บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำ

คอนกรีตสมรรถนะสูง (High Performance Concrete, HPC) ได้พัฒนามาจากคอนกรีตกำลังสูง เนื่องจากการผลิตคอนกรีตกำลังสูงสามารถทำได้โดยการลดปริมาณน้ำในส่วนผสมคอนกรีต ซึ่งเป็นการลดอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ลงเพื่อให้ได้กำลังที่สูงขึ้น แต่จะส่งผลให้ความสามารถในการทำงานลดน้อยลง เนื่องจากคอนกรีตมีค่ายุบตัวต่ำ และก่อให้เกิดโพรงขึ้นในเนื้อคอนกรีต จึงต้องใช้สารผสมเพิ่ม เช่น ซิลิกาฟูมหรือขี้เถ้าลอยและสารเพิ่มความไหลลื่นสูง (Superplasticizer) เพื่อปรับปรุงคุณภาพของคอนกรีต ให้เกิดการไหลที่ดี เทเข้าแบบได้ง่าย และเป็นการเพิ่มมวลละเอียดในเนื้อคอนกรีตส่งผลให้กำลังอัดของคอนกรีตมีค่าสูงขึ้น ในการผลิตคอนกรีตคุณภาพสูงในปัจจุบัน เพื่อตอบสนองความต้องการด้านต่าง ๆ ของวงการก่อสร้าง ได้มีการกำหนดคุณสมบัติของคอนกรีตคุณภาพสูงในประเทศไทยไว้ดังนี้ [37]

- มีกำลังอัดของตัวอย่างรูปทรงกระบอกที่อายุ 28 วัน มากกว่า 600 กก. ต่อ ตร.ซม.
- กำลังอัดที่อายุ 24 ชม. มีค่ามากกว่าร้อยละ 50 ของคอนกรีตที่อายุ 28 วัน
- มีระยะเวลาทำงานได้มากกว่า 2 ชม.
- คอนกรีตต้องมีการไหลลื่นที่ดี มีค่าการยุบตัว (Slump) มากกว่า 20 ชม. และมีค่าการไหลแผ่จากการทดสอบการไหล (Flow Table) 50-60 ชม.
- คอนกรีตจะต้องไม่มีการแยกตัว ไม่มีรอยร้าวที่ผิว มีการหดตัวน้อยและทึบน้ำ

สารผสมเพิ่มในคอนกรีตมีหลายชนิด แต่ละชนิดมีคุณสมบัติเฉพาะตัว เช่น ซิลิกาฟูมมีความละเอียดสูง และมีปริมาณของ SiO_2 เป็นปริมาณมาก ดังนั้นจึงช่วยในการพัฒนาค่ากำลังอัดของคอนกรีตได้เป็นอย่างดี ส่วนขี้เถ้าลอย เป็นวัสดุเหลือใช้จากการเผาลิกไนต์ สามารถเพิ่มการไหลของคอนกรีต สามารถลดความร้อนเนื่องจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่น แต่มีคุณสมบัติแตกต่างกันตามแหล่งที่มาของถ่านหิน ดังนั้นการเลือกควรพิจารณาสารผสมเพิ่ม ที่ทำให้คอนกรีตมีคุณสมบัติเหมาะสมตามที่ต้องการ

ขี้เถ้าลอยได้มาจากการเผาไหม้ถ่านหินที่บดละเอียด มีลักษณะเป็นผง เม็ดกลม มีความละเอียด ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้ถ่านหินลิกไนต์ที่บดละเอียด และถูกดักจับด้วยเครื่องดักจับ (Precipitator) องค์ประกอบหลักจะประกอบไปด้วย ซิลิกา SiO_2, อลูมินา Al_2O_3 และเฟอริกออกไซด์ Fe_2O_3 ปริมาณของส่วนประกอบต่าง ๆ จะแตกต่างกันไปตามแหล่งที่มาของถ่านหิน ในการวิจัยนี้ ได้จากขบวนการผลิตไฟฟ้าด้วยถ่านหินลิกไนต์ ที่เหมืองแม่เมาะ จังหวัดลำปาง โดยเถ้าของลิกไนต์ที่ได้จะมี 2 สภาพ คือ

1. เถ้าลอย (Fly Ash) เป็นเถ้าที่ถูกแยกออกจากลมร้อนที่พัดออกไปสู่ปล่องควัน และถูกดักจับไว้ใน Electrostatic Precipitator

2. เถ้าหนัก (Bottom Ash) เป็นเถ้าที่ได้จากการปะทะของอนุภาคเถ้าในบริเวณที่เกิดการสันดาป อุณหภูมิในบริเวณนี้สูงพอที่จะหลอมเถ้าที่ปะทะกันเป็นเม็ดหรือก้อนตกลงสู่ก้นเตา บางส่วนของเถ้าจะปะทะกับผนังเตาและหลอมติดกันรวมตัวเป็นก้อนขนาดใหญ่ เรียกว่า Slag

ในการศึกษาจะพิจารณาคุณสมบัติของขี้เถ้าลอยในส่วนผสมคอนกรีตที่มีผลต่อกำลัง โดยการหาปริมาณแคลเซี่ยมไฮดรอกไซด์ และปริมาณแคลเซี่ยมซิลิเกตไฮเดรต ที่สามารถวิเคราะห์ทำคำอธิบายถึงปฏิกิริยาทางเคมีในคอนกรีต และอธิบายถึงสมรรถนะในการรับแรงอัดในคอนกรีต การวิจัยนี้จะใช้การแทนที่ซีเมนต์ด้วยขี้เถ้าลอยในปริมาณ 15-35% และมีการเปรียบเทียบกับคอนกรีตธรรมดาที่สอดคล้องตามคุณสมบัติของคอนกรีตสมรรถนะสูง

1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในงานวิจัยและพัฒนาคอนกรีตสมรรถนะสูง Larrard[10] กล่าวถึงงานวิจัยของLaboratoire Central des Ponts et Chaussees, (LCPC) ซึ่งได้กำหนดความหมายของ HPC ไว้ว่าเป็นคอนกรีตที่มีกำลังอัดของรูปทรงกระบอกเกิน 50 MPa และจากการศึกษาพบว่าขนาดของหินใหญ่ที่สุดที่เหมาะสมควรเท่ากับ 20 มม. และคอนกรีตจะมีค่าโมดุลัสยืดหยุ่นสูง ส่วน Gabrielsson[11] กล่าวถึง HPC ในประเทศสวีเดนไว้ว่า เป็นคอนกรีตที่มีกำลังอัดรูปทรงกระบอกเกิน 80 MPa ซึ่งมีการพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้กับงานโครงสร้างในทะเล งานอาคารสูง งานสะพาน งานถนน ที่ต้องการกำลังรับแรงอัด และความทนทานสูง แต่ความทนทานของคอนกรีตจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ โดยการศึกษาของ Penttala[12] พบว่าในกรณีที่ใช้สารลดน้ำปริมาณมาก (Superplasticizer) เป็นปริมาณมากจะทำให้มีผลกระทบต่อความทนทานของคอนกรีตในระยะยาว

ACI Committee 226[3] ได้กล่าวถึงคุณสมบัติของขี้เถ้าลอย และวิธีนำมาใช้ โดยคุณสมบัติของขี้เถ้าลอยที่มีผลต่อคอนกรีตในสภาวะสด จะเพิ่มเวลาการก่อตัว, ลดปริมาณน้ำที่ใช้ในการผสมคอนกรีต, เพิ่มความสามารถการเทได้, ลดการแยกตัว, ลดการเยิ้ม, เพิ่มเวลาในการทำงาน, เพิ่มปฏิกิริยาปอซโซลานิก, แทนที่การใช้ซีเมนต์ และลดอุณหภูมิระหว่างการผสมคอนกรีต ส่วนคุณสมบัติของขี้เถ้าลอยที่มีผลต่อคอนกรีตในสภาวะแข็งตัว จะทำให้เพิ่มกำลังในระยะยาว, การพัฒนากำลังของคอนกรีตในระยะ 3 วันแรกมีค่าน้อย, ลดช่องว่างในเนื้อคอนกรีต, ลดการซึมผ่านของน้ำ, เพิ่มความสามารถต้านทานการกัดกร่อนจากซัลเฟต, ลดการกัดกร่อนของเหล็ก และได้กำหนดปริมาณขี้เถ้าลอยที่ใช้แทนที่ซีเมนต์ โดยที่ขี้เถ้าลอย Class C สามารถแทนที่ซีเมนต์ได้ในปริมาณ 15-35 % การศึกษาวิจัยของ Barton[4] พบว่าถ้าอัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์ของคอนกรีตมีค่าต่ำลง จะทำให้กำลังรับแรงอัดมีค่าสูงขึ้น แต่คอนกรีตก็จะทำงานได้ยากขึ้น ดังนั้นจึงใช้สารเคมีผสมเพิ่ม เช่น ซิลิกาฟูม หรือ ขี้เถ้าลอย เพื่อช่วยปรับปรุงคุณสมบัติของคอนกรีต ทำให้เทง่ายขึ้น และเพิ่มกำลังอัดของคอนกรีต การศึกษาวิจัยของ Djellouli,H.,Aitcin,P.C.,Chaallal,O.[6] พบว่าในช่วงแรกของปฏิกิริยาไฮเดรชั่น คอนกรีตที่ผสมขี้เถ้าลอยจะเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นน้อยกว่าคอนกรีตธรรมดาเนื่องจากเมื่อผสมขี้เถ้าลอยจะทำ

