หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

การออกแบบขอบเขตบ่อเหมืองมีองค์ประกอบในการพิจารณาออกแบบเป็นจำนวนมาก แต่เมื่อพิจารณาที่ขอบเขตของการวิจัยครั้งนี้ เพื่อสร้างความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์สำหรับการรักษาเงื่อนไขเสถียรภาพความลาดแบบสามมิติ และแนวความคิดเรื่องบล็อกสำหรับการออกแบบขอบเขตบ่อเหมืองโดยวิธีการโปรแกรมไดนามิค ดังนั้นทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย มีดังนี้

1. เสถียรภาพความลาดของบ่อเหมือง (Slope Stability of Pit)

การออกแบบขอบเขตบ่อเหมืองจำเป็นต้องคำนึงถึงความปลอดภัยในการปฏิบัติงานใด ๆ ในบริเวณปลอดภัย โดยที่ผนังของบ่อเหมืองต้องไม่พังถล่มลงมาในขณะปฏิบัติงาน จนเป็นอันตรายต่อชีวิตและทรัพย์สิน

องค์ประกอบที่เป็นสาเหตุให้เกิดการพังถล่มของผนังบ่อเหมืองมีหลายองค์ประกอบ ได้แก่ มุมความลาดเอียงของผนังบ่อเหมือง โครงสร้างทางธรณีวิทยาในบริเวณแหล่งแร่ แรงกระทำจากภายนอก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เครื่องมือเครื่องจักรที่ใช้ในการทำเหมืองและอิทธิพลของน้ำใต้ดิน เป็นต้น อย่างไรก็ตามการออกแบบความลาดเอียงของผนังบ่อเหมืองเป็นสิ่งที่สำคัญมากอย่างหนึ่งในการออกแบบขอบเขตบ่อเหมือง

การออกแบบความลาดเอียงจำเป็นต้องมีการทดสอบคุณสมบัติของดินหินและแร่ในบริเวณที่จะทำเหมือง ในด้านปฐพีกลศาสตร์หรือด้านศิลากลศาสตร์ จากนั้นจะนำข้อมูลต่าง ๆ มาวิเคราะห์เสถียรภาพความลาด เพื่อหาแฟกเตอร์ความปลอดภัย โดยปกติแล้วแฟกเตอร์ความปลอดภัยควรจะมากกว่า 1.25

2. <u>แนวความคิดเรื่องบล๊อก</u> (Block Concept)

การแบ่งแหล่งแร่ออกเป็นบล๊อก ๆ เนื่องจากต้องการกำหนดพิกัดของตำแหน่งของดินหินและแร่ และการควบคุมความลาดเอียงของบ่อเหมืองในการออกแบบ

แนวความคิดเรื่องบล๊อก มีดังนี้

1. แหล่งแร่สามารถแบ่งออกเป็นบล๊อก ๆ ซึ่งสามารถรู้ตำแหน่งพิกัดทั้งสามมิติของส่วนที่เป็นดินและแร่ในแต่ละบล๊อก

2. ขนาดของบล๊อกกำหนดให้ความสูงและความกว้างมีความสัมพันธ์กับเครื่องจักรกลหนักที่ใช้ในการทำเหมือง โดยที่ความสูงกับความกว้าง มีเส้นทะแยงมุมทำมุมกับแนวระดับไม่เกินมุมเสถียรภาพที่ได้จากการวิเคราะห์เสถียรภาพความลาด

3. สามารถบรรจุมูลค่าบล๊อก ซึ่งแสดงถึงปริมาณดินหินและแร่ เกรดแร่ ค่าใช้จ่ายในการขุดดินและแร่ กำไรจากการขุดแต่ละบล๊อก

4. รูปร่างบ่อเหมืองได้จากการพิจารณาการขุดบล๊อกต่าง ๆ ออกไป

5. การขุดต้องพิจารณาการขุดออกทั้งบล๊อก จะขุดเพียงเศษส่วนของบล๊อกมิได้

3. <u>แบบพัสดุแร่สำรอง</u> (Mineralization Inventory)

แบบพัสดุแร่สำรองเป็นแบบของบล๊อกที่ใช้ในการออกแบบบ่อเหมือง แบบพัสดุแร่สำรองที่ใช้กันในปัจจุบันนี้ แบ่งออกเป็น 5 แบบ ดังนี้

1. แบบบล๊อกขนาดคงที่ (Regular 3-D Fixed Block Model) บล๊อกจะมีขนาดคงที่ โดยไม่แปรค่าขนาดของบล๊อกไปตามตำแหน่งพิกัดต่าง ๆ

2. แบบบล๊อกความสูงคงที่ (3-D Variable Block Model) บล๊อกจะมีความสูงคงที่เท่ากับความสูงของชั้นเหมือง แต่ความยาวของบล๊อกในแนวระดับอย่างน้อยหนึ่งด้านจะแปรค่าไม่คงที่

3. แบบชั้นแร่ตามระบบฟิกัด (Grid Seam Model) โดยกำหนดฟิกัดในระนาบดิ่งแบบสองมิติของส่วนที่เป็นแร่และส่วนที่เป็นดินตามระยะทางในแนวดิ่ง

4. แบบบล๊อกขนาดไม่คงที่แนวดิ่ง (2-D Irregular Block Model) รูปร่างของบล๊อกในภาพตัดขวางแนวดิ่ง จะเป็นลักษณะรูปหลายเหลี่ยม ระยะห่างระหว่างบล๊อกในภาพตัดขวางที่ต่อเนื่องกัน อาจมีระยะคงที่หรือแปรค่า ขึ้นอยู่กับความต่อเนื่องของชั้นแร่

5. แบบบล๊อกขนาดไม่คงที่แนวราบ (3-D Irregular Block Model) รูปร่างของบล๊อกในภาพตัดขวางแนวราบ จะเป็นลักษณะรูปหลายเหลี่ยม แต่ความสูงของบล๊อกคงที่ แบบบล๊อกนี้เหมาะสมกับแหล่งแร่ที่มีการกระจายของแร่ไม่แน่นอน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

การออกแบบขอบเขตบ่อเหมืองโดยวิธีการโปรแกรมไดนามิคมีการคิดค้นขึ้นมาครั้งแรกโดย Lerchs และ Grossmann ในปี พ.ศ.2508 และพัฒนาต่อมาโดย Johnson และ Sharp ในปี พ.ศ.2514 หลังจากนั้นมายังไม่พบว่ามีการพัฒนาต่อไป ผลงานการวิจัยทั้งสองนี้มีดังนี้

1. วิธีการออกแบบของ Lerchs และ Grossmann (2)

Lerchs และ Grossmann ได้ประยุกต์การโปรแกรมไดนามิคในการออกแบบขอบเขตบ่อเหมืองขั้นสุดท้ายในระบบสองมิติเป็นครั้งแรก ในปี พ.ศ.2508 โดยการแบ่งแหล่งแร่ออกเป็นบล๊อก ๆ แบบบล๊อกขนาดคงที่ในแต่ละภาพตัดขวาง

สมการย้อนกลับของการโปรแกรมไดนามิค มีดังนี้

$$P_{ij} = \max_{r=-1,0,1} [M_{ij} + P_{(i+r,j-1)}] \quad \ldots(2.1)$$

โดยที่ $P_{oj} = o$ $\quad \ldots(2.2)$

เมื่อ $M_{ij} = \sum_{q=o}^{i} m_{qj}$ $\quad \ldots(2.3)$

และ $m_{ij} = V_{ij} - C_{ij}$ $\quad \ldots(2.4)$

เมื่อ m_{ij} = มูลค่าเงินจากการขุดบล็อกที่พิกัด i,j

V_{ij} = มูลค่าเงินของส่วนที่เป็นแร่จากการขุดบล็อกที่พิกัด i,j

C_{ij} = ค่าใช้จ่ายในการขุดดินจากการขุดบล็อกที่พิกัด i,j

i = ตำแหน่งพิกัดของบล็อกในแถวนอน (Row) ที่ i เมื่อ i = 0,1,2,3,...

j = ตำแหน่งพิกัดของบล็อกในแถวตั้ง (Column) ที่ j เมื่อ j = 0,1,2,3,...

M_{ij} = มูลค่าเงินสะสมจากการขุดบล็อกที่พิกัด j ตั้งแต่แถวนอนที่ 0 จนถึงแถวนอนที่ i

P_{ij} = กำไรสะสมจากการโปรแกรมไดนามิค

r = ตัวแปรตัดสินใจในการโปรแกรมไดนามิค

วิธีการออกแบบของ Lerchs และ Grossmann นี้ มีข้อดีดังนี้คือ

1. ใช้วิธีการโปรแกรมไดนามิคทางเดียว ทำให้ประหยัดเวลาในการคำนวณ

2. การคำนวณออกแบบในแต่ละภาพตัดขวางของแหล่งแร่กระทำเพียงครั้งเดียวเท่านั้น

3. สามารถคำนวณออกแบบในภาพตัดขวางของแหล่งแร่ที่ไม่จำเป็นต้องเป็นเส้นขนานกันได้

4. สามารถรักษาเงื่อนไขเสถียรภาพความลาดแบบสองมิติในภาพตัดขวางได้

สำหรับข้อเสียเปรียบมีดังนี้

1. ผลจากการออกแบบได้ขอบเขตบ่อเหมืองขั้นสุดท้ายเท่านั้น โดยไม่มีลำดับการทำเหมือง

2. รูปร่างบ่อเหมืองที่ได้ไม่สามารถรักษาเงื่อนไขเสถียรภาพความลาดแบบสามมิติ

3. วิธีการออกแบบเหมาะสมกับการออกแบบในภาพตัดขวางที่ห่างกันเท่านั้น ซึ่งจำเป็นต้องมีการปรับเส้นขอบเขตบ่อเหมืองเชื่อมต่อระหว่างภาพตัดขวางอีกครั้งหนึ่ง

2. <u>วิธีการออกแบบของ Johnson และ Sharp</u>

Johnson และ Sharp ได้พัฒนาวิธีการออกแบบของ Lerchs และ Grossmann ไปสู่ระบบสามมิติ ในปี พ.ศ.2514 ในการออกแบบขอบเขตบ่อเหมืองขั้นสุดท้าย

สมการย้อนกลับของการโปรแกรมไดนามิคจากซ้ายไปขวาในภาพตัดขวาง มีดังนี้

$$P_{ij} = M_{ij} + \max_{r=-1,0,1} [\, P_{(i+r,j-1)} \,] \quad \ldots(2.5)$$

โดยที่ $P_{oj} = o$ $\quad \ldots(2.6)$

สมการย้อนกลับของการโปรแกรมไดนามิคจากขวาไปซ้ายในภาพตัดขวาง มีดังนี้

$$P^{R}_{ij} = M_{ij} + \max_{r=-1,0,1} [\, P_{(i+r,j+1)} \,] \quad \ldots(2.7)$$

โดยที่ $P^{R}_{oj} = o$ $\quad \ldots(2.8)$

ตำแหน่งบล็อกที่ระดับกันบ่อเหมืองที่เหมาะสม มีดังนี้

$$P_{im} = \max_{j} [\, P_{ij} + P^{R}_{ij} - M_{ij} \,] \quad \ldots(2.9)$$

สมการย้อนกลับของการโปรแกรมไดนามิคในภาพตัดด้านยาว มีดังนี้

$$P_{ik} = M_{ik} + \max_{r=-1,0,1} [\, P_{(i+r,k-1)} \,] \quad \ldots(2.10)$$

โดยที่ $P_{ok} = o$ $\quad \ldots(2.11)$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อ P_{ij} = กำไรสะสมจากการโปรแกรมไดนามิคจากซ้ายไปขวาในภาพตัดขวาง

P^{R}_{ij} = กำไรสะสมจากการโปรแกรมไดนามิคจากขวาไปซ้ายในภาพตัดขวาง

P_{im} = กำไรสะสมจากการขุดบล้อกหลังจากการโปรแกรมไดนามิคสองทางมาพบกันที่ระดับก้นบ่อเหมืองที่ตำแหน่งพิกัดแถวตั้งที่ m

P_{ik} = กำไรสะสมจากการโปรแกรมไดนามิคจากซ้ายไปขวาในภาพตัดด้านยาวที่ k

วิธีการออกแบบของ Johnson และ Sharp มีข้อดีดังนี้

1. สามารถพิจารณาระดับก้นบ่อเหมืองที่การโปรแกรมไดนามิคทางเดียวของ Lerchs และ Grossmann ไม่สามารถพิจารณาได้ ดังนั้นจึงมีผลการคำนวณได้ขอบเขตบ่อเหมืองทุก ๆ ระดับความลึกของก้นบ่อเหมืองในแต่ละภาพตัดขวาง

2. สามารถรักษาเงื่อนไขเสถียรภาพความลาดแบบสองมิติในภาพตัดขวางได้

สำหรับข้อเสียเปรียบ มีดังนี้

1. ผลการออกแบบได้ขอบเขตบ่อเหมืองขั้นสุดท้ายเท่านั้น โดยไม่มีลำดับการทำเหมือง

2. รูปร่างบ่อเหมืองที่ได้ไม่สามารถรักษาเงื่อนไขเสถียรภาพความลาดแบบสามมิติ

3. ใช้การโปรแกรมไดนามิคสองทาง ในการคำนวณหาขอบเขตบ่อเหมืองทุก ๆ ระดับก้นบ่อเหมืองในทุก ๆ ภาพตัดขวาง ทำให้เสียเวลาในการคำนวณมาก