

## บทที่ 5

### สรุปผลการศึกษา และ ข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการศึกษา

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการวิเคราะห์เสถียรภาพความลาดของมวลหินที่เหมืองหินปูนเขาวง จังหวัดสระบุรี ใน 3 รูปแบบ คือ การวิเคราะห์เสถียรภาพความลาดแบบจลนศาสตร์ การวิเคราะห์เสถียรภาพความลาดเชิงกำหนด และ การวิเคราะห์เสถียรภาพความลาดเชิงความน่าจะเป็น โดยการศึกษามุ่งขยายผลการศึกษาเสถียรภาพความลาดแบบจลนศาสตร์และเชิงกำหนด เพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์เชิงความน่าจะเป็น

##### 5.1.1 การวิเคราะห์เสถียรภาพความลาดแบบจลนศาสตร์

การวิเคราะห์เสถียรภาพการพังทลายด้วยวิธีจลนศาสตร์ในภาพรวมพบว่า มวลหินมีโอกาสเกิดการพังทลายสองรูปแบบ คือ การพังทลายแบบระนาบและการพังทลายแบบคะมำ โดยการวิเคราะห์เสถียรภาพการพังทลายแบบระนาบบ่งชี้ว่าค่ามุมเทของระนาบมีค่าอยู่ระหว่างค่าความชันผนังบ่อและมุมเสียดทาน ซึ่งเป็นรูปแบบที่เกิดการพังทลายแบบระนาบ และการวิเคราะห์เสถียรภาพการพังทลายแบบคะมำบ่งชี้ว่า ชุดหินกลุ่ม 3 กับ ผนังบ่อเหมืองมีการวางตัวที่ตรงข้ามกัน ทำให้เกิดการพังทลายแบบคะมำได้ และผลการวิเคราะห์ยังบ่งบอกว่ามวลหินบริเวณหน้าเหมืองไม่มีโอกาสเกิดการพังทลายรูปลิ้ม เนื่องจากระนาบการพังทลายระหว่างชุดหินกลุ่ม 1 และ ชุดหินกลุ่ม 2 มีจุดตัดอยู่นอกกรวยเสียดทาน ทำให้มวลหินรูปลิ้มจะตัดเข้าไปในผนังบ่อไม่ได้ อยู่บริเวณที่มีความเสี่ยงต่อการพังทลาย

การวิเคราะห์เสถียรภาพการพังทลายด้วยวิธีจลนศาสตร์ในแต่ละตำแหน่งของบ่อเหมือง พบว่ามีความสอดคล้องกันดีกับการวิเคราะห์การพังทลายด้วยวิธีจลนศาสตร์แบบภาพรวม โดยพื้นที่ในบ่อเหมืองมีโอกาสเกิดการพังทลายสองแบบคือ การพังทลายแบบระนาบและการพังทลายแบบคะมำ และ พื้นที่ส่วนใหญ่มีเสถียรภาพ

### 5.1.2 การวิเคราะห์เสถียรภาพความลาดเชิงกำหนด

การวิเคราะห์การพังทลายแบบระนาบเชิงกำหนดพบว่ามวลหินมีเสถียรภาพดี โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ความปลอดภัยอยู่ระหว่าง 2.8 - 3.9 ผลการวิเคราะห์การพังทลายรูปปลีพบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์ความปลอดภัยใกล้เคียงกับค่าสัมประสิทธิ์ความปลอดภัยกำหนด ( $F.S_{critical} = 1.5$ ) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ความปลอดภัยอยู่ระหว่าง 1.6 - 3.6 และผลการวิเคราะห์การพังทลายแบบคမ်းพบว่า มีโอกาสการเกิดการคမ်းของมวลหินบริเวณตอนกลางของความลาดจำนวน 50 บล็อก มีบล็อกที่เกิดการไถลจำนวน 3 บล็อก และมีบล็อกที่มีเสถียรภาพจำนวน 19 บล็อก ในภาพรวมผนังบ่อเหมืองที่ใช้ในการวิเคราะห์การพังทลายแบบค้ำยังคงมีเสถียรภาพ

### 5.1.3 การวิเคราะห์เสถียรภาพความลาดเชิงความน่าจะเป็น

แบบจำลองธรณีสถิติแบบเกาส์เซียนพบว่า แบบจำลองที่ให้ค่ามุมเทและทิศทางการวางตัวของชั้นหินใกล้เคียงกับความเป็นจริง แต่มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยกว่าและมีความสอดคล้องกันดีกับหน้าเหมืองปัจจุบัน

การวิเคราะห์เสถียรภาพมวลหินแบบระนาบเชิงความน่าจะเป็น ซึ่งนำค่าที่ได้จากแบบจำลองธรณีสถิติแบบเกาส์เซียนมาประกอบการวิเคราะห์พบว่า มีความเสี่ยงต่อการพังทลายบริเวณทิศเหนือของบ่อเหมืองโดยมีโอกาสการพังทลายสูงที่สุดเท่ากับ 22 เปอร์เซ็นต์ และการวิเคราะห์เสถียรภาพมวลหินรูปปลีความน่าจะเป็นพบว่า ผนังบ่อเหมืองที่ตำแหน่ง N698560 E1624540 มีความปลอดภัยต่อการพังทลายรูปปลี

การศึกษาในครั้งนี้ได้แสดงวิธีการและผลการศึกษาเสถียรภาพความลาดของมวลหินโดยมุ่งเน้นไปสู่วิธีการศึกษาเสถียรภาพความลาดเชิงความน่าจะเป็น โดยรูปแบบการศึกษาเสถียรภาพเชิงความน่าจะเป็นที่นำเสนอมีองค์ประกอบที่สำคัญ คือ ได้รวมเอาความไม่แน่นอน (Uncertainty) ของโครงสร้างของมวลหินในรูปของมุมเทและทิศทางการวางตัว มาประกอบในระเบียบการวิเคราะห์โดยอาศัยแบบจำลองธรณีสถิติ แผนที่แบบจำลองโครงสร้างของมวลหินประกอบกับการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์เสถียรภาพความลาดเชิงกำหนด เพื่อนำไปสู่การประเมินโอกาสการพังทลาย (Probability of Failure) เชิงพื้นที่ และท้ายที่สุดให้ผลลัพธ์เป็นแผนที่โอกาสการพังทลาย

จากสมมุติฐานและระดับของข้อมูลที่ใช้ประกอบการวิเคราะห์ในแบบจำลอง ทำให้มีความเชื่อมั่นว่าผลลัพธ์ที่ได้มาน่าจะใกล้เคียงกับสภาพของเสถียรภาพความลาดในพื้นที่จริง และการประเมินโอกาสการพังทลายเชิงพื้นที่นอกจากสามารถประเมินเสถียรภาพตามรายละเอียดและความน่าจะเป็นของพื้นที่แล้ว ผลลัพธ์ที่ได้ยังนำไปสู่ขั้นตอนการแก้ไขหรือปรับเสถียรภาพความลาดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

#### 5.1.4 การแก้ไขปัญหาเสถียรภาพของบ่อเหมือง

การแก้ไขปัญหาเสถียรภาพของบ่อเหมืองควรที่จะกำหนดให้ ความชันของผนังบ่อไม่เกิน 60 องศาสำหรับผนังบ่อที่มีทิศทางการวางตัวของชั้นหินมีการวางตัวไปทิศทางเดียวกันกับผนังบ่อ กำหนดให้ความชันของผนังบ่อไม่เกิน 60 องศา สำหรับผนังบ่อที่มีทิศทางการวางตัวของชั้นหินมีการวางตัวไปทิศทางตรงกันข้ามกับผนังบ่อ โดยที่ความสูงชั้นบันไดไม่เกิน 17 เมตร และ กำหนดให้ความชันของผนังบ่อไม่เกิน 65 องศา สำหรับผนังบ่อที่มีทิศทางการวางตัวของชั้นหินมีการวางตัวไปทิศทางตรงกันข้ามกับผนังบ่อ โดยที่ความสูงชั้นบันไดไม่เกิน 10 เมตร

### 5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 การปรับปรุงโมเดลการศึกษา โดยการเพิ่มตัวแปรและความไม่แน่นอน (Uncertainty) ของตัวแปรประกอบ การวิเคราะห์เสถียรภาพมวลหิน นอกจากโครงสร้างทางธรณีวิทยาแล้วยังมีแรงสั่นสะเทือนจากการระเบิด ค่าคลาดเคลื่อนจากการทดลอง ค่าคุณสมบัติทางกลศาสตร์ของหินในแต่ละพื้นที่เป็นต้น ได้ซึ่งทำให้โมเดลมีความใกล้เคียงกับสภาพจริงมากขึ้น

5.2.2 การปรับปรุงโมเดลโดยการสร้างให้อยู่ในชุดคำสั่งเดียวกัน การศึกษานี้ได้ใช้โปรแกรมย่อยหลายโปรแกรม ทำให้ผู้ที่ศึกษาในภายหลังทำงานด้วยความยุ่งยาก การนำโปรแกรมย่อยหลายโปรแกรมเหล่านั้นมารวมเป็นชุดคำสั่งเดียวกัน จะทำให้ทำงานได้ง่ายขึ้น และสามารถปรับปรุงตัวแปรเมื่อหน้าเหมืองเปลี่ยนแปลงไปได้รวดเร็วขึ้น