บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (Information) ที่เกี่ยวข้อง

คอนกรีตเป็นวัสดุก่อสร้างที่มีใช้กันมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันซึ่งมีส่วนผสมของปูนซีเมนต์ ทราย หิน น้ำ และสารผสมเพิ่ม วัสดุผสม เช่น ทราย ในปัจจุบันประสบปัญหาด้านราคาแพงเนื่องจากเป็นวัสดุที่ใช้แล้วหมดไป และการดูดทรายมาใช้จากแม่น้ำ หรือจากพื้นดิน ก่อให้เกิดปัญหาด้านสภาวะแวดล้อม อาจทำให้เกิดการทรุดตัวของพื้นที่ใกล้เคียงได้ หินได้จากการระเบิดภูเขา แล้วนำมาบดย่อยให้มีขนาดเล็กลง เพื่อนำมาใช้งาน จากข้อมูลของกรมทรัพยากรธรณีพบว่ามีกำลังผลิตย่อยหินได้ถึงประมาณเกือบ 90,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน โดยวิธีการบดย่อยหินนี้จะก่อให้เกิด หินฝุ่น ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ที่มีประโยชน์น้อยและมีปริมาณมาก โดยพบอยู่ตามโรงโม่หินทั่วไปในประเทศไทย ส่วนเถ้าลอยได้มาจากการเผาถ่านหินเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งมีประมาณร้อยละ 80 ถึง 85 ของเถ้าที่เกิดขึ้น ซึ่งเถ้าลอยนั้นจัดเป็นวัสดุปอซโซลาน ซึ่งก็ทราบกันอยู่แล้วว่าเถ้าลอยนี้มีอยู่อย่างมากมายมหาศาลเช่นเดียวกัน ปริมาณการนำเถ้าลอยไปใช้ประโยชน์มีการเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ 30,000 ตัน ในปี พ.ศ. 2540 เป็น 1.4 ล้านตัน ในปี พ.ศ. 2545 คิดเป็นร้อยละ 47 ของปริมาณเถ้าลอยที่ผลิตได้ การนำเถ้าลอยไปใช้แทนที่ปูนซีเมนต์ เป็นวิธีการที่สามารถลดการผลิตปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทำให้สามารถลดการใช้เชื้อเพลิงลงได้ทุกๆ ตันที่ผลิตปูนซีเมนต์ สามารถประหยัดเงินที่ใช้ผลิตปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ได้ประมาณ 106 บาทต่อตัน ปัจจุบันมีการใช้เถ้าลอยประมาณ 1.5 ล้านตันต่อปี โดยเป็นแหล่งจากแม่เมาะ 1.4 ล้านตัน และจากแหล่งอื่นๆ ประมาณ 0.1 ล้านตัน ทำให้ประหยัดเงินไปเท่ากับ 159 ล้านบาทต่อปี (106 × 1.5 ล้านตัน) ศักยภาพของการนำเถ้าลอยไปใช้ในประเทศไทย ในโครงการสำคัญๆ มีอยู่มากมายด้วยกัน อาทิเช่น การก่อสร้างเขื่อนปากมูล ที่จังหวัดอุบลราชธานี ในปี พ.ศ. 2537 โดยใช้เถ้าลอยแม่เมาะเป็นส่วนผสมแทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนเป็นจำนวนประมาณ 5,000 ตัน ซึ่งเป็นเขื่อนประเภทบดอัด (Roller Compacted Concrete, RCC) เขื่อนแรกในประเทศไทยและในเอเชียอาคเนย์ การใช้คอนกรีตผสมเถ้าลอยในงานก่อสร้างฐานรากเสาที่มีขนาดใหญ่ของสะพานพระราม 8 ในปี พ.ศ. 2541 การใช้เถ้าลอยจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง จำนวนมากในการสร้างเขื่อน RCC ที่คลองท่าด่าน จังหวัดนครนายก การใช้เถ้าลอยเป็นส่วนผสมในงานปูนก่อและปูนฉาบ และในงานท่อคอนกรีต การใช้เถ้าลอย เป็นส่วนผสมทำให้คอนกรีตมีการซึมผ่านของน้ำต่ำ ทนต่อสภาพการกัดกร่อนเนื่องจากกรดอ่อนและซัลเฟตจากอุตสาหกรรมได้ดี ช่วยลดความร้อนเนื่องจากปฏิกิริยา ไฮเดรชั่นของคอนกรีตทำให้ลดรอยแตกร้าวเล็กๆ ที่มักเกิดบริเวณผิวด้านในของท่อคอนกรีต การใช้เถ้าลอยจะช่วยเพิ่มความสามารถในการเทคอนกรีตในงานคอนกรีตหล่อสำเร็จรูป เหมาะสำหรับแบบหล่อที่มีรูปทรงซับซ้อนหรือมีการเสริมเหล็กหนาแน่นได้ง่ายยิ่งขึ้น

