ร้อยโท พีรศักดิ์ เอี่ยมละออ
พันตรี ผศ.ดร.ณัฐพร นุตยะสกุล
พันโท วสันต์ พัฒน์วิชัยโชติ

กองวิชาวิศวกรรมโยธา ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า
E-mail: mrpp43@gmail.com

การทดสอบอะเสของหลังคาเหล็กขึ้นรูปเย็นที่ใช้เหล็กรูปตัวซีสองตัวประกอบกันเพื่อใช้ในอาคารที่สามารถก่อสร้างได้รวดเร็วในภารกิจทางการทหาร

Testing of The Built-up Cold-Formed Steel Flexural Members for Rapid Military Construction

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อทดสอบความสามารถในการรับแรงดัดของคานเหล็กขึ้นรูปเย็น ในการทดสอบคานเหล็กขึ้นรูปเย็นจะถูกทดสอบแบบคานช่วงเดียวแบบรองรับธรรมดาและคานต่อเนื่อง ผลการทดสอบได้แสดงว่า ความเครียด ณ ตำแหน่งต่างๆของคานเหล็กขึ้นรูปเย็นเมื่อได้รับโมเมนต์ดัดยังคงรักษาระนาบ แต่หากพื้นที่ในการกดน้อยจะทำให้เกิดการโก่งเดาะและสูญเสียความแข็งแรงของคานก่อนที่จะวิบัติ

Abstract

The aim of this study is to test the bending performance of cold-formed steel beam. In the bending test cold-formed steel beam was tested in simple beam and continuous beam with four point bending test. The test results revealed that the strains at anywhere on the cross section keep relationship as a plane, but bending with small bearing area make the beams failed with buckling before its yield strength.

คำสำคัญ : คานเหล็กขึ้นรูปเย็นรูปตัวซี, ความสามารถในการรับแรงดัด

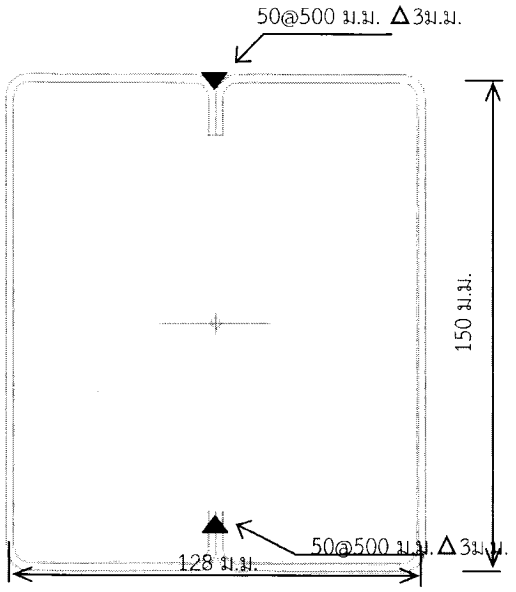
1. บทนำ

โครงสร้างหลังคาที่ใช้เหล็กขึ้นรูปเย็นชุบสังกะสี (Gavalnized Cold-Formed Steel) นั้นเป็นเทคโนโลยีที่ในปัจจุบันมีใช้มากขึ้นโดยเฉพาะโครงการหมู่บ้านขนาดใหญ่ การใช้โครงสร้างเหล็กในลักษณะนี้จะใช้โครงสร้างที่เป็นโครงข้อหมุนและยึดต่อด้วยสลักเกลียว การใช้งานยังมีการใช้งานร่วมกับเหล็กทั่วไปที่ไม่ได้ชุบสังกะสีโดยเฉพาะตัวอะเสที่ใช้เป็นจุดรองรับโครงข้อหมุน หากจะมีการพัฒนาเพื่อนำโครงหลังคาในลักษณะนี้มาประยุกต์ใช้งานเพื่อการทหาร การนำเหล็กขึ้นรูปเย็นแบบชุบสงกะสีมาใช้กับอะเสจะช่วยให้การก่อสร้างรวดเร็วขึ้น โดยสามารถนำเอาเหล็กรูปตัวซี มาประกอบกันเพื่อให้มีความสามารถในการรับน้ำหนักเพิ่มขึ้นโดยการเชื่อม เนื่องจากเหล็กชนิดนี้สามารถใช้งานได้ง่าย มีความทนทาน ปลอดภัย และก่อสร้างได้รวดเร็วไม่ยุ่งยากเกี่ยวกับการทาสีกันสนิมอีกด้วย แต่ว่าในด้านความแข็งแรงของเหล็กชนิดนี้ ยังไม่มีการทดสอบที่แน่ชัด ดังนั้น การวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมของเหล็กขึ้นรูปเย็นรูปตัวซีที่นำมาประกอบกันเป็นรูปกล่องโดยการเชื่อมเมื่อรับแรงดัด เพื่อสามารถนำมาพัฒนาองค์ความรู้ขององค์อาคารประกอบในลักษณะนี้มากขึ้น และสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบสิ่งก่อสร้างแบบรวดเร็วเพื่อภารกิจทางทหารได้ต่อไป

2. วิธีการศึกษา

2.1 ตัวอย่างในการทดสอบ

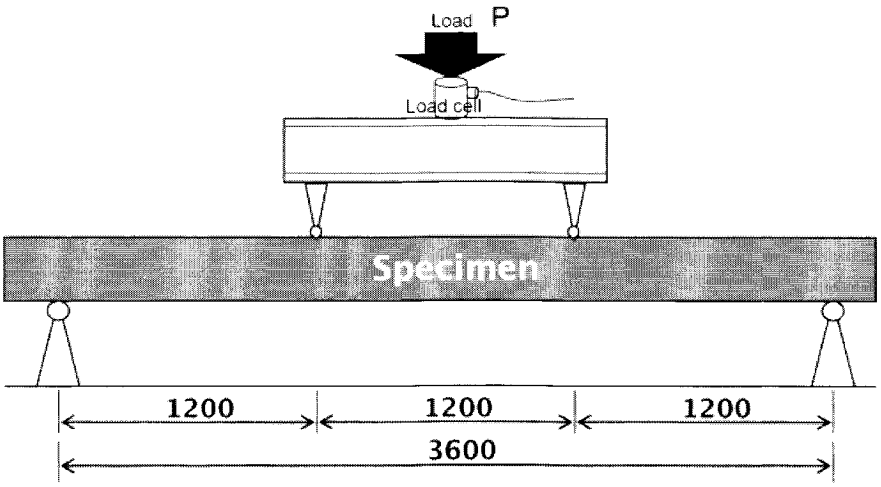
ตัวอย่างทดสอบที่ใช้ในการทดสอบนี้เป็นเหล็กขึ้นรูปเย็นรูปตัวซีเชื่อม 2 ตัวประกบกัน ขนาดหน้าตัด 128*150 ม.ม. ดังภาพที่ 1 มีค่าการคราก ของเหล็กที่ (Yield Strength) 450 MPa มีความหนาของเหล็ก 2.4 ม.ม. มีความยาว 2 ชนิด คือ ยาว 4000 ม.ม. สำหรับการทดสอบคานช่วงเดี่ยวแบบรองรับธรรมดา (Simple Beam) และยาว 8000 ม.ม. สำหรับคานต่อเนื่อง (Continuous Beam) โดยทุกตัวอย่างทดสอบจะถูกเชื่อมยาว 50 ม.ม.ทุกระยะ 500 ม.ม. ทั้งด้านบนและด้านล่าง



