

การทดสอบแปเหล็กขึ้นรูปเย็นลักษณะรูปหมวก ในโครงหลังคาเพื่อหาความสามารถในการรับน้ำหนัก Performance Loading Tests of The Hat-Shape Cold-Formed Steel Purlin for Roof Construction

บทคัดย่อ

การใช้แปเหล็กขึ้นรูปเย็น มีใช้กันอย่างแพร่หลายในโครงหลังคา เพราะมีความทนทาน รวดเร็ว และปลอดภัย แปเหล็กขึ้นรูปเย็นที่ใช้ส่วนใหญ่จะมีลักษณะหน้าตัดเป็นรูปหมวกซึ่งนับว่าเป็นหน้าตัดที่เหมาะสมและมีการใช้กันอย่างแพร่หลาย งานวิจัยนี้จะทำการทดสอบหาความแข็งแรงของแปหลังคาที่ใช้เหล็กขึ้นรูปเย็นลักษณะหน้าตัดรูปหมวกนี้ว่าสามารถผ่านค่ามาตรฐานที่กำหนดสำหรับการก่อสร้างในประเทศไทยได้หรือไม่ การทดสอบใช้น้ำหนักบรรทุกคงที่และน้ำหนักบรรทุกจรกระทำที่โครงหลังคาเพื่อหาระยะยุบตัวของแป เปรียบเทียบกับค่าการยุบตัวที่ยอมให้ตามที่กำหนดในมาตรฐานที่ใช้ในการออกแบบโครงสร้างเหล็ก โดยผลการทดสอบพบว่าการวิบัติของแปรูปหมวกขึ้นรูปเย็น เกิดการฉีกขาดขึ้นของแปเหล็กขึ้นรูปเย็นที่แนวรูสลัก เป็นผลเนื่องจากเกิดแรงบิดและพบว่าน้ำหนักที่ทำให้เกิดการวิบัติดังกล่าว มีค่าน้อยเป็น 3 เท่า ของน้ำหนักใช้งานปกติที่แปนี้สามารถรับได้ นอกจากนี้การทดสอบการโก่งตัวของแปหน้าตัดรูปหมวกโดยใช้น้ำหนักใช้งาน พบว่าการโก่งตัวของแปนี้ในทุกระยะพาดน้อยกว่าค่าสูงสุดที่ยอมให้ได้ ตามกำหนดไว้ในมาตรฐานสำหรับการก่อสร้าง

คำสำคัญ : เหล็กขึ้นรูปเย็น, แปเหล็กขึ้นรูปเย็นลักษณะรูปหมวก, การยุบตัวที่ยอมให้

Abstract

Cold-formed steel members currently are widely used in roof construction due to its durability, fast installation and safety. The employ of the hat-shape purlin has gained more popularity in the residential roofing construction in Thailand. The cold-formed steel hat shape purlin has many advantages over traditional steel purlin. This research examines the strength of cold-formed steel purlin and compares the results to the requirements by the standard of cold-formed steel construction in Thailand. In the test, the purlins are applied by dead load and live loads to obtain the maximum loads and their relative deflections. The results demonstrate that the failure of the cold-formed steel hat shape purlin occurred as tearing through the screw holes path. It is resulted by Torque. The failure of purlin occurred when the applied load force is at least 3 times to the normal workable load. Moreover, the deflection test of purlins is performed in this research. The purlins are applied by the normal workable load. It clearly illustrates that all of this hat-shape purlin in all span length satisfies the allowable deflection requirement by the standard of cold-formed steel construction in Thailand.

Keywords : cold-formed steel, hat shape purlin, allowable displacement

1. บทนำ

การก่อสร้างในปัจจุบันต้องการความรวดเร็ว ความสวยงาม ความประหยัด ตลอดจนความคงทนต่อสภาพสิ่งแวดล้อม ผู้รับเหมาก่อสร้าง ตลอดจนบริษัทโครงการก่อสร้างต่างๆ ให้ความสนใจและใช้วัสดุที่ทำมาจากเหล็กโครงสร้างขึ้นรูปเย็น เนื่องจากมีความแข็งแรงและน้ำหนักเบา ทำให้ขนส่ง เคลื่อนย้ายและนำไปใช้งานได้สะดวก รวดเร็ว และช่วยเพิ่มความสามารถในการเพิ่มระยะวางพาดของคานาให้กว้างขึ้น รวมทั้งติดตั้งได้อย่างรวดเร็ว ตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้อย่างดียิ่ง

