

### เถ้าชีวมวลจากโรงงานอุตสาหกรรม : ปัญหา ข้อจำกัดและ การนำไปใช้งาน

โดย

ศาสตราจารย์ ดร. ชัย จาตุรพิทักษ์กุล

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

#### 1. บทนำ

เถ้าชีวมวลเป็นเถ้าที่เหลือจากวัสดุทางการเกษตรที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าและต้องนำไปกำจัดทิ้งเพราะมีปริมาณมาก ซึ่งอาจเป็นการทิ้งเพื่อถมที่หรือทิ้งในบ่อทิ้งที่เตรียมไว้ นอกจากการนำไปทิ้งแล้ว เถ้าชีวมวลบางชนิดสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในงานคอนกรีต เถ้าชีวมวลที่มีศักยภาพที่จะนำไปใช้ในงานคอนกรีตได้ต้องมีลักษณะดังนี้คือ เป็นเถ้าที่มีออกไซด์ของซิลิกา หรือซิลิกาและอลูมินาออกไซด์สูงซึ่งโดยทั่วไปควรมากกว่าร้อยละ 50 ของทั้งหมด มีความละเอียดสูงหรือสามารถทำให้มีความละเอียดสูงได้ และไม่เป็นผลึกคือสามารถทำปฏิกิริยากับด่าง (แคลเซียมไฮดรอกไซด์) ได้ ซึ่งเถ้าชีวมวลที่เข้าข่ายในลักษณะข้างต้นได้แก่ เถ้าจากการเผากากปาล์มน้ำมัน (palm oil fuel ash) เถ้าจากการเผาแกลบ (rice husk ash) หรือเถ้าจากการเผาแกลบร่วมกับเปลือกไม้ (rice husk-bark ash) และเถ้าจากการเผาชานอ้อย (bagasse ash)

### 2. ปัญหาของเถ้าชีวมวลจากโรงงานอุตสาหกรรม

เถ้าชีวมวลเป็นเถ้าจากโรงงานอุตสาหกรรมทั้งหมดที่เกิดจากการใช้วัตถุดิบที่เกี่ยวข้องเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งภายหลังจากการเผาและนำความร้อนไปใช้แล้วส่วนที่เหลือจากการเผาคือเถ้า ปัญหาส่วนใหญ่ของเถ้าเหล่านี้ คือมักได้รับการรังเกียจว่าเป็นของสกปรก มีสีเทา เทาดำหรือสีดำ เป็นฝุ่นฟุ้งกระจายได้ง่าย สร้างความสกปรกด้านมลภาวะให้กับโรงงาน และเกิดขึ้นในปริมาณมาก จึงต้องกำจัดเถ้าทั้งหลายทิ้งโดยเร็ว

เถ้าชีวมวลที่จะกล่าวถึงในที่นี้เป็นเถ้าที่เกิดจากการเผาวัสดุที่เหลือจากการเกษตร เช่น แกลบ ชานอ้อย กากปาล์ม น้ำมัน เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าหรือเป็นเชื้อเพลิงให้ความร้อนในโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งพบว่ามีปริมาณสูงชันอย่างมากในช่วงหลายปีที่ผ่านมาและมีศักยภาพในการพัฒนาเพื่อนำมาใช้ในงานคอนกรีตได้ เถ้าชีวมวลจากโรงงานอุตสาหกรรมเหล่านี้พบว่ามีปริมาณที่เกิดขึ้นรวมกันปีละประมาณ 1.5 ล้านตัน และเถ้าส่วนใหญ่หรือเกือบทั้งหมดไม่ได้ใช้ประโยชน์แต่อย่างใด ต้องนำไปทิ้งทั้งหมดหรือกล่าวให้ดูดีก็คือการนำไปถมที่นั่นเอง

