บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิด ทฤษฎีของงานวิจัย

2.1.1 วัสดุปอซโซลาน

วัสดุปอซโซลาน (Pozzolan) ตามคำจำกัดความของ ASTM C 618 หมายถึง วัสดุที่ประกอบด้วยออกไซด์ของซิลิกา (Siliceous) หรือ ซิลิกาและอลูมินา (Siliceous and Aluminous) เป็นองค์ประกอบหลัก โดยทั่วไปแล้ววัสดุปอซโซลานมีคุณสมบัติของวัสดุประสานน้อยมากหรือไม่มีเลย แต่เมื่อมีความละเอียดที่เหมาะสมและมีความชื้นที่เพียงพอจะสามารถทำปฏิกิริยากับด่างหรือแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH_2)$) ทำให้ได้สารประกอบที่มีคุณสมบัติในการยึดประสานได้ดีคล้ายกับปูนซีเมนต์ เรียกปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นนี้ว่าปฏิกิริยาปอซโซลาน (Pozzolanic Reaction) โดยทั่วไปวัสดุปอซโซลานที่มีอยู่ในปัจจุบันแบ่งได้ 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ วัสดุปอซโซลานธรรมชาติ (Natural Pozzolan) ซึ่งเกิดจากกระบวนการตามธรรมชาติ เช่น เถ้าภูเขาไฟ และดินขาว (Metakaolin) เป็นต้น ส่วนอีกประเภทหนึ่ง คือ วัสดุปอซโซลานสังเคราะห์ (Artificial Pozzolan) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นวัสดุพลอยได้ที่เกิดจากกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรม เช่น ซิลิกาฟูม เถ้าถ่านหิน เถ้าแกลบ และตะกรันเตาถลุงเหล็ก เป็นต้น

ปัจจุบันวัสดุปอซโซลานนิยมนำมาใช้ในงานคอนกรีตในรูปของการแทนที่บางส่วนในปูนซีเมนต์ เนื่องจากวัสดุปอซโซลานช่วยปรับปรุงคุณภาพของคอนกรีตให้ดีขึ้นทั้งในด้านการรับกำลังอัด และสามารถลดต้นทุนในการผลิตคอนกรีต ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างลดลง เนื่องจากวัสดุปอซโซลานมีราคาถูกกว่าปูนซีเมนต์ วัสดุปอซโซลานแต่ละชนิดอาจส่งผลดีต่อคอนกรีตแตกต่างกันขึ้นอยู่กับคุณสมบัติเฉพาะตัว โดยองค์ประกอบทางแร่ธาตุที่อยู่ในรูปไม่เป็นผลึกและความละเอียดของวัสดุปอซโซลาน คือ ปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาปอซโซลานได้ดี

2.1.2 ปฏิกิริยาปอซโซลาน

เมื่อปูนซีเมนต์รวมตัวกับน้ำทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชัน (Hydration Reaction) และมีผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาที่สำคัญ คือ แคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต ($3CaO{\cdot}2SiO_2{\cdot}3H_2O$ หรือ C-S-H), แคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$) และแคลเซียมอลูมิเนตไฮเดรต ($3CaO{\cdot}Al_2O_3{\cdot}6H_2O$ หรือ C-A-H) ดังแสดงในสมการที่ (2.1) ถึง (2.3)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

$$2(3CaO{\cdot}SiO_2) + 6H_2O \longrightarrow 3CaO{\cdot}2SiO_2{\cdot}3H_2O + 3Ca(OH)_2 \qquad (2.1)$$

$$2(2CaO{\cdot}SiO_2) + 4H_2O \longrightarrow 3CaO{\cdot}2SiO_2{\cdot}3H_2O + Ca(OH)_2 \qquad (2.2)$$

$$3CaO{\cdot}Al_2O_3 + 6H_2O \longrightarrow 3CaO{\cdot}Al_2O_3{\cdot}6H_2O \quad (2.3)$$

ปฏิกิริยาปอซโซลาน (Pozzolanic Reaction) เป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นภายหลังจากการทำปฏิกิริยาไฮเดรชัน ของปูนซีเมนต์กับน้ำ โดยใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$) ที่เกิดจากสมการที่ (2.1) และ (2.2) เป็นสารตั้งต้นทำปฏิกิริยาร่วมกับซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) และอลูมินาไตรออกไซด์ (Al_2O_3) ในวัสดุปอซโซลาน ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยาปอซโซลาน คือ แคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (C-S-H) และแคลเซียมอลูมิเนียมไฮเดรต (C-A-H) ดังแสดงในสมการที่ (2.4) และ (2.5)

$$Ca(OH)_2 + SiO_2 + H_2O \longrightarrow xCaO{\cdot}ySiO_2{\cdot}zH_2O \quad (2.4)$$

$$Ca(OH)_2 + Al_2O_3 + H_2O \longrightarrow xCaO{\cdot}yAl_2O_3{\cdot}zH_2O \quad (2.5)$$

ค่า x, y และ z ในสมการที่ (2.4) และ (2.5) เป็นค่าที่แปรไปตามชนิดของแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (C-S-H) และแคลเซียมอลูมิเนตไฮเดรต (C-A-H) ซึ่งทั้ง C-S-H และ C-A-H ที่เกิดจากปฏิกิริยาปอซโซลานนี้ทำให้กำลังอัดของคอนกรีตเพิ่มขึ้น และลดช่องว่างระหว่างอนุภาคของปูนซีเมนต์ลง ทำให้คอนกรีตมีเนื้อแน่นขึ้น โดยปฏิกิริยาปอซโซลานนี้จะเริ่มเกิดขึ้นเมื่ออายุประมาณ 7 วัน และทำปฏิกิริยาต่อไปเรื่อยๆ แม้ว่าคอนกรีตมีอายุมากกว่า 3 ปีครึ่งก็ตาม

2.1.3 ขี้เถ้าจากเถ้าเผาขยะ

การเผาขยะในเตาที่ได้มีการออกแบบมาเป็นพิเศษ เพื่อให้เข้ากับลักษณะสมบัติของขยะ คือ มีอัตราความชื้นสูง และมีค่าความร้อนที่แปรผันได้ การเผาไหม้จะต้องมีการควบคุมที่ดีเพื่อจะป้องกันไม่ให้เกิดมลพิษและการรบกวน ต่อสิ่งแวดล้อม เช่น ก๊าซพิษ เขม่า กลิ่น เป็นต้น ก่อนที่จะส่งออกสู่บรรยากาศ ขี้เถ้าจากเตาเผาขยะเกิดจากการเผาขยะ ซึ่งได้แก่ เศษกระดาษ ใบไม้ เศษอาหาร พลาสติก และขยะอื่นๆ เนื่องจากขยะที่มีการทิ้งในแต่ละปีมีปริมาณมากและมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นทุกปี โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเมืองใหญ่ เช่นกรุงเทพมหานคร หรือตำบลบ้านเพ จังหวัดระยอง ขยะเหล่านี้น้ำหนักประมาณ 25 ถึง 30% ของขยะที่ส่งเข้าเตาเผา จะถูกนำไปฝังกลบหรือใช้เป็นวัสดุปูพื้นสำหรับการสร้างถนน นอกจากนี้ยังมีการนำไปเผาเพื่อกำจัดหรือใช้เป็นเชื้อเพลิง และหลังจากการเผาแล้วจะมีเถ้าขึ้นประมาณร้อยละ 10 ส่วนขี้เถ้าที่มีส่วนประกอบของโลหะอาจถูกนำกลับมาใช้ใหม่ได้ นอกจากนั้นในบางพื้นที่ที่มีปริมาณขยะอยู่มาก สามารถที่จะนำพลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาขยะมาใช้ในการผลิตไอน้ำ หรือทำน้ำร้อน หรือผลิตกระแสไฟฟ้าได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

รูปที่ 2.1 บริเวณที่กองเก็บขยะที่รอการคัดแยกและเผา

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Kritsada Sisomphon และคณะ(2543) ได้ศึกษาการนำเถ้าครัวเรือนเป็นวัตถุดิบในการผลิตปูนซีเมนต์ พบว่าปูนซีเมนต์ที่ผลิตได้จากเถ้าขยะมีคุณสมบัติเช่นเดียวกับปูนซีเมนต์ที่ผลิตแบบปกติ สาเหตุที่เถ้าขยะไม่ส่งผลต่อคุณสมบัติของปูนซีเมนต์เพราะปริมาณของเถ้าขยะที่แทนที่เม็ดปูนซีเมนต์มีจำนวนค่อนข้างน้อย คือ ประมาณร้อยละ 5 ของน้ำหนักทั้งหมด

สุธีร์ ตราดธารทิพย์(2548) ศึกษาการใช้ประโยชน์เถ้าลอยจากเตาเผาขยะมูลฝอยชุมชนจังหวัดภูเก็ต โดยนำมาทนแทนส่วนผสมของมวลรวมละเอียดเพียงบางส่วน ในก้อนซีเมนต์มอร์ต้าร์ โดยการทดสอบลักษณะทางกายภาพ และทางเคมีของเถ้าลอยอันได้แก่ ลักษณะการกระจายตัวของอนุภาค องค์ประกอบทางเคมี แร่องค์ประกอบ ปริมาณโลหะหนัก รวมถึงลักษณะน้ำชะ จากนั้นเถ้าลอยจะถูกนำมาสู้การบำบัดขั้นต้น โดยการล้างด้วยน้ำ เพื่อกำจัดคลอไรด์ จากนั้นนำมาปรับเสถียรด้วยการทำให้แข็งด้วยปูนซีเมนต์ที่อัตราส่วนต่างๆ แล้วจึงบดให้มีขนาดเล็กลง กลายเป็นมวลรวมละเอียดเทียม ที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ลักษณะของมวลรวมละเอียดเทียมได้รับการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบกับมวลรวมละเอียดธรรมชาติเทียมบางส่วนที่อัตราส่วนผสมต่างๆ จะถูกทดสอบที่ระยะเวลาการบ่มต่างๆ ท้ายที่สุด ลักษณะน้ำชะจากก้อนซีเมนต์มอร์ต้าร์ที่มีมวลรวมละเอียดเทียวอยู่เสมอ ถูกทดสอบเพื่อศึกษาความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อมและสุขอนามัยของประชาชน การทดสอบลักษณะของเถ้าลอย พบว่าอนุภาคของเถ้าลอยมีขนาดเล็ก โดยเถ้าลอยที่พรมน้ำแล้ว อนุภาคจะมีขนาดใหญ่กว่าเถ้าลอยแห้ง ปริมาณโลหะหนักในเถ้าลอยที่มีอยู่ มีค่าไม่มากนัก เมื่อเปรียบเทียบกับ

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยรามคำแหง

องค์ประกอบอื่นๆ แต่มีความเป็นไปได้ที่จะถูกชะออกมากับน้ำชะเกินกว่าเกณฑ์ที่กฎหมายกำหนด จึงจัดเถ้าลอยเป็นของเสียอันตราย จากการบำบัดเถ้าลอยขั้นต้น พบว่าน้ำล้างเถ้าลอยมีปริมาณคลอไรด์และโลหะหนักปนออกมาในเกณฑ์ที่สูง ซึ่งสอดคล้อง

ACI 211.4R-93 (1998) ศึกษาการนำเถ้าขยะมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตปูนซีเมนต์ พบว่าปูนซีเมนต์ที่ผลิตได้จากเถ้าขยะมีคุณสมบัติเช่นเดียวกับปูนซีเมนต์ที่ผลิตแบบปกติ สาเหตุที่เถ้าขยะไม่ส่งผลต่อคุณสมบัติของปูนซีเมนต์เพราะปริมาณของเถ้าขยะที่แทนที่เม็ดปูนซีเมนต์มีจำนวนค่อนข้างน้อย คือประมาณร้อยละ 5 ของน้ำหนักทั้งหมด

อย่างไรก็ตามการศึกษาเถ้าขยะเพื่อใช้ในงานคอนกรีตยังไม่เป็นที่แพร่หลายมากนักทั้งในและต่างประเทศ เนื่องจากความสม่ำเสมอขององค์ประกอบทางเคมีของเถ้าขยะที่แปรเปลี่ยนไปอย่างมากตามขยะที่ใช้เผา นอกจากนี้ขนาดของเถ้าขยะยังแตกต่างกันอย่างมากเพราะขึ้นอยู่กับลักษณะของขยะที่นำมาเผา ชนิดของเตาเผา รวมถึงอุณหภูมิของการเผาขยะด้วย ดังนั้นการนำเถ้าขยะไปใช้งานจึงต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อให้ได้ข้อมูลในการกำหนดลักษณะที่เหมาะสมของเถ้าขยะที่สามารถนำไปใช้งานคอนกรีตได้โดยไม่ส่งผลเสียต่อคอนกรีตนั้น

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี