บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การวิเคราะห์พฤติกรรมและกลไกการวิบัติของคานคอนกรีตเสริมเหล็ก ในงานวิจัยนี้ ใช้หลักการของทฤษฎีกลศาสตร์การแตกร้าวแบบยืดหยุ่นเชิงเส้นและทฤษฎีระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมานี้ได้พัฒนาโดยใช้ภาษาจาวาร่วมกับโปรแกรม JSM ขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมเริ่มต้นด้วยการพัฒนาคลาส UDE6 และ UDE สำหรับจำลองโครงสร้างคานคอนกรีตแบบหน่วยแรงระนาบทั้งแบบสามเหลี่ยมและแบบสี่เหลี่ยม ที่มีจำนวนขั้นเสรีเท่ากับ 12 และ 16 ดีกรีตามลำดับ จากนั้นจึงทำการพัฒนาคลาส CrackTip สำหรับจำลองพฤติกรรมที่บริเวณปลายรอยร้าว ซึ่งมีความสามารถในการคำนวณหาค่าตัวประกอบความเข้มของความเค้นในรูปแบบเปิดและแบบเฉือน เพื่อใช้ในการทำนายการทิศทางการเติบโตของรอยร้าว และตรวจสอบว่ารอยร้าวมีการเติบโตหรือไม่ ในการจำลองพฤติกรรมของเหล็กเสริมและแผ่นคาร์บอนไฟเบอร์นั้น จะใช้ชิ้นส่วน Link ซึ่งมีพฤติกรรมแบบโครงถัก และเมื่อเกิดรอยแตกร้าวเกิดขึ้นจะสมมุติให้มีพฤติกรรมแบบโครงถักเหมือนเดิมแต่มีการเปลี่ยนแปลงค่าสติฟเนส ดังแบบจำลองที่ได้นำเสนอในบทที่สอง

หลังจากได้พัฒนาโปรแกรมสำหรับการวิเคราะห์พฤติกรรมรอยร้าว และการเติบโตของรอยร้าวแล้ว จึงได้ทำการทดสอบวิเคราะห์กรณีศึกษาต่างๆทั้งหมด 6 กรณี ดังต่อไปนี้ ในกรณีศึกษาที่ 1 นั้นเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของชิ้นส่วนที่สร้างขึ้น และทำการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับผลเฉลยแม่นตรง และจากค่าที่ได้นั้นสามารถกล่าวได้ ว่าค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นนั้นถือได้ว่ามีค่าเท่ากับผลเฉลยแม่นตรง ในกรณีที่ 2 นั้นมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองชิ้นส่วนที่ปลายรอยร้าว สำหรับหาค่าตัวประกอบความเข้มของความเค้น และจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นและเปรียบเทียบกับผลเฉลยแม่นตรงนั้น ได้ให้ค่าความถูกต้องแม่นยำเป็นที่น่าพอใจ โดยจะเห็นได้ว่าสามารถคำนวณหาตัวประกอบความเข้มของความเค้นเท่ากับ 4.74 ซึ่งมีค่าความคลาดเคลื่อนเมื่อเทียบกับผลเฉลยแม่นตรงประมาณร้อยละ 0.5 และในกรณีศึกษาที่ 3 ซึ่งเป็นตัวอย่างการทดสอบคานคอนกรีต เพื่อสังเกตอิทธิพลของแรงเฉือนและการโค้งของรอยร้าวนั้น จะ

