สารบัญ

	หน้า
ปกใน	**i**
คำนำ	**iii**
สารบัญ	**iv**
รายการรูป	**x**
รายการตาราง	**xiv**
1. บทนำ	**1**
2. แนวทางหาค่าดัชนีความปลอดภัย	**5**
2.1 การวิเคราะห์เสถียรภาพเชิงกำหนด	5
2.1.1 การวิเคราะห์เสถียรภาพเชิงแรง	6
2.1.2 การวิเคราะห์เสถียรภาพเชิงโมเมนต์	8
2.1.3 การวิเคราะห์เสถียรภาพเชิงพลังงาน	8
2.2 การวิเคราะห์เสถียรภาพเชิงความเชื่อถือได้	10
2.2.1 ค่า Factor of Safety กับค่า Reliability	11
2.2.2 ค่า Reliability กับค่า Probability of Failure	12
2.3 แนวทางการใช้ค่าดัชนีเชิงเสถียรภาพมวลสาร	13
2.3.1 แนวทางการพิจารณาใช้ค่าดัชนีเชิงกำหนด	13
2.3.2 แนวทางการพิจารณาใช้ค่าดัชนีเชิงความเสี่ยง	15
3. การวิเคราะห์ความเสี่ยงที่ใช้ในแบบจำลอง	**20**
3.1 หลักการทั่วไปในการวิเคราะห์ผลลัพธ์เชิงสถิติ	20
3.1.1 สมการพื้นฐานในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ	20
3.1.2 ค่าเฉลี่ยกับค่าการคาดหมาย	20
3.1.3 ค่าความแปรปรวน	22

หน้า

3.1.4 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 23
3.1.5 ค่าสัมประสิทธิ์การแปรผัน 23
3.1.6 ค่าความเบ้หรือสภาพไขว้ข้าม 24
3.1.7 ค่าเคอร์โทซิสหรือภาวะยอดมน 25
3.2 แนวทางในการจำลองข้อมูล 26
3.2.1 รูปแบบที่ใช้ในการแจกแจงฟังก์ชันของสมบัติมวลสาร 26
3.2.2 รูปแบบอื่นที่ใช้ในการแจกแจงฟังก์ชันของสมบัติมวลสาร 27
3.3 แนวทางการใช้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและสัมประสิทธิ์การแปรผัน 27
3.3.1 แนวทางแรก 28
3.3.2 แนวทางที่สอง 28
3.3.3 แนวทางที่สาม 29
3.3.4 แนวทางที่สี่ 29
3.4 วิธีประมาณค่าเป็นจุด 31
3.4.1 วิธี PEM สำหรับฟังก์ชันต่อเนื่อง 31
3.4.2 วิธี PEM สำหรับประมาณค่าฟังก์ชันต่อเนื่องตัวแปรเดียว 33
3.4.3 ตัวอย่างการวิเคราะห์วิธี PEM สำหรับตัวแปรเดียว 34
โจทย์ตัวอย่างที่ 3.1 36
3.4.4 วิธี PEM สำหรับประมาณค่าฟังก์ชันต่อเนื่องสองตัวแปร 37
3.4.5 ตัวอย่างการวิเคราะห์วิธี PEM สำหรับตัวแปรสองค่า 38
โจทย์ตัวอย่างที่ 3.2 38
3.4.6 วิธี PEM สำหรับประมาณค่าฟังก์ชันต่อเนื่องสามตัวแปร 41
3.4.7 ตัวอย่างการวิเคราะห์วิธี PEM สำหรับตัวแปรสามค่า 42
โจทย์ตัวอย่างที่ 3.3 43
3.5 วิธีประยุกต์อนุกรมเทยเลอร์ 45
3.5.1 อนุกรมเทยเลอร์พื้นฐาน 45
3.5.2 การวิเคราะห์ตัวแปรหลายตัวแปรโดยใช้อนุกรมเทยเลอร์ 46
ก. ค่าเฉลี่ยกับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 46
ข. ค่าอัตราส่วนปลอดภัยที่มีความน่าจะเป็นมากที่สุด 47
ค. ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานกับค่าสัมประสิทธิ์การแปรผัน 48
ที่มีความน่าจะเป็นมากที่สุด

หน้า

3.5.3 ตัวอย่างการวิเคราะห์โดยใช้อนุกรมเทยเลอร์สำหรับหลายตัวแปร 49
โจทย์ตัวอย่างที่ 3.4 49
ข้อสรุปผลลัพธ์การวิเคราะห์ 59
3.6 แนวทางการหาค่าดัชนีความเชื่อถือได้และค่าโอกาสการพังทลาย 59
3.6.1 แนวทางแรก 60
3.6.2 ตัวอย่างการหาค่าดัชนีเชิงความน่าจะเป็นของแนวทางแรก 69
โจทย์ตัวอย่างที่ 3.5 สำหรับตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงฟังก์ชันแบบปกติ 70
โจทย์ตัวอย่างที่ 3.6 สำหรับตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบลอการิทึมปกติ 72
3.6.3 แนวทางที่สอง 75
3.6.4 ตัวอย่างการหาค่าดัชนีเชิงความน่าจะเป็นของแนวทางที่สอง 80
โจทย์ตัวอย่างที่ 3.7 80
ก. กรณีตัวแปรสุ่มมีการแจกแจงฟังก์ชันแบบปกติ 82
ข. กรณีตัวแปรสุ่มมีการแจกแจงฟังก์ชันแบบลอการิทึมปกติ 85

4. การสร้างแบบจำลองเชิงความเสี่ยง **87**
4.1 แบบจำลองของโครงการวิจัย 87
4.2 แบบจำลองเชิงความเสี่ยงที่หาจากค่าขอบความปลอดภัย 88
ขั้นตอนที่ 1 88
ขั้นตอนที่ 2 88
ขั้นตอนที่ 3 92
ขั้นตอนที่ 4 94
ขั้นตอนที่ 5 95
ขั้นตอนที่ 6 95
4.3 แบบจำลองเชิงความเสี่ยงที่หาจากค่าอัตราส่วนปลอดภัย 95
ขั้นตอนที่ 1 97
ขั้นตอนที่ 2 97
ขั้นตอนที่ 3 97
ขั้นตอนที่ 4 97
ขั้นตอนที่ 5 97
ขั้นตอนที่ 6 97

หน้า

ขั้นตอนที่ 7 98
ขั้นตอนที่ 8 98
ขั้นตอนที่ 9 99
ขั้นตอนที่ 10 100
4.4 แบบจำลองเชิงความเสี่ยงที่ใช้การจำลองข้อมูลของ Monte Carlo 100
4.4.1 การแจกแจงฟังก์ชันในระบบ 100
4.4.2 ค่าดัชนีความเสี่ยงในระบบ 100
4.4.3 แผนภูมิหรือขั้นตอนของแบบจำลองความเสี่ยง 101
ที่ใช้การจำลองวิธี Monte Carlo
ขั้นตอนที่ 1 101
ขั้นตอนที่ 2 103
ขั้นตอนที่ 3 103
ขั้นตอนที่ 4 103
ขั้นตอนที่ 5 103

5. การประเมินความเสี่ยงของการพังทลาย 104
จากการตัดความลาดและรูปแบบอื่น
5.1 การพังทลายของความลาดแบบระนาบยาวไม่จำกัด 104
5.1.1 รูปแบบการลำดับขั้นตอนในการวิเคราะห์ผลลัพธ์ 104
5.1.2 ตัวอย่างการวิเคราะห์ผลลัพธ์เสถียรภาพความลาดยาวไม่จำกัด 107
โจทย์ตัวอย่างที่ 5.1 107
5.1.3 การหาค่าโอกาสการพังทลายของความลาดยาวไม่จำกัด 109
1. แบบจำลองที่หนึ่ง (อิงค่าขอบความปลอดภัย) 109
2. แบบจำลองที่สอง (อิงค่าอัตราส่วนปลอดภัย) 109
3. แบบจำลองที่สาม (อิงกับการจำลองข้อมูล) 110
5.2 การพังทลายของความลาดทั่วไปที่เป็นแบบระนาบ 110
5.2.1 รูปแบบการลำดับขั้นตอนในการวิเคราะห์ผลลัพธ์ 110
5.2.2 ตัวอย่างการวิเคราะห์ผลลัพธ์เสถียรภาพความลาดทั่วไป 120
โจทย์ตัวอย่างที่ 5.2 120
โจทย์ตัวอย่างที่ 5.3 122

