

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การชำรุดของหัวเสาเข็มเจาะระบบเปียกในโครงการย่านถนนสาทร

Damage of Wet Process Bore Pile Head in Project on Sathorn road

นายธนิน งามเอกอุดมพงศ์

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สภาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงงานสหกิจศึกษา การชำรุดของหัวเสาเข็มเจาะระบบเปียกในโครงการย่านถนนสาทร

ชื่อ-สกุล นักศึกษา นาย ธนิน งามเอกอุดมพงศ์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ **ภาควิชา** วิศวกรรมโยธา

ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ

ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน คุณ วิสุทธิ์ เลิศวิริยะศักดิ์

สถานประกอบการ บริษัท นันทวัน จำกัด

บทคัดย่อ

อาคารสูงที่มีความสูงมากกว่า 25 ชั้น เสาเข็มที่ใช้ในการรับน้ำหนักตัวอาคารจะต้องทำการวางที่ชั้นดินทรายชั้นที่ 3 ซึ่งจำเป็นจะต้องใช้เสาเข็มเจาะระบบเปียก โดยเสาเข็มเจาะระบบเปียกจำเป็นจะต้องใช้สารละลายพยุงหลุมเจาะเพื่อไม่ให้เกิดหลุมเจาะพังทลาย โดยปัจจุบันมักจะใช้สารละลายที่มีส่วนผสมระหว่างเบนโทไนท์และโพลิเมอร์

จากปัญหาที่พบในโครงการ หลังจากทำการเจาะดินไปถึงระดับ Pile Cut Off แล้วเราพบว่ามีเสาเข็มเจาะที่มีตะกอนดินปนเปื้อน ซึ่งจากผลวิจัยที่เคยมีมาได้ระบุว่า หากคอนกรีตมีการปนเปื้อนของดินจะทำให้คอนกรีตสูญเสียกำลัง จึงต้องทำการซ่อมแซม ซึ่งจากการที่ต้องใช้เวลาในการซ่อมแซมเสาเข็มที่มีการชำรุดนี้ ส่งผลให้เกิดความล่าช้าของงานฐานรากออกไป 15 วัน รวมทั้งเป็นอุปสรรคในการทำงานฐานราก

จากปัญหาดังที่กล่าวมาข้างต้น ผู้ศึกษาเล็งเห็นถึงความสำคัญของปัญหาการชำรุดของเสาเข็ม ผู้ศึกษาจึงทำการศึกษาถึงสาเหตุและปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดปัญหาที่เกิดขึ้นกับเสาเข็มในโครงการ รวมถึงศึกษาปัญหาหลังจากทำการซ่อมเสาเข็มไปแล้ว และศึกษาหาวิธีในการป้องกันปัญหาที่คาดว่าจะเกิดขึ้นหลังจากการซ่อมเสาเข็มไปแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cooperative Title: Damage of Wet Process Bore Pile Head in Project on Sathorn road

Student intern name: Mr. Tanin Ngamekudompong

Faculty: Engineering **Department:** Civil Engineering

Advisor name: Assist.Prof Dr. Salisa Chaiyaput

Mentor name: Mr. Wisut Lertviriyasak

Company: THAI OBAYASHI CO.,LTD.

ABSTRACT

High rise Building with a height of more than 25 floors, Piles used to support the weight of the building must be laid on the sandy soil layer on the 3rd floor which need to use wet process bore pile, in which wet process bore pile is needed to use the hole stabilizing slurry. Current, Usually use a slurry which has the ingredients between bentonite slurry and polymer slurry

From the problems found in the project, After drilling the soil to the level of Pile Cut Off. We found bore pile which have contaminated soil sediment. Which the results of previous research indicate that If the concrete is contaminated with soil, it will lose strength. Therefore must be repaired. Due to the time required to repair the damaged pile resulting in the delay of foundation work for 14 days including be obstacles in the foundation work

From the above problems, Researcher recognizes of the importance of the problem of damaged piles. Resercher therefore studied the causes and factors that cause problems with pile foundation in the project including studying the problems after the repair of the piles

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานสหกิจศึกษาฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือของ ผศ.ดร.ศลิษา ไชยพุทธ อาจารย์นิเทศสหกิจศึกษา ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการดำเนินโครงงานสหกิจศึกษา อีกทั้งยังช่วยแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงานสหกิจศึกษา ขอขอบคุณ บริษัท นันทวัน จำกัด สำหรับการอนุญาตให้เข้าไปฝึกงานและศึกษาเรียนรู้การทำงานกับทางบริษัท นอกจากนี้ขอขอบคุณ คุณ วิสุทธิ์ เลิศวิริยะศักดิ์ ผู้นิเทศงานสหกิจ และพี่พนักงานทุกท่านทั้งในสำนักงานใหญ่และในหน่วยงานก่อสร้าง Kronos Tower ที่คอยให้คำแนะนำและความช่วยเหลือในทุกๆด้านระหว่างการดำเนินงานสหกิจศึกษาในครั้งนี้ ขอขอบคุณทางทีมงานบริษัท โปรเจคส์เอเชีย จำกัด ที่ได้แบ่งปันผลทดสอบต่างๆเพื่อเป็นข้อมูลประกอบการวิจัย

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้มีโครงการสหกิจศึกษา อันเป็นโครงการที่มีประโยชน์อย่างยิ่งแก่นักศึกษา ให้โอกาสนักศึกษาได้ทดลองทำงานจริงกับทางบริษัทที่นักศึกษามุ่งไว้ พัฒนาทักษะการทำงานและความรู้ของนักศึกษาเพื่อเตรียมตัวเข้าสู่การทำงานหลังจบการศึกษาจากสถาบันนี้

ธนิน งามเอกอุดมพงศ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูปภาพ	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	1
1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
1.4 วิธีดำเนินการศึกษา	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.1.1 เสาเข็มเจาะแบบเปียก	3
2.1.2 คอนกรีตที่ใช้ในงานเสาเข็มเจาะ	9
2.1.3 การควบคุมการเทคอนกรีตใต้น้ำที่ผ่านท่อเท	13
2.1.4 สารละลายเบนโทไนท์	17
2.1.5 สารละลายโพลิเมอร์	19
2.1.6 กลไกลการทำงานของสารละลายเบนโทไนท์และโพลิเมอร์	21
2.1.7 การทดสอบเสาเข็มด้วย Seismic Test (ASTM D5882)	27
2.1.8 การทดสอบ Schmidt Hammer Test (ASTM : C805-85)	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	30
2.2.1 การจำลองการสูญเสียกำลังคอนกรีตในเสาเข็มเจาะแห้ง	30
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	31
3.1 ข้อมูลโครงการ	31
3.2 สภาพชั้นดินบริเวณโครงการ	31
3.3 งานเสาเข็ม	31
3.4 ศึกษาการใช้สารละลายรักษาเสถียรภาพหลุมเจาะ	32
3.5 แผนงานฐานราก	33
3.6 สำรวจเสาเข็มที่มีการชำรุด	33
3.7 ทำการศึกษาสาเหตุการปนเปื้อนตะกอนดินในเสาเข็มเพื่อสรุปเป็นข้อมูล	37
3.8 การวางแผนการซ่อมแซมเสาเข็ม	37
บทที่ 4 ผลการวิจัย	40
4.1 ปัจจัยที่ทำให้หัวเสาเข็มในโครงการเกิดการชำรุด	40
4.1.1 สารละลายโพลิเมอร์มีความหนืดมากเกินเกณฑ์ทำให้ดินตกตะกอนช้ากว่าปกติ	40
4.1.2 ความผิดพลาดเนื่องจากการวัดระดับคอนกรีตในหลุมเจาะ	41
4.2 ปัญหาที่คาดว่าจะเกิดหลังการซ่อมหัวเข็ม	41
4.2.1 การสูญเสียกำลังรับแรงเฉือน	41
4.2.2 ปัญหารการซึมน้ำในเนื้อคอนกรีตไปสู่เหล็กเสริม	41
4.3 วิธีป้องกันปัญหาที่คาดว่าเกิดขึ้น	42
4.3.1 การป้องกันการซึมน้ำในรอยต่อ	42
4.3.2 การป้องกันการสูญเสียกำลังรับแรงเฉือนในรอยต่อ	42
4.4 ขั้นตอนการซ่อมแซมหัวเสาเข็มที่ชำรุด	43
4.4.1 ทำการขุดดินพร้อมสกัดคอนกรีตที่ปนเปื้อนดินออก	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
4.4.2 ทำการทดสอบว่าเป็นผิวคอนกรีตที่ดี	43
4.4.3 ใช้วงบ่อซีเมนต์ในการเป็นแบบหล่อคอนกรีต	44
4.4.4 ทำการเทคอนกรีต	44
4.5 สรุปจำนวนเข็มที่มีการชำรุด	45
บทที่ 5 สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ	46
5.1 สรุปผลการวิจัย	46
5.2 ข้อเสนอแนะ	47
เอกสารที่เกี่ยวข้อง	48
ภาคผนวก ก.	49
ภาคผนวก ข.	58
ภาคผนวก ค.	72
ประวัติผู้เขียน	81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ปัจจัยที่จะมีอิทธิพลต่อสมรรถนะในการรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มเจาะเปียก	8
2.2 ส่วนผสมคอนกรีตที่เหมาะสมกับการหล่อเสาเข็มภายใต้สารละลายเบนโทไนท์ (After Fleming & Sliwinski 1977)	9
2.3 ปริมาณซีเมนต์และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์สำหรับผสมคอนกรีต	10
2.4 การหล่อคอนกรีตสูงเผื่อจากระดับใช้งานตามข้อกำหนด (after ICE, 1996)	16
2.5 คุณสมบัติของสารละลายเบนโทไนท์ที่ใช้กันทั่วไปในต่างประเทศ	18
2.6 ค่าการทดสอบที่เหมาะสมสำหรับสารละลายรักษาเสถียรภาพ (ICE,1996)	18
2.7 คุณสมบัติของสารละลายจาก ADSC, 1995	20
3.1 ค่าที่เหมาะสมของสารละลายพยุงหลุมเจาะ	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 เครื่องจักรเจาะเสาเข็มที่ติดตั้งไว้บนรถเครน	3
2.2 หัวเจาะดินสำหรับก่อสร้างเสาเข็ม	4
2.3 สารละลายที่ใช้กันหลุมเจาะพังในการก่อสร้างเสาเข็มเจาะระบบเจาะเปียก	4
2.4 แสดงขั้นตอนการก่อสร้างเสาเข็มเจาะระบบเจาะเปียกโดยเครื่อง ROTARY DRILL	5
2.5 รูปแบบกลไกการวิบัติของดินใต้ฐานรากเสาเข็มที่สมมติขึ้นโดย Vesic 1967	5
2.6 กลไกการวิบัติที่สมมุติขึ้นสำหรับพัฒนาสมการ Bearing capacity ของ Terzaghi	6
2.7 กลไกการวิบัติที่สมมุติขึ้นสำหรับพัฒนาสมการ Bearing capacity ของ Meyerhof	6
2.8 แรงในเสาเข็มที่วัดได้โดย Strain gauge	7
2.9 Load settlement curve ของเสาเข็มยาว (Friction pile)	7
2.10 รูปการเยิ้มที่หัวเสาเข็มเนื่องจากส่วนผสมคอนกรีตที่ไม่เหมาะสม	11
2.11 รูปการเยิ้มที่หัวเสาเข็มเนื่องจากส่วนผสมคอนกรีตที่ไม่เหมาะสม	11
2.12 น้ำซึมตามแนวเหล็กเสริมและแนวท่อเท	13
2.13 ขบวนการซึมของน้ำเข้าสู่คอนกรีตเสาเข็ม	13
2.14 ปลายท่อห่างก้นหลุมมากเกินไป	14
2.15 ปลายท่อเทฝังในคอนกรีตลึกมากเกินไป	15
2.16 การชักท่อเทคอนกรีตขึ้นๆ ลงๆ เป็นการเทคอนกรีตใต้น้ำที่ผิดวิธี	15
2.17 โพรงเกิดจากตะกอนดินติดค้างบนโครงเหล็ก	15
2.18 คอนกรีตที่เกิดการแยกตัว	15
2.19 ก ผลกระทบของระยะเวลาที่ปล่อยให้สารละลายเบนโทไนท์อยู่นิ่งๆ ต่อค่าแรงเสียดทานที่ลดลงตามเวลาที่เพิ่มขึ้น	20
2.19 ข ผลกระทบของระยะเวลาที่ปล่อยให้สารละลายโพลีเมอร์อยู่นิ่งๆ ต่อค่าแรงเสียดทานที่ไม่ลดลงตามเวลาที่เพิ่มขึ้น	21
2.20 กระบวนการ Filter Cake Formation ของสารละลายเบนโทไนท์การรักษาเสถียรภาพของหลุมเจาะ	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

2.21 หลักการของสารละลายโพลีเมอร์ในการรักษาเสถียรภาพของหลุมเจาะ 22

2.22 ตะกอนจากการขุดเจาะแขวนลอยอยู่ในสารละลายเบนโทไนท์ต้องนำมาแยกด้วย Desander และDesilter 23

2.23 ตะกอนจากการขุดเจาะรวมตัวกับโพลีเมอร์และตกตะกอนลงสู่ก้นหลุมเจาะ ต้องเก็บขึ้นมาด้วย Cleaning Bucket 23

2.24 ลักษณะของผิวหน้าทรายที่ผ่านการไหลของสารละลาย 25

2.25 ลักษณะของทรายส่วนที่ลึกจากผิวหน้าที่ผ่านการไหลของสารละลาย 25

2.26 กำลังรับแรงเฉือนของผิวหน้าทรายจากการทดสอบด้วยพีนีโตรมิเตอร์แบบพกพา (Pocket Penetrometer) 25

2.27 แบบจำลองการไหลของสารละลายผ่านชั้นทรายสารละลาย 26

2.28 การไหลของสารละลายชนิดต่างๆผ่านชั้นทราย 26

2.29 การไหลของสารละลายชนิดต่างๆผ่านชั้นทรายที่เวลา 60 นาที 27

3.1 แสดงตำแหน่งของเสาเข็มแต่ละต้น 32

3.2 ทำการขุดดินถึงระดับเสาเข็มใช้งาน 34

3.3 เสาเข็มที่มีการปนเปื้อนของตะกอนดิน 34

3.4 แสดงตำแหน่งเสาเข็มแต่ละต้นว่ามีระดับคอนกรีตที่ใช้งานได้อยู่ที่ระดับใดบ้าง 34

3.5 การทดสอบด้วยวิธี Seismic Test 35

3.6 แสดงผลการทดสอบSeismic Test ซึ่งไม่สัมพันธ์กับการชำรุดของหัวเสาเข็ม 35

3.7 สภาพเสาเข็มหมายเลข P155 ที่หลังจากตรวจสอบด้วย Seismic Test ได้ผลว่าสมบูรณ์ แต่จากการตรวจสอบพบตะกอนดินปนเปื้อน 36

3.8 เสาเข็มที่มีการปนเปื้อนของตะกอนดินลึกลงไปจากระดับเสาเข็มใช้งาน 2 เมตร 36

3.9 คอนกรีตที่ปนเปื้อนตะกอนดิน 36

4.1 แสดงการสูญเสียกำลังรับแรงเฉือนที่รอยต่อคอนกรีตของเสาเข็ม 41

4.2 แบบที่จำลองเสาเข็มหลังจากการซ่อมหัวเข็มแล้ว 42

4.3 การขุดดินบริเวณรอบเสาเข็มลงไปให้ต่ำกว่าผิวคอนกรีตที่ดี 15 cm 43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.4 ทำการทดสอบผิวคอนกรีตด้วย Schmidt Hammer	43
4.5 ใช้วงส้วมเป็นแบบหล่อคอนกรีต	44
4.6 เทคอนกรีตหล่อหัวเข็ม โดยจะฝังวงส้วมไว้ไม่ทำการรื้อออก	44
4.7 แสดงเสาเข็มที่ทำการซ่อมทั้งหมด	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ในโครงสร้างอาคารที่ทำการก่อสร้างในกรุงเทพมหานครซึ่งมีชั้นดินที่อ่อน เสาเข็มจึงเป็นโครงสร้างที่สำคัญในการถ่ายแรงลงสู่ชั้นดินที่แข็ง ในงานอาคารสูงที่มีจำนวนชั้นเกิน 25 ชั้น ซึ่งจะมีน้ำหนักที่ถ่ายลงเข็มแต่ละต้นค่อนข้างสูง ซึ่งมีความจำเป็นที่ต้องให้เสาเข็มไปวางอยู่ที่ชั้นดินชั้นที่3 มีความจำเป็นที่ต้องใช้เสาเข็มเจาะระบบเปียกในการรับน้ำหนักของตัวอาคาร

ในพฤติกรรมการถ่ายแรงของเสาเข็ม แรงอัดในตัวเสาเข็มจะมากที่สุดที่บริเวณหัวเสาเข็ม ฉะนั้นที่บริเวณหัวเสาเข็มนั้นควรจะมีสภาพที่สมบูรณ์ คอนกรีตต้องสามารถรับกำลังอัดได้ตามที่ออกแบบไว้

อีกหนึ่งปัจจัยที่ผู้ศึกษาริเริ่มการศึกษาหัวข้อโครงงานนี้คือ ที่หน้างานของโครงการนั้น ได้พบเสาเข็มที่มีตะกอนดินปนเปื้อนในคอนกรีตของหัวเสาเข็มซึ่งจะส่งผลกระทบโดยตรงต่อการรับน้ำหนักของอาคาร และยังพบเสาเข็มที่มีระดับของคอนกรีตที่มีสภาพสมบูรณ์ ต่ำกว่าระดับใช้งานของเสาเข็มถึง 2 เมตร

จากปัญหาข้างต้นที่กล่าวมาผู้ศึกษาจึงได้ทำการศึกษารูปแบบการชำรุดของหัวเสาเข็ม ปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลให้เกิดการชำรุดของหัวเสาเข็มรวมถึงศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นหลังจากทำการซ่อมแซมและทำการศึกษาวิธีการป้องกันปัญหาที่เกิดขึ้นหลังจากการซ่อมแซมแล้ว

1.2 วัตถุประสงค์ของกำรวิจัย

1. เพื่อลดปัญหาการชำรุดของหัวเสาเข็ม
2. เพื่อหาวิธีป้องกันปัญหาที่จะเกิดขึ้นหลังจากการซ่อมแซมหัวเสาเข็มแล้ว
3. ลดความล่าช้าของงานฐานรากที่เกิดจากการที่ต้องรอการซ่อมแซมเสาเข็ม
4. ศึกษาปัจจัยที่ทำให้เกิดการชำรุดของหัวเสาเข็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1. ทำการเก็บข้อมูลจำนวนเสาเข็มที่มีการชำรุดที่หัวเสาเข็มทั้งหมด

2. ทำการศึกษาวิธีการก่อสร้างเสาเข็ม

3. ศึกษาเทคนิคการเทคอนกรีตใต้น้ำ

4. ศึกษาสารละลายพยุงหลุมเจาะ

1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย

ทำการเก็บข้อมูลเสาเข็มเจาะทั้งหมดในที่รองรับตัวอาคาร โดยจะเก็บระดับของคอนกรีตเสาเข็มที่ปราศจากตะกอนดินปนเปื้อนของเสาเข็มแต่ละต้น ทำการตรวจสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็มด้วย Seismic Test และใช้ Schmidt Hammer ในการตรวจสอบกำลังของคอนกรีต จากนั้นทำการศึกษาวิธีการก่อสร้างเสาเข็มเจาะระบบเปียก รวมถึงปัจจัยที่อาจก่อให้เกิดปัญหาในการก่อสร้างเสาเข็มเจาะระบบเปียก สอบถามข้อมูลการทำงานหน้างานจากทางวิศวกรของทางบริษัทผู้รับเหมาก่อสร้างเสาเข็ม ที่เข้ามาทำการซ่อมแซมหัวเสาเข็มที่ชำรุด เพื่อทราบถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่ก่อให้เกิดการชำรุดของหัวเสาเข็มที่เกิดขึ้นในหน่วยงาน ศึกษาเทคนิคการป้องกันการซึมน้ำในคอนกรีตซึ่งอาจเป็นผลให้เหล็กเสริมนั้นเกิดสนิม

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถเข้าใจถึงสาเหตุที่ทำให้เสาเข็มในหน่วยงานเกิดการชำรุด

2. สามารถเป็นแนวทางในป้องกันปัญหาการชำรุดของหัวเสาเข็มเจาะระบบเปียก

3. เป็นแนวทางในการซ่อมแซมหัวเสาเข็มที่เกิดความชำรุด

4. สามารถวิเคราะห์ปัจจัยที่ทำให้เสาเข็มเกิดการชำรุดในอนาคตต่อ ๆ ไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่2

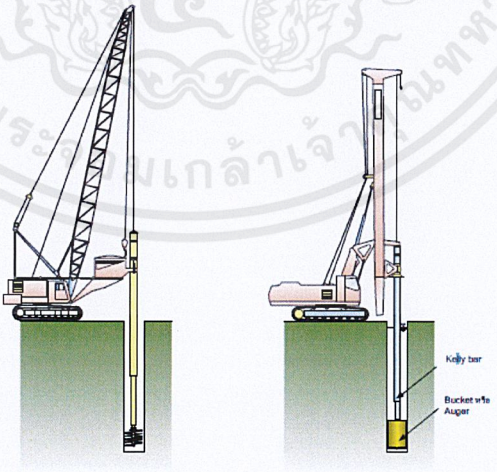
แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 เสาเข็มเจาะแบบเปียก (Wet process bored pile)

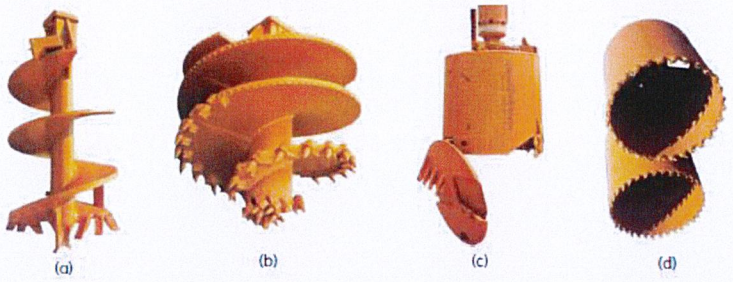
เสาเข็มเจาะแบบเจาะเปียก โดยทั่วไปจะเป็นเสาเข็มที่เจาะให้ปลายของเสาเข็มหยั่งลงในชั้นทรายแน่น ซึ่งในชั้นดินทราย รูเจาะจะไม่สามารถคงรูปอยู่ได้ในสภาพการเจาะแห้ง ดังนั้นการเจาะแบบวิธีนี้จะต้องใช้สารละลายเบนโทไนท์เป็นตัวช่วยต้านมิให้ผนังหลุมเจาะเกิดการพังทลาย

เสาเข็มเจาะแบบเจาะเปียกระบบ Rotary Drill เป็นระบบที่แพร่หลายทั่วโลก การก่อสร้างอาคารสูง สะพานลอย ฯลฯ ในกรุงเทพมหานครนิยมใช้ระบบเข็มเจาะชนิดนี้มาก ทั้งนี้เพราะสามารถก่อสร้างได้รวดเร็วกว่าเสาเข็มเจาะระบบอื่นๆ อีกสามารถก่อสร้างให้มีขนาดใหญ่และลึกกว่า ให้สามารถรับน้ำหนักได้สูงและคล่องตัวกว่าเสาเข็มเจาะประเภทอื่นๆ เครื่องมือเจาะดินระบบ Rotary Drill นี้จะติดตั้งบนรถเครน ซึ่งมี 2ประเภท ประเภทแรกเป็นการนำหัวเจาะไปติดตั้งบนรถเครนตีนตะขาบแบบไม่ตายตัว เมื่อเลิกใช้สามารถถอดออกได้ (รูปที่2.1-a) อีกประเภทหนึ่งเป็นเครื่องเจาะประเภทติดตั้งตายตัวบนรถเครนตีนตะขาบ ไม่สามารถถอดแยกส่วนได้ (รูปที่2.1-b)



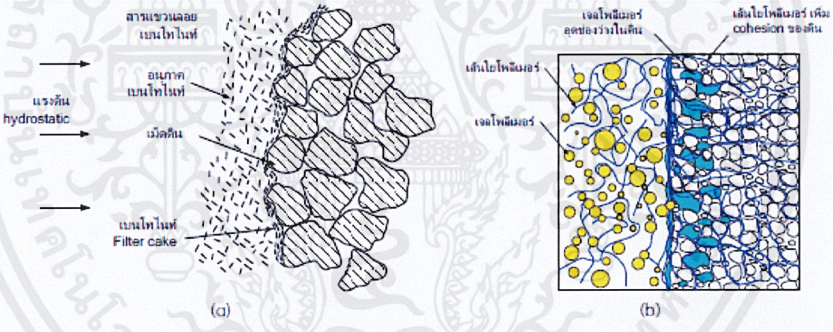
รูปที่2.1 เครื่องจักรเจาะเสาเข็มที่ติดตั้งไว้บนรถเครน รูปซ้ายเป็นแบบแยกส่วนได้ รูปขวาเป็นแบบแยกส่วนไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่2.2 หัวเจาะดินสำหรับก่อสร้างเสาเข็ม (a) หัวเจาะดินแบบสว่าน (b) หัวเจาะหินแบบสว่าน (c) หัวเจาะดินแบบถังสำหรับเจาะใต้สารละลายเบนโทไนท์ (d) หัวเจาะหินแบบ Core barrel

ในปัจจุบันได้มีการนำเอาสารละลายโพลิเมอร์มาใช้กันมากขึ้นเนื่องจากไม่เป็นน้ำโคลน จึงมีความสะอาดกว่า และโพลีเมอร์ยังทำให้แรงเสียดทานของผิวเสาเข็มเพิ่มขึ้นอีกด้วย หลักการป้องกันดินพังของเบนโทไนท์และโพลีเมอร์แสดงดังรูปที่ 2.3



รูปที่2.3 สารละลายที่ใช้กันหลุมเจาะพังในการก่อสร้างเสาเข็มเจาะระบบเจาะเปียก (a) เบนโทไนท์ (b) โพลีเมอร์

2.1.1.1 ขั้นตอนการก่อสร้างเสาเข็มเจาะระบบ Rotary Drill

1 ทำการลงปลอกเหล็กชั่วคราวตามตำแหน่งที่จะขุดเจาะเพื่อป้องกันชั้นดินเหนียวอ่อนปกติใช้ยาวประมาณ 15.00 ม.

2 ขุดเจาะดินภายในปลอกเหล็กโดยใช้สว่านเป็นตัวเจาะจนถึงระดับก่อนพบชั้นทรายชั้นแรกปกติจะลึกประมาณ 21.00 ม.

3 เติมสารละลายเบนโทไนท์ ลงในหลุมเจาะเพื่อต้านแรงดันผนังหลุมเจาะมิให้พังทลาย

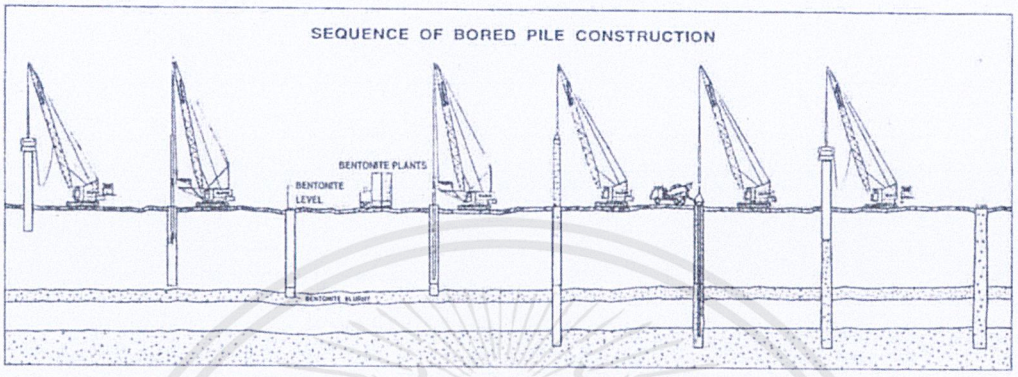
4 ทำการเจาะต่อใต้สารละลายเบนโทไนท์ โดยใช้หัวเจาะแบบถัง(BUCKET)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5 เมื่อเจาะจนได้ระดับแล้ว ทำความสะอาดกันหลุมและลงเหล็กเสริมเสาเข็ม

6 เทคอนกรีตผ่านท่อเท (TREMIE)จนได้ระดับที่ต้องการ

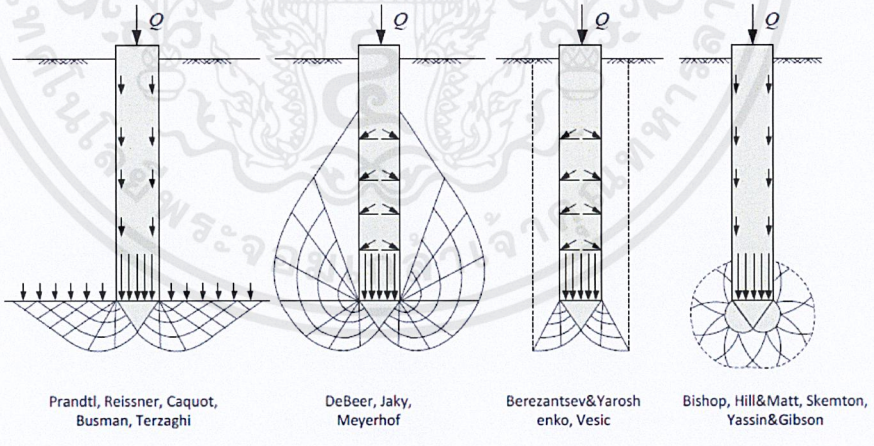
7 ขั้นตอนสุดท้ายทำการถอนปลอกเหล็กชั่วคราวออก



รูปที่2.4 แสดงขั้นตอนการก่อสร้างเสาเข็มเจาะระบบเจาะเปียกโดยเครื่อง ROTARY DRILL

2.1.1.2 กลไกการรับน้ำหนักของเสาเข็มที่รับแรงในแนวแกน

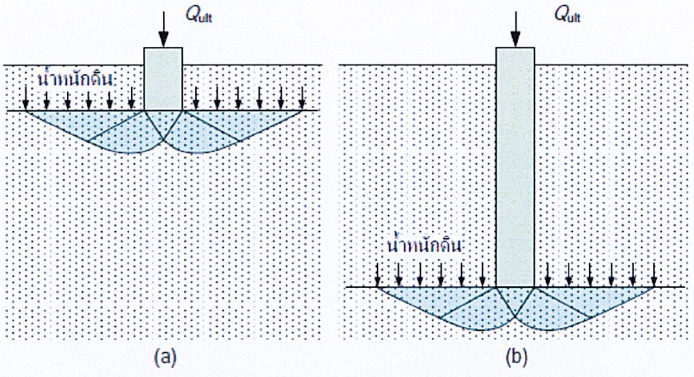
เสาเข็มก็เหมือนกับฐานรากตื้นที่อยู่ในระดับลึกมาก ได้มีผู้สมมติรูปแบบการวิบัติของดินที่ปลายเสาเข็มเชิงทฤษฎีไว้หลายรูปแบบด้วยกันดังรูปที่ 2.5



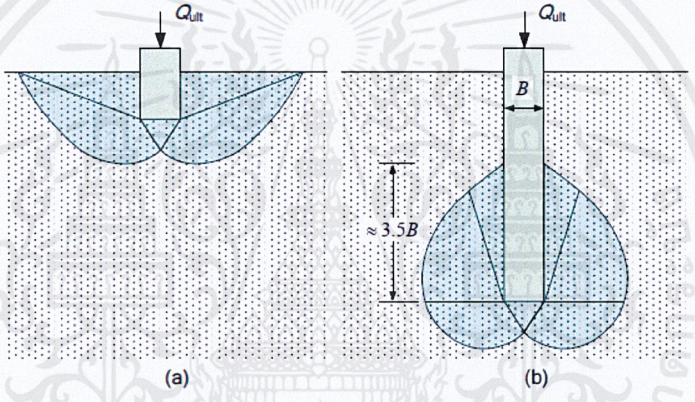
รูปที่2.5 รูปแบบกลไกการวิบัติของดินใต้ฐานรากเสาเข็มที่สมมติขึ้นโดย Vesic 1967 (คัดลอกรูปจาก Lambe and Whitman 1969)

สำหรับกลไกการวิบัติของฐานรากตื้นและฐานรากเสาเข็มตามแนวคิดของ Terzaghi และ Meyerhof แสดงดังรูปที่ 2.6 และรูปที่ 2.7 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่2.6 กลไกการวิบัติที่สมมุติขึ้นสำหรับพัฒนาสมการ Bearing capacity ของ Terzaghi (a) ฐานรากตื้น (b) ฐานรากลึก

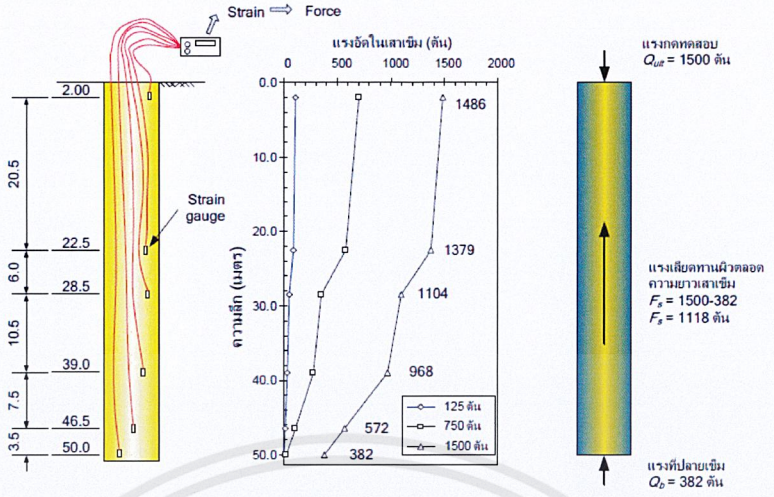


รูปที่2.7 กลไกการวิบัติที่สมมุติขึ้นสำหรับพัฒนาสมการ Bearing capacity ของ Meyerhof (a) ฐานรากตื้น (b) ฐานรากลึก

2.1.1.3 พฤติกรรมการรับแรงของเสาเข็ม

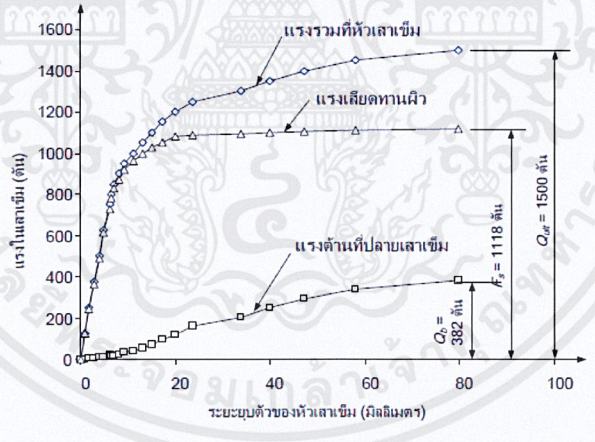
เมื่อมีแรงกดกระทำที่หัวเสาเข็ม หัวเสาเข็มจะถ่ายแรงผ่านเสาเข็มไปสู่ดิน ซึ่งสามารถวัดแรงนี้ได้ทางอ้อมโดยการวัด strain โดยใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า strain gauge ซึ่งติดตั้งไว้ในเสาเข็ม ดังรูปที่ 2.8 จากค่า strain ที่ได้นำมาแปลงเป็นแรงที่เกิดขึ้นในเสาเข็มซึ่งจะทำให้ศึกษาถึงพฤติกรรมการรับแรงของเสาเข็มได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่2.8 แรงในเสาเข็มที่วัดได้โดย Strain gauge

จากแรงที่วัดได้ในเสาเข็มถ้าจำแนกแรงที่เกิดขึ้นเป็นสองส่วนคือแรงเสียดทานที่ผิวเสาเข็มและแรงต้านที่ปลายเข็มและนำมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะยุบตัวของหัวเสาเข็มกับแรงที่เกิดขึ้นในเสาเข็มจะได้ดังรูปที่ 2.9



รูปที่2.9 Load settlement curve ของเสาเข็มยาว (Friction pile)

จากกราฟรูปที่ 2.9 จะเห็นได้ว่าส่วนของแรงเสียดทานจะเกิดขึ้นเต็มที่เมื่อระยะยุบตัวของหัวเสาเข็มเท่ากับ 20 มิลลิเมตรซึ่งมีค่าประมาณ 2% ของเส้นผ่านศูนย์กลางของเสาเข็ม ส่วนของแรงต้านปลายเข็มจะเกิดเต็มที่เมื่อระยะยุบตัวของหัวเสาเข็มมีค่าเท่ากับ 80 มิลลิเมตร ซึ่งมีค่าประมาณ 8% ของเส้นผ่านศูนย์กลางของเสาเข็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.4 ปัจจัยตัวแปรต่าง ๆ ที่จะมีผลกระทบกับสมรรถนะของเสาเข็ม

ปัจจัยตัวแปร (Parameters) ที่จะมีผลกระทบกับสมรรถนะและพฤติกรรมในการรับน้ำหนักของเสาเข็มเจาะระบบเปียกได้รวบรวมไว้ใน ตารางที่ 2.1 ผลกระทบดังกล่าวหลายประการเป็นที่รับรู้กันดีว่าเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้และจะต้องถูกนำเข้าพิจารณาประกอบตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบ ส่วนปัจจัยตัวแปรอีกบางประการสามารถป้องกันหรือปรับปรุงให้ดีขึ้นได้จึงจำเป็นต้องถูกควบคุมและตรวจสอบระหว่างการก่อสร้างเสาเข็มเจาะอย่างใกล้ชิดเพื่อให้มีผลกระทบทางลบกับเสาเข็มเกิดขึ้นน้อยที่สุด

สภาวะของชั้นดินและน้ำใต้ดิน • ชนิดของชั้นดิน(Soil type) • ลักษณะของชั้นดิน (Stratification) • คุณสมบัติของดิน (Properties of the soils) • ระดับน้ำใต้ดินถาวร (Hydraulic conditions) • สารเคมีในชั้นดินและในน้ำใต้ดิน (Chemical ingredient of soil &ground water)	**การก่อสร้าง** • ชนิดเครื่องมือที่ใช้ขุดเจาะ (Type of drilling equipment) • ชนิดของสารละลายฯ ที่ใช้ในการขุดเจาะ (Type of slurry) • วิธีที่ใช้ในการขุดเจาะ (Method of excavation) • วิธีอัดฉีดน้ำปูน(Grouting method) • ความชำนาญใน การเทคอนกรีตใต้น้ำ (Experience of tremie concrete) • วิธีถอนปลอกเหล็ก (Method of extraction of casing)
ชนิดและรูปแบบของเสาเข็ม • ขนาดหน้าตัดและความยาว (Diameter & length) • ชนิดของคอนกรีตที่ใช้หล่อ (Type of concrete) •โครงเหล็กเสริมเสาเข็ม (Reinforcement) • ลักษณะของผิวและปลายเสาเข็ม (Condition of surface & base of piles) • การอัดฉีดน้ำปูนที่ผิวหรือปลายเสาเข็ม (Grouted or none -grouted)	**เนื่องจากอิทธิพลอื่นๆ** • แรงฉุดลงของดิน (Negative skin friction) • งานขุดดินฐานรากก่อให้เกิดแรงดึง (Tension forces) จน เสาเข็มแตกร้าว • เกิดการหดและพองตัวของชั้นดิน(Shinking & swelling of subsoil) ทำให้เกิดแรงดึงในเสาเข็มจนแตกร้าว • การสกัดหรือตัดหัวเสาเข็มที่ไม่ถูกวิธีก่อให้หัวเสาเข็มแตกร้าว • ความทนทาน (Durability) ในระยะยาว

ตารางที่ 2.1 ปัจจัยที่จะมีอิทธิพลต่อสมรรถนะในการรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มเจาะเปียก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 คอนกรีตที่ใช้ในงานเสาเข็มเจาะ

การรับน้ำหนักของเสาเข็มน้ำหนักจะถ่ายลงสู่หัวเข็มโดยตรงก่อนแล้วจึงถ่ายต่อไปสู่ดิน ในรูปของแรงเสียดทานที่ผิวเสาเข็ม ส่วนที่เหลือจึงถ่ายผ่านลงสู่ปลายเสาเข็มในรูปของแรงเสียดทานที่ปลายเสาเข็ม Flemingและ Slewinski (1977) ได้แนะนำคุณสมบัติพื้นฐานของคอนกรีตสำหรับใช้เทในงานเสาเข็มเจาะเปียกภายใต้สารละลายเบนโทไนท์ในชั้นดินสภาพปกติ (Normal Soil Conditions) ตั้งแต่ปี 1977 ซึ่งยังใช้ได้ดีจนถึงปัจจุบันตามตารางที่2.2 และBartholomew (1979) ได้แนะนำขนาด Cement Content และ Water Cement Ratio ของคอนกรีตสำหรับใช้ในงานเสาเข็มชนิดต่างๆ เพื่อใช้ก่อสร้างในชั้นดินในสภาวะตั้งแต่ธรรมดา (Normal) ถึงสภาวะที่ผิดปกติอย่างรุนแรง (Highly very highly agressive) ซึ่งในกรณีหลังส่วนใหญ่จะเป็นชั้นดินที่มีน้ำใต้ดินไหลผ่านหรือมีสารเคมีปนเปื้อนในชั้นดินเป็นต้น ดังแสดงในตารางที่ 2.3

slump	>175 mm.
Water/Cement	Below 0.6
Aggregate Type	Natural round stone if possible, 20 mm. max. size
Sand Type	Natural and complying with zone 2 or 3 grading
Sand Content	30% to 45% of total aggregate weight
Cement Content	Not less than 400 kg./m3
Admixture	The use suitable admixture which will improve the workability and extend the period during which such workability is maintained are to be advocated.

ตารางที่ 2.2 ส่วนผสมคอนกรีตที่เหมาะสมกับการหล่อเสาเข็มภายใต้สารละลายเบนโทไนต์ (After Fleming & Sliwinski 1977)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pile Type	Cement	Conditions		
		Normal	Moderately Aggressive	Highly and Very Highly Aggressive
Precast	Content (kg/m3)	450-475	450-475	450-475
	w/c	0.4 - 0.5	0.4	0.4
Bored Piles Dry Process	Content (kg/m3)	300-450	300-450	380-500
	w/c	0.5 - 0.55	0.475 - 0.5	0.45 - 0.5
Bored Piles with Tremie Process	Content (kg/m3)	350-450	350-450	400-500
	w/c	0.5 - 0.6	0.475 - 0.5	0.43 - 0.45
Driven Cast-In-Situ Piles	Content (kg/m3)	280-370	330-450	370-500
	w/c	0.25 - 0.6	0.3 - 0.55	0.3 - 0.45

ตารางที่ 2.3 ปริมาณซีเมนต์และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์สำหรับผสมคอนกรีต(After Bartholomew 1979) (Parameters influencing the bearing behavior of bored piles)

2.1.2.1 คุณสมบัติพื้นฐานของคอนกรีตสำหรับงานเสาเข็มเจาะระบบเจาะเปียก

Reese และ O' Neil (1988) ได้แนะนำคุณสมบัติของคอนกรีตที่ใช้ในงานเสาเข็มเจาะระบบเปียกเจาะภายใต้สารละลายเบนโทไนท์ไว้ว่าจะต้องมีคุณสมบัติครบถ้วนเจ็ดประการต่อไปนี้คือ

- เคลื่อนไหลได้ดี (Excellent Fluidity)
- สามารถอัดแน่นได้ดีภายใต้น้ำหนักตัวเอง (Self Compaction under Self Weight)
- ทนทานต่อการแยกตัว (Resistance to Segregation)
- ควบคุมเวลาการก่อตัวได้ (Controlled Setting)
- ทนทานต่อภาวะแวดล้อมที่กระด้าง (Resistance to Hash Environment)
- ทนทานต่อการถูกชะล้าง (Resistance to Leaching)
- มีความแข็งแรง (Appropriate Strength and Stiffness)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้ออกแบบและผู้ควบคุมงานในสนามส่วนใหญ่ จะพิจารณาคุณสมบัติของคอนกรีตจากผลการทดสอบค่าการยุบตัว (Slump Test), ระยะเวลาการหน่วงการแข็งตัว (Retardation Time) และกำ ลังอัดของคอนกรีต(Compressive Strength) เป็นเกณฑ์ ซึ่งความจริงแล้วการทดสอบการยุบตัวของคอนกรีตอาจบอกถึงความสามารถ

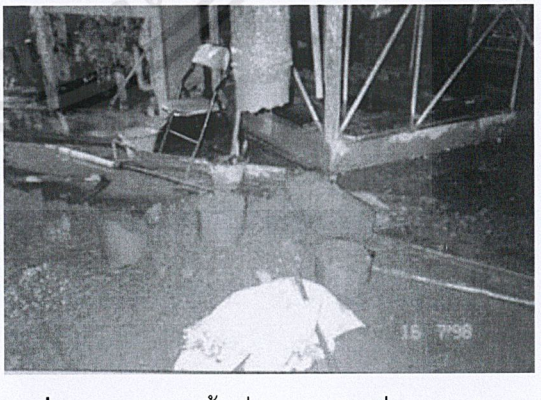
ในการเทได้ในระดับหนึ่งเท่านั้น แต่จะไม่สามารถแสดงให้เห็นถึงการเกาะตัวและความทนทานในการแยกตัว(Cohesiveness และ Resistance to Segregation) ของคอนกรีตได้เลย ทำให้การเทคอนกรีตเสาเข็มระบบเปียกภายใต้สารละลายเบนโทไนท์อาจเกิดปัญหาขึ้นได้ ทั้งในขณะที่คอนกรีตยังเหลวอยู่และแข็งตัวในภายหลังแล้ว

ปัญหาที่เกิดขณะที่คอนกรีตยังเหลวอยู่

มักจะพบว่าผู้ขายคอนกรีตผสมเสร็จ ส่งคอนกรีตที่เหลวและมีลักษณะที่อาจเกิดการแยกตัวง่าย ซึ่งจะสังเกตได้ว่าเมื่อเทคอนกรีตเสร็จแล้วจะมีน้ำเยิ้ม(Bleeding) ขึ้นสู่ผิวด้านบนมาก (รูปที่ 2.10) ซึ่งการเยิ้มนี้จะเกิดจากการจมตัวของเม็ดหิน, ทราย และซีเมนต์ขณะที่คอนกรีตยังเหลวอยู่ทำให้ความผันแปรในอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์(Water Cement Ratio) ของส่วนผสมของคอนกรีตสดด้านล่างมีอัตราส่วนต่ำสุด และจะสูงสุดที่ส่วนบนของคอนกรีตที่เทลงไปทำให้คอนกรีตเกิดการพรุนและทำให้การซึมผ่านของน้ำแข็งสู่คอนกรีตสูง (High Permeability)และในกรณีที่เกิดการเยิ้มมากแล้วคอนกรีตในท่อเท (Tremie Pipe) ที่ระดับล่างถูกอัดแน่นด้วยน้ำหนักของคอนกรีตส่วนบนและน้ำจะถูกดันขึ้นสู่ด้านบนภายในท่อเทจนทำให้คอนกรีตเกิดติดขัด (Blocked) และไม่สามารถดำเนินการต่อไปได้ (รูปที่ 2.11)



รูปที่2.10 รูปการเยิ้มที่หัวเสาเข็มเนื่องจากส่วนผสมคอนกรีตที่ไม่เหมาะสม (Thorborn et al 1977)



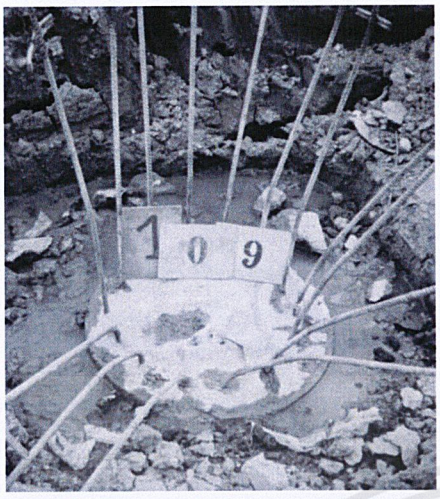
รูปที่2.11 รูปการเยิ้มที่หัวเสาเข็มเนื่องจากส่วนผสมคอนกรีตที่ไม่เหมาะสม (Thorborn et al 1977)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

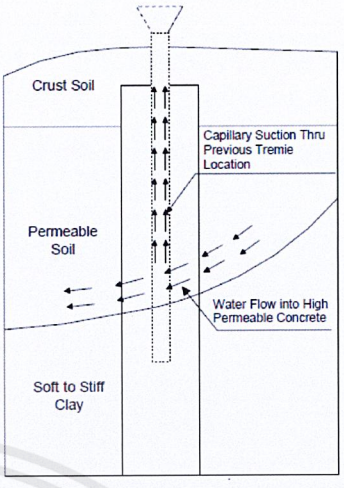
Slewinski & Fleming (1982) ได้เคยรายงานไว้ว่าสาเหตุที่เกิดการเยิ้ม (Bleeding) ที่เกิดขึ้นที่หัวเสาเข็มเจาะจะทำให้เกิดช่องทางการเยิ้มเกิดขึ้นมาตามแนวเหล็กเสริมเสาเข็มยืนหรือตามบริเวณตำแหน่งท่อเท (Tremie)จนทำให้เป็นช่องทางของน้ำภายนอกซึมผ่านขึ้นมาภายหลังจากคอนกรีตแข็งตัวแล้วได้นอกจากปัญหาการเยิ้มของคอนกรีตสดแล้ว ผู้ออกแบบและเจ้าของโครงการหรือผู้ว่าจ้างควรทำการสำรวจหาข้อมูลสภาพชั้นดินนอกเหนือจากการหาค่ากำลังของดินตามปกติโดยควรทำการสำรวจหาข้อมูลระดับน้ำและสภาพช่องทางไหลและความเร็วของการไหลของน้ำใต้ดินเพื่อกำหนดปริมาณซีเมนต์ (Cement Content) และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (Water Cement Ratio) ตามที่ Bartholomew (1977) ได้แนะนำไว้ให้เหมาะสมกับสภาพชั้น

ดินในแต่ละแห่งเนื่องจากคอนกรีตสดอาจถูกทำลายโดยสภาวะแวดล้อมใต้ดินที่ผิดปกติ (Aggressive SubsurfaceCondition) ซึ่งเคยมีตัวอย่างที่เคยเกิดขึ้นในต่างประเทศมาแล้วดังตัวอย่างต่อไปนี้ Thorburn & Thorburn, (1979) รายงานว่าในโครงการหนึ่งที่ทำการก่อสร้างเสาเข็มเจาะในชั้นดินที่น้ำสามารถไหลผ่านได้ (Permeable Material) เมื่อผู้รับเหมาเทคอนกรีตเสาเข็มเจาะเสร็จแล้วและทำการชักปลอกเหล็กชั่วคราวออกปรากฏว่ามีฝนตกหนักอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน ภายหลังเมื่อทำการขุดดินเพื่อก่อสร้างฐานรากพบว่าคอนกรีตส่วนบนได้ถูกน้ำชะล้างและกร่อนโดยน้ำใต้ดินที่ไหลผ่านตัวเสาเข็มในขณะที่คอนกรีตยังไม่แข็งตัวและในอีกโครงการหนึ่งที่มีการก่อสร้างเสาเข็มเจาะบริเวณที่เป็นทางระบายน้ำเก่าที่ถูกถมด้วยทรายที่ยังสามารถรองรับน้ำที่ไหลมาจากพื้นที่โดยรอบได้ทำให้คอนกรีตเสาเข็มหลังจากที่หล่อเสร็จแล้วขณะที่ยังไม่แข็งตัวถูกน้ำใต้ดินไหลผ่านอย่างรวดเร็วชะล้างกร่อนจนเสียหายเป็นจำนวนมาก Reese & O'Neil (1988) พบว่าเสาเข็มเจาะที่ก่อสร้างในบริเวณระดับน้ำใต้ดินขึ้น-ลงได้ จะทำให้น้ำใต้ดินเคลื่อนไหลผ่านตรงบริเวณรอยต่อของชั้นดิน ทำให้คอนกรีตขณะที่ยังไม่แข็งตัวถูกชะล้าง (Leaching) จนทำให้น้ำสามารถซึมผ่านเข้าไปในคอนกรีตตัวเสาเข็มได้ โดยน้ำจะค่อยๆ ซึมผ่านช่องว่างหรือรูพรุนในคอนกรีตขึ้นสู่ด้านบนของหัวเสาเข็ม ซึ่งกรณีดังกล่าวได้เคยเกิดขึ้นกับเสาเข็มเจาะก่อสร้างริมแม่น้ำเจ้าพระยามาแล้วหลายโครงการ(รูปที่ 2.12) และคาดว่าขบวนการซึมของน้ำเป็นไปตาม รูปที่ 2.13 อันเนื่องจากคอนกรีตเสาเข็มมีความสามารถในการซึมผ่านของน้ำสูง (High Permeability)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่2.12 น้ำซึมตามแนวเหล็กเสริมและแนวท่อเท



รูปที่2.13 ขบวนการซึมของน้ำเข้าสู่คอนกรีตเสาเข็ม

ปัญหาที่เกิดขณะที่คอนกรีตแข็งตัวแล้ว

เสาเข็มเจาะก่อสร้างในชั้นดินที่มีสภาวะผิดปกติ (Aggressive Subsurface Condition) แม้นไม่เกิดความเสียหายในขณะที่ยังไม่แข็งตัวก็ตามหากออกแบบส่วนผสมที่ไม่เหมาะสมและป้องกันคอนกรีตที่แข็งตัวแล้วอย่างไม่พอเพียง ก็อาจทำให้คอนกรีตเสาเข็มไม่มีความคงทนและถูกกัดกร่อนเสียหายได้ ซึ่งมีผู้ศึกษาเรื่องคอนกรีตไว้ดังนี้คือ Fleming et al, (1992) ได้รายงานให้ทราบว่าประเทศทางตะวันออกกลางมีน้ำใต้ดินที่เค็มมาก (Highly Saline Ground Water) จึงกำหนดวิธีการป้องกันกรดเกลือกัดกร่อนทำลายคอนกรีตเสาเข็มโดยการใส่ปลอกพลาสติกถาวรหุ้มคอนกรีตเสาเข็มส่วนบนไว้

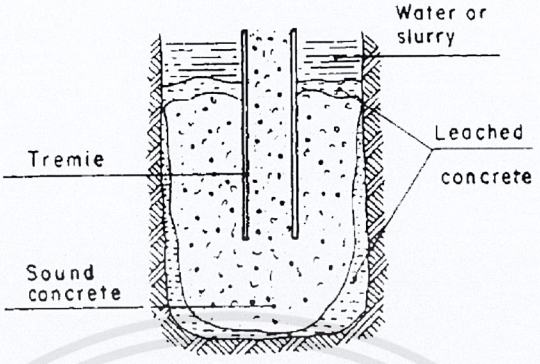
2.1.3 การควบคุมการเทคอนกรีตใต้น้ำที่ผ่านท่อเท

การเทคอนกรีตใต้น้ำที่ผ่านท่อเท (Tremie Concrete) เป็นขั้นตอนที่สำคัญสูงสุดเพราะเป็นการหล่อผลิตภัณฑ์ที่จะนำไปใช้งาน (End Product) หากควบคุมการเทคอนกรีตไม่ดีและผิดขั้นตอนจะทำให้ความสมบูรณ์(Integrity) ของเสาเข็มเสียหายและสมรรถนะในการรับน้ำหนักลดลงปัญหาต่างๆ ในการเทคอนกรีตใต้น้ำสามารถสรุปได้ดังนี้คือ

1 เทคอนกรีตครั้งแรก (First Batch) ทะลุตัวกันน้ำ (Plug) ทำให้คอนกรีตผสมกับสารละลายฯโดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 วางปลายท่อห่างจากก้นหลุมมากเกินไป ทำให้คอนกรีตก้นหลุมผสมกับสารละลายเบนโทไนท์ (รูปที่ 2.14)



รูปที่2.14 ปลายท่อห่างก้นหลุมมากเกินไป

3 รอยต่อท่อเทรั่ว ทำให้ไหลเข้าสะสมในท่อเท อาจทำให้คอนกรีตในท่อแยกตัว

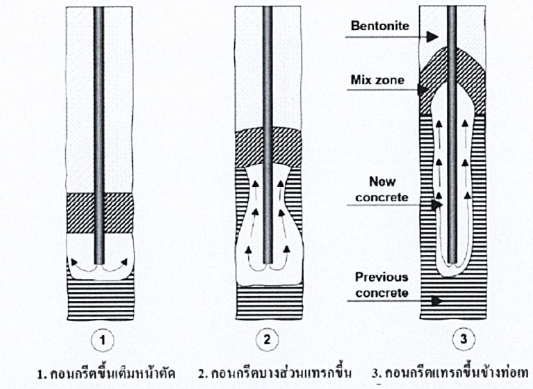
4 ไม่มีการทำความสะอาดสารละลายฯในหลุมเจาะและไม่มีการเก็บตัวอย่างสารละลายฯที่ก้นหลุมทดสอบก่อนเทคอนกรีตทำให้ไม่สามารถทราบสภาวะของหลุมเจาะอันอาจทำให้เกิดปัญหาติดตามมาเช่นมีตะกอนก้นหลุมมาก, ปริมาณทรายสูง, Filter Cake หนา ฯลฯ ทำให้เสาเข็มด้อยคุณภาพ สมรรถนะในการรับน้ำหนักได้ต่ำ

5 ระหว่างการเทคอนกรีตฝังปลายท่อในคอนกรีตลึกมากเกินไป ทำให้คอนกรีตที่ไหลออกจากปลายท่อไม่สามารถดันคอนกรีตชุดเก่าขึ้นเติมหน้าตัดรูเจาะ ทำให้คอนกรีตชุดหลังแทรกตัวขึ้นรอบๆ ท่อเทเท่านั้นทำให้ครูด filter cake ไม่ออกและกลบทับสิ่งสกปรกหน้าผิวคอนกรีต (รูปที่ 2.15)

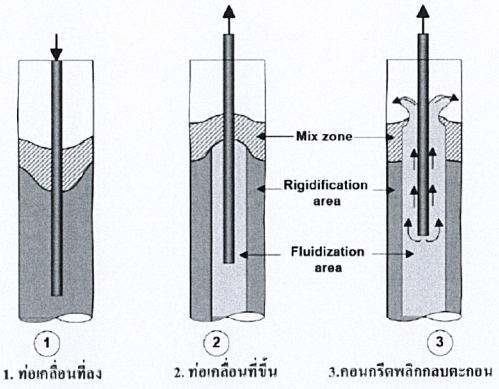
6 ชักปลายท่อเทพ้นผิวหน้าทำให้คอนกรีตไม่ต่อเนื่อง

7 ทำการชักท่อเทขึ้นๆ ลงๆ (Jarring) ทำให้สารละลายฯแทรกลงข้างท่อหรือคอนกรีตพลิกกลับ (รูปที่ 2.16)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่2.15 ปลายท่อเทฝังในคอนกรีตลึกมากเกินไป

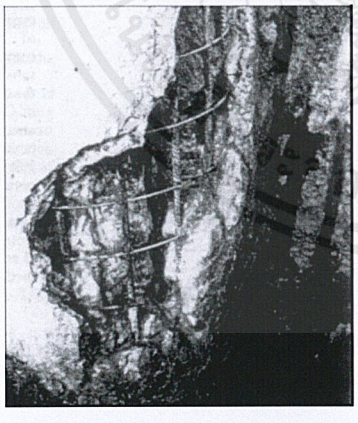


รูปที่2.16 การชักท่อเทคอนกรีตขึ้นๆ ลงๆ เป็นการเทคอนกรีตใต้น้ำที่ผิดวิธี

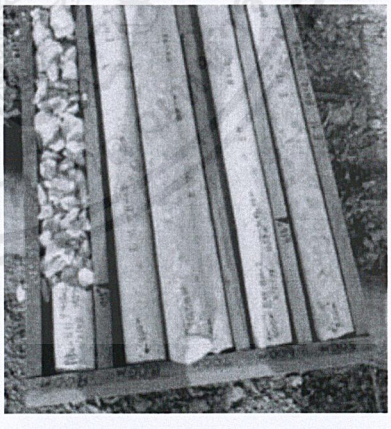
8 ตะกอนก้นหลุมมากและผสมกับคอนกรีตที่เทชุดแรกและไล่ตะกอนขึ้นมาไม่หมด ทำให้กำลังแบกทานปลายเข็มลดลง

9 ตะกอนก้นหลุมมาก ผสมกับคอนกรีตที่เทชุดแรกและถูกดันขึ้นมาข้างบนบางส่วนอาจติดค้างโครงเหล็ก (รูปที่ 2.17)

10 คอนกรีต Workability ไม่ดี อาจจากส่วนผสมผิด, รูปร่างหินแบนมาก, ทำให้เทแล้วไม่ไหลลื่นหรือไหลไม่เต็มหน้าตัดเสาเข็ม ทำให้สารละลายฯแทรกตัว, คอนกรีตที่มีน้ำส่วนเกินเยิ้มออกมามากทำให้คอนกรีตแยกตัว ดังรูปที่ 2.18



รูปที่2.17 โพรงเกิดจากตะกอนดินติดค้างบนโครงเหล็ก



รูปที่2.18 คอนกรีตที่เกิดการแยกตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11 คอนกรีตที่มี Slump ต่ำไป ทำให้ Flowability ไม่ดี

12 มีระยะเวลาหน่วงการแข็งตัวน้อยไปคอนกรีตเกิดความกระด้าง (Stiff) หรือแข็งตัว (Initial Set) ก่อนเทคอนกรีตเสร็จ ทำให้เสาเข็มเสียหาย

2.1.3.1 ค่าความคลาดเคลื่อนในการหล่อคอนกรีตสูงกว่าระดับตัดใช้งาน

การหล่อคอนกรีตเสาเข็มเจาะเป็นการหล่อคอนกรีตชนิดหล่อในดิน (Cast In-Situ Concrete) ที่จะต้องมีการหล่อเผื่อให้สูงกว่าระดับตัดใช้งานและทำการสะกัดออกในภายหลัง ผู้รับเหมาอาคารที่มีหน้าที่สะกัดจะต้องการให้หล่อเผื่อไว้ให้น้อยเพื่อสะกัดง่ายในขณะที่ผู้ติดตั้งเสาเข็มเจาะเกรงว่าคอนกรีตอาจมีการเยิ้ม (Bleeding) เกิดขึ้นและต้องการให้มั่นใจว่าเมื่อทำการสะกัดถึงระดับตัดแล้วจะมีแต่คอนกรีตที่ดีจึงมักจะหล่อคอนกรีตเผื่อไว้สูงกว่าที่ผู้รับเหมาอาคารคาดคิดไว้ จนทำให้เกิดข้อโต้แย้งกันอยู่บ่อยๆ หรือผู้ออกแบบกำหนดการหล่อคอนกรีตเผื่อไว้น้อนเกินไปเช่นไม่เกินความยาว 1.00 หรือ 2.00 เมตร ซึ่งการกำหนดดังกล่าวอาจเหมาะสมกับระดับตัดเสาเข็มใช้งานที่อยู่ต่ำกว่าระดับดินไม่มากนัก สำหรับระดับตัดใช้งานที่อยู่ลึกมาก (มากกว่า 6 เมตร) หากกำหนดไว้ไม่เหมาะสมอาจเกิดปัญหาได้ทั้งเผื่อไว้มากเกินไปหรือน้อยเกินไป มาตรฐาน ICE (1996) ได้ให้แนวทางสำหรับความยาวของคอนกรีตที่ควรหล่อเผื่อให้สูงกว่าระดับตัดใช้งานที่ความลึกต่างๆไว้ ตาม ตารางที่ 4 และได้รับการยอมรับนำไปใช้กันเป็นสากล

Cut-off level below commencing surface, H, m*	Casting tolerance above cut-off level, m	Condition
0.15 to any depth	$0.3 + H/10$	Piles cast in dry bore within permanent casing or cut-off level in stable ground below base of casing
0.15–10.00	$0.3 + H/12 + C/8$	Piles cast in dry bore using temporary casing other than above
0.15–10.00	$1.0 + H/12 + C/8$ Where C = length of temporary casing below the commencing surface	Pile cast under water or support fluid**

* Beyond H = 10 m, the casting tolerance applying to H = 10 m shall apply.
** In cases where a pile is cast so that the cut-off level is within a permanent lining tube, the appropriate tolerance is given by deleting the casing term C/8.

ตารางที่ 2.4 การหล่อคอนกรีตสูงเผื่อจากระดับใช้งานตามข้อกำหนด(after ICE, 1996)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การถ่ายน้ำหนักบรรทุกจากหัวเสาเข็มเข้าสู่ชั้นดินเบื้องล่างต้องอาศัยคอนกรีตเป็นตัวถ่ายแรงโดยต่อเนื่องตลอดทั้งต้น ดังนั้นความสมบูรณ์ของคอนกรีตเสาเข็มจึงสำคัญต่อการถ่ายน้ำหนักบรรทุกทั้งในระยะสั้นและยาวเป็นอย่างมาก ผู้ออกแบบส่วนใหญ่มักจะกำหนดคุณสมบัติของคอนกรีตงานเสาเข็มระบบเจาะเปียกไว้เพียงบางเรื่อง เช่นปริมานปูนซีเมนต์ต่อลูกบาศก์เมตร ,ค่าการยุบตัว, อัตราส่วนซีเมนต์ต่อน้ำ (W/C), ระยะเวลาหน่วงการก่อตัวและค่ากำลังอัดประลัยเป็นหลักเท่านั้น ซึ่งข้อกำหนดดังกล่าวดูจะยังไม่เพียงพอสำหรับงานเสาเข็มระบบเจาะเปียกซึ่งเป็นโครงสร้างแนวตั้งที่ต้องเทคอนกรีตไต้น้ำลงไปในชั้นดินในที่คอนกรีตเสาเข็มจะต้องอัดตัวแน่นได้ด้วยน้ำหนักตัวเองโดยไม่สามารถใช้การจี้ช่วย จึงจำเป็นต้องออกแบบส่วนผสมที่พิเศษกว่าคอนกรีตโครงสร้างบนดินทั่วไป หากคอนกรีตงานเสาเข็มเจาะกำหนดและผสมไว้ไม่ได้มาตรฐานจะทำให้เกิดปัญหาขึ้นได้ทั้งขณะยังเหลวและแข็งตัวได้ เกิดการติดขัดในท่อเทเนื่องมาจากการผันแปรของคุณสมบัติ เกิดการแยกตัวจากเยิ้มของน้ำในคอนกรีต (Bleeding) ซึ่งจะทำให้คอนกรีตหัวเสาเข็มต่ำจนทำให้ความยาวที่หล่อเผื่อไว้มีความยาวไม่พอ การเยิ้มทำให้เกิดโพรงในคอนกรีต การเยิ้มทำให้คอนกรีตพรุน และ ทำให้คอนกรีตมีความต้านทานการซึมของน้ำต่ำ (High Permeability Concrete) ซึ่งจะมีผลกระทบต่อความทนทานของคอนกรีตในระยะยาว

2.1.4 สารละลายเบนโทไนท์

2.1.4.1 คุณสมบัติ

ในอดีตผู้ออกแบบในประเทศไทยจะกำหนดมาตรฐานการตรวจสอบคุณสมบัติของสารละลายเบนโทไนท์ไว้แต่เพียงค่า Density, Viscosity, Sand content และ pH Value เท่านั้น แต่ในการก่อสร้างเสาเข็มระบบเจาะเปียกตามมาตรฐานของประเทศที่มีการพัฒนาแล้วหลายๆประเทศเช่นของอังกฤษ (ICE, 1996) และของสหรัฐอเมริกา(ADSC,1995) กำหนดให้มีการตรวจสอบเรื่องการปริมาณน้ำในสารละลายที่ซึมหายเข้าไปในชั้นดิน(Fluid Loss) และปริมาณความหนาของผงเบนโทไนท์ที่ก่อตัวขึ้นที่ผิวผนังชั้นทรายในรูเจาะ(Filter Cake) และค่าอื่นๆไว้ด้วย ตามตารางที่ 2.5 ซึ่งเป็นคุณสมบัติของสารละลายเบนโทไนท์ที่ใช้กันทั่วไปในต่างประเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Authors	FPS (1975, 1977)	Hutchingson et al. (1975)	FDOT (1987, 1988)	Reese and O' Neil (1988)	ICE (1988)	ACI (1989)	*AASHTO (1992)	*Majano & O' Neil (1993)	*ICE & FPS (1996)
Slurry Type	Bentonite	Calcium Bentonite	Bentonite or Attapulgite	Bentonite or Attapulgite	Bentonite	Bentonite or Polymer	Bentonite or Attapulgite	Bentonite	Bentonite
Density (gm/cc)	<1.10	1.024 to 1.218	1.03 to 1.20	1.03 to 1.20	<1.10	<1.36 (bearing pile) <1.12 (firction pile) <1.02 (Polymer)	1.03 to 1.10 1.03 to 1.20	1.02 to 1.07 1.02 to 1.13	<1.10 <1.15
pH	9.5 to 12	<11.7	8 to 12	8 to 11	9.5 to 12	8 to 12	8 to 11 8 to 11	8 to 10 8 to 10	9.5 to 10.8 9.5 to 11.7
Sand Content	<6% (by weight)	<35% (by weight)	<4% (by volume)	-	-	<4% (bearing pile) <25% (friction pile) <1% (Polymer)	<4% <4% (by volume)	<4 % <10%	<2% <2%
Marsh Funnel Viscosity (sec/Qt)	30 to 90	-	28 to 40	28 to 45	30 to 90	26 to 50	28 to 45 28 to 45	32 to 60 32 to 60	30 to 70 < 90
Plastic Viscosity (cP)	<20	<20	<20	-	<20	-	-	6 to 8.5 6 to 10.0	-
Yield Point (Pa)	-	-	-	-	-	-	-	2 to 6.0 2 to 6.5	-
10 min. Gel Strength (Pa)	4 to 40	3.6 to 20	1.9 to 10	-	4 to 40	-	-	-	4 to 40 4 to 40
Differential Head (m)	>1	-	-	-	-	1.5	-	-	-
Fluid Loss (30 minute test)	-	-	-	-	-	-	-	-	< 40 <60
**Maximum Contact Time (hr.)	-	-	-	-	-	-	-	4	-

Notes : * Upper line for as supplied to pile and lower line for sample from pile prior to placing concrete
** Without agitation and sidewall cleaning

ตารางที่ 2.5 คุณสมบัติของสารละลายเบนโทไนท์ที่ใช้กันทั่วไปในต่างประเทศ

จากประสบการของผู้เขียนเห็นว่าการก่อสร้างเสาเข็มระบบเจาะเปียกในดินกรุงเทพฯ ควรกำหนดคุณสมบัติของสารละลายเบนโทไนท์ ตาม ตารางที่ 2.6 โดยปรับค่าคุณสมบัติบางตัว เช่น Viscosity และ pH ให้เหมาะกับดินกรุงเทพฯที่มีซิลท์ (Silt) ผสมอยู่

Property to be measured	Test Method and apparatus	API RP13 Section	Compliance values measured at 20 °C	
			As Supplied to pile	Sample from pile prior to placing concrete
Density	Mud balance Low temperature	1	Less than 1.10 g/ml	Less than 1.15 g/ml
Fluid loss (30 minute test)	test fluid loss	3	Less than 40 ml	Less than 60 ml
Viscosity	Marsh Cone	2	30 to 70 seconds (27 - 50)(1)	Less than 90 sec. (Less than 60 sec.)(1)
Shear strength (10 min gel strength)	Fann Viscometer	2	4 to 40 N/m²	4 to 40 N/m²
Sand Content	Sand screen set	4	Less than 2%	Less than 2%
pH	(2)		9.5 - 10.8 (8 - 11)(1)	9.5 - 11.7 (<12)(1)

หมายเหตุ 1). ตัวเลขในวงเล็บเป็นความเห็นของผู้เขียน 2.) วัดโดย Electrical pH meter แต่ใช้ pH paper แทนได้

ตารางที่ 2.6 ค่าการทดสอบที่เหมาะสมสำหรับสารละลายรักษาเสถียรภาพ(ICE,1996)

2.1.4.2 การเก็บตัวอย่างเพื่อทดสอบ

รายการก่อสร้างเสาเข็มที่กำหนดโดยผู้ออกแบบในประเทศไทยมักจะกำหนดคุณสมบัติของสารละลายไว้ลอยๆ ในงานสนามผู้ควบคุมงานจึงให้เก็บตัวอย่างจากถังเก็บหรือตักจากผิวบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของสารละลายในรูเจาะมาทดสอบแต่ในต่างประเทศจะกำหนดให้เก็บตัวอย่างของสารละลายที่ก้นหลุมเจาะมาทำการทดสอบก่อนทำการเทคอนกรีต(เช่น ICE, 1996 และ ADSC, 1995 เป็นต้น) หากคุณสมบัติของสารละลายไม่ได้ตามเกณฑ์จะต้องทำการปรับปรุงเปลี่ยนถ่ายและทดสอบใหม่จนกว่าจะได้จึงเทคอนกรีต

2.1.4.3 ระยะเวลาในการติดตั้งและปล่อยให้สารละลายเบนโทไนท์อยู่นิ่งๆ

การติดตั้งเสาเข็มระบบเจาะเปียกในประเทศไทยไม่มีการกล่าวถึงระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้าง(Construction Time) แต่อย่างไร ซึ่ง แตกต่างจากต่างประเทศที่ได้มีการศึกษาว่าสารละลายเบนโทไนท์มีคุณสมบัติเฉพาะที่เรียกว่า Thixothropy Characteristic คือเมื่ออยู่นิ่งๆ (Explosure Time / Contact Time) นานในระยะเวลาหนึ่งแล้วจะก่อตัวจนข้นเหนียว (Thick Slurry) แต่เมื่อถูกกวน(Agitation) แล้วอนุภาคจะเกิดการแตกตัวกลับกลายเป็นใสลื่นไหลง่าย (Thin Slurry) จากการศึกษานี้ทำให้ทราบว่าขณะที่สารละลายทำหน้าที่ต้านแรงดันดินอยู่นั้นจะมีน้ำในสารละลายปริมานหนึ่งแทรกซึมหายเข้าไปในชั้นดินประเภทที่น้ำผ่านได้ (Pervious Materials) เช่นชั้นทรายและผงเบ็นโทไนท์จะถูกกรองติดอยู่ที่ผิวผนังรูเจาะที่เป็นชั้นทราย ตามรูปที่ 1 เมื่อเวลาผ่านไปยิ่งนานน้ำก็จะซึมหายมากขึ้น และ ผงตะกอนเบ็นโทไนท์ก็จะเกาะติดที่ผิวผนังหนายิ่งขึ้นตามลำดับ ซึ่งจะทำให้แรงเสียดทานที่ผิวเสาเข็มลดลง ผู้เขียนเคยทำการศึกษาผลกระทบของระยะเวลาที่ใช้ในการติดตั้งเสาเข็มในชั้นดินกรุงเทพฯพบว่าเมื่อใช้เวลาการติดตั้งยิ่งนานค่าแรงเสียดทานก็จะยิ่งลดต่ำลงตามรูปที่ 2 มาตรฐาน ADSC จึงกำหนดไว้ว่าหากใช้เวลาการติดตั้งเสาเข็มนานมากกว่า 24 ชั่วโมงหรือปล่อยให้สารละลายในรูเจาะอยู่นิ่งนานเกินกว่า 4 ชั่วโมงแล้วก่อนจะเทคอนกรีตต้องทำการเจาะคว้านใหม่เพื่อครูดผงเบนโทไนท์ที่เกาะติดผิวรูเจาะออก

2.1.5 สารละลายโพลิเมอร์

2.1.5.1 คุณสมบัติ

เนื่องจากสารละลายโพลีเมอร์ยังเป็นของใหม่ในวงการเสาเข็มเจาะในประเทศไทยจึงยังไม่มีการกำหนดคุณสมบัติไว้ ในปัจจุบันผู้ประกอบการต่างๆ จึงนำข้อกำหนดจากต่างประเทศมาใช้ ตามตารางที่ 2.7 โดยข้อกำหนดจะคล้ายกับสารละลายเบนโทไนท์ยกเว้นเรื่อง Sand Content และวิธีการเก็บตัวอย่างมาทดสอบใช้หลักเกณฑ์เดียวกับการเก็บสารละลายเบนโทไนท์

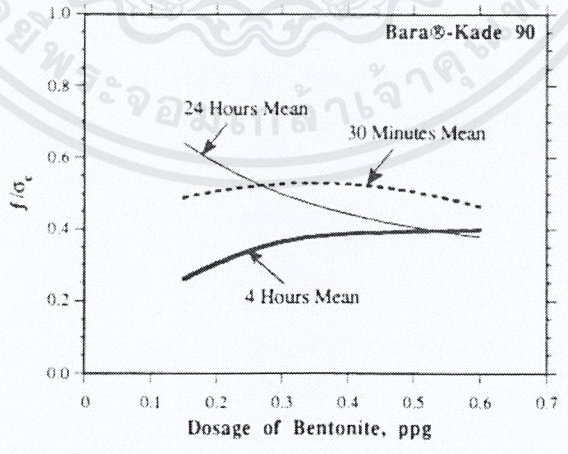
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Item to be measured	Range of results at 20° C	Test methods
1. Density before concreting, 1 gg/cc, for slurry 30 cm. from pile toe a. No end bearing b. With end bearing c. Polymer slurry	 1.36 maximum 1.12 maximum 1.024 maximum	API 13B, section1 (Mud balance) ASTM D 4380
2 Marsh Funnel Viscosity, sec/qt, for entry slurry and pile slurry.	26 to 50	API 13B, Section 2 (Marsh Funnel and Cup)
3 Sand content by volume, percent, before concreting for Slurry 30 cm. from pile bottom. a. Pile with design end bearing and no side friction b. Pile with no design end bearing. c. Polymer slurry.	 4% maximum 25% maximum 1% maximum	API 13B, Section 4 (Sand Screen Set) ASTM D 4381
4. pH, during excavation.	8 to 12	API 13B, Section 6 (Paper Test Strips or Glass – Electrode pH Meter)

ตารางที่ 2.7 คุณสมบัติของสารละลายจาก ADSC, 1995 (โพลีเมอร์ ดูหัวข้อ 3 C ในตาราง)

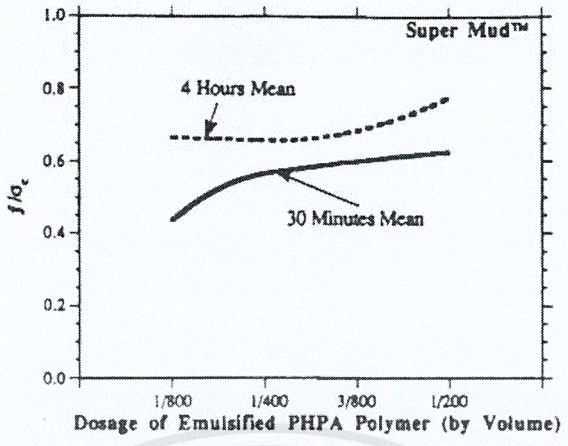
2.1.5.2 ระยะเวลาในการติดตั้งและการปล่อยให้สารละลายโพลีเมอร์อยู่นิ่งๆ

เนื่องจากสารละลายโพลีเมอร์ไม่มีคุณสมบัติ Thixotropy Characteristic ดังนั้น ระยะเวลาก่อสร้างหรือระยะเวลาที่สารละลายอยู่นิ่งๆจึงไม่มีผลกระทบกับสมรรถนะของเสาเข็ม แต่ประการใด Majano and O' Neil (1993) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับเรื่องนี้และสรุปผลว่าค่าแรงเสียดทานของเสาเข็มที่ใช้สารละลายโพลีเมอร์ในการก่อสร้างจะให้ผลตรงกันข้ามกับเสาเข็มที่ก่อสร้างโดยสารละลายเบนโทไนท์กล่าวคือเสาเข็มที่ใช้โพลีเมอร์เมื่อใช้เวลาก่อสร้างหรือปล่อยให้สารละลายในรูเจาะอยู่นิ่งนานจะไม่มีผลกระทบใดๆต่อค่าแรงเสียดทานเสาเข็ม ตามรูปที่ 2.19ข



รูปที่2.19ก ผลกระทบของระยะเวลาที่ปล่อยให้สารละลายเบนโทไนท์อยู่นิ่งๆ ต่อค่าแรงเสียดทานที่ลดลงตามเวลาที่เพิ่มขึ้น (after Majano et al, 1993)

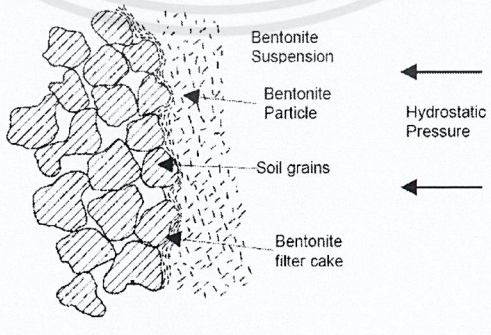
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่2.19ข ผลกระทบของระยะเวลาทีปล่อยให้สารละลายโพลีเมอร์อยู่นิ่งๆ ต่อค่าแรงเสียดทานที่ไม่ลดลงตามเวลาที่เพิ่มขึ้น (after Majano et al, 1993)

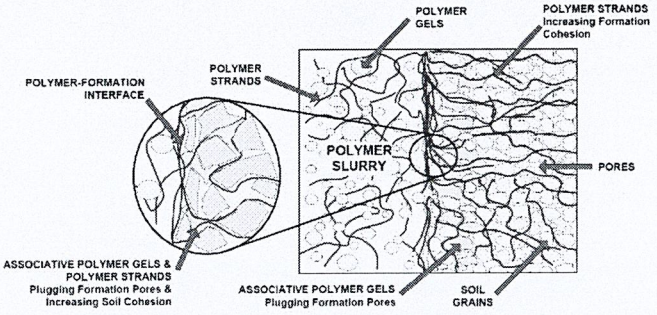
2.1.6 กลไกลการทำงานของสารละลายเบนโทไนท์และโพลิเมอร์

หน้าที่หลักที่เหมือนกันของเบนโทไนท์และโพลีเมอร์คือการรักษาเสถียรภาพของหลุมเจาะในขณะทำการขุดเจาะซึ่งเบนโทไนท์จะใช้กระบวนการที่เรียกว่า Filtration รูปที่ 2.20 เป็นกลไกในการรักษาเสถียรภาพโดยอนุภาคของเบนโทไนท์จะแทรกเข้าไปอุดช่องว่างในเม็ดดินที่ผิวผนังร่องขุด ในการใช้เบนโทไนท์ในการขุดเจาะนี้หากทำการก่อสร้างไม่ถูกวิธีและไม่มีการควบคุมอย่างดีแล้วอาจจะเกิด Filter Cake ตกค้างอยู่ซึ่งอาจทำให้แรงเสียดทานผิวของเสาเข็มลดลง แต่สำหรับโพลีเมอร์แล้วจะไม่เกิดกระบวนการ Filtration ขึ้นโพลีเมอร์จะใช้เส้นใย (Strand)และเจล (Gel) ในสารละลายโพลีเมอร์ในการอุดช่องว่างในเม็ดดินและเพิ่มการยึดเกาะของดิน (รูปที่ 2.21)



รูปที่2.20 กระบวนการ Filter Cake Formation ของสารละลายเบนโทไนท์การรักษาเสถียรภาพของหลุมเจาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

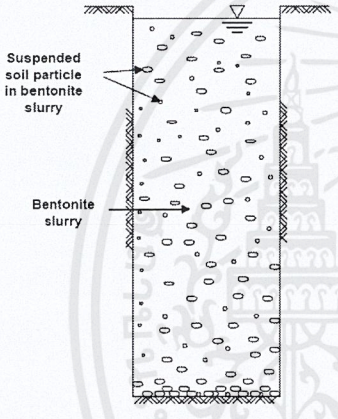


รูปที่2.21 หลักการของสารละลายโพลีเมอร์ในการรักษาเสถียรภาพของหลุมเจาะ

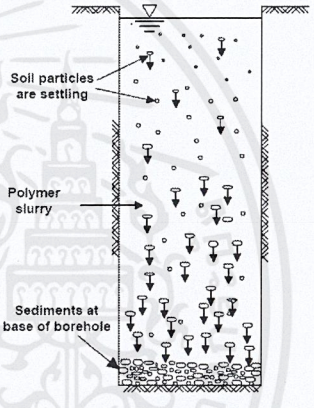
โดยโพลีเมอร์เจล (Polymer gel) จะทำหน้าที่อุดช่องว่างในเม็ดดิน ส่วนเส้นใยโพลีเมอร์ (Polymer strands)จะเป็นตัวเพิ่มแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเม็ดดิน โพลีเมอร์ซึ่งเป็น High Viscosity Gel Fluid ที่เข้าไปแทรกระหว่างช่องว่างในเม็ดดินกลายเป็นแผ่นฟิล์มบาง ๆ เคลือบอยู่สำหรับดินที่ไม่มีการยึดเหนี่ยว (ทราย หรือ กรวด) กระบวนการElectrochemical ในสารละลายโพลีเมอร์จะทำหน้าที่เป็นกาวชั่วคราวที่ยึดจับเม็ดดินไว้ในขณะขุดเจาะดิน ซึ่งโซนบางๆ ของ gel-permeated, cohesionenhanced soil รอบๆผนังของหลุมเจาะจะเรียกว่า Gel Membrane ซึ่ง Gel Membrane จะทำหน้าที่เป็นตัวกลางที่สามารถถ่ายแรงดันของๆเหลวไปยังผนังของร่องขุดได้อย่างมีประสิทธิภาพซึ่งจะมีความแตกต่างกับการขุดเจาะที่ใช้เบนโทไนท์ซึ่งเกิด Filtration ที่ผนังของร่องขุดสำหรับกระบวนการกำจัดตะกอนของสารละลายโพลีเมอร์จะแตกต่างกับสารละลายเบนโทไนท์โดยสิ้นเชิงโดยเบนโทไนท์จะมีคุณสมบัติที่เรียกว่า Thixotropy ซึ่งเมื่อทิ้งสารละลายเบนโทไนท์ไว้นิ่ง ๆ เบนโทไนท์จะก่อตัวเป็นวุ้น (gel) ทำให้ตะกอนที่เกิดจากการขุดเจาะแขวนลอยอยู่ในสารละลายเบนโทไนท์รูปที่ 2.22 ตะกอนแขวนลอยเหล่านี้จะถูกกำจัดออกโดยการดูดสารละลายเบนโทไนท์ขึ้นมาทำความสะอาดด้วย Desander และ Desilter แต่สำหรับสารละลาย Polymer ไม่มีการก่อตัวเป็นวุ้น (gel) แต่เส้นใยของโพลีเมอร์จะจับตัวกับอนุภาคดินในสารละลายทำให้อนุภาคมีขนาดใหญ่ขึ้นและตกตะกอนลงสู่ก้นหลุมด้วยแรงโน้มถ่วงรูปที่ 2.23 ซึ่งถ้าปล่อยสารละลายไว้นิ่ง ๆ เป็นระยะเวลาหนึ่งตะกอนขนาดใหญ่จะตกลงสู่ก้นหลุมจนหมดซึ่งจะตรวจสอบได้ด้วยการวัดความลึกของหลุมเจาะกับเวลาถ้าความลึกของหลุมเจาะคงที่หมายความว่าตะกอนขนาดใหญ่ตกลงสู่ก้นหลุมหมดแล้ว จากนั้นจึงใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า Cleaning Bucket เก็บตะกอนเหล่านั้นขึ้นจากก้นหลุม กระบวนการตกตะกอนของสารละลายโพลีเมอร์นี้จะทำให้ความหนืด (Viscosity) ของสารละลายโพลีเมอร์ลดลงเนื่องสูญเสียเส้นใยโพลี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมอร์ในการจับกับอนุภาคเม็ดดินดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการตรวจสอบค่าความหนืดของสารละลายโพลีเมอร์อยู่เสมอถ้าความหนืดลดลงนั่นหมายความว่าปริมาณโพลีเมอร์ในสารละลายลดลงจำเป็นจะต้องเติมโพลีเมอร์ลงในหลุมเจาะ ซึ่งปกติแล้วจะใช้โพลีเมอร์เข้มข้นชนิดเหลวเทลงในหลุมเจาะและกวนด้วยการเคลื่อนที่ก้านเจาะขึ้น ๆ ลง ๆ ซึ่งจะทำให้ Viscosity เพิ่มขึ้น ปัจจัยอีกประการหนึ่งที่จะทำให้สูญเสียปริมาณโพลีเมอร์ในสารละลายก็คือการที่โพลีเมอร์แทรกซึมหายเข้าไปในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน ซึ่งจะเกิดเมื่อทำการขุดเจาะในชั้นดินชนิดที่มีเม็ดใหญ่ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้ส่วนผสมที่มีเม็ดละเอียดเข้าไปผสมเพื่อช่วยในการอุดช่องว่างของเม็ดดิน ซึ่งโดยปกติจะใช้เบนโทไนท์ซึ่งมีอนุภาคละเอียดผสมกับสารละลายโพลีเมอร์ในการใช้งาน



รูปที่2.22 ตะกอนจากการขุดเจาะแขวนลอยอยู่ในสารละลายเบนโทไนท์ต้องนำมาแยกด้วย Desander และDesilter



รูปที่2.23 ตะกอนจากการขุดเจาะรวมตัวกับโพลีเมอร์และตกตะกอนลงสู่ก้นหลุมเจาะต้องเก็บขึ้นมาด้วย Cleaning Bucket

สารละลายเบนโทไนท์เป็นสารสังเคราะห์ประเภทแร่ดินเหนียว (Clay Mineral) มีชื่อทางเคมีว่าNa-Montmorillonite เบนโทไนท์จะถูกบรรจุในรูปผงสีน้ำตาลเบนโทไนท์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีชื่อทางการค้าว่า Mc-Gel การใช้สารละลายเบนโทไนท์เพียงอย่างเดียวในงานเสาเข็มเจาะโดยปกติจะผสมเบนโทไนท์ประมาณ 3-6% โดยน้ำหนัก (ณรงค์และคณะ [5]) โดยน้ำหนักกับน้ำ เพื่อให้เบนโทไนท์ดูดน้ำ(Hydrated) ซึ่งสารผสมจะมีสภาพเป็นคอลลอยด์ (Colloid)เมื่อสูบสารละลายเบนโทไนท์ลงในหลุมเจาะ สารละลายจะถ่ายแรงดันไปสู่ผนังหลุมเจาะให้มีเสถียรภาพอยู่ได้ ในชั้นทรายสารละลายเบนโทไนท์จะก่อเยื่อบุทึบน้ำ (Filter Cake) ทำให้สารละลายถ่ายแรงดันไปที่เม็ดทรายได้ แสดงพฤติกรรมของสารละลายเบนโทไนท์ในหลุมเจาะ

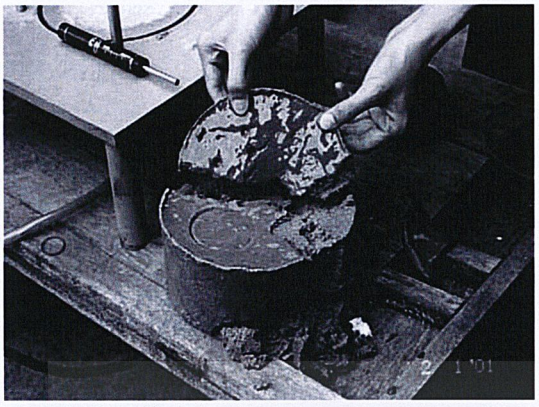
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารละลายโพลีเมอร์ที่ใช้ในการรักษาเสถียรภาพหลุมเจาะเป็นสารสังเคราะห์ชนิดโมเลกุลใหญ่หรือแบบลูกโซ่ยาว (LongChain Molecule) ซึ่งมีชื่อทางเคมีว่า PHPA (Partially Hydrolized Polyacrylamides) ชื่อทางการค้าของโพลีเมอร์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ JF-Mud P โดยใช้อัตราส่วนการผสมกับน้ำในช่วง 0.05-0.1% โดยน้ำหนัก การรักษาเสถียรภาพหลุมเจาะโดยใช้โพลีเมอร์เพียงอย่างเดียวจะเกิดขึ้นเมื่อสารละลายโพลีเมอร์ซึมผ่านเข้าไปในชั้นทรายทำให้เกิดแรงเสียดไถ (Drag Force) และสร้างแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเม็ดทรายเนื่องจากโครงสร้างของโพลีเมอร์จะจับตัวกับเม็ดทราย ทำให้ผนังของหลุมเจาะมีเสถียรภาพอยู่ได้ อย่างไรก็ตามการใช้สารละลายโพลีเมอร์เพียงอย่างเดียวจะเกิดการสูญเสียของสารละลายในชั้นทรายในปริมาณมาก ในทางปฏิบัติการใช้สารละลายโพลีเมอร์จะผสมเบนโทไนท์ลงไปในสารละลายในปริมาณเล็กน้อย (0.5-1.5%) เพื่อให้เกิดเยื่อบุทึบน้ำที่มีความหนาไม่มาก

2.1.6.1 กำลังรับแรงเฉือนของผิวหน้าทรายเมื่อผ่านการไหลของสารละลาย

จากการทดสอบกำลังรับแรงเฉือนที่ผิวหน้าของทรายโดยใช้เครื่องมือทดสอบแบบพกพา (Pocket Penetrometer) พบว่าหลังจากสารละลาย (เบนโทไนท์หรือโพลีเมอร์) ไหลผ่านชั้นทราย จะทำให้กำลังรับแรงเฉือนของผิวหน้าทรายเพิ่มขึ้นดังแสดงในรูปที่ 2.24 ในขณะที่ทรายส่วนที่ลึกจากผิวหน้าไม่มีการเปลี่ยนแปลงของกำลังรับแรงเฉือนอย่างชัดเจนดังแสดงในรูปที่ 2.25ทั้งนี้เนื่องจากโครงสร้างโพลีเมอร์จะทำให้ทรายมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างกัน และเยื่อบุทึบน้ำจากเบนโทไนท์จะทำหน้าที่เป็นตัวถ่ายแรงจากสารละลายทำให้ทรายแน่นขึ้น รูปที่ 2.26 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงเฉือนที่ผิวหน้าชั้นทรายจะเห็นได้ว่า การใช้สารละลายที่ผสมระหว่างโพลีเมอร์กับเบนโทไนท์ในอัตราส่วนที่เหมาะสมจะทำให้กำลังของผิวหน้าทรายเพิ่มขึ้นอย่างมาก และมีการเพิ่มขึ้นของกำลังรับแรงเฉือนมากกว่าการใช้สารละลายโพลีเมอร์หรือเบนโทไนท์เพียงอย่างเดียว เนื่องจากการส่งเสริมกันของพฤติกรรมของสารละลายทั้งสอง นอกจากนี้ยังเห็นได้ว่าที่อัตราส่วนผสมของเบนโทไนท์และโพลีเมอร์ค่าหนึ่ง(Bentonite = 1% Polymer = 0.1% โดยน้ำหนัก) ค่ากำลังรับแรงเฉือนของทรายจะเพิ่มขึ้นอย่างมาก จากจุดนี้ไปแม้ว่าจะเพิ่มปริมาณของโพลีเมอร์หรือเบนโทไนท์ลงไปในสารละลายอีกก็ไม่ทำให้กำลังรับแรงเฉือนของทรายเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเนื่องจากที่จุดนี้โครงสร้างของสารละลายโพลีเมอร์ได้สร้างแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเม็ดทรายและเบนโทไนท์ได้สร้างเยื่อบุทึบน้ำเพื่อให้ผิวหน้าของทรายมีกำลังรับแรงเฉือนเพิ่มขึ้นสมบูรณ์แล้ว

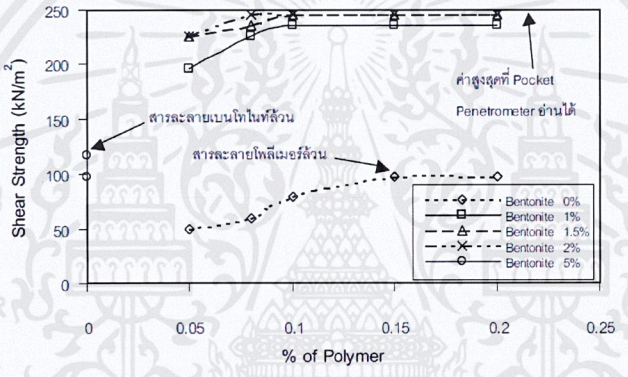
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่2.24 ลักษณะของผิวหน้าทรายที่ผ่านการไหลของสารละลาย



รูปที่2.25 ลักษณะของทรายส่วนที่ลึกจากผิวหน้าที่ผ่านการไหลของสารละลาย



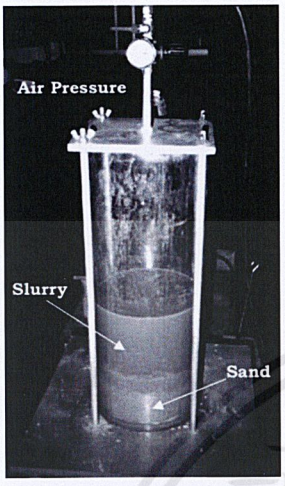
รูปที่2.26 กำลังรับแรงเฉือนของผิวหน้าทรายจากการทดสอบด้วยพีนีโตรมิเตอร์แบบพกพา (Pocket Penetrometer)

2.1.6.2 พฤติกรรมการไหลผ่านชั้นทราย

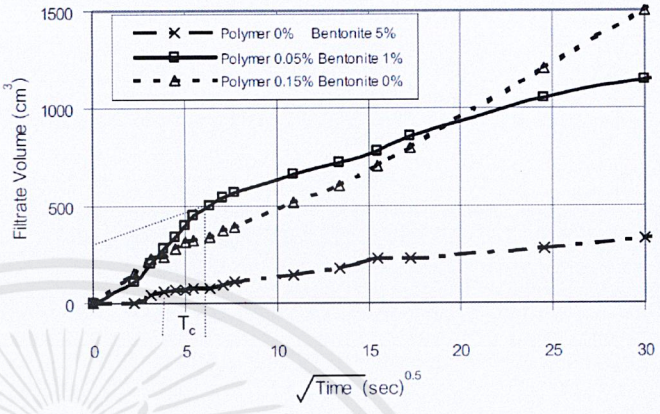
เมื่อสารละลายเบนโทไนท์ไหลผ่านชั้นทรายเบนโทไนท์จะก่อเยื่อบุทึบน้ำ (Filter Cake) ซึ่งจะเป็นแผ่นอนุภาคดินเหนียว (Clay Particle) ที่ไปยึดเกาะกับเม็ดทราย อันจะส่งผลให้อัตราการไหลของสารละลายผ่านชั้นทรายมีค่าลดลงอย่างมาก ในการทดสอบพฤติกรรมดังกล่าวจึงได้มีการทดสอบแบบจำลอง (Model Test)(Teparaksa and Boonyarak [3], ธยานันท์ [6]) จากการทดสอบแบบจำลองการไหลผ่านชั้นทราย แสดงในรูปที่ 2.27 ผลการทดสอบแบบจำลองพบว่าเมื่อเบนโทไนท์เริ่มไหลผ่านชั้นทราย อัตราการไหลจะลดลงอย่างชัดเจนซึ่งเวลา ณ จุดนั้นเรียกว่า เวลาเริ่มต้นของการเกิดเยื่อบุทึบน้ำ (Time of Initial Cake Formation, Tc)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Hutchinson et al [1]) ดังแสดงในรูปที่ 2.28 ซึ่งจะเห็นได้ว่าในกรณีใช้สารละลายเบนโทไนท์เพียงอย่างเดียว(Bentonite 5%) จะเกิดเยื่อบุทึบน้ำอย่างรวดเร็ว



รูปที่2.27 แบบจำลองการไหลของสารละลายผ่านชั้นทรายสารละลาย



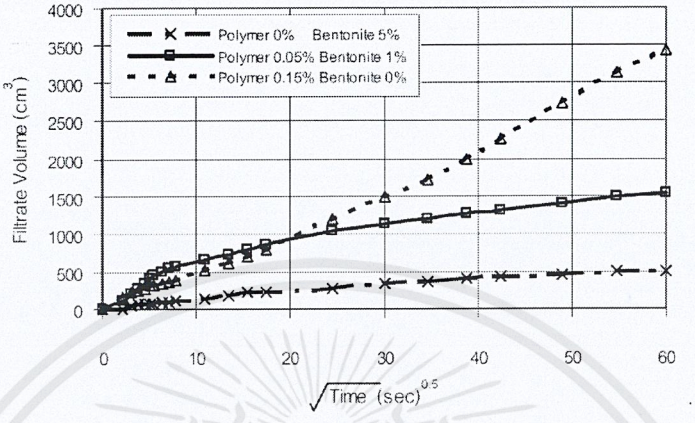
รูปที่2.28 การไหลของสารละลายชนิดต่างๆผ่านชั้นทราย

ในกรณีที่ใช้สารละลายโพลีเมอร์เพียง (Polymer 0.15%)อย่างเดียวจะไม่เกิดเยื่อบุทึบน้ำ อัตราการไหลผ่านชั้นทรายของสารละลายโพลีเมอร์มีค่าคงที่ดังแสดงในรูปที่ 2.29 โดยอัตราการไหลของสารละลายจะขึ้นอยู่กับความหนืดของสารละลายสำหรับการใช้สารละลายผสมระหว่างโพลีเมอร์กับเบนโทไนท์(Polymer 0.05% Bentonite 1%) จะเกิดเยื่อบุทึบน้ำบางๆที่ผิวหน้าของชั้นทราย โดยมีค่า Tc นานกว่าและมีอัตราการลดลงของการไหลช้ากว่าการใช้สารละลายเบนโทไนท์เพียงอย่างเดียว

ปริมาณการไหลของสารละลายผ่านชั้นทรายจะขึ้นอยู่กับปริมาณของเบนโทไนท์เป็นหลัก เนื่องจากเมื่อเบนโทไนท์ไหลผ่านทรายเบนโทไนท์จะก่อเยื่อบุทึบน้ำ (Filter Cake) ที่ผิวหน้าทรายที่มีอัตราการไหลผ่านของสารละลายต่ำมากเมื่อเทียบกับอัตราการไหลของสารละลายผ่านทราย สารละลายที่มีปริมาณของเบนโทไนท์ที่มากกว่าจะก่อเยื่อบุทึบน้ำที่มีความหนามากกว่าทำให้อัตราการซึมผ่านของสารละลายต่ำกว่าสารละลายที่มีปริมาณของเบนโทไนท์น้อยกว่าหรือสารละลายที่ไม่มีเบนโทไนท์ผสมอยู่ รูปที่ 2.29 แสดงให้เห็นว่าสารละลายที่ใช้เบนโทไนท์เพียงอย่างเดียว (Bentonite 5%) มีปริมาณการไหลผ่านทรายต่ำ ที่สุด สารละลายผสมระหว่างโพลีเมอร์กับเบนโทไนท์ (Polymer 0.05% Bentonite 1%) มีปริมาณการไหลผ่านชั้นทรายที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากกว่า เนื่องจากสารละลายก่อเยื่อบุทึบน้ำที่มีความหนาน้อยกว่าสารละลายเบนโทไนท์ล้วน ในกรณีที่ใช้สารละลายโพลีเมอร์ล้วน (Polymer 0.15%) ปริมาณการไหลของสารละลายผ่านชั้นทรายจะมีค่าสูงมากที่สุด เนื่องจากสารละลายจะไม่สร้างเยื่อบุทึบน้ำ



รูปที่2.29 การไหลของสารละลายชนิดต่างๆผ่านชั้นทรายที่เวลา 60 นาที

2.1.7 การทดสอบเสาเข็มด้วย Seismic Test (ASTM D5882)

2.1.7.1 ขอบข่าย

1. ขอบเขตของการใช้งาน

มาตรฐานการตรวจสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็มแบบพลศาสตร์นี้ใช้อ้างอิงสำหรับกระบวนงานตรวจสอบเสาเข็มเดี่ยวหรือฐานรากลึกชนิดอื่นที่มีลักษณะการรับน้ำหนักคลายคลึงกัน โดยใช้แรงกระแทกที่เสาเข็มแล้วนำผลตอบสนองที่วัดได้ซึ่งอย่างน้อยได้แก่ความเร็วอนุภาคของเสาเข็มไปวิเคราะห์สภาพของโครงสร้างเสาเข็มตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

2. วัตถุประสงค์ของการตรวจสอบ

การตรวจสอบมีวัตถุประสงค์เพื่อการประเมิน (ก) ความสมบูรณ์ของเสาเข็ม (ข) ขนาดหน้าตัดของเสาเข็ม (ค) ความต่อเนื่องและความสม่ำเสมอของเนื้อวัสดุเสาเข็มการตรวจสอบนี้ไม่สามารถใช้เพื่อการประเมินกำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.7.2 อุปกรณ์ทดสอบ

1 อุปกรณ์เคาะทดสอบ

ค้อนมือถือหัวพลาสติกเป็นอุปกรณ์ที่แนะนำให้ใช้เคาะทดสอบอย่างไรก็ตาม อุปกรณ์อื่นก็สามารถใช้แทนได้เช่นกัน ทั้งนี้ค้อนหรืออุปกรณ์อื่นนั้นจะต้องสามารถสร้างแรงกระแทกที่มีระยะเวลานอยกว่า 1 มิลลิวินาทีและไม่ทำให้เสาเข็มเกิดความเสียหายเฉพาะที่อันเนื่องมาจากแรงกระแทกนี้

2 หัววัดสัญญาณ

ข้อมูลหลักที่ใช้ในการตรวจสอบได้แก่สัญญาณความเร็วที่แปรเปลี่ยนตามเวลา ดงนั้นจึงกำหนดให้ใช้หัววัดสัญญาณเพื่อการวัดความเร็วอย่างน้อยหนึ่งชิ้น ผลทดสอบอาจใช้หัววัดสัญญาณมากกว่าหนึ่งชิ้นได้เพื่อการตรวจสอบด้วยส่วนซ้ำซ้อน

3 สายส่งสัญญาณ

สายส่งสัญญาณใช้เพื่อส่งผ่านสัญญาณจากหัววัดสัญญาณไปสู่อุปกรณ์ประกอบการทดสอบอื่นๆ อาทิ อุปกรณ์ปรับสัญญาณ อุปกรณ์บันทึกผล หรือ อุปกรณ์แสดงผล เป็นต้น สายสัญญาณที่ใช้ต้องเป็นสายสัญญาณแบบป้องกันการรบกวน (Shielded Cable) เพื่อลดสัญญาณรบกวนทางไฟฟ้า สัญญาณปลายทางที่ได้จากการส่งผ่านสายส่งสัญญาณจะตองมีค่าเป็นอัตราส่วนเชิงเส้นต่อสัญญาณต้นทางที่ได้จากหัววัดสัญญาณ ทั้งนี้เฉพาะในช่วงความถี่ที่เกี่ยวของกับการทดสอบ

2.1.7.3 วิธีการทดสอบ

วิธีการทดสอบแบ่งได้เป็น 4 ขั้นตอนได้แก่การเตรียมการทดสอบ การจัดวางอุปกรณ์ทดสอบ การตอกทดสอบและวัดสัญญาณ การตรวจสอบคุณภาพสัญญาณและบันทึกผลการตรวจวัด

1 การเตรียมการทดสอบ

-ก่อนดำเนินการทดสอบควรสำรวจสถานที่รวมถึงสภาพหัวเสาเข็มทดสอบ สถานที่ทดสอบควรเข้าถึงได้ง่ายและไม่มีน้ำท่วมขัง หัวเสาเข็มทดสอบควรมีผิวเรียบและเป็นส่วนที่คอนกรีตมีคุณภาพดีโดยอนุญาตให้ใช้ เครื่องมือกลเจียรแต่งผิวเสาเขมเพื่อการดังกล่าวได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สำหรับการตรวจสอบเสาเข็มคอนกรีตหรือเสาเข็มเหล็กที่เสริมกำลังด้วยคอนกรีตต้องบ่มคอนกรีตให้มีกำลังไม่น้อยกว่าร้อยละ 75 ของค่าออกแบบ หรือ บ่มให้ครบ 7 วันก่อน จึงจะเริ่มการทดสอบได้

2 การจัดวางอุปกรณ์ทดสอบ

ตรวจสอบการทำงานของหัววัดสัญญาณ สายส่งสัญญาณ และ ระบบวัดสัญญาณว่าสามารถทำงานได้ถูกต้องหัววัดสัญญาณต้องถูกต่อประกบเข้ากับผิวเสาเข็มโดยใช้สารเสริมสัมผัสอย่างเหมาะสมตำแหน่งที่ติดตั้งหัววัดสัญญาณควรอยู่ห่างจากขอบเสาเข็มสำหรับเสาเข็มที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่า 500 มิลลิเมตร ต้องทำการวัดที่ตำแหน่งต่างกันอย่างน้อย 3 แห่งเพื่อลดผลจากความคลาดเคลื่อนเฉพาะที่

3 การทดสอบและบันทึกผลการวัด

- ตรวจสอบหรือปรับความเฉของช่องสัญญาณให้เป็นศูนย์ก่อนตอกทดสอบทุกครั้ง การตอกทดสอบต้องกระทำาในทิศทางตามแกนเสาเข็มห่างจากตำแหน่งที่ติดตั้งหัววัดสัญญาณไม่เกิน 300 มิลลิเมตร

- ในการตรวจสอบตำแหน่งหนึ่งๆ ผู้ทดสอบต้องตอกทดสอบไม่ต่ำกว่า 3 ครั้ง และตรวจสอบว่าสัญญาณที่วัดได้คล้ายคลึงกันหรือไม่ ผู้ทดสอบสามารถบันทึกสัญญาณที่ได้จากการตอกทดสอบแต่ละครั้งแยกกันหรือบันทึกเฉพาะสัญญาณเฉลี่ยก็ได้หากไม่สามารถทำซ้ำสัญญาณที่วัดจากการตอกหลายๆ ครั้งได้ให้สันนิษฐานวาอุปกรณ์ทดสอบชนิดใดชนิดหนึ่งทำงานผิดปกติหรือไม่ได้รับการสอบเทียบอย่างเหมาะสม และควรทำการตรวจสอบหาสาเหตุทันทีในกรณีตรวจสอบแล้วพบว่าอุปกรณ์ทดสอบทำงานผิดปกติและไม่สามารถแก้ไขได้ให้ทำการเปลี่ยนอุปกรณ์ใหม่พร้อมกับสั่งอุปกรณ์ที่ผิดปกติไปซ่อมแซมและทำการสอบเทียบก่อนนำไปใช้งานอีกครั้งหนึ่ง

2.1.8 การทดสอบ Schmidt Hammer Test (ASTM : C805-85)

Schmidt Hammer เป็นการทดสอบแบบไม่ทำลาย (Non-Destructive Test) โดยอาศัยหลักการกระแทกและกระดอนกลับของมวลสปริง (Spring Mass) Rebound Number ที่ได้จะขึ้นอยู่กับความแข็งของผิวที่ถูกกระแทก ทั้งนี้คอนกรีตที่จะทำการทดสอบด้วย Schmidt Hammer ต้องมีผิวเรียบ สม่ำเสมอและมีความหนาไม่น้อยกว่า 10 cm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 การจำลองการสูญเสียกำลังคอนกรีตในเสาเข็มเจาะแห้ง

จากผลการวิจัยการจำลองการสูญเสียกำลังของคอนกรีตในงานเสาเข็มเจาะแห้ง ในปีการศึกษา 2560 จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ซึ่งได้ในผลการทดสอบบางส่วนมาใช้อ้างอิงผลการสูญเสียกำลังคอนกรีตในกรณีที่มีการปนเปื้อนตะกอนดิน ซึ่งคอนกรีตที่มีสภาพสมบูรณ์ ตามที่ออกแบบ เมื่อนำไปทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัดสูงสุดเฉลี่ย มีค่า 214.40 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และผลการทดสอบคอนกรีตที่มีการ ปนเปื้อนตะกอนดิน 5% เมื่อนำไปทดสอบหากำลังรับแรงอัดสูงสุดเฉลี่ย จะมีค่าเท่ากับ 121.80 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบแล้วนั้น กำลังคอนกรีตจะมีประสิทธิภาพของกำลังคอนกรีตเหลือเพียง 56.81%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ข้อมูลและวิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 ข้อมูลโครงการ

โครงการที่ได้เข้าไปทำการศึกษาตั้งอยู่บนถนนสาทรเหนือ เป็นอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 28 ชั้น และมีชั้นใต้ดิน 1ชั้น รวมพื้นที่ก่อสร้างทั้งหมด 41,950 ตารางเมตร

3.2 สภาพชั้นดินบริเวณโครงการ

สภาพชั้นดินของโครงการ จากการสำรวจทำให้ทราบข้อมูลว่า มีระดับน้ำใต้ดิน ที่ระดับ -1.20 m

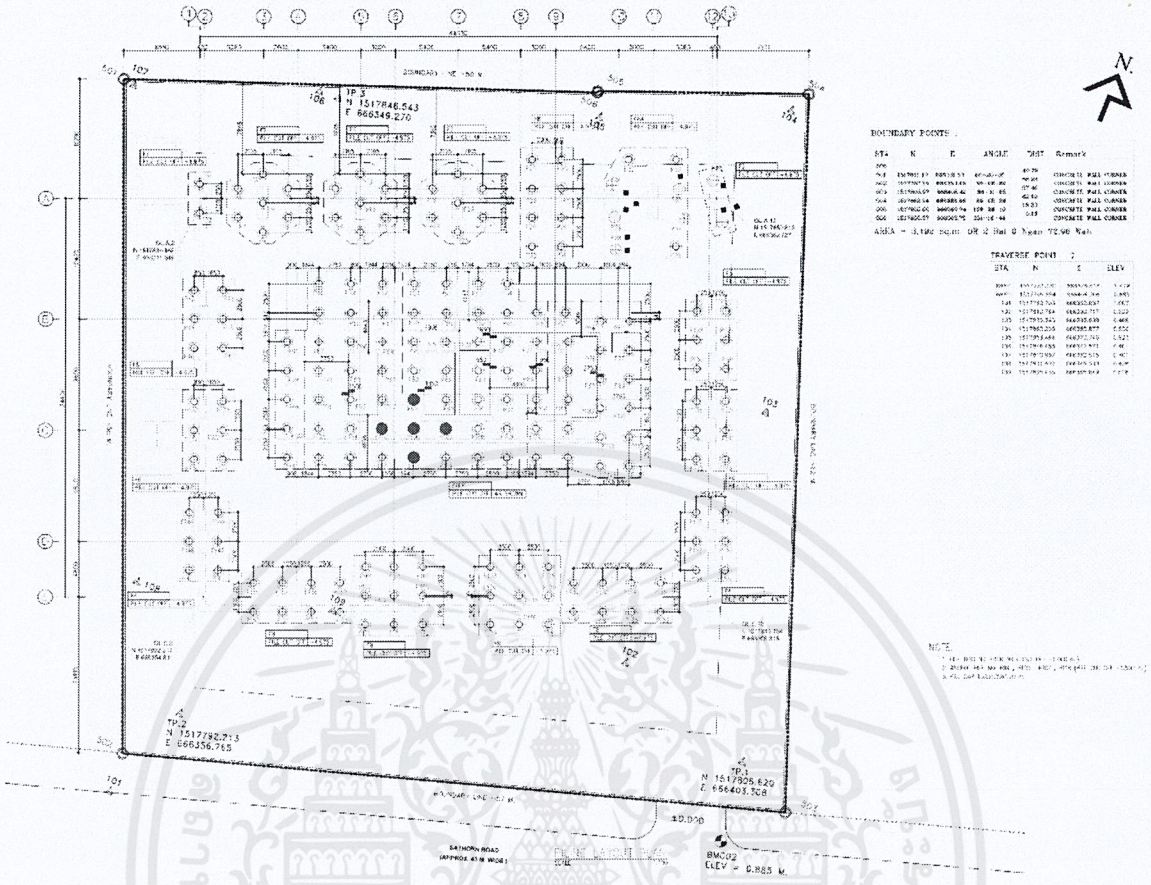
- ที่ระดับ -2.00 m จนถึงระดับ -16.00 m เป็นชั้น Medium Clay
- ที่ระดับ -16.00 m ถึง -30.20 m เป็นชั้น Stiff Clay
- ที่ระดับ -30.20 m ถึง -41.70 m เป็นชั้นทรายชั้นที่ 1
- ที่ระดับ -41.70 m ถึงระดับ -47.50 เป็นชั้น Very Stiff Clay
- ที่ระดับ -47.50 m ถึงระดับ -55.00 เป็นชั้นทรายชั้นที่ 2
- ที่ระดับ -55.00 m ถึง -58.0 m เป็นชั้น Hard Clay
- และ ที่ระดับ -58.00 m ถึง -70.75 m เป็นชั้นทรายชั้นที่ 3

ซึ่งรายละเอียดผลการสำรวจชั้นดินจะอยู่ในภาคผนวก ก.

3.3 งานเสาเข็ม

โครงการใช้เสาเข็มเจาะระบบเปียกทั้งหมดในบริเวณที่รับน้ำหนักของตัวอาคาร โดยมีเสาเข็มเจาะทั้งหมด 189 ต้น แบ่งเป็นเสาเข็มกลุ่ม 2 ต้น จำนวน 2 กลุ่ม เสาเข็มกลุ่ม 6 ต้น จำนวน 6 กลุ่ม เสาเข็มกลุ่ม 7 ต้น จำนวน 3 กลุ่ม เสาเข็มกลุ่ม 8 ต้น จำนวน 4 กลุ่ม เสาเข็มกลุ่ม 9 ต้น จำนวน 2 กลุ่ม และเป็นฐานรากแพที่มีเข็มเจาะทั้งหมด 78 ต้น โดยที่เข็มเจาะทุกต้น มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เมตร ใช้คอนกรีตกำลังที่ 280 ksc ที่ 28 วัน(Cylinder) ยกเว้นเข็มทดสอบที่จะใช้คอนกรีตกำลัง 400 ksc ที่ 28 วัน(Cylinder) จะเจาะไปถึงระดับ -60.00 m. โดยเข็มทุกต้นถูกออกแบบให้รับน้ำหนักปลอดภัยที่ 600 ตัน ซึ่งระดับ Pile Cut ของเสาเข็มกลุ่ม ที่ไม่ใช่ฐานรากแพ จะอยู่ที่ระดับ -2.60 m. และระดับ Pile Cut ของเสาเข็มที่ฐานรากแพ ซึ่งแบบของเสาเข็มกลุ่มทั้งหมดจะแสดงในรูปที่ 3.1 และรายเอียดเสาเข็มจะอยู่ในภาคผนวก ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 แสดงตำแหน่งของเสาเข็มแต่ละต้น

3.4 ศึกษาการใช้สารละลายรักษาเสถียรภาพหลุมเจาะ

จากหน้างานได้สรุปกันไว้ว่า จะใช้สารละลายรักษาเสถียรภาพหลุมเจาะที่ใช้ส่วนผสมระหว่างสารละลายเบนโทไนท์และสารละลายโพลิเมอร์ โดยสาเหตุที่ต้องใช้สารละลายทั้ง2ชนิดผสมกันมีสาเหตุว่าด้วยตัวเบนโทไนท์นั้นเมื่อผ่านชั้นทราย จะสร้างเยื่อบุทึบน้ำเป็นแผ่นฟิล์มบ่างๆซึ่งจะช่วยลดการซึมผ่านชั้นทรายของสารละลายซึ่งหากใช้สารละลายโพลิเมอร์เพียงอย่างเดียวจะไม่มีการสร้างเยื่อบุทึบน้ำซึ่งอาจทำให้น้ำใต้ดินกัดเซาะหลุมเจาะจนพังทลายได้ แต่หากใช้เบนโทไนท์เพียงอย่างเดียว จำทำให้เกิดการสูญเสียกำลังเสียดทาน20% และในขณะทำการเจาะจะเกิดการฟุ้งกระจายของตะกอนดิน ซึ่งสารละลายโพลิเมอร์มีคุณสมบัติที่ช่วยในการจับกับตะกอนดินเหล่านั้นแล้วมีอนุภาคใหญ่ขึ้นทำให้ตกตะกอนลงสู่ก้นหลุมได้แล้วค่อยทำความสะอาดก้นหลุมด้วย Cleaning Bucket ได้ อีกทั้งคุณสมบัติของสารละลายทั้ง 2 ชนิดที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้กล่าวในบทที่2 นั้นจะช่วยส่งเสริมการรักษาเสถียรภาพซึ่งกันและกัน จะทำให้ดินในหลุมเจาะมีความเสถียรภาพมากกว่าการใช้สารละลายเพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง

อัตราส่วนผสมของสารละลายนั้นมักได้จากการลองผิดลองถูก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพชั้นดินว่ามีปริมาณชั้นทรายหรือดินเหนียวมากกว่า ซึ่งหากมีชั้นทรายที่มากก็จำเป็นจะต้องเพิ่มปริมาณเบนโทไนท์ แต่หากมีชั้นทรายที่น้อย ก็สามารถลดปริมาณเบนโทไนท์ลงได้ ซึ่งคุณสมบัติของสารละลายก่อนนำไปใช้ควรจะมีค่าดังตารางที่ 3.1

Density	1.01-1.05 ton/cu.m
Viscosity	40-90 s
pH	7-11
Sand Content	<2%

ตารางที่ 3.1 ค่าที่เหมาะสมของสารละลายพยุงหลุมเจาะ

3.5 แผนงานฐานราก

ตามแผนงานทางโครงการวางแผนว่าจะทำการเทคอนกรีตของฐานรากแพเสร็จในวันเสาร์ที่ 28 กันยายน พ.ศ. 2562 ซึ่งจากปัญหาในการชำรุดของหัวเสาเข็มที่ได้ทำการเปิดหน้าดินแล้วพบเห็น ทำให้เป็นอุปสรรคในการทำงาน ไม่สามารถทำการวางเหล็กเสริมของฐานรากได้ ซึ่งทำให้งานเกิดความล่าช้าประมาณ 2 สัปดาห์ จนสุดท้ายทำการเทคอนกรีตฐานรากแพครั้งสุดท้ายในวันอาทิตย์ที่ 13 ตุลาคม พ.ศ. 2562

3.6 สำรวจเสาเข็มที่มีการชำรุด

เมื่อทำการเปิดหน้าดินทางทีมงานได้พบเสาเข็มที่มีระดับคอนกรีตเข็มต่ำกว่าที่ทางบริษัทก่อสร้างเสาเข็มได้กำหนด ซึ่งได้ตกลงกันว่า จะทำการหล่อคอนกรีตสูงเผื่อจากระดับเสาเข็มใช้งานไว้ที่ 3.5 เมตร แต่ระดับคอนกรีตที่ใช้งานได้ควรจะอยู่สูงจากระดับเสาเข็มใช้งานที่ 2.0 เมตร ซึ่งจากรายงานการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีพ.ศ.2560 ที่เคยมีมาได้ระบุว่าคอนกรีตที่มีการปนเปื้อนตะกอนดินนั้น หากปนเปื้อนตะกอนดินเพียง 5 % กำลังคอนกรีตจะเหลืองเพียง 56.81 %

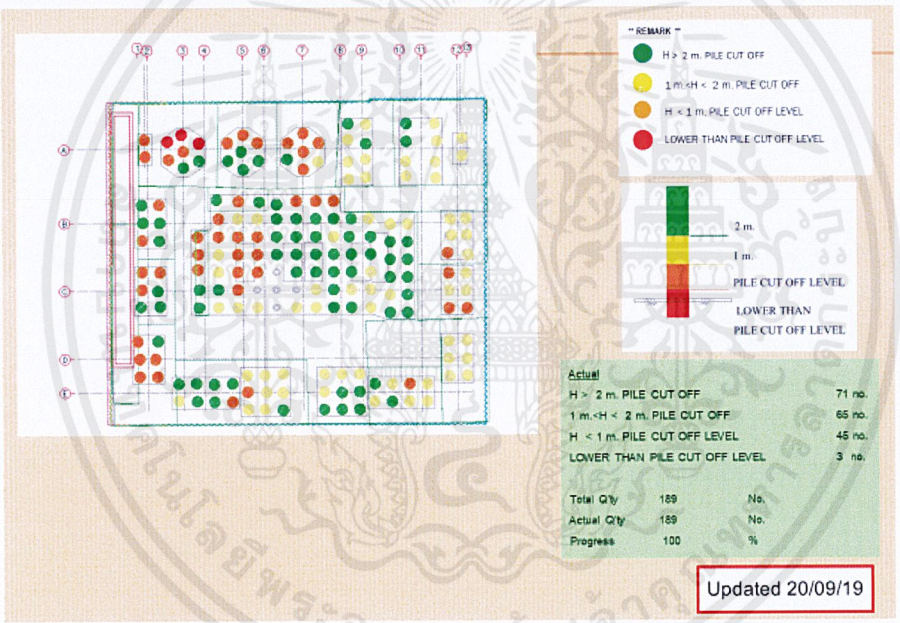
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 ทำการขุดดินถึงระดับเสาเข็มใช้งาน



รูปที่ 3.3 เสาเข็มที่มีการปนเปื้อนของตะกอนดิน



รูปที่ 3.4 แสดงตำแหน่งเสาเข็มแต่ละต้นว่ามีระดับคอนกรีตที่ใช้งานได้อยู่ที่ระดับใดบ้าง

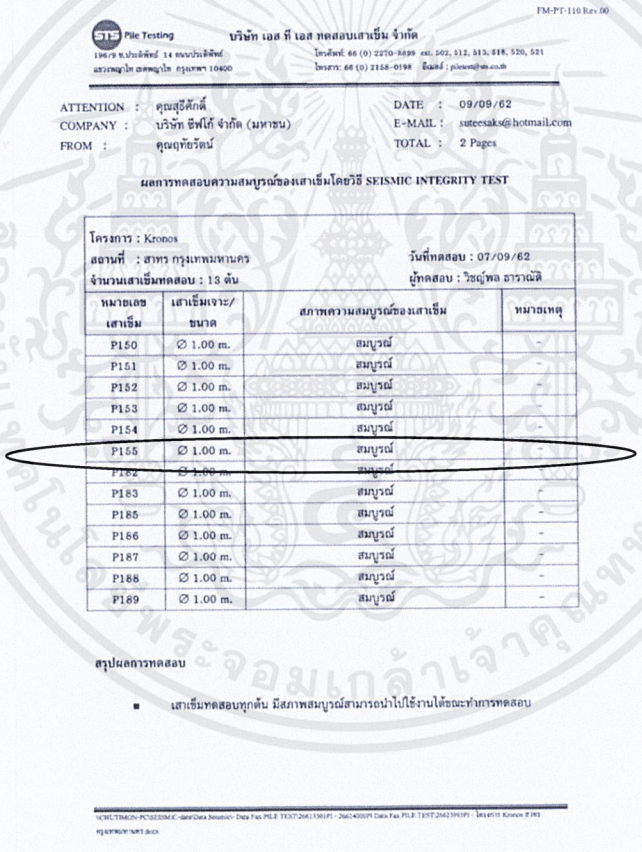
แต่อย่างไรก็ตามในรูปที่ 3.4 ไม่สามารถบ่งบอกได้ว่าเสาเข็มใดมีการชำรุดบ้าง ซึ่งบางต้นที่พบว่ามีระดับคอนกรีตที่ใช้งานได้เกิน 2 เมตร ทางทีมงานก็ได้พบตะกอนดินปนเปื้อนลงไปถึง 2 เมตร จากระดับเสาเข็มใช้งาน ฉะนั้นจึงต้องทำการสกัดเสาเข็มไปถึงระดับเสาเข็มใช้งานเพื่อดูสภาพของคอนกรีต

เบื้องต้นได้ทำการตรวจสอบเสาเข็มด้วยวิธี Seismic Test ซึ่งเป็นการทดสอบความสมบูรณ์หน้าตัดของเสาเข็ม แต่การทดสอบด้วยวิธี Seismic Test นั้นไม่สามารถบ่งบอกได้ถึงกำลังของคอนกรีตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 การทดสอบด้วยวิธี Seismic Test



FM-PT-110 Rev.00

Pile Testing บริษัท เอส ที เอส ทดสอบเสาเข็ม จำกัด

196/9 ซ.ประดิษฐ์ 14 ถนนประดิษฐ์ แขวงพญาไท เขตพญาไท กรุงเทพฯ 10400
โทรศัพท์: 66 (0) 2270-8899 ext. 502, 512, 513, 518, 520, 521
โทรสาร: 66 (0) 2158-0198 อีเมล์: pletest@sts.co.th

ATTENTION : คุณสุธีศักดิ์
COMPANY : บริษัท ซีฟโก้ จำกัด (มหาชน)
FROM : คุณฤทัยรัตน์

DATE : 09/09/62
E-MAIL : suteesaks@hotmail.com
TOTAL : 2 Pages

ผลการทดสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็มโดยวิธี SEISMIC INTEGRITY TEST

โครงการ : Kronos
สถานที่ : สาทร กรุงเทพมหานคร
จำนวนเสาเข็มทดสอบ : 13 ต้น
วันที่ทดสอบ : 07/09/62
ผู้ทดสอบ : วิชญ์พล ธาราณัติ

หมายเลขเสาเข็ม	เสาเข็มเจาะ/ขนาด	สภาพความสมบูรณ์ของเสาเข็ม	หมายเหตุ
P150	Ø 1.00 m.	สมบูรณ์	-
P151	Ø 1.00 m.	สมบูรณ์	-
P152	Ø 1.00 m.	สมบูรณ์	-
P153	Ø 1.00 m.	สมบูรณ์	-
P154	Ø 1.00 m.	สมบูรณ์	-
P155	Ø 1.00 m.	สมบูรณ์	-
P182	Ø 1.00 m.	สมบูรณ์	-
P183	Ø 1.00 m.	สมบูรณ์	-
P185	Ø 1.00 m.	สมบูรณ์	-
P186	Ø 1.00 m.	สมบูรณ์	-
P187	Ø 1.00 m.	สมบูรณ์	-
P188	Ø 1.00 m.	สมบูรณ์	-
P189	Ø 1.00 m.	สมบูรณ์	-

สรุปผลการทดสอบ

- เสาเข็มทดสอบทุกต้น มีสภาพสมบูรณ์สามารถนำไปใช้งานได้ขณะทำการทดสอบ

รูปที่ 3.6 แสดงผลการทดสอบSeismic Test ซึ่งไม่สัมพันธ์กับการชำรุดของหัวเสาเข็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 สภาพเสาเข็มหมายเลข P155 ที่หลังจากตรวจสอบด้วย Seismic Test ได้ผลว่าสมบูรณ์ แต่จากการตรวจสอบพบตะกอนดินปนเปื้อน



รูปที่ 3.8 เสาเข็มที่มีการปนเปื้อนของตะกอนดินลึกลงไปจากระดับเสาเข็มใช้งาน 2 เมตร

ซึ่งจากผลการสำรวจ ทีมงานได้พบเสาเข็มที่มีการชำรุดที่มีตะกอนดินปนเปื้อนลึกลงไปจากระดับเสาเข็มใช้งาน 2 เมตร จำนวน 2 ต้น ถือว่ามีตะกอนดินที่ปนเปื้อนมากกว่าปกติ และมีเสาเข็มที่มีตะกอนดินปนเปื้อนที่ลึกลงไปไม่ถึง 2 เมตร อีกเป็นจำนวนมาก



รูปที่ 3.9 คอนกรีตที่ปนเปื้อนตะกอนดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 ทำการศึกษาสาเหตุการปนเปื้อนตะกอนดินในเสาเข็มเพื่อสรุปเป็นข้อมูล

3.7.1 สาเหตุการชำรุดของเสาเข็มที่มีการปนเปื้อนของตะกอนดินไม่ถึง 2 เมตร จากระดับใช้งาน

ในขั้นแรกที่เริ่มการศึกษาหาสาเหตุ ได้มุ่งเน้นศึกษาและสมมติฐานในขั้นตอนการเทคอนกรีตใต้น้ำว่าเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดไว้หรือไม่ ซึ่งจากการสอบถามจากทางบริษัทที่ปรึกษาโครงการที่เป็นผู้ควบคุมงานในขั้นตอนการก่อสร้างเสาเข็มพบว่า ขั้นตอนการเทคอนกรีตของทางบริษัทผู้รับเหมางานเสาเข็มนั้นเป็นไปตามมาตรฐาน

ทางผู้ศึกษาได้พบกับทางวิศวกรผู้ควบคุมงานของทางบริษัทผู้รับเหมาก่อสร้างเสาเข็มแล้วได้ทำการสอบถามถึงปัจจัยต่างๆ ซึ่งพบจุดบกพร่องในการตรวจสอบค่าที่เหมาะสมของสารละลายพยุงหลุมเจาะ จึงทำการค้นคว้าถึงคุณสมบัติต่างๆของสารละลายที่นำมาใช้พยุงหลุมเจาะ

3.7.2 สาเหตุการชำรุดของเสาเข็มที่มรการปนเปื้อนของตะกอนดินลึกเกิน 2 เมตร จากระดับใช้งาน

จากข้างต้นที่ทำการสอบถามจากวิศวกรผู้ควบคุมงานของทางบริษัทผู้รับเหมาก่อสร้างเสาเข็ม จึงได้ทำการสอบถามถึงเสาเข็มที่มีปนเปื้อนของตะกอนดินลึกเกิน 2 เมตร จากระดับใช้งาน ซึ่งทางวิศวกรท่านนั้นได้ระบุถึงขั้นตอนการวัดระดับคอนกรีตในขณะเท ซึ่งจำเป็นต้องใช้ความชำนาญประกอบกับการนำดิ่งวัดระดับคอนกรีตที่มีน้ำหนักที่เหมาะสม

3.8 การวางแผนการซ่อมแซมเสาเข็ม

3.8.1 การประเมินกำลังผิวคอนกรีตที่ทำสกัดลงไป

ในการซ่อมแซมเสาเข็มนั้น จะต้องทำการสกัดเนื้อคอนกรีตที่ปนเปื้อนตะกอนดินออกแล้วหล่อคอนกรีตให้เสาเข็มมีระดับเท่าเดิมในการทดสอบว่าคอนกรีตที่พบนั้นมีลักษณะสมบูรณ์หรือไม่ จะต้องทำการตรวจสอบด้วยการสังเกตประกอบกับการทดสอบหากำลังของคอนกรีต ซึ่งจากหน้างานได้ทำการวิเคราะห์วางแผนในการเลือกวิธีตรวจสอบว่าผิวคอนกรีตที่เจอนั้นเป็นสภาพที่สมบูรณ์แล้ว ทางทีมงานได้หารือกันว่า จะใช้วิธีใดในการทดสอบ ซึ่งมีการเสนอไว้ 2 วิธี คือ 1.Coring Test และ 2.Schmidt Hammer Test ซึ่ง Coring Test จะให้ผลทดสอบที่แม่นยำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่จะต้องทำการซ่อมแซมทีหลัง และใช้เวลาค่อนข้างมาก จึงใช้Schmidt Hammer ในการทดสอบซึ่งเป็นวิธีที่รวดเร็วกว่า แต่มีความแม่นยำน้อยกว่า แต่จากหน้างานเราต้องการทราบเพียงว่า ที่ผิวคอนกรีตที่พบนั้นเป็นคอนกรีตที่สภาพดีแล้ว จึงไม่มีความจำเป็นที่จะต้องใช้วิธี Coring Test

3.8.2 ประเมิณปัญหาบริเวณรอยต่อคอนกรีตที่จะทำการซ่อมแซม

ทางทีมงานก็ได้ตระหนักปัญหาหลังจากการซ่อมแล้วว่าจะมีปัญหา 2 เรื่องคือ เรื่องของรอยรั่วบริเวณรอยต่อคอนกรีตและการสูญเสียกำลังรับแรงเฉือนที่บริเวณรอยต่อคอนกรีต

ส่วนการเสริมกำลังรับแรงเฉือนในรอยต่อคอนกรีต ได้ประเมิณจากพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างคอนกรีตเก่าและคอนกรีตที่หล่อขึ้นมาใหม่ โดยวางแผนกันว่าในการซ่อมแซมหัวเสาเข็มนั้นจะต้องเพิ่มพื้นที่ในการรับแรงเสียดทานระหว่างคอนกรีตเก่าและคอนกรีตที่ทำการหล่อขึ้นมาใหม่ ทีมงานจึงวางแผนในการหล่อคอนกรีตให้อมจากตำแหน่งรอยต่อลงไป 15 เซนติเมตร ซึ่งจะต้องทำการขยายหัวเข็มเป็น 1.10 เมตร เพื่อทำให้สามารถหล่อคอนกรีตอมจากบริเวณรอยต่อคอนกรีตได้

หากทำการหล่อคอนกรีตให้มีหน้าตัดเท่าขนาดเดิมของเข็ม พื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างคอนกรีตเก่าและคอนที่ทำการหล่อขึ้นมานั้นจะมีค่าเท่ากับขนาดหน้าตัดเดิมของเสาเข็ม ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เมตร จะมีพื้นที่หน้าตัด 0.785 ตารางเมตร ซึ่งแปลว่าที่รอยต่อของคอนกรีตบริเวณหัวเสาเข็มนั้น ก็จะมีพื้นที่รับแรงเสียดทานในรอยต่อ 0.785 ตารางเมตรด้วย ดังนั้นหากทำการหล่อคอนกรีตให้อมบริเวณรอยต่อคอนกรีตลงไป 15 เซนติเมตร จะทำให้มีพื้นที่รับแรงเสียดทานเท่ากับพื้นที่ผิวรอบเสาเข็มที่มีความหนา 15 เซนติเมตร ซึ่งเมื่อคำนวณหน้าตัดที่เพิ่มผิวสัมผัสเพิ่มขึ้นมา จะคำนวณโดย

$$A=2\pi rh \; ; \; A= 2x\pi x0.5x0.15 = 0.471 \text{ ตารางเมตร}$$

ซึ่งแปลว่าหากทำการหล่อคอนกรีตให้อมบริเวณรอยต่อคอนกรีตลงไป 15 เซนติเมตร จะมีพื้นที่รับแรงเสียดทาน 1.256 ตารางเมตร

แต่ทางผู้ศึกษาได้ให้นัยสำคัญเรื่องของรอยรั่วและการซึมน้ำไปสู่เหล็กเสริมว่าจะก่อให้เกิดปัญหาตามมาในภายหลังได้มากกว่า ซึ่งในการซ่อมแซมด้วยการหล่อคอนกรีตด้วยขนาดหน้าตัดเท่าเดิม มักจะเกิดปัญหาน้ำใต้ดินซึมเข้าไปในรอยต่อคอนกรีตจนทำให้เหล็กเสริมภายในเกิดสนิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แล้วทำให้คอนกรีตแตกร้าวตามมา ฉะนั้นหากทำการหล่อคอนกรีตให้อมบริเวณรอยต่อคอนกรีตลงไป 15 เซนติเมตร จะทำให้เพิ่มระยะซึมน้ำไปสู่เหล็กเสริมเพิ่มขึ้นได้อีก 15 เซนติเมตร ซึ่งระยะซึมน้ำเข้าสู่เหล็กเสริมเดิมจะเท่ากับระยะที่คอนกรีตหุ้มเหล็ก คือ 7.5 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัย

4.1 ปัจจัยที่ทำให้หัวเสาเข็มในโครงการเกิดการชำรุด

จากการสืบค้นข้อมูลการก่อสร้างเสาเข็มเจาะระบบเปียกกับทางวิศวกรหน้างานของทางบริษัทผู้รับเหมาก่อสร้างเสาเข็ม พบว่า ในเข็มที่มีการชำรุด มักจะมีตะกอนดินทรายหลงเหลืออยู่ ซึ่งจะทำให้กำลังของคอนกรีตบริเวณหัวเสาเข็มมีกำลังลดลง ซึ่งปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหาดังกล่าว เกิดขึ้นจากปัจจัยหลัก 2 ปัจจัยด้วยกัน

4.1.1 สารละลายโพลิเมอร์มีความหนืดมากเกินเกณฑ์ทำให้ดินตกตะกอนช้ากว่าปกติ

เนื่องจากโครงสร้างของโพลีเมอร์จะไปหุ้มหรือจับตัวกับดินเม็ดละเอียดและดึงให้เม็ดดินมารวมตัวกันจนมีน้ำหนักมากพอที่จะตกตะกอนลงสู่ก้นหลุมได้อันจะส่งผลทำให้ในกรณีทำการก่อสร้างเสาเข็มเจาะจริงที่ใช้สารละลายโพลีเมอร์สามารถทำการเก็บตะกอนในหลุมเจาะได้โดยใช้ถังเก็บตะกอน (Cleaning Bucket) ตักตะกอนขึ้นมา แต่ทั้งนี้จะต้องรอให้การตกตะกอนเสร็จสิ้นสมบูรณ์เสียก่อน ซึ่งความหนาของตะกอนและเวลาในการตกตะกอนจะมีปัจจัยหลายๆอย่างเข้ามาเกี่ยวข้องเช่น ความลึกของหลุมเจาะ, ขนาดของเม็ดดินในหลุมเจาะ, สภาพชั้นดินในหลุมเจาะ, อัตราส่วนผสมของสารละลาย,ความหนืดของสารละลาย, ขั้นตอนและเครื่องมือในการขุดเจาะ ฯลฯ

ซึ่งจากปัจจัยที่กล่าวมาที่เกี่ยวกับเวลาในการตกตะกอนนี้ ความหนืดของสารละลายโพลิเมอร์ จะส่งผลให้เกิดปัญหาที่หน้างาน ถ้าสารละลายโพลิเมอร์มีสภาวะความหนืดที่มาก จะส่งผลให้ตะกอนดินที่แขวนลอยตกตะกอนได้ดี ซึ่งคุณสมบัติความหนืดเมื่อผ่านการทดสอบ March Cone Test ควรจะมีค่า 40-90วินาที แต่จากการสืบสวนปัญหาพบว่า ทางหน้างานได้ตรวจสอบสารละลายโดยการนำเอาสารละลายที่ใช้แล้ว มาทดสอบรวมกับสารละลายใหม่ แต่ไม่มีการคนให้เข้ากัน สารละลายโพลิเมอร์ชุดเก่า จะถูกเทลงไปก่อน ก่อนที่จะนำสารละลายโพลิเมอร์ชุดใหม่เติมเข้าไป เมื่อทำการตักทดสอบ ผู้ทดสอบจะนำเอาแค่สารละลายที่ลอยอยู่ด้านบนไปทดสอบ สารละลายที่ถูกนำมาใช้ทดสอบ จึงเป็นสารละลายโพลิเมอร์ใหม่ที่มีคุณสมบัติตามที่ได้กำหนดไว้ และเมื่อนำสารละลายไปใช้งาน แล้วรอจนดินตกตะกอนแล้วนั้น เมื่อทำความสะอาดหลุมเจาะแล้วปล่อยไปสักพัก ตะกอนดินจะเกิดการตกตะกอนเพิ่มขึ้นอีกเนื่องจาก คุณสมบัติความหนืดที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพิ่มขึ้น จะส่งผลทำให้การตกตะกอนนั้นช้าลง เราจึงเห็นได้ว่าที่หัวเสาเข็มนั้นจะมีตะกอนดินปนเปื้อนอยู่ด้วย

4.1.2 ความผิดพลาดเนื่องจากการวัดระดับคอนกรีตในหลุมเจาะ

จากข้อมูลที่ได้พบว่า ในขั้นตอนการเทคอนกรีต จะต้องทำการวัดระดับของคอนกรีตให้สม่ำเสมอ ซึ่งในขั้นตอนการวัดจะใช้เทปวัดระยะที่ถ่วงด้วยตุ้มน้ำหนักซึ่งจำเป็นต้องใช้ผู้ที่มีความชำนาญเพื่อจะรู้ถึงระดับคอนกรีตที่เทขึ้นมา แต่จากการสอบถามถึงปัญหานอกจากคุณสมบัติของสารละลายพยุงหลุมเจาะแล้ว จะเห็นได้ว่ามีเสาเข็มอยู่ 2 ต้น ที่มีระดับผิวคอนกรีตที่ดีอยู่ต่ำกว่าระดับPile cut ถึง 2 เมตร ซึ่งสรุปได้ว่า ผู้ที่ทำการวัดระดับผิวคอนกรีตวัดระดับผิวคอนกรีตผิดพลาด เนื่องจากตะกอนดินที่ขึ้นมาค่อนข้างหนาแน่น จึงอาจทำให้เข้าใจผิดว่าตะกอนดินนั้นเป็นคอนกรีต

4.2 ปัญหาที่คาดว่าจะเกิดหลังการซ่อมหัวเข็ม

4.2.1 การสูญเสียกำลังรับแรงเฉือน

จากความไม่สม่ำเสมอของคอนกรีต ตำแหน่งที่เป็นรอยต่อของคอนกรีตนั้น จะสูญเสียกำลังรับแรงเฉือนของคอนกรีตในแนวนอนดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แสดงการสูญเสียกำลังรับแรงเฉือนที่รอยต่อคอนกรีตของเสาเข็ม

4.2.2 ปัญหารการซึมน้ำในเนื้อคอนกรีตไปสู่เหล็กเสริม

รอยต่อของคอนกรีตเป็นที่ทราบกันดีว่าจะเป็นจุดที่ทำให้น้ำซึมผ่านได้ซึ่งจะทำให้เหล็กเสริมของเสาเข็มนั้นเกิดสนิมได้ แล้วจะทำให้เหล็กขยายตัวจนเป็นสาเหตุของการแตกร้าวของคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 วิธีป้องกันปัญหาที่คาดว่าเกิดขึ้น

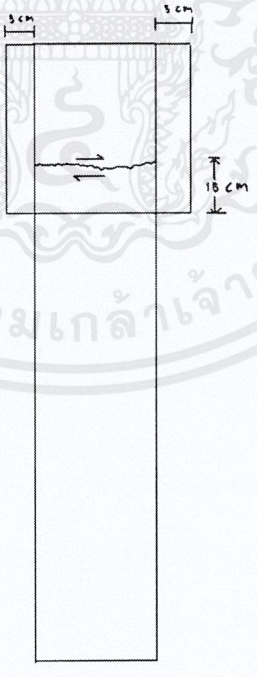
4.3.1 การป้องกันการซึมน้ำในรอยต่อ

จากปัญหาข้างต้นที่คาดว่าจะเกิดขึ้น สรุปได้ว่าปัญหาส่วนใหญ่นั้นจะเกิดที่บริเวณรอยต่อของคอนกรีต ทางทีมงานจึงใช้วิธีทำการหล่อคอนกรีตให้ต่ำกว่าระดับผิวคอนกรีตลงไป 15 cm และให้มีเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่าเสาเข็ม 10 cm จากขนาดของเสาเข็มที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.00 m ให้บริเวณส่วนที่ทำการหล่อคอนกรีตซ่อมมีขนาด 1.10 m ซึ่งจะเพิ่มระยะที่น้ำจะซึมไปถึงเนื้อเหล็กเพิ่มขึ้น จากที่ระยะซึมน้ำเดิมคือระยะหุ้มเหล็ก 7.5 เซนติเมตร เป็น 22.5 เซนติเมตร

4.3.2 การป้องกันการสูญเสียกำลังรับแรงเฉือนในรอยต่อ

หากทำการหล่อคอนกรีตให้มีขนาดหน้าตัดเท่าเดิม จะมีพื้นที่ผิวในการรับแรงเสียดทานในคอนกรีตเท่ากับพื้นที่หน้าตัดเสาเข็ม มีค่า 0.785 ตารางเมตร แต่หากทำการหล่อเสาเข็มให้อมรอยต่อระหว่างคอนกรีตเก่าและคอนกรีตที่หล่อขึ้นมาใหม่ จะทำให้มีพื้นที่ในการรับแรงเสียดทานในรอยต่อคอนกรีต มีค่า 1.256 ตารางเมตร

ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบพื้นที่ในการรับแรงเสียดทานในบริเวณรอยต่อคอนกรีตแล้ว จะมีพื้นที่ในการรับแรงเสียดทานมากขึ้น 60%



รูปที่ 4.2 แบบที่จำลองเสาเข็มหลังจากการซ่อมหัวเข็มแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ขั้นตอนการซ่อมแซมหัวเสาเข็มที่ชำรุด

4.4.1 ทำการขุดดินพร้อมสกัดคอนกรีตที่ปนเปื้อนดินออก

ทำการขุดดินรอบเสาเข็มพร้อมสกัดเนื้อคอนกรีตที่ชำรุด เพื่อหาเนื้อคอนกรีตที่มีสภาพสมบูรณ์ ซึ่งทำการขุดดินรอบตำแหน่งคอนกรีตที่สกัดแล้วลงไป 15 เซนติเมตร เพื่อหล่อคอนกรีตตามที่วางแผนไว้



รูปที่ 4.3 การขุดดินบริเวณรอบเสาเข็มลงไปให้ต่ำกว่าผิวคอนกรีตที่ดี 15 cm

4.4.2 ทำการทดสอบว่าเป็นผิวคอนกรีตที่ดี

ทำการทดสอบด้วย Schmidt hammer(ASTM : C805-85) 3 ตำแหน่งต่อเสาเข็ม 1 ต้น ซึ่งกำลังที่ได้จากการทดสอบจะต้องไม่ต่ำกว่ากำลังคอนกรีตที่ออกแบบไว้ 280 ksc.



รูปที่ 4.4 ทำการทดสอบผิวคอนกรีตด้วย Schmidt Hammer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.3 ใช้วงบ่อซีเมนต์ในการเป็นแบบหล่อคอนกรีต

ใช้วงซีเมนต์ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.10 m เป็นแบบในการหล่อคอนกรีตโดยจะวาง วงส้มให้ลึกกว่าระดับของคอนกรีตที่ทำการสกัดแล้ว 15 cm โดยวิธีนี้จะเป็นการเพิ่มระยะซึมน้ำเพิ่มขึ้นอีก 15 cm



รูปที่ 4.5 ใช้วงส้วมเป็นแบบหล่อคอนกรีต

4.4.4 ทำการเทคอนกรีต

ทำการเทคอนกรีตโดยที่ส่วนผสมขอคอนกรีตที่ใช้จะต้องเหมือนกับส่วนผสมของคอนกรีตที่ใช้หล่อเสาเข็ม

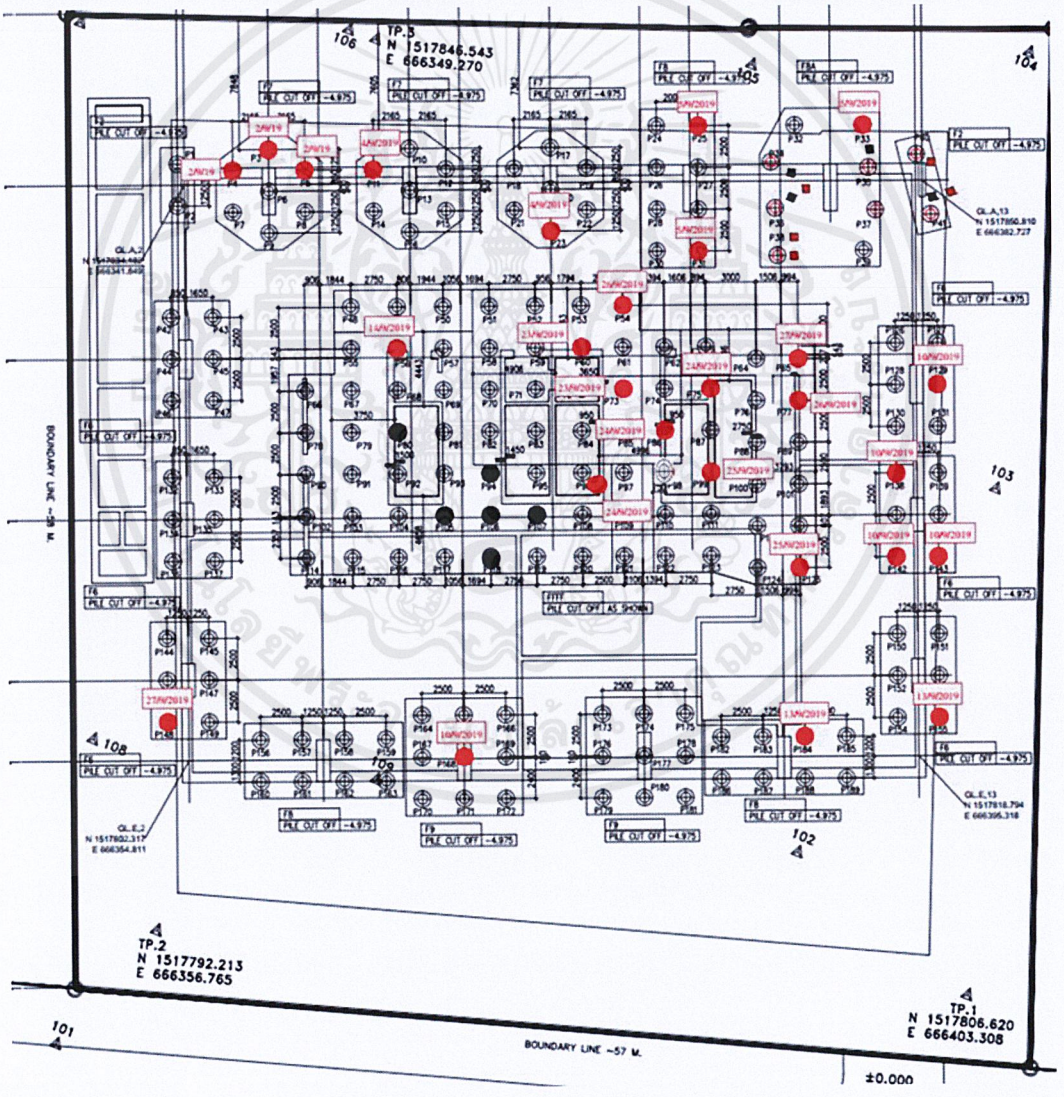


รูปที่ 4.6 เทคอนกรีตหล่อหัวเข็ม โดยจะฝังวงส้วมไว้ไม่ทำการรื้อออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 สรุปจำนวนเข็มที่มีการชำรุด

จากเสาเข็มเจาะระบบเปียกที่รับตัวอาคารมีทั้งหมด 189 ต้น พบว่าจะมีเสาเข็มที่ชำรุดทั้งหมด 27 ต้น โดยจะมี 2 ต้น ที่พบคอนกรีตที่มีสภาพสมบูรณ์ต่ำลงไปกว่าระดับใช้งานเสาข็มถึง 2 เมตร คือ เสาเข็มหมายเลข P125 และ P148 ซึ่ง 2 ต้นนี้ได้สรุปว่าเกิดจากความผิดพลาดในการวัดระดับคอนกรีต ขณะเท ระดับของหัวเสาเข็มจึงต่ำกว่าปกติ ส่วนต้นอื่นๆอีก 25 ต้นสรุปได้ว่าเกิดจากคุณสมบัติความหนืดของสารละลายโพลิเมอร์มีความหนืดสูง การตกตะกอนจึงช้ากว่าปกติ ทำให้หลังการเก็บตะกอนก้นหลุมจึงมีตะกอนดินและทรายตกตะกอนต่อจากการเก็บตะกอนดินไปแล้ว ซึ่งส่งผลทำให้งานในโครงการล่าช้าเป็นเวลา 15 วัน



รูปที่ 4.7 แสดงเสาเข็มที่ทำการซ่อมทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากโครงงานที่ผู้ศึกษาได้ทำการศึกษาค้นคว้าสาเหตุการชำรุดของเสาเข็มเจาะระบบเปียก ในโครงการก่อสร้างแห่ง ย่านสาทร ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้งานฐานรากเกิดความล่าช้าถึง 15 วัน ซึ่งวัดจากการเทคอนกรีตฐานรากแพ (Mat Foundation) ในครั้งสุดท้าย ซึ่งจากหน้างานได้ทำการวางแผนเทคอนกรีตในครั้งสุดท้ายนี้ในวันเสาร์ที่ 28 กันยายน พ.ศ. 2562 ซึ่งได้เทคอนกรีตจริงใน วันอาทิตย์ที่ 13 ตุลาคม พ.ศ. 2562 รวมเป็นเวลา 15 วัน ซึ่งเกิดจากการที่จะต้องใช้เวลาในการซ่อมหัวเสาเข็ม ซึ่งจะไม่สามารถทำให้ลงเหล็กเสริมของฐานรากได้ อีกทั้งในการซ่อมหัวเสาเข็มนั้นยังต้องใช้พื้นที่ในการทำงานซึ่งเป็นอุปสรรคสำหรับพื้นที่ทำงานอื่นๆ

จากการที่การทดสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็มด้วยวิธี Seismic Test เป็นการทดสอบหาความต่อเนื่องของเสาเข็มคอนกรีตทางกายภาพเท่านั้น ซึ่งผลการทดสอบไม่ได้มีความสัมพันธ์ใดๆ กับกำลังคอนกรีต ตัวผู้ศึกษาจึงเสนอวิธีการใช้ Rebound Hammer Test ในการทดสอบซึ่งมีความเหมาะสมกับหน้างานและใช้เวลารวดเร็ว

จากการวิเคราะห์ที่หน้างานนั้นได้สรุปปัญหาที่คาดว่าจะเกิดขึ้นหลังจากการซ่อมเสาเข็มแล้ว ซึ่งจะมีปัญหาในด้านการสูญเสียกำลังรับแรงเฉือนที่รอยต่อและปัญหาการซึมผ่านของน้ำเข้าสู่เหล็กเสริม จึงใช้วิธีการหล่อคอนกรีตหล่อให้มีเส้นผ่านศูนย์กลางกว้างขึ้น 10 เซนติเมตร เพื่อทำการหล่อลึกลงไปจากระดับผิวคอนกรีตที่ไม่มีการปนเปื้อนตะกอนลงไป 15 เซนติเมตร ซึ่งจะเป็นวิธีที่ป้องกันการรั่วซึมและใช้เสริมกำลังรับแรงเฉือนที่บริเวณรอยต่อคอนกรีตอีกด้วย

จากปัญหาที่เกิดขึ้นจึงสามารถสรุปได้ว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อชำรุดของหัวเสาเข็มนั้นเกิดจากปัจจัยหลักทางด้านคุณสมบัติด้านความหนืดของโพลิเมอร์ที่จะส่งผลต่อระยะเวลาการตกตะกอนซึ่งทำให้เสาเข็มมีการชำรุดทั้งหมด 25 ต้น และปัจจัยรองจากนั้นคือการวัดระดับคอนกรีตในหลุมเจาะซึ่งเกิดจากความผิดพลาดของตัวผู้วัดระดับซึ่งทำให้มีการชำรุดของเสาเข็มที่มีการปนเปื้อนตะกอนดินมากผิดปกติ 2 ต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานนี้ได้พัฒนาในด้านทักษะการวางแผนงานก่อสร้าง เข้าใจถึงปัจจัยที่อาจก่อให้เกิดการชำรุดของหัวเสาเข็มเจาะ และได้มีประสบการณ์ในการวิเคราะห์และตัดสินการแก้ปัญหาเฉพาะหน้าซึ่งไว้ใช้กับการทำงานในอนาคต

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ในปัจจุบันได้มีวิธีการทดสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็มที่สามารถทราบได้ถึงความสมบูรณ์และคุณภาพคอนกรีตที่เปลี่ยนไปนั่นคือ Sonic Logging Test ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับว่าหน้างานนั้นพบการชำรุดของเสาเข็มในรูปแบบใด หรือมีจำนวนมากแค่ไหน เหมาะสมหรือไม่ที่จะนำเอา Sonic Logging Test มาใช้ทดสอบซึ่งจะมีราคาสูงกว่า Seismic Test

2. ในการตรวจสอบคุณสมบัติสารละลายพยุงหลุมเจาะ หากนำสารละลายที่ใช้ไปแล้วมาผสมกับสารละลายใหม่นั้น ควรจะทำการผสมให้เข้ากันเสียก่อนถึงจะนำมาทดสอบ เพื่อที่จะได้คุณสมบัติของสารละลายพยุงหลุมเจาะที่ถูกต้องก่อนนำไปใช้

3. ในการตรวจวัดหาระดับคอนกรีตในหลุมเจาะควรทำการหาลูกตุ้มที่มีน้ำหนักที่เหมาะสม เพื่อเวลาการวัดระดับคอนกรีตจะไม่เกิดข้อผิดพลาด ซึ่งหากลูกตุ้มที่มีน้ำหนักเบาไป จะทำให้ตุ้มนั้นลอยบนตะกอนดิน ทำให้ผู้วัดคิดว่าเป็นระดับคอนกรีตแล้ว ซึ่งหากลูกตุ้มหนักไปก็จะทำให้ลูกตุ้มจมลงไปในเนื้อคอนกรีตแล้วทำให้ไม่สามารถทราบถึงระดับคอนกรีตที่ถูกต้อได้เช่นกัน

4. ควรทำการวิจัยหาอัตราส่วนสารละลายระหว่างเบนโทไนท์และโพลิเมอร์ที่เหมาะสมกับสภาพชั้นดินในกรุงเทพมหานคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กรมโยธาธิการและผังเมือง. **มาตรฐานการรับน้ำหนักของเสาเข็มด้วยวิธีพลศาสตร์ Dynamic Load Test และตรวจสอบความสมบูรณ์ของเสาเข็มด้วยวิธี Seismic Test.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2551.

คมสัน มาลีสและสิริวัฒน์ ไชยชนะ. **ปฏิบัติการคอนกรีตเทคโนโลยี.** พิมพ์ครั้งที่4. กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนจำกัด มีน เซอร์วิส ซัพพลาย, 2557.

ชาครีย์ พึ่งสุขใจ,พชรพล หมุดอุบลและพัฒนพงศ์ จารุกมล. **การจำลองการสูญเสียกำลังคอนกรีตในงานเสาเข็มเจาะแห้ง.**ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาตรบัณฑิต, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพ, 2560.

ธนาดล คงสมบูรณ์. **เอกสารประกอบการสอนวิชา วศย.334 วิศวกรรมฐานราก.** พิมพ์ครั้งที่2. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2547.

บริษัท ซีฟโก้ จำกัด(มหาชน). **ประสบการณ์งานก่อสร้างเสาเข็มเจาะ และโครงสร้างใต้ดินในประเทศไทย.** พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพฯ : บริษัท ซีฟโก้ จำกัด(มหาชน) 144 ถนนพระยาสุเรนทร์ แขวงบางชัน เขตคลองสามวา, 2557.

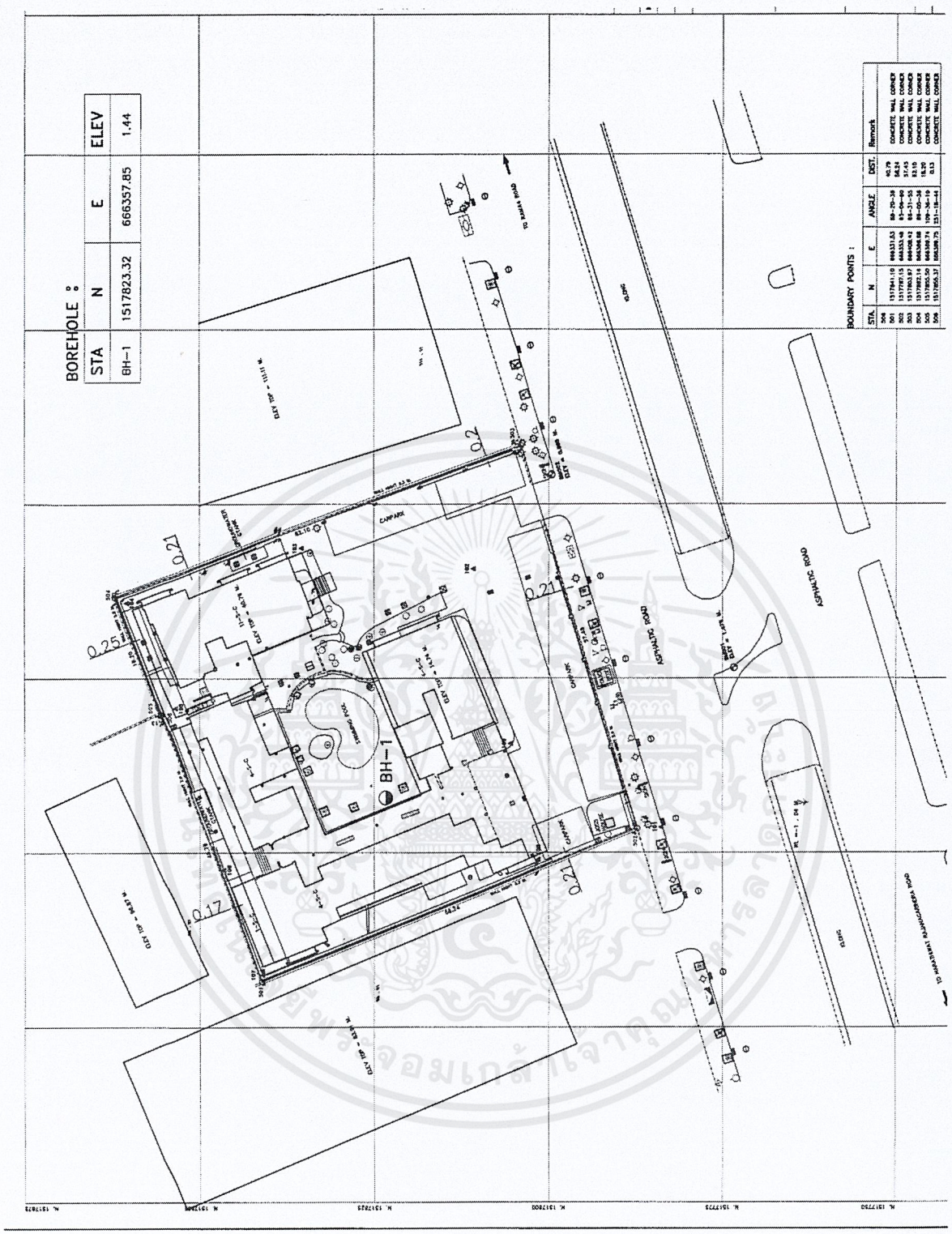
พรพจน์ ตันเส็ง. **วิศวกรรมฐานราก.** พิมพ์ครั้งที่ 1. สาขาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2554.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ผลการสำรวจชั้นดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

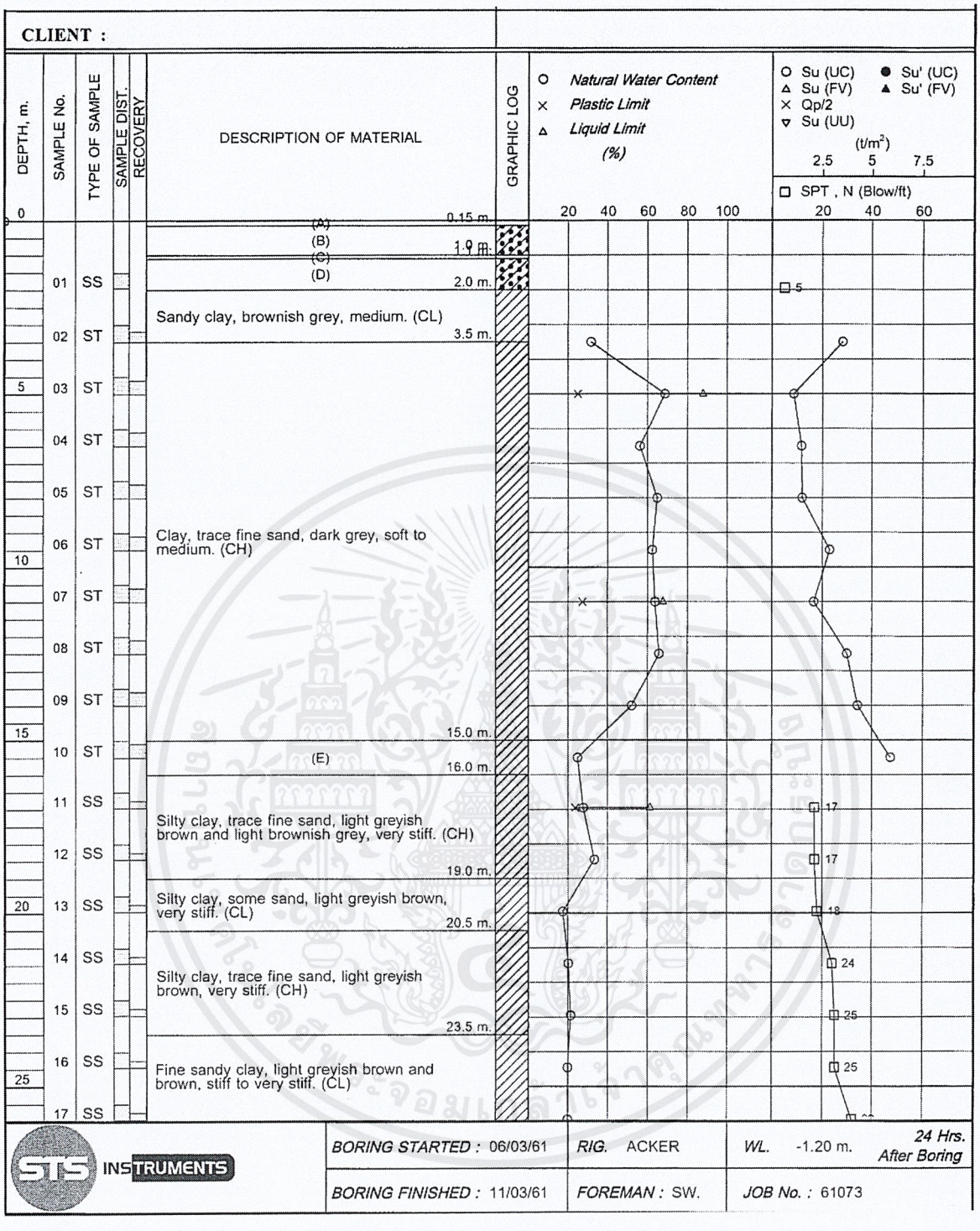
DATE	26/3/2018	BORING No.	BH-1	JOB No.	61073	BY	NR	OBSERVED W.L.	-1.20 m.

SAMPLE No.	DEPTH M.		WATER CONTENT %	ATTERBERG LIMIT %			WET UNIT WEIGHT t/m³	SIEVE ANALYSIS % FINER					CLASSIFICATION	UNDRAINED SHEAR STRENGTH t/m²						STANDARD PENETRATION(N) (blow/ft)	
														UNCONFINED SHEAR		TORVANE SHEAR		UU TEST	POCKET PENETRATION		
	FROM	TO		LL.	PL.	PI.		No. 3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200		Qu/2	Qu'/2	Qv	Qv'	Su	1/2Qp		
SS-01	1.50	1.95		(No Recovery)									(SC)							5	
ST-02	3.00	3.50	31.6				1.86						CL	3.53					2.5		
ST-03	4.50	5.00	68.7	87.8	24.9	62.9	1.60						CH	1.08					1.3		
ST-04	6.00	6.50	56.3				1.66						CH	1.47					1.3		
ST-05	7.50	8.00	64.9				1.64						CH	1.50							
ST-06	9.00	9.50	62.4				1.64						CH	2.86							
ST-07	10.50	11.00	63.8	67.8	27.4	40.4	1.62						CH	2.08					1.3		
ST-08	12.00	12.50	65.8				1.62						CH	3.75					1.3		
ST-09	13.50	14.00	52.3				1.71						CH	4.28					2.5		
ST-10	15.00	15.50	24.9				2.03						CH	5.92					7.5		
SS-11	16.50	16.95	27.8	61.3	23.7	37.6	1.96						CH						13.8	17	
SS-12	18.00	18.45	33.4				1.92						CH						15.0	17	
SS-13	19.50	19.95	17.5					100	98	96	91	71	CL						13.8	18	
SS-14	21.00	21.45	20.2				2.17		100	99	99	96	CH						21.3	24	
SS-15	22.50	22.95	21.4				2.02						CH						21.3	25	
SS-16	24.00	24.45	19.8								100	63	CL						18.8	25	
SS-17	25.50	25.95	19.8						100	99	98	62	CL							32	
SS-18	27.00	27.45	22.7										CL						3.8	16	
SS-19	28.50	28.95	20.8						100	98	95	51	CL							26	
SS-20	30.00	30.45	21.9								100	22	CL/SC							38	
SS-21	31.50	31.95	23.9							100	93	9	SM-SP							34	

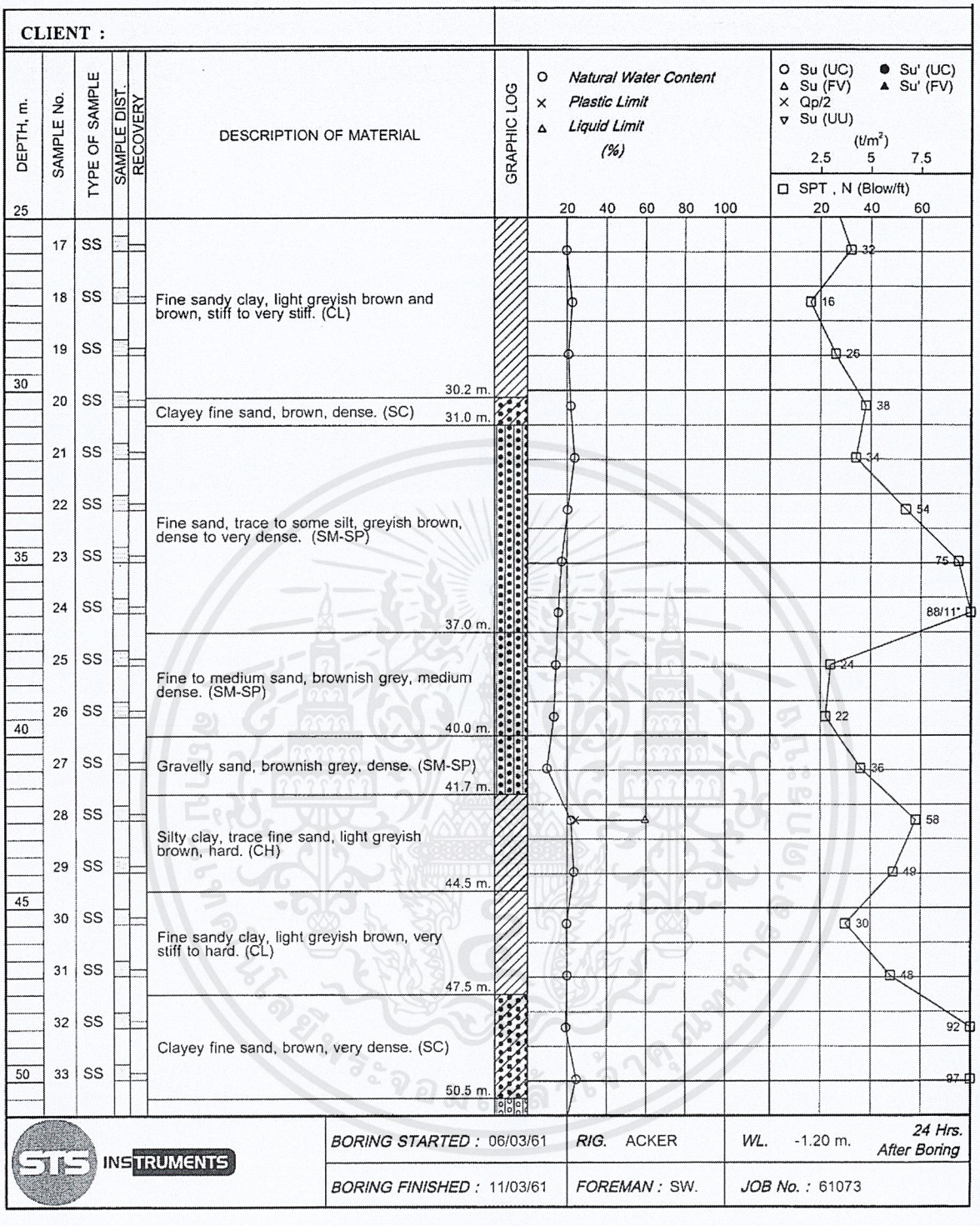
DATE	26/3/2018		BORING No.	BH-1			JOB No.	61073					BY	NR			OBSERVED W.L.	-1.20 m.		
SAMPLE No.	DEPTH M.		WATER CONTENT %	ATTERBERG LIMIT %			WET UNIT WEIGHT t/m³	SIEVE ANALYSIS % FINER					CLASSIFICATION	UNDRAINED SHEAR STRENGTH t/m²						STANDARD PENETRATION(N) (blow/ft)	
														UNCONFINED SHEAR		TORVANE SHEAR		UU TEST	POCKET PENETRATION		
	FROM	TO		LL.	PL.	PI.		No. 3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200		Qu/2	Qu'/2	Qv	Qv'	Su	1/2Qp		
SS-22	33.00	33.45	20.3										SM-SP							54	
SS-23	34.50	34.95	17.3							100	99	20	SM							75	
SS-24	36.00	36.43	15.6										SM-SP							88/11"	
SS-25	37.50	37.95	14.4						100	94	26	12	SM-SP							24	
SS-26	39.00	39.45	13.4										SM-SP							22	
SS-27	40.50	40.95	9.9					91	69	45	26	12	SM-SP							36	
SS-28	42.00	42.45	22.0	59.6	24.1	35.5	2.11						CH						22.5+	58	
SS-29	43.50	43.95	23.5				2.06						CH						22.5+	49	
SS-30	45.00	45.45	19.8				2.21				100	52	CL						13.8	30	
SS-31	46.50	46.95	20.0								100	72	CL							48	
SS-32	48.00	48.45	19.3								100	37	SC							92	
SS-33	49.50	49.95	24.6								100	22	SC							97	
SS-34	51.00	51.43	18.6								100	29	SM							83/11"	
SS-35	52.50	52.95	21.1								100	18	SM							63	
SS-36	54.00	54.45	19.4										SM							59	
SS-37	55.50	55.95	17.7				2.16				100	74	CL						22.5+	72	
SS-38	57.00	57.40	18.6										CL						22.5+	92/10"	
SS-39	58.50	58.95	16.4							100	94	22	SM							85	
SS-40	60.00	60.45	20.5										SM-SP							81	
SS-41	61.50	61.77	18.8							100	82	11	SM-SP							50/5"	
SS-42	63.00	63.45	16.1										SM-SP							61	

DATE	26/3/2018	BORING No.	BH-1	JOB No.	61073	BY	NR	OBSERVED W.L.	-1.20 m.

SAMPLE No.	DEPTH M.		WATER CONTENT %	ATTERBERG LIMIT %			WET UNIT WEIGHT t/m³	SIEVE ANALYSIS % FINER					CLASSIFICATION	UNDRAINED SHEAR STRENGTH t/m²						STANDARD PENETRATION(N) (blow/ft)	
														UNCONFINED SHEAR		TORVANE SHEAR		UU TEST	POCKET PENETRATION		
	FROM	TO		LL.	PL.	PI.		No. 3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200		Qu/2	Qu'/2	Qv	Qv'	Su	1/2Qp		
SS-43	64.50	64.95	14.1										SM-SP							85	
SS-44	66.00	66.45	13.8						100	97	57	14	SM							74	
SS-45	67.50	67.95	11.4										SM-SP							76	
SS-46	69.00	69.15		(No Recovery)									(SM-SP)							50/6"	
SS-47	70.50	70.75	14.7						100	96	31	10	SM-SP							50/4"	



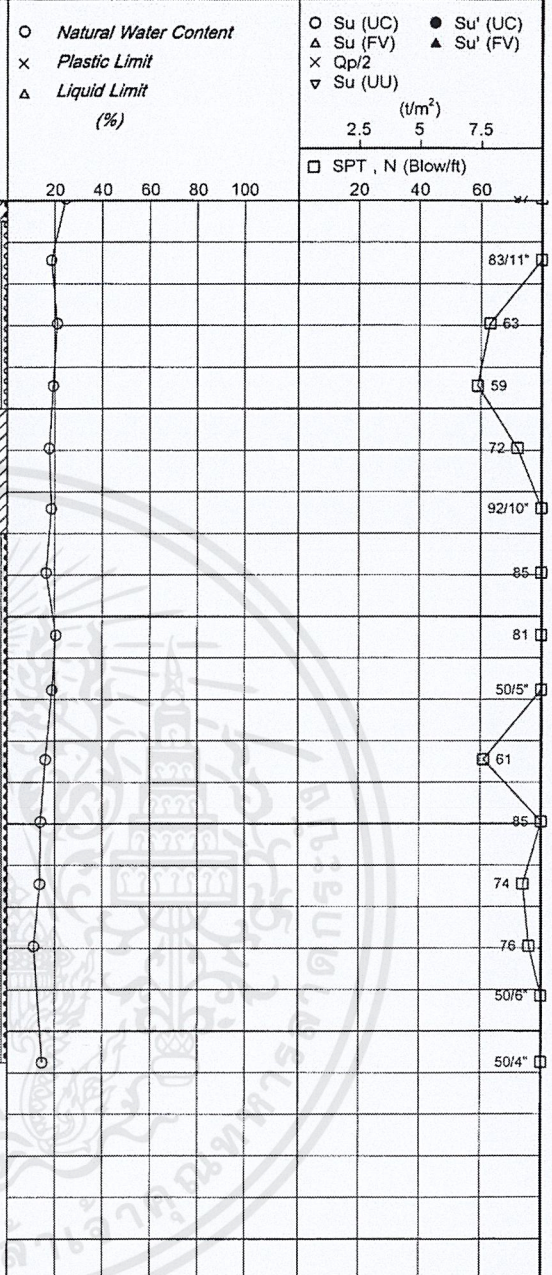
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CLIENT :

DEPTH, m.	SAMPLE No.	TYPE OF SAMPLE	SAMPLE DIST. / RECOVERY	DESCRIPTION OF MATERIAL	GRAPHIC LOG
50				50.5 m.	
	34	SS		Silty fine sand, brown and brownish grey, very dense. (SM)	
	35	SS			
	36	SS		55.0 m.	
55	37	SS		Silty clay, some sand, light greyish brown and brownish light grey, hard. (CL)	
	38	SS		58.0 m.	
	39	SS			
60	40	SS			
	41	SS			
	42	SS		Fine sand and fine to medium sand, brownish light grey and yellowish brown @ SS-39, very dense. (SM-SP)	
65	43	SS			
	44	SS			
	45	SS			
	46	SS			
70	47	SS		70.75 m.	
				END OF BORING	
				(A) Concrete slab. (B) Clayey sand, some concrete debris. (SC, Fill) (C) Concrete slab.	
75					



STS INSTRUMENTS

BORING STARTED : 06/03/61	*RIG.* ACKER	*WL.* -1.20 m.	*24 Hrs. After Boring*
BORING FINISHED : 11/03/61	*FOREMAN :* SW.	*JOB No. :* 61073	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CLIENT :

DEPTH, m.	SAMPLE No.	TYPE OF SAMPLE	SAMPLE DIST.	RECOVERY	DESCRIPTION OF MATERIAL	GRAPHIC LOG
75					(D) Clayey sand, some concrete debris. (SC, Fill) (E) Silty clay, trace fine sand, light greyish light brown, stiff. (CH)	

○ *Natural Water Content*
× *Plastic Limit*
△ *Liquid Limit*
(%)
20 40 60 80 100

○ Su (UC) ● Su' (UC)
△ Su (FV) ▲ Su' (FV)
× Qp/2
▽ Su (UU)
(t/m^2)
2.5 5 7.5

□ SPT , N (Blow/ft)
20 40 60

STS INSTRUMENTS

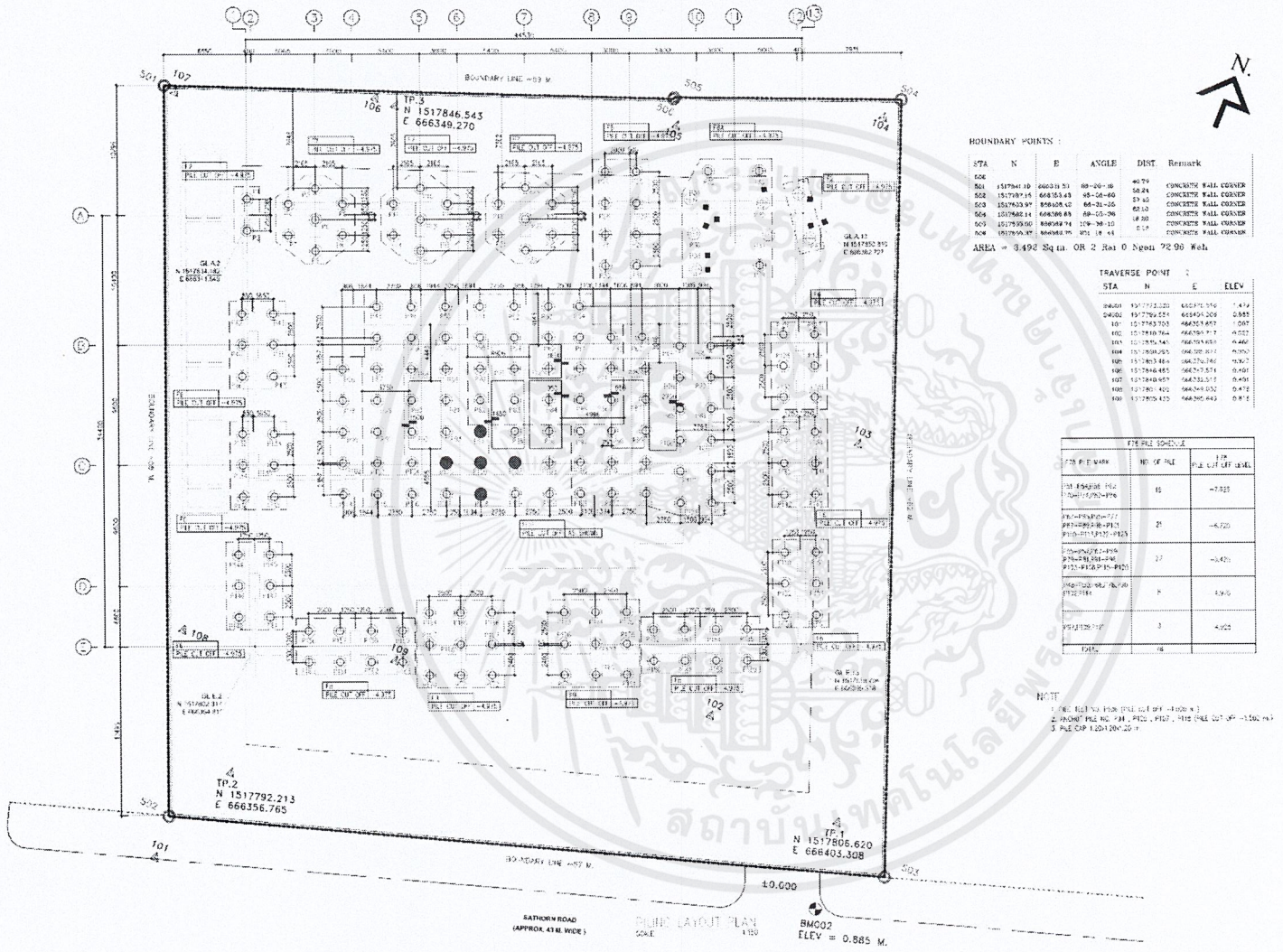
BORING STARTED : 06/03/61	*RIG.* ACKER	*WL.* -1.20 m. *24 Hrs. After Boring*
BORING FINISHED : 11/03/61	*FOREMAN :* SW.	*JOB No. :* 61073

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

รายละเอียดเสาเข็มในโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



BOUNDARY POINTS :

STA	N	E	ANGLE	DIST.	Remark
506				40.79	
501	1517841.10	666318.53	68-20-16	58.24	CONCRETE WALL CORNER
502	1517787.15	666353.43	93-58-48	57.45	CONCRETE WALL CORNER
503	1517803.97	666408.42	86-31-26	62.10	CONCRETE WALL CORNER
504	1517862.14	666386.83	89-05-36	18.30	CONCRETE WALL CORNER
505	1517855.60	666368.74	109-38-10	0.10	CONCRETE WALL CORNER
506	1517839.97	666362.75	351 18 44		CONCRETE WALL CORNER

AREA = 3,492 Sq m. OR 2 Rai 0 Ngan 72.96 Wah

TRAVERSE POINT :

STA	N	E	ELEV
04501	1517773.020	666375.916	1.474
04502	1517799.554	666404.209	0.885
101	1517743.703	666353.657	0.067
102	1517810.764	666393.917	0.552
103	1517835.145	666359.658	0.466
104	1517838.265	666328.814	0.350
105	1517853.484	666329.240	0.367
106	1517846.485	666349.574	0.497
107	1517849.657	666331.515	0.491
108	1517801.402	666349.052	0.472
109	1517809.425	666365.443	0.815

PILE SCHEDULE

PILE MARK	NO. OF PILE	TOP OF PILE CUT OFF LEVEL
P101,P102,P103,P104,P105,P106	16	-1.925
P107,P108,P109,P110,P111,P112,P113,P114,P115,P116,P117,P118,P119,P120,P121,P122,P123,P124,P125	21	-4.725
P126,P127,P128,P129,P130,P131,P132,P133,P134,P135,P136,P137,P138,P139,P140,P141,P142,P143,P144,P145	27	-3.425
P146,P147,P148,P149,P150,P151	6	-3.925
P152,P153,P154	3	-4.925
TOTAL	73	

NOTE

1. PILE TEST NO. P106 (PILE CUT OFF =1.000 M.)
2. ANCHOR PILE NO. P34 , P123 , P127 , P115 (PILE CUT OFF =3.150 m.)
3. PILE CAP 1.20x1.20x1.20 m.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Reference Point

หมุด	N.	E.	ระดับ
BM001	1517773.330	666376.516	
BM002	1517799.554	666404.206	
101	1517783.703	666353.657	
102	1517810.764	666390.717	
103	1517835.345	666393.698	
104	1517860.295	666385.877	
105	1517853.484	666370.746	
106	1517846.485	666347.571	
107	1517840.957	666332.515	
108	1517801.402	666349.030	
109	1517805.435	666365.649	

Remark

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Attention

Co-ordinates shown in this report shall be re-calculated and carefully checked by Surveyor anc Site Engineer on site using the latest revision of the piling plan Surveyor and Site Engineer shall inform Acad. Operater onced. discrepancy or error is found .

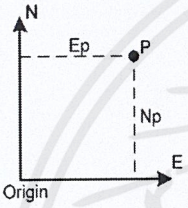
ข้อควรพิจารณาพิเศษ

ค่าพิกัดที่แสดงในรายงานควรมีการคำนวณใหม่และตรวจสอบอีกครั้ง โดยช่างสำรวจ และวิศวกรสนาม โดยใช้แบบผังเข็มฉบับล่าสุด ถ้าข้อมูลที่ตรวจสอบไม่ตรงกับในรายงาน ควรแจ้งเจ้าหน้าที่เขียนแบบทันที

วิธีการคำนวณตรวจสอบค่าพิกัดเบื้องต้น

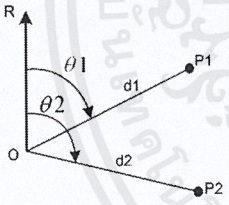
ระบบพิกัดที่ใช้ในการตรวจสอบ

ค่าพิกัดระบบกริด



เป็นค่าพิกัดที่อ้างอิงจากจุดกำเนิดในระบบพิกัด x,y
โดยนิยาม E เป็นระยะ x จากจุดกำเนิด
และนิยาม N เป็นระยะ y จากจุดกำเนิด
เช่น N=500,E=1000 หมายถึงมีระยะ x(E) จากจุดกำเนิด 1000 หน่วย และมีระยะ y(N) จากจุดกำเนิด 500 หน่วย

ค่าพิกัดระบบโพลาร์

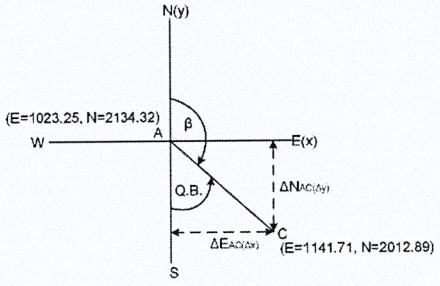


เป็นค่าพิกัดที่อ้างอิงจากจุดกำเนิดไปยังจุดใดๆโดยใช้
การวัดมุมแบริ่งจากแกนอ้างอิงไปยังจุดที่ต้องการ
และกำหนดด้วยระยะจากจุดกำเนิดไปยังจุดที่ต้องการ
เช่น จุด P1 จากจุด O มีระยะ 100(d1) หน่วยและมีค่ามุมแบริ่งจากแกนอ้างอิงเท่ากับ 75°45'25"(θ1)เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการคำนวณระบบพิกัดฉาก

1. การแปลงค่าพิกัดระบบกริดเป็นค่าพิกัดโพลาร์



กำหนดให้พิกัดจุด A , E=1023.25 , N=2134.32

จุด C, E=1141.71 , N=2012.89

จากสูตร $Q.B. = \tan^{-1}\left(\frac{EC-EA}{NC-NA}\right)$

$$Q.B. = \tan^{-1}\left(\frac{1141.71-1023.25}{2012.89-2135.25}\right)$$

$$= -44^{\circ}17'26''$$

Quadrant Bearing = S 44°17'26" E

W.C.B.(β) = 180°-44°17'26"

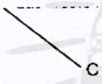
=135°42'34" Ans.

-หาระยะ AC จากสูตร

$$L_{AC} = \sqrt{\Delta E_{AC}^{2} + \Delta N_{AC}^{2}}$$

$$L_{AC} = \sqrt{118.46^{2} + (-121.43)^{2}}$$

=169.64 m. Ans.



2. การแปลงค่าพิกัดโพลาร์เป็นค่าพิกัดระบบกริด

กำหนดให้พิกัดจุด A , E=1023.25 , N=2134.32

ค่าพิกัด ACในระบบโพลาร์

W.C.B.=135°42'34" , L_{AC} = 169.64 m.

ΔE_{AC} = 169.64 sin 135°42'34"

= 118.46 m.

ΔN_{AC} = 169.64 cos 135°42'34"

= -121.43 m.

ค่าพิกัดที่จุด C

E = 1023.25+118.46 = 1141.71 Ans.

N = 2134.32-121.43 = 2012.89 Ans.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Note : N = Grid North

Pile No.	Diameter	Cut off	Co-ordinate				Deviation(m.)		REMARK
			Drawing		Actual		Diff.	Diff.	
	(mm.)	(m.)	N	E	N	E	N	E	
P1	1000	-4.975	1517835.189	666341.008	1517835.169	666340.966	-0.020	-0.042	
P2	1000	-4.975	1517832.873	666341.950	1517832.864	666341.945	-0.009	-0.005	
P3	1000	-4.975	1517838.036	666345.750	1517838.019	666345.741	-0.017	-0.009	
P4	1000	-4.975	1517836.062	666344.215	1517836.049	666344.217	-0.013	0.002	
P5	1000	-4.975	1517837.694	666348.226	1517837.647	666348.247	-0.047	0.021	
P6	1000	-4.975	1517835.720	666346.692	1517835.718	666346.706	-0.002	0.014	
P7	1000	-4.975	1517833.746	666345.157	1517833.700	666345.134	-0.046	-0.023	
P8	1000	-4.975	1517835.378	666349.168	1517835.381	666349.156	0.003	-0.012	
P9	1000	-4.975	1517833.404	666347.634	1517833.379	666347.624	-0.025	-0.010	
P10	1000	-4.975	1517841.201	666353.531	1517841.207	666353.494	0.006	-0.037	
P11	1000	-4.975	1517839.227	666351.996	1517839.232	666351.994	0.005	-0.002	
P12	1000	-4.975	1517840.859	666356.007	1517840.840	666356.035	-0.019	0.028	
P13	1000	-4.975	1517838.885	666354.473	1517838.852	666354.470	-0.033	-0.003	
P14	1000	-4.975	1517836.911	666352.938	1517836.902	666352.955	-0.009	0.017	
P15	1000	-4.975	1517838.543	666356.949	1517838.560	666356.940	0.017	-0.009	
P16	1000	-4.975	1517836.569	666355.415	1517836.571	666355.416	0.002	0.001	
P17	1000	-4.975	1517844.366	666361.312	1517844.382	666361.348	0.016	0.036	
P18	1000	-4.975	1517842.392	666359.777	1517842.392	666359.753	0.000	-0.024	
P19	1000	-4.975	1517844.024	666363.788	1517844.017	666363.798	-0.007	0.010	
P20	1000	-4.975	1517842.050	666362.253	1517842.042	666362.249	-0.008	-0.004	
P21	1000	-4.975	1517840.076	666360.719	1517840.052	666360.686	-0.024	-0.033	
P22	1000	-4.975	1517841.708	666364.730	1517841.697	666364.725	-0.011	-0.005	
P23	1000	-4.975	1517839.734	666363.195	1517839.705	666363.165	-0.029	-0.030	
P24	1000	-4.975	1517847.928	666366.772	1517847.938	666366.732	0.010	-0.040	
P25	1000	-4.975	1517848.870	666369.087	1517848.843	666369.082	-0.027	-0.005	
P26	1000	-4.975	1517845.612	666367.714	1517845.607	666367.728	-0.005	0.014	
P27	1000	-4.975	1517846.554	666370.029	1517846.560	666370.053	0.006	0.024	
P28	1000	-4.975	1517843.297	666368.656	1517843.313	666368.636	0.016	-0.020	
P29	1000	-4.975	1517844.239	666370.971	1517844.249	666370.957	0.010	-0.014	
P30	1000	-4.975	1517840.981	666369.598	1517840.947	666369.598	-0.034	0.000	
P31	1000	-4.975	1517841.923	666371.913	1517841.908	666371.884	-0.015	-0.029	
P32	1000	-4.975	1517851.053	666374.434	1517851.019	666374.406	-0.034	-0.028	
P33	1000	-4.975	1517852.591	666378.215	1517852.580	666378.206	-0.011	-0.009	
P34	1000	-4.975	1517848.461	666373.935	1517848.461	666373.935	0.000	0.000	
P35	1000	-4.975	1517850.328	666379.455	1517850.328	666379.455	0.000	0.000	
P36	1000	-4.975	1517846.012	666375.208	1517846.012	666375.208	0.000	0.000	
P37	1000	-4.975	1517848.147	666380.800	1517848.147	666380.800	0.000	0.000	
P38	1000	-4.975	1517843.429	666376.387	1517843.429	666376.387	0.000	0.000	
P39	1000	-4.975	1517845.644	666381.041	1517845.656	666381.057	0.012	0.016	
P40	1000	-4.975	1517852.132	666381.784	1517852.139	666381.832	0.007	0.048	
P41	1000	-4.975	1517849.080	666383.960	1517849.117	666383.953	0.037	-0.007	
P42	1000	-4.975	1517826.544	666344.039	1517826.547	666344.026	0.003	-0.013	
P43	1000	-4.975	1517827.486	666346.354	1517827.478	666346.359	-0.008	0.005	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Note : N = Grid North

Pile No.	Diameter	Cut off	Co-ordinate				Deviation(m.)		REMARK
			Drawing		Actual		Diff.	Diff.	
	(mm.)	(m.)	N	E	N	E	N	E	
P44	1000	-4.975	1517824.228	666344.980	1517824.267	666344.991	0.039	0.011	
P45	1000	-4.975	1517825.170	666347.296	1517825.190	666347.305	0.020	0.009	
P46	1000	-4.975	1517821.913	666345.922	1517821.889	666345.947	-0.024	0.025	
P47	1000	-4.975	1517822.854	666348.238	1517822.869	666348.227	0.015	-0.011	
P48	1000	-4.975	1517831.100	666353.800	1517831.104	666353.819	0.004	0.019	
P49	1000	-4.975	1517832.137	666356.347	1517832.145	666356.361	0.008	0.014	
P50	1000	-4.975	1517833.173	666358.894	1517833.191	666358.898	0.018	0.004	
P51	1000	-7.625	1517834.209	666361.442	1517834.237	666361.439	0.028	-0.003	
P52	1000	-7.625	1517835.245	666363.989	1517835.245	666364.012	0.000	0.023	
P53	1000	-7.625	1517836.281	666366.536	1517836.282	666366.540	0.001	0.004	
P54	1000	-7.625	1517837.223	666368.852	1517837.202	666368.891	-0.021	0.039	
P55	1000	-5.425	1517828.785	666354.742	1517828.771	666354.745	-0.014	0.003	
P56	1000	-5.425	1517829.821	666357.289	1517829.847	666357.270	0.026	-0.019	
P57	1000	-5.425	1517830.857	666359.836	1517830.848	666359.832	-0.009	-0.004	
P58	1000	-7.625	1517831.893	666362.384	1517831.910	666362.408	0.017	0.024	
P59	1000	-7.625	1517832.929	666364.931	1517832.933	666364.943	0.004	0.012	
P60	1000	-7.625	1517833.965	666367.478	1517833.952	666367.441	-0.013	-0.037	
P61	1000	-7.625	1517834.907	666369.794	1517834.912	666369.805	0.005	0.011	
P62	1000	-7.625	1517835.849	666372.110	1517835.810	666372.090	-0.039	-0.020	
P63	1000	-6.725	1517836.791	666374.426	1517836.826	666374.411	0.035	-0.015	
P64	1000	-6.725	1517837.227	666377.487	1517837.212	666377.493	-0.015	0.006	
P65	1000	-6.725	1517838.169	666379.803	1517838.153	666379.794	-0.016	-0.009	
P66	1000	-4.975	1517825.433	666353.136	1517825.451	666353.143	0.018	0.007	
P67	1000	-5.425	1517826.469	666355.684	1517826.436	666355.675	-0.033	-0.009	
P68	1000	-5.425	1517827.505	666358.231	1517827.537	666358.263	0.032	0.032	
P69	1000	-5.425	1517828.541	666360.778	1517828.545	666360.791	0.004	0.013	
P70	1000	-7.625	1517829.577	666363.326	1517829.544	666363.354	-0.033	0.028	
P71	1000	-7.625	1517830.614	666365.873	1517830.597	666365.876	-0.017	0.003	
P72	1000	-7.625	1517831.650	666368.420	1517831.652	666368.427	0.002	0.007	
P73	1000	-7.625	1517832.592	666370.736	1517832.595	666370.730	0.003	-0.006	
P74	1000	-7.625	1517833.534	666373.052	1517833.547	666373.077	0.013	0.025	
P75	1000	-6.725	1517834.570	666375.599	1517834.595	666375.604	0.025	0.005	
P76	1000	-6.725	1517834.911	666378.429	1517834.920	666378.451	0.009	0.022	
P77	1000	-6.725	1517835.853	666380.745	1517835.821	666380.760	-0.032	0.015	
P78	1000	-4.975	1517823.117	666354.078	1517823.130	666354.083	0.013	0.005	
P79	1000	-5.425	1517824.153	666356.626	1517824.164	666356.626	0.011	0.000	
P80	1000	-5.425	1517825.189	666359.173	1517825.203	666359.187	0.014	0.014	
P81	1000	-5.425	1517826.225	666361.720	1517826.255	666361.718	0.030	-0.002	
P82	1000	-7.625	1517827.262	666364.268	1517827.244	666364.293	-0.018	0.025	
P83	1000	-7.625	1517828.298	666366.815	1517828.260	666366.830	-0.038	0.015	
P84	1000	-7.625	1517829.334	666369.362	1517829.325	666369.381	-0.009	0.019	
P85	1000	-7.625	1517830.276	666371.678	1517830.298	666371.684	0.022	0.006	
P86	1000	-7.625	1517831.218	666373.994	1517831.222	666374.039	0.004	0.045	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Note : N = Grid North

Pile No.	Diameter	Cut off	Co-ordinate				Deviation(m.)		REMARK
			Drawing		Actual		Diff.	Diff.	
	(mm.)	(m.)	N	E	N	E	N	E	
P87	1000	-6.725	1517832.254	666376.541	1517832.243	666376.561	-0.011	0.020	
P88	1000	-6.725	1517832.596	666379.371	1517832.594	666379.343	-0.002	-0.028	
P89	1000	-6.725	1517833.537	666381.687	1517833.524	666381.686	-0.013	-0.001	
P90	1000	-4.975	1517820.801	666355.020	1517820.829	666355.035	0.028	0.015	
P91	1000	-5.425	1517821.837	666357.568	1517821.807	666357.563	-0.030	-0.005	
P92	1000	-5.425	1517822.874	666360.115	1517822.883	666360.105	0.009	-0.010	
P93	1000	-5.425	1517823.910	666362.662	1517823.895	666362.631	-0.015	-0.031	
P94	1000	-1.500	1517824.946	666365.210	1517824.937	666365.197	-0.009	-0.013	ANCHOR PILE
P95	1000	-5.425	1517825.982	666367.757	1517825.954	666367.756	-0.028	-0.001	
P96	1000	-5.425	1517827.018	666370.304	1517826.979	666370.304	-0.039	0.000	
P97	1000	-4.925	1517827.960	666372.620	1517827.972	666372.633	0.012	0.013	
P98	1000	-6.725	1517828.902	666374.936	1517828.886	666374.918	-0.016	-0.018	
P99	1000	-6.725	1517829.938	666377.483	1517829.908	666377.505	-0.030	0.022	
P100	1000	-6.725	1517830.280	666380.313	1517830.290	666380.321	0.010	0.008	
P101	1000	-6.725	1517831.222	666382.629	1517831.228	666382.632	0.006	0.003	
P102	1000	-4.975	1517818.485	666355.962	1517818.456	666355.939	-0.029	-0.023	
P103	1000	-5.425	1517819.522	666358.510	1517819.519	666358.505	-0.003	-0.005	
P104	1000	-5.425	1517820.558	666361.057	1517820.531	666361.051	-0.027	-0.006	
P105	1000	-1.500	1517821.594	666363.604	1517821.568	666363.597	-0.026	-0.007	ANCHOR PILE
P106	1000	-1.000	1517822.630	666366.152	1517822.618	666366.161	-0.012	0.009	TEST PILE
P107	1000	-1.500	1517823.666	666368.699	1517823.662	666368.713	-0.004	0.014	ANCHOR PILE
P108	1000	-5.425	1517824.702	666371.246	1517824.679	666371.199	-0.023	-0.047	
P109	1000	-4.925	1517825.644	666373.562	1517825.627	666373.533	-0.017	-0.029	
P110	1000	-6.725	1517826.586	666375.878	1517826.608	666375.863	0.022	-0.015	
P111	1000	-6.725	1517827.623	666378.425	1517827.651	666378.382	0.028	-0.043	
P112	1000	-6.725	1517827.964	666381.255	1517827.965	666381.265	0.001	0.010	
P113	1000	-6.725	1517828.906	666383.571	1517828.919	666383.574	0.013	0.003	
P114	1000	-4.975	1517816.170	666356.904	1517816.174	666356.884	0.004	-0.020	
P115	1000	-5.425	1517817.206	666359.452	1517817.157	666359.449	-0.049	-0.003	
P116	1000	-5.425	1517818.242	666361.999	1517818.271	666361.964	0.029	-0.035	
P117	1000	-5.425	1517819.278	666364.546	1517819.264	666364.547	-0.014	0.001	
P118	1000	-1.500	1517820.314	666367.094	1517820.320	666367.101	0.006	0.007	ANCHOR PILE
P119	1000	-5.425	1517821.351	666369.641	1517821.376	666369.623	0.025	-0.018	
P120	1000	-5.425	1517822.387	666372.188	1517822.407	666372.202	0.020	0.014	
P121	1000	-4.925	1517823.329	666374.504	1517823.338	666374.510	0.009	0.006	
P122	1000	-6.725	1517824.271	666376.820	1517824.259	666376.849	-0.012	0.029	
P123	1000	-6.725	1517825.307	666379.367	1517825.338	666379.359	0.031	-0.008	
P124	1000	-6.725	1517825.648	666382.197	1517825.659	666382.197	0.011	0.000	
P125	1000	-6.725	1517826.590	666384.513	1517826.587	666384.523	-0.003	0.010	
P126	1000	-4.975	1517841.203	666384.853	1517841.205	666384.824	0.002	-0.029	
P127	1000	-4.975	1517842.145	666387.169	1517842.129	666387.193	-0.016	0.024	
P128	1000	-4.975	1517838.887	666385.795	1517838.904	666385.787	0.017	-0.008	
P129	1000	-4.975	1517839.829	666388.111	1517839.867	666388.093	0.038	-0.018	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Note : N = Grid North

Pile No.	Diameter	Cut off	Co-ordinate				Deviation(m.)		REMARK
			Drawing		Actual		Diff.	Diff.	
	(mm.)	(m.)	N	E	N	E	N	E	
P130	1000	-4.975	1517836.571	666386.737	1517836.595	666386.771	0.024	0.034	
P131	1000	-4.975	1517837.513	666389.053	1517837.485	666389.051	-0.028	-0.002	
P132	1000	-4.975	1517817.652	666347.656	1517817.629	666347.676	-0.023	0.020	
P133	1000	-4.975	1517818.594	666349.971	1517818.567	666349.999	-0.027	0.028	
P134	1000	-4.975	1517815.336	666348.598	1517815.337	666348.608	0.001	0.010	
P135	1000	-4.975	1517816.278	666350.913	1517816.264	666350.927	-0.014	0.014	
P136	1000	-4.975	1517813.020	666349.540	1517813.004	666349.547	-0.016	0.007	
P137	1000	-4.975	1517813.962	666351.855	1517813.943	666351.901	-0.019	0.046	
P138	1000	-4.975	1517833.978	666387.792	1517833.966	666387.824	-0.012	0.032	
P139	1000	-4.975	1517834.920	666390.108	1517834.900	666390.098	-0.020	-0.010	
P140	1000	-4.975	1517831.662	666388.734	1517831.633	666388.731	-0.029	-0.003	
P141	1000	-4.975	1517832.604	666391.050	1517832.605	666391.064	0.001	0.014	
P142	1000	-4.975	1517829.346	666389.676	1517829.344	666389.650	-0.002	-0.026	
P143	1000	-4.975	1517830.288	666391.992	1517830.276	666391.979	-0.012	-0.013	
P144	1000	-4.975	1517808.608	666350.902	1517808.620	666350.870	0.012	-0.032	
P145	1000	-4.975	1517809.550	666353.218	1517809.540	666353.234	-0.010	0.016	
P146	1000	-4.975	1517806.293	666351.844	1517806.299	666351.850	0.006	0.006	
P147	1000	-4.975	1517807.235	666354.160	1517807.204	666354.166	-0.031	0.006	
P148	1000	-4.975	1517803.977	666352.786	1517803.949	666352.767	-0.028	-0.019	
P149	1000	-4.975	1517804.919	666355.102	1517804.897	666355.092	-0.022	-0.010	
P150	1000	-4.975	1517825.085	666391.409	1517825.075	666391.410	-0.010	0.001	
P151	1000	-4.975	1517826.027	666393.725	1517826.016	666393.687	-0.011	-0.038	
P152	1000	-4.975	1517822.770	666392.351	1517822.778	666392.383	0.008	0.032	
P153	1000	-4.975	1517823.712	666394.667	1517823.746	666394.619	0.034	-0.048	
P154	1000	-4.975	1517820.454	666393.293	1517820.471	666393.293	0.017	0.000	
P155	1000	-4.975	1517821.396	666395.609	1517821.363	666395.598	-0.033	-0.011	
P156	1000	-4.975	1517805.055	666358.356	1517805.070	666358.372	0.015	0.016	
P157	1000	-4.975	1517805.997	666360.671	1517805.996	666360.689	-0.001	0.018	
P158	1000	-4.975	1517806.939	666362.987	1517806.938	666363.009	-0.001	0.022	
P159	1000	-4.975	1517807.881	666365.303	1517807.861	666365.286	-0.020	-0.017	
P160	1000	-4.975	1517802.739	666359.298	1517802.706	666359.305	-0.033	0.007	
P161	1000	-4.975	1517803.681	666361.613	1517803.692	666361.607	0.011	-0.006	
P162	1000	-4.975	1517804.623	666363.929	1517804.621	666363.956	-0.002	0.027	
P163	1000	-4.975	1517805.565	666366.245	1517805.544	666366.242	-0.021	-0.003	
P164	1000	-4.975	1517809.988	666366.767	1517809.978	666366.769	-0.010	0.002	
P165	1000	-4.975	1517810.930	666369.083	1517810.957	666369.120	0.027	0.037	
P166	1000	-4.975	1517811.872	666371.398	1517811.855	666371.367	-0.017	-0.031	
P167	1000	-4.975	1517807.672	666367.709	1517807.629	666367.698	-0.043	-0.011	
P168	1000	-4.975	1517808.614	666370.025	1517808.606	666369.994	-0.008	-0.031	
P169	1000	-4.975	1517809.556	666372.340	1517809.532	666372.342	-0.024	0.002	
P170	1000	-4.975	1517805.356	666368.651	1517805.376	666368.637	0.020	-0.014	
P171	1000	-4.975	1517806.298	666370.967	1517806.301	666370.984	0.003	0.017	
P172	1000	-4.975	1517807.240	666373.282	1517807.249	666373.302	0.009	0.020	

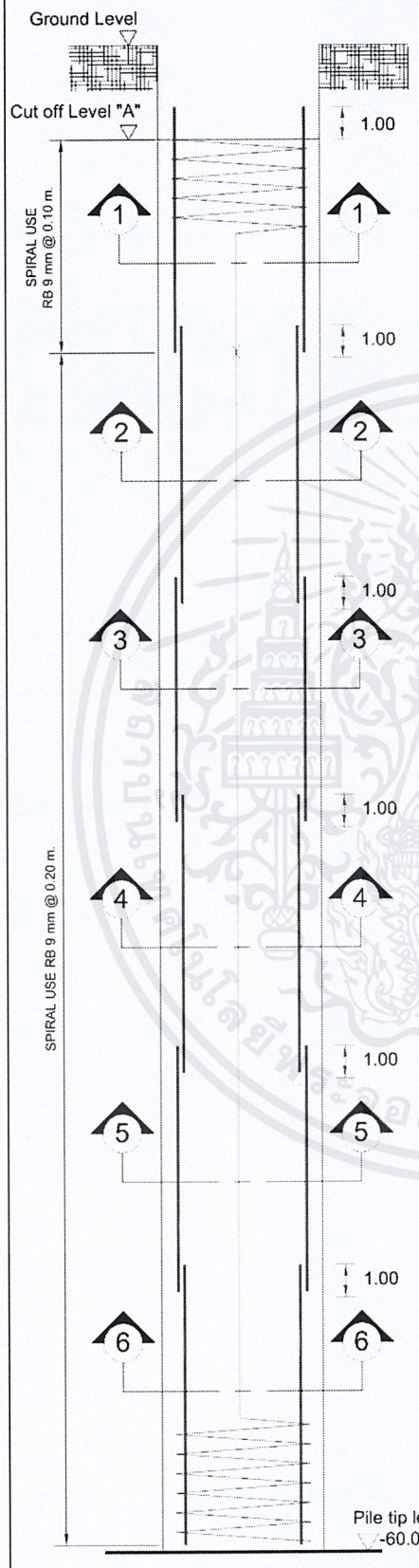
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

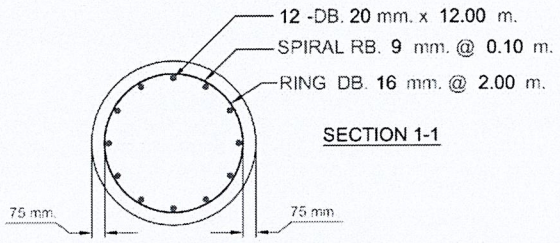
Note : N = Grid North

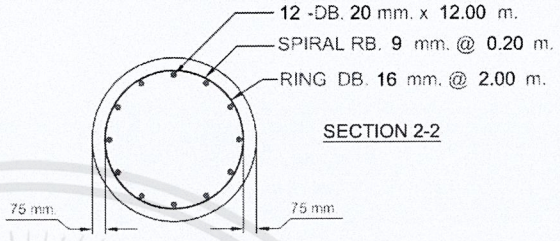
Pile No.	Diameter	Cut off	Co-ordinate				Deviation(m.)		REMARK
			Drawing		Actual		Diff.	Diff.	
	(mm.)	(m.)	N	E	N	E	N	E	
P173	1000	-4.975	1517814.057	666376.771	1517814.080	666376.812	0.023	0.041	
P174	1000	-4.975	1517814.999	666379.087	1517814.969	666379.075	-0.030	-0.012	
P175	1000	-4.975	1517815.941	666381.402	1517815.909	666381.399	-0.032	-0.003	
P176	1000	-4.975	1517811.741	666377.713	1517811.776	666377.741	0.035	0.028	
P177	1000	-4.975	1517812.683	666380.029	1517812.686	666380.055	0.003	0.026	
P178	1000	-4.975	1517813.625	666382.344	1517813.650	666382.353	0.025	0.009	
P179	1000	-4.975	1517809.425	666378.655	1517809.402	666378.618	-0.023	-0.037	
P180	1000	-4.975	1517810.367	666380.971	1517810.359	666380.996	-0.008	0.025	
P181	1000	-4.975	1517811.309	666383.286	1517811.294	666383.306	-0.015	0.020	
P182	1000	-4.975	1517815.454	666383.921	1517815.427	666383.924	-0.027	0.003	
P183	1000	-4.975	1517816.396	666386.237	1517816.426	666386.231	0.030	-0.006	
P184	1000	-4.975	1517817.338	666388.553	1517817.326	666388.557	-0.012	0.004	
P185	1000	-4.975	1517818.280	666390.869	1517818.285	666390.885	0.005	0.016	
P186	1000	-4.975	1517813.138	666384.863	1517813.136	666384.889	-0.002	0.026	
P187	1000	-4.975	1517814.080	666387.179	1517814.080	666387.185	0.000	0.006	
P188	1000	-4.975	1517815.022	666389.495	1517815.033	666389.538	0.011	0.043	
P189	1000	-4.975	1517815.964	666391.811	1517815.949	666391.806	-0.015	-0.005	

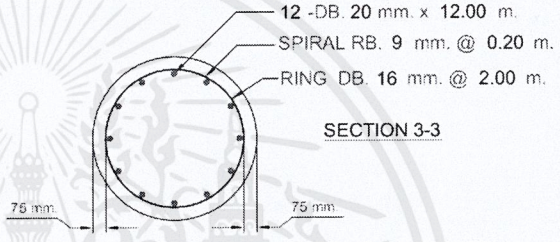
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

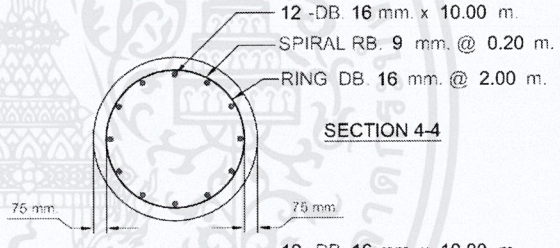
Bored Pile Ø 1000 mm.

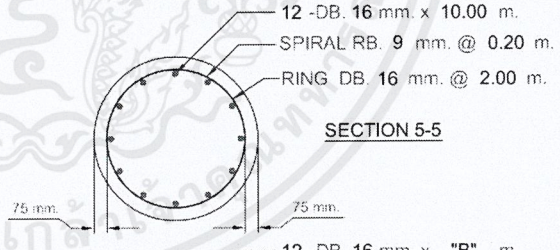


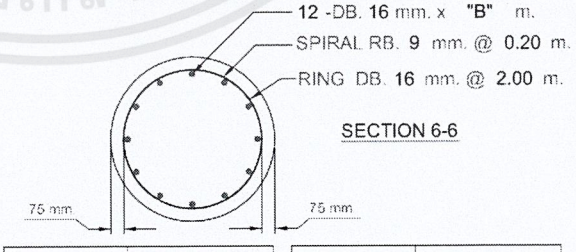












Level "A"	Length "B"
-4.925	4.975
-4.975	4.925
-5.425	4.475

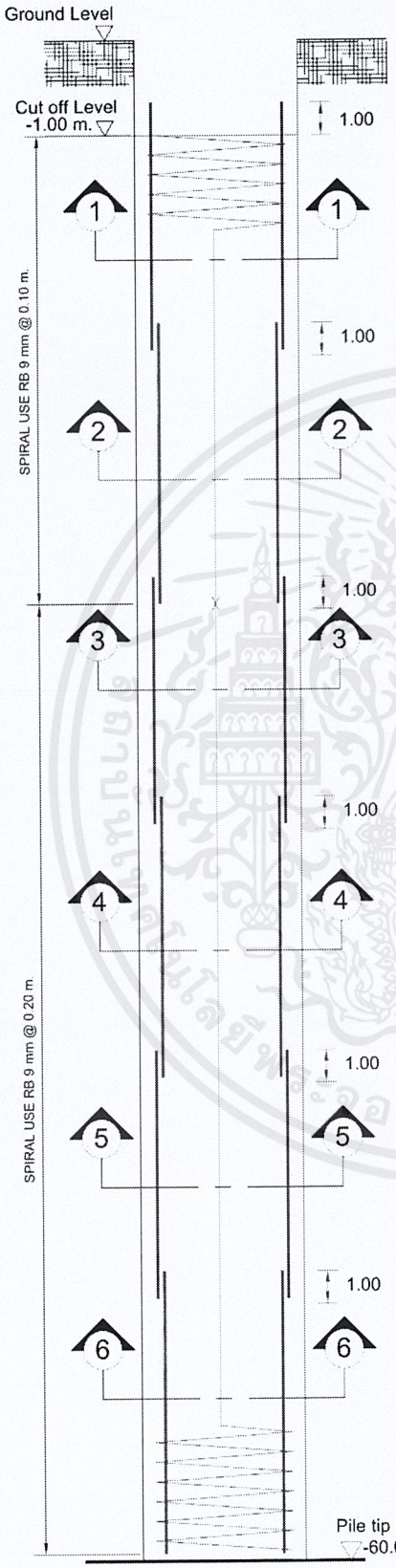
Level "A"	Length "B"
-6.725	3.175
-7.625	2.275

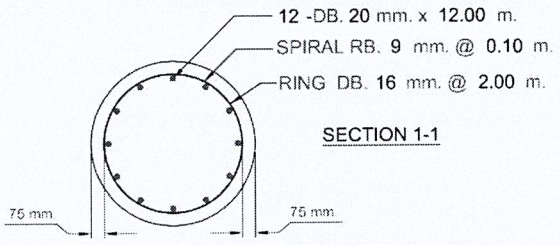
REMARK
1. CONCRETE STRENGTH fc' = 280 KSC (CYLINDER).
2. REINFORCEMENT BAR fy = 4,000 KSC.(SD40) FOR DB12 TO DB20
3. REINFORCEMENT BAR fy = 2,400 KSC.(SR24) FOR RB6 TO RB9
4. CLEAR CONCRETE COVERING = 75 mm.

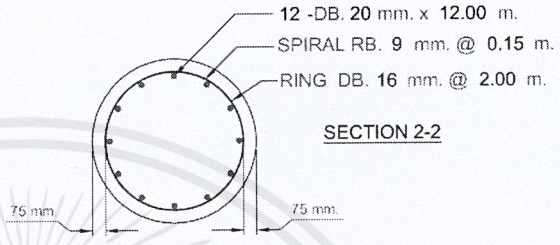
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

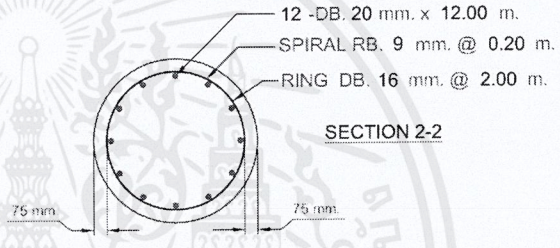
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

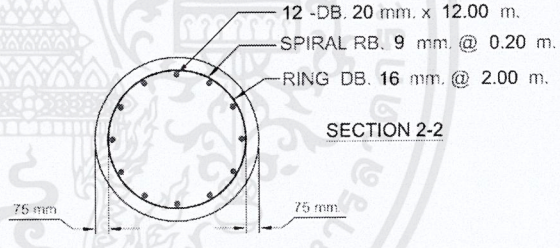
Bored Pile Ø 1000 mm.(Test Pile)

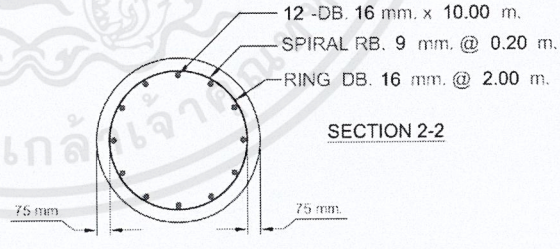


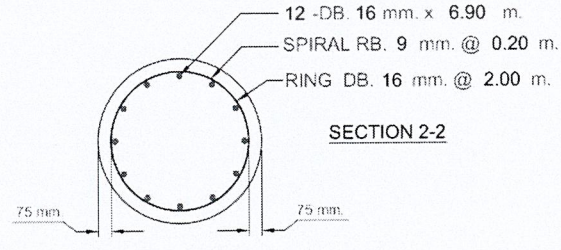








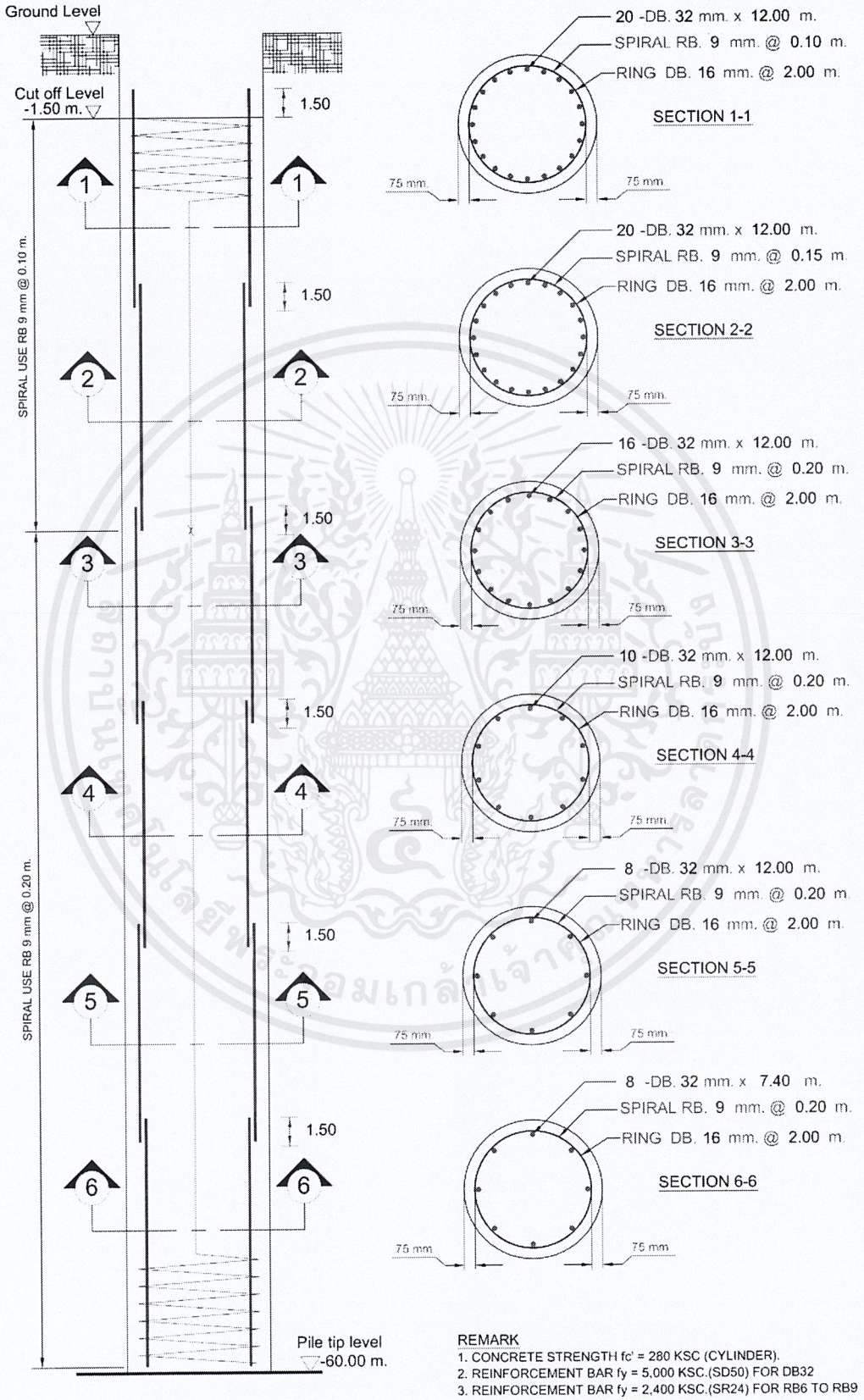




REMARK
1. CONCRETE STRENGTH fc' = 400 KSC (CYLINDER).
2. REINFORCEMENT BAR fy = 4,000 KSC.(SD40) FOR DB12 TO DB20
3. REINFORCEMENT BAR fy = 2,400 KSC.(SR24) FOR RB6 TO RB9
4. CLEAR CONCRETE COVERING = 75 mm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bored Pile Ø 1000 mm.(Anchor Pile)



REMARK
1. CONCRETE STRENGTH fc' = 280 KSC (CYLINDER).
2. REINFORCEMENT BAR fy = 5,000 KSC.(SD50) FOR DB32
3. REINFORCEMENT BAR fy = 2,400 KSC.(SR24) FOR RB6 TO RB9
4. CLEAR CONCRETE COVERING = 75 mm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

ผลทดสอบกำลังคอนกรีตด้วย Schmidt Hammer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Location : สาทร กรุงเทพมหานคร

Date : 29-30/08/62, 4-9/09/62

Type of Structure : เสาเข็มเจาะ

Test By : ทนงศักดิ์

Date	No	Pier No.	Position	Angle	Indicator Scale Readings					Reading Average	Cylinder Strength ksc	Remarks
					1	2	3	4	5			
					6	7	8	9	10			
29/08/2562	1	P1	No.1	-90	33	32	33	33	33	33	298.81	
					32	35	34	32	33			
	2		No.2	-90	35	38	38	36	40	37	358.05	
					39	39	35	36	37			
	3		No.3	-90	34	34	38	34	34	35	328.10	
					35	36	34	37	36			
	4	P2	No.1	-90	36	34	34	33	35	34	313.37	
					35	35	33	34	34			
	5		No.2	-90	34	39	36	38	34	36	342.99	
					36	34	39	35	35			
	6		No.3	-90	39	35	39	40	38	37	358.05	
					35	38	36	37	35			
	7	P3	No.1	-90	36	38	35	36	37	36	342.99	
					34	39	34	34	39			
	8		No.2	-90	38	39	38	39	38	38	373.27	
					37	39	39	38	39			
	9		No.3	-90	38	40	35	35	36	38	373.27	
					40	35	40	40	40			
	10	P4	No.1	-90	34	34	36	38	39	36	342.99	
					35	38	39	36	35			
	11		No.2	-90	39	34	36	38	37	37	358.05	
					39	34	37	38	34			
	12		No.3	-90	34	35	37	36	35	36	342.99	
					36	35	36	38	36			
	13	P5	No.1	-90	38	37	36	34	34	36	342.99	
					39	34	37	38	34			
	14		No.2	-90	40	40	41	37	41	39	388.64	
					35	36	40	38	39			
	15		No.3	-90	37	36	38	40	36	38	373.27	
					38	39	37	40	36			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Location : สาทร กรุงเทพมหานคร

Date : 29-30/08/62, 4-9/09/62

Type of Structure : เสาเข็มเจาะ

Test By : ทนงศักดิ์

Date	No	Pier No.	Position	Angle	Indicator Scale Readings					Reading Average	Cylinder Strength ksc	Remarks
					1	2	3	4	5			
					6	7	8	9	10			
29/08/2562	16	P6	No.1	-90	39	35	34	36	37	37	358.05	
					38	36	35	39	38			
	17		No.2	-90	36	35	40	38	40	38	373.27	
					36	38	37	38	39			
	18		No.3	-90	39	38	40	37	36	38	373.27	
					36	38	36	38	40			
	19	P7	No.1	-90	34	34	34	37	38	36	342.99	
					37	36	34	37	36			
	20		No.2	-90	38	39	36	34	34	36	342.99	
					38	34	36	34	35			
	21		No.3	-90	36	34	35	37	39	37	358.05	
					38	36	38	38	36			
	22	P10	No.1	-90	35	35	38	35	35	36	342.99	
					34	37	38	37	34			
	23		No.2	-90	39	39	35	38	36	37	358.05	
					36	37	36	38	40			
	24		No.3	-90	39	39	40	40	35	38	373.27	
					39	35	38	40	38			
	25	P11	No.1	-90	36	34	34	36	35	35	328.10	
					35	34	35	35	36			
	26		No.2	-90	35	34	35	35	37	36	342.99	
					39	36	40	35	37			
	27		No.3	-90	35	34	38	40	37	37	358.05	
					34	38	39	35	36			
	28	P12	No.1	-90	36	40	38	37	39	38	373.27	
					38	36	39	37	38			
	29		No.2	-90	38	40	40	40	38	38	373.27	
					37	40	36	35	37			
	30		No.3	-90	38	35	37	37	36	37	358.05	
					39	38	36	37	36			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Location : สาทร กรุงเทพมหานคร

Date : 29-30/08/62, 4-9/09/62

Type of Structure : เสาเข็มเจาะ

Test By : ทนงศักดิ์

Date	No	Pier No.	Position	Angle	Indicator Scale Readings					Reading Average	Cylinder Strength ksc	Remarks
					1	2	3	4	5			
					6	7	8	9	10			
29/08/2562	31	P43	No.1	-90	34	35	36	34	37	35	328.10	
					34	33	34	34	34			
	32		No.2	-90	36	34	34	36	34	36	342.99	
					35	36	38	39	37			
	33		No.3	-90	37	37	39	39	36	37	358.05	
					36	36	36	37	40			
	34	P46	No.1	-90	34	33	34	34	37	37	358.05	
					39	38	38	39	39			
	35		No.2	-90	34	34	38	34	38	35	328.10	
					34	37	33	36	36			
	36		No.3	-90	36	34	33	38	38	37	358.05	
					38	38	37	38	38			
	37	P132	No.1	-90	38	36	36	35	37	37	358.05	
					36	39	39	37	38			
	38		No.2	-90	36	34	34	34	34	35	328.10	
					35	37	36	35	35			
	39		No.3	-90	35	36	37	40	39	37	358.05	
					39	35	39	35	37			
	40	P133	No.1	-90	35	34	34	34	36	35	328.10	
					34	33	38	33	35			
	41		No.2	-90	34	36	33	34	33	34	313.37	
					37	33	35	36	33			
	42		No.3	-90	34	35	33	37	36	36	342.99	
					38	35	38	36	34			
	43	P134	No.1	-90	38	38	40	40	39	38	373.27	
					38	37	36	38	37			
	44		No.2	-90	40	40	35	39	39	38	373.27	
					35	38	38	39	39			
	45		No.3	-90	38	35	38	39	35	37	358.05	
					38	40	36	40	35			

DRAFT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Location : สาทร กรุงเทพมหานคร

Date : 29-30/08/62, 4-9/09/62

Type of Structure : เสาเข็มเจาะ

Test By : ทนงศักดิ์

Date	No	Pier No.	Position	Angle	Indicator Scale Readings					Reading Average	Cylinder Strength ksc	Remarks
					1	2	3	4	5			
					6	7	8	9	10			
30/08/2562	46	P17	No.1	-90	40	36	38	40	38	37	358.05	
					34	36	35	40	36			
	47		No.2	-90	40	40	40	36	40	39	388.64	
					35	40	38	40	36			
	48		No.3	-90	38	34	34	36	36	36	342.99	
					38	36	39	36	36			
	49	P18	No.1	-90	36	38	36	38	36	36	342.99	
					38	36	34	36	36			
	50		No.2	-90	34	34	32	32	35	34	313.37	
					36	35	32	36	36			
	51		No.3	-90	36	36	34	39	34	36	342.99	
					39	40	36	34	36			
	52	P19	No.1	-90	37	40	40	39	38	40	404.17	
					42	40	42	40	38			
	53		No.2	-90	36	40	38	40	36	39	388.64	
					42	38	38	38	42			
	54		No.3	-90	42	42	40	40	42	40	404.17	
					38	40	42	38	40			
	55	P20	No.1	-90	38	36	34	34	34	34	313.37	
					34	34	32	34	32			
	56		No.2	-90	34	34	36	32	32	35	328.10	
					36	37	36	36	38			
	57		No.3	-90	36	36	36	34	34	35	328.10	
					34	35	34	36	33			
	58	P49	No.1	-90	35	32	32	30	35	34	313.37	
					34	35	36	35	36			
	59		No.2	-90	36	38	36	36	38	35	328.10	
					34	32	36	34	32			
	60		No.3	-90	38	34	35	34	32	35	328.10	
					34	35	36	35	34			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Location : สาทร กรุงเทพมหานคร **Date :** 29-30/08/62, 4-9/09/62

Type of Structure : เสาเข็มเจาะ **Test By :** ทนงศักดิ์

Date	No	Pier No.	Position	Angle	Indicator Scale Readings					Reading Average	Cylinder Strength ksc	Remarks
					1	2	3	4	5			
					6	7	8	9	10			
30/08/2562	61	P66	No.1	-90	36	40	36	38	40	38	373.27	
					40	39	38	36	36			
	62		No.2	-90	32	34	36	36	38	36	342.99	
					36	35	36	38	36			
	63		No.3	-90	40	38	36	38	40	37	358.05	
					36	34	35	36	38			
	64	P78	No.1	-90	36	32	34	34	36	35	328.10	
					36	36	36	34	36			
	65		No.2	-90	40	38	40	39	34	38	373.27	
					36	38	36	38	36			
	66		No.3	-90	40	36	40	36	38	38	373.27	
					38	36	40	36	40			
	67	P90	No.1	-90	36	33	36	36	35	36	342.99	
					34	36	38	35	38			
	68		No.2	-90	34	38	32	34	32	35	328.10	
					32	36	33	36	38			
	69		No.3	-90	38	36	36	36	36	36	342.99	
					36	36	34	36	35			
	70	P147	No.1	-90	38	32	32	38	38	35	328.10	
					35	32	35	32	36			
	71		No.2	-90	36	38	34	32	36	35	328.10	
					35	34	35	36	38			
	72		No.3	-90	35	36	32	32	34	35	328.10	
					36	35	35	38	35			
	73	P149	No.1	-90	34	39	34	37	36	36	342.99	
					36	36	35	34	36			
	74		No.2	-90	34	32	36	32	32	34	313.37	
					34	36	35	36	32			
	75		No.3	-90	34	38	36	36	39	37	358.05	
					36	36	39	40	36			

DRAFT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Location : สาทร กรุงเทพมหานคร

Date : 29-30/08/62, 4-9/09/62

Type of Structure : เสาเข็มเจาะ

Test By : ทนงศักดิ์

Date	No	Pier No.	Position	Angle	Indicator Scale Readings					Reading Average	Cylinder Strength ksc	Remarks
					1	2	3	4	5			
					6	7	8	9	10			
4/09/2562	76	P23	No.1	-90	36	34	34	36	34	33	298.81	
					36	30	30	34	30			
	77		No.2	-90	32	34	34	35	36	35	328.10	
					34	36	34	35	36			
	78		No.3	-90	30	32	32	34	36	34	313.37	
					36	34	36	34	34			
	79	P25	No.1	-90	32	38	38	34	32	36	342.99	
					38	35	36	37	36			
	80		No.2	-90	32	34	34	32	36	33	298.81	
					30	34	30	36	34			
	81		No.3	-90	34	32	36	36	36	35	328.10	
					36	34	34	35	36			
	82	P31	No.1	-90	34	32	36	34	38	35	328.10	
					32	36	38	36	38			
	83		No.2	-90	36	35	37	34	34	35	328.10	
					34	33	34	36	36			
	84		No.3	-90	32	30	34	34	36	34	313.37	
					36	30	34	35	36			
	85	P33	No.1	-90	38	39	34	36	34	36	342.99	
					34	34	40	36	34			
	86		No.2	-90	34	30	32	32	31	33	298.81	
					34	36	30	34	36			
	87		No.3	-90	34	34	38	36	39	37	358.05	
					40	40	36	36	36			
	88	P144	No.1	-90	36	34	36	36	40	38	373.27	
					38	40	40	36	40			
	89		No.2	-90	37	40	36	38	34	37	358.05	
					34	39	34	39	34			
	90		No.3	-90	39	39	34	35	38	38	373.27	
					40	39	34	40	37			

DRAFT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Location : สาทร กรุงเทพมหานคร **Date :** 29-30/08/62, 4-9/09/62

Type of Structure : เสาเข็มเจาะ **Test By :** ทนงศักดิ์

Date	No	Pier No.	Position	Angle	Indicator Scale Readings					Reading Average	Cylinder Strength ksc	Remarks
					1	2	3	4	5			
					6	7	8	9	10			
4/09/2562	91	P146	No.1	-90	32	32	32	38	36	35	328.10	
					34	38	32	38	34			
	92		No.2	-90	38	34	34	39	40	37	358.05	
					36	38	37	36	38			
	93		No.3	-90	32	38	36	32	32	34	313.37	
					34	32	38	34	34			
	94	P163	No.1	-90	36	36	35	32	36	35	328.10	
					36	35	35	32	32			
	95		No.2	-90	38	36	40	36	36	37	358.05	
					40	36	36	35	38			
	96		No.3	-90	40	36	34	36	35	37	358.05	
					38	34	38	36	40			
	97	P167	No.1	-90	36	35	32	34	36	36	342.99	
					37	38	36	34	38			
	98		No.2	-90	37	32	34	38	34	35	328.10	
					34	35	36	36	36			
	99		No.3	-90	36	34	34	38	38	37	358.05	
					38	38	40	37	37			

DRAFT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Location : สาทร กรุงเทพมหานคร

Date : 29-30/08/62, 4-9/09/62

Type of Structure : เสาเข็มเจาะ

Test By : ทนงศักดิ์

Date	No	Pier No.	Position	Angle	Indicator Scale Readings					Reading Average	Cylinder Strength ksc	Remarks
					1	2	3	4	5			
					6	7	8	9	10			
9/09/2562	100	P129	No.1	-90	36	40	40	36	38	37	358.05	
					34	39	38	37	34			
	101		No.2	-90	34	34	36	32	34	34	313.37	
					38	36	32	34	34			
	102		No.3	-90	34	36	36	34	39	36	342.99	
					39	36	34	36	36			
	103	P138	No.1	-90	34	36	35	34	34	35	328.10	
					35	36	34	35	34			
	104		No.2	-90	34	34	37	36	35	36	342.99	
					36	39	35	35	39			
	105		No.3	-90	34	38	34	36	34	35	328.10	
					32	36	37	34	36			
	106	P142	No.1	-90	34	34	36	34	36	35	328.10	
					37	32	34	35	34			
	107		No.2	-90	35	34	34	36	33	35	328.10	
					33	35	36	34	35			
	108		No.3	-90	34	36	34	36	33	36	342.99	
					36	34	38	38	36			
	109	P143	No.1	-90	40	38	36	38	36	37	358.05	
					40	36	36	36	38			
	110		No.2	-90	36	36	34	34	32	36	342.99	
					38	36	38	36	38			
	111		No.3	-90	34	34	36	33	36	36	342.99	
					38	36	38	36	37			
	112	P168	No.1	-90	39	36	34	39	37	38	373.27	
					40	38	37	36	40			
	113		No.2	-90	34	36	36	34	34	36	342.99	
					37	34	38	38	36			
	114		No.3	-90	34	39	36	39	34	36	342.99	
					36	33	36	39	38			
										Average	**345.27**	
										Standard Deviation	**22.23**	
										85% Confidence	**322.23**	

DRAFT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ข้าพเจ้า นาย ธนิน งามเอกอุดมพงศ์ รหัสนักศึกษา 59010617 กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เข้าร่วมโครงการสหกิจศึกษา ประจำปีการศึกษา 2562 กับทางบริษัท นันทวัน จำกัด อยู่ตรง BTS สถานีราชดำริ ซึ่งเป็นบริษัทรับเหมาก่อสร้าง เป็นเวลา 4 เดือน โดยอยู่สำนักงานใหญ่ 1 สัปดาห์ และ ไซต์งานที่ไปคือ โครงการก่อสร้างแห่งหนึ่ง อยู่ถนน สาทรเหนือ แขวงสีลม เขตบางรัก กรุงเทพมหานคร เป็นเวลา 4 เดือน ในส่วนของงานของโครงงานสหกิจศึกษาได้ศึกษา การชำรุดของเสาเข็มเจาะระบบเปียก จากปัญหาที่ ทำให้งานก่อสร้างฐานรากล่าช้าเป็นเวลา 15 วัน ผู้ศึกษาเล็งเห็นถึงปัญหาจึงได้ทำการศึกษาถึงสาเหตุ ปัจจัย และวิธีการแก้ปัญหา โดยในโครงงานจะจัดทำเป็นปัจจัยและสาเหตุต่างๆที่ทำให้เกิดการชำรุดของเสาเข็มได้ รวมถึงหาวิธีการซ่อมแซม และให้วิธีป้องกันและแก้ปัญหาของปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นหลังการซ่อมแซม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้