

## บทที่ 5

### การศึกษาผลกระทบของรูปร่างด้วยแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์

จุดประสงค์ของการศึกษาด้วยแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์คือ เพื่อดำเนินการกระจายตัวของความเค้นแบบต่างๆ และสอบทานผลกระทบของรูปร่างตัวอย่างหินที่ไม่เป็นรูปทรงทางเรขาคณิต (Irregular Shape) และเนื่องจากลักษณะปัญหาที่มีความซับซ้อนในประเด็นของขอบเขตและข้อกำหนดทางคณิตศาสตร์และเรขาคณิตขั้นต้น (Boundary conditions) จึงไม่มีสมการสำเร็จรูปที่จะนำมาใช้ ดังนั้นการศึกษานี้จำเป็นต้องใช้การคำนวณเชิงตัวเลขด้วยวิธี finite difference โปรแกรมที่นำมาใช้คือโปรแกรม FLAC โดยจะมุ่งศึกษาในเรื่องผลกระทบของขนาดซึ่งจะทำการผันแปรความกว้างของขนาดตัวอย่างหิน และควบคุมให้พื้นที่ตัดขวาง (Cross-sectional) คงที่

#### 5.1 คุณสมบัติของแบบจำลอง

ในการศึกษาด้วยแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ได้สร้างแบบจำลองขึ้นมา 5 แบบ (Computer models) เพื่อศึกษาผลกระทบด้านความกว้างของตัวอย่างหินต่อความเค้นสูงสุดที่จะเกิดขึ้น ตารางที่ 5.1 สรุปคุณสมบัติของแบบโครงข่ายจำลองทั้ง 5 แบบ ประกอบด้วย อัตราส่วนของขนาด ความหนา และความกว้างของแต่ละแบบจำลอง เนื่องจากแบบจำลองมีแนวสมมาตร (Symmetry planes) 2 แนว คือแนวตั้งตามแนวแกน และแนวนอนที่ครึ่งหนึ่งของความหนาของตัวอย่างหิน ดังนั้นการจำลองจึงทำเพียง 1/4 ของตัวอย่างหินทั้งชิ้น ในการสร้างแบบจำลองทั้งหมดจะมีความหนา ( $t/2$ ) คงที่เท่ากับ 3.13 cm ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางหัวกด ( $d/2$ ) คงที่เท่ากับ 1 cm และมีอัตราส่วนของขนาดความกว้างตัวอย่างหิน ( $D/2$ ) ผันแปรจาก 5.08 cm จนไปถึง 7.62 cm โดยแต่ละแบบจำลองจะถูกกำหนดให้ขนาดของพื้นที่ตัดขวางแนวใต้หัวกด (Cross-section,  $A/2$ ) มีขนาดคงที่เท่ากับ  $16.13 \text{ cm}^2$

เมื่อกำหนดขนาดของแบบจำลองทั้งหมดแล้ว จะทำการจำลองโดยให้แรงกดผ่านหัวกดเพิ่มขึ้นด้วยอัตราคงที่จนกระทั่งแบบจำลองไม่มีเสถียรภาพ (พังลง) จะได้ค่าแรงกดสูงสุดในแต่ละกรณีเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับศึกษาผลกระทบด้านขนาดของตัวอย่างหินต่อไป

จากงานวิจัยก่อนหน้ามีโดย กิตติเทพ เพ็ญขจร (2545) พบว่าผลกระทบของความเสียดทานระหว่างหัวกดกับผิวหินมีผลกระทบค่อนข้างน้อยโดยมีความแตกต่างกันเพียงร้อยละ 2-5 ดังนั้นการวิเคราะห์ค่าที่ได้จึงไม่มีผลมากนักไม่ว่าจะเลือกใช้แรงเสียดทานระหว่างหัวกดและตัวอย่างหินแบบใด อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้เลือกใช้การสร้างแบบจำลองให้มีลักษณะที่มีแรง

ตารางที่ 5.1 สรุปผลการวิเคราะห์จากแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม FLAC

