บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดสอบที่ได้ทำการศึกษาทั้งหมดสามารถสรุปผลได้ดังนี้

5.1.1 ผลของอัตราส่วนซีเมนต์ต่อเถ้าชานอ้อยที่มีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพ ของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าชานอ้อย

ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพซึ่งได้จากการถ่ายภาพขยายด้วยเครื่องถ่ายภาพกำลังสูงของเถ้าชานอ้อย พบว่าเถ้าชานอ้อยมีรูปร่างไม่แน่นอนและมีรูพรุนมาก ซึ่งอาจเป็นเหตุผลหนึ่งในการทดสอบการไหลแสดงให้เห็นว่าการใช้เถ้าชานอ้อยเหล่านี้ผสมมอร์ตาร์มีความต้องการน้ำมากขึ้นเพื่อจะให้ได้ค่าการไหลเป็นไปตามมาตรฐาน และเมื่อนำไปทดสอบกำลังรับแรงอัด พบว่ามอร์ตาร์มาตรฐานและมอร์ตาร์ผสมเถ้าชานอ้อย มีกำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้นตามอายุการบ่มของมอร์ตาร์ในทุกส่วนผสม โดยปริมาณซีเมนต์ที่ผสมเข้าไปจะแปรผันตรงกับการพัฒนาของกำลังรับแรงอัดของมอร์ตาร์ และพบว่ากำลังอัดของมอร์ตาร์ผสมเถ้าชานอ้อยทั้งหมดมีค่าต่ำกว่ากำลังอัดของมอร์ตาร์มาตรฐานที่ทุกอายุการทดสอบ

การทดสอบการขึ้นรูปด้วยเครื่องทดสอบวีบี ผลจากการทดสอบทำให้เห็นระยะเวลาที่ลดลงจากปริมาณเถ้าเพิ่มขึ้นเนื่องจากปริมาณของซีเมนต์มอร์ตาร์ที่ลดลงและปริมาณเถ้าเพิ่มขึ้นทำให้ความต้องการน้ำในส่วนผสมมากขึ้น จึงมีความสามารถในการไหลเร็วขึ้นตามไปด้วย ในทางตรงข้ามกลับส่งผลดีในการขึ้นรูป หากแต่ผลของกำลังรับแรงอัดจะต่ำลงตามไปด้วยเช่นกัน รวมถึงการใช้เถ้าก็เป็นส่วนหนึ่งที่จะทำให้กำลังรับแรงอัดต่ำลงด้วยเช่นกัน การทดสอบการขึ้นรูปของคอนกรีตบล็อกที่อัตราส่วนซีเมนต์มอร์ตาร์ต่อหินเกล็ดพบว่าอัตราส่วนที่ขึ้นรูปได้เริ่มต้นที่ 1:1.5 แม้จะขึ้นรูปได้ไม่ดีนักและเมื่อทำการทดสอบการแทนที่ซีเมนต์ด้วยเถ้าชานอ้อยที่ร้อยละ 10 ก็ยังพอที่จะขึ้นรูปได้แต่ตัวอย่างอาจไม่สมบูรณ์นักและมีการแตกร้าวก่อนการทดสอบจึงต้องทำการหล่อตัวอย่างเผื่อไว้ด้วยส่วนหนึ่ง

5.1.2 ผลของอัตราส่วนซีเมนต์ต่อเถ้าชานอ้อยที่มีผลต่อคุณสมบัติทางกลของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าชานอ้อย

จากการทดสอบกำลังรับแรงอัดของมอร์ตาร์ เพื่อหาส่วนผสมที่เหมาะสมเบื้องต้นก่อนนำไปผลิตคอนกรีตบล็อก พบว่า กำลังรับแรงอัดจะเพิ่มขึ้นตามอายุการบ่มของมอร์ตาร์ในทุกส่วนผสม ปริมาณซีเมนต์ที่ผสมเข้าไปจะแปรผันตรงกับการพัฒนาของกำลังรับแรงอัดของมอร์ตาร์ เมื่อพิจารณากำลังรับแรงอัดที่อายุการบ่ม 28 วัน กำลังรับแรงอัดของมอร์ตาร์มาตรฐานมีค่าเท่ากับ 285.94 ksc ส่วนกำลังรับแรงอัดของมอร์ตาร์ผสมเถ้าชานอ้อย มีค่าเท่ากับ 247.59, 230.75, 193.30, 159.53 และ 149.44 ksc ซึ่งลดลงตามลำดับ และพบว่ากำลังรับแรงอัดของมอร์ตาร์ผสมเถ้าชานอ้อยทั้งหมดมีค่าต่ำกว่ากำลังรับแรงอัดของมอร์ตาร์มาตรฐานทุกอายุการทดสอบ และผลการทดสอบคอนกรีตบล็อกส่วนผสมพบว่าสามารถผ่านมาตรฐานคอนกรีตบล็อกผนังไม่รับน้ำหนักตาม มอก.58- 2560 จะเริ่มต้นที่อายุ 14 วันของส่วนผสมเถ้าที่ร้อยละ 0 และ 10 ในอัตราส่วน

ดังกล่าวมีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 48.07 ksc ไปจนถึง 66.90 ksc ซึ่งมากกว่ามาตรฐานที่กำหนด ในส่วนของอายุ 7 วัน นั้นไม่มีส่วนผสมใดผ่านมาตรฐาน และเมื่อนำส่วนผสมแทนที่ซีเมนต์ร้อยละ 20 ไปทำการทดสอบไม่พบส่วนผสมใดผ่านมาตรฐาน หากมองในแง่ของการพัฒนากำลังจะเห็นว่าเมื่อแทนที่ซีเมนต์ด้วยเถ้าชานอ้อย แนวโน้มของการพัฒนากำลังอัดก็ยังเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง

5.1.3 อัตราการชะละลายของธาตุและปริมาณธาตุที่คงค้างในน้ำในคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าชานอ้อย

ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของปูนซีเมนตปอรตแลนด มีองคประกอบทางเคมีหลัก คือ แคลเซียมออกไซด (CaO) และซิลิกอนไดออกไซด (SiO_2) มีคาร้อยละ 65.4 และ 20.9 ตามลำดับ เถ้าชานอ้อยที่ใช้ในงานวิจัยมีสารประกอบที่สำคัญได้แก่ ซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) อลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) แคลเซียมออกไซด์ (CaO) ไอออนออกไซด์ (Fe_2O_3) และฟอสฟอรัสเพนตะออกไซด์ (P_2O_5) รวมกันประมาณร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก โดยมีซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) เป็นสารประกอบหลักสูงถึงร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก และมีค่าการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเผา เท่ากับร้อยละ 10.85 โดยน้ำหนัก เมื่อพิจารณาด้านองค์ประกอบทางเคมีของเถ้าชานอ้อยตามมาตรฐาน ASTM C618 สามารถจัดเป็นวัสดุปอซโซลานใกล้เคียง Class C ซึ่งเป็นวัสดุปอซโซลานธรรมชาติ ได้ผลการทดสอบสารประกอบเคมีของมอร์ตาร์ที่ผสมเถ้าชานอ้อยในงานวิจัยนี้ ประกอบด้วยออกไซดของโปแตสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) ซิลิกอน (Si) ไอออน (Fe) และ ทองแดง (Cu) สารละลายที่พบจากมอร์ตาร์ที่ผสมเถ้าชานอ้อยที่อายุการบม 3 วัน มีปริมาณสารประกอบเคมีทุกประเภทในปริมาณที่ต่ำมากในทุกอัตราส่วนผสมเถ้าชานอ้อย โดยพบแคลเซียม (Ca) มากที่สุด ในปริมาณร้อยละ 0.00342 ถึง 0.0948 ซึ่งสอดคล้องกับสารประกอบเคมีของคอนกรีตบล็อกที่ผสมเถ้าชานอ้อยมาแช่น้ำ เป็นเวลา 7, 14 และ 28 วัน พบแคลเซียม (Ca) มากที่สุด

5.2 การอภิปรายผล

จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการนำชีวมวลเถ้าชานอ้อยเป็นวัสดุทดแทนปูนซีเมนต์บางส่วน ซึ่งแสดงให้เห็นได้จากกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าชานอ้อย อย่างไรก็ดี จากการทดลองผสมเถ้าชานอ้อยทดแทนปูนซีเมนต์พบว่ากำลังรับแรงอัดลดลงทุกส่วนผสม ซึ่งเป็นผลมาจากการที่ชีวมวลเถ้าชานอ้อยไม่สามารถทำปฏิกิริยากับด่างแคลเซียมไฮดรอกไซด์ได้เต็มที่ อาจต้องทำการศึกษาต่อไปว่าเถ้าชานอ้อยนี้มีลักษณะเป็นผลึกหรือไม่ แม้ส่วนประกอบทางเคมีจะมีส่วนประกอบของออกไซด์ของซิลิกา หรือซิลิกาและอลูมินาอยู่ในมาตรฐานที่กำหนดก็ตาม นอกจากนี้ ค่าการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเผา ก็เป็นส่วนหนึ่งที่บ่งชี้ถึงคุณภาพของชีวมวลเถ้าชานอ้อยรวมถึงความละเอียดของเถ้าชานอ้อยอีกด้วย

การใช้ชีวมวลเถ้าชานอ้อยแทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนเพื่อช่วยลดต้นทุนในการผลิต สิ่งที่สำคัญที่ต้องคำนึงถึงคือการเลือกใช้วัสดุเชื่อมประสานจากชีวมวลเถ้าชานอ้อยให้มีสัดส่วนที่พอเหมาะ เพื่อให้เกิดประโยชน์ทั้งในด้านคุณภาพและราคา นอกจากนี้ ยังจะทำให้กำลังของวัสดุลดลงต่ำกว่ามาตรฐานของคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ซึ่งส่งผลต่อการนำไปใช้งานได้ ดังนั้น ในการศึกษาการใช้ชีวมวลเถ้าชานอ้อยมาทดแทนซีเมนต์นี้จะไม่เกิดประโยชน์เลยถ้าไม่มีการนำไปพัฒนาต่อยอดทางธุรกิจ สร้างเป็นผลิตภัณฑ์จากชีวมวลที่ลดการใช้พลังงาน ลดการใช้สารเคมี ลดการใช้ปูนซีเมนต์ โดยหันมาใช้วัสดุทางธรรมชาติเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม อีกทั้ง

ยังเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับวัสดุที่เหลือทิ้ง ทำให้ลดต้นทุนในการผลิตวัสดุก่อสร้างลงได้ เกิดนวัตกรรม เกิดการพัฒนาทางด้านวัสดุวิศวกรรมทางด้านการก่อสร้างในอนาคตต่อไป

5.3 การนำไปใช้ประโยชน์

1. เมื่อได้อัตราส่วนที่เหมาะสมของชีวมวลเถ้าชานอ้อยในการแทนที่ปริมาณปูนซีเมนต์ทำให้ลดต้นทุนในการผลิตคอนกรีตบล็อกและนำไปผลิตใช้งานได้จริง

2. งานวิจัยนี้ สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการศึกษางานวิจัยเชิงลึกในอนาคตได้

3. เมื่อได้อัตราส่วนที่เหมาะสมของชีวมวลเถ้าชานอ้อยในการแทนปริมาณปูนซีเมนต์แล้ว สามารถนำไปใช้ในงานสำหรับงานโครงสร้างทั่วไปที่เน้นการรับน้ำหนักไม่มาก เช่น งานทางเท้า งานถนนที่รับน้ำหนักน้อย เนื่องจากสารประกอบเคมีที่ชะละลายจากคอนกรีตบล็อกที่ผสมชีวมวลเถ้าชานอ้อยไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

5.4 ข้อเสนอแนะ

1.ในการดำเนินการวิจัยปัญหาที่ผู้วิจัยพบ คือลักษณะของความชื้นในวัตถุดิบมีความไม่สม่ำเสมอและวัตถุดิบมีส่วนประกอบมาจากอ้อยหลายส่วน ทำให้ส่วนประกอบทางเคมีของเถ้าชานอ้อยที่ออกมามีความแตกต่างกัน ในการทดสอบชิ้นงานควรทดสอบคุณสมบัติเรื่องการดูดกลืนน้ำเพิ่มเติมสำหรับคอนกรีตบล็อกชนิดรับน้ำหนัก ตามมาตรฐาน มอก. เถ้าชานอ้อยนี้สามารถทำคอนกรีตบล็อกประสานได้ทั้ง 2 ชนิด คือ ชนิดรับน้ำหนัก ค่าความต้านทานแรงอัดไม่น้อยกว่า 70 ksc และชนิดไม่รับน้ำหนัก ค่าความต้านทานแรงอัดไม่น้อยกว่า 25 ksc จากผลการวิจัยในครั้งนี้ เห็นได้ว่าเถ้าชานอ้อยทำให้กำลังอัดของคอนกรีตบล็อกลดลง ดังนั้นหากสามารถพัฒนาให้เถ้าชานอ้อยมีความละเอียดมากกว่าในการศึกษาครั้งนี้ เพื่อใช้เป็นส่วนผสมในคอนกรีตบล็อกและใช้เถ้าชานอ้อยในปริมาณมาก จะทำให้เป็นการนำเถ้าชานอ้อยมาใช้ประโยชน์มากขึ้นด้วย

2.ควรศึกษาความละเอียดของเถ้าชานอ้อยและการขยายตัวและหดตัวรวมถึงการซึมผ่านของน้ำเพื่อให้สามารถเข้าใจพฤติกรรมที่เกิดขึ้นได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

3.การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ เป็นเพียงการทดสอบในห้องปฏิบัติการเท่านั้น จึงควรมีการนำไปประยุกต์ใช้จริง และการนำไปใช้เป็นวัสดุในงานก่อสร้าง ตลอดจนศึกษาเกี่ยวกับอายุการใช้งานและความทนทาน เป็นต้น