

海洋鋼構造物に対する防汚被膜の現地曝露試験について

Local revelation examination of the impurity film for the ocean structure

佐藤之信¹・川浦広樹²・加地善則³・杵本正信⁴

¹正会員 (株)豊水設計 構造マネジメント部部长 (〒001-0035 札幌市北区北 35 条西 4 丁目 2-18 N35 ビル 2F)
²(株)豊水設計 代表取締役専務 (〒001-0035 札幌市北区北 35 条西 4 丁目 2-18 N35 ビル 2F)
³(株)豊水設計 構造マネジメント部主任 (〒001-0035 札幌市北区北 35 条西 4 丁目 2-18 N35 ビル 2F)
⁴正会員 (株)フジエンジニアリング 代表取締役社長 (〒532-0002 大阪市淀川区東三国 5 丁目 5 番 28 号)

1. 曝露試験の目的

海洋構造物に海洋生物が付着することで、取水管などの通水性能低下などをはじめ多くの機能低下が生じている。

従来、海洋生物の付着防止には鉛丹塗料が用いられてきたが、環境汚染問題などでその使用は大きく制限されている。また、「銅イオン」による生物の付着防止研究報告が幾例か報告されているが、十分な効果を期待できる報告はない。その要因としては構造物表面に「銅」を設置することが極めて困難なこと、環境への「銅イオン」の環境影響評価が十分でないことなどがあげられる。

そこで防食溶射技術を用いた皮膜に「銅」を擬合金化し、供試体を海水面に曝露しその経過を観察することとした。用いた鋼材(L-75×75×9×2500)の自然電位は鋼材に比べ銅の方が高いため、一般には短期間に電蝕を起こし、溶射皮膜が損傷する。これを防ぐため銅と Al-(5%)Mg の擬合金被膜を鋼材表面に金属溶射を施した。

第 1 回目の曝露試験調査(2010 年 6 月 9 日実施)から 1 年経過した試験体の腐食と海洋生物付着状況の確認を行

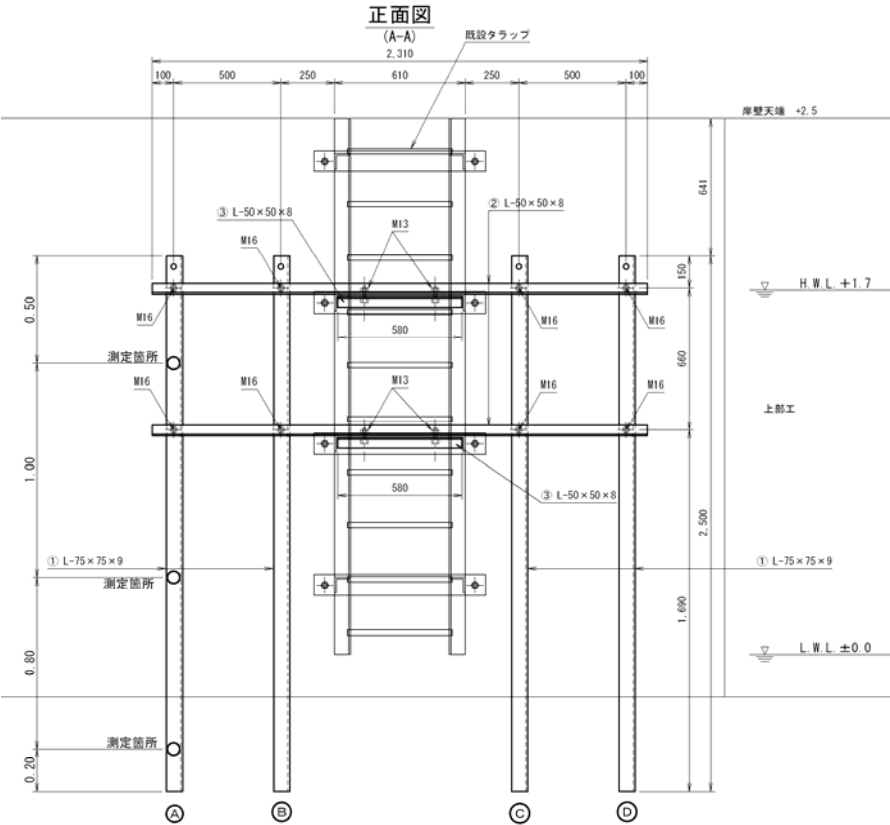
った。加えて今回は「重防食塗装」と特殊処理を施した「純銅被膜」とした曝露試験体の追加設置を実施した。

2. 曝露試験の経緯

第 1 回 2009/04/23 苫小牧海岸地区に試験体設置
第 2 回 2010/06/09 第 1 回目 防汚皮膜曝露試験調査実施
第 3 回 2011/06/28 第 2 回目 防汚皮膜曝露試験調査実施及び追加曝露試験体の設置立会い

3. 試験体仕様

サイズ	試験体 No.	防汚皮膜	封孔	鋼材 (JIS)	溶射 ボルト	曝露期間
L-75×75×9×2500	A	Al-(5%)Mg	無	100~150	有	約 2 年 2 ヶ月 (設置日: 2009/04/23)
	B	Al-(5%)Mg+Cu	無		有	
	C	Al-(5%)Mg	有 (34634)		有	
	D	無処理	無		無処理	
L-75×75×9×2000	E	重防食塗装				今回設置
L-75×75×9×2000	F	Cu				今回設置

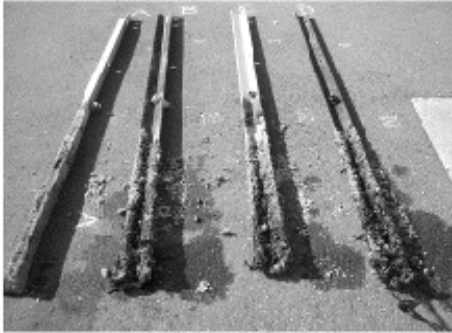


4. 現場調査結果

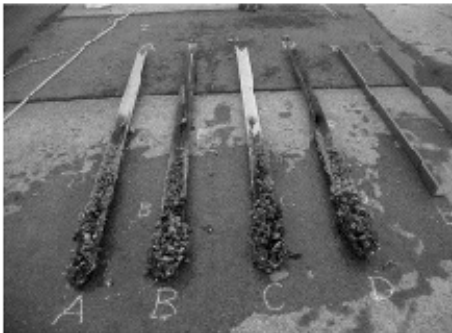
第1回追跡調査及び第2回追跡調査の(1)全景写真、(2)海上部写真、(3)干満帯及び海中部、(4)貝類除去後の表面、(5)溶射ボルトにおける写真及び状態は下記の通りである。

(1) 全景写真

<第1回追跡調査 写真-3>



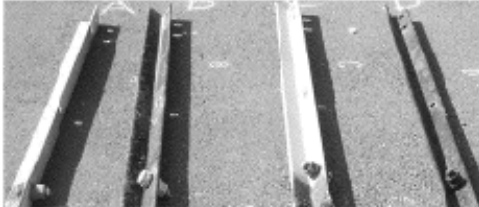
<第2回追跡調査 写真-4>



A) Al-(5%)Mg (無封孔)	B) Al-(5%)Mg+C u (無封孔)	C) Al-(5%)Mg (封孔処理)	D) 無処理 (黒皮)
--------------------	------------------------	---------------------	-------------