สำหรับหินฝุ่นนั้น จะมีลักษณะทางกายภาพใกล้เคียงกับทรายมาก หินฝุ่นจึงน่าที่จะมีความแข็งแรงใกล้เคียงกับทรายเมื่อนำมาใช้ผสมในงานคอนกรีต และอีกทั้งหินฝุ่นยังมีราคาถูกกว่าทรายถึงแปดเท่า ดังนั้นเมื่อปีงบประมาณ พ.ศ. 2548 ทางคณะผู้วิจัยจึงได้ริเริ่มที่จะทำการทดลอง โดยได้ของบประมาณมาทำการวิจัยโครงการ การใช้หินฝุ่นผสมคอนกรีตแทนทราย ซึ่งปัจจุบันนี้ได้อยู่ระหว่างขั้นตอนกระบวนการดำเนินงาน โดยได้ทดลองหล่อแท่งตัวอย่างคอนกรีตทดสอบหากำลังอัดในขั้นต้นแล้วพบว่าได้ค่ากำลังรับแรงอัดประมาณ 300 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรขึ้นไป ซึ่งสามารถนำไปใช้ในงานก่อสร้างทั่วไปได้ และเมื่อได้ปรึกษากับผู้เชี่ยวชาญในด้านของคอนกรีตเทคโนโลยีจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยแล้ว ก็มีความเห็นว่าถ้าเพิ่มเถ้าลอยมาเป็นส่วนผสมของคอนกรีตด้วย อาจจะสามารถพัฒนาให้เป็นคอนกรีตกำลังสูงได้ เนื่องจากส่วนผสมของคอนกรีตปกตินั้นมี ปูนซีเมนต์+ทราย+หิน+น้ำ โดยที่มีน้ำเป็นตัวประสานทำปฏิกิริยาให้ปูนซีเมนต์แข็งตัวแทรกเข้าไปในเม็ดทราย ส่วนทรายไปแทรกในหินอีกทีหนึ่ง ซึ่งหากนำหินฝุ่นมาใช้แทนทรายแล้ว หินฝุ่นจะไปแทรกในหิน และยังได้เถ้าลอยซึ่งมีความละเอียดมากกว่าปูนซีเมนต์ ไปแทรกในช่องว่างของปูนซีเมนต์อีกทีหนึ่ง อาจจะทำให้เนื้อของคอนกรีตที่ได้มีความแน่นมากขึ้น และสามารถนำไปพัฒนาเป็นคอนกรีตสำหรับใช้ในงานก่อสร้างที่ต้องการกำลังสูงๆ ได้

การศึกษาวิจัยเพื่อศึกษาศักยภาพของคอนกรีตผสมเถ้าลอยที่มีหินฝุ่นเป็นมวลรวมละเอียดแทนทรายจึงได้เกิดขึ้น เพื่อหาข้อมูลการรับกำลังอัดของคอนกรีตผสมเถ้าลอยและหินฝุ่น แล้วนำไปเปรียบเทียบกับการรับกำลังอัดของคอนกรีตปกติ เพื่อเป็นแนวทางในการนำไปใช้ประโยชน์ในงานโครงสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก และในงานทางวิศวกรรมโยธาทั่วไปได้ในอนาคต

2.2 ทฤษฎี สมมติฐานหรือกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

2.2.1 องค์ประกอบของคอนกรีต [1]

คอนกรีตประกอบด้วยปูนซีเมนต์ หิน ทราย น้ำ และน้ำยาผสมคอนกรีต โดยเมื่อนำส่วนผสมต่างๆ เหล่านี้มาผสมกันจะมีชื่อเรียกเฉพาะดังนี้

- ปูนซีเมนต์ผสมกับน้ำและน้ำยาผสมคอนกรีต เรียกว่าซีเมนต์เพสต์ (Cement Paste)
- ซีเมนต์เพสต์ ผสมกับ ทราย เรียกว่า มอร์ต้า (Mortar)
- มอร์ต้า ผสมกับ หิน หรือกรวด เรียกว่า คอนกรีต (Concrete)

2.2.2 หน้าที่และคุณสมบัติของส่วนผสม

1) ซีเมนต์เพสต์

หน้าที่ของซีเมนต์เพสต์ คือ เสริมช่องว่างระหว่างมวลรวม หล่อลื่นคอนกรีตสดขณะ เทหล่อ และให้กำลังแก่คอนกรีตเมื่อคอนกรีตแข็งตัว รวมทั้งป้องกันการซึมผ่านของน้ำ คุณสมบัติของซีเมนต์เพสต์ขึ้นอยู่กับ คุณภาพของปูนซีเมนต์, อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ และความสมบูรณ์ของปฏิกิริยาระหว่างน้ำกับปูนซีเมนต์หรือที่ เรียกว่า ปฏิกิริยาไฮเดรชั่น

2) มวลรวม

หน้าที่ของมวลรวม คือ เป็นตัวแทรกประสานราคาถูกที่กระจายอยู่ทั่วซีเมนต์เพสต์ ช่วยให้คอนกรีตมีความคงทน ปริมาตรไม่เปลี่ยนแปลงมาก คุณสมบัติของมวลรวมที่สำคัญจะต้องมีความแข็งแรง, การเปลี่ยนแปลงปริมาตรต่ำ, คงทนต่อปฏิกิริยาเคมี และต้านทานต่อแรงกระแทก และการเสียดสี

3) น้ำ

หน้าที่หลักของน้ำสำหรับงานคอนกรีตมี 3 ประการ คือ ใช้ล้างวัสดุมวลรวมต่างๆ, ใช้ผสมทำคอนกรีต และใช้บ่มคอนกรีต หน้าที่หลักของน้ำในฐานะที่ใช้ผสมทำคอนกรีตยังแบ่งได้อีก 3 ประการ คือ ก่อให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นกับปูนซีเมนต์, ทำหน้าที่หล่อลื่นเพื่อให้คอนกรีตอยู่ในสภาพเหลวสามารถเทได้ และเคลือบ หิน ทราย ให้เปียกเพื่อให้ซีเมนต์เพสต์ สามารถเข้าเกาะได้โดยรอบ

4) น้ำยาผสมคอนกรีต

หน้าที่สำคัญของน้ำยาผสมคอนกรีต คือ ช่วยปรับปรุงคุณสมบัติทั้งคอนกรีตที่เหลว และคอนกรีตที่แข็งตัวแล้วในด้านต่างๆ เช่น เวลาการก่อตัว, ความสามารถเทได้, กำลังอัด และ ความทนทาน เป็นต้น

5) มวลรวมหรือวัสดุผสม

มวลรวมหรือวัสดุผสม (Aggregate) คือ วัสดุเฉื่อย อันได้แก่ หิน ทราย กรวด ที่เป็นส่วนผสมที่สำคัญของคอนกรีตเนื่องจากมวลรวมมีปริมาตร 70-80% ของปริมาณของส่วนผสมทั้งหมด ดังนั้นจึงไม่น่าเป็นที่สงสัยเลยว่า ทำไมคุณภาพของมวลรวมจึงมีผลอย่างมากต่อคุณสมบัติของคอนกรีต และจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องให้ความสนใจในเรื่องนี้อย่างมาก

ในอดีตมวลรวมถูกคิดว่าเป็นเพียงวัสดุเฉื่อย ที่ใช้เป็นตัวแทรกประสานโดยกระจายอยู่ทั่วซีเมนต์เพสต์เท่านั้น ในปัจจุบันนี้พบว่า มวลรวมยังทำหน้าที่อื่นที่สำคัญอีก ประการแรกเนื่องจากมวลรวมเป็นส่วนผสมของคอนกรีตที่มีราคาถูกกว่าปูนซีเมนต์ดังนั้นในส่วนผสมของคอนกรีตจึงควรใช้ปริมาณมวลรวมให้พอเหมาะเพื่อที่จะให้ปริมาณปูนซีเมนต์ลดน้อยลง ประการต่อมาคุณสมบัติของมวลรวม จะช่วยให้คอนกรีตมีความคงทน (Durability) และปริมาตรไม่เปลี่ยนแปลงมาก (Volume Stability) รวมทั้งมวลรวมยังทำหน้าที่ต้านทานน้ำหนักที่กดลงบนคอนกรีตด้วย กำลังและคุณสมบัติทางกายภาพอีกหลายประการของมวลรวม มีผลต่อคุณสมบัติของคอนกรีต ทั้งในสภาพที่เป็นคอนกรีตเหลว และคอนกรีตเข็งตัวแล้ว ดังนั้นการเลือกใช้มวลรวมที่เหมาะสม ไม่เพียงแต่เป็นการประหยัด แต่ยังคงช่วยให้คอนกรีตมีคุณภาพดีขึ้นด้วย มวลรวมที่ดีซึ่งจะส่งผลให้คอนกรีตมีความทนทานสูง ควรมีคุณสมบัติพื้นฐานที่ดีดังนี้ คือ ต้องมีความคงทนไม่ทำปฏิกิริยากับส่วนประกอบในซีเมนต์ซึ่งอาจจะก่อให้เกิดผลเสียต่อเสถียรภาพทางปริมาตรของคอนกรีต และมวลรวมจะต้องไม่มีสิ่งเจือปนที่มีผลเสียต่อกำลังและความคงตัวของซีเมนต์เพสต์

5.1) ประเภทของมวลรวม

เราสามารถแบ่งมวลรวมตามแหล่งกำเนิดออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

1. มวลรวมที่เกิดจากธรรมชาติ (Natural Mineral Aggregate) เกิดจากขบวนการกัดกร่อนและเสียดสีตามธรรมชาติ

2. มวลรวมที่มนุษย์ทำขึ้น (Artificial Aggregate) เช่น มวลรวมเบาบางประเภทที่ได้จากการเผาดิน เป็นต้น

ถ้าแบ่งมวลรวมตามความหนาแน่นหรือหน่วยน้ำหนักจะแบ่งได้ 3 กลุ่ม คือ

1. มวลรวมเบา มีความหนาแน่นตั้งแต่ 300-1,100 กก./ลบ.ม.

2. มวลรวมปกติ มีความหนาแน่นตั้งแต่ 2,400-3,000 กก./ลบ.ม.

3. มวลรวมหนัก มีความหนาแน่นมากกว่า 4,000 กก./ลบ.ม.

หรือถ้าแบ่งมวลรวมตามขนาด เราสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

1. มวลรวมหยาบ ได้แก่ หิน หรือกรวดที่มีขนาดตั้งแต่ 4.5 มม. ขึ้นไป หรือค้างอยู่ บนตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4

2. มวลรวมละเอียด ได้แก่ ทรายที่มีขนาดเล็กกว่า 4.5 มม. หรือ สามารถผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4 แต่ต้องไม่เล็กกว่า 0.07 หรือผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 200ส่วนที่มีขนาดเล็กกว่ามวลรวมละเอียดซึ่งมีอยู่จำนวนน้อยมากในส่วนผสมคอนกรีต สามารถแบ่งได้เป็น

- Silt จะมีขนาดประมาณ 0.07 มิลลิเมตร
- Clay จะมีขนาดอยู่ในช่วง 0.02-0.06 มิลลิเมตร

5.2) กรรมวิธีการผลิต

1. กรรมวิธีการผลิตหิน

ขั้นตอนที่ 1 สำรวจแหล่งหินที่มีคุณสมบัติตามมาตรฐาน จากนั้นจึงขอสัมปทานของพื้นที่นั้น

ขั้นตอนที่ 2 เมื่อได้รับสัมปทานพื้นที่นั้นแล้วจึงทำการเปิดหน้าเหมืองโดยการระเบิด ซึ่งสามารถทำการระเบิดได้ 2 วิธี คือ

- วิธีแรก ทำการระเบิดหินตามแนวดิ่ง ลาดขึ้นไปตามความชันของหน้าผา วิธีนี้โรงโม่ส่วนใหญ่นิยมใช้ เพราะสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายน้อย แต่มีผลเสียคือ เป็นวิธีค่อนข้างอันตราย
- วิธีที่สอง ทำการระเบิดหินตามแนวราบ ลักษณะคล้ายขั้นบันได โดยเริ่มขบวนการระเบิดหิน ไล่ลงมาจากแนวยอดเขา วิธีนี้ใช้เงินลงทุนสูง แต่ให้ผลดีคือ มีความปลอดภัยสูงกว่าแบบแรกมาก

ขั้นตอนที่ 3 ขั้นตอนการโม่หิน ลำเลียงหินที่ได้จากการระเบิดลงสู่ปากโม่ บริเวณปากโม่จะมีตะแกรงคัดแยกหินที่มีขนาดเล็กกว่า 8 นิ้วออก ส่วนหินที่มีขนาดใหญ่ จะผ่านเข้าสู่เครื่องโม่ตัวที่ 1 ซึ่งจะทำการย่อยหินให้มีขนาดเล็กลงจนได้ขนาดประมาณ 8 นิ้ว – NO. 4 จากนั้นสายพานจะลำเลียง

หินผ่านตะแกรงชุดที่ 2 เพื่อแยกหินที่มีขนาดอยู่ในช่วงที่ต้องการออกไป ส่วนหินที่มีขนาดใหญ่กว่าที่ต้องการก็จะลำเลียงเข้าสู่เครื่องโม่ชุดที่ 2 ซึ่งจะทำการโม่หินจนมีขนาดที่ต้องการเกือบทั้งหมด หลังจากขั้นตอนนี้ หินจะผ่านเข้าไปยังตะแกรงร่อน เพื่อร่อนแยกคัดขนาดหินที่ต้องการไว้ ทั้งนี้อาจมีหินบางส่วนที่มีขนาดใหญ่กว่าที่ต้องการ สายพานจะนำหินวกกลับเข้าสู่เครื่องโม่ชุดที่สองอีกครั้งต่อเมื่อผ่านการโม่จนครบขั้นตอนจนได้หินที่มีขนาดตามต้องการสายพานจะลำเลียงหินไปกองเก็บเพื่อรอการนำไปใช้งานต่อไป

2. กรรมวิธีการผลิตทราย

ทรายที่ใช้ผลิตคอนกรีต สามารถแบ่งตามแหล่งที่มาได้ 2 ชนิด คือ ทรายแม่น้ำ และทรายบก

2.1 ทรายแม่น้ำ

เป็นทรายที่เกิดจากการกัดเซาะของกระแสน้ำแล้วค่อยๆ ตกตะกอนสะสมกลายเป็นแหล่งทรายอยู่ใต้ท้องน้ำ โดยทรายที่มีขนาดใหญ่ น้ำหนักมาก จะตกตะกอนอยู่บริเวณต้นน้ำ ส่วนทรายละเอียดนั้นก็จะถูกกระแสน้ำพัดพามารวมกันบริเวณท้ายน้ำ การนำทรายขึ้นจากท้องน้ำจะใช้เรือดูดดูดทรายขึ้นมาตามท่อแล้วทิ้งทรายลงบนตะแกรงของเรืออีกลำ ตะแกรงจะทำหน้าที่ร่อนแยกกรวดที่มีขนาดใหญ่ออกก่อนที่จะดูดทรายขึ้นบนเรืออีกลำ เมื่อทรายเต็มเรือก็จะใช้เรืออีกลำลากเรือบรรทุกทรายไปยังท่าทราย ทรายที่ได้จะยังไม่สะอาดนัก เนื่องจากมีสารอินทรีย์ เศษตะกอนของดินโคลนปะปนอยู่ โดยทั่วไปจะต้องมีการล้างทรายอีกครั้ง คือ เมื่อเรือบรรทุกทรายมาถึงท่า ทรายจะถูกทิ้งลงน้ำบริเวณใกล้ท่า โดยการเปิดท้องเรือให้ทรายไหลลงแม่น้ำ แต่ถ้าเรือที่ลำเลียงทรายเปิดท้องเรือไม่ได้ ก็จะใช้สายพานลำเลียงทรายทิ้งลงในแม่น้ำ จากนั้นจะใช้เรือดูด ดูดทรายขึ้นมา ทำวิธีการเดียวกันกับการดูดทรายขึ้นจากท้องน้ำครั้งแรก แตกต่างกันที่ตะแกรงที่ใช้จะสามารถแยกได้ทั้งทรายหยาบและทรายละเอียด ทรายที่ได้จัดเป็นทรายที่สะอาด เพราะผ่านการชะล้างถึง 2 ครั้ง ขั้นต่อไป คือการลำเลียงทรายไปเก็บยัง Stock โดยใช้สายพานลำเลียงจากเรือไปเก็บไว้ในยุ้งสามารถลำเลียงลงรถบรรทุกได้โดยสะดวก เพียงเปิดปากยุ้งให้ทรายไหลลงในรถบรรทุกเอง ส่วนทรายที่กอง Stock อยู่ หากจะนำไปใช้จะใช้รถตัก ขนทรายใส่รถบรรทุกอีกครั้ง

2.2 ทรายบก

เป็นทรายที่เกิดจากการตกตะกอน ทับถมกันของลำน้ำเก่า ที่แปรสภาพเป็นพื้นดิน โดยมีซากพืช ซากสัตว์ทับถมกันที่ผิวหน้าซึ่งเราเรียกกันว่า หน้าดิน ที่มีความหนาประมาณ 2-10 ม. การนำทรายมาใช้ เริ่มจากการเปิดหน้าดินก่อนด้วยรถตักดิน จากนั้นจะขุดดินลงไปจนถึงระดับน้ำใต้ดินจนมีสภาพเป็นแอ่งน้ำขนาดใหญ่ แล้วนำเรือดูด ดูดทราย ผ่านมาตามท่อ โดยปลายท่อจะมีตะแกรงแยกกรวดออก ขณะเดียวกันก็สามารถติดตั้งตะแกรงเพื่อแยกทรายหยาบและทรายละเอียดได้ ทรายที่ผ่านการร่อนแยก จะถูกทิ้งลงน้ำบริเวณริมฝั่ง จากนั้นก็จะใช้รถตัก ตักทราย เพื่อนำไปใช้งานต่อไป

3. คุณสมบัติทั่วไป

มวลรวมที่ดีเมื่อผสมเป็นคอนกรีตแล้ว จะต้องทำให้คอนกรีตนั้นมีความสามารถเทได้ง่าย แข็งแรงทนทาน และราคาประหยัด นอกจากนี้มวลรวมควรจะมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้คือ

3.1 ความแข็งแกร่ง (Strength)

มวลรวมจะต้องมีความสามารถรับแรงกดได้ไม่น้อยกว่ากำลังของคอนกรีตที่ต้องการ ซึ่งปกติมวลรวมที่ใช้โดยทั่วไปจะมีความสามารถรับแรงกดได้สูงกว่าคอนกรีตมาก คือ จะรับแรกกดได้ 700-3,500 กก./ตร.ซม. ซึ่งขึ้นอยู่กับประเภทของมวลรวมที่ใช้

3.2 ความต้านทานต่อแรงกระแทกและการเสียดสี (Impact and Abrasion Resistance)

ความสามารถในการต้านทานต่อแรงกระแทก และการเสียดสีของมวลรวมมักจะถูกใช้เป็นตัวชี้บอกถึงคุณภาพของมวลรวมคุณสมบัตินี้มีความสำคัญมากสำหรับมวลรวมที่ใช้ผสมทำคอนกรีตที่จะต้องถูกกระทำจากการกระแทกหรือขัดสี เช่น งานผิวถนน, พื้นโรงงานพื้นสนามบิน, เป็นต้น ดังนั้น มวลรวมที่ใช้ได้ดี ควรมีความแข็งแรง เนื้อแน่น ปราศจากอนุภาคที่อ่อนนุ่มหรือเป็นรูพรุนหรือแตกละเอียดได้ง่าย

3.3 ความคงทนต่อปฏิกิริยาเคมี (Chemical Stability)

มวลรวมจะต้องไม่ทำปฏิกิริยาเคมีกับปูนซีเมนต์ หรือกับสิ่งแวดล้อมภายนอก ในบางพื้นที่มวลบางประเภทจะทำปฏิกิริยากับด่าง (Alkalis) ในปูนซีเมนต์ เกิดเป็นวุ้นและขยายตัวก่อให้เกิดรอยร้าวโดยทั่วไปในคอนกรีต ซึ่งเรียกปฏิกิริยานี้ว่า Alkalis – Aggregate Reaction (AAR)

3.4 รูปร่างและลักษณะผิว (Particle Shape and Surface Texture)

รูปร่างและลักษณะผิวของมวลรวมจะมีอิทธิพลต่อคุณสมบัติของคอนกรีตสด มากกว่าคุณสมบัติของคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว มวลรวมที่มีผิวหยาบ หรือมีรูปร่างแบนและยาว จะต้องการปริมาณซีเมนต์เพสต์มากกว่าคอนกรีตที่ใช้มวลรวมรูปร่างกลมหรือเหลี่ยมที่ระดับความสามารถเทได้ (Workability) เดียวกันตามมาตรฐานอังกฤษ ส่วนลักษณะผิวของมวลรวมจะมีผลโดยตรงกับแรงยึดเหนี่ยว เมื่อมีผิวหยาบด้านหรือมีรูพรุนมาก จะทำให้มีแรงยึดเหนี่ยวดี แต่ต้องใช้ปริมาณซีเมนต์เพสต์มากขึ้น

มีนักวิชาการด้านวัสดุก่อสร้างจำนวนไม่น้อยได้ทำการศึกษาทดลองนำวัสดุเหลือใช้ต่างๆ มาผสมในคอนกรีตเพื่อลดปริมาณการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ ลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดวัสดุเหลือใช้ และลดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างลงได้ โดยการศึกษาวัสดุเหลือใช้ที่นำมาผสมในคอนกรีตนั้น จะศึกษาในเรื่องของวัสดุที่จะนำมาทดแทนปูนซีเมนต์เป็นส่วนใหญ่

บุรฉัตร ฉัตรวีระ และ เชิดพงศ์ วิสารทานนท์ [2] ได้นำเถ้าแกลบมาผสมคอนกรีต พบว่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่แทนที่เถ้าแกลบในปูนซีเมนต์ที่ร้อยละ 20 สามารถพัฒนากำลังของคอนกรีตให้สูงกว่าคอนกรีตปกติได้ นอกจากนี้อุณหภูมิของคอนกรีตที่ผสมเถ้าแกลบนั้นจะลดลงเมื่อร้อยละการแทนที่ของเถ้าแกลบนั้นเพิ่มขึ้น แต่การเพิ่มขึ้นของการแทนที่นั้นจะลดความสามารถในการทำงานของคอนกรีตลง โดยส่วนผสมคอนกรีตผสมเถ้าแกลบที่ไม่บดจะมีความสามารถในการทำงานได้ที่ต่ำที่สุด

ซึ่งปัญหานี้สามารถแก้ไขได้ด้วยการบดที่ใช้เวลาเพิ่มขึ้น ความพรุน และการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากความสามารถในการทนกรดของคอนกรีตผสมเถ้าแกลบนั้นจะลดลงเมื่อร้อยละการแทนที่ของเถ้าแกลบเพิ่มขึ้น และการหดตัวแบบแห้งและแบบออโตจีเนียสของคอนกรีตผสมเถ้าแกลบนั้นจะไม่มีผลกระทบที่เป็นนัยสำคัญ เมื่อร้อยละการแทนที่ของเถ้าแกลบโดยน้ำหนักน้อยกว่าร้อยละ 40

ชัย จาตุรพิทักษ์กุล และคณะฯ [3] ได้ศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการใช้กากแคลเซียมคาร์ไบด์และเถ้าปาล์มน้ำมันมาใช้เป็นวัสดุประสานในงานคอนกรีต โดยนำกากแคลเซียมคาร์ไบด์มาตากแดดแล้วบดละเอียด ส่วนเถ้าปาล์มนำมาแยกขนาดให้มีความละเอียดสูงขึ้น จากนั้นผสมเถ้าปาล์มกับกากแคลเซียมคาร์ไบด์ในอัตราส่วน 70:30 โดยน้ำหนักเพื่อใช้เป็นวัสดุประสาน หล่อเป็นคอนกรีตทรงกระบอกขนาด 10×20 ซม. คอนกรีตมีปริมาณวัสดุประสานเท่ากับ 300, 375, 450 และ 600 กก./ม.^{3} พบว่าค่ากำลังอัดขนาดคอนกรีตที่อายุ 28 วันเป็น 92, 150, 154, 192 กก./ซม.^{2} เมื่อใช้วัสดุประสานเท่ากับ 300, 375, 450 และ 600 กก./ม.^{3} ตามลำดับ และกำลังอัดจะมีค่าแปรผันกับอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน โดยกำลังอัดสูงสุดของคอนกรีตที่ใช้วัสดุประสาน 600 กก./ม.^{3} ที่อายุ 90 วัน มีค่ากำลังอัด 249 กก./ซม.^{2} การศึกษาความเป็นไปได้ของเถ้าปาล์มน้ำมันที่ได้จากกระบวนการเผาเศษกะลาและเส้นใยของผลปาล์มเพื่อนำมาใช้ในงานคอนกรีต โดยนำเถ้าปาล์มน้ำมันมาบดให้มีความละเอียดจนมีขนาดอนุภาคค้างบนตะแกรงเบอร์ 325 ร้อยละ 29.2 และ 4.3 โดยน้ำหนัก ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ จากนั้นทดสอบกำลังรับแรงอัดของมอร์ตาร์ที่ใช้เถ้าปาล์มน้ำมันแทนที่ปูนซีเมนต์ในอัตราร้อยละ 10, 20 และ 30 โดยน้ำหนักวัสดุประสาน พบว่ามอร์ตาร์ที่ผสมเถ้าปาล์มน้ำมันก่อนจะบดเมื่อแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ในอัตราร้อยละ 20 โดยน้ำหนักวัสดุประสาน ที่อายุ 7 วัน และ 28 วัน มีกำลังอัดประมาณร้อยละ 75 หรือต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับมอร์ต้าร์มาตรฐานจึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาเป็นวัสดุปอซโซลาน ส่วนมอร์ต้าร์ที่ผสมเถ้าปาล์มน้ำมัน ที่บดจนมีความละเอียดค้างบนตะแกรงเบอร์ 325 ร้อยละ 29.2 และ 4.3 โดยน้ำหนัก พบว่ามีกำลังอัดที่อายุ 7 วันสูงกว่าร้อยละ 75 ของมอร์ตาร์มาตรฐาน และมีแนวโน้มของกำลังอัดสูงขึ้นเรื่อยๆ ผลการทดสอบแสดงว่าเถ้าปาล์มน้ำมันที่บดละเอียดสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุ ปอซโซลานเพื่อใช้แทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนได้

สัญชัย สอาดกิตินันท์ และคณะฯ [4] ได้ศึกษาการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตกำลังสูงผสมเถ้าลอยแม่เมาะแบบคัดและไม่คัดแยกขนาดโดยปรับปรุงตามมาตรฐานเอซีไอ พบว่าความต้องการน้ำของคอนกรีตสดที่ผสมเถ้าลอยแม่เมาะในปริมาณร้อยละที่เท่ากัน เถ้าลอยแบบคัดแยกขนาดจะลดความต้องการน้ำได้มากกว่าเถ้าลอยแบบไม่คัดแยกขนาด และความต้องการน้ำจะลดลงตามปริมาณการแทนที่ด้วยเถ้าลอยที่เพิ่มขึ้น และคอนกรีตที่ผสมด้วยเถ้าลอยแบบไม่คัดแยกขนาดร้อยละ 25 และ 35 จะให้กำลังอัดใกล้เคียงหรือสูงกว่าคอนกรีตควบคุมที่อายุตั้งแต่ 28 วัน สำหรับคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว พบว่าคอนกรีตที่ผสมเถ้าลอยแบบคัดแยกขนาดร้อยละ 15-35 จะให้กำลังอัดสูงกว่าคอนกรีตควบคุมที่อายุตั้งแต่ 7 วัน และนอกจากนี้ยังพบว่า คอนกรีตที่ผสมเถ้าลอยแบบคัดแยกขนาดมีการพัฒนากำลังอัดดีกว่าคอนกรีตที่ผสมเถ้าลอยแบบไม่คัดแยกที่ทุกอายุ จากผลการวิจัย ทำให้สามารถสร้างความสัมพันธ์

ระหว่างอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุเชื่อมประสานสำหรับใช้ในการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตกำลังสูงผสมเถ้าลอยแม่เมาะด้วยวิธีการของเอซีไอ และใช้ทำนายกำลังอัดของคอนกรีตผสมเถ้าลอยแม่เมาะที่ร้อยละของการแทนที่เท่ากับ 15, 25 และ 35 ที่อายุ 1, 7, 28 และ 56 วัน

จากที่กล่าวมาแล้วจะเห็นได้ว่าการศึกษาในส่วนของการนำวัสดุเหลือใช้มาทดแทนปูนซีเมนต์นั้นได้รับความนิยมเป็นอย่างสูง แต่การนำวัสดุเหลือใช้มาทดแทนมวลรวมนั้นยังไม่ได้รับความนิยมมากนัก แนวทางในการที่จะนำหินฝุ่นมาใช้แทนทรายในงานคอนกรีตผสมเถ้าลอยก็เป็นอีกแนวทางหนึ่ง ซึ่งมีความเป็นไปได้สูง และมีความน่าสนใจที่จะดำเนินการศึกษาทดลองและทดสอบ เพื่อนำผลที่ได้ไปใช้ประโยชน์กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และนำผลการวิจัยนี้ไปขยายผล ในเชิงลึก เพื่อใช้ในการพัฒนาประเทศต่อไป