บทที่ 1

บทนำ

1.1 บททั่วไป

โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กที่อยู่ในสภาวะแวดล้อมชายฝั่งทะเล มักพบว่ามีการสัมผัสกับน้ำทะเลโดยตรง ละอองน้ำทะเล หรือกระทั่งไอน้ำทะเล คลอไรด์อิออนซึ่งมีอยู่ในน้ำทะเลเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เหล็กเสริมนั้นเกิดสนิม ซึ่งทำให้โครงสร้างเกิดการเสื่อมสภาพก่อนเวลาอันควร ถึงแม้ว่าจะมีการออกแบบโครงสร้างที่ดีแล้วก็ตาม

ความสามารถซึมผ่านได้นั้นถือว่าเป็นคุณสมบัติที่สำคัญมากของคอนกรีตในด้านความทนทานต่อการสัมผัสน้ำทะเล เนื่องจากคลอไรด์อิออนนั้นมีคุณสมบัติที่สามารถทำลายฟิล์มของออกไซด์ที่ผิวของเหล็กเสริมได้ ซึ่งหากมีความชื้นและออกซิเจนเพียงพอ เหล็กเสริมนั้นจะสามารถเกิดสนิมได้โดยง่ายและลุกลามจนโครงสร้างได้รับความเสียหายเป็นอันมาก โดยกลไกการเคลื่อนที่ของคลอไรด์อิออนที่จะเข้าสู่เนื้อคอนกรีตนั้นมีหลายกลไกด้วยกันเช่น กลไกการแพร่ (Diffusion) กลไกแคพพิลลารี่ (Capillary Adsorption) และกลไกความดันของน้ำ (Hydrostatic Pressure) เป็นต้น [1-4] ทั้งนี้ไม่ว่าจะเป็นกลไกประเภทใดก็ตามการเคลื่อนที่ของคลอไรด์อิออนเข้าสู่เนื้อคอนกรีตนั้นล้วนแล้วแต่จะต้องอาศัยการเคลื่อนที่ผ่านเข้าสู่เนื้อคอนกรีต โดยอาศัยระบบโพรงคอนกรีต (Pore System) เป็นช่องทางเข้าถึงเหล็กเสริม เนื่องจากคอนกรีตนั้นเป็นวัสดุที่มีรูพรุน (Porous Material) ซึ่งเปรียบเสมือนท่อเป็นจำนวนมากซึ่งโพรงคอนกรีตนี้เองมีความแตกต่างกันเนื่องจากมีทั้งประเภทโพรงคอนกรีตที่มีการเชื่อมต่อถึงกัน และไม่เชื่อมต่อถึงกัน อีกทั้งมีความแตกต่างในเรื่องของการกระจายปริมาณของโพรงคอนกรีต (Pore Size Distributions) ซึ่งล้วนแล้วแต่เป็นปัจจัยทางด้านกายภาพที่ส่งผลต่อการซึมผ่านได้ของคลอไรด์อิออนทั้งสิ้น

ตัวแปรที่มีผลต่อการเกิดขึ้นของโพรงคอนกรีตนั้นมีอยู่หลายตัวแปรด้วยกันเช่น อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน ซึ่งเป็นตัวแปรหลัก นอกจากนี้ยังมีตัวแปรที่รองลงมาอันได้แก่ เรื่องของชนิดวัสดุประสานที่ใช้ และ สารเคมีผสมเพิ่ม เป็นต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเรื่องของชนิดของวัสดุประสานนั้นพบว่าวัสดุประสานที่ใช้ในงานคอนกรีตในปัจจุบันมักจะใช้วัสดุปอซโซลาน (Pozzolan) เพื่อทดแทนปูนซีเมนต์บางส่วน ให้ผลที่ดีในการป้องกันการซึมผ่านของคลอไรด์เข้าสู่เนื้อของคอนกรีต เนื่องจากเนื้อคอนกรีตที่ได้มีความแน่นเพิ่มมากขึ้น หรือมีปริมาณและความต่อเนื่องของโพรงคอนกรีตที่ลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้วัสดุปอซโซลานมากกว่าหนึ่งชนิดเช่นมีการผสม

เถ้าลอยร่วมกับเถ้าแกลบ (Triple Blends or Ternary Blends) เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติในด้านกำลังในช่วงต้นและช่วงปลายให้ดีขึ้นอีกด้วย [5-6]

ในปัจจุบันการทดสอบคอนกรีตต่อการซึมผ่านของคลอไรด์อิออนนั้น สามารถทดสอบได้หลายวิธีด้วยกัน แต่วิธีทดสอบที่มีความนิยมแพร่หลายที่สุด คือ การทดสอบอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM C1202 [7] หรือ RCPT ซึ่งย่อมาจาก Rapid Chloride Permeability Test เนื่องจากเป็นวิธีการทดสอบที่สามารถทำได้สะดวกและรวดเร็ว โดยผลการทดสอบที่ได้จะอยู่ในรูปของปริมาณประจุไฟฟ้า จึงมักนิยมเรียกว่าผลการทดสอบที่ได้นี้ว่า Coulomb Charge Passed

ในการวิเคราะห์ผลการทดสอบอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM C1202 นั้นพบว่าหากปริมาณ Coulomb Charge Passed มีค่าสูง หมายถึงคอนกรีตมีความสามารถทนทานต่อการซึมผ่านของคลอไรด์อิออนได้ต่ำ และหากปริมาณ Coulomb Charge Passed มีค่าน้อยหมายถึงคอนกรีตมีความสามารถทนทานต่อการซึมผ่านของคลอไรด์อิออนได้สูง ซึ่งในมาตรฐานนี้มิได้มีการกล่าวถึงคุณสมบัติของความต่อเนื่องของโพรงคอนกรีตที่ส่งผลต่อความสามารถต้านทานการซึมผ่านของคลอไรด์อิออนแต่อย่างใด และยิ่งกว่านั้นอาจจะมีประเด็นที่ว่าการทดสอบด้วยวิธีซึ่งอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM C1202 นั้นเป็นการวัดสภาพการนำไฟฟ้า(Electrical Conductivity) ของก้อนตัวอย่างคอนกรีตมากกว่าจะเป็นการวัดความสามารถในการต้านทานการซึมผ่านของคลอไรด์[8] นอกจากนี้การทดสอบดังกล่าวยังไม่สามารถเชื่อมโยงความคิดเกี่ยวกับเรื่องของปริมาณและความต่อเนื่องของโพรงคอนกรีตซึ่งเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญมากต่อความคงทนของคอนกรีตเข้ากับความสามารถในการต้านทานการซึมผ่านของคลอไรด์ได้

ด้วยเหตุผลข้างต้น การศึกษาหาความเป็นไปได้ในการวัดปริมาณและความต่อเนื่องของโพรงคอนกรีตให้ได้ผลเป็นรูปธรรมนั้นเป็นประเด็นที่น่าสนใจอย่างยิ่ง โดยในงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะประยุกต์เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM C1202 เพื่อวัดปริมาณและความต่อเนื่องของโพรงคอนกรีตด้วยการวัดความเข้มข้นของคลอไรด์อิออนที่ไหลเข้าและไหลออกจากก้อนตัวอย่าง ซึ่งจากนี้ไปภายในรายงานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเรียกวิธีทดสอบที่กล่าวถึงข้างต้นนี้โดยย่อว่า "วิธีประยุกต์" และจะทำการทดสอบกับคอนกรีตธรรมดาและคอนกรีตที่มีการผสมวัสดุปอซโซลานเพื่อทดแทนซีเมนต์ อันได้แก่เถ้าลอยและเถ้าแกลบที่สัดส่วนการแทนที่ต่างๆกัน

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 ศึกษาการต้านทานการซึมผ่านของคลอไรด์อิออนของคอนกรีตอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM C1202

1.2.2 ศึกษาการกระจายขนาดโพรงคอนกรีต (Pore Size Distribution) และปริมาณของโพรงคอนกรีตทั้งหมด (Total Porosity) อันเนื่องมาจากการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยวัสดุปอซโซลานอันได้แก่ เถ้าลอยและเถ้าแกลบที่สัดส่วนการแทนที่ต่างๆ กัน โดยวิธีเอ็มไอพี (Mercury-Intrusion Porosimetry)

1.2.3 ศึกษาความเป็นไปได้ในการวัดปริมาณและความต่อเนื่องของโพรงคอนกรีตโดยการประยุกต์เครื่องมือทดสอบอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM C1202

1.2.4 ศึกษาคุณสมบัติด้านการพัฒนากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตจากสัดส่วนการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยวัสดุปอซโซลานอันได้แก่ เถ้าลอยและเถ้าแกลบที่สัดส่วนการแทนที่ต่างๆกันที่อายุ 14 วัน 28 วันและ 91 วัน ตามลำดับ

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

1.3.1 ศึกษาความสามารถในการต้านทานการซึมผ่านของคลอไรด์อิออนของคอนกรีตอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM C1202 สัดส่วนผสมคอนกรีตที่ใช้มีทั้งสัดส่วนที่ใช้ปูนซีเมนต์ล้วนและใช้ปูนซีเมนต์ผสมร่วมกับวัสดุปอซโซลานอันได้แก่เถ้าแกลบ และเถ้าลอย ในที่นี้การแทนที่ปูนซีเมนต์โดยเถ้าลอย อยู่ที่ร้อยละ 15 25 และ 35 สัดส่วนการแทนที่ปูนซีเมนต์โดยเถ้าแกลบอยู่ที่ร้อยละ 5 10 และ 15 นอกจากนี้ยังมีสัดส่วนผสมที่มีการใช้วัสดุประสาน สามชนิดอันได้แก่ ปูนซีเมนต์ เถ้าลอยและเถ้าแกลบร่วมกัน ในที่นี้สัดส่วนการแทนที่ของเถ้าแกลบอยู่ที่ร้อยละ 5 และ 10 ร่วมกับเถ้าลอยที่มีสัดส่วนการแทนที่อยู่ที่ร้อยละ 15 และ 25 อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานที่ใช้อยู่ที่ 0.40 0.50 และ 0.60 ตามลำดับ โดยทำการทดสอบที่อายุ 91 วัน

1.3.2 ศึกษาการกระจายขนาดโพรง (Pore Size Distribution) และ ปริมาณของโพรงคอนกรีตทั้งหมด (Total Porosity) โดยวิธีเอ็มไอพี

1.3.3 ศึกษาความเป็นไปได้ในการหาปริมาณและความต่อเนื่องของโพรงคอนกรีตโดยวิธีการวัดความเข้มข้นของคลอไรด์ หรือ วิธีประยุกต์โดยใช้เครื่องมือทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C1202

1.3.4 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุประสานที่ใช้ในงานวิจัยนี้ อันได้แก่ ปูนซีเมนต์ เถ้าแกลบ และเถ้าลอย

1.3.5 ศึกษาผลการพัฒนากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตทุกสัดส่วนผสมที่อายุ 14 28 และ 91 วัน ตามลำดับ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบผลของความสามารถต้านทานการซึมผ่านต่อสภาพแวดล้อมคลอไรด์ของคอนกรีตผสมเถ้าแกลบ คอนกรีตผสมเถ้าลอยและคอนกรีตผสมเถ้าแกลบร่วมกับเถ้าลอยตามลำดับ ซึ่งมีสัดส่วนการแทนที่ปูนซีเมนต์ต่างๆกัน

1.4.2 ทราบผลของการกระจายขนาด (Pore Size Distribution) และปริมาณโพรงคอนกรีตทั้งหมด (Total Porosity) ของคอนกรีตผสมเถ้าแกลบ คอนกรีตผสมเถ้าลอยและคอนกรีตผสมเถ้าแกลบร่วมกับเถ้าลอยตามลำดับ ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการพิจารณาสัดส่วนผสมคอนกรีตที่เหมาะสมสำหรับคอนกรีตในสภาวะแวดล้อมชายฝั่งทะเล

1.4.3 ทราบวิธีการวัดหาปริมาณและความต่อเนื่องของโพรงคอนกรีตด้วยการประยุกต์ใช้เครื่องมือและขั้นตอนการเตรียมก้อนตัวอย่างตามมาตรฐาน ASTM C1202 ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อไปในอนาคต

1.4.4 ทราบผลการพัฒนากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตผสมเถ้าแกลบ คอนกรีตผสมเถ้าลอย และ คอนกรีตผสมเถ้าแกลบร่วมกับเถ้าลอยที่มีสัดส่วนการแทนที่ปูนซีเมนต์ต่างๆกัน เมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตธรรมดา