

## เถ้าปาล์มน้ำมัน : วัสดุปอซโซลานในอนาคต สำหรับคอนกรีต

ชัย จาตุรพิทักษ์กุล

ศาสตราจารย์

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

### เถ้าปาล์มน้ำมัน

เถ้าปาล์มน้ำมัน (palm oil fuel ash) เป็นวัสดุพลอยได้จากการนำกากของผลปาล์ม น้ำมัน ได้แก่ เศษกะลา เส้นใย และทลายปาล์มเปล่าของผลปาล์ม (ดังแสดงในรูปที่ 1) เผาเป็น เชื้อเพลิงให้กับหม้อกำเนิดไอน้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า มีอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาไหม้ ประมาณ 800-900<sup>0</sup>C

ข้อมูลจากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรและสหกรณ์ [1] พบว่าในปี พ.ศ. 2544 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกปาล์มประมาณ 1,457,000 ไร่ และมีผลผลิตเป็นอันดับ 4 ของโลก ประมาณ 4,089,000 ตันต่อปี ทำให้กากของผลปาล์มมีปริมาณที่สูงตามผลการผลิตปาล์มหรือ ประมาณ 2,147,000 ตันต่อปี และหลังจากการเผาพบว่าเถ้าปาล์มน้ำมันที่เกิดขึ้นมีปริมาณสูง ถึง 107,000 ตันต่อปี เถ้าปาล์มน้ำมันมีลักษณะเป็นผงฝุ่นน้ำหนักเบาสามารถฟุ้งกระจายได้ง่าย (ดังแสดงในรูปที่ 2) เถ้าปาล์มน้ำมันที่เกิดขึ้นมีการนำมาใช้ประโยชน์น้อยมากเมื่อเทียบกับ

ปริมาณที่เกิดขึ้นในแต่ละปี ส่วนใหญ่ต้องนำไปทิ้ง ทำให้เกิดปัญหาในเรื่องการกำจัดทิ้งตามมา เช่น ปัญหาทางด้านสภาวะแวดล้อม เป็นต้น

ตารางที่ 1 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของเถ้าปลาล์มน้ำมัน พบว่าผลรวมของ  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  และ  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ของเถ้าปลาล์มน้ำมัน มีค่าร้อยละ 70 มีปริมาณ  $\text{SO}_3$  ต่ำกว่าร้อยละ 5 และปริมาณ LOI ร้อยละ 10 ซึ่งถือว่าค่อนข้างสูง ซึ่งปริมาณ LOI ที่สูงนี้อาจเนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาไม่สูงมาก เพราะการเผาที่อุณหภูมิสูงจะทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์และส่งผลให้ LOI มีค่าต่ำลง ดังนั้นเมื่อพิจารณาองค์ประกอบทางเคมีของเถ้าปลาล์มน้ำมัน ตามมาตรฐาน ASTM C 618 [2] พบว่าเถ้าปลาล์มน้ำมันสามารถจัดเป็นวัสดุปอซโซลาน Class N ได้ อย่างไรก็ตามยังไม่มีมาตรฐานโดยตรงในการนำเถ้าปลาล์มน้ำมันไปใช้ในคอนกรีต

### ลักษณะรูปร่างของเถ้าปลาล์มน้ำมัน

ลักษณะอนุภาคของเถ้าปลาล์มน้ำมันก่อนและหลังบดคังแสดงในรูปที่ 3 และ รูปที่ 4 พบว่าเถ้าปลาล์มน้ำมันก่อนบดมีลักษณะรูปร่างโดยรวมค่อนข้างหยาบ ความพรุนสูง รูปร่างกลมมนติดต่อกันเป็นกลุ่มก้อน และขนาดไม่สม่ำเสมอ ส่วนเถ้าปลาล์มน้ำมันหลังบดมีลักษณะอนุภาคเป็นเหลี่ยมมุม รูปร่างไม่แน่นอน อนุภาคมีขนาดและความพรุนลดลงเมื่อเทียบกับเถ้าปลาล์มน้ำมันก่อนบด

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณของเถ้าปลาล์มน้ำมันเปรียบเทียบกับปูนซีเมนต์และวัสดุปอซโซลานชนิดอื่น

ออกไซด์	ร้อยละโดยน้ำหนัก (%)				
	ปูนซีเมนต์ ประเภท I	เถ้าถ่านหินแม่เมาะ	เถ้าปลาล์ม น้ำมัน	ซิลิกา ฟูม	เถ้า แกลบ
SiO <sub>2</sub>	20	48	65	92	90
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5	26	3	0.7	0.5
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3	10	2	1.2	2.0
CaO	60	5	6	0.2	0.5
MgO	1.1	2	3	0.2	0.2
SO <sub>3</sub>	2.4	0.7	0.4	-	1.5
ออกไซด์ อื่นๆ	1.5	1.3	7	2.6	-
LOI.	2	3	10	-	4.7



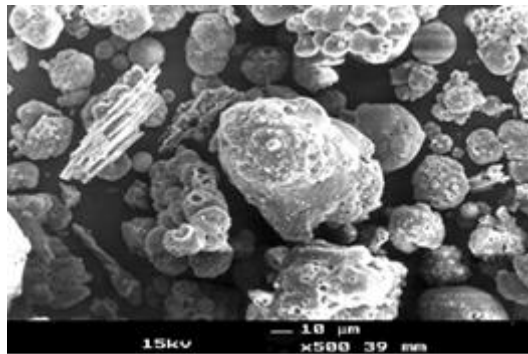
รูปที่ 1 กองกากปลาล์มก่อนเผาเป็นเชื้อเพลิง

# วารสารคอนกรีต

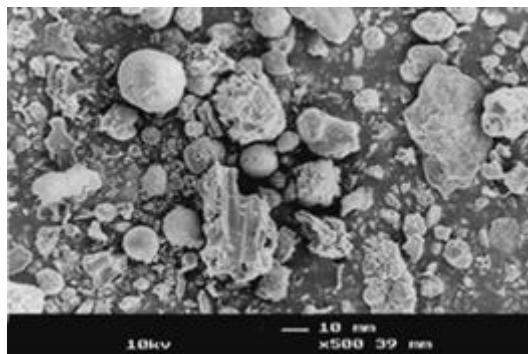
## TCA e-magazine



รูปที่ 2 กองถ้ำปลั่มน้ำมัน



รูปที่ 3 ถ้ำปลั่มน้ำมันก่อนบด



รูปที่ 4 ถ้ำปลั่มน้ำมันหลังบด

### สมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย

ชั้น 3 อาคารสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย 487 รามคำแหง 39 ถ.รามคำแหง แขวงพลับพลา เขตวังทองหลาง กรุงเทพฯ 10310  
โทรศัพท์ 0-2935-6539 โทรสาร 0-2935-6538 Email : thaitca@gmail.com Homepage : <http://www.thaitca.or.th>

### ผลกระทบของเถ้าปลาล์มน้ำมันต่อคอนกรีตสด

เถ้าปลาล์มน้ำมันที่บดละเอียดมีความพรุนน้อยกว่าเถ้าแกลบบดละเอียดที่มีขนาดเท่ากัน ดังนั้นการใช้เถ้าปลาล์มน้ำมันในการแทนที่ปูนซีเมนต์ไม่ทำให้ความต้องการน้ำในส่วนผสมเปลี่ยนแปลงหรือเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีของการใช้ เถ้าแกลบบดละเอียด แต่การใช้เถ้าปลาล์มน้ำมันที่ได้จากโรงงาน โดยตรงจะใช้ปริมาณน้ำที่มากขึ้นในส่วนผสมคอนกรีตเนื่องจากการดูดน้ำของเถ้าปลาล์มน้ำมันระยะ เวลาการก่อตัวของคอนกรีตที่ใช้เถ้าปลาล์มน้ำมันแทนที่ปูนซีเมนต์จะเป็นเช่นเดียวกับ กรณีของการใช้วัสดุปอซโซลานทั่วไป คือ จะทำให้ระยะเวลาการก่อตัวเริ่มต้นของคอนกรีตผสมเถ้าปลาล์มน้ำมันยาวนานขึ้น กว่ากรณีของคอนกรีตที่ไม่มีเถ้าปลาล์มน้ำมันประมาณ 15-20 นาทีเมื่อแทนที่ปูนซีเมนต์ร้อยละ 10-20 และการก่อตัวจะนานกว่าคอนกรีตที่ไม่ผสมเถ้าปลาล์มน้ำมันประมาณ 40-60 นาทีเมื่อแทนที่ปูนซีเมนต์ร้อยละ 30-40 [3]

### ผลกระทบของเถ้าปลาล์มน้ำมันต่อคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว

การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์เถ้าปลาล์มน้ำมันในงานคอนกรีตเริ่มขึ้นในปี ค.ศ. 1990 โดย Tay [4] ได้ศึกษาการใช้เถ้าปลาล์มน้ำมันแทนที่ปูนซีเมนต์ในอัตราร้อยละ 10 ถึง 50 โดยน้ำหนักวัสดุประสานเพื่อทำคอนกรีต พบว่าเถ้าปลาล์มน้ำมันมีคุณสมบัติเป็นวัสดุปอซโซลานต่ำ และคอนกรีตที่แทนที่เถ้าปลาล์มน้ำมันมากกว่าร้อยละ 10 มีกำลังอัดต่ำกว่าคอนกรีตที่ไม่มีเถ้าปลาล์มน้ำมันเป็นส่วนผสม ทั้งนี้เนื่องจากเถ้าปลาล์มน้ำมันที่นำมาใช้มีอนุภาคขนาดใหญ่ ต่อมาในปี ค.ศ. 1996 Hussin และ Awal [5] นักวิจัยชาวมาเลเซียได้ศึกษาการนำเถ้าปลาล์มน้ำมันมาใช้เป็นวัสดุปอซโซลาน โดยบดเถ้าปลาล์มน้ำมันให้มีความละเอียดมากกว่าปูนซีเมนต์ และแทนที่ในอัตราร้อยละ 10 ถึง 60 พบว่าคอนกรีตที่ผสมเถ้าปลาล์มน้ำมันร้อยละ 30 ให้กำลังอัดสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการแทนที่อื่นๆ และกำลังอัดที่ช่วงอายุก่อน 28 วันมีค่าต่ำกว่าคอนกรีตควบคุม แต่หลังจากนั้นกำลังอัดมีการพัฒนาสูงกว่าคอนกรีตที่ไม่มีเถ้าปลาล์มน้ำมันเป็นส่วนผสมได้

การศึกษาเถ้าปลาล์มน้ำมันในประเทศไทยโดย วีรชาติ และคณะ [6] พบว่าเถ้าปลาล์มน้ำมันก่อนบดไม่เหมาะสมนำมาใช้เป็นวัสดุปอซโซลาน เนื่องจากให้กำลังอัดที่ต่ำ ส่วนการ

ใช้เถ้าปลาล์มน้ำมันที่มีความละเอียดมากเป็นส่วนผสมมอร์ตาร์ในอัตราร้อยละ 10 และ 20 โดยน้ำหนักวัสดุประสาน สามารถให้กำลังอัดสูงกว่ามอร์ตาร์มาตรฐานที่อายุ 90 วัน โดยมีค่าเท่ากับ ร้อยละ 104 และ 101 ตามลำดับ

สุรพันธ์ และคณะ [7] ได้ทำการศึกษาการนำเถ้าปลาล์มน้ำมันมาใช้เป็นวัสดุปอซโซลาน พบว่าเถ้าปลาล์มน้ำมันมีองค์ประกอบทางเคมีหลัก คือ  $\text{SiO}_2$  มากกว่าร้อยละ 70 ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของวัสดุปอซโซลาน และมีศักยภาพเพียงพอสามารถใช้เป็นวัสดุปอซโซลานได้หากมีความละเอียดสูง และกำลังอัดของมอร์ตาร์ที่ผสมเถ้าปลาล์มน้ำมันบดละเอียดมากในอัตราร้อยละ 30 ยังมีค่าสูงกว่ามอร์ตาร์มาตรฐานที่อายุ 28 วันขึ้นไป การศึกษาของ วิรัชชาติ และคณะ [8] พบว่าดัชนีกำลังอัดของเถ้าปลาล์มน้ำมันที่บดละเอียดมากมีค่าสูงกว่าร้อยละ 75 ที่อายุ 7 และ 28 วัน และแท่งมอร์ตาร์ที่ผสมเถ้าปลาล์มน้ำมันมีการขยายตัวเนื่องจากซัลเฟตต่ำกว่าแท่งมอร์ตาร์ที่ไม่มีเถ้าปลาล์มน้ำมันเป็นส่วนผสมด้วย

การใช้เถ้าปลาล์มน้ำมันในส่วนผสมคอนกรีต พบว่าเถ้าปลาล์มน้ำมันบดละเอียดจนมีขนาดอนุภาคประมาณ 7.3 ไมโครเมตร แทนที่ปูนซีเมนต์ร้อยละ 10 และ 20 สามารถให้กำลังอัดของคอนกรีตสูงกว่าคอนกรีตควบคุมที่ไม่มีเถ้าปลาล์มน้ำมัน ที่อายุ 7 และ 60 วัน ตามลำดับ โดยที่การแทนที่ร้อยละ 30 ยังสามารถให้กำลังอัดได้ถึงร้อยละ 99 ที่ อายุ 90 วัน [3]

นอกจากนี้ วันชัย และคณะ [9] ยัง ได้ศึกษาการนำเถ้าปลาล์มน้ำมันมาใช้ในงานคอนกรีตกำลังสูง พบว่าเถ้าปลาล์มน้ำมันที่บดละเอียดสามารถนำมาใช้ในการแทนที่ปูนซีเมนต์ในการ ทำคอนกรีตกำลังสูงได้ โดยสามารถแทนที่ได้สูงถึงร้อยละ 30 และคอนกรีตที่ผสมเถ้าปลาล์มน้ำมันร้อยละ 20 ยังมีค่ากำลังอัดสูงกว่าคอนกรีตที่ผสมซิลิกาฟูมร้อยละ 5 ด้วย โดยมีกำลังอัดสูงถึง 88-91 เมกะปาสกาลเมื่อใช้เถ้าปลาล์มน้ำมันที่มีขนาด 10.1 ไมโครเมตร แทนที่ปูนซีเมนต์ร้อยละ 10-30

### อนาคตของการใช้เถ้าปลาล์มน้ำมันในงานคอนกรีต

ปัจจุบันมีนโยบายจากภาครัฐในการส่งเสริมการปลูกปลาล์มน้ำมันมากขึ้น เพราะน้ำมันปลาล์มเป็นวัตถุดิบสำคัญที่ใช้ในการผลิตไบโอดีเซลซึ่งเป็นเชื้อเพลิงสำหรับรถยนต์ ดังนั้นจะมีกากปลาล์มตลอดจนเถ้าปลาล์มน้ำมันเพิ่มขึ้นอย่างมาก โดยคาดว่าจะเพิ่ม

มากกว่า 3 เท่าใน 10 ถึง 15 ปีข้างหน้า แต่การนำเถ้าปลัสม์น้ำมันไปใช้ประโยชน์ยังน้อยมาก โดยเฉพาะการนำมาใช้ในงานคอนกรีต (ซึ่งเป็นหนทางที่ใช้ประโยชน์ได้ง่ายและปลอดภัยที่สุด) เนื่องจากยังเป็นวัสดุปอซโซลานชนิดใหม่ ซึ่งผู้ใช้งานหรือผู้ดูแลส่วนผสมคอนกรีตยังไม่แน่ใจที่จะนำเถ้าปลัสม์น้ำมันไปใช้งานหรืออาจเข้าใจผิดถึงผลของการนำเถ้าปลัสม์น้ำมันไปใช้ในงานคอนกรีต แต่เจ้าของโครงการยังไม่ต้องการให้ใช้ในโครงการของตน ดังนั้นการส่งเสริมงานวิจัยและพัฒนาการใช้เถ้าปลัสม์น้ำมันในส่วนผสมคอนกรีตจึงยังต้องดำเนินการอย่างต่อเนื่องและเพิ่มจำนวนมากยิ่งขึ้น เพราะเถ้าปลัสม์น้ำมันเป็นผลผลิตที่เกิดขึ้นในบ้านเรา มีจำนวนมากขึ้นทุกปี หากไม่สามารถนำมาใช้ได้ก็ต้องนำไปทิ้ง (ในบ้านเราเอง) แต่ถ้าหากนำไปใช้ได้จะเป็นการกำจัดทั้งเถ้าปลัสม์น้ำมันและลดปัญหาที่เกิดขึ้นจากการทิ้งเถ้าปลัสม์น้ำมันได้อย่างเป็นรูปธรรมที่สุด

ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยการใช้เถ้าปลัสม์น้ำมันในส่วนผสมคอนกรีตจะเป็นประโยชน์อย่างมาก “เพราะจะเป็นข้อมูลสำคัญในการกำหนดมาตรฐานอุตสาหกรรม เรื่อง การใช้เถ้าปลัสม์น้ำมันเพื่อเป็นวัสดุปอซโซลานในงานคอนกรีต” ถ้าหากประเทศไทยสามารถมีมาตรฐานอุตสาหกรรมการใช้เถ้าปลัสม์น้ำมันในงานคอนกรีตเกิดขึ้น ย่อม เป็นแนวทางที่สำคัญในการนำเถ้าปลัสม์น้ำมันไปใช้ในส่วนผสมคอนกรีตได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม และสร้างความเชื่อมั่นในการนำเถ้าปลัสม์น้ำมันไปใช้ในส่วนผสมคอนกรีตต่อไป

### เอกสารอ้างอิง

1. ศูนย์สารสนเทศการเกษตร, สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2545, สถิติการเกษตรแห่งประเทศไทย ปีเพาะปลูก 2544/45, เล่มที่ 43, 121 หน้า.
2. American Society for Testing and Materials, 2010, “ASTM C 618 – 08a: Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete”, ASTM International, 3 pp.
3. ธีรสิทธิ์ แซ่ตั้ง วิชาติ ตั้งจิรภัทร, ชัย จาตุรพิทักษ์กุล, และ ไกรวุฒิ เกียรติโกมล, “การพัฒนาเถ้าปลัสม์น้ำมันเพื่อใช้เป็นวัสดุปอซโซลานในงานคอนกรีต” เอกสารประกอบการ

- ประชุมวิชาการคอนกรีตแห่งชาติ ครั้งที่ 2, พ.ศ. 2547, สมาคมคอนกรีตไทย ร่วมกับ วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยฯ, เชียงใหม่, หน้า 17-22
4. Tay, J.H., 1990, "Ash from Oil-Palm Waste as Concrete Material", Journal of Material in Civil Engineering, ASCE, Vol. 2, pp. 94-105.
  5. Hussin, M.W. and Awal, A.S.M.A., 1996, "Palm Oil Fuel Ash-A Potential Pozzolanic Material in Concrete Construction", Proceedings of the International Conference on Urban Engineering in Asian Cities in the 21<sup>st</sup> Century, 20-23 November 1996, Bangkok, Thailand, pp. D361-D366.
  6. วิรัชชาติ ตั้งจิรภัทร, จตุพล ตั้งปกาศิต, ศักดิ์สินธุ์ แววกุ่ม และ ชัย จาตุรพิทักษ์กุล, 2546, วัสดุพอซโซลานชนิดใหม่จากเถ้าปาล์มน้ำมัน, วารสารวิจัยและพัฒนา มจร., ปีที่ 26, ฉบับที่ 4 ตุลาคม-ธันวาคม, หน้า 459-474
  7. สุรพันธ์ สุคันธปรีย์, ชรินทร์ นมรักษ์ และ ชัย จาตุรพิทักษ์กุล, 2545, "การใช้กากแกลบเชื่อมคาร์ไบด์และเถ้าปาล์มน้ำมันในงานคอนกรีต", การประชุมใหญ่ทางวิศวกรรมประจำปี 2545, 20-23 มิถุนายน, กรุงเทพฯ, หน้า 191-199.
  8. วิรัชชาติ ตั้งจิรภัทร, ชัย จาตุรพิทักษ์กุล และ ไกรวุฒิ เกียรติโกมล, 2547, "การศึกษากำลังอัดและการขยายตัวของมอร์ตาร์ที่ผสมเถ้าปาล์มน้ำมัน", วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา, ปีที่ 15 ฉบับที่ 3, หน้า 32-39.
  9. วันชัย สะตะ, ชัย จาตุรพิทักษ์กุล และ ไกรวุฒิ เกียรติโกมล, 2546, "การใช้เถ้าปาล์มน้ำมันและเถ้าแกลบ-เปลือกไม้ในการทำคอนกรีตกำลังสูง", วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา, ปีที่ 14 ฉบับที่ 2, หน้า 27-32.