(2) 海上部写真

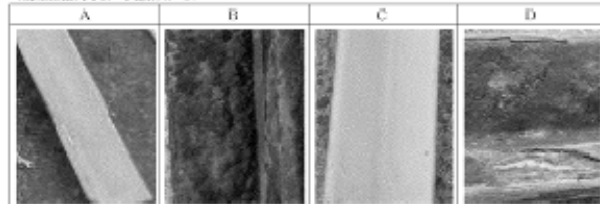
<第1回追跡調査 写真-1>



<第2回追跡調査 写真-2>



<海上部拡大写真 試験体A～D>



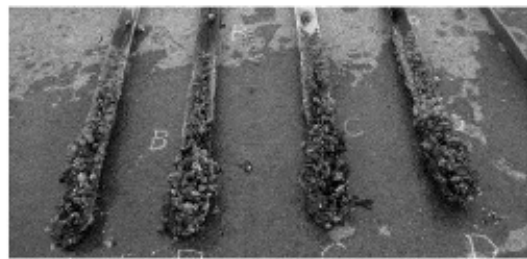
項目	種別	内容
目視確認	A) Al-(5%)Mg (無封孔)	表面には細かい錆の様な点錆が多少存在していたが、皮膜の浮きや剥離は特に見当たらなかった。
	B) Al-(5%)Mg+C u (無封孔)	皮膜は無く、全面が激しく腐食しており、研しても消れない凹凸なこぶ状の錆が存在していた。
	C) Al-(5%)Mg (封孔処理)	点錆は無く皮膜の浮きや剥離も特に見当たらなかった。
	D) 無処理 (黒皮)	全面が激しく腐食しており、層状に剥離脱落していた。

(3) 干満帯及び海中部写真

<第1回追跡調査 写真-3>



<第2回追跡調査 写真-4>



項目	種別	内容
海中生物の付着状況	A) Al-(5%)Mg (無封孔)	第1回追跡調査写真-3と今回の追跡調査写真-4を比較すると、今回調査した試験体の方が表面に大量の貝類が付着していた。各試験体に付着している貝類の付着力の差は認められず、貝類自体はある程度力で剥がせるが、鋼材表面の付着成分は強固で容易には除去できない。
	B) Al-(5%)Mg+C u (無封孔)	全体的には写真-4に示す様に、この1年間で貝類の付着量が激増していることから防汚皮膜としては機能していないと判断する。
	C) Al-(5%)Mg (封孔処理)	
	D) 無処理 (黒皮)	

(4) 貝類除去後の表面比較

(1) 試験体A) Al-(5%)Mg (無封孔)	2010.06.09 第1回追跡調査	2011.06.29 第2回追跡調査
第1回追跡調査では皮膜の浮きや剥離が確認でき、結による皮膜の浮きを確認した。今回の追跡調査では一部剥離があるものの、両面にも剥離して浮きや剥離などが発生していることから防食ならびに防汚効果は無いと考えられる。		

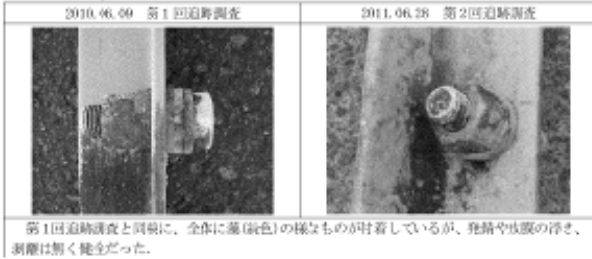
(2) 試験体B) Al-(5%)Mg+C u (無封孔)	2010.06.09 第1回追跡調査	2011.06.29 第2回追跡調査
第1回追跡調査では貝類の付着成分が強固に付着しているが、皮膜の劣化は無く健全だった。今回の追跡調査では写真(左)に示す様に貝類の付着成分(黒色)が存在し、皮膜の劣化も発生していた。露出部に黒色の皮膜が確認できたが、全体的に錆で覆われており剥離箇所もあった為、防食ならびに防汚効果は無いと考えられる。		

(3) 試験体C) Al-(5%)Mg (封孔処理)	2010.06.09 第1回追跡調査	2011.06.29 第2回追跡調査
第1回追跡調査では剥離が確認し、皮膜が浮きあがっている箇所があった。今回の追跡調査ではAl-(5%)Mg皮膜が剥離して剥離し、劣化していた。試験体(A)、(B)と比べると、剥離箇所は少ないが、皮膜も剥離しており、防食ならびに防汚効果は無いと考えられる。		

(4) 試験体D) 無処理	2010.06.09 第1回追跡調査	2011.06.29 第2回追跡調査
第1回追跡調査では特に顕微鏡的な腐食が認められたが、今回の追跡調査では腐食による表面や角の剥離が進行しており、全面が腐食していた。他の前記試験体と比較しても腐食度合いは激しい。		

(5) 溶射ボルト

(1) Al-(5%)Mg 溶射ボルト



(2) 無処理ボルト



(6) 溶射皮膜厚測定

1) 第一回目追跡調査 (2010.06.09)

