บทที่ 3

ปัจจัยที่มีผลต่อความผันแปรของข้อมูลการทดสอบ

ในการทดสอบอัตราการขยายตัวของความยาวรอยร้าวเนื่องจากความล้านี้ จากการศึกษาผลการวิจัยหลาย ๆ งานวิจัยพบว่าถึงแม้ว่าผู้ทดสอบจะได้กำหนดเงื่อนของการทดสอบที่เหมือนกัน ไม่ว่าจะเป็นวัสดุที่ใช้ทดสอบ ขนาดและรูปร่างของของชิ้นทดสอบ ระดับภาระ ความถี่ ฯลฯ เหมือนกันหลาย ๆ ชิ้นทดสอบก็ตาม แต่เมื่อพิจารณาผลที่ได้จากการทดสอบ จะพบว่าผลการทดสอบที่ได้จะมีการกระจายกันของข้อมูล

ซึ่งในเรื่องของปัจจัยที่ทำให้เกิดความผันแปรของผลการทดลองนี้ได้มีผู้ศึกษาไว้ดังนี้คือ

Clark และ Hudak (1975) ได้กล่าวไว้ว่าปัจจัยเดียวที่สำคัญที่สุดที่มีผลต่อความผันแปร (variability) ของข้อมูลอัตราการเติบโตของความยาวรอยร้าวก็คือวิธีการทดลอง

Wei และ Miller (1979) ยังกล่าวถึงปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อความผันแปรที่เกิดขึ้นของข้อมูลการทดสอบ ดังนี้

1. ความผันแปรจากคุณสมบัติเชิงกล (Mechanical Properties)
2. ความผันแปรจากภาระที่กระทำ และเงื่อนไขของสภาพแวดล้อมในการทดสอบ
3. ความผันแปรจากความถูกต้องของการวัดความยาวรอยร้าว (Crack length measurement precision) และกระบวนการการในการจัดการข้อมูล (Data processing procedure)

ซึ่ง Wei และ Miller ได้ใช้การจำลองแบบทางคอมพิวเตอร์ เพื่อประเมินความผันแปรของข้อมูลอัตราการเติบโตของรอยร้าว (fatigue crack growth rate data) ในส่วนที่ 3 โดยใช้ช่วงการวัดของความยาวรอยร้าว (crack length measurement interval) และความถูกต้องของความยาวรอยร้าว ทำโดยการวัดซ้ำๆ แล้วหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลที่วัดได้

Palmberg, Blom และ Eggwertz (1987) ได้กล่าวไว้ว่าการกระจายของอัตราการเติบโตของความยาวรอยร้าว (scatter in crack growth) จะขึ้นกับปัจจัยคือ

1. การกระจายขององค์ประกอบในเนื้อโลหะ (instrinsic material scatter)
2. ภาระที่กระทำ ที่อยู่ในความถูกต้องที่ยอมรับได้
3. สัดส่วนขนาดของชิ้นทดสอบ (test specimen's geometry)
4. ความถูกต้องของการวัด (accuracy of measurement)

ในมาตรฐาน ASTM E177-90A (Standard Practice for Use of the term Precision and Bias in ASTM Test Methods) ได้อธิบายถึงสาเหตุของความผันแปรในการทดลองดังนี้คือ

1. ผู้ทำการทดลอง (operator) ซึ่งอาจเกิดจากกรณีที่มีผู้ทำการทดลองหลายคนแต่มีกลวิธีเทคนิคในการทดสอบแตกต่างกัน โดยจะต้องมีการกำหนดวิธีการทดสอบให้เป็นมาตรฐาน และจัดการทดสอบระดับความรู้ในการทดลองของผู้ทำการทดลองให้เป็นแบบอย่างเดียวกัน

2. อุปกรณ์ หรือเครื่องมือในการทดสอบอาจเกิดความเบี่ยงเบนได้จากความคลาดเคลื่อนลักษณะเบี่ยงเบน (tolerances) ของเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ต้องตรวจสอบว่าเครื่องมือที่ใช้ได้มีการสอบเทียบให้ได้ตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐานหรือไม่

3. สภาพแวดล้อม ในการทดลองจะต้องกำหนดสภาพแวดล้อมในการทดลองให้อยู่ภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน ซึ่งปัจจัยสภาพแวดล้อมอาจมาจากอุณหภูมิ ความชื้น ความดันอากาศ ฯลฯ

4. ชิ้นทดสอบ (test specimen) โดยจะต้องมีการสุ่มล็อต (lot) ของวัสดุที่จะนำมาทดสอบ

5. เวลา ในการวัดผลการทดลองจะต้องใช้เวลาที่สั้นที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อขจัดความผันแปรที่อาจเกิดจากเวลา

หากพิจารณาปัจจัยจากสมการที่ใช้อธิบายผลการทดสอบอัตราการขยายตัวของรอยร้าว จากสมการของพารีส ดังแสดงไว้ในบทที่ 2 ดังสมการ

$$\frac{da}{dN} = C(\Delta K)^{m}$$

เมื่อ $\frac{da}{dN}$ เป็นอัตราการขยายตัวของความยาวรอยร้าว

C เป็นค่าคงที่

m เป็นความชันในมาตราล็อก (log-log plot)

K เป็นค่า Stress intensity factor

ซึ่งค่า Stress intensity factor นี้เป็นฟังก์ชันของความยาวรอยร้าว ภาระ และ ลักษณะรูปร่าง แสดงได้ดังสมการในบทที่ 2 โดย

$$\Delta K = f(a/w)\, \Delta P \sqrt{\pi a}$$

$$\Delta K = \frac{\Delta P}{B\sqrt{w}} f(a/w)$$

โดยที่ a เป็นความยาวรอยร้าว

ΔP เป็นช่วงความแตกต่างของภาระ $= P_{max} - P_{min}$

f(a/w) เป็นฟังก์ชันปัจจัยเนื่องจากรูปร่างของชิ้นทดสอบ จะแตกต่างกันไปตามรูปร่างของชิ้นทดสอบ

B เป็นความหนาของชิ้นทดสอบ

W เป็นความกว้างของชิ้นทดสอบ

เนื่องจากในการทดสอบเพื่อหาอัตราการขยายตัวของรอยร้าวเนื่องจากความล้าที่นำผลมาวิเคราะห์นี้ ผู้ทดสอบเลือกใช้ชิ้นทดสอบแบบ Compact Specimen, C(T) ดังแสดงในรูปที่ 4.1 ดังนั้นจะได้สมการการเปลี่ยนแปลงของ Stress intensity factor, ΔK ซึ่งแทนค่าฟังก์ชันปัจจัยเนื่องจากรูปร่างของชิ้นทดสอบ ได้สมการดังนี้

$$\Delta K = \frac{\Delta P}{B\sqrt{w}}\left(\frac{(2+\alpha)(0.886+4.64\alpha-13.32\alpha^2+14.72\alpha^3-5.6\alpha^4)}{(1-\alpha)^{3/2}}\right)$$

เมื่อ $\alpha = \frac{a}{w} \quad ; \frac{a}{w} \geq 0.2$

จากความสัมพันธ์ในสมการต่าง ๆ ข้างต้นจะได้ว่าค่าอัตราการขยายตัวของความยาวรอยร้าวเป็นฟังก์ชันของ Stress intensity factor นั้นคือ

$$\frac{da}{dN} = f(\Delta K)$$

และ

$$\Delta K = f(a,B,W,P)$$

นั่นคือเนื่องจาก Stress intensity factor เป็นฟังก์ชันของความยาวรอยร้าว (Crack length , a), ขนาดของชิ้นทดสอบ (ความหนา, B และความกว้าง, W) และระดับของภาระที่กระทำ (Load, P) จะได้ว่าค่าของ $\frac{da}{dN}$ นี้เป็นฟังก์ชันของความยาวรอยร้าว ความหนาและความกว้างของชิ้นทดสอบ และระดับภาระ

ซึ่งเมื่อพิจารณาปัจจัยต่าง ๆ ที่จะมีอิทธิพลต่อผลการทดสอบอัตราการขยายตัวของรอยร้าวเนื่องจากความล้าทำให้ผลการทดสอบที่ได้มีการกระจายกันของข้อมูล โดยเมื่อประมวลจากงานวิจัยที่ได้ศึกษาข้างต้น และจากการวิเคราะห์ตัวแปรจากสมการของพารีส และสมการของตัวแปรอื่น ๆ ที่ต่อเนื่องแล้วนั้น ผู้วิจัยได้เลือกปัจจัยหลักที่นำมาศึกษาอิทธิพลซึ่งคาดว่าจะมีต่อผลการทดสอบอัตราการขยายตัวของรอยร้าวเนื่องจากความล้าที่ได้ข้อมูลมาศึกษาในครั้งนี้ ดังนี้คือ

1. ปัจจัยเนื่องจากเครื่องทดสอบซึ่งจะเป็นเครื่องที่ให้เงื่อนไขต่างๆ ในการทดสอบ เช่นระดับภาระ (load) พิจารณาที่ความถูกต้อง แม่นยำของเครื่องทดสอบที่ใช้
2. ปัจจัยเนื่องจากชิ้นทดสอบ คือองค์ประกอบทางเคมี และคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุที่นำมาทดสอบ, มิติของชิ้นทดสอบ

3. ปัจจัยเนื่องจากการวัดความยาวรอยร้าว ซึ่งจะพิจารณาจากเครื่องมือที่ใช้วัดความยาวรอยร้าว

โดยในส่วนของปัจจัยเนื่องจากผู้ทดสอบ และปัจจัยเนื่องจากสภาพแวดล้อมนั้นผู้วิจัยจะไม่พิจารณา เนื่องจากในการทดสอบใช้ผู้วัดรอยร้าวเป็นคนเดียวกันจึงถือว่าไม่มีอิทธิพลจากผู้ทดสอบเพราะในการวัดความยาวรอยร้าว ซึ่งในการวัดผู้วัดจะมีจุดอ้างอิงที่ถือว่าเป็นจุดเริ่มของรอยร้าว และในการวัดรอยร้าวจะวัดซ้ำหลายครั้ง และในส่วนของปัจจัยเนื่องจากสภาพแวดล้อมนี้ไม่พิจารณาเช่นกัน เนื่องจากในการทดสอบเป็นการทดสอบภายใต้ห้องควบคุมอุณหภูมิ และภายใต้สภาวะแวดล้อมเดียวกันโดยตลอด