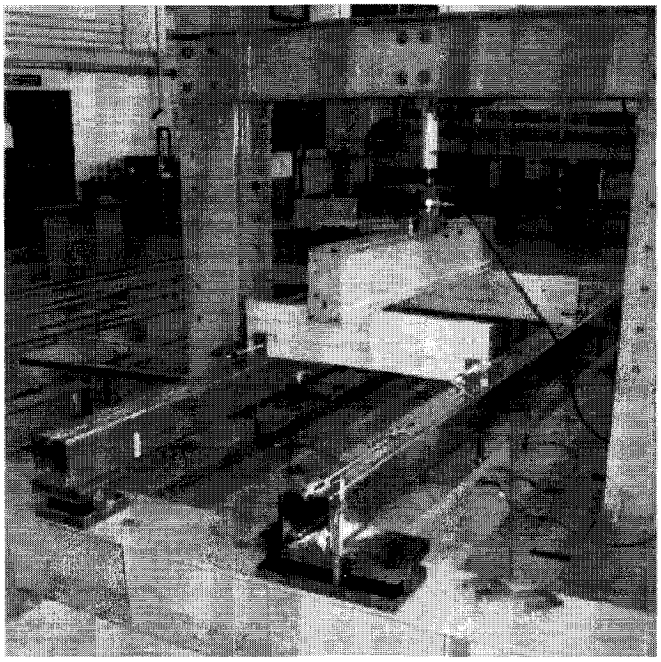
ภาพที่ 1 ภาพหน้าตัดของตัวอย่างทดลอง

2.2 การทดสอบคานช่วงเดี่ยวแบบรองรับธรรมดา (Four Point Bending Test)

ในการทดสอบนี้ได้ใช้การทดสอบคานช่วงเดี่ยวแบบรองรับธรรมดาดังภาพที่ 2 และภาพที่ 3 เพื่อศึกษาความสามารถในการรับแรงดัด (Flexural Strength) และความเครียด (Strain) ที่เกิดขึ้นในหน้าตัดคาน โดยมีระยะทอด 3600 ม.ม. ระยะระหว่างจุดที่กด 1200 ม.ม. มีพื้นที่แบกทาน (Bearing Area) แต่ละจุดเป็น 40*128 ม.ม.เพื่อจำลองการใช้งานจริง และในการทดสอบครั้งที่ 3 พื้นที่แบกทานแต่ละจุดได้ถูกเพิ่มเป็น 175*128 ม.ม.

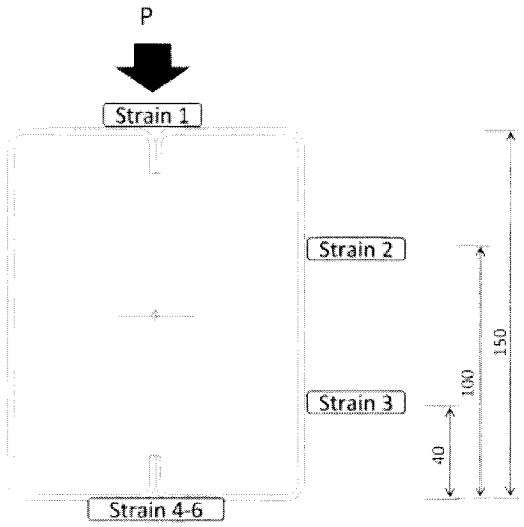


ภาพที่ 2 ลักษณะการทดสอบแบบกดสองจุด

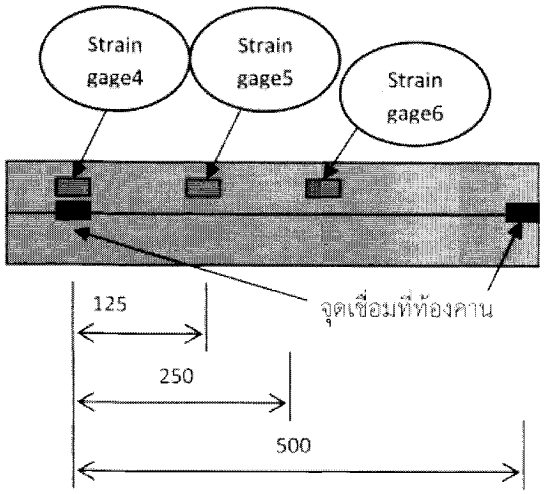


ภาพที่ 3 ภาพการทดสอบ

ในการทดลองนี้ใช้คานตัวอย่าง 2 ตัววางคู่กันห่างกัน 1000 ม.ม. เพื่อจำลองการค้ำยันทางข้างในการใช้งานจริง ติดตั้ง LVDT ณ จุดต่างๆ เพื่อวัดค่าความโก่ง (Vertical Deflection) และติดตั้งเครื่องมือวัดความเครียด (Strain Gage) ที่ความสูงต่างๆ บนหน้าตัดคานและระหว่างจุดเชื่อมที่ท้องคานเพื่อวัดความเค้นที่เกิดขึ้นในหน้าตัดของตัวอย่างทดลองดังภาพที่ 4



(ก) ตำแหน่งของ Strain Gage บนหน้าตัด

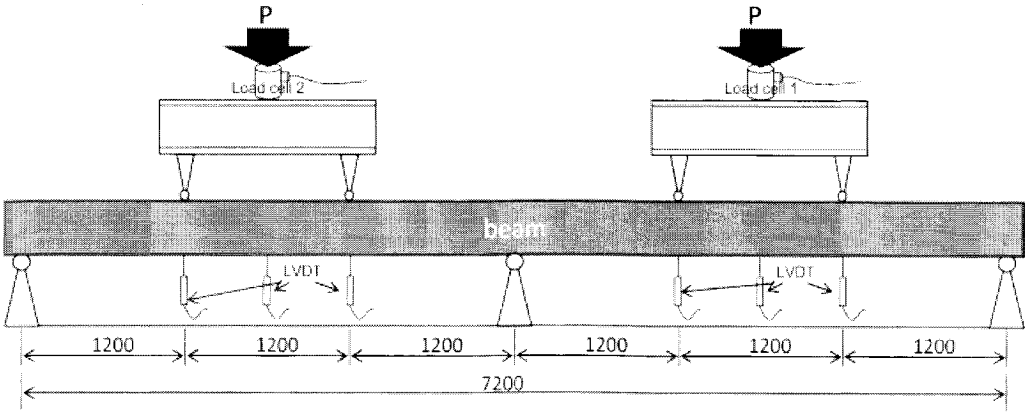


(ข) ตำแหน่งของ Strain Gage ระหว่างจุดเชื่อม

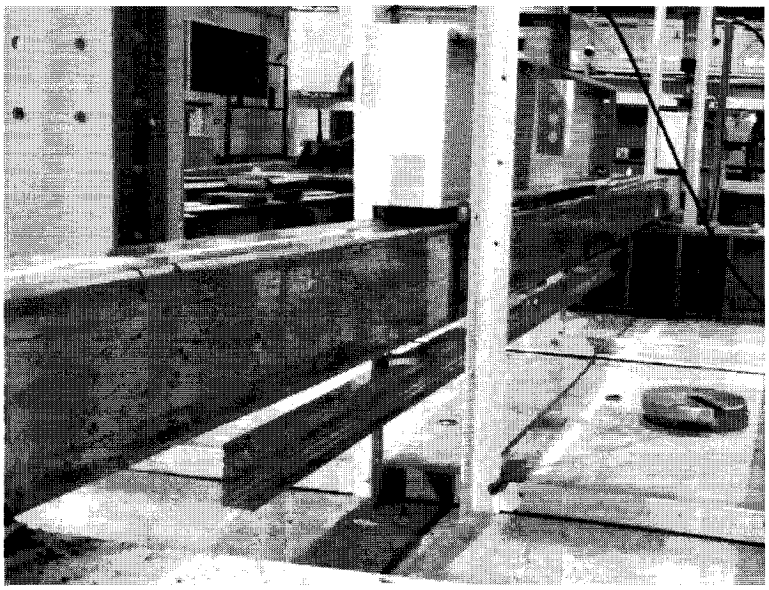
ภาพที่ 4 ตำแหน่งของ Strain Gage

2.3 การทดสอบคานต่อเนื่อง (Continuous Beam Test)

ในการนำคานเหล็กขึ้นรูปเย็นนี้ไปใช้งานจริง ในบางกรณีคานจะถูกใช้งานแบบต่อเนื่อง (Continuous Beam) เพื่อเพิ่มความถูกต้องของผลการทดสอบอีกครั้ง ผู้วิจัยจึงได้ทดสอบคานต่อเนื่องเพื่อหาจุดวิบัติ โดยลักษณะการทดสอบจะเป็นไปตามภาพที่ 5 และภาพที่ 6 และมีพื้นที่แบกทานเป็น 175*128 ม.ม.



ภาพที่ 5 ลักษณะการทดสอบคานต่อเนื่อง

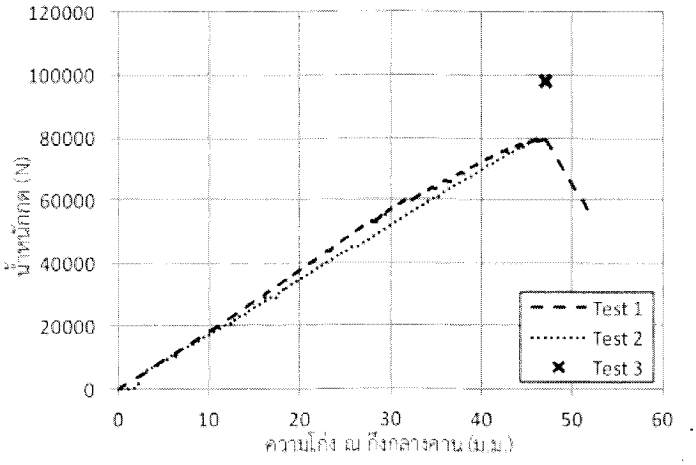


ภาพที่ 6 ภาพการทดสอบคานต่อเนื่อง

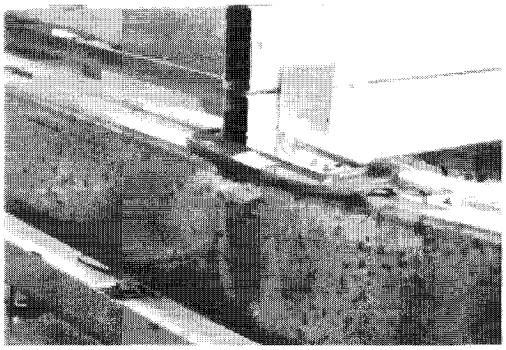
3. ผลการทดลอง

3.1 คานช่วงเดี่ยวแบบรองรับธรรมดา

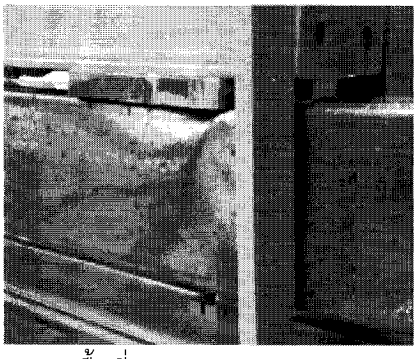
ในครั้งนี้ได้น้ำหนักกดสูงสุด (P) เฉลี่ยที่ 80105 N ระยะโก่งเฉลี่ย 46.7 mm คิดเป็นโมเมนต์เฉลี่ยที่กระทำกับคานได้ 24031 N.m (โดยเปรียบเทียบกับค่าโมเมนต์ที่ได้จากการคำนวณโดยมาตรฐานเหล็กขึ้นรูปเย็น วสท.1024-53 Mn=28,553 N.m) (1) โดยเป็นการวิบัติแบบผสมระหว่างการดัดและการยู่ของแผ่นเอว (Combined Bending and Web Crippling Failure) และสูญเสียความสามารถในการรับแรงดัดเร็วกว่าที่ควร เนื่องจากค่าความกว้างของแรงแบกทานมีเพียง 40 ม.ม. ดังภาพที่ 8 ดังนั้นในการทดสอบที่ 3 ผู้วิจัยได้เพิ่มความกว้างของพื้นที่แรงแบกทานเป็น 175 ม.ม. และได้ค่าโมเมนต์สูงสุดที่ 29453 N.m ซึ่งใกล้เคียงกับค่าคำนวณของ วสท.



ภาพที่ 7 กราฟความสัมพันธ์ของการโก่ง ณ จุดกึ่งกลางระยะทอดกับน้ำหนักกด

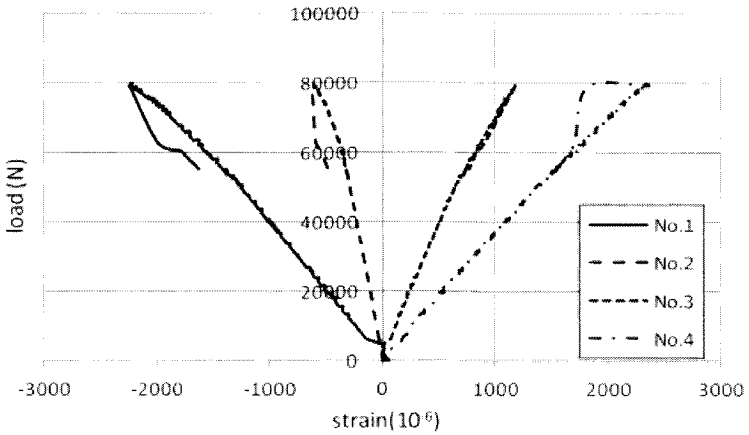


(ก) พื้นที่แบกทาน 40*128 ม.ม.



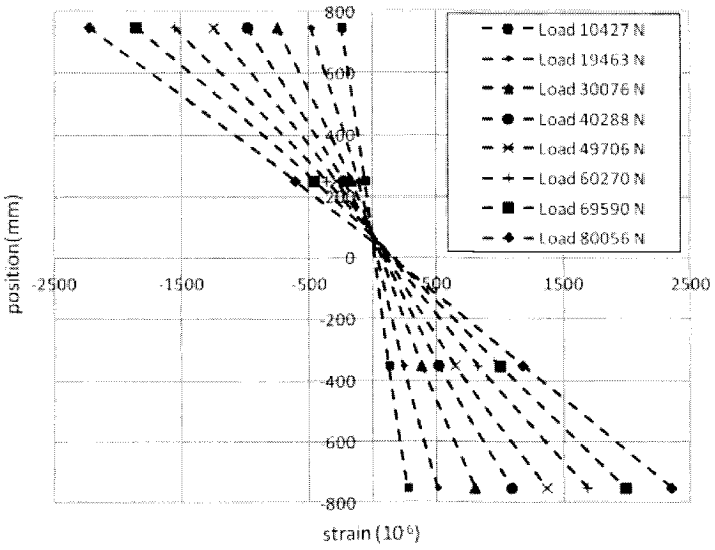
(ข) พื้นที่แบกทาน 175*128 ม.ม.

ภาพที่ 8 ภาพการวิบัติแบบผสมระหว่างการดัดและการอยู่ของแผ่นเอว

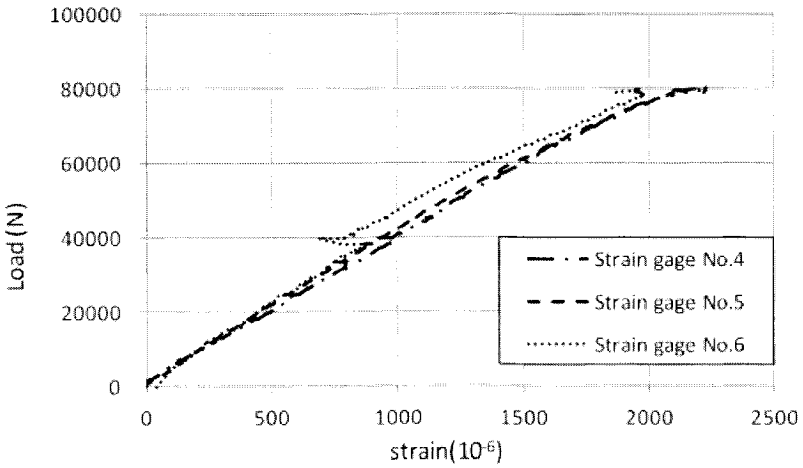


ภาพที่ 9 กราฟความเครียด ณ จุดต่างๆ บนหน้าตัด

ภาพที่ 9 แสดงการเกิดความเครียด ณ จุดต่างๆ บนหน้าตัดคาน ซึ่งจะเห็นได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดในหน้าตัดและน้ำหนักกดทุกจุดมีลักษณะใกล้เคียงกับเส้นตรง และอยู่ในช่วงยืดหยุ่น (Elastic) ภาพที่ 10 แสดงการรักษาระนาบในหน้าตัดของตัวอย่างทดสอบ ซึ่งไม่ว่า ณ น้ำหนักกดใดๆ ความสัมพันธ์ก็ยังรักษาความเป็นเส้นตรงอยู่ และเกิดความเครียดปริมาณใกล้เคียงกันแต่ต่างทิศทางกันระหว่างด้านอัดและด้านดึงของหน้าตัดคานแต่จะมีการขยับของแกนสะเทิน (Neutral Axis) เล็กน้อยเนื่องจากมีการวิบัติ



ภาพที่ 10 กราฟการรักษาระนาบบนหน้าตัดของคานตัวอย่าง

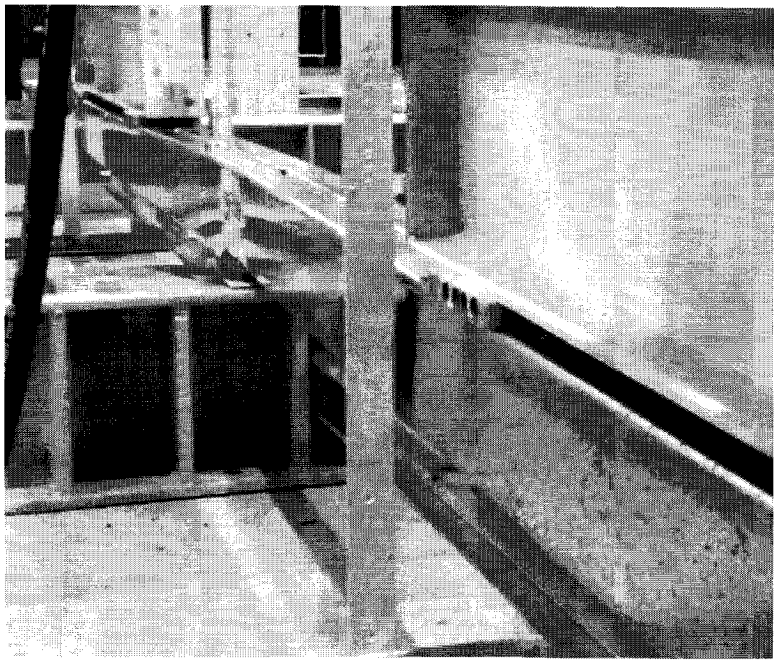


ภาพที่ 11 กราฟความเครียด ณ จุดระหว่างจุดเชื่อม

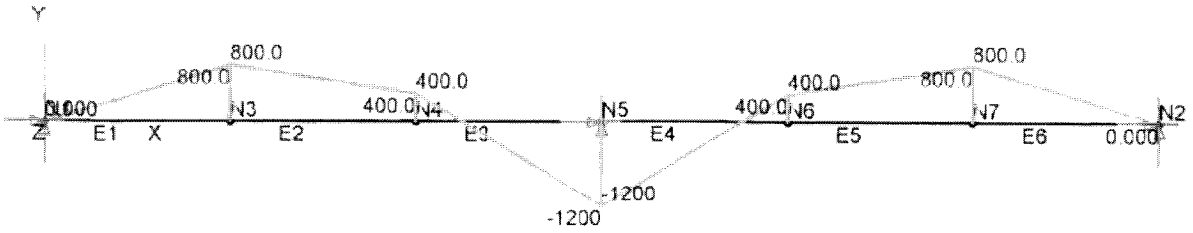
ภาพที่ 11 แสดงความเครียด ณ จุดต่างๆ ระหว่างจุดเชื่อม จากกราฟจะเห็นว่าไม่ว่า ณ จุดใดๆ ระหว่างจุดเชื่อมก็จะเกิดความเครียดไม่แตกต่างกัน

3.2 การทดสอบคานต่อเนื่อง (Continuous beam test)

คานที่ถูกทดสอบแบบคานต่อเนื่องเมื่อได้รับแรงกดประมาณ 50000 N ได้เริ่มมีการยู่ของแผ่นเอวที่จุดรองรับน้ำหนักด้านในก่อน ดังภาพที่ 12 แต่ยังสามารถรับน้ำหนักต่อไปจนเกิดการวิบัติที่น้ำหนักกดสูงสุด (P) เฉลี่ยที่ 62406 N คิดเป็นโมเมนต์เฉลี่ยที่กระทำกับคานได้ 37444 N.m ภาพที่ 13 แสดงการเกิดโมเมนต์ดัดในคานต่อเนื่องเมื่อมีน้ำหนักกด (P) กระทำ 1 N



ภาพที่ 12 ภาพการยู่ของแผ่นเอวที่จุดรองรับด้านใน



ภาพที่ 13 โมเมนต์ที่เกิดในคานต่อเนื่องเป็น N.m เมื่อใช้แรงกด (P) เป็น 1 N

4. สรุป

จากผลการทดลองที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น สามารถสรุปได้ดังนี้

(1) เมื่อคานเหล็กขึ้นรูปเย็นรูปตัวซีถูกโมเมนต์กระทำความเครียดที่เกิดขึ้นในหน้าตัด คานจะรักษาระนาบของหน้าตัด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการดัดยังอยู่ในช่วงอิลาสติกจนถึงจุดวิบัติ และความเครียด ณ จุดต่างๆ ระหว่างจุดเชื่อมมีค่าไม่แตกต่างกันแสดงให้เห็นว่าการเชื่อมในลักษณะนี้สามารถทำให้หน้าตัดประกอบมีพฤติกรรมเหมือนกับหน้าตัดแบบกล่องจนถึงจุดวิบัติ

(2) เมื่อมีพื้นที่ของจุดกดน้อยจะทำให้คานเกิดวิบัติที่จุดแบกทาน (Bearing Point) โดยเป็นการวิบัติแบบผสมระหว่างการดัดและการยู่ของแผ่นเอว (Combined Bending and Web Crippling Failure) และสูญเสียความสามารถในการรับแรงดัดเร็วกว่าที่ควร แต่เมื่อพื้นที่การกดแต่ละจุดมากขึ้นจะช่วยลดการเกิดการวิบัติเฉพาะที่ ทำให้คานสามารถรับโมเมนต์ดัดได้ใกล้เคียงกับค่าคำนวณได้จากมาตรฐานของ วสท.

5. บรรณานุกรม

(1) คณะอนุกรรมการสาขาโครงสร้างเหล็กในคณะกรรมการสาขาวิศวกรรมโยธา, 2553, มาตรฐานการออกแบบอาคารเหล็กขึ้นรูปเย็น, วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย.