

บทที่ 1

บทนำ

1.1 คำนำ

คอนกรีตบดอัด (Roller-Compacted Concrete, RCC) คือคอนกรีตที่ได้รับการก่อรูปให้แน่นขึ้นมาด้วยวิธีการบดอัด โดยปกติจะใช้รถบดล้อเหล็กซึ่งสร้างความสั่นสะเทือนได้ในขณะบดอัด (Vibratory Roller) เนื้อคอนกรีตก่อนบดอัดจะผสมกันอยู่ในสภาพแห้งถึงขนาดที่ไม่มีความยุบตัว (No-Slump) แต่เมื่อบดอัดแล้ว เนื้อคอนกรีตจะแน่นไม่น้อยกว่าคอนกรีตที่ดีทั่วไป คอนกรีตบดอัดมีลักษณะเฉพาะอันอาจสรุปได้ดังนี้ (สมชัย, 2536)

1. ปริมาณสารเชื่อมประสาน (Cementitious Material) จะอยู่ในขนาดที่ต่ำ แต่ต้องมีปริมาตรเมื่อรวมกับน้ำแล้ว (Paste Volume) มากเพียงพอที่จะเติมช่องว่างระหว่างมวลรวมหยาบ และมวลรวมละเอียดได้ภายหลังจากการบดอัด โดยหลักการจะใช้สารเชื่อมประสาน ซึ่งเป็นซีเมนต์ล้วนหรือซีเมนต์ผสมสารปอซโซลาน (Pozzolan) ในปริมาณที่ต่ำ เพื่อช่วยลดปัญหาการแตกร้าวในคอนกรีต อันเนื่องมาจากความร้อนที่เกิดขึ้นในระยะก่อตัวลง แต่จำนวนสารเชื่อมประสานก็ต้องมีมากพอ ที่จะทำให้เกิดการเชื่อมเกาะขึ้นระหว่างชั้นบดอัดที่ต่อเนื่องกัน นอกจากนั้นการใช้สารเชื่อมประสานในปริมาณที่สูง ยังลดการแยกตัว (Segregation) ของมวลรวมหยาบ ในระหว่างการทางานลงได้อีกด้วย

ในงานคอนกรีตบดอัด (RCC) สามารถจำแนกประเภทของงานได้เป็น 3 ระดับตามปริมาณของสารเชื่อมประสานที่ใช้สำหรับการผสมคอนกรีต ดังนี้

-ปริมาณเพสต์ต่ำ (Lean Paste RCC) ใช้สารเชื่อมประสานน้อยกว่า 120 กก./ลบ.ม.

-ปริมาณเพสต์ปานกลาง (Medium Paste RCC) ใช้สารเชื่อมประสานระหว่าง 120-150 กก./ลบ.ม.

-ปริมาณเพสต์สูง (High Paste RCC) ใช้สารเชื่อมประสานมากกว่า 150 กก./ลบ.ม.

2. ความชื้นเหลว (Consistency) ของสารเชื่อมประสาน จะต้องอยู่ในสภาพที่ค่อนข้างแห้ง เพื่อทำให้มวลคอนกรีตก่อนบดอัดมีความแข็งแรงในตัวเองเพียงพอที่จะรองรับน้ำหนักของรถบดได้ โดยไม่ทำให้รถจมลงไปในขณะทำงาน

3. มวลรวมหยาบ (Coarse Aggregate) จะมีปริมาณมากกว่า 50 % ของมวลรวมทั้งหมด และเนื้อวัสดุควรมีลักษณะที่ดีในระดับเดียวกันกับมวลรวมหยาบ ซึ่งใช้ในงานคอนกรีตทั่วไปทั้งความแข็งแรง ความคงทน ขนาดกละ และ รูปทรง เพราะสิ่งเหล่านี้หากมีลักษณะที่เหมาะสม จะทำให้คอนกรีตสามารถผสมได้ง่าย บดอัดให้แน่นได้ง่าย และไม่เกิดการแยกตัวของมวลรวมหยาบในระหว่างทำงาน การเลือกใช้ขนาดโรตัสของมวลรวมหยาบที่มีขนาดใหญ่ขึ้น จะส่งผลให้ช่องว่างในมวลคอนกรีตลดลง ทำให้ประหยัดซีเมนต์ได้ด้วย มวลรวมหยาบที่ใช้จะมีขนาดโรตัสระหว่าง 19-75 มม.

สารประกอบทางเคมีของขี้เถ้าแกลบ (Rice Husk Ash , RHA) ที่สำคัญ คือ ซิลิกา ซึ่งมีปริมาณมากกว่าร้อยละ 90 สารประกอบทางเคมีของขี้เถ้าลอย (Fly Ash , FA) ได้แก่ ซิลิกา อลูมินา ออกไซด์ของแคลเซียม และ ออกไซด์ของเหล็ก เมื่อผสมขี้เถ้าแกลบและขี้เถ้าลอยในปูนซีเมนต์ สารประกอบของขี้เถ้าแกลบ และ ขี้เถ้าลอย จะทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไฮดรอกไซด์อิสระ (Free Calcium Hydroxide) ที่เกิดจากปฏิกิริยาไฮเดรชัน (Hydration) ของปูนซีเมนต์แล้วได้เป็นซิลิเกตไฮเดรต (Calcium Silicate Hydrate) และแคลเซียมอลูมิเนตไฮเดรต (Calcium Aluminate Hydrate) ที่มีการก่อตัวและแข็งตัวเช่นเดียวกับปูนซีเมนต์ ขี้เถ้าแกลบ และ ขี้เถ้าลอย เป็นสารบอชโรซานที่มีอยู่มาก และเป็นวัสดุเหลือทิ้ง สามารถนำมาใช้ในงานคอนกรีตได้ (ปริญา และ อินทรชัย, 2530) ในทางปฏิบัตินิยมแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยขี้เถ้าแกลบขี้เถ้าลอย บางส่วนในงาน RCC เพื่อ

- ก) ลดปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก
- ข) ปรับปรุงความสามารถในการทำงานได้ให้ดีขึ้น
- ค) ลดค่าใช้จ่าย

1.2 หลักการและเหตุผล

การก่อสร้างเขื่อน และถนนเป็นงานที่จำเป็นต้องใช้คอนกรีตปริมาณมาก เมื่อพิจารณาในด้านวิศวกรรมโครงสร้างแล้ว สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายสำหรับงานทั้ง 2 ประเภทนี้ได้โดยใช้คอนกรีตที่มีกำลังไม่สูงนัก แต่ต้องมีคุณสมบัติด้านความทนทาน (Durability) อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมตามสภาพการใช้งานของโครงสร้าง เนื่องจากปูนซีเมนต์เป็นวัสดุผสมที่สำคัญของคอนกรีต เพราะฉะนั้นราคาของคอนกรีตจึงแปรผันโดยตรงกับปริมาณปูนซีเมนต์ที่ใช้ วิธีการหนึ่งที่จะทำให้คอนกรีตมีราคาถูกลง ก็โดยการนำซีเมนต์ไปแลก และซีเมนต์ล่อยซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งและมีปริมาณมาก ใช้เป็นวัสดุผสมคอนกรีตเพื่อลดปริมาณปูนซีเมนต์ที่ใช้ผสมคอนกรีตให้น้อยลง

RCC เป็นเทคโนโลยีใหม่ที่ใช้ในการก่อสร้างเขื่อน และ ถนนได้อย่างประหยัดและรวดเร็วยิ่งขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการก่อสร้างทั่วไป RCC เป็นคอนกรีตที่มีความชื้นสูง และแห้ง (Stiff and Dry Concrete) ซึ่งมีขั้นตอนการก่อสร้าง 4 ขั้นตอนคือ (ACI Committe 207, 1983)

ก. การขนส่ง (Transporting) ใช้รถบรรทุกเทท้าย (Rear Dump Truck) ในการขนส่ง RCC

ข. การเท (Placing) ใช้รถบรรทุกเทท้ายในการเท RCC

ค. การกระจาย (Spreading) ใช้รถดันดินตะขาบ (Bulldozer) ในการล้มกอง RCC และเกลี่ยให้เรียบเป็นชั้น ๆ

ง. การบดอัด (Compacting) ใช้รถบดอัดสั่นสะเทือน (Vibratory Compactor) ในการบดอัดชั้น RCC ที่เกลี่ยแล้ว

ทั้งนี้คุณสมบัติต่าง ๆ ของ RCC จะคล้ายคลึงกับคอนกรีตธรรมดาที่ใช้กันทั่วไป โดยสรุปแล้วหลักการของ RCC คือใช้คอนกรีตที่มีความชื้นสูงมากในระดับที่ไม่มีการยุบตัวเลย (Zero Slump) ซึ่งคอนกรีตที่มีคุณสมบัติเช่นนี้จะบดอัด

เป็นชั้น ๆ โดยใช้รถบดอัด

จากการใช้ RCC ในการซ่อมแซม และ การก่อสร้างบางส่วนของการเชื่อม รวมทั้งการก่อสร้างตัวเชื่อมในต่างประเทศ พบว่าทุกโครงการใช้เวลารวมทั้ง ค่าใช้จ่ายลดลงอย่างมาก เช่นในการวิเคราะห์โครงการของเขื่อนมอนด์สวิลล์ (Monksville) ในประเทศสหรัฐอเมริกาพบว่า เขื่อนที่ก่อสร้างโดยใช้ RCC จะประหยัดค่าใช้จ่ายกว่าเขื่อนที่ก่อสร้างโดยวิธีอื่น ๆ

งานก่อสร้างเขื่อนคอนกรีตเป็นงานคอนกรีตหยาบ (Mass Concrete) การลดความร้อนที่เกิดขึ้น เนื่องจากปฏิกิริยาไฮเดรชันของคอนกรีตเป็นเรื่องที่สำคัญอย่างยิ่ง การนำซีเมนต์แกลบและซีเมนต์ลอยมาใช้เป็นวัสดุผสม นอกจากจะช่วยให้ราคาของคอนกรีตลดลงแล้ว ยังมีผลในการลดความร้อนที่เกิดขึ้นจำนวนมากให้ลดน้อยลงได้ด้วย

สำหรับในประเทศไทยเทคโนโลยีการก่อสร้างโดยใช้ RCC เป็นเรื่องใหม่อยู่ แต่ก็ได้มีความพยายามในการนำเทคโนโลยีนี้มาใช้เช่น ที่โครงการโรงงานไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนปากมูล อำเภอพิบูลมังสาหาร จังหวัดอุบลราชธานี

เพื่อให้ RCC มีคุณสมบัติในการใช้งานได้ดีขึ้นและมีราคาถูกลง จึงมีการนำเอาสารที่มีคุณสมบัติคล้ายกับปูนซีเมนต์มาผสมด้วย เพื่อเป็นการลดปูนซีเมนต์ เช่น ที่โครงการเขื่อนปากมูล จังหวัดอุบลราชธานี ได้มีการนำเอาซีเมนต์ลอยแม่เมาะ ไปทดลองผสมกับซีเมนต์ในงานคอนกรีตบดอัด (RCC) ซึ่งประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ จากการผสมซีเมนต์ลอยแม่เมาะ เข้าไปทดแทนปูนซีเมนต์บางส่วนเทียบกับการใช้ซีเมนต์ล้วนในงานบดอัดคอนกรีตคือ (สมชัย, 2536)

1. การคลุกเคล้า และบดอัดคอนกรีตสด สามารถดำเนินการได้ง่ายขึ้น เนื่องจากอนุภาคของซีเมนต์ลอยเกิดขบวนการตกผลึกภายใต้อุณหภูมิสูง (Sintering) และกระแสน้ำร้อนจึงมีลักษณะเป็นรูปทรงกลม ในขณะที่เม็ดซีเมนต์ซึ่งได้จากการบดย่อยจะมีรูปทรงเป็นเหลี่ยมคม

2. งานคอนกรีตหยาบ ซึ่งเป็นคอนกรีตที่ผสมปริมาณมากในระยะเวลานั้น ความร้อนสะสมที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างน้ำกับซีเมนต์จะลดลงเพราะปริมาณซีเมนต์ที่ใช้ลดลง จึงช่วยลดโอกาสที่จะเกิดการแตกร้าวจากผลของความรอนลงไปด้วย

3. ลดโอกาสที่จะเกิดอันตรายกับโครงสร้างคอนกรีตในระยะยาวจากการขยายตัวเพิ่มขึ้นในเนื้อคอนกรีต อันเนื่องมาจากปฏิกิริยาอัลคาไลกับมวลรวม (Alkali Aggregate Reaction , AAR) ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาของมวลรวมหยาบประเภทซิลิกาที่ไม่คงตัว (Unstable Siliceous Rock) กับอัลคาไลในคอนกรีต ซึ่งเหลือมาจากปฏิกิริยาระหว่างน้ำกับซีเมนต์ การผสมซีเมนต์ละลายเข้าไปกับซีเมนต์จะทำให้สาร Ca(OH)_2 ส่วนเกินทำปฏิกิริยากับ SiO_2 และ Al_2O_3 ที่มีอยู่มากในซีเมนต์ละลายอย่างช้า ๆ ด้วยปฏิกิริยาปอซโซลาน (Pozzolanic Reaction) เกิดเป็นสาร CSH และ CAH ซึ่งจะเพิ่มคุณสมบัติเชื่อมประสานมากขึ้น จึงทำให้ความแข็งแรงในระยะยาวของคอนกรีตเพิ่มขึ้นด้วยการลดปริมาณ Ca(OH)_2 ส่วนเกินของสารละลายในโพรง (pore solution) ลง จึงช่วยลดโอกาสไม่ให้เกิดปฏิกิริยา AAR เกิดขึ้นได้โดยง่ายในระยะยาวอีกด้วย

4. ความชื้นน้ำของเนื้อคอนกรีตบดอัดจะเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณของสารเชื่อมประสานเพิ่มขึ้น เพราะการเพิ่มปริมาณซีเมนต์ละลายเข้าไปในสารเชื่อมประสานจะทำให้มวลรวมในเนื้อคอนกรีตอัดเรียงตัวกันได้ดีขึ้น ขณะที่ใช้อัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่างน้ำต่อสารเชื่อมประสานคงที่ จึงทำให้เนื้อคอนกรีตแน่นขึ้นและมีความชื้นน้ำเพิ่มขึ้นด้วย

กลายเป็นวัสดุเหลือทิ้งที่ถูกนำไปใช้ประโยชน์ในบางด้าน เช่น ใช้เป็นเชื้อเพลิง ใช้ผสมดินเหนียวสำหรับทำอิฐเผา หรือใช้ทำฉนวนกันความร้อน แต่ก็ยังมีแกลบเหลือทิ้งอยู่เป็นจำนวนมาก การนำแกลบไปเผาจะได้แกลบเหลือประมาณ 20 % โดยน้ำหนัก ดังนั้นในบิหนึ่ง ๆ จะยังคงมีแกลบและซีเมนต์แกลบเหลือทิ้งเป็นจำนวนมากก่อให้เกิดปัญหาในการกำจัด ทั้งทางด้านหาสถานที่และวิธีสำหรับการกำจัด จากผลเคราะห์ทางเคมีของซีเมนต์แกลบ สารประกอบหลักที่สำคัญ คือ ซิลิกา ซึ่งมีปริมาณมากกว่าร้อยละ 90 การเผาที่อุณหภูมิพอเหมาะจะทำให้ซิลิกาอยู่ในรูปอสัณฐาน (Amorphous) ซึ่งมีความว่องไวต่อการทำปฏิกิริยา ซีเมนต์แกลบสามารถใช้เป็นสารปอซโซลานได้ โดยใช้ผสมกับปูนขาว หรือปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (Mehta, 1977 ; Cook, 1983 และ Chindaprasirt, 1983)

การผสมซีเมนต์แกลบในงาน RCC ยังเป็นเรื่องที่ใหม่อยู่ ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ จึงมีการนำเอาซีเมนต์แกลบมาเป็นส่วนผสมใน RCC โดยมีซีเมนต์ลอยเป็นส่วนผสมด้วย ทั้งซีเมนต์แกลบ และ ซีเมนต์ลอย เป็นวัสดุเหลือทิ้งและเป็นสารปอชโซลาน การนำซีเมนต์แกลบและซีเมนต์ลอยผสมลงในงาน RCC นอกจากจะทำให้ RCC มีคุณสมบัติการรับงานได้ดีแล้ว ยังทำให้ได้ RCC ที่มีราคาถูกด้วย ดังนั้นการศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติของ RCC ผสมซีเมนต์แกลบและซีเมนต์ลอย จึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจและน่าศึกษาเป็นอย่างยิ่ง

1.3 วัตถุประสงค์และขอบเขตของการทดสอบ

1.3.1 วัตถุประสงค์

- เพื่อศึกษาค่าความชื้นที่เหมาะสม (Optimum Moisture Content) ของ RCC ผสมซีเมนต์แกลบและซีเมนต์ลอย
- เพื่อศึกษากำลังแรงอัดของ RCC ผสมซีเมนต์แกลบและซีเมนต์ลอย

1.3.2 ขอบเขตการทดสอบ

ได้กำหนดขอบเขตและข้อจำกัดของการวิจัยดังนี้

1. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1
2. ซีเมนต์แกลบจากโรงสีข้าวจังหวัดขอนแก่น และซีเมนต์ลอยจากโรงงานไฟฟ้าพลังความร้อนแม่เมาะ จังหวัดลำปาง
3. แบบหล่อแท่งตัวอย่างรูปทรงกระบอกขนาด 100x200 มม.
4. ศึกษาค่าความชื้นที่เหมาะสมและกำลังรับแรงอัดของ RCC ผสมซีเมนต์แกลบและซีเมนต์ลอย