หน้า

5.2.3 การหาค่าโอกาสการพังทลายของความลาดที่ชั้นตะพักมีความเอียง 123
ก. กรณีที่รอยร้าวจากแรงดึงเกิดในหน้าความลาด 123
1. แบบจำลองที่หนึ่ง (อิงค่าขอบความปลอดภัย) 124
2. แบบจำลองที่สอง (อิงค่าอัตราส่วนปลอดภัย) 124
3. แบบจำลองที่สาม (อิงกับการจำลองข้อมูล) 124
ข. กรณีที่รอยร้าวจากแรงดึงเกิดในชั้นตะพักด้านบน 125
1. แบบจำลองที่หนึ่ง (อิงค่าขอบความปลอดภัย) 125
2. แบบจำลองที่สอง (อิงค่าอัตราส่วนปลอดภัย) 126
3. แบบจำลองที่สาม (อิงกับการจำลองข้อมูล) 126
5.3 การพังทลายของความลาดแบบวงกลม 126
5.3.1 การวิเคราะห์ดินเอกพันธุ์ที่ไม่มีค่าการยึดเกาะกัน 127
5.3.2 การวิเคราะห์ดินเอกพันธุ์ที่ไม่มีค่าความเสียดทาน 127
5.3.3 ตัวอย่างการวิเคราะห์ผลลัพธ์การพังทลายแบบวงกลม 129
โจทย์ตัวอย่างที่ 5.4 129
5.3.4 การหาค่าโอกาสการพังทลายแบบวงกลมของความลาด 132
1. แบบจำลองที่หนึ่ง (อิงค่าขอบความปลอดภัย) 132
2. แบบจำลองที่สอง (อิงค่าอัตราส่วนปลอดภัย) 133
3. แบบจำลองที่สาม (อิงกับการจำลองข้อมูล) 133
5.3.5 การวิเคราะห์ดินเอกพันธุ์โดยวิธีการแบ่งส่วน 134
5.3.6 ตัวอย่างการวิเคราะห์ผลลัพธ์การพังทลายด้วยวิธีแบ่งส่วน 136
โจทย์ตัวอย่างที่ 5.5 136
5.3.7 การหาค่าโอกาสการพังทลายแบบวงกลมของความลาดด้วยวิธีแบ่งส่วน 140
1. แบบจำลองที่หนึ่ง (อิงค่าขอบความปลอดภัย) 140
2. แบบจำลองที่สอง (อิงค่าอัตราส่วนปลอดภัย) 141
3. แบบจำลองที่สาม (อิงกับการจำลองข้อมูล) 141
5.3.8 การวิเคราะห์การแบ่งส่วนตามแนวคิดของ Bishop 141
5.3.9 ตัวอย่างการวิเคราะห์ผลลัพธ์การพังทลายด้วยวิธี Bishop 143
โจทย์ตัวอย่างที่ 5.6 143
5.3.10 การหาค่าโอกาสการพังทลายแบบวงกลมของความลาดด้วยวิธี Bishop 145

หน้า

1. แบบจำลองที่หนึ่ง (อิงค่าขอบความปลอดภัย) 145
2. แบบจำลองที่สอง (อิงค่าอัตราส่วนปลอดภัย) 145
3. แบบจำลองที่สาม (อิงกับการจำลองข้อมูล) 146

5.4 การเสริมเสถียรภาพของมวลความลาด 146

5.4.1 การเสริมเสถียรภาพด้วยโบลท์ 147

5.4.2 การใช้โบลท์ในงานการตัดความลาด 148

โจทย์ตัวอย่างที่ 5.7 150

5.4.3 การหาค่าโอกาสการพังทลายเพื่อการตัดสินใจเสริมเสถียรภาพ 152

1. แบบจำลองที่หนึ่ง (อิงค่าขอบความปลอดภัย) 152
2. แบบจำลองที่สอง (อิงค่าอัตราส่วนปลอดภัย) 152
3. แบบจำลองที่สาม (อิงกับการจำลองข้อมูล) 153

6. ผลสรุปในการประเมินค่าความเสี่ยง **154**

6.1 การประเมินความเสี่ยงจากการตัดความลาดมวลหิน 154

6.1.1 ข้อมูลเฉพาะที่ใช้เป็นกรณีตัวอย่างแรก 154

6.2 การประเมินความเสี่ยงจากการตัดความลาดมวลดินเหนียวอ่อน 158

6.2.1 ข้อมูลเฉพาะที่ใช้เป็นกรณีตัวอย่างที่สอง 158

6.3 ความไม่แน่นอนที่เกิดจากการประเมินความเสี่ยง 162

6.3.1 ตัวประกอบสำคัญที่ก่อให้เกิดความไม่แน่นอนในการประเมิน 162

6.3.2 ปัญหาในการวิเคราะห์ผลโครงสร้างมวลหิน 162

6.3.3 ปัญหาในการวิเคราะห์ผลโครงสร้างมวลดิน 163

6.3.4 ปัญหาในการวิเคราะห์ผลโครงสร้างมวลดินสลับกับมวลหิน 164

6.3.5 ปัญหาในการเลือกแบบจำลองในการวิเคราะห์ผลลัพธ์ 164

เอกสารอ้างอิง – รายงานฉบับสมบูรณ์ **166**

แผ่น CD: Folder – Problem Solutions **หลังปกด้านใน**

รายการรูป

		หน้า
รูปที่ 1.1	ตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติ ในรูปแสดงกราฟ density (distribution) function	2
รูปที่ 1.2	ตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติ ในรูปแสดงกราฟ cumulative distribution function	3
รูปที่ 2.1	การพังทลายของมวลสาร (ABC) ตามแนวระนาบเชิงเส้น (AB)	7
รูปที่ 2.2	การพังทลายของมวลสาร (ABCD) ตามแนวระนาบเชิงเส้นอาร์ก (AD)	7
รูปที่ 2.3	การใช้วงกลมเสียดทานหลายวงกลมร่วมกับการวิเคราะห์เสถียรภาพเชิงพลังงาน	9
รูปที่ 2.4	ตัวอย่างการวิเคราะห์เชิงความอ่อนไหว (sensitivity) สำหรับการตัดความลาดในเหมืองหิน	16
รูปที่ 2.5	ค่าตัวแปรเชิงกำลังวัสดุเฉือนที่ตรวจสอบและระบุค่าพิสัย (range) ไว้	17
รูปที่ 2.6	ผลลัพธ์การวิเคราะห์เชิงความอ่อนไหว ระหว่างความลาดแห้งกับความลาดอิ่มตัวด้วยน้ำ	17
รูปที่ 2.7	ความเสี่ยงต่อชีวิตและทรัพย์สินต่อโครงการในงานก่อสร้างหลายรูปแบบ	18
รูปที่ 3.1	ระบบของแรงแนวดิ่งที่ไม่ต่อเนื่องกัน แรงกระทำบนคานแข็งเกร็ง	21
รูปที่ 3.2	ค่าความเบ้หรือสภาพไขว้ข้าม (skewness) ของกลุ่มตัวอย่างที่เป็นตัวแปรสุ่ม ก. ความเบ้บวก (positive skewness) ข. ความเบ้ลบ (negative skewness)	25
รูปที่ 3.3	ตัวแปรสุ่มที่สำคัญที่มีผลต่อการไถลเลื่อน ก. ภาพสเกตช์การไถลเลื่อนบนระนาบหน้าความลาด ข. ฮิสโทแกรมของตัวแปรสุ่ม 2 ค่า	26
รูปที่ 3.4	แรงแนวดิ่งที่แผ่กระจายอย่างต่อเนื่องบนคานที่แข็งเกร็ง ก. แรงปฏิกิริยาที่รองรับหนึ่งจุด ข. แรงปฏิกิริยาที่รองรับสองจุด	32

หน้า

รูปที่ 3.5 ฐานรากผนังหรือฐานรากแถบ (strip footing) รับโหลดปานกลาง 35
ก. เป็นผัง (plan)
ข. เป็นรูปตั้ง (elevation) ของฐานรากเดี่ยว

รูปที่ 3.6 ภาพตัดขวางของฟุตติงยาว 38

รูปที่ 3.7 ภาพตัดขวางของความลาดมวลดิน ที่มีการพังทลายแนวระนาบ 50

รูปที่ 3.8 แบบจำลองการหาอัตราส่วน ค่าความต้านการพังทลาย ที่เป็นฟังก์ชัน R 60
ต่อค่าโหลด (น้ำหนักบรรทุก) ที่เป็นฟังก์ชัน Q

รูปที่ 3.9 แบบจำลองของขอบความปลอดภัย (safety margin, Z) มีพื้นที่เกิดขึ้น 62
สามบริเวณ ได้แก่ พื้นที่เสถียร ($Z > 0$); พื้นที่สมดุลที่ขีดจำกัด ($Z = 0$);
พื้นที่ที่เกิดการพังทลาย ($Z < 0$)

รูปที่ 3.10 แบบจำลองของขอบความปลอดภัย (safety margin, Z) ในสถานะขีดจำกัด 62
สมดุลที่ลดค่าขนาดของตัวแปรสุ่มลง หรือ reduced limit state

รูปที่ 3.11 ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ (β_N) สำหรับตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงค่า 65
แบบปกติ ที่เป็นค่าตัวเลขของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ระหว่างตำแหน่ง
เส้นขอบความปลอดภัย ($Z = 0$) ถึงตำแหน่งค่าเฉลี่ยตัวแปรสุ่ม, Z_{ave}

รูปที่ 3.12 ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ (β_{LN}) สำหรับตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงค่า 65
แบบลอการิทึมปกติ ที่เป็นค่าตัวเลขของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ระหว่าง
ตำแหน่งเส้นขอบความปลอดภัย ($Z = 0$) ถึงตำแหน่งการคาดหมาย
(expected value) ของค่าขอบความปลอดภัย, $E[Z]$

รูปที่ 3.13 ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ (β_N) สำหรับตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงค่า 77
แบบปกติ ที่เป็นค่าตัวเลขของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ระหว่างตำแหน่ง
เส้นขีดจำกัดอัตราส่วนปลอดภัย ($F.S. = 1$) ถึงตำแหน่งค่าอัตราส่วน
ปลอดภัยที่มีความน่าจะเป็นมากที่สุด, $(F.S.)_{MLV}$ หรือประมาณเท่ากับ
ค่าเฉลี่ยของตัวแปรสุ่ม, $(F.S.)_{ave}$

รูปที่ 3.14 ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ (β_N) สำหรับตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงค่า 77
แบบลอการิทึมปกติ ที่เป็นค่าตัวเลขของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ระหว่าง
ตำแหน่งเส้นขีดจำกัดอัตราส่วนปลอดภัย ($F.S. = 1$) ถึงตำแหน่งค่า
อัตราส่วนปลอดภัยที่มีความน่าจะเป็นมากที่สุด, $(F.S.)_{MLV}$

รูปที่ 3.15 ภาพตัดขวางชั้นตะพักของหินปูนที่มีรอยร้าวจากแรงดึงอยู่ในหน้าความลาด 80

		หน้า
รูปที่ 4.1	แผนภูมิสายงาน (flow chart) แสดงลำดับขั้นตอน ของการจำลองแบบด้วยการอิงค่าขอบความปลอดภัย (safety margin, Z) เพื่อคำนวณค่าความน่าจะเป็นของโอกาสการพังทลาย [p (f)] กับค่ากลางของอัตราส่วนปลอดภัย	89
รูปที่ 4.2	แผนภูมิสายงาน (flow chart) แสดงลำดับขั้นตอน ของการจำลองแบบด้วยการอิงค่าอัตราส่วนปลอดภัย (factor of safety, F.S.) เพื่อคำนวณค่าความน่าจะเป็นของโอกาสการพังทลาย [p (f)] กับค่าอัตราส่วนปลอดภัยที่มีความน่าจะเป็นมากที่สุด, $(F.S.)_{MLV}$	96
รูปที่ 4.3	แผนภูมิสายงาน (flow chart) แสดงลำดับขั้นตอน ของการจำลองแบบที่สามการจำลองข้อมูลด้วยวิธี Monte Carlo เพื่อคำนวณค่าความน่าจะเป็นของโอกาสการพังทลาย $[p (f)]_{SIM}$ กับค่าอัตราส่วนปลอดภัยที่มีความน่าจะเป็นมากที่สุด, $(F.S.)_{MLV}$ จากข้อมูลที่เกิดจากการจำลอง	102
รูปที่ 5.1	ความลาดยาวไม่จำกัดที่มวลบนพื้นผิวระนาบการพังทลายไม่มีแรงดันน้ำเข้ามาเกี่ยวข้อง	106
รูปที่ 5.2	ความลาดยาวไม่จำกัดที่มวลมีน้ำใต้ดินไหลซึมผ่านที่ค่าระดับน้ำสูงเท่ากับ Z_W	106
รูปที่ 5.3	ความลาดยาวไม่จำกัด มีค่าแรงดันเกี่ยวข้อง ระดับน้ำสูงถึงพื้นผิวความลาด	106
รูปที่ 5.4	ความลาดของชั้นหินดินดาน ที่มีน้ำใต้ดินไหลผ่านขนานกับระนาบการพังทลาย	108
รูปที่ 5.5	ความลาดทั่วไปที่ระบุมิติความยาวกับความสูง (หรือความกว้าง) ได้แนวแรงที่เป็นหัวลูกศรเส้นเต็ม คือค่าแรงจากน้ำหนักมวลสาร (W) กับแรงปฏิกิริยาที่ต้าน (R) ส่วนหัวลูกศรที่เป็นเส้นประ เป็นแรงฉากอัดบนระนาบ (N_a) กับแรงปฏิกิริยาฉากอัดที่ต้าน (N_r) และมีแรงเฉือนทำให้มวลไถลเลื่อน (S_a) กับแรงเฉือนที่ต้านการไถลเลื่อน (S_a) เส้น AB = L เป็นระยะเชิงเส้นของความยาวระนาบที่เกิดการพังทลาย	111
รูปที่ 5.6	ภาพตัดขวางความลาดทั่วไปที่มีรอยร้าวจากแรงดึง ที่อยู่ในชั้นตะพักด้านบนในรูปแสดงสัญลักษณ์ของตัวแปรที่เป็นมิติระยะ ค่ามุม กับแนวแรงต่าง ๆ	112
รูปที่ 5.7	ภาพตัดขวางความลาดทั่วไปที่มีรอยร้าวจากแรงดึง ที่อยู่ในหน้าความลาดที่ตัดเอียง ในรูปแสดงสัญลักษณ์ของตัวแปรที่เป็นมิติระยะ ค่ามุม กับแนวแรงต่าง ๆ	113

หน้า

รูปที่ 5.8 แบบจำลองเชิงเรขาคณิตเฉพาะแบบที่ 1 การพังทลายตามแนวระนาบของมวลสารแห้ง ไม่ปรากฏรอยร้าวจากแรงดึงเกิดขึ้น 115

รูปที่ 5.9 แบบจำลองเชิงเรขาคณิตเฉพาะแบบที่ 2 การพังทลายตามแนวระนาบของมวลสารที่เปียก ไม่ปรากฏรอยร้าวจากแรงดึงเกิดขึ้น 115

รูปที่ 5.10 แบบจำลองเชิงเรขาคณิตเฉพาะแบบที่ 3 การพังทลายตามแนวระนาบของมวลสาร รอยร้าวจากแรงดึงเกิดขึ้นในชั้นตะพักด้านบน 116

รูปที่ 5.11 แบบจำลองเชิงเรขาคณิตเฉพาะแบบที่ 4 การพังทลายตามแนวระนาบของมวลสาร รอยร้าวจากแรงดึงเกิดขึ้นในหน้าความลาด 116

รูปที่ 5.12 การพังทลายแบบวงกลมของมวลดินที่ไม่มีค่าความเสียดทานภายใน 128

รูปที่ 5.13 การตัดความลาดมวลดินเกนียวที่ไม่มีค่าความเสียดทานและมีรอยร้าวจากแรงดึงเกิดขึ้น 129

รูปที่ 5.14 ก. ภาพตัดขวางความลาดที่ถูกแบ่งเป็นส่วนเล็ก ๆ หลายเสี้ยว (slices)
ข. ไดอะแกรมแรงที่กระทำบนเสี้ยวที่ n ให้พื้นผิวฐานเป็นเส้นตรง 134

รูปที่ 5.15 การตัดความลาดในดินเนื้อเดียวกัน และถูกแบ่งส่วนเป็น 8 เสี้ยว (slices) 137

รูปที่ 5.16 แสดงส่วนประกอบที่สำคัญของโบลท์ ที่แยกเป็น 2 sections 147

รูปที่ 5.17 การเสริมเสถียรภาพมวลหินที่มีรอยแตกแยกในมวลความลาด 148
ก. แนวทิศทางที่ใส่โบลท์แนวฉากกับพื้นผิวรอยแตกแยก (joint)
ข. แนวทิศทางที่ใส่โบลท์แนวฉากกับพื้นผิวดิน (ground surface)

รูปที่ 5.18 ปฏิกิริยาของแรงเสริมเสถียรภาพโครงสร้างบล็อกหินด้วยโบลท์ 150

รูปที่ 5.19 ความลาดที่มีรอยแตกจากแรงดึงอยู่ในหน้าความลาด และฝังโบลท์ในแนวราบ 150

รูปที่ 6.1 การพังทลายตามแนวระนาบ (L) หน้าเหมืองหินปูนที่มีรอยร้าวจากแรงดึงเกิดในชั้นตะพักด้านบน มีน้ำขังเต็มระดับรอยร้าว 155

รูปที่ 6.2 การพังทลายตามแนวเส้นโค้ง BE ของความลาดดินเหนียวอ่อนที่เป็นดินเหนียวอิ่มตัวไม่มีค่าความเสียดทาน มีน้ำขังเต็มในรอยร้าวจากแรงดึง 158

รายการตาราง

หน้า

ตาราง 2.1 ผลการทดสอบหาค่ากำลังวัสดุเฉือนดินโคลนทะเล จาก San Francisco Bay, Marine County, California 11

ตาราง 2.2 เกณฑ์ในการพิจารณาค่าอัตราส่วนปลอดภัย หรือค่า Factor of Safety 14
ก. กรณีปกติ ใช้ค่าตัวเลขดัชนีกับช่วงเวลาการใช้งานในการตัดสินใจ
ข. กรณีปกติ ใช้ค่าตัวเลขดัชนีกับค่าซ่อมแซมโครงสร้างในการตัดสินใจ

ตาราง 3.1 ค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันสมบัติดิน (หิน) ในงานก่อสร้างเชิงวิศวกรรมธรณี ค่าตัวเลขเหล่านี้เป็นค่าจากการทดสอบในห้องปฏิบัติการ กับการทดสอบในที่ (in situ test) เพื่อหาพิสัยที่เป็นช่วงระหว่างค่าขีดจำกัดต่ำสุดกับสูงสุด 30

ตาราง 3.2 ค่าตัวประกอบของความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุก strip footing ที่มีฐานขรุขระ (rough base) ใช้กับฐานรากที่วางตัวติดกับระดับน้ำใต้ดิน และมีความดันน้ำในโพรง (pore pressure) เกี่ยวข้องด้วย 35

ตาราง 3.3 ค่าตัวประกอบของ bearing capacity สำหรับ long footing ที่อิงกับค่ามุมเสียดทาน 39

ตาราง 3.4 ค่าที่กำหนดสำหรับโจทย์ตัวอย่างที่ 3.2 สำหรับตัวแปรสุ่มในระบบ 39

ตาราง 3.5 ค่าที่กำหนดสำหรับโจทย์ตัวอย่างที่ 3.3 ของตัวแปรสุ่มในระบบ 3 พจน์ตัวแปร 43

ตาราง 3.6 ค่าเชิงสถิติสำหรับตัวแปรสุ่มในระบบ 3 พจน์ตัวแปร 50

ตาราง 3.7 ค่าการคาดหมายกับค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันของพจน์ตัวแปรสุ่มลอการิทึมปกติ 72

ตาราง 3.8 ค่าสมบัติและค่ามิติความลาดสำหรับตัวแปรสุ่มในระบบ 81

ตาราง 5.1 สมการต้นแบบเชิงกำหนดในการหาผลลัพธ์เชิงเสถียรภาพ การตัดความลาดมีค่าความชันของชั้นตะพักด้านบน แต่ไม่มีรอยร้าวจากแรงดึงเกิดขึ้น พจน์ตัวแปรอิงกับรูปที่ 5.8 ถึงรูปที่ 5.9 117