

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ปัญหาและที่มาของโครงการ

ในภาวะปัจจุบันนี้ระบบ โครงสร้างคอนกรีตสำเร็จรูปได้รับความนิยมมากขึ้นตามภาวะความเร่งด่วนและความต้องการใช้ประโยชน์อาคาร ทั้งจากเจ้าของอาคาร และเจ้าของโครงการ โดยเฉพาะโครงการบ้านจัดสรรที่สนองตอบแนวคิดบ้านสร้างเสร็จก่อนขาย ดังนั้นแต่ละโครงการจึงจำเป็นต้องสรรหาเทคนิคด้านต่างๆมาเสริมให้การก่อสร้างมีความรวดเร็วควบคู่ไปกับคุณภาพของงานที่จะต้องเทียบเท่ากับระบบก่อสร้างเดิม รวมทั้งต้องใช้แรงงานคน และระยะเวลาในการก่อสร้างที่น้อยลง หรือกล่าวได้ว่า ปัจจัยด้านราคาของค่าก่อสร้างเองนั้น ไม่ได้ถูกมองว่าเป็นปัจจัยหลักเทียบกับระยะเวลาที่สั้นลง และคุณภาพที่ได้

ชิ้นส่วน โครงสร้างคอนกรีตสำเร็จรูปคือ ชิ้นส่วน โครงสร้างคอนกรีตที่ทำการผลิตในโรงงานซึ่งมีการควบคุมคุณภาพและมาตรฐานในกระบวนการผลิต จากนั้นจึงขนย้ายมายังพื้นที่ก่อสร้าง และทำการประกอบชิ้นส่วนในพื้นที่ก่อสร้าง ซึ่งการก่อสร้างโดยการนำชิ้นส่วนสำเร็จรูปนี้สามารถทำการก่อสร้างอาคารจำนวนมากในระยะเวลาอันสั้น ส่งผลให้สามารถลดจำนวนแรงงานที่ใช้ในการก่อสร้างได้มากกว่าเทียบกับวิธีการก่อสร้างแบบเทในที่ ขั้นตอนโดยประมาณในการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปในโรงงาน ได้แก่ การจัดเตรียมแรงงานที่มีความชำนาญในด้านต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการสร้างชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป จากนั้นใช้เครื่องมือและเครื่องจักรที่ช่วยให้ขั้นตอนการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปเป็นไปอย่างอัตโนมัติ และได้ชิ้นส่วนที่มีคุณภาพ

การออกแบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปเพื่อนำมาใช้งานนั้น มีหลักที่จะต้องพิจารณา 2 ประการ คือ

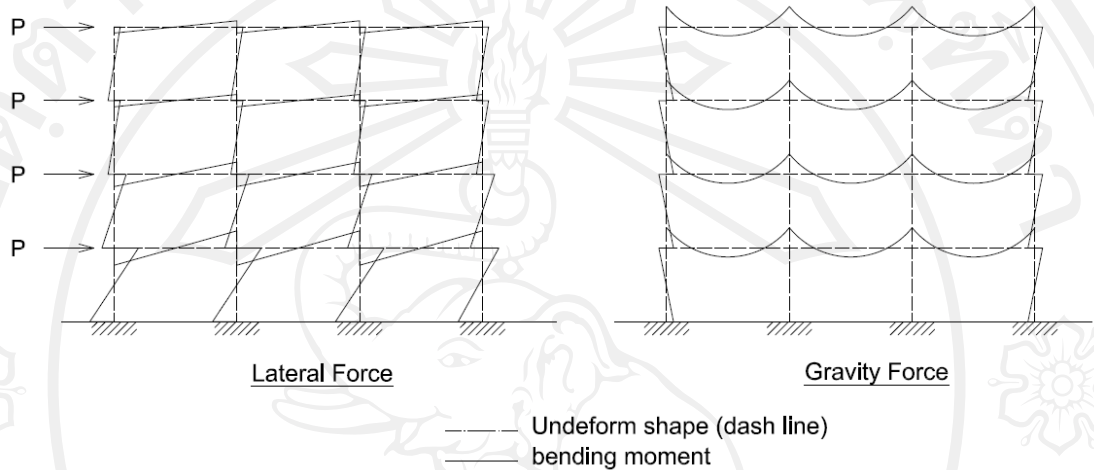
- (1) คุณสมบัติต่างๆที่ได้เทียบเท่ากับ โครงสร้างแบบเดิมที่ใช้วิธีการก่อสร้างแบบการเทในที่ และ
- (2) ต้องสามารถทำการก่อสร้างได้อย่างรวดเร็ว ดังนั้นลักษณะโครงการที่ทำให้การก่อสร้างเป็นไปตามหลักคิดที่ได้กล่าวมาข้างต้นคือ อาคารมีรูปร่างปกติทั้งแนวตั้งและแนวราบตามรูปที่ 1.1 อย่างเช่นอาคารที่มีลักษณะรูปร่างคล้ายกล่อง ซึ่งอาคารรูปแบบนี้จะใช้ชิ้นส่วนสำเร็จรูปคล้ายๆกันทั้งหลัง และรูปแบบของชิ้นส่วนไม่ซับซ้อนจึงทำให้การออกแบบและการติดตั้งสามารถทำได้ง่าย



รูปที่ 1.1 อาคารที่มีรูปร่างปกติทั้งแนวตั้ง และ แนวราบ (Brzev and Perez, 2011)