項目	種類	膜厚測定値 (μm)						
		部 位	測 点					平 均
皮 膜 厚 さ 測 定	試験体 A) Al-5Mg (無封孔)	海面上	108	137	146	167	197	151
		飛沫帯	179	130	140	170	150	154
	試験体 B) Al-5Mg+Cu (無封孔)	海面上	96	186	190	196	68	147
		飛沫帯	135	161	139	130	157	144
		飛沫帯	122	120	108	110	116	115
		海面下	151	161	146	159	155	154
	試験体 C) Al-5Mg (封孔処理)	海面上	215	229	139	206	265	211
		飛沫帯	171	193	126	140	145	155
		海面下	135	161	137	147	136	143

(2) 第2回目追跡調査 (2011.06.08)

項目	種別	部 位	膜厚測定値 (μm)					平 均
			測 点					
皮 膜 厚 さ 測 定	試験体 A) Al-(5%)Mg (無封孔)	海面上	227	176	177	197	195	189
		飛沫帯	132	160	149	151	148	149
	試験体 B) Al-(5%)Mg+Cu (無封孔)	海面上	全面赤錆により測定不能					
		飛沫帯	全面赤錆により測定不能					
	試験体 C) Al-(5%)Mg (封孔処理)	海面上	153	190	150	156	170	159
		飛沫帯	116	189	174	210	252	205
(封孔処理)		海面上	全面赤錆により測定不能					

5. 調査まとめ

第1回追跡点検(設置後1年)時の試験体と比べると、この1年で全ての試験体に更に大量の貝類が付着していたことから防汚皮膜としての効果は期待できないと判断する。

<海面上>

試験体 A(無封孔の Al-(5%)Mg 皮膜)は表面が少し汚れていたものの試験体 C(封孔した Al-(5%)Mg 皮膜)は、前回の結果と同様に皮膜は健全だった。

試験体 B (Al-(5%)Mg+Cu 皮膜)は、前回の調査時にも腐食は確認されたが更に激しく腐食が進行し、こぶ状の強固な錆が表面全体に拡大していた。

溶射ボルトについては、2年経過後も錆や剥離は無く皮膜は健全だった。無処理ボルトにいたっては、ナット角部やネジ部全体に層状剥離が進行し、原型を呈さなくなってきた。

<飛沫帯から海面下>

試験体 A は貝類の付着量も多く、付着物撤去後の鋼材表面には浮きや層状剥離が激しく、全体が錆で覆われていた為、防食ならびに防汚効果は認められない。

試験体 B も試験体 A と同様に貝類の付着量も多く、付着物撤去後の鋼材表面には部分的に銅皮膜が残存していたものの、表面全体の殆どが錆で覆われ防食ならびに防汚効果は認められない。

試験体 C も試験体 A と同様に貝類の付着量も多いが、付着物撤去後の鋼材表面は試験体 A ほど浮きや層状剥離は少ないが、全体的には赤錆で覆われ、試験体 A と同様に防食ならびに防汚皮膜として効果は認められない。

試験体 A~C の全体としては、無処理試験体 D と比較して貝類の付着量は若干少ないように思われるが、効果が認められるほどの差は無いと思われる。ただし、付着物撤去後の鋼材表面は無処理試験体 D では断面減少が窺われるほど腐食が進行していたが、試験体 A~C では鋼材表面に錆が発生している程度で現状での断面減少は確認できなかった。

6. 結論

本実験において、効果的な防汚被膜として「銅」を試してみたが、十分な結果を得られなかった。この原因は生物に対する銅イオンの発生が少なすぎることが一因であると考えられる。また、鋼より碑であると考えられた被膜の自然電位が、海水との反応で鋼より高くなり剥離の原因になった。今後は水生生物が嫌う金属イオンの検索と、被膜に別の金属を添加することで自然電位を碑な状態に保つ技術開発が必要であることが判明した。

また、海中部の皮膜が赤くなっていたのは「赤錆」ではなく、貝類の分泌物が被膜に付着したもので、Al-(5%)Mg 被膜はそれほど損傷していないと判断した。したがって、防蝕機能は維持していると考えられる。

謝辞：本実験において試験体を設置した苫小牧港護岸は苫小牧港開発(株)より設置箇所を提供して頂いたものである。また被膜塗装および観測データ収集については山田金属防蝕(株)にご協力を頂いたものである。ここに記して謝意を表する。