บทที่ 5

การวิเคราะห์ผลการทดลอง

ผลการดึงเหล็กเพลากลมที่ไม่มีรอยบาก

จากการทดลองดึงเหล็กเพลากลมที่ไม่มีรอยบากจะได้แผนภาพ NOMINAL LOAD--ELONGATION DIAGRAM ดังแผนภาพรูปที่ 4.1 ถึง รูปที่ 4.3 ซึ่งเส้นกราฟในรูปเหล่านี้จะมีคุณลักษณะที่คล้ายคลึงกันคือ จะไม่เห็นจุดคลากจากเส้นกราฟ จึงต้องคำนวณหาจุดคลากจากความเค้นพิสูจน์ (PROOF STRESS), $\sigma_{0.2}$[4] เท่ากับ 0.2 % PROOF STRESS โดยใช้ 0.2 % ของความยาวเกจเดิม (ORIGINAL LENGTH) ส่วนความแตกต่างของแผนภาพรูปที่ 4.1 ถึง รูปที่ 4.3 จะมีอยู่บ้างก็อาจจะเนื่องมาจากกรรมวิธีในการรีดเหล็กรวมไปถึงการทำให้เนื้อวัสดุของเหล็กเป็นแบบเดียวกันโดยตลอด (HOMOGENEOUS) และมีคุณสมบัติเหมือนกันทุกทิศทาง (ISOTROPY) นั้นทำได้ยาก จากแผนภาพรูปที่ 4.1 ถึง รูปที่ 4.3 จะเป็นข้อตัดสินว่าจะสามารถใช้ SIMPLE PLASTIC THEORY ได้หรือไม่ โดยจะดูจากความเหนียว (DUCTILITY) จากแผนภาพรูปที่ 4.1 ถึง รูปที่ 4.3 จะได้การยืดตัวเป็นร้อยละเท่ากับ 8.9 เปอร์เซนต์ ซึ่งมากกว่า 5 เปอร์เซนต์[8] จะจัดให้เป็นวัสดุเหนียว ดังนั้นจึงสามารถใช้ SIMPLE PLASTIC THEORY ได้

ผลจากการดึงเหล็กเพลากลมที่มีรอยบาก

จากการทดลองดึงเหล็กเพลากลมที่มีรอยบากจะได้แผนภาพ NOMINAL LOAD-ELONGATION DIAGRAM ดังแผนภาพรูปที่ 4.4 ถึง รูปที่ 4.27 ส่วนความแตกต่างของแผนภาพรูปที่ 4.4 ถึง รูปที่ 4.27 จะมีอยู่บ้าง ก็อาจจะเนื่องมาจากดังได้กล่าวมาแล้วข้างต้น

สำหรับเหล็กเพลากลมที่มีรอยบากดังแผนภาพรูปที่ 4.4 ถึง รูปที่ 4.6 เส้นกราฟในรูปเหล่านี้จะมีคุณลักษณะที่คล้ายคลึงกัน คือ จะไม่เห็นจุดคลากจากเส้นกราฟ จึงต้องคำนวณหาจากสมการที่ (2.6) และสมการที่ (2.7) สำหรับวิธีการคำนวณจะอยู่ในบทที่ 3 ในหัวข้อการทดสอบดึงกับชิ้นทดสอบที่มีรอยบาก จากแผนภาพรูปที่ 4.4 ถึง รูปที่ 4.6 นี้

จะสอดคล้องกับการวิเคราะห์ทางทฤษฎีในบทที่ 2

แผนภาพรูปที่ 4.7 ถึง รูปที่ 4.27 จะเป็นแผนภาพที่ได้จากการให้แรงดึงขนาดต่าง ๆ กันที่ทำให้เหล็กเพลากลมที่มีรอยบากเกิดขนาดของบริเวณพลาสติกต่าง ๆ กันที่รอยบาก จะเห็นได้ว่าลักษณะของแผนภาพจะเหมือนกัน ซึ่งจะตรงกับการวิเคราะห์ทางทฤษฎีในบทที่ 2

<u>ผลของจำนวนรอบของการขาด กรณีเมื่อเหล็กเพลากลมที่มีรอยบากที่ไม่ได้ผ่านการดึงให้เกิดขนาดของบริเวณพลาสติกต่าง ๆ กัน</u>

จากข้อมูลที่ได้จากการทดลองที่อยู่ในตารางที่ ก.3 ในภาคผนวก ก. จะเห็นว่าจำนวนรอบของการขาดจะใกล้เคียงกันมาก และการขาดจะเริ่มขาดตรงรากของรอยบากเข้าไปหาแกนกลาง เพราะว่าตรงรากของรอยบากมีผลของความเค้นหนาแน่นสูงกว่าบริเวณอื่นจึงทำให้การขาดเริ่มขาดตรงรากของรอยบาก ซึ่งจะสามารถวิเคราะห์ทางทฤษฎีในบทที่ 2 ได้จากสมการที่ (2.23) ส่วนการคำนวนจะหาได้จากสมการที่ (ข.4) ในภาคผนวก ข. คือ

$$N_i = ((0.491212\pi d^3 \sigma_{ut} 10^{3.51})/(32P1_t))^{(1/(1.3276/3+0.035))} \quad \text{รอบ}$$

<u>ผลของการทดสอบความล้าระหว่างขนาดของบริเวณพลาสติกต่าง ๆ กันที่มีต่อจำนวนรอบของการขาด</u>

จากสมการที่ (2.10) จะนำไปหาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของบริเวณพลาสติกต่าง ๆ กันที่มีต่อจำนวนรอบของการขาด ดังนี้

พิจารณาแรงดึง , F ที่ทำให้เหล็กเพลากลมที่มีรอยบากเกิดขนาดของบริเวณพลาสติกต่าง ๆ กัน โดยที่ $F_y < F < F_u$

เมื่อ

F_y = แรงดึงคลากต่ำสุดของเหล็กเพลากลมที่มีรอยบาก

F_p = แรงดึงช่วงพลาสติก

$\sigma_{nom} = F/A$

$= F/[\pi(e+p)^2]$ .....(5.1)

$\sigma_y = K_t F_y/A$

$= K_t F_y/[\pi(e+p)^2]$ .....(5.2)

เมื่อพิจารณาสองเทอมแรกของสมการที่ (2.18) โดยนำสมการที่ (5.1) และสมการที่ (5.2) ไปแทนค่าจะได้

$F = F\pi e^2/[\pi(e+p)^2]+K_t F_y \pi(p^2+ep)/[\pi(e+p)^2]$

หรือ

$F = K_t F_y(e+p)/(2e+p)$

$= K_t F_y d/[2(d-p)]$ .....(5.3)

หรือ

$2p/d = 2-K_t F_y/F$ .....(5.4)

สมการที่ (5.3) และสมการที่ (5.4) คือความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงที่ทำให้เกิดขนาดของบริเวณพลาสติกต่าง ๆ กัน กับขนาดของบริเวณพลาสติกต่าง ๆ กัน จะเห็น

ได้ว่าเมื่อใช้แรงดึงน้อยจะเกิดบริเวณพลาสติกที่มีขนาดเล็ก แต่ถ้าใช้แรงดึงมากขึ้นจะเกิดบริเวณพลาสติกที่มีขนาดใหญ่ขึ้นตามลำดับ

จากสมการที่ (ข.12) ในภาคผนวก ข. เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ โดยเป็นการประมาณสมการขนาดของบริเวณพลาสติกต่าง ๆ กันที่มีผลต่อจำนวนรอบของการขาดจากการทดสอบความล้า นั่นคือ

$$2p/d = 2-K_t F_y/F$$

$$= 0.00021N_1-1.94 \qquad \ldots\ldots\ldots(5.5)$$

เมื่อ

e = ครึ่งหนึ่งของความลึกของ ELASTIC CORE

p = บริเวณพลาสติก (PLASTIC ZONE)

d = $2(e+p)$

= เส้นผ่าศูนย์กลางตรงรากรอยบาก

$2p/d$ = ขนาดของบริเวณพลาสติกต่าง ๆ กันที่ไม่มีมิติ (DIMENSIONLESS)

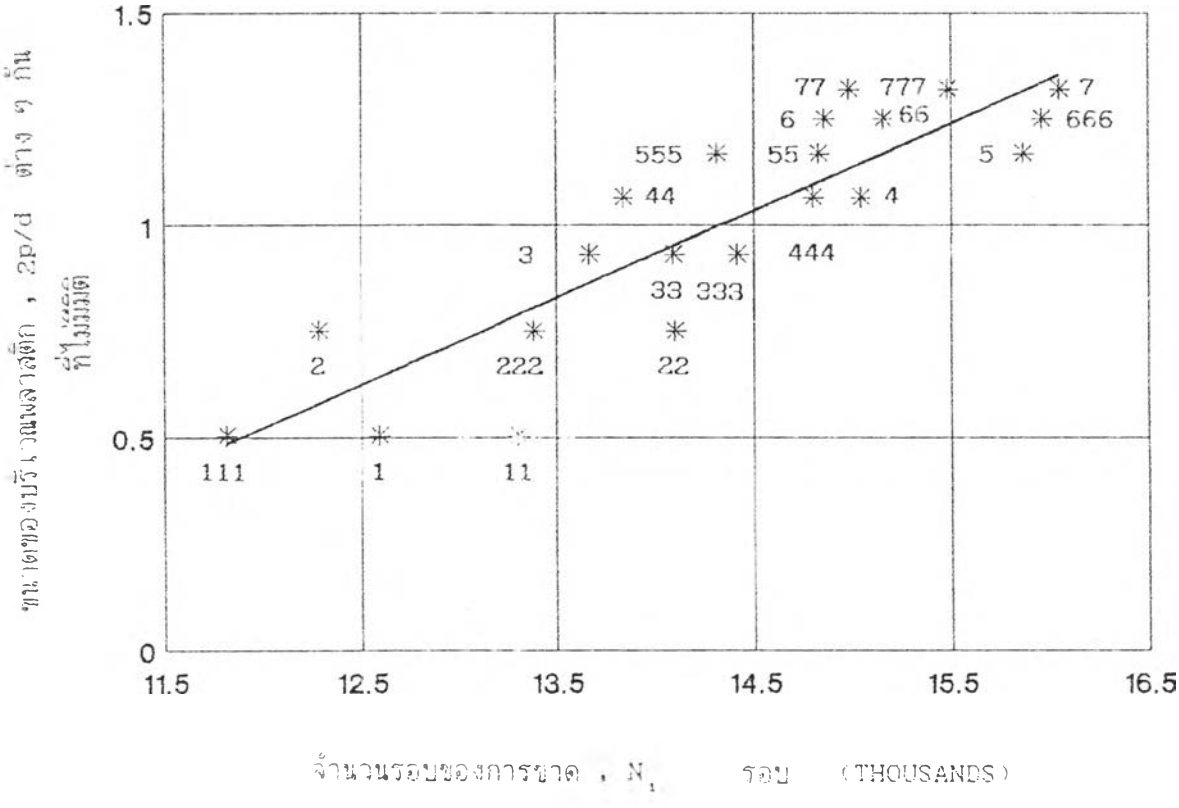
K_t = ตัวประกอบความเค้นหาแนวทางทฤษฎี (THEORETICAL STRESS CONCENTRATION FACTOR)

N_1 = จำนวนรอบของการขาดของเหล็กเพลากลมที่มีรอยบาก

σ_{nom} = ความเค้นระบุ (NOMINAL STRESS)

σ_y = จุดคลาก (YIELD POINT)

จากสมการที่ (5.5) หรือสมการที่ (ข.11) ในภาคผนวก ข. นี้จะสามารถนำมาเขียนเส้นกราฟแสดงความสัมพันธ์จากการทดสอบความล้าระหว่างจำนวนรอบของการขาด กับขนาดของบริเวณพลาสติกต่าง ๆ กันที่ไม่มีมิติ ดังรูปที่ 5.1 โดยใช้ข้อมูลจากตารางที่ ก.5 ซึ่งอยู่ในภาคผนวก ก.



รูปที่ 5.1 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์จากการทดสอบความล้า ระหว่างจำนวนรอบของการขาด กับขนาดของบริเวณพลาสติกต่าง ๆ กันที่ไม่มีมิติ

จากรูปที่ 5.1 จะอธิบายโดยใช้สมการที่ (5.5) และตารางที่ ก.5 ซึ่งอยู่ในภาคผนวก ก. จะเห็นว่าเมื่อแรงดึง , F ที่ทำให้เหล็กเพลากลมที่มีรอยบากเกิดขนาด

ของบริเวณพลาสติกต่าง ๆ กัน เช่นจุดที่กำหนดจุดที่ 1 ชิ้นทดสอบมีจำนวนรอบของการขาด , N_1 เท่ากับ 12589 รอบ จะประเมินขนาดของบริเวณพลาสติก , p เท่ากับ 1.93 มิลลิเมตร จะทำให้ได้บริเวณยืดหยุ่นมีขนาดมากที่สุดอยู่ที่แกนกลาง และบริเวณพลาสติกจะมีขนาดเล็กที่สุดอยู่ที่ผิวรอบนอก ส่วนต่อระหว่างบริเวณยืดหยุ่น-พลาสติกเรียกว่า อินเทอเฟส (INTERFACE) แต่เมื่อแรงดึง , F มากขึ้นจะทำให้บริเวณยืดหยุ่นมีขนาดเล็กลง และบริเวณพลาสติกก็จะเริ่มแผ่ลึกเข้าไปหาแกนกลางตามรัศมีมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะทำให้จำนวนรอบของการขาดเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ กว่าจุดที่กำหนดจุดที่ 1 สาเหตุก็เพราะว่า ผลของพลาสติกนั้นจะมีอิทธิพลต่อบริเวณผิวของชิ้นทดสอบที่ถูกทำให้อยู่ในบริเวณยืดหยุ่น - พลาสติกต่าง ๆ กันจึงทำให้บริเวณพลาสติกเกิดความเครียดแข็ง (STRAIN HARDENING) มากยิ่งขึ้น และบริเวณพลาสติกนี้จะมีความแข็งมากกว่าบริเวณยืดหยุ่น ซึ่งจากผลอันนี้จะทำให้มีความเค้นตกค้างอยู่ จึงทำให้มีความสามารถในการรับภาระจากภายนอกได้มากกว่าบริเวณยืดหยุ่น และการขาดจะเริ่มขาดจากบริเวณยืดหยุ่นจากข้างในที่ผิวอินเทอเฟสออกมาข้างนอกสู่บริเวณพลาสติก ซึ่งจะตรงกับความเป็นมา และความสำคัญของปัญหาในบทที่ 1

สมการที่ (5.5) จะทำให้ได้ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของบริเวณพลาสติกต่าง ๆ กันที่ไม่มีมิติ (DIMENSIONLESS) ที่มีผลต่อจำนวนรอบของการขาด นั่นคือ เมื่อต้องการให้อายุการใช้งานของวัสดุมีจำนวนรอบของการขาด , N_1 ตามที่ต้องการจะทำให้ประเมินขนาดของบริเวณพลาสติก , p จากนั้นจะทำให้รู้แรงดึง , F ที่จะทำให้เหล็กเพลากลมที่มีรอยบากเกิดขนาดของบริเวณพลาสติกต่าง ๆ กันดังสมการที่ (5.3)

เมื่อเปรียบเทียบตารางที่ ก.3 กับตารางที่ ก.4 และตารางที่ ก.5 ซึ่งอยู่ในภาคผนวก ก. จะเห็นว่าเหล็กเพลากลมที่มีรอยบากที่ไม่ได้ผ่านการดึงให้เกิดขนาดของบริเวณพลาสติกต่าง ๆ กัน จะมีจำนวนรอบของการขาดมากกว่าเหล็กเพลากลมที่มีรอยบากถูกดึงด้วยแรงดึง , F ต่าง ๆ กันจะทำให้เกิดขนาดของบริเวณพลาสติกต่าง ๆ กัน สาเหตุก็เพราะ เมื่อเหล็กเพลากลมที่มีรอยบากถูกดึงด้วยแรงดึง ,F ต่าง ๆ กันจนทำให้เกิดขนาดของบริเวณพลาสติกต่าง ๆ กันจะเกิดความเครียดแข็งขึ้นที่บริเวณพลาสติก ดังได้กล่าวมาแล้ว เมื่อมารับความเค้นดัดที่ไม่เกินความเค้นจุดคลาก กับการทดสอบความล้าจึงทำให้ที่แกนยืดหยุ่นรับความเค้นมากขึ้นกว่าเดิม และมากกว่าเหล็กเพลากลมที่มีรอยบากที่ไม่ได้ผ่านการดึงให้เกิดขนาดของบริเวณพลาสติกต่าง ๆ กัน ซึ่งไม่มีความเค้นตกค้างอยู่เลย

จึงได้รับเฉพาะความเค้นดัดที่ไม่เกินความเค้นจุดคลาก กับการทดสอบความล้าเพียงอย่างเดียว