ให้มีปริมาณของ Ettringite น้อยลง และการผสมขี้เถ้าลอยจะทำให้ความสามารถเทได้ดีขึ้น ทำให้สามารถลดปริมาณสารลดน้ำอย่างมากได้ ส่งผลทำให้ราคาของคอนกรีตลดลง โดย Gopalan,M.K. และ Haque,M.N.[7] พบว่าผลของสารลดน้ำอย่างมากต่อกำลังอัดของคอนกรีตจะมีความสำคัญมากกว่าการลดปริมาณน้ำที่ผสมคอนกรีต (W/C) และการบ่มจะมีผลอย่างมากต่อกำลังอัดของคอนกรีต และพบว่าถ้าปริมาณแทนที่ซีเมนต์ของขี้เถ้าลอยมีมากเกินไปจะไม่ทำให้กำลังอัดของคอนกรีตสูงขึ้น

Chikamatsu,R.[13] ได้ใช้ HPC ในการก่อสร้างถังเก็บแก๊สธรรมชาติ (LNG) ซึ่งเป็นโครงสร้างที่มีเหล็กหุ้มอย่างหนาแน่นและมีผนังที่บาง จึงต้องการคอนกรีตที่มีความไหลลื่นที่ดี ดังนั้นจึงใช้ขี้เถ้าลอยเพื่อเพิ่มความสามารถเทได้ และลดความร้อนเนื่องจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่น และพบว่าในโครงสร้างที่มีเหล็กเสริมอย่างหนาแน่น ระยะห่างของเหล็กเสริมจะถูกกำหนดโดยขนาดของหินที่ใช้ โดยไม่ควรใช้หินเกินขนาด 20 มม. และพบว่าความชื้นบนผิว (Surface Moisture) และสัดส่วนของมวลรวมหินทรายมีความสำคัญมากในการควบคุมการไหลของคอนกรีต ดังนั้นจึงต้องมีการปรับปรุงขนาดของมวลรวมหินทรายให้เหมาะสมก่อนนำไปใช้งาน โดยความต้องการน้ำในการผสม จะมีแนวโน้มที่น้อยลงเมื่อโมดุลัสความละเอียด (Finess Modulus) มีค่าเพิ่มขึ้น Wecharatana,M. และ Talungpong,S.[14] ได้ทำการศึกษาถึงชนิดของหินที่ใช้ผสมคอนกรีตพบว่าหินแกรนิตจะให้กำลังอัดมากกว่าหินปูนหรือหินบะซอลท์ และพบว่าตัวอย่างทดสอบขนาด 4"x8" หรือขนาด 6"x12" จะให้ค่ากำลังอัดที่แน่นอนกว่าตัวอย่างทดสอบขนาด 3"x 6"

การศึกษาและวิจัยของ Wecharatana,M. และ Liskowiz,J.W.[16] ได้ทำการทดสอบคอนกรีตผสมขี้เถ้าลอย 2 ชนิด Dry และ Wet Bottom Ash โดยใช้แทนที่ซีเมนต์ปริมาณ 15, 25, 35 และ 50 % โดยน้ำหนักของซีเมนต์ พบว่าใน Wet Bottom Ash มีปริมาณ SiO_2 มากกว่า Dry Bottom Ash ดังนั้น Wet Bottom Ash จึงมีค่ากำลังอัดที่สูงกว่า Dry Bottom Ash เมื่ออายุของคอนกรีตเท่ากัน และพบว่าขี้เถ้าลอยที่มีความละเอียดสูง จะต้องการปริมาณน้ำมากกว่าขี้เถ้าลอยที่มีความละเอียดน้อยกว่า ส่วน Sarkar,S.L.[15] ได้ศึกษาถึงอนุภาค (Micro Structure) ของคอนกรีตผสมเถ้าลอย พบว่าในอายุเริ่มต้น เนื้อของคอนกรีตจะมีรูพรุน และมีการยึดเหนี่ยวกันระหว่างอนุภาคอย่างหลวม ๆ แต่เมื่ออายุมากขึ้น จะเกิดบริเวณยึดเหนี่ยวขึ้น (Interfacial Zone) ซึ่งจะพัฒนาเป็นการยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค (Matrix Densification) ส่งผลให้คอนกรีตมีกำลังรับแรงอัดมากขึ้น

ในประเทศไทยมีการพัฒนาคอนกรีตคุณภาพสูงโดยเริ่มพัฒนาจากคอนกรีตกำลังสูง โดย เสรี [30] พบว่าในคอนกรีตที่มีกำลังอัดสูง ค่าความเครียดที่หน่วยแรงสูงสุดจะเพิ่มมากขึ้นตามกำลังของคอนกรีตที่สูงขึ้น และค่าความเครียดสูงสุดจะมีค่าเกือบคงที่ประมาณ 0.003 ส่วนค่าโมดุลัสยืดหยุ่นจะเพิ่มขึ้นตามกำลังอัดของคอนกรีต ค่า Poisson Ratio จะมีค่าไม่ต่างจากคอนกรีตปกติ กำลังดึงจะสูงขึ้นตามกำลังอัดที่สูงขึ้น และ Creep, Shrinkage จะมีค่าน้อยกว่าคอนกรีตปกติ การศึกษาของ นฤมล[28] ได้ศึกษาคอนกรีตกำลังสูงพบว่าปฏิกิริยาไฮเดรชั่นจะเกิดอย่างสมบูรณ์เมื่ออัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์ (W/C Ratio) มีค่ามากกว่า 0.25 ดังนั้นจึงไม่ควรใช้อัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์ที่น้อยกว่านี้

ปริญญา,อินทรชัยและเฉลิมพล [24] ได้ทำการศึกษาผลกระทบของเถ้าลอยแม่เมาะต่อการก่อตัวของคอนกรีตพบว่า มีระยะการก่อตัวเริ่มต้นต่างจากคอนกรีตธรรมดาเพียงเล็กน้อย แต่ระยะการก่อตัวสุดท้ายใช้เวลานานขึ้น สามารถลดการเยิ้มของคอนกรีตได้ และขี้เถ้าลอยที่มีความละเอียดมากจะมีกำลังอัดที่สูงกว่าขี้เถ้าลอยที่มีความละเอียดน้อยกว่า การพัฒนากำลังอัดเริ่มต้นมีค่าน้อย เมื่อเพิ่มปริมาณขี้เถ้าลอยจะทำให้ Drying Shrinkage เพิ่มขึ้น และพบว่าคอนกรีตจะมีการขยายตัวเนื่องจากปริมาณของ SO_3 ในขี้เถ้าลอย เนื่องมาจาก SO_3 จะทำปฏิกิริยากับ Calcium Aluminate ทำให้เกิด Calciumsulfoaluminate หรือ Ettringite เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการขยายตัวมากขึ้น ซึ่งถ้าใช้ขี้เถ้าลอยแทนที่ในซีเมนต์เป็นจำนวนมากอาจก่อให้เกิดการเสียหายต่อโครงสร้างได้ และพบว่าในการใช้ปริมาณขี้เถ้าลอยสูงสุดแทนที่ปูนซีเมนต์ควรอยู่ระหว่าง 25-30 % โดยน้ำหนัก ในการศึกษาของ ประจิต[31] ได้ทำการทดสอบคอนกรีตผสมขี้เถ้าลอยเข้ากับส่วนผสมในอัตราส่วนขี้เถ้าลอยต่อปอร์ตแลนด์ซีเมนต์เท่ากับ 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 ปริมาณซีเมนต์เท่ากับ 250, 300, 350 และ 400 กก. ต่อ ลบ.ม. อัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ 0.5, 0.75, 1.00 และ 1.25 พบว่าปริมาณขี้เถ้าลอยที่เติมจะต้องมากกว่าปริมาณซีเมนต์ที่ลดลง เพื่อรักษาระดับกำลังอัดให้คงเดิม และได้กราฟแสดงค่าเทียบเท่าซีเมนต์ของขี้เถ้าลอยแม่เมาะได้ โดยขึ้นกับตัวแปรต่าง ๆ ซึ่งจะสามารถหาปริมาณขี้เถ้าลอยเท่ากับคอนกรีตธรรมดาที่อายุตามต้องการ กรกฎ[27] ได้ศึกษาการปรับปรุงความสามารถทำงานได้ของคอนกรีตสดโดยใช้ขี้เถ้าลอย พบว่าขี้เถ้าลอยสามารถช่วยปรับปรุงความสามารถทำงานได้ตามปริมาณขี้เถ้าลอยที่ผสมและสามารถใช้เป็นสารลดน้ำได้ในอัตราที่สามารถลดสัดส่วนน้ำต่อซีเมนต์ได้ 0.03 ต่อการเติมขี้เถ้าลอยทุก ๆ 10 % โดยน้ำหนัก และขี้เถ้าลอยยังลดปริมาณฟองอากาศในคอนกรีตลง 0.1 % โดยปริมาตร ทุก ๆ ปริมาณขี้เถ้าลอย 15 % โดยน้ำหนัก การก่อตัวจะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยทั้งการก่อตัวเริ่มแรกและการก่อตัวสุดท้าย ทางด้านกำลังรับแรงอัดที่ 28 วัน ของคอนกรีตผสมขี้เถ้าลอยจะลดลงตามสัดส่วนของปริมาณขี้เถ้าลอยที่ผสม

บุรฉัตรและพิชัย[34],[35],[36] ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของขี้เถ้าลอยแม่เมาะและทำการทดสอบกำลังอัดของมอร์ต้าผสมขี้เถ้าลอย พบว่าขี้เถ้าลอยแม่เมาะมีปริมาณซิลิคอนไดออกไซด์และอลูมิเนียมออกไซด์ต่ำ แต่ว่ามีปริมาณแคลเซี่ยมออกไซด์สูง เมื่อเทียบกับขี้เถ้าลอยจากต่างประเทศ ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้การเพิ่มขึ้นของกำลังในมอร์ต้าผสมเถ้าลอยช้าลง ทำให้การพัฒนากำลังอัดภายใน 3 วันแรกของคอนกรีตผสมขี้เถ้าลอยมีค่าต่ำ หลังจากนั้นการพัฒนากำลังจะสูงกว่าปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ ซึ่งเถ้าลอยแม่เมาะสามารถใช้แทนที่ในปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ได้สูงถึง 35 % และขี้เถ้าลอยแม่เมาะสามารถลดความร้อนเนื่องจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่นได้ ส่วนขี้เถ้าลอยที่มีความละเอียดมากกว่าจะส่งผลให้กำลังของมอร์ต้าผสมขี้เถ้าลอยสูงกว่าขี้เถ้าลอยที่มีความละเอียดน้อยกว่า ความต้องการน้ำของมอร์ต้าผสมขี้เถ้าลอยมีค่าต่ำกว่าธรรมดาที่ความข้นเหลวปกติเท่ากัน ระยะเวลาการก่อตัวเริ่มต้นและสุดท้ายของมอร์ต้าผสมขี้เถ้าลอยจะนานกว่ามอร์ต้าธรรมดา Supaki and Sithiporn[32] ได้ศึกษาอัตราส่วนระหว่างเปอร์เซ็นต์ของ CaO ต่อเปอร์เซ็นต์ของ SiO_2, Al_2O_3 และ Fe_2O_3 (Hydration Modulus, HM) ในขี้เถ้าลอยที่มีผลต่อกำลังอัดของคอนกรีต พบว่าถ้าผสมขี้เถ้าลอยที่มี HM น้อยลงใน

คอนกรีต จะส่งผลให้กำลังอัดของคอนกรีตมีค่าน้อยกว่าคอนกรีตที่ผสมขี้เถ้าลอยที่มีค่า HM สูงกว่า และค่า HM ที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วง 1.40-2.25 และขี้เถ้าลอยแม่เมาะทำให้เนื้อคอนกรีตมีความแน่นมากขึ้นส่งผลให้มีความทนทานดีกว่าคอนกรีตธรรมดา

ในคอนกรีตที่ต้องการความสามารถเทได้สูง สัดส่วนของมวลรวมจะมีผลอย่างมากต่อความสามารถเทได้ โดย กิตติกร[38] ได้ศึกษาปรับปรุงสัดส่วนของมวลรวมหินทรายที่เหมาะสม พบว่าขนาดคละของหิน 3/4 นิ้ว กับหิน 3/8 นิ้ว ในอัตราส่วน 60:40 และสัดส่วนทรายต่อมวลรวมเท่ากับ 0.45 จะทำให้ได้ขนาดคละของมวลรวมเข้าใกล้มัธยฐานของมาตรฐานมากที่สุด ส่งผลทำให้คอนกรีตที่ได้มีการไหลลื่นที่ดี ไม่มีการแยกตัว ปริมาณซีเมนต์ที่ใช้ควรมีค่าระหว่าง 450-550 กก.ต่อ ลบ.ม. และต้องควบคุมสัดส่วนของน้ำต่อซีเมนต์ไม่เกิน 0.30 เพื่อให้การไหลและกำลังอัดเป็นไปตามกำหนดคือกำลังอัดที่อายุ 1 วัน มากกว่า 300 กก. ต่อ ตร.ซม. และที่อายุ 28 วัน มากกว่า 600 กก.ต่อ ตร.ซม. ส่วนการปรับปรุงคุณสมบัติของคอนกรีตด้วยวัสดุผสมเพิ่มขี้เถ้าลอยแม่เมาะ โดยวิธีการผสมเพิ่ม จะทำให้คอนกรีตมีคุณสมบัติความเทได้ดีขึ้น แต่จะให้กำลังอัดเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย โดยปริมาณที่ใช้ควรมีค่าอยู่ในช่วง 20-25 % ของซีเมนต์โดยน้ำหนัก

ในการศึกษาปฏิกิริยาของขี้เถ้าลอยผสมซีเมนต์ ปริมาณของแคลเซี่ยมไฮดรอกไซด์จะบ่งบอกถึงอัตราการเกิดปฏิกิริยา[23] โดย MidGley[17] ได้ทำการศึกษาถึงปริมาณของแคลเซี่ยม-ไฮดรอกไซด์ซึ่งเป็นสารที่ได้จากปฏิกิริยาไฮเดรชั่น โดยใช้วิธี Differential Thermal Analysis, Thermogravimetry และ X-Ray Diffraction Method พบว่าวิธี Thermal Analysis เป็นวิธีที่น่าเชื่อถือมากที่สุด โดยค่าของแคลเซี่ยมไฮดรอกไซด์ที่วัดได้ จะได้จากน้ำหนักที่เปลี่ยนไปเนื่องจากการเผาตัวอย่างทดสอบ Ramachandran[18] พบว่าในการหาแคลเซี่ยมไฮดรอกไซด์โดยวิธีการเผาจะทำให้ Hydrated Products อื่น ๆ ถูกเผาไปด้วย ทำให้ไม่ได้ค่าแคลเซี่ยมไฮดรอกไซด์ที่แท้จริง ซึ่งเป็นข้อจำกัดของวิธีนี้ อย่างไรก็ตามวิธีนี้เป็นวิธีที่น่าเชื่อถือมากที่สุด ใช้เวลาในการทดสอบน้อย และใช้ตัวอย่างในการทดสอบน้อยกว่าวิธีอื่น การศึกษาของ Jun-yuan,H.[21] พบว่าปริมาณของ Calcium Hydroxide Crystals ในซีเมนต์เพสจะลดลงเมื่อผสมขี้เถ้าลอยในซีเมนต์เพส เนื่องจากเมื่อผสมเถ้าลอย จะทำให้ Calcium ทำปฏิกิริยากับ Alumina และ Silica ทำให้เกิดแคลเซี่ยมซิลิเกตไฮเดรต, (CSH) ส่วน Ettringite จะก่อตัวในระยะเริ่มต้นและพบว่าปริมาณของแคลเซี่ยมไฮดรอกไซด์ในซีเมนต์เพสผสมเถ้าลอย (Peak 475 °C) จะมีค่าน้อยกว่าซีเมนต์เพสธรรมดา

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาคุณสมบัติของขี้เถ้าลอย และการนำขี้เถ้าลอยมาใช้ปรับปรุงส่วนผสมคอนกรีตโดยวิธีการทดแทนซีเมนต์
2. ศึกษาและวิเคราะห์คุณสมบัติของคอนกรีตเหลว จากส่วนผสมที่ได้ออกแบบ
3. ตรวจสอบหาปริมาณแคลเซี่ยมไฮดรอกไซด์ที่มีผลต่อปฏิกิริยาปอซโซลานิกของซีเมนต์เพสผสมขี้เถ้าลอย
4. วิเคราะห์หาปริมาณแคลเซี่ยมซิลิเกตไฮเดรต, (CSH) อันเกิดเนื่องจากปฏิกิริยา

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ไฮเดรชั่นและปฏิกิริยาปอซโซลานิก ในส่วนผสมคอนกรีตที่มีขี้เถ้าลอย

5. ศึกษาหาผลกระทบต่อกำลังอัด ความสามารถเทได้ของคอนกรีตตามอัตราส่วนผสมของขี้เถ้าลอยเทียบกับปฏิกิริยาไฮเดรชั่นและปฏิกิริยาปอซโซลานิก
6. ศึกษาคุณสมบัติความทนทานของการหดตัวของมอร์ต้าผสมขี้เถ้าลอย และความคงตัวของซีเมนต์เพสผสมขี้เถ้าลอย

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

ในการวิจัยครั้งนี้ การศึกษาข้อมูลอยู่ภายในขอบเขตที่กำหนดดังนี้

1. ใช้ขี้เถ้าลอยจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ในการแทนที่ซีเมนต์เพื่อใช้เป็นส่วนผสมในคอนกรีต
2. ใช้มวลรวมหินเป็นหินปูนขนาดใหญ่สุด 1/2" ในการผสมคอนกรีต จากแหล่งหินจังหวัดสระบุรี และทรายแม่น้ำจากจังหวัดกาญจนบุรี
3. ใช้สารลดปริมาณน้ำอย่างมากและหน่วงการก่อตัว (Type G, Water-Reducing High Range and Retarding Admixtures)
4. ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ตามมาตรฐาน ASTM C-150, มอก.15-2523

1.5 การดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาข้อมูลและงานวิจัยที่ผ่านมา เพื่อกำหนดขอบเขตและแนวทางในการทดสอบวิจัย
2. หาคุณสมบัติพื้นฐานและวิเคราะห์หาส่วนประกอบทางเคมีของขี้เถ้าลอย ซีเมนต์และสารเคมีผสม
3. ทดสอบขนาดคละของมวลรวมหินทราย โดยทดสอบคุณสมบัติของมวลรวมตามมาตรฐาน มอก. และ ASTM Standard
4. ออกแบบส่วนผสมคอนกรีต โดยใช้ขี้เถ้าลอยเป็นตัวแปรหลัก และใช้สารลดปริมาณน้ำอย่างมากเป็นตัวปรับแต่งคุณสมบัติหลักของคอนกรีตสด
5. ทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตในสภาพเหลว อันได้แก่ ค่าการยุบตัว และค่าการไหลแผ่
6. ทดสอบหาค่ากำลังอัดของตัวอย่างทดสอบตามอายุต่าง ๆ กัน นำผลมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับค่าตัวแปรต่าง ๆ จากการทดสอบ
7. ทดสอบหาปริมาณแคลเซี่ยมไฮดรอกไซด์, ($Ca(OH)_2$) โดยวิธี Thermogravimetry Analysis, (TGA) เปรียบเทียบระหว่างซีเมนต์เพสผสมขี้เถ้าลอยและซีเมนต์เพสที่ไม่ได้ผสมขี้เถ้าลอย
8. วิเคราะห์ผลที่ได้จากการทดสอบด้วยวิธี TGA เพื่อคำนวณหาปริมาณแคลเซี่ยม-ซิลิเกตไฮเดรตเปรียบเทียบกับข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับด้านกำลัง และความคงทนโดยเทียบกับเวลา

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงปริมาณขี้เถ้าลอยที่ใช้แทนที่ซีเมนต์ในคอนกรีตสมรรถนะสูงได้อย่างเหมาะสมต่อการปรับปรุงกำลังอัดและความสามารถในการเทได้ เพื่อใช้แทนที่ซีเมนต์ในการผสมคอนกรีต
2. ทราบถึงปริมาณแคลเซี่ยมไฮดรอกไซด์, ($Ca(OH)_2$) ในซีเมนต์เพสผสมขี้เถ้าลอยที่มีผลต่อปฏิกิริยาปอซโซลานิก
3. ทราบถึงปริมาณแคลเซี่ยมซิลิเกตไฮเดรต, (CSH) เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณซีเมนต์และขี้เถ้าลอยที่จะใช้