OPTIMUM DESIGN OF OPEN PIT LIMITS

Mr. Somwang Witayapanyanon

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Industrial Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1987

ISBN 974-567-165-7

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การออกแบบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับขอบเขตบ่อเหมืองหาบ
โดย	นาย สมหวัง วิทยาปัญญานนท์
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. วิจิตร ตัณฑสุทธิ์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์ สฤทธิ์เดช พัฒนเศรษฐพงษ์

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. วันชัย ริจิรวนิช)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร. วิจิตร ตัณฑสุทธิ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(อาจารย์ สฤทธิ์เดช พัฒนเศรษฐพงษ์)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ชอุ่ม มลิลา)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การออกแบบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับขอบเขตบ่อเหมืองหาบ

ชื่อนิสิต นาย สมหวัง วิทยาปัญญานนท์

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. วิจิตร ตัณฑสุทธิ์

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์ สฤทธิ์เดช พัฒนเศรษฐพงษ์

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

ปีการศึกษา 2529

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

การประยุกต์การโปรแกรมไดนามิคสำหรับการออกแบบขอบเขตบ่อเหมืองขั้นสุดท้ายที่เหมาะสม โดยใช้แนวความคิดเรื่องบล็อก ได้มีการพัฒนามาแล้วสองวิธีการ อย่างไรก็ตามวิธีการทั้งสองนี้ยังคงไม่สามารถรักษาเงื่อนไขเสถียรภาพความลาดแบบสามมิติในขอบเขตบ่อเหมืองขั้นสุดท้าย ดังนั้นวิธีการออกแบบเหล่านี้จำเป็นต้องพัฒนาต่อไปเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานยิ่งขึ้น จากการวิจัยครั้งนี้ วิธีการออกแบบที่ปรับปรุงมีสามขั้นตอนดังนี้ การกำหนดหลักเกณฑ์การพิจารณาเงื่อนไขเสถียรภาพความลาดแบบสามมิติเป็นแบบกากบาทและแบบดาว การพัฒนาด้านความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของขอบเขตการเลือกบล็อกในแต่ละระดับก้นบ่อเหมืองของภาพตัดขวาง สำหรับการควบคุมความลาดของบ่อเหมืองแบบสามมิติ และการประยุกต์เส้นทางเลือกต่าง ๆ ของการโปรแกรมไดนามิคในภาพตัดด้านยาวสำหรับการเลือกลำดับการทำเหมือง จากการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างวิธีการเดิมทั้งสองและวิธีการที่ปรับปรุง โดยการใช้ข้อมูลชุดเดียวกันในการทดสอบ ผลจากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าขอบเขตบ่อเหมืองขั้นสุดท้ายจากการคำนวณโดยวิธีการเดิมทั้งสองไม่สามารถรักษาเงื่อนไขเสถียรภาพความลาดแบบสามมิติทั้งแบบกากบาทและแบบดาว จากการใช้วิธีการที่ปรับปรุงขอบเขตบ่อเหมืองที่ได้สามารถแสดงการรักษาเงื่อนไขเสถียรภาพความลาดแบบสามมิติของแบบกากบาทหรือแบบดาวในทุก ๆ ลำดับการทำเหมือง เพื่อให้เหมาะสมกับด้านการวางแผนการผลิตหรือด้านความสามารถในการขุด นอกจากนี้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ได้จากการวิจัยสามารถนำไปใช้งานในการออกแบบขอบเขตบ่อเหมืองในการทำเหมืองผิวดินทุกประเภท อย่างไรก็ตามจากข้อจำกัดด้านหน่วยความจำของไมโครคอมพิวเตอร์ โปรแกรมคอมพิวเตอร์จึงเขียนขึ้นมาสำหรับแร่เพียงชนิดเดียวเท่านั้นในแหล่งแร่

Thesis Title OPTIMUM DESIGN OF OPEN PIT LIMITS

Name Mr. Somwang Witayapanyanon

Thesis Advisor Associate Professor Vijit Tantasuth, Ph.D.

Thesis Co-Advisor Mr. Sarithdej Pathanasethpong, M.S.

Department Industrial Engineering

Academic Year 1986

พอลุกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ABSTRACT

Application of dynamic programming for optimization of ultimate pit limit design by using block concept, was previously developed in two methods. However, both methods can not cover the three dimensional slope stability conditions in ultimate pit limit. Therefore, the design methods need to be further developed to cover more scopes of applications. According to this research, the modified design method is developed in three steps as follows, the difinition of three dimensional slope stability conditions in cross and star stripping types, the modified mathematical equation for feasible regions of block selection in each pit bottom of cross sections for three dimensional pit slope control and, the application of alternative decision paths of dynamic programming in longitudinal section for selection of mining sequences. The comparative study among the previous methods and the modified method has been carried out by using test data. The result of the study showing that the ultimate pit limit of the previous methods can not maintain the three dimensional slope stability conditions, both in cross and star stripping types. By the modified method application, pit limit contours can show the cross or star stripping types of three dimensional slope

stability conditions in all mining sequences, to suit the production scheduling or stripping capacity. Furthermore, the computer programme from this research can be applied to all types of pit limit design in surface mining. However, due to the limitation of microcomputer's memory, the programme is designed to handle the deposit of only one ore type.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณอย่างสูงแด่คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน นอกจากนี้อาจารย์จากภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และธรณีเหมืองแร่ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ดังนี้ รศ. ฉลับ ปัทมสูต ดร. ขวัญชัย ลีเผ่าพันธ์ และ ดร. สุรพล ภู่วิจิตร ที่กรุณาให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการใช้คอมพิวเตอร์ในงานเหมืองแร่ และให้ความสะดวกในการใช้คอมพิวเตอร์สำหรับการวิจัย และคุณสมเกียรติ ภู่ธงชัยฤทธิ์ จากกองการเหมืองแร่ กรมทรัพยากรธรณี ที่กรุณาแนะนำสิ่งที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัยเป็นอย่างมาก

สมหวัง วิทยาปัญญานนท์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฎ

สารบัญภาพ ..... ฐ

บทที่

1. บทนำ 1

แนวเหตุผลและความเป็นมาของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

ขอบเขตของการวิจัย 2

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย 2

การตรวจเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย 3

สมมติฐานของการวิจัย 5

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย 6

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย 7

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย 7

1. เสถียรภาพความลาดของบ่อเหมือง 7

2. แนวความคิดเรื่องบล็อก 8

3. แบบพัสดุแร่สำรอง 8

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย 9

1. วิธีการออกแบบของ Lerchs

และ Grossmann 9

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่

2. 2. วิธีการออกแบบของ Johnson และ Sharp 11

3. การพัฒนาปรับปรุงวิธีการออกแบบ 13

การแบ่งประเภทข้อมูลสำหรับการออกแบบ 13

การกำหนดเงื่อนไขเสถียรภาพความลาดของบ่อเหมืองแบบสามมิติ 15

การกำหนดขอบเขตความลึกของบ่อเหมือง 17

การกำหนดจำนวนบล็อกต่ำสุดที่ระดับก้นบ่อเหมือง 20

การกำหนดขอบเขตการเลือกบล็อก 23

1. การกำหนดเงื่อนไขเริ่มต้น 23

2. การกำหนดขอบเขตการเลือกบล็อกขั้นต้น 27

3. การกำหนดตำแหน่งบล็อกที่จะขุดในระดับก้นบ่อเหมือง 32

4. การปรับระดับบล็อกบนกับการขุดในภาพตัดขวางเดียวกัน 37

5. การปรับระดับบล็อกบนให้เหมาะสมกับการโปรแกรมไดนามิค 40

การกำหนดขอบเขตการเลือกบล็อกของสมการย้อนกลับสำหรับการโปรแกรมไดนามิค 45

การประยุกต์การโปรแกรมไดนามิคในการจัดลำดับการทำเหมือง 47

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่

4. ผลการวิจัย 51

โปรแกรมคอมพิวเตอร์จากผลการวิจัย 51

1. ลักษณะโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 51

2. แผนภูมิแสดงการทำงานของ

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ 53

3. ลักษณะการใช้งานโปรแกรมคอมพิวเตอร์ .. 80

การเปรียบเทียบวิธีการออกแบบ 82

1. การเปรียบเทียบด้านวิธีการ

โปรแกรมไดนามิค 82

2. การเปรียบเทียบด้านการรักษาเงื่อนไข

มุมเสถียรภาพแบบสามมิติ 82

3. การเปรียบเทียบด้านการจัดลำดับ

การทำเหมือง 83

4. การเปรียบเทียบด้านลักษณะการใช้งาน ... 83

5. การเปรียบเทียบผลการออกแบบ 84

การพิจารณาขอบเขตการใช้งานโปรแกรม

คอมพิวเตอร์จากผลการวิจัย 104

1. ขอบเขตเรื่องบล็อก 104

2. ขอบเขตด้านภูมิประเทศ

ของแหล่งแร่ 118

3. ขอบเขตด้านรูปแบบการวางตัวของแร่ 120

4. ขอบเขตด้านค่าใช้จ่ายในการขุดดินแร่

และราคาแร่ 125

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่

4. 5. ขอบเขตด้านพัสดุแร่สำรอง 125

6. ขอบเขตด้านการผสมเกรดแร่ที่ผลิต 125

5. วิจารณ์ผลการวิจัย 126

6. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 129

สรุปผลการวิจัย 129

ข้อเสนอแนะในการใช้ประโยชน์จากการวิจัย 129

ข้อเสนอแนะในการศึกษาวิจัยต่อไป 130

บรรณานุกรม 132

ภาคผนวก 133

ก. โปรแกรมคอมพิวเตอร์จากผลการวิจัย 134

ข. การเปรียบเทียบวิธีการออกแบบ 157

ประวัติผู้เขียน 240

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	การแบ่งประเภทข้อมูลสำหรับการออกแบบ	14
3.2	แสดงการกระจายของจำนวนบล็อกต่ำสุดที่ระดับก้นบ่อเหมืองต่าง ๆ ตามเงื่อนไขแบบดาว	22
3.3	ตัวอย่างแสดงการโปรแกรมไดนามิคตามวิธีการที่ปรับปรุงจากข้อมูลในภาพที่ 3.12	44
4.1	แสดงปริมาณการขุดดินแร่	95
4.2	แสดงกระแสเงินสด	100
4.3	แสดงการเปรียบเทียบผลการออกแบบจากการออกแบบโดยวิธีต่าง ๆ	103

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

3.1 ตัวอย่างแสดงเงื่อนไขมุมเสถียรภาพแบบกากบาท 16

3.2 ตัวอย่างแสดงเงื่อนไขมุมเสถียรภาพแบบดาว 16

3.3 แสดงการกำหนดขอบเขตความลึกของบ่อเหมือง 19

3.4 ตัวอย่างแสดงการกำหนดจำนวนบล็อกระดับก้นบ่อเหมือง ของภาพตัดขวางตามเงื่อนไขการขุดแบบกากบาทและ แบบดาว 25

3.5 การกำหนดเงื่อนไขเริ่มต้น 26

3.6 การกำหนดขอบเขตการเลือกบล็อกขั้นต้น แบบกากบาท 30

3.7 การกำหนดขอบเขตการเลือกบล็อกขั้นต้น แบบดาว 31

3.8 การกำหนดตำแหน่งบล็อกที่จะขุดในระดับก้นบ่อเหมือง เมื่อใช้เงื่อนไขการขุดแบบกากบาท 35

3.9 การกำหนดตำแหน่งบล็อกที่จะขุดในระดับก้นบ่อเหมือง เมื่อใช้เงื่อนไขการขุดแบบดาว 36

3.10 การปรับระดับบล็อกบนกับการขุดในภาพตัดขวาง เดียวกัน 39

3.11 ตัวอย่างแสดงการปรับระดับบล็อกบนให้เหมาะสม กับการโปรแกรมไดนามิค 42

3.12 ตัวอย่างแสดงมูลค่าสะสมตามแนวความลึกของภาพตัดขวาง ภายในขอบเขตการเลือกสำหรับการโปรแกรมไดนามิค .. 43

3.13 ตัวอย่างแสดงการโปรแกรมไดนามิคด้วยตารางและ ลูกศรจากข้อมูลในภาพที่ 3.12 43

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

3.14 การประยุกต์การโปรแกรมไดนามิคในการจัดลำดับการทำเหมือง 50

4.1 แผนภูมิแสดงการทำงานของโปรแกรมหลักและโปรแกรมย่อย 55

4.2 แผนภูมิแสดงการทำงานของโปรแกรมหลัก Design Parameter 56

4.3 แผนภูมิแสดงการทำงานของโปรแกรมหลัก Mineralization Inventory 57

4.4 แผนภูมิแสดงการทำงานของโปรแกรมหลัก Pit Limit Design 59

4.5 แผนภูมิแสดงการทำงานของโปรแกรมหลัก Mining Sequences 62

4.6 แผนภูมิแสดงการทำงานของโปรแกรมหลัก Design Data & Results 67

4.7 แผนภูมิแสดงการทำงานของโปรแกรมย่อย Design Condition, Stripping Costs, Ore Plan, Stage Depth, Block Masses, Contour Line, Pit Limit Contour และ Temporary Longitudinal Masses 71

4.8 แผนภูมิแสดงการทำงานของโปรแกรมย่อย Depth Limit 72

4.9 แผนภูมิแสดงการทำงานของโปรแกรมย่อย Feasible Regions 74

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.10	แผนภูมิแสดงการทำงานของโปรแกรมย่อย Dynamic Programming	75
4.11	แผนภูมิแสดงการทำงานของโปรแกรมย่อย Path Decision	77
4.12	รูปร่างบ่อ เหมืองจากผลการออกแบบโดยวิธีของ Lerchs และ Grossmann มีรูปร่าง เช่น เดียวกัน กับวิธีของ Johnson และ Sharp ซึ่งไม่สามารถ รักษา เงื่อนไขมุม เสถียรภาพแบบสามมิติได้	85
4.13	รูปร่างบ่อ เหมืองจากการใช้วิธีช่วงการ เปิด เหมือง เดี่ยว แบบกากบาท ที่ลำดับการทำ เหมืองที่ 1 ตามความสามารถในการขุด	86
4.14	รูปร่างบ่อ เหมืองจากการใช้วิธีช่วงการ เปิด เหมือง เดี่ยว แบบกากบาท ที่ลำดับการทำ เหมืองที่ 2 ตามความสามารถในการขุด หรือลำดับการทำ เหมือง ที่ 1 ตามแผนการผลิต	87
4.15	รูปร่างบ่อ เหมืองจากการใช้วิธีช่วงการ เปิด เหมือง เดี่ยว แบบกากบาท ที่ลำดับการทำ เหมืองที่ 3 ตามความสามารถในการขุด	88
4.16	รูปร่างบ่อ เหมืองจากการใช้วิธีช่วงการ เปิด เหมือง เดี่ยว แบบกากบาท ที่ลำดับการทำ เหมืองที่ 4 ตามความสามารถในการขุด หรือลำดับการทำ เหมือง ที่ 2 ตามแผนการผลิต	89
4.17	รูปร่างบ่อ เหมืองจากการใช้วิธีช่วงการ เปิด เหมือง เดี่ยว แบบดาว ที่ลำดับการทำ เหมืองที่ 1 ตามความสามารถในการขุด	90

