ศึกษาการบดอัดโดยวิธีทุบด้วยลูกตุ้มหนักของเขื่อนทับเสลา จังหวัดอุทัยธานี

นายสันต์ ศรีเอนก

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2532

ISBN 974-576-250-4

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

015344

i 10302086

A Compaction Study By Heavy Tamping Method At Tubsalao Dam, Uthai Thani Province

Mr. Sunt Srianake

A Thesis Submitted in Partial Fullfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Civil Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University
1989

ISBN 974-576-250-4

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ศึกษาการบดอัดโดยวิธีทุบด้วยลูกตุ้มหนักของเขื่อนทับเสลา จังหวัดอุทัยธานี

โดย นายสันต์ ศรีเอนก

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรพล จิวาลักษณ์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร ปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์วิเชียร เต็งอำนวย)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรพล จิวาลักษณ์)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ประจิต จิรัปปภา)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทวี ธนะเจริญกิจ)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

วันต์ ศรีเอนก : ศึกษาการบดอัดโดยวิธีทุบด้วยลูกตุ้มหนักของ เขื่อนทับเสลา จังหวัดอุทัยธานี (A COMPACTION STUDY BY HEAVY TAMPING METHOD AT TUBSALAO DAM, UTHAI THANI PROVINCE) อ. ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.สุรพล จิวาลักษณ์, 276 หน้า

การปรับปรุงคุณสมบัติของดินฐานรากโดยวิธีทุบด้วยลูกตุ้มหนักให้มีความแน่น เพิ่มขึ้น เพื่อที่จะรับน้ำหนักของ เขื่อนและลดอันตรายจากการ เกิดปรากฏการณ์สภาพเหลว เนื่องจากแผ่นดินไหวของ เขื่อนทับ เสลา ซึ่งมีพื้นที่ทำการปรับปรุงทั้งหมด 100,000 ตารางเมตร ปริมาตรทรายที่ทำการปรับปรุงประมาณ 600,000 ลูกบาศก์เมตร ความหนาแน่นสัมพัทธ์ที่ต้องการหลังการบดอัด เท่ากับ 70 % วิธีการทุบดินให้มีสภาพแน่นสูงขึ้น โดยใช้เครนยกลูกตุ้มหนัก 15-30 ตัน พื้นที่หน้าตัดสี่เหลี่ยมจตุรัสขนาด 9 ตารางเมตร ยกสูง 22 เมตร ปล่อยให้ตกอิสระกระทบพื้นดิน เพื่อปรับปรุงสภาพความแน่นให้สูงขึ้น ผลที่ได้สามารถทำให้ชั้นทรายหลวมที่มีค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์เฉลี่ยก่อนการบดอัด 52 % มีความหนาแน่นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นเป็น 85 % ค่าความลึกอิทธิพลเฉลี่ยเท่ากับ 11.73 เมตร , ค่าสัมประสิทธิแก้ไขเฉลี่ยเท่ากับ 0.456 , อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาตรทรายมีค่าเท่ากับ 16.5 % องค์ประกอบที่สำคัญในการบดอัดได้แก่ เกณฑ์ความแน่นที่ต้องการหลังการบดอัด , ระดับน้ำใต้ดิน , ความหนาของชั้นทรายและขนาดคละของอนุภาค อย่างไรก็ตามหลังงานที่ใช้บดอัดชั้นทรายหลวมโดยวิธีทุบด้วยลูกตุ้มหนักของ เขื่อนทับ เสลา มีค่าตั้งแต่ 150 - 500 ตัน.เมตร ต่อตารางเมตร

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา

ปีการศึกษา 2531 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

SUNT SRIANAKE : COMPACTION STUDY BY HEAVY TAMPING METHOD AT TUBSALAD DAM, UTHAI THANI PROVINCE, THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. SURAPHOL CHIVALAK, Ph.D. 276 PP.

Method in densified soil improvement by using heavy tamping method in order to improve bearing capacity dam foundation and to reducing the possible hazard from liquifaction of loose sand due to earthquakes at Tubsalao Dam. The total improvement area were 100,000 square meter with approximate volume 600,000 cubic meter. The required relative density after compacted equal to 70 percentage. Compactioning method was used crane equipment, lift weight 15 to 30 tons with the square shape of the compact weight area 9 square meters. The construction compaction method was done by mean of lifting require weight to 22 meter and let free fall nit the groud surface. The results were indicated cnat compaction method could improved loose sand stratum with the initial relative density 52 percent increased to be 85 percent after compacted. The influence depth was in the average 11.76 meter with 0.456 coefficient of correction for the wolume change ratio 16.5 percent. The compaction depend on the following main factors such as the require density after compacted, water table apperance, the thickness of sand layer and grain size distribution. The amount of total energy the used to compacted loose sand stratum by heavy tamping method at Tubsalao Dam would be 150 ton-meter per square meter.

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา .....

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา .....

ปีการศึกษา 2531 .....

ลายมือชื่อนิสิต .....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

กิตติกรรมประกาศ

การทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรพล จิวาลักษณ์ ที่ได้ให้คำปรึกษา แนะแนวทาง ตรวจสอบ ตลอดจนปรับปรุงแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ และขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ประจิต จิรัปปภา ที่ได้ให้คำปรึกษาแนะนำการเตรียมนำเสนอวิทยานิพนธ์ และตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ ตลอดจนคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่ได้ให้ความกรุณาตรวจสอบ แนะนำ และแก้ไขวิทยานิพนธ์จนสำเร็จด้วยดี

ในการทดสอบภาคสนามและการทดสอบในภาคปฏิบัติการประกอบการวิจัย ผู้วิจัยได้รับความอนุเคราะห์ให้ใช้สถานที่ทำการทดสอบ ให้ข้อมูล คำปรึกษา แนะนำ หนังสือเอกสารอ้างอิงและอำนวยความสะดวกด้านต่าง ๆ จากกรมชลประทาน โครงการเขื่อนทับเสลา บริษัท SOLETANCHE, บริษัทบางกอกมอเตอร์อีควิปเมนท์ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความเอื้ออารีย์และขอขอบพระคุณอย่างสูงต่อท่านที่ได้ช่วยเหลือผู้วิจัยดังมีรายนามดังต่อไปนี้

