

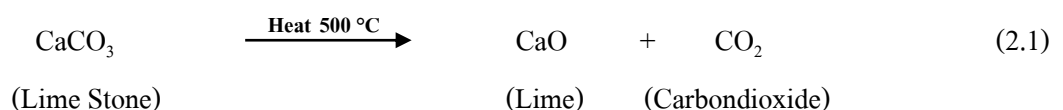
บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้กล่าวถึง กากแคลเซียมคาร์ไบด์ เถ้าถ่านหิน วัสดุปอซโซลาน ปฏิริยาปอซโซลาน การใช้กากแคลเซียมคาร์ไบด์และเถ้าถ่านหินในงานคอนกรีต รวมถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความทนทานของคอนกรีต

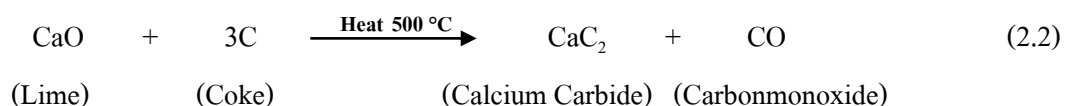
2.1 กากแคลเซียมคาร์ไบด์

กากแคลเซียมคาร์ไบด์ (Calcium Carbide Residue) เป็นส่วนที่เหลือจากกระบวนการผลิตก๊าซอะเซทิลีน ซึ่งเป็นก๊าซที่ใช้ในอุตสาหกรรมงานเชื่อมโลหะและอุตสาหกรรมการตัดโลหะ เกิดจากการทำปฏิกิริยาของแคลเซียมคาร์ไบด์ (CaC_2) และน้ำ กากแคลเซียมคาร์ไบด์ที่เหลือจากการทำปฏิกิริยามีอยู่ในรูปของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (Ca(OH)_2) ซึ่งอยู่ในสถานะของเหลว กากแคลเซียมคาร์ไบด์ที่ปล่อยทิ้งจากโรงงานมีลักษณะเป็นโคลนสีเทาอมขาว เมื่อปล่อยให้ตกตะกอนและแห้งตามธรรมชาติ จะจับตัวเป็นก้อน และมีสีขาวเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณความชื้นลดลง กากแคลเซียมคาร์ไบด์มีสภาพความเป็นด่างสูงมาก ทำให้ดินบริเวณพื้นที่ทิ้งมีความเป็นด่างไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

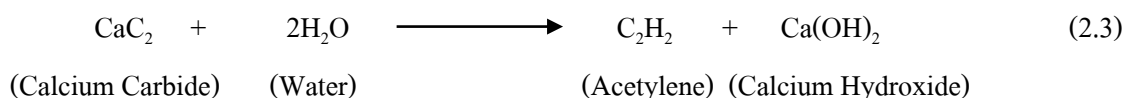
กระบวนการผลิตก๊าซอะเซทิลีนทำได้โดยนำหินปูน (CaCO_3) เข้าเตาหลอม จากกระบวนการนี้ได้ผลผลิตคือปูนขาว (CaO) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ตามสมการที่ (2.1)



หลังจากนั้น เถ้าถ่านโค้ก ให้ทำปฏิกิริยากับปูนขาว (CaO) ที่อยู่ในเตาหลอม จะได้แคลเซียมคาร์ไบด์ (CaC_2) สมการที่ (2.2)



นำแคลเซียมคาร์ไบด์ (CaC_2) ที่ได้ไปทำปฏิกิริยากับน้ำ จะได้ผลผลิต คือ ก๊าซอะเซทิลีน (C_2H_2) และกากแคลเซียมคาร์ไบด์ที่อยู่ในรูปแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (Ca(OH)_2) สมการที่ (2.3)



แคลเซียมไฮดรอกไซด์ (Ca(OH)_2) ที่ได้ดังสมการที่ 2.3 ซึ่งอยู่ในรูปสารละลาย โดยเมื่อใช้แคลเซียมคาร์ไบด์ (CaC_2) 64 กรัม จะได้ก๊าซอะเซทิลีน (C_2H_2) เท่ากับ 26 กรัม และได้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ (Ca(OH)_2) สูงถึง 4 กรัม (Jaturapitakkul and Roongreung, 2003)

2.2 เถ้าถ่านหิน

เถ้าถ่านหิน (Fly Ash) หรือเถ้าลอย เป็นผลพลอยได้จากการเผาถ่านหินเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งมีลักษณะเป็นผงละเอียด มีอนุภาคนาขนาด 1 - 150 ไมโครเมตร มีสีเทา เทาดำ หรือสีน้ำตาล โดยเถ้าถ่านหินจะถูกพัดออกมาตามลมร้อนเพื่อออกไปสู่ปล่องควัน โดยทำการดักจับเถ้าลอยด้วยเครื่องดักจับฝุ่นแบบไฟฟ้าสถิต (Electrostatic Precipitator) จากนั้นรวบรวมเถ้าถ่านหินไปเก็บไว้ในไซโล

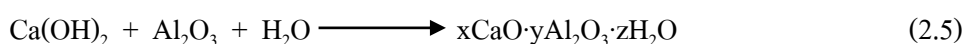
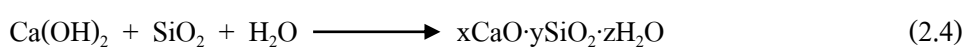
องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าถ่านหิน มีองค์ประกอบหลักคือ ซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2), อลูมินาออกไซด์ (Al_2O_3) และเฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3) อัตราส่วนของออกไซด์ทั้ง 3 ชนิดจะแปรเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิ สภาพแวดล้อมขณะเผา ทำให้เราสามารถแบ่งประเภทของเถ้าถ่านหินได้ 2 ประเภทตามมาตรฐาน ASTM C 618 (2012) คือ Class F ประกอบด้วย $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ มากกว่าร้อยละ 70 โดยน้ำหนัก และ Class C ประกอบด้วย $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ ระหว่างร้อยละ 50 - 70 โดยน้ำหนัก การผลิตกระแสไฟฟ้าที่โรงไฟฟ้าอำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ใช้ถ่านหินลิกไนต์เป็นเชื้อเพลิง กากที่เหลือจากการเผาถ่านหินประกอบด้วยเถ้าถ่านหินประมาณร้อยละ 80 และเถ้าก้นเตาอีกประมาณร้อยละ 20 และพบว่าเถ้าถ่านหินที่ได้เป็นทั้ง Class F และ Class C (วราภรณ์ คุณาวานากิจ, 2536) อย่างไรก็ตามเถ้าถ่านหินทั้ง Class F และ Class C นั้นมีคุณสมบัติที่เพียงพอสำหรับการนำไปใช้ในงานคอนกรีต

2.3 วัสดุปอซโซลาน

วัสดุปอซโซตามมาตรฐาน ASTM 618 (2012) คือ วัสดุที่มีซิลิกา หรือซิลิกาและอลูมินาเป็นองค์ประกอบหลัก โดยทั่วไปวัสดุปอซโซลานจะไม่มีคุณสมบัติในการยึดประสาน แต่ถ้าวัดวัสดุปอซโซลานมีความละเอียดมากและมีน้ำหรือความชื้นที่เพียงพอจะทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (Ca(OH)_2) ที่อุณหภูมิปกติได้ ทำให้ได้สารประกอบที่มีคุณสมบัติในการยึดประสานคล้ายกับปูนซีเมนต์ เรียกว่า ปฏิกิริยาปอซโซลาน (Pozzolan reaction)

2.4 ปฏิกิริยาปอซโซลาน

ปฏิกิริยาปอซโซลาน (Pozzolanic reaction) มีผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นคล้ายกับปฏิกิริยาไฮเดรชันของปูนซีเมนต์ คือ แคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต ($3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, C-S-H) โดยอาศัยแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) ซึ่งมีความเป็นด่างสูง เป็นสารตั้งต้นทำปฏิกิริยากับวัสดุปอซโซลาน ที่มีองค์ประกอบเป็นซิลิกอนออกไซด์ (SiO_2) และอลูมินาออกไซด์ (Al_2O_3) จะได้แคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (C-S-H) และแคลเซียมอลูมิเนียมไฮเดรต (C-A-H) เป็นผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาปอซโซลาน ตามสมการที่ (2.4) และ (2.5)



โดย x, y และ z ในสมการที่ (2.6) และ (2.7) เป็นตัวแปรที่ค่าจะแปรผันตามชนิดของแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (C-S-H) และแคลเซียมอลูมิเนียมไฮเดรต (C-A-H)

2.5 การใช้กากแคลเซียมคาร์ไบด์ร่วมกับถ่านหินในงานคอนกรีต

สุธิ ลิ้มปนชัยพรกุล และคณะ (2537) ได้ทำการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างกากแคลเซียมคาร์ไบด์และถ่านหิน โดยนำกากแคลเซียมคาร์ไบด์ผสมถ่านหินในอัตราส่วนของกากแคลเซียมคาร์ไบด์ต่อถ่านหินเท่ากับ 30 : 70, 50 : 50 และ 70 : 30 ที่หล่อเป็นมอร์ต้ามาตรฐาน ทำการศึกษากำลังอัดที่อายุ 1, 3, 7, 14, 28, 60, 90 และ 180 วัน พบว่าอัตราส่วนที่ดีที่สุดของกากแคลเซียมคาร์ไบด์ต่อถ่านหิน เท่ากับ 30 : 70 โดยน้ำหนัก ที่ให้กำลังอัดสูงสุดของมอร์ต้า คือ ประมาณ 200 กก/ซม² หรือคิดเป็นร้อยละ 50 ของมอร์ต้าควบคุมที่อายุ 90 วัน

ต่อมา ปิติสานต์ กร้ามาตร และคณะ (2539) ได้นำส่วนกากแคลเซียมคาร์ไบด์ผสมถ่านหินในอัตราส่วนของกากแคลเซียมคาร์ไบด์ต่อถ่านหินเท่ากับ 30 : 70 โดยน้ำหนักของวัสดุประสานมาใช้เป็นวัสดุประสานแทนปูนซีเมนต์ และใช้อัตราส่วนของน้ำต่อวัสดุประสาน 0.56 ให้ค่ากำลังอัดของมอร์ต้าที่สูงที่สุด เท่ากับ 209 กก/ซม² ที่อายุ 90 วันหรือคิดเป็นร้อยละ 36 ของมอร์ต้าควบคุม และยังแนะนำว่าส่วนผสมของวัสดุทั้งสองชนิดนี้มีความเป็นไปได้ที่จะพัฒนาให้เป็นประโยชน์ในงานก่อสร้าง

จากนั้น ชรินทร์ นมรักษ์ และคณะ (2545) นำกากแคลเซียมคาร์ไบด์ผสมกับเถ้าถ่านหินที่แยกให้มีความละเอียดที่สูงขึ้นในอัตราส่วน 30 : 70 โดยน้ำหนัก ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เป็นสารเร่งกำลังในอัตราร้อยละ 10 มีปริมาณวัสดุประสานเท่ากับ 450 กก/ม³ และอัตราส่วน W/B เท่ากับ 0.35 พบว่ามีกำลังอัดคอนกรีต 307 กก/ซม² ที่อายุ 90 วัน

ธนพล เหล่าสมาธิกุล (2551) ได้ศึกษาการใช้กากแคลเซียมคาร์ไบด์ที่มีน้ำหนักค้างตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 325 ร้อยละ 2.3 ผสมกับเถ้าถ่านหินที่บดละเอียด โดยใช้วัสดุประสานเท่ากับ 450 กก/ม³ และใช้อัตราส่วน W/B เท่ากับ 0.45 ซึ่งให้กำลังอัดสูงสุดเท่ากับ 284 และ 335 กก/ซม² ที่อายุ 28 และ 90 วัน ตามลำดับ จากการทดสอบยังพบว่าการใช้วัสดุประสานที่มีความละเอียดมากขึ้นส่งผลให้กำลังของคอนกรีตเพิ่มขึ้นตามไปด้วย สอดคล้องกับงานวิจัยของ Makaratat และคณะ (2010) ที่ได้ศึกษาผลของความละเอียดและค่าอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานที่มีต่อคุณสมบัติทางกลของคอนกรีตที่ใช้กากแคลเซียมคาร์ไบด์ผสมเถ้าถ่านหินเป็นวัสดุประสาน โดยนำกากแคลเซียมคาร์ไบด์ทั้งที่ไม่บดและที่บดละเอียด เป็นวัสดุประสาน โดยใช้อัตราส่วน W/B เท่ากับ 0.65, 0.53 และ 0.45 สามารถให้กำลังอัดคอนกรีตสูงสุด 28.4 และ 33.5 MPa ที่อายุ 28 และ 90 วัน ตามลำดับ และยังพบว่าการใช้วัสดุประสานที่มีความละเอียดสูง และมีค่าอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานต่ำ ส่งผลดีต่อคอนกรีตสดและคอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว

กิตติพงษ์ อำนาจเหนือ (2553) ได้ศึกษาการพัฒนาส่วนผสมจากกากแคลเซียมคาร์ไบด์และเถ้าถ่านหินโดยมีปูนซีเมนต์เป็นสารเร่งกำลังเพื่อใช้ทำคอนกรีตกำลังสูง โดยนำกากแคลเซียมคาร์ไบด์ผสมเถ้าถ่านหินในอัตราส่วน เท่ากับ 30 : 70 โดยน้ำหนักของวัสดุประสาน และอัตราส่วน W/B เท่ากับ 0.25 พบว่า คอนกรีตที่ใช้กากแคลเซียมคาร์ไบด์และเถ้าถ่านหินโดยไม่มีปูนซีเมนต์เป็นส่วนผสมให้กำลังอัดคอนกรีต เท่ากับ 379 และ 511 กก/ซม² ที่อายุ 28 และ 90 วัน ตามลำดับ

จากงานวิจัยที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่าสามารถนำกากแคลเซียมคาร์ไบด์มาผสมร่วมกับเถ้าถ่านหินมาใช้เป็นวัสดุประสานในการผลิตคอนกรีตได้ พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างกากแคลเซียมคาร์ไบด์กับเถ้าถ่านหินที่ให้กำลังอัดสูงสุด เท่ากับ 30 : 70 โดยน้ำหนัก แต่มีการพัฒนากำลังที่ช้า โดยเฉพาะกำลังในช่วงอายุต้นของคอนกรีต เมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์ ยิ่งไปกว่านั้นงานวิจัยที่ผ่านมาของคอนกรีตที่ใช้กากแคลเซียมคาร์ไบด์และเถ้าถ่านหินเน้นไปที่การศึกษาในด้านคุณสมบัติทางกลของคอนกรีต ส่วนการศึกษาในด้านความทนทานของคอนกรีตนั้นมีอยู่น้อยมาก

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความทนทานของคอนกรีต

2.6.1 การซึมของน้ำผ่านคอนกรีต

Ludirdja และคณะ (1989) ได้เสนอวิธีการวัดอัตราการการซึมของน้ำผ่านคอนกรีต โดยอาศัยหลักการไหลของน้ำตามแรงโน้มถ่วงของโลก ให้น้ำไหลผ่านตัวอย่างคอนกรีตด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก วัดอัตราการไหลของน้ำเป็นเวลา 20 วัน แล้วใช้ค่า 7 วันสุดท้ายเพื่อมาคำนวณหาอัตราการซึมของน้ำผ่านคอนกรีต จากการทดสอบพบว่าคอนกรีตที่มีค่าอัตราส่วน W/C เท่ากับ 0.6 มีค่าการซึมของน้ำผ่านคอนกรีตประมาณ 15×10^{-12} เมตร/วินาที นอกจากนั้นยังพบว่าคอนกรีตที่ผสมซิลิกาฟูมมีอัตราการซึมของน้ำผ่านคอนกรีตลดลงต่ำกว่าคอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 เนื่องจากซิลิกาฟูมเป็นวัสดุที่มีความละเอียดมากจะเข้าไปแทนที่โพรงว่างของคอนกรีตและปฏิกิริยาปอซโซลานทำให้โพรงในคอนกรีตลดลง คอนกรีตจึงมีความสามารถในการต้านทานซึมผ่านของน้ำเข้าไปในเนื้อคอนกรีต

ต่อมา EI-Dieb และ Hooton (1995) ได้ศึกษาการซึมของน้ำผ่านคอนกรีตโดยใช้วิธี High pressure triaxial cell พบว่าการแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ด้วยเถ้าถ่านหินและซิลิกาฟูม และใช้สารลดน้ำพิเศษ มีค่าการซึมของน้ำผ่านคอนกรีต อยู่ในช่วง 1×10^{-12} ถึง 1×10^{-16} เมตร/วินาที เช่นเดียวกับ Zongjin และ Chaung-Kong (2000) ที่ใช้เถ้าถ่านหินและซิลิกาฟูมแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ พบว่ามีค่าการซึมของน้ำผ่านคอนกรีต อยู่ในช่วง 1×10^{-12} ถึง 1×10^{-13} เมตร/วินาที

จากนั้น Malhotra และ Metha (2002) ได้ทำการทดสอบการซึมของน้ำผ่านคอนกรีต ที่ทดสอบด้วยวิธี Under Uniaxial Floe โดยศึกษาคอนกรีตที่แทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ด้วยเถ้าถ่านหินในปริมาณสูง (High-Volume Fly Ash) การทดสอบใช้ความหนาตัวอย่าง 5 ซม. มีแรงดันทดสอบเท่ากับ 2.7 เมกะปาสคา พบว่าคอนกรีตมีค่าอัตราการซึมของน้ำผ่านคอนกรีตน้อยกว่า 1×10^{-13} เมตร/วินาที โดยให้เหตุผลว่าการแทนที่ด้วยเถ้าถ่านหินในปริมาณมากนั้นทำให้ช่องว่างในคอนกรีตลดลง

ดิลก กุรัตนเวช และคณะ (2545) ได้ทำการศึกษาอัตราการซึมของน้ำผ่านคอนกรีตโดยใช้เถ้าถ่านหินจาก 5 แหล่งผลิต ซึ่งมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน มีค่าอัตราการซึมของน้ำอยู่ในช่วงระหว่าง 9.42×10^{-13} ถึง 1.47×10^{-13} เมตร/วินาที พบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อการซึมของน้ำผ่านคอนกรีต ได้แก่ ปริมาณการแทนที่ปูนซีเมนต์ ความละเอียดของเถ้าถ่านหิน และกำลังอัดของคอนกรีต นอกจากนั้นยังพบว่า คอนกรีตที่กำลังอัดและอายุมากขึ้นทำให้ค่าการซึมของน้ำลดลง นอกจากนั้นยังขึ้นและกับ รูปร่าง ความละเอียด และการแทนที่ด้วยเถ้าถ่านหินที่มีอนุภาคกลมตันจะมีอัตราการซึมของน้ำที่ต่ำกว่า คอนกรีตควบคุมที่ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

จากนั้นเพ็ญชาย เวียงใต้ (2551) ได้ศึกษาความสามารถการซึมของน้ำผ่านคอนกรีตที่ใช้เถ้าก้นเตา บดละเอียดแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ในอัตราส่วนร้อยละ 10, 20, 30 และ 40 โดยน้ำหนัก วัสดุประสาน อัตราการซึมของน้ำขึ้นอยู่กับกำลังและระยะเวลาในการบ่มของคอนกรีต คอนกรีตที่มี กำลังอัดมากกว่าและมีการบ่มที่ยาวนานกว่าจะมีอัตราการซึมของน้ำผ่านคอนกรีตที่ลดลง ผลการทดสอบพบว่าคอนกรีตมีสัมประสิทธิ์การซึมของน้ำผ่านคอนกรีตระหว่าง 1.23×10^{-11} ถึง 4.03×10^{-11} เมตร/วินาที

กิตติพงษ์ อำนาจเหนือ (2552) ได้ทำการศึกษาอัตราการซึมของน้ำผ่านคอนกรีตที่ทำจาก กากเคลือบคาร์ไบด์มาผสมเถ้าถ่านหินในอัตราส่วน เท่ากับ 30 : 70 ได้ค่าอัตราการการซึมของน้ำ ผ่านคอนกรีตอยู่ในช่วงระหว่าง 0.85×10^{-13} ถึง 5.85×10^{-13} เมตร/วินาที ซึ่งพบว่า คอนกรีตมีอัตราการ ซึมผ่านน้ำต่ำลงเมื่อคอนกรีตมีกำลังเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นอัตราการซึมผ่านน้ำของคอนกรีตยังมีค่าลดลง เมื่อคอนกรีตมีอายุมากขึ้น

ต่อมาสุทธินันท์ แอเดียว (2554) ศึกษาคุณสมบัติของคอนกรีตที่ใช้กากเคลือบคาร์ไบด์ผสมเถ้าถ่าน หินแบบไม่บดและแบบบดละเอียดเป็นวัสดุประสาน พบว่าอัตราการการซึมของน้ำขึ้นอยู่กับกำลังของ คอนกรีต และการใช้วัสดุประสานที่มีความละเอียดมากขึ้นทำให้ค่าอัตราการซึมของน้ำลดลง เนื่องจากคอนกรีตมีความแน่นและมีความทึบน้ำมากขึ้น โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การซึมของน้ำอยู่ในช่วง 1.77×10^{-13} ถึง 8.31×10^{-13} เมตร/วินาที

2.6.2 การแทรกซึมของคลอไรด์

Estakhri และ Saylak (2004) ได้ทำการศึกษาการแทรกซึมของคลอไรด์ ด้วยการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C1202 โดยใช้เถ้าถ่านหินแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ในปริมาณมาก มีอัตราส่วนการแทนที่ ร้อยละ 40 - 60 โดยน้ำหนักของวัสดุประสาน จากผลการทดสอบพบว่า การแทนที่ด้วย เถ้าถ่านหินสามารถช่วยให้คอนกรีตมีความต้านทานต่อการแทรกซึมของไอออนคลอไรด์ได้สูง โดยสามารถวัดค่าได้อยู่ในช่วงระหว่าง 500 - 2000 คูลอมบ์ และ 200 - 700 คูลอมบ์ ที่อายุ 28 และ 91 วัน ตามลำดับ

อุกฤษฏ์ ไชศรี (2548) ได้ทดสอบการรับกำลังอัดและความสามารถในการต้านทานการแทรกซึมของ คลอไรด์ โดยใช้คอนกรีตผสมเถ้าถ่านหินและเถ้าแกลบ จากการทดสอบพบว่า ที่อายุ 28 วัน กำลังอัด ของคอนกรีตที่ผสมเถ้าถ่านหินและเถ้าแกลบมีกำลังต่ำกว่าคอนกรีตควบคุม แต่กลับพบว่าคอนกรีตที่ ผสมเถ้าถ่านหินและเถ้าแกลบมีค่าความต้านทานคลอไรด์ได้ดีกว่าคอนกรีตควบคุม อีกทั้งยังพบว่า

การเพิ่มปริมาณการแทนที่ของเถ้าถ่านหินและเถ้ากลบทำให้ความสามารถในการต้านทานคลอไรด์เพิ่มขึ้นตามไปด้วย

ชัยชาญ โชติถนอม และคณะ (2549) ได้ทำการศึกษาหาสมบัติด้านความต้านทานการแทรกซึมของคลอไรด์ในคอนกรีตผสมเถ้าถ่านหินที่มีความละเอียดแตกต่างกัน 3 ความละเอียด ซึ่งแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ในปริมาณร้อยละ 30 โดยน้ำหนักวัสดุประสาน พบว่าความต้านทานการซึมผ่านของคลอไรด์ของคอนกรีตขึ้นอยู่กับความละเอียดของเถ้าถ่านหินที่ใช้ และ ค่าประจุไฟฟ้าที่ได้จากการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C1202 มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเถ้าถ่านหินมีความละเอียดสูงขึ้น

วิเชียร ชาลี และชัย จาตุรพิทักษ์กุล (2551) ได้ทำการทดสอบการแทรกซึมของคลอไรด์ด้วยวิธีเร่ง (Rapid chloride penetraton test) โดยวัดค่าการแทรกซึมของคลอไรด์อ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM C1202 ที่อยู่ในรูปของประจุไฟฟ้าทั้งหมดที่ผ่านก้อนตัวอย่างคอนกรีตที่แทนที่ด้วยเถ้าถ่านหินเปรียบเทียบกับทดสอบการแทรกซึมของคลอไรด์โดยการไตรเตรท พบว่าการแทรกซึมของคลอไรด์โดยวิธีเร่ง และการแทรกซึมของคลอไรด์ในคอนกรีตโดยการไตรเตรท ให้ผลในทิศทางที่สอดคล้องกัน อีกทั้งยังพบว่าการแทนที่ด้วยเถ้าถ่านหินในปริมาณที่มากขึ้นและการใช้เถ้าถ่านหินที่มีความละเอียดมากขึ้น สามารถต้านทานการแทรกซึมของคลอไรด์ได้ดีขึ้น

วิเชียร ชาลี และคณะ (2553) ศึกษาผลกระทบของเถ้าถ่านหิน 3 แหล่งต่อสัมประสิทธิ์การแทรกซึมของคลอไรด์ ที่แช่ในสภาวะแวดล้อมทะเลเป็นเวลา 3 ปี โดยการแทนที่เถ้าถ่านหินในอัตราส่วนร้อยละ 15, 25 และ 35 โดยน้ำหนักวัสดุประสาน ซึ่งจะทำการศึกษาผลกระทบในทะเลหลังจากบ่มคอนกรีตในน้ำจืดมีอายุ 28 วัน จากทดสอบพบว่าการใช้เถ้าถ่านหินจากทั้ง 3 แหล่ง ให้ผลไปในการต้านทานการทำลายเนื่องจากสภาวะแวดล้อมทางทะเลในทิศทางที่ดี

2.6.3 การกัดกร่อนของเหล็กเสริมในคอนกรีต

เอนก ศิริพานิชกร และคณะ (2548) ได้ศึกษาผลกระทบของน้ำทะเลที่มีต่อปริมาณคลอไรด์และการเกิดสนิมเหล็กในคอนกรีตที่ผสมเถ้าถ่านหินในอัตราส่วนร้อยละ 15, 25, 35 และ 50 โดยน้ำหนักวัสดุประสาน โดยฝังเหล็กเส้นกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 มม. ยาว 50 มม. ในคอนกรีตให้มีระยะหุ้มคอนกรีตเท่ากับ 10, 20, 50 และ 75 มม. ภายหลังจากการบ่มคอนกรีตในน้ำจืดมีอายุ 28 วัน นำไปแช่น้ำทะเลในสภาวะเปียกสลับแห้งเป็นเวลา 36 เดือน เพื่อหาการกัดกร่อนของเหล็กเสริม พบว่าการแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ด้วยเถ้าถ่านหินในปริมาณที่สูงขึ้นทำให้เกิดสนิมในเหล็กที่ฝังมีแนวโน้มที่ลดลง และมีทิศทางเดียวกับปริมาณคลอไรด์ที่ซึมผ่านเข้าสู่เนื้อคอนกรีต

ต่อมา วิเชียร ชาลี และคณะ (2550) ผลกระทบของน้ำทะเลตอกำลังอัด การแทรกซึมคลอไรด์ และการเกิดสนิมของเหล็กเสริมในคอนกรีตที่มีการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าถ่านหินไม่แยกขนาดและแยกขนาดละเอียดในอัตราส่วนร้อยละ 0, 15, 25, 35 และ 50 โดยน้ำหนักวัสดุประสาน หลังจากแช่น้ำทะเลเป็นเวลา 4 ปี พบว่า คอนกรีตที่ผสมเถ้าถ่านหินที่แยกขนาดละเอียดมีการแทรกซึมของคลอไรด์ได้น้อยกว่าคอนกรีตที่ใช้เถ้าถ่านหินที่ไม่แยกขนาด

จากนั้น กิตติชาติ เผ่าพงษ์ไพบุลย์ และวีระ หอสกุลไท (2553) ได้ทำการศึกษาผลกระทบของโซเดียมคลอไรด์และโซเดียมซัลเฟต ต่อการกัดกร่อนของเหล็กเสริมในคอนกรีตโดยการเร่งด้วยกระแสไฟฟ้า (Impress Voltage) ซึ่งใช้กระแสไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์ พบว่าการใช้สารละลายโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 3 มีความสามารถในการไหลผ่านของกระแสไฟฟ้าไหลมากที่สุด และยังสามารถสรุปได้ว่าไอออนของสารละลายโซเดียมคลอไรด์มีความเสี่ยงต่อการกัดกร่อนในเหล็กเสริมมากที่สุด

ปิยพงษ์ สุวรรณนิโชติ และวิเชียร ชาลี (2555) ศึกษาการแทรกซึมคลอไรด์และการกัดกร่อนของเหล็กเสริมในคอนกรีตของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 5 ที่ผสมเถ้าถ่านหินจากการเผาแบบฟลูอิดไคซ์เบด (FC) และพูลเวอร์ไรซ์ (PC) โดยแช่น้ำทะเลที่มีสถานะเปือกสลับแห้งเป็นเวลา 5 ปี อัตราส่วนร้อยละ 0, 15, 25, 35 และ 50 โดยน้ำหนักวัสดุประสาน ผลการศึกษาพบว่าการใช้เถ้าถ่านหินจากการเผาแบบพูลเวอร์ไรซ์สามารถต้านทานการแทรกซึมของคลอไรด์ได้ดีกว่าเถ้าถ่านหินบดละเอียดจากการเผาแบบฟลูอิดไคซ์เบด อย่างไรก็ตามการแทนที่ด้วยเถ้าถ่านหินทั้งสองกลุ่มสามารถลดแทรกซึมของคลอไรด์และการเกิดสนิมเหล็กได้ดีกว่าคอนกรีตของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 5

2.6.4 การหดตัวแห้งของคอนกรีต

Almusallam (1995) ศึกษาผลกระทบของคอนกรีตที่แทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าถ่านหินร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก พบว่าช่วงอายุก่อน 7 วัน คอนกรีตแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าถ่านหินร้อยละ 20 มีค่าการหดตัวแห้งใกล้เคียงกับคอนกรีตควบคุม และช่วงอายุ 7 ถึง 98 วัน คอนกรีตแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าถ่านหินร้อยละ 20 มีค่าการหดตัวแห้งต่ำกว่าคอนกรีตควบคุมเล็กน้อย

Guneyini และคณะ (2010) ศึกษาการหดตัวแห้งของคอนกรีตที่สามารถไหลเข้าแบบด้วยตัวเอง โดยแทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนด้วยเถ้าถ่านหิน ตะกรันถลุงเหล็ก ซิลิกาฟุ้ง และดินขาวเผา พบว่าการใช้เถ้าถ่านหิน ตะกรันถลุงเหล็ก ซิลิกาฟุ้ง และดินขาวเผา มีค่าการหดตัวแห้งลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ และยังพบว่าคอนกรีตมีการหดตัวแห้งสูงขึ้นตามปริมาณปูนซีเมนต์ที่เพิ่มขึ้น

อดิพงษ์ พรหมทะสาร และคณะ (2553) ได้ศึกษาการหดตัวแห้งของคอนกรีตที่ใช้กากแกลเลียมคาร์ไบด์และเถ้าขานอ้อยเป็นวัสดุประสานในอัตราส่วน 50 : 50 โดยน้ำหนัก และใช้ปูนซีเมนต์เป็นสารเร่งกำลังในอัตราร้อยละ 0 และ 10 โดยน้ำหนักวัสดุประสาน พบว่า คอนกรีตที่ใช้กากแกลเลียมคาร์ไบด์และเถ้าขานอ้อยเป็นวัสดุประสานทุกส่วนผสมมีการหดตัวแห้งที่สูง และค่าการหดตัวแห้งลดลงเมื่อมีปริมาณวัสดุประสานลดลง

อักรเดช ศรีเสน (2556) ศึกษาคอนกรีตกำลังปกติและคอนกรีตกำลังสูงที่ใช้กากแกลเลียมคาร์ไบด์และเถ้าถ่านหินเป็นวัสดุประสาน พบว่า อิทธิพลของกำลังอัดส่งผลกระทบต่อค่าการหดตัวแห้งมากกว่าปริมาณเพสต์ในคอนกรีตและปริมาณน้ำในส่วนผสม นอกจากนี้ยังพบว่าคอนกรีตที่ใช้กากแกลเลียมคาร์ไบด์และเถ้าถ่านหินเป็นวัสดุประสานมีการหดตัวแห้งไม่แตกต่างจากคอนกรีตทั่วไปที่ใช้ปูนซีเมนต์เป็นวัสดุประสานเมื่อคอนกรีตมีกำลังอัดใกล้เคียงกัน

จากงานวิจัยที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่าสามารถนำกากแกลเลียมคาร์ไบด์มาผสมร่วมกับเถ้าถ่านหินมาใช้เป็นวัสดุประสานได้ แต่ยังพบว่า การใช้กากแกลเลียมคาร์ไบด์กับเถ้าถ่านหินนั้นให้ค่ากำลังอัดที่ไม่สูงมากนักและการพัฒนากำลังในช่วงอายุต้นของคอนกรีตค่อนข้างช้า มีกำลังอัดในช่วงต้นต่ำ ส่วนใหญ่ยังคงมีการใช้ปูนซีเมนต์เพื่อเป็นสารเร่งกำลังอยู่ หากสามารถลดข้อด้อยของการพัฒนากำลังอัดคอนกรีตในช่วงต้นลงได้ นับว่าเป็นผลดีของอุตสาหกรรมก่อสร้างอย่างมาก และงานวิจัยที่ผ่านมาที่เกี่ยวข้องกับการใช้กากแกลเลียมคาร์ไบด์และเถ้าถ่านหิน เน้นไปที่การศึกษาด้านคุณสมบัติทางกลของคอนกรีต ส่วนการศึกษาในด้านความทนทานของคอนกรีตนั้นมีน้อยมาก จึงอาจเป็นเหตุผลที่ยังไม่ค่อยมีการใช้กากแกลเลียมคาร์ไบด์กับเถ้าถ่านหินเป็นวัสดุประสานในงานก่อสร้างจริง เนื่องจากยังไม่มีองค์ความรู้ที่มากพอ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาผลกระทบของวิธีการกระตุ้นกำลังต่อคุณสมบัติเชิงกลและความทนทานของคอนกรีตที่ใช้กากแกลเลียมคาร์ไบด์และเถ้าถ่านหินเป็นวัสดุประสาน เพื่อเป็นองค์ความรู้สำหรับการนำไปใช้ในงานก่อสร้าง