

เถ้าจากโรงงานอุตสาหกรรม: วัสดุป่อซีเมนต์ที่ดีสำหรับงานคอนกรีต

โดย

ชัย จาตุรพิทักษ์กุล

นายกสมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย และ

ศาสตราจารย์

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

1 บทนำ

เถ้าจากโรงงานอุตสาหกรรม หลายชนิดเป็นวัสดุป่อซีเมนต์ที่ดี และสามารถพัฒนามาใช้ในงานคอนกรีตได้เป็นอย่างดี เถ้าที่มีศักยภาพและสามารถนำมาพัฒนาเพื่อเป็นวัสดุป่อซีเมนต์ที่ดีเพื่อใช้แทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนในส่วนผสมคอนกรีตต้องมีลักษณะดังนี้คือ 1) เป็นเถ้าที่มีออกไซด์ของซิลิกา หรือซิลิกาและอะลูมินาออกไซด์สูงซึ่งโดยทั่วไปควรมากกว่าร้อยละ 50 ของทั้งหมด 2) มีความละเอียดสูงหรือสามารถทำให้มีความละเอียดสูงได้ และ 3) คือไม่เป็นผลึกคือสามารถทำปฏิกิริยากับต่าง (แคลเซียมไฮดรอกไซด์) ได้ ซึ่งเถ้าจากโรงงานอุตสาหกรรมที่เข้าข่ายในลักษณะข้างต้นได้แก่ เถ้าจากการเผาถ่านหิน (fly ash or pulverized fuel ash) เถ้าจากการเผาถ่านปาล์มน้ำมัน (palm oil fuel ash) เถ้าจากการเผาแกลบ (rice husk ash) และเถ้าจากการเผาขี้เถ้า (bagasse ash)

ส่วนเถ้าจากการเผาขยะ เถ้าจากการเผาเศษไม้ เถ้าจากการเผาเชื้อเพลิงไม้ เถ้าจากการเผาพลาสติก เถ้าจากการเผากระดาษ เถ้าจากการเผายางรถยนต์ เป็นต้น พบว่าเถ้าเหล่านี้มีคุณภาพต่ำไม่ใช้วัสดุป่อซีเมนต์ และการนำไปใช้ในส่วนผสมของคอนกรีตมักส่งผลทางด้านลบต่อคุณภาพของคอนกรีต

2 เถ้าจากโรงงานอุตสาหกรรม

เถ้าจากโรงงานอุตสาหกรรมที่กล่าวถึงในบทความนี้เป็นเถ้าที่เกิดจากการเผาวัสดุเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าหรือเป็นเชื้อเพลิงให้ความร้อน ซึ่งพบว่ามีปริมาณสูงชันอย่างมากในช่วงหลายปีที่ผ่านมาและมีศักยภาพในการพัฒนาเป็นวัสดุป่อซีเมนต์สำหรับใช้ในงานคอนกรีตได้ ซึ่งเถ้าเหล่านี้ได้แก่ เถ้าถ่านหิน เถ้าปาล์มน้ำมัน เถ้าแกลบ และเถ้าขี้เถ้า พบว่ามีปริมาณที่เกิดขึ้นรวมกันปีละประมาณ 5.4 ล้านตัน โดยเป็นเถ้าถ่านหินประมาณ 3.5 ล้านตันและเถ้าอื่นๆ อีกประมาณ 1.9 ล้านตัน แต่มีการนำเถ้าเหล่านี้ไปใช้ประโยชน์ประมาณ 1.8 ล้านตันหรือประมาณร้อยละ 33 ของปริมาณที่เกิดขึ้นในแต่ละปี และเถ้าส่วนใหญ่หรือเกือบทั้งหมดที่นำไปใช้ประโยชน์ได้เป็นเถ้าจากถ่านหินเท่านั้น ส่วนเถ้าอื่นๆ ที่มียู่ออกไซด์รวมทั้งเถ้าถ่านหินที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์ต้องนำไปทิ้งทั้งหมด

3 เถ้าถ่านหิน

เถ้าถ่านหินหรือเถ้าลอยจากถ่านหิน (fly ash or pulverized fuel ash) เป็นเถ้าจากโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตกระแสไฟฟ้าที่มีการศึกษาวิจัยทั้งจากในและต่างประเทศเป็นจำนวนมาก ดังนั้นจึงเป็นเถ้าจากโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการนำไปใช้ประโยชน์ในปริมาณมากที่สุดเมื่อเทียบกับเถ้าชนิดอื่นๆ สำหรับประเทศไทยมีการศึกษาการใช้เถ้าถ่านหินเพื่อเป็นวัสดุก่อสร้างตั้งแต่ปี พ.ศ. 2523 เป็นต้นมา [1,2] จนถึงปี พ.ศ. 2540 จึงมีการใช้ประโยชน์จากเถ้าถ่านหินอย่างจริงจัง โดยในปี พ.ศ. 2545 เป็นต้นมามีการใช้เถ้าถ่านหินจากทุกแหล่งในประเทศไทยปีละกว่า 1.5-1.8 ล้านตันจากกำลังการผลิตทั้งประเทศประมาณ 3.5 ล้านตัน โดยส่วนใหญ่เป็นการใช้เถ้าถ่านหินที่มาจากโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ที่อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ซึ่งมีกำลังการผลิตประมาณ 3 ล้านตันต่อปี โดยใช้แทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนในส่วนผสมคอนกรีต โดยเฉพาะคอนกรีตผสมเสร็จ อย่างไรก็ตามเถ้าถ่านหินส่วนใหญ่คือประมาณ 1.7-2.0 ล้านตันต่อปียังต้องนำไปทิ้ง (ดูรูปที่ 1)

นอกจากนี้ได้มีการผลักดันจากภาคอุตสาหกรรมและภาควิชาการในประเทศไทยให้มีการจัดทำมาตรฐานเกี่ยวกับการใช้เถ้าถ่านหินขึ้น โดยในปี พ.ศ. 2540 มีข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับการใช้เถ้าถ่านหินในส่วนผสมคอนกรีตขึ้น ซึ่งจัดทำโดยสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ (ว.ศ.ท.) [3] และในปี พ.ศ. 2545 ได้มีมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 2135 เถ้าลอยจากถ่านหินใช้เป็นวัสดุผสมคอนกรีต [4] เพื่อเป็นหลักในการนำเถ้าถ่านหินไปใช้งานคอนกรีตได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม



รูปที่ 1 บริเวณบ่อทิ้งเถ้าถ่านหินแม่เมาะ

4 เถ้าแกลบ

เถ้าแกลบ (rice husk ash) เป็นเถ้าที่ชาวไทยคุ้นเคยที่สุดเพราะประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการปลูกข้าวและมีแกลบจำนวนมากทุกปี ประมาณว่าในแต่ละปีจะมีแกลบที่เหลือจากการสีข้าวสารประมาณปีละ 5 ล้านตันและหากเผาแกลบทั้งหมดจะได้เถ้าแกลบประมาณร้อยละ 20 ของน้ำหนักแกลบหรือประมาณ 1 ล้านตันต่อปี แกลบบางส่วนมีการนำไปใช้เป็นส่วนผสมของอิฐมอญและใช้เป็นเชื้อเพลิงเผาอิฐมอญ ใช้เป็นเชื้อเพลิงในโรงงานบางแห่งหรือนำไปใช้ในการผสมกับดินเพื่อการเกษตร นำไปคลุมไม้ไผ่คอก หรือใช้เป็นเชื้อเพลิงประกอบอาหารตามบ้านเรือน หรือท้ายสุดคือเผาทิ้ง เป็นต้น รูปที่ 2 แสดงแกลบและเถ้าแกลบหลังจากการเผาแกลบ



รูปที่ 2 แกลบ และเถ้าแกลบภายหลังจากการเผาแกลบ

ปัจจุบันพบว่าค่าใช้จ่ายด้านพลังงานโดยเฉพาะน้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มสูงขึ้น โรงงานอุตสาหกรรมหลายแห่งได้ปรับเปลี่ยนหรือตัดแปลงลักษณะของเตาเผาที่ใช้เชื้อเพลิงจากน้ำมันอย่างเดียว หรือจากถ่านหินอย่างเดียว ให้สามารถใช้เชื้อเพลิงแบบผสมหรือเชื้อเพลิงชนิดอื่นที่มีราคาถูกกว่า ซึ่งแกลบถือว่าเป็นเชื้อเพลิงทางเลือกที่ได้รับความนิยมสูง ดังนั้นจึงมีการรวบรวมแกลบเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงมากขึ้น สิ่งที่เป็นปัญหาก็คือการเผาแกลบยิ่งมากเท่าไรก็จะได้เถ้าแกลบมากยิ่งขึ้นเท่านั้น โดยเพิ่มเป็นสัดส่วนตรงคือ การเผาแกลบ 100 กิโลกรัมจะได้เถ้าแกลบ 20 กิโลกรัม และเถ้าแกลบยังคงเป็นวัสดุที่ไม่ต้องการของโรงงานซึ่งต้องกำจัดทิ้ง (ดูรูปที่ 3)

แม้ว่างานวิจัยจำนวนมากแสดงให้เห็นว่าเถ้าแกลบเป็นวัสดุป่อซีเมนต์ที่มี SiO_2 สูงกว่าร้อยละ 90 แต่การใช้เถ้าแกลบในส่วนผสมคอนกรีตไม่ได้รับการยอมรับจากภาคอุตสาหกรรมผลิตคอนกรีตเนื่องจากต้องบดเถ้าแกลบให้มีความละเอียดสูงจึงจะสามารถนำไปใช้ได้ ดังนั้นจึงเป็นข้อจำกัดที่สำคัญเพราะทำให้เกิดต้นทุนในการบดเถ้าแกลบขึ้น ทำให้ค่าใช้จ่ายของการผลิตคอนกรีตที่ผสมเถ้าแกลบสูงขึ้นเมื่อเทียบกับการใช้เถ้าถ่านหินในส่วนผสมคอนกรีตซึ่งทำได้ง่ายและสะดวกกว่า



รูปที่ 3 กองเถ้าแกลบก่อนนำไปทิ้ง

5 เถ้าข่านอ้อย

อ้อยเป็นวัสดุที่สําคัญในการผลิตน้ำตาลทรายที่คนไทยคุ้นเคย แต่เถ้าข่านอ้อย (bagasse ash หรือ sugar cane bagasse ash) กลับเป็นวัสดุที่คนไทยไม่คุ้นเคย และหากกล่าวถึงเถ้าข่านอ้อยสามารถใช้เป็นส่วนผสมในคอนกรีตด้วยแล้ว บุคคลทั่วไปจะยังไม่คุ้นเคยเป็นอย่างยิ่ง ประเทศไทยได้ชื่อว่าเป็นประเทศอันดับต้นๆ ของโลกที่มีการปลูกอ้อยจำนวนมาก โดยอยู่ที่อันดับ 3 รองจากประเทศบราซิล และ อินเดีย