- คุณเรืองฤทธิ อัมมวรรธน์ ฝ่ายออกแบบเขื่อน กองออกแบบกรมชลประทาน
- คุณปรีชา วรรณดี กองก่อสร้าง กรมชลประทาน
- คุณสมเกียรติ อยู่สุวรรณ หัวหน้างานทดสอบดินและวัสดุ โครงการเขื่อนทับเสลา กรมชลประทาน
- คุณไพบูลย์ เพชรคง หัวหน้างานอาคารและฐานราก โครงการเขื่อนทับเสลา กรมชลประทาน
- คุณประณต ศรีเรืองแย้ม วิศวกรโครงการ บริษัท SOLETANCHE
- คุณกมล อยู่ยืนพัฒนา วิศวกรสนาม บริษัท SOLETANCHE
- คุณบุญพบ ปัตตานี วิศวกรสนาม บริษัทบางกอกมอเตอร์อีควิปเมนท์ จำกัด
- คุณพิพัฒน์ ศรีวัฒนพงศ์ อาจารย์ประจำภาควิชาก่อสร้าง มหาวิทยาลัยศรีปทุม

- คุณสราญจิตต์ พิทักษ์ธรรม เจ้าหน้าที่วิเคราะห์งาน บริษัท BUSINESS CONSULTING GROUP
- คุณเสมอ หมัดมั่นใจ พนักงานการสื่อสารแห่งประเทศไทย

ผู้วิจัยของแสดงความระลึกถึงพระคุณของ ครู อาจารย์ ที่ได้สั่งสอนอบรมวิชาความรู้และจริยธรรมให้แก่ผู้วิจัยจนสำเร็จการศึกษาในปัจจุบัน

ในท้ายที่สุดนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ได้ให้การสนับสนุนในทุกทาง รวมทั้ง พี่ น้อง และเพื่อน ๆ ที่เป็นกำลังใจ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ด้วยดี

นายสันต์ ศรีเอนก

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญรูป ..... ต

สัญญลักษณ์ ..... ฝ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 บทนำทั่วไป 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3 ขอบเขตการทำวิจัย 3

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5

บทที่ 2 แนวทางการศึกษาเบื้องต้น 6

2.1 โครงการอ่างเก็บน้ำห้วยทับเสลา อำเภอลานศักดิ์ จังหวัดอุทัยธานี ... 6

2.1.1 ที่มาของโครงการ 6

2.1.2 สภาพลำน้ำ 7

2.1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการ 8

2.1.4 ลักษณะของโครงการ 8

2.1.4.1 ลักษณะอุตุวิทยาและอุทกวิทยา 8

2.1.4.2 อ่างเก็บน้ำ 8

2.1.4.3 เขื่อนเก็บกักน้ำ 11

2.1.4.4 อาคารระบายน้ำล้นปรกติ 12

2.1.4.5 อาคารท่อระบายน้ำลงลำน้ำเดิม 13

2.1.4.6 ท่อส่งน้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า 13

2.1.5 ค่าลงทุนและระยะเวลาก่อสร้าง 13

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.1.6 ประโยชน์ของโครงการ 13

2.2 การสำรวจทางปฐพีและธรณีวิทยาก่อนการก่อสร้าง 14

2.2.1 การเก็บตัวอย่าง 14

2.2.2 วิธีการทดสอบ 15

2.2.2.1 การทดสอบหาคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของดิน 15

2.2.2.2 การทดสอบหาคุณสมบัติทางกลของดิน 15

2.2.2.3 การทดสอบค่าความซึมผ่านได้ของดิน 16

2.2.3 ผลการทดสอบคุณสมบัติของดิน 16

2.2.3.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ทางฟิสิกส์ 16

2.2.3.2 ผลการทดสอบการบดอัด 17

2.2.3.3 ผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิความซึมผ่านได้ 18

2.3 เกณฑ์ความแน่นในการอัดแน่นทรายฐานราก 19

2.4 การทดสอบความแน่นโดยการตอกแบบมาตรฐาน 21

2.4.1 คำจำกัดความ 21

2.4.2 วิธีการเจาะ 21

2.4.3 วิธีการเก็บตัวอย่างและการตอกทดสอบ 22

2.4.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ 25

2.4.5 ความคลาดเคลื่อนและข้อบกพร่องในทางปฏิบัติ 30

2.4.6 ความสัมพันธ์ระหว่าง SPT-N Value
กับความหนาแน่นสัมพัทธ์ 31

บทที่ 3 วิธีการปรับปรุงฐานรากที่เป็นชั้นดินทรายหลวม 36

3.1 การปรับปรุงฐานรากที่เป็นชั้นดินทรายหลวม 36

3.1.1 การอัดแน่นทรายโดยวิธีการสั่นสะเทือน 37

3.1.2 การอัดแน่นทรายโดยวิธีการระเบิด 41

3.2 การอัดแน่นทรายโดยวิธีการทุบด้วยลูกตุ้มหนัก 42

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2.1 โครงการต่าง ๆ ที่ได้ปรับปรุงผ่านมาในอดีต 45
3.2.1.1 โครงการปรับปรุงชั้นทรายถมที่ Jacksonville มลรัฐฟลอริด้า 46
3.2.1.2 โครงการปรับปรุงชั้นทรายหลวมใต้ระดับน้ำทะเลที่ Al Jlayah ประเทศคูเวต 46
3.2.1.3 โครงการปรับปรุงชั้นทรายละเอียดที่ Playa Dorada 47
3.2.1.4 โครงการปรับปรุงฐานรากของเขื่อน Penitas ประเทศเม็กซิโก 47
3.2.2 แนวความคิดและทฤษฎีที่ใช้ในการปรับปรุง 53
3.2.2.1 ความลึกอิทธิพล 53
3.2.2.2 รูปแบบการทุบและระยะห่างระหว่างจุดทุบ 56
3.2.2.3 จำนวนครั้งการทุบในแต่ละช่วง 57
3.2.2.4 พลังงานทั้งหมดในการทุบต่อพื้นที่ 60
3.2.3 เครื่องจักร เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการปรับปรุงชั้นทรายหลวมของเขื่อนทับเสลา 63
3.3 ขั้นตอนต่าง ๆ ในการปรับปรุงชั้นดินทรายหลวมของเขื่อนทับเสลา.. 63
3.3.1 แบ่งพื้นที่ 63
3.3.2 ลำดับการดำเนินการ 64
3.3.3 การเจาะและตอกทดสอบก่อนการอัดแน่น 67
3.3.4 กรรมวิธีในการปรับปรุง 67
3.3.5 การตอกทดสอบหลังการอัดแน่น 67
3.4 การทดสอบสภาพความแน่นก่อนการบดอัด 68
3.4.1 จำนวนหลุมตอกทดสอบบริเวณโซนต่าง ๆ 68
3.4.2 ผลการทดสอบความแน่นตามธรรมชาติก่อนการบดอัด..... 69

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.5 วิธีการดำเนินการปรับปรุงฐานราก 81
3.5.1 โซน 1U และแปลงทดสอบที่ 2 81
3.5.2 โซน 1C และ 1D 86
3.5.3 โซน 2U 90
3.5.4 โซน 2C และ 2D 95
3.5.5 โซน 3U 98
3.5.6 โซน 3C และ 3D 104
3.5.7 โซน 4U 109
3.5.8 โซน 4C และ 4D 113
3.5.9 โซน 5U, 5C และ 5D 115
3.5.10 โซน AD 118
3.6 พลังงานที่ใช้ในการทุบต่อพื้นที่บริเวณโซนต่าง ๆ 121
3.6.1 โซน 1U 121
3.6.2 โซน 1C/D 122
3.6.3 โซน 2U 123
3.6.4 โซน 3C/D 123
3.6.5 โซน 3U 123
3.6.6 โซน 3C/D 125
3.6.6.1 ระยะ กม. 2+160 ถึง ระยะ กม. 2+200 125
3.6.6.2 ระยะ กม. 2+200 ถึง ระยะ กม. 2+300 125
3.6.7 โซน 4U 126
3.6.7.1 บริเวณที่ทำการทุบ 3 ช่วง..... 126
3.6.7.2 บริเวณที่ทำการทุบ 4 ช่วง..... 126
3.6.8 โซน 4C/D 127
3.6.8.1 ระยะ กม. 2+080 ถึง ระยะ กม. 2+120.... 127

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.6.8.2 ระยะ กม. 2+120 ถึง ระยะ กม. 2+160.... 127
3.6.9 โซน 5U 128
3.6.10โซน 5C/D..... 128
3.6.11โซน AD 129
บทที่ 4 ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ผล 132
4.1 ผลการทดสอบความแน่นหลังการบดอัด 132
4.2 ผลกระทบเนื่องจากความแน่นตามธรรมชาติและความหนา ของชั้นทรายที่มีต่อการปรับปรุง 154
4.3 ผลการประมาณค่าความลึกอิทธิพลและค่าสัมประสิทธิแก้ไข 162
4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานที่ใช้ทุบต่อพื้นที่กับ ความแน่นหลังการบดอัด 165
4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนปริมารตรทรายที่ใช้เติมกลบหลุม กับความแน่นหลังการบดอัด..... 170
4.5.1 ผลการประมาณค่าอัตราส่วนทรายที่ใช้เติมกลบหลุม 170
4.5.2 ผลการวัดค่าระดับผิวดินที่เพิ่มขึ้นและการประมาณค่า อัตราการทรุดตัว 176
4.5.3 เปรียบเทียบค่าอัตราความแน่นแห้งที่เพิ่มขึ้นกับอัตรา การทรุดตัวและกับอัตราส่วนปริมาตรทรายที่ใช้เติม กลบหลุม..... 178
4.5.4 เปรียบเทียบค่าพลังงานที่ใช้ทุบต่อพื้นที่กับอัตราส่วน ปริมาตรทรายที่ใช้เติมกลบหลุม 180
4.5.5 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนปริมาตรทรายที่ใช้ เติมกลบหลุมกับความแน่นหลังการบดอัด..... 183
4.6 ผลกระทบเนื่องจากขนาดคละของอนุภาคที่มีต่อการบดอัด 184

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.6.1 ผลการทดสอบขนาดคละของอนุภาคดิน 184
4.6.2 เปรียบเทียบค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์หลังการบดอัด กับขนาดคละของอนุภาค 186
4.6.3 ผลกระทบเนื่องจากขนาดคละของอนุภาคที่มีต่อพลังงานในการทุบ 188
4.7 ข้อสังเกตความแน่นหลังการบดอัดในรูปแบบการทุบที่แตกต่างกัน..... 188
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 191
5.1 สรุปผลการวิจัย 191
5.1.1 ประสิทธิภาพและข้อจำกัดในการปรับปรุงคุณสมบัติชั้นทรายโดยวิธีการทุบด้วยลูกตุ้มหนัก 191
5.1.2 การประมาณค่าพลังงานที่เหมาะสมที่ใช้ในการทุบต่อพื้นที่ ... 191
5.1.3 การตรวจสอบความแน่นในสนามโดยประมาณจากอัตราส่วนปริมาตรทรายที่ใช้เติมกลบหลุม 192
5.2 ข้อเสนอแนะ 194
เอกสารอ้างอิง 195
ภาคผนวก
ภาคผนวก ก. ผลการทดสอบความแน่นก่อนการบดอัด 198
ภาคผนวก ข. ผลการทดสอบความแน่นหลังการบดอัด 223
ภาคผนวก ค. ผลการทดสอบขนาดคละของอนุภาค..... 264
ประวัติผู้เขียน 276

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ชนิดของการทดสอบและจำนวนการทดสอบคุณสมบัติทางฟิสิกส์ 15

ตารางที่ 2.2 แสดงผลการทดสอบการบดอัด..... 18

ตารางที่ 2.3 แสดงผลการทดสอบค่า ส.ป.ส. ความชื้มผ่านได้..... 19

ตารางที่ 2.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง N กับความหนาแน่นสัมพัทธ์ของมวลดินหยาบ..... 33

ตารางที่ 3.1 แสดงค่าสัมประสิทธิแก้ไข 54

ตารางที่ 3.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง SPT-N กับ qc (Schermann, 1970)..... 61

ตารางที่ 3.3 (ก) แสดงผลการทดสอบความแน่นตามธรรมชาติก่อนการบดอัดโซนที่ 1, 2, 3U, 3C/D (R) และ AD..... 74

ตารางที่ 3.3 (ข) แสดงผลการทดสอบความแน่นตามธรรมชาติก่อนการบดอัดโซนที่ 4, 5 และ 3C/D (L) 75

ตารางที่ 3.4 (ก) แสดงค่าความแน่นสัมพัทธ์ตามธรรมชาติก่อนการบดอัดโซนที่ 1, 2, 3U, 3C/D (R) และ AD..... 76

ตารางที่ 3.4 (ข) แสดงค่าความแน่นสัมพัทธ์ตามธรรมชาติก่อนการบดอัดโซนที่ 3C/D (L), 4 และ 5 77

ตารางที่ 3.5 แสดงจำนวนครั้งการทุบและทุบซ้ำบริเวณโซนต่าง ๆ 130

ตารางที่ 3.6 แสดงว่าพลังงานที่ใช้ในการทุบและทุบซ้ำต่อพื้นที่บริเวณโซนต่าง ๆ 131

ตารางที่ 4.1 แสดงค่า SPT-N เฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานหลังการบดอัดโซน 1U และ 2U 133

ตารางที่ 4.2 แสดงค่า SPT-N เฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานหลังการบดอัดโซน 1C/D และ 2C/D..... 135

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.3 แสดงค่า SPT-N เฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานหลังการบดอัดโซน 3U และ 3C/D (R)..... 137

ตารางที่ 4.4 แสดงค่า SPT-N เฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานหลังการบดอัดโซน AD, 3C/D (L) และ 4U (4P)..... 139

ตารางที่ 4.5 แสดงค่า SPT-N เฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานหลังการบดอัดโซน 4U (3P), 4C/D (L) และ 4C/D (R)..... 141

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์หลังการบดอัดโซน 1U และ 2U..... 143

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์หลังการบดอัดโซน 1C/D และ 2C/D..... 144

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์หลังการบดอัดโซน 3U และ 3C/D (R)..... 147

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์หลังการบดอัดโซน AD, 3C/D (L) และ 4U (4P)..... 148

ตารางที่ 4.10 แสดงค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์หลังการบดอัดโซน 4U (3P), 4C/D (L) และ 4C/D (R)..... 152

ตารางที่ 4.11 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าความแน่นและความหนาของชั้นทรายก่อนและหลังการบดอัดบริเวณโซนต่าง ๆ..... 161

ตารางที่ 4.12 แสดงผลการประมาณค่าความลึกอิทธิพลและค่าสัมประสิทธิแก้ไขบริเวณโซนต่าง ๆ ของพื้นที่วิเคราะห์ที่ 1..... 163

ตารางที่ 4.13 แสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่าง log (E/A) กับค่า $(\bar{N})_{mean}$ และ $(\bar{N})_{min}$..... 166

ตารางที่ 4.14(ก) แสดงค่าสมการความสัมพันธ์ระหว่าง log (E/A) กับค่า $(\bar{N})_{mean}$ บริเวณโซนต่าง ๆ..... 167

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.14(ข) แสดงค่าสมการความสัมพันธ์ระหว่าง log (E/A) กับค่า $(\bar{N})_{min}$ บริเวณโซนต่าง ๆ 168
ตารางที่ 4.15(ก) แสดงอัตราส่วนปริมาตรทรายที่ใช้เติมกลบหลุมโซน AD..... 170
ตารางที่ 4.15(ข) แสดงอัตราส่วนปริมาตรทรายที่ใช้เติมกลบหลุมโซน 1U..... 171
ตารางที่ 4.15(ค) แสดงอัตราส่วนปริมาตรทรายที่ใช้กลบหลุมโซน 2U 171
ตารางที่ 4.15(ง) แสดงอัตราส่วนปริมาตรทรายที่ใช้เติมกลบหลุมโซน 2C/D.....172
ตารางที่ 4.15(จ) แสดงผลการประมาณค่าอัตราส่วนปริมาตรทรายที่ใช้เติม กลบหลุมโซน 1C/D..... 172
ตารางที่ 4.15(ฉ) แสดงผลการประมาณค่าอัตราส่วนปริมาตรทรายที่ใช้ เติมกลบหลุมโซน 3U..... 173
ตารางที่ 4.15(ช) แสดงผลการประมาณค่าอัตราส่วนปริมาตรทรายที่ใช้ เติมกลบหลุมโซน 3C/D (R) 173
ตารางที่ 4.15(ช) แสดงผลการประมาณค่าอัตราส่วนปริมาตรทรายที่ใช้ เติมกลบหลุมโซน 3C/D (L)..... 174
ตารางที่ 4.15(ฌ) แสดงผลการประมาณค่าอัตราส่วนปริมาตรทรายที่ ใช้เติมกลบหลุมโซน 4U 174
ตารางที่ 4.15(ญ) แสดงผลการประมาณค่าอัตราส่วนปริมาตรทรายที่ใช้ เติมกลบหลุมโซน 4C/D (L)..... 175
ตารางที่ 4.15(ฎ) แสดงผลการประมาณค่าอัตราส่วนปริมาตรทรายที่ใช้ เติมกลบหลุมโซน 4C/D (R)..... 175
ตารางที่ 4.16 แสดงผลการวัดค่าระดับผิวดินที่เพิ่มขึ้นและประมาณค่า อัตราการทรุดตัวของโซนต่าง ๆ..... 177
ตารางที่ 4.17 แสดงการเปรียบเทียบ $\Delta rd/rd$ กับ $\Delta h/h$ และกับ $\Delta V/V$ ... 179

สารบัญตาราง (ต่อ)

		หน้า
ตารางที่ 4.18	แสดงสมการความสัมพันธ์ระหว่าง log (E/A) กับ log (ΔV/V) ของโซนต่าง ๆ	181
ตารางที่ 4.19	แสดงสมการความสัมพันธ์ระหว่าง $(\bar{N})_{mean}$ กับ log (ΔV/V)	183
ตารางที่ 4.20	แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของขนาดคละของอนุภาคบริเวณโซนต่าง ๆ	185
ตารางที่ 4.21	แสดงการเปรียบเทียบค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์หลังการบดอัดกับขนาดคละของอนุภาค	187
ตารางที่ ก.$_1$	แสดงผลการทดสอบความแน่นก่อนการบดอัดที่หลุมเจาะต่าง ๆ	199
ตารางที่ ข.$_1$	แสดงผลการทดสอบความแน่นหลังการบดอัดที่หลุมเจาะต่าง ๆ	224
ตารางที่ ค.$_1$	แสดงขนาดคละของอนุภาคบริเวณโซนต่าง ๆ	265

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1 แสดงการแบ่งโซนบริเวณที่ทำการปรับปรุงฐานรากโดยวิธีการทุบด้วยลูกตุ้มหนัก 3

รูปที่ 2.1 แผนที่แสดงที่ตั้งหัวงาน 9

รูปที่ 2.2 แผนที่แสดงขอบเขตของโครงการ 10

รูปที่ 2.3 โค้งความจุ - โค้งพื้นที่ 10

รูปที่ 2.4 แสดงระดับน้ำในอ่างเก็บกักน้ำ 11

รูปที่ 2.5 แสดงบริเวณที่เก็บตัวอย่างดิน 14

รูปที่ 2.6 โค้งการกระจายของขนาดคละบริเวณฐานราก 17

รูปที่ 2.7 แสดงเกณฑ์ความแน่นที่กำหนดในการอัดแน่นทรายฐานราก 20

รูปที่ 2.8 การทดสอบหาความแน่นทรายโดยวิธีการตอกแบบมาตราฐาน 27

รูปที่ 2.9 แสดงขนาดและหน้าตัดของกระบอกเก็บตัวอย่างแบบผ่าซีก 27

รูปที่ 2.10 หัวเจาะและกระบอกเก็บตัวอย่างแบบผ่าซีก 28

รูปที่ 2.11 ลูกตุ้มมาตรฐานหนัก 140 ปอนด์ 28

รูปที่ 2.12 ก้านเจาะ 29

รูปที่ 2.13 ปลอก 29

รูปที่ 2.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นสัมพัทธ์กับจำนวนครั้งการตอกต่อฟุต (Gibbs & Holtz, 1971) 35

รูปที่ 3.1 แผนภาพแสดงปรากฏการณ์สภาพเหลว 36

รูปที่ 3.2 แสดงช่วงขนาดคละที่เหมาะสมในการอัดแน่นทรายโดยวิธีสั่นสะเทือน 38

รูปที่ 3.3 แสดงส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องสั่นเขย่า 39

รูปที่ 3.4 แสดงวิธีการทำงานของเครื่องสั่นเขย่า 40

รูปที่ 3.5 แสดงลักษณะคลื่นที่เกิดขึ้นหลังการทุบ 44

รูปที่ 3.6(ก) แสดงลักษณะชั้นดินและค่า SPT-N ของโครงการ Jacksonville 49

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.6(ข) แสดงลักษณะของชั้นดินและผลการทดสอบความแน่นก่อนและหลังการบดอัดของโครงการ Al Jayah 50
รูปที่ 3.6(ค) แสดงลักษณะชั้นดินและค่าความแน่นสัมพัทธ์ก่อนและหลังการบดอัดของโครงการ Playa Dorada 51
รูปที่ 3.7(ก) แสดงลักษณะชั้นดินและค่า SPT-N ก่อนการบดอัดของเขื่อน Penitas 51
รูปที่ 3.7(ข) แสดงวิธีการทุบและค่าการทรุดตัวของเขื่อน Penitas 52
รูปที่ 3.7(ค) แสดงผลการทดสอบความแน่นหลังการบดอัดโดยวิธี SPT กับวิธี DCPT 52
รูปที่ 3.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความลึกอิทธิพลกับรากที่สองของพลังงานที่ใช้ในการทุบหนึ่งครั้ง (Michell & Katte, 1981) 54
รูปที่ 3.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความลึกอิทธิพลกับรากที่สองของพลังงานที่ใช้ในการทุบหนึ่งครั้งของมวลดินหยาบ 55
รูปที่ 3.10 แสดงการเปลี่ยนแปลงในมวลดินภายหลังการทุบด้วยพลังงานต่าง ๆ 59
รูปที่ 3.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง qc กับ (E/A).E (Leonard, Cutter & Holtz, 1980) 60
รูปที่ 3.12(ก) ปั่นจั่นขนาด LS 528S 65
รูปที่ 3.12(ข) ลูกตุ้มหนัก 30 ตัน 65
รูปที่ 3.12(ค) เครื่องมือทดสอบความแน่นของดินโดยวิธีการตอกแบบมาตรฐาน 66
รูปที่ 3.12(ง) เครื่องมือวัดแรงดันโพรงของน้ำ 66
รูปที่ 3.13 แสดงการแบ่งโซนบริเวณที่ทำการปรับปรุงฐานราก 73
รูปที่ 3.14 แสดงแปลนเขื่อนบริเวณที่ปรับปรุงฐานราก 73
รูปที่ 3.15 แสดงค่าเฉลี่ย SPT-N Value เฉลี่ยก่อนการบดอัดบริเวณโซนต่าง ๆ 78

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.16 แสดงความหนาแน่นสัมพัทธ์เฉลี่ยก่อนการบดอัด บริเวณโซนต่าง ๆ 78
รูปที่ 3.17(ก) แสดงภาพตัดของชั้นทราย บริเวณด้านเหนือน้ำ..... 79
รูปที่ 3.17(ข) แสดงภาพตัดของชั้นทรายบริเวณตอนกลาง 79
รูปที่ 3.17(ค) แสดงภาพตัดของชั้นทรายบริเวณด้านท้ายน้ำ 80
รูปที่ 3.18 แสดงเส้นระดับความหนาของชั้นทรายบริเวณโซนต่าง ๆ 80
รูปที่ 3.19 วิธีการทุบโดยใช้รถปั่นจั่นขนาดใหญ่ (LS 528 S) ยกลูกตุ้มหนัก 30 ตัน ปล่อยลงมาจากความสูง 22 เมตร 81
รูปที่ 3.20(ก) แสดงวิธีการทุบและจุดตอกทดสอบซ้ำบริเวณโซน 1U..... 83
รูปที่ 3.20(ข) แสดงวิธีการทุบซ้ำและจุดตอกทดสอบซ้ำบริเวณโซน 1U..... 84
รูปที่ 3.20(ค) แสดงจำนวนครั้งการทุบทั้งหมดที่จุดต่าง ๆ บริเวณโซน 1U..... 85
รูปที่ 3.21(ก) แสดงวิธีการทุบและจุดตอกทดสอบบริเวณโซน 1C/D..... 87
รูปที่ 3.21(ข) แสดงวิธีการทุบและจุดตอกทดสอบบริเวณโซน 1C/D..... 88
รูปที่ 3.21(ค) แสดงจำนวนครั้งการทุบทั้งหมดที่จุดต่าง ๆ บริเวณโซน 1C/D 89
รูปที่ 3.22(ก) แสดงวิธีการทุบและจุดตอกทดสอบบริเวณโซน 2U 92
รูปที่ 3.22(ข) แสดงวิธีการทุบซ้ำและจุดตอกทดสอบซ้ำบริเวณโซน 2U..... 93
รูปที่ 3.22(ค) แสดงจำนวนครั้งการทุบทั้งหมดที่จุดต่าง ๆ บริเวณโซน 2U..... 94
รูปที่ 3.23(ก) แสดงวิธีการทุบและจุดตอกทดสอบ บริเวณโซน 2C/D 96
รูปที่ 3.23(ข) แสดงจำนวนครั้งการทุบทั้งหมดที่จุดต่าง ๆ บริเวณโซน 2C/D..... 97
รูปที่ 3.24(ก) แสดงวิธีการทุบบริเวณโซน 3U..... 99
รูปที่ 3.24(ข) แสดงวิธีการทุบและจุดตอกทดสอบบริเวณโซน 3U 100
รูปที่ 3.24(ค) แสดงวิธีการทุบซ้ำและจุดตอกทดสอบบริเวณโซน 3U.....101
รูปที่ 3.24(ง) แสดงวิธีการทุบซ้ำครั้งที่สองและจุดตอกทดสอบซ้ำบริเวณโซน 3U ...102
รูปที่ 3.24(จ) แสดงการทุบซ้ำครั้งที่สามและจุดตอกทดสอบซ้ำ บริเวณโซน 3U.....103

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.25(ก) แสดงวิธีการทุบและจุดตอกทดสอบบริเวณโซน 3C/D..... 106
รูปที่ 3.25(ข) แสดงวิธีการทุบซ้ำและจุดตอกทดสอบบริเวณโซน 3C/D 107
รูปที่ 3.25(ค) แสดงวิธีการทุบซ้ำครั้งที่สองและจุดตอกทดสอบซ้ำ
บริเวณโซน 3C/D 108
รูปที่ 3.26 แสดงวิธีการทุบโดยใช้รถปั่นจั่นขนาดเล็ก (LS 418) ยกลูกตุ้ม
หนัก 15 ตัน ปล่อยลงมาจากระยะความสูง 22 เมตร 109
รูปที่ 3.27(ก) แสดงวิธีการทุบและจุดตอกทดสอบบริเวณโซน 4U..... 111
รูปที่ 3.27(ข) แสดงวิธีการทุบซ้ำและจุดตอกทดสอบซ้ำบริเวณโซน 4U 112
รูปที่ 3.28 แสดงวิธีการทุบและจุดตอกทดสอบบริเวณโซน 4C/D 114
รูปที่ 3.29(ก) แสดงบริเวณที่ต้องทำการทุบซ้ำครั้งที่ 1 บริเวณโซนที่ 5..... 116
รูปที่ 3.29(ข) แสดงบริเวณที่ต้องทำการทุบซ้ำครั้งที่ 2 บริเวณโซนที่ 5..... 117
รูปที่ 3.30(ก) แสดงวิธีการทุบและจุดตอกทดสอบบริเวณโซน AD..... 119
รูปที่ 3.30(ข) แสดงวิธีการทุบซ้ำและจุดตอกทดสอบซ้ำบริเวณโซน AD 120
รูปที่ 4.1 (ก) แสดงผลของค่า SPT-N เฉลี่ยก่อนและหลังการบดอัดโซน 1U..... 134
รูปที่ 4.1 (ข) แสดงผลของค่า SPT-N เฉลี่ยก่อนและหลังการบดอัดโซน 2U..... 134
รูปที่ 4.2 (ก) แสดงผลของค่า SPT-N เฉลี่ยก่อนและหลังการบดอัดโซน 1C/D... 136
รูปที่ 4.2 (ข) แสดงผลของค่า SPT-N เฉลี่ยก่อนและหลังการบดอัดโซน 2C/D... 136
รูปที่ 4.3 (ก) แสดงผลของค่า SPT-N เฉลี่ยก่อนและหลังการบดอัดโซน 3U..... 138
รูปที่ 4.3 (ข) แสดงผลของค่า SPT-N เฉลี่ยก่อนและหลังการบดอัดโซน
3C/D (R) 138
รูปที่ 4.4 (ก) แสดงผลของค่า SPT-N เฉลี่ยก่อนและหลังการบดอัดโซน AD..... 140
รูปที่ 4.4 (ข) แสดงผลของค่า SPT-N เฉลี่ยก่อนและหลังการบดอัดโซน
3C/D (L) 140
รูปที่ 4.4 (ค) แสดงผลของค่า SPT-N เฉลี่ยก่อนและหลังการบดอัดโซน
4U (4P)..... 141

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.5 (ก) แสดงผลของค่า SPT-N เฉลี่ยก่อนและหลังการบดอัดโซน 4U (3P)..... 142
รูปที่ 4.5 (ข) แสดงผลของค่า SPT-N เฉลี่ยก่อนและหลังการบดอัดโซน 4C/D (L)..... 142
รูปที่ 4.5 (ค) แสดงผลของค่า SPT-N เฉลี่ยก่อนและหลังการบดอัดโซน 4C/D (R)..... 142
รูปที่ 4.6 (ก) แสดงค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์เฉลี่ยก่อนและหลังการบดอัดโซน 1U 145
รูปที่ 4.6 (ข) แสดงค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์เฉลี่ยก่อนและหลังการบดอัดโซน 2U..... 145
รูปที่ 4.7 (ก) แสดงค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์เฉลี่ยก่อนและหลังการบดอัดโซน 1C/D 146
รูปที่ 4.7 (ข) แสดงค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์เฉลี่ยก่อนและหลังการบดอัดโซน 2C/D 146
รูปที่ 4.8 (ก) แสดงค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์เฉลี่ยก่อนและหลังการบดอัดโซน 3U 149
รูปที่ 4.8 (ข) แสดงค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์เฉลี่ยก่อนและหลังการบดอัดโซน 3C/D (R)..... 149
รูปที่ 4.9 (ก) แสดงค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์เฉลี่ยก่อนและหลังการบดอัดโซน AD 150
รูปที่ 4.9 (ข) แสดงค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์เฉลี่ยก่อนและหลังการบดอัดโซน 3C/D (L) 150
รูปที่ 4.9 (ค) แสดงว่าความหนาแน่นสัมพัทธ์เฉลี่ยก่อนและหลังการบดอัดโซน 4U (4P)..... 151

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.10(ก) แสดงค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์เฉลี่ยก่อนและหลังการบดอัดโซน 4U (3P)..... 153

รูปที่ 4.10(ข) แสดงค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์เฉลี่ยก่อนและหลังการบดอัดโซน 4C/D (L)..... 153

รูปที่ 4.10(ค) แสดงค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์เฉลี่ยก่อนและหลังการบดอัดโซน 4C/D (R)..... 153

รูปที่ 4.11 แสดงการแบ่งพื้นที่วิเคราะห์ตามสภาพความแน่นและความของชั้นทรายก่อนการบดอัด 154

รูปที่ 4.12 แสดงค่า SPT-N เฉลี่ยก่อนและหลังการบดอัดของพื้นที่วิเคราะห์ที่ 1 155

รูปที่ 4.13 แสดงค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นสัมพัทธ์ก่อนและหลังการบดอัดของพื้นที่วิเคราะห์ที่ 1..... 156

รูปที่ 4.14 แสดงการเปรียบเทียบค่าความแน่นสัมพัทธ์เฉลี่ยก่อนและหลังการบดอัดที่ระดับต่าง ๆ ของพื้นที่วิเคราะห์ที่ 2 157

รูปที่ 4.15(ก) แสดงค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ก่อนและหลังการบดอัดโซน 4U (3P)..... 158

รูปที่ 4.15(ข) แสดงค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ก่อนและหลังการบดอัดโซน 4C/D (L)..... 159

รูปที่ 4.15(ค) แสดงค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ก่อนและหลังการบดอัดโซน 4C/D (R)..... 160

รูปที่ 4.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ก่อนและหลังการบดอัด..... 162

รูปที่ 4.17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานที่ใช้ในการทุบ/พื้นที่กับค่า K 164

สารบัญรูป (ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 4.18	แสดงผลการประมาณค่าความลึกอิทธิพลจากผลต่างความหนาแน่นสัมพัทธ์ก่อนและหลังการบดอัดของพื้นที่วิเคราะห์ที่ 1	164
รูปที่ 4.19	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า log (E/A) กับค่า $(\overline{N})_{mean}$	169
รูปที่ 4.20	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า log (E/A) กับค่า $(\overline{N})_{min}$	169
รูปที่ 4.21	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง log (E/A) กับ log ($\Delta V/V$) ของพื้นที่วิเคราะห์ต่าง ๆ	182
รูปที่ 4.22(ก)	แสดงค่าเฉลี่ยของขนาดคละของอนุภาคบริเวณโซนต่าง ๆ.....	186
รูปที่ 4.22(ข)	แสดงการเปรียบเทียบค่าความแน่นสัมพัทธ์หลังการบดอัดกับขนาดคละของอนุภาค	186
รูปที่ 4.23	แสดงการเปรียบเทียบความแน่นหลังการบดอัดโซน 1U กับ 2U	190
รูปที่ 4.24	แสดงการเปรียบเทียบความแน่นหลังการบดอัดโซน 2U กับ 2C/D	190
รูปที่ ข.1	แสดงช่วง SPT-N Value ก่อนและหลังการบดอัดโซน 1U.....	258
รูปที่ ข.2	แสดงช่วง SPT-N Value ก่อนและหลังการบดอัดโซน 2U.....	258
รูปที่ ข.3	แสดงช่วง SPT-N Value ก่อนและหลังการบดอัดโซน 1C/D	259
รูปที่ ข.4	แสดงช่วง SPT-N Value ก่อนและหลังการบดอัดโซน 2C/D	259
รูปที่ ข.5	แสดงช่วง SPT-N Value ก่อนและหลังการบดอัดโซน 3U.....	260

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ ข.6 แสดงช่วง SPT-N Value ก่อนและหลังการบดอัดโซน 3C/D (R) 260

รูปที่ ข.7 แสดงช่วง SPT-N Value ก่อนและหลังการบดอัดโซน AD 261

รูปที่ ข.8 แสดงช่วง SPT-N Value ก่อนและหลังการบดอัดโซน 3C/D (L) 261

รูปที่ ข.9 แสดงช่วง SPT-N Value ก่อนและหลังการบดอัดโซน 4U (3P) 262

รูปที่ ข.10 แสดงช่วง SPT-N Value ก่อนและหลังการบดอัดโซน 4U (4P) 262

รูปที่ ข.11 แสดงช่วง SPT-N Value ก่อนและหลังการบดอัดโซน 4C/D (L) 263

รูปที่ ข.12 แสดงช่วง SPT-N Value ก่อนและหลังการบดอัดโซน 4C/D (R) 263

รูปที่ ค.1 แสดงช่วงการกระจายขนาดคละของอนุภาคโซน 1U 272

รูปที่ ค.2 แสดงช่วงการกระจายขนาดคละของอนุภาคโซน 2U 272

รูปที่ ค.3 แสดงช่วงการกระจายขนาดคละของอนุภาคโซน 3U 273

รูปที่ ค.4 แสดงช่วงการกระจายขนาดคละของอนุภาคโซน 3C/D (R) 273

รูปที่ ค.5 แสดงช่วงการกระจายขนาดคละของอนุภาคโซน AD 274

รูปที่ ค.6 แสดงช่วงการกระจายขนาดคละของอนุภาคโซน 4 274

รูปที่ ค.7 แสดงช่วงการกระจายขนาดคละของอนุภาคโซน 5 275

สัญญลักษณ์

A	=	พื้นที่ที่ทำการบดอัด
A.R.#1	=	ภายหลังการทุบซ้ำครั้งที่ 1
A.R.#2	=	ภายหลังการทุบซ้ำครั้งที่ 2
A.R.#3	=	ภายหลังการทุบซ้ำครั้งที่ 3
a	=	ความกว้างก้นหลุมที่เกิดจากการทุบ
b	=	ความกว้างปากหลุมที่เกิดจากการทุบ
C/D	=	Central Zone and Downstream
CD-Test	=	Consolidation Drained Test
CU-Test	=	Consolidation Undrained Test
Cc	=	ค่าดัชนีการบดอัด
Cu	=	สัมประสิทธิความสม่ำเสมอ
C_1, C_2	=	ค่าคงที่
cm^2	=	ตารางเซ็นติเมตร
cm^3	=	ลูกบาศก์เซ็นติเมตร
D	=	ความลึก
DCPT	=	Dynamic Cone Penetration Test
Dr	=	ค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์
$\overline{Dr}$	=	ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นสัมพัทธ์ทุกระดับความลึก
D_{60}	=	ขนาดเม็ดดินที่ 60% ความละเอียด
D_{50}	=	ขนาดเม็ดดินที่ 50% ความละเอียด
D_{30}	=	ขนาดเม็ดดินที่ 30% ความละเอียด
D_{20}	=	ขนาดเม็ดดินที่ 20% ความละเอียด
D_{10}	=	ขนาดเม็ดดินที่ 10% ความละเอียด
d	=	ความลึกของหลุมที่เกิดจากการทุบ
E	=	พลังงานที่ใช้การทุบ

E/A	=	พลังงานที่ใช้ในการทุบต่อพื้นที่
e	=	อัตราส่วนโพรงในที่
e_{max}	=	อัตราส่วนโพรงขณะหลวมที่สุด
e_{min}	=	อัตราส่วนโพรงขณะแน่นที่สุด
g	=	กรัม
H	=	ระยะความสูงในการปล่อยลูกตุ้ม
Δh	=	การยุบตัวเฉลี่ยตลอดพื้นที่
h	=	ความหนาเฉลี่ยของชั้นทราย
$\Delta h/h$	=	อัตราการยุบตัว
i	=	ระดับความลึกจากผิวดิน
k	=	ค่าสัมประสิทธิแก้ไข
L	=	ฝั่งซ้าย
m	=	เมตร
m^2	=	ตารางเมตร
m^3	=	ลูกบาศก์เมตร
min	=	นาที
N	=	SPT-N Value, Blow/ft ที่ทดสอบได้ในสนาม
N'	=	SPT-N Value, Blow/ft ที่ปรับแก้ค่าแล้ว
$\bar{N}$	=	ค่า N ที่ระดับที่ต้องการบดอัด ซึ่งเทียบเท่ากับค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นสัมพัทธ์
$\bar{N}_{mean}$	=	ค่า N ที่ระดับต่ำสุดที่ต้องการบดอัด ซึ่งเทียบเท่ากับค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นสัมพัทธ์เฉลี่ย
$\bar{N}_{min}$	=	ค่า N ที่ระดับต่ำสุดที่ต้องการบดอัด ซึ่งเทียบเท่ากับค่าเฉลี่ยของความแน่นสัมพัทธ์ต่ำสุด
Ns	=	Suitability Number
n	=	จำนวนครั้งการทุบ
OCR	=	Over Consolidation Ratio
P	=	Phase

p	=	ความดันเหนือจุดพิจารณา
qc	=	ค่าความต้านทานตอกของดินโดยวิธี Dynamic Cone Penetration test
R	=	ฝั่งขวา
S	=	สภาพความอิ่มตัวด้วยน้ำ
SP	=	ทรายที่มีขนาดคละคงที่
SPT	=	การทดสอบโดยวิธีการตอกแบบมาตรฐาน
SW	=	ทรายที่มีขนาดคละสม่ำเสมอ
T	=	ตัน
UU-Test	=	Unconsolidated Undrained Test
ΔV	=	ปริมาตรทรายที่ใช้เติมกลบหลุม
V	=	ปริมาตร
$\Delta V/V$	=	อัตราส่วนปริมาตรทรายที่ใช้เติมกลบหลุม
W	=	น้ำหนักลูกตุ้ม
$\bar{X}$	=	ค่าเฉลี่ย
rd	=	ค่าความหนาแน่นแห้ง
rd_{max}	=	ค่าความหนาแน่นแห้งสูงสุด
rd_{min}	=	ค่าความหนาแน่นแห้งต่ำสุด
rd	=	ค่าความหนาแน่นแห้งที่เพิ่มขึ้นหลังจากการทุบ
$\Delta rd/rd$	=	อัตราส่วนความหนาแน่นแห้งที่เพิ่มขึ้น
σ_V	=	ความดันของดินเหนือจุดพิจารณา
δ	=	ค่าแก้ไขเนื่องจากขนาดคละของอนุภาค