

บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำและที่มาของปัญหา

เนื่องด้วยในปัจจุบันการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ได้ใช้ถ่านหินลิกไนต์เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าที่โรงไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ประมาณวันละ 40,000 ตัน การเผาถ่านลิกไนต์จะได้เถ้าลอยออกมาประมาณวันละ 8,000 ตัน และจากการผสมถ่านหินเพื่อควบคุมปริมาณสารประกอบแคลเซียมออกไซด์(CaO) และซัลเฟอร์ไดรอกไซด์(SO_2) ของถ่านที่ป้อนเข้าโรงไฟฟ้าให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อเนื่องกันมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2533 จึงส่งผลกระทบต่อเถ้าลอยที่เหลือจากการผลิตกระแสไฟฟ้าเกือบทั้งหมดมีองค์ประกอบทางเคมีอยู่ในเกณฑ์ของมาตรฐาน ASTM C618 สำหรับสารปอซโซลานประเภท F ทำให้สามารถนำเถ้าลอยไปใช้ผสมทดแทนปูนซีเมนต์ในงานคอนกรีตได้ (สมชัย, 2542)

เถ้าลอยแม่เมาะที่ได้จากการผลิตกระแสไฟฟ้าปัจจุบันมีปริมาณสูงถึงปีละ 3 ล้านตัน และได้มีการนำไปใช้คิดเป็นร้อยละ 10 ของที่ผลิตได้ซึ่งยังคงเป็นปริมาณที่น้อยมาก (ชัยและคณะ, 2542) ส่วนเถ้าลอยส่วนที่เหลือต้องนำไปทิ้งยังบ่อเก็บเถ้าลอย ทำให้สิ้นเปลืองงบประมาณในการจัดเก็บหากมีการนำเถ้าลอยไปใช้ในงานคอนกรีตเพิ่มขึ้นนอกจากจะช่วยลดปริมาณของการใช้ปูนซีเมนต์แล้ว ยังเป็นการช่วย กฟผ.ลดภาระในการกำจัดทิ้งเถ้าลอยอีกทางหนึ่งด้วย

ในงานวิจัยนี้มุ่งหวังที่จะนำเถ้าลอยแม่เมาะมาใช้ประโยชน์ให้มากที่สุด โดยใช้เถ้าลอยแม่เมาะผสมคอนกรีตเพื่อทดแทนปูนซีเมนต์บางส่วนในการผลิตคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก เนื่องจากปัจจุบันได้มีการใช้คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักเป็นวัสดุก่อสร้างมากขึ้น โดยนำมาใช้ในส่วนของการก่อผนังและกำแพง เนื่องจากมีคุณสมบัติที่ดีกว่าอิฐมวลหลายนประการ เช่น มีกำลังด้านแรงอัดและความคงทนต่อดินฟ้าอากาศได้ดีกว่า สามารถก่อสร้างได้เร็วกว่า อีกทั้งในปัจจุบันได้มีการนำเครื่องจักรอัตโนมัติมาใช้ในการผลิต ทำให้สามารถผลิตได้ในปริมาณมากและมีคุณภาพที่ดีขึ้น ด้วยเหตุนี้ถ้าสามารถนำเถ้าลอยมาใช้ในการผลิตคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักได้ จะทำให้มีการใช้ประโยชน์จากเถ้าลอยในปริมาณที่สูงขึ้นมาก และจะทำให้ต้นทุนวัสดุที่ใช้ในการผลิตคอนกรีตบล็อกมีราคาต่ำลง ส่งผลให้คอนกรีตบล็อกมีราคาถูกลง

คอนกรีตบล็อกตามมาตรฐานมอก.57-2530 (2531) หมายถึงก้อนคอนกรีตทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ น้ำ และวัสดุที่เหมาะสมชนิดต่างๆ และมีสารผสมอื่นอยู่ด้วยหรือไม่ก็ได้ สำหรับก้อนผนังหรือกำแพงมีรูหรือโพรงขนาดใหญ่ทะลุตลอดก้อนและมีพื้นที่หน้าตัดสุทธิน้อยกว่าร้อยละ 75 ของพื้นที่หน้าตัดระนาบเดียวกัน การผลิตคอนกรีตบล็อกทุกก้อนต้องแข็งแรงปราศจากรอยร้าวหรือส่วนเสียอื่นใดอันเป็นอุปสรรคต่อการก่อคอนกรีตบล็อกอย่างถูกต้อง

คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก (Hollow Load-Bearing Concrete Masonry Unit) หมายถึงคอนกรีตบล็อกใช้สำหรับผนังที่ออกแบบให้รับน้ำหนักบรรทุกและน้ำหนักตัวเอง โดยต้องมีกำลังรับแรงอัดและการดักกลืนน้ำของคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักเมื่อส่งถึงที่ก่อสร้างต้องเป็นไปตามตารางที่ 1.1

คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักสามารถแบ่งออกเป็น 3 ชั้นคุณภาพคือ (มาตรฐานมอก.57-2530, 2531)

- 1) ชั้นคุณภาพ ก ใช้สำหรับกำแพงภายนอกทั้งต่ำกว่าและเหนือระดับดิน โดยไม่มีการป้องกันผิว
- 2) ชั้นคุณภาพ ข ใช้สำหรับกำแพงภายนอกทั้งต่ำกว่าและเหนือระดับดิน แต่มีการป้องกันผิว
- 3) ชั้นคุณภาพ ค ใช้สำหรับกำแพงภายใน และกำแพงภายนอกเหนือระดับดิน

การผลิตคอนกรีตบล็อกสามารถทำได้โดยการนำปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ มวลรวม และน้ำผสมเข้ากันดี แล้วเทเข้าแบบมาตรฐานทำการบดอัดโดยอาศัยแรงอัดและการเขย่าจากเครื่อง ทำให้วัสดุสามารถจับตัวกันแน่น และมีกำลังพอเพียงที่จะคงรูปอยู่ได้หลังจากถอดแบบทันทีที่บดอัดเสร็จ คอนกรีตที่ใช้ในขบวนการผลิตคอนกรีตบล็อกค่อนข้างแตกต่างจากคอนกรีตธรรมดาโดยทั่วไป เนื่องจากเป็นคอนกรีตที่มีความชื้นเหลือค่อนข้างแห้งคือไม่มีค่าความยุบตัว (No Slump) ไม่สามารถไหลได้ ดังนั้นการทำให้คอนกรีตมีความแน่นได้จำเป็นต้องใช้การบดอัด (Compaction) ซึ่งประกอบด้วยแรงกด (Surcharge) และการสั่นสะเทือน (Vibration) การเพิ่มระดับในการบดอัด (Degree of Compaction) คือการเพิ่มแรงกดและช่วงเวลาในการบดอัดจะทำให้คอนกรีตบล็อกมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นซึ่งจะทำให้มีกำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้น และต้นทุนในการผลิตก็จะสูงตามไปด้วย ดังนั้นในการผลิตคอนกรีตบล็อกจึงพยายามผลิตคอนกรีตบล็อกให้มีความหนาแน่นต่ำสุดโดยที่มีกำลังพอเพียงในการรับน้ำหนักได้ นอกจากนี้คอนกรีตที่ใช้ในการผลิตคอนกรีตบล็อกจะต้องมีกำลังรับแรงอัดหลังจากการบดอัดเสร็จ (Green Strength) พอเพียงที่จะไม่เสียหายหลังจากถอดออกจากแบบหล่อ (Schneider and Dickey, 1980)

อัตราส่วนผสม (Mix Design) ที่ใช้สำหรับคอนกรีตธรรมดาไม่เหมาะที่จะนำมาใช้กับการผลิตคอนกรีตบล็อก เนื่องจากคอนกรีตบล็อกต้องการ green strength สูงกว่าคอนกรีตธรรมดานั้นมวลรวมที่ใช้จำเป็นต้องมีความเชื่อมแน่น (Cohesiveness) และมีการขัดกัน (Inter Locking) สูง โดยมวลรวมส่วนใหญ่จะต้องมีลักษณะรูปร่างเป็นเหลี่ยมคมและมีส่วนละเอียดในปริมาณมากพอ การควบคุมขนาดตะกั่ว (Gradation) และปริมาณน้ำเป็นสิ่งสำคัญต่อการผลิตคอนกรีตบล็อก (Mcintosh, 1972)

ปัจจุบันการผลิตคอนกรีตบล็อกได้ใช้เครื่องจักรแบบอัตโนมัติเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากผลิตได้ครั้งละมาก ๆ และมีคุณภาพค่อนข้างสม่ำเสมอ เครื่องจักรอัตโนมัติที่ใช้ในการผลิตคอนกรีตบล็อกในปัจจุบันมี 2 แบบคือ แบบติดตั้งอยู่กับที่ (Stationary Machine) และแบบวางไข่ (Egg-Laying Machine) ซึ่งมีวิธีการทำงานคล้ายกันคือ คอนกรีตจะถูกเทลงในแบบหล่อตามปริมาณที่กำหนด หลังจากนั้นเครื่องจะทำการเขย่าและอัดจนคอนกรีตมีความหนาแน่นตามที่ต้องการ เมื่อขบวนการบดอัดเสร็จสิ้นคอนกรีตบล็อกก็จะถูกถอดจากแบบหล่อ (Mcintosh, 1972) โดยเครื่องแบบ Stationary Machine จะปล่อยคอนกรีตบล็อกออกมาบนชั้นวาง (Movable Pallet) และจะมีรถขนเอาไปวางไว้ในร่มเพื่อทำการบ่มต่อไป ส่วนเครื่องแบบ Egg-Laying Machine จะปล่อยคอนกรีตบล็อกวางบนพื้น และเครื่องจะเคลื่อนที่ออกไป ดังรูปที่ 1.1 โดยส่วนใหญ่แล้วเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตคอนกรีตบล็อกในเมืองไทยจะเป็นเครื่องแบบ Stationary Machine สำหรับกรรมวิธีที่ใช้ในการบ่มคอนกรีตบล็อกแบ่งได้เป็น 3 วิธีคือ (ประวัตติ, 2526)

1) การบ่มในลาน (Yard or Normal Air Curing) การบ่มวิธีนี้ไม่มีเครื่องมืออะไรพิเศษ โดยการปล่อยให้มีการบ่มในอากาศตามธรรมชาติและอาจสร้างหลังคาคลุมพื้นที่ที่กองคอนกรีตบล็อก ทั้งนี้เพื่อลดการสูญเสียความชื้นเนื่องจากแสงแดดและลม วิธีการบ่มแบบนี้ไม่ค่อยให้ผลดีนัก ส่วนใหญ่คอนกรีตบล็อกที่ผลิตในเมืองไทยจะทำการบ่มด้วยวิธีนี้

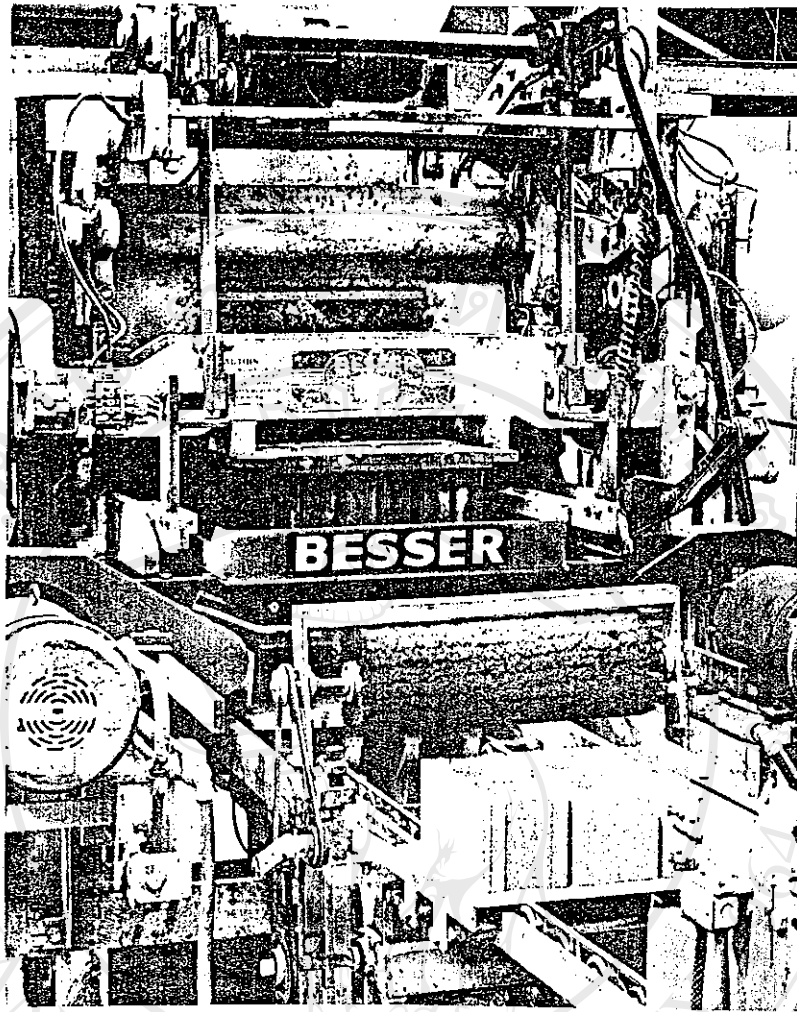
2) การบ่มด้วยไอน้ำความดันต่ำ (Low-Pressure Steam Curing) โดยทำการบ่มคอนกรีตบล็อกในตู้อบไอน้ำ (steam heated kiln) ด้วยอุณหภูมิสูงสุด 74 องศาเซลเซียส ภายใต้อุณหภูมิความกดดันของบรรยากาศนานประมาณ 11-12 ชั่วโมง การบ่มด้วยวิธีนี้ทำให้ได้คอนกรีตบล็อกมีคุณสมบัติและสม่ำเสมอกว่าวิธีแรก

3) การบ่มด้วยไอน้ำความดันสูง (High-Pressure Steam Curing or Autoclaving) การบ่มด้วยวิธีนี้มีผลให้คอนกรีตบล็อกมีคุณสมบัติและมีกำลังสูงในระยะเวลาอันสั้น ทำให้สามารถใช้ในการก่อสร้างได้ทันทีหลังจากนำออกมาจากตู้อบและปล่อยให้เย็น นอกจากนี้คอนกรีตบล็อกดังกล่าวยังมีคุณสมบัติทนต่อการกัดกร่อนของซัลเฟตได้อีกด้วย

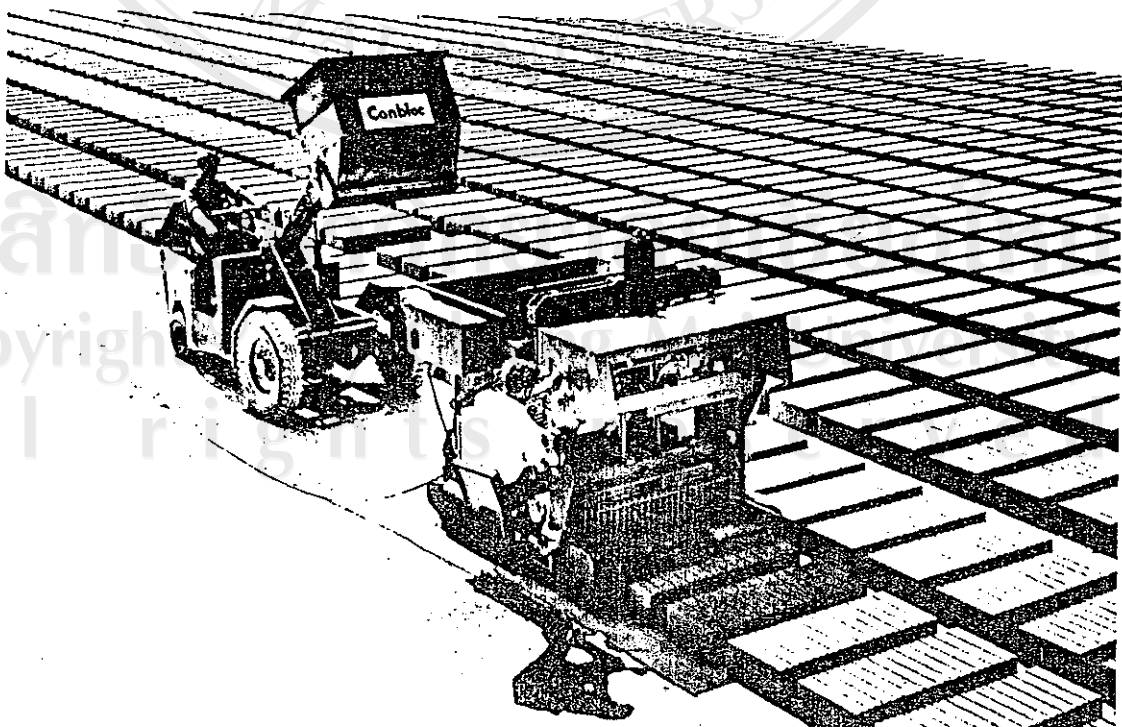
ตารางที่ 1.1 เกณฑ์กำหนดความด้านแรงอัดและการดูดกลืนน้ำของคอนกรีตบดอัดรับน้ำหนักตามมาตรฐาน มอก. 57-2530

ชั้น คุณภาพ	ความต้านแรงอัดค่าสุดท้าย เมกะพาสคัล			การดูดกลืนน้ำสูงสุด เฉลี่ยจากคอนกรีตบดอัด 5 ก้อน กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร						
	เฉลี่ยจากพื้นที่รวม		เฉลี่ยจากพื้นที่สุทธิ	หน่วยน้ำหนักคอนกรีตเมื่ออบแห้ง (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)						
	เฉลี่ยจาก คอนกรีตบดอัด แต่ละก้อน	เฉลี่ยจาก คอนกรีตบดอัด 5 ก้อน	เฉลี่ยจาก คอนกรีตบดอัด แต่ละก้อน	1680 และ น้อยกว่า	1681 ถึง 1760	1761 ถึง 1840	1841 ถึง 1920	1921 ถึง 2000	มากกว่า 2000	
ก	7	5.5	14	240	224	208	192	176	160	
ข	7	5.5	-	288	272	256	240	224	208	
ค	5	4	-	-	-	-	-	-	-	

ที่มา มาตรฐาน มอก. 57-2530 คอนกรีตบดอัดรับน้ำหนัก



รูปที่ 1ก เครื่องผลิตคอนกรีตบล็อกแบบ Stationary Machine



รูปที่ 1ข เครื่องผลิตคอนกรีตบล็อกแบบ Egg-Laying Machine

เถ้าลอย (Fly Ash) ได้จากการเผาถ่านหินในโรงไฟฟ้า ซึ่งจะถูกเก็บรวบรวมไว้ในไซโล มีสีเทาหรือน้ำตาล เถ้าลอยมีคุณสมบัติเป็นสารปอซโซลาน (Pozzolan) มีส่วนประกอบหลักเป็นอัญรูปของซิลิกาและอะลูมินา เมื่ออยู่ในสภาพแห้งไม่มีคุณสมบัติเชื่อมเกาะระหว่างอนุภาค แต่เมื่อสัมผัสกับน้ำสามารถทำปฏิกิริยาเคมีกับด่างและเกิดเป็นสารใหม่ที่มีคุณสมบัติเป็นสารเชื่อมประสาน โดยที่คุณสมบัติดังกล่าวขึ้นอยู่กับประเภทของถ่านหิน อุณหภูมิที่ใช้ในการเผา (ชัยและคณะ, 2542)

สารปอซโซลาน (Pozzolan) หมายถึงสาร ซิลิเซียสหรืออะลูมิโน-ซิลิเซียสซึ่งโดยตัวของมันเองจะมีคุณสมบัติของวัสดุเชื่อมประสานน้อยมากหรือไม่มีเลย แต่ถ้ามีความละเอียดสูง และมีความชื้นพอเพียงจะสามารถทำปฏิกิริยาทางเคมีกับด่างได้สารใหม่ซึ่งมีคุณสมบัติในทางวัสดุประสาน เถ้าลอยจากแม่เมาะมีคุณสมบัติตรงตามที่ต้องการสำหรับสารปอซโซลาน เพราะมีองค์ประกอบทางเคมีของซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) อะลูมินาไดออกไซด์ (Al_2O_3) และเฟอร์รัสออกไซด์ (Fe_2O_3) เป็นส่วนใหญ่ และสามารถทำปฏิกิริยากับด่างที่ได้จากขบวนการไฮเดรชันระหว่างปูนซีเมนต์กับน้ำได้เป็นอย่างดี (สมิตร และ ชัย, 2538)

1.2 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง

1.2.1 คุณสมบัติพื้นฐานของเถ้าลอยแม่เมาะ

สมนึกและคณะ (2538) ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ ส่วนประกอบทางเคมี และคุณสมบัติเมื่อผสมคอนกรีตของเถ้าลอยลิกไนต์จากแม่เมาะ 2 ตัวอย่าง ซึ่งมีปริมาณ SO_2 ต่างกัน กับเถ้าลอยจากประเทศญี่ปุ่นจากการเปรียบเทียบพบว่าเถ้าลอยลิกไนต์จากแม่เมาะมีปริมาณ CaO และ SO_2 สูงกว่า และปริมาณ SiO_2 ต่ำกว่าเถ้าลอยจากประเทศญี่ปุ่นซึ่งเป็นเถ้าลอยประเภท F ส่วนเถ้าลอยลิกไนต์จากแม่เมาะสามารถจัดอยู่ในประเภท C ตามมาตรฐาน ASTM คุณสมบัติทางกายภาพนั้นเมื่อเปรียบเทียบกับเถ้าลอยจากประเทศญี่ปุ่นแล้ว เถ้าลอยลิกไนต์จากแม่เมาะจะมีความถ่วงจำเพาะสูงกว่า มีพื้นผิวจำเพาะน้อยกว่า และมีปริมาณอนุภาคใหญ่กว่า 50 ไมครอนมากกว่า มีปริมาณความร้อนจากปฏิกิริยาไฮเดรชันสูงกว่า (แต่ต่ำกว่ากรณีของตัวอย่างที่ใช้ปูนซีเมนต์อย่างเดียว) และมีกำลังเท่าๆกันเมื่อทดสอบโดยมอร์ต้า จากผลการทดสอบดังกล่าว เห็นได้ว่าตัวอย่างเถ้าลอยลิกไนต์จากแม่เมาะทั้งสองตัวอย่างมีคุณสมบัติที่ดีสามารถนำมาใช้เป็นสารปอซโซลานสำหรับผสมคอนกรีตได้

บุรฉัตรและพิชัย (2537) ได้ทดสอบเกี่ยวกับองค์ประกอบทางเคมีของเถ้าลอยจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะจังหวัดลำปาง รวมไปถึงการทดสอบเกี่ยวกับคุณสมบัติทางกายภาพ และมอร์ต้าผสมเถ้าลอยแม่เมาะ ในการปรับปรุงกำลังอัดของมอร์ต้าดังกล่าว เถ้าลอยแม่เมาะจะถูกบดเพื่อให้มีความละเอียดมากขึ้นโดยใช้เครื่องบดชนิดพิเศษแล้วนำมาทำตัวอย่างมอร์ต้าที่มีสัดส่วนของเถ้าลอยต่างกัน และทำการทดสอบกำลังอัด ผลการทดสอบพบว่าเถ้าลอยแม่เมาะมีปริมาณซิลิกอนไดออกไซด์ และอลูมิเนียมออกไซด์ต่ำ แต่ทว่ามีปริมาณแคลเซียมออกไซด์สูงเมื่อเทียบกับเถ้าลอยจากต่างประเทศ กำลังอัดของมอร์ต้าผสมเถ้าลอยแม่เมาะจะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเมื่ออายุครบ 3, 7 และ 28 วัน เถ้าลอยแม่เมาะที่บดแล้วมีค่าความละเอียดผ่านตะแกรง ASTM เบอร์ 325 เท่ากับ 88.7% อย่างไรก็ตามเมื่อเถ้าลอยแม่เมาะถูกบดและได้ค่าความละเอียดมากขึ้นคือผ่านตะแกรง ASTM เบอร์ 325 เท่ากับ 97% จะทำให้กำลังอัดของมอร์ต้าผสมเถ้าลอยดังกล่าวเพิ่มขึ้น 34 % ที่อายุ 28 วัน

1.2.2 กำลังอัดของคอนกรีตผสมเถ้าลอยแม่เมาะ

ประจิต (2538) ได้ทำการผสมเถ้าลอยจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง เข้าไปในคอนกรีตโดยมีอัตราส่วนระหว่างเถ้าลอยต่อปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์โดยน้ำหนักเป็น 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 ปริมาณปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เป็น 250, 300, 350 และ 400 กิโลกรัมต่อคอนกรีตหนึ่งลูกบาศก์เมตร อัตราส่วนของน้ำต่อซีเมนต์เป็น 0.5, 0.75, 1.00 และ 1.25 ได้คอนกรีตตามส่วนผสมนี้ 96 ส่วนผสม แต่ละส่วนผสมหล่อเป็นก้อนทดสอบ 35 ก้อน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้ว สูง 6 นิ้ว ทำการทดสอบกำลังอัดเมื่ออายุได้ 3, 7, 28 วัน และ 2, 4, 6 และ 8 เดือน พบว่าสามารถเติมเถ้าลอยเข้าไปในคอนกรีตเพื่อทดแทนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ได้สูงถึง 25 และ 29 เปอร์เซ็นต์ ในคอนกรีตอายุ 28 วันและ 2 เดือนครึ่งตามลำดับ โดยยังให้กำลังคอนกรีตเท่าเดิม

ปริญญ์ (2528) ได้ทำการศึกษาผลกระทบของเถ้าลอยแม่เมาะต่อกำลังอัด การขยายตัวเมื่อแช่น้ำและการหดแห้งของคอนกรีต โดยตัวแปรที่ศึกษาคือเปอร์เซ็นต์เถ้าลอยตั้งแต่ 0, 20, 40, 60 และ 80 จากการทดลองพบว่ากำลังรับแรงอัดระยะเริ่มแรกที่อายุ 3 และ 7 วันของปูนซีเมนต์ผสมเถ้าลอยมีค่าลดลงตามปริมาณเถ้าลอยที่เพิ่มขึ้น เมื่อเวลานานขึ้นกำลังรับแรงอัดของปูนซีเมนต์ผสมเถ้าลอยจะดีขึ้นเพราะการเกิดปฏิกิริยาปอซโซลานิกในเถ้าลอย โดยการผสมเถ้าลอยในช่วง 0-40 เปอร์เซ็นต์ทำให้ปฏิกิริยาปอซโซลานิกสามารถชดเชยปฏิกิริยาไฮเดรชันที่ถูกแทนที่ได้ และการผสมเถ้าลอยเพิ่มขึ้นทำให้การขยายตัวของคอนกรีตเมื่อแช่น้ำสูงขึ้นเนื่องจากเถ้าลอยมี SO_3 สูง ส่วนการหดแห้งของคอนกรีตพบว่าการผสมเถ้าลอยมากขึ้นทำให้เกิดการหดแห้งเพิ่มมากขึ้น

ทินและคณะ (2540) ได้นำเถ้าลอยจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะจังหวัดลำปางมาแยกขนาดด้วยเครื่อง Air Classifier แล้วเลือกเถ้าลอยที่มีความละเอียดสูงซึ่งมีขนาดอนุภาคเฉลี่ย 2.8 ไมครอน มาแทนที่ปูนซีเมนต์ในอัตราส่วนร้อยละ 0, 5, 25 และ 35 โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ เพื่อทำคอนกรีตกำลังสูง ตัวอย่างที่ใช้ศึกษาคือคอนกรีตรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 ซม. สูง

20 ซม. ในแต่ละส่วนผสมจะใช้สารลดน้ำพิเศษเพื่อคงปริมาณน้ำต่อวัสดุประสานให้มีค่าเท่ากับ 0.26 และมีค่าการยุบตัวที่ใกล้เคียงกันซึ่งมีค่ามากกว่า 5 ซม. ทำการทดสอบหาค่าลึงอัดและค่าลึงดึงของคอนกรีตที่อายุ 1, 3, 7, 14, 28, 60, 90, 180 และ 365 วัน ผลการทดสอบค่าลึงอัดพบว่าเมื่อแทนปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอยละเอียดมากๆ ในอัตราส่วนร้อยละ 15, 25 และ 35 ทำให้ค่าลึงอัดโดยรวมดีกว่าคอนกรีตที่ไม่ใช้เถ้าลอย โดยเริ่มให้ค่าลึงอัดมากกว่าคอนกรีตที่ไม่ใช้เถ้าลอยตั้งแต่อายุ 7 วันขึ้นไป ซึ่งมีค่าค่าลึงอัดเทียบเป็นร้อยละ 113 ถึง 115 ของตัวอย่างคอนกรีตที่ไม่ใช้เถ้าลอย

วิศว (2539) ได้ทำการศึกษาผลกระทบของเถ้าลอยต่อการเกิดสารประกอบแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาไฮเดรชันและปฏิกิริยาปอซโซลานิกในช่วงเวลาต่างๆ และนำไปคำนวณหาปริมาณสารประกอบแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต จากนั้นทำการทดสอบค่าลึงอัดที่เวลา 1 วัน ถึง 56 วัน โดยการทดลองได้ใช้คอนกรีตที่มีปริมาณซีเมนต์ 500 กก./ม.³ และใช้เถ้าลอยแม่เมาะทดแทนปูนซีเมนต์ในอัตราส่วนร้อยละ 15 ถึง 35 ผลการทดสอบพบว่าแคลเซียมไฮดรอกไซด์จะเพิ่มขึ้นตามอายุจากปฏิกิริยาไฮเดรชัน แต่เมื่อผสมเถ้าลอยแคลเซียมไฮดรอกไซด์จะลดลงเนื่องจากปฏิกิริยาปอซโซลานิก โดยจะลดลง 0.6-0.8 เปอร์เซ็นต์ที่อายุ 28 วัน แสดงให้เห็นว่าปฏิกิริยาปอซโซลานิกเกิดขึ้นตามเวลา ส่งผลให้คอนกรีตผสมเถ้าลอยมีการพัฒนาค่าลึงอัดในระยะยาว สำหรับค่าลึงรับแรงอัดของคอนกรีตผสมเถ้าลอยพบว่าขึ้นอยู่กับปริมาณแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต โดยจะลดลงในอัตราเดียวกันก็จะลดลงประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ต่อการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอย 10 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณเถ้าลอยที่ให้ค่าลึงอัดดีที่สุดคือ 15 เปอร์เซ็นต์

1.2.3 บทบาทจากความละเอียดของเถ้าลอยแม่เมาะต่อคุณสมบัติของคอนกรีต

ไกรวุฒิ และคณะ (2540) ได้นำเถ้าลอยจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะมาแยกออกเป็น 4 ขนาดด้วยเครื่อง Air Classifier แล้วนำไปผสมแทนที่ปูนซีเมนต์ในมอร์ต้า เพื่อทดสอบค่าลึงอัดและความสามารถในการต้านทานต่อการกัดกร่อนจากกรดซัลฟูริกทั้งนี้เพื่อหาปริมาณและขนาดของเถ้าลอยที่เหมาะสมเพื่อใช้แทนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ การทดลองนี้ใช้มอร์ต้ามาตรฐานขนาด 50×50×50 มม. เป็นตัวอย่างในการทดสอบ โดยนำเถ้าลอยที่มีความละเอียดแตกต่างกัน 4 ขนาดมาผสมแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ร้อยละ 0, 20, 30, 40 และ 50 โดยน้ำหนัก คบคุมให้มีค่าการไหลอยู่ระหว่าง 105 ถึง 115 ในทุกอัตราส่วน นำไปบ่มในน้ำปูนขาวอิ่มตัวเป็นเวลา 3, 7, 14 และ 28 วัน หลังจากบ่มจนได้อายุตามกำหนด จึงแบ่งตัวอย่างออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกนำไปทดสอบค่าลึงอัด และอีกส่วนนำไปแช่ในกรดซัลฟูริกที่มีความเข้มข้นร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก การทดสอบความสามารถในการต้านทานการกัดกร่อนทำโดยชั่งน้ำหนักที่สูญเสียไปของตัวอย่างมอร์ต้าที่เวลาต่างๆกัน รวมเป็นเวลาทั้งสิ้น 126 วัน ผลการทดสอบพบว่าตัวอย่างที่ผสมเถ้าลอยละเอียดที่สุดจะให้ค่าลึงอัดสูงสุดเนื่องจากเกิดปฏิกิริยาปอซโซลานิกได้เร็วกว่าตัวอย่างที่ผสมเถ้าลอยที่หยาบกว่า สำหรับการทดสอบการต้านทานการกัดกร่อน พบว่าตัวอย่างมอร์ต้าที่ผสมเถ้าลอยแทนที่ปูนซีเมนต์

ร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก สามารถต้านทานการกัดกร่อนจากกรดซัลฟูริกได้ดีกว่าตัวอย่างที่มีเถ้าลอยผสมอยู่ร้อยละ 0, 20, 30 และ 40 เมื่อเทียบกับเถ้าลอยขนาดเดียวกัน

สมิทรและชัย (2538) ได้ศึกษาแนวทางการใช้เถ้าลอยจากแม่เมาะซึ่งเป็นสารปอซโซลานชนิดหนึ่งเพื่อเพิ่มกำลังอัดของคอนกรีตโดยทำให้เถ้าลอยมีความละเอียดมากขึ้น จากนั้นใช้แทนที่ปูนซีเมนต์แล้วทำการศึกษาผลกระทบ ด้านการก่อตัว การไหล และกำลังอัด การศึกษากำลังอัดทำได้โดยการใช้ตัวอย่างปูนซีเมนต์มอร์ต้าขนาด 5 ซม. ด้วยอัตราส่วนผสมปูนซีเมนต์ต่อทรายเท่ากับ 1:2.75 ใช้อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานเท่ากับ 0.59 และแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอยที่มีความละเอียดต่างกัน 3 ขนาด เถ้าลอยซึ่งแทนที่ปูนซีเมนต์ใช้อัตราส่วนร้อยละ 0, 15, 25 และ 35 โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ และทดสอบกำลังอัดที่อายุ 1, 3, 7, 14, 28, 60 และ 90 วัน ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การแทนที่เถ้าลอยในปูนซีเมนต์มีผลให้ระยะเวลาในการก่อตัวเพิ่มขึ้น นอกจากนี้การใช้เถ้าลอยยังทำให้ค่าการไหลเพิ่มมากขึ้น กำลังอัดของมอร์ต้าที่ผสมเถ้าลอยที่ไม่ได้บดทุกอัตราส่วนผสมให้ค่ากำลังอัดต่ำกว่ามาตรฐานทุกอายุการทดลอง การใช้เถ้าลอยที่มีความละเอียดมากขึ้นมีผลทำให้กำลังอัดพัฒนาได้เร็วขึ้น

1.2.4 ผลกระทบของเถ้าลอยแม่เมาะต่อความสามารถในการเทได้ของคอนกรีต

กรกฎ (2530) ได้ทำการศึกษาคูณสมบัติของคอนกรีตผสมเถ้าลอยแม่เมาะในแง่ของการยุบตัว การไหล การอัดแน่น และกำลังรับแรงอัดที่อายุ 28 วัน โดยตัวแปรหลักในงานวิจัยนี้คือปริมาณเถ้าลอยที่ 15, 30, 45 และ 60 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก จากการทดสอบพบว่าเถ้าลอยแม่เมาะสามารถช่วยในการปรับปรุงความสามารถทำงานได้ตามปริมาณเถ้าลอยที่ผสมและเถ้าลอยช่วยลดน้ำในการผสมคอนกรีตได้ โดยลดอัตราส่วนระหว่างน้ำต่อซีเมนต์ได้ 0.03 ต่อการเติมเถ้าลอยทุก 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก สำหรับกำลังรับแรงอัดพบว่าที่เวลา 28 วันกำลังอัดของคอนกรีตผสมเถ้าลอยลดลงตามสัดส่วนของปริมาณเถ้าลอยที่ผสมเพิ่ม

1.2.5 การต้านทานการกัดกร่อนของคอนกรีตผสมเถ้าลอยแม่เมาะ

สมหมายและคณะ (2535) ได้ทดลองนำเถ้าลอยจากประเทศสหรัฐอเมริกาและเถ้าลอยแม่เมาะซึ่งมีส่วนประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพที่แตกต่างกัน ผสมในซีเมนต์มอร์ต้า โดยมีอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักเถ้าลอยต่อปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เป็น 0.25 และ 0.5 อัตราส่วนของน้ำต่อสารเชื่อมประสานเป็น 0.5 ตลอดการทดลอง ส่วนผสมถูกหล่อเป็นก้อนทดสอบรูปลูกบาศก์ขนาด $2 \times 2 \times 2$ นิ้ว บ่มในสารละลายปูนขาวอิ่มตัวเป็นเวลา 60 วัน ก่อนนำมาจุ่มในกรดซัลฟูริกเข้มข้น 100 มิลลิลิตรต่อลิตร และวัดน้ำหนักที่หายไปในช่วงเวลา 7 และ 21 วันที่แช่ในกรด จากการทดลองชี้ให้เห็นว่าชนิดของเถ้าลอยไม่มีผลต่อการต้านทานการกัดกร่อนของคอนกรีตมากนัก มอร์ต้าที่ผสมเถ้าลอยแม่เมาะมีคุณสมบัติในการต้านทานการกัดกร่อนได้ดีเช่นเดียวกับมอร์ต้าผสมเถ้า

ลอยจากประเทศสหรัฐอเมริกา และคอนกรีตที่มีเถ้าลอยผสมแทนปูนซีเมนต์ 50 % โดยน้ำหนักมีความต้านทานต่อการกัดกร่อนเนื่องจากกรดมากกว่าคอนกรีตธรรมดา

Pichai และ Sumon (1994) ได้ทำการศึกษาถึงคุณสมบัติที่เปลี่ยนไปของคอนกรีตผสมเถ้าลอยแม่เมาะและสารผสมเพิ่มหลังจากถูกกัดกร่อนจากกรดไฮโดรคลอริกและกรดซัลฟูริก โดยใช้ส่วนผสมระหว่างเถ้าลอยต่อปูนซีเมนต์เป็น 0.2 , 0.35 และ 0.5 โดยน้ำหนัก ปริมาณน้ำต่อสารเชื่อมประสานแปรเปลี่ยนไปเพื่อให้ได้ค่าการยุบตัวที่ 50 ± 10 มิลลิเมตร ปริมาณวัสดุประสาน 450 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สัดส่วนของสารผสมเพิ่มเป็น 1.65 % โดยน้ำหนักของสารเชื่อมประสาน ส่วนผสมถูกหล่อขึ้นเพื่อทดสอบกำลังอัดและน้ำหนักที่หายไป จากการทดลองพบว่าคอนกรีตผสมเถ้าลอยโดยไม่ใช้สารผสมเพิ่มมีกำลังอัดในอายุเริ่มแรกต่ำ ถ้ามีการใช้สารผสมเพิ่มจะช่วยให้กำลังอัดในช่วงแรกเพิ่มขึ้นมาก ส่วนกำลังอัดในช่วงปลายคอนกรีตผสมเถ้าลอยมีค่าสูงกว่าคอนกรีตธรรมดา เมื่อพิจารณาถึงผลจากการกัดกร่อนเนื่องจากกรดพบว่า เมื่อไม่มีการใช้สารผสมเพิ่มน้ำหนักที่หายไปของคอนกรีตผสมเถ้าลอยมีค่าน้อยกว่าคอนกรีตธรรมดา และคอนกรีตที่ใช้สารผสมเพิ่มมีน้ำหนักที่หายไปน้อยกว่าคอนกรีตที่ไม่ใช้สารผสมเพิ่ม

1.2.6 การผลิตบล็อกปูถนนราคาถูกโดยใช้เถ้าลอยแม่เมาะ

บุรฉัตรและคณะ (2537) ทำการศึกษาคูณสมบัติของบล็อกปูถนนราคาถูกโดยใช้เถ้าลอยแม่เมาะ ซึ่งผลิตโดยใช้เครื่องอัดคอนกรีตธรรมดา รวมทั้งทดลองเปรียบเทียบคุณสมบัติของบล็อกคอนกรีตที่ใช้วัสดุปอชโซลานอย่างอื่น การทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตนั้นทดสอบกับบล็อกคอนกรีตที่อายุ 3, 7, 14 และ 28 วัน ส่วนการทดสอบการต้านทานต่อกรด จะทดสอบกับบล็อกคอนกรีตที่อายุ 30 วัน และการทดสอบการดูดซึมน้ำจะทดสอบกับบล็อกที่มีอายุ 28 วัน โดยอัตราส่วนของน้ำต่อวัสดุซีเมนต์ที่ใช้ในการทดลองมีค่าอยู่ระหว่าง 2-8 % ตามความเหมาะสมในการหล่อ ผลการทดลองสรุปว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมของเถ้าลอยที่ใช้แทนซีเมนต์คือ 35 % ซึ่งจะได้กำลังอัดที่สูงที่สุดที่เวลา 7 วัน นอกจากนี้ยังพบว่าคอนกรีตที่มีเถ้าลอยผสมอยู่มีความต้านทานต่อกรดได้ดีกว่าคอนกรีตที่ไม่มีวัสดุปอชโซลานผสมอยู่เลย และจากการทดลองยังได้จำแนกบล็อกคอนกรีตออกเป็น 4 กลุ่ม ตามราคาต้นทุนและความแข็งแรง จากผลการทดลองทั้งหมดยังแสดงให้เห็นว่าการผลิตบล็อกปูถนนโดยใช้เถ้าลอยแม่เมาะมีความเหมาะสมสำหรับชาวชนบทเพราะใช้กรรมวิธีการผลิตอย่างง่ายและยังเพิ่มคุณค่าของเถ้าลอยด้วย

1.3 หลักการ ทฤษฎี เหตุผล และสมมุติฐาน

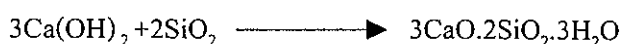
1.3.1 ทฤษฎีพื้นฐานเมื่อพิจารณาเถ้าลอยแม่เมาะในฐานะสารเชื่อมประสาน

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในคอนกรีตที่มีเถ้าลอยเป็นส่วนผสมจะมีปฏิกิริยาไฮเดรชัน (Hydration) ซึ่งเกิดจากการทำปฏิกิริยาของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์และน้ำทำให้ได้สารประกอบแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต ($3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) แคลเซียมอลูมิเนตไฮเดรต ($3\text{CaO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) หลังจากนั้นเถ้าลอยซึ่งจัดเป็นสารปอซโซลานมีส่วนผสมของซิลิกาออกไซด์และอลูมินาออกไซด์ จะทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ เกิดปฏิกิริยาปอซโซลานิก (Pozzolanic) ได้สารประกอบไดแคลเซียมซิลิเกต ($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) และไตรแคลเซียมซิลิเกต ($3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) ซึ่งเมื่อทำปฏิกิริยากับน้ำจะได้ผลิตภัณฑ์เช่นเดียวกับปฏิกิริยาไฮเดรชันของปูนซีเมนต์ อย่างไรก็ตามปฏิกิริยาปอซโซลานิกที่เกิดขึ้นต้องใช้เวลาานกว่าจะสมบูรณ์ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาปอซโซลานิกส่วนหนึ่งเกิดจาก แคลเซียมออกไซด์ (CaO) ที่มีอยู่บ้างในเถ้าลอยทำปฏิกิริยาไฮเดรชันกับน้ำ ทำให้เถ้าลอยที่มีแคลเซียมออกไซด์ในปริมาณมากมีการพัฒนากำลังอัดได้เร็วกว่าในช่วงแรก ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นแสดงในรูปสมการเคมีได้ดังนี้ (ชัยและคณะ, 2542)

ปฏิกิริยาระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กับน้ำ



ปฏิกิริยาปอซโซลานิกระหว่าง $\text{Ca}(\text{OH})_2$ กับเถ้าลอย



1.3.2 ประโยชน์ของเถ้าลอยแม่เมาะเมื่อใช้ผสมคอนกรีตแทนปูนซีเมนต์

ก. ช่วยเพิ่มความสามารถในการต้านทานการกัดกร่อนจากกรด

เนื่องจากในปฏิกิริยาไฮเดรชันเมื่อปูนซีเมนต์ทำปฏิกิริยากับน้ำทำให้เกิดสารเชื่อมประสานและแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) ซึ่งหากคอนกรีตสัมผัสกับกรดไฮโดรคลอริกหรือกรดซัลฟูริก ก็จะเกิดปฏิกิริยาระหว่างแคลเซียมไฮดรอกไซด์กับกรดไฮโดรคลอริกหรือกรดซัลฟูริกดังสมการข้างล่างนี้ (สมชัย, 2539)



ซึ่งสารประกอบ CaSO_4 จะตกตะกอนกลายเป็น ยิปซัม (Gypsum) อยู่บนผิวคอนกรีตทำให้ถูกชะล้างได้ง่าย ส่วนสารประกอบ CaCl_2 จะกลายเป็นผลึกเกลือคลอไรด์สะสมอยู่ในโพรงของคอนกรีต เมื่อคอนกรีตสัมผัสกับน้ำทำให้เกล็ดดังกล่าวสามารถละลายได้แม้จะไม่มากเท่ายิปซัม จากสาเหตุดังกล่าวเมื่อนำเถ้าลอยมาใช้ผสมในคอนกรีตทำให้ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ที่มีอยู่ลดน้อยลง และประโยชน์อีกอย่างคือเถ้าลอยมีอนุภาคส่วนใหญ่เป็นรูปทรงกลมเมื่อใช้ผสมคอนกรีตทำให้เนื้อคอนกรีตแน่นขึ้น จึงสามารถลดการกัดกร่อนได้ดีกว่าคอนกรีตธรรมดาที่ไม่ผสมเถ้าลอย

ข. ลดความร้อนเนื่องจากปฏิกิริยาไฮเดรชัน

ในงานที่ใช้คอนกรีตเป็นปริมาณมากๆ ความร้อนสะสมที่เกิดจากปฏิกิริยาไฮเดรชันระหว่างน้ำกับปูนซีเมนต์จะลดลงเพราะปริมาณปูนซีเมนต์ที่ใช้ลดลงและปฏิกิริยาปอซโซลานิก (Pozzolanic Reaction) ของเถ้าลอยก็เกิดอย่างช้าๆ ทำให้ลดโอกาสที่จะเกิดจากการแตกร้าวจากผลของความร้อนลงไปด้วย

ค. เพิ่มกำลังอัดของคอนกรีตในช่วงปลาย

การพัฒนากำลังอัดของคอนกรีตผสมเถ้าลอยดำเนินไปอย่างช้าๆ เนื่องจากปฏิกิริยาปอซโซลานิกจะเกิดได้ต้องมี แคลเซียมไฮดรอกไซด์ ดังนั้นเมื่อปูนซีเมนต์เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชัน แคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่เกิดขึ้นก็จะทำปฏิกิริยาเคมีกับ SiO_2 และ Al_2O_3 ที่มีอยู่มากในเถ้าลอยอย่างช้าๆ ทำให้เกิดสารเชื่อมประสานเพิ่มขึ้นจากเดิม จึงทำให้ความแข็งแรงในระยะยาวของคอนกรีตผสมเถ้าลอยเพิ่มขึ้น

ง. เพิ่มความสามารถในการเทได้

เนื่องจากเถ้าลอยแม่เมาะส่วนใหญ่มีรูปร่างทรงกลมขนาดระหว่าง 5-40 ไมครอน โดยความละเอียดของเถ้าลอยจะขึ้นอยู่กับกระบวนการบดฉนวนหินที่จะนำไปเผา ชนิดของเครื่องบด (สมชัย,

2539) ในขณะที่เม็ดปูนซีเมนต์บดเป็นรูปทรงที่มีเหลี่ยมคม และมีความละเอียดน้อยกว่า ดังนั้นเมื่อนำเกล็ดลอยเมมาะผสมคอนกรีตจึงทำให้ซีเมนต์เพสสามารถไหลได้ง่ายขึ้น กลไกสำคัญอีกอย่างที่ทำให้เกล็ดลอยเพิ่มความสามารถในการเทได้คือ อนุภาคเกล็ดลอยในส่วนที่มีขนาดเล็กกว่าจะจับอยู่ที่ผิวของเม็ดปูนซีเมนต์ ทำให้เกิดเป็นชั้นบางๆ ส่งผลให้อนุภาคของปูนซีเมนต์อยู่ห่างกันจึงสามารถไหลได้ง่ายขึ้น Halstead (1986) พบว่าการที่เกล็ดลอยมีปริมาณมากกว่าปูนซีเมนต์ที่น้ำหนักเท่ากันมีผลทำให้ซีเมนต์เพสมีปริมาณเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เกิดการยึดเหนี่ยวระหว่างมวลรวมเพิ่มขึ้น ทำให้คอนกรีตผสมเกล็ดลอยมีความสามารถในการเทได้มากขึ้น

จ. ลดการหดแห้งจากการสูญเสียน้ำ

การหดแห้งของคอนกรีต (Dry Shrinkage) เป็นผลมาจากซีเมนต์เพสเกิดการสูญเสียน้ำขึ้น คอนกรีตที่มีอัตราส่วนของน้ำต่อสารเชื่อมประสานมากย่อมเกิดการหดแห้งได้มาก (Allen and Roper, 1991) เกล็ดลอยเมื่อนำมาใช้ผสมแทนปูนซีเมนต์บางส่วนส่งผลให้ปริมาณน้ำที่ใช้ในการผสมคอนกรีตลดลงที่ความสามารถในการเทได้เท่าเดิม ส่งผลให้คอนกรีตผสมเกล็ดลอยมีการหดแห้งลดลง แต่การที่เกล็ดลอยมีปริมาณมากกว่าปูนซีเมนต์ที่น้ำหนักเท่ากันทำให้การแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเกล็ดลอยมีผลทำให้ปริมาณซีเมนต์เพสในคอนกรีตเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เกิดการหดแห้งเพิ่มขึ้นได้ การหดแห้งจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงเมื่อใช้เกล็ดลอยทดแทนปูนซีเมนต์โดยน้ำหนัก ขึ้นอยู่กับปัจจัยใดจะมีผลกระทบมากกว่ากัน

1.3.3 เทคนิคการผสมเกล็ดลอยในคอนกรีตมีดังนี้

ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการพัฒนากำลังอัดและคุณสมบัติอื่นๆของคอนกรีตผสมเกล็ดลอยคือเทคนิคการผสมเกล็ดลอยในคอนกรีต ซึ่งมีสามวิธีการดังนี้ (Berry and Malhotra, 1980)

ก. ใช้ทดแทนปูนซีเมนต์บางส่วน มีทั้งการทดแทนโดยน้ำหนัก หรือ ทดแทนโดยปริมาตร จากการทดลองพบว่าถ้าใช้ในอัตราส่วน 1:1 จะทำให้กำลังอัดของคอนกรีตผสมเกล็ดลอยในช่วงสามเดือนแรกต่ำกว่าคอนกรีตธรรมดา และเมื่ออายุหนึ่งปีจะมีกำลังอัดสูงกว่าคอนกรีตธรรมดา

ข. ใช้เป็นมวลรวมละเอียดเพิ่มในคอนกรีต วิธีนี้เป็นการเพิ่มสารเชื่อมประสานในคอนกรีตทำให้กำลังอัดเพิ่มขึ้นตลอดอายุ โดยตั้งแต่อายุสามเดือนขึ้นไปจะให้กำลังเพิ่มขึ้นมาก

ค. ใช้ทั้งทดแทนปูนซีเมนต์และใช้เป็นมวลรวมละเอียดด้วย วิธีนี้หากต้องการให้คอนกรีตผสมเกล็ดลอยมีกำลังอัดในช่วงแรกเท่ากับคอนกรีตธรรมดา ปริมาณของเกล็ดลอยและปูนซีเมนต์ในคอนกรีตผสมเกล็ดลอยรวมกันต้องมากกว่าปริมาณของปูนซีเมนต์ในคอนกรีตธรรมดา

ในงานวิจัยนี้ได้นำเทคนิคการผสมเกล็ดลอยในวิธีที่ 1 มาใช้เพื่อต้องการประหยัดปริมาณปูนซีเมนต์ในการผลิตคอนกรีตบดอัดรับน้ำหนัก ซึ่งจะทำให้ราคาของคอนกรีตบดอัดลดต่ำลงด้วย และเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของคอนกรีตบดอัดบางอย่างให้ดีขึ้นเช่น การดูดซึมน้ำต่ำลง และการบดอัดคอนกรีตบดอัดทำได้ง่ายขึ้น

1.4 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.4.1 เพื่อทราบถึงปริมาณเถ้าลอยแม่เมาะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตคอนกรีตบดลือกรับน้ำหนัก โดยสามารถทำการผลิตได้โดยใช้เครื่องจักรอัดโนมัติ และมีกำลังรับแรงอัดและการดูคกกลืนน้ำตรงตามมาตรฐาน มอก. 57-2530

1.4.2 ศึกษาคุณสมบัติทางวิศวกรรมของคอนกรีตบดลือกรับน้ำหนักผสมเถ้าลอยแม่เมาะ ซึ่งประกอบด้วย

- กำลังรับแรงอัดที่อายุ 7,14,28 และ 60 วัน
- การดูคกกลืนน้ำ
- การหดแห้ง

1.5 ขอบเขตและแนวคิดของการศึกษา

ในการวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาคูณสมบัติของคอนกรีตบดลือกรับน้ำหนักผสมเถ้าลอยแม่เมาะ โดยขอบเขตในการศึกษามีดังต่อไปนี้

1.5.1 ปูนซีเมนต์ที่ใช้ในการศึกษาเป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ตราช้างของบริษัทปูนซีเมนต์ไทย จำกัด

1.5.2 เถ้าลอยแม่เมาะที่ใช้ในการศึกษาเป็นเถ้าลอยประเภท C ตามมาตรฐาน ASTM C 618

1.5.3 คอนกรีตบดลือกรับน้ำหนักที่ใช้ในการศึกษาเป็นคอนกรีตบดลือกชนิดกลวง มีขนาด 14X15X29 เซนติเมตร มีความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 2.10 ตัน/ม.³ผลิตโดยใช้เครื่องจักรอัดโนมัติแบบติดตั้งอยู่กับที่(Stationary Machine)

1.5.4 การทดสอบกำลังรับแรงอัด การดูคกกลืนน้ำ และการหดแห้งทำตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 409-2525, มอก. 57-2530 และ มอก. 110-2517