

ผลกระทบของการเยื้องศูนย์ของคานต่อพฤติกรรมของรอยต่อระหว่างคานเหล็กกล่องกลวง กับเสาเหล็กกล่องกลวงกรอกคอนกรีต

Effects of Beam Eccentricity on Behavior of Connections between Hollow Section Steel Beam to Concrete In filled Column

ธีรพล รักษาศิลป์* ประภิต ชมชื่น¹ และ พนิดา สีมาวุธ¹

¹ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร กรุงเทพมหานคร

*Corresponding author; E-mail address: teerapol.golf339@gmail.com

บทคัดย่อ

พฤติกรรมของรอยต่อระหว่างคานกับเสาเหล็กกล่องกลวงนั้นขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย งานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าปัจจัยหนึ่งซึ่งส่งผลกระทบอย่างมากคือการเยื้องศูนย์ของคานในกรณีที่ความกว้างคานน้อยกว่าความกว้างเสา กล่าวคือเมื่อคานเยื้องศูนย์เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ทั้งสติฟเนสและกำลังต้านทานโมเมนต์ของรอยต่อสูงขึ้น การศึกษานี้มุ่งศึกษาถึงผลของการเยื้องศูนย์ของคานเหล็กกล่องกลวงที่ต่อกับเสาเหล็กกล่องกลวงเติมคอนกรีตที่มีต่อพฤติกรรมของรอยต่อคาน-เสาดด้วยการทดสอบแบบคานยื่น โดยการทดสอบนั้นประกอบด้วยขั้นทดสอบที่เติมและไม่เติมคอนกรีต ผลการศึกษพบว่าการเติมคอนกรีตในเสาส่งผลให้สติฟเนสเริ่มต้นของรอยต่อที่เติมคอนกรีตเพิ่มขึ้น 1.71 เท่า และกำลังต้านทานโมเมนต์ของรอยต่อที่เติมคอนกรีตเพิ่มขึ้น 2.15 เท่าเมื่อเทียบกับรอยต่อที่ไม่ได้เติมคอนกรีต

คำสำคัญ: รอยต่อคาน-เสา, รอยต่อเยื้องศูนย์, เหล็กกล่องกลวง, เสาเหล็กกล่องกลวงเติมคอนกรีต

Abstract

There are number of factors that influence to behavior of beam-to-column connections. According previous studies, beam eccentricity is an importance factor which affects to the connection's behavior, especially for the connections that the beam width is less than the column width. The initial stiffness and moment capacity are increased when the beam eccentricity increased. Therefore, this paper aims to study about effects of the beam eccentricity on behavior of hollow section steel beam-to-concrete in filled column connections. The cantilever tests are performed to evaluate the behavior of the connections. Results show that initial stiffness of the connection with in filled concrete is increased about 1.71 time while

moment capacity of the connection with in filled concrete is increased about 2.15 time compared to those without concrete..

Keywords:-Beam-to-Column Connections,Eccentric Connections, Hollow Section Steel, Concrete In filled Columns.

1. คำนำ

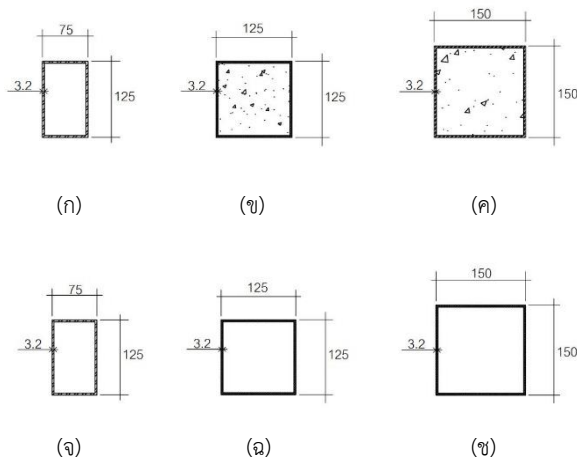
โดยทั่วไปการกำหนดพฤติกรรมของรอยต่อในการวิเคราะห์โครงสร้าง จะมีการกำหนดออกเป็น 3 รูปแบบตามคำแนะนำของ Eurocode 3 (2005) [1] ได้แก่ รอยต่อแบบยึดแน่น (fixed) คือรอยต่อที่สามารถส่งผ่านแรงปฏิกิริยา โมเมนต์ดัด แรงบิด ได้ทั้งหมดซึ่งมุมของรอยต่อจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง,รอยต่อแบบยึดหลวม (pinned) คือรอยต่อที่สามารถส่งผ่านได้เฉพาะแรงปฏิกิริยาไม่สามารถที่จะส่งผ่านโมเมนต์ได้และเมื่อส่งผ่านแรงมุมระหว่างรอยต่อจะเปลี่ยนแปลงไป,รอยต่อแบบกึ่งแข็ง (semi-rigid) เป็นรอยต่อที่อยู่กึ่งกลางระหว่างรอยต่อแบบยึดแน่นและรอยต่อแบบยึดหลวม โดยทั่วไปของการวิเคราะห์โครงสร้างจะนิยมใช้รูปแบบรอยต่อแบบยึดแน่น และ ยึดหลวม ในการวิเคราะห์เพื่อให้ง่ายต่อการคำนวณ แต่ในความเป็นจริงพฤติกรรมของโครงสร้างจะอยู่ในรูปแบบกึ่งแข็งทำให้รูปแบบที่สมมุติในการคำนวณนั้นได้คำตอบออกมาคลาดเคลื่อนกับความเป็นจริง ซึ่งความแตกต่างของการยึดจับของรอยต่อนั้นมีผลกับพฤติกรรมของรอยต่อด้วย ทั้งนี้รูปแบบรอยตอยังมีรูปแบบที่เชื่อมต่อแบบเยื้องศูนย์ที่เกิดจากขนาดความกว้างคานน้อยกว่าความกว้างเสา ในบริเวณรอบนอกของอาคารโครงสร้างเหล็ก ที่ต้องการความสวยงามในด้านสถาปัตยกรรม ผลกระทบจากการเยื้องศุนย์นั้นมีผลต่อกำลังของโครงสร้าง งานวิจัยที่ผ่านมา [2]-[9] ศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมของรอยต่อของเสาเหล็กกล่องกลวงกับคานเหล็กรูปแบบต่างๆ และยังศึกษาผลกระทบจากการเติมคอนกรีตลงในเสาเหล็กกล่อง [10] ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับรอยต่อเสาเหล็กกล่องเชื่อมต่อกับคานเหล็กกล่องที่มีการเยื้องศุนย์ ดังนั้นงานวิจัยนี้มุ่งเน้นที่จะศึกษาผลกระทบของรอยต่อเหล็กกล่องที่มีการเติมคอนกรีตในเสาเชื่อมต่อกับคานเหล็กกล่องที่มีการเยื้องศุนย์

