สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ฎ
1. บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	2
1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.4 ขอบเขตของการทำงาน	3
1.5 ขั้นตอนการจัดทำโครงงาน	3
1.6 แผนการดำเนินงาน	4
1.7 รายละเอียดงบประมาณโครงการ	4
2. หลักการและแนวทางการศึกษา	
2.1 หลักการ	5
2.2 แนวทางการศึกษา	6
3. วิธีการดำเนินงาน	
3.1 ขอบเขตการศึกษา	8
3.2 หัวข้อของเนื้อหาที่จัดทำ	8
3.3 แนวทางการศึกษาทฤษฎีและเนื้อหา	9
4. ผลการศึกษา	
4.1 ผลการศึกษา	10

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5. บทนำ (Introduction)

5.1 เนื้อหาโดยสรุป 12

6. กำเนิดของดินและคุณสมบัติของฟิสิกส์ของดิน (Origin and Physical Properties of Soil)

6.1 เนื้อหาโดยสรุป 16

6.2 โจทย์ทบทวนความรู้ และความเข้าใจในหลักการพื้นฐานของเนื้อหาที่เรียน 55

6.3 โจทย์ทดสอบความสามารถในการคิดวิเคราะห์โดยประยุกต์ใช้ความรู้ 65

6.4 โจทย์ทดสอบความสามารถในการนำความรู้ไปใช้ในงานจริง 78

7. การจำแนกประเภทของดินในทางวิศวกรรม (Engineering Classification of Soil

5.1 เนื้อหาโดยสรุป 82

5.2 โจทย์ทบทวนความรู้ และความเข้าใจในหลักการพื้นฐานของเนื้อหาที่เรียน 108

5.3 โจทย์ทดสอบความสามารถในการคิดวิเคราะห์โดยประยุกต์ใช้ความรู้ 123

5.4 โจทย์ทดสอบความสามารถในการนำความรู้ไปใช้ในงานจริง 136

8. การบดอัดดิน (Soil Compaction)

8.1 เนื้อหาโดยสรุป 140

8.2 โจทย์ทบทวนความรู้ และความเข้าใจในหลักการพื้นฐานของเนื้อหาที่เรียน 160

8.3 โจทย์ทดสอบความสามารถในการคิดวิเคราะห์โดยประยุกต์ใช้ความรู้ 166

8.4 โจทย์ทดสอบความสามารถในการนำความรู้ไปใช้ในงานจริง 178

9. การซึมผ่านของน้ำ (Hydraulic Conductivity)

9.1 เนื้อหาโดยสรุป 182

9.2 โจทย์ทบทวนความรู้ และความเข้าใจในหลักการพื้นฐานของเนื้อหาที่เรียน 198

9.3 โจทย์ทดสอบความสามารถในการคิดวิเคราะห์โดยประยุกต์ใช้ความรู้ 205

9.4 โจทย์ทดสอบความสามารถในการนำความรู้ไปใช้ในงานจริง 212

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

10. การไหลซึมของน้ำในดิน (Seepage)

10.1 เนื้อหาโดยสรุป 213

10.2 โจทย์ทบทวนความรู้ และความเข้าใจในหลักการพื้นฐานของเนื้อหาที่เรียน 232

10.3 โจทย์ทดสอบความสามารถในการคิดวิเคราะห์โดยประยุกต์ใช้ความรู้ 237

10.4 โจทย์ทดสอบความสามารถในการนำความรู้ไปใช้ในงานจริง 249

11. หน่วยแรงในมวลดิน (Stresses in a Soil Mass)

11.1 เนื้อหาโดยสรุป 250

11.2 โจทย์ทบทวนความรู้ และความเข้าใจในหลักการพื้นฐานของเนื้อหาที่เรียน 291

11.3 โจทย์ทดสอบความสามารถในการคิดวิเคราะห์โดยประยุกต์ใช้ความรู้ 312

11.4 โจทย์ทดสอบความสามารถในการนำความรู้ไปใช้ในงานจริง 339

12. ความสามารถในการยุบอัดตัวได้ของดิน (Compressibility of soil)

12.1 เนื้อหาโดยสรุป 343

12.2 โจทย์ทบทวนความรู้ และความเข้าใจในหลักการพื้นฐานของเนื้อหาที่เรียน 379

12.3 โจทย์ทดสอบความสามารถในการคิดวิเคราะห์โดยประยุกต์ใช้ความรู้ 388

12.4 โจทย์ทดสอบความสามารถในการนำความรู้ไปใช้ในงานจริง 399

13. กำลังรับแรงเฉือนของดิน (Shear Strength of soil)

13.1 เนื้อหาโดยสรุป 401

13.2 โจทย์ทบทวนความรู้ และความเข้าใจในหลักการพื้นฐานของเนื้อหาที่เรียน 445

13.3 โจทย์ทดสอบความสามารถในการคิดวิเคราะห์โดยประยุกต์ใช้ความรู้ 457

13.4 โจทย์ทดสอบความสามารถในการนำความรู้ไปใช้ในงานจริง 467

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

14. แรงดันดินด้านข้าง (Lateral Earth Pressure)

14.1 เนื้อหาโดยสรุป 469

14.2 โจทย์ทบทวนความรู้ และความเข้าใจในหลักการพื้นฐานของเนื้อหาที่เรียน 514

14.3 โจทย์ทดสอบความสามารถในการคิดวิเคราะห์โดยประยุกต์ใช้ความรู้ 530

14.4 โจทย์ทดสอบความสามารถในการนำความรู้ไปใช้ในงานจริง 544

15. การสำรวจสภาพชั้นดิน (Subsoil Exploration)

15.1 เนื้อหาโดยสรุป 545

16. สรุปผลงานและการนำไปใช้

16.1 สรุปผลงานที่ได้ 562

16.2 ผลที่ได้รับ 563

16.3 การนำไปใช้งาน 563

16.4 ปัญหา อุปสรรค และการแก้ไข 564

บรรณานุกรม 565

ประวัติผู้จัดทำโครงงาน 566

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4.1 สรุปผลงานที่ได้ทั้งหมด แยกตามหัวข้อเนื้อหา และลักษณะของผลงาน 11

ตารางที่ 6.1 ส่วนประกอบของแร่ที่แสดงในแผนภาพของ Bowen 17

ตารางที่ 6.2 การแบ่งขนาดอนุภาคของเม็ดดิน (Particle-Size Classifications) 19

ตารางที่ 6.3 ค่าอัตราส่วนช่องว่าง (Void Ratio) ของดินพวก กรวด-ทราย 24

ตารางที่ 6.4.2 ขนาดของตะแกรงในอเมริกา (U.S. Standard Sieve Size) 29

ตารางที่ 6.4.2 ค่า K จากสมการที่ 6.7 31

ตารางที่ 6.5 แสดงค่าพารามิเตอร์ของดินที่หาได้จากกราฟการกระจายตัวของเม็ดดิน 33

ตารางที่ 6.6 แสดงค่าความถ่วงจำเพาะของแร่พื้นฐาน (Specific Gravity of Common Minerals) 34

ตารางที่ 6.7 แสดงถึงค่าอัตราส่วนชิองว่างและค่าความพรุนของดินชนิดต่างๆ 38

ตารางที่ 6.8 แสดงค่าอัตราส่วนช่องว่างเปรียบเทียบกับปริมาณความชื้นของดินทั่วไปในธรรมชาติ 39

ตารางที่ 6.9 แสดงการแบ่งแยกความแน่นของดินตามค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ 45

ตารางที่ 6.10 แบ่งชนิดของดินตามค่า PI 52

ตารางที่ 7.1 การแบ่งแยกวัสดุของชั้นทาง Sub-grade ในระบบ AASHTO 83

ตารางที่ 7.2 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการจำแนกประเภทของดินโดยระบบ Unified 87

ตารางที่ 7.3 การจำแนกดินระบบ Unified (ในพื้นฐานที่ว่าดินผ่านตะแกรงขนาด 75 mm.) 88

ตารางที่ 7.4 คุณสมบัติและความเหมาะสมในการใช้งานด้านวิศวกรรม 94

ตารางที่ 7.5 คุณลักษณะสำหรับงานดินถมและฐานราก 96

ตารางที่ 7.6 คุณลักษณะสำหรับงานถนนและสนามบิน 98

ตารางที่ 7.7 ความเหมาะสมของดินที่จะนำไปใช้งาน 102

ตารางที่ 7.8 เปรียบเทียบระหว่างระบบ AASHTO กับระบบ Unified 107

ตารางที่ 7.9 เปรียบเทียบระหว่างระบบ Unified กับระบบ AASHTO 107

ตารางที่ 8.1 ข้อสรุปเกี่ยวกับ Standard และ Modified Proctor Compaction Test 145

ตารางที่ 8.2 ปริมาณความชื้นที่เหมาะสมที่สุดในดินแต่ละชนิด 146

ตารางที่ 8.3 การพิจารณาเลือกใช้เครื่องจักรในการบดอัดดิน 152

ตารางที่ 9.1 ค่าของ k แยกตามชนิดของดินที่อิ่มตัวไปด้วยน้ำ 187

ตารางที่ 9.2 แสดงค่า $\left(\eta_{T^\circ C} / \eta_{20^\circ C}\right)$ 187

ตารางที่ 9.3 ความสัมพันธ์สำหรับการประมาณหาค่า k 193

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 11.1 แสดงค่า C_0 ที่ D/T ต่างๆ 262

ตารางที่ 11.2 ซึ่งแสดงถึงช่วงความสูงของระดับน้ำ (h_1) ในโซนของแรงตึงผิวกับดินชนิดต่างๆ 267

ตารางที่ 11.3 แสดงค่า I_1 ที่ค่า r/z ต่างๆ 273

ตารางที่ 11.4 ค่าของ $\frac{\Delta\sigma_z}{(q/z)}$ ที่ค่า (x/z) ต่างๆกัน 274

ตารางที่ 11.5 แสดงค่าหน่วยแรงที่เพิ่มขึ้นในแนวดิ่งต่อหน่วยน้ำหนัก $\left(\frac{\Delta\sigma_z}{q}\right)$ ที่ค่า 2z/B และค่า 2x/B ต่างๆ 276

ตารางที่ 11.6 ค่า $\left(\frac{\Delta\sigma_z}{q}\right)$ ที่ค่า z/R ต่างๆ 281

ตารางที่ 11.7 ค่า A' ที่ค่า z/R และ r/R ต่างๆ 283

ตารางที่ 11.8 ค่า B' ที่ค่า z/R และ r/R ต่างๆ 284

ตารางที่ 11.9 แสดงค่า I_3 ที่ค่า m และ n ต่างๆ 286

ตารางที่ 11.10 แสดงค่า I_4 ตามการเปลี่ยนแปลงของค่า m_1 และ n_1 288

ตารางที่ 11.11 ความสัมพันธ์ระหว่าง R/z กับอัตราส่วน Various pressure 289

ตารางที่ 12.1 ค่า Influence Factors สำหรับฐานรากตามสมการที่ 12.3 346

ตารางที่ 12.2 ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของดินหลายๆชนิด 347

ตารางที่ 12.3 ค่าอัตราส่วนปัวซองของดินหลายๆชนิด 347

ตารางที่ 12.4 แสดงค่า T_v ที่ค่า U ต่างๆ 371

ตารางที่ 12.5 ตัวอย่างการคำนวณค่าต่างๆ ในตารางที่ใช้วาด Time Settlement Curve 377

ตารางที่ 13.1 แสดงค่า ϕ' ของดินชนิดต่างๆ 403

ตารางที่ 13.2 ค่า B เมื่อสิ้นสุดการอิ่มตัวแล้วแบ่งแยกตามชนิดของดิน 416

ตารางที่ 13.3 พารามิเตอร์ A_f 421

ตารางที่ 13.4 ความสัมพันธ์ระหว่าง Consistency และค่า q_u 430

ตารางที่ 13.5 แสดงขนาดของใบมีดที่ใช้ในการทดลอง Vane Shear ในสนาม 440

ตารางที่ 13.6 การประมาณความสัมพันธ์ระหว่าง c_u และ σ'_0 444

ตารางที่ 14.1 แบ่งแยกชนิดของดินตามค่า $\Delta L_a/H$ และค่า $\Delta L_p/H$ 472

ตารางที่ 14.2 ค่า K_a ตามสมการที่ 14.48 493

ตารางที่ 14.3 ค่า K_p ตามสมการที่ 14.51 493

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 14.4 แสดงค่า K''_a, K''_p 495

ตารางที่ 14.5 ค่า K_a ตามสมการที่ 14.63 โดยที่ $\theta = 0^\circ$ และ $\alpha = 0^\circ$ 499

ตารางที่ 14.6 ค่า K'_a ตามสมการที่ 14.67 โดยที่ $\theta = 0^\circ$ และ $k_v = 0$ 502

ตารางที่ 14.7 แสดงค่า K_p ตามสมการที่ 14.84 สำหรับ $\theta = 0, \alpha = 0$ 512

ตารางที่ 15.1 ระยะระหว่างหลุมและจำนวนหลุมที่ควรเจาะสำรวจตามสภาพของงาน 546

ตารางที่ 15.2 ระยะห่างระหว่างหลุม (Spacing of Boring) 547

ตารางที่ 15.3 การประมาณค่าของ Standard Penetration Number และ Consistency ของดินเหนียว 555

ตารางที่ 15.4 การประมาณค่าความสัมพันธ์ระหว่าง Corrected Standard Penetration Number และ Relative Density ของดินทราย 556

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1 แนวคิดและขั้นตอนการจัดทำเอกสารส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยตนเอง (Self-directed Learning) เพื่อประยุกต์ใช้วิชาปฐพีกลศาสตร์ (Soil Mechanic) ในการทำงานจริง 4

รูปที่ 2.1 แนวคิดและขั้นตอนการจัดทำเอกสารส่งเสริมการเรียนรู้ (Self-directed Learning) เพื่อประยุกต์ใช้วิชาปฐพีกลศาสตร์ ในการทำงานจริง 7

รูปที่ 5.1 ลักษณะการแก้ปัญหาทางปฐพีกลศาสตร์ (Soil Mechanic) 15

รูปที่ 6.1 แผนภาพของ Bowen (Bowen's reaction series) 17

รูปที่ 6.2 วัฏจักรหิน (Rock Cycle) 18

รูปที่ 6.3 รูปร่างของเม็ดดินเป็นแบบก้อนหรือเป็นเมล็ด 21

รูปที่ 6.4 รูปร่างของเม็ดดินแบบเป็นแผ่นหรือเป็นเกล็ด 22

รูปที่ 6.5 รูปร่างของเม็ดดินแบบเป็นเส้น 23

รูปที่ 6.6 โครงสร้างเม็ดเดี่ยว (a) หลวม (b) แน่น 24

รูปที่ 6.7 โครงสร้างแบบรวงผึ้ง (Honeycombed structure) 25

รูปที่ 6.8 โครงสร้างดินตะกอน (Sediment structure) (a) โครงสร้างแบบเป็นระเบียบ (b) โครงสร้างแบบระเกะระกะที่ไม่มีเกลือ (c) โครงสร้างเป็นแบบระเกะระกะที่มีเกลือ 25

รูปที่ 6.9 โครงสร้างของดินที่มีการยึดเหนี่ยวแบ่งตามการเห็นของกล้องจุลทรรศน์ 26

รูปที่ 6.10 เครื่องมือที่ใช้ทดสอบหาขนาดของเม็ดดินโดยวิธีการร่อนด้วยตะแกรง (Sieve Analysis) ในห้องปฏิบัติการ 27

รูปที่ 6.11 กราฟแสดงการกระจายตัวของเม็ดดิน (Particle-size distribution curve) 28

รูปที่ 6.12 แสดง Hydrometer ที่ใช้ในการทดลอง 30

รูปที่ 6.13 กราฟการกระจายตัวของเม็ดดินซึ่งแสดงผลจากวิธีร่อนด้วยตะแกรงกับวิธีการตกตะกอน 32

รูปที่ 6.14 แสดงวิธีการหา D_{75},D_{60},D_{30},D_{25} และ D_{10} 33

รูปที่ 6.15 ความแตกต่างของกราฟการกระจายตัวของเม็ดดิน (Different types of particle-size distribution curves) 34

รูปที่ 6.16 แสดงถึงเครื่องมือ Pycnometer 35

รูปที่ 6.17 (a) ส่วนประกอบของดินตามธรรมชาติ (Soil element in natural state) (b) Three phases ของส่วนประกอบของดิน 37

รูปที่ 6.18 Three Phases ของส่วนประกอบดินถ้ากำหนดให้ปริมาตรของ Soil solids เท่ากับ 1 41

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 6.19 ดินเหนียวอิ่มตัวที่กำหนดให้ปริมาตรของ Soil solids เท่ากับ 1 42

รูปที่ 6.20 ส่วนประกอบของดินที่ปริมาตรทั้งหมดเท่ากับ 1 43

รูปที่ 6.21 ดินอิ่มตัวโดยกำหนดให้ปริมาตรทั้งหมดเท่ากับ 1 44

รูปที่ 6.22 เครื่องมือทดลองหาค่า Relative Density 46

รูปที่ 6.23 Atterberg Limits 47

รูปที่ 6.24 การทดลอง Liquid Limit (a) liquid limit Device (b) grooving tool (c)soil pat before (d) soil pat after test 49

รูปที่ 6.25 เครื่องมือทดสอบ Liquid Limit 48

รูปที่ 6.26 กราฟสำหรับการหา Liquid Limit ของ Clayey silt 50

รูปที่ 6.27 แสดงถึงวิธีการทดลองหาค่า Plastic Limit 50

รูปที่ 6.28 แสดงการทดลองหาค่า Shrinkage limit (a) soil pat before drying (b) soil pat after drying 51

รูปที่ 6.29 อธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Shrinkage Limit, Plastic Limit และ Liquid Limit 51

รูปที่ 6.30 แสดงถึงค่า Liquidity Index 53

รูปที่ 6.31 แผนภูมิความเหลว (Plasticity Chart) 54

รูปที่ 7.1 ช่วงของ Liquid Limit และ Plasticity Index สำหรับดินกลุ่ม A-2, A-4, A-5, A-6 และ A-7 84

รูปที่ 7.2 แผนผังสำหรับการจำแนกดินโดยระบบ AASHTO 86

รูปที่ 7.3 แผนภูมิความเหนียว (Plasticity Chart) 89

รูปที่ 7.4 แผนภูมิสำหรับการจำแนกดินประเภท Coarse-Grained Soil 90

รูปที่ 7.5 แผนภูมิสำหรับการจำแนกดินประเภท Fine-Grained Soil 91

รูปที่ 7.6 แผนภูมิสำหรับการจำแนกดินชนิด Organic Fine-Grained Soil 92

รูปที่ 7.7 แผนผังสำหรับการจำแนกดินโดยระบบ Unified 93

รูปที่ 8.1 ทฤษฎีในการบดอัดดิน (Principles of compaction) 141

รูปที่ 8.2 เครื่องมือที่ใช้ทดลอง Standard Proctor Test (a) โมล (b) ค้อน (hammer) 143

รูปที่ 8.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำในมวลดิน กับความหนาแน่นของมวลดิน (Compaction Curve) 144

รูปที่ 8.4 ชนิดของ Compaction Curve ของดิน 4 ชนิด 147

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 8.5 ชนิดของ Compaction Curve 148

รูปที่ 8.6 ผลกระทบจากพลังงานในการบดอัดในการบดอัดดิน Sandy Clay 149

รูปที่ 8.7 Smooth-wheel roller 150

รูปที่ 8.8 Pneumatic rubber-tired roller 150

รูปที่ 8.9 Sheepsfoot roller 151

รูปที่ 8.10 ทฤษฎีของ Vibratory rollers 151

รูปที่ 8.11 กราฟสำหรับ Silty Clay – ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยน้ำหนักแห้งกับจำนวนรอบของ 85kN (19 kip) three-wheel roller โดยบดอัดในดินตัวอย่างที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 229 mm (9 in) ในสภาวะหลวม ที่ Moisture Content ที่แตกต่างกัน 153

รูปที่ 8.12 (a) การบดอัดดินแบบสั่นของทราย – ที่ความต่างของจำนวนรอบกับหน่วยน้ำหนักแห้ง ที่ความหนาของชั้นดิน = 2.45 m (8 ft) 154

รูปที่ 8.13 เหยือกแก้วที่มีทราย Ottawa อยู่ด้านใน กับกรวย 157

รูปที่ 8.14 การหาหน่วยน้ำหนักในสนามโดยวิธี Sand Cone method โดยจากรูปแสดงรูปตัดของชั้นดิน 157

รูปที่ 8.15เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง Rubber Balloon 158

รูปที่ 9.1 ความดัน, ระดับ, และความสูญเสียรวม (total heads) สำหรับการไหลของน้ำผ่านดิน 183

รูปที่ 9.2 ธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงค่า v กับค่าความชันทางชลศาสตร์,i 184

รูปที่ 9.3 Derivation สมการที่ 9.6 185

รูปที่ 9.4 เปรียบเทียบค่า discharge velocity, v กับ ค่าความชันทางชลศาสตร์,i 186

รูปที่ 9.5 แสดงเครื่องมือในการทดสอบแบบความดันน้ำคงที่ 189

รูปที่ 9.6 แสดงเครื่องมือในการทดสอบแบบความดันน้ำเปลี่ยน 189

รูปที่ 9.7 แสดงถึงรูปตัดการทำ Pumping Test จากหลุมตัวอย่าง 191

รูปที่ 9.8 แสดงถึงรูปตัดการทำ Pumping Test จากหลุมตัวอย่างที่มีชั้นดิน 192

รูปที่ 9.9 กราฟความสัมพันธ์ อัตราส่วนช่องว่าง กับค่า k 194

รูปที่ 9.10 การหาค่า k_H สำหรับการไหลผ่านดินอิ่มตัวในแนวราบ 195

รูปที่ 9.11 การหาค่า k_V สำหรับการไหลผ่านดินอิ่มตัวในแนวดิ่ง 197

รูปที่ 10.1 (a) Sheet Pile 1 อันที่วางอยู่บนชั้นดินที่น้ำซึมผ่านได้ (b) การไหลที่จุด A 214

รูปที่ 10.2 การไหลของน้ำผ่านดิน 2 ชั้น 216

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 10.3 (a) แสดงให้เห็นถึงเส้น flow lines และ equipotential lines (b) แสดงการเขียน Flow net ที่เสร็จสมบูรณ์ 220

รูปที่ 10.4 แสดง Flow nets ที่ใต้เขื่อน 221

รูปที่ 10.5 แสดง Flow nets ที่ใต้เขื่อนที่วัสดุกรองอยู่หน้าเขื่อน (toe filter) 221

รูปที่ 10.6.1 การไหลซึมผ่าน Flow channel ที่พื้นที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส 223

รูปที่ 10.6.2 การไหลซึมผ่านของน้ำผ่าน Flow channel ที่พื้นที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก 223

รูปที่ 10.7 Flow net สำหรับการไหลซึมรอบๆ ฐานของ Sheet pile 224

รูปที่ 10.8 Flow element ในดินแบบ Anisotropic (a) ในหน้าตัดแปลง (b) ในหน้าตัดจริง 225

รูปที่ 10.9 แสดงการ plot ค่า $\frac{q}{kH}$ กับค่า $\frac{S}{T'}$ สำหรับการไหลผ่านใต้ฐานของ Sheet pile 226

รูปที่ 10.10 การไหลซึมใต้เขื่อน 227

รูปที่ 10.11 (a) แสดงรูปตัดของฝาย (b) แรงดันยกขึ้นใต้โครงสร้างทางชลสาสตร์ 228

รูปที่ 10.12 การไหลของน้ำผ่านโครงสร้างเขื่อนที่วางก่อสร้างอยู่บนชั้น Impervious 229

รูปที่ 11.1 การพิจารณามวลดินอิ่มน้ำในกรณีที่ทุกจุดในดินมี head ต่างกัน 252

รูปที่ 11.2 แสดงการคำนวณหาค่าหน่วยแรงรวม หน่วยแรงดันน้ำ หน่วยแรงประสิทธิผล ในดินตามความลึกของชั้นดิน กรณีไม่มีการไหลของน้ำ 254

รูปที่ 11.3 แสดงการคำนวณหาค่าหน่วยแรงรวม หน่วยแรงดันน้ำ หน่วยแรงประสิทธิผล ในดินตามความลึกของชั้นดิน กรณีน้ำไหลขึ้นไปทางด้านบน 256

รูปที่ 11.4 แสดงการคำนวณหาค่าหน่วยแรงรวม หน่วยแรงดันน้ำ หน่วยแรงประสิทธิผล ในดินตามความลึกของชั้นดิน กรณีน้ำไหลลงไปทางด้านล่าง 258

รูปที่ 11.5 แรงที่ (a) กรณีไม่มีการไหลของน้ำ (b) กรณีน้ำไหลขึ้น (c) กรณีน้ำไหลลง ในปริมาตรของดิน 260

รูปที่ 11.6 (a) แสดงการตรวจสอบการ heaving ของการไหลลงของน้ำที่อยู่ใต้ฐานของ Sheet pile (b) แสดงโซน heave 261

รูปที่ 11.6.1 FS ของการ heave กับการใส่วัสดุกรอง 262

รูปที่ 11.7 แสดงถึงรูปตัดของ base material และ filter material 263

รูปที่ 11.8 ข้อกำหนดในการเลือกใช้ Filter 264

รูปที่ 11.9 (a) แรงตึงที่ผิวของหลอกแก้ว (b) กราฟแรงดันที่ความสูงเท่ากับจุดที่เกิดแรงตึงผิวของหลอดแก้ว 265

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 11.10 ธรรมชาติของแรงดึงผิวที่เส้นผ่านศูนย์กลางของหลอดแตกต่างกัน 266

รูปที่ 11.11 ผลกระทบของแรงดึงผิวในดินทราย (a) แท่งดินแซ่มีบางส่วนแซ่อยู่ในน้ำ (b) การเปลี่ยนแปลงของค่า Degree of Saturation ของน้ำในแท่งดิน 266

รูปที่ 11.12 (a) ชิ้นส่วนของดินที่มี normal และ shear stresses มากระทำ (b) Free Body Diagram ของสามเหลี่ยม EFB ใน (a) 269

รูปที่ 11.13 ทฤษฎีของวงกลม Mohr 270

รูปที่ 11.14 (a) ชิ้นส่วนดินที่ AB คือ major principle plane และ AD คือ minor principle plane (b) วงกลมของ Mohr ที่เขียนจากดินใน (a) 271

รูปที่ 11.15 หน่วยแรงที่เกิดจากน้ำหนักกระทำแบบจุด 272

รูปที่ 11.16 แสดงถึงแรงกระทำเป็นแนวที่กระทำต่อผิวของมวลดินโดยความยาวของแนวไม่จำกัด 274

รูปที่ 11.17 หน่วยแรงในแนวดิ่งที่เกิดจากน้ำหนักกระทำเป็นแถบ 275

รูปที่ 11.18 แสดงน้ำหนักกระทำแบบ embankment 278

รูปที่ 11.19 แสดงแผนภูมิ Osterberg ของหน่วยแรงในแนวดิ่งของน้ำหนักกระทำแบบ embankment 279

รูปที่ 11.20 หน่วยแรงในแนวดิ่งใต้จุดกึ่งกลางของแรงกระทำเป็นแบบวงกลม 280

รูปที่ 11.21 หน่วยแรงใต้น้ำหนักกระทำแบบวงกลมโดยนำค่าจากตารางที่ 11.6 มาพล็อต 281

รูปที่ 11.22 หน่วยแรงในแนวดิ่งที่จุดใดๆ ใต้น้ำหนักกระทำแบบสม่ำเสมอของวงกลม 282

รูปที่ 11.23 หน่วยแรงในแนวดิ่งตรงมุมของน้ำหนักกระทำแบบสี่เหลี่ยม 285

รูปที่ 11.24 การเพิ่มค่าหน่วยแรงที่จุดใดๆ ใต้แรงกระทำแบบสี่เหลี่ยม 287

รูปที่ 11.25 หน่วยแรงในแนวดิ่งตรงจุดกึ่งกลางของน้ำหนักกระทำแบบสี่เหลี่ยม 288

รูปที่ 11.26 Influence Chart สำหรับหน่วยแรงในแนวดิ่งที่อยู่บนพื้นฐานทฤษฎีของ Boussinesq 290

รูปที่ 12.1 Profile ของการทรุดตัวแบบทันทีทันใดและแรงดันที่กระทำของดินเหนียว (a) ฐานรากแบบยืดหยุ่นได้ (b) แบบไม่ยืดหยุ่น 345

รูปที่ 12.2 Profile ของการทรุดตัวแบบทันทีทันใดและแรงดันที่กระทำของดินทราย (a) ฐานรากแบบยืดหยุ่นได้ (b) แบบไม่ยืดหยุ่น 345

รูปที่ 12.3 Spring-cylinder model 349

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 12.3.1 ค่าการเปลี่ยนแปลงของหน่วยแรงเค้นรวม, หน่วยแรงดันน้ำ, หน่วยแรงประสิทธิผล ในชั้นดิน เหนียวที่มีการไหลของน้ำผ่านด้านบนลงสู่ด้านล่าง โดยมีการใส่หน่วยแรง $\Delta\sigma$ เข้าไป 350

รูปที่ 12.4 (a) รูปตัดของ consolidometer (b) รูปถ่ายของ consolidometer (c) วิธีการทดลอง consolidation 352

รูปที่ 12.5 การวาดกราฟ Time-deformation ที่ได้จากทดลอง consolidation ที่ได้จากการใส่น้ำหนักเข้าไป 353

รูปที่ 12.6 กราฟที่วาดระหว่าง e กับ $\log\sigma'$ ที่แสดงถึง loading, unloading และ reloading 354

รูปที่ 12.7 วิธีการหา preconsolidation pressure โดยใช้วิธีกราฟฟิก 355

รูปที่ 12.8 Consolidation characteristics ของดินเหนียวแบบ NC แบบ low-medium sensitivity 356

รูปที่ 12.9 Consolidation characteristics ของดินเหนียวแบบ OC แบบ low-medium sensitivity 357

รูปที่ 12.10 การทรุดตัวของ one-dimension consolidation 359

รูปที่ 12.11 แสดง Virgin consolidation Curve 361

รูปที่ 12.12 แสดงถึงพฤติกรรมของดินแบบ $\sigma_0' + \Delta\sigma \le \sigma_c'$ 362

รูปที่ 12.13 แสดงพฤติกรรมของดินแบบ $\sigma_0' + \Delta\sigma' > \sigma_c'$ 363

รูปที่ 12.14 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง e และ log t ภายใต้การลดลงของน้ำหนัก และแสดงถึงวิธีการหาค่า Secondary consolidation index 366

รูปที่ 12.15 (a) ชั้นดินเหนียวที่เกิดการทรุดตัว (b) การไหลของน้ำผ่านจุด A 369

รูปที่ 12.16 ความสัมพันธ์ระหว่าง U กับ T_v (Time Factor) โดยที่ u_0 คงที่ในทุกๆความลึก 370

รูปที่ 12.16.1 ค่า U_z กับค่า T_v และ z/H_{dr} 370

รูปที่ 12.17 แสดงการระบายน้ำออกจากดิน 2 ทาง 372

รูปที่ 12.18 แสดงการระบายน้ำออกจากดินทางเดียว 372

รูปที่ 12.19 แสดงความสัมพันธ์ในการหา m_v 373

รูปที่ 12.20 วิธีการหาค่า C_v โดยวิธี Logarithm-of-time method 374

รูปที่ 12.21 วิธีการหาค่า C_v โดยวิธี Square-root-of-time fitting method 375

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 12.22 แสดงตัวอย่างกราฟ Time Settlement Curve ที่สร้างจากตารางที่ 12.5 376

รูปที่ 13.1 Mohr-Coulomb failure criterion 402

รูปที่ 13.2 ระนาบหลัก (Major principle plane) และระนาบของการวิบัติ (Failure plane) ของดิน 405

รูปที่ 13.3 วงกลมของ Mohr และเส้นขอบเขตการวิบัติ (Failure envelop) 405

รูปที่ 13.4 แผนภาพแสดงการทดสอบ Direct shear 407

รูปที่ 13.5 เครื่องควบคุม Strain ในการทดสอบ Direct shear 408

รูปที่ 13.6 กราฟระหว่าง shear stress และการเปลี่ยนแปลงความสูงของตัวอย่าง กับ shear displacement สำหรับดินทรายหลวมที่แห้ง และดินทรายแน่นที่แห้ง 409

รูปที่ 13.7 การหาค่าพารามิเตอร์ของกำลังรับแรงเฉือนสำหรับดินทรายแห้ง ที่ได้จากการทดลอง Direct shear test 410

รูปที่ 13.8 เส้นขอบเขตการวิบัติสำหรับดินเหนียวที่ได้จากการทดลอง Direct shear แบบระบายน้ำ 411

รูปที่ 13.9 ผลการทดสอบ Direct shear แบบระบายน้ำบนดินเหนียวแบบ OC 412

รูปที่ 13.10 ผิวสัมผัสระหว่างวัสดุที่ใช้ทำฐานราก กับดิน 413

รูปที่ 13.11 แสดงการทดสอบ Direct Shear ที่ใช้หาค่า Interface friction angle 413

รูปที่ 13.12 แสดงค่า $\tan\phi'$ or $\tan\delta$ ที่ค่า 1/e ต่างๆ ที่ $\sigma' = 100\,kN/m^2$ 414

รูปที่ 13.13 แผนภาพแสดงรูปตัดของการทดสอบแบบ Triaxial Test 415

รูปที่ 13.14 CD Test ในการทดลอง Triaxial (a) ตัวอย่างภายใต้ confining pressure (b) การใส่เข้าไปของ deviator stress 416

รูปที่ 13.15 CD Test (a) การเปลี่ยนแปลงปริมาตรของตัวอย่างจากการที่ใส่ confining pressure (b) เขียนกราฟระหว่าง deviator stress กับ axial strain สำหรับดินทรายหลวม และดินเหนียวแบบ NC clay (c) เขียนกราฟระหว่าง deviator stress กับ axial strain สำหรับดินทรายแน่น และดินเหนียวแบบ OC clay (d) การเปลี่ยนแปลงปริมาตรในดินทรายหลวม และดินเหนียวแบบ NC clay เมื่อใส่ deviator stress เข้าไป (e) การเปลี่ยนแปลงปริมาตรในดินทรายแน่น และดินเหนียวแบบ OC clay เมื่อใส่ deviator stress เข้าไป 418

รูปที่ 13.16 แบบจำลองการเคลื่อนตัวของเม็ดดินเมื่อได้รับแรงสำหรับดินทรายหลวม และดินทรายแน่น 419

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 13.17 หน่วยแรงประสิทธิผลบนระนาบการวิบัติจากการทดสอบแบบระบายน้ำบนทราย และ NC clay 419

รูปที่ 13.18 หน่วยแรงประสิทธิผลบนระนาบการวิบัติจากการทดสอบแบบระบายน้ำบน OC clay 420

รูปที่ 13.19 CU Test (a) ตัวอย่างภายใต้การใส่ confining pressure เข้าไป (b) การเปลี่ยนแปลงปริมาตรของตัวอย่างจากการที่ใส่ confining pressure (c) แสดงการใส่ deviator stress (d) เขียนกราฟระหว่าง deviator stress กับ axial strain สำหรับดินทรายหลวม และดินเหนียวแบบ NC clay (e) เขียนกราฟระหว่าง deviator stress กับ axial strain สำหรับดินทรายแน่น และดินเหนียวแบบ OC clay (f) แสดงกราฟค่าการเปลี่ยนแปลงของ pore water pressure กับ axial strain สำหรับดินทรายหลวม และดินเหนียวแบบ NC clay (e) แสดงกราฟค่าการเปลี่ยนแปลงของ pore water pressure กับ axial strain สำหรับดินทรายแน่น และดินเหนียวแบบ OC clay (e) 422

รูปที่ 13.20 หน่วยแรงรวมและหน่วยแรงประสิทธิผลที่ระนาบการวิบัติ สำหรับ CU Triaxial Test 423

รูปที่ 13.20.1 หน่วยแรงรวมที่ระนาบการวิบัติ โดยได้จากการทดลอง CU Test ของดินแบบ OC Clay 424

รูปที่ 13.21 หน่วยแรงรวมบนวงกลมของ Mohr ที่ระนาบการวิบัติ ($\phi = 0$) ซึ่งได้จากการทดลองแบบ UU Test บนดินเซื่อมแน่นที่อิ่มตัวสมบูรณ์ 425

รูปที่ 13.22 The $\phi = 0$ concept 427

รูปที่ 13.23 การทดสอบ Unconfined Compression 428

รูปที่ 13.24 เครื่องมือทดสอบ Unconfined Compression Test 429

รูปที่ 13.25 ทางเดินของหน่วยแรง-พล็อตกราฟระหว่าง q' และ p' สำหรับ CD Triaxial Test บน NC Clay 431

รูปที่ 13.26 ความสัมพันธ์ระหว่าง ϕ' และ α 433

รูปที่ 13.27 ทางเดินของหน่วยแรง-พล็อตกราฟระหว่าง q' และ p' สำหรับ CU Triaxial Test บน NC Clay 434

รูปที่ 13.28 แผนภาพแสดงใบมีดที่ใช้ทดสอบ Vane Shear Test 435

รูปที่ 13.29 Derivation สมการที่ 13.57 (a) โมเมนต์ต้านทานต่อแรงเฉือน (b) ความแตกต่างของการกระจายตัวของหน่วยแรงบนใบมีด 437

รูปที่ 13.30 แสดงการกระจายตัวของหน่วยแรงตามแนวใบมีด 437

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 13.31 ใบมีดที่ใช้ทดลอง Vane Shear ในห้องปฏิบัติการ 439

รูปที่ 13.32 ใบมีดที่ใช้ทดลอง Vane Shear ในสนาม 439

รูปที่ 13.33 Pocket penetrometer 441

รูปที่ 13.34 Unconfined Compression strength สำหรับดินเหนียว undisturbed และ remolded 442

รูปที่ 13.35 การแบ่งแยกชนิดของดินเหนียวบนพื้นฐานของ Sensitivity 443

รูปที่ 14.1 ค่าแรงดันกรณี At-rest, Active, Passive (ซึ่งกำแพง AB ไม่มีแรงเสียดทาน) 470

รูปที่ 14.2 แสดงค่าการเปลี่ยนแปลง Magnitude ของแรงดันดินด้านข้างกับ Wall tilt 472

รูปที่ 14.3 แรงดันดินกรณี At-rest 473

รูปที่ 14.4 การกระจายตัวของแรงดันดินด้านข้างกรณี At-rest บนกำแพง 475

รูปที่ 14.5 การกระจายตัวของแรงดันดินด้านข้างกรณี At-rest ที่ดินบางส่วนแช่น้ำ 476

รูปที่ 14.6 แรงดันดินด้านข้างกรณี Active ของ Rankine 478

รูปที่ 14.7 แรงดันดินด้านข้างกรณี Passive ของ Rankine 481

รูปที่ 14.8 การกระจายตัวของแรงดันหลัง Retaining Wall ที่มีดินถมเป็นดินแบบไม่มีความเชื่อมแน่นและระนาบของการถมเป็นแนวราบ 483

รูปที่ 14.9 การกระจายตัวของแรงดันดินกรณี Active ของ Rankine ที่กระทำกับ Retaining Wall ที่มีดินถมด้านหลังเป็นดินที่ไม่มีความเชื่อมแน่นและมีแรง q มากระทำด้วย 485

รูปที่ 14.10 การกระจายตัวของแรงดันดินกรณี Passive ของ Rankine ที่กระทำกับ Retaining Wall ที่มีดินถมด้านหลังเป็นดินที่ไม่มีความเชื่อมแน่นและมีแรง q มากระทำด้วย 487

รูปที่ 14.11 การกระจายแรงดันดินด้านข้างกรณี Active ของ Rankine ที่กระทำกับ Retaining Wall ที่ดินถมด้านหลังเป็นดินแบบมีแรงเชื่อมแน่น 488

รูปที่ 14.12 การกระจายแรงดันดินด้านข้างกรณี Passive ของ Rankine ที่กระทำกับ Retaining Wall ที่ดินถมด้านหลังเป็นดินแบบมีแรงเชื่อมแน่น 491

รูปที่ 14.13 กำแพงกันดินที่ตัวกำแพงไม่มีความฝืดและมีดินถมด้านหลังมีมุมกระทำกับแนวราบ 492

รูปที่ 14.14 แรงดันดินกรณี Active ของ Coulomb (a) การประมาณค่าลิ่มการวิบัติ (b) force polygon 498

รูปที่ 14.15 แรงกระทำกรณี Active กับแรงเนื่องจากแผ่นดินไหวที่กระทำต่อกำแพงกันดิน 501

รูปที่ 14.16 แสดงค่า $k_{h(cr)}$ ที่ค่า ϕ' ต่างๆ 504

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 14.17 จุดที่ P_{ae} กระทำต่อกำแพง 505

รูปที่ 14.18 การประมาณลิ่มการวิบัติหลังกำแพงกันดินที่มีดินถมด้านหลังเป็นแบบ $c'-\phi'$ 506

รูปที่ 14.19 ค่าของ $N_{ac}=N'_{ac}$ กับค่า ϕ' และ θ 508

รูปที่ 14.20 ค่า $N_{a\gamma}$ กับค่า ϕ' และ θ 508

รูปที่ 14.21 ค่า $N_{a\gamma}$ กับค่า ϕ' และค่า θ โดยที่ $n=0$ 509

รูปที่ 14.22 ค่า λ กับค่า $k_h, \phi', and\ \theta$ 509

รูปที่ 14.23 แรงดันดินกรณี Passive ของ Coulomb (a) การประมาณลิ่มของการวิบัติ (b) Force polygon 511

รูปที่ 14.24 แรงกรณี Passive บนกำแพงกันดินที่มีแรงจากแผ่นดินไหวมากระทำด้วย 513

รูปที่ 14.25 ค่า K'_p กับค่า k_h สำหรับ $k_v=\alpha=\theta=\delta=0$ 513

รูปที่ 15.1 Test Pits 548

รูปที่ 15.2 แสดงรูปสว่านมือ (a) สว่านแบบ Iwan (b) สว่านแบบ slip 549

รูปที่ 15.3 การเจาะโดยใช้เครื่องเจาะที่ติดสว่าน 549

รูปที่ 15.4 การเจาะดินแบบฉีดล้างตัวอย่าง (Wash Boring) 550

รูปที่ 15.5 แผนภาพของกระบอกแบบ Standard (Standard split-spoon sample) 552

รูปที่15.6 กระบอกเก็บตัวอย่างแบบ Thin wall (Thin wall tube) 553

รูปที่ 15.7 ตัวอย่างแบบ Piston (a) ตัวอย่างที่อยู่ใต้สุดของหลุมเจาะ (b) แสดงทางเดินของน้ำขณะเจาะ 554

รูปที่ 15.8 แผนภาพของการทดสอบ pressuremeter 557

รูปที่ 15.9 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของ Measuring cell และความดันของ Measuring จากการทดลองโดย Menard pressuremeter 558

รูปที่ 15.10 แสดง Dutch cone penetrometer 560

รูปที่ 15.11 รายละเอียดชั้นดินหลุมเจาะ (Boring Log) 561