共同研究報告書
整理番号第４１４号

鋼橋防食工の補修方法に関する共同研究報告

平成２２年１２月

独立行政法人土木研究所
関西ペイント株式会社
神東塗料株式会社
中国塗料株式会社
日本ペイント株式会社
大日本塗料株式会社
日鉄防蝕株式会社

Copyright © (2010) by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Chief Executive of P.W.R.I.

この報告書は、独立行政法人土木研究所理事長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、独立行政法人土木研究所理事長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

共同研究報告書
第 414 号 2010 年 12 月

鋼橋防食工の補修方法に関する
共同研究報告

独立行政法人土木研究所	材料地盤研究グループ（新材料）上席研究員	西崎　到
	同　総括主任研究員	守屋　進
関西ペイント株式会社	汎用塗料本部　防食技術開発部部長	浜村寿弘
	同　課長	後藤宏明
神東塗料株式会社	技術本部　第３技術部部長	内藤義巳
	同　副課長	大山博昭
中国塗料株式会社	技術本部防食技術部主管	齊藤　誠
日本ペイント株式会社	汎用塗料事業本部鉄構塗料技術部マネジャー	大澤隆英
	汎用塗料事業本部鉄構塗料技術部係長	藤城正樹
大日本塗料株式会社	技術開発部門研究部長	永井昌憲
	同　課長	岩瀬嘉之
	一般塗料部門構造物塗料事業部	定石圭司
日鉄防蝕株式会社	技術部技術開発グループマネジャー	今井篤実

要旨：

鋼道路橋の防食は、これまでほとんどが塗装で行われていたが、鋼道路橋塗装・防食便覧が平成17年12月に発刊され、塗装以外の防食法として溶融亜鉛めっき、金属溶射、耐候性鋼材が規定された。しかしながら、これら新しい防食法については、その劣化過程が必ずしも明確になっていないため、部分的な劣化や不具合が生じた場合の補修方法が確立していないのが現状である。これら鋼橋防食工の合理的な劣化・不具合の判定方法を確立して、適切な補修方法を確立することが求められている。このため、本共同研究では、これら防食工の鋼橋防食工の補修方法を確立することを目的とする。

キーワード：鋼橋防食工、耐候性鋼、溶融亜鉛めっき、金属溶射、補修方法

はじめに

鋼道路橋は、国民の生活や経済活動に不可欠な社会基盤として全国に多数存在しており、そのほとんどが塗装で防食されていた。平成 17 年 12 月に発刊された鋼道路橋塗装・防食便覧（(社）日本道路協会）では、塗装以外の耐候性鋼材，溶融亜鉛めっき，金属溶射が防食法として新たに規定された。しかしながら、これら新しい防食法については、その劣化過程が必ずしも明確になっていないため部分的な劣化や不具合が生じた場合の補修方法が確立していないのが現状である。これら鋼橋防食工の合理的な劣化，不具合の判定方法を確立して適切な補修方法を確立する目的として土木研究所と民間６社が共同研究を実施した。

本共同研究では、これら防食法が適用されている橋梁調査を行いその劣化状況を把握した。また、これら防食法に不具合が生じて補修された橋梁調査を行いその補修方法の効果を確認した。これら防食法の補修方法の検討では、そのほとんどが塗装で行われると考えられることから、耐候性鋼材，溶融亜鉛めっき鋼材，金属溶射鋼材を劣化させた試験片を用いて、塗装系と素地調整方法や素地調整程度がその補修効果に及ぼす影響について屋外暴露試験を実施した。また、桁を模擬した耐候性鋼材試験体を用いて素地調整程度が塗装の補修効果に及ぼす影響について経年調査を行った。さらに、耐候性鋼材はさびが強固であるため、その適切な素地調整程度を確保することが困難であるので各種素地調整方法の適用性の検討を行った。

これらの実橋調査並びに補修方法の暴露試験と素地調整方法に関する検討結果から各種防食法の劣化診断基準と補修方法を提案した。

なお、本報告書の第４章各種防食工の補修方法の検討のうち、第１次試験は独立行政法人土木研究所と財団法人土木研究センターとの「海洋構造物の耐久性向上技術に関する共同研究」第３分科会（研究担当：土木研究センター；金井浩一，関西ペイント販売株式会社；堀誠，日本ペイント株式会社：大澤隆英，大日本塗料株式会社：岩瀬嘉之）で平成 16 年度より、静岡県大井川町沖の駿河湾にある海洋技術総合研究施設と静岡県富士宮市の朝霧環境材料観測施設で実施している暴露試験及び促進試験結果である。

また、付録の「鋼橋塗装のコスト削減方法に関する共同研究-暴露７年までの結果」は、平成 15 年 4 月から平成 18 年 3 月まで、独立行政法人土木研究所と塗料メーカー5 社（関西ペイント株式会社(研究担当；浜村寿弘，黒川雅哲)，神東塗料株式会社（同；後藤正承)，大日本塗料株式会社（同；岩見勉)，中国塗料株式会社（同；齊藤誠)，日本ペイント株式会社（同；藤城正樹)）との「鋼橋塗装のコスト削減方法に関する共同研究」で、実施した塗料コストの削減を目指した新規塗料の暴露試験が 3 年間しかできなかったため、その後も本共同で追跡調査を継続した。5 年目と 7 年目に調査を行ない新規塗料の耐久性を評価し 7 年目までの調査結果より鋼橋塗装のコスト削減が可能な新規塗料を適用した塗装系を提案したものである。

平成 22 年 12 月

目　　次

はじめに
１．共同研究の目的　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・１
２．共同研究体制および期間　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・１
　２．１　共同研究体制　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・１
　２．２　共同研究期間　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・１
３．各種防食工を適用した橋梁調査　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・２
　３．１　耐候性鋼材を適用した橋梁　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・２
　３．２　塗装で補修された耐候性鋼橋梁　・・・・・・・・・・・・・・・１００
　３．３　塗装で補修された溶融亜鉛めっき橋梁　・・・・・・・・・・・１１０
　３．４　金属溶射を適用した橋梁　・・・・・・・・・・・・・・・・・１２６
　３．５　金属溶射で補修された橋梁　・・・・・・・・・・・・・・・・１３０
４．各種防食工の補修方法の検討　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・１４０
　４．１　第１次試験　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・１４０
　４．２　第２次試験　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・１７２
　４．３　耐候性鋼材の塗装による補修方法の検討　・・・・・・・・・・２１４
　４．４　異状腐食した耐候性鋼材の素地調整方法の検討　・・・・・・・２５３
　４．５　耐候性鋼材さび層中の塩分分析　・・・・・・・・・・・・・・２８８
５．結論　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・２９４
　５．１　各種防食工を適用した橋梁調査結果　・・・・・・・・・・・・２９４
　５．２　各種防食工の補修方法の検討結果　・・・・・・・・・・・・・２９５
　５．３　耐候性鋼材の塗装による補修方法の検討結果　・・・・・・・・２９６
　５．４　異状腐食した耐候性鋼材の素地調整方法の検討結果　・・・・２９６
　５．５　耐候性鋼材さび層中の塩分分析結果　・・・・・・・・・・・・２９６
　５．６　総括　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・２９７
　５．７　異状劣化した防食工の補修方法の提案　・・・・・・・・・・・２９８
　５．８　今後の課題　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・２９９
おわりに

付属資料
　付属資料－１　第１次試験外観観察の写真
　付属資料－２　第２次試験外観観察の写真
　付属資料－３　外部発表論文一覧
付録　鋼橋塗装のコスト削減方法に関する共同研究暴露７年までの結果

１．共同研究の目的

鋼道路橋の鋼材の防食は、これまでそのほとんどが塗装で行われていたが、鋼道路橋塗装・防食便覧が平成 17 年 12 月に発刊され、塗装以外の防食法として耐候性鋼材、溶融亜鉛めっき、金属溶射が取り上げられた。しかしながら、これら新しい防食法については、その劣化過程が必ずしも明確になっていないため、部分的な劣化や不具合が生じた場合の補修方法が確立されていないのが現状である。このため、これら鋼橋防食工の合理的な劣化・不具合の判定方法と適切な補修方法の確立が求められている。

本共同研究では、これら防食工の劣化や不具合の調査・診断技術や補修方法について確立することを目的とする。

２．共同研究体制および期間

鋼道路橋の防食に関して現状と課題をよく理解して補修材料の開発や調査、施工を行っている民間会社との研究協力が効率的に研究を推進するため本共同研究の公募に応募してきた民間会社６社との検討を進めた。

２．１　共同研究体制

本共同研究は、基本的には独立行政法人土木研究所と民間会社各社との共同研究であるが、公正、かつ効率的な評価が期待できることから、民間会社６社（関西ペイント株式会社，神東塗料株式会社，大日本塗料株式会社，中国塗料株式会社，日鉄防蝕株式会社，日本ペイント株式会社（50 音順））のグループ化して研究を行った。

２．２　共同研究期間

研究期間は平成 18 年 4 月から平成 23 年 3 月までの 5 年間である。

３．各種防食工を適用した橋梁調査

平成 17 年に改訂された鋼道路橋塗装・防食便覧に新たに採用された耐候性鋼材，溶融亜鉛めっき，金属溶射の各種防食法の劣化形態を把握するために、各種防食法が採用された橋梁の防食工の劣化状況調査を行った。

３．１　耐候性鋼材を適用した橋梁

３．１．１　調査橋梁

耐候性鋼材が使用された全国各地のさまざまな架設環境条件の 90 橋梁の目視外観調査を行った。調査した 90 橋梁を架設地域と環境で分類した結果を表－3.1.1、図－3.1.1、調査橋梁の一覧を表－3.1.2(1)～(5)に示す。なお、架設環境の条件は、道路橋示方書・同解説Ⅱ鋼橋編（平成 14 年 3 月）図-解 5.1 耐候性鋼材を無塗装で使用する場合の適用地域で提案された飛来塩分量測定を省略して無塗装で使用してよい目安を用いた。表面処理種別の内訳は、無塗装：48 橋梁、耐候性鋼用表面処理剤：27 橋梁、塗装：15 橋梁である。

３．１．２　調査方法

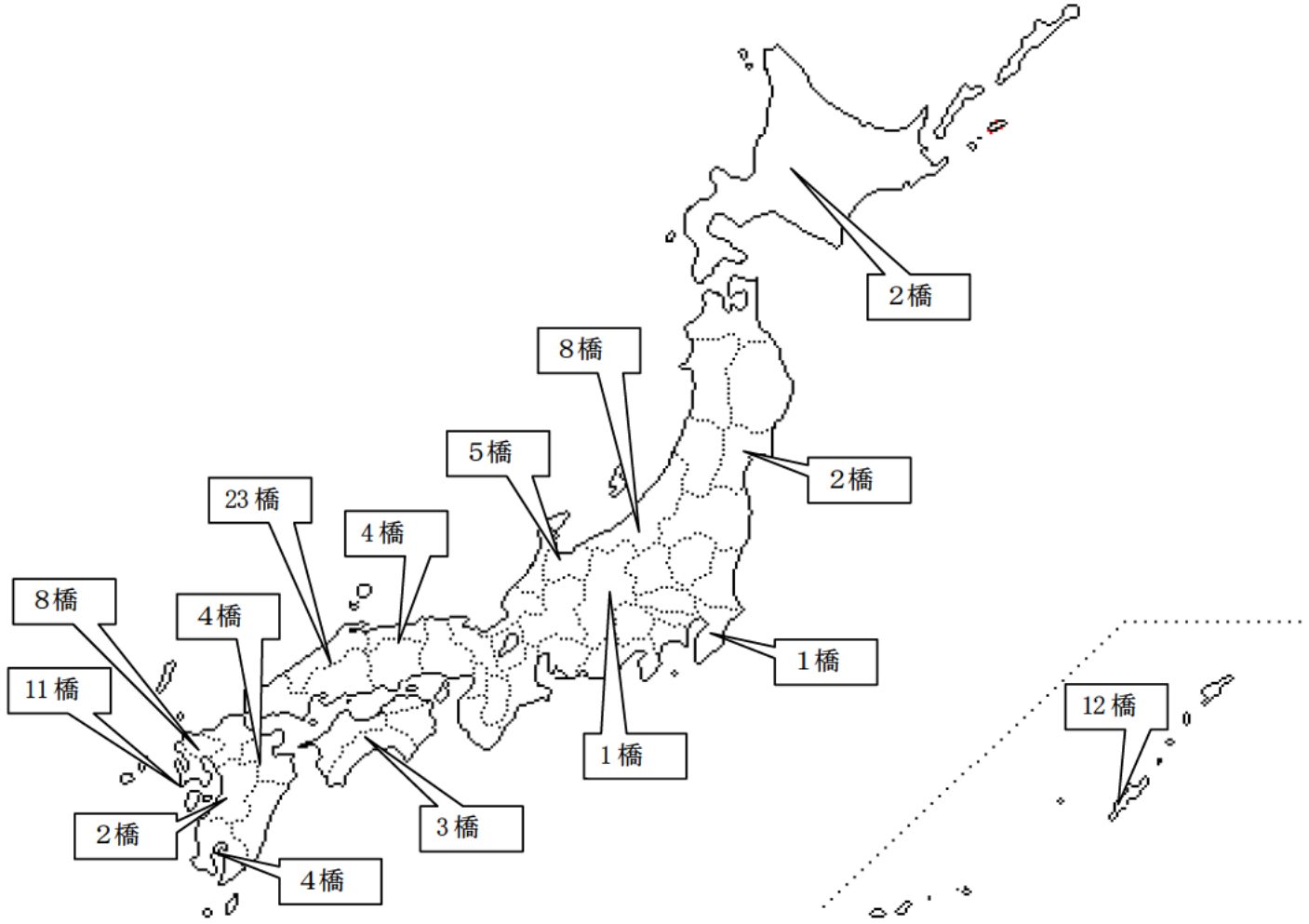
調査は目視観察による外観観察を中心に、セロファンテープ試験法によるさび外観評点および電導度法による付着塩分量の測定も一部の橋梁で実施した。セロファインテープ試験方法によるさび外観評点は、鋼道路橋塗装・防食便覧(平成 17 年 12 月)の表－Ⅲ.6.2(2)に準じ、付着塩分量は最小値と最大値で示した。

表－3.1.1　調査橋梁の立地環境および表面処理の種別（90 橋）

立地条件＼地域			沖縄	九州		中国四国		北陸甲信越	関東	東北	北海道
				日本海側	太平洋側	日本海側	太平洋側	日本海側	太平洋側	太平洋側	太平洋側
調査した橋梁数			12	9	20	27	3	14	1	2	2
海岸線からの直線距離	海上橋	無塗装									
		表面処理剤			1						
		塗装	2		3				1		
	～1 km	無塗装		1				1			
		表面処理剤	1			2					
		塗装	3								
	1～2 km	無塗装				3		1			
		表面処理剤			4	1					
		塗装	2								
	2～5 km	無塗装		3		2		4			
		表面処理剤			1	6					
		塗装	4							1	
	5～20 km	無塗装		4	7	5	3	3			
		表面処理剤		1	1	5				1	
		塗装									
	20 km～	無塗装			2	2		5			1
		表面処理剤			1	1					1
		塗装									

(注)表中の立地条件：道路橋示方書・同解説　Ⅱ鋼橋編　（平成 14 年 3 月）図-解　5.1　耐候性鋼材を無塗装で使用する場合の適用地域

表面処理種別内訳：無塗装　47 橋梁、表面処理剤　27 橋梁、塗装　16 橋梁



図－3.1.1　地域別調査橋梁数（90橋）

表－3.1.2(1)　耐候性鋼橋梁・調査橋梁一覧

No.	橋梁名称	鋼材種	所在地	海岸線からの直線距離(km)	橋梁形式	橋梁種	完工年	表面仕様	完工年から調査日までの経過年数（年）	評価項目		
										外観（目視）	ｾﾛﾃｰﾌﾟ試験	付着塩分
1	辺野喜橋	JIS	沖縄県	0.1	鈑桁	道路橋	1981	裸	27	●		
2	普久川橋	JIS	沖縄県	4	鈑桁	道路橋	1978	表面処理剤→塗装	32（塗装後３年）	●		●
3	仲尾次高架橋	JIS	沖縄県	0	箱桁	道路橋	1989	塗装	19	●		
4	宜野座大橋	JIS	沖縄県	1	鈑桁	道路橋	1985	塗装	23	●		
5	たまた橋	JIS	沖縄県	1	鈑桁	道路橋	1988	塗装	20	●		●
6	山田大橋	JIS	沖縄県	2	トラス	道路橋	1974	塗装	34	●		
7	比謝川大橋	JIS	沖縄県	1	ランガー	道路橋	1990	塗装	18	●		
8	伊計大橋	JIS	沖縄県	0	ランガー	道路橋	1981	塗装	27	●		
9	安谷屋橋	JIS	沖縄県	3	鈑桁	道路橋	1985	塗装	23	●		
10	安謝高架橋	JIS	沖縄県	0.5	箱桁	道路橋	1990	塗装	18	●		
11	那覇大橋	JIS	沖縄県	3	鈑桁	道路橋	1970	塗装	38	●		
12	漫湖高架橋	JIS	沖縄県	3	箱桁	道路橋	1990	塗装	18	●		
13	妙見大橋	JIS	鹿児島県	11	ランガー	道路橋	1999	裸	8	●	●	
14	瀧見大橋	JIS	鹿児島県	5	ローゼ	道路橋	1996	表面処理剤	11	●	●	
15	柏原大橋	JIS	鹿児島県	0	箱桁	道路橋	1987	塗装	23（塗装後３年）	●		
16	若浜大橋	JIS	鹿児島県	0	箱桁	道路橋	1985	塗装	25（塗装後１～３年）	●		
17	豊潤橋	JIS	熊本県	31	ランガー	道路橋	1987	裸	21	●	●	
18	日生野橋	JIS	熊本県	31	ランガー	道路橋	1987	裸	21	●	●	

(注) 上記ﾃﾞｰﾀは、日本橋梁建設協会・橋梁年鑑ﾃﾞｰﾀﾍﾞｰｽ、日本橋梁建設協会・無塗装耐候性橋梁実績資料集(12版)および橋梁銘板等より入手。

表－3.1.2(2)　耐候性鋼橋梁・調査橋梁一覧

No.	橋梁名称	鋼材種	所在地	海岸線からの直線距離(km)	橋梁形式	橋梁種	完工年	表面仕様	完工年から調査日までの経過年数（年）	評価項目		
										外観（目視）	ｾﾛﾃｰﾌﾟ試験	付着塩分
19	天領大橋	JIS	大分県	45	斜張橋	道路橋	1996	表面処理剤	12	●	●	
20	庄内湯平大橋	JIS	大分県	18	ニールセン	道路橋	2000	裸	8	●	●	
21	淵大橋	JIS	大分県	18	ランガー	道路橋	1998	裸	10	●	●	
22	尾原橋	JIS	大分県	18	ローゼ	道路橋	2004	裸	4	●		
23	山ン寺大橋	JIS	佐賀県	4	ローゼ	道路橋	1998	裸	10	●	●	
24	鳴瀬橋	JIS	佐賀県	13	箱桁	道路橋	2000	裸	8	●	●	●
25	横田川橋梁	JIS	佐賀県	3	鈑桁	道路橋	2004	裸	4	●		
26	荒川大橋	JIS	佐賀県	14	アーチ	道路橋	1999	表面処理剤	9	●		
27	山倉振興橋	JIS	佐賀県	15	ランガー	道路橋	1999	裸	9	●		
28	川西橋	JIS	佐賀県	15	鈑桁	道路橋	2004	裸	4	●	●	●
29	笹の本橋	JIS	佐賀県	7	鈑桁	道路橋	1999	裸	9	●		
30	武雄高架橋	JIS	佐賀県	21	鈑桁	道路橋	1998	裸	10	●		
31	小水橋	海浜	長崎県	0.4	鈑桁	道路橋	2002	裸→塗装	4	●		
32	雪浦橋	JIS	長崎県	0	鈑桁	道路橋	1984	表面処理剤	22	●		
33	新神浦橋	JIS	長崎県	0	ランガー	道路橋	1980	塗装	26	●		
34	野岳大橋	JIS	長崎県	4	吊り橋	人道橋	2001	表面処理剤	5	●		
35	黒木３号橋	JIS	長崎県	7	ラーメン	道路橋	1993	裸	13	●		
36	黒木５号橋	JIS	長崎県	7	鈑桁	道路橋	1998	裸	8	●		
37	久良原橋	JIS	長崎県	5	鈑桁	道路橋	1998	表面処理剤	8	●		
38	稲佐山ｽｶｲﾌﾞﾘｯｼﾞ	JIS	長崎県	1	ラーメン	道路橋	1989	表面処理剤	19	●		
39	出島ﾊﾞｲﾊﾟｽ Dﾗﾝﾌﾟ橋	JIS	長崎県	3	箱桁	道路橋	2002	表面処理剤	6	●		

(注) 上記ﾃﾞｰﾀは、日本橋梁建設協会・橋梁年鑑ﾃﾞｰﾀﾍﾞｰｽ、日本橋梁建設協会・無塗装耐候性橋梁実績資料集(12版)および橋梁銘板等より入手。

表－3.1.2(3)　耐候性鋼橋梁・調査橋梁一覧

No.	橋梁名称	鋼材種	所在地	海岸線からの直線距離(km)	橋梁形式	橋梁種	完工年	表面仕様	完工年から調査日までの経過年数（年）	評価項目		
										外観（目視）	ｾﾛﾃｰﾌﾟ試験	付着塩分
40	出島ﾊﾞｲﾊﾟｽEﾗﾝﾌﾟ橋	JIS	長崎県	3	箱桁	道路橋	2001	表面処理剤	7	●		
41	樺島大橋	JIS	長崎県	0	ランガー	道路橋	1985	塗装	23	●		
42	高津川派川橋	海浜	島根県	2	箱桁	道路橋	2004	表面処理剤＆裸	4	●		
43	角井大橋	海浜	島根県	4	箱桁	道路橋	2004	表面処理剤＆裸	4	●		
44	ほたる大橋	JIS	島根県	11	鈑桁	道路橋	1996	裸	12	●	●	●
45	第二ほたる大橋	JIS	島根県	11	鈑桁	道路橋	1997	裸	11	●	●	
46	中之原橋	JIS	島根県	6	鈑桁	道路橋	1985	表面処理剤	23	●	●	
47	百田橋	JIS	島根県	6	鈑桁	道路橋	1985	表面処理剤	23	●	●	●
48	四反田橋	JIS	島根県	6	鈑桁	道路橋	1995	表面処理剤	13	●		
49	三階大橋	JIS	島根県	4	鈑桁	道路橋	1982	表面処理剤	26	●	●	●
50	下鍋大橋	JIS	島根県	6	鈑桁	道路橋	2000	裸	8	●		
51	千代松原橋	JIS	島根県	4	鈑桁	道路橋	1991	表面処理剤	17	●	●	
52	吉原橋	JIS	島根県	4	鈑桁	道路橋	1990	裸	18	●		
53	大原橋（浜田市）	JIS	島根県	4	鈑桁	道路橋	1991	裸	17	●		
54	高梨大橋	JIS	島根県	30	斜張橋	道路橋	1983	裸	25	●		
55	大和大橋	JIS	島根県	30	ローゼ	道路橋	2001	裸	7	●	●	●
56	大浦橋	JIS	島根県	30	ニールセン	道路橋	1989	表面処理剤	19	●	●	
57	源子橋	JIS	島根県	1	鈑桁	道路橋	1986	表面処理剤	22	●	●	●
58	大原橋（大田市）	JIS	島根県	1	箱桁	道路橋	1979	表面処理剤	29	●		

(注) 上記ﾃﾞｰﾀは、日本橋梁建設協会・橋梁年鑑ﾃﾞｰﾀﾍﾞｰｽ、日本橋梁建設協会・無塗装耐候性橋梁実績資料集(12版)および橋梁銘板等より入手。

表－3.1.2(4)　耐候性鋼橋梁・調査橋梁一覧

No.	橋梁名称	鋼材種	所在地	海岸線からの直線距離(km)	橋梁形式	橋梁種	完工年	表面仕様	完工年から調査日までの経過年数（年）	評価項目		
										外観（目視）	ｾﾛﾃｰﾌﾟ試験	付着塩分
59	馬木大橋	JIS	島根県	7	鈑桁	道路橋	2002	表面処理剤	6	●		
60	馬木吊橋	JIS	島根県	7	吊り橋	道路橋	2004	表面処理剤	4	●		
61	飯山大橋	JIS	島根県	3	鈑桁	道路橋	1981	表面処理剤	27	●		
62	桧山橋	JIS	島根県	3	鈑桁	道路橋	1982	表面処理剤	26	●		
63	延明橋	JIS	島根県	7	箱桁	道路橋	1989	裸	19	●	●	●
64	御用橋	JIS	島根県	4	鈑桁	道路橋	1981	裸	27	●	●	
65	阿弥陀川橋(ﾊﾞｲﾊﾟｽ)	海浜	鳥取県	2	鈑桁	道路橋	2005	裸	3	●	●	
66	阿弥陀川橋(一般道)	海浜	鳥取県	2	鈑桁	道路橋	2006	裸	2	●	●	
67	高野大橋	JIS	鳥取県	2	ランガー	道路橋	1995	裸	13	●	●	
68	因幡大橋	JIS	鳥取県	7	鈑桁	道路橋	2006	裸	2	●	●	
69	浦の谷川橋	JIS	高知県	15	鈑桁	道路橋	2003	裸	4	●		
70	新屋敷橋	JIS	高知県	15	鈑桁	道路橋	1991	裸	16	●		
71	平瀬橋	JIS	高知県	15	鈑桁	道路橋	1991	裸	16	●		
72	川尻大橋	JIS	長野県	26	箱桁	道路橋	1993	裸	11	●		
73	旅川遊歩橋	JIS	富山県	27	斜張橋	道路橋	1998	裸	9	●	●	
74	清水大橋	JIS	富山県	22	トラス	道路橋	2000	裸	7	●	●	
75	下瀬大橋	JIS	富山県	16	トラス	道路橋	1999	裸	8	●	●	
76	山彦橋	JIS	富山県	28	ランガー	道路橋	1996	裸	11	●	●	
77	海韻橋	JIS	富山県	28	ランガー	道路橋	1995	裸	12	●	●	
78	第４下姫川橋りょう	JIS	新潟県	10	トラス	道路橋	1997	裸	11	●	●	

(注) 上記ﾃﾞｰﾀは、日本橋梁建設協会・橋梁年鑑ﾃﾞｰﾀﾍﾞｰｽ、日本橋梁建設協会・無塗装耐候性橋梁実績資料集(12版)および橋梁銘板等より入手。

表－3.1.2(5)　耐候性鋼橋梁・調査橋梁一覧

No.	橋梁名称	鋼材種	所在地	海岸線からの直線距離(km)	橋梁形式	橋梁種	完工年	表面仕様	完工年から調査日までの経過年数（年）	評価項目		
										外観（目視）	ｾﾛﾃｰﾌﾟ試験	付着塩分
79	第５下姫川橋りょう	JIS	新潟県	10	トラス	道路橋	1997	裸	11	●	●	
80	正善寺川管理橋	海浜	新潟県	4	鈑桁	人道橋	2001	裸	8	●	●	●
81	大瀬川管理橋	海浜	新潟県	4	鈑桁	人道橋	2001	裸	8	●	●	●
82	儀明川管理橋	海浜	新潟県	4	鈑桁	人道橋	2001	裸	8	●	●	●
83	山王橋	JIS	新潟県	5	鈑桁	道路橋	1983	裸	26	●	●	
84	大沢橋	JIS	新潟県	3	ラーメン	道路橋	2002	裸	8	●		
85	東真更川大橋	海浜	新潟県	0.2	箱桁	道路橋	2002	裸	8	●	●	●
86	美浜大橋	JIS	千葉県	0	箱桁	道路橋	1985	表面処理剤→塗装	25（塗装後４年）	●		●
87	新矢野目橋	JIS	宮城県	3.5	ローゼ	道路橋	2005	裸&塗装	4	●	●	
88	さくら歩道橋	JIS	宮城県	13	ローゼ	人道橋	2000	表面処理剤	9	●	●	
89	十勝中央大橋	JIS	北海道	32	斜張橋他	道路橋	1987	裸	21	●		
90	千代田大橋	JIS	北海道	35	箱桁	道路橋	2005	表面処理剤＆裸	3	●		

(注) 上記ﾃﾞｰﾀは、日本橋梁建設協会・橋梁年鑑ﾃﾞｰﾀﾍﾞｰｽ、日本橋梁建設協会・無塗装耐候性橋梁実績資料集(12版)および橋梁銘板等より入手。

３．１．３　調査結果

（１）辺野喜橋

1981 年に完工した沖縄本島の辺野喜川に架設された鈑桁橋梁で、海岸線近くの国道 58 号線の側道に位置し、JIS 耐候性鋼材に耐候性鋼用表面処理剤が施され完工年から約 27 年経過していた。

調査時の状態は、全体に板厚減少（鋼材腐食）が激しく、腹板にも貫通穴が発生、強度面の不安から通行止めの措置が講じられていたが、その後崩落し現在は撤去されている。

橋梁形式	鈑桁
海岸線からの直線距離	0.1ｋｍ
表面仕様	表面処理剤
完工年	1981 年 (昭和 56 年)
調査年月	2008 年 2 月



(外桁)



(内桁)















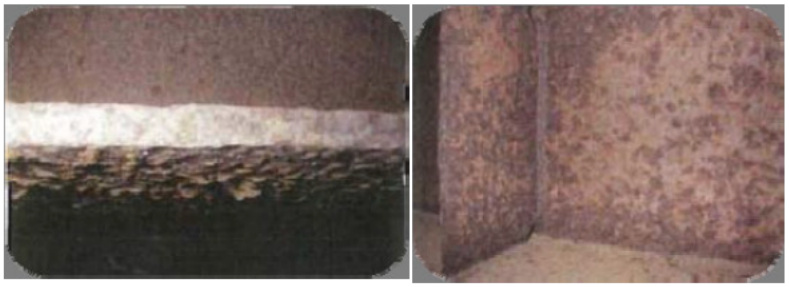
（2）普久川橋

1978 年に完工した沖縄県の普久川ダムがあるフンガー湖に架設された鈑桁橋梁で、海岸線から約４㎞地点に位置し、JIS 耐候性鋼材に耐候性鋼用表面処理剤が施され完工年から約 30 年経過していた。内面鋼材に孔食を伴う異常腐食が見られたため、2008 年（平成 20 年）２月に「素地調整１種～有機ジンクリッチペイント～変性エポキシ樹脂塗料下塗～ポリウレタン樹脂塗料用中塗～ポリウレタン樹脂塗料上塗」で塗装により補修が行なわれた。付着塩分量は、腹板外面で 22～32mg/㎡、腹板内面で 98mg/㎡であった。調査時は塗替え後約３年経過していたが、特にさびなどの欠陥はなく良好な状態であった。

橋梁形式	鈑桁
海岸線からの直線距離	４ｋｍ
表面仕様	表面処理剤→塗装
完工年	1978 年 (昭和 53 年)
調査年月	2010 年 11 月



（塗装工事着工前の鋼材状態）





ブラスト処理後
の状態（孔食あり）

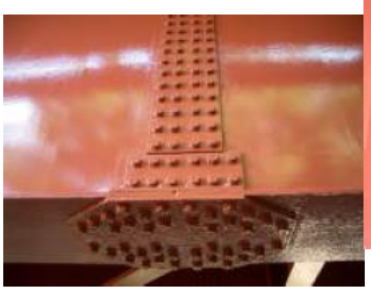
（塗替え塗装後３年経過時点）

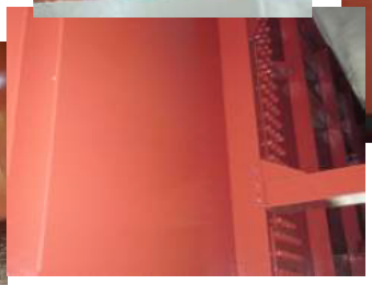






補強桁下面の孔食部の
塗装後の状態







孔食部の
塗装後の状態

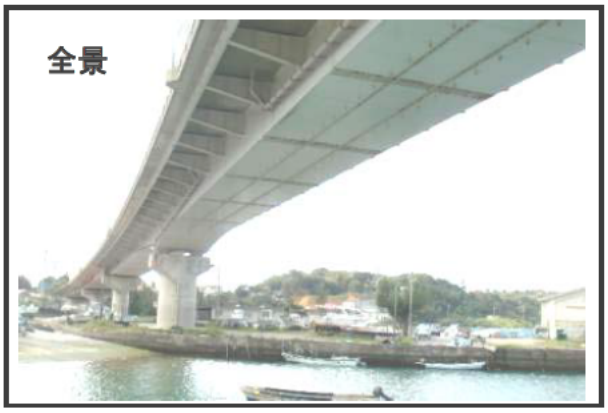


（3）仲尾次高架橋

1989 年に完工した沖縄県の羽地大川に架設された箱桁橋梁で、海岸線（河口）に位置し、JIS 耐候性鋼材に塗装が施され完工年から約 19 年経過していた。新設時から塗装が施されていたかどうかは不明であるが、1999 年２月に「変性エポキシ樹脂塗料下塗～ポリウレタン樹脂塗料上塗」で塗装されている。

調査時の状態は、腹板外面や下面一般部は全体的には良好であるが、添接部や端部の一部に発錆が見られた。

橋梁形式	箱桁
海岸線からの直線距離	0ｋｍ（海上）
表面仕様	塗装
完工年	1989 年 （平成元年）
調査日時	2008 年２月

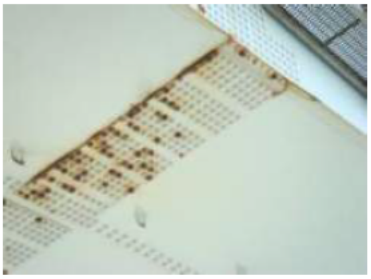


















（4）宜野座大橋

1985 年に完工した沖縄県の宜野座福地川に架設された鈑桁橋梁で、海岸線から約 1 km 地点に位置し、JIS 耐候性鋼材に塗装が施され完工年から約 23 年経過していた。新設時から塗装が施されていたかどうかは不明であるが、1995 年 1 月に「素地調整 3 種～シアナミド鉛さび止めペイント～フェノール樹脂 MIO 塗料～塩化ゴム系塗料中塗～塩化ゴム系塗料上塗」で塗装されている。

調査時の状態は、腹板外面は全体的には良好であるが、下フランジ下面や補強桁下面および添接部に発錆が見られた。

橋梁形式	鈑桁
海岸線からの直線距離	1 km
表面仕様	塗装
完工年	1985 年 (昭和 60 年)
調査年月	2008 年 2 月



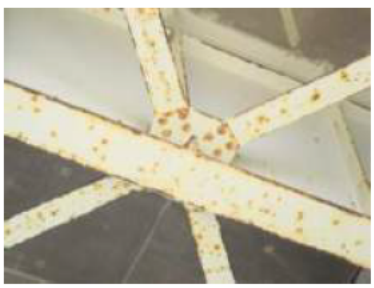


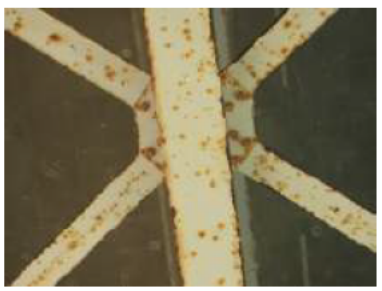














（5）たまた橋

1988 年に完工した沖縄県の前田川に架設された鈑桁橋梁で、海岸線から約 1 ㎞ 地点に位置し JIS 耐候性鋼材に塗装が施され完工年から約 20 年経過していた。新設時（1988 年 3 月）に「鉛系さび止め塗料～フェノール樹脂 MIO 塗料～塩化ゴム系塗料中塗～塩化ゴム系塗料上塗」で塗装されている。

調査時の状態は、外桁と内桁で状態が異なり、外桁は全体的に良好であったが、草木で覆われた日陰部の腹板塗膜には膨れさびが発生していた。なお、外桁の塗膜の色で濃淡が生じているのは、日陰部は当初の色が維持されているが、日照部は白亜化現象が生じ退色したためである。内桁は全面に膨れさびが発生し、添接部および端部には不均一な劣化が見られた。付着塩分量は、腹板外面で 16～48mg/㎡、下フランジ上面で 108～463mg/㎡であった。

橋梁形式	鈑桁
海岸線からの直線距離	1 km
表面仕様	塗装
完工年	1988 年 (昭和 63 年)
調査年月	2008 年 2 月



(外桁)






(内桁)







（6）山田大橋

1974 年に完工した沖縄県琉球村付近の国道 58 号線に架設されたトラス橋梁で、海岸線から約２km 地点に位置し、JIS 耐候性鋼材に塗装が施され完工年から約 34 年経過していた。本橋梁は高架橋で橋梁に近づけず塗装銘板等での内容確認ができないため適用塗装仕様は不明である。

調査時の状態は、橋桁が高所にあるため近づくことが不可で（トラス桁は桁下まで行くことができたが）、詳細な調査はできなかったが、双眼鏡等での確認によると発錆がかなり生じていた。

橋梁形式	トラス桁
海岸線からの直線距離	２ｋｍ
表面仕様	塗装
完工年	1974 年 (昭和 49 年)
調査年月	2008 年２月











（7）比謝川大橋

1990 年に完工した沖縄本島の比謝川に架設されたランガー桁橋梁で、海岸線から約 1 km 地点に位置し、JIS 耐候性鋼材に塗装が施され完工年から約 18 年経過していた。

新設時から塗装が施されていたかどうかは不明であるが、2002 年 2 月に「変性エポキシ樹脂塗料下塗～ポリウレタン樹脂塗料用中塗～ポリウレタン樹脂塗料上塗」で塗装されている。

調査時の状態は、添接部および端部の一部にさびの発生が見られるが全体に良好な状態であった。

橋梁形式	ランガー桁
海岸線からの直線距離	1 k m
表面仕様	塗装
完工年	1990 年 (平成 2 年)
調査年月	2008 年 2 月



















（8）伊計大橋

1981 年に完工した沖縄県の宮城島と伊計島を結ぶランガー桁橋梁で、海上に位置し、JIS 耐候性鋼材に塗装が施され完工年から約 27 年経過していた。塗装銘板等での内容確認ができないため適用塗装仕様は不明である。

調査時の状態は、上塗塗膜の白亜化現象、部分的な上塗塗膜の消耗、端部や添接部の発錆が見られるが全体的には良好であった。

橋梁形式	ランガー桁
海岸線からの直線距離	0ｋｍ（海上）
表面仕様	塗装
完工年	1981 年 (昭和 56 年)
調査年月	2008 年 5 月









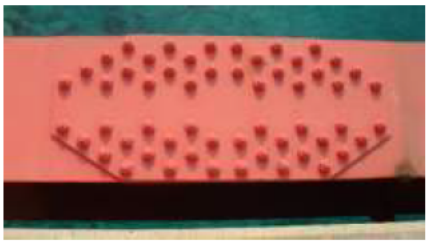












（9）安谷屋橋

1985 年に完工した沖縄県の普天間川に架設された鈑桁橋梁で、海岸線から約３km に位置し、JIS 耐候性鋼材に塗装が施され完工年から約 23 年経過していた。新設時から塗装が施されていたかどうかは不明であるが、2002 年１月に「素地調整３種～変性エポキシ樹脂塗料下塗～ポリウレタン樹脂塗料上塗」で塗装されている。