เห็นได้ว่าโปรแกรมสามารถทำนายลักษณะการแตกร้าวได้มีแนวโน้มใกล้เคียงผลการทดสอบดัง แสดงในรูปที่ 4.12 และในกรณีศึกษาที่ 4 และกรณีศึกษาที่ 5 เป็นการทดสอบคานคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีรอยบากเริ่มต้น เพื่อตรวจสอบแบบจำลองของพฤติกรรมของเหล็กเสริมบริเวณที่มีรอยร้าวผ่าน กรณีศึกษาที่ 4 มีรอยบากที่กึ่งกลางคาน ความลึกของรอยบากเท่ากับ 60 มิลลิเมตร และจากการทดสอบของโปรแกรมเห็นได้ว่า กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งที่กึ่งกลางคานกับน้ำหนักบรรทุกที่กระทำตามที่แสดงในรูปที่ 2.42 นั้นจะเห็นได้ว่ากราฟที่ได้นั้นจะมีแนวโน้มใกล้เคียงกับผลการทดลองของงานวิจัยในอดีต และผลจากการทดสอบของโปรแกรมนั้นจะมีเพียงในช่วงความยืดหยุ่นเชิงเส้นเท่านั้น ส่วนในกรณีศึกษาที่ 5 นั้นมีรอยบากที่ระยะจากขอบคานเข้ามาเป็นระยะเท่ากับความลึกของเหล็กเสริมรับแรงดึงและมีขนาดรอยบากลึกเท่ากับ 49.5 มิลลิเมตร ในรูปที่ 2.45 นั้นจะเห็นได้ว่าในช่วงแรกเส้นกราฟมีค่าใกล้เคียงกับผลการทดสอบ และเมื่อน้ำหนักกระทำมากขึ้น กราฟจะมีแนวโน้มที่มีความลาดเอียงน้อยลงตามผลของการทดสอบ เนื่องจากมีการแอ่นตัวรวดเร็วขึ้นเมื่อมีเพิ่มน้ำหนักบรรทุกมากขึ้น และจากกรณีศึกษาที่ 6 เป็นการศึกษาพฤติกรรมของคานคอนกรีตเสริมเหล็กที่เสริมกำลังโดยแผ่นคาร์บอนไฟเบอร์ ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับผลทดสอบในห้องปฏิบัติการ จะเห็นได้ว่าค่าที่ได้นั้นมีความคลาดเคลื่อนดังแสดงในรูปที่ 4.27 ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักที่กระทำกับการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งที่กึ่งกลางคานผลจากโปรแกรมนั้น จะให้ค่าการเคลื่อนที่ที่น้อยกว่าการทดสอบการทดลองในห้องปฏิบัติการ แต่มีแนวโน้มหรือทิศทางของความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกัน

จากกรณีศึกษาทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่าการที่แบบจำลองชิ้นส่วนแบบที่มีความสม่ำเสมอและไม่มีการขยับตารางของชิ้นส่วนตามทิศทางของรอยร้าวที่เกิดขึ้นนั้น ยังมีความสามารถในการทำนายรูปแบบการพฤติกรรมในการเสียรูปได้ แต่ไม่สามารถทำนายการเติบโตรอยร้าวได้ดีนัก เนื่องจากมีการบังคับทิศทางของรอยร้าวให้มีมุมตามรูปร่างของชิ้นส่วนที่สร้างขึ้นเท่านั้น รวมถึงการทำชิ้นส่วนที่มีความสม่ำเสมอนี้จะทำให้โปรแกรมจำเป็นต้องมีจำนวนของระดับขั้นเสรีที่มากขึ้นโดยไม่จำเป็น เมื่อต้องการชิ้นส่วนที่มีขนาดเล็กมากๆเฉพาะในบางช่วงก็ต้องใช้ชิ้นส่วนที่มีขนาดเล็กเท่ากันทั้งระนาบ ซึ่งในบางส่วนที่ไม่จำเป็นต้องใช้ชิ้นส่วนขนาดเล็ก ทำให้กลายเป็นข้อจำกัดของโปรแกรม

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการสร้างแบบจำลองชิ้นส่วนย่อยเพื่อทำนายการเติบโตของรอยร้าว ควรสร้างแบบจำลองโครงข่ายของชิ้นส่วนย่อยที่ทำการดัดแปลง หรือให้สามารถย้ายจุดของโครงข่ายได้เพื่อ