

ความคงทนของคอนกรีตผสมเถ้าชีวมวลในสิ่งแวดล้อมทางทะเล
DURABILITY OF BIOMASS ASH CONCRETE IN MARINE ENVIRONMENT

รองศาสตราจารย์ ดร.วิเชียร ชาลี

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

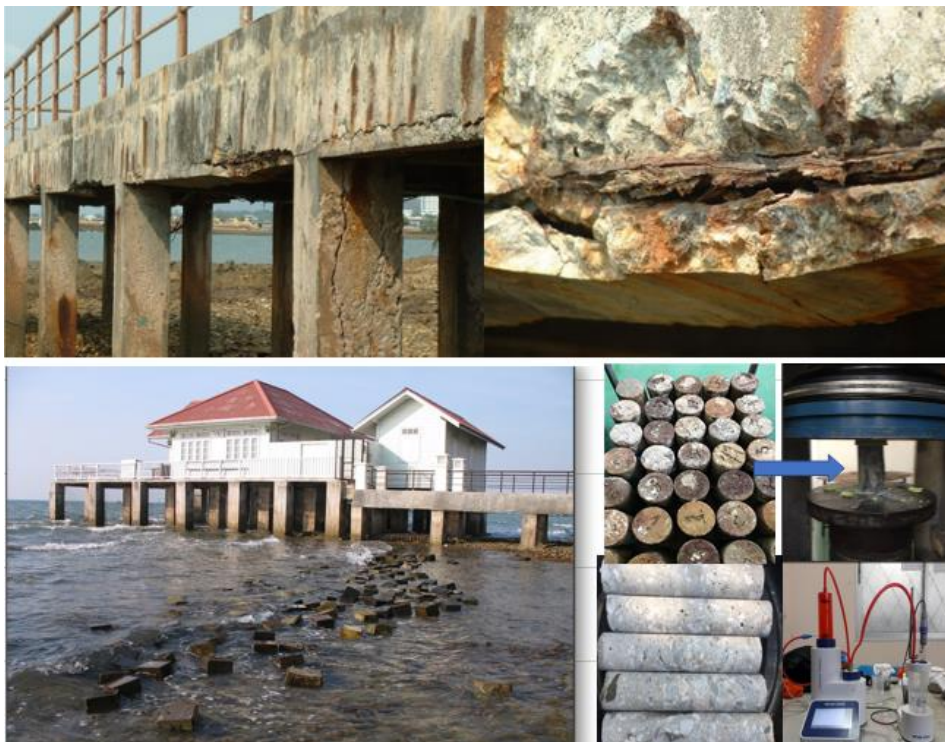
ความเชี่ยวชาญ : ความคงทนของคอนกรีตในสิ่งแวดล้อมทะเล วัสดุปอซโซลาน การใช้ประโยชน์จากของเสีย
อุตสาหกรรม



ดร.เทียง ชีวะเกตต์

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

ความเชี่ยวชาญ : ความคงทนของคอนกรีตในสิ่งแวดล้อมทะเล วัสดุปอซโซลาน



1. บทนำ

โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กบริเวณชายฝั่งทะเล มีการขยายตัวมากขึ้นตามการขยายตัวของเศรษฐกิจ เช่น ท่าเทียบเรือ อาคารที่พักอาศัย ผังกันคลื่น และโครงสร้างที่รองรับระบบขนส่งทางน้ำ เป็นต้น การกัดกร่อนของโครงสร้างเหล่านี้ค่อนข้างสูงและส่งผลต่ออายุการใช้งานที่ลดลงอย่างชัดเจน ซึ่งก่อให้เกิดความเสียหายและใช้งบประมาณในการซ่อมแซมที่สูง ตลอดจนสูญเสียรายได้จากการใช้งาน โครงสร้างดังกล่าว การกัดกร่อนที่เกิดขึ้นในโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กบริเวณชายฝั่งทะเล ได้รับผลกระทบเนื่องจากการเกิดสนิมในเหล็กเสริมเป็นส่วนใหญ่ ลักษณะของการแตกร้าวจะเกิดขึ้นตามแนวของเหล็กที่เสริมคอนกรีตและขยายตัวต้นคอนกรีตให้แตกร้าวสูญเสียการรับแรง (รูปที่ 1) การเลือกส่วนผสมคอนกรีตให้มีความคงทนต่อการใช้งานในสภาพแวดล้อมดังกล่าวจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเพื่อใช้งานในสภาวะแวดล้อมทะเล ต้องให้ความสำคัญกับการป้องกันการกัดกร่อนที่ทำลายโครงสร้างควบคู่ไปกับการรับแรงเชิงกลเพื่อให้โครงสร้างมีความแข็งแรง และมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน การกัดกร่อนของโครงสร้างในสภาวะแวดล้อมดังกล่าว มีสาเหตุหลักมาจากคลอไรด์และซัลเฟต โดยคลอไรด์เป็นสาเหตุที่ทำให้เหล็กเสริมเป็นสนิม ขยายตัวส่งผลให้คอนกรีตแตกร้าว สารประกอบซัลเฟตส่งผลให้คอนกรีตเกิดการขยายตัวแตกร้าวและสูญเสียการรับแรง [1, 2] ในการกำหนดระยะคอนกรีตหุ้มเหล็กที่ใช้ในสภาวะแวดล้อมทะเลจะพิจารณาจากการซึมเข้าสู่เนื้อคอนกรีตของสารเคมีที่เป็นอันตรายต่อโครงสร้าง ดังนั้นในการกำหนดระยะคอนกรีตหุ้มเหล็กที่เพียงพอเพื่อต้านทานการกัดกร่อนเนื่องจากสารประกอบคลอไรด์จึงเป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึง คุณสมบัติที่สำคัญของคอนกรีตที่มีผลต่อการกำหนดระยะหุ้ม คือการซึมผ่านน้ำของคอนกรีต ซึ่งส่งผลต่อการซึมผ่านของสารเคมีที่จะเข้าไปทำลายโครงสร้างคอนกรีตด้วย จากงานวิจัยที่ผ่านมา [3] พบว่า การใช้แก้วนำหินผสมในคอนกรีตส่งผลให้เพิ่มความทึบน้ำและสามารถยืดอายุการใช้งานของโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กในสิ่งแวดล้อมทะเลได้ยาวนานกว่าการใช้คอนกรีตทั่วไป

แก้วชีวมวลเป็นผลพลอยได้จากโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าชีวมวล โดยนำเศษวัสดุทางการเกษตร เช่น แกลบ ชานอ้อย ปาล์มน้ำมันและเปลือกไม้ กลับมาใช้ประโยชน์เพื่อเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า โดยแก้วชีวมวลมีลักษณะเป็นผงฝุ่นน้ำหนักเบาสามารถฟุ้งกระจายได้ง่าย ทำให้มีผลกระทบด้านมลภาวะทางอากาศและสภาพแวดล้อม โดยยังเป็นภาระที่ต้องกำจัดทิ้งไปโดยไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ เป็นต้น การศึกษาที่ผ่านมาพบว่า แก้วชีวมวลจากโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าหลายชนิด มีศักยภาพในเชิงวิศวกรรมที่สามารถประยุกต์ใช้เพื่อแทนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์บางส่วนได้ โดยส่งผลให้วัสดุประสานมีสมบัติเชิงกลที่ดี ต้นทุนของวัสดุก่อสร้างลดลง อย่างไรก็ตาม แก้วชีวมวลส่วนใหญ่มีข้อจำกัดทางกายภาพที่

ส่งผลให้ปฏิกิริยาปอซโซลานเกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ เนื่องจากมีอนุภาคหยาบ ความพรุนสูง และมีผลเสียอย่างมากต่อสมบัติเชิงกลของคอนกรีต จนไม่สามารถนำมาใช้งานในอุตสาหกรรมก่อสร้างได้โดยตรง โดยไม่ผ่านการบดให้ละเอียดก่อน โดยข้อมูลที่ผ่านมา [4-6] พบว่า เถ้าชีวมวลบางชนิด เช่น เถ้าปาล์ม น้ำมัน เถ้าชานอ้อย เถ้าแกลบดำ หรือเถ้าแกลบเปลือกไม้ที่ผ่านการบดให้ละเอียด มีศักยภาพทางด้านวิศวกรรมที่ส่งผลให้คอนกรีตมีสมบัติเชิงกล และความคงทนที่ดีขึ้น คล้ายกับวัสดุปอซโซลานอื่น ๆ ที่มีการใช้งานในอุตสาหกรรมก่อสร้างอย่างแพร่หลายมากขึ้น



รูปที่ 1 ความเสียหายของโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กในสิ่งแวดล้อมทะเล

2. ผลของเถ้าชีวมวลต่อความคงทนของคอนกรีตบริเวณชายฝั่งทะเล

ความคงทนของโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กที่ใช้ในสิ่งแวดล้อมทะเล จะต้องพิจารณาส่วนผสมคอนกรีตที่มีสมบัติเชิงกลที่ดีควบคู่ไปกับความคงทนต่อการทำลายเหล็กเสริมในคอนกรีต โดยการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าคอนกรีตที่ผสมเถ้าปาล์มน้ำมันผ่านการบดละเอียดไม่เกินร้อยละ 20 โดยน้ำหนักวัสดุประสาน สามารถลดการซึมผ่านของน้ำในคอนกรีตดังกล่าวลงได้ [7] นอกจากนี้ได้มีการต่อยอดงานวิจัยที่ใช้เถ้าชีวมวลเพื่อเพิ่มความคงทนให้กับคอนกรีต โดยนำคอนกรีตไปศึกษาในสิ่งแวดล้อมทะเลจริงบริเวณอ่าวไทย ที่มีการทำลายทั้งลักษณะทางกายภาพและลักษณะทางเคมีภายใต้ระยะเวลาที่ยาวนาน ดังรูปที่ 2 ซึ่งผลการศึกษาเป็นไปในทิศทางที่ดี โดยคอนกรีตผสมเถ้าชีวมวลบดละเอียดมีความคงทนมากขึ้นเมื่อเทียบกับคอนกรีตธรรมดา



รูปที่ 2 ตัวอย่างคอนกรีตเพื่อศึกษาความคงทนของคอนกรีตที่ผสมเถ้าชีวมวลบดละเอียดในสิ่งแวดล้อมทะเลอ่าวไทย

2.1 ผลของเถ้าชีวมวลต่อกำลังอัดของคอนกรีตในสิ่งแวดล้อมทะเล

การสูญเสียกำลังอัดของคอนกรีตที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมทะเลเกิดจากการทำลายทางกายภาพ เช่น คลื่นกระแทก การขัดสี และสาเหตุทางชีวภาพ อีกส่วนที่สำคัญของการสูญเสียกำลังอัดคือการการกร่อนเนื่องจากสารประกอบซัลเฟต ซึ่งมีผลทำให้คอนกรีตเกิดการขยายตัวสูญเสียการรับแรงและแตกร้าว การใช้เถ้าชีวมวลบดละเอียดผสมในคอนกรีต พบว่าปฏิกิริยาปอซโซลานระหว่างต่างในคอนกรีตกับสารประกอบ ซิลิกาและอะลูมินาที่อยู่ในเถ้าชีวมวล สามารถลดการทำลายเนื่องจากสารประกอบซัลเฟตได้เป็นอย่างดี โดยการศึกษาที่ผ่านมา [4, 6] ได้มีการศึกษาผลของเถ้าปาล์มน้ำมันและเถ้ากลบเปลือกไม้บดละเอียดต่อกำลังอัดของคอนกรีตที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมทะเลบริเวณชายฝั่งที่อายุแช่น้ำทะเล 5 ปี ผลการศึกษา พบว่า เถ้ากลบเปลือกไม้และเถ้าปาล์มน้ำมันบดละเอียดผสมในคอนกรีต มีผลต่อการสูญเสียกำลังอัดของคอนกรีตที่อยู่ในน้ำทะเลน้อยกว่าคอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ในทุกส่วนผสมของคอนกรีตที่ใช้เถ้าชีวมวลบดละเอียดไม่เกินร้อยละ 35 โดยน้ำหนักวัสดุประสาน ทั้งนี้เนื่องจากปฏิกิริยาปอซโซลานที่เกิดขึ้นในคอนกรีตที่ผสมเถ้าชีวมวลส่งผลให้คอนกรีตมีความคงทนเนื่องจากสารประกอบซัลเฟตได้ดี ตลอดจนมีการพัฒนากำลังอัดในระยะยาวได้ดีกว่าคอนกรีตธรรมดา จึงส่งผลให้คอนกรีตมีการสูญเสียกำลังอัดน้อยกว่าคอนกรีตที่ไม่ได้ผสมเถ้าชีวมวล โดยภาพรวมแล้วคอนกรีตที่ผสมเถ้าชีวมวลบดละเอียด (เถ้ากลบเปลือกไม้หรือเถ้าปาล์มน้ำมัน) ไม่เกินร้อยละ 35 โดยน้ำหนักวัสดุประสานและใช้อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานไม่เกิน 0.45 ให้กำลัง