調査時の状態は、腹板内面や接合部や端部の一部に発錆が、床版との境界部の一部に、鋼材のさびの体積膨張の影響と思われる塗膜はがれが見られた。

橋梁形式	鈑桁
海岸線からの直線距離	３ｋｍ
表面仕様	塗装
完工年	1985 年 (昭和 60 年)
調査年月	2008 年２月





（10）安謝高架橋

1990 年に完工した沖縄県の安謝川に架設された箱桁橋梁で、海岸線から約 0.5km に位置し、JIS 耐候性鋼材に塗装が施され完工年から約 18 年経過していた。新設時に「鉛さび止めペイント～フェノール樹脂 MIO 塗料～塩化ゴム系塗料中塗～塩化ゴム系塗料上塗」で塗装され、2001 年９月に「素地調整３種～変性エポキシ樹脂塗料下塗～ポリウレタン樹脂塗料上塗システム」で塗替え塗装が行われている。

調査時の状態は、腹板内面や接合部や端部の一部に発錆が、床版との境界部の一部に、さびの体積膨張の影響と思われる塗膜はがれが見られた。

橋梁形式	箱桁
海岸線からの直線距離	0.5ｋｍ
表面仕様	塗装
完工年	1990 年 (平成２年)
調査年月	2008 年２月















（11）那覇大橋

日本に返還される前の琉球政府時代である 1970 年に完工した沖縄本島の国場川に架設された鈑桁橋梁で、海岸線から約３km 地点に位置し、JIS 耐候性鋼材に塗装が施され完工年から約 38 年経過していた。新設時から塗装が施されていたかどうかは不明であるが、1980 年に「JIS K5624～フェノール樹脂 MIO 塗料～塩化ゴム系塗料中塗～塩化ゴム系塗料上塗」で塗替え塗装が行われている。

調査時の状態は、腹板にも塗膜はがれやさびが点在し内面は塗膜はがれやさびの発生が著しかった。

橋梁形式	鈑桁
海岸線からの直線距離	３ｋｍ
表面仕様	塗装
完工年	1970 年 (平成２年)
調査年月	2008 年２月







(腹板外面)





(内面)





(12) 漫湖高架橋

1990 年に完工した沖縄県の国道 328 号線に架設された箱桁橋梁で、海岸線から約 3 ㎞ に位置し、JIS 耐候性鋼材に塗装が施され完工年から約 18 年経過していた。新設時から塗装が施されていたかどうかは不明であるが、2003 年 2 月に「変性エポキシ樹脂塗料下塗～ポリウレタン樹脂塗料上塗」で塗装されている。

調査時の状態は、端部やつりピース部の一部に発錆が認められるが、全般的に良好であった。

橋梁形式	箱桁
海岸線からの直線距離	３ｋｍ
表面仕様	塗装
完工年	1990 年 (平成２年)
調査年月	2008 年２月

















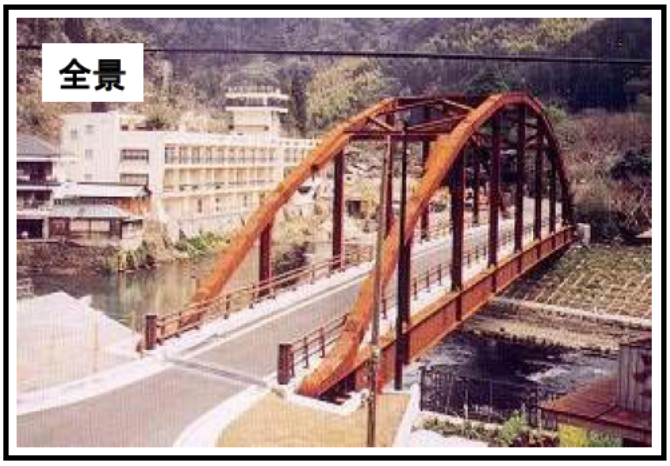


（13）妙見大橋

1999 年に完工した鹿児島県の天降川（あわもりかわ）に架設されたランガー桁橋梁で、海岸線から約 11km 地点に位置し、無塗装の JIS 耐候性鋼材が使用され完工年から約８年経過していた。

調査時の状態は、部位により緻密さびの形成状態が異なり、雨水が接し易い部位には赤さびが生成していた。また、下フランジ上面にはさび粉の堆積部が見られ、下フランジ下面の一部に異常さびが発生していた。セロファンテープ試験結果は、アーチ部では上面が評点４、側面と下面が評点３で、補剛桁内面では側面垂直面および下フランジ上面が評点３、添接部が評点２、下フランジ下面が評点１であった。

橋梁形式	ランガー桁
海岸線からの直線距離	11ｋｍ
表面仕様	無塗装(裸)
完工年	1999 年 (平成 11 年)
調査年月	2007 年 11 月



（上部工：アーチ・補剛桁）



(14) 瀧見大橋

1996 年に完工した鹿児島県の雄川に架設されたニールセンローゼ桁橋梁で、海岸線から約５km 地点に位置し、JIS 耐候性鋼材に耐候性鋼用表面処理剤が施され完工年から約 11 年経過していた。

調査時の状態は、全体的に均一な緻密さびの発生には至っておらず、水分の作用が強い部位（雨水が溜まったり、湿気が抜けにくい）や現場施工された添接部にさび発生頻度が高い傾向にあった。表面処理剤施工面のセロファンテープ試験結果は、皮膜の白亜化現象が進行しているようで、表層部分の皮膜付着が生じていた。

橋梁形式	ローゼ桁
海岸線からの直線距離	５ｋｍ
表面仕様	表面処理剤
完工年	1996 年 (平成８年)
調査年月	2007 年 11 月



(上部工：アーチ・補剛桁)



(下部工)



(15) 柏原大橋

1987 年に完工した鹿児島県の肝属川河口に架設された箱桁橋梁で、海岸線（河口）に位置し、JIS 耐候性鋼材に塗装が施され完工年から約 23 年経過していた。新設時に「ジンクリッチプライマー～塩化ゴム下塗・中塗・上塗装システム」で塗装され、2007 年 11 月に「素地調整１種/素地調整３種併用～エポキシ樹脂ジンクリッチペイント（鉄素地露出部）～変性エポキシ樹脂塗料下塗～ふっ素樹脂塗料用中塗～ふっ素樹脂塗料上塗」で塗替え塗装が行われている。

調査時は塗替え後約３年経過していたが、特にさびなどの欠陥はなく良好な状態であった。

橋梁形式	箱桁
海岸線からの直線距離	0ｋｍ
表面仕様	塗装
完工年	1987 年 (昭和 62 年)
調査年月	2010 年 11 月



(塗替塗装前の状態)








(塗替塗装後３年経過時点)








(16) 若浜大橋

1985 年に完工した鹿児島県の前川河口に架設された箱桁橋梁で、海岸線（河口）に位置し、JIS 耐候性鋼材に塗装が施され完工年から約 25 年経過していた。新設時に「塩化ゴム下塗・中塗・上塗装システム」で塗装され、2007 年 11 月から 2009 年 3 月までの分割発注により「素地調整３種～変性エポキシ樹脂塗料下塗～ふっ素樹脂塗料用中塗～ふっ素樹脂塗料上塗」で塗替え塗装が行われている。調査時は塗替え後約１～３年経過していたが、孔食部や添接部（ボルト等）には既に発錆している部分も見られた。

橋梁形式	箱桁
海岸線からの直線距離	0ｋｍ
表面仕様	塗装
完工年	1985 年 (昭和 60 年)
調査年月	2010 年 11 月



(塗替え塗装前の状態)







(塗替え塗装後１～３年経過時点)













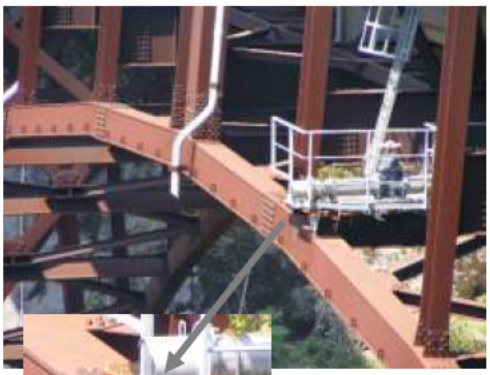
（17）豊潤橋

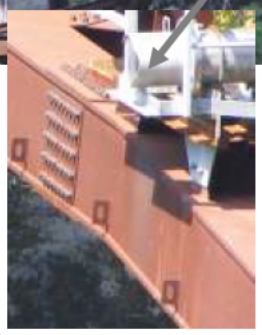
1987 年に完工した熊本県の菊池川に架設されたランガー桁橋梁で、海岸線から約 31km 地点に位置し、無塗装の JIS 耐候性鋼材が使用され完工年から約 21 年経過していた。

調査時の状態は、部位により緻密さびの形成状態が異なり、雨水が接し易い部位には赤さびが生成していた。また、補強桁上面にはさび粉の堆積部が見られ、部分的に異常さびが発生していた。セロファンテープ試験結果は、アーチ部では上面が評点４、側面と下面が評点３で、橋台固定部近傍部材では側面垂直面が評点４で、水分の作用面は評点１であった。

橋梁形式	ランガー桁
海岸線からの直線距離	31ｋｍ
表面仕様	無塗装(裸)
完工年	1987 年 (昭和 62 年)
調査年月	2008 年 5 月























（18）日生野橋

1987 年に完工した熊本県の河原川に架設されたランガー桁橋梁で、海岸線から約 31km 地点に位置し、無塗装の JIS 耐候性鋼材が使用され完工年から約 21 年経過していた。

調査時の状態は、上部工は全体的にほぼ均一な緻密さびが生成していたが、下部工は部位により不均一なさびの生成が見られた。セロファンテープ試験結果は、アーチ部では上面と側面が評点４、下面が評点３で、下部工は側面垂直面（内側）が評点３で、下フランジ下面は評点２であった。

橋梁形式	ランガー桁
海岸線からの直線距離	31ｋｍ
表面仕様	無塗装(裸)
完工年	1987 年 (昭和 62 年)
調査年月	2008 年 5 月



（上部工）





（下部工）



（19）天領大橋

1996 年に完工した大分県の玖珠川に架設された斜張橋梁で、海岸線から約 45km 地点に位置し、JIS 耐候性鋼材に耐候性鋼用表面処理剤が施され完工年から約 12 年経過していた。

調査時の状態は、上部工および下部工ともは表面処理剤が施されており、全体的に良好であるが、現地施工の溶接部は状態が劣った。表面処理剤施工面のセロファンテープ試験結果は、皮膜の白亜化現象が進行しているようで、表層部分の皮膜付着が生じていた。

橋梁形式	斜張橋
海岸線からの直線距離	45ｋｍ
表面仕様	表面処理剤
完工年	1996 年 (平成９年)
調査年月	2008 年 5 月



（上部工）









（下部工）











(20) 庄内湯平大橋

2000 年に完工した大分県の境谷川に架設されたニールセンローゼ桁橋梁で、海岸線から約 18km 地点に位置し、無塗装の JIS 耐候性鋼材が使用され完工年から約８年経過していた。

調査時の状態は、上部工は全体的にほぼ均一な緻密さびが生成していたが、無塗装のため、錆汁が手摺・路上を汚損している。下部工は部位により不均一なさびの生成が見られた。セロファンテープ試験結果は、アーチ部では評点３～４であった。

橋梁形式	ローゼ桁
海岸線からの直線距離	18ｋｍ
表面仕様	無塗装(裸)
完工年	2000 年 (平成 12 年)
調査年月	2008 年 5 月



(上部工)









(下部工)





(21) 淵大橋

1998 年に完工した大分県の尾足川に架設されたランガー桁橋梁で、海岸線から約 18km 地点に位置し、無塗装の JIS 耐候性鋼材が使用され完工年から約 10 年経過していた。

調査時の状態は、上部工は全体的にほぼ均一な緻密さびが生成していたが、無塗装のため、錆汁が手摺・路上を汚損している。下部工は部位により不均一なさびの生成が見られた。セロファンテープ試験結果は、アーチ部では評点３～４であった。

橋梁形式	ランガー桁
海岸線からの直線距離	18ｋｍ
表面仕様	無塗装(裸)
完工年	1998 年 (平成 10 年)
調査年月	2008 年５月



(上部工)









(下部工)





(22) 尾原橋

2004 年に完工した大分県の大分ダムの付替国道 442 号線に架設されたローゼ桁橋梁で、海岸線から約 18㎞ 地点に位置し、無塗装の JIS 耐候性鋼材が使用され完工年から約４年経過していた。

橋梁は竣工済みであるが、付替国道が未開通のため近接での調査は不可能であったことから遠方からの双眼鏡等での観察になったが、さびの生成状態はやや不均一に見えた。

橋梁形式	ローゼ桁
海岸線からの直線距離	18ｋｍ
表面仕様	無塗装(裸)
完工年	2004 年 (平成 16 年)
調査年月	2008 年５月



















(23) 山ン寺大橋

1998 年に完工した大分県の尾足川に架設されたローゼ桁橋梁で、海岸線から約４km 地点に位置し、無塗装の JIS 耐候性鋼材が使用され完工年から約 10 年経過していた。上部工のみの評価しかできなかった。

調査時の状態は、は全体的にほぼ均一な緻密さびが生成していたが、さびの粒子はやや粗かった。セロファンテープ試験結果は、アーチ部では評点４～５であった。

橋梁形式	ローゼ桁
海岸線からの直線距離	４ｋｍ
表面仕様	無塗装(裸)
完工年	1998 年 (平成 10 年)
調査年月	2008 年 11 月



















(24) 鳴瀬橋

2000 年に完工した大分県の尾足川に架設された鈑桁橋梁で、海岸線から約 13km 地点に位置し、無塗装の JIS 耐候性鋼材が使用され完工年から約８年経過していた。

調査時の状態は、外桁は全体的にほぼ均一なさびが生成していたが、さびの粒子はやや粗かった。内桁は均一なさびの発生状態であるが、下フランジ下面の一部に不均一なさびの発生が見られた。セロファンテープ試験結果は、外桁は評点３で、内桁は評点３～４であった。付着塩分量は、腹板外面で 12～25mg/㎡、腹板内面で 10～64mg/㎡であった。

橋梁形式	鈑桁
海岸線からの直線距離	13ｋｍ
表面仕様	無塗装(裸)
完工年	2000 年 (平成 12 年)
調査年月	2008 年 11 月



(外桁)










(内桁)






(25) 横田川橋梁

2004 年に完工した佐賀県の国道 497 号線に架設された鈑桁橋梁で、海岸線から約 3 ㎞ 地点に位置し、無塗装の JIS 耐候性鋼材が使用され完工年から約 4 年経過していた。

調査時の状態は、外桁は全体的にほぼ均一なさびが生成していたが、さびの粒子はやや粗かった。内桁は全体的に赤いさびが生成しており不均一な状態で、さびの粒子も粗かった。

橋梁形式	鈑桁
海岸線からの直線距離	3 k m
表面仕様	無塗装(裸)
完工年	2004 年 (平成 16 年)
調査年月	2008 年 11 月



(外桁)







(内桁)








(26) 荒川大橋

1999 年に完工した佐賀県の国道 323 号線に架設された鈑桁橋梁で、海岸線から約 14km 地点に位置し、JIS 耐候性鋼材に耐候性鋼用表面処理剤が施され完工年から約９年経過していた。

調査時の状態は、外桁は部分的に表面処理剤皮膜の消耗が進み、内桁は部分的にさびの発生が見られ、内外桁とも不均一な劣化状態であった。

橋梁形式	鈑桁
海岸線からの直線距離	14ｋｍ
表面仕様	表面処理剤
完工年	1999 年 (平成 20 年)
調査年月	2008 年 11 月

















(27) 山倉振興橋

1999 年に完工した佐賀県の山間部に架設された鈑桁橋梁で、海岸線から約 15km 地点に位置し、無塗装の JIS 耐候性鋼材が使用され完工年から約９年経過していた。

調査時の状態は、上部工（アーチ部材等）は全体的に均一なさびの生成が認められた。ただし、調査中に突然豪雨に見舞われたため詳細調査はできなかった。また、架設場所の関係から下部工の調査はできなかった。

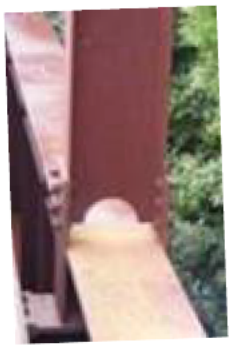
橋梁形式	ランガー桁
海岸線からの直線距離	15ｋｍ
表面仕様	無塗装(裸)
完工年	1999 年 (平成 20 年)
調査年月	2008 年 11 月

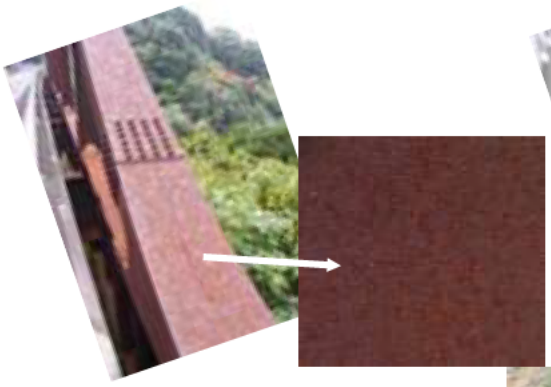


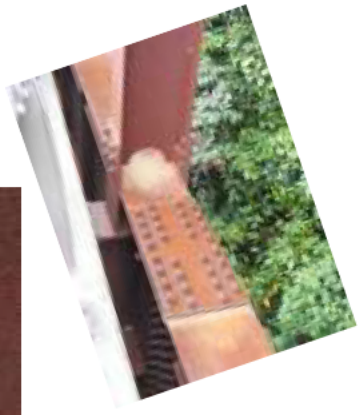


















(28) 川西橋

2004 年に完工した佐賀県の松浦川に架設された鈑桁橋梁で、海岸線から約 15km 地点に位置し、無塗装の JIS 耐候性鋼材が使用され完工年から約４年経過していた。

調査時の状態は、外桁はさびの粒子はやや粗いが、全体的にほぼ均一なさびが生成していた。内桁は部分的に赤いさびが生成していた。セロファンテープ試験結果は、外桁、内桁ともは評点３で、外桁の下フランジ下面の付着塩分量は、243mg/㎡であった。

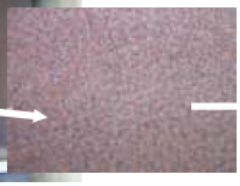
橋梁形式	鈑桁
海岸線からの直線距離	15ｋｍ
表面仕様	無塗装(裸)
完工年	2004 年 (平成 16 年)
調査年月	2008 年 11 月



(外桁)





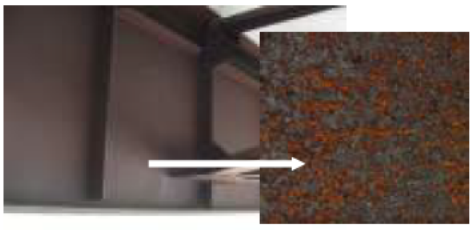




(内桁)





(29) 笹の本橋

1999 年に完工した佐賀県の松浦川に架設された鈑桁橋梁で、海岸線から約 7 km 地点に位置し、無塗装の JIS 耐候性鋼材が使用され完工年から約 9 年経過していた。

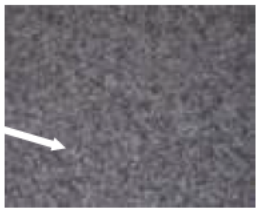
調査時の状態は、外桁は全体的にほぼ均一なさびが生成していたが、内桁は部分的に赤いさびが生成していた。

橋梁形式	鈑桁
海岸線からの直線距離	7 km
表面仕様	無塗装(裸)
完工年	1999 年 (平成 11 年)
調査年月	2008 年 11 月





















(30) 武雄高架橋

1998 年に完工した佐賀県の長崎自動車道の高架橋の一つで佐世保線と交差する跨線部分に架設された鈑桁橋梁で、海岸線から約 21㎞ 地点に位置し、無塗装の JIS 耐候性鋼材が使用され完工年から約 10 年経過していた。なお、跨線部分以外は C-2 塗装系で塗装されている。

調査時の状態は、外桁は全体的にほぼ均一なさびが生成していたが、排水口からの漏水影響部はさびが発生していた。内桁は部分的に粗いさびが生成していた。

橋梁形式	鈑桁
海岸線からの直線距離	21ｋｍ
表面仕様	無塗装(裸)
完工年	19918 年 (平成 10 年)
調査年月	2008 年 11 月







排水口からの
漏水影響部

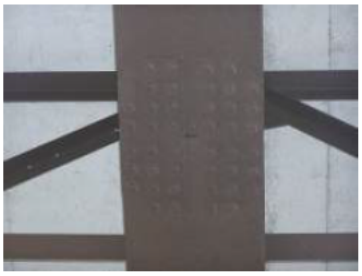












(31) 小水橋

2002 年に完工した長崎県の平戸島に架設された鈑桁橋梁で、海岸線から約 0.4km 地点の谷間に位置し、無塗装の Ni 系耐候性鋼材（SMA490W-MOD）が使用され完工年から約４年経過していた。

調査時の状態は、主桁外面（外側腹板）は緻密さび形成状態であるが、内面は層状はく離さびになっている箇所が多く見られた。なお、本橋梁は 2010 年５月に重防食塗装系（素地調整１種～エポキシ樹脂ジンクリッチペイント～エポキシ樹脂塗料下塗～ふっ素樹脂塗料用中塗～ふっ素樹脂塗料上塗）で塗替え塗装が実施された。

橋梁形式	鈑桁
海岸線からの直線距離	0.4ｋｍ
表面仕様	無塗装(裸)
完工年	2002 年 (平成 14 年)
調査年月	2006 年 11 月

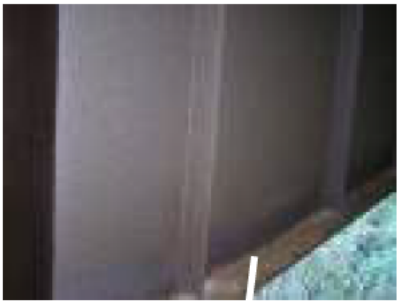




















2010 年５月塗替え塗装後の状況



(32) 雪浦橋

1984 年に完工した長崎県の雪浦川に架設された鈑桁橋梁で、海岸線（河口）に位置し、JIS 耐候性鋼材に耐候性鋼用表面処理剤が施され完工年から約 22 年経過していた。

調査時の状態は、外桁は表面処理剤皮膜の消耗が不均一で、部分的にさびが生じていた。内桁も不均一な皮膜消耗が見られ、特に下フランジ上面や下面は層状の異常さびの状態になっていた。

橋梁形式	鈑桁
海岸線からの直線距離	0ｋｍ（海上）
表面仕様	無塗装(裸)
完工年	1984 年 (昭和 59 年)
調査年月	2006 年 11 月



(外桁)








(内桁)






(33) 新神浦橋

1980 年に完工した長崎県の神浦川に架設されたランガー桁橋梁で、海岸線（河口）に位置し、JIS 耐候性鋼材に塗装が施され完工年から約 26 年経過していた。新設時から塗装が施されていたかどうかは不明であるが、1999 年３月に「変性エポキシ樹脂塗料下塗（３回）～ポリウレタン樹脂塗料用中塗～ポリウレタン樹脂塗料上塗」で塗装されている。

調査時の状態は、添接部および端部等の一部にさびの発生が見られた。

橋梁形式	ランガー桁
海岸線からの直線距離	0ｋｍ（海上）
表面仕様	塗装
完工年	1980 年 (昭和 55 年)
調査年月	2006 年 11 月











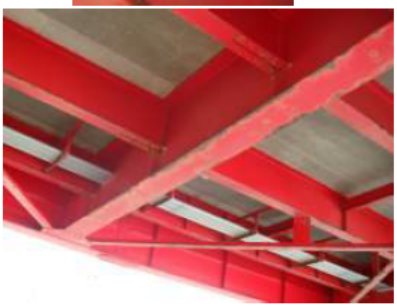












(34) 野岳大橋

2001 年に完工した長崎県の野岳湖に架設された人道橋梁（吊り橋）で、海岸線から約４km 地点に位置し、JIS 耐候性鋼材に耐候性鋼用表面処理剤が施され完工年から約５年経過していた。

調査時の状態は、全体的には良好であるが、接合部や端部にさびの発生が見られた。

橋梁形式	吊り橋 （人道橋）
海岸線からの直線距離	４ｋｍ
表面仕様	表面処理剤
完工年	2001 年 （平成 13 年）
調査年月	2006 年 11 月

























(35) (36) 黒木渓谷橋梁群（黒木３号橋・黒木５号橋他）

1993～1998 年に完工した長崎県の黒木渓谷に架設された鈑桁橋梁群で、海岸線から約７km 地点に位置し、無塗装の JIS 耐候性鋼材が使用され完工年から約８～13 年経過していた。なお、黒木２号橋は接近しての調査は不可だったので調査対象外とした。

調査時の状態は、外桁は全体的にほぼ均一なさびが生成していたが、内桁は部分的に赤いさびが生成していた。また、桁端部にはタールエポキシが塗装されているが、タールエポキシ塗装部にもさびの発生が見られた。

橋梁形式	鈑桁
海岸線からの直線距離	７ｋｍ
表面仕様	無塗装(裸)
完工年	1993 年 1998 年
調査年月	2006 年 11 月









(37) 久良原橋

1998 年に完工した長崎県の郡川に架設された鈑桁橋梁で、海岸線から約５km に位置し、JIS 耐候性鋼材に耐候性鋼用表面処理剤が施され完工年から約８年経過していた。

調査時の状態は、外桁は表面処理剤皮膜の消耗が不均一で、消耗部分はスプレー塗装のパターンに沿って生じていた。内桁は全体的に良好であった。

橋梁形式	鈑桁
海岸線からの直線距離	５ｋｍ
表面仕様	表面処理剤
完工年	1998 年 (平成 10 年)
調査年月	2006 年 11 月


全景

















(38) 稲佐山スカイブリッジ

1989 年に完工した長崎県の稲佐山道路に架設された鈑桁橋梁で、海岸線から約 1 ㎞ に位置し、JIS 耐候性鋼材に耐候性鋼用表面処理剤が施され完工年から約 19 年経過していた。

調査時の状態は、橋体に近づくことができないため望遠橋等での観察に限定されたが、全体的には良好な状態に見えた。

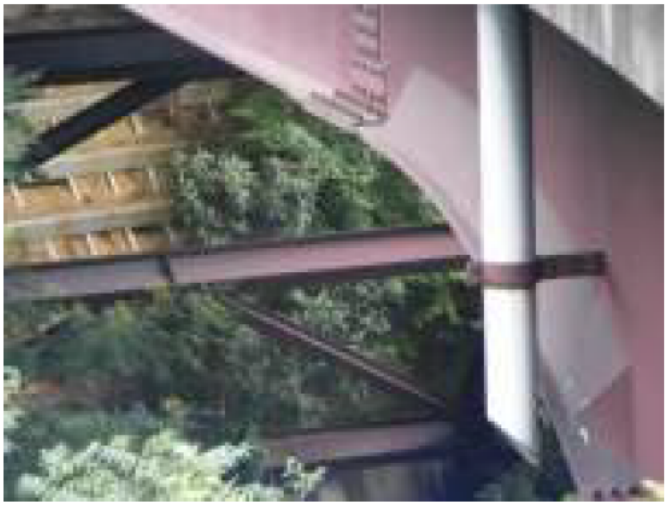
橋梁形式	ラーメン桁
海岸線からの直線距離	1ｋｍ
表面仕様	表面処理剤
完工年	1989 年 (平成元年)
調査年月	2008 年 9 月


全景











（39）出島バイパスDランプ橋

2002 年に完工した長崎県の出島バイパスに架設された箱桁高架橋で、海岸線から約３km に位置し、JIS 耐候性鋼材に耐候性鋼用表面処理剤が施され完工年から約６年経過していた。

調査時の状態は、表面処理剤が施されているため全体的には良好であるが、現地架設時の補修不足と思われる部位 （添接部や工場塗装損傷部等）で不均一な発錆が見られた。

橋梁形式	箱桁
海岸線からの直線距離	３ｋｍ
表面仕様	表面処理剤
完工年	2002 年 (平成 14 年)
調査年月	2008 年 9 月





















（40）出島バイパスＥランプ橋

2001 年に完工した長崎県の出島バイパスに架設された箱桁高架橋で、海岸線から約３km に位置し、JIS 耐候性鋼材に耐候性鋼用表面処理剤が施され完工年から約７年経過していた。

調査時の状態は、表面処理剤が施されているため全体的には良好であるが、現地架設時の補修不足と思われる部位 （添接部や工場塗装損傷部等）で不均一な発錆が見られた。

橋梁形式	箱桁
海岸線からの直線距離	３ｋｍ
表面仕様	表面処理剤
完工年	2001 年 (平成 13 年)
調査年月	2008 年 9 月





















（41）樺島大橋

1985 年に完工した長崎県の野母崎半島と樺島結ぶランガー桁橋梁で、海上に位置し、JIS 耐候性鋼材に塗装が施され完工年から約 23 年経過していた。本橋梁は高架橋で橋梁に近づけず塗装銘板等での内容確認ができないため適用塗装系は不明である。

調査時の状態は、上部工は添接部、メカニカルダメージ部などの一部に発錆が見られたが、全体的には良好な状態であった。下部工は桁が高所にあるため望遠での目視評価になるが、下フランジ下面や添接部等の一部には著しい発錆が見られた。

橋梁形式	ランガー桁
海岸線からの直線距離	0ｋｍ（海上）
表面仕様	塗装
完工年	1985 年 (昭和 60 年)
調査年月	2008 年 9 月



（上部工）













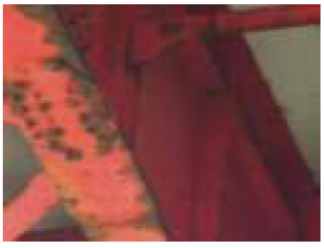
（下部工）











(42) 高津川派川橋

2004 年に完工した島根県の高津川に架設された箱桁橋梁で、海岸線から約２km に位置し、Ni 系耐候性鋼材に耐候性鋼用表面処理剤が施され(内面は裸材のまま)完工年から約４年経過していた。

調査時の状態は、表面処理剤施工面では架設時の補修跡や補強部材との接合部からの流れさびの付着が目立つが、全体的には良好であった。裸材の部分はさびの生成が進行中であった。

橋梁形式	箱桁
海岸線からの直線距離	２ｋｍ
表面仕様	表面処理剤，裸
完工年	2004 年 (平成 16 年)
調査年月	2008 年 10 月























表面処理剤施工箇所

裸材（無塗装）

(43) 角井大橋

2004 年に完工した島根県の高津川に架設された箱桁橋梁で、海岸線から約４km に位置し、Ni 系耐候性鋼材に耐候性鋼用表面処理剤が施され(内面は裸材のまま)完工年から約４年経過していた。

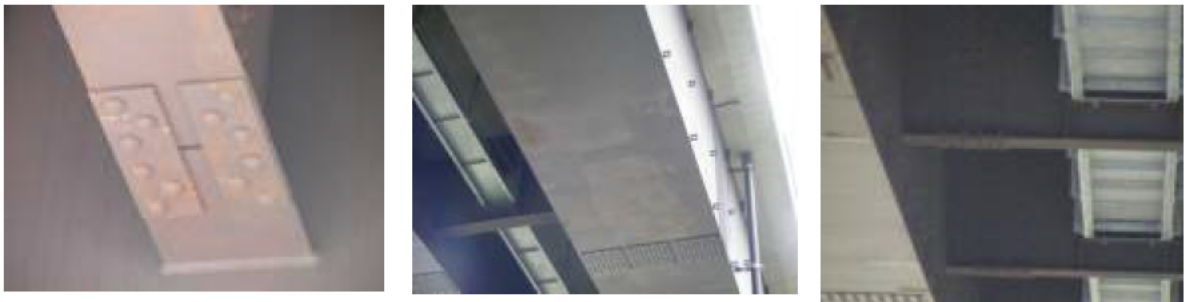
調査時の状態は、表面処理剤施工面では架設時の補修跡が目立つが全体的には良好であった。裸材の部分はさびの生成が進行中であった。

橋梁形式	鈑桁
海岸線からの直線距離	４ｋｍ
表面仕様	表面処理剤，裸
完工年	2004 年 (平成 16 年)
調査年月	2008 年 10 月











（44）ほたる大橋

1996 年に完工した島根県の二条川に架設された鈑桁橋梁で、海岸線から約 11km に位置し、無塗装の JIS 耐候性鋼材が使用され完工年から約 12 年経過していた。

調査時の状態は、外桁は水の影響を受ける部位で層状さびが認められたが全体的にはほぼ均一なさびが生成していた。内桁は全体的にほぼ均一なさびが生成しているが、補強部材上面・下面および下フランジ上面や下面には粒子が粗いさびが存在した。セロファンテープ試験結果は、腹板外面は評点 3、腹板内面は評点３～４、下フランジ下面は評点２～３であった。付着塩分量は、腹板外面で 17～49mg/㎡、腹板内面で 20～114mg/㎡であった。

橋梁形式	鈑桁
海岸線からの直線距離	11ｋｍ
表面仕様	無塗装(裸)
完工年	1996 年 (平成８年)
調査年月	2008 年 10 月



(外桁)







(内桁)













(45) 第二ほたる大橋

1997 年に完工した島根県の二条川に架設された鈑桁橋梁で、海岸線から約 11km に位置し、無塗装の JIS 耐候性鋼材が使用され完工年から約 11 年経過していた。

調査時の状態は、外桁は水の影響を受ける部位で層状さびが認められるが、全体的にはほぼ均一なさびが生成していた。内桁は全体的にほぼ均一なさびが生成しているが、補強部材上面・下面および下フランジ上面や下面には粒子が粗いさびが存在した。セロファンテープ試験結果は、腹板外面は評点 3、腹板内面は評点２～３、下フランジ下面は評点３であった。

橋梁形式	鈑桁
海岸線からの直線距離	11ｋｍ
表面仕様	無塗装(裸)
完工年	1997 年 (平成９年)
調査年月	2008 年 10 月



(外桁)





(内桁)













（46）中之原橋

1985 年に完工した島根県の沖田川に架設された鈑桁（H形鋼桁）橋梁で、海岸線から約６km に位置し、JIS 耐候性鋼材に耐候性鋼用表面処理剤が施され完工年から約 23 年経過していた。

調査時の状態は、架設後 23 年経過してほぼ全面にさびの生成が認められるが、一部に表面処理剤皮膜の健全な部分も混在していた。セロファンテープ試験結果は、腹板外面は評点３～５、腹板内面は評点１～５、下フランジ下面は評点３であった。

橋梁形式	鈑桁(H 形鋼桁)
海岸線からの直線距離	６ｋｍ
表面仕様	表面処理剤
完工年	1985 年 (昭和 60 年)
調査年月	2008 年 10 月



（外桁）






（内桁）







（47）百田橋

1985 年に完工した島根県の沖田川に架設された鈑桁（H形鋼桁）橋梁で、海岸線から約６km に位置し、JIS 耐候性鋼材に耐候性鋼用表面処理剤が施され完工年から約 23 年経過していた。

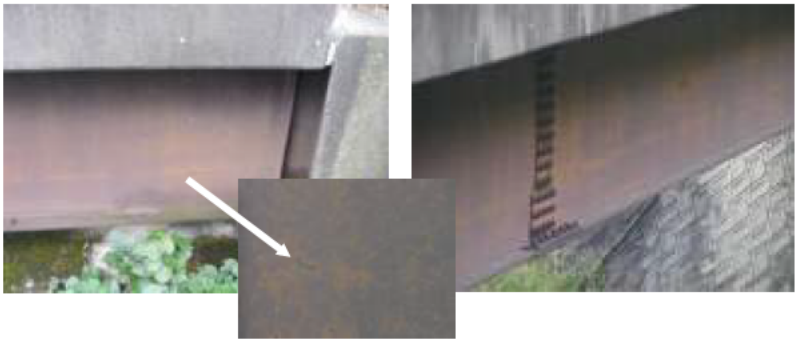
調査時の状態は、架設後 23 年経過してほぼ全面にさびの生成が認められるが、下フランジ上面・下面、補強材に異常さびが発生している。セロファンテープ試験結果は、腹板外面は評点５、腹板内面は評点２～４、下フランジ下面は評点５だった。付着塩分量は、腹板外面で 26mg/㎡、腹板内面で 434mg/㎡であった。

橋梁形式	鈑桁(H 形鋼桁)
海岸線からの直線距離	６ｋｍ
表面仕様	表面処理剤
完工年	1985 年 (昭和 60 年)
調査年月	2008 年 10 月



（外桁）





（内桁）













（48）四反田橋

1995 年に完工した島根県の沖田川に架設された鈑桁（H形鋼桁）橋梁で、海岸線から約 6 ㎞ に位置し、JIS 耐候性鋼材に耐候性鋼用表面処理剤が施され完工年から約 13 年経過していた。

調査時の状態は、架設後 13 年経過してほぼ全面にさびの生成が認められるが、一部に表面処理剤皮膜の健全な部分も混在していた。

橋梁形式	鈑桁(H 形鋼桁)
海岸線からの直線距離	6 ｋｍ
表面仕様	表面処理剤
完工年	1995 年 (平成 7 年)
調査年月	2008 年 10 月



(外桁)







(内桁)



（49）三階大橋

1982 年に完工した島根県の細谷川に架設された鈑桁橋梁で、海岸線から約４km に位置し、JIS 耐候性鋼材に耐候性鋼用表面処理剤が施され完工年から約 26 年経過していた。

調査時の状態は、外桁、内桁とも架設後 26 年経過してほぼ全面にさびの生成が認められるが、一部に表面処理剤皮膜の健全な部分も混在している。外桁は下フランジ上面などに著しい異常さびが認められ、内桁は下フランジ上面・下面、補強材に異常さびが発生していた。セロファンテープ試験結果は、腹板外面は評点４～５、腹板内面は評点４、下フランジ下面は評点５であった。付着塩分量は、腹板外面で 457mg/㎡、腹板内面で 616mg/㎡であった。

橋梁形式	鈑桁
海岸線からの直線距離	４ｋｍ
表面仕様	表面処理剤
完工年	1982 年 (昭和 57 年)
調査年月	2008 年 10 月



（外桁）



（内桁）



(50) 下鍋大橋

2000 年に完工した島根県の周布川に架設された鈑桁橋梁で、海岸線から約６km に位置し、無塗装の JIS 耐候性鋼材が使用され完工年から約８年経過していた。

調査時の状態は、外桁は全体的にほぼ均一なさびが生成していた。内桁は横桁や下フランジ下面等に粒子の粗いさび（赤味・黄味のあるさび）の発生が認められた。

橋梁形式	鈑桁
海岸線からの直線距離	６ｋｍ
表面仕様	無塗装(裸)
完工年	2000 年 (平成 12 年)
調査年月	2008 年 10 月



(外桁)



(内桁)



(51) 千代松原橋

1991 年に完工した島根県の下府川に架設された鈑桁橋梁で、海岸線から約４km に位置し、JIS 耐候性鋼材に耐候性鋼用表面処理剤が施され完工年から約 17 年経過していた。