2. วิธีการศึกษา

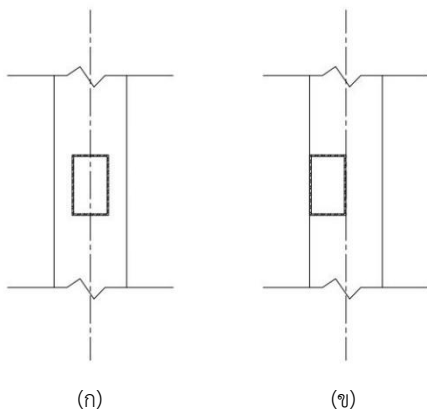
รอยต่อคานเสาที่ศึกษาเป็นรอยต่อของเสา-คานเหล็กกล่องกลางที่ขนาดความกว้างของคานมีขนาดน้อยกว่าความกว้างของเสา ที่มีการเยื้องศูนย์ชิดขอบเสา และเสามีการเติมคอนกรีต คานกับเสาเชื่อมต่อกันด้วยการเชื่อมรอบหน้าตัดของคาน ใช้ขนาดขาเชื่อม 4 มม. ลวดเชื่อมเกรด E60

2.1. ตัวอย่างทดสอบ

ตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบจะมี 4 กรณีคือ 1) กรณีที่ไม่มีการเยื้องศูนย์ที่ไม่มีการเติมคอนกรีตในเสา โดยจะมีตัวอย่างทดสอบย่อยอีก 2 รูปแบบคือ ขนาดเสา 125 x 125 มม. และ ขนาดเสา 150 x 150 มม. 2) กรณีที่มีการเยื้องศูนย์ที่ไม่มีการเติมคอนกรีตในเสา 3) กรณีที่ไม่มีการเยื้องศูนย์ที่มีการเติมคอนกรีตในเสา และ 4) กรณีที่มีการเยื้องศูนย์ที่มีการเติมคอนกรีตในเสา ซึ่งทั้งหมดมีตัวอย่างทดสอบย่อยเหมือนกับในกรณีที่ 1 ซึ่งรายละเอียดของตัวอย่างทดสอบแสดงดังตารางที่ 1 โดยแต่ละชุดการทดสอบจะทำการทดสอบ 3 ตัวอย่างทดสอบเพื่อหาค่าเฉลี่ย ในส่วนของคานในทุกตัวอย่างทดสอบจะมีขนาดของคานเท่ากันคือ คานเหล็กกล่องสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 125 x 75 x 3.2 มม. ความหนาเหล็กกล่องเสาและคานมีความหนาเท่ากันคือ 3.2 มม.



รูปที่ 1 (ก)และ(ง)ขนาดหน้าตัดของคานตัวอย่างทดสอบ (ข),(ค),(ฉ)และ(ช)ขนาดหน้าตัดเสาตัวอย่างทดสอบ



รูปที่ 2 (ก)รอยต่อกรณีไม่เยื้องศูนย์ (ข)รอยต่อกรณีเยื้องศูนย์ชิดขอบ

ตารางที่ 1 รายละเอียดตัวอย่างทดสอบ

ตัวอย่างทดสอบ	ขนาดเสา (มม.)	การเติมคอนกรีต	อัตราส่วน B/c	รูปแบบการเชื่อมต่อ
E00-125	125 x 125	ไม่มี	0.6	แบบไม่เยื้องศูนย์
E00-150	150 x 150	ไม่มี	0.5	แบบไม่เยื้องศูนย์
E01-125	125 x 125	ไม่มี	0.6	แบบเยื้องศูนย์ชิดขอบ
E01-150	150 x 150	ไม่มี	0.5	แบบเยื้องศูนย์ชิดขอบ
E10-125	125 x 125	มี	0.6	แบบไม่เยื้องศูนย์
E10-150	150 x 150	มี	0.5	แบบไม่เยื้องศูนย์
E11-125	125 x 125	มี	0.6	แบบเยื้องศูนย์ชิดขอบ
E11-150	150 x 150	มี	0.5	แบบเยื้องศูนย์ชิดขอบ

หมายเหตุ* ขนาดของคานตัวอย่างทดสอบในทุกตัวอย่างทดสอบมีขนาดเท่ากันคือ 75 x 125 มม.

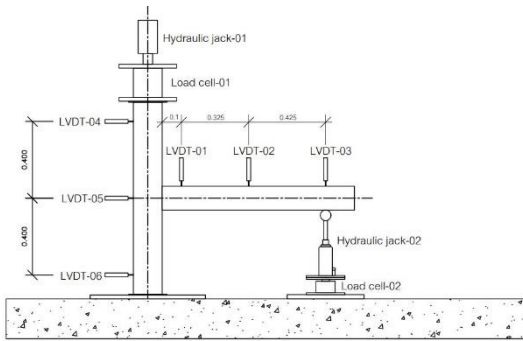
2.2. รายละเอียดของรอยต่อและวิธีการทดสอบ

รอยต่อที่ทำการศึกษาเป็นรอยต่อของเสาเหล็กกล่องที่มีการเติมคอนกรีตกับคานเหล็กกล่องที่มีขนาดของความกว้างน้อยกว่าความกว้างเสา ที่มีการเยื้องศูนย์ที่ยึดกันด้วยการเชื่อมรอบหน้าตัดคาน ซึ่งรอยต่อที่ศึกษาจะแบ่งออกเป็น 2 กรณีตามได้กล่าวไว้ข้างต้นแล้ว ซึ่งรูปแบบของรอยต่อคาน-เสาแสดงดังรูปที่ 2

ค่าอัตราส่วนความกว้างคานต่อความกว้างเสา (B/C) เป็นค่าที่แสดงถึงอัตราส่วนของความกว้างของหน้าตัดคานต่อความกว้างหน้าตัดเสาที่เชื่อมต่อกับคาน

ในการทดสอบได้ทำการทดสอบในรูปแบบของคานยื่น ซึ่งได้มีการให้แรงกระทำที่เสาเป็น Pre-loading 7.5 ตัน ก่อนการทดสอบ เพื่อจำลองรูปแบบในการทดสอบให้คล้ายกับการใช้งานจริงกรณีเสารับน้ำหนักขององค์อาคาร การทดสอบจะให้แรงดันโดยแม่แรงที่ระยะ 0.85 เมตร จากขอบเสาโดยมีการติดตั้งอุปกรณ์วัดการเคลื่อนที่ (LVDT) เพื่อวัดการ

เคลื่อนที่ของคานและเสาตั้งรูปที่ 3 โดยที่ตัวคานจะมี (LVDT) ติดตั้งทั้งหมด 3 ตำแหน่ง ติดตั้งที่ระยะ 0.1 , 0.425 และ 0.85 เมตร ตามลำดับ



รูปที่ 3 การติดตั้งอุปกรณ์ในการทดสอบ



รูปที่ 4 การติดตั้งชุดทดสอบจริง

ตัวอย่างทดสอบมีความสูงของเสา 1 เมตร และมีความยาวของคานอยู่ที่ 1 เมตร

2.3 รายละเอียดของวัสดุทดสอบ

วัสดุที่ใช้ในการทดสอบประกอบด้วยเหล็กกล่องกลวงที่ใช้เป็นเสาและคานของตัวอย่างทดสอบ มีค่าโมดูลัสยืดหยุ่น $E = 2.04 \times 10^6$ ksc. กำลังครากเฉื่อยจากการทดสอบที่ 350 MPa และกำลังดึงประลัยเฉื่อยที่ 465 MPa และคอนกรีตที่ใช้ในการเติมในช่องว่างของเสาเหล็กกล่องกลวงนั้นใช้คอนกรีตที่มีกำลังอัดประลัย ($f'c$) = 240 ksc. ที่อายุ 28 วัน

3. พฤติกรรมของรอยต่อจากการทดสอบ

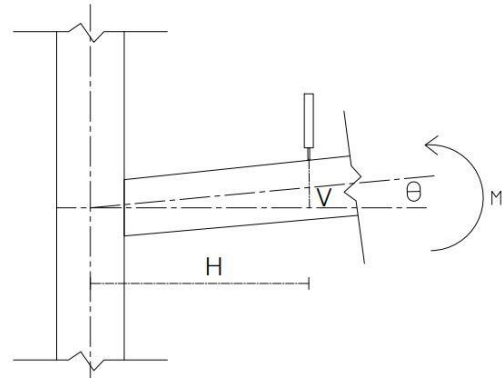
ผลการทดสอบจะแสดงอยู่ในรูปแบบของกราฟความสัมพันธ์ของโมเมนต์ดัดและมุมหมุนของรอยต่อซึ่งได้จากการทดสอบ

$$M = P \times L \quad (1)$$

เมื่อ M คือ โมเมนต์ดัด
 P คือ แรงกระทำที่จุดถ่ายแรง
 L คือ ระยะแขนของโมเมนต์ (ระยะเท่ากับ 0.85 ม.)

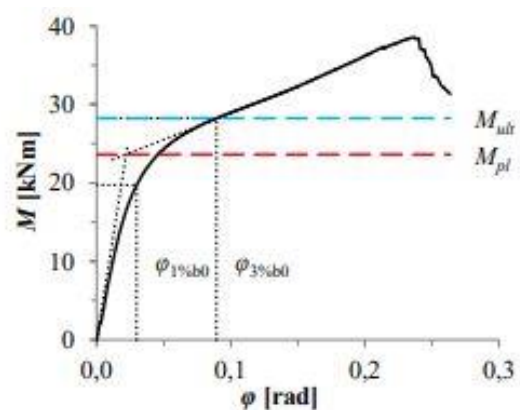
$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{V}{H}\right) \quad (2)$$

เมื่อ θ คือ มุมหมุนของรอยต่อ
 V คือ ระยะการเคลื่อนที่ในแนวตั้ง
 H คือ ระยะจากกึ่งกลางเสาถึงจุดที่วัดการเคลื่อนที่ (ระยะเท่ากับ $1/2 \times$ ความกว้างเสา + 0.425 ม.)



รูปที่ 5 ระยะการคิดโมเมนต์มุมหมุนของรอยต่อ

ซึ่งค่าผลลัพธ์ที่น่าเสนอจะเสนออยู่ในรูปของโมเมนต์ดัดพลาสติกและค่าสตีเฟนเสริมต้นของรอยต่อ ซึ่งค่าโมเมนต์ดัดพลาสติกที่ได้นั้นอ่านค่ามาจากกราฟซึ่งเกิดจากการตัดกันของเส้นสตีเฟนในช่วงเริ่มต้นกับสตีเฟนในช่วงที่เกิดการเปลี่ยนแปลงดังแสดงในรูปที่ 6 ซึ่งเป็นวิธีที่พบได้หลายงานวิจัย



รูปที่ 6 การหาโมเมนต์ดัดพลาสติก [2]

3.1 ผลการทดสอบกรณีไม่มีการเยื้องศูนย์

3.1.1 ผลการทดสอบกรณีไม่มีการเยื้องศูนย์กรณีที่ไม่มีการเติมคอนกรีต

ผลการทดสอบรอยต่อของตัวอย่างทดสอบขนาดเสา 125 x 125 มม. (E00-125) ได้ค่าโมเมนต์ดัดพลาสติกเฉลี่ย อยู่ที่ 128.33 Kg-m และค่าสตีเฟนเสริมต้นเฉลี่ยอยู่ที่ 9183.33 Kg-m/rad และ ผลการทดสอบของตัวอย่างขนาดเสา 150 x 150 มม. (E00-150) ได้ค่าโมเมนต์ดัดพลาสติกเฉลี่ย อยู่ที่ 47.33 Kg-m และค่าสตีเฟนเสริมต้นเฉลี่ยอยู่ที่ 6000 Kg-m/rad กราฟผลการทดสอบแสดงดังรูปที่ 7 และรูปที่ 8

3.1.2 ผลการทดสอบกรณีไม่มีการเอียงศูนย์กรณีที่มีการเติมคอนกรีต

ผลการทดสอบรอยต่อของตัวอย่างทดสอบขนาดเสา 125 x125 มม. (E10-125) ได้ค่าโมเมนต์ดัดพลาสติกเฉลี่ย อยู่ที่ 440.00 kg-m และค่าสตีฟเนสเริ่มต้นเฉลี่ยอยู่ที่ 51,166.67 kg-m/rad กราฟผลการทดสอบแสดงดังรูปที่ 11

ผลการทดสอบของตัวอย่างขนาดเสา 150 x 150 มม. (E10-150) ได้ค่าโมเมนต์ดัดพลาสติกเฉลี่ย อยู่ที่ 186.67 kg-m และค่าสตีฟเนสเริ่มต้นเฉลี่ยอยู่ที่ 15,500.00 kg-m/rad กราฟผลการทดสอบแสดงดังรูปที่ 12

3.2 ผลการทดสอบกรณีที่มีการเอียงศูนย์ชิดขอบ

3.2.1 ผลการทดสอบกรณีที่มีการเอียงศูนย์ชิดขอบกรณีไม่มีการเติมคอนกรีต

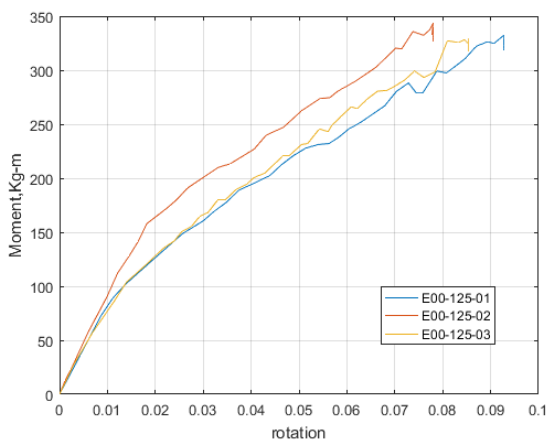
ผลการทดสอบในส่วนของตัวอย่างทดสอบกรงที่มีการเอียงศูนย์นั้นผลการทดสอบที่ได้นั้นแสดงอยู่ในรูปความสัมพันธ์ของโมเมนต์ดัดกับมุมหมุนของรอยต่อโดยที่ผลการทดสอบของตัวอย่างทดสอบขนาดเสา 125 x125 มม. (E01-125) ได้ค่าโมเมนต์ดัดพลาสติกเฉลี่ยอยู่ที่ 415.00 kg-m. และค่าสตีฟเนสเริ่มต้นของรอยต่อเฉลี่ยอยู่ที่ 55,500.00 kg-m/rad แสดงดังรูปที่ 9

ผลการทดสอบของตัวอย่างขนาดเสา 150 x 150 มม. (E01-150) ได้ค่าโมเมนต์ดัดพลาสติกเฉลี่ย อยู่ที่ 472.00 kg-m และค่าสตีฟเนสเริ่มต้นเฉลี่ยอยู่ที่ 60,625.00 kg-m/rad กราฟผลการทดสอบแสดงดังรูปที่ 10

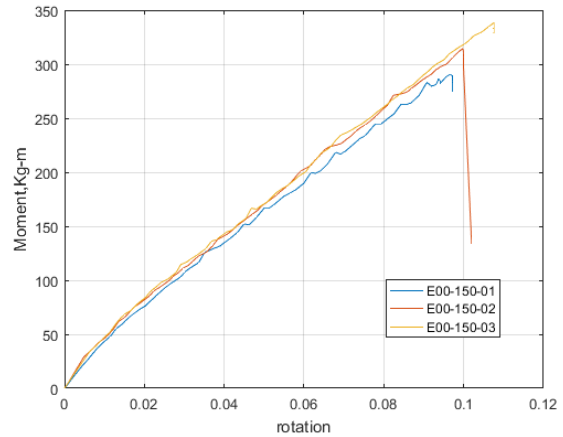
3.2.2 ผลการทดสอบกรณีที่มีการเอียงศูนย์ชิดขอบกรณีมีการเติมคอนกรีต

ผลการทดสอบของตัวอย่างทดสอบขนาดเสา 125 x125 มม. (E11-125) ได้ค่าโมเมนต์ดัดพลาสติกเฉลี่ยอยู่ที่ 1,403.33 kg-m. และค่าสตีฟเนสเริ่มต้นของรอยต่อเฉลี่ยอยู่ที่ 104,000.00 kg-m/rad แสดงดังรูปที่ 13

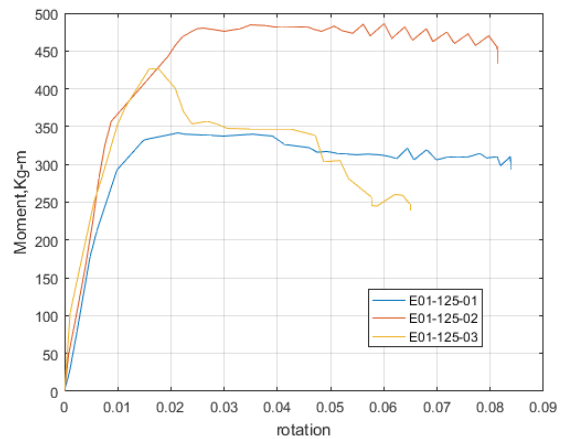
ผลการทดสอบของตัวอย่างขนาดเสา 150 x 150 มม. (E11-150) ได้ค่าโมเมนต์ดัดพลาสติกเฉลี่ย อยู่ที่ 1,153.33 kg-m และค่าสตีฟเนสเริ่มต้นเฉลี่ยอยู่ที่ 104,000.00 kg-m/rad กราฟผลการทดสอบแสดงดังรูปที่ 14



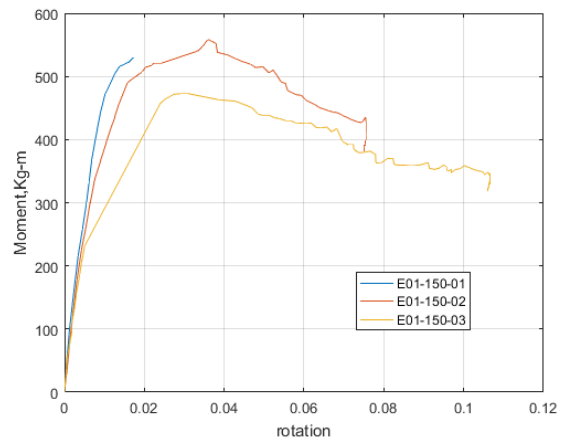
รูปที่ 7 ผลการทดสอบตัวอย่างE00-125



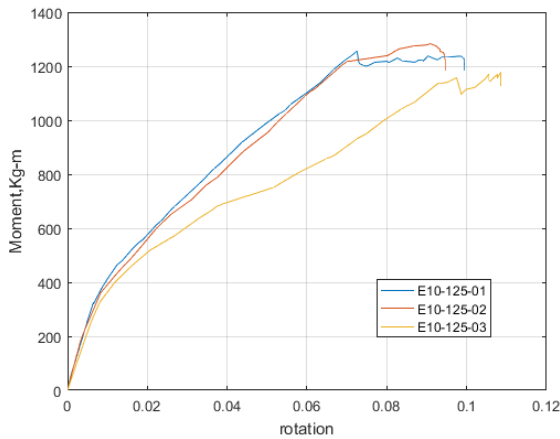
รูปที่ 8 ผลการทดสอบตัวอย่างE00-150



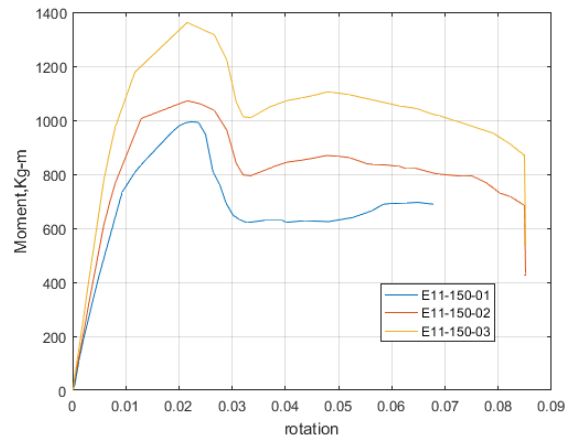
รูปที่ 9 ผลการทดสอบตัวอย่างE01-125



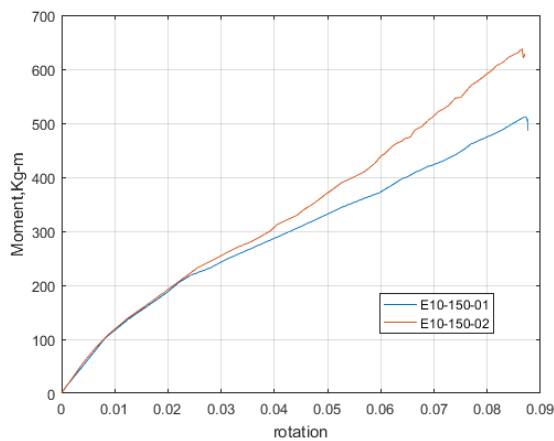
รูปที่ 10 ผลการทดสอบตัวอย่างE01-150



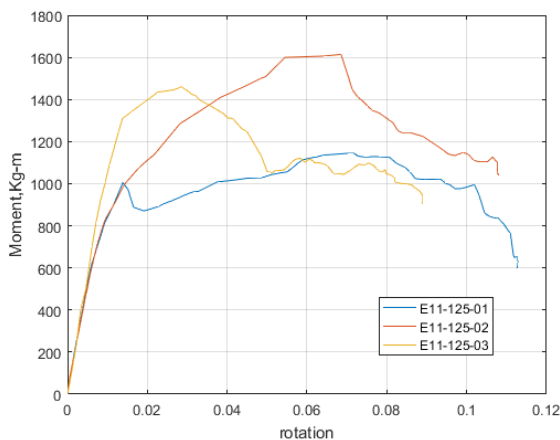
รูปที่ 11 ผลการทดสอบตัวอย่าง E10-125



รูปที่ 14 ผลการทดสอบตัวอย่าง E11-150



รูปที่ 12 ผลการทดสอบตัวอย่าง E10-150



รูปที่ 13 ผลการทดสอบตัวอย่าง E11-125

จากการทดสอบลักษณะการวิบัติของตัวอย่างทดสอบที่มีการเติมคอนกรีตภายในเสาจะเกิดขึ้นในบริเวณที่เป็นรอยเชื่อมระหว่างเสาเหล็กกล่องกับคานเหล็กกล่องส่วนรูปแบบที่ไม่มีการเติมคอนกรีตภายในเสา การวิบัติจะเกิดขึ้นบริเวณผิวหน้าของเสาเหล็กกล่องที่เชื่อมต่อกับคานเหล็กกล่อง

4. วิเคราะห์ผลการทดสอบรอยต่อ

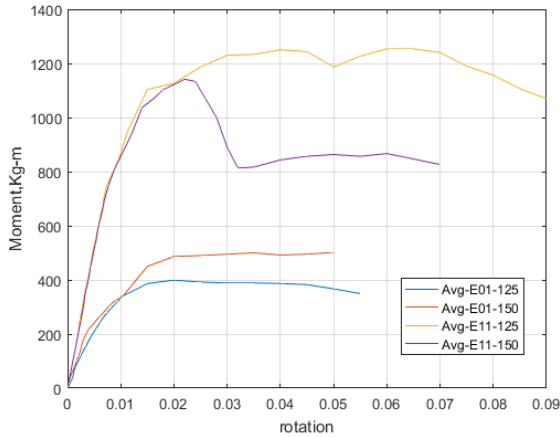
ในการเปรียบเทียบผลจะนำผลจากการทดสอบรอยต่อคานเสาที่มีการเติมคอนกรีต มาเปรียบเทียบกับผลการทดสอบรอยต่อคาน-เสาที่ไม่มีการเติมคอนกรีต ที่ได้ทำการทดสอบในรูปแบบเดียวกันทั้งในกรณีที่มีการเอียงศูนย์และกรณีที่ไม่มีการเอียงศูนย์ ซึ่งผลการเปรียบเทียบแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบผลการทดสอบ

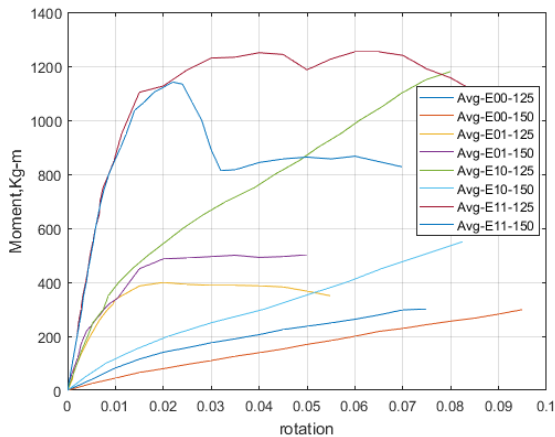
ตัวอย่างทดสอบ	ผลการทดสอบ	
	โมเมนต์ดัดพลาสติก Kg-m	สติฟเนสเริ่มต้น Kg-m/rad
E00-125	128.33	9,183.33
E00-150	47.33	6,000.00
E01-125	415.00	55,500.00
E01-150	472.00	60,625.00
E10-125	440.00	51,166.67
E10-150	186.67	15,500.00
E11-125	1,403.33	104,000.00
E11-150	1,153.33	104,000.00

จากตารางเปรียบเทียบผลการทดสอบจะเห็นได้ว่าการเอียงศูนย์ส่งผลให้ค่ากำลังโมเมนต์ดัดพลาสติกของรอยต่อมีกำลังเพิ่มขึ้น 3.2-11.3 เท่าจากรูปแบบที่ไม่มีการเอียงศูนย์ ในรูปแบบที่มีการเติมคอนกรีตในเสาเหล็กกล่องกลวงนั้นส่งผลให้กำลังของรอยต่อและสติฟเนสเริ่มต้นในกรณีที่มีการเอียงศูนย์มีค่าที่สูงขึ้นจากรูปแบบที่ไม่เติมคอนกรีต 2.15 เท่า และ 1.71

เท่า ตามลำดับ ในรูปแบบที่มีการเติมคอนกรีตในกรณีที่มีการเอียงศูนย์ของคานชนิดขอบเสานั้น ตัวอย่าง E11-125 และ E11-150 ให้ค่ากำลังโมเมนต์ดัดพลาสติกที่ต่างกันแต่ให้ค่าสตีฟเนสเริ่มต้นที่ใกล้เคียงกันสังเกตได้จากกราฟค่าเฉลี่ยของผลการทดสอบใน รูปที่ 16 ซึ่งจะเห็นได้ว่าในช่วงแรกค่าสตีฟเนสเริ่มต้นมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน



รูปที่ 15 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยผลการทดสอบรอยต่อกรณีที่มีการเอียงศูนย์



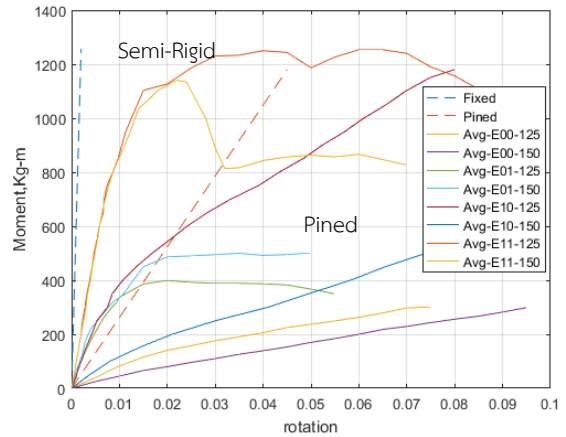
รูปที่ 16 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของผลทดสอบ

5. การจำแนกรอยต่อ

ตามการจำแนกรอยต่อที่มีการนำเสนอใน Eurocode-3 Part 1-8 (2005) [1] ด้วยวิธีการเปรียบเทียบค่าสตีฟเนสเริ่มต้น (Initial stiffness) ของรอยต่อเสาคานที่ศึกษา กับ สตีฟเนสของคาน (beam stiffness: S_b) ซึ่งผลการจำแนกรอยต่อจากผลการทดสอบแสดงในรูปที่ 17

$$S_b = \frac{EI}{L} \quad (3)$$

เมื่อ S_b คือ สตีฟเนสของคาน
E คือ ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น
I คือ โมเมนต์อินทิเชียลของหน้าตัด
L คือ ความยาวของคาน



รูปที่ 17 กราฟจำแนกรอยต่อ

จากกราฟจำแนกรอยต่อในรูปที่ 17 พบว่ารอยต่อในกรณีที่มีการเอียงศูนย์ชนิดขอบตามการจำแนกรอยต่อที่มีการนำเสนอใน Eurocode-3 นั้นตกอยู่ในช่วงของ Semi-Rigid และตัวอย่างที่ไม่มีการเอียงศูนย์ตกอยู่ในช่วงของ Pined ยกเว้นตัวอย่าง E10-125 ที่สตีฟเนสเริ่มต้นตกอยู่ในช่วงของ Semi-Rigid

6. สรุปผล

จากผลการทดสอบที่ได้มีการนำเสนอในข้างต้นนั้นสามารถที่จะสรุปผลของการศึกษาออกมาได้ดังนี้

- การเอียงศูนย์ทำให้รูปแบบของรอยต่อมีการเปลี่ยนแปลงจากรูปแบบ Pined ไปสู่ Semi-Rigid และกรณีที่มีการเติมคอนกรีตนั้นค่าสตีฟเนสเริ่มต้นของรอยต่อเข้าใกล้ช่วง Fixed ตามการจำแนกรอยต่อที่มีการแนะนำใน Eurocode-3 [1]

- การเอียงศูนย์ของคานที่มีขนาดความกว้างคานน้อยกว่าความกว้างเสา ทำให้กำลังของรอยต่อและสตีฟเนสเริ่มต้นของรอยต่อเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

- การเติมคอนกรีตลงไปในเสาเหล็กกล่องกลวงสามารถเพิ่มกำลังของรอยต่อ และ สตีฟเนสเริ่มต้นให้กับรอยต่อได้อย่างเห็นได้ชัดเจน

- ในกรณีที่มีการเอียงศูนย์ค่าสตีฟเนสเริ่มต้นของตัวอย่าง E11-125 และ E11-150 มีค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบเท่ากัน อาจสรุปได้ว่าในกรณีที่มีการเอียงศูนย์ของเสาเหล็กกล่องที่มีการเติมคอนกรีต อัตราส่วนความกว้างคานต่อความกว้างเสาไม่มีผลต่อสตีฟเนสเริ่มต้นของรอยต่อ

- การเติมคอนกรีตในกรณีที่ไม่มีการเอียงศูนย์คอนกรีตจะช่วยรับแรงอัดที่เกิดขึ้นแต่ในส่วนแรงดึงที่เกิดขึ้นยังเหมือนเดิมทำให้มีกำลัง และ สตีฟเนสสูงกว่าในกรณีที่ไม่มีการเติมคอนกรีต

- กรณีที่มีการเอียงศูนย์ชนิดขอบเสาคานเหล็กกล่องทำให้ขอบเสาและขอบคานอยู่ในแนวเดียวกันทำให้สามารถส่งผ่านแรงได้ดีขึ้นและคอนกรีตที่เติมลงไปภายในเสาช่วยในการรับกำลังอัดทำให้กำลังของรอยต่อและสตีฟเนสเพิ่มขึ้นอย่างมาก

เอกสารอ้างอิง

- [1] EN 1993-1-8 (2005). Eurocode 3 Design of Steel Structures Part 1-8 Design of Joints. European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.
- [2] Huu-Tai Thai, Brian Uy (2016). Rotational stiffness and moment resistance of bolted endplate joints with hollow or CFST columns. Journal of Constructional Steel Research 126. pp. 139-152.
- [3] Marsel, G. (2018). Experimental moment resistance of rectangular hollow section T joints. International Scientific Conference on Energy, Environmental and Construction Engineering (EECE-2018), Saint-Petersburg, Russia, 19-20, November 2018, pp. 1-6
- [4] L.A.P.Silva (2003). Rotational Stiffness of Rectangular Hollow Sections Composite Joints. Journal of Structural Engineering. Vol.129 ,No.4, April 1, 2003.
- [5] J.Szlendak (1991). Beam-Column Welded RHS Connection. Thin-Walled Structures 12 ,pp.63-80.
- [6] Gomes (1996) Moment capacity of beam-to-column minor-axis joints. IABSE Colloquium on Semi-Rigid Structural Connection, pp.319-326.
- [7] Pirmoz, A., Khoei, A.S., Mohammadrezapour, E., and Daryan, A.S. (2009). Moment-rotation behavior of bolted top-seat angle connections. Journal of Constructional Steel Research, 65, pp. 973-984.
- [8] Daryan, A.S., Sadri, M., Saberi, H., Saberi, V., and Moghadas, A.B. (2012). Behavior of semi-rigid connections and semi-rigid frames. The Structural Design of Tall and Special Buildings, 23, 3, pp.210-238.
- [9] Hadianfard, M.A., and Razani, R. (2003). Effects of semirigid behavior of connections in the reliability of steel frames. Structural Safety, 25, 2, pp.123-138
- [10] พรสวรรค์ (2019) การศึกษาพฤติกรรมของรอยต่อคาน-เสาเหล็กกล่องสี่เหลี่ยมกลวงที่มีการเยื้องศูนย์ด้วยวิธีตัวเลข. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 24