อัดที่อายุ 28 วัน มากกว่า 400 กก./ชม.² และมีกำลังอัดหลังแช่น้ำทะเล 5 ปี ไม่ลดลงจากกำลังอัดที่ 28 วัน จึงมีความเหมาะสมเชิงกลที่สามารถประยุกต์ใช้ก่อสร้างในสิ่งแวดล้อมทะเลได้

2.2 ผลของเถ้าชีวมวลต่อการแทรกซึมคลอไรด์ของคอนกรีตในสิ่งแวดล้อมทะเล

งานวิจัยที่ผ่านมา [4, 6] ได้มีผลการศึกษาเกี่ยวกับการใช้เถ้าชีวมวลเพื่อป้องกันการแทรกซึมของคลอไรด์ในคอนกรีตที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมบริเวณชายฝั่งทะเล โดยแช่ตัวอย่างคอนกรีตที่ผสมเถ้าแกลบเปลือกไม้และเถ้าปาล์มน้ำมันบดละเอียดซึ่งเป็นวัสดุชีวมวลที่มีในประเทศ ผลการศึกษาโดยภาพรวม พบว่าคอนกรีตที่ผสมเถ้าชีวมวลที่ผ่านการบดให้ละเอียด สามารถป้องกันการแทรกซึมของคลอไรด์เนื่องจากน้ำทะเลได้ดีกว่าคอนกรีตของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 อย่างไรก็ตามการใช้ปริมาณของเถ้าชีวมวลที่มีปริมาณสูงมากเกินไป กลับส่งผลเสียต่อการต้านทานการซึมของคลอไรด์

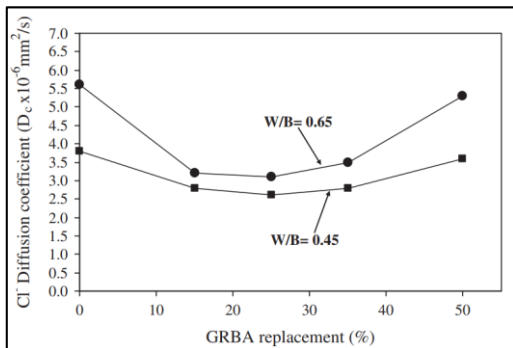
รูปที่ 3 แสดงสัมประสิทธิ์การแทรกซึมของคลอไรด์ในคอนกรีตที่ผสมเถ้าชีวมวลบดละเอียด โดยรูปที่ 3(ก) พบว่า การใช้เถ้าแกลบเปลือกไม้บดละเอียดให้ค่าคงที่เกรงเบอร์ 325 ไม่เกินร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก แทนที่ในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ไม่เกินร้อยละ 25 ส่งผลดีต่อการป้องกันการแทรกซึมของคลอไรด์ในคอนกรีตหลังแช่ในสิ่งแวดล้อมทะเล เป็นเวลา 5 ปี [4] อย่างไรก็ตามการใช้เถ้าแกลบเปลือกไม้ในปริมาณที่สูงขึ้นถึงร้อยละ 50 กลับส่งผลให้สัมประสิทธิ์การแทรกซึมของคลอไรด์ในคอนกรีตมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างชัดเจน นั้นแสดงให้เห็นว่าปฏิกิริยาปอซโซลานระหว่างเถ้าแกลบเปลือกไม้ที่ผ่านการบดละเอียดกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์จากปฏิกิริยาไฮเดรชัน ให้ผลดีต่อคุณสมบัติด้านความคงทน และลดการแทรกซึมของคลอไรด์ลงได้ การใช้เถ้าแกลบเปลือกไม้ถึงร้อยละ 50 ของน้ำหนักวัสดุประสาน ส่งผลให้การแทรกซึมของคลอไรด์มีค่าสูงขึ้น อาจเป็นผลมาจากการใช้เถ้าแกลบเปลือกไม้ในปริมาณสูง ลดปริมาณของปูนซีเมนต์ในส่วนผสมคอนกรีตลง และส่งผลให้ความแข็งแรง ที่ได้จากปฏิกิริยาไฮเดรชันลดลง และนอกจากนั้นปริมาณเถ้าแกลบเปลือกไม้ส่วนที่เกินและไม่ได้ทำปฏิกิริยาปอซโซลาน ก็สามารถที่ละลายน้ำและถูกชะออกมาได้ง่าย ซึ่งส่งผลให้คอนกรีตเกิดความพรุนและทำให้คลอไรด์สามารถแทรกซึมเข้าไปในคอนกรีตได้ง่ายขึ้น

