัวอยู่ระดับเดิม แต่ถ้าให้น้ำหนักบรรทุกเลยช่วง ELASTIC ไปจนเกิด YIELDING ดินและเสาเข็มจะค่อย ๆ SLIP ออกจากกันจนเกิด MAXIMUM SKIN FRICTION ถ้าถอนน้ำหนักบรรทุกออกเสาเข็มจะคืนตัวไปอยู่ที่จุด C ระยะ OC ถือเป็น PERMANENT SETTLEMENT ปกติระยะทรุดตัว ณ จุด MAXIMUM SKIN FRICTION จะมีค่าประมาณร้อยละ 0.3 - 1.0 ของเส้นผ่าศูนย์กลางของเสาเข็ม สำหรับการ FAILURE ที่การทรุดตัวประมาณร้อยละ 10 - 20 ของเส้นผ่าศูนย์กลางเสาเข็ม

จากการศึกษาของ VESIC (1965) พบว่าเสาเข็มที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 600 มม. จะมีค่าการทรุดตัวที่ WORKING LOAD ไม่เกิน 10 มม. ค่า FACTOR OF SAFETY ไม่น้อยกว่า 2.5 ถ้าเสาเข็มขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่กว่า 600 มม. ค่าการทรุดตัวที่ WORKING LOAD จะสูงขึ้นมากกว่า 10 มม.

FULLER, F.M. และ HOY, M.E. (1970) กำหนดแรงพิบัติของเสาเข็มที่ทดสอบโดยวิธี QUICK LOAD TEST ว่าคือแรงที่ทำให้ระยะการทรุดตัวของเสาเข็มที่เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ในขณะที่น้ำหนักที่กระทำบนหัวเสาเข็มไม่เพิ่มขึ้นเลขตามรูปที่ 3.7

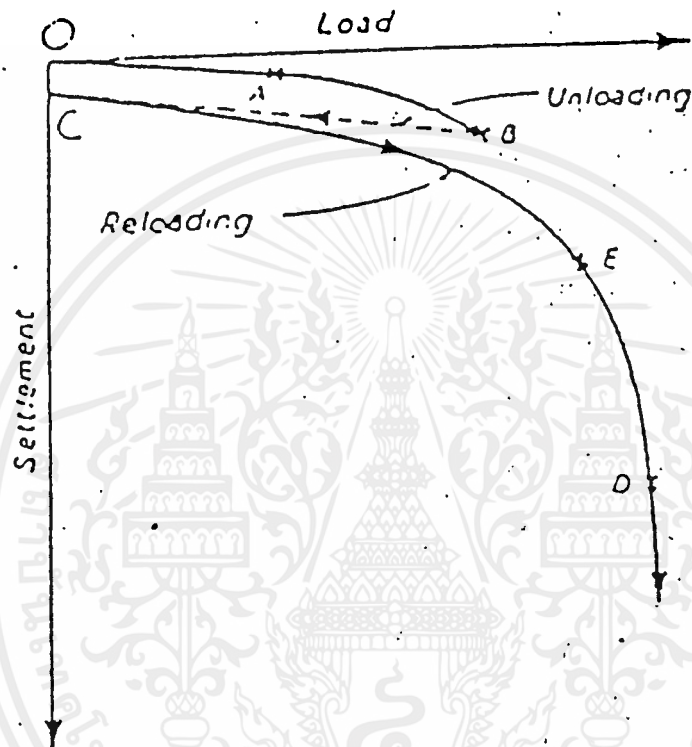
SIDNEY AND THOMAS (1972) กำหนดแรงพิบัติเสาเข็มได้จากการทดสอบโดยกำหนดค่า TOTAL SETTLEMENT รวม ELASTIC DEFORMATION ของหัวเสาเข็มด้วยจะรับน้ำหนักได้สูงสุดที่ SETTLEMENT 0.01 นิ้ว/ตัน

DE BEER (1966) FELLINIUS (1975) กำหนดหาแรงพิบัติของเสาเข็มโดยวิธีทดสอบแบบ SHOW MAINTAINED LOAD โดยนำค่าระยะการทรุดตัวของเสาเข็มกับแรงกดในแนวตั้งมาเขียนความสัมพันธ์ในกราฟ LOGARITHMIC SCAL ทั้งสองแกนจะสามารถลากเป็นเส้นตรงได้สองเส้น จุดตัดของกราฟเส้นตรงสองเส้นนั้นคือ แรงพิบัติของเสาเข็ม ดังรูปที่ 3.8

WHITAKER (1970) ได้พยายามศึกษาหาแรงพิบัติของการทดสอบเสาเข็ม สรุปได้ว่าเสาเข็ม FRICTION PILE ให้กราฟอย่างหนึ่ง และ END BEARING PILE ให้กราฟอีกอย่างหนึ่ง ดังแสดงในรูปที่ 3.9a, 3.9b

AASHTO (1989) กำหนดให้ใช้น้ำหนักบรรทุกปลอดภัยร้อยละ 50 ของผลที่ได้จาก

Load-settlement curve for compressive load to failure on pile (After Tomlinson, 1979)



รูปที่ 3.6 กราฟการทรุดตัวเนื่องจากการ
ให้น้ำหนักจนเสาเข็มพัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบติดต่อกันเป็นเวลา 48 ชั่วโมง ที่ให้ค่า Permanent settlement ไม่มากกว่า 6.44 มม. (1/4 นิ้ว) ในจำนวนเสาเข็ม 100 ต้น ให้ทำการทดสอบอย่างน้อย 1 ต้น

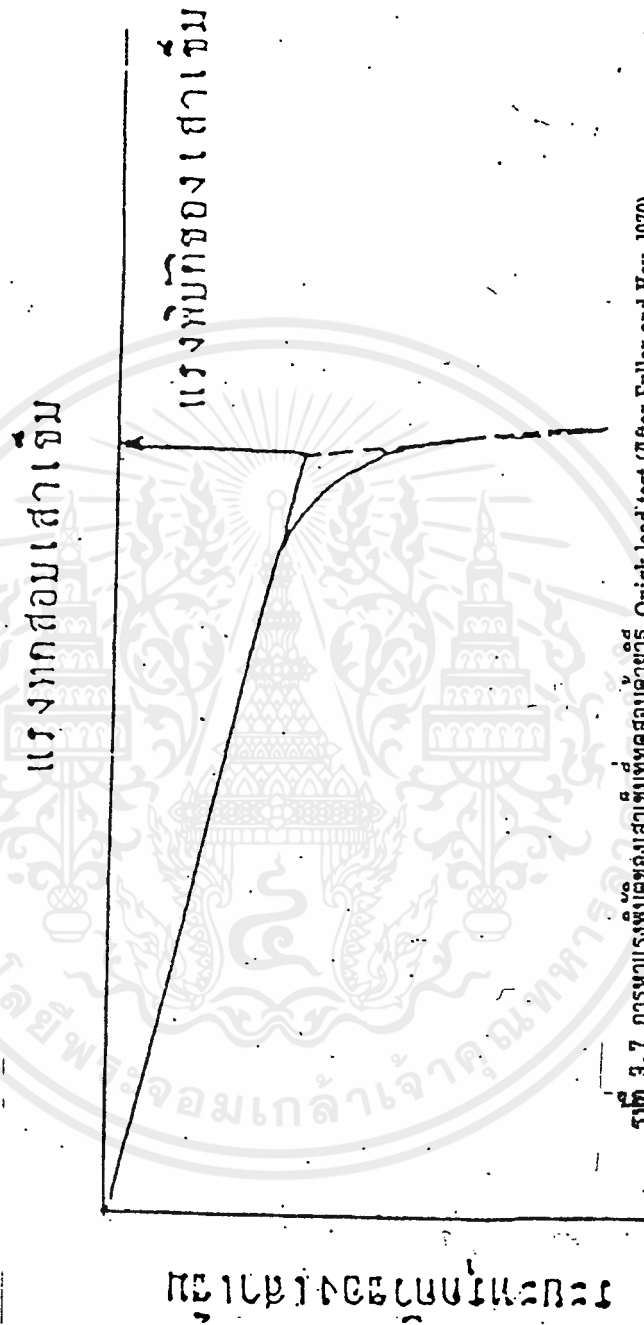
Zeevart (1979) ได้ศึกษาและทำรายงานไว้ว่า แรงเสียดทานที่เกิดขึ้นกับพื้นที่ผิวตลอดความยาวของเสาเข็ม จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามเวลาที่ฝังเสาเข็มไว้ในดิน คือยิ่งตอกแล้วทิ้งไว้นาน shaft friction จะรับน้ำหนักได้เพิ่มขึ้นเนื่องจาก pore water ที่อยู่รอบ ๆ เสาเข็มหนีออกไปทำให้ดินแข็งขึ้นและรับน้ำหนักได้มากขึ้น

การทดสอบและการประเมินผลการทดสอบ

การทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มมีหลายวิธีด้วยกัน แต่ปกติจะทดสอบตาม ASTM D 1143 เป็นส่วนใหญ่ โดยอาจทดสอบหลายๆ รอบก็ได้เพื่อจะได้ค่า Permanent Settlement กับ Max Load ของแต่ละรอบที่ต้องการ การทดสอบตาม ASTM D 1143 นี้มีวิธีการทดสอบ 2 วิธีด้วยกัน คือ Standard Load Method กับ Direct Load Method

Standard Load Method คือ การให้น้ำหนักบรรทุกแก่เสาเข็มจนวิบัติ หรือ ร้อยละ 200 ของน้ำหนักบรรทุกออกแบบสำหรับเสาเข็มเดี่ยวหรือร้อยละ 150 ของน้ำหนักบรรทุกออกแบบสำหรับเสาเข็มกลุ่ม การให้น้ำหนักบรรทุกแก่เสาเข็มให้เพิ่มน้ำหนักบรรทุกครั้งละ 25 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักบรรทุกออกแบบแล้วคองน้ำหนักบรรทุกนี้ไว้ (Maintain) จนกระทั่งอัตราการทรุดตัวไม่มากกว่า 0.01 นิ้ว (0.254 มม.) ต่อชั่วโมงหรือจนกระทั่ง 2 ชั่วโมงผ่านไป จึงจะขึ้นน้ำหนักบรรทุกใหม่ได้ เมื่อขึ้นน้ำหนักบรรทุกถึงร้อยละ 200 หรือร้อยละ 150 ของน้ำหนักบรรทุกออกแบบแล้วแต่กรณีให้แช่น้ำหนักบรรทุกนี้ไว้เป็นเวลา 48 ชั่วโมง (เว้นเสียแต่การจมของเสาเข็มมากกว่า 0.01 นิ้วต่อชั่วโมง ให้แช่น้ำหนักบรรทุกไว้ 24 ชั่วโมง) เมื่อแช่น้ำหนักบรรทุกตามเวลาที่ต้องการแล้ว ให้ถอนน้ำหนักบรรทุกออกครั้งละ 25 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักบรรทุกที่ทดสอบ (Total Load) ถอนน้ำหนักบรรทุกออกทุก ๆ ชั่วโมง การบันทึกการทรุดตัวที่น้ำหนักบรรทุกใดๆ ให้บันทึกที่เวลา 0 5 10 15 30 60 90 และ 120 นาที ช่วงให้น้ำหนักบรรทุกเพิ่ม ส่วนช่วงถอนน้ำหนักบรรทุกออกให้บันทึกการทรุดที่เวลา 0 5 10 15 30 และ 60 นาที (การบันทึกการทรุดตัวทุกน้ำหนักบรรทุกผู้ทดสอบต้องควบคุมให้น้ำหนักบรรทุกอยู่ที่น้ำหนักบรรทุกนั้นจริงๆ)

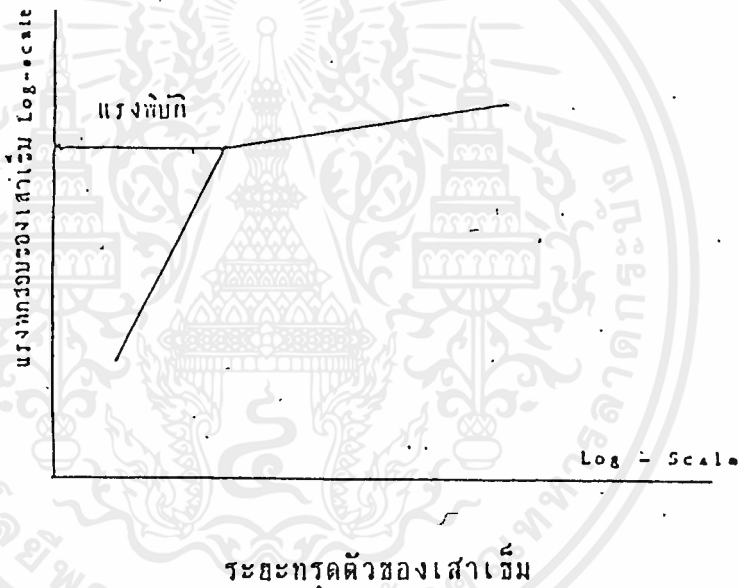
Direct Load Method คือการให้น้ำหนักบรรทุกแก่เสาเข็มอย่างสม่ำเสมอต่อเนื่องไปเรื่อยๆ พร้อมจคน้ำหนักบรรทุกและค่าการทรุดตัวไปเรื่อยๆ จนถึงน้ำหนักบรรทุกที่ต้องการ หรือพบการวิบัติ



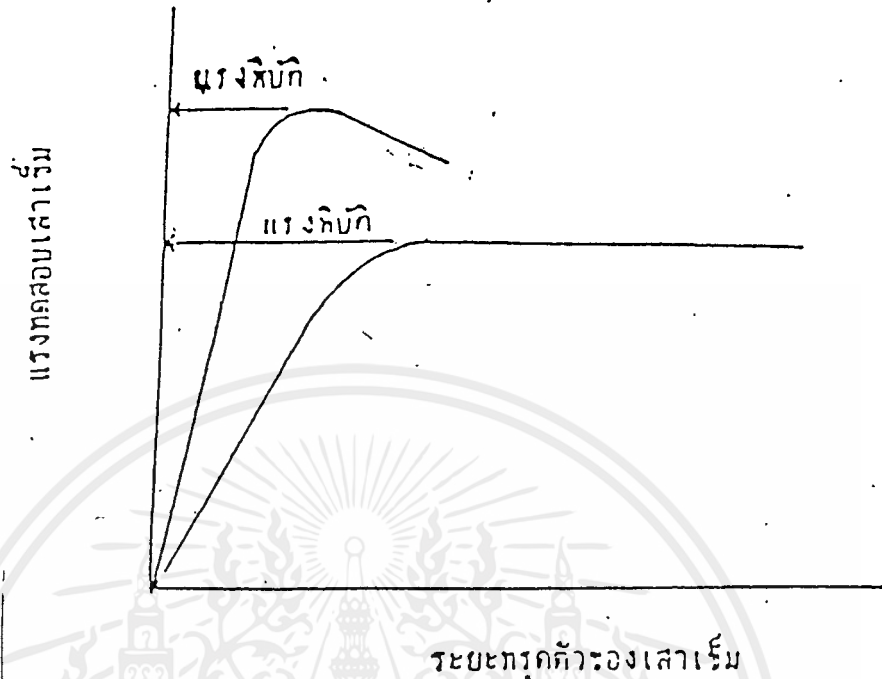
รูปที่ 3.7 การหาแรงที่บับัดของเสาเข็มที่ทดสอบด้วยวิธี Quick load test (After Fuller and Hoy, 1970)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

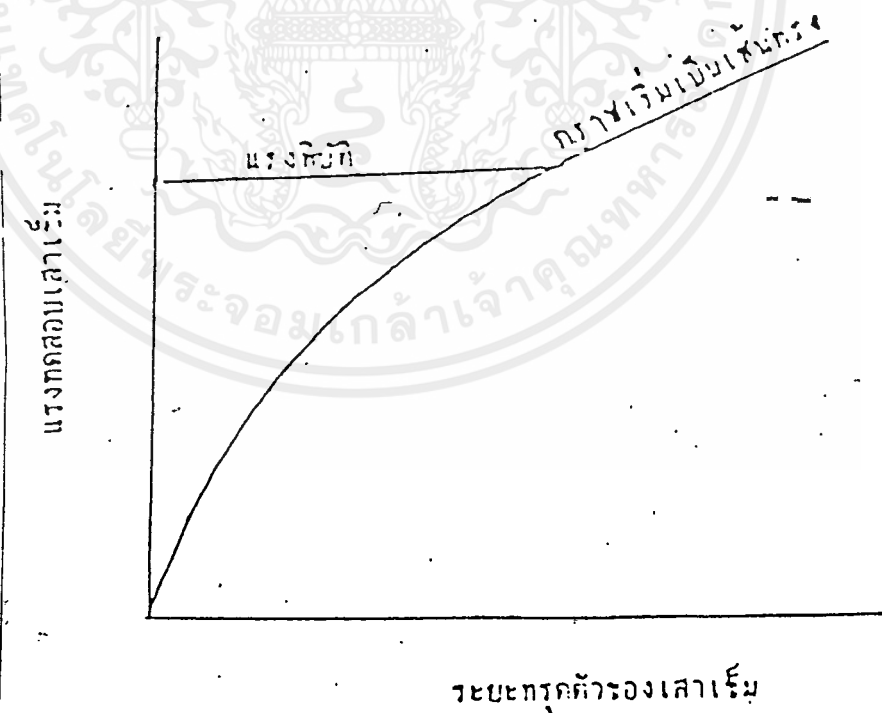
ภาพที่ 3.8 การหาแรงพิบัตของเสาเข็มโดยวิธีของ Fellinius, B.H. (1975)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 (a) การหาแรงพิบัติของ Friction Pile โดยวิธีของ Whitaker, T (1970)



รูปที่ 3.9 (b) การหาแรงพิบัติของ End Bearing Pile โดยวิธีของ Whitaker, T (1970)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบการรับน้ำหนักขึ้นอยู่กับว่าจะออกแบบ แบบใดเช่น DESIGN LOAD , YIELD LOAD, PERMANENT SETTLEMENT, LOG LOAD, LOG SETTLEMENT เป็นหลักในการพิจารณา

3.3 การควบคุมงานเสาเข็ม

3.1 การตรวจสภาพพื้นที่ และสภาพแวดล้อม ก่อนเริ่มการเจาะเสาเข็มผู้ควบคุมงานและผู้รับเหมาควรสำรวจสภาพพื้นที่ให้ทั่วโดยละเอียด เพื่อตรวจดูและบันทึกข้อมูลที่จะเป็นประโยชน์ในการวางแผนป้องกันปัญหาและบันทึกไว้เป็นหลักฐาน เช่น การสำรวจสภาพสิ่งก่อสร้างอาคารข้างเคียงที่ติดกับพื้นที่ก่อสร้างว่ามีสภาพอย่างไร มีรื้อหรือชำรุดหรือไม่ บันทึกไว้ด้วยภาพถ่ายเป็นหลักฐานในการแสดง เมื่อมีปัญหาการร้องเรียนว่าเกิดความเสียหายเนื่องจากงานก่อสร้าง เป็นต้น ควรสำรวจสิ่งกีดขวาง และอุปสรรคต่างๆ เพื่อวางแผนการแก้ไขล่วงหน้าเช่นสิ่งกีดขวางที่เป็นต้นไม้ใหญ่ โครงสร้างเก่าเป็นคอนกรีตเสริมเหล็กฝังอยู่ในดิน หลุมบ่อ ซึ่งต้องถมเพื่อให้เครื่องจักรเคลื่อนผ่าน สายไฟฟ้าแรงสูง แรงต่ำ ตลอดจนเสาไฟฟ้า ที่อยู่ในรัศมีการทำงานของเครื่องจักร

3.2 การตรวจรับผังบริเวณ โดยต้องได้รับการอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรให้ใช้ทำงานตามแผนผังบริเวณจากเจ้าของโครงการ หรือผู้ได้รับมอบอำนาจให้ทำการแทนเสียก่อน ถึงแม้จะมีแบบก่อสร้างอยู่แล้วก็ตามผู้รับเหมาควรทำการสำรวจระยะและตำแหน่งแล้วทำแบบผังบริเวณที่มีรายละเอียดครบถ้วน เสนอขออนุมัติก่อนที่จะทำเสาเข็มต่อไป

3.3 การตรวจแบบแปลนเสาเข็ม ระยะเวลาแสดงตำแหน่งเสาเข็ม และจุดอ้างอิงต่างๆ ที่สำคัญหากมีรายละเอียดไม่ครบถ้วน หรือขัดแย้งกันเอง ผู้รับเหมาควรมีเวลาที่จะทำหนังสือขอรายละเอียดเพิ่มเติมจากผู้ออกแบบได้ทันเวลาทำงานต่อไป และผู้รับเหมาควรตรวจระยะต่างๆในสนามเพื่อเทียบกับแบบก่อสร้าง แล้วจัดทำแบบแปลนเสาเข็มเพื่อขออนุมัติใช้ทำงานได้อย่างถูกต้อง

3.4 การเตรียมแผนภูมิแสดงข้อมูลการทำงาน ใช้แสดงข้อมูลต่างๆ ที่สำคัญของการทำงานในรูปแบบแผนภูมิต่างๆ เช่นแผนวงกลม แผนภูมิแท่ง กราฟเส้นแสดงความสัมพันธ์ปริมาณงานต่อเวลา เพื่อให้เจ้าของโครงการตลอดจนผู้ที่เกี่ยวข้องใช้ประโยชน์ในการรับทราบความก้าวหน้า พิจารณาเพื่อวิเคราะห์ปัญหาและวางแผนงานให้ดำเนินไปได้ อย่างมีประสิทธิภาพ

3.5 การเตรียมบุคคลากรทำหน้าที่ควบคุมงานของบริษัทที่ปรึกษา งานเสาเข็ม

เป็นงานที่ต้องบันทึกข้อมูลการทำงานแต่ละขั้นตอนค่อนข้างละเอียด อาจไม่มีวันหยุด และต้องทำงานกลางแจ้ง ดังนั้นผู้ควบคุมงานต้องเป็นผู้ที่มีสุขภาพ แข็งแรง อดทน สามารถอุทิศเวลาให้กับงานได้ตลอดเวลา โดยเฉพาะช่างคุมงานระดับช่างเทคนิค จะต้องทำหน้าที่ตรวจสอบงานให้เป็นไปตามข้อกำหนด และบันทึกข้อมูลการทำงานโดยละเอียดจะต้องทำหน้าที่อยู่ในสนามตลอดเวลา เพราะจะต้องเป็นผู้แก้ปัญหา

3.6 การบันทึกข้อมูลการทำงาน ผู้ควบคุมงานระดับช่างเป็นผู้บันทึกการทำงาน เสาเข็มโดยละเอียดตลอดเวลา เช่น เวลาเริ่มและเสร็จของงานแต่ละขั้นตอน ลักษณะชั้นทรายของปลายเข็ม ความลึกของการเจาะ สภาพอากาศ สิ่งกีดขวาง อุปสรรคและปัญหาการปฏิบัติงานหรือข้อกำหนด อุบัติเหตุ ข้อนำสังเกต ข้อควรระวังโดยการบันทึกข้อมูลต่าง ๆ ลงในแบบฟอร์มที่ได้จัดทำขึ้นให้เหมาะกับลักษณะงาน มีความง่ายต่อการบันทึกและการตรวจสอบ

3.7 การตรวจสอบตำแหน่งเสาเข็ม ชั้นแรกต้องตรวจสอบจากแบบสำหรับก่อสร้างแล้วจึงตรวจโดยการวัดในสนามโดยใช้กล้อง และเทปวัด เมื่อทำงานต้องวัดความคลาดเคลื่อน หากมีระยะคลาดเคลื่อนมากต้องมีการบันทึกไว้เพื่อใช้ในการทำฐานรากต่อไป

3.8 การตรวจตั้งของเสาเข็ม ในเสาเข็มเจาะขณะเริ่มกดปลอกเหล็กกลึงดินโดยใช้กล้องหรือระดับน้ำที่มีความยาวไม่น้อยกว่า 1 เมตร (โดยปกติยอมให้คลาดเคลื่อนได้ 1:100) ทาบที่ปลอกเหล็ก 2 ด้านที่ตั้งฉากกันจะทำให้ปลอกเหล็กได้ตั้ง และควรตรวจตั้งของก้านเจาะในขณะที่เจาะดิน

3.9 การตรวจความสะอาดกันหลุม ในเสาเข็มเจาะเมื่อเจาะถึงระดับชั้นทรายได้ระยะ 3 เท่า ของเส้นผ่าศูนย์กลางเสาเข็มตามที่กำหนดแล้วตรวจความสะอาดของกันหลุมที่เจาะแบบถึงจุดขึ้นมาว่าสะอาดหรือไม่ ถ้าพบเศษวัสดุก็ต้องขุดลงไปอีกเล็กน้อยเพื่อนำสิ่งสกปรกดังกล่าวขึ้น จนเหลือแต่ชั้นทรายแน่นที่สะอาด ซึ่งจะช่วยให้การทรุดตัวของเสาเข็มเมื่อรับน้ำหนักมากแล้วมีค่าไม่มากจนเกิดความเสียหายต่ออาคาร

3.10 การวัดความลึกเสาเข็ม วัดระยะถ่างปลายเสาเข็มด้วยก้อนน้ำหนัก หย่อนลงไปจนถึงกันหลุม ในเสาเข็มเจาะจะเป็นประโยชน์ในการหาปริมาณคอนกรีตที่จะเท และเทียบกับ ปริมาณคอนกรีตที่ใช้จริงว่ามีสิ่งผิดปกติเกิดขึ้นหรือไม่ การวัดความลึกนี้จะวัดประมาณ 2 - 3 จุดแล้วหาค่าความลึกเฉลี่ย กรณีที่เสาเป็นเสาเข็มเจาะ ซึ่งในระหว่างที่เทคอนกรีตจะมีการวัดระดับคอนกรีตที่เทได้กับการคำนวณเป็นระยะ ๆ ด้วยวิธีเดียวกันเพื่อพลอตกราฟว่ามีสิ่งผิดปกติเกิดขึ้นหรือไม่

3.11 การกำหนดระดับปลายเส้าเข็มในสนาม ระดับปลายเส้าเข็มที่ระบุในแบบก่อสร้างจะเป็นระดับที่ประมาณได้จากการเจาะสำรวจดิน ดังนั้นระดับปลายเส้าเข็มจริงๆ จะต้องกำหนดขึ้นจากการเจาะดินให้ได้ตามข้อกำหนด เช่น ถึงระดับชั้นทรายแน่น มีระยะฝังปลายเส้าเข็มไม่น้อยกว่า 3 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางเส้าเข็ม และทรายกันหลุมต้องสะอาดปราศจากสิ่งสกปรก โดยปรกติผู้รับเหมาจะร่วมพิจารณากับผู้คุมงาน ถ้ามีข้อขัดแย้งผู้คุมงานควรรายงานข้อมูลเพื่อขอความเห็นต่อวิศวกรผู้ออกแบบ เพื่อปฏิบัติให้ถูกต้องต่อไป

3.12 การพิจารณาทรายที่ปลายเส้าเข็ม ในบางโครงการพบปัญหาทรายที่ระดับปลายเส้าเข็ม โดยมีความเห็นแตกต่างกันระหว่างเจ้าหน้าที่ของเจ้าของโครงการกับผู้รับเหมา ผู้ควบคุมงานต้องรับหน้าที่เป็นผู้ตัดสิน การตรวจโดยใช้วิธีง่าย ๆ ใช้กระบอกลงดูขนาดบรรจุ 500 - 1000 cc. นำทรายดังกล่าวที่จะตรวจสอบใส่กระบอกลงแล้วเติมน้ำสะอาด ทั้งทรายและน้ำที่ใส่ลงไปต้องมีปริมาณคงที่ ในการทดลองทุกครั้งเพื่อสามารถเปรียบเทียบกันได้ แล้วเขย่าทรายที่ผสมน้ำให้กระจาย ทั้งไว้ประมาณ 10 นาที จะเห็นสี และขนาดของเม็ดทรายตัวอย่าง ตลอดจนตะกอนที่ตกค้างอยู่บนเนื้อทรายสามารถเปรียบเทียบกับทราย ในบริเวณเส้าเข็มทดสอบได้อย่างชัดเจน หลังจากนั้นจึงเก็บตัวอย่างใส่ขวดพลาสติก พร้อมบันทึกตำแหน่งที่เจาะ และระดับความลึกของเส้าเข็มไว้แสดงต่อผู้ที่ต้องการตรวจดูภายหลังได้อย่างดี สำหรับตัวอย่างทรายที่เก็บควรเก็บจากระดับปลายเส้าเข็ม และชั้นที่ถัดขึ้นมา 1 ชั้นใส่ขวดพลาสติกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 1 นิ้ว สูง 2 นิ้ว

3.13 ระดับหัวเส้าเข็ม สำหรับเส้าเข็มเจาะเนื่องจากการยุบตัวของคอนกรีตเส้าเข็มเจาะหลังจากการถอนปลอกเหล็กชั้นจะมีขนาดสูงตั้งแต่ 2 - 4 เมตร ดังนั้นวิธีการเทคอนกรีตเส้าเข็มที่ระดับหัวเส้าเข็มใกล้ผิวดิน เช่น ระดับหัวเส้าเข็มมีค่า 2.00 เมตร ขึ้นมาใกล้ผิวดินอาจจะต้องเทคอนกรีตด้วย วิธีตั้งปลอกเหล็กชั้นสูงจากระดับผิวดินประมาณ 2 เมตร แล้วเทคอนกรีตเพื่อการยุบตัวไว้จนเต็มเมื่อถอนปลอกออก คอนกรีตจะยุบตัวลงไปโดยมีระดับหัวเส้าเข็มไม่ต่ำกว่าระดับที่กำหนดไว้ ซึ่งวิธีการเทคอนกรีตวิธีนี้จะเป็นการไล่สิ่งสกปรก เช่น น้ำเบนโทไนท์ และเศษดินต่าง ๆ ให้ไหลล้นขึ้นมาที่ปากปลอกเหล็ก จนมีแต่คอนกรีตที่คัลวน ๆ เต็มอยู่ที่ปากปลอกเหล็ก แล้วยกปลอกเหล็กชั้นให้สูงจากระดับผิวดินตามที่ต้องการด้วย ไวโบร์ แฮมเมอร์ หลังจากนั้นจึงเทคอนกรีตเติมลงไปจนปลอกเหล็กจนได้ปริมาณที่พอต่อการยุบตัว แล้วจึงถอนปลอกเหล็กออกจากรูเจาะสำหรับเส้าเข็มที่มีระดับหัวเส้าเข็ม ตั้งแต่ 4.00 เมตร ลงไปในดิน สามารถเทคอนกรีตด้วยวิธีปกติ

คือ เทคอนกรีตด้วยวิธีปกติ คือ เทคอนกรีตไล่สิ่งสกปรกจนเห็นเนื้อคอนกรีตผิวที่ปากปลอกเหล็ก แล้วก็ถอนปลอกเหล็กชั้นได้เลย

3.14 การตรวจสอบคุณสมบัติคอนกรีต สำหรับงานเสาเข็มเจาะคอนกรีตจะต้องมีค่าการยุบตัวไม่น้อยกว่า 15 เซนติเมตร เพื่อสามารถเทผ่านท่อได้ง่ายและรวดเร็ว คอนกรีตสามารถไหลเข้าไปตามซอกต่าง ๆ ได้จนเต็มไม่เกิดโพรง กำลังของคอนกรีตมีค่ามากกว่า 240 ksc. และสามารถใช้สารผสมหน่วง เพื่อยืดเวลาการแข็งตัวของคอนกรีตมากกว่า 4 ชั่วโมง ดังนั้นการตรวจสอบคุณสมบัติคอนกรีต จะต้องทดสอบค่าการยุบตัวของคอนกรีตทุกคันรถ แล้วบันทึกค่าไว้ ซึ่งในบางครั้งค่าการยุบตัวจะวัดได้น้อยกว่ากำหนด ผู้ควบคุมงานขอให้เติมน้ำได้หรือไม่ในกรณีนี้ผู้คุมงานควรขอความเห็นจากผู้ออกแบบเพื่อใช้ปฏิบัติไว้ก่อนที่จะเริ่มทำงาน การเก็บตัวอย่างเพื่อทดสอบกำลังของคอนกรีตอาจเก็บโดยการสุ่มจากคอนกรีต 3 คัน ๆ ละ 9 ก้อน ต่อเสาเข็ม 1 ต้น

3.15 การตรวจเหล็กเสริมเสาเข็ม เหล็กเสริมควรตัดตัวอย่างไปทดสอบวัดแรงดึงและพื้นที่หน้าตัดเพื่อเสนอผลการทดสอบต่อผู้ออกแบบเมื่อได้รับอนุมัติแล้ว จึงนำเข้าทำงาน ในกรณีที่ต้องมีการต่อเหล็กด้วยการเชื่อมก็ควรส่งตัวอย่างการเชื่อม เพื่อการทดสอบขออนุมัติใช้งานต่อไป

3.16 การประชุมเพื่อแก้ปัญหาค่าเนื้องาน ควรจัดให้มีการประชุมทุกประจำสัปดาห์ ต่อครั้งระหว่างผู้รับเหมากับผู้ควบคุมงานของบริษัทที่ปรึกษา จัดประชุมให้มีเดือนละ 1 ครั้ง โดยเชิญฝ่ายเจ้าของโครงการ และผู้ออกแบบที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานในปัจจุบัน เข้าร่วมประชุมเพื่อตรวจสอบการดำเนินงาน ความก้าวหน้าของงาน อุปสรรค และปัญหาที่ก่อให้เกิดความล่าช้า ตลอดจนเสนอความเห็นเป็นมติที่ประชุมเพื่อใช้ปฏิบัติต่อไป

3.17 การควบคุมงานของวิศวกร ในเสาเข็มเจาะเป็นหน้าที่สำคัญที่จะต้องมีส่วนร่วมที่จะต้องอยู่ในสนาม เพราะเมื่อเกิดปัญหาขัดข้องจากการเทคอนกรีต เช่น รถส่งคอนกรีตขาดระยะเวลานานทำให้เวลาการเทคอนกรีตเกินกำหนดที่ได้อนุมัติไว้ เกิดการอุดตันในท่อเทคอนกรีตเทต่อไปไม่ได้ ท่อเทคอนกรีตหลุดลงไปในรูเจาะขณะเทคอนกรีต เหล็กเสริมเสาเข็มลอยขึ้นมาขณะเทคอนกรีต ฯลฯ วิศวกรต้องตัดสินใจแก้ปัญหาต่าง ๆ ในทันทีเพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายมาก

3.18 ระบบสายงานการส่งหนังสือ ในโครงการก่อสร้างพบว่าถ้าใช้ระบบการส่งหนังสือเพื่อให้เกิดความรวดเร็วในการทำงานควรปฏิบัติดังนี้

1. ผู้รับเหมา

2. ผู้ควบคุมงานของบริษัทที่ปรึกษา
3. ผู้ออกแบบ
4. เจ้าของโครงการ
5. ผู้ควบคุมงานของบริษัทที่ปรึกษา
6. ผู้รับเหมา

กล่าวคือ เมื่อผู้รับเหมาเสนอหนังสือเพื่อขออนุมัติใช้งาน หรือเพื่อทำงานหรือถามปัญหาต่าง ๆ ผู้ควบคุมงานควรจะได้รับทราบ เพื่อพิจารณาบันทึกให้ความเห็นต่อผู้ออกแบบซึ่งในกรณีปัญหาเร่งด่วนที่ต้องการข้อยุติโดยเร็ว ผู้ควบคุมงานอาจจะติดต่อผู้ออกแบบทันทีเพื่อขอความเห็น ในการปฏิบัติงาน แล้วจึงเสนอหนังสือไปตามลำดับขั้นตอนในภายหลัง เมื่อผู้ออกแบบให้ความเห็นมาแล้วโดยปรกติ เจ้าของโครงการมักจะไม่มีความเห็นเป็นอย่างไรที่ต้องพิจารณาให้คำตอบ เช่นเดียวกับผู้ออกแบบ เมื่อผู้ควบคุมงานได้รับคำตอบ ก็จะรีบส่งให้ผู้รับเหมาปฏิบัติต่อไป สำหรับหนังสือดังกล่าวอาจจะมี 5 ชุด โดยเก็บไว้ที่ผู้ควบคุมงานหนึ่งชุด เมื่อได้รับจากผู้รับเหมา และอีก 4 ชุด ส่งเป็นหลักฐานแก่ฝ่ายต่างๆ ที่อยู่ในสายงานหนังสือภายหลังที่ผ่านการอนุมัติทุกขั้นตอนแล้ว

3.19 การเก็บตัวอย่างคอนกรีต ในเสาเข็มเจาะจะต้องมีการเก็บตัวอย่างของเสาเข็มทุกต้นต้นละไม่น้อยกว่า 9 ก้อนตัวอย่าง โดยสุ่มจากรดส่งคอนกรีต 3 คั่น ๆ ละ 3 กั่น ไม่ควรเก็บต้นละก้อนเพราะถ้าผลการทดสอบไม่ผ่านอาจจะถือได้ว่า คอนกรีตในรทนั้นต่ำกว่าที่กำหนดจะเป็นปัญหาในการทำงาน ตัวอย่างคอนกรีตที่เก็บแล้วจะต้องจัดเก็บให้เหมาะสม ห่างจากการสั่นสะเทือนจากรถวิ่ง และโดยเฉพาะเครื่องจักร ไวบร่าเตอร์ แล็มเมอร์ ที่ใช้กด ถอนปลอกเหล็กซึ่งมีแรงสั่นสะเทือนมาก บางโครงการขาดการระวังในเรื่องนี้ ทำให้ตัวอย่างคอนกรีตที่เก็บไว้จำนวนมากได้รับการกระทบกระเทือน และไม่ผ่านการทดสอบทั้งหมด ทำให้เกิดปัญหามาก

3.20 การทดสอบคุณสมบัติเบนโทไนท์ ในระบบเสาเข็มเจาะ เบนโทไนท์ชนิดที่ผลิตและจำหน่ายอยู่ในรูปของผงละเอียดเป็นถุง ๆ ละ 50 กิโลกรัมมีคุณสมบัติค้ำน้ำได้ดี แต่ละอนุภาคจะพองตัวเบียดกัน ทำให้น้ำไหลผ่านระหว่างอนุภาคได้ยาก ใช้สำหรับป้องกันผนังรูเจาะไม่ให้พังทะลวง โดยผสมน้ำแล้วใส่ลงไปนรูเจาะ ดังนั้นจึงต้องมีการตรวจสอบคุณสมบัติได้แก่ ความหนาแน่น ความเป็นกรดด่าง ความหนืด และปริมาณทรายที่เจือปน ซึ่งต้องมีการทดสอบคุณสมบัติทุกวันก่อนใช้งานแล้วบันทึกไว้

3.21 การรายงานเสนอต่อเจ้าของโครงการ ควรมีรายงานประจำแสดงถึง

รายละเอียดของการทำงาน และข้อมูลที่เป็นประโยชน์ เช่น ประเภทของงาน ตำแหน่ง จำนวนคนงานระดับต่าง ๆ วัสดุเข้าหน่วยงาน เวลาการทำงาน ปัญหา อุปสรรคของงาน อุบัติเหตุ เป็นต้น รายงานประจำสัปดาห์ แสดงข้อมูลโดยสรุปและสาระสำคัญของข้อมูลจากการรายงานประจำวัน และรายงานประจำเดือน ซึ่งควรจัดทำเป็นเล่มให้เรียบร้อย แสดงข้อมูลโดยสรุปความก้าวหน้าของงาน ปริมาณและเวลานับถึงปัจจุบัน ช้าหรือเร็วเพราะเหตุใด มีข้อเสนอแนะเพื่อแก้ไขอย่างไร ตลอดจนแสดงแผนภูมิต่าง ๆ ของการทำงานที่ง่ายต่อการพิจารณา เพื่อเปรียบเทียบสภาพงานที่พัฒนาไปตามระยะเวลา และอาจจะมีรูปถ่ายแสดงถึงสภาพงานปัจจุบันไว้ด้วย เป็นต้น สำหรับรายงานประจำเดือนผู้ควบคุมงานจะใช้สำหรับการรายงานในที่ประชุม เพื่อให้ผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่ายรับทราบ

3.22 แผนภูมิแสดงข้อมูลการทำงาน ใช้ในการพิจารณาแก้ปัญหางานให้แสดงต่อผู้เกี่ยวข้องให้ทราบถึงสภาพงานในปัจจุบัน และใช้ประกอบเอกสารการรายงานเสนอต่อเจ้าของโครงการเป็นต้น

3.23 ความสะอาดของพื้นที่การทำงาน สำหรับคนที่เกิดจากการเจาะดิน ถ้าทิ้งไว้เพียงวันเดียวจะมีกองขนาดใหญ่กีดขวางการทำงานเป็นอย่างมาก ดังนั้นต้องมีการขนดินออก เศษดินต่าง ๆ ก็ควรเก็บกวาดอยู่เสมอ เพราะเมื่อโดนน้ำก็จะเป็นโคลนทำให้ลื่น อาจเกิดอุบัติเหตุร้ายแรง ตลอดจนน้ำบนโทไนท์ที่ไหลนองบนพื้น ไม่ควรปล่อยทิ้งไว้และป้องกันไม่ให้ไหลลงท่อหรือทางระบายน้ำเพราะจะทำให้เกิดการอุดตัน

3.24 การทำแนวเส้นและจุดอ้างอิง ผู้รับเหมาต้องทำให้มีไว้อย่างถาวร ไม่ชำรุด เสียหายจากการทำงานจนกระทั่งหมดความต้องการใช้งาน โดยผู้ควบคุมงานเป็นผู้ตรวจสอบความถูกต้องของตำแหน่งและระยะ พร้อมทั้งแบบแสดงเส้นแนวและจุดอ้างอิง ดังกล่าว เพื่อขออนุมัติใช้งานตามขั้นตอน และเพื่อใช้ตรวจสอบระยะตำแหน่งต่าง ๆ ของเสาเข็มว่ามีการคลาดเคลื่อน หรือไม่เพียงใด

3.25 การทำเสาเข็มอ้างอิง โดยเลือกจากเสาเข็มที่สูงถึงระดับผิวดินจำนวน 2 - 4 ต้น ในโครงการ โดยทำความสะอาดเสาเข็มให้เรียบร้อยอาจจะฉาบปูนให้เรียบแล้วทาสีให้ชัดเจน แล้วทำการสำรวจหัวเสาเข็มดังกล่าว บันทึกไว้ในแบบแปลนลงนามร่วมระหว่างผู้รับเหมา ผู้ควบคุมงาน และผู้แทนเจ้าของโครงการ เพื่อรับรองความถูกต้องของเสาเข็มอ้างอิง เมื่อมีการขุดดินเพื่อทำงานโครงสร้างเสาเข็มอ้างอิงจะเป็นประโยชน์ที่จะใช้ตรวจสอบว่า เสาเข็มมีการเคลื่อนตัวผิดศูนย์ หนีศูนย์ จากการทำเสาเข็มหรือจากการขุดดินหรือไม่

3.26 ขั้นตอนการควบคุมงาน ในเสาเข็มเจาะต้องมีการควบคุมคุณภาพ ระดับหัว เสาจะถูกกำหนดไว้ในแบบก่อสร้าง คอนกรีตที่ใช้ต้องสะอาด และมีกำลังได้ตามกำหนด ดังนั้นจึงควรทดสอบแรงอัดของคอนกรีตที่เจือปน เช่น เศษดิน ทราย ตะกอนน้ำสารละลาย เบนโทไนท์ ออกให้หมดเหลือแต่คอนกรีตที่ดี ผู้ควบคุมงานสามารถใช้การสังเกตการทำงาน ในสนาม และร่วมตรวจสอบอย่างใกล้ชิดในการเทคอนกรีตใส่ปลอกตลอดจนการเทคอนกรีตให้สูงกว่าระดับที่กำหนดไว้ในแบบเพื่อเผื่อค่าการยุบตัวของคอนกรีต โดยใช้ข้อมูลที่วัดได้ในสนามของการทำเสาเข็มต้นแรก ๆ เป็นแนวทาง ซึ่งในการยุบตัวของคอนกรีตภายหลัง การถอนปลอกเหล็กชั้นนั้น จะมีค่าอยู่ระหว่าง 1 - 4 เมตร



บทที่ 4

วิธีการทำเสาเข็ม

เสาเข็มเจาะ (BORE PILE)

1. ความหมายของเสาเข็มเจาะ

เสาเข็มเจาะขนาดใหญ่หมายถึงเสาเข็มที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 70 cm. ขึ้นไปมีความลึกไม่น้อยกว่า 40.00 เมตร จากระดับผิวดิน เสาเข็มที่มีความลึกน้อยกว่านี้จัดเป็นเสาเข็มขนาดเล็ก

2. หลักการออกแบบ

สูตรที่ใช้ในการออกแบบ

SKIN FRICTION

$$F_s = f_s \times \text{perimeter}$$

$$(\text{for Clay}) f_s = \text{Layer thick} \times \alpha \times C$$

$$(\text{for Sand}) f_s = \text{Layer thick} \times 0.50 \times r_H' \times \tan(0.75 \times \text{Phi})$$

END BEARING

$$Q_b = q_b \times \text{Section Area}$$

$$(\text{for Sand}) q_b = 7.2 \times N'$$

3. เครื่องจักรที่ใช้

เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ทำงานในระบบเสาเข็มเจาะ

1. ส่วนเจาะดิน ประกอบด้วยมอเตอร์และส่วนเจาะดิน ส่วนเจาะประกอบด้วย แกนและใบ เพื่อนำดินขึ้น ความยาวของตัวส่วนใกล้เคียงกับความยาวของเสา ส่วนนี้คือ ใต้โดยใช้ลิ้มสลัก ส่วนส่วนปลายเป็นแผ่นเหล็กแข็ง เพื่อป้องกันความเสียหายเมื่อเจาะถูก หิน

2. รถแทรกเตอร์และรถตัก เพื่อขนดินออกนอกบริเวณงาน เนื่องจากดินที่ได้จากการเจาะมากองบริเวณปากหลุมมีจำนวนมาก จะกีดขวางการทำงาน

3. รถเครน ใช้สำหรับยกบล็อกเหล็ก และติดตั้งบล็อกเหล็ก โดยจะต้องคิดไวเบอร์

แสมเมอร์ สำหรับเป็นตัวส่งกำลังในการกดปลูกเหล็กและถอนปลูกเหล็ก

นอกจากนี้ยังต้องมีเครื่องสูบน้ำเบนโทไนท์ ถังเก็บ ถังผสมน้ำเบนโทไนท์ เครื่องมือ ทำความสะอาดน้ำสารละลายเบนโทไนท์ ปลูกเหล็กหัวเจาะแบบต่าง ๆ ท่อคอนกรีตหัว เซย่า เป็นต้น

4. การวางแผนการทำงาน

การวางแผนการทำงานต้องทำอย่างมีระบบโดยจะต้องทำดังนี้

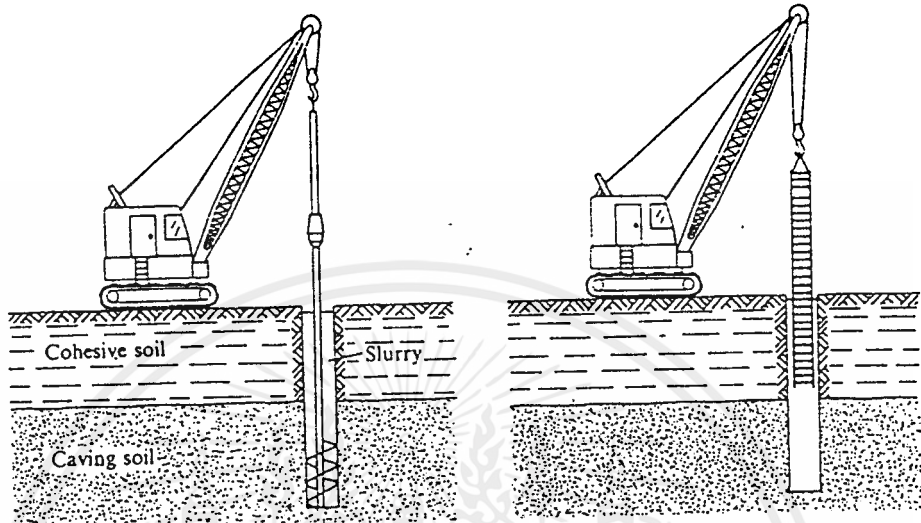
1. ทำการวางแผนการทำงานทั้งโครงการ
2. ทำการสำรวจ วางตำแหน่งเสาเข็ม
3. ทำการวางแผนการทำว่า จะต้องใช้เครื่องจักร ชนิดใด จำนวนเท่าใด
4. ทำการติดต่อประสานงานกับผู้รับเหมางานคอนกรีต
5. ทำการประสานงานกับเจ้าของโครงการ ผู้ออกแบบ ผู้ควบคุมงาน
6. ทำการวางแผนจำนวนคนงาน
7. ทำการวางแผนตำแหน่งของหน่วยงาน (office) และเครื่องมือเครื่องใช้ในหน่วยงาน
8. แผนภูมิการทำงานที่ควรจัดทำ
 - รายละเอียดของประเภทงานรายวัน
 - เวลาการทำงานของผู้รับจ้าง
 - สภาพอากาศและอุณหภูมิ
 - ปริมาณบุคลากรประเภทต่าง ๆ
 - ระดับความลึกปลายเสาเข็มเจาะ
 - ความก้าวหน้าของการทำงาน
 - ปริมาณการใช้คอนกรีตและเหล็กเสริม

ฯลฯ

5. วิธีการทำงานก่อสร้าง

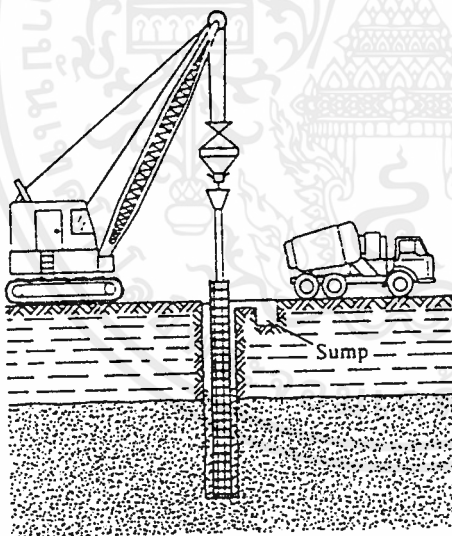
ขั้นตอนการทำเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่

5.1 กดปลูกเหล็กในชั้นดินอ่อน เมื่อได้ตำแหน่งเสาที่ถูกต้องแล้วจะต้องกดปลูกเหล็กลงไปตลอดชั้นดินอ่อนเพื่อป้องกันรูเจาะเป็นคอคอด ป้องกันน้ำและการพังของรูเจาะ สำหรับดินในกรุงเทพฯจะใช้ปลูกเหล็กยาวประมาณ 12 - 15 เมตร

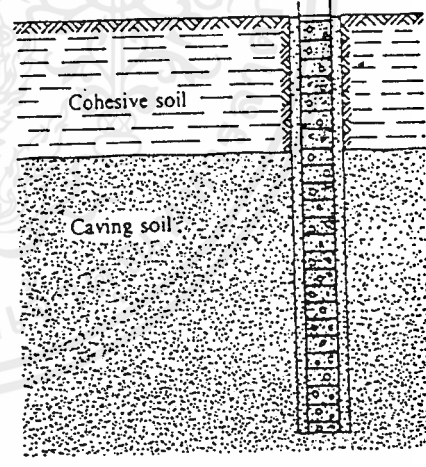


(a) Drill into caving soil and add slurry as necessary for adequate head and to required depth.

(b) Pull drill and insert rebar cage.



(c) Add tremie and pump cement. Catch displaced slurry in sump pit.



(d) Completed shaft.

รูปที่ 4.1 ขบวนการทำเสาเข็มเจาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 เจาะดิน หลังจากกดบล็อกเสร็จเรียบร้อยแล้วจึงเริ่มเจาะรูเสาเข็มโดยปกติจะใช้หัวเจาะแบบส่วนเจาะเอาดินขึ้นได้ตลอดความยาวที่ฝังไว้ซึ่งสามารถทำงานเจาะดินได้ค่อนข้างรวดเร็ว เมื่อพบน้ำในรูเจาะ และลักษณะซึ่งดินมีทรายปนอยู่มาก จะต้องเปลี่ยนหัวเจาะเป็นแบบกึ่ง เพื่อให้สามารถเก็บดินที่เจาะขึ้นมาได้ ซึ่งในขั้นตอนนี้ต้องเติมสารละลายเบนโทไนท์ป้องกันดินในรูเจาะพังทลาย การเจาะดินให้ใช้หัวเจาะแบบกึ่งแต่จะได้ปริมาณงานช้ากว่าการเจาะด้วยส่วน หลังจากนั้นควรมีการทำความอัดกันหลุมด้วยเช่นวิธี AIR LIFT เป็นต้น

5.3 ใส่เหล็กเสริมเสาเข็ม เมื่อเจาะรูเสาเข็มได้ขนาดและความลึกที่ต้องการแล้ว ก็นำท่อเทคอนกรีตใส่ลงไปในการเจาะต่อกันจนได้ความยาวที่กำหนดไว้ ใช้เครื่องมือจับยึดเหล็กเสริมให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง

5.4 ลงท่อเทคอนกรีต ก่อนเทคอนกรีตต้องใช้วัสดุสำหรับไล่น้ำในรูเจาะออกไปจากท่อเท โดยใส่วัสดุลงไปปากกรวยของท่อเทคอนกรีตด้านบนซึ่งวัสดุที่ใช้ต้องได้รับอนุมัติแล้ว เช่น โฟมเม็ดเป็นต้น แล้วจึงเทคอนกรีตผ่านกรวยรับคอนกรีตให้ไหลลงไปในท่อคอนกรีตจะดันโฟมเม็ดให้ขับน้ำออกไปจากท่อเทโฟมเม็ดจะหลุดออกจากปลายล่างสุดของท่อเทแล้วลอยน้ำขึ้นมาที่ปากรูเจาะ ส่วนคอนกรีตที่เทลงไปจะเข้าแทนที่น้ำไล่น้ำจากกันหลุมขึ้นมาจนเต็มรูเจาะ

5.5 ดึงบล็อกเหล็กขึ้น หลังจากเทคอนกรีตเรียบร้อยแล้ว ก็ทำการดึงบล็อกเหล็กขึ้นจากรูเจาะทันที ถ้าทิ้งไว้นานคอนกรีตจะแข็งตัวแล้วเกาะยึดบล็อกเหล็กทำให้ไม่สามารถดึงขึ้นได้

6. ปัญหาที่เกิด

เสาเข็มต่ำกว่า CUT OFF

สาเหตุ

1. ถ้า SLUMP ของคอนกรีตมากกว่า 22 ซม. วัดความลึกสุดท้ายจะเป็นความลึกที่ไม่แน่นอนส่วนหนึ่งหายไปเนื่องจาก BEEDING และซึมแทรกไปในเนื้อดิน
2. การเปิดหน้าดินเพื่อการวางหมุด CASING ถ้าเปิดหน้ากว้าง และลึกส่วนมากเข็มจะต่ำ
3. CUT OFF ลึกถ้าหากเบนโทไนท์ไม่ดีและ AIR LIFT ไม่นานพอจะทำให้มีตะกอน การเทคอนกรีตต้องตรวจสอบกับทฤษฎี และเพื่อหัวเสาเข็มไว้ 1 - 2 เมตร

4. CUT OFF ขึ้น ๆ ต้องตรวจสอบคอนกรีตจากทฤษฎีกับการแท้จริง และต้องเพื่อคอนกรีตไว้สำหรับการรูดตัวเมื่อถอน CASING
5. AIR LIFT ไม่ดีพอ
6. การ CHECK ระดับก่อนเทเสร็จต้องให้ โฟร์แมน CHECK ทุกต้น
7. ชั้นดินที่หน้างานมีเปอร์เซ็นต์ทรายสูง
8. เป็นการเทคอนกรีตต้นแรก
9. CHECK ระดับคอนกรีตให้แน่ใจ ไม่ควรวีที่ทอลมในคอนกรีตน้อยเกินไปและควรเพื่อระดับคอนกรีตให้เพียงพอที่จะได้หัวเข็มคุณภาพที่ดีที่ระดับ CUT OFF
10. CHECK คุณภาพของคอนกรีตโดยเฉพาะ SLUMP ไม่ควรจะแข็งหรือเหลวเกินไปเพื่อช่วยระยะเวลาในการเทคอนกรีต และลดการเสี่ยงที่จะเกิด CONCRETE BLOCK ในท่อ TRIMIE
11. มีตะกอนมากไม่สามารถวัดคอนกรีตได้
12. เขย่า PTC น้อยไปทำให้ติดข้างคอนกรีตมากและ SLUMP มาก
13. ในการเทคอนกรีตบางครั้งคอนกรีตมี SLUMP มากเกินไป หรือส่วนผสมไม่ดี เช่น หินน้อย ทรายน้อย เป็นต้น
14. โฟร์แมน บางคนยังคำนวณปูนไม่ถูกต้องทำให้ขาด ๆ เกิน ๆ ต้องมีการอบรมกัน
15. สมมติฐานที่อาจจะเป็นไปได้ก็คือโฟร์แมน วิศวกรที่อยู่หน้างานขณะเทคอนกรีตนั้น ได้วัดหลุมจากเทคอนกรีตแล้วรีบสรุปว่า ความลึกที่ได้นั้นเป็นตำแหน่งคอนกรีตจริง ซึ่งจำเป็นจะต้องคำนวณความลึกกับคอนกรีต และ DIAMETER ว่าสัมพันธ์กันหรือไม่
16. เกิดจากการวัดความผิดพลาด อาจจะมีวัดพบตะกอนจึงทำให้คำนวณการใช้คอนกรีตเกิดผิดพลาดได้
17. มีการเทคอนกรีตเผื่อจาก CUT OFF น้อยเกินไปส่งคอนกรีตมาไม่พอ

วิธีการแก้ไข

1. SLUMP ของคอนกรีต ควบคุมให้อยู่ในช่วง 18 - 20 cm. เมื่อวัดความลึกสุดท้ายจะได้ความลึกที่ถูกต้อง
2. ตรวจสอบความลึกสุดท้ายที่จะสั่งคอนกรีตเพิ่ม ให้คำนวณเกี่ยวกับทางทฤษฎี
3. ให้โฟร์แมน วัดความลึกสุดท้ายจากการถอน CASING ออกแล้วทำการเทียบกับระดับ 10.00 เมตร แล้วเอาตัวเลขที่ได้คำนวณในข้อมูลของเสาเข็มในช่อง

ACTUAL CONCRETE เพื่อโครงการจะได้ตรวจสอบข้อมูลจาก PILE DATA CHEET

4. ให้ผู้ควบคุมงานตรวจและเซ็นชื่อกำกับใน PILE DATA SHEET ก่อนส่งให้ CONSULT

5. ให้วิศวกรสั่งคอนกรีต และให้ โฟร์แมน หน่วยงานดูแล โดยวิศวกรต้องดูแลอย่างใกล้ชิด โดยในช่วงท้ายสุดก่อนถอน CASING ขึ้นและในกรณีที่ต้องเทคอนกรีตเพื่อใน ตอนท้าย

6. อาจแจ้ง PLANT ให้ช่วยผสมใหม่

7. ทำ AIR LIFE ทุกคืน

8. ขณะถอน CASING ควรถอนโดยใช้ไวโบร์ แฮมเมอร์ (VIBRO HAMMER) ที่มีกำลังสูง ๆ เพื่อให้ดินเกาะ CASING น้อยลง

9. ทำ AIR LIFT เพื่อกำจัดตะกอนทรายจนหมด โดยดูจาก DESANDER

10. นำอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง เก็บตัวอย่างที่ระดับต่าง ๆ ที่ต้องการว่าสิ่งที่วัดได้นั้นเป็นคอนกรีตหรือทราย

11. ควรมีการเพื่อการยบตัวของคอนกรีตให้เพียงพอ โดยการเทเสาเข็มแต่ละต้นไม่ควรเทคอนกรีตน้อยกว่าที่คำนวณได้ตามทฤษฎี

12. การวัดระดับก่อนการเทคอนกรีตต้องให้โฟร์แมน วิศวกร เป็นผู้ตรวจวัดทุก ครั้ง

13. ก่อนการเทคอนกรีตของเสาเข็มแต่ละต้นควรวัดกันหลุมเพื่อดูว่ามีตะกอนมากหรือไม่ ถ้ามีควรจะมีการเทคอนกรีตเพื่อเพื่อไล่ตะกอนออกด้วย

14. ตรวจสอบระดับคอนกรีตโดยละเอียด

15. ตรวจสอบปริมาณการเพิ่มขึ้นของคอนกรีตว่ามีอะไรที่ผิดปกติหรือไม่ระหว่างการเท โดยจะต้องเขียนกราฟประกอบกับปริมาณคอนกรีตที่ได้จากการคำนวณ

16. ในการเทคอนกรีตต้นแรก ๆ ของงานนั้นต้องตรวจสอบดูว่าในการเทคอนกรีตแต่ละต้น คอนกรีตสูงขึ้นมาเท่าไร ซึ่งเสาเข็มแต่ละต้นจะได้ค่าที่ใกล้เคียงกัน ถ้าต้นไหนที่ตัวเลขผิดไป ต้องมีการตรวจสอบหาสาเหตุ

17. การเทคอนกรีตต้นแรกต้องมีการสั่งคอนกรีตเพื่อ โดยที่เราคิดว่าพอเพียง และหลังจากที่ถอน CASING เสร็จต้องตรวจระดับคอนกรีตว่าเท่ากับเท่าไร และต้องแก้ไขถ้ามีปัญหาในการสั่งคอนกรีตต้นต่อไป

18. ควรตรวจสอบระดับ CUT OFF ให้แน่นอนก่อนการเทคอนกรีตว่าควร

เทคนิครีตถึงระดับที่เท่าไร และเพื่อไว้เท่าไรในเสาเข็มแต่ละขนาดการรื้อตัวของคอนกรีตจะไม่เท่ากัน วิศวกรควรตรวจระดับกับโพร์แมน เมื่อเทคอนกรีตใกล้ถึงระดับ CUT OFF และให้โพร์แมน แจ้งทุกครั้งก่อนที่จะสั่งคอนกรีต

เข็มหนีศูนย์

สาเหตุ

1. ไม่มีการตรวจสอบตั้งหลังจากลงปลอกเหล็กแล้ว
2. บางครั้งมีการเร่งงานเนื่องจากงานช้ากว่าแผนที่กำหนดไว้ไม่มีเวลาตรวจเช็ค
3. การทำการสำรวจการวางหมุดไม่ได้ทำรายงานการคำนวณให้วิศวกรตรวจสอบ และวิศวกรก็ละเลยที่จะทวงถาม
4. วางหมุดโดยการเปิดมุมทำให้อ่านมุมผิด
5. ดึงเทปผิด
6. การวัดหมุดผิดตำแหน่ง เนื่องจากดูระยะในแบบผิด

วิธีการแก้ไข

1. ตรวจสอบเรื่องแบบกับผู้ควบคุมงานให้ชัดเจนก่อนการทำงาน
2. ตรวจสอบการทำงานของทีมงานสำรวจ ในข้อมูลเกี่ยวกับการวางหมุด
3. ฝึกทีมงานสำรวจให้เป็นผู้ที่มีความละเอียดรอบคอบมีการถาม และให้ข้อมูลแก่โพร์แมน ทีมสำรวจ ทุกระยะ
4. ต้องวางหมุดโดยเทียบกับจุดอ้างอิง
5. ต้องตรวจสอบตำแหน่งหมุดทุกครั้ง โดยการตั้งกล้องจากจุดอื่น ๆ ที่ใช้เป็นจุดอ้างอิง
6. ตรวจสอบหมุดอ้างอิงทุก 1 - 2 สัปดาห์
7. ตรวจสอบแบบให้ทีมงานสำรวจเข้าใจ และคอยคุมตรวจตำแหน่งเข็มและหมุดเหล็ก
8. วางเส้นฐาน (BASE LINE) วิศวกรต้องเป็นผู้ตรวจดูแลในการวางชุดสำรวจ และตรวจเข็มที่คิดว่ามีปัญหา
9. กำหนดจุดตั้งกล้องไว้หลาย ๆ จุดและต้องมีจุดอ้างอิงโดยรอบ
10. ต้องเปิดฉากอย่างเดี๋ยวก่อนห้ามเปิดมุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. ควรมีการตรวจเส้นฐานทุกสัปดาห์
12. ควรมีการตรวจกลับทุกต้นที่เจาะ
13. ตรวจปากปลอกเหล็ก โดยตั้งห้องเปิดมุมทุกต้น (จุดตั้งกล้องอยู่คนละจุดกับที่วางหมุด)
14. ให้ทีมสำรวจกับวิศวกรวางหมุดด้วยกันทุกครั้ง
15. เส้าเข็มทุกต้นต้องให้โฟร์แมนเป็นผู้วางและตรวจสอบ 1 ครั้งและต้องมีการตรวจกลับ โดยวิศวกรอีก 1 ครั้ง
16. ต้นที่มีระดับ CUT OFF ต่ำการถอนปลอกเหล็กต้องให้โฟร์แมนตรวจการถอน
17. ตรวจสอบระยะมุมก่อนลงปลอกเหล็กโดยละเอียด
18. เริ่มแรกต้องมีการตรวจสอบเส้นฐานก่อน ที่จะนำมาใช้งาน และการวางตำแหน่งเส้าเข็มควรให้โฟร์แมนเขียนแบบฟอร์มเสียก่อนว่าจะวางจากตำแหน่ง จากเส้นฐานอย่างไรเมื่อวางปลอกเหล็กแล้ว วิศวกรต้องตรวจสอบอีกครั้งหนึ่ง
19. ก่อนการวางหมุดต้องให้ทีมสำรวจเขียนตำแหน่งเส้าเข็ม แล้วให้วิศวกรตรวจสอบระยะตามแบบด้วย และหลังจากลงปลอกเหล็กเสร็จจะต้องมีการตรวจกลับโดยการใช้กล้องและตั้งกล้องออกจากจุดตั้งกล้องจุดอื่นด้วย
20. ควรมีการสุ่มตัวอย่างทีมสำรวจ เพื่อควบคุมการทำงาน

เหล็กค้ำ

สาเหตุ

1. โครงสร้างช่วงสุดท้ายเชื่อมไม่ดีพอ
2. การหิวเหล็กบนถังปูน เมื่อถึงปูนทรุดอาจทำให้ตะขอลุดได้เมื่อหิวเหล็กไว้บนปลอกเหล็ก
3. ลงท่อเทคอนกรีต (TREMIE) ไม่ตรงศูนย์กลางทำให้ไปกระทบโครงเหล็ก
4. รอยเชื่อมไม่ดี
5. เหล็กวางลงไปในหลุมเนื่องจากการกระแทกของท่อเทคอนกรีต
6. การใช้เหล็กหัวผิดขนาด
7. ไม่ได้มีการตรวจสอบว่าเหล็กของคอนกรีตอยู่เหนือระดับ CUT OFF หรือ

ไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. รูปแบบระดับ CUT OFF ผิดพลาด
9. ใส่เหล็กผิด

วิธีการนํ้า

1. เหล็กหัวต้องทำระยะหัวทุกต้น และต้องมีการปรับตามระดับ CUT OFF และปลายปลอกเหล็กต้องเพื่อให้สูงกว่าระดับ CUT OFF ประมาณ 20 cm.
2. CUT OFF ลักควรตรวจความยาวเหล็กให้ถูกต้อง ถ้าเหล็กอยู่สูงกว่ากันหลุม ต้องระวังเหล็กหัวขาด
3. CUT OFF ต้น เมื่อถอนปลอกเหล็กต้องมีการตรวจสอบระดับเหล็กอีกครั้ง
4. ตรวจเหล็ก สลึงหัวโครงเหล็กให้พอดีกับ CUT OFF ที่กำหนด
5. วิศวกรต้องตรวจการเทคอนกรีตทุกครั้ง
6. หลังจากลงเหล็กเสริมทุกครั้งควรมีการตรวจระดับหัวเสาเข็มและหลังเทคอนกรีตเสร็จ
7. เน้นเรื่องความยาวของเหล็กหัวให้เหมาะสมกับระดับ CUT OFF
8. ต้องมีการเชื่อมบริเวณรอยต่อให้ดี
9. ตรวจสอบระดับ CUT OFF และเหล็กหัวต้องปรับความยาวได้
10. ตรวจสอบโครงเหล็กแต่ละโครงตามแบบ
11. ควรตรวจสอบความยาวของเหล็กหัว
12. ควรตรวจสอบระดับในแบบก่อนว่าถูกต้องหรือไม่ และเผื่อระดับไว้ประมาณ 20 cm.

เข็มมีเบนโทไนท์แทรก

สาเหตุ

1. ระบบ BENTONITE PLANT ไม่ดี
2. ไม่มีการตัดวางท่อเทคอนกรีต ปล่อยให้ลมในท่อเทมากเกินไป
3. ตัดท่อเทคอนกรีตยาวเกินไป เช่นก่อนละ 12 เมตร
4. ในการเทคอนกรีตบางครั้ง ถ้าเป็นเสาเข็มขนาดเล็ก ท่อเทคอนกรีตไม่สามารถอยู่ กลางหลุมที่เจาะ
5. เกิดการเทคอนกรีตที่ไม่ต่อเนื่อง เช่นรดส่งคอนกรีตมาช้า

6. การตัดท่อเทคอนกรีตขณะที่ทำการเทคอนกรีต
7. มีตะกอนมากไม่ได้ทำ AIR LIFT เมื่อมีการเร่งการเทคอนกรีต
8. เคลียวท่อเทคอนกรีตหลวม

วิธีการนํ้า

1. ต้องควบคุมการรบกวนตัวของคอนกรีตให้อยู่ในช่วง 18 - 20 cm.
2. ไม่ควรจะให้ไม้ตะกอนเบนโทไนท์ก่อนการเทคอนกรีต
3. ต้องเทคอนกรีตไม่ให้ทะลุ โดยการใช้โฟมกันไว้
4. ต้องทำ AIR LIFT จนได้น้ำเบนโทไนท์ที่มีคุณภาพดีเพื่อจะได้คอนกรีตที่มีคุณภาพดีที่กันหลวม
5. ตะกอนที่มีเบนโทไนท์มาก ห้ามเทคอนกรีตเร็วเกินไป เพราะจะทำให้คอนกรีตปริ่มขึ้นกับตะกอน
6. ใช้เบนโทไนท์ที่คุณภาพดี
7. ให้โปรแกรมตรวจสอบคุณสมบัติเบนโทไนท์ทุกสัปดาห์ และรายงานให้วิศวกรตรวจสอบ
8. ต้องทำ AIR LIFT ให้ได้มาตรฐาน
9. พยายามตัดท่อเทคอนกรีต ไม่ควรให้ท่อจมในคอนกรีตยาวเกินไป
10. ต้องใช้โฟมให้มากกว่านี้เพื่อไล่ตะกอนออก
11. การเทคอนกรีตต้องค่อย ๆ เทใน 2 - 3 คับแรกยกไม่เช่นนั้นคอนกรีตจะไหล (FLOW) ไปกับตะกอนหรือ เบนโทไนท์โดยเฉพาะเข็มที่มีขนาดใหญ่.
12. ต้องคอยอบรมคนงานเทคอนกรีต
13. การเทคอนกรีต ท่อเทต้องอยู่กลางเสาเข็ม อย่าให้เบียดข้างใดข้างหนึ่ง การตัดท่อและชักท่อต้องตรวจสอบระดับของคอนกรีตให้แน่นอน

อันตรายจากการทำงาน

เนื่องจากเครื่องจักรที่ใช้ในการทำงานล้วนแล้วแต่เป็นเครื่องจักรที่มีขนาดใหญ่ น้ำหนักมาก อาจก่อให้เกิดอันตรายถึงแก่ชีวิตได้ตลอดเวลา ต้องมีมาตรการป้องกันล่วงหน้า ในบางครั้งเสาเข็มที่เจาะเสร็จยังไม่ได้ทำการเทคอนกรีตต้องปิดปากหลุมไว้ด้วย

7. รายงานที่ผู้ควบคุมงานจะต้องตรวจสอบการทำเสาเข็มเจาะ

- 7.1 ตรวจสอบตำแหน่งที่จะเจาะให้ถูกต้อง
- 7.2 ตรวจสอบการใส่ Casing ที่ตรวจวัดตั้งของ Casing และแกนของเครื่องเจาะด้วยระดับน้ำหรือกล้อง Theodolite
- 7.3 ตรวจสอบโครงเหล็กเสริมให้ถูกต้องตาม Shop Drawing และตรวจการเชื่อมเหล็ก
- 7.4 ตรวจสอบความลึกของรูเจาะด้วยลูกตั้งหรือวิธีอื่นที่วิศวกรอนุมัติ
- 7.5 ก่อนเทคอนกรีตต้องตรวจสอบความลึกและการพังทลายของดินข้างหลุม ตลอดจนตะกอนก้นหลุมอีกครั้ง
- 7.6 ในกรณีที่ใช้ Bentonite หมุนเวียนให้ตรวจสอบคุณภาพความหนาแน่น ความหนืด (Viscosity) เปรอ์เซ็นทราส ค่า PH ให้ถูกต้องตามกำหนด
- 7.7 ตรวจสอบส่วนผสมคอนกรีตให้ตรงตาม Mix Design ที่ได้รับอนุมัติแล้ว
- 7.8 ตรวจสอบความยาวท่อเท ในครั้งแรกปลายจะอยู่ห่างจากปลายก้นหลุมประมาณ 10 เซนติเมตร จากนั้นจะจมอยู่ในคอนกรีตไม่น้อยกว่า 2 เมตร ตลอดเวลาก่อนใช้ท่อเทคอนกรีตทุกครั้ง ท่อเทต้องสะอาดและผนึกแน่น
- 7.9 ตรวจสอบปริมาณคอนกรีตที่เทไปแล้วเทียบกับค่าที่คำนวณไว้เป็นระยะ ๆ
- 7.10 ทำระเบียบบันทึกเวลาการทำงาน ปริมาณคอนกรีต และสิ่งผิดปกติต่าง ๆ

8. ข้อควรปฏิบัติสำหรับผู้ควบคุมงานการทำเสาเข็มเจาะ

- 8.1 ศึกษารายละเอียดการทำเสาเข็มเจาะ รูปแบบรายการของผู้วิศวกรผู้ออกแบบตลอดจนข้อกำหนดต่าง ๆ
- 8.2 ศึกษาขั้นตอนการทำงานจากบริษัท ๆ ผู้ทำงานเสาเข็มเจาะ
- 8.3 ทำแบบฟอร์มเพื่อบันทึกข้อมูลสำหรับการควบคุมงาน
- 8.4 ทำรายการต่าง ๆ ที่ผู้ทำเสาเข็มเจาะจะต้องขออนุมัติก่อนการทำงาน โดยดำเนินการให้เสร็จเรียบร้อยก่อนเริ่มงาน
- 8.5 ทำหน้าที่อย่างมีเหตุผล ประสานงานและแก้ไขงานหาข้อยุติของปัญหาต่าง ๆ ด้วยความถูกต้องรวดเร็ว ไม่เกิดความล่าช้าต่อการทำงาน

9. การเตรียมตัวทำหน้าที่ควบคุมงาน

เนื่องจากการทำเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่ ต้องทำงานตั้งแต่เริ่มต้นเจาะดินไปจนเทคอนกรีตเสร็จซึ่งใช้เวลา 6 ชั่วโมงต่อ 1 ต้น ถ้าวันหนึ่งทำ 2 ต้น จะเลิกงานดึก

มาก ดังนั้นผู้ควบคุมงานจึงต้องมีทีมงานที่เหมาะสม มีใจรัก อดทน สามารถสละเวลาให้กับงานได้อย่างเต็มที่และเป็นผู้ที่มีสุขภาพสมบูรณ์

10. ข้อกำหนดทั่วไปที่ควรทราบ

9.1 คุณสมบัติของคอนกรีต

9.1.1 มี CEMENT CONTENT 375 กิโลกรัม ต่อ 1 ลูกบาศก์เมตร

9.1.2 มี SLUMP อยู่ระหว่าง 15 - 23 ซม.

9.1.3 ผสมน้ำยาโดยมี RETARDATION TIME ไม่น้อยกว่า 4 ชั่วโมง

9.1.4 สามารถทนกำลังอัดได้ ไม่น้อยกว่า 240 KSC.

9.2 คุณสมบัติของสารละลายเบนโทไนท์ที่ใช้ในงานในปัจจุบัน

9.2.1 DENSITY อยู่ระหว่าง 1.02 - 1.1 ตัน/ม³

9.2.2 VISCOSITY อยู่ระหว่าง 30 - 50 นาที

9.2.3 PH อยู่ระหว่าง 7.5 - 12

9.2.4 SAND CONTENT ไม่เกิน 6 %

เสาเข็มเจาะตอก (AUGER PRESS)

1. ความหมายของเสาเข็มเจาะตอก

ในการก่อสร้างในปัจจุบันในประเทศไทย การก่อสร้างอาคารต่าง ๆ มักจะเป็น การก่อสร้างที่ใช้พื้นที่น้อยความสูงมาก ดังนั้นการตอกเสาเข็มจึงมีความสิ้นเปลืองมาก ทำให้เสียหายบริเวณข้างเคียง ซึ่งการใช้วิธีนี้ จะไม่ก่ออันตรายและความเสียหาย เนื่องจากจะหล่อเสาในดินเลย

จากการทดสอบการใช้เสาเข็มเจาะตอกนั้นไม่ทำให้ การรับน้ำหนักของเข็มลดลง และสามารถลดความสิ้นเปลืองที่เกิดขึ้นได้ ค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้นก็ไม่มากกว่ากันสักเท่าไร

การทำเสาเข็มเจาะตอกเริ่มมีบทบาทในประเทศไทยบ้างสาเหตุสำคัญคือ ต้องการลดแรงสิ้นเปลืองเนื่องจากการตอกเสาเข็มแม้ว่าราคาจะสูงกว่า 35-40 % ใช้เวลามากกว่า 20 % และการควบคุมคุณภาพของตัวเสาเข็ม เนื่องจากใช้เสาเข็มที่หล่อสำเร็จและควบคุมคุณภาพได้ทุกขั้นตอน

ระบบ auger press สามารถแก้ปัญหาการเคลื่อนไหลของดิน เพราะดินที่ถูกแทนที่จะออกมาที่ส่วนเจาะ การตอกในช่วงสุดท้ายมีผลต่อการเคลื่อนไหลของดินน้อย เนื่องจากดินอยู่ในช่วงลึกและปริมาณการแทนที่ดินมีน้อยและดินช่วงล่างเป็นดินแข็ง

2. การออกแบบเสาเข็มเจาะตอก (AUGER PRESS)

ตัวอย่าง

ค่า S_u, P, θ, N , ได้จากหลุมเจาะสำรวจ

PC. SPUN PILE DIAMETER 600 MM.

PILE TIP -27.00 M.

SALFE LOAD 150 TON/PILE

LOAD CAPACITY OF FRICTION

FOR CLAY

$$Q_f = L \times p \times \theta \times S_u$$

$$Q_f = \text{UNTIMATE CAPACITY OF FRICTION}$$

$$L = \text{PILE LENGTH}$$

$$p = \text{SURFACE LENGTH OF PILE}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

c = ADHESION FACTOR

S_u = UNDRAIN SHEAR STRENGTH OF SOIL

FOR SAND

Q_f = $0.21 \times L \times p \times N'$

L = PILE LENGTH

p = SURFACE LENGTH OF PILE

N' = AVERAGE STP VALUE

layer 1 st 0 - 13.50 m. (clay)

Q_{f1} = $13.50 \times 1.885 \times 0.95 \times 2.0$
= 48 ton.

layer 2 st 13.50 - 18.20 m. (silty clay)

Q_{f2} = $4.7 \times 1.885 \times 0.39 \times 12.0$
= 41 ton.

layer 3 rd 18.20 - 27.0 m. (fine sand)

Q_{f3} = $0.21 \times 8.8 \times 1.885 \times 43$
= 150 ton.

Total capacity of friction = $48 + 41 + 150$
= 239 ton.

LOAD CAPACITY OF END BEARING

FOR SAND

Q_b = $26.7 \times A_p \times N$

Q_b = ULTIMATE END BEARING CAPACITY

A_p = SECTION AREA

N = STP VALUE AT PILE TIP

at depth = 27.00 m.

Q_b = $26.70 \times 0.283 \times 32$
= 242 ton

SAFE LOAD = $Q/FS1 + Q/FS2$

F_{s1} = FACTOR OF SAFETY FOR FRICTION = 2.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 F_{u2} &= \text{FACTOR OF SAFETY FOR END BEARING} = 4 \\
 \text{SAFE LOAD} &= 239/2.5 + 242/4.0 \\
 &= 156 \text{ ton} > 150 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Conclusion PC. spun pile diameter 600 mm. pile tip -27.00 m. allowable bearing capacity more than 150 ton/pile

การออกแบบตัวเสาเข็ม

1. ความหมายของค่าที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมีดังต่อไปนี้

- 1.1 เสาเข็ม หมายถึง เสาเข็มคอนกรีตเสริมเหล็กอัดแรงหล่อสำเร็จแบบแรงเหวี่ยง
- 1.2 คอนกรีตหุ้ม (covering) หมายถึง ระยะสั้นที่สุดระหว่างผิวเหล็กเสริมกับผิวของคอนกรีต
- 1.3 รอยพรุน หมายถึง รูหรือโพรงซึ่งเกิดขึ้นในเนื้อคอนกรีต เนื่องจากความบกพร่องระหว่างการทำ
- 1.4 มวลรวมหยาบ (coarse aggregate) หมายถึง วัสดุผสมซึ่งส่วนใหญ่จะค้างอยู่บนร่อนขนาด 4.75 mm.
- 1.5 ลวดเหล็กสำหรับงานคอนกรีตอัดแรง หมายถึง ลวดเหล็กรับแรงดึงสูงที่เป็นเส้นเดี่ยว
- 1.6 งานลวดตีเกลียว (strand) หมายถึง ลวดเหล็กตีเกลียวสำหรับงานคอนกรีตอัดแรง ที่ประกอบด้วยลวดเหล็กรับแรงดึงสูงมากกว่า 1 เส้น ตีเกลียวเข้าด้วยกัน
- 1.7 การเสื่อมสูญเสียการอัดแรง (losses) หมายถึง การที่ลวดเหล็กสำหรับรับงานคอนกรีตอัดแรง หรือลวดเหล็กตีเกลียวสูญเสียแรงเค้นดึงตามขั้นตอนต่าง ๆ เนื่องจากความล้าของเหล็กเสริมตามยาว การหดตัวของคอนกรีตและการหดตัวออสติกของเสาเข็ม
- 1.8 สัญลักษณ์ของความเค้นต่าง ๆ ที่ใช้ในมาตรฐานนี้ มีดังต่อไปนี้
 - 1.8.1 f'_{cu} หมายถึง ความเค้นอัดสูงสุดที่แท่งคอนกรีตรูปทรงกระบอกมาตรฐานสามารถรับได้
 - 1.8.2 f'_{cu} หมายถึง ความเค้นอัดสูงสุดที่แท่งคอนกรีตรูปทรงกระบอกมาตรฐานสามารถรับได้ก่อนจะตัด หรือปล่อยลวดเหล็กสำหรับงานคอนกรีตอัดแรง หรือลวดเหล็กตีเกลียว (maximum compressive stress of concrete at stress

transfer)

1.8.3 f_{cu} หมายถึง ความเค้นอัดที่ยอมให้คอนกรีตรับได้มากที่สุดขณะตัดหรือปล่อยลวดเหล็ก (allowable compressive stress in concrete at or shortly after stress transfer)

1.8.4 f_{cu} หมายถึง ความเค้นอัดใช้งานที่ยอมให้รับได้มากที่สุดตลอดเวลาที่รับน้ำหนักอยู่ โดยรวมความเค้นอัดของลวดเหล็กสำหรับงานคอนกรีตอัดแรงหรือลวดเหล็กตีเกลียวและน้ำหนักบรรทุก (allowable compressive stress, inclusive of prestress, in concrete under design loads in service) และความเค้นอัดใช้งานในสภาพแรงตัด ที่ยอมให้ของคอนกรีตที่มากที่สุดตลอดเวลาที่รับน้ำหนักซึ่งเกิดจากแรงยกและแรงกระแทก โดยรวมความเค้นอัดของลวดเหล็กสำหรับงานคอนกรีตอัดแรงหรือลวดเหล็กตีเกลียว (allowable flexural compressive stress, inclusive of prestress, in concrete under handling and transporting bending)

1.8.5 f_{ct} หมายถึง ความเค้นดึงที่ยอมให้คอนกรีตรับได้มากที่สุดขณะขนส่ง หรือยกขึ้นตอก และขณะใช้งาน (allowable tensile stress in concrete corresponding to its condition)

1.8.6 f'_w หมายถึง ความเค้นดึงสูงสุดที่ลวดเหล็กสำหรับงานคอนกรีตอัดแรงหรือลวดเหล็กตีเกลียวสามารถรับได้ (maximum tensile stress of wire or strand)

1.9 ความเค้นดึงเริ่มแรก (initial prestress of wire or strand) หมายถึง ความเค้นดึงในเหล็กเสริมสำหรับงานคอนกรีตอัดแรงหรือลวดเหล็กตีเกลียวก่อนเกิดการเชื่อมสัญการอัดแรง

1.10 ความเค้นดึงประสิทธิผล (effective prestress of wire or strand) หมายถึงความเค้นดึงในลวดเหล็กสำหรับงานคอนกรีตอัดแรงหรือลวดเหล็กตีเกลียวหลังจากเกิดการเชื่อมสัญการอัดแรง

1.11 แท่งคอนกรีตรูปทรงกระบอกมาตรฐาน หมายถึง แท่งคอนกรีตที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 100 มม. (ประมาณ 4 นิ้ว) สูง 200 มม. (ประมาณ 8 นิ้ว)

1.12 โมเมนต์คดที่ออกแบบ (design bending moment) หมายถึง โมเมนต์ที่คำนวณโดยคติน้ำหนักของตัวเสาเข็ม รวมกับน้ำหนักแผ่สม่ำเสมออีกร้อยละ 30 ของน้ำหนักของตัวเสาเข็ม

2. มิติของความเคลื่อนไหว

2.1 คอนกรีตหุ้ม ต้องไม่น้อยกว่า 15 มม.

2.2 เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก (D) และเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน ให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในตาราง

2.3 ความหนา (t) และเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน ให้เป็นไปตามที่กำหนด

2.4 ความยาว (L) จะคลาดเคลื่อนได้ไม่เกินร้อยละ ± 0.30

2.5 ปลายด้านตัดของเสาเข็ม ต้องมีผิวหน้าเรียบตั้งฉากกับแกนสะเทิน (neutral axis) ของเสาเข็มโดยจะคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ± 2 องศา

ตารางที่ 4.1 เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกความหนาและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน หน่วยเป็นมิลลิเมตร

เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก (D)	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน	ความหนาไม่น้อยกว่า	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน
ตั้งแต่ 150 ถึงน้อยกว่า 200		50	
ตั้งแต่ 200 ถึงน้อยกว่า 300		55	
ตั้งแต่ 300 ถึงน้อยกว่า 400		65	
400		75	+ไม่กำหนด
450	+5	80	-1
500	-2	90	
600		100	

3. วัสดุ

3.1 ปูนซีเมนต์ ต้องเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ เล่มที่ 1 ซึ่งกำหนดเกณฑ์คุณภาพ มาตรฐาน มาตรฐานเลขที่ มอก.15 เล่ม 1

3.2 มวลผสม ให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มวลรวมคอนกรีตตามประกาศอุตสาหกรรม (ในกรณีที่ยังไม่ได้มีการประกาศกำหนดมาตรฐานดังกล่าว ให้เป็นไปตาม ASTM C 33) ขนาดใหญ่ที่สุดของมวลหยาบต้องไม่เกิน 30 มม. และต้องเล็กกว่า 2 ใน 5 ของความหนาของเสาเข็ม

3.3 คอนกรีต

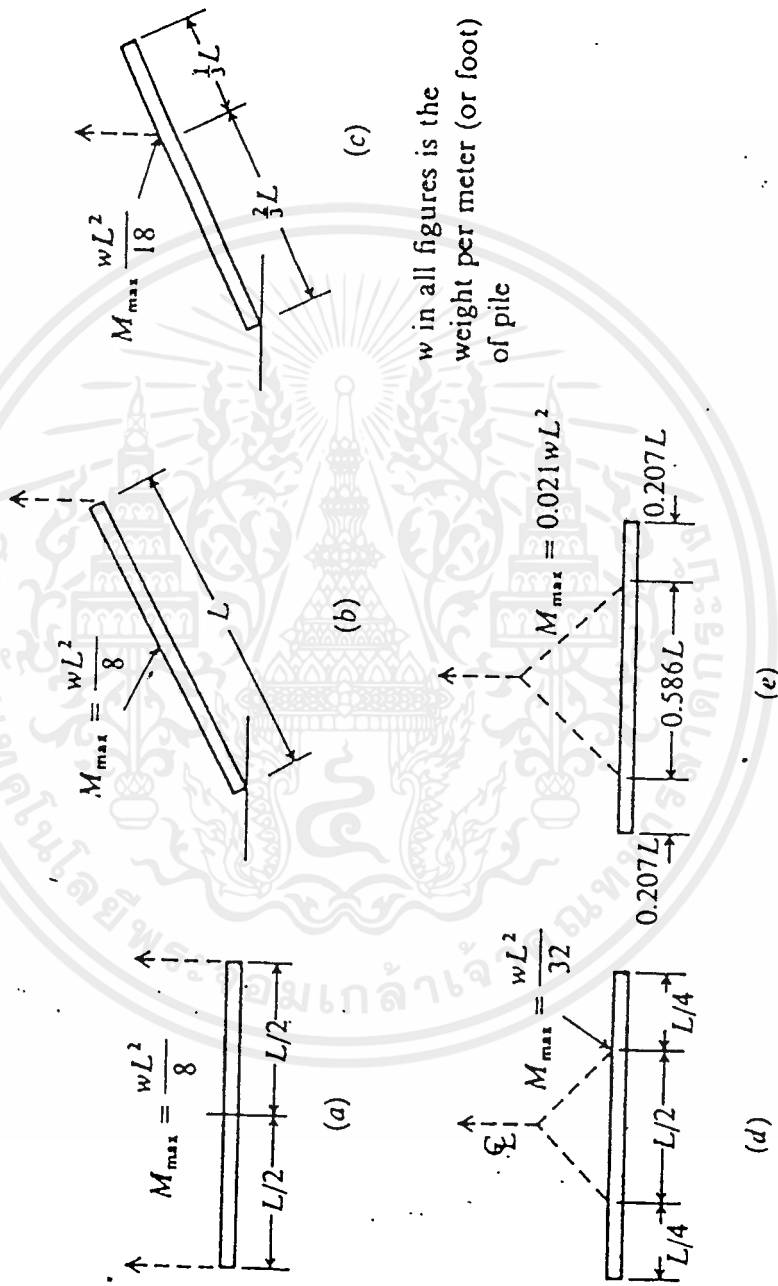
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ความเค้นต่าง ๆ ในคอนกรีต ให้เป็นไปตามตาราง

ความเค้นต่าง ๆ ในคอนกรีต	นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร	กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร (ประมาณ)
f'_c ต้องไม่น้อยกว่า	50	500
f'_{c1} ต้องไม่น้อยกว่า	25	250
f'_{c1} ต้องไม่มากกว่า	$0.45 f'_c$	
f'_e ต้องไม่น้อยกว่า	4	40
f'_{ca} ก. ใช้สภาพใช้งานต้องไม่มากกว่า	$0.33 f'_c$	
ข. ในสภาพแรงดัดต้องไม่มากกว่า	$0.45 f'_c$	
f'_{cm} ก. การขนส่งหรือการยก	$0.502 \text{ sqr } f'_c$	$1.59 \text{ sqr } f'_c$
ข. การใช้งานต้องไม่มากกว่า	$0.372 \text{ sqr } f'_c$	$1.19 \text{ sqr } f'_c$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Location of pickup points for precast piles, with the indicated resulting bending moments.



w in all figures is the weight per meter (or foot) of pile

รูปที่ 4:2 จดการยกเสาเข็มที่ใดเกิด

BENDING MOMENT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DESIGN OF PRESTRESSED CONCRETE PILE

♦ .60 x 10.00 - 16.00 m. (TIS 398 + 2524)

Design Criteria

$$\begin{aligned}
 f'_c &= 500 \text{ ksc.} \\
 f'_{c1} &= 0.7 f'_c = 350 \text{ ksc.} \\
 f_{c1} &= 0.6 f'_{c1} = 210 \text{ ksc.} \\
 f_{ca} &= 0.45 f'_c = 225 \text{ ksc (for bending)} \\
 &= 0.33 f'_c = 165 \text{ ksc. (for bearing)} \\
 f_{cb} &= -1.59/f'_c = -35.5 \text{ ksc. (for bending)}
 \end{aligned}$$

P.C.Wires

use ϕ 7 mm. P.C.Wires

$$A_w = 0.385 \text{ cm}^2/\text{wire}$$

$$f'_w = 16,500 \text{ ksc.}$$

The wires are tensioned to 70% of ultimate strength

$$f_{s1} = 0.7 \times 16,500 = 11,550 \text{ ksc.}$$

$$F_1 = 0.7 \times 16,500 \times 0.385 = 4,447 \text{ kg.}$$

Assume 20% losses

$$F_w = 0.80 \times 4,447 = 3,558 \text{ kg/wire}$$

Section Propertie:

$$A = (60^2 - 40^2) = 1,570 \text{ cm}^2$$

$$I_x = (60^4 - 40^4) = 510,509 \text{ cm}^4$$

$$Zx = \frac{510,509}{30} = 17,017 \text{ cm}^3$$

$$W = 408 \text{ kg/m.}$$

For one point pick At 0.3L (10.00 - 12.00)

$$\begin{aligned} \text{Moment due to handing} &= \frac{408 \times (.3 \times 12.00)^2}{2} \\ &= 2,644 \text{ kg-m} \end{aligned}$$

For two point pick At 0.207L (12.50 - 16.00)

$$\begin{aligned} \text{Moment due to transportation} &= \frac{408 \times (.207 \times 16.00)^2}{2} \\ &= 2238 \text{ kg-m} < 2644 \text{ kg-m} \end{aligned}$$

use 1 point pick moment.

+ 30% Moment allowed for impact

$$M = 1.3 \times 2,644 = 3,437 \text{ kg-m.}$$

Check Stress

use 18 ϕ 7 mm. P.C.wires

$$\begin{aligned} \% \text{ steel} &= \frac{18 \times 0.385 \times 100}{1,570} = 0.44\% > 0.4\% \text{ O.K.} \end{aligned}$$

$$\underline{Fe} = \frac{18 \times 3,558}{1,570} = 40.79 \text{ ksc.}$$

$$Ag = 1,570$$

$$\underline{M} = \frac{3,437 \times 100}{1,570} = 20.20 \text{ ksc.}$$

$$Zx = 17,017$$

$$\underline{Fe} + \underline{M} = 40.79 + 20.20 = 60.99 \text{ ksc.} < fca \text{ O.K.}$$

$$Ag \quad Zx$$

$$\underline{Fe} - \underline{M} = 40.79 - 20.20 = 20.59 \text{ ksc.} > fta \text{ O.K.}$$

$$Ag \quad Zx$$

Allowable Concentric Service Load

$$\begin{aligned}
 N_a &= \frac{(0.33 f'_c - 0.27 F_u) A_g}{A_s \cdot 1,000} \text{ tons} \\
 &= \frac{(0.33 \times 500 - 0.27 \times 40.79) \times 1,570}{1,000} \text{ tons} \\
 &= 241.8 \text{ tons}
 \end{aligned}$$

Ultimate Concentric Service Load

$$\begin{aligned}
 N' &= \frac{(0.85 f'_c - 0.6 F_u) A_g}{A_s \cdot 1,000} \text{ tons} \\
 &= \frac{(0.85 \times 500 - 0.6 \times 40.79) \times 1,570}{1,000} \text{ tons} \\
 &= 628.8 \text{ tons}
 \end{aligned}$$

Resisting Moment of welded Joint

$$\begin{aligned}
 I_x &= \frac{\pi (60^4 - 58^4)}{64} \\
 &= 80,675 \text{ cm}^4 \\
 Z_x &= \frac{80,675}{30} \\
 &= 2,689 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

Allowable tensile stress for welded joint = 1,000 ksc.

$$\begin{aligned}
 M &= 1,000 \times \frac{2,689}{100} \\
 &= 26,890 \text{ kg-m} \quad \text{O.K.}
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DESIGN OF PRESTRESSED CONCRETE PILE

φ 500 mm. x6.00-16.00 m.

Design Criteria

$$\begin{aligned}
 f'_c &= 500 \text{ ksc.} \\
 f'_{ct} &= 0.7f'_c = 350 \text{ ksc.} \\
 f_{ct} &= 0.6f'_{ct} = 210 \text{ ksc.} \\
 f_{ca} &= 0.45f'_c = 225 \text{ ksc.} \\
 f_{ta} &= -1.59/f'_c = -35.50 \text{ ksc.}
 \end{aligned}$$

P.C.wire

use φ 7 mm. P.C.wire

$$A_s = 0.385 \text{ cm}^2/\text{wire}$$

$$f'_s = 16,500 \text{ ksc.}$$

The wires are tensioned to 70% of ultimate strength.

$$f_{st} = 0.7 \times 16,500 = 11,550 \text{ ksc.}$$

$$F_t = 11,550 \times 0.385 = 4,447 \text{ kg/wire}$$

Assume 20% losses.

$$F_s = 0.80 \times 4,447 = 3,558 \text{ kg/wire}$$

Section properties

$$A_x = \frac{\pi(50^2 - 32^2)}{4} = 1159 \text{ cm}^2$$

$$I_x = \frac{\pi(50^4 - 32^4)}{64} = 255,324 \text{ cm}^4$$

$$Z_x = \frac{255,324}{25} = 10,213 \text{ cm}^3$$

$$W = 301 \text{ kg/m.}$$

For one point pick at 0.30L (L = 16.00 m.)

$$\text{Moment due to hanging } M_h = \frac{301(0.30 \times 16.00)^2}{2} = 3,467 \text{ kg-m.}$$

+ 30% Allowed for impact

$$M = 1.3 \times 3,467 = 4,507 \text{ kg-m.}$$

Check stress

use 14 ϕ 7 mm. P.C.wire

$$\frac{F_u}{A_x} = \frac{14 \times 3,558}{1,159} = 43.0 \text{ ksc.}$$

$$A_x = 1,159$$

$$\frac{M}{Z_x} = \frac{4,507 \times 100}{10,213} = 39.7 \text{ ksc.}$$

$$Z_x = 10,213$$

$$\frac{F_u}{A_x} + \frac{M}{Z_x} = 43.0 + 39.7 = 82.7 \text{ ksc.} < 225 \text{ ksc. } \underline{\text{O.K.}}$$

$$\frac{F_u}{A_x} - \frac{M}{Z_x}$$

$$= 43.0 - 39.7 = 3.3 \text{ ksc.} > -35.50 \text{ ksc. } \underline{\text{O.K.}}$$

$$\frac{F_u}{A_x} - \frac{M}{Z_x}$$

Ultimate Concentric Service Load

$$N = \frac{(0.85f'_c - 0.60F_u) A_x}{1000} \text{ tons.}$$

$$= \frac{(0.85 \times 500 - 0.60 \times 43.0) \times 1,159}{1,000} \text{ tons.}$$

$$= 463 \text{ tons.}$$

Resisting moment of welded joint.

$$I_x = \frac{\pi(50^4 - 48^4)}{64}$$

$$= 46,220 \text{ cm}^4$$

$$= 46,220 \text{ cm}^4$$

$$Z_x = \frac{46220}{25} = 1,849 \text{ cm}^3$$

$$25$$

Allowable tensile stress for welded joint = 1,000 ksc.

$$M = 1,000 \times 1849 = 18,490 \text{ kg-m. } \underline{\text{O.K.}}$$

DESIGN OF PRESTRESSED CONCRETE PILE

φ 800 mm. x 6.00 - 15.00 m. (CLASS A)

Design Criteria

$$\begin{aligned}
 f'_c &= 500 \text{ ksc.} \\
 f'_{c1} &= 0.70 f'_c = 350 \text{ ksc.} \\
 f_{c1} &= 0.60 f'_{c1} = 210 \text{ ksc.} \\
 f_{c2} &= 0.45 f'_c = 225 \text{ ksc.} \\
 f_{s1} &= -1.59/f'_c = -35.50 \text{ ksc.}
 \end{aligned}$$

P.C. Wire

use φ 9 mm. P.C.wires

$$\begin{aligned}
 A_w &= 0.636 \text{ cm}^2/\text{wire} \\
 F'_w &= 14,500 \text{ ksc.}
 \end{aligned}$$

The wires are tensioned to 70% of ultimate strength.

$$\begin{aligned}
 f_{s1} &= 0.7 \times 14,500 = 10,150 \text{ ksc.} \\
 F_1 &= 10150 \times 0.636 = 6,455 \text{ kg/wire}
 \end{aligned}$$

Assume 20% losses.

$$F_w = 0.80 \times 6,455 = 5,164 \text{ kg/wire}$$

Section Properties

$$\begin{aligned}
 A_x &= \frac{\pi(80^2 - 56^2)}{4} = 2,563 \text{ cm}^2 \\
 I_x &= \frac{\pi(80^4 - 56^4)}{64} = 1,527,870 \text{ cm}^4 \\
 Z_x &= \frac{1,527,870}{40} = 38,197 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$W = 666 \text{ kg/m.}$$

For one point pick at 0.3L (15.00 m.)

$$\begin{aligned} \text{Moment due to handing} &= \frac{666(0.3 \times 15.00)^2}{2} \\ &= 6,743 \text{ kg-m.} \end{aligned}$$

+ 30% Allowed for impact

$$M = 1.3 \times 6,743 = 8,766 \text{ kg-m.}$$

Check Stress

use 32 ϕ 9 mm. P.C.wires.

$$\frac{F_u}{A_s} = \frac{32 \times 5,164}{2,563} = 64.5 \text{ ksc.}$$

$$A_s = 2,563$$

$$\frac{M}{Z_x} = \frac{8,766 \times 100}{38,197} = 22.9 \text{ ksc.}$$

$$Z_x = 38,197$$

$$\frac{F_u}{A_s} + \frac{M}{Z_x} = 64.5 + 22.9 = 87.4 \text{ ksc.} < 225 \text{ ksc.} \quad \underline{\text{O.K.}}$$

$$\frac{F_u}{A_s} - \frac{M}{Z_x}$$

$$= 64.5 - 22.9 = 41.6 \text{ ksc.} > -35.5 \text{ ksc.} \quad \underline{\text{O.K.}}$$

$$\frac{F_u}{A_s} - \frac{M}{Z_x}$$

Allowable concentric service load (according to PCI code.)

$$\begin{aligned} N &= \frac{(0.33f'_c - 0.27F_u) A_g}{A_s \times 1,000} \\ &= \frac{(0.33 \times 500 - 0.27 \times 64.5) \times 2,563}{1,000} \\ &= 378 \text{ tons.} \end{aligned}$$

Maximum resisting moment

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 MR_{max} &= \frac{(F_c - f_{ca}) \times Zx}{A_s} \times 100 \\
 &= \frac{[64.5 - (-35.5)] \times 38,197}{100} \\
 &= 38,197 \text{ kg-m.}
 \end{aligned}$$

Combination of axial load and moment

For axial load = 300 tons.

Criteria of compressive stress

$$\begin{aligned}
 \frac{F_c}{A_s} + \frac{P}{A_s} + \frac{M}{Zx} &< f_{ca} \\
 64.5 + \frac{300,000}{2,563} + \frac{M}{38,197} &< 225 \text{ ksc.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Maximum moment} &= 1,659,647 \text{ kg-cm.} \\
 &= 16,596 \text{ kg-m.}
 \end{aligned}$$

Criteria of tensile stress

$$\begin{aligned}
 \frac{F_c}{A_s} + \frac{P}{A_s} - \frac{M}{Zx} &> f_{ca} \\
 64.5 + \frac{300,000}{2,563} - \frac{M}{38,197} &> -35.5 \text{ ksc.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Maximum moment} &= 8,290,671 \text{ kg-cm.} \\
 &= 82,906 \text{ kg-m.}
 \end{aligned}$$

Less value is used

Hence, Maximum moment with combine axial load = 16,596 kg-m.

Resisting moment of welded joint. (according to AASHO M 183)

$$I_x = \frac{\pi}{64} (80^4 - 77.6^4)$$

$$= 230,632 \text{ cm}^4$$

$$Zx = \frac{230,632}{40} = 5,765 \text{ cm}^3$$

Minimum yield strength $F_y = 2,535 \text{ ksc.}$

Allowable tensile stress for welded joint = $0.55 F_y$
 $= 1,400 \text{ ksc.}$

$M = 1,400 \times \frac{5,765}{100} = 80,710 \text{ kg-m. O.K.}$

Resisting tensile strength of welded joint

Area of welded joint = $\frac{\pi(80^2 - 77.6^2)}{4}$
 $= 297 \text{ cm}^2$

Allowable tensile stress = $0.55 F_y$
 $= 1,400 \text{ ksc.}$

Allowable tensile strength = $1,400 \times 297$
 $= 415,800 \text{ kg.}$
 $= 415 \text{ tons.}$

Resisting compressive strength of welded joint

Allowable compressive stress = $0.55 F_y$
 $= 1,400 \text{ ksc.}$

Allowable compressive strength = $1,400 \times \frac{297}{1,000} = 415 \text{ tons.}$

Resisting shear strength of welded joint

Allowable shear stress = $0.33 F_y$
 $= 836 \text{ ksc.}$

$$\begin{aligned} \text{Allowable shear strength} &= 836 \times \frac{297}{1,000} \\ &= 248 \text{ tons.} \end{aligned}$$

For combination of axial load and moment

For axial load = 300 tons.

Criteria of compressive stress

$$\frac{P}{A} + \frac{M}{Z_x} < 1,400 \text{ ksc.}$$

$$\frac{300,000}{297} + \frac{M}{5,765} < 1,400 \text{ ksc.}$$

$$\begin{aligned} \text{Maximum moment, } M &= 2,247,767 \text{ kg-cm.} \\ &= 22,477 \text{ kg-m.} \end{aligned}$$

Criteria of tensile stress

$$\frac{M}{Z_x} - \frac{P}{A} < 1,400 \text{ ksc.}$$

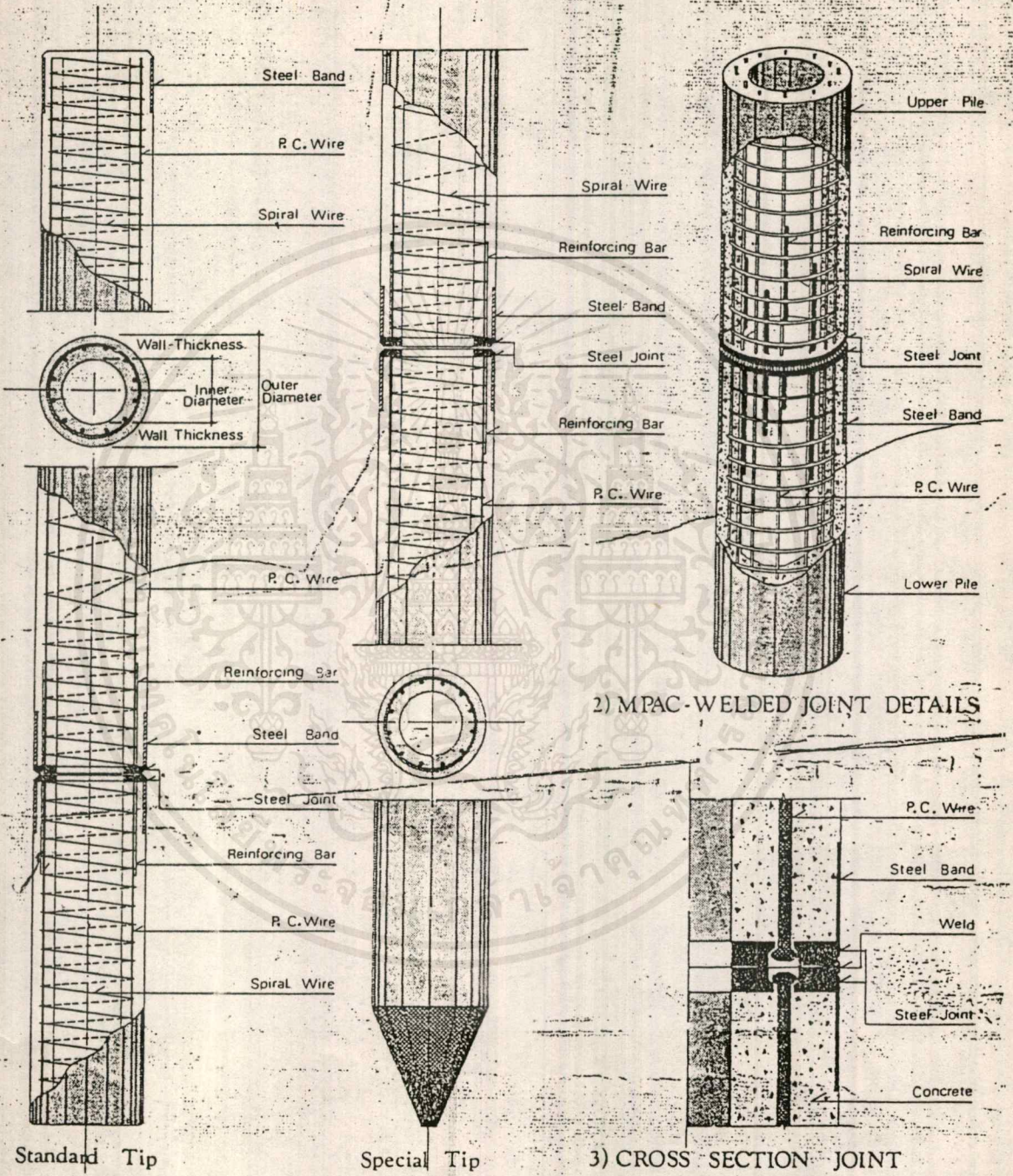
$$\frac{M}{5,765} - \frac{300,000}{297} < 1,400 \text{ ksc.}$$

$$\begin{aligned} \text{Maximum moment} &= 13,894,232 \text{ kg-cm.} \\ &= 138,942 \text{ kg-m.} \end{aligned}$$

Less value is used.

Hence, Maximum moment of welded joint with combine axial load
= 22,477 kg-m.

1) MPAC-SYSTEM PILE STANDARD DETAILS

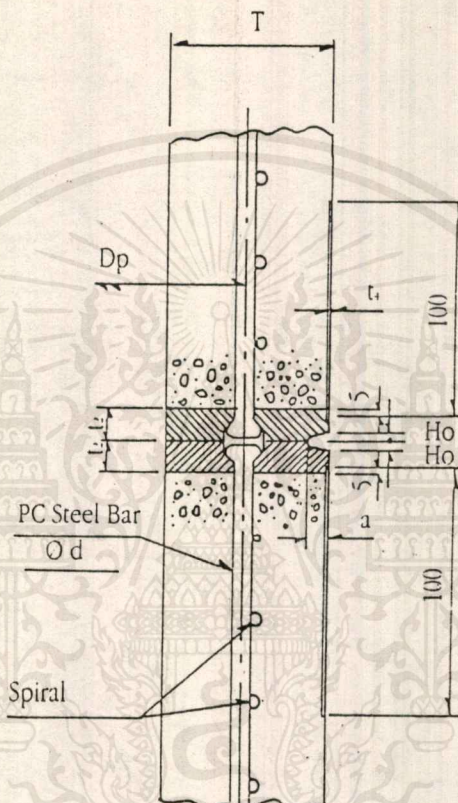


รูปที่ 4.3 รูปตัดของเสาเข็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Specification and Properties Welded Joint

NH-PCS PILES have end-plate type welding splices. The steel end plate is provided at the end of individual pile section, prestressing bars are fitted in the end plate by button heads, and reinforcing bars are anchored to the end plate. The end faces of the joint are perpendicular to the axial line of the piles.

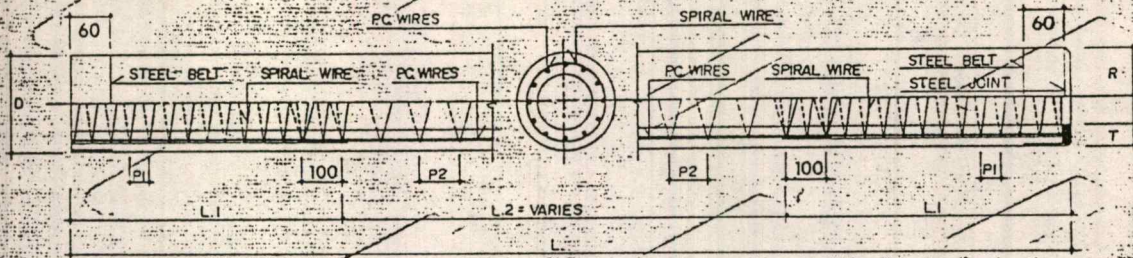


Dia. (mm)	Thick T (mm)	PC Steel Bar			Joint			
		Dia.	No.	Dp	t (mm)	a (mm)	Ho (mm)	t ₁ (mm)
		(Ød)		(mm)				
300	65	7.0	6	235	12	8.0	4.2	1.6
350	70	7.0	7	280	12	8.5	4.2	1.6
400	75	7.0	8	325	12	9.5	4.2	1.6
450	80	7.0	10	370	16	10.0	4.4	1.6
500	90	7.0	13	410	16	11.0	4.4	1.6
600	100	7.0	17		16	12.0	4.4	1.6
800	120	7.0	27		19	14.0	5.1	1.6
1000	140	9.0	27		19	15.5	5.5	1.6

รูปที่ 4.4 คุณสมบัติของการเชื่อมเสาค้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE STANDARD OF SPUN PILE



DIA. D. (mm.)	LENGTH L. (m.)	THICKNESS (mm.)	CROSS-SECTION Area (cm. ²)	**AREA-SPECIAL SHOE (cm. ²)	MOMENT OF INERTIA I. (cm. ⁴)	UNIT WEIGHT (kg./m.)	CLASS	P.C. WIRES		SPIRAL				JOINT THK. (mm.)	***SAFE LOAD (T.)	BENDING MOMENT (T.-M.)	
								DIA (mm.)	No OF Wires	P1 (mm.)	L1 (mm.)	P2 (mm.)	L2 (mm.)				DIA (mm.)
250	2x 3.50-14.00	55	337	491	17289	87	*TIS	5	7	50	1500	100	VARIES	3.0	12	30-35	1.06
								S	5								6
300	2x 3.50-14.00	65	480	707	35661	125	*TIS	5	10	50	1500	100	VARIES	3.0	12	40-55	1.82
								S	5								8
350	2x 5.00-14.00	70	616	962	64115	160	*TIS	5	13	50	1500	100	VARIES	3.0	12	70	2.83
								S	5								10
400	2x 5.00-15.00	75	766	1257	106498	199	*TIS	7	8	50	1500	100	VARIES	3.0	15	80	3.92
								S	5								12
450	2x 5.00-15.00	80	930	1590	166570	242	*TIS	7	11	50	1500	100	VARIES	4.0	15	90	6.41
								S	7								8
500	2x 10.00-15.00	90	1159	1964	255324	301	*TIS	7	14	50	1800	100	VARIES	4.0	19	100	8.13
600	2x 10.00-15.00	100	1571	2827	510509	408	*TIS	7	18	50	1800	100	VARIES	4.0	19	120	13.16
800	5.00-10.00	120	2563	5028	1527870	666	A	7	32	50	2000	100	VARIES	4	19	255	30.94
1000	5.00-10.00	140	3782	7857	3589571	983	A	9	32	50	2000	100	VARIES	4	19	376	57.64
1200	5.00-8.00	150	4948	11314	6958000	1286	A	9	40	80	2800	150	VARIES	5	22	494	90.78

TIS 398-2524 (TIS = Thai Industrial Standard)

** AREA OF FLAT SHOE.

*** BASE ON SOIL CONDITION

รูปที่ 4.5 ตารางเสาเข็มกลมแรงเหวี่ยง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการผลิตเสากลมแรงเหวี่ยง

เสาเข็มกลมแรงเหวี่ยง (Spun Pile) คือการที่หล่อเสาเข็มในแบบหลังจากนั้นก็นำแบบไปปั่นเพื่อรีดน้ำออกเพื่อให้ได้เสาที่มีความสามารถรับกำลังอัดได้สูง เป็นเสาเข็มที่ใช้มากในปัจจุบันเพราะวิธีตอกเสาเข็มในปัจจุบันส่วนใหญ่ จะใช้กับเข็มประเภทนี้ เช่นวิธี Auger Press , Hydraulic Hammer , Prebored , Diesel Hammer หรือ แม้แต่ Drop Hammer เองก็ใช้เสาเข็มแบบนี้เท่านั้น เนื่องจากถูกกว่าเสาเข็มต้นเมื่อคิดราคาต่อหน้าหนักที่เสาเข็มรับได้ วิศวกรจะคำนวณออกมาถ้าสามารถใช้แทนกันได้ ก็จะใช้แบบนี้แทน วิธีการผลิตนั้นจะเป็นวิธีที่ทันสมัย ต้องใช้อุปกรณ์และเครื่องจักรช่วยในทุกขั้นตอนดังรายละเอียด ต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 จะทำการตัดแผ่นเหล็กเป็นรูปครึ่งวงกลม แล้วนำมาเชื่อมติดกันเป็นรูปโดนัทตามขนาดเสาเข็มเพื่อใช้ในการยึดเหล็กเส้นแกนของเสาเข็ม หลังจากนั้นนำไปเจาะรูเพื่อเป็นรูร้อยเหล็กเส้นที่เป็นแกน แล้วนำไปเชื่อมติดกับปลอกวงแหวนเพื่อป้องกันหัวเข็มอีกทีหนึ่ง

ขั้นตอนที่ 2 นำเหล็กเส้นที่จะใช้เป็นโครงในแนวตั้งมาตัดให้เท่ากันและ ย้ำหัวมุม โดยใช้เครื่องย้ำมุม เครื่องย้ำมุมจะมีประแจไว้จับเหล็กให้แน่น แล้วให้ความร้อนในการหลอมละลายส่วนปลายของเหล็ก แล้วบีบเข้าเป็นหัวมุม

ขั้นตอนที่ 3 เป็นการเข้าโครงเสา โดยจะมีเครื่องจักรสำหรับผลิตโครงโดยอัตโนมัติ มีขนาดต่างกันออกไปตาม Diameter ของเสาเข็มที่ต้องการ จะมีเครื่องป้อนเหล็กเข้าโดยอัตโนมัติ โดยมีเครื่องโค้งเหล็กพร้อมกับเชื่อมเหล็กเข้ากันอีกที จากนั้นทำการตัดเป็นช่วง ๆ เมื่อได้ความยาวตามต้องการแบบจะถูกกลิ้งให้ผิวนอกที่ถูกเชื่อมด้วยเหล็กโค้งเรียบเสมอกันทุกท่อนในแบบ เพื่อใช้เป็นล้อที่วิ่งล้อหมุนเพื่อปั่นให้เสาเกิดเป็นรูกลวง การกลิ้งผิวให้เรียบนั้นเพื่อป้องกันการกระโดดของแบบ

ขั้นตอนที่ 4 การฉีคน้ำยาใส่แบบเพื่อป้องกันคอนกรีตที่จะเทติดแบบ โดยจะทำการพ่นใส่ลงในแบบให้ทั่ว

ขั้นตอนที่ 5 การเข้าแบบก็จะนำเอาเหล็กที่ย้ำหัวเสร็จเรียบร้อยแล้วในขั้นตอนที่ 1 มาสอดใส่ในโครงเหล็กที่ทำไว้ในขั้นตอนที่ 2 เข้าในแบบที่พ่นน้ำยาแล้วปิดแบบ โดยใช้ประแจลมขันน็อต (Nut) ให้แน่น แล้วใส่ปลอกเกลียวมัดด้วยลวดให้แน่นโดยมีระยะห่างระหว่างปลอกประมาณ 3.5 เซนติเมตร ซึ่งถ้ามีการสั่งให้ใส่เหล็กเสริมพิเศษก็จะถูกใส่ลงไป

ในขั้นตอนนี้

ขั้นตอนที่ 6 หลังจากเข้าแบบเรียบร้อยแล้วก็จะนำไปดึงให้เหล็กภายในดึงโดยใช้เครื่องมือดึงทำงานด้วยระบบไฮดรอลิก ด้วยแรงดึงประมาณ 4 ตันต่อเหล็ก 1 เส้นโดยมีระยะยืดของเหล็กเส้นที่ดึงเท่าระยะยืดสูงสุดในช่วง elastic ของเหล็กแต่ละชนิดที่ใช้ในการทำแกนเสา

ขั้นตอนที่ 7 เมื่อดึงเหล็กออกแล้วก็จะทำการลำเลียงคอนกรีตสดที่ถูกต้องผสมตามกำหนดมาใส่แบบโดยจะใช้ท่อนำคอนกรีตลำเลียงคอนกรีตเข้าไปในแบบ หรืออาจจะใช้แรงงานในการเทคอนกรีตตามปริมาณที่กำหนดไว้ ซึ่งการเทคอนกรีตโดยใช้แรงงานคนนั้นจะปิดแบบหลังจากเทคอนกรีตแล้ว โดยก่อนการเทลงแบบจะทำการตรวจสอบค่าการยุบตัวทุกครั้ง และจะมีการตักเอาคอนกรีตไปหล่อเป็นแบบทดสอบ เพื่อทดสอบค่าแรงอัดของคอนกรีตว่าเหมาะสมตามมาตรฐานหรือไม่

ขั้นตอนที่ 8 จากนั้นก็เข้าไปป็น เพื่อให้คอนกรีตเข้าที่เป็นการอัดคอนกรีตให้แน่นขึ้น โดยจะแบ่งเป็น 3 ช่วงรวมใช้เวลาประมาณ 20 นาทีดังนี้

ช่วงแรกจะใช้เวลาเร็ว ประมาณ 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 2 นาทีเพื่อให้คอนกรีตไหลไปตามแบบให้ทั่วถึง ถ้าใช้ความเร็วมาก ๆ ในตอนแรกหินกับปูนจะแยกออกจากกัน เนื่องจากหินหนักกว่าส่วนผสมอื่น ๆ จึงจะหลุดไปอยู่รอบนอกบริเวณผิวแบบแทนที่จะจับกัน

ช่วงที่สองจะใช้เวลาเร็วประมาณ 350 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาทีเพื่อบั่นให้เกิดรูกลวงตรงกลาง

ช่วงที่สามจะใช้เวลาเร็วประมาณ 900 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาทีเพื่ออัดคอนกรีตให้แน่น และรูดน้ำส่วนเกินออกมาซึ่งเครื่องปั่นสามารถปรับความเร็วรอบได้ตั้งแต่ 100-1200 รอบ/นาที

ขั้นตอนที่ 9 หลังจากปั่นจนคอนกรีตแข็งตัวแล้วเทน้ำที่เหลือจากการ Set ตัวของคอนกรีต เมื่อถึงขั้นนี้จะได้เสาเข็มที่มีรูกลวงไว้เรียบร้อยแล้ว เพราะแรงเหวี่ยงจากการหมุนจะทำให้คอนกรีตจับตัวกันแน่นขึ้น (เนื่องจากคอนกรีตมีแรงหนีศูนย์กลาง) และทำให้มีรูกลวงตรงกลาง

ขั้นตอนที่ 10 เป็นการบ่มคอนกรีต โดยจะทิ้งไว้ประมาณ 2 ชั่วโมงก่อนนำไปป้อนน้ำเพื่อเร่งให้คอนกรีตแข็งตัวเร็วขึ้น โดยใช้เวลาอบประมาณ 8 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 65 - 75 องศาเซลเซียส

ขั้นตอนที่ 11 หลังจากนั้น ถอดแบบออกปล่อยทิ้งไว้ 7 วัน ก็สามารถนำออกไปขาย

ได้ โดยระหว่าง 7 วัน^{นี้} จะทำการรดน้ำให้ขึ้นตลอด เพื่อให้คอนกรีตมีการ Set ตัวตลอด เวลา

3. เครื่องจักรที่ใช้

เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ทำงานในระบบ AUGER PRESS

1. รถม้วน เป็นรถต้นตะขาบ ประกอบด้วยเสาซึ่งเป็นแกนให้ลูกคัมและเครื่องเจาะเคลื่อนขึ้นลงได้ เสา^{นี้}สามารถปรับให้เอนซ้ายขวา หรือหน้าหลังได้ด้วยแขนไฮดรอลิค เสา^{นี้}สามารถหมุนได้ Diesel Hammer หรือส่วนเจาะหันเข้าหาจุดที่ต้องการ เสาของรถ^{นี้}สามารถพับลงได้เมื่อต้องการเคลื่อนย้าย

2. ส่วนเจาะดิน ประกอบด้วยมอเตอร์ และส่วนเจาะดิน ส่วนเจาะประกอบด้วยแกนและใบ เพื่อนำดินขึ้น ความยาวของตัวส่วนใกล้เคียงกับความยาวของเสา สอดอยู่ในเสากันขึ้นไปพร้อมกับเสา ส่วนนี้ต่อได้โดยใช้ลิ้มสลัก ส่วนส่วนปลายเป็นแผ่นเหล็กแข็ง เพื่อป้องกันความเสียหาย เมื่อเจาะถูกหิน

3. เครื่องตอก เครื่องตอกมีอยู่ด้วยกันหลายแบบเช่น แบบ Drop Hammer , Diesel Hammer และ Hydraulic Hammer ซึ่งการเลือกใช้นั้นอยู่กับความเหมาะสม

4. เสาเข็ม ต้องเป็นเสาเข็มกลาง อาจเป็นเสาเข็มเหล็ก หรือคอนกรีตที่รักษามาตรฐานความหนาของเสาได้ ถ้ารูลงในเสาเล็กเกินไปก็ไม่อาจสอดส่วนลงได้ สำหรับเสาเข็มคอนกรีต เป็นเสาเข็มแรงเหวี่ยงซึ่งควบคุมความหนาโดยระบบอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งรักษาความหนาได้สม่ำเสมอกำลังคอนกรีตไม่น้อยกว่า 500 กก./ซม.² ปลายเสาด้านที่ใช้ต่อเป็นแผ่นเหล็ก ซึ่งใช้สำหรับเชื่อมต่อ และยึดลวด P.C. ด้วยวิธีการต่อเสาและเทคนิคบางประการ สามารถตอกเสาสู่ระดับความลึกที่เสาเข็มคอนกรีตธรรมดาทำไม่ได้

5. รถแทรกเตอร์และรถตัก เพื่อขนดินออกนอกบริเวณงานเนื่องจากดินที่ได้จากการเจาะมากองบริเวณปากหลุมมีจำนวนมาก จะกีดขวางการทำงาน

4. การวางแผนการทำงาน

การวางแผนการทำงานต้องทำอย่างมีระบบโดยจะต้องทำดังนี้

1. ทำการวางแผนการทำงานทั้งโครงการ
2. ทำการสำรวจ วางตำแหน่งเสาเข็ม

3. ทำการวางแผนการทำว่า จะต้องใช้เครื่องจักร ชนิดใด จำนวนเท่าใด
4. ทำการติดต่อประสานงานกับผู้รับเหมางานคอนกรีต
5. ทำการประสานงานกับเจ้าของโครงการ ผู้ออกแบบ ผู้ควบคุมงาน
6. ทำการวางแผนจำนวนคนงาน
7. ทำการวางแผนตำแหน่งของหน่วยงาน (office) และเครื่องมือเครื่องใช้ในหน่วยงาน

8. แผนภูมิการทำงานที่ควรจัดทำ

- รายละเอียดของประเภทงานรายวัน
- เวลาการทำงานของผู้รับจ้าง
- สภาพอากาศและอุณหภูมิ
- ปริมาณบุคลากรประเภทต่าง ๆ
- ระดับความลึกปลายเสาเข็ม
- ความก้าวหน้าของการทำงาน

ฯลฯ

5. วิธีการก่อสร้าง

วิธีการทำงานโดยการเจาะดินด้วยดอกสว่าน (AUGER) และกดเสาเข็มด้วยระบบไฮดรอลิกในเวลาเดียวกัน การทำงานในระบบนี้มักเป็นเสาคอนกรีตอัดแรงรูปกลม กลวงสำเร็จรูปจากโรงงาน จึงสามารถควบคุมคุณภาพได้ง่ายในการเจาะระบบนี้จะเจาะผ่านรูหลวงกลางของเสาเข็มและนำดินออก จึงจัดปัญหาแรงดันดินทำให้เข็มเกิดการหนีศูนย์ได้ดี วิธีการทำงานก็ไม่ยุ่งยากนัก ระบบที่ใช้ในปัจจุบันเป็นแบบ Partial Auger Press คือ เจาะดินแล้วกดเสาเข็มลงไปแล้วตอกแบบ Pure Drive ในช่วงสุดท้ายเพื่อให้ดินเข้ามาอุดรูเสาช่วงล่าง เพื่อเพิ่มพื้นที่หน้าตัดเสาตอนปลายและเพื่อให้ปลายเสาอยู่ในบริเวณดินแข็ง ที่พ้นจากบริเวณที่ถูกรบกวนด้วยสว่านซึ่งช่วยลดการทรุดตัวในระยะแรก Partial Auger Press จึงเป็นวิธีการเจาะที่เหมาะสมกับการตอก อีกวิธีหนึ่งคือ Full Auger Press เป็นการเจาะและกดตลอดต้นโดยไม่ต้องตอก

วิธีการทำเสาเข็มเจาะตอก (AUGER PRESS DRIVING METHOD)

ขั้นที่ 1 เชื่อมวงแหวนติดปลายเสาเข็ม (ใช้เหล็กหนา 2 หุน กว้างประมาณ

3 นิ้ว โดยให้เหล็กโผล่เส้าเข็มประมาณ 1.5 - 2.0 นิ้ว วงแหวนนี้ช่วยกีดกันด้านล่างให้แตกง่ายให้กดเส้าเข็มได้ง่าย

ขั้นที่ 2 เอาส่วนร้อยไปในรูเส้าเข็มสป็น (เส้าเข็มที่ดอกโดยวิธี Auger Press ต้องเป็นเส้าเข็มกลางเท่านั้น) หากเส้าเข็มยาวไม่พอต้องต่อเส้าเข็ม เส้าเข็มที่ด้านล่างต้องใช้ส่วนยาวกว่าเส้าเข็ม ประมาณ 1 เมตร ส่วนที่ต่อๆไปไม่จำเป็น

ขั้นที่ 3 ล่าเลี้ยงเส้าเข็มเข้าที่ดอก การล่าเลี้ยงเส้าเข็มนี้ พบว่าจะใช้ลวดสลิงรัดเส้าเข็มที่ปลายเส้าเข็มเพียงด้านเดียวเท่านั้น แล้วลากไป จะไม่ใช่วิธีผูกทั้งสองข้างหรือผูกบริเวณกลางเส้า แล้วยกไปเพราะจะทำให้เกิดโมเมนต์ตัดสูง อาจทำให้เส้าเข็มเคาะได้

ขั้นที่ 4 เป็นการตรวจสอบสภาพดินบริเวณที่จะตอกเส้าเข็มว่ามีวัตถุ เช่น เส้าเข็มเก่าหินขนาดใหญ่ที่จะเป็นอุปสรรคต่อการตอกเส้าเข็มหรือไม่ โดยใช้ส่วนเจาะดินบริเวณนั้นลึกประมาณ 5 เมตร

ขั้นที่ 5 นำเส้าเข็มเข้าสู่ฐาน AUGER PRESS พร้อมกับเช็คตั้งเส้าเข็มเพื่อทำการตอกต่อไป

ขั้นที่ 6 ทำการตอกเส้าเข็ม โดยหมุนส่วนภายในเส้าเข็ม ในขณะที่เดียวกันก็กดเส้าเข็มลงไปด้วย โดยใช้ระบบ HYDRULIC กด

ขั้นที่ 7 หลังจากกดเส้าเข็มก่อนแรกลงไปแล้ว เหลือประมาณ 1 เมตร ทำการปลดดอกส่วนออก โดยให้ดอกส่วนคาเส้าเข็มไว้ หลังจากนั้นก็นำเส้าเข็มอีกท่อนมาต่อโดยใช้เข็มขัดรัดเส้าเข็ม (Backing Ring) เพื่อช่วยปรับเส้าเข็มให้อยู่ในแกนเดียวกับท่อนเดิม หลังจากนั้นทำการต่อส่วนก่อน แล้วจึงค่อยวางเส้าเข็มลงรอกกับเข็มขัดรัดเส้าเข็ม เมื่อได้แนวแกนเดียวกับท่อนเดิม แล้วถอดเข็มขัดรัดเส้าเข็มออก ทำความสะอาดเส้าเข็มบริเวณปลายเส้าเข็ม โดยใช้แปรงขัดเอาดิน สิ่งสกปรกออก หลังจากนั้นทำการต่อเส้าเข็มโดยวิธีเชื่อม

ขั้นที่ 8 ทำการหมุนส่วนในเส้าเข็ม พร้อมทั้งกดเส้าเข็มลงไปด้วย จะสังเกตเห็นว่า เริ่มมีดินหล่นมาจากรูเส้าเข็ม และการกดจะช้ากว่าการกดท่อนแรก เนื่องจากดินเริ่มแข็งขึ้น

ขั้นที่ 9 เมื่อทำการเจาะและกดไปจนเหลือความยาวเส้าเข็มประมาณ 10 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเส้าเข็ม จะหยุดเจาะและกด แล้วดึงส่วนออก

ขั้นที่ 10 หลังจากนั้นใช้เครื่องตอก อาจใช้ Drop Hammer , Diesel

Hammer หรือ Hydraulic hammer ตอกก็ได้ สำหรับการทำ Full auger press จะ กดจนถึงระดับที่ต้องการและลด initial settlement ด้วยการ grout กันหลุมหรือ ตอกอัดดินกันหลุม

6. ปัญหาที่เกิดขึ้น

1. เครื่องมือที่ใช้เกิดชำรุด

แก้ไข

ดูแลรักษาให้ดี ตรวจสอบอยู่เสมอ ควรมีสภาพพร้อมใช้งานเสมอ

2. ดินเลนที่เกิดจากการขุดเจาะ

แก้ไข

ขนนำไปทิ้งที่อื่นเมื่อมีปริมาณมากพอสมควร หรือเทปูนผงเพื่อให้ดินจับตัว เป็นก้อน

3. เส้าเข็มเสียด

แก้ไข

ดึงขึ้นทิ้งหรือถ้าไม่สามารถดึงออกได้ ก็ตอกเส้าใหม่ในบริเวณใกล้เคียง ๆ ต้นที่ เสียด และ คำนวณค่า C.G. ใหม่

4. คณงาน

แก้ไข

ให้ความช่วยเหลือตามสมควร สวัสดิการพอสมควร

5. การหนีศูนย์ของเส้า

แก้ไข

ก่อนเจาะต้องมีการวัดและตรวจสอบให้ดีก่อนทำการตอกทุกครั้ง

6. เส้าเข็มที่กำลังทำการตอก ดินที่อยู่ข้างล่างดันเส้าเข็มทำให้เส้าเข็มแตก

แก้ไข

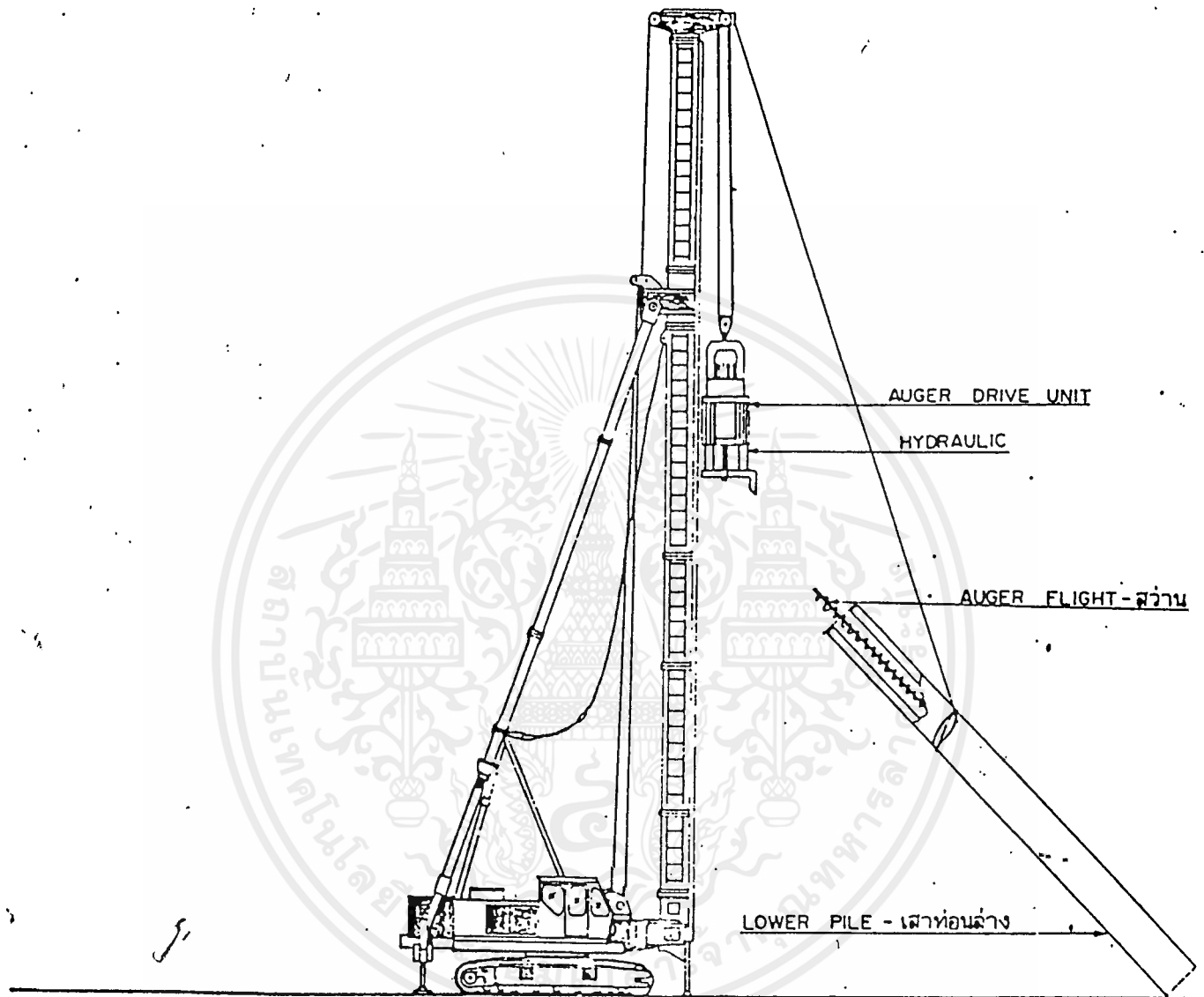
พยายามเจาะดินให้ถึงระดับแล้วทำการ GROUTING แทน

ข้อดีข้อเสียของเข็มเจาะตอก

ความได้เปรียบและความแข็งแกร่งของเส้าเข็มขึ้นกับ ความปลอดภัย ทนทานหลัก เศรษฐกิจ คือการใช้เส้าเข็มก่อนเดี่ยวยรับน้ำหนักต่อจุดรับน้ำหนัก 1 จุด ตามทฤษฎีของการขุดเจาะน้ำหนักของเส้าเข็มรับไว้จะผ่านลงดินตอนปลายเส้า เส้าเข็มที่เจาะลึกนั้น สามารถที่จะถ่ายน้ำหนักสู่ดินได้ 100 % โดยการเสียดสีเส้าเข็มกับดิน ซึ่งหมายถึง



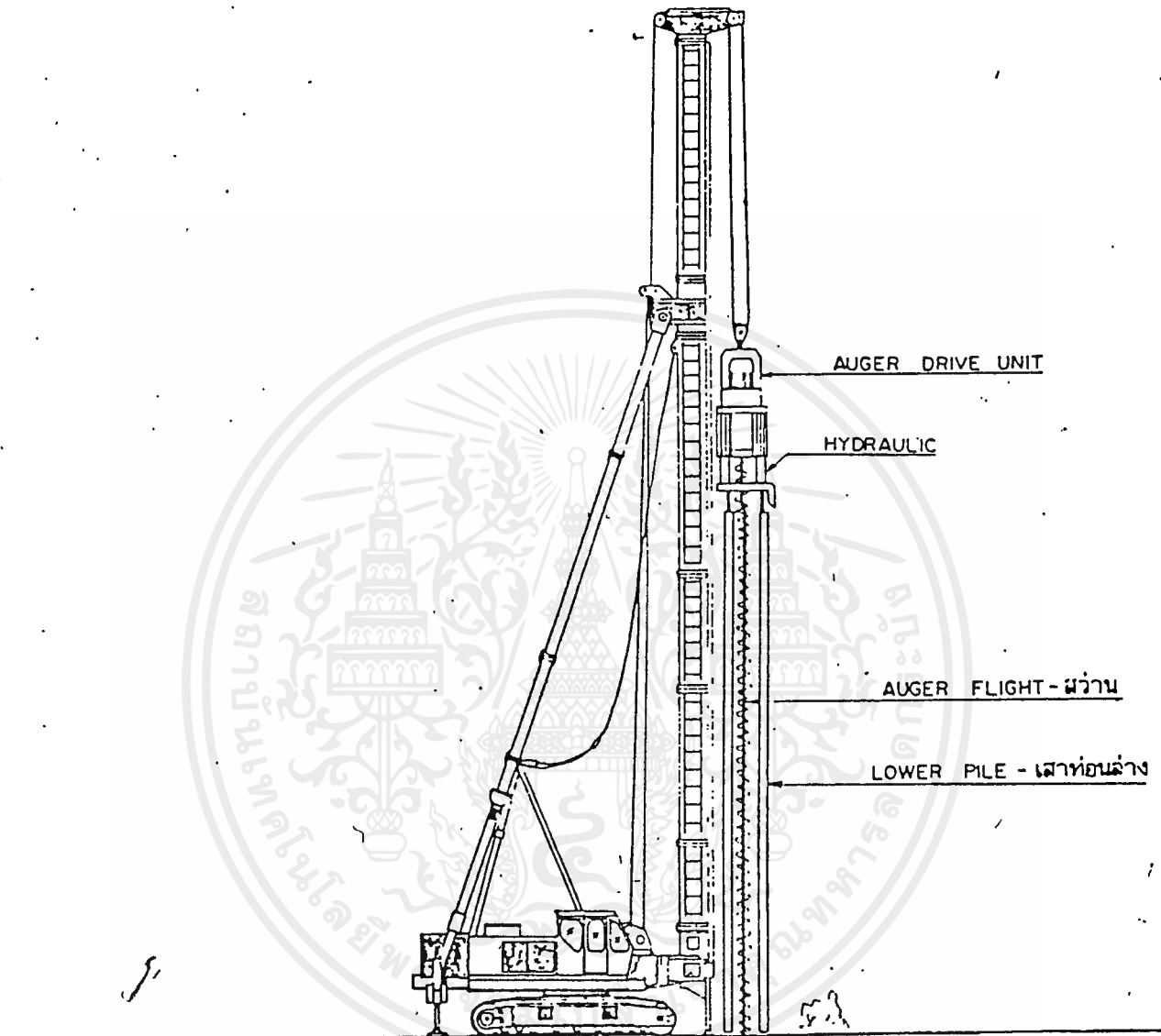
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



THE MACHINE IS MOVED TO THE PILING POINT. THE PILE WITH THE AUGER FLIGHT INSERTED IS LIFTED AND PLACED ON THE PILING POINT.

เคลื่อนเครื่องจักรเข้าจุดที่กำหนดจะตก แล้วยก เสา ท่อนล่าง ในเสา ได้สอดสว่านไว้ เข้าบักยังจุดที่กำหนด

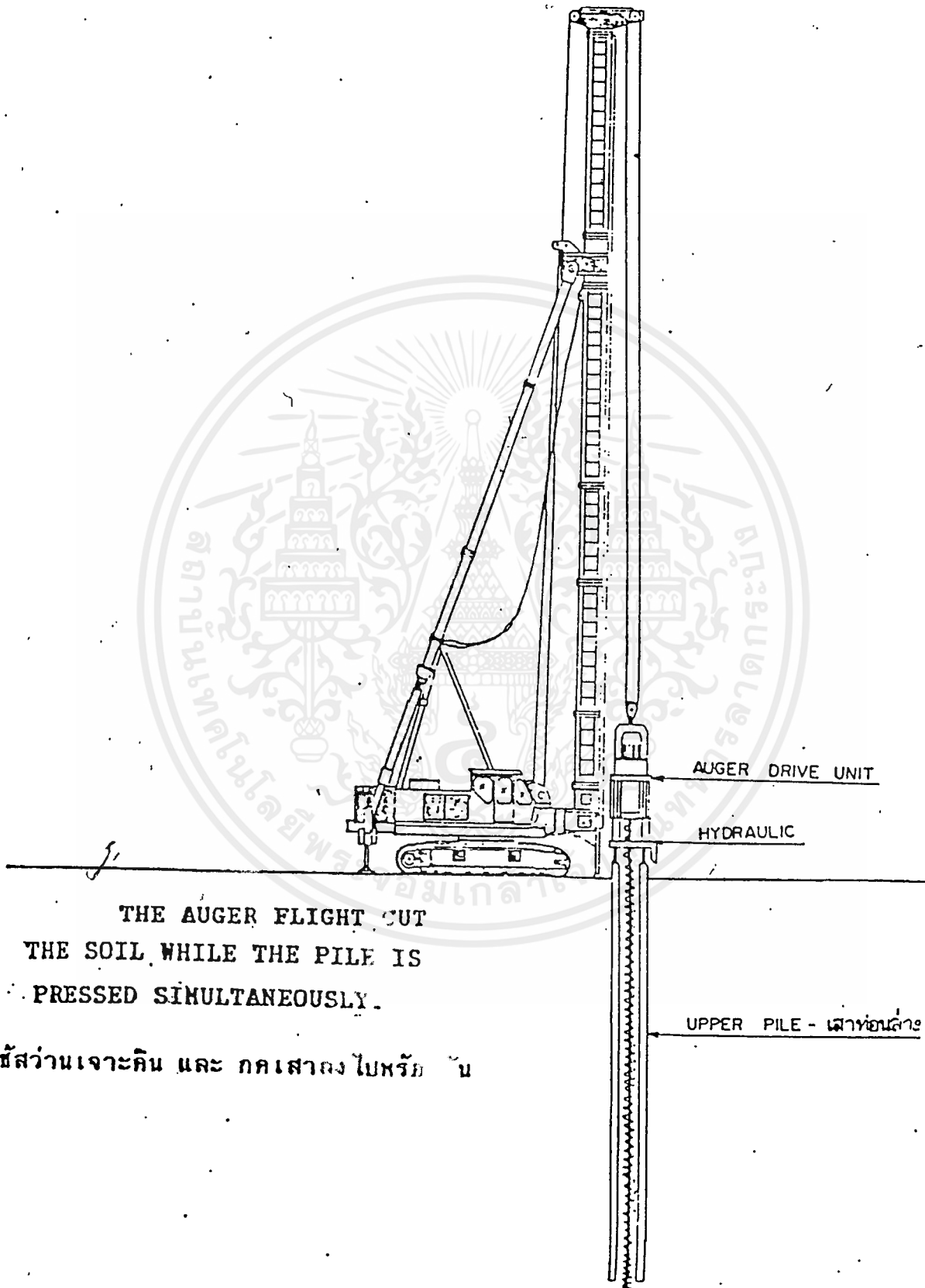
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



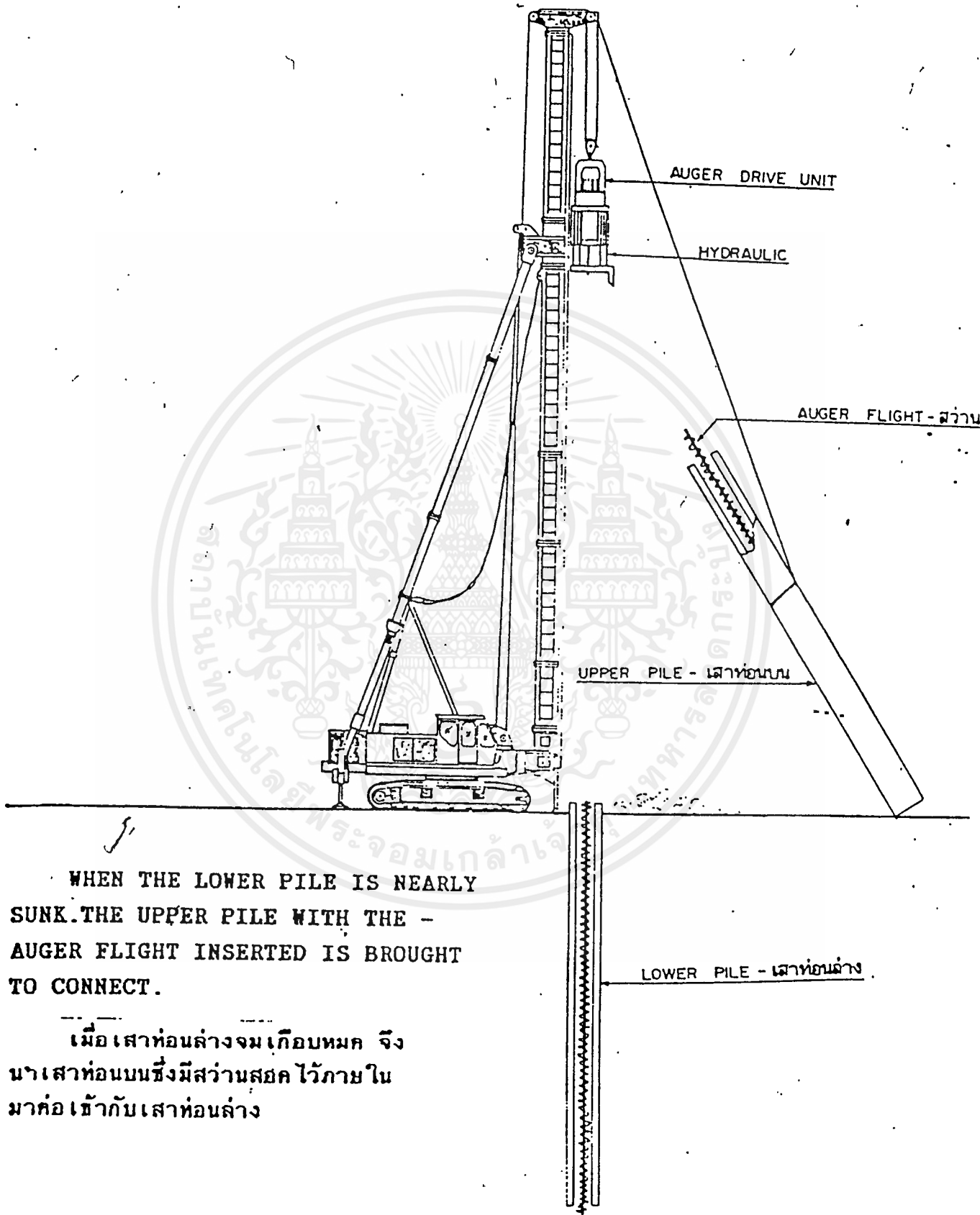
THE ROTATION OF AUGER FLIGHT IS STARTED OF IS CHECKING THE CORRECT POINT AND VERTICAL OF PILE.

ก่อนที่จะเริ่มหมุดสว่าน ต้องตรวจสอบค่าแฉ่ง และ แนวคิ่งของเสาเข็ม ให้ได้เสียก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



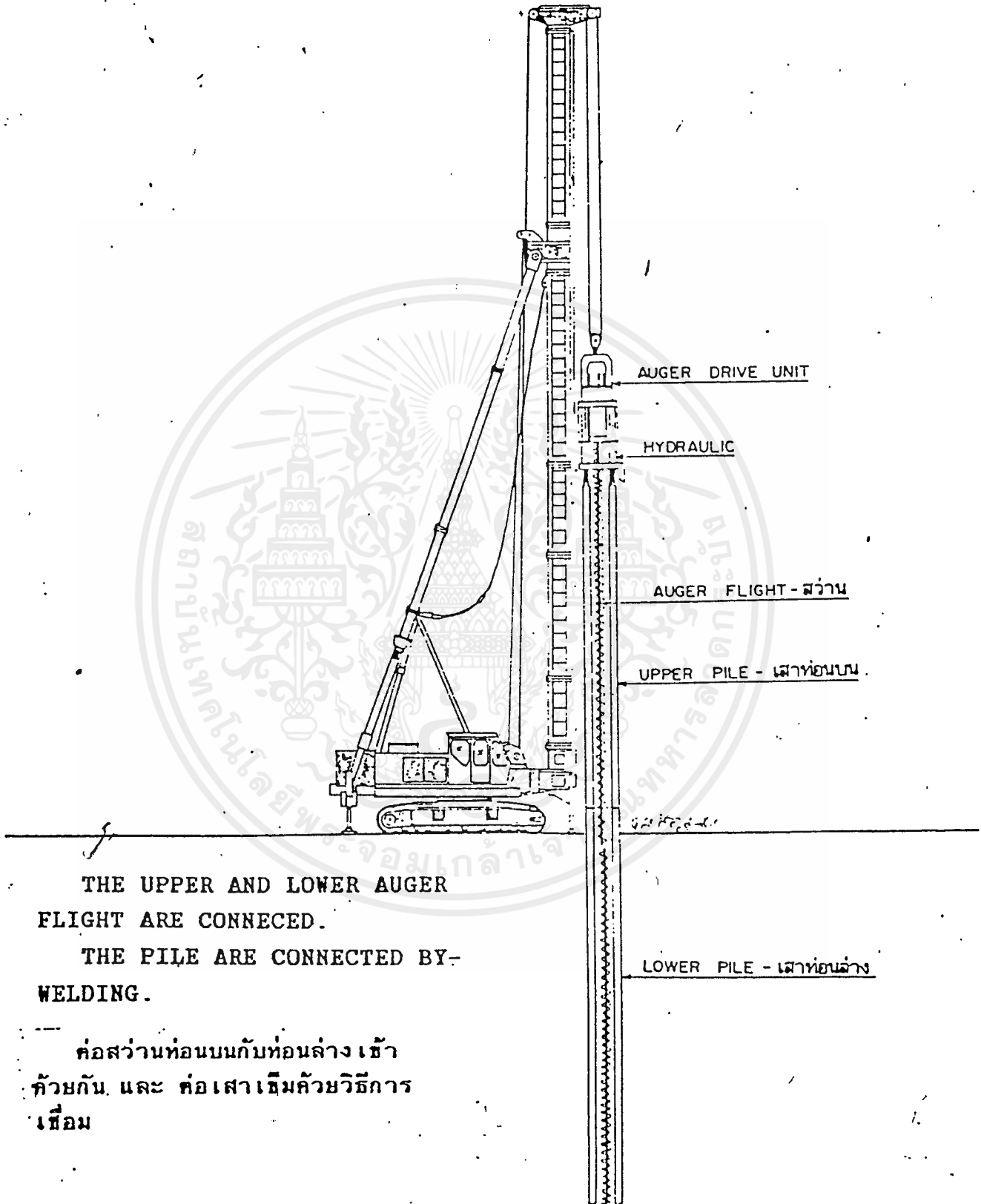
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



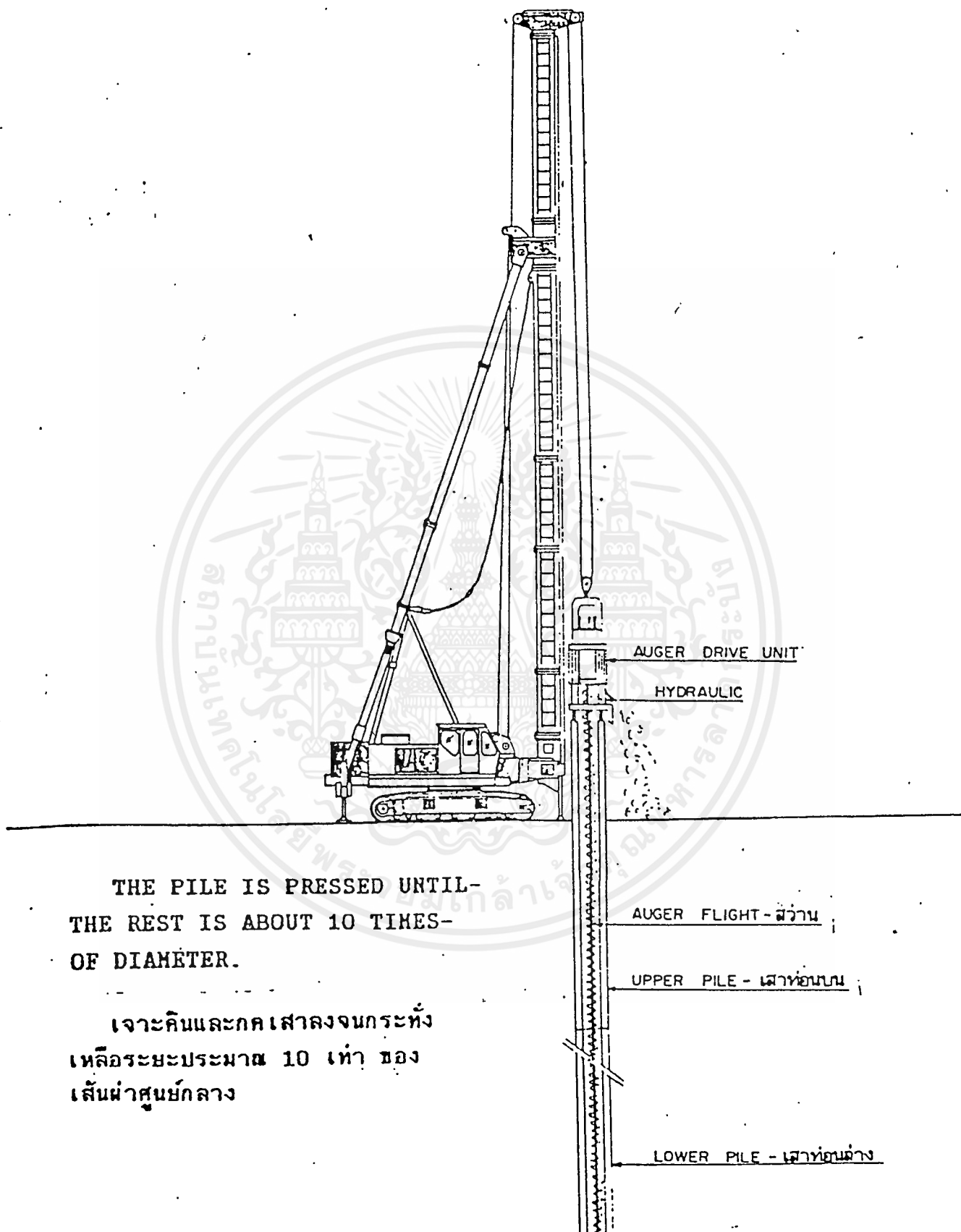
WHEN THE LOWER PILE IS NEARLY SUNK. THE UPPER PILE WITH THE - AUGER FLIGHT INSERTED IS BROUGHT TO CONNECT.

เมื่อเสาท่อนล่างจมเกือบหมด จึง
นำเสาท่อนบนซึ่งมีส่วนสกรู ไวกายใน
มาต่อ เข้ากับเสาท่อนล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

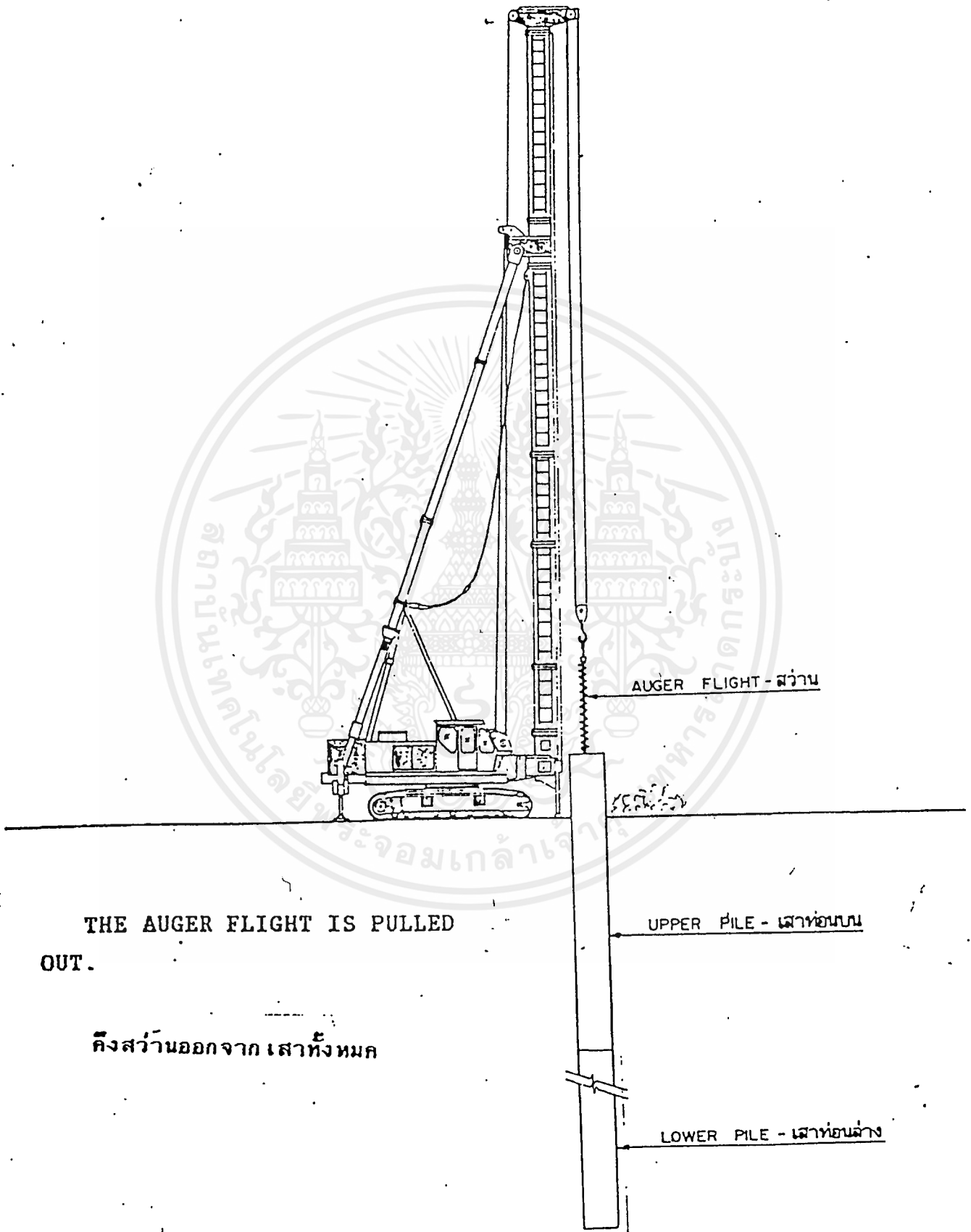


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



THE PILE IS PRESSED UNTIL-
THE REST IS ABOUT 10 TIMES-
OF DIAMETER.

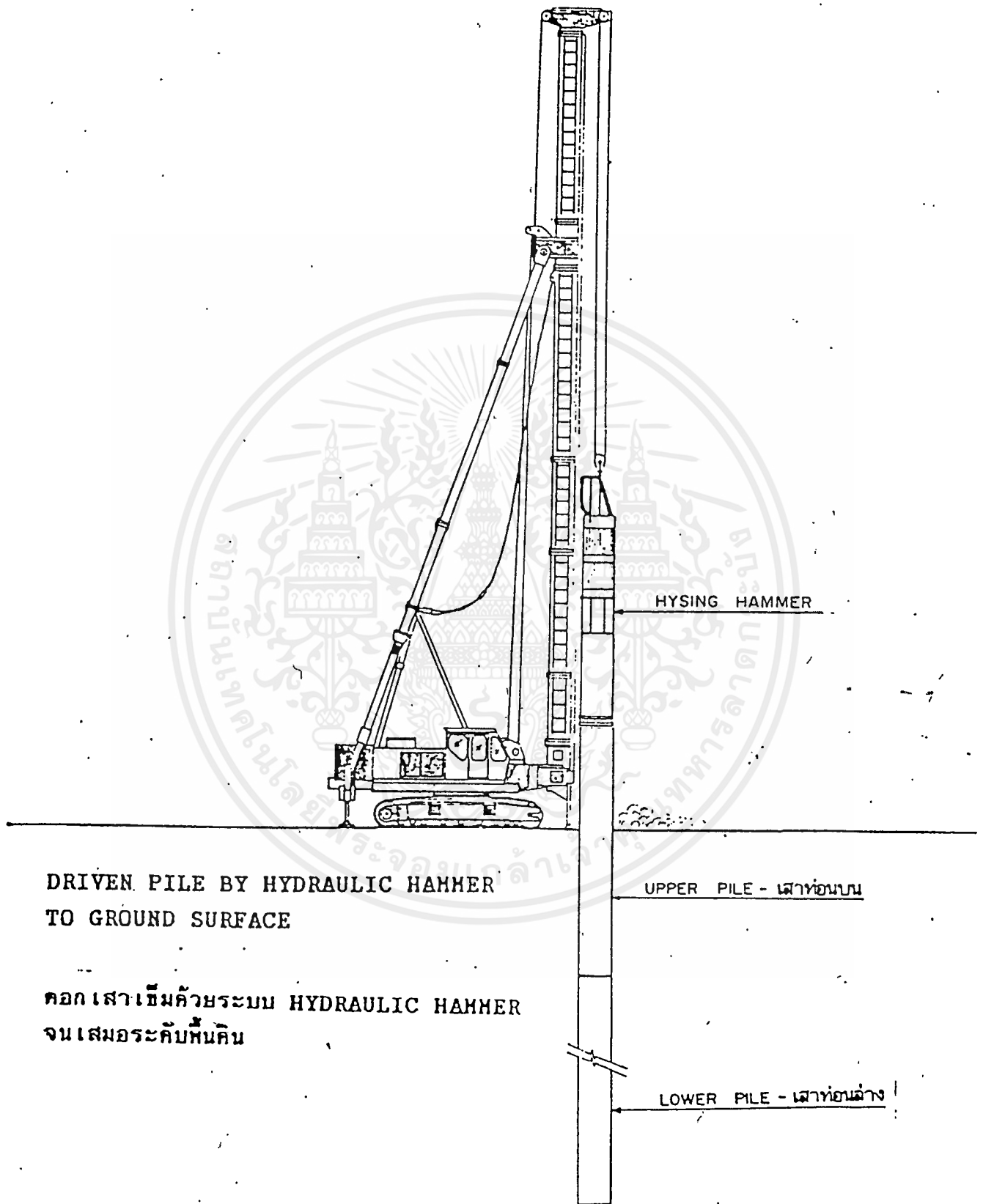
เจาะดินและกดเสาลงจนกระทั่ง
เหลือระยะประมาณ 10 เท่า ของ
เส้นผ่าศูนย์กลาง



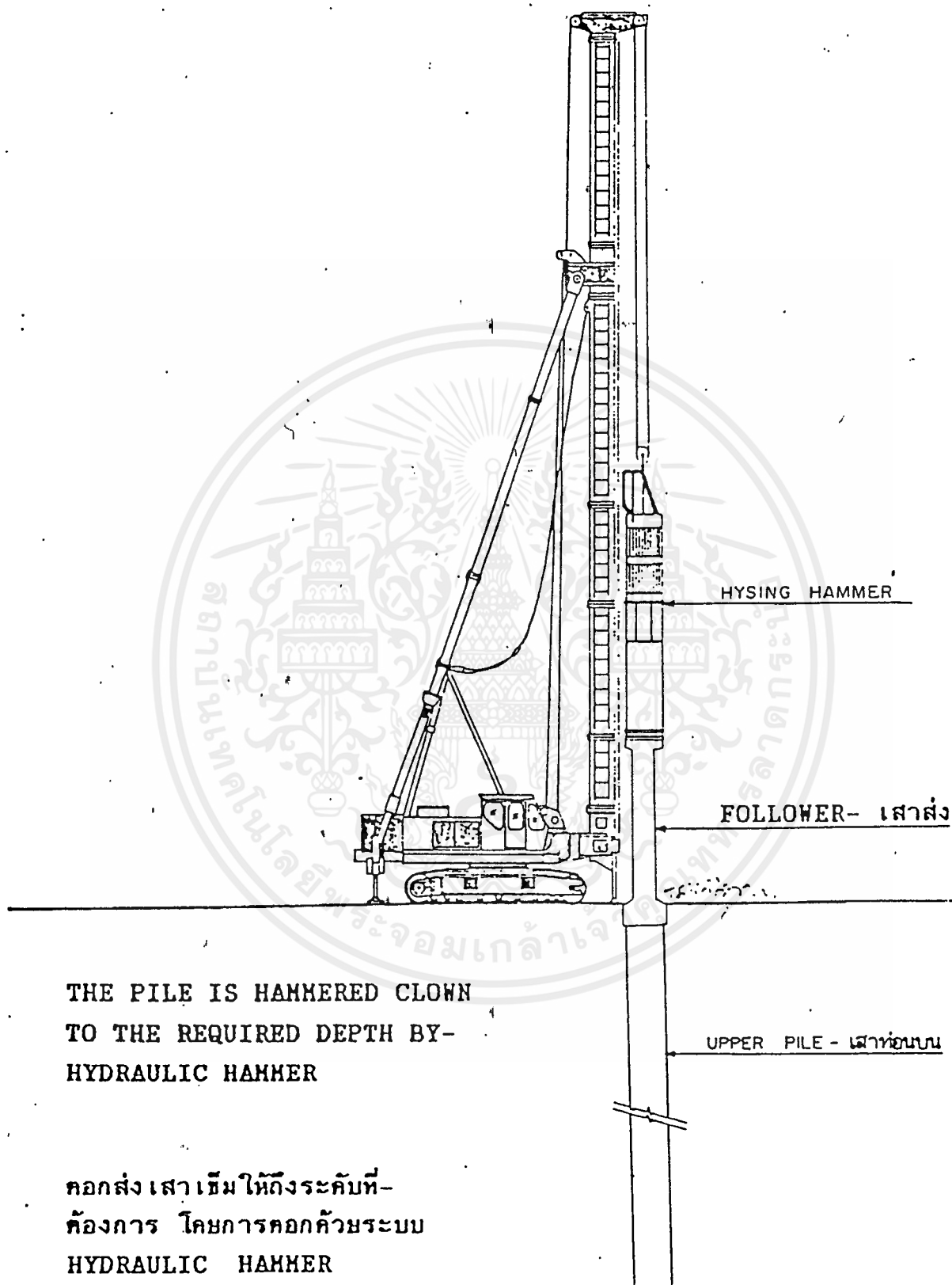
THE AUGER FLIGHT IS PULLED
OUT.

ดึงสว่านออกจาก เสาทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



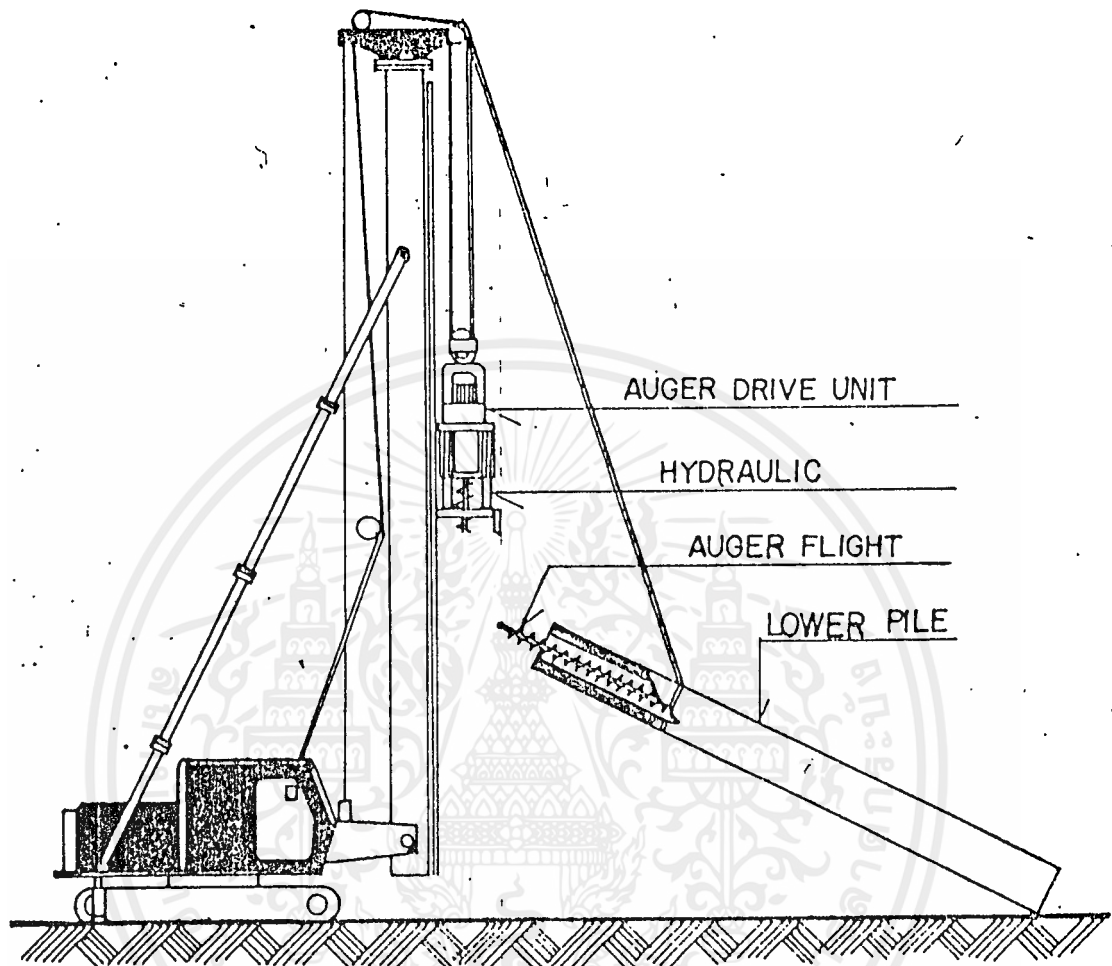
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

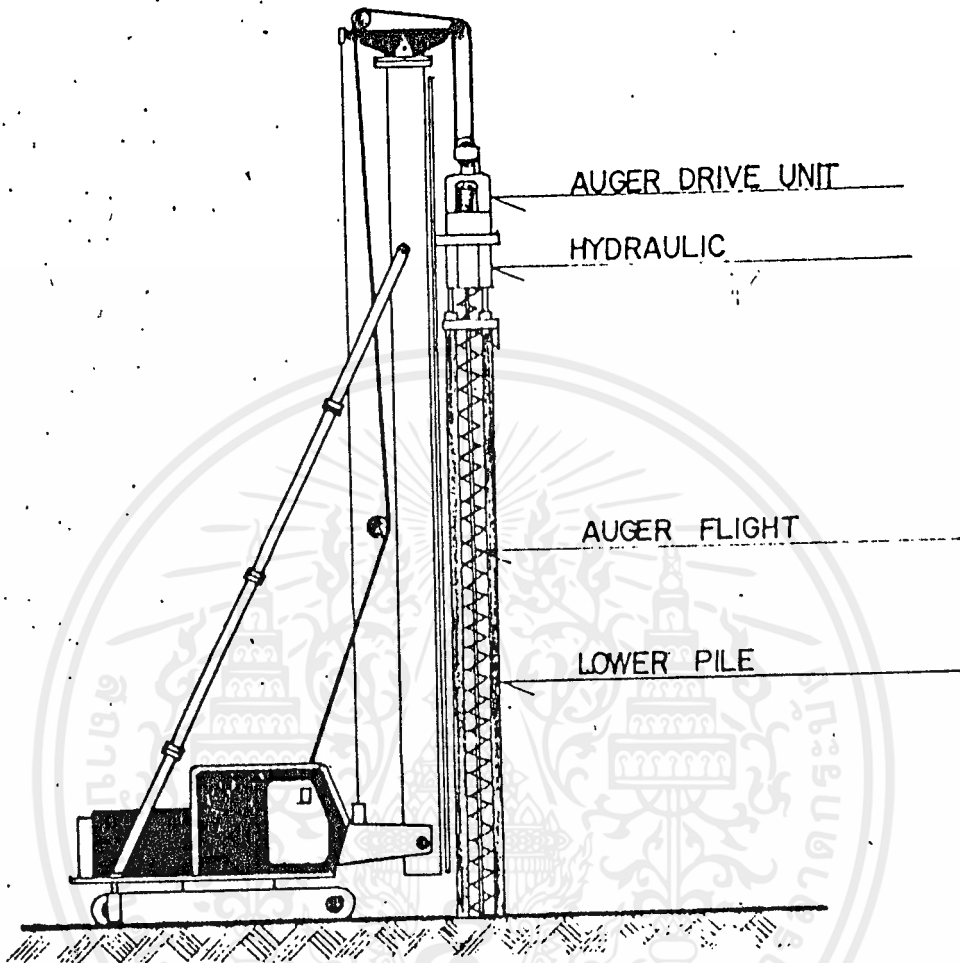


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



MOVE THE EQUIPMENT SET TO THE DESIGN POINT
AFTER PUTTING THE AUGER FLIGHT INTO THE HOLE
OF THE PILE WITH THE MACHINE SET.

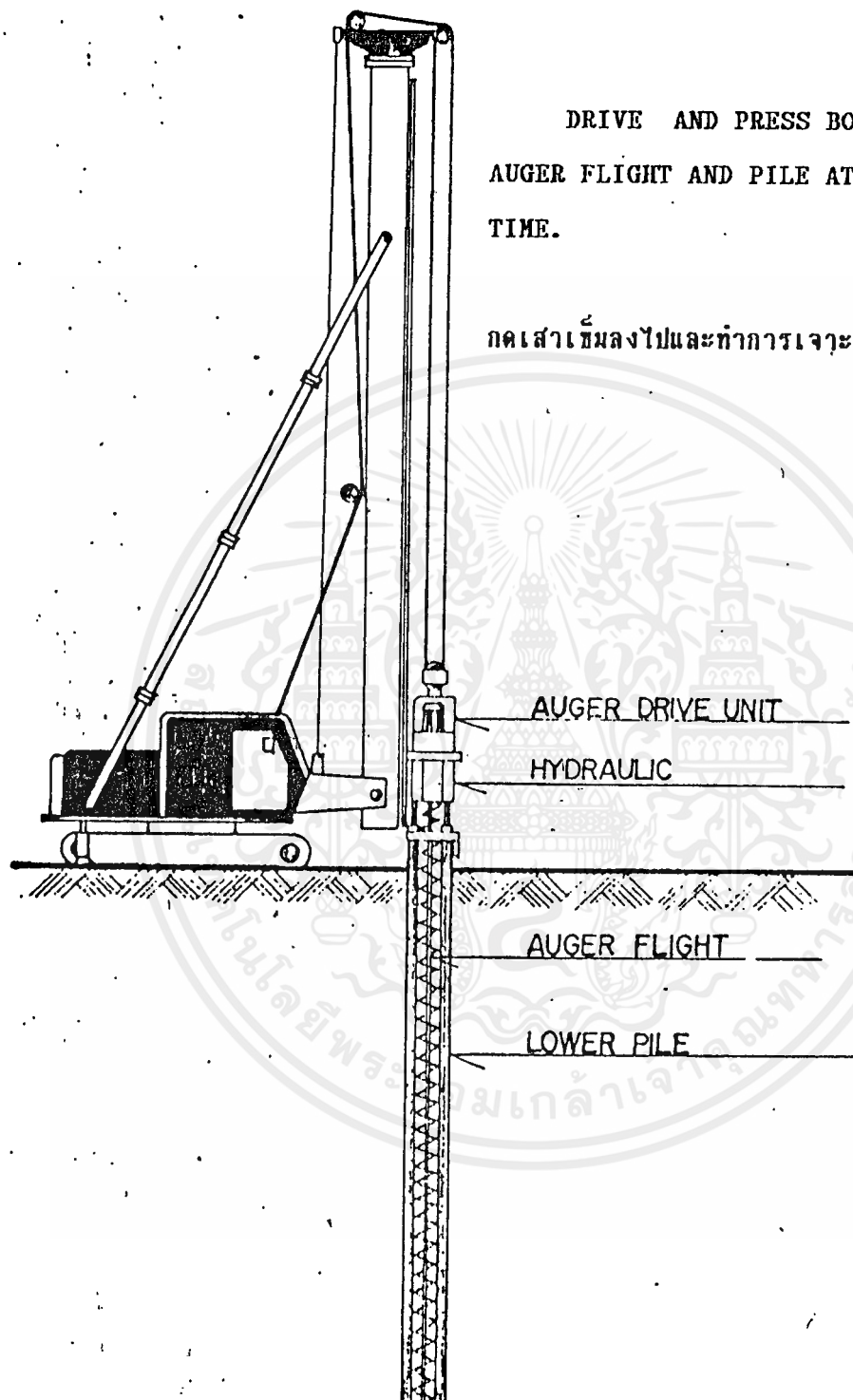
เคลื่อนเครื่องจักรไปยังตำแหน่งที่ได้ออกแบบไว้
แล้วยกเสาเข็มที่ได้สอดส่ว่านไว้แล้วมาปักยังจุดที่กำหนด



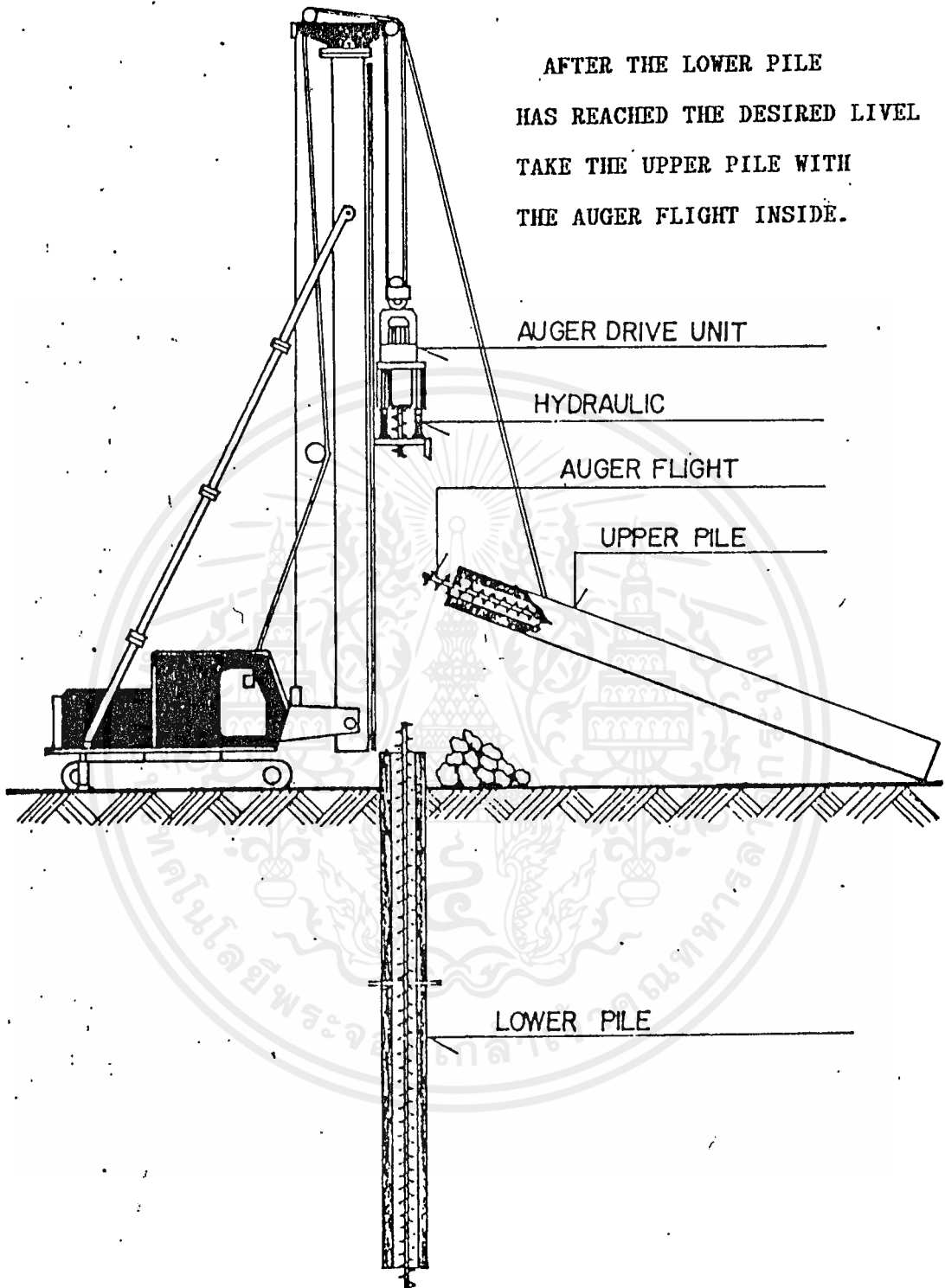
AFTER CHECKING THE CORRECTED VERTICAL LINE.
THEN START THE AUGER FLINGT ROTATION.

ตรวจสอบระดับให้ถูกต้องทางแนวตั้งให้เสียก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



AFTER THE LOWER PILE
HAS REACHED THE DESIRED LEVEL
TAKE THE UPPER PILE WITH
THE AUGER FLIGHT INSIDE.

AUGER DRIVE UNIT

HYDRAULIC

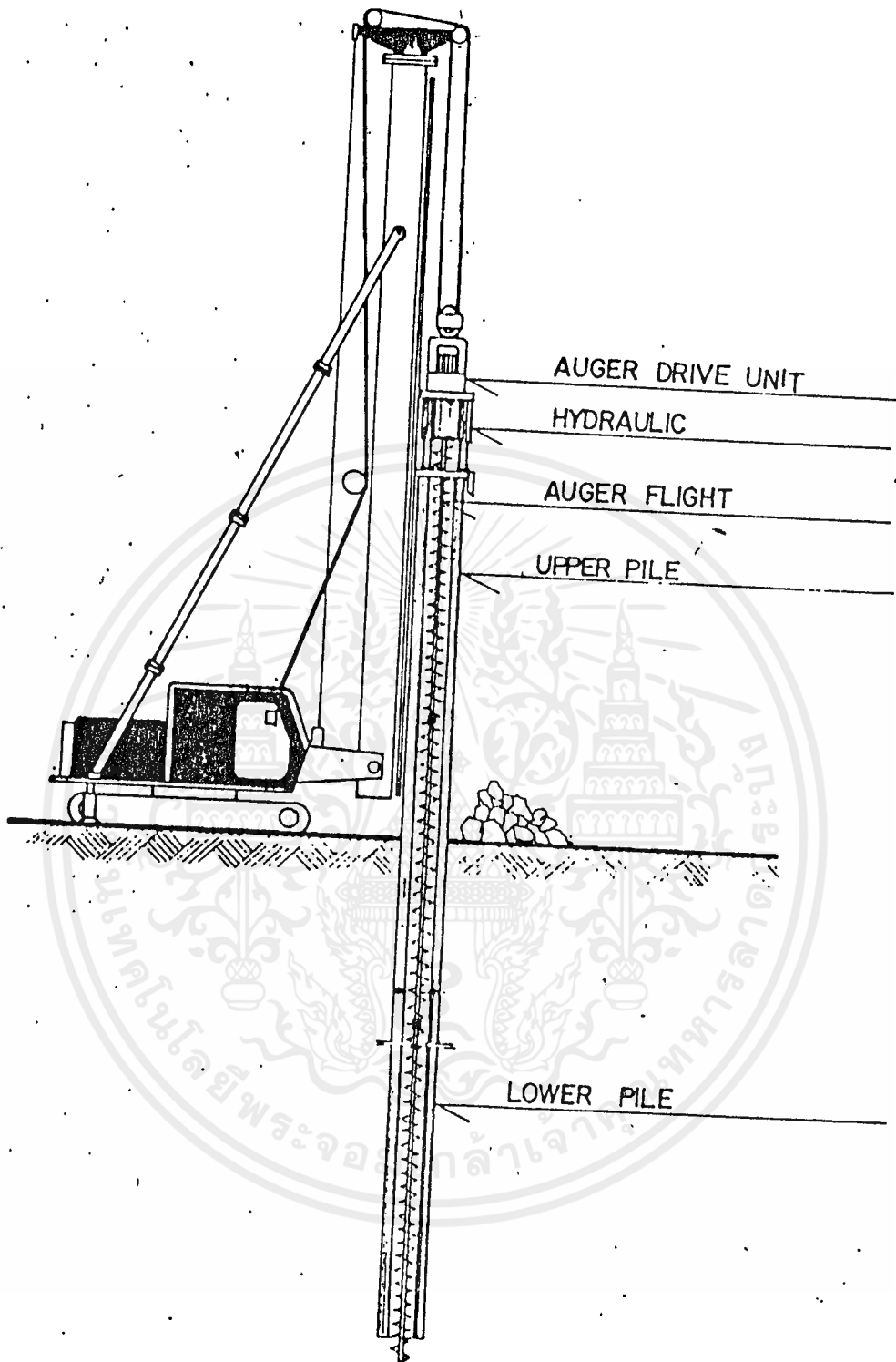
AUGER FLIGHT

UPPER PILE

LOWER PILE

หลังจากที่เสาที่ด้านล่างส่งถึงระดับแล้วทำ
การต่อเสา เข็มที่บน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



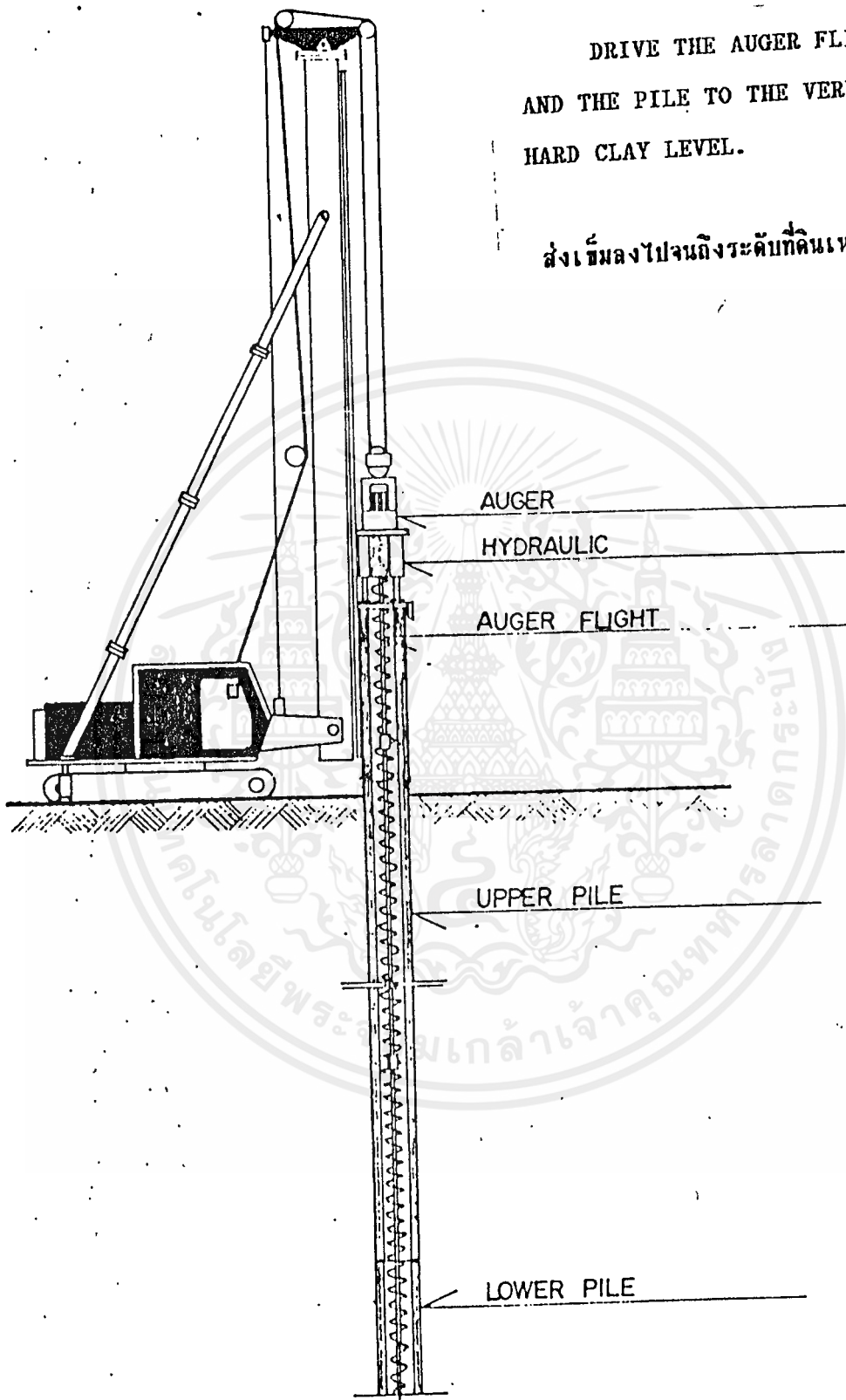
CONNECT THE UPPER PART OF AUGER FLIGHT
AND PILE TO THE LOWER PART.

ต่อเสาเข็มท่อนบนกับท่อนล่าง

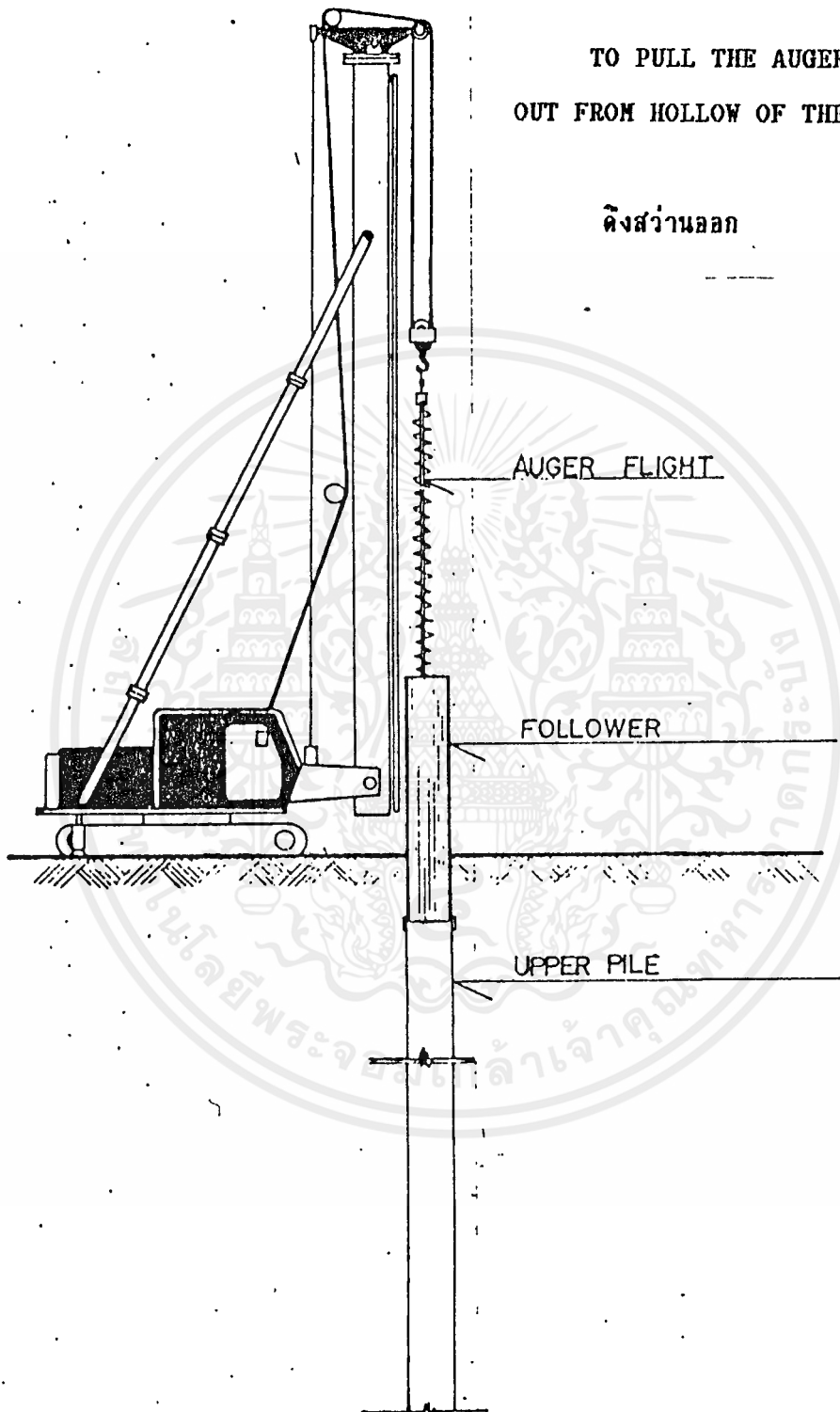
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DRIVE THE AUGER FLIGHT
AND THE PILE TO THE VERY
HARD CLAY LEVEL.

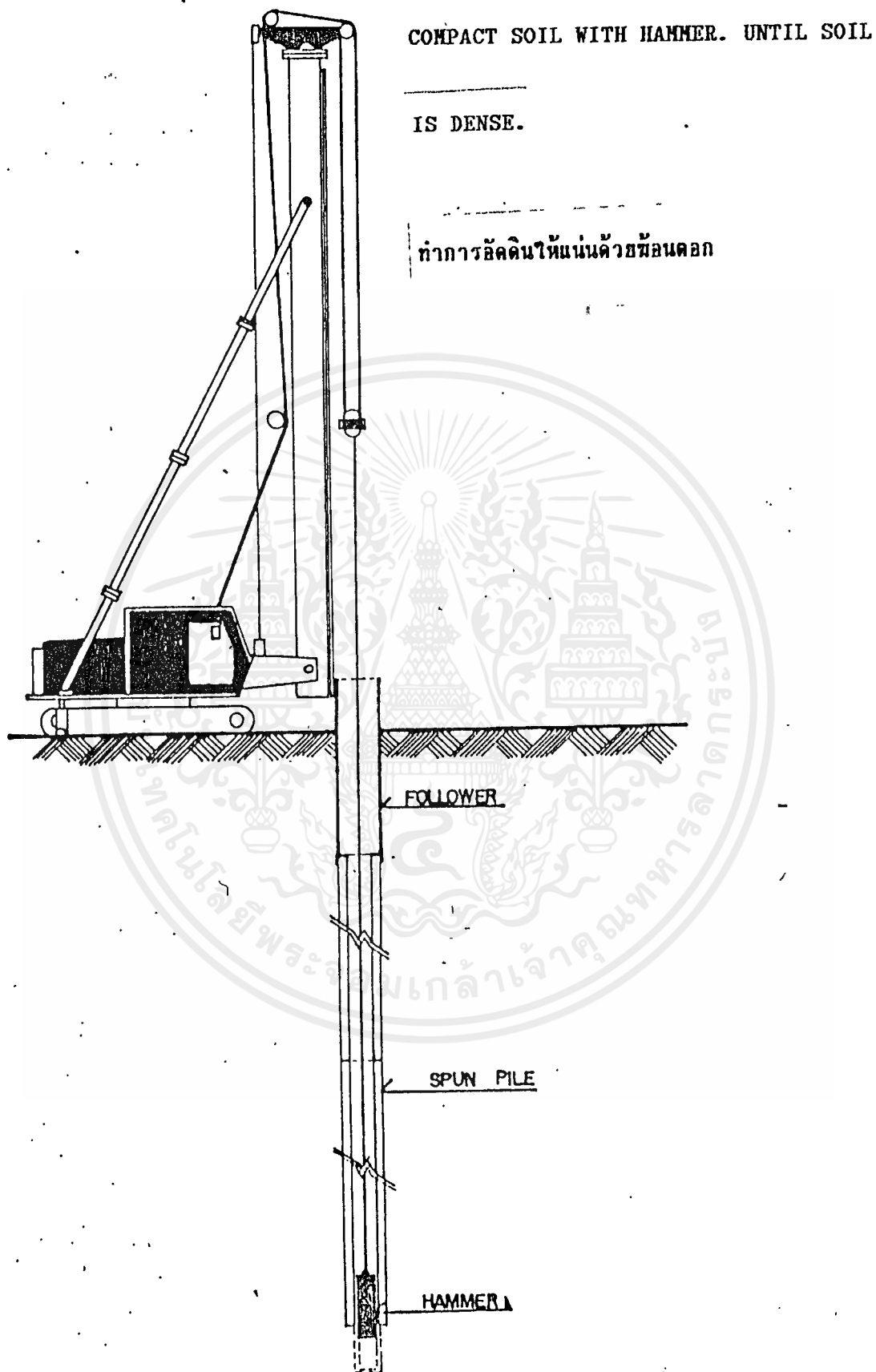
ส่งเข็มลงไปถึงระดับที่ดินเหนียวแข็ง



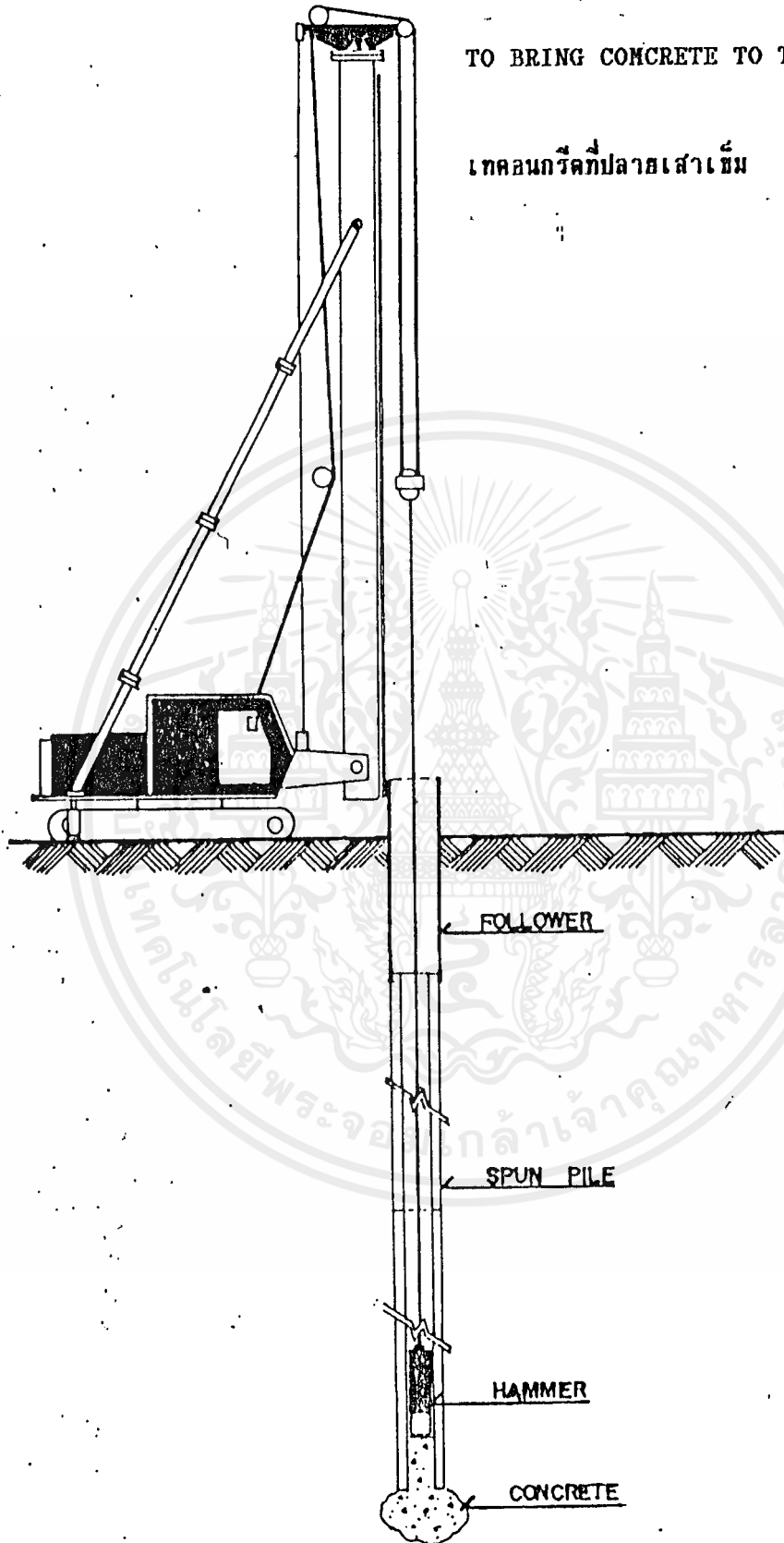
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



TO BRING CONCRETE TO THE TIP OF PILE.

เทคอนกรีตที่ปลายเสาเข็ม

FOLLOWER

SPUN PILE

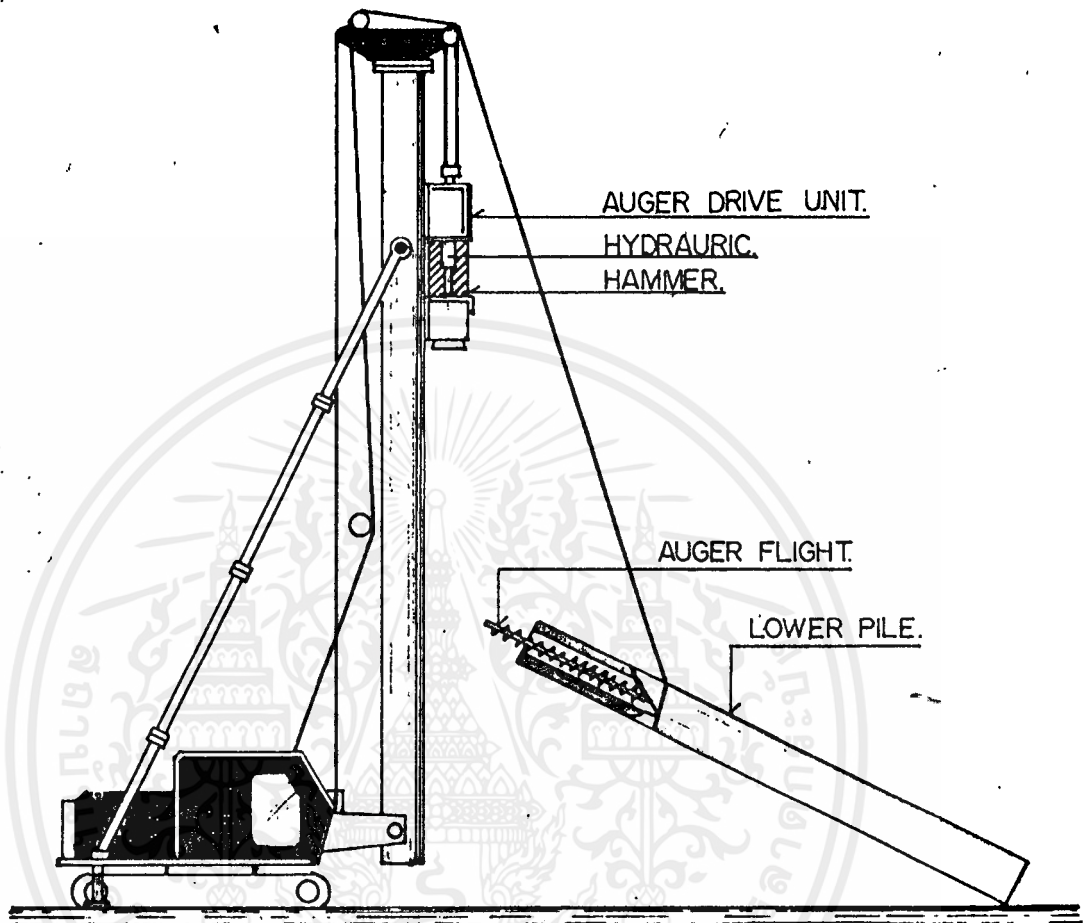
HAMMER

CONCRETE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



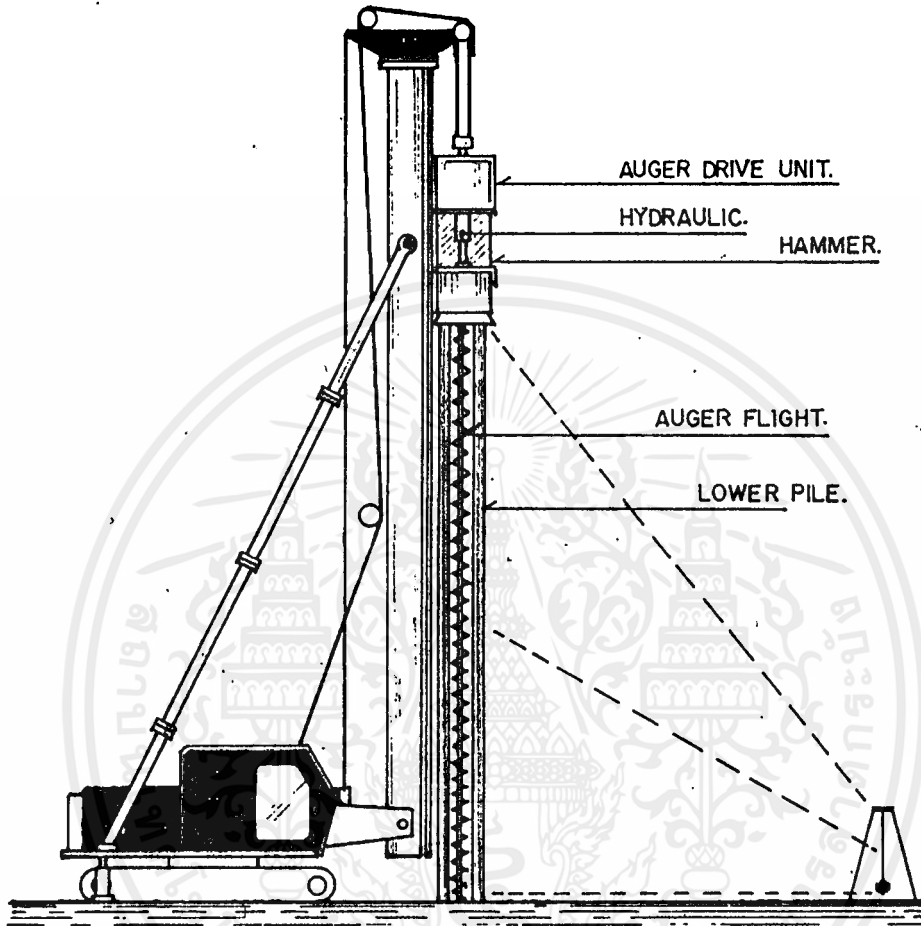
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



THE MACHINE IS MOVED TO THE PILING POINT. THE PILE WITH THE AUGER FLIGHT INSERTED IS LIFTED AND PLACED ON THE PILING POINT.

เคลื่อนเครื่องจักรเข้าจุดที่กำหนดจะตอก แล้วยกเสาเข็มซึ่งภายในเสาได้สอดลวดวางไว้
เข้าปักยังจุดที่กำหนด

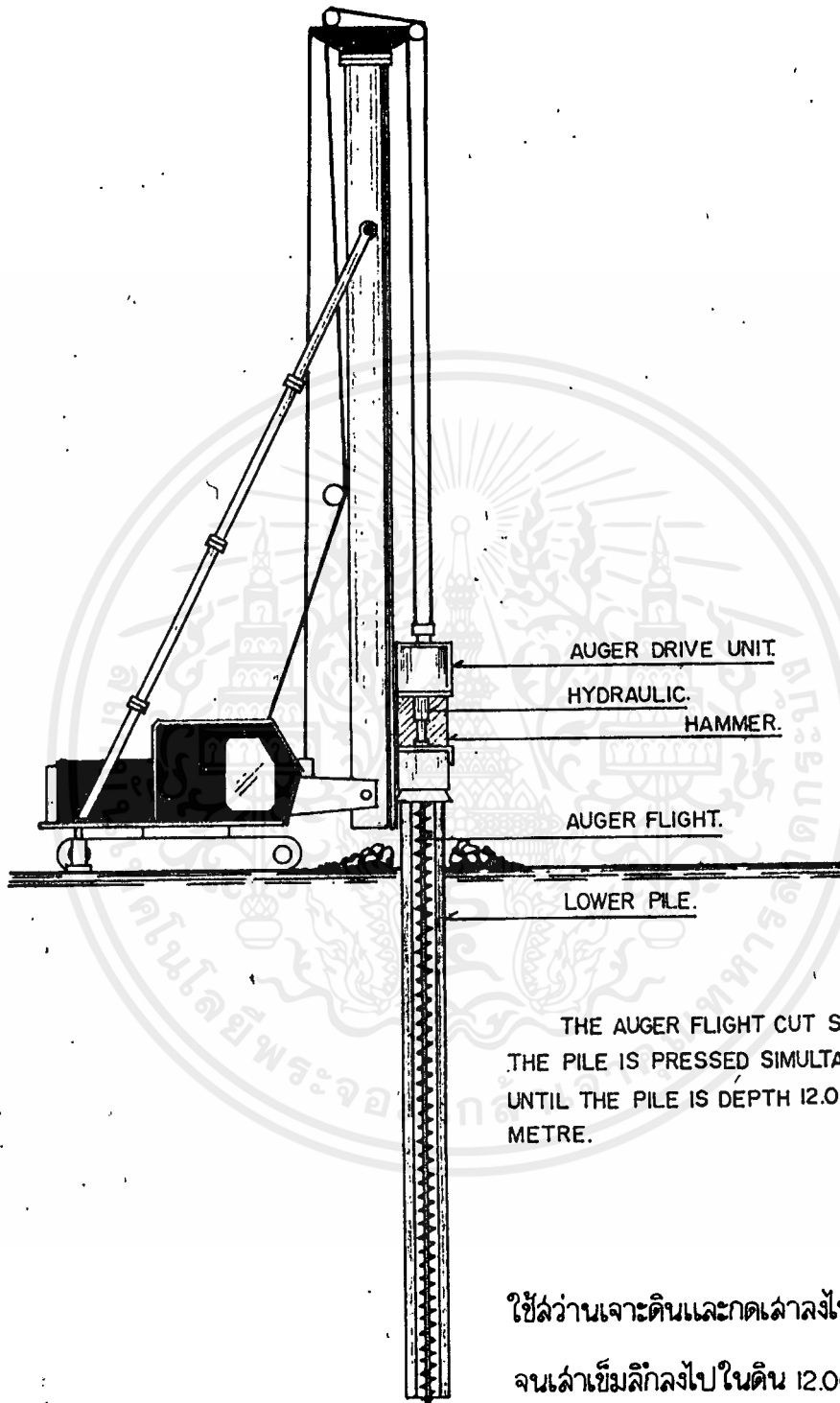
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



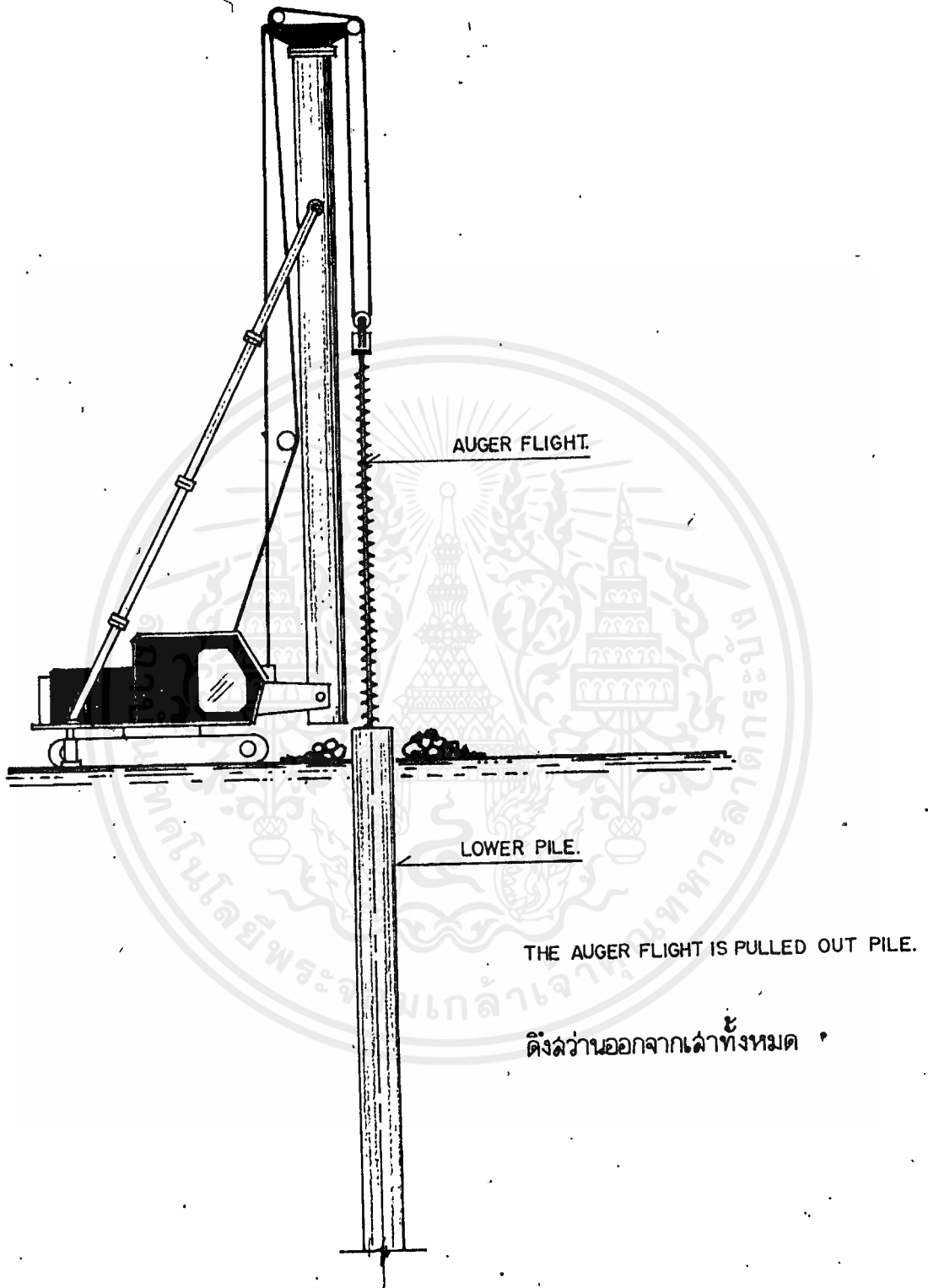
THE ROTATION OF AUGER FLIGHT IS STARTED OF IS CHECKING THE CORRECT POINT AND VERTICAL OF PILE.

ก่อนที่จะเริ่มหมุนว่าน ต้องตรวจสอบตำแหน่ง และ แนวตั้งของเสาเข็มให้
ได้เสียก่อน

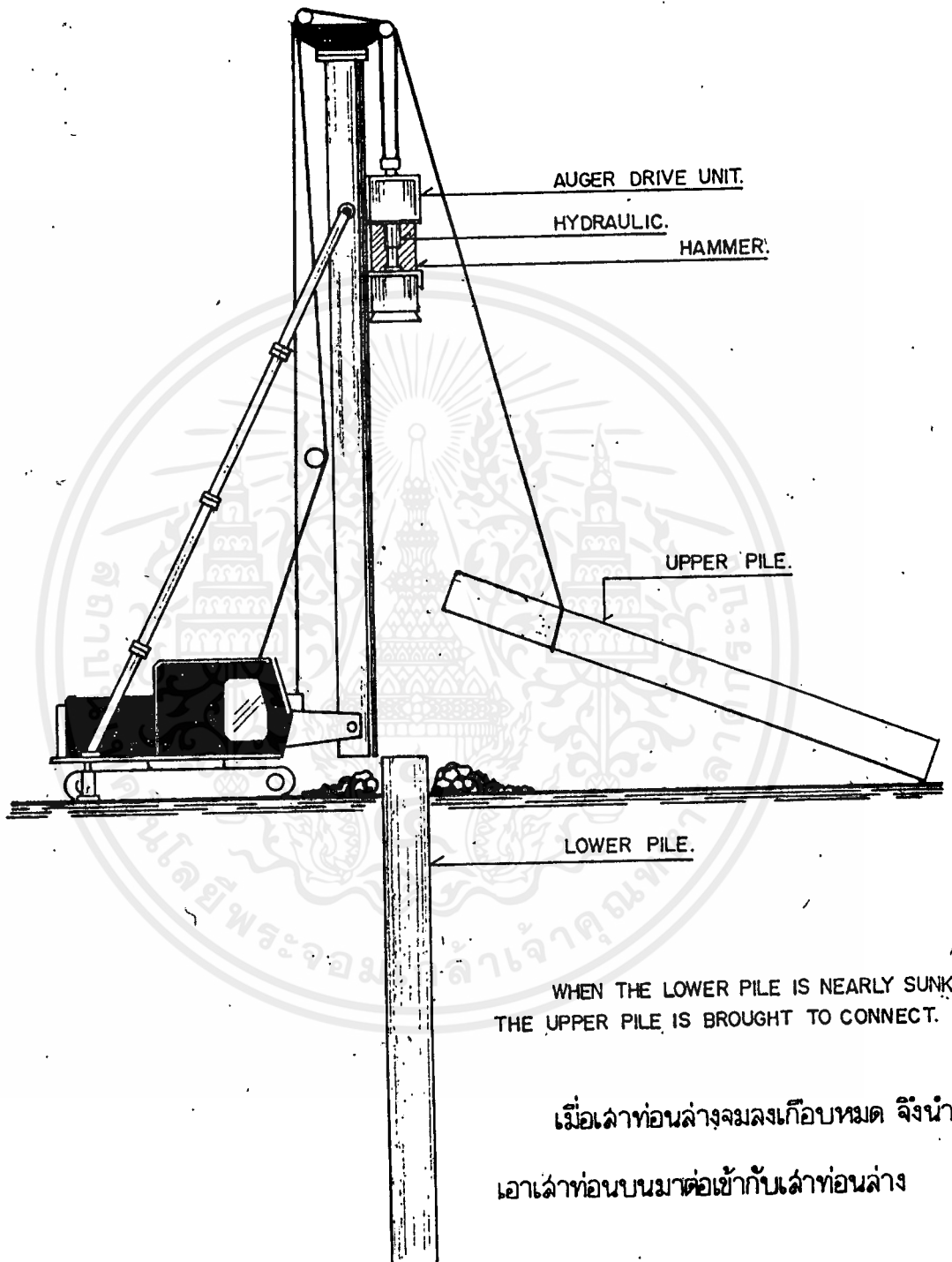
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



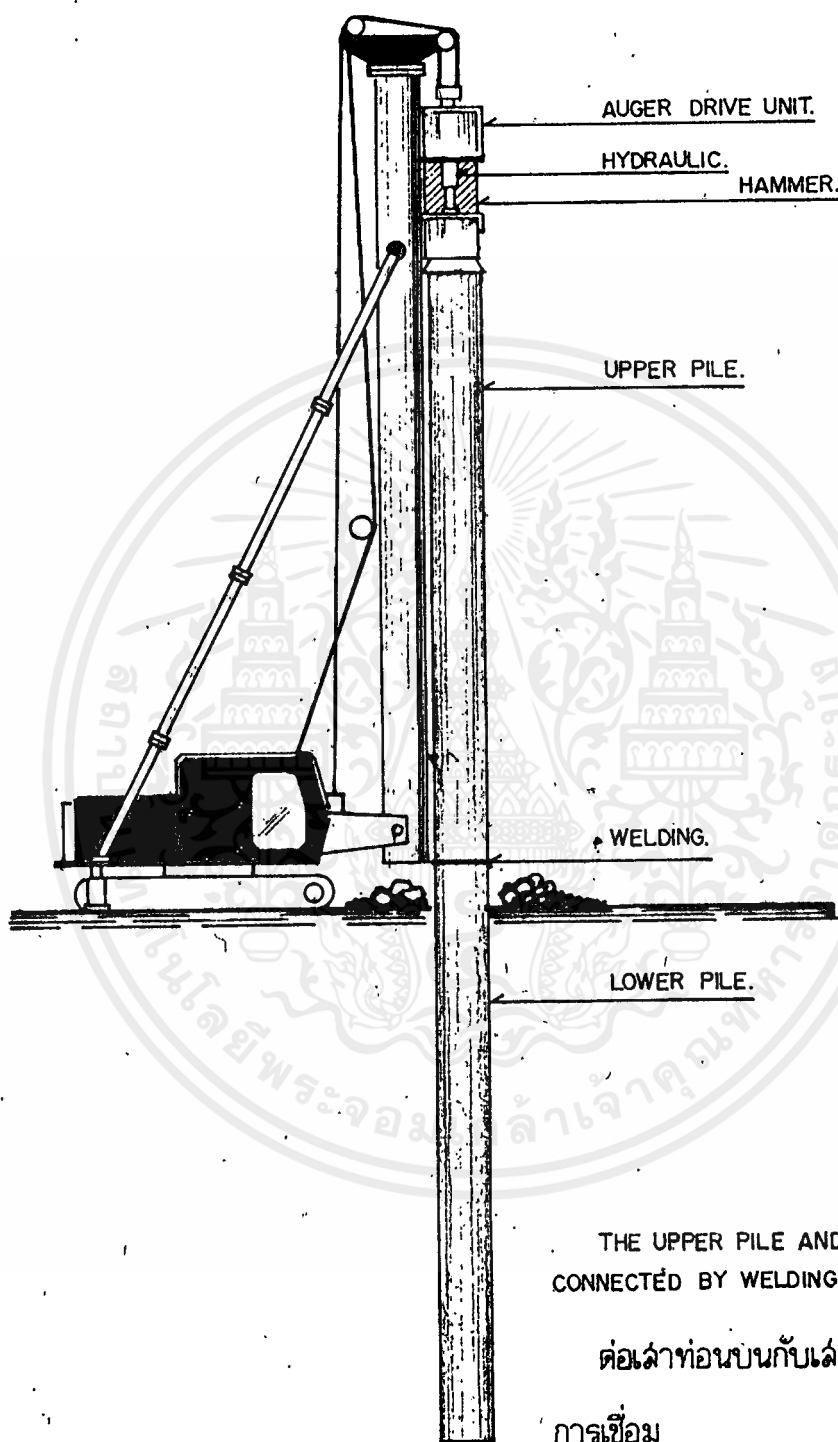
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



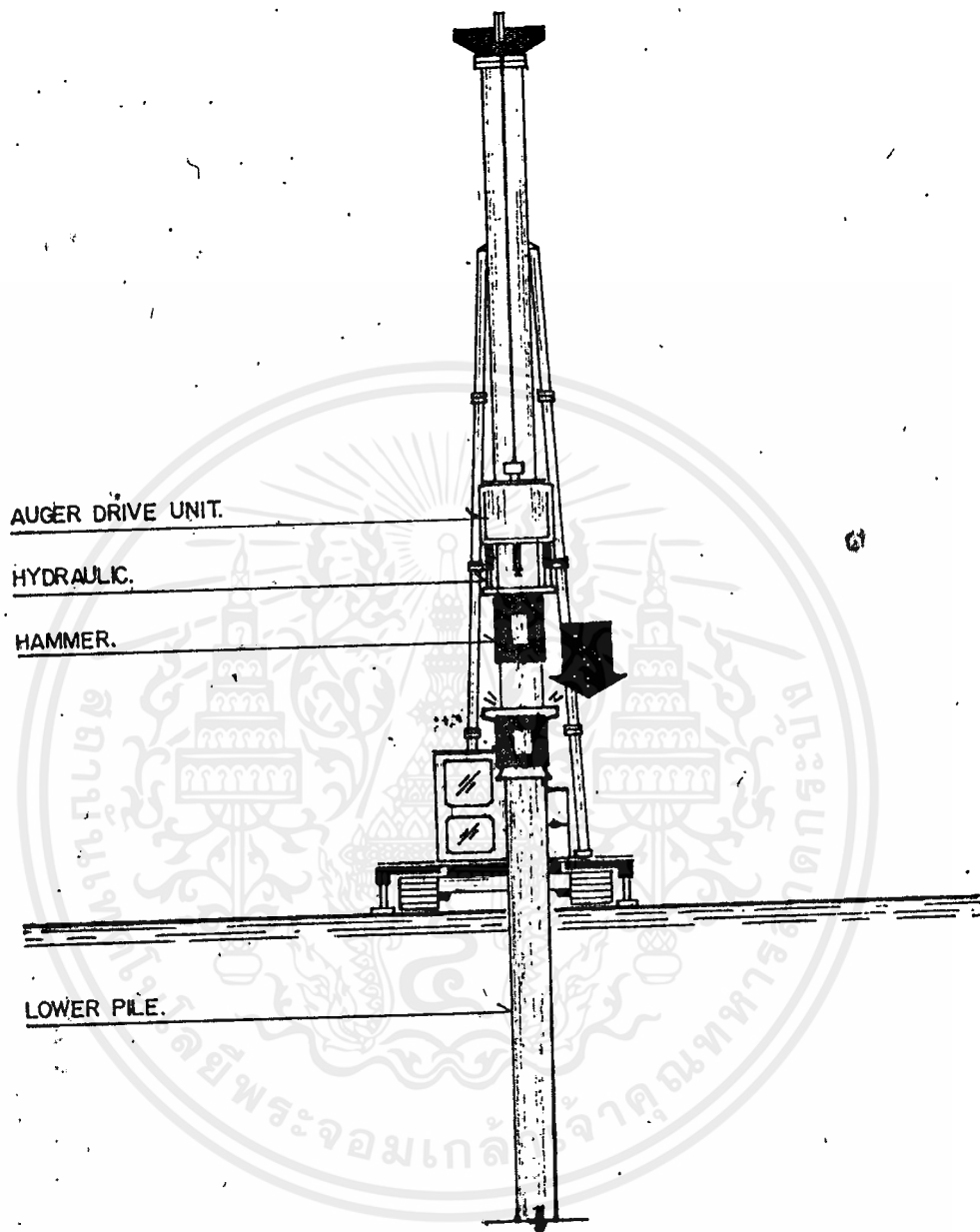
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



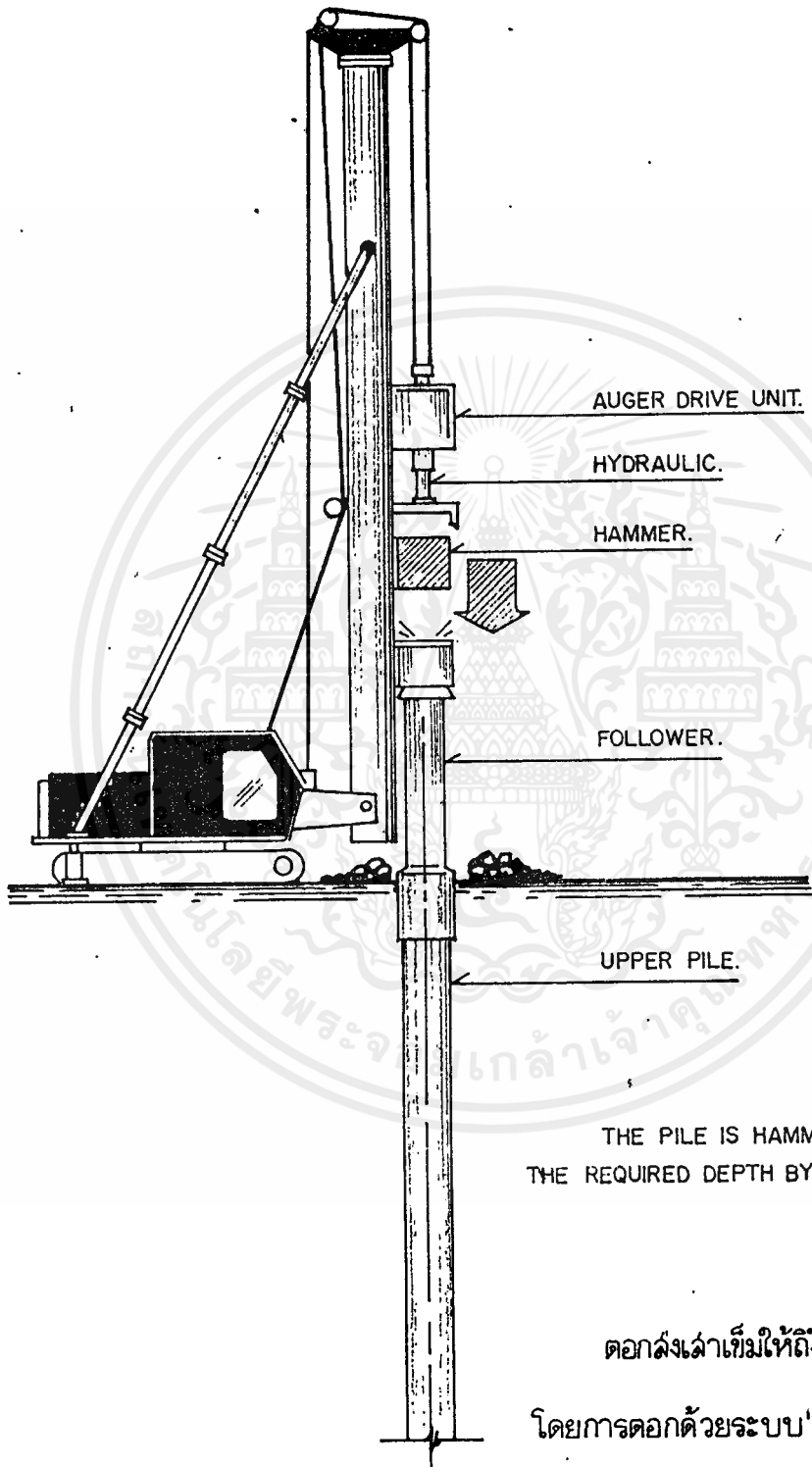
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



AFTER THE UPPER AND LOWER PILE ARE CONNECTED BY WELDED, THE PILE IS HAMMERE BY "DROP HAMMER."

หลังจากที่เชื่อมต่อเสาเข็มเสร็จแล้ว จึงทำการตอกเสาเข็มด้วยระบบ "DROP HAMMER."

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกขึ้นอยู่กับความแข็งแกร่งของตัวเสาเข็มเอง

แรงเสียดทานของเสาก็มีส่วนสำคัญต่อโครงสร้าง ขึ้นกับขนาดของเม็ดดิน ความหนาแน่นดิน ความชื้นของดิน ความยาวของผิวหน้าเสียดสีที่ทำหน้าที่รับน้ำหนัก ความขรุขระของผิวหน้าของเสาเข็ม

เสาเข็มที่สร้างโดยการเทคอนกรีต จะมีความสามารถในการเสียดสีมากกว่าเสาสำเร็จรูป เมื่อมีการขุดเจาะทำให้ผิวหน้าไม่เรียบมากขึ้น แต่ก็โดยใช้ เบนโทไนท์ มาเป็นตัวรักษารูปร่างของหลุม โดยจะไปอุดรูขรุขระทำให้ผิวเรียบมากขึ้น

ข้อดีของเสาเข็มเจาะตอก

1. ควบคุมสิ่งแวดล้อมน้อย มีการสั่นสะเทือนน้อย
2. หลีกเลี่ยงการใช้คอนกรีตที่มีราคาแพง
3. ไม่เสียเวลาในการทำเสา
4. ป้องกันการเทคอนกรีตหยุดชะงักในขณะทำเสา
5. ใช้คนงานน้อย
6. ไม่ต้องอัดคอนกรีตของเสาในช่วงที่เสริมเหล็กซึ่งอาจทำให้เสาหนีสันยได้ง่าย

ข้อเสียของเสาเข็มเจาะตอก

1. การหนีสันย ก่อนออกแบบต้องคำนวณเพื่อไว้
2. มีดินโคลนมากขึ้น เป็นปัญหาในการเจาะเสาครั้งต่อไป
3. ถ้าเสามีขนาดใหญ่และยาวมักจะเป็นปัญหาต่อการขนส่ง
4. ราคาในการตอกเสาเข็มที่ดินค่อนข้างแพง

การอัดน้ำปูนมีข้อดีคือ

1. จะเป็นตัวยึดส่วนล่างสุดของเสา ฐานรับแรงและชั้นดินเข้าด้วยกัน
2. ปรับปรุงดินให้แน่นขึ้น
3. เป็นการทดสอบความสามารถในการเสียดสีของเสาเข็มเมื่อมีการเคลื่อนไหว
4. เพิ่มความสามารถในการเสียดสี
5. ลดการยุบตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประโยชน์ที่ใช้ในกม.

1. ลดปริมาณการแทนที่ด้วยเสาเข็ม
2. ลดแรงฝืดของผิวดินในทางลบ(Negative skin friction)
3. ลดการสั่นสะเทือน
4. ลดการเคลื่อนตัวของดินชั้นบน
5. ลดความเสียหายต่ออาคารข้างเคียง
6. มีความมั่นใจว่าเข็มไม่หัก

ข้อเสนอแนะในการใช้เสาเข็มระบบ Auger press

1. การเชื่อมจะเสียเวลามากที่สุดในระบบ Auger Press เพราะเป็นระบบเชื่อมต่อลวดเชื่อมที่ใช้ควรเป็น LB 52 พยายามจัดชั้นการทำงานอย่าให้ช่วงวิกฤต (critical path) ของการทำงานอยู่ที่การเชื่อม
2. การควบคุมแนวตั้งโดยท่วงบังคับ(Backing Ringx เป็นเทคนิคอย่างหนึ่งของเสาท่อเหล็กกลาง (Steel Pipe Pile)
3. การสอดดอกสว่านโดยใช้ Tractor D 20 หรือ Loader ช่วยในการทำงานให้เร็วขึ้นมาก
4. บางครั้งเพื่อลดจำนวนปั้นจั่น (Crane) ลงรถปั้นจั่นหนึ่งตัวอาจใช้อุปกรณ์ช่วย 2 อย่าง คือ ใส่ Auger flight ด้านหนึ่ง อีกด้านหนึ่งใส่ Hammer เอาไว้
5. ลวดเชื่อมสำหรับเข็มเหล็กกลาง(Steel pipe pile)เส้นผ่านศูนย์กลาง 609 มม. หนา 12 มม. จะใช้น้ำหนักประมาณ 1.75 กก./ความหนาของเข็ม 10 มม. /เส้นรอบรูป 1 เมตร
6. ก่อนอื่นต้องพิจารณาความสามารถของรถปั้นจั่นวิธีการเจาะและขับเคลื่อนตัวบวมโดยปกติยาวประมาณ 25 เมตร ตัว Thrusting และ Auger Apparatus ยาว 8 เมตรเพราะฉะนั้น segment ของเข็มในการทำงานยาวสูงสุด 15 เมตร
7. พฤติกรรมของการรับแรงจากการทดสอบน้ำหนักบรรทุก (Load Test) แสดงว่าเข็มเป็นเสาเข็มรับแรงเสียดทาน (Friction pile)ไม่ควรออกแบบโดยคิดเป็นเสาเข็มรับแรงต้านทานที่ปลาย (End Bearing Pile) แม้ว่าเข็มจะฝังอยู่ที่ทรายชั้น 2 (60 เมตรจากดิน) ก็ตาม
8. การแบ่ง segment เข็มการแบ่งตอกกับระยะเจาะสำคัญมากเพราะต้อง

จัดเครื่องมือให้สัมพันธ์กันพอดี มิฉะนั้นจะเสีย Sequence มาก ตัวอย่างเช่น ระยะเจาะ 30 เมตร ระยะตอก 27 เมตร ช่วงวิกฤติ (Critical Path) มาอยู่ที่การตอกต้องให้ เครื่องตอก 2 ชุด เครื่องตอก 3 ชุด เป็นต้น

9. การตัด Cutting Edge ในการ Auger Paess ช่วยในการรอกได้ดีแต่ระยะโผล่ออกจากเข็มไม่ควรเกิน 12 มม.



เสาเข็มเสียบ (NON - POLLUTION)

ความหมายของเสาเข็มเสียบ

เสาเข็มเสียบได้พัฒนามาจาก เสาเข็มเจาะ และเสาเข็มเจาะตอก โดยอาศัยหลักการฉีดน้ำปูนที่ปลายเสาเข็ม (GROUTING) เพิ่มการรับน้ำหนักที่ปลายเสาเข็ม (END BEARING CAPACITY) โดยการเจาะกวนดินให้กระจายออกแล้วทำการฉีดน้ำปูน จากนั้นจึงนำเสาเข็มสำเร็จรูปมาเสียบลงไป

วิธีนี้ได้รวมปัญหาที่เกิดขึ้นเรื่องการเคลื่อนตัวของดิน เสี่ยงและอื่น ๆ มาปรับปรุงและวิจัยพัฒนา การใช้ NON-POLLUTION PILE จะช่วยแก้ปัญหาตรงจุดนี้ได้โดยใช้เสาเข็มที่ผลิตจากโรงงานที่สามารถควบคุมคุณภาพได้ และที่สำคัญคือไม่จำเป็นต้องทำการตอก ไม่ทำให้เกิดความเสียหาย และลดมลภาวะต่าง ๆ เสาเข็มที่ใช้ส่วนมากเป็นเสาเข็มกลมแรงเหวี่ยง (SPUN PILE) เป็นหลัก โดยใช้เครื่องจักรช่วยในการผลิต และส่วนผสมต่าง ๆ สามารถควบคุมได้ทั้ง ปูน หิน ทราย เหล็กและอื่น ๆ อีกทั้งสามารถควบคุมค่าใช้จ่ายของงานฐานรากให้อยู่ในวงจำกัด และช่วยลดข้อขัดแย้ง (ARGUMENT) ระหว่างเจ้าของงาน วิศวกร และผู้รับเหมา

สำหรับเสาเข็ม NON-POLLUTION PILE ซึ่งบางท่านใช้ศัพท์ว่า เสาเข็มเสียบ มีชื่อภาษาอังกฤษที่เรียกกันมากมาย เช่น

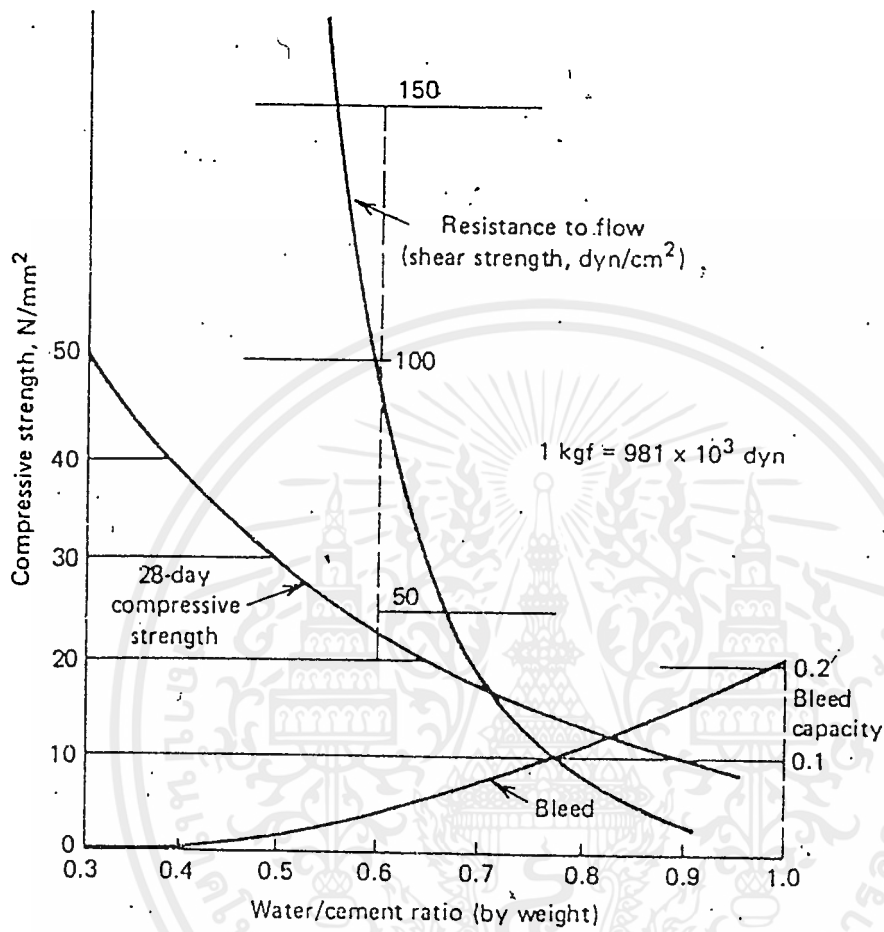
- INSERT PILE METHOD
- ROTATING PILE METHOD
- PRE-BORE ROTATING METHOD
- CENTER-AUGER ROTATING METHOD
- NON-POLLUTION PILE METHOD

GROUTING WITH CEMENT MIXES

จากประวัติการทำงานในอดีตในการทำ GROUTING ในงานก่อสร้างหลาย ๆ โครงการที่ใช้ส่วนมากได้แก่ งานเขื่อนเพื่อป้องกันไม่ให้น้ำไหลซึมเข้าไป ส่วนมากใช้ปูนซีเมนต์ชนิดที่ 1 (TYPE I PORTLAND CEMENT) ในรูปแสดงอัตราส่วนการผสมระหว่างน้ำกับซีเมนต์ (W/C) และการรับแรงอัดที่อัตราส่วนต่าง ๆ ก่อนที่จะทำการ GROUTING ต้องดูตารางนี้ก่อน และนอกจากนี้ต้องดูแรงดันที่จะทำการ GROUTING

ส่วนผสมที่ทำการ GROUTING

- น้ำ ควรเป็นน้ำที่บริสุทธิ์ จนถึงสามารถดื่มได้



Effects of water content on cement grout properties. (After Littlejohn, Ref. 11.)

รูปที่ 4.6 ผลของน้ำที่รวมอยู่กับซีเมนต์ในการ GROUT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ซีเมนต์ (CEMENT) ปรกติใช้ซีเมนต์ชนิดที่ 1 ประมาณ 99 % ขนาดของเม็ดดินที่ใช้ 44 - 100 ไมโครกรัม และความเร็วของการฉีด 0.05 cm./s และขนาดของดิน 160 ไมโครกรัม ถ้าใช้ปูนซีเมนต์ชนิดที่ 3 ความเร็วของการฉีดประมาณ 0.001 cm./s และขนาดของดินที่ทำการ GROUTING ประมาณ 20 ไมโครกรัม
- ดินเหนียว ต้องแล้วแต่ปูนซีเมนต์ที่ใช้ และยังสามารถลดการเฝิมของสารแขวนลอยต่าง ๆ ได้
- ทราย เป็นวัสดุที่ใช้ลดค่าใช้จ่ายในการ GROUTING

การออกแบบ

1.1 สูตรผสมปูนซีเมนต์

1.1.1 ปริมาณปูนซีเมนต์ที่ใช้

1. ความยาวซีเมนต์เหลวที่ฉีดเข้าไป (L)

$$L = \frac{(C1 - C2) \times Lf}{C1}$$

ข้อมูลต่อไปนี้ได้จากการทำงาน ณ. สนามหน้าศูนย์วิทยุ

C1 : ปริมาตรหลุมเจาะ = 0.312 m³/m. (เส้นผ่าศูนย์กลาง 630 มม.)

C2 : ปริมาตรเสาเข็มพีซีบีป็น = 0.145 m³/m.

Lf : ความยาวที่รับแรงเสียดทานจากผิวเข็มที่คาดหวัง 19 m. จากปลายเสา

$$\frac{(0.312 - 0.145) \times 19}{0.312} = 10.17 \text{ m.}$$

2. ปริมาตรซีเมนต์เหลวที่ฉีดเข้ามา (V)

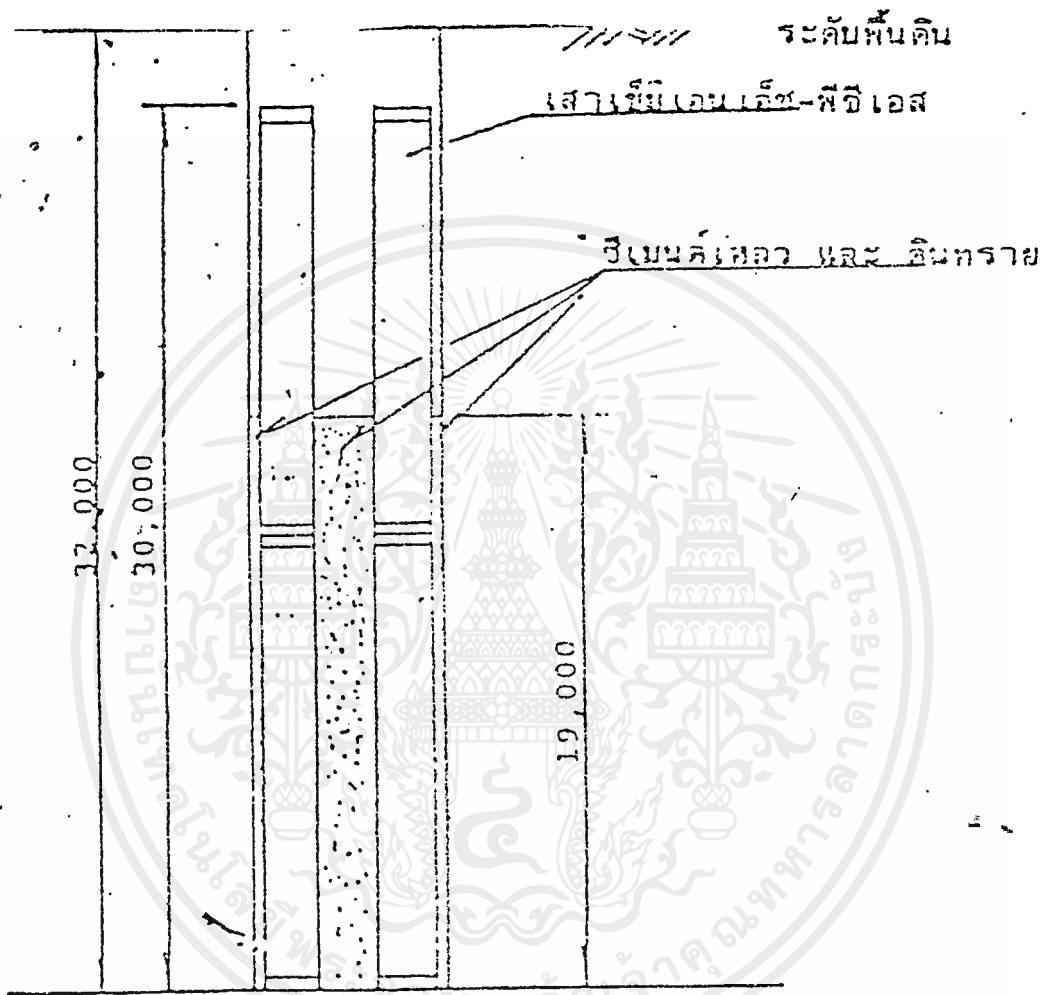
$$V = L \times C1 \times 1/3 = 10.17 \times 0.312 \times 1/3 = 1.058 \text{ m}^3.$$

3. ปริมาณปูนซีเมนต์ที่ใช้ (Cv)

$$\text{สัดส่วนผสม W/C} = 60 \%$$

$$1 \text{ m}^3 = C / 3.1 + 0.60 C$$

$$C = 1.084 \text{ ตัน}$$



รูปที่ 4.7 แสดงรูปตัดของการฉนวนปู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C : ปริมาตรปูนซีเมนต์ที่ใช้ ต่อ ลูกบาศก์เมตร

$$Cv = C \times V = 1.084 \times 1.058 = 1.147 \text{ ตัน}$$

1.1.2 ปูนซีเมนต์และน้ำ

ปูนซีเมนต์ปกติทำจากซีเมนต์ปอร์ตแลนด์อย่างดี (บรรจุในถุง)

น้ำที่ใช้ในอุตสาหกรรม หรืออย่างอื่นที่ใกล้เคียง

1.1.3 ซีเมนต์เหลว

เนื่องจากความสามารถในการรับน้ำหนักของเสาเข็มมีผลขึ้นกับส่วนผสมซีเมนต์เหลวน้ำหนักและการผสมด้วยความระมัดระวัง

1. ถังเก็บน้ำควรติดตั้งไว้ใกล้กับหม้อผสมซีเมนต์ หลอดพลาสติกใส่ควรถูกกับตัวถังเพื่อให้สามารถชั่งปริมาณน้ำที่ใช้ได้อย่างชัดเจน

2. ปูนซีเมนต์จะชั่งน้ำหนักเป็นกระสอบ ๆ

3. น้ำจะต้องเทใส่หม้อผสมก่อน แล้วจึงเทปูนซีเมนต์ใส่ตามเข้าไป ขณะที่หม้อกำลังหมุนส่วนผสมซีเมนต์ต้องผสมให้เข้ากันดีพอ

1.2 การออกแบบความสามารถในการรับน้ำหนัก

$$R_a = 1/SF [Q_{ult} A_p + (1/5 N_s L_s + N_c L_c)]$$

โดยที่

R_a : ความสามารถในการรับน้ำหนัก

: ค่าเฉลี่ย N

ข้อมูลต่อไปนี้ได้จากวันที่ทำงาน ณ สนามที่ศูนย์ถนนวนิทย

Q_{ult} : กำลังรับน้ำหนักปลายเสาสูงสุด (ตัน/ตารางเมตร) = 190

SF : องค์ประกอบความปลอดภัย = 3 หรือ 2

A_p : พื้นที่หน้าตัดขวางของปลายเสาเข็ม (ตร.ม.) = 0.2826

N_s : ค่าเฉลี่ย N (สำหรับชั้นดินที่มีทรายปนอยู่มาก)

L_s : ความยาวชั้นดินที่เป็นทราย (ม.) = 0 ม.

N_c : ค่าเฉลี่ย N (สำหรับชั้นดินเหนียว)

L_c : ความยาวชั้นดินเหนียว = 19 ม.

: เส้นรอบรูปของเสาเข็ม = 1.88

1) กรณีความปลอดภัยมีค่าเท่ากับ 3

$$R_a = 1/3 [190 \times 0.2826 + (1/2 \times 15 \times 19) \times 1.88]$$

$$= 107.19 \text{ ตัน/ตัน}$$

2) กรณีความปลอดภัยมีค่าเท่ากับ 2

$$Ra = 136.96 \times 3/2 = 160 \text{ ตัน/ตัน}$$

อย่างไรก็ตามความสามารถในการรับน้ำหนักจริงจะหาได้จากการทดลองใส่โหลด

เครื่องจักรที่ใช้

1.1 เครื่องจักรและอุปกรณ์

1. เครื่องตอกแบบครอว์เลอร์

ในเรื่องของเครื่องตอกเสาเข็ม เพื่อให้สามารถติดตั้งเครื่องมือประกอบเข้าไปด้วยกันอย่างเช่นอุปกรณ์ช่วยจับเครื่องเจาะตัวเครื่องเจาะและหมวกเครื่องจักรต้องทนต่อน้ำหนักที่เข้ามาได้มาก เครื่องที่มีสามขาปรับน้ำหนักทำงานด้วยความแม่นยำสูง และความปลอดภัยแม้ขนาดเสาจะใหญ่จึงถูกนำมาใช้ และจากการพิจารณาเส้นผ่าศูนย์กลางของเสาเข็ม ความยาวเสา พื้นดิน บริเวณพื้นที่ตอกและรูปร่างลักษณะของเสา ฯลฯ เครื่องเจาะที่เจาะด้วยรอกดึงแท่งเจาะและดันเข้าหรือตอกเสาคด้วยข้อนจะถูกนำมาใช้

ตารางที่ 4.3 ชนิดของเครื่องจักร

ชนิดของเครื่องจักร	เส้นผ่าศูนย์กลางเสาเข็ม (มม.)
นิชซ่า 207 LC	300 - 350
นิชซ่า 308 S	400 - 600
นิชซ่า 508	600 - สูงขึ้นไป

2. แท่งเจาะ

จากเหตุผลที่ว่าน้ำหนักถูกแรงอัด ซีเมนต์เหลว ฯลฯ จะถูกพ่นออกจากหัว ส่วนแท่งเจาะจะมีโครงสร้างกลวง และติดแผ่นพลาสติกเตอร์ตามที่ระบุรวมทั้งแท่งกวน นอกจากนี้ตัวที่มีระดับความแข็งแรงสูงมากจะไม่มีภารกิจงอหรือเสียหายใด ๆ เกิดขึ้นจากลักษณะนี้จึงเป็นคุณภาพที่ดีที่สุดที่สามารถรับน้ำหนักได้

ความแม่นยำของการติดตั้งของแท่งเจาะจะอยู่ภายใน 1/500 สำหรับแท่งเจาะยาว 5 ม. และความยาวแท่งเจาะ 10 ม.

ท่อของแผ่นเพลทพลาสติกควรเท่ากับเส้นผ่าศูนย์กลางของเสาเข็ม + 30 มม. ในกรณีใช้สารผสมเพื่อทำให้ผิวเส้นรอบวงแข็งตัวและถ้าไม่ใช้สารผสมดังกล่าวท่อของแผ่นพลาสติกควรเท่ากับเส้นผ่าศูนย์กลางเสาเข็ม ความยาวท่อที่ใช้ควรยาวกว่าความยาวของรูเจาะที่ระบุไว้ประมาณ 2 ม. - 5 ม. เส้นผ่าศูนย์กลางของแท่งกวนควรเล็กกว่าเส้นผ่าศูนย์กลางเสา 10 มม.

3. หัวสว่าน

หัวสว่านต้องมีรูปร่างลักษณะเหมาะสมตามสภาพของพื้นดินที่จะเจาะเส้นผ่าศูนย์กลางในกรณีใช้การผสมเพื่อทำให้ผิวเส้นรอบวงของผนังดินแข็งตัว ควรเท่ากับเส้นผ่าศูนย์กลางเสา + 30 มม. หากไม่ใช้สารผสมดังกล่าวเส้นผ่าศูนย์กลางหัวสว่านควรเท่ากับเส้นผ่าศูนย์กลางเสา

4. เครื่องมือที่ใช้ในการหมุน (สำหรับเสาเข็มส่วนหัว)

เครื่องมือสำหรับหมุนใช้รูปเทปของข้อต่อโลหะของหัวเสาบนทำการชักรอกและหมุนเสาเข็มและยึดติดด้วยสลักเกลียว

5. แค้ปหมุน

แค้ปหมุนจะติดกับด้านล่างของเครื่องขีบแท่งเจาะ และติดกับเครื่องจักรตรงส่วนหัวของเสาเข็ม เพื่อทำหน้าที่หมุนเสา

6. เครื่องขีบแท่งเจาะ

เครื่องขีบแท่งเจาะจะติดกับลิ้นเตอร์ของเครื่องตอก ทำหน้าที่หมุนแท่งเจาะและเป็นมอเตอร์สำหรับเจาะชั้นดิน เครื่องขีบประกอบด้วยมอเตอร์กำลังไฟฟ้า 60 กิโลวัตต์ ขึ้นไปติดอุปกรณ์สำหรับหมุนและตัวหน่วงความเร็ว เมื่อจะใช้งานให้เลือกเครื่องที่มีกำลังความสามารถพอที่จะเจาะชั้นของดินได้ และมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับเส้นผ่าศูนย์กลางของเสาเข็มที่จะปัก ความยาวเสาและสภาพของดินที่เจาะ

7. เครื่องจักร

เครื่องจักรได้แก่เครื่องผสมปูน และมีเทปูน ขนาดของเครื่องผสมปูนจะ

เป็นดังนี้

ความจุ	800 ลิตร/ถัง
มอเตอร์	15 กิโลวัตต์

ปั๊ม เทปูนใช้สำหรับพื้นที่เมนต์ เหลวที่ผสมเสร็จเรียบร้อยแล้ว และอื่น ๆ ว่า
ที่จัดและแบ่งแจกออกจากหัวส่วน โดยทั่วไป ให้ใช้ปั๊มที่มีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

รุ่น ซีเนตรีซีโปรแอ็คชั่น ดับเบิลคอนตินิวอัส และวางตามแนวนอน
แรงดันที่ฉีดพ่นออก 14 กก./ตร.ซม.
ปริมาตรที่ฉีดพ่นออก 280 ลิตร/นาที

1.2 เครื่องมือชั่วคราว

1. เครื่องจ่ายน้ำ

เครื่องจ่ายน้ำใช้สำหรับผสมซีเมนต์และในขณะที่เจาะชั้นดินขนาดท่อไม่ควร
น้อยกว่า 1.5 นิ้ว (38 มม.)

ถ้าไม่สามารถติดตั้งท่อดังกล่าวข้างต้นได้ให้ใช้ถังน้ำขนาด 5 ลบม.ขึ้นไป
แทนและในกรณีไม่มีน้ำจากท่อประปาไหล ให้ใช้น้ำจากถังหรืออื่น ๆ

2. อุปกรณ์ไฟฟ้า

ใช้เครื่องปั่นไฟหรืออุปกรณ์จ่ายไฟ ติดตั้งเพื่อจ่ายไฟให้กับเครื่องจักรที่มี
ขนาดต่างๆกันขึ้นกับการวางแผนงานก่อสร้างโดยพิจารณาจากสภาพของบริเวณหน้างานด้วย

ตารางที่ 4.4 อุปกรณ์ที่ใช้

เครื่องจักรที่ใช้	กำลังไฟฟ้าที่ต้องการ (กิโลวัตต์)
เครื่องขับ	60
เครื่องผสมปูน	7.50
เครื่องจักร *ปั๊มสำหรับเทปูน	7.50

* ใช้กรณีที่นำประปาไม่ไหล

ระยะเวลาของการทำงาน

ประสิทธิภาพการตอกเสาเข็ม

จากประสบการณ์ในญี่ปุ่นสำหรับวิธีการตอกเสาเข็มแบบนี้ ประสิทธิภาพที่คาด
หวังไว้จะเป็นดังนี้

1) สภาพพื้นฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเร็วของการเจาะมีผลต่อดินที่จะพอก บริเวณผิวเส้นรอบวงด้านในของผนังรู (หรือหลุม) หรือมีผลนั้นก็ทำให้ผนังหลุมพังทลายลงมา ดังนั้นให้ใช้ความเร็วพอเหมาะกับคุณสมบัติของดินและคุณภาพของดิน และในกรณีที่ระดับชั้นของดินมีแรงยึดเกาะตัวสูงหรือดินที่แข็งมาก เมื่อใส่หน้าหนักที่มากอาจจะทำให้เสาเข็มโคลงง หรือหักได้ ดังนั้นจึงควรใช้เวลากับการเจาะและกวาดดินให้มากพอสมควร

ตารางที่ 4.5 ความเร็วในการเจาะที่ดึงเป่าไว้

ธรรมชาติของดิน(ชนิดของดิน)	ความเร็วในการเจาะ (เมตร/นาที)
โคลนเลน, ดินเหนียว, ทรายหยาบ	2-6
ดินแข็ง, ทรายละเอียดปานกลาง	1-4
ทรายละเอียด, กรวด	1-4

หลังจากเจาะมาถึงระดับความลึกที่ต้องการแล้วให้กวาดดินภายในหลุมให้ทั่วแล้วทำการพอกดินโดยหมุนแท่งเจาะไปตามเข็มนาฬิกาพร้อมกับชักขึ้นช้าๆประมาณ 5 - 6 เมตร หลาย ๆ ครั้ง

ในกรณีการพ่นซีเมนต์เหลวเข้าไปให้ทำการฉีดน้ำที่เหลืออยู่ในท่ออย่าง และแท่งเจาะออกให้หมดแล้วใส่ซีเมนต์เหลวแทน ให้ยกปลายแท่งเจาะที่ส่งซีเมนต์เหลวขึ้นเหนือก้นหลุมเจาะมากกว่า 0.50 เมตร แล้วจึงฉีดซีเมนต์เหลว

เวลาในการส่งซีเมนต์เหลวจะขึ้นกับเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อส่ง ความยาวแท่งเจาะ และปริมาตรของบ่ิมที่ฉีดซีเมนต์ออก เป็นต้น กรณีที่ฉีดปริมาตรออก 280 ลิตร/นาที เวลาที่ใช้จะเป็นดังตารางข้างล่าง

ตารางที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของแท่งเจาะกับเวลา

ความยาวของท่อส่ง+ความยาวแท่งเจาะ(ม.)	30	50	80
เวลา (นาที)	0.50	1.00	1.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เส้นผ่าศูนย์กลาง 600 มม. x ความยาว (15 ม. + 15 ม.)
 - จำนวนชั่วโมงทำงานที่ยังผล : 8 ชั่วโมง
- 2) ประสิทธิภาพงานตอกเสาเข็ม
- 4 ต้นต่อเครื่องตอก 1 เครื่องใน 1 วัน

วิธีการทำงานก่อสร้าง

1.1 งานเตรียมการ

ก่อนเริ่มงานต้องตรวจสอบบริเวณหน้างานที่จะทำการเจาะเสาเข็มว่ามีสิ่งกีดขวางอยู่ที่ใดหรือไม่ อันอาจทำให้เกิดปัญหาในการตอกเสาเข็ม ให้ทำการขุด อ้ายเอาออก จากนั้นจึงเริ่มเตรียมงานพื้น โดยยกพื้นให้สูงขึ้นจนถึงระดับที่ต้องการ

เสาเข็มต้องนำมาวางกองไว้ที่ตำแหน่งที่ได้วางแผนเอาไว้ เพื่อระวังไม่ให้เครื่องตอกเสาเข็มกระดกหรือเคลื่อนที่ไปจากตำแหน่งเดิมของมัน

ถ้าพื้นที่ไม่เรียบหรือดินมีความอ่อนตัวเกินไป นอกจากการเกลี่ยผิวหน้าดินแล้ว ยังต้องเสริมดินให้แข็งแรงขึ้น เพื่อให้เครื่องจักรสามารถเข้าไปทำงานได้ โดยทั่วไปใช้แผ่นเหล็กรองก่อนการเคลื่อนเครื่องจักร

การทำเครื่องหมายตำแหน่งของเสาเข็ม เพื่อไม่ให้เสาเข็มคลาดเคลื่อนไปจากตำแหน่งเดิมเนื่องจากการทำงานของเครื่องเจาะ ดังนั้นก่อนการนำเครื่องจักรเข้ามาให้ทำเครื่องหมายกากบาทไว้ตามจุดต่าง ๆ ในกรณีเสาเข็มคลาดเคลื่อนไปจากการทำงานให้วัดระยะทางจากจุดกากบาทที่หมายไว้ แล้วดำเนินการแก้ไข จากนั้นจึงหมายตำแหน่งนั้นให้แน่นอนลงไป

1.2 งานเจาะ

เนื่องจากแท่งเจาะได้ผ่านกรรมวิธีการผลิตขึ้นเป็นพิเศษ ดังนั้นการต่อแท่งเจาะจะต้องกระทำด้วยความระมัดระวังรอบคอบ โดยจัดแนวกึ่งกลางแท่งเจาะให้ตรงกับแนวแกนของเสาเข็ม ตรวจสอบชั้นแนวตั้งฉากจาก 2 ทิศทางโดยอาศัยจุดตัดของลูกตุ้มถ่วง แล้วจึงตั้งเครื่องตอก

ความเที่ยงตรงของรูที่เจาะ

ขณะทำการเจาะถ้าจำเป็นให้ฉีดพ่นน้ำออกทางปลายแท่งเจาะเพื่อลดความต้านทานดินกับเครื่องเจาะ ณ จุดที่ให้น้ำในลักษณะที่จะไม่ทำให้น้ำไหลลงไปในพื้นผิวหน้าดินโดยขึ้นกับความเร็วของการเจาะ

หลังจากส่งน้ำออกไปแล้ว ให้ยกแท่งเจาะขึ้นเหนือหลุมเจาะประมาณ 0.50 เมตร จากนั้นฉีดสารผสมที่ทำให้ซีเมนต์เหลวแข็งตัวด้วยปริมาณตามกำหนดเข้าไปแล้ว เปลี่ยนเป็นน้ำขณะยกแท่งเจาะขึ้น เมื่อยกแท่งเจาะขึ้น ปรากฏว่าไม่เห็นดินเกาะแท่งเจาะเลย เพราะโครงสร้างของแท่งเจาะได้รับการออกแบบไว้อย่างดี แต่อย่างไรก็ตามให้ระวังเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรปัมที่ฉีดออกกับความเร็วของแท่งเจาะที่ถูกยกขึ้นให้ดี

1.3 การเจาะลำดับชั้นหินรองรับและการยึดชั้นหินรองรับ

ความลึกหลุมเจาะต้องเท่ากับความยาวเสาเข็มที่ออกแบบไว้

วิธียึดชั้นหินรองรับไว้ให้หลุมต้องทำตามกรรมวิธีดังนี้

1. ยึดถือโต๊ะแตรมการจัดวางเสาเข็มอย่างละเอียดและเคร่งครัดทุกชั้นตอนรวมทั้งความลึกของชั้นหินรองรับ ตามผลลัพธ์ของข้อมูลที่กำลังเจาะ และควบคุมความลึกของการเจาะเสาเข็มแต่ละต้นในเวลาทำงานด้วย

2. จากการพิจารณาถึงความลึกของชั้นหินรองรับ (และให้กะประมาณว่าถึงชั้นหินรองรับแล้วเมื่อไร โดยอ่านจากค่ากระแสไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงบนแอมป์มิเตอร์)

หลังจากเจาะเสร็จลงไประดับที่ต้องการ ให้ฉีดซีเมนต์เหลวพร้อมกับตั้งแท่งเจาะขึ้นลงขณะฉีดด้วยปริมาณตามกำหนด เพื่อว่าส่วนผสมที่เม้นต์จะได้ผสมเข้ากับกรวดในชั้นดินนี้เมื่อตั้งแท่งเจาะขึ้นจากหลุม ให้ระวังโคลนที่เกาะอยู่รอบ ๆ บริเวณปากหลุมอย่าให้ตกกลับลงไปหลุมเจาะอีก

1.4 การปักเสาเข็ม

1. เสาเข็มจะถูกปักลงไปตรง ๆ ตามแนวตั้งของเส้นผ่าศูนย์กลางของรูเจาะ เพื่อไม่ให้กระทบกระเทือนรูที่เจาะ

2. ขณะต่อเสาเข็ม ให้ยึดเสาเข็มต้นล่างไว้เพื่อไม่ให้ตกลงไปในรูเจาะ

3. หลังจากปล่อยให้เสาหย่อนตัวลงไปตามน้ำหนักของมัน จัดการหมุนเสาให้พอดีเสียบคาอยู่ในหลุม

3. วิธีการเสียบเสาเข็ม

วิธีข้างล่างนี้ ไม่ทำให้เกิดเสียงดังและไม่ทำให้เกิดแรงสั่นสะเทือน โดยใช้แท่งเจาะและสว่านพิเศษ

1. ใช้สว่านและแท่งเจาะพิเศษเพื่อเจาะรู แท่งเจาะติดเกรียงพิเศษสำหรับผนึกดินที่ขุดออกโดยสว่านให้ติดแน่นกับผนังด้านในของรูที่เจาะ (เมื่อจำเป็นอาจฉีดของเหลว

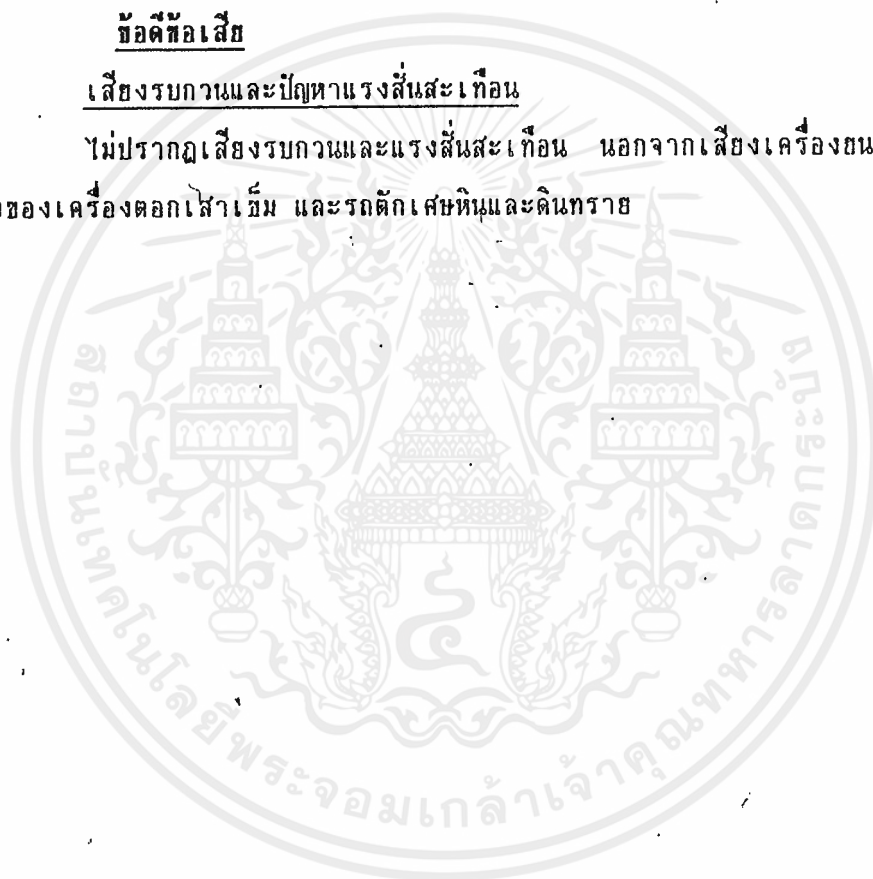
พิเศษพร้อมสกับคืนที่ชุดออก)

2. ชุดหลุมให้ลึกถึงระดับที่ตั้งไว้
3. จัดซีเมนต์เหลวออกจากหัวส่วนเพื่อผนึกฐานรากและเส้นรอบรูปเสาเข็ม
4. ดึงแท่งเจาะพิเศษขึ้นจากหลุมโดยวิธีหมุน
5. หย่อนเสาเข็มพีซีแบบสปริงลงในหลุมที่เจาะไว้ด้วยวิธีหมุน
6. ยอดบนของเสาเข็มพีซีสปริงหยุดอยู่ตรงความลึกที่กำหนดไว้ล่วงหน้า

ข้อดีข้อเสีย

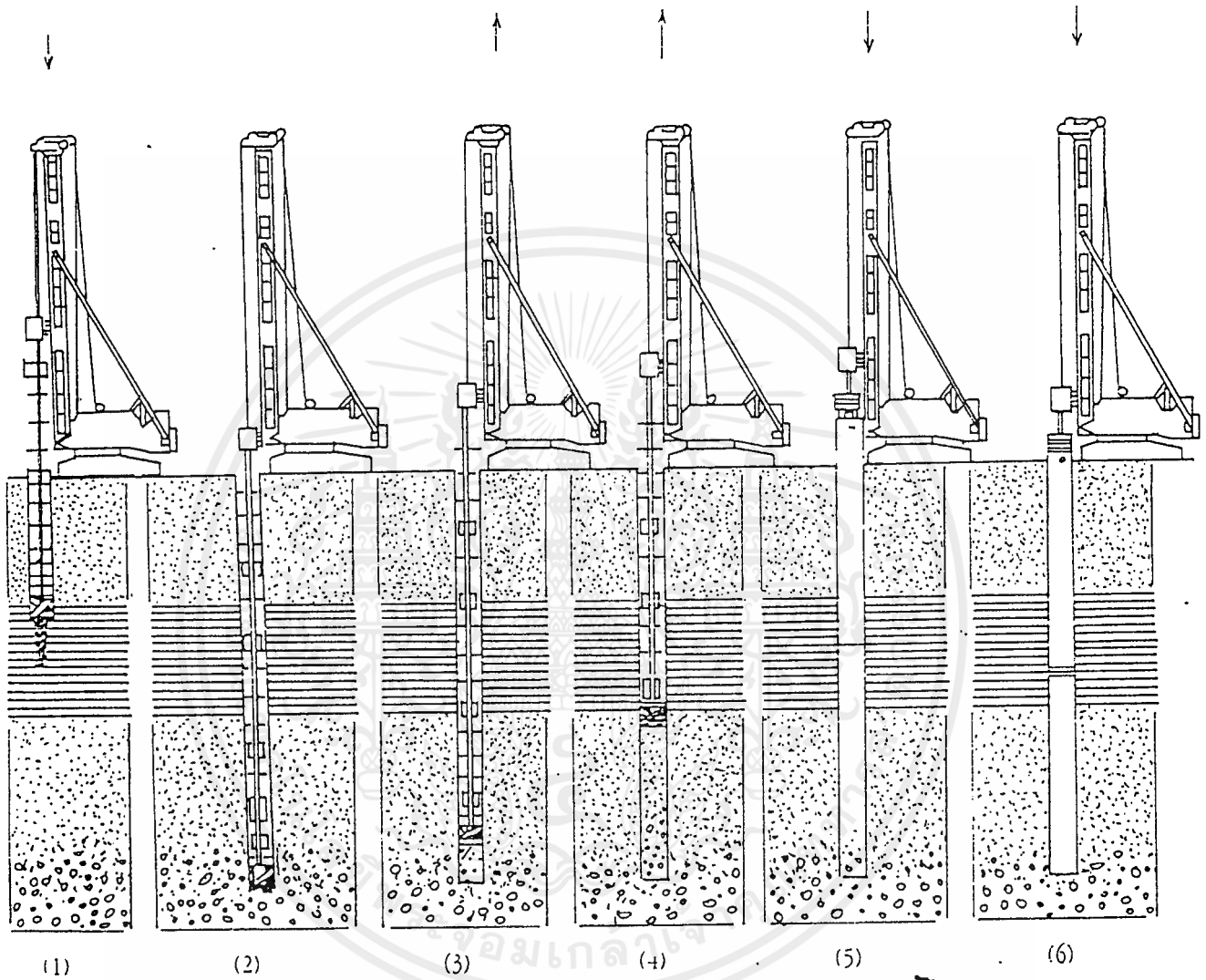
เสียงรบกวนและปัญหาแรงสั่นสะเทือน

ไม่ปรากฏเสียงรบกวนและแรงสั่นสะเทือน นอกจากเสียงเครื่องยนต์และเสียงเคลื่อนที่ลงของเครื่องตอกเสาเข็ม และรถตักเศษหินและดินทราย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NH-NWP (Non-Pollution Piling) Method Type-1 Special Excavation Method

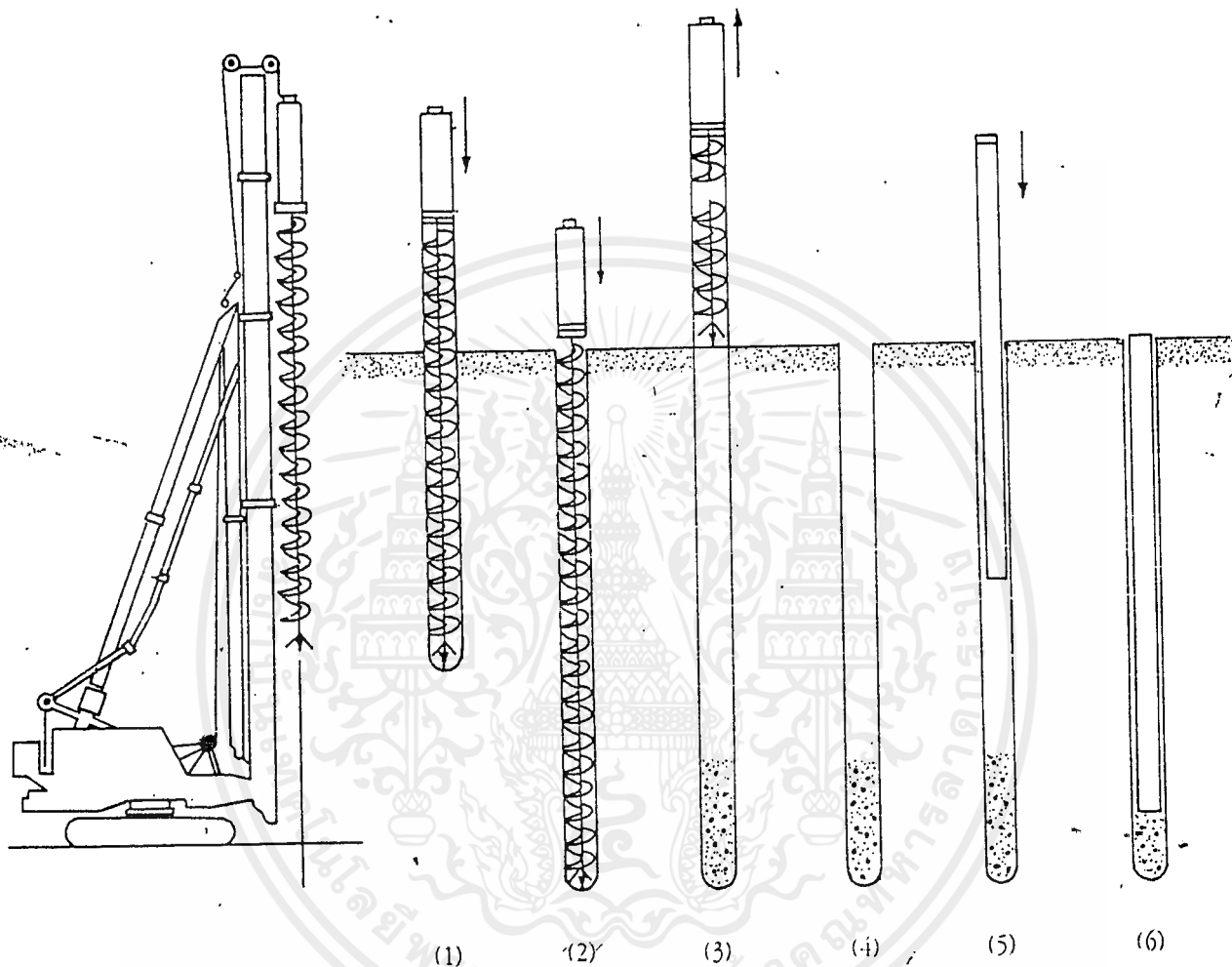


1. ขุดดินโดยใช้สว่านเจาะดิน
2. ขุดดินจนถึงระดับที่ต้องการ
3. ถอนสว่านเจาะดินขึ้น
4. ในระหว่างที่ถอนสว่านขึ้นทำการฉีดน้ำซีเมนต์
5. ใช้เสาเข็มกลมแรงเหวี่ยงเสียบลงไป
6. ล้วงเสาเข็มจนถึงระดับที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในบริษัท 4.8 วิจัยเทคนิคพิเศษของเสาเข็มเสียบให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NH-NWP (Non-Pollution Piling) Method

7.2 Type-2 Cement Milk Method



1. ขุดดินโดยใช้สว่านเจาะดิน ถัดมาซึ่งทำการฉีดน้ำ
2. ขุดจนถึงระดับที่ต้องการ
3. ฉีดน้ำซีเมนต์ที่ปลายหัวเจาะ
4. หมุนแท่งเจาะขึ้นโดยทวนเข็มนาฬิกา
5. ไล่เสาะเข็มลงไปในรูที่เจาะ
6. ล้างเสาะเข็มจนถึงระดับที่ต้องการ

รูปที่ 4.9 วิธีการฉีดน้ำปูน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการที่ไปทำการศึกษาหาข้อมูลมีดังนี้
 ตารางที่ 4.7 โครงการที่ทำการศึกษา

	เสาเข็มเจาะ	เสาเข็มเจาะตอก	เสาเข็มเสียบ
โครงการ	สุขสบายคอนโด บริษัท SEAFCO (รวมค่าแห่ง)	ลินเคอร์วีคอนโด บริษัท MPAC (รวมค่าแห่ง 52)	YOUNG PLACE บริษัท NIPPON HOUM (สุขุมวิท 23)
ขนาดเสา	ศก. 600x25 ม.	ศก. 600x24 ม.	ศก. 600x25 ม.
รับน้ำหนัก	130 ตัน/ต้น	120 ตัน/ต้น	150 ตัน/ต้น
คนงาน	10 คน/ต้น	9 คน/ต้น	7 คน/ต้น
เวลาทำงานต่อ 1 ต้น	163 นาที	163 นาที	104 นาที
เวลาทำงานต่อเมตร	6.52 นาที	6.8 นาที	4.16 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุป

5.1 ปัญหา

5.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.1 ปัญหา

ปัญหางานฐานราก

การวิบัติของอาคารซึ่งเกิดจากสาเหตุอื่นมักจะไม่รุนแรง การวิบัติของฐานรากนั้น ในขั้นแรกมักสังเกตได้ไม่พบเพราะอยู่ใต้ดิน ต่อเมื่อเกิดการแตกร้าวของโครงสร้างชั้นย่อม หมายความว่าได้เกิดการทรุดตัวขึ้นมากหรือนานมาแล้ว การแก้ไขงานฐานรากทำได้ยาก และต้องเสียค่าใช้จ่ายสูง ฉะนั้นการคำนวณออกแบบและก่อสร้างงานฐานราก ต้องใช้ ความระมัดระวังเป็นอย่างมาก

1. การทรุดตัวไม่เท่ากันของฐานราก

กรณีนี้ส่งผลกระทบบ่อยอย่างรุนแรง มักจะแสดงอาการชั้นแรกที่ผนังก่ออิฐ หรือผนัง บล็อก หรือแม้แต่ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กก็ตาม โดยรอยร้าวจะกว้างมม 45 องศา รอยร้าวจะ กว้างขึ้นเรื่อย ๆ จนเกิดการวิบัติของโครงสร้างตรงรอยเชื่อมระหว่างคานกับเสาและที่หัว เสา มักพบในการก่อสร้างที่ดินอ่อนอยู่เหนือชั้นดินแข็ง

สาเหตุการทรุดตัวไม่เท่ากัน

1. ความยาวของเข็มในแต่ละฐานของอาคารหลังเดียวกันต่างกัน

2. บริเวณที่มีชั้นดินอ่อนอยู่ข้างบน หากใช้เสาเข็มสั้น ต้องออกแบบฐานรากให้มีการทรุดตัวที่ใกล้เคียงกัน โดยคำนวณหาจำนวนเสาเข็มให้พอดีกับน้ำหนักบรรทุกที่จะกระทำ บนฐานแต่ละฐาน ไม่ควรอย่างยิ่งที่จะออกแบบเพียงฐานรากสองฐานที่รับน้ำหนักบรรทุก มากที่สุด ส่วนฐานที่เหลือก็ใช้เหมือนกับฐานนี้ เพราะจะทำให้เกิดการทรุดตัวที่ไม่เท่ากัน

3. สำหรับชั้นดินที่มีชั้นดินแข็งอยู่ตั้งแต่ข้างบนลงไป โดยปกติจะไม่ใช้เสาเข็ม คือใช้ฐานรากวางบนดินเฉย ๆ แต่ถ้าใช้ฐานรากขนาดหนึ่งขนาดใดรับน้ำหนักบรรทุกที่แตกต่างกันเกินไป อาจเกิดการทรุดตัวที่ไม่เท่ากัน

4. สภาพดินใต้ฐานรากไม่สม่ำเสมอ เช่นมีตาน้ำ เป็นหลุมเป็นบ่อมาก่อน

5. ดินถมใหม่รอบฐานรากบางฐานหรือทั้งหมด

6. การสร้างอาคารใหม่ติดอาคารเก่าไม่แยกขาดจากกันโดยสมบูรณ์ ในกรณีที่อาคารหลังหนึ่งใช้เสาเข็มที่ยาว อีกหลังหนึ่งใช้เสาเข็มที่สั้น หลังที่เสาเข็มยาวจะเกิดการทรุดตัวน้อยกว่าเสาเข็มที่สั้น

7. การสร้างอาคารที่มีความสูงต่างกันมากเกินไป

ในกรณีที่ออกแบบก่อสร้างอาคารสูง ตั้งแต่ 20 ชั้น ขึ้นไป โดยมีอาคารหลังเตี้ย ๆ 3-4 หลัง เช่นที่จอดรถหรือ PODIUM อยู่ติดกับอาคารสูงดังกล่าวนอกจากจะเกิดปัญหาการยึดหดตัวของอาคารแล้วยังมีปัญหการทรุดตัวไม่เท่ากันของอาคารด้วย แม้ทั้งสองส่วนจะมีการใช้เสาเข็มที่มีความยาวเท่ากันก็ตาม ฐานรากก็อาจทรุดตัวไม่เท่ากันได้ เพราะอาคารหลังใหญ่จะออกแบบโดยใช้ FULL CAPACITY ของเสาเข็ม แต่เสาเข็มอาคารหลังเล็กอาจใช้ไม่เต็มที่ เช่น เสาเข็มเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.20 เมตร ลึก 45 เมตร สามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้ 600 ตันเต็มที่ ส่วนเสาเข็มอาคารเล็กขนาด 0.80 เมตร ลึก 45 เมตร สามารถรับน้ำหนักได้ปลอดภัยเท่ากับ 300 ตัน แต่รับน้ำหนักจริงเพียง 100 ตันเท่านั้น ทั้งนี้เพราะไม่สามารถหาเสาเข็มที่มีขนาดพอดีที่จะรับได้ ส่วนอาคารสูงซึ่งก่อสร้างสูงขึ้นเรื่อย ๆ การทรุดตัวของอาคารก็จะมากขึ้นตามไป ในขณะที่อาคารเตี้ยเกือบจะหยุดการทรุดตัวแล้ว จึงเป็นเหตุให้เกิดการแตกร้าวได้ และแม้แต่อาคารสูงด้วยกันก็ตามบริเวณตรงกลางของอาคารมักจะทรุดตัวมากกว่าตรงริมเสมอ ทั้งนี้เนื่องจากแรงกดดินในบริเวณตรงกลางอาคารสูงกว่าบริเวณริม ๆ

มีวิธีป้องกันสามวิธี คือ

1. แยกอาคารทั้งสองให้อิสระออกจากกัน โดยทำ EXPANSION JOINT โดยรอบอาคารสูง

2. ออกแบบให้สองอาคารติดกัน แต่ในขณะที่ก่อสร้างให้เว้นช่องว่างโดยรอบระหว่างอาคารสูงและอาคารเตี้ยไว้ชั่วคราวอย่างน้อยหนึ่งช่วงเสา หรือสร้างอาคารสูงเสียก่อนจนถึงระดับหนึ่งซึ่งอัตราการทรุดตัวลงมากแล้วจึงเชื่อมอาคารทั้งสององเข้าด้วยกันภายหลัง แต่ต้องออกแบบให้อาคารรับผลกระทบการทรุดตัวระยะยาวด้วย

ในระหว่างการก่อสร้างควรวัดอัตราการทรุดตัวหลังจากเทคอนกรีตเสร็จแต่ละชั้น

3. ในกรณีที่มีความจำเป็นไม่สามารถแยกอาคารสูงและอาคารเตี้ยตามข้อ 1 และ 2 ได้ หรือจำเป็นต้องสร้างอาคารทั้งสองพร้อม ๆ กัน ก็อาจป้องกันความเสี่ยงจากการทรุดตัวไม่เท่ากันโดยการออกแบบให้พื้นที่ต่อเชื่อมระหว่างอาคารสูงและอาคารเตี้ยสามารถขยับตัวได้โดยใช้โครงข้อหมุน (HINGE)

2. ความวิบัติของเสาเข็ม

เสาเข็มที่ยาวต้องตอกลึกไปจนถึงชั้นดินแข็ง ซึ่งห่างจากระดับผิวประมาณ 23 เมตร การตอกในระยะท้าย ๆ จะกระทำด้วยความลำบาก แม้จะมีการเจาะสำรวจดินแล้วก็ตาม ในระยะแรก ๆ ของการตอกวิศวกรควรสังเกตด้วยตนเอง เพื่อที่จะใช้ดุลพินิจว่าจะหยุดตอกเมื่อใด. แม้ในบางครั้งเสาเข็มยังไม่ถึงชั้นที่กำหนดก็ตาม หากตอกต่อไปเสาเข็มอาจแตกได้

การใช้เสาเข็มชนิดต่อหลาย ๆ ท่อนโดยการสวมปลอกเหล็กไว้เฉย ๆ หากมีการตอกเข็มบริเวณข้างเคียงอาจทำให้ปลอกหลุดได้ เสาเข็มเจาะหล่อในที่ซึ่งมีการเอาใจใส่เป็นพิเศษ โดยเฉพาะปลอกเหล็กปลายปิดลงไปจนถึงชั้นที่ดินแข็งโดยหากดินเป็นช่อง แล้วถอนปลอกเหล็กขึ้นพร้อมกับเทคอนกรีต ลงไปการใช้เสาเข็มแบบนี้ต้องวางการตอกให้ดี โดยเฉพาะต้องตอกในดินที่อ่อน เช่น บริเวณกรุงเทพฯ หากตอกปลอกเหล็กสำหรับต้นถัดไปโดยไม่ทิ้งระยะ และเวลาให้ห่างพอที่คอนกรีตในเสาเข็มต้นแรกจะมีกำลังสูงเพียงพอเสียก่อน ดินที่ถูกปลอกเหล็กต้นที่สองเบียดก็จะไปดันเสาเข็มต้นแรกจนอาจทำให้เกิดการโค้งงอหรือหักได้ สิ่งที่ควรระมัดระวังเป็นพิเศษสำหรับเสาเข็มเจาะคือ ความสม่ำเสมอของคุณภาพคอนกรีตตลอดความยาวเสาเข็ม จากการ CORING มักพบบ่อย ๆ ที่คอนกรีตในเสาเข็มมีคุณภาพต่ำมากจนต้องแก้ไข ฉะนั้นควรทดสอบเสาเข็มโดยเฉพาะเสาเข็มขนาดใหญ่ทุกต้นด้วยวิธี SEISMIC TEST เพื่อให้เป็นที่แน่ใจว่าเสาเข็มนั้นสมบูรณ์

3. ปัญหาเกี่ยวกับงานเสาเข็ม

ในการตอกเสาเข็มที่ยาว โดยเฉพาะเสาเข็มที่มีพื้นที่หน้าตัดมาก ๆ และตอกผ่านชั้นดินเหนียว มักมีปัญหาต่าง ๆ เกิดขึ้นมากมายดังนี้

1. การเคลื่อนตัวของดิน

เสาเข็มเหลี่ยมต้นต้นหนึ่งขนาด 0.35 x 0.35 เมตรยาว 21 เมตร หนึ่งต้นตอกจนมิด ปริมาตรของดินที่ถูกเสาเข็มแทนที่มีค่าเท่ากับ 2.572 ลูกบาศก์เมตร ฉะนั้นเสา

หรับอาคารที่ใช้เสาเข็มปริมาณ 800 ต้น ปริมาตรของดินที่ถูกแทนที่เท่ากับ 2,057.6 ลูกบาศก์เมตร ดินเหล่านี้จะไปผลักดันเสาเข็มของอาคารข้างเคียงแม้เสาเข็มที่ตอกไปแล้วในสถานที่เดียวกัน ให้เคลื่อนตัวหรือชำรุดเสียหายได้ โดยเฉพาะเสาเข็มของอาคารเหล่านี้เป็นชนิดสั้น หรือเสาเข็มเจาะหล่นในที่ขนาดเล็กซึ่งเสริมเหล็กส่วนบนไว้เพียงเล็กน้อยเพียง 4 - 5 เมตร หรือถ้าเป็นเสาเข็มยาวที่ทำจากเสาเข็ม 2 - ท่อนมาต่อกันด้วยปลอกเหล็กธรรมดา อาจถูกดินดันเหล็กออกจากกันได้ ฉะนั้นในการออกแบบระบบเสาเข็มควรคำนึงถึงเรื่องนี้ให้มาก ในกรณีที่จะสร้างอาคารใหม่ในบริเวณที่มีอาคารเดิมล้อมรอบควรใช้เสาเข็มชนิดเจาะหล่นในที่

2. ความสั่นสะเทือนเนื่องจากการตอกเสาเข็ม

สำหรับอาคารทั่วไป ที่สร้างในบริเวณที่มีชั้นดินเหนียวเหลวอยู่บนชั้นดินแข็ง เช่นกรุงเทพมหานครและบริเวณรอบ ๆ ความสั่นสะเทือนที่เกิดจากการตอกเสาเข็มยาวเมื่อปลายเสาเข็มเริ่มเข้าสู่ชั้นดินแข็ง จะมีผลกระทบกระเทือนต่ออาคารข้างเคียงมากเหมือนกัน โดยเฉพาะถ้าอาคารข้างเคียงเหล่านั้นใช้เสาเข็มสั้นหรือไม่ได้ใช้เสาเข็มเลยซึ่งปกติก็จะมีการทรุดตัวอยู่แล้ว ความสั่นสะเทือนจากการตอกเข็มจะเร่งอัตราการทรุดตัวให้เร็วขึ้นอีก หรือถ้าเป็นอาคารเก่าอัตราการทรุดตัวที่ช้าลงมากแล้วก็จะกลับเพิ่มขึ้นอีกทันที

นอกจากนี้ ความสั่นสะเทือนดังกล่าวจะมีผลโดยตรงต่ออาคารข้างเคียง คืออาจทำให้ผนังหรือวัสดุก่อหรือแม้กระทั่งองอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กร้าวได้ เพื่อลดอัตราความสั่นสะเทือนนี้ ควรจะใช้วิธีการ ขุดคู หรือตอก SHEET PILES หรือทั้งสองอย่างคั่นระหว่างอาคารที่กำลังก่อสร้างหรืออาคารเก่าที่อยู่ข้างเคียง

3. ความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งเสาเข็ม

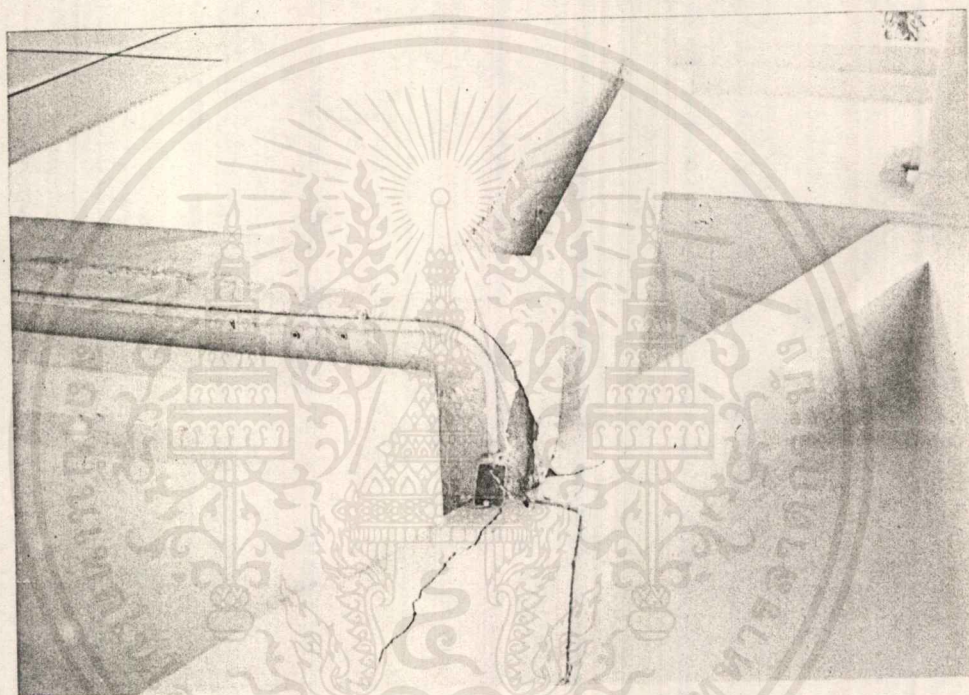
ดังได้กล่าวมาแล้วว่าการตอกเสาเข็มที่ยาว ดินที่ถูกแทนที่โดยเสาเข็มจะเคลื่อนตัวไปทางที่มีอุปสรรคน้อยที่สุด และยิ่งไปปะทะกับดินเสาเข็มที่ตอกไปแล้ว อาจทำให้ตำแหน่งของเสาเข็มหนีศูนย์ การจัดระบบการตอกเสาเข็มที่ดี เช่น ควรตอกเสาเข็มกลุ่มเสียก่อน แล้วจึงตอกเสาเข็มเดี่ยวในภายหลัง โดยทั่วไปการตอกเสาเข็มจะเริ่มการตอกเสาเข็มที่ชิดกับอาคารอื่น และไล่ตอกไปยังด้านที่ว่าง ฉะนั้นก่อนที่จะเริ่มการตอกเสาเข็มควรกำหนดแผนการตอกของบ่เงินแต่ละตัวให้รอบคอบ เพื่อให้เกิดความเสียหายน้อยที่สุด

4. การวิบัติที่เกิดจากการตอกเสาเข็มของอาคารข้างเคียง

การตอกเสาเข็มของอาคารข้างเคียง มีผลตั้งแต่ เสี่ยงรบกวน มลภาวะเป็นพิษ ความสั่นสะเทือนที่ทำให้กระจกแตก ผนังร้าว และการเคลื่อนตัวของดินอันอาจทำให้พื้นโก่ง องค์อาคารแตกร้าว จนกระทั่งยุบทั้งหลัง ปัจจุบันปัญหาดังกล่าวเพิ่มมากขึ้นทุกที

การซ่อมแซมอาคารที่เกิดจากเสาเข็มเคลื่อนตัวนี้ยุ่งยากมาก เช่น ต้องเสริมเสาเข็มใหม่ ต้องตัดอาคารที่อยู่ที่ยุบลงมาให้อยู่ในระดับเดิม

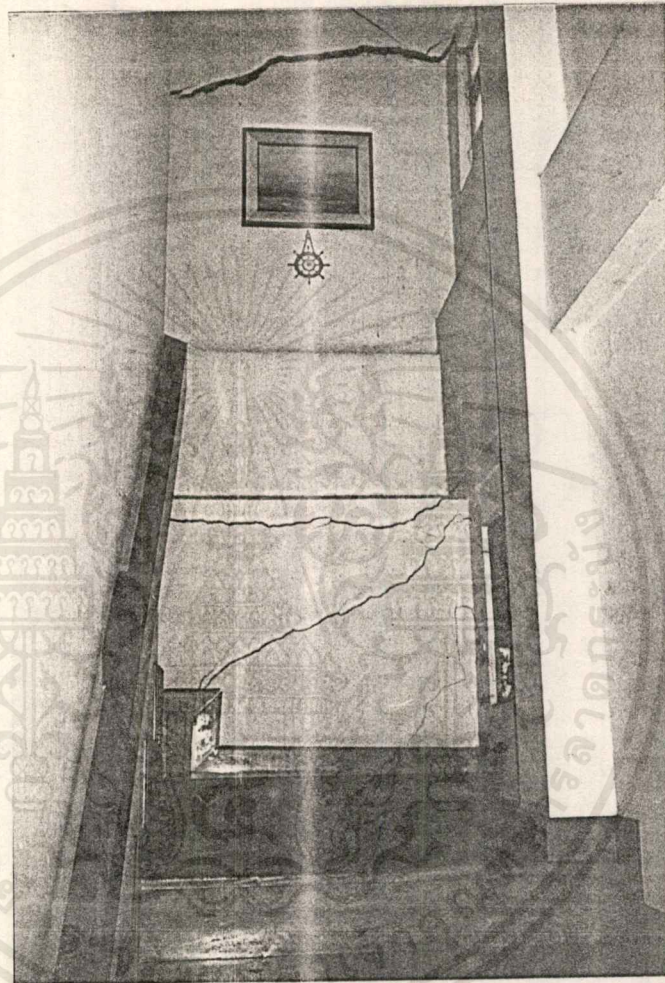




รูปที่ 5.1 การวัดของอาคารเนื่องจากการตอกเข็ม

AUGER PRESS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.2 การร้าวของเสาเข็มเนื่องจากการตอกเข็ม

AUGER PRESS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

ตารางที่ 5.1 การเปรียบเทียบระบบเส้นใยเสริมเส้นใย เส้นใยและเส้นใยเสริมเส้นใย
ด้านตัวเส้นใยเสริม

ข้อเปรียบเทียบ	เส้นใยเสริมเส้นใย	เส้นใยเสริมเส้นใย	เส้นใยเสริมเส้นใย
1. คุณภาพเส้นใยเสริม	คุณภาพสม่ำเสมอและแน่นอน เพราะสามารถควบคุมการผลิตได้	คุณภาพไม่สม่ำเสมอ ความคมคุณภาพได้ยาก เนื่องจากอุปสรรคของสภาพดิน สภาพการทำงาน ดินฟ้าอากาศ ฯลฯ	คุณภาพสม่ำเสมอและแน่นอน เพราะสามารถควบคุมคุณภาพได้
2. การตรวจสอบ	สามารถตรวจสอบได้ด้วยตาเปล่า	ไม่สามารถตรวจสอบได้ด้วยตาเปล่า ต้องใช้เครื่องมือที่มีราคาแพง เช่น ultrasonic ตรวจสอบเส้นใยที่ไม่ได้ตรวจสอบก็ไม่อาจมั่นใจในคุณภาพได้ และหากเส้นใยต้นใดคุณภาพไม่ได้มาตรฐานการแก้ไขเป็นเรื่องที่ยังยาก	สามารถตรวจสอบได้ด้วยตาเปล่า

(ต่อ) ตารางที่ 5.1 การเปรียบเทียบระบบเสาเข็มเสียบ เสาเข็มเจาะและเสาเข็มเจาะคอก
ด้านตัวเสาเข็ม

ข้อเปรียบเทียบ	เสาเข็มเจาะคอก	เสาเข็มเจาะ	เสาเข็มเสียบ
3. ปัญหาตรงรอยต่อ	เกิดปัญหาในการเชื่อม รอยค่อน้อยมาก เท่าที่ทำการก่อสร้างมักไม่พบปัญหาเรื่องนี้	การต่อเชื่อมโครงเหล็กมักไม่มีปัญหา จะมีบ้างก็แต่ที่คนงานทำการต่อเหล็กโดยอาศัยประสบการณ์ของคนที่เคยทำมาแล้ว ดังนั้นต้องมีวิศวกรต้องคอยตรวจดูเวลาเชื่อมโครงเหล็กที่ใช้ว่าไม่เป็นสนิม	เกิดปัญหาน้อยมาก
4. การคอกเสาเข็ม	ปัญหาส่วนนี้มาก โดยเฉพาะบางครั้งเกิดความสั่นสะเทือนทำให้อาคารข้างเคียงร้าว เกิดเสียงรบกวน และตัวเสาเข็มเองบางครั้งคั่นที่เข้าไปในรูกลวงของเสาเข็มทำให้เกิดแรงดันขึ้น ทำให้เสาแตก แตกก็ไม่ค่อยพบบ่อยนัก	ไม่มีปัญหา	ไม่เกิดปัญหาเสียงรบกวน

(ต่อ) ตารางที่ 5.1 การเปรียบเทียบระบบเสาเข็มเสียบ เสาเข็มและเสาเข็มเจาะตอก
ด้านควเสาเข็ม

ข้อเปรียบเทียบ	เสาเข็มเจาะตอก	เสาเข็มเจาะ	เสาเข็มเสียบ
5. ระดับปลายเข็ม	ปลายเข็มมักอยู่ใกล้เคียงกับที่ออกแบบไว้ แต่บางครั้งก็ไม่ได้เพราะได้ Bolw count ก่อน.	ระดับปลายเสาเข็มตรงกับที่ออกแบบไว้ แต่ที่ไม่ตรงก็เพราะเจาะไม่ลง	ระดับปลายเสาเข็มตรงกับที่ออกแบบไว้
6. เข็มหนีศูนย์	เกิดเข็มหนีศูนย์บ้างแต่ไม่	เกิดปัญหาบ้างแต่ไม่เกิน	เกิด เข็มหนีศูนย์บ้างแต่ไม่เกิน
7. การเคลื่อนตัวของดิน	มีปัญหาการเคลื่อนตัวของดินบ้างโดยเฉพาะบริเวณที่คั่นอ่อน ถึงแม้ว่าจะได้มีการเจาะดินออกบางส่วนแล้วก็ตาม ดังนั้นการตอกเข็มต้องตอกในทิศที่ไม่มีอาคารอยู่	สามารถทำการเจาะดินได้ แต่ก็ต้องระวัง ระหว่างที่ทำการเจาะเพราะดินที่เจาะขึ้นมาถ้ากองไว้ไม่มีการขนย้ายออกจากหน่วยงาน จะเป็นตัวเพิ่มน้ำหนัก	ไม่เกิดปัญหาการเคลื่อนตัวของดิน เพราะดินที่เจาะไม่ได้หลุดขึ้นมา คือเป็นการกวาดดินด้านล่างให้กระจายตัวแต่ก็มีดินบางส่วนที่เกิดจากความคั่น ทำให้ดินไหลขึ้นตามแกนที่เจาะ

ตารางที่ 5.2 การเปรียบเทียบระบบเสาเข็มเสียบ เติมเจาะและเสาเข็มเจาะดอก
การขนส่ง

ข้อเปรียบเทียบ	เสาเข็มเจาะดอก	เสาเข็มเจาะ	เสาเข็มเสียบ
1. การขนย้ายวัสดุ	ปัญหาเกี่ยวกับการขนย้ายเสาเข็มมีมาก เพราะถ้าเกิดหนักทางเข้าโครงการ แคมป์ทำให้จำเป็นต้องใช้เสาเข็มสั้น และเสียเวลา ค่าใช้จ่ายในการขนส่งอีก นอกจากนี้ยังมีปัญหาการยกตัวเสาเข็มอีกด้วย โดยถ้ายกไม่ถูกต้องตามที่ออกแบบไว้ อาจทำให้เสาเข็มหักได้	ไม่ค่อยมีปัญหา จะมีแค่การส่งคอนกรีตไม่ทันตามที่ออกแบบไว้ ทำให้ไม่ได้กำลังจะนั้นต้องมีการตรวจสอบคอนกรีตก่อนการเท และการเก็บรักษาสารเบนโทไนท์ การเก็บรักษาเหล็กไม่ให้เกิดสนิมก่อนการใช้งาน	ปัญหาเกี่ยวกับการขนย้ายเสาเข็มมีมาก เพราะถ้าหนักทางเข้าโครงการ แคมป์ทำให้จำเป็นต้องใช้เสาสั้น ทำให้เสียเวลา ค่าใช้จ่ายในการขนส่งอีกทั้งยังมีปัญหาการยกเสาเข็ม โดยถ้ายกไม่ถูกต้องตามที่ออกแบบไว้ จะทำให้เสาเข็มหักได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.3 การเปรียบเทียบระบบเสาเข็มเสียบ เข็มเจาะและเสาเข็มเจาะตอก
เครื่องจักรที่ใช้

ชื่อเปรียบเทียบ	เสาเข็มเจาะตอก	เสาเข็มเจาะ	เสาเข็มเสียบ
1. เครื่องจักรที่ใช้	จะใช้เครน แบบไฮดรอลิก เครื่องตอก ส่วนที่ใช้เจาะดิน ที่สามารถสอดเข้าไปในรูกลวงของเสาเข็มได้ และที่สำคัญที่ปลายหัวเจาะจะมีรูปเปิดสำหรับทำการฉีดน้ำเวลาที่เจาะดินที่แข็ง	เครื่องจักรเหมือนกับระบบเจาะตอก ต่างกันที่มันดึงเก็บดินเวลาที่ทำการเจาะในดินที่อ่อน และไวเบอร์แอสเมอรั	เหมือนกับเสาเข็มเจาะตอก ต่างกันที่ส่วนที่ใช้เจาะ และมีปั๊มน้ำบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.4 การเปรียบเทียบระบบเสาเข็มเสียบ เติมเจาะและเสาเข็มเจาะตอก
 ด้านราคา

ข้อเปรียบเทียบ	เสาเข็มเจาะตอก		เสาเข็มเจาะ		เสาเข็มเสียบ
	ศก. 600x30ม.	ศก. 800x30ม.	ศก. 600x30ม.	ศก. 800x30ม.	ศก. 600x30ม.
1. ราคาประมาณ ต่อเมตร	2100 บาท/ม.	2500 บาท/ม.	2000 บาท/ม.	3000 บาท/ม.	2100 บาท/ม.
2. ราคาประมาณ ต่อตันโหลด	16 - 21 บาท	12.5 - 18 บาท	16 - 20 บาท	15 - 18.50 บาท	14 - 17.50 บาท
3. ขนาดน้ำหนัก ที่สามารถรับ ได้	100 - 130 ตัน/ต้น	140 - 200 ตัน/ต้น	100 - 125 ตัน/ต้น	160 - 200 ตัน/ต้น	120 - 150 ตัน/ต้น
4. ราคาต่อเมตร	70 บาท	83 บาท	67 บาท	100 บาท	70 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.5 การเปรียบเทียบระบบเสาเข็มเสียบ เข็มเจาะและเสาเข็มเจาะคอก
ด้านอื่น ๆ

ข้อเปรียบเทียบ	เสาเข็มเจาะคอก	เสาเข็มเจาะ	เสาเข็มเสียบ
1. ความประหยัด	เสาเข็มประหยัดเนื้อคอนกรีตมากกว่า เนื่องจากใช้คอนกรีตกำลังสูงมาก รุกวางทำให้ประหยัดเนื้อที่คอนกรีต	ใช้คอนกรีตปริมาณมาก เนื่องจากต้องใช้คอนกรีตเททั้งต้น ทำให้สิ้นเปลืองเนื้อคอนกรีต	เสาเข็มประหยัดเนื้อคอนกรีตมากกว่า เนื่องจากใช้คอนกรีตกำลังสูงมาก รุกวางทำให้ประหยัดเนื้อที่คอนกรีต
2. ปัญหาด้านสังคม	มักมีปัญหาเกี่ยวกับท่อออสซีข้างเคียงเนื่องจากการคอกเข็มช่วงสุดท้าย	มักไม่ค่อยมีปัญหา แต่ก็บ้าง เช่นเสียงจากเครื่องเจาะและการกระจายของน้ำสารละลายเบนโทไนท์	มักไม่ค่อยมีปัญหามากนักเพราะสามารถทำงานโดยไม่เกิดสิ้นเปลืองต่อบริเวณข้างเคียง
3. พื้นที่การทำงาน	พื้นที่การทำงานกว้าง เพราะต้องใช้เครื่องจักรเข้าทำงานได้สะดวกและต้องใช้เครื่องจักรหลายตัวที่ต่างชนิดกัน	พื้นที่การทำงานต้องกว้างมากพอที่จะให้เครื่องจักรเข้าไปทำงานได้ และต้องมีพื้นที่สำหรับผูกเหล็กโรจเก็บและกรองทรายจากตะกอนกันหลวมที่ติดมากับน้ำสารละลายเบนโทไนท์	ไม่ต้องอาศัยพื้นที่การทำงานนัก แต่ต้องเพียงพอที่เครื่องจักรเข้าทำงานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.6 การเปรียบเทียบระบบเสาเข็มเสียบ เข็มเจาะและเสาเข็มเจาะดอก
วิธีการทำ

ชื่อเปรียบเทียบ	เสาเข็มเจาะดอก	เสาเข็มเจาะ	เสาเข็มเสียบ
1. วิธีการทำ	<p>AUGER PRESS AND DROP HAMMER</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. หาค่าตำแหน่งเสาเข็ม 2. ยกเสาเข็มที่สอดสว่านไว้ทำการปักเสาเข็มยังตำแหน่งที่กำหนด 3. ส่งเสาเข็มถึงระดับที่กำหนด 4. ดึงสว่านเจาะคืนออก 5. นำเสาเข็มก่อนต่อไปมาต่อโดยการเชื่อม 6. ตอกส่งเสาเข็มด้วย DROP HAMMER จนถึงระดับที่กำหนด <p>AUGER PRESS</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. หาค่าตำแหน่งเสาเข็ม 2. ยกเสาเข็มที่สอดสว่านไว้ทำการปักเสาเข็มยังตำแหน่งที่กำหนด 	<ol style="list-style-type: none"> 1. หาค่าตำแหน่งเสาเข็ม 2. ทำการเจาะดิน 3. ทำความสะอาดกันหลวม 4. ทำการวางโครงเหล็ก 5. ทำการเทคอนกรีต 	<p>SPECIAL EXCAVATION METHOD</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. หาค่าตำแหน่งเสาเข็ม 2. ขุดดินโดยใช้สว่านเจาะดินจนถึงระดับที่ต้องการ 3. ถอนสว่านเจาะคืนขึ้น 4. ในระหว่างที่ถอนสว่านขึ้นทำ 5. ใช้เสากลมแรงเหวี่ยงเสียบลงไป 6. ส่งเสาเข็มจนถึงระดับที่กำหนด <p>CEMENT MILK METHOD</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. หาค่าตำแหน่งเสาเข็ม 2. ขุดดินโดยใช้สว่านเจาะดินถ้าดินแข็งต้องทำการฉีบน้ำ 3. ขุดดินถึงระดับที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ต่อ) ตารางที่ 5.6 การเปรียบเทียบระบบเสาเข็มเสียบ เข็มเจาะและเสาเข็มเจาะดอก
วิธีการทำ

ชื่อเปรียบเทียบ	เสาเข็มเจาะดอก	เสาเข็มเจาะ	เสาเข็มเสียบ
	<p>3. ส่งเสาเข็มถึงระดับที่กำหนด</p> <p>4. นำเสาเข็มท่อนต่อไปมาต่อโดยการเชื่อม</p> <p>5. เจาะดินและกดเสาเข็ม จนเหลือระยะประมาณ 10 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางเสาเข็ม</p> <p>6. ดึงส่วนเจาะดินออก</p> <p>7. ดอกเสาเข็มจนถึงระดับที่ต้องการด้วย DROP HAMMER FULL AUGER PRESS</p> <p>1. หนาค้ำหนึ่งเสาเข็ม</p> <p>2. ยกเสาเข็มที่สอดส่วนไว้ทำการปักลงยังตำแหน่งที่กำหนด</p>		<p>4. จัดซีเมนต์ที่ปลายเสาเข็ม</p> <p>5. หมุนแท่งเจาะขึ้นทวนเข็มหน้า พิก้า</p> <p>6. ไล่เสาเข็มลงในรูเจาะ</p> <p>7. ส่งเสาเข็มถึงระดับที่ต้องการ</p>

(ต่อ) ตารางที่ 5.6 การเปรียบเทียบระบบเสาเข็มเดี่ยว เข็มเจาะและเสาเข็มเจาะตอก

วิธีการทำ

ข้อเปรียบเทียบ	เสาเข็มเจาะตอก	เสาเข็มเจาะ	เสาเข็มเดี่ยว
	3. ส่งเสาเข็มถึงระดับ 4. ต่อกเสาเข็มก่อนต่อไป โดยการเชื่อม 5. เจาะดินและกดเสา เข็มจนถึงระดับชั้น ดินเหนียวแข็ง 6. คึงส่วนนอก 7. ทำการอัดดินให้แน่น ด้วยซีเมนต์ 8. เทคอนกรีตที่ปลาย เสาเข็ม		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ข้อเสนอแนะ

ข้อมูลที่ได้จากการไปทำการสัมภาษณ์ของวิสาหกิจที่ทำงานเส้าเข้มอยู่ในปัจจุบันนี้ ได้ให้ข้อเสนอแนะสำหรับเส้าเข้มไว้ดังนี้

ตารางที่ 5.7 ข้อจำกัดของงานเส้าเข้ม

	เส้าเข้มเจาะดอก	เส้าเข้มเจาะ	เส้าเข้มเสียบ
ขนาดที่นิยมใช้	ศก. 600x30 ม.	ศก. 800x30 ม.	ศก. 600x30 ม.
ขนาดที่สามารถทำได้และกำลังทำอยู่	ศก. 500 - 2000 มม. ลึก - 21 - 55 ม.	ศก. 250 - 1200 มม. ลึก 21 - 45 ม.	ศก. 250 - 1200 มม. ลึก 21 - 45 ม.
ข้อจำกัด	ไม่มีข้อจำกัด คือ ถ้าสามารถทำการเจาะได้ก็สามารรถทำเส้าเข้มเจาะได้ตามต้องการ	ความลึกยังจำกัดอยู่ที่ระดับ 45 เมตร แต่ก็ยังไม่นิยมเพราะไม่แน่ใจในรอยเชื่อมของเส้าเข้ม ตาม ทรบ. ยังจำกัดอยู่ที่ขนาด ศก. 600 มม. เท่านั้น	ความลึกยังจำกัดอยู่ที่ระดับ 30 เมตร เท่านั้น เนื่องจากความไม่แน่ใจของสภาพน้ำใต้ดิน และรอยเชื่อมของเส้าเข้ม คุณสมบัติของน้ำปูน ซึ่งประเทศเรายังต้องอาศัยการทำงานจากประเทศอื่นอยู่ ดังนั้นต้องมีการศึกษาอีกมาก และขนาดของเส้าเข้มยังจำกัดอยู่ที่ขนาด ศก. 600 มม.

เอกสารอ้างอิง

1. Foundation Analysis and Design : Joseph E.Bowles,1988
2. Foundation Engineering Handbook : Hans E. Winterkorn and Hsai - Yang Frang
3. Soil Engineering and Foundation : มานะ อภิปพัฒนมนตรี, 2533
4. Soil Mechanics : T.Williambambe. Robert V.Whitman ,1969
5. เอกสารการทำงานของเสาเข็มของ บริษัท MPAC
6. เอกสารการทำงานของเสาเข็มของ บริษัท SEAFCO
7. เอกสารการทำงานของเสาเข็มของ บริษัท PACO
8. เอกสารการทำงานของเสาเข็มของ บริษัท NIPPON HOUM CONCRETE
9. Soil Mechanics : วิชา ธรรมมาภรณ์ และวินิจ์อวิเชียร , 2532
10. พฤติกรรมและการออกแบบโครงสร้างเหล็ก : ทักษิณ เทพชาตรี, 2528
11. GROUTING IN ENGINEERING PRACTICE : ROBERT BOWCH, Ph.O.B.Sc, 1975
12. PILING PRACTICE : WEST,A.S., 1970

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้