เหตุการณ์แผ่นดินไหวในปัจจุบันมีแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นบ่อยครั้งมากขึ้นและมีความรุนแรงในการเกิดการสั่นไหวเพิ่มมากขึ้นตัวอย่างเช่น เมื่อวันที่ 26 ธันวาคม 2547 เกิดแผ่นดินไหวขนาด 8.0 ริกเตอร์ บริเวณตะวันตกของเกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย ต่อมาเมื่อวันที่ 11 เมษายน 2555 เกิดแผ่นดินไหวขนาด 8.9 ริกเตอร์ ใกล้เกาะสุมาตรา ประเทศ อินโดนีเซีย แสดงให้เห็นแนวโน้มที่จะเกิดแผ่นดินไหวที่มีความรุนแรงเกิดขึ้นในอนาคต ซึ่งการเกิดแผ่นดินไหวในแต่ละครั้งนั้นสร้างความเสียหายต่ออาคารบ้านเรือนเป็นอย่างมากเพราะอาคารส่วนมากไม่ได้ออกแบบมาเพื่อรองรับแรงที่เกิดจากแผ่นดินไหว แต่ออกแบบเพื่อรองรับแรงในแนวดิ่งของอาคารเพียงอย่างเดียว เนื่องจากพฤติกรรมของแรงที่เกิดขึ้นใน โครงสร้างจากการกระทำของแรงแผ่นดินไหวซึ่งเป็นแรงกระทำด้านข้าง (lateral Force) และแรงในแนวดิ่ง(Gravity Force) ที่เกิดจากน้ำหนักของโครงสร้างนั้นแตกต่างกันอย่างสิ้นเชิง ดังรูปที่ 1.2 จะเห็นว่าแรงดัดที่เกิดใน โครงสร้างที่บริเวณจุดต่อกาน-เสา เนื่องจากแรงกระทำด้านข้างจะเกิดทั้ง โมเมนต์ดัดและ โมเมนต์ลอบ(sagging and hogging moment) สลับทิศกันไปมา แต่แรงดัดที่เกิดจากแรงกระทำในแนวดิ่งพบว่าบริเวณจุดต่อจะเกิดเพียงโมเมนต์ลอบเพียงอย่างเดียว แต่ในปัจจุบันได้มีการศึกษาถึงผลของจุดต่อใน โครงสร้างชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จเมื่อรับแรงกระทำด้านข้างหรือแรงแผ่นดินไหวอยู่ไม่มาก ซึ่งการออกแบบจุดต่อที่ค้ำนี้จะต้องมีความสามารถในการรับแรงเฉือนที่เกิดขึ้น และยังต้องมีความเหนียว (ductility) ที่เพียงพอจากความแพร่หลายของระบบ โครงสร้างคอนกรีตสำเร็จรูป และผลของแผ่นดินไหวในเขตพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทยเช่น เมื่อวันที่ 11 พฤศจิกายน 2555 เกิดแผ่นดินไหว 6.8 ริกเตอร์ แรงสั่นสะเทือนรู้สึกถึงภาคเหนือของประเทศไทย และในวันที่ 2 ธันวาคม 2555 และ 19 มีนาคม 2556 เกิดแผ่นดินไหวขนาดประมาณ 3 ริกเตอร์ โดยมีศูนย์กลางอยู่ในจังหวัดเชียงใหม่แสดงให้เห็น

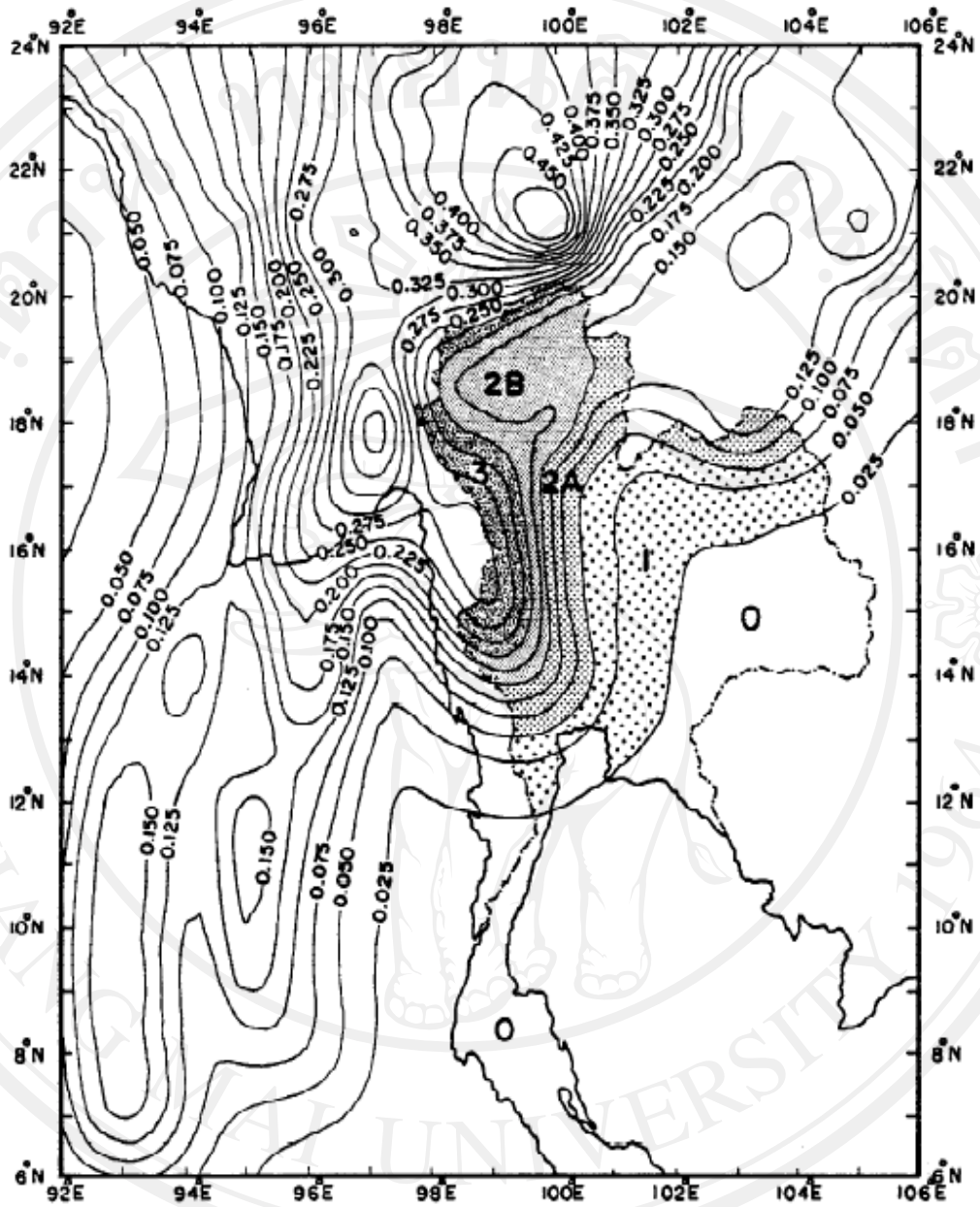
ถึงความเสี่ยงในการเกิดเหตุการณ์แผ่นดินไหวในอนาคตส่งผลให้เกิดการศึกษาเพื่อมุ่งเน้นที่จะค้นหาจุดต่อชิ้นส่วนที่มีประสิทธิภาพในการต้านทานแรงแผ่นดินไหว และสามารถนำไปใช้ในการก่อสร้างได้จริง



รูปที่ 1.2 แรงและโมเมนต์ในโครงเฟรมรับแรงด้านข้างและแรงแนวตั้ง

1.2 ความเสี่ยงภัยจากแผ่นดินไหวในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่

จากข้อมูลแผ่นดินไหวในอดีต ทำให้ทราบได้ว่าในเขตพื้นที่ภาคเหนือตอนบน และภาคตะวันตกของประเทศไทยมีโอกาสที่จะเกิดแผ่นดินไหวในขนาดใหญ่ได้ เป็นหนึ่ง วานิชชัย และ อาเด ลิซาน โดโน (2537) ได้ทำการศึกษาข้อมูลบันทึกแผ่นดินไหวในอดีตย้อนกลับเป็นเวลา 80 ปี และจัดทำเป็นแผนที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวดังแสดงในรูปที่ 1.3 นอกจากนี้ กรมทรัพยากรธรณียังได้แสดงแผนที่ความเสี่ยงภัยต่อแผ่นดินไหวโดยแบ่งระดับความรุนแรงออกเป็น 4 ระดับ ดังแสดงในรูปที่ 1.4 ข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า จังหวัดเชียงใหม่มีความจำเป็นต้องเตรียมพร้อมต่อภัยแผ่นดินไหวที่จะเกิดขึ้น จากผลการศึกษาข้างต้นทำให้ทางรัฐบาลได้เล็งเห็นความจำเป็นที่ต้องควบคุมการออกแบบเพื่อต้านทานแรงแผ่นดินไหว โดยออกเป็นกฎกระทรวงฉบับที่ 49 พ.ศ. 2540 ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 ว่าด้วยการก่อสร้างอาคารในพื้นที่ที่อาจได้รับแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหวรวมไปถึงพื้นที่ในเขตจังหวัดเชียงใหม่ และจากข้อมูลที่ได้ศึกษาเพิ่มขึ้นจึงนำไปสู่ข้อบังคับทางกฎหมายฉบับล่าสุด คือกฎกระทรวง ปี 2550 ว่าด้วยเรื่องกำหนดการรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทนของอาคาร และพื้นดินที่รองรับอาคารในการต้านทานแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว



Zone 0: $0 < \text{PGA}_0 < 0.025\text{g}$

Zone 1: $0.025\text{g} < \text{PGA}_0 < 0.075\text{g}$

Zone 2A: $0.075\text{g} < \text{PGA}_0 < 0.15\text{g}$

Zone 2B: $0.15\text{g} < \text{PGA}_0 < 0.20\text{g}$

Zone 3: $0.20\text{g} < \text{PGA}_0 < 0.30\text{g}$

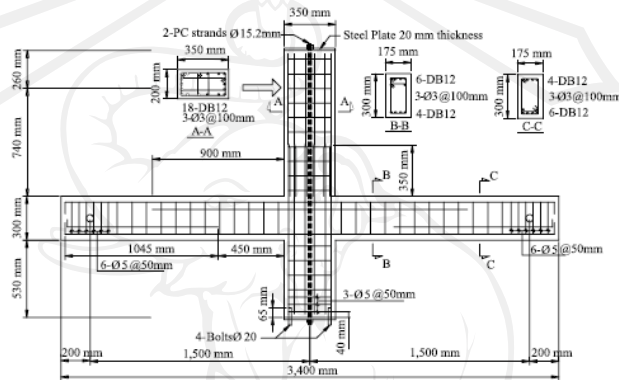
Zone 4: $\text{PGA}_0 > 0.30\text{g}$

รูปที่ 1.3 แผนที่แสดงระดับอัตราเร่งพื้นดินสูงสุด (ในหน่วยเทียบกับความเร่งแรงโน้มถ่วงของโลก)

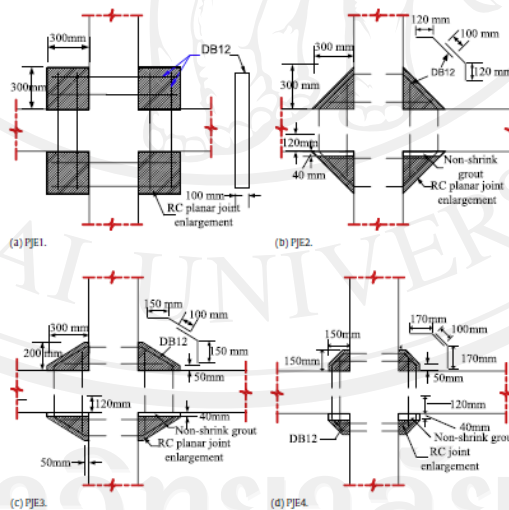
ที่มีโอกาสเกิดในระดับที่รุนแรงมากกว่าได้ร้อยละ 10 ในช่วงคาบเวลา 50 ปี และโซนพื้นที่
เพื่อการออกแบบ (เป็นหนึ่ง และ อาเด, 2537)

1.3 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Pimanmas and Chaimahawan (2010) ได้ทดสอบตัวอย่างจุดต่อบริเวณคาน-เสาเพื่อศึกษาพฤติกรรมการรับแรงและลักษณะการวิบัติของจุดต่อบริเวณคาน-เสา โดยตัวอย่างทดสอบนั้นประกอบด้วยจุดต่อที่ออกแบบตามมาตรฐานของ ACI318 โดยไม่ได้พิจารณาถึงผลของแรงแผ่นดินไหว และตัวอย่างที่มีการขยายพื้นที่บริเวณจุดต่อ โดยมีรูปแบบการขยายพื้นที่จุดต่ออยู่ทั้งสิ้น 4 รูปแบบดังแสดงในรูปที่ 1.5