นอกจากนั้นในรูปที่ 3(ข) ที่ได้ใช้เถ้าปาล์มน้ำมันบดละเอียดที่ค่าคงที่เกรงเบอร์ 325 ไม่เกินร้อยละ 3 แทนที่เถ้าปาล์มน้ำมันในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 และแช่ตัวอย่างคอนกรีตในน้ำทะเลบริเวณชายฝั่งเป็นระยะเวลา 5 ปี [6] พบว่า การใช้เถ้าปาล์มน้ำมันในส่วนผสมคอนกรีตไม่เกินร้อยละ 25 มีผลให้ สัมประสิทธิ์การแทรกซึมของคลอไรด์ของคอนกรีตลดลงเมื่อเทียบกับคอนกรีตธรรมดา ส่วนการใช้เถ้าปาล์มน้ำมันในปริมาณที่สูงขึ้นถึงร้อยละ 50 กลับส่งผลให้การต้านทานการ

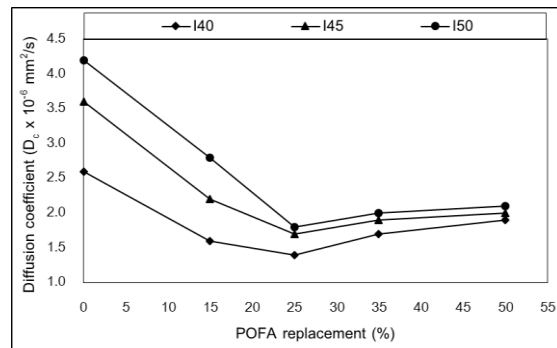
แทรกซึมของคลอไรด์ลดลงอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งคล้ายกับการใช้เถ้าแกลบเปลือกไม้ในคอนกรีตเพื่อป้องกันการทำลายเนื่องจากน้ำทะเล

จากตัวอย่างการใช้เถ้าชีวมวลทั้ง 2 ชนิด เพื่อเพิ่มความคงทนให้กับคอนกรีตเพื่อก่อสร้างในสิ่งแวดล้อมทะเล แสดงให้เห็นว่า เถ้าชีวมวลที่ผ่านการปรับปรุงลักษณะทางกายภาพโดยการบดให้ละเอียด มีศักยภาพทางวิศวกรรมที่สามารถใช้เป็นวัสดุประสานในงานคอนกรีตได้ อย่างไรก็ตามถึงแม้จะมีการบดเถ้าชีวมวลให้ละเอียดตั้งที่กล่าวมาข้างต้น เพื่อใช้ในงานคอนกรีต แต่ปริมาณการแทนที่เถ้าชีวมวลดังกล่าวในปริมาณที่สูงกลับส่งผลเสียอย่างชัดเจน โดยการแทนที่เถ้าชีวมวลในคอนกรีตที่สูงเกินกว่าร้อยละ 25 โดยน้ำหนักวัสดุประสานไม่ได้ส่งผลดีต่อการเพิ่มความคงทนให้กับคอนกรีต ประกอบกับกำลังอัดในคอนกรีตที่ผสมเถ้าชีวมวลมีค่าลดลงอย่างชัดเจนเมื่อใช้เถ้าชีวมวลในปริมาณที่สูงขึ้น

กลไกการป้องกันการแทรกซึมของคลอไรด์ในคอนกรีตที่ผสมเถ้าชีวมวลจะคล้ายกับวัสดุปอซโซลานชนิดอื่น กล่าวคือ เถ้าชีวมวลสามารถที่จะเกิดปฏิกิริยาปอซโซลานและทำให้เนื้อคอนกรีตมีความทึบหนามากขึ้น ตลอดจนปฏิกิริยาดังกล่าวช่วยลดแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ที่เป็นผลผลิตที่ได้จากปฏิกิริยาไฮเดรชันระหว่างปูนซีเมนต์กับน้ำได้ และเปลี่ยนให้เป็นสารที่มีคุณสมบัติเป็นวัสดุประสาน ตลอดจนแคลเซียมไฮดรอกไซด์ยังเป็นสารตั้งต้นที่ก่อให้เกิดการทำลายเนื่องจากซัลเฟตในน้ำทะเล โดยจะทำให้เกิดยิปซัมที่ละลายน้ำได้และส่งผลให้คอนกรีตมีความพรุนมากขึ้น ดังนั้นปฏิกิริยาปอซโซลานจึงมีส่วนช่วยอย่างมากในการทำให้คอนกรีตมีความทึบหนา และลดการซึมผ่านของสารเคมีที่จะเข้าไปทำอันตรายกับคอนกรีต



ก) เถ้าแกลบเปลือกไม้ [4]

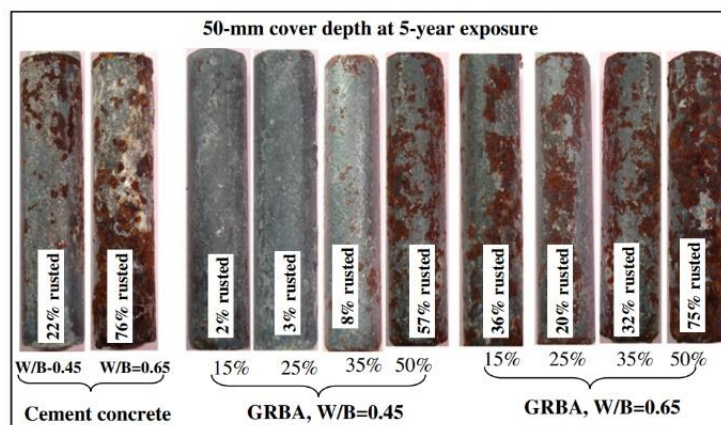


ข) เถ้าปาล์มน้ำมัน [6]

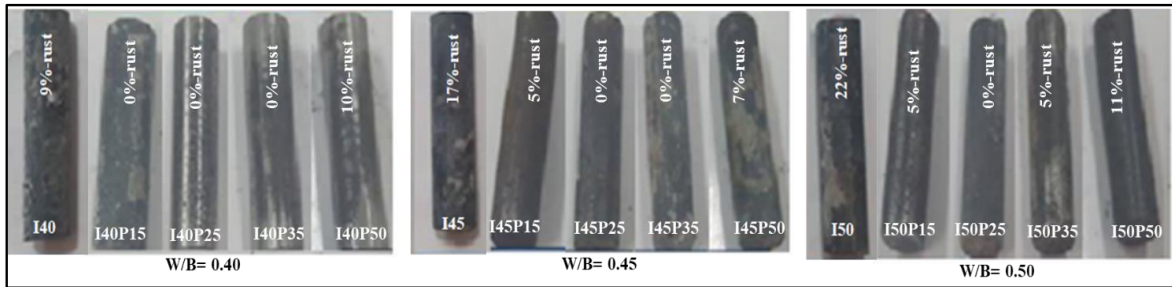
รูปที่ 3 สัมประสิทธิ์การแทรกซึมของคลอไรด์ในคอนกรีตที่ผสมเถ้าชีวมวลบดละเอียดหลังแช่น้ำทะเล บริเวณชายฝั่งเป็นเวลา 5 ปี [4, 6]

2.3 ผลของถ้าชีวมวลต่อการกัดกร่อนเหล็กเสริมของคอนกรีตในสิ่งแวดล้อมทะเล

เมื่อพิจารณาผลของถ้าชีวมวลต่อการเกิดสนิมในเหล็กเสริมคอนกรีตในงานวิจัยที่ผ่านมา [4, 8] ที่มีการศึกษาในคอนกรีตที่ผสมถ้ากลบเปลือกไม้และถ้าปาล์มน้ำมันบดละเอียด โดยเตรียมตัวอย่างคอนกรีตที่มีการฝังเหล็กเส้นกลม ที่ระยะคอนกรีตหุ้มเหล็กต่างๆ และแช่ตัวอย่างคอนกรีตบริเวณชายฝั่งทะเล โดยผลการศึกษาในถ้าชีวมวล ทั้ง 2 ชนิด มีแนวโน้มที่คล้ายกัน ดังรูปที่ 4 โดยคอนกรีตที่ผสมถ้าปาล์มน้ำมันหลังแช่น้ำทะเลเป็นเวลา 7 ปี ส่งผลให้การเกิดสนิมเหล็กลดลงในกลุ่มที่ใช้ถ้าปาล์มน้ำมันไม่เกินร้อยละ 25 และมีแนวโน้มของการเกิดสนิมเหล็กชัดเจนมากขึ้น เมื่อใช้ถ้าปาล์มน้ำมันถึงร้อยละ 50 ซึ่งสอดคล้องกับการแทรกซึมของคลอไรด์ดังที่กล่าวมาข้างต้น ส่วนคอนกรีตที่ผสมถ้ากลบเปลือกไม้หลังแช่น้ำทะเลบริเวณชายฝั่งเป็นเวลา 5 ปี พบว่าการใช้ถ้าเปลือกไม้บดละเอียดในปริมาณสูงไม่เกินร้อยละ 25 มีผลดีต่อการต้านทานการเกิดสนิมเหล็กและการใช้ปริมาณที่สูงขึ้นถึงร้อยละ 50 ส่งผลให้การเกิดสนิมเหล็กมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างชัดเจนเหมือนถ้าปาล์มน้ำมัน จากกรณีศึกษาการใช้ถ้าชีวมวลในการป้องกันการเกิดสนิมเหล็กในคอนกรีตบริเวณชายฝั่งทั้งสองชนิดนี้ พบว่าให้ผลไปในทิศทางเดียวกันกับการแทรกซึมของคลอไรด์ดังที่กล่าวมาข้างต้น โดยผลดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าการใช้ถ้าชีวมวลไม่เกินร้อยละ 25 โดยน้ำหนักวัสดุประสานส่งผลดีค่อนข้างชัดเจนต่อการเพิ่มความคงทนให้กับคอนกรีตบริเวณชายฝั่งทะเล ควบคู่กับความแข็งแรงเชิงกลที่ดี



ก) คอนกรีตผสมถ้ากลบเปลือกไม้หลังแช่น้ำทะเล 5 ปี [4]



ข) คอนกรีตผสมเถ้าปาล์มน้ำมันหลังแช่น้ำทะเล 7 ปี [8]

รูปที่ 4 การเกิดสนิมในเหล็กเส้นกลมที่ฝังระดับความลึก 50 มม.ในคอนกรีตผสมเถ้าชีวมวลบดละเอียดหลังแช่บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทย [4, 8]

3. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

เถ้าชีวมวลที่ผ่านการปรับปรุงสมบัติทางกายภาพโดยการบดให้ละเอียดให้ต่างตะแกรงเบอร์ 325 ไม่เกินร้อยละ 5 มีศักยภาพทางวิศวกรรม ในการเพิ่มความคงทนให้กับคอนกรีตเสริมเหล็กที่ต้องการก่อสร้างบริเวณชายฝั่งทะเล โดยจากกรณีศึกษาของเถ้าชีวมวลทั้ง 2 ชนิด พบว่าการใช้เถ้ากลบเปลือกไม้และเถ้าปาล์มน้ำมันที่บดละเอียดแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ไม่เกินร้อยละ 25 โดยน้ำหนักวัสดุประสาน ส่งผลดีต่อสมบัติด้านความคงทนและสมบัติเชิงกล ลดการแทรกซึมของคลอไรด์ เนื่องจากน้ำทะเลลงได้ พร้อมทั้งลดการเกิดสนิมในเหล็กที่ฝังในคอนกรีตลงได้อย่างชัดเจน โดยไม่ส่งผลเสียต่อกำลังอัดของคอนกรีต เมื่อเทียบกับคอนกรีตของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ที่ไม่ได้ผสมเถ้าชีวมวล อย่างไรก็ตามการประยุกต์ใช้เถ้าชีวมวลเพื่อเพิ่มความคงทนให้กับคอนกรีตในสิ่งแวดล้อมทะเล ควรมีผลการศึกษาจากแหล่งที่นำเชื้อถื้อของเถ้าชีวมวลชนิดนั้นๆที่สามารถยืนยันการนำไปใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพและมั่นใจ ตลอดจนในขั้นตอนของการก่อสร้างคอนกรีตผสมวัสดุปอโซลลานจะต้องมีการตรวจสอบค้ำยันแบบหล่อในช่วงต้นให้ยาวนานเพียงพอ เนื่องจากกำลังอัดของคอนกรีตที่ผสมเถ้าชีวมวลมีข้อด้อยในเรื่องของกำลังอัดระยะต้นต่ำ อาจเป็นผลให้คอนกรีตมีรอยแตกร้าวและมีการแทรกซึมของคลอไรด์ ตลอดจนส่งผลให้เกิดสนิมในเหล็กเสริมมากขึ้น โดยการใช้เถ้าชีวมวลดังกล่าว อาจไม่ได้ส่งผลดีต่อการเพิ่มความคงทนให้กับคอนกรีตในสิ่งแวดล้อมทะเลในระยะยาวได้เลยหากละเลยกระบวนการก่อสร้างที่ถูกต้อง

อ้างอิง (references)

- [1] Moffatt, E.G., Thomas, M.D.A., Fahim, A. (2017). Performance of high-volume fly ash concrete in marine environment. *Cem Concr Res*, 102, 127–135.
- [2] Yi, Y., Zhu, D., Guo, S., Zhang, Z., Shi, C. A. (2020). Review on the deterioration and approaches to enhance the durability of concrete in the marine environment. *Cem Concr Compos*, 113, 103695.
- [3] Chalee, W., Ausapanit, P., Jaturapitakkul, C. (2010). Utilization of fly ash concrete in marine environment for long term design life analysis. *Mater Des*, 31, 1242–1249.
- [4] Chalee, W., Sasakul, T., Suwanmaneechot, P., Jaturapitakkul, C. (2013). Utilization of rice husk–bark ash to improve the corrosion resistance of concrete under 5–year exposure in a marine environment. *Cem Concr Compos*, 37, 47–53.
- [5] Jaturapitakkul, C., Kiattikomol, K., Tangchirapat, W., Saeting, T. (2007). Evaluation of the sulfate resistance of concrete containing palm oil fuel ash. *Constr Build Mater*, 21, 1399–1405.
- [6] Ponhsampatea, L. Y., Tieng Cheewaket, & Wichian Chalee (2018). Chloride infiltration and reinforcement corrosion of concrete containing palm oil ash in a marine environment for 5 years. *The Journal of King Mongkut’s University of Technology North Bangkok*, 28(1), 23–36. (In Thai)
- [7] Chindaprasirt, P., Homwuttiwong, S., Jaturapitakkul, C. (2007). Strength and water permeability of concrete containing palm oil fuel ash and rice husk–bark ash. *Constr Build Mater*, 21, 1492–1499.
- [8] Chalee, W., Cheewaket, T., Jaturapitakkul, C. (2021). Enhanced durability of concrete with palm oil fuel ash in a marine environment. *J. Mater. Res. Technol*, 13, 128–137.

เกี่ยวกับผู้แต่งบทความ (Biography)

รองศาสตราจารย์ ดร.วิเชียร ชาลี ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ความเชี่ยวชาญและสนใจเกี่ยวกับความคงทนของคอนกรีตในสิ่งแวดล้อมทะเล วัสดุปอชโซลาน การใช้ประโยชน์จากของเสียอุตสาหกรรม

ดร.तीयง ชีวะเกตุ ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ความเชี่ยวชาญและสนใจเกี่ยวกับความคงทนของคอนกรีตในสิ่งแวดล้อมทะเล วัสดุปอซโซลาน

การอ้างอิงบทความ (citation)

วิเชียร ชาลี และ เทียง ชีวะเกตุ (2565), ความคงทนของคอนกรีตผสมเถ้าชีวมวลในสิ่งแวดล้อมทางทะเล (Durability of biomass ash concrete in marine environment), "วารสารคอนกรีต, สมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย, ปีที่ 16, ฉบับที่ 3, บทความหมายเลข TCA_M 160309, กันยายน-ธันวาคม, 10 หน้า.

Chalee, W. & Cheewaket, T. (2022) "Durability of biomass ash concrete in marine environment" *TCA Magazine, Thailand Concrete Association*, Vol. 16, Issue 3, Paper ID TCA_M 160309, Sep.-Dec., 10 pages.