บทที่ 4

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

4.1 สรุปผลการวิจัย

การถ่ายแรงในบริเวณสมอยึดของชิ้นส่วนคอนกรีตอัดแรงแบบดึงลวดภายหลัง จะก่อให้เกิดหน่วยแรงอันซับซ้อนขึ้นในคอนกรีตบริเวณสมอยึด ซึ่งเป็นไปได้ทั้งหน่วยแรงดึงและหน่วยแรงอัด หน่วยแรงดังกล่าวอาจก่อให้เกิดการแตกร้าวหรือการวิบัติของบริเวณสมอยึดในขณะถ่ายแรงได้ ในงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาถึงการควบคุมหน่วยแรงดึงในบริเวณสมอยึดโดยศึกษาถึงผลการโอบรัดของเหล็กเสริมปลอกเกลียวต่อพฤติกรรมของแท่งตัวอย่างบริเวณสมอยึดภายใต้การถ่ายแรง นอกจากนั้นยังได้ศึกษาผลของเหล็กเสริมตามยาวซึ่งจะเสริมเข้าไปพร้อมกับเหล็กเสริมปลอกเกลียว โดยเชื่อว่าจะสามารถช่วยในการปรับปรุงพฤติกรรมของบริเวณสมอยึดโดยทำงานร่วมกันกับเหล็กเสริมปลอกเกลียว ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

(1) พฤติกรรมของแท่งตัวอย่างภายใต้น้ำหนักบรรทุก จะสอดคล้องกันกับการวิเคราะห์โดยไฟไนต์เอเลเมนต์ 3 มิติ ในช่วงเชิงเส้นหรือก่อนการแตกร้าว ไม่ว่าจะเป็น การหดตัวในแนวแกน การเสียรูปเนื่องจากการป่องตัวของตัวอย่าง ตลอดจนความเครียดที่เกิดขึ้นในเหล็กเสริมเนื่องจากการโอบรัด รูปแบบการแตกร้าวของผิวคอนกรีตที่เริ่มมองเห็น จะเป็นรอยแตกปริตามแนวท่อร้อยลวด ซึ่งสอดคล้องกับสถานะหน่วยแรงที่ได้จากการวิเคราะห์โดย ไฟไนต์เอเลเมนต์ 3 มิติ

(2) การโอบรัดของเหล็กเสริมภายใต้การถ่ายแรงจากการทดสอบ จะแบ่งเป็น 3 ช่วง คือ ช่วงเส้นตรง ช่วงเบี่ยงเบนจนถึงจุดแตกร้าว และช่วงภายหลังการแตกร้าวจนกระทั่งเกิดการวิบัติ ในช่วงเส้นตรงการโอบรัดของเหล็กเสริมจะยังเป็นไปอย่างไม่เต็มที่เนื่องจากคอนกรีตจะยังไม่เกิดการแตกร้าว ดังนั้นการเสริมเหล็กขนาดต่างกันจะให้ผลการโอบรัดที่ใกล้เคียงกัน เมื่อตัวอย่างเกิดการสูญเสียพฤติกรรมแบบเส้นตรงโดยจะเกิดการแตกร้าวขนาดเล็กที่มองไม่เห็นด้วยตา การโอบรัดของเหล็กเสริมจะเริ่มมีประสิทธิภาพในการรับแรงมากยิ่งขึ้นตามลำดับและเกิดขึ้นสูงสุดหลังการแตกร้าวของผิวคอนกรีตเปลือกนอกส่วนที่หุ้มเหล็กเสริมโอบรัด และ

พฤติกรรม การโอบรัดหลังการแตกร้าวที่ผิวนี้จะขึ้นอยู่กับปริมาณเหล็กเสริมและกำลังดึงของเหล็กเสริมนั้น

(3) เหล็กเสริมโอบรัดจะช่วยลดการเสียรูปจากการป่องตัวของตัวอย่างเนื่องจากผลของอัตราส่วนปัวซอง ซึ่งจะมีผลในการควบคุมขนาดของรอยแตกร้าว สำหรับการใช้งานของบริเวณสมอยึดจะอยู่ในช่วงเบี่ยงเบน ซึ่งในช่วงดังกล่าวถ้าเพิ่มปริมาณเหล็กเสริมโอบรัด จะช่วยควบคุมการเสียรูปได้ดียิ่งขึ้น ปริมาณเหล็กเสริมโอบรัดที่พอเหมาะจะอยู่ที่ 4% โดยปริมาตรของบริเวณสมอยึด

(4) การเพิ่มปริมาณเหล็กเสริมโอบรัดจะช่วยเพิ่ม ความเหนียว และ กำลังประลัยเป็นปัจจัยหลัก ส่วนปัจจัยรองจะช่วยเพิ่มกำลังแตกร้าว และช่วยควบคุมการเสียรูปในช่วงการใช้งาน การเพิ่มปริมาณเหล็กเสริมโอบรัดสูงสุดในการวิจัยนี้ ถึง 5.75 % จะให้ กำลังแตกร้าวเพิ่มขึ้นสูงสุดถึง 50 % กำลังประลัยจะเพิ่มได้ถึง 180 % ของกำลังแตกร้าวสำหรับตัวอย่างที่ไม่เสริมเหล็ก

(5) เหล็กเสริมตามยาวมีส่วนช่วยในการกระจายแรงเข้าสู่องค์อาคารได้ดียิ่งขึ้น ทำให้การเสียรูปที่น้ำหนักใช้งานน้อยกว่าตัวอย่างที่เสริมเฉพาะเหล็กเสริมโอบรัด เนื่องจากการถ่ายแรงจะช่วยลดความเข้มของหน่วยแรงดึงในคอนกรีตบริเวณใกล้แผ่นเหล็กแบกทานของสมอยึด นอกจากนั้นยังช่วยเพิ่มความเหนียวและส่วนปลอดภัยทำให้ตัวอย่างมีกำลังประลัยที่สูงขึ้นเหนือกำลังแตกร้าว

(6) การแตกร้าวของตัวอย่างทดสอบจะเริ่มต้นโดยเกิดการแตกร้าวตามแนวท่อร้อยลวดทั้งตัวอย่างที่เสริมเหล็กและไม่เสริมเหล็กซึ่งจะสอดคล้องกับหน่วยแรงจากการวิเคราะห์โดยไฟไนต์เอเลเมนต์ 3 มิติ เมื่อการถ่ายแรงเพิ่มขึ้นตัวอย่างที่ไม่เสริมเหล็กจะมีจำนวนของรอยแตกร้าวน้อยและมีขนาดกว้างมาก แต่ตัวอย่างแบบเสริมเหล็กรอยแตกร้าวจะกระจายมากกว่าและขนาดรอยแตกร้าวไม่กว้างมาก การวิบัติของตัวอย่างที่ไม่เสริมเหล็กจะเป็นแบบทันทีโดยเกิดการแตกระเบิดออกของคอนกรีตใต้แผ่นเหล็กเป็น รูปกรวยเหลี่ยม

(7) หน่วยแรงแบกทานใต้แผ่นเหล็กของสมอยึดขณะเกิดการวิบัติจะเป็นไปได้ถึง 3 เท่าของ f'_c สำหรับตัวอย่างแบบเสริมเหล็ก แสดงให้เห็นว่าหน่วยแรงแบกทานไม่ได้เป็นปัจจัยหลักในการควบคุมพฤติกรรมอันซับซ้อนภายในบริเวณสมอยึด สำหรับมาตรฐานการออกแบบทั่วๆไปซึ่งกำหนดไว้ไม่เกิน f'_c จึงเป็นไปในเชิงอนุรักษ์มาก (Overconservative)

(8) จากผลการวิจัยทั้งจากการทดสอบและการวิเคราะห์โดยไฟไนต์เอเลเมนต์ 3 มิติ สามารถสร้างสมการคำนวณกำลังของบริเวณสมอยึดตาม กำลังดึงของคอนกรีต ปริมาณเหล็กเสริมโอบรัด กำลังดึงของเหล็กเสริม และวิธีการเสริมเหล็ก ให้ได้ผลอย่างละเอียด เพื่อหากำลังแตกร้าวและกำลังประลัยของบริเวณสมอยึดตามสมการที่ 3.1 - 3.3

4.2 ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยนี้ทำให้ทราบถึงตัวแปรที่มีผลต่อกำลังของบริเวณสมอยึด ซึ่งในอนาคตอาจมีการศึกษาถึงผลการโอบรัดของเหล็กเสริมที่มีต่อกำลังของบริเวณสมอยึดสำหรับชิ้นส่วนโครงสร้างคอนกรีตอัดแรงแบบดึงลวดภายหลังโดยใช้คอนกรีตกำลังสูงมาก (High strength concrete) โดยอาจช่วยในการพัฒนาขนาดของบริเวณสมอยึดให้มีขนาดเล็กและกะทัดรัดยิ่งขึ้น