

ไม่เอาถ่าน เอาแต่ถ้ำ (ถ่านหิน)

อ่าน ชื่อเรื่องแล้วท่านสมาชิกหลายท่านคงนึกว่าเป็นเรื่องความไม่เอาถ่านของคน หรือเรื่องของคนเสพยาบ้า เบาๆ กัญชา คำเฮโรอีน หรือเป็นพวกมั่วสุม อานหนักไม่เอาถ่านเขาไม่สู้ ชอบอู้อ่านอย่างเดียว แต่ความเป็นจริงแล้วเรื่องที่จะได้อ่านต่อไปนี้เป็นเรื่องไม่เอาถ่านจริงๆ เพราะเป็นเรื่องของถ้ำถ่านหิน ซึ่งไม่มีถ่านหินปน และไม่เกี่ยวข้องกัสมุกาษิตของไทยแม้แต่น้อย

ถ้ำถ่านหิน

ถ้ำถ่านหิน Fly Ash หรือถ้ำลอย หรือ Pulverized Fuel Ash (ใช้เรียกในอังกฤษ) เกิดจากการเผาถ่านหินเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ถ้ำถ่านหินจะถูกพัดออกมาตามลมร้อนเพื่อออกไปสู่ปล่องควัน จากนั้นตัวดักจับจะรวบรวมถ้ำถ่านหินเพื่อเก็บไว้ในไซโลต่อไป ในบางกรณีที่เผาถ่านหินด้วยอุณหภูมิซึ่งสูงกว่าจุดหลอมเหลวของถ้ำถ่านหิน (ประมาณ 1500 °C หรือสูงกว่า) ถ้ำถ่านหินจะหลอมเหลวและบางส่วนจับกันเป็นก้อนหรือเป็นเม็ดใหญ่ขึ้น ทำให้มีน้ำหนักมาก และตกลงสู่กันเดา จึงเรียกว่า ถ้ำกันเดาหรือถ้ำหนัก (Botto Ash) การผลิตกระแสไฟฟ้าที่โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนแม่เมาะจังหวัดลำปางของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ใช้ถ่านหินลิกไนต์เป็นเชื้อเพลิง กากที่เหลือจากการเผาถ่านหินนี้ประกอบด้วยถ้ำถ่านหินประมาณร้อยละ 80 และถ้ำกันเดาอีกประมาณร้อยละ 20 ในปี พ.ศ. 2536 ประมาณว่ามีถ้ำถ่านหินลิกไนต์ที่เหลือจากการเผาถ่านหินถึง 3 ล้านตัน^[1]

ถ้ำถ่านหินถือได้ว่าเป็นวัสดุปอซโซลานชนิดหนึ่ง ซึ่งสามารถ

ใช้เป็นส่วนผสมหรือแทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนในการทำคอนกรีตได้ แต่ถ้ำถ่านหินที่ใช้จะเป็นวัสดุปอซโซลานที่ดีมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของถ้ำถ่านหินนั้น ดังนั้นบทความนี้จึงขอกกล่าวถึงคุณสมบัติต่างๆ ที่สำคัญตลอดจนการนำถ้ำถ่านหินไปใช้งาน เพื่อเป็นข้อมูลในการเลือกและนำถ้ำถ่านหินที่ดีไปใช้งานต่อไป

วัสดุปอซโซลาน (Pozzolan Material)

ASTM C 618 ให้คำจำกัดความของสารปอซโซลานไว้ว่า “สารปอซโซลานเป็นวัสดุที่มีซิลิกา หรือซิลิกา-อะลูมินาเป็นองค์ประกอบหลัก โดยทั่วไปแล้วสารปอซโซลานจะไม่มีคุณสมบัติในการยึดประสาน แต่ถ้าสารปอซโซลานมีความละเอียดมากๆ และมีน้ำที่เพียงพอ จะสามารถทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไฮดรอกไซด์หรือต่าง ที่อุณหภูมิปกติ ทำให้ได้สารประกอบที่มีคุณสมบัติในการยึดประสาน”

วัสดุปอซโซลานเมื่อใช้ผสมคอนกรีตจะทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่เหลือจากปฏิกิริยาของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ปฏิกิริยาปอซโซลานคล้ายกับปฏิกิริยาของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ แต่อัตราการเกิดปฏิกิริยาช้ากว่า ดังนั้นจึงสามารถใช้วัสดุปอซโซลานเพื่อลดความร้อนของปฏิกิริยาไฮเดรชันโดยเฉพาะอย่างยิ่งในงานคอนกรีตขนาดใหญ่หรือคอนกรีตหลา สารปอซโซลานที่มีอยู่ในเมืองไทยในปริมาณที่ค่อนข้างมากและสามารถนำมาใช้งานได้ เช่น ถ้ำถ่านหิน และ ถ้ำแคลบ เป็นต้น

ศักยภาพของการนำถ้ำถ่านหินมาใช้ประโยชน์

การใช้ถ้ำถ่านหินในงานก่อสร้างไม่ใช่เรื่องใหม่แต่อย่างไร มี

รายงานที่เกี่ยวกับการนำเถาถ่านหินมาใช้แทนปูนซีเมนต์โดย Davis และคณะ^[2] ตั้งแต่เมื่อปี พ.ศ. 2480 ถือได้ว่าเป็นก้าวแรกของการนำเถาถ่านหินมาใช้ในงานคอนกรีต หลังจากนั้นมามีงานวิจัยเกี่ยวกับการนำเถาถ่านหินมาใช้ประโยชน์อีกเป็นจำนวนมาก และมีการนำเถาถ่านหินไปใช้ในงานจริงเป็นจำนวนมากด้วยเช่นกัน

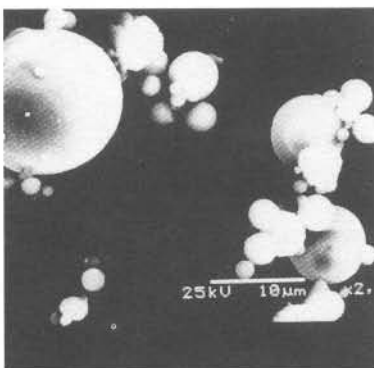
เถาถ่านหินได้นำไปใช้ในงานคอนกรีตมากกว่าในงานชนิดอื่น ด้วยเหตุผล 2 ประการคือ ประการแรก เถาถ่านหินโดยทั่วไปมีออกไซด์ของธาตุซิลิกา อะลูมินา และเหล็กซึ่งออกไซด์ของธาตุเหล่านี้สามารถทำปฏิกิริยาปอซโซลานได้ดี ปฏิกิริยาปอซโซลานจะช่วยเพิ่มกำลังอัดคอนกรีตให้สูงขึ้นเมื่อใช้เถาถ่านหินที่มีคุณภาพดีและในปริมาณที่เหมาะสม ประการที่สอง เนื่องจากเถาถ่านหินอนุภาคที่ค่อนข้างเล็กละเอียดและเป็นเม็ดกลม ดังนั้นอนุภาคเหล่านี้เมื่อผสมในคอนกรีตจะเข้าไปแทรกอยู่ในช่องว่างเล็กๆ ระหว่างปูนซีเมนต์ ทราย และหิน การที่เถาถ่านหินเข้าไปแทรกตัวอยู่ในช่องว่างของคอนกรีตจะทำให้คอนกรีตแน่นขึ้น และเนื่องจากเถาถ่านหินมีสีฐาน เป็นทรงกลมจะทำให้คอนกรีตมีการสีไหลได้ดีขึ้น นอกจากนี้ ยังทำให้การบ่มหรือเทคอนกรีตลงในแบบทำได้สะดวกขึ้นอีกด้วย^[3]

เมื่อผสมเถาถ่านหินบางส่วนเข้าไปในส่วนผสมคอนกรีตกำลังอัดคอนกรีตที่อายุต้น ๆ จะต่ำลง มีรายงานว่าการใช้เถาถ่านหินแบบ Class F แทนที่ปูนซีเมนต์ร้อยละ 30 จะทำให้คอนกรีตที่อายุ 1 วันมีค่าเพียงร้อยละ 50 ของกำลังอัดคอนกรีตในส่วนผสมเดียวกัน ที่ไม่ใส่เถาถ่านหิน การใช้เถาถ่านหินแทนที่ปูนซีเมนต์ในอัตราร้อยละ 25 และ 35 จะทำให้กำลังอัดคอนกรีตที่อายุ 7 วันมีค่าประมาณร้อยละ 75 และ 65 ตามลำดับเมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตที่ไม่ใช้เถาถ่านหิน แต่ว่าค่ากำลังอัดคอนกรีตที่ผสมเถาถ่านหินเหล่านี้จะมีค่าเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 90 และ 85 ตามลำดับของกำลังอัดคอนกรีตที่ไม่มีเถาถ่านหินผสมอยู่เมื่อคอนกรีตนี้