調査時の状態は、架設後 17 年経過してほぼ全面にさびの生成が認められるが、一部に表面処理剤皮膜の健全な部分も混在している。セロファンテープ試験結果は、腹板外面は評点４～５、腹板内面は評点１～４、下フランジ下面は評点５であった。

橋梁形式	鈑桁
海岸線からの直線距離	４ｋｍ
表面仕様	表面処理剤
完工年	1991 年 (平成3年)
調査年月	2008 年 10 月



(外桁)



(内桁)





(52) 吉原橋

1990 年に完工した島根県の下府川に架設された鈑桁橋梁で、海岸線から約４km に位置し、無塗装の JIS 耐候性鋼材が使用され完工年から約 18 年経過していた。

調査時の状態は、架設後 18 年経過してほぼ全面にさびの生成が認められた。

橋梁形式	鈑桁
海岸線からの直線距離	４ｋｍ
表面仕様	無塗装(裸)
完工年	1990 年 (平成2年)
調査年月	2008 年 10 月



(外桁)









(内桁)











(53) 大原橋（浜田市）

1991 年に完工した島根県の下府川に架設された鈑桁橋梁で、海岸線から約４km に位置し、JIS 耐候性鋼材に耐候性鋼用表面処理剤が施され完工年から約 17 年経過していた。

調査時の状態は、架設後 17 年経過してほぼ全面にさびの生成が認められるが、一部に表面処理剤皮膜の健全な部分も混在し、下フランジ下面（端部）等の一部に異常さびが発生していた。

橋梁形式	鈑桁
海岸線からの直線距離	４ｋｍ
表面仕様	表面処理剤
完工年	1991 年 (平成3年)
調査年月	2008 年 10 月



(外桁)







(内桁)







(54) 高梨大橋

1983 年に完工した島根県の江の川に架設された斜張橋梁で、海岸線から約 30km に位置し、無塗装の JIS 耐候性鋼材が使用され完工年から約 25 年経過していた。

調査時の状態は、架設後 25 年経過してほぼ全面に均一なさびの生成が見られるが、直接雨水等の水分の作用を受ける部位では、全面に赤さびが生じていた。

橋梁形式	斜張橋
海岸線からの直線距離	30ｋｍ
表面仕様	無塗装(裸)
完工年	1983 年 (昭和 58 年)
調査年月	2008 年 10 月

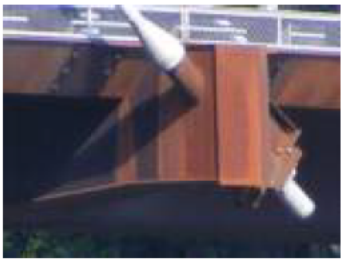
























(55) 大和大橋

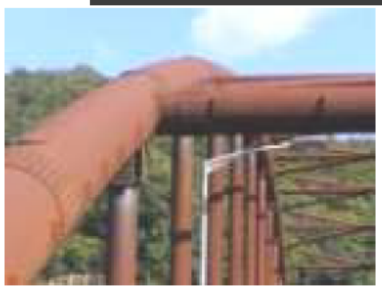
2001 年に完工した島根県の江の川に架設されたローゼ桁橋梁で、海岸線から約 30km 地点に位置し、無塗装の JIS 耐候性鋼材が使用され完工年から約７年経過していた。

調査時の状態は、上部工(アーチ桁・垂直部材)はほぼ全面に緻密さびの形成が認められるが、下部工(内面)は部位により緻密さびの形成状態が異なっていた。セロファンテープ試験結果は、５箇所行ったがいずれも評点４であった。また、付着塩分量は２箇所で測定したが１箇所からは塩分が確認されず、もう１箇所からは 6 mg/㎡ の付着塩分量が確認された。

橋梁形式	ローゼ桁
海岸線からの直線距離	30ｋｍ
表面仕様	無塗装(裸)
完工年	2001 年 (平成 13 年)
調査年月	2008 年 10 月



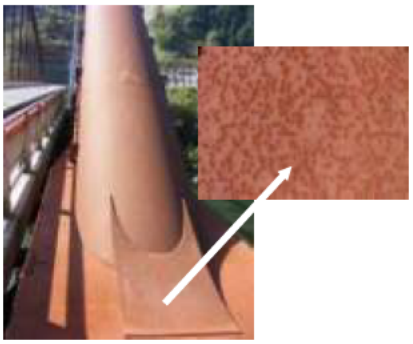














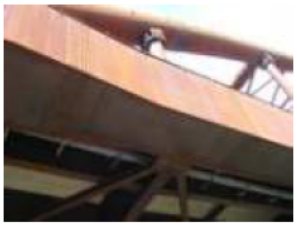












(56) 大浦橋

1989 年に完工した島根県の江の川に架設されたニールセンローゼ桁橋梁で、海岸線から約 30km に位置し、JIS 耐候性鋼材に耐候性鋼用表面処理剤が施され完工年から約 19 年経過していた。

調査時の状態は、架設後 19 年経過しているが、表面処理剤皮膜はほとんどの部分で健在状態であった。

橋梁形式	ローゼ桁
海岸線からの直線距離	30ｋｍ
表面仕様	表面処理剤
完工年	1989 年 (平成元年)
調査年月	2008 年 10 月



(上部工)

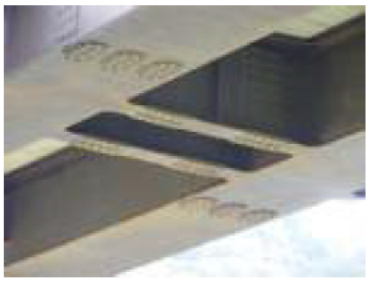









(下部工)





(57) 源子橋

1986 年に完工した島根県の大原川に架設された鈑桁橋梁で、海岸線から約 1 km 地点に位置し、JIS 耐候性鋼材に耐候性鋼用表面処理剤が施され完工年から約 22 年経過していた。

調査時の状態は、架設後 22 年経過して全面にさびの生成が認められた。また、下フランジ上面・下面、H形鋼桁内側等の一部に異常（層状）さびが発生していた。セロファンテープ試験は下フランジ下面や腹板内面では評点 1 で、付着塩分量は腹板外面で 360mg/m² であった。

橋梁形式	鈑桁
海岸線からの直線距離	1 k m
表面仕様	表面処理剤
完工年	1986 年 (昭和 61 年)
調査年月	2008 年 10 月





















（58）大原橋（大田市）

1979 年に完工した島根県の大原川に架設された箱桁橋梁で、海岸線から約 1 ㎞ 地点に位置し、JIS 耐候性鋼材に耐候性鋼用表面処理剤が施され完工年から約 29 年経過していた。

調査時の状態は、架設後 29 年経過しているが、表面処理剤皮膜の健全な部分も混在し、箱桁下面、横補強桁等に異常（層状）さびが発生していた。

橋梁形式	箱桁
海岸線からの直線距離	1ｋｍ
表面仕様	表面処理剤
完工年	1979 年 (昭和 54 年)
調査年月	2008 年 10 月



（外桁）







（内桁）













(59) 馬木大橋

2002 年に完工した島根県の神戸川に架設された鈑桁橋梁で、海岸線から約 7 km 地点に位置し、JIS 耐候性鋼材に耐候性鋼用表面処理剤が施され完工年から約 6 年経過していた。

調査時の状態は、架設後 6 年であるが、表面処理剤が施工されているにもかかわらず、一部に不均一なさびが認められた。

橋梁形式	鈑桁
海岸線からの直線距離	7 km
表面仕様	表面処理剤
完工年	2002 年 (平成 14 年)
調査年月	2008 年 10 月

























(60) 馬木吊橋

2004 年に完工した島根県の神戸川に架設された吊り橋橋梁で、海岸線から約 7 km 地点に位置し、JIS 耐候性鋼材に耐候性鋼用表面処理剤が施され完工年から約 4 年経過していた。

調査時の状態は、架設後 4 年であるが、表面処理剤が施工されているにもかかわらず、現地施工個所に不均一なさびが認められた。

橋梁形式	吊り橋
海岸線からの直線距離	7 km
表面仕様	表面処理剤
完工年	2004 年 (平成 16 年)
調査年月	2008 年 10 月





























(61) 飯山大橋

1981 年に完工した島根県の平田船川に架設された鈑桁橋梁で、海岸線から約 3 km 地点に位置し、JIS 耐候性鋼材に耐候性鋼用表面処理剤が施され完工年から約 27 年経過していた。

調査時の状態は、架設後 27 年経過しているが、表面処理剤皮膜の健全な部分も混在しており、下フランジ上面・下面、腹板内側等の一部に異常（層状）さびが発生していた。

橋梁形式	鈑桁
海岸線からの直線距離	３ｋｍ
表面仕様	表面処理剤
完工年	1981 年 (昭和 56 年)
調査年月	2008 年 10 月



(外桁)







(内桁)



















(62) 桧山橋

1982 年に完工した島根県の平田船川に架設された鈑桁橋梁で、海岸線から約３km 地点に位置し、JIS 耐候性鋼材に耐候性鋼用表面処理剤が施され完工年から約 26 年経過していた。

調査時の状態は、架設後 26 年経過しているが、表面処理剤皮膜の健全な部分も混在しており、下フランジ上面・下面、腹板内側等の一部に異常（層状）さびが発生していた。セロファンテープ試験結果は、腹板外面は評点５、腹板内面は評点１、下フランジ下面は評点１であった。

橋梁形式	鈑桁
海岸線からの直線距離	３ｋｍ
表面仕様	表面処理剤
完工年	1982 年 (昭和 57 年)
調査年月	2008 年 10 月

























(63) 延明橋

1989 年に完工した島根県の中村川に架設された箱桁橋梁で、海岸線から約 7 km 地点に位置し、無塗装の JIS 耐候性鋼材が使用され完工年から約 19 年経過していた。

調査時の状態は、架設後 19 年経過し、ほぼ全面に均一なさびの生成が認められるが、部分的に初期さびや赤さびがみられた。セロファンテープ試験結果は、腹板外面は評点３～４、腹板内面は評点２～３、下フランジ下面は評点３であった。付着塩分量は下フランジ下面で 49mg/m^2 であった。

橋梁形式	箱桁
海岸線からの直線距離	7 km
表面仕様	無塗装(裸)
完工年	1989 年 (平成元年)
調査年月	2008 年 10 月



(外桁)

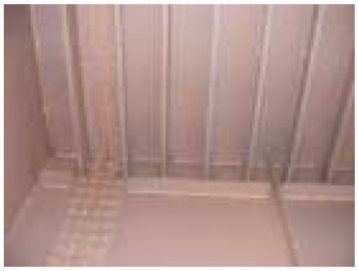







(内桁)








(64) 御用橋

1981 年に完工した島根県の意宇川に架設された鈑桁橋梁で、海岸線から約４km 地点に位置し、無塗装の JIS 耐候性鋼材が使用され完工年から約 27 年経過していた。

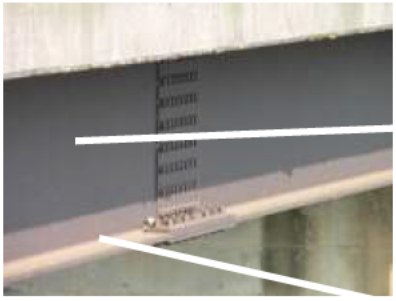
調査時の状態は、架設後 27 年経過し、ほぼ全面にさびの生成が認められるが、下フランジ上面には粒子の粗いさびの発生がみられた。セロファンテープ試験結果は、腹板内面は評点１～２、下フランジ下面は評点２であった。

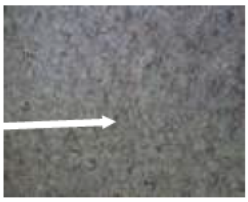
橋梁形式	鈑桁
海岸線からの直線距離	４ｋｍ
表面仕様	無塗装(裸)
完工年	1981 年 (昭和 56 年)
調査年月	2008 年 10 月



(外桁)









(内桁)











(65) 阿弥陀川橋（バイパス）

2005 年に完工した鳥取県の阿弥陀川に架設された鈑桁橋梁で、海岸線から約２km 地点に位置し、無塗装の Ni 系耐候性鋼材が使用され完工年から約３年経過していた。

調査時の状態は、架設後３年経過し、ほぼ全面に均一なさびが生成中であった。セロファンテープ試験結果は、腹板外面は評点３、腹板内面は評点１～３、下フランジ下面は評点３であった。

橋梁形式	鈑桁
海岸線からの直線距離	２ｋｍ
表面仕様	無塗装(裸)
完工年	2005 年 (平成 16 年)
調査年月	2008 年 10 月



(外桁)



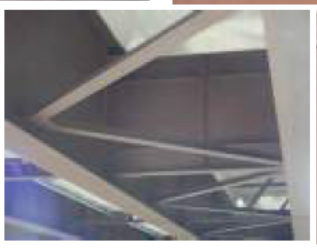





(内桁)






(66) 阿弥陀川橋（一般道）

2006 年に完工した鳥取県の阿弥陀川に架設された鈑桁橋梁で、海岸線から約２km 地点に位置し、無塗装の Ni 系耐候性鋼材が使用され完工年から約２年経過していた。

調査時の状態は、架設後２年経過し、ほぼ全面に均一なさびが生成中であった。セロファンテープ試験結果は、腹板外面は評点３、腹板内面は評点３、下フランジ下面は評点３であった。

橋梁形式	鈑桁
海岸線からの直線距離	２ｋｍ
表面仕様	無塗装(裸)
完工年	2006 年 (平成 16 年)
調査年月	2008 年 10 月



(外桁)







(内桁)

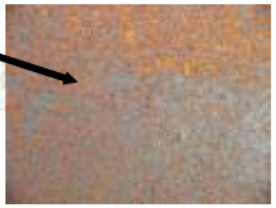












(67) 高野大橋

1995 年に完工した鳥取県の松谷第一溜池に架設されたランガー桁橋梁で、海岸線から約２km 地点に位置し、無塗装の JIS 耐候性鋼材が使用され完工年から約 13 年経過していた。架設条件等から下部工の観察はできなかったので、上部工のみの調査を実施した。

調査時の状態は、架設後 13 年経過しほぼ全面に均一なさびが生成中であった。アーチ部材のセロファンテープ試験結果は評点４～５であった。

橋梁形式	ランガー桁
海岸線からの直線距離	２ｋｍ
表面仕様	無塗装(裸)
完工年	1995 年 (平成7年)
調査年月	2008 年 10 月























(68) 因幡大橋

2006 年に完工した鳥取県の千代川に架設された鈑桁橋梁で、海岸線から約 7 km 地点に位置し、無塗装の JIS 耐候性鋼材が使用され完工年から約 2 年経過していた。

調査時の状態は、架設後 2 年経過し均一なさびが生成中であった。セロファンテープ試験結果は、腹板外面は評点 4、腹板内面は評点 3～4、下フランジ下面は評点 3 であった。

橋梁形式	鈑桁
海岸線からの直線距離	7 km
表面仕様	無塗装(裸)
完工年	2006 年 (平成 16 年)
調査年月	2008 年 10 月



(外桁)





(内桁)











(69) 浦の谷川橋

2003 年に完工した高知県の高知自動車道・大豊ＩＣ～新宮ＩＣ間に架設された鈑桁橋梁で、海岸線から約 15km 地点に位置し、無塗装の JIS 耐候性鋼材が使用され完工年から約４年経過していた。

調査時の状態は、架設後４年経過し均一なさびが生成中であるが、腹板と下フランジ板との接合部分の腹板立ち上がり約５cm の範囲で外桁・内桁とも不均一なさび見られた。

橋梁形式	鈑桁
海岸線からの直線距離	15ｋｍ
表面仕様	無塗装(裸)
完工年	2003 年 (平成 15 年)
調査年月	2007 年４月



(外桁)



(内桁)



（70）新屋敷橋

1991 年に完工した高知県の高知自動車道・大豊ＩＣ～新宮ＩＣ間に架設された鈑桁橋梁で、海岸線から約 15㎞地点に位置し、無塗装の JIS 耐候性鋼材が使用され完工年から約 16 年経過していた。

調査時の状態は、架設後 16 年経過し、均一なさびが生成しているが一部の腹板に粗いさびが見られた。内桁も均一なさびが生成しているが、漏水個所などの水影響部では異常さび（不均一さび）が見られた。

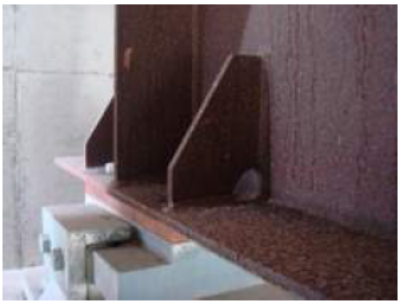
橋梁形式	鈑桁
海岸線からの直線距離	15ｋｍ
表面仕様	無塗装(裸)
完工年	1991 年 (平成3年)
調査年月	2007 年４月



(外桁)









(内桁)









(71) 平瀬橋

1991 年に完工した高知県の高知自動車道・大豊ＩＣ～新宮ＩＣ間に架設された鈑桁橋梁で、海岸線から約 15㎞地点に位置し、無塗装の JIS 耐候性鋼材が使用され完工年から約 16 年経過していた。

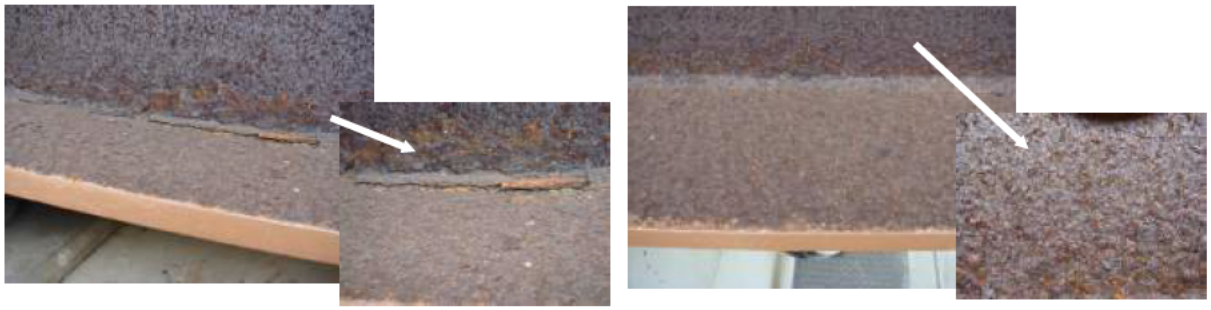
調査時の状態は、架設後 16 年経過し均一なさびが生成しているが、下フランジ上面の一部に層状さびが見られた。内桁も均一なさびが生成しているが、添接・ボルト部の一部に赤さびが、また、下フランジ上面の一部に粗いさびの生成が見られた。

橋梁形式	鈑桁
海岸線からの直線距離	15ｋｍ
表面仕様	無塗装(裸)
完工年	1991 年 (平成3年)
調査年月	2007 年４月



(外桁)





(内桁)





(72) 川尻大橋

1993年に完工した長野県の姫川支流に架設された箱桁橋梁で、海岸線から約26km地点に位置し、無塗装のJIS耐候性鋼材が使用され完工年から約11年経過していた。

調査時の状態は、外桁、内桁ともさびの生成が不均一な状態が見られ、桁端部の一部には異常さびの発生が見られた。

橋梁形式	箱桁
海岸線からの直線距離	26ｋｍ
表面仕様	無塗装(裸)
完工年	1993年 (平成5年)
調査年月	2004年10月













(73) 旅川遊歩橋

1998 年に完工した富山県の旅川に架設された斜張橋梁で、海岸線から約 27km 地点に位置し、無塗装の JIS 耐候性鋼材が使用され完工年から約９年経過していた。

調査時の状態は、外桁は漏水個所や下フランジ上面で異常さびが見られた。内桁は下フランジ下面に異常さびが見られた。セロファンテープ試験結果は、腹板外面は評点３、腹板内面は評点３、下フランジ下面は評点２、下フランジ上面は評点３であった。

橋梁形式	斜張橋
海岸線からの直線距離	27ｋｍ
表面仕様	無塗装(裸)
完工年	1998 年 (平成 10 年)
調査年月	2007 年 10 月

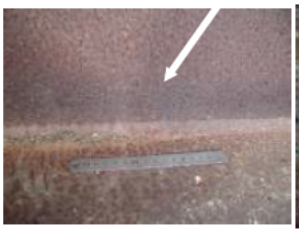


(外桁)



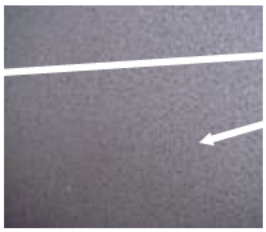








漏水影響部



漏水影響部

(内桁)









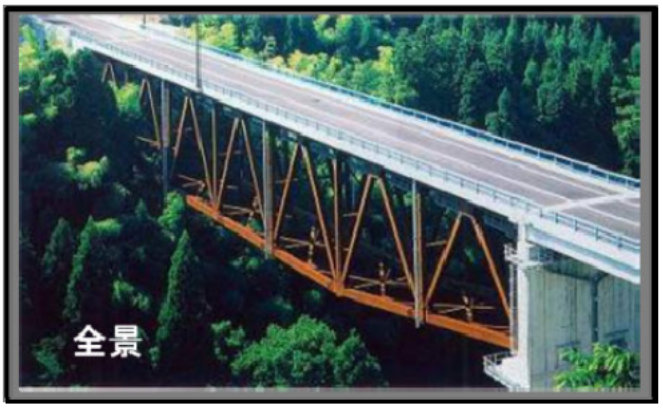


(74) 清水大橋

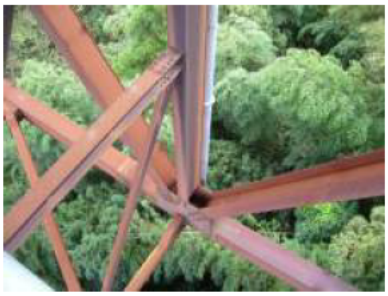
2000 年に完工した富山県の県道 25 号線（砺波細入線）に架設されたトラス桁橋梁で、海岸線から約 22㎞ 地点に位置し、無塗装の JIS 耐候性鋼材が使用され完工年から約７年経過していた。

調査時の状態は、桁の位置により緻密さびの形成状態が異なっており、雨水が接し易いあるいは溜まり易い構造部位は赤い錆が生成している状態だった。セロファンテープ試験結果では、垂直材添接合部周辺で評点１であったが、その他の部位では評点３程度であった。

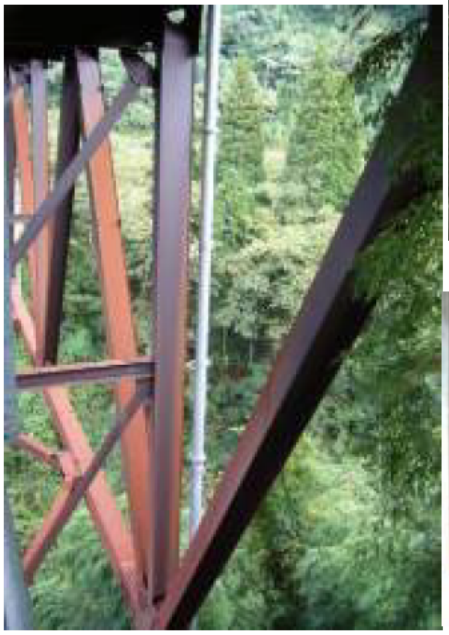
橋梁形式	トラス桁
海岸線からの直線距離	22ｋｍ
表面仕様	無塗装(裸)
完工年	2000 年 (平成 12 年)
調査年月	2007 年 10 月



















（75）下瀬大橋

1999 年に完工した富山県の山田川に架設されたトラス桁橋梁で、海岸線から約 16km 地点に位置し、無塗装の JIS 耐候性鋼材が使用され完工年から約８年経過していた。

調査時の状態は、桁の位置により緻密さびの形成状態が異なっており、雨水が接し易いあるいは溜まり易い構造部位は赤い錆が生成している状態であった。

橋梁形式	トラス桁
海岸線からの直線距離	16ｋｍ
表面仕様	無塗装(裸)
完工年	1999 年 (平成 11 年)
調査年月	2007 年 10 月





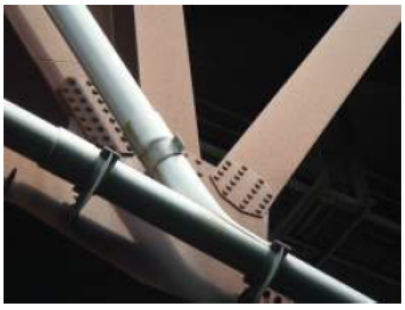














(76) 山彦橋

1996 年に完工した富山県の久婦須川ダム湖周道路に架設されたランガー桁橋梁で、海岸線から約 28㎞ 地点に位置し、無塗装の JIS 耐候性鋼材が使用され完工年から約 11 年経過していた。

調査時の状態は、上部工(アーチ桁・垂直部材)はほぼ全面に緻密さびの形成が認められるが、下部工(補鋼桁)は部位によりさびの発生状態が異なっていた。また、タールエポキシ塗装部と未塗装部の境界部で塗膜の浮き現象が見られ、路面等にはさび汁汚損が見られた。セロファンテープ試験結果は、アーチ桁上面は評点４、アーチ桁側面は評点４、アーチ桁下面は評点３であった。

橋梁形式	ランガー桁
海岸線からの直線距離	28ｋｍ
表面仕様	無塗装(裸)
完工年	1996 年 (平成8年)
調査年月	2007 年 10 月











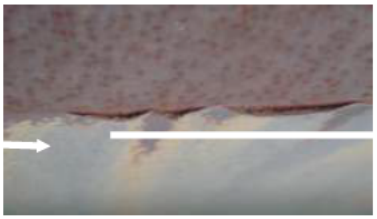


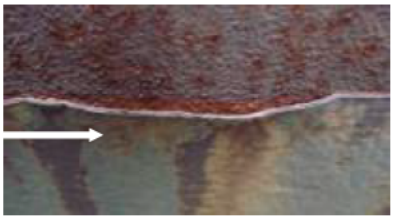












（77）海韻橋

1995 年に完工した富山県の久婦須川ダム湖周道路に架設されたランガー桁橋梁で、海岸線から約 28km 地点に位置し、無塗装の JIS 耐候性鋼材が使用され完工年から約 12 年経過していた。

調査時の状態は、上部工（アーチ桁・垂直部材）はほぼ全面に緻密さびの形成が認められるが、構造上雨水が作用し易い部位（溜まり部など）はさびの発生状態が異なっていた。また、路面等にはさび汁汚損が見られた。セロファンテープ試験結果は、アーチ桁上面は評点４、アーチ桁側面は評点４、アーチ桁下面は評点３であった。

橋梁形式	ランガー桁
海岸線からの直線距離	28ｋｍ
表面仕様	無塗装(裸)
完工年	1995 年 (平成 7 年)
調査年月	2007 年 10 月























（78）第４下姫川橋りょう

1997 年に完工した新潟県の姫川に架設されたトラス桁橋梁で、海岸線から約 10km 地点に位置し、無塗装の JIS 耐候性鋼材が使用され完工年から約 11 年経過していた。

調査時の状態は、桁の位置によりさびの生成状態が異なっており、雨水が接し易いあるいは溜まり易い構造部位は赤いさびあるいは異常さび（層状さび）が生成している状態であった。セロファンテープ試験結果は、トラス桁上面および側面は評点４、下弦材下面は評点１～３であった。

橋梁形式	トラス桁
海岸線からの直線距離	10ｋｍ
表面仕様	無塗装(裸)
完工年	1997 年 (平成9年)
調査年月	2008 年 7 月















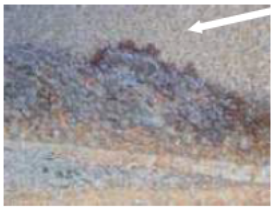












（79）第５下姫川橋りょう

1997 年に完工した新潟県の姫川に架設されたトラス桁橋梁で、海岸線から約 10km 地点に位置し、無塗装の JIS 耐候性鋼材が使用され完工年から約 11 年経過していた。

調査時の状態は、桁の位置によりさびの生成状態が異なっており、雨水が接し易いあるいは溜まり易い構造部位は赤いさびあるいは異常さび（層状さび）が生成している状態であった。セロファンテープ試験結果は、トラス桁上面および側面は評点４、下弦材下面は評点３であった。

橋梁形式	トラス桁
海岸線からの直線距離	10ｋｍ
表面仕様	無塗装(裸)
完工年	1997 年 (平成9年)
調査年月	2008 年 7 月











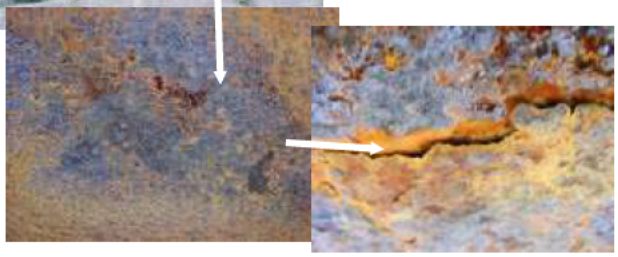












(80) 正善寺川管理橋

2001 年に完工した新潟県の関川の支流である正善寺川河口の関川堤防道路（車両進入禁止区域）に架設された鈑桁橋梁、海岸線から約４km 地点に位置し、無塗装の Ni 系耐候性鋼材が使用され完工年から約８年経過していた。

調査時の状態は、外桁は雨水の影響と思われるが桁の部位によってさびの生成状況が異なっており、下フランジ下面の一部には層状さびが見られた。内桁は床版からの漏水の影響と思われる異常さびの生成が見られた。セロファンテープ試験結果は、すべての部位で評点３であった。付着塩分量は下フランジ下面で 94～227mg/㎡であった。

橋梁形式	鈑桁
海岸線からの直線距離	４ｋｍ
表面仕様	無塗装(裸)
完工年	2001 年 (平成 13 年)
調査年月	2009 年7月



(外桁)



(内桁)



（81）大瀬川管理橋

2001 年に完工した新潟県の関川の支流である大瀬川河口の関川堤防道路（車両進入禁止区域）に架設された鈑桁橋梁、海岸線から約４km 地点に位置し、無塗装の Ni 系耐候性鋼材が使用され完工年から約８年経過していた。

調査時の状態は、外桁は雨水の影響と思われるが桁の部位によってさびの生成状況が異なっており、下フランジ下面の一部には層状さびが見られた。内桁はほぼ全面に緻密さびの生成が見られたが、粒子は粗い。セロファンテープ試験結果は、下フランジ上面（内桁）の評点２以外はすべての部位で評点３であった。付着塩分量は下フランジ下面で２～137mg/㎡であった。

橋梁形式	鈑桁
海岸線からの直線距離	４ｋｍ
表面仕様	無塗装(裸)
完工年	2001 年 (平成 13 年)
調査年月	2009 年７月



（外桁）








（内桁）





(82) 儀明川管理橋

2001 年に完工した新潟県の関川の支流である儀明川河口の関川堤防道路（車両進入禁止区域）に架設された鈑桁橋梁、海岸線から約４km 地点に位置し、無塗装の Ni 系耐候性鋼材が使用され完工年から約８年経過していた。

調査時の状態は、外桁および内桁ともはほぼ全面に緻密さびの生成が見られたが、粒子は粗い。また、下フランジ下面の一部には層状さびが見られた。セロファンテープ試験結果は、すべての部位で評点３であった。付着塩分量は下フランジ下面で 31～219mg/㎡であった。

橋梁形式	鈑桁
海岸線からの直線距離	４ｋｍ
表面仕様	無塗装(裸)
完工年	2001 年 (平成 13 年)
調査年月	2009 年７月

(外桁)



(内桁)



















(83) 山王橋

1983 年に完工した新潟県の能生川に架設された鈑桁橋梁、海岸線から約５km 地点に位置し、無塗装の JIS 耐候性鋼材が使用され完工年から約 26 年経過していた。

調査時の状態は、外桁および内桁ともはほぼ全面に緻密さびの生成が見られたが、粒子は粗かった。また、下フランジ下面の一部には層状さびが見られた。セロファンテープ試験結果は、外桁は評点３、内桁は評点２、下フランジ下面は評点１であった。

橋梁形式	鈑桁
海岸線からの直線距離	５ｋｍ
表面仕様	無塗装(裸)
完工年	1983 年 (昭和 58 年)
調査年月	2009 年7月



(外桁)





(内桁)









(84) 大沢橋

2002 年に完工した新潟県相川町大字戸中の森林基幹道大佐渡北線に架設されたラーメン桁橋梁、海岸線から約３㎞地点に位置し、無塗装の JIS 耐候性鋼材が使用され完工年から約８年経過していた。

調査時の状態は、遠方から双眼鏡等での調査になったため明確ではないが、外桁および内桁ともはほぼ全面に緻密さびの生成が見られた。また、添接部下面の一部や雨水が溜まり易い部位には赤さびの生成が見られた。

橋梁形式	ラーメン桁
海岸線からの直線距離	３ｋｍ
表面仕様	無塗装(裸)
完工年	2002 年 (平成 14 年)
調査年月	2010 年 9 月







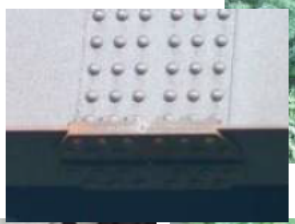




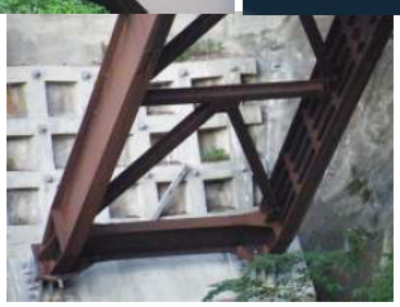














(85) 東真更川大橋

2002 年に完工した新潟県の真更川に架設された箱桁橋梁、海岸線から約 0.2km 地点に位置し、無塗装の Ni 系耐候性鋼材が使用され完工年から約８年経過していた。

調査時の状態は、ほぼ全面に緻密さびの生成が見られるが、添接部の一部、雨水が溜まり易い部位、漏水影響部には赤さびの生成が見られた。セロファンテープ試験結果は、箱桁外面、下面とも評点４であった。塩分付着量は 20～211mg/㎡であった。

橋梁形式	箱桁
海岸線からの直線距離	0.2ｋｍ
表面仕様	無塗装(裸)
完工年	2002 年 (平成 14 年)
調査年月	2010 年 9 月

























(86) 美浜大橋

1985 年に完工した千葉県の花見川に架設された箱桁橋梁で、海岸線（河口）に位置し、JIS 耐候性鋼材に耐候性鋼用表面処理剤が施され完工年から約 21 年経過していたが、鋼材に孔食を伴う異状腐食が見られたため、2006 年（平成 18 年）5 月に「素地調整１種～有機ジンクリッチペイント～変性エポキシ樹脂塗料下塗～ふっ素樹脂塗料用中塗～ふっ素樹脂塗料上塗システム」で補修のための塗装が行なわれた。

塗装から約４年が経過していたが、塗装時の足場クランプ跡、一部の孔食部跡で点さびの発生が見られたが、全体的には良好な塗膜外観であった。

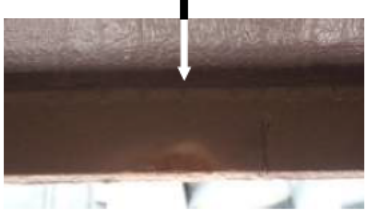
橋梁形式	箱桁
海岸線からの直線距離	河口（0ｋｍ）
表面仕様	塗装
完工年	1985 年 (昭和 60 年)
調査年月	2010 年 10 月



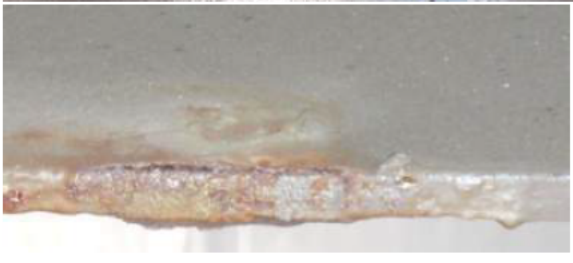












(87) 新矢野目橋

2005 年に完工した宮城県塩釜亘理線・新矢野目バイパスと五間堀川の交差する地点に架設されたローゼ桁橋梁で、海岸線から約 3.5km 地点に位置し、無塗装（上部工は塗装）の JIS 耐候性鋼材が使用され完工年から約４年経過していた。

調査時の状態は、上部工（アーチ桁・垂直部材）は塗装が施されており良好であった。下部工（補剛桁・内桁）はほぼ全体に均一なさびの生成が見られるが、下フランジ下面等に異常さびの発生が見られた。セロファンテープ試験結果は、補剛桁（外面・内面）は評点４、下フランジ下面は評点３であった。

橋梁形式	ローゼ桁
海岸線からの直線距離	3.5ｋｍ
表面仕様	無塗装(裸)他
完工年	2005 年 (平成 17 年)
調査年月	2009 年 10 月



（上部工）







（下部工）










(88) さくら歩道橋

2000 年に完工した宮城県の白石川に架設されたローゼ桁橋梁で、海岸線から約 13km 地点に位置し、JIS 耐候性鋼材耐候性鋼用表面処理剤が施され完工年から約９年経過していた。

調査時の状態は、表面処理剤皮膜の消耗が不均一で、漏水の影響部は異常劣化が進んでいた。セロファンテープ試験結果は、補剛桁（垂直部）は評点３～４、補剛桁（下面）は評点２～３であった。

橋梁形式	ローゼ桁
海岸線からの直線距離	13ｋｍ
表面仕様	無塗装(裸)
完工年	2000 年 (平成 12 年)
調査年月	2009 年 10 月









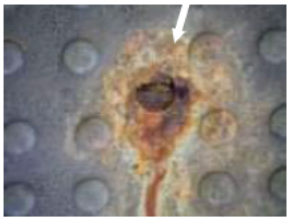




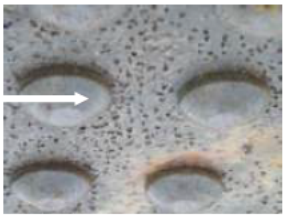












(89) 十勝中央大橋

1987 年に完工した宮城県の白石川に架設された斜張橋梁で、海岸線から約 32km 地点に位置し、JIS 耐候性鋼材耐候性鋼用表面処理剤が施され完工年から約 21 年経過していた。

調査時の状態は、全体的にはほぼ均一な緻密さびが生成されていた。

橋梁形式	斜張橋
海岸線からの直線距離	32ｋｍ
表面仕様	無塗装(裸)
完工年	1987 年 (昭和 62 年)
調査年月	2008 年4月



















(90) 千代田大橋

2005 年に完工した北海道の十勝川に架設された箱桁橋梁、海岸線から約 35km 地点に位置し、JIS 耐候性鋼用表面処理剤が施され（内面は裸材のまま）完工年から約３年経過していた。

調査時の状態は、外桁外面は表面処理剤皮膜が健全な状態で、内桁内面は緻密さびが形成され始めていた。

橋梁形式	箱桁
海岸線からの直線距離	35ｋｍ
表面仕様	表面処理剤他
完工年	2005 年 (平成 17 年)
調査年月	2008 年 4 月















３．１．４　まとめ

耐候性鋼材を適用された全国各地のさまざな環境条件に架設された 90 橋梁の調査を行った。その結果、以下のことがわかった。

（１）無塗装で耐候性鋼を使用した橋梁や表面処理剤を塗付した耐候性鋼を適用した橋梁では、架設されている地域や環境、海岸線からの距離に関係なく、ほとんどの橋梁で部位によって緻密さびの形成状態が異なっていた。これは橋梁の部位によって鋼材表面への水分や塩分等の作用が不均一であることに起因していると考えられる。

（２）調査を行った耐候性鋼材が適用された橋梁では、湿度の影響を受けやすい下フランジ下面等では局部的に層状はく離さびが生じていたものもあった。

（３）厳しい腐食環境に架設された耐候性鋼材が適用された橋梁では、鋼材の板厚減少が生じ鋼材を貫通する穴があいた橋梁もあった。この橋梁では、異状腐食した耐候性鋼材の補修が行われなかったため、腐食が進行し橋梁が崩落した。

（４）新設時に桁端部のみタールエポキシ樹脂塗料が塗装されていた耐候性鋼橋梁では、塗装部と未塗装部の境界部で塗膜の浮きが観察された。未塗装部からの雨水の侵入により耐候性鋼が腐食したため塗膜の浮きが生じているものと考えられる。

（５）ローズ桁やランガー桁等の橋梁形式でアーチ部の下に路面がある構造の橋梁では、アーチ部からのさび汁により路面や高欄が汚れている事例が多くみられた。

３．２　塗装で補修された耐候性鋼橋梁

塗装で補修された耐候性鋼橋梁の塗膜調査を行った。調査を行った美浜大橋は、新設時に表面処理剤を塗付した耐候性鋼材を適用した橋梁であるが、海岸付近に架設されているため耐候性鋼材の異状腐食が生じたため塗装で補修が行われた。

３．２．１　美浜大橋

（１）美浜大橋の概要

１）完工年：1985 年

２）架設場所：千葉県千葉市打瀬

３）橋梁形式：連続箱桁橋



図－3.2.1　美浜大橋位置図



写真－3.2.1　美浜大橋全景

４）補修に適用された塗装系

補修のための塗装は 2006 年５月に行われた。補修に用いた塗装系を表－3.2.1 に示す。

表－3.2.1　美浜大橋に適用された塗装系

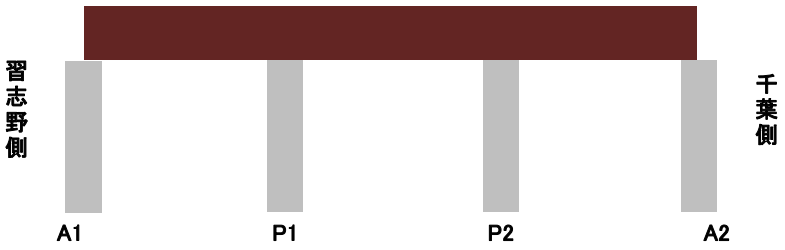
塗装工程	塗料	使用量（g/㎡）
素地調整程度	１種（ブラスト処理）	
下塗	有機ジンクリッチペイント	600
下塗	変性エポキシ樹脂塗料下塗	240
下塗	変性エポキシ樹脂塗料下塗	240
中塗	ふっ素樹脂塗料用中塗	170
上塗	ふっ素樹脂塗料上塗	140

（２）調査日時

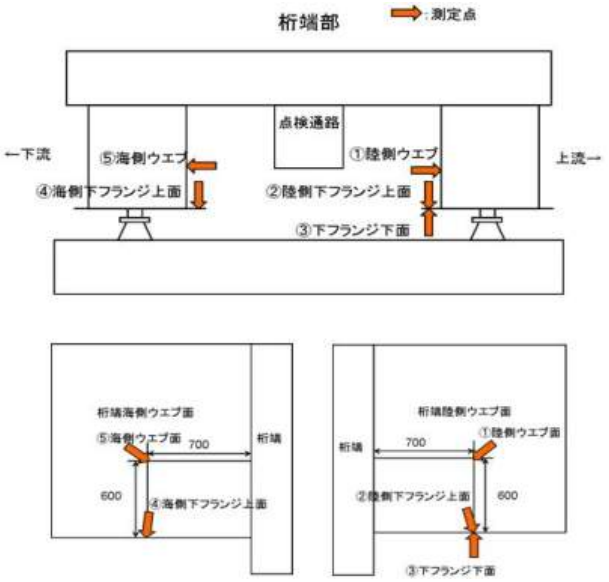
調査は、2010 年 10 月（補修塗装後約４年経過）に実施した。

（３）塗膜調査部位

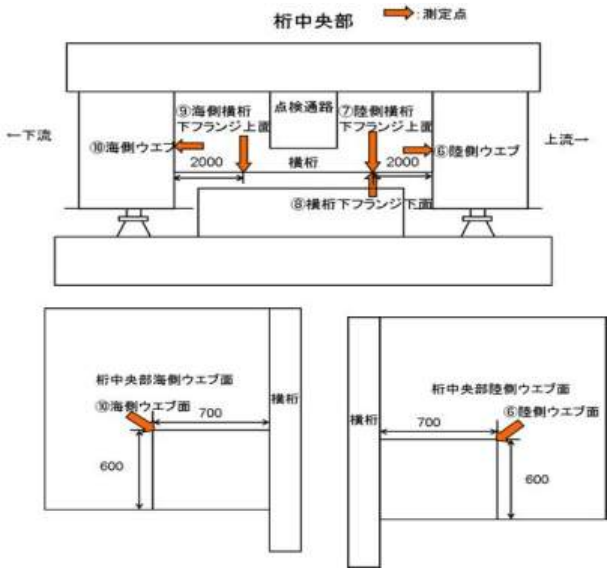
塗膜調査は、習志野側（A1）から千葉側（A2）までの径間で行った。なお、膜厚測定，および付着塩分量測定は、A1（桁端部）と P1（中央部）の内桁で実施した。美浜大橋横断面を図－3.2.2 に、A1,P1 の各測定部位をそれぞれ図－3.3.3，図－3.3.4 に示す。



図－3.2.2　美浜大橋横断面



図－3.2.3　A1（桁端部）測定部位



図－3.2.4　P1（桁中央）測定部位

（４）調査項目および内容

調査項目と内容を表－3.2.2 に示す。

表-3.2.2　調査項目および内容

調査項目	調査内容
外観観察写真	橋梁の全景、内外面の腹板、フランジの上下面および端部について実施した。
膜厚測定	電磁式膜厚計を用いて桁中央部、および桁端部の内面の腹板、フランジの上下面を各５点測定した。 測定機種：電磁膜厚計 LE-900(㈱ケット科学研究所社製)
付着塩分量測定	電導度法によって桁中央部、および桁端部の内面の腹板、フランジの上下面を各１点測定した。 測定機種：表面塩分計 SSM-14P(東亜ディーケーケー㈱社製)

（５）調査結果

１）外観観察結果

補修塗装後、約４年を経過しているが、素地調整の不足、および足場固定用治具があったと推定される箇所などの一部にさびの発生が見られた。これら以外の箇所は、さび，膨れの発生はなく良好な塗膜状態であった。調査写真を写真－3.2.2～8 に示す。



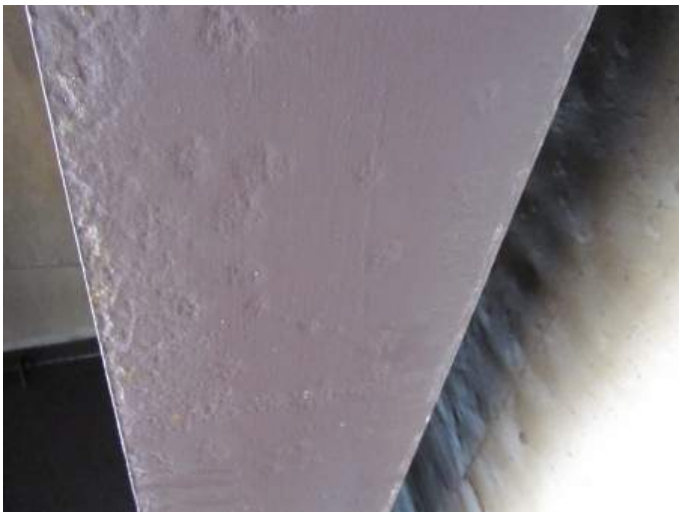
写真－3.2.2　箱桁外面（陸側）



写真－3.2.3　箱桁外面（海側）



写真－3.2.4　内桁の状況



写真－3.2.5　下フランジ下面のさび跡の状況



写真－3.2.6　さび発生箇所（足場固定用治具跡からのさび）



写真－3.2.7　さび発生箇所（素地調整が難しい箇所）



写真－3.2.8　さび発生箇所（エッジ部からのさび）

２）膜厚測定結果

膜厚測定結果を表－3.2.3 に示す。膜厚測定結果は、部位別に膜厚のばらつきはみられ最小 172μm、最大 412μm であった。

表－3.2.3　膜厚測定結果

測定部位		1	2	3	4	5	平均（μm）
A1 桁端部 （習志野側） 内桁	①　陸側腹板	187	203	203	198	235	205
	②　陸側下フランジ上面	399	432	507	307	414	412
	③　下フランジ下面	163	156	166	187	187	172
	④　海側下フランジ上面	265	324	330	283	218	284
	⑤　海側腹板	188	177	180	215	200	192
P1 中央径間 内桁	⑥　陸側腹板	338	356	268	221	256	288
	⑦　陸側下フランジ上面	357	348	361	346	394	361
	⑧　下フランジ下面	309	325	292	288	286	300
	⑨　海側下フランジ上面	317	289	289	238	297	286
	⑩　海側腹板	350	315	262	300	246	295

注)膜厚測定前に塗膜表面等に付着していた塵等は除去した。

注）推定目標膜厚＝250μm

３）付着塩分量測定

付着塩分量測定結果を表－3.2.4 に示す。

測定を行ったすべての部位で、100mg/㎡以上の塩分の付着が確認された。特に、下フランジ上面は、A1,P1 ともに、1,999mg/㎡以上と非常に高い値を得た。

表－3.2.4　付着塩分量測定結果

測定部位		付着塩分量（mg/㎡）
A1 桁端部 （習志野側） 内桁	①　陸側腹板	325
	②　陸側下フランジ上面	1,999 以上
	③　下フランジ下面	655
	④　海側下フランジ上面	1,090
	⑤　海側腹板	1,480
P2 中央径間 内桁	⑥　陸側腹板	220
	⑦　陸側下フランジ上面	1,999 以上
	⑧　下フランジ下面	1,450
	⑨　海側下フランジ上面	1,999 以上
	⑩　海側腹板	610

（６）まとめ

1985 年に千葉県の花見川河口に耐候性鋼用表面処理剤が塗付された耐候性鋼橋梁（箱桁）の美浜大橋は架設された。完工年から約 21 年経過した時点で、鋼材に孔食を伴う異状腐食がみられたために「素地調整程度１種＋有機ジンクリッチペイント＋変性エポキシ樹脂塗料下塗＋ふっ素樹脂塗料用中塗＋ふっ素樹脂塗料上塗」の塗装系で補修が行われた。

塗装後４年を経過した時点で調査を行ったところ塗膜の状態は以下の通りであった。

(1)補修のために塗装された塗膜には、足場固定用治具跡などの素地調整不足、あるいは膜厚不足に起因すると推定される特定の箇所にさびの発生が見られた。ただし、これらの発生箇所はごく一部であり、この部分以外にはさびや膨れなどの異状は認められず全体としては塗膜の状態は良好であった。

(2)塗装前に発生していた孔食状のさび跡では、ごく一部の箇所で点さびの発生がみられたが、大部分の箇所にはさびの発生は認められなかった。

３．２．２　普久川橋

（１）普久川橋の概要

普久川橋の概要を表－3.2.5 に示す。

表－3.2.5　普久川橋の概要

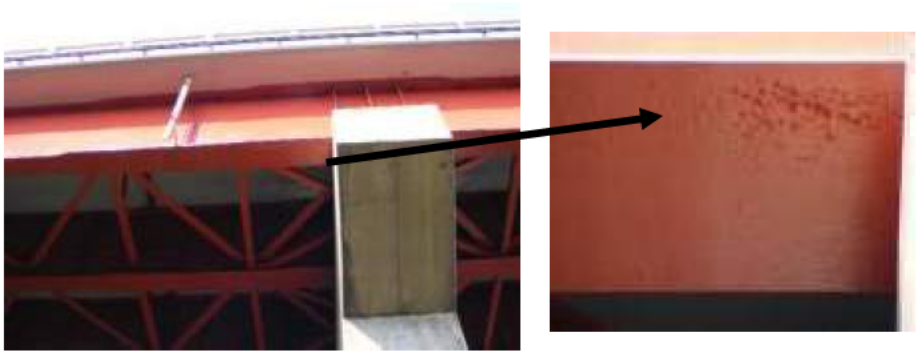
所在地	鋼材種	橋梁形式	海岸線からの直線距離	表面仕様	完工年	調査年月
沖縄県	JIS	鈑桁	４km	表面処理剤→塗装	1978 年	2010 年

（２）結果概要

1978 年に沖縄県の普久川ダムがあるフンガー湖に架設された鈑桁橋梁で、海岸線から約４km 地点に位置し、JIS 耐候性鋼材に耐候性鋼用表面処理剤が施され完工年から約 30 年経過時に内面鋼材に孔食を伴う異常腐食が見られたため、2008 年（平成 20 年）２月に「素地調整１種＋有機ジンクリッチペイント＋変性エポキシ樹脂塗料下塗＋ポリウレタン樹脂塗料用中塗＋ポリウレタン樹脂塗料上塗」の塗装系で補修が行なわれた。付着塩分量は、腹板外面で 22～32mg/㎡、腹板内面で 98mg/㎡であった。調査時は塗替え後約３年経過していたが、特にさびなどの欠陥はなく良好な状態であった。



写真－3.2.9　塗膜外観



写真－3.2.10　孔食部跡の塗装後の状態（下フランジ下面）

３．２．３　柏原大橋

（１）柏原大橋の概要

柏原大橋の概要を表－3.2.6 に示す。

表－3.2.5　柏原大橋の概要

所在地	鋼材種	橋梁形式	海岸線からの直線距離	表面仕様	完工年	調査年月
鹿児島県	JIS	箱桁	0 km	塗装	1987 年	2010 年

（２）結果概要

1987 年に完工した鹿児島県の肝属川河口に架設された箱桁橋梁で、海岸線（河口）に位置し、JIS 耐候性鋼材に塗装が施され完工年から約 23 年経過していた。新設時に「ジンクリッチプライマー～塩化ゴム下塗・中塗・上塗装システム」で塗装され、2007 年 11 月に「素地調整１種/素地調整３種併用～エポキシ樹脂ジンクリッチペイント（鉄素地露出部）～変性エポキシ樹脂塗料下塗～ふっ素樹脂塗料用中塗～ふっ素樹脂塗料上塗」で塗替え塗装が行われていた。調査時は塗替え後約３年経過していたが、特にさびなどの欠陥はなく良好な状態であった。塗替え塗装前後の塗膜外観を写真－3.2.10，3.2.11 に示す。



写真－3.2.11　塗替塗装前の塗膜外観



写真－3.2.12　塗替塗装後３年経過した塗膜外観

３．２．４　若浜大橋

（１）若浜大橋の概要

若浜大橋の概要を表－3.2.6 に示す。

表－3.2.5　若浜大橋の概要

所在地	鋼材種	橋梁形式	海岸線からの直線距離	表面仕様	完工年	調査年月
鹿児島県	JIS	箱桁	0 km	塗装	1985 年	2010 年

（２）結果概要

1985 年に完工した鹿児島県の前川河口に架設された箱桁橋梁で、海岸線（河口）に位置し、JIS 耐候性鋼材に塗装が施され完工年から約 25 年経過していた。新設時に「塩化ゴム下塗・中塗・上塗装システム」で塗装され、2007 年 11 月から 2009 年３月までの分割発注により「素地調整３種＋変性エポキシ樹脂塗料下塗＋ふっ素樹脂塗料用中塗＋ふっ素樹脂塗料上塗」で塗替え塗装が行われている。調査時は塗替え後約１～３年経過していたが、孔食部や添接部（ボルト等）には既に発さびしている部分も見られた。塗替え塗装前，塗替え後の塗膜外観を写真－3.2.13，3.2.14 に示す。



写真－3.2.13　塗替塗装前の塗膜外観



写真－3.2.13　塗替塗装後１～３年経過した塗膜外観

３．３　塗装で補修された溶融亜鉛めっき橋梁

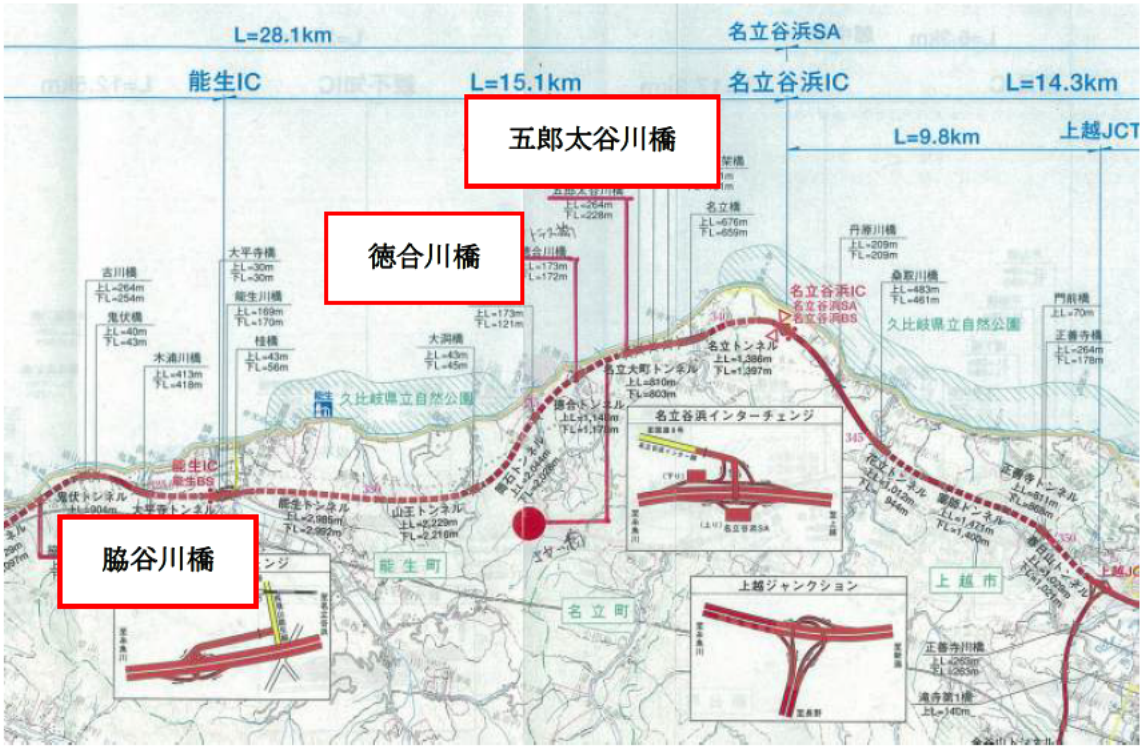
異状腐食した溶融亜鉛めっき鋼材を塗装で補修した橋梁の塗膜調査を行った。

３．３．１　五郎太谷川橋，脇谷川橋，徳合川橋

（１）調査橋梁

１）調査橋梁の概要

調査橋梁の位置を図－3.3.1 に調査橋梁の概要を表－3.3.1 に示す。



図－3.3.1　調査橋梁の位置

表－3.3.1　調査橋梁の概要

橋梁名	架設年	補修塗装実施年	経過年	
			架設後	補修塗装後
五郎太谷川橋	1987 年	1997 年	20 年	10 年
脇谷川橋	1987 年	2002 年	20 年	5 年
徳合川橋	1986 年	2001 年	21 年	6 年

２）補修前の溶融亜鉛めっきの状態

架設から 10 年経過した五郎太谷川橋、および 15 年経過した脇谷川橋の溶融亜鉛めっきの状態を写真－3.3.1，写真－3.3.2 に示す。





写真－3.3.1　補修塗装前の溶融亜鉛めっきの状態（五郎太谷川橋）





写真－3.3.2　補修塗装前の溶融亜鉛めっきの状態（脇谷川橋）

3）補修に用いた塗装系

五郎太谷川橋，脇谷川橋，徳合川橋の補修に用いた塗装系を表－3.3.2，表－3.3.3 に示す。

表－3.3.2　補修に用いた塗装系（一般外面）

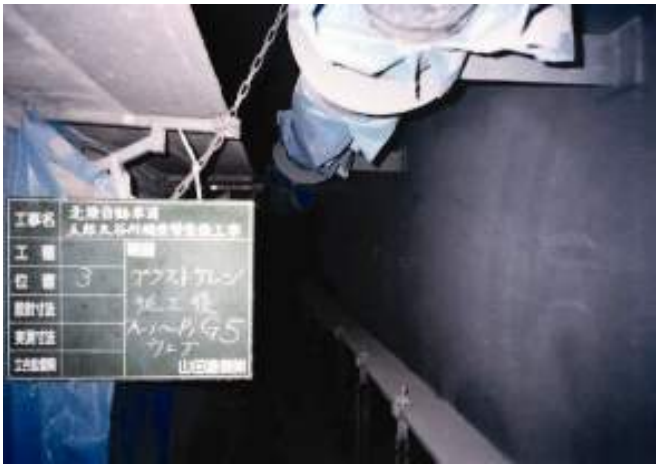
工程	塗料名	目標乾燥膜厚（μm）
素地調整程度	1種(ブラスト)	
下塗第1層目	有機ジンクリッチペイント	75
下塗第2層目	変性エポキシ樹脂塗料下塗	60
下塗第3層目	変性エポキシ樹脂塗料下塗	60
中塗	ポリウレタン樹脂塗料用中塗	30
上塗	ポリウレタン樹脂塗料上塗	25

表－3.3.3　補修に用いた塗装系（特殊部）

工程	塗料名	目標乾燥膜厚（μm）
素地調整程度	１種(ブラスト)	
下塗第１層目	有機ジンクリッチペイント	75
下塗第２層目	変性エポキシ樹脂塗料下塗	60
下塗第３層目	厚膜形エポキシ樹脂塗料	300
中塗	ポリウレタン樹脂塗料用中塗	30
上塗	ポリウレタン樹脂塗料上塗	25

４）補修施工時の状況

五郎太谷川橋の素地調整状況と塗装後の状態を写真－3.3.3～3.3.5、脇谷川橋の素地調整状況と塗装状況を写真－3.3.6～3.3.9 に示す。



写真－3.3.3　素地調整（ブラスト）の状況（五郎太谷川橋）



写真－3.3.4　素地調整後の状態（五郎太谷川橋）



写真－3.3.5　塗装後の状態（五郎太谷川橋）



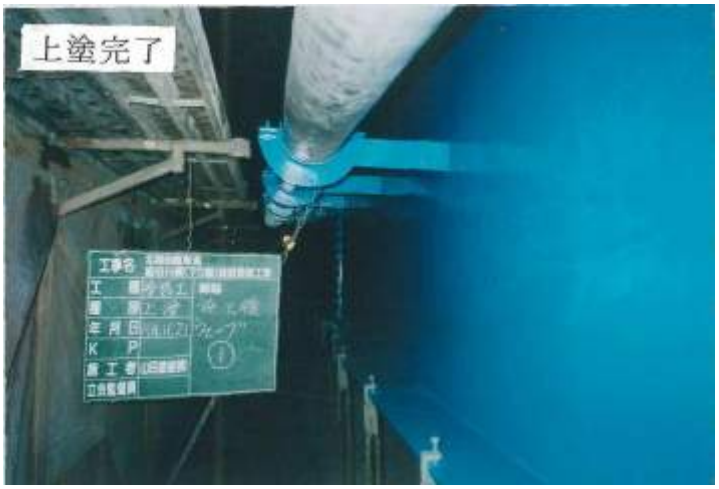
写真－3.3.6　素地調整（ブラスト）の状況（脇谷川橋）



写真－3.3.7　素地調整後の状態（脇谷川橋）



写真－3.3.8　補修塗装時の状況（脇谷川橋）



写真－3.3.9　塗装後の状態（脇谷川橋）

（２）調査日時；平成 19 年 9 月 20 日(木)～21 日(金)

（３）調査項目と内容

１）調査内容

橋梁に近接できた五郎太谷川橋と脇谷川橋は、表－3.3.4 に示す項目と内容で調査を行った。

徳合川橋は近接できないため、遠目からの外観写真撮影のみを実施した。

表－3.3.4　調査項目および内容

調査項目	調査内容
外観写真撮影	各橋梁の全景、内外面の腹板、フランジの上下面および塗膜端部で行った
光沢度測定	内外面の腹板、フランジの上下面を各５点測定した ※光沢計；BYK GARDNER micro tri gross(BYK 製)
膜厚測定	電磁式膜厚計を用いて内外面の腹板、フランジの上下面で各５点測定した 測定機種：電磁膜厚計 CTR-2000Ⅲ(サンコウ電子研究所製)
付着力測定	①Pull-off 法によって内外面の腹板、フランジの上下面で各１点測定した ②碁盤目テープ法によって内外面の腹板、フランジの上下面を各１点測定し、鋼構造物塗膜調査マニュアル JSS Ⅳ 03-2006(社団法人日本鋼構造協会)の評価基準に基づき評価した
付着塩分量測定	①電導度法によって内外面の腹板、フランジの上下面で各１点測定した 測定機種：表面塩分計 SSM-14P(東亜ディーケーケー社製) ②ガーゼ拭き取り塩素イオン検知管法によって内外面の腹板で測定した（参考測定のため測定は１部）

注）外観写真撮影は全調査橋梁にて実施したが、光沢測定・膜厚測定・付着塩分量測定は五郎太谷川橋、脇谷川橋にて実施し、付着力測定は五郎太谷川橋のみで実施。

（４）調査結果

１）五郎太谷川橋

外観観察写真を写真－3.3.10,写真－3.3.11、付着力測定結果を図－3.3.2,図－3.3.3、光沢度，膜厚，付着塩分量の測定結果一覧を表－3.3.5 に示す。

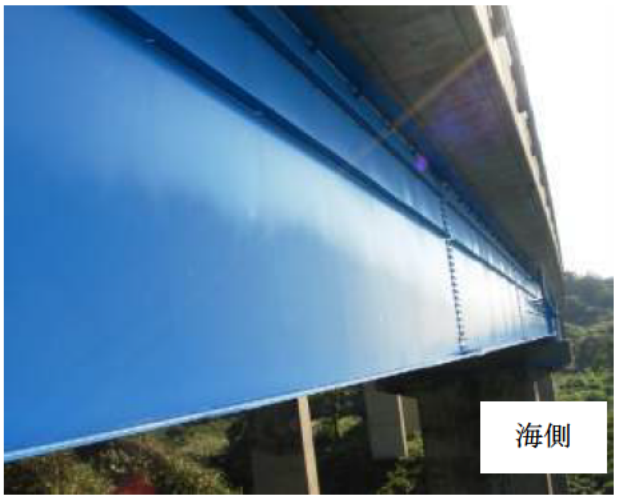
塗装後、約 10 年経過しているが全体的に非常に良好な塗膜状態であった。さびの発生は RC 床版と桁の境界面および接合部のボルトの一部に認められた。また、新潟県中越沖地震（平成19年７月16日)の影響によると思われる支承のずれによる塗膜割れが生じていた。

光沢度測定では塗装後 10 年経過しているため全体的に低い値を示していた。海側外面部では光沢度 1.8、山側内面部では光沢度 29.6 であった。

付着塩分量は、下フランジ上面,内面が高い値を示していた。海側内面下フランジ上面は 2000mg/m^2 以上、山側内面腹板は 420 mg/m^2 であった。

付着力測定結果では測定した全部位で高い値を示しており良好な状態であった。



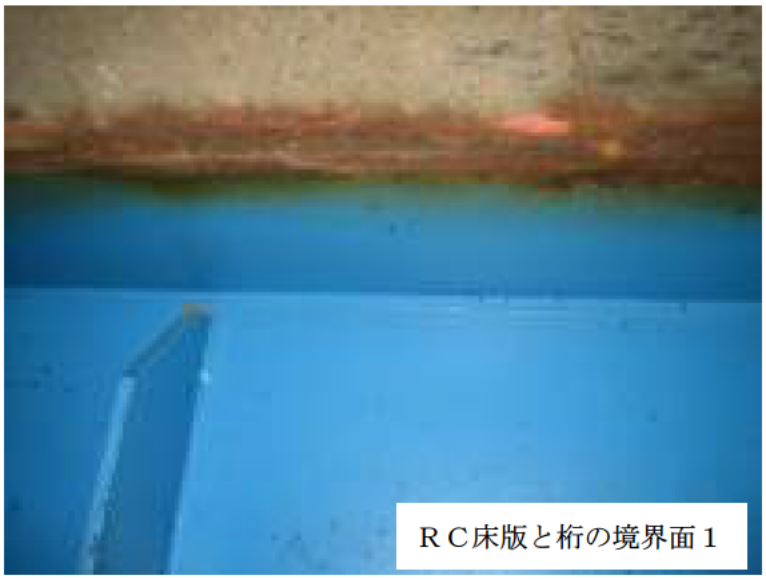








写真－3.3.10　塗膜外観（五郎太谷川橋）

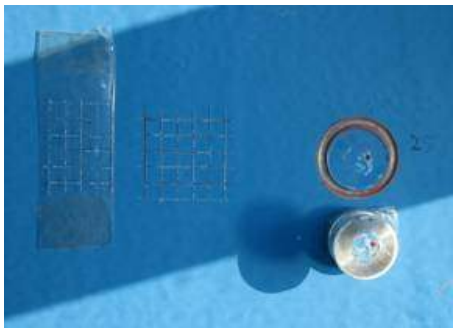
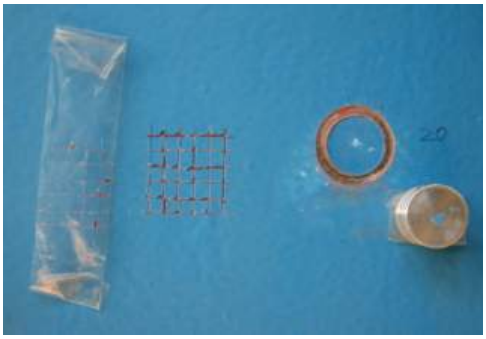
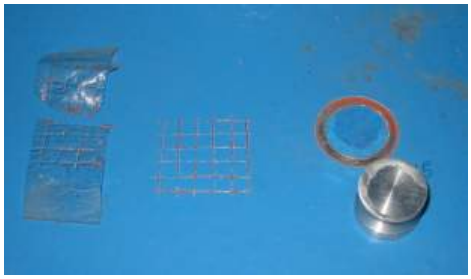
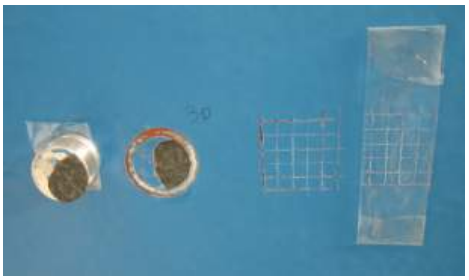
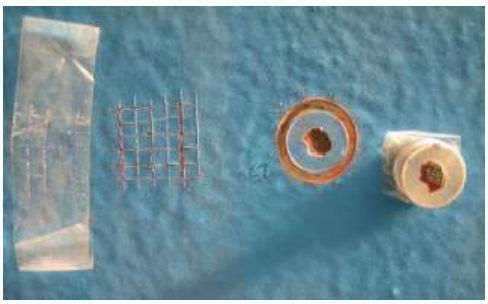




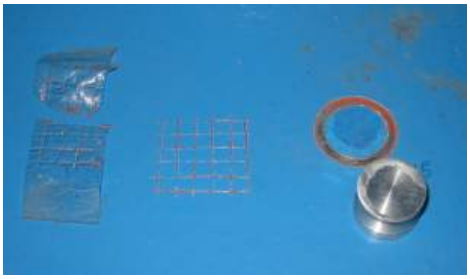
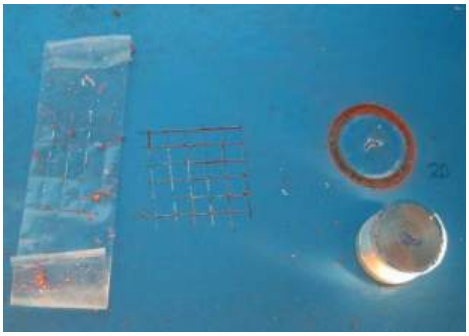
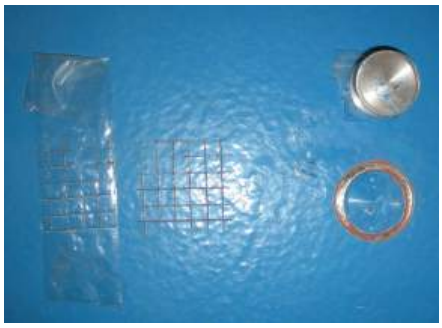
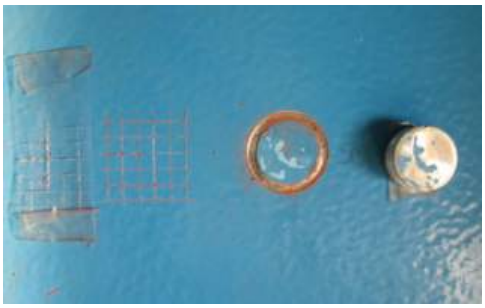




写真－3.3.11　塗膜異常部（五郎太谷川橋）

	海側	山側
腹板		
	プルオフ法　2.5 MPa 碁盤目テープ法　評価点：0	プルオフ法　2.0 MPa 碁盤目テープ法　評価点：1
下フランジ上面		
	プルオフ法　1.5 MPa 碁盤目テープ法　評価点：0	プルオフ法　2.0 MPa 碁盤目テープ法　評価点：1
下フランジ下面		
	プルオフ法　3.0 MPa 碁盤目テープ法　評価点：0	プルオフ法　2.5 MPa 碁盤目テープ法　評価点：0

図－3.3.2　付着力測定結果（外面）

	海側	山側
下フランジ上面		
	プルオフ法　1.5 MPa 碁盤目テープ法　評価点：0	プルオフ法　2.0 MPa 碁盤目テープ法　評価点：0
腹板		
	プルオフ法　2.0 MPa 碁盤目テープ法　評価点：0	プルオフ法　2.0 MPa 碁盤目テープ法　評価点：0

図－3.3.3　付着力測定結果（内面）

表－3.3.5　測定結果一覧（五郎太谷川橋）

			五郎太谷川橋
膜厚（μm） ()内は平均値	海側	外面 腹板	572～768（634）
		外面 下フランジ上面	838～918（884）
		下フランジ下面	632～703（674）
		内面 下フランジ上面	687～859（754）
		内面　腹板	666～786（721）
	山側	外面 腹板	639～696（658）
		外面 下フランジ上面	667～737（718）
		下フランジ下面	579～644（618）
		内面 下フランジ上面	841～877（862）
		内面 腹板	607～748（681）
光沢度 ()内は平均値	海側	外面 腹板	1.7～1.9（1.8）
		外面 下フランジ上面	11.1～19.8（14.8）
		下フランジ下面	15.5～18.7（17.4）
		内面 下フランジ上面	19.7～26.6（23.5）
		内面 腹板	29.3～35.8（31.8）
	山側	外面 腹板	8.2～8.7（8.5）
		外面 下フランジ上面	15.6～23.1（18.7）
		下フランジ下面	27.3～31.6（29.4）
		内面 下フランジ上面	16.9～22.2（20.5）
		内面 腹板	24.8～36.2（29.6）
付着塩分（mg/m^2） ()内はガーゼ拭き取り塩素イオン検知管法	海側	外面 腹板	45.6（40）
		外面 下フランジ上面	67.0（－）
		下フランジ下面	854.0（－）
		内面 下フランジ上面	2000以上（－）
		内面 腹板	387.0（140）
	山側	外面 腹板	175.0（－）
		外面 下フランジ上面	未測定
		下フランジ下面	未測定
		内面 下フランジ上面	未測定
		内面 腹板	420.0（800）

注)①膜厚は亜鉛めっき層を含んだ値

②光沢測定は水洗後の値

２）脇谷川橋

外観観察写真を写真－3.3.11,写真－3.3.12、光沢度，膜厚，付着塩分量の測定結果一覧を表－3.3.6 に示す。塗装後約５年経過しているが全体的に非常に良好な塗膜状態であった。さびの発生は、接合部ボルト頭の極一部に認められた。また、検査路は溶融亜鉛めっき鋼材のまま約 20 年間使用されており、合金層からのはく離、赤さびの発生が著しい。

光沢度は５年経過しているため全体的に劣化傾向であるが良好な状態であった。海側外面部では光沢度 30.2、山側内面部では光沢度 51.3 であった。付着塩分量は、下フランジ上面、内面が高い値を示していた。海側下フランジでは 2000mg/m^2 以上、山側内面腹板では 836 mg/m^2 であった。











写真－3.3.11　塗膜外観（脇谷川橋）











写真－3.3.12　塗膜および溶融亜鉛めっき鋼材の外観（脇谷川橋）

表－3.3.6　測定結果一覧（脇谷川橋）

			脇谷川橋
膜厚（μm） ()内は平均値	海側	外面 ウェブ	601～703（662）
		外面 下フランジ上面	815～989（871）
		下フランジ下面	715～898（766）
		内面 下フランジ上面	745～839（782）
		内面 ウェブ	631～726（682）
	山側	外面 ウェブ	779～852（807）
		外面 下フランジ上面	1037～1205（1100）
		下フランジ下面	958～1255（1149）
		内面 下フランジ上面	841～1010（894）
		内面 ウェブ	926～1006（957）
光沢度 ()内は平均値	海側	外面 ウェブ	24.1～36.9（30.2）
		外面 下フランジ上面	37.8～53.8（44.7）
		下フランジ下面	38.5～49.3（43.6）
		内面 下フランジ上面	50.1～65.3（57.7）
		内面 ウェブ	26.3～49.8（39.2）
	山側	外面 ウェブ	30.9～41.8（35.8）
		外面 下フランジ上面	46.0～67.5（58.7）
		下フランジ下面	30.6～37.7（34.2）
		内面 下フランジ上面	21.0～27.8（24.3）
		内面 ウェブ	47.5～54.2（51.3）
付着塩分（mg/m^2） ()内はガーゼ拭き取り塩素イオン検知管法	海側	外面 ウェブ	136.0（120）
		外面 下フランジ上面	2000以上（－）
		下フランジ下面	2000以上（－）
		内面 下フランジ上面	2000以上（－）
		内面 ウェブ	508.0（－）
	山側	外面 ウェブ	171.0（100）
		外面 下フランジ上面	104.0（－）
		下フランジ下面	646.0（－）
		内面 下フランジ上面	2000以上（－）
		内面 ウェブ	836.0（－）

注）①膜厚は亜鉛めっき層を含んだ値

②光沢測定は水洗後の値

３）徳合川橋

外観観察写真を写真－3.3.13 に示す。本橋梁の桁に近づけないため、双眼鏡等で塗膜状態を確認した。補修塗装後６年経過しているが、全体に良好な塗膜状態であった。部分的に、鳥糞付着あるいは上塗塗膜の消耗と思われる部分や下塗り塗膜の露出と思われる部分が確認された。









