การจำลองการสูญเสียกำลังของคอนกรีตในงานเสาเข็มเจาะแห้ง
MODELING OF CONCRETE LOSS IN DRY PROCESS BORED PILE CONSTRUCTION

ชาครีย์ พึ่งสุดใจ
พชรพล หมุดอุบล
พัฒนพงศ์ จารุกมล

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

การจำลองการสูญเสียกำลังของคอนกรีตในงานเสาเข็มเจาะแห้ง

MODELING OF CONCRETE LOSS IN DRY PROCESS BORED PILE CONSTRUCTION

ชาครีย์ พึ่งสุดใจ

พชรพล หมุดอุบล

พัฒนพงศ์ จารุกมล

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MODELING OF CONCRETE LOSS IN DRY PROCESS BORED PILE CONSTRUCTION

CHAKAREE PUENGSUDJAI
POTCHARAPOL MODUBOL
PATTANAPONG JARUKAMON

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF CIVIL ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2017

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองโครงงานพิเศษ

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การจำลองการสูญเสียกำลังของคอนกรีตในงานเสาเข็มเจาะแห้ง MODELING OF CONCRETE LOSS IN DRY PROCESS BORED PILE CONSTRUCTION		
นักศึกษา	นายชาคริย์	พึ่งสุดใจ	รหัสนักศึกษา 57010311
	นายพชรพล	หมุดอุบล	รหัสนักศึกษา 57010829
	นายพัฒนพงศ์	จารุกมล	รหัสนักศึกษา 57010875
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต		
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.ธนาดล คงสมบูรณ์		

คณะกรรมการสอบโครงงานพิเศษ		ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.ธนาดล	คงสมบูรณ์	
อาจารย์อุบะ	ศิริแก้ว	
ดร.ศลิษา	ไชยพุทธ	
ดร.วิรุฬห์	คำชุม	

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว

(ผศ.ดร.อาทิตย์ เพชรศศิธร)
หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา
วันที่ 4/6/61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจำลองการสูญเสียกำลังของคอนกรีตในงานเสาเข็มเจาะแห้ง

นายชาคริย์ พึ่งสุดใจ รหัสนักศึกษา 57010311
นายพชรพล หมุดอุบล รหัสนักศึกษา 57010829
นายพัฒนพงศ์ จารุกมล รหัสนักศึกษา 57010875
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ธนาดล คงสมบูรณ์
ปีการศึกษา 2560

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของ การปนเปื้อนของคอนกรีตที่เทลงให้หลุมเจาะเพื่อทำเสาเข็มเจาะระบบแห้ง โดยทำการจำลองการเทคอนกรีตลงในทรงกระบอกจำลอง ศึกษาจำลองการปนเปื้อนกับวัสดุแวดล้อมในงานก่อสร้าง 4 อย่าง คือ โคลน น้ำ ก้อนดิน และน้ำก้นหลุม แต่ละวัสดุที่ปนเปื้อนมีปริมาณเป็น 5% 15% 30% ของปริมาตรของทรงกระบอกจำลอง และทำการกดทดสอบด้วยเครื่อง UTM

ผลการศึกษาพบว่า ในเรื่องของกำลังนั้น โคลน และ ดิน มีผลทำให้กำลังรับน้ำหนักของคอนกรีตลดลงมากที่สุด เมื่อมีเปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนที่สูงขึ้นค่ากำลังรับน้ำหนักของคอนกรีตยิ่งลดลง การปนเปื้อนโคลนและดินในทรงกระบอกจำลองที่มากกว่า 5% ทำให้เสาเข็มไม่สามารถรับน้ำหนักตามที่ออกแบบได้ ค่าโมดูลัสของตัวอย่างคอนกรีตที่ปนเปื้อนมีค่าลดลงเมื่อเปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนของทุกวัสดุมีค่าสูงขึ้น ดังนั้นในการก่อสร้างเสาเข็มเจาะระบบแห้ง อิทธิพลการปนเปื้อนของโคลนหรือก้อนดินที่ตกลงสู่หลุมเจาะมีผลให้เสาเข็มเจาะระบบแห้งมีประสิทธิภาพการรับน้ำหนักลดลงมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Modeling of Concrete loss in Dry Process Bored Pile

Mr. Chakaree Puengsudjai Student ID. 57010311
Mr. Potcharapol Modubol Student ID. 57010829
Mr. Pattanapong Jarukamon Student ID. 57010875
Advisor: Asist.Prof.Dr.thanadol kongsomboon
Academic Year 2017

ABSTRACT

The market of real estate still getting continuously attention from both amateur and mature entrepreneur. Especially, there are an increase of new village and condominium which result in the competition of both the product and price. The corporations have to find the best way to make them be strengthened that is creating the competitive advantage of the organization. From these issues, there were researchers who recommended many factors for creating the competitive advantage but couldn' t find the subject which represented the housing development organization particularly. Thus, this research aims to study about these factors by using of questionnaire to survey the staffs who perform in these organizations about the correlation of the factors. After that, analysis by comparing an important value of each factors which can be divided into 4 groups and can ranked by their important weight are as follows: " Operation Strategy" (38.24%), " Project characteristics" (30.77%), "External factors" (15.98%), and "Marketing" (15.01%). This research can help the corporation to find clearly the factors and be useful for the organization in term of corporate management and organizing for creating efficiently the competitive advantage of the organization.

Keywords: competitive advantage, real estate developer, housing development

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์ช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ผศ.ดร.ธนาดล คงสมบูรณ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง คอยแนะนำช่วยเหลือในการแก้ไขปัญหา คอยให้ความรู้ เอาใจใส่ ตลอดจนให้ความช่วยเหลือจนสำเร็จได้ด้วยดี พวกเราผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านอาจารย์ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ให้ความรู้ในทุก ๆ รายวิชาที่ศึกษาเพื่อเป็นพื้นฐาน โดยคณาจารย์ท่านต่าง ๆ ได้ถ่ายทอดความรู้ทั้งทางด้านวิชาการ ความรู้ทั่วไป และประสบการณ์ต่าง ๆ จนสามารถนำมาใช้ในการทำงานและการดำเนินชีวิตได้อย่างดียิ่ง ตลอดจนขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ร่วมเป็นกรรมการในการทดสอบ

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ในภาควิชาวิศวกรรมโยธา ที่คอยให้คำแนะนำ ช่วยเหลือซึ่งกันและกันในการทำโครงงาน รวมถึงตลอดระยะเวลาที่ได้เรียนรู้ศึกษาในภาควิชาโยธานี้ตลอดมา

ขอขอบคุณผู้ตอบแบบสอบถามทุกท่านที่ได้กรุณาให้ข้อมูลโดยการตอบแบบสอบถามตามความเป็นจริงและครบถ้วน

สุดท้ายขอขอบพระคุณ บิดา มารดาอันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งเป็นผู้ให้ความรักและกำลังใจในการสนับสนุนการศึกษาเล่าเรียนของคณะผู้จัดทำมาโดยตลอด ทำให้คณะผู้จัดทำมีวันนี้ได้ คณะผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในพระคุณเป็นอย่างสูง

ชาคริย์ พึ่งสุดใจ
พชรพล หมุดอุบล
พัฒนพงศ์ จารุกมล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 แผนการดำเนินงาน	2
1.4 ขอบเขตของการศึกษา	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม	4
2.1 ความสำคัญของเสาเข็มเจาะระบบแห้ง	4
2.2 มาตรฐานของงานเสาเข็มเจาะแห้ง	4
2.3 การถ่ายทอดน้ำหนักบรรทุก	6
2.4 การคาดคะเนกำลังเสาเข็มเจาะ	8
2.4.1 ดินไม่มีแรงยึดเหนี่ยว	8
2.4.2 ดินมีแรงยึดเหนี่ยว	10
2.5 ขั้นตอนการทำเสาเข็มเจาะแห้ง	12
2.6 การออกแบบส่วนผสมคอนกรีต สำหรับเสาเข็มเจาะเข็มเจาะระบบแห้ง	14
2.7 การออกแบบเสาสั้นรับแรงอัดตามแนวแกน	15
บทที่ 3 วิธีการดำเนินวิจัย	16
3.1 แผนการดำเนินงาน	16
3.2 ออกแบบการทดลอง	17
3.3 วิธีการทดลอง	18
3.3.1 อุปกรณ์ในการทดลอง	18
3.3.2 ขั้นตอนในการทดลอง	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 การศึกษาและวิเคราะห์ผล	25
4.1 บทนำ	25
4.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติของดินที่ใช้ในการศึกษา	25
4.2.1 หาค่าความชื้นของดินในธรรมชาติ	25
4.3 ผลการศึกษาจากแบบจำลอง	26
4.3.1 ปัจจัยการสูญเสียกำลังของคอนกรีตเนื่องจากการปนเปื้อน	26
4.3.2 การวิเคราะห์เปรียบเทียบพฤติกรรมของแบบจำลองคอนกรีต	30
4.4 ผลการเปรียบเทียบของผลการทดสอบแบบจำลอง	43
4.4.1 แบบจำลองที่ 1 คอนกรีตสมบูรณ์	43
4.4.2 แบบจำลองที่ 2 คอนกรีตที่มีก้อนดินปนเปื้อน	44
4.4.3 แบบจำลองที่ 3 คอนกรีตที่มีโคลนปนเปื้อน	48
4.4.4 แบบจำลองที่ 4 คอนกรีตที่มีน้ำปนเปื้อน	52
4.4.5 แบบจำลองที่ 5 กรณีศึกษาเพิ่มเติม	56
4.4.6 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์กำลังรับน้ำหนักสูงสุดของทุกปัจจัย	59
4.4.7 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์โมดูลัสการยืดหยุ่นของทุกปัจจัย	60
บทที่ 5 สรุปและเสนอแนะ	63
5.1 สรุปผลการทดลอง	63
5.2 ปัญหาและอุปสรรค์	64
5.3 ข้อเสนอแนะ	64
เอกสารอ้างอิง	65
ภาคผนวก	66
ประวัติผู้เขียน	75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	แผนการดำเนินงาน	2
2.1	อัตราเพิ่มกำลังของคอนกรีตที่ขึ้นกับอัตราส่วนของน้ำต่อคอนกรีต	4
2.2	ค่า K/K_0 ของเสาเข็มเจาะ	9
2.3	ค่า ϕ_s/ϕ ของเสาเข็มเจาะ	9
3.1	แสดงน้ำหนักของปัจจัยการปนเปื้อน	21
4.1	การหาค่าความชื้นของดินในธรรมชาติ (Water content)	25
4.2	มาตรฐานน้ำหนักบรรทุกปลอดภัยของเสาเข็มเจาะแห้ง	28
4.3	กำลังรับน้ำหนักสูงสุดของแบบจำลองที่ 1 คอนกรีตสมบูรณ์	43
4.4	ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของแบบจำลองที่ 1 คอนกรีตสมบูรณ์	43
4.5	กำลังรับน้ำหนักสูงสุดของแบบจำลองที่ 2 คอนกรีตที่มีก้อนดินปนเปื้อน 5% โดยปริมาตร	44
4.6	กำลังรับน้ำหนักสูงสุดของแบบจำลองที่ 2 คอนกรีตที่มีก้อนดินปนเปื้อน 5% โดยปริมาตร	44
4.7	กำลังรับน้ำหนักสูงสุดของแบบจำลองที่ 2 คอนกรีตที่มีก้อนดินปนเปื้อน 15% โดยปริมาตร	45
4.8	ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของแบบจำลองที่ 2 คอนกรีตที่มีก้อนดินปนเปื้อน 15 % โดยปริมาตร	45
4.9	กำลังรับน้ำหนักสูงสุดของแบบจำลองที่ 2 คอนกรีตที่มีก้อนดินปนเปื้อน 30 % โดยปริมาตร	46
4.10	ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของแบบจำลองที่ 2 คอนกรีตที่มีก้อนดินปนเปื้อน 30 % โดยปริมาตร	46
4.11	กำลังรับน้ำหนักสูงสุดของแบบจำลองที่ 3 คอนกรีตที่มีโคลนปนเปื้อน 5% โดยปริมาตร	48
4.12	ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของแบบจำลองที่ 3 คอนกรีตที่มีโคลนปนเปื้อน 5 % โดยปริมาตร	48
4.13	กำลังรับน้ำหนักสูงสุดของแบบจำลองที่ 3 คอนกรีตที่มีโคลนปนเปื้อน 15 % โดยปริมาตร	49
4.14	ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของแบบจำลองที่ 3 คอนกรีตที่มีโคลนปนเปื้อน 15% โดยปริมาตร	49
4.15	กำลังรับน้ำหนักสูงสุดของแบบจำลองที่ 3 คอนกรีตที่มีโคลนปนเปื้อน 30% โดยปริมาตร	50
4.16	ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของแบบจำลองที่ 3 คอนกรีตที่มีโคลนปนเปื้อน 30% โดยปริมาตร	50
4.17	กำลังรับน้ำหนักสูงสุดของแบบจำลองที่ 4 คอนกรีตที่มีน้ำปนเปื้อน 5% โดยปริมาตร	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

4.18 ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของแบบจำลองที่ 4 คอนกรีตที่มีน้ำปนเปื้อน 5% โดยปริมาณ... 52
4.19 กำลังรับน้ำหนักสูงสุดของแบบจำลองที่ 4 คอนกรีตที่มีน้ำปนเปื้อน 15% โดยปริมาตร..... 53
4.20 ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของแบบจำลองที่ 4 คอนกรีตที่มีน้ำปนเปื้อน 15% โดยปริมาณ. 53
4.21 กำลังรับน้ำหนักสูงสุดของแบบจำลองที่ 4 คอนกรีตที่มีน้ำปนเปื้อน 30% โดยปริมาตร..... 54
4.22 ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของแบบจำลองที่ 4 คอนกรีตที่มีน้ำปนเปื้อน 30% โดยปริมาณ. 54
4.23 กำลังรับน้ำหนักสูงสุดของแบบจำลองที่ 5 คอนกรีตกรณีศึกษาเพิ่มเติม 5% โดยปริมาตร..... 56
4.24 ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของแบบจำลองที่ 5 คอนกรีตกรณีศึกษาเพิ่มเติม 5% โดยปริมาตร..... 56
4.25 กำลังรับน้ำหนักสูงสุดของแบบจำลองที่ 5 คอนกรีตกรณีศึกษาเพิ่มเติม 15% โดยปริมาตร..... 57
4.26 ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของแบบจำลองที่ 5 คอนกรีตกรณีศึกษาเพิ่มเติม 30% โดยปริมาตร..... 57
ผ.1 ผลการทดสอบแบบจำลองคอนกรีตสมบูรณ์..... 66
ผ.2 ผลการทดสอบแบบจำลองคอนกรีตเนื่องจากมีก้อนดินปนเปื้อน..... 67
ผ.3 ผลการทดสอบแบบจำลองคอนกรีตเนื่องจากมีน้ำโคลนปนเปื้อน..... 68
ผ.4 ผลการทดสอบแบบจำลองคอนกรีตเนื่องจากมีน้ำปนเปื้อน..... 69
ผ.5 ผลการทดสอบแบบจำลองคอนกรีตเนื่องจากมีน้ำที่ซึมเข้ามาในหลุมเจาะ..... 70
ผ.6 ผลการทดสอบแบบจำลองคอนกรีตเนื่องจากมีน้ำปนเปื้อน โดยใช้เครื่อง Universal testing machine..... 71
ผ.7 ผลการทดสอบแบบจำลองคอนกรีตเนื่องจากมีน้ำที่ซึมเข้ามาในหลุมเจาะ โดยใช้เครื่อง Universal testing machine..... 72
ผ.8 ผลการทดสอบแบบจำลองคอนกรีตเนื่องจากมีน้ำโคลนปนเปื้อน โดยใช้เครื่อง Universal testing machine..... 73
ผ.9 ผลการทดสอบแบบจำลองคอนกรีตเนื่องจากมีก้อนดินปนเปื้อน โดยใช้เครื่อง Universal testing machine..... 74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	การถ่ายน้ำหนักบรรทุกจากอาคารลงดินโดยเสาเข็ม	6
2.2	ค่า α ในสมการที่ 2.13	11
2.3	ค่า β ตลอดความยาวเสาเข็มในดินเหนียว	11
3.1	แผนการดำเนินงาน	16
3.2	ตาชั่งวัสดุ	18
3.3	เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล	18
3.4	เกรียง	18
3.5	ช้อนตักคอนกรีต	18
3.6	พลั่ว	19
3.7	เครื่องผสมคอนกรีต	19
3.8	รถเข็นคอนกรีต	19
3.9	แบบหล่อ	19
3.10	อุปกรณ์เช็คค่าการยุบตัว	19
3.11	บ่อบ่ม	19
3.12	เตรียมแบบหล่อ	20
3.13	เตรียมตัวอย่างดิน (1)	21
3.14	เตรียมตัวอย่างดิน (2)	21
3.15	เตรียมตัวอย่างดิน (3)	21
3.16	เตรียมตัวอย่างดิน (4)	22
3.17	เตรียมตัวอย่างดิน (5)	22
3.18	เตรียมตัวอย่างดิน (6)	22
3.19	เตรียมตัวอย่างโคลน (1)	22
3.20	เตรียมตัวอย่างโคลน (2)	22
3.21	เตรียมตัวอย่างโคลน (3)	22
3.22	เตรียมส่วนผสมคอนกรีต	22
3.23	ผสมคอนกรีต (1)	23
3.24	ผสมคอนกรีต (2)	23
3.25	การเช็คค่าการยุบตัว	23
3.26	การทดสอบด้วยเครื่อง UTM	24
4.1	แบบจำลองคอนกรีตสมบูรณ์	26
4.2	แบบจำลองที่มีดินปนเปื้อนอยู่	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

4.3 แบบจำลองที่มีโคลนปนเปื้อนอยู่ 27
4.4 แบบจำลองที่มีน้ำปนเปื้อนอยู่ 27
4.5 แบบจำลองจากกรณีศึกษาเพิ่มเติมเมื่อมีน้ำอยู่ในหลุมเจาะแล้วการใส่คอนกรีตแห้งลงไปเพื่อให้สภาพก้นหลุมพร้อมเท 28
4.6 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างแรง (Force) กับระยะยุบตัว (Deformation) ของแบบจำลองที่ 1 คอนกรีตสมบูรณ์ ตัวอย่างที่ 1 , 2 และ 3 ตามลำดับ 30
4.7 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างแรง (Force) กับระยะยุบตัว (Deformation) ของแบบจำลองที่ 2 คอนกรีตที่มีก้อนดินปนเปื้อน 5% โดยปริมาตร ตัวอย่างที่ 1 , 2 และ 3 ตามลำดับ 31
4.8 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างแรง (Force) กับระยะยุบตัว (Deformation) ของแบบจำลองที่ 2 คอนกรีตที่มีก้อนดินปนเปื้อน 15% โดยปริมาตร ตัวอย่างที่ 1 , 2 และ 3 ตามลำดับ 32
4.9 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างแรง (Force) กับระยะยุบตัว (Deformation) ของแบบจำลองที่ 2 คอนกรีตที่มีก้อนดินปนเปื้อน 30% โดยปริมาตร ตัวอย่างที่ 1 , 2 และ 3 ตามลำดับ 33
4.10 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างแรง (Force) กับระยะยุบตัว (Deformation) ของแบบจำลองที่ 3 คอนกรีตที่มีโคลนปนเปื้อน 5% โดยปริมาตร ตัวอย่างที่ 1 , 2 และ 3 ตามลำดับ 34
4.11 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างแรง (Force) กับระยะยุบตัว (Deformation) ของแบบจำลองที่ 3 คอนกรีตที่มีโคลนปนเปื้อน 15% โดยปริมาตร ตัวอย่างที่ 1 , 2 และ 3 ตามลำดับ 35
4.12 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างแรง (Force) กับระยะยุบตัว (Deformation) ของแบบจำลองที่ 3 คอนกรีตที่มีโคลนปนเปื้อน 30% โดยปริมาตร ตัวอย่างที่ 1 , 2 และ 3 ตามลำดับ 36
4.13 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างแรง (Force) กับระยะยุบตัว (Deformation) ของแบบจำลองที่ 4 คอนกรีตที่มีน้ำปนเปื้อน 5% โดยปริมาตร ตัวอย่างที่ 1 , 2 และ 3 ตามลำดับ 37
4.14 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างแรง (Force) กับระยะยุบตัว (Deformation) ของแบบจำลองที่ 4 คอนกรีตที่มีน้ำปนเปื้อน 15% โดยปริมาตร ตัวอย่างที่ 1 , 2 และ 3 ตามลำดับ 38
4.15 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างแรง (Force) กับระยะยุบตัว (Deformation) ของแบบจำลองที่ 4 คอนกรีตที่มีน้ำปนเปื้อน 30% โดยปริมาตร ตัวอย่างที่ 1 , 2 และ 3 ตามลำดับ 39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

4.16 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างแรง (Force) กับระยะยุบตัว (Deformation) ของแบบจำลองที่ 5 กรณีศึกษาเพิ่มเติมเมื่อมีน้ำในหลุมเจาะแล้วมีการใส่คอนกรีตแห้งลงไปเพื่อให้สภาพในก้นหลุมพร้อมเท ปนเปื้อน 5% โดยปริมาตร ตัวอย่างที่ 1 , 2 และ 3 ตามลำดับ..... 40

4.17 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างแรง (Force) กับระยะยุบตัว (Deformation) ของแบบจำลองที่ 5 กรณีศึกษาเพิ่มเติมเมื่อมีน้ำในหลุมเจาะแล้วมีการใส่คอนกรีตแห้งลงไปเพื่อให้สภาพในก้นหลุมพร้อมเท ปนเปื้อน 15% โดยปริมาตร ตัวอย่างที่ 1 , 2 และ 3 ตามลำดับ..... 41

4.18 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างแรง (Force) กับระยะยุบตัว (Deformation) ของแบบจำลองที่ 5 กรณีศึกษาเพิ่มเติมเมื่อมีน้ำในหลุมเจาะแล้วมีการใส่คอนกรีตแห้งลงไปเพื่อให้สภาพในก้นหลุมพร้อมเท ปนเปื้อน 30% โดยปริมาตร ตัวอย่างที่ 1 , 2 และ 3 ตามลำดับ..... 42

4.19 กราฟแสดงการเปรียบเทียบกำลังรับน้ำหนักสูงสุดระหว่างแบบจำลองที่ 2 คอนกรีตที่มีดินปนเปื้อน เทียบกับแบบจำลองที่ 1 คอนกรีตสมบูรณ์..... 47

4.20 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าโมดูลัสยืดหยุ่นระหว่างแบบจำลองที่ 2 คอนกรีตที่มีดินปนเปื้อน เทียบกับแบบจำลองที่ 1 คอนกรีตสมบูรณ์..... 47

4.21 กราฟแสดงการเปรียบเทียบกำลังรับน้ำหนักสูงสุดระหว่างแบบจำลองที่ 3 คอนกรีตที่มีดินปนเปื้อน เทียบกับแบบจำลองที่ 1 คอนกรีตสมบูรณ์..... 51

4.22 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าโมดูลัสยืดหยุ่นระหว่างแบบจำลองที่ 3 คอนกรีตที่มีดินปนเปื้อน เทียบกับแบบจำลองที่ 1 คอนกรีตสมบูรณ์..... 51

4.23 กราฟแสดงการเปรียบเทียบกำลังรับน้ำหนักสูงสุดระหว่างแบบจำลองที่ 4 คอนกรีตที่มีดินปนเปื้อน เทียบกับแบบจำลองที่ 1 คอนกรีตสมบูรณ์..... 55

4.24 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าโมดูลัสยืดหยุ่นระหว่างแบบจำลองที่ 4 คอนกรีตที่มีดินปนเปื้อน เทียบกับแบบจำลองที่ 1 คอนกรีตสมบูรณ์..... 55

4.25 กราฟแสดงการเปรียบเทียบกำลังรับน้ำหนักสูงสุดระหว่างแบบจำลองที่ 5 คอนกรีตที่มีดินปนเปื้อน เทียบกับแบบจำลองที่ 1 คอนกรีตสมบูรณ์..... 58

4.26 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าโมดูลัสยืดหยุ่นระหว่างแบบจำลองที่ 5 คอนกรีตที่มีดินปนเปื้อน เทียบกับแบบจำลองที่ 1 คอนกรีตสมบูรณ์..... 58

4.27 กราฟแสดงการเปรียบเทียบกำลังรับน้ำหนักทุกปัจจัยการปนเปื้อน 5% โดยปริมาณ เทียบกับแบบจำลองที่ 1 คอนกรีตสมบูรณ์ และหน่วยแรงออกแบบ..... 59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

4.28 กราฟแสดงการเปรียบเทียบกำลังรับน้ำหนักทุกปัจจัยการปนเปื้อน 15% โดยเทียบกับแบบจำลองที่ 1 คอนกรีตสมบูรณ์ และหน่วยแรงออกแบบ..... 59

4.29 กราฟแสดงการเปรียบเทียบกำลังรับน้ำหนักทุกปัจจัยการปนเปื้อน 30% โดยเทียบกับแบบจำลองที่ 1 คอนกรีตสมบูรณ์ และหน่วยแรงออกแบบ..... 60

4.30 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าโมดูลัสการยืดหยุ่นทุกปัจจัยการปนเปื้อน 5% โดยปริมาณ เทียบกับแบบจำลองที่ 1 คอนกรีตสมบูรณ์..... 60

4.31 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าโมดูลัสการยืดหยุ่นทุกปัจจัยการปนเปื้อน 15% โดยปริมาณ เทียบกับแบบจำลองที่ 1 คอนกรีตสมบูรณ์..... 61

4.32 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าโมดูลัสการยืดหยุ่นทุกปัจจัยการปนเปื้อน 30% โดยปริมาณ เทียบกับแบบจำลองที่ 1 คอนกรีตสมบูรณ์..... 61

4.33 กราฟแสดงการเปรียบเทียบกำลังรับน้ำหนักทุกปัจจัยการปนเปื้อน ที่ทุกเปอร์เซ็นต์การปนเปื้อน โดยปริมาณ เทียบกับแบบจำลองที่ 1 คอนกรีตสมบูรณ์และหน่วยแรงออกแบบ..... 62

4.34 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าโมดูลัสการยืดหยุ่นทุกปัจจัยการปนเปื้อน ที่ทุกเปอร์เซ็นต์การปนเปื้อน โดยปริมาณ เทียบกับแบบจำลองที่ 1 คอนกรีตสมบูรณ์... 62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ในงานก่อสร้างบนดินที่อ่อนมากในกรุงเทพ จำเป็นต้องใช้ฐานรากแบบเสาเข็ม ซึ่งนิยมใช้อยู่ 2 ประเภท คือ เสาเข็มระบบเจาะแห้ง และเสาเข็มระบบเจาะเปียก ซึ่งเสาเข็มเจาะระบบแห้งนิยมใช้ในอาคารและโครงสร้างขนาดกลาง ที่รับน้ำหนักไม่มาก ค่าใช้จ่ายไม่สูง แต่ในปัจจุบันการก่อสร้างในกรุงเทพนั้นนิยมสร้างอาคารสูง ส่งผลให้ผู้รับเหมาที่มากฝีมือและประสบการณ์ หันไปทำเสาเข็มระบบเจาะเปียก ทำให้เสาเข็มเจาะระบบแห้ง มีผู้ลงทุนจากหลากหลายอาชีพที่ไม่มีความรู้พื้นฐานใดๆ ทางด้านวิศวกรรมเป็นจำนวนมากเข้ามาลงทุนประกอบการ

เนื่องจากผู้ประกอบการขาดความรู้พื้นฐานทางด้านวิศวกรรม จึงทำให้เกิดปัญหาต่างๆมากมาย โดยปัญหาที่เห็นได้บ่อย คือ ปัญหาคอนกรีตปนเปื้อนในงานเสาเข็มเจาะระบบแห้ง ได้แก่ ปนเปื้อนจาก น้ำ น้ำโคลน ดิน ซึ่งส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติของเสาเข็มระบบเจาะแห้ง และยังเป็นปัญหาที่ไม่มีคนศึกษา

ดังนั้น โครงงานนี้จึงได้ทำศึกษา คุณสมบัติของคอนกรีตที่จำลองการปนเปื้อนในงานอันเนื่องมากจากการปนเปื้อนของ น้ำ น้ำโคลน ดิน ในการเทคอนกรีต เพื่อเปรียบเทียบเสาเข็มเจาะระบบแห้งที่ไม่มีการปนเปื้อน กับเสาเข็มเจาะระบบแห้งที่มีการปนเปื้อนด้วยวัสดุแวดล้อมต่างๆ และสามารถใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงเพื่อศึกษาวิธีการแก้ไขในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาอิทธิพลของ การปนเปื้อนในคอนกรีตที่จำลองในงานเสาเข็มเจาะระบบแห้ง ที่มีผลต่อคุณสมบัติของเสาเข็มเจาะระบบแห้ง
2. เพื่อเปรียบเทียบ คอนกรีตที่จำลองในงานเสาเข็มเจาะระบบแห้งที่มีการปนเปื้อน กับ คอนกรีตที่จำลองในงานเสาเข็มเจาะระบบแห้งที่ไม่มีการปนเปื้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 แผนการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาการดำเนินงาน																			
	กันยายน				ตุลาคม				พฤศจิกายน				ธันวาคม				มกราคม			
1.ศึกษากระบวนการทำเสาเข็มระบบเจาะแห้ง																				
2.วิเคราะห์ปัจจัยการปนเปื้อนที่มีผลต่อคอนกรีตของเสาเข็มเจาะแห้ง																				
3.ออกแบบการทดลองเพื่อหาผลของการปนเปื้อน																				
4.ทดลองเพื่อหาผลของการปนเปื้อน																				
5.รวบรวมผลการทดลอง																				
6.วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง																				
7.จัดทำรูปเล่มโครงงานพิเศษ																				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้ จะทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติของคอนกรีตที่จำลองการปนเปื้อนในงานเสาเข็มเจาะระบบแห้งซึ่งปนเปื้อนอันเนื่องมาจาก

1. ปนเปื้อนจากน้ำ
2. ปนเปื้อนจากน้ำโคลน
3. ปนเปื้อนจากก้อนดินที่ตกลงมาจากปากหลุมเจาะในขณะเทคอนกรีต
4. กรณีศึกษาเมื่อมีน้ำอยู่ในหลุมเจาะแล้วทำการใส่คอนกรีตแห้งลงไปเพื่อให้สภาพก้นหลุมพร้อมเท

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบคุณสมบัติของคอนกรีตที่จำลองงานเสาเข็มเจาะระบบแห้งที่มีการปนเปื้อน
2. เพื่อนำไปอ้างอิงกับวิธีการแก้ไขปัญหาในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วรรณกรรมปริทัศน์

2.1 ความสำคัญของเสาเข็มเจาะระบบแห้ง

เสาเข็มเจาะระบบแห้งนิยมใช้ในอาคารและโครงสร้างขนาดกลาง ที่รับน้ำหนักไม่มาก ค่าใช้จ่ายไม่สูง เป็นเสาเข็มที่ทำมาแก้ปัญหาเรื่องการขนย้ายและพื้นที่ทำงานแคบๆ โดยมีรูปร่างเป็นวงกลม เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 40-60 เซนติเมตร และรับน้ำหนักปลอดภัยได้ราวๆ 25-60 ตันต่อต้น

2.2 มาตรฐานของงานเสาเข็มเจาะแห้ง

ข้อกำหนดของคอนกรีต

ก.ปูนซีเมนต์ที่ใช้ในงานจะต้องเป็น ORDINARY PORTLAND CEMENT ยกเว้นว่าผู้รับจ้างจะเสนอผู้ว่าจ้างเป็นประเภทอื่น เช่น RAPIDHARDENING PORTLAND CEMENT, SULFATE RESISTING PORTLAND CEMENT หรือPOZZOLAN CEMENT

ข. กำลังอัดประลัยของคอนกรีต เมื่อนำตัวอย่างรูปทรงกระบอก เส้นผ่าศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร ความสูง 30 เซนติเมตร ที่อายุ 28 วัน ต้องไม่น้อย 210 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และค่าการยุบตัวต้องอยู่ในช่วง 10-15 เซนติเมตร ยกเว้นแต่จะมีการกำหนดกำลังอัดประลัยเป็นค่าอื่น

การทดสอบกำลังอัดประลัยของคอนกรีต

ในงานออกแบบนั้น มักจะออกแบบให้คอนกรีตสามารถรับแรงอัดอย่างเดียว เพราะคอนกรีตรับแรงดึงได้น้อย ดังนั้นการทดสอบหาค่ากำลังอัดประลัยของคอนกรีต(fc') จึงเป็นส่วนที่สำคัญที่ขาดไม่ได้

Fc' หรือ ค่ากำลังอัดประลัยของคอนกรีต คือค่าแรงอัดที่ตัวอย่างคอนกรีตจะรับได้ เมื่อมีอายุ 28 วัน โดยตัวอย่างจะมีอยู่สองแบบคือ แบบทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่าศูนย์ 15 เซนติเมตร และ ความสูง 30 เซนติเมตร ซึ่งเป็นมาตรฐานของอเมริกาและของไทย และอีกแบบคือทรงลูกบาศก์ ขนาด 15x15x15 เซนติเมตร ซึ่งเป็นมาตรฐานของอังกฤษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 อัตราเพิ่มกำลังของคอนกรีตที่ขึ้นกับอัตราส่วนของน้ำและคอนกรีต

อายุ(วัน)	คอนกรีตกำลังสูง W/C = 0.26		คอนกรีตกำลังธรรมดา W/C = 0.70	
	ksc	(%)	ksc	(%)
1	442	61.0	82	22.7
3	528	72.9	196	54.1
7	624	86.2	260	71.8
14	656	90.6	304	84
28	671	92.7	320	88.4
60	719	99.3	348	96
90	724	100.0	362	100

สูตรค่ากำลังอัดประลัยของคอนกรีต

$$Fc' = Pu/A$$

โดย Fc' = ค่ากำลังอัดประลัยของคอนกรีตของชิ้นตัวอย่างทดสอบ มีหน่วย กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

Pu = น้ำหนักกดสูงสุดที่ชิ้นตัวอย่างทดสอบรับได้ มีหน่วย กิโลกรัม

A = พื้นที่หน้าตัดของตัวอย่างที่ทดสอบ มีหน่วย ตารางเซนติเมตร

สูตรหาค่าหน่วยน้ำหนักของชิ้นตัวอย่าง

$$WC = W/V$$

โดย WC = ความหนาแน่นของตัวอย่างทดสอบ มีหน่วย กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

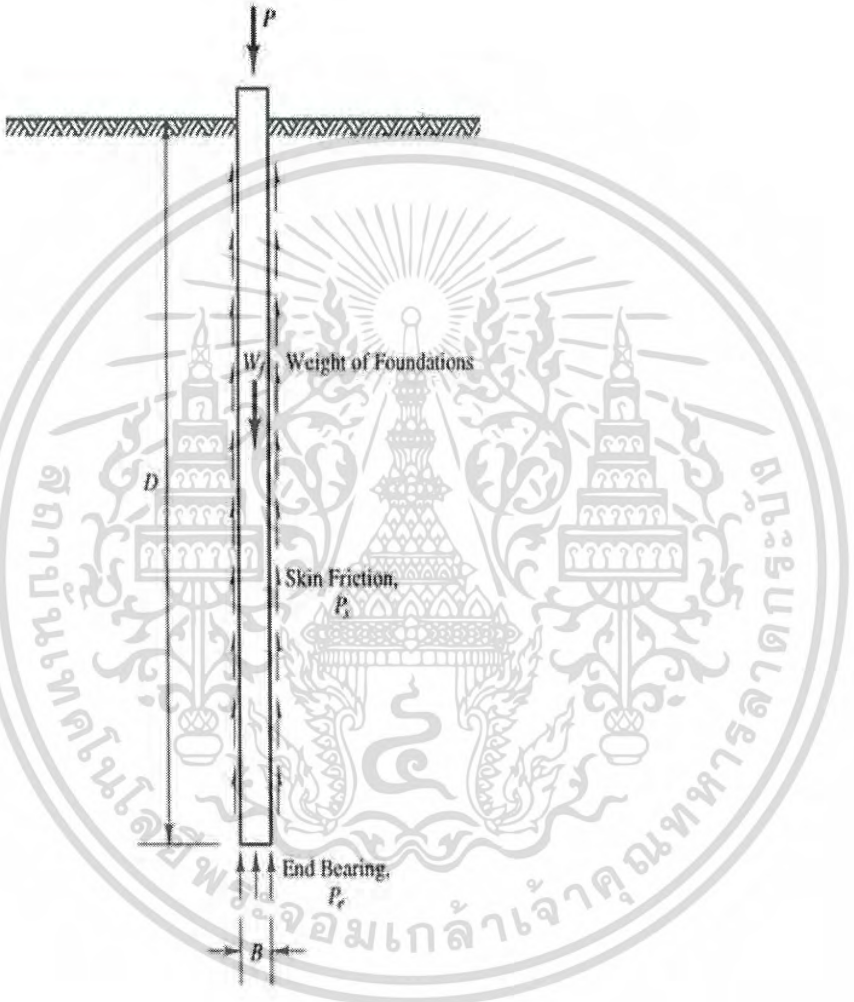
W = น้ำหนักของตัวอย่างทดสอบ มีหน่วย กิโลกรัม

V = ปริมาตรของตัวอย่างทดสอบ มีหน่วย ลูกบาศก์เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การถ่ายทอดน้ำหนักบรรทุก (Load Transfer)

ในกรณีที่ชั้นดินในระดับตื้นมีความแข็งแรงไม่เพียงพอที่จะรับน้ำหนักบรรทุกจากอาคาร ต้องใช้ฐานรากเสาเข็มแทนฐานรากแผ่ เสาเข็มมีหลักการทำงานคือถ่ายทอดน้ำหนักบรรทุกลงสู่ชั้นดินลึกโดยอาศัยแรงเสียดทานที่ผิว (Skin Friction) และแรงต้านที่ปลาย (End Bearing) กำลังรับน้ำหนักบรรทุกที่ยอมให้ใช้สำหรับเสาเข็มที่รับน้ำหนักบรรทุกในทิศทางลง (Downward Load) จะเป็นดังสมการที่ 1 ถึง 4



รูปที่ 2.1 การถ่ายน้ำหนักบรรทุกจากอาคารลงดิน โดยเสาเข็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$P_a = \frac{P_e + P_s - W_f}{F} \quad (2.1)$$

$$P_e' = P_e - W_f \quad (2.2)$$

$$P_a = \frac{P_e' + P_s}{F} \quad (2.3)$$

$$P_a = \frac{q_e' A_e + \sum f_s A_s}{F} \quad (2.4)$$

โดย P_a = กำลังรับน้ำหนักบรรทุกที่ยอมให้ในทิศทางลงตามแนวแกน (Allowable Downward Axial Load)

P_e' = กำลังรับน้ำหนักบรรทุกที่ปลาย (End Bearing Capacity)

P_s = กำลังรับน้ำหนักบรรทุกที่ผิว (Skin Friction Capacity)

W_f = น้ำหนักของฐานราก ในกรณีที่ฐานรากอยู่ใต้ระดับน้ำต้องพิจารณาแรงพยุง (Buoyancy) ด้วย

q_e' = หน่วยแรงต้านทานสุทธิที่ปลาย (Net Unit End Bearing Resistance)

A_e = พื้นที่สัมผัสที่ปลายเสาเข็ม

f_s = หน่วยแรงต้านทานที่ผิว (Unit Skin Friction Resistance)

A_s = พื้นที่สัมผัสที่ผิวเสาเข็ม

F = ส่วนปลอดภัย (Factor of Safety)

หน่วยแรงต้านทานที่ผิวเสาเข็มมีค่าไม่คงที่ ทั้งเนื่องจากคุณสมบัติของดินซึ่งตามธรรมชาติจะไม่คงที่ตลอดความลึก และเนื่องจากความเค้นประสิทธิผล (Effective Stress) ซึ่งไม่คงที่เช่นกัน จึงต้องแบ่งเสาเข็มเป็นช่วงย่อยหลายช่วงดังสมการที่ 4 แต่มีบางวิธีที่ให้ใช้ค่าเฉลี่ยของหน่วยแรงต้านทานที่ผิวตลอดความยาวของเสาเข็ม ทำให้ไม่ต้องแบ่งเสาเข็มเป็นส่วยย่อยสมการที่ 4 จึงเปลี่ยนเป็นสมการที่ 5

$$P_a = \frac{q_e' A_e + \bar{f}_s}{F} \quad (2.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในทางทฤษฎี การวิบัติของเสาเข็มจะเกิดขึ้นได้เมื่อรับน้ำหนักบรรทุกเกินผลรวมของกำลังรับน้ำหนักบรรทุกที่ปลายกับกำลังรับน้ำหนักบรรทุกที่ผิวของเสาเข็ม แต่ในความเป็นจริงแล้วแรงต้านจะเกิดขึ้นเมื่อเสาเข็มถูกกระทำจนเกิดการเคลื่อนที่ แรงต้านที่ผิวจะเกิดเมื่อเสาเข็มเคลื่อนตัว 5 ถึง 10 ม.ม. แต่แรงต้านที่ปลายต้องการการเคลื่อนที่ที่สูงกว่ามาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากเป็นเสาเข็มเจาะ อาจสูงถึงร้อยละสิบของขนาดเสาเข็ม ดังนั้นในการออกแบบจึงมักประมาณกำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มจากแรงเสียดทานเท่านั้น ยกเว้นในกรณีที่ตัวเสาเข็มอยู่ในชั้นดินอ่อนและปลายอยู่ในชั้นดินแข็งอย่างชัดเจนจึงนำกำลังรับน้ำหนักบรรทุกที่ปลายมาคำนวณด้วย

2.4 การคาดคะเนกำลังเสาเข็มเจาะ

เสาเข็มเจาะมีความแตกต่างจากเสาเข็มเจาะเนื่องจากในกระบวนการก่อสร้างดินถูกรบกวนจนยากจะคาดคะเนคุณสมบัติที่แท้จริงได้ การประมาณกำลังรับน้ำหนักบรรทุกมักเป็นวิธีกึ่งประสบการณ์ (Semi-empirical)

2.4.1 ดินไม่มีแรงยึดเหนี่ยว

<u>กำลังรับน้ำหนักบรรทุกสุทธิที่ปลาย (Net End Bearing Capacity, qe')</u>

กำลังรับน้ำหนักบรรทุกสุทธิที่ปลายเสาเข็มเจาะสามารถประมาณได้โดยสมการที่ 6

$$q_e' = 0.60\sigma_r N_{60} \leq 90{,}000 \text{ lb/ft}^2 \quad (4{,}500 \text{ kPa}) \tag{2.6}$$

โดย σ_r = ความเค้นอ้างอิง (Reference Stress) = 2000 lb/ft2 = 100 kPa

N60 = ค่าเฉลี่ยของ SPT-N60 ระหว่างระดับปลายเสาเข็มลงไปสองเท่าของขนาดเสาเข็ม

หากปลายเสาเข็มใหญ่กว่า 1.2 เมตร ค่ากำลังจากสมการที่ 6 จะทำให้เกิดการทรุดตัวมากกว่า 25 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นค่าที่มากเกินกว่าจะยอมรับได้

สำหรับอาคารส่วนใหญ่เพื่อลดการทรุดตัว ต้องใช้ค่า ในสมการที่ 7 แทนค่า

$$q_{er}' = 4.17 \frac{B_r}{B_b} q_e' \qquad B_b \geq 1.2 \text{ m} \tag{2.7}$$

โดย B_r = ความกว้างอ้างอิง = 0.3 เมตร

B_b = ความกว้างปลายเสาเข็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยแรงเสียดทานที่ผิว(UnitSkinFriction,fs)

กระบวนการเกิดหน่วยแรงเสียดทานที่ผิวเสาเข็มเจาะมีลักษณะทำนองเดียวกับการเกิดในเสาเข็มตอก แต่มีความแตกต่างในรายละเอียดดังนี้

- การเจาะดินทำให้ผิวของดินขรุขระ การสัมผัสระหว่างผิวเสาเข็มกับดินจึงมีแรงยึดเหนี่ยวมากกว่ากรณีของเข็มตอก นั่นคือ มีค่าสูง
- กระบวนการเจาะดินเป็นการปลดปล่อยความเค้นแต่การตอกเสาเข็มเป็นการเพิ่มความเค้น ดังนั้น K/K0 มีค่าต่ำ

หน่วยแรงเสียดทานที่ผิว (fs) อาจหาโดยวิธี β ดังสมการที่ 8

$$f_s = \beta\sigma_v' \tag{2.8}$$

$$\beta = K\tan\phi_s \tag{2.9}$$

โดย ϕ_s = ความเค้นประสิทธิผลในแนวดิ่งที่กึ่งกลางชั้นดิน

K = สัมประสิทธิ์แรงดันด้านข้างของดิน ประมาณโดยใช้ตารางที่ 1

σ_v' = มุมของแรงเสียดทานระหว่างดินกับผิวเสาเข็ม ประมาณโดยใช้ตารางที่ 2

ตารางที่ 2.2 ค่า K/K_0 สำหรับเสาเข็มเจาะ

Construction Method	K/K_0
Dry construction with minimal sidewall disturbance and prompt concreting	1
Slurry construction - good workmanship	1
Slurry construction - poor workmanship	2/3
Casing under water	5/6

Adapted from Kulhawy, 1991, and Stas and Kulhawy, 1984.

ตารางที่ 2.3 ค่า ϕ_s/ϕ สำหรับเสาเข็มเจาะ

Construction Method	ϕ_s/ϕ
Open hole or temporary casing	1.0
Slurry method — minimal slurry cake	1.0
Slurry method — heavy slurry cake	0.8
Permanent casing	0.7

Adapted from Kulhawy, 1991.

เนื่องจากปัญหาในการประมาณค่า จึงมีผู้แนะนำให้ใช้สมการที่ 2.10 ในการหาค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\beta=1.5-0.135\sqrt{\frac{z}{B_r}} \qquad 0.25 \leq \beta \leq 1.20 \qquad (2.10)$$

โดย B_r = ความกว้างอ้างอิง = 0.3 เมตร

z = ระยะจากผิวดินลงมาถึงกึ่งกลางชั้นดิน

2.4.2 ดินมีแรงยึดเหนี่ยว

<u>กำลังรับน้ำหนักบรรทุกที่ปลาย (End Bearing Capacity, qe')</u>

กำลังรับน้ำหนักบรรทุกสุทธิที่ปลายเสาเข็มเจาะสามารถประมาณได้โดยสมการที่ 2.11

$$q_e' = N_c^* s_u \leq 80{,}000 \text{ lb/ft}^2 \quad (4{,}000 \text{ kPa}) \qquad (2.11)$$

$$N_c^* = 6\left[1+0.2\left(\frac{D}{B_b}\right)\right] \leq 9 \qquad (2.12)$$

โดย N_c^* = ค่าตัวประกอบกำลังรับน้ำหนักบรรทุก (Bearing Capacity Factor)

D = ความลึกของปลายเสาเข็ม

B_b = ขนาดของปลายเสาเข็ม

s_u = ความแข็งแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำของดินในช่วงจากปลายเสาเข็มลงไปถึง 2 Bb ใต้ปลายเสาเข็ม

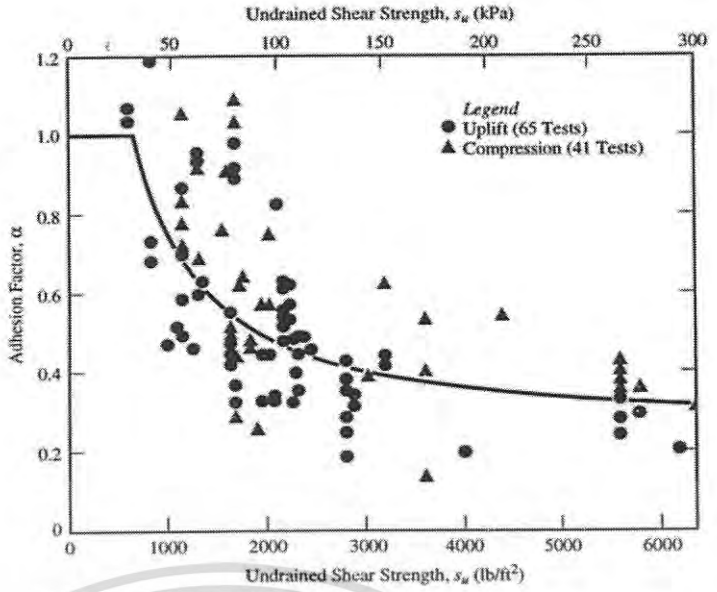
<u>หน่วยแรงเสียดทานที่ผิว (Unit Skin Friction, f_s)</u>

สมการที่ 13 เป็นการประมาณหน่วยแรงเสียดทานที่ผิวเสาเข็มเจาะในดินเหนียวโดยวิธี α ทั้งนี้ค่า α ได้จากรูปที่ 2

$$f_s = s_u \alpha \qquad (2.13)$$

Rees and O' i แนะนำให้ใช้ α = 0.55 สำหรับดินที่มีค่า น้อยกว่า 190 kPa (4000 lb/ft2) และแนะนำให้ไม่คิดแรงเสียดทานในช่วงบนของเสาเข็มเป็นระยะ 1.5 เมตร (5 ฟุต) และในช่วงจาก ปลายเสาเข็มขึ้นมาเท่าของขนาดปลายเสาเข็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 ค่า α ในสมการที่ 2.13

อาจใช้วิธี β ในการประมาณหน่วยแรงเสียดทานที่ผิวเสาเข็มเจาะโดยใช้สมการที่ 14

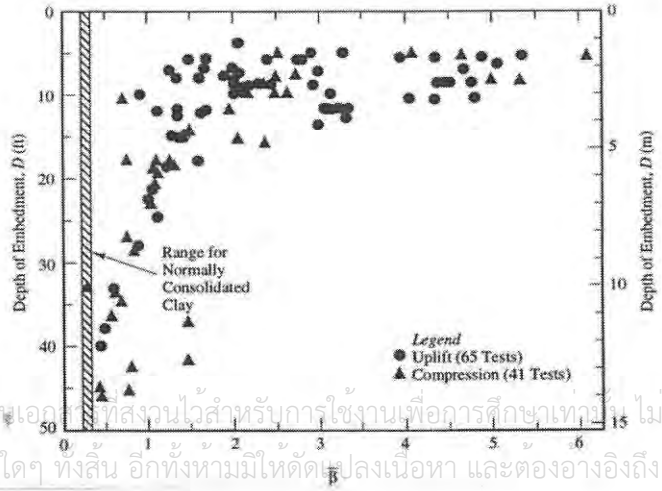
$$\overline{f_s} = \overline{\beta}\,\overline{\sigma'_v} \qquad (2.14)$$

โดย $\overline{f_s}$ = หน่วยแรงเสียดทานเฉลี่ยที่ผิวเสาเข็มเจาะ

$\overline{\sigma'_v}$ = ความเค้นประสิทธิผลเฉลี่ยตลอดความยาวเสาเข็ม

ในทำนองเดียวกับการประมาณหน่วยแรงเสียดทานของเสาเข็มตอก เป็นเรื่องยากในทางปฏิบัติที่จะหาค่า β วิธีนี้จึงไม่ได้รับความนิยมนัก

มีการศึกษาค่า β ไว้ดังรูปที่ 3 ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่านี้สูงในช่วงบนของชั้นดินเนื่องจาก β มีค่าแปรผันตาม OCR การใช้ข้อมูลในรูปนี้ ให้ใช้ค่า β เฉลี่ย ($\overline{\beta}$) เพียงค่าเดียวตลอดความยาวเสาเข็ม นอกจากนี้ข้อมูลที่แสดงได้จากการทดสอบเสาเข็มในดินเหนียวที่เกือบทั้งหมดมีค่าความแข็งแรงในสภาพ ไม่ระบายสูงกว่า 50 kPa ดังนั้น ไม่ควรใช้ข้อมูลนี้กับดินเหนียวอ่อน



รูปที่ 2.3 ค่า β ตลอดความยาวเสาเข็มในดินเหนียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ขั้นตอนทำเสาเข็มเจาะแห้ง

ในการทำเสาเข็มเจาะชนิดนี้ ประกอบด้วยอุปกรณ์ค่อนข้างเล็กไม่ยุ่งยาก เคลื่อนย้ายสะดวก ไม่ต้องการบริเวณทำงานมากนัก อุปกรณ์หลักประกอบด้วย ขาหยั่ง 3 ขา (TRIPOD) ปลอกเหล็กชั่วคราว (Temporary Casing) กระเช้าตักดิน (Bucket) ลูกตุ้ม (Cylindrical Hammer) และเครื่องกว้านลม (Air Winch) ซึ่งมีขั้นตอนการทำเสาเข็มเจาะดังนี้

ขั้นตอนที่ 1. การจัดเครื่องมือเข้าศูนย์กลางเสาเข็มเจาะ ปรับตั้ง 3 ขา ให้ได้ตรงแนวศูนย์กลางของเสาเข็ม เมื่อตรวจสอบถูกต้องแล้ว จึงตอกหลักยึดปรับแท่นเครื่องมือให้แน่น แล้วใช้กระเช้าเจาะนำเป็นรูลึก (PRE – BORE) ประมาณ 1.00 – 1.50 เมตร

ขั้นตอนที่ 2. การตอกปลอกเหล็กชั่วคราว (CASING) ลงปลอกเหล็กตรงตามตำแหน่งที่กำหนดไว้ โดยใช้สามขา (Tripod Rig) และใช้ลูกตุ้มตอกปลอกเหล็กที่มีความยาวท่อนละ 1.20 – 1.50 เมตร ลงดิน ปลอกเหล็กแต่ละท่อนจะต่อกันด้วยเกลียว ความยาวของปลอกเหล็กโดยรวมต้องเพียงพอที่จะป้องกันชั้นดินอ่อนพัง ในขณะลงปลอกเหล็กจะทำการตรวจวัดค่าความเบี่ยงเบนไม่ให้เข็มเจาะเอียง โดยปรกติในการปฏิบัติ ค่าความเบี่ยงเบนที่ยอมให้คือ

- ความเบี่ยงเบนแนวราบ 5 เซนติเมตร สำหรับเสาเข็มเดี่ยว
- ความเบี่ยงเบนแนวราบ 7 เซนติเมตร สำหรับเสาเข็มกลุ่ม
- ความเบี่ยงเบนแนวดิ่ง 1 : 100

(ทั้งนี้ให้ตรวจสอบข้อกำหนดตามรูปแบบรายการหรือสอบถามวิศวกรผู้ออกแบบ)

ขั้นตอนที่ 3. การเจาะและการใส่ Casing เมื่อตั้ง Tripod เข้าตรงศูนย์เข็มแล้ว ใช้ Bucket เจาะนำเป็นรูลึกประมาณ 1.50 ม.แล้วนำ Casing ซึ่งทำเป็นท่อนๆ ต่อกันด้วยเกลียวตอกลงไปในรูเจาะในแนวดิ่ง จนลึกถึงชั้นดินแข็งปานกลาง (Medium Clay) ที่พอเพียงที่จะป้องกันการพังทลายของชั้นดินอ่อนและน้ำใต้ดินไว้ได้ จากนั้นใช้ Bucket ขุดเจาะเอาดินออกจนถึงชั้นดินปนทราย ซึ่งในเขตกรุงเทพมหานครมักจะอยู่ที่ความลึกประมาณ 18.0 -21.0 ม. (ขึ้นอยู่กับลักษณะทางธรณีวิทยาของแต่ละพื้นที่)

ข้อควรปฏิบัติ และข้อควรระมัดระวัง

- ในระหว่างการเจาะเอาดินขึ้น ต้องตรวจสอบว่าผนังดินพังหรือยุบเข้าหรือไม่ โดยดูจากชนิดของดินซึ่งเก็บขึ้นมา ซึ่งควรจะต้องสอดคล้องกับความลึก และคล้ายคลึงกับเข็มต้นแรกๆ ถ้าตรวจพบว่าดินเกิดจากการเคลื่อนพังจะรีบแก้ไขในทันทีโดยตอกปลอกเหล็กชั่วคราวให้ลึกลงไปอีก
- การตรวจสอบก้นหลุม ใช้สปอร์ตไลท์หรือกระจกเงาส่องดูก้นหลุมว่ามีการยุบเข้า (CABE IN) มีน้ำซึมหรือไม่ ถ้ามีน้ำซึมที่บริเวณก้นหลุม จะใช้วิธีเทคอนกรีตแห้งลงไปประมาณ 0.10 ลบ.ม. โดยแบ่งเป็นชั้นๆ และกระทุ้งให้แน่นด้วยตุ้มเหล็ก เป็นการทำให้ก้นหลุมเจาะสะอาดและอัดแน่น ไม่มีเศษดินหรือทรายร่วนตกค้างอยู่ และยังอาจเกิดเป็น Bulb ของคอนกรีตแห้ง ซึ่งจะช่วยเพิ่ม Bearing Capacity และลดค่า Settlement ของเสาเข็มเมื่อรับน้ำหนักบรรทุก (ในชั้นดินบางแห่งที่มีอัตราการซึมของน้ำใต้ดินค่อนข้างสูง การกระทุ้งด้วยตุ้มน้ำหนักอาจจะเปิดช่องน้ำใต้ดินให้ไหลเข้าสู่หลุมเจาะมากขึ้น)
- ดินที่เจาะขึ้นมา ควรนาออกมานอกบริเวณโดยเร็ว เพื่อไม่ให้เกิดน้ำหนักจร (SURCHARGE) ต่อเสาเข็มต้นถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 4. ใส่เหล็กเสริม ปกติจำนวนเหล็กเสริมมีค่าประมาณ 0.35% – 1.00 % ของพื้นที่หน้าตัดเสาเข็ม เหล็กเสริมนี้จะใส่ Spacer ที่ทำด้วย Mortar ไว้เป็นระยะ เพื่อช่วยประคองโครงเหล็กให้ทรงตัวอยู่ในรูเจาะ โดยมี Covering ไม่น้อยกว่า 7.5 ซม. อยู่โดยรอบเหล็กปลอก โดยทั่วไประยะห่าง ระหว่างเหล็กปลอกจะไม่เกิน 0.20 ม. ความยาวของการต่อทาบเหล็กในแต่ละท่อนเป็น 40 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเหล็ก โดยยกให้ปลายเหล็กพ้นจากปลายล่างของหลุมเจาะประมาณ 0.50 ม.

ขั้นตอนที่ 5. การเทคอนกรีต ทำการเทคอนกรีตลงในรูเจาะโดยเทผ่านกรวย (Hopper) ที่มีท่อปล่อยขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6"– 8" เพื่อให้คอนกรีตหล่นลงก้นหลุมตรงๆ ไม่ปะทะผนังรูเจาะ ซึ่งวิธีนี้จะช่วยลดการแยกตัวของคอนกรีตได้มาก และเนื่องจากงานหล่อคอนกรีตของเสาเข็มเจาะนั้นไม่สามารถใช้เครื่องเขย่าหรือเครื่องจี้ได้ จึงต้องทำให้คอนกรีตมี Workability สูง โดยควบคุม Slump ให้มีค่าอยู่ระหว่าง 12.50 +/- 2.50 ซม.

ข้อควรปฏิบัติ และข้อควรระมัดระวัง

- โดยปรกติจะเทคอนกรีตจนเต็มหรือเกือบเต็มหลุมเจาะ ก่อนทำการถอนปลอกเหล็ก ซึ่งจะทำให้คอนกรีตมีความต่อเนื่องและขณะถอนปลอกเหล็กจะมองเห็นสภาพการยุบตัวของคอนกรีตได้ชัดเจน ทำให้มั่นใจได้ว่าเสาเข็มมีความสมบูรณ์ตลอดความยาว
- การเทคอนกรีตจนเต็มหรือเกือบเต็มหลุมเจาะนี้แม้จะเป็นข้อดี แต่จะกระทำได้สำหรับเสาเข็มเจาะที่เจาะดินไม่ผ่านชั้นทรายชั้นแรกเท่านั้น เพราะหากต้องเจาะผ่านชั้นทรายชั้นแรก จำเป็นต้องลงปลอกเหล็กยาวลงไปกันชั้นทราย การเทคอนกรีตขึ้นมามากเกินไป จะทำให้ไม่สามารถถอนปลอกเหล็กขึ้นได้ เพราะกำลังเครื่องจักรไม่เพียงพอ ดังนั้นจึงต้องทำการเทคอนกรีต และถอนปลอกเหล็กกันดินเป็นช่วงๆ กรณีเช่นนี้ควรคอยตรวจเช็คระดับคอนกรีตภายในปลอกเหล็กตลอดเวลาที่ดำเนินการถอน เพื่อให้มั่นใจได้ว่าไม่มีการไหลดันของดินและน้ำเข้ามา จนทำให้เสาเข็มคอดหรือขาดจากกัน
- รูเจาะเมื่อได้รับการตรวจสอบและอนุมัติให้เทคอนกรีตได้ ควรจะรีบทำการเทคอนกรีตทันทีเพื่อไม่ให้รูเจาะอ่อนตัวหรือกระทบความชื้นในอากาศนานเกินไป จนสูญเสียแรงเฉือน (SKIN FRICTION) ได้

ขั้นตอนที่ 6. การถอดปลอกเหล็กชั่วคราว จะต้องเทคอนกรีตให้มีระดับสูงกว่าปลอกเหล็กชั่วคราว (CASING) พอสมควรจึงจะเริ่มถอดปลอกเหล็กขึ้น โดยปกติขณะถอดปลอกเหล็กจะต้องให้มีคอนกรีตอยู่ภายในปลอกเหล็กไม่น้อยกว่า 0.50 ม. เพื่อเป็นการป้องกันมิให้ชั้นดินอ่อนบีบตัว ทำให้ขนาดเสาเข็มเจาะเปลี่ยนไป และเป็นการป้องกันมิน้ำใต้ดินไหลซึมเข้ามาในรูเจาะก่อนที่จะทำการถอดปลอกเหล็กชั่วคราวออกหมด จะเตรียมคอนกรีตให้มีปริมาณเพียงพอ และ จะต้องเผื่อคอนกรีตให้สูงกว่าระดับที่ ต้องการประมาณ 30-40 ซม. เพื่อป้องกันมิให้หัวเข็มในระดับที่ต้องการสกปรก เนื่องจากวัสดุหรือเศษดินร่วงหล่นลงไป ภายหลังจากการถอนปลอกเหล็กออกหมดแล้ว

ขั้นตอนที่ 7. การทำเสาเข็มต้นต่อไป เสาเข็มต้นต่อไปต้องอยู่ห่างจากเสาเข็มที่เพิ่งทำแล้วเสร็จ ไม่น้อยกว่า 6 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางเสาเข็ม หรือใกล้เคียงเสาเข็มต้นเดิมที่
ทำแล้วเสร็จไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง ดังนั้นในการทำเข็มเจาะ ควรมีการวางแผนการเจาะหรือการวาง Sequence ของการเจาะเสาเข็ม เพื่อหลีกเลี่ยงผลกระทบต่อเสาเข็มที่เพิ่งจะหล่อเสร็จใหม่ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 การออกแบบส่วนผสมคอนกรีต สำหรับเสาเข็มเจาะระบบแห้ง

คอนกรีตคือวัสดุผสมที่มีองค์ประกอบสำคัญคือ ซีเมนต์ หิน ทราย และน้ำ นอกจากนี้ยังอาจมีการเพิ่มเติมสิ่งอื่นตามต้องการได้อีกเช่น สารกักฟองอากาศหรือสารผสมเพิ่ม(Admixtures) ต่างๆ การเลือกส่วนผสมของคอนกรีตให้เหมาะสมนั้น มีข้อควรคำนึงถึง คือ การประหยัดวัสดุที่สมเหตุสมผล ความสามารถในการรับแรงของคอนกรีต หรือ Fc' ความสามารถในการทำงาน (Workability) และความข้นเหนียว ความแข็งแรง เป็นต้น

ความสามารถในการทำงาน (Workability) คือ การที่คอนกรีตทำได้ง่ายสำหรับ การผสม การขนส่ง การเทลงแบบหล่อ การอัดแน่น การตกแต่ง และความแข็งแรงของคอนกรีต

ความข้นเหนียว Consistency คือ ความเหลวหรือความเปียกของคอนกรีตสดนั่นเอง โดยสามารถตรวจสอบได้จากค่าการยุบตัว (Slump) โดยคอนกรีตที่มีค่ายุบตัวสูงจะมีความเหลวมาก

ความแข็งแรงของคอนกรีต เป็นคุณสมบัติที่สำคัญมาก ในสภาวะทั่วไปจะสามารถคำนวณกำลังของคอนกรีตจาก ปริมาณน้ำสุทธิที่ใช้เทียบกับปริมาณของซีเมนต์หนึ่งหน่วย หรือ ที่เรียกกันว่า Water Cement Ratio

ข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบส่วนผสมคอนกรีต

1. การวิเคราะห์ขนาดของมวลรวมหยาบและละเอียดด้วยตะแกรง Sieve Analysis
2. ค่าหน่วยน้ำหนักของมวลรวมหยาบ
3. ค่า Bulk specific gravities และค่าอัตราการดูดซึมของมวลรวมคละ
4. ปริมาณน้ำที่ต้องใช้สำหรับการผสมคอนกรีต
5. ค่าของ Water Cement Ratio

โดย ข้อที่ 4 และ5 อาจดูค่าจากตารางที่และเลือกใช้ได้เลย ก็สามารถทำได้เช่นกัน

ขั้นตอนการคำนวณ

ควรทำตามลำดับขั้นตอนดังนี้

1. อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์สูงสุด
2. ปริมาณซีเมนต์น้อยที่สุด
3. ปริมาณอากาศ
4. ค่าการยุบตัว (Slump)
5. ขนาดโตสุดของมวลรวมคละ
6. กำลังคอนกรีต
7. ความต้องการอื่นๆเช่น สารผสมเพิ่มและซีเมนต์ชนิดพิเศษ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 การออกแบบเสาสั้นรับแรงอัดตามแนวแกน

ตามมาตรฐาน ว.ส.ท. ได้กำหนดกำลังต้านทานแรงอัดปลอดภัยตามแนวแกนของสั้น(P_0) ทางทฤษฎี ดังนี้

$$P_0 = F_a A_g \qquad (2.15)$$

โดยที่ $F_a = 0.34f_c'(1+m\,\rho_g)$ กก./ซม^2. $m=f_y 0.85\,f_c'$ $\rho_g = A_{st}/A_g$

A_{st} = เนื้อที่หน้าตัดเหล็กยืนทั้งหมดในเสา ซม^2.

A_g = เนื้อที่หน้าตัดทั้งหมดของเสา ซม^2.

มาตรฐาน ว.ส.ท. ได้เผื่อระยะเยื้องศูนย์ขั้นต่ำ (minimum eccentricity)ดังกล่าวโดยกำหนดสูตรต้านทานแรงอัดปลอดภัยตามแนวแกน(P_a) ของเสา คสล. แบบต่างๆดังนี้

1.เสาปลอกเกลียว

$$P_a = A_g(0.25\,f_c' + f_s\,\rho_g) \qquad (2.16)$$

2.เสาปลอกเดี่ยว

$$P_a = 0.85A_g(0.25\,f_c' + f_s\,\rho_g) \qquad (2.17)$$

โดยที่ f_s = หน่วยแรงอัดที่ยอมให้ของเหล็กยืน

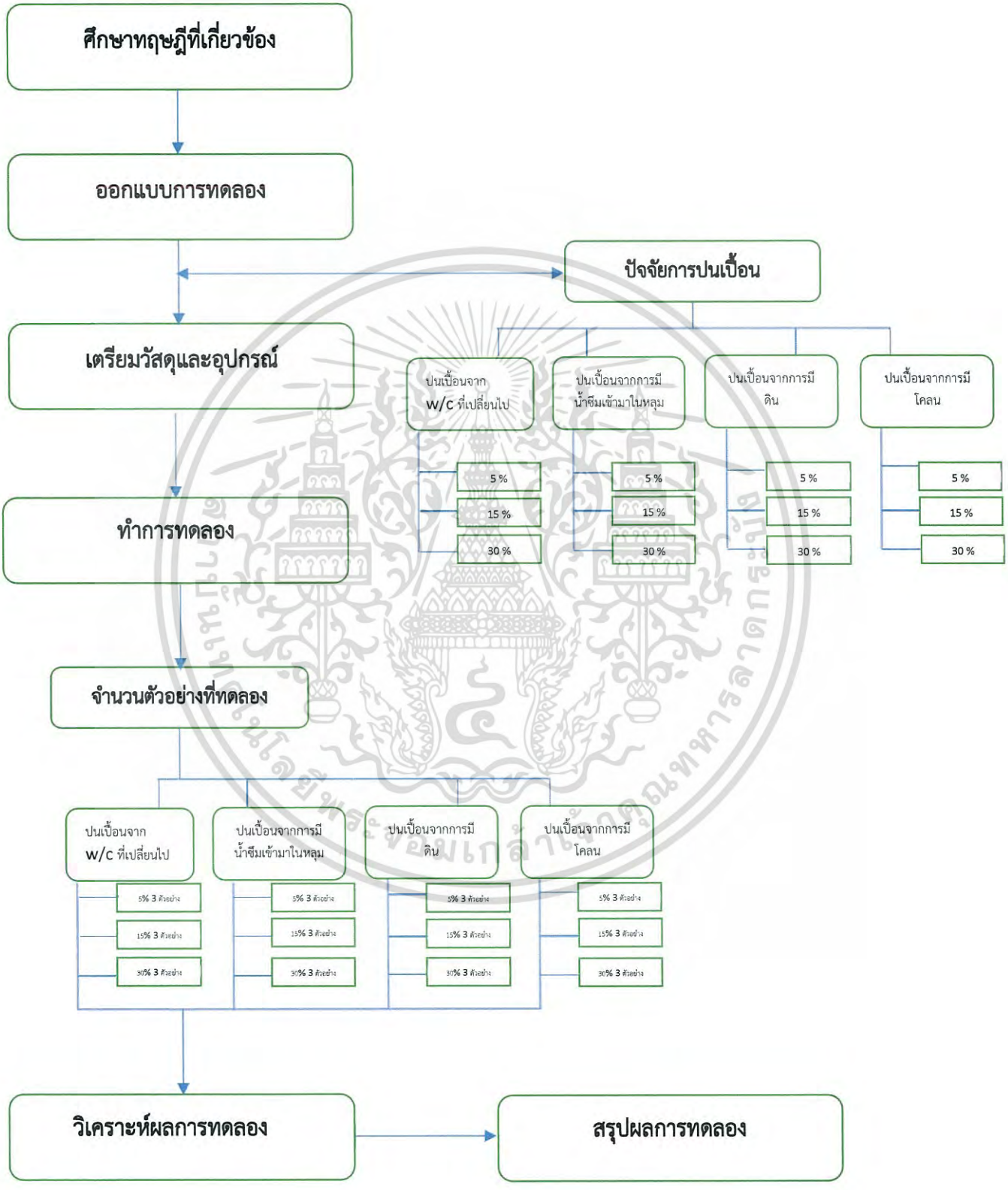
= $0.40f_y$แต่ต้องไม่เกิน 2100 กก./ซม^2.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินวิจัย

3.1แผนการดำเนินงาน



รูปที่ 3.1 แผนการดำเนินงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ออกแบบการทดลอง

การปนเปื้อนของคอนกรีตในเสาเข็มเจาะระบบแห้ง อาจจะทำให้กำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มลดลง ดังนั้นการทดลองครั้งนี้จะเป็นการเปรียบเทียบกำลังรับน้ำหนักของเสาเข็มเจาะที่มีการปนเปื้อนและเสาเข็มเจาะที่สมบูรณ์ ซึ่งการทำการทดสอบโดยใช้เสาเข็มจริงไม่สามารถทำได้ เพราะมีปัจจัยหลายอย่างที่ไม่สามารถจัดหามาได้ เช่น พื้นที่ทดสอบเสาเข็ม หรือ ค่าทดสอบเสาเข็ม ดังนั้นจึงใช้แบบจำลองมาเป็นตัวแทนในการทดสอบ โดยจะใช้ แบบหล่อทรงกระบอกมาตรฐาน ขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร เป็นแบบหล่อจำลองของเสาเข็ม โดยการปนเปื้อนมีปัจจัยดังนี้ 1.น้ำที่ทำให้อัตราส่วนของน้ำกับซีเมนต์เปลี่ยนไป 2.น้ำที่ซึมเข้ามาในหลุมเจาะ 3.น้ำโคลนปนเปื้อนที่ก้นหลุม 4.ดินปนเปื้อน โดยเมื่อทำการหล่อแบบจำลองจนได้อายุตามที่กำหนดแล้ว จะนำมาทดสอบหากำลังรับน้ำหนักของแต่ละแบบจำลองเสาเข็ม เพื่อหาแนวโน้มของกำลังรับน้ำหนักว่าเป็นอย่างไรเมื่อเทียบกับแบบจำลองที่ไม่มีการปนเปื้อน

Concrete Mixed design (Fc' = 210 ksc)

1. เลือกใช้ค่า slump ของเสาเข็มเป็น 10 ± 2.5 cm.
2. ขนาดมวลรวมคละที่ใช้คือ 40 mm
3. เป็นคอนกรีตธรรมดาทั่วไป จะหาปริมาณน้ำได้จากตาราง มีค่า 175 kg/m^3
4. เปิดตารางจะได้ค่า Water Cement Ratio = 0.606
5. จากขั้นตอนที่ 3 และ 4 เราจะนำค่า WCR และ ปริมาณน้ำ มาหาปริมาณซีเมนต์ได้คือ
   ปริมาณซีเมนต์ = Water/WCR = 175/0.606 = 288.78 kg/m^3
6. ทำการหาค่าปริมาณของมวลรวมหยาบ จากตารางและใช้ค่า F.M. ของหินที่หามาได้คือ 2.8 ขนาดโตสุด คือ 40 mm จะได้ปริมาณมวลรวมหยาบ = 0.72 kg/ m^3 (หน่วยน้ำหนักหินคือ 1600 kg/ m^3)
   ดังนั้น น้ำหนักมวลแห้ง = 0.72 x 1600 = 1184 kg/ m^3
7. หาปริมาณของทรายโดยการ นำ หน่วยน้ำหนักคอนกรีตที่ มวลรวมหยาบขนาดโตสุด 40 mm ตั้ง ลบด้วย น้ำหนักน้ำ น้ำหนักหิน น้ำหนักซีเมนต์
   จะได้ว่า น้ำหนักทราย = 2420 – 175 – 1184 – 288.78 = 772.22 kg/ m^3
   และเนื่องจากในการทดสอบครั้งนี้ ใช้แบบหล่อคอนกรีตทรงกระบอก จำนวน 42 ตัวอย่าง จึงต้องใช้ปริมาณคอนกรีตคือ = 42 x π x r^2 x h = 42 x π x 0.0752 x 0.3 = 0.22 m^3
   ฉะนั้นจะใช้ หิน = 1184 x 0.22 = 260.48 kg
   ทราย = 772.22 x 0.22 = 169.89 kg
   น้ำ = 175 x 0.22 = 38.5 kg
   ซีเมนต์ = 288.78 x 0.22 = 63.53 kg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 อุปกรณ์ในการทดลอง

1. ตาชั่งวัสดุ (Scale)
2. เครื่องชั่งน้ำหนักอย่างละเอียดแบบดิจิตอล (Digital Scale)
3. เกรียง (Trowel)
4. ช้อนตักคอนกรีต (Scoop)
5. พลั่ว (Shovel)
6. เครื่องผสมคอนกรีต (Concrete mixer)
7. รถเข็นคอนกรีต (Concrete barrow)
8. แบบหล่อ (Concrete cylinder mold)
9. อุปกรณ์เช็คค่าการยุบตัว(Slump tools
10. บ่อบ่ม(Pond)

รูปที่ 3.2 ตาชั่งวัสดุ(Scale)

รูปที่ 3.3 เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล (Digital scale)

รูปที่ 3.4 เกรียง (Trowel)

รูปที่ 3.5 ช้อนตักคอนกรีต (Scoop)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.6 พลั่ว (Shovel)

รูปที่ 3.7 เครื่องผสมคอนกรีต (Concrete mixer

รูปที่ 3.8 รถเข็นคอนกรีต (Concrete barrow)

รูปที่ 3.9 แบบหล่อ (Concrete cylinder mold)

รูปที่ 3.10 อุปกรณ์เช็คค่าการยุบตัว(Slump tools)

รูปที่ 3.11 บ่อบ่ม(Pond)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 ขั้นตอนการทดลอง

ก.เตรียมแบบหล่อ

1. นำแบบหล่อคอนกรีต Cylinder มาทำความสะอาด ทาน้ำมัน

2. ประกอบแบบหล่อ ขันเกลียวให้แน่น และเรียงแบบหล่อไว้เป็นชุด ชุดละ 9 แบบ จำนวน 4 ชุด

3. เตรียมพื้นที่ในการนำรถเข็นปูนมาจอด เพื่อให้สามารถทำงานได้สะดวก

รูปที่ 3.12 เตรียมแบบหล่อ

ข.เตรียมปัจจัยการปนเปื้อน

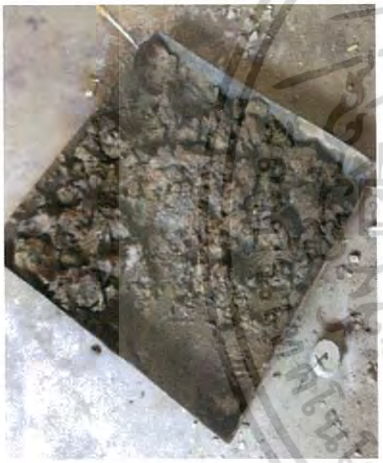
1. ชั่งน้ำหนัก ดิน น้ำโคลน น้ำ และคอนกรีตแห้ง ตามเปอร์เซ็นต์ที่กำหนด คือ 5% 15% 30% ของปริมาตรแบบหล่อ โดยทำอย่างละ 3 ตัวอย่าง โดยมีตัวแปรต่างๆดังนี้

ปริมาตรแบบหล่อคอนกรีต	$5.3*10^{-3}$ (m^3)
ความหนาแน่นของปูน	3.15 (g/cm^3)
ความหนา แน่นดิน	1.6 (g/cm^3)
ความหนาแน่นน้ำ	1 (g/ cm^3)
ความหนาแน่นโคลน	1.0984 (g/cm^3)
อัตราส่วนของดินกับน้ำ	4 ต่อ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 แสดงน้ำหนักของปัจจัยการปนเปื้อน

ประเภท	เปอร์เซ็นต์	น้ำหนัก (Kg)	จำนวน	หนักสุทธิ (Kg)
ดิน	5	0.425	3	1.275
	15	1.275	3	3.825
	30	2.55	3	7.65
โคลน	5	0.291	3	0.873
	15	0.873	3	2.620
	30	1.746	3	5.239
น้ำ	5	0.265	3	0.795
	15	0.795	3	2.385
	30	1.59	3	4.77



รูปที่ 3.13 เตรียมตัวอย่างดิน (1)

รูปที่ 3.14 เตรียมตัวอย่างดิน (2)

รูปที่ 3.15 เตรียมตัวอย่างดิน (3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. นำตัวอย่างที่ชั่งแล้ว แยกใส่ถุงพลาสติก ผูกถุงและแขวนไว้ใกล้บริเวณที่วางแบบหล่อ

รูปที่ 3.16 เตรียมตัวอย่างดิน (4)

รูปที่ 3.17 เตรียมตัวอย่างดิน (5)

รูปที่ 3.18 เตรียมตัวอย่างดิน (6)

รูปที่ 3.19 เตรียมตัวอย่างโคลน (1)

รูปที่ 3.20 เตรียมตัวอย่างโคลน (2)

รูปที่ 3.21 เตรียมตัวอย่างโคลน (3)

3. เตรียมส่วนผสมคอนกรีตตามที่ออกแบบเอาไว้

รูปที่ 3.22 เตรียมส่วนผสมคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค.การผสมคอนกรีต

1. ผสมคอนกรีต โดยใช้โม่ผสมคอนกรีต และทำการหาค่า slump เพื่อตรวจสอบว่าคอนกรีตนี้มีค่าการไหลที่ถูกต้อง

รูปที่ 3.23 ผสมคอนกรีต (1)

รูปที่ 3.24 ผสมคอนกรีต (2)

รูปที่ 3.25 การเช็คค่าการยุบตัว (Slump test)

2. นำคอนกรีตมาใส่ลงในแบบหล่อ เป็นคอนกรีตรองก้นแบบ ประมาณ 1/10 ของปริมาตร ในทุกๆแบบหล่อ
3. ใส่ปัจจัยการปนเปื้อนลงในแต่ละแบบหล่อ และทำการเทคอนกรีต ให้เต็มแบบหล่อ
4. จากนั้นทำการกระทุ้งด้วยเหล็กกระทุ้ง 9 ครั้ง โดยกระทุ้งตามเข็มนาฬิกา 8 ครั้ง และกระทุ้งตรงกลาง 1 ครั้ง และทำการปาดหน้าคอนกรีตให้เรียบ
5. ทิ้งไว้ 24 ชม ให้คอนกรีตแข็งตัวดี แกะแบบออก และนำคอนกรีตไปบ่มในบ่อเป็นเวลา 14วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ง.การทดสอบด้วยเครื่อง Universal testing machine(UTM)</u>

1. นำคอนกรีตตัวอย่างที่ผ่านการบ่มแล้ว ไปทำการตากแดดให้แห้ง

2. นำคอนกรีตตัวอย่างไปครอบหัว เพื่อปรับพื้นที่หน้าตัดให้เรียบ เพื่อให้ได้ค่าการทดสอบที่ถูกต้อง

3. นำคอนกรีตตัวอย่างไปด้วยเครื่อง Universal testing machine เพื่อหาค่า แรง และระยะหดตัว

รูปที่ 3.26 การทดสอบด้วยเครื่อง UTM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การศึกษาและวิเคราะห์ผล

4.1 บทนำ

ในการจำลองการสูญเสียกำลังของคอนกรีตในงานเสาเข็มเจาะแห้ง โดยการจำลองการปนเปื้อนลงไปในแบบจำลองคอนกรีต โดยมีวัสดุใช้ศึกษาการปนเปื้อน คือ ก้อนดิน โคลน น้ำ และมีกรณีศึกษาเพิ่มเติมเมื่อมีน้ำอยู่ในหลุมเจาะแล้วทำการใส่คอนกรีตแห้งลงไปเพื่อให้สภาพก้นหลุมพร้อมเท โดยมีเปอร์เซ็นต์การปนเปื้อน คือ 5 , 15 และ 30 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตรของแบบจำลอง ในทุกๆปัจจัยการปนเปื้อน โดยใช้เวลาบ่ม 14 วัน แล้วนำผลการกดทดสอบกำลังรับน้ำหนักของแท่งคอนกรีตมาเปรียบเทียบกับแบบจำลองคอนกรีตที่สมบูรณ์ และค่ากำลังของคอนกรีตที่ใช้ในการออกแบบเสาเข็มเจาะระบบแห้ง ซึ่งค่าที่นำมาเปรียบเทียบคือ 1. กำลังรับน้ำหนักสูงสุด (Ultimate Strength) 2. โมดูลัสความยืดหยุ่น (Young's Modulus)

4.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติของดินที่ใช้ในการศึกษา

4.2.1 หาค่าความชื้นของดินในธรรมชาติ (Water Content)

ตารางที่ 4.1 หาค่าความชื้นของดินในธรรมชาติ (Water Content)

ตัวอย่างที่	Container (g)	Container + Wet Soil (g)	Wet Soil	Container + Dry Soil (g)	Dry Soil (g)	Water Content (%)
1	12.96	71.2	58.24	51.8	38.84	49.949
2	14.63	108.17	93.54	80.17	65.54	42.722
3	14.07	89.39	75.32	63.71	49.64	51.732
4	14.32	76.8	62.48	56.21	41.89	49.153
5	13.96	99.99	86.03	73.77	59.81	43.839
6	19.19	87.47	68.28	66.99	47.8	42.845
ค่าเฉลี่ย			73.982		50.587	46.707

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการศึกษาจากแบบจำลอง

4.3.1 ปัจจัยการสูญเสียกำลังของคอนกรีตเนื่องจากการปนเปื้อน

ปัจจัยการสูญเสียกำลังของคอนกรีตในเสาเข็มเจาะระบบแห้งที่เลือกมาใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้มี 5 แบบจำลอง ได้แก่

แบบจำลองที่ 1 คอนกรีตสมบูรณ์ ซึ่งไม่มีการปนเปื้อน ใช้เป็นตัวเปรียบเทียบข้อมูลกับ แบบจำลองอื่นๆ ใช้ชื่อในการเรียกแบบจำลองคือ Complete concrete

รูปที่ 4.1 แบบจำลองคอนกรีตสมบูรณ์

แบบจำลองที่ 2 ปัจจัยการสูญเสียกำลังของคอนกรีตเนื่องจากมีก้อนดินปนเปื้อน โดยเทียบกำลังรับน้ำหนักสูงสุดของคอนกรีต และค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น แบ่งเปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนเป็น 5 , 15 และ 30 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร ซึ่งจะใช้ชื่อในการเรียกแบบจำลองตัวอย่างต่างๆ คือ Clay 5% , Clay 15% และ Clay 30% ตามลำดับ

รูปที่ 4.2 แบบจำลองที่มีดินปนเปื้อนอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบจำลองที่ 3 ปัจจัยการสูญเสียกำลังของคอนกรีตเนื่องจากมีโคลนปนเปื้อน โดยเทียบกำลังรับน้ำหนักสูงสุดของคอนกรีต และค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น แบ่งเปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนเป็น 5 , 15 และ 30 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร ซึ่งจะใช้ชื่อในการเรียกแบบจำลองตัวอย่างต่างๆ คือ Mud 5% , Mud 15% และ Mud 30% ตามลำดับ

รูปที่ 4.3 แบบจำลองที่มีโคลนปนเปื้อนอยู่

แบบจำลองที่ 4 ปัจจัยการสูญเสียกำลังของคอนกรีตเนื่องจากมีน้ำปนเปื้อน ซึ่งน้ำที่ปนเปื้อนทำให้อัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์เปลี่ยนไป โดยเทียบกำลังรับน้ำหนักสูงสุดของคอนกรีต และค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น แบ่งเปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนเป็น 5 , 15 และ 30 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร ซึ่งจะใช้ชื่อในการเรียกแบบจำลองตัวอย่างต่างๆ คือ Water 5% , Water 15% และ Water 30% ตามลำดับ

รูปที่ 4.4 แบบจำลองที่มีน้ำปนเปื้อนอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบจำลองที่ 5 ปัจจัยการสูญเสียกำลังของคอนกรีตจากกรณีศึกษาเพิ่มเติมเมื่อมีน้ำอยู่ในหลุมเจาะแล้วทำการใส่คอนกรีตแห้งลงไปเพื่อให้สภาพก้นหลุมพร้อมเท โดยเทียบกำลังรับน้ำหนักสูงสุดของคอนกรีตและค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น แบ่งเปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนของน้ำเป็น 5 , 15 และ 30 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร ซึ่งจะใช้ชื่อในการเรียกแบบจำลองตัวอย่างต่างๆ คือ Water bottom 5% , Water bottom 15% และ Water bottom 30% ตามลำดับ

รูปที่ 4.5 แบบจำลองจากกรณีศึกษาเพิ่มเติมเมื่อมีน้ำอยู่ในหลุมเจาะแล้วทำการใส่คอนกรีตแห้งลงไปเพื่อให้สภาพก้นหลุมพร้อมเท

ทำการศึกษาหาค่ากำลังของคอนกรีตที่เสาเข็มต้องการในการถ่ายน้ำหนักจากโครงสร้างลงสู่เสาเข็ม โดยทำการประมาณค่าจากตารางมาตรฐานการรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มเจาะจากเว็บไซด์ แบ่งตามขนาดของเสาเข็มเจาะตามตารางที่ 4.2 แล้วนำค่ากำลังรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มมาคำนวณหาค่ากำลังของคอนกรีตที่เสาเข็มต้องมีความแข็งแรงเพียงพอในการรับน้ำหนักที่ใช้ออกแบบ

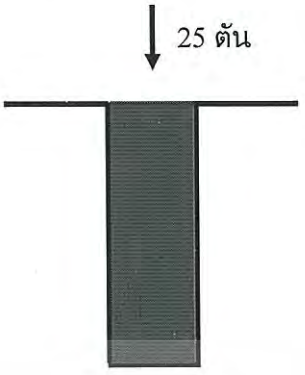
ตารางที่ 4.2 มาตรฐานน้ำหนักบรรทุกปลอดภัยของเสาเข็มเจาะแห้ง

ขนาดเสาเข็มเจาะ	พื้นที่หน้าตัดของเสาเข็ม	เส้นรอบวงของเสาเข็ม	น้ำหนักบรรทุกปลอดภัย
เส้นผ่านศูนย์กลาง 35 ซม.	962 ตร.ซม.	110 ซม.	20-35 ตัน
เส้นผ่านศูนย์กลาง 40 ซม.	1257 ตร.ซม.	125 ซม.	30-40 ตัน
เส้นผ่านศูนย์กลาง 50 ซม.	1964 ตร.ซม.	157 ซม.	40-50 ต้น
เส้นผ่านศูนย์กลาง 60 ซม.	2827 ตร.ซม.	188 ซม.	50-60 ต้น

Reference: http://www.เสาเข็มเจาะแบบแห้ง.com/detail_pile.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลือกใช้เสาเข็มเจาะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 เซนติเมตร น้ำหนักบรรทุกปลอดภัย 25 ตัน



$$P = 0.25F_c'A$$

$$25000 = 0.25F_c' \times 962$$

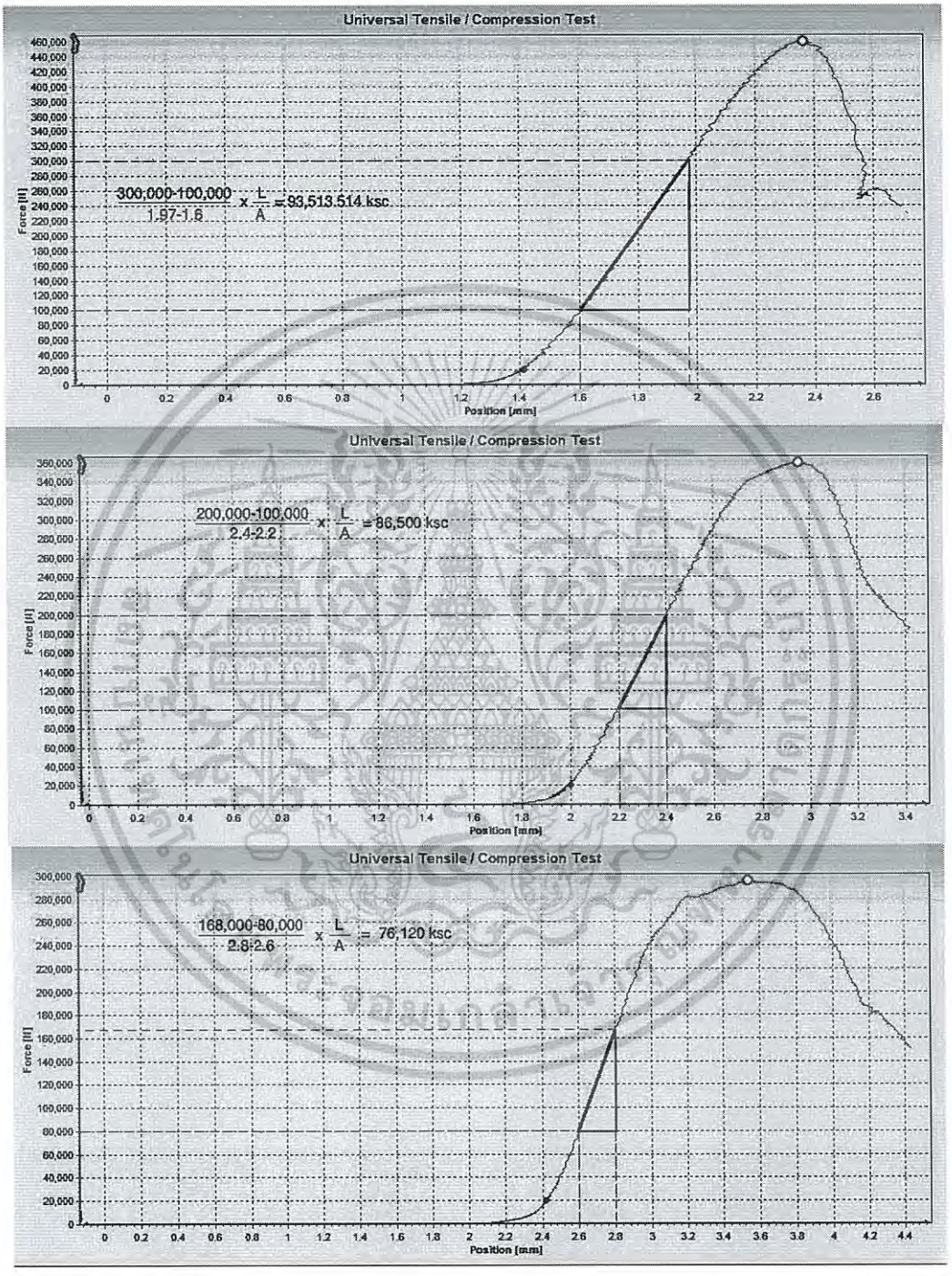
$$F_c' = 103.95 \text{ ksc}$$

ดังนั้น กำลังรับน้ำหนักต้องไม่ต่ำกว่า 103.95 ksc

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 การวิเคราะห์เปรียบเทียบพฤติกรรมของแบบจำลองคอนกรีต โดยกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรง (Force) กับระยะยุบตัว (Deformation)

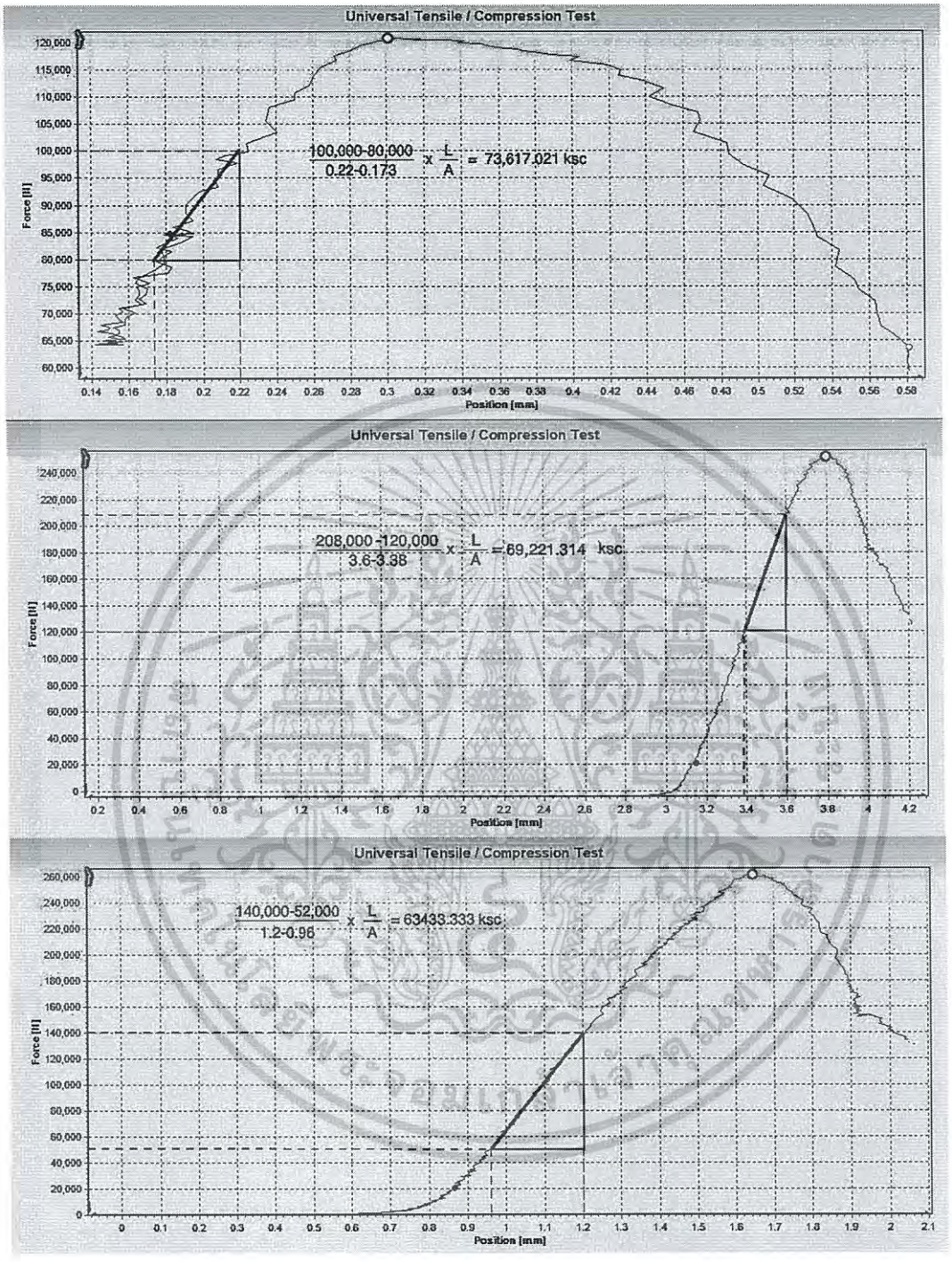
4.3.2.1 ข้อมูลผลการทดสอบแบบจำลองคอนกรีต แบบคอนกรีตสมบูรณ์



รูปที่ 4.6 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างแรง (Force) กับระยะยุบตัว (Deformation) ของแบบจำลองที่ 1 คอนกรีตสมบูรณ์ ตัวอย่างที่ 1 , 2 และ 3 ตามลำดับ

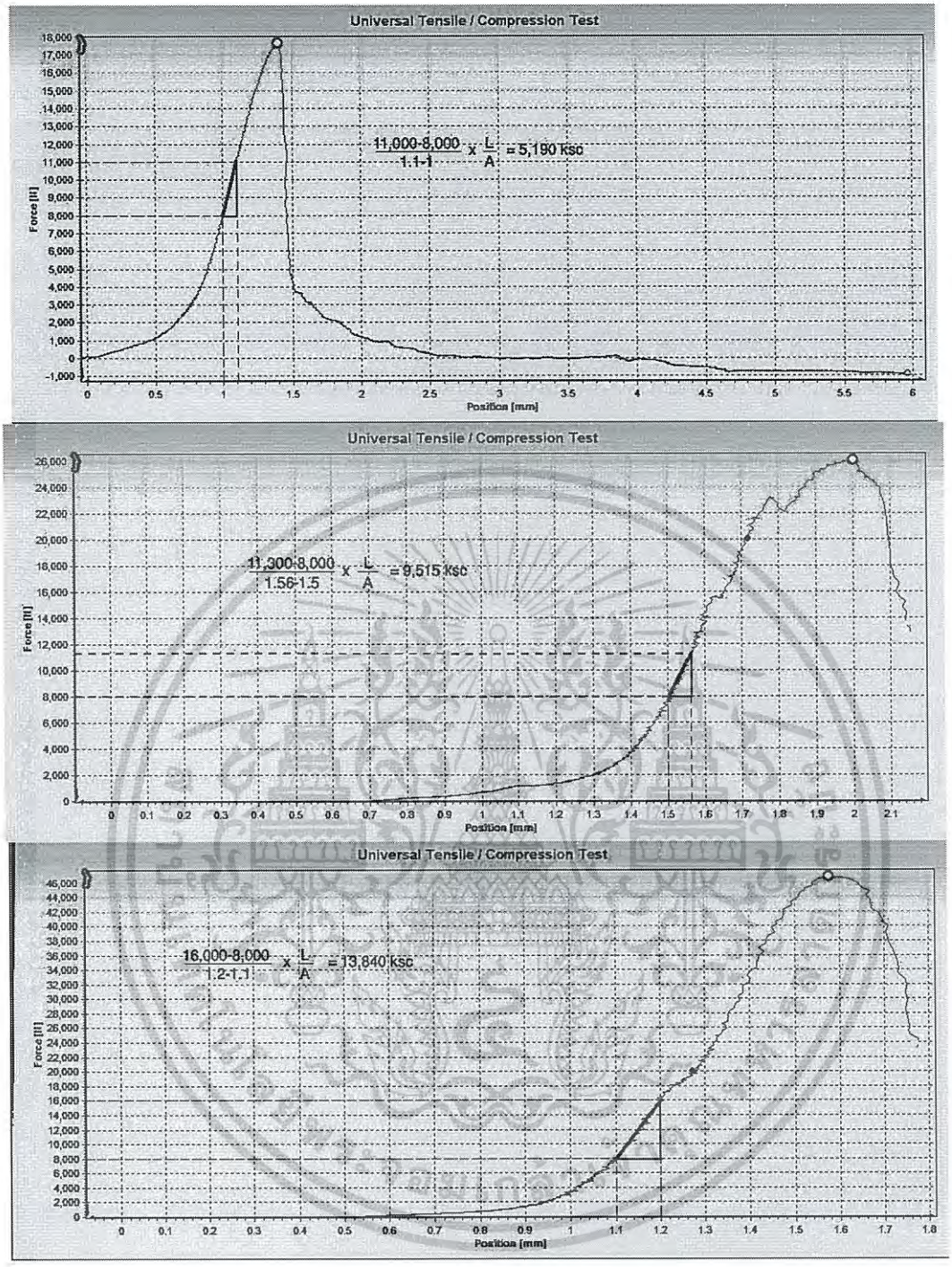
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2.2 ข้อมูลผลการทดสอบแบบจำลองคอนกรีตที่มีก้อนดินปนเปื้อน



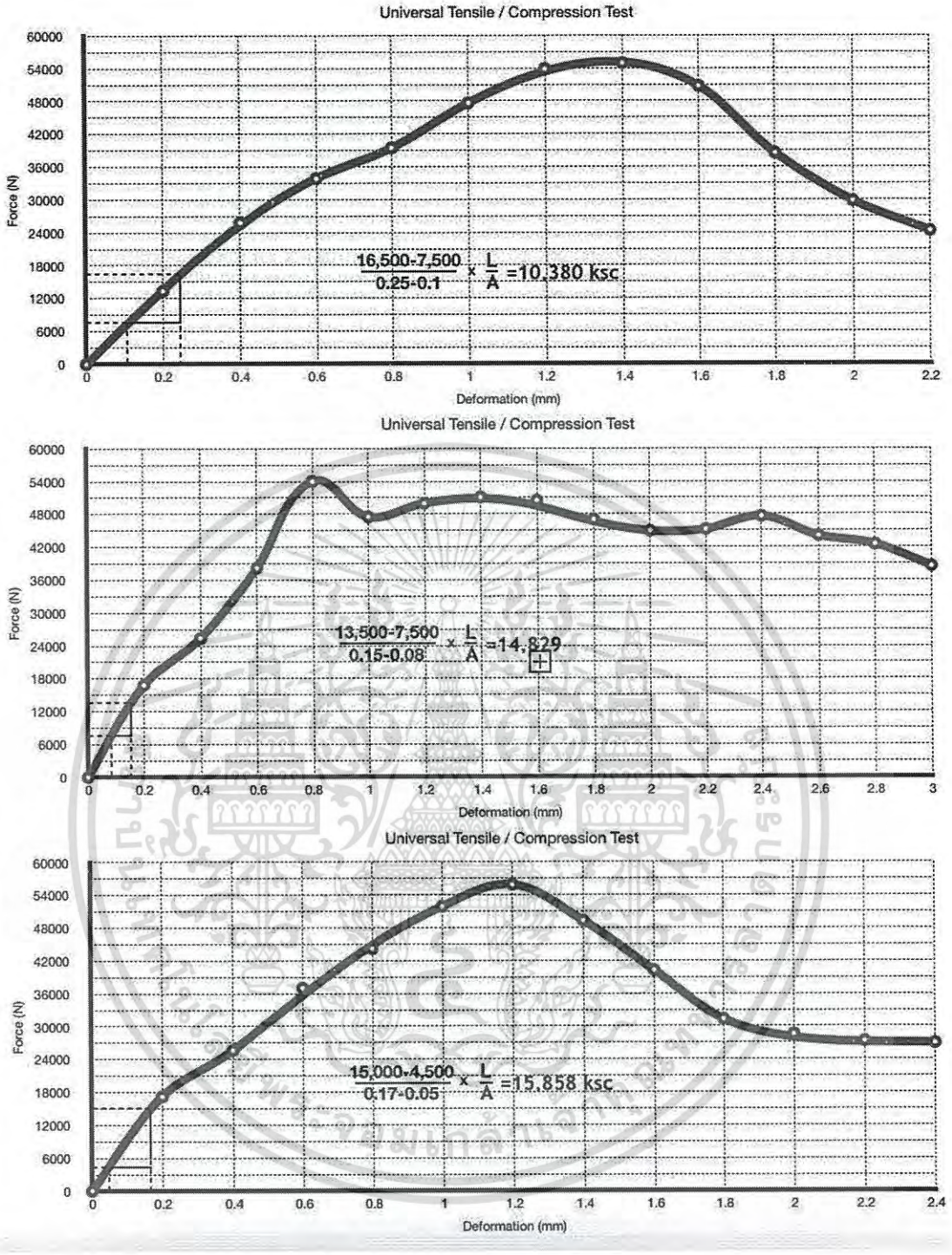
รูปที่ 4.7 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างแรง (Force) กับระยะยุบตัว (Deformation) ของแบบจำลองที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างแรง (Force) กับระยะยุบตัว (Deformation) ของแบบจำลองที่ 2 คอนกรีตที่มีก้อนดินปนเปื้อน 15% โดยปริมาตร ตัวอย่างที่ 1 , 2 และ 3 ตามลำดับ

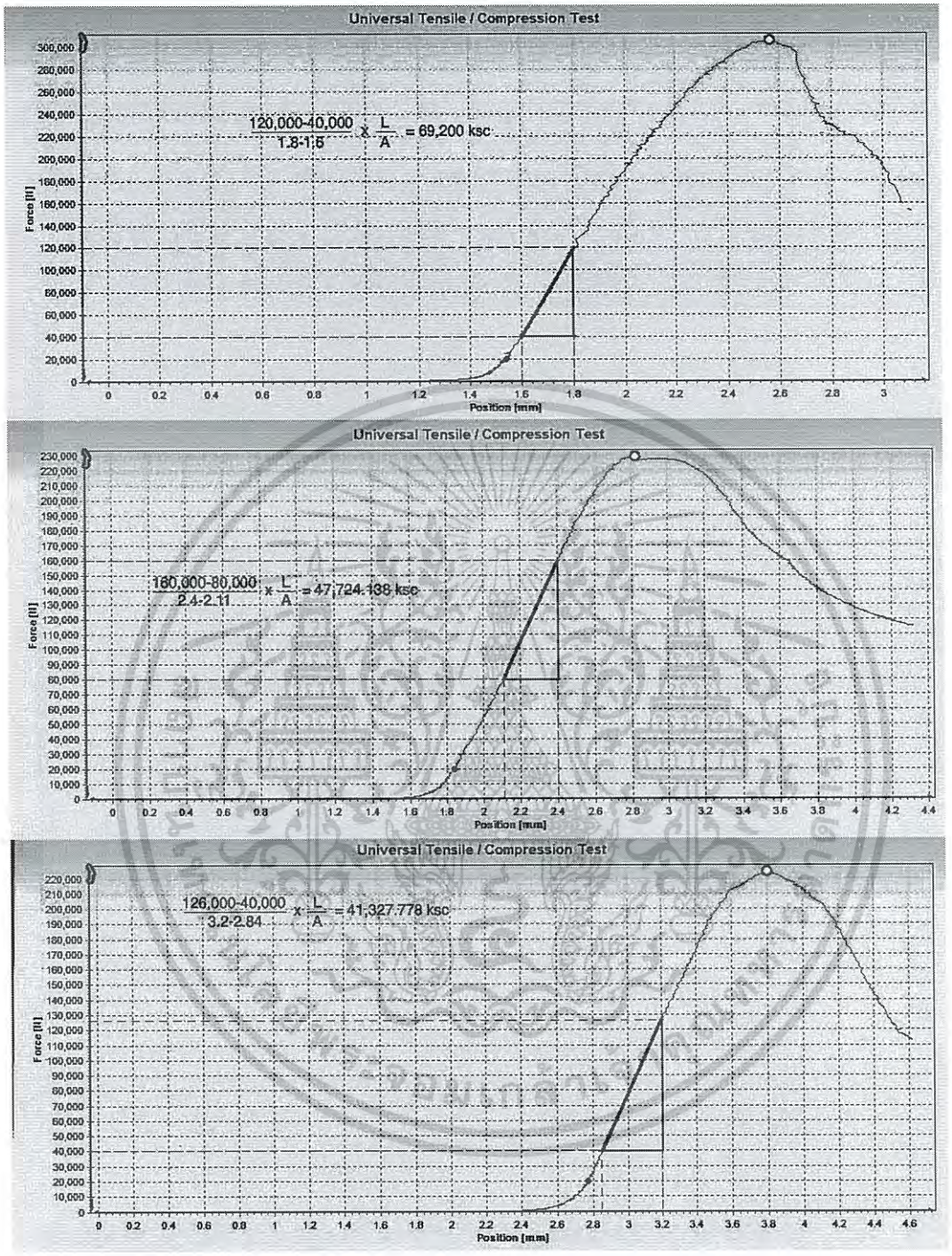
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างแรง (Force) กับระยะยุบตัว (Deformation) ของแบบจำลองที่ 2 คอนกรีตที่มีก้อนดินปนเปื้อน 30% โดยปริมาตร ตัวอย่างที่ 1 , 2 และ 3 ตามลำดับ

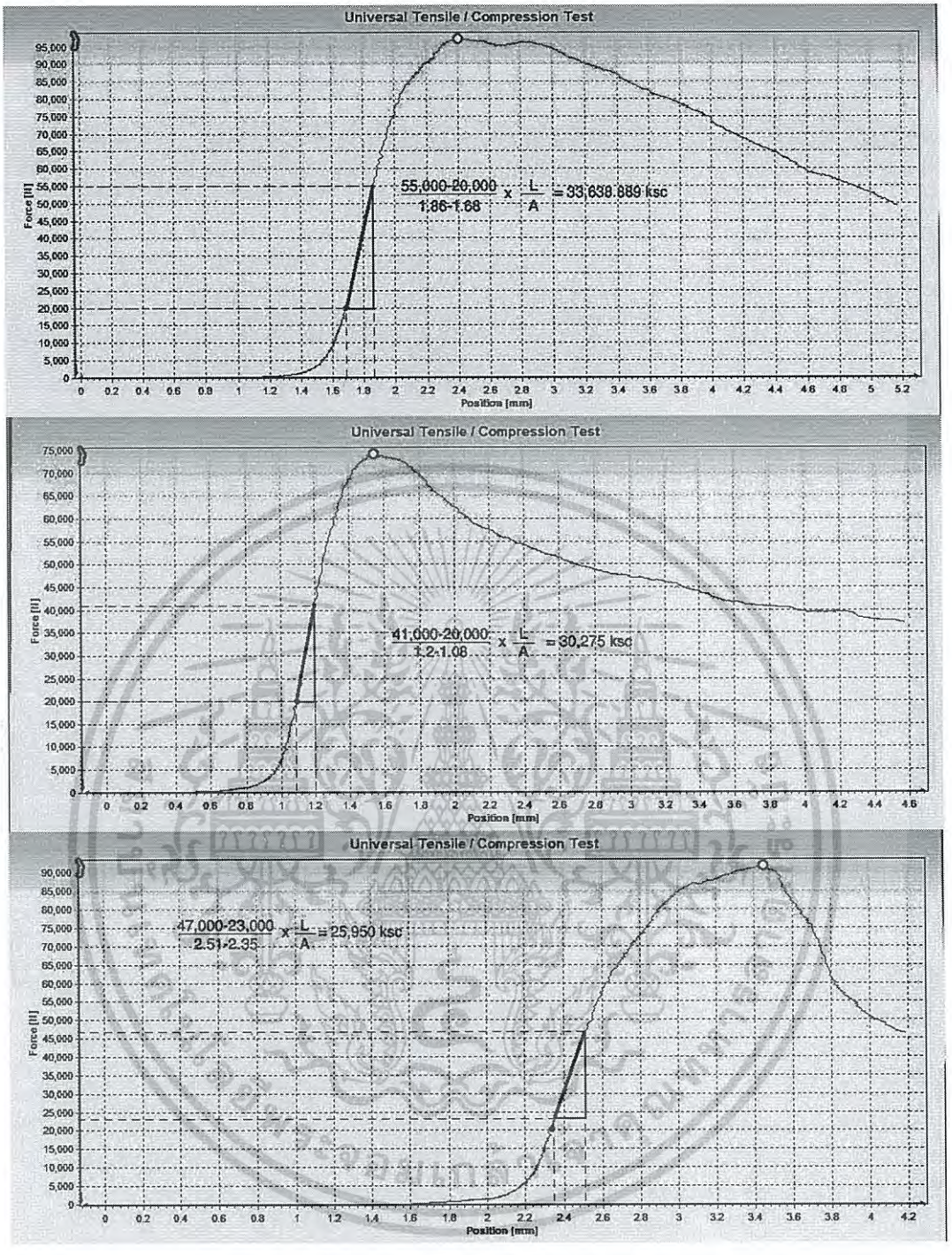
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2.3 ข้อมูลผลการทดสอบแบบจำลองคอนกรีตที่มีโคลนปนเปื้อน



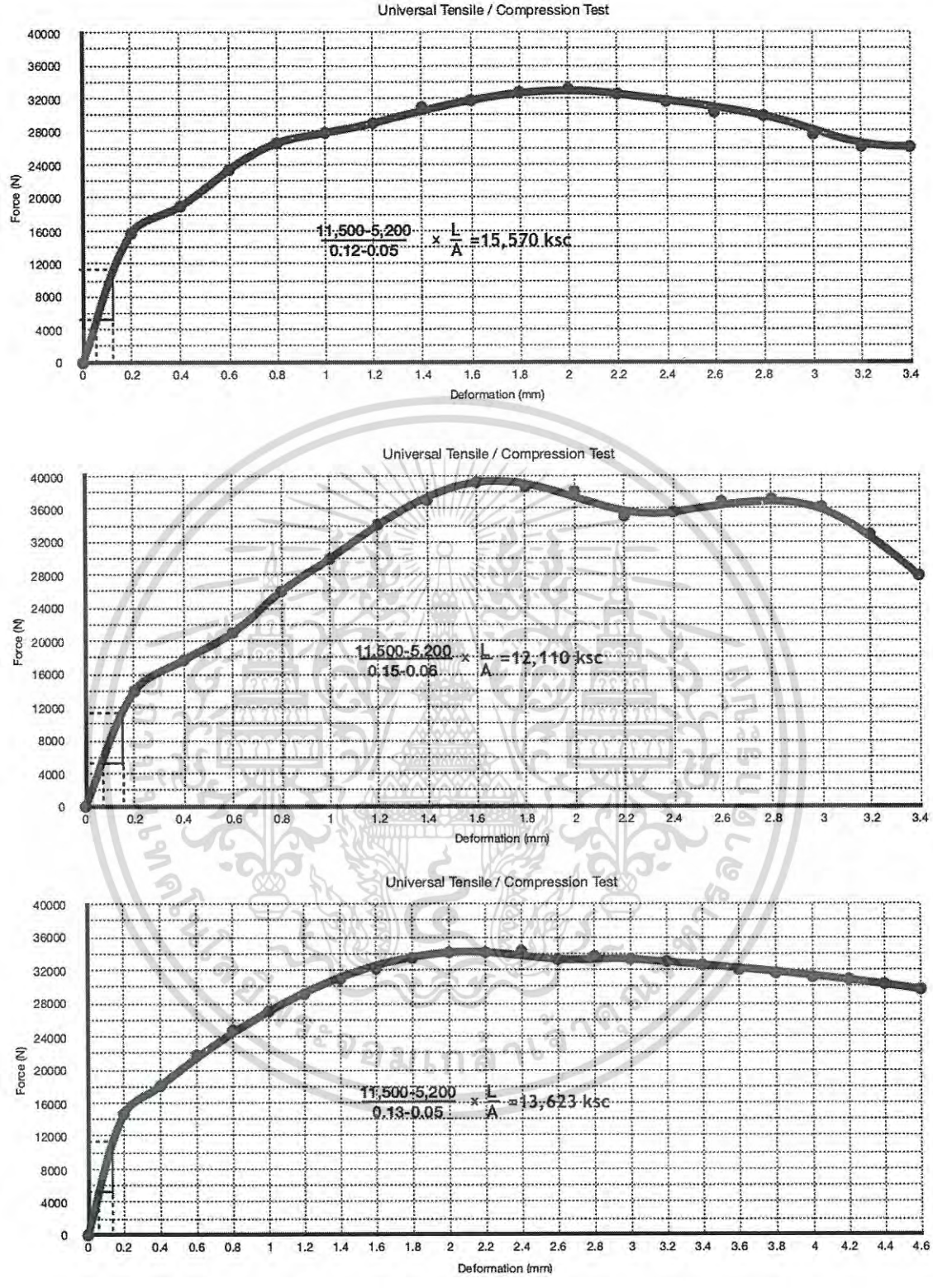
รูปที่ 4.10 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างแรง (Force) กับระยะยุบตัว (Deformation) ของแบบจำลองที่ 3 คอนกรีตที่มีโคลนปนเปื้อน 5% โดยปริมาตร ตัวอย่างที่ 1 , 2 และ 3 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างแรง (Force) กับระยะยุบตัว (Deformation) ของแบบจำลองที่ 3 คอนกรีตที่มีโคลนปนเปื้อน 15% โดยปริมาตร ตัวอย่างที่ 1 , 2 และ 3 ตามลำดับ

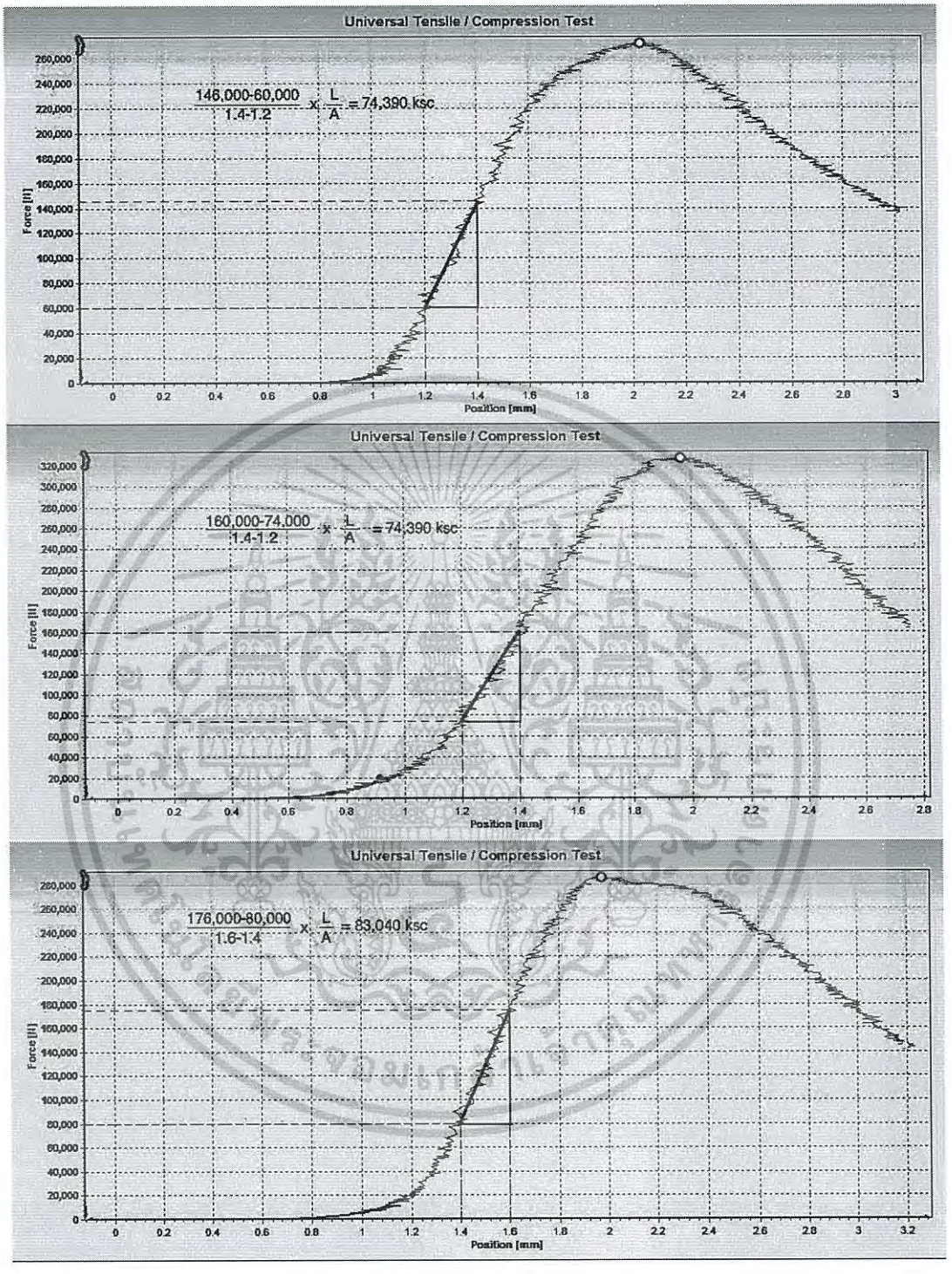
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างแรง (Force) กับระยะยุบตัว (Deformation) ของแบบจำลองที่ 3 คอนกรีตที่มีโคลนปนเปื้อน 30% โดยปริมาตร ตัวอย่างที่ 1 , 2 และ 3 ตามลำดับ

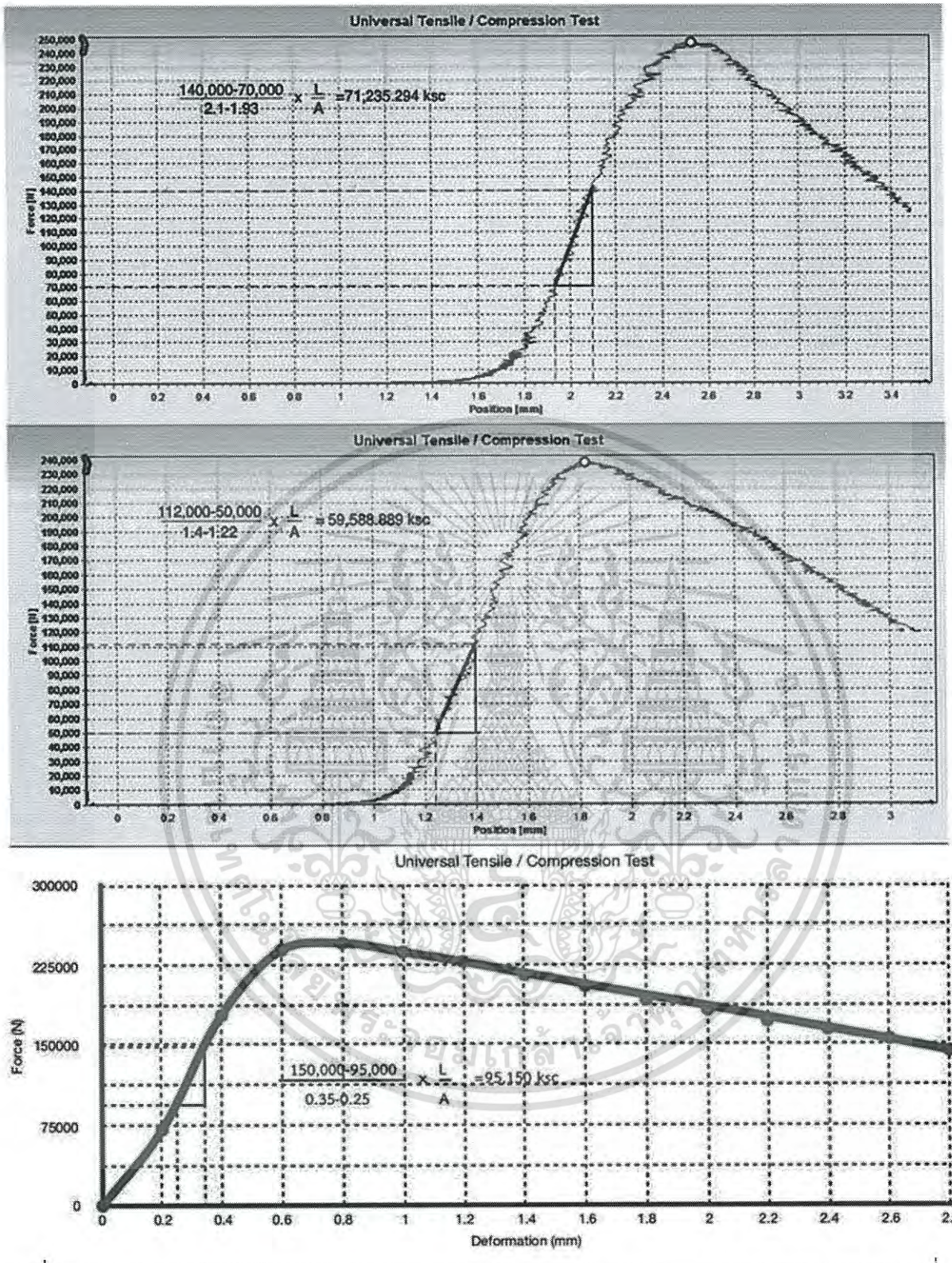
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2.4 ข้อมูลผลการทดสอบแบบคอนกรีตที่มีน้ำปนเปื้อน



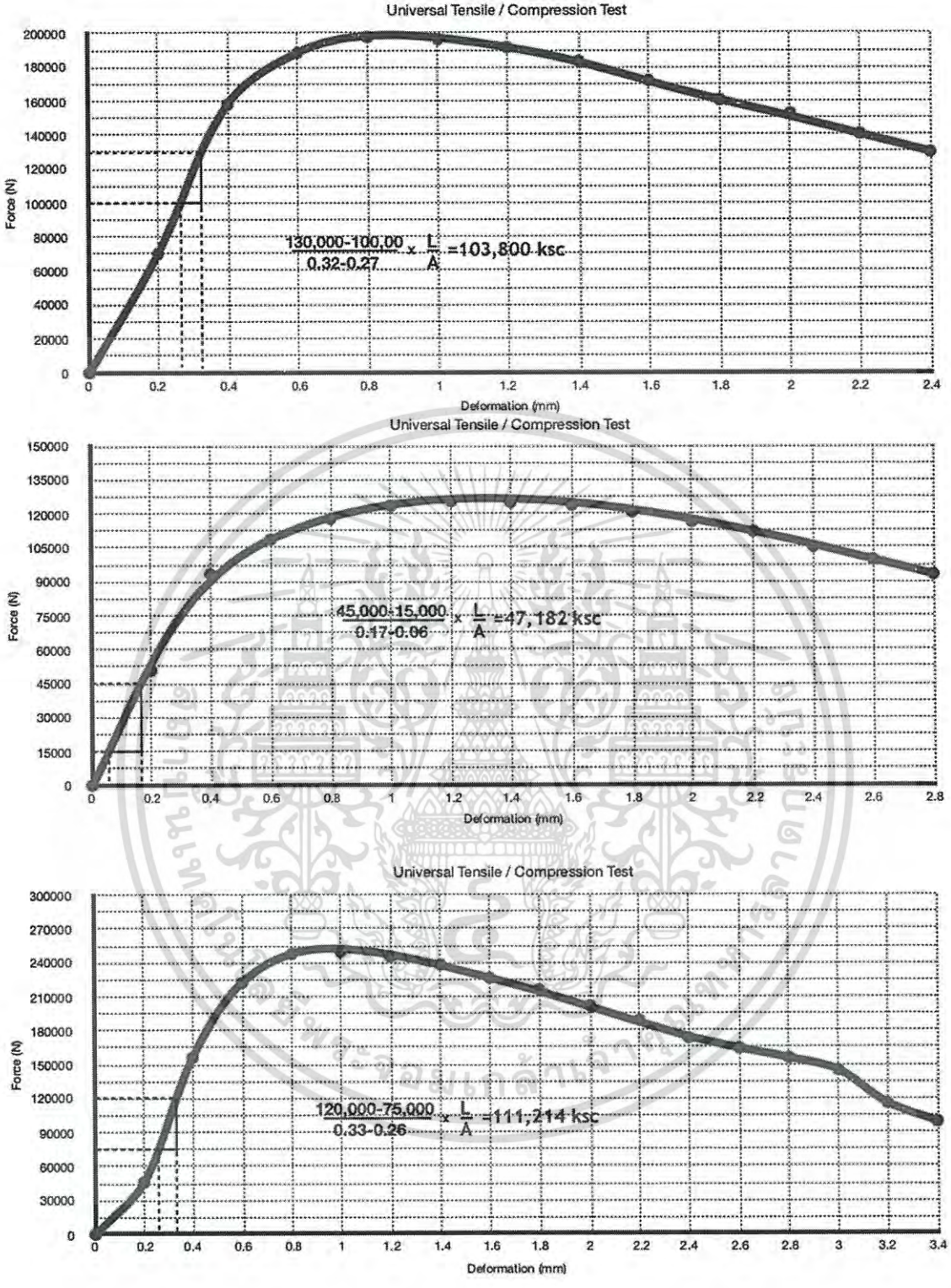
รูปที่ 4.13 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างแรง (Force) กับระยะยุบตัว (Deformation) ของแบบจำลองที่ 4 คอนกรีตที่มีน้ำปนเปื้อน 5% โดยปริมาตร ซึ่งน้ำที่ปนเปื้อนทำให้อัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์เปลี่ยนไป ตัวอย่างที่ 1 , 2 และ 3 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างแรง (Force) กับระยะยุบตัว (Deformation) ของแบบจำลองที่ 4 คอนกรีตที่มีน้ำปนเปื้อน 15% โดยปริมาตร ซึ่งน้ำที่ปนเปื้อนทำให้อัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์เปลี่ยนไป ตัวอย่างที่ 1,2 และ 3 ตามลำดับ

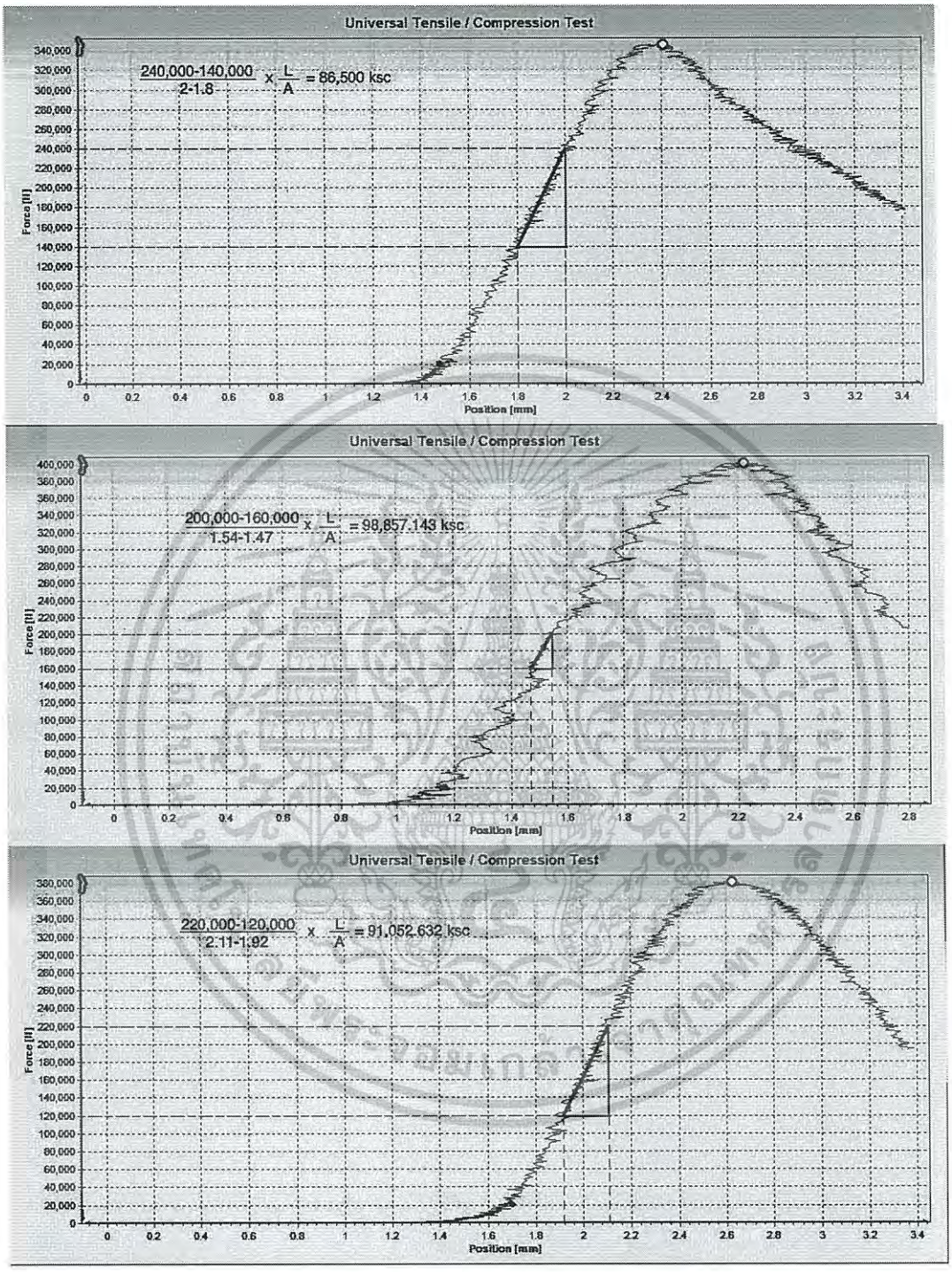
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างแรง (Force) กับระยะยุบตัว (Deformation) ของแบบจำลองที่ 4 คอนกรีตที่มีน้ำปนเปื้อน 30% โดยปริมาตร ซึ่งน้ำที่ปนเปื้อนทำให้อัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์เปลี่ยนไป ตัวอย่างที่ 1 , 2 และ 3 ตามลำดับ

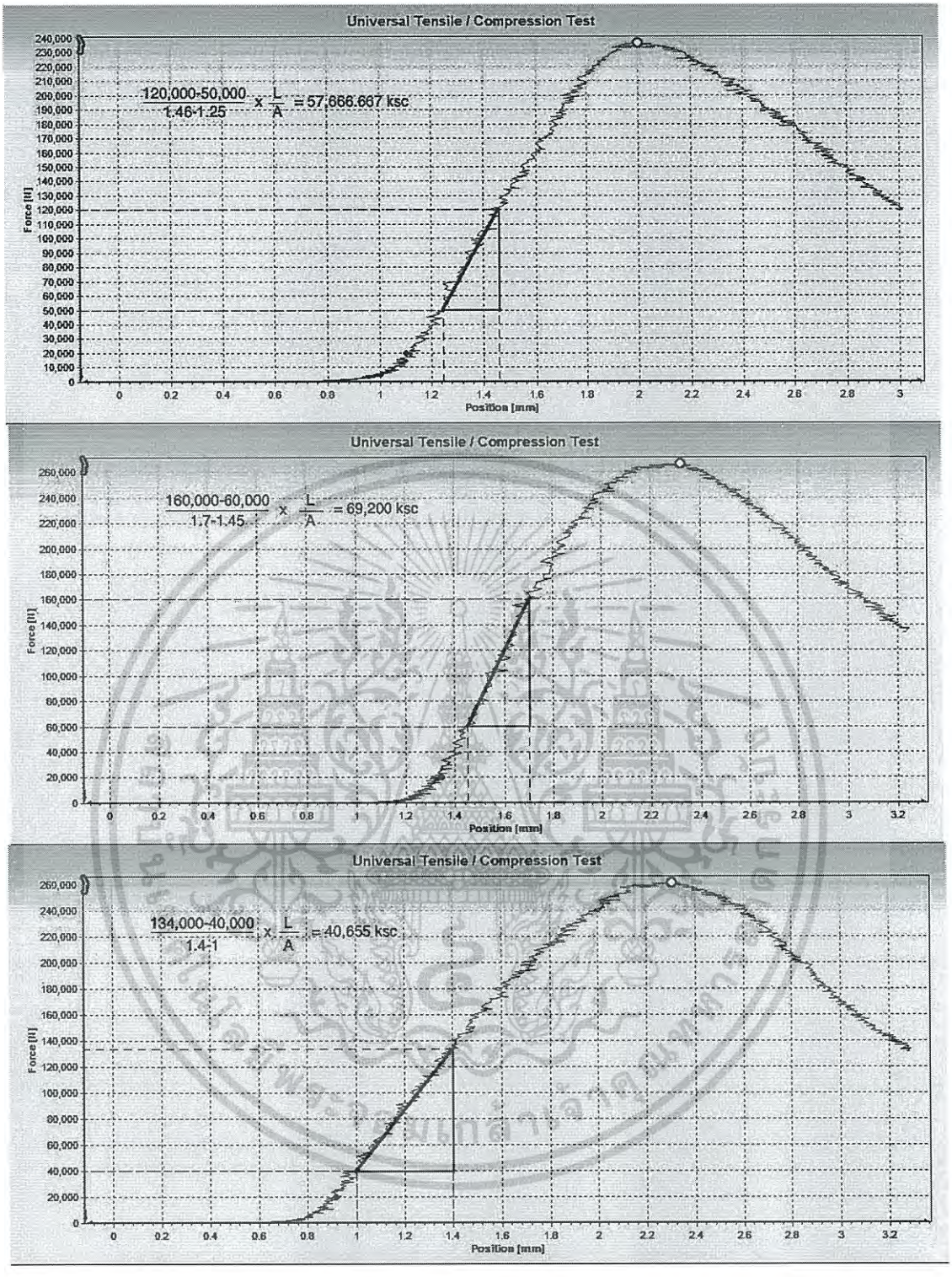
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2.5 ข้อมูลผลการทดสอบแบบจำลองกรณีศึกษาเพิ่มเติมเมื่อมีน้ำอยู่ในหลุมเจาะแล้วทำการใส่คอนกรีตแห้งลงไปเพื่อให้สภาพก้นหลุมพร้อมเท



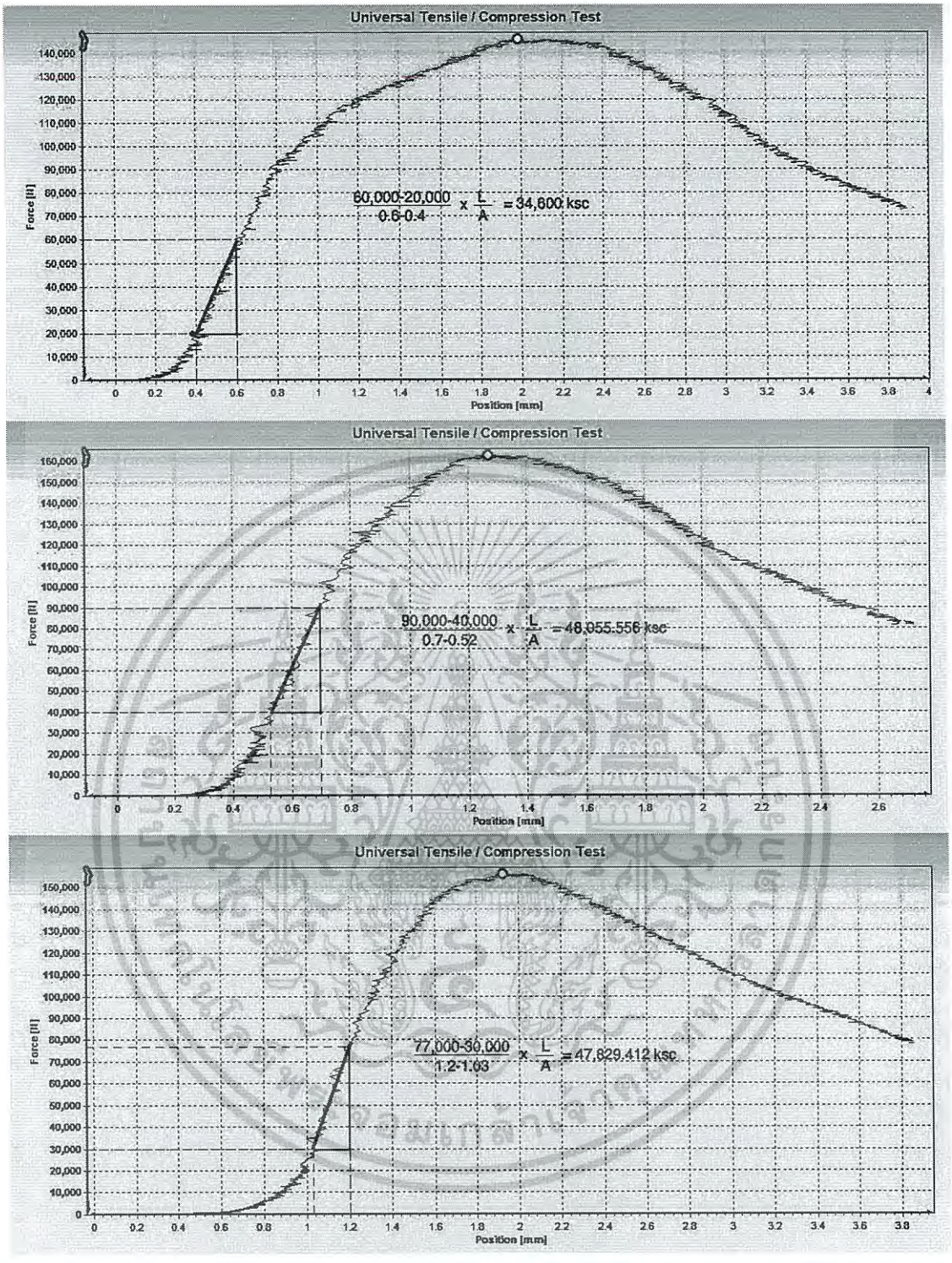
รูปที่ 4.16 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างแรง (Force) กับระยะยุบตัว (Deformation) ของแบบจำลองที่ 5 กรณีศึกษาเพิ่มเติมเมื่อมีน้ำอยู่ในหลุมเจาะแล้วทำการใส่คอนกรีตแห้งลงไปเพื่อให้สภาพก้นหลุมพร้อมเท 5% โดยปริมาตร ตัวอย่างที่ 1 , 2 และ 3 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างแรง (Force) กับระยะยุบตัว (Deformation) ของแบบจำลองที่ 5 กรณีศึกษาเพิ่มเติมเมื่อมีน้ำอยู่ในหลุมเจาะแล้วทำการใส่คอนกรีตแห้งลงไปเพื่อให้สภาพก้นหลุมพร้อมเท 15% โดยปริมาตร ตัวอย่างที่ 1 , 2 และ 3 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.18 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างแรง (Force) กับระยะยุบตัว (Deformation) ของแบบจำลองที่ 5 กรณีศึกษาเพิ่มเติมเมื่อมีน้ำอยู่ในหลุมเจาะแล้วทำการใส่คอนกรีตแห้งลงไปเพื่อให้สภาพก้นหลุมพร้อมเท 30% โดยปริมาตร ตัวอย่างที่ 1 , 2 และ 3 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลการเปรียบเทียบของผลการทดสอบแบบจำลอง

4.4.1 แบบจำลองที่ 1 คอนกรีตสมบูรณ์

4.4.1.1 เปรียบเทียบกำลังรับน้ำหนักสูงสุด (Ultimate Strength)

ตารางที่ 4.3 กำลังรับน้ำหนักสูงสุดของแบบจำลองที่ 1 คอนกรีตสมบูรณ์

แบบจำลองคอนกรีตสมบูรณ์	กำลังรับน้ำหนักสูงสุด (Ultimate Strength) (ksc)
ตัวอย่างที่ 1	265.16
ตัวอย่างที่ 2	207.49
ตัวอย่างที่ 3	170.54
เฉลี่ย	214.40

4.4.1.2 ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของแบบจำลองที่ 1 คอนกรีตสมบูรณ์

ตารางที่ 4.4 ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของแบบจำลองที่ 1 คอนกรีตสมบูรณ์

แบบจำลองคอนกรีตสมบูรณ์	ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น (Young's Modulus) (ksc)
ตัวอย่างที่ 1	93,513.51
ตัวอย่างที่ 2	86,500.00
ตัวอย่างที่ 3	76,120.00
เฉลี่ย	85,377.84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 แบบจำลองที่ 2 คอนกรีตที่มีก้อนดินปนเปื้อนเทียบกับแบบจำลองที่ 1 คอนกรีตสมบูรณ์

ตารางที่ 4.5 กำลังรับน้ำหนักสูงสุดของแบบจำลองที่ 2 คอนกรีตที่มีก้อนดินปนเปื้อน 5% โดยปริมาณ

แบบจำลองคอนกรีตที่มีก้อนดินปนเปื้อน 5% โดยปริมาตร	กำลังรับน้ำหนักสูงสุด (Ultimate Strength) (ksc)
ตัวอย่างที่ 1	69.68
ตัวอย่างที่ 2	145.15
ตัวอย่างที่ 3	150.58
เฉลี่ย	121.80

ประสิทธิภาพของคอนกรีตที่มีก้อนดินปนเปื้อน 5% โดยปริมาตร ลดลง

$$= \frac{(214.40 - 121.80)}{214.40} \times 100$$

$$= 43.19\%$$

ดังนั้น ประสิทธิภาพของคอนกรีตที่มีดินปนเปื้อน 5% โดยปริมาตร = 56.81%

ตารางที่ 4.6 กำลังรับน้ำหนักสูงสุดของแบบจำลองที่ 2 คอนกรีตที่มีก้อนดินปนเปื้อน 5% โดยปริมาณ

แบบจำลองคอนกรีตที่มีก้อนดินปนเปื้อน 5% โดยปริมาณ	ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น (Young's Modulus) (ksc)
ตัวอย่างที่ 1	73,617.02
ตัวอย่างที่ 2	69,221.31
ตัวอย่างที่ 3	63,433.33
เฉลี่ย	68,757.22

ประสิทธิภาพของคอนกรีตที่มีก้อนดินปนเปื้อน 5% โดยปริมาตร ลดลง

$$= \frac{(85{,}377.84 - 68{,}757.22)}{85{,}377.84} \times 100$$

$$= 19.47\%$$

ดังนั้น ประสิทธิภาพของคอนกรีตที่มีก้อนดินปนเปื้อน 5% โดยปริมาตร = 81.53%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 กำลังรับน้ำหนักสูงสุดของแบบจำลองที่ 2 คอนกรีตที่มีก้อนดินปนเปื้อน 15% โดยปริมาตร

แบบจำลองคอนกรีตที่มีก้อนดินปนเปื้อน 15% โดยปริมาตร	กำลังรับน้ำหนักสูงสุด (Ultimate Strength) (ksc)
ตัวอย่างที่ 1	10.19
ตัวอย่างที่ 2	15.01
ตัวอย่างที่ 3	27.00
เฉลี่ย	17.40

ประสิทธิภาพของคอนกรีตที่มีก้อนดินปนเปื้อน 15% โดยปริมาตร ลดลง

$$= \frac{(214.40 - 17.80)}{214.40} \times 100$$

$$= 91.88\%$$

ดังนั้น ประสิทธิภาพของคอนกรีตที่มีก้อนดินปนเปื้อน 15% โดยปริมาตร = 8.12%

ตารางที่ 4.8 ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของแบบจำลองที่ 2 คอนกรีตที่มีก้อนดินปนเปื้อน 15% โดยปริมาณ

แบบจำลองคอนกรีตที่มีก้อนดินปนเปื้อน 15% โดยปริมาณ	ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น (Young's Modulus) (ksc)
ตัวอย่างที่ 1	5,190.00
ตัวอย่างที่ 2	9,515.00
ตัวอย่างที่ 3	13,840.00
เฉลี่ย	9,515.00

ประสิทธิภาพของคอนกรีตที่มีก้อนดินปนเปื้อน 15% โดยปริมาตร ลดลง

$$= \frac{(85,377.84 - 9,515)}{85,377.84} \times 100$$

$$= 88.86\%$$

ดังนั้น ประสิทธิภาพของคอนกรีตที่มีก้อนดินปนเปื้อน 15% โดยปริมาตร = 11.14%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 กำลังรับน้ำหนักสูงสุดของแบบจำลองที่ 2 คอนกรีตที่มีก้อนดินปนเปื้อน 30% โดยปริมาตร

แบบจำลองคอนกรีตที่มีก้อนดินปนเปื้อน 30% โดยปริมาตร	กำลังรับน้ำหนักสูงสุด (Ultimate Strength) (ksc)
ตัวอย่างที่ 1	18.14
ตัวอย่างที่ 2	13.84
ตัวอย่างที่ 3	18.03
เฉลี่ย	16.67

ประสิทธิภาพของคอนกรีตที่มีก้อนดินปนเปื้อน 30% โดยปริมาตร ลดลง

$$= \frac{(214.40-16.67)}{214.40} \times 100$$

$$= 92.22\%$$

ดังนั้น ประสิทธิภาพของคอนกรีตที่มีก้อนดินปนเปื้อน 30% โดยปริมาตร = 7.78%

ตารางที่ 4.10 ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของแบบจำลองที่ 2 คอนกรีตที่มีก้อนดินปนเปื้อน 30% โดยปริมาณ

แบบจำลองคอนกรีตที่มีก้อนดินปนเปื้อน 30% โดยปริมาณ	ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น (Young's Modulus) (ksc)
ตัวอย่างที่ 1	10380.00
ตัวอย่างที่ 2	14829.00
ตัวอย่างที่ 3	15858.00
เฉลี่ย	13,689.00

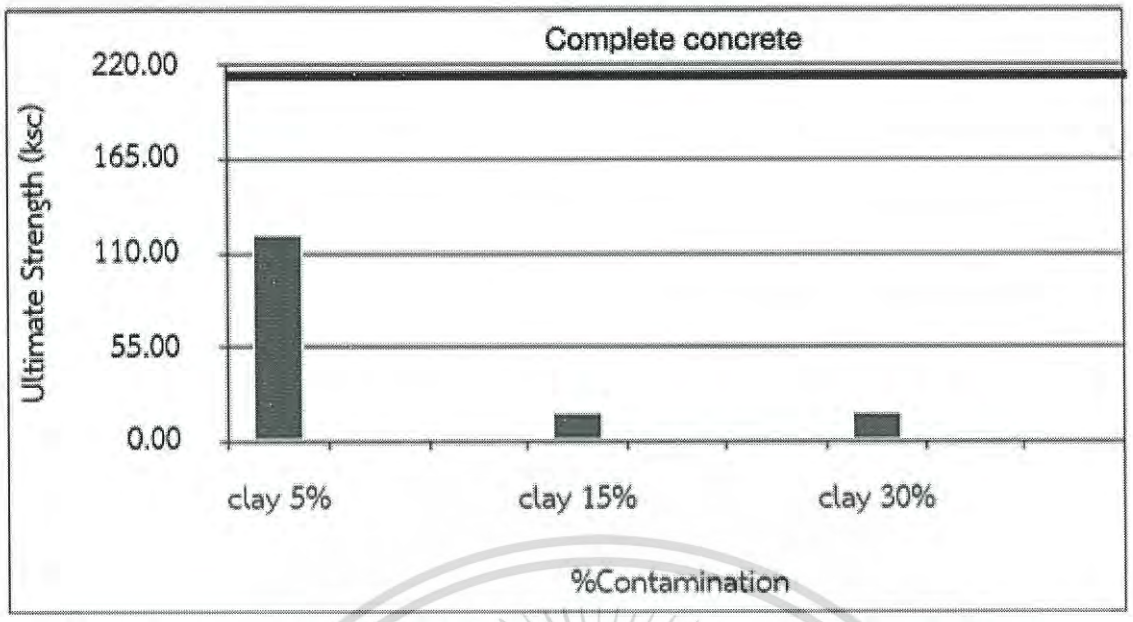
ประสิทธิภาพของคอนกรีตที่มีก้อนดินปนเปื้อน 30% โดยปริมาตร ลดลง

$$= \frac{(85,377.84-13,689)}{85,377.84} \times 100$$

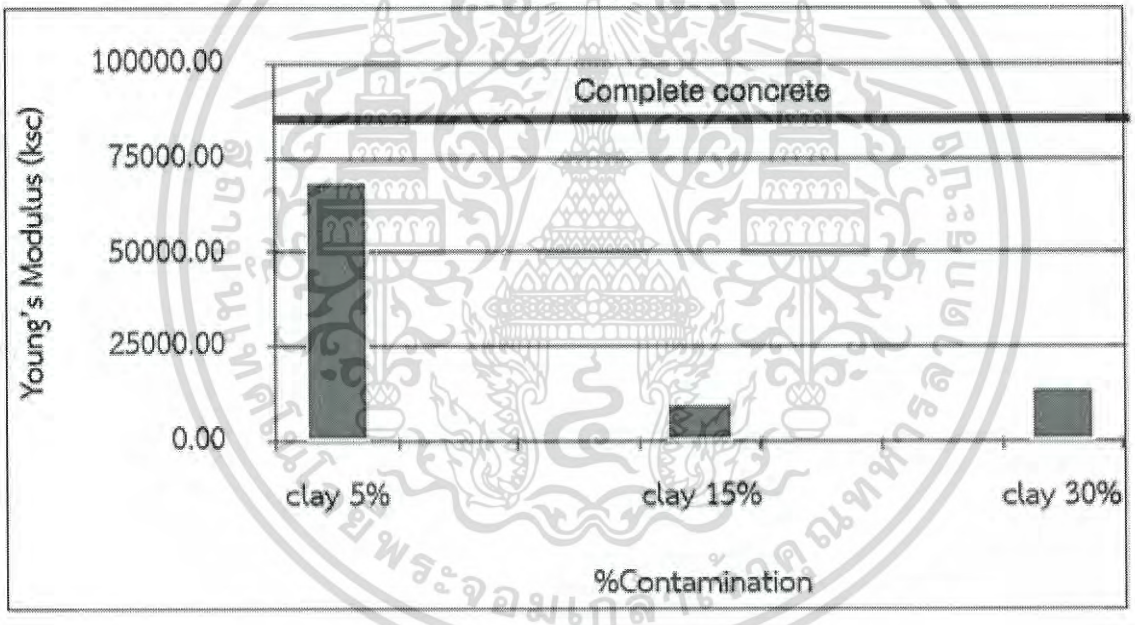
$$= 83.97\%$$

ดังนั้น ประสิทธิภาพของคอนกรีตที่มีก้อนดินปนเปื้อน 30% โดยปริมาตร = 16.03%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.19 กราฟแสดงการเปรียบเทียบกำลังรับน้ำหนักสูงสุดระหว่างแบบจำลองที่ 2 คอนกรีตที่มีดินปนเปื้อน เทียบกับแบบจำลองที่ 1 คอนกรีตสมบูรณ์



รูปที่ 4.20 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นระหว่างแบบจำลองที่ 2 คอนกรีตที่มีดินปนเปื้อน เทียบกับแบบจำลองที่ 1 คอนกรีตสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.3 แบบจำลองที่ 3 คอนกรีตที่มีโคลนปนเปื้อนเทียบกับแบบจำลองที่ 1 คอนกรีตสมบูรณ์

ตารางที่ 4.11 กำลังรับน้ำหนักสูงสุดของแบบจำลองที่ 3 คอนกรีตที่มีโคลนปนเปื้อน 5%โดยปริมาตร

แบบจำลองคอนกรีตที่มีโคลนปนเปื้อน 5% โดยปริมาตร	กำลังรับน้ำหนักสูงสุด (Ultimate Strength) (ksc)
ตัวอย่างที่ 1	176.48
ตัวอย่างที่ 2	132.23
ตัวอย่างที่ 3	129.49
เฉลี่ย	146.07

ประสิทธิภาพของคอนกรีตที่มีโคลนปนเปื้อน 5% โดยปริมาตร ลดลง

$$= \frac{(214.40 - 146.07)}{214.40} \times 100$$

$$= 31.87\%$$

ดังนั้น ประสิทธิภาพของคอนกรีตที่มีโคลนปนเปื้อน 5% โดยปริมาตร = 68.13%

ตารางที่ 4.12 ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของแบบจำลองที่ 3 คอนกรีตที่มีโคลนปนเปื้อน 5% โดยปริมาณ

แบบจำลองคอนกรีตที่มีโคลนปนเปื้อน 5% โดยปริมาณ	ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น (Young's Modulus) (ksc)
ตัวอย่างที่ 1	69200.00
ตัวอย่างที่ 2	47724.00
ตัวอย่างที่ 3	41327.78
เฉลี่ย	52,750.59

ประสิทธิภาพของคอนกรีตที่มีโคลนปนเปื้อน 5% โดยปริมาตร ลดลง

$$= \frac{(85{,}377.84 - 52{,}750.59)}{85{,}377.84} \times 100$$

$$= 38.22\%$$

ดังนั้น ประสิทธิภาพของคอนกรีตที่มีโคลนปนเปื้อน 5% โดยปริมาตร = 61.78%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 กำลังรับน้ำหนักสูงสุดของแบบจำลองที่ 3 คอนกรีตที่มีโคลนปนเปื้อน 15% โดยปริมาณ

แบบจำลองคอนกรีตที่มีโคลนปนเปื้อน 15% โดยปริมาตร	กำลังรับน้ำหนักสูงสุด (Ultimate Strength) (ksc)
ตัวอย่างที่ 1	56.08
ตัวอย่างที่ 2	42.76
ตัวอย่างที่ 3	52.93
เฉลี่ย	50.59

ประสิทธิภาพของคอนกรีตที่มีโคลนปนเปื้อน 15% โดยปริมาตร ลดลง

$$= \frac{(214.40 - 50.59)}{214.40} \times 100$$

$$= 76.40\%$$

ดังนั้น ประสิทธิภาพของคอนกรีตที่มีโคลนปนเปื้อน 15% โดยปริมาตร = 23.60%

ตารางที่ 4.14 ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของแบบจำลองที่ 3 คอนกรีตที่มีโคลนปนเปื้อน 15% โดยปริมาณ

แบบจำลองคอนกรีตที่มีโคลนปนเปื้อน 15% โดยปริมาณ	ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น (Young's Modulus) (ksc)
ตัวอย่างที่ 1	33,638.89
ตัวอย่างที่ 2	30,275.00
ตัวอย่างที่ 3	25,950.00
เฉลี่ย	29,954.63

ประสิทธิภาพของคอนกรีตที่มีโคลนปนเปื้อน 15% โดยปริมาตร ลดลง

$$= \frac{(85{,}377.84 - 29{,}954.63)}{85{,}377.84} \times 100$$

$$= 64.92\%$$

ดังนั้น ประสิทธิภาพของคอนกรีตที่มีโคลนปนเปื้อน 15% โดยปริมาตร = 35.08%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.15 กำลังรับน้ำหนักสูงสุดของแบบจำลองที่ 3 คอนกรีตที่มีโคลนปนเปื้อน 30% โดยปริมาณ

แบบจำลองคอนกรีตที่มีโคลนปนเปื้อน 30% โดยปริมาตร	กำลังรับน้ำหนักสูงสุด (Ultimate Strength) (ksc)
ตัวอย่างที่ 1	19.27
ตัวอย่างที่ 2	22.74
ตัวอย่างที่ 3	19.99
เฉลี่ย	20.67

ประสิทธิภาพของคอนกรีตที่มีโคลนปนเปื้อน 30% โดยปริมาตร ลดลง

$$= \frac{(214.40-20.67)}{214.40} \times 100$$

$$= 90.36\%$$

ดังนั้น ประสิทธิภาพของคอนกรีตที่มีโคลนปนเปื้อน 30% โดยปริมาตร = 9.64%

ตารางที่ 4.16 ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของแบบจำลองที่ 3 คอนกรีตที่มีโคลนปนเปื้อน 30% โดยปริมาณ

แบบจำลองคอนกรีตที่มีโคลนปนเปื้อน 30% โดยปริมาณ	ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น (Young's Modulus) (ksc)
ตัวอย่างที่ 1	15570.00
ตัวอย่างที่ 2	12110.00
ตัวอย่างที่ 3	13623.00
เฉลี่ย	13,767.67

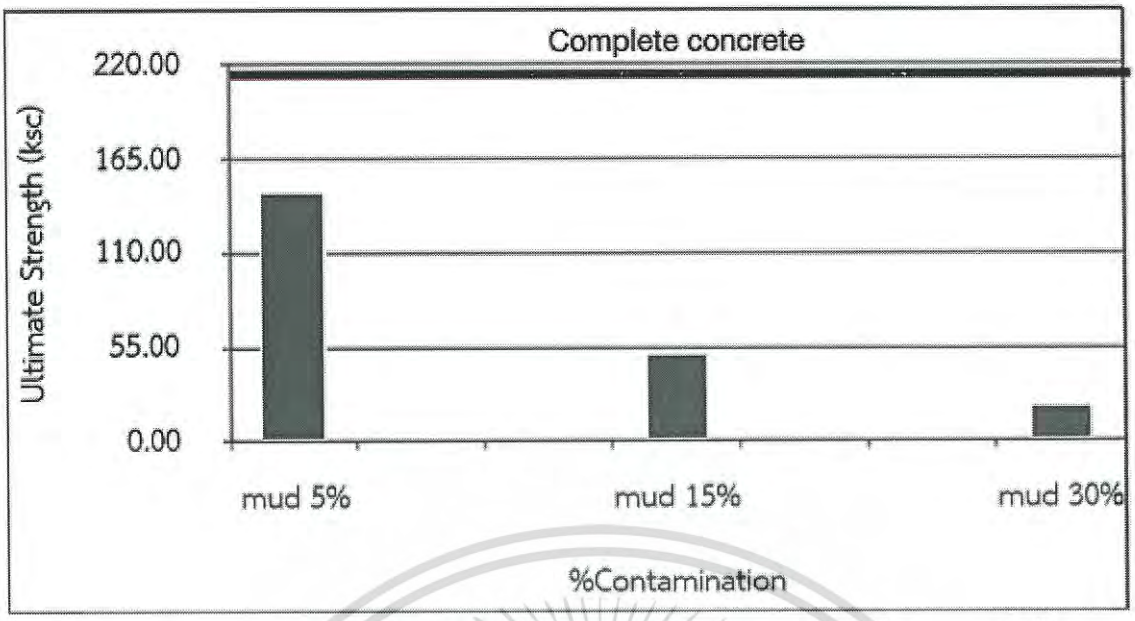
ประสิทธิภาพของคอนกรีตที่มีโคลนปนเปื้อน 30% โดยปริมาตร ลดลง

$$= \frac{(85,377.84-13,767,67)}{85,377.84} \times 100$$

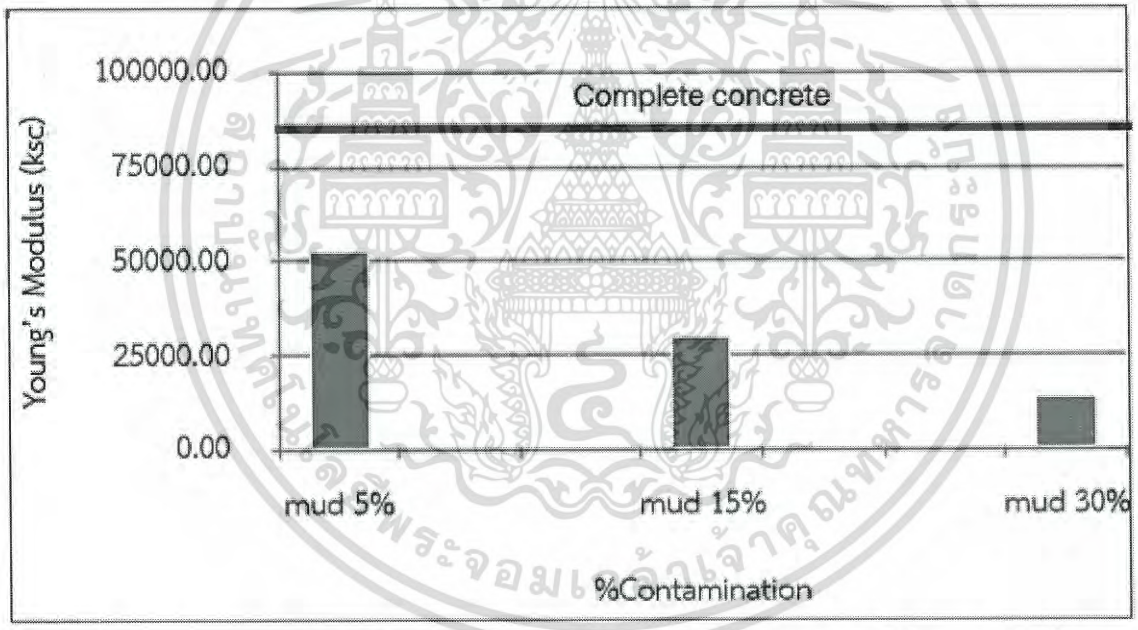
$$= 83.87\%$$

ดังนั้น ประสิทธิภาพของคอนกรีตที่มีโคลนปนเปื้อน 30% โดยปริมาตร = 16.13%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.21 กราฟแสดงการเปรียบเทียบกำลังรับน้ำหนักสูงสุดระหว่างแบบจำลองที่ 3 คอนกรีตที่มีโคลนปนเปื้อน เทียบกับแบบจำลองที่ 1 คอนกรีตสมบูรณ์



รูปที่ 4.22 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นระหว่างแบบจำลองที่ 3 คอนกรีตที่มีโคลนปนเปื้อน เทียบกับแบบจำลองที่ 1 คอนกรีตสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.4 แบบจำลองที่ 4 คอนกรีตที่มีน้ำปนเปื้อนเทียบกับแบบจำลองที่ 1 คอนกรีตสมบูรณ์

ตารางที่ 4.17 กำลังรับน้ำหนักสูงสุดของแบบจำลองที่ 4 คอนกรีตที่มีน้ำปนเปื้อน 5% โดยปริมาณ

แบบจำลองคอนกรีตที่มีน้ำปนเปื้อน 5% โดยปริมาตร	กำลังรับน้ำหนักสูงสุด (Ultimate Strength) (ksc)
ตัวอย่างที่ 1	156.76
ตัวอย่างที่ 2	188.48
ตัวอย่างที่ 3	164.86
เฉลี่ย	170.03

ประสิทธิภาพของคอนกรีตที่มีน้ำปนเปื้อน 5% โดยปริมาตร ลดลง

$$= \frac{(214.40-170.03)}{214.40} \times 100$$

$$= 20.69\%$$

ดังนั้น ประสิทธิภาพของคอนกรีตที่มีน้ำปนเปื้อน 5% โดยปริมาตร = 79.31%

ตารางที่ 4.18 ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของแบบจำลองที่ 4 คอนกรีตที่มีน้ำปนเปื้อน 5% โดยปริมาณ

แบบจำลองคอนกรีตที่มีน้ำปนเปื้อน 5% โดยปริมาณ	ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น (Young's Modulus) (ksc)
ตัวอย่างที่ 1	74,390.00
ตัวอย่างที่ 2	74,390.00
ตัวอย่างที่ 3	83,040.00
เฉลี่ย	77,273.33

ประสิทธิภาพของคอนกรีตที่มีน้ำปนเปื้อน 5% โดยปริมาตร ลดลง

$$= \frac{(85,377.84-77,273.33)}{85,377.84} \times 100$$

$$= 9.49\%$$

ดังนั้น ประสิทธิภาพของคอนกรีตที่มีน้ำปนเปื้อน 5% โดยปริมาตร =90.51%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.19 กำลังรับน้ำหนักสูงสุดของแบบจำลองที่ 4 คอนกรีตที่มีน้ำปนเปื้อน 15% โดยปริมาณ

แบบจำลองคอนกรีตที่มีน้ำปนเปื้อน 15% โดยปริมาตร	กำลังรับน้ำหนักสูงสุด (Ultimate Strength) (ksc)
ตัวอย่างที่ 1	142.52
ตัวอย่างที่ 2	137.13
ตัวอย่างที่ 3	141.77
เฉลี่ย	140.47

ประสิทธิภาพของคอนกรีตที่มีน้ำปนเปื้อน 15% โดยปริมาตร ลดลง

$$= \frac{(214.40 - 140.47)}{214.40} \times 100$$

$$= 34.48\%$$

ดังนั้น ประสิทธิภาพของคอนกรีตที่มีน้ำปนเปื้อน 15% โดยปริมาตร = 65.52%

ตารางที่ 4.20 ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของแบบจำลองที่ 4 คอนกรีตที่มีน้ำปนเปื้อน 15% โดยปริมาณ

แบบจำลองคอนกรีตที่มีน้ำปนเปื้อน 15% โดยปริมาณ	ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น (Young's Modulus) (ksc)
ตัวอย่างที่ 1	71,235.29
ตัวอย่างที่ 2	59,588.89
ตัวอย่างที่ 3	95,150.00
เฉลี่ย	75,324.73

ประสิทธิภาพของคอนกรีตที่มีน้ำปนเปื้อน 15% โดยปริมาตร ลดลง

$$= \frac{(85{,}377.84 - 75{,}324.73)}{85{,}377.84} \times 100$$

$$= 11.77\%$$

ดังนั้น ประสิทธิภาพของคอนกรีตที่มีน้ำปนเปื้อน 15% โดยปริมาตร = 88.23%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.21 กำลังรับน้ำหนักสูงสุดของแบบจำลองที่ 4 คอนกรีตที่มีน้ำปนเปื้อน 30% โดยปริมาณ

แบบจำลองคอนกรีตที่มีน้ำปนเปื้อน 30% โดยปริมาตร	กำลังรับน้ำหนักสูงสุด (Ultimate Strength) (ksc)
ตัวอย่างที่ 1	114.41
ตัวอย่างที่ 2	72.45
ตัวอย่างที่ 3	144.38
เฉลี่ย	110.42

ประสิทธิภาพของคอนกรีตที่มีน้ำปนเปื้อน 30% โดยปริมาตร ลดลง

$$= \frac{(214.40 - 110.42)}{214.40} \times 100$$

$$= 48.50\%$$

ดังนั้น ประสิทธิภาพของคอนกรีตที่มีน้ำปนเปื้อน 30% โดยปริมาตร = 51.50%

ตารางที่ 4.22 ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของแบบจำลองที่ 4 คอนกรีตที่มีน้ำปนเปื้อน 30% โดยปริมาณ

แบบจำลองคอนกรีตที่มีน้ำปนเปื้อน 30% โดยปริมาณ ซึ่งน้ำที่	ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น (Young's Modulus) (ksc)
ตัวอย่างที่ 1	103,800.00
ตัวอย่างที่ 2	47,182.00
ตัวอย่างที่ 3	111,214.00
เฉลี่ย	87,398.67

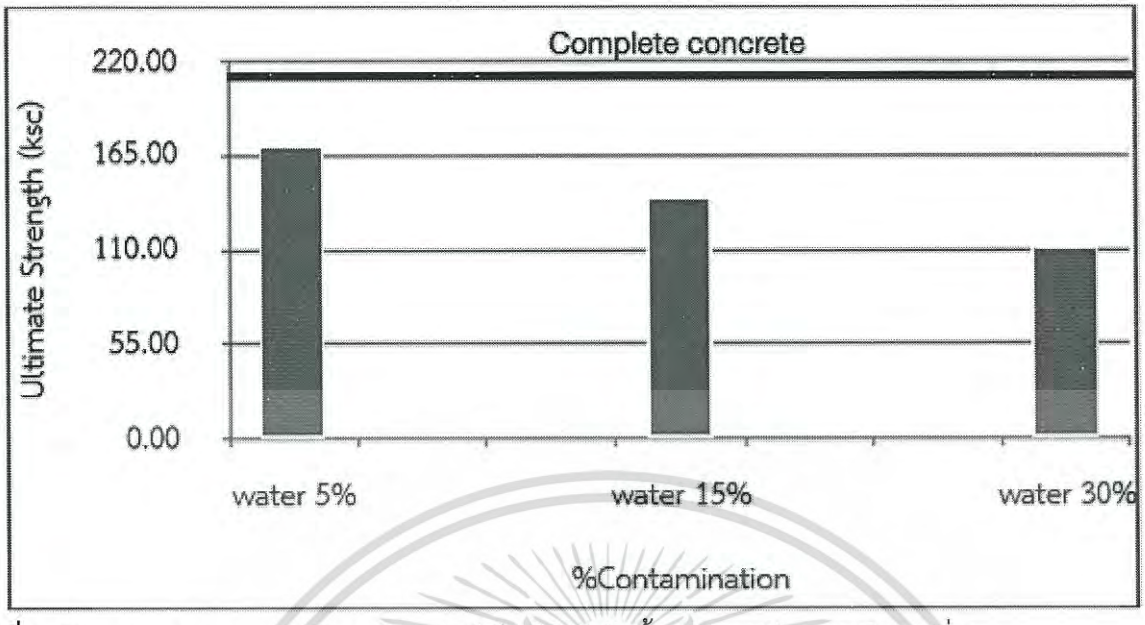
ประสิทธิภาพของคอนกรีตที่มีน้ำปนเปื้อน 30% โดยปริมาตร ลดลง

$$= \frac{(85{,}377.84 - 87{,}398.67)}{85{,}377.84} \times 100$$

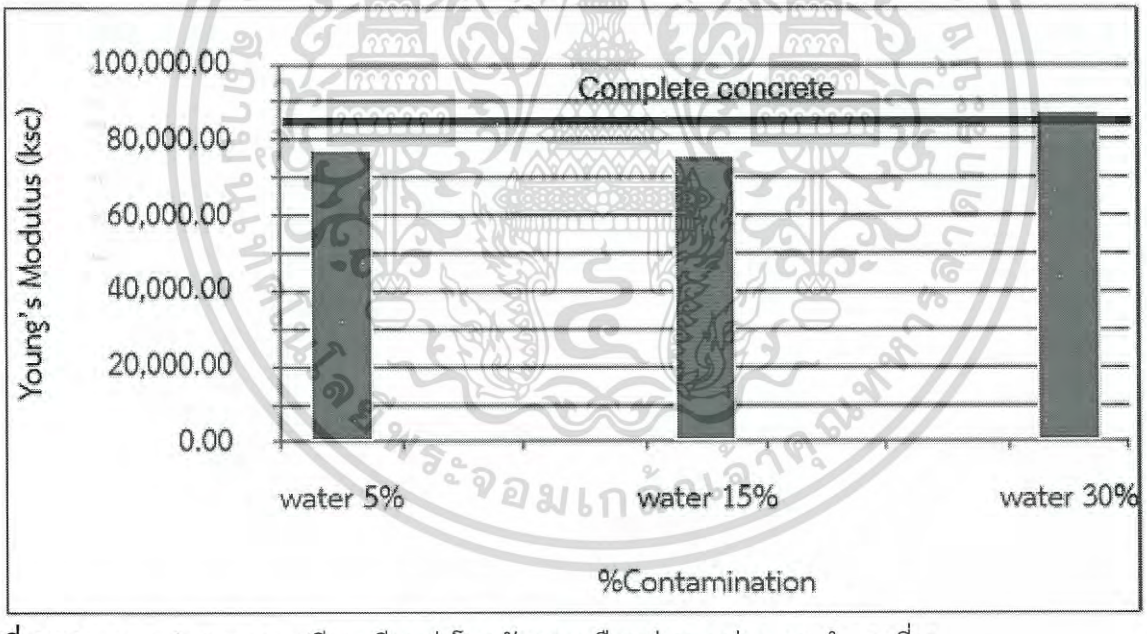
$$= -2.37\%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น ประสิทธิภาพของคอนกรีตที่มีน้ำปนเปื้อน 30% โดยปริมาตร = 102.37%



รูปที่ 4.23 กราฟแสดงการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์กำลังรับน้ำหนักระหว่างแบบจำลองที่ 4 คอนกรีตที่มีน้ำปนเปื้อนเทียบกับแบบจำลองที่ 1 คอนกรีตสมบูรณ์



รูปที่ 4.24 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นระหว่างแบบจำลองที่ 4 คอนกรีตที่มีน้ำปนเปื้อนเทียบกับแบบจำลองที่ 1 คอนกรีตสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.5 แบบจำลองที่ 5 กรณีศึกษาเพิ่มเติมเมื่อมีน้ำอยู่ในหลุมเจาะแล้วทำการใส่คอนกรีตแห้งลงไปเพื่อให้สภาพก้นหลุมพร้อมเทเทียบกับแบบจำลองที่ 1 คอนกรีตสมบูรณ์

ตารางที่ 4.23 กำลังรับน้ำหนักสูงสุดของแบบจำลองที่ 5 กรณีศึกษาเพิ่มเติมเมื่อมีน้ำอยู่ในหลุมเจาะแล้วทำการใส่คอนกรีตแห้งลงไปเพื่อให้สภาพก้นหลุมพร้อมเท 5% โดยปริมาตร

แบบจำลองคอนกรีตกรณีศึกษาเพิ่มเติม 5% โดยปริมาตร	กำลังรับน้ำหนักสูงสุด (Ultimate Strength) (ksc)
ตัวอย่างที่ 1	199.40
ตัวอย่างที่ 2	230.86
ตัวอย่างที่ 3	219.61
เฉลี่ย	216.62

ประสิทธิภาพของคอนกรีตกรณีศึกษาเพิ่มเติม 5% โดยปริมาตร ลดลง

$$= \frac{(214.40-216.62)}{214.40} \times 100$$

$$= -1.04\%$$

ดังนั้น ประสิทธิภาพของคอนกรีตกรณีศึกษาเพิ่มเติม 5% โดยปริมาตร = 101.04%

ตารางที่ 4.24 ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของแบบจำลองที่ 5 คอนกรีตกรณีศึกษาเพิ่มเติม 5% โดยปริมาณ

แบบจำลองคอนกรีตกรณีศึกษาเพิ่มเติม 5% โดยปริมาณ	ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น (Young's Modulus) (ksc)
ตัวอย่างที่ 1	86,500.00
ตัวอย่างที่ 2	98,857.14
ตัวอย่างที่ 3	91,052.63
เฉลี่ย	92,136.59

ประสิทธิภาพของคอนกรีตกรณีศึกษาเพิ่มเติม 5% โดยปริมาตร ลดลง

$$= \frac{(85,377.84-92,136.59)}{85,377.84} \times 100$$

$$= -7.92\%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น ประสิทธิภาพของคอนกรีตกรณีศึกษาเพิ่มเติม 5% โดยปริมาตร = 107.92%

ตารางที่ 4.25 กำลังรับน้ำหนักสูงสุดของแบบจำลองที่ 5 คอนกรีตกรณีศึกษาเพิ่มเติม 15% โดยปริมาตร

แบบจำลองคอนกรีตกรณีศึกษาเพิ่มเติม 15% โดยปริมาตร	กำลังรับน้ำหนักสูงสุด (Ultimate Strength) (ksc)
ตัวอย่างที่ 1	136.40
ตัวอย่างที่ 2	153.76
ตัวอย่างที่ 3	150.76
เฉลี่ย	146.97

ประสิทธิภาพของคอนกรีตกรณีศึกษาเพิ่มเติม 15% โดยปริมาตร ลดลง

$$= \frac{(85{,}377.84 - 146.97)}{85{,}377.84} \times 100$$

$$= 31.45\%$$

ดังนั้น ประสิทธิภาพของคอนกรีตกรณีศึกษาเพิ่มเติม 15% โดยปริมาตร = 68.55%

ตารางที่ 4.26 ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของแบบจำลองที่ 5 คอนกรีตกรณีศึกษาเพิ่มเติม 30% โดยปริมาณ

แบบจำลองคอนกรีตกรณีศึกษาเพิ่มเติม 30% โดยปริมาณ	ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น (Young's Modulus) (ksc)
ตัวอย่างที่ 1	34,600.00
ตัวอย่างที่ 2	48,055.56
ตัวอย่างที่ 3	47,829.41
เฉลี่ย	43,494.99

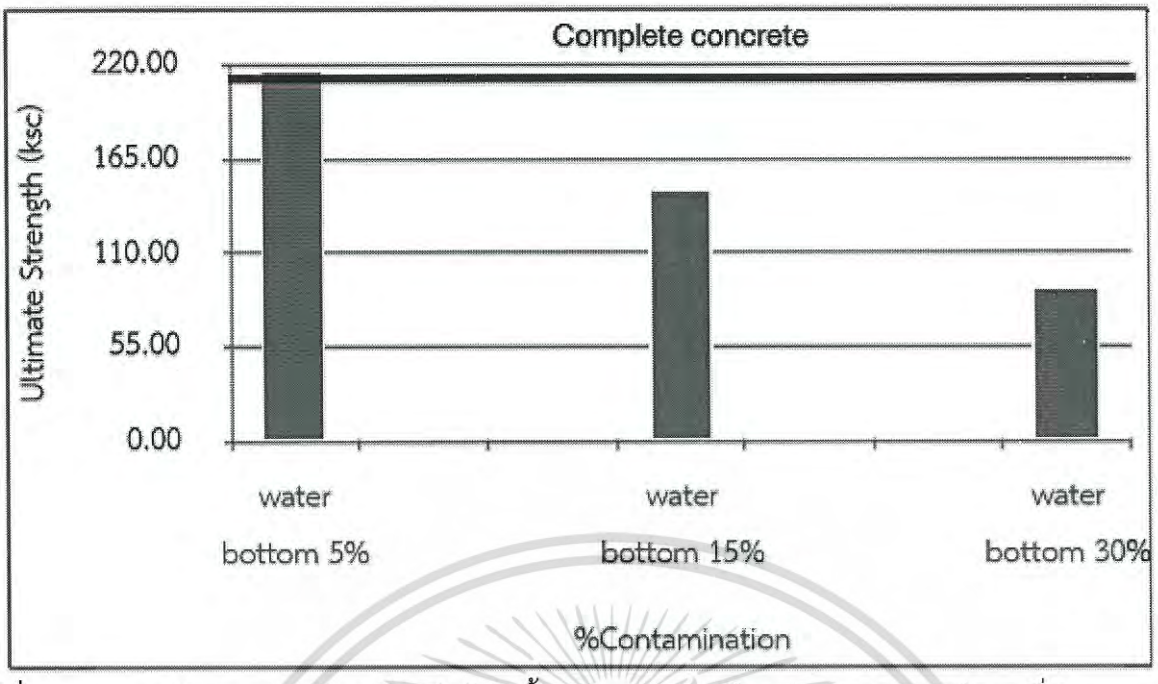
ประสิทธิภาพของคอนกรีตกรณีศึกษาเพิ่มเติม 30% โดยปริมาตร ลดลง

$$= \frac{(85{,}377.84 - 43{,}494.99)}{85{,}377.84} \times 100$$

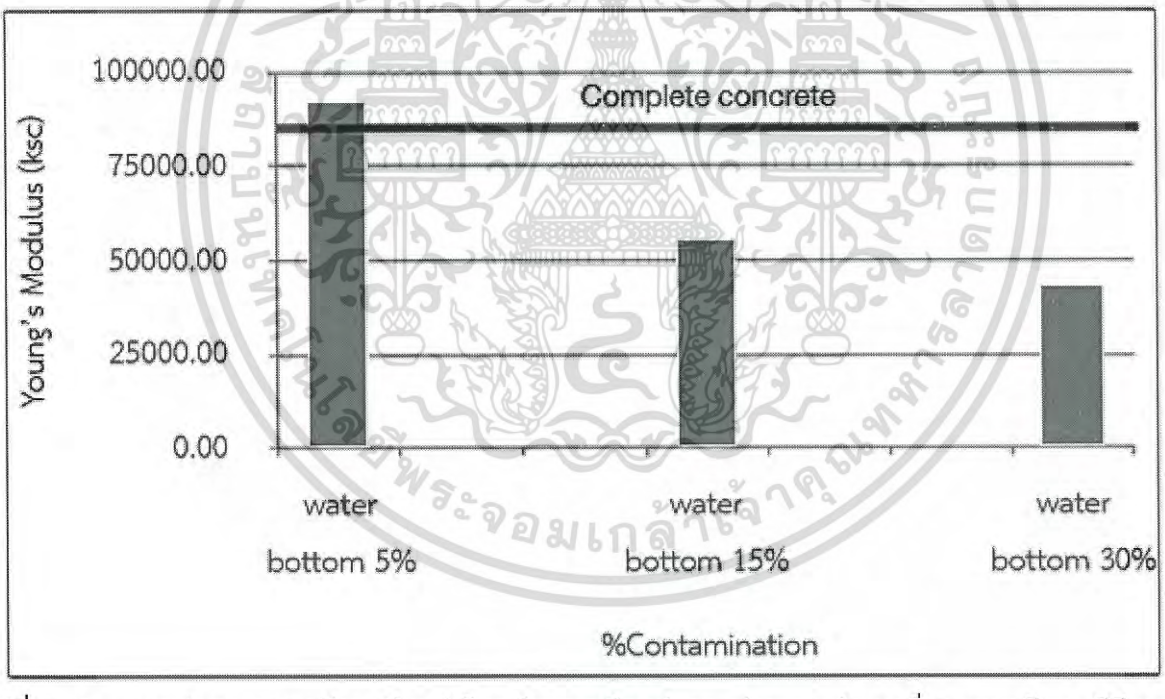
$$= 49.06\%$$

ดังนั้น ประสิทธิภาพของคอนกรีตกรณีศึกษาเพิ่มเติม 30% โดยปริมาตร = 50.94%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



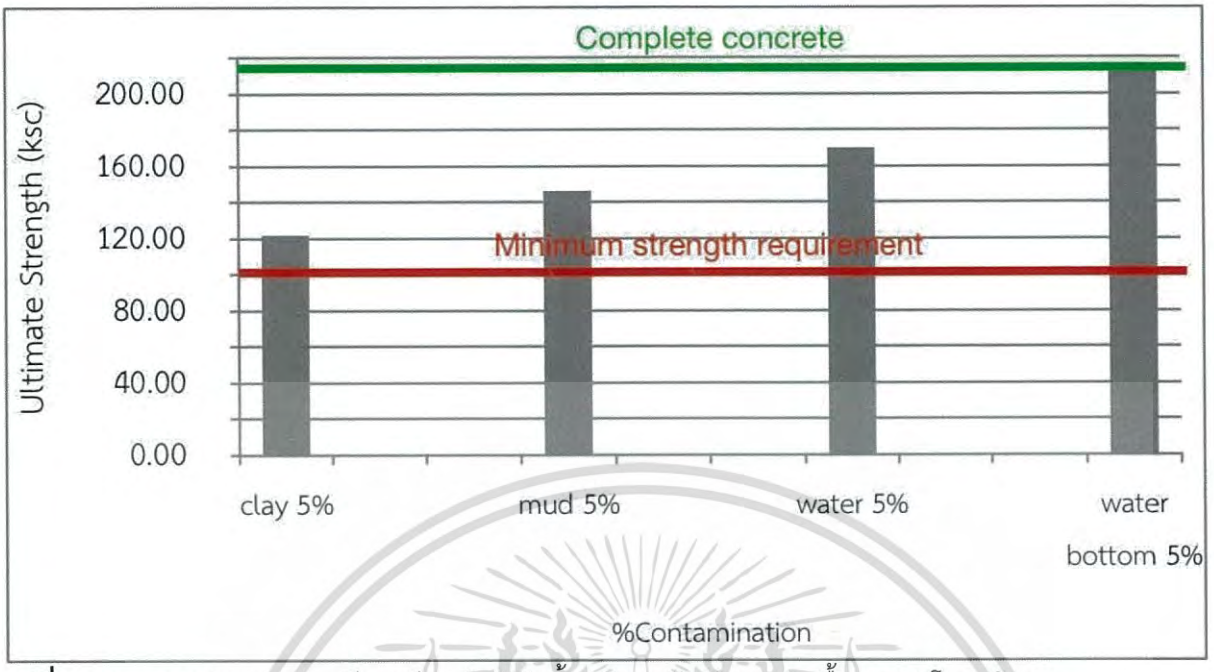
รูปที่ 4.25 กราฟแสดงการเปรียบเทียบกำลังรับน้ำหนักสูงสุดความยืดหยุ่นระหว่างแบบจำลองที่ 5 คอนกรีตกรณีศึกษาเพิ่มเติมเทียบกับแบบจำลองที่ 1 คอนกรีตสมบูรณ์



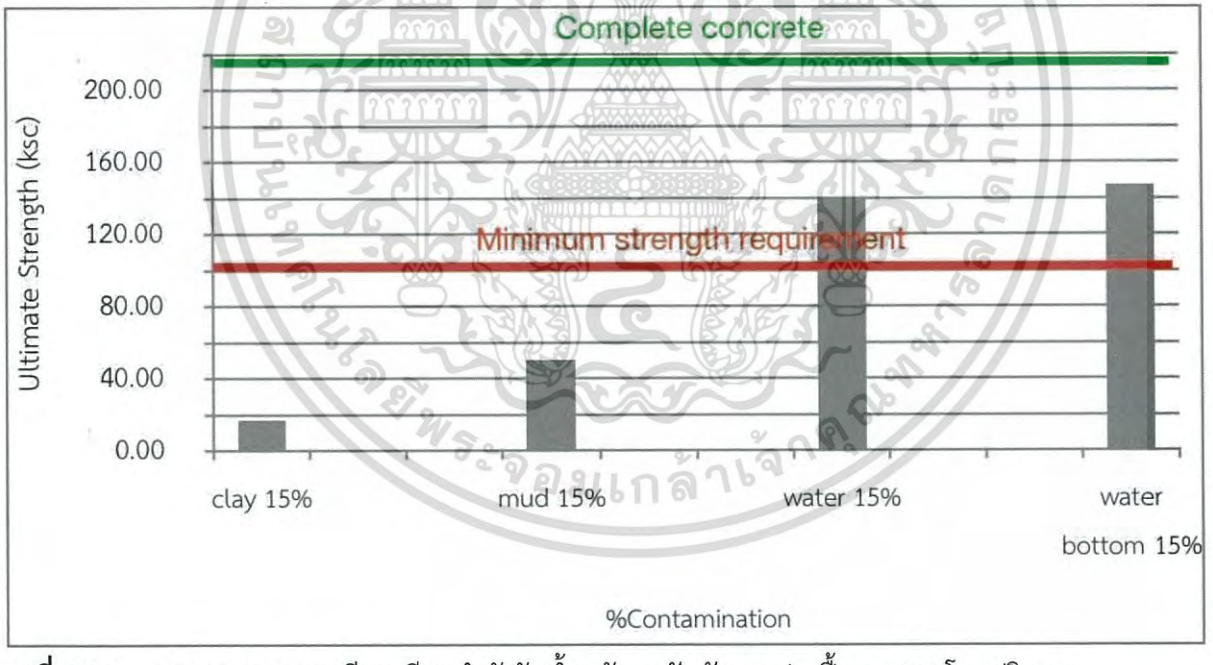
รูปที่ 4.26 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นระหว่างแบบจำลองที่ 5 คอนกรีตกรณีศึกษาเพิ่มเติมเทียบกับแบบจำลองที่ 1 คอนกรีตสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.6 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์กำลังรับน้ำหนักสูงสุดของทุกปัจจัยการปนเปื้อน

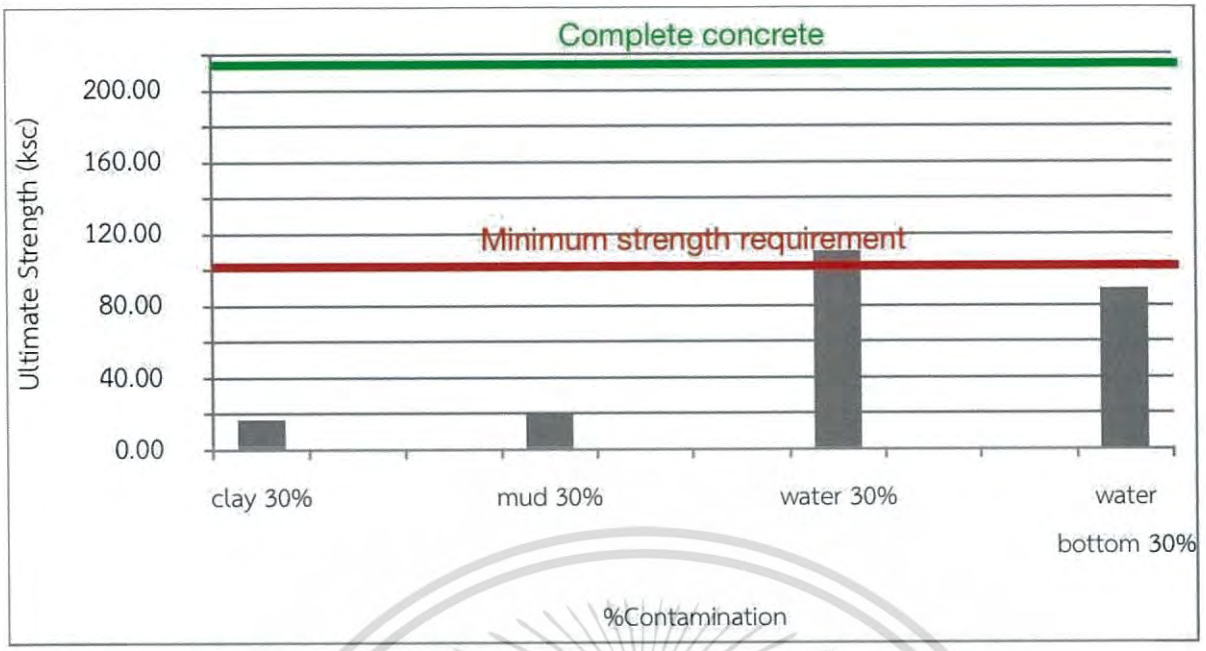


รูปที่ 4.27 กราฟแสดงการเปรียบเทียบกำลังรับน้ำหนักทุกปัจจัยการปนเปื้อน 5% โดยปริมาณเทียบกับแบบจำลองที่ 1 คอนกรีตสมบูรณ์ และหน่วยแรงออกแบบ



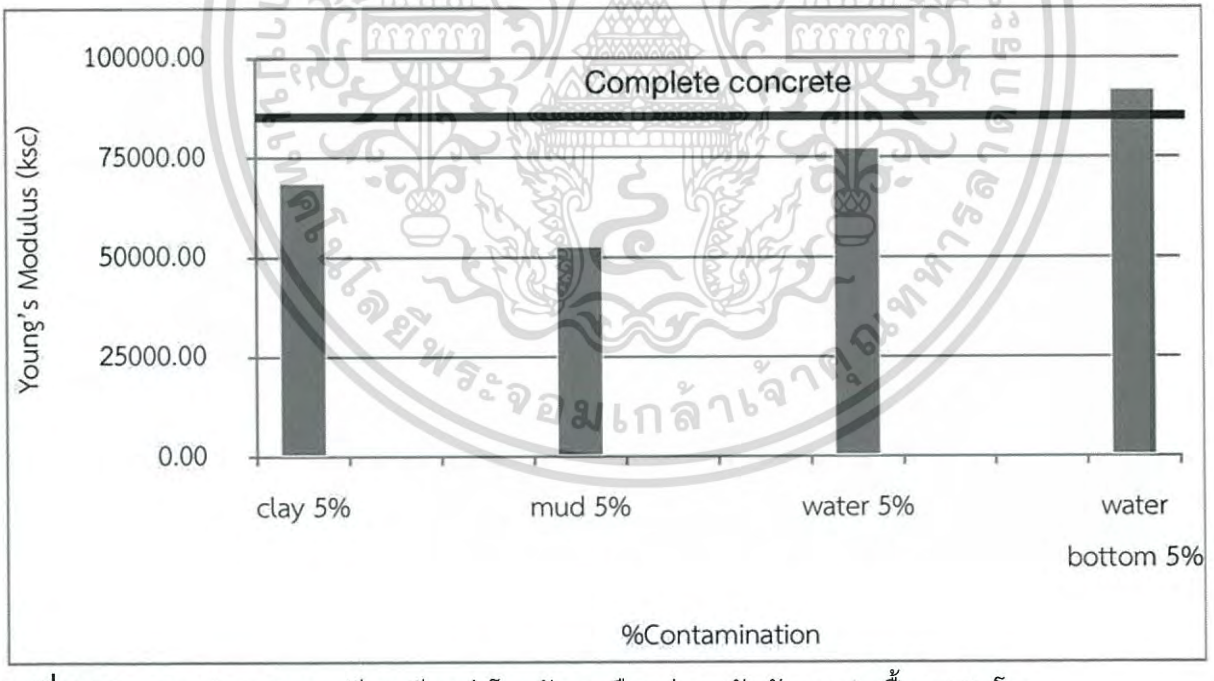
รูปที่ 4.28 กราฟแสดงการเปรียบเทียบกำลังรับน้ำหนักทุกปัจจัยการปนเปื้อน 15% โดยปริมาณเทียบกับแบบจำลองที่ 1 คอนกรีตสมบูรณ์ และหน่วยแรงออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



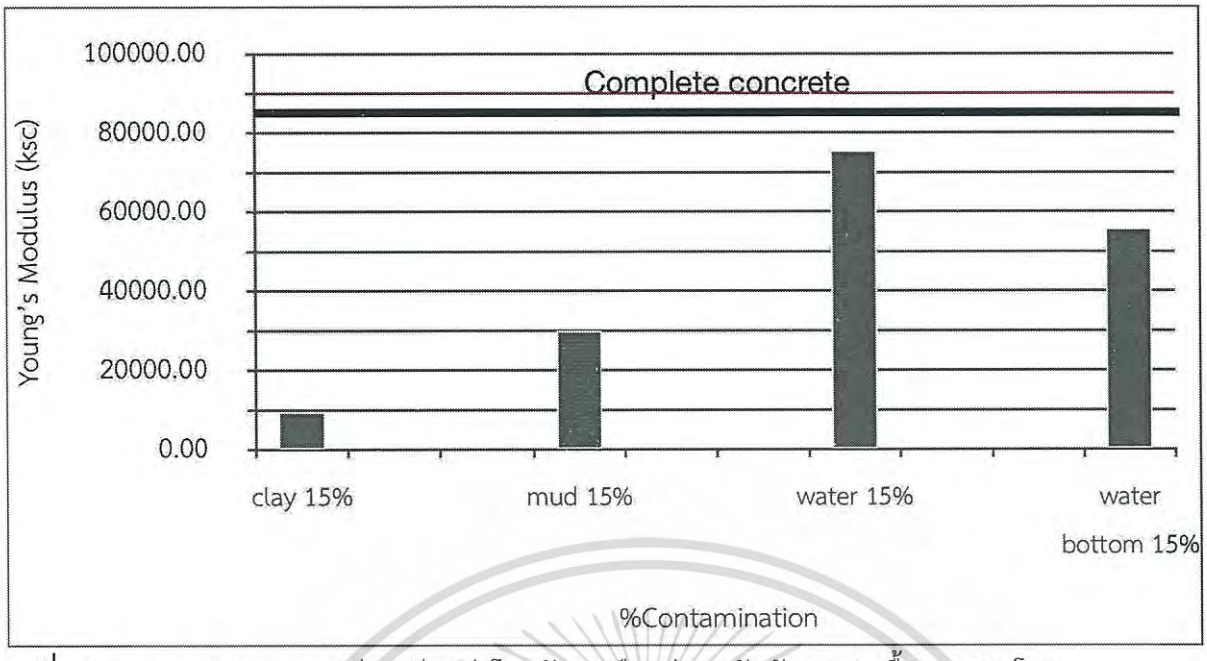
รูปที่ 4.29 กราฟแสดงการเปรียบเทียบกำลังรับน้ำหนักทุกปัจจัยการปนเปื้อน 30% โดยปริมาณเทียบกับแบบจำลองที่ 1 คอนกรีตสมบูรณ์ และหน่วยแรงออกแบบ

4.4.7 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ค่าโมดูลัสการยืดหยุ่นของทุกปัจจัยการปนเปื้อน

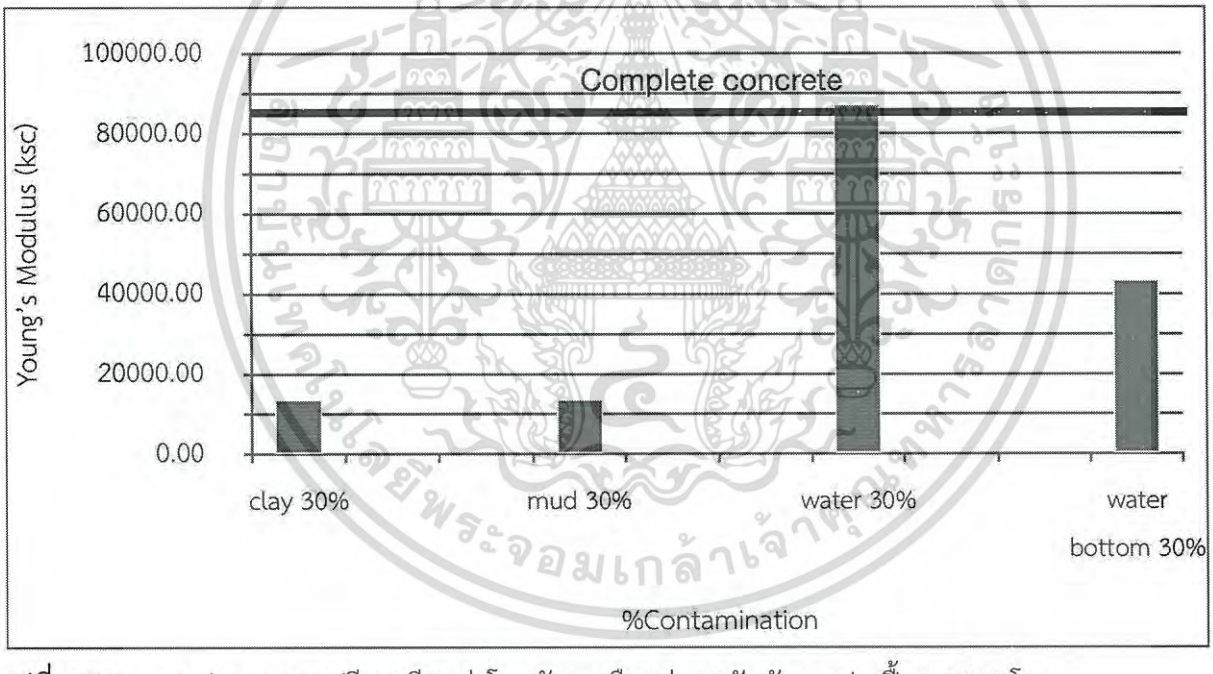


รูปที่ 4.30 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าโมดูลัสการยืดหยุ่นทุกปัจจัยการปนเปื้อน 5% โดยปริมาณ เทียบกับแบบจำลองที่ 1 คอนกรีตสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

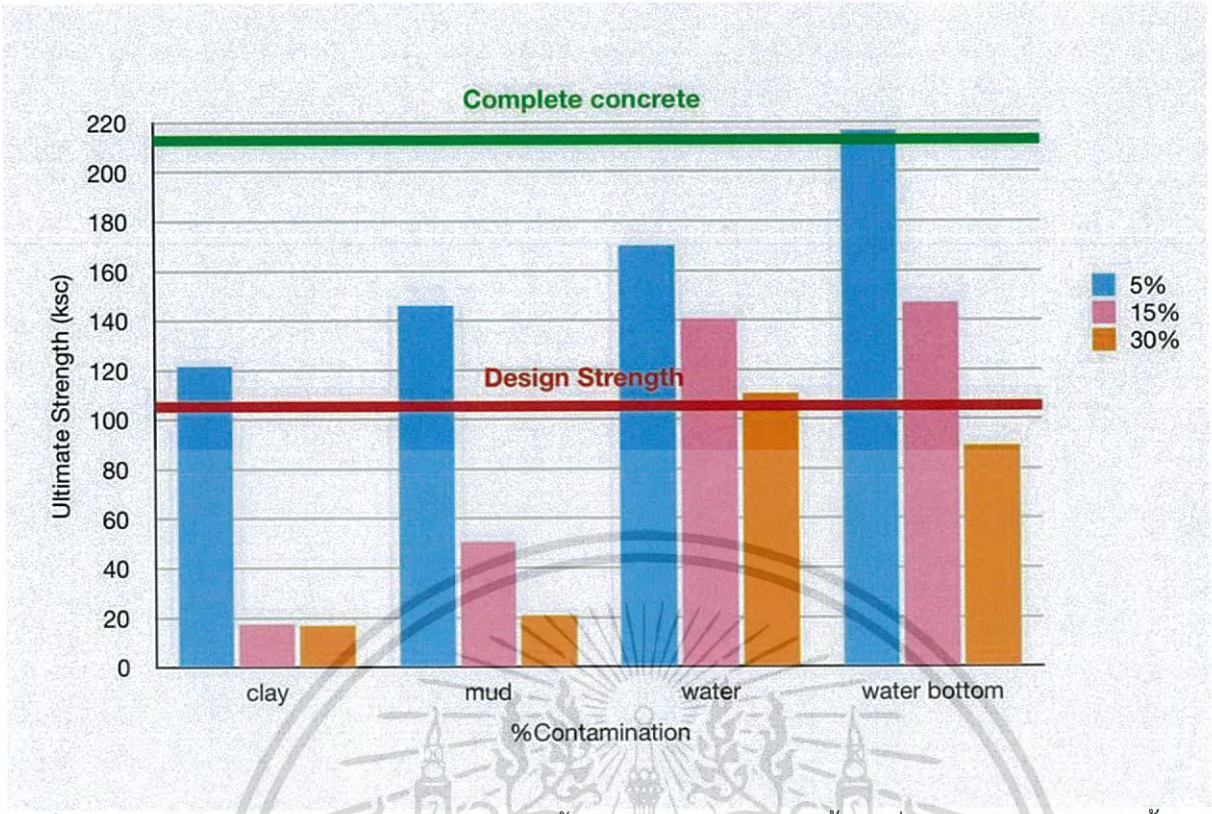


รูปที่ 4.31 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าโมดูลัสการยืดหยุ่นทุกปัจจัยการปนเปื้อน 15% โดยปริมาณ เทียบกับแบบจำลองที่ 1 คอนกรีตสมบูรณ์

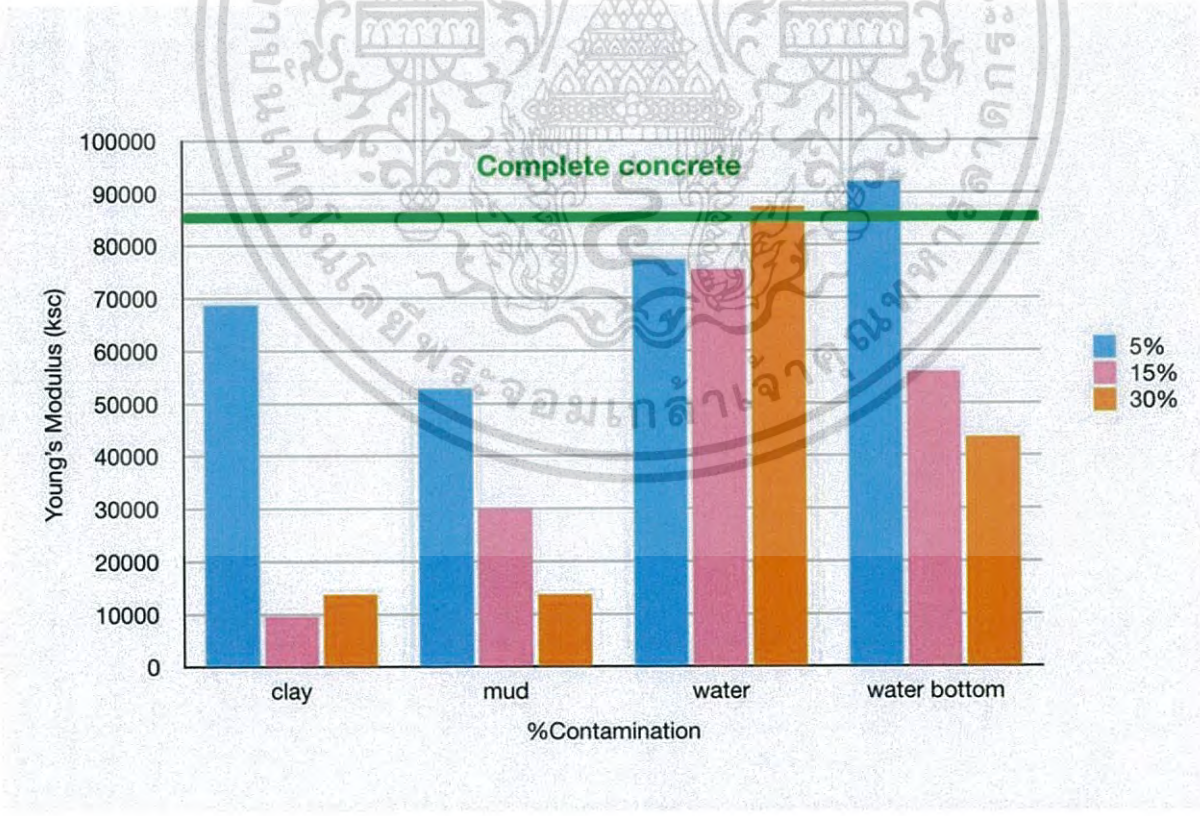


รูปที่ 4.32 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าโมดูลัสการยืดหยุ่นทุกปัจจัยการปนเปื้อน 30% โดยปริมาณ เทียบกับแบบจำลองที่ 1 คอนกรีตสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.33 กราฟแสดงการเปรียบเทียบกำลังรับน้ำหนักทุกปัจจัยการปนเปื้อน ที่ทุกเปอร์เซ็นต์การปนเปื้อน โดยปริมาณ เทียบกับแบบจำลองที่ 1 คอนกรีตสมบูรณ์ และหน่วยแรงออกแบบ



รูปที่ 4.34 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าโมดูลัสการยืดหยุ่นทุกปัจจัยการปนเปื้อน ที่ทุกเปอร์เซ็นต์การปนเปื้อน โดยปริมาณ เทียบกับแบบจำลองที่ 1 คอนกรีตสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 เรื่องกำลังรับน้ำหนักสูงสุด

ทุกปัจจัยการปนเปื้อน จะมีค่ากำลังรับน้ำหนักสูงสุด ลดลงตามเปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนที่มากขึ้น นั้นคือ ที่ 5% จะมีค่ากำลังรับน้ำหนักมากกว่า 15% และ 30% และที่ 15% จะมีค่ากำลังรับน้ำหนักมากกว่า 30% นั่นเอง

5.1.2 เรื่องโมดูลัส

1. ปัจจัยการปนเปื้อนด้วยน้ำนั้น ค่าโมดูลัสไม่มีความแตกต่างมากนัก เพราะเมื่อน้ำที่ใส่ลงไปนั้นผสมเป็นเนื้อเดียวกับคอนกรีตทำให้คุณสมบัติโดยเฉลี่ยของคอนกรีตนั้น มีค่าเท่าๆกันตลอดความยาว ดังนั้นค่าโมดูลัสของน้ำ สำหรับ 5% 15% 30% จึงมีค่าใกล้เคียงกัน

2. ปัจจัยการปนเปื้อนด้วยน้ำซึมเข้ามาในหลุมเจาะ ค่าโมดูลัสจะลดลงตามเปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนที่มากขึ้น

3. ปัจจัยการปนเปื้อนด้วยโคลน ค่าโมดูลัสจะลดลงตามเปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนที่มากขึ้น

4. ปัจจัยการปนเปื้อนด้วยก้อนดิน ค่าโมดูลัสจะลดลงตามเปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนที่มากขึ้น แต่อาจเกิดความผิดพลาดในการทดสอบในแบบจำลองที่ 15% ของก้อนดิน ทำให้ค่าโมดูลัส ของ 15% นั้นมีค่าน้อยกว่าที่ 30% ซึ่งตามทฤษฎีแล้ว จะต้องมีค่ามากกว่า

5.1.3 เรื่องความปลอดภัยของเสาเข็ม

1. ปัจจัยการปนเปื้อนด้วยดินหรือโคลนที่มีค่าเกินกว่า 5% เสาเข็มจะเกิดการวิบัติได้

2. ปัจจัยการปนเปื้อนด้วยน้ำ เสาเข็มจะยังคงรับกำลังและไม่วิบัติได้ เมื่อการปนเปื้อนไม่เกิน 30%

3 .ปัจจัยการปนเปื้อนน้ำซึมเข้ามาในหลุมเจาะ เสาเข็มยังรับแรงและไม่วิบัติในช่วง เมื่อการปนเปื้อนอยู่ในช่วง 15% แต่เมื่อเกินช่วงนี้ไปเสาเข็มจะไม่ปลอดภัยและเกิดการวิบัติได้

สรุปได้ว่า ในหน้างานนั้น ควรระวังเรื่องของดินและโคลนลงไป เพราะหากเกิน 5% ลงไป จะทำให้เสาเข็มวิบัติได้ ซึ่งแตกต่างจากน้ำที่หากปนเปื้อนก็ยังคงรับกำลังได้ ถึง 30%ของการปนเปื้อน โดยในความเป็นจริงแล้ว หากน้ำที่มีปริมาณการปนเปื้อนขนาด 30% ย่อมสามารถสังเกตและป้องกันในทันท่วงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ปัญหาและอุปสรรค์

1. เนื่องจากเครื่อง Universal testing machine มีปัญหาในขั้นตอนการทดสอบ ส่งผลให้ต้องมีการเปลี่ยนเครื่องมือในการทดสอบใหม่

2. จากการที่ต้องเปลี่ยนอุปกรณ์ในการทดลองใหม่ อาจส่งผลให้กราฟที่ได้มามีแนวโน้มคลาดเคลื่อนไปจากเครื่อง Universal testing machine

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ในการทดสอบ เครื่องที่ทดสอบควรเป็นเครื่องมือชนิดเดิม ไม่ควรเปลี่ยน เพราะการเปลี่ยนเครื่องมือทดสอบ ทำให้ค่าได้อาจมีการคลาดเคลื่อน และไม่ไปในทางเดียวกัน

2. ในการใส่ปัจจัยการปนเปื้อนที่เป็นดิน ควรจัดวางให้เหมือนกัน เพราะไม่อย่างนั้นตอนที่ทำการทดสอบ ค่าที่ได้อาจจะมีการคลาดเคลื่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

บริษัท ซีฟโก้ จำกัด(มหาชน).(2557).ประสบการณ์งานก่อสร้างเสาเข็มเจาะและโครงสร้างใต้ดินในประเทศไทย (พิมพ์ครั้งที่1).กรุงเทพฯ:บริษัท ซีฟโก้ จำกัด (มหาชน) 144 ถนนพระยาสุเรนทร์ แขวงบางชัน เขตคลองสามวา

วินิตร ช่อวิเชียร.(2542).การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ:ห้างหุ้นส่วนจำกัด ป. สัมพันธ์พาณิชย์.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ผลการทดลอง

ตาราง ผ.1 ผลการทดสอบแบบจำลองคอนกรีตสมบูรณ์

No	1	2	3	Average
Ultimate strength (N)	459,666.00	359,700.00	295,650.00	371,672.00
Ultimate strength (ksc)	265.16	207.49	170.54	214.40
Decrease Ultimate strength (%)	0.00	0.00	0.00	0.00
Remain Ultimate strength (%)	100.00	100.00	100.00	100.00
Modulus (ksc)	93,513.51	86,500.00	76,120.00	85,377.84
Decrease Modulus (ksc)	0.00	0.00	0.00	0.00
Remain Modulus (ksc)	100.00	100.00	100.00	100.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ผ.2 ผลการทดสอบแบบจำลองคอนกรีตเนื่องจากมีก้อนดินปนเปื้อน

clay 5 %				
No	1	2	3	Average
Ultimate strength (N)	120,788.00	251,634.00	261,048.00	211,156.67
Ultimate strength (ksc)	69.68	145.15	150.58	121.80
Decrease Ultimate strength (%)	67.50	32.30	29.76	43.19
Remain Ultimate strength (%)	32.50	67.70	70.24	56.81
Modulus (ksc)	73,617.02	69,221.31	63,433.33	68,757.22
Decrease Modulus (ksc)	13.78	18.92	25.70	19.47
Remain Modulus (ksc)	86.22	81.08	74.30	80.53
clay 15 %				
No	1	2	3	Average
Ultimate strength (N)	17,668.00	26,024.00	46,810.00	30,167.33
Ultimate strength (ksc)	10.19	15.01	27.00	17.40
Decrease Ultimate strength (%)	95.25	93.00	87.41	91.88
Remain Ultimate strength (%)	4.75	7.00	12.59	8.12
Modulus (ksc)	5,190.00	9,515.00	13,840.00	9,515.00
Decrease Modulus (ksc)	93.92	88.86	83.79	88.86
Remain Modulus (ksc)	6.08	11.14	16.21	11.14
clay 30 %				
No	1	2	3	Average
Ultimate strength (N)	131,450.00	24,000.00	31,260.00	62,236.67
Ultimate strength (ksc)	75.83	13.84	18.03	35.90
Decrease Ultimate strength (%)	64.63	93.54	91.59	83.26
Remain Ultimate strength (%)	35.37	6.46	8.41	16.74
Modulus (ksc)	10,380.00	14,829.00	15,858.00	13,689.00
Decrease Modulus (ksc)	87.84	82.63	81.43	83.97
Remain Modulus (ksc)	12.16	17.37	18.57	16.03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ผ.3 ผลการทดสอบแบบจำลองคอนกรีตเนื่องจากมีน้ำโคลนปนเปื้อน

mud (5%)				
No	1	2	3	Average
Ultimate strength (N)	305,932.00	229,226.00	224,486.00	253,214.67
Ultimate strength (ksc)	176.48	132.23	129.49	146.07
Decrease Ultimate strength (%)	17.69	38.33	39.60	31.87
Remain Ultimate strength (%)	82.31	61.67	60.40	68.13
Modulus (ksc)	69,200.00	47,724.00	41,327.78	52,750.59
Decrease Modulus (ksc)	18.95	44.10	51.59	38.22
Remain Modulus (ksc)	81.05	55.90	48.41	61.78
mud (15%)				
No	1	2	3	Average
Ultimate strength (N)	97,218.00	74,128.00	91,760.00	87,702.00
Ultimate strength (ksc)	56.08	42.76	52.93	50.59
Decrease Ultimate strength (%)	73.84	80.06	75.31	76.40
Remain Ultimate strength (%)	26.16	19.94	24.69	23.60
Modulus (ksc)	33,638.89	30,275.00	25,950.00	29,954.63
Decrease Modulus (ksc)	60.60	64.54	69.61	64.92
Remain Modulus (ksc)	39.40	35.46	30.39	35.08
mud (30%)				
No	1	2	3	Average
Ultimate strength (N)	33,400.00	39,430.00	34,650.00	35,826.67
Ultimate strength (ksc)	19.27	22.74	19.99	20.67
Decrease Ultimate strength (%)	91.01	89.39	90.68	90.36
Remain Ultimate strength (%)	8.99	10.61	9.32	9.64
Modulus (ksc)	15,570.00	12,110.00	13,623.00	13,767.67
Decrease Modulus (ksc)	81.76	85.82	84.04	83.87
Remain Modulus (ksc)	18.24	14.18	15.96	16.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ผ.4 ผลการทดสอบแบบจำลองคอนกรีตเนื่องจากมีน้ำปนเปื้อน

water (5%)				
No	1	2	3	Average
Ultimate strength (N)	271,752.00	326,744.00	285,800.00	294,765.33
Ultimate strength (ksc)	156.76	188.48	164.86	170.03
Decrease Ultimate strength (%)	26.88	12.09	23.11	20.69
Remain Ultimate strength (%)	73.12	87.91	76.89	79.31
Modulus (ksc)	74,390.00	74,390.00	83,040.00	77,273.33
Decrease Modulus (ksc)	12.87	12.87	2.74	9.49
Remain Modulus (ksc)	87.13	87.13	97.26	90.51
water (15%)				
No	1	2	3	Average
Ultimate strength (N)	247,076.00	237,730.00	245,760.00	243,522.00
Ultimate strength (ksc)	142.52	137.13	141.77	140.47
Decrease Ultimate strength (%)	33.52	36.04	33.88	34.48
Remain Ultimate strength (%)	66.48	63.96	66.12	65.52
Modulus (ksc)	71,235.29	59,588.89	95,150.00	75,324.73
Decrease Modulus (ksc)	16.56	30.21	-11.45	11.77
Remain Modulus (ksc)	83.44	69.79	111.45	88.23
water (30%)				
No	1	2	3	Average
Ultimate strength (N)	198,340.00	125,600.00	250,300.00	191,413.33
Ultimate strength (ksc)	114.41	72.45	144.38	110.42
Decrease Ultimate strength (%)	46.64	66.21	32.66	48.50
Remain Ultimate strength (%)	53.36	33.79	67.34	51.50
Modulus (ksc)	103,800.00	47,182.00	111,214.00	87,398.67
Decrease Modulus (ksc)	-21.58	44.74	-30.26	-2.37
Remain Modulus (ksc)	121.58	55.26	130.26	102.37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ผ.5 ผลการทดสอบแบบจำลองคอนกรีตเนื่องจากมีน้ำที่ซึมเข้ามาในหลุมเจาะ

bottom water (5%)				
No	1	2	3	Average
Ultimate strength (N)	345,672.00	400,208.00	380,716.00	375,532.00
Ultimate strength (ksc)	199.40	230.86	219.61	216.62
Decrease Ultimate strength (%)	7.00	-7.68	-2.43	-1.04
Remain Ultimate strength (%)	93.00	107.68	102.43	101.04
Modulus (ksc)	86,500.00	98,857.14	91,052.63	92,136.59
Decrease Modulus (ksc)	-1.31	-15.79	-6.65	-7.92
Remain Modulus (ksc)	101.31	115.79	106.65	107.92
bottom water (15%)				
No	1	2	3	Average
Ultimate strength (N)	236,452.00	266,548.00	261,348.00	254,782.67
Ultimate strength (ksc)	136.40	153.76	150.76	146.97
Decrease Ultimate strength (%)	36.38	28.29	29.68	31.45
Remain Ultimate strength (%)	63.62	71.71	70.32	68.55
Modulus (ksc)	57,666.67	69,200.00	40,655.00	55,840.56
Decrease Modulus (ksc)	32.46	18.95	52.38	34.60
Remain Modulus (ksc)	67.54	81.05	47.62	65.40
bottom water (30%)				
No	1	2	3	Average
Ultimate strength (N)	145,800.00	162,612.00	155,996.00	154,802.67
Ultimate strength (ksc)	84.10	93.80	89.99	89.30
Decrease Ultimate strength (%)	60.77	56.25	58.03	58.35
Remain Ultimate strength (%)	39.23	43.75	41.97	41.65
Modulus (ksc)	34,600.00	48,055.56	47,829.41	43,494.99
Decrease Modulus (ksc)	59.47	43.71	43.98	49.06
Remain Modulus (ksc)	40.53	56.29	56.02	50.94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ผ.6 ผลการทดสอบแบบจำลองคอนกรีตเนื่องจากมีน้ำปนเปื้อน โดยใช้เครื่อง Universal testing machine

Water 15%	
example 3	
Displacement(mm)	Ultimate strength (N)
0.0	0.00
0.2	71,040.00
0.4	178,080.00
0.6	239,110.00
0.8	245,490.00
1.0	237,000.00
1.2	227,810.00
1.4	215,480.00
1.6	205,080.00
1.8	192,110.00
2.0	182,880.00
2.2	172,130.00
2.4	164,480.00
2.6	155,360.00
2.8	144,340.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ผ.7 ผลการทดสอบแบบจำลองคอนกรีตเนื่องจากมีน้ำที่ซึมเข้ามาในหลุมเจาะ โดยใช้เครื่อง Universal testing machine

Dry concrete mixed 30%			
Displacement(mm)	example 1	example2	example 3
	Ultimate strength (N)	Ultimate strength (N)	Ultimate strength (N)
0	0.00	0.00	0.00
0.2	70,000.00	50,810.00	45,990.00
0.4	158,000.00	93,330.00	156,000.00
0.6	188,490.00	108,640.00	222,090.00
0.8	197,700.00	117,640.00	247,710.00
1.0	196,460.00	123,460.00	249,510.00
1.2	191,590.00	125,400.00	245,280.00
1.4	183,470.00	124,960.00	238,060.00
1.6	172,060.00	123,680.00	226,170.00
1.8	160,620.00	120,690.00	215,920.00
2.0	152,520.00	116,250.00	201,680.00
2.2	140,580.00	111,980.00	188,780.00
2.4	129,850.00	105,170.00	173,050.00
2.6	-	99,590.00	164,090.00
2.8	-	93,030.00	155,380.00
3.0	-	-	144,600.00
3.2	-	-	115,400.00
3.4	-	-	99,210.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ผ.8 ผลการทดสอบแบบจำลองคอนกรีตเนื่องจากมีน้ำโคลนปนเปื้อน โดยใช้เครื่อง Universal testing machine

Mud 30%			
Displacement(mm)	example 1	example2	example 3
	Ultimate strength (N)	Ultimate strength (N)	Ultimate strength (N)
0	0.00	0.00	0.00
0.2	15,660.00	13,950.00	14,640.00
0.4	18,950.00	17,710.00	18,050.00
0.6	23,320.00	21,000.00	21,740.00
0.8	26,580.00	26,010.00	24,730.00
1.0	27,820.00	29,940.00	27,050.00
1.2	28,980.00	34,100.00	29,110.00
1.4	30,910.00	37,040.00	30,970.00
1.6	31,740.00	39,200.00	32,210.00
1.8	32,740.00	38,630.00	33,490.00
2.0	33,150.00	38,090.00	34,140.00
2.2	32,520.00	35,100.00	34,160.00
2.4	31,600.00	35,560.00	34,310.00
2.6	30,320.00	36,870.00	33,310.00
2.8	29,860.00	37,150.00	33,660.00
3.0	27,620.00	36,200.00	33,330.00
3.2	26,100.00	32,900.00	33,010.00
3.4	26,080.00	27,900.00	32,590.00
3.6	-	-	32,060.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ผ.9 ผลการทดสอบแบบจำลองคอนกรีตเนื่องจากมีก้อนดินปนเปื้อน โดยใช้เครื่อง Universal testing machine

Clay 30%			
Displacement(mm)	example 1	example2	example 3
	Ultimate strength (N)	Ultimate strength (N)	Ultimate strength (N)
0.0	0.00	0.00	0.00
0.2	13,360.00	16,840.00	17,220.00
0.4	25,790.00	25,370.00	25,650.00
0.6	33,880.00	38,200.00	37,030.00
0.8	39,450.00	53,990.00	44,180.00
1.0	47,640.00	47,510.00	51,910.00
1.2	53,880.00	49,980.00	55,920.00
1.4	54,940.00	51,080.00	49,310.00
1.6	50,710.00	50,490.00	40,230.00
1.8	38,490.00	47,010.00	31,310.00
2.0	29,770.00	44,910.00	28,580.00
2.2	24,300.00	45,210.00	27,310.00
2.4	-	47,590.00	26,950.00
2.6	-	44,050.00	-
2.8	-	42,470.00	-
3.0	-	38,510.00	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล: นายพัฒนพงศ์ จารุกมล
วัน/เดือน/ปีเกิด: 15 กันยายน 2538
ที่อยู่: 63/1 ต.เมืองศรีไค อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี 34190
โทร: 095-6177303
ประวัติการศึกษา:จบการศึกษาปี 2557 โรงเรียนเบ็ญจะมะมหาราช อ.เมือง จ.อุบลราชธานี
ปัจจุบันกำลังศึกษาที่สถาบันเทคโนโลยีเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เขต ลาดกระบัง
กรุงเทพมหานคร
E-mail: Pattanapong_Ja@hotmail.com

ชื่อ-นามสกุล: นายชาครีย์ พึ่งสุดใจ
วัน/เดือน/ปีเกิด: 14 ธันวาคม 2538
ที่อยู่: 39/27 หมู่1 หมู่บ้านทวีทอง แขวงทวีวัฒนา เขตทวีวัฒนา จ.กรุงเทพฯ 10170
โทร: 094-5508727
ประวัติการศึกษา:จบการศึกษาปี2557 โรงเรียนนวมินทราชินูทิศ สตรีวิทยา พุทธมณฑล เขตทวีวัฒนา
จ.กรุงเทพฯ ปัจจุบันกำลังศึกษาที่สถาบันเทคโนโลยีเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เขต ลาดกระบัง
กรุงเทพมหานคร
E-mail: bonus_busno@hotmail.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน(ต่อ)

ชื่อ-นามสกุล: นายพชรพล หมุดอุบล

วัน/เดือน/ปีเกิด: 23 กุมภาพันธ์ 2538

ที่อยู่: 23/42 หมู่ 6 ซอยชินเขต 1/41 ถนนงามวงศ์วาน แขวงทุ่งสองห้อง เขตหลักสี่ กรุงเทพมหานคร 10210

โทร: 0868005355

ประวัติการศึกษา:พ.ศ.2556 จบการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่โรงเรียนมัธยมประชานิเวศน์ เขตจตุจักร จ.กรุงเทพมหานคร

E-mail: potcharapolmodubol@gmail.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้