ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัด

ตาราง 17 ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดที่อายุต่าง ๆ ของก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่มีการแทนที่ด้วยเถ้าลอย (ชุดที่ 1)

การแทนที่ด้วยเถ้าลอย (%)	กำลังรับแรงอัด (กก./ตร.ซม.)			
	7 วัน	14 วัน	21 วัน	28 วัน
การแทนที่ด้วยเถ้าลอย 0.00%	124	138	170	175
การแทนที่ด้วยเถ้าลอย 10.00%	100	111	113	128
การแทนที่ด้วยเถ้าลอย 12.50%	70	82	98	108
การแทนที่ด้วยเถ้าลอย 15.00%	54	74	80	81
การแทนที่ด้วยเถ้าลอย 17.50%	53	69	76	78
การแทนที่ด้วยเถ้าลอย 20.00%	51	61	72	76
การแทนที่ด้วยเถ้าลอย 25.00%	22	26	32	41

ตาราง 18 เปอร์เซนต์ความสัมพันธ์ของกำลังรับแรงอัดของก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่มีการแทนที่ด้วยเถ้าลอย (ชุดที่ 1)

การแทนที่ด้วยเถ้าลอย (%)	กำลังรับแรงอัด (%)			
	7 วัน	14 วัน	21 วัน	28 วัน
การแทนที่ด้วยเถ้าลอย 0.00%	100	100	100	100
การแทนที่ด้วยเถ้าลอย 10.00%	80.64	80.43	66.47	73.14
การแทนที่ด้วยเถ้าลอย 12.50%	56.45	59.42	57.64	61.71
การแทนที่ด้วยเถ้าลอย 15.00%	43.54	53.62	47.05	46.28
การแทนที่ด้วยเถ้าลอย 17.50%	42.74	49.99	44.47	44.57
การแทนที่ด้วยเถ้าลอย 20.00%	41.12	44.20	42.35	43.42
การแทนที่ด้วยเถ้าลอย 25.00%	17.74	18.84	18.82	23.42

ตาราง 19 ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดที่อายุต่าง ๆ ของก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่มีการแทนที่ด้วยเถ้าลอย (ชุดที่ 2)

การแทนที่ด้วยเถ้าลอย (%)	กำลังรับแรงอัด (กก./ตร.ซม.)			
	7 วัน	14 วัน	21 วัน	28 วัน
การแทนที่ด้วยเถ้าลอย 0.00%	36	40	45	47
การแทนที่ด้วยเถ้าลอย 20.00%	26	28	31	33

ตาราง 20 เปอร์เซนต์ความสัมพันธ์ของกำลังรับแรงอัดของก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่มีการแทนที่ด้วยเถ้าลอย (ชุดที่ 2)

การแทนที่ด้วยเถ้าลอย (%)	กำลังรับแรงอัด (%)			
	7 วัน	14 วัน	21 วัน	28 วัน
การแทนที่ด้วยเถ้าลอย 0.00%	100	100	100	100
การแทนที่ด้วยเถ้าลอย 20.00%	72.22	70	68.88	70.21

ภาคผนวก ข

ผลการทดสอบการดูดกลืนน้ำ

ตาราง 21 ผลการทดสอบการดูดกลืนน้ำของก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่มีการแทนที่ด้วยเถ้าลอย (ชุดที่ 1)

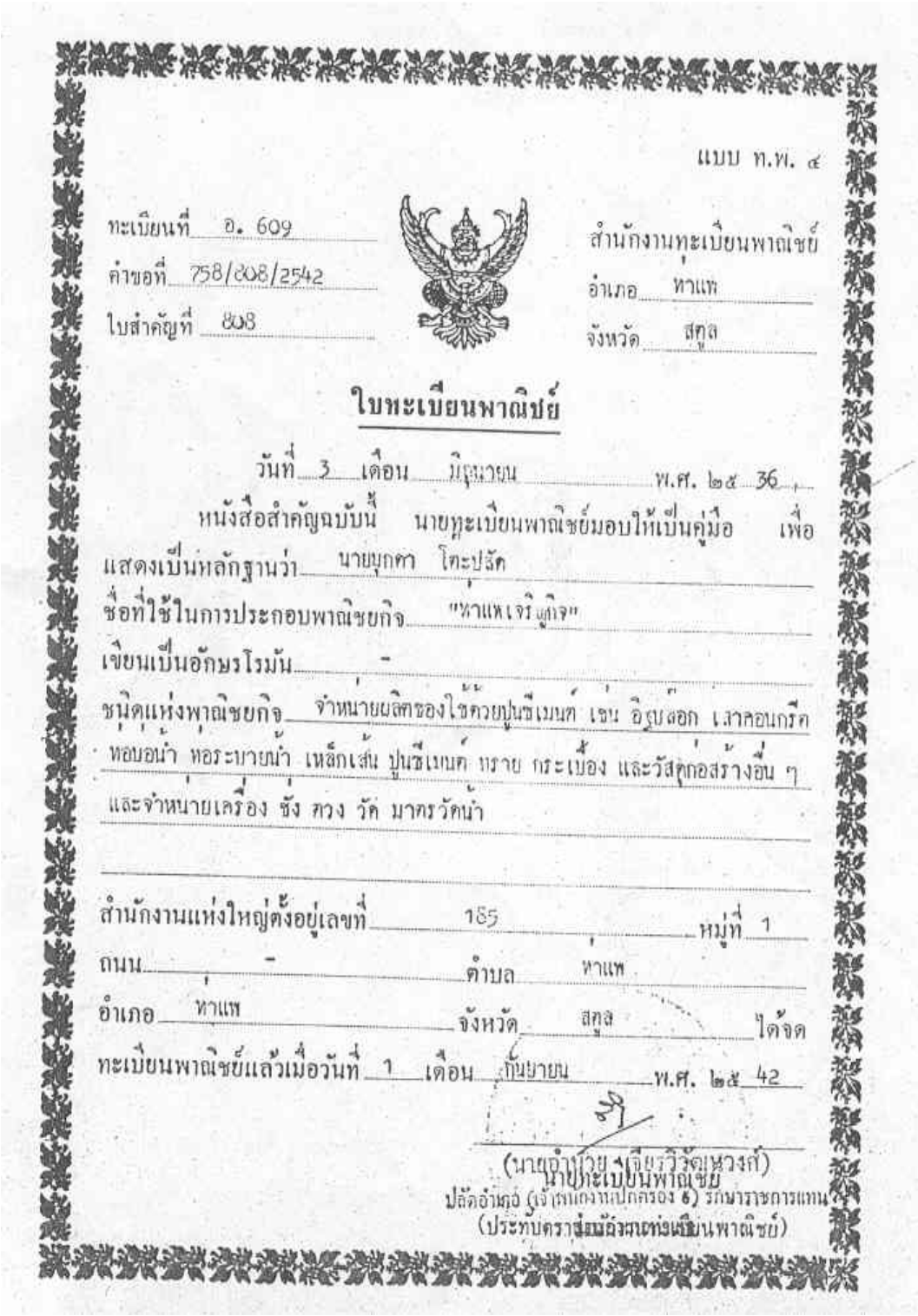
การแทนที่ด้วยเถ้าลอย (%)	การดูดกลืนน้ำ (%)
การแทนที่ด้วยเถ้าลอย 0.00%	7.70
การแทนที่ด้วยเถ้าลอย 10.00%	7.98
การแทนที่ด้วยเถ้าลอย 12.50%	8.55
การแทนที่ด้วยเถ้าลอย 15.00%	9.45
การแทนที่ด้วยเถ้าลอย 17.50%	10.21
การแทนที่ด้วยเถ้าลอย 20.00%	11.05
การแทนที่ด้วยเถ้าลอย 25.00%	16.37

ตาราง 22 ผลการทดสอบการดูดกลืนน้ำของก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่มีการแทนที่ด้วยเถ้าลอย (ชุดที่ 2)

การแทนที่ด้วยเถ้าลอย (%)	การดูดกลืนน้ำ (%)
การแทนที่ด้วยเถ้าลอย 0.00%	7.93
การแทนที่ด้วยเถ้าลอย 20.00%	12.18

ภาคผนวก ค

ใบอนุญาตประกอบกิจการร้านท่าแพเจริญกิจ



แบบ ท.พ. ๔

ทะเบียนที่ อ. 609
คำขอที่ 758/808/2542
ใบสำคัญที่ 808

สำนักงานทะเบียนพาณิชย์
อำเภอ ท่าแพ
จังหวัด สตูล

ใบทะเบียนพาณิชย์

วันที่ 3 เดือน มิถุนายน พ.ศ. ๒๕ 36

หนังสือสำคัญฉบับนี้ นายทะเบียนพาณิชย์มอบให้เป็นคู่มือ เพื่อแสดงเป็นหลักฐานว่า นายบุกตา โตะปลัด

ชื่อที่ใช้ในการประกอบพาณิชยกิจ "ท่าแพเจริญกิจ"

เขียนเป็นอักษรโรมัน -

ชนิดแห่งพาณิชยกิจ จำหน่ายผลิตของใช้ด้วยปูนซีเมนต์ เช่น อิฐบล็อก เสาคอนกรีต ท่อบ่อน้ำ ท่อระบายน้ำ เหล็กเส้น ปูนซีเมนต์ ทราย กระเบื้อง และวัสดุก่อสร้างอื่น ๆ และจำหน่ายเครื่อง ชั่ง ตวง วัด มาตรวัดน้ำ

สำนักงานแห่งใหญ่ตั้งอยู่เลขที่ 185 หมู่ที่ 1

ถนน - ตำบล ท่าแพ

อำเภอ ท่าแพ จังหวัด สตูล ได้จด

ทะเบียนพาณิชย์แล้วเมื่อวันที่ 1 เดือน กันยายน พ.ศ. ๒๕ 42

(นายอำนวย เจียรวิวัฒนวงศ์)
นายทะเบียนพาณิชย์
ปลัดอำเภอ (เจ้าพนักงานปกครอง 6) รักษาราชการแทน
(ประทับตราตำแหน่งนายทะเบียนพาณิชย์)

ร.ง. 2

ทะเบียนโรงงานเลขที่
จ ๒-๕๕(๑)-๑/๓๑ มค.

ใบรับแจ้งการประกอบกิจการโรงงานจำพวกที่ 2

เลขที่ จ.๑/๒๕๓๗ กระทรวงอุตสาหกรรม

วันที่ ๗ เดือน เมษายน พ.ศ. ๒๕๓๗

ใบรับแจ้งนี้ออกให้เพื่อแสดงว่า นายบุญกา โตะปลัก

อายุ ๕๓ ปี สัญชาติ ไทย อยู่บ้าน / สำนักงานเลขที่ ๓๓ ตรอก / ซอย –

ถนน – หมู่ที่ ๓ ตำบล / แขวง แม่ระ กิ่ง อำเภอ / เขต พาแพ

จังหวัด มีฤทธิ์ โทรศัพท์ ๙๔๙๐๒๕ ได้มาแจ้งต่อพนักงานเจ้าหน้าที่แล้วว่า

มีความประสงค์จะประกอบกิจการโรงงานจำพวกที่ 2 แห่งพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535

ตามประเภทหรือชนิดของโรงงานลำดับที่ ๕๔(๑)

ประกอบกิจการ ทำผลิตภัณฑ์จากดอกไม้

กำลังเครื่องจักรรวม ๕ แรงม้า จำนวนคนงาน ๑๕ คน

โดยจะเริ่มประกอบกิจการโรงงาน ในวันที่ ๗ เดือน เมษายน พ.ศ. ๒๕๓๗

ตามใบแจ้งลงวันที่ ๗ เดือน เมษายน พ.ศ. ๒๕๓๗

ชื่อโรงงาน –

ตั้งอยู่ ณ เลขที่ โฮมคราฟ เลขที่ ๖๖ ตรอก / ซอย – ถนน มานุเวเพ

คลอง – แม่น้ำ – หมู่ที่ ๑ ตำบล / แขวง พาแพ

กิ่ง อำเภอ / เขต พาแพ จังหวัด มีฤทธิ์ โทรศัพท์ ๙๔๙๐๒๕

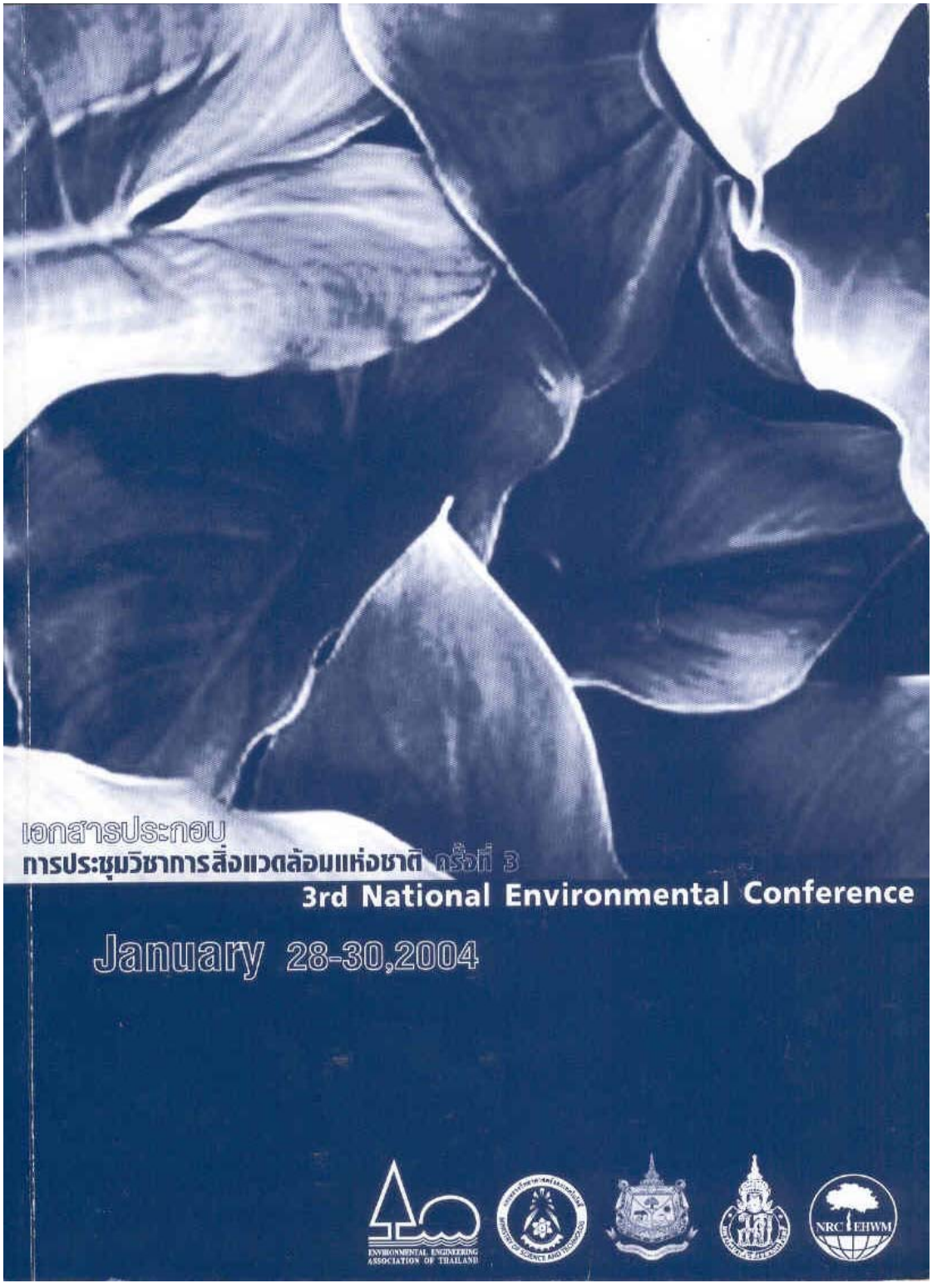
ลงชื่อ ผู้รับแจ้ง

(นายเดชา เอี่ยมราษฎร์)

พนักงานเจ้าหน้าที่

ภาคผนวก ง

ผลงานที่ได้รับการเผยแพร่จากวิทยานิพนธ์



การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเถ้าลอยจากเตาเผามูลฝอยชุมชนจังหวัดภูเก็ต มาทำเป็นคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

สินีนาฏ พวงมณี*, ผศ.ดร. อุดมผล พืชน์ไพบูลย์**, รศ.ดร. สุรพล อารีย์กุล***, ดร. พนาลี ชีวกิดาการ****

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้เป็นการนำเสนอทางเลือกในการจัดการเถ้าลอยจากเตาเผามูลฝอยชุมชนจังหวัดภูเก็ต โดยการปรับเสถียรและการทำให้แข็งตัวเป็นก้อนของเถ้าลอย ซึ่งเถ้าลอยนี้ถูกนำมาใช้เป็นส่วนผสมในการทำเป็นผลิตภัณฑ์คอนกรีตสำหรับงานก่อสร้าง

โดยในการทดลองได้ใช้เถ้าลอยแทนที่ปูนซีเมนต์ในอัตราส่วนต่าง ๆ ตั้งแต่ 0 – 25 % ผลการทดลอง พบว่า สามารถใช้เถ้าลอยชนิดนี้แทนที่ปูนซีเมนต์ในส่วนผสมได้สูงถึง 20% โดยน้ำหนัก แม้ว่าจะทำให้กำลังรับแรงอัดของก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักมีค่าลดลง แต่ยังคงอยู่ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เลขที่ มอก. 58 – 2530 นอกจากนี้ยังพบว่า ก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่มีเถ้าลอยผสมอยู่ มีอัตราการดูดกลืนน้ำมากขึ้น เนื่องจากเถ้าลอยมีคุณสมบัติในการดูดซึมน้ำได้ และเมื่อนำน้ำสกัดที่สกัดได้จากเถ้าลอยและจากก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าลอยมาวิเคราะห์เปรียบเทียบเพื่อหาปริมาณตะกั่ว พบว่า น้ำสกัดที่ได้จากคอนกรีตมีปริมาณตะกั่วต่ำกว่าข้อกำหนดตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2540) และปริมาณตะกั่วที่ได้นี้ยังมีปริมาณต่ำกว่าตะกั่วในน้ำสกัดที่ได้จากเถ้าลอยอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเป็นแนวทางเลือกในการจัดการของเสีย ที่สามารถลดปัญหาในการใช้พื้นที่หลุมฝังกลบและในขณะเดียวกันก็เป็นการนำของเสียกลับมาใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

---

* นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

** สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

*** ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

**** สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Abstract

This paper presents an alternative method for reducing fly ash disposal from the Phuket Municipal Solid Waste Incinerator using stabilization and solidification techniques. Fly ash was used as a component product in concrete preparation.

Fly ash was used as a partial cement replacement in concrete at various percentages from 0 - 25%. The results suggested that fly ash can be used as a partial cement replacement in concrete up to 20% by weight. Although the compressive strength of Hollow - Non - Load - Bearing Concrete Masonry Units made using fly ash became lower, it still comply with the Thai Industrial Standard No. 58 - 2530. Moreover, Hollow Non - Load - Bearing Concrete Masonry Units made with fly ash can absorb water better than conventional blocks because fly ash can absorb water well. After chemical analysis and comparion of the quantity of lead in leachate from fly ash and leachate from Hollow Non - Load - Bearing Concrete Masonry Units made with fly ash, it was found that leachate from the Hollow Non - Load - Bearing Concrete Masonry Units made with fly ash had lower quantities of lead than levels specified in the Notification of the Ministry of Industry No.6, (B.E.2540) and leachate from fly ash alone. This suggests that concrete stabilization can be applied as an alternative method of hazardous waste disposal which can help to solve landfill space problems and efficiently dispose of solid waste.

บทนำ

จังหวัดภูเก็ตเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญจังหวัดหนึ่ง ในช่วงเวลาที่ผ่านมาจังหวัดภูเก็ตได้ประสบปัญหาด้านการจัดการมูลฝอย อันเนื่องมาจากปริมาณมูลฝอยที่เพิ่มขึ้น รวมถึงลักษณะของการกำจัดมูลฝอยโดยใช้วิธีการเทกองและจุดไฟเผา ซึ่งเป็นวิธีการที่ไม่ถูกต้องตามหลักสุขาภิบาล ประกอบกับการขาดแคลนพื้นที่ในการฝังกลบมูลฝอย เพื่อเป็นการแก้ปัญหาข้างต้น ในปี พ.ศ. 2538 เทศบาลเมืองภูเก็ตร่วมกับกรมโยธาธิการได้ทำการก่อสร้างระบบกำจัดมูลฝอยแบบเตาเผาขึ้น ซึ่งเตาเผานี้มีความสามารถในการเผามูลฝอยได้ 250 ตัน/วัน (1)

ถึงแม้ว่าเทคโนโลยีการเผามูลฝอยจะเป็นวิธีที่ลดปริมาณของมูลฝอยได้มากที่สุด แต่ยังมีเถ้าตกค้างอยู่เป็นปริมาณมากตามมา เถ้าจากการเผาไหม้แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ เถ้าหนัก (Bottom Ash) จะมีอนุภาคขนาดใหญ่ซึ่งออกมาจากระบบเผาไหม้ เถ้าจะถูกระบายลงสู่บ่อพักเถ้า ก่อนจะถูกนำไปฝังกลบ และเถ้าลอย (Fly Ash) ซึ่งมีอนุภาคขนาดเล็ก ซึ่งจะถูกดักไว้ด้วยอุปกรณ์กรองฝุ่นชนิดถุงก่อน จากนั้นจะนำเถ้าลอยไปฝังกลบในหลุมฝังกลบ

เถ้าที่เหลือจากการเผาไหม้มูลฝอยชุมชนนี้ ในประเทศไทยยังไม่พบรายงานว่ามีการนำเถ้าไปใช้ประโยชน์อย่างจริงจัง แม้ว่ามีการนำเถ้าหนักไปใช้แต่ก็ประสบปัญหาในเรื่องของมีวัสดุเผาไหม้

ไม่ได้ พวกโลหะ แก้ว ปะปนอยู่ ส่วนเถ้าลอยพบว่ามีการปนเปื้อนของโลหะหนักซึ่งถือว่าเป็นของเสียอันตราย ดังนั้นการนำไปใช้ประโยชน์หรือกำจัดจะต้องทำให้ปลอดภัยด้วยการปรับเสถียร (Stabilization) และการทำให้แข็งตัวเป็นก้อน (Solidification) ด้วยปูนซีเมนต์ (2) ซึ่งวิธีนี้เป็นเทคโนโลยีที่ใช้ในการจัดการของเสียอันตราย (3)

ด้วยลักษณะของเถ้าลอยที่เป็นผงละเอียดคล้ายปูนซีเมนต์ แต่ไม่มีสมบัติของซีเมนต์และไม่เป็นวัสดุปอซโซลาน (4,5) อีกทั้งเถ้าลอยชนิดนี้ยังเป็นสารผสมเพิ่ม (Admixture) ประเภทสารประกอบแร่ธาตุผสมเพิ่ม (Mineral Admixture) ในกลุ่มวัสดุเฉื่อย (Inert) ในงานคอนกรีต (5,6) องค์ประกอบทางเคมีในรูปออกไซด์ส่วนใหญ่เป็น CaO เนื่องจากมีการพ่นปูนขาวเข้าไปในระบบควบคุมมลพิษในอากาศในเตาเผา (4,5) อีกทั้งมีปริมาณอัลคาไลน์ในรูปของ Na_2O สูง อาจทำให้เกิดปฏิกิริยา Alkali – Aggregate ขึ้นได้ ผลที่ตามมาทำให้คอนกรีตสูญเสียกำลังรับแรงอัด (7) และยังมี SO_3 ในปริมาณมาก ซึ่งมีผลต่อการพัฒนากำลังรับแรงอัดในงานคอนกรีตเช่นกัน (8) นอกจากนี้เถ้าลอยยังมีขนาดอนุภาคใหญ่ พื้นที่ผิวอนุภาคขรุขระ หยาบ เป็นเหลี่ยมบิดเบี้ยวมีรูพรุน และยังพบว่ามีการปนเปื้อนของโลหะหนักในเถ้าลอยและในน้ำสกัดที่สกัดได้จากก้อนซีเมนต์มอร์ต้าและก้อนคอนกรีตในปริมาณต่ำ (4,5) ดังนั้น จึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำเถ้าลอยมาใช้ประโยชน์ในงานคอนกรีตกำลังต่ำได้

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการนำเถ้าลอยจากเตาเผามูลฝอยชุมชนจังหวัดภูเก็ตไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบเดียวกันกับการนำเถ้าลอยถ่านหินไปใช้ คือ ใช้เป็นสารประกอบแร่ธาตุผสมเพิ่ม (Mineral Admixture) ในงานคอนกรีต โดยใช้หลักการปรับเสถียรและการทำให้แข็งตัวเป็นก้อนด้วยปูนซีเมนต์มาช่วย เพื่อให้เกิดความปลอดภัย ในรูปแบบก้อนคอนกรีตบล็อกที่ใช้ในงานก่อสร้าง ในที่นี้คือก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ที่ใช้ทำเป็นผนังหรือกำแพง โดยใช้เถ้าลอยชนิดนี้แทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนในการใช้เป็นส่วนผสมหนึ่งของการทำคอนกรีตบล็อก

วิธีการทดลอง

1. การเตรียมเถ้าลอย : เก็บตัวอย่างเถ้าลอยมาจากบ่อพักเถ้าลอย

2. กรรมวิธีการผลิต : ผลิตคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

ขนาด 70 × 390 × 190 มิลลิเมตร

2.1 การเตรียมส่วนผสม : ผสมปูนซีเมนต์ตราช้าง ทรายหยาบ และหินคลุก ด้วยอัตราส่วน 1 : 2 : 3 โดยปริมาตร ดังแสดงในตารางที่ 1 (ชุดที่ 1) จากนั้นเลือกชุดการทดลองที่ใช้ปริมาณเถ้าลอยสูงสุดและให้กำลังรับแรงอัดที่ได้ตามค่ามาตรฐานซึ่งกำหนดไว้ที่ 25 กก./ตร.ซม. โดยที่จะนำสัดส่วนที่เลือกแล้วไปใช้ในการผสมจริงตามที่ผู้ประกอบการผลิต ด้วยอัตราส่วน 2 : 3 : 20 โดยปริมาตร ดังแสดงในตารางที่ 2 (ชุดที่ 2)

2.2 การเตรียมแบบ : เทส่วนผสมลงในเครื่องอัดบล็อกและทำการอัดบล็อก

2.3 การบ่มผลิตภัณฑ์ : ตั้งทิ้งไว้ให้ครบ 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาวางซ้อนเรียงรวมกันไว้บนที่เรียบเสมอ และรดน้ำให้ชุ่ม นำกระสอบคลุมและพรมน้ำให้เปียกชื้น โดยกำหนดระยะการบ่มก้อนคอนกรีตบล็อกนี้ให้เท่ากับระยะการบ่มของงานคอนกรีตโครงสร้างธรรมดาทั่ว ๆ ไป ซึ่งกำหนดการบ่มที่อายุ 7, 14, 21 และ 28 วัน ทั้งนี้เพื่อศึกษาการพัฒนากำลังรับแรงอัดที่เปลี่ยนแปลงไป

ตารางที่ 1 อัตราส่วนในการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอยในส่วนผสมในการผลิตคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

ชุดการทดลอง	การแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอย (% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์)	อัตราส่วนผสม (กก.)					จำนวนบล็อกที่ใช้ทดสอบ (ก้อน)
		เถ้าลอย	ปูนซีเมนต์	ทรายหยาบ	หินคลุก	น้ำ	
1	0.00	0.00	50.00	84	129	30	25
2	10.00	5.00	45.00	84	129	30	25
3	12.50	6.25	43.75	84	129	30	25
4	15.00	7.50	42.50	84	129	30	25
5	17.50	8.75	41.25	84	129	30	25
6	20.00	10.00	40.00	84	129	30	25
7	25.00	12.50	37.50	84	129	30	25

หมายเหตุ : อัตราส่วนที่ใช้ผสม ได้ปรับจากหน่วยโดยปริมาตรเป็นหน่วยโดยน้ำหนักแล้ว โดยในแต่ละชุดการทดลองที่ใช้เป็นเพียง 1 ใน 8 ของคอนกรีต 1 ลบ.ม. (ชุดที่ 1)

ตารางที่ 2 อัตราส่วนในการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอยในส่วนผสมจริงในการผลิตคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

ชุดการทดลอง	การแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอย (% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์)	อัตราส่วนผสม (กก.)					จำนวนบล็อกที่ใช้ทดสอบ (ก้อน)
		เถ้าลอย	ปูนซีเมนต์	ทรายหยาบ	หินคลุก	น้ำ	
1	0.00	0.00	17.00	50	290	8	25
2	20.00	3.40	13.60	50	290	8	25

หมายเหตุ : อัตราส่วนที่ใช้ผสมเป็นอัตราส่วนผสมของผู้ประกอบที่ใช้ในการผลิตเพื่อจำหน่าย ซึ่งได้ปรับจากหน่วยโดยปริมาตรเป็นหน่วยโดยน้ำหนัก จากอัตราส่วน 2 : 3 : 20 โดยปริมาตรแล้ว (ชุดที่ 2)

3. การทดสอบมาตรฐานคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

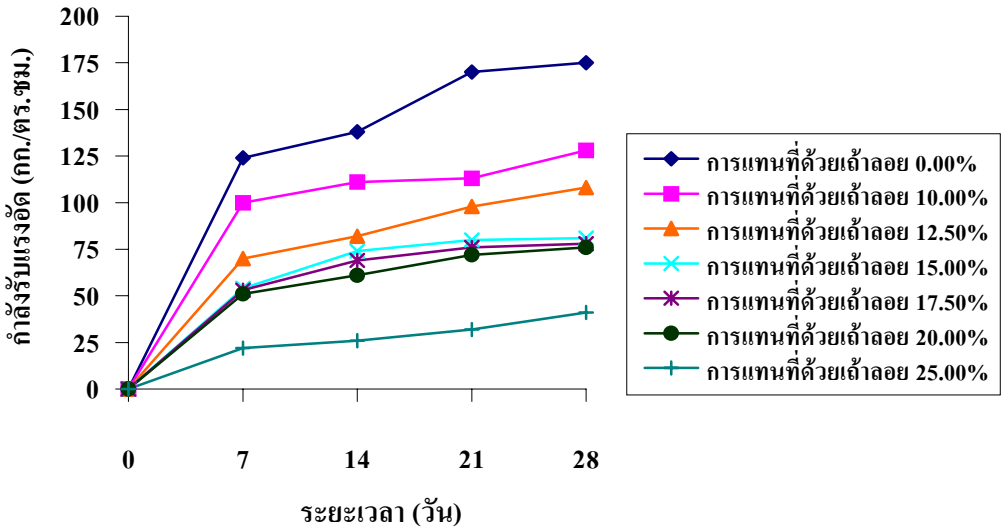
3.1 การดูดกลืนน้ำและกำลังรับแรงอัด ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เลขที่ มอก.109 – 2517 อ้างจาก ASTM C140 – 70 Standard Methods of Sampling and Testing Concrete Masonry Units

3.2 การทดสอบสารที่ถูกชะล้างได้ โดยทำการเลือกสารเพียง 1 ชนิดจาก 8 ชนิด ที่มีการวิเคราะห์สารพิษจากเถ้าลอยชนิดนี้ โดยเป็นสารที่มีในรายชื่อของสารที่ถูกชะล้างได้ ซึ่งปรากฏอยู่ในประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2540) อ้างจาก U.S. EPA SW – 846 Method 1311 (TCLP) และ Method 3005A โดยเลือก ตะกั่ว เนื่องจากมีปริมาณสูงสุดที่พบในเถ้าลอยซึ่งทางเตาเผาได้ส่งเถ้าไปให้บริษัท SGS (Thailand) Ltd. เป็นผู้วิเคราะห์ เมื่อเดือนเมษายน พ.ศ. 2545 ค่าที่ได้ยังต่ำกว่าข้อกำหนดตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2540)

4. การประเมินต้นทุนการผลิตและผลประโยชน์ ประเมินต้นทุนการผลิตและผลประโยชน์ที่ได้รับเบื้องต้นของการผลิตคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก โดยการนำเถ้าลอยจากเตาเผามูลฝอยชุมชนจังหวัดภูเก็ตมาเป็นส่วนผสม

ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัด

ในการทดลองนี้ได้ใช้เถ้าลอยจากเตาเผามูลฝอยชุมชนจังหวัดภูเก็ตมาใช้แทนที่ปูนซีเมนต์ 0.00%, 10.00%, 12.50%, 15.00%, 17.50%, 20.00%, และ 25.00% โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ (ปูนซีเมนต์ + เถ้าลอย) ในการทำคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก อัตราส่วนปริมาณน้ำต่อวัสดุประสานเท่ากับ 0.60 (ชุดที่ 1) ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1 หลังจากนั้นทำการบ่ม ก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่อายุ 7, 14, 21 และ 28 วัน แล้วทำการทดสอบกำลังรับแรงอัด ผลดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัด (กก./ตร.ซม.) กับ ระยะเวลา (วัน) ของก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก (ชุดที่ 1)

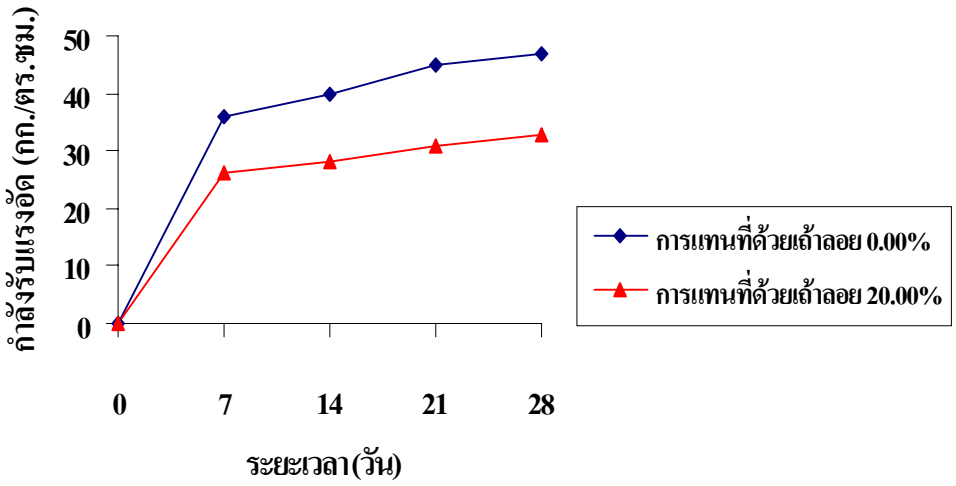
จากรูปที่ 1 แสดงกำลังรับแรงอัดของก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่มีการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอย จะเห็นได้ว่าก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่มีเถ้าลอยผสมอยู่ มีกำลังรับแรงอัดต่ำกว่าก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่ไม่ผสมเถ้าลอย ที่อายุการบ่มเดียวกัน และกำลังรับแรงอัดจะลดลงเมื่อปริมาณเถ้าลอยเพิ่มมากขึ้น โดยที่เปอร์เซนต์สูงสุดในการแทนที่ด้วยเถ้าลอยในส่วนผสมจะให้กำลังรับแรงอัดต่ำที่สุด

ขณะเดียวกันกำลังรับแรงอัดจะเพิ่มขึ้นเมื่ออายุการบ่มเพิ่มขึ้น ที่การแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอย 0.00% ที่อายุการบ่ม 7 วัน เทียบกับ อายุการบ่ม 28 วัน กำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้น 71.00% ส่วนการแทนที่ด้วยเถ้าลอย 25.00% ที่อายุการบ่ม 7 วัน เทียบกับ อายุการบ่ม 28 วัน กำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้น 54.00%

เนื่องจากมาตรฐานก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักต้องการกำลังรับแรงอัดที่ 25 กก./ตร.ซม. ดังนั้นจึงเลือกชุดการทดลองที่ให้กำลังรับแรงอัดตั้งแต่ 25 กก./ตร.ซม. ขึ้นไป ที่อายุการบ่ม 7 วัน และมีปริมาณการใช้เถ้าลอยมาก ดังนั้นการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอย 20.00 % จึงมีความเหมาะสม

เพราะให้กำลังรับแรงอัด 51 กก./ตร.ซม. ที่อายุการบ่ม 7 วัน คิดเป็น 41.00% และ 76 กก./ตร.ซม. ที่อายุการบ่ม 28 วัน คิดเป็น 43.00% เมื่อเทียบกับก้อนคอนกรีตที่ไม่ผสมเถ้าลอยตามลำดับ ในส่วนของการพัฒนากำลังรับแรงอัดของก้อนคอนกรีตที่อายุการบ่ม 7 วัน เทียบกับ อายุการบ่มที่ 28 วัน คิดเป็น 67.00%

เมื่อได้เลือกชุดการทดลองที่เหมาะสมแล้ว คือ ชุดการทดลองที่มีการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอย 20.00 % จากนั้นนำไปใช้เป็นส่วนผสมจริงในการทำคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักของการทำของผู้ประกอบการ โดยในการทดลองนี้ได้ใช้เถ้าลอยจากเตาเผามูลฝอยชุมชนจังหวัดภูเก็ตแทนที่ปูนซีเมนต์ที่ 0.00%, 20.00% โดยน้ำหนัก ของปูนซีเมนต์ (ปูนซีเมนต์ + เถ้าลอย) ในการทำคอนกรีตบล็อก อัตราส่วนปริมาณน้ำต่อวัสดุประสานเท่ากับ 0.47 (กำหนดให้เป็นชุดที่ 2) สัดส่วนผสมซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 2

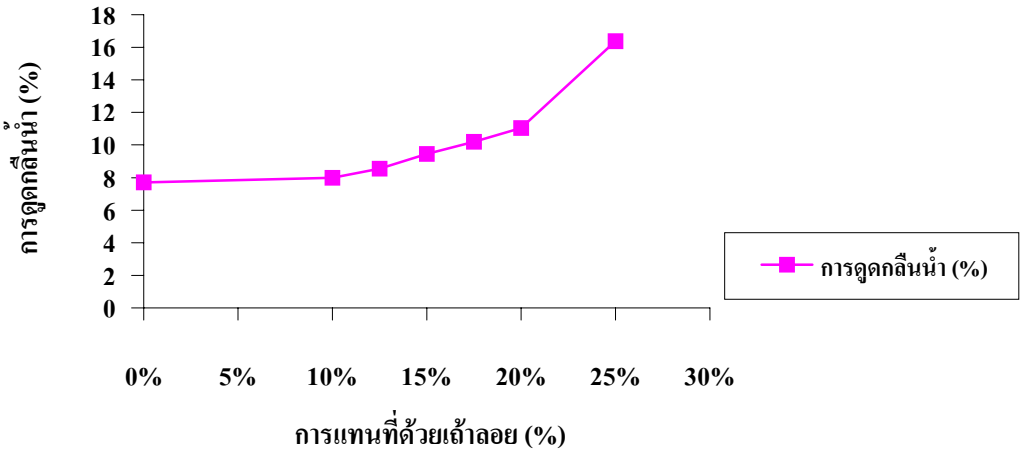


รูปที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัด (กก./ตร.ซม.) กับ ระยะเวลา (วัน) ของก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก (ชุดที่ 2)

จากรูปที่ 2 แสดงกำลังรับแรงอัดของก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่มีการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอยที่ 20.00% จะเห็นได้ว่ามีกำลังรับแรงอัดต่ำกว่าก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่ไม่ผสมเถ้าลอย ที่อายุการบ่มเดียวกัน แต่ให้กำลังรับแรงอัดที่ 26 กก./ตร.ซม. ที่อายุการบ่ม 7 วัน คิดเป็น 72.00% และ 33 กก./ตร.ซม. ที่อายุการบ่ม 28 วัน คิดเป็น 70.00% เมื่อเทียบกับก้อนคอนกรีตที่ไม่ผสมเถ้าลอยตามลำดับ และในส่วนของการพัฒนากำลังรับแรงอัดที่อายุการบ่ม 7 วัน เทียบกับ อายุการบ่มที่ 28 วัน คิดเป็น 79.00% ซึ่งถือว่าผ่านค่ามาตรฐานของก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

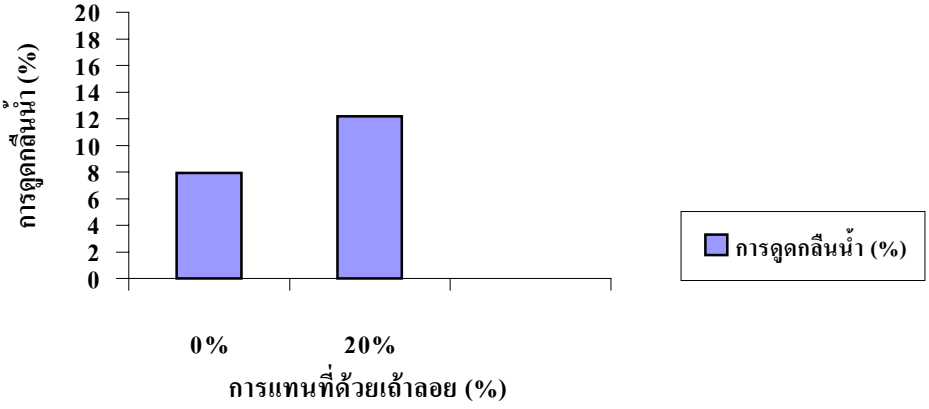
ผลการทดสอบการดูดกลืนน้ำ

เมื่อนำก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักทั้ง 2 ชุด มาทดสอบการดูดกลืนน้ำ (%) ได้ผลดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการการแทนที่ด้วยเถ้าลอย (%) กับ การดูดกลืนน้ำ (%) ของก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก (ชุดที่ 1)

จากรูปที่ 3 แสดงการดูดกลืนน้ำ ของก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าลอยของชุดที่ 1 จะเห็นได้ว่าก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักที่มีเถ้าลอยผสมอยู่ มีอัตราการดูดกลืนน้ำเพิ่มขึ้น โดยที่การแทนที่ด้วยเถ้าลอยสูงสุด คือ ที่ 25.00% ในส่วนผสมจะมีอัตราการดูดกลืนน้ำอยู่ 16.00% ส่วนของการแทนที่ด้วยเถ้าลอยที่ 0.00% มีอัตราการดูดกลืนน้ำ 8.00% และการแทนที่ด้วยเถ้าลอยที่ 20.00% มีอัตราการดูดกลืนน้ำ 11.00% ในส่วนของการทดสอบชุดที่ 2 ได้ผลรูปที่ 4



รูปที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการการแทนที่ด้วยเถ้าลอย (%) กับ การดูดกลืนน้ำ (%) ของก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก (ชุดที่ 2)

จากรูปที่ 4 แสดงการดูดกลืนน้ำ ของก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าลอยของชุดที่ 2 จะเห็นได้ว่าเมื่อเลือกการใช้เถ้าลอยที่ 20.00% มาใช้ผสมแล้ว ก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักมีอัตราการดูดกลืนน้ำเพิ่มขึ้น คือ มีอัตราการดูดกลืนน้ำ 12.00% ในส่วนของการแทนที่ด้วยเถ้าลอยที่ 0.00% มีอัตราการดูดกลืนน้ำ 8.00% ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับชุดการทดลองที่ 1

ผลการทดสอบสารที่ถูกชะล้างได้

นำเถ้าลอยและก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าลอยทั้ง 2 ชุด ไปทดสอบหาปริมาณความเข้มข้นของสารอันตรายในน้ำสกัด (Leachant หรือ extraction fluid) โดยให้เป็นไปตามเกณฑ์ในการสกัดสาร (Leachate extraction procedure) ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2540) กำหนด โดยเลือกวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่ว เนื่องจากผลการวิเคราะห์ที่ทางเตาเผาได้ส่งไปให้บริษัท SGS (Thailand) Ltd. เป็นผู้วิเคราะห์ เมื่อเดือนเมษายน พ.ศ. 2545 พบว่า มีปริมาณสูง แต่ค่าที่ได้ก็ยังคงต่ำกว่าข้อกำหนดตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2540)

ตารางที่ 3 ปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วในน้ำสกัดที่สกัดได้จากเถ้าลอยเตาเผามูลฝอยชุมชนและจากก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าลอยเตาเผามูลฝอยชุมชนจังหวัดภูเก็ต

ตัวอย่างที่	ชนิดของตัวอย่าง	ค่ามาตรฐานของตะกั่ว (มก./ล)	ความเข้มข้นของตะกั่ว (มก./ล)	
			ชุดที่ 1	ชุดที่ 2
1	เถ้าลอย	5.00	2.17	N/A
2	คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าลอย 0.00%	5.00	0.06	0.24
3	คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าลอย 10.00%	5.00	<LOQ	N/A
4	คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าลอย 12.50%	5.00	<LOQ	N/A
5	คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าลอย 15.00%	5.00	<LOQ	N/A
6	คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าลอย 17.50%	5.00	<LOQ	N/A
7	คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าลอย 20.00%	5.00	0.05	0.05
8	คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าลอย 25.00%	5.00	<LOQ	N/A

หมายเหตุ : ค่า LOQ (Limit of Quantitative) คือ ขีดต่ำสุดในการตรวจวัดของตะกั่ว เท่ากับ 0.03 มก./ล

N/A (Not Available) คือ ไม่ได้ทำการทดสอบ

จากตารางที่ 3 แสดงผลการทดสอบหาปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วที่ถูกชะล้างได้จากเถ้าลอยจากเตาเผามูลฝอยชุมชนและจากคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าลอยเตาเผามูลฝอยชุมชนจังหวัดภูเก็ต พบว่า ตะกั่วในเถ้าลอยมีค่า 2.17 มิลลิกรัมต่อลิตร ก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าลอย 0.00% มีปริมาณตะกั่วอยู่ 0.06 – 0.24 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าลอย 10.00% - 17.50 % และ 25.00% มีตะกั่วอยู่ในช่วงต่ำกว่า LOQ และก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าลอยที่ 20.00% มีตะกั่วอยู่ 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งค่าที่ได้ทั้งหมดต่ำกว่าค่ามาตรฐานของประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2540)

ผลการประเมินต้นทุนการผลิตและผลประโยชน์ที่ได้รับเบื้องต้น

ต้นทุนการผลิตที่เกิดขึ้นในระหว่างการผลิตจะคำนึงถึงค่าใช้จ่าย อันได้แก่ ค่าแรงงาน ค่าสึกหรอค่าวัสดุ และค่าไฟฟ้า ซึ่งในครั้งนี้จะไม่คิดมูลค่าของเถ้าลอยโดยถือว่าเถ้าลอยเป็นเศษวัสดุเหลือใช้จากการผลิต และไม่รวมค่าใช้จ่ายในการขนส่งเถ้าลอย เนื่องมาจากในการศึกษาครั้งนี้เป็นเพียงการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเอาเถ้าลอยมาใช้ประโยชน์ แม้ว่าจะสามารถนำมาใช้ได้ก็ตาม และในการผลิตนั้นเหมาะสมที่จะดำเนินการในพื้นที่ที่อยู่โดยรอบเตาเผาหรือในจังหวัดภูเก็ต ซึ่งในครั้งนี้ได้ทำการสรุปเป็นตารางแสดงราคาต้นทุนการผลิตและผลผลิตที่ได้ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบต้นทุนการผลิตระหว่างการไม่ใช้เถ้าลอยกับการใช้เถ้าลอยเป็นส่วนผสมหนึ่งในการผลิตคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

การเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตต่อก้อน (ไม่รวมค่าขนส่งเถ้าลอย)		
ราคาวัตถุดิบก่อนผสมเถ้าลอย	ต้นทุนการผลิตไม่ผสมเถ้าลอยต่อ 1 ก้อน	ต้นทุนการผลิตผสมเถ้าลอยต่อ 1 ก้อน
ปูนซีเมนต์ 1 ถุง 135 บาท	ปูนซีเมนต์ 0.67 บาท	ปูนซีเมนต์ 0.45 บาท
ทรายหยาบ ลบ.ม. ละ 215บาท	ทรายหยาบ 0.26 บาท	ทรายหยาบ 0.23 บาท
หินคลุก ลบ.ม. ละ 265 บาท	หินคลุก 1.32 บาท	หินคลุก 1.18 บาท
	ค่าแรง/ไฟฟ้า/สึกหรอ 0.85 บาท	ค่าแรง/ไฟฟ้า/สึกหรอ 0.85 บาท
รวมต้นทุน	**3.10 บาท**	**2.71 บาท**
ราคาขายก้อนละ 4.00 บาท		
จำนวนก้อนที่ผลิตได้ต่อการใช้ปูนซีเมนต์ 1 ถุง		
ประมาณ 150 ก้อน (ไม่ผสมเถ้าลอย)	ประมาณ 168 ก้อน (ผสมเถ้าลอย)	

หมายเหตุ : ราคาวัสดุ เป็นราคาตามท้องตลาด ส่วน ค่าแรงงาน ค่าไฟฟ้า ค่าสึกหรอ เป็นราคาที่ผู้ผลิตกำหนด และข้อมูลทั้งหมดได้อ้างอิงจากผู้ประกอบการซึ่งเป็นเจ้าของกิจการแห่งหนึ่งในจังหวัดสตูล

จากการผลิตคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก โดยใช้สัดส่วนของผู้ประกอบการสามารถผลิตได้ประมาณ 800 ก้อน ใช้ต้นทุนการผลิต ก้อนละ 3.10 บาท ขายก้อนละ 4.00 บาท ขายได้ประมาณ 3,200 บาท เมื่อใช้เถ้าลอยเป็นส่วนผสมในการผลิตที่ใช้แทนที่ปูนซีเมนต์ 20.00% พบว่า สามารถผลิตได้ประมาณ 900 ก้อน ซึ่งต้องใช้ต้นทุนการผลิต ก้อนละ 2.71 บาท ขายก้อนละ 4 .00 บาท ขายได้ประมาณ 3,600 บาท โดยที่ปริมาณของก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าลอยที่เพิ่มขึ้นนั้น ส่งผลให้ราคาต้นทุนของทรายหยาบและหินคลุกต่อก้อนมีราคาลดลง ฉะนั้นจะได้กำไรเพิ่มขึ้นจากเดิมคิดเป็น 12.50% จากราคาขายที่เพิ่มขึ้น

สรุปผลการทดลอง

จากการนำเถ้าลอยเตาเผามูลฝอยชุมชนจังหวัดภูเก็ตมาใช้แทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วน โดยนำมาใช้เป็นส่วนผสมในการทำคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก พบว่า สามารถใช้เถ้าลอยแทนที่ปูนซีเมนต์ได้สูงถึง 20% โดยน้ำหนัก ซึ่งให้กำลังรับแรงอัดสูงกว่า 25 กก./ตร.ซม. ที่อายุการบ่ม 7 วัน และเมื่อทดสอบการดูดกลืนน้ำของก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักแล้ว พบว่า มีอัตราการดูดกลืนน้ำเพิ่มขึ้น และเมื่อนำน้ำสกัดจากก้อนคอนกรีตบล็อกมาทดสอบหาปริมาณตะกั่วด้วยวิธีการสกัดสาร พบว่า ปริมาณตะกั่วในน้ำสกัดที่ได้จากก้อนคอนกรีตบล็อกมีค่าที่ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน ซึ่งยอมรับได้ว่าไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้ จึงสามารถนำเถ้าลอยมาใช้เป็นส่วนผสมในงานคอนกรีตได้ ดังนั้นจึงถือเป็นทางเลือกในการนำของเสียกลับไปใช้ประโยชน์ใหม่ และเมื่อประเมินต้นทุนการผลิตและผลประโยชน์หลังจากการนำเถ้าลอยมาใช้ผลิตคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก พบว่า สามารถลดต้นทุนและปริมาณการใช้ปูนซีเมนต์ลงได้ โดยที่แม้ว่าจะมีการใช้ปูนซีเมนต์น้อยลง แต่ยังให้กำลังรับแรงอัดที่ผ่านค่ามาตรฐานและช่วยเพิ่มปริมาณการผลิตคอนกรีตบล็อกได้อีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

(1) ประชุม สุริยะ, **การใช้เตาเผามูลฝอยเพื่อการจัดการมูลฝอย : กรณีศึกษาจังหวัดภูเก็ตสำหรับการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่อง การจัดการมูลฝอยและของเสียอันตราย**, เอกสารประกอบการบรรยาย, เทศบาลเมืองภูเก็ต, หน้า 2, 2542.

(2) Keats, John., **Stabilization and Solidification**, Hazardous Waste Management, Singapore : McGrawHill Book Co., p 641 – 642, 1994.

(3) Wiles, Carlton., **Solidification and Stabilization Technology**, Standard Handbook of Hazardous Waste Treatment and Disposal, Freeman, Harry, M.eds.United State of America : McGrawHill,Inc., p 7.85 - 7.86, 1989.

(4) พจณีย์ อินทสโร, **การนำเถ้าลอยจากเตาเผาขยะชุมชนมาใช้ทดแทนปูนซีเมนต์บางส่วน (Utilization of Municipal Solid Waste Incinerator Fly Ash as a Partial Cement Replacement),** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

(5) ภควัฒน์ แสนเจริญ, **การนำเถ้าลอยจากเตาเผาขยะชุมชนมาใช้ทดแทนปูนซีเมนต์บางส่วนในคอนกรีต (Utilization of Municipal Solid Waste Incinerator Fly Ash as a Partial Cement Replacement in Concrete)**, วารสารวิศวกรรมสาร ฉบับวิจัยและพัฒนา, ปีที่ 14, ฉบับที่ 3, หน้า 32 – 39, 2546.

(6) วินิต ช่อวิเชียร, **สารผสมเพิ่ม**, คอนกรีตเทคโนโลยี, กรุงเทพฯ, หน้า 63, 2544.

(7) ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร, **ความเสียหายของคอนกรีต**, คอนกรีตเทคโนโลยี กรุงเทพฯ, หน้า148, 2536.

(8) ชัย จาตุรพิทักษ์, สุรเชษฐ์ จึงเกษมโชคชัย และ วราภรณ์ คุณาวนากิจ, **คุณสมบัติพื้นฐานทางเคมีและทางกายภาพของเถ้าลอย (Chemical and Physical Properties of Fly Ash)**, วารสารกฟผ. ปีที่ 8, ฉบับที่ 4, หน้า 14, 2542.

การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ครั้งที่ 2

The 2nd PSU Symposium on Graduate Research

วันที่ 12 มีนาคม 2547

จัดโดย

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และ

กรรมการนักศึกษาบัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ณ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา

มีรางวัลสำหรับการนำเสนอดีเด่นในแต่ละสาขาวิชา

วิจโย วุฑ ฒิมาวโห : การวิจัยนำมาซึ่งความเจริญ

การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเถ้าลอยจากเตาเผามูลฝอยชุมชนจังหวัดภูเก็ต มาทำเป็นคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก*

สินีนาฏ พวงมณี[1], ผศ. ดร. อุดมผล พืชนิไพบูลย์[2], รศ. ดร. สุรพล อารีย์กุล[3], ดร. พนาลี ชีวกิดาการ[1]

[1]สาขาการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม, [2]สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์

[3]ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการนำของเสียมาใช้ประโยชน์ใหม่ โดยนำเถ้าลอยจากเตาเผามูลฝอยชุมชนจังหวัดภูเก็ตมาใช้เป็นส่วนผสมในการทำเป็นผลิตภัณฑ์คอนกรีตสำหรับงานก่อสร้าง โดยใช้การปรับเสถียรและการทำให้แข็งตัวเป็นก้อนของเถ้าลอย จากการทดลองใช้เถ้าลอยมาแทนที่ปูนซีเมนต์ในอัตราส่วนต่าง ๆ ตั้งแต่ 0 - 25 % พบว่า สามารถใช้เถ้าลอยจนมีอัตราแทนที่ปูนซีเมนต์ในส่วนผสมได้สูงถึง 20 %โดยน้ำหนัก ซึ่งให้ค่ากำลังรับแรงอัดที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแรงที่ มอก. 58 - 2530 และนอกจากนี้ ยังพบว่า ก้อนคอนกรีตบล็อกที่ผสมเถ้าลอยผสมอยู่ มีอัตราการอุดกลืนน้ำมากขึ้น เนื่องจากเถ้าลอยมีคุณสมบัติในการอุดกลืนน้ำได้ดี และเมื่อนำน้ำอัตราที่สกัดได้จากเถ้าลอยและจากก้อนคอนกรีตบล็อกมาวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณตะกั่วในน้ำสกัด พบว่า น้ำสกัดที่ได้จากก้อนคอนกรีตมีปริมาณตะกั่วต่ำกว่าน้ำสกัดที่ได้จากเถ้าลอย และมีค่าต่ำกว่าข้อกำหนดตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2540) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการจัดการเถ้าลอย อีกทั้งจะช่วยลดปัญหาในการใช้พื้นที่ฝังกลบ อีกทั้งยังเป็นการนำของเสียกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์ใหม่ได้อีกด้วย

วัตถุประสงค์

1. เป็นการนำของเสียมาใช้ประโยชน์ใหม่ โดยศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเถ้าลอยจากเตาเผามูลฝอยชุมชนจังหวัดภูเก็ตมาใช้แทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนในการทำคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก โดยอาศัยหลักการปรับเสถียรและการทำให้แข็งตัวเป็นก้อนด้วยปูนซีเมนต์

2. เพื่อประเมินต้นทุนการผลิตและผลประโยชน์ขั้นต้นของการผลิตคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

วิธีการทดลอง

เก็บตัวอย่างเถ้าลอยจากบ่อพักเถ้าลอย ผลิตคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักขนาด 70 * 390 * 190 มม.

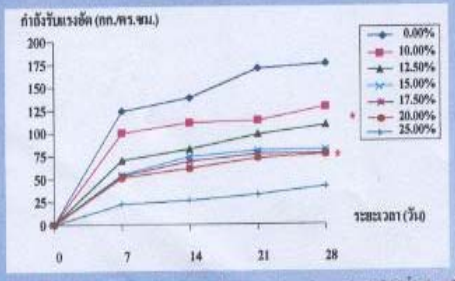
รูปที่ 1 - 2 แสดงบ่อพักเถ้าลอยและการเก็บตัวอย่าง

รูปที่ 3 - 4 แสดงผลิตคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก

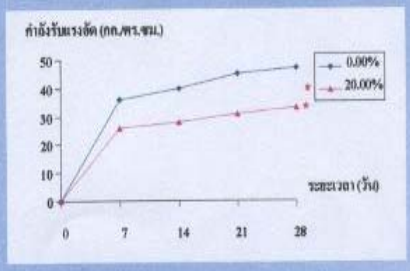
เตรียมส่วนผสมของปูนซีเมนต์ : ทรายหยาบ : หินฝุ่น เท่ากับ 1 : 2 : 5 โดยปริมาตร (1) ใช้เถ้าลอยแทนที่ปูนซีเมนต์ 0.00%, 10.00%, 12.50%, 15.00%, 17.50%, 20.00%, 25.00% น้ำ : วัสดุประสานเท่ากับ 0.60 (ชุดที่ 1) เลือกชุดการทดลองที่ให้เถ้าลอยปริมาณสูงและให้กำลังรับแรงอัดผ่านมาตรฐานที่ 25 กก./ตร.ซม. นำอัตส่วนที่ได้ผสมในการผลิตของผู้ประกอบการใช้อัตราส่วน 2 : 3 : 20 โดยปริมาตร ซึ่งใช้เถ้าลอยที่ 0.00% และ 20.00% (ชุดที่เหมาะสม) น้ำ : วัสดุประสานเท่ากับ 0.47 (ชุดที่ 2) กำหนดระยะการบ่มก้อนคอนกรีตให้เท่ากับงานคอนกรีตโครงสร้าง คือ บ่มที่อายุ 7, 14, 21, 28 วัน (2) เพื่อศึกษากำลังรับแรงอัดที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อครบกำหนดนำก้อนคอนกรีตบล็อกไปทดสอบกำลังรับแรงอัด การดูดกลืนน้ำ (3) และทดสอบสารที่ถูกชะล้างได้ โดยเฉพาะตะกั่ว (4) สุดท้ายทำการประเมินต้นทุนการผลิตและผลประโยชน์ที่ได้รับ

ผลและวิจารณ์ผล

ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัด (ชุดที่ 1) พบว่า ก้อนคอนกรีตบล็อกที่ผสมเถ้าลอย มีกำลังรับแรงอัดต่ำกว่าก้อนคอนกรีตบล็อกที่ไม่ผสมเถ้าลอย ที่อายุการบ่มเดียวกัน กำลังรับแรงอัดจะลดลงเมื่อปริมาณเถ้าลอยเพิ่มขึ้น โดยปริมาณเถ้าลอยสูงสุดจะให้กำลังรับแรงอัดต่ำที่สุด และกำลังรับแรงอัดจะเพิ่มขึ้นเมื่ออายุการบ่มเพิ่มขึ้น (ดังรูปที่ 5) ส่วนชุดที่ 2 ที่มีการใช้เถ้าลอยที่ 20.00% ผลการทดลองพบว่า ก้อนคอนกรีตบล็อกที่ผสมเถ้าลอย 20.00% มีกำลังรับแรงอัดต่ำกว่าก้อนคอนกรีตบล็อกที่ไม่ผสมเถ้าลอย ที่อายุการบ่มเดียวกัน แต่ให้กำลังรับแรงอัด 26 กก./ตร.ซม. ที่อายุการบ่ม 7 วัน ซึ่งถือว่าผ่านตามมาตรฐานของก้อนคอนกรีตบล็อก สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (ดังรูปที่ 6)



รูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัด (กก./ตร.ซม.) กับ ระยะเวลา (วัน) ของก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก (ชุดที่ 1)



รูปที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัด (กก./ตร.ซม.) กับ ระยะเวลา (วัน) ของก้อนคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก (ชุดที่ 2)

ผลการทดสอบการอุดกลืนน้ำ (ชุดที่ 1) พบว่า ก้อนคอนกรีตบล็อกที่มีเถ้าลอยผสมอยู่ มีอัตราการอุดกลืนน้ำเพิ่มขึ้น โดยที่การแทนที่ด้วยเถ้าลอยสูงที่สุด จะมีการอุดกลืนน้ำมากที่สุด ที่การแทนที่ 0.00% มีอัตราการอุดกลืนน้ำ 8.00% และที่ 20.00% มีอัตราการอุดกลืนน้ำ 11.00% ส่วนชุดที่ 2 พบว่า ก้อนคอนกรีตบล็อกที่ผสมเถ้าลอย 0.00% มีอัตราการอุดกลืนอยู่ที่ 8.00% และที่ 20.00% มีอัตราการอุดกลืนน้ำ เพิ่มขึ้นเป็น 12.00% ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับชุดที่ 1

ผลการทดสอบสารที่ถูกชะล้างได้ พบว่า ปริมาณตะกั่วที่พบในเถ้าลอยมีค่า 2.17 มก./ล ก้อนคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าลอย 0.00% มีปริมาณตะกั่ว 0.06 - 0.24 มก./ล. ส่วนก้อนคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าลอย 10.00% - 17.50% และ 25.00% มีปริมาณตะกั่วต่ำกว่า 0.03 มก./ล และ ก้อนคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าลอย 20.00% มีปริมาณตะกั่ว 0.05 มก./ล ซึ่งต่ำที่ได้ต่ำกว่ามาตรฐาน

ผลการประเมินต้นทุนการผลิตและผลประโยชน์ที่ได้รับ พบว่า เมื่อนำเถ้าลอยที่ 20.00% มาใช้ในอัตส่วนของผู้ประกอบการ (ชุดที่ 2) สามารถผลิตคอนกรีตบล็อกได้มากขึ้น และยังลดต้นทุนการผลิตและปริมาณการใช้ปูนซีเมนต์ลงได้ แม้ว่ามีการใช้ปูนซีเมนต์น้อยลง แต่ยังคงให้กำลังรับแรงอัดที่ผ่านตามมาตรฐาน

สรุป

จากการนำเถ้าลอยเตาเผามูลฝอยชุมชนจังหวัดภูเก็ตมาใช้แทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วน โดยนำมาใช้เป็นส่วนผสมในการทำคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก พบว่า สามารถใช้เถ้าลอยแทนที่ปูนซีเมนต์ได้สูงถึง 20.00% โดยน้ำหนัก ซึ่งให้กำลังรับแรงอัดสูงกว่า 25 กก./ตร.ซม. ที่อายุการบ่ม 7 วัน และเมื่อผลทดสอบการอุดกลืนน้ำของก้อนคอนกรีตบล็อกแล้ว พบว่า มีอัตราการอุดกลืนน้ำสูงขึ้น และเมื่อนำน้ำสกัดจากก้อนคอนกรีตบล็อกมาทดสอบหาปริมาณตะกั่วด้วยวิธีการสกัดสาร พบว่า มีตะกั่วในน้ำสกัดที่ได้จากก้อนคอนกรีตบล็อกมีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน ซึ่งสอดรับได้ว่าไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้ จึงสามารถนำเถ้าลอยมาใช้เป็นส่วนผสมในงานคอนกรีตได้ ดังนั้นจึงถือเป็นทางเลือกหนึ่งในการนำของเสียไปใช้ประโยชน์ใหม่ และเมื่อประเมินต้นทุนและผลประโยชน์ที่ได้หลังจากการนำเถ้าลอยมาใช้ผลิตคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักแล้ว พบว่า สามารถลดต้นทุนและปริมาณการใช้ปูนซีเมนต์ลงได้ แม้ว่าจะมีการใช้ปูนซีเมนต์น้อยลง แต่ยังคงให้กำลังรับแรงอัดที่ผ่านตามมาตรฐานและช่วยเพิ่มปริมาณการผลิตคอนกรีตบล็อกได้อีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

(1) วันชัย ศิริพัฒน์สกุล, ชีเมนต์ซิลิกา, เชียงใหม่ : สำนักวิทยาข้อมูลอุตสาหกรรม ศูนย์ข่าวสารอุตสาหกรรมภาคเหนือ (สำเนา).

(2) ชัชวาล์ เศรษฐสุวรรณ, ยางและพลาสติกเหลว, ตลาดวิทยาโอโยอิ กรุงเทพฯ, หน้า 116 - 117.

(3) กระทรวงอุตสาหกรรม, ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 123 (พ.ศ. 2517) เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วิธีการจัดตั้งห้องและการทดสอบวัตถุงานก่อสร้างที่ทำด้วยคอนกรีต 25 มีนาคม 2517, หน้า 1 - 15, 2517.

(4) กระทรวงอุตสาหกรรม, ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2540) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 เรื่อง มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่ได้ให้ตั้ง 20 กุมภาพันธ์ 2540, หน้า 43 - 44, 2540.

ขอขอบคุณ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย

*ผลงานเรื่องนี้ได้นำเสนอในงานการประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ครั้งที่ 3 แล้ว