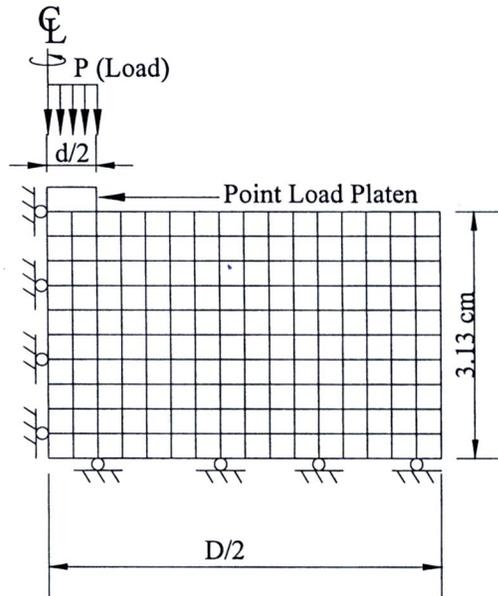
Model Number	Specimen Thickness, $t/2$ (cm)	Specimen Diameter, $D/2$ (cm)	Cross-Sectional Area of Specimen, $A/2$ (cm <sup>2</sup> )	Equivalent Diameter, $D_e/2$ (cm)	Failure Load, $P_{mpl}$ (kN)
1	3.13	5.08	16.13	5.08	44.85
2	3.13	5.72	16.13	5.08	46.30
3	3.13	6.35	16.13	5.08	46.14
4	3.13	6.98	16.13	5.08	46.27
5	3.13	7.62	16.13	5.08	45.90

เลียนทานเพื่อที่จะจำลองให้มีสภาพใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด รูปที่ 5.1 ถึงรูปที่ 5.5 แสดงให้เห็นแบบจำลองทั้ง 5 แบบ ในรูปของโครงข่ายแบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อใช้ศึกษาผลกระทบทั้งความความกว้างของตัวอย่างหินโดยละเอียด และยังรวมไปถึงการศึกษาความสัมพันธ์ของขนาดตัวอย่างหินต่อค่าแรงกดสูงสุดภายใต้ความเค้นใต้หัวกด

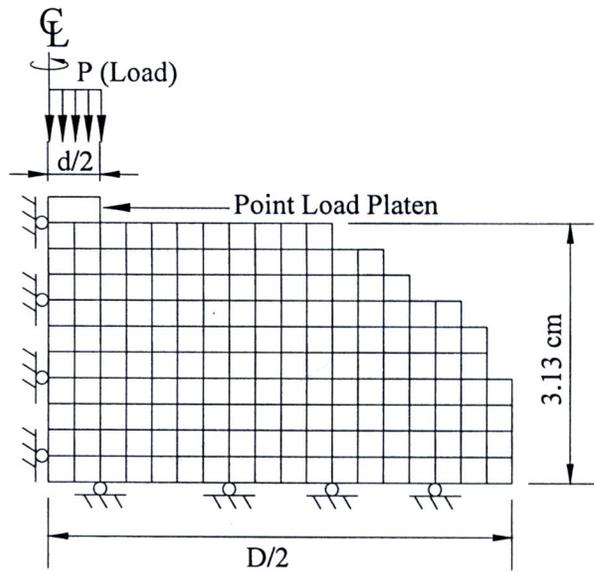
การวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองทั้งหมดในงานวิจัยนี้จะตั้งอยู่บนสมมติฐานของความยืดหยุ่นเชิงเส้นตรง (Linear elasticity) และหินมีคุณสมบัติเท่ากันทุกทิศทาง

## 5.2 ผลกระทบของรูปร่างต่อความเค้นสูงสุด

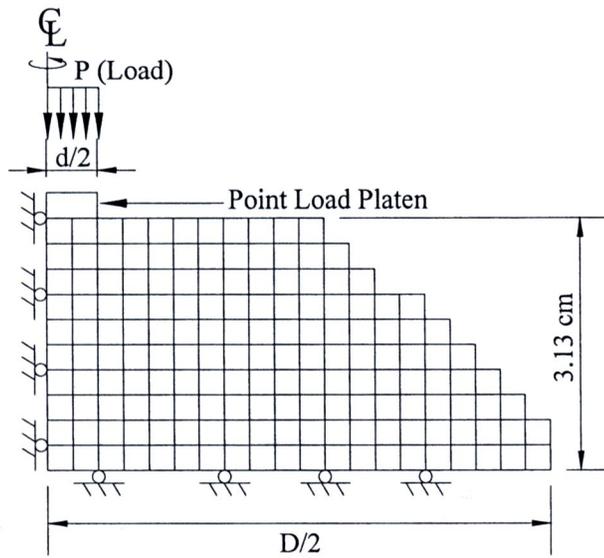
การศึกษาผลกระทบด้านรูปร่าง (Shape effects) ของตัวอย่างหินต่อความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นได้แสดงดังตารางที่ 5.1 สรุปได้ว่าการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยนเพื่อหาค่าแรงกดและแรงดึงสูงสุดที่เกิดขึ้นตามการกระจายตัวของค่าความเค้นหลักมากที่สุด ( $\sigma_1$ ) และค่าความเค้นหลักน้อยที่สุด ( $\sigma_3$ ) ในแนวตั้งตามแนวจุดกดนั้นพบว่า เมื่อแบบจำลองถูกกำหนดให้ขนาดของพื้นที่ตัดขวางแนวใต้หัวกด (Cross-section Area) มีขนาดคงที่ตามแบบจำลองทั้ง 5 แบบ (เท่ากับ  $16.13 \text{ cm}^2$ ) และขนาดความหนาคงที่ ( $t/2$ ) เท่ากับ  $3.13 \text{ cm}$  โดยทำการผันแปรเฉพาะความกว้างตามรูปแบบที่กำหนดในรูปที่ 5.1 ถึงรูปที่ 5.5 ผลของค่าแรงกดสูงสุดที่ได้จากการจำลองด้วยโปรแกรม FLAC ให้ค่าที่ใกล้เคียงกันมาก โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเพียง 1-2% เท่านั้น จึงสามารถสรุปได้ว่าในกรณีของตัวอย่างหินที่มีรูปร่างไม่เป็นเรขาคณิต เมื่อทำการทดสอบจนหินแตกแล้วสามารถวัดพื้นที่แนวขวางของการแตกเพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าแรงกดและแรงดึงสูงสุดของตัวอย่างหินได้ เพื่อความสะดวกสามารถพิจารณาให้อยู่ในรูปแบบที่ใช้งานได้ง่ายขึ้นโดยอยู่ในตัวแปรของ Equivalent Diameter ( $D_e = \text{Cross-section Area} / \text{Thickness}$ ) เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณต่อไป



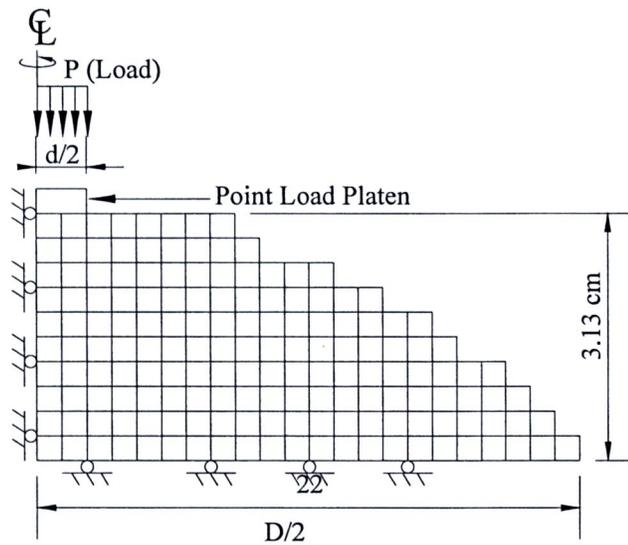
รูปที่ 5.1 โครงข่ายแบบจำลองที่ 1 ( $t/2 = 3.13 \text{ cm}$ ,  $D/2 = 5.08 \text{ cm}$ ,  $d/2 = 10 \text{ mm}$ )



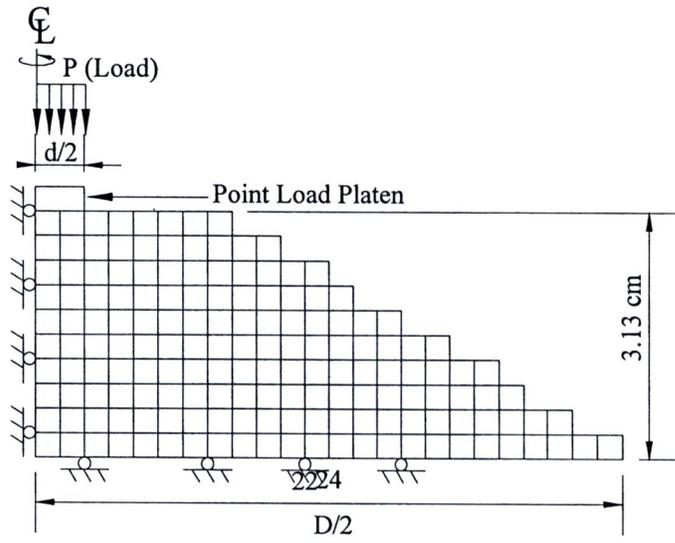
รูปที่ 5.2 โครงข่ายแบบจำลองที่ 2 ( $t/2 = 3.13 \text{ cm}$ ,  $D/2 = 5.72 \text{ cm}$ ,  $d/2 = 10 \text{ mm}$ )



รูปที่ 5.3 โค้งข่ายแบบจำลองที่ 3 ( $t/2 = 3.13$  cm,  $D/2 = 6.35$  cm,  $d/2 = 10$  mm)



รูปที่ 5.4 โค้งข่ายแบบจำลองที่ 4 ( $t/2 = 3.13$  cm,  $D/2 = 6.98$  cm,  $d/2 = 10$  mm)



รูปที่ 5.5 โค้งขายแบบจำลองที่ 5 ( $t/2 = 3.13$  cm,  $D/2 = 7.62$  cm,  $d/2 = 10$  mm)