

การเกิดสนิมของเหล็กโครงสร้างชนิดต่างๆ ในสภาพแวดล้อมทะเล ของประเทศไทย

ภัควัฒน์ แสนเจริญ^{1*}, ประสงค์ เพิ่มสุวรรณ¹, สมนึก ตั้งเต็มสิริกุล¹ และ เอกรัตน์ ไวยนิตย์²

¹สถาบันเทคโนโลยีนานาชาติสิรินธร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

²ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

*pakawat@siit.tu.ac.th

บทคัดย่อ

การเกิดสนิมเป็นปัญหาที่สำคัญมากปัญหาหนึ่งที่พบ และก่อให้เกิดการเสื่อมสภาพของโครงสร้างเหล็กในหลายประเทศทั่วโลก ณ ปัจจุบันมีมาตรฐานการออกแบบโครงสร้างเหล็กซึ่งได้กำหนดอัตราการกัดกร่อนของเหล็กขึ้นในหลายประเทศ อย่างไรก็ตามเนื่องจากการเกิดสนิมของเหล็กขึ้นอยู่กับปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม และมลภาวะต่างๆ ซึ่งแตกต่างกันในแต่ละประเทศ ณ ปัจจุบันวิศวกรในประเทศไทยยังขาดข้อมูลด้านอัตราการกัดกร่อนของโครงสร้างเหล็กในสภาพแวดล้อมของประเทศไทย งานวิจัยนี้จึงดำเนินการศึกษาอัตราการกัดกร่อนในสภาพแวดล้อมจริงของเหล็กโครงสร้างชนิดต่างๆ ได้แก่เหล็กรีดร้อนชั้นคุณภาพ SS400, SM490YA และ เหล็กทนการกัดกร่อนชั้นคุณภาพ SMA490 ตามมาตรฐาน JIS G3101 JIS G3106 และ JIS G3114 ตามลำดับ โดยทำการทดสอบในสภาพบรรยากาศ และสภาพน้ำขึ้น-น้ำลง ของสภาพแวดล้อมทะเลบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง จากผลการทดสอบพบว่าอัตราการเกิดสนิมของเหล็กรีดร้อนมีค่าสูงกว่าเหล็กทนการกัดกร่อน และมีอัตราการกัดกร่อนอยู่ในค่าที่แนะนำตามมาตรฐานต่างประเทศ อย่างไรก็ตามอัตราการกัดกร่อนของเหล็กในสภาพน้ำขึ้น-น้ำลง มีค่าสูงกว่าค่าที่แนะนำตามมาตรฐานต่างประเทศอยู่หลายเท่าตัว ดังนั้นวิศวกรควรคำนึงถึงผลของสภาพแวดล้อมต่อการออกแบบความคงทน และอายุการใช้งานของโครงสร้างเหล็กในประเทศไทย

1. บทนำ

การเกิดสนิมของโครงสร้างเหล็กมีปัจจัยที่มีผลกระทบหลายประการ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณคลอไรด์ และปริมาณซัลเฟต [1] ซึ่งโดยปกติต้องมีการออกแบบระบบป้องกันการเกิดสนิมของโครงสร้างเหล็กไม่ว่าจะเป็นการเคลือบผิวป้องกันการเกิดสนิม การใช้วิธีทางไฟฟ้าเคมี เป็นต้น ซึ่งในการออกแบบระบบป้องกันการเกิดสนิม วิศวกรจำเป็นต้องทราบระดับความรุนแรงของสภาพแวดล้อมต่ออัตราการเกิดสนิมของโครงสร้างเหล็ก ซึ่งตามมาตรฐาน ISO12944 [1] ได้แบ่งระดับความรุนแรงของสภาพแวดล้อมออกเป็น 5 ระดับตามความหนาของชั้นตัวอย่างเหล็กที่หายไปต่อระยะเวลา 1 ปีเนื่องจากการกัดกร่อน ซึ่ง ณ ปัจจุบันประเทศไทยยังไม่มีข้อมูลด้านอัตราการกัดกร่อนเพื่อใช้ในการออกแบบ จึงเป็นที่มาของการศึกษานี้

2. วิธีการวิจัย

2.1 การเตรียมตัวอย่าง

ชั้นตัวอย่างเหล็กแผ่นรีดร้อนชั้นคุณภาพ SS400, SM490YA และเหล็กทนการกัดกร่อนชั้นคุณภาพ SMA490 ตามมาตรฐาน JIS G3101 JIS G3106 และ JIS G3114 ตามลำดับ ขนาด 150 มม.*70 มม. ความหนา 3 มม. ถูกเตรียมตามมาตรฐาน ISO8565 [2] ตั้งแต่ขั้นตอนการพันทราย การขัดผิวชั้นตัวอย่าง การชั่งน้ำหนัก และการติดตั้ง เพื่อทดสอบอัตราการกัดกร่อนของชั้นตัวอย่างในสภาพแวดล้อมบรรยากาศ

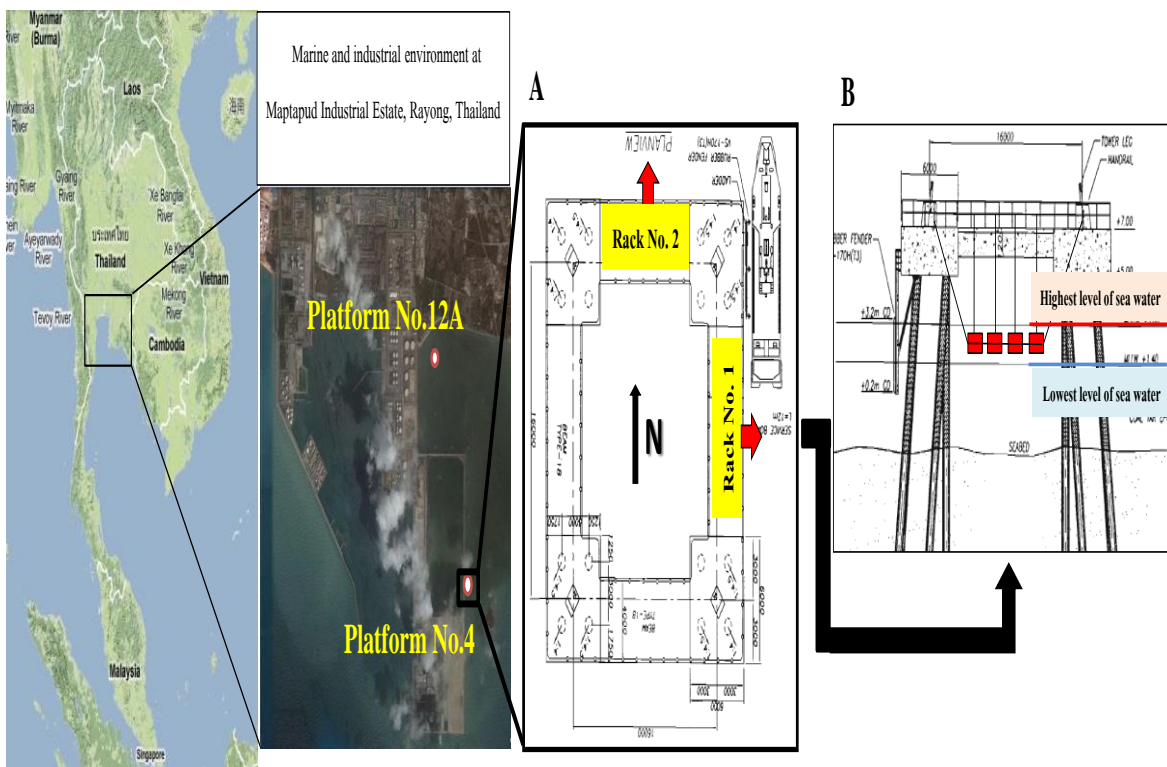
2.2 การทดสอบ

ชั้นตัวอย่างถูกทดสอบใน 2 สภาวะ ได้แก่ สภาพบรรยากาศ และสภาพน้ำขึ้น-น้ำลงในบริเวณริมทะเลของนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง ในการทดสอบในสภาพบรรยากาศ ดำเนินการติดตั้งชั้นตัวอย่างตามมาตรฐาน ISO8565 [2] โดยติดตั้งชั้นตัวอย่างหันไป 2 ทิศทาง ได้แก่ ทิศตะวันออก และทิศเหนือ เพื่อศึกษาผลกระทบของทิศทางต่ออัตราการเกิดสนิม ในส่วนการทดสอบในสภาพน้ำขึ้น-น้ำลงดำเนินการติดตั้งชั้นตัวอย่าง ระดับ

วารสารคอนกรีต TCA e-magazine



กึ่งกลางของระดับน้ำขึ้นสูงสุด และระดับน้ำลงต่ำสุด โดยติดตั้งขึ้นตัวอย่างใน 2 ตำแหน่ง ได้แก่ ตำแหน่งที่เป็นทะเลเปิด และตำแหน่งที่เป็นทะเลปิด (มีผลกระทบของน้ำจืดจากพื้นที่บนบก) ดังแสดงในรูปที่ 1 และรูปที่ 2



รูปที่ 1 ตำแหน่งการติดตั้งขึ้นตัวอย่าง



รูปที่ 2 การติดตั้งขึ้นตัวอย่าง

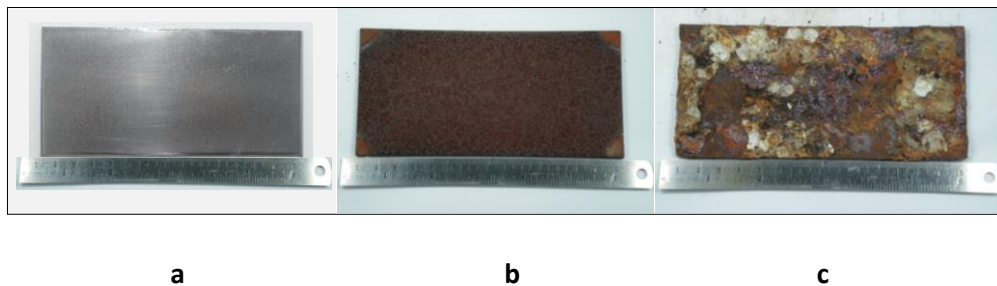
สมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย

ชั้น 3 อาคารสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย 487 รามคำแหง 39 ถ.รามคำแหง แขวงพลับพลา เขตวังทองหลาง กรุงเทพฯ 10310
โทรศัพท์ 0-2935-6539 โทรสาร 0-2935-6538 Email : thaitca@gmail.com Homepage : <http://www.thaitca.or.th>

ในการศึกษาได้ดำเนินการทดสอบอัตราการกัดกร่อนของซันตัวอย่างที่ระยะเวลา 1, 3, 6 และ 12 เดือน หลังจากเริ่มติดตั้งซันตัวอย่าง โดยอัตราการกัดกร่อนใช้วิธีการแช่กรดตามมาตรฐาน ISO8407 [3]

3. ผลการทดสอบ

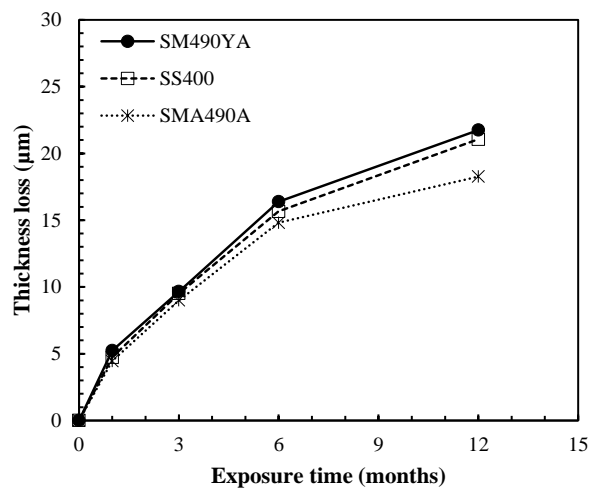
รูปที่ 3 แสดงสภาพของซันตัวอย่างก่อน และหลังการทดสอบเป็นระยะเวลา 12 เดือน จากรูปแสดงให้เห็นสนิมที่เกิดขึ้นที่ผิวของซันตัวอย่างทั้งในสภาพบรรยากาศ และสภาพน้ำขึ้น-น้ำลง โดยซันตัวอย่างในสภาพน้ำขึ้น-น้ำลงมีการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตในทะเล เช่น เพรียง หอย เป็นต้น บริเวณผิวของซันตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ 3c



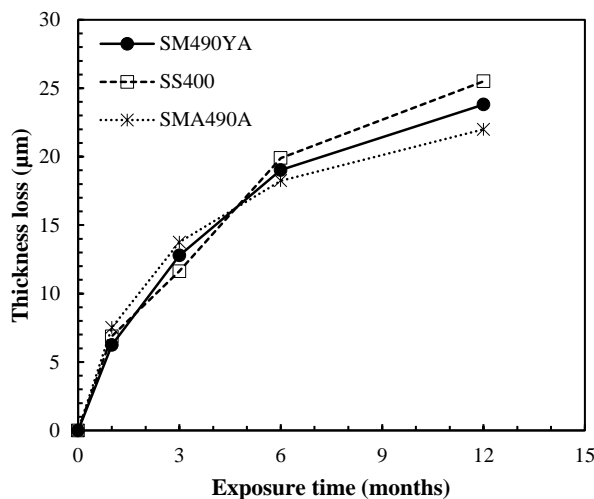
รูปที่ 3 ซันตัวอย่าง (a) ก่อนการทดสอบ (b) หลังการทดสอบในสภาพบรรยากาศเป็นระยะเวลา 12 เดือน (c) หลังการทดสอบในสภาพน้ำขึ้น-น้ำลงเป็นระยะเวลา 12 เดือน

รูปที่ 4 และ 5 แสดงผลการทดสอบอัตราการกัดกร่อนของซันตัวอย่างเหล็กทั้ง 3 ชนิดในสภาพบรรยากาศบนซันตัวอย่างที่หันไปในทิศทางตะวันออก และเหนือ ตามลำดับ จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าเหล็กทนการกัดกร่อน (SMA490A) มีอัตราการกัดกร่อนต่ำที่สุดที่ระยะเวลาการทดสอบ 12 เดือน แม้ว่าอัตราการกัดกร่อนของเหล็กทนการกัดกร่อนจะสูงกว่า

เหล็กที่ร้อนทั่วไปเล็กน้อยในช่วงต้นของการทดสอบ ซึ่งงานวิจัยที่ผ่านมา [4, 5] ได้แสดงให้เห็นว่าชั้นสนิมที่เกิดขึ้นของเหล็กทนทานการกัดกร่อนจะเป็นชั้นป้องกันการเกิดสนิมของเหล็กทนทานการกัดกร่อน ซึ่งทำให้อัตราการกัดกร่อนลดลงในระยะยาว



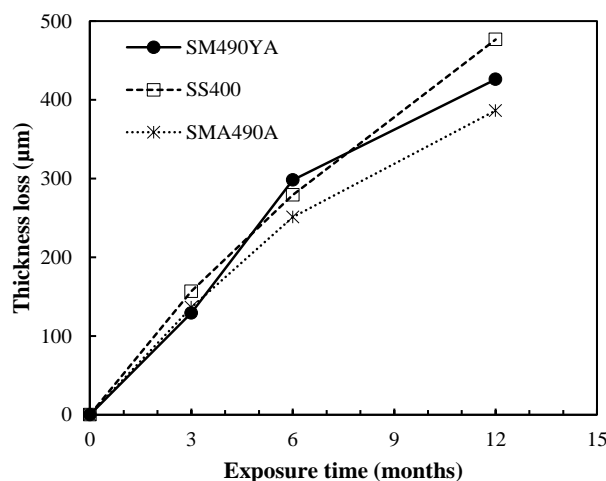
รูปที่ 4 ผลการทดสอบอัตราการกัดกร่อนของชิ้นตัวอย่างในสภาพบรรยากาศ หันทิศตะวันออก



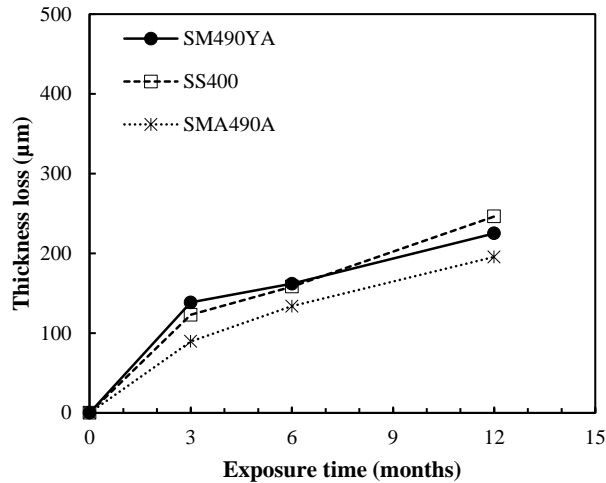
รูปที่ 5 ผลการทดสอบอัตราการกัดกร่อนของชิ้นตัวอย่างในสภาพบรรยากาศ หันทิศเหนือ

จากผลการทดสอบในรูปที่ 4 และ 5 แสดงผลของทิศทางต่ออัตราการกัดกร่อน จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าชั้นตัวอย่างที่หันทิศทางเหนือ มีอัตราการกัดกร่อนสูงกว่าชั้นตัวอย่างที่หันทิศตะวันตกออกประมาณร้อยละ 25 ซึ่งเป็นผลมาจากทิศทางลม และทิศทางแสงแดด โดยจากผลการทดสอบปริมาณคลอไรด์ที่ตกกระทบสะสมบนผิวชั้นตัวอย่าง พบว่าชั้นตัวอย่างที่หันไปทิศเหนือ มีปริมาณของคลอไรด์ที่ผิวสูงกว่าชั้นตัวอย่างที่หันทิศตะวันตกออก [6]

รูปที่ 6 และ 7 แสดงผลการทดสอบอัตราการกัดกร่อนของชั้นตัวอย่างเหล็กทั้ง 3 ชนิดในสภาพน้ำขึ้น-น้ำลงที่ติดตั้งในบริเวณทะเลเปิด และทะเลปิด ตามลำดับ จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าเหล็กทนการกัดกร่อนยังมีอัตราการกัดกร่อนที่ต่ำที่สุด อย่างไรก็ตาม หากเปรียบเทียบกับอัตราการกัดกร่อนในสภาพบรรยากาศจะพบว่า การกัดกร่อนของเหล็กในระดับน้ำขึ้น-น้ำลง สูงกว่าถึงเกือบ 10 เท่า ซึ่งเนื่องมาจากปัจจัยหลายประการ เช่น ปริมาณคลอไรด์ที่สูง ปริมาณความชื้นที่สูง การเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตในทะเลบนผิวของเหล็ก เป็นต้น



รูปที่ 6 ผลการทดสอบอัตราการกัดกร่อนของชั้นตัวอย่างในสภาพน้ำขึ้น-น้ำลง ในทะเลเปิด



รูปที่ 7 ผลการทดสอบอัตราการกัดกร่อนของชิ้นตัวอย่างในสภาพน้ำขึ้น-น้ำลง ในทะเลเปิด

หากเปรียบเทียบผลของทะเลเปิด และทะเลปิดต่ออัตราการกัดกร่อนของเหล็ก พบว่าชิ้นตัวอย่างที่ทดสอบในบริเวณทะเลเปิด ซึ่งอยู่ใกล้ฝั่ง และมีผลกระทบของน้ำจืดไหลลงมาจากฝั่ง จะมีอัตราการกัดกร่อนต่ำกว่าชิ้นตัวอย่างที่ติดตั้งในทะเลเปิด โดยเป็นมาจากปริมาณคลอไรด์ที่ต่างกัน ปริมาณออกซิเจนที่ต่างกัน และการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตในทะเลที่ต่างกัน

ตารางที่ 1 แสดงผลสรุปอัตราการกัดกร่อนของเหล็กชนิดต่างๆ ในสภาพแวดล้อมทะเลของประเทศไทย โดยแสดงสัมประสิทธิ์เพื่อใช้ในการคาดการณ์อัตราการเกิดสนิมในระยะยาวตามสมการที่ 1

$$C = At^B \quad (1)$$

โดยที่ C คือ การสูญเสียความหนาของเหล็ก (ไมครอน), t คือ ระยะเวลา (เดือน) และ A, B คือ สัมประสิทธิ์ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 2 แสดงตัวอย่างอัตราการกัดกร่อนของโครงสร้างเหล็กที่แนะนำตามมาตรฐาน BS6349-1 หากเปรียบเทียบกับอัตราการกัดกร่อนของเหล็กในสภาพแวดล้อมทะเลของประเทศไทยดังแสดงในตารางที่ 1 จะพบว่า อัตราการกัดกร่อนของเหล็กในสภาพบรรยากาศมีค่าใกล้เคียงกัน แต่ในสภาพน้ำจืด-น้ำล้นอัตราการกัดกร่อนของประเทศไทยมีค่าสูงกว่าค่าที่แนะนำตามมาตรฐาน BS6349-1 สูงมาก ดังนั้นวิศวกรควรคำนึงถึงความแตกต่างของสภาพแวดล้อมในการพิจารณาออกแบบด้านความคงทนของโครงสร้างเหล็ก

ตารางที่ 1 สรุปผลการทดสอบการกัดกร่อนของเหล็กชนิดต่างๆ ในสภาพแวดล้อมทะเลของประเทศไทย

Steel type	Condition	Location	Corrosion rate ($\mu\text{m}/\text{year}$)	A	B
SM490YA	Atmospheric	Rack 1	22.68	5.25	0.59
		Rack 2	25.86	6.59	0.55
	Tidal	Under 4	461.42	54.45	0.86
		Under 12A	218.63	91.62	0.35
SS400	Atmospheric	Rack 1	22.21	4.83	0.61
		Rack 2	26.50	6.81	0.55
	Tidal	Under 4	480.29	65.46	0.80
		Under 12A	238.6	68.71	0.50
SMA490A	Atmospheric	Rack 1	19.93	4.63	0.59
		Rack 2	23.53	7.93	0.44
	Tidal	Under 4	398.53	61.66	0.75
		Under 12A	196.18	48.31	0.56

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบอัตราการกัดกร่อนของเหล็กชนิดต่างๆ ในสภาพแวดล้อมทะเลของประเทศไทยกับมาตรฐาน BS6349-1

Exposure zone	Corrosion rate $\mu\text{m}/\text{year}$		Results of the study $\mu\text{m}/\text{year}$		
	Mean	Upper limit*	SM490YA	SS400	SMA490A
Atmospheric zone	40	100	25	26	23
Splash zone	80	170	-	-	-
Tidal zone	40	100	461	480	398
Seawater immersion zone	40	130	-	-	-

*The upper limit is the 95% probability values

4. สรุปผลการทดลอง

อัตราการกัดกร่อนของเหล็กโครงสร้างแต่ละชนิดขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีและสภาพแวดล้อมเป็นหลัก จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าผลขององค์ประกอบทางเคมีในเหล็กทนการกัดกร่อน ช่วยลดอัตราการกัดกร่อนในระยะยาวลงได้ ทิศทางที่ทำให้การตกกระทบสะสมของคลอไรด์สูงขึ้นจะทำให้อัตราการกัดกร่อนสูงขึ้น และคุณภาพของน้ำทะเลที่มีปริมาณคลอไรด์สูง ปริมาณออกซิเจนสูง การเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตในทะเลสูง จะช่วยเร่งให้เกิดการกัดกร่อนที่เร็วขึ้น วิศวกรควรคำนึงถึงความแตกต่างกันของสภาพแวดล้อมของประเทศไทย กับสภาพแวดล้อมของมาตรฐานที่ใช้ในการออกแบบด้านความคงทนของโครงสร้างเหล็ก

เอกสารอ้างอิง

1. ISO 12944-2, 1998, Paint and varnishes- corrosion protection of steel structures by protective paint systems, Part 2 Classification of environments, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
2. ISO 8565, 1992, Metals and alloys – Atmospheric corrosion testing – General requirements for field tests, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

3. ISO 8407, 1991, Corrosion of metals and alloys – Removal of corrosion products from corrosion test specimens, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
4. A.A. Renato, et al, “Characterization of corrosion products formed on steels in the first months of atmospheric exposure”, Materials research, 6, 2003, pp. 403-408.
5. Q.C. Zhang, et al, “Corrosion behavior of weathering steel in marine atmosphere”, Materials Chemistry and physics, 77, 2002, pp. 603-608.
6. Permsuwan, P., Sancharoen, P., Tangtermsirikul, S., Sreearunothai, P., and Viyanit, E., Corrosion of different types of steel in atmospheric and tidal marine environment of Thailand, Research and development Journal of Engineering Institute of Thailand, 2011, 22(4), pp 17-24.
7. BS 6349-1, 2000, “Maritime structures, code of practice for general criteria”, British Standard Institution, London, UK.