写真－3.3.18　徳合川橋の塗膜外観

（５）まとめ

1986 年から 1987 年に北陸自動車道に架設された溶融亜鉛めっきを適用した五郎太谷川橋，脇谷川橋，徳合川橋の３橋梁は、完工年から 10 年から 15 年で溶融亜鉛めっき鋼材が異状腐食したため塗装により補修が行われた。補修には「素地調整程度１種＋有機ジンクリッチペイント＋変性エポキシ樹脂塗料下塗＋ポリウレタン樹脂塗料用中塗＋ポリウレタン樹脂塗料上塗」の塗装系が適用された。今回、塗装後５年から 10 年経過した時点で塗膜の調査を行った結果、以下のことがわかった。

（１）腐食した溶融亜鉛めっき鋼材を補修した塗膜は、五郎太谷川橋では塗装後 10 年を経過していたが、さびの発生等の異状はなく良好な状態であった。

（２）同様に、徳合川橋では塗装後６年、脇谷川橋では塗装後５年を経過していたが、塗膜にさびの発生等の異状はなく良好な状態であった。

（３）五郎太谷川橋の塗膜付着力測定では、いずれの測定箇所も良好な結果であった。

（４）脇谷川橋の検査路は溶融亜鉛めっき鋼材が適用されており、完工から補修されないまま約 20 年経過しているため、溶融亜鉛めっきの腐食が進行し合金層からのはく離、赤さびの発生が生じている状態であった。

３．４　金属溶射を適用した橋梁

新設時に金属溶射を適用した橋梁の劣化状況について調査を行った。

３．４．１　天保山シーサイドブリッジ，香椎かもめ大橋

（１）調査橋梁の概要

調査橋梁の概要を表－3.4.1 に示す。

表－3.4.1　調査橋梁（金属溶射）

橋梁名称	所在地	海岸線からの直線距離(km)	橋梁形式	完工年	金属溶射の種類	表面仕様	完工年から調査までの経過年数(年)
天保山シーサイドブリッジ	鹿児島県	0	箱桁	1997	アルミニウム溶射	塗装	13
香椎かもめ大橋	福岡県	0	箱桁	2002	アルミニウム溶射	塗装	2

（２）調査方法

調査は、目視観察による外観観察を中心に行った。

（３）調査結果

１）天保山シーサイドブリッジ

1997 年に完工した鹿児島県の甲突川河口に架設された箱桁橋梁で、海岸線に位置し、防食下地として JIS アルミ溶射を採用し、エポキシ樹脂塗料下塗～ふっ素樹脂塗料用中塗～ふっ素樹脂塗料上塗システムで塗装され完工年から約 13 年経過していた。

調査は2007年と2010年の２回行い定期的に部分補修が施されていることが確認できた。2010 年調査時の状態は、全般的には良好な塗膜外観を呈しているが、 部分的に桁端部の発さび、メカニカルダメージ部の発さびが見られた。2007 年に確認された溶接部、異種金属接触腐食と思われる箇所は補修塗装が施されていた。

橋梁形式	箱桁
海岸線からの直線距離	海上（0km）
表面仕様	塗装
完工年	1997 年 （平成 9 年）
調査年月	2010 年 11 月





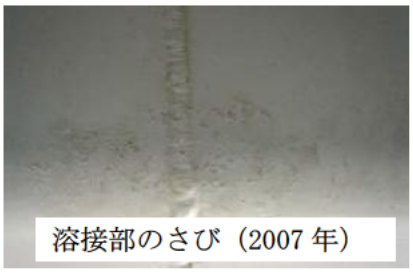


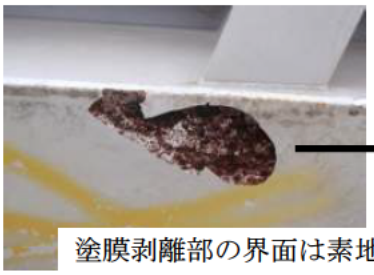




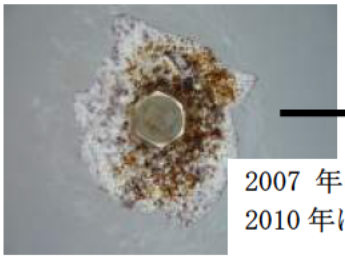


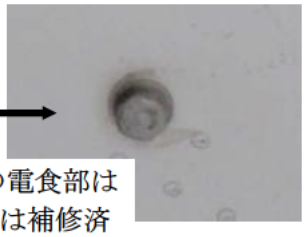














２）香椎かもめ大橋

2002 年に完工した福岡県の博多港に架設された箱桁橋梁で海岸線に位置し、防食下地として JIS アルミ溶射を採用し、変性エポキシ樹脂塗料下塗～ふっ素樹脂塗料用中塗～ふっ素樹脂塗料上塗システムで塗装され完工年から約２年経過していた。

調査時の状態は、全般的には良好な塗膜外観を呈しているが部分的にメカニカルダメージ補修痕の発錆、添接部ボルト部の発錆が見られた。

橋梁形式	箱桁
海岸線からの直線距離	海上(0km)
表面仕様	塗装
完工年	2002 年 (平成 14 年)
調査年月	2004 年 7 月















（4）まとめ

新設時に金属溶射を適用した２橋の調査を、天保山シーサイドブリッジは完工後 10 年と 13 年経過後、香椎かもめ大橋は２年経過後にそれぞれ調査を行った。その結果、以下のことがわかった。

１）天保山シーサイドブリッジの 13 年経過後の塗膜は、全般的には良好な塗膜外観であったが、 部分的には桁端部の発さび、メカニカルダメージ部の発さびがみられた。10 年経過後の調査では、溶接部の発さびも確認された。

２）香椎かもめ大橋は、全般的には良好な塗膜外観であったが、部分的にメカニカルダメージ補修痕の発錆、添接部ボルト部の発錆が見られた。

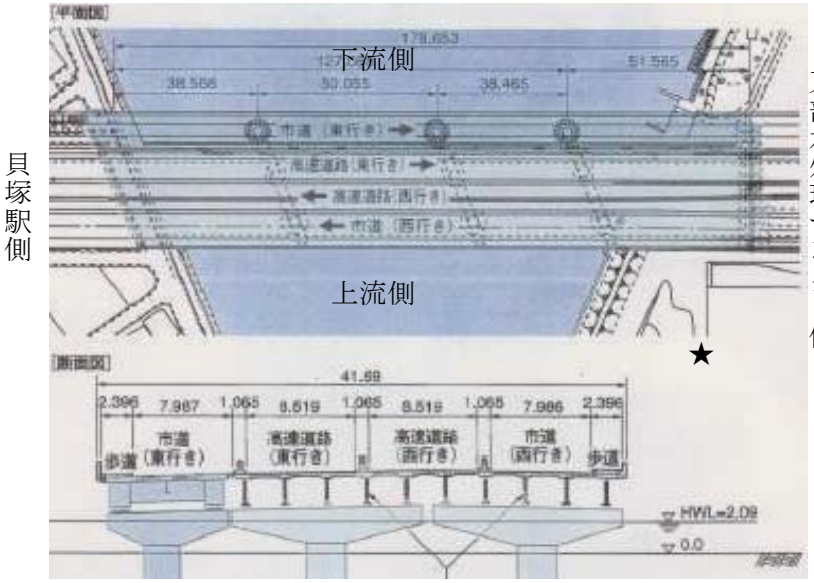
３．５　金属溶射で補修された橋梁

防食法を塗装から金属溶射に変更した橋梁の調査を行った。

３．５．１　宇美川大橋

（１）宇美川大橋の概要

宇美川大橋（高架橋）は、1971年に２車線の道路橋として建設された後、1983年にもう１橋併設されて合計４車線の市道となった。さらに隣に橋を新設して合計８車線とし1999年に開通した。1998年度に実施された補修・補強工事時に金属溶射による施工が行われた。宇美川大橋の概要を図－3.5.1、宇美川大橋全景を写真－3.5.1に示す。



99 年完成 | 71 年完成 | 83 年完成

亜鉛･アルミニウム擬合金溶射の適用部位(1998 年度)

図－3.5.1　宇美川大橋の概要



写真－3.5.1　宇美川大橋全景

（東部水処理センター上流側★地点から撮影）

（２）金属溶射の施工概要

１）施工部位

高速道路（東行き、西行き）と市道（西行き）の桁部位

２）適用された補修工事仕様と工程別記録写真

補修工事仕様は表－3.5.1に示した亜鉛・アルミニウム擬合金溶射での全面補修工法が採用された。工程別の記録写真を写真－3.5.2に示した。

表-3.5.1　適用された補修工事仕様

工程	処理と使用材料
素地調整程度	２種
粗面化処理	低温溶射用エポキシ樹脂系塗布型粗面形成剤
亜鉛アルミ溶射	亜鉛・アルミニウム擬合金溶射皮膜　740g/㎡
封孔処理	ブチラール樹脂系溶射皮膜用封孔処理剤



① 素地調整（旧塗膜の除去状況）
② 素地調整（溶剤等での洗浄）
③ 粗面化処理
④ 亜鉛アルミ溶射
⑤ 吹付けた金属の厚み測定

写真－3.5.2　各工程別の記録写真[1)]

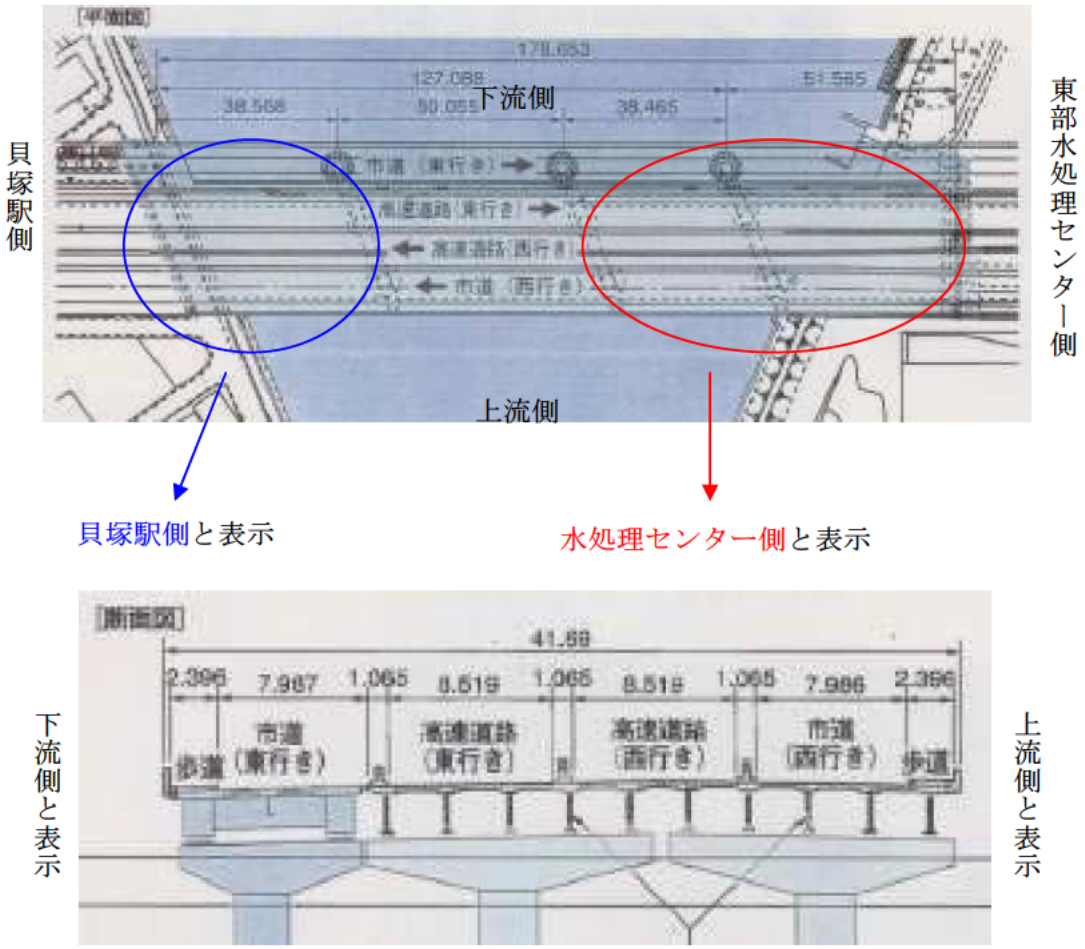
（3）調査部位と範囲、調査方法

1）調査日時

平成20年９月16日(火)

2）調査部位と範囲

調査部位は、貝塚駅側と東部水処理センター側の陸上部から確認できる範囲とし図－3.5.2に調査部位とその範囲を示す。



図－3.5.2　調査部位とその範囲

3）塗膜調査項目と方法

さび，はがれ，われ，膨れの劣化状態について、目視評価とおよび写真撮影を行った。

（4）塗膜調査結果

調査結果の概要を表－3.5.2､浮いてはがれている溶射皮膜を採取して光学顕微鏡観察を行った写真を写真－3.5.3、外観観察写真を写真－3.5.4～7に示す。これらの結果から以下のことが言える。

1）腹板面は全体的に良好な状態であるが、局部的に施工時の不具合に起因すると思われる溶射皮膜の浮き現象が認められた。

2）桁端部、下フランジ上面や下面、補強部材などの水平部位でも溶射皮膜の浮きやは

がれなど、漏水や結露、満潮時の河川水の接触など水分の作用に起因すると思われる欠陥が認められた。

３）コンクリート床版との境界部では漏水の影響と思われる白さびや赤さびの発生が認められた。

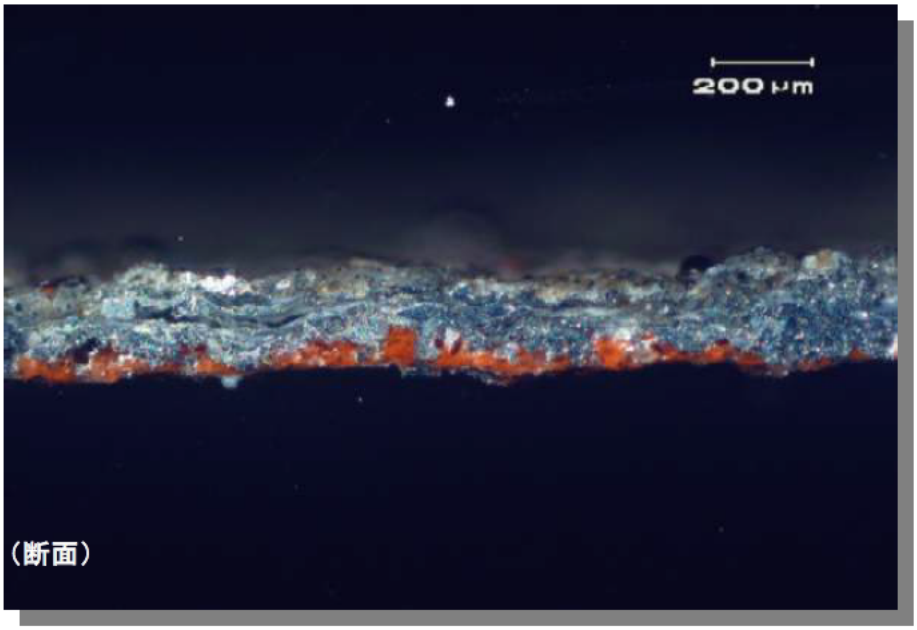
４）支承部や狭隘部など構造上施工が困難な部位において、溶射皮膜の浮き，はがれ，さびの発生が認められた。

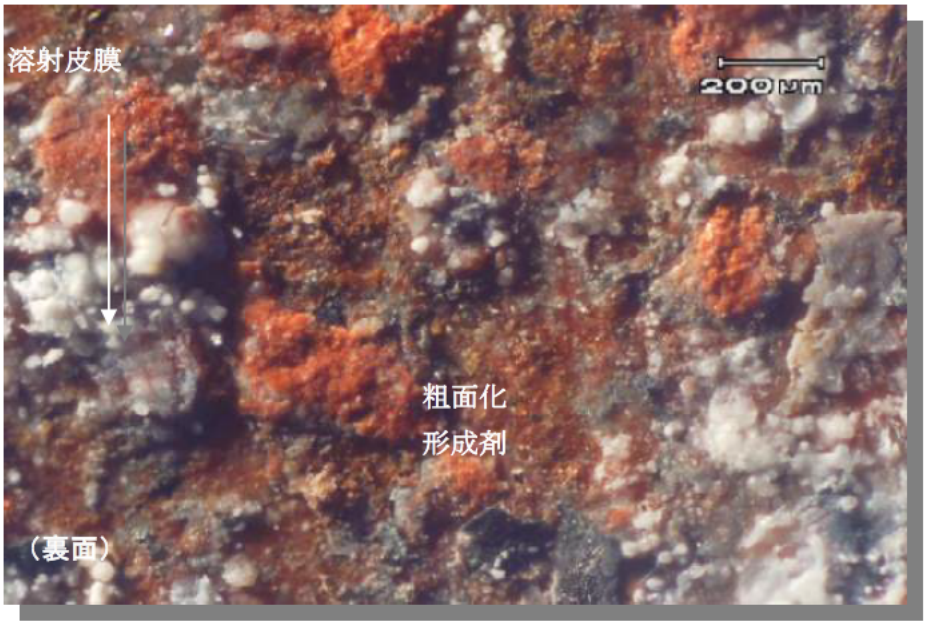
５）施工時の足場撤去時に生じたと思われる溶射皮膜損傷部が散見された。

６）定期的に調査が行われ、その時に補修されたと思われるジンク系塗料でのタッチアップ跡が散見された。

表－3.5.2　調査結果の概要

部位	調査結果（概要）	記録写真
貝塚駅側 （外桁）	・腹板面は全体的に良好であるが、桁端部や下フランジ（上面・下面）の一部に溶射皮膜の浮き、われ、さびが生じている。 ・溶射皮膜の浮きは、素地/粗面形成剤間、粗面形成剤/溶射皮膜間で発生している。	写真－3.5.4
貝塚駅側 （内桁）	・全体的に良好に見えるが、部位によっては溶射皮膜の浮き、われ、さびが生じている。 ・これらの欠陥は水分の影響を受けやすい下フランジ(上面・下面）や支承部や狭隘部などに集中しているが、ごく一部であるが腹板面にも浮きが見られる。	写真－3.5.5
水処理 センター側 （外桁）	・腹板面は全体的に良好であるが、桁端部や下フランジ（上面・下面）の一部に溶射皮膜の浮き、われ、さびが生じている。	写真－3.5.6
水処理 センター側 （内桁）	・全体的に良好に見えるが、部位によっては溶射皮膜の浮き、われ、さびが生じている。 ・特に 1999 年に完成した市道(東行き)との境界部はコンクリート床版部からの漏水が著しく、この部分は上フランジ、腹板、下フランジ面にはがれ、さびが発生している。	写真－3.5.7





写真－3.5.3　はく離溶射皮膜の光学顕微鏡写真（例）

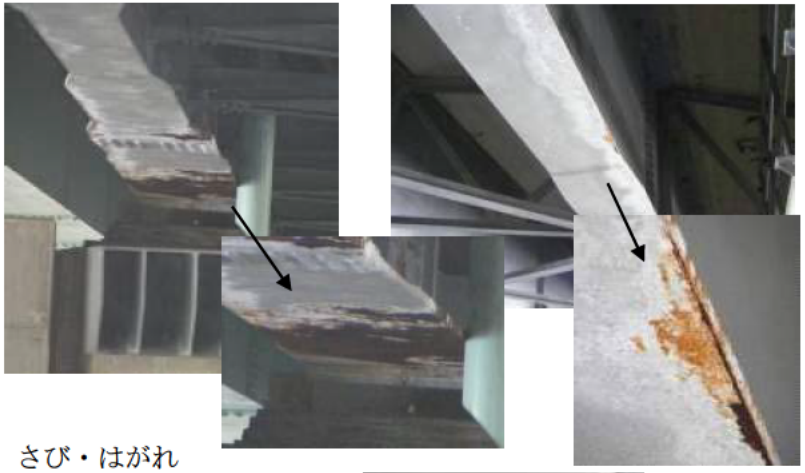


写真－3.5.4　外観観察写真（貝塚駅側（外桁））











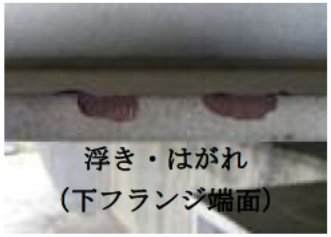
















写真－3.5.5　外観観察写真（貝塚駅側（内桁））



写真-3.5.6　外観観察写真（東側水処理センター側（外桁））



写真－3.5.7　外観観察写真（東側水処理センター側（内桁））

引用文献

１）宇美川高架橋防食工事(福岡県)“金属溶射”で 50 年間塗り替えなし，日経コンストラクション，
1999.4.23，pp60－64

４．各種防食工の補修方法の検討

塗装以外の防食法である、耐候性鋼材，溶融亜鉛めっき，金属溶射の補修方法の検討を行った。第１次試験として、平成 17 年度から駿河湾にある海洋総合技術研究施設と、朝霧にある朝霧環境材料観測施設で暴露試験、および促進劣化試験機を用いて促進劣化試験を試験板で行った。その結果をもとに、第２次試験として沖縄・朝霧での試験板での暴露試験を行った。

また、耐候性鋼材の補修法に関しては、異状さびが発生した橋梁模擬試験桁を用いて塗装による補修法の検討も行った。耐候性鋼材の補修法の検討では、素地調整の方法やさび層中に含まれる Cℓの分析に関しても詳細な検討を行った。

４．１　第１次試験

４．１．１　目的

鋼道路橋塗装・防食便覧〈平成 17 年 12 月(社)日本道路協会発行〉（以下、防食便覧と称す）に記載されている各種防食工法の性能照査を目的として、「海洋構造物の耐久性向上技術に関する共同研究（駿河湾第３分科会)」では、平成 17 年度から駿河湾にある海洋総合技術研究施設（以下、駿河湾）と静岡県富士宮市にある朝霧環境材料観測施設の暴露施設（以下、朝霧)、および促進試験装置を用いて、各種防食工法の暴露試験および防食試験を実施している。

そのうちの耐候性鋼板が劣化した場合の塗装による補修方法（素地調整程度，塗装仕様，耐久性）について暴露試験および促進劣化試験結果を報告する。

４．１．２　経緯

本試験の経緯を表－4.1.1 に示す。

４．１．３　試験内容

（１）試験概要

劣化した耐候性鋼材の塗装による補修（塗替え）方法（素地調整程度，塗装系，およびその耐久性）を見極めるために暴露試験及び促進劣化試験を行い、塗膜一般部の外観（さび，ふくれ）と付着性を評価した。また、試験板に塗り残し部分をつくり耐候性鋼板のさび評価と塗膜端部のさびとふくれ幅についても評価した。

（２）試験板作製方法

１）試験板素材

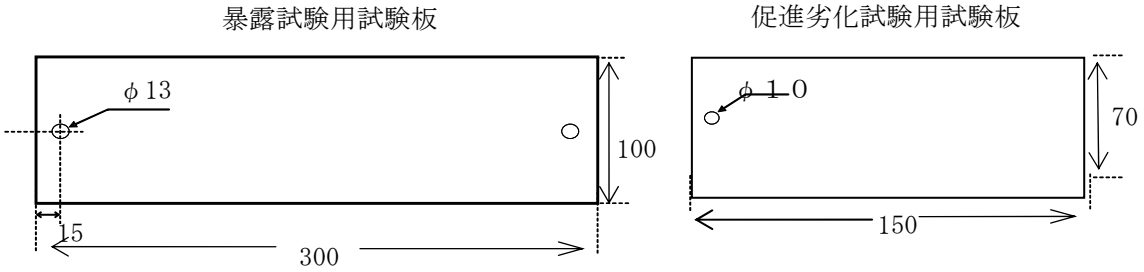
試験に供した普通鋼，耐候性鋼の種類および成分，形状，寸法を図－4.1.1 と表－4.1.2 に示す。

表－4.1.1　試験の経緯

年度	実施項目	実施内容
平成 16 年 (2004 年)	1）各種劣化鋼板の作製	千葉県南房総市千倉町(海浜地区)に各種鋼板を暴露開始
平成 17 年 (2005 年)	1）共同研究開始 2）各種劣化鋼板の回収 3）素地調整 4）試験片作製 5）暴露開始	千葉県南房総市千倉町からさび板を回収し、素地調整、塗装を実施 11 月、駿河湾と朝霧に暴露開始
平成 18 年 (2006 年)	1）促進耐久性試験開始 2）暴露１年後の外観調査	1）CCT*、BCT**による評価を開始 (1000 サイクルまで) 2）11 月、駿河湾、朝霧暴露場にて外観調査
平成 19 年 (2007 年)	1）促進耐久性試験終了 2）暴露２年後の外観調査	1）CCT、BCT 試験終了。まとめ 2）10 月、駿河湾、朝霧にて外観調査
平成 20 年 (2008 年)	1）暴露３年後の外観調査	1）11 月、駿河湾、朝霧にて外観調査
平成 21 年 (2009 年)	1）暴露４年後の外観調査	1）10 月、駿河湾、朝霧にて外観調査
平成 22 年 (2010 年)	1）暴露５年後の外観調査	1）８月、駿河湾、朝霧にて外観調査。 ５年暴露結果まとめ。

＊CCT：複合サイクル腐食試験

＊＊BCT：乾湿繰り返し試験（ブリスターサイクルテスト）



図－4.1.1　試験板の形状とサイズ

表－4.1.2　普通鋼、耐候性鋼の種類および成分

種類		板厚	化学成分							
			C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Mo
普通鋼材	JIS G3131 SS400	6mm	0.05	0.01	0.02	0.014	0.004	－	－	－
耐候性鋼材	JIS G3114 SMA490W	9mm	0.08	0.24	1.04	0.017	0.05	0.34	0.18	0.04
	高 Ni-1	9mm	0.18>	0.4	1.25>	0.035>	0.035>	―	1.5	0.4
	高 Ni-2	9mm	0.18>	0.4	1.25>	0.035>	0.035>	0.4	2.5	－

２）異状さび発生耐候性鋼板の作製

飛来塩分が多く厳しい腐食環境にある千葉県南房総市千倉町の暴露場で、耐候性鋼材を異状さびが生じるまで暴露したものを試験板とした。千倉町の暴露場を写真－4.1.1 に示す。



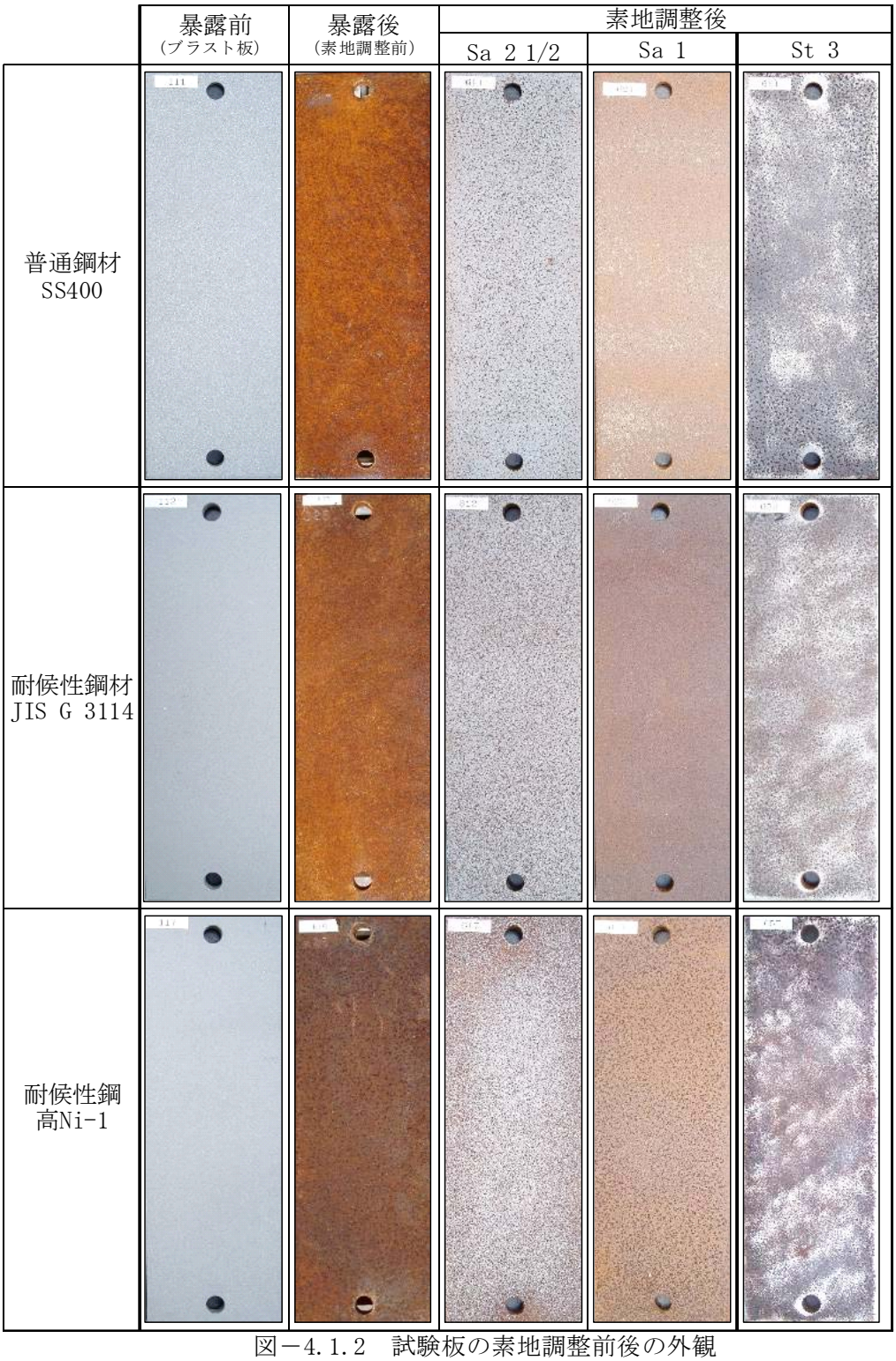


写真-4.1.1　耐候性鋼材の暴露状態

３）素地調整

異状さびが発生した耐候性鋼材を、ブラスト処理（ISO Sa2 1/2, ISO Sa１）と動力工具処理（ISO St３）した。

素地調整前後の外観を図－4.1.2 に示す。

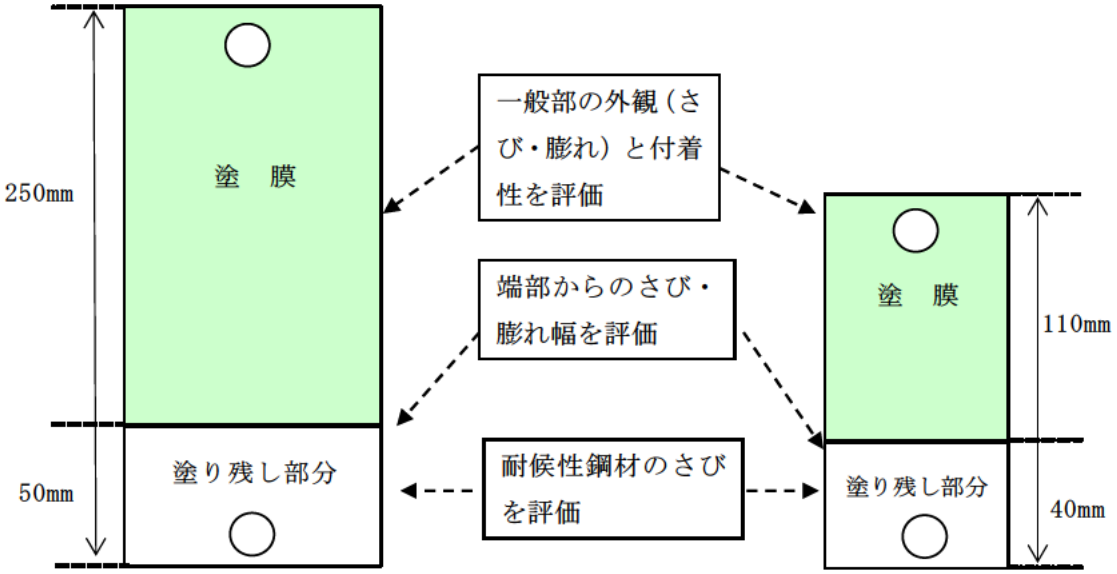


図－4.1.2　試験板の素地調整前後の外観

4）塗装

素地調整した試験板を、鋼板と塗膜の端部（境目）からの劣化を評価することを目的に塗り残し部分をつくるように図－4.1.3 の塗装区分で、表－4.1.3 に示す補修塗装仕様をエアースプレーにて塗装した。また、比較用として試験板全面に塗装したものも作製した。

なお、暴露用試験板は表裏両面、促進劣化用試験板は表面のみ補修塗装仕様で塗装した。試験板の周辺および促進劣化用試験板の裏面は、エポキシ樹脂塗料でシール塗装した。



図－4.1.3　試験板の養生図（左：暴露用試験板、右：促進劣化用試験板）

表－4.1.3　補修塗装仕様

防食便覧の塗装系	適用塗料（一般名）					標準膜厚（μm）
	下塗	下塗	下塗	中塗	上塗	
Rc－Ⅰ	有機ジンクリッチペイント	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料用中塗	弱溶剤形ふっ素樹脂塗形上塗	250
Rc－Ⅲ	－	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料用中塗	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料上塗	175
Ra－Ⅲ	－	鉛･クロムフリーさび止めペイント	鉛･クロムフリーさび止めペイント	長油性フタル酸樹脂塗料中塗	長油性フタル酸樹脂塗料上塗	125

（3）試験項目

試験は、飛来塩分の多い環境と飛来塩分のほとんど無い環境で行い、環境の違いによる防食性能を比較した。

1）暴露試験

暴露場の位置を図－4.1.4 に示す。暴露試験は、飛来塩分量が多く厳しい腐食環境にある駿河湾大井川沖の海洋技術総合研究施設の第1デッキ、および濡れ時間が長い山間環境にある土木研究所朝霧環境材料観測施設で実施した。それぞれの暴露場を写真－4.1.2,写真－4.1.3 に示す。なお、図－4.1.4 のAは、異状さび発生耐候性鋼板を作製した千倉町の暴露場を示す。

2）促進試験

飛来塩分の多い環境を想定して複合サイクル腐食試験（CCT)、飛来塩分がほとんど無い環境を想定してブリスターサイクルテスト（BCT）を、それぞれ 1000 サイクル行った。

各試験のサイクル条件は、以下の通りである。

CCT　：塩水噴霧　→　湿潤（95%RH）→　熱風乾燥　→　温風乾燥

30℃ 0.5H　　30℃ 1.5H　　50℃ 2.0H　　30℃ 2.0H　=6H/ｻｲｸﾙ

BCT　：湿潤（95%RH）→　熱風乾燥　→　温風乾燥

30℃ 2.0H　　50℃ 2.0H　　30℃ 2.0H　=6H/ｻｲｸﾙ

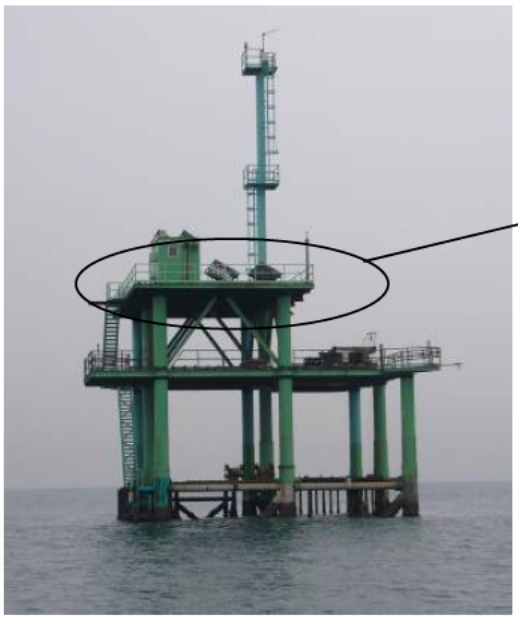


A；千葉県南房総市千倉町忽戸／スプラッシュゾーンにあり非常に飛来塩分が多い環境

B；静岡県焼津市高新田／沖合 250ｍの海上環境

C；静岡県富士宮市根原宝山／山間環境

図－4.1.4　暴露場の位置







写真－4.1.2　海洋技術総合研究施設

（駿河湾）

写真－4.1.3　朝霧環境材料観測施設(朝霧)

（4）評価項目および評価方法

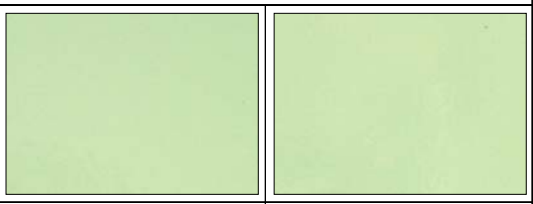
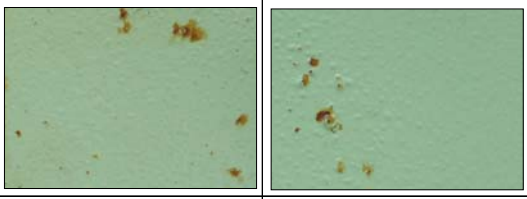
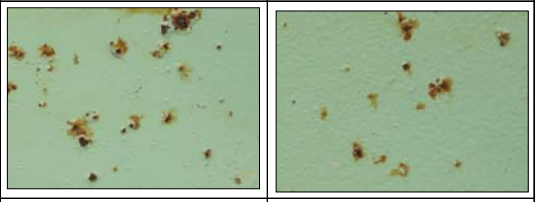
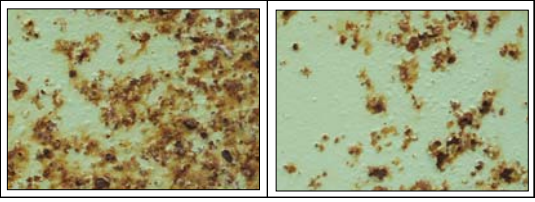
塗膜一般部は、外観（さび,膨れ）とプルオフ法による付着力（MPa）を評価した。膨れは、(財）日本塗料検査協会の「塗膜の評価基準 2003」の膨れの標準図を基準に、膨れの大きさと密度から表-4.1.4 に示す評価点表を作成し評価基準とした。さびは図－4.1.5 に示すさび標準図を作成し評価基準とした。

塗り残し部分は、鋼材のさびと、塗膜端部からのさび，膨れの片側最大幅（試験板周辺から 10 ㎜以内は試験対象外）を測定した。塗り残し部分の鋼材さび評価基準を図－4.1.6 に、塗膜端部のさび，膨れ幅の評価方法を図－4.1.7 に示す。

