

การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมและโครงสร้างเพื่อปรับปรุงท่าเทียบเรือ

Environmental and Structural Assessment for Port Improvements

ภาณุภูมิ มงคลสังข์^{1*}, ไตรทศ ขำสุวรรณ², จิรวาท พึ่งน้อย³ และสมภาพ พึ่งเสมา⁴

^{1*, 2} ภาควิชาวิศวกรรมโยธาสิ่งแวดล้อมและความยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

³One Engineering Consultants Co., Ltd.,

⁴SM Group Maritime Consultant Co., Ltd.

^{1*}E-mail: phakphum@siam.edu, ²E-mail: skamsuwan@yahoo.com

³E-mail: jiravit@one-engineer.com, ⁴E-mail: sompob.phu@smgroup.co.th

บทคัดย่อ

บทความนี้เสนอแนวทางการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมและการตรวจสอบโครงสร้างท่าเทียบเรือเพื่อการใช้ประกอบการปรับปรุงท่าเทียบเรือ ปัจจัยในการพิจารณาด้านสิ่งแวดล้อมได้แก่ 1.การเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมรอบโครงการ ลักษณะภูมิประเทศ ความสูงต่ำรวมถึงความกว้างยาวของชายฝั่ง การเปลี่ยนแปลงทางนิเวศวิทยาทางทะเล การขุดลอกร่องน้ำที่ส่งผลให้ทิศทางและความเร็วของกระแสน้ำเปลี่ยนแปลง 2.การเปลี่ยนแปลงประเภท ขนาดและปริมาณเรือที่เข้าออกบริเวณท่าเทียบเรือที่ส่งผลต่อการกัดเซาะชายฝั่งและคุณภาพน้ำทะเล การคมนาคมขนส่ง 3.ทัศนคติและการยอมรับของชุมชน ระดับการรบกวนที่ได้รับผลกระทบจากมลพิษ 4.ข้อมูลผลการตรวจวัดคุณภาพสิ่งแวดล้อม เช่น คุณภาพอากาศ ระดับเสียง คุณภาพน้ำทะเลและนิเวศวิทยา รวมถึงพื้นที่ของถังเก็บสารเคมีหรือเชื้อเพลิงและระบบควบคุมความปลอดภัย ส่วนการประเมินและการตรวจสอบโครงสร้างท่าเทียบเรือที่มีอายุการใช้งานนานอาจมีผลกระทบด้านการเสื่อมสภาพของวัสดุ อายุการใช้งาน เสถียรภาพ จึงจำเป็นต้องมีการตรวจสอบโครงสร้างโดยใช้วิธีการทดสอบแบบไม่ทำลายและกึ่งทำลาย ประกอบกับข้อมูลทางกายภาพของโครงสร้างทั้งด้านคุณสมบัติวัสดุ รายละเอียดทางวิศวกรรมและทางด้านวิศวกรรมธรณีเทคนิค ข้อมูลเรือที่เทียบท่า ความลึกหน้าท่า ความเร็วลม

* Corresponding author, e-mail: phakphum@siam.edu.

อุปกรณ์ประกอบเหล็กผูกเชือกเรือ ยางกันกระแทก นำมาวิเคราะห์ประเมินเสถียรภาพของโครงสร้างท่าเทียบเรือต่อไป จากการศึกษาพบว่า การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมและโครงสร้างก่อนการปรับปรุงท่าเทียบเรือ จะทำให้มีความปลอดภัยในการทำงานและสามารถอยู่ร่วมกันกับชุมชนได้อย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: ประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม ท่าเทียบเรือ การทดสอบแบบไม่ทำลาย เสถียรภาพ ยั่งยืน

Abstract

This paper presents a guideline for the EIA and the inspection of berthing structures for port renovations. Environmental considerations include 1. Change of environment around the project Topography Low height plus the length of coastline, Changes in marine ecology, Dredging of a channel that changes the direction and speed of the water currents. 2. Change of type: The size and volume of ships entering and departing at the jetty that affect coastal erosion and seawater quality Transportation 3. Community attitude and acceptance: The level of interference affected by pollution. 4. Environmental quality measurement data such as air quality, noise level, seawater quality, and ecology includes the area of a chemical or fuel storage tank and a safety control system. The evaluation and verification of long-lived berth structures can have a material degradation effect. Thus, structural inspection is required using nondestructive and semi-destructive testing methods. Evaluation and inspection of long-lived berth structures can have a material degradation effect. Thus, structural inspection is required using nondestructive and semi-destructive testing methods. Together with the physical data of the structure, both in terms of material properties Details in engineering and geotechnical engineering, Ship data, Hydrographic data, wind speed data, bollard, fender data. The data were further analyzed to assess the stability of the port structure. The study found that Environmental and structural impact assessments prior to port renovations will ensure a safe and sustainable coexistence with the community.

Keywords: Impact Assessment of Environmental, Port, Non-destructive test, Stability, Sustainable

1. ที่มาและความสำคัญ

การปรับปรุงท่าเทียบเรือเดิมและเปลี่ยนประเภทการใช้ท่าเรือเข้าข่ายประเภทและขนาดโครงการที่ต้องจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม ตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่องกำหนดประเภทและขนาดของโครงการหรือกิจการซึ่งต้องจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม และได้รับการพิจารณาเห็นชอบในรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม จากสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ตลอดจนให้ข้อเสนอแนะ เพื่อปรับปรุงแก้ไขการดำเนินโครงการให้มีความถูกต้องเหมาะสม ก่อให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมให้น้อยที่สุด และคำนึงถึงความปลอดภัยทางด้านวิศวกรรมโครงสร้างด้วย

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อเป็นการศึกษาแนวทางการประเมินวิเคราะห์ มาตรการป้องกันและแก้ไขผลกระทบสิ่งแวดล้อม

2.2 เพื่อศึกษาขั้นตอนวิธีการตรวจสอบโครงสร้างท่าเทียบเรือในบริเวณภาคใต้ฝั่งตะวันออก

3. ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 การตรวจประเมินด้านสิ่งแวดล้อมสามารถอ้างอิงตามคู่มือการตรวจประเมินด้านสิ่งแวดล้อมประเภทท่าเทียบเรือ ของสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม [1]

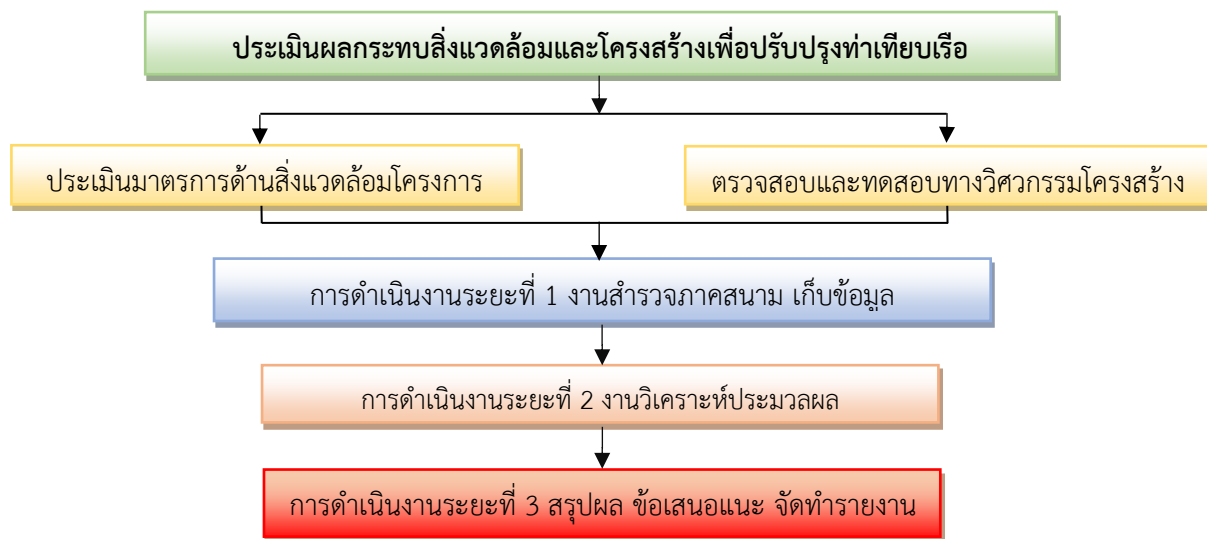
3.2 กลไกการทำลายของสภาวะแวดล้อมทะเลต่อคอนกรีตเสริมเหล็ก

ความเสียหายที่เกิดกับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กในสภาวะแวดล้อมทะเล เกิดจากสาเหตุทางกายภาพเช่น แรงกระแทกจากคลื่น ทราบ กรวด ส่งผลให้เกิดการสึกกร่อนบริเวณผิวหน้าคอนกรีต รวมไปถึงความแปรปรวนของระดับน้ำทะเล ความแรงและการพัดพาของคลื่น ความรุนแรงของการกัดกร่อนต่อคอนกรีตในแต่ละบริเวณอาจไม่เท่ากันตลอดทั้งโครงสร้างคอนกรีตที่อยู่ในสภาวะเปียกสลับแห้ง (Splash Zone) จะมีความเสียหายสูง เนื่องจากการสะสมสารเคมีทั้งซัลเฟต คลอไรด์ และเกลือต่างๆ ในช่องว่างของคอนกรีต ทำให้มีความเข้มข้นสูงกว่าปกติ จึงเกิดการกัดกร่อนที่รวดเร็ว [2, 3]

คลอไรด์เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เหล็กเสริมในคอนกรีตเป็นสนิม โดยไอออนของคลอไรด์ (Chloride Ions) แทรกซึมเข้าไปในคอนกรีตทำให้ค่าความเป็นด่างของคอนกรีตมีค่าลดลง และเมื่อมีน้ำและออกซิเจนเพียงพอจะทำให้เหล็กเกิดสนิม และสนิมเหล็กจะขยายตัวดันคอนกรีตบริเวณรอบๆ เหล็กเสริมให้แตกร้าว [4]

4. วิธีการดำเนินงาน

การดำเนินงานประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมและโครงสร้างเพื่อปรับปรุงท่าเทียบเรือ สรุปดังแผนภาพในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการดำเนินงาน

รายงานการปรับปรุงทำเทียบเรือที่ผ่านมาหลายแห่งได้แยกการดำเนินงานเป็น 2 ส่วนคือ ทีมประเมินด้านสิ่งแวดล้อมของโครงการ และทีมตรวจสอบทางวิศวกรรมโครงสร้าง โดยทีมงานทั้ง 2 ส่วนสามารถดำเนินงานในระยะต่างๆ ไปพร้อมกันได้ โดยในบทความนี้ได้นำโครงการที่ปรับปรุงทำเทียบเรือในบริเวณโซนภาคใต้ฝั่งตะวันออกมานำเสนอ

5. ผลการสำรวจและตรวจสอบ

5.1 ปัจจัยในการพิจารณาตรวจสอบประเมินด้านสิ่งแวดล้อมโครงการประเภททำเทียบเรือ

5.1.1 การเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมโดยรอบ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงสมุทรศาสตร์ สัตว์น้ำชายฝั่ง ส่งผลกระทบต่อทิศทาง ความเร็วลม คลื่น และกระแสน้ำ ลักษณะภูมิประเทศ การเปลี่ยนแปลงของชายฝั่ง โดยรอบ การเปลี่ยนแปลงลักษณะนิเวศวิทยาทางทะเล

5.1.2 การเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของโครงการ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงขนาดเรือที่เข้าเทียบท่าใหญ่ขึ้น ต้องขุดลอกร่องน้ำทำให้ส่งผลต่อทิศทางและความเร็วของกระแสน้ำเปลี่ยนแปลง การกีดขวางชายฝั่ง และคุณภาพของน้ำทะเล

5.1.3 ทักษะคน และการยอมรับจากชุมชน เน้นมาตรการด้านการสังคม การมีส่วนร่วมของประชาชน ปัญหาและผลกระทบจากมลพิษตั้งแต่ระดับการรบกวนแบบเหตุรำคาญทั่วไป (Nuisance or Annoyance Level) ไปจนถึงระดับที่มีผลต่อสุขภาพ (Health Effect Level)

5.1.4 ข้อมูลผลการตรวจวัดคุณภาพสิ่งแวดล้อม เช่น คุณภาพอากาศ ระดับเสียง คุณภาพน้ำทะเล และนิเวศวิทยาทางทะเล ปริมาณการจราจรและการเกิดอุบัติเหตุทางน้ำ โดยสำรวจความคิดเห็นและทัศนคติของประชาชน

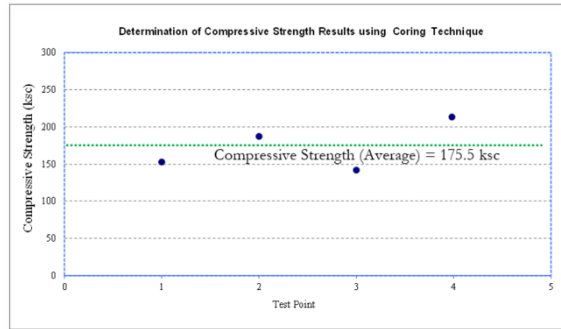
ตารางที่ 1 การประเมินมาตรการวิธีการป้องกันด้านสิ่งแวดล้อมโครงการทำเทียบเรือต่อผลกระทบด้านต่างๆ

ประเด็นผลกระทบ	มาตรการ
สมุทรศาสตร์และสิ่งแวดล้อมชายฝั่ง	ขุดลอกบำรุงรักษาร่องน้ำให้ปลอดภัยต่อการเดินเรือตามแผน ป้องกันการเปลี่ยนแปลงสภาพชายฝั่งโดยป้องกันการกัดเซาะที่เหมาะสม เช่น การเติมทราย ห้ายน้ำหรือเหื่อน้ำทุกปี
คุณภาพน้ำทะเล	ตรวจวัดคุณภาพน้ำทะเลปีละ 2 ครั้ง ตรวจวัดการกระจายตัวของตะกอนในช่วงบำรุงรักษาร่องน้ำ
คุณภาพอากาศระดับเสียง	ตรวจวัดคุณภาพอากาศบริเวณท่าเทียบเรือ และชุมชนใกล้เคียงอย่างน้อย 3 จุดเป็นเวลา 5 – 7 วันต่อเนื่อง ปีละ 2 ครั้งและจัดอุปกรณ์ป้องกันให้พนักงานขณะปฏิบัติงาน
น้ำทิ้ง	ระบบระบายน้ำฝนมีตะแกรงดักขยะและบ่อบำบัดน้ำฝนก่อนระบายออกนอกพื้นที่ และตรวจวัดคุณภาพน้ำทิ้งทางกายภาพและทางเคมีเป็นประจำทุกเดือน
นิเวศวิทยาชายฝั่ง ในทะเล	ตรวจวัดความอุดมสมบูรณ์ ชนิดและปริมาณของพืชและสัตว์ทุกปีๆ ละครั้ง
การคมนาคมขนส่ง	ติดตั้งหุ่นสัญญาณแสดงเส้นทางเข้า-ออกของเรือให้ชัดเจน ติดตั้งป้ายกำหนดความเร็วและทิศทางจราจร และจัดระเบียบการจราจรภายในพื้นที่และบริเวณทางเข้าออก บันทึกสถิติรายละเอียดการเกิดอุบัติเหตุ
การจัดการขยะมูลฝอย	จัดให้มีถังรวบรวมขยะมูลฝอยมาตรฐาน แบบแยกประเภทให้เพียงพอจุดละ 3 ใบ และตรวจสอบถังทุกเดือน พร้อมกับกำหนดช่วงเวลาจัดเก็บรวบรวมขยะมูลฝอยทุกวัน
การจัดการของเสียจากเรือ	ปฏิบัติตามกฎหมายข้อบังคับและหลักเกณฑ์ด้านสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย
คุณภาพชีวิต เศรษฐกิจและสังคมในชุมชน	ให้คนในท้องถิ่นเข้าทำงานเป็นลำดับแรก เข้าร่วมกิจกรรมบำเพ็ญประโยชน์แก่ชุมชนในท้องถิ่นอย่างสม่ำเสมอ
อาชีวอนามัยและความปลอดภัย	จัดหน่วยพยาบาลที่ได้รับการฝึกอบรมการปฐมพยาบาลและการรักษา ผู้ประสพภัยจัดฝึกอบรมแผนป้องกันและระงับอัคคีภัยเป็นประจำทุกปี ตรวจสุขภาพคนงานปีละ 1 ครั้ง

5.2 ผลการตรวจสอบและทดสอบทางวิศวกรรมโครงสร้าง

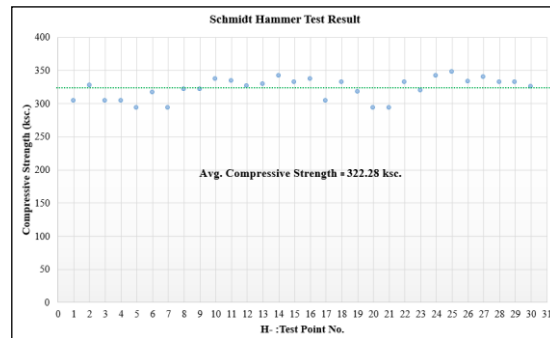
5.2.1 สํารวจโครงสร้างทางกายภาพเบื้องต้นเพื่อจัดทำแบบโครงสร้าง พร้อมตรวจสอบความเสียหายด้วยสายตาโดยวิธี Visual Inspection เพื่อประเมินและหาแนวทางการซ่อมแซมแก้ไข

5.2.2 การตรวจสอบกำลังอัดประลัยของคอนกรีต (f_c') โดยใช้วิธีเจาะเก็บตัวอย่างแท่งคอนกรีตด้วยวิธี coring และนำมาทดสอบในห้องปฏิบัติการ ดังรูปที่ 2



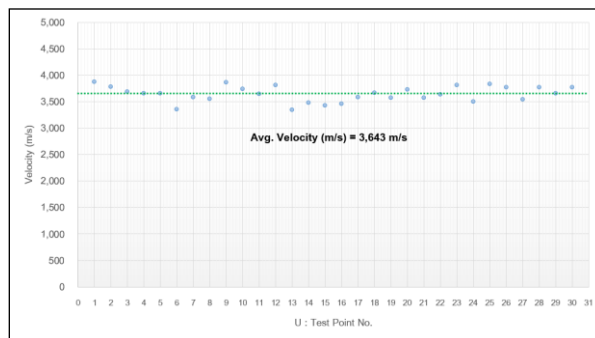
รูปที่ 2 เจาะเก็บตัวอย่างแท่งคอนกรีตด้วยวิธี Coring ตามมาตรฐาน ASTM C 42/C [5] และ ASTM C 39/C

5.2.3 การตรวจสอบกำลังอัดประลัยของคอนกรีต (f_c') วิธี Rebound Hammer ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 การตรวจสอบด้วย Rebound Hammer ตามมาตรฐาน ASTM C 805 [6]

5.2.4 การตรวจสอบต่อเนื่องของคอนกรีตด้วย Ultrasonic Pulse Velocity, UPV ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 การตรวจสอบด้วย Ultrasonic Pulse Velocity ตามมาตรฐาน ASTM C 597 [7]

5.2.5 สุ่มตรวจสอบรายละเอียดเหล็กเสริม โดยวิธีการตรวจสอบหาตำแหน่งเหล็กเสริม ดังรูปที่ 5



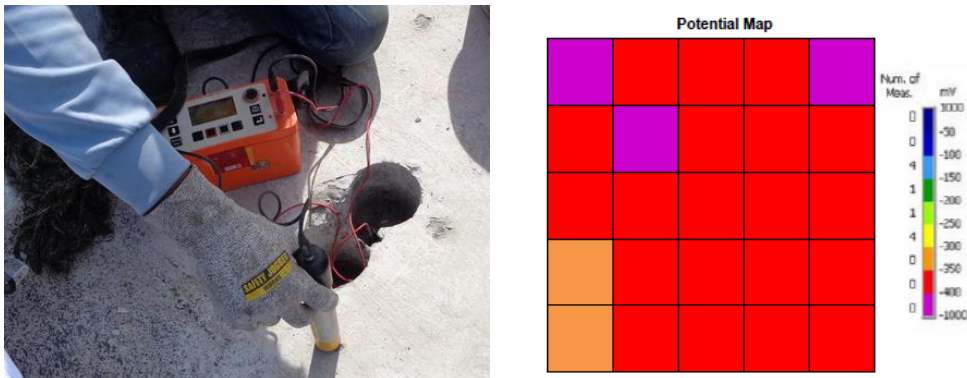
รูปที่ 5 การตรวจสอบหาตำแหน่งเหล็กเสริม โดยวิธี Rebar Scan ตามมาตรฐาน ASTM D6432 [8]

5.2.6 งานตรวจสอบกำลังรับแรงดึงของเหล็กเสริม F_u ด้วย Hardness Test และความหนาเหล็ก (Steel Thickness) โดย Ultrasonic Thickness ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 ตรวจสอบกำลังรับแรงดึงเหล็กเสริม F_u ด้วย Hardness Test ตามมาตรฐาน ASTM A 956 [9] และทดสอบความหนาเหล็กโดย Ultrasonic Thickness

5.2.7 งานทดสอบความเป็นไปได้การเกิดสนิมในเหล็กเสริมโครงสร้างด้วย Half Cell Potential อ้างอิงมาตรฐาน ASTM C 876 [6] ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 ทดสอบความเป็นไปได้การเกิดสนิมในเหล็กเสริมโครงสร้างด้วย Half Cell Potential [10]

5.2.8 งานทดสอบคุณสมบัติทางเคมีโดย pH Value Test, Chloride Content Test, Sulfate Content Test อ้างอิงมาตรฐาน ASTM A 751 [11]

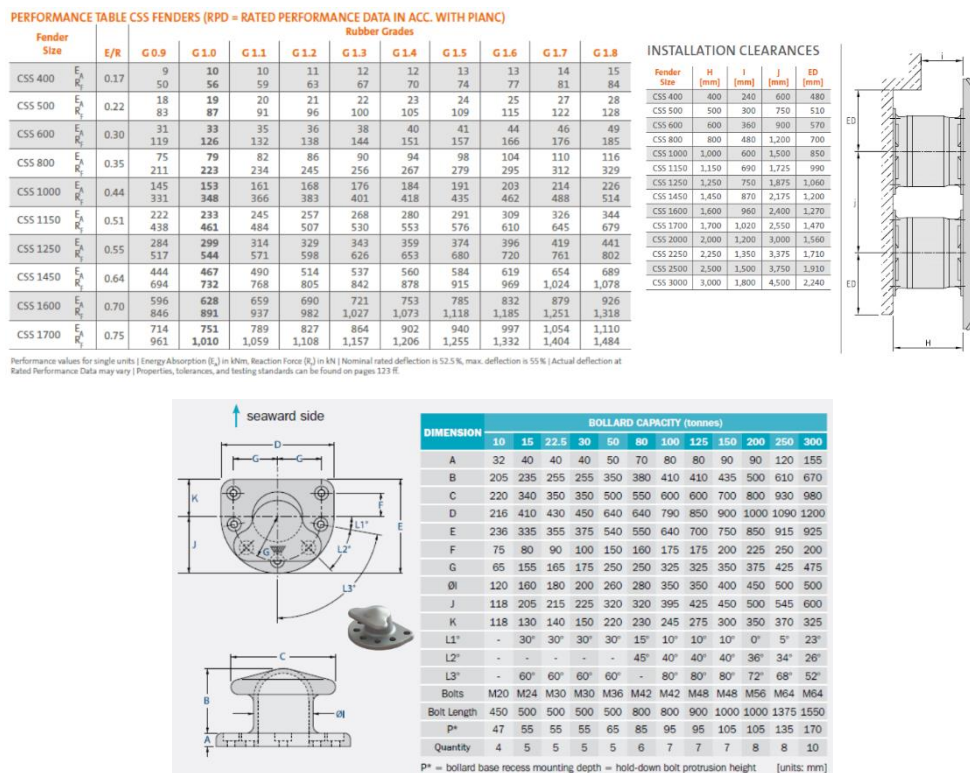
Sample No.	Structure	Depth (cm.)	pH-Value	Interpretation	Chloride Content (% w/w)	Interpretation	Sulfate Content (% w/w)	Interpretation
No.1	BD-1	0.0-2.5	11.0	Pass	0.165	Not Pass	0.170	Pass
		2.5-5.0	11.5	Pass	0.063	Not Pass	0.148	Pass
		5.0-7.5	12.1	Pass	0.045	Not Pass	0.140	Pass
No.2	BD-2	0.0-2.5	12.0	Pass	0.165	Not Pass	0.265	Pass
		2.5-5.0	12.1	Pass	0.160	Not Pass	0.175	Pass
		5.0-7.5	12.3	Pass	0.128	Not Pass	0.120	Pass
No.3	MD-1	0.0-2.5	11.1	Pass	0.168	Not Pass	0.440	Pass
		2.5-5.0	11.4	Pass	0.165	Not Pass	0.235	Pass
		5.0-7.5	11.6	Pass	0.160	Not Pass	0.191	Pass
No.4	MD-2	0.0-2.5	11.2	Pass	0.164	Not Pass	0.340	Pass
		2.5-5.0	11.4	Pass	0.134	Not Pass	0.222	Pass
		5.0-7.5	11.5	Pass	0.095	Not Pass	0.170	Pass

รูปที่ 8 ทดสอบคุณสมบัติทางเคมี ตามมาตรฐาน ASTM A 751 [11]

5.2.9 งานตรวจสอบและทดสอบทางวิศวกรรมฐานรากธรณีเทคนิคเพื่อขุดชั้นดิน ตรวจสอบงานระบบฐานราก งานเจาะสำรวจทดสอบหาความยาวเสาเข็มเหล็กโดยวิธี Integrity Testing

5.3 งานประเมินความมั่นคงแข็งแรงโครงสร้างท่าเทียบเรือ

5.3.1 ข้อมูลประกอบทั่วไปในการวิเคราะห์ความสามารถในการรับน้ำหนัก ออกแบบปรับปรุงโครงสร้างเพื่อเพิ่มความสามารถในการรองรับเรือที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ได้แก่ ข้อมูลสมุทรศาสตร์ ความเร็วลมเฉลี่ยและความสูงคลื่นตลอดปี ข้อมูลเรือ ความลึกหน้าท่าเรือ ความสามารถในการรับแรงของยางกันกระแทก (Fender) และหลักผูกเรือ (Bollard) ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 คุณสมบัติของยางกันกระแทก (Fender) และหลักผูกเรือ (Bollard)

5.3.2 แรงที่กระทำโครงสร้าง อาทิเช่น แรงกระทำจากน้ำหนักแนวดิ่ง (Gravity Load) ได้แก่ น้ำหนักบรรทุกทุกคงที่ของโครงสร้าง น้ำหนักบรรทุกจรบนโครงสร้าง แรงกระทำจากสิ่งแวดล้อม (Environmental Load) ได้แก่ แรงจากคลื่น กระแสน้ำ ลม กระทำกับโครงสร้าง และแรงกระทำอื่น ได้แก่ แรงดึงเชือกเรือเนื่องจากแรงลมกระทำ แรงกระแทก Berthing Dolphin เนื่องจากเรือ

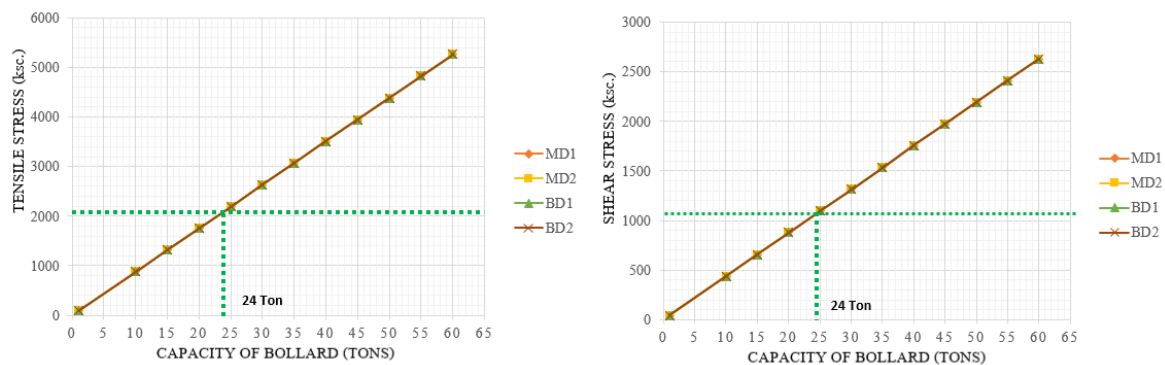
5.4 การวิเคราะห์โครงสร้าง

นำข้อมูลผลที่ได้จากงานทดสอบทางวิศวกรรม ข้อมูลทางสมุทรศาสตร์ ข้อมูลแรงที่กระทำต่อโครงสร้างทั้งหมดไปวิเคราะห์และประเมินความมั่นคงแข็งแรงของโครงสร้างโดยใช้โปรแกรม Finite Element

3D เพื่อวิเคราะห์หาหน่วยแรงต่างๆที่เกิดขึ้นกับโครงสร้าง ณ ปัจจุบัน หากสภาพโครงสร้าง ณ ปัจจุบันมีกำลังรับน้ำหนักมากกว่าแรงภายในที่เกิดขึ้น จึงถือว่าโครงสร้างมีความปลอดภัย ดังรูปที่ 10, 11

ตารางที่ 2 ค่าของแรงกระทำจากเรือกระทำต่อยางกันกระแทก (Fender) ท่าเทียบเรือ

DWT (Ton)	LOA (m.)	B (m.)	D (m.)	L _{bp}	C _b	C _m	Degree ϕ	C _e	Velocity m/s	E _N (T-m)	FS	E _A (T-m)	y (m.)
2,500	74	12.2	5.5	66.49	0.710	1.8	60	0.501	0.30	13.44	1.75	23.52	22.16
5,000	105	14.5	7.0	85.30	0.732	1.8	60	0.503	0.25	22.49	1.75	39.36	28.90
6,000	110	15.0	7.0	88.79	0.816	1.8	60	0.529	0.25	23.68	1.75	41.44	29.60
10,000	122	20.6	7.4	110.01	0.756	1.8	60	0.512	0.20	24.42	1.75	42.74	36.67



รูปที่ 10 ผลกำลังรับน้ำหนักของหลักผูกเชือกเรือ (Bollard)

SLAB : Slab MD1			
PROPERTIES DESIGN :			
f_c' =	185 ksc		
f_y =	3,000 ksc		
b =	100 cm	Corrosion rate	50 $\mu\text{m}/\text{year}$
t =	100 cm	Cl diffusion rate	0.4 cm^2/year
Cover =	7.5 cm	Distance Abnormal Cl	7.5 cm.
CAPACITY CHECK :			
Max Moment (t-m)	M_u =	29.80	
Moment Capable (t-m)	ϕM_n =	61.31	
FS : $\phi M_n / M_u$		2.06	
Check Moment Capable > Max Moment		Pass	
Max Shear (t)	V_u =	25.90	
Shear Capable (t)	ϕV_n =	56.68	
FS : $\phi V_n / V_u$		2.19	
Check Shear Capable > Max Shear		Pass	
Remaining Service Life Time : 18.3 year Base on field test results from corrosion			
Year to failure			

รูปที่ 11 ผลกำลังรับน้ำหนักของพื้นโครงสร้างท่าเทียบเรือ

6. บทสรุป

6.1 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมและโครงสร้างก่อนการปรับปรุงท่าเทียบเรือจะทำให้ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสามารถอยู่ร่วมกันกับชุมชนได้อย่างยั่งยืน

6.2 ผลการทดสอบ Coring Test ณ ปัจจุบันหากได้ค่ากำลังอัดต่ำต้องพิจารณาถึงสาเหตุของปัจจัยต่างๆ รวมถึงผลการทดสอบด้านอื่นประกอบด้วย โดยปกติกำลังอัดที่ใช้ในการออกแบบจะมีค่า 320-380 ksc.

6.3 ผลการทดสอบแนวโน้มการเกิดสนิมเหล็กโดย Half Cell Potential สามารถบอกแนวโน้มของการเกิดสนิมเหล็กในโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กได้ รวมถึงกำหนดขอบเขตพื้นที่การซ่อมแซมคอนกรีตได้อีกด้วย

6.4 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางเคมีโดยส่วนใหญ่ทำเทียบเรือที่ทำการตรวจสอบอายุการใช้งานเกิน 20 ปีในโซนภาคใต้ฝั่งตะวันออกค่า Chloride Content Test จะมีค่าต่ำไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน และการแทรกซึมจะถึงชั้นผิวเหล็กซึ่งจะส่งผลให้ชั้นฟิล์มที่เคลือบผิวเหล็กถูกทำลายจนทำให้เหล็กเกิดสนิม เมื่อสนิมขยายตัวจึงส่งผลให้คอนกรีตแตกร้าวซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบ Half Cell Potential และการทดสอบ Coring จะพบว่าบางครั้งไม่สามารถเก็บก้อนตัวอย่างได้เต็มก้อน ค่า Sulfate Content Test โดยส่วนใหญ่จะมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

6.5 การทดสอบแบบ Non-destructive Testing สามารถช่วยให้ตรวจสอบได้อย่างสะดวก รวดเร็ว ไม่ทำลายโครงสร้างและยังสามารถประเมินกำลังของโครงสร้าง ณ ปัจจุบันได้

6.6 การจำลองรูปแบบของโครงสร้างจะทำให้สามารถหาค่าแรงภายในที่เกิดขึ้น (Moment, Shear, Torsion, Axial force, Stress) และนำไปประเมินเปรียบเทียบกับผลการตรวจสอบดังกล่าวข้างต้น หากสภาพโครงสร้าง ณ ปัจจุบันมีกำลังรับน้ำหนัก (Strength) มากกว่าแรงภายในที่เกิดขึ้นจึงจะถือว่าโครงสร้างมีความปลอดภัยทางด้านกำลังรับน้ำหนัก

6.7 ควรมีการตรวจสอบ การซ่อมแซมบำรุงรักษาโครงสร้างของท่าเทียบเรืออยู่เสมอ พร้อมทั้งจัดทำแผนการซ่อมแซมและเสริมกำลังของโครงสร้าง (Strengthening) ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญเพื่อยืดอายุการใช้งานหรือเพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างปลอดภัยมากยิ่งขึ้น

7. กิตติกรรมประกาศ

การดำเนินงานของบทความนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีนั้นเนื่องจากการได้รับการสนับสนุนข้อมูลจาก บริษัท SM Group Maritime Consultant Co., Ltd. และ บริษัท One Engineering Consultants Co., Ltd.

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2556). “คู่มือการตรวจประเมินด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental Audit) ประเภทท่าเทียบเรือ”
- [2] วิเชียร ชำลี. (2552). เอกสารประกอบการสอนความคงทนคอนกรีต. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
- [3] ศูนย์วิชาการคอนกรีตซีแพค (CPAC Academy), (2002). หนังสือวิชาการของซีแพค “คอนกรีตเทคโนโลยี (Concrete Technology)”
- [4] ทวีชัย สำราญวานิช, (2552). รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัย การทำนายการแทรกซึมของคลอไรด์ในคอนกรีตที่อยู่ภายใต้สิ่งแวดล้อมคลอไรด์, ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
- [5] ASTM C42/C42M-03 (2003), Standard Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete. Annual Book of ASTM Standards, West Conshohocken, PA, American Society for Testing and Materials.

- [6] ASTM C805-02 (2003), Standard Test Method for Rebound Number of Hardened Concrete. Annual Book of ASTM Standards, Vol.04.02, ASTM, West Conshohocken, PA.
- [7] ASTM C597 (2003), Standard Test Method for Pulse Velocity through Concrete. Annual Book of ASTM Standards, Vol.04.02, ASTM, West Conshohocken, PA.
- [8] ASTM D6432 (2003), Standard Guide for Using the Surface Ground Penetrating Radar Method for Subsurface Investigation, Annual Book of ASTM Standards, ASTM, West Conshohocken, PA, American Society for Testing and Materials.
- [9] ASTM A956-12 (2003), Standard Test Method for Leeb Hardness Testing of Steel Products. Annual Book of ASTM Standards, Vol.01.05, ASTM, West Conshohocken, PA.
- [10] ASTM C876 (2003), Standard Test Method for Half – Cell Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete. Annual Book of ASTM Standards, Vol.03.02, ASTM, West Conshohocken, PA.
- [11] ASTM A751 (2007), Standard Test Method, Practices, and Terminology for Chemical Analysis of Steel Products. Annual Book of ASTM Standards, Vol.03.02, ASTM, West Conshohocken, PA.