ก) ตัวอย่างที่ออกแบบตามมาตรฐาน ACI318 โดยไม่พิจารณาถึงผลของแรงแผ่นดินไหว



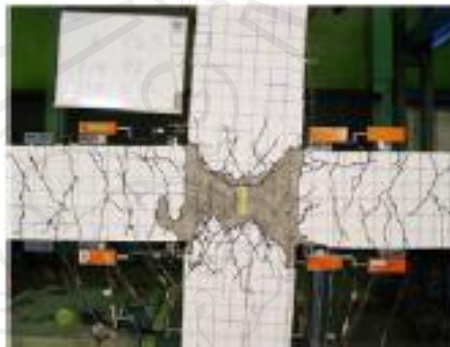
ข) ตัวอย่างที่มีการขยายพื้นที่บริเวณจุดต่อทั้งหมด 4 รูปแบบ

รูปที่ 1.5 ตัวอย่างทดสอบเพื่อศึกษาพฤติกรรมการรับแรงและลักษณะการวิบัติ

(Pimanmas and Chaimahawan, 2010)

การทดสอบนี้ได้ให้รูปแบบแรงที่กระทำต่อชิ้นส่วนแบบแรงกระทำวนซ้ำ (cyclic load) โดยพบว่าตัวอย่างที่ออกแบบตามมาตรฐาน ACI318 โดยไม่พิจารณาแรงของแผ่นดินไหวนั้นมี

รูปแบบความเสียหายเมื่อรับแรงกระทำแบบวนซ้ำที่บริเวณจุดต่อ โดยความเสียหายเกิดจากแรงเฉือนของคอนกรีตบริเวณพื้นที่จุดต่อตามรูปที่ 1.6 โดยสาเหตุที่บริเวณจุดต่อเกิดรูปแบบความเสียหายดังนี้เนื่องจากเมื่อคานและเสาได้รับแรงดัด (moment) ชิ้นส่วนจะถ่ายแรงผ่านบริเวณจุดต่อซึ่งแรงดังกล่าวจะทำให้จุดต่อเกิดรอยแตกกร้าวแนวทแยง (diagonal crack) จนในที่สุดจุดต่อดังกล่าวก็สูญเสียแรงต้านทานไป



รูปที่ 1.6 รูปแบบความเสียหายของจุดต่อที่ออกแบบตาม ACI318
(Pimanmas and Chaimahawan, 2010)

ในส่วนของตัวอย่างที่มีการเสริมกำลังบริเวณจุดต่อทั้งหมด 4 ตัวอย่างนั้นพบว่า 3 ตัวอย่างสามารถช่วยให้ลักษณะการวิบัติจากเดิมที่เกิดบริเวณจุดต่อนั้นสามารถย้ายไปเกิดที่บริเวณคานดังรูปที่ 1.7 และยังส่งผลให้จุดต่อมีกำลังรับแรงมากขึ้น โดยสาเหตุที่ความเสียหายย้ายไปเกิดที่บริเวณคานนั้นเนื่องจากการเสริมกำลังทำให้แรงที่ส่งผ่านจากชิ้นส่วนคาน และ เสาสามารถกระจายไปยังจุดที่มีการเสริมกำลังแทนที่จะผ่านไปยังจุดต่อโดยตรงทำให้จุดต่อมีความแข็งแรงมากขึ้น



รูปที่ 1.7 รูปแบบความเสียหายของจุดต่อที่มีการเสริมกำลัง
(Pimanmas and Chaimahawan, 2010)

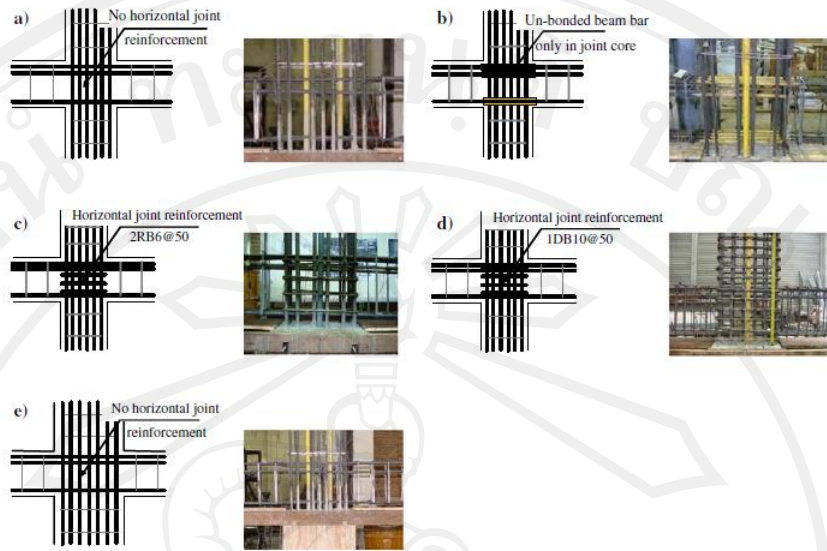
ในส่วนของตัวอย่างสุดท้ายที่มีการเสริมพื้นที่บริเวณจุดต่อน้อยที่สุดพบว่ารูปแบบความเสียหายยังคงเกิดที่บริเวณจุดต่อดังรูปที่ 1.8 เนื่องการเสริมพื้นที่บริเวณจุดต่อน้อยเกินไปทำให้แรงที่ส่งผ่านจุดต่อนั้นไม่สามารถกระจายไปบริเวณที่มีการเสริมกำลังได้อย่างเพียงพอ



รูปที่ 1.8 การวิบัติของจุดต่อที่มีการเสริมกำลังบริเวณจุดต่อ
(Pimanmas and Chaimahawan, 2010)

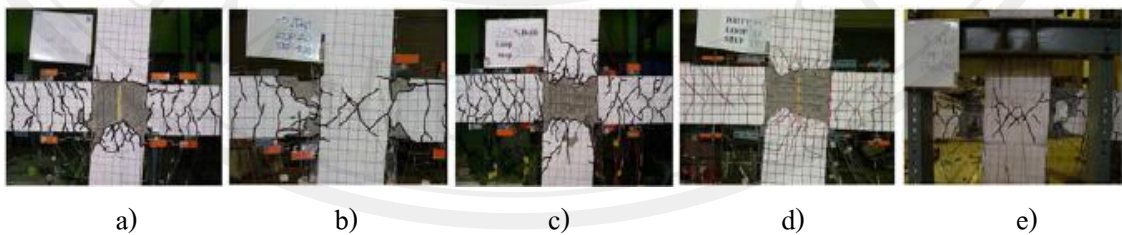
อีกทั้งเมื่อพิจารณาถึงความเหนียว (ductility) ของจุดต่อพบว่าเมื่อเสริมพื้นที่รับแรงบริเวณจุดต่อส่งผลให้จุดต่อนั้นมีความเหนียวเพิ่มมากขึ้น และยังส่งผลไปถึงการสลายพลังงานที่ได้จากความสัมพันธ์ระหว่างแรงเฉือน และระยะการเคลื่อนที่สัมพัทธ์ (drift ratio) ทำได้ดีขึ้นอีกด้วย

Supaviriyakit and Pimanmas (2008) ได้ศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพของจุดต่อของโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กบริเวณคาน-เสาที่ออกแบบตามมาตรฐาน ACI เทียบกับจุดต่อที่รายละเอียดเหล็กเสริมที่ต่างกันออกไปโดยตัวอย่างที่ทดสอบเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพนั้นมีทั้งหมด 5 ตัวอย่างซึ่งมีรายละเอียดที่แตกต่างกันดังนี้ a) จุดต่อที่ออกแบบตามมาตรฐาน ACI b) เหล็กตามยาวของคานที่ผ่านจุดต่อถูกทำให้ไร้พันธะแรงยึดเหนี่ยวระหว่างคอนกรีตและเหล็กเสริมตามยาว (un-bonded beam bar) c) และ d) เพิ่มเติมเหล็กปลอกบริเวณจุดต่อให้มากกว่าที่แนะนำโดยมาตรฐาน ACI e) ขยายขนาดของเสาให้โตกว่าตัวอย่าง a โดยรายละเอียดของเหล็กเสริมในจุดต่อเหมือนกัน ซึ่งรูปแบบการวางเหล็กเสริมในตัวอย่างต่างๆได้จากรูปที่ 1.9



รูปที่ 1.9 รายละเอียดเหล็กเสริมในจุดต่อของตัวอย่างทดสอบ
(Supaviriyakit and Pimanmas, 2008)

ผลการทดสอบพบว่าตัวอย่าง a , c , d เกิดความเสียหายที่บริเวณจุดต่อเป็นหลักโดยความเสียหายที่เกิดเนื่องจากการวิบัติด้วยแรงเฉือน ในส่วนของตัวอย่าง b นั้นเกิดความเสียหายที่บริเวณคานเป็นหลักโดยความเสียหายที่บริเวณจุดต่อเกิดน้อย ตัวอย่าง e นั้นความเสียหายเกิดขึ้นที่บริเวณคานก่อนและเมื่อระยะการเคลื่อนที่สัมพัทธ์ระหว่างชั้น (drift ratio) มากๆจึงเกิดรอยร้าวที่บริเวณจุดต่อแต่ไม่ส่งผลถึงกำลังของจุดต่อโดยรูปแบบความเสียหายดูได้จากรูปที่ 1.10



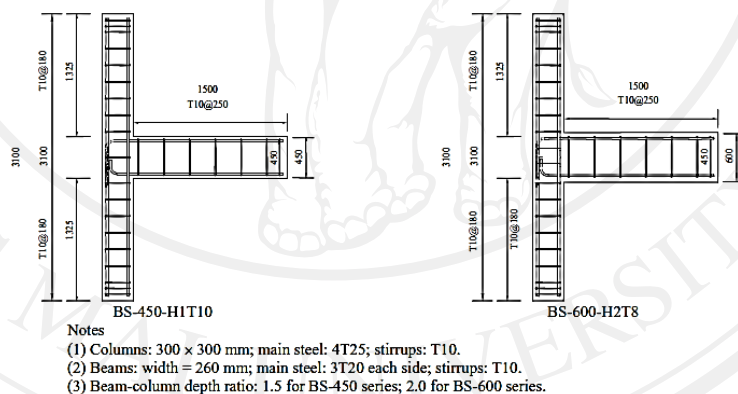
รูปที่ 1.10 ความเสียหายที่เกิดขึ้นกับตัวอย่าง
(Supaviriyakit and Pimanmas, 2008)

เมื่อดูผลของความเหนียวของตัวอย่างพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณเหล็กปลอกบริเวณจุดต่อไม่ส่งผลให้ความเหนียวเพิ่มขึ้นแต่ทำให้กำลังเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่กรณีของการทำให้เหล็กตามยาวของคานไร้พันธะแรงยึดเหนี่ยวกับคอนกรีตส่งผลให้ความเหนียวเพิ่มขึ้นมากแต่กลับทำให้กำลังของจุด

ต่อลดลง และตัวอย่างที่เพิ่มขนาดของเสา นั้นทำให้ความเสียหายไปเกิดที่คานแต่เนื่องจากไม่ได้ ออกแบบให้คานมีความเหนียวจึงทำให้ความเหนียวของตัวอย่างมีน้อยมาก

เมื่อพิจารณาถึงผลของค่าความเครียด (strain) ของเหล็กเสริมบริเวณหน้าเสา รูปแบบ ความเสียหายแบบ joint shear failure นั้นค่าความเครียดที่เกิดขึ้นกับเหล็กตามยาวนั้นมีค่าน้อยกว่า ธรรมชาติของคานถูกตัดจนเสียหาย ซึ่งกรณีของคานถูกตัดจนเสียหายพบว่าค่าความเครียดเกิดกับเหล็ก เสริมบริเวณหน้าเสาอย่างมาก และ จากค่าการเปลี่ยนรูปของจุดต่อจากแรงเฉือน (joint shear deformation) พบว่าถึงแม้ว่าตัวอย่าง a, c, d จะเกิดการเปลี่ยนรูปของจุดต่อเนื่องจากแรงเฉือนและ ความเสียหายเกิดขึ้นที่บริเวณจุดต่อ แต่มีจุดสังเกตที่ว่ากรณีตัวอย่างที่เป็นแบบ un-bonded beam bar นั้นความเสียหายที่เกิดขึ้นกับจุดต่อมีน้อยและยังทำให้ความเหนียวเพิ่มมากขึ้นอีกด้วย

Kaung and Wong (2011) ได้ศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพของเหล็กปลอกในจุดต่อคาน-เสา ภายนอกอาคาร โดยแบ่งตัวอย่างออกเป็น 6 ตัวอย่างที่มีการแปรผันจำนวนเหล็กปลอกและแปรผัน ขนาดความลึกของคานตามรูปที่ 1.11

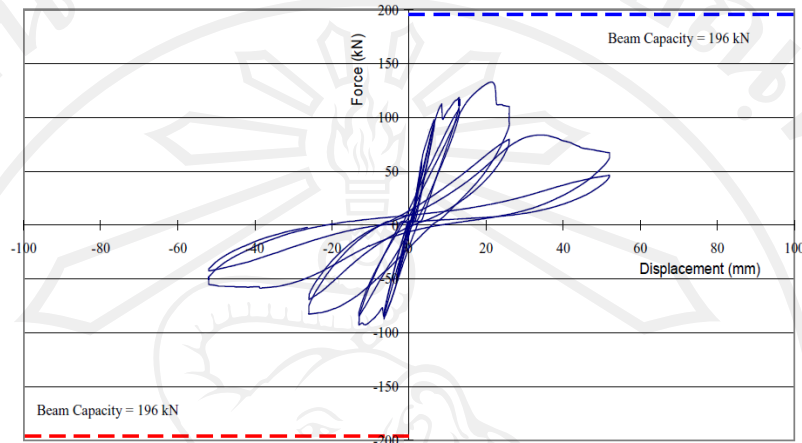


รูปที่ 1.11 ตัวอย่างทดสอบที่มีการแปรผันจำนวนเหล็กปลอกและความลึกคาน

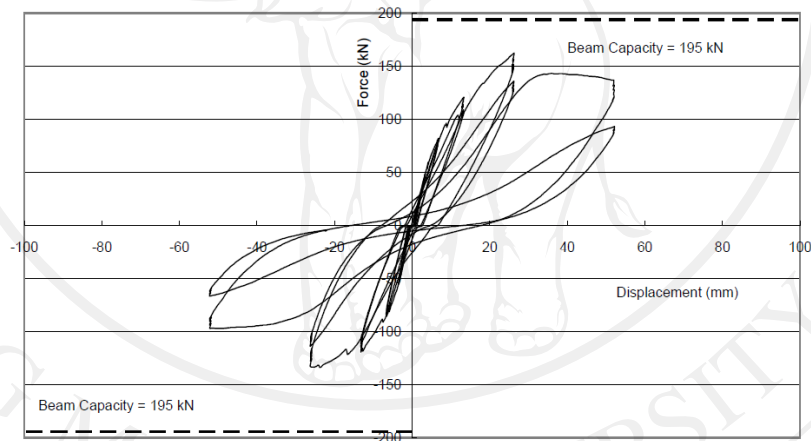
(Kaung and Wong, 2011)

จากการทดสอบพบว่าจุดต่อของตัวอย่างทั้งหมดวิบัติด้วยแรงเฉือน และเมื่อเพิ่มปริมาณ เหล็กปลอกจะส่งผลให้กำลังรับแรงเฉือนของจุดต่อคาน-เสาเพิ่มขึ้น ในส่วนของพฤติกรรมของเส้น วงรอบ hysteresis ภายในแรงกระทำแบบสลับทิศพบว่าตัวอย่างที่ไม่มีเหล็กปลอกบริเวณจุดต่อ หลังจากผ่านจุดที่มีกำลังสูงสุดแล้วและเกิดการวิบัติที่บริเวณจุดต่อแล้วความแข็งแรงและกำลังของ จุดต่อลดลงอย่างรวดเร็วแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการกระจายพลังงานที่แย่มาก และเมื่อเพิ่ม

เหล็กปลอกบริเวณจุดต่อสิ่งที่มีผลอย่างชัดเจนคือกำลังรับแรงเฉือนของจุดต่อเพิ่มขึ้น ความเหนียว รวมถึงความสามารถในการสลายพลังงานดีขึ้นเมื่อดูจากกราฟรูปที่ 1.12



ไม่มีเหล็กปลอก

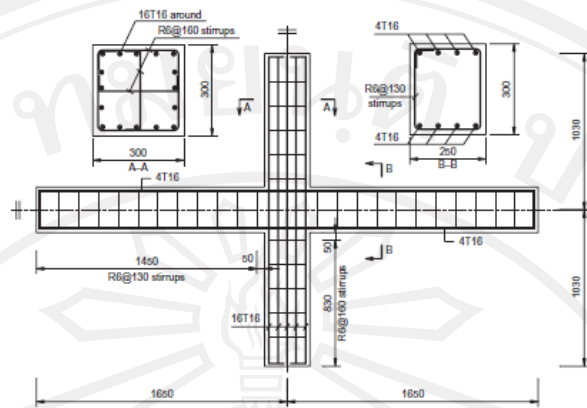


มีเหล็กปลอก

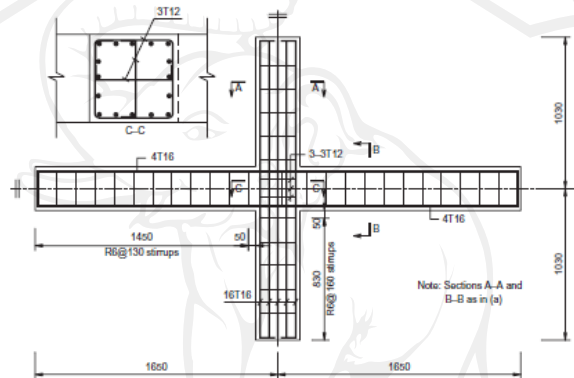
รูปที่ 1.12 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงและระยะการเคลื่อนที่

(Kaung and Wong, 2011)

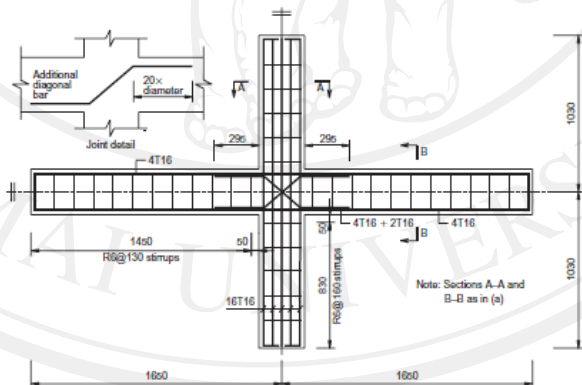
Au et al (2005) ได้ศึกษาผลของเหล็กเสริมในแนวทแยงบริเวณจุดต่อกาน-เสาที่รับแรงกระทำแบบสลับทิศ โดยทำการศึกษาตัวอย่างทั้งหมด 6 ตัวอย่าง ซึ่งมีรายละเอียดการเสริมเหล็กบริเวณจุดต่อที่แตกต่างกันดังรูปที่ 1.13 โดยตัวอย่างแรกไม่มีการเสริมเหล็กปลอกบริเวณจุดต่อกาน-เสา ตัวอย่างที่สองนั้นมีการเสริมเหล็กปลอกบริเวณจุดต่อ ตัวอย่างสุดท้ายเป็นการเสริมเหล็กแนวทแยงในจุดต่อ และทั้งสามตัวอย่างจะทำการทดสอบสองรูปแบบคือมีการให้แรงในแนวแกนกระทำต่อเสาและไม่มีแรงในแนวแกนกระทำกับเสา



(ก) ไม่มีการเสริมเหล็กปลอกบริเวณจุดต่อกาน-เสา



(ข) มีการเสริมเหล็กปลอกบริเวณจุดต่อกาน-เสา



(ค) มีการเสริมเหล็กแนวทแยง (Diagonal bar) บริเวณจุดต่อกาน-เสา

รูปที่ 1.13 ตัวอย่างทดสอบ (Au et al., 2005)

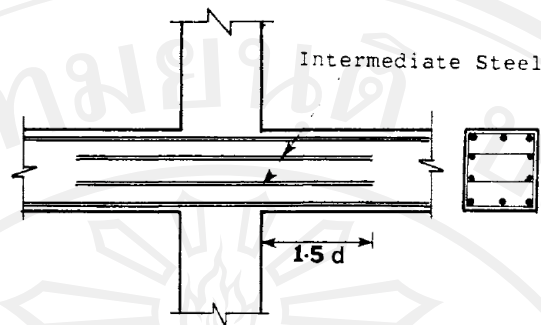
การทดสอบพบว่าทุกตัวอย่างเกิดรอยแตกแนวทแยง (diagonal crack) โดยตัวอย่างที่เกิดความเสียหายอย่างมากคือตัวอย่างที่ไม่มีการเสริมเหล็กปลอกบริเวณจุดต่อ ซึ่งบริเวณจุดต่อของตัวอย่างนี้เกิดรอยแตกและการหลุดร่อนของคอนกรีต ส่วนตัวอย่างที่มีการเสริมเหล็กปลอกบริเวณจุดต่อพบว่ารูปแบบความเสียหายเหมือนกับตัวอย่างก่อนหน้านี้แต่ความรุนแรงน้อยกว่า และตัวอย่างที่มีการเสริมเหล็กแนวทแยง(diagonal bar) บริเวณจุดต่อนั้นในช่วงแรกของการให้แรง

กระทำพฤติกรรมจะเหมือนกับตัวอย่างที่ผ่านมาและเมื่อเพิ่มแรงกระทำพบว่าไม่มีการหลุดร่อนของคอนกรีตบริเวณจุดต่อและการเสริมเหล็กในรูปแบบนี้ยังช่วยส่งผลให้จุดต่อมีความแข็งแรงมากขึ้น จากนั้นทำการทดสอบโดยให้เสามีแรงในแนวแกนกระทำพบว่าช่วยให้กำลังของจุดต่อเพิ่มขึ้น โดยตัวอย่างที่มีผลน้อยที่สุดคือตัวอย่างที่ไม่มีเหล็กปลอกที่จุดต่อส่วนตัวอย่างที่มีการเสริมเหล็กแนวทแยงนั้นพบว่าทำให้กำลังเพิ่มขึ้นถึง 7% ของกำลังปกติ

เมื่อกล่าวถึงความเหนียวของตัวอย่างทดสอบพบว่าตัวอย่างที่เสริมเหล็กปลอกบริเวณจุดต่อเป็นตัวอย่างที่มีความเหนียวมากที่สุด แต่เมื่อพิจารณาถึงกำลังรับแรงเฉือนของจุดต่อกลับพบว่าการเสริมเหล็กในแนวทแยงนั้นส่งผลให้กำลังรับแรงเฉือนของจุดต่อมีมากที่สุดอีกทั้งความเหนียวของจุดต่อรูปแบบนี้อยู่ในช่วงปานกลาง

Lukkunaprasit and Sittipunt (2000) ได้ทดสอบเสาขนาดหน้าตัด 0.40 ม. × 0.40 ม. สูง 1.5 ม. จำนวน 5 ต้น ภายใต้แรงกระทำแบบวัฏจักรทางด้านข้างและให้แรงอัดตามแนวแกนคงที่ทำการแปรผันปริมาณแรงอัดตามแนวแกน ปริมาณเหล็กปลอกและมีการใช้คลิปยึดของอเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ซึ่งปริมาณการเสริมเหล็กปลอกมีปริมาณการโอบรัดในระดับปานกลาง ตามข้อกำหนดโดยมาตรฐานการออกแบบ ACI 318-99 ผลการทดสอบเสาทั้ง 5 ต้น ซึ่งมีการโอบรัดในระดับปานกลางพบว่าการเพิ่มแรงอัดตามแนวแกนจะส่งผลให้ค่าความเหนียวและการสลายพลังงานสะสมก่อนการวิบัติมีค่าต่ำลง นอกจากนั้นการใช้คลิปยึดของอ 90 องศาในเหล็กปลอกครีกรอบและเหล็กยึดทางขวางจะช่วยเพิ่มค่าความเหนียวและค่าการสลายพลังงานสะสมให้ดีขึ้น รูปแบบประวัติการรับน้ำหนัก (loading history) ที่แตกต่างกันมีผลต่อค่าความเหนียวและค่าการสลายพลังงานที่แตกต่างกัน

Bahjat and James (1987) ได้ทำการทดสอบตัวอย่างจุดต่อภายในอาคารที่ทำการเสริมเหล็กเสริมระดับกลาง (intermediate steel) บริเวณจุดต่อ โดยในการทดสอบตัวอย่างทั้งหมด 12 ตัวอย่าง ซึ่งมีการแปรผันปริมาณการเสริมเหล็กเสริมระดับกลาง และปริมาณเหล็กปลอกบริเวณจุดต่อ ในงานทดสอบนี้ได้ทำการเสริมเหล็กเสริมระดับกลางเข้าไปบริเวณจุดต่อโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ตำแหน่งที่เกิดจุดหมุนพลาสติก (plastic hinge) เกิดห่างจากหน้าเสาออกไปซึ่งทำการเสริมเหล็กตามรูปที่ 1.14



รูปที่ 1.14 รูปแบบการเสริมเหล็กเสริมระดับกลาง
(Bahjat and James ,1987)

ผลจากการทดสอบพบว่า การเสริมเหล็กระดับกลางมากเกินไปจะส่งผลให้ความเสียหายเกิดบริเวณจุดต่อแทน โดยเกิดในรูปแบบของการวิบัติด้วยแรงเฉือนตามรูปที่ 1.15 เนื่องจากบริเวณหน้าเสาคานามีกำลังมากเกินไปส่งผลให้ภาระการรับแรงส่วนมากเป็นหน้าที่ของจุดต่ออีกทั้งในตัวอย่างนี้กำลังรับแรงคัตของเสาต่อกำลังรับแรงคัตของคานามีค่าเพียง 1.60 แต่ในตัวอย่างที่ลดปริมาณของเหล็กเสริมระดับกลางลงและเพิ่มกำลังรับแรงคัตของเสาให้มากขึ้นพบว่า การย้ายจุดหมุนพลาสติกเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ตามรูปที่ 1.16 โดยเหล็กเสริมบริเวณหน้าเสายังไม่ยึดตัวเกินจุดคราก (yield) ตำแหน่งที่เกิดจุดหมุนพลาสติกนั้นเกิดห่างจากหน้าเสาออกมาเท่ากับความลึกประสิทธิภาพของคานา (effective depth) ทางผู้วิจัยได้ทำการแนะนำปริมาณของเหล็กเสริมระดับกลางที่เสริมเข้าไปว่าควรมีค่าประมาณ 3 % ของเหล็กเสริมตามยาว และการเสริมเหล็กระดับกลางนี้ยังช่วยให้ความสามารถในการสลายพลังงานของตัวอย่างทดสอบเพิ่มมากขึ้น



รูปที่ 1.15 การวิบัติด้วยแรงเฉือนบริเวณจุดต่อ

(Bahjat and James ,1987)



รูปที่ 1.16 การเกิดจุดหมุนพลาสติกอย่างสมบูรณ์ที่คาน
(Bahjat and James ,1987)

1.4 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อศึกษาพฤติกรรมของจุดต่อคาน-เสาของโครงสร้างคอนกรีตชนิดหล่อในที่เปรียบเทียบกับจุดต่อของชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปคาน-เสาภายใต้แรงกระทำแบบสลับทิศ โดยรูปแบบของจุดต่อเป็นชนิดฝังเหล็กตัวที่พัฒนาจากรูปแบบที่มีการใช้อยู่ในการก่อสร้างจริง

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการศึกษา

- 1) ทำให้ทราบประสิทธิภาพของจุดต่อชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปเปรียบเทียบกับจุดต่อของโครงสร้างแบบเทในที่
- 2) ทำให้ได้รูปแบบของการใช้จุดต่อชนิดฝังเหล็กตัวที่มีความสามารถในการใช้งานในพื้นที่เสี่ยงต่อแผ่นดินไหวในเขตภาคเหนือของประเทศไทย

1.6 ขอบเขตงานวิจัย

ทดสอบตัวอย่างจุดต่อภายในอาคารทั้งหมด 4 ตัวอย่าง โดยแบ่งออกเป็นตัวอย่างแบบหล่อในที่ 2 ตัวอย่าง และตัวอย่างที่เป็นระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป 2 ตัวอย่าง โดยในการทดสอบให้ตัวอย่างทั้งหมดรับแรงกระทำแบบวัฏจักร ซึ่งแต่ละตัวอย่างมีรูปแบบรายละเอียดของจุดต่อดังนี้

- 1) ตัวอย่างแบบหล่อในที่ที่ออกแบบตามมาตรฐาน ACI 318 และบริเวณจุดต่อออกแบบตามมาตรฐาน ACI 352
- 2) ตัวอย่างแบบหล่อในที่ที่มีการเสริมเหล็กเสริมระดับกลางบริเวณจุดต่อจนถึงปลายคาน
- 3) ตัวอย่างชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่มีการเชื่อมต่อชิ้นส่วนด้วยเหล็กหน้าตัดรูปตัวทีบริเวณส่วนล่างของคาน

- 4) ตัวอย่างชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่มีรายละเอียดเหมือนกับตัวอย่างที่ 3 และเพิ่มเติมเหล็กเสริม
ในแนวทแยงบริเวณจุดต่อ



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved