

บทที่ 5

ผลการศึกษา และการวิเคราะห์ผล

ผลการวิเคราะห์เสถียรภาพผนังบ่อเหมืองพื้นที่ C1 West-wall เชิงความน่าจะเป็น ด้วยแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ด้วยวิธีดิสครีตเอลิเมนต์ 3 มิติ – 3DEC (Itasca Consulting Group Inc., 2007 และ 2016) และเทคนิค Manual SSR เป็นดังนี้

5.1 ผลการวิเคราะห์เชิงความน่าจะเป็น

5.1.1 Point Estimate Method (PEM)

การวิเคราะห์เชิงความน่าจะเป็น เนื่องจากความไม่แน่นอนด้านสมบัติกำลัง ที่พิจารณาให้เป็นตัวแปรสุ่มมีการแจกแจง $\pm 1\sigma$ รอบค่าเฉลี่ย ($\mu \pm 1\sigma$) สรุปดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 สมบัติกำลังของ Joints หรือ Contacts ในแบบจำลองวิเคราะห์เชิงความน่าจะเป็นด้วย Point Estimate Method

Parameter No.	Random variables	Joints IDs	Mean	SD	-1σ	$+1\sigma$
1	Orthogonal cross bedding joints cohesion, c (Pa)	88, 99	5e4	1.67e4	3.33e4	6.67e4
2	Orthogonal cross bedding joints friction angle, ϕ (deg)	88, 99	23.5	0.83	22.67	24.33

ตารางที่ 5.1 (ต่อ) สมบัติกำลังของ Joints หรือ Contacts ในแบบจำลองวิเคราะห์เชิงความน่าจะเป็นด้วย Point Estimate Method

Parameter No.	Random variables	Joints IDs	Mean	SD	-1σ	$+1\sigma$
3	Major faults friction angle, ϕ (deg)	6, 8, 9, 10	17.5	1.83	15.67	19.33
4	Potential slip planes friction angle, ϕ (deg)	77	17.5	1.83	15.67	19.33

ผลการวิเคราะห์แต่ละกรณี จากทุกความเป็นไปได้ หรือ Combination ของ Point estimates ตามจำนวนของตัวแปรสุ่มที่เกี่ยวข้องทั้งหมด มีจำนวนครั้งของการคำนวณ 2^n ครั้ง โดยในที่นี้ $n = 4$ คิดเป็นการคำนวณด้วยแบบจำลอง (Model run) ทั้งหมด 16 ครั้งต่อกรณี และคำนวณค่าโมเมนต์ทางสถิติ สรุปดังตารางที่ 5.2

โดยแยกตามกรณีต่าง ๆ ดังนี้

Case 1 หมายถึง แบบจำลองของ Blocks มวลหิน UB ปริมาณ 43 MBCM ที่ทิ้งไว้ตามแนวทิศการปรับแบบของเหมืองแม่เมาะ สถานะแห้ง

Case 2 หมายถึง แบบจำลองที่มีมวลค้ำยันอยู่ด้านล่าง สถานะแห้ง

Case 3 หมายถึง แบบจำลองของ Blocks มวลหิน UB ปริมาณ 43 MBCM ที่ทิ้งไว้ตามแนวทิศการปรับแบบของเหมืองแม่เมาะ สถานะระดับแรงดันน้ำสูงสุด

Case 4 หมายถึง แบบจำลองที่มีมวลค้ำยันอยู่ด้านล่าง สถานะระดับแรงดันน้ำสูงสุด

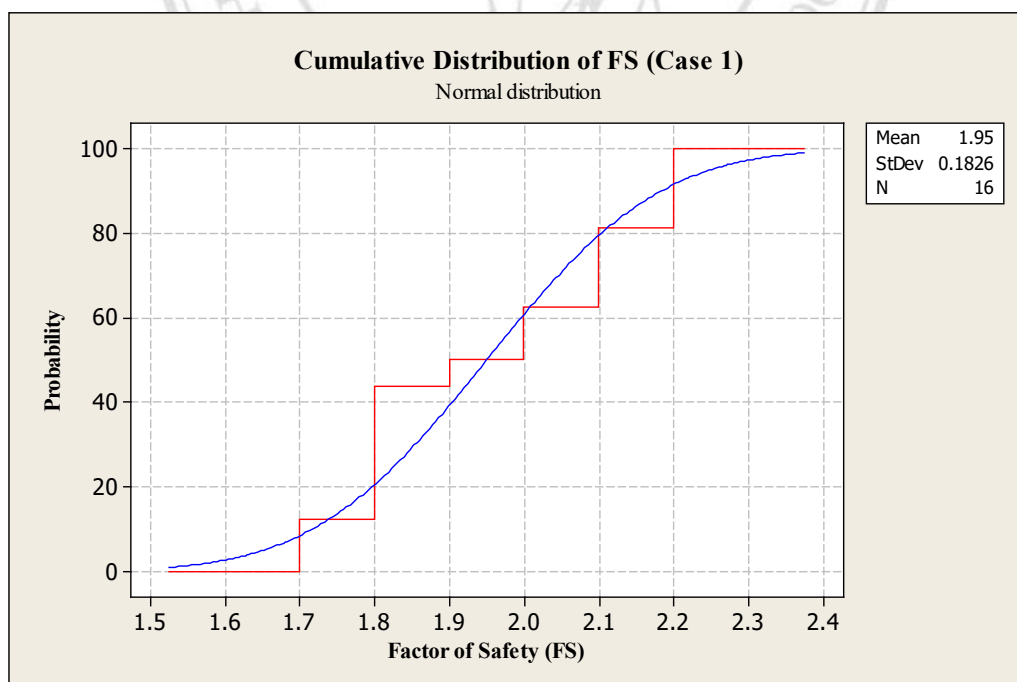
การแจกแจงของค่า FS แสดงเป็นกราฟความถี่สะสม (Cumulative distribution function, CDF) ในรูป S-curve โดยสมมติการกระจายตัวเป็นรูปแบบการแจกแจงปกติ ดังรูปที่ 5.1 ถึง 5.4

ตารางที่ 5.2 ค่าโมเมนต์ทางสถิติจากการวิเคราะห์เชิงความน่าจะเป็น Point Estimate Method

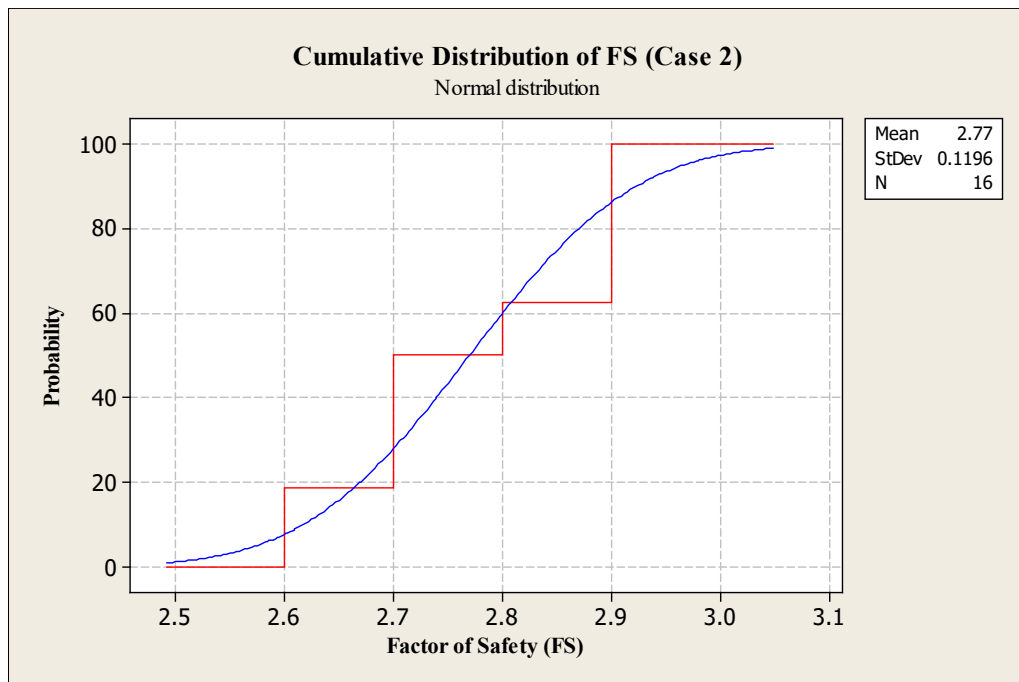
No.	Weighting point	FS Case 1	FS Case 2	FS Case 3	FS Case 4
1	— — — —	1.8	2.7	0.9	0.9
2	— — — +	2.2	2.6	1.0	1.1
3	— — + —	1.7	2.7	0.9	0.9
4	— + — —	1.8	2.9	0.9	0.9
5	+ — — —	1.8	2.9	0.9	0.9
6	— — + +	2.0	2.9	0.9	1.3
7	+ + — —	1.8	2.7	1.0	1.0
8	+ — — +	2.2	2.8	0.9	1.3
9	— + + —	1.9	2.9	1.0	1.0
10	— + — +	2.1	2.6	1.0	1.0
11	+ — + —	1.7	2.9	0.9	0.9
12	+ + + —	1.8	2.6	1.0	1.0
13	+ + — +	2.0	2.7	1.0	1.3
14	+ — + +	2.1	2.9	0.9	1.1
15	— + + +	2.1	2.7	1.0	1.5
16	+ + + +	2.2	2.8	1.0	1.5

ตารางที่ 5.2 (ต่อ) ค่าโมเมนต์ทางสถิติจากการวิเคราะห์เชิงความน่าจะเป็น Point Estimate Method

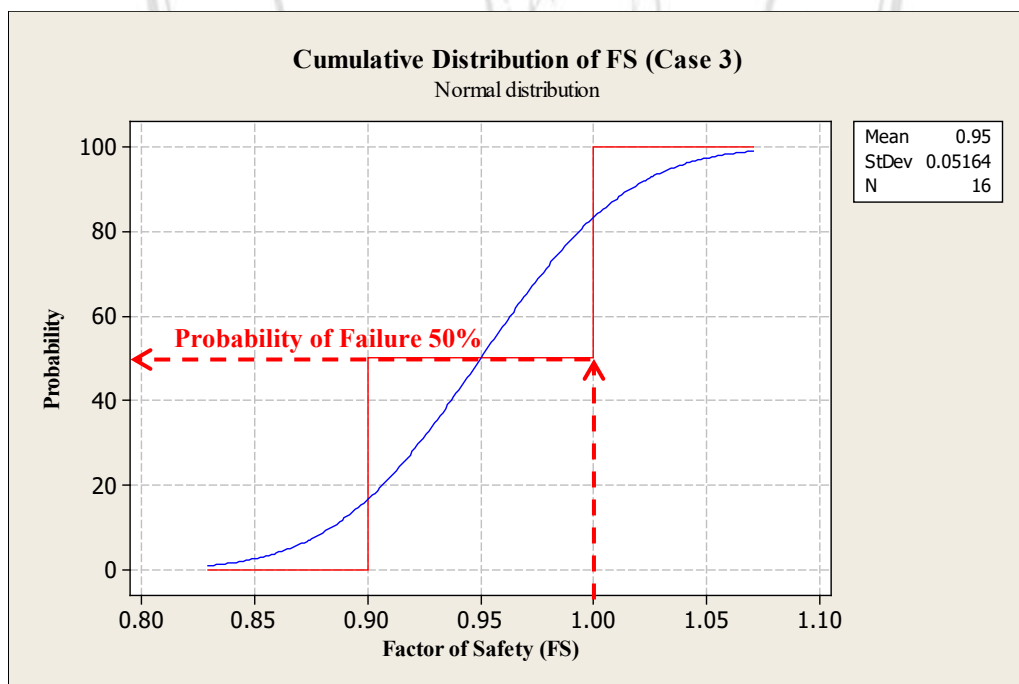
No.	Weighting point	FS	FS	FS	FS
		Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
	Mean FS	1.95	2.77	0.95	1.10
	Variance	0.03333	0.01429	0.00267	0.04533
	SD	0.18257	0.11955	0.05164	0.21292
	Probability of Failure	0%	0%	50%	31%
	COV	0.09363	0.04318	0.05436	0.19356



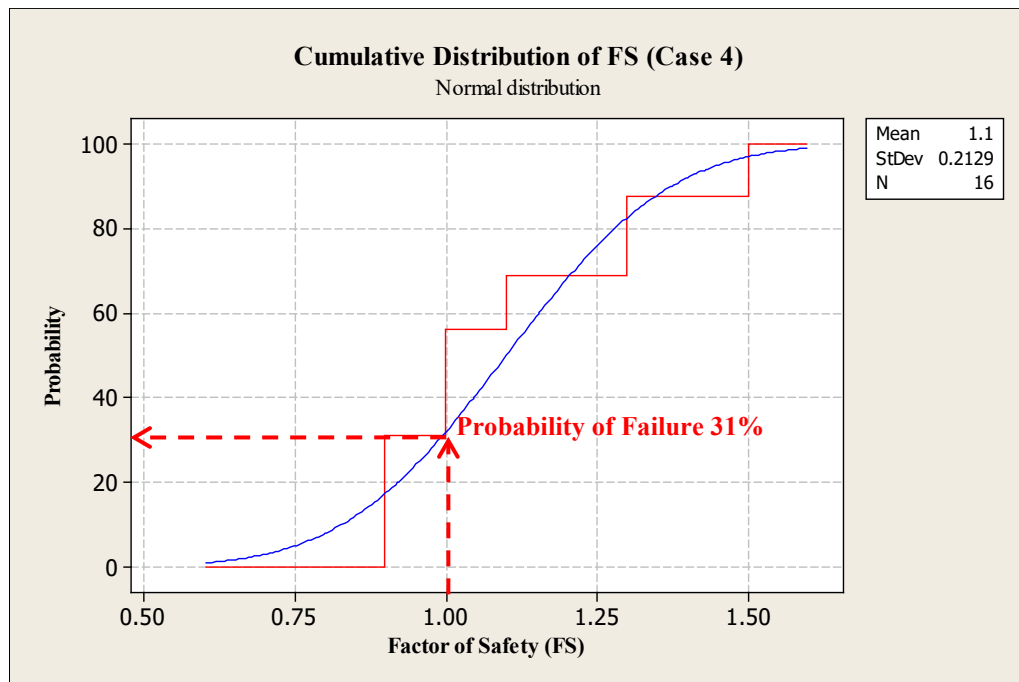
รูปที่ 5.1 กราฟความถี่สะสมของค่า FS จาก Point Estimate Method ในกรณี Case 1



รูปที่ 5.2 กราฟความถี่สะสมของค่า FS จาก Point Estimate Method ในกรณี Case 2



รูปที่ 5.3 กราฟความถี่สะสมของค่า FS จาก Point Estimate Method ในกรณี Case 3



รูปที่ 5.4 กราฟความถี่สะสมของค่า FS จาก Point Estimate Method ในกรณี Case 4

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5.1.2 Approximate Monte Carlo

ผลการวิเคราะห์เชิงความน่าจะเป็น เนื่องจากความไม่แน่นอนของทิศทางการวางตัวของ
ธรณี โครงสร้าง กำหนดให้เป็นตัวแปรสุ่ม ดังตารางที่ 5.3 ทำการ Set up และ Run
แบบจำลอง คำนวณหาค่า FS ของแต่ละกรณีด้วยเทคนิค Manual SSR เช่นเดียวกับวิธี
PEM โดยสรุปเป็นค่าโมเมนต์ทางสถิติ ดังตารางที่ 5.4

ผลการวิเคราะห์ ฯ แสดงเป็นกราฟความถี่สะสม (Cumulative distribution function,
CDF) ในรูป S-curve โดยสมมติการกระจายตัวเป็นรูปแบบการแจกแจงปกติ ดังรูปที่ 5.5
และ 5.8

ตารางที่ 5.3 ทิศทางการวางตัวของธรณี โครงสร้าง และพารามิเตอร์ทางสถิติ ในแบบจำลองวิเคราะห์
เชิงความน่าจะเป็นด้วย Approximate Monte Carlo

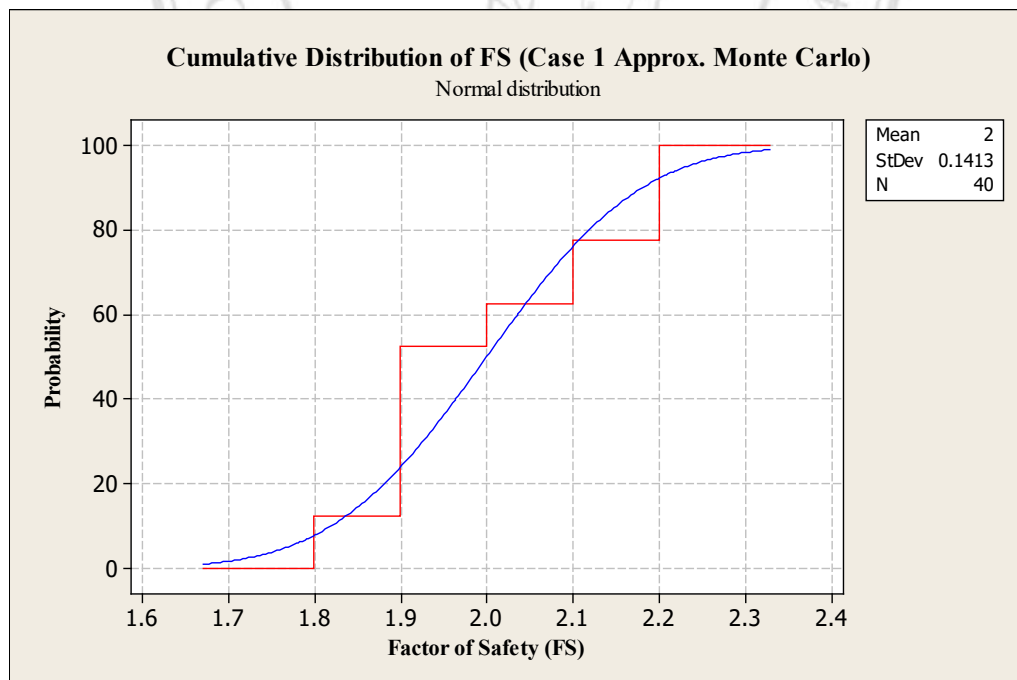
Parameter No.	Random variables
1.Potential slip planes	<i>Orientation (deg)</i> Assumed normal distribution Dip direction (dd), Mean=160.5 Dip direction, SD=26.167 Dip direction, HCV=238.5 Dip direction, LCV=81.5 Dip, Mean=13 Dip, SD=2.5 Dip, HCV=21 Dip, LCV=6 <i>Spacing (m)</i> Assumed normal distribution Mean=35 SD=8.33 HCV=60 LCV=10 <i>Fully cut-through length and persistence</i>

ตารางที่ 5.3 (ต่อ) ทิศทางการวางตัวของธรณี โครงสร้าง และพารามิเตอร์ทางสถิติ ในแบบจำลอง
วิเคราะห์เชิงความน่าจะเป็นด้วย Approximate Monte Carlo

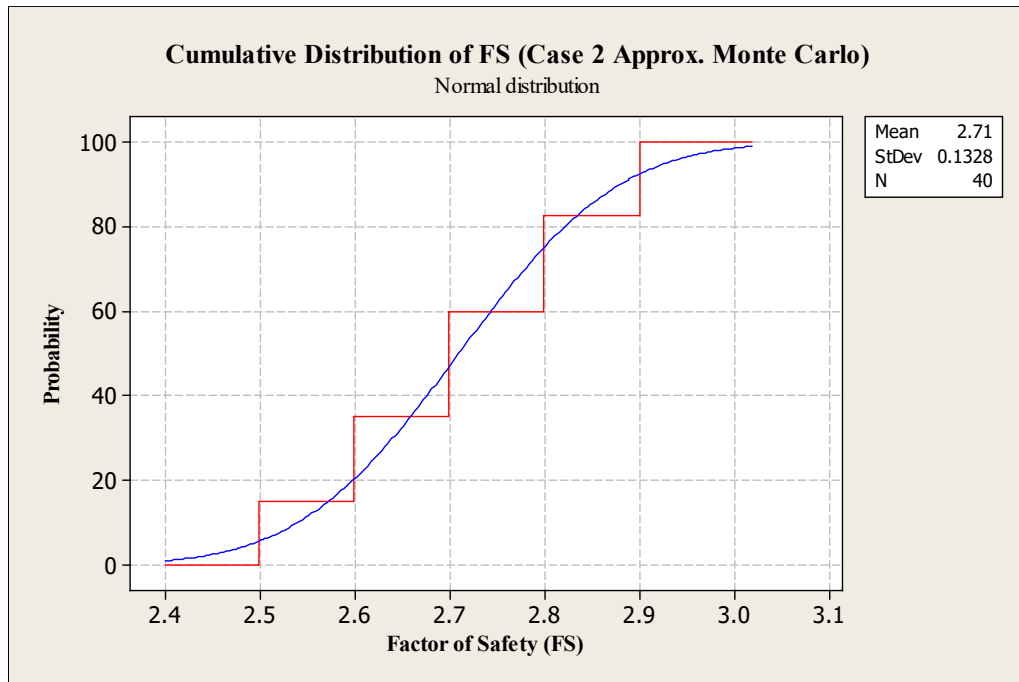
Parameter No.	Random variables
2.Orthogonal cross bedding joints set 1	<i>Orientation (deg)</i> Assumed normal distribution, varied in accordance with Potential slip planes orientation: Dip direction=(Same as Potential slip planes dd) Dip=(Potential slip planes dip + 90 deg) <i>Spacing (m)</i> Assumed normal distribution Mean=60 SD=13.33 HCV=100 LCV=20 <i>Fully cut-through length and persistence</i>
3.Orthogonal cross bedding joints set 2	<i>Orientation (deg)</i> Assumed normal distribution, varied in accordance with Potential slip planes orientation: Dip direction=(Potential slip planes dd — 90 deg) Dip=(Potential slip planes dip + 90 deg) <i>Spacing (m)</i> Assumed normal distribution Mean=60 SD=13.33 HCV=100 LCV=20 <i>Fully cut-through length and persistence</i>

ตารางที่ 5.4 ค่าโมเมนต์ทางสถิติจากการวิเคราะห์เชิงความน่าจะเป็น Approximate Monte Carlo

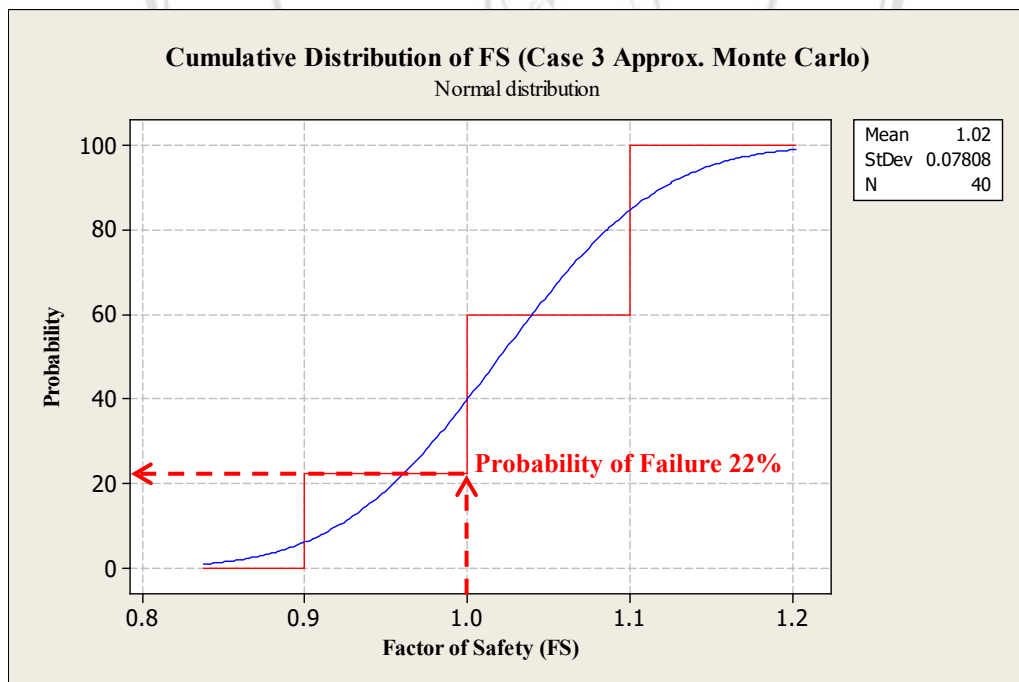
<i>Qualityt</i>	<i>FS</i> <i>Case 1</i>	<i>FS</i> <i>Case 2</i>	<i>FS</i> <i>Case 3</i>	<i>FS</i> <i>Case 4</i>
Mean FS	2.00	2.71	1.02	1.19
Variance	0.01997	0.01763	0.00610	0.03836
SD	0.14133	0.13280	0.07808	0.19585
Probability of Failure	0%	0%	22%	8%
COV	0.07084	0.04905	0.07674	0.16458



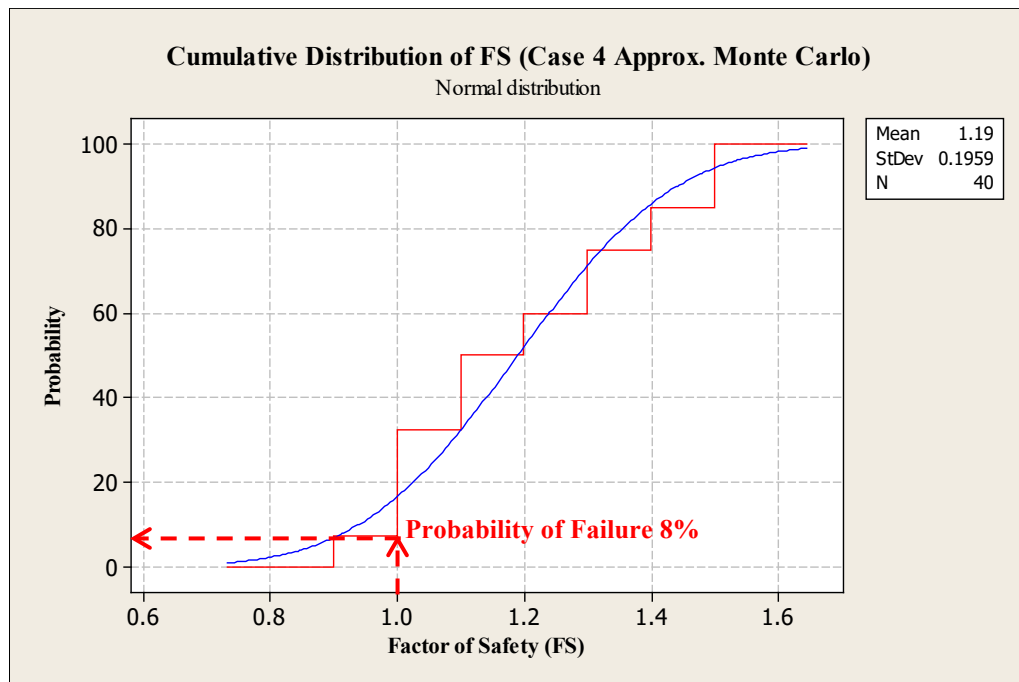
รูปที่ 5.5 กราฟความถี่สะสมของค่า FS จาก Approximate Monte Carlo ในกรณี Case 1



รูปที่ 5.6 กราฟความถี่สะสมของค่า FS จาก Approximate Monte Carlo ในกรณี Case 2



รูปที่ 5.7 กราฟความถี่สะสมของค่า FS จาก Approximate Monte Carlo ในกรณี Case 3



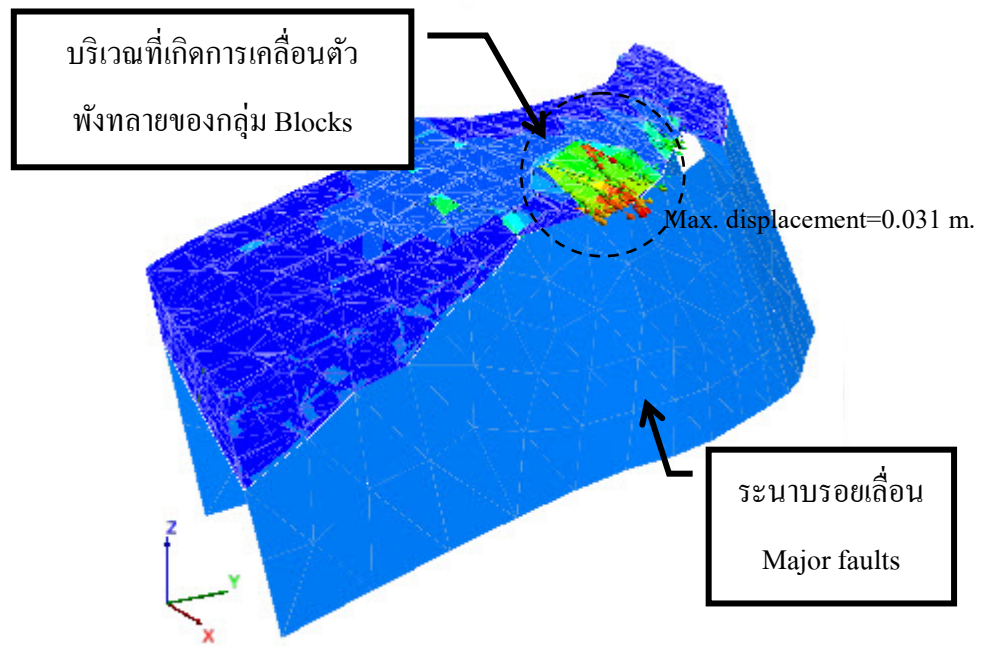
รูปที่ 5.8 กราฟความถี่สะสมของค่า FS จาก Approximate Monte Carlo ในกรณี Case 4

สรุปผลจากการวิเคราะห์เชิงความน่าจะเป็น :

- 1) การวิเคราะห์ด้วยเทคนิค PEM ประเมิน Probability of Failure เนื่องจากความไม่แน่นอนของสมบัติกำลัง (Contacts shear strength variation) ให้ค่าเฉลี่ยของ FS อยู่ระหว่าง 0.95 – 2.77 โดยกรณี Case 3 แบบจำลองของ Blocks มวลหิน UB ปริมาณ 43 MBCM ที่ทิ้งไว้ตามแนวทิศการปรับแบบของเหมืองแม่เมาะ สภาวะระดับแรงดันน้ำสูงสุด ให้ค่า $FS < 1$ คิดเป็น Probability of Failure มากที่สุดเท่ากับ 0.50 หรือ 50% (Failure 8 models จากทั้งหมด 16 models)
- 2) การวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Approximate Monte Carlo ประเมิน Probability of Failure เนื่องจากความไม่แน่นอนของทิศทางการวางตัวของธรณี โครงสร้าง (Structures orientation variation) ให้ค่าเฉลี่ยของ FS อยู่ระหว่าง 1.02 – 2.71 โดยกรณี Case 3 แบบจำลองของ Blocks มวลหิน UB ปริมาณ 43 MBCM ที่ทิ้งไว้ตามแนวทิศการปรับแบบของเหมืองแม่เมาะ สภาวะระดับแรงดันน้ำสูงสุด ให้ค่า $FS < 1$ คิดเป็น Probability of Failure มากที่สุดเท่ากับ 0.22 หรือ 22% (Failure 9 models จากทั้งหมด 40 models)

5.2 ผลการวิเคราะห์รูปแบบการเคลื่อนตัว

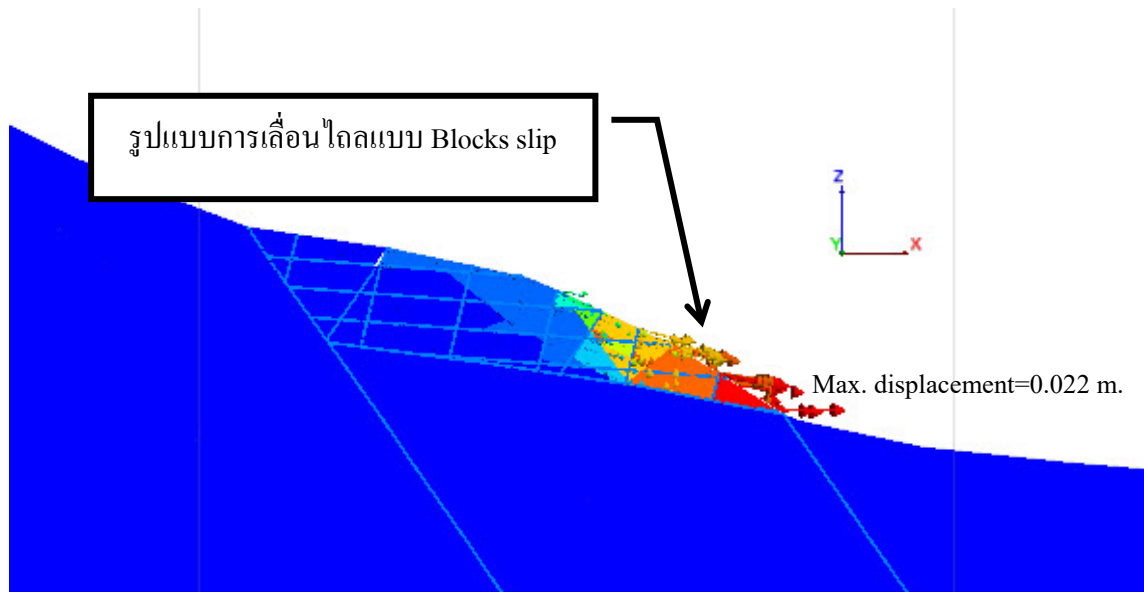
รูปแบบการเคลื่อนตัวจากแบบจำลอง แสดงเป็น Contour ลำดับชั้นสี แสดงบริเวณที่มีการเคลื่อนตัวสูง หลังจากลดทอนสมบัติกำลังของ Contacts ลงด้วย Strength Reduction Factor จนกระทั่งบล็อกมวลหินแสดงพฤติกรรมเคลื่อนตัวแบบกลุ่ม ครอบคลุมช่วง Northing (y) 750 ถึง 1000 ดังรูปตัวอย่างที่ 5.9



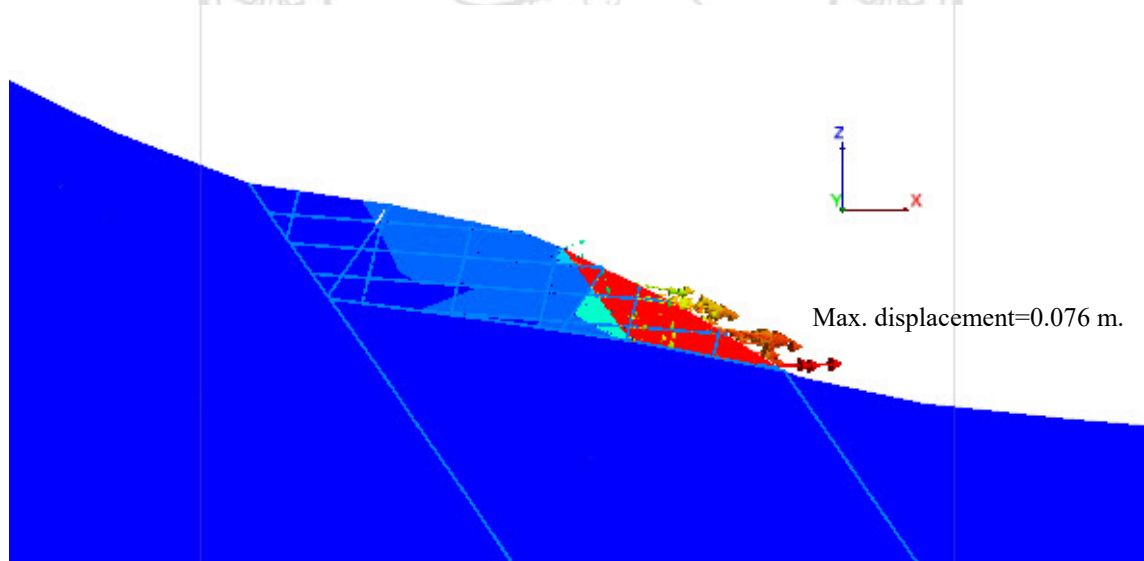
รูปที่ 5.9 Displacement magnitude contour plot แสดงบริเวณที่กลุ่ม Block เคลื่อนตัวพังทลาย

พิจารณาลักษณะการเคลื่อนตัว หรือ Mode of Failure แสดงดังตัวอย่างภาพตัด y 900 รูปที่ 5.10 พบว่าเป็นการเลื่อนไถลแบบ Block slip หรือ Block translational sliding ตามระนาบความไม่ต่อเนื่อง หรือ ที่เหมืองแม่เมาะเรียกเป็น Mode 4 – Blocks sliding along bedding shears or weak layers

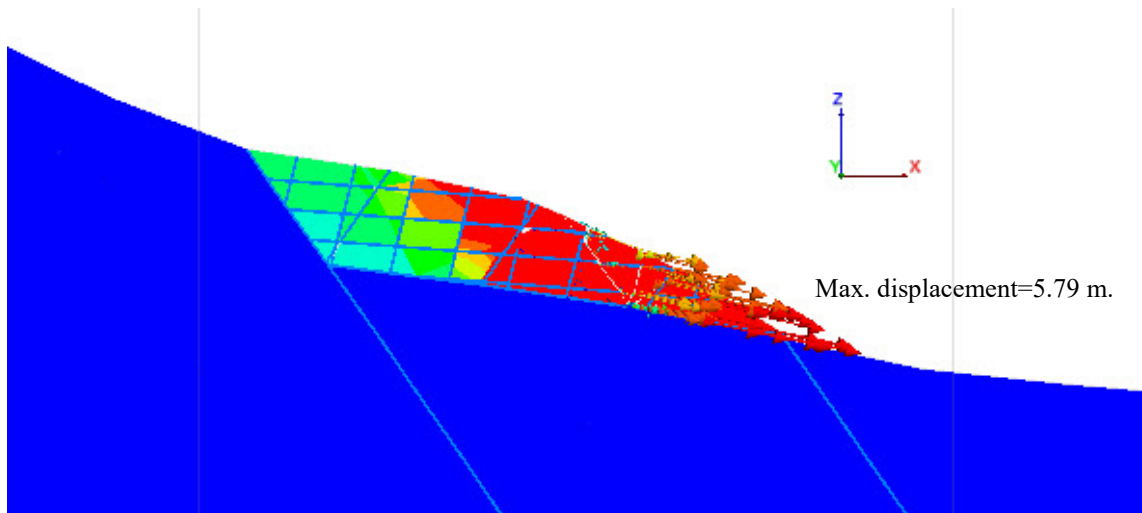
กลุ่มบล็อกมีทิศทางการเคลื่อนตัวออกไปทางหน้าเปิดทิศตะวันออกตรง ๆ ขนาดของกลุ่มบล็อก ความสูงรวมประมาณ 70 เมตร ความกว้าง 250 เมตร โดยบล็อกชุดหน้าบริเวณ Toe slope ส่วนฐานเคลื่อนออกมากที่สุด มีขนาดการเคลื่อนที่ก่อนการเคลื่อนพังทลาย (ถึง Stopping criteria) ประมาณ 0.02 ถึง 0.03 เมตร หลังการพังทลายกลุ่มบล็อกจะเลื่อนไถลตัวต่อเนื่อง และมีขนาดการเคลื่อนตัวมากยิ่งขึ้นจนหลุดออกอย่างสมบูรณ์ แสดงดังรูปที่ 5.11 ถึง 5.15



