



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การใช้เถ้าจากโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อเป็นวัสดุประสาน

โดย

ศาสตราจารย์ ดร. ชัย จาตุรพิทักษ์กุล และ คณะ

1 กันยายน 2553

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การใช้เจ้าจากโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อเป็นวัสดุประสาน

โดย

ศ.ดร.	ชัย จาตุรพิทักษ์กุล	หัวหน้าโครงการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ศ.ดร.	ปริญญ์ จินดาประเสริฐ	ที่ปรึกษาโครงการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผศ.ดร.	สมิตร ส่งพิริยกิจ	ผู้ร่วมวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ผศ.ดร.	เรืองรุชดี ชีระโรจน์	ผู้ร่วมวิจัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ดร.	สหलग หอมวุฒิวงศ์	ผู้ร่วมวิจัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผศ.ดร.	พรเกษม จงประดิษฐ์	ผู้ร่วมวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผศ.ดร.	สมโพธิ อยู่ไ	ผู้ร่วมวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผศ.ดร.	ชูชัย สุจิรวกุล	ผู้ร่วมวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ดร.	ทวิช พูลเงิน	ผู้ร่วมวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผศ.ดร.	ธีรวัฒน์ สิ้นศิริ	ผู้ร่วมวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ผศ.ดร.	อุบลลักษณ์ รัตนศักดิ์	ผู้ร่วมวิจัย มหาวิทยาลัยบูรพา
ดร.	วันชัย สะตะ	ผู้ร่วมวิจัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น

สนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา

และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

(ความเห็นในรายงานเป็นของผู้วิจัย สกอ. และ สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ใช้เถ้าจากโรงงานอุตสาหกรรม 4 ชนิด ซึ่งได้แก่ เถ้าถ่านหิน เถ้าแกลบหรือเถ้าแกลบ-เปลือกไม้ เถ้าปาล์มน้ำมัน และ เถ้าขานอ้อย เพื่อเป็นวัสดุประสานในการแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์บางส่วน นอกจากนี้ยังใช้เถ้าถ่านหินเพื่อเป็นวัสดุพื้นฐานในการทำอิโพลิเมอร์คอนกรีต ทำการทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติเบื้องต้นของเถ้าจากโรงงานอุตสาหกรรม ทราชแม่น้ำ หินปูนย่อย และมวลรวมที่ได้จากการย่อยเศษคอนกรีต จากนั้นทำการหล่อเพสต์ มอร์ตาร์ และคอนกรีต ที่มีส่วนผสมของเถ้าจากโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อทดสอบกำลังอัด โมดูลัสยืดหยุ่น การแทรกซึมของสารละลายคลอไรด์จากน้ำทะเล การกัดกร่อนเนื่องจากสารละลายซัลเฟต และการซึมของน้ำผ่านคอนกรีต

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า เถ้าถ่านหิน เถ้าแกลบหรือเถ้าแกลบ-เปลือกไม้ เถ้าปาล์มน้ำมัน และเถ้าขานอ้อยสามารถใช้เป็นวัสดุปอซโซลานได้หากเถ้าเหล่านี้มีองค์ประกอบทางเคมีที่เหมาะสม มีความละเอียดสูงและส่วนใหญ่ไม่เป็นผลึก เถ้าเหล่านี้สามารถทำปฏิกิริยาปอซโซลานได้เร็วขึ้นตามความละเอียดที่สูงขึ้น การใช้เถ้าถ่านหินในส่วนผสมคอนกรีตสามารถลดการแทรกซึมของสารละลายคลอไรด์จากน้ำทะเลได้เป็นอย่างดี เมื่อใช้เถ้าถ่านหิน หรือ เถ้าขานอ้อย หรือ เถ้าแกลบหรือเถ้าแกลบ-เปลือกไม้ หรือ เถ้าปาล์มน้ำมันที่มีความละเอียดสูง แทนที่ปูนซีเมนต์ในปริมาณที่ไม่มากจนเกินไป (โดยทั่วไปคือร้อยละ 20-30 โดยน้ำหนักของวัสดุประสาน) สามารถทำให้คอนกรีตมีกำลังอัดที่สูง มีการซึมของน้ำผ่านคอนกรีตที่ต่ำกว่าคอนกรีตที่ไม่มีเถ้าดังกล่าวในส่วนผสมที่มีกำลังอัดเท่ากัน แต่การใช้เถ้าดังกล่าวที่มีความละเอียดต่ำ หรือ แทนที่ปูนซีเมนต์ในปริมาณที่สูงมากเกินไป (เช่นร้อยละ 50 ขึ้นไป) พบว่าส่งผลเสียต่อคอนกรีตทั้งด้านกำลังอัดและการซึมของน้ำผ่านคอนกรีต สำหรับโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตที่ผสมเถ้าจากโรงงานอุตสาหกรรมที่แทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนพบว่ามีค่าไม่แตกต่างจากคอนกรีตปกติที่มีกำลังอัดเท่ากัน การใช้อุณหภูมิที่สูงสามารถเร่งกำลังอัดของอิโพลิเมอร์ที่อายุต้นได้เป็นอย่างดี อัตราส่วน S/A (solution/ash ratio) มีผลกระทบต่อกำลังอัดของอิโพลิเมอร์มากกว่าอัตราส่วน P/Agg[(ash content+solution content)/Aggregate content ratio] นอกจากนี้เมื่อพิจารณากำลังอัดที่เท่ากันพบว่าอิโพลิเมอร์คอนกรีตมีค่าการซึมของน้ำผ่านคอนกรีตที่สูงกว่าคอนกรีตปกติค่อนข้างมาก วัสดุประสานจากส่วนผสมของกากแกลบเชิخمคาร์ไบด์และเถ้าถ่านหินสามารถผลิตคอนกรีตที่มีกำลังอัด 28 และ 34 เมกะปาสกาลที่อายุ 28 และ 90 วัน ตามลำดับโดยไม่ต้องมีปูนซีเมนต์ คอนกรีตที่ใช้มวลรวมจากการย่อยเศษคอนกรีตในส่วนผสมมีค่าการซึมของน้ำผ่านคอนกรีตค่อนข้างสูง อย่างไรก็ตามการใช้เถ้าจากโรงงานอุตสาหกรรมสามารถลดอัตราค่าการซึมของน้ำผ่านคอนกรีตดังกล่าวได้

Abstract

In this study, 4 industrial ashes namely fly ash, rice husk or rice husk-bark ash, palm oil fuel ash, and sugar cane bagasse ash, were used as pozzolanic materials to partially replace Portland cement. Fly ash was also used as a base material to produce geopolymer. Basic properties of the ashes, river sand, crushed lime stone, and recycled aggregates were determined. Pastes, mortars, and concretes containing industrial ashes were cast and investigated their compressive strength, modulus of elasticity, chloride penetration, sulfate attack, and water permeability.

