บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

5.1 ทั่วไป

ถึงแม้ว่าการทดสอบด้วยวิธีประยุกต์ นั้นเป็นวิธีใหม่แต่ก็มีแนวโน้มที่น่าสนใจในการนำไปพัฒนาเพื่อที่จะนำไปใช้ในการทดสอบสัดส่วนผสมคอนกรีตซึ่งสัมผัสต่อสภาวะแวดล้อมที่มีคลอไรด์ในเรื่องของระบบโพรงภายในเนื้อคอนกรีตไม่ว่าจะเป็นเรื่องของปริมาตรรวมของโพรง หรือความต่อเนื่องของโพรงคอนกรีตต่อไป

จากการผลการทดสอบและการวิเคราะห์ผลการทดสอบที่ผ่านมาในบทที่ 3 และ 4 ตามลำดับนั้น พอจะสรุปผลได้ดังนี้

5.1.1 การทดลองด้วยวิธีประยุกต์ สามารถใช้ในการขยายผลการทดลองค่าคูลอมบ์ (Coulomb Charge Passed) ได้เป็นที่น่าพอใจเนื่องจากผลการทดสอบที่ได้จากสัดส่วนผสมที่ใช้วัสดุปอซโซลานร่วมกันคือเถ้าแกลบร่วมกับเถ้าลอย ให้ค่าระยะเวลาในการเข้าสู่สภาวะคงที่ (Ts) มากกว่าสัดส่วนผสมที่ใช้วัสดุปอซโซลานชนิดเดียว เช่นเดียวกับอัตราการเพิ่มของความเข้มข้นที่ขั้วแอโนดมีค่าน้อยกว่าซึ่งเห็นได้ชัดว่ามีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกับผลการทดสอบด้วยวิธีเอ็มไอพี และการทดสอบกำลังอัดเช่นกัน

5.1.2 การทดลองด้วยวิธีประยุกต์สามารถอธิบายความต่อเนื่องของโพรงในคอนกรีตได้น่าพอใจแต่มีข้อเสียคือ ต้องใช้ระยะเวลาในการทดสอบยาวนานพอควร เนื่องจากต้องรอจนกว่าก้อนตัวอย่างจะเข้าสู่สภาวะคงที่

5.1.3 ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นในการทดสอบอาจเกิดจากหลายปัจจัยด้วยกัน เช่น ความร้อนจากกระแสไฟฟ้าส่งผลต่อสภาพการนำไฟฟ้าของก้อนตัวอย่าง และก๊าซคลอรีนที่เกิดขึ้นเล็กน้อยที่ขั้วแอโนดจากปฏิกิริยาเคมี

5.1.4 ผลการทดสอบในแง่วัสดุประสานที่ใช้พบว่า เถ้าแกลบมีคุณสมบัติในการปรับปรุงกำลังอัดในระยะต้นคือที่ 14 วัน สูงขึ้น ในขณะที่เถ้าลอยมีคุณสมบัติในการปรับปรุงกำลังอัดในระยะปลายหรือที่ 91วัน ให้สูงขึ้น ดังนั้นผลการทดสอบว่าการใช้วัสดุปอซโซลานมากกว่าหนึ่งชนิดคือเถ้าแกลบ และเถ้าลอยเป็นวัสดุประสานร่วมกันจึง พบว่าผลการทดสอบกำลังอัดทั้งในระยะต้นและระยะปลายมีแนวโน้มที่ดีขึ้นมากกว่าการใช้วัสดุปอซโซลานชนิดเดียวอีกด้วย

5.1.5 ในสภาพที่เกิดขึ้นจริงพบว่าการที่อนุภาคคลอไรด์ที่เคลื่อนที่เข้าสู่ผิวคอนกรีตและไม่สามารถเคลื่อนที่ต่อไปได้นั้นไม่ได้เกิดจากโพรงคอนกรีตที่ตันเพียงอย่างเดียว แต่อาจจะเกิดจากอนุภาคคลอไรด์ที่เคลื่อนที่เข้าไปก่อนส่วนหนึ่งนั้นถูกยึดจับด้วยประจุบวกที่เกิดขึ้นของผนังของโพรงคอนกรีต (Pore Walls Effect) ซึ่งอนุภาคประจุบวกเหล่านี้จะทำให้อนุภาคของคลอไรด์มีการสะสมมากขึ้นที่บริเวณผิวและหนาแน่นมากขึ้น (Surface Condensation)[28-29] ทำให้เกิดแรงทางไฟฟ้าและเกิดสนามไฟฟ้าในทิศทางตรงกันข้ามกับแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงและทำให้เกิดอุปสรรคต่ออนุภาคคลอไรด์ที่จะเคลื่อนที่ผ่านก้อนตัวอย่างในเวลาต่อมา ด้วยเหตุนี้เองอาจจะส่งผลทำให้ผลของการหาปริมาตรโพรงคอนกรีตที่ไม่มีความต่อเนื่องเกิดความคลาดเคลื่อนขึ้นได้ เพราะว่าแทนที่คลอไรด์จะไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่านไปได้เนื่องจากโพรงตัน แต่คลอไรด์กลับไม่สามารถเคลื่อนที่ต่อไปได้เนื่องจากเจอแรงผลักของประจุไฟฟ้าชนิดเดียวกันในทิศทางตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ นอกจากนี้แล้วความคลาดเคลื่อนที่อาจจะเกิดขึ้นอีกอย่างหนึ่งคือ เนื่องจากเวลาที่ใช้ในการทดสอบมีระยะเวลาที่นาน และมีความร้อนเกิดขึ้นจึงเป็นไปได้ที่อาจจะเร่งให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นได้เพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณโพรงภายในเนื้อคอนกรีตอาจจะเกิดการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการทดสอบได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

การเคลื่อนที่ของอนุภาคคลอไรด์นั้นพบว่าอนุภาคคลอไรด์อิสระ (Free Chloride)ที่ถูกกระแสไฟฟ้าเร่งให้เคลื่อนที่ผ่านก้อนตัวอย่างคอนกรีตที่อิ่มตัวอยู่ในสารละลายบางส่วนอาจมีการถูกยึดจับ ด้วยกระบวนการทางเคมี(Chemical Binding) ทำให้เปลี่ยนแปลงเป็นคลอไรด์ที่ถูกตรึงให้อยู่กับที่ (Fixed Chloride) ซึ่งไม่สามารถเคลื่อนที่ต่อไปได้ หรือที่เรียกว่า เกลือของฟริเดลท์ (Friedel's Salts) ซึ่งวัสดุประสานที่มีคุณสมบัติในการยึดจับคลอไรด์ได้ดีนั้นจะมีคุณสมบัติที่เหมาะสมในการใช้งานมากกว่าเพื่อเป็นคอนกรีตที่ทนต่อน้ำทะเล เนื่องจากสามารถที่จะปกป้องไม่ให้อนุภาคของคลอไรด์อิสระเคลื่อนที่เข้าสู่เหล็กเสริมในระดับที่ลึกเพิ่มขึ้นได้ โดยองค์ประกอบทางเคมีที่รู้จักกันดีว่าสามารถเปลี่ยนอนุภาคคลอไรด์อิสระให้กลายเป็นเกลือของฟริเดลท์ได้ คือ ไตรแคลเซียมอลูมิเนต (C_3A) สำหรับในการทดลองนี้พบว่ามีการใช้วัสดุประสานที่มีทั้งเถ้าแกลบและเถ้าลอยร่วมกันจึงน่าสนใจที่จะเจาะก้อนตัวอย่างหลังจากที่ทำการทดสอบด้วยวิธีประยุกต์แล้ว เพื่อนำผงที่ได้จากก้อนตัวอย่างนั้นมาทำการทดสอบเพื่อหาปริมาณคลอไรด์ (Chloride Content) ที่เป็นประเภทปริมาณคลอไรด์ที่เคลื่อนที่ได้ หรือคลอไรด์อิสระ (Free Chloride) และปริมาณคลอไรด์ที่เคลื่อนที่ไม่ได้ หรือ คลอไรด์ที่ถูกตรึงให้อยู่กับที่ (Fixed Chloride) ที่ระดับความลึกต่าง ๆ กันจากนับจากผิวของก้อนตัวอย่าง โดยตลอดความหนาของ

ก้อนตัวอย่าง เพื่อดูศักยภาพในด้านเคมีว่าในแต่ละสัดส่วนผสมนั้นมีความสามารถในการต้านทานการซึมผ่านคลอไรด์ได้มากน้อยต่างกันเพียงใด เนื่องจากการทดสอบด้วยวิธีประยุกต์นั้นไม่สามารถตอบคำถามในเชิงปฏิกิริยาเคมีในแต่ละสัดส่วนผสมได้