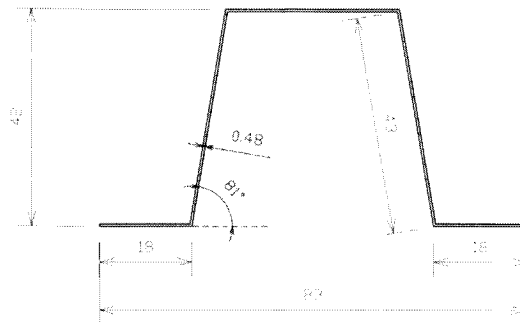
2. วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์การวิจัยนี้ คือการหาระยะช่วงพาดที่เหมาะสมที่สุดในการรับน้ำหนักบรรทุกประจำและน้ำหนักบรรทุกจรโดยการโก่งตัวไม่เกินค่ามาตรฐานการโก่งตัว การทดสอบได้นำแปรูปหวมกขึ้นรูปเย็นตามนิยามที่กล่าวไว้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.1238-2549 (1) มาทำเป็นแปรรับน้ำหนักของโครงหลังคา และทดสอบการรับน้ำหนักและวัดระยะการยุบตัวของโครงหลังคาในช่วงพาดต่างๆ เปรียบเทียบกับค่าการยุบตัวที่ยอมให้ของมาตรฐานการออกแบบโครงสร้างเหล็กขึ้นรูปเย็นเมื่อมีน้ำหนักบรรทุกประจำและน้ำหนักบรรทุกจรมากกระทำ

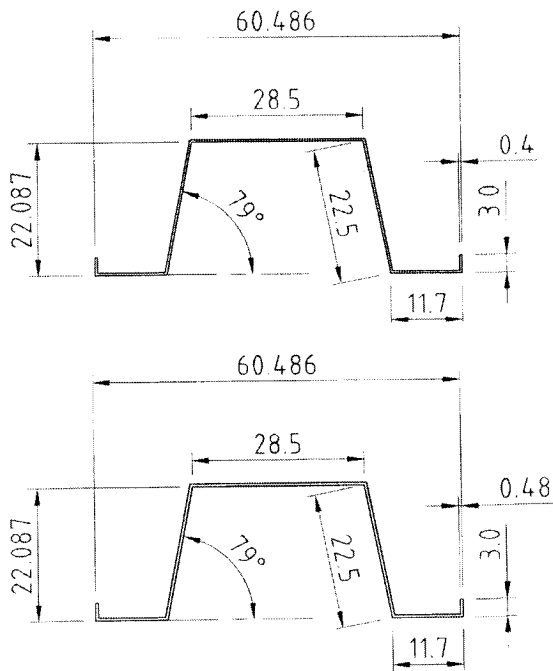
2.1 การดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ กระทำ ณ ห้องทดสอบโครงสร้าง ของกองวิศวกรรมโยธา ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า โดยผู้วิจัยได้ออกแบบการทดสอบโครงหลังคาโดยพัฒนาให้มีระยะพาดที่ยาวขึ้น เมื่อเทียบกับการทดสอบเมื่อปี พ.ศ.2554 (2) ใช้แปเหล็กขึ้นรูปเย็นลักษณะรูปหวมก รายละเอียดตามภาพที่ 1 ได้ทำการทดสอบระยะพาดที่ยาวเพิ่มขึ้นจากเดิม