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.18	รูปร่างบ่อเหมืองจากการใช้วิธีช่วงการเปิดเหมืองเดี่ยวแบบดาว ที่ลำดับการทำเหมืองที่ 2 ตามความสามารถในการขุด หรือลำดับการทำเหมืองที่ 1 ตามแผนการผลิต	91
4.19	รูปร่างบ่อเหมืองจากการใช้วิธีช่วงการเปิดเหมืองพหุคูณแบบดาว ที่ลำดับการทำเหมืองที่ 1 ตามความสามารถในการขุด	92
4.20	รูปร่างบ่อเหมืองจากการใช้วิธีช่วงการเปิดเหมืองพหุคูณแบบดาว ที่ลำดับการทำเหมืองที่ 2 ตามความสามารถในการขุด	93
4.21	รูปร่างบ่อเหมืองจากการใช้วิธีช่วงการเปิดเหมืองพหุคูณแบบดาว ที่ลำดับการทำเหมืองที่ 3 ตามความสามารถในการขุด	94
4.22	มิติของบล๊อก	107
4.23	ลักษณะบล๊อกของแหล่งแร่จากการใช้ระนาบตัด	110
4.24	รูปร่างบล๊อกแบบต่าง ๆ ที่มีผลต่อมุมความลาดเอียงของชั้นเหมือง	113
4.25	มุมความลาดเอียงของบ่อเหมือง ซึ่งแปรเปลี่ยนไปตามรูปร่างของบล๊อก	117
4.26	การปรับความลึกตามภูมิประเทศแบบต่าง ๆ	119
4.27	รูปแบบการวางตัวของแร่	122

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

ข.1 แสดงพัสดุแร่สำรอง มูลค่าบล๊อก และมูลค่าบล๊อกสะสม ของภาพตัดขวางที่ 1 162

ข.2 แสดงพัสดุแร่สำรอง มูลค่าบล๊อก และมูลค่าบล๊อกสะสม ของภาพตัดขวางที่ 2 163

ข.3 แสดงพัสดุแร่สำรอง มูลค่าบล๊อก และมูลค่าบล๊อกสะสม ของภาพตัดขวางที่ 3 164

ข.4 แสดงพัสดุแร่สำรอง มูลค่าบล๊อก และมูลค่าบล๊อกสะสม ของภาพตัดขวางที่ 4 165

ข.5 แสดงพัสดุแร่สำรอง มูลค่าบล๊อก และมูลค่าบล๊อกสะสม ของภาพตัดขวางที่ 5 166

ข.6 แสดงพัสดุแร่สำรอง มูลค่าบล๊อก และมูลค่าบล๊อกสะสม ของภาพตัดขวางที่ 6 167

ข.7 แสดงพัสดุแร่สำรอง มูลค่าบล๊อก และมูลค่าบล๊อกสะสม ของภาพตัดขวางที่ 7 168

ข.8 แสดงพัสดุแร่สำรอง มูลค่าบล๊อก และมูลค่าบล๊อกสะสม ของภาพตัดขวางที่ 8 169

ข.9 การคำนวณในภาพตัดขวางที่ 1 จากการโปรแกรมไดนามิคทางเดียว 172

ข.10 การคำนวณในภาพตัดขวางที่ 2 จากการโปรแกรมไดนามิคทางเดียว 172

ข.11 การคำนวณในภาพตัดขวางที่ 3 จากการโปรแกรมไดนามิคทางเดียว 173

ข.12 การคำนวณในภาพตัดขวางที่ 4 จากการโปรแกรมไดนามิคทางเดียว 173

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

ข.13 การคำนวณในภาพตัดขวางที่ 5
จากการโปรแกรมไดนามิคทางเดียว 174

ข.14 การคำนวณในภาพตัดขวางที่ 6
จากการโปรแกรมไดนามิคทางเดียว 174

ข.15 การคำนวณในภาพตัดขวางที่ 7
จากการโปรแกรมไดนามิคทางเดียว 175

ข.16 การคำนวณในภาพตัดขวางที่ 8
จากการโปรแกรมไดนามิคทางเดียว 175

ข.17 รูปร่างบ่อเหมืองจากการ
โปรแกรมไดนามิคทางเดียว 176

ข.18 การคำนวณในภาพตัดขวางที่ 1 ที่ระดับก้นบ่อเหมืองที่ 1
จากการโปรแกรมไดนามิคสองทาง 182

ข.19 การคำนวณในภาพตัดขวางที่ 2 ที่ระดับก้นบ่อเหมืองที่ 1
จากการโปรแกรมไดนามิคสองทาง 183

ข.20 การคำนวณในภาพตัดขวางที่ 2 ที่ระดับก้นบ่อเหมืองที่ 2
จากการโปรแกรมไดนามิคสองทาง 184

ข.21 การคำนวณในภาพตัดขวางที่ 3 ที่ระดับก้นบ่อเหมืองที่ 1
จากการโปรแกรมไดนามิคสองทาง 185

ข.22 การคำนวณในภาพตัดขวางที่ 3 ที่ระดับก้นบ่อเหมืองที่ 2
จากการโปรแกรมไดนามิคสองทาง 186

ข.23 การคำนวณในภาพตัดขวางที่ 3 ที่ระดับก้นบ่อเหมืองที่ 3
จากการโปรแกรมไดนามิคสองทาง 187

ข.24 การคำนวณในภาพตัดขวางที่ 4 ที่ระดับก้นบ่อเหมืองที่ 1
จากการโปรแกรมไดนามิคสองทาง 188

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

ข.25 การคำนวณในภาพตัดขวางที่ 4 ที่ระดับก้นบ่อเหมืองที่ 2 จากการโปรแกรมไดนามิคสองทาง 189

ข.26 การคำนวณในภาพตัดขวางที่ 4 ที่ระดับก้นบ่อเหมืองที่ 3 จากการโปรแกรมไดนามิคสองทาง 190

ข.27 การคำนวณในภาพตัดขวางที่ 4 ที่ระดับก้นบ่อเหมืองที่ 4 จากการโปรแกรมไดนามิคสองทาง 191

ข.28 การคำนวณในภาพตัดขวางที่ 5 ที่ระดับก้นบ่อเหมืองที่ 1 จากการโปรแกรมไดนามิคสองทาง 192

ข.29 การคำนวณในภาพตัดขวางที่ 5 ที่ระดับก้นบ่อเหมืองที่ 2 จากการโปรแกรมไดนามิคสองทาง 193

ข.30 การคำนวณในภาพตัดขวางที่ 5 ที่ระดับก้นบ่อเหมืองที่ 3 จากการโปรแกรมไดนามิคสองทาง 194

ข.31 การคำนวณในภาพตัดขวางที่ 5 ที่ระดับก้นบ่อเหมืองที่ 4 จากการโปรแกรมไดนามิคสองทาง 195

ข.32 การคำนวณในภาพตัดขวางที่ 6 ที่ระดับก้นบ่อเหมืองที่ 1 จากการโปรแกรมไดนามิคสองทาง 196

ข.33 การคำนวณในภาพตัดขวางที่ 6 ที่ระดับก้นบ่อเหมืองที่ 2 จากการโปรแกรมไดนามิคสองทาง 197

ข.34 การคำนวณในภาพตัดขวางที่ 6 ที่ระดับก้นบ่อเหมืองที่ 3 จากการโปรแกรมไดนามิคสองทาง 198

ข.35 การคำนวณในภาพตัดขวางที่ 7 ที่ระดับก้นบ่อเหมืองที่ 1 จากการโปรแกรมไดนามิคสองทาง 199

ข.36 การคำนวณในภาพตัดขวางที่ 7 ที่ระดับก้นบ่อเหมืองที่ 2 จากการโปรแกรมไดนามิคสองทาง 200

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
ข.37	การคำนวณในภาพตัดขวางที่ 8 ที่ระดับก้นบ่อ เหมืองที่ 1 จากการโปรแกรมไดนามิคสองทาง	201
ข.38	มูลค่าบล็อกสะสมในภาพตัดด้านยาว จากผลการคำนวณในภาพที่ ข.18 ถึง ข.37	202
ข.39	การโปรแกรมไดนามิคในภาพตัดด้านยาว	202
ข.40	รูปร่างบ่อ เหมืองที่ เหมาะสมจากการโปรแกรมไดนามิคสองทาง	203

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย