

บทที่ 5

การวิเคราะห์ผลการทดสอบการแตกในสามแกนจริง

เนื้อหาในบทนี้เสนอวิธีการวิเคราะห์ผลการทดสอบเพื่อหาค่ากำลังกดสูงสุดในสามแกนจริงของเกลือหิน โดยนำกฎเกณฑ์การแตกหลากหลายวิธีที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันมาเปรียบเทียบความสามารถในการคาดคะเนผลการทดสอบ

5.1 การคำนวณความยืดหยุ่นของเกลือหิน

ผลการทดสอบกำลังกดสูงสุดในสามแกนจริงสามารถนำไปคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นและอัตราส่วนปัวซองโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 21.5 ± 2.6 GPa และ 0.40 ± 0.04 ตามลำดับ (ตารางที่ 5.1) โดยใช้ความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ของ Jaeger and Cook (1979) คือ

$$G = (1/2) (\tau_{\text{oct}, e} / \gamma_{\text{oct}, e}) \quad (5.1)$$

$$3\sigma_{m, e} = (3\lambda + 2G) \varepsilon_{v, e} \quad (5.2)$$

$$E = 2G (1 + \nu) \quad (5.3)$$

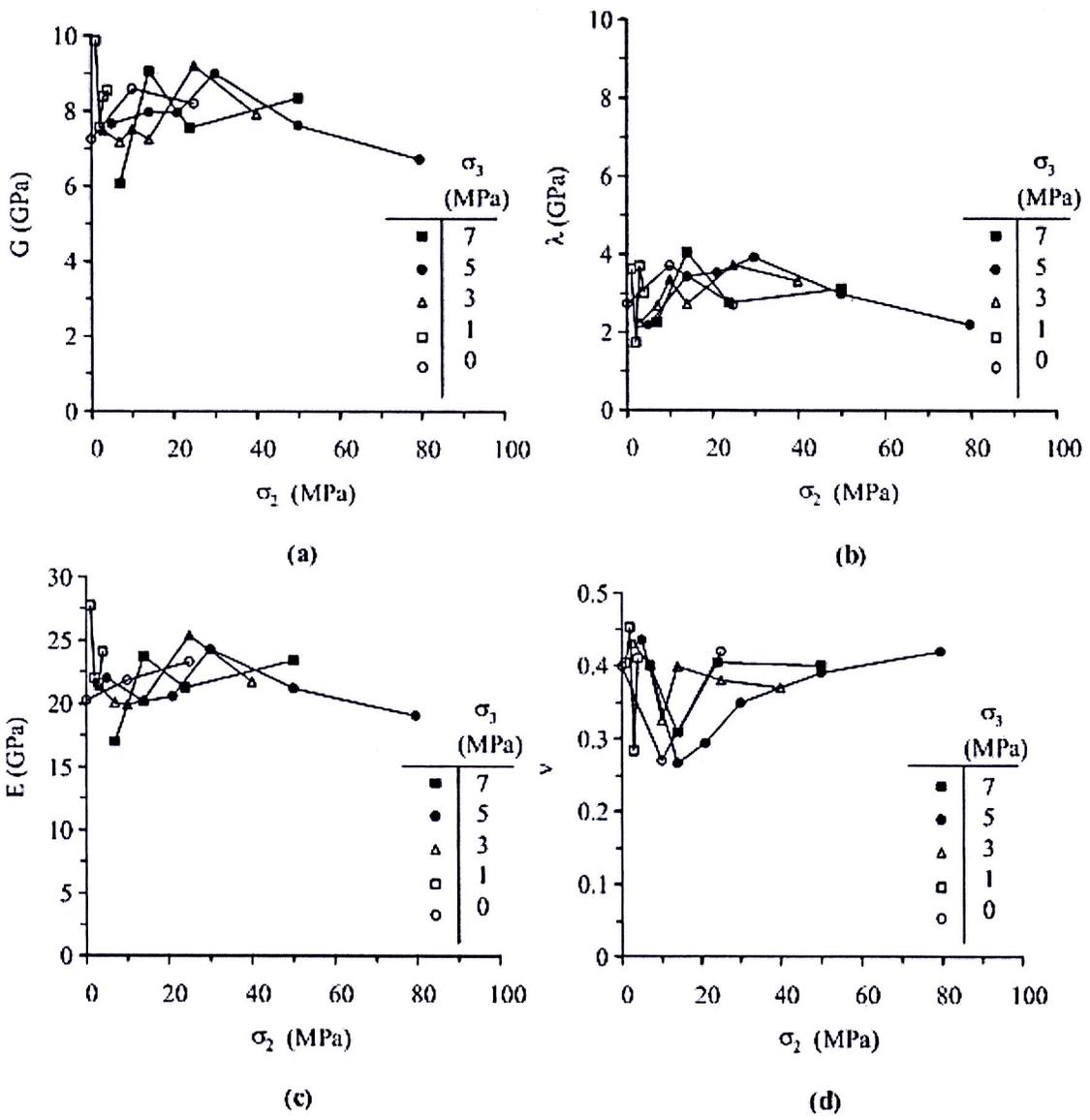
$$\nu = \lambda / 2(\lambda + G) \quad (5.4)$$

| | | |
|--------|--------------------------|---|
| โดยที่ | E | คือ สัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่น |
| | G | คือ สัมประสิทธิ์ความแข็ง |
| | ν | คือ อัตราส่วนปัวซอง |
| | λ | คือ ค่าคงที่ของ Lamé |
| | $\varepsilon_{v, e}$ | คือ ความเครียดเชิงปริมาตรที่จุด Elastic |
| | $\tau_{\text{oct}, e}$ | คือ ความเค้นในแนวเฉือนที่จุด Elastic |
| | $\gamma_{\text{oct}, e}$ | คือ ความเครียดในแนวเฉือนที่จุด Elastic |
| | $\sigma_{m, e}$ | คือ ความเค้นเฉลี่ยที่จุด Elastic |

ผลที่ได้ระบุว่า ค่าความยืดหยุ่นของเกลือหินทั้ง 4 ค่าจะไม่ขึ้นกับความเค้นหลักกลาง (σ_2) การเบี่ยงเบนของค่าเหล่านี้ น่าจะเกิดจากความแปรปรวนของคุณสมบัติในเนื้อเกลือหิน รูปที่ 5.1 แสดงค่าปัจจัยความยืดหยุ่นทั้ง 4 ค่า ในฟังก์ชันของความเค้นหลักกลาง

ตารางที่ 5.1 คุณสมบัติความยืดหยุ่นที่ได้จากการทดสอบค่ากำลังกดในสามแกนจริง

| Specimen number | $\tau_{oct,e}$ (MPa) | $\gamma_{oct,e}$ ($\times 10^{-3}$) | $\sigma_{m,e}$ (MPa) | $\epsilon_{v,e}$ ($\times 10^{-3}$) | G (GPa) | λ (GPa) | E (GPa) | ν |
|-----------------|----------------------|---------------------------------------|----------------------|---------------------------------------|-----------|-----------------|-----------|-----------|
| 56 | 10.8 | 0.75 | 16.3 | 0.72 | 7.25 | 2.72 | 20.3 | 0.40 |
| 7 | 15.3 | 0.89 | 25.7 | 0.91 | 8.59 | 3.71 | 21.8 | 0.27 |
| 55 | 17.7 | 1.08 | 30.6 | 1.25 | 8.20 | 2.70 | 23.3 | 0.42 |
| 20 | 12.0 | 0.61 | 18.8 | 0.62 | 9.87 | 3.61 | 27.7 | 0.40 |
| 22 | 18.9 | 1.25 | 30.7 | 1.51 | 7.57 | 1.73 | 22.0 | 0.45 |
| 23 | 23.8 | 1.42 | 39.8 | 1.43 | 8.40 | 3.70 | 21.6 | 0.28 |
| 54 | 24.8 | 1.45 | 42.9 | 1.64 | 8.55 | 3.01 | 24.1 | 0.41 |
| 61 | 19.8 | 1.32 | 32.0 | 1.48 | 7.47 | 2.24 | 21.4 | 0.43 |
| 53 | 24.4 | 1.70 | 39.1 | 1.74 | 7.18 | 2.68 | 20.1 | 0.40 |
| 52 | 26.7 | 1.78 | 43.3 | 1.73 | 7.52 | 3.36 | 19.9 | 0.33 |
| 5 | 28.4 | 1.96 | 46.9 | 2.07 | 7.25 | 2.72 | 20.3 | 0.40 |
| 57 | 29.6 | 1.61 | 50.8 | 1.71 | 9.20 | 3.74 | 25.4 | 0.38 |
| 35 | 30.6 | 1.93 | 53.3 | 2.06 | 7.92 | 3.31 | 21.7 | 0.37 |
| 27 | 25.3 | 1.65 | 41.6 | 1.90 | 7.65 | 2.19 | 22.0 | 0.44 |
| 28 | 30.8 | 1.93 | 50.6 | 1.93 | 7.97 | 3.43 | 20.2 | 0.27 |
| 29 | 33.5 | 2.10 | 56.2 | 2.12 | 7.96 | 3.53 | 20.6 | 0.29 |
| 47 | 36.3 | 2.02 | 62.1 | 2.08 | 9.00 | 3.93 | 24.3 | 0.35 |
| 48 | 36.5 | 2.39 | 63.4 | 2.62 | 7.63 | 2.98 | 21.2 | 0.39 |
| 49 | 37.5 | 2.79 | 56.5 | 2.81 | 6.73 | 2.21 | 19.1 | 0.42 |
| 12 | 28.0 | 2.31 | 47.1 | 2.49 | 6.06 | 2.26 | 17.0 | 0.40 |
| 13 | 34.0 | 1.88 | 55.5 | 1.83 | 9.05 | 4.05 | 23.7 | 0.31 |
| 19 | 39.1 | 2.59 | 65.6 | 2.81 | 7.56 | 2.75 | 21.2 | 0.40 |
| 50 | 45.3 | 2.71 | 78.6 | 3.01 | 8.36 | 3.12 | 23.4 | 0.40 |
| 10 | 32.8 | 1.98 | 56.5 | 2.05 | 8.29 | 3.66 | 21.4 | 0.29 |
| 58 | 32.9 | 1.51 | 58.1 | 1.64 | 10.9 | 4.57 | 29.9 | 0.37 |
| 59 | 40.7 | 2.65 | 75.5 | 2.96 | 7.67 | 3.39 | 20.5 | 0.34 |
| 60 | 43.2 | 2.41 | 85.0 | 2.92 | 9.33 | 3.48 | 26.1 | 0.40 |
| Average | | | | | 8.12±1.01 | 3.14±0.67 | 22.2±2.74 | 0.37±0.05 |



รูปที่ 5.1 ค่าคุณสมบัติความยืดหยุ่นของเกลือหินในฟังก์ชันของความเค้นหลักกลาง

5.2 เกณฑ์การแตก

เกณฑ์การแตกที่ได้นำมาใช้ในการวิเคราะห์การแตกในสามแกนจริงของเกลือหิน ประกอบด้วยเกณฑ์การแตกของ Modified Wiebols and Cook, Mogi 1971, Modified Lade, Coulomb, Hoek and Brown และ Drucker-Prager โดยเกณฑ์การแตกทั้งหมดได้ทำการศึกษาอย่างละเอียดโดย Haimson (2006) and Colmenares and Zoback (2002) ซึ่งสามารถอธิบายสั้นๆ ได้ดังนี้

5.2.1 เกณฑ์การแตกของ Modified Wiebols and Cook

เกณฑ์การแตกของ Modified Wiebols and Cook ได้ถูกนำเสนอโดย Zhou (1994) ซึ่งได้ทำการพัฒนามาจากเกณฑ์การแตกของ Wiebols and Cook (1968) อาศัยหลักการที่ว่า พื้นฐานของพลังงานที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อการแตกของรอยแตก เนื่องจากเกิดการเลื่อนไหลของพื้นผิวที่แตกต่างกัน โดยเกณฑ์การแตกของ Modified Wiebols and Cook ได้นำเสนอในรูปของ $J_2^{1/2}$ ที่จุดแตกในฟังก์ชัน J_1 คือ

$$J_2^{1/2} = A + BJ_1 + CJ_1^2 \quad (5.5)$$

โดยค่าคงที่ A, B และ C ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของหินและค่าความเค้นหลักต่ำสุด (σ_3) ค่าความเค้นยึดติด (c) และมุมเสียดทานภายใน (ϕ) ซึ่งสามารถหาได้จากการทดสอบการกดในสามแกนแบบดั้งเดิม (Colmenares and Zoback, 2002) คือ

$$C = \frac{\sqrt{27}}{2C_1 + (q-1)\sigma_3 - \sigma_c} \times \left(\frac{C_1 + (q-1)\sigma_3 - \sigma_c}{2C_1 + (2q+1)\sigma_3 - \sigma_c} - \frac{q-1}{q+2} \right) \quad (5.6)$$

โดยที่

$$C_1 = (1 + 0.6\mu_i) \sigma_c$$

σ_c = ค่าความเค้นกดในแกนเดียว

$$\mu_i = \tan\phi$$

$$q = [(\mu_i^2 + 1)^{1/2} + \mu_i]^2 = \tan^2(\pi/4 + \phi/2)$$

$$B = \frac{\sqrt{3}(q-1)}{q+2} - \frac{C}{3}(2\sigma_c + (q+2)\sigma_3) \quad (5.7)$$

$$A = \frac{\sigma_c}{\sqrt{3}} - \frac{\sigma_c}{3}B - \frac{\sigma_c^2}{9}C \quad (5.8)$$

และเกณฑ์การแตกนี้ยังสามารถเขียนในรูปของความเค้นหลักสูงสุดที่จุดแตกได้ดังนี้

$$\sigma_1 = \left[\frac{6(\psi - \chi) - 3(A + B\sigma_m)}{C\sigma_m} \right] - (\sigma_2 + \sigma_3) \quad (5.9)$$

โดยที่

$$\psi = (\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2)$$

$$\chi = (\sigma_1\sigma_2 + \sigma_1\sigma_3 + \sigma_2\sigma_3)$$

รูปที่ 5.2 เปรียบเทียบผลการทดสอบกับการคาดคะเนจากเกณฑ์การแตกของ Modified Wiebols and Cook criterion ในรูปของแผนภูมิ $J_2^{1/2} - J_1$ และ $\sigma_1 - \sigma_2$ ซึ่งผลปรากฏว่าเกณฑ์การแตกของ Modified Wiebols and Cook สามารถอธิบายผลกระทบของความเค้นหลักกลางได้ดี

5.2.2 เกณฑ์การแตกของ Mogi

เกณฑ์การแตกของ Mogi ได้เสนอ $\tau_{oct,f}$ ที่จุดแตกในฟังก์ชันของความเค้นเฉลี่ย ($\sigma_{m,2}$) โดยได้ใช้ความสัมพันธ์แบบยกกำลัง (You, 2009) คือ

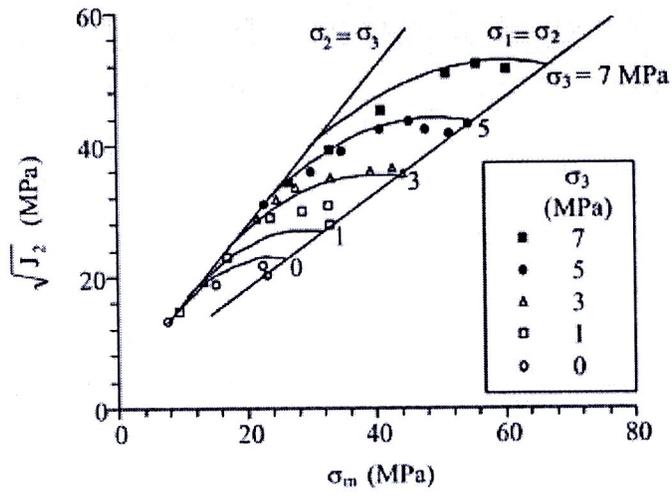
$$\tau_{oct,f} = A' \sigma_{m,2}^{B'} \quad (5.10)$$

$$\sigma_{m,2} = (\sigma_1 + \sigma_3)/2 \quad (5.11)$$

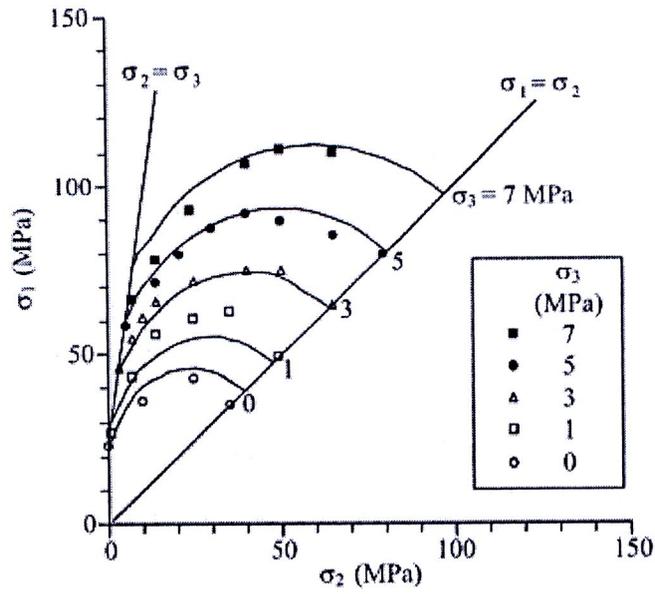
โดยที่ A และ B คือ ค่าคงที่ที่ขึ้นอยู่กับวัสดุหิน รูปที่ 5.3a แสดงค่าสมการของ Mogi ซึ่งเกณฑ์การแตกของ Mogi มีแนวโน้มในการคาดคะเนความแข็งแรงของเกลือหินได้ดีที่ค่าความเค้นหลักต่ำสุดและมีค่าน้อยเท่านั้นดังแสดงในรูปที่ 5.3b

5.2.3 เกณฑ์การแตกของ Hoek & Brown

เกณฑ์การแตกของ Hoek & Brown เกิดจากความสัมพันธ์ของค่าความเค้นหลักสูงสุดและค่าความเค้นหลักต่ำสุดที่จุดแตกของหิน (Hoek and Brown, 1980) สามารถเขียนได้ดังสมการ

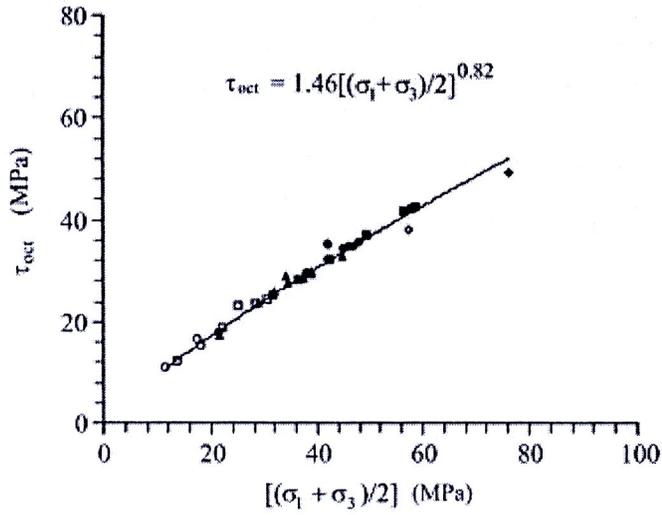


(a)

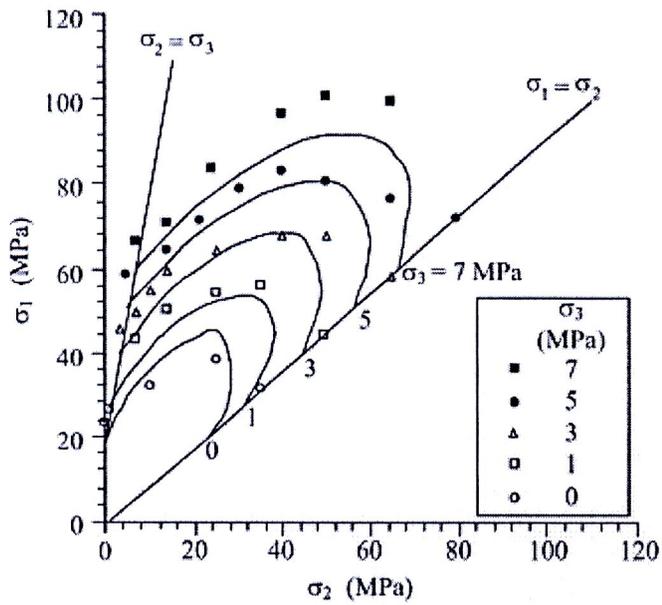


(b)

รูปที่ 5.2 เหน้การแตกของ Modified Wiebols and Cook (เส้น) เมื่อเทียบกับผลการทดสอบ (จุด)



(a)



(b)

รูปที่ 5.3 เกณฑ์การแตกของ Mogi (เส้น) เมื่อเทียบกับผลการทดสอบ (จุด)

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_c \sqrt{m \frac{\sigma_3}{\sigma_c} + s} \quad (5.12)$$

โดยที่ m และ s คือค่าคงที่ที่ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของหินที่เกิดจากการแตกของ σ_1 and σ_3 สำหรับตัวอย่างเกลือที่ใช้ทดสอบในงานวิจัยนี้มีค่า $s=1$ และ $m=20.2$ เกณฑ์การแตกของ Hoek & Brown สามารถเขียนในรูปของ J_2 and $\sigma_{m,2}$ ได้ดังสมการ

$$J_2^{1/2} = \frac{2}{\sqrt{3}} (\sigma_{m,2}) \quad (5.13)$$

รูปที่ 5.4 เปรียบเทียบผลการทดสอบกับการคาดคะเนจากเกณฑ์การแตกของ Hoek & Brown ในรูปของแผนภูมิ $J_2^{1/2} - J_1$ และ $\sigma_1 - \sigma_2$ ปรากฏว่าเกณฑ์การแตกของ Hoek & Brown ไม่มีการพิจารณาค่าความเค้นหลักกลางที่จุดแตก จึงไม่สามารถทำการอธิบายเกลือหินภายใต้สภาวะกำลังกดในสามแกนจริงและกำลังกดในสามแกนแบบขยายตัวได้

5.2.4 เกณฑ์การแตกของ Modified Lade criterion

เกณฑ์การแตกของ Modified Lade ถูกพัฒนาโดย Ewy (1999) ซึ่งทำการพัฒนาต่อยอดมาจาก Lade and Duncan (1975) โดยทำการพิจารณาความเค้นในแกนหลักที่จุดแตกดังสมการ

$$(I_1')^3 / I_3' = 27 + \eta \quad (5.14)$$

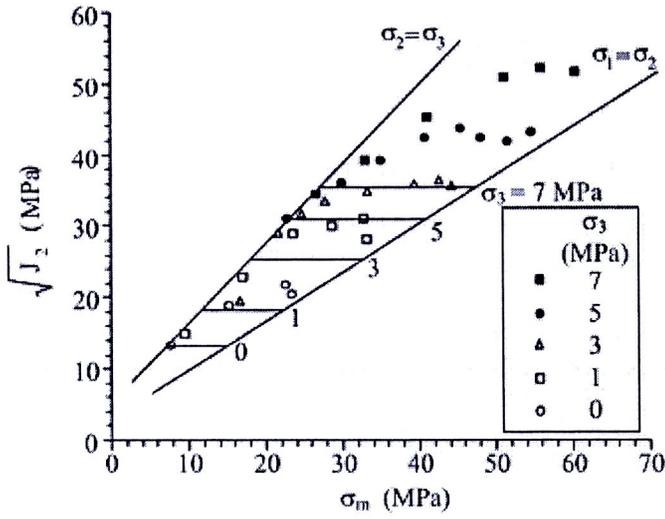
โดยที่

$$I_1' = (\sigma_1 + S) + (\sigma_2 + S) + (\sigma_3 + S)$$

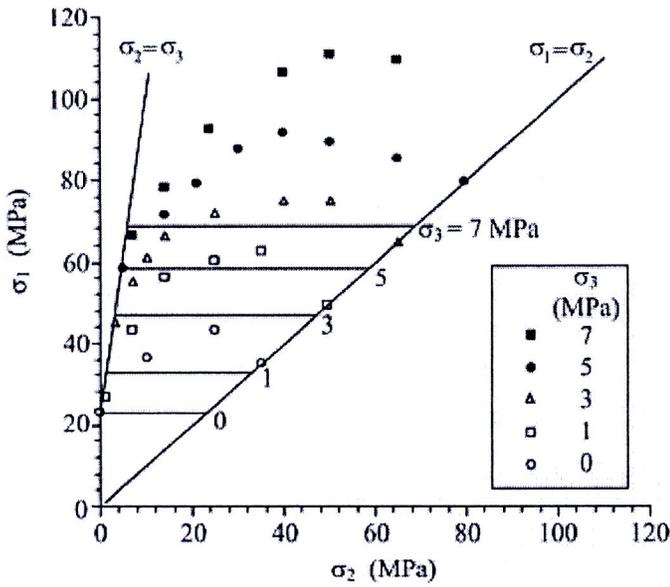
$$I_3' = (\sigma_1 + S)(\sigma_2 + S)(\sigma_3 + S)$$

โดยที่ S และ η คือค่าคงที่ของวัสดุ S คือค่าความสัมพันธ์ของความเค้นยึดติดของหิน ในขณะที่ η คือความสัมพันธ์ของค่ามุมเสียดทานภายในของหิน ซึ่งค่าคงที่เหล่านี้สามารถคำนวณได้โดยตรงจากกฎเกณฑ์การแตกของ Mohr-Coulomb คือค่าความเค้นยึดติดและค่ามุมเสียดทานภายในของหิน โดยมีรายละเอียดดังนี้

$$S = S_0 / \tan \phi$$



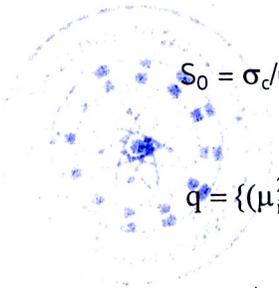
(a)



(b)

รูปที่ 5.4 เกณฑ์การแตกของHoek & Brown (เส้น) เมื่อเทียบกับผลการทดสอบ (จุด)

$$\eta = 4(\tan\phi)^2 (9 - 7\sin\phi)/(1 - \sin\phi)$$



$$S_o = \sigma_c / (2q^{1/2})$$

$$q = \{(\mu_i^2 + 1)^{1/2} + \mu_i\}^2 = \tan^2(\pi/4 + \phi/2)$$

จากผลการทดสอบค่ากำลังกดในสามแกนจริงพบว่า คุณสมบัติ S มีค่าเท่ากับ 3.66 และ η มีค่าเท่ากับ 88.33 ในรูปที่ 5.5 แสดงการเปรียบเทียบผลการทดสอบกับการคาดคะเนจากเกณฑ์การแตกของ Modified Lade ในรูปของแผนภูมิ $J_2^{1/2} - J_1$ และ $\sigma_1 - \sigma_2$ ปรากฏว่าเกณฑ์การแตกของ Modified Lade ทำการคาดคะเนความเค้นที่จุดแตกได้สูงกว่าผลการทดสอบของเกลือหินในทุก ระดับของค่าความเค้นหลักต่ำสุด (σ_3)

5.2.5 เกณฑ์การแตกของ Coulomb criterion

เกณฑ์การแตกของ Coulomb สามารถเขียนในรูปของ J_2 และ J_1 (Jaeger et al., 2007) ได้ดังสมการ

$$J_2^{1/2} = \frac{2}{\sqrt{3}} [\sigma_m \sin\phi + c \cdot \cos\phi] \quad (5.15)$$

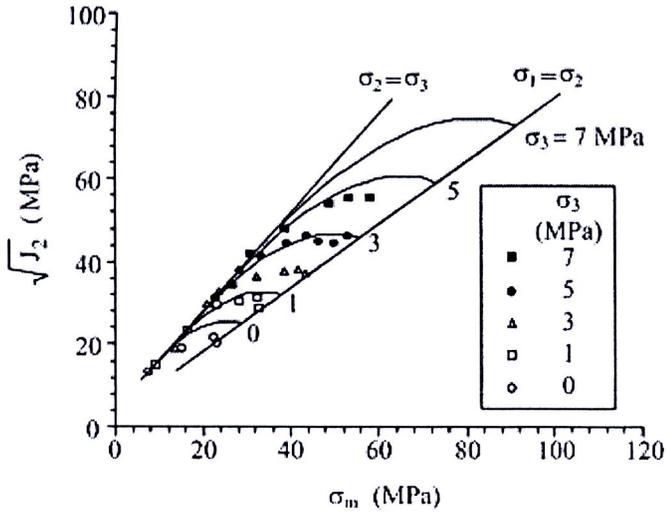
และสามารถแสดงในรูปของความเค้นหลักสูงสุดและความเค้นหลักต่ำสุดที่จุดแตก คือ

$$\sigma_1 = \sigma_c + \tan^2(\pi/4 + \phi/2)\sigma_3 \quad (5.16)$$

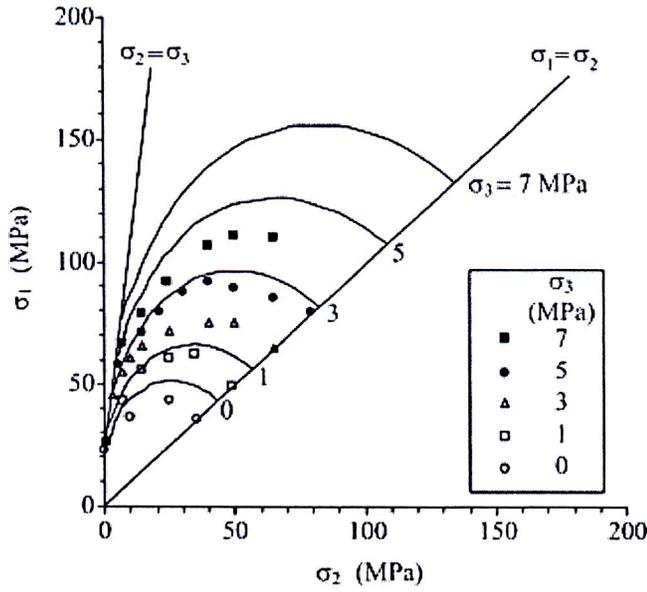
รูปที่ 5.6 เปรียบเทียบผลการทดสอบกับการคาดคะเนจากเกณฑ์การแตกของ Coulomb ในรูปของแผนภูมิ $J_2^{1/2} - J_1$ และ $\sigma_1 - \sigma_2$ ซึ่งเกณฑ์การแตกของ Coulomb จะมีความคล้ายคลึงกับเกณฑ์การแตกของ Hoek & Brown กล่าวคือเกณฑ์การแตกของ Coulomb ไม่มีการพิจารณาผลกระทบของค่าความเค้นหลักกลางที่จุดแตกจึงเป็นสาเหตุทำให้ไม่สามารถอธิบายความแข็งของเกลือหินได้

5.5.6 เกณฑ์การแตกของ Drucker-Prager

เกณฑ์การแตกของ Drucker-Prager ได้พัฒนามาจากกฎเกณฑ์ของ Von Mises โดยใช้จุดคลากของดินในการอธิบายพฤติกรรมเชิงพลาสติก (Colmenares and Zoback, 2002) ดังสมการ

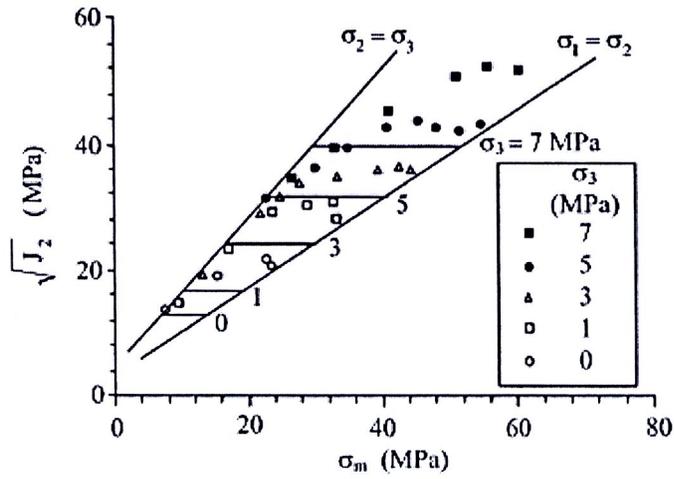


(a)

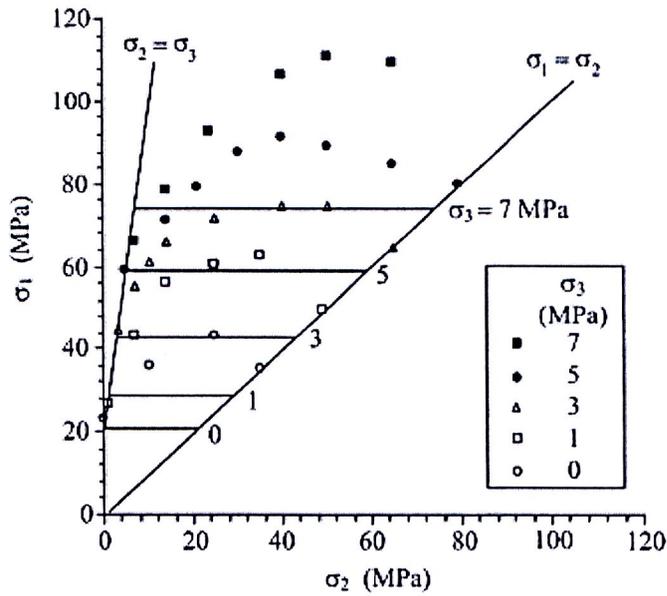


(b)

รูปที่ 5.5 เกณฑ์การแตกของ Modified Lade (เส้น) เมื่อเทียบกับผลการทดสอบ (จุด)



(a)



(b)

รูปที่ 5.6 เกณฑ์การแตกของ Coulomb (เส้น) เมื่อเทียบกับผลการทดสอบ (จุด)

$$J_2^{1/2} = \kappa + \alpha \sigma_m \quad (5.17)$$

โดยที่ α และ κ คือ ความสัมพันธ์ของค่ามุมเสียดทานภายในและความเค้นยึดติดของวัสดุตามลำดับ ซึ่งเกณฑ์การแตกของ Drucker-Prager ได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือเกณฑ์การแตกของ Inscribed Drucker-Prager และเกณฑ์การแตกของ Circumscribed Drucker-Prager สำหรับเกณฑ์การแตกของ Inscribed Drucker-Prager จะให้

$$\alpha = \frac{3 \sin \phi}{\sqrt{9 + 3 \sin^2 \phi}} \quad (5.18)$$

$$\kappa = \frac{2 \sigma_c \cos \phi}{2 \sqrt{q} \sqrt{9 + 3 \sin^2 \phi}} \quad (5.19)$$

เกณฑ์การแตกของ Circumscribed Drucker-Prager จะให้

$$\alpha = \frac{6 \sin \phi}{\sqrt{3}(3 - \sin \phi)} \quad (5.20)$$

$$\kappa = \frac{\sqrt{3} \sigma_c \cos \phi}{\sqrt{q}(3 - \sin \phi)} \quad (5.21)$$

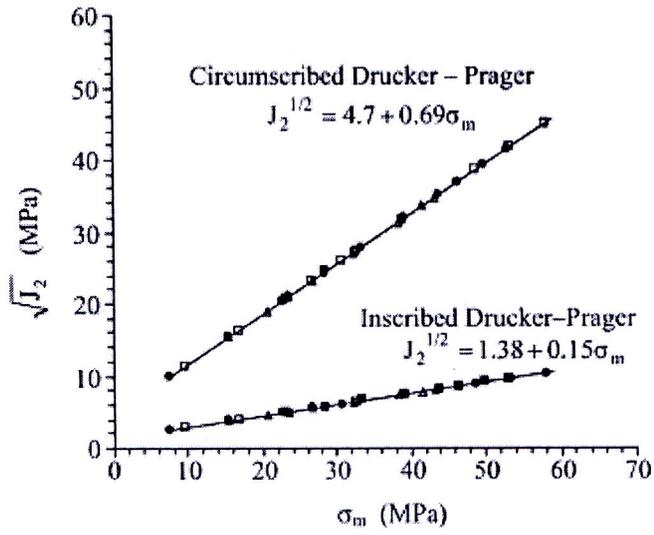
ค่าคงที่ α และ κ ทั้งแบบ Inscribed และแบบ Circumscribed ของเกณฑ์การแตกนี้สามารถคำนวณได้จากผลลัพธ์จากการทดสอบกำลังกดในสามแกนซึ่งแสดงในรูปที่ 5.7 เกณฑ์การแตกของ Drucker-Prager ยังสามารถแสดงในรูปของความเค้นหลักสูงสุดที่จุดแตก คือ

$$\sigma_1 = \frac{2(\psi - \chi) - \kappa}{\alpha} - (\sigma_2 + \sigma_3) \quad (5.22)$$

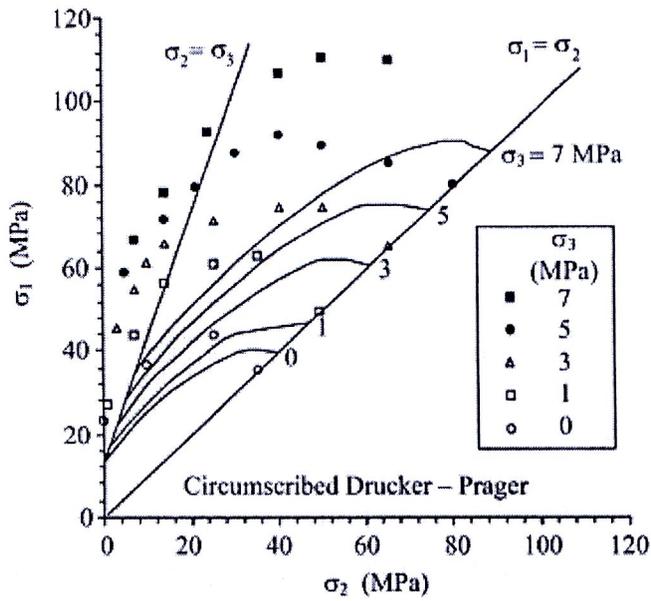
โดยที่ $\psi = (\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2)$

$$\chi = (\sigma_1 \sigma_2 + \sigma_1 \sigma_3 + \sigma_2 \sigma_3)$$

รูปที่ 5.7b เป็นการเปรียบเทียบระหว่างการคาดคะเนเกณฑ์การแตกแบบ Circumscribed Drucker-Prager และผลการทดสอบในฟังก์ชันของ $\sigma_1 - \sigma_2$ เกณฑ์การแตกแบบ Circumscribed Drucker-Prager สามารถคาดคะเนความเค้นแตกได้ต่ำกว่าความแข็งของเกลียวหินในทุกสภาวะของความเค้น ค่าคุณสมบัติของเกลียวหินจากแต่ละเกณฑ์การแตกได้ทำการสรุปไว้ในตารางที่ 5.2



(a)



(b)

รูปที่ 5.7 เกลนซ์การแตกของ Circumscribed Drucker–Prager (เส้น) เมื่อเทียบกับผลการทดสอบ (จุด)

ตารางที่ 5.2 ค่าคุณสมบัติของเกลือหินที่คำนวณได้จากแต่ละเกณฑ์การแตก

| Criteria | Calibrated Parameters |
|-----------------------------------|--|
| Modified Wiebols and Cook | $\sigma_3 = 0$, $A = 2.031$ MPa, $B = 1.746$, $C = -0.036$ MPa ⁻¹ $\sigma_3 = 1$, $A = 1.698$ MPa, $B = 1.739$, $C = -0.030$ MPa ⁻¹ $\sigma_3 = 3$, $A = 1.281$ MPa, $B = 1.733$, $C = -0.022$ MPa ⁻¹ $\sigma_3 = 5$, $A = 1.027$ MPa, $B = 1.732$, $C = -0.017$ MPa ⁻¹ $\sigma_3 = 7$, $A = 0.853$ MPa, $B = 1.732$, $C = -0.014$ MPa ⁻¹ |
| Mogi | $A' = 1.46$ $B' = 0.82$ |
| Hoek & Brown | $m = 20.2$ $s = 1$ |
| Modified Lade | $S = 3.66$ MPa $\eta = 88.33$ |
| Coulomb | $\phi = 50$ degrees $c = 5$ MPa |
| Drucker-Prager (Circumscribed) | $\alpha_c = 0.69$ $\kappa_c = 4.7$ MPa |
| Drucker-Prager (Inscribed) | $\alpha_i = 0.15$ $\kappa_i = 1.38$ MPa |

5.3 ความสามารถในการคาดคะเนผลการทดสอบ

การคาดคะเนเกณฑ์การแตกในเกลือหินสามารถเปรียบเทียบกับผลการทดสอบ โดยมีดัชนีชี้วัดคือความผิดพลาดจากการฟิตข้อมูล (Mean Misfit) ซึ่งเป็นวิธีการที่คล้ายคลึงกับ Colmenares and Zoback (2002) โดยเกณฑ์การแตกที่มีค่า Mean Misfit น้อยจะชี้ให้เห็นถึงผลการคาดคะเนที่ดีของเกณฑ์การแตกนั้น ความผิดพลาดจากการฟิตข้อมูล (\bar{s}) แต่ละเกณฑ์การแตกสามารถทำการคำนวณได้โดย (Riley et al., 1988):

$$\bar{s} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m s_i \quad (5.23)$$

โดยที่

$$s_i = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_j^n (\sigma_{1,j}^{\text{calc}} - \sigma_{1,j}^{\text{test}})^2}$$

$\sigma_{1,j}^{\text{calc}}$ = ความเค้นหลักสูงสุดจากการคาดคะเนการแตก

$\sigma_{1,j}^{\text{test}}$ = ความเค้นหลักสูงสุดจากผลการทดสอบ

N = จำนวนของจุดข้อมูลที่ใช้คำนวณ

M = จำนวนของชุดข้อมูลที่ใช้คำนวณ

ตารางที่ 5.3 สรุปผลการคำนวณความผิดพลาดจากการฟิตข้อมูล ซึ่งผลกระทบของความเค้นหลักกลางของเกลือหินสามารถอธิบายได้เป็นอย่างดีด้วยเกณฑ์การแตกของ Modified Wiebols and Cook โดยมีค่าความผิดพลาดจากการฟิตข้อมูลเท่ากับ 3.5 MPa เกณฑ์การแตกของ Mogi จะสามารถทำนายการแตกของเกลือหินได้ดีที่ค่าความเค้นหลักต่ำสุดมีค่าน้อย โดยมีค่าความผิดพลาดจากการฟิตข้อมูล เท่ากับ 9.6 MPa เกณฑ์การแตกของ Modified Lade สามารถทำนายการแตกของเกลือหินได้สูงกว่าผลการทดสอบในทุกระดับของความเค้นหลักต่ำสูงสุด ค่าความผิดพลาดจากการฟิตข้อมูลเท่ากับ 15.4 MPa เกณฑ์การแตกของ Coulomb และเกณฑ์การแตกของ Hoek and Brown ไม่สามารถอธิบายความแข็งของเกลือหินได้ เนื่องจากทั้งสองกฎเกณฑ์ไม่มีการพิจารณาผลกระทบของความเค้นหลักกลาง ทั้ง Circumscribed และ Inscribed ของเกณฑ์การแตกของ Drucker-Prager จะทำนายผลการทดสอบได้ต่ำกว่าความเค้นหลักสูงสุดในทุกสภาวะของความเค้น โดยให้ค่าความผิดพลาดจากการฟิตข้อมูลเท่ากับ 19.5 และ 34.7 MPa ตามลำดับ

ตารางที่ 5.3 ค่าความผิดพลาดจากการฟิตข้อมูลสำหรับแต่ละเกณฑ์การแตกที่ศึกษาในงานวิจัยนี้

| Criterion | Mean Misfit (MPa) |
|--------------------------------|-------------------|
| Modified Wiebols and Cook | 3.5 |
| Mogi | 9.6 |
| Hoek & Brown | 18.6 |
| 3-D Hoek & Brown | 15.6 |
| Modified Lade | 15.4 |
| Coulomb | 17.7 |
| Drucker-Prager (Circumscribed) | 19.5 |
| Drucker-Prager (Inscribed) | 34.7 |