**เถ้าแกลบ** เป็นเถ้าที่ชาวไทยคุ้นเคยที่สุดเพราะประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการปลูกข้าวและมีแกลบจำนวนมากทุกๆ ปี ในแต่ละปีจะมีแกลบที่เหลือจากการสีข้าวสารประมาณปีละ 5 ล้านตันและหากเผาแกลบทั้งหมดจะได้เถ้าแกลบประมาณ 1 ล้านตันต่อปี รูปที่ 1 แสดงบ่อทิ้งเถ้าแกลบ-เปลือกไม้ของโรงงานแห่งหนึ่งที่ใช้แกลบและเปลือกไม้ยูคาลิปตัสเป็นเชื้อเพลิงผลิตกระแสไฟฟ้า

เถ้าแกลบมีการวิจัยจำนวนมากทั้งภายในประเทศไทยและจากต่างประเทศ และพบว่าเถ้าแกลบที่บดให้มีความละเอียดสูงเป็นวัสดุปอซโซลานที่ดี มีซิลิกอนไดออกไซด์เป็นองค์ประกอบหลักประมาณร้อยละ 90 หรือมากกว่า



รูปที่ 1 บ่อทิ้งเถ้าแกลบ-เปลือกไม้



รูปที่ 2 กองเถ้าชานอ้อยก่อนทิ้ง

เถ้าชานอ้อย ได้จากการนำชานอ้อยไปเผาเป็นเชื้อเพลิงเพื่อให้ความร้อนในการผลิตกระแสไฟฟ้า ในปี พ.ศ. 2550-51 พบว่าประเทศไทยผลิตอ้อยทั้งหมดประมาณ 73.31 ล้านตัน [1] และหลังจากกระบวนการผลิตน้ำตาลมีชานอ้อยเหลือประมาณร้อยละ 26 ของน้ำหนักอ้อย หรือมีชานอ้อยประมาณ 19 ล้านตัน และภายหลังจากการเผาชานอ้อยเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าจะเหลือเป็นเถ้าชานอ้อยร้อยละ 0.62 ของน้ำหนักอ้อย [2] หรือประมาณ 4.5 แสนตันต่อปี ซึ่งเถ้าชานอ้อยเหล่านี้ส่วนใหญ่ต้องนำไปทิ้ง (ดูรูปที่ 2) และอาจมีบางส่วนที่เกษตรกรนำเถ้าชานอ้อยไปทำปุ๋ย หรือปรับสภาพดินที่เป็นกรด

เถ้าชานอ้อยจัดว่าเป็นเถ้าชีวมวลจากโรงงานอุตสาหกรรมอีกชนิดหนึ่งที่มีศักยภาพในการนำมาใช้ประโยชน์ในงานคอนกรีต เนื่องจากเถ้าชานอ้อยที่มีส่วนประกอบหลักคือซิลิกอนไดออกไซด์ ในปริมาณสูงและส่วนใหญ่ไม่เป็นผลึก จึงสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุปอซโซลานได้ งานวิจัยเกี่ยวกับเถ้าชานอ้อยส่วนใหญ่มาจากทวีปอเมริกาใต้ เนื่องจากประเทศในแถบนั้นมีการปลูกอ้อยจำนวนมาก ดังนั้นจึงเป็นปัญหาของประเทศเหล่านั้นโดยตรงที่จะแก้ปัญหของเถ้าชานอ้อย สำหรับประเทศไทย เถ้าชานอ้อยก็เป็นปัญหาด้วยเช่นกัน เพราะประเทศไทยได้ชื่อว่าเป็นประเทศอันดับต้นๆ ของโลกที่มีการปลูกอ้อยจำนวนมาก โดยอยู่ที่อันดับ 3 รองจากประเทศบราซิล และ อินเดีย



เถาปลาล์มน้ำมัน เป็นเถาที่ได้จากการเผากากของผลปลาล์มน้ำมัน ได้แก่ เศษกะลา เส้นใย และทลายปลาล์มเปล่าของผลปลาล์ม (ดังแสดงในรูปที่ 3) เพื่อเป็นเชื้อเพลิงให้กับหม้อกำเนิดไอน้ำในการผลิตกระแสไฟฟ้า มีอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาไหม้ประมาณ 800-900 องศาเซลเซียส ปี พ.ศ. 2544 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกปลาล์มประมาณ 1,457,000 ไร่ และมีผลผลิตเป็นอันดับ 4 ของโลกประมาณ 4,089,000 ตันต่อปี [3] ทำให้มีกากของผลปลาล์มประมาณ 2,147,000 ตันต่อปี และหลังจากการเผาเป็นเชื้อเพลิง พบว่ามีเถาปลาล์มน้ำมันเกิดขึ้น 107,000 ตันต่อปี เถาปลาล์มน้ำมันมีลักษณะเป็นผงฝุ่นน้ำหนักเบาสามารถฟุ้งกระจายได้ง่าย (ดังแสดงในรูปที่ 3) เถาปลาล์มน้ำมันที่เกิดขึ้นมีการนำมาใช้ประโยชน์น้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาณที่เกิดขึ้นในแต่ละปี ส่วนใหญ่ต้องนำไปทิ้ง ทำให้เกิดปัญหาในเรื่องการกำจัดทิ้งตามมา เช่น ปัญหาทางด้านสภาวะแวดล้อม เป็นต้น นอกจากนี้นโยบายของรัฐบาลไทยในการนำน้ำมันปลาล์มมาใช้เป็นพลังงานทดแทนในรถยนต์ เช่น เป็นไบโอดีเซล ซึ่งทำให้ต้องมีการขยายพื้นที่ปลูกปลาล์มน้ำมันเพิ่มขึ้น เพราะหากนำน้ำมันปลาล์มไปใช้เป็นไบโอดีเซลจำนวนมาก จะทำให้ขาดน้ำมันปลาล์มซึ่งเป็นน้ำมันที่ใช้ในการประกอบอาหาร ซึ่งในปัจจุบันพบว่าราคาของน้ำมันปลาล์มสูงขึ้นกว่าเดิมค่อนข้างมาก และมีการคาดการณ์ว่าอาจต้องใช้พื้นที่ในการปลูกปลาล์มน้ำมันถึง 10 ล้านไร่ จึงจะเพียงพอต่อการนำมาใช้ในไบโอดีเซลได้ ซึ่งหากโครงการดังกล่าวเป็นไปตามแผนงานที่ตั้งไว้จะส่งผลให้เกิดเถาปลาล์มน้ำมันจำนวนมากขึ้นกว่าปัจจุบันถึง 6 เท่าต่อปี และย่อมสร้างปัญหาในเรื่องการกำจัดทิ้งมากยิ่งขึ้น



รูปที่ 3 กากปลาล์มก่อนการเผา (กองที่อยู่ด้านหน้า) และเถ้าปลาล์มน้ำมันหลังจากการเผา (กองที่อยู่ด้านหลัง)

### 3. ข้อจำกัดของการใช้เถ้าชีวมวลจากโรงงานอุตสาหกรรม

ข้อจำกัดของการใช้เถ้าชีวมวลจากโรงงานอุตสาหกรรมมีหลายประการ ทั้งที่เกี่ยวข้องกับทางเทคนิคและไม่เกี่ยวข้องกับทางเทคนิค แต่ที่สำคัญคือด้านราคาและด้านคุณภาพของคอนกรีตที่ผสมเถ้าชีวมวลจากโรงงานอุตสาหกรรม หากการใช้เถ้าชนิดใดชนิดหนึ่งจากโรงงานอุตสาหกรรมทำให้ราคาของคอนกรีตต่ำลงโดยไม่ทำให้คุณภาพของคอนกรีตลดลงจะเป็นการส่งเสริมการใช้เถ้าชนิดดังกล่าวได้เป็นอย่างดี แต่ถ้าหากการใช้เถ้าในส่วนผสมคอนกรีตแล้วทำให้ราคาของคอนกรีตสูงขึ้นหรือต่ำลงไม่มากเมื่อเทียบกับการไม่ใช้เถ้า โอกาสการใช้เถ้าดังกล่าวในปริมาณมากแทบเป็นไปได้ ยกเว้นว่าการใช้เถ้าดังกล่าวจะส่งผลดีต่อคุณภาพของคอนกรีตอย่างมาก เพื่อให้เห็นข้อจำกัดในการใช้เถ้าชีวมวลจากโรงงานอุตสาหกรรมที่ชัดเจนขึ้น จึงขอให้รายละเอียดดังนี้

**คุณภาพของเถ้า :** คุณภาพของเถ้าชีวมวลแต่ละชนิดมักขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีและความไม่เป็นผลึกของเถ้าเหล่านั้นๆ เถ้าที่เหมาะสมในการนำมาใช้ในส่วนผสมคอนกรีตต้องเป็นเถ้าที่มีออกไซด์ของซิลิกา อลูมินา และเหล็กรวมกันอย่างน้อยร้อยละ 50 และไม่เป็นผลึก ซึ่งเถ้าดังกล่าวสามารถทำปฏิกิริยาปอซโซลานร่วมกับด่างที่มาจากปูนซีเมนต์ได้ดี และทำให้คอนกรีตที่ผสมเถ้าเหล่านี้ในปริมาณที่เหมาะสม (คือไม่มากจนเกินไป) มีคุณภาพที่ดีกว่าคอนกรีตที่ไม่ผสมเถ้า นอกจากนี้เถ้าที่นำมาใช้ต้องมีออกไซด์ของซัลเฟอร์ ออกไซด์ของอัลคาไล (พวกโซเดียม โปตัสเซียม และแมกนีเซียม) ปูนขาวอิสระและ LOI ต่ำๆ เพราะสารเหล่านี้มักทำให้คุณภาพของคอนกรีตต่ำลง และทำให้ความทนทานของคอนกรีตที่ผสมเถ้าเหล่านี้ลดลงด้วย

คุณภาพของเถ้ายังขึ้นกับปัจจัยที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือ **ความละเอียดของเถ้า** หากเถ้ามีความละเอียดมากเท่าใดจะมีความสามารถในการทำปฏิกิริยาปอซโซลานได้ดีเท่านั้น เพราะเมื่อมีความละเอียดมากย่อมมีพื้นที่ผิวในการทำปฏิกิริยามากและส่งผลให้คอนกรีตมีกำลัง และคุณภาพสูงขึ้นกว่าการใช้เถ้าที่มีความละเอียดที่ต่ำกว่า นอกจากนี้ รูปร่างของเถ้าส่งผลต่อความสามารถในการเดินไหลและคุณภาพของคอนกรีตเช่นกัน เถ้าจากชีวมวลทั้งหมดเผาที่อุณหภูมิไม่เกิน 1000 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิดังกล่าวยังไม่สูงพอที่จะทำให้เถ้าหลอม

ละลาย ดังนั้นรูปร่างของเสาเข็มจึงไม่แน่นอน มีรูปทรงสูง และบางครั้งอาจมี LOI ที่สูง ส่งผลให้ต้องใช้ปริมาณน้ำในส่วนผสมคอนกรีตเพิ่มขึ้นและความสามารถในการเทคอนกรีตลดลง

**ความรู้และความเข้าใจในการใช้เสา :** แม้ว่าเสาเข็มหลายชนิดสามารถใช้แทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนและทำให้คุณภาพของคอนกรีตดีขึ้นกว่าคอนกรีตที่ไม่มีส่วนผสมของเสา แต่คนจำนวนมากรวมถึงวิศวกรโยธาด้วย ยังไม่กล้าใช้เสาเข็ม เพราะขาดความรู้และความเข้าใจในการใช้เสาดังกล่าว ซึ่งแนวคิดดังกล่าวเป็นสิ่งที่ถูกต้องเพราะผู้ที่ไม่รู้และไม่เข้าใจเรื่องเกี่ยวกับเสาดังกล่าวไม่ควรใช้เสานั้นในคอนกรีตเพราะจะทำให้เกิดความเสียหายมากกว่าก่อให้เกิดผลดี ดังนั้นหากต้องการใช้เสาชนิดใดชนิดหนึ่งในส่วนผสมคอนกรีต ผู้รับผิดชอบงานคอนกรีตต้องศึกษาให้รู้แน่เสียก่อนที่จะนำเสาดังกล่าวไปใช้ในส่วนผสมคอนกรีต

การให้ความรู้และความเข้าใจในเรื่องของเสาเข็มเพื่อใช้ในการงานคอนกรีตจึงเป็นข้อจำกัดที่สำคัญอีกประการหนึ่งนอกเหนือจากด้านเทคนิค เพราะผู้ที่ไม่รู้ ไม่เข้าใจ ย่อมไม่ยอมเสี่ยงที่จะใช้เสาในงานคอนกรีต เพราะการเลือกใช้เสาที่มีคุณภาพไม่ดี แทนที่ปูนซีเมนต์ในปริมาณที่มากเกินไปและนำไปใช้ไม่เหมาะสมกับงาน จะส่งผลเสียต่อคอนกรีตมากกว่าผลดีและทำให้งานก่อสร้างเสียหายได้มาก เช่น เลือกเสาที่มีขนาดอนุภาคใหญ่แทนที่ปูนซีเมนต์ในปริมาณมากและใช้กับงานคอนกรีตที่ต้องการกำลังที่อายุต้นๆ สูง (เช่นงานคอนกรีตอัดแรง) ย่อมก่อให้เกิดความเสียหายต่องานอย่างมาก เพราะคอนกรีตที่ผสมเสาเข็มมีกำลังต่ำมากทั้งที่อายุต้นและอายุปลาย

**การส่งเสริมการใช้เสาเข็มในงานคอนกรีต :** เป็นที่ยอมรับกันทั่วไปว่าการใช้เสาเข็มยิ่งมากเท่าใด ยิ่งมีผลดีต่อสภาพแวดล้อมและเป็นการประหยัดพลังงานมากเท่านั้น เพราะเสาเข็มที่ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ต้องนำไปกำจัดทิ้ง การกำจัดทิ้งเสียค่าใช้จ่ายในการกำจัดทิ้ง (รถขน ถ่าน้ำมัน ค่าคนงาน ค่ากลบฝัง หรือค่าสายพานลำเลียงไปทิ้งเป็นต้น) พื้นที่ที่ทิ้งเสาเข็มนำมาใช้ประโยชน์ไม่ได้ และหากพื้นที่ที่ทิ้งเสาอยู่ใกล้กับแหล่งชุมชนมากเกินไปอาจมีปัญหาการฟุ้งกระจายของฝุ่นที่เกิดจากเสาเหล่านี้ได้

การใช้เสาเข็มจากโรงงานอุตสาหกรรม แทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนย่อมทำให้การใช้ปูนซีเมนต์ลดลง แต่ยังคงได้วัสดุประสานสำหรับผสมคอนกรีตเท่าเดิม ทำให้การผลิต



ปูนซีเมนต์ลดลงเท่าๆ กับปริมาณของเถ้าที่ใช้ในการแทนที่ปูนซีเมนต์ มีการประมาณว่าในปี พ.ศ. 2545 เป็นต้นมามีการใช้เถ้าถ่านหินจากแม่เมาะในการแทนที่ปูนซีเมนต์จำนวน 1.5 ล้าน ตันต่อปีเพื่อทำเป็นคอนกรีตและทำให้สามารถลดการใช้ปูนซีเมนต์ในประเทศลงประมาณ 1.5 ล้านตัน คิดเป็นมูลค่าในการประหยัดพลังงานที่ต้องใช้ถ่านหินในการเผาปูนซีเมนต์ประมาณ 160 ล้านบาท และที่สำคัญคือลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยสู่บรรยากาศเนื่องจากการเผาเถ้าปูนซีเมนต์ได้ประมาณ 1.5 ล้านตัน

จากเหตุผลข้างต้น ภาครัฐฯ และภาคเอกชนที่เกี่ยวข้องควรคำนึงถึงประโยชน์ที่ได้ เป็นองค์รวมจากการใช้เถ้าชีวมวลจากโรงงานอุตสาหกรรมแทนที่จะพิจารณาเฉพาะความคุ้มค่า ทางเศรษฐศาสตร์เพียงอย่างเดียว ในกลุ่มผู้ผลิตคอนกรีตควรพิจารณาถึงประโยชน์ที่ได้ทั้ง ทางด้านราคาและสภาพแวดล้อมรวมกันไป แทนที่จะมองว่าถ้าการใช้เถ้าในส่วนผสมคอนกรีต ไม่ทำให้คอนกรีตมีราคาต่ำลงแล้วไม่ควรใช้เถ้าดังกล่าว อย่างไรก็ตามในปัจจุบันผู้ผลิตและผู้ซื้อคอนกรีตล้วนใช้ราคาของคอนกรีตเป็นหลักในการตัดสินใจ ซึ่งทำให้การนำเถ้าชีวมวลจาก โรงงานอุตสาหกรรมไปใช้ในงานคอนกรีตเป็นไปได้ยาก ยกเว้นเถ้าจากถ่านหินที่มีการใช้มาก เพราะทำให้ราคาคอนกรีตลดลงอย่างเห็นได้ชัด ขณะที่เถ้าชีวมวล เช่น เถ้าแกลบ เถ้าชานอ้อย หรือเถ้าปาล์มน้ำมัน ต้องมีกระบวนการบดหรือเพิ่มความละเอียดให้แก่เถ้า ตลอดจนอาจต้องมีการใช้น้ำยาเคมีช่วยในการเพิ่มความสามารถในการเทมากขึ้น (เนื่องจากเถ้าแกลบ เถ้าชานอ้อย และเถ้าปาล์มน้ำมัน มีขนาดใหญ่ รูปร่างไม่แน่นอน และมีรูพรุนสูง) ทำให้มีค่าใช้จ่ายสูงขึ้นจึง คึงลดการใช้งานน้อยลง

การส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากการใช้เถ้าชีวมวลจากโรงงานอุตสาหกรรมอาจอยู่ในรูปของการสร้างแรงจูงใจหรือการอุดหนุนให้ผู้ผลิตและผู้ซื้อคอนกรีตใช้เถ้าชีวมวลจาก โรงงานอุตสาหกรรมในส่วนผสม หรือใช้มาตรการในเรื่องภาษีในการกำจัดทิ้งของเถ้าต่างๆ แล้วนำเงินภาษีดังกล่าวไปอุดหนุนให้เกิดการวิจัย พัฒนาและใช้เถ้าให้มากขึ้น จนกระทั่งไม่มีการทิ้งเถ้าอีกต่อไปหรือมีการทิ้งเถ้าเป็นจำนวนน้อยที่สุดเท่าที่จะน้อยได้

**มาตรฐานควบคุมคุณภาพของเถ้า :** การกำหนดมาตรฐานของเถ้าชีวมวลจาก โรงงานอุตสาหกรรมพบว่ามีเฉพาะเถ้าถ่านหินเท่านั้น เนื่องจากเถ้าถ่านหินเป็นปัญหาของ ประเทศที่พัฒนาแล้วเมื่อเกือบ 100 ปีก่อน ดังนั้นประเทศเหล่านี้จึงได้มีการลงทุนทำการศึกษา วิจัยเรื่องเกี่ยวกับเถ้าถ่านหินเป็นจำนวนมากจนสามารถสร้างมาตรฐานขึ้นมาเพื่อกำหนดแนว ทางการใช้งาน เช่น มาตรฐาน ASTM ของประเทศสหรัฐอเมริกา มาตรฐาน BS ของประเทศ สหราชอาณาจักร เป็นต้น ส่วนประเทศไทยเพิ่งมีการกำหนดเป็น มอก. 2135 เพื่อใช้ประโยชน์

ของเถ้าจากถ่านหินเมื่อ พ.ศ. 2545 (ดูรูปที่ 4) แต่มาตรฐานสำหรับเถ้าแกลบ เถ้าแกลบ-เปลือกไม้ เถ้าปาล์มน้ำมัน หรือเถ้าชานอ้อย ไม่พบว่ามีข้อกำหนดเป็นมาตรฐานใน ASTM หรือ BS เนื่องจากเป็นวัสดุที่ไม่มีหรือมีน้อยมากในประเทศเหล่านี้ จึงไม่มีความจำเป็นต้องศึกษาวิจัยเพื่อนำข้อมูลมาสร้างเป็นมาตรฐาน ดังนั้นมาตรฐานของเถ้าแกลบ เถ้าแกลบ-เปลือกไม้ เถ้าปาล์ม น้ำมัน และเถ้าชานอ้อย จึงเป็นหน้าที่ของนักวิจัยไทยหรือนักวิจัยชาวต่างประเทศที่ประสบปัญหาของเถ้าต่างๆ เหล่านี้จะเป็นผู้ดำเนินการ หากประเทศไทยมีมาตรฐานที่กำหนดคุณสมบัติที่เหมาะสมของเถ้าชีวมวลจากโรงงานอุตสาหกรรมแล้ว เชื่อว่าจะทำให้การใช้เถ้าชีวมวลจากโรงงานอุตสาหกรรมมีความชัดเจน ถูกต้อง และเหมาะสมมากยิ่งขึ้น เพราะเถ้าชีวมวลจากโรงงานอุตสาหกรรมที่มีคุณภาพจะได้รับการตรวจสอบและยืนยันว่าเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในงานคอนกรีต และที่สำคัญคือผู้ใช้สามารถใช้เถ้าดังกล่าวแทนที่ปูนซีเมนต์ในปริมาณที่เหมาะสม และทำให้การใช้เถ้าชีวมวลจากโรงงานอุตสาหกรรมในส่วนผสมคอนกรีตเป็นเรื่องธรรมดาสามัญที่ไม่จำเป็นต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญเฉพาะในการออกแบบส่วนผสมคอนกรีต



รูปที่ 4 มอก. 2135-2545 เถ้าลอยจากถ่านหินใช้เป็นวัสดุผสมคอนกรีต [4]

#### 4. การนำเถ้าชีวมวลจากโรงงานอุตสาหกรรมไปใช้งาน

เถ้าชีวมวลจากโรงงานอุตสาหกรรมที่กล่าวมาข้างต้นพบว่าเป็นวัสดุพอซโซลาน (Pozzolan) ที่ดีเมื่อมีความละเอียดสูง ส่วนใหญ่เป็นวัสดุพลอยได้ที่เกิดจากกระบวนการผลิต



ในโรงงานอุตสาหกรรม และมีศักยภาพที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในงานคอนกรีตได้ เช่น  
เก้าอี้เหล็ก เก้าอี้เหล็ก-เปลือกไม้ เก้าอี้พลาสติก เก้าอี้เหล็ก เก้าอี้เหล็ก เป็นต้น

เหตุผลหลักที่นิยมใช้เก้าอี้เหล็กจากโรงงานอุตสาหกรรมในงานคอนกรีตมากกว่าจะ  
นำไปใช้ในงานประเภทอื่นเนื่องจาก

1. การใช้เก้าอี้เหล็กเพื่อแทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนในส่วนผสมคอนกรีตทำให้สามารถใช้  
เก้าอี้เหล็กจากโรงงานอุตสาหกรรมได้เป็นจำนวนมาก เพราะในแต่ละปีมีการใช้ปูนซีเมนต์ใน  
ประเทศจำนวนมากคือประมาณ 30 ล้านตัน ซึ่งหากใช้เก้าอี้เหล็กจากโรงงานอุตสาหกรรม  
แทนที่ปูนซีเมนต์เพียงร้อยละ 5 จะสามารถใช้เก้าอี้เหล็กได้ถึง 1.5 ล้านตันหรือทั้งหมดของปริมาณที่  
ผลิตได้ และสามารถลดปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากเก้าอี้เหล็กไปได้เกือบทั้งหมด

2. เทคโนโลยีเกี่ยวกับการผลิตคอนกรีตเป็นเทคโนโลยีที่ไม่ซับซ้อนมากและสามารถ  
เรียนรู้ได้ง่าย โดยใช้บุคลากรที่ดำเนินงานในด้านที่เกี่ยวข้องกับคอนกรีตอยู่แล้วมาอบรมเพิ่มเติม  
ก็สามารถเข้าใจและนำเก้าอี้เหล็กไปใช้ได้โดยถูกต้องและเหมาะสม

3. ปูนซีเมนต์เป็นวัสดุประสานที่มีประสิทธิภาพสูงมากในการยึดวัสดุอันตรายต่างๆ ที่อาจ  
มีในเก้าอี้เหล็กอยู่ในเนื้อคอนกรีตและไม่แพร่กระจายหรือแพร่กระจายออกมาจากคอนกรีตได้น้อย  
มาก ดังนั้นจึงมีความปลอดภัยสูงมากกว่าการปล่อยให้เก้าอี้เหล็กไปทิ้งในพื้นที่เปิดโล่งหรือ  
ทิ้งโดยวิธีฝังกลบ

4. จากข้อมูลการศึกษาและงานวิจัยทั้งจากภายในและต่างประเทศล้วนให้ผลตรงกันว่า  
การใช้เก้าอี้เหล็กที่มีองค์ประกอบเคมีที่เหมาะสม มีการแทนที่ปูนซีเมนต์ที่ไม่มากจนเกินไป  
และเป็นเก้าอี้เหล็กที่มีความละเอียดสูง พบว่าสามารถทำให้คอนกรีตมีคุณภาพและคุณสมบัติที่ดีกว่า  
คอนกรีตที่ไม่ผสมเก้าอี้เหล็ก ทั้งด้านกำลังและด้านความทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่มีการกัดกร่อนสูง

### 5. สรุป

จากข้อมูลและเหตุผลข้างต้น เห็นได้ว่าการใช้เก้าอี้เหล็กจากโรงงานอุตสาหกรรม  
ในงานคอนกรีตเป็นวิธีการใช้ประโยชน์จากเก้าอี้เหล็กที่ดีที่สุดและเหมาะสมที่สุด อย่างไรก็ตามอาจมีการ  
ใช้เก้าอี้เหล็กในงานประเภทอื่น เช่น นำไปทำปูย่น นำไปลดความเป็นกรดของดินเปรี้ยว (เก้าอี้  
เหล็กส่วนใหญ่ก็มีสภาพเป็นด่าง) แต่การใช้ประโยชน์ยังมีปริมาณน้อยมากเมื่อเทียบกับจำนวน 1.5

ล้านต้นต่อปี ดังนั้นจึงขอฝากทุกๆ ท่านพิจารณาส่งเสริมและหาช่องทางเพื่อนำเข้าชีวมวลจากโรงงานอุตสาหกรรมไปใช้ในงานคอนกรีตได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

### เอกสารอ้างอิง

1. สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, กองอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย, กระทรวงอุตสาหกรรม, 2550, สรุปสถานการณ์อ้อยและน้ำตาลทรายของประเทศประจำปีการผลิต 2549/50, เล่มที่ 2, หน้า 1-3
2. Cordeiro Gc, Filijp RDT, Fairbairt EMR, Luis MMT, Oliver CH, 2004, Influence of mechanical grind on the pozzolanic activity of residual sugarcane bagasse ash, In: Proceedings of the International Conference on Use of Recycled Materials in Building and Structure, Barcelona, p. 1-9.
3. ศูนย์สารสนเทศการเกษตร, สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2545, สถิติการเกษตรแห่งประเทศไทย ปีเพาะปลูก 2544/45, เล่มที่ 43, 121 หน้า
4. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 2135-2545, etailoyจากถ่านหินใช้เป็นวัสดุผสมคอนกรีต, สำนักมาตรฐานอุตสาหกรรม, กระทรวงอุตสาหกรรม, 2546, 10 หน้า