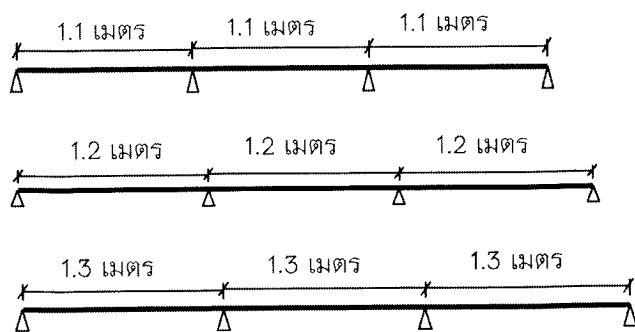
ซึ่งได้ทดสอบเอาไว้ในการทดสอบเมื่อปี พ.ศ.2554 (2) แต่ในการทดสอบครั้งนี้ ได้มีการเปลี่ยนขนาดหน้าตัด ของแปเหล็กขึ้นรูปเย็นลักษณะรูปหวมก ขนาดหน้าตัดตามภาพที่ 2 ระยะพาดที่ทำกาทดสอบ ได้แก่ 110, 120 และ 130 เซนติเมตร ตามภาพที่ 3 ตั้งวางอยู่บนฐานที่มีความมั่นคงตามภาพที่ 4 การยุบตัวที่เกิดขึ้นเมื่อมีน้ำหนักมากระทำกับหลังคาจะเกิดขึ้นที่แปทดสอบเท่านั้น ตามภาพที่ 5 และนำค่ายุบตัวที่ได้จากการทดสอบไปเปรียบเทียบกับค่ายุบตัวที่ยอมให้ (3)



ภาพที่ 1 รูปหน้าตัดแปเหล็กขึ้นรูปเย็นลักษณะรูปหวมก ที่มีความหนา 0.48 มม. ที่ใช้ในการทดสอบ (มิติเป็น มม.)

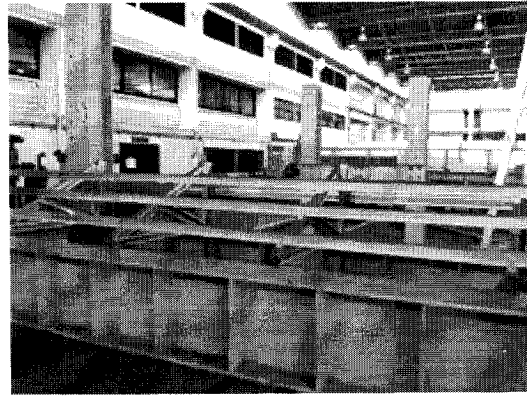


ภาพที่ 2 รูปหน้าตัดแปะเหล็กขึ้นรูปเป็นลักษณะรูปหมวก ที่มีความหนา 0.40 และ 0.48 มม. ที่ใช้ในการทดสอบ เมื่อปี 2554 (มิติเป็น มม.)

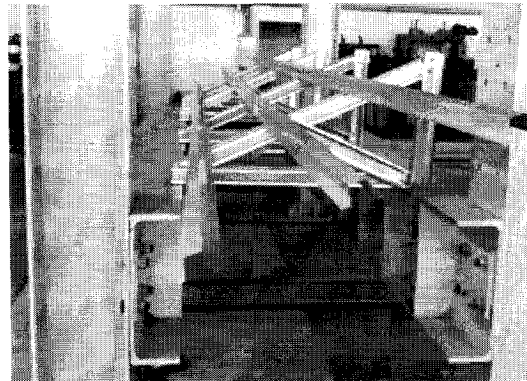


ภาพที่ 3 ภาพจำลองการทดสอบระยะพาดที่ใช้มี 110, 120 และ 130 เซนติเมตรตามลำดับ

การเก็บรวบรวมข้อมูลมีการวัดระยะยุบตัวของแปะหลังคา ณ จุดกึ่งกลางของช่วงหลังคา ในช่วงแรกโดยใช้เครื่องมือการวัดการโก่งตัว Linearly Varying Displacement Transducer (LVDT) ของโครงหลังคาที่มีระยะพาด 110, 120 และ 130 เซนติเมตร ตามลำดับ



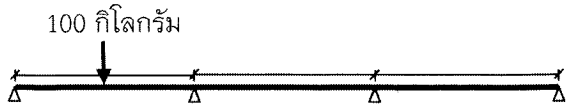
ภาพที่ 4 ระยะพาดของแปะเหล็กขึ้นรูปเป็นลักษณะรูปหมวก ที่มีความยาวเพิ่มขึ้นมากกว่าการทดสอบเมื่อปี 2554



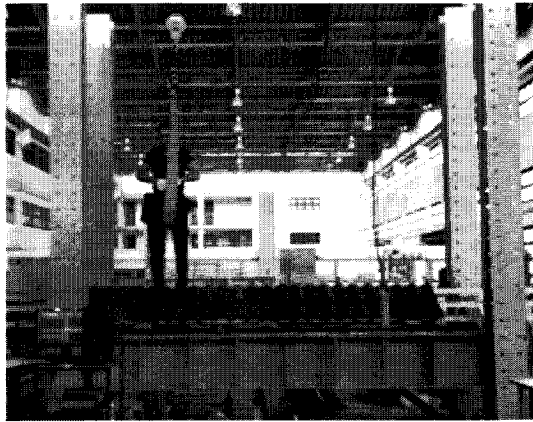
ภาพที่ 5 โครงหลังคาจะตั้งอยู่บนฐานที่มีความมั่นคง การยุบตัวที่เกิดขึ้นจะเกิดขึ้นที่แปะเหล็กรูปหมวกเท่านั้น

2.2 ทดสอบและรวบรวมผล

ผู้วิจัยจัดเก็บข้อมูลโดยเครื่องมือการวัดการยุบตัวของแปะ เมื่อน้ำหนัก 100 กิโลกรัมกระทำ ณ จุดกึ่งกลางของหลังคา ดังแสดงในภาพที่ 6 และ 7 แล้วจึงนำน้ำหนัก 100 กิโลกรัมออก

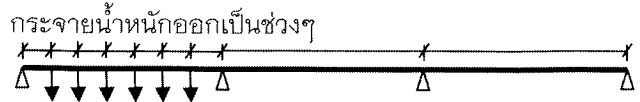


ภาพที่ 6 ภาพจำลองการทดสอบเมื่อมีแรงกระทำที่เป็นจุด 100 กิโลกรัม กระทำที่กึ่งกลางของช่วงคานด้านซ้าย



ภาพที่ 7 น้ำหนัก 100 กิโลกรัมที่กระทำเป็นจุดที่กึ่งกลางของคานบนหลังคา

หลังจากนั้น ผู้วิจัยจัดเก็บข้อมูลโดยเครื่องมือการวัดการยุบตัวของแป เมื่อมีน้ำหนักแบบกระจายลงในช่วงคานช่วงแรก การวางตัวของหลังคาแผ่นซีแพคโมเนียร์ที่วางลงบนแปนั้น ถ้าพิจารณาการวางตัวของแผ่นหลังคาจะมีการวางตัวในลักษณะเป็นจุดโดยกระจายน้ำหนักออกไปตามระยะที่แผ่นหลังคาซีแพคโมเนียร์วางบนแป โดยการทดสอบผู้วิจัยได้จำลองการกระจายน้ำหนักของหลังคาซีแพคโมเนียร์โดยใส่น้ำหนักเท่ากันกระจายเป็นช่วงๆของคาน ในด้านซ้าย ดังแสดงในภาพที่ 8 และ 9 หลังจากนั้นวัดระยะโก่งตัวของแปโดยเพิ่มน้ำหนักจนกระทั่งแปถึงจุดวิบัติตามภาพที่ 10

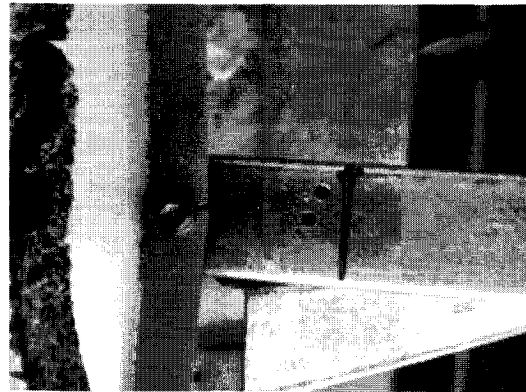


ภาพที่ 8 ภาพจำลองการทดสอบเมื่อมีแรงกระจายกระทำบนคานด้านซ้าย



ภาพที่ 9 น้ำหนักแปกระจายในช่วงคานด้านซ้ายของช่วงหลังคาซีแพคโมเนียร์

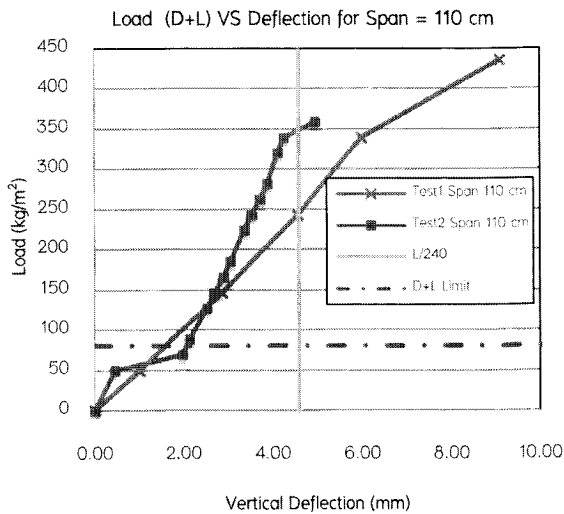
หลังจากนั้นทำการทดสอบโดยการวัดระยะยุบตัวของแปเมื่อมีน้ำหนักแบบกระจายลงในช่วงคานช่วงแรก การวางตัวของหลังคาแผ่นซีแพคโมเนียร์ที่วางลงบนแป



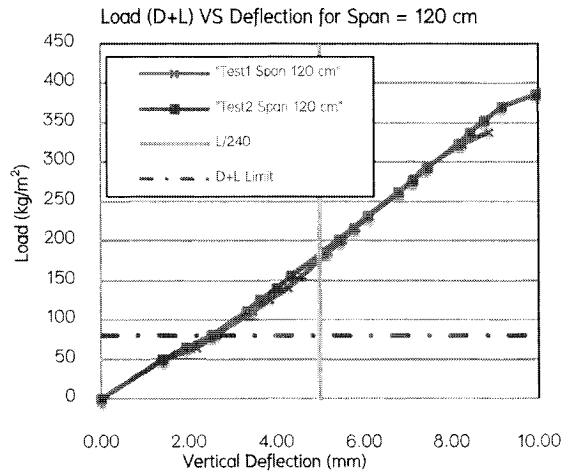
ภาพที่ 10 การวิบัติที่เกิดขึ้น เมื่อมีน้ำหนักกระจายกระทำ โดยแปเกิดการฉีกขาดจากแนวรูสกรู

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

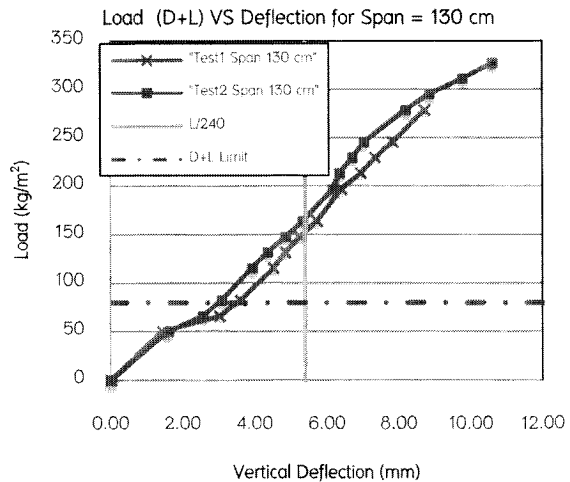
จากการทดสอบพบว่า การวิบัติของแปรูปหมวกชั้นรูปเย้นเกิดจากการฉีกขาดของแปเหล็กชั้นรูปเย้นที่แนวรูดงู เนื่องจากเกิดแรงบิดจนทำให้หน้าตัดเกิดการฉีกขาดในหน้าตัดของแปรูปหมวกที่มีความบางมากในทุกระยะช่วงพาด แรงบิดที่ทำให้เหล็กชั้นรูปเย้นเกิดการฉีกขาด พื้นที่ที่มีค่าน้อยที่สุดที่แนวรูดงู ฉะนั้นจึงเกิดการฉีกขาดที่แนวรูดงู



ภาพที่ 11 กราฟการโค้งตัวของแปเมื่อมีน้ำหนักชนิดแผ่นกระทำโดยเปรียบเทียบกับการโค้งตัวที่ยอมให้เมื่อมีน้ำหนักบรรทุกคงที่รวมกับและน้ำหนักบรรทุกจรกระทำ ระยะพาด 1.10 m



ภาพที่ 12 กราฟการโค้งตัวของแปเมื่อมีน้ำหนักชนิดแผ่นกระทำโดยเปรียบเทียบกับการโค้งตัวที่ยอมให้เมื่อมีน้ำหนักบรรทุกคงที่รวมกับและน้ำหนักบรรทุกจรกระทำ ระยะพาด 1.20 m



ภาพที่ 13 กราฟการโค้งตัวของแปเมื่อมีน้ำหนักชนิดแผ่นกระทำโดยเปรียบเทียบกับการโค้งตัวที่ยอมให้เมื่อมีน้ำหนักบรรทุกคงที่รวมกับและน้ำหนักบรรทุกจรกระทำ ระยะพาด 1.30 m

ตารางที่ 1 ชนิดน้ำหนักและระยะยวบตัวของแปเหล็กขึ้นรูปเย็นลักษณะรูปหมวก

ชนิดน้ำหนัก	ระยะยวบตัว	ระยะยวบตัว	ระยะยวบตัว
	ระยะพาด 110 cm	ระยะพาด 120 cm	ระยะพาด 130 cm
น้ำหนักบรรทุก ประจำ (หลังคา)	0.73 mm	1.42 mm	1.53 mm
น้ำหนักบรรทุก ประจำ (หลังคา) รวมกับ น้ำหนัก100 กิโลกรัม (ณ จุดกึ่งกลาง)	6.98 mm	10.37 mm	12.29 mm

ตามมาตรฐานที่ใช้ในการออกแบบโครงสร้างเหล็กค้ำระยะยวบตัวที่ยอมให้ เมื่อมีน้ำหนักบรรทุกคงที่และน้ำหนักบรรทุกจรมากระทำ จากตารางที่ 1 เห็นว่าระยะการยวบตัวที่ยอมให้มามีค่าสูงสุดได้ L/240 (เท่ากับ 4.6, 5.0 และ 5.4 มิลลิเมตร เมื่อระยะพาด เท่ากับเท่ากับ 1.10, 1.20 และ 1.30 m ตามลำดับ) แต่หาเมื่อมีน้ำหนักบรรทุกประจำรวมกับน้ำหนัก 100 กิโลกรัม กระทำ ณ จุดกึ่งกลางของคานทำให้แปเหล็กขึ้นรูปเย็นลักษณะรูปหมวกที่ใช้ในการทดสอบยวบตัวลงมาถึง 6.98, 10.37 และ 12.29 มิลลิเมตร ตามลำดับ เป็นค่ายวบตัวที่สูงเกินค่าที่ยอมให้ ซึ่งในการนำไปใช้งานอาจทำให้เกิดความเสียหายต่อกระเบื้องหรือฝ้าที่ถูกยึดอยู่กับแปได้ โดยทั่วไปวิศวกรไทย จะออกแบบให้โครงหลังคารับน้ำหนักบรรทุกคงที่ 50 kg/m² และน้ำหนักบรรทุกจร 30 kg/m²

สรุปผลการวิจัย

จากการทดสอบพบว่า การวิบัติของแปรูปหมวกขึ้นรูปเย็นเกิดจากการฉีกขาดของแปเหล็กขึ้นรูปเย็นที่แนวรูสกรู เนื่องจากเกิดแรงบิดจนทำให้หน้าตัดเกิดการฉีกขาดในหน้าตัดของแปรูปหมวกที่มีความบางมากในทุกระยะช่วงพาด แรงบิดที่ทำให้เหล็กขึ้นรูปเย็นเกิดการฉีกขาด ณ จุดที่หน้าตัดมีพื้นที่น้อยที่สุดที่แนวรูสกรู ฉะนั้นจึงเกิดการฉีกขาดที่แนวรูสกรู โดยการวิบัติที่เกิดขึ้นนั้นเกิดขึ้นที่แรงกระทำสูงกว่าแรงที่ใช้ในการใช้งานมากกว่าอย่างน้อย 3 เท่าและที่แรงขณะใช้งานมีการโก่งตัวน้อยกว่าที่มาตรฐานกำหนดไว้ในทุกระยะพาด

เอกสารอ้างอิง

- (1) มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เหล็กโครงสร้างรูปพรรณขึ้นรูปเย็น มอก. 1238-2549
- (2) พ.ท.वलันต์ พัฒน์วิชัยโชติ, 2554, การทดสอบแปเหล็กขึ้นรูปเย็นลักษณะรูปหมวก ในโครงหลังคา เพื่อหาความสามารถในการรับน้ำหนัก, วารสารทางวิชาการสภาอาจารย์ ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า
- (3) คณะอนุกรรมการสาขาโครงสร้างเหล็กในคณะกรรมการสาขาวิศวกรรมโยธา, 2553, มาตรฐานการออกแบบอาคารเหล็กขึ้นรูปเย็น, วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย