



บทที่ 3

สมการความสัมพันธ์ของโมเมนต์และมุมเปลี่ยนของรอยต่อ

ในบทนี้จะอธิบายวิธีการหาสมการความสัมพันธ์ของ โมเมนต์และมุมเปลี่ยนจากผลการทดสอบที่ผ่านมา และแสดงผลการคำนวณหาสมการความสัมพันธ์ของ โมเมนต์และมุมเปลี่ยนของรอยต่อที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 สมการของรอยต่อที่คำนวณมาได้จะใช้เขียนเป็นเส้นโค้งเพื่อเปรียบเทียบกับผลการทดสอบที่ใช้ในการหาสมการ

3.1 วิธีการหาสมการความสัมพันธ์ของ โมเมนต์และมุมเปลี่ยนของรอยต่อ

เพื่อที่จะหาสมการที่สามารถแทนพฤติกรรมของรอยต่อแต่ละประเภท ซึ่งมีขนาดแตกต่างกันได้ จึงกำหนดให้มุมเปลี่ยนและ โมเมนต์ที่กระทำกับรอยต่อเป็นดังสมการที่ 3.1

$$\phi = f(KM) \quad (3.1)$$

KM คือ โมเมนต์มาตรฐาน (Standardized Moment) ซึ่งกำหนดขึ้นเพื่อแสดงลักษณะความสัมพันธ์ของ โมเมนต์และมุมเปลี่ยนของรอยต่อในแต่ละประเภท แต่มีขนาดแตกต่างกันได้

M คือ โมเมนต์ที่กระทำกับรอยต่อ

K คือ ค่าตัวคูณมาตรฐาน (Standardization Factor) ซึ่งจะมีค่าขึ้นอยู่กับขนาดของรูปร่างและสัดส่วนของรอยต่อ

เนื่องจากรอยต่อจะมีรูปร่างและสัดส่วนมากมาย ดังนั้นในการคำนวณค่า K จึงใช้เฉพาะตัวที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมของรอยต่อเท่านั้น ซึ่งรูปร่างและสัดส่วนที่นำมาใช้นี้จะเรียกต่อไปว่า ตัวแปร และเพื่อที่จะหาค่า K จากค่าตัวแปร (P) ต่าง ๆ จึงสมมติให้

$$K = \prod_{j=1}^m P_j^{\alpha_j} \quad (3.2)$$

โดยที่ m = จำนวนของตัวแปรที่มีผลต่อพฤติกรรมของรอยต่อ
 P_j = ตัวแปรตัวที่ j (Size Parameter) ที่มีผลต่อพฤติกรรมของรอยต่อ
 a_j = ค่ายกกำลังของ P_j ซึ่งหาได้จากผลการทดสอบที่ผ่านมา

3.1.1 การหาค่ายกกำลังของตัวแปรต่าง ๆ

ดังที่กล่าวไว้แล้วในบทที่ 2 พฤติกรรมของรอยต่อในโครงสร้างเหล็กเป็นส่วนมากจะมีพฤติกรรมเป็นแบบไร้เชิงเส้น จากการสังเกตลักษณะพฤติกรรมของรอยต่อที่ทดสอบผ่านมา ลักษณะเส้นโค้งของโมเมนต์และมุมเปลี่ยนของรอยต่อ ค่อนข้างจะเป็นไปตามสมการที่ (3.3)

คือ

$$\log (\phi) = C + A \log (M) \quad (3.3)$$

โดยที่ C และ A เป็นค่าคงที่

จากสมการที่ 3.3 ถ้าเขียนให้อยู่ในรูปของโมเมนต์มาตรฐานจะสามารถเขียนได้

ดังนี้

$$\log (\phi) = \log (KM) ^ A$$

ซึ่งจะกระจายออกได้เป็น

$$\log (\phi) = A \log (K) + A \log (M)$$

หรือ

$$\log (\phi) - A \log (M) = A \log (K)$$

ในกรณีที่ต้องการหาค่ายกกำลัง a_j ของตัวแปร P_j จำเป็นจะต้องใช้ผลการทดสอบตัวอย่างอย่างน้อย 2 ตัวอย่าง โดยที่ตัวอย่างเหล่านี้จะต้องมีค่าตัวแปร P_j เท่านั้นที่มีค่าแตกต่างกัน

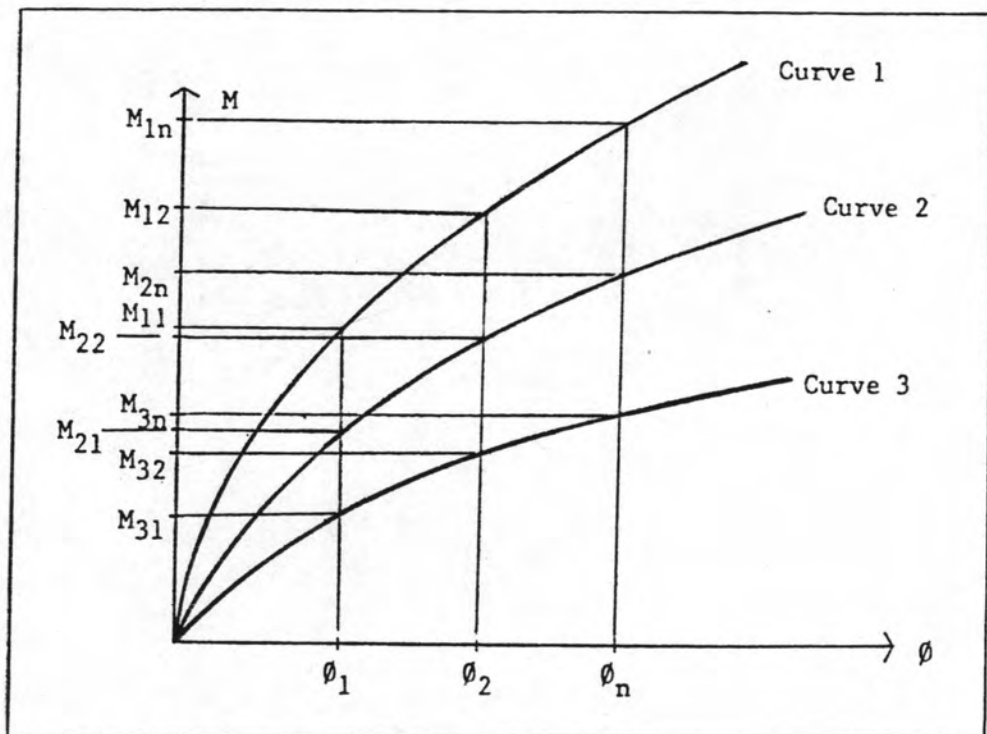
ต่างกัน ในขณะที่ตัวแปรตัวอื่น ๆ มีค่าเหมือนกัน ดังนั้นจากสมการที่ผ่านมาเราสามารถที่จะเขียนได้เป็น

$$(\log(\phi))/A - \log(M) = \sum_{i=1}^{j-1} a_i \log(P_i) + a_j \log(P_j) + \sum_{i=j+1}^m a_i \log(P_i)$$

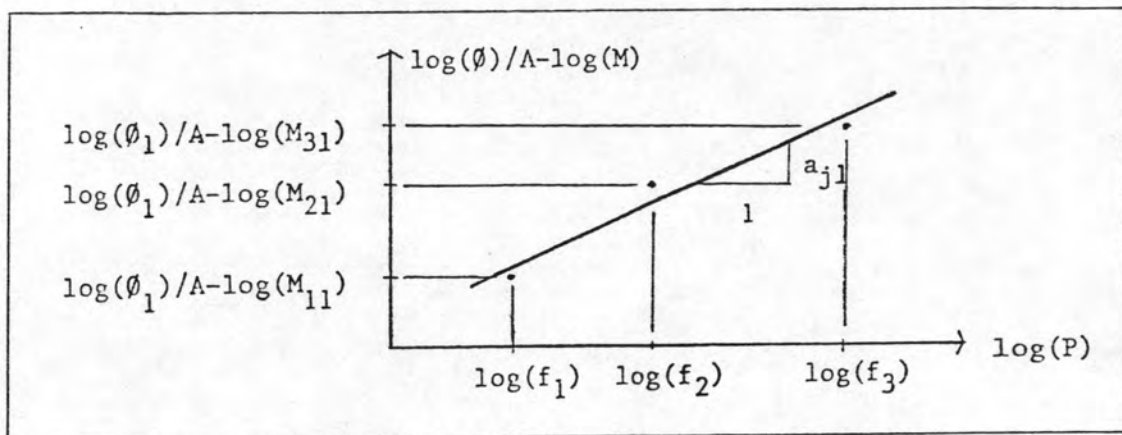
$$\text{หรือ } (\log(\phi))/A - \log(M) = C + a_j \log(P_j) \quad (3.4)$$

จากสมการที่ 3.4 จะเห็นได้ว่า a_j เป็นความชันของสมการโดยที่มี $\log(P_j)$ และ $(\log(\phi))/A - \log(M)$ เป็นตัวแปรของสมการ

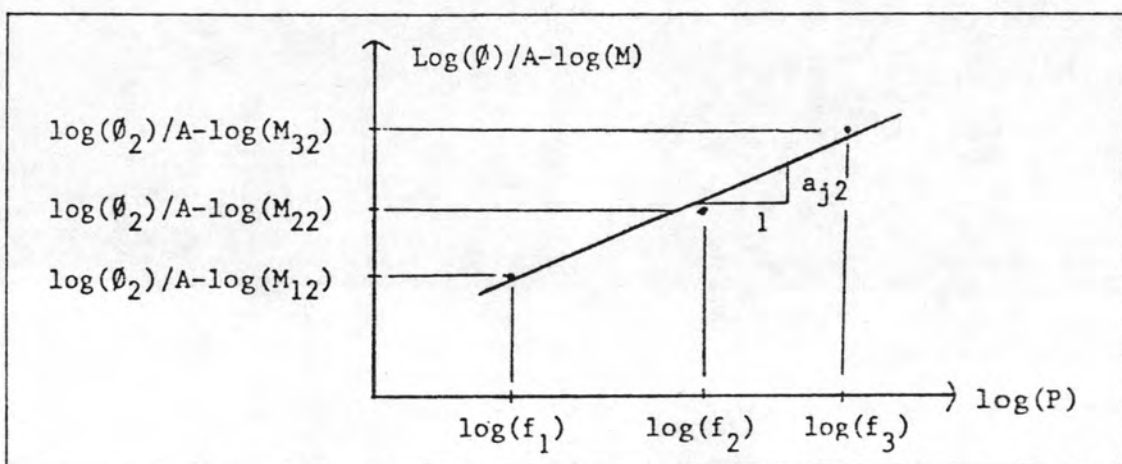
การใช้สมการที่ 3.4 เพื่อหาค่า a_j จะหาเฉพาะค่า ϕ แต่ละค่าเท่านั้น ดังนั้นการจะหาค่า a_j จึงหาจากค่า ϕ หลาย ๆ ค่า เพื่อนำมาเฉลี่ยหาค่า a_j ที่จะใช้เป็นค่า ยกกำลังของตัวแปรที่ทำการศึกษา



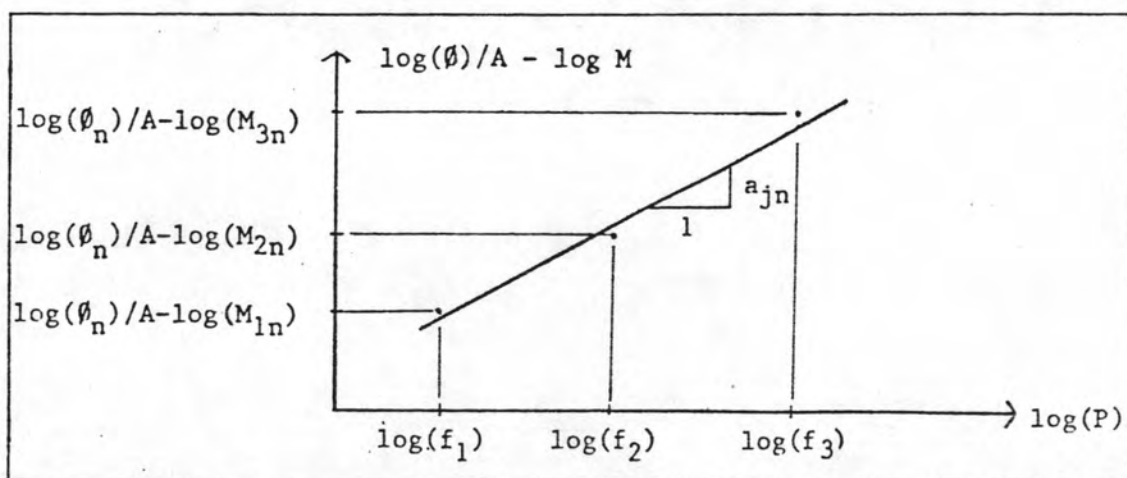
รูปที่ 3.1 ตัวอย่างเส้นโค้งของรอยต่อที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางสลักเกลียวต่างกัน



(ก) ตัวอย่างการหาค่ายกกำลัง (a_j) ของตัวแปรที่ค่ามุมเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ ϕ_1



(ข) ตัวอย่างการหาค่ายกกำลัง (a_j) ของตัวแปรที่ค่ามุมเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ ϕ_2



(ค) ตัวอย่างการหาค่ายกกำลัง (a_j) ของตัวแปรที่ค่ามุมเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ ϕ_n

รูปที่ 3.2 ตัวอย่างการหาค่ายกกำลัง (a_j) ที่ค่า ϕ ต่างกัน

วิธีการหาค่ายกกำลังของค่าตัวแปรต่าง ๆ จะอธิบายได้ละเอียดขึ้นดังตัวอย่างต่อไปนี้ ในรูปที่ 3.1 แสดงให้เห็นเส้นโค้งของรอยต่อใด ๆ ที่มีลักษณะเหมือนกันทุกอย่าง ยกเว้นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของสลักเกลียวของรอยต่อเท่านั้นที่มีขนาดแตกต่างกัน ซึ่งจากที่แสดงในรูป เส้นโค้งที่ 1 2 และ 3 จะเป็นเส้นโค้งที่ได้จากรอยต่อที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเป็น f_1 , f_2 และ f_3 ตามลำดับ ค่ายกกำลังของเส้นผ่าศูนย์กลางสลักเกลียวจะหาจากค่า ϕ ต่าง ๆ ของเส้นโค้ง

ดังแสดงในรูปที่ 3.1 ค่า a_j จะหาจากค่า ϕ ต่าง ๆ n ค่า และค่า ϕ แต่ละค่าก็จะให้ค่าโมเมนต์ต่าง ๆ กันไป โดยอาศัยสมการที่ 3.4 เราจะหาค่าของ a_j สำหรับค่า ϕ แต่ละค่าได้ดังรูปที่ 3.2

ค่า a_j ที่จะใช้เป็นค่ายกกำลังของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางสลักเกลียวของรอยต่อจะหาได้จาก

$$a_j = (a_{j1} + a_{j2} + \dots + a_{jn}) / n$$

และค่ายกกำลังสำหรับตัวแปรตัวอื่น ๆ ของรอยต่อก็จะคำนวณโดยวิธีเดียวกันนี้

3.1.2 สมการความสัมพันธ์ของโมเมนต์และมุมเปลี่ยนของรอยต่อ

เนื่องจากลักษณะของโมเมนต์และมุมเปลี่ยนของรอยต่อเป็นแบบไร้เชิงเส้นในการศึกษาในครั้งนี้จึงใช้สมการพหุนาม (Polynomial Equation) แทนความสัมพันธ์ของโมเมนต์และมุมเปลี่ยนดังแสดงในสมการที่ 3.5

$$\phi = \sum_{i=1}^n C_i (KM)^i \quad (3.5)$$

ในการวิเคราะห์โครงสร้าง โมเมนต์ที่เกิดขึ้นมีโอกาสที่จะเป็นได้ทั้งโมเมนต์บวกและโมเมนต์ลบ ดังนั้นสมการที่ 3.5 จึงต้องมีลักษณะเป็นฟังก์ชันคี่ (Odd Function) ซึ่งจะเขียนใหม่ได้เป็น

$$\phi = \sum_{i=1,3,5,\dots}^n C_1 (KM)^1 \quad (3.6)$$

จากหัวข้อที่ 3.1.1 เราสามารถที่จะหาค่า K (Standardization Factor) ได้ ซึ่งค่า K ที่ได้มานี้จะใช้ในการหาโมเมนต์มาตรฐาน (KM) ของรอยต่อที่มีขนาดต่าง ๆ กันได้ ค่าโมเมนต์มาตรฐานของรอยต่อที่มีขนาดต่าง ๆ กันนี้สามารถที่จะเขียนเป็นกลุ่มของจุดบนกราฟของ KM และ ϕ จากกลุ่มของจุดเหล่านี้โดยใช้วิธี Least Square Curve Fitting จะทำให้คำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ของสมการที่ 3.6 ได้

3.2 สมการความสัมพันธ์ของโมเมนต์และมุมเปลี่ยนของรอยต่อแบบ Single Web Angle

การหาสมการโมเมนต์และมุมเปลี่ยนของรอยต่อในตอนแรกจะต้องพิจารณาหาตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อพฤติกรรมของรอยต่อ และเนื่องจากลักษณะของรอยต่อแบบนี้และแบบ Double Web Angle มีลักษณะที่คล้ายกัน ดังนั้นในการพิจารณาหาตัวแปรสำคัญ ๆ ที่มีผลต่อพฤติกรรมของรอยต่อจึงสามารถดูได้จากผลการทดสอบรอยต่อแบบ Double Web Angle เช่นกัน โดยทั่วไป ตัวแปรสำคัญ ๆ ที่มีผลต่อพฤติกรรมของรอยต่อแบบนี้จะได้แก่ ความหนาของเหล็กฉากที่ใช้ ความยาวของเหล็กฉากที่ใช้และระยะเกจของรอยต่อ สำหรับขนาดของตัวแปรตัวอื่น ๆ ของรอยต่ออาจจะมีผลต่อพฤติกรรมของรอยต่อบ้าง แต่เนื่องจากขาดข้อมูลผลการทดสอบที่ยืนยันได้ว่า ตัวแปรนั้นมีผลต่อพฤติกรรมของรอยต่อมากน้อยเพียงใด ดังนั้นตัวแปรที่จะใช้ในการพิจารณาพฤติกรรมของรอยต่อแบบนี้จึงใช้เป็น ความหนาของเหล็กฉาก (t) ความยาวของเหล็กฉาก (d) และระยะเกจของรอยต่อ (g) ซึ่งตัวแปรเหล่านี้แสดงไว้ในรูปที่ 3.3

ในการหาสมการโมเมนต์และมุมเปลี่ยนของรอยต่อแบบนี้ ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบมีอยู่อย่างจำกัด จึงใช้เฉพาะข้อมูลของ Lipson (17) เท่านั้น

รายละเอียดของรอยต่อที่ใช้ในการหาสมการโมเมนต์และมุมเปลี่ยน แสดงในตารางที่ 3.1 ช่องที่ 2 ของตารางแสดงวิธีการทดสอบที่ใช้กับตัวอย่างทดสอบแต่ละอัน สัญลักษณ์ M หมายถึงวิธีการทดสอบที่ให้รอยต่อรับเฉพาะโมเมนต์เพียงอย่างเดียว โดยให้รอยต่อรับแรงเฉือนน้อยที่สุด สัญลักษณ์ M-V- ϕ หมายถึงวิธีการทดสอบให้รอยต่อรับทั้งโมเมนต์และแรงเฉือน

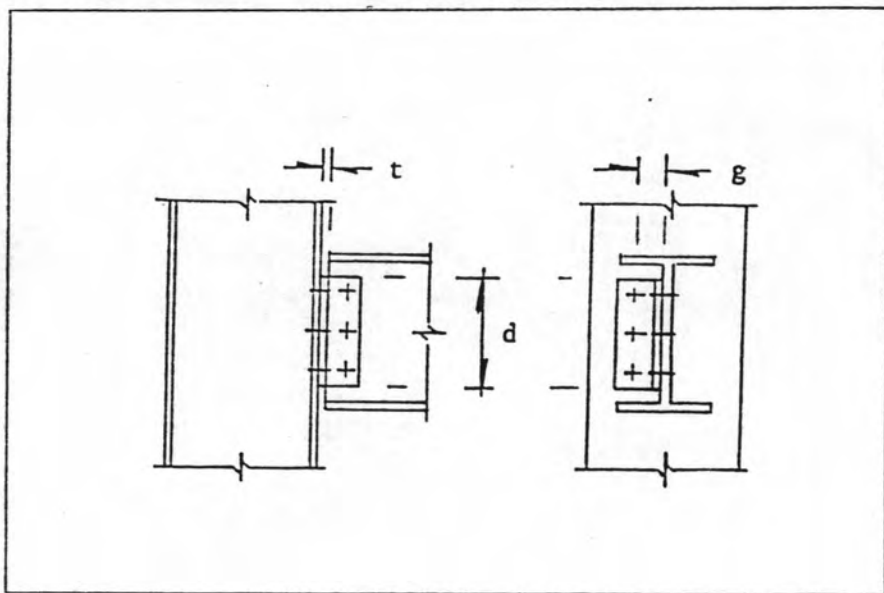
พร้อมกัน ซึ่งจากการทดสอบในครั้งนี้นำแสดงให้เห็นว่ารอยต่อที่มีขนาดเท่ากัน เมื่อทดสอบโดยวิธีที่ต่างกันจะมีพฤติกรรมต่างกัน ไม่มากนัก

จากข้อมูลผลการทดสอบที่แสดงในตารางที่ 3.1 สามารถที่จะรวมกลุ่มของข้อมูลเป็นกลุ่ม ๆ เพื่อหาค่าขยักกำลังของตัวแปรแต่ละตัวได้ดังนี้

ค่าขยักกำลังของระยะเกจ (g) ของรอยต่อจะหาได้จากตัวอย่างหมายเลข C-4 B2-4 และ BB-4/1 ซึ่งจะแสดงผลในตารางที่ 3.2

ค่าขยักกำลังของความยาวเหล็กฉาก (d) ของรอยต่อจะหาได้จากตัวอย่างหมายเลข AA-3/1 AA-4/1 AA-5/1 และ AA-6/1 ซึ่งจะแสดงผลในตารางที่ 3.3

ค่าขยักกำลังของความหนาเหล็กฉาก (t) ของรอยต่อจะหาได้จากตัวอย่างหมายเลข AA-4/1 และ BB-4/1 ซึ่งจะแสดงผลในตารางที่ 3.4



รูปที่ 3.3 ตัวแปรที่มีผลกับรอยต่อแบบ Single Web Angle

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดรอยต่อแบบ Single Web Angle

วิธีทดสอบ	ตัวอย่าง หมายเลข	ขนาดของเหล็กฉาก , นิ้ว	เส้นผ่าศูนย์กลาง ตัวยึด , นิ้ว	ระยะเกจ , นิ้ว
M	AA-3/1	4 x 3 1/2 x 1/4 x 8 1/2	3/4	2 9/16
M	AA-4/1	4 x 3 1/2 x 1/4 x 11 1/2	3/4	2 9/16
M	AA-5/1	4 x 3 1/2 x 1/4 x 14 1/2	3/4	2 9/16
M	AA-6/1	4 x 3 1/2 x 1/4 x 17 1/2	3/4	2 9/16
M	BB-4/1	4 x 3 1/2 x 5/16 x 11 1/2	3/4	2 9/16
M-V-φ	B2-4	4 x 3 1/2 x 5/16 x 11 1/2	3/4	2 9/16
M-V-φ	C-4	3 1/2 x 5 x 5/16 x 11 1/2	3/4	1 15/16

ตารางที่ 3.2 ค่ายกกำลังของระยะเกจ (g) ของรอยต่อแบบ Single Web Angle
โดยใช้ผลการทดสอบของ Lipson (17)

φ	C-4, B2-4	C-4, BB-4/1
.0025	3.16	4.48
.0050	2.44	3.27
.0075	2.14	2.81
.0100	1.8	2.62
.0125	1.64	2.45
เฉลี่ย	2.24	3.13
ค่าที่ใช้	2.69	

ตารางที่ 3.3 ค่ายกกำลังของความยาวเหล็กฉาก (d) ของรอยต่อแบบ

Single Web Angle ใช้ผลการทดสอบของ Lipson (17)

φ	AA-3/1, AA-4/1, AA-5/1, AA-6/1
.0025	-2.97
.0050	-2.75
.0075	-2.50
.0100	-2.40
.0125	-2.31
.0150	-2.20
.0175	-2.17
.0200	-2.14
.0225	-2.14
.0250	-2.13
.0275	-2.15
.0300	-2.14
.0325	-2.15
.0350	-2.13
.0375	-2.14
.0400	-2.12
.0425	-2.12
.0450	-2.10
.0475	-2.10
เฉลี่ย	-2.26
ค่ายกกำลังที่ใช้	-2.26

ตารางที่ 3.4 ค่ายกกำลังของความหนาเหล็กฉาก (t) ของรอยต่อแบบ Single Web Angle

โดยใช้ผลการทดสอบของ Lipson (17)

ϕ	AA-4/1, BB-4/1
.0025	-1.02
.0050	-1.55
.0075	-1.48
.0100	-1.40
.0125	-1.32
.0150	-1.31
.0175	-1.36
.0200	-1.38
.0225	-1.43
.0250	-1.42
.0275	-1.44
.0300	-1.48
.0325	-1.41
.0350	-1.38
.0375	-1.36
.0400	-1.38
.0425	-1.29
.0450	-1.27
.0475	-1.23
เฉลี่ย	-1.36
ค่าที่ใช้	-1.36

จากค่ายกกำลังที่คำนวณได้ในตารางที่ 3.2 3.3 และ 3.4 ทำให้เราได้ค่า K
ตั้งนี้คือ

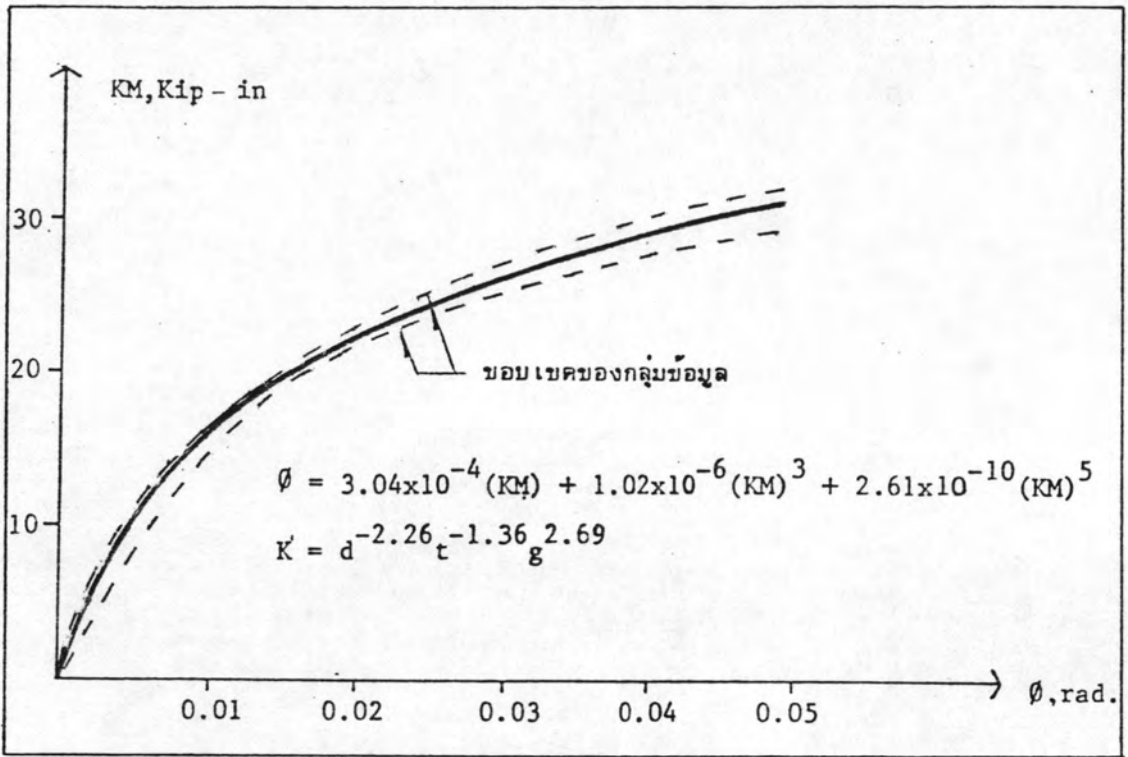
$$K = d^{-2.26} t^{-1.36} g^{2.69} \quad (3.7)$$

และโดยอาศัยค่า K ในสมการที่ 3.7 จะสามารถเขียนเป็นกราฟของโมเมนต์
มาตรฐานและมุมเปลี่ยนได้ดังแสดงในรูปที่ 3.4

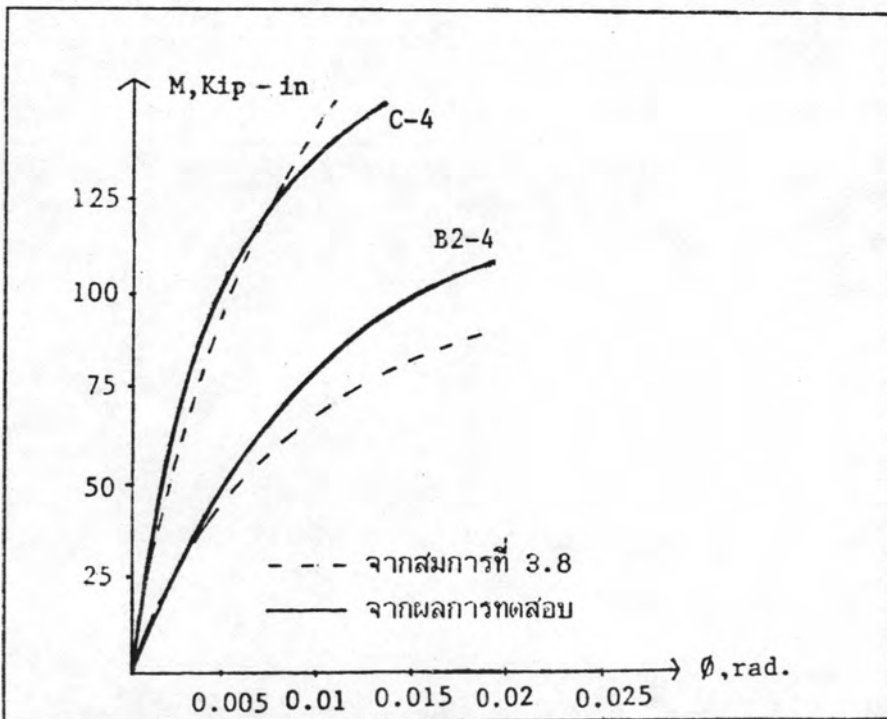
จากกลุ่มของข้อมูลที่นำมา โดยอาศัยวิธี Least Square ทำให้ได้สมการโมเมนต์
และมุมเปลี่ยนเป็น

$$\phi = 3.04 \times 10^{-4} (KM) + 1.02 \times 10^{-6} (KM)^3 + 2.61 \times 10^{-10} (KM)^5 \quad (3.8)$$

สมการที่ 3.8 แสดงให้เห็นพฤติกรรมของรอยต่อที่ค่อนข้างจะใกล้เคียงกับผลการทดสอบ
ในรูปที่ 3.5 แสดงให้เห็นถึงเส้นโค้งของรอยต่อที่ได้จากสมการที่ 3.8 และที่ได้จาก
การทดสอบเปรียบเทียบกัน ซึ่งโดยทั่วไปลักษณะของเส้นโค้งค่อนข้างจะใกล้เคียงกัน

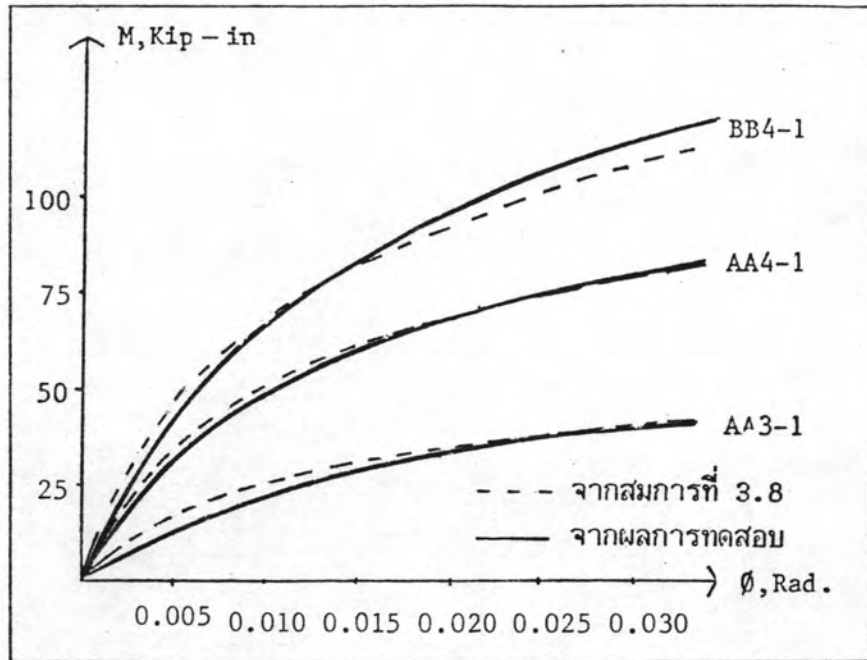


รูปที่ 3.4 โมเมนต์มาตรฐานและมุมเปลี่ยนของรอยต่อแบบ Single Web Angle

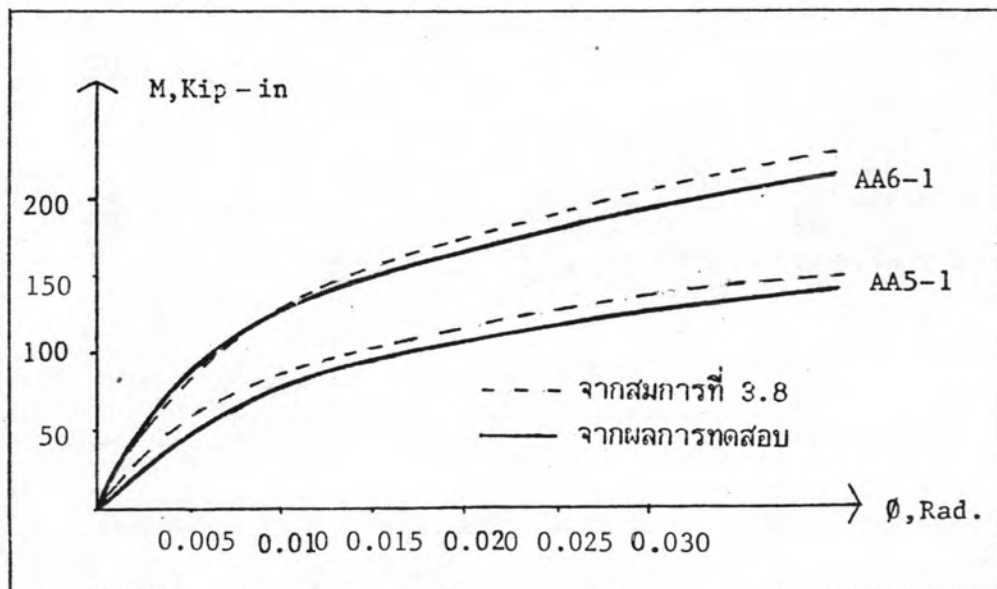


(ก) ตัวอย่างทดสอบของ Lipson (17) หมายเลข C-4 , B2-4

รูปที่ 3.5 เปรียบเทียบเส้นโค้งของโมเมนต์และมุมเปลี่ยนของรอยต่อแบบ Single Web Angle ที่ได้จากการทดสอบและจากสมการที่ 3.8



(ข) ตัวอย่างทดสอบของ Lipson (17) หมายเลข BB4-1 , AA4-1 , AA3-1



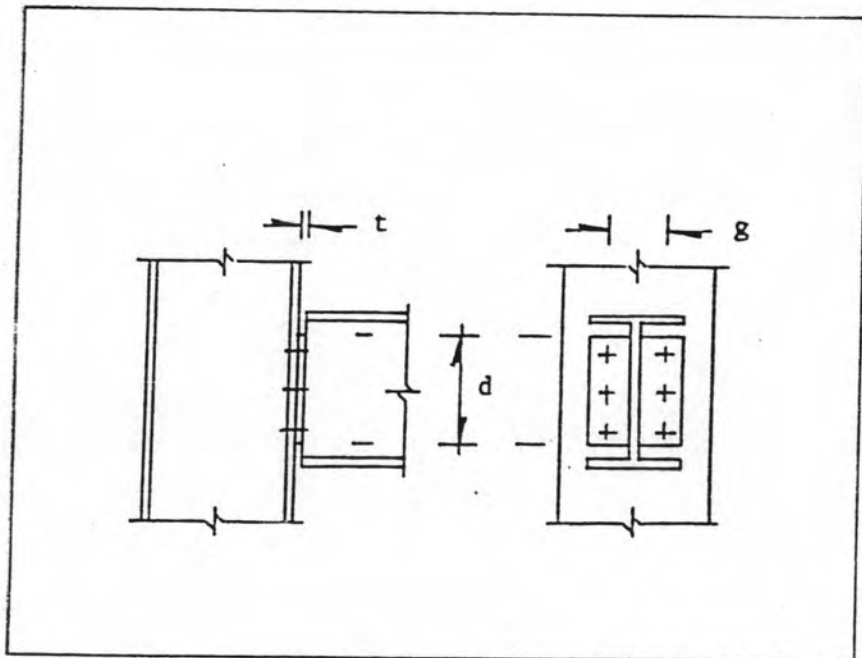
(ค) ตัวอย่างทดสอบของ Lipson (17) หมายเลข AA6-1 , AA5-1

3.3 สมการความสัมพันธ์ของโมเมนต์และมุมเปลี่ยนของรอยต่อแบบ Header Plate

พฤติกรรมของรอยต่อแบบนี้มักจะขึ้นอยู่กับลักษณะของแผ่นเหล็กที่นำมาใช้มาก ดังนั้น ตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องและสมการที่จะพิจารณาส่วนมากจึงเกี่ยวข้องกับแผ่นเหล็ก ไม่ว่าจะเป็น ความหนา ความยาวหรือความกว้าง ลักษณะของรอยต่อและตัวแปรที่ใช้แสดงอยู่ในรูปที่ 3.6 ซึ่งจะแสดงให้เห็นตัวแปรแต่ละตัวที่ทำการศึกษา ซึ่งมีอยู่ 3 ตัวแปรคือ ความยาวของแผ่นเหล็ก (d) ความหนาแผ่นเหล็ก (t) และระยะเกจของรอยต่อ (g)

ในความเป็นจริง ตัวแปรที่มีผลต่อพฤติกรรมของรอยต่ออาจจะมีมากกว่านี้ แต่เนื่องจากจำนวนข้อมูลมีอยู่อย่างจำกัด ทำให้ทำการศึกษ ตัวแปรได้เพียง 3 ตัวแปรดังกล่าว มา

ข้อมูลที่ใช้ในการหาสมการของรอยต่อแบบนี้จะประกอบด้วย ผลการทดสอบของ Kennedy และ Hafez (18) และ Somner (9) รายละเอียดของรอยต่อที่ใช้ในการทดสอบ จะแสดงในตารางที่ 3.5 และ 3.6



รูปที่ 3.6 ตัวแปรที่มีผลกับรอยต่อแบบ Header Plate

ตารางที่ 3.5 รายละเอียดรอยต่อแบบ Header Plate ของ Kennedy และ Hafez (18)

ตัวอย่าง หมายเลข	ความหนาแผ่น เหล็ก, นิ้ว	ระยะเกจ , นิ้ว	ความยาวแผ่น เหล็ก, นิ้ว	ขนาดสลักเกลียว , นิ้ว
1	3/8	4	18	3/4
2	1/4	4	18	3/4
3	3/8	5.5	18	3/4
4	1/4	5.5	12	3/4
5	3/8	5.5	12	3/4
6	1/2	5.5	12	3/4
7	3/8	5.5	24	3/4
8	1/4	5.5	24	3/4

จากข้อมูลผลการทดสอบที่แสดงในตารางที่ 3.5 และ 3.6 สามารถที่จะรวมกลุ่มข้อมูลเป็นกลุ่ม ๆ เพื่อหาค่ายกกำลังของตัวแปรแต่ละตัว ได้ดังนี้

ค่ายกกำลังของความหนาแผ่นเหล็ก (t) จะหาได้จากตัวอย่างของ Kennedy และ คณะ (18) หมายเลข 1,2,4,5,6,7 และ 8 ตัวอย่างของ Somner (9) หมายเลข 7, 8,11,12,15,17,19 และ 20 ซึ่งแสดงผลในตารางที่ 3.7

ค่ายกกำลังของระยะเกจ (g) จะหาได้จากตัวอย่างของ Kennedy และ Hafez (18) หมายเลข 1 และ 3 ตัวอย่างของ Somner (9) หมายเลข 7,12,15 และ 17 ซึ่งแสดงผลในตารางที่ 3.8

ค่ายกกำลังของความยาวแผ่นเหล็ก (d) จะหาได้จากตัวอย่างของ Kennedy และ Hafez (18) หมายเลข 3,4,5,7 และ 8 ตัวอย่างของ Somner (9) หมายเลข 7,8,9 ,10,11,15,16,19 และ 20 ซึ่งจะแสดงผลในตารางที่ 3.9

ตารางที่ 3.6 รายละเอียดครอยต่อแบบ Header Plate ของ Somner (9)

ตัวอย่าง หมายเลข	ความหนาแผ่น เหล็ก, นิ้ว	ระยะเกจ, นิ้ว	ความยาวแผ่น เหล็ก, นิ้ว	ขนาดคาน
5	1/4	4	15	18 WF 45
7	1/4	4	12	24 WF 76
8	1/4	4	15	24 WF 76
9	1/4	4	18	24 WF 76
10	3/8	4	9	18 WF 45
11	3/8	4	12	18 WF 45
12	3/8	4	15	24 WF 76
15	3/8	5 1/2	15	24 WF 76
16	3/8	5 1/2	18	24 WF 76
17	1/4	5 1/2	12	24 WF 76
19	1/2	5 1/2	12	24 WF 76
20	1/2	5 1/2	15	24 WF 76

ตารางที่ 3.7 ค่ายกกำลังของความหนาแผ่นเหล็ก (t) ของรอยต่อแบบ Header Plate
โดยใช้ผลการทดสอบของ Kennedy (18) และ Somner (9)

φ	Kennedy และ Hafez (18)			Somner (9)			
	1,2	4,5,6	7,8	7,11	8,12	15,20	17,19
.0025	-1.32	-1.55	-1.68	-2.32	-1.33	-1.82	-1.25
.0050	-0.89	-1.33	-1.31	-2.04	-1.26	-1.27	-1.34
.0075	-0.91	-1.28	-1.09	-1.86	-1.19	-1.04	-1.29
.0100	-0.88	-1.16	-0.98	-1.69	-1.11	-0.89	-1.27
.0125	-0.92	-1.05	-0.85	-1.54	-1.08	-0.87	-1.30
.0150	-0.96	-1.03	-0.79	-1.45	-1.01	-0.86	-1.30
.0175	-0.94	-1.01	-0.73	-1.36	-1.00	-0.85	-1.30
.0200	-0.91	-0.97	-0.72	-1.28	-0.95	-0.83	-1.28
.0225	-0.87	-0.97	-0.70	-1.27	-0.98	-0.84	-1.31
.0250	-0.85	-0.97			-0.96	-0.78	-1.34
.0275					-0.98	-0.77	-1.36
.0300					-0.99	-0.72	
เฉลี่ย	-0.95	-1.13	-0.98	-1.64	-1.06	-0.95	-1.30
ค่าที่ใช้	-1.15						

ตารางที่ 3.8 ค่ายกกำลังของระยะแกจ (g) ของรอยต่อแบบ Header Plate
โดยใช้ผลการทดสอบของ Kennedy (18) และ Somner (9)

φ	Kennedy (18)	Sommer (9)	Sommer (9)
	1,3	12,15	7,17
.0025	1.17	0.93	1.87
.0050	1.14	0.75	1.73
.0075	1.36	0.64	1.39
.0100	1.40	0.61	1.23
.0125	1.48	0.67	1.28
.0150	1.47	0.69	1.24
.0175	1.48	0.69	1.20
.0200	1.43	0.67	1.17
.0225	1.42	0.67	1.17
.0250	1.39	0.66	
.0275		0.61	
.0300		0.60	
เฉลี่ย	1.37	0.67	1.36
ค่าที่ใช้	1.14		

ตารางที่ 3.9 ค่ายกกำลังของความยาวแผ่นเหล็ก (d) ของรอยต่อแบบ Header Plate
โดยใช้ผลการทดสอบของ Kennedy (18) และ Somner (9)

φ	Kennedy (18)		Somner (9)			
	3,5,7	4,8	7,8,9	10,11	15,16	19,20
.0025	-2.19	-2.4	-2.70	-2.98	-3.97	-4.68
.0050	-2.04	-2.34	-2.58	-2.73	-3.07	-3.68
.0075	-2.13	-2.43	-2.56	-2.56	-2.65	-3.16
.0100	-2.14	-2.41	-2.49	-2.38	-2.44	-2.71
.0125	-2.14	-2.37	-2.45	-2.25	-2.42	-2.54
.0150	-2.15	-2.38	-2.48	-2.12	-2.46	-2.39
.0175	-2.18	-2.39	-2.46	-2.03	-2.38	-2.29
.0200	-2.21	-2.37	-2.42	-2.04	-2.40	-2.19
.0225	-2.19	-2.37	-2.42	-2.10	-2.37	-2.06
.0250				-2.13	-2.35	-2.04
.0275				-2.19	-2.24	-2.03
.0300					-2.24	-1.99
.0325					-2.19	-1.95
.0350						-1.97
.0375						-1.93
.0400						-1.92
เฉลี่ย	-2.15	-2.38	-2.51	-2.32	-2.55	-2.38
ค่าที่ใช้	-2.38					

จากค่ายกกำลังที่คำนวณได้ในตารางที่ 3.7 3.8 และ 3.9 ทำให้ได้ค่า K เป็น

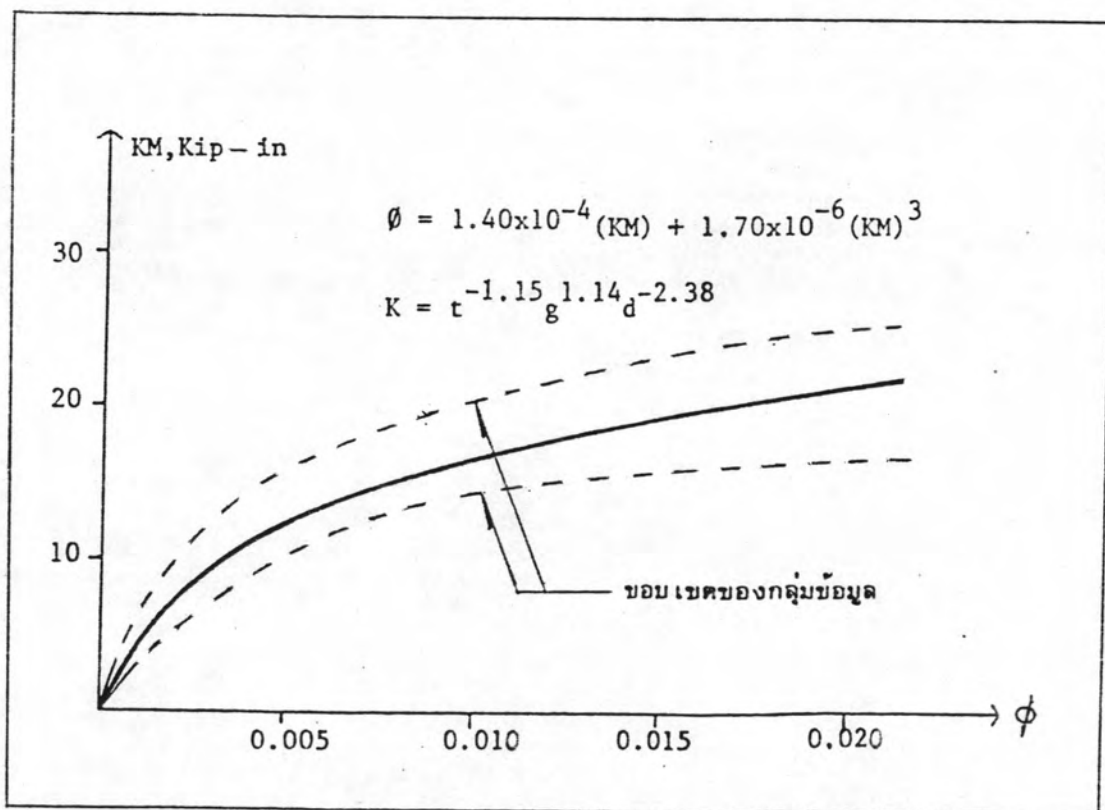
$$K = t^{-1.15} g^{1.14} d^{-2.38} \quad (3.9)$$

เราจึงสามารถเขียนกราฟของโมเมนต์มาตรฐานและมุมเปลี่ยน ของรอยต่อแบบ Header Plate ได้ดังแสดงในรูปที่ 3.7

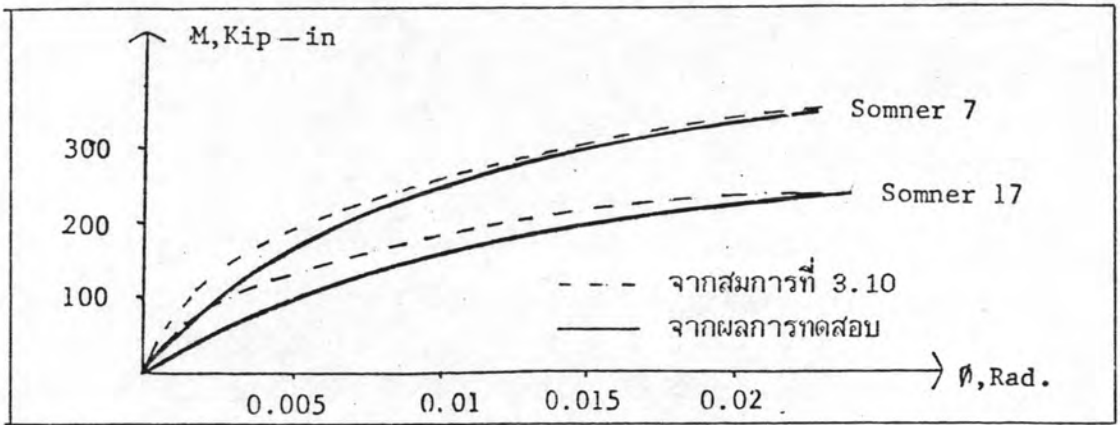
จากกราฟในรูปที่ 3.7 เราจะสามารถสร้างสมการโมเมนต์และมุมเปลี่ยน ได้ดังสมการที่ 3.10

$$\phi = 1.4 \times 10^{-4} (KM) + 1.7 \times 10^{-6} (KM)^3 \quad (3.10)$$

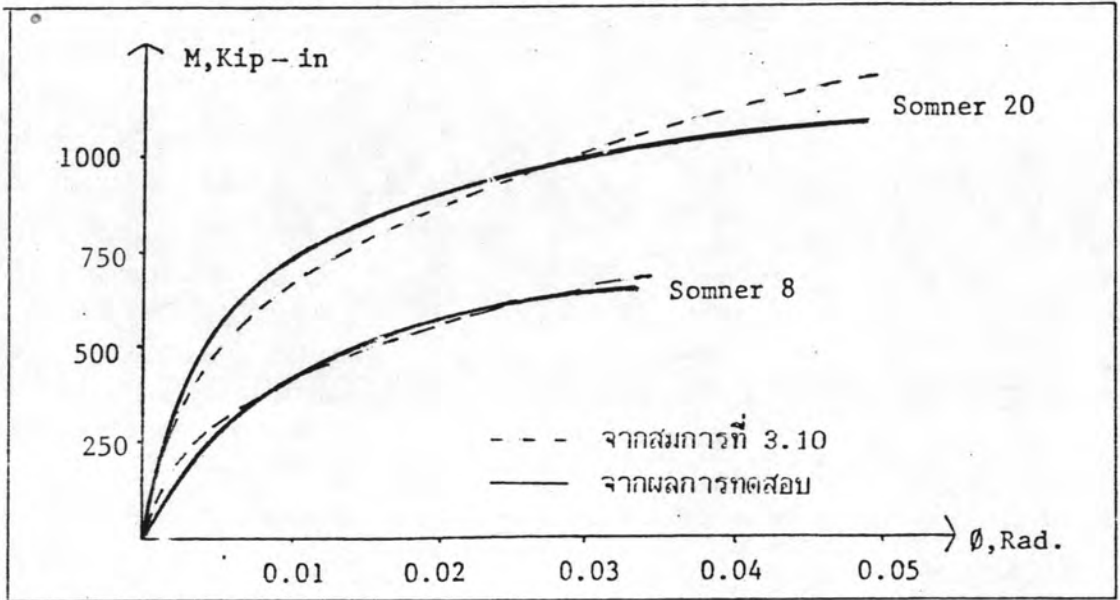
เส้นโค้งที่ได้จากสมการที่ 3.10 จะเปรียบเทียบกับ เส้นโค้งของโมเมนต์และมุมเปลี่ยน ที่ได้จากการทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 3.8



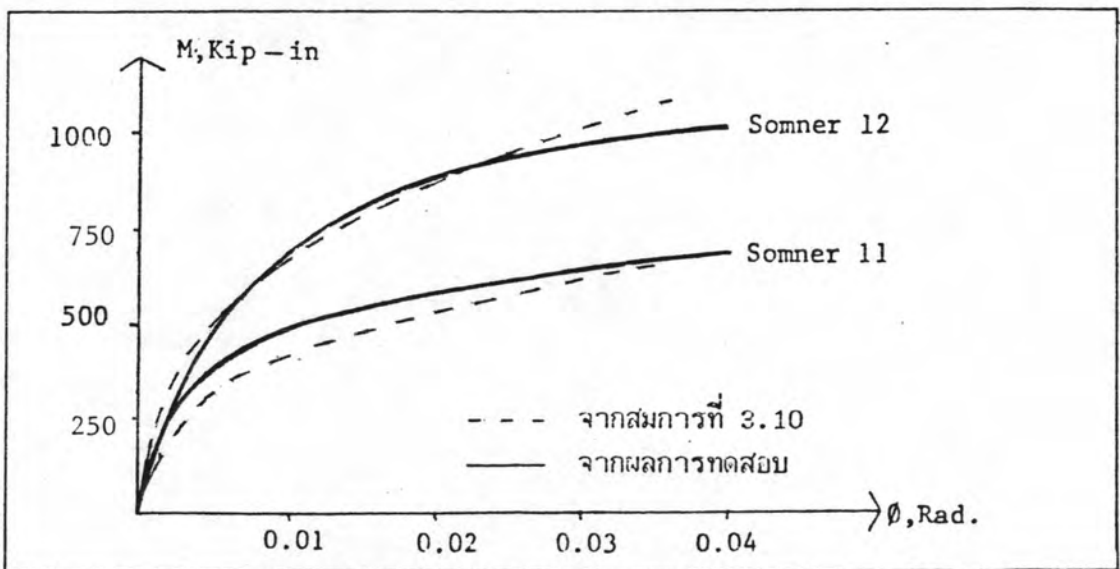
รูปที่ 3.7 โมเมนต์มาตรฐานและมุมเปลี่ยนของรอยต่อแบบ Header Plate



(ก) ตัวอย่างทดสอบของ Somner (9) หมายเลข 7 , 17

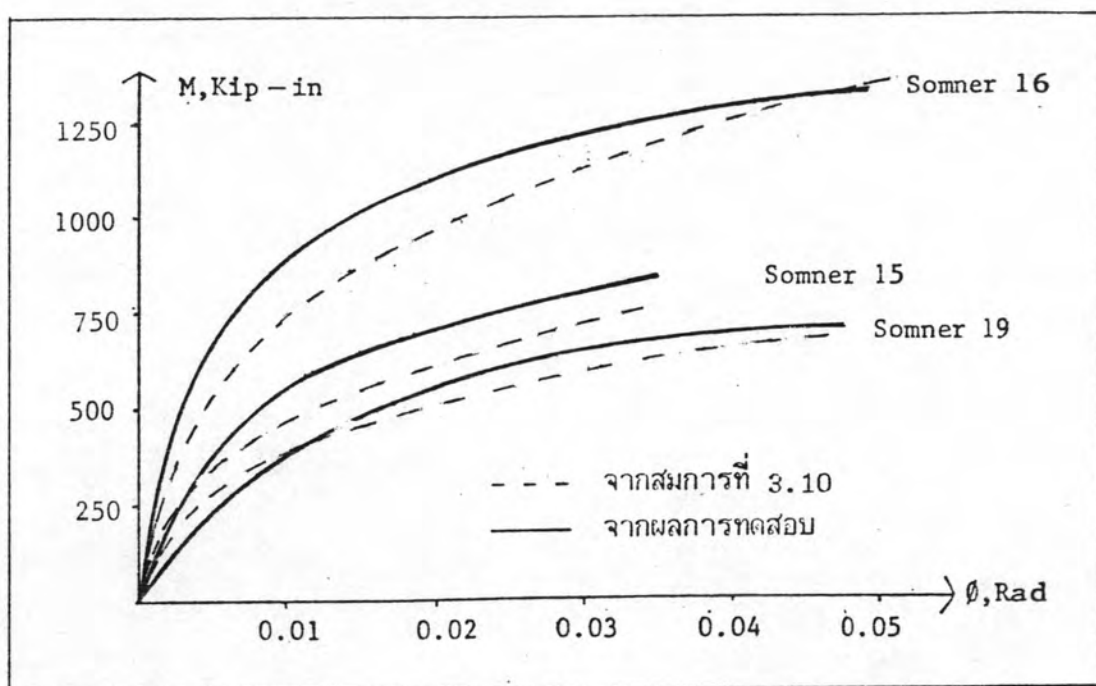


(ข) ตัวอย่างทดสอบของ Somner (9) หมายเลข 8 , 20

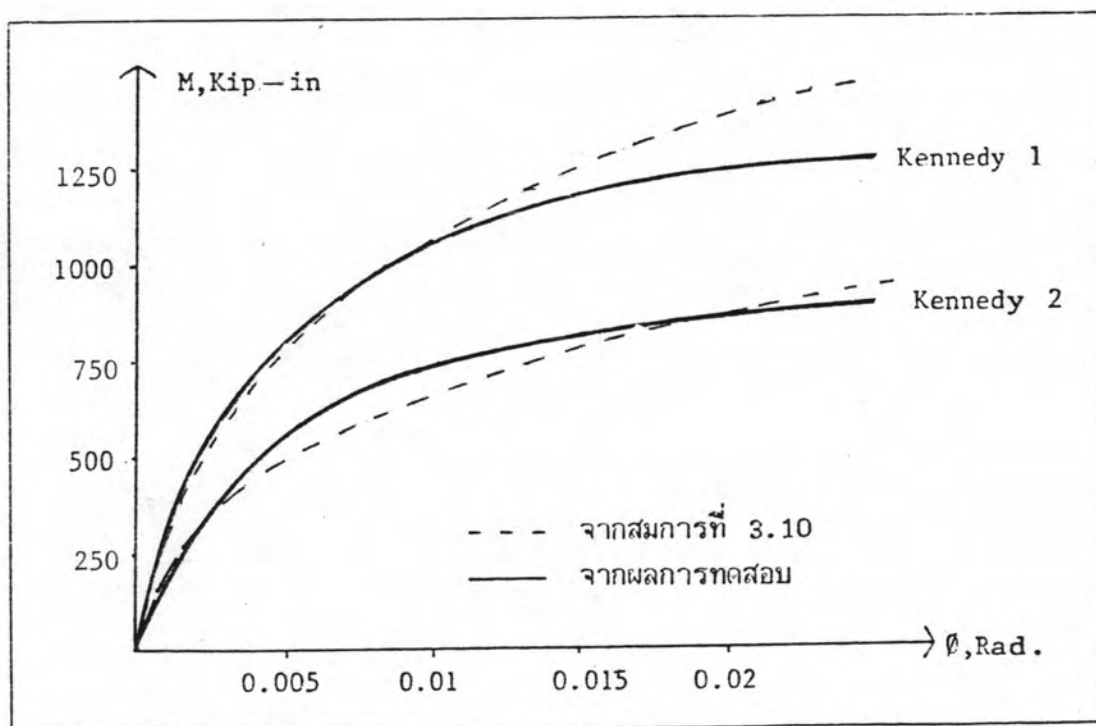


(ค) ตัวอย่างทดสอบของ Somner (9) หมายเลข 11 , 12

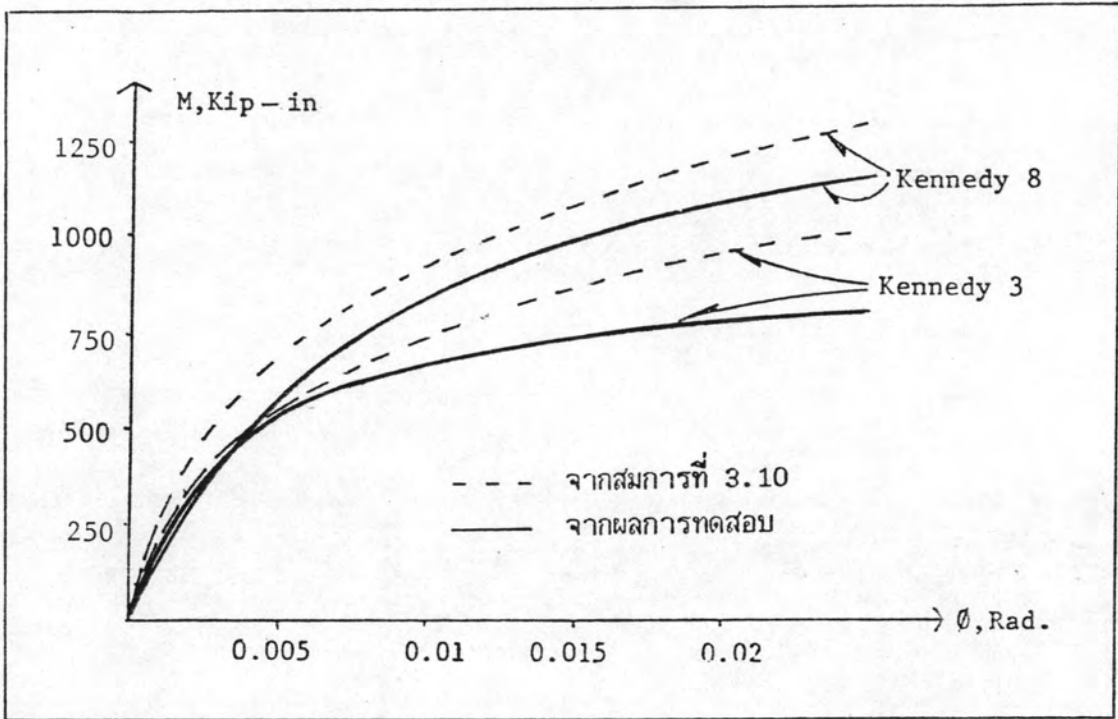
รูปที่ 3.8 เปรียบเทียบเส้นโค้งของโมเมนต์และมุมเปลี่ยนของรอยต่อแบบ Header Plate ที่ได้จากการทดสอบและจากสมการที่ 3.10



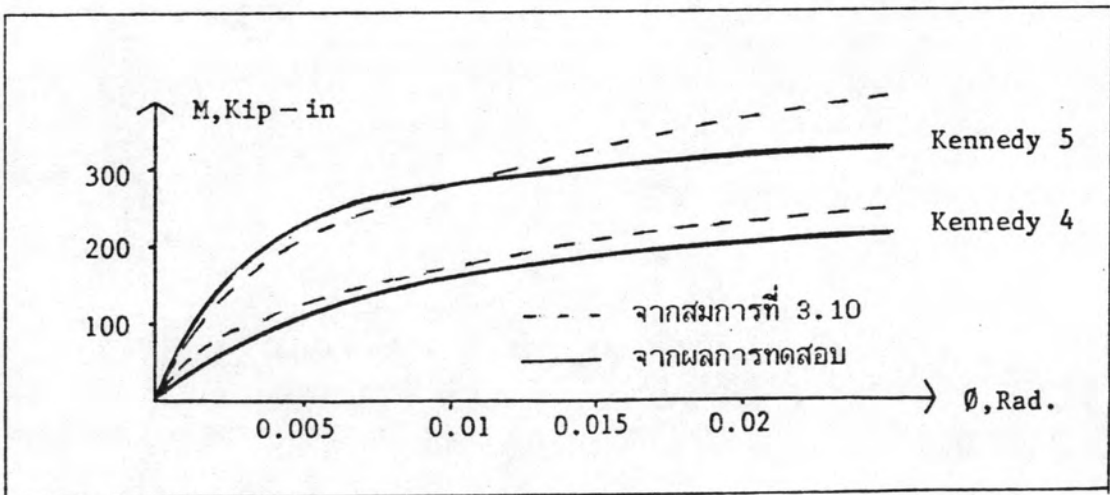
(ง) ตัวอย่างทดสอบของ Somner (9) หมายเลข 15 , 16 , 19



(จ) ตัวอย่างทดสอบของ Kennedy (18) หมายเลข 1 , 2

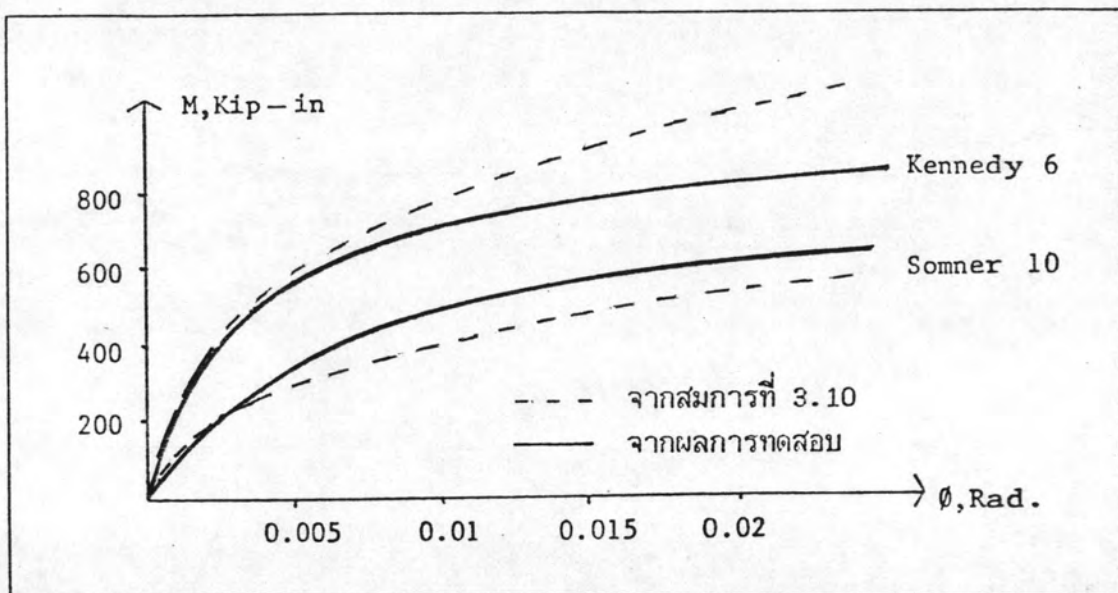


(จ) ตัวอย่างทดสอบของ Kennedy (18) หมายเลข 3 , 8

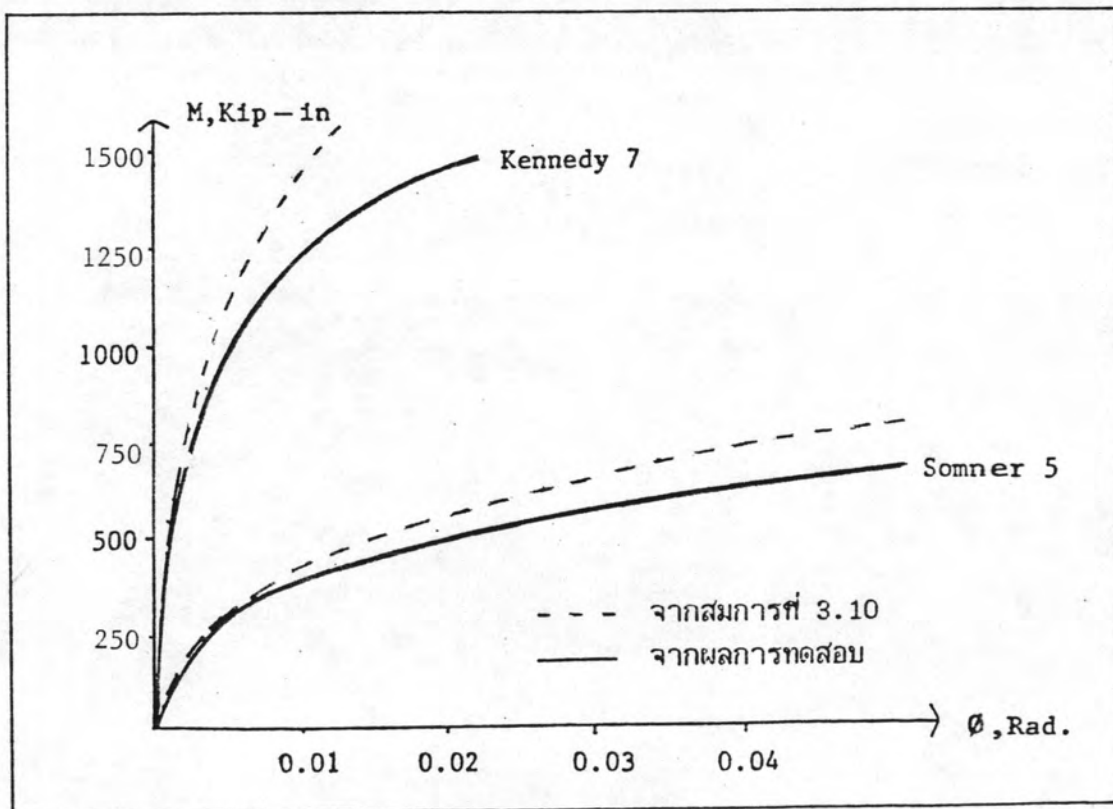


(ข) ตัวอย่างทดสอบของ Kennedy (18) หมายเลข 4 , 5

รูปที่ 3.8 (ต่อ)



(ข) ตัวอย่างทดสอบของ Kennedy (18) หมายเลข 6 และตัวอย่างทดสอบของ Somner (9) หมายเลข 10



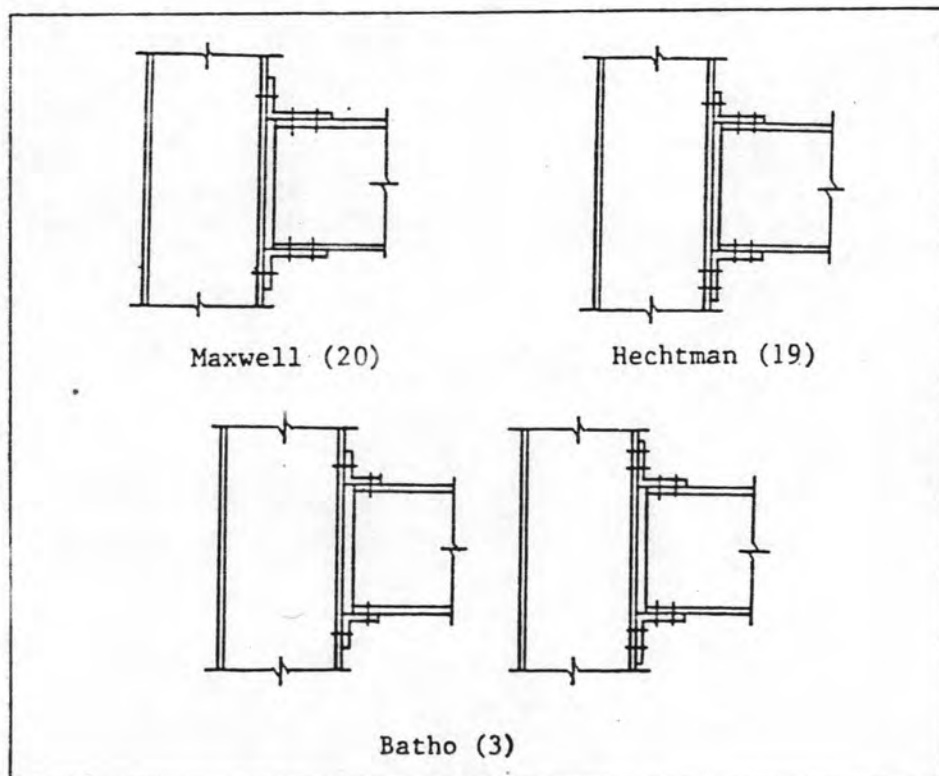
(ค) ตัวอย่างทดสอบของ Kennedy (18) หมายเลข 7 และตัวอย่างทดสอบของ Somner (9) หมายเลข 5

รูปที่ 3.8 (ต่อ)

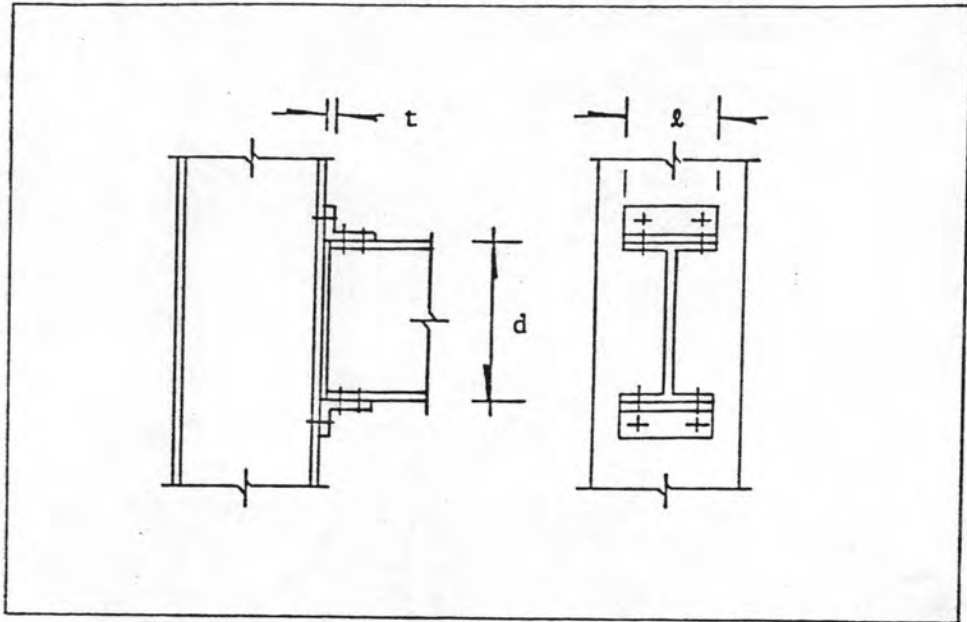
3.4 สมการความสัมพันธ์ของโมเมนต์และมุมเปลี่ยนของรอยต่อแบบ Top and Seat Angle

รอยต่อแบบ Top and Seat Angle เป็นรอยต่ออีกแบบที่นิยมใช้กันในโครงสร้างเหล็ก รอยต่อแบบนี้ในบางครั้งจะใช้ร่วมกับรอยต่อแบบ Single หรือ Double Web Angle เพื่อให้รอยต่อมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นอย่างมาก แม้ว่ารอยต่อชนิดนี้จะออกแบบให้รับแรงเฉือนเพียงอย่างเดียว แต่เนื่องจากลักษณะของรอยต่อแบบนี้จะประกอบด้วยเหล็กฉากประกบที่ปีกบนและล่างของคาน ดังนั้นรอยต่อแบบนี้จึงสามารถถ่ายโมเมนต์ได้มากกว่ารอยต่อที่ออกแบบให้รับแรงเฉือนทั่ว ๆ ไป การทดสอบรอยต่อแบบนี้จะมีการทดสอบมากกว่ารอยต่อ 2 แบบที่กล่าวมาแล้ว แต่ลักษณะของรอยต่อที่ใช้ในการทดสอบจะแตกต่างกันไป ซึ่งลักษณะที่ต่างกันนี้จะมีผลต่อรอยต่อบ้าง ลักษณะของรอยต่อที่ใช้ในการทดสอบที่ต่างกันออกไปจะแสดงในรูปที่ 3.9

จากผลการทดสอบที่ผ่านมา (3, 5, 19, 20) เราสามารถศึกษาผลของตัวแปรที่มีต่อพฤติกรรมของรอยต่อดังนี้คือ ผลเนื่องจาก ความหนาของเหล็กฉาก (t) ความลึกของคาน (d) ขนาดของตัวยึด (f) และความยาวของเหล็กฉาก (l) ลักษณะของตัวแปรเหล่านี้แสดงอยู่ในรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.9 ลักษณะของรอยต่อแบบ Top and Seat Angle จากการทดสอบที่ผ่านมา



รูปที่ 3.10 ตัวแปรมีผลกับรอยต่อแบบ Top and Seat Angle

ข้อมูลที่ใช้หาสมการของรอยต่อแบบนี้จะประกอบด้วยผลการทดสอบของ Hechtman และคณะ (19) และ Maxwell และคณะ (20) การที่เลือกใช้เฉพาะข้อมูลเหล่านี้ ก็เนื่อง จากลักษณะของรอยต่อที่ใช้มีลักษณะคล้ายกัน

รายละเอียดของรอยต่อจะแสดงไว้ในตารางที่ 3.10 และ 3.11

ตารางที่ 3.10 รายละเอียดรอยต่อแบบ Top and Seat Angle ของ Hechtman (19)

ตัวอย่าง หมายเลข	ขนาดคาน	เหล็กจากด้านบน , นิ้ว	เหล็กจากด้านล่าง , นิ้ว	ขนาดสลัก เกลียว, นิ้ว
9	18 WF 47	6x4x5/8x12	6x6x7/8x7 1/2	3/4
20	14 WF 34	6x4x5/8x12	6x6x5/8x7 1/4	3/4
22	16 WF 40	6x4x5/8x12	6x6x3/4x7 1/4	3/4
24	18 WF 47	6x4x5/8x12 1/2	6x6x7/8x7 1/2	7/8

ตารางที่ 3.11 รายละเอียดรอยต่อแบบ Top and Seat Angle ของ Maxwell (20)

ตัวอย่าง หมายเลข	เหล็กฉากตัวบนและล่าง , มม.	เกรดของวัสดุ (British Standard)
A1	150x90x10x150	43
A2	150x90x10x200	43
A3	150x90x10x150	50
A4	150x90x10x200	50
B1	150x90x12x150	43
B2	150x90x12x200	43
B3	150x90x12x150	50
B4	150x90x12x200	50
C1	150x90x15x150	43
C2	150x90x15x200	43
C3	150x90x15x150	50
C4	150x90x15x200	50

จากข้อมูลที่ได้มา เราสามารถหาค่ายกกำลังของตัวแปรแต่ละตัว ได้โดยอาศัยกลุ่มของข้อมูลดังนี้คือ

ค่ายกกำลังของความหนาเหล็กฉาก (t) จะหาได้จากตัวอย่างของ Maxwell และ คณะ (20) ทั้งหมด ซึ่งจะแสดงผลในตารางที่ 3.12

ค่ายกกำลังของความลึกคาน (d) จะหาได้จากตัวอย่างของ Hechtman และคณะ (19) หมายเลข 9, 20, 22 ซึ่งจะแสดงผลในตารางที่ 3.13

ค่ายกกำลังของเส้นผ่าศูนย์กลางสลักเกลียว (f) จะหาได้จากตัวอย่างของ Hechtman และ คณะ (19) หมายเลข 9, 24 ซึ่งจะแสดงผลในตารางที่ 3.14

ค่ายกกำลังของความยาวเหล็กฉาก (l) จะหาได้จากตัวอย่างของ Maxwell และ

คณะ (20) ทั้งหมด ซึ่งจะแสดงผลในตารางที่ 3.15

ตารางที่ 3.12 ค่ายกกำลังของความหนาเหล็กฉาก (t) ของรอยต่อแบบ Top and Seat Angle โดยใช้ผลการทดสอบของ Maxwell (20)

ϕ	Maxwell (20)			
	A1, B1, C1	A2, B2, C2	A3, B3, C3	A4, B4, C4
.0025	1.02	0.34	-0.60	-0.23
.0050	0.75	0.24	-0.53	-0.32
.0075	0.25	0.09	-0.71	-0.47
.0100	-0.08	-0.05	-0.76	-0.60
.0125	-0.38	-0.21	-0.80	-0.61
.0150	-0.60	-0.30	-0.84	-0.67
.0175	-0.78	-0.40	-0.85	-0.68
.0200	-1.01	-0.54	-0.88	-0.70
.0225	-1.14	-0.60	-0.87	-0.68
.0250	-1.22	-0.64	-0.81	-0.71
.0275	-1.32	-0.69	-0.82	-0.73
.0300	-1.40	-0.77	-0.86	-0.75
.0325	-1.45	-0.84	-0.87	-0.78
เฉลี่ย	-0.57	-0.34	-0.78	-0.61
ค่าที่ใช้	-0.57			

ตารางที่ 3.13 ค่ายกกำลังของความลึกคาน (d) ของรอยต่อแบบ Top and Seat Angle
โดยใช้ผลการทดสอบของ Hechtman (19)

ϕ	Hechtman 9,22	Hechtman 20,22	Hechtman 9,20
.001	-1.57	-2.75	-2.21
.002	-1.07	-2.65	-1.93
.003	-0.80	-2.47	-1.71
.004	-0.78	-2.12	-1.51
.005	-0.78	-1.96	-1.42
.006	-0.81	-1.67	-1.28
.007	-0.83	-1.54	-1.22
.008	-0.80	-1.53	-1.19
.009	-0.75	-1.52	-1.17
.010	-0.86	-1.47	-1.19
.011	-0.84	-1.41	-1.15
.012	-0.87	-1.44	-1.18
.013	-0.86	-1.40	-1.15
.014	-0.84	-1.29	-1.08
เฉลี่ย	-0.89	-1.81	-1.40
ค่าที่ใช้	-1.37		

ตารางที่ 3.14 ค่ายกกำลังของเส้นผ่าศูนย์กลางสลักเกลียว (f) ของรอยต่อแบบ

Top and Seat Angle โดยใช้ผลการทดสอบ Hechtman (19)

ϕ	Hechtman 9,24	ϕ	Hechtman 9,24
.0005	-1.60	.0075	-1.26
.0010	-2.21	.0080	-1.37
.0015	-2.18	.0085	-1.25
.0020	-1.89	.0090	-1.27
.0025	-1.74	.0095	-1.29
.0030	-1.64	.0100	-1.27
.0035	-1.58	.0105	-1.25
.0040	-1.53	.0110	-1.27
.0045	-1.38	.0115	-1.26
.0050	-1.38	.0120	-1.23
.0055	-1.32	.0125	-1.27
.0060	-1.33	.0130	-1.25
.0065	-1.34	.0135	-1.27
.0070	-1.29		
เฉลี่ย		-1.44	
ค่าที่ใช้		-1.44	

ตารางที่ 3.15 ค่ายกกำลังความยาวเหล็กฉาก (1) ของรอยต่อแบบ Top and Seat Angle
โดยใช้ผลการทดสอบของ Maxwell (20)

ϕ	A1,A2	A3,A4	B1,B2	B3,B4	C1,C2	C3,C4
.0005	0.67	-0.77	0.00	0.00	-0.30	-0.23
.0010	0.25	-0.68	0.00	0.00	-0.46	-0.35
.0015	-0.19	-0.69	0.00	0.00	-0.41	-0.32
.0020	-0.55	-0.62	0.00	0.00	-0.46	-0.36
.0025	-0.76	-0.65	-0.12	0.00	-0.50	-0.35
.0030	-0.93	-0.62	-0.11	0.00	-0.47	-0.34
.0035	-1.08	-0.66	-0.19	0.00	-0.50	-0.38
.0040	-1.18	-0.70	-0.22	-0.07	-0.48	-0.41
.0045	-1.26	-0.73	-0.24	-0.17	-0.47	-0.44
.0050	-1.33	-0.68	-0.30	-0.16	-0.46	-0.50
.0055	-1.35	-0.72	-0.28	-0.21	-0.43	-0.56
.0060	-1.36	-0.76	-0.33	-0.26	-0.43	-0.58
.0065	-1.39	-0.76	-0.38	-0.28	-0.49	-0.60
.0070	-1.34	-0.77	-0.36	-0.29		
.0075	-1.34	-0.84	-0.35	-0.34		
.0080	-1.31	-0.82	-0.37	-0.33		
.0085	-1.32	-0.89	-0.35	-0.37		
.0090	-1.33	-0.91	-0.32	-0.41		
.0095	-1.23	-0.92	-0.28	-0.42		
เฉลี่ย	-0.97	-0.75	-0.22	-0.17	-0.45	-0.42
ค่าที่ใช้	-0.50					

จากค่ายกกำลังที่คำนวณได้ในตารางที่ 3.12-3.15 ทำให้ได้ค่า K ดังนี้

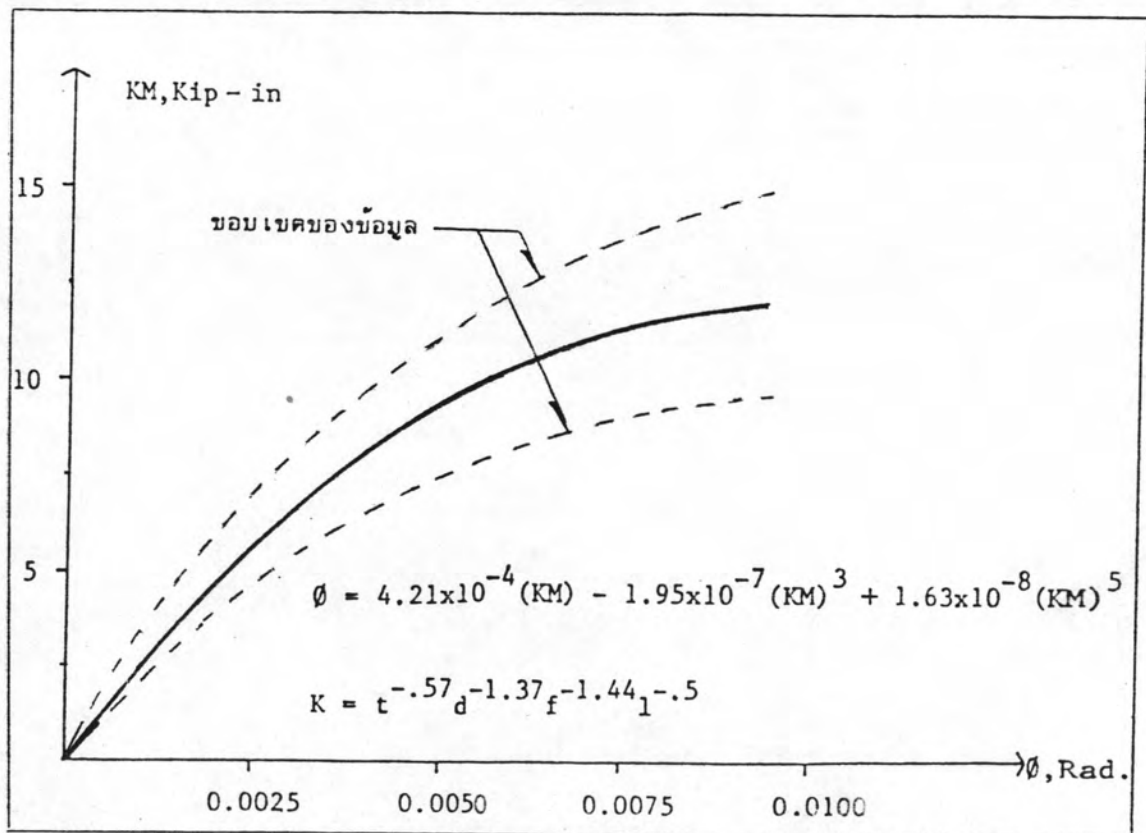
$$K = t^{-.57} d^{-1.37} f^{-1.44} l^{-.5} \quad (3.11)$$

จากสมการที่ (3.11) เราสามารถเขียนกราฟของโมเมนต์มาตรฐานและมุมเปลี่ยนได้เป็นดังรูปที่ 3.11

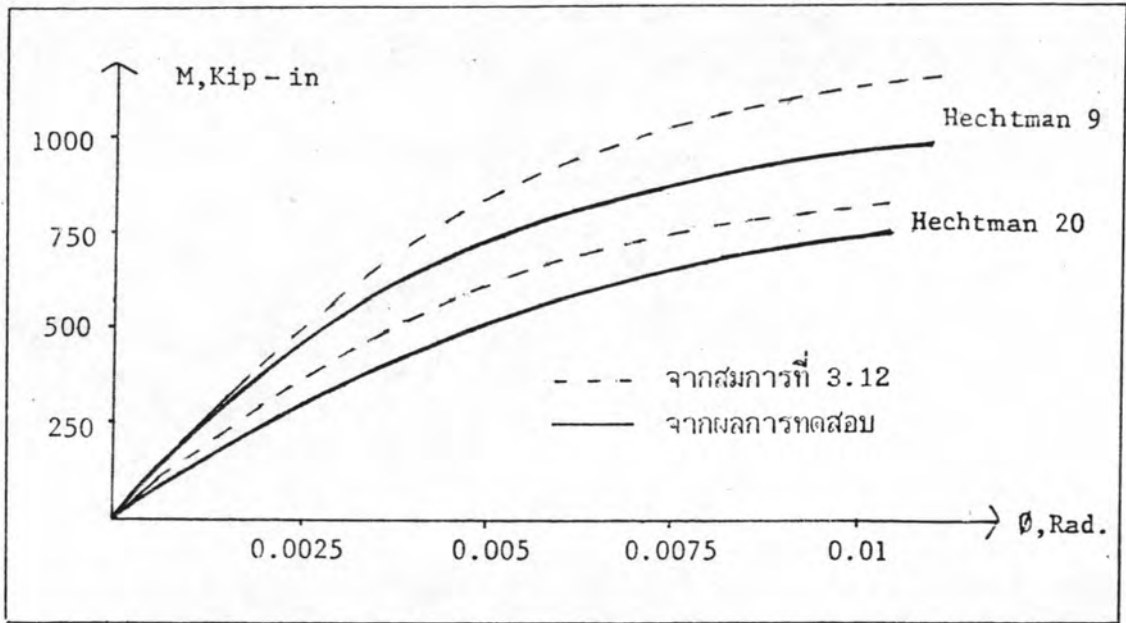
และจากรูปที่ 3.11 ทำให้ได้สมการของโมเมนต์และมุมเปลี่ยนดังสมการที่ (3.12)

$$\phi = 4.21 \times 10^{-4} (KM) - 1.95 \times 10^{-7} (KM)^3 + 1.63 \times 10^{-8} (KM)^5 \quad (3.12)$$

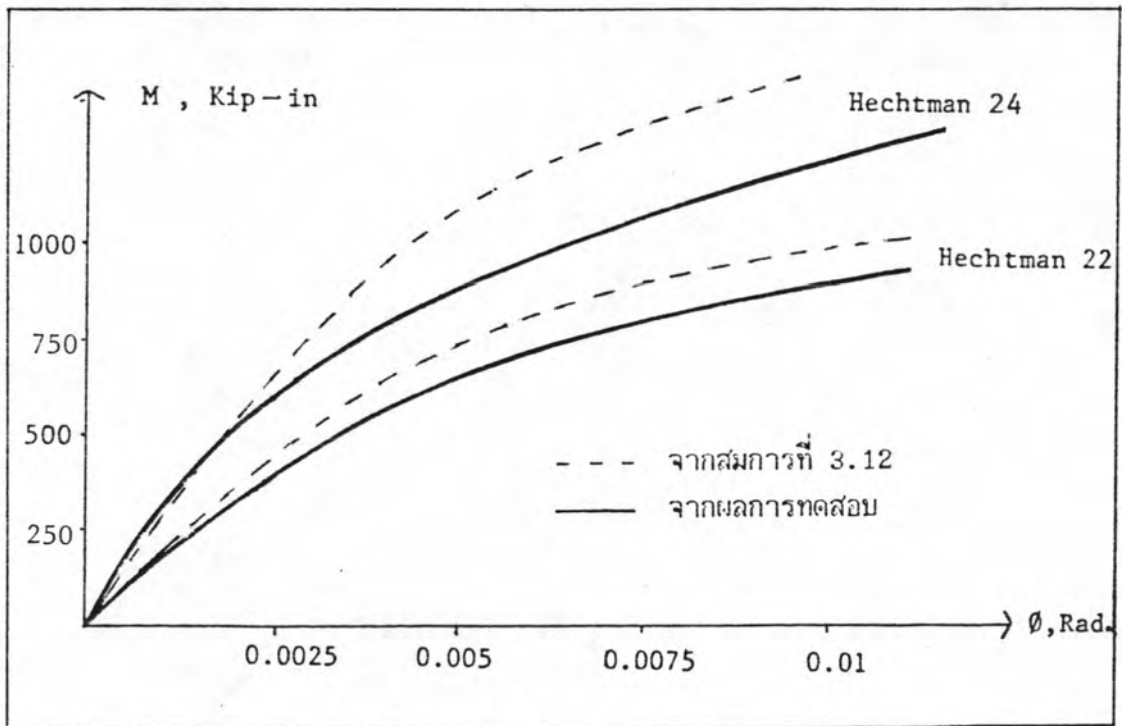
เส้นโค้งของรอยต่อที่ได้จากผลการทดสอบและจากสมการที่ 3.12 จะแสดงดังในรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.11 โมเมนต์มาตรฐานและมุมเปลี่ยนของรอยต่อแบบ Top and Seat Angle

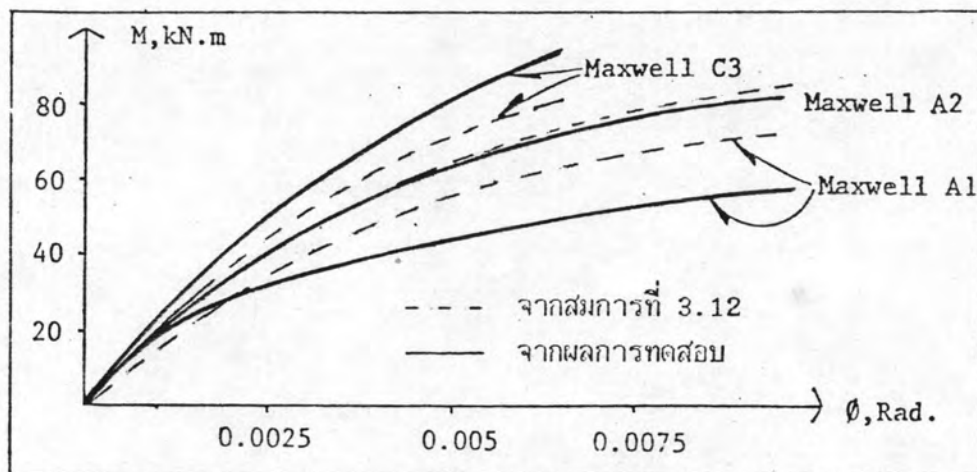


(ก) ตัวอย่างทดสอบของ Hechtman (19) หมายเลข 9 , 20

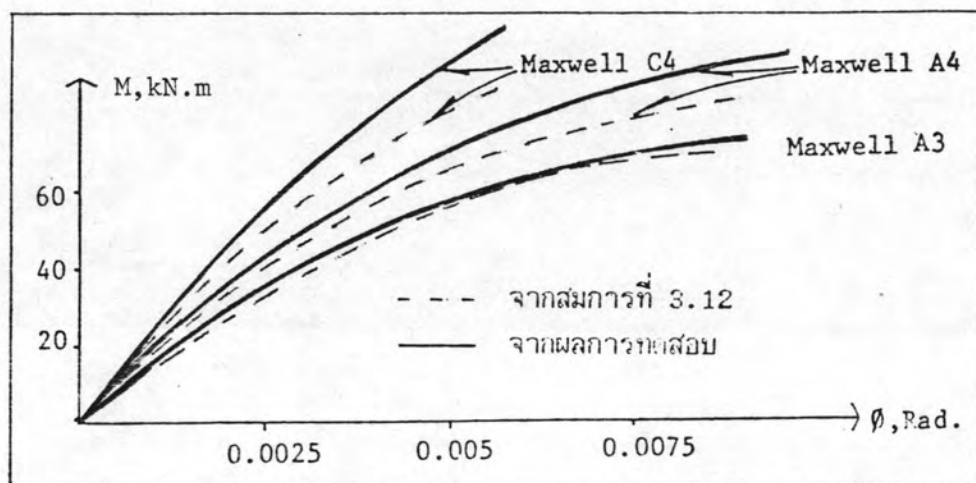


(ข) ตัวอย่างทดสอบของ Hechtman (19) หมายเลข 22 , 24

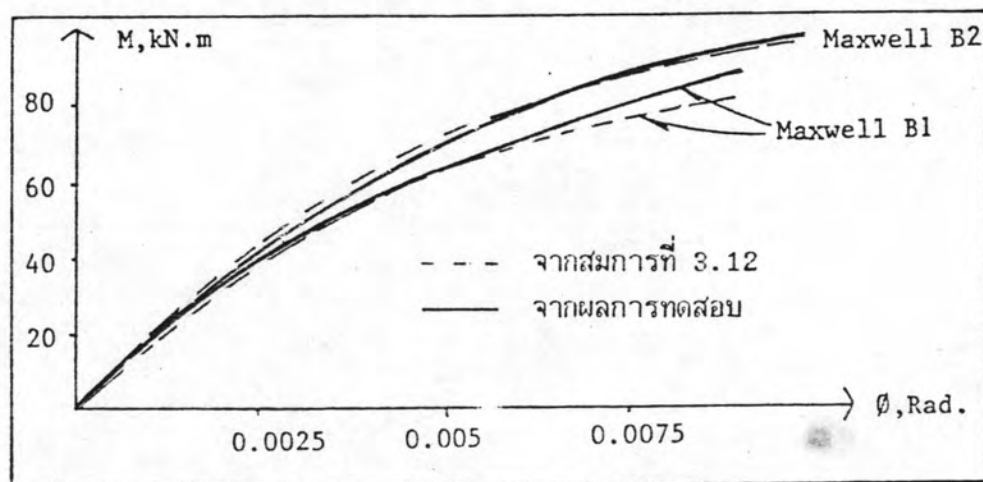
รูปที่ 3.12 เปรียบเทียบเส้นโค้งของโมเมนต์และมุมเปลี่ยนของรอยต่อแบบ Top and Seat Angle ที่ได้จากการทดสอบและจากสมการที่ 3.12



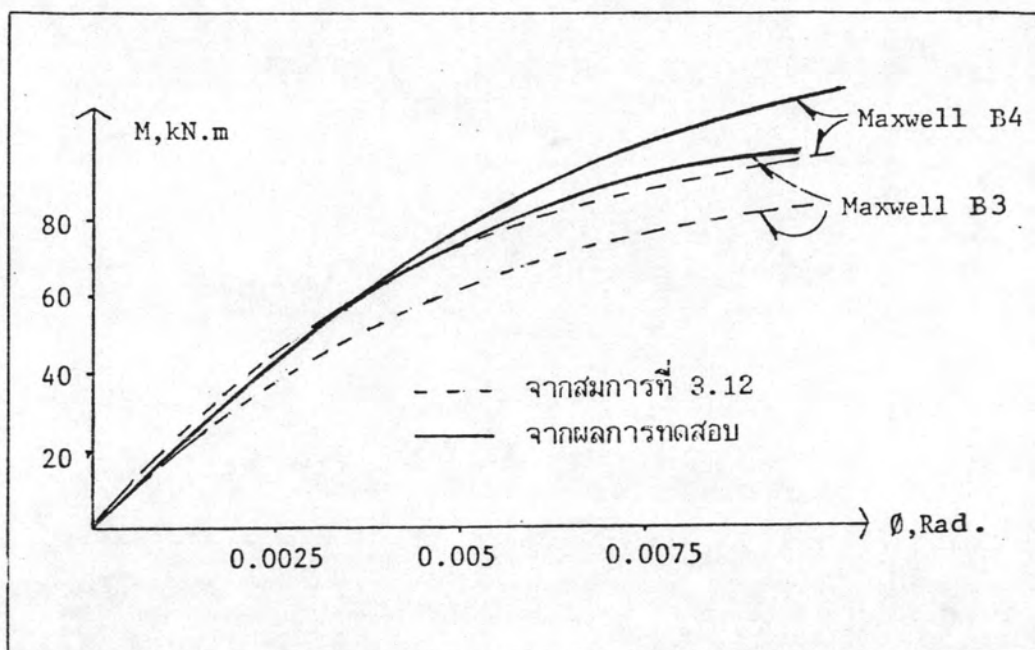
(ค) ตัวอย่างทดสอบของ Maxwell (20) หมายเลข A1 , A2 , C3



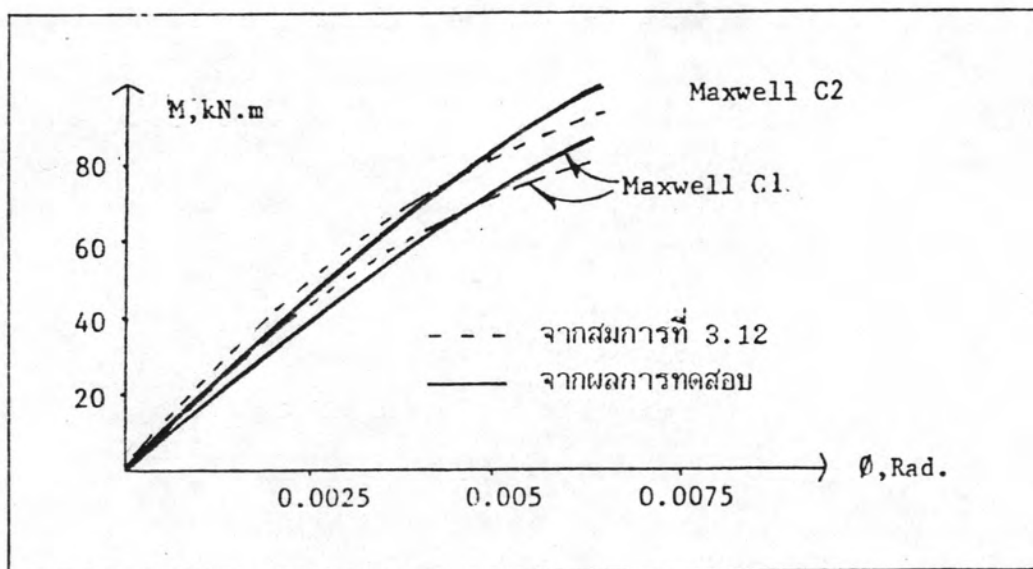
(ง) ตัวอย่างทดสอบของ Maxwell (20) หมายเลข A3 , A4 , C4



(จ) ตัวอย่างทดสอบของ Maxwell (20) หมายเลข B1 , B2



(จ) ตัวอย่างทดสอบของ Maxwell (20) หมายเลข B3 , B4



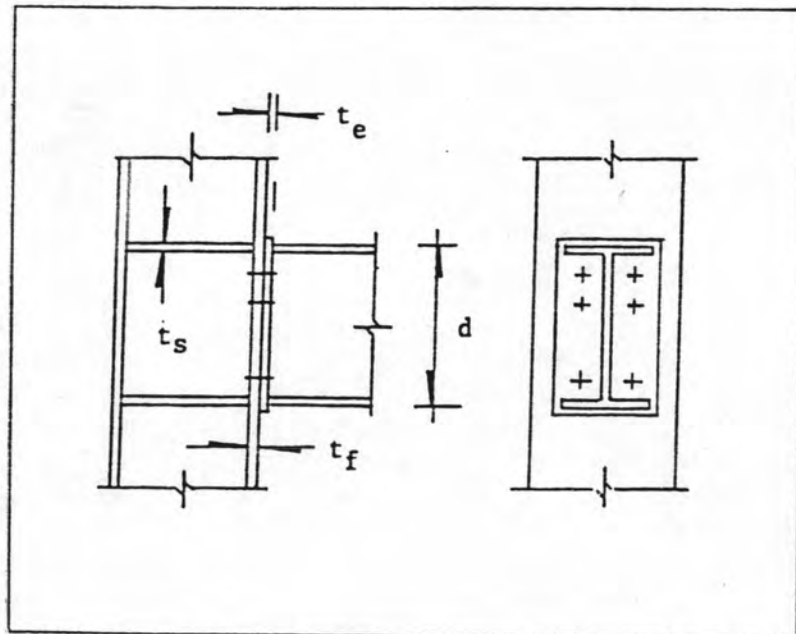
(ข) ตัวอย่างทดสอบของ Maxwell (20) หมายเลข C1 , C2

รูปที่ 3.12 (ต่อ)

3.5 สมการความสัมพันธ์ของโมเมนต์และมุมเปลี่ยนของรอยต่อแบบ End Plate

รอยต่อแบบนี้เป็นรอยต่อที่มีสติฟเนสมากที่สุดเมื่อเทียบกับรอยต่อทั้ง 3 แบบที่ผ่านมา เนื่องจากรอยต่อแบบนี้มีหน้าตัดในการถ่ายโมเมนต์โดยตรง ดังนั้นวัสดุทุกอย่างที่ใช้ประกอบขึ้นเป็นรอยต่อจึงต้องรับแรงกระทำที่ค่อนข้างจะมาก ซึ่งมีผลทำให้พฤติกรรมของรอยต่อชนิดนี้มีความซับซ้อนมาก ลักษณะที่มีผลต่อพฤติกรรมของรอยต่อแบบนี้จะมีอยู่มากมาย เช่น เสาจะมี Stiffeners หรือไม่ ความหนาของ Stiffeners ความหนาของปีกเสา ความหนาของแผ่นเหล็ก ความลึกของคาน ขนาดและตำแหน่งของตัวยึด ฯลฯ

รอยต่อแบบ End Plate ที่ใช้กันทั่วไปจะมีอยู่หลาย ๆ แบบ โดยแบบที่ทำการศึกษาในครั้งนี้จะเป็รอยต่อแบบ Flush End Plate with Column Stiffeners ลักษณะของรอยต่อแบบนี้และตัวแปรต่าง ๆ ที่ทำการศึกษาจะแสดงอยู่ในรูปที่ 3.13 ซึ่งตัวแปรต่าง ๆ ที่ทำการศึกษาคือ ความลึกคาน (d) ความหนาแผ่นเหล็ก (t_e) ความหนาของ Column Stiffeners (t_s) และ ความหนาของปีกเสา (t_f)



รูปที่ 3.13 ตัวแปรที่มีผลกับรอยต่อแบบ End Plate

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้จะประกอบด้วยผลการทดสอบของ Ostrander (22) และ Phillips และ Packer (21) ซึ่งรายละเอียดของรอยต่อที่ใช้จะแสดงอยู่ในตารางที่ 3.16 และ 3.17 ตามลำดับ

ค่ายกกำลังของความลึกคาน (d) จะเป็นค่าที่ประมาณจากตัวอย่างหมายเลข 5 15 และ 21 ของ Ostrander (22) ซึ่งแสดงผลในตารางที่ 3.18

ค่ายกกำลังของความหนาแผ่นเหล็ก (t_e) จะคำนวณจากตัวอย่างของ Ostrander (22) หมายเลข 21 22 และ จากของ Phillips และ Packer (21) ทั้งหมด ซึ่งแสดงผลในตารางที่ 3.19

ค่ายกกำลังของความหนาของ Stiffeners (t_s) จะคำนวณได้จากตัวอย่างของ Ostrander (22) หมายเลข 2 5 ซึ่งแสดงผลในตารางที่ 3.20

ค่ายกกำลังของความหนาปีกเสา (t_f) จะคำนวณได้จากตัวอย่างของ Ostrander (22) หมายเลข 15 21 ซึ่งแสดงในตารางที่ 3.21

ตารางที่ 3.16 รายละเอียดรอยต่อแบบ End Plate ของ Ostrander (22)

หมายเลข ตัวอย่าง	ขนาดคาน	ขนาดเสา	ขนาดแผ่นเหล็ก , นิ้ว	ความหนาของ Stiffeners
2	10 WF 21	8 WF 28	6 1/2 x 11 x 1/2	3/8 "
5	10 WF 21	8 WF 28	6 1/2 x 11 x 1/2	1/4 "
6	10 WF 21	8 WF 28	6 1/2 x 11 x 3/8	1/4 "
15	12 WF 27	8 WF 40	7 1/2 x 13 x 1/2	1/4 "
16	12 WF 27	8 WF 40	7 1/2 x 13 x 5/8	1/4 "
21	12 WF 27	8 WF 24	7 1/2 x 13 x 1/2	1/4 "
22	12 WF 27	8 WF 24	7 1/2 x 13 x 5/8	1/4 "

ตารางที่ 3.17 รายละเอียดรอยต่อแบบ End Plate ของ Phillips และ Packer (21)

หมายเลข ตัวอย่าง	ขนาดคาน	ขนาดเสา	ขนาดแผ่นเหล็ก , มม.	ความหนาของ Stiffeners
BM1	W 250 x 33	W 200 x 100	160 x 280 x 9.5	19.1
BM2	W 250 x 33	W 200 x 100	160 x 280 x 15.9	19.1
BM3	W 250 x 33	W 200 x 100	160 x 280 x 19.1	19.1
BM4	W 250 x 33	W 200 x 100	160 x 280 x 22.2	19.1
BM5	W 250 x 33	W 200 x 100	160 x 280 x 25.4	19.1

ตารางที่ 3.18 ค่ายกกำลังของความลึกคาน (d) ของรอยต่อแบบ End Plate
โดยใช้ผลการทดสอบของ Ostrander (22)

ϕ	Ostrander 5,15	Ostrander 5,21
.0025	-1.90	-0.07
.0050	-2.33	-0.29
.0075	-2.59	-0.35
.0100	-2.58	-0.45
.0125	-2.50	-0.50
.0150	-2.46	-0.56
.0175	-2.42	-0.59

ตารางที่ 3.18 (ต่อ)

ϕ	Ostrander 5,15	Ostrander 5,21
.0200	-2.39	-0.64
.0225	-2.36	-0.69
.0250	-2.37	-0.76
.0275	-2.33	-0.79
.0300	-2.33	-0.84
.0325	-2.31	-0.85
.0350		-0.92
.0375		-0.99
.0400		-1.02
.0425		-1.07
.0450		-1.12
.0475		-1.17
.0500		-1.22
.0525		-1.26
.0550		-1.31
.0575		-1.36
.0600		-1.39
เฉลี่ย	-2.37	-0.84
ค่าที่ใช้	-1.61	

ตารางที่ 3.19 ค่ายกกำลังความหนาแผ่นเหล็ก (t_e) ของรอยต่อแบบ End Plate

โดยใช้ผลการทดสอบของ Ostrander (22) และ Phillips (21)

ϕ	Ostrander 21,22	Phillips BM1,BM2,BM3,BM4,BM5
.0025	-0.96	-0.63
.0050	-0.83	-0.37
.0075	-0.83	-0.34
.0100	-0.72	-0.32
.0125	-0.64	-0.32
.0150	-0.57	-0.31
.0175	-0.49	-0.32
.0200	-0.43	-0.33
.0225	-0.38	-0.33
.0250	-0.35	
.0275	-0.32	
.0300	-0.30	
.0325	-0.28	
.0350	-0.27	
.0375	-0.24	
.0400	-0.23	
.0425	-0.21	
.0450	-0.20	
.0475	-0.19	
เฉลี่ย	-0.45	-0.36
ค่าที่ใช้	-0.40	

ตารางที่ 3.20 ค่ายกกำลังความหนา Stiffeners (t_s) ของรอยต่อแบบ End Plate
โดยใช้ผลการทดสอบของ Ostrander (22)

ϕ	Ostrander 2,5	ϕ	Ostrander 2,5
.0025	-0.18	.0225	-0.11
.0050	-0.11	.0250	-0.12
.0075	-0.12	.0275	-0.11
.0100	-0.13	.0300	-0.12
.0125	-0.12	.0325	-0.09
.0150	-0.11	.0350	-0.12
.0175	-0.12	.0375	-0.12
.0200	-0.12	.0400	-0.11
เฉลี่ย			-0.12
ค่าที่ใช้			-0.12

ตารางที่ 3.21 ค่ายกกำลังความหนาปีกเสา (t_f) ของรอยต่อแบบ End Plate โดยใช้ผลการทดสอบของ Ostrander (22)

ϕ	Ostrander 15,21	ϕ	Ostrander 15,21
.0025	-1.02	.0175	-1.02
.0050	-1.14	.0200	-0.98
.0075	-1.25	.0225	-0.93
.0100	-1.19	.0250	-0.90
.0125	-1.12	.0275	-0.86
.0150	-1.07	.0300	-0.84
เฉลี่ย		-1.01	
ค่าที่ใช้		-1.01	

จากตารางที่ 3.16-3.21 เราจะได้ค่า K เป็นดังนี้คือ

$$K = d^{-1.61} t_o^{-0.40} t_u^{-0.12} t_f^{-1.01} \quad (3.13)$$

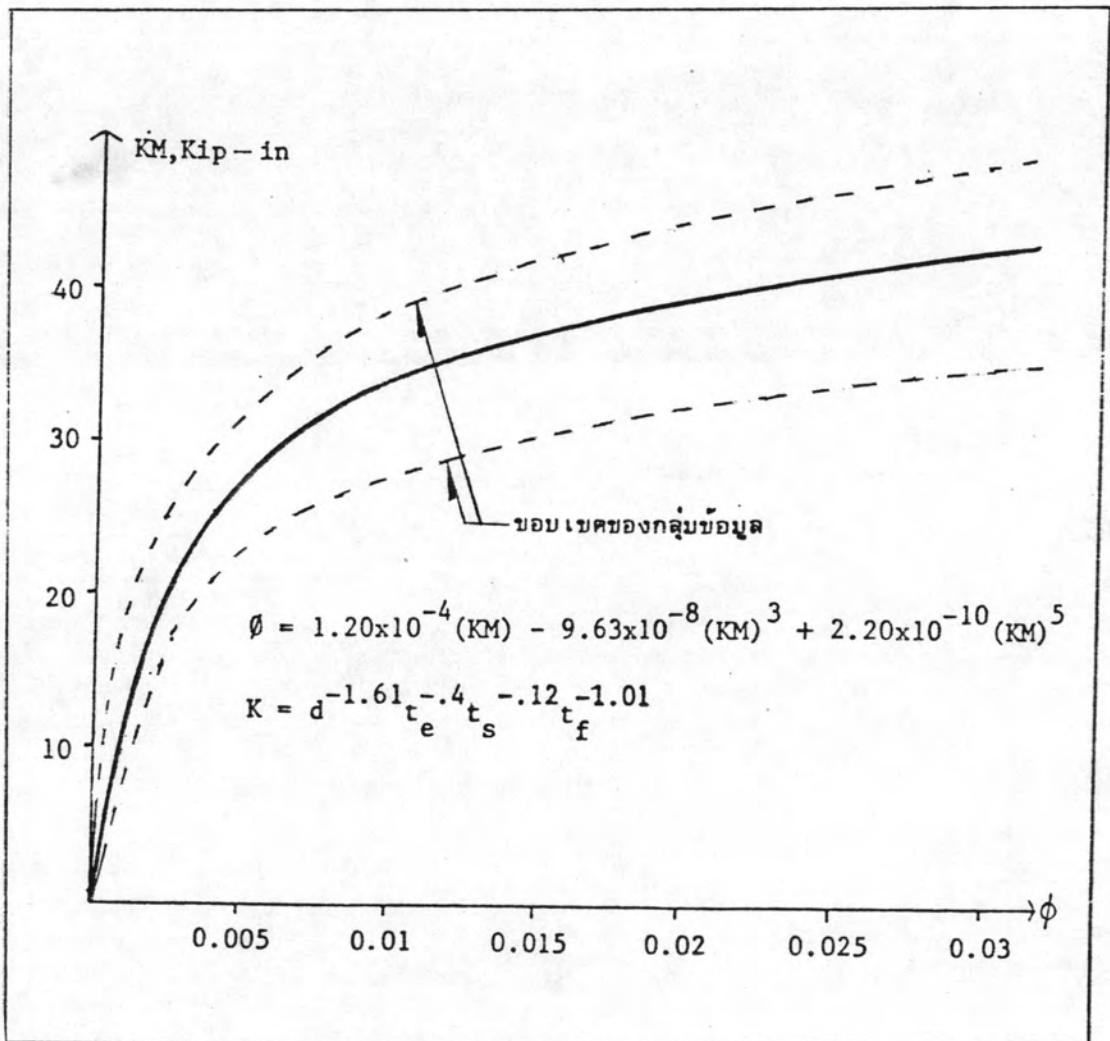
และเราสามารถเขียนกราฟของโมเมนต์มาตรฐานและมุมเปลี่ยน ได้ดังแสดงในรูปที่

3.14

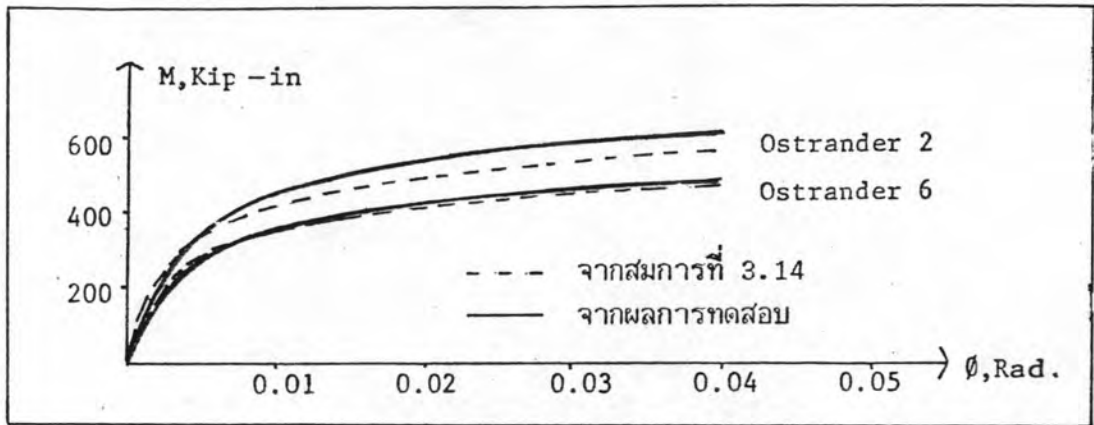
จากสมการที่ 3.13 และลักษณะของข้อมูลทำให้เราได้สมการของโมเมนต์และมุมเปลี่ยนของรอยต่อแบบ End Plate เป็นดังสมการที่ 3.14

$$\phi = 1.20 \times 10^{-4} (KM) - 9.63 \times 10^{-8} (KM)^3 + 2.20 \times 10^{-10} (KM)^5 \quad (3.14)$$

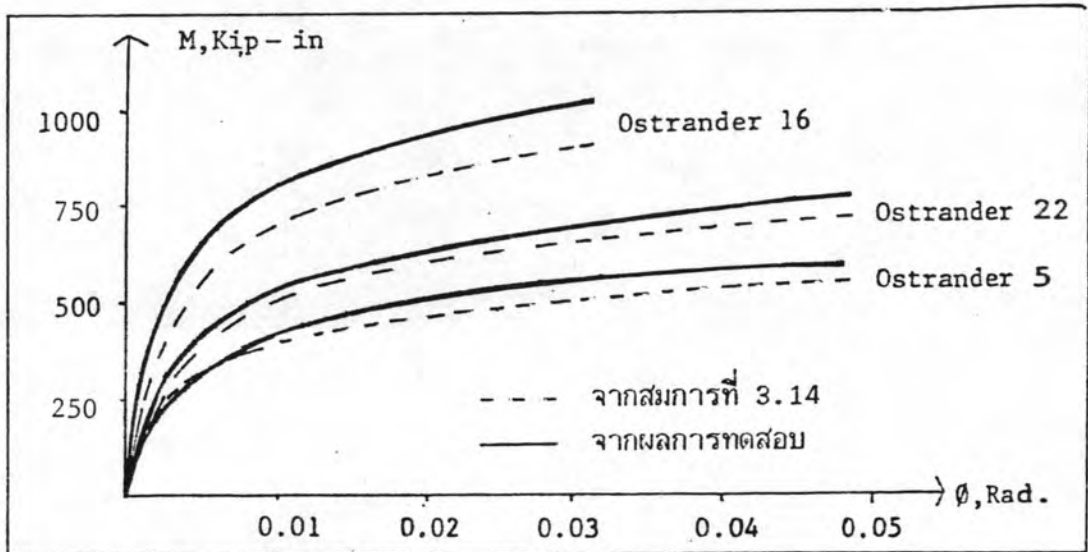
และจากสมการที่ 3.14 เราสามารถที่จะเปรียบเทียบลักษณะของเส้นโค้งที่ได้จากผลการทดสอบและที่ได้จากสมการนี้ ซึ่งจะแสดงในรูปที่ 3.15



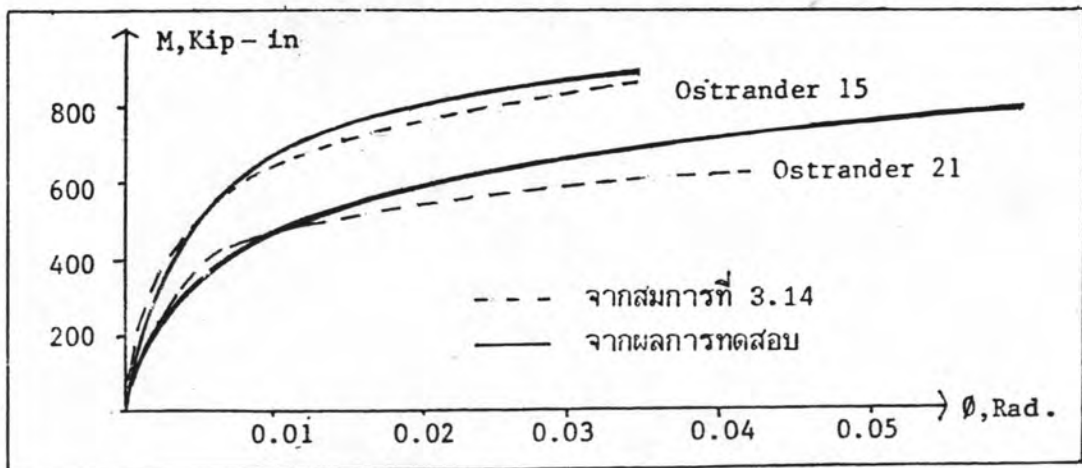
รูปที่ 3.14 โมเมนต์มาตรฐานและมุมเปลี่ยนของรอยต่อแบบ End Plate



(ก) ตัวอย่างทดสอบของ Ostrander (22) หมายเลข 2 , 6

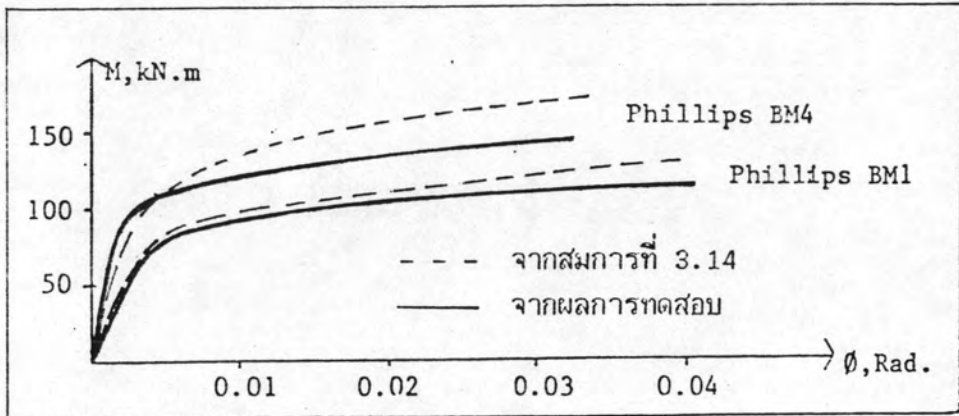


(ข) ตัวอย่างทดสอบของ Ostrander (22) หมายเลข 5 , 16 , 22

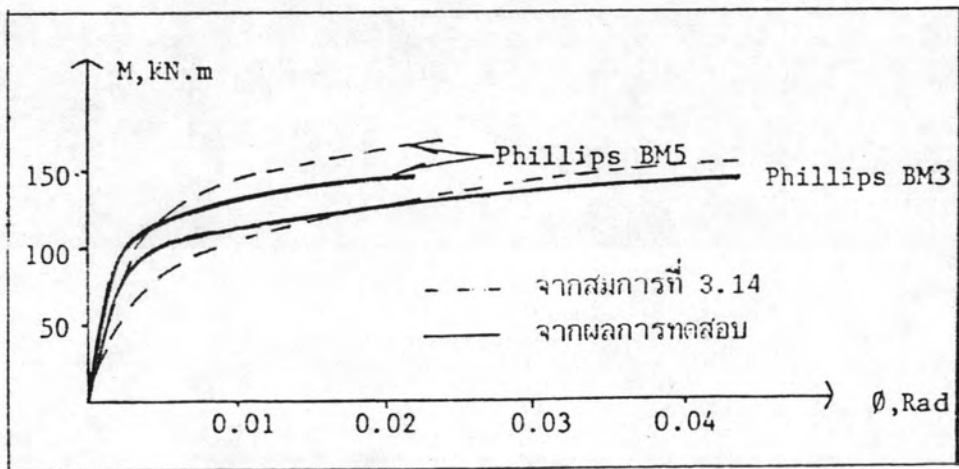


(ค) ตัวอย่างทดสอบของ Ostrander (22) หมายเลข 15 , 21

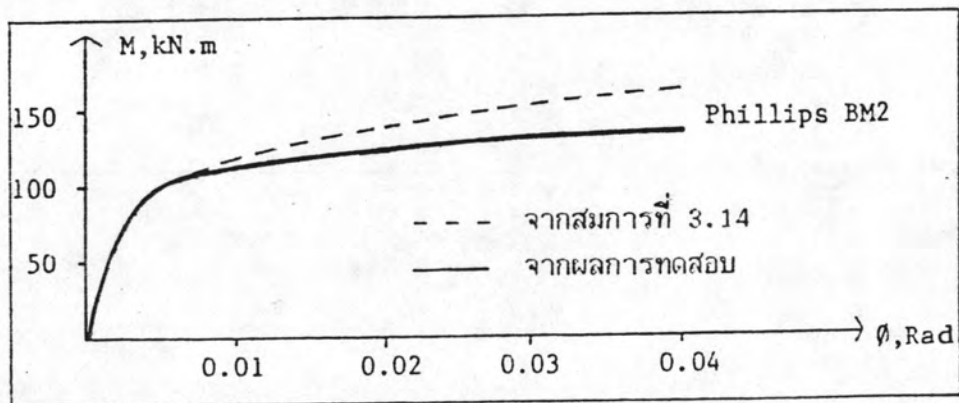
รูปที่ 3.15 เปรียบเทียบเส้นโค้งของโมเมนต์และมุมเปลี่ยนของรอยต่อแบบ End Plate ที่ได้จากการทดสอบและจากสมการที่ 3.14



(ง) ตัวอย่างทดสอบของ Phillips (21) หมายเลข BM1 , BM4



(จ) ตัวอย่างทดสอบของ Phillips (21) หมายเลข BM3 , BM5



(ฉ) ตัวอย่างทดสอบของ Phillips (21) หมายเลข BM2