The results showed that fly ash, sugar cane bagasse ash, rice husk or rice husk-bark ash, and palm oil fuel ash could be used as pozzolanic materials if the ash has high fineness with a suitable chemical composition and most of them were not in crystalline phase. The higher is the fineness of the ash, the higher is the pozzolanic reaction. The use of fly ash to partially replace Portland cement in concrete reduced the penetration of chloride from sea water into concrete, thus enhanced the service life of the concrete in marine environment. Concretes containing fly ash or sugar cane bagasse ash, or rice husk-bark ash or palm oil fuel ash with high fineness at rate of 20-30% by weight of binder can effectively reduce water permeability as compared to normal concrete with the same compressive strength. If high replacement rate (more than 50% by weight of binder) or low fineness of the ash was used to replace Portland cement in concrete, it resulted in low compressive strength and high water permeability of the concrete. Modulus of elasticity of concrete containing industrial ash is the same as that of normal concrete which has the same compressive strength. High temperature can be used to accelerate the early age compressive strength of geopolymer concrete. The ratio of S/A (solution/ash ratio) has more effect on the compressive strength of geopolymer concrete than that of P/Agg [(ash content+solution content)/Aggregate content ratio]. The mixture of calcium carbide residue and fly ash can be used as a binder to produce concrete with compressive strength of 28 and 34 MPa at 28 and 90 days, respectively without any Portland cement. Concrete mixed with recycled aggregate has high water permeability, however, the use of industrial ash can reduce the water permeability of the concrete.

บทสรุปผู้บริหาร (Executive Summary)

โครงการวิจัยเรื่อง การใช้ถ้ำจากโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อเป็นวัสดุประสาน ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และสำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา (สกอ.) ภายใต้โครงการเมธีวิจัยอาวุโสประจำปีพ.ศ. 2550 ซึ่งดำเนินโครงการวิจัยระหว่างวันที่ 31 สิงหาคม พ.ศ. 2550 ถึงวันที่ 30 สิงหาคม 2553

วัตถุประสงค์หลักของโครงการวิจัยมี 2 ข้อคือ เพื่อสร้างกลุ่มวิจัยให้เป็นกำลังสำคัญในการพัฒนา งานวิจัยที่เกี่ยวกับการใช้ถ้ำจากโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อเป็นวัสดุประสานในงานคอนกรีต และ เพื่อสร้าง องค์ความรู้ตลอดจนเผยแพร่องค์ความรู้ของการใช้ถ้ำฯ ออกไปในวงกว้าง

โครงการนี้มีอาจารย์เข้าร่วมจำนวน 10 คน เป็นที่ปรึกษาโครงการ 1 คน รวม 11 คน จาก 6 มหาวิทยาลัย ซึ่งได้แก่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี มหาวิทยาลัยขอนแก่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม มหาวิทยาลัยบูรพา และ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ และมีนักศึกษาปริญญาโทและเอกเข้าร่วมอีกจำนวนหนึ่ง รวมกลุ่มวิจัยทั้งหมดมีจำนวน 26 คน ในระหว่างดำเนินงานมีอาจารย์ที่เป็นนักวิจัยในโครงการจำนวน 3 คนได้รับตำแหน่งวิชาการที่สูงขึ้น จากอาจารย์เป็นผู้ช่วยศาสตราจารย์ ได้แก่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อุบลลักษณ์ รัตนศักดิ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมิตร์ ส่งพิริยกิจ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชีรวัฒน์ สันศิริ นอกจากนี้ยังมีอาจารย์ที่อยู่ในโครงการ จำนวน 2 คน ที่ยื่นขอตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์ คือ ดร. ทวีช พูลเงิน และ ดร. วันชัย สะตะ ซึ่งขณะนี้อยู่ใน ขั้นตอนของการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิ

นักศึกษาที่จบปริญญาเอกภายใต้โครงการนี้ (บางคนอาจมีโครงการอื่นสนับสนุนด้วย เช่น คปก. โครงการพัฒนาอาจารย์ของ สกอ. เป็นต้น) รวม 4 คนโดยทุกคนทำงานเป็นอาจารย์ในมหาวิทยาลัยของรัฐฯ ซึ่งได้แก่ ดร. วิเชียร ชาติ ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำที่มหาวิทยาลัยบูรพา ดร. นันทชัย ชุติปปี้ ปัจจุบันเป็น อาจารย์ประจำที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา ดร. จตุพล ตั้งปกาศิต ปัจจุบันเป็นอาจารย์ ประจำที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี คลองหก และ ดร. วีรชาติ ตั้งจิรภัทร ปัจจุบันเป็นอาจารย์ ประจำที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี สำหรับนักศึกษาที่จบปริญญาโทภายใต้โครงการนี้มี จำนวน 6 คน ซึ่งทั้ง 6 คนทำงานในภาครัฐและภาคเอกชน และ หนึ่งในหกคนนี้ คือ นาย อรรถเดช ฤกษ์ พิบูลย์ ได้รับอนุมัติจากกรมชลประทานให้ลาศึกษาต่อในระดับปริญญาเอก ที่ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มจร.

สำหรับผลงานทางด้านวิชาการพบว่ามีความที่ได้รับการตีพิมพ์หรือตอบรับเพื่อตีพิมพ์ใน วารสารวิชาการระดับนานาชาติที่มี Impact Factor จำนวน 15 เรื่อง โดย 14 เรื่องเป็นบทความฉบับเต็ม และ 1 เรื่องเป็น Technical Note มีการยื่นขอจดสิทธิบัตร 1 เรื่อง คือ เอกสารคำขอจดสิทธิบัตร ที่ 100100038 เรื่อง "กรรมวิธีการผลิตวัสดุประสานสำหรับผลิตคอนกรีตซึ่งมีกำลังสูง มีความร้อนต่ำ และมีความทนทานสูง" ซึ่ง อยู่ระหว่างการพิจารณาของกรมทรัพย์สินทางปัญญา และ หนังสือ 1 เรื่อง ชื่อ "การใช้วัสดุพอซโซลานในงานคอนกรีต"

การจัดการประชุมวิชาการเพื่อเผยแพร่ผลงานมีการจัดขึ้นปีละ 1 ครั้งรวม 3 ครั้งโดยใช้ชื่อว่า “การนำ
เข้าจากโรงงานอุตสาหกรรมในประเทศไทยมาใช้ในการคอนกรีต” ซึ่งแต่ละครั้งมีผู้สนใจเข้าร่วมประชุมสูง
กว่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ที่ 80 คน กล่าวคือครั้งที่ 1 เมื่อวันที่ 19 สิงหาคม 2551 มีผู้เข้าร่วมจำนวน 86 คน ครั้งที่ 2
วันที่ 31 กรกฎาคม 2552 มีผู้เข้าร่วมจำนวน 96 คน และครั้งที่ 3 เมื่อวันที่ 6 สิงหาคม 2553 มีผู้เข้าร่วมจำนวน
93 คน ซึ่งส่วนใหญ่ของผู้เข้าร่วมประชุมเป็นผู้ประกอบการหรือพนักงานในอุตสาหกรรมผลิตคอนกรีต ผู้ใช้
คอนกรีต นักวิชาการ วิศวกร และบางส่วนเป็นนักศึกษาในระดับปริญญาโทและเอกที่มีความสนใจในเรื่องของ
คอนกรีต นอกจากนี้ผลสำรวจแบบสอบถามจากการจัดประชุมทั้ง 3 ครั้ง พบว่าผู้เข้าร่วมประชุมส่วนใหญ่
พอใจที่เข้าร่วมประชุมและเห็นว่าได้ประโยชน์จากการเข้าร่วมประชุมระดับ ดี ถึง ดีมาก

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัย เรื่อง การใช้เถ้าจากโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อเป็นวัสดุประสาน สามารถดำเนินการได้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์และการสนับสนุนจากหน่วยงานหรือบุคคล ซึ่งคณะผู้วิจัยขออนุญาตเอ่ยนามดังต่อไปนี้

ขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ซึ่งหัวหน้าโครงการฯ ทำงานอยู่ ที่สนับสนุนการดำเนินงานตลอดจนสนับสนุนเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัยตั้งแต่ต้นจนเสร็จสิ้นโครงการ

ขอขอบคุณที่ปรึกษาโครงการวิจัย ศ. ดร. ปริญา จินดาประเสริฐ ที่กรุณาให้ความเห็นและคำแนะนำที่ดีและเป็นประโยชน์ต่อโครงการหลายครั้ง ทั้งเรื่องการตีพิมพ์และความร่วมมือในการทำวิจัยร่วมกัน

งานวิจัย ข้อมูลงานวิจัย และผลงานตีพิมพ์ส่วนใหญ่มาจากการทำงานของนักศึกษาในระดับปริญญาโทและเอกของภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และนักศึกษาจากมหาวิทยาลัยอื่นๆที่ผู้ร่วมวิจัยสังกัดอยู่ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ดร. จตุพล ตั้งปกาศิต ดร. วีรชาติ ตั้งจิรภัทร ดร. นันทชัย ชุติลปี ดร. วิเชียร ชาลี คุณณัฐพงศ์ มกรรัช คุณรัฐพล สมนา คุณเกียรติสุดา สมนา คุณอรรคเดช ฤกษ์พิบูลย์ คุณปกป้อง รัตนชู คุณชนพล เหล่าสมาธิกุล คุณพร้อมพงศ์ ผุงเพิ่มตระกูล คุณภูวิช ตรีสุวรรณ คุณสุพัฒน์ ขาค้าย คุณสุทธินันท์ แอเดียว คุณเกียรติศักดิ์ กลับประสิทธิ์ คุณประสิทธิ์ อุดสำพานิช คุณเที่ยง ชิวเกตุ คุณรักษ์ บุรณสิงห์ คุณจักรพันธ์ วงศ์พา คุณไชนันท์ รัตนโชตินันท์ ซึ่งคณะผู้วิจัยขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณ คุณอังคณารัตน์ กาญจนมณีนิต คุณสุชาดา ไวยวุฒิ คุณพวงทอง ทองบริสุทธิ และ คุณดวงพร ชินะราศรี ที่ดำเนินการเรื่องธุรการและด้านเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการวิจัยได้เป็นอย่างดี

การดำเนินการวิจัยครั้งนี้จะไม่สามารถดำเนินการได้ หากขาดการสนับสนุนด้านทุนวิจัยอย่างเต็มที่จากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และ สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา (สกอ.) ซึ่งได้เห็นความสำคัญและสนับสนุนทุนวิจัยในโครงการกลุ่มทุนวิจัย หรือ เมธีวิจัยอาวุโส สกว.-สกอ. ประจำปี 2550 ซึ่งทุนนี้ได้สร้างนักวิจัยและผลงานวิจัยจำนวนมากที่เกี่ยวข้องกับการใช้เถ้าจากโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อเป็นวัสดุประสานในงานคอนกรีตตลอดจนทำให้ความรู้ ความเข้าใจ ในการจัดการเกี่ยวกับเถ้าจากโรงงานอุตสาหกรรมดีขึ้น และ แพร่หลายออกไปอย่างกว้างขวาง

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
บทสรุปผู้บริหาร	ค
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
บทที่ 1 เข้าจากโรงงานอุตสาหกรรม	1
1.1 บทนำ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 เนื้อหาของรายงานฉบับนี้	2
บทที่ 2 การศึกษาและการทดลอง	3
2.1 การศึกษาคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในงานวิจัย	3
2.2 การใช้เข้าจากโรงงานอุตสาหกรรมแทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วน	3
2.3 การใช้เข้าจากโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อทำอิโพลีเมอร์	3
บทที่ 3 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล	4
3.1 ผลการศึกษาที่เป็นบทความที่ตีพิมพ์ หรือ ได้รับการยอมรับให้ตีพิมพ์ในวารสาร	4
3.2 ผลการศึกษาที่นำไปจดสิทธิบัตร	5
บทที่ 4 สรุปผลการศึกษา	6
บทที่ 5 ผลการดำเนินงาน (Output) ที่ได้จากโครงการวิจัย	7
5.1 ผลงานโดยภาพรวม	7
5.2 การจัดประชุมวิชาการประจำปี	8
5.3 หนังสือเรื่อง การใช้วัสดุพอลิโพรพิลีนในงานคอนกรีต	8
ภาคผนวก ก.	9
ก.1 รายชื่อและบทความที่ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับนานาชาติ	
ก.2 เอกสารการยื่นขอจดสิทธิบัตร	

บทที่ 1 เถ้าจากโรงงานอุตสาหกรรม

1.1 บทนำ

เถ้าจากโรงงานอุตสาหกรรมเกือบทั้งหมดเป็นวัสดุที่โรงงานอุตสาหกรรมไม่ต้องการ เนื่องจากเถ้าเหล่านี้มักเหลือจากจากวัสดุที่ใช้เผาเพื่อเป็นพลังงานและต้องนำไปกำจัดทิ้งเพราะมีปริมาณมาก ซึ่งอาจเป็นการทิ้งเพื่อถมที่หรือทิ้งในบ่อทิ้งที่เตรียมไว้ นอกจากการนำไปทิ้งแล้ว เถ้าจากโรงงานอุตสาหกรรมบางชนิดสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในงานคอนกรีต

เถ้าจากการเผาถ่านหิน (fly ash or pulverized fuel ash) เถ้าจากการเผากากปาล์มน้ำมัน (palm oil fuel ash) เถ้าจากการเผาแกลบ (rice husk ash) หรือเถ้าจากการเผาแกลบร่วมกับเปลือกไม้ (rice husk-bark ash) เถ้าจากการเผาขานอ้อย (bagasse ash) พบว่ามีศักยภาพสูงและจะนำมาใช้ในส่วนผสมของคอนกรีตได้ ขณะที่เถ้าจากการเผาขยะ เถ้าจากการเผาเศษไม้ เถ้าจากการเผาขี้เลื่อยไม้ เถ้าจากการเผาพลาสติก เถ้าจากการเผากระดาษ เถ้าจากการเผายางรถยนต์ เป็นต้น พบว่าเถ้าเหล่านี้มีคุณภาพต่ำและการนำไปใช้ในส่วนผสมของคอนกรีตมักส่งผลกระทบต่อคุณภาพของคอนกรีต

ปัญหาส่วนใหญ่ของเถ้าจากโรงงานอุตสาหกรรม คือมักได้รับการรังเกียจว่าเป็นของสกปรก มีสีเทา เทาดำหรือสีดำ เป็นฝุ่นสามารถฟุ้งกระจายได้ง่าย สร้างความสกปรกด้านมลภาวะให้กับโรงงาน และ ชุมชน ดังนั้นจึงต้องทำการกำจัดเถ้าทั้งหลายทิ้งโดยเร็ว เถ้าจากโรงงานอุตสาหกรรมเหล่านี้พบว่ามีปริมาณที่เกิดขึ้นรวมกันปีละประมาณ 5 ล้านตัน โดยเป็นเถ้าถ่านหินประมาณ 3.5 ล้านตันและเถ้าอื่นๆอีกประมาณ 1.5 ล้านตัน แต่มีการนำเถ้าเหล่านี้ไปใช้ประโยชน์ประมาณ 1.5 ล้านตันหรือประมาณร้อยละ 30 ของปริมาณที่เกิดขึ้นในแต่ละปี และเถ้าส่วนใหญ่หรือเกือบทั้งหมดที่นำไปใช้ประโยชน์ได้เป็นเถ้าจากถ่านหินเท่านั้น ส่วนเถ้าอื่นๆที่มีอยู่เกือบทั้งหมดรวมทั้งเถ้าถ่านหินที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์ต้องนำไปทิ้งทั้งหมดหรือกล่าวให้ดูดีก็คือการนำไปถมที่ นั่นเอง

หากสามารถใช้เถ้าจากโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อเป็นวัสดุป่อชโซลานและใช้แทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนในส่วนผสมคอนกรีตได้ การใช้เถ้าเหล่านี้จะสูงขึ้นและสามารถลดปริมาณปูนซีเมนต์ในส่วนผสมคอนกรีตได้ การลดการใช้ปูนซีเมนต์ทำให้สามารถลดพลังงานที่ใช้ในการผลิตปูนซีเมนต์เหล่านั้นและลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นเนื่องจากการผลิตปูนซีเมนต์ลงได้ตามปริมาณปูนซีเมนต์ที่ลดลง เป็นผลดีต่อสิ่งแวดล้อมและลดปัญหาเรื่องการจัดทิ้งเถ้าอย่างได้ผล

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้ คือ ศึกษาและพัฒนาเถ้าจากโรงงานอุตสาหกรรมที่เกิดขึ้นในประเทศไทยเพื่อใช้เป็นวัสดุป่อชโซลานและใช้เป็นวัสดุประสานในส่วนผสมคอนกรีต

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาเถ้าจากโรงงานอุตสาหกรรมที่เกิดขึ้นในประเทศไทย ซึ่งได้แก่ เถ้าถ่านหิน เถ้าขานอ้อย เถ้าแกลบหรือเถ้าแกลบ-เปลือกไม้ และเถ้าปาล์มน้ำมัน

ใช้เก้าจากโรงงานอุตสาหกรรมดังกล่าว แทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนในส่วนผสมคอนกรีต หรือใช้เป็นวัสดุพื้นฐานในการทำอิโพลีเมอร์ จากนั้นทำการทดสอบและศึกษาคุณสมบัติต่างๆของคอนกรีต และอิโพลีเมอร์คอนกรีตที่ผสมเก้าจากอุตสาหกรรม นำเสนอผลงานการวิจัยเพื่อตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับนานาชาติที่มี Impact Factor เผยแพร่ผลงานวิจัยโดยการจัประชุมวิชาการปีละครั้ง นอกจากนี้ยังมีการนำผลการศึกษาไปจดสิทธิบัตรของประเทศไทย

1.4 เนื้อหาของรายงานฉบับนี้

เนื้อหาของรายงานฉบับนี้ประกอบด้วย บทที่ 1 เป็นบทนำเกี่ยวกับเก้าจากโรงงานอุตสาหกรรม ส่วนบทที่ 2 เป็นการศึกษาและการทดลองโดยย่อของงานวิจัย บทที่ 3 เป็นผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการศึกษา ซึ่งนำเสนอในรูปของบทความวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ และ ผลการศึกษาที่สามารถนำไปจดสิทธิบัตร บทที่ 4 เป็นการสรุปผลการศึกษา ส่วนบทที่ 5 เป็นผลการดำเนินงานที่ได้จากโครงการวิจัยเปรียบเทียบกับแผนที่ตั้งไว้เมื่อ 3 ปีก่อน

ภาคผนวก ก.1 แสดงผลงานการตีพิมพ์บทความที่เกิดขึ้นจากโครงการนี้ โดยสำเนาบทความวิจัยฉบับเต็ม ที่ได้รับการตีพิมพ์หรือตอบรับให้ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับนานาชาติที่มี Impact Factor ส่วนภาคผนวก ก.2 เสนอเอกสารที่ยื่นประกอบการขอจดสิทธิบัตรจำนวน 1 รายการ

บทที่ 2 การศึกษาและการทดลอง

การศึกษานี้แบ่งออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ ส่วนแรกศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในการศึกษา ส่วนที่สองเป็นการนำเอาจากโรงงานอุตสาหกรรมแทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนในส่วนผสมคอนกรีต จากนั้นศึกษาคุณสมบัติและคุณภาพของคอนกรีตนั้นๆ ส่วนที่สาม เป็นการนำเอาจากโรงงานอุตสาหกรรมมาใช้ทำเป็นจีโอโพลิเมอร์ สำหรับรายละเอียดเพิ่มเติมสามารถดูได้จากบทความวิจัยฉบับสมบูรณ์ในภาคผนวก ก.

2.1 การศึกษาคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในงานวิจัย

งานวิจัยนี้เลือกใช้เอาจากโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้ถ่านหินและชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งถ่านหินนี้ได้แก่ ถ่านหิน ถ่านกลบหรือถ่านกลบ-เปลือกไม้ ถ่านอ้อย และถ่านปาล์ม น้ำมัน สำหรับวัสดุอื่นๆที่ใช้ศึกษาร่วมกับถ่านหิน ได้แก่ มวลรวมละเอียด มวลรวมหยาบ และมวลรวมจากการย่อยเศษคอนกรีต

ทำการทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้นของวัสดุที่นำมาใช้ในส่วนผสม ซึ่งได้แก่ องค์ประกอบด้านเคมี ความละเอียด ความถ่วงจำเพาะ ขนาด และการกระจายของอนุภาคของถ่านจากโรงงานอุตสาหกรรม ศึกษาและทดสอบความถ่วงจำเพาะ การดูดซึมน้ำ โมดูลัสความละเอียดของทรายแม่น้ำ หินปูนย่อย และ มวลรวมหยาบจากการย่อยเศษคอนกรีต

2.2 การใช้ถ่านจากโรงงานอุตสาหกรรมแทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วน

การศึกษาส่วนนี้ประกอบด้วยการนำเอาจากโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่ง ได้แก่ ถ่านหิน ถ่านกลบ หรือถ่านกลบ-เปลือกไม้ ถ่านปาล์ม น้ำมัน และ ถ่านอ้อย แทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนเพื่อทำเป็น เพสต์ มอร์ตาร์หรือคอนกรีต นอกจากนี้ยังนำถ่านเหล่านี้ไปผสมกับกากเคลเซียมคาร์ไบด์เพื่อเป็นวัสดุประสานในการทำคอนกรีต ทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตสด และ คอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว ซึ่งได้แก่ ความชื้นเหลวปกติ และการก่อตัวของเพสต์ ค่าการไหลของมอร์ตาร์ ค่ายุบตัวของคอนกรีต กำลังอัด โมดูลัสยืดหยุ่น โพรงการซึมของน้ำผ่านคอนกรีต ความร้อนที่เกิดขึ้นในคอนกรีต การแทรกซึมของคลอไรด์ การขยายตัวของมอร์ตาร์หรือคอนกรีตที่แช่ในสารละลายซัลเฟต

2.3 การใช้ถ่านจากโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อทำจีโอโพลิเมอร์

นำถ่านจากโรงงานอุตสาหกรรมผสมกับโซเดียมซิลิเกตและโซเดียมไฮดรอกไซด์เพื่อทำจีโอโพลิเมอร์เพสต์หรือคอนกรีต ศึกษาผลกระทบของอัตราส่วนผสมของถ่านต่อโซเดียมซิลิเกต ผลกระทบของการบ่มด้วยอุณหภูมิที่ต่างกันต่อคุณสมบัติของจีโอโพลิเมอร์ ศึกษาโครงสร้างระดับจุลภาคของจีโอโพลิเมอร์ ศึกษา กำลังอัด และการซึมของน้ำผ่านจีโอโพลิเมอร์คอนกรีต

บทที่ 3 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล

ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลองจากการศึกษาวิจัยครั้งนี้สามารถตีพิมพ์เป็นผลงานวิจัยในวารสารวิชาการระดับนานาชาติที่มี Impact Factor จำนวน 15 เรื่อง และเป็นเอกสารเพื่อยื่นขอจดสิทธิบัตรจำนวน 1 เรื่อง ซึ่งสามารถดูรายละเอียดของบทความได้จากภาคผนวก ก. สำหรับรายชื่อบทความหรือรายชื่อสิทธิบัตรที่ยื่นขอมิดังนี้

3.1 ผลการศึกษาที่เป็นบทความที่ตีพิมพ์ หรือ ได้รับการยอมรับให้ตีพิมพ์ในวารสาร

1. P. Chindaprasirt, C. Jaturapitakkul, W. Chalee, U. Ratanasak*. Comparative study on the characteristics of fly ash and bottom ash geopolymers, Waste Management, 29 (2009), 539-543. (IF 2.208)
2. P. Chindaprasirt, C. Jaturapitakkul, U. Ratanasak*. Influence of fineness of rice husk ash and additives on the properties of lightweight aggregate, Fuel, 88 (2009), 158-162. (IF 2.536)
3. W. Chalee, C. Jaturapitakkul*, P. Chindaprasirt. Predicting the chloride penetration of fly ash concrete in seawater, Marine Structures, 22 (2009), 341-353. (IF 0.615)
4. W. Chalee, C. Jaturapitakkul*. Effects of W/B ratios and fly ash finenesses on chloride diffusion coefficient of concrete in marine environment, Materials and Structures, 42 (2009), 505-514. (IF 0.892)
5. W. Tangchirapat, C. Jaturapitakkul*, P. Chindaprasirt. Use of palm oil fuel ash as a supplementary cementitious material for producing high-strength concrete, Construction and Building Materials, 23 (2009), 2641-2646. (IF 0.947).
6. W. Tangchirapat, C. Jaturapitakkul*, K. Kiattikomol. Compressive strength and expansion of blended cement mortar containing palm oil fuel ash, Journal of Materials in Civil Engineering, Technical Note, 21 (2009), 426-431. (IF 0.526)
7. N. Chusilp, C. Jaturapitakkul*, K. Kiattikomol. Utilization of bagasse ash as a pozzolanic material in concrete, Construction and Building Materials, 23 (2009), 3352-3358. (IF 0.947)
8. N. Chusilp, C. Jaturapitakkul*, K. Kiattikomol. Effects of LOI of ground bagasse ash on the compressive strength and sulfate resistance of mortars, Construction and Building Materials, 23 (2009), 3523-3531. (IF 0.947)
9. W. Chalee, P. Ausapanit, C. Jaturapitakkul*. Utilization of fly ash concrete in marine environment for long term design life analysis, Materials & Design, 31 (2010), 1242-1249. (IF 1.107).

10. S. Songpiriyakij*, T. Kubprasit, C. Jaturapitakkul, P. Chindaprasirt. Compressive strength and degree of reaction of biomass-fly ash –based geopolymer, *Construction and Building Materials*, 24 (2010), 236-240. (IF 0.947)
11. T. Cheewaket, C. Jaturapitakkul, W. Chalee*. Long term performance of chloride binding capacity in fly ash concrete in a marine environment, *Construction and Building Materials*, 24 (2010), 1352-1357. (IF 0.947)
12. W. Tangchirapat, R. Buranasing, C. Jaturapitakkul*. Use of high fineness of fly ash to improve properties of recycled aggregate concrete, *Journal of Materials in Civil Engineering ASCE*, 22, No. 6 (2010), 565-571.(IF 0.526).
13. J. Wongpa, K. Kiattikomol, C. Jaturapitakkul*, P. Chindaprasirt. Compressive strength, modulus of elasticity, and water permeability of inorganic polymer concrete, *Materials & Design*, 31 (2010), 4748-4754. (IF 1.107).
14. Vanchai Sata*, Chai Jaturapitakkul, Chaianunt Rattanashotinunt. Compressive Strength and heat evolution of concrete containing palm oil fuel ash, *Journal of Materials in Civil Engineering ASCE*. (accepted) (IF 0.526).
15. Nattapong Makaratat, Chai Jaturapitakkul*, Thanapol Laosamathikul. Effects of calcium carbide residue-fly ash binder on mechanical properties of concrete, *Journal of Materials in Civil Engineering ASCE*. (accepted) (IF 0.526).

หมายเหตุ * หมายถึง corresponding Author

ผลงานที่ได้ส่งตีพิมพ์ในวารสารวิชาการนานาชาติและคาดว่าจะได้รับการตีพิมพ์

1. บทความวิจัยชื่อ “A study of the microstructure and product of calcium carbide residue-ground fly ash paste” อยู่ระหว่างพิจารณาครั้งที่ 3 ของวารสาร *Journal of Materials in Civil Engineering* โดยพิจารณาจาก Editor เท่านั้น

3.2 ผลการศึกษาที่นำไปจดสิทธิบัตร

1. เอกสารคำขอจดสิทธิบัตร ที่ 100100038 เรื่อง "กรรมวิธีการผลิตวัสดุประสานสำหรับผลิตคอนกรีตซึ่งมีกำลังสูง มีความร้อนต่ำ และมีความทนทานสูง" ซึ่งอยู่ระหว่างการพิจารณาของกรมทรัพย์สินทางปัญญา

บทที่ 4 สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาเรื่อง การใช้เถ้าจากโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อเป็นวัสดุประสานพบว่า มีข้อสรุปโดยรวม ดังนี้

1. เถ้าถ่านหิน เถ้าขานอ้อย เถ้าแกลบและเถ้าแกลบ-เปลือกไม้ และเถ้าปาล์มน้ำมัน สามารถใช้เป็นวัสดุปอซโซลานเพื่อแทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนได้หากเถ้าดังกล่าวมีความละเอียดสูง ส่วนใหญ่ไม่เป็นผลึก และมีองค์ประกอบทางเคมีที่เหมาะสม นอกจากนี้เถ้าดังกล่าวสามารถทำปฏิกิริยาปอซโซลานได้เร็วขึ้นตามความละเอียดที่สูงขึ้น
2. การใช้เถ้าถ่านหินในส่วนผสมคอนกรีตสามารถลดการแทรกซึมของสารละลายคลอไรด์จากน้ำทะเลได้เป็นอย่างดี
3. การใช้เถ้าถ่านหิน หรือ เถ้าขานอ้อย หรือ เถ้าแกลบ หรือ เถ้าแกลบ-เปลือกไม้ หรือ เถ้าปาล์มน้ำมัน ที่มีความละเอียดสูง แทนที่ปูนซีเมนต์ในปริมาณที่ไม่มากจนเกินไป (โดยทั่วไปคือร้อยละ 20-30 โดยน้ำหนักของวัสดุประสาน) สามารถทำให้คอนกรีตมีกำลังอัดที่สูง มีการซึมของน้ำผ่านคอนกรีตที่ต่ำกว่าคอนกรีตที่ไม่มีเถ้าดังกล่าวในส่วนผสมที่มีกำลังอัดเท่ากัน แต่การใช้เถ้าดังกล่าวที่มีความละเอียดต่ำ หรือ แทนที่ปูนซีเมนต์ในปริมาณที่สูงมากเกินไป (เช่น ร้อยละ 50 ขึ้นไป) พบว่าส่งผลเสียต่อคอนกรีตทั้งด้านกำลังอัด และการซึมของน้ำผ่านคอนกรีต
4. โมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตที่ผสมเถ้าจากโรงงานอุตสาหกรรมที่แทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วน พบว่ามีค่าไม่แตกต่างจากคอนกรีตปกติที่มีกำลังอัดเท่ากัน
5. การใช้อุณหภูมิที่สูงสามารถเร่งกำลังอัดของจีโอโพลีเมอร์ที่อายุต้นได้เป็นอย่างดี และอัตราส่วน S/A (solution/ash ratio) มีผลกระทบต่อกำลังอัดของจีโอโพลีเมอร์มากกว่าอัตราส่วน P/Agg [(ash content+solution content)/Aggregate content ratio] นอกจากนี้เมื่อพิจารณากำลังอัดที่เท่ากันพบว่าจีโอโพลีเมอร์คอนกรีตมีค่าการซึมของน้ำผ่านคอนกรีตที่สูงกว่าคอนกรีตปกติค่อนข้างมาก
6. ส่วนผสมของกากแคลเซียมคาร์ไบด์และเถ้าถ่านหินสามารถใช้เป็นวัสดุประสานเพื่อผลิตคอนกรีตที่มีกำลังอัด 28 และ 34 เมกะปาสกาลที่อายุ 28 และ 90 วัน ตามลำดับ
7. คอนกรีตที่ใช้มวลรวมจากการย่อยเศษคอนกรีตในส่วนผสมมีค่าการซึมของน้ำผ่านคอนกรีตค่อนข้างสูง อย่างไรก็ตาม การใช้เถ้าจากโรงงานอุตสาหกรรมสามารถลดอัตราการซึมของน้ำผ่านคอนกรีตดังกล่าวได้

บทที่ 5 ผลการดำเนินงาน (Output) ที่ได้จากโครงการวิจัย

การประเมินผลการดำเนินงานของโครงการวิจัยในช่วงปี พ.ศ. 2550 ถึง พ.ศ. 2553 เมื่อเทียบกับแผนที่ได้ตั้งไว้เมื่อ 3 ปีก่อน มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.1 ผลงานโดยภาพรวม

ผลการดำเนินงานโดยรวมเมื่อเทียบกับแผนของโครงการแสดงดังตารางที่ 5.1 ซึ่งพบว่ามีผลการดำเนินงานเป็นไปตามแผน คือ ผู้ร่วมวิจัยได้ตำแหน่งวิชาการสูงขึ้น คือจากอาจารย์เป็นผู้ช่วยศาสตราจารย์ และมีนักศึกษาในโครงการจบปริญญาโท หรือมีการดำเนินงานสูงกว่าแผน คือ จำนวนบทความวิจัยในระดับนานาชาติ และจำนวนนักศึกษาค้นคว้าอิสระ นอกจากนี้ยังยื่นขอจดสิทธิบัตรกับกรมทรัพย์สินทางปัญญา จำนวน 1 เรื่อง ซึ่งไม่ได้เสนอไว้ในแผน

ตารางที่ 5.1 การประเมินผลงานเมื่อเทียบกับแผนที่ตั้งไว้

ลักษณะของผลงาน	แผนที่ตั้งไว้	ผลที่ได้	ผลประเมิน
บทความวิจัยในระดับนานาชาติ (เรื่อง)	14	15	สูงกว่าแผน
ผู้ร่วมวิจัยได้ตำแหน่งวิชาการเป็นผู้ช่วยศาสตราจารย์	3	3	เป็นไปตามแผน
นักศึกษาค้นคว้าอิสระ	2	4	สูงกว่าแผน
นักศึกษาค้นคว้าโท	6	6	เป็นไปตามแผน
จำนวนสิทธิบัตรที่ยื่นจดทะเบียน	-	1	สูงกว่าแผน
ผลประเมินในภาพรวม	สูงกว่าแผน		

หมายเหตุ

- ผู้ร่วมวิจัยที่ได้ดำรงตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ระหว่างที่ดำเนินโครงการนี้ได้แก่ ผศ. ดร. อุบลลักษณ์ รัตนศักดิ์ 2. ผศ. ดร. สมิตร์ ส่งพิริยกิจ 3. ผศ. ดร. ชีรวัฒน์ สิ้นศิริ นอกจากนี้ ผู้ร่วมวิจัยจำนวน 2 คน อยู่ระหว่างการขอตำแหน่งทางวิชาการที่สูงขึ้นซึ่งได้แก่ ดร. ทวิช พูลเงิน (ขอตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์) ดร. วันชัย สะตะ (ขอตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์)
- นักศึกษาที่จบปริญญาเอก ได้แก่ 1. ดร. วิเชษฐ์ ชาติ ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำที่มหาวิทยาลัยบูรพา 2. ดร. นันทชัย ชูศิลป์ ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย 3. ดร. จตุพล ตั้งปกาศิต ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี คลองหก 4. ดร. วีระชาติ ตั้งจิรภัทร ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- นักศึกษาที่จบปริญญาโทได้แก่ 1. นายปกป้อง รัตนชู 2. นายพร้อมพงศ์ ผงเพิ่มตระกูล 3. นายอรรคเดช ฤกษ์พิบูลย์ 4. นายธนพล เหล่าสมาธิกุล 5. นายภูวิช ศรีสุวรรณ 6. นายสุพัฒน์ จำคล้าย
- สิทธิบัตรที่ยื่นขอจดทะเบียน คำขอจดสิทธิบัตร ที่ 100100038 เรื่อง "กรรมวิธีการผลิตวัสดุประสานสำหรับผลิตคอนกรีตซึ่งมีกำลังสูง มีความร้อนต่ำ และมีความทนทานสูง " ซึ่งอยู่ระหว่างการพิจารณาของกรมทรัพย์สินทางปัญญา

5.2 การจัดประชุมวิชาการประจำปี

โครงการนี้ได้จัดประชุมวิชาการเรื่อง “การนำเถ้าจากโรงงานอุตสาหกรรมในประเทศไทยมาใช้ในงานคอนกรีต” ปี ละ 1 ครั้ง เป็นเวลา 3 ครั้งติดต่อกัน

ครั้งที่ 1 จัดเมื่อวันที่ 19 สิงหาคม 2551 ณ ห้องประชุมคณะวิศวกรรมศาสตร์ ชั้น 2 ห้อง CB 40201 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ตั้งแต่เวลา 9-16 น. โดยมีวัตถุประสงค์ของการประชุมเพื่อเผยแพร่ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับคุณสมบัติของเถ้าจากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ให้นำไปใช้งานได้อย่างถูกต้องและส่งเสริมให้เกิดการใช้เถ้าเหล่านี้อย่างแพร่หลาย นอกจากนี้ยังเป็นการรายงานความก้าวหน้าของงานวิจัยในโครงการนี้ มีผู้สนใจเข้าร่วมการประชุมซึ่งประกอบด้วยบุคลากรที่ทำงานเกี่ยวกับด้านคอนกรีต ผสมเสร็จ อาจารย์จากวิทยาลัยเทคนิค อาจารย์จากมหาวิทยาลัย และ นิสิตหรือนักศึกษาในระดับบัณฑิตศึกษาทางด้านวิศวกรรมโยธา จำนวน 86 คน สูงกว่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ที่ 80 คน เล็กน้อย การจัดประชุมถือว่าประสบความสำเร็จตามเป้าหมายที่ตั้งไว้

ครั้งที่ 2 จัดเมื่อวันศุกร์ที่ 31 กรกฎาคม 2552 ณ ชั้น 3 อาคารสัมมนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ตั้งแต่เวลา 9.00 - 16.00 น. ปรากฏว่ามีผู้สนใจเข้าร่วมการประชุมถึง 96 คน มากกว่าเป้าหมายที่ได้ตั้งไว้ คือ 80 คนและผู้เข้าฟังสัมมนาส่วนใหญ่เป็นผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมคอนกรีต ซึ่งถือว่างานประชุมวิชาการครั้งนี้ประสบความสำเร็จค่อนข้างสูง

ครั้งที่ 3 จัดเมื่อวันศุกร์ที่ 6 สิงหาคม 255 ณ ชั้น 3 อาคารสัมมนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ตั้งแต่เวลา 9.00 - 16.00 น. ปรากฏว่ามีผู้สนใจเข้าร่วมการประชุมถึง 93 คน มากกว่าเป้าหมายที่ได้ตั้งไว้จำนวน 80 คน เช่นเคย ผู้เข้าร่วมประชุมส่วนใหญ่เป็นผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมคอนกรีต และต้องการทราบความก้าวหน้าของงานวิจัยในโครงการนี้ ผลการประชุมได้รับการตอบรับจากผู้เข้าร่วมประชุมเป็นอย่างดี และถือว่างานประชุมวิชาการครั้งนี้ประสบความสำเร็จตามที่ตั้งเป้าหมายไว้เป็นอย่างดี

5.3 หนังสือเรื่อง การใช้วัสดุปอซโซลานในงานคอนกรีต

เพื่อเป็นการให้ความรู้เกี่ยวกับการใช้เถ้าจากโรงงานอุตสาหกรรมให้ดีขึ้น ศ. ดร. ชัย จาตุรพิทักษ์กุล และ ดร. วีรชาติ ตั้งจิรภัทร จึงได้รวบรวมข้อมูลงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวกับเถ้าจากโรงงานอุตสาหกรรมและจัดทำเป็นหนังสือขึ้นในชื่อว่า “การใช้วัสดุปอซโซลานในงานคอนกรีต” และใช้หนังสือเล่มนี้ประกอบการบรรยายในการจัดประชุมวิชาการประจำปีตั้งแต่ครั้งที่ 1 จนถึงครั้งที่ 3 โดยแต่ละครั้งมีการปรับปรุงหนังสือเพื่อแสดงถึงความก้าวหน้าในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเถ้าจากโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งหนังสือเล่มนี้ได้นำเสนอมาพร้อมกับรายงานฉบับสมบูรณ์

ภาคผนวก ก.

ก.1 รายชื่อบทความและบทความที่ได้รับการตอบรับเพื่อตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับนานาชาติที่มี

Impact Factor

1. P. Chindaprasirt, C. Jaturapitakkul, W. Chalee, U. Ratanasak*. Comparative study on the characteristics of fly ash and bottom ash geopolymers, Waste Management, 29 (2009), 539-543. (IF 2.208)
2. P. Chindaprasirt, C. Jaturapitakkul, U. Ratanasak*. Influence of fineness of rice husk ash and additives on the properties of lightweight aggregate, Fuel, 88 (2009), 158-162. (IF 2.536)
3. W. Chalee, C. Jaturapitakkul*, P. Chindaprasirt. Predicting the chloride penetration of fly ash concrete in seawater, Marine Structures, 22 (2009), 341-353. (IF 0.615)
4. W. Chalee, C. Jaturapitakkul*. Effects of W/B ratios and fly ash finenesses on chloride diffusion coefficient of concrete in marine environment, Materials and Structures, 42 (2009), 505-514. (IF 0.892)
5. W. Tangchirapat, C. Jaturapitakkul*, P. Chindaprasirt. Use of palm oil fuel ash as a supplementary cementitious material for producing high-strength concrete, Construction and Building Materials, 23 (2009), 2641-2646. (IF 0.947).
6. W. Tangchirapat, C. Jaturapitakkul*, K. Kiattikomol. Compressive strength and expansion of blended cement mortar containing palm oil fuel ash, Journal of Materials in Civil Engineering, Technical Note, 21 (2009), 426-431. (IF 0.526)
7. N. Chusilp, C. Jaturapitakkul*, K. Kiattikomol. Utilization of bagasse ash as a pozzolanic material in concrete, Construction and Building Materials, 23 (2009), 3352-3358. (IF 0.947)
8. N. Chusilp, C. Jaturapitakkul*, K. Kiattikomol. Effects of LOI of ground bagasse ash on the compressive strength and sulfate resistance of mortars, Construction and Building Materials, 23 (2009), 3523-3531. (IF 0.947)
9. W. Chalee, P. Ausapanit, C. Jaturapitakkul*. Utilization of fly ash concrete in marine environment for long term design life analysis, Materials & Design, 31 (2010), 1242-1249. (IF 1.107).
10. S. Songpiriyakij*, T. Kubprasit, C. Jaturapitakkul, P. Chindaprasirt. Compressive strength and degree of reaction of biomass-fly ash –based geopolymer, Construction and Building Materials, 24 (2010), 236-240. (IF 0.947)

11. T. Cheewaket, C. Jaturapitakkul, W. Chalee*. Long term performance of chloride binding capacity in fly ash concrete in a marine environment, *Construction and Building Materials*, 24 (2010), 1352-1357. (IF 0.947)
12. W. Tangchirapat, R. Buranasing, C. Jaturapitakkul*. Use of high fineness of fly ash to improve properties of recycled aggregate concrete, *Journal of Materials in Civil Engineering ASCE*, 22, No. 6 (2010), 565-571.(IF 0.526).
13. J. Wongpa, K. Kiattikomol, C. Jaturapitakkul*, P. Chindapasirt. Compressive strength, modulus of elasticity, and water permeability of inorganic polymer concrete, *Materials & Design*, 31 (2010), 4748-4754. (IF 1.107).
14. Vanchai Sata*, Chai Jaturapitakkul, Chaiyanunt Rattanashotinunt. Compressive Strength and heat evolution of concrete containing palm oil fuel ash, *Journal of Materials in Civil Engineering ASCE*. (accepted) (IF 0.526).
15. Nattapong Makaratat, Chai Jaturapitakkul*, Thanapol Laosamathikul. Effects of calcium carbide residue-fly ash binder on mechanical properties of concrete, *Journal of Materials in Civil Engineering ASCE*. (accepted) (IF 0.526).

ก.2 เอกสารการยื่นขอจดสิทธิบัตร

เอกสารคำขอจดสิทธิบัตร ที่ 100100038 เรื่อง "กรรมวิธีการผลิตวัสดุประสานสำหรับผลิตคอนกรีตซึ่งมีกำลังสูง มีความร้อนต่ำ และมีความทนทานสูง" ซึ่งอยู่ระหว่างการพิจารณาของกรมทรัพย์สินทางปัญญา