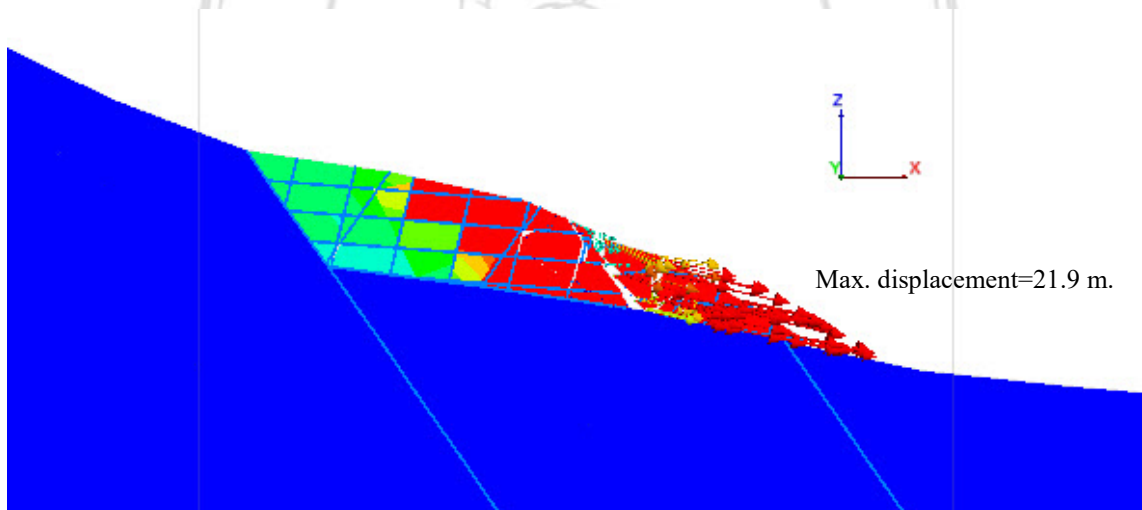
รูปที่ 5.10 Displacement magnitude contour and vector plot
แสดงบนภาพตัด Northing (y) 900



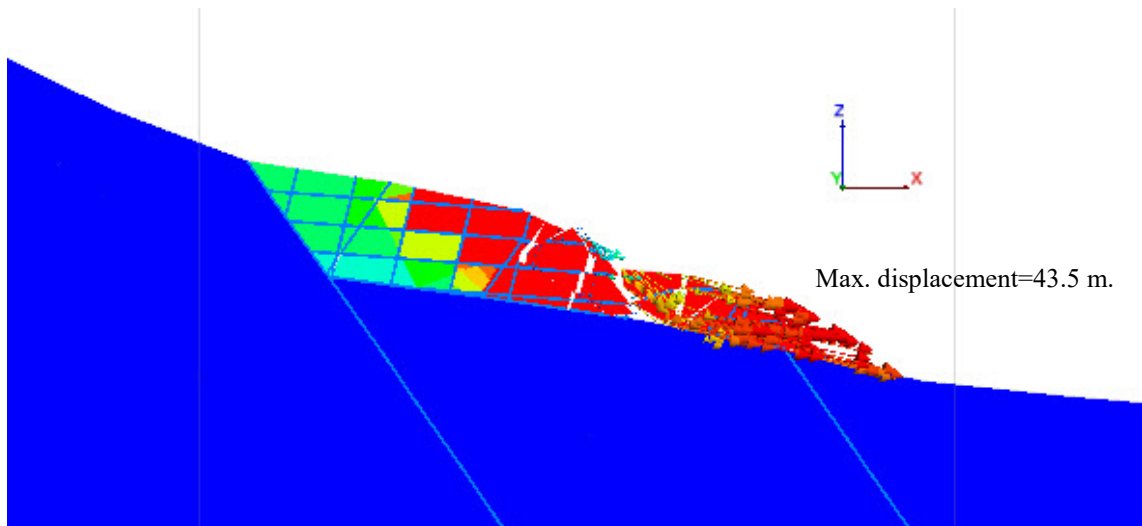
รูปที่ 5.11 Displacement magnitude contour and vector plot @2,000 steps
แสดงบนภาพตัด Northing (y) 900



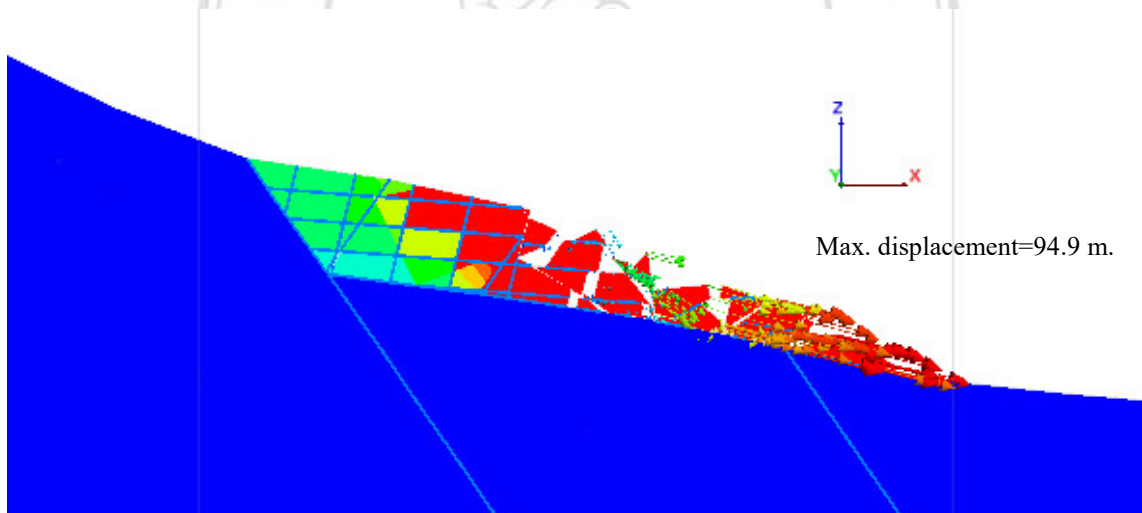
รูปที่ 5.12 Displacement magnitude contour and vector plot @10,000 steps
แสดงบนภาพตัด Northing (y) 900



รูปที่ 5.13 Displacement magnitude contour and vector plot @20,000 steps
แสดงบนภาพตัด Northing (y) 900



รูปที่ 5.14 Displacement magnitude contour and vector plot @50,000 steps
แสดงบนภาพตัด Northing (y) 900



รูปที่ 5.15 Displacement magnitude contour and vector plot @100,000 steps
แสดงบนภาพตัด Northing (y) 900