บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

คอนกรีตเป็นวัสดุก่อสร้างที่มีใช้กันมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันซึ่งมีส่วนผสมของปูนซีเมนต์ ทราย หิน น้ำ และสารผสมเพิ่มวัสดุผสม เช่น ทรายในปัจจุบันประสบปัญหาด้านราคาแพงเนื่องจากเป็นวัสดุที่ใช้แล้วหมดไป และการดูดทรายมาใช้จากแม่น้ำ หรือจากพื้นดิน ก่อให้เกิดปัญหาด้านสภาวะแวดล้อม อาจทำให้เกิดการทรุดตัวของพื้นที่ใกล้เคียงได้ หินได้จากการระเบิดภูเขาแล้วนำมาบดย่อยให้มีขนาดเล็กลง เพื่อนำมาใช้งาน จากข้อมูลของกรมทรัพยากรธรณีพบว่ามีกำลังผลิตย่อยหินได้ถึงประมาณเกือบ 90,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน โดยวิธีการบดย่อยหินนี้จะก่อให้เกิดหินฝุ่น ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ที่มีประโยชน์น้อยและมีปริมาณมาก โดยพบอยู่ตามโรงโม่หินทั่วไปในประเทศไทย

2.1 รายละเอียดเกี่ยวกับวิธีดำเนินการวิจัย

เถ้าถ่านหินได้มาจากการเผาชานอ้อยเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า โรงงานน้ำตาลในเครือทั้ง 5 แห่ง ผลิตเถ้าถ่านหินปีละ 2-2.5 แสนตัน ซึ่งเถ้าถ่านหินนั้นจัดเป็นวัสดุปอซโซลาน และก็ทราบกันอยู่แล้วว่าเถ้าถ่านหินนี้มีอยู่อย่างมากมายมหาศาลเช่นเดียวกัน ปริมาณการนำเถ้าถ่านหินไปใช้ประโยชน์มีการเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง การนำเถ้าถ่านหินไปใช้แทนที่ปูนซีเมนต์ เป็นวิธีการที่สามารถลดการผลิตปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทำให้สามารถลดการใช้เชื้อเพลิงลงได้ทุกๆ ตันที่ผลิตปูนซีเมนต์ สามารถประหยัดเงินที่ใช้ผลิตปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ได้ประมาณ 106 บาทต่อตัน ศักยภาพของการนำเถ้าถ่านหินไปใช้ในประเทศไทย ในโครงการสำคัญๆ มีอยู่มากมายด้วยกัน การใช้เถ้าถ่านหินเป็นส่วนผสมในงานปูนก่อและปูนฉาบ และในงานท่อคอนกรีต การใช้เถ้าถ่านหิน เป็นส่วนผสมทำให้คอนกรีตมีการซึมผ่านของน้ำต่ำ ทนต่อสภาพการกัดกร่อนเนื่องจากกรดอ่อนและซัลเฟตจากอุตสาหกรรมได้ดี ช่วยลดความร้อนเนื่องจากปฏิกิริยา ไฮเดรชั่นของคอนกรีตทำให้ลดรอยแตกร้าวเล็กๆ ที่มักเกิดบริเวณผิวด้านในของท่อคอนกรีต การใช้เถ้าถ่านหินจะช่วยเพิ่มความสามารถในการเทคอนกรีตในงานคอนกรีตหล่อสำเร็จรูป เหมาะสำหรับแบบหล่อที่มีรูปทรงซับซ้อนหรือมีการเสริมเหล็กหนาแน่นได้ง่ายยิ่งขึ้น

สำหรับหินฝุ่นนั้น จะมีลักษณะทางกายภาพใกล้เคียงกับทรายมาก หินฝุ่นจึงน่าที่จะมีความแข็งแรงใกล้เคียงกับทรายเมื่อนำมาใช้ผสมในงานคอนกรีต และอีกทั้งหินฝุ่นยังมีราคาถูกกว่าทรายถึงแปดเท่า การทดลองหล่อแท่งตัวอย่างคอนกรีตทดสอบหากำลังอัดในขั้นต้นแล้วพบว่าได้ค่ากำลังรับแรงอัดประมาณ 300 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรขึ้นไป ซึ่งสามารถนำไปใช้ในงานก่อสร้างทั่วไปได้ และเมื่อได้ปรึกษากับผู้เชี่ยวชาญในด้านของคอนกรีตเทคโนโลยีจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยแล้ว ก็มีความเห็นว่าถ้าเพิ่มเถ้าถ่านหินมาเป็นส่วนผสมของคอนกรีตด้วย อาจจะสามารถพัฒนาให้เป็นคอนกรีตกำลังสูงได้ เนื่องจากส่วนผสมของคอนกรีตปกตินั้นมี ปูนซีเมนต์+ทราย+หิน+น้ำ โดยที่มีน้ำเป็นตัวประสานทำปฏิกิริยาให้ปูนซีเมนต์แข็งตัวแทรกเข้าไปในเม็ดทราย ส่วนทรายไปแทรกในหินอีกทีหนึ่ง ซึ่งหากนำหินฝุ่นมาใช้แทนทรายแล้ว หินฝุ่นจะไปแทรกในหิน และยังได้เถ้าถ่านหินซึ่งมีความละเอียดมากกว่าปูนซีเมนต์ ไปแทรกในช่องว่างของปูนซีเมนต์อีกทีหนึ่ง อาจจะทำให้เนื้อของคอนกรีตที่ได้มีความแน่นมากขึ้น และสามารถนำไปพัฒนาเป็นคอนกรีตสำหรับใช้ในงานก่อสร้างที่ต้องการกำลังสูงๆ ได้

การศึกษาวิจัยเพื่อศึกษาศักยภาพของคอนกรีตผสมเถ้าถ่านหินที่มีหินฝุ่นเป็นมวลรวมละเอียดแทนทรายจึงได้เกิดขึ้นเพื่อหาข้อมูลการรับกำลังอัดของคอนกรีตผสมเถ้าถ่านหินและหินฝุ่นแล้วนำไปเปรียบเทียบกับการรับกำลังอัดของคอนกรีตปกติ เพื่อเป็นแนวทางในการนำไปใช้ประโยชน์ในงานโครงสร้างอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก และในงานทางวิศวกรรมโยธาทั่วไปได้ในอนาคต

2.2 ทฤษฎีสมมติฐานหรือกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

<u>องค์ประกอบของคอนกรีต</u> [2]

คอนกรีตประกอบด้วยปูนซีเมนต์หินทรายน้ำและน้ำยาผสมคอนกรีตโดยเมื่อนำส่วนผสมต่างๆเหล่านี้มาผสมกันจะมีชื่อเรียกเฉพาะดังนี้

- ปูนซีเมนต์ผสมกับน้ำและน้ำยาผสมคอนกรีตเรียกว่าซีเมนต์เพสต์ (Cement Paste)
- ซีเมนต์เพสต์ผสมกับทรายเรียกว่ามอร์ต้า (Mortar)
- มอร์ต้าผสมกับหินหรือกรวดเรียกว่าคอนกรีต (Concrete)

<u>หน้าที่และคุณสมบัติของส่วนผสม</u>

2.2.1ซีเมนต์เพสต์

หน้าที่ของซีเมนต์เพสต์คือเสริมช่องว่างระหว่างมวลรวมหล่อลื่นคอนกรีตสดขณะเทหล่อและให้กำลังแก่คอนกรีตเมื่อคอนกรีตแข็งตัวรวมทั้งป้องกันการซึมผ่านของน้ำคุณสมบัติของซีเมนต์เพสต์ขึ้นอยู่กับคุณภาพของปูนซีเมนต์, อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์และความสมบูรณ์ของปฏิกิริยาระหว่างน้ำกับปูนซีเมนต์หรือที่เรียกว่าปฏิกิริยาไฮเดรชั่น

2.2.2 มวลรวม

หน้าที่ของมวลรวมคือเป็นตัวแทรกประสานราคาถูกที่กระจายอยู่ทั่วซีเมนต์เพสต์ช่วยให้คอนกรีตมีความคงทนปริมาตรไม่เปลี่ยนแปลงมากคุณสมบัติของมวลรวมที่สำคัญจะต้องมีความแข็งแรง, การเปลี่ยนแปลงปริมาตรต่ำ, คงทนต่อปฏิกิริยาเคมีและต้านทานต่อแรงกระแทกและการเสียดสี

2.2.3 น้ำ

หน้าที่หลักของน้ำสำหรับงานคอนกรีตมี 3 ประการคือใช้ล้างวัสดุมวลรวมต่างๆ, ใช้ผสมทำคอนกรีตและใช้บ่มคอนกรีต

หน้าที่หลักของน้ำในฐานะที่ใช้ผสมทำคอนกรีตยังแบ่งได้อีก 3 ประการคือก่อให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นกับปูนซีเมนต์, ทำหน้าที่หล่อลื่นเพื่อให้คอนกรีตอยู่ในสภาพเหลวสามารถเทได้และเคลือบหินทรายให้เปียกเพื่อให้ซีเมนต์เพสต์สามารถเข้าเกาะได้โดยรอบ

2.2.4 น้ำยาผสมคอนกรีต

หน้าที่สำคัญของน้ำยาผสมคอนกรีตคือช่วยปรับปรุงคุณสมบัติทั้งคอนกรีตที่เหลวและคอนกรีตที่แข็งตัวแล้วในด้านต่างๆเช่นเวลาการก่อตัว, ความสามารถเทได้, กำลังอัดและความทนทานเป็นต้น

<u>มวลรวมหรือวัสดุผสม</u>

มวลรวมหรือวัสดุผสม (Aggregate) คือวัสดุเฉื่อย อันได้แก่ หิน ทราย กรวด ที่เป็นส่วนผสมที่สำคัญของคอนกรีตเนื่องจากมวลรวมมีปริมาตร 70-80% ของปริมาณของส่วนผสมทั้งหมดดังนั้นจึงไม่น่าเป็นที่สงสัยเลยว่าทำไมคุณภาพของมวลรวมจึงมีผลอย่างมากต่อคุณสมบัติของคอนกรีตและจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องให้ความสนใจในเรื่องนี้อย่างมาก

ในอดีตมวลรวมถูกคิดว่าเป็นเพียงวัสดุเฉื่อยที่ใช้เป็นตัวแทรกประสานโดยกระจายอยู่ทั่วซีเมนต์เพสต์เท่านั้นในปัจจุบันนี้พบว่ามวลรวมยังทำหน้าที่อื่นที่สำคัญอีกประการแรกเนื่องจากมวลรวมเป็นส่วนผสมของคอนกรีตที่มีราคาถูกกว่าปูนซีเมนต์ดังนั้นในส่วนผสมของคอนกรีตจึงควรใช้

ปริมาณมวลรวมให้พอเหมาะเพื่อที่จะให้ปริมาณปูนซีเมนต์ลดน้อยลงประการต่อมาคุณสมบัติของมวลรวมจะช่วยให้คอนกรีตมีความคงทน (Durability) และปริมาตรไม่เปลี่ยนแปลงมาก (Volume Stability) รวมทั้งมวลรวมยังทำหน้าที่ต้านทานน้ำหนักที่กดลงบนคอนกรีตด้วยกำลังและคุณสมบัติทางกายภาพอีกหลายประการของมวลรวมมีผลต่อคุณสมบัติของคอนกรีตทั้งในสภาพที่เป็นคอนกรีตเหลวและคอนกรีตเข็งตัวแล้วดังนั้นการเลือกใช้มวลรวมที่เหมาะสมไม่เพียงแต่เป็นการประหยัดแต่ยังคงช่วยให้คอนกรีตมีคุณภาพดีขึ้นด้วยมวลรวมที่ดีซึ่งจะส่งผลให้คอนกรีตมีความทนทานสูงควรมีคุณสมบัติพื้นฐานที่ดีดังนี้คือต้องมีความคงทนไม่ทำปฏิกิริยากับส่วนประกอบในซีเมนต์ซึ่งอาจจะก่อให้เกิดผลเสียต่อเสถียรภาพทางปริมาตรของคอนกรีตและมวลรวมจะต้องไม่มีสิ่งเจือปนที่มีผลเสียต่อกำลังและความคงตัวของซีเมนต์เพสต์

2.2.1 ประเภทของมวลรวม

เราสามารถแบ่งมวลรวมตามแหล่งกำเนิดออกเป็น 2 กลุ่มคือ

1) มวลรวมที่เกิดจากธรรมชาติ (Natural Mineral Aggregate) เกิดจากขบวนการกัดกร่อนและเสียดสีตามธรรมชาติ

2) มวลรวมที่มนุษย์ทำขึ้น (Artificial Aggregate) เช่นมวลรวมเบาบางประเภทที่ได้จากการเผาดินเป็นต้น

ถ้าแบ่งมวลรวมตามความหนาแน่นหรือหน่วยน้ำหนักจะแบ่งได้ 3 กลุ่มคือ

1) มวลรวมเบามีความหนาแน่นตั้งแต่ 300-1,100 กก./ลบ.ม.

2) มวลรวมปกติมีความหนาแน่นตั้งแต่ 2,400-3,000 กก./ลบ.ม.

3) มวลรวมหนักมีความหนาแน่นมากกว่า 4,000 กก./ลบ.ม.

หรือถ้าแบ่งมวลรวมตามขนาดเราสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มคือ

1) มวลรวมหยาบได้แก่หินหรือกรวดที่มีขนาดตั้งแต่ 4.5 มม. ขึ้นไปหรือค้างอยู่ บนตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4

2) มวลรวมละเอียดได้แก่ ทรายที่มีขนาดเล็กกว่า 4.5 มม. หรือสามารถผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4 แต่ต้องไม่เล็กกว่า 0.07 หรือผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 200ส่วนที่มีขนาดเล็กกว่ามวลรวมละเอียดซึ่งมีอยู่จำนวนน้อยมากในส่วนผสมคอนกรีตสามารถแบ่งได้เป็น

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

2.2.2 กรรมวิธีการผลิต

กรรมวิธีการผลิตหิน

ขั้นตอนที่ 1 สำรวจแหล่งหินที่มีคุณสมบัติตามมาตรฐานจากนั้นจึงขอสัมปทานของพื้นที่นั้น

ขั้นตอนที่ 2 เมื่อได้รับสัมปทานพื้นที่นั้นแล้วจึงทำการเปิดหน้าเหมืองโดยการระเบิดซึ่งสามารถทำการระเบิดได้ 2 วิธีคือ

วิธีแรกทำการระเบิดหินตามแนวดิ่งลาดขึ้นไปตามความชันของหน้าผาวิธีนี้โรงโม่ส่วนใหญ่นิยมใช้เพราะสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายน้อยแต่มีผลเสียคือเป็นวิธีค่อนข้างอันตราย

วิธีที่สองทำการระเบิดหินตามแนวราบลักษณะคล้ายขั้นบันไดโดยเริ่มขบวนการระเบิดหินไล่ลงมาจากแนวยอดเขาวิธีนี้ใช้เงินลงทุนสูงแต่ให้ผลดีคือมีความปลอดภัยสูงกว่าแบบแรกมาก

ขั้นตอนที่ 3 ขั้นตอนการโม่หินลำเลียงหินที่ได้จากการระเบิดลงสู่ปากโม่บริเวณปากโม่จะมีตะแกรงคัดแยกหินที่มีขนาดเล็กกว่า 8 นิ้วออกส่วนหินที่มีขนาดใหญ่จะผ่านเข้าสู่เครื่องโม่ตัวที่ 1 ซึ่งจะทำการย่อยหินให้มีขนาดเล็กลงจนได้ขนาดประมาณ 8 นิ้ว – NO. 4 จากนั้นสายพานจะลำเลียงหินผ่านตะแกรงชุดที่ 2 เพื่อแยกหินที่มีขนาดอยู่ในช่วงที่ต้องการออกไปส่วนหินที่มีขนาดใหญ่กว่าที่ต้องการก็จะลำเลียงเข้าสู่เครื่องโม่ชุดที่ 2 ซึ่งจะทำการโม่หินจนมีขนาดที่ต้องการเกือบทั้งหมดหลังจากขั้นตอนนี้หินจะผ่านเข้าไปยังตะแกรงร่อนเพื่อร่อนแยกคัดขนาดหินที่ต้องการไว้ทั้งนี้อาจมีหินบางส่วนที่มีขนาดใหญ่กว่าที่ต้องการสายพานจะนำหินวกกลับเข้าสู่เครื่องโม่ชุดที่สองอีกครั้งต่อเมื่อผ่านการโม่จนครบขั้นตอนจนได้หินที่มีขนาดตามต้องการสายพานจะลำเลียงหินไปกองเก็บเพื่อรอการนำไปใช้งานต่อไป

กรรมวิธีการผลิตทราย

ทรายที่ใช้ผลิตคอนกรีตสามารถแบ่งตามแหล่งที่มาได้ 2 ชนิดคือทรายแม่น้ำและทรายบก

1. ทรายแม่น้ำ

เป็นทรายที่เกิดจากการกัดเซาะของกระแสน้ำแล้วค่อยๆ ตกตะกอนสะสมกลายเป็นแหล่งทรายอยู่ใต้ท้องน้ำ โดยทรายที่มีขนาดใหญ่ น้ำหนักมาก จะตกตะกอนอยู่บริเวณต้นน้ำ ส่วนทรายละเอียดนั้นก็จะถูกกระแสน้ำพัดพามารวมกันบริเวณท้ายน้ำการนำทรายขึ้นจากท้องน้ำจะใช้เรือดูดดูดทรายขึ้นมาตามท่อแล้วทิ้งทรายลงบนตะแกรงของเรืออีกลำตะแกรงจะทำหน้าที่ร่อนแยกกรวดที่มีขนาดใหญ่ออกก่อนที่จะดูดทรายขึ้นบนเรืออีกลำเมื่อทรายเต็มเรือก็จะใช้เรืออีกลำลากเรือบรรทุกทรายไปยังท่าทรายทรายที่ได้จะยังไม่สะอาดนักเนื่องจากมีสารอินทรีย์เศษตะกอนของดินโคลนปะปน

อยู่โดยทั่วไปจะต้องมีการล้างทรายอีกครั้งคือเมื่อเรือบรรทุกทรายมาถึงท่าทรายจะถูกทิ้งลงน้ำบริเวณใกล้ท่าโดยการเปิดท้องเรือให้ทรายไหลลงแม่น้ำแต่ถ้าเรือที่ลำเลียงทรายเปิดท้องเรือไม่ได้ก็จะใช้สายพานลำเลียงทรายทิ้งลงในแม่น้ำจากนั้นจะใช้เรือดูดดูดทรายขึ้นมาทำวิธีการเดียวกันกับการดูดทรายขึ้นจากท้องน้ำครั้งแรกแตกต่างกันที่ตะแกรงที่ใช้จะสามารถแยกได้ทั้งทรายหยาบและทรายละเอียดทรายที่ได้จัดเป็นทรายที่สะอาดเพราะผ่านการชะล้างถึง 2 ครั้งขั้นต่อไปคือการลำเลียงทรายไปเก็บยัง Stock โดยใช้สายพานลำเลียงจากเรือไปเก็บไว้ในยุ้งสามารถลำเลียงลงรถบรรทุกได้โดยสะดวกเพียงเปิดปากยุ้งให้ทรายไหลลงในรถบรรทุกเองส่วนทรายที่กอง Stock อยู่หากจะนำไปใช้จะใช้รถตักขนทรายใส่รถบรรทุกอีกครั้ง

2. ทรายบก

เป็นทรายที่เกิดจากการตกตะกอน ทับถมกันของลำน้ำเก่า ที่แปรสภาพเป็นพื้นดิน โดยมีซากพืช ซากสัตว์ทับถมกันที่ผิวหน้าซึ่งเราเรียกกันว่าหน้าดินที่มีความหนาประมาณ 2-10 ม. การนำทรายมาใช้เริ่มจากการเปิดหน้าดินก่อนด้วยรถตักดินจากนั้นจะขุดดินลงไปจนถึงระดับน้ำใต้ดินจนมีสภาพเป็นแอ่งน้ำขนาดใหญ่แล้วนำเรือดูดดูดทรายผ่านมาตามท่อโดยปลายท่อจะมีตะแกรงแยกกรวดออกขณะเดียวกันก็สามารถติดตั้งตะแกรงเพื่อแยกทรายหยาบและทรายละเอียดได้ทรายที่ผ่านการร่อนแยกจะถูกทิ้งลงน้ำบริเวณริมฝั่งจากนั้นก็จะใช้รถตักตักทรายเพื่อนำไปใช้งานต่อไป

คุณสมบัติทั่วไป

มวลรวมที่ดีเมื่อผสมเป็นคอนกรีตแล้วจะต้องทำให้คอนกรีตนั้นมีความสามารถเทได้ง่ายแข็งแรงทนทานและราคาประหยัดนอกจากนี้มวลรวมควรจะมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้คือ

1) ความแข็งแกร่ง (Strength)

มวลรวมจะต้องมีความสามารถรับแรงกดได้ไม่น้อยกว่ากำลังของคอนกรีตที่ต้องการซึ่งปกติมวลรวมที่ใช้โดยทั่วไปจะมีความสามารถรับแรงกดได้สูงกว่าคอนกรีตมากคือจะรับแรกกดได้ 700-3,500 กก./ตร.ซม. ซึ่งขึ้นอยู่กับประเภทของมวลรวมที่ใช้

2) ความต้านทานต่อแรงกระแทกและการเสียดสี (Impact and Abrasion Resistance)

ความสามารถในการต้านทานต่อแรงกระแทกและการเสียดสีของมวลรวมมักจะถูกใช้เป็นตัวชี้บอกถึงคุณภาพของมวลรวมคุณสมบัตินี้มีความสำคัญมากสำหรับมวลรวมที่ใช้ผสมทำคอนกรีตที่จะต้องถูกกระทำจากการกระแทกหรือขัดสีเช่นงานผิวถนน, พื้นโรงงานพื้นสนามบิน, เป็นต้นดังนั้น

มวลรวมที่ใช้ได้ดีควรมีความแข็งแรงเนื้อแน่นปราศจากอนุภาคที่อ่อนนุ่มหรือเป็นรูพรุน หรือแตกละเอียดได้ง่าย

3) ความคงทนต่อปฏิกิริยาเคมี (Chemical Stability)

มวลรวมจะต้องไม่ทำปฏิกิริยาเคมีกับปูนซีเมนต์หรือกับสิ่งแวดล้อมภายนอกในบางพื้นที่มวลบางประเภทจะทำปฏิกิริยากับด่าง (Alkalis) ในปูนซีเมนต์เกิดเป็นวุ้นและขยายตัวก่อให้เกิดรอยร้าวโดยทั่วไปในคอนกรีตซึ่งเรียกปฏิกิริยานี้ว่า Alkalis – Aggregate Reaction (AAR)

4) รูปร่างและลักษณะผิว (Particle Shape and Surface Texture)

รูปร่างและลักษณะผิวของมวลรวมจะมีอิทธิพลต่อคุณสมบัติของคอนกรีตสดมากกว่าคุณสมบัติของคอนกรีตที่แข็งตัวแล้วมวลรวมที่มีผิวหยาบหรือมีรูปร่างแบนและยาวจะต้องการปริมาณซีเมนต์เพสต์มากกว่าคอนกรีตที่ใช้มวลรวมรูปร่างกลมหรือเหลี่ยมที่ระดับความสามารถเทได้ (Workability) เดียวกันตามมาตรฐานอังกฤษส่วนลักษณะผิวของมวลรวมจะมีผลโดยตรงกับแรงยึดเหนี่ยวเมื่อมีผิวหยาบด้านหรือมีรูพรุนมากจะทำให้มีแรงยึดเหนี่ยวดีแต่ต้องใช้ปริมาณซีเมนต์เพสต์มากขึ้น

มีนักวิชาการด้านวัสดุก่อสร้างจำนวนไม่น้อยได้ทำการศึกษาทดลองนำวัสดุเหลือใช้ต่างๆ มาผสมในคอนกรีตเพื่อลดปริมาณการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ ลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดวัสดุเหลือใช้ และลดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างลงได้ โดยการศึกษาวัสดุเหลือใช้ที่นำมาผสมในคอนกรีตนั้น จะศึกษาในเรื่องของวัสดุที่จะนำมาทดแทนปูนซีเมนต์เป็นส่วนใหญ่

บุรฉัตร ฉัตรวีระ และ เชิดพงศ์ วิสารทานนท์ [3]ได้นำเถ้าแกลบมาผสมคอนกรีต พบว่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่แทนที่เถ้าแกลบในปูนซีเมนต์ที่ร้อยละ 20 สามารถพัฒนากำลังของคอนกรีตให้สูงกว่าคอนกรีตปกติได้นอกจากนี้อุณหภูมิของคอนกรีตที่ผสมเถ้าแกลบนั้นจะลดลงเมื่อร้อยละการแทนที่ของเถ้าแกลบนั้นเพิ่มขึ้นแต่การเพิ่มขึ้นของการแทนที่นั้นจะลดความสามารถในการทำงานของคอนกรีตลงโดยส่วนผสมคอนกรีตผสมเถ้าแกลบที่ไม่บดจะมีความสามารถในการทำงานได้ที่ต่ำที่สุดซึ่งปัญหานี้สามารถแก้ไขได้ด้วยการบดที่ใช้เวลาเพิ่มขึ้นความพรุนและการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากความสามารถในการทนกรดของคอนกรีตผสมเถ้าแกลบนั้นจะลดลงเมื่อร้อยละการแทนที่ของเถ้าแกลบเพิ่มขึ้นและการหดตัวแบบแห้งและแบบออโตจีเนียสของคอนกรีตผสมเถ้าแกลบนั้นจะไม่มีผลกระทบที่เป็นนัยสำคัญ เมื่อร้อยละการแทนที่ของเถ้าแกลบโดยน้ำหนักน้อยกว่าร้อยละ 40

ชัย จาตุรพิทักษ์กุล และคณะฯ [4] ได้ศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการใช้กากแคลเซียมคาร์ไบด์และเถ้าถ่านหินมาใช้เป็นวัสดุประสานในงานคอนกรีตโดยนำกากแคลเซียมคาร์ไบด์มาตากแดดแล้วบดละเอียด ส่วนเถ้าถ่านหินนำมาแยกขนาดให้มีความละเอียดสูงขึ้น จากนั้นผสมเถ้า

ถ่านหินกับกากแคลเซียมคาร์ไบด์ในอัตราส่วน 70:30 โดยน้ำหนักเพื่อใช้เป็นวัสดุประสาน หล่อเป็นคอนกรีตทรงกระบอกขนาด 10X20 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 วันมีค่ากำลังอัด 249 กก./ซม.^{2} การศึกษาความเป็นไปได้ของเถ้าถ่านหินที่ได้จากกระบวนการเผาเศษกะลาและเส้นใยของผลถ่านหินเพื่อนำมาใช้ในงานคอนกรีตโดยนำเถ้าถ่านหินมาบดให้มีความละเอียดจนมีขนาดอนุภาคค้างบนตะแกรงเบอร์ 325 ร้อยละ 29.2 และ 4.3 โดยน้ำหนักทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพจากนั้นทดสอบกำลังรับแรงอัดของมอร์ตาร์ที่ใช้เถ้าถ่านหินแทนที่ปูนซีเมนต์ในอัตราร้อยละ 10, 20 และ 30 โดยน้ำหนักวัสดุประสานพบว่ามอร์ตาร์ที่ผสมเถ้าถ่านหินก่อนจะบดเมื่อแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ในอัตราร้อยละ 20 โดยน้ำหนักวัสดุประสานที่อายุ 7 วันและ 28 วันมีกำลังอัดประมาณร้อยละ 75 หรือต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับมอร์ต้าร์มาตรฐานจึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาเป็นวัสดุปอซโซลานส่วนมอร์ต้าร์ที่ผสมเถ้าถ่านหิน ที่บดจนมีความละเอียดค้างบนตะแกรงเบอร์ 325 ร้อยละ 29.2 และ 4.3 โดยน้ำหนักพบว่ามีกำลังอัดที่อายุ 7 วันสูงกว่าร้อยละ 75 ของมอร์ตาร์มาตรฐานและมีแนวโน้มของกำลังอัดสูงขึ้นเรื่อยๆผลการทดสอบแสดงว่าเถ้าถ่านหินที่บดละเอียดสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุ ปอซโซลานเพื่อใช้แทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนได้

สัญชัย สอาดกิตินันท์ และคณะฯ [5] ได้ศึกษาการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตกำลังสูงผสมเถ้าชานอ้อยแม่เมาะแบบคัดและไม่คัดแยกขนาดโดยปรับปรุงตามมาตรฐานเอซีไอ พบว่าความต้องการน้ำของคอนกรีตสดที่ผสมเถ้าชานอ้อยแม่เมาะในปริมาณร้อยละที่เท่ากัน เถ้าชานอ้อยแบบคัดแยกขนาดจะลดความต้องการน้ำได้มากกว่าเถ้าชานอ้อยแบบไม่คัดแยกขนาด และความต้องการน้ำจะลดลงตามปริมาณการแทนที่ด้วยเถ้าชานอ้อยที่เพิ่มขึ้น และคอนกรีตที่ผสมด้วยเถ้าชานอ้อยแบบไม่คัดแยกขนาดร้อยละ 25 และ 35 จะให้กำลังอัดใกล้เคียงหรือสูงกว่าคอนกรีตควบคุมที่อายุตั้งแต่ 28 วัน สำหรับคอนกรีตที่แข็งตัวแล้วพบว่าคอนกรีตที่ผสมเถ้าชานอ้อยแบบคัดแยกขนาดร้อยละ 15-35 จะให้กำลังอัดสูงกว่าคอนกรีตควบคุมที่อายุตั้งแต่ 7 วัน และนอกจากนี้ยังพบว่า คอนกรีตที่ผสมเถ้าชานอ้อยแบบคัดแยกขนาดมีการพัฒนากำลังอัดดีกว่าคอนกรีตที่ผสมเถ้าชานอ้อยแบบไม่คัดแยกที่ทุกอายุ จากผลการวิจัย ทำให้สามารถสร้างความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุเชื่อมประสานสำหรับใช้ในการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตกำลังสูงผสมเถ้าชานอ้อยแม่เมาะด้วยวิธีการของเอซีไอและใช้ทำนายกำลังอัดของคอนกรีตผสมเถ้าชานอ้อยแม่เมาะที่ร้อยละของการแทนที่เท่ากับ 15, 25 และ 35 ที่อายุ 1, 7, 28 และ 56 วัน

จากที่กล่าวมาแล้วจะเห็นได้ว่าการศึกษาในส่วนของการนำวัสดุเหลือใช้มาทดแทนปูนซีเมนต์นั้นได้รับความนิยมเป็นอย่างสูง แต่การนำวัสดุเหลือใช้มาทดแทนมวลรวมนั้นยังไม่ได้รับความนิยม

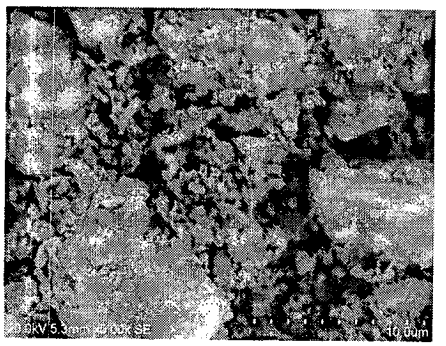
มากนักแนวทางในการที่จะนำหินฝุ่นมาใช้แทนทรายในงานคอนกรีตผสมเถ้าชานอ้อยก็เป็นอีกแนวทางหนึ่ง ซึ่งมีความเป็นไปได้สูง และมีความน่าสนใจที่จะดำเนินการศึกษาทดลองและทดสอบเพื่อนำผลที่ได้ไปใช้ประโยชน์กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และนำผลการวิจัยนี้ไปขยายผลในเชิงลึก เพื่อใช้ในการพัฒนาประเทศต่อไป

2.3 วิธีดำเนินงาน

การวิจัยครั้งนี้สถานที่เก็บตัวอย่างหินฝุ่นที่โรงโม่หินศิลาเทพตะวัน ต.หน้าพระลาน อ.เฉลิมพระเกียรติ จ.สระบุรีปูนซีเมนต์ใช้ปูนปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1

a. การเตรียมตัวอย่างเถ้าถ่านหิน

นำเถ้าถ่านหินที่ได้จากโรงงานถ่านหิน มาบดโดยใช้เครื่องลอสแองเจลลีส โดยใช้ลูกเหล็กเส้นผิวเรียบจำนวน 10 เส้น บดเถ้าถ่านหิน น้ำหนัก 10 กก. นาน 12 ชม. เพื่อให้ได้เถ้าถ่านหินขนาดประมาณ 10 ไมครอน ความถ่วงจำเพาะของเถ้าถ่านหินหลังบดมีค่าเท่ากับ 2.25



รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะของเถ้าถ่านหินหลังการบดจากภาพถ่ายแบบขยาย

ตารางที่ 1 แสดงองค์ประกอบของแร่ในเถ้าถ่านหินจากการวิเคราะห์ด้วยวิธี XRF

ออกไซด์	ร้อยละโดยน้ำหนัก
SiO_2	52.13
Al_2O_3	1.76
CaO	14.35
Fe_2O_3	4.80
MgO	6.42
SO_3	2.32
K_2O	9.30
ออกไซด์อื่นๆ	8.92

b. การเตรียมตัวอย่างหินฝุ่น

นำหินฝุ่นที่ได้จากสถานที่เก็บตัวอย่างมาทำการทดสอบร่อนผ่านตะแกรง ได้ค่า C_u = 22 และค่า C_c = 3.68 และทดสอบหาปริมาณสารอินทรีย์ด้วยแถบสีพบว่าสีของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 3% ส่วนที่อยู่เหนือตัวอย่างหินฝุ่นให้สีน้อยกว่าสีมาตรฐาน ถือว่าหินฝุ่นนี้สามารถนำไปใช้ได้

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของทรายและหินฝุ่น

คุณสมบัติ	ทราย	หินฝุ่น
ความถ่วงจำเพาะ	2.50 – 2.80	2.82
หน่วยน้ำหนัก , กก./ม^3	1,520 – 1,840	1,674
การดูดซึม %	0.70	0.50
โมดูลัสความละเอียด	2.30 – 3.20	3.442
สารอินทรีย์	เบอร์ 5-11	เบอร์ 5
ปริมาณดินและฝุ่นผง	น้อยกว่า 5	4.86
เปอร์เซ็นต์การสูญเสีย	น้อยกว่า 18	6.332

c. ออกแบบส่วนผสมมอร์ต้าร์

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิจัยเพื่อกำหนดชื่อของมอร์ต้ามีหลักเกณฑ์ดังนี้

C-PC หมายถึง มอร์ต้าร์มาตรฐานผสมด้วยปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1

ตัวเลข C-100, 90, 80, 70 หมายถึง ร้อยละการแทนที่หินฝุ่นแทนทรายโดยน้ำหนัก

ตัวเลข 0, 10, 20, 30หมายถึง ร้อยละการแทนที่เถ้าถ่านหินแทนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 โดยน้ำหนัก

จากการทดสอบโต๊ะการไหลและออกแบบส่วนผสม 200 กก./ตร.ซม. ที่อายุ 28 วัน โดยใช้เถ้าถ่านหินแทนที่ปูนซีเมนต์ 0, 10, 20, 30 และหินฝุ่นแทนทรายร้อยละ 100, 90, 80, 70 โดยน้ำหนัก ได้ผลการออกแบบดังตาราง

ตารางที่ 3 แสดงปริมาณส่วนผสมของมอร์ต้าร์

สัญลักษณ์	วัสดุผสม					
	ปูนซีเมนต์ (กรัม)	เถ้าถ่านหิน (กรัม)	ทราย (กรัม)	หินฝุ่น (กรัม)	น้ำ (กรัม)	รวมน้ำหนัก (กรัม)
C-PC	133.5	0	229	0	70	432.5
C-100-0	133.5	0	0	229	47.5	410
C-100-10	120.15	13.35	0	229	50	412.5
C-100-20	106.8	26.7	0	229	52.5	415
C-100-30	93.5	40.05	0	229	55	417.55
C-90-0	133.5	0	229	201.6	49	613.1
C-90-10	120.15	13.35	229	201.6	51	615.1
C-90-20	106.8	26.7	229	201.6	53	617.1
C-90-30	93.5	40.05	229	201.6	55	619.15
C-80-0	133.5	0	45.8	183.2	50.5	413
C-80-10	120.15	13.35	45.8	183.2	52	414.5
C-80-20	106.8	26.7	45.8	183.2	52.5	415
C-80-30	93.5	40.05	45.8	183.2	55	417.55
C-70-0	133.5	0	68.7	160.3	54	416.5
C-70-10	120.15	13.35	68.7	160.3	53	415.5
C-70-20	106.8	26.7	68.7	160.3	54	416.5
C-70-30	93.5	40.05	68.7	160.3	55	417.55