บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษา

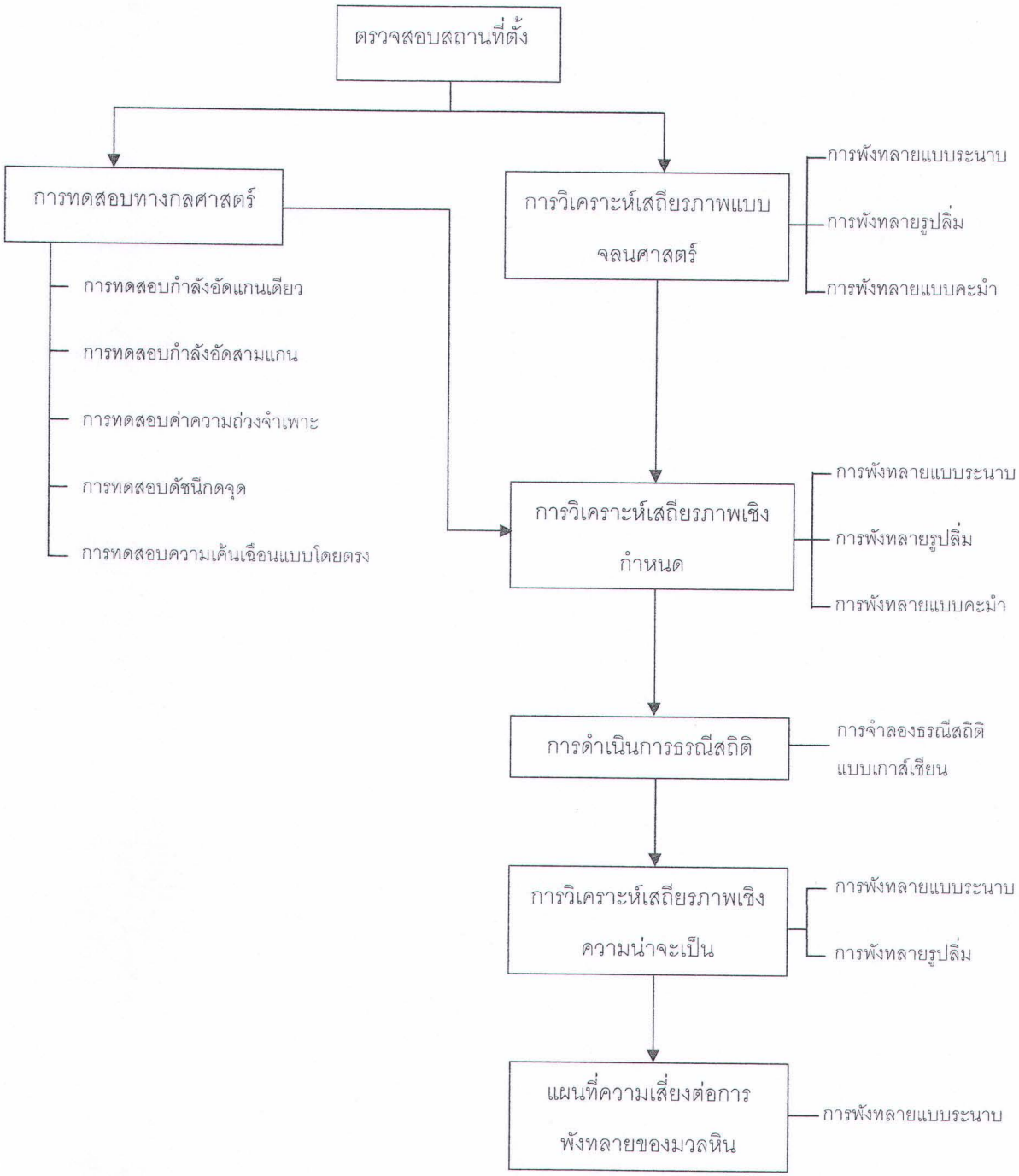
3.1 ขั้นตอนและวิธีดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัย โดยภาพรวมงานวิจัยเริ่มด้วยการตรวจสอบสถานที่ตั้งและการเก็บข้อมูลภาคสนามในบ่อเหมือง ตัวอย่างมวลหินที่ถูกเก็บจะถูกนำมาทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติทางกลศาสตร์ต่างๆ เช่น การทดสอบกำลังอัดแกนเดียว การทดสอบกำลังอัดสามแกน การทดสอบค่าความถ่วงจำเพาะ การทดสอบดัชนีกดจุด และ การทดสอบความเค้นเฉือนแบบโดยตรง นอกจากมวลหินแล้วยังมีข้อมูลการวางตัวของมวลหินที่ถูกเก็บจากบ่อเหมืองเพื่อเป็นข้อมูลในการสร้างแผนที่การวางตัวของมวลหินด้วยการจำลองธรณีสถิติ โดยการจำลองธรณีสถิติจะใช้วิธีการจำลองแบบเกาส์เซียนเพื่อสร้างแผนที่หลายแบบจำลอง

ในการวิจัยนี้มีการวิเคราะห์เสถียรภาพความลาด 3 วิธีด้วยกันคือ การวิเคราะห์เสถียรภาพความลาดแบบจลนศาสตร์ การวิเคราะห์เสถียรภาพความลาดเชิงกำหนด และการวิเคราะห์เสถียรภาพความลาดเชิงความน่าจะเป็น โดยการวิเคราะห์เสถียรภาพความลาดแบบจนศาสตร์จะวิเคราะห์การพังทลายสามรูปแบบด้วยกันคือ การพังทลายแบบระนาบ การพังทลายรูปลิ่ม และการพังทลายแบบคะมำ และ การวิเคราะห์เสถียรภาพความลาดเชิงกำหนดจะวิเคราะห์การพังทลายสามรูปแบบด้วยกัน คือ การพังทลายแบบระนาบ การพังทลายรูปลิ่ม และการพังทลายแบบคะมำ เช่นกัน

การวิเคราะห์เสถียรภาพความลาดเชิงความน่าจะเป็น จะใช้แบบจำลองการวิเคราะห์เสถียรภาพความลาดเชิงกำหนด และการจำลองธรณีสถิติแบบเกาส์เซียน มาคำนวณค่าสัมประสิทธ์ความปลอดภัย และหาโอกาสการเกิดพังทลายในแต่ละบล๊อก โดยโอกาสการพังทลายแต่ละบล๊อกจะถูกสร้างเป็นแผนที่โอกาสการพังทลาย (Probability of Failure Map) เพื่อแสดงพื้นที่และโอกาสต่อความเสี่ยงของการพังทลาย การวิเคราะห์เสถียรภาพความลาดเชิงความน่าจะเป็นจะวิเคราะห์การพังทลายสองรูปแบบด้วยกันคือ การพังทลายแบบระนาบและการพังทลายรูปลิ่ม เนื่องจากข้อจำกัดของข้อมูลและโอกาสในการเกิดการพังทลาย การสร้างแผนที่โอกาสพังทลาย

สามารถสร้างได้เพียงจากการวิเคราะห์การพังทลายแบบระนาบ แผนภาพแสดงภาพรวมการดำเนินงานวิจัยดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนภาพการดำเนินงานวิจัย

3.2 พื้นที่ศึกษา

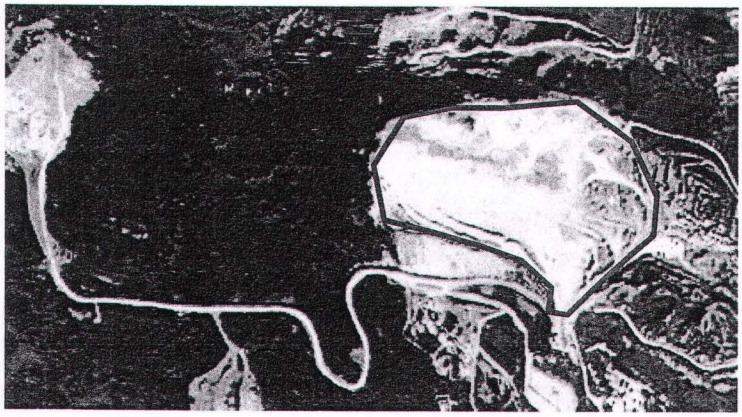
3.2.1 ข้อมูลทั่วไปของเหมืองเขาวง

เหมืองหินปูนเขาวง เป็นเหมืองหินปูนของบริษัทปูนซิเมนต์ไทย (ท่าหลวง) จำกัด โดยเริ่มเปิดเหมืองประมาณปี พ.ศ. 2524 เพื่อผลิตหินปูนป้อนให้แก่โรงงานปูนซีเมนต์เขาวงและท่าหลวง ปัจจุบันมีการทำเหมืองเพื่อผลิตหินปูนประมาณปีละ 9 ล้านตัน โดยส่งให้โรงงานปูนซีเมนต์ท่าหลวง และ โรงงานปูนซีเมนต์เขาวงซึ่ง มีกำลังการผลิตปูนซีเมนต์วันละ 18,000 ตัน ภาพบ่อเหมืองและภาพถ่ายทางอากาศดังแสดงในรูปที่ 3.2 และ 3.3

รูปที่ 3.2 บ่อเหมืองด้านทิศเหนือ ของเหมืองหินปูนเขาวง

3.2.2 ที่ตั้งพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาอยู่ในเหมืองหินปูนเขาวง ของบริษัทปูนซิเมนต์ไทย (ท่าหลวง) จำกัดตั้งอยู่ที่ตำบลเขาวง อำเภอพระพุทธบาท จังหวัดสระบุรี มีขอบเขตอยู่ในพิกัด 1622500-1626500 N และ 693000 -700000 E ครอบคลุมพื้นที่ 42 ตารางกิโลเมตร



รูปที่ 3.3 ภาพถ่ายทางอากาศของเหมืองหินปูน บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย (ท่าหลวง)

3.2.3 ลักษณะธรณีวิทยาทั่วไป

แหล่งหินปูนเขาวงในพื้นที่ประทานบัตรเป็นชั้นหินที่ประกอบเป็นปีกด้านใต้ของโครงสร้างรูปประทุนคว่ำ โดยมีแกนชั้นหินโค้งประทุน อยู่ในแนวเกือบตะวันตก - ตะวันออก วางตัวอยู่ในที่ราบด้านเหนือ หินปูนเขาวงทั้งหมดถูกจัดลำดับอยู่ในหน่วยหินเขาขาด ซึ่งจัดรวมอยู่ในหินชุดราชบุรี มีอายุอยู่ในช่วงยุคเพอร์เมียน และมีหน่วยหินที่มีอายุอ่อนกว่าแต่เป็นหินชุดราชบุรีเหมือนกัน ชื่อหน่วยหินซับบอนวางตัวอยู่เหนือหน่วยหินเขาขาด โดยพบการสัมผัสและการแผ่กระจายของหินหน่วยนี้ลงไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ ที่สำคัญมีการแทรกตัวขึ้นมาแผ่กระจายของหินอัคนีชนิดหินแอนดิไซด์ คือ หน่วยหินเขาใหญ่ต่อแนวกันไปอย่างกว้างขวาง ทั้งทางด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือ – ตะวันออกเฉียงใต้ โดยเฉพาะบริเวณพื้นที่ประทานบัตรด้านตะวันออกจึงเป็นไปได้ว่าหินแอนดิไซด์ชุดนี้มีอิทธิพลต่อการเกิดพนังแทรกชั้น และพนังแทรกตัวในหินปูนของพื้นที่ประทานบัตร

หินส่วนใหญ่ในบริเวณพื้นที่ประทานบัตรเป็นหินปูนสีเทาอ่อนถึงเทาแก่เนื้อละเอียดถึงหยาบมาก มีแนวการวางตัวของชั้นหินประมาณตะวันออก - ตะวันตก เอียงเทไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ค่อนไปทางทิศใต้ด้วยมุมเอียงเทตั้งแต่ 40–70 องศา ความหนาของแต่ละชั้นหินจาก 0.10 ถึงมากกว่า 3 เมตรขึ้นไป มีชั้นหินชนิดซิลิกาสูงของหินดินดานและหินเชิร์ต เกิดแทรกสลับเป็นลาย (Lamination) หรือแถบ (Band) อยู่ด้วย หินปูนบางส่วนถูกแปรสภาพตกผลึกใหม่ (Re - Crystallization) พบอยู่ใกล้เคียงหรือสัมผัสอยู่กับหินแอนดิไซด์ที่แทรกหรือตัดขึ้นมาภายหลังในโครงสร้างรูปพนังแทรกชั้น และพนังหิน

