รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ กำลังและโครงสร้างทางจุลภาคของปูนซีเมนต์ผสมเถ้าชานอ้อยและเถ้าลอย

โดย นายสาโรจน์ ดำรงศีล และคณะ

30 กรกฎาคม 2550 เสร็จโครงการ

สัญญาเลขที่_____

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ กำลังและโครงสร้างทางจุลภาคของปูนซีเมนต์ผสมเถ้าชานอ้อยและเถ้าลอย

คณะผู้วิจัย

1. นายสาโรจน์ ดำรงศีล
2. นายรณกร เทพวงษ์

สาขาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

งบประมาณผลประโยชน์ ประจำปี 2549

สนับสนุนโดยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

(ความเห็นรายงานนี้เป็นของผู้วิจัยมหาวิทยาลัยไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณโรงงานน้ำตาลมิตรผลที่เอื้อเฟื้อเถ้าชานอ้อยที่ใช้ในการทำวิจัย และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ที่สนับสนุนทุนวิจัย ตลอดจนสาขาวิศวกรรมโยธาที่อำนวยความสะดวกด้านเครื่องมือทดสอบต่างๆ และขอขอบคุณทุกท่านที่มีส่วนช่วยสนับสนุนโครงการวิจัยนี้

คณะผู้วิจัย

กำลังและโครงสร้างทางจุลภาคของปูนซีเมนต์ผสมเถ้าชานอ้อยและเถ้าลอย

Strength and Microstructure of Cement Blended Bagasse Ash and Fly Ash

สาโรจน์ ดำรงศีล* **รณกร เทพวงษ์***

Sarote Dumrongsil Ronnakron Thepwong

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากำลังและโครงสร้างทางจุลภาคของปูนซีเมนต์ผสมเถ้าชานอ้อยและเถ้าลอยเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการสนับสนุนให้ใช้เถ้าชานอ้อยเป็นวัสดุประสานในการทำวัสดุก่อสร้าง โดยมีอัตราส่วนผสมของปูนซีเมนต์ เถ้าชานอ้อย และเถ้าลอยเท่ากับ 70:30:10 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ผลจากการศึกษาพบว่าปูนซีเมนต์ผสมเถ้าชานอ้อยและเถ้าลอยในอัตราส่วนโดยน้ำหนักเท่ากับ 70:30:10 ตามลำดับ มีคุณสมบัติด้านกำลังเทียบเท่ากับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ล้วน สามารถนำไปใช้เป็นวัสดุก่อสร้างได้

คำสำคัญ : โครงสร้างทางจุลภาค, เถ้าชานอ้อย, เถ้าลอย

ABSTRACT

The objective of this research was to study the strengths and microstructure of cement blended bagasse ash and fly ash in order to use for data base to develop the bagasse ash as a construction materials. The ratio of cement to bagasse ash and fly ash was 70:30:10 by weight, respectively. The test result showed that the strength of cement blended bagasse ash and fly ash had comparable to the Portland cement. Its can be used as a construction materials.

Key words : Microstructure, Bagasse ash, Fly ash

---

* สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering and Architecture

Rajamangala University of Technology Rattanakosin

Executive Summary

ชื่อโครงการ กำลังและโครงสร้างทางจุลภาคของปูนซีเมนต์ผสมเถ้าอ้อยและเถ้าลอย
นายสาโรจน์ ดำรงศีล และนายรณกร เทพวงษ์
สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

ระยะเวลาทำวิจัย 10 เดือน ระหว่างวันที่ 1 ตุลาคม 2549 ถึงวันที่ 31 กรกฎาคม 2550

ขอบเขตการวิจัยและวิธีการที่ได้ข้อมูล

ทดสอบกำลังอัดและกำลังดัดของมอร์ตาร์ โดยมีอัตราส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ต่อเถ้าชานอ้อยและเถ้าลอยเท่ากับ 70:20:10 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ

ผลที่ได้จากงานศึกษาวิจัย

มอร์ตาร์ที่มีส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ เถ้าชานอ้อย และเถ้าลอยในอัตราส่วนเท่ากับ 70:20:10 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ มีกำลังในช่วงต้นที่อายุ 3 วัน และ 7 วัน ใกล้เคียงกับมอร์ตาร์ควบคุมที่ทำจากปูนซีเมนต์ล้วน แต่ที่อายุ 28 วัน มอร์ตาร์ผสมเถ้าชานอ้อยและเถ้าลอยในอัตราส่วนดังกล่าวจะมีกำลังสูงกว่ามอร์ตาร์ควบคุม

สรุปสาระสำคัญของผลที่ได้จากการวิจัย

ปูนซีเมนต์ผสมเถ้าชานอ้อยและเถ้าลอยในอัตราส่วนโดยน้ำหนักเท่ากับ 70:20:10 ตามลำดับ มีคุณสมบัติด้านกำลังเทียบเท่ากับปูนซีเมนต์ธรรมดาที่ไม่ผสมเถ้าชานอ้อยและเถ้าลอย โดยปูนซีเมนต์ผสมเถ้าชานอ้อยและเถ้าลอยจะพัฒนากำลังเพิ่มสูงขึ้นในระยะยาวอันมีผลมาจากปฏิกิริยาปอซโซลานของเถ้าชานอ้อยและเถ้าลอย

การนำไปใช้ประโยชน์และข้อเสนอแนะ

ปูนซีเมนต์ผสมเถ้าชานอ้อยและเถ้าลอยในอัตราส่วนโดยน้ำหนักเท่ากับ 70:20:10 ตามลำดับ สามารถนำไปใช้เป็นวัสดุประสานในการทำวัสดุก่อสร้างได้ เช่น คอนกรีต และบล็อกคอนกรีต เป็นต้น อย่างไรก็ตามจะต้องมีการศึกษาคุณสมบัติด้านอื่นๆ เช่นด้านความคงทน หรือคุณสมบัติเฉพาะทางที่ต้องการใช้เป็นวัสดุก่อสร้างก่อนนำไปใช้งานจริง

Executive Summary

Project Title : Strength and Microstructure of Cement Blended Bagasse Ash and Fly Ash

Investigators : Sarote Dumrongsil and Ronnakron Thepwong
Faculty of Engineering and Architecture
Rajamangala University of Technology Ratanakosin

Project Period : 10 months. From October 1, 2006 to July 31, 2007

Objectives : To investigate the strength and microstructure of cement blended bagasse ash and fly ash with the ratio 70:20:10 by weight, respectively.

Methodology : The strength namely compressive and flexural strength of mortar are investigated in accordance with ASTM standard.

Results : The strength of mortar containing bagasse ash and fly ash were comparable to the mortar made from Portland cement without bagasse ash and fly ash at the early age, but at the later age, the strength of mortar containing bagasse ash and fly ash have higher than the mortar made from Portland cement.

Conclusion : The strength of cement blended bagasse ash and fly ash had comparable to the Portland cement. Its can be used as a construction materials.

สารบัญ

กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ	ข
Executive Summary	ค
สารบัญ	จ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	3
บทที่ 4 ผลและการวิเคราะห์	5
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	10
บรรณานุกรม	11
ภาคผนวก	12

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

อุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลเป็นอุตสาหกรรมเกษตรที่สำคัญของประเทศไทย ปัจจุบันมีพื้นที่เพาะปลูกอ้อยซึ่งเป็นวัตถุดิบในผลิตน้ำตาลมากกว่า 6 ล้านไร่ และมีผลผลิตประมาณ 60 ล้านตันต่อปี (ศูนย์สารสนเทศการเกษตร, 2545) หลังการหีบอ้อยในกระบวนการผลิตน้ำตาลจะเหลือชานอ้อยประมาณ 13 ล้านตัน ซึ่งส่วนใหญ่ถูกนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในโรงงานทำให้มีเถ้าชานอ้อยเป็นจำนวนมาก ปริมาณเถ้าชานอ้อยมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเมื่อสำนักงานนโยบายและแผนพลังงานแห่งชาติ (2546) สนับสนุนและส่งเสริมการใช้พลังงานหมุนเวียนจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรผลิตพลังงานหมุนเวียน ซึ่งโรงงานน้ำตาลหลายแห่งใช้ชานอ้อยเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าก่อให้เกิดเถ้าชานอ้อยจำนวนมาก กลายเป็นภาระที่โรงไฟฟ้าต้องกำจัดเถ้าชานอ้อยเพื่อมิให้เกิดปัญหามลพิษต่อสิ่งแวดล้อม

แนวทางในการแก้ปัญหาคือการนำเถ้าชานอ้อยเหล่านี้มาใช้ให้เกิดประโยชน์ จากงานวิจัยที่ผ่านมาในอดีตพบว่าเถ้าแกลบซึ่งเป็นเถ้าวัสดุทางการเกษตรสามารถใช้แทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนในการทำคอนกรีตได้ (ชัย และคณะ 2545) และจากงานวิจัยเบื้องต้นของสุวิมล และคณะ (2547) ณพงศธร และคณะ (2549) พบว่าเถ้าชานอ้อยสามารถใช้แทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนในการทำวัสดุประสานและคอนกรีตได้ ดังนั้นงานวิจัยด้านการนำเถ้าชานอ้อยมาใช้ประโยชน์ดังกล่าวจะช่วยแก้ปัญหาด้านมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมแล้วยังเพิ่มมูลค่าให้กับเถ้าชานอ้อยได้อีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

ศึกษาผลกระทบของการใช้เถ้าชานอ้อยผสมเถ้าลอยต่อกำลังและโครงสร้างทางจุลภาคเพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลงานวิจัยในการสนับสนุนให้เกิดการใช้ประโยชน์จากเถ้าชานอ้อยเป็นวัสดุประสานในการทำวัสดุก่อสร้างต่อไป

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 ศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของมอร์ตาร์ผสมเถ้าชานอ้อยและเถ้าลอย ได้แก่ กำลังอัดที่อายุ 3, 7, และ 28 วัน และกำลังดัดที่อายุ 28 วัน โดยมีอัตราส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ต่อเถ้าชานอ้อยและเถ้าลอยเท่ากับร้อยละ 70:20:10 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ

1.3.2 ศึกษาโครงสร้างทางจุลภาค ได้แก่ ขนาดและการกระจายขนาดของอนุภาค การถ่ายภาพขยายขนาด (SEM) และทดสอบ Thermal Gravity Analysis (TGA)

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎี

เถ้าชานอ้อยมีซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) เป็นส่วนประกอบหลักทางเคมีโดยมีมากกว่าร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก เมื่อนำมาบดละเอียดและผสมร่วมกับปูนซีเมนต์มีแนวโน้มให้ผลดีต่อกำลังอัด เนื่องจากเถ้าชานอ้อยที่ละเอียดสามารถแทรกตัวระหว่างช่องว่างของเม็ดปูนได้ และ SiO_2 ที่มีมากในเถ้าชานอ้อยสามารถทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$) เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ที่เรียกว่าแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรตซึ่งมีคุณสมบัติเชื่อมประสานมวลรวมในคอนกรีต อย่างไรก็ตามจากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการใช้เถ้าชานอ้อยแทนที่ปูนซีเมนต์ส่งผลให้การหดตัวของคอนกรีตสูงขึ้น จึงมีแนวคิดในการใช้เถ้าลอยผสมร่วมกับเถ้าชานอ้อยเพื่อช่วยปรับปรุงคุณสมบัติด้านการไหลตัวได้ดีและลดการหดตัวของมอร์ตาร์ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษากำลังและโครงสร้างทางจุลภาคของปูนซีเมนต์ผสมเถ้าชานอ้อยและเถ้าลอยที่อัตราส่วนผสมเท่ากับร้อยละ 70:20:10 โดยน้ำหนักตามลำดับ ทั้งนี้ผลการทดสอบจะเป็นฐานข้อมูลในการสนับสนุนให้เกิดการใช้ประโยชน์เถ้าชานอ้อยเป็นวัสดุประสานในการทำวัสดุก่อสร้างต่อไป

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เถ้าชานอ้อยที่เหลือจากใช้ชานอ้อยเป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าเป็นสารปอซโซลานสามารถใช้แทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์บางส่วนในการทำวัสดุประสานหรือคอนกรีตได้ (สุวิมล และคณะ, 2547; ณพงศธร และคณะ, 2549) แต่การใช้เถ้าชานอ้อยแทนที่ปูนซีเมนต์ส่งผลให้การหดตัวของคอนกรีตสูงขึ้น (สุชีรา และคณะ, 2548) เถ้าถ่านหินหรือเถ้าลอยเกิดจากการใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า ข้อดีของการใช้เถ้าถ่านหินแทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนคือช่วยเพิ่มความสามารถในการเทได้ ลดผลกระทบการแยกตัว และลดการหดตัวของคอนกรีตได้ (ปริญญา และคณะ, 2547) งานวิจัยของ Chindaprasirt, P. (2004) ยืนยันผลการใช้เถ้าลอยจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะว่าสามารถลดการหดตัวแห้งของมอร์ตาร์และต้านทานการกัดกร่อนของซัลเฟตได้ งานวิจัยของสาโรจน์ และคณะ (2549) ศึกษาผลกระทบของปูนซีเมนต์ผสมเถ้าชานอ้อยและเถ้าลอยต่อกำลังอัดของมอร์ตาร์พบว่ามอร์ตาร์ผสมเถ้าชานอ้อยและเถ้าลอยพัฒนากำลังอัดได้ดีในระยะยาว โดยมอร์ตาร์ผสมเถ้าชานอ้อยและเถ้าลอยร้อยละ 20 และร้อยละ 30 โดยน้ำหนักของวัสดุประสาน มีกำลังอัดสูงกว่าและเทียบเท่ากับมอร์ตาร์ที่ทำจากปูนซีเมนต์ล้วนที่ไม่ผสมเถ้าชานอ้อยและเถ้าลอยตามลำดับ

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การทดสอบ

การทดสอบแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

3.1.1 ทดสอบคุณสมบัติของเถ้าชานอ้อยและเถ้าลอย เป็นการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเถ้าชานอ้อยและเถ้าลอย ได้แก่ ค่าความถ่วงจำเพาะ ลักษณะอนุภาคและขนาดของอนุภาค และศึกษาส่วนประกอบทางเคมีเพื่อเปรียบเทียบกับข้อกำหนดของปอซโซลานมาตรฐาน ASTM C 618

3.1.2 ทดสอบคุณสมบัติของมอร์ตาร์ ได้แก่ การไหลแผ่ของมอร์ตาร์ การทดสอบกำลังอัดที่อายุ 3, 7 และ 28 วัน และกำลังดัดที่อายุ 28 วัน

3.1.3 ศึกษาโครงสร้างทางจุลภาค ได้แก่ การขนาดและการกระจายขนาดของอนุภาค การถ่ายภาพขยายขนาด (Scanning Electron Microscope; SEM) และทดสอบ Thermal Gravity Analysis (TGA)

3.2 วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ

3.2.1 เถ้าชานอ้อย เป็นวัสดุที่เหลือจากการชานเป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิตน้ำตาลจากโรงงานน้ำตาลมิตรผล อำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี

3.2.2 เถ้าลอย เป็นวัสดุที่เหลือจากการใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า จากการไฟฟ้าฝ่ายผลิต อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง

3.2.3 ปูนซีเมนต์ ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1

3.2.4 ทราย ใช้ทรายแม่น้ำ มีขนาดคละเป็นไปตามมาตรฐาน ASTM C 778

3.2.5 น้ำ ใช้น้ำประปาภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ศาลายา

3.3 รายละเอียดวิธีการทดสอบ

3.3.1 การทดสอบคุณสมบัติของเถ้าชานอ้อยและเถ้าลอย

1. การวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี เป็นไปตามมาตรฐาน ASTM C 114 ทำการทดสอบโดยกรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

2. ทดสอบความละเอียด เป็นไปตามมาตรฐาน ASTM C 430

3.3.2 การทดสอบคุณสมบัติของมอร์ตาร์

1. ทดสอบค่าการไหลแผ่ของมอร์ตาร์ เป็นไปตามมาตรฐาน ASTM C 128

2. ทดสอบกำลังอัดและกำลังดัดของมอร์ตาร์ เป็นไปตามมาตรฐาน ASTM C 311

3.3.3 การทดสอบโครงสร้างทางจุลภาคของปูนซีเมนต์ผสมเถ้าชานอ้อยและเถ้าลอย ได้แก่ ขนาดและการกระจายขนาดของอนุภาค การถ่ายภาพขยายขนาด (Scanning Electron Microscope; SEM) และทดสอบ Thermal Gravity Analysis (TGA) ทดสอบโดยศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

3.4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทำตัวอย่างทดสอบ ประกอบด้วย

1. เครื่องผสมมอร์ตาร์ และเครื่องชั่งน้ำหนัก

2. แบบหล่อมอร์ตาร์ ขนาด 5x5x5 เซนติเมตร และขนาด 4x4x16 เซนติเมตร

3.4.2 เครื่องมือที่ใช้สำหรับทำการทดสอบ ประกอบด้วย

1. ชุดอุปกรณ์ทดสอบคุณสมบัติของเถ้าชานอ้อย ได้แก่ ชุดทดสอบค่าความถ่วงจำเพาะ และความละเอียด

2. ชุดอุปกรณ์ทดสอบคุณสมบัติของวัสดุผสม ได้แก่ ชุดทดสอบค่าความถ่วงจำเพาะ การดูดซึมน้ำ และขนาดคละ

3. ชุดชุดอุปกรณ์ทดสอบการไหลตัวของมอร์ตาร์

4. เครื่องมือทดสอบกำลังอัดและกำลังดัดของมอร์ตาร์ ได้แก่ เครื่องกดขนาด 100 ตัน (Universal Testing Machine) และเวอร์เนียวัดขนาดตัวอย่างทดสอบ

5. เครื่องมือทดสอบโครงสร้างทางจุลภาค

3.5 การเตรียมวัสดุประสานและอัตราส่วนผสม

เถ้าชานอ้อยชานอ้อยที่ใช้ในงานวิจัยนี้เก็บจากบ่อพักบริเวณโรงงานน้ำตาลมีความเปียกชื้น จึงต้องนำมาอบให้แห้งแล้วนำมาร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 60 เพื่อแยกเศษชานอ้อยที่เผาไหม้ไม่หมดออก ต่อจากนั้นนำไปผสมกับเถ้าลอยตามอัตราส่วนแล้วนำไปบดร่วมกันในเครื่องบดเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทำให้ได้เถ้าชานอ้อยผสมเถ้าลอยที่ละเอียดพร้อมใช้งาน การทำตัวอย่างทดสอบจะผสมปูนซีเมนต์กับเถ้าชานอ้อยผสมเถ้าลอยในเครื่องผสมโดยมีอัตราส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ต่อเถ้าชานอ้อยและเถ้าลอยเท่ากับร้อยละ 70:20:10 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ และมอร์ตาร์ซึ่งประกอบด้วยวัสดุประสานกับทรายมีอัตราส่วน 1:2.75 โดยน้ำหนัก

บทที่ 4
ผลและการวิเคราะห์

4.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติของเถ้าชานอ้อยและเถ้าลอย

ผลจากการทดสอบคุณสมบัติของเถ้าชานอ้อยและเถ้าลอยแสดงในตารางที่ 1 เถ้าชานอ้อยมีซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) เป็นสารประกอบหลักสูงถึงร้อยละ 76.5 โดยน้ำหนัก มีสารประกอบที่สำคัญได้แก่ ซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) อลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) และไอออนออกไซด์ (Fe_2O_3) รวมกันร้อยละ 80.9 โดยน้ำหนัก และมีค่าการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเผา (LOI) ร้อยละ 8.9 โดยน้ำหนัก ขณะที่เถ้าลอยมีปริมาณ SiO_2 ร้อยละ 46.5 โดยน้ำหนัก และมีปริมาณ $SiO_2+Al_2O_3+Fe_2O_3$ ร้อยละ 76.8 โดยน้ำหนัก และมีค่า LOI ร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบทางเคมีของเถ้าชานอ้อยผสมเถ้าลอย

ส่วนประกอบทางเคมี (%)	เถ้าชานอ้อย (BA)	เถ้าลอย (FA)
SiO_2	76.5	46.5
Al_2O_3	3.1	21.4
Fe_2O_3	1.3	8.9
CaO	1.9	10.3
SO_3	0.1	1.6
LOI	8.9	0.5

เมื่อนำเถ้าชานอ้อยผสมกับเถ้าลอยแล้วนำไปทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ประกอบด้วย ค่าความถ่วงจำเพาะ และความละเอียด ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 2 โดยเปรียบเทียบกับคุณสมบัติทางกายภาพของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

ตารางที่ 2 คุณทางกายภาพของเถ้าชานอ้อยผสมเถ้าลอย

คุณสมบัติทางกายภาพ	วัสดุ	
	ปูนซีเมนต์ (PC)	เถ้าชานอ้อยผสมเถ้าลอย (TA)
ค่าความถ่วงจำเพาะ	3.15	2.44
ความละเอียด		
ค้างตะแกรงเบอร์ 325 (%)	-	0.5
แอร์เพอร์มีอบิลิตี ($cm^2/gm.$)	3,320	6,960

จากการเปรียบเทียบส่วนประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพตามข้อกำหนดของสารปอซโซลานมาตรฐาน ASTM C 618 จะเห็นได้ว่าเถ้าชานอ้อยผสมเถ้าลอยมีคุณสมบัติเป็นสารปอซโซลานประเภท N ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ข้อกำหนดของปอซโซลานมาตรฐาน ASTM C 618

ส่วนประกอบทางเคมี	วัสดุปอซโซลานประเภท			TA
	N	F	C	
$SiO_2+Al_2O_3+Fe_2O_3$; %, min.	70.0	70.0	50.0	80.9
SO_3 ; %, max.	4.0	5.0	5.0	0.1
LOI ; %, max.	10.0	6.0	6.0	6.5
คุณสมบัติทางกายภาพ	วัสดุปอซโซลานประเภท			TA
	N	F	C	
ความละเอียด; ค้างตะแกรงเบอร์ 325; %, max.	34	34	34	0.5
ความต้องการน้ำ; ; %, max.	115	105	105	100
ดัชนีกำลัง (Strength activity index)				
ที่อายุ 7 วัน; %, min.	75	75	75	105
ที่อายุ 28 วัน; %, min.	75	75	75	114

4.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติของมอร์ตาร์

ผลการทดสอบคุณสมบัติของมอร์ตาร์ ประกอบด้วย การไหลแผ่ของมอร์ตาร์ การทดสอบกำลังอัดที่อายุ 3, 7 และ 28 วัน และกำลังดัดที่อายุ 28 วัน แสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบการไหลแผ่ กำลังอัด และกำลังดัดของมอร์ตาร์

ชนิดของมอร์ตาร์ *	w/b	% การไหล	กำลังอัด, กก./ซม.^{2} (%)			กำลังดัด, กก./ซม.^{2} (%) ที่อายุ 28 วัน
			3 วัน	7 วัน	28 วัน	
CPC	0.71	114	148 (100)	212 (100)	310 (100)	63 (100)
CBA	0.71	114	138 (93)	200 (94)	324 (104)	65 (103)
CTA	0.70	109	142 (95)	204 (96)	345 (111)	68 (107)

หมายเหตุ : * CPC : มอร์ตาร์ควบคุม ใช้ปูนซีเมนต์ล้วนเป็นวัสดุประสาน

CBA : มอร์ตาร์ผสมเถ้าชานอ้อยร้อยละ 30 โดยน้ำหนักของวัสดุประสาน

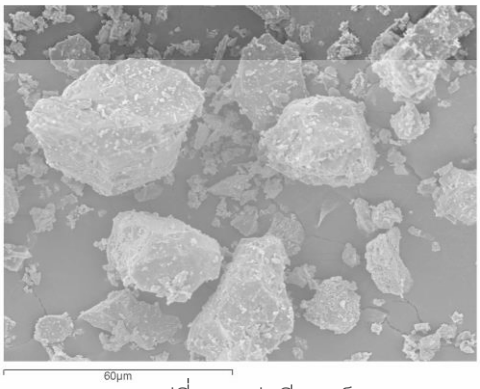
CTA : มอร์ตาร์ผสมเถ้าชานอ้อยและเถ้าลอย โดยมีอัตราส่วน PC:BA:FA เท่ากับ 70:20:10

การทดสอบค่าการไหลแผ่เป็นการทดสอบหาความต้องการปริมาณน้ำในส่วนผสมโดยกำหนดให้มอร์ตาร์มีค่าการไหลร้อยละ 105–115 ผลการทดสอบพบว่ามอร์ตาร์ CPC, CBA และมอร์ตาร์ CTA มีความต้องการน้ำในส่วนผสมใกล้เคียงกัน โดยมีความต้องการน้ำต่อวัสดุประสานเท่ากับ 0.71, 0.71 และ 0.70 ตามลำดับ ดังนั้นการใช้เถ้าชานอ้อยและเถ้าชานอ้อยผสมเถ้าลอยแทนที่ปูนซีเมนต์ร้อยละ 30 โดยน้ำหนักวัสดุประสาน ไม่มีผลกระทบต่อการไหลของมอร์ตาร์

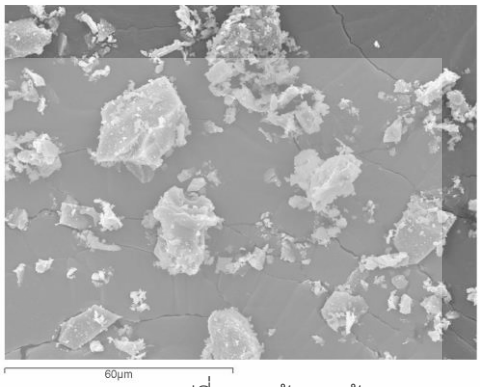
ผลการทดสอบกำลังอัดของมอร์ตาร์พบว่ามอร์ตาร์ CBA และมอร์ตาร์ CTA มีกำลังอัดที่อายุ 3 วันและ 7 วัน ใกล้เคียงกัน และมีกำลังอัดต่ำกว่ามอร์ตาร์ CPC เล็กน้อย แต่ที่อายุ 28 วัน กำลังอัดของมอร์ตาร์ CBA และมอร์ตาร์ CTA มีกำลังอัดสูงกว่ามอร์ตาร์ CPC โดยที่มอร์ตาร์ CBA และมอร์ตาร์ CTA มีดัชนีกำลังเท่ากับร้อยละ 104 และร้อยละ 110 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับมอร์ตาร์ CPC ซึ่งมีกำลังอัดเท่ากับ 310 กก./ซม.^{2} เนื่องจากเถ้าชานอ้อยและเถ้าลอยเป็นสารปอซโซลาน ส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาปอซโซลานทำให้การพัฒนากำลังของมอร์ตาร์ผสมเถ้าชานอ้อยและมอร์ตาร์ที่มีส่วนผสมของเถ้าชานอ้อยผสมเถ้าลอยพัฒนาสูงขึ้นในระยะยาว ส่วนกำลังดัดของมอร์ตาร์ที่อายุ 28 วัน เป็นไปในแนวทางเดียวกับกำลังอัดที่อายุ 28 วัน โดยมอร์ตาร์ CBA และมอร์ตาร์ CTA มีดัชนีกำลังเท่ากับร้อยละ 104 และร้อยละ 107 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับมอร์ตาร์ CPC ซึ่งมีกำลังดัดเท่ากับ 63 กก./ซม.^{2}

4.3 การทดสอบโครงสร้างทางจุลภาคของปูนซีเมนต์ผสมเถ้าชานอ้อยและเถ้าลอย

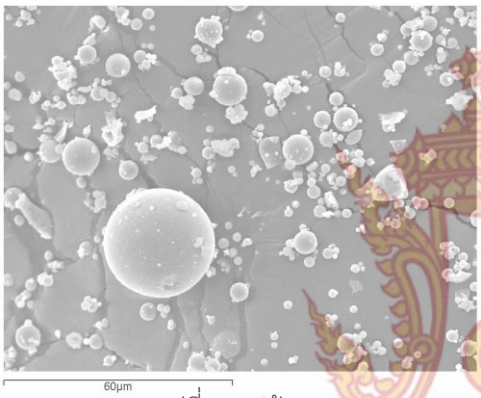
ผลการทดสอบโครงสร้างทางจุลภาค ประกอบด้วย การถ่ายภาพขยายขนาด (Scanning Electron Microscope; SEM) ขนาดและการกระจายขนาดของอนุภาค และทดสอบ Thermal Gravity Analysis (TGA) พบว่าเถ้าชานอ้อยมีลักษณะอนุภาคเป็นรูปทรงหลายเหลี่ยมเช่นเดียวกับลักษณะอนุภาคของปูนซีเมนต์ ส่วนเถ้าลอยจะมีลักษณะอนุภาคเป็นทรงกลม ดังนั้นเมื่อนำเถ้าชานอ้อยผสมกับเถ้าลอยก็จะพบว่ามีลักษณะอนุภาคเป็นรูปทรงหลายเหลี่ยมและทรงกลมผสมกัน ดังจะเห็นได้จากภาพถ่ายขยายขนาดด้วยกำลังขยาย 1,000 เท่า ในรูปที่ 1 และผลจากการทดสอบขนาดและการกระจายขนาดอนุภาคของปูนซีเมนต์และเถ้าชานอ้อยผสมเถ้าลอยพบว่าปูนซีเมนต์มีขนาดอนุภาคเท่ากับ 20 ไมโครเมตร ส่วนเถ้าชานอ้อยผสมเถ้าลอยมีขนาดอนุภาคเท่ากับ 11 ไมโครเมตร ดังแสดงในรูปที่ 2



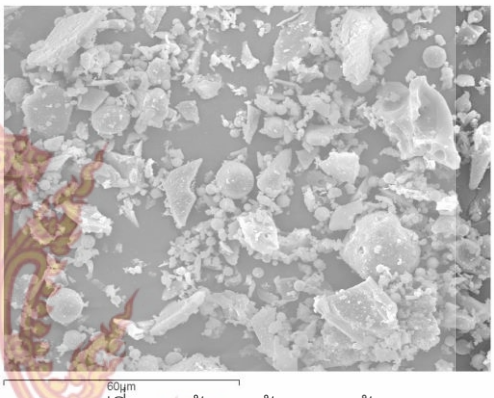
รูปที่ 1 ก. ปูนซีเมนต์



รูปที่ 1 ข. เถ้าชานอ้อย

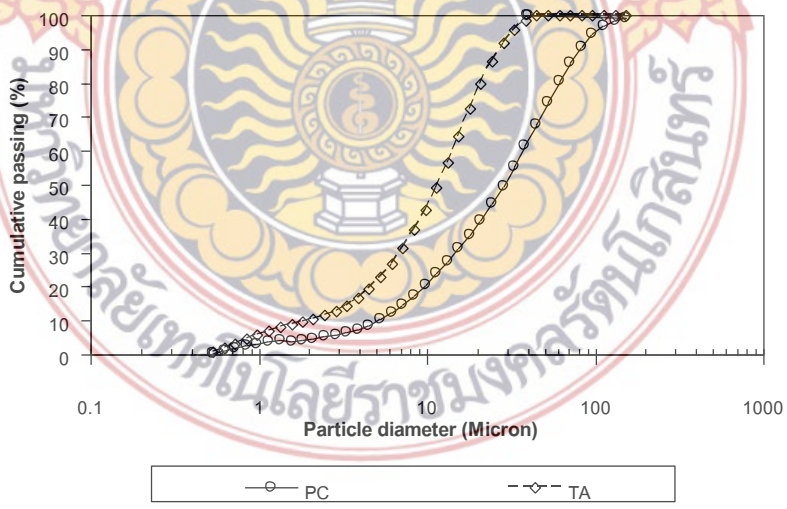


รูปที่ 1 ค. เถ้าลอย



รูปที่ 1 ง. เถ้าชานอ้อยผสมเถ้าลอย

รูปที่ 1 ภาพถ่ายขยายขนาดอนุภาคของปูนซีเมนต์ เถ้าชานอ้อย เถ้าลอย และเถ้าชานอ้อยผสมเถ้าลอย



รูปที่ 2 การกระจายขนาดอนุภาคของปูนซีเมนต์เปรียบเทียบกับเถ้าชานอ้อยผสมเถ้าลอย

ผลจากการทดสอบ Thermal Gravity Analysis (TGA) ของซีเมนต์เพสต์ที่อายุ 7 วัน และ 28 วัน พบว่าซีเมนต์เพสต์ที่ทำจากปูนซีเมนต์ล้วนมีปริมาณ $Ca(OH)_2$ เพิ่มสูงขึ้นเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น แต่ซีเมนต์เพสต์ที่ผสมเถ้าชานอ้อยและซีเมนต์เพสต์ผสมเถ้าชานอ้อยและเถ้าลอยร้อยละ 30 โดยน้ำหนักของวัสดุประสาน มีแนวโน้มที่ปริมาณ $Ca(OH)_2$ ลดลง ดังจะเห็นได้จากกราฟแสดงในภาคผนวก ก. ทั้งนี้เป็นผลมาจากปฏิกิริยาปอซโซลานของเถ้าชานอ้อยและเถ้าชานอ้อยผสมเถ้าลอย ซึ่งมีสารประกอบหลักเป็น SiO_2 สามารถทำปฏิกิริยากับ $Ca(OH)_2$ เกิดเป็นแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต จึงทำให้ปริมาณ $Ca(OH)_2$ ลดลง

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 การใช้เถ้าชานอ้อยและเถ้าชานอ้อยผสมเถ้าลอยแทนที่ปูนซีเมนต์ร้อยละ 30 โดยน้ำหนักวัสดุประสาน ไม่มีผลกระทบต่อการไหลของมอร์ตาร์

5.1.2 กำลังของมอร์ตาร์ผสมเถ้าชานอ้อยและมอร์ตาร์ผสมเถ้าชานอ้อยและเถ้าลอยร้อยละ 30 โดยน้ำหนักวัสดุประสาน มีกำลังอัดที่อายุ 3 วัน และ 7 วัน ต่ำกว่ามอร์ตาร์ควบคุมเพียงเล็กน้อย แต่ที่อายุ 28 วัน มอร์ตาร์ผสมเถ้าชานอ้อยและมอร์ตาร์ผสมเถ้าชานอ้อยและเถ้าลอยจะพัฒนากำลังอัดเพิ่มขึ้นและมีกำลังอัดสูงกว่ามอร์ตาร์ควบคุม

5.1.3 การใช้เถ้าชานอ้อยและเถ้าชานอ้อยผสมเถ้าลอยแทนที่ปูนซีเมนต์จะช่วยให้ปริมาณ $Ca(OH)_2$ ลดลง อันเป็นผลมาจากปฏิกิริยาปอซโซลาน

5.1.4 ปูนซีเมนต์ผสมเถ้าชานอ้อยและเถ้าลอยในอัตราส่วนโดยน้ำหนักเท่ากับ 70:20:10 ตามลำดับ มีคุณสมบัติด้านกำลังเทียบเท่ากับปูนซีเมนต์ล้วน

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรศึกษาด้านกำลังและโครงสร้างทางจุลภาคของซีเมนต์เพสต์ในระยะยาว เช่น กำลังที่อายุ 60 วัน 90 วัน หรือ 1 ปี

5.2.2 ควรศึกษาคุณสมบัติด้านความคงทนและคุณสมบัติเฉพาะทางที่ต้องการใช้เป็นวัสดุก่อสร้างต่อไป

บรรณานุกรม

ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. http://www.oae.go.th

สำนักคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ. http://www.eppo.go.th

ชัย จาตุรพิทักษ์กุล, จักรพันธ์ วงษ์พา และสุรพันธ์ สุคันธปรีย์, 2545. การพัฒนาเถ้าแกลบ-เปลือกไม้เพื่อใช้ในงานคอนกรีต, การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 8, MAT 168-172.

สุวิมล สัจจวาณิชย์ และอาทิมา ดวงจันทร์, 2547. ดรรชนีความเป็นปอซโซลานของเถ้าชานอ้อยและความต้องการน้ำ. การประชุมวิชาการคอนกรีตแห่งชาติครั้งที่ 8, หน้า 118-120.

ณพงศธร ลิขิตศรีไพบูลย์, นันทชัย ชูศิลป์, เอนก ศิริพานิชกร, ชัย จาตุรพิทักษ์กุล และไกรวุฒิ เกียรติโกมล, 2549. การศึกษาเถ้าชานอ้อยที่มี LOI ต่างกันต่อกำลังอัดของมอร์ตาร์. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 11, MAT-066.

สุชีรา กุลชนะประสิทธ์ และชูชัย สุจิวรกุล, 2548. ผลกระทบของเถ้าชานอ้อยต่อคุณสมบัติของมอร์ตาร์ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 10, MAT-67-72.

ปริญญา จินดาประเสริฐ และชัย จาตุรพิทักษ์กุล, 2547. ซีเมนต์ ปอซโซลาน และคอนกรีต. สมาคมคอนกรีตไทย. หน้า 293.

P. Chindaprasirt, S. Homwuttiwong, V. Sirivatnanon, 2004. Influence of fly ash fineness on strength, drying shrinkage and sulfate resistance of blended cement mortar. Cement and concrete research, Vol. 34, pp. 1087 – 1092.

สาโรจน์ ดำรงศีล และสุวิมล สัจจวาณิชย์, 2459. ผลกระทบของปูนซีเมนต์ผสมเถ้าชานอ้อยและเถ้าลอยต่อกำลังอัดของมอร์ตาร์. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 11, MAT-039.

ภาคผนวก

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. กราฟแสดงผลจากการทดสอบ Thermal Gravity Analysis (TGA) ของซีเมนต์เพสต์ที่อายุ 7 วัน และ 28 วัน