ข่านอ้อยเป็นวัสดุที่พลอยได้จากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตน้ำตาล จากนั้นโรงงานอุตสาหกรรมผลิตน้ำตาลจึงใช้ข่านอ้อยเป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า เชื้อเพลิงจากข่านอ้อยถือว่าเป็นเชื้อเพลิงที่ก่อให้เกิดปัญหาต่อสภาพแวดล้อมน้อยเนื่องจากมีปริมาณกำมะถันต่ำจึงไม่ก่อให้เกิดฝนกรด ในปี พ.ศ. 2557 พบว่าประเทศไทยผลิตอ้อยทั้งหมดประมาณ 105 ล้านตัน [5] และหลังจากกระบวนการผลิตน้ำตาลมีข่านอ้อยเหลือประมาณร้อยละ 26 ของน้ำหนักอ้อยหรือมีข่านอ้อยประมาณ 27.3 ล้านตัน ข่านอ้อยบางส่วนจำนวนไม่มากนักนำไปทำเป็นพาร์ติเคิลบอรัทหรือกระเบื้องข่านอ้อย เป็นต้น ข่านอ้อยส่วนใหญ่ใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าโดยเหลือเป็นเถ้าข่านอ้อยร้อยละ 0.62 ของน้ำหนักอ้อย [6] หรือประมาณ 6 แสนตันต่อปี ซึ่งเถ้าข่านอ้อยเหล่านี้ส่วนใหญ่ต้องนำไปทิ้ง (รูปที่ 4) และอาจมีบางส่วนที่เกษตรกรนำเถ้าข่านอ้อยไปทำปุ๋ย หรือปรับปรุงสภาพดินที่เป็นกรด



รูปที่ 4 กองเถ้าข่านอ้อยก่อนเผา และบ่อทิ้งเถ้าข่านอ้อย

เถ้าข่านอ้อยเป็นเถ้าอีกชนิดหนึ่งที่มีศักยภาพในการนำมาใช้ประโยชน์ในงานคอนกรีต เนื่องจากเถ้าข่านอ้อยมีส่วนประกอบหลักคือซิลิกาอนไดออกไซด์ในปริมาณสูงและส่วนใหญ่ไม่เป็นผลึก จึงสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุป่อซิลิกาได้ ปัญหาของเถ้าข่านอ้อยคือเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำตาลที่ยังไม่สามารถจัดการให้เกิดประโยชน์ได้อย่างแท้จริง และการดำเนินการเพื่อนำเถ้าข่านอ้อยไปใช้ประโยชน์มีข้อเรื่องง่ายนัก ส่วนใหญ่ต้องนำไปทิ้ง ก่อปัญหาอย่างมากต่อโรงงานผลิตน้ำตาลในการกำจัดเถ้าข่านอ้อย ทั้งขนไปทิ้ง จัดพื้นที่กองเถ้าหรือพื้นที่ฝังกลบ นอกจากนี้เถ้าข่านอ้อยยังก่อให้เกิดปัญหาสภาวะแวดล้อมกับบริเวณโดยรอบเนื่องจากเถ้าข่านอ้อยมีลักษณะเป็นฝุ่นผง น้ำหนักเบา ฟูกระจายได้ง่าย

6 เถ้าปาล์มน้ำมัน

เถ้าปาล์มน้ำมัน (palm oil fuel ash) ในที่นี้หมายถึงเถ้าที่ได้จากการเผากากของผลปาล์มน้ำมันได้แก่ เศษกะลา เส้นใย และทลายปาล์มเปล่าของผลปาล์ม (ตั้งแต่แสดงในรูปที่ 5) เพื่อเป็นเชื้อเพลิงให้กับหม้อกำเนิดไอน้ำในการผลิตกระแสไฟฟ้า มีคุณสมบัติที่ใช้ในการเผาไหม้ประมาณ 800-900 องศาเซลเซียส

วารสารคอนกรีต TCA e-magazine



ถ้าปาล์มน้ำมันเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นเฉพาะประเทศที่ปลูกปาล์มน้ำมันเป็นอุตสาหกรรม เช่น ประเทศมาเลเซีย ประเทศอินโดนีเซีย และประเทศไทย (มีปริมาณการผลิตเป็นอันดับ 3 ของโลก รองจาก มาเลเซียและอินโดนีเซีย) เพราะต้นปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่สามารถเจริญเติบโตในประเทศเหล่านี้ที่เป็นเขตร้อน-ชื้น ดังนั้นข้อมูลในเรื่องการใช้ถ้าปาล์มในงานคอนกรีตจึงแทบไม่สามารถหาได้จากนักวิจัยที่อาศัยอยู่ในทวีปยุโรปหรือสหรัฐอเมริกา เพราะไม่ใช่ปัญหาของประเทศเหล่านั้น ดังนั้นการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับถ้าปาล์มน้ำมันจึงเป็นหน้าที่ของประเทศที่ผลิตน้ำมันปาล์มทั้งสิ้น

ปีพ.ศ. 2544 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกปาล์มประมาณ 1.45 ล้านไร่ และมีผลผลิตเป็นอันดับ 4 ของโลกประมาณ 4.08 ล้านตันต่อปี ทำให้เกิดการกากของผลปาล์มน้ำมันประมาณ 2.14 ล้านตันต่อปี หลังจากการเผาพบว่าถ้าปาล์มน้ำมันที่เกิดขึ้นมีปริมาณสูงถึง 107,000 ตันต่อปี ผ่านไปประมาณ 10 ปีในคือในพ.ศ. 2556-2557 พบว่าพื้นที่เพาะปลูกปาล์มน้ำมันในประเทศไทยเพิ่มขึ้นเป็นกว่า 4.4 ล้านไร่ มีผลผลิตเพิ่มขึ้นประมาณ 3 เท่าเป็น 12.37 ล้านตันต่อปี [7] และกลายเป็นผู้ผลิตใหญ่ลำดับที่ 3 ของโลกและมีถ้าปาล์มน้ำมันเพิ่มขึ้นเป็นประมาณ 300,000 ตันต่อปี แต่ที่สำคัญคือมีการนำถ้าปาล์มน้ำมันไปใช้ประโยชน์น้อยมาก



รูปที่ 5 ก. กากปาล์มน้ำมันก่อนการเผาเพื่อเป็นเชื้อเพลิง



รูปที่ 5 ข. ถ้าปาล์มน้ำมันหลังจากการเผา

ถ้าปาล์มน้ำมันมีลักษณะเป็นผงสีน้ำตาลหนักเบาสามารถที่จะกระจายได้ง่าย ถ้าปาล์มน้ำมันที่เกิดขึ้นมีการนำมาใช้ประโยชน์น้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาณที่เกิดขึ้นในแต่ละปี ส่วนใหญ่ต้องนำไปทิ้ง ทำให้เกิดปัญหาในเรื่องการกำจัดทิ้งตามมา เช่น ปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อม เป็นต้น นอกจากนี้นโยบายของรัฐบาลไทยในการนำน้ำมันปาล์มมาใช้เป็นพลังงานทดแทนในรถยนต์ เช่น เป็นไบโอดีเซล ทำให้มีการขยายพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันเพิ่มขึ้น

จากการศึกษาวิจัยพบว่าถ้าปาล์มน้ำมันเป็นวัสดุพอใช้ได้ชนิดหนึ่งและมีศักยภาพสูงในการนำไปใช้แทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนในส่วนผสมคอนกรีต

7 ข้อจำกัดของการใช้ถ้าจากโรงงานอุตสาหกรรม

ข้อจำกัดของการใช้ถ้าจากโรงงานอุตสาหกรรมมีหลายประการ ทั้งที่เกี่ยวกับทางเทคนิคและไม่เกี่ยวกับทางเทคนิค แต่ที่สำคัญคือด้านราคาและด้านคุณภาพของคอนกรีตที่ผสมถ้าจากโรงงานอุตสาหกรรม หากการใช้ถ้าชนิดใดชนิดหนึ่งจากอุตสาหกรรมทำให้ราคาของคอนกรีตถูกลงโดยไม่ทำให้คุณภาพของคอนกรีตลดลงจะเป็นการส่งเสริมการใช้ถ้าชนิดดังกล่าวได้เป็นอย่างดี แต่ถ้าหากการใช้ถ้าในส่วนผสมคอนกรีตแล้ว

สมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย

ชั้น 3 อาคารสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย 487 รามคำแหง 39 ถ.รามคำแหง แขวงพลับพลา เขตวังทองหลาง กรุงเทพฯ 10310

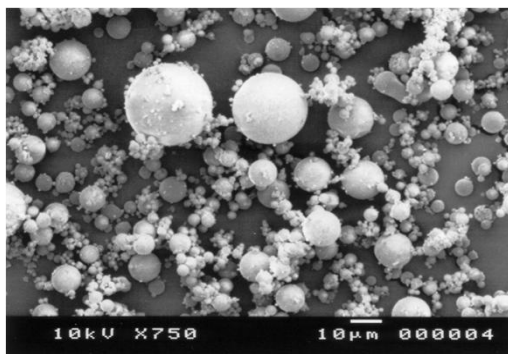
โทรศัพท์ 0-2935-6539 โทรสาร 0-2935-6538 Email : thaitca@gmail.com Homepage : <http://www.thaitca.or.th>

ทำให้ราคาคอนกรีตสูงขึ้นหรือต่ำลงไม่มากเมื่อเทียบกับการไม่ใช้เถ้า โอกาสการใช้เถ้าดังกล่าวในปริมาณมากแทบเป็นไปไม่ได้ ยกเว้นว่าการใช้เถ้าดังกล่าวจะส่งผลดีต่อคุณภาพของคอนกรีตอย่างมาก เพื่อให้เห็นข้อจำกัดในการใช้เถ้าจากโรงงานอุตสาหกรรมที่ชัดเจนขึ้น จึงขอให้รายละเอียดในแต่ละข้อดังนี้

7.1 คุณภาพของเถ้า : คุณภาพของเถ้าจากโรงงานอุตสาหกรรมแต่ละชนิดมักขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมี ความไม่เป็นผลึก และความละเอียดของเถ้าชนิดนั้นๆ เถ้าที่เหมาะสมในการนำมาใช้ในส่วนผสมคอนกรีตต้องเป็นเถ้าที่มีออกไซด์ของซิลิกา อลูมินา และเหล็กรวมกันอย่างน้อยร้อยละ 50 และไม่เป็นผลึก ซึ่งเถ้าดังกล่าวสามารถทำปฏิกิริยาปอซโซลานร่วมกับต่างที่มาจากปูนซีเมนต์ได้ดี และทำให้คอนกรีตที่ผสมเถ้าเหล่านี้ในปริมาณที่เหมาะสมมีคุณภาพที่ดีกว่าคอนกรีตที่ไม่ผสมเถ้า นอกจากนี้เถ้าที่นำมาใช้งานต้องมีออกไซด์ของซัลเฟอร์ ออกไซด์ของอัลคาไล (พวกโซเดียม โพแทสเซียม และแมกนีเซียม) ปูนขาวอิสระ และ LOI ต่ำๆ เพราะสารเหล่านี้มักทำให้คุณภาพของคอนกรีตต่ำลง และทำให้ความทนทานของคอนกรีตที่ผสมเถ้าเหล่านี้ลดลงอีกด้วย

คุณภาพของเถ้ายังขึ้นกับความละเอียดของเถ้า หากเถ้ามีความละเอียดมากเท่าใดจะมีความสามารถในการทำปฏิกิริยาปอซโซลานได้ดีเท่านั้น เพราะเมื่อมีความละเอียดมากย่อมมีพื้นที่ผิวในการทำปฏิกิริยามากและส่งผลให้คอนกรีตมีกำลัง และคุณภาพสูงขึ้นกว่าการใช้เถ้าที่มีความละเอียดที่ต่ำกว่า

รูปร่างของเถ้าส่งผลต่อความสามารถในการคืนไฟและคุณภาพของคอนกรีตเช่นกัน ถ่านหินที่เผาแบบ *pulverized combustion* มักให้เถ้าถ่านหินรูปร่างกลม-ตันและมีค่า LOI ต่ำเนื่องจากเผาที่อุณหภูมิค่อนข้างสูงราว 1300-1400 องศาเซลเซียส (ดูรูปที่ 6) ขณะที่การเผาถ่านหินชนิดเดียวกันแบบ *fluidized bed combustion* ซึ่งเผาที่อุณหภูมิลดลง 800-900 องศาเซลเซียส ให้เถ้าถ่านหินที่มีรูปร่างที่ไม่แน่นอน มีรูพรุนสูง และบางครั้งอาจมี LOI ที่สูงกว่าแบบแรกได้ การใช้เถ้าถ่านหินที่มีขนาดอนุภาคและปริมาณเท่ากันในส่วนผสมคอนกรีต พบว่าคอนกรีตที่ใช้เถ้าถ่านหินที่มีรูปร่างกลม-ตัน ให้ผลที่ดีกว่าทั้งการคืนไฟและทะลุเข้าแบบที่ง่ายกว่า ใช้น้ำในส่วนผสมคอนกรีตที่ต่ำกว่า และให้กำลังที่สูงกว่า คอนกรีตที่ใช้เถ้าถ่านหินที่มีรูปร่างไม่แน่นอนและมีรูพรุน



รูปที่ 6 เถ้าถ่านหินที่มีรูปร่างกลม-ตัน ช่วยให้คอนกรีตคืนไฟได้ดีขึ้น

7.2 ความรู้และความเข้าใจในการใช้เหล็ก : แม้ว่าเหล็กจากโรงงานอุตสาหกรรมหลายชนิดสามารถใช้แทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนและทำให้คุณภาพของคอนกรีตดีขึ้นกว่าคอนกรีตที่ไม่มีส่วนผสมของเหล็ก แต่คนจำนวนมากรวมถึงวิศวกรโยธาด้วย ยังไม่กล้าใช้เหล็กจากโรงงานอุตสาหกรรมในส่วนผสมคอนกรีต เพราะไม่มีความรู้และความเข้าใจในการใช้เหล็กดังกล่าวอย่างตีพอ

ความรู้และความเข้าใจในเรื่องของเหล็กจากโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อใช้ในการงานคอนกรีตจึงเป็นข้อจำกัดที่สำคัญอีกประการหนึ่ง นอกเหนือจากด้านเทคนิค เพราะผู้ที่ไม่รู้ไม่เข้าใจ ย่อมไม่ยอมเสี่ยงที่จะใช้เหล็กในงานคอนกรีต เพราะการเลือกใช้เหล็กที่มีคุณภาพไม่ดี แทนที่ปูนซีเมนต์ในปริมาณที่มากเกินไปและนำไปใช้ไม่เหมาะกับงาน จะส่งผลเสียต่อคอนกรีตมากกว่าผลดีและทำให้งานก่อสร้างเสียหายได้มาก เช่น เลือกเหล็กที่มีขนาดอนุภาคใหญ่แทนที่ปูนซีเมนต์ในปริมาณมากและใช้กับงานคอนกรีตที่ต้องการกำลังที่อายุต้นๆ สูง (เช่นงานคอนกรีตอัดแรง) ย่อมก่อให้เกิดความเสียหายต่องานอย่างมาก เพราะคอนกรีตมีกำลังต่ำมากทั้งที่อายุต้นและอายุปลาย



รูปที่ 7 การอบรม สัมมนา เผยแพร่ความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับเหล็กอุตสาหกรรมเพื่อใช้เป็นวัสดุประกอบโซลิดาน เพื่อให้ผู้สนใจทราบ และสามารถนำไปใช้ได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม

7.3 การส่งเสริมการใช้เหล็กในงานคอนกรีต : เป็นที่ยอมรับกันทั่วไปว่าการใช้เหล็กจากโรงงานอุตสาหกรรมยิ่งมากเท่าใด ยิ่งมีผลดีต่อสภาพแวดล้อมและเป็นการประหยัดพลังงานมากเท่านั้น เพราะเหล็กจากโรงงานอุตสาหกรรมที่ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ต้องนำไปกำจัดทิ้ง การกำจัดทิ้งเสียค่าใช้จ่ายในการกำจัดทิ้ง (รถขน คำน้ำมัน ค่าคนงาน ค่ารถบรรทุก หรือค่าสายพานลำเลียงไปทิ้ง เป็นต้น) พื้นที่ทิ้งเหล็กย่อมนำมาใช้ประโยชน์ไม่ได้ และหากพื้นที่ทิ้งเหล็กอยู่ใกล้กับแหล่งชุมชนมากเกินไปอาจมีปัญหากการฟุ้งกระจายของฝุ่นที่เกิดจากเหล็กเหล่านี้ได้

การใช้เหล็กจากโรงงานอุตสาหกรรมแทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนทำให้การใช้ปูนซีเมนต์ลดลง แต่ยังคงได้วัสดุประสานสำหรับผสมคอนกรีตเท่าเดิม ทำให้การผลิตปูนซีเมนต์ลดลงเท่าๆ กับปริมาณของเหล็กที่ใช้ในการแทนที่ปูนซีเมนต์ มีการประมาณว่าตั้งแต่ปีพ.ศ. 2545 เป็นต้นมา มีการใช้เหล็กแทนหินจากแม่เมาะในการแทนที่ปูนซีเมนต์จำนวน 1.5 ล้านตันต่อปีเพื่อทำเป็นคอนกรีต ทำให้ลดการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศลงประมาณ 1.5 ล้านตัน คิดเป็นมูลค่าในการประหยัดพลังงานที่ต้องใช้ถ่านหินในการเผาปูนซีเมนต์ประมาณ 160 ล้านบาท และที่สำคัญคือลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยสู่บรรยากาศเนื่องจากการเผาปูนซีเมนต์ได้ประมาณ 1.5 ล้านตัน เช่นกัน

จากเหตุผลข้างต้น ภาครัฐฯ และภาคเอกชนที่เกี่ยวข้องควรคำนึงถึงประโยชน์ที่ได้เป็นองค์รวมจากการใช้เถ้าจากโรงงานอุตสาหกรรม แทนที่จะพิจารณาเฉพาะความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์เพียงอย่างเดียว ในกลุ่มผู้ผลิตคอนกรีตควรพิจารณาถึงประโยชน์ที่ได้ทั้งทางด้านราคาและสภาพแวดล้อม (รวมถึงการลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์) รวมกันไป แทนที่จะมองว่าถ้าการใช้เถ้าในส่วนผสมคอนกรีตไม่ทำให้คอนกรีตมีราคาต่ำลงแล้วไม่ควรใช้เถ้าดังกล่าว อย่างไรก็ตามในปัจจุบันผู้ผลิตและผู้ซื้อคอนกรีตส่วนใหญ่ให้ความสำคัญในการตัดสินใจ ซึ่งทำให้การนำเถ้าจากโรงงานอุตสาหกรรมไปใช้ในงานคอนกรีตเป็นไปได้ยาก ยกเว้นเถ้าจากถ่านหินที่มีการใช้มากเพราะทำให้ราคาคอนกรีตลดลงอย่างเห็นได้ชัด ขณะที่เถ้าจากโรงงานอุตสาหกรรมชนิดอื่น เช่น เถ้าแกลบ เถ้าชานอ้อย หรือเถ้าปาล์มน้ำมัน ต้องมีกระบวนการบดหรือเพิ่มความละเอียดให้แก่เถ้า ตลอดจนอาจต้องมีการใช้น้ำยาเคมีช่วยในการเพิ่มความสามารถในการเทมากขึ้น (เนื่องจากการบดเถ้าแกลบ เถ้าชานอ้อย และเถ้าปาล์มน้ำมัน ทำให้อนุภาคเป็นเหลี่ยมมุม และเถ้าแกลบหรือเถ้าชานอ้อยมีรูพรุนสูง) ทำให้มีค่าใช้จ่ายสูงขึ้นจึงดึงดูดการใช้งานน้อยลง

การส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากการใช้เถ้าจากโรงงานอุตสาหกรรมอาจอยู่ในรูปของการสร้างแรงจูงใจหรือการอุดหนุนให้ผู้ผลิตและผู้ซื้อคอนกรีตใช้เถ้าจากโรงงานอุตสาหกรรมในส่วนผสม หรือใช้มาตรการในเรื่องภาษีในการกำจัดทิ้งของเถ้าต่างๆ แล้วนำเงินภาษีดังกล่าวไปอุดหนุนให้เกิดการวิจัย พัฒนาและใช้เถ้าให้มากขึ้น จนกระทั่งไม่มีการทิ้งเถ้าอีกต่อไปหรือมีการทิ้งเถ้าเป็นจำนวนน้อยที่สุดเท่าที่จะน้อยได้

7.4 มาตรฐานควบคุมคุณภาพของเถ้า : การกำหนดมาตรฐานของเถ้าจากโรงงานอุตสาหกรรมพบว่ามิเฉพาะเถ้าถ่านหินเท่านั้น เนื่องจากเถ้าถ่านหินเป็นปัญหาของประเทศที่พัฒนาแล้วเมื่อเกือบ 100 ปีก่อน ดังนั้นประเทศเหล่านี้จึงได้มีการลงทุนทำการศึกษาวิจัยเรื่องเกี่ยวกับเถ้าถ่านหินเป็นจำนวนมากจนสามารถสร้างมาตรฐานขึ้นมาเพื่อกำหนดแนวทางการใช้งาน เช่น มาตรฐาน ASTM ของประเทศสหรัฐอเมริกา มาตรฐาน BS ของประเทศสหราชอาณาจักร เป็นต้น ส่วนประเทศไทยเพิ่งมีการกำหนดเป็น มอก. 2135 เพื่อใช้ประโยชน์ของเถ้าจากถ่านหินเมื่อ พ.ศ. 2545 (รูปที่ 8) แต่มาตรฐานสำหรับเถ้าแกลบ เถ้าปาล์มน้ำมัน หรือเถ้าชานอ้อย ไม่พบว่ามีข้อกำหนดเป็นมาตรฐานใน ASTM หรือ BS เนื่องจากเป็นวัสดุที่ไม่มีหรือมีน้อยมากในประเทศเหล่านี้ จึงไม่มีความจำเป็นต้องศึกษาวิจัยเพื่อนำข้อมูลมาสร้างเป็นมาตรฐาน ดังนั้นมาตรฐานของเถ้าแกลบ และเถ้าชานอ้อย จึงเป็นหน้าที่ของนักวิจัยไทยหรือนักวิจัยชาวต่างประเทศที่ประสบปัญหาของเถ้าต่างๆ เหล่านี้จะเป็นผู้ดำเนินการ

หากประเทศไทยมีมาตรฐานที่กำหนดคุณสมบัติที่เหมาะสมของเถ้าจากโรงงานอุตสาหกรรมแล้ว เชื่อว่าจะทำให้การใช้เถ้าจากโรงงานอุตสาหกรรมมีความชัดเจน ถูกต้อง และเหมาะสมมากยิ่งขึ้น เพราะเถ้าจากโรงงานอุตสาหกรรมที่มีคุณภาพจะได้รับการตรวจสอบและยืนยันว่าเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในงานคอนกรีต และที่สำคัญคือผู้ใช้สามารถเลือกใช้เถ้าดังกล่าวแทนที่ปูนซีเมนต์ในปริมาณที่เหมาะสม และทำให้การใช้เถ้าจากโรงงานอุตสาหกรรมในส่วนผสมคอนกรีตเป็นเรื่องธรรมดาที่ไม่จำเป็นต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านในการออกแบบส่วนผสมคอนกรีต

ในปัจจุบัน (พ.ศ. 2558) มีการร่างมาตรฐานเถ้าปาล์มน้ำมันใช้เป็นวัสดุผสมคอนกรีต (PALM OIL FUEL ASH USE AS AN ADMIXTURE IN CONCRETE) ซึ่งอยู่ในขั้นตอนการพิจารณาของสำนักมาตรฐานอุตสาหกรรม ซึ่งน่าจะเป็นมาตรฐานฉบับแรกของโลกที่กล่าวถึงการใช้เถ้าปาล์มน้ำมันเพื่อใช้ในงานคอนกรีต (รูปที่ 9)



รูปที่ 8 มอก. 2135-2545 เถ้าลอยจากถ่านหิน
ใช้เป็นวัสดุผสมคอนกรีต [4]



รูปที่ 9 หน้าปกร่าง มอก. เถ้าปาล์มน้ำมัน
ใช้เป็นวัสดุผสมคอนกรีต

8 การนำเถ้าจากโรงงานอุตสาหกรรมไปใช้เป็นวัสดุปอซโซลานในงาน

เถ้าจากโรงงานอุตสาหกรรมที่กล่าวมาข้างต้นพบว่าสามารถพัฒนาให้เป็นวัสดุปอซโซลาน (Pozzolan) ที่ใช้ได้โดยใช้แทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนเพื่อผลิตคอนกรีต โดยมีวัตถุประสงค์ในการลดต้นทุนของคอนกรีตหรือเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติบางประการของคอนกรีตให้ดีขึ้น เช่น เพิ่มความทนทานของคอนกรีตต่อสภาพการกัดกร่อน ช่วยปรับปรุงคุณสมบัติของคอนกรีตเพื่อให้ทำงานได้ง่ายขึ้น เป็นต้น ประเทศไทยมีวัสดุปอซโซลานหลายชนิด บางชนิดมีการวิจัยพัฒนาและส่งเสริมจนสามารถนำมาใช้ในงานคอนกรีต เช่น เถ้าถ่านหิน และเถ้าจากโรงงานอุตสาหกรรมอีกหลายชนิดที่เป็นวัสดุปอซโซลานที่มีศักยภาพสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในงานคอนกรีตได้ เช่น เถ้าแกลบ เถ้าปาล์มน้ำมัน และเถ้าชานอ้อย เป็นต้น

เหตุผลหลักที่ควรใช้เถ้าจากโรงงานอุตสาหกรรมในงานคอนกรีตมากกว่าจะนำไปใช้ในทางประเภทอื่นเนื่องจาก

1. การใช้เถ้าเพื่อแทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนในส่วนผสมคอนกรีตทำให้สามารถใช้เถ้าจากโรงงานอุตสาหกรรมได้เป็นจำนวนมาก เพราะในแต่ละปีมีการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศจำนวนมากคือประมาณ 30-40 ล้านตัน ซึ่งหากใช้เถ้าจากโรงงานอุตสาหกรรมแทนที่ปูนซีเมนต์เพียงร้อยละ 10 จะสามารถใช้เถ้าถึง 3 ล้านตันหรือร้อยละ 60 ของปริมาณที่ผลิตได้ทั้งหมด ซึ่งเป็นปริมาณที่สูงและสามารถลดปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากเถ้าดังกล่าวออกไปได้อย่างมาก
2. เทคโนโลยีเกี่ยวกับการผลิตคอนกรีตเป็นเทคโนโลยีที่ไม่ซับซ้อนมากและสามารถเรียนรู้ได้ง่าย โดยใช้บุคคลากรที่ดำเนินงานในด้านที่เกี่ยวข้องกับคอนกรีตอยู่แล้วมาอบรมเพิ่มเติมก็สามารถเข้าใจและนำเถ้าจากโรงงานอุตสาหกรรมไปใช้ได้โดยถูกต้องและเหมาะสม

3. ปูนซีเมนต์เป็นวัสดุประสานที่มีประสิทธิภาพสูงมากในการยึดวัสดุอื่นทรายต่างๆ ที่อาจมีในเสาจากโรงงานอุตสาหกรรมให้อยู่ในเนื้อคอนกรีตและไม่แพร่กระจายหรือแพร่กระจายออกมาจากคอนกรีตได้น้อยมาก ดังนั้นจึงมีความปลอดภัยสูงมากกว่าการปล่อยให้เสาจากโรงงานอุตสาหกรรมไปทิ้งในพื้นที่เปิดโล่งหรือทิ้งโดยวิธีฝังกลบ

4. จากข้อมูลการศึกษาและงานวิจัยทั้งจากภายในและต่างประเทศล้วนให้ผลตรงกันว่า การใช้เสาจากโรงงานอุตสาหกรรมข้างต้นที่มีองค์ประกอบเคมีที่เหมาะสม มีการแทนที่ปูนซีเมนต์ที่ไม่มากจนเกินไป และเป็นเสามีความละเอียดสูง พบว่าสามารถทำให้คอนกรีตมีคุณภาพและคุณสมบัติที่ดีกว่าคอนกรีตที่ไม่ผสมเถ้า ทั้งด้านกำลังและด้านความทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่มีการกัดกร่อนสูง

5. การใช้เสาจากอุตสาหกรรมเพื่อแทนที่ปูนซีเมนต์ในส่วนผสมคอนกรีต ทำให้ลดการใช้ปูนซีเมนต์ในส่วนผสมคอนกรีตลง แต่ยังคงได้ปริมาณคอนกรีตเท่าเดิม การลดปริมาณการผลิtpูนซีเมนต์ลงทำให้สามารถประหยัดพลังงานเพราะเผาเม็ดปูนซีเมนต์ลดลง เมื่อเผาปูนซีเมนต์ลดลงจึงเป็นการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อออกสู่บรรยากาศ เพราะในการผลิตปูนซีเมนต์ 1 ตัน คาดว่าต้องปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศประมาณ 1 ตัน เช่นกัน

จากเหตุผลเบื้องต้นทั้ง 5 ข้อ เห็นได้ว่าการใช้เสาจากโรงงานอุตสาหกรรมในงานคอนกรีตเป็นวิธีการใช้ประโยชน์จากเถ้าได้ดีและเหมาะสมที่สุด อย่างไรก็ตามอาจมีการใช้เสาจากโรงงานอุตสาหกรรมบางชนิดในงานประเภทอื่น เช่น นำไปทำปูพื้น นำไปลดความเป็นกรดของดินเปรี้ยว (เถ้าส่วนใหญ่ก็มีสภาพเป็นด่าง) แต่การใช้ประโยชน์ยังมีปริมาณน้อยมากเมื่อเทียบกับจำนวน 5 ด้านต้นที่อธิบายไว้ ดังนั้นจึงขอฝากทุกๆ ท่านช่วยกันพิจารณาส่งเสริมและหาช่องทางจนสามารถนำเสาจากโรงงานอุตสาหกรรมไปใช้ในงานคอนกรีตได้อย่างปลอดภัยและเหมาะสม

หมายเหตุ บทความนี้ปรับปรุงและเพิ่มเติมเนื้อหาจากบทความเรื่อง “เถ้าจากโรงงานอุตสาหกรรม: ปัญหาคัด และการนำไปใช้งาน, ซึ่งเป็นหนึ่งในบทความจากหนังสือ เรื่อง การใช้ประโยชน์จากเถ้าและวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อเป็นวัสดุในงานคอนกรีต, พิมพ์ครั้งที่ 3 ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, เรียบเรียงโดย ชัย จาตุรพิทักษ์กุล และ วิรัชดี ตั้งจิรังกร และขอขอบคุณนักศึกษาจากห้องปฏิบัติการคอนกรีต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่กรุณาจัดทำรูปภาพเถ้าต่างๆประกอบบทความนี้ และนำเสนอในหนังสือ หนังสือวิศวกรรม สมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย

เอกสารอ้างอิง

1. ประจิต จิรปโปภา, พ.ศ. 2523, การศึกษาเพื่อใช้ประโยชน์ของซีเถ้าลอยจากการเผาถิกไนท์แม่เมาะในโรงไฟฟ้า, เอกสารประกอบการประชุมวิชาการเรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาชนบท, สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, หน้า 195-205
2. จิรพันธ์ สุวามกุลศักดิ์, พันธุ์ เขียวสถิตย์, พินิจ โกวิทวณิช, และ วสันต์ ตรีสุวรรณ, พ.ศ. 2523, ซีเถ้าถิกไนท์ คุณสมบัติทางวิศวกรรมและการปรับปรุงคุณภาพ, วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมโยธา, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า วิทยาเขตธนบุรี, 115 หน้า
3. คณะอนุกรรมการคอนกรีตและวัสดุ ในคณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมโยธา, 2540, ว.ศ.ท. 1014 ข้อกำหนดมาตรฐานวัสดุและการก่อสร้างสำหรับโครงสร้างคอนกรีต, วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์, พิมพ์ครั้งที่ 1

วารสารคอนกรีต TCA e-magazine



4. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 2135-2545, ถ้าวัดจากถ่านหินใช้เป็นวัสดุผสมคอนกรีต, สำนักมาตรฐานอุตสาหกรรม, กระทรวงอุตสาหกรรม, 2546, 10 หน้า
5. สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, กองอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย, กระทรวงอุตสาหกรรม, 2558, รายงานการผลิตอ้อยและน้ำตาลทราย จาก www.ocsb.go.th ค้นเมื่อ 4 สค. 2558
6. Cordeiro Gc, Filijp RDT, Fairbairt EMR, Luis MMT, Oliver CH, 2004, Influence of mechanical grind on the pozzolanic activity of residual sugarcane bagasse ash, Proceedings of the International Conference on Use of Recycled Materials in Building and Structure, Barcelona, p. 1-9.
7. ศูนย์สารสนเทศการเกษตร, สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556, สถิติการเกษตรแห่งประเทศไทย ปีเพาะปลูก 2556-2558 จาก www.oae.go.th ค้นเมื่อ 5 สค. 2558

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>