สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ซ
คำนิยามศัพท์	ฌ
1. บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.4 ขอบเขตการทำงาน	2
1.5 แผนการดำเนินงาน	3
1.6 งบประมาณของโครงงาน	3
2. หลักการและแนวทางการศึกษา	
2.1 หลักการ	4
2.2 แนวทางการศึกษา	4
3. วิธีการดำเนินงาน	
3.1 ขอบเขตของการศึกษา	6
3.2 หัวข้อของเนื้อหาที่จัดทำ	7
3.3 แนวทางการศึกษาทฤษฎีและเนื้อหา	7
4. ผลการศึกษา	
4.1 ผลการศึกษา	10

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5. Soil summary
   - 5.1 เนื้อหาโดยย่อ 11

6. ฐานรากตื้น (shallow foundation)
   - 6.1 เนื้อหาโดยย่อ 41
   - 6.2 โจทย์ทบทวนความรู้ ความเข้าใจในหลักการพื้นฐานของเนื้อหาที่เรียน 84
   - 6.3 โจทย์วัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์เพื่อประยุกต์ใช้ความรู้ 85
   - 6.4 โจทย์วัดความสามารถในการนำความรู้ไปใช้ในการทำงานจริง 92

7. กำแพงกันดิน (retaining walls)
   - 7.1 เนื้อหาโดยย่อ 98
   - 7.2 โจทย์ทบทวนความรู้ ความเข้าใจในหลักการพื้นฐานของเนื้อหาที่เรียน 117
   - 7.3 โจทย์วัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์เพื่อประยุกต์ใช้ความรู้ 118
   - 7.4 โจทย์วัดความสามารถในการนำความรู้ไปใช้ในการทำงานจริง 119

8. กำแพงกันดินแบบเสาเข็มพืด (sheet pile walls)
   - 8.1 เนื้อหาโดยย่อ 124
   - 8.2 โจทย์ทบทวนความรู้ ความเข้าใจในหลักการพื้นฐานของเนื้อหาที่เรียน 142
   - 8.3 โจทย์วัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์เพื่อประยุกต์ใช้ความรู้ 143
   - 8.4 โจทย์วัดความสามารถในการนำความรู้ไปใช้ในการทำงานจริง 144

9. Braced cuts
   - 9.1 เนื้อหาโดยย่อ 149
   - 9.2 โจทย์ทบทวนความรู้ ความเข้าใจในหลักการพื้นฐานของเนื้อหาที่เรียน 163
   - 9.3 โจทย์วัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์เพื่อประยุกต์ใช้ความรู้ 164
   - 9.4 โจทย์วัดความสามารถในการนำความรู้ไปใช้ในการทำงานจริง 167

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

10. pile foundation

10.1 เนื้อหาโดยย่อ 171

10.2 โจทย์ทบทวนความรู้ ความเข้าใจในหลักการพื้นฐานของเนื้อหาที่เรียน 243

10.3 โจทย์วัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์เพื่อประยุกต์ใช้ความรู้ 245

10.4 โจทย์วัดความสามารถในการนำความรู้ไปใช้ในการทำงานจริง 246

11. สรุปผลที่ได้รับและการนำไปใช้งาน

11.1 สรุปผลงานที่ได้ 249

11.2 ผลที่ได้รับ 250

11.3 การนำไปใช้งาน 250

11.4 ปัญหา อุปสรรคและการแก้ไข 250

บรรณานุกรม 252

ประวัติผู้ดำเนินงานโครงงาน 253

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 4.1	สรุปผลงานที่ได้ทั้งหมด แยกตามหัวข้อเนื้อหา และลักษณะของผลงาน	10
ตารางที่ 5.1.1	Soil – Separate Size Limits	14
ตารางที่ 5.1.2	Specific Gravity of Some Soils	17
ตารางที่ 5.1.3	Typical Void Ratio, Moisture Content, and Dry Unit Weight for Some Soil	18
ตารางที่ 5.1.4	Denseness of a Granular Soil	19
ตารางที่ 5.1.5	Typical Liquid and Plastic Limits for Some Clay Minerals and Soils	20
ตารางที่ 5.1.6	การจำแนกดินตามระบบ AASHTO	22
ตารางที่ 5.1.7	การจำแนกดินตามระบบเอกภาพ (USCS)	24
ตารางที่ 6.1.1	Terzaghi's Bearing Capacity Factors	46
ตารางที่ 6.1.2	Terzaghi's Modified Bearing Capacity Factors	48
ตารางที่ 6.1.3	Meyerhof's Bearing Capacity, Shape, Depth, and Inclination Factors	54
ตารางที่ 9.1.1	Calculated Factors of safety for Selected Case Records Compiled by Bjerrum and Eide and Calculated by Chang	161
ตารางที่ 10.1.1	Common H-Pile Sections Used in the United States (SI Units)	175
ตารางที่ 10.1.2	Common H-Pile Sections Used in the United States (English Units)	175
ตารางที่ 10.1.3	Selected Pipe Pile Sections (SI Units)	176
ตารางที่ 10.1.4	Selected Pipe Pile Sections (English Units)	176
ตารางที่ 10.1.5	Typical Prestressed Concrete Pile in Use (SI Units)	179
ตารางที่ 10.1.6	Typical Prestressed Concrete Pile in Use (English Units)	179
ตารางที่ 10.1.7	Janbu's Bearing Capacity Factors	202
ตารางที่ 10.1.8	Typical Values of C_p	220
ตารางที่ 10.1.9	Pile driving formulas	223
ตารางที่ 10.1.10	Equations for Group Efficiency of Friction Piles	233

สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่ 1.5.1	แนวคิดและขั้นตอนการจัดทำเอกสารส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยตนเอง (Self-directed Learning) เพื่อการประยุกต์ใช้วิชาปฐพีกลศาสตร์ในการทำงานจริง	3
รูปที่ 3.3.1	ขั้นตอนที่ใช้ในการจัดทำเอกสารส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยตนเอง (Self-directed Learning) ในแต่ละบทเรียน	9
รูปที่ 5.1.1	Weight – Volume Relationships	15
รูปที่ 5.1.2	Definition of Atterberg limits	20
รูปที่ 5.1.3	การไหลของน้ำผ่านดิน และเฮดต่างๆ	26
รูปที่ 5.1.4	การพิจารณามวลดินอิ่มน้ำในกรณีที่ทุกจุดในดินมีเฮดเท่ากัน	27
รูปที่ 5.1.5	แสดงการคำนวณหาหน่วยแรงรวม หน่วยแรงดันน้ำ หน่วยแรงประสิทธิผลในดินแปรตามความลึกของชั้นดิน	29
รูปที่ 5.1.6	แบบจำลองการเกิดการทรุดตัวแบบอัดตัวคายน้ำ	30
รูปที่ 5.1.7	ไดอาแกรมสำหรับการคำนวณการทรุดตัว	31
รูปที่ 5.1.8	ลักษณะปัญหาที่สามารถพิจารณาเพียงความเครียดหนึ่งมิติ	32
รูปที่ 5.1.9	รูปตัดแสดงการทรุดตัวของชั้นดิน	33
รูปที่ 5.1.10	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนโพรงกับหน่วยน้ำหนักกดทับ	34
รูปที่ 5.1.11	แรงเสียดทานระหว่างพื้นผิว	38
รูปที่ 5.1.12	เครื่องมือการทดสอบการกดอัดแกนเดียว	39
รูปที่ 5.1.13	ตัวอย่างดินในการทดสอบการกดอัดแกนเดียว	40
รูปที่ 6.1.1	Nature of bearing capacity failure in soil	43
รูปที่ 6.1.2	Bearing capacity failure in soil under a rough rigid continuous foundation	44
รูปที่ 6.1.3	Modification of bearing capacity equations for water table	46
รูปที่ 6.1.4	Eccentrically loaded foundations	51
รูปที่ 6.1.5	Bearing capacity of a continuous foundation on layered soil	55
รูปที่ 6.1.6	Meyerhof and Hanna's punching shear coefficient K_s	57

สารบัญรูป (ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 6.1.7	Variation of c_a'/c_1' with q_2/q_1 based on the theory of Meyerhof and Hanna	58
รูปที่ 6.1.8	Shallow foundation on top of a slope	60
รูปที่ 6.1.9	Meyerhof's bearing capacity factor $N_{\gamma q}$ for granular soil (c' = 0)	61
รูปที่ 6.1.10	Meyerhof's bearing capacity factor N_{cq} for purely cohesive soil	62
รูปที่ 6.1.11	Rectangular combined footing	63
รูปที่ 6.1.12	Trapezoidal combined footing	67
รูปที่ 6.1.13	Cantilever footing-use of strap beam	70
รูปที่ 6.1.14	Assumed loading and reactions for a strap-footing design	71
รูปที่ 6.1.15	ขั้นตอนที่ใช้ในการพิจารณาเนื้อหา Shallow Foundation	75
รูปที่ 6.1.16	ขั้นตอนการออกแบบฐานรากตื้น ด้วยวิธี Terzaghi	76
รูปที่ 6.1.17	ขั้นตอนการออกแบบฐานรากตื้น ด้วยวิธี Local Shear Failure	77
รูปที่ 6.1.18	ขั้นตอนการออกแบบฐานรากตื้น ด้วยวิธี Vertical Load Meyerhof	78
รูปที่ 6.1.19	ขั้นตอนการออกแบบฐานรากตื้น ด้วยวิธี Eccentrical Load Meyerhof	79
รูปที่ 6.1.20	ขั้นตอนการออกแบบฐานรากตื้น โดยที่มีดินเป็น Double Layer	80
รูปที่ 6.1.21	ขั้นตอนการออกแบบฐานรากตื้น ด้วยวิธี Rectangular Combined Footing	81
รูปที่ 6.1.22	ขั้นตอนการออกแบบฐานรากตื้น ด้วยวิธี Trapezoidal Combined Footing	82
รูปที่ 6.1.23	ขั้นตอนการออกแบบฐานรากตื้น ด้วยวิธี Cantilever or Strap Combined Footing	83
รูปที่ 6.3.1	รูปตัดด้านข้าง (cross-section) ของฐานราก	85
รูปที่ 6.3.2	รูปตัดด้านข้าง (cross-section) ของฐานราก	89
รูปที่ 6.4.1	รูปตัดด้านข้าง (cross-section) ของฐานราก	92
รูปที่ 6.4.2	รูปตัดด้านข้าง (cross-section) แสดงข้อมูลชั้นดินและฐานราก	94
รูปที่ 6.4.3	รูปตัดด้านข้าง (cross-section) ของฐานราก	96

สารบัญรูป (ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 7.1.1	Types of retaining wall	99
รูปที่ 7.1.2	Approximate dimensions for various components of retaining wall for initial stability checks	101
รูปที่ 7.1.3	Failure of retaining wall	102
รูปที่ 7.1.4	Deep-seated shear failure	103
รูปที่ 7.1.5	Check for overturning, assuming that the Rankine pressure is valid	105
รูปที่ 7.1.6	Check for sliding along the base	106
รูปที่ 7.1.7	Alternatives for increasing the factor of safety with respect to sliding	108
รูปที่ 7.1.8	Check for bearing capacity failure	109
รูปที่ 7.1.9	แสดงการวิบัติโดยการพลิกคว่ำ	112
รูปที่ 7.1.10	แสดงการวิบัติจากการลื่นไถล	113
รูปที่ 7.1.11	แสดงการวิบัติจากกำลังแบกทานของดิน	114
รูปที่ 7.1.12	แสดงการวิบัติจากการทรุดตัวที่มากเกินควร	115
รูปที่ 7.1.13	ขั้นตอนการออกแบบกำแพงกันดิน	116
รูปที่ 7.2.1	รูปประกอบโจทย์วัดความรู้ความเข้าใจ	117
รูปที่ 7.3.1	รูปประกอบโจทย์วัดความสามารถการคิดวิเคราะห์	118
รูปที่ 7.4.1	รูปประกอบโจทย์วัดความสามารถการนำความรู้ไปใช้ในงานจริง	119
รูปที่ 7.4.2	รูปการออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก	123
รูปที่ 8.1.1	Sheet Pile Walls	124
รูปที่ 8.1.2	แสดงขั้นตอนในการสร้าง Sheet Pile Walls โดยวิธี Backfilled Structure	125
รูปที่ 8.1.3	แสดงขั้นตอนในการสร้าง Sheet Pile Walls โดยวิธี Dredged Structure	126
รูปที่ 8.1.4	แสดงลักษณะของ Cantilever Sheet Pile ในดินทราย (c = 0)	127

สารบัญรูป (ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 8.1.5	ลักษณะของการเกิดโมเมนต์ และการโก่งตัวบน Anchored Sheet Pile Walls เมื่อวิเคราะห์โดย (a) วิธี Free Earth Support และ (b) วิธี Fixed Earth Support	129
รูปที่ 8.1.6	แสดง Net Pressure Diagram บน Anchored Sheet Pile ในดินทราย (c = 0)	130
รูปที่ 8.1.7	แสดง Net Earth Pressure Diagram บน Anchored Sheet Pileใน ดินทราย (c = 0) และดินเหนียว ($\phi = 0$)	132
รูปที่ 8.1.8	แสดงหลักการของวิธี Fixed Earth Support สำหรับการวิเคราะห์ใน Anchored Sheet Pile ใน Sand Soil	134
รูปที่ 8.1.9	กราฟระหว่าง Log ρ และ M_d/M_{max} สำหรับ Sheet Pile Wall ใน ดินทราย	136
รูปที่ 8.1.10	กราฟระหว่าง M_d/M_{max} และ Stability Number	138
รูปที่ 8.1.11	รูปแบบต่างๆของสมอยึด สำหรับ Anchored Sheet Pile Walls มี (a) Anchor Plate หรือ Beam, (b) Tie Back, (c) Vertical Anchor Pile และ (d) Anchor Beam กับ Batter Pile	139
รูปที่ 8.1.12	ขั้นตอนการออกแบบ Cantilever Sheet Pile Wall	141
รูปที่ 8.3.1	การสร้าง Sheet Pile Walls โดยมีระดับน้ำต่างๆกัน	143
รูปที่ 8.4.1	ชั้นดินบริเวณพื้นที่โครงการขยายโรงงานไฟฟ้า	144
รูปที่ 9.1.1	Soldier beam type	149
รูปที่ 9.1.2	Interlocking sheet piles	150
รูปที่ 9.1.3	การก่อสร้าง Braced cut	151
รูปที่ 9.1.4	Procedure for calculating apparent-pressure diagram from measured strut loads	152
รูปที่ 9.1.5	For cuts in sand	153
รูปที่ 9.1.6	For cuts in soft to medium clay	153
รูปที่ 9.1.7	For cuts in stiff clay	153

สารบัญรูป (ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 9.1.8	Determination of strut loads	157
รูปที่ 9.1.9	Heaving in braced cuts	159
รูปที่ 9.1.10	Stability of the bottom of a cut in sand	162
รูปที่ 9.1.11	Determining the factor of safety against piping by drawing a flow net	162
รูปที่ 9.3.1	Cross-section ของ Braced Cuts	164
รูปที่ 9.4.1	รูปตัดด้านข้างของ Braced Cuts	167
รูปที่ 10.1.1	Conditions that require the use of pile foundations	172
รูปที่ 10.1.2	Steel pile	177
รูปที่ 10.1.3	Precast piles with ordinary reinforcement	177
รูปที่ 10.1.4	Splicing of timber piles	184
รูปที่ 10.1.5	(a) and (b) Point bearing piles; (c) friction piles	188
รูปที่ 10.1.6	Pile-driving equipment	189
รูปที่ 10.1.7	A pile-driving operation in the field	191
รูปที่ 10.1.8	Load transfer mechanism for piles	193
รูปที่ 10.1.9	Ultimate load-carrying capacity of pile	195
รูปที่ 10.1.10	Nature of variation of unit point resistance in a homogenous sand	198
รูปที่ 10.1.11	Failure surface at the pile tip	201
รูปที่ 10.1.12	Variation of N_q^* with L/D	202
รูปที่ 10.1.13	Compaction of sand near driven piles	204
รูปที่ 10.1.14	Unit frictional resistance for piles in sand	204
รูปที่ 10.1.15	Application of λ method in layered soil	208
รูปที่ 10.1.16	ชนิดของน้ำหนักบรรทุกที่ใช้ในการทดสอบน้ำหนักบรรทุกเสาเข็ม	213
รูปที่ 10.1.17	การติดตั้งนาฬิกาวัดการเลื่อนตัว (Dial Gage)	215
รูปที่ 10.1.18	กราฟแสดงความสัมพันธ์น้ำหนักบรรทุกและการทรุดตัว	217

สารบัญรูป (ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 10.1.19	Various types of distribution of unit friction (skin) resistance along the pile shaft	219
รูปที่ 10.1.20	Plot of stress vs. blows/in.	227
รูปที่ 10.1.21	Negative skin friction	228
รูปที่ 10.1.22	Group piles	231
รูปที่ 10.1.23	Feld's method for estimating the group capacity of friction piles	234
รูปที่ 10.1.24	Ultimate capacity of group piles in clay	236
รูปที่ 10.1.25	Settlement of group piles in sand	237
รูปที่ 10.1.26	Consolidation settlement of group piles	240
รูปที่ 10.1.27	Variation of α' with embedment ratio for pile in sand : electric cone	240
รูปที่ 10.1.28	Variation of α' with embedment ratio for pile in sand : mechanical cone penetrometer	241
รูปที่ 10.1.29	Variation of λ with pile embedment length	241
รูปที่ 10.1.30	Variation of α with c_u/σ'_0	242
รูปที่ 10.1.31	Variation of α' with f_c/p_a for piles in clay	242
รูปที่ 10.4.1	รูปตัดด้านข้างของเสาเข็มกลุ่มในชั้นดินเหนียว	246

คำนิยามศัพท์

B	=	ความกว้างของฐานราก (L)
C	=	แรงยึดเหนี่ยวระหว่างเม็ดดิน (F/L^2)
C_c	=	ดัชนีของการกดอัด (compression index)
C_s	=	ดัชนีของการบวมตัว (swell index)
C_v	=	สัมประสิทธิ์ของการยุบตัว (coefficient of consolidation)
E	=	โมดูลัสความยืดหยุ่นของดิน (F/L^2)
e	=	อัตราส่วนช่องว่าง
G_s	=	ความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน
H	=	ความหนาของชั้นดิน (L)
LL	=	ขีดจำกัดความเหลว (liquid limit)
n	=	ความพรุน (porosity)
PI	=	ดัชนีความเหนียวหนืด (plasticity index)
PL	=	ขีดจำกัดความเหนียวหนืด (plastic limit)
Q	=	แรงกระทำภายนอก (F/L^2)
q	=	หน่วยแรงกระทำภายนอก (F/L^2)
S	=	ระดับความอิ่มตัว (degree of saturation)
S_L	=	ขีดจำกัดการหดตัว (shrinkage limit)
S_c	=	การทรุดตัวเนื่องจากการอัดตัวของดิน (L)
t	=	เวลา (T)
u	=	แรงดันน้ำ (F/L^2)
V_A	=	ปริมาตรอากาศในดิน (L^3)
V_S	=	ปริมาตรเนื้อดิน (L^3)
V_T	=	ปริมาตรดินทั้งหมด (L^3)
V_V	=	ปริมาตรช่องว่างในดิน (L^3)
V_W	=	ปริมาตรน้ำในดิน (L^3)
W_A	=	น้ำหนักอากาศในดิน (F)
W_S	=	น้ำหนักเนื้อดิน (F)

คำนิยามศัพท์ (ต่อ)

W_T = น้ำหนักดินทั้งหมด (F)

W_W = น้ำหนักน้ำในดิน (F)

z = ความลึกของจุดที่พิจารณา (L)

μ = อัตราส่วนปัวซอง

σ = แรงเค้นรวม (F/L^2)

σ' = แรงเค้นประสิทธิผล (F/L^2)

ϕ = มุมเสียดทานภายใน

γ = หน่วยน้ำหนัก (F/L^3)

มหาวิทยาลัยนเรศวร