



การประเมินโครงสร้างท่าเทียบเรือ Evaluation of Jetty Structures

ภาคภูมิ มงคลสังข์^{1,*} ไตรทศ ขำสุวรรณ²

^{1,2} สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม จ.กรุงเทพฯ

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอแนวทางการทดสอบแบบไม่ทำลายและกึ่งทำลายในการตรวจสอบเสถียรภาพของท่าเทียบเรือที่มีอายุการใช้งานนานซึ่งอาจมีผลกระทบด้านการเสื่อมสภาพของวัสดุ โดยมีประเด็นพิจารณาด้านอายุการใช้งาน ความคงทนของวัสดุ เสถียรภาพ การใช้งานของท่าเทียบเรือ โดยการสำรวจและวิเคราะห์จำเป็นต้องมีข้อมูลทั้งด้านสภาพทางกายภาพและรายละเอียดโครงสร้างทั้งด้านคุณสมบัติวัสดุ รายละเอียดทางวิศวกรรมและทางด้านวิศวกรรมธรณีเทคนิคเพื่อทราบถึงความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกทั้งโครงสร้างและระบบฐานรากเพื่อนำมาวิเคราะห์ประเมินเสถียรภาพของโครงสร้างท่าเทียบเรือต่อไป

คำสำคัญ: ท่าเทียบเรือ, เสถียรภาพ, การทดสอบแบบไม่ทำลาย

Abstract

This paper presents the results of non – destructive test and semi destructive test carried out in the evaluation of stability for Jetty structures. For each type and cause of damage or characteristic: service life, durability, and structural stability, execution of work and environmental effects. To evaluate the capacity of load carried, these investigate and analysis must have the data concern physical properties and structural details in both parts of structural material and geological properties. The mentioned technique can be used for safety evaluation of the Jetty structures in the future.

Keywords: Jetty, Stability, Non – destructive test

1. คำนำ

ท่าเทียบเรือหลายแห่งในแห่งประเทศไทยประสบปัญหาการเสื่อมสภาพและความเสียหายอันเนื่องมาจากการกัดกร่อน (Corrosion) ทั้งจาก คลอไรด์ภายในเนื้อคอนกรีตเอง (Internal chlorides) อาทิเช่น มวลรวม หรือน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีต และคลอไรด์จากภายนอก (External chlorides) อันเนื่องมาจากโครงสร้างในส่วนที่สัมผัสกับน้ำทะเลในช่วงน้ำขึ้นและสัมผัสกับอากาศในช่วงน้ำลง ทั้งนี้เนื่องจากพื้นที่ท่าเทียบเรือดังกล่าวโครงสร้างเป็น

* ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภาคภูมิ มงคลสังข์

E-mail address: phakphumm@yahoo.com

คอนกรีตเสริมเหล็กและสัมผัสบรรยากาศน้ำทะเล โดยทั่วไปสามารถแบ่งสภาพแวดล้อมการสัมผัสกับบรรยากาศทะเลของโครงสร้างคอนกรีตได้ 4 สภาวะคือ สภาวะโครงสร้างสัมผัสกับไอทะเล สภาวะโครงสร้างสัมผัสกับคลื่นชายฝั่งทะเล สภาวะของโครงสร้างอยู่ในช่วงน้ำขึ้นน้ำลง และสภาวะโครงสร้างจมอยู่ใต้น้ำทะเล จาก 4 สภาวะนี้ สภาวะสภาวะโครงสร้างสัมผัสกับคลื่นชายฝั่งทะเล สภาวะของโครงสร้างอยู่ในช่วงน้ำขึ้นน้ำลงเป็นสภาวะที่คอนกรีตจะเกิดความเสียหายรุนแรงที่สุด ซึ่งลักษณะการเสียหายของคอนกรีตที่สัมผัสกับน้ำเค็มจะเป็นการเสียหายที่เกิด ขึ้น เนื่องจากการเป็นสนิมของเหล็กเสริม และเมื่อเหล็กเสริมเป็นสนิมจะเกิดการขยายตัว และทำให้คอนกรีตแตกร้าเสียหาย

ดังนั้นเพื่อเป็นการยืดอายุการใช้งานของท่าเทียบเรือและเพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างปลอดภัย รวมไปถึงการรองรับเรือที่มีขนาดใหญ่ขึ้นจึงจำเป็นต้องมีการสำรวจตรวจสอบและประเมินความเสียหายทางกายภาพ ตรวจสอบความมั่นคงแข็งแรงของโครงสร้างหลัก เพื่อยืดอายุการใช้งานและรองรับการใช้งานได้ยาวนานต่อไป



รูปที่ 1 ท่าเทียบเรือโรงกลั่นน้ำมัน

2. ขอบเขตของงาน

2.1 งานสำรวจและตรวจสอบทางกายภาพ

2.1.1 งานสำรวจและประเมินสภาพเบื้องต้นของอาคารท่าเทียบเรือสำรวจสภาพโครงสร้างทางกายภาพของอาคาร และบันทึกข้อมูลขนาดโครงสร้าง เพื่อจัดทำแบบรายละเอียดแปลนอาคาร ตรวจสอบสภาพความเสียหาย รอยแตกร้า

2.1.2 สำรวจความลึกของทะเลโดยวิธี Echo Sounding

2.2 งานตรวจสอบและทดสอบทางวิศวกรรมโครงสร้าง

2.2.1 สุ่มตรวจสอบกำลังอัดปลายของคอนกรีต (f_c')

โดยใช้วิธีเจาะเก็บตัวอย่างแท่งคอนกรีตด้วยวิธี Coring และนำมาภาคทดสอบในห้องปฏิบัติการ และวิธี Rebound Hammer

2.2.2 การตรวจสอบต่อเนื่องของคอนกรีตด้วย Ultrasonic Pulse Velocity, UPV

2.2.3 สุ่มตรวจสอบรายละเอียดเหล็กเสริม โดยวิธีการตรวจสอบหาตำแหน่งเหล็กเสริม โดยวิธี GPR

2.2.4 งานตรวจสอบกำลังรับแรงดึงของเหล็กเสริม F_y ด้วย Hardness Test

2.2.5 งานทดสอบความเป็นไปได้การเกิดสนิมในเหล็กเสริมโครงสร้าง ด้วย Half Cell Potential

2.2.6 งานทดสอบคุณสมบัติทางเคมี

โดย pH Value Test, Chloride Content Test, Sulfate Content Test

2.2.7 งานตรวจสอบโครงสร้างเหล็กรูปพรรณ

ตรวจสอบความหนาสี (Dry Film Thickness) และ ความหนาเหล็ก (Steel Thickness) โดย Ultrasonic

2.2.8 งานตรวจสอบและทดสอบทางวิศวกรรมฐานรากกรณีเทคนิคตรวจสอบระบบฐานราก งานเจาะสำรวจทดสอบหาความยาวเสาเข็มเหล็ก

2.3 งานประเมินความมั่นคงแข็งแรงของโครงสร้างท่าเทียบเรือ

การตรวจสอบตามมาตรฐานการประเมินโครงสร้าง วิเคราะห์ความสามารถในการรับน้ำหนัก ออกแบบปรับปรุงโครงสร้างเพื่อให้มีความสามารถในการรองรับเรือที่มีขนาดใหญ่ขึ้น

2.4 จัดทำรายงานการวิเคราะห์ พร้อมแบบปรับปรุงท่าเทียบเรือ

3. ผลการสำรวจและตรวจสอบทางวิศวกรรม

3.1 งานสำรวจและประเมินสภาพเบื้องต้นของอาคารท่าเทียบเรือ

จากการสำรวจสภาพโครงสร้างทางกายภาพทั่วไปของอาคารท่าเทียบเรือโดยส่วนใหญ่ความเสียหายที่เกิดขึ้นแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สรุปสภาพความเสียหายโครงสร้างท่าเทียบเรือ

สภาพความเสียหายโครงสร้าง	รูปถ่าย
หลักผูกเรือ (Borlard) สนิมกัดกร่อน	
Fender ยางกันกระแทก Bolt เกิดสนิมกัดกร่อน	

สภาพความเสียหายโครงสร้าง	รูปถ่าย
Mooring Dolphin ผิวหน้าคอนกรีตร่อน	
Berth Structure คานเสา คสล. โดยรอบแตกร้าว กะเทาะร่อน	
Berthing Dolphin เสาเหล็กสนิมกัดกร่อน	
Berthing Dolphin โครงเหล็กถักเสริมแรงสนิมกัดกร่อน	
เหล็กกันชนท่าเรือ ท่อเหล็กเกิดสนิมกัดกร่อน	
คานสะพานทางเดิน ท้องคานพบรอยแตกร้าวคอนกรีตแตกกะเทาะร่อน	

สภาพความเสียหายโครงสร้าง	รูปถ่าย
ท้องพื้นตอม่อสะพานเดิมคอนกรีตแตกกะเทาะร่อน	

3.2 งานตรวจสอบและทดสอบทางวิศวกรรมโครงสร้าง

ในการตรวจสอบเพื่อหาคุณสมบัติทางวัสดุของคอนกรีตโครงสร้างโดยวิธีแบบทำลายและไม่ทำลาย อ้างอิงตามมาตรฐาน ACI 228 2R – 98 [1]

3.2.1 สุ่มตรวจสอบกำลังอัดประลัยของคอนกรีต (f_c')

วิธีเจาะเก็บตัวอย่างแท่งคอนกรีตด้วยวิธี Coring ดังรูปที่ 2 และนำมาทดสอบในห้องปฏิบัติการ อ้างอิงมาตรฐาน ASTM C 42/C [2] และ C 39/C



รูปที่ 2 เจาะเก็บตัวอย่างแท่งคอนกรีตด้วยวิธี Coring

วิธี Rebound Hammer อ้างอิงมาตรฐาน ASTM C 805 [3]

3.2.2 การตรวจสอบต่อเนื่องของคอนกรีตด้วย Ultrasonic Pulse Velocity, UPV ดังรูปที่ 3

วิธี Ultrasonic Pulse Velocity อ้างอิงมาตรฐาน ASTM C 597 [4]



รูปที่ 3 ผลการตรวจสอบด้วย Ultrasonic Pulse Velocity

3.2.3 สุ่มตรวจสอบรายละเอียดเหล็กเสริม โดยวิธีการตรวจสอบหาตำแหน่งเหล็กเสริม โดยวิธี GPR (Ground Penetrating Radar) [5]

3.2.4 งานตรวจสอบกำลังรับแรงดึงของเหล็กเสริม F_y ด้วย Hardness Test อ้างอิงมาตรฐาน ASTM A 956 [6] ดังรูปที่ 4 – 5

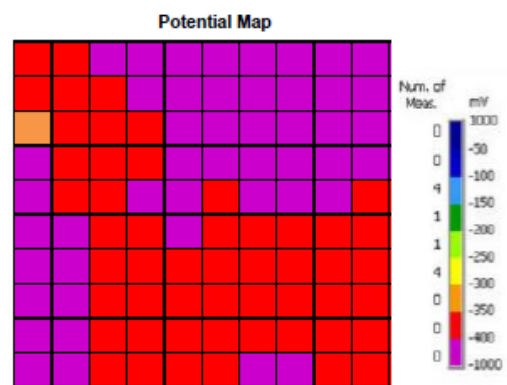


รูปที่ 4 ตรวจสอบกำลังรับแรงดึงของเหล็กเสริม F_y ด้วย Hardness Test

ลำดับ	ตำแหน่ง	กำลังดึงของเหล็กเสริม (ksc.)	
		กำลังดึงประลัย	กำลังดึงคราก
H-01	Breating Dolphin	4273	3418
H-02	Breating Dolphin	3405	2724
H-03	Breating Dolphin	4125	3300
H-04	Breating Dolphin	3453	2762
H-05	Breating Dolphin	3315	2652
H-06	Breating Dolphin	3628	2902
H-07	Breating Dolphin	3740	2992
H-08	Breating Dolphin	3668	2934
H-09	Breating Dolphin	3848	3078
H-10	Breating Dolphin	3325	2660

รูปที่ 5 ตัวอย่างผลกำลังรับแรงดึงของเหล็กเสริม F_y ด้วย Hardness Test

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



รูปที่ 6 ตัวอย่างผล Potential Map

3.2.6 งานทดสอบคุณสมบัติทางเคมี

โดย pH Value Test, Chloride Content Test, Sulfate Content Test อ้างอิงมาตรฐาน ASTM A 751 [8], ASTM C1152/C1152M-04 [9]

3.2.7 งานตรวจสอบโครงสร้างเหล็กรูปพรรณ

ตรวจสอบความหนาสี (Dry Film Thickness) และ ความหนาเหล็ก (Steel Thickness) โดย Ultrasonic ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 ตรวจสอบความหนาเหล็ก Steel Thickness

3.2.8 งานตรวจสอบและทดสอบทางวิศวกรรมฐานรากธรณีเทคนิค ตรวจสอบระบบฐานราก งานเจาะสำรวจทดสอบหาความยาวเสาเข็มเหล็ก โดยวิธี Integrity Testing

4. งานประเมินความมั่นคงแข็งแรงโครงสร้างท่าเทียบเรือ

การตรวจสอบตามมาตรฐานการประเมินโครงสร้าง วิเคราะห์ความสามารถในการรับน้ำหนัก ออกแบบปรับปรุงโครงสร้างเพื่อเพิ่มความสามารถในการรองรับเรือที่มีขนาดใหญ่ขึ้น

4.1 ข้อมูลประกอบทั่วไป

4.1.1 ข้อมูลสมุทรศาสตร์

ตรวจสอบข้อมูลสมุทรศาสตร์ ความเร็วลมเฉลี่ย และความสูงคลื่นตลอดปี ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ข้อมูลสมุทรศาสตร์

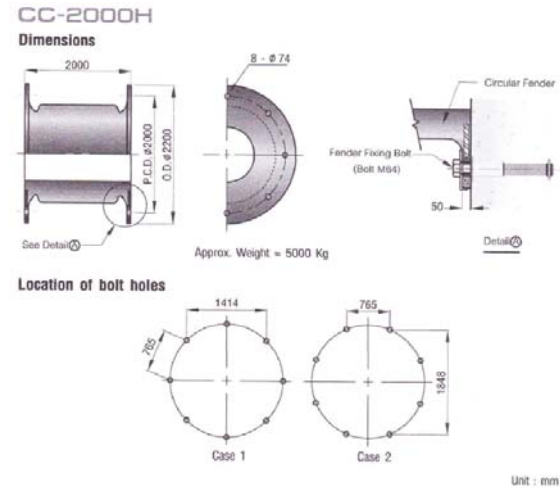
รายละเอียด		มรสุม ต่อ. เฉียง เหนือ	มรสุม ตต. เฉียงใต้	มรสุม เปลี่ยน แปลง	ตลอดปี
ความสูงคลื่น (เมตร)	สูงสุด	2.270	1.982	2.408	2.408
	เฉลี่ย	0.434	0.492	0.402	0.443
คาบเวลา ของคลื่น (วินาที)	สูงสุด	9.489	8.781	9.043	9.489
	เฉลี่ย	3.482	3.659	3.310	3.484
ความเร็วลม (น็อต)	สูงสุด	38.000	28.000	25.000	38.000
	เฉลี่ย	4.813	5.008	4.470	4.764
ทิศทางของ คลื่น (ร้อยละ)	มากที่สุด	SW	SW	SW	SW
	รองลงมา	SSW	WSW	NNE	SSW
เปอร์เซ็นต์ การเกิดคลื่น	มีคลื่น	83.610	87.763	82.767	84.717
	คลื่นสงบ	16.390	12.237	17.233	15.283

4.1.2 ข้อมูลเรือ

เพื่อใช้ประกอบการประเมินโครงสร้าง วิเคราะห์ความสามารถในการรับน้ำหนัก ออกแบบปรับปรุงโครงสร้างเพื่อเพิ่มความสามารถในการรองรับเรือที่มีขนาดใหญ่ขึ้น

4.1.3 ความสามารถในการรับแรงของ Fender

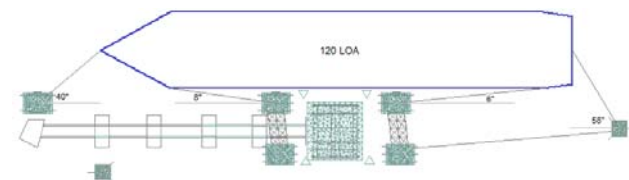
ตรวจสอบความสามารถในการรับแรงของ Fender ในปัจจุบันเพื่อประเมินความสามารถการรองรับเรือที่มีขนาดใหญ่ขึ้นในอนาคต ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 คุณสมบัติของ Fender

4.1.4 หลักผูกเรือ

ตรวจสอบประเมินความสามารถในการรับแรงผูกเรือของโครงสร้าง ดังรูปที่ 9 หลักให้สามารถรับแรงผูกเรือที่เกิดจากเรือขนาดใหญ่ขึ้นได้



รูปที่ 9 ตำแหน่งหลักผูกเรือ

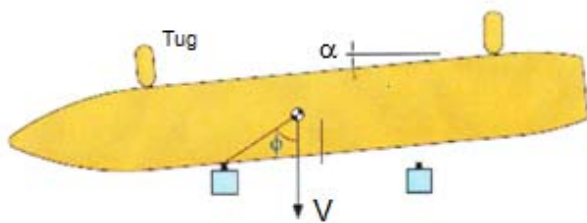
โดยมีข้อเสนอตำแหน่งมุมเชือกการในจอดเรือของ BS6349, ROM 0.2-90 PIANC ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ข้อแนะนำตำแหน่งมุมเชือกการในจุดของ BS6349

	Suggested BS6349, ROM 0.2-90 PIANC
Head Lines	45 ± 15°
FW Spring Lines	5 ± 10°
AF Spring Lines	5 ± 10°
Stern Lines	45 ± 15°
Vertical Line Angle (Head, Stern)	< 30°
Vertical Line Angle (Spring)	< 30°

4.2 แรงที่กระทำต่อโครงสร้าง

4.2.1 แรงกระแทก Berthing Dolphin เนื่องจากเรือ ดังรูปที่ 10



Typical Values

$0^\circ \leq \alpha \leq 10^\circ$
$100 \text{ mm/s} \leq V \leq 200 \text{ mm/s}$
$30^\circ \leq \phi \leq 90^\circ$

รูปที่ 10 แบบจำลองแรงกระแทกสามมิติท่าเทียบเรือ

4.2.2 แรงดึงเชือกเรือเนื่องจากแรงลมกระทำ

Wind Load Acting on Vessel ดังสมการที่ 1 และ 2 [10]

$$R_x = \frac{1}{2} \cdot \rho_a \cdot U^2 \cdot A_T \cdot C_x \quad (1)$$

X component of the wind force (kN)

$$R_z = \frac{1}{2} \cdot \rho_a \cdot U^2 \cdot A_L \cdot C_y \quad (2)$$

Z component of the wind force (kN)

Where

C_x drag coefficient in the X direction (from the front of the vessel)

C_y drag coefficient in the Z direction (from the front of the vessel)

U wind velocity (m/s) (25.00)

A_T transverse projected area the water surface (m²)

A_L lateral projected area the water surface (m²)

ρ_a density of air (0.00125)

4.2.3 แรงคลื่น,แรงลมและแรงกระแสน้ำที่กระทำกับโครงสร้าง

ดังสมการที่ 3 – 5 [10]

Wind Pressure

$$p = c \cdot q \quad (3)$$

p = wind pressure (kg/m²)

$$q = \text{velocity pressure (kg/m}^2\text{)} = \frac{1}{2} \cdot \rho_a \cdot U^2$$

U = wind design velocity 25 m/s

C = wind pressure coefficient 1.3

Wave Force

$$f_n = \frac{1}{2} \cdot C_D \cdot \rho_o \cdot U_n \cdot U_n \cdot D \cdot \Delta S + C_M \cdot P_o \cdot \alpha_n \cdot A \cdot \Delta S \quad (4)$$

f_n force action small length S in axial direction

C_D Drag coefficient (0.7 – 1.0)

C_M Interior coefficient

U_n Water particle velocity m/s

α_n Water particle acceleration m/s²

D Width of member m.

H_s Wave height m.

A Cross section m²

P_o Density of water t/m³

Wave force for Steel pile :

$$f_n = 0.10 \cdot \Delta S \quad \text{ton}$$

Current Force :

$$F_D = \frac{1}{2} \cdot C_D \cdot P_o \cdot A \cdot U^2 \quad \text{Steel Pile} \quad (5)$$

F_D drag force acting on object

C_D Drag coefficient

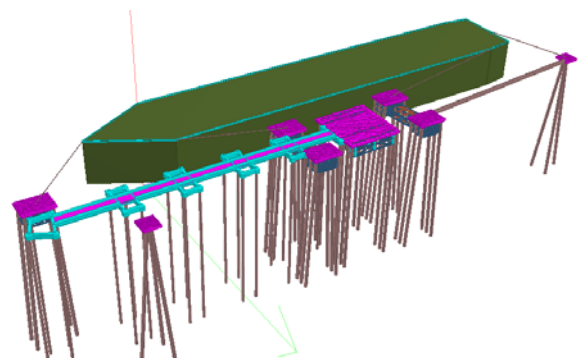
P_o Density of water t/m³

A Project Area of object in direction of current

U Flow velocity m/s

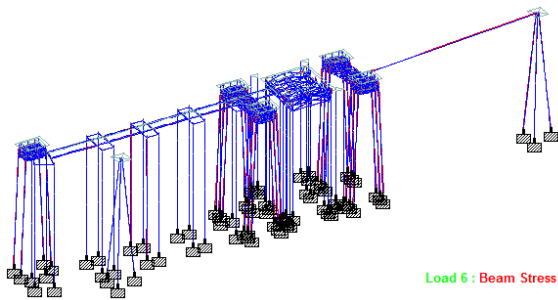
4.3 การวิเคราะห์โครงสร้าง

นำข้อมูลผลที่ได้จากงานทดสอบทางวิศวกรรม ข้อมูลทางสมุทรศาสตร์ ข้อมูลแรงที่กระทำต่อโครงสร้างทั้งหมดไปวิเคราะห์และประเมินความมั่นคง แข็งแรงของโครงสร้างโดยใช้โปรแกรม Finite Element 3D (STAAD Pro v8i) ในการขึ้นแบบจำลองสามมิติโครงสร้างของท่าเทียบเรือ ดังรูปที่ 11 เพื่อวิเคราะห์หาหน่วยแรงต่างๆที่เกิดขึ้น ดังรูปที่ 12 เนื่องจากแรงกระทำที่มีผลต่อโครงสร้างท่าเทียบเรือเปรียบเทียบกับสภาพโครงสร้าง ณ ปัจจุบัน



รูปที่ 11 แบบจำลองสามมิติท่าเทียบเรือ

หากสภาพโครงสร้าง ณ ปัจจุบันมีกำลังรับน้ำหนัก (Strength) มากกว่าแรงภายในที่เกิดขึ้น (Moment, Shear, Torsion, Axial force, Stress) จึงจะถือว่าโครงสร้างมีความปลอดภัยทางด้านกำลังรับน้ำหนัก



รูปที่ 12 ผลการวิเคราะห์หน่วยความเค้น (Stress Diagram)

5. บทสรุป

5.1 ผลการสำรวจทางกายภาพสามารถแยกลักษณะของการแตกร้าวของโครงสร้าง ระดับความรุนแรงของความเสียหายเพื่อนำไปประเมินสันนิษฐานสาเหตุความเสียหาย กำหนดขอบเขตของความเสียหายรวมถึงขอบเขตการซ่อมแซมและประเมินรูปแบบ วิธีของการซ่อมแซมเพื่อให้โครงสร้างมีความมั่นคงแข็งแรงต่อไป โดยการเสื่อมสภาพและความเสียหายของโครงสร้างทำเทียบเรือสาเหตุหลักเนื่องมาจากการกัดกร่อน (Corrosion) จากคลอไรด์ภายในเนื้อคอนกรีตเอง และจากการสัมผัสกับน้ำทะเลในช่วงน้ำขึ้น น้ำลง รวมถึงสิ่งมีชีวิตในทะเลได้แก่ ตัวเพรียง

5.2 การทดสอบแบบ Non-destructive Testing สามารถช่วยตรวจสอบได้อย่างสะดวก รวดเร็ว ไม่ทำลายโครงสร้างและยังสามารถประเมินกำลังของโครงสร้าง ณ ปัจจุบันได้

5.3 การจำลองรูปแบบของโครงสร้างจะทำให้สามารถหาค่าแรงภายในที่เกิดขึ้น (Moment, Shear, Torsion, Axial force, Stress) และนำไปประเมินเปรียบเทียบกับผลการตรวจสอบดังกล่าวข้างต้น หากสภาพโครงสร้าง ณ ปัจจุบันมีกำลังรับน้ำหนัก (Strength) มากกว่าแรงภายในที่เกิดขึ้น (Moment, Shear, Torsion, Axial force, Stress) จึงจะถือว่าโครงสร้างมีความปลอดภัยทางด้านกำลังรับน้ำหนัก

5.4 วิธีการป้องกันการเกิดสนิมของเหล็กเสริมเนื่องจาก คลอไรด์ แบ่งออกได้เป็น 2 แนวทาง คือ การปรับปรุงคุณภาพของคอนกรีตและเหล็กเสริม และการแก้ไขโดยอาศัยขบวนการทางไฟฟ้า

5.5 ควรมีการตรวจสอบ การซ่อมแซมบำรุงรักษาโครงสร้างของท่าเทียบเรืออยู่เสมอ โดยในบางกรณีอาจต้องมีการเสริมกำลังของโครงสร้าง (Strengthening) ด้วยเพื่อยืดอายุการใช้งานหรือเพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างปลอดภัยมากยิ่งขึ้น

5.6 การซ่อมแซมงานคอนกรีตซ่อมแซมตามวิธี Concrete Repair ส่วนการซ่อมเสาเหล็กภายหลังการทำความสะอาดขัดเพรียงและสนิมเหล็กที่ผิวเสา จากนั้นพันด้วย Marine Tape/HDPE Jacket ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต

5.7 นอกจากการซ่อมแซม ป้องกันโครงสร้างแล้ว ควรมีการควบคุมการออกแบบและควบคุมงานก่อสร้างให้โครงสร้างสามารถทนต่อสภาพการกัดกร่อนได้ตามข้อกำหนดมาตรฐานการออกแบบ เพื่อยืดอายุการใช้งานของโครงสร้างทำเทียบเรือให้ยาวนานต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- [1] ACI Committee 228.2R – 98, Nondestructive Test Methods for Evaluation of Concrete in Structures, ACI Annual of Concrete Practice, Farmington Hills, MI, American Concrete Institute.
- [2] ASTM C42/C42M-03, 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, 2003.
- [3] ASTM C805-02, Standard Test Method for Rebound Number of Hardened Concrete. Annual Book of ASTM Standards, Vol.04.02, ASTM, West Conshohocken, PA, American Society for Testing and Materials, 2003.
- [4] ASTM C597, Standard Test Method for Pulse Velocity through Concrete. Annual Book of ASTM Standards, Vol.04.02, ASTM, West Conshohocken, PA, American Society for Testing and Materials, 2003.
- [5] ASTM D6432, 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.
- [6] ASTM A956-12, Standard Test Method for Leeb Hardness Testing of Steel Products. Annual Book of ASTM Standards, Vol.01.05, ASTM, West Conshohocken, PA, American Society for Testing and Materials, 2003.
- [7] ASTM C876, 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, American Society for Testing and Materials, 2003.
- [8] ASTM A751, Standard Test Method, Practices, and Terminology for Chemical Analysis of Steel Products. Annual Book of ASTM Standards, Vol.03.02, ASTM, West Conshohocken, PA, American Society for Testing and Materials, 2007.
- [9] ASTM C1152/C1152M-04, Standard Test Method for Acid-Soluble Chloride in Mortar and Concrete. Annual Book of ASTM Standards, Vol.04.02, ASTM, West Conshohocken, PA, 2012.
- [10] Thor I.Fossen, Handbook of Marine Craft Hydrodynamics and Motion Control, John Wiley & Sons, Ltd, 2011.



การประชุมวิชาการ 21

ครั้งที่

21

วิศวกรรมโยธาแห่งชาติ

The 21st National Convention on Civil Engineering

“วิศวกรรมโยธาสู่พรมแดนใหม่และความท้าทายในอนาคต”

“Civil Engineering for Future Challenges and New Frontiers”

www.ncce21.org

28-30 มิถุนายน 2559

โรงแรม บีพี สมิหลา บีช สงขลา

28 - 30 June 2016

BP Samila Beach Hotel, Songkhla