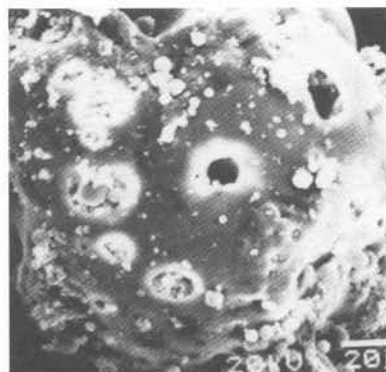
มีอายุ 6 เดือน และมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ การใช้เถาถ่านหินที่มีความละเอียดสูงจะสามารถแก้ปัญหากำลังอัดที่ต่ำของคอนกรีตในช่วงอายุต้น ๆ ได้

ความละเอียดของเถาถ่านหิน

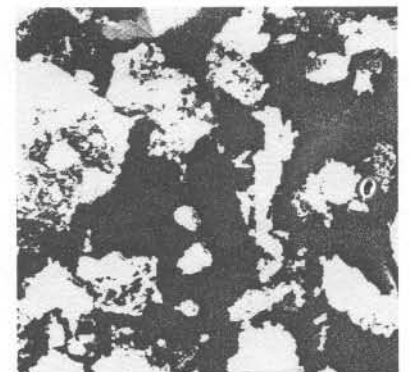
เถาถ่านหินโดยทั่วไปจะมีความละเอียดมากกว่าปูนซีเมนต์ ลักษณะทั่วไปจะเป็นรูปทรงกลมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่เล็กกว่า 1 ไมโครเมตร (0.001 มม.) จนถึง 0.15 มม. รูปที่ 1 แสดงภาพถ่ายขยายของเถาถ่านหิน ซึ่งจะพบว่าเถาถ่านหินโดยทั่วไปจะมีทรงกลมตัน ส่วนเถาถ่านหินที่มีขนาดใหญ่และอาจมีเถาถ่านหิน ขนาดเล็กๆ อยู่ภายใน เรียกว่าเถาถ่านหินกลวง (Cenosphere) ซึ่งมีน้ำหนักเบาและลอยน้ำได้ ลักษณะของเถาถ่านหินกลวงแสดงในรูปที่ 2 ในบางครั้งเถาถ่านหินที่ได้อาจมีรูปร่างเป็นเหลี่ยมและพรุน (ดังรูปที่ 3) ซึ่งกรณีนี้จะทำให้คอนกรีตที่ผสมเถาถ่านหินชนิดนี้ต้องการปริมาณน้ำในส่วนผสมมากขึ้น จึงอาจทำให้กำลังของคอนกรีต ลดลงได้ นอกจากนี้ยังพบว่าความละเอียดและรูปร่างของเถาถ่านหิน ยังขึ้นอยู่กับการบดถ่านหินที่จะนำไปเผา ชนิดของเครื่องบด และชนิดของเตาเผา กล่าวคือ ถ้ามบดถ่านหินละเอียดมากขึ้นและเผาไหม้ อย่างสมบูรณ์ในเตาเผา จะทำให้ได้เถาถ่านหินที่มีความละเอียดสูงกว่า เมื่อใช้ถ่านหินที่บดหยาบกว่าหรือเผาไหม้ได้ไม่สมบูรณ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่เผาไหม้ไม่สมบูรณ์จะมีถ่านหินปนอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งโดยทั่วไปแล้วถ่านหินที่บดละเอียดจะมีขนาดใหญ่กว่าเถาถ่านหินมาก ดังนั้นความละเอียดของเถาถ่านหินจึงขึ้นกับปัจจัยหลายประการด้วยกัน ตัวอย่างที่พบก็คือ ผลการทดสอบความละเอียดของ เถาถ่านหินจำนวน 12 ตัวอย่างที่เหมืองแม่เมาะโดยวิธี Blaine พบว่ามีความละเอียดในช่วง 2130 ถึง 3650 ซม.²/ก. ซึ่งถือว่ามีความแตกต่างกันค่อนข้างสูง แต่อย่างไรก็ตามงานวิจัยเกี่ยวกับเรื่องความละเอียด



รูปที่ 1 เถาถ่านหินรูปร่างกลม



รูปที่ 2 เถาถ่านหินกลวง (Cenosphere)



รูปที่ 3 เถาถ่านหินรูปร่างเป็นเหลี่ยมมุม

ของเถ้านหินต่อกำลังอัดคอนกรีตส่วนใหญ่แล้วสอดคล้องกัน กล่าวคือ หากเถ้านหินมีความละเอียดขึ้นจะทำให้กำลังอัดคอนกรีตสูงกว่าคอนกรีตที่ใช้เถ้านหินที่หยาบกว่า

องค์ประกอบทางเคมี

องค์ประกอบหลักทางเคมีของเถ้านหินคือ ซิลิคอนไดออกไซด์ (SiO_2), อะลูมินั่มออกไซด์ (Al_2O_3) และ เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3) อัตราส่วนของออกไซด์ทั้ง 3 ชนิดจะแปรเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิ สภาพแวดล้อมขณะเผา และชนิดของเถ้านหินที่ใช้เผา ด้วยเหตุนี้ ASTM C 618 จึงได้แยกประเภทของเถ้านหินไว้ 2 ชนิด คือ Class F และ Class C โดย Class F มีปริมาณ $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ มากกว่าร้อยละ 70 โดยน้ำหนักและ Class C จะมีปริมาณของออกไซด์ดังกล่าว ระหว่างร้อยละ 50-70 โดยน้ำหนัก ส่วนใหญ่แล้วเถ้านหินลิกไนต์ (Lignite), สับบิทูมินัส (Sub-bituminus) เมื่อเผาแล้วจะให้เถ้านหิน Class C ส่วนเถ้านหินชนิดแอนทราไซต์ (Anthracite), บิทูมินัส (Bituminus) จะให้เถ้านหิน Class F สำหรับโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้า อ.แม่เมาะ ใช้เถ้านหินลิกไนต์เป็นวัตถุดิบในการให้ความร้อน แต่เถ้านหินที่ได้มีทั้ง Class F และ Class C การที่เถ้านหินจากแหล่งเดียวกัน แต่สามารถพบเถ้านหินได้ทั้ง Class F และ Class C เป็นเรื่องปกติเพราะเถ้านหินเป็นวัสดุธรรมชาติมีเนื้อไม่สม่ำเสมอ คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีย่อมเปลี่ยนไป แต่โดยสรุปก็คือเถ้านหินที่ได้จะเป็น Class F หรือ Class C ต่างก็มีศักยภาพเพียงพอที่จะนำไปใช้ในงานคอนกรีต

ปฏิกิริยาปอซโซลาน (Pozzolanic Reaction) ของเถ้านหิน

ความสามารถของเถ้านหิน ในการรวมตัวกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์เพื่อทำปฏิกิริยาปอซโซลาน จะขึ้นอยู่กับความละเอียดของเถ้านหินคือ เถ้านหินที่มีความละเอียดมากปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นได้เร็วกว่าเถ้านหินที่มีความละเอียดน้อยกว่า และในทำนองเดียวกันเถ้านหินที่มีปริมาณร้อยละของคาร์บอนต่ำก็จะมี การพัฒนา กำลังได้ไวเช่นกัน ความไวในการทำปฏิกิริยาปอซโซลานสามารถวัดได้โดยใช้ค่าดัชนีกำลัง (Strength Activity Index) คือ

$$\text{Strength Activity Index with Portland Cement} = [A/B] \times 100$$

โดย A = กำลังอัดของมอร์ตาร์ที่แทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้านหินร้อยละ 20

B = กำลังอัดของมอร์ตาร์มาตรฐานที่ไม่มีเถ้านหิน

ASTM C 618 ได้กำหนดว่าดัชนีกำลังของเถ้านหินทั้ง Class F และ Class C ไม่ควรต่ำกว่าร้อยละ 75 ของมอร์ตาร์มาตรฐานที่อายุ 28 วัน

กระบวนการเกิดปฏิกิริยาปอซโซลานจะเกิดขึ้นภายหลังปฏิกิริยาไฮเดรชัน หลังจากปฏิกิริยาไฮเดรชันเกิดขึ้นแล้วจะทำให้ปูนซีเมนต์มีลักษณะเป็นของเหลวข้น (Cement Gel) และในขณะเดียวกันนี้ก็จะเกิดสารประกอบขึ้นมา 2 ชนิด คือ C-S-H และ Ca(OH)_2 หลังจากนั้น Ca(OH)_2 ทำปฏิกิริยากับ SiO_2 และ Al_2O_3 ที่มีอยู่ในเถ้านหินให้สารประกอบที่มีคุณสมบัติในการยึดประสาน ทำให้ซีเมนต์เพสต์มีความสามารถในการยึดประสานดีขึ้นและความสามารถในการรับกำลังอัดของคอนกรีตจะดีขึ้นตามไปด้วย

การใช้เถ้านหินในงานก่อสร้างหรืองานคอนกรีต

การใช้เถ้านหินบางส่วนผสมในคอนกรีตจะทำให้คอนกรีตเทได้ง่ายขึ้น และลดปริมาณน้ำที่จะใช้บางส่วนเมื่อเทียบกับคอนกรีตธรรมดา ที่เป็นเช่นนี้เพราะเถ้านหินโดยทั่วไปเป็นรูปทรงกลมแรงเสียดทานระหว่างอนุภาคจึงต่ำ นอกจากนี้ยังสามารถลดการแยกตัวของคอนกรีต ลดการซึมผ่านของน้ำในคอนกรีต ลดความร้อนที่เกิดจากปฏิกิริยาไฮเดรชัน ยืดอายุการก่อตัวของคอนกรีตออกไปและสามารถลดราคาของคอนกรีตให้ต่ำลงได้ สำหรับข้อเสียของการใช้เถ้านหินก็คือ กำลังอัดที่อายุต้น ๆ จะต่ำกว่าคอนกรีตธรรมดา และการบ่มคอนกรีตที่มีเถ้านหินอยู่ก็มีความจำเป็นมากกว่าคอนกรีตธรรมดา

ดังนั้นหากต้องการนำเถ้านหินไปใช้เพื่อแทนปูนซีเมนต์บางส่วนแล้วสิ่งจำเป็นที่สำคัญก็คือ ส่วนผสมที่ได้ควรจะมีคุณสมบัติเท่าเทียมกับการใช้ปูนซีเมนต์ล้วนๆ นั่นคือ การพัฒนา กำลังอัดคอนกรีตที่ใช้เถ้านหิน ควรมีค่าใกล้เคียง หรืออยู่ในค่าที่ยอมรับได้เมื่อมีอายุ 28 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตที่ไม่ได้ผสมเถ้านหิน หากคำนึงทางด้านราคาด้วยแล้วการวิจัยพบว่าการใช้เถ้านหินจะสามารถประหยัดราคาของคอนกรีตได้ราวร้อยละ 25 เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้คอนกรีตธรรมดา แต่โดยทั่วๆ ไปแล้ว ACI 226^[9] แนะนำว่าควรใช้เถ้านหิน Class F ในปริมาณร้อยละ 15 ถึง 25 โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์บวกกับเถ้านหิน และสามารถเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 15 ถึง 35 ในกรณีที่ใช้เถ้านหิน Class C แต่การใช้เถ้านหินในปริมาณที่มากจนเกินไปจะทำให้คอนกรีตที่ได้มีกำลัง

อัดต่ำมากจนใช้งานไม่ได้ ทำให้ต้องทิ้งคอนกรีตชุดนั้นไปซึ่งเป็นผลเสียมากกว่าผลดี

Lane และ Best^[4] พยายามทำคอนกรีตให้มีกำลังสูงขึ้นโดยใช้เถ้านหินและประสบความสำเร็จเฉพาะการเพิ่มเถ้านหินลงไปในส่วนผสมของคอนกรีต ส่วนการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้านหินยังไม่ประสบความสำเร็จ เพราะพบว่าการใช้เถ้านหินแทนที่ปูนซีเมนต์มีจุดอ่อนที่การพัฒนากำลังในช่วงเริ่มต้นเป็นไปอย่างช้ามาก Mukherjee และคณะ^[5] ใช้สารลดปริมาณน้ำพิเศษ (Superplasticizers) ผสมในเถ้านหินคอนกรีตเพื่อลดจุดอ่อนของการพัฒนากำลังในช่วงอายุต้นๆ ปรากฏว่าสามารถทำให้การพัฒนากำลังในช่วงแรกดีขึ้น การใช้ซิลิกาฟุ่มผสมกับเถ้านหินเพื่อเพิ่มการพัฒนากำลังของคอนกรีตปรากฏเป็นผลดีเช่นกัน การใช้เถ้านหินที่มีปริมาณแคลเซียมต่ำ (Class F) และเถ้านหินที่มีปริมาณแคลเซียมสูง (Class C) ต่างมีศักยภาพต่อปฏิกิริยาปอซโซลานใกล้เคียงกัน สำหรับเถ้านหินที่มีปริมาณของแคลเซียมต่ำพบว่า ดัชนีกำลังจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณสัดส่วนของอนุภาคที่มีความละเอียดน้อยกว่า 10 ไมครอน คือยังมีอนุภาคที่ละเอียดอยู่มาก ค่าดัชนีกำลังยังสูง ส่วนเถ้านหินที่มีปริมาณแคลเซียมสูงไม่พบความสัมพันธ์ดังกล่าว

การใช้เถ้านหิน Class F ที่คัดขนาดให้เล็กลงจนมีความละเอียด Blaine 7844 ซม.²/ก. (เล็กกว่า 5 ไมครอนร้อยละ 90) และ Blaine 11241 ซม.²/ก. (เล็กกว่า 5 ไมครอนร้อยละ 93) เพื่อใช้ทดแทนซิลิกาฟุ่มในคอนกรีตกำลังสูง ผลปรากฏว่าในระยะเวลา 7 วันแรก คอนกรีตที่ผสมเถ้านหินมีกำลังอัดไม่มากเท่าคอนกรีตผสมซิลิกาฟุ่ม แต่จะใกล้เคียงกับคอนกรีตมาตรฐาน และภายหลังจากนั้นคอนกรีตที่ผสมเถ้านหินที่มีความละเอียด Blaine เท่ากับ 11241 ซม.²/ก. มีการพัฒนากำลังอัดที่ดีและที่อายุ 28 วัน จะมีกำลังอัดเป็น 1.09 เท่าของคอนกรีตผสมซิลิกาฟุ่ม และเป็น 1.11 เท่าของคอนกรีตมาตรฐาน เมื่อใช้เถ้านหินแทนที่ปูนซีเมนต์ในอัตราร้อยละ 15

การศึกษาเถ้านหินจากแม่เมาะแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 ในอัตราส่วนร้อยละ 20 โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์พบว่าเมื่อกำหนดค่าการไหลให้คงที่จะใช้ปริมาณน้ำต่อวัสดุประสานที่น้อยลงในการผสมมอร์ตาร์ เถ้านหินที่มีความละเอียดสูงสามารถ ให้กำลังได้สูงกว่าเถ้านหินที่มีความละเอียดต่ำ^[6] การบดเถ้านหินที่หยาบให้มีความละเอียดสูงขึ้นสามารถเพิ่มการรับกำลังอัดของมอร์ตาร์ให้สูงขึ้นได้ นั่นคือกำลังอัดของ

มอร์ตาร์แปรผันตามความละเอียดของเถ้านหินที่ใช้เป็นส่วนผสมในการแทนที่ปูนซีเมนต์ ค่าดัชนีกำลังของมอร์ตาร์เมื่อใช้เถ้านหินหยาบไม่ผ่านการบดมีค่าต่ำกว่ามอร์ตาร์มาตรฐานจึงไม่เหมาะที่จะนำไปใช้ในงานคอนกรีต ส่วนเถ้านหินหยาบที่นำมาบดให้มีความละเอียดสูงทำให้ค่าดัชนีกำลังสูงกว่าเถ้านหินหยาบและสูงกว่ามอร์ตาร์มาตรฐานด้วย

การใช้เถ้านหินในงานคอนกรีตกำลังสูง

หลักการทั่วไปในการผลิตคอนกรีตกำลังสูงคือ การลดปริมาณน้ำที่ใช้ในการผสมคอนกรีตให้ต่ำลงให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ โดยไม่ทำให้คอนกรีตสูญเสียคุณสมบัติในด้านการเทหรือเกิดการแยกตัว ปริมาณน้ำที่ใช้จะมีค่าประมาณ 0.25 ถึง 0.35 โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ ปริมาณน้ำขนาดนี้ถือว่าต่ำมาก เพราะถ้าใช้กับงานโดยทั่วไปแล้วจะไม่สามารถผสมคอนกรีตได้ ดังนั้นจึงต้องใช้สารลดน้ำหรือสารลดน้ำพิเศษเข้าช่วยเพื่อลดความเสียหายระหว่างผิวของปูนซีเมนต์ ทราบ และหิน ให้ต่ำลง ทำให้คอนกรีตใช้น้ำน้อยลง ในขณะที่ความชื้นเหลวยังมีค่าเท่าเดิมนอกจากนี้เพื่ออุดช่องว่างเล็กๆ ในคอนกรีตให้น้อยลงจึงได้ใช้สารพวกซิลิกาฟุ่มหรือเถ้านหินผสมเข้าไปด้วย ในรายงานเกี่ยวกับคอนกรีตกำลังสูงสำหรับอาคารระฟ้าในนครชิคาโกได้ระบุว่า **ต้องใช้เถ้านหิน Class F** ในการผสมเพื่อทำคอนกรีตกำลังสูงด้วย เหตุที่ต้องใช้เถ้านหินเพราะปฏิกิริยาปอซโซลานจะเพิ่มกำลังอัดเมื่อคอนกรีตมีอายุเพิ่มมากขึ้น และขนาดอนุภาคที่เล็กๆ ของเถ้านหินจะไปอุดช่องว่างที่มีอยู่ในคอนกรีตให้ลดลง^[7]

Chatveera และ Nimityongskul^[8] ได้ใช้สารลดน้ำพิเศษกับเถ้านหินจากแม่เมาะ เพื่อผลิตคอนกรีตกำลังสูงเปรียบเทียบกับคอนกรีตที่ใช้ซิลิกาฟุ่ม พบว่าการใช้เถ้านหินจะให้กำลังอัดที่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้รวมถึงราคาของคอนกรีตที่ถูกกว่าคอนกรีตที่ทำด้วยซิลิกาฟุ่ม ที่ประเทศแคนาดา นักวิจัยที่ CANMET^[9] ได้ใช้สารลดน้ำกับเถ้านหินในปริมาณร้อยละ 40 โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์บวกกับน้ำได้คอนกรีตที่มีกำลังอัดที่อายุ 28 วันเท่ากับ 500 กก./ซม.² การใช้เถ้านหินนั้นเป็นที่ยอมรับกันว่าเหมาะสมและควรรี้อย่างยิ่งในงานของคอนกรีตกำลังสูง แต่สิ่งหนึ่งที่วิศวกรหรือผู้เกี่ยวข้องควรคำนึงถึงให้มากก็คือ คุณสมบัติของคอนกรีตกำลังสูงที่มีส่วนผสมของเถ้านหินอยู่ และเมื่อใช้เถ้านหิน ในการผสมคอนกรีตแล้วควรจะให้ผลทางด้านบวกต่อคอนกรีต นั่นคือ เถ้านหินที่ใช้ต้องเป็นเถ้านหินที่มีคุณภาพดี

และเมื่อนำไปใช้ทุกครั้งไม่ว่าในงานคอนกรีตธรรมดา หรือคอนกรีตกำลังสูงต้องให้ผลทางด้านดีต่อคอนกรีตเสมอ

การนำเถ้าถ่านหินจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะมาแยกขนาดด้วยเครื่อง Air Classifier แล้วเลือกเถ้าถ่านหินความละเอียดสูงซึ่งมีขนาดอนุภาคเฉลี่ยเท่ากับ 2.8 ไมครอนมาแทนที่ปูนซีเมนต์ในอัตราส่วนร้อยละ 15, 25, และ 35 โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์เพื่อทำคอนกรีตกำลังสูง พบว่ากำลังอัดโดยรวมดีกว่าคอนกรีตที่ไม่ใช้เถ้าถ่านหิน โดยเริ่มให้กำลังอัดมากกว่าคอนกรีตที่ไม่ใช้เถ้าถ่านหินตั้งแต่อายุ 7 วันขึ้นไป โดยมีค่าเป็นร้อยละ 101 ถึง 105 ของตัวอย่างคอนกรีตที่ไม่ใช้เถ้าถ่านหิน และเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 115 ถึง 123 ของคอนกรีตที่ไม่ผสมเถ้าถ่านหินที่อายุ 90 วัน ซึ่งผลที่ได้จากการทดสอบครั้งนี้แตกต่างจากการใช้เถ้าถ่านหินที่ไม่ได้ผ่านการคัดขนาดมาแทนที่อย่างมากที่ให้กำลังอัดต่ำในช่วงอายุต้น ๆ ผลของงานวิจัยทำให้ข้อดีของการใช้เถ้าถ่านหินในงานคอนกรีตที่ต้องรอเวลานานหมดไป ส่วนค่ากำลังดึงโดยวิธีผ่าซีกของคอนกรีตที่แทนที่ด้วยเถ้าถ่านหินเมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตที่ไม่มีเถ้าถ่านหินผสมอยู่ พบว่าค่ากำลังดึงไม่แตกต่างกันมากนัก โดยมีค่ากำลังดึงที่อายุ 365 วันเป็นร้อยละ 99 ถึง 103 ของตัวอย่างคอนกรีตที่ไม่ใช้เถ้าถ่านหิน แสดงว่าการใช้เถ้าถ่านหินขนาดละเอียดมากๆ ไม่ได้ช่วยให้กำลังดึงของคอนกรีตดีขึ้นมากนัก แต่ช่วยด้านกำลังอัดอย่างมาก^[10]

ส่งท้าย

เรื่อง ไม่เอาถ่าน เอาเถ้า (ถ่านหิน) นี้หวังว่าจะเป็นเรื่องหนึ่งที่น่าจะเป็นประโยชน์บ้างในวงการวิศวกรรมโยธา หากท่านผู้อ่านท่านใดสนใจที่จะหาข้อมูลเพิ่มเติมในเรื่องของเถ้าถ่านหิน ขอแนะนำให้ดูตามเอกสารอ้างอิง นอกจากนี้ยังสามารถดูความก้าวหน้าของการใช้เถ้าถ่านหินในงานคอนกรีตในประเทศไทยได้จากเอกสารประกอบการสัมมนาเรื่อง การใช้เถ้าลอยในงานคอนกรีต ที่จัดโดยคณะกรรมการคอนกรีตและวัสดุร่วมกับการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย โดยท่านจะหาซื้อได้ที่สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยฯ ในราคาที่เป็นกันเองครับ

สุดท้ายนี้ผู้เขียนก็ถือโอกาสบอกกล่าวด้วยว่าเป็นคนหนึ่งที่ไม่มีเอาถ่าน เพราะตลอดระยะเวลา 10 ปีที่ผ่านมาศึกษาแต่เรื่องเถ้าถ่านหินตลอดมา ส่วนเรื่องของถ่าน (หิน) นั้นผู้เขียนแทบไม่สนใจเลย จึงกลายเป็นคนไม่เอาถ่านไปด้วยประการฉะนี้

เอกสารอ้างอิง

1. สมชัย กกก้าแหง “การนำซีเถ้าลิกในดมาใช้ประโยชน์เป็นวัสดุก่อสร้างงานดิน”, เอกสารประกอบการสัมมนาทางวิชาการเรื่องศักยภาพการนำเถ้าถ่านลิกในดมาใช้ประโยชน์, สำนักงานวิจัยและพัฒนา การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2536
2. Davis, R. E., Carlson, R.W., Kelly, J.W., and Davis, H. E., “Properties of Cements and Concretes Containing Fly Ash,” *ACI J.*, Proceedings Vol. 33, No. 5, 1937, pp. 577-612.
3. ACI Committee 226, “Use of Fly Ash in Concrete,” *ACI 226.3 R-87*, *ACI*, Proceedings, Vol. 84, No.5, 1987, pp. 381-409.
4. Lane, R. O. and Best, J. F., “Properties and Use of Fly Ash in Portland Cement Concrete,” *Concrete International : Design & Construction*, Vol. 4, No. 7, 1982, pp. 81-92.
5. Mukherjee, P., K., Loughborough, M. T., and Malhotra, V. M., 1982, “Development of High-Strength Concrete Incorporating a Large Percentage of Fly Ash and Superplasticizers,” *Cement and Concrete Aggregates*, Vol. 4, No. 2, pp. 81-86
6. Kiattikomol, K., Jaturapitakkul, C., Siripanichgorn, A., Voranisrakul, J., Keatkrai, P., Songpiriyakij, S., Nimityongskul, P., Chindapasirt, P., Tangsathitkulchai, C., and Ketranaborvorn, T., “Classified Fly Ash for Concrete Utilization,” *Proceedings of the 1996 Annual Conference of the Engineering Institute of Thailand*, Bangkok, 1996, pp. 257-269.
7. Task Force Report No.5, 1977, “High Strength Concrete in Chicago High-Rise Building,” Chicago Committee on High-Rise Building, 66 pp. 1977.
8. Chatveera, B. and Nimityongskul, P., “Influence of Artificial Pozzolanas on Mechanical Behavior of High Strength Concrete,” เอกสารประกอบการสัมมนาทางวิชาการเรื่องศักยภาพการนำเถ้าลอยลิกในดมาใช้ประโยชน์, สำนักงานวิจัยและพัฒนา การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2536
9. Berry, E. E. and Malhotra, V. M., “Fly Ash for Use in Concrete-A Critical Review,” *ACI J.*, Proceedings Vol. 77, No. 2, 1980, pp. 59-73.
10. Angsuwattana, E., Kiattikomol, K., Jaturapitakkul, C., Siripanichgorn, A., Voranisrakul, J., Keatkrai, P., Nimityongskul, P., Chindapasirt, P., Tangsathitkulchai, C., and T. Ketranaborvorn, “Use of Classified Mae Moh Fly Ash in High Strength Concrete,” *Proceedings of the Fourth National Convention on Civil Engineering*, the Engineering Institute of Thailand, Phuket, Thailand, 1997, pp. 206-215.

