การควบคุมปริมาณคอนกรีตผสมเสร็จในงานก่อสร้างเสาเข็มเจาะระบบเปียกขนาดใหญ่ในเขตกรุงเทพมหานคร

กฤษฎา ภูมี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา 2562
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

READY MIXED CONCRETE QUANTITY CONTROL FOR CONSTRUCTION OF WET PROCESS BORED PILES IN BANGKOK

KRISTDA POOMEE

A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements

Master of Engineering in Industrial Management

Academic Year 2019

Copyright of Bansomdejchaopraya Rajabhat University

ชื่อเรื่อง	**การควบคุมปริมาณคอนกรีตผสมเสร็จในงานก่อสร้างเสาเข็มเจาะระบบเปียกขนาดใหญ่ในเขตกรุงเทพมหานคร**
ชื่อผู้วิจัย	**กฤษฎา ภูมี**
สาขาวิชา	**การจัดการอุตสาหกรรม**
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	**ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นุกูล สาระวงศ์**
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	**ดร.ชาญชัย ทรัพย์มณีวงศ์**
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	**ดร.อัจฉรา ผ่องพิทยา**

มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยาอนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ดร.คณกร สว่างเจริญ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการสอบ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ทีมทรัพย์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นุกูล สาระวงศ์)

..... กรรมการ

(ดร.ชาญชัย ทรัพย์มณีวงศ์)

..... กรรมการ

(ดร.อัจฉรา ผ่องพิทยา)

..... กรรมการและเลขานุการ

(ดร.คณกร สว่างเจริญ)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

ชื่อเรื่อง **การควบคุมปริมาณคอนกรีตผสมเสร็จในงานก่อสร้างเสาเข็มเจาะระบบเปียกขนาดใหญ่ในเขตกรุงเทพมหานคร**
ชื่อผู้วิจัย **กฤษฎา ภูมี**
สาขาวิชา **การจัดการอุตสาหกรรม**
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก **ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นุกูล สาระวงศ์**
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม **อาจารย์ ดร.ชาญชัย ทรัพย์มณีวงศ์**
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม **อาจารย์ ดร.อัจฉรา ผ่องพิทยา**
ปีการศึกษา **2562**

บทคัดย่อ

งานศึกษานี้มีจุดประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาแนวทางการควบคุมปริมาณคอนกรีตผสมเสร็จในงานก่อสร้างเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่ในเขตกรุงเทพมหานคร โดยศึกษาปัญหาของปริมาณการใช้คอนกรีตที่เทลงในหลุมเจาะในการก่อสร้างเสาเข็มเจาะ จากการรวบรวมเก็บข้อมูลการเทคอนกรีตผสมเสร็จรวมรวมข้อมูลการเทคอนกรีตเสาเข็มเจาะจากหน่วยงานก่อสร้างเสาเข็มเจาะโครงการในเขตกรุงเทพมหานคร งานวิจัยนี้จะทำการเปรียบเทียบปริมาณคอนกรีตจากการคำนวณกับปริมาณคอนกรีตที่ใช้จริง และ 2) ศึกษาหาค่าความเหมาะสมของปริมาณคอนกรีตจำเป็นต้องใช้ในการดำเนินการ ในทุกกระบวนการของการควบคุมปริมาณคอนกรีตผสมเสร็จในก่อสร้างเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่ เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้รับเหมาก่อสร้างสามารถนำไปปรับปรุงระบบที่ใช้อยู่เดิมให้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้งานวิจัยนี้จะทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ โดยการนำข้อมูลปริมาณคอนกรีตที่จะต้องเทลงไปในหลุมเจาะมาสรุปและเปรียบเทียบผล

ผลการศึกษาพบว่า

1. ปริมาณคอนกรีตผสมเสร็จในงานก่อสร้างเสาเข็มเจาะระบบเปียกขนาดใหญ่ที่ใช้จริงมากกว่าที่ออกแบบไว้อยู่ที่ 4.4 % ปริมาณคอนกรีตผสมเสร็จที่สั่งเกินจากการใช้ เฉลี่ยอยู่ที่ 5.6 จะประหยัดเงินสูญเสียเปล่าในการสั่งเผื่อคอนกรีต 10 %ได้ถึง 6,216,952 บาท (ผลต่างราคา 10% - ผลต่างราคา 5%)

2. ในรูปของการพล๊อตกราฟจะได้ข้อมูลการใช้คอนกรีตที่ปริมาณการสั่งมากกว่าที่ได้คำนวณออกแบบอยู่ที่ 10 %

3. ในรูปของการพล๊อตกราฟจะได้ข้อมูลค่าเฉลี่ยของคอนกรีตที่สั่งน้อยกว่าที่ใช้จริง 17.2% (หลุมที่เกิดอุบัติเหตุหลุมพัง)ในส่วนนี้สามารถแก้ปัญหาและป้องกันได้โดยควบคุมสารละลายเบนโทไนท์และสารละลายโพลิเมอร์ซึ่งมีคุณสมบัติแบบดินเหนียวแต่มีความละเอียดอ่อนกว่ามากโดยใช้เคลือบขอบหลุมเจาะเพื่อป้องกันการพังทะลายของขอบหลุมเสาเข็มเจาะในกรณีที่ไม่นับรวมหลุมพังซึ่งเป็นกรณีที่เกิดขึ้นได้น้อยมากเกิดขึ้นได้ไม่บ่อยนักมูลค่าเฉลี่ยที่สั่งมากกว่าใช้งานจริงสูงสุด 5.5% ต่ำสุด -7.4% ค่าเฉลี่ย 0.7 %

คำสำคัญ : คอนกรีตผสมเสร็จ เสาเข็มเจาะระบบเปียก คอนกรีตส่วนเกิน คอนกรีตเผื่อ

Title	**Ready Mixed Concrete Quantity Control For Construction of Wet Process Bored Piles in Bangkok**
Author	**Kristda Poomee**
Program	**Industrial Management**
Major Advisor	**Assistant Professor Dr.Nukul Sarawong**
Co-advisor	**Dr.Chanchai Submaneewong**
Co-advisor	**Dr.Achara Pongpettaya**
Academic Year	**2019**

ABSTRACT

The purpose of this research is to study 1) the guidelines for controlling the quantity of ready mixed concrete in the construction of large diameter bored piles in Bangkok. To study the problem of using concrete in the construction area, the collecting of ready-mixed concreting data, including pouring concrete data from bored pile construction site in Bangkok. This research will compare the concrete quantity calculated from the actual concrete quantity to find the suitable value of the ready mixed concrete. and 2) The analysis results can be used as a guideline to process the method statement and some documents that need to be taken. In every process of controlling the quantity of ready-mixed concrete in the construction of large diameter bored piles to provide a way for the contractor to be able to improve the existing procedure. In addition, this research will analyze data to find economic value by taking the data of concrete quantity that must be poured into the drill hole as well to summarize and compare the results.

The findings were found as follows:

1. The quantity of ready-mixed concrete in the construction of bored pile piles in the actual size that is used more than designed about 4.4%. The quantity of ready-mixed concrete ordered more exceeds than the use is 5.6% save money, wasting money on orders for 10% concrete up to 6,216,952 baht (10% price difference - 5% price difference)

2. In the form of plot graph, you will get concrete usage data with the order quantity greater than the calculated design 10%

3. In the form of plotting graphs, the average data of the ordered concrete is less than the actual use of 17.2% (the hole in which the hole is broken). In this part, the problem can be solved and prevented by controlling the solution. tonite and polymer solutions, which have clay properties, but are much more delicate, by using the bore edge coating to prevent the erosion of the bored pile edges.

Keywords: Read ymixed concrete,Wet bored pile Excess concrete, Reinforced concrete

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจากคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ โดยมีรองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ทีฑทรัพย์ ประธานกรรมการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นุกูล สาระวงศ์และดร.ชาญชัย ทรัพย์มณีวงศ์ กรรมการ ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางที่ถูกต้อง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ และเอาใจใส่ด้วยดีตลอดมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่งและขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์โดยมี ดร.อัจฉรา ผ่องพิทยา กรรมการและ ดร.อัครวัฒน์ ดวงนิล กรรมการ ที่ให้ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะทำให้วิทยานิพนธ์มีความสมบูรณ์มากขึ้น ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิและผู้บริหาร คุณเฉลิมพล มโนสุธิสาร วิศวกรโครงการบริษัทซีฟโก้ (มหาชน) จำกัด ที่อำนวยความสะดวก ตลอดจนให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างดียิ่ง

ขอขอบคุณผู้เกี่ยวข้องทุกท่าน ที่มีส่วนช่วยทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาการก่อสร้างเสาเข็มเจาะ

กฤษฎา ภูมี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ค
กิตติกรรมประกาศ ..... จ
สารบัญ ..... ฉ
สารบัญภาพ ..... ซ
สารบัญตาราง ..... ฎ
บทที่ 1 บทนำ 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3
ขอบเขตของการวิจัย 4
ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย 4
นิยามศัพท์เฉพาะ 5
กรอบแนวคิดในการวิจัย 6
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 7
แนวคิดเกี่ยวกับงานก่อสร้างเสาเข็มเจาะ 7
แนวคิดเกี่ยวกับคอนกรีตผสมเสร็จ 25
แนวคิดเกี่ยวกับการควบคุมปริมาณคอนกรีตผสมเสร็จของเสาเข็มเจาะ 27
แนวคิดเกี่ยวกับการควบคุมต้นทุนงานก่อสร้าง 35
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 38
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 40
ขั้นตอนที่ 1 กำหนดกรอบวิจัยแนวคิดในการวิจัย 42
ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาปัญหาของปริมาณคอนกรีตที่เทลงในหลุมเจาะในงานก่อสร้างเสาเข็ม 42
ขั้นตอนที่ 3 หาค่าความเหมาะสมของปริมาณคอนกรีตผสมเสร็จ 43
ขั้นตอนที่ 4 เปรียบเทียบปริมาณคอนกรีตที่ได้จากการคำนวณกับปริมาณคอนกรีตที่ใช้จริง 43

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ขั้นตอนที่ 5 การประเมินหาค่าความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ 44
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 45
ผลการศึกษาปัญหาของปริมาณคอนกรีตที่เทลงในหลุมเจาะในงานก่อสร้าง 45
เปรียบเทียบปริมาณคอนกรีตจากการคำนวณกับปริมาณที่ใช้จริง 54
หาค่าความเหมาะสมของปริมาณคอนกรีตที่เทลงในหลุมเจาะ 125
การประเมินเชิงเศรษฐศาสตร์ 130
บทที่ 5 สรุปผล อภิปลายผล และข้อเสนอแนะ 140
สรุปผลการวิจัย 140
อภิปรายผล 149
ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้ 150
ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป 150
บรรณานุกรม 151
ภาคผนวก 153
ภาคผนวก ก ข้อมูลการเทคอนกรีตและค่าเป็นเงินส่วนเกินจากโครงการก่อสร้าง 154
ภาคผนวก ข รายละเอียดข้อมูลสภาพลักษณะของดินชั้นล่าง 157
ภาคผนวก ค รายละเอียดการบันทึกข้อมูลการเทคอนกรีตการก่อสร้างเสาเข็มเจาะ 165
ภาคผนวก ง ใบตอบรับบทความและใบประกาศ 172
ประวัติผู้วิจัย 176

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	รูปตัดแสดงชั้นดินในกรุงเทพมหานคร	2
2	กรอบแนวคิดในการวิจัย	6
3	การขุดเจาะดินด้วยรถขุดเจาะตีนตะขาบ	9
4	การขุดเจาะดินด้วยหัวเจาะแบบถัง (Bucket)	12
5	แสดงขั้นตอนการติดตั้งปลอกเหล็ก (Casing) ลงในหลุมเจาะ	13
6	ปลอกเหล็ก (Casing)	14
7	การสูบน้ำทำความสะอาดบริเวณหลุมเจาะ	15
8	โครงเหล็กเสริม	17
9	ปลอกเหล็กกันพัง (Casing)	18
10	แสดงวิธีการสูบอัดสารเบนโทไนท์	23
11	การเติมสารละลายรักษาเสถียรภาพหลุมเจาะ	24
12	การติดตั้งท่อสำหรับเทคอนกรีต	30
13	การเทคอนกรีตผ่านท่อTermie Pip	33
14	การถอนปลอกเหล็ก (Casing)	34
15	กระบวนการดำเนินการวิจัย	41
16	แบบก่อสร้างผังเสาเข็มเจาะและแบบรายละเอียดการลงเหล็กเสริมเสาเข็มเจาะ	46
17	บันทึกการเจาะเสาเข็ม	47
18	ลักษณะปัญหาที่เกิดจากขอบหลุมพังและมีน้ำสะสมอยู่ในช่องว่าง	50
19	ลักษณะของเสาเข็มเจาะที่เกิดปัญหาขอบหลุมพัง	51
20	การเผื่อคอนกรีตส่วนหัวเข็ม (เผื่อ 1)	52
21	การเผื่อคอนกรีตจากการพังของดิน (เผื่อ 2)	53
22	กราฟแสดงปริมาณที่สั่งมากกว่าออกแบบหน่วยลูกบาศก์เมตร โครงการสุขุมวิท 18	69
23	กราฟแสดงปริมาณที่สั่งมากกว่าออกแบบหน่วยเปอร์เซ็นต์โครงการสุขุมวิท 18	69
24	กราฟแสดงปริมาณที่ใช้จริงมากกว่าออกแบบหน่วยลูกบาศก์เมตร โครงการสุขุมวิท18	70
25	กราฟแสดงปริมาณที่ใช้จริงมากกว่าออกแบบหน่วยเปอร์เซ็นต์โครงการสุขุมวิท 18	70
26	กราฟแสดงปริมาณที่สั่งมากกว่าใช้จริงหน่วยลูกบาศก์เมตร โครงการสุขุมวิท18	71
27	กราฟแสดงปริมาณที่สั่งมากกว่าใช้จริงหน่วยเปอร์เซ็นต์โครงการสุขุมวิท 18	72

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
28	กราฟแสดงเปรียบเทียบปริมาณคอนกรีตจำนวน 280 ต้น โครงการสุขุมวิท 18	72
29	กราฟแสดงปริมาณที่สั่งมากกว่าออกแบบหน่วยลูกบาศก์เมตร โครงการสุขุมวิท 24	84
30	กราฟแสดงปริมาณที่สั่งมากกว่าออกแบบหน่วยเปอร์เซ็นต์โครงการสุขุมวิท 24	84
31	กราฟแสดงปริมาณที่ใช้จริงมากกว่าออกแบบหน่วยลูกบาศก์เมตร โครงการสุขุมวิท 24	85
32	กราฟแสดงปริมาณที่ใช้จริงมากกว่าออกแบบหน่วยเปอร์เซ็นต์โครงการสุขุมวิท 24	85
33	กราฟแสดงปริมาณที่สั่งมากกว่าใช้จริงหน่วยลูกบาศก์เมตร โครงการสุขุมวิท 24	86
34	กราฟแสดงปริมาณที่สั่งมากกว่าใช้จริงหน่วยเปอร์เซ็นต์โครงการสุขุมวิท 24	86
35	กราฟแสดงเปรียบเทียบปริมาณคอนกรีตจำนวน 220 ต้น โครงการสุขุมวิท 24	87
36	กราฟแสดงปริมาณคอนกรีตที่สั่งมากกว่าออกแบบหน่วยลูกบาศก์เมตร โครงการสุขุมวิท 42	98
37	กราฟแสดงปริมาณคอนกรีตที่สั่งมากกว่าออกแบบหน่วยเปอร์เซ็นต์โครงการสุขุมวิท 42	98
38	กราฟแสดงปริมาณที่ใช้จริงมากกว่าออกแบบหน่วยลูกบาศก์เมตร โครงการสุขุมวิท 42	99
39	กราฟแสดงปริมาณที่ใช้จริงมากกว่าออกแบบหน่วยเปอร์เซ็นต์โครงการสุขุมวิท 42	99
40	กราฟแสดงปริมาณที่สั่งมากกว่าใช้จริงหน่วยลูกบาศก์เมตร โครงการสุขุมวิท 42	100
41	กราฟแสดงปริมาณที่สั่งมากกว่าใช้จริงหน่วยเปอร์เซ็นต์โครงการสุขุมวิท 42	100
42	กราฟแสดงเปรียบเทียบปริมาณคอนกรีตจำนวน 200 ต้น โครงการสุขุมวิท 42	101
43	กราฟแสดงปริมาณคอนกรีตที่สั่งมากกว่าออกแบบหน่วยลูกบาศก์เมตร โครงการสถานทูตญี่ปุ่น	110
44	กราฟแสดงปริมาณที่สั่งมากกว่าออกแบบหน่วยเปอร์เซ็นต์โครงการสถานทูตญี่ปุ่น	110
45	กราฟแสดงปริมาณที่ใช้จริงมากกว่าออกแบบหน่วยลูกบาศก์เมตร โครงการสถานทูตญี่ปุ่น	111
46	กราฟแสดงปริมาณที่ใช้จริงมากกว่าออกแบบหน่วยเปอร์เซ็นต์โครงการสถานทูตญี่ปุ่น	111
47	กราฟแสดงปริมาณที่สั่งมากกว่าใช้จริงหน่วยลูกบาศก์เมตร โครงการสถานทูตญี่ปุ่น	112

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
48	กราฟแสดงปริมาณที่สั่งมากกว่าใช้จริงหน่วยเปอร์เซ็นต์โครงการสถานทูตญี่ปุ่น	112
49	กราฟแสดงเปรียบเทียบปริมาณคอนกรีตจำนวน 150 ต้น โครงการสถานทูตญี่ปุ่น	113
50	กราฟแสดงปริมาณคอนกรีตที่สั่งมากกว่าออกแบบหน่วยลูกบาศก์เมตร โครงการมหาวิทยาลัยหอการค้า	121
51	กราฟแสดงปริมาณที่สั่งมากกว่าออกแบบหน่วยเปอร์เซ็นต์ โครงการมหาวิทยาลัยหอการค้า	122
52	กราฟแสดงปริมาณที่ใช้จริงมากกว่าออกแบบหน่วยลูกบาศก์เมตร โครงการมหาวิทยาลัยหอการค้า	122
53	กราฟแสดงปริมาณที่ใช้จริงมากกว่าออกแบบหน่วยเปอร์เซ็นต์โครงการมหาวิทยาลัยหอการค้า	123
54	กราฟแสดงปริมาณที่สั่งมากกว่าใช้จริงหน่วยลูกบาศก์เมตร โครงการมหาวิทยาลัยหอการค้า	123
55	กราฟแสดงปริมาณที่สั่งมากกว่าใช้จริงหน่วยเปอร์เซ็นต์โครงการมหาวิทยาลัยหอการค้า	124
56	กราฟแสดงเปรียบเทียบปริมาณคอนกรีตจำนวน 150 ต้น โครงการมหาวิทยาลัยหอการค้า	124
57	ปริมาณการสั่งคอนกรีตมากกว่าออกแบบคิดเป็นลูกบาศก์เมตรรวม 5 โครงการ	126
58	ปริมาณการสั่งคอนกรีตมากกว่าออกแบบคิดเป็นเปอร์เซ็นต์รวม 5 โครงการ	127
59	ปริมาณคอนกรีตที่ใช้จริงมากกว่าที่ออกแบบคิดเป็นลูกบาศก์เมตรรวมทั้ง 5 โครงการ	127
60	ปริมาณคอนกรีตที่ใช้จริงมากกว่าที่ออกแบบคิดเป็นเปอร์เซ็นต์รวม 5 โครงการ	128
61	ปริมาณการสั่งคอนกรีตมากกว่าคอนกรีตที่ใช้จริงคิดเป็นลูกบาศก์เมตรรวม 5 โครงการ	129
62	ปริมาณการสั่งคอนกรีตมากกว่าคอนกรีตที่ใช้จริงคิดเป็นเปอร์เซ็นต์รวม 5 โครงการ	129
63	เปรียบเทียบปริมาณคอนกรีตที่ออกแบบกับปริมาณคอนกรีตที่สั่งกับปริมาณคอนกรีตที่ใช้จริงของเสาเข็มลำดับต้นที่ 1 - 500	130

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
64	เปรียบเทียบปริมาณคอนกรีตที่ออกแบบกับปริมาณคอนกรีตที่สั่งกับปริมาณคอนกรีตที่ใช้จริงของเสาเข็มลำดับต้นที่ 500 -1000	131
65	ปริมาณคอนกรีตที่ใช้จริงมากกว่าที่ปริมาณที่ออกแบบหน่วยลูกบาศก์เมตร	132
66	ปริมาณคอนกรีตที่ใช้จริงมากกว่าที่ปริมาณที่ออกแบบหน่วยเปอร์เซ็นต์	132
67	ค่าปริมาณคอนกรีตที่สั่งมากกว่าที่เทจริงหน่วยลูกบาศก์เมตร	133
68	ค่าปริมาณคอนกรีตที่สั่งมากกว่าที่เทจริงหน่วยเปอร์เซ็นต์	133
69	ปริมาณคอนกรีตที่ใช้จริงมากกว่าที่ปริมาณที่ออกแบบหน่วยลูกบาศก์เมตรและหน่วยเปอร์เซ็นต์ (กรณีไม่นับรวมหลุมพัง)	146
70	ปริมาณคอนกรีตที่สั่งมากกว่าที่เทจริงหน่วยลูกบาศก์เมตรและหน่วยเปอร์เซ็นต์ (กรณีไม่นับรวมหลุมพัง)	147

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	คุณสมบัติของสารละลาย	22
2	คุณสมบัติของสารละลายเบนโทไนท์	22
3	จำนวนเสาเข็มเจาะและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเสาเข็มเจาะ 5 โครงการ	45
4	บันทึกการเทคอนกรีตเสาเข็มเจาะ	48
5	ปริมาณการเทคอนกรีต overbreakค่าใช้จ่ายส่วนเกินโครงการสุขุมวิทซอย 18 ต้นที่ 1-25	56
6	ปริมาณการเทคอนกรีต overbreakค่าใช้จ่ายส่วนเกินโครงการสุขุมวิทซอย 18 ต้นที่ 26-50	57
7	ปริมาณการเทคอนกรีต overbreakค่าใช้จ่ายส่วนเกินโครงการสุขุมวิทซอย 18 ต้นที่ 51-75	58
8	ปริมาณการเทคอนกรีต overbreakค่าใช้จ่ายส่วนเกินโครงการสุขุมวิทซอย 18 ต้นที่ 76 -100	59
9	ปริมาณการเทคอนกรีต overbreakค่าใช้จ่ายส่วนเกินโครงการสุขุมวิทซอย 18 ต้นที่100 -125	60
10	ปริมาณการเทคอนกรีต overbreakค่าใช้จ่ายส่วนเกินโครงการสุขุมวิทซอย 18 ต้นที่ 126-150	61
11	ปริมาณการเทคอนกรีต overbreakค่าใช้จ่ายส่วนเกินโครงการสุขุมวิทซอย 18 ต้นที่151-175	62
12	ปริมาณการเทคอนกรีต overbreakค่าใช้จ่ายส่วนเกินโครงการสุขุมวิทซอย 18 ต้นที่ 176-200	63
13	ปริมาณการเทคอนกรีต overbreakค่าใช้จ่ายส่วนเกินโครงการสุขุมวิทซอย 18 ต้นที่ 201-225	64
14	ปริมาณการเทคอนกรีต overbreakค่าใช้จ่ายส่วนเกินโครงการสุขุมวิทซอย 18 ต้นที่ 226 -250	65
15	ปริมาณการเทคอนกรีต overbreakค่าใช้จ่ายส่วนเกินโครงการสุขุมวิทซอย 18 ต้นที่ 251-265	66

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
16	ปริมาณการเทคอนกรีต overbreakค่าใช้จ่ายส่วนเกินโครงการสุขุมวิทซอย 18 ต้นที่ 266-280	67
17	แสดงปริมาณที่แตกต่างและอัตราส่วนเกิน (overbreak) ของคอนกรีต 280 ต้น โครงการสุขุมวิท18	68
18	ปริมาณการเทคอนกรีต overbreakค่าใช้จ่ายส่วนเกินโครงการสุขุมวิทซอย 24 ต้นที่ 1-20	74
19	ปริมาณการเทคอนกรีต overbreakค่าใช้จ่ายส่วนเกินโครงการสุขุมวิทซอย 24 ต้นที่ 21-45	75
20	ปริมาณการเทคอนกรีต overbreakค่าใช้จ่ายส่วนเกินโครงการสุขุมวิทซอย 24 ต้นที่ 46-70	76
21	ปริมาณการเทคอนกรีต overbreakค่าใช้จ่ายส่วนเกินโครงการสุขุมวิทซอย 24 ต้นที่ 71-95	77
22	ปริมาณการเทคอนกรีต overbreakค่าใช้จ่ายส่วนเกินโครงการสุขุมวิทซอย 24 ต้นที่ 96 -120	78
23	ปริมาณการเทคอนกรีต overbreakค่าใช้จ่ายส่วนเกินโครงการสุขุมวิทซอย 24 ต้นที่ 121-145	79
24	ปริมาณการเทคอนกรีต overbreakค่าใช้จ่ายส่วนเกินโครงการสุขุมวิทซอย 24 ต้นที่ 146-170	80
25	ปริมาณการเทคอนกรีต overbreakค่าใช้จ่ายส่วนเกินโครงการสุขุมวิทซอย 24 ต้นที่ 171-195	81
26	ปริมาณการเทคอนกรีต overbreakค่าใช้จ่ายส่วนเกินโครงการสุขุมวิทซอย 24 ต้นที่ 196-220	82
27	แสดงปริมาณที่แตกต่างและอัตราส่วนเกิน(overbreak)ของคอนกรีต 220 ต้น โครงการสุขุมวิท 24	83
28	ปริมาณการเทคอนกรีต overbreakค่าใช้จ่ายส่วนเกินโครงการสุขุมวิทซอย 24 ต้นที่ 1-20	88

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

29 ปริมาณการเทคอนกรีต overbreak ค่าใช้จ่ายส่วนเกินโครงการสุขุมวิทซอย 42 ต้นที่ 21-45 89

30 ปริมาณการเทคอนกรีต overbreak ค่าใช้จ่ายส่วนเกินโครงการสุขุมวิทซอย 42 ต้นที่ 46-70 90

31 ปริมาณการเทคอนกรีต overbreak ค่าใช้จ่ายส่วนเกินโครงการสุขุมวิทซอย 42 ต้นที่ 71-95 91

32 ปริมาณการเทคอนกรีต overbreakค่าใช้จ่ายส่วนเกินโครงการสุขุมวิทซอย 42 ต้นที่ 96-120 92

33 ปริมาณการเทคอนกรีต overbreak ค่าใช้จ่ายส่วนเกินโครงการสุขุมวิทซอย 42 ต้นที่ 121-145 93

34 ปริมาณการเทคอนกรีต overbreakค่าใช้จ่ายส่วนเกินโครงการสุขุมวิทซอย 42 ต้นที่ 146-170 94

35 ปริมาณการเทคอนกรีต overbreak ค่าใช้จ่ายส่วนเกินโครงการสุขุมวิทซอย 42 ต้นที่ 171-190 95

36 ปริมาณการเทคอนกรีต overbreak ค่าใช้จ่ายส่วนเกินโครงการสุขุมวิทซอย 42 ต้นที่ 190-200 96

37 แสดงปริมาณที่แตกต่างและอัตราส่วนเกิน(overbreak) ของคอนกรีต 200 ต้น โครงการสุขุมวิท 42 97

38 ปริมาณการเทคอนกรีต overbreakค่าใช้จ่ายส่วนเกินโครงการสถานทูตญี่ปุ่น ต้นที่ 1-20 102

39 ปริมาณการเทคอนกรีต overbreakค่าใช้จ่ายส่วนเกินโครงการสถานทูตญี่ปุ่น ต้นที่ 21-45 103

40 ปริมาณการเทคอนกรีต overbreakค่าใช้จ่ายส่วนเกินโครงการสถานทูตญี่ปุ่น ต้นที่ 46-70 104

41 ปริมาณการเทคอนกรีต overbreakค่าใช้จ่ายส่วนเกินโครงการสถานทูตญี่ปุ่น ต้นที่ 71-95 105

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
42	ปริมาณการเทคอนกรีต overbreakค่าใช้จ่ายส่วนเกินโครงการสถานทูตญี่ปุ่น ต้นที่ 96-120	106
43	ปริมาณการเทคอนกรีต overbreakค่าใช้จ่ายส่วนเกินโครงการสถานทูตญี่ปุ่น ต้นที่ 121-135	107
44	ปริมาณการเทคอนกรีต overbreakค่าใช้จ่ายส่วนเกินโครงการสถานทูตญี่ปุ่น ต้นที่ 136-150	108
45	แสดงปริมาณที่แตกต่างและอัตราส่วนเกิน(overbreak)คอนกรีต150 ต้น โครงการสถานทูตญี่ปุ่น	109
46	ปริมาณการเทคอนกรีต overbreakค่าใช้จ่ายส่วนเกินโครงการมหาวิทยาลัยหอการค้า ต้นที่ 1-20	114
47	ปริมาณการเทคอนกรีต overbreakค่าใช้จ่ายส่วนเกินโครงการมหาวิทยาลัยหอการค้า ต้นที่ 21-45	115
48	ปริมาณการเทคอนกรีต overbreakค่าใช้จ่ายส่วนเกินโครงการมหาวิทยาลัยหอการค้า ต้นที่ 46-70	116
49	ปริมาณการเทคอนกรีต overbreakค่าใช้จ่ายส่วนเกินโครงการมหาวิทยาลัยหอการค้า ต้นที่ 71-95	117
50	ปริมาณการเทคอนกรีoverbreakค่าใช้จ่ายส่วนเกินโครงการมหาวิทยาลัยหอการค้า ต้นที่ 96-120	118
51	ปริมาณการเทคอนกรีต overbreak ค่าใช้จ่ายส่วนเกินโครงการมหาวิทยาลัยหอการค้า ต้นที่ 121-135	119
52	ปริมาณการเทคอนกรีต overbreakค่าใช้จ่ายส่วนเกินโครงการมหาวิทยาลัยหอการค้า ต้นที่ 136-150	120
53	แสดงปริมาณที่แตกต่างและอัตราส่วนเกิน overbreak คอนกรีต 150 ต้นโครงการ มหาวิทยาลัยหอการค้า	121
54	ราคาคอนกรีตผสมเสร็จ	134

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

55 เปรียบเทียบปริมาณคอนกรีตที่ได้จากการคำนวณกับปริมาณคอนกรีตที่ใช้จริง 135

56 สรุปค่าเฉลี่ย%คอนกรีตที่ใช้เทจริงมากที่ออกแบบและค่าเฉลี่ย%คอนกรีตที่สั่งเกินจากใช้เทจริง 5 ขนาด 5 โครงการ 136

57 ผลต่างของปริมาณคอนกรีตที่สั่งเผื่อ 10%และ 5% 137

58 แสดงความเห็นผลกระทบในด้านต่างๆของนักวิชาการด้านวิศวกรรมโยธาในการควบคุมปริมาณคอนกรีตผสมเสร็จในงานก่อสร้างเสาเข็มเจาะระบบเปียกขนาดใหญ่ในเขตกรุงเทพมหานครค่าเฉลี่ยที่เหมาะสมในการสั่งคอนกรีตเผื่อควรจะอยู่ที่ 5 % เหมาะสมมากที่สุด 138

59 แสดงการให้น้ำหนักของคำตอบเกี่ยวกับความคิดเห็นที่มีต่อแนวทางการควบคุมปริมาณการเทคอนกรีตเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่ในงานก่อสร้าง ในการสั่งคอนกรีตเผื่อที่ 5% 139

60 ผลต่างของปริมาณคอนกรีตที่สั่งเผื่อ 10% และ 5 %โครงการสุขุมวิทซอย 18 140

61 ผลต่างของปริมาณคอนกรีตที่สั่งเผื่อ 10% และ 5 %โครงการสุขุมวิทซอย 24 141

62 ผลต่างของปริมาณคอนกรีตที่สั่งเผื่อ 10% และ 5 %โครงการสุขุมวิทซอย 42 142

63 ผลต่างของปริมาณคอนกรีตที่สั่งเผื่อ 10% และ 5 %โครงการสถานทูตญี่ปุ่น 143

64 ผลต่างของปริมาณคอนกรีตที่สั่งเผื่อ 10% และ 5 %โครงการมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย 144

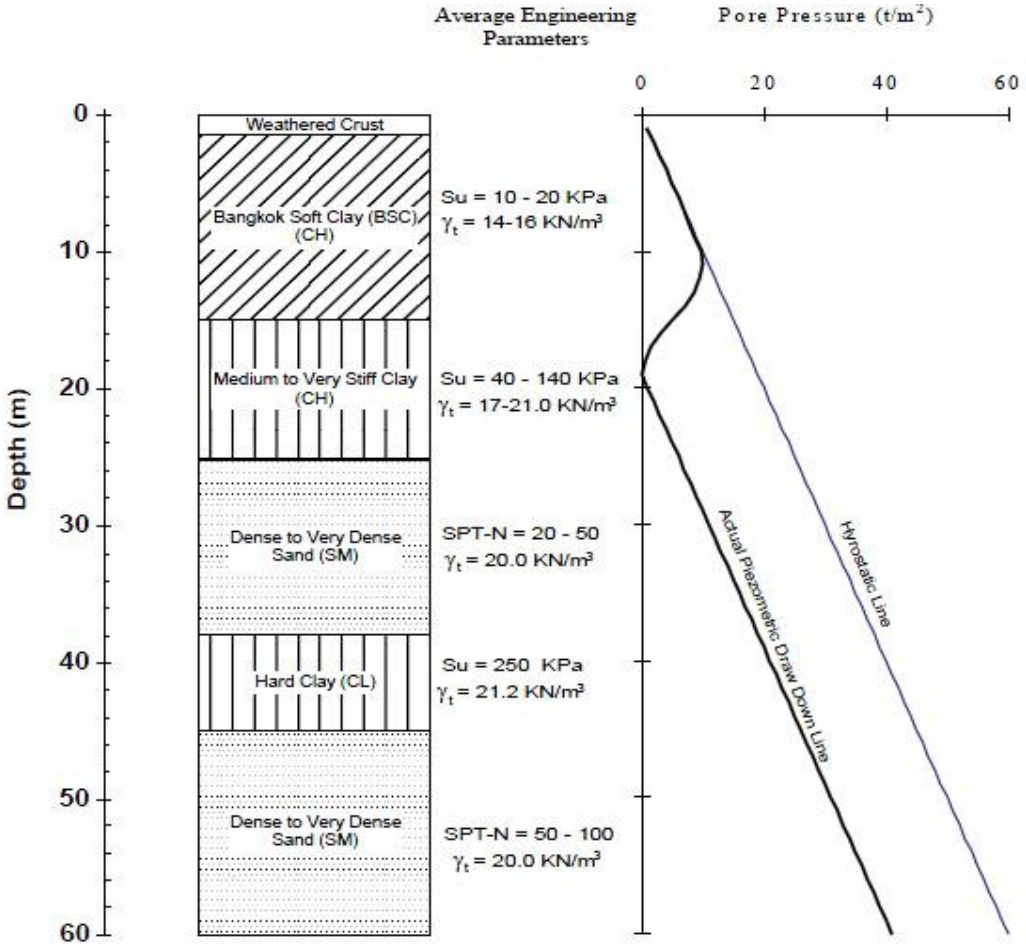
65 รวมค่าเฉลี่ยผลต่างของปริมาณคอนกรีตที่สั่งเผื่อ 10% และ 5% ทั้งหมด 5โครงการ 145

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

งานก่อสร้างเป็นโครงการที่มีลักษณะและวิธีการทำงานที่ยุ่งยากและสลับซับซ้อน มีส่วนประกอบที่ต้องใช้ทรัพยากรมาเกี่ยวข้องที่สำคัญคือ คน วัสดุ เครื่องจักร เครื่องมือ เงินทุน ส่วนประกอบเหล่านี้ถูกนำมารวมกันอย่างเหมาะสมเพื่อให้สำเร็จลุล่วงตามงานที่กำหนดไว้ ผู้ดำเนินการก่อสร้างโดยทั่วไปใช้วิธีการผสมผสานกันระหว่างงานทางด้านเทคนิค งานทางด้านการเงิน และการบริหารงานการก่อสร้างเพื่อให้ได้โครงการการก่อสร้างที่ต้องมีประสิทธิภาพมากที่สุดและบรรลุเป้าหมายโดยต้องมีการใช้ทรัพยากรต่างๆที่กล่าวไว้ให้ได้อย่างเหมาะสม และที่สำคัญคือต้องประหยัดให้ได้มากที่สุดเนื่องจากราคาค่าก่อสร้างวัสดุที่ใช้ในงานก่อสร้างและค่าแรงงานได้สูงขึ้นตามสภาวะเศรษฐกิจที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา (วิสูตร จิระดำเกิง, 2550, น.15) การดำเนินงานของอุตสาหกรรมงานก่อสร้างก็เหมือนอุตสาหกรรมประเภทอื่นๆซึ่งมีวัตถุประสงค์ที่จะลดต้นทุนของโครงการก่อสร้างให้ต่ำสุด เพื่อให้เกิดกำไรสูงสุด จึงอาจกล่าวได้ว่าเงินเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งในการพิจารณาความสำเร็จของโครงการ ดังนั้น จุดประสงค์หลักของผู้รับเหมาก่อสร้าง ก็คือต้องพยายามทำให้งานแล้วเสร็จ ทันตามกำหนดเวลาโดยมีต้นทุนของการก่อสร้างอยู่ภายในงบประมาณที่ได้กำหนดเอาไว้ (วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, 2546, น.8) งานก่อสร้างอาคารสูง อาคารสาธารณะขนาดใหญ่ และโครงการขนส่งมวลชนขนาดใหญ่จำนวนมาก ซึ่งต้องใช้เสาเข็มเจาะที่มีความลึก และมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 60 เซนติเมตรขึ้นไปเป็นตัวรับน้ำหนักของอาคารดังกล่าว งานก่อสร้างเสาเข็มเจาะในระบบเปียก (wet process) ต้องใช้สารละลายในการป้องกันผนังหลุมเจาะพังโดยปัญหาที่เกิดขึ้นหลังจากการทำการก่อสร้างเสาเข็มเจาะแล้วเสร็จเมื่อเปิดหน้าดินทำการก่อสร้างฐานรากจะต้องตัดเนื้อคอนกรีตส่วนที่อยู่สูงกว่าระดับใช้งาน (pile cut – off) ผลการปฏิบัติงานที่ผ่านมาพบว่าหากคุณภาพของน้ำยารักษาเสถียรภาพของหลุมเสาเข็มเจาะไม่เป็นไปตามข้อกำหนดจะพบหัวคอนกรีตเสาเข็มเจาะที่ระดับใช้งาน ไม่สมบูรณ์ต้องทำการสกัดเนื้อคอนกรีตขอเสาเข็มเจาะจนถึงบริเวณเนื้อคอนกรีตที่ใช้งานได้ ในบางกรณีหากเนื้อคอนกรีตเสาเข็มเจาะที่เสียหายมีความลึกมากๆ ตั้งแต่ 2 เมตร และอยู่ใกล้เคียงกับเสาเข็มเจาะต้นอื่นหรือสิ่งปลูกสร้างข้างเคียงจึงต้องทำการติดตั้งระบบป้องกันดินพังและใช้เครื่องจักรพิเศษซึ่งทำให้งานล่าช้ามาก และยังมีค่าใช้จ่ายในด้านต่างๆ สุดท้ายจากปัญหาดังกล่าวทำให้เกิดความเสียหายกับผู้ประกอบการเพราะไม่สามารถส่งมอบงานได้ทันตามกำหนด

งานก่อสร้างเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่วัสดุหลักที่ใช้ก็คือคอนกรีตผสมเสร็จที่ทางโครงการสั่งมาเทลงในหลุมเจาะเสาเข็มที่ขุดเตรียมไว้หากสั่งคอนกรีตผสมเสร็จมากเกินไปทำให้ต้องมีการตัดทิ้งต้องเสียค่าใช้จ่ายในการตัดทิ้งและการกำจัดคอนกรีตในส่วนที่ตัดทิ้งนั้นเพื่อรักษาสภาพสิ่งแวดล้อมรวมไปถึงค่าใช้จ่ายของราคาคอนกรีตซึ่งต้องสูญเสียไปโดยประโยชน์ (ธวัชชัย ธรรมเภตรารักษ์,2550, น.1) งานก่อสร้างในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลซึ่งดินมีลักษณะเป็นตะกอนดินและตะกอนทรายสลับกันไปมาเป็นชั้นๆ ดินชั้นบนสุด 2-3 เมตรแรกจะเป็นดินแตกระแหงคลุมชั้นดินอ่อนไว้และต่ำจากนั้นลงมาจะเป็นชั้นดินเหนียวอ่อน(Soft marine clay) ถึงระดับประมาณ 12 เมตร และค่อยๆเปลี่ยนสภาพเป็นดินอ่อนปานกลาง ถึงระดับความลึกประมาณ 15-18 เมตรและต่อด้วยชั้นดินแข็ง ส่วนชั้นทรายแรกมีความหนาประมาณ 5-10 เมตร จะพบที่ความลึกประมาณ 25-30 เมตร ต่ำจากชั้นทรายแรกลงไปจะเป็นชั้นดินแข็งและทรายแน่นสลับกันไปมา ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 รูปตัดแสดงชั้นดินในกรุงเทพมหานคร

(ธวัชชัย ธรรมเภตรารักษ์, 2550, น.6)

งานฐานรากเป็นส่วนล่างสุดของโครงสร้างซึ่งมีหน้าที่ถ่ายน้ำหนักทั้งหมดจากโครงสร้างลงสู่พื้นดิน การถ่ายน้ำหนักจากฐานรากลงสู่พื้นดินถ้าเป็นการถ่ายน้ำหนักโดยการส่งถ่ายโดยตรงจะใช้ฐานรากตื้นหรือฐานรากแผ่ แต่ถ้าเป็นการถ่ายน้ำหนักของฐานรากโดยการถ่ายผ่านโครงสร้างที่ฝังลงในดินจะใช้เป็นฐานรากเสาเข็ม(Boredpiles casting) เสาเข็มเจาะเป็นโครงสร้างที่ถูกก่อสร้างโดยการขุดหลุมทรงกลมในชั้นดินไว้ล่วงหน้าแล้วค่อยเทคอนกรีตลงไปในหลุมให้เต็ม คุณภาพของเสาเข็มนั้นก็จะขึ้นอยู่กับการควบคุมกระบวนการก่อสร้างในแต่ละขั้นตอน ซึ่งกระบวนการก่อสร้างเสาเข็มนั้นก็จะมีความแตกต่างกันโดยจะพิจารณาจากสภาพดินและสภาพพื้นที่ที่จะทำการก่อสร้างทำให้การก่อสร้างเสาเข็มเจาะในแต่ละจังหวัดจะมีความแตกต่างกัน การก่อสร้างฐานรากแบบใช้เสาเข็มเจาะได้เข้ามาแพร่หลายในประเทศไทยเป็นเวลาประมา 40 ปีแล้ว ซึ่งโดยมากการก่อสร้างเสาเข็มเจาะนั้นจะนิยมทำการก่อสร้างในกรุงเทพมหานคร แต่ทว่าในจังหวัดขอนแก่นนั้นการก่อสร้างเสาเข็มเจาะเพิ่งจะเริ่มมีการก่อสร้างมาไม่นานนี้เอง เนื่องจากลักษณะดินในจังหวัดขอนแก่นมีความแข็งแรงเพียงพอ มีพื้นที่ในการทำการก่อสร้างเป็นบริเวณกว้างและไม่มีผลข้างเคียงในการก่อสร้างต่อบริเวณรอบข้างมากนักจึงยังสามารถใช้เสาเข็มตอกได้ ต่อมาอาคารในขอนแก่นเริ่มมีปัญหาในการก่อสร้างเสาเข็มตอกเนื่องจากสภาพเมืองเริ่มมีความแออัด ประกอบกับอาคารมีความสูงมากขึ้นจึงต้องการเสาเข็มที่มีขนาดใหญ่และลึกมากจนไม่สามารถใช้เสาเข็มตอกได้ (ณรงค์ ทัชชะพงษ์, 2542, น.10)

จากสภาพปัญหาดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยซึ่งปฏิบัติหน้าที่ในสายงานด้านวิศวกรรมโยธา สนใจที่จะศึกษา การควบคุมปริมาณคอนกรีตผสมเสร็จของโครงการงานก่อสร้างเสาเข็มเจาะระบบเปียกขนาดใหญ่ในเขตกรุงเทพซึ่งผลงานวิจัยที่ได้รับจะนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานให้ผู้ควบคุมโครงการนำไปใช้ในการควบคุมปริมาณคอนกรีตผสมเสร็จที่สั่งมาเทลงในหลุมเจาะในงานก่อสร้างเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่เพื่อลดต้นทุนการก่อสร้างเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่ให้เกิด ป ระสิทธิ ภาพมากยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อควบคุมปริมาณคอนกรีตผสมเสร็จของงานก่อสร้างเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่ในเขตกรุงเทพมหานคร

2. เพื่อลดต้นทุนงานก่อสร้างเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่ในเขตกรุงเทพมหานคร

ขอบเขตของการวิจัย

กลุ่มประชากรที่ใช้ในการวิจัยได้แก่โครงการการก่อสร้างเสาเข็มเจาะกลุ่มต้วอย่างในเขตกรุงเทพ ในส่วนของพศ.2557-2559 จำนวน5โครงการกำหนดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเสาเข็มเจาะ

กลุ่มตัวอย่างได้แก่โครงการก่อสร้างเสาเข็มเจาะประกอบด้วย

1.โครงการสุขุมวิท ซอย 18 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.50 เมตร จำนวน 280 ต้น

2.โครงการสุขุมวิท ซอย 24 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.20 เมตร จำนวน 220 ต้น

3. โครงการสุขุมวิท ซอย 42 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.00 เมตร จำนวน 200 ต้น

4.โครงการมหาวิทยาลัยหอการค้าไทยขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.80 เมตร จำนวน 150 ต้น

5.โครงการสถานทูตญี่ปุ่นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.50 เมตร จำนวน 150 ต้น

ซึ่งในการเลือกโครงการนั้น ได้จากการเลือกแบบเจาะจง

การวิจัยนี้จะเน้นศึกษาการสั่งคอนกรีตผสมเสร็จที่สั่งมาเทลงในเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่ทั้งในส่วนของตามปริมาณที่ได้คำนวณออกแบบไว้และในส่วนปริมาณที่ต้องสั่งมาเผื่อเทลงหลุมเจาะเพื่อควบคุมปริมาณคอนกรีตผสมเสร็จที่ทางโครงการสั่งมาเทในหลุมเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่ ซึ่งก่อสร้างอยู่ในเขตกรุงเทพมหานคร ในปี พศ. 2557-2559 เท่านั้นเนื่องจากราคาของปูนซีเมนต์ในเขตกรุงเทพมหานครกับต่างจังหวัดไม่เท่ากันโดยจะศึกษาถึงวิธีการก่อสร้างเสาเข็มเจาะแบบเปียกปัญหาที่เกิดขึ้นและรูปแบบเอกสาร ในกระบวนการของการเจาะหลุมเจาะก่อสร้างเสาเข็มขนาดใหญ่เพื่อการเผื่อและควบคุมปริมาณในการสั่งคอนกรีตผสมเสร็จมาเทลงในหลุมเจาะที่จะก่อสร้างเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่เพื่อประหยัดและลดต้นทุนการก่อสร้างเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่ตั้งแต่การคำนวณปริมาตร การรวบรวมข้อมูลเพื่อทำรายงานต้นทุน จนถึงการนำผลของการวิเคราะห์มาใช้ประโยชน์

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. ได้แนวทางการควบคุมปริมาณคอนกรีตผสมเสร็จในงานก่อสร้างเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่ให้มีจำนวนปริมาณเหมาะสมกับการใช้

2. นำผลการวิจัยที่ได้รับไปประยุกต์ใช้การสั่งคอนกรีตผสมเสร็จมาเทลงในหลุมเจาะมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

คำนิยามศัพท์เฉพาะ

คอนกรีตผสมเสร็จ หมายถึง คอนกรีตที่ผสมวัตถุดิบของปูนซีเมนต์ หิน ทราย น้ำ และน้ำยาผสมคอนกรีตที่ผสมกันเบ็ดเสร็จจากโรงงานซึ่งตั้งอยู่นอกหรือในหน่วยงานก่อสร้างรวมถึงบริการจัดส่งไป ณ หน่วยงานก่อสร้างโดยรถผสมคอนกรีต

ปริมาณคอนกรีตที่เทในหลุมเจาะ หมายถึง การเทคอนกรีตผสมเสร็จลงในหลุมเจาะที่ตรวจสอบและได้รับการอนุมัติให้เทคอนกรีตได้ตามขนาดความกว้างเส้นผ่าศูนย์กลาง ความลึกที่ได้คำนวณไว้

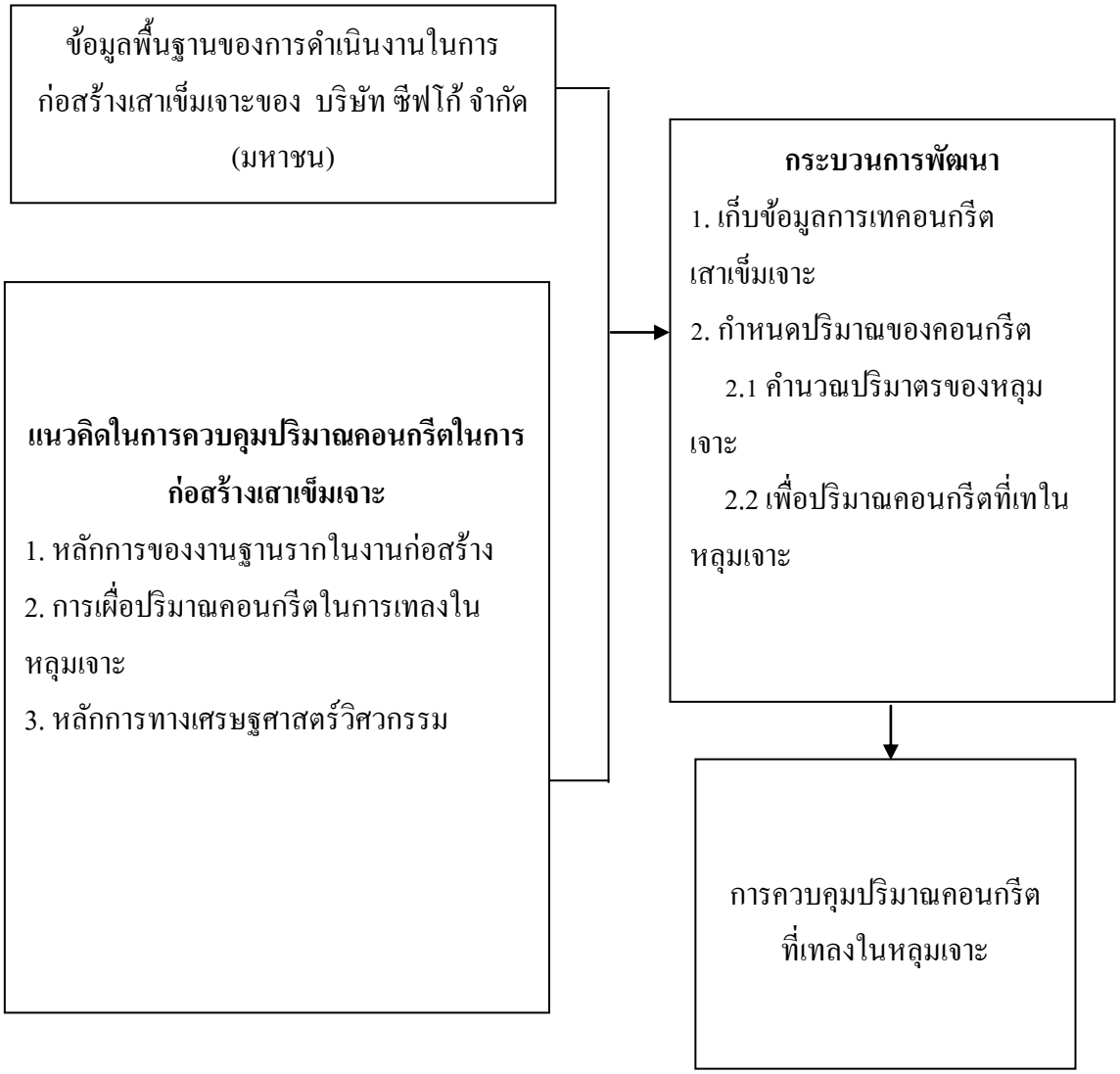
การควบคุมการเทปริมาณคอนกรีตผสมเสร็จ หมายถึง การวางแผนการเทคอนกรีตเพื่อให้สามารถเทได้อย่างต่อเนื่อง มีประสิทธิภาพมากที่สุดโดยไม่ก่อให้เกิดอุปสรรคต่องานที่ไม่เกี่ยวข้อง บังคับให้คอนกรีตที่มีส่วนผสมสารละลายหรือน้ำยาเติมหลุมเจาะไหลสม่ำเสมอไม่มีการแยกตัวและไม่เกิดรูพรุน ควรเทคอนกรีตให้ต่อเนื่องมากที่สุดเท่าที่จะทำได้โดยหลีกเลี่ยงการมีรอยต่อทั้งนี้เนื่องจากรอยต่อที่เกิดจากการเทไม่ต่อเนื่องจะเป็นบริเวณที่มีแรงยึดเหนี่ยวกับคอนกรีตเดิมน้อยกว่าบริเวณที่เทได้อย่างต่อเนื่อง

เสาเข็มเจาะขนาดใหญ่ หมายถึง เสาเข็มที่ก่อสร้างโดยการขุดหรือเจาะลงไปในชั้นดินโดยออกแบบเพื่อต้านทานแรงกดตามแนวแกนที่จะทำให้เสาเข็มจมลึกลงในดินเพิ่มขึ้นอาจใช้ปลอกเหล็กกันดินพังแล้วหล่อคอนกรีตลงไปในหลุมที่เจาะแล้วเสร็จ

ปริมาณของหลุมเจาะ หมายถึง ขนาดของพื้นที่ของหลุมเจาะซึ่งต้องเทคอนกรีตในจำนวนที่ต้องใช้เทลงในหลุมเสาเข็มเจาะ

กรอบแนวคิดในการวิจัย

กรอบแนวคิดในการวิจัยได้กำหนดไว้ดังในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 กรอบแนวคิดในการวิจัย

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การนำเสนอการวิเคราะห์เกี่ยวกับเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในบทนี้มีเนื้อหาสำคัญที่ใช้เป็นกรอบแนวคิดในการวิจัยและเป็นข้อมูลประกอบการวิจัย โดยผู้วิจัยได้กำหนดสาระการนำเสนอตามหัวข้อดังต่อไปนี้

1. แนวคิดเกี่ยวกับงานก่อสร้างเสาเข็มเจาะ
2. แนวคิดเกี่ยวกับคอนกรีตผสมเสร็จ
3. แนวคิดเกี่ยวกับการควบคุมปริมาณคอนกรีตผสมเสร็จของเสาเข็มเจาะ
4. แนวคิดเกี่ยวกับการควบคุมต้นทุนงานก่อสร้าง
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดเกี่ยวกับงานก่อสร้างเสาเข็มเจาะ

สภาพชั้นดินกรุงเทพและปริมณฑล โดยทั่วไปประกอบด้วยราบที่ลุ่มดินทรายที่ถูกน้ำพัดพามาตกตะกอนเมื่อยุคที่ 4 ของประวัติศาสตร์โลก เป็นตะกอนดินและตะกอนทรายสลับกันไปมาเป็นชั้นๆ จนถึงความลึกอย่างน้อย 550 เมตรจึงจะพบชั้น ดินชั้นบนสุด 2-3 เมตรแรกจะเป็น ดินแตกระแหง (Weathered crust) คลุมชั้นดินอ่อนไว้ และต่ำจากนั้นลงมาจะเป็นชั้นดินอ่อน ถึงระดับประมาณ 12 เมตร และค่อยๆเปลี่ยนสภาพเป็นดินอ่อนปานกลาง (Medium clay) ถึงระดับความลึกประมาณ 15-18 เมตร และต่อด้วยชั้นดินแข็งส่วนชั้นทรายชั้นแรกมีความหนาประมาณ 5-10 เมตร จะพบที่ความลึกประมาณ 25 ถึง 30 เมตร ต่ำจากชั้นทรายชั้นแรกลงไปจะเป็นชั้นดินแข็งและชั้นทรายแน่นสลับกันไป ชั้นดินกรุงเทพมหานครนั้นได้รับอิทธิพลจากแม่น้ำเจ้าพระยาและอ่าวไทย โดยมีลักษณะทั่วไปดังนี้คือ ชั้นดินบนสุดจะเป็นชั้นดินเปลือก (Weathered crust) หนาประมาณ 2 ถึง 3 เมตร จากนั้นจะเป็นชั้นดินเหนียวอ่อน (Soft marine clay) หนาประมาณ 12 ถึง 15 เมตร ซึ่งมีความไวตัวสูง และค่อยๆเปลี่ยนเป็นดินเหนียวแข็งปานกลาง (Medium clay) ถึงระดับความลึกประมาณ 15 ถึง 18 เมตร จากนั้นจะเป็นชั้นดินเหนียวแข็ง (Stiff clay) จนถึงระดับชั้นดินทรายแน่นชั้นแรก (First sand) ที่ระดับความลึกประมาณ 25 ถึง 30 เมตร ถัดจากชั้นทรายแน่นชั้นแรกเป็นชั้นดินเหนียวแข็ง (Hard clay) สลับกับชั้นทรายจนถึงระดับชั้นทรายแน่นมากชั้นที่สอง (Second sand) ที่ระดับความลึกประมาณ 45 ถึง 60 เมตรเสาเข็มเจาะที่ใช้ในประเทศต่างๆหลายในโลกมีมากมายแบบ ซึ่งสามารถแยกเป็นหมวดหมู่ได้ โดย ทอมลินสัน (Tomlinson) ได้ให้คำจำกัดความสั้นๆ แต่

ครอบคลุมถึงเสาเข็มเจาะทุกชนิดว่า เสาเข็มเจาะ คือเสาเข็มที่ก่อสร้างโดยการขุดเจาะดินให้เป็นรูและเทคอนกรีตลงไปในรูเจาะให้เต็ม(ณรงค์ทัชชะพงษ์,2542,น.15)

การก่อสร้างเสาเข็มชนิดต่างๆ

วิธีการก่อสร้างเสาเข็มทั้งเสาเข็มแบบตอกและเสาเข็มเจาะจะมีผลกระทบต่อชั้นดินหรือหินที่ทำการติดตั้ง ถ้าผู้ที่ทำงานเกี่ยวกับเสาเข็มไม่มีความรู้เกี่ยวกับเรื่องนี้จะมีปัญหาเกี่ยวกับคุณภาพของเสาเข็มและจะสามารถเกิดปัญหาต่อการรับกำลังของเสาเข็มได้ ซึ่งในที่นี้จะนำเสนอประเด็นที่เกี่ยวกับผลกระทบต่อชั้นดินหรือชั้นหินที่เกิดจากวิธีการก่อสร้างเสาเข็มเจาะ มีดังนี้

1. การติดตั้งเสาเข็มเจาะในชั้นดินเหนียว ในชั้นดินเหนียวถ้ามีความสม่ำเสมอตลอดความลึกจะสามารถทำการเจาะโดยที่หลุมเจาะมีเสถียรภาพและคงสภาพแห้งเองได้ แต่ชั้นดินเหนียวจะเกิดการหลวมแล้วค่อยๆ บีบตัว (Creep) เข้าหาแกนกลางหลุมเจาะและทำให้ระดับผิวดินเกิดทรุดตัวลง (Subsidence) ได้ การบีบตัวและการทรุดตัวจะมีมากในดินที่มีกำลังต่ำ แต่จะเกิดขึ้นน้อยในชั้นดินที่แข็งกว่า (Stronger overconsolidate clays) ซึ่งมักมีการใช้เสาเข็มเจาะในชั้นดินชนิดนี้

2. การติดตั้งเสาเข็มเจาะในชั้นทราย หากเป็นการเจาะโดยใช้ปลอกเหล็กกันทรายพังตลอดความยาวเข็ม พฤติกรรมของทรายโดยรอบตัวเสาเข็มจะคล้ายคลึงกับเสาเข็มตอก ในทางตรงข้ามหากเป็นการเจาะภายใต้สารละลายเป็นเบนโทไนท์หรือโพลีเมอร์ วิธีการเจาะจะทำให้ทรายเกิดการหลวมลงระดับหนึ่ง ทรายอาจพยายามเคลื่อนตัวเข้าหาแกนกลางของหลุมเจาะ (Creep) เนื่องจากหน่วยน้ำหนัก (Unit weight) ของสารละลายฯมีค่าน้อยกว่าทรายที่ถูกเจาะออกไป และทรายที่ก้นหลุมเจาะจะเกิดการอูดตัวขึ้น (Heave) ทำให้ค่าแรงแบกทานในชั้นทรายของเสาเข็มเจาะจะต่ำลงกว่าเสาเข็มตอก

3. การติดตั้งเสาเข็มเจาะในชั้นหิน การก่อสร้างเสาเข็มให้นั่งบนชั้นหินหรือหยั่งลึกในชั้นหินมักเป็นการก่อสร้างโดยใช้เสาเข็มเจาะ สิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณาในการฝั่งปลายเสาเข็มในชั้นหิน (Rock-socket) คือสภาพผิวของหลุมเจาะในชั้นหิน ที่แรงเสียดทานที่ผิวสามารถเกิดขึ้นได้สูงเนื่องจากส่วนยื่น (Dilation) ที่เกิดขึ้นระหว่างผิวขรุขระที่เส้นแบ่งของคอนกรีตและผิวหน้าหยาบของหิน แต่ถ้าในการปฏิบัติงานแล้วก่อให้ผิวรอยต่อระหว่างคอนกรีตกับหินมีสภาพเรียบมากกว่าขรุขระ จะสามารถก่อให้เกิดผลลบต่อแรงเสียดทานที่ผิวเสาเข็มเป็นอย่างมาก (ณรงค์ ทัชชะพงษ์, 2545, น.4)

วิธีการก่อสร้างและขั้นตอนการก่อสร้างเสาเข็มเจาะระบบเปียก

การเจาะเสาเข็มจะต้องทำตามลำดับที่ถูกต้อง และต้องไม่เกิดผลกระทบต่อเสาเข็มต้นข้างเคียงที่ทำการก่อสร้างแล้วเสร็จการเจาะเสาเข็มต้นต่อไปจะสามารถเจาะใกล้กับเสาเข็มที่เพิ่งก่อสร้างแล้วเสร็จได้หรือไม่นั้น จะขึ้นอยู่กับกำลังของชั้นดินเปรียบเทียบกับความดันของคอนกรีตเหลวในหลุมเจาะที่เพิ่งเทแล้วเสร็จ ในกรณีที่เป็นชั้นดินเหนียวอ่อนจะมีความเสี่ยงสูงที่จะเกิดความเสียหาย โดยเฉพาะระหว่างเวลาเทคอนกรีตเสาเข็มต้นต่อไป การสังเกตอย่างง่ายๆ ในระหว่างการ

ก่อสร้างเสาเข็ม เพื่อตรวจสอบเสาเข็มต้นที่เพิ่งหล่อคอนกรีตแล้วเสร็จเกิดผลกระทบหรือไม่ ทำได้โดยการสังเกตคอนกรีตเสาเข็มต้นที่เทแล้วเสร็จเกิดการยุบตัว (Slumping) หรือปูดขึ้น (Rising) ในขณะที่กำลังเจาะหรือเทคอนกรีตเสาเข็มต้นข้างเคียงหรือไม่ ในงานก่อสร้างแต่ละโครงการควรนำข้อมูลสภาพชั้นดินมาพิจารณากำหนดขอบเขตบริเวณหรือระยะห่างระหว่างเสาเข็มที่เพิ่งก่อสร้างแล้วเสร็จกับเสาเข็มต้นใหม่ที่จะก่อสร้างต่อไป หลักเกณฑ์การพิจารณาที่ใช้กันทั่วไปมักจะกำหนดว่าระยะห่างของเสาเข็มต้นใหม่กับเสาเข็มต้นที่เพิ่งหล่อคอนกรีตแล้วเสร็จภายในเวลาไม่เกิน 24 ชั่วโมง จะต้องไม่น้อยกว่า 6 เท่า ของเส้นผ่านศูนย์กลางเสาเข็มต้นที่ใหญ่กว่าโดยวัดจากศูนย์กลางเสาเข็มเป็นเกณฑ์ (บริษัท ซีฟโก้ จำกัด มหาชน,ขั้นตอน การก่อสร้างเสาเข็มเจาะแบบเปียก, 2550, น.8)

ภาพที่ 3 การขุดเจาะดินด้วยรถขุดเจาะตีนตะขาบ

(กฤษฎา ภูมี, โครงการสุขุมวิท 28 , 2559)

การเจาะเสาเข็ม และการเทคอนกรีตจะต้องทำโดยต่อเนื่องรวดเร็วไม่ชักช้า เพราะอาจเป็นผลทำให้ความสามารถในการรับน้ำหนักของเสาเข็มที่ได้ลดลงระยะเวลาในการเจาะเสาเข็มระบบเจาะเปียกโดยใช้ของเหลวพยุงเสถียรภาพหลุมเจาะ ตั้งแต่เริ่มเจาะจึงถึงการเทคอนกรีตแล้วเสร็จในแต่ละต้น จะต้องไม่เกิน 24 ชั่วโมง โดยเริ่มนับเวลาตั้งแต่การเจาะได้ระดับปลายปลอกเหล็กชั่วคราว การจำกัดระยะเวลาของหลุมเจาะที่ยังไม่ได้ทำการเทคอนกรีตเป็นสิ่งที่ควรจะระบุไว้ในข้อกำหนดเฉพาะงาน อย่างไรก็ตามระยะเวลาจำกัดขั้นต่ำจะขึ้นอยู่กับสภาพชั้นดินที่จะทำการก่อสร้างเสาเข็มและสมมุติฐานที่ใช้ในการออกแบบ ในชั้นดินบางชนิด เช่นดินเหนียวปนทราย (Sandy clays) หรือทรายแป้งปนดินเหนียว (Clayey silts) อาจจะอ่อนตัวลงอย่างเห็นได้ชัดในระยะเวลาน้อยกว่า 12 ชั่วโมง ในทางกลับกันการเจาะในชั้นหินอาจไม่เกิดผลกระทบใดๆ ในการก่อสร้างเสาเข็มบางโครงการอาจจะไม่สามารถก่อสร้างให้เสาเข็มแต่ละต้นแล้วเสร็จภายในระยะเวลาที่กำหนดไว้ 12 ชั่วโมงสำหรับการเจาะแห้งหรือ 24 ชั่วโมงสำหรับการเจาะเปียกได้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการสภาวะการเจาะที่ยากลำบาก หรือจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเสาเข็มที่จะก่อสร้าง หรือความลึกของเสาเข็มที่ต้องการก่อสร้าง ระยะเวลาก่อสร้างที่ยาวเกินออกไปกว่า 12 ชั่วโมงหรือ 24 ชั่วโมงของการเจาะแห้งและเปียกจะมีผลกระทบต่อทั้งการออกแบบและข้อกำหนดในรายการก่อสร้าง เมื่องานก่อสร้างเกิดล่าช้าทำให้ระยะเวลาขยายออกไปเนื่องจากเหตุที่ไม่ได้คาดคิดไว้ก่อน เช่น เกิดจากความยากลำบากในการเจาะที่ไม่ได้คาดคิดไว้ก่อน หรือเกิดจากอุปสรรคใต้ดิน หรือเกิดจากเครื่องจักรเสียขึ้นกลางคัน การกลบหลุมเจาะอาจต้องดำเนินการเพื่อลดความเสื่อมสภาพของหลุมเจาะในกรณีที่เวลาในการก่อสร้างเสาเข็มเจาะเปียกโดยใช้สารละลายเบนโทไนท์เกินกว่า 24 ชั่วโมง ผู้รับจ้างจะต้องทำการขจัด Filter Cake ที่ผิวผนังหลุมเจาะโดยการเจาะคว้านหลุมเจาะใหม่ และทำการเก็บตัวอย่างสารละลายเบนโทไนท์ที่ก้นหลุมเจาะมาทดสอบ หากคุณภาพไม่ได้ต้องทำการเปลี่ยนถ่ายใหม่ด้วยสารละลายเบนโทไนท์ที่ได้คุณสมบัติจึงจะเทคอนกรีตถึงจะเทคอนกรีตลงไปในหลุมเจาะได้ (มาตรฐานวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์, 2554, น.34)

การกำหนดตำแหน่งของเสาเข็ม

ก่อนลงปลอกเหล็ก (Casing) จะต้องมีการกำหนดตำแหน่งของเสาเข็มให้เป็นไปตามแบบแปลนของเสาเข็มที่กำหนดโดยใช้เครื่องมือสำรวจ ทั้งนี้ขั้นตอนการกำหนดตำแหน่งของเสาเข็มมีดังนี้คือ

1. กำหนดจุดศูนย์กลางของเสาเข็มและทำเครื่องหมายโดยการใช้หมุดปัก (peg)

2. กำหนดและทำเครื่องหมายเพิ่มอีก 2 จุด โดยวัดให้ทั้ง 2 จุดมีระยะห่างจากจุดศูนย์กลางที่กำหนดไว้ก่อนหน้านี้เท่ากันและทำเส้นเป็นมุมฉากกับจุดศูนย์กลางดังกล่าว

3. กำหนดตำแหน่งที่จะปักปลอกเหล็กลงบนเส้นอ้างอิงในข้อ 2

4. ลงปลอกเหล็กลงบนจุดที่กำหนดไว้ในข้อ 3

หลังจากลงปลอกเหล็กแล้ว จะต้องมีการตรวจสอบตำแหน่งของปลอกเหล็กอีกครั้ง โดยต้องทำการบันทึกค่าความเบี่ยงเบน (Deviation) และตรวจสอบกับค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ (Allowable Tolerances) (บริษัทซีฟโก้ จำกัด มหาชน, ขั้นตอนการก่อสร้างเสาเข็มเจาะแบบเปียก, 2550, น.8)

การขุดดิน

เครื่องจักรที่ใช้ขุดดินอาจใช้เครื่องเจาะดินระบบก้านหมุน (Rotary Drill) ติดตั้งบนรถปั้นจั่นตีนตะขาบขนาดใหญ่หรือเครื่องเจาะดินแบบไฮดรอลิค โดยเริ่มจากการเจาะดินให้ถึงระดับเดียวกับปลายด้านล่างของปลอกเหล็กก่อน หลังจากนั้นจึงเติมของเหลวค้ำจุนเบนโทไนท์ที่เป็นตัวป้องกันการพังทลายของดินลงในปลอกเหล็กให้ระดับของของเหลวค้ำจุนอยู่สูงกว่าระดับน้ำนอกปลอกเหล็กเพื่อต้านแรงดันน้ำด้านนอกของปลอกเหล็ก หลังจากนั้นเปลี่ยนใช้หัวเจาะแบบถัง (Bucket) สำหรับใช้เจาะลงไปใต้ของเหลวค้ำจุนเบนโทไนท์จนกระทั่งถึงระดับความลึกก้นหลุมเจาะ (Toe Depth) ที่ต้องการ โดยจะต้องรักษาระดับของของเหลวค้ำจุนให้ได้ระดับที่เหมาะสมตลอดเวลาระหว่างการเจาะการขุดจะเริ่มได้เมื่อคอนกรีตกำแพงนำร่องมีความแข็งแรงเพียงพอแล้ว เครื่องจักรที่ใช้ในการก่อสร้างเสาเข็มเจาะเหลี่ยมจะต้องมีความเหมาะสมกับสภาพของพื้นที่ก่อสร้างโดยปกติจะให้รถปั้นจั่นตีนตะขาบติดตั้งหัวขุด (Grab)ระหว่างการเจาะจะต้องทำการเติมสารละลายเบนโทไนท์ โดยต้องรักษาระดับของสารละลายให้อยู่สูงกว่าระดับน้ำใต้ดินตลอดเวลา โดยทั่วไปควรรักษาระดับสารละลายให้อยู่ต่ำกว่าระดับหลังกำแพงนำร่องประมาณ 1.00เมตรซึ่งจะป้องกันไม่ให้สารละลายกระเซ็นออกจากหลุมเจาะขณะที่หัวขุดเคลื่อนขึ้นลงหลุมเจาะในการขุดดินจะต้องรักษาแนวของกำแพงกันดินด้านที่จะมีการเปิดหน้าดิน และแนวรอยต่อระหว่างแผงไม่ให้เกินค่าคลาดเคลื่อนที่ยอมให้(Allowable Tolerance)ก่อนทำการติดตั้งโครงเหล็กเสริมต้องทำความสะอาดก้นหลุมเจาะ โดยในการทำความสะอาดก้นหลุมเจาะมีวิธีการดังนี้

1. ใช้หัวขุด (Grab) เก็บตะกอนและสิ่งสกปรกบริเวณก้นหลุมเจาะ ซึ่งในขั้นตอนนี้ต้องทำอย่างช้าๆและระมัดระวัง

2. ทำการเปลี่ยนถ่ายสารละลายโดยใช้ติดตั้งเครื่องสูบน้ำแบบจมน้ำได้ ((Submerisble Pump)ที่ปลายท่อเทคอนกรีตแล้วหย่อนลงก้นหลุมเจาะทำการสูบถ่ายสารละลายบริเวณก้นหลุมเจาะที่สกปรกออกจากหลุมเจาะและเติมสารละลายที่สะอาดทางปากหลุมเจาะ ทำการเปลี่ยนถ่ายจนกระทั่งคุณสมบัติสารละลายที่ก้นหลุมเจาะเป็นไปตามค่าที่กำหนดไว้เมื่อทำการขุดดินเสร็จและหลังจากทำการเปลี่ยนสารละลายเบนโทไนท์แล้วอาจจะต้องทำการตรวจสอบความดิ่ง (Verticality) ของหลุมเจาะโดยใช้เครื่องมือตรวจสอบสภาพหลุมเจาะ(Drilling Monitor)ในกรณีที่ระบุในข้อกำหนด หากค่าความดิ่งที่ตรวจสอบมีค่าเกินกว่าความคลาดเคลื่อนที่กำหนดต้องทำการปรับแต่งหลุมเจาะโดยใช้หัวขุด(Grab) หรือหัวกระแทก(Chisel) โดยต้องทำอย่างช้าๆและระมัดระวังเป็น

พิเศษและต้องตรวจสอบค่าความดิ่งอีกครั้งหลังจากปรับแต่งหลุมเจาะ (บมจ.ซีฟโก้มหาชน, ขั้นตอนการก่อสร้างเสาเข็มเจาะแบบเปียก, 2550, น.7)

ภาพที่ 4 การขุดเจาะดินด้วยหัวเจาะแบบถัง (Bucket)

(กฤษฎา ภูมี**,** โครงการสุขุมวิท14, 2559)

ปลอกเหล็กกันดินพัง(Casings)

ปลอกเหล็กชั่วคราวกันดินพัง หรือปลอกเหล็กชั่วคราว จะต้องทำด้วยวัสดุที่มีคุณภาพ ความยาวและความหนาของปลอกเหล็กกันดินพังจะต้องเพียงพอในการป้องกันดินเข้าสู่หลุมเจาะ หรือตามที่ระบุไว้ในข้อกำหนดเฉพาะงาน เพื่อความปลอดภัยและป้องกันการปนเปื้อนของคอนกรีตขณะทำการเทคอนกรีตต้องติดตั้งปลอกเหล็กกันดินพังให้ส่วนบนของปลอกเหล็กกันดินพังอยู่พ้นระดับดินอย่างน้อย 1 เมตรปลอกเหล็กชั่วคราวที่ติดตั้งนั้น ต้องสามารถทำให้การขุดเจาะเป็นไปอย่างสมบูรณ์ และเสาเข็มที่ก่อสร้างแล้วเสร็จต้องมีขนาดหน้าตัดที่ถูกต้องปลอกเหล็กชั่วคราวที่ใช้จะต้องไม่บิดเบี้ยว และมีรูปทรงหน้าตัดที่สม่ำเสมอตลอดความยาว ในระหว่างการเทคอนกรีต จะต้องไม่มีเศษดิน หรือเศษคอนกรีตที่แข็งแล้วติดอยู่ ซึ่งจะเป็นผลทำให้หน้าตัดของเสาเข็มไม่สมบูรณ์ ปลอกเหล็กชั่วคราวที่ใช้จะต้องฝังลงไปถึงชั้นดินแข็งสำหรับเสาเข็มเจาะระบบเปียก หลังจากการเจาะพ้นระดับส่วนปลายของปลอกกันดินพังแล้ว ไม่ว่ากรณีใดๆ ก็ตาม ไม่

อนุญาตให้มีการติดตั้งปลอกเหล็กชั่วคราวซ้อนก่อนเทคอนกรีตโดยทั่วไปแล้วปลอกเหล็กกันดินพังจะถูกติดตั้งลงไปเพื่อป้องกันการบีบตัวหรือพังทลายของชั้นดินที่ไม่มีเสถียรภาพ การติดตั้งปลอกเหล็กกันดินพังลงไปในชั้นดินอ่อนจะทำโดยใช้น้ำหนักตัวเองประกอบกับแรงกดจากอุปกรณ์ของเครื่องเจาะ หรือใช้เครื่องเขย่า (Vibrator) สำหรับกรณีที่ติดตั้งในชั้นทรายที่แน่นหรือแน่นมาก หรือในชั้นหิน อาจจะมีความจำเป็นต้องใช้เครื่องกดแบบหมุนไปมา (Oscillator) กับปลอกเหล็กกันดินพังชนิดต่อเป็นท่อนๆ (Segmental casings) วิธีการนี้จะมีค่าใช้จ่ายแพง (บริษัท ซีฟโก้ จำกัด มหาชน , การก่อสร้างเสาเข็มเจาะแบบเปียก, 2550, น.9)

ภาพที่ 5 แสดงขั้นตอนการติดตั้งปลอกเหล็ก (Casing) ลงในหลุมเจาะ

(กฤษฎา ภูมี, โครงการมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย, 2559)

ภาพที่ 6 ปลอกเหล็ก (Casing)

(กฤษฎา ภูมี,โครงการมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย, 2559)

ในบางกรณีที่ไม่อนุญาตให้ใช้เครื่องเขย่า และการใช้เครื่องกดแบบหมุนไปมาก็ไม่เหมาะสม ปลอกเหล็กกันดินพังอาจถูกทำการติดตั้งได้ด้วยวิธีกวนดินให้เหลวและกดปลอกเหล็กกันดินพังลงไป (Mudding-in) เท่านั้น วิธีการนี้จะใช้สว่านกวนเบนโทไนท์ให้ผสมกับชั้นดินที่ไม่คงรูป เพื่อจะได้กดปลอกเหล็กชั่วคราวลงไปได้โดยง่าย วีธีการนี้ถูกจำกัดให้ใช้เฉพาะกับชั้นดินตะกอนใกล้ผิวดิน และในทางปฏิบัติทั่วไปการคำนวณแรงเสียดทานเสาเข็มในชั้นนี้จะต้องพิจารณาอย่างรอบคอบความปลอดภัยของบุคคลในบริเวณหลุมเจาะถือว่าเป็นเรื่องสำคัญอันดับแรกและควรเป็นส่วนสำคัญของเอกสารเสนอวิธีการทำงาน (Method statement for the works) การกำหนดให้ระดับปลายบนของปลอกเหล็กกันดินพังอยู่สูงกว่าระดับพื้นดินที่ทำงาน 1 เมตร จะทำให้เกิดความปลอดภัยในการทำงาน แต่อาจจะเป็นการดำเนินการที่เข้มงวดเกินไป เพราะในบางสถานการณ์จะทำให้เครื่องเจาะทำงานและการติดตั้งโครงเหล็กเสริมลำบากมากขึ้น การกำหนดให้ระดับปลายบนของปลอกเหล็กกันดินพังอยู่สูงดังกล่าวข้างต้นจึงไม่สามารถทำได้เสมอไปทุกเมื่อไม่สามารถยกระดับปลายบนของปลอกกันดินพังให้สูงได้ควรติดตั้งแนวป้องกัน (Barrier) รอบๆ หลุมเจาะเพื่อป้องกันอันตราย หลุมเจาะขณะหยุดทำงานจะต้องมีสิ่งปกคลุมที่ปลอดภัยปิดไว้ เพื่อป้องกันความ

เสี่ยงต่อการที่มีบุคคลพลาดตกลงไป อย่างไรก็ตามไม่ควรนำวัสดุแผ่นเรียบที่ไม่มีการเขียนบอกรายละเอียดมาปิดไว้ เนื่องจากจะกลายเป็นกำบังมองไม่เห็นหลุมเจาะ การใช้เหล็กเส้นเชื่อมเป็นตะแกรงน่าจะเป็นทางเลือกที่เหมาะสมกว่า ความเรียบของผิวภายในของปลอกเหล็กชั่วคราวมีความสำคัญต่อการก่อสร้างเสาเข็มเจาะ ในส่วนของผิวภายนอกของปลอกเหล็กกันดินพังมักทำให้ส่วนล่างของผิวภายนอกมีขนาดใหญ่กว่าเล็กน้อยเพื่อเป็นตัวแหวกดิน (Driving shoe) ช่วยให้การกดปลอกเหล็กกันดินพังลงในชั้นดินแข็งได้ง่ายขึ้นครั้ง (วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ข้อกำหนดมาตรฐานสำหรับงานก่อสร้างเสาเข็มเจาะ,2554,น.13)

การสูบน้ำจากหลุมเจาะ

ห้ามมิให้มีการใช้เครื่องสูบน้ำในหลุมเจาะ นอกเสียจากหลุมเจาะได้มีการป้องกันการซึมผ่านของน้ำใต้ดินโดยการใช้ปลอกเหล็กกันดินพัง หรือหลุมเจาะดังกล่าวมีเสถียรภาพมั่นคง ในการใช้เครื่องสูบน้ำจะต้องไม่ทำให้เกิดการรบกวนชั้นดินที่อยู่ใต้หรือบริเวณหลุมเจาะผู้รับจ้างงานเสาเข็มเจาะจะต้องป้องกันไม่ให้ของเหลวพยุงเสถียรภาพหลุมเจาะ หกเปื้อนทั้งในบริเวณทำงานและที่อยู่เลยถัดไปจากพื้นที่การขุดเจาะ และของเหลวที่สูญเสียคุณสมบัติในการรักษาเสถียรภาพแล้วจะต้องทำการลำเลียงออกนอกพื้นที่โดยทันที การขนของเหลวทิ้งจะต้องดำเนินการให้เป็นไปตามกฎหมายและข้อบังคับของทางราชการ

ภาพที่ 7 การสูบน้ำทำความสะอาดบริเวณหลุมเจาะ

(กฤษฎา ภูมี, 2559, โครงการสุขุมวิทซอย18)

การทำความสะอาดก้นหลุมเจาะ

ก่อนจะลงโครงเหล็กเสริมลงในหลุมที่เจาะไว้ อาจจะใช้ระบบ Air lift หรือใช้ปั๊มสูบน้ำ (Submersible pump) สูบตะกอนขึ้นมา หรือวิธีการอื่นที่เหมาะสมทำความสะอาดก้นหลุมที่มีโคลนดินหลวม และเศษตะกอนออกก่อนหลังจากการเจาะแล้วเสร็จ จะต้องมีการทำความสะอาดก้นหลุมเจาะด้วยวิธีที่เหมาะสม โดยจะต้องเป็นวิธีที่ไม่รบกวนชั้นดินด้านล่าง ในกรณีที่มีการใช้ของเหลวพยุงเสถียรภาพหลุมเจาะ จะต้องมีการรักษาระดับของของเหลวพยุงเสถียรภาพหลุมเจาะอย่างสม่ำเสมอ และต้องทำความสะอาดหลุมเจาะตามวิธีที่ผู้รับจ้างเสนอและได้รับอนุมัติจากวิศวกรผู้ควบคุมงานแล้ว หากหลุมเจาะถูกปล่อยทิ้งไว้ จะต้องมีการติดตั้งรั้วและทำเครื่องหมายให้เห็นได้อย่างเด่นชัดเพื่อความปลอดภัยในหน่วยงานก่อสร้าง (บริษัทซีฟโก้จำกัด(มหาชน), ขั้นตอนการก่อสร้างเสาเข็มเจาะแบบเปียก, 2550)

โครงเหล็กเสริม

เหล็กเสริมโครงสร้างที่ใช้เป็นเหล็กเส้นรับแรงดึงสูง(High Tensile Bar) ตามที่ระบุในข้อกำหนดโดยโครงเหล็กจะต้องมีเหล็กเสริมความแข็งแรง(Stiffener Bar) โดยผูกให้แน่นหนากับโครงเหล็กเพื่อบังคับไม่ให้โครงเหล็กเสียรูปในขณะที่ยกลงหลุมเจาะ สำหรับเหล็กที่ใช้สำหรับเป็นตัวหิ้วยกโครงเหล็กให้ใช้เป็นเหล็กเหนียว (Mild Steel)โดยติดตั้งตัวหิ้วกับโครงเหล็กโดยใช้เหล็กรูปตัวยู(U Clamp) ให้เพียงพอ เพื่อความปลอดภัยในการยกโครงเหล็กการติดตั้งโครงเหล็กเสริมจะทำการต่อทาบโครงเหล็กเสริมแต่ละโครงโดยใช้ตัวจับรูปตัวยู(U Clamp) และหย่อนโครงเหล็กลงในหลุมเจาะโดยจะต้องได้รับการจัดวางอย่างเหมาะสมบนกำแพงนำร่องเพื่อป้องกันไม่ให้ระดับของโครงเหล็กเสริมในหลุมเคลื่อนจากตำแหน่งที่กำหนดในขณะที่เทคอนกรีตลงในหลุมเจาะ นอกจากนี้ลูกปูนหมุน (Spacer)จะถูกติดตั้งไว้เป็นช่วงๆตลอดความยาวของโครงเหล็ก เพื่อป้องกันไม่ให้โครงเหล็กเสริมติดกับผนังหลุมเจาะและทำให้โครงเหล็กมีระยะหุ้มของคอนกรีตตามข้อกำหนดโครงเหล็กจะต้องมีเหล็กแข็งแรงตามหรือผูกโครงเหล็กให้แน่นหนา เพื่อบังคับไม่ให้โครงเหล็กเสียรูปในขณะที่ยกลงหลุมเจาะ และจะต้องได้รับการจัดวางอย่างเหมาะสม เพื่อป้องกันไม่ให้ระดับของโครงเหล็กเสริมในหลุมเคลื่อนจากตำแหน่งที่กำหนดในขณะที่เทคอนกรีตลงในหลุมเจาะ นอกจากนี้ลูกปูนหนุน (Spacer) จะถูกติดตั้งไว้เป็นช่วงๆ ตลอดความยาวของโครงเหล็กเพื่อป้องกันไม่ให้โครงเหล็กเสริมติดกับผนังหลุมเจาะและทำให้โครงเหล็กมีระยะหุ้มของคอนกรีตตามข้อกำหนด ในการจัดเหล็กเสริมจะต้องมีการจำกัดจำนวนรอยต่อทาบเหล็กให้น้อยที่สุด รอยทาบแต่ละจุด จะต้องสามารถรับแรงได้สูงสุดเทียบเท่าหน้าตัดเดิม และการต่อต้องมั่นคงโดยไม่เกิดการขยับตัวของเหล็กเสริมที่รอยต่อทาบขึ้นระหว่างการก่อสร้างเสาเข็ม ค่าที่ผิดพลาดยอมได้สำหรับตำแหน่งของโครงเหล็กในแนวดิ่ง คือ สูงขึ้นมาไม่เกิน 150 มม. หรือต่ำไม่เกิน 50 มม. (+150/-50 มม.)ในกรณีใช้การต่อเหล็กโดยการเชื่อม จะต้องมีการส่งแบบรายละเอียดและขั้นตอนต่างๆ ก่อนการทำงาน ทั้งหมดนี้การเชื่อมต่อเหล็กจะไม่ได้เป็นการลดระยะทาบของการต่อเหล็กเสริม ซึ่ง

ข้อกำหนดการต่อเหล็กโดยวิธีต่อเชื่อมต่อทาบให้เป็นไปตามหากข้อกำหนดเฉพาะงานไม่ได้กำหนดไว้เป็นอย่างอื่น โครงเหล็กที่ใช้จะต้องมีความยาวจนถึงก้นหลุมโดยมีปริมาณเหล็กเสริมยืนชั้นต่ำไม่น้อยกว่า 0.5% ของพื้นที่หน้าตัดเสาเข็ม ทั้งนี้เหล็กเสริมยืนต้องมีคุณสมบัติไม่น้อยกว่าเหล็กข้ออ้อยขนาด DB-12 (SD30) จำนวน 6 เส้นเป็นอย่างน้อย และปลายเหล็กด้านบนยื่นโผล่เหนือระดับตัดใช้งานของเสาเข็มไม่น้อยกว่า 600 มม. ขนาดเหล็กปลอกเดี่ยวกำหนดให้ขั้นต่ำใช้เหล็กกลมเรียบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มม. และระยะห่างระหว่างปลอกไม่เกิน 20 ซม. สำหรับเสาเข็มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 600 มม. และขั้นต่ำให้ใช้เหล็กกลมเรียบปลอกเดี่ยวที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 9 มม. ระยะห่างระหว่างปลอกไม่เกิน 20 มม. สำหรับเสาเข็มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเกินกว่า 600 มม. (คณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมโยธาวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ข้อกำหนดมาตรฐานสำหรับงานก่อสร้างเสาเข็มเจาะ, 2554, น.17)

ภาพที่ 8 โครงเหล็กเสริม

(กฤษฎา ภูมี, โครงการสุขุมวิทซอย18, 2559**)**

ภาพที่ 9 ปลอกเหล็กกันพัง (Casing)

(กฤษฎา ภูมี , 2559,โครงการมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย)

ในการจัดเหล็กเสริมจะต้องมีการจำกัดจำนวนรอยต่อทาบเหล็กให้น้อยที่สุด รอยทาบแต่ละจุด จะต้องสามารถรับแรงได้สูงสุดเทียบเท่าหน้าตัดเดิม และการต่อต้องมั่นคงโดยไม่เกิดการขยับตัวของเหล็กเสริมที่รอยต่อทาบขึ้นระหว่างการก่อสร้างเสาเข็ม ค่าที่ผิดพลาดยอมได้สำหรับตำแหน่งของโครงเหล็กในแนวดิ่ง คือ สูงขึ้นมาไม่เกิน 150 มม. หรือต่ำไม่เกิน 50 มม. (+150/-50 มม.)ในกรณีใช้การต่อเหล็กโดยการเชื่อม จะต้องมีการส่งแบบรายละเอียดและขั้นตอนต่างๆ ก่อนการทำงาน ทั้งหมดนี้การเชื่อมต่อเหล็กจะไม่ได้เป็นการลดระยะทาบของการต่อเหล็กเสริม ซึ่งข้อกำหนดการต่อเหล็กโดยวิธีต่อเชื่อมต่อทาบให้เป็นไปตามหากข้อกำหนดเฉพาะงานไม่ได้กำหนดไว้เป็นอย่างอื่น โครงเหล็กที่ใช้จะต้องมีความยาวจนถึงก้นหลุมโดยมีปริมาณเหล็กเสริมยืนชั้นต่ำไม่น้อยกว่า 0.5% ของพื้นที่หน้าตัดเสาเข็ม ทั้งนี้เหล็กเสริมยืนต้องมีคุณสมบัติไม่น้อยกว่าเหล็กข้ออ้อยขนาด DB-12 (SD30) จำนวน 6 เส้นเป็นอย่างน้อย และปลายเหล็กด้านบนยื่นโผล่เหนือระดับตัดใช้งานของเสาเข็มไม่น้อยกว่า 600 มม. ขนาดเหล็กปลอกเดี่ยวกำหนดให้ขั้นต่ำใช้เหล็กกลมเรียบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มม. และระยะห่างระหว่างปลอกไม่เกิน 20 ซม. สำหรับเสาเข็มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 600 มม. และขั้นต่ำให้ใช้เหล็กกลมเรียบปลอกเดี่ยวที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 9 มม. ระยะห่างระหว่างปลอกไม่เกิน 20 มม. สำหรับเสาเข็มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเกินกว่า 600 มม.(มาตรฐาน วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ ,2554,น)

การออกแบบเสาเข็ม

การออกแบบเสาเข็มโดยเลือกใช้ขนาดเสาเข็มเจาะที่มีใช้กันอยู่ในวงการก่อสร้างเป็นสิ่งที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากการก่อสร้างเสาเข็มเจาะที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิเศษ จะต้องทำการประดิษฐ์อุปกรณ์ขุดเจาะและปลอกเหล็กกันดินพังขึ้นมาใหม่ เป็นผลทำให้ต้นทุนของโครงการก่อสร้างเพิ่มขึ้น การหารือระหว่างผู้ออกแบบกับผู้ประกอบการงานก่อสร้างเสาเข็มเจาะตั้งแต่เนิ่นๆ จะทำให้ช่วยให้การออกแบบขนาดเสาเข็มเหมาะสมยิ่งขึ้น เสาเข็มเจาะขนาดใหญ่ที่ใช้กันในวงการก่อสร้างในประเทศไทยทั่วไป จะเริ่มจากขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 600 มม. 800 มม. 1000 มม. 1200 มม. 1350 มม. 1500 มม. 1650 มม. 1800 มม. และ 2000 มม. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเสาเข็ม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเสาเข็มจะต้องมีขนาดไม่เล็กกว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเสาเข็มที่กำหนดไว้ในแบบหรือข้อกำหนดเฉพาะงานในการเจาะเสาเข็มแต่ละต้นจะต้องทำการวัดขนาดความกว้างของอุปกรณ์ขุดเจาะ และทำการบันทึกขนาดไว้ เพื่อเป็นหลักประกันว่าเสาเข็มแต่ละต้นเมื่อก่อสร้างแล้วเสร็จ จะได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตามที่กำหนดไว้ ค่าความคลาดเคลื่อนของขนาดหัวอุปกรณ์ขุดเจาะที่ยอมให้คือ + -5% ของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเสาเข็มที่กำหนดไว้ (วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ข้อกำหนดมาตรฐานสำหรับงานก่อสร้างเสาเข็มเจาะ,2554,น.25)

สารละลายที่เกี่ยวข้องกับงานเสาเข็มเจาะ

สารละลายเบนโทไนท์ (Bentonite Slurry)

เสาเข็มเจาะที่ใช้สารละลายเบนโทไนท์ (Bentonite Slurry) เป็นสารรักษาเสถียรภาพหลุมเจาะทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้ผนังของหลุมเจาะพังหรือ เกิดการเคลื่อนตัวมากเกินไป โดยทั่วไปความลึกที่จะก่อสร้างเสาเข็มเจาะระบบเปียกจะมีปลายเสาเข็มหยั่งลงในทรายชั้นที่หนึ่งหรือชั้นที่สอง และมีขนาดตั้งแต่ 0.80-1.50 เมตร เนื่องจากสารละลายเบนโทไนท์จะมีค่าความหนาแน่นสูงกว่าน้ำ ทำให้แรงดันของสารละลายเพียงพอที่จะป้องกันการเคลื่อนตัวของดินเหนียว สำหรับในชั้นทรายสารละลายเบนโทไนท์จะเกิดพฤติกรรมเยื่อบุทึบน้ำ (Filter Cake) ทำให้ผิวหน้าของทรายไม่หลุดร่วงลงไปในหลุมเจาะและตัวเยื่อบุทึบน้ำยังทำหน้าที่เป็นตัวถ่ายแรงดันจากสารละลายไปที่ผนังเพื่อป้องกันการเคลื่อนตัวด้านข้างของทรายอีกด้วยขั้นตอนการก่อสร้างโดยสังเขปสำหรับเสาเข็มเจาะที่ใช้สารละลายเบนโทน์มีดังนี้

1. ผสมเบนโทไนท์แล้วสูบขึ้นไปในถังเก็บปล่อยให้เบนโทไนท์ดูดน้ำให้เต็มที่ (Fully Hydrated) ประมาณ 24 ชั่วโมง ก่อนที่จะนำมาใช้งานได้ ซึ่งอัตราส่วนการผสมของผงเบนโทไนท์กับน้ำที่เหมาะสมในการก่อสร้างเสาเข็มเจาะอยู่ที่ประมาณ 3-6 % โดยน้ำหนัก

2. ทำการลงปลอกเหล็ก (Casing) เพื่อป้องกัน การเคลื่อนตัวในชั้นดินเหนียวอ่อน ตามปกติปลอกเหล็กที่ใช้กับดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ จะยาวประมาณ 15 เมตร การติดตั้งปลอกเหล็กจะใช้ค้อนสั่น (VibroHammer) เป็นตัวดันลง

3. เจาะดินในชั้นดินเหนียวอ่อนถึงแข็งปานกลางโดยใช้สว่าน (Auger) เป็นหัวเจาะจนถึงความลึกก่อนถึงชั้นทรายเนื่องจากการการเจาะโดยใช้สว่านจะสามารถทำงานได้สะดวกและรวดเร็วกว่าการใช้หัวเจาะแบบถัง

4. เมื่อเจาะถึงความลึกในชั้นทรายเปลี่ยนหัวเจาะเป็นแบบถัง (Drilling Bucket) แล้วเติมสารละลายเบนโทไนท์ลงในหลุมเจาะแล้วทำการเจาะจนถึงระดับที่ต้องการ

5. ทำความสะอาดก้นหลุมโดยใช้เครื่องเป่าลม (Air Lift) เนื่องจากเม็ดดินขนาดเล็กในหลุมเจาะจะแขวนลอยอยู่ในสารละลายเบนโทไนท์เครื่องเป่าลมจะไล่เม็ดดินเหล่านั้นขึ้น

6. ลงเหล็กเสริมและเทคอนกรีตใต้น้ำผ่านท่อเท(TremiePipe)

7. สูบสารละลายเบนโทไนท์ไปที่ถังพัก ทำกระบวนการกรองทราย (Desanding) และปรับแต่งคุณสมบัติเพื่อที่จะนำกลับมาใช้อีก

8. ทำการถอนปลอกเหล็กออก

ในขั้นตอนของการสร้างเสาเข็มเจาะระบบเปียกเมื่อเจาะจนถึงระดับที่มีน้ำใต้ดินซึมเข้ามาหรือว่าหลุมเจาะไม่สามารถรักษาสภาพด้วยตัวเองได้ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องใส่สร้างรักษาเสถียรภาพของหลุมเจาะลงไปเพื่อป้องกันหลุมพัง หลายสิบปีที่ผ่านมาสารละลายเบนโทไนท์ถูกใช้งานเป็นสารรักษาเสถียรภาพในงานขุดเจาะเสาเข็มและก่อสร้างกำแพงกันดิน เนื่องจากเบนโทไนท์เป็นสารประเภทสารประกอบดินเหนียว (Clay Mineral) ซึ่งบรรจุขายในเชิงพาณิชย์เพื่อการใช้งานอยู่ในรูปของผงสีน้ำตาลละเอียดที่สามารถขยายตัวได้มากเมื่อผสมกับน้ำโดยจะมีคุณสมบัติเป็นสารประเภทคอลลอยด์ แสดงตัวอย่างของเบนโทไนท์ผงและเมื่อผสมกับน้ำตามลำดับ และคุณสมบัติของเบนโทไนท์ก็สามารถที่จะปรับปรุงจนอยู่ในช่วงที่ต้องการได้โดยเลือกอัตราส่วนของเบนโทไนท์ ซึ่งสามารถเลือกใช้กับงานเจาะเสาเข็มหรือการก่อสร้างกำแพงกันดินก็ได้ พฤติกรรมของเบนโทไนท์ในหลุมเจาะสามารถอธิบายได้ดังนี้ เบนโทไนท์ที่ใช้กันอยู่ในประเทศไทยจัดอยู่ในประเภทเบนโทไนท์ที่เติมโซเดียม (Soium-activated Bentonite) ซึ่งสามารถผลิตขึ้นเองได้ในประเทศ ผงเบนโทไนท์ประกอบไปด้วยอนุภาคดินเหนียว (Clay Particle) ที่เรียกว่าโซเดียมมอนท์มอริโลไนท์ (Na-Montmorillonite) ซึ่งมีขนาดที่เล็กมาก เมื่อผสมผงเบนโทไนท์ลงในน้ำ จะเกิดการดูดน้ำ (Hydrated) เนื่องจากประจุบวกในน้ำจะถูกดึงดูดด้วยประจุลบที่ผิว (Face) ของอนุภาคดินเหนียว (Clay Particle) เรียกว่าวงน้ำ (Double Layer หรือ Diffuse Layer) วงน้ำนี้จะเป็นระยะที่อนุภาคดินเหนียว (Clay Paticle) สามารถดูดน้ำได้ทำให้ขนาดของอนุภาคดินเหนียว (Clay Paticle) สามารถขยายออกได้ สำหรับเบนโทไนท์ที่ดูดน้ำแล้ว (Hydrated Na-Montmorillonite) วงน้ำ (Double Layer) จะมีขนาดใหญ่มากทำให้มีการขยายตัวได้อย่างมาก ตามปกติในการก่อสร้างจะผสมผงเบนโทไนท์ในอัตราส่วน 3-6% กับน้ำโดยน้ำหนัก และทิ้งไว้เพื่อให้เกิดการดูดน้ำเต็มที่ (Fully Hydrated) ประมาณ 24 ชั่วโมง เมื่อใส่สารละลายเบนโทไนท์ลงในหลุมเจาะจะทำให้เกิดแรงดันค้านการพังของหลุมเจาะได้ส่วนดินเม็ดละเอียดจำพวกทรายละเอียด, ทรายแป้ง (Silt) จะแขวนลอย

ผสมอยู่กับสารละลายเบนโทไนท์ เนื่องจากสารละลายมีกำลังรับแรงเฉือน (Shear Strength)ในชั้นดินที่มีค่าดารซึมผ่านสูงเช่นชั้นทราย สารละลายเบนโทไนท์จะเกิดพฤติกรรมที่เรียกว่า การเกิดเยื่อบุทึบน้ำ (Filter Cake Formation) ซึ่งเยื่อบุทึบน้ำจะเกิดขึ้นเมื่อของเหลวในสารละลายซึมผ่านดินและทิ้งให้ส่วนที่เป็นของแข็งในสารละลายสะสมตัวเป็นแผ่นขึ้นและจะทำให้ส่วนที่เป็นของเหลวซึมผ่านดินได้น้อยลง ทำให้แรงดันจากสารละลายเบนโทไนท์ถ่ายผ่านเยื่อบุทึบน้ำ (Filter Cake) ไปที่ดินได้ ซึ่งความแข็งแรงของเยื่อบุทึบน้ำจะขึ้นอยู่กับระยะห่างจากผิวหน้าของทราย ความหนา และความแข็งของเยื่อบุทึบน้ำนี้อาจขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายๆอย่าง เช่น ความแตกต่างของความดันระหว่างสารละลายกับน้ำในดิน, ชนิดและปริมาณของแข็งในสารละลายที่ใช้, ค่าการซึมผ่านในดินและเยื่อบุทึบน้ำ (Filter Cake) ระยะเวลาที่สารละลายสัมผัสกับดินเมื่อสารละลายเบนโทไนท์ถูกทิ้งไว้โดยไม่ถูกรบกวนเป็นเวลานานจะเกิดปรากฏการณ์คืนกำลัง (Thixotropy) ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ของอนุภาคดินเหนียว (Clay Mineral) เนื่องจากสารละลายเบนโทไนท์ถูกรบกวนจากการการผสมและการเคลื่อนที่ขึ้นลงของก้านเจาะจะทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคดินเหนียว (Clay Particle) ถูกทำลาย และเมื่อทิ้งไว้ไม่มีการรบกวนอนุภาคดินเหนียว (Clay Particle) จะสร้างแรงยึดเหนี่ยวขึ้นมาใหม่เพื่อกลับสู่สภาพสมดุลอีกครั้ง ทำให้เบนโทไนท์มีกำลังรับแรงเฉือนเพิ่มขึ้น นั่นคือจะมีความหนืดเพิ่มขึ้นเมื่อทิ้งไว้ในหลุมเจาะนานๆเบนโทไนท์มีอยู่ 3 ประเภท คือ

1.โซเดียมเบนโทไนท์ตามธรรมชาติ (Natural sodium bentonite) มีความสามารถในการพองตัวสูง มีค่า Liquid limit สูง และมีค่าการไหลสูญหายของน้ำ (Fluid loss) ต่ำ แต่หายากและมีราคาแพงจึงไม่ได้รับความนิยมในการใช้งาน

2. แคลเซียมเบนโทไนท์ตามธรรมชาติ(Natural calcium bentonite) มีความสามารถในการพองตัวต่ำ มีค่า Liquid limit ต่ำกว่าและมีค่าการไหลสูญหายของน้ำ (Fluid loss) สูงกว่ามากเมื่อเปรียบเทียบกับ Natural sodium bentoniteจึงไม่เหมาะสมในการนำมาใช้ในงานเสาเข็มเจาะ

3. เบนโทไนท์ชนิดผสมโซเดียม(Sodium – activated bentonite) ผลิตขึ้นโดยการเติมสารละลาย Sodium carbonate ลงไปใน Calcium bentoniteในวงการอุตสาหกรรมเสาเข็มเจาะทั่วโลกส่วนใหญ่ใช้เบนโทไนท์ประเภทนี้เมื่อนำผลเบนโทไนท์จำนวน 3% โดยน้ำหนักหรือมากกว่าผสมลงในน้ำและกวนให้เข้ากันจนทั่ว จะกลายเป็นของเหลวที่มีความหนืด (Viscous slurry) และจะหนืดเพิ่มมากขึ้นเมื่อปล่อยให้อยู่ในสภาวะนิ่งๆ แต่ความหนืดจะลดลงเมื่อทำการกวนให้เกิดการไหลเวียน ปรากฏการณ์ดังกล่าวรู้จักกันในชื่อที่เรียกว่า Thixotropyสารละลายเบนโทไนท์จะก่อตัวเป็นเยื่อบุทึบน้ำ (Seal) ในรูปของ Filter cake ขึ้นปิดที่ผิวผนังหลุมเจาะที่เป็นชั้นดินโปร่งน้ำ เป็นผลให้ความดันที่เกิดจากสารละลายในหลุมเจาะสามารถพัฒนาขึ้นเพื่อสร้างเสถียรภาพภายในหลุมเจาะได้นอกจากนี้เยื่อบุทึบน้ำที่ก่อตัวขึ้นนี้จะเป็นแนวป้องกันไม่ให้สารละลายเบนโทไนท์ไหลสูญหายเข้าไปภายในผิวผนังหลุมเจาะจนเป็นเหตุให้แรงดันน้ำ (Pore pressure) ในชั้นดินเพิ่มสูงขึ้น และกำลังรับแรงเฉือน (Shear strength) ของชั้นดินลดลง เยื่อบุทึบน้ำที่เกิดขึ้นนี้มีผลทำให้สารละลาย

สามารถสร้างเสถียรภาพให้เกิดขึ้นในหลุมเจาะได้อย่างมีประสิทธิภาพที่สุดคุณสมบัติขอสารละลายจะต้องมีการตรวจสอบอย่างสม่ำเสมอโดยวิธีทดสอบ และคุณสมบัติของสารละลายที่ระบุไว้ในตารางข้างล่างนี้ (วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์,ข้อกำหนดมาตรฐานสำหรับงานก่อสร้างเสาเข็มเจาะ, 2554, น.22)

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของสารละลาย

รายการที่ตรวจสอบ	ค่าที่ควรจะเป็น	วิธีการตรวจสอบ
ความเข้มข้น	ไม่เกิน 1.15กรัมต่อ มล.	Mud Density balance
ความหนืด (Viscosity)	40-90วินาทีต่อควอท(+/-5)	Marsh Cone
ค่าความเป็นกรด/ด่าง (pH)	9.5-12	pH Indicator (paper strips)
ค่าปริมาณทรายสะสม (Sand Content)	4%	Sand Screen

คุณสมบัติของสารละลายเบนโทไนท์ก่อนการเทคอนกรีตก่อนกคุณสมบัติของสารละลายโดยจะต้องไม่มีสารละลายที่ปนเปื้อนอยู่บริเวณก้นหลุมเจาะโดยคุณสมบัติของสารละลายที่ระบุไว้ในตารางข้างล่าง

ตารางที่ 2 คุณสมบัติของสารละลายเบนโทไนท์

รายการที่ตรวจสอบ	ค่าที่ควรจะเป็น	วิธีการตรวจสอบ
ความเข้มข้น	ไม่เกิน 1.15กรัมต่อ มล.	Mud Density balance
ความหนืด (Viscosity)	ไม่เกิน 50วินาทีต่อควอท(+/-5)	Marsh Cone
ค่าความเป็นกรด/ด่าง (pH)	9.5-12	pH Indicator (paper strips)
ค่าปริมาณทรายสะสม (Sand Content)	ไม่เกิน 2%	Sand Screen

ภาพที่ 10 แสดงวิธีการสูบอัดสารเบนโทไนท์

(กฤษฎา ภูมี, 2559, โครงการมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย)

ภาพที่ 11 การเติมสารละลายรักษาเสถียรภาพหลุมเจาะ

(กฤษฎา ภูมี, 2559, โครงการสุขุมวิท ซอย 24)

สารละลายโพลีเมอร์(Polymers)

โพลีเมอร์สามารถนำมาใช้เป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการรักษาเสถียรภาพของหลุมเจาะแทนเบ็นโทไนท์ได้ ในการพยุงเสถียรภาพของหลุมเจาะโดยสารละลายโพลีเมอร์จะไม่มีขบวนการก่อตัวของเยื่อบุทึบน้ำขึ้นที่ผิวดินเพื่อเป็นผนังรักษาความดันเหมือนเบ็นโทไนท์ แต่สารละลายโพลีเมอร์จะก่อตัวเป็นสิ่งกีดขวาง (Barrier) อุดช่องว่างเล็กๆ ในดิน (Pores) โดยวิธี Rheological blocking สารละลายโพลีเมอร์จึงเป็นของหลุมที่เหมาะสมที่สุดในการรักษาเสถียรภาพของหลุมเจาะ เพราะสารละลายโพลีเมอร์มีค่าความหนืดสูงที่อัตราแรงเฉือนมีค่าต่ำ (High viscosity at low shear rates) ในขณะเดียวกันก็สามารถรักษาคามหนืดให้ต่ำได้ที่อัตราแรงเฉือนมีค่าสูง (Maintaining low viscoscity at high shear rates) ภายใต้สภาวะที่ของเหลวอยู่นิ่ง (Under quiescent conditions) จะต้องการความหนืดสูงเพื่อลดการแทรกซึมเข้าไปในชั้นดินและช่วยพยุงตะกอนที่เกิดจากการขุดเจาะให้ลอยแขวนได้ เมื่อของเหลวถูกกวน (Agitated) สภาวะดังกล่าวจะต้องการความหนืดต่ำเพื่อลด Pumping pressure เพื่อช่วยทำให้ของเหลวไหลเวียนผ่านอุปกรณ์ที่ใช้ขุดเจาะได้ดี และช่วยเพิ่ม

สมรรถนะของการแยกตัวของตะกอนขั้นตอนการทำความสะอาดก้นหลุมเจาะได้ดีขึ้นด้วย สารละลายโพลีเมอร์จะแทรกซึมเข้าไปในชั้นดินเหนียวได้ไม่ลึกมาก แต่สามารถจะแทรกซึมเข้าไปในชั้นทรายได้ลึกมาก ดังนั้นเมื่อนำเบนโทไนท์มาผสมร่วมกับโพลีเมอร์ในการขุดเจาะในชั้นดินทรายได้ จะช่วยในการอุดช่องว่างในชั้นทรายได้ดีขึ้นการผสมสารละลายโพลีเมอร์ควรใส่ผงโพลีเมอร์ให้เกิดกระจายตัวเต็มที่ในน้ำที่ใช้ผสมก่อนการรวมตัวผสมกับน้ำมิฉะนั้นแล้วจะก่อตัวเป็น Fish eyes ขึ้นมา ซึ่งเกิดขึ้นจากผงโพลีเมอร์แห้งจับตัวเป็นก้อนจนไม่สามารถสัมผัสกับน้ำที่ใช้ผสม เนื่องจากถูกชั้นของโพลีเมอร์ที่รวมตัวกับน้ำแล้วกั้นไว้ เมื่อเกิดเป็นลักษณะ Fish eyes ขึ้นมาแล้ว ผงโพลีเมอร์แห้งที่ถูกห่อหุ้มไว้ด้านในอาจจะทำให้เกิดการต่อต้านการรวมตัวผสมกับน้ำอย่างเต็มที่ ดังนั้นผลโพลีเมอร์ที่จับตัวกันเป็น Fish eyes จะทำให้สารละลายที่ผสมแล้วไม่เกิดความหนืด เพื่อป้องกันปัญหาดังกล่าว ผู้ผลิตสามารถเคลือบ Grains ของโพลีเมอร์ด้วย Hydrophobic chemical ซึ่งหลังจากเกิดการกระจายตัว (Dispersion) แล้วจะถูกจำกัดออกเองโดยปฏิกิริยาเคมี แรงเฉือน อุณหภูมิและเวลาในการใช้โพลีเมอร์เป็นของเหลวพยุงเสถียรภาพหลุมเจาะนั้นจะใช้ปริมาณน้อยกว่าการใช้เบนโทไนท์ โดยทั่วไปแล้วจะต้องการปริมาณโพลีเมอร์ที่สามารถทำให้ของเหลวมีคุณสมบัติตามที่ต้องการนั้นเพียงประมาณ 1% ถึง 10% ของปริมาณที่ต้องใช้ของเบนโทไนท์เท่านั้น แต่อย่างไรก็ตาม ราคาของโพลีเมอร์แพงกว่าราคาของเบนโทไนท์มาก จึงต้องทำการควบคุมอย่างใกล้ชิดเพื่อลดการสูญเสียระหว่างการใช้งานก่อนทำการทิ้งสารละลายโพลีเมอร์ที่ไม่ใช้งานแล้วนั้น ตะกอนที่อยู่ในสารละลายโพลีเมอร์สามารถถูกแยกออกได้โดยการใช้สารช่วยรวมตัวกันให้ตกตะกอน (Flocculants) ของเหลวที่เหลือจากการตกตะกอนจะไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจนสามารถทิ้งลงในท่อระบายน้ำหรือทางน้ำได้ (บริษัทซีฟโก้ จำกัด มหาชน, ขั้นตอนการก่อสร้างเสาเข็มเจาะแบบเปียก, 2550, น.11)

แนวคิดเกี่ยวกับคอนกรีตผสมเสร็จ

คอนกรีตสำหรับงานเสาเข็มเจาะระบบเปียก

ในการหล่อคอนกรีตเสาเข็มเจาะระบบเปียกเป็นการหล่อคอนกรีตใต้น้ำผ่านท่อเท (Tremie concreting) ที่ไม่สามารถใช้เครื่องจี้เขย่าไล่ฟองอากาศในคอนกรีตออกเพื่อให้คอนกรีตอัดตัวแน่นได้ จึงต้องออกแบบและผสมคอนกรีตที่นำมาใช้ในงานเสาเข็มเจาะระบบเปียกให้มีคุณลักษณะดังนี้

1. สามารถเคลื่อนไหลได้ดี
2. สามารถอัดตัวแน่นได้ด้วยน้ำหนักตัวเอง
3. ทนทานต่อการแยกตัวและการเยิ้ม
4. มีระยะเวลาการเริ่มก่อตัวนานกว่าปกติ
5. ทนทานต่อสภาวะผิดปกติในชั้นดิน

6. ทนทานต่อการชะล้างของน้ำใต้ดิน

7. มีกำลังอัดและความแข็งแรงตามที่ออกแบบไว้

การออกแบบส่วนผสมคอนกรีตการออกแบบส่วนผสมจะต้องคำนึงถึงการนำมาใช้งานได้จริงเป็นหลัก ส่วนผสมปกติที่ใช้คือจะต้องให้ส่วนผสมมีค่าความยุบตัว(Slump) อยู่ระหว่าง 15.00-20.00ซม. และเป็นไปตามข้อกำหนดและได้รับการพิจารณาอนุมัติคอนกรีตผสมเสร็จที่ใช้ประกอบด้วยซีเมนต์พอร์ตแลนด์ชนิดหนึ่ง (หรือเทียบเท่า) มวลรวม เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในการออกแบบส่วนผสมซึ่งได้รับการอนุมัติแล้ว น้ำปราศจากกรดและสารปลอมปนใดๆ ส่วนผสมอื่นๆ ต้องระบุส่วนผสมเพิ่มหากมีการใช้ การออกแบบส่วนผสมจะต้องคำนึงถึงการนำมาใช้งานได้จริงเป็นหลัก ส่วนผสมปกติที่ใช้คือ จะต้องให้ส่วนผสมมีค่าความยุบตัว (Slump) 17.5 ซม. หรือมากน้อยกว่านี้ไม่เกิน 2.5 ซม. และเป็นไปตามข้อกำหนดและได้รับการพิจารณาอนุมัติกำลังอัดประลัยของคอนกรีต (Compressive Strength of Concrete) คอนกรีตจะต้องมีกำลังอัดประลัยของคอนกรีตทรงกระบอก (Cylinder Strength) และมีปริมาณซีเมนต์ตามที่กำหนดไว้ในข้อกำหนด ทั้งนี้กำลังอัดประลัยของตัวอย่างแท่งคอนกรีตจะต้องได้รับการทดสอบตามข้อกำหนดหรือมาตรฐานสากล

$$\text{ปริมาณเนื้อแท้ของวัสดุ} = \frac{\text{น้ำหนักของวัสดุ}}{\text{ความถ่วงจำเพาะของวัสดุ x หน่วยน้ำหนักของน้ำ}}$$

การจดบันทึก

ควรจดบันทึกรายละเอียดต่างๆ ในการทำเสาเข็มเจาะทุกต้น ดังนี้คือ

1. หมายเลขเสาเข็ม

2. วันเดือนปี และเวลาการเริ่มเจาะดิน

3. วันเดือนปี และเวลาการสิ้นสุดการเจาะ พร้อมทั้งรายละเอียดของสิ่งกีดขวางและอุปสรรคระหว่างการเจาะ

4. วันเดือนปี และเวลาของการลงโครงเหล็กเสริม

5. วันเดือนปี และเวลาการเริ่มและสิ้นสุดการเทคอนกรีต

6. ความยาว ความกว้าง และความลึกของเสาเข็ม

7. ปริมาณคอนกรีตที่ใช้ เวลาที่การเทคอนกรีตหยุดชะงัก และปริมาณของคอนกรีตผสมเสร็จ

8. ระดับ Cut Off ของคอนกรีต

9. วันเดือนปี สถานที่ และเวลาในการทดสอบคุณสมบัติของของเหลวค้ำจุนเบนโทไนท์และผลการทดสอบ

10. รายละเอียดของเหล็กและเหล็กเสริม

11. กราฟแสดงปริมาณคอนกรีตตามทฤษฎีและตามความเป็นจริงที่ระยะความลึก (บริษัทซีฟโก้ จำกัด มหาชน , ขั้นตอนการก่อสร้างเสาเข็มเจาะแบบเปียก, 2550, น.7)

แนวคิดเกี่ยวกับการควบคุมปริมาณคอนกรีตผสมเสร็จของเสาเข็มเจาะ

คอนกรีตที่เหมาะสมกับงานเสาเข็มเจาะนั้นต้องมีคุณสมบัติพิเศษหลายประการที่ดีกว่าคอนกรีตสำหรับโครงสร้างทั่วไป เช่น คอนกรีตต้องสามารถทำงานง่ายและสามารถลื่นไหลได้ดี (Excellent workability and fluidity), ต้องสามารถอัดตัวแน่นได้ด้วยน้ำหนักตัวเอง (Self-compaction under self-weight), ต้องทนทานต่อการแยกตัวและการเยิ้มได้ดี (Resistance to segregation and bleeding), ต้องสามารถหน่วงการก่อตัวได้ (Controlled setting), ต้องสามารถทนต่อสภาวะแวดล้อมที่ไม่ปกติ (Resistance to harsh environment), ทนต่อการไหลชะทำลายของน้ำใต้ดิน (Resistance to leaching) และต้องมีกำลังอัดตามที่ต้องการ (Appropriate strength and stiffness) ผู้ออกแบบและควบคุมงานก่อสร้างในสนามส่วนใหญ่จะพิจารณาคุณสมบัติของคอนกรีตจากผลการทดสอบค่าการยุบตัว (Slump test), ระยะเวลาการหน่วงการแข็งตัว (Retardation time) และกำลังอัดประลัยของคอนกรีต (Compressive strength) เป็นเกณฑ์ ซึ่งความเป็นจริงแล้วการทดสอบการยุบตัวของคอนกรีตนั้นอาจจะบอกถึงความสามารถในการเทได้ในระดับหนึ่งเท่านั้น แต่ไม่อาจแสดงให้เห็นถึงการเกาะตัวและความทนทานต่อการแยกตัวของคอนกรีตได้ ซึ่งทำให้การเทคอนกรีตอาจเกิดปัญหาขึ้นได้ทั้งขณะที่คอนกรีตยังเหลวอยู่และตอนแข็งตัวแล้ว

ฐานรากคือ ส่วนล่างสุดของโครงสร้างซึ่งมีหน้าที่ถ่ายน้ำหนักทั้งหมดจากโครงสร้างลงสู่พื้นดิน การถ่ายน้ำหนักจากฐานรากลงสู่พื้นดินถ้าเป็นการถ่ายน้ำหนักโดยการส่งถ่ายโดยตรง จะใช้ฐานรากตื้นหรือฐานรากแผ่ แต่ถ้าเป็นการถ่ายน้ำหนักของฐานรากโดยการถ่ายผ่านโครงสร้างที่ฝังลงในดินจะใช้เป็นฐานรากเสาเข็ม

เสาเข็มเจาะ คือโครงสร้างที่ถูกก่อสร้างโดยการขุดหลุมทรงกลมในชั้นดินไว้ล่วงหน้าแล้วค่อยเทคอนกรีตลงไปในหลุมให้เต็ม คุณภาพของเสาเข็มนั้นก็จะขึ้นอยู่กับการควบคุมกระบวนการก่อสร้างในแต่ละขั้นตอน ซึ่งกระบวนการก่อสร้างเสาเข็มนั้นก็จะมีความแตกต่างกันโดยจะพิจารณาจากสภาพดินและสภาพพื้นที่ที่จะทำการก่อสร้าง ทำให้การก่อสร้างเสาเข็มเจาะในแต่ละจังหวัดจะมีความแตกต่างกัน (วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์, ข้อกำหนดมาตรฐานสำหรับงานก่อสร้างเสาเข็มเจาะ, 2554,น.17)

การเทคอนกรีต

การเทคอนกรีต ของเหลวค้ำจุนจะถูกแทนที่โดยคอนกรีต และจะถูกปั๊มดูดจากหลุมเจาะเข้ามาผ่านถังตกตะกอน เพื่อให้ทรายและตะกอนตกตะกอนแยกออกจากของเหลวค้ำจุน แล้วจึงเก็บไว้ในถังพักอาจต้องทำการผสมของเหลวค้ำจุนที่ใช้แล้วกับของเหลวค้ำจุนผสมใหม่จนกระทั่งของเหลวค้ำจุนดังกล่าวมีคุณสมบัติตามที่กำหนดสำหรับไว้ก่อนการนำไปใช้ในงานทำเสาเข็มในหลุมเจาะต่อไปได้ ระดับผิวหน้าสุดท้ายของคอนกรีตจะต้องอยู่สูงกว่าระดับตัดใช้งาน (Cut Off Level) ไม่น้อยกว่า 1.00 เมตร และเมื่อเทคอนกรีตเสร็จแล้วจึงค่อยเติมกลบ (Backfill) ด้วยดินเดิมหรือวัสดุอื่นที่เหมาะสม ขั้นตอนที่กล่าวมาเป็นขั้นตอนการก่อสร้างทั้งหมดของการก่อสร้างเสาเข็มเจาะ ในการก่อสร้างเสาเข็มต้นต่อไปจะต้องไม่ทำให้เสาเข็มที่ก่อสร้างก่อนหน้าเสียหาย โดยการก่อสร้างเสาเข็มนั้นจะต้องห่างจากเสาเข็มต้นที่เพิ่งเทคอนกรีตเสร็จไม่น้อยกว่า 6 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางเสาเข็มที่ก่อสร้างเสร็จ หรือ หากต้องการก่อสร้างเสาเข็มเจาะในระยะที่ใกล้กว่านี้ เสาเข็มโดยรอบที่ก่อสร้างแล้วต้องเทคอนกรีตแล้วเสร็จผ่านมาไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง คุณสมบัติด้านความสามารถในการเทได้ (Workability) ของคอนกรีตสดและวิธีการเทคอนกรีตจะต้องทำให้ได้เนื้อคอนกรีตที่มีความต่อเนื่องเป็นเนื้อเดียวกัน หรือทำให้ทุกหน้าตัดของเสาเข็มสมบูรณ์ ในระหว่างการขนส่งคอนกรีตตั้งแต่จุดผสมจนถึงบริเวณหลุมเจาะจะต้องกระทำโดยไม่ก่อให้เกิดการแยกตัว (Segregation) ของหินย่อยออกจากคอนกรีต การเทคอนกรีต้องไม่มีการหยุดชะงักจนเป็นผลให้คอนกรีตที่เทไปแล้วเกิดการก่อตัว ซึ่งเป็นผลทำให้เนื้อคอนกรีตของเสาเข็มเกิดความไม่ต่อเนื่องกันในส่วนนั้นจะต้องมีความระมัดระวังในการออกแบบส่วนผสมของคอนกรีต และกำหนดวิธีการเทเพื่อป้องกันไม่ให้คอนกรีตสดเกิดการก่อตัวจนไปอุดตันในปลอกเหล็กกันดินพังได้ และในการเทคอนกรีตจะไม่อนุญาตให้มีดิน ของเหลว หรือวัสดุแปลกปลอมอื่นๆ เจือปนเข้าไปในเนื้อคอนกรีต การเทคอนกรีตกำแพงกันดินแบบขุดหล่อในที่ต้องทำอย่างต่อเนื่อง โดยเทคอนกรีตผ่านท่อเทคอนกรีตหนึ่งท่อ หรือมากกว่า ขึ้นอยู่กับความกว้างของขนาดเสาเข็มเจาะเหลี่ยมและต้องเทคอนกรีตด้วยความระมัดระวังเพื่อป้องกันการปนเปื้อนในเนื้อคอนกรีต หย่อนเทคอนกรีต(Trimie Pipe) ซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางไม่ต่ำกว่า 25ซม. ลงไปจนถึงก้นหลุมที่เจาะไว้แล้วใส่วัสดุคั่น (Plug) ซึ่งได้แก่ เม็ดโฟม ลงในท่อเทคอนกรีต ปิดทับด้วยแผ่นสังกะสีบางๆ หลังจากนั้นจึงจะทำการโรยคอนกรีต ที่เตรียมไว้โดยใช้มือลงไปในท่อโดยให้คอนกรีตที่โรยทับให้ทั่วแผ่นสังกะสีแล้วจึงค่อยทำการเทคอนกรีตโดยตรงจากรถคอนกรีตซึ่งในช่วงแรกต้องทำอย่างช้าๆ ความหนาแน่นของคอนกรีตที่สูงกว่าสารละลายจะกดแผ่นสังกะสีลงไปสู่ปลายท่อเทคอนกรีตโดยคอนกรีตไม่ผสมกับสารละลายในระหว่างเทจะต้องให้ปลายท่ออยู่ระดับต่ำกว่าระดับผิวหน้าคอนกรีตที่เทแล้วไม่น้อยกว่า 2ม. เพื่อป้องกันไม่ให้ของเหลวที่เกิดขึ้นระหว่างการเจาะดินไหลกลับเข้าไปในท่ออีก ขณะเทคอนกรีต สารละลายเบนโทไนท์จะถูกแทนที่โดยคอนกรีต และจะถูกปั๊มดูดจากหลุมเจาะกลับเข้าถังเก็บเพื่อทำการบำบัดให้ได้คุณสมบัติที่เหมาะสมในการนำกลับมาใช้ซึ่ง

อาจต้องทำการผสมสารละลายเบนโทไนท์ที่ใช้แล้วกับสารละลายเบนโทไนท์ผสมใหม่จนกระทั่งสารละลายเบนโทไนท์ดังกล่าวมีคุณสมบัติดีตามที่กำหนดไว้ สำหรับก่อนการนำไปใช้งานในหลุมเจาะต่อไปได้ ระดับผิวสุดท้ายของคอนกรีตจะต้องอยู่สูงกว่าระดับตัดใช้งาน (Cut Off Level)ไม่น้อยกว่า 1.00เมตร เพื่อให้ได้คอนกรีตที่มีคุณภาพที่ระดับตัดใช้งาน โดยคอนกรีตที่อยู่เหนือระดับตัดใช้งานจะถูกตัดออกการอัดตัวแน่นของคอนกรีตสดไม่อนุญาตให้ใช้เครื่องจี้เขย่า (Vibrator) ช่วยทำให้คอนกรีตสดแน่นตัว ดังนั้นคอนกรีตสดที่ใช้ควรต้องมีคุณสมบัติในการอัดตัวแน่นได้ด้วยน้ำหนักตัวเองในขณะที่คอนกรีตยังไม่ได้ก่อตัว ส่วนผสมของคอนกรีตสำหรับงานเสาเข็มเจาะควรออกแบบมาให้เป็นคอนกรีตชนิดที่มีความสามารถอัดตัดแน่นได้ด้วยน้ำหนักตัวเองในขณะที่เป็นคอนกรีตสด และควรเป็นคอนกรีตที่มีลักษณะที่ไหลได้ดี (Flowable) แต่ต้องมีความเหนียวหรือความเกาะตัวอยู่ในตัว (Cohesiveness) เพียงพอที่จะป้องกันไม่ให้เกิดการแยกตัวของมวลรวมหยาบ (Segregation) หรือเกิดการเยิ้มน้ำ (Bleeding) มากเกินไป นอกจากนั้นคอนกรีตที่เหมาะสมต้องไม่เกิดการก่อตัว หรือเกิดความกระด้าง (Stiffening) ขึ้น ก่อนที่จะเทลงในหลุมเจาะได้เสร็จสมบูรณ์ วิธีการทดสอบเพื่อวัดความสามารถในการเทได้ของคอนกรีตแนะนำให้ใช้วิธีการทดสอบการยุบตัว (Slump test) ของคอนกรีตสดตามปกติ ค่าความยุบตัวของคอนกรีตปกติสำหรับงานเสาเข็มเจาะที่แนะนำให้ใช้ในกรณีต่างๆ เมื่อวัดค่าความยุบตัวเสร็จใหม่ เราสามารถทดสอบประเมินความเหนียวของคอนกรีตสดต่อไปได้โดยใช้เหล็กกระทุ้ง (Tamping rod) ตีเคาะด้านข้างของกองคอนกรีตสดที่ยุบตัวค้างอยู่นั้น 2-3 ครั้ง ถ้าคอนกรีตสดนั้นมีความเหนียวที่เหมาะสม กองคอนกรีตจะไม่แตกกระจาย หรือมีมวลรวมหยาบแตกร่วนแยกตัวออกมาจากน้ำปูน (Paste) แต่หากประสงค์จะใช้คอนกรีตเหลวชนิดพิเศษที่เรียกว่าคอนกรีต SCC ซึ่งมีคุณสมบัติเป็น Self-leveling concrete หรือ Self-compacting concrete อย่างสมบูรณ์ คอนกรีต SCC ดังกล่าวจะต้องมีคุณสมบัติพื้นฐานที่จำเป็น 3 ประการ คือ

1. คุณสมบัติที่สามารถปรับเปลี่ยนรูปทรงได้ง่าย (High deformability)

2. มีความต้านทางสูงต่อการแยกตัวของหินย่อยออกจากมวลคอนกรีต (High resistance to segregation)

3. สามารถไหลเข้าเติมเต็มแบบหล่อรูปร่างใดๆ ได้อย่างสมบูรณ์โดยไม่เกิดโพรงตามซอกมุม หรือติดขัดตามช่องว่างระหว่างเหล็กเสริม (High filling ability) ซึ่งในกรณีหลังนี้ ขนาดโตสุดของหินย่อยต้องไม่เกินกว่า 40% ของช่องว่างที่แคบที่สุดระหว่างเหล็กเสริม หรือระหว่างเหล็กเสริมกับผนังแบบหล่อคอนกรีต คอนกรีตชนิดพิเศษนี้ควรมีวัสดุประสาน (Cementitious material) อยู่ไม่น้อยกว่า 450 กก./ลบ.ม. ของคอนกรีต วิธีการทดสอบความสามารถในการเทได้ที่เหมาะสมสำหรับคอนกรีตที่เหลวเป็นพิเศษนี้ สามารถใช้อุปกรณ์ทดสอบ Slump test ตามปกติ โดยให้ตักคอนกรีตเหลวกรอกลงในกรวยตัดจนเต็ม และไม่ต้องใช้เหล็กกระทุ้ง เมื่อชักกรวยตัดขึ้นและปล่อยให้คอนกรีตสดไหลแผ่ออกไปช้าๆ จนหยุดนิ่ง ทำการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของวงคอนกรีตที่ไหลแผ่

ออกไปใน 2 ทิศทางตั้งฉากกัน แล้วนำค่าที่ได้มาเฉลี่ย และเรียกค่าเฉลี่ยนี้ว่า “เส้นผ่านศูนย์กลางของการไหล” (Flow diameter) ค่าเส้นผ่านศูนย์กลางการไหลที่เหมาะสมสำหรับคอนกรีต SCC ที่จะนำไปเทให้ได้ผลดีควรอยู่ระหว่าง 55-70 ซม.เราสามารถสังเกตเห็นความแตกต่างระหว่างคุณสมบัติในการไหลของคอนกรีต SCC กับคอนกรีตที่เหลวด้วยการเติมน้ำเข้าไปมากๆ ได้ จากการดูลักษณะการแยกตัวของหินย่อยออกจากน้ำปูน เมื่อปล่อยให้คอนกรีตสดไหลไปโดยอิสระในระหว่างที่ทดสอบการยุบตัว คอนกรีตที่เหลวด้วยการเติมน้ำมากจะไหลแผ่ออกไปเฉพาะน้ำปูน แต่หินย่อยจะกองอยู่กับที่ ในขณะที่คอนกรีต SCC ที่สมบูรณ์ หินย่อยกับทรายและน้ำปูนจะไหลไปด้วยกันอย่างสม่ำเสมอ โดยไม่เกิดการแยกตัว (Segregation) หรือการเยิ้มน้ำ (Bleeding) มากเกินไป

(วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์, ข้อกำหนดมาตรฐานสำหรับงานก่อสร้างเสาเข็มเจาะ, 2554, น. 24)

ภาพที่ 12 การติดตั้งท่อสำหรับเทคอนกรีต

(กฤษฎา ภูมี, 2559, โครงการสถานทูตญี่ปุ่น)

การเทคอนกรีตสำหรับหลุมเจาะแบบเปียกความยาวของกรวยเทจะต้องเพียงพอที่จะไม่ทำให้คอนกรีตเกิดการแยกตัวจากการตกกระแทกโครงเหล็กเสริมหรือกระแทกผนังหลุมเจาะ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเสาเข็มเจาะขนาดเล็กที่มีการใส่เหล็กเสริมมาก ยิ่งมีความจำเป็นต้องเทคอนกรีตผ่านกรวยเทและท่อเทที่แข็งแรง ทั้งนี้ความยาวของท่อเทไม่ควรน้อยกว่า 2 เมตรจะต้องมีการสุ่มเก็บตัวอย่างของเหลวพยุงเสถียรภาพหลุมเจาะ โดยเก็บจากส่วนบนและจากส่วนล่างของหลุมเจาะโดยใช้ Mud Sample หรืออุปกรณ์ที่เหมาะสม จะต้องจัดเตรียมเก็บตัวอย่างและทดสอบของเหลวพยุงเสถียรภาพหลุมเจาะ หลังจากนำของเหลวพยุงเสถียรภาพหลุมเจาะมาทดสอบคุณสมบัติแล้ว หากคุณสมบัติต่างๆ ของตัวอย่างที่เก็บขึ้นมาทดสอบไม่เป็นไปตามที่ค่าที่ระบุไว้ในข้อกำหนดตามชนิดของของเหลงพยุงเสถียรภาพที่ใช้ จะต้องเปลี่ยนของเหลวในหลุมเจาะทั้งหมดหรือเปลี่ยนเพียงบางส่วนเพื่อให้ได้คุณสมบัติของของเหลวตามที่กำหนดไว้ ก่อนที่จะเทคอนกรีต การเทคอนกรีตใต้น้ำ หรือภายใต้ของเหลวพยุงเสถียรภาพหลุมเจาะจะต้องเทผ่านท่อเทอย่างต่อเนื่อง และไม่อนุญาตให้เทคอนกรีตแหวกผ่านน้ำ หรือของเหลวพยุงเสถียรภาพหลุมเจาะไปโดยตรง และอนุญาตให้ใช้คอนกรีตปั๊มได้ ส่วนปลายของท่อเทจะต้องเป็นปลายตัดตั้งฉากกับแกนของท่อเท และขอบของท่อเทที่ส่วนปลายนี้จะต้องเรียบสม่ำเสมอ ในการขยับยกท่อเทขึ้นมาจากก้นหลุมเจาะในระหว่างการเทคอนกรีต ภายในท่อเทจะต้องมีคอนกรีตเต็มอยู่ตลอดเวลาที่เทคอนกรีต การเทคอนกรีตจะต้องทำด้วยความระมัดระวังไม่ให้เกิดการแยกตัวของหินย่อยออกจากมวลคอนกรีต จะต้องตรวจวัด และบันทึก ความลึกของระดับผิวบนของคอนกรีตสด ความยาวของท่อเทและปริมาณคอนกรีตที่เทไปแล้วเป็นระยะๆ และต้องคำนวณเปรียบเทียบระหว่างปริมาณคอนกรีตที่ใช้จริง จากการตรวจวัดปริมาณคอนกรีตที่ใส่ลงไปในหลุมเจาะกับปริมาณคอนกรีตที่คำนวณได้จากแบบ และแสดงผลออกมาในรูปกราฟในทันที กรวยเทคอนกรีต และท่อเทที่ใช้ จะต้องสะอาดและไม่รั่ว ในการเทจะต้องต่อท่อเทให้ยาวจนถึงก้นหลุม แล้วจึงใส่วัสดุคั่นกลาง (Plug) ที่เบากว่าคอนกรีตลงในท่อเทเพื่อคั่นแยกระหว่างน้ำหรือของเหลวกับคอนกรีตที่จะเริ่มเทในช่วงแรกระหว่างการเทคอนกรีต ปลายท่อเทจะต้องมีระยะฝังจมอยู่ในคอนกรีตที่เทไปแล้วไม่น้อยกว่า 3 เมตรตลอดการเทคอนกรีต โดยจะต้องรักษาปริมาณคอนกรีตภายในท่อเท ให้มีระดับสูงเพียงพอที่จะป้องกันแรงดันของน้ำ หรือของเหลวไม่ให้ดันคอนกรีตสดให้ย้อนกลับเข้ามาในท่อเทได้ ท่อเทที่ใช้จะต้องมีขนาดไม่ใหญ่จนเกินไป ไม่เช่นนั้นอาจทำความเสียหายกับโครงเหล็กเสริมได้ แต่ก็ต้องไม่เล็กจนเกินไป เพราะจะทำให้คอนกรีตไหลได้ไม่สะดวก และภายในท่อเทจะต้องสะอาดด้วย ในกรณีที่ต้องเทคอนกรีตใต้ของเหลวพยุงเสถียรภาพหลุมเจาะ จะต้องเทคอนกรีตผ่านท่อเท และควรเลือกออกแบบส่วนผสมคอนกรีตที่มีความสามารถในการเทที่สูงมาก (Highly workable mix design) ในระหว่างการเท หากปลายท่อเทฝังจมอยู่ในคอนกรีตที่เทไปแล้วลึกเกินไปอาจทำให้การไหลของคอนกรีตออกจากท่อเทเกิดหยุดชะงัก จนเป็นสาเหตุทำให้คุณภาพของงานคอนกรีตต่ำลงได้ ในขณะเดียวกันมีความจำเป็นที่จะต้องให้ความมั่นใจว่า ปลายท่อเทได้ฝังอยู่ใน

คอนกรีตตลอดเวลาที่เท เพื่อป้องกันไม่ให้คอนกรีตเกิดการแยกตัวและเกิดการปนเปื้อน (Contamination) ขึ้นในคอนกรีต การเทคอนกรีตด้วยระบบเทใต้ของเหลวให้ได้ผลสำเร็จอย่างมีประสิทธิภาพนั้น จะต้องควบคุมการเทอย่างระมัดระวังทุกขั้นตอน รวมถึงการตรวจวัดระดับผิวบนของคอนกรีตในหลุมเจาะ และระดับปลายล่างของท่อเทในทุกขั้นตอนของการเทอย่างละเอียดด้วย ในทางปฏิบัติพบว่า ระยะฝังปลายของปลายท่อเทให้จมอยู่ในคอนกรีต ประมาณ 2 เมตร เป็นความยาวที่เพียงพอที่จะป้องกันไม่ให้คอนกรีตที่เทลงไปเกิดการผสมกับของเหลวพยุงเสถียรภาพหลุมเจาะ ร่างข้อกำหนดของ European execution code for bore piles (EN 1536:1997) แนะนำไว้ว่า ระยะฝังปลายขั้นต่ำควรเป็น 1.50 เมตร สำหรับเสาเข็มที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่ำกว่า 1.20 เมตร และแนะนำว่าให้เพิ่มระยะฝังปลายขั้นต่ำเป็น 2.50 เมตร สำหรับเสาเข็มที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 1.20 เมตรขึ้นไปในการเทคอนกรีตด้วยระบบท่อเท มีความจำเป็นอย่างมากที่จะต้องจัดโครงเหล็กเสริมในลักษณะที่ให้มีช่องว่างที่สามารถใส่ท่อเทและทำงานเทคอนกรีตได้สะดวก EN 1536:1997 ได้แนะนำว่า เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของท่อเท (รวมที่เป็นรอยต่อด้วย) ไม่ควรมีขนาดใหญ่กว่า 0.35 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางปลอกเหล็กกันดินพังที่ใช้ 0.6 เท่าของความกว้างภายในของโครงเหล็กเสริมเสาเข็มเหล็กเจาะทรงกลม 0.8 เท่าของความกว้างภายในของโครงเหล็กเสริมเสาเข็มเจาะแบร์เร็ตต์ และท่อเท จะต้องมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในไม่เล็กกว่าแปดเท่าของขนาดใหญ่สุด มวลรวมที่ใช้ผสมคอนกรีต หรือ 150 มม. โดยใช้ค่าที่มากกว่า อาจจำเป็นต้องใช้ขนาดของท่อเทให้ใหญ่ขึ้นเพื่อให้เหมาะสมกับอัตราการเทที่เร็ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการเทเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่ ควรหลีกเลี่ยงการชัดท่อเทขึ้นๆ ลงๆ (Jarring) เพราะอาจทำให้คอนกรีตสดเกิดการปนเปื้อนได้ง่ายจุดประสงค์ของการกำหนดระยะความสูงขั้นต่ำของคอนกรีตที่เส้นผ่านศูนย์กลางของส่วนขยายปลายก็เพื่อแสดงให้เห็นว่าการออกแบบไม่ได้ขึ้นอยู่กับความเค้น (Stress) ที่เกิดขึ้นที่ขอบนอก (Feather edge) เนื่องจากระยะความสูงเพียง 75 มม. ก็เพียงพอต่อการรับความเค้นที่เกิดขึ้นได้ ในงานคอนกรีตทั่วไปสำหรับเสาเข็มเจาะจะยอมให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการควบคุมค่ายุบตัวของคอนกรีตสดไว้เท่ากับ + (1/3(ค่ายุบตัวที่กำหนด)+10 มม.) เช่นมีค่าเท่ากับ +52 มม. สำหรับค่ายุบตัวที่กำหนดไว้ที่ 125 มม. แต่บางครั้งค่าดังกล่าวไม่สามารถเป็นที่ยอมรับได้ในงานเทคอนกรีตเสาเข็มเจาะ ดังนั้นจึงเป็นความจำเป็นที่ควรต้องมีการหารือเพื่อทำความตกลงเกี่ยวกับค่ายุบตัวของคอนกรีตที่ยอมรับได้ระหว่างผู้ผลิตคอนกรีตและผู้ควบคุมงานขึ้นก่อนลงมือทำงานก่อสร้างนั้นจะต้องมีการตรวจสอบความดิ่ง และค่าหนีศูนย์ตลอดเวลาเพื่อไม่ให้ปลอกเหล็กมีค่าหนีศูนย์เกินกว่าค่าคลาดเคลื่อนที่กำหนด (วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, ข้อกำหนดมาตรฐานสำหรับงานก่อสร้างเสาเข็มเจาะ, 2554,น.18)

ภาพที่ 13 การเทคอนกรีตผ่านท่อTermie Pipe

(กฤษฎา ภูมี, 2559, โครงการสุขุมวิทซอย 18)

อัตราการส่งคอนกรีต

อัตราการส่งคอนกรีตจะต้องเป็นไปอย่างต่อเนื่องเพื่อไม่ให้การเทคอนกรีตหยุดชะงักหรือติดขัด การเทคอนกรีตที่หน่วยงานฯ จะเริ่มไม่ได้หากไม่รถปูนผสมคอนกรีตผสมเสร็จพร้อมที่หน่วยงานเพื่อทำการเทคอนกรีตหากต้องรอคอยคอนกรีตหลังจากการติดตั้งโครงเหล็กเสร็จเรียบร้อยเกิน 1 ชั่วโมง จะต้องทำการกวนสารละลายในหลุมเจาะโดยใช้เครื่องสูบน้ำ สูบอัดสารละลายลงในท่อเทคอนกรีตที่ติดตั้งเพื่อรอการเทคอนกรีต(วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์, ข้อกำหนดมาตรฐานสำหรับงานก่อสร้างเสาเข็มเจาะ, 2554, น.22)

ภาพที่ 14 การถอนปลอกเหล็ก (Casing)

(กฤษฎา ภูมี, 2559,โครงการมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย)

ระดับของคอนกรีต

ระหว่างการถอนปลอกเหล็กกันดินพังจะต้องคอยตรวจสอบระดับของคอนกรีตสดในหลุมเจาะอย่างระมัดระวัง เนื่องจากระดับผิวบนของคอนกรีตในหลุมเจาะจะลดลงขณะถอนปลอกเหล็กกันดินพังจึงต้องรักษาระดับคอนกรีตในหลุมเจาะให้เหมาะสม เพื่อไม่ให้ขนาดหน้าตัดของเสาเข็มที่ก่อสร้างแล้วเสร็จบางส่วนต้องลดลง หรือเกิดการปนเปื้อนจากดินหรือน้ำใต้ดินที่ทะลักเข้ามาในหลุมเจาะ สำหรับเสาเข็มเจาะแบบเปียก จะต้องถอนปลอกเหล็กกันดินพังด้วยความระมัดระวังอย่างมากเนื่องจากคอนกรีตจะไหลเข้าไปแทนที่ปลอกเหล็กในตำแหน่งสุดท้ายซึ่งติดกับผนังหลุมเจาะโดยต้องเข้าไปแทนที่น้ำหรือของเหลวพยุงเสถียรภาพหลุมเจาะซึ่งมีแรงดันอยู่ด้วย ในกรณีที่ใช้ปลอกกันดินพังแบบที่มีการต่อเป็นท่อนๆ ผู้รับจ้างจะต้องกำหนดวิธีการทำงานเพื่อให้ได้เสาเข็มเจาะซึ่งมีหน้าตัดที่สมบูรณ์ นอกจากนั้น จะต้องวัดระดับเฉลี่ยของผิวบนของคอนกรีตในหลุมเจาะทั้งก่อนและหลังการถอนปลอกเหล็กกันดินพังออกและบันทึกลงในรายงานการทำเสาเข็มเจาะแต่ละต้นด้วยโดยก่อนถอนจะต้องมั่นใจว่าคอนกรีตที่ระดับใช้งานต้องไม่มีตะกอนเจือปนอยู่ในเนื้อคอนกรีต (วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์, ข้อกำหนดมาตรฐานสำหรับงานก่อสร้างเสาเข็มเจาะ,2554,น.16)

ค่าผิดพลาดที่ยอมให้ของระดับหัวเสาเข็ม

สำหรับเสาเข็มเจาะระบบเปียก ก็ต้องเทคอนกรีตให้สูงขึ้นมาเหนือกว่าระดับตัดใช้งานเช่นกันเพื่อที่หลังจากสกัดหัวเสาเข็มแล้ว จะได้คอนกรีตคุณภาพที่ดีสำหรับการเชื่อมต่อกับโครงสร้างหลัก โดยระยะที่ควรต้องเทเผื่อไว้ให้เป็นไปตามข้อแนะนำในตาราง ระดับบนสุดของผิวคอนกรีตจะต้องไม่สูงกว่าระดับดินเริ่มต้นเจาะ สำหรับเสาเข็มเจาะระบบเปียกนี้สามารถกำหนดระดับตัดใช้เสาเข็มเจาะคอนกรีตให้อยู่ต่ำกว่าระดับน้ำใต้ดินได้ แต่จะต้องรักษาระดับของของเหลวพยุงเสถียรภาพหลุมเจาะหลังจากเทคอนกรีตเสร็จแล้วให้อยู่สูงกว่าระดับน้ำใต้ดินเสมอ จนกว่าคอนกรีตที่เทไปแล้วจะก่อตัวเสร็จ ในกรณีที่ใช้น้ำหรือของเหลวพยุงเสถียรภาพหลุมเจาะเพื่อกวนผสมดินเหนียวแข็งให้อ่อนตัวลงเพื่อช่วยให้ติดตั้งปลอกกันดินพังชั่วคราวได้ง่ายขึ้นนั้น จะต้องเทให้คอนกรีตในหลุมเจาะให้สูงขึ้นมาจนอยู่ในระดับเดียวกับระดับดินเริ่มต้น เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่า คอนกรีตหัวเสาเข็มเจาะที่ก่อสร้างแล้วมีสภาพดี มีความจำเป็นที่จะต้องยกระดับพื้นที่ซึ่งเครื่องจักรยืนทำงาน (Piling platform) ให้อยู่สูงเหนือระดับตัดใช้งาน (Specific cut-off level) ของเสาเข็มเจาะอย่างน้อย 300 มม. (วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์, ข้อกำหนดมาตรฐานสำหรับงานก่อสร้างเสาเข็มเจาะ, 2554, น.28)

แนวคิดเกี่ยวกับการควบคุมต้นทุนงานก่อสร้าง

ความหมายของระบบควบคุมต้นทุนก่อสร้างระบบควบคุมต้นทุนก่อสร้าง (Cost Control System) ได้มีผู้ให้คำจำกัดความไว้ต่างๆ กัน อาทิเช่น

โครซส์ (Clough)และ เซอร์(Sears) (1979) กล่าวว่าระบบควบคุมต้นทุนของโครงการก่อสร้างก็คือการพยายามควบคุมค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจริงให้อยู่ภายในงบประมาณที่ตั้งไว้จากการประมาณการโดยการจัดทำรายงานด้านต้นทุนถึงปัจจุบัน เปรียบเทียบกับงบประมาณของโครงการเป็นระยะๆ เพื่อคาดการณ์ต้นทุนสุดท้าย และกำไรหรือขาดทุนเมื่อสิ้นสุดโครงการ นอกจากนี้จากรายงานจะชี้ให้เห็นว่าจุดไหนของงานเกินงบ เพื่อจะได้สามารถแก้ไขปัญหาและเหตุการณ์เฉพาะหน้าได้ทันท่วงที

วาซิรานิ(Vazirani) และ ชาร์ลโดลา (Chandola) (1980) ได้ให้ความเห็นว่าการควบคุมต้นทุนก่อสร้างโดยมีค่าใช้จ่ายที่ประหยัดมากที่สุด

แบร์รี่ (Barrie) และพอลสัน (Paulson) (1984) ได้กล่าวถึงระบบควบคุมต้นทุนก่อสร้างว่าเป็นมาตรฐานสำหรับตรวจสอบ และควบคุมสถานะทางด้านต้นทุนของโครงการ โดยมี COST ENGINEER เป็นผู้กำหนดขั้นตอน และจัดหาวิธีการในการตรวจวัด ตรวจสอบ เปรียบเทียบ วิเคราะห์ ทำนายและทำการควบคุมเป็นการควบคุมดูแลตรวจตราค่าใช้จ่ายและจดบันทึกข้อมูลเท่านั้น แต่สามารถวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อแก้ไขงานที่เกิดปัญหา ได้ทันการก่อนที่จะสายเกินไป โดยที่ระบบควบคุมต้นทุนก่อสร้างจะเข้าไปเกี่ยวข้องกับทุกคนในโครงการที่เกี่ยวข้องกับตัวเงิน

สมาคม The ASCE Committee on Estimation and Cost Control (1966) ได้ให้คำจำกัดความของการควบคุมต้นทุนก่อสร้างว่าเป็นงานที่กระทำอยู่ระหว่างการประมาณราคา และการทำบัญชี ซึ่งเป็นงานที่เกี่ยวข้องกับระยะเวลาที่ดำเนินไป โดยต้องกระทำอย่างต่อเนื่อง และสม่ำเสมอ เพื่อป้องกันเหตุการณ์ที่ต้นทุนที่ใช้จ่ายจริงจะเกินกว่างบประมาณที่คาดการณ์ไว้

เนื่องจากปัจจุบันมีการก่อสร้างอาคารสูงจำนวนมากขึ้นเพื่อให้คุ้มค่ากับการลงทุน เนื่องจากที่ดินมีราคาแพง ความจำเป็นในการเลือกใช้เสาเข็มเจาะขนาดใหญ่แทนเสาเข็มตอกจึงมีมากขึ้น เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นต่ออาคารข้างเคียง การควบคุมงานก่อสร้างเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่ซึ่งออกแบบให้รับน้ำหนักที่มีค่าสูงมาก ตั้งแต่ 300 – 1,000 ตันต่อต้น จึงมีความสำคัญที่จะต้องควบคุมงานตลอดจนการจัดการในเรื่องเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่จะต้องดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ (ชนันต์ แดงประไฟ และเกรียงศักดิ์ จารุพรพานิช, 2537,น.15)

วิธีการทำงานมาตรฐาน คือ วิธีการก่อสร้างเสาเข็มเจาะระบบเปียก (Wet Process) ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 60 เซนติเมตรขึ้นไป โดยใช้สารเบนโทไนท์ หรือ โพลีเมอร์ ในการก่อสร้างเสาเข็มเจาะระบบเปียก (บมจ.ซีฟโก้ , ขั้นตอนการก่อสร้างเสาเข็มเจาะ, 2550,น.6) ในการแก้ปัญหาต่างๆ ผู้จัดการจะต้องเป็นผู้มีวิสัยทัศน์และให้การแก้ปัญหาแบบเป็นระบบโดยใช้ “แนวคิดของการจัดการงานวิศวกรรมเชิงบูรณาการ” มาช่วยในการแก้ปัญหาซึ่งต้องให้ความรู้หลายๆแขนงมาประยุกต์ใช้ร่วมกันอย่างเป็นระบบคือ การวางแผน การจัดองค์กร การสั่งการและการควบคุมในการวิเคราะห์การแก้ปัญหาต่างๆ ถ้าการวิเคราะห์ที่ช่วยสนับสนุนในการตัดสินในยังไม่เหมาะสม ก็จะเริ่มเข้าสู่กระบวนการกตามแนวคิดการจัดการงานวิศวกรรมอย่างต่อเนื่องเช่นนี้เรื่อยไป ปัญหาที่ร้ายแรงจนถึงขั้นต้องปิดกิจการลงจะมีโอกาสเกิดขึ้นได้ยากต่อเนื่องไม่สิ้นสุด (ทฤษฎีเกี่ยวกับการจัดการงานวิศวกรรม,อาณัติ วัฒนสังสุทธิ์,2548,น.17) องค์ประกอบแสดงความสำเร็จของโครงการ หมายถึง โครงการมีการทำงานที่มีประสิทธิภาพ สามารถทำงานให้เสร็จตามระยะเวลาที่กำหนด ภายใต้งบประมาณที่ตั้งไว้ และได้คุณภาพตามรูปแบบและสัญญา ซึ่งหากวิเคราะห์โดยละเอียดแล้วความสำเร็จของโครงการที่สมบูรณ์ จะต้องคลอบคลุมความหมายที่กว้างกว่านั้น คือ ความสำเร็จของโครงการหนึ่งเป็นผลมาจากการที่โครงการมีการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลองค์ประกอบที่แสดงถึงความสำเร็จของโครงการหนึ่งๆควรประกอบไปได้ปัจจัยต่างๆดังนี้

1. การจัดการด้านการเงินและเวลา (Time and Cost Management) หมายถึง ประสิทธิผลในการบริหารงานและการจัดการโครงการ ตั้งแต่เริ่มจนกระทั่งสิ้นสุดโครงการว่าสามารถเสร็จสิ้นภายใต้เวลาและงบประมาณที่ตั้งไว้

2. ผลทางด้านเทคนิค (Technical Performance) แสดงถึงคุณภาพของผลงานโครงการที่เป็นไปตามสัญญา และถูกต้องตามข้อจำกัด (Specifacation) สามารถทำงานในเชิงเทคนิคได้อย่างถูกต้อง และสมกับสภาพแวดล้อมของโครงการนอกจากนี้ ยังรวมถึงการที่โครงการมีระบบการจัดการด้านความปลอดภัยที่เพียงพอ

3. ความพึงพอใจในการบริหารและการจัดการโครงการ (Managerial and Organization Satisfaction) หมายถึง การที่มีทีมงานได้ให้ความร่วมมือในการทำงานมีการประสานงานอย่างดีจนกระทั่งโดยการสิ้นสุด และสามารถร่วมแก้ปัญหา ที่เกิดขึ้นกับโครงการได้ นอกจากนั้น ความพอใจของทีมงานยังรวมถึงความภูมิใจ ความรู้สึก ถึงงานที่ท้าทาย ได้ให้ประสบการณ์ กับทีมงานซึ่งเป็นผลดีต่อองค์กรระยะยาว ความพึงพอใจในผลงาน(Business Performance Satisfaction) แสดงได้จากผลการตกลับหรือจากการประเมินผลจากลูกค้า รวมทั้งผู้ใช้ประโยชน์จากโครงการ ตลอดจนผู้ที่เกี่ยวข้องอื่นๆ อย่างไรก็ตาม หากมองภาพรวมขององค์กรในระยะยาว ความสำเร็จของโครงการทุกโครงการ ดังนั้น ผู้บริหารจึงควรตระหนักว่า องค์ประกอบของความสำเร็จของโครงการหนึ่งๆ นั้นมีมากกว่าด้านการเงิน คุณภาพ และเวลา นอกจากจะส่งผลเสียให้กับด้านการเงิน คุณภาพ และเวลาของโครงการแล้วยังส่งผลกระทบด้านลบให้กับองค์กรในระยะยาวอีกด้วย (สุทธิ ภายีผล ,2551,น.8)

ระบบควบคุมต้นทุนก่อสร้าง คือการควบคุมค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้าง ซึ่งต้องจัดทำอย่างเป็นระบบและมีความต่อเนื่อง ประกอบไปด้วยขั้นตอนในการจัดเก็บและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับต้นทุนก่อสร้างของโครงการ มีการจัดทำรายงานเป็นระบบ และจัดทำรายงานสรุปเปรียบเทียบกับงบประมาณของโครงการเพื่อชี้ให้เห็นว่าจุดไหนของงานที่มีปัญหาและสามารถคาดการณ์ค่าใช้จ่ายและกำไรขาดทุนได้ล่วงหน้า

วัตถุประสงค์ของการทำระบบควบคุมต้นทุนก่อสร้างมีดังนี้1. เพื่อให้งานก่อสร้างดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุดและก่อให้เกิดกำไรมากที่สุด

2. เพื่อชี้ให้เห็นว่าการปฏิบัติงานในจุดไหนที่ดำเนินงานอย่างไม่ประหยัด หรือไม่มีประสิทธิภาพเพื่อจะได้ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขโดยเร็วที่สุด

3. เพื่อควบคุมค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างโครงการให้อยู่ภายในงบประมาณที่ตั้งไว้ โดยต้องทำการวัดค่าใช้จ่ายจริงเปรียบเทียบกับต้นทุนที่ได้ประมาณการเอาไว้

4. ช่วยปรับปรุงข้อมูลด้านแรงงาน และผลผลิตจากเครื่องจักรให้เหมาะสม เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการประมาณราคาต่อไปในอนาคต แหล่งข้อมูลต้นทุนก่อสร้าง ประกอบด้วย ต้นทุนทางด้านวัสดุ แรงงาน เครื่องจักร ผู้รับเหมาช่วง และค่าใช้จ่ายในการดำเนินการซึ่งถือว่าเป็น Indirect Cost (ธงชัย สันติวงษ์, 2533, น.23)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ธวัชชัย ธรรมเภตรารักษ์ (2550) ได้ศึกษา แนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพงานหล่อเสาเข็มเจาะในระบบเปียกของโครงการก่อสร้างเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่ การประยุกต์ใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอยลอจิสติกส์ เพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อสุขภาพหัวคอนกรีตเสาเข็มเจาะที่อยู่สูงกว่าระดับใช้งาน (Pile Cut – Off) ของโครงการก่อสร้างขนาดใหญ่ร่วมกับเครื่องมือคุณภาพ ในงานวิจัยนี้ใช้แผนภาพสาเหตุและผลสามารถเสนอแนวทางการลดความสูญเสียของงานหล่อเสาเข็มเจาะในระบบเปียกโดยใช้แผนการฝึกอบรมการเตรียมสารละลายเบนสำหรับผู้ปฏิบัติงานและผู้ควบคุมงานโดยใช้คู่มือปฏิบัติงานซึ่งได้รับการปรับปรุงจากผู้เชี่ยวชาญของบริษัทตัวอย่าง เมื่อผู้ปฏิบัติงานและผู้ควบคุมงานดังกล่าวได้ปฏิบัติงานจริงในโครงการซึ่งพบว่า สามารถลดความสูญเสียของงานหล่อเสาเข็มเจาะในระบบเปียกลงอย่างน้อยร้อยละ 10 ซึ่งผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ปฏิบัติงานและผู้ควบคุมงานต่อความรู้ที่ได้จาการฝึกอบรมอยู่ในระดับดี ส่วนตัวแทนของเจ้าของโครงการมีความพึงพอใจต่อผลงานของบริษัทตัวอย่างที่สามารถส่งมอบงานได้ตรงเวลา สุดท้ายการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ของแนวทางการลดความสูญเสียของงานหล่อเสาเข็มเจาะในระบบเปียกที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ให้ผลตอบแทนการลงทุนภายใน(IRR) เท่ากับร้อยละ 80

วุฒิชัย ชื่นหิรัญ (2551) ศึกษาพฤติกรรมเสาเข็มเจาะที่ใช้สารละลายโพลิเมอร์เป็นสารรักษาเสถียรภาพหลุมเจาะในชั้นดินกรุงเทพฯ (Performance of bored pile using polymer base slurry in Bangkok subsoils) ปัจจุบันสารละลายโพลิเมอร์ได้ถูกใช้เป็นสารละลายรักษาเสถียรภาพหลุมเจาะขณะทำการก่อสร้างเสาเข็มเจาะระบบเปียกในกรุงเทพฯ สารละลายเบนโทไนท์ในการก่อสร้างเสาเข็มเจาะก่อให้เกิดแผ่นโคลนข้างหลุมเจาะและก่อให้เกิดการสูญเสียกำลังรับน้ำหนักบรรทุกเสียดทานผิวและปลายเสาเข็ม สารละลายโพลิเมอร์มีประโยชน์ไม่เพียงแต่จะเพิ่มกำลังรับน้ำหนักบรรทุกเสียดทานผิว แต่ยังเพิ่มกำลังรับน้ำหนักบรรทุกปลายเสาเข็ม เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารละลายเบนโทไนท์ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการประมาณค่า adhesion factor (α), friction factor (β) และ Nq ในการประมาณค่ากำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็ม งานวิจัยฉบับนี้ได้รวบรวมผลการทดสอบกำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มเจาะที่ใช้สารละลายโพลิเมอร์เป็นสารรักษาเสถียรภาพของหลุมเจาะและมีการติดตั้งเครื่องมือวัดในพื้นที่กรุงเทพฯในช่วงระยะเวลา 10 ปีที่ผ่านมาจนถึงปัจจุบัน เพื่อทำการประมาณค่าพารามิเตอร์ α, β และ Nq ได้นำเสนอในรูปความสัมพันธ์กับกำลังรับแรงเฉือนของดินเหนียว และมุมเสียดทานภายในของทราย ตามลำดับ ผลการวิจัยนี้ได้นำไปสู่การประมาณความสัมพันธ์ของกำลังรับน้ำหนักบรรทุกและการทรุดตัวของเสาเข็ม

ธนานันท์บุณยรักษ์ (2544) พฤติกรรมของสารละลายโพลีเมอร์สามารถศึกษาได้จากการทดสอบตัวอย่างทรายกรุงเทพฯชั้นที่หนึ่ง, ชั้นที่สองและทรายหยาบในห้องปฏิบัติการ โดยใช้ส่วนผสมและปริมาณต่างๆ กันของสารละลายสองประเภท คือ สารละลายโพลีเมอร์และสารละลายเบนโทไนท์ ซึ่งมีวิธีในการทดสอบเพื่อศึกษาคุณสมบัติและพฤติกรรมในด้านต่างๆ ของแบบจำลองในสภาพของการก่อสร้างเสาเข็มเจาะการศึกษาพฤติกรรมของสารละลายโพลีเมอร์จากข้อมูลจริงในสถานที่ก่อสร้างสามารถทำได้จากการเก็บข้อมูลในสถานที่ก่อสร้างแล้วทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากสถานที่ก่อสร้างเสาเข็มเจาะที่ใช้สารละลายเบนโทไนท์นอกจากนี้ข้อมูลที่ได้ยังมาจากการรวบรวมผลงานวิจัยที่ผ่านๆ มา เพื่อทำการเปรียบเทียบอีก

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องการควบคุมปริมาณการเทคอนกรีตผสมเสร็จในงานเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสั่งคอนกรีตผสมเสร็จมาเทในงานเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่โดยควบคุมปริมาณให้เหมาะสมไม่ให้มากเกินไปหรือน้อยเกินไปโดยนำเสนอขั้นตอนเกี่ยวกับวิธีดำเนินการวิจัยที่ครอบคลุมวัตถุประสงค์ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดกรอบวิจัยแนวคิดในการวิจัย

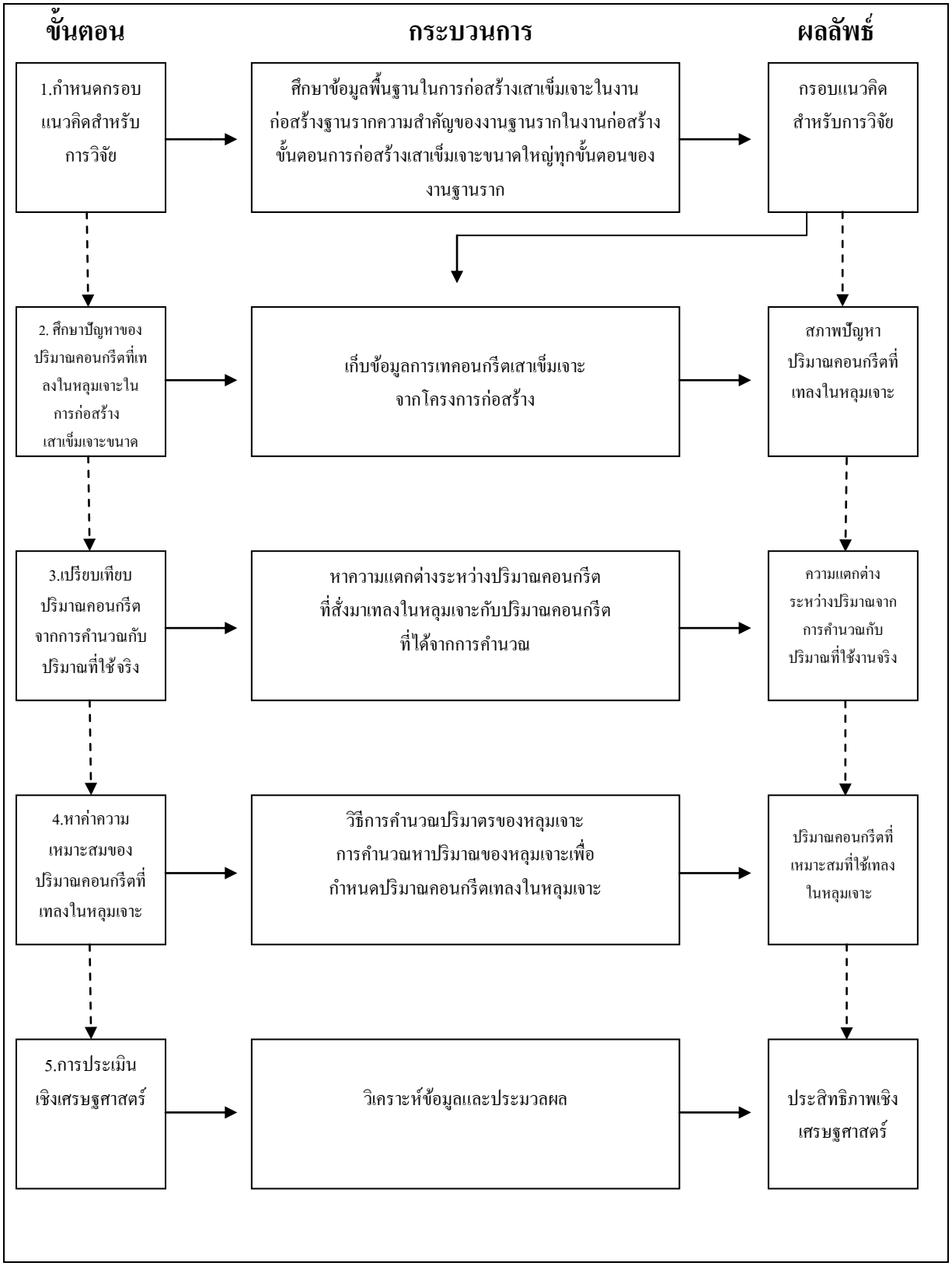
ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาปัญหาของปริมาณคอนกรีตที่เทลงในหลุมเจาะในงานก่อสร้างเสาเข็ม

ขั้นตอนที่ 3 หาค่าความเหมาะสมของปริมาณคอนกรีตผสมเสร็จ

ขั้นตอนที่ 4 เปรียบเทียบปริมาณคอนกรีตที่ได้จากการคำนวณกับปริมาณคอนกรีตที่ใช้จริง

ขั้นตอนที่ 5 การประเมินหาค่าความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์

ขั้นตอนการคุมปริมาณคอนกรีตผสมเสร็จในงานเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่ดังภาพที่ 15



ภาพที่ 15 กระบวนการดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดลักษณะของกลุ่มผู้ให้ข้อมูลในการวิจัย เครื่องมือในการวิจัย การเก็บรอบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลในแต่ละขั้นตอน

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดกรอบแนวคิดสำหรับการวิจัย

โดยการใช้ข้อมูลพื้นฐานในการก่อสร้างเสาเข็มเจาะในงานก่อสร้างฐานรากขั้นตอนการก่อสร้างเสาเข็มขนาดใหญ่ทุกขั้นตอนของงานฐานราก ค้นคว้าและศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีและแนวความคิดในการควบคุมการการเผื่อคอนกรีตผสมเสร็จที่เทลงในเสาเข็มขนาดใหญ่และ ออกทำการสำรวจ และเก็บข้อมูลจากโครงการก่อสร้างเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่ของบริษัทรับเหมาก่อสร้างต่างๆ ที่มีการทำระบบควบคุมต้นทุนก่อสร้างอยู่โดยมีมูลค่าเฉพาะงานก่อสร้างอยู่ และกำลังก่อสร้างอยู่ในเขตกรุงเทพมหานคร และปริมณฑลโดยการสังเกตุการณ์ และขอเอกสารจากโครงการ

ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาปัญหาของปริมาณการใช้คอนกรีตที่เทลงในหลุมเจาะในการก่อสร้างเสาเข็มเจาะ

รวบรวมเก็บข้อมูลการเทคอนกรีตผสมเสร็จรวมรวมข้อมูลการเทคอนกรีตเสาเข็มเจาะจากหน่อยงานก่อสร้างเสาเข็มเจาะโครงการในเขตกรุงเทพทั้งหมด5โครงการ โดยมีขนาดเสาเข็มขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.60 เมตร 0.80 เมตร 1.00 เมตร 1.20 เมตรและ 1.50 เมตร

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แบบก่อสร้างผังเสาเข็มเจาะและแบบรายละเอียดการเสริมเหล็กเสาเข็มเจาะแต่ละขนาด
2. แบบบันทึกการเทคอนกรีตเสาเข็มเจาะ
3. แบบบันทึกการเจาะเสาเข็มซึ่งประกอบด้วยวันเวลา หมายเลขเสาเข็มเจาะ เวลาการเจาะเสาเข็มตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงปลายเสาเข็มเวลาการลงเหล็กเสริมและรายละเอียดการเสริมเหล็กการเทคอนกรีต

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์และศึกษาถึงรูปแบบทั่วไปของระบบ วิธีการปฏิบัติ รูปแบบเอกสาร และปัญหาที่เกิดขึ้น ในการควบคุมปริมาณคอนกรีตผสมเสร็จในการก่อสร้างเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่ ของแต่ละโครงการที่ได้เก็บรวบรวมข้อมูลมา โดยจะศึกษาและวิเคราะห์ในกระบวนการของการก่อสร้างเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่ โดยการวิเคราะห์รายงาน สรุป และการนำผลของการวิเคราะห์รายงานไปใช้ประโยชน์ทั้งนี้ เพื่อที่จะรวบรวมและสรุปปัญหาที่เกิดขึ้น สาเหตุของปัญหา ในทุกกระบวนการของการเทคอนกรีตผสมเสร็จในการก่อสร้างเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่

ขั้นตอนที่ 3 เปรียบเทียบปริมาณคอนกรีตจากการคำนวณกับปริมาณคอนกรีตที่ใช้เทจริง

ปริมาณคอนกรีตที่ได้จากการคำนวณออกแบบไว้แต่ในขณะที่มีได้มีการปฏิบัติงานเทคอนกรีตจริงจะต้องมีการสั่งคอนกรีตผสมเสร็จเผื่อไว้ ซึ่งอาจจะมีการพังทะลายของหลุมเจาะส่วนใดในระยะความลึกของหลุมเจาะโดยที่ผู้ควบคุมงานไม่สามารถรู้ล่วงหน้าหรือไม่สามารถรู้ได้จากการคำนวณ การเผื่อในส่วนนี้ให้ถือว่าเป็นการเผื่อในส่วนที่ 2 บวกกับส่วนที่ 1 ที่ต้องเผื่อในการตัดทิ้งส่วนหัวของเสาเข็มเจาะ

ขั้นตอนที่ 4 หาค่าความเหมาะสมของปริมาณคอนกรีตผสมเสร็จ

ในการหาค่าความเหมาะสมของปริมาณคอนกรีตต้องมีการคำนวณปริมาณการใช้ปริมาณคอนกรีตผสมเสร็จว่ามีพื้นที่เท่าไหร่ใช้คอนกรีตกี่คิวเทคอนกรีตได้กี่ตารางเมตร หลักการคำนวณที่ใช้กับงานเทคอนกรีตผสมเสร็จนั้นในส่วนของเสาเข็มเจาะหาค่าความเหมาะสมของปริมาณคอนกรีตผสมเสร็จที่ต้องการนำมาเทในหลุมเสาเข็มเจาะ

1. สูตรที่ใช้หาดังนี้ จำนวนปริมาณคอนกรีตที่ต้องใช้ = ขนาดของพื้นที่ × สูง
2. ปริมาณคอนกรีตที่เหลือจากการเทลงในหลุมเจาะ
3. ปริมาณคอนกรีตที่สามารถกำหนดได้

การวิเคราะห์ สามารถนำไปเป็นแนวทางเพื่อนำเสนอวิธีการปฏิบัติและเอกสารที่จำเป็นต้องใช้ในการดำเนินการ ในทุกกระบวนการของการควบคุมปริมาณคอนกรีตผสมเสร็จในก่อสร้างเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้รับเหมาก่อสร้างสามารถนำไปปรับปรุงระบบที่ใช้อยู่เดิมให้ดียิ่งขึ้น

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เทปวัดความลึก เพื่อใช้วัดความลึกของหลุมเจาะและความสูงของคอนกรีตในขณะที่กำลังเทคอนกรีตเพื่อที่ผู้ควบคุมงานขณะที่มีการเทคอนกรีตจะได้รู้ว่าความสูงและปริมาณคอนกรีตมีความสูงและปริมาตรอยู่ในระดับใด
2. ตุ้มเหล็ก ใช้คู่กับเทปวัดความลึกโดยตุ้มเหล็กจะเตะอยู่ที่ผิวคอนกรีตในขณะที่กำลังเทคอนกรีตลงในหลุมเจาะเพื่อตรวจเช็คปริมาณคอนกรีตขณะที่กำลังเทคอนกรีตอยู่ในขณะนั้น
3. แบบบันทึกข้อมูลการคำนวณปริมาตรของหลุมเจาะเสาเข็ม (Bored Pile Data Sheet) เป็นแบบบันทึกที่ใช้ในการเก็บรายละเอียด

การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการควบคุมปริมาณคอนกรีตผสมเสร็จที่เทลงในหลุมเจาะ เมื่อได้ค่าคำนวณปริมาตรของหลุมเจาะก็ต้องมีการคำนวณเผื่อๆลำดับแรกเป็นการจำเป็นต้องเผื่อคอนกรีตเพราะในการปฏิบัติงานเทคอนกรีตลงในหลุมเจาะต้องมีการเผื่อไว้ตัดทิ้งบริเวณหัวเข็มเจาะ (Cutoff) ในส่วนนี้เผื่อไว้ 1-2 m. ซึ่งสามารถอธิบายเขียนเป็นสูตรได้ดังนี้ V สั่งจริง = V ออกแบบคำนวณ + V เผื่อ

ขั้นตอนที่ 5 การประเมินหาค่าความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์โดยทำการนำข้อมูลปริมาณคอนกรีตที่จะต้องเทลงไปในหลุมเจาะมาสรุปและเปรียบเทียบผลโดยทำการพล็อตกราฟระหว่างค่าปริมาณคอนกรีตส่วนเกิน Over break กับขนาดเสาเข็มในแต่ละขนาดเพื่อดูกลุ่มข้อมูลที่เป็นไปได้

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แบบบันทึกการเทคอนกรีต
2. สูตรคำนวณค่าความคุ้มค่าทางเศรษฐ์ศาสตร์
3. กราฟเชิงเส้นแกน X ,Y

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลซึ่งผลจากการพล็อตกราฟจะได้ข้อมูลดังนี้

1. เส้นเฉลี่ยความเป็นไปได้ของปริมาตรคอนกรีตที่ใช้
2. ข้อมูลที่เกินค่าเฉลี่ย
3. ข้อมูลที่ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยโดยจะทำการวิเคราะห์หาสาเหตุและปัญหาพร้อมทั้งแนวทางการแก้ปัญหาในแต่ละกรณี
4. การวิเคราะห์สาเหตุ
5. สรุปสาเหตุ

บทที่ 5

สรุปผล อภิปลายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

จากการควบคุมปริมาณคอนกรีตผสมเสร็จในการก่อสร้างเสาเข็มเจาะระบบเปียกขนาดใหญ่ในเขตกรุงเทพมหานครสามารถสรุปผลแยกแต่ละโครงการตามขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางจำนวน 5 โครงการได้ดังนี้

1. โครงการสุขุมวิทซอย18 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง1500 มม.

ตารางที่ 60 ผลต่างของปริมาณคอนกรีตที่สั่งเผื่อ 10% และ 5%โครงการสุขุมวิทซอย18

รายการคำนวณปริมาณคอนกรีตสำหรับเสาเข็ม																	
ปริมาณคอนกรีตที่สั่งเผื่อ		10	%		ราคาคอนกรีตต่อ ลบ.ม.		2500	บาท/ลบ.ม.									
No.	ชื่อโครงการ	คุณสมบัติเสาเข็ม			ปริมาณที่สั่ง	ราคาของคอนกรีตที่สั่ง	ปริมาณที่ใช้จริง	ราคาของคอนกรีตที่ใช้จริง	ปริมาณที่สั่งมากกว่าที่ออกแบบ		ปริมาณที่ใช้จริงมากกว่าที่ออกแบบ		ปริมาณที่สั่งมากกว่าที่ใช้จริง				
		Diameter	Project &	Actual Length	V_{design}	V_{order}	M_{order}	V_{use}	M_{use}	$V_{order}>V_{design}$		$V_{use}>V_{design}$		$V_{order}>V_{use}$			
		mm	ID Sample	m	m^3	m^3	Baht	m^3	Baht	m^3	%	m^3	%	m^3	%		
รวม					24034.7	26438.1	฿66,095,372	25084.0	฿62,710,000	2403.5		1049.3		1420.8			
							ผลต่างปริมาณ	1354.1	m^3								
							ผลต่างราคา	฿3,385,372	Baht								
													Max	32.9%		10.0%	
													Min	0.0%		0.0%	
													Average	4.4%		5.8%	

รายการคำนวณปริมาณคอนกรีตสำหรับเสาเข็ม																	
ปริมาณคอนกรีตที่สั่งเผื่อ		5	%		ราคาคอนกรีตต่อ ลบ.ม.		2500	บาท/ลบ.ม.									
No.	ชื่อโครงการ	คุณสมบัติเสาเข็ม			ปริมาณที่สั่ง	ราคาของคอนกรีตที่สั่ง	ปริมาณที่ใช้จริง	ราคาของคอนกรีตที่ใช้จริง	ปริมาณที่สั่งมากกว่าที่ออกแบบ		ปริมาณที่ใช้จริงมากกว่าที่ออกแบบ		ปริมาณที่สั่งมากกว่าที่ใช้จริง				
		Diameter	Project &	Actual Length	V_{design}	V_{order}	M_{order}	V_{use}	M_{use}	$V_{order}>V_{design}$		$V_{use}>V_{design}$		$V_{order}>V_{use}$			
		mm	ID Sample	m	m^3	m^3	Baht	m^3	Baht	m^3	%	m^3	%	m^3	%		
รวม					24034.7	25236.4	฿63,091,037	25084.0	฿62,710,000	1201.7		1049.3		234.7			
							ผลต่างปริมาณ	152.4	m^3								
							ผลต่างราคา	฿381,037	Baht								
													Max	32.9%		5.0%	
													Min	0.0%		-4.5%	
													Average	4.4%		1.0%	

ผลต่างในการสรุปผลของโครงการสุขุมวิทซอย18 จะไม่นำค่าของหลุมเจาะที่เกิดกรณีหลุมพังจำนวน 4 หลุมมาคิดรวมเพราะการเกิดขึ้นในกรณีดังกล่าวเป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นน้อยพบได้ไม่บ่อยนักสามารถสรุปผลได้ดังนี้ ปริมาณคอนกรีตที่สั่งซื้อ 10% ราคาของคอนกรีตที่สั่ง 66,395,072 บาท ราคาของคอนกรีตที่ใช้จริง 66,710,000 บาท ผลต่างปริมาณคอนกรีต 1354.1m^3 ผลต่างราคา 3,385,372บาท ปริมาณที่ใช้จริงมากกว่าออกแบบสูงสุด 32.9% ต่ำสุด 0.0% ค่าเฉลี่ย 4.4% ในส่วนปริมาณที่สั่งมากกว่าใช้งานจริงสูงสุด 5.0% ต่ำสุด -4.5% ค่าเฉลี่ย 1.0 % ปริมาณคอนกรีตที่สั่งซื้อ 5% ราคาของคอนกรีตที่สั่ง 63,091,037 บาท ราคาของคอนกรีตที่ใช้จริง 62,710,000 บาท ผลต่างปริมาณคอนกรีต 152.4 m^3 ผลต่างราคา 381,037 บาท ปริมาณที่ใช้จริงมากกว่าออกแบบสูงสุด 32.9% ต่ำสุด 0.0% ค่าเฉลี่ย 4.4% ในส่วนปริมาณที่สั่งมากกว่าใช้งานจริงสูงสุด 5.0% ต่ำสุด -4.5% ค่าเฉลี่ย 1.0 %

2. โครงการสุขุมวิทซอย24 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1200 มม.

ตารางที่ 61 ผลต่างของปริมาณคอนกรีตที่สั่งเผื่อ 10% และ 5%โครงการสุขุมวิทซอย24

ปริมาณคอนกรีตที่สั่งเผื่อ	10	%	ราคาคอนกรีตต่อ ลบ.ม.	2500	บาท/ลบ.ม.

No.	ชื่อโครงการ	คุณสมบัติเสาเข็ม				ปริมาณที่สั่ง	ราคาของคอนกรีตที่สั่ง	ปริมาณที่ใช้จริง	ราคาของคอนกรีตที่ใช้จริง	ปริมาณที่สั่งมากกว่าที่ออกแบบ		ปริมาณที่ใช้จริงมากกว่าที่ออกแบบ		ปริมาณที่สั่งมากกว่าที่ใช้จริง	
		Diameter	Project &	Actual Length	V_{design}	V_{order}	M_{order}	V_{use}	M_{use}	$V_{order}>V_{design}$		$V_{use}>V_{design}$		$V_{order}>V_{use}$	
		mm	ID Sample	m	m^3	m^3	Baht	m^3	Baht	m^3	%	m^3	%	m^3	%
รวม					14684.8	16153.3	฿40,383,231	15286.5	฿38,216,250	1468.5		601.7		866.8	
							ผลต่างปริมาณ	866.8	m^3						
							ผลต่างราคา	฿2,166,981	Baht						

Max	7.9%		9.6%
Min	0.4%		2.0%
Average	4.1%		5.7%

รายการคำนวณปริมาณคอนกรีตสำหรับเสาเข็ม

ปริมาณคอนกรีตที่สั่งเผื่อ	5	%	ราคาคอนกรีตต่อ ลบ.ม.	2500	บาท/ลบ.ม.

No.	ชื่อโครงการ	คุณสมบัติเสาเข็ม				ปริมาณที่สั่ง	ราคาของคอนกรีตที่สั่ง	ปริมาณที่ใช้จริง	ราคาของคอนกรีตที่ใช้จริง	ปริมาณที่สั่งมากกว่าที่ออกแบบ		ปริมาณที่ใช้จริงมากกว่าที่ออกแบบ		ปริมาณที่สั่งมากกว่าที่ใช้จริง	
		Diameter	Project &	Actual Length	V_{design}	V_{order}	M_{order}	V_{use}	M_{use}	$V_{order}>V_{design}$		$V_{use}>V_{design}$		$V_{order}>V_{use}$	
		mm	ID Sample	m	m^3	m^3	Baht	m^3	Baht	m^3	%	m^3	%	m^3	%
รวม					14684.8	15419.1	฿38,547,630	15286.5	฿38,216,250	734.2		601.7		132.6	
							ผลต่างปริมาณ	132.6	m^3						
							ผลต่างราคา	฿331,380	Baht						

Max	7.9%		4.6%
Min	0.4%		-2.7%
Average	4.1%		0.9%

สรุปผลได้ดังนี้ ปริมาณคอนกรีตที่สั่งซื้อ 10% ราคาของคอนกรีตที่สั่ง 40,383,231 บาท ราคาของคอนกรีตที่ใช้จริง 38,216,250 บาท ผลต่างปริมาณคอนกรีต 866.8 m^3 ผลต่างราคา 2,166,981 บาท ปริมาณที่ใช้จริงมากกว่าออกแบบสูงสุด 7.9% ต่ำสุด 0.4% ค่าเฉลี่ย 4.1% ในส่วนปริมาณที่สั่งมากกว่าใช้งานจริงสูงสุด 9.6% ต่ำสุด 2.0% ค่าเฉลี่ย 5.7 % ปริมาณคอนกรีตที่สั่งซื้อ5% ราคาของคอนกรีตที่สั่ง 38,547,630 บาท ราคาของคอนกรีตที่ใช้จริง 38,216,250 บาท ผลต่างปริมาณคอนกรีต 132.6 m^3 ผลต่างราคา 331,380 บาท ปริมาณที่ใช้จริงมากกว่าออกแบบสูงสุด 7.9% ต่ำสุด 0.4% ค่าเฉลี่ย 4.1% ในส่วนปริมาณที่สั่งมากกว่าใช้งานจริงสูงสุด 4.6% ต่ำสุด -2.7% ค่าเฉลี่ย 0.9 %

3. โครงการสุขุมวิทซอย42 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1000 มม.

ตารางที่ 62 ผลต่างของปริมาณคอนกรีตที่สั่งเผื่อ 10% และ 5%โครงการสุขุมวิทซอย42

รายการคำนวณปริมาณคอนกรีตสำหรับเสาเข็ม																	
ปริมาณคอนกรีตที่สั่งเผื่อ	10	%			ราคาคอนกรีตต่อ ลบ.ม.		2500	บาท/ลบ.ม.									
No.	ชื่อโครงการ	คุณสมบัติเสาเข็ม				ปริมาณที่สั่ง	ราคาของคอนกรีตที่สั่ง	ปริมาณที่ใช้จริง	ราคาของคอนกรีตที่ใช้จริง	ปริมาณที่สั่งมากกว่าที่ออกแบบ		ปริมาณที่ใช้จริงมากกว่าที่ออกแบบ		ปริมาณที่สั่งมากกว่าที่ใช้จริง	
		Diameter	Project &	Actual Length	V_{design}	V_{order}	M_{order}	V_{use}	M_{use}	$V_{order} > V_{design}$		$V_{use} > V_{design}$		$V_{order} > V_{use}$	
		mm	ID Sample	m	m^3	m^3	Baht	m^3	Baht	m^3	%	m^3	%	m^3	%
รวม					7288.1	8016.9	฿20,042,174	7625.0	฿19,062,500	728.8		336.9		391.9	
							ผลต่างปริมาณ	391.9	m^3						
							ผลต่างราคา	฿979,674	Baht						
											Max	8.6%		9.7%	
											Min	0.3%		1.3%	
											Average	4.6%		5.1%	

รายการคำนวณปริมาณคอนกรีตสำหรับเสาเข็ม																	
ปริมาณคอนกรีตที่สั่งเผื่อ	5	%			ราคาคอนกรีตต่อ ลบ.ม.		2500	บาท/ลบ.ม.									
No.	ชื่อโครงการ	คุณสมบัติเสาเข็ม				ปริมาณที่สั่ง	ราคาของคอนกรีตที่สั่ง	ปริมาณที่ใช้จริง	ราคาของคอนกรีตที่ใช้จริง	ปริมาณที่สั่งมากกว่าที่ออกแบบ		ปริมาณที่ใช้จริงมากกว่าที่ออกแบบ		ปริมาณที่สั่งมากกว่าที่ใช้จริง	
		Diameter	Project &	Actual Length	V_{design}	V_{order}	M_{order}	V_{use}	M_{use}	$V_{order} > V_{design}$		$V_{use} > V_{design}$		$V_{order} > V_{use}$	
		mm	ID Sample	m	m^3	m^3	Baht	m^3	Baht	m^3	%	m^3	%	m^3	%
รวม					7288.1	7652.5	฿19,131,166	7625.0	฿19,062,500	364.4		336.9		27.5	
							ผลต่างปริมาณ	27.5	m^3						
							ผลต่างราคา	฿68,666	Baht						
											Max	8.6%		4.7%	
											Min	0.3%		-3.3%	
											Average	4.6%		0.4%	

สรุปผลได้ดังนี้ ปริมาณคอนกรีตที่สั่งซื้อ 10% ราคาของคอนกรีตที่สั่ง 20,042,147 บาท ราคาของคอนกรีตที่ใช้จริง 19,062,500 บาท ผลต่างปริมาณคอนกรีต 391.9 m^3 ผลต่างราคา 979,674 บาท ปริมาณที่ใช้จริงมากกว่าออกแบบสูงสุด 8.6% ต่ำสุด 0.3% ค่าเฉลี่ย 4.6% ในส่วนปริมาณที่สั่ง

มากกว่าใช้งานจริงสูงสุด 9.7% ต่ำสุด 1.3% ค่าเฉลี่ย 5.1 % ปริมาณคอนกรีตที่สั่งซื้อ5% ราคาของคอนกรีตที่สั่ง 19,131,166 บาท ราคาของคอนกรีตที่ใช้จริง 19,062,500 บาท ผลต่างปริมาณคอนกรีต 27.5 m^3 ผลต่างราคา 68,666 บาท ปริมาณที่ใช้จริงมากกว่าออกแบบสูงสุด 8.6% ต่ำสุด 0.3% ค่าเฉลี่ย 4.6% ในส่วนปริมาณที่สั่งมากกว่าใช้งานจริงสูงสุด 4.7% ต่ำสุด -3.3% ค่าเฉลี่ย 0.4 %

4. โครงการสถานทูตญี่ปุ่นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 800 มม.

ตารางที่ 63 ผลต่างของปริมาณคอนกรีตที่สั่งเผื่อ 10% และ 5%โครงการสถานทูตญี่ปุ่น

รายการคำนวณปริมาณคอนกรีตสำหรับเสาเข็ม																	
ปริมาณคอนกรีตที่สั่งเผื่อ		10	%			ราคาคอนกรีตต่อ ลบ.ม.		2500	บาท/ลบ.ม.								
No.	ชื่อโครงการ	คุณสมบัติเสาเข็ม				ปริมาณที่สั่ง	ราคาของคอนกรีตที่สั่ง	ปริมาณที่ใช้จริง	ราคาของคอนกรีตที่ใช้จริง	ปริมาณที่สั่งมากกว่าที่ออกแบบ		ปริมาณที่ใช้จริงมากกว่าที่ออกแบบ		ปริมาณที่สั่งมากกว่าที่ใช้จริง	
		Diameter	Project &	Actual Length	V_{design}	V_{order}	M_{order}	V_{use}	M_{use}	$V_{order} > V_{design}$		$V_{use} > V_{design}$		$V_{order} > V_{use}$	
		mm	ID Sample	m	m^3	m^3	Baht	m^3	Baht	m^3	%	m^3	%	m^3	%
รวม					2115.8	2327.3	฿5,818,371	2231.0	฿5,577,500	211.6		115.2		96.3	
							ผลต่างปริมาณ	96.3	m^3						
							ผลต่างราคา	฿240,871	Baht			Max	13.4%		7.0%
												Min	2.8%		-3.0%
												Average	5.4%		4.3%

รายการคำนวณปริมาณคอนกรีตสำหรับเสาเข็ม																	
ปริมาณคอนกรีตที่สั่งเผื่อ		5	%			ราคาคอนกรีตต่อ ลบ.ม.		2500	บาท/ลบ.ม.								
No.	ชื่อโครงการ	คุณสมบัติเสาเข็ม				ปริมาณที่สั่ง	ราคาของคอนกรีตที่สั่ง	ปริมาณที่ใช้จริง	ราคาของคอนกรีตที่ใช้จริง	ปริมาณที่สั่งมากกว่าที่ออกแบบ		ปริมาณที่ใช้จริงมากกว่าที่ออกแบบ		ปริมาณที่สั่งมากกว่าที่ใช้จริง	
		Diameter	Project &	Actual Length	V_{design}	V_{order}	M_{order}	V_{use}	M_{use}	$V_{order} > V_{design}$		$V_{use} > V_{design}$		$V_{order} > V_{use}$	
		mm	ID Sample	m	m^3	m^3	Baht	m^3	Baht	m^3	%	m^3	%	m^3	%
รวม					2115.8	2221.6	฿5,553,900	2231.0	฿5,577,500	105.8		115.2		-9.4	
							ผลต่างปริมาณ	-9.4	m^3						
							ผลต่างราคา	-฿23,600	Baht			Max	13.4%		2.1%
												Min	2.8%		-7.4%
												Average	5.4%		-0.4%

ผลต่างในการสรุปผลของโครงการสถานทูตญี่ปุ่น จะไม่นำค่าของหลุมเจาะที่เกิดกรณีหลุมพังจำนวน 1 หลุมมาคิดรวมเพราะการเกิดขึ้นในกรณีดังกล่าวเป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นน้อยพบได้ไม่บ่อยนักสามารถสรุปผลได้ดังนี้ ปริมาณคอนกรีตที่สั่งซื้อ 10% ราคาของคอนกรีตที่สั่ง 5,818,371 บาท ราคาของคอนกรีตที่ใช้จริง 5,577,500 บาท ผลต่างปริมาณคอนกรีต 96.3 m^3 ผลต่างราคา 240,871 บาท ปริมาณที่ใช้จริงมากกว่าออกแบบสูงสุด 13.4% ต่ำสุด 2.8% ค่าเฉลี่ย 5.4% ในส่วนปริมาณที่สั่งมากกว่าใช้งานจริงสูงสุด 7.0% ต่ำสุด -3.0% ค่าเฉลี่ย 4.3 % ปริมาณคอนกรีตที่สั่งซื้อ 5% ราคาของคอนกรีตที่สั่ง 5,553,900 บาท ราคาของคอนกรีตที่ใช้จริง 5,577,500 บาท ผลต่างปริมาณคอนกรีต -9.4 m^3 ผลต่างราคา -23,600 บาท ปริมาณที่ใช้จริงมากกว่าออกแบบสูงสุด 13.4%

ต่ำสุด 2.8% ค่าเฉลี่ย 5.4% ในส่วนปริมาณที่สั่งมากกว่าใช้งานจริงสูงสุด 2.1% ต่ำสุด –7.4% ค่าเฉลี่ย -0.4 %

5. โครงการมหาวิทยาลัยหอการค้าไทยขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 600 มม.

ตารางที่ 64 ผลต่างของปริมาณคอนกรีตที่สั่งเผื่อ 10% และ 5%โครงการมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

รายการคำนวณปริมาณคอนกรีตสำหรับเสาเข็ม																	
ปริมาณคอนกรีตที่สั่งเผื่อ		10	%		ราคาคอนกรีตต่อ ลบ.ม.		2500	บาท/ลบ.ม.									
No.	ชื่อโครงการ	คุณสมบัติเสาเข็ม			ปริมาณที่สั่ง	ราคาของคอนกรีตที่สั่ง	ปริมาณที่ใช้จริง	ราคาของคอนกรีตที่ใช้จริง	ปริมาณที่สั่งมากกว่าที่ออกแบบ		ปริมาณที่ใช้จริงมากกว่าที่ออกแบบ		ปริมาณที่สั่งมากกว่าที่ใช้จริง	
		Diameter	Project &	Actual Length	V_{design}	V_{order}	M_{order}	V_{use}	M_{use}	$V_{order} > V_{design}$		$V_{use} > V_{design}$		$V_{order} > V_{use}$	
		mm	ID Sample	m	m^3	m^3	Baht	m^3	Baht	m^3	%	m^3	%	m^3	%
รวม					1612.3	1773.5	฿4,433,786	1672.5	฿4,181,250	161.2		60.2		101.0	
							ผลต่างปริมาณ	101.0	m^3			Max	7.0%		7.5%
							ผลต่างราคา	฿252,536	Baht			Min	2.3%		2.8%
												Average	3.7%		6.1%

รายการคำนวณปริมาณคอนกรีตสำหรับเสาเข็ม																	
ปริมาณคอนกรีตที่สั่งเผื่อ		5	%		ราคาคอนกรีตต่อ ลบ.ม.		2500	บาท/ลบ.ม.									
No.	ชื่อโครงการ	คุณสมบัติเสาเข็ม			ปริมาณที่สั่ง	ราคาของคอนกรีตที่สั่ง	ปริมาณที่ใช้จริง	ราคาของคอนกรีตที่ใช้จริง	ปริมาณที่สั่งมากกว่าที่ออกแบบ		ปริมาณที่ใช้จริงมากกว่าที่ออกแบบ		ปริมาณที่สั่งมากกว่าที่ใช้จริง	
		Diameter	Project &	Actual Length	V_{design}	V_{order}	M_{order}	V_{use}	M_{use}	$V_{order} > V_{design}$		$V_{use} > V_{design}$		$V_{order} > V_{use}$	
		mm	ID Sample	m	m^3	m^3	Baht	m^3	Baht	m^3	%	m^3	%	m^3	%
รวม					1612.3	1692.9	฿4,232,250	1672.5	฿4,181,250	80.6		60.2		20.4	
							ผลต่างปริมาณ	20.4	m^3			Max	7.0%		2.6%
							ผลต่างราคา	฿51,000	Baht			Min	2.3%		-1.9%
												Average	3.7%		1.3%

สรุปผลได้ดังนี้ ปริมาณคอนกรีตที่สั่งซื้อ 10% ราคาของคอนกรีตที่สั่ง 4,433,768 บาท ราคาของคอนกรีตที่ใช้จริง 4,181,250 บาท ผลต่างปริมาณคอนกรีต 101.0 m^3 ผลต่างราคา 252,536 บาท ปริมาณที่ใช้จริงมากกว่าออกแบบสูงสุด 7.0% ต่ำสุด 2.3% ค่าเฉลี่ย 3.7% ในส่วนปริมาณที่สั่งมากกว่าใช้งานจริงสูงสุด 7.5% ต่ำสุด 2.8% ค่าเฉลี่ย 6.1 % ปริมาณคอนกรีตที่สั่งซื้อ5% ราคาของคอนกรีตที่สั่ง 4,232,250 บาท ราคาของคอนกรีตที่ใช้จริง 4,181,250 บาท ผลต่างปริมาณคอนกรีต 20.4 m^3 ผลต่างราคา 51,000 บาท ปริมาณที่ใช้จริงมากกว่าออกแบบสูงสุด 7.0% ต่ำสุด 2.3% ค่าเฉลี่ย 3.7% ในส่วนปริมาณที่สั่งมากกว่าใช้งานจริงสูงสุด 2.6% ต่ำสุด -1.9% ค่าเฉลี่ย 1.3 %

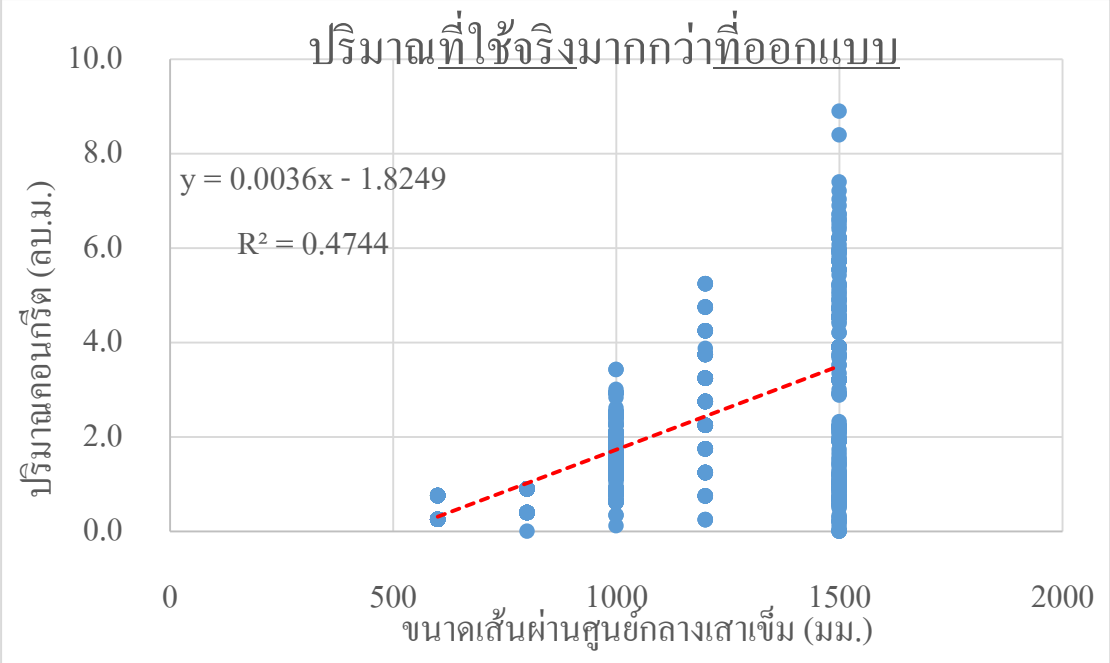
จากการควบคุมปริมาณคอนกรีตผสมเสร็จในงานก่อสร้างเสาเข็มเจาะระบบเปียกขนาดใหญ่ในเขตกรุงเทพมหานคร ค่าเฉลี่ยทั้งหมดของ 5 โครงการ 5 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางได้ (ไม่นับรวมหลุมพัง) สรุปค่าเฉลี่ยได้ดังนี้

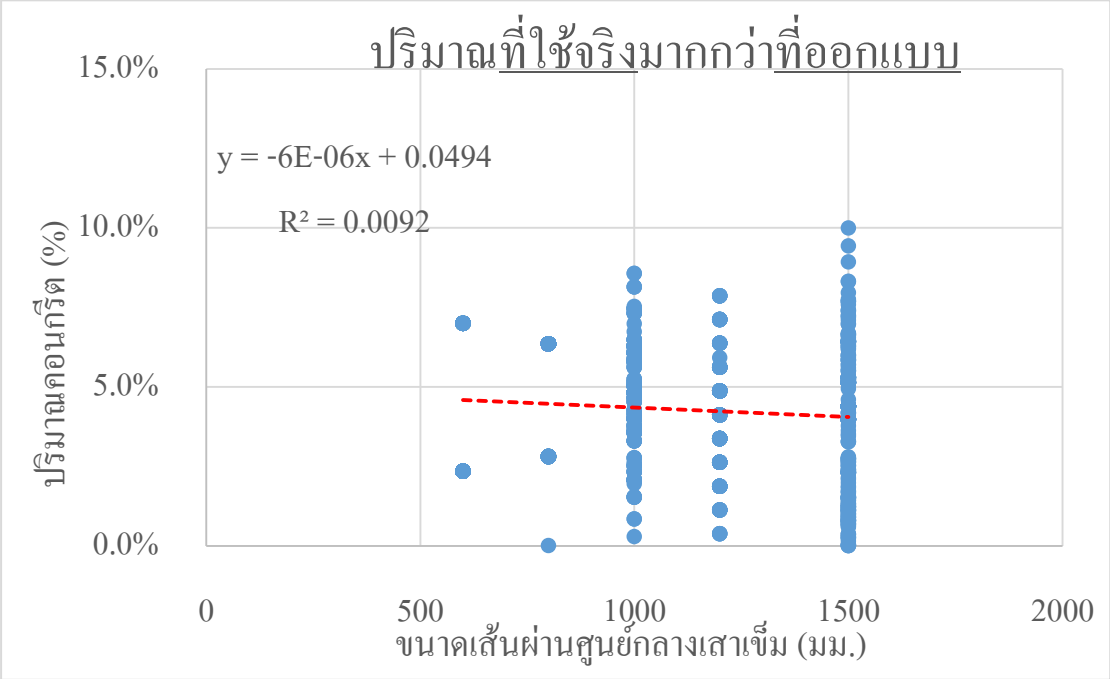
ตารางที่ 65 รวมค่าเฉลี่ยผลต่างของปริมาณคอนกรีตที่สั่งเผื่อ 10% และ 5% ทั้งหมด 5โครงการ

รายการคำนวณปริมาณคอนกรีตสำหรับเสาเข็ม																	
ปริมาณคอนกรีตที่สั่งเผื่อ		10	%		ราคาคอนกรีตต่อ ลบ.ม.		2500	บาท/ลบ.ม.									
No.	ชื่อโครงการ	คุณสมบัติเสาเข็ม			ปริมาณที่สั่ง	ราคาของคอนกรีตที่สั่ง	ปริมาณที่ใช้จริง	ราคาของคอนกรีตที่ใช้จริง	$V_{order} > V_{design}$		ปริมาณที่ใช้จริงมากกว่าที่ออกแบบ		ปริมาณที่สั่งมากกว่าที่ใช้จริง				
		Diameter	Project &	Actual Length	V_{design}	V_{order}	M_{order}	V_{use}	M_{use}			$V_{use} > V_{design}$		$V_{order} > V_{use}$			
		mm	ID Sample	m	m^3	m^3	Baht	m^3	Baht	m^3	%	m^3	%	m^3	%		
รวม					49735.6	54709.2	฿136,772,935	51899.0	฿129,747,500	4973.6		2065.5		2876.8			
							ผลต่างปริมาณ	2810.2	m^3							Max	13.4%		10.0%
							ผลต่างราคา	฿7,025,435	Baht							Min	0.0%		-3.0%
																Average	4.3%		5.5%

รายการคำนวณปริมาณคอนกรีตสำหรับเสาเข็ม																	
ปริมาณคอนกรีตที่สั่งเผื่อ		5	%		ราคาคอนกรีตต่อ ลบ.ม.		2500	บาท/ลบ.ม.									
No.	ชื่อโครงการ	คุณสมบัติเสาเข็ม			ปริมาณที่สั่ง	ราคาของคอนกรีตที่สั่ง	ปริมาณที่ใช้จริง	ราคาของคอนกรีตที่ใช้จริง	$V_{order} > V_{design}$		ปริมาณที่ใช้จริงมากกว่าที่ออกแบบ		ปริมาณที่สั่งมากกว่าที่ใช้จริง				
		Diameter	Project &	Actual Length	V_{design}	V_{order}	M_{order}	V_{use}	M_{use}			$V_{use} > V_{design}$		$V_{order} > V_{use}$			
		mm	ID Sample	m	m^3	m^3	Baht	m^3	Baht	m^3	%	m^3	%	m^3	%		
รวม					49735.6	52222.4	฿130,555,983	51899.0	฿129,747,500	2486.8		2065.5		405.7			
							ผลต่างปริมาณ	323.4	m^3							Max	13.4%		5.0%
							ผลต่างราคา	฿808,483	Baht							Min	0.0%		-7.4%
																Average	4.3%		0.7%

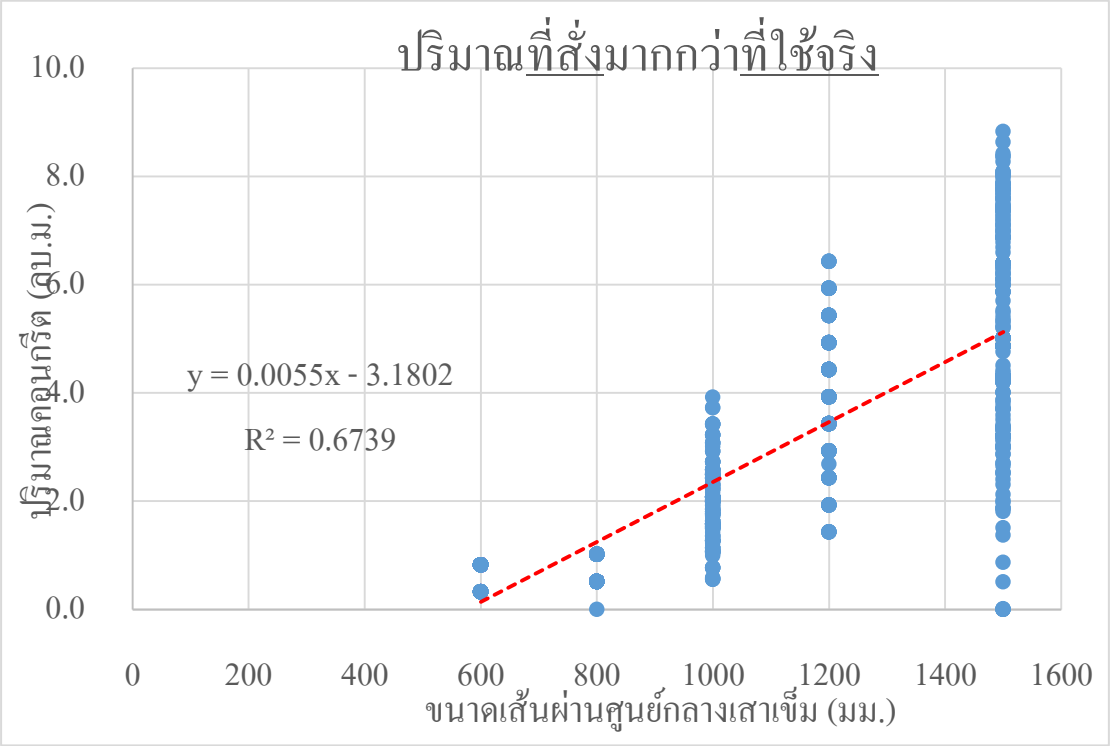
ปริมาณคอนกรีตที่สั่งซื้อ 10% ราคาของคอนกรีตที่สั่ง 136,772,935 บาท ราคาของคอนกรีตที่ใช้จริง 129,747,500 บาท ผลต่างปริมาณคอนกรีต 2810.2 m^3 ผลต่างราคา 7,025,435 บาท ปริมาณที่ใช้จริงมากกว่าออกแบบสูงสุด 13.4% ต่ำสุด 0.0% ค่าเฉลี่ย 4.3% ในส่วนปริมาณที่สั่งมากกว่าใช้งานจริงสูงสุด 10.0% ต่ำสุด -3.0% ค่าเฉลี่ย 5.5 % ปริมาณคอนกรีตที่สั่งซื้อ5% ราคาของคอนกรีตที่สั่ง 130,555,983 บาท ราคาของคอนกรีตที่ใช้จริง 129,747,500 บาท ผลต่างปริมาณคอนกรีต 323.4 m^3 ผลต่างราคา 808,438 บาท ปริมาณที่ใช้จริงมากกว่าออกแบบสูงสุด 13.4% ต่ำสุด 0.0% ค่าเฉลี่ย 4.3% ในส่วนปริมาณที่สั่งมากกว่าใช้งานจริงสูงสุด 5.5% ต่ำสุด -7.4% ค่าเฉลี่ย 0.7 %

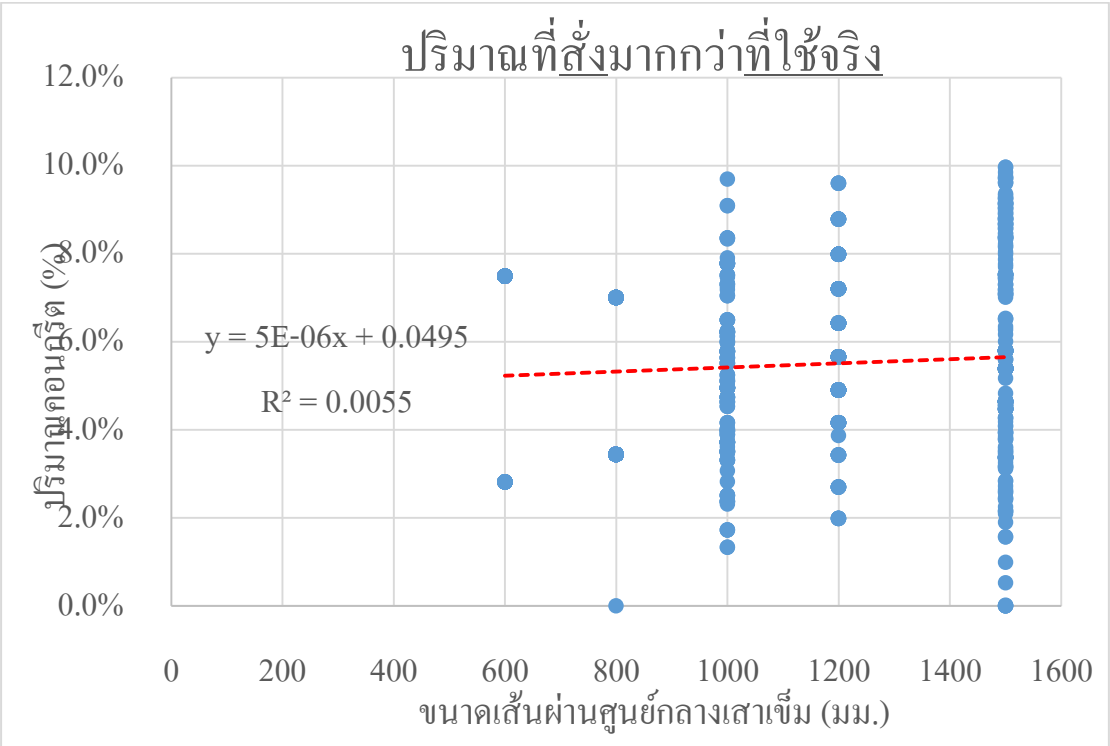




ภาพที่ 69 ปริมาณคอนกรีตที่ใช้จริงมากกว่าที่ปริมาณที่ออกแบบหน่วยลูกบาศก์เมตรและหน่วยเปอร์เซ็นต์ (กรณีไม่นับรวมหลุมพัง)

จากภาพที่ 69 แสดงกราฟ ปริมาณที่ใช้คอนกรีตจริงมากกว่าที่ได้ออกแบบไว้โดยไม่นับรวมหลุมพังจะเห็นว่าจะไม่ค่าของหลุมเจาะที่มีค่าติดลบจากการที่สั่งเผื่อคอนกรีตไม่พอในการใช้เทจริงจากกรณีเกิดหลุมพังซึ่งเป็นเหตุที่เกิดขึ้นได้ไม่บ่อยนักจึงไม่นับรวมเข้าไปในกรณีนี้ซึ่งกราฟจะแสดงให้เห็นค่าปริมาณที่ใช้จริงมากกว่าออกแบบMaxสูงสุด 10% Minต่ำสุด 0% ค่าAverage 4.3%





ภาพที่ 70 ปริมาณคอนกรีตที่สั่งมากกว่าที่เทจริงหน่วยลูกบาศก์เมตรและหน่วยเปอร์เซ็นต์ (กรณีไม่นับรวมหลุมพัง)

จากภาพที่ 70 แสดงกราฟ ปริมาณที่สั่งคอนกรีตเทลงในหลุมเจาะมากกว่าที่ใช้จริงไว้โดยไม่นับรวมหลุมพังจะเห็นว่าจะไม่ค่าของหลุมเจาะที่มีค่าติดลบจากการที่สั่งเผื่อคอนกรีตไม่พอในการใช้เทจริงจากกรณีเกิดหลุมพังซึ่งเป็นเหตุที่เกิดขึ้นได้ไม่บ่อยนักจึงไม่นับรวมเข้าไปในกรณีนี้ซึ่งกราฟจะแสดงให้เห็นค่าปริมาณที่ใช้จริงมากกว่าออกแบบMaxสูงสุด 10% Minต่ำสุด 0% ค่า Average 5.5%

สรุปผลได้ดังต่อไปนี้

1. การควบคุมปริมาณคอนกรีตผสมเสร็จในงานก่อสร้างเสาเข็มเจาะระบบเปียกขนาดใหญ่ในเขตกรุงเทพมหานคร ในรูปของการพล็อตกราฟจะได้ข้อมูลเส้นค่าเฉลี่ยความเป็นไปได้ของปริมาณคอนกรีตในส่วนที่ใช้เทจริงมากกว่าที่ได้ออกแบบไว้จากทั้งหมด5โครงการ(ไม่นับรวมหลุมพัง) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง600 มม. 800 มม. 1000 มม. 1200 มม. 1500 มม. ตามมลำดับนั้นมีค่าเฉลี่ยในการใช้คอนกรีตผสมเสร็จอยู่ที่ 4.3 % แต่ถ้าในกรณีที่นับรวมหลุมพังเข้าไปด้วยค่าเฉลี่ยการใช้คอนกรีตจริง อยู่ที่ 4.4%มากกว่าไม่นับรวม 0.1%

2. การควบคุมปริมาณคอนกรีตผสมเสร็จในงานก่อสร้างเสาเข็มเจาะระบบเปียกขนาดใหญ่ในเขตกรุงเทพมหานคร ในรูปของการพล็อตกราฟจะได้ข้อมูลของคอนกรีตผสมเสร็จที่สั่งเกินจากการใช้เทลงในหลุมเจาะจากทั้งหมด5โครงการขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 600 มม. 800 มม. 1000 มม. 1200 มม.และ 1500 มม. ตามมลำดับ ค่าเฉลี่ยการสั่งคอนกรีตเผื่อที่ 10 % มากเกินจากการใช้จริงอยู่ถึง 5.7 %

3. การลดต้นทุนโดยการควบคุมปริมาณคอนกรีตผสมเสร็จในงานก่อสร้างเสาเข็มเจาะระบบเปียกขนาดใหญ่ในเขตกรุงเทพมหานคร ในรูปของการพล็อตกราฟ กรณีไม่นับรวมหลุมพัง การสั่งเผื่อที่ 5 % ลดการสูญเสียเปล่าค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.7 % เท่านั้นลดต้นทุนการก่อสร้างเสาเข็มเจาะได้ถึง 5.7 %

4. การลดต้นทุนโดยการควบคุมปริมาณคอนกรีตผสมเสร็จในงานก่อสร้างเสาเข็มเจาะระบบเปียกขนาดใหญ่ในเขตกรุงเทพมหานคร ในรูปของการพล็อตกราฟ กรณีนับรวมหลุมพัง การสั่งเผื่อที่ 5 % ลดการสูญเสียเปล่าค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.6 % เท่านั้นลดต้นทุนการก่อสร้างเสาเข็มเจาะได้ถึง 5.6 % ผลต่างในส่วนของการนับรวมหลุมพังกับไม่นับรวมหลุมพังจะมีผลต่างกันอยู่ที่ 0.1%

5. วิธีการและแนวทางในการเป็นไปได้สำหรับการลดต้นทุนในงานก่อสร้างเสาเข็มเจาะระบบเปียกขนาดใหญ่ในเขตกรุงเทพมหานคร ในรูปของการพล็อตกราฟจากเดิมที่เคยสั่งเผื่อ 10% ให้เปลี่ยนเป็นการสั่งเผื่อที่ 5 %

อภิปรายผล

ผลจากปัญหาที่เกิดขึ้นจากการควบคุมปริมาณคอนกรีตผสมเสร็จในงานก่อสร้างเสาเข็มเจาะระบบเปียกขนาดใหญ่ในเขตกรุงเทพมหานคร ซึ่งสภาพดินของกรุงเทพมหานครนั้นมีสภาพดินชั้นล่างเป็นดินเหนียวอ่อน (Soft marine clay) สาเหตุจากสภาพพื้นที่อยู่ในเขตลุ่มน้ำเจ้าพระยา (ธวัชชัย ธรรมเภตรารักษ์, 2550 ,น. 6) การพังทะลายและการทรุดตัวของดินเกิดขึ้นได้ง่าย เพราะฉะนั้นในงานการก่อสร้างเสาเข็มเจาะระบบเปียกซึ่งการออกแบบหลุมเจาะได้นำทฤษฎีสูตรการหาปริมาตรทรงกระบอก $V = \pi R^2 \times H$ มาคำนวณหาปริมาณคอนกรีตเทลงในหลุมเสาเข็มเจาะ แต่ด้วยเหตุการพังทะลายของขอบหลุมเจาะทำให้ต้องมีการเผื่อคอนกรีตจากปริมาณเดิมที่ได้คำนวณออกแบบไว้

ผลการศึกษาการควบคุมปริมาณคอนกรีตผสมเสร็จในงานก่อสร้างเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่

1. ในรูปของการพล๊อตกราฟจะได้ข้อมูลเส้นเฉลี่ยความเป็นไปได้ของปริมาณคอนกรีตผสมเสร็จที่ใช้จริงอยู่ที่ 5 %

2. ในรูปของการพล๊อตกราฟจะได้ข้อมูลการใช้คอนกรีตที่ปริมาณการสั่งมากกว่าที่ได้คำนวณออกแบบอยู่ที่ 10 %

3. ในรูปของการพล๊อตกราฟจะได้ข้อมูลค่าเฉลี่ยของคอนกรีตที่สั่งน้อยกว่าที่ใช้จริง 5.7 % (ไม่นับรวมหลุมที่เกิดอุบัติเหตุหลุมพัง) ปริมาณที่ใช้จริงมากกว่าออกแบบสูงสุด 13.4% ต่ำสุด 0.0% ค่าเฉลี่ย 4.3% ในส่วนปริมาณที่สั่งมากกว่าใช้งานจริงสูงสุด 5.5% ต่ำสุด -7.4% ค่าเฉลี่ย 0.7 %

ผลการสรุปแนวทางโดยจะทำการวิเคราะห์หาสาเหตุและปัญหาพร้อมทั้งแนวทางแก้ปัญหาในแต่ละกรณี

1. ในกรณีที่การใช้คอนกรีตที่เหมาะสมที่ 5% เพราะค่าเฉลี่ยการใช้คอนกรีตอยู่ที่ 4.3 % เท่านั้น จะประหยัดเงินสูญเสียเปล่าในการสั่งเผื่อคอนกรีต 10 %ได้ถึง 6,216,952 บาท(ผลต่างราคา 10% - ผลต่างราคา 5%) ราคาคอนกรีตผสมเสร็จ 2500 m^3 เป็นราคาปี 2562

2. สาเหตุที่ผู้ควบคุมโครงการงานก่อสร้างเสาเข็มเจาะต้องสั่งคอนกรีตเผื่อเพราะมีข้อกังวลในกรณีมีการพังของขอบหลุมเจาะ ในส่วนนี้สามารถแก้ปัญหาและป้องกันได้โดยควบคุมสารละลายเบนโทไนท์และสารละลายโพลิเมอร์ซึ่งมีคุณสมบัติแบบดินเหนียวแต่มีความละเอียดอ่อนกว่ามากโดยใช้เคลือบขอบหลุมเจาะเพื่อป้องกันการพังทะลายของขอบหลุมเสาเข็มเจาะ

3. ค่าแรงงานการเทคอนกรีตไม่มีนัยยะสำคัญกับค่าก่อสร้างเสาเข็มเจาะในกรณีหลุมพัง (ไม่มีค่าแรงเพิ่มขึ้นในกรณีหลุมพัง)

ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1. ผู้บริหารนำผลการวิจัยไปใช้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพการควบคุมปริมาณการเทคอนกรีตในงานก่อสร้างเสาเข็มเจาะตามความเหมาะสม

2. ผู้บริหารระดับสูงควรให้ความสำคัญของการประหยัดค่าใช้จ่ายที่สูญเปล่าโดยไม่เกิดประโยชน์ของการเทคอนกรีตเสาเข็มเจาะซึ่งเป็นการลดต้นทุนของงานก่อสร้างเสาเข็มเจาะ

3. ควรให้มีการจัดอบรมเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องทั้งในระดับผู้ควบคุมโครงการและระดับผู้ปฏิบัติงานให้ทราบถึงแนวทางวัตถุประสงค์และวิธีดำเนินการเพื่อให้ผู้ปฏิบัติงาน จะได้มีความเข้าใจในเรื่องของการประหยัดค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็นให้มากขึ้น
เช่น การรณรงค์ให้มีกิจกรรมเกี่ยวกับการประหยัดค่าใช้จ่าย เพื่อกระตุ้นให้เห็นความสำคัญและประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นจากการดำเนินการดังกล่าว

5. ควรมีโครงการประหยัดเงินค่าใช้จ่ายที่ดำเนินการอย่างต่อเนื่อง การไม่ทำตามแผนงานที่วางไว้อาจส่งผลให้เกิดผลกระทบต่อการดำเนินงานลดต้นทุนงานก่อสร้างเสาเข็มเจาะ

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

จากผลการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเห็นว่า ควรจะมีการดำเนินการต่อไปดังต่อไปนี้

1. ควรมีการทดลองรูปแบบแนวทางการลดต้นทุนค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างเสาเข็มเจาะเพื่อลดต้นทุนค่าใช้จ่าย อันจะส่งผลให้เกิดลดต้นทุนในโครงการงานก่อสร้าง

2. ควรมีการศึกษาหาแนวทางในการประหยัดค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างส่วนต่างๆ ด้านอื่นเพิ่มขึ้นเช่นด้านที่อาจมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

3. ควรมีการศึกษาระบบเทคโนโลยี หรือผลิตเครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับงานก่อสร้างเสาเข็มเจาะขึ้นเอง เพื่อลดต้นทุนในส่วนนี้

4. ควรมีการศึกษาแนวทางในการประหยัดค่าใช้จ่ายที่สูญเสียเปล่าโดยไม่เกิประโยชน์ในงานก่อสร้างประเภทอื่นๆ เนื่องจากในโครงการงานก่อสร้างมีหลายส่วนหลายประเภท จึงควรมีการศึกษาแนวทางการลดต้นค่าใช้จ่ายที่สูญเสียเปล่าไม่เกิดประโยชน์ให้ครอบครุมงานก่อสร้างทุกประเภท

5. ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบการศึกษาแนวทางประหยัดต้นทุนค่าใช้จ่ายที่สูญเสียเปล่าในงานก่อสร้างเสาเข็มเจาะกับบริษัทรับเหมาก่อสร้างประเภทเดียวกันหรือบริษัทก่อสร้าง
ใกล้เคียงกัน

บรรณานุกรม

ธวัชชัย ธรรมเภตรารักษ์. (2550). **แนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพงานหล่อเสาเข็มเจาะในระบบเปียกของโครงการก่อสร้างเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์วิทยาลัย.

วุฒิชัย ชื่นหิรัญ. (2551). **ศึกษาพฤติกรรมเสาเข็มเจาะที่ใช้สารละลายโพลิเมอร์เป็นสารรักษาเสถียรภาพหลุมเจาะในชั้นดินกรุงเทพฯ**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์วิทยาลัย.

ธนานันท์ บุณยรักษ์. (2544). **พฤติกรรมของสารละลายโพลีเมอร์**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์วิทยาลัย.

บริษัท ซีฟโก้ จำกัด มหาชน. (2550). **ขั้นตอนการก่อสร้างเสาเข็มเจาะแบบเปียก.** บริษัท เอสทีเอส

อินสตรูเม้น จำกัด. (2553). **Boring Log**

ชนันต์ แดงประไพ และ เกรียงศักดิ์ จารุพรพาณิช. (2535). **คู่มือการปฏิบัติงานการทำเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่.** กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย – ญี่ปุ่น).

เชิดศักดิ์ อนุทัต. (2545**). การปรับปรุงระบบควบคุมคุณภาพการผลิตของโรงงานเบเกอรี่.** วิทยานิพนธ์ปริญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธีระพงษ์ กังสนารักษ์. (2544). **การพัฒนาระบบควบคุมคุณภาพและปัญหาในงานเสาเข็มเจาะที่เกิดจากคุณภาพคอนกรีต.** กรุงเทพมหานคร. : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, (พิมพ์ในงานประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 7).

ปารเมศ ชุติมา.(2544). **การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม.** กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ไพบูลย์ แย้มเผื่อน. (2547). **เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม.** กรุงเทพฯ : บริษัท ซีเอ็นยูเคชั่น จำกัด (มหาชน). ศุภชัย นาทะพันธ์ ความน่าจะเป็นและสถิติ.

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์. (2554). **ข้อกำหนดมาตรฐานสำหรับงานก่ออสร้างเสาเข็มเจาะ.** คณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมโยธา

ณรงค์ ทัศนนิพันธ์ และทัชชะพงษ์ ประเวศวรารัตน์. (2542). **สมรรถนะของเสาเข็มระบบเจาะเปียกด้วยสารละลายเบนโทไนท์ในชั้นดิน.** กรุงเทพฯ, เอกสารประกอบการประชุมใหญ่วิชาการทางวิศวกรรม จัดโดยสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์.

ณรงค์ ทัศนนิพันธ์, กลม สิงโตแก้ว และพรพจน์ ตันเส็ง. (2543). **สารละลายเบนโทไนท์ในงานกำแพง กัน ดิน ชนิดขุดในชั้นดิน.** กรุงเทพฯ : คุณสมบัติต่างๆ และวิธีการควบคุม การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 6.

ณรงค์ ทัศนนิพันธ์, เผด็จ รุจิขจรเดช และพรพจน์ ตันเส็ง. (2543). **การใช้โพลีเมอร์ในการก่อสร้างเสาเข็มเจาะระบบเปียกในชั้นดิน**. กรุงเทพฯ.การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 6.

แมนสรวง จีนจิ๋ว, มนัสพล วรสิทธิ์เศรษฐ์ และณัฐพล สุขอนันต์. (2540). **การศึกษาคุณสมบัติทางวิศวกรรมของชั้นดินตามแนวเส้นทางทางรถไฟฟ้าใต้ดิน**. โครงงานทางวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์วิทยาลัย.

วันชัย เทพรักษ์ , สันติภาพ ศิริยงค์ , สุรเชษฐ์ ตันวงศ์วาล และสุธี คำแฝด. (2541). **การใช้โพลีเมอร์ในการทำเสาเข็มเจาะระบบเปียกในชั้นดิน.** กรุงเทพฯ โครงงานทางวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์วิทยาลัย.

วีรนันท์ ปิตุปกรณ์.(2526). **การประเมินค่าความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มจากการทดสอบ SPT (N)**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์วิทยาลัย.

สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย. (2547). **ข้อมูลสภาพดินบริเวณลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย.**

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ข้อมูลการเทคอนกรีตและค่าเป็นเงินส่วนเกินจากโครงการก่อสร้าง

ข้อมูลการเทคอนกรีตและค่าเป็นเงินส่วนเกินจากโครงการก่อสร้าง

ตารางที่ 1 รายละเอียดคอนกรีตและเงินส่วนเกิน

สรุปปริมาณคอนกรีต/OVERBREAK/ค่าใช้จ่ายส่วนเกิน PARK24 PHASE 2

ต้นที่	วันที่	เบอร์	Rขนาด1.5	Rขนาด1.0	D-wall	Depth	Cut-off	Design Concrete volume	Actual Concrete volume	OVERBREAK/ Pile	จำนวนคอนกรีตที่เกิน	คอนกรีตที่เกินคิดเป็นเงิน	หมายเหตุ
1	8/11/2558	P39	0.75			56.00	5.600	89.05	93.00	4.44%	3.95	฿6,719.51	
2		P42	0.75			56.00	5.600	89.05	93.00	4.44%	3.95	฿6,719.51	
3	8/12/2558	P14	0.75			56.00	5.600	89.05	95.00	6.68%	5.95	฿10,119.51	
4	8/14/2558	P18	0.75			56.00	5.600	89.05	105.00	17.91%	15.95	฿27,119.51	ไม่ผ่านำยาหลุมพัง
5	8/15/2558	P36	0.75			56.00	5.600	89.05	93.00	4.44%	3.95	฿6,719.51	
6		P15	0.75			56.00	5.600	89.05	93.00	4.44%	3.95	฿6,719.51	
7	8/16/2558	P4	0.75			56.00	5.600	89.05	93.00	4.44%	3.95	฿6,719.51	
8	8/17/2558	P19	0.75			56.00	5.600	89.05	93.00	4.44%	3.95	฿6,719.51	
9		P54	0.75			56.00	5.600	89.05	93.00	4.44%	3.95	฿6,719.51	
10	8/18/2558	P8	0.75			56.00	5.600	89.05	93.00	4.44%	3.95	฿6,719.51	
11		P50	0.75			56.00	5.600	89.05	93.00	4.44%	3.95	฿6,719.51	
12	8/19/2558	P3	0.75			56.00	5.600	89.05	93.00	4.44%	3.95	฿6,719.51	
13		P20	0.75			56.00	5.600	89.05	93.00	4.44%	3.95	฿6,719.51	
14	8/20/2558	P29	0.75			56.00	5.600	89.05	93.00	4.44%	3.95	฿6,719.51	
15	8/21/2558	P6	0.75			56.00	5.600	89.05	93.00	4.44%	3.95	฿6,719.51	
16		P56	0.75			56.00	5.600	89.05	93.00	4.44%	3.95	฿6,719.51	
17	8/22/2558	P2	0.75			56.00	5.600	89.05	93.00	4.44%	3.95	฿6,719.51	
18		P52	0.75			56.00	5.600	89.05	93.00	4.44%	3.95	฿6,719.51	
19	8/23/2558	P11	0.75			56.00	5.600	89.05	93.00	4.44%	3.95	฿6,719.51	
20		P26	0.75			56.00	5.600	89.05	93.00	4.44%	3.95	฿6,719.51	
21	8/24/2558	P41	0.75			56.00	5.600	89.05	93.00	4.44%	3.95	฿6,719.51	
D1		No.08		0.5	3 x 1	52.00	1.500	93.00	92.00	0.00%	0.00	฿0.00	
22	8/25/2558	P5	0.75			56.00	5.600	89.05	93.00	4.44%	3.95	฿6,719.51	
23		P16	0.75			56.00	5.600	89.05	93.00	4.44%	3.95	฿6,719.51	
D2		No.04			3 x 1	52.00	1.500	70.00	77.00	10.00%	7.00	฿11,900.00	
24	8/26/2558	P12	0.75			56.00	5.600	89.05	97.50	9.49%	8.45	฿14,369.51	
D3		No.09			3.8 x 1	24.00	1.500	89.20	98.00	9.87%	8.80	฿14,960.00	
25	8/27/2558	P30	0.75			56.00	5.600	89.05	93.00	4.44%	3.95	฿6,719.51	
26		P53	0.75			56.00	5.600	89.05	93.00	4.44%	3.95	฿6,719.51	
27	8/28/2558	P7	0.75			56.00	5.600	89.05	93.00	4.44%	3.95	฿6,719.51	
28		P25	0.75			56.00	5.600	89.05	93.00	4.44%	3.95	฿6,719.51	
29	8/29/2558	P10	0.75			56.00	5.600	89.05	93.00	4.44%	3.95	฿6,719.51	
D4		No.03		0.5	5 x 1	52.00	1.500	134.50	145.00	7.81%	10.50	฿17,850.00	
30	8/30/2558	P28	0.75			56.00	5.600	89.05	93.00	4.44%	3.95	฿6,719.51	
31		P49	0.75			56.00	5.600	89.05	93.00	4.44%	3.95	฿6,719.51	
32	8/31/1958	P43	0.75			56.00	5.600	89.05	93.00	4.44%	3.95	฿6,719.51	
33		P27	0.75			56.00	5.600	89.05	93.00	4.44%	3.95	฿6,719.51	
D5		No.07			4.5 x 1	24.00	1.500	101.25	114.00	12.59%	12.75	฿21,675.00	
34	9/1/2558	P9	0.75			56.00	5.600	89.05	93.00	4.44%	3.95	฿6,719.51	
D6		No.02		0.5	3 x 1	52.00	1.500	89.50	95.00	6.15%	5.50	฿9,350.00	
35	9/2/2558	P40	0.75			56.00	5.600	89.05	93.00	4.44%	3.95	฿6,719.51	
36		P37	0.75			56.00	5.600	89.05	93.00	4.44%	3.95	฿6,719.51	
D7		No.10		0.5	3 x 1	52.00	1.500	89.50	94.00	5.03%	4.50	฿7,650.00	
37	9/3/2558	P1	0.75			56.00	5.600	89.05	93.00	4.44%	3.95	฿6,719.51	
38		P17	0.75			56.00	5.600	89.05	93.00	4.44%	3.95	฿6,719.51	
39	9/4/2558	P51	0.75			56.00	5.600	89.05	94.00	5.56%	4.95	฿8,419.51	
D8		No.06		0.5	3 x 1	52.00	1.500	89.50	94.00	5.03%	4.50	฿7,650.00	
40	9/5/2558	P55	0.75			56.00	5.600	89.05	93.00	4.44%	3.95	฿6,719.51	
41	9/6/2558	P38	0.75			56.00	5.600	89.05	93.00	4.44%	3.95	฿6,719.51	
D9		No.11			4.5 x 1	24.00	1.500	101.25	110.00	8.64%	8.75	฿14,875.00	
42	9/7/2558	P13	0.75			56.00	5.600	89.05	97.00	8.93%	7.95	฿13,519.51	
43	9/8/2558	P48	0.75			56.00	5.600	89.05	93.00	4.44%	3.95	฿6,719.51	
44		P32	0.75			56.00	5.600	89.05	93.00	4.44%	3.95	฿6,719.51	
D10		No.05		0.5	5 x 1	52.00	1.500	134.50	143.00	6.32%	8.50	฿14,450.00	
45	9/9/2558	P212	0.75			52.00	6.300	80.74	81.00	0.32%	0.26	฿436.34	
46		P24	0.75			56.00	5.600	89.05	93.00	4.44%	3.95	฿6,719.51	
D11		No.12		0.5	3 x 1	52.00	1.500	89.50	93.00	3.91%	3.50	฿5,950.00	
47	9/10/2558	P21	0.75			56.00	5.600	89.05	93.00	4.44%	3.95	฿6,719.51	
48		P215	0.75			52.00	6.300	80.74	81.00	0.32%	0.26	฿436.34	
49	9/11/2558	P16	0.75			56.00	5.600	89.05	93.00	4.44%	3.95	฿6,719.51	
D12		No.1A/B			2.5+2.5x1	24.00	1.500	112.50	135.00	20.00%	22.50	฿38,250.00	
50	9/12/2558	P35	0.75			56.00	5.600	89.05	93.00	4.44%	3.95	฿6,719.51	

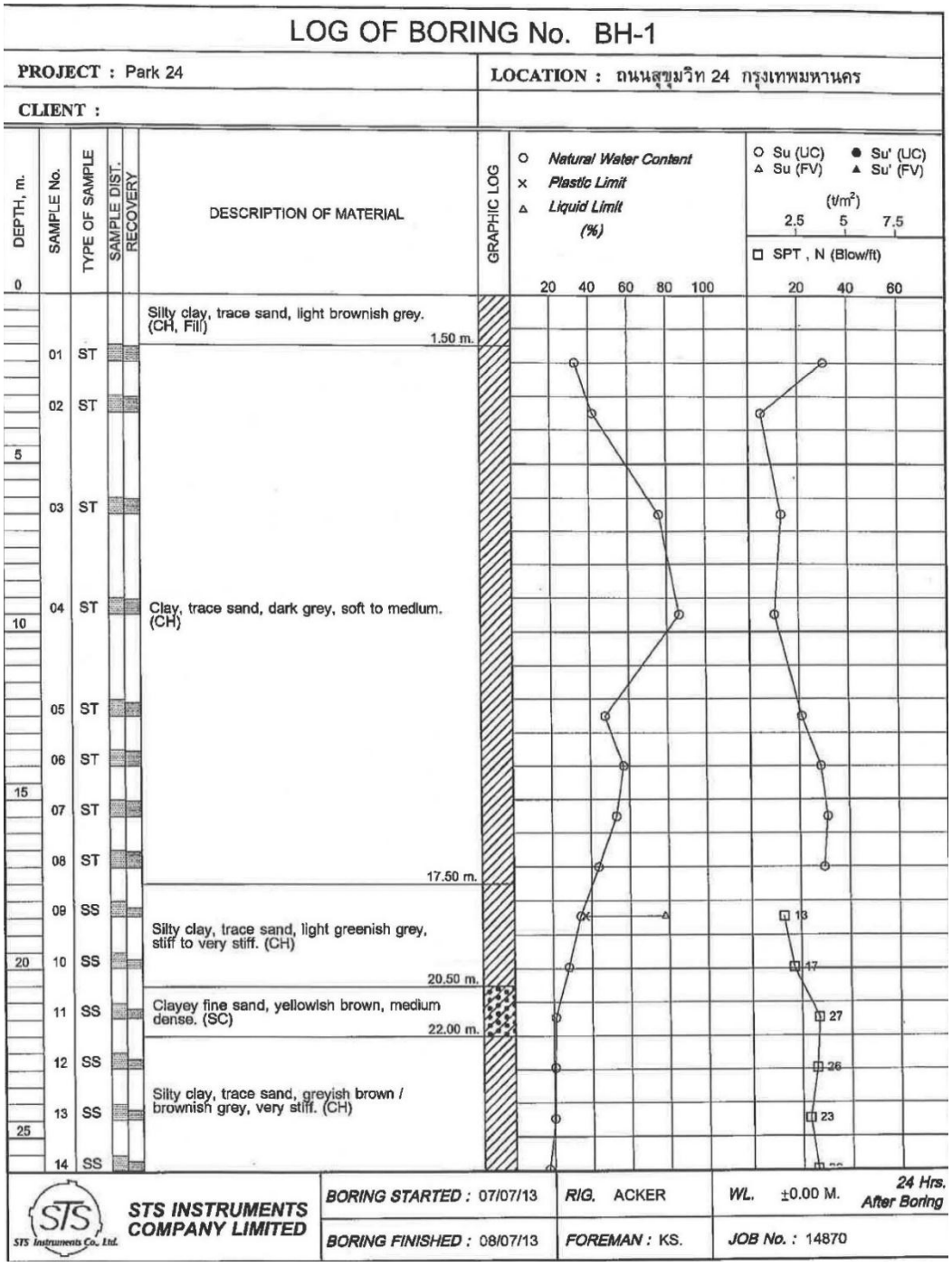
ตารางที่ 1 (ต่อ)

51	9/13/2558	P44	0.75			56.00	5.600	89.05	93.00	4.44%	3.95	฿6,719.51	
D13		No.17A/B			2.5+2.5x1	52.00	1.500	112.50	125.00	11.11%	12.50	฿21,250.00	
52	9/14/2558	P22	0.75			56.00	5.600	89.05	93.00	4.44%	3.95	฿6,719.51	
53	9/15/2558	P222	0.75			52.00	6.300	80.74	106.00	31.28%	25.26	฿42,936.34	หลุมพัง น้ำเสียบ่อพัก
D14		No.69		0.5	3 x 1	52.00	1.500	89.50	94.00	5.03%	4.50	฿7,650.00	TPI
D15	9/16/2558	No.16		0.5	3 x 1	52.00	1.500	89.50	94.00	5.03%	4.50	฿7,650.00	TPI
54	9/17/2558	P47	0.75			56.00	5.600	89.05	93.50	5.00%	4.45	฿7,569.51	TPI
D16		No.25		0.5	3 x 1	52.00	1.500	89.50	93.50	4.47%	4.00	฿6,800.00	TPI
55	9/18/2558	P226	0.75			52.00	6.300	80.74	87.00	7.75%	6.26	฿10,636.34	N.H.C
56	9/19/2558	P31	0.75			56.00	5.600	89.05	99.50	11.74%	10.45	฿17,769.51	ORC
57		P223	0.75			52.00	6.300	80.74	84.00	4.03%	3.26	฿5,536.34	ORC
D17		No.13			5.35 x 1	24.00	1.500	120.38	130.00	8.00%	9.63	฿16,362.50	TPI
58	9/20/2558	P34	0.75			56.00	5.600	89.05	93.00	4.44%	3.95	฿6,719.51	N.H.C
59		P216	0.75			52.00	6.300	80.74	84.00	4.03%	3.26	฿5,536.34	TPI
60	9/21/2558	P45	0.75			56.00	5.600	89.05	94.00	5.56%	4.95	฿8,419.51	ORC
61		P213	0.75			52.00	6.300	80.74	84.00	4.03%	3.26	฿5,536.34	TPI
62	9/22/2558	P23	0.75			56.00	5.600	89.05	94.00	5.56%	4.95	฿8,419.51	TPI
D18		No.32		0.5	3 x 1	52.00	1.500	89.50	94.00	5.03%	4.50	฿7,650.00	N.H.C
63	9/23/2558	P190	0.75			52.00	6.300	80.74	84.00	4.03%	3.26	฿5,536.34	ORC
D19		No.14		0.5	3 x 1	52.00	1.500	89.50	94.00	5.03%	4.50	฿7,650.00	TPI
64	9/24/2558	P186	0.75			52.00	6.300	80.74	88.50	9.61%	7.76	฿13,186.34	CPAC
D20		No.31			5 x 1	24.00	1.500	112.50	128.00	13.78%	15.50	฿26,350.00	TPI
65		P33	0.75			56.00	5.600	89.05	93.00	4.44%	3.95	฿6,719.51	N.H.C
66	9/25/2558	P191	0.75			52.00	6.300	80.74	84.00	4.03%	3.26	฿5,536.34	ORC
67	9/26/2558	P182	0.75			52.00	6.300	80.74	82.00	1.56%	1.26	฿2,136.34	N.H.C
D21		No.24			5 x 1	24.00	1.500	112.50	125.00	11.11%	12.50	฿21,250.00	TPI
68	9/27/2558	P198	0.75			52.00	6.300	80.74	88.00	8.99%	7.26	฿12,336.34	N.H.C
69		P204	0.75			52.00	6.300	80.74	84.00	4.03%	3.26	฿5,536.34	ORC
D22	9/28/2558	N0.33			5.29 x 1	52.00	1.500	119.03	130.00	9.22%	10.98	฿18,657.50	TPI
70		P180	0.75			52.00	6.300	80.74	83.00	2.79%	2.26	฿3,836.34	ORC
71		P194	0.75			52.00	6.300	80.74	84.00	4.03%	3.26	฿5,536.34	N.H.C
72	9/29/2558	P200	0.75			52.00	6.300	80.74	84.00	4.03%	3.26	฿5,536.34	ORC
D23		No.23		0.5	3 x 1	52.00	1.500	89.50	98.00	9.50%	8.50	฿14,450.00	TPI
D24	9/30/2558	No.15			5.35 x 1	52.00	1.500	119.03	145.00	21.82%	25.98	฿44,157.50	TPI
73		P187	0.75			52.00	6.300	80.74	84.00	4.03%	3.26	฿5,536.34	ORC
74	10/1/2558	P205	0.75			52.00	6.300	80.74	84.00	4.03%	3.26	฿5,536.34	ORC
75	10/2/2558	P193	0.75			52.00	6.300	80.74	84.00	4.03%	3.26	฿5,536.34	ORC
D25		No.34		0.5	3 x 1	52.00	1.500	89.50	99.00	10.61%	9.50	฿16,150.00	TPI
76	10/3/2558	P.230	0.75			52.00	6.300	80.74	84.00	4.03%	3.26	฿5,536.34	ORC
D26		No.26			4.1 x 1	52.00	1.500	92.25	105.00	13.82%	12.75	฿21,675.00	TPI
77	10/4/2558	P225	0.75			52.00	6.300	80.74	84.00	4.03%	3.26	฿5,536.34	ORC
78		P188	0.75			52.00	6.300	80.74	84.00	4.03%	3.26	฿5,536.34	N.H.C
79	10/5/2558	P227	0.75			52.00	6.300	80.74	84.00	4.03%	3.26	฿5,536.34	ORC
80	10/6/2558	P224	0.75			52.00	6.300	80.74	88.00	8.99%	7.26	฿12,336.34	ORC
D27		No.27		0.5	3 x 1	52.00	1.500	89.50	100.00	11.73%	10.50	฿17,850.00	CPAC
81	10/7/2558	P196	0.75			52.00	6.300	80.74	84.00	4.03%	3.26	฿5,536.34	N.H.C
TOTAL.								9,703.61	10,313.50	6.29%	610.89	$1,038,513.20	
TOTAL.วัสดุ								21,727.00	21,727.00	0.00%	0.00	$0.00	
TOTAL.เหลือ								12,023.39	11,413.50	47.47%	0.00	$0.00	

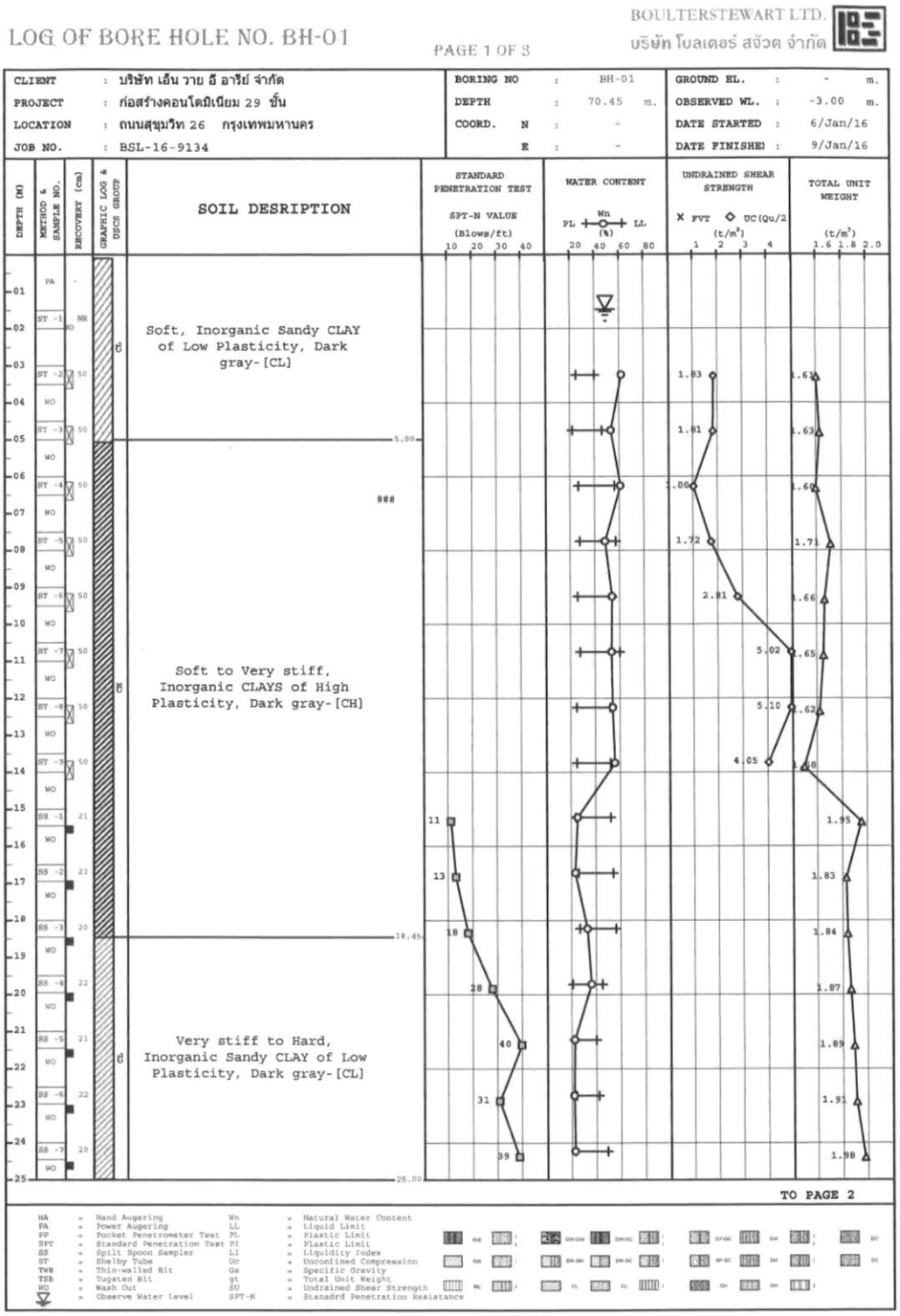
ภาคผนวก ข
รายละเอียดข้อมูลสภาพลักษณะของดินชั้นล่าง

รายละเอียดข้อมูลสภาพลักษณะของดินชั้นล่าง

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลสภาพลักษณะของดินชั้นล่างจากการเจาะสำรวจความลึก 25เมตร



ตารางที่ 2 แสดงข้อมูลสภาพลักษณะของดินชั้นล่างจากการเจาะสำรวจความลึก 25 เมตร



LOG OF BORE HOLE NO. BH-01

PAGE 1 OF 3

BOULTERSTEWART LTD.
บริษัท โบลเตอร์ สจ๊วต จำกัด

CLIENT	: บริษัท เอ็น วาย อี อารีย์ จำกัด	BORING NO	: BH-01	GROUND EL.	: - m.
PROJECT	: ก่อสร้างคอนโดมิเนียม 29 ชั้น	DEPTH	: 70.45 m.	OBSERVED WL.	: -3.00 m.
LOCATION	: ถนนสุขุมวิท 26 กรุงเทพมหานคร	COORD. N	: -	DATE STARTED	: 6/Jan/16
JOB NO.	: BSL-16-9134	E	: -	DATE FINISHED	: 9/Jan/16

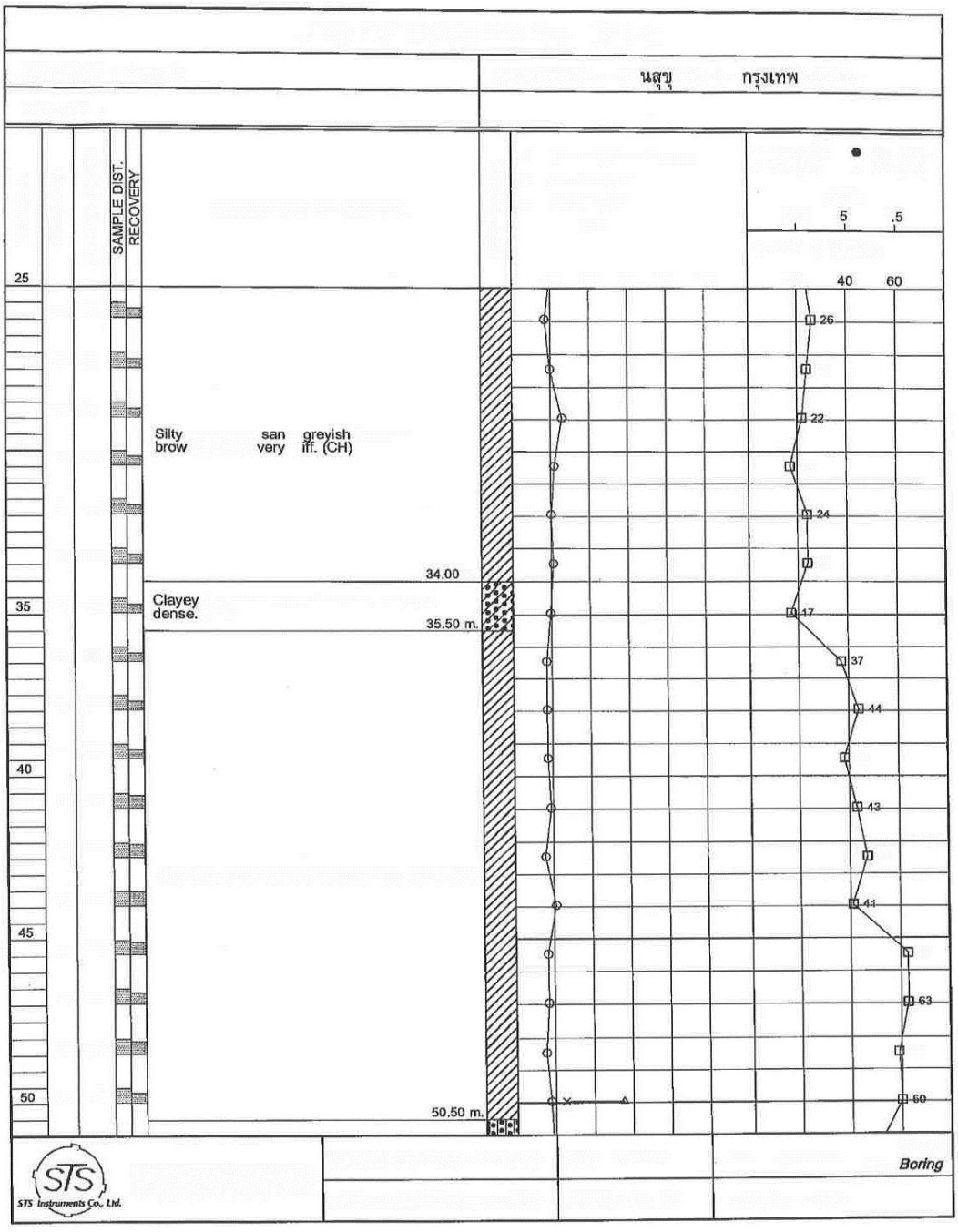
DEPTH (M)	METHOD & SAMPLE NO.	RECOVERY (cm)	GRAPHIC LOG & USCS GROUP	SOIL DESRIPTION	STANDARD PENETRATION TEST SPT-N VALUE (Blows/ft)	WATER CONTENT Wn (%) PL LL	UNDRAINED SHEAR STRENGTH × FVT ◇ UC(Qu/2) (t/m²)	TOTAL UNIT WEIGHT (t/m³)
0	PA	-						
1	ST -1	NR						
2		80	CL	Soft, Inorganic Sandy CLAY of Low Plasticity, Dark gray-[CL]				
3	ST -2	50					1.83	1.61
4	WO							
5	ST -3	50					1.81	1.63
				5.00				
6	WO						1.00	1.60
7	ST -4	50		###				
8	WO						1.72	1.71
9	ST -5	50						
10	WO						2.81	1.66
11	ST -6	50						
12	WO						5.02	1.65
13	ST -7	50		Soft to Very stiff, Inorganic CLAYS of High Plasticity, Dark gray-[CH]				
14	WO		CH				5.10	1.62
15	ST -8	50						
16	WO						4.05	1.60
17	ST -9	50						
18	WO							
19	SS -1	21			11			1.95
20	WO							
21	SS -2	23			13			1.83
22	WO							
23	SS -3	20			18			1.84
				18.45				
24	WO							
25	SS -4	22			28			1.87
26	WO							
27	SS -5	21		Very stiff to Hard, Inorganic Sandy CLAY of Low Plasticity, Dark gray-[CL]	40			1.89
28	WO		CL					
29	SS -6	22			31			1.91
30	WO							
31	SS -7	20			39			1.98
32	WO							
				25.00				

TO PAGE 2

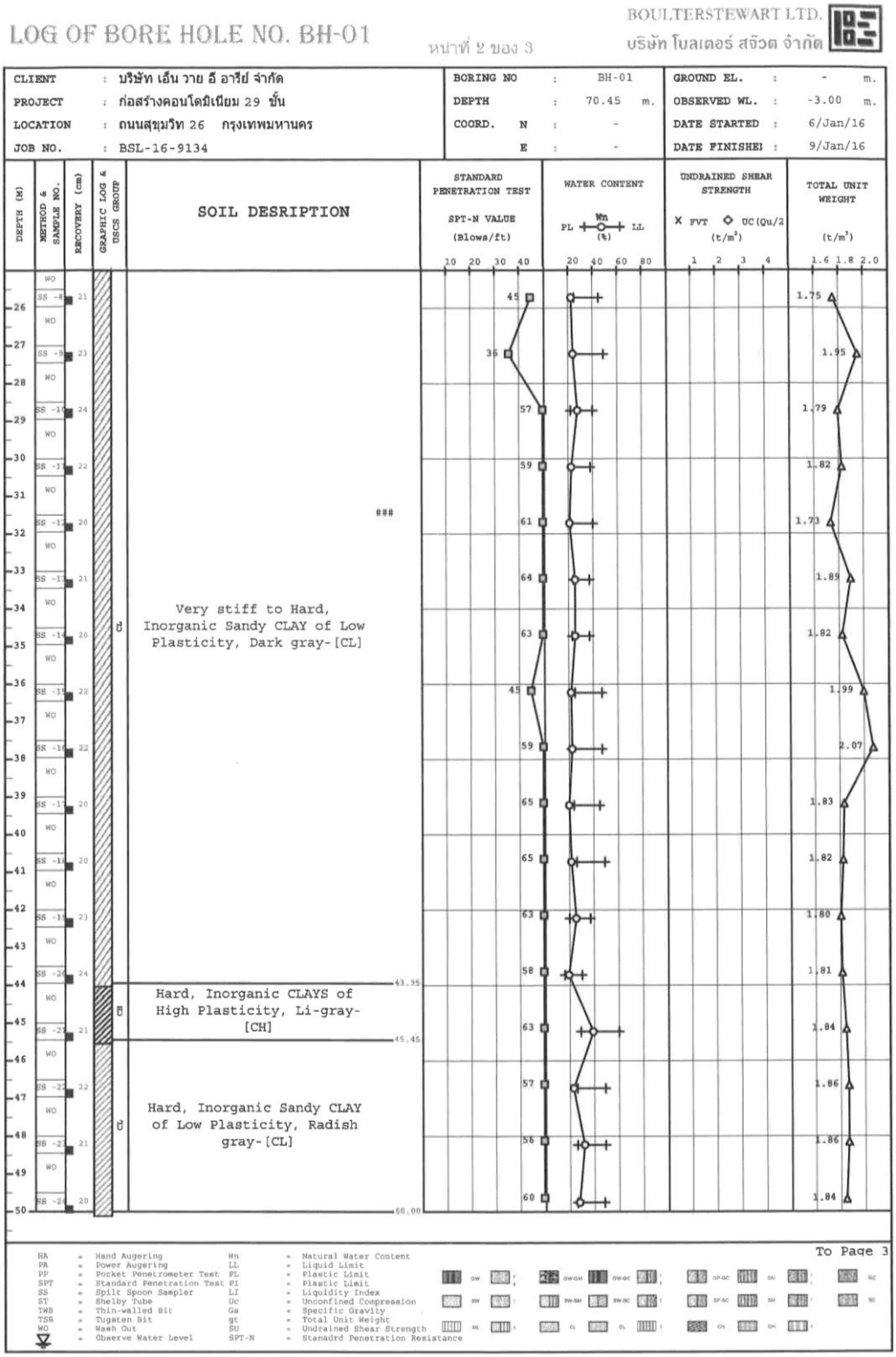
HA = Hand Augering
PA = Power Augering
PP = Pocket Penetrometer Test
SPT = Standard Penetration Test
SS = Split Spoon Sampler
ST = Shelby Tube
TWB = Thin-walled Bit
TGB = Tugsten Bit
WO = Wash Out
Observe Water Level

Wn = Natural Water Content
LL = Liquid Limit
PL = Plastic Limit
PI = Plastic Limit
LI = Liquidity Index
Uc = Uncontined Compression
Gs = Specific Gravity
gt = Total Unit Weight
SU = Undrained Shear Strength
SPT-N = Stanadrd Penetration Resistance

ตารางที่ 3 แสดงข้อมูลสภาพลักษณะของดินชั้นล่างจากการเจาะสำรวจความลึก 50 เมตร



ตารางที่ 4 แสดงข้อมูลสภาพลักษณะของดินชั้นล่างจากการเจาะสำรวจความลึก 50 เมตร



LOG OF BORE HOLE NO. BH-01

หน้าที่ 2 ของ 3

BOULTERSTEWART LTD.
บริษัท โบลเตอร์ สจ๊วต จำกัด

CLIENT	: บริษัท เอ็น วาย อี อารีย์ จำกัด	BORING NO	: BH-01	GROUND EL.	: - m.
PROJECT	: ก่อสร้างคอนโดมิเนียม 29 ชั้น	DEPTH	: 70.45 m.	OBSERVED WL.	: -3.00 m.
LOCATION	: ถนนสุขุมวิท 26 กรุงเทพมหานคร	COORD. N	: -	DATE STARTED	: 6/Jan/16
JOB NO.	: BSL-16-9134	E	: -	DATE FINISHED	: 9/Jan/16

DEPTH (M) | METHOD & SAMPLE NO. | RECOVERY (cm) | GRAPHIC LOG & USCS GROUP | SOIL DESRIPTION | STANDARD PENETRATION TEST SPT-N VALUE (Blows/ft) | WATER CONTENT Wn (%) PL LL | UNDRAINED SHEAR STRENGTH X FVT ◇ UC(Qu/2 (t/m²)) | TOTAL UNIT WEIGHT (t/m³)

Very stiff to Hard, Inorganic Sandy CLAY of Low Plasticity, Dark gray-[CL]

Hard, Inorganic CLAYS of High Plasticity, Li-gray-[CH]

43.95

Hard, Inorganic Sandy CLAY of Low Plasticity, Radish gray-[CL]

45.45

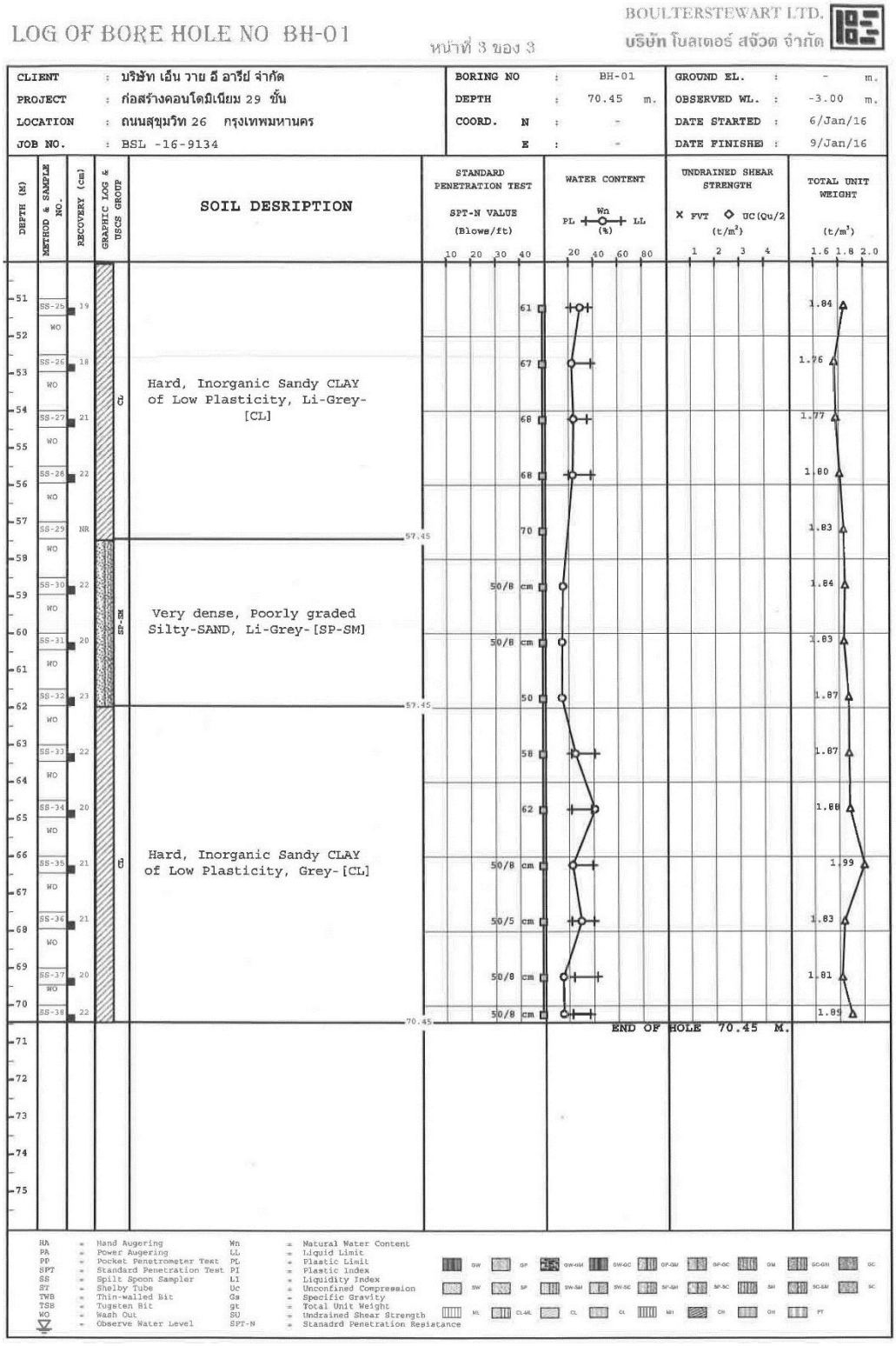
50.00

To Page 3

HA = Hand Augering
PA = Power Augering
PP = Pocket Penetrometer Test
SPT = Standard Penetration Test
SS = Spilt Spoon Sampler
ST = Shelby Tube
TWB = Thin-walled Bit
TSB = Tugsten Bit
WO = Wash Out
▽ = Observe Water Level

Wn = Natural Water Content
LL = Liquid Limit
PL = Plastic Limit
PI = Plastic Limit
LI = Liquidity Index
Uc = Unconfined Compression
Ga = Specific Gravity
gt = Total Unit Weight
SU = Undrained Shear Strength
SPT-N = Stanadrd Penetration Resistance

ตารางที่ 5 แสดงข้อมูลสภาพลักษณะของดินชั้นล่างจากการเจาะสำรวจความลึก 70 เมตร



LOG OF BORE HOLE NO BH-01

หน้าที่ 3 ของ 3

BOULTERSTEWART LTD.
บริษัท โบลเตอร์ สจ๊วต จำกัด

CLIENT	: บริษัท เอ็น วาย อี อารีย์ จำกัด	BORING NO	: BH-01	GROUND EL.	: - m.
PROJECT	: ก่อสร้างคอนโดมิเนียม 29 ชั้น	DEPTH	: 70.45 m.	OBSERVED WL.	: -3.00 m.
LOCATION	: ถนนสุขุมวิท 26 กรุงเทพมหานคร	COORD. N	: -	DATE STARTED	: 6/Jan/16
JOB NO.	: BSL -16-9134	E	: -	DATE FINISHED	: 9/Jan/16

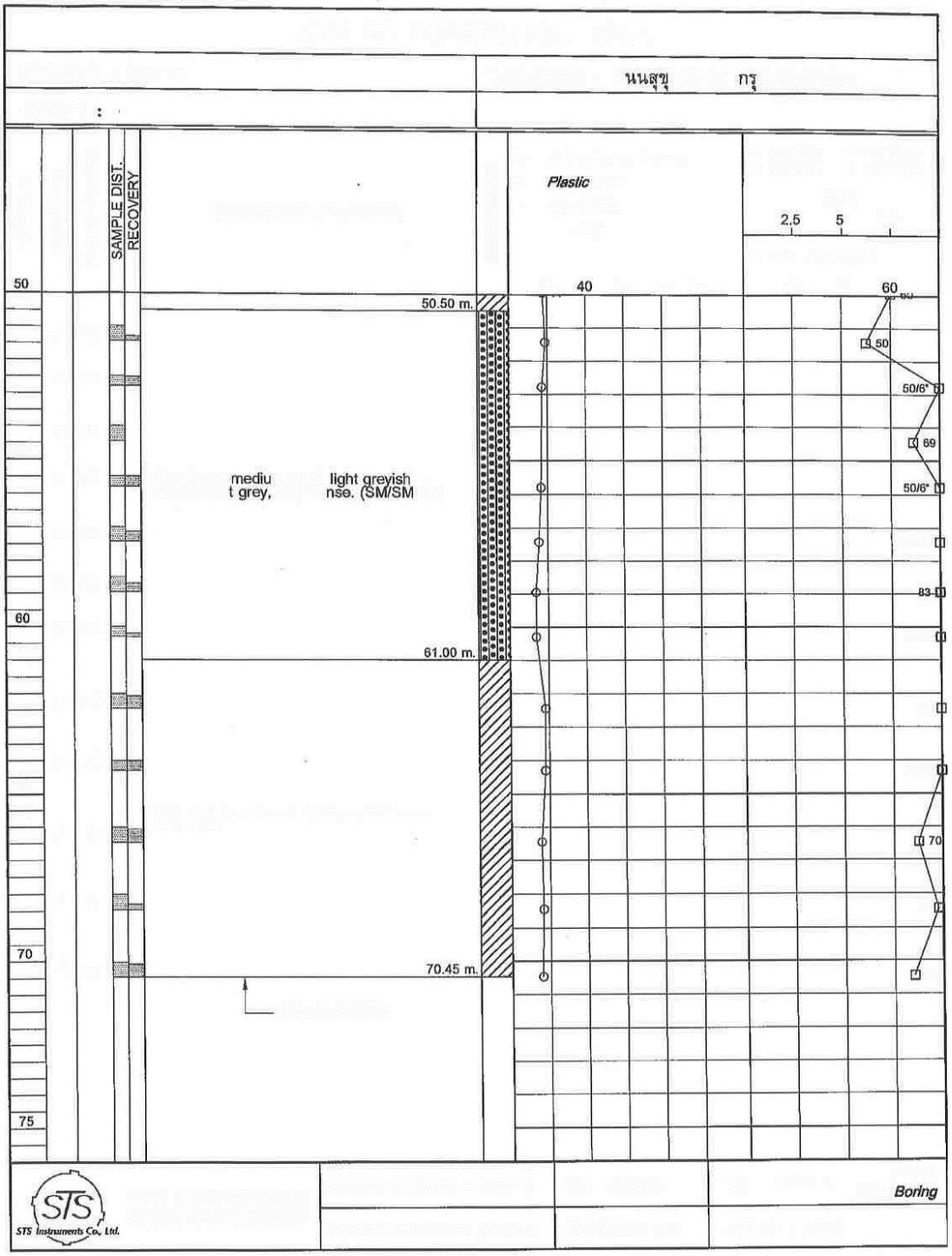
DEPTH (M)	METHOD & SAMPLE NO.	RECOVERY (cm)	GRAPHIC LOG & USCS GROUP	SOIL DESRIPTION	STANDARD PENETRATION TEST SPT-N VALUE (Blows/ft)	WATER CONTENT Wn (%) PL LL	UNDRAINED SHEAR STRENGTH × FVT ◇ UC(Qu/2) (t/m²)	TOTAL UNIT WEIGHT (t/m³)
51	SS-25	19	CL	Hard, Inorganic Sandy CLAY of Low Plasticity, Li-Grey-[CL]	61			1.84
52	WO							
53	SS-26	18			67			1.76
54	WO							
55	SS-27	21			68			1.77
56	WO							
57	SS-28	22			68			1.80
58	WO							
59	SS-29	NR			70			1.83
60	WO			57.45				
61	SS-30	22	SP-SM	Very dense, Poorly graded Silty-SAND, Li-Grey-[SP-SM]	50/8 cm			1.84
62	WO							
63	SS-31	20			50/8 cm			1.83
64	WO							
65	SS-32	23			50			1.87
66	WO			57.45				
67	SS-33	22	CL	Hard, Inorganic Sandy CLAY of Low Plasticity, Grey-[CL]	58			1.87
68	WO							
69	SS-34	20			62			1.88
70	WO							
71	SS-35	21			50/8 cm			1.99
72	WO							
73	SS-36	21			50/5 cm			1.83
74	WO							
75	SS-37	20			50/8 cm			1.81
	WO							
	SS-38	22			50/8 cm			1.89
				70.45				

END OF HOLE 70.45 M.

HA = Hand Augering
PA = Power Augering
PP = Pocket Penetrometer Test
SPT = Standard Penetration Test
SS = Spilt Spoon Sampler
ST = Shelby Tube
TWB = Thin-walled Bit
TSB = Tugsten Bit
WO = Wash Out
▽ = Observe Water Level

Wn = Natural Water Content
LL = Liquid Limit
PL = Plastic Limit
PI = Plastic Index
LI = Liquidity Index
Uc = Unconfined Compression
Gs = Specific Gravity
gt = Total Unit Weight
SU = Undrained Shear Strength
SPT-N = Stanadrd Penetration Resistance

ตารางที่ 6 แสดงข้อมูลสภาพลักษณะของดินชั้นล่างจากการเจาะสำรวจความลึก 75 เมตร



ตารางที่ 7 แสดงข้อมูลปริมาณคอนกรีตหลังตรวจสภาพลักษณะของดินชั้นล่างจากการเจาะสำรวจ

ITALTHAI TREVI Foundation Specialists

Bored pile Record

Index No. 174

โครงการ RTWO

วันที่ 25 เม.ย. 62 เสาเข็ม No. 31 ขนาดเข็ม Dia. 1.20 เมตร Location 0 Footing Type 0

ความยาวเสาเข็มจาก COL ถึง ความลึกตามแบบ : 57.58 ม. ความลึกจากระดับดินเดิม ถึง ความลึกตามแบบ : 57.62 ม.

ระดับปลอกเหล็ก (TCL) = 0.182
ระดับดินเดิม (GL) = -0.383
ระดับปลายปลอกเหล็ก = -14.82
ความยาวปลอกเหล็ก = 15.00 ม.
ระดับตัดหัวเสาเข็ม (COL) = -0.42
ความลึกตามแบบ (Design Tip) = -58.00
ความลึกตามแบบจากระดับดินเดิม = 57.62 ม.
ความลึกตามแบบจากระดับปลอกเหล็ก = 58.18 ม.
ความลึกจริงจากระดับปลอกเหล็ก = 58.18 ม.

ระดับปลอกเหล็ก (TCL) = 0.182
ระดับดินเดิม (GL) = -0.383
ระดับตัดหัวเสาเข็ม (COL) = -0.418
ความลึกที่เจาะตามแบบ = -58.00
ความลึกที่เจาะจริง = -58.00

Pile Length
Bored Pile Length From G.L.

ความลึกจัดจากดินเดิม		ลักษณะดิน
จาก	ถึง	
0.00	15.00	very solf to soft clay , grey
15.00	20.00	very stiff clay, brownish grey to grey and brown
20.00	37.00	dense to very dense silty sand, brownish grey to grey
37.00	40.00	hard clay, grey
40.00	51.00	dense to very dense silty sand, brownish grey to grey
51.00	53.50	hard clay, grey
53.50	57.62	very dense silty sand, grey

ความเบี่ยงเบนของเสาในแนวราบ N = 0 มม (< 0 มม) E = 0 มม (< 0 มม)

เริ่มเจาะวันที่ 24 เม.ย. 62 เวลา : 10:05 น. ถึง 11:10 น. ชนิดเครื่องเจาะ : 0:00

ทดสอบสารละลาย Polymer ก่อนเจาะ ความหนาแน่น = 1.01 (< 1.05 g/ml) ความหนืด = 57 (40-90 Sec) pH : 10 (8-12)

ทำความสะอาดก้นหลุมเจาะเวลา : 18:50 ถึง 18:55 น.

ทดสอบสารละลาย Polymer ก่อนเทคอนกรีต ความหนาแน่น = 1.01 (< 1.10 g/ml) ความหนืด = 50 (40-90 Sec) pH : 10 (8-12)

ลงเหล็กเสริม เวลา : 8:10 ถึง 9:38 น.

เทคอนกรีตวันที่ : 25 เม.ย. 62 คอนกรีตจัดส่งโดย : TPI Grade : 280 Ksc Cylinder

ลงท่อ Tremmie pipe เวลา : 9:45 ถึง 10:15 น. รหัสสินค้า : -

เริ่มเทคอนกรีต เวลา : 11:00 ถึง 13:30 น. ปริมาตรตามคำนวณ : 65.12 ลบ.ม.

ใช้เวลาในการเทคอนกรีต : 2:30 ชม ปริมาตรตามใช้จริง : 71.00 ลบ.ม.

Wastage : 9.02 %

ภาคผนวก ค
รายละเอียดการบันทึกข้อมูลการเทคอนกรีต
การก่อสร้างเสาเข็มเจาะ

รายละเอียดการบันทึกข้อมูลการเทคอนกรีตการก่อสร้างเสาเข็มเจาะ

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลพื้นฐานทั่วไปของหลุมเสาเข็มเจาะNo.23

SEAFCO PUBLIC COMPANY LIMITED P-ST-01

General Pile Description

Project Name :	Park 24	Job No :	JIC5711	Rept.No.:	23
Client :	บริษัท พราวด์ เรสซิเดนซ์ จำกัด	Date :	12/9/2557	Pile No. :	P128(สมอ)
Consultant :	บริษัท สโตนเฮ้นจ์ อินเตอร์ จำกัด	Rig No :	IHI	Location:	-
Weather	☑ Fine ☐ Cloudy ☐ Rain	Rig.Operator :	Vichai	Foreman:	ชัชวาล

General Pile Description (From Drawing)

Pile Diameter	1000	mm.
Pile Tip Level (Form GL.)	-53.050	m.
Pile Top Level (Cut Off Level)	-1.500	m.
Actual Pile Length	51.550	m. from Cut off
Design Concrete Volume	40.487	cu.m.

Deviation of Pile

Horizontal N 0.019 W 0.020 E S

Vertical Y X' X Y'

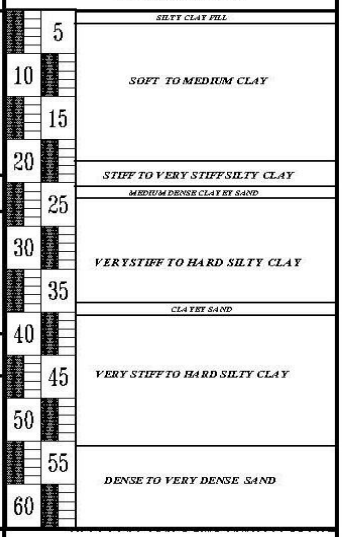
<1 : 100

Drilling

Top Casing Level	0.450 m.	Casing Length	15.00 m.
Started Time	14:00	Date	12/8/2557
Completed Time	12;00	Date	12/9/2557
Bored Depth	53.50 m. From Top Casing		

Base Cleaning ☑ Required ☐ Not Required

Soil Condition



Reinforcement

Main bar	Sec.1	18 DB 32	Length	12.00 m.	Sec.2	18 DB 32	Length	12.00 m.
	Sec.3	18 DB 32	Length	12.00 m.	Sec.4	14 DB 32	Length	12.00 m.
	Sec.5	8 DB 32	Length	10.00 m.	Sec.6	0 DB 0	Length	0.00 m.

Spiral use Dia. *RB 9 mm. Sec. 1 -3@ 0.15 m. Sec 4 - 5@20,Laping @1.50 m.*

Lowering Cage Start Time 14:40 Finish 17:30

Time Consumed in Lowering Cage 2:50 hrs.

Drilling Slurry

Viscosity	35	Sec.
pH value	10	
Density	1.030	g/ml.
Sand content	0.10	%

Mixing Ratios (1.50 m3)

Polymer : 0 kg Bentonite 37.5 kg

Concreting

Concreting Start 19:25 Finish 21:45

Time Consumed in Concreting 2:20 hrs.

Top of Concrete before Removal of Casing 0.00 m.

Actual Concrete Volume 45 cu.m Avg.Effective Diameter N/A mm.

Remarks

Reported by Date SEAFCO	Approve by --- Engineer/Consultant

ตารางที่ 2 แสดงข้อมูลพื้นฐานทั่วไปของหลุมเสาเข็มเจาะNo.25

SEAFCO PUBLIC COMPANY LIMITED

P-ST-01

General Pile Description

Project Name : Park 24		Job No : JIC5711		Rept.No.:	1
Client : บริษัท พราวด์ เรสซิเดนซ์ จำกัด		Date : 10/26/2557		Pile No. :	P25
Consultant : บริษัท สโตนเอ็นจ์ อินเตอร์ จำกัด		Rig No : IHI		Location:	-
Weather ☑ Fine ☐ Cloudy ☐ Rain		Rig.Operator : Vichai		Foreman:	ชัชวาล

General Pile Description (From Drawing)

Pile Diameter	1500	mm.
Pile Tip Level (Form GL.)	-56.746	m.
Pile Top Level (Cut Off Level)	-6.100	m.
Actual Pile Length	50.646	m. from Cut off
Design Concrete Volume	89.499	cu.m.

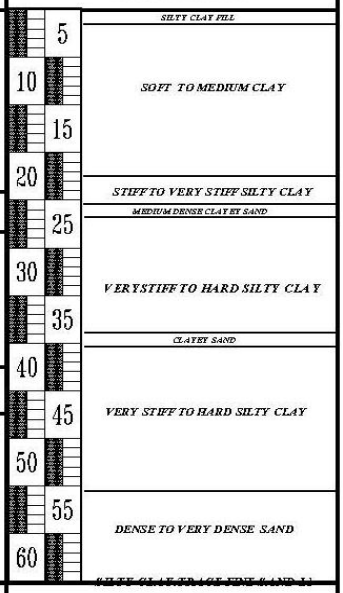
Deviation of Pile

Horizontal: N 0.009, W 0.026, E, S

Vertical: Y, X', X, Y'

< 1 : 100

Soil Condition



Drilling

Top Casing Level	0.754 m.	Casing Length	15.00 m.
Started Time	12:00	Date	10/25/2557
Completed Time	10:30	Date	10/26/2557
Bored Depth	57.50 m. From Top Casing		

Base Cleaning ☑ Required ☐ Not Required

Reinforcement

Main bar	Sec.1	16 DB 25	Length	##### m.	Sec.2	16 DB 25	Length	10.00 m.	
	Sec.3	16 DB 25	Length	##### m.	Sec.4	16 DB 20	Length	10.00 m.	
	Sec.5	16 DB 20	Length	##### m.	Sec.6	16 DB 20	Length	8.45 m.	

Spiral use Dia. *RB 9 mm. Sec. 1 -2@ 0.15 m. Sec 3 - 6@20,Laping @1.45 m.*

Lowering Cage Start Time 11:10 Finish 12:30

Time Consumed in Lowering Cage 1:20 hrs.

Drilling Slurry

Viscosity	35	Sec.	
pH value	12		
Density	1.050	g/ml.	
Sand content	0.50	%	
Mixing Ratios (1.50 m3)			
Polymer :	0	kg	Bentonite: kg

Concreting

Concreting Start 14:17 Finish 17:38

Time Consumed in Concreting 3:21 hrs.

Top of Concrete before Removal of Casing 5.00 m.

Actual Concrete Volume 97 cu.m Avg.Effective Diameter N/A mm.

Remarks

Reported by

Date

SEAFCO

Approve by

Engineer/Consultant

ตารางที่ 3 แสดงข้อมูลการเทคอนกรีตและการดึงปลอกเหล็กขึ้นจากหลุมเจาะหลุมNo.128

P-ST-02

SEAFCO

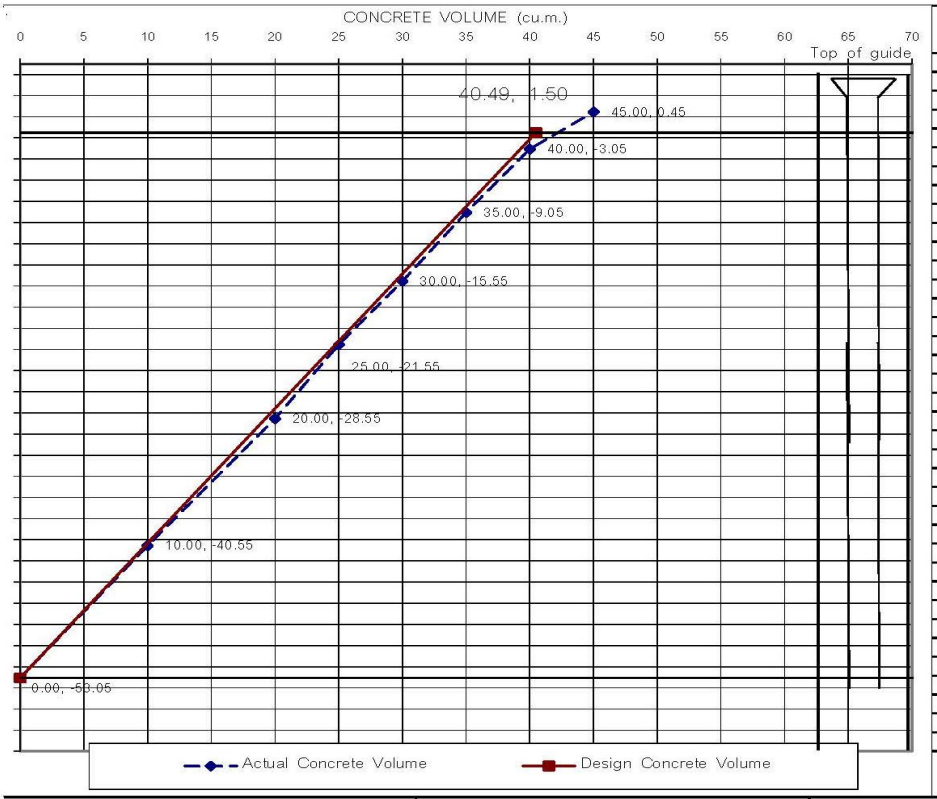
SEAFCO PUBLIC COMPANY LIMITED

Bore Pile Concrete Casting Record

PROJECT NAME : Park 24 Pile No. P128(สมอ) FOREMAN : ขัชวาล

CASTING DATE : 12/9/2557 Dia. 1000 Weather : FINE Recorder : APICHART

Concrete Slump 18 cm. Concrete F'c : 280 (Cylinder)



Casting Time

Start	Finish

DESIGN VOLUME	40.49 m^3	Concrete Volume	45.00 m^3	Over Break	10.03 %
Casting time	2:20 hrs.	Casting Eff.	19.3 m^3/hr.	TREMIE SIZE	10 inch

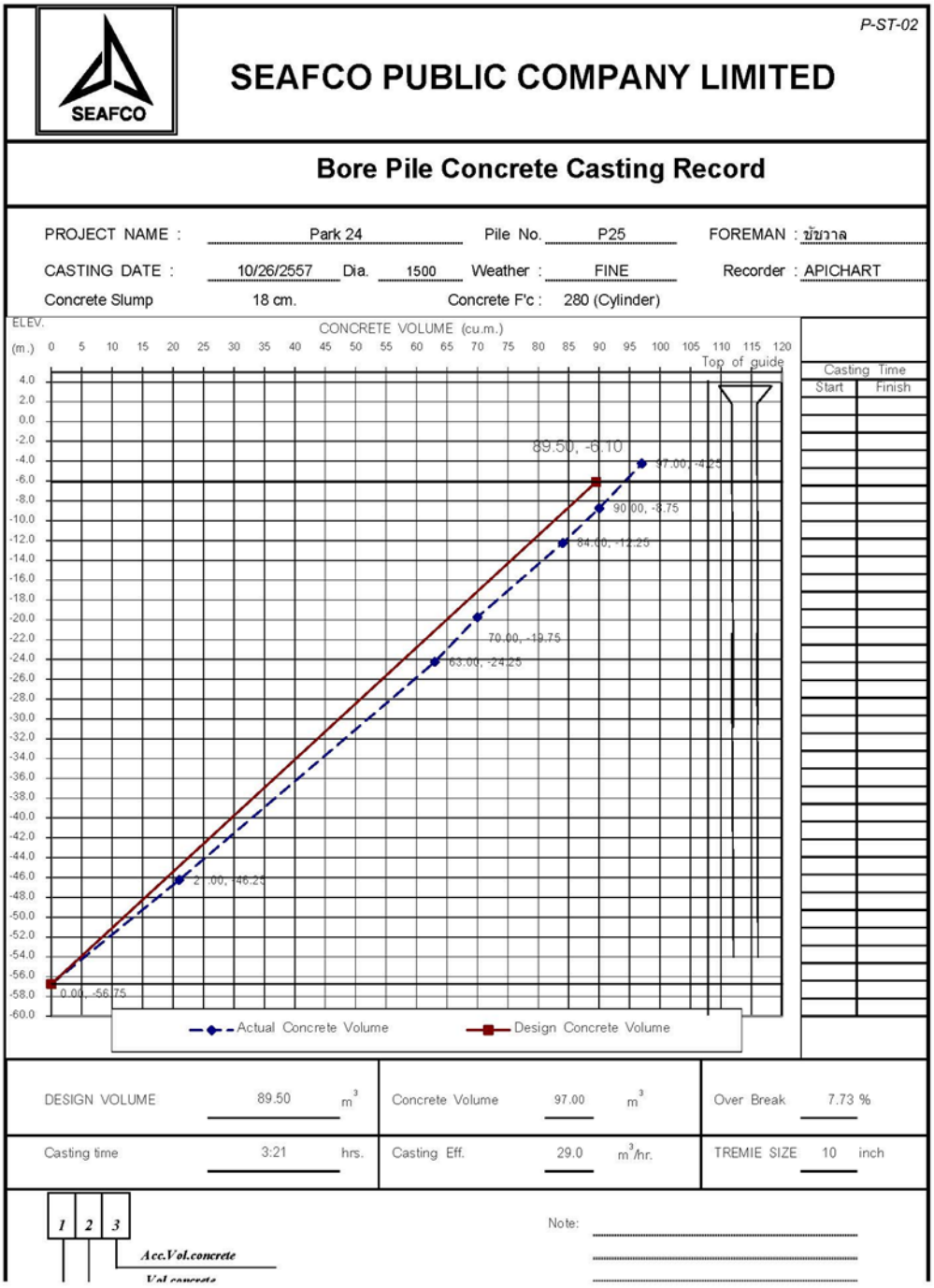
1 2 3

Acc.Vol.concrete

Vol.concrete

Note:

ตารางที่ 4 แสดงข้อมูลการเทคอนกรีตและการดึงปลอกเหล็กขึ้นจากหลุมเจาะหลุมNo.25



P-ST-02

SEAFCO PUBLIC COMPANY LIMITED

Bore Pile Concrete Casting Record

PROJECT NAME : Park 24 Pile No. P25 FOREMAN : ชัชวาล

CASTING DATE : 10/26/2557 Dia. 1500 Weather : FINE Recorder : APICHART

Concrete Slump 18 cm. Concrete F'c : 280 (Cylinder)

DESIGN VOLUME	89.50 m^3	Concrete Volume	97.00 m^3	Over Break	7.73 %
Casting time	3:21 hrs.	Casting Eff.	29.0 $m^3/hr.$	TREMIE SIZE	10 inch

1 2 3

Acc.Vol.concrete

Vol.concrete

Note:

ตารางที่ 5 ใบบันทึกการเทคอนกรีต

ใบบันทึกการเทคอนกรีต
Bored Pile Concreting Record
SEAFCO PUBLIC CO., LTD.

P-ST-03

แผ่นที่ 01 / Page No.

โครงการ 24 PHASE 2 / Project name

ตำแหน่งเสาเข็ม / Locations

วันที่ # / Date

เสาเข็มหมายเลข P 39 / Pile No. — ขนาด ศก. ## มม. / Dia. mm.

เริ่มเจาะเวลา 1.00 / Drilling time ## — ถึง 8.30 / To ##

ความลึกของหลุมเจาะ ## ม. / Bored depth m.

ลงเหล็กเสริม เวลา ## / Lowing cage time ## — ถึง 1.10 / To ##

Section. 1 B25 ## m. — Section. 4 B20 ### m.

Section. 2 B25 ## m. — Section. 5 B20 ### m.

Section. 3 B25 ## m. — Section. 6 B20 ### m.

ท่อ ยาว ## ม. / Tremie Pipe Length m.

หมายเหตุ / Remark D. 1 g/cm3 SAND ### % V. 35 Sec PH 9

ระดับตัดหัวเสาเข็ม # ม. / Cut off level m.

ระดับความลึกเสาเข็มจากพื้นดิน # ม. / Pile Tip Level m.

ระดับบนปลอกเหล็ก # ม. / Top Level Casing m.

ภูมิอากาศ fine / Wheather

รายงานและบันทึกข้อมูลโดย SNOW / Report by

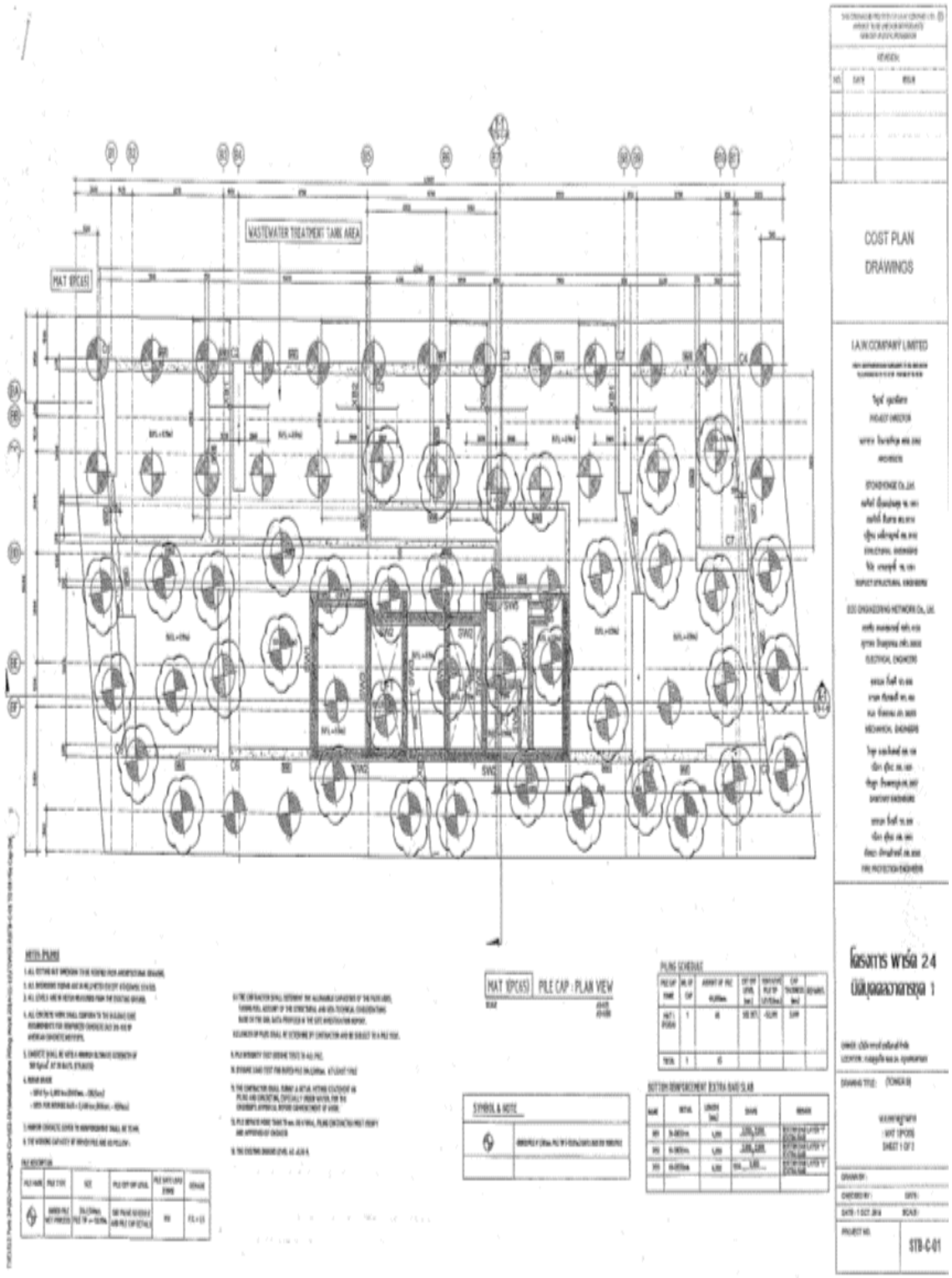
เขียนกราฟโดย cerapong / Graph plotted by

ลำดับ No.	หมายเลข Number	ต่อคัน Per Truck	รวมปริมาตร Acc.Volume	เริ่มเท Start	เทเสร็จ Finish	ระ Concrete Level (m.)	คว Tremie Pipe Length (m.)	ควา Embeded Tremie Pipe Length (m.)	ความยาวท่อ Length Of Tremie Pipe Section (m)	ค (m)
1	513	7	7	##	##	##	##	###		
2	729	7	14	13	##			###	##	#
3	8105	7	21	##	##	##	##	###	##	#
4	875	7	28	##	##			###	##	#
5	510	7	35	##	##			###	##	#
6	501	6	41	14	##	##	##	###	##	#
7	844	7	48	##	##			###	##	#
8	8110	7	55	##	##			###	##	#
9	8113	7	62	##	##	##	##	###	##	#
10	715	7	69	##	##			###	3	#
11	##	6	75	##	##	##	##	###	3	#
12	##	6	81	##	##	##	##	###	3	#
13	##	6	87	##	##	##	##	###	3	#
14	##	6	93	##	##	##			3	#
15									3	#
16									3	#
17									3	#
18									3	#
19									3	#
20									3	#
21									##	#
22										
23										
24										

รวมปริมาตรคอนกรีตทั้งหมด # ลูกบาศก์เมตร / Total Volume of concrete cu.m.

ระดับคอนกรีตที่วัดครั้งสุดท้ายก่อนถอนปลอกเหล็ก # ม. / Top of Concrete before of Casing Removal m.

ตารางที่ 6 ตารางผังแบบแปลนแสดงตำแหน่งหลุมเสาเข็มเจาะในโครงการก่อสร้าง



ภาคผนวก ง
ใบตอบรับบทความและใบประกาศ

ที่ อว.๐๖๓๕.๐๖/๑๙๑

สถาบันวิจัยและพัฒนา
มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง
อ.จอมบึง จ.ราชบุรี ๗๐๑๕๐

๒๘ มกราคม ๒๕๖๓

เรื่อง แจ้งผลการพิจารณาบทความวิจัยเพื่อนำเสนอในการประชุมวิชาการระดับชาติ

เรียน คุณกฤษฎา ภูมี

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินผลการพิจารณาคุณภาพบทความวิจัย

ตามที่ท่านได้ส่งบทความวิจัย เรื่องการควบคุมปริมาณคอนกรีตผสมเสร็จในงานก่อสร้างเสาเข็มเจาะระบบเปียกขนาดใหญ่ในเขตกรุงเทพมหานคร เพื่อนำเสนอในการประชุมวิชาการระดับชาติราชภัฏหมู่บ้านจอมบึงวิจัย ครั้งที่ ๘ **"วิจัยแบบบูรณาการ สรรค์สร้างนวัตกรรม ลดความเหลื่อมล้ำของสังคม"**ในวันอาทิตย์ที่ ๑ มีนาคม ๒๕๖๓ ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง นั้น

บัดนี้คณะกรรมการคัดกรองบทความวิจัยได้พิจารณาบทความของท่านแล้ว ขอแจ้งให้ทราบว่าผลงานของท่าน **ผ่านการคัดเลือกให้นำเสนอผลงานภาคบรรยาย** ในการนี้ขอให้ท่านดำเนินการ ดังนี้

๑. ปรับแก้บทความตามข้อเสนอแนะ ถ้าประเด็นใดไม่สามารถแก้ไขได้ให้ชี้แจงเหตุผลและจัดพิมพ์บทความให้ถูกต้องตามแบบฟอร์มที่กำหนด โดยดาวน์โหลด Template แบบฟอร์มได้จากเว็บไซต์ http://irdmcru.mcru.ac.th

๒. ชำระค่าลงทะเบียน จำนวน ๓,๐๐๐ บาท โดยฝากเข้าบัญชีออมทรัพย์เลขที่ ๗๔๔-๐-๒๐๑๙๓-๐ ชื่อบัญชี สถาบันวิจัยและพัฒนา ธนาคารกรุงไทย จำกัด (มหาชน) สาขาจอมบึง **ภายในวันจันทร์ที่ ๑๐ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๓** พร้อมส่งหลักฐานการโอนเงินมาที่อีเมล์ : researchmcru@gmail.com หรือโทรสารหมายเลข ๐๓๒ – ๗๒๐๕๔๘ และนำหลักฐานการชำระเงินตัวจริงมารับใบเสร็จรับเงิน ณ จุดลงทะเบียนในวันนำเสนอผลงาน

๓. เตรียมนำเสนอบทความด้วยวาจา (oral presentation) ไม่เกิน ๑๕ นาที และตอบคำถาม ๕ นาที โดยจัดทำเป็นไฟล์ Power Point ๒๐๐๗ ขึ้นไป และนำมาในวันอาทิตย์ที่ ๑ มีนาคม ๒๕๖๓

ทั้งนี้ขอความกรุณาส่งบทความวิจัยฉบับแก้ไขผ่านระบบออนไลน์ http://ejs.bsru.ac.th/researchmcru/ หรือไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ researchmcru@gmail.com **ภายในวันพฤหัสบดีที่ ๓๐ มกราคม ๒๕๖๓** หากไม่ได้รับบทความฉบับแก้ไขในเวลาที่กำหนดและไม่เป็นไปตามแบบฟอร์มที่แจ้ง สถาบันวิจัยและพัฒนาจะไม่ตีพิมพ์บทความวิจัยฉบับเต็มในรายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการ (proceeding)

จึงเรียนมาเพื่อทราบ และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ที่สนใจเข้าร่วมนำเสนอผลงานวิจัยกับทางมหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชฎาพร โพคัยสวรรค์)
ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา
มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง

โทรศัพท์ ๐๓๒ – ๗๒๐๕๓๖-๕๔๓ ต่อ ๑๐๗๙-๑๐๘๔
โทรสาร ๐๓๒ – ๗๒๐๕๔๘
ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ researchmcru@gmail.com

193

แบบประเมินบทความวิจัย

การประชุมวิชาการระดับชาติราชภัฏหมู่บ้านจอมบึงวิจัย ครั้งที่ 8

"วิจัยแบบบูรณาการ สรรค์สร้างนวัตกรรม ลดความเหลื่อมล้ำของสังคม" วันอาทิตย์ที่ 1 มีนาคม 2563

ชื่อบทความวิจัย (ภาษาไทย) : การควบคุมปริมาณคอนกรีตผสมเสร็จในงานก่อสร้างเสาเข็มเจาะระบบเปียกขนาดใหญ่ในเขตกรุงเทพมหานคร

(ภาษาอังกฤษ) : Ready Mix Concrete Quality Control of Construction of Wet Process Bored Piles in Bangkok

หัวข้อการพิจารณา

หัวข้อ	คะแนนประเมิน					ข้อแก้ไข/ข้อเสนอแนะ
	1	2	3	4	5	
1. บทคัดย่อ				4		1.1 ปรับบทคัดย่อให้ครอบคลุมตามข้อ 5.1, 6.1, 7.1, 7.2
2. Abstract			3			2.1 ปรับ Abstract ใหม่หลังจากปรับข้อ 1.1 เรียบร้อยแล้ว
3. บทนำ				4		n/a
4. วัตถุประสงค์ของการวิจัย				4		n/a
5. วิธีการวิจัย			3			5.1 ให้อธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับ วิธีการ-แนวทาง ในการเป็นไปได้สำหรับการลดต้นทุนงานก่อสร้างเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่
6. ผลการวิจัย				4		6.1 การศึกษานี้ "ลดต้นทุนงานก่อสร้างเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่ในเขตกรุงเทพฯและปริมณฑล" อย่างไร ?
7. สรุปผลการวิจัย				4		7.1 สรุปผลด้านลดต้นทุนงานก่อสร้างเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่ในเขตกรุงเทพฯและปริมณฑล" อย่างไร ? 7.2 สรุปเกี่ยวกับ วิธีการ-แนวทาง ในการเป็นไปได้สำหรับการลดต้นทุนงานก่อสร้างเสาเข็มเจาะขนาดใหญ่
8. อภิปรายผลการวิจัย				4		8.1 อภิปรายตามข้อ " 7.1 และ 7.2 "
9. เอกสารอ้างอิง			3			n/a
10. ความใหม่และคุณค่าทางวิชาการ				4		n/a

ผลการประเมิน (คะแนนรวมทั้งหมด ÷ หัวข้อการพิจารณา) = ...4.0..... คะแนน

เกณฑ์การประเมิน

- ☐ คะแนน 4.50 ขึ้นไป รับรองบทความโดยไม่ต้องแก้ไข
- ✓ คะแนน 4.00 - 4.49 รับรองบทความโดยแก้ไขเล็กน้อย
- ☐ คะแนน 3.00 – 3.99 รับรองบทความโดยแก้ไขพอสมควร
- ☐ คะแนน 2.00 – 2.99 รับรองบทความโดยแก้ไขส่วนใหญ่
- ☐ ไม่รับรองบทความ เนื่องจาก.....

ลงชื่อ .....

(ผศ.ดร.วีรพล นามบุญเรือง)

16 / 01 / 2563

มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง

มอบเกียรติบัตรไว้เพื่อแสดงว่า

กฤษฎา ภูมี นุกูล สาระวงศ์ อัจฉรา ผ่องพิทยา และสุพจน์ เตชวรสินสกุล

ได้นำเสนอผลงานวิจัยภาคบรรยายในการประชุมวิชาการระดับชาติราชภัฏหมู่บ้านจอมบึงวิจัย ครั้งที่ 8

วิจัยแบบบูรณาการ สรรค์สร้างนวัตกรรม ลดความเหลื่อมล้ำของสังคม

การควบคุมปริมาณคอนกรีตผสมเสร็จในงานก่อสร้างเสาเข็มเจาะระบบเปียก
ขนาดใหญ่ในเขตกรุงเทพมหานคร

ให้ไว้ ณ วันที่ 1 มีนาคม พ.ศ. 2563

มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นฤมล ชูเมือง
ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยฤทธิ์ ศิลาเดช
รักษาราชการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นายกฤษฎา ภูมี
วัน เดือน ปีเกิด	1 พฤษภาคม พ.ศ.2506
ภูมิลำเนา	จังหวัดนครศรีธรรมราช
สถานที่ปัจจุบัน	233/261 ถนนสุขสวัสดิ์–สาขลา ตำบลแหลมฟ้าผ่า อำเภอพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ
ประวัติการศึกษา	
ระดับมัธยมศึกษา	โรงเรียนเบญจมราชูทิศ
ประกาศยบัติชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคนครศรีธรรมราช
ระดับปริญาตรี	เทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรมและเทคโนโลยีการผลิต มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา
ระดับปริญาโท	วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา พ.ศ. 2563