3.2.4 ธรณีวิทยาแหล่งแร่และการลำดับชั้นหิน

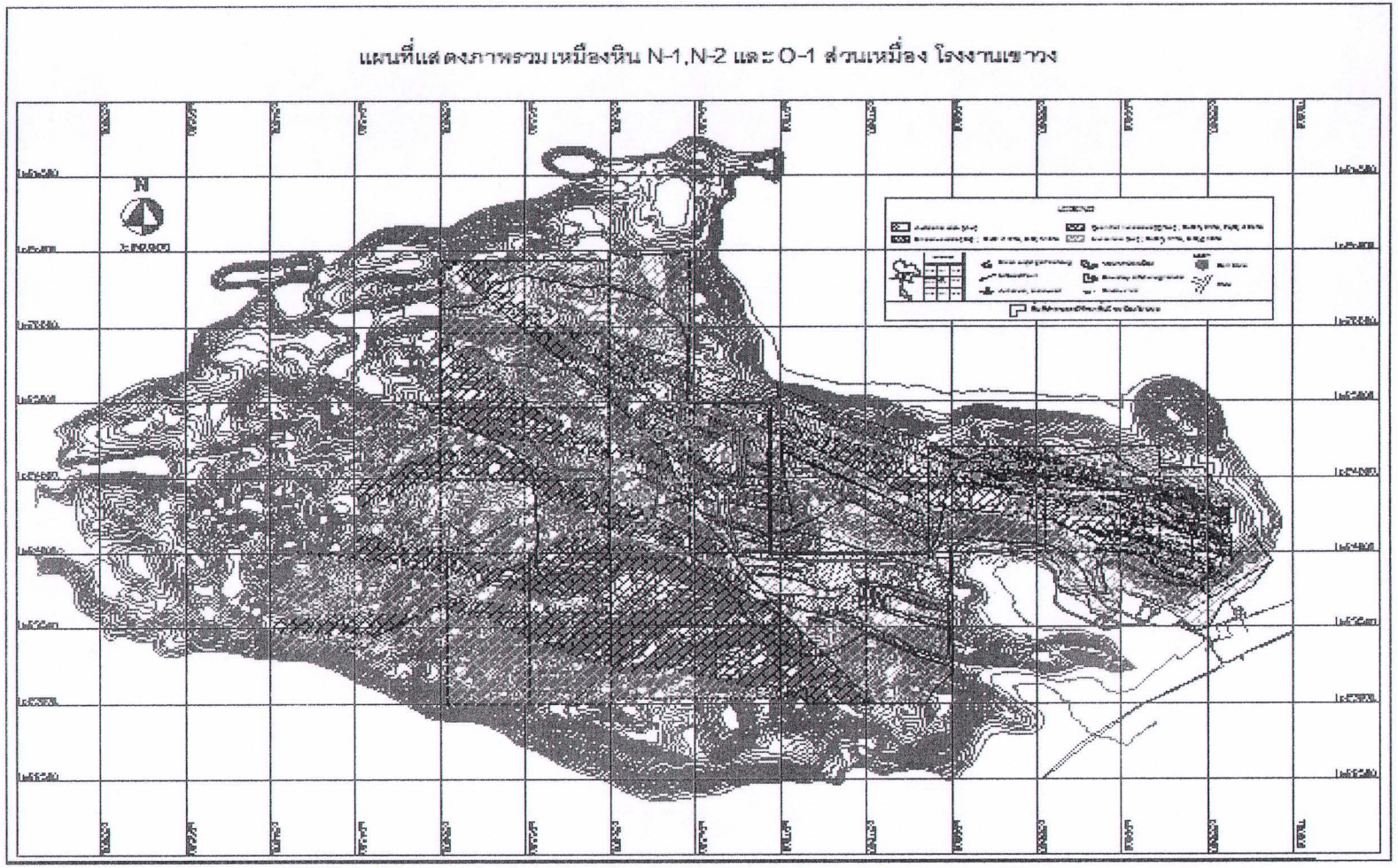
จากผลการเจาะสำรวจในปี 2539 และปี 2546 และการสำรวจธรณีวิทยาพื้นผิวในปี 2543 พบว่าชั้นหินในพื้นที่ประทานบัตรมีการวางตัวเรียงลำดับซ้อนกันเป็นชั้น ๆ มีมุมเอียงเทไปทางทิศใต้ ลักษณะของหินในบริเวณพื้นที่ประทานบัตรเป็นหินปูน สีเทาอ่อนถึงเทาแก่ เนื้อละเอียดถึงหยาบมาก มีชั้นหินชนิดซิลิกาสูงของหินดินดานและหินเชิร์ตเกิดแทรกสลับ พบหินแอนดิไซด์ที่แทรกหรือตัดขึ้นมาภายหลังในโครงสร้างรูปพนังแทรกชั้น และพนังบริเวณพื้นที่ประทานบัตรสามารถแบ่งชั้นหินออกได้ 4 กลุ่ม คือ หินปูนธรรมดา หินปูนคุณภาพดี หินซิลิกาสูง และหินแอนดิไซด์

3.2.4.1 หินปูนธรรมดา มีสีเทาถึงสีเทาเข้มเนื้อหยาบถึงละเอียด ส่วนมากเนื้อหินมีลักษณะละเอียดมาก มีลักษณะเป็นชั้นบาง ๆ ถึงความหนาตั้งแต่ 0.50 - 5.00 เมตร บางบริเวณแสดงลักษณะของชั้นหินบาง ๆ ชัดเจน หินปูนกลุ่มนี้มีสีเข้ม แบ่งแยกได้ชัดเจนกับหินปูนคุณภาพดีซึ่งมีสีเทาอ่อน และบางส่วนมีลักษณะค่อย ๆ เปลี่ยนไปเป็นหินปูนคุณภาพดี พบกระจายทั่วไปในพื้นที่ประทานบัตร

3.2.4.2 หินปูนคุณภาพดี มีสีเทาขาวเนื้อละเอียดถึงหยาบ ส่วนใหญ่เป็นหินปูนเนื้อละเอียด เป็นชั้นบาง ๆ หลาย ๆ ชั้น มีบางบริเวณที่พบเป็นชั้นหนา โดยที่หินปูนคุณภาพดีนี้พบแทรกอยู่ในชั้นของหินปูนธรรมดา พบกระจายอยู่ทั่วไปโดยเฉพาะตอนกลางของพื้นที่ประทานบัตรด้านตะวันออกและด้านใต้ของพื้นที่ประทานบัตรด้านตะวันตก

3.2.4.3 หินปูนซิลิก้าสูงหรือหินปูนคุณภาพต่ำ ประกอบด้วยชั้นหินบางมากถึงหนา ความหนาแต่ละชั้นมีตั้งแต่ 10 เซนติเมตร ถึง 50 เซนติเมตร โดยมีหินหลายชนิดวางสลับกันประกอบไปด้วยหินจำพวกซิลิก้าแทรก หินเชิร์ต (Chert - bedded) และหินปูนซิลิก้าสูง ซึ่งจะพบมากทางด้านตอนกลางของพื้นที่ประทานบัตร กลุ่มหินซิลิก้าสูงมีความหนารวมตั้งแต่ 2 - 30 เมตร แทรกอยู่ระหว่างชั้นหินปูนธรรมดาและหินปูนคุณภาพดี โดยรวมแล้วหินซิลิก้าสูงมีสีเทาแก่ถึงดำ เนื้อละเอียดถึงเนียน โดยมีสายแร่แคลไซท์สีขาวเล็ก ๆ ตัดผ่านเป็นร่างแห

3.2.4.4 หินแอนดีไซด์ เป็นหินภูเขาไฟที่แทรกขึ้นมาภายหลังมีอายุอ่อนที่สุด มีเนื้อหินมีเขียวอ่อนถึงเขียวแก่ เนื้อละเอียดถึงหยาบ บางบริเวณพบเป็นจุดหรือดอกขาว ๆ ของแร่เฟลด์สปาร์ เนื้อหินมีความแข็งตั้งแต่แข็งมากจนถึงผุมากในบางบริเวณ ส่วนมากเกิดแทรกขึ้นมาตามพนัง หรือ พนังแทรกชั้นได้ง่ายกว่าที่จะดันผ่าทะลุชั้นหินปูนขึ้นมา หินภูเขาไฟกลุ่มนี้มีความหนาตั้งแต่ 0.50 เมตร ถึง 20 เมตร และมีการเปลี่ยนแปลงทางด้านข้างที่สัมผัสกับหินปูนขณะแทรกขึ้นมา เกิดการแปรสภาพในตัวหินปูนดั้งเดิมกลายเป็นหินอ่อนได้ในบางบริเวณ



รูปที่ 3.4 แผนที่แสดงภาพรวมเหมืองหิน N-1,N-2 และ O-1 ของเหมืองหินปูนเขาวงบริษัท ปูนซิเมนต์ไทย (ท่าหลวง)

3.3 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

3.3.1 ข้อมูลการวางตัวของมวลหิน เป็นค่าที่เก็บข้อมูลด้วยเข็มทิศบรันตัน และจีพีเอส โดยเก็บค่ามุมเทและแนวการวางตัวขอมวลหิน และตำแหน่งของข้อมูล การเก็บข้อมูลจะใช้แบบสุ่มโดยให้ครอบคลุมพื้นที่ศึกษาทั้งหมด

3.3.2 ข้อมูลธรณีเทคนิคของมวลหิน โดยทำการทดสอบทางกลศาสตร์ของหิน เพื่อที่จะหาคุณสมบัติเชิงกลของตัวอย่างหินปูนของเหมืองเขาวง โดยข้อมูลทางธรณีเทคนิคของมวลหินจะเป็นตัวแทนในการคำนวณในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ การทดสอบมีด้วยกัน 5 การทดสอบ คือ การหาค่าความถ่วงจำเพาะ การทดสอบดัชนีจุด การทดสอบกำลังอัดแกนเดียว การทดสอบกำลังอัดสามแกน และการทดสอบหาแรงเฉือนโดยตรง

3.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา

3.4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างภาคสนาม ได้แก่ เข็มทิศบรันตัน จีพีเอส และ ค้อนธรณี

3.4.2 อุปกรณ์ทดสอบทางธรณีเทคนิค ได้แก่เครื่องเจาะมวลหิน อุปกรณ์ทดสอบการหาค่าความถ่วงจำเพาะ เครื่องทดสอบดัชนีกดจุด เครื่องทดสอบกำลังอัด และเครื่องทดสอบหาแรงเฉือนโดยตรง

3.4.3 อุปกรณ์ในการประมวลผลข้อมูลได้แก่ เครื่องคอมพิวเตอร์และโปรแกรมสำหรับประมวลผลข้อมูล โดยมีโปรแกรม Microsoft Excel® เป็นโปรแกรมจัดการข้อมูล โปรแกรม Dips 4.0 เป็นโปรแกรมพล๊อตมุมเทและทิศทางการวางตัวของมวลหินลงไปในสเตอริโอเน็ต และประเมินการพังทลายแบบจลนศาสตร์ โปรแกรม Plane 2.0 เป็นโปรแกรมคำนวณเสถียรภาพการพังทลายแบบระนาบ โปรแกรม SWedge 4.0 เป็นโปรแกรมคำนวณเสถียรภาพการพังทลายรูปลิ่ม โปรแกรม ROCKTOPPLE 1.0 เป็นโปรแกรมคำนวณเสถียรภาพการพังทลายแบบคะมำ และโปรแกรม SGeMs เป็นโปรแกรมจำลองแวริโอแกรม ดำเนินการคริ๊กกิ้ง และแบบจำลองเกาส์เซียน

3.5 การวิเคราะห์เสถียรภาพด้วยวิธีจลนศาสตร์ (Kinematic)

การวิเคราะห์เสถียรภาพด้วยวิธีจลนศาสตร์ จะดำเนินการด้วยโปรแกรม Dips 4.0 โดยวิธีการนี้จะใช้การนำมุมเท และการวางตัวของมวลหินมาพล็อตลงในสเตอริโอเน็ตเพื่อที่จะวิเคราะห์รูปแบบการพังทลายแบบต่างๆที่เกิดขึ้นในบ่อเหมือง โดยเริ่มจากการพล็อตวางตัวของแนวหินในภาพรวม และการกำหนดกลุ่มให้กับการวางตัว โดยการพล็อตโพล (pole) ของมุมเทและทิศทางการวางตัวของมวลหินลงในสเตอริโอเน็ตทั้งหมด แล้วจึงหาบริเวณที่มีความหนาแน่นของข้อมูลมากที่สุดเป็นตัวแทนของการวางตัวของแนวหินภาพรวม และจำแนกกลุ่มการวางตัวของมวลหินเพื่อที่จะหารูปแบบการพังทลายแบบต่างๆที่มีโอกาสเกิดขึ้นในบ่อเหมืองได้แก่ การพังทลายแบบระนาบ การพังทลายรูปลิ่ม และการพังทลายแบบคะมำ

3.6 การวิเคราะห์เสถียรภาพด้วยวิธีการเชิงกำหนด

3.6.1 การวิเคราะห์การพังทลายเชิงกำหนดแบบระนาบ การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความปลอดภัยแบบเชิงกำหนดดังที่กล่าวไว้ในบทที่ 2 ซึ่งคุณสมบัติเชิงกลของมวลหินที่ใช้ประกอบการคำนวณได้จากการทดสอบธรณีเทคนิค นอกจากนั้นกำหนดให้สภาวะการวิเคราะห์การพังทลายมี 4 สภาพ คือ สภาพหินอิ่มตัวด้วยน้ำ (Z_w = 100 เปอร์เซ็นต์) สภาพหินมีน้ำบางส่วน (Z_w = 50 เปอร์เซ็นต์) สภาพหินแห้ง (Z_w = 0 เปอร์เซ็นต์) และไม่มีรอยแตกและสภาพแห้ง

3.6.2 การวิเคราะห์การพังทลายเชิงกำหนดรูปลิ่ม โดยใช้มุมเทและการวางตัวของมวลหินโดยได้จากการวิเคราะห์เสถียรภาพด้วยวิธีจลนศาสตร์ และคุณสมบัติเชิงกลของมวลหินที่ใช้ประกอบการคำนวณได้จากการทดสอบธรณีเทคนิค การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความปลอดภัยแบบเชิงกำหนดดังกล่าวไว้ในบทที่ 2 นอกจากนี้ยังกำหนดให้สภาวะการวิเคราะห์การพังทลายมี 3 สภาพคือ สภาพหินอิ่มตัวด้วยน้ำ (Z_w = 100 เปอร์เซ็นต์) สภาพหินมีน้ำบางส่วน (Z_w = 50 เปอร์เซ็นต์) และสภาพหินแห้งและไม่มีรอบแตก

3.6.3 การวิเคราะห์การพังทลายแบบคะมำเชิงกำหนด จะใช้โปรแกรม ROCKTOPPLE 1.00 ในการวิเคราะห์การพังทลายแบบคะมำ ข้อมูลมุมเทและการวางตัวของมวลหินได้จากการวิเคราะห์เสถียรภาพด้วยวิธีจลนศาสตร์ และคุณสมบัติเชิงกลของมวลหินที่ใช้ประกอบการคำนวณ

ได้จากการทดสอบธรณีเทคนิคการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความปลอดภัยแบบเชิงกำหนดดังกล่าวไว้ในบทที่ 2

3.7 การดำเนินการด้วยวิธีธรณีสถิติ

3.7.1 การเตรียมข้อมูลก่อนดำเนินการด้วยวิธีธรณีสถิติ ก่อนดำเนินการจะต้องเตรียมข้อมูลที่ได้จากการเก็บตัวอย่างได้แก่ มุมเทและทิศทางการวางตัว จำนวน 359 ตัวอย่าง และพื้นที่จำลองที่ครอบคลุมพื้นที่เหมือง 1,560 เมตร X 660 เมตร โดยมีขนาดบล็อกเท่ากับ 10 เมตร X 10 เมตร

3.7.2 การคำนวณค่าสถิติพื้นฐานของข้อมูลได้แก่ ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเบ้ และฮิสโทแกรม เพื่อหาค่าผิดปรกติและลักษณะการแจกแจงของข้อมูล

3.7.3 การเปลี่ยนรูปแบบข้อมูล การนำฮิสโทแกรมของข้อมูลปฐมภูมิมาเปลี่ยนรูปแบบให้มีการกระจายตัวแบบปรกติ โดยส่งข้อมูลในฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของข้อมูลเดิมไปยังโดเมนใหม่ชื่อว่า โดเมนเกาส์เซียน

3.7.4 การนำข้อมูลแต่ละชุดมาสร้างแวริโอแกรม โดยทำการสร้างแวริโอแกรมแบบรวมทิศ (Ommidirection variogram) แวริโอแกรมที่สร้างจะต้องกำหนดพารามิเตอร์พื้นฐาน ได้แก่ค่ามุมทิศทาง (Direction) ค่าระยะห่างระหว่างข้อมูล (Lag Spacing) จำนวนจุด (Number of Lags) และค่าเบนแบน (Angular Tolerance) การทำงานขั้นตอนนี้จะทำการเปลี่ยนตัวแปรดังกล่าวไปเรื่อยๆจนกว่าจะได้แวริโอแกรมที่มีโครงสร้างและความหมายชัดเจน

3.7.5 การจำลองแวริโอแกรม การนำแวริโอแกรมที่สร้างมาเลือกให้มีความเหมาะสมกับรูปแบบแวริโอแกรมได้แก่ แบบเส้นตรง แบบสเฟียริคัล แบบเอ็กซ์โปเนนเชียล หรือแบบเกาส์เซียน เพื่อกำหนดพารามิเตอร์พื้นฐานได้แก่ ระยะอิทธิพล ค่าของความแปรปรวนคงที่ความแปรปรวนนักเก็ต เพื่อที่จะนำพารามิเตอร์พื้นฐานเหล่านี้ใช้ประกอบในการสร้างแบบจำลอง

3.7.6 การสร้างแบบจำลองเกาส์เซียน การจำลองนั้นจะต้องนำพารามิเตอร์ ได้แก่ รูปแบบแวริโอแกรม ระยะอิทธิพล ค่าของความแปรปรวนคงที่ ความแปรปรวนนักเก็ตระยะการค้นหา และจำนวนข้อมูลที่ถูกคำนวณในระยะค้นหา และจำนวนแบบจำลองที่ต้องการ

3.8 การวิเคราะห์เสถียรภาพเชิงความน่าจะเป็น

3.8.1 การวิเคราะห์การพังทลายแบบระนาบเชิงความน่าจะเป็น

3.8.1.1 การวิเคราะห์ความไว จะใช้ข้อมูลมุมเทตั้งแต่ 29 – 64 องศา โดยคำนวณจากสูตรคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความปลอดภัยแบบเชิงกำหนดดังรายละเอียดในบทที่ 2 โดยการวิเคราะห์นี้จะวิเคราะห์ในสภาพ 4 สภาพ คือ สภาพหินอิ่มตัวด้วยน้ำ (Z_w = 100 เปอร์เซ็นต์) สภาพหินมีน้ำบางส่วน (Z_w = 50 เปอร์เซ็นต์) สภาพหินแห้ง (Z_w = 0 เปอร์เซ็นต์) และไม่มีรอยแตกและสภาพแห้ง

3.8.1.2 การวิเคราะห์เสถียรภาพความลาดของมวลหินเชิงความน่าจะเป็น

3.8.1.2.1 การเลือกพื้นที่ๆมีโอกาสการเกิดการพังทลายแบบระนาบ ตามข้อมูลธรณีวิทยา ธรณีเทคนิค แผนที่จากการจำลองด้วยธรณีสถิติ และ การสำรวจสถานที่ตั้ง

3.8.1.2.2 การคำนวณพบว่าโอกาสการพังทลายในแต่ละบล็อกในพื้นที่เป้าหมาย โดยจะใช้ข้อมูลมุมเทจากแบบจำลองเกาส์เซียนในแต่ละบล็อกมาคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความปลอดภัยแบบเชิงกำหนด โดยจะคำนวณทุกบล็อกในพื้นที่ภายใต้สภาวะที่มีอาจจะก่อให้เกิดการพังทลายตามการวิเคราะห์ความไว และนำเสนอตัวอย่างฮิสโทแกรมของในโอกาสการพังทลายของบล็อกหนึ่งบล็อก

3.8.1.2.3 แผนที่เสถียรภาพความลาดของมวลหินเชิงความน่าจะเป็น โดยสร้างในลักษณะใช้เส้นชั้นความสูง (Contour) ที่บ่งบอกโอกาสการพังทลายของแต่ละบล็อก และนำมาซ้อนทับกับแผนที่ภูมิประเทศ โดยแสดงออกมาเป็นพื้นที่เสี่ยงต่อการพังทลายของความลาด

3.8.2 การวิเคราะห์การพังทลายรูปลิ่มความน่าจะเป็น

3.8.2.1 การวิเคราะห์เสถียรภาพความลาดของมวลหินเชิงความน่าจะเป็น

3.8.2.1.1 การเลือกพื้นที่ๆมีโอกาสการเกิดการพังทลายรูปลิ่ม ตามข้อมูลธรณีวิทยา ธรณีเทคนิค แผนที่จากการจำลองด้วยธรณีสถิติ และการสำรวจสถานที่ตั้ง

3.8.2.1.2 การคำนวณโอกาสการพังทลายในแต่ละบล็อกในพื้นที่เป้าหมาย โดยจะใช้ข้อมูลมุมเทจากแบบจำลองเกาส์เซียนในแต่ละบล็อกมาคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความปลอดภัยแบบเชิงกำหนด และนำเสนอตัวอย่างฮิสโทแกรมของในโอกาสการพังทลายของบล็อก