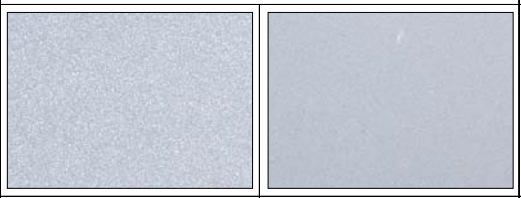
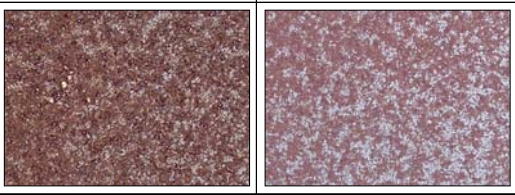
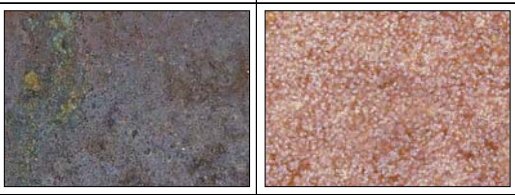
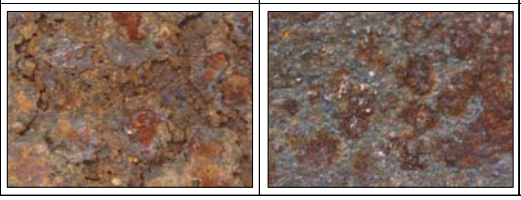
表－4.1.4　塗膜一般部のふくれ評価基準

日塗検基準		大きさ（Size）				
		0	2	3	4	5
密度	0	0				
	2		I	I	II	II
	3		I	II	II	II
	4		II	II	III	III
	5		III	III	III	III

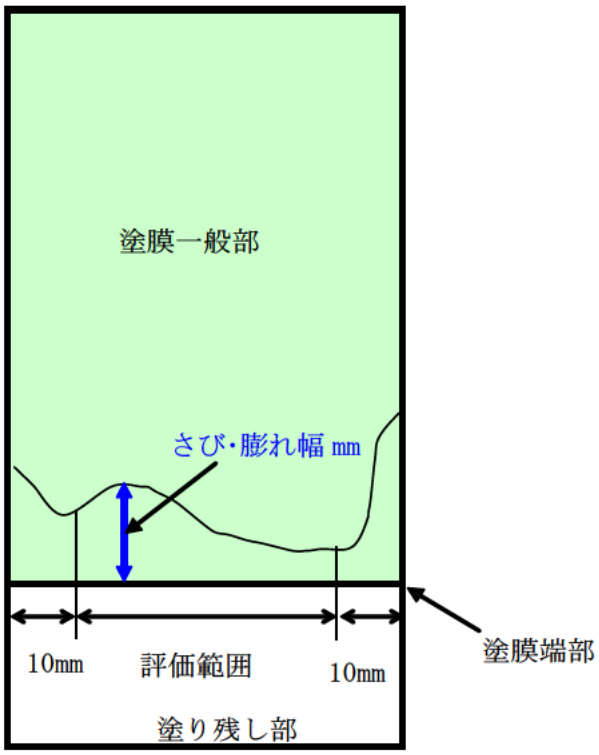
発生面積率（%）	
I	0.5＞
II	0.5～8.0
III	8.0＜

評価点	基準写真	発生面積
0		0.05%以下
Ⅰ		0.05～ 0.5%
Ⅱ		0.5～ 8.0%
Ⅲ		8.0%以上

図－4.1.5　塗膜一般部のさび評価規準

評価点	基準写真	発生状況
0		さびの発生が 全くない
Ⅰ		さびが全面まで 発生しておらず さび厚も薄い
Ⅱ		さびが全面まで 発生しており さびは厚いが 固着している
Ⅲ		さびが全面まで 発生しており さびがかなり厚く 固着していない

図－4.1.6　耐候性鋼板のさび評価基準



図－4.1.7　塗膜端部のさび・ふくれ幅評価方法

４．１．４　試験結果

（１）塗膜一般部の試験結果

１）素地調整程度 Sa2 1/2

表－4.1.5 に暴露試験板表面、表－4.1.6 に暴露試験板裏面、表－4.1.7 に促進劣化試験板の試験結果を示す。

いずれの試験板にも、さび,膨れは見られなかった。また、付着力も全て２MPa 以上あり良好であった。

表－4.1.5　暴露試験板表面の試験結果（素地調整程度 Sa2 1/2 ）

暴露場所	鋼材種		塗装系	さび評価点	膨れ		付着力	
					左:大きさ 右：密度	評価点	MPa	はく離箇所および面積比（%）
朝霧（5年）	普通鋼		Rc-Ⅰ	0	0-0	0	6.0	接 100
			Rc-Ⅲ	0	0-0	0	6.0	接 100
			Ra-Ⅲ	0	0-0	0	6.5	下 70 中 15 上 15
	耐候性鋼	JIS	Rc-Ⅰ	0	0-0	0	4.0	接 100
			Rc-Ⅲ	0	0-0	0	6.0	接 100
			Ra-Ⅲ	0	0-0	0	4.0	下 30 中 35 上 35
		高 Ni-1	Rc-Ⅰ	0	0-0	0	6.5	下 10 接 90
		高 Ni-2	Rc-Ⅰ	0	0-0	0	3.0	下 70 接 30
駿河湾（5年）	普通鋼		Rc-Ⅰ	0	0-0	0	2.5	下 10 中 80 接 10
			Rc-Ⅲ	0	0-0	0	2.5	下 10 中 50 接 40
			Ra-Ⅲ	0	0-0	0	5.0	下 30 中 50 上 20
	耐候性鋼	JIS	Rc-Ⅰ	0	0-0	0	3.5	下 30 中 40 接 30
			Rc-Ⅲ	0	0-0	0	3.5	中 80 接 20
			Ra-Ⅲ	0	0-0	0	4.0	素 10 下 80 上 10
		高 Ni-1	Rc-Ⅰ	0	0-0	0	2.0	下 10 中 90
		高 Ni-2	Rc-Ⅰ	0	0-0	0	2.0	素 40 下 60

（はく離箇所）素：素材、下：下塗、中：中塗、上：上塗、接：接着剤　からのはく離

表－4.1.6　暴露試験板裏面の試験結果（素地調整程度 Sa2 1/2 ）

暴露場所	鋼材種		塗装系	さび評価点	膨れ	
					左：大きさ 右：密度	評価点
朝霧（5年）	普通鋼		Rc-Ⅰ	0	0-0	0
			Rc-Ⅲ	0	0-0	0
			Ra-Ⅲ	0	0-0	0
	耐候性鋼	JIS	Rc-Ⅰ	0	0-0	0
			Rc-Ⅲ	0	0-0	0
			Ra-Ⅲ	0	0-0	0
		高 Ni-1	Rc-Ⅰ	0	0-0	0
		高 Ni-2	Rc-Ⅰ	0	0-0	0
駿河湾（5年）	普通鋼		Rc-Ⅰ	0	0-0	0
			Rc-Ⅲ	0	0-0	0
			Ra-Ⅲ	0	0-0	0
	耐候性鋼	JIS	Rc-Ⅰ	0	0-0	0
			Rc-Ⅲ	0	0-0	0
			Ra-Ⅲ	0	0-0	0
		高 Ni-1	Rc-Ⅰ	0	0-0	0
		高 Ni-2	Rc-Ⅰ	0	0-0	0

表－4.1.7　促進劣化試験板の試験結果（素地調整程度 Sa2 1/2 ）

試験内容	鋼材種		塗装系	さび評価点	膨れ	
					左：大きさ 右：密度	評価点
BCT	普通鋼		Rc-Ⅰ	0	0-0	0
			Rc-Ⅲ	0	0-0	0
			Ra-Ⅲ	0	0-0	0
	耐候性鋼	JIS	Rc-Ⅰ	0	0-0	0
			Rc-Ⅲ	0	0-0	0
			Ra-Ⅲ	0	0-0	0
		高 Ni-1	Rc-Ⅰ	0	0-0	0
		高 Ni-2	Rc-Ⅰ	0	0-0	0
CCT	普通鋼		Rc-Ⅰ	0	0-0	0
			Rc-Ⅲ	0	0-0	0
			Ra-Ⅲ	Ⅰ	0-0	0
	耐候性鋼	JIS	Rc-Ⅰ	0	0-0	0
			Rc-Ⅲ	0	0-0	0
			Ra-Ⅲ	0	0-0	0
		高 Ni-1	Rc-Ⅰ	0	0-0	0
		高 Ni-2	Rc-Ⅰ	0	0-0	0

BCT、CCT 共に 1000 サイクル

２）素地調整 Sa１

表－4.1.8 に暴露試験板表面、表－4.1.9 に暴露試験板裏面の試験結果、表－4.1.10 に促進劣化試験板の試験結果を示す。

多くの試験板でさび，膨れが見られた。さびは Ra-Ⅲ塗装系で多く見られた。付着力も２MPa 未満の試験板が多くあった。暴露場所，鋼材種による大きな差は見られなかった。暴露試験板と同様に、多くの試験板でさび，膨れが見られた。特に Ra-Ⅲ塗装系でさび多く見られた。

表－4.1.8　暴露試験板表面の試験結果（素地調整程度 Sa１）

暴露場所	鋼材種		塗装系	さび評価点	膨れ		付着力	
					左：密度 右：大きさ	評価点	MPa	はく離箇所および面積比（%）
朝霧（5年）	普通鋼		Rc-Ⅰ	0	4-3	Ⅱ	2.5	素 90 下 10
			Rc-Ⅲ	Ⅱ	4-4	Ⅱ	0.5	素 100
			Ra-Ⅲ	Ⅲ	4-3	Ⅱ	1.5	素 90 下 10
	耐候性鋼	JIS	Rc-Ⅰ	－	－	－	－	－
			Rc-Ⅲ	0	3-4	Ⅱ	2.0	素 90 下 10
			Ra-Ⅲ	Ⅲ	4-4	Ⅱ	2.0	素 90 下 10
		高 Ni-1	Rc-Ⅰ	0	3-3	Ⅱ	2.5	素 90 下 10
			Rc-Ⅲ	0	2-4	Ⅱ	5.0	素 60 下 40
			Ra-Ⅲ	Ⅲ	4-5	Ⅴ	1.5	素 100
		高 Ni-2	Rc-Ⅰ	0	3-3	Ⅱ	1.0	素 100
			Rc-Ⅲ	0	2-4	Ⅱ	3.0	素 50 下 20 接 30
			Ra-Ⅲ	Ⅲ	4-5	Ⅲ	1.0	素 50 下 30 上 20
駿河湾（5年）	普通鋼		Rc-Ⅰ	0	4-2	Ⅱ	2.0	素 40 下 60
			Rc-Ⅲ	Ⅲ	5-4	Ⅱ	2.0	素 40 中 40 接 20
			Ra-Ⅲ	Ⅱ	3-4	Ⅱ	1.0	素 60 下 40
	耐候性鋼	JIS	Rc-Ⅰ	0	4-3	Ⅱ	1.0	素 50 下 50
			Rc-Ⅲ	Ⅰ	3-4	Ⅱ	2.5	素 50 中 50
			Ra-Ⅲ	Ⅰ	3-4	Ⅱ	1.5	素 80 下 20
		高 Ni-1	Rc-Ⅰ	0	4-4	Ⅱ	0.5	素 70 下 30
			Rc-Ⅲ	0	3-4	Ⅱ	0.5	素 80 中 20
			Ra-Ⅲ	Ⅲ	4-4	Ⅱ	1.0	素 30 下 30 中 40
		高 Ni-2	Rc-Ⅰ	0	4-4	Ⅱ	0.0	素 50 下 50
			Rc-Ⅲ	0	3-4	Ⅱ	4.0	素 70 中 30
			Ra-Ⅲ	Ⅲ	4-4	Ⅱ	1.5	素 60 下 20 中 20

（はく離箇所）素：素材、下：下塗、中：中塗、上：上塗、接：接着剤　からのはく離

表－4.1.9　暴露試験板裏面の試験結果（素地調整程度 Sa１）

暴露場所	鋼材種		塗装系	さび評価点	膨れ	
					左：密度 右：大きさ	評価点
朝霧（5年）	普通鋼		Rc-Ⅰ	Ⅰ	5-4	Ⅲ
			Rc-Ⅲ	Ⅰ	5-3	Ⅱ
			Ra-Ⅲ	Ⅲ	5-3	Ⅲ
	耐候性鋼	JIS	Rc-Ⅰ	－	－	－
			Rc-Ⅲ	Ⅰ	4-4	Ⅱ
			Ra-Ⅲ	Ⅱ	4-4	Ⅲ
		高 Ni-1	Rc-Ⅰ	0	3-3	Ⅱ
			Rc-Ⅲ	0	2-4	Ⅱ
			Ra-Ⅲ	Ⅲ	4-5	Ⅳ
		高 Ni-2	Rc-Ⅰ	0	3-2	Ⅰ
			Rc-Ⅲ	0	2-4	Ⅱ
			Ra-Ⅲ	Ⅲ	4-5	Ⅲ
駿河湾（5年）	普通鋼		Rc-Ⅰ	Ⅰ	5-4	Ⅱ
			Rc-Ⅲ	Ⅱ	5-4	Ⅱ
			Ra-Ⅲ	Ⅳ	5-4	Ⅱ
	耐候性鋼	JIS	Rc-Ⅰ	0	4-4	Ⅱ
			Rc-Ⅲ	Ⅰ	3-4	Ⅱ
			Ra-Ⅲ	Ⅱ	3-4	Ⅱ
		高 Ni-1	Rc-Ⅰ	0	5-4	Ⅱ
			Rc-Ⅲ	0	3-4	Ⅱ
			Ra-Ⅲ	Ⅳ	4-5	Ⅲ
		高 Ni-2	Rc-Ⅰ	0	4-5	Ⅲ
			Rc-Ⅲ	0	3-5	Ⅱ
			Ra-Ⅲ	Ⅳ	4-4	Ⅱ

表－4.1.10　促進劣化試験板の試験結果（素地調整程度 Sa１）

暴露場所	鋼材種		塗装系	さび評価点	膨れ	
					左:大きさ 右：密度	評価点
BCT	普通鋼		Rc-Ⅰ	0	－	Ⅱ
			Rc-Ⅲ	0	－	Ⅲ
			Ra-Ⅲ	Ⅰ	－	Ⅲ
	耐候性鋼	JIS	Rc-Ⅰ	0	－	Ⅲ
			Rc-Ⅲ	0	－	Ⅲ
			Ra-Ⅲ	0	－	Ⅱ
		高 Ni-1	Rc-Ⅰ	0	－	Ⅲ
			Rc-Ⅲ	0	－	Ⅲ
			Ra-Ⅲ	Ⅱ	－	Ⅲ
		高 Ni-2	Rc-Ⅰ	0	－	Ⅲ
			Rc-Ⅲ	0	－	Ⅲ
			Ra-Ⅲ	Ⅰ	－	Ⅲ
CCT	普通鋼		Rc-Ⅰ	0	4－4	Ⅲ
			Rc-Ⅲ	Ⅱ	3－4	Ⅱ
			Ra-Ⅲ	Ⅱ	4－5	Ⅲ
	耐候性鋼	JIS	Rc-Ⅰ	0	4－3	Ⅱ
			Rc-Ⅲ	Ⅰ	3－4	Ⅱ
			Ra-Ⅲ	Ⅱ	4－5	Ⅲ
		高 Ni-1	Rc-Ⅰ	0	4－4	Ⅲ
			Rc-Ⅲ	0	3－4	Ⅱ
			Ra-Ⅲ	Ⅲ	4－5	Ⅲ
		高 Ni-2	Rc-Ⅰ	0	4－4	Ⅲ
			Rc-Ⅲ	0	3－4	Ⅱ
			Ra-Ⅲ	Ⅲ	4－5	Ⅲ

BCT、CCT 共に 1000 サイクル

３）素地調整程度 St３

表－4.1.11 に暴露試験板表面、表－4.1.12 に暴露試験板裏面、表－4.1.13 に促進劣化試験板の試験結果を示す。

多くの試験板でさび，膨れが見られた。さびは Ra-Ⅲ塗装系で多く見られた。

付着力は２MPa 未満の試験板がいくつか見られたが暴露場所,鋼材種,塗装系による明確な傾向は見られなかった。多くの試験板で膨れが見られた。

CCT 試験板の Ra-Ⅲ塗装系でさび多く見られた。

表－4.1.11　暴露試験板表面の試験結果（素地調整程度 St３）

暴露場所	鋼材種		塗装系	さび評価点	膨れ		付着力	
					左:大きさ 右：密度	評価点	MPa	はく離箇所および面積比（%）
朝霧（5年）	普通鋼		Rc-Ⅰ	0	3-2	Ⅰ	4.0	素 20 下 80
			Rc-Ⅲ	0	3-4	Ⅱ	7.0<	素 80 上 20
			Ra-Ⅲ	Ⅱ	3-4	Ⅲ	2.0	素 90 下 10
	耐候性鋼	JIS	Rc-Ⅰ	0	0	0	5.0	素 10 下 80 上 10
			Rc-Ⅲ	0	3-4	Ⅱ	4.5	素 50 中 30 接 20
			Ra-Ⅲ	Ⅰ	3-3	Ⅰ	1.5	素 50 下 50
		高 Ni-1	Rc-Ⅰ	0	3-2	Ⅰ	0.5	素 50 下 50
			Rc-Ⅲ	0	2-3	Ⅱ	6.0	上 50 接 50
			Ra-Ⅲ	Ⅰ	3-4	Ⅰ	2.0	素 50 下 50
		高 Ni-2	Rc-Ⅰ	0	0	0	4.0	素 80 下 20
			Rc-Ⅲ	0	3-4	Ⅱ	4.0	接着剤 100
			Ra-Ⅲ	Ⅲ	2-3	Ⅰ	1.5	素 55 下 45
駿河湾（5年）	普通鋼		Rc-Ⅰ	0	3-3	Ⅱ	0.5	素 40 下 60
			Rc-Ⅲ	Ⅱ	5-4	Ⅱ	1.5	素 80 中 20
			Ra-Ⅲ	Ⅰ	3-4	Ⅱ	2.0	素 20 下 80
	耐候性鋼	JIS	Rc-Ⅰ	0	0	0	2.5	素 20 下 80
			Rc-Ⅲ	0	3-4	Ⅱ	2.5	素 50 中 40 接 10
			Ra-Ⅲ	Ⅰ	3-4	Ⅱ	2.5	素 20 下 80
		高 Ni-1	Rc-Ⅰ	0	0	0	1.5	素 20 下 80
			Rc-Ⅲ	0	2-4	Ⅱ	2.5	素 30 下 70 上 10
			Ra-Ⅲ	Ⅰ	2-3	Ⅰ	2.5	素 20 下 80
		高 Ni-2	Rc-Ⅰ	0	0	0	1.0	素 80 下 20
			Rc-Ⅲ	0	2-4	Ⅱ	6.5	素 30 中 60 上 10
			Ra-Ⅲ	0	2-3	Ⅰ	1.5	素 20 下 80

（はく離箇所）素：素材、下：下塗、中：中塗、上：上塗、接：接着剤　からのはく離

表－4.1.12　暴露試験板裏面の試験結果（素地調整程度 St３）

暴露場所	鋼材種		塗装系	さび評価点	膨れ	
					左：大きさ 右：密度	評価点
朝霧（５年）	普通鋼		Rc-Ⅰ	0	4-4	Ⅱ
			Rc-Ⅲ	Ⅰ	3-4	Ⅱ
			Ra-Ⅲ	Ⅰ	3-4	Ⅱ
	耐候性鋼	JIS	Rc-Ⅰ	0	0	0
			Rc-Ⅲ	0	2-4	Ⅱ
			Ra-Ⅲ	Ⅱ	3-4	Ⅱ
		高 Ni-1	Rc-Ⅰ	0	3-2	Ⅰ
			Rc-Ⅲ	0	2-5	Ⅱ
			Ra-Ⅲ	Ⅲ	4-4	Ⅲ
		高 Ni-2	Rc-Ⅰ	0	4-2	Ⅰ
			Rc-Ⅲ	0	2-5	Ⅱ
			Ra-Ⅲ	Ⅲ	4-4	Ⅱ
駿河湾（５年）	普通鋼		Rc-Ⅰ	0	4-3	Ⅱ
			Rc-Ⅲ	Ⅰ	4-4	Ⅱ
			Ra-Ⅲ	Ⅲ	3-4	Ⅱ
	耐候性鋼	JIS	Rc-Ⅰ	0	0	0
			Rc-Ⅲ	0	3-4	Ⅱ
			Ra-Ⅲ	Ⅰ	3-3	Ⅰ
		高 Ni-1	Rc-Ⅰ	0	0	0
			Rc-Ⅲ	0	2-4	Ⅱ
			Ra-Ⅲ	Ⅰ	3-3	Ⅰ
		高 Ni-2	Rc-Ⅰ	0	3-2	Ⅰ
			Rc-Ⅲ	0	3-3	Ⅱ
			Ra-Ⅲ	Ⅱ	3-4	Ⅱ

表－4.1.13　促進劣化試験板の試験結果（素地調整程度 St３）

試験内容	鋼材種		塗装系	さび評価点	膨れ	
					左：大きさ 右：密度	評価点
BCT	普通鋼		Rc-Ⅰ	0	－	Ⅰ
			Rc-Ⅲ	0	－	Ⅲ
			Ra-Ⅲ	0	－	Ⅱ
	耐候性鋼	JIS	Rc-Ⅰ	0	－	0
			Rc-Ⅲ	0	－	Ⅱ
			Ra-Ⅲ	0	－	Ⅱ
		高 Ni-1	Rc-Ⅰ	0	－	Ⅱ
			Rc-Ⅲ	0	－	Ⅲ
			Ra-Ⅲ	0	－	Ⅲ
		高 Ni-2	Rc-Ⅰ	0	－	0
			Rc-Ⅲ	0	－	Ⅲ
			Ra-Ⅲ	0	－	Ⅲ
CCT	普通鋼		Rc-Ⅰ	0	3－3	Ⅱ
			Rc-Ⅲ	0	3－3	Ⅱ
			Ra-Ⅲ	Ⅲ	4－4	Ⅲ
	耐候性鋼	JIS	Rc-Ⅰ	0	0－0	0
			Rc-Ⅲ	0	2－2	Ⅰ
			Ra-Ⅲ	0	2－3	Ⅰ
		高 Ni-1	Rc-Ⅰ	0	3－3	Ⅱ
			Rc-Ⅲ	0	3－5	Ⅲ
			Ra-Ⅲ	Ⅰ	3－4	Ⅱ
		高 Ni-2	Rc-Ⅰ	0	0－0	0
			Rc-Ⅲ	0	3－4	Ⅱ
			Ra-Ⅲ	Ⅰ	4－4	Ⅲ

BCT、CCT 共に 1000 サイクル

（２）塗り残し部分の試験結果

１）素地調整程度 Sa2 1/2

表－4.1.14 に暴露試験板表面、表－4.1.15 に暴露試験板裏面の試験結果、表－4.1.16

に促進劣化試験板の試験結果を示す。

普通鋼で端部からの膨れが発生している試験板が多かった。塗り残し部分の鋼板のさびは、朝霧暴露試験板より駿河湾暴露試験板の方が多く発生していた。

CCT の全ての試験板で端部からの膨れが発生しているのに対し、BCT 試験板では端部からのふくれはなかった。塗り残し部分の鋼板のさびは、BCT 試験板より CCT 試験板の方が多く発生していた

表－4.1.14　暴露試験板表面の試験結果（素地調整程度 Sa2 1/2）

暴露場所	鋼材種		塗装系	鋼板のさび評価点	端部の膨れ幅（㎜）
朝霧（5年）	普通鋼		Rc-Ⅰ	Ⅱ	3
			Rc-Ⅲ	Ⅱ	3
			Ra-Ⅲ	Ⅱ	1
	耐候性鋼	JIS	Rc-Ⅰ	Ⅱ	0
			Rc-Ⅲ	Ⅱ	3
			Ra-Ⅲ	Ⅱ	1
		高 Ni-1	Rc-Ⅰ	Ⅱ	0
		高 Ni-2	Rc-Ⅰ	Ⅱ	0
駿河湾（5年）	普通鋼		Rc-Ⅰ	Ⅲ	0
			Rc-Ⅲ	Ⅲ	0
			Ra-Ⅲ	Ⅲ	0
	耐候性鋼	JIS	Rc-Ⅰ	Ⅲ	0
			Rc-Ⅲ	Ⅲ	0
			Ra-Ⅲ	Ⅲ	0
		高 Ni-1	Rc-Ⅰ	Ⅲ	0
		高 Ni-2	Rc-Ⅰ	Ⅲ	0

表－4.1.15　暴露試験板裏面の試験結果（素地調整程度 Sa2 1/2）

暴露場所	鋼材種		塗装系	鋼板のさび評価点	端部の膨れ幅（㎜）
朝霧（5年）	普通鋼		Rc-Ⅰ	Ⅱ	1
			Rc-Ⅲ	Ⅱ	0
			Ra-Ⅲ	Ⅱ	0
	耐候性鋼	JIS	Rc-Ⅰ	Ⅱ	0
			Rc-Ⅲ	Ⅱ	0
			Ra-Ⅲ	Ⅱ	0
		高 Ni-1	Rc-Ⅰ	Ⅱ	0
		高 Ni-2	Rc-Ⅰ	Ⅱ	0
駿河湾（5年）	普通鋼		Rc-Ⅰ	Ⅴ	3
			Rc-Ⅲ	Ⅴ	5
			Ra-Ⅲ	Ⅴ	2
	耐候性鋼	JIS	Rc-Ⅰ	Ⅳ	0
			Rc-Ⅲ	Ⅳ	7
			Ra-Ⅲ	Ⅲ	0
		高 Ni-1	Rc-Ⅰ	Ⅳ	0
		高 Ni-2	Rc-Ⅰ	Ⅳ	0

表－4.1.16　促進劣化試験板裏面の試験結果（素地調整程度 Sa2 1/2）

試験内容	鋼材種		塗装系	鋼板のさび評価点	端部の膨れ幅（㎜）
BCT	普通鋼		Rc-Ⅰ	Ⅰ	0
			Rc-Ⅲ	Ⅰ	0
			Ra-Ⅲ	Ⅰ	0
	耐候性鋼	JIS	Rc-Ⅰ	Ⅰ	0
			Rc-Ⅲ	Ⅱ	0
			Ra-Ⅲ	Ⅰ	0
		高 Ni-1	Rc-Ⅰ	Ⅰ	0
		高 Ni-2	Rc-Ⅰ	Ⅰ	0
CCT	普通鋼		Rc-Ⅰ	Ⅲ	7
			Rc-Ⅲ	Ⅲ	8
			Ra-Ⅲ	Ⅲ	8
	耐候性鋼	JIS	Rc-Ⅰ	Ⅲ	5
			Rc-Ⅲ	Ⅲ	11
			Ra-Ⅲ	Ⅲ	5
		高 Ni-1	Rc-Ⅰ	Ⅲ	3
		高 Ni-2	Rc-Ⅰ	Ⅲ	4

BCT、CCT 共に 1000 サイクル

２）素地調整程度 Sa１

表－4.1.17 に暴露試験板表面、表－4.1.18 に暴露試験板裏面の試験結果、表－4.1.19 に促進劣化試験板の試験結果を示す。

暴露場所，鋼材種，塗装系に関わらず多くの試験板で端部からの膨れが見られた。

塗り残し部分の鋼板のさびは、朝霧暴露試験板より駿河湾暴露試験板の方が多く発生していた。

塗り残し部分の鋼板のさびは、BCT 試験板より CCT 試験板の方が多く発生していた。

CCT の全ての試験板で端部からの膨れが発生しているのに対し、BCT 試験板では端部からの膨れはなかった。

表－4.1.17　暴露試験板表面の試験結果（素地調整程度 Sa１）

暴露場所	鋼材種		塗装系	鋼板のさび評価点	端部の膨れ幅(㎜)
朝霧（5年）	普通鋼		Rc-Ⅰ	Ⅱ	7
			Rc-Ⅲ	Ⅱ	35
			Ra-Ⅲ	Ⅱ	2
	耐候性鋼	JIS	Rc-Ⅰ	-	-
			Rc-Ⅲ	Ⅱ	12
			Ra-Ⅲ	Ⅱ	2
		高 Ni-1	Rc-Ⅰ	Ⅱ	22
			Rc-Ⅲ	Ⅱ	2
			Ra-Ⅲ	Ⅱ	0
		高 Ni-2	Rc-Ⅰ	Ⅱ	10
			Rc-Ⅲ	Ⅱ	7
			Ra-Ⅲ	Ⅱ	0
駿河湾（5年）	普通鋼		Rc-Ⅰ	Ⅲ	2
			Rc-Ⅲ	Ⅲ	5
			Ra-Ⅲ	Ⅲ	1
	耐候性鋼	JIS	Rc-Ⅰ	Ⅲ	0
			Rc-Ⅲ	Ⅲ	3
			Ra-Ⅲ	Ⅲ	1
		高 Ni-1	Rc-Ⅰ	Ⅲ	0
			Rc-Ⅲ	Ⅲ	17
			Ra-Ⅲ	Ⅲ	1
		高 Ni-2	Rc-Ⅰ	Ⅲ	0
			Rc-Ⅲ	Ⅲ	4
			Ra-Ⅲ	Ⅲ	0

表－4.1.18　暴露試験板裏面の試験結果（素地調整程度 Sa１）

暴露場所	鋼材種		塗装系	鋼板のさび評価点	端部の膨れ幅(㎜)
朝霧（5年）	普通鋼		Rc-Ⅰ	Ⅱ	13
			Rc-Ⅲ	Ⅱ	12
			Ra-Ⅲ	Ⅱ	3
	耐候性鋼	JIS	Rc-Ⅰ	-	-
			Rc-Ⅲ	Ⅱ	10
			Ra-Ⅲ	Ⅱ	2
		高 Ni-1	Rc-Ⅰ	Ⅱ	5
			Rc-Ⅲ	Ⅱ	12
			Ra-Ⅲ	Ⅱ	0
		高 Ni-2	Rc-Ⅰ	Ⅱ	10
			Rc-Ⅲ	Ⅱ	8
			Ra-Ⅲ	Ⅱ	0
駿河湾（5年）	普通鋼		Rc-Ⅰ	Ⅴ	17
			Rc-Ⅲ	Ⅴ	9
			Ra-Ⅲ	Ⅴ	3
	耐候性鋼	JIS	Rc-Ⅰ	Ⅳ	9
			Rc-Ⅲ	Ⅳ	2
			Ra-Ⅲ	Ⅲ	1
		高 Ni-1	Rc-Ⅰ	Ⅳ	3
			Rc-Ⅲ	Ⅳ	14
			Ra-Ⅲ	Ⅲ	0
		高 Ni-2	Rc-Ⅰ	Ⅲ	0
			Rc-Ⅲ	Ⅲ	1
			Ra-Ⅲ	Ⅲ	0

表－4.1.19　促進劣化試験板の試験結果（素地調整程度 Sa１）

試験内容	鋼材種		塗装系	鋼板のさび評価点	端部の膨れ幅（㎜）
BCT	普通鋼		Rc-Ⅰ	Ⅱ	0
			Rc-Ⅲ	Ⅱ	0
			Ra-Ⅲ	Ⅱ	0
	耐候性鋼	JIS	Rc-Ⅰ	Ⅱ	0
			Rc-Ⅲ	Ⅱ	0
			Ra-Ⅲ	Ⅱ	0
		高 Ni-1	Rc-Ⅰ	Ⅱ	0
			Rc-Ⅲ	Ⅱ	0
			Ra-Ⅲ	Ⅱ	0
		高 Ni-2	Rc-Ⅰ	Ⅱ	0
			Rc-Ⅲ	Ⅱ	0
			Ra-Ⅲ	Ⅱ	0
CCT	普通鋼		Rc-Ⅰ	Ⅲ	6
			Rc-Ⅲ	Ⅲ	9
			Ra-Ⅲ	Ⅲ	12
	耐候性鋼	JIS	Rc-Ⅰ	Ⅲ	6
			Rc-Ⅲ	Ⅲ	11
			Ra-Ⅲ	Ⅲ	9
		高 Ni-1	Rc-Ⅰ	Ⅲ	4
			Rc-Ⅲ	Ⅲ	8
			Ra-Ⅲ	Ⅲ	6
		高 Ni-2	Rc-Ⅰ	Ⅲ	6
			Rc-Ⅲ	Ⅲ	8
			Ra-Ⅲ	Ⅲ	8

BCT、CCT 共に 1000 サイクル

３）素地調整程度 St３

表－4.1.20 に暴露試験板表面、表－4.1.21 に暴露試験板裏面の試験結果、表－4.1.22 に促進劣化試験板の試験結果を示す。

暴露場所，鋼材種，塗装系に関わらず、多くの試験板で端部からの膨れが見られた。

塗り残し部分の鋼板のさびは、朝霧暴露試験板より駿河湾暴露試験板の方が多く発生していた。

塗り残し部分の鋼板のさびは、BCT 試験板より CCT 試験板の方が多く発生していた。

CCT の全ての試験板で端部からの膨れが発生しているのに対し、BCT 試験板では端部からの膨れはなかった。

表－4.1.20　暴露試験板表面の試験結果（素地調整程度 St３）

暴露場所	鋼材種		塗装系	鋼板のさび評価点	端部の膨れ幅（㎜）
朝霧（５年）	普通鋼		Rc-Ⅰ	Ⅱ	23
			Rc-Ⅲ	Ⅱ	8
			Ra-Ⅲ	Ⅱ	3
	耐候性鋼	JIS	Rc-Ⅰ	Ⅱ	16
			Rc-Ⅲ	Ⅱ	40
			Ra-Ⅲ	Ⅱ	2
		高 Ni-1	Rc-Ⅰ	Ⅱ	13
			Rc-Ⅲ	Ⅱ	7
			Ra-Ⅲ	Ⅱ	0
		高 Ni-2	Rc-Ⅰ	Ⅱ	28
			Rc-Ⅲ	Ⅱ	26
			Ra-Ⅲ	Ⅱ	0
駿河湾（５年）	普通鋼		Rc-Ⅰ	Ⅲ	2
			Rc-Ⅲ	Ⅲ	8
			Ra-Ⅲ	Ⅲ	3
	耐候性鋼	JIS	Rc-Ⅰ	Ⅲ	3
			Rc-Ⅲ	Ⅲ	0
			Ra-Ⅲ	Ⅲ	0
		高 Ni-1	Rc-Ⅰ	Ⅲ	2
			Rc-Ⅲ	Ⅲ	0
			Ra-Ⅲ	Ⅲ	0
		高 Ni-2	Rc-Ⅰ	Ⅲ	6
			Rc-Ⅲ	Ⅲ	1
			Ra-Ⅲ	Ⅲ	0

表－4.1.21　暴露試験板裏面の試験結果（素地調整程度 St３）

暴露場所	鋼材種		塗装系	鋼板のさび評価点	端部の膨れ幅（㎜）
朝霧（５年）	普通鋼		Rc-Ⅰ	Ⅱ	3
			Rc-Ⅲ	Ⅱ	6
			Ra-Ⅲ	Ⅱ	4
	耐候性鋼	JIS	Rc-Ⅰ	Ⅱ	5
			Rc-Ⅲ	Ⅱ	13
			Ra-Ⅲ	Ⅱ	0
		高 Ni-1	Rc-Ⅰ	Ⅱ	4
			Rc-Ⅲ	Ⅱ	3
			Ra-Ⅲ	Ⅱ	0
		高 Ni-2	Rc-Ⅰ	Ⅱ	14
			Rc-Ⅲ	Ⅱ	6
			Ra-Ⅲ	Ⅱ	0
駿河湾（５年）	普通鋼		Rc-Ⅰ	Ⅱ	6
			Rc-Ⅲ	Ⅴ	6
			Ra-Ⅲ	Ⅴ	4
	耐候性鋼	JIS	Rc-Ⅰ	Ⅳ	8
			Rc-Ⅲ	Ⅲ	0
			Ra-Ⅲ	Ⅲ	0
		高 Ni-1	Rc-Ⅰ	Ⅳ	1
			Rc-Ⅲ	Ⅳ	3
			Ra-Ⅲ	Ⅲ	1
		高 Ni-2	Rc-Ⅰ	Ⅲ	15
			Rc-Ⅲ	Ⅲ	0
			Ra-Ⅲ	Ⅲ	1

表－4.1.22　促進劣化試験板の試験結果（素地調整程度 St３）

試験内容	鋼材種		塗装系	鋼板のさび評価点	端部の膨れ幅（㎜）
BCT	普通鋼		Rc-Ⅰ	Ⅱ	0
			Rc-Ⅲ	Ⅱ	0
			Ra-Ⅲ	Ⅰ	0
	耐候性鋼	JIS	Rc-Ⅰ	Ⅱ	0
			Rc-Ⅲ	Ⅱ	0
			Ra-Ⅲ	Ⅱ	0
		高 Ni-1	Rc-Ⅰ	Ⅱ	0
			Rc-Ⅲ	Ⅱ	0
			Ra-Ⅲ	Ⅱ	0
		高 Ni-2	Rc-Ⅰ	Ⅱ	0
			Rc-Ⅲ	Ⅱ	0
			Ra-Ⅲ	Ⅱ	0
CCT	普通鋼		Rc-Ⅰ	Ⅲ	10
			Rc-Ⅲ	Ⅲ	20
			Ra-Ⅲ	Ⅲ	16
	耐候性鋼	JIS	Rc-Ⅰ	Ⅲ	5
			Rc-Ⅲ	Ⅲ	30
			Ra-Ⅲ	Ⅲ	9
		高 Ni-1	Rc-Ⅰ	Ⅲ	8
			Rc-Ⅲ	Ⅲ	18
			Ra-Ⅲ	Ⅲ	8
		高 Ni-2	Rc-Ⅰ	Ⅲ	5
			Rc-Ⅲ	Ⅲ	15
			Ra-Ⅲ	Ⅲ	20

BCT、CCT 共に 1000 サイクル

（４）全面塗装と端部塗り残しの比較

１)素地調整程度 Sa2 1/2

表－4.1.23 に素地調整 Sa2 1/2 の試験結果を示す。

すべての試験板で、さび，膨れは見られなかった。付着力も良好だった。

表－4.1.23　全面塗装と端部塗り残しの比較（素地調整程度 Sa2 1/2）

試験板種類		試験内容	鋼材種	さび評価点	膨れ		付着力	
					右：大きさ 左：密度	評価点	MPa	はく離箇所および面積比(%)
塗り残し試験板	暴露板表面	朝霧	普通鋼	0	0	0	6.0	接 100
			JIS 耐候性鋼	0	0	0	4.0	接 100
		駿河湾	普通鋼	0	0	0	2.5	下 10 中 80 接 10
			JIS 耐候性鋼	0	0	0	3.5	下 30 中 40 接 30
	暴露板裏面	朝霧	普通鋼	0	0	0		
			JIS 耐候性鋼	0	0	0		
		駿河湾	普通鋼	0	0	0		
			JIS 耐候性鋼	0	0	0		
	促進劣化板	BCT	普通鋼	0	0-0	0		
			JIS 耐候性鋼	0	0-0	0		
		CCT	普通鋼	0	0-0	0		
			JIS 耐候性鋼	0	0-0	0		
全面塗装試験板	暴露板表面	朝霧	普通鋼	－	－	－	－	－
			JIS 耐候性鋼	0	0-0	0	5.0	中 10 接 90
		駿河湾	普通鋼	0	0-0	0	5.1	下 10 中 80 接 10
			JIS 耐候性鋼	0	0-0	0	3.0	下 50 中 20 接 30
	暴露板裏面	朝霧	普通鋼	－	－	－		
			JIS 耐候性鋼	0	0-0	0		
		駿河湾	普通鋼	0	0-0	0		
			JIS 耐候性鋼	0	0-0	0		
	促進劣化板	BCT	普通鋼	－	－	－		
			JIS 耐候性鋼	0	0-0	0		
		CCT	普通鋼	0	0-0	0		
			JIS 耐候性鋼	0	0-0	0		

（はく離箇所）素：素材、下：下塗、中：中塗、上：上塗、接：接着剤　からのはく離

２）素地調整 Sa1

表－4.1.24 に素地調整 Sa１の結果を示す。

全面塗装試験板の方がややさびが多く見られた。膨れはすべての試験板で評価点Ⅱ以下だった。

付着力は、駿河湾暴露 JIS 耐候性鋼の端部塗り残し試験板(表面)のみ１MPa だったが、他は２MPa 以上だった。

表－4.1.24　全面塗装と端部塗り残しの比較（素地調整程度 Sa１）

試験板種類		試験内容	鋼材種	さび評価点	膨れ		付着力	
					右：大きさ 左：密度	評価点	MPa	はく離箇所および面積比(%)
塗り残し試験板	暴露板表面	朝霧	普通鋼	0	4-3	Ⅱ	2.5	素 90 下 10
			JIS 耐候性鋼	－	－	－	－	－
		駿河湾	普通鋼	0	4-2	Ⅱ	2.0	素 40 下 60
			JIS 耐候性鋼	0	4-3	Ⅱ	1.0	素 50 下 50
	暴露板裏面	朝霧	普通鋼	Ⅰ	5-4	Ⅲ		
			JIS 耐候性鋼	－	－	－		
		駿河湾	普通鋼	Ⅰ	5-4	Ⅱ		
			JIS 耐候性鋼	0	4-4	Ⅱ		
	促進劣化板	BCT	普通鋼	0	－	Ⅱ		
			JIS 耐候性鋼	0	－	Ⅲ		
		CCT	普通鋼	0	4－4	Ⅲ		
			JIS 耐候性鋼	0	4－3	Ⅱ		
全面塗装試験板	暴露板表面	朝霧	普通鋼	－	－	－	－	－
			JIS 耐候性鋼	0	0	0	3.0	素 60 下 40
		駿河湾	普通鋼	Ⅱ	5-3	Ⅱ	2.0	素 50 中 50
			JIS 耐候性鋼	0	3-3	Ⅱ	2.0	素 40 下 60
	暴露板裏面	朝霧	普通鋼	－	－	－		
			JIS 耐候性鋼	0	4-5	Ⅱ		
		駿河湾	普通鋼	Ⅲ	5-4	Ⅱ		
			JIS 耐候性鋼	Ⅱ	5-3	Ⅱ		
	促進劣化板	BCT	普通鋼	－	－	－		
			JIS 耐候性鋼	0	－	Ⅱ		
		CCT	普通鋼	0	4－4	Ⅲ		
			JIS 耐候性鋼	0	4－4	Ⅲ		

（はく離箇所）素：素材、下：下塗、中：中塗、上：上塗、接：接着剤　からのはく離

３）素地調整 St３（Rc-Ⅲ塗装系）

表－4.1.25 に素地調整 St３（Rc-Ⅲ塗装系）の結果を示す。

端部塗り残し試験板の方が、全面塗装の試験板よりさびがやや多く見られた。膨れはほとんどの試験板で評価点Ⅱ以下であった。

付着力は、駿河湾暴露普通鋼の試験板が 1.5MPa であったが他は２MPa 以上であった。

表－4.1.25 に素地調整 St３（Rc-Ⅲ塗装系）

試験板種類		試験内容	鋼材種	さび評価点	膨れ		付着力	
					右:大きさ 左：密度	評価点	MPa	はく離箇所および面積比(%)
塗り残し試験板	暴露板表面	朝霧	普通鋼	0	3-4	Ⅱ	7.0<	素 80 上 20
			JIS耐候性鋼	0	3-4	Ⅱ	4.5	素 50 中 30 接 20
		駿河湾	普通鋼	Ⅱ	5-4	Ⅱ	1.5	素 80 中 20
			JIS耐候性鋼	0	3-4	Ⅱ	2.5	素 50 中 40 接 10
	暴露板裏面	朝霧	普通鋼	Ⅰ	3-4	Ⅱ		
			JIS耐候性鋼	0	2-4	Ⅱ		
		駿河湾	普通鋼	Ⅰ	4-4	Ⅱ		
			JIS耐候性鋼	0	3-4	Ⅱ		
	促進劣化板	BCT	普通鋼	0	－	Ⅲ		
			JIS耐候性鋼	0	－	Ⅱ		
		CCT	普通鋼	0	3－3	Ⅱ		
			JIS耐候性鋼	0	2－2	Ⅰ		
全面塗装試験板	暴露板表面	朝霧	普通鋼	－	－	－	－	－
			JIS耐候性鋼	0	2-2	Ⅰ	4.5	素 10 中 20 上 50 接 20
		駿河湾	普通鋼	0	3-4	Ⅱ	1.5	素 100
			JIS耐候性鋼	0	3-2	Ⅰ	2.5	素 10 中 10 接 80
	暴露板裏面	朝霧	普通鋼	－	－	－		
			JIS耐候性鋼	0	3-4	Ⅱ		
		駿河湾	普通鋼	0	3-3	Ⅱ		
			JIS耐候性鋼	0	3-3	Ⅱ		
	促進劣化板	BCT	普通鋼	－	－	－		
			JIS耐候性鋼	0	－	Ⅱ		
		CCT	普通鋼	0	3－4	Ⅱ		
			JIS耐候性鋼	0	2－3	Ⅰ		

（はく離箇所）素：素材、下：下塗、中：中塗、上：上塗、接：接着剤　からのはく離

４）素地調整程度 St３　（Ra-Ⅲ塗装系）

表－4.1.26 に素地調整程度 St３（Ra-Ⅲ塗装系）の結果を示す。

端部塗り残し試験板の方が、全面塗装の試験板よりややさびが多く見られた。

膨れはほとんどの試験板で評価点Ⅱ以下だった。

付着力は、朝霧暴露 JIS 耐候性鋼の試験板が 1.5MPa であったが他は２MPa 以上であった。

表－4.1.26　塗り残し部（素地調整 St３　Ra-Ⅲ塗装系）の比較結果

試験板種類		試験内容	鋼材種	さび評価点	膨れ		付着力	
					右：大きさ 左：密度	評価点	MPa	はく離箇所および面積比(%)
塗り残し試験板	暴露板表面	朝霧	普通鋼	Ⅱ	3-4	Ⅲ	2.0	素 90 下 10
			JIS 耐候性鋼	Ⅰ	3-3	Ⅰ	1.5	素 50 下 50
		駿河湾	普通鋼	Ⅰ	3-4	Ⅱ	2.0	素 20 下 80
			JIS 耐候性鋼	Ⅰ	3-4	Ⅱ	2.5	素 20 下 80
	暴露板裏面	朝霧	普通鋼	Ⅰ	3-4	Ⅱ		
			JIS 耐候性鋼	Ⅱ	3-4	Ⅱ		
		駿河湾	普通鋼	Ⅲ	3-4	Ⅱ		
			JIS 耐候性鋼	Ⅰ	3-3	Ⅰ		
	促進劣化板	BCT	普通鋼	0	－	Ⅱ		
			JIS 耐候性鋼	0	－	Ⅱ		
		CCT	普通鋼	Ⅲ	4－4	Ⅲ		
			JIS 耐候性鋼	0	2－3	Ⅰ		
全面塗装試験板	暴露板表面	朝霧	普通鋼	－	－	－	－	－
			JIS 耐候性鋼	0	2-3	Ⅰ	4.5	素 10 下 80 上 10
		駿河湾	普通鋼	Ⅱ	3-4	Ⅱ	3.0	素 30 下 70
			JIS 耐候性鋼	0	2-3	Ⅰ	3.0	素 10 下 90
	暴露板裏面	朝霧	普通鋼	－	－	－		
			JIS 耐候性鋼	0	2-4	Ⅱ		
		駿河湾	普通鋼	Ⅳ	3-4	Ⅱ		
			JIS 耐候性鋼	Ⅰ	2-3	Ⅰ		
	促進劣化板	BCT	普通鋼	－	－	－		
			JIS 耐候性鋼	0	－	Ⅱ		
		CCT	普通鋼	Ⅱ	3－3	Ⅱ		
			JIS 耐候性鋼	0	2－4	Ⅱ		

（はく離箇所）素：素材、下：下塗、中：中塗、上：上塗、接：接着剤　からのはく離

４．１．５　第１次試験結果のまとめ

駿河湾,朝霧の５年間暴露、CCT，BCT の各劣化促進試験によって以下のことが明らかとなった。

（塗膜一般部）

・素地調整程度が Sa2 1/2 の試験板は暴露環境，鋼材種，および塗装系にかかわらず、

さび・膨れはなく付着力も良好であった。

・素地調整程度が Sa１や St３では、多くの試験板でさび・ふくれが見られ付着力も素地調整程度が Sa2 1/2 より劣る試験板が多かった。

・塗装系別では、特に Ra-Ⅲ塗装系でさびの発生が多かった。

・普通鋼材と耐候性鋼材に腐食性について大きな差は認められなかった。

(塗り残し部)

・鋼材からのさびは、朝霧暴露場および BCT 試験板より駿河湾暴露場および CCT 試験板の方が多く発生していた。

・塗り残し端部のふくれは、BCT 試験板を除く多くの試験板で見られた。

・全面塗装試験板と塗り残し試験板では、明確な差は認められなかった。

・普通鋼と耐候性鋼の大きな差は認められなかった。

以上の試験結果から、劣化した耐候性鋼材を塗装で補修した場合の耐久性は、素地調整程度の影響が大きいことが示唆された。

４．２　第２次試験

４．２．１　目的

鋼道路橋塗装・防食便覧〈平成 17 年 12 月（社）日本道路協会発行〉（以下、防食便覧と称す）に記載の塗装以外の防食工である耐候性鋼材が異常に劣化した場合、溶融亜鉛めっき鋼材や金属溶射鋼材が劣化した場合の補修方法を見極めるために暴露試験を実施する。

４．２．２　経緯

本試験の経緯を表－4.2.1 に示す。

表－4.2.1　試験の経緯

年度	実施項目	実施内容
平成 19 年（2007 年）	1）各種異常劣化した鋼板の作成開始	各地に耐候性鋼板、溶融亜鉛めっき鋼板、金属溶射鋼板を暴露開始
平成 20 年（2008 年）	1）各種異常劣化した鋼板の回収 2）素地調整 3）試験板作製 4）暴露開始	各地から劣化鋼板を回収し、素地調整後、塗装 12 月、朝霧、沖縄にて暴露開始
平成 21 年（2009 年）	1）暴露１年後の外観調査	1）10 月、朝霧、11 月、沖縄にて１年後の外観調査と付着性試験の実施
平成 22 年（2010 年）	1）暴露２年後の外観調査	1）9 月、朝霧、11 月、沖縄にて２年後の外観調査と付着性試験の実施

４．２．３　内容

（１）概要

３種類の防食工（耐候性鋼材,溶融亜鉛めっき鋼材,金属溶射鋼材）を一定期間暴露した後、各種方法で補修して再度暴露することによって補修方法の耐久性を見極める。

補修前の暴露場所は、各種防食工によって異なり、耐候性鋼材は、飛来塩分の多い環境にある千倉暴露場と飛来塩分の少ない環境にあるつくば建設材料耐久性試験施設（以下、つくば暴露場と称す）で暴露した。溶融亜鉛亜鉛めっき鋼材は、飛来塩分の多い環境にある沖縄暴露場と冬季は融雪塩の影響があり非常に飛来塩分の多い環境にある北陸道五郎太大谷川橋内面と大気中に煤煙等工場からの排出物が多量に含まれる環境にある鶴見暴露場で暴露した。また、劣化を促進させるため一部を砥石ディスクサンダーで研磨し劣化の程度に差をつけた。金属溶射鋼材は、飛来塩分の多い環境にある千倉暴露場で暴露した。

補修の方法は、各種素地調整方法とその程度を分け、防食便覧の塗装仕様を基本に補修塗装の仕様を選定した。補修後の暴露場所は、飛来塩分の多い環境にある沖縄建設材料耐久性試験施設（以下、沖縄暴露場と称す）と、濡れ時間が長い山間環境にある朝霧環境材料観測施設（以下、朝霧暴露場と称す）の２箇所とした。

（２）調査項目

調査項目を表－4.2.2 に示す。

表－4.2.2　調査項目

	調査項目	調査方法
補修前	さび発生状態	外観観察
	素地調整程度	外観観察および表面粗度
	腐食減耗量	重量測定
補修後	塗膜劣化状態	外観観察
	付着性	プルオフ法

（３）防食工の種類と形状（サイズ）

１）種類

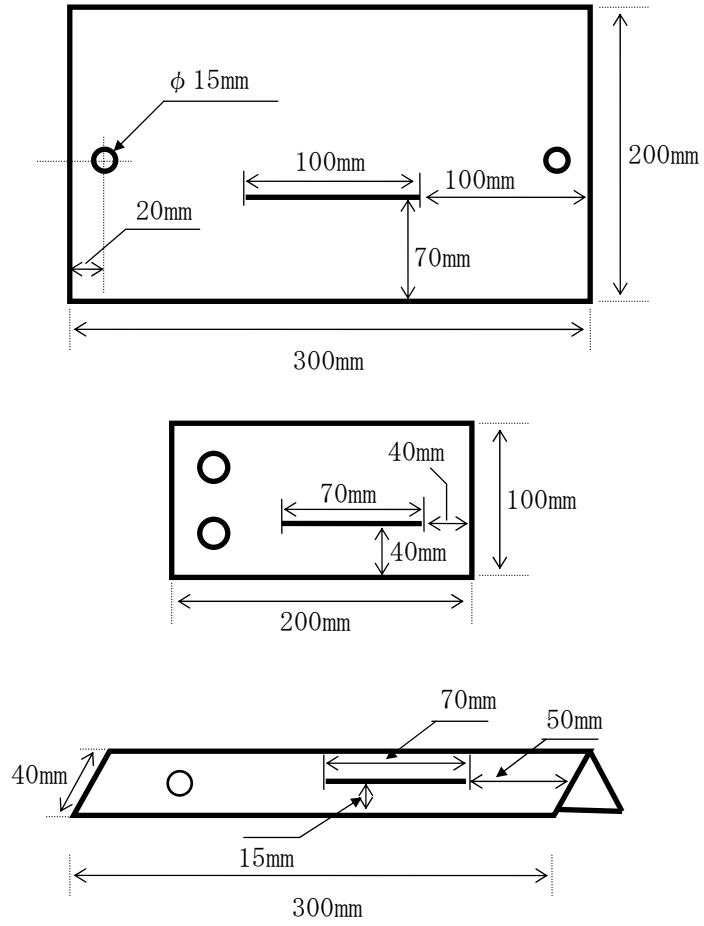
試験に供した普通鋼材と耐候性鋼材の種類と成分を表－4.2.3 に示す。溶融亜鉛めっき鋼材は、JIS H8641 準拠する。金属溶射鋼材は普通鋼材に JIS 溶射（アルミニウム、亜鉛アルミニウム）と擬合金溶射（亜鉛アルミニウム）を施す。

表－4.2.3　普通鋼材、耐候性鋼材の種類と成分

種類			板厚	化学成分(%)								
				C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo
普通鋼材	JIS G3131	SS400	9mm	0.05	0.01	0.02	0.014	0.004	－	－	－	－
耐候性鋼材	JIS G3114	SMA490AW	9mm	0.08	0.24	1.04	0.017	0.05	0.34	0.18	0.52	0.04

２）形状（サイズ）

試験に供した各種防食工の形状（サイズ）を図－4.2.1 に示す。



平板（大）
・耐候性鋼材
・普通鋼材
・金属溶射鋼材
・溶融亜鉛めっき鋼材

平板（小）
・溶融めっき鋼材

アングル材Ｌ型
・溶融めっき鋼材

図－4.2.1　各種防食工の形状（サイズ）

（4）防食工の暴露

1）暴露場所

各暴露場所の所在地を図－4.2.2 に示す。



A．千倉暴露場：千葉県南房総市千倉町忽戸／スプラッシュゾーンにあり非常に飛来塩分が多い環境

B．つくば暴露場：茨城県つくば市／内陸の田園環境

C．沖縄暴露場：沖縄県名護市大宜味村／紫外線が強く、非常に飛来塩分が多い環境

D．北陸道五郎太谷川橋内面：非常に飛来塩分が多く、冬場は融雪塩の影響もある環境

E．鶴見暴露：神奈川県横浜市鶴見区／煤煙等工場からの排出物が大気中に多量に含まれる環境

F．朝霧暴露場：静岡県富士宮市根原宝山／山間環境

図－4.2.2　各暴露場の所在地

２）暴露条件と劣化度

各防食工の暴露条件と劣化度を表－4.2.4 に示す。

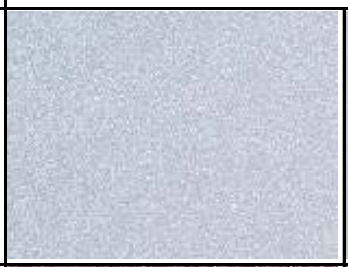
表－4.2.4　防食工の暴露試験条件と劣化度

	試験板		暴露			劣化度 *1	補修前分類 No *2	試験板 No
	形状	寸法 (mm)	場所		期間 (月)			
耐候性鋼材	平板	200×300×9	A	千倉	2	Ⅰ	AⅠ	1－7
					5	Ⅱ	AⅡ	8－13
					10	Ⅲ	AⅢ	14－19,44,46－50
			B	つくば	10	Ⅲ	BⅢ	20－32,35－37
			0	なし	0	－	0	40－43
普通鋼材	平板	200×300×9	A	千倉	10	Ⅲ	AⅢ	33-34
			B	つくば	10	Ⅲ	BⅢ	38-39
溶融亜鉛めっき鋼材	平板*3	200×300×9	C	沖縄	24	中 (赤さび)	C 中赤	M1－M4
						中 (白さび)	C 中白	
	アングル	図参照			180	小	C 小	M19－M23
						中	C 中	
						大	C 大	
	平板	100×200×9	D	北陸道	180	大	D 大	M5－M18
			E	鶴見	240	大	E 大	M24
金属溶射鋼材	平板*3	200×300×9	A	千倉	10	小 (赤さび)	A 小赤	Y7－Y10
						小 (白さび)	A 小白	
						大 (赤さび)	A 大赤	Y1－Y6
						大 (白さび)	A 大白	

劣化度*1：耐候性鋼材、普通鋼材は図－4.2.3 を参照に判定した。溶融亜鉛めっき鋼材、金属溶射鋼材は暴露後の外観（図－4.2.4、図 4.2.5 を参照）から判定した。（ ）内は砥石ディスクサンダーまたはアルミナブラストで研磨した劣化部

補修前分類 No*2：暴露場所と劣化度を示す便宜上のナンバー

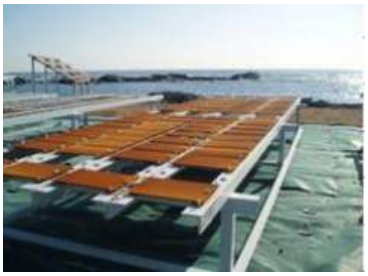
平板*3：一部を砥石ディスクサンダーまたはアルミナブラストで研磨した平板も含む

評価点	基準写真		発生状況
0			さびの発生が 全くない
Ⅰ			さびが全面まで 発生しておらず さび厚も薄い
Ⅱ			さびが全面まで 発生しており さびは厚いが 固着している
Ⅲ			さびが全面まで 発生しており さびがかなり厚く 固着していない

図－4.2.3　耐候性鋼材、普通鋼材のさび劣化評価基準（案）

３）暴露状況

各暴露場所における暴露状況を写真－4.2.1 に示す。



千倉暴露場（A）



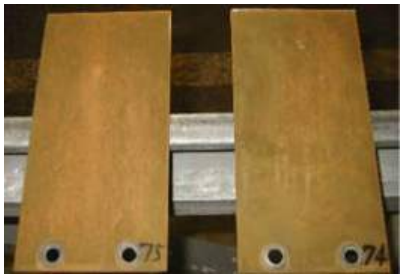
つくば暴露場（B）



沖縄暴露場（C）



北陸道五郎太谷川橋（D）



鶴見暴露場（E）

写真－4.2.1　各暴露場における暴露試験状況

４）暴露試験後の外観観察

各防食工の暴露試験後の外観を図－4.2.4，図－4.2.5，図－4.2.7 に示す。

鋼材種	耐候性鋼				普通鋼	
暴露場	千倉			つくば	千倉	つくば
暴露期間	2ヶ月	5ヶ月	10ヶ月	10ヶ月	10ヶ月	10ヶ月
劣化度	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ
表面						
裏面						

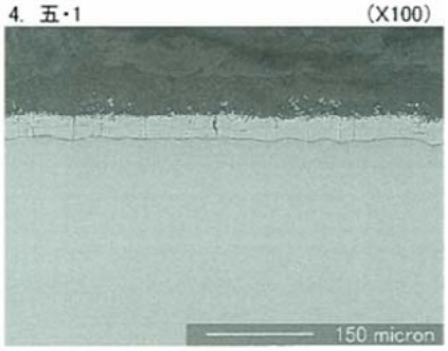
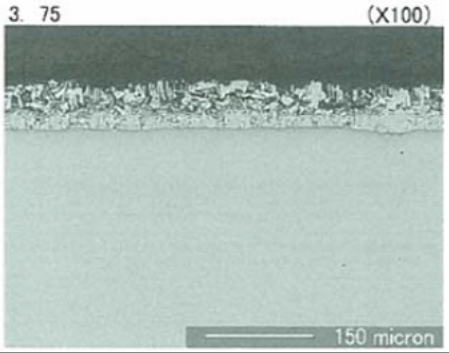
図－4.2.4　耐候性鋼材、普通鋼材の暴露試験後外観

暴露場	沖縄			北陸道 五郎太谷川	鶴見
形状	平板	アングル		平板	平板
劣化度	中	大	小	大	大
表面 (山)					
裏面 (谷)					

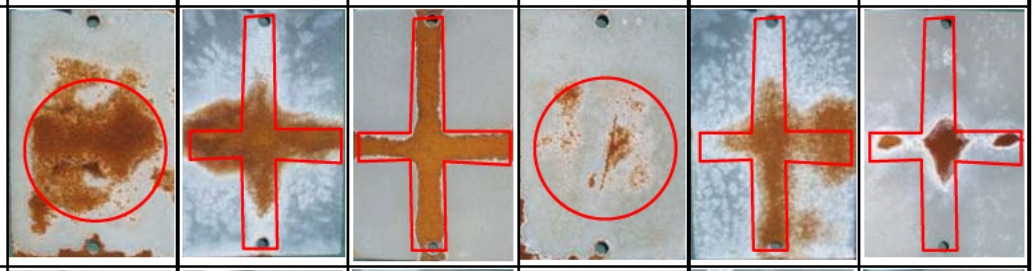
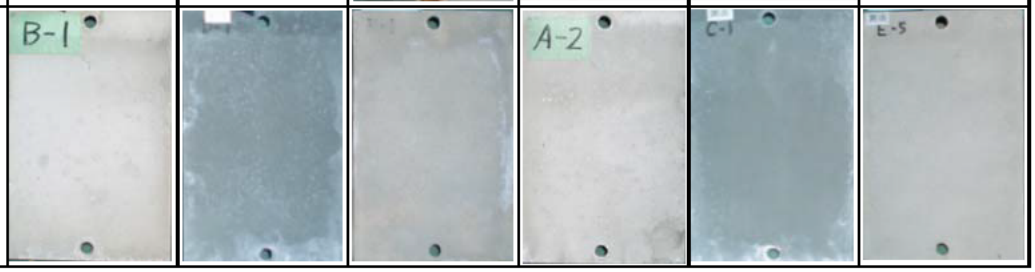
○：暴露前に砥石ディスクサンダーで溶融亜鉛めっき層を部分的に除去した箇所

図－4.2.5　試験に供した溶融亜鉛めっき鋼材の暴露試験後外観

（参考）暴露後、溶融亜鉛めっき鋼材断面の電子顕微鏡観察写真を図－4.2.6 に示す。

北陸道五郎太谷川 内面水平暴露15年	鶴見 屋上暴露20年
	

図－4.2.6　溶融亜鉛めっき鋼材の劣化した断面

暴露場	千倉					
劣化度	大			小		
溶射種類	アルミ	亜鉛アルミ	擬合金	アルミ	亜鉛アルミ	擬合金
表面						
裏面						

◯：暴露前にブラストで金属溶射被膜を部分的に除去した箇所

図－4.2.7　金属溶射鋼材の暴露試験後の外観

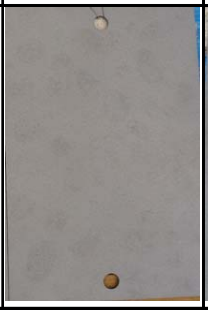
（５）暴露試験後防食工の素地調整

１）素地調整後の外観観察

暴露試験後、素地調整した各防食工の外観を図－4.2.8～図－4.2.10 に示す。

図－4.2.8(1)　素地調整後の耐候性鋼材と普通鋼材の外観

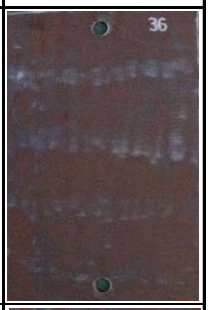
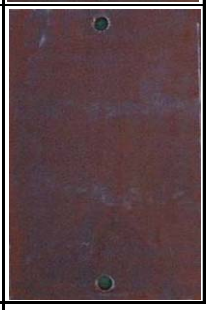
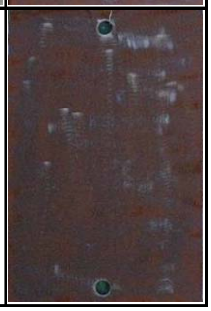
耐候性鋼材					
暴露条件	千倉（0ヶ月）	千倉（2ヶ月）		千倉（5ヶ月）	
素地調整方法	動力工具A[*1]	ブラストA[*2]	動力工具A[*1]	ブラストA[*2]	動力工具A[*1]
程度[*3]	St 3	Sa 2	St 3	Sa 2	St 3
表面					
裏面		写真無		写真無	

耐候性鋼材				
暴露条件	千倉（10ヶ月）			つくば（10ヶ月）
素地調整方法	ブラストA[*2]			
程度[*3]	Sa 1	Sa 2	Sa 2 1/2	Sa 2
表面				
裏面				

動力工具A[*1]
砥石ディスク
サンダー

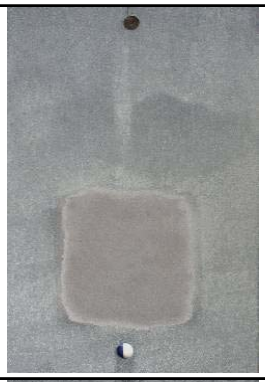
ブラスト[*2]
アルミナ

程度[*3]
ISO 8501準拠

耐候性鋼材					
暴露条件	千倉（10ヶ月）				つくば（10ヶ月）
素地調整方法	動力工具A[*1]	動力工具B[*2]	動力工具C[*3]	動力工具D[*4]	動力工具A[*1]
程度[*6]	St 3	St 3	St 3	St 3	St 3
表面					
裏面					
普通鋼材					
暴露条件	千倉（10ヶ月）		つくば（10ヶ月）		
素地調整方法	ブラスト[*5]	動力工具A[*1]	ブラスト[*5]	動力工具A[*1]	
程度[*6]	Sa 2	St 3	Sa 2	St 3	
表面	写真無				
裏面	写真無		写真無		

動力工具A[*1]
砥石ディスク
サンダー
動力工具B[*2]
ダイヤモンド
ツール
動力工具C[*3]
超合金
サンダー
動力工具D[*4]
ペーパー
サンダー
ブラスト[*5]
アルミナ
程度[*6]
ISO 8501準拠

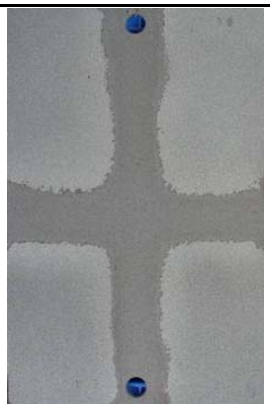
図－4.2.8(2)　素地調整後の耐候性鋼材、普通鋼材の外観

暴露条件	沖縄（2年）		沖縄（15年）	
素地調整方法	ブラストA[*1]	動力工具A[*2]	ブラストA[*1]	動力工具A[*2]
程度[*3]	赤さび部：Sa 2 1/2 白さび部：Sa 1	St 3	谷：Sa 2 1/2 山：Sa 1	谷：St 3 山：St 2
表面（谷）				
裏面（山）				

暴露条件	北陸道五郎太谷川橋（15年）		鶴見（20年）	
素地調整方法	ブラストA[*1]		動力工具A[*2]	
程度[*3]	Sa 1	Sa 2 1/2	St 3	St 3
表面				
裏面				

動力工具A[*1]
砥石ディスクサンダー
ブラストA[*2]
アルミナ
程度[*3]
ISO 8501準拠

図－4.2.9　素地調整後の溶融亜鉛めっき鋼材の外観

暴露条件	千倉（10ヶ月）		
素地調整方法	ブラストA[*1]		ブラストA[*1] 手工具A[*2]
素地調整程度[*3]	赤さび部：Sa 2 1/2 白さび部：Sa 1	Sa 2 1/2	赤さび部：Sa 2 1/2 白さび部：St 1
表面			

ブラストA*1：アルミナ

手工具A*2：ワイヤホイル

程度*3：ISO 8501

図－4.2.10　素地調整後の金属溶射鋼材の外観

２）素地調整後の表面粗度

素地調整した各防食工の表面粗度を表－4.2.5～表－4.2.7 に示す。

表－4.2.5　素地調整後の耐候性鋼材の表面粗度(JIS B 0601 に準拠)

暴露場所		千倉			つくば
暴露期間		10 ヶ月			
ブラスト程度		Sa2 1/2	Sa２	Sa１	Sa２
表	Ra	15	26	16	10
	Rz	81	207	85	66
裏	Ra	12	23	16	10
	Rz	72	118	88	60
平均	Ra	14	25	16	10
	Rz	77	163	87	63

表－4.2.6　素地調整後の溶融めっき鋼材の表面粗度(JIS B 0601 に準拠)

暴露場所		沖縄		北陸道五郎太谷川橋	
暴露期間		２年		15 年	
劣化部位		赤さび部	白さび部	赤さび部	白さび部
ブラスト程度		Sa2 1/2	Sa１	Sa2 1/2	Sa１
表	Ra	13	15	22	14
	Rz	89	101	132	108
裏	Ra	17	17	14	12
	Rz	112	106	100	87
平均	Ra	15	16	18	13
	Rz	101	104	116	98

表－4.2.7　素地調整後の金属溶射鋼材の表面粗度(JIS B 0601 に準拠)

暴露場所		千倉			
暴露期間		10ヶ月			
劣化部位		赤さび部	白さび部	赤さび部	白さび部
ブラスト程度		Sa2 1/2	Sa１	Sa2 1/2	Sa１
表	Ra	14	20	23	16
	Rz	92	130	144	106

（6）腐食減耗量

1）測定方法

腐食減耗量は、スクレーパあるいはカッターナイフなどを用いて、試験板表面の生成さびを極力除去する。その際、地鉄を傷めないように注意する。次に、残存さび厚の測定を行うが、電磁膜厚計により試験板面の残存さびの平均厚を求める。続けて、さび除去を行い電子天秤を用いて秤量する。

2）１年目の腐食減耗量

暴露１年後の耐候性鋼材、普通鋼材の減耗量を表－4.2.8 に示す。

表－4.2.8　沖縄、朝霧暴露１年目の腐食減耗量

暴露場	鋼材種	n 数	重 量（g）			表面積	腐食量	腐食減耗量*1
			初期	1年目	重量減	(cm^2)	(g/cm^2)	(mm)
沖縄	耐候性鋼材	1	665.482	652.734	12.748	309.51	0.041	0.052
		2	664.311	650.979	13.332	309.86	0.043	0.055
	普通鋼材	1	631.483	617.143	14.340	317.33	0.045	0.057
		2	632.074	618.157	13.917	316.87	0.044	0.056
朝霧	耐候性鋼材	1	665.624	660.601	5.023	309.12	0.016	0.021
		2	668.736	663.792	4.944	310.42	0.016	0.020
	普通鋼材	1	631.483	628.806	2.677	318.04	0.008	0.011
		2	632.074	628.073	4.001	317.57	0.013	0.016

腐食減耗量*1：重量減から算出した（比重＝7.86g/cm^3）

3）２年目の腐食減耗量

暴露２年後の耐候性鋼材、普通鋼材の減耗量を表－4.2.9 に示す。

表－4.2.9　沖縄、朝霧暴露２年目の腐食減耗量

暴露場	鋼材種	n 数	重 量（g）			表面積	腐食量	腐食減耗量*1)
			初期	1年目	重量減	(cm^2)	(g/cm^2)	(mm)
沖縄	耐候性鋼材	1	668.949	649.161	19.788	309.90	0.064	0.081
		2	669.431	652.035	17.396	309.57	0.056	0.071
	普通鋼材	1	632.122	607.892	24.230	317.17	0.076	0.097
		2	630.942	605.913	25.029	317.29	0.079	0.100
朝霧	耐候性鋼材	1	664.996	657.903	7.093	309.32	0.023	0.029
		2	667.169	660.219	6.950	309.76	0.022	0.029
	普通鋼材	1	635.122	627.046	8.076	317.80	0.025	0.032
		2	631.309	623.159	8.150	316.37	0.026	0.033

腐食減耗量*1：重量減から算出した（比重＝7.86g/cm^3）

４）結果

暴露した試験板腐食減耗量は、鋼材種に関わらず、朝霧と比較して沖縄の腐食減耗量が２～３倍程度大きいことがわかった。また、暴露した試験板腐食減耗量は、鋼材種に関わらず、１年目と比較して２年目の腐食減耗量が増加した。

朝霧１年目普通鋼以外の腐食減耗量は、普通鋼材と比較して、耐候性鋼材の若干小さい値を示した。

耐候性鋼材の１年目腐食減耗量は、沖縄で 0.054mm、朝霧で 0.021mm の値を示した。耐候性鋼材において､0.5mm／100 年レベルを１年相当に換算したしきい値 0.030mm/年とした場合、沖縄は、大きくしきい値を超え、異常さびとなると考えられる。朝霧は、しきい値内となり保護性さびが形成されると考えられる。

（７）補修仕様と暴露場所

各防食工の素地調整後の補修条件を表－4.2.10～表－4.2.13
に示す。

また、試験板は補修仕様毎に２枚作製し、片方には図－4.2.1 に示すカットを加えた。

表－4.2.10（1）　供試補修仕様と暴露場所（耐候性鋼材）

試験板No	補修前分類No	水洗	素地調整		補修方法									合計膜厚（μm）	補修後暴露場
			方法	程度[*3]	塗装仕様（便覧準拠）	暴露下地		1層目		2層目		3層目			
						方法名	膜厚	塗料名	膜厚	塗料名	膜厚	塗料名	膜厚		
1	AⅠ	なし	アルミナーB[*1]	Sa 2	Rc－Ⅰ	OZRP[*4]	75	ME[*5]	120	FM[*6]	30	FT[*7]	25	250	沖縄
2			砥石－D[*2]	St 3	Rc－Ⅲ	なし			180					235	
3					Rc－Ⅳ				60					115	
4		あり	アルミナーB[*1]	Sa 2	Rc－Ⅰ	OZRP[*4]	75		120					250	
5			砥石－D[*2]	St 3											
6					Rc－Ⅲ	なし			180					235	
7					Rc－Ⅳ				60					115	
8	AⅡ	なし	アルミナーB[*1]	Sa 2	Rc－Ⅰ	OZRP[*4]	75		120					250	
9			砥石－D[*2]	St 3	Rc－Ⅲ	なし			180					235	
10		あり	アルミナーB[*1]	Sa 2	Rc－Ⅰ	OZRP[*4]	75		120					250	
11			砥石－D[*2]	St 3											
12					Rc－Ⅲ	なし			180					235	
13					Rc－Ⅳ				60					115	
14	AⅢ	なし	アルミナーB[*1]	Sa 2	Rc－Ⅰ	OZRP[*4]	75		120					250	
15			砥石－D[*2]	St 3	Rc－Ⅲ	なし			180					235	
16		あり	アルミナーB[*1]	Sa 2	Rc－Ⅰ	OZRP[*4]	75		120					250	
17			砥石－D[*2]	St 3											
18					Rc－Ⅲ	なし			180					235	
19					Rc－Ⅳ				60					115	
20	BⅢ		アルミナーB[*1]	Sa 2	Rc－Ⅰ	OZRP[*4]	75		120					250	
21			砥石－D[*2]	St 3											

B[*1]：ブラスト処理
D[*2]：ディスクサンダー処理
程度[*3]：ISO 8501 準拠
OZRP[*4]：有機ジンクリッチペイント
ME[*5]：変性エポキシ樹脂塗料下塗
FM[*6]：ふっ素樹脂塗料用中塗
FT[*7]：ふっ素樹脂塗料上塗

表－4.2.10（2）　供試補修仕様と暴露場所（耐候性鋼材）

試験板No	補修前分類No	水洗	素地調整		補修方法										合計膜厚（μm）	補修後暴露場
			方法	程度[*3]	塗装仕様（便覧準拠）	暴露下地		1層目		2層目		3層目				
						方法名	膜厚	塗料名	膜厚	塗料名	膜厚	塗料名	膜厚		
22	BⅢ	あり	アルミナーB[*1]	Sa 2	Rc－Ⅰ#[*12]	OZRP[*4]	75	UTE[*7]	300	FM[*10]	30	FT[*11]	25	430	沖縄
23								EGF[*9]							
24			砥石－D[*2]	St 3	Rc－Ⅰ$[*13]	なし		UTE[*7]	300					355	
25								EGF[*9]							
26						OZRP[*4]	40	UTE[*7]						395	
27								EGF[*9]							
28						UTEP[*8]		UTE[*7]						395	
29								EGF[*9]							
30			アルミナーB[*1]	Sa 2	金属溶射	J－溶射[*14]（Zn/Al）	100	封孔処理剤A[*16]						155	
31						G－溶射[*15]（Zn/Al）									
32			砥石－D[*2]	St 3											
35			アルミナーB[*1]	Sa 2	Rc－Ⅰ	OZRP[*4]	75	ME[*6]	120					250	朝霧
36			砥石－D[*2]	St 3	Rc－Ⅲ	なし			180					235	
37					Rc－Ⅳ				60					115	
40	0	なし	アルミナーB[*1]	Sa 2	C－5	IZRP[*5]	75		120					250	沖縄
41					Rc－Ⅰ	OZRP[*4]	75								
42			砥石－D[*2]	St 3	Rc－Ⅲ	なし			180					235	
43					Rc－Ⅳ				60					115	
44	AⅢ	あり			Rc－Ⅲ				180					235	
45	AⅡ														
46	AⅢ		アルミナーB[*1]	Sa 2 1/2	Rc－Ⅰ	OZRP[*4]	75		120					250	
47				Sa 1	Rc－Ⅰ										
48			ダイヤモンドーD[*2]	St 3	Rc－Ⅲ	なし			180					235	
49			超合金－D[*2]												
50			ペーパーーD[*2]												

B[*1]：ブラスト処理
D[*2]：ディスクサンダー処理
程度[*3]：ISO 8501 準拠
OZRP[*4]：有機ジンクリッチペイント
IZRP[*5]：無機ジンクリッチペイント
ME[*6]：変性エポキシ樹脂塗料下塗
UTE[*7]：超厚膜形エポキシ樹脂塗料下塗
UTEP[*8]：超厚膜ガラスフレーク用エポキシ専用プライマー
EGF[*9]：エポキシ樹脂ガラスフレーク
FM[*10]：ふっ素樹脂塗料用中塗
FT[*11]：ふっ素樹脂塗料上塗
Rc－Ⅰ#[*12]：Rc－Ⅰの変性エポキシ樹脂塗料を変更
Rc－Ⅰ$[*13]：Rc－Ⅰ#の有機ジンクなし、または薄膜化
J－溶射[*14]：JIS 溶射
G－溶射[*15]：ZnAl 擬合金溶射
封孔処理剤 A[*16]：亜鉛めっき面用エポキシ樹脂塗料下塗

表－4.2.11 供試補修仕様と暴露場所（普通鋼材）

試験板No	補修前分類No	水洗	素地調整		補修方法									合計膜厚（μm）	補修後暴露場
			方法	程度[*3]	塗装仕様（便覧準拠）	暴露下地		1層目		2層目		3層目			
						方法名	膜厚	塗料名	膜厚	塗料名	膜厚	塗料名	膜厚		
33	AⅢ	あり	アルミナーB[*1]	Sa 2	Rc－Ⅰ	OZRP[*4]	75	ME[*5]	120	FM[*6]	30	FT[*7]	25	250	沖縄
34			砥石－D[*2]	St 3	Rc－Ⅲ	なし			180					235	
38	BⅢ	あり	アルミナーB[*1]	Sa 2	Rc－Ⅰ	OZRP[*4]	75		120		30			250	朝霧
39			砥石－D[*2]	St 3	Rc－Ⅲ	なし			180					235	

B[*1]：ブラスト処理
D[*2]：ディスクサンダー処理
程度[*3]：ISO 8501 準拠
OZRP[*4]：有機ジンクリッチペイント
ME[*5]：変性エポキシ樹脂塗料下塗
FM[*6]：ふっ素樹脂塗料用中塗
FT[*7]：ふっ素樹脂塗料上塗

表－4.2.12（1）供試補修仕様と暴露場所（溶融亜鉛めっき鋼材）

試験板 No	補修前分類 No	部位	素地調整		補修方法										合計膜厚（μm）	補修後暴露場
			方法	程度[*3]	暴露下地 1		暴露下地 2		1 層目		2 層目		3 層目			
					方法名	膜厚	処理剤	膜厚	塗料名	膜厚	塗料名	膜厚	塗料名	膜厚		
M1	C 中赤	除去部	アルミナーB[*1]	Sa 2 1/2	OZRP[*4]	75	なし		ME[*8]	120	FM[*11]	30	FT[*12]	25	250	沖縄
	C 中白	一般部		Sa 1												
M2	C 中赤	除去部	砥石－D[*2]	St 3												
	C 中白	一般部														
M3	C 中赤	除去部	アルミナーB[*1]	Sa 2 1/2	J－溶射[*6]	100	処理剤 B[*14]		なし						100	
	C 中白	一般部		Sa 1												
M4	C 中赤	除去部		Sa 2 1/2	G－溶射[*7]		処理剤 C[*15]									
	C 中白	一般部		Sa 1												
M5	D 大	全面		Sa 2 1/2	OZRP[*4]	75	なし		ME[*8]	120	FM[*11]	30	FT[*12]	25	250	
M6				Sa 1												沖縄
M7																朝霧
M8									UTE[*9]	300					430	沖縄
M9																朝霧
M10					なし		処理剤 A[*13]	40	EGF[*10]	300					395	沖縄
M11			砥石－D[*2]	St 3	OZRP[*4]	75	なし		UTE[*9]	300					430	
M12																朝霧
M13					なし		処理剤 A[*13]	40	EGF[*10]	300					395	沖縄
M14			アルミナーB[*1]	Sa 2 1/2	J－溶射[*6]	100	処理剤 B[*14]		なし						100	
M15					G－溶射[*7]		処理剤 C[*15]									
M16				Sa 1	J－溶射[*6]		処理剤 A[*13]		ME[*8]	120	FM[*11]	30	FT[*12]	25	275	
M17					G－溶射[*7]											
M18			砥石－D[*2]	St 3												

B[*1]：ブラスト処理
D[*2]：ディスクサンダー処理
程度[*3]：ISO 8501 準拠
OZRP[*4]：厚膜形有機ジンクリッチペイント
IZRP[*5]：厚膜形無機ジンクリッチペイント
J－溶射[*6]：JIS 溶射
G－溶射[*7]：擬合金溶射
ME[*8]：変性エポキシ樹脂塗料下塗
UTE[*9]：超厚膜形エポキシ樹脂塗料下塗
EGF[*10]：エポキシ樹脂ガラスフレーク
FM[*11]：ふっ素樹脂塗料用中塗
FT[*12]：ふっ素樹脂塗料上塗
処理剤 A[*13]：亜鉛めっき面用エポキシ樹脂塗料下塗
処理剤 B[*14]：封孔処理剤、エポキシ樹脂クリヤー塗料
処理剤 C[*15]：封孔処理剤、ビニルブチラール樹脂クリヤー

表－4.2.12（2）　供試補修仕様と暴露場所（溶融亜鉛めっき鋼材）

試験板 No	補修前分類 No	部位	素地調整		補修方法										合計膜厚（μm）	補修後暴露場
			方法	程度[*3]	暴露下地 1		暴露下地 2		1 層目		2 層目		3 層目			
					方法名	膜厚	方法名	膜厚	塗料名	膜厚	塗料名	膜厚	塗料名	膜厚		
M19	C 大	谷部	アルミナーB[*1]	Sa 2 1/2	OZRP[*4]	75	なし		ME	120	FM	30	FT	25	250	沖縄
	C 中	山部		Sa 1												
M20	C 大	谷部	砥石－D[*2]	St 3											250	
	C 中	山部		St 2												
M21	C 大	谷部		St 3					UTE	300					430	
	C 中	山部		St 2												
M22	C 大	谷部		St 3	なし		処理剤 A[*13]	40	EGF						395	
	C 中	山部		St 2												
M23	C 中	谷部		St 3	OZRP[*4]	75	なし		ME	120					250	
	C 小	山部		St 2												
M24	E 大	表		St 3												
	E 小	裏														

B[*1]：ブラスト処理
D[*2]：ディスクサンダー処理
程度[*3]：ISO 8501 準拠
OZRP[*4]：有機ジンクリッチペイント
ME[*8]：変性エポキシ樹脂塗料下塗
UTE[*9]：超厚膜形エポキシ樹脂塗料下塗
EGF[*10]：エポキシ樹脂ガラスフレーク
FM[*11]：ふっ素樹脂塗料用中塗
FT[*12]：ふっ素樹脂塗料上塗
処理剤 A[*13]：亜鉛めっき面用エポキシ樹脂塗料下塗

表－4.2.13　供試補修仕様と暴露場所（金属溶射鋼材）

試験板No	補修前金属溶射		補修前分類No	素地調整		補修方法										合計膜厚（μm）	補修後暴露場
	種類	膜厚（μm）		方法	程度[*2]	暴露下地1		暴露下地2	1層目		2層目		3層目		4層目		
						方法名	膜厚	処理剤	塗料名	膜厚	塗料名	膜厚	塗料名	膜厚	塗料名	膜厚	
Y1	J-溶射[*3](Al)	100以上	A大赤	アルミナ－B[*1]	Sa 2 1/2	J－溶射[*3](Al)	100	B[*11]	なし								100	沖縄
			A大白		Sa 1													
Y2			A大赤		Sa 2 1/2			A[*10]	ME[*6]	120	FM[*8]	30	FT[*9]	25	なし		315	
			A大白		Sa 1													
Y3	J-溶射[*3](Zn/Al)		A大赤		Sa 2 1/2	J－溶射[*3](Zn/Al)		B[*11]	なし								100	
			A大白		Sa1													
Y4			A大赤		Sa 2 1/2			A[*10]	ME[*6]	120	FM[*8]	30	FT[*9]	25	なし		315	
			A大白		Sa 1													
Y5	G-溶射[*4](Zn/Al)	130以上	A大赤		Sa 2 1/2	G－溶射[*4](Zn/Al)		C[*12]	なし								100	
			A大白		Sa 1													
Y6			A大赤		Sa 2 1/2			A[*10]	ME[*6]	120	FM[*8]	30	FT[*9]	25	なし		315	
			A大白		Sa 1													
Y7	J-溶射[*3](Al)	100以上	A小赤		Sa 2 1/2	OZRP[*5]	75	なし									250	
			A小白															
Y8			A小赤						UTE[*7]	300	処理剤A[*10]	40	FM[*8]	30	FT[*9]	25	470	
			A小白	ワイヤーホイル	St 1	なし			なし								95	
Y9	J-溶射[*3](Zn/Al)		A小赤	アルミナ－B[*1]	Sa 2 1/2	OZRP[*5]	75		UTE[*7]	300							470	
			A小白	ワイヤーホイル	St 1	なし			なし								95	
Y10	G-溶射[*4](Zn/Al)	130以上	A小赤	アルミナ－B[*1]	Sa 2 1/2	OZRP[*5]	75		UTE[*7]	300							470	
			A小白	ワイヤーホイル	St 1	なし			なし								95	

B[*1]：ブラスト処理
程度[*2]：ISO 8501 準拠
J－溶射[*3]：JIS 溶射
G－溶射[*4]：擬合金溶射
OZRP[*5]：有機ジンクリッチペイント
ME[*6]：変性エポキシ樹脂塗料下塗
UTE[*7]：超厚膜形エポキシ樹脂塗料下塗
FM[*8]：ふっ素樹脂塗料用中塗
FT[*9]：ふっ素樹脂塗料上塗
処理剤 A[*10]：亜鉛めっき面用エポキシ樹脂塗料下塗
処理剤 B[*11]：封孔処理剤、エポキシ樹脂クリヤー塗料
処理剤 C[*12]：ビニルブチラール樹脂クリヤー

192

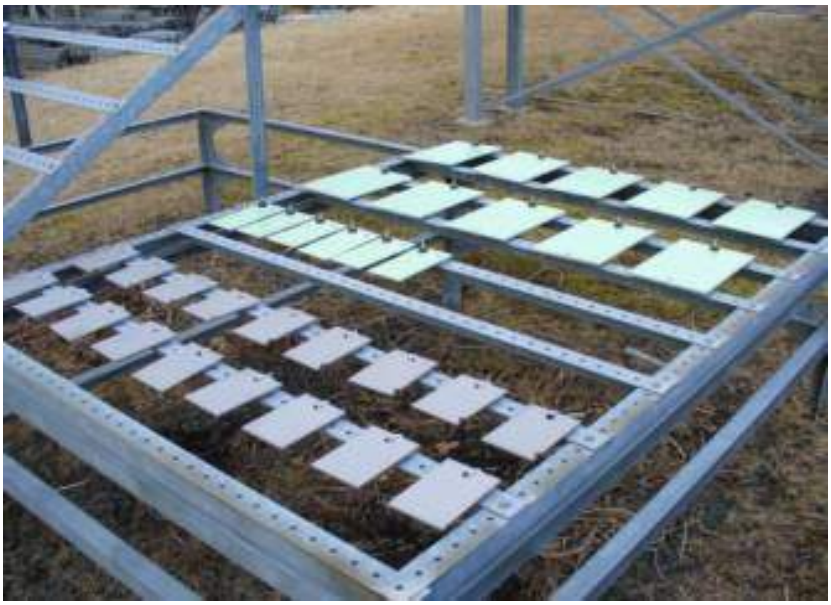
４．２．４　試験の結果

（１）暴露試験状況

各暴露場における暴露試験状況を写真－4.2.2 に示す。



沖縄暴露場（C）



朝霧暴露場（F）

写真－4.2.2　各暴露場における暴露状況

（２）補修した耐候性鋼材、普通鋼材の評価結果（１年目）

１）暴露試験後の外観観察

補修した耐候性鋼材、普通鋼材の暴露試験１年後の外観観察写真を付属資料（２）に示す。また、評価結果を表－4.2.14～17 に示す。

表－4.2.14(1)　補修した耐候性鋼材の暴露１年後の評価結果（カット有、表面）

試験板 No.	暴露場	さび 評価点*1	膨れ*2		カット部ふくれ幅(mm)		
			大きさ－密度	評価点	最大	平均	最小
1	沖縄	0	0－0	0	1	0	0
2		Ⅰ	3－4	Ⅱ	4	2	1
3		Ⅱ	3－3	Ⅱ	5	3	2
4		0	0－0	0	2	1	0
5		0	2－2	Ⅰ	12	5	2
6		Ⅰ	2－4	Ⅱ	5	3	2
7		Ⅲ	3－4	Ⅱ	12	5	3
8		0	0－0	0	2	1	1
9		0	3－2	Ⅰ	5	3	1
10		0	0－0	0	2	1	1
11		0	0－0	0	4	2	1
12		0	3－2	Ⅰ	6	4	2
13		Ⅰ	2－2	Ⅰ	4	3	2
14		0	0－0	0	1	1	0
15		0	2－2	Ⅰ	4	2	1
16		0	0－0	0	2	1	0
17		0	0－0	0	2	1	1
18		0	3－2	Ⅰ	14	3	1
19		0	2－2	Ⅰ	5	3	2
20		0	0－0	0	2	1	1
21		0	3－2	Ⅰ	6	3	2
22		0	0－0	0	2	1	1
23		0	0－0	0	1	1	0
24		0	3－5	Ⅲ	30	15	8
25		0	2－2	Ⅰ	5	3	2
26		0	3－2	Ⅰ	8	3	1
27		0	0－0	0	1	1	0
28		0	2－2	Ⅰ	25	15	6
29		0	0－0	0	13	6	3
30		0	0－0	0	0	0	0
31		0	0－0	0	0	0	0
32		0	2－2	Ⅰ	3	2	1
35	朝霧	0	0－0	0	0	0	0
36		0	2－3	Ⅰ	1	0	0
37		0	2－3	Ⅰ	0	0	0
40	沖縄	0	0－0	0	0	0	0
41		0	0－0	0	1	1	0
42		0	0－0	0	22	4	1
43		0	0－0	0	22	10	3
44		Ⅰ	3－5	Ⅲ	8	4	2
45		0	3－2	Ⅰ	6	3	2

さび評価点*1：図－4.2.11 を参照に判定した。

膨れ*2：表－4.2.18 を参照に判定した。

表－4.2.14(2)　補修した耐候性鋼材の暴露1年後の評価結果（カット有、表面）

試験板No.	暴露場	さび評価点*1	膨れ*2		カット部ふくれ幅(mm)		
			大きさ－密度	評価点	最大	平均	最小
46		0	0－0	0	3	1	1
47		0	0－0	0	6	2	1
48		Ⅰ	3－3	Ⅱ	15	7	2
49		Ⅰ	2－3	Ⅰ	10	4	2
50		Ⅰ	3－5	Ⅲ	6	4	2

さび評価点*1：図－4.2.11を参照に判定した。

膨れ*2：表－4.2.18を参照に判定した。

表－4.2.15(1)　補修した耐候性鋼材の暴露1年後の評価結果（カット有、裏面）

試験板No.	暴露場	さび評価点*1	膨れ*2		カット部ふくれ幅(mm)		
			大きさ－密度	評価点	最大	平均	最小
1	沖縄	0	0－0	0	2	1	0
2		Ⅰ	3－4	Ⅱ	10	5	2
3		Ⅲ	3－4	Ⅱ	4	3	1
4		0	0－0	0	3	1	1
5		Ⅰ	2－2	Ⅰ	5	3	1
6		Ⅱ	3－3	Ⅱ	15	8	3
7		Ⅲ	3－4	Ⅱ	8	5	3
8		0	0－0	0	2	1	1
9		0	3－2	Ⅰ	6	4	3
10		0	0－0	0	3	2	1
11		0	0－0	0	3	2	1
12		0	3－2	Ⅰ	6	3	2
13		Ⅰ	2－3	Ⅰ	5	3	2
14		0	0－0	0	2	1	1
15		0	2－2	Ⅰ	10	5	3
16		0	0－0	0	3	2	1
17		0	0－0	0	4	2	1
18		0	2－2	Ⅰ	14	5	2
19		0	2－2	Ⅰ	8	3	2
20		0	0－0	0	3	1	0
21		0	2－2	Ⅰ	10	3	1
22		0	0－0	0	1	1	0
23		0	0－0	0	3	1	1
24		0	3－4	Ⅱ	15	8	4
25		0	2－2	Ⅰ	7	3	1
26		0	3－2	Ⅰ	20	3	1
27		0	0－0	0	2	1	0
28		0	2－3	Ⅰ	12	8	5
29		0	0－0	0	13	6	3
30		0	0－0	0	0	0	0
31		0	0－0	0	0	0	0
32		0	2－3	Ⅰ	5	2	0
35	朝霧	0	0－0	0	0	0	0
36		0	2－3	Ⅰ	0	0	0
37		0	2－2	Ⅰ	0	0	0

さび評価点*1：図－4.2.11を参照に判定した。

膨れ*2：表－4.2.18を参照に判定した。

表－4.2.15(2)　補修した耐候性鋼材の暴露1年後の評価結果（カット有、裏面）

試験板No.	暴露場	さび評価点*1	ふくれ*2		カット部ふくれ幅(mm)		
			大きさ－密度	評価点	最大	平均	最小
40	沖縄	0	0－0	0	0	0	0
41		0	0－0	0	2	1	0
42		0	0－0	0	26	11	4
43		0	0－0	0	24	11	2
44		Ⅱ	3－4	Ⅱ	5	4	2
45		0	3－2	Ⅰ	6	3	2
46		0	0－0	0	3	2	1
47		0	0－0	0	4	3	1
48		Ⅰ	3－3	Ⅱ	15	7	5
49		Ⅰ	3－3	Ⅱ	11	6	2
50		Ⅰ	3－5	Ⅲ	15	7	3

さび評価点*1：図－4.2.11 を参照に判定した。

膨れ*2：表－4.2.18 を参照に判定した。

表－4.2.16　補修した普通鋼材の暴露1年後の評価結果（カット有、表面）

試験板No.	暴露場	さび評価点*1	膨れ*2		カット部ふくれ幅(mm)		
			大きさ－密度	評価点	最大	平均	最小
33	沖縄	0	0－0	0	0	0	0
34		0	3－4	Ⅱ	13	6	3
38	朝霧	0	0－0	0	0	0	0
39		0	2－3	Ⅰ	1	0	0

さび評価点*1：図－4.2.11 を参照に判定した。

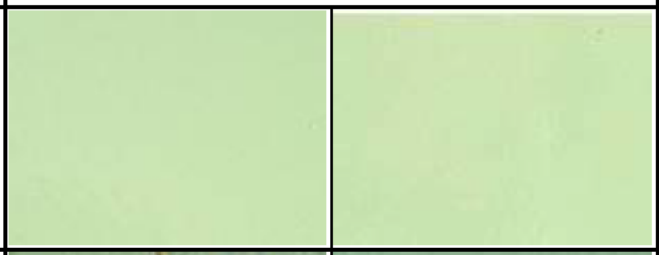
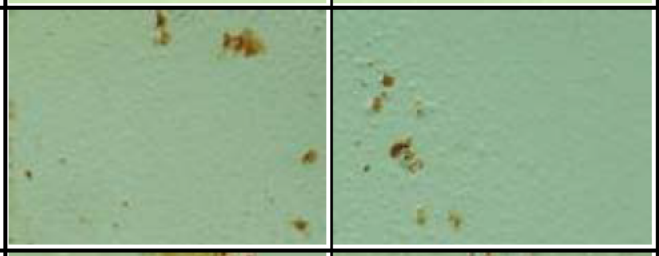
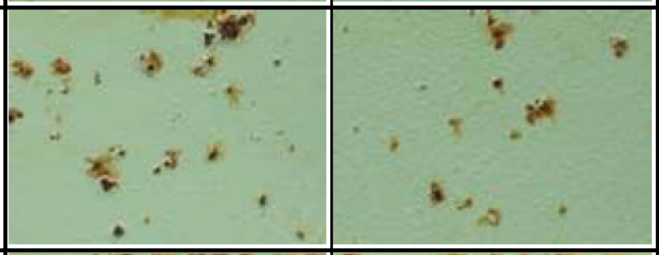
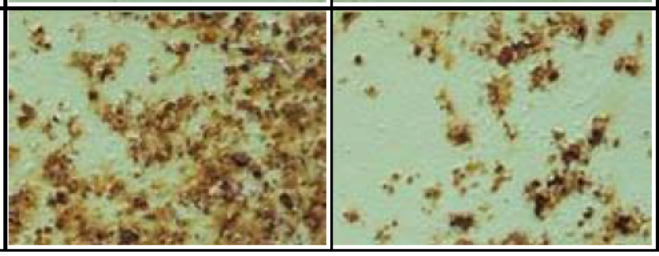
膨れ*2：表－4.2.18 を参照に判定した。

表－4.2.17　補修した普通鋼材の暴露1年後の評価結果（カット有、裏面）

試験板No.	暴露場	さび評価点*1	膨れ*2		カット部ふくれ幅(mm)		
			大きさ－密度	評価点	最大	平均	最小
33	沖縄	0	0－0	0	2	0	0
34		Ⅰ	3－4	Ⅱ	7	3	2
38	朝霧	0	0－0	0	0	0	0
39		0	2－2	Ⅰ	0	0	0

さび評価点*1：図－4.2.11 を参照に判定した。

膨れ*2：表－4.2.18 を参照に判定した。

評価点	基準写真	発生面積
0		0.05%以下
Ⅰ		0.05%～ 0.5%
Ⅱ		0.5%～ 8.0%
Ⅲ		8.0%以上

図－4.2.11　塗膜さび評価基準（案）

表－4.2.18　膨れの基準（案）

日塗検基準		大きさ（Size）				
		0	2	3	4	5
密度	0	0				
	2		Ⅰ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅱ
	3		Ⅰ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ
	4		Ⅱ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅲ
	5		Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ

発生面積率	
Ⅰ	0.5%＞
Ⅱ	0.5%～8.0%
Ⅲ	8.0%＜

２）付着性の評価（JIS K 5600-5-7 準拠）

補修した耐候性鋼材、普通鋼材の暴露試験１年後の付着性評価写真を付属資料（３）に示す。また、付着性評価結果を表－4.2.19～22 に示す。

表－4.2.19　補修した耐候性鋼材の暴露試験１年後の付着性評価（カット無、表面）

試験板 No.	暴露場	付着力 (MPa)	はく離箇所および面積率
1	沖縄	5.0	中/上 50%、中 40%、下 10%
2		5.0	中/上 30%、中 10%、下 60%
3		2.0	中/上 10%、下 70%、さび層 20%
4		4.0	中/上 70%、中 20%、下 10%
5		5.0	中/上 80%、中 10%、下 10%
6		5.0	接 5%、中/上 5%、中 5%、下 75%、さび層 10%
7		2.0	中/上 10%、下 70%、さび層 20%
8		5.0	中/上 50%、中 30%、下 20%
9		4.0	下 40%、さび層 60%
10		5.0	中/上 50%、中 30%、下 20%
11		6.0	さび層 100%
12		3.0	中/上 10%、下 10%、さび層 80%
13		2.0	下 10%、さび層 90%
14		3.5	中/上 70%、中 20%、下 10%
15		4.5	中/上 60%、中 30%、下 10%
16		5.0	中/上 60%、中 20%、下 20%
17		6.0	中/上 60%、中 20%、下 20%
18		3.5	中/上 70%、中 20%、下 10%
19		4.0	接 10%、中/上 30%、中 20%、下 30%
20		7.0	中/上 50%、中 40%、下 10%
21		2.0	下 10%, さび層 70%
22		5.5	中/上 80%、下/中 20%
23		5.5	接 10%%、中/上 60%、下/中 30%
24		2.5	下 50%、さび層 50%
25		2.0	下 50%、さび層 50%
26		2.0	下 60%、さび層 40%
27		3.0	下 30%、さび層 70%
28		2.5	下 50%、さび層 50%
29		3.0	下 80%、さび層 20%
30		5.5	中/上 10%、中 10%、下/中 40%、溶射 40%
31		4.5	接 20%、中/上 40%、下 40%
32		2.5	接 20%、さび層 80%
35	朝霧	4.0	接 50%、中/上 20%、中 30%
36		3.0	接 40%、中/上 40%、中 20%
37		6.5	接 5%、中/上 10%、中 40、下 45%
40	沖縄	2.0	ｼﾞﾝｸ 100%
41		4.0	中/上 70%、中 20%、下 10%
42		3.0	中/上 70%、中 20%、下 10%
43		4.0	中/上 50%、中 20%、下 30%
44		2.5	下 70%、さび層 30%
45		2.5	下 20%、さび層 80%
46		3.0	中/上 70%、中 20%、下 10%
47		3.0	中/上 10%、下 20%、さび層 70%
48		4.0	中/上 70%、中 20%、下 10%
49		3.5	中/上 40%、中 10%、下 50%
50		2.0	下 30%、さび層 70%

【はく離箇所】　下：下塗、中：中塗、上：上塗、接：接着剤、/：層間、素：素地

表－4.2.20　補修した耐候性鋼材の暴露試験1年後の付着性評価（カット無、裏面）

試験板No	暴露場	付着力(MPa)	剥離箇所および面積率
1	沖縄	7.0	中/上 30%、下 70%
2		5.5	中 30%、下 70%
3		2.5	中/上 10%、下 80%、さび層 10%
4		7.0	接 5、中/上 5、中 10%、下 80%
5		4.5	中/上 10%、下 70%、さび層 20%
6		2.5	中 10%、下 90%
7		4.0	中/上 10%、下 50%、さび層 40%
8		3.5	中/上 60%、中 20%、下 20%
9		5.0	さび層 100%
10		3.0	中/上 50%、中 30%、下 20%
11		3.5	さび層 100%
12		5.0	さび層 100%
13		2.0	さび層 100%
14		3.0	中/上 70%、中 20%、下 10%
15		4.0	中/上 10%、中 10%、下 70%、　さび層 10%
16		4.0	中/上 70%、中 30%
17		5.0	中/上 60%、中 20%、下 20%
18		3.5	中/上 70%、中 20%、下 10%
19		5.5	中/上 10%、中 10%、下 70%、さび層 10%
20		4.0	中/上 70%、中 20%、下 10%
21		3.0	接 10%、中/上 20%、下 60%、さび層 10%
22		3.0	中/上 40%、下/中 30%、下 30%
23		6.0	接 10%、中/上 50%、下/中 30%、下 10%
24		2.5	下 70%、さび層 30%
25		4.0	下 50%、さび層 50%
26		2.5	下 50%、さび層 50%
27		3.0	下 10%、さび層 90%
28		3.0	下 70%、さび層 30%
29		2.5	下 5%、さび層 95%
30		6.0	接 10%、中/上 10%、下/中 80%
31		5.0	接 10%、中/上 40%、下/中 30%、中 10%、溶射 10%
32		2.5	さび層 100%
35	朝霧	6.0	接 5%、中/上 20%、中 40、下 35%
36		6.6	中/上 10%、中 45、下 45%
37		5.0	中 40、下 60%
40	沖縄	3.5	ｼﾞﾝｸ 100%
41		3.5	中/上 60%、中 20%、下 20%
42		4.5	中/上 70%、中 25、下 5
43		4.0	中/上 50%、中 20%、下 30%
44		2.0	中/上 10%、中 10%、下 60%、さび層 20%
45		2.5	下 20%、さび層 80%
46		5.5	中/上 50%、中 30%、下 20%
47		4.5	中/上 40%、中 30%、下 30%
48		2.5	下 60%、さび層 40%
49		4.5	中/上 50%、中 30%、下 20%
50		3.5	中 10%、下 60%、さび層 30%

【はく離箇所】　下：下塗、中：中塗、上：上塗、接：接着剤、/：層間、素：素地

表－4.2.21　補修した普通鋼材の暴露試験１年後の付着性評価（カット無、表面）

試験板 No.	暴露場	付着力 (MPa)	剥離箇所および面積率(%)
33	沖縄	5.0	中/上 60%、中 20%、下 20%
34		3.5	中/上 10%、下 70%、さび層 20%
38	朝霧	4.0	接 10%、中/上 45%、中 40%、下 5%
39		5.0	接 10%、中/上 45%、中 40%、下 5%

【はく離箇所】　下：下塗、中：中塗、上：上塗、接：接着剤、/：層間、素：素地

表－4.2.22　補修した普通鋼材の暴露試験１年後の付着性評価（カット無、裏面）

試験板 No.	暴露場	付着力 (MPa)	剥離箇所および面積率(%)
33	沖縄	3.0	中/上 80%、中 15%、下 5%
34		3.0	中/上 40%、中 30%、下 30%
38	朝霧	5.0	接 5%、中/上 45%、中 40%、下 10%
39		4.0	中/上 35%、中 15%、下 50%

【はく離箇所】　下：下塗、中：中塗、上：上塗、接：接着剤、/：層間、素：素地

（３）補修した耐候性鋼材、普通鋼材の評価結果（２年目）

１）暴露試験後の外観観察

補修した耐候性鋼材、普通鋼材の暴露試験２年後の外観観察写真を付属資料（２）に示す。また、評価結果を表－4.2.23～26 に示す。

表－4.2.23(1)　補修した耐候性鋼材の暴露２年後の評価結果（カット有、表面）

試験板 No.	暴露場	さび 評価点*1	膨れ*2		カット部ふくれ幅(mm)		
			大きさ－密度	評価点	最大	平均	最小
1	沖縄	0	0－0	0	1	0	0
2		Ⅰ	3－4	Ⅱ	35	20	5
3		Ⅲ	3－3	Ⅱ	全面ふくれ		
4		0	0－0	0	1	0	0
5		Ⅰ	5－2	Ⅱ	15	5	0
6		Ⅰ	2－4	Ⅱ	全面ふくれ		
7		Ⅲ	3－4	Ⅱ	全面ふくれ		
8		0	0－0	0	1	0	0
9		Ⅰ	3－3	Ⅱ	10	5	2
10		0	0－0	0	1	1	1
11		0	0－0	0	14	8	2
12		0	2－3	Ⅰ	11	8	5
13		Ⅰ	2－2	Ⅰ	9	5	2
14		0	0－0	0	1	0	0
15		0	2－2	Ⅰ	7	3	2
16		0	0－0	0	2	1	0
17		0	0－0	0	2	1	1
18		0	3－2	Ⅰ	20	4	2
19		0	2－2	Ⅰ	10	5	3
20		0	0－0	0	0	0	0

さび評価点*1：図－4.2.11 を参照に判定した。

膨れ*2：表－4.2.18 を参照に判定した。

表－4.2.23(2)　補修した耐候性鋼材の暴露２年後の評価結果（カット有、表面）

試験板 No.	暴露場	さび 評価点*1	膨れ*2		カット部ふくれ幅(mm)		
			大きさ－密度	評価点	最大	平均	最小
21	沖縄	Ⅰ	3－2	Ⅰ	35	15	5
22		0	0－0	0	0	0	0
23		0	0－0	0	0	0	0
24		0	3－5	Ⅲ	全面ふくれ		
25		0	2－3	Ⅰ	7	5	2
26		0	4－2	Ⅱ	10	5	1
27		0	0－0	0	1	1	0
28		0	2－3	Ⅰ	33	25	10
29		0	0－0	0	25	10	5
30		0	0－0	0	0	0	0
31		0	0－0	0	0	0	0
32		0	2－3	Ⅰ	20	10	1
35	朝霧	0	0－0	0	0	0	0
36		0	2－3	Ⅰ	0	0	0
37		0	2－3	Ⅰ	0	0	0
40	沖縄	0	0－0	0	0	0	0
41		0	0－0	0	1	1	0
42		0	0－0	0	23	12	3
43		0	0－0	0	45	12	4
44		Ⅰ	3～4－5	Ⅲ	全面ふくれ		
45		0	3－2	Ⅰ	12	10	4
46		0	0－0	0	1	1	1
47		Ⅰ	3－2	Ⅰ	7	2	1
48		Ⅰ	3～4－3	Ⅱ	20	10	3
49		Ⅰ	3－4	Ⅱ	20	10	0
50		Ⅰ	4－5	Ⅲ	全面ふくれ		

さび評価点*1：図－4.2.11 を参照に判定した。

膨れ*2：表－4.2.18 を参照に判定した。

表－4.2.24(1)　補修した耐候性鋼材の暴露２年後の評価結果（カット有、裏面）

試験板 No.	暴露場	さび 評価点*1	膨れ*2		カット部ふくれ幅(mm)		
			大きさ－密度	評価点	最大	平均	最小
1	沖縄	0	0－0	0	3	2	1
2		Ⅰ	3－4	Ⅱ	全面ふくれ		
3		Ⅱ	3－4	Ⅱ	全面ふくれ		
4		0	0－0	0	2	1	1
5		Ⅰ	4－2	Ⅱ	13	4	2
6		Ⅰ	3－4	Ⅱ	全面ふくれ		
7		Ⅲ	3－4	Ⅱ	全面ふくれ		
8		0	0－0	0	2	1	1
9		0	3－3	Ⅱ	12	7	5
10		0	0－0	0	5	2	1
11		0	0－0	0	4	3	2
12		0	2－2	Ⅰ	8	6	4
13		Ⅰ	2－3	Ⅰ	7	5	3
14		0	0－0	0	3	2	1
15		0	2－2	Ⅰ	10	8	3
16		0	0－0	0	3	2	2
17		0	0－0	0	6	4	3

さび評価点*1：図－4.2.11 を参照に判定した。

膨れ*2：表－4.2.18 を参照に判定した。

表－4.2.24(2)　補修した耐候性鋼材の暴露２年後の評価結果（カット有、裏面）

試験板 No.	暴露場	さび 評価点*1	膨れ*2		カット部ふくれ幅(mm)		
			大きさ－密度	評価点	最大	平均	最小
18	沖縄	0	2－2	Ⅰ	18	10	3
19		0	0－0	0	12	8	4
20		0	0－0	0	3	1	0
21		Ⅰ	4－2	Ⅱ	25	15	7
22		0	0－0	0	3	1	0
23		0	0－0	0	4	2	1
24		0	3－4	Ⅱ	全面ふくれ		
25		0	2－3	Ⅰ	13	7	2
26		0	4－2	Ⅱ	10	4	1
27		0	0－0	0	8	6	2
28		0	2－4	Ⅱ	40	25	10
29		0	0－0	0	27	15	5
30		0	0－0	0	0	0	0
31		0	0－0	0	0	0	0
32		0	2－4	Ⅱ	20	10	2
35	朝霧	0	0－0	0	0	0	0
36		0	2－3	Ⅰ	0	0	0
37		0	2－3	Ⅰ	0	0	0
40	沖縄	0	0－0	0	0	0	0
41		0	0－0	0	2	1	0
42		0	0－0	0	31	15	7
43		0	0－0	0	33	10	4
44		Ⅰ	3～4－4	Ⅲ	全面ふくれ		
45		0	3－2	Ⅱ	13	10	5
46		0	0－0	0	2	1	1
47		Ⅰ	3－2	Ⅰ	5	3	1
48		Ⅰ	3～4－4	Ⅲ	12	8	5
49		Ⅰ	3－4	Ⅱ	全面ふくれ		
50		Ⅰ	4～5－5	Ⅲ	全面ふくれ		

さび評価点*1：図－4.2.11 を参照に判定した。

膨れ*2：表－4.2.18 を参照に判定した。

表－4.2.25　補修した普通鋼材の暴露２年後の評価結果（カット有、表面）

試験板 No.	暴露場	さび 評価点*1	膨れ*2		カット部ふくれ幅(mm)		
			大きさ－密度	評価点	最大	平均	最小
33	沖縄	0	0－0	0	0	0	0
34		Ⅰ	3－4	Ⅱ	全面ふくれ		
38	朝霧	0	0－0	0	0	0	0
39		0	2－3	Ⅰ	0	0	0

表－4.2.26　補修した普通鋼材の暴露２年後の評価結果（カット有、裏面）

試験板 No.	暴露場	さび 評価点*1	膨れ*2		カット部ふくれ幅(mm)		
			大きさ－密度	評価点	最大	平均	最小
33	沖縄	0	0－0	0	2	1	0
34		Ⅰ	3－4	Ⅱ	全面ふくれ		
38	朝霧	0	0－0	0	0	0	0
39		0	2－2	Ⅰ	0	0	0

さび評価点*1：図－4.2.11 を参照に判定した。

膨れ*2：表－4.2.18 を参照に判定した。

２）付着性の評価（JIS K 5600-5-7 準拠）

補修した耐候性鋼材、普通鋼材の暴露試験２年後の付着性評価写真を付属資料（３）に示す。また、付着性評価結果を表－4.2.27～30 に示す。

表－4.2.27　補修した耐候性鋼材の暴露試験２年後の付着性評価（カット無、表面）

試験板 No.	暴露場	付着力 (MPa)	はく離箇所および面積率
1	沖縄	7.0 以上	接 100%
2		6.0	さび 5%、下 40%、中/上 55%
3		3.0	さび 5%、下 40%、中/上 55%
4		5.0	下 5%、中/上 70%、接 25%
5		4.0	さび 40%、下 10%、中/上 45、接 5%
6		4.5	さび 40%、下 60%
7		3.0	さび 10%、下 20%、中/上 70%
8		7.0 以上	接 100%
9		7.0	さび 90%、下 10%
10		7.0 以上	接 100%
11		7.0 以上	接 100%
12		4.0	さび 90%、下 10%
13		5.0	さび 100%
14		7.0 以上	接 100%
15		4.5	中 10%、中/上 85%、接 5%
16		7.0 以上	接 100%
17		6.0	下 10%、接 90%
18		7.0 以上	接 100%
19		7.0 以上	接 100%
20		6.5	下 5%、中 30%、中/上 60%、接 5%
21		7.0 以上	接 100%
22		6.0	中/上 70%、接 30%
23		7.0	中/上 30%、接 70%
24		3.5	さび 50%、下 50%
25		3.0	さび 5%、接 95%
26		5.0	中/上 95%、下 5%
27		3.0	さび 100%
28		5.0	さび 50%、下 50%
29		4.0	さび 40%、下 10%、中/上 10%、接 40%
30		3.0	接 100%
31		5.0	さび%5、中/上 5%、接 90%
32		1.5	さび 90%、接 10%
35	朝霧	5.5	下 40%、中 40%、中/上 20%
36		5.0	素 10%、下 50%、中 40%
37		3.5	素 5%、下 75%、中 10%、中/上 10%
40	沖縄	5.0	ｼﾞﾝｸ 70%、中/上 30%
41		7.0 以上	接 100%
42		7.0 以上	接 100%
43		7.0 以上	接 100%
44		4.5	下 5%、中/上 70%、接 25%
45		7.0 以上	接 100%
46		7.0	下 5%、中/上 90%、接 5%
47		7.0 以上	接 100%
48		6.5	中 5%、中/上 90%、接 5%
49		3.0	さび 10%、下 40%、中/上 40%、接 10%
50		1.5	さび 70%、下 30%

【はく離箇所】　下：下塗、中：中塗、上：上塗、接：接着剤、/：層間、素：素地

表－4.2.28　補修した耐候性鋼材の暴露試験２年後の付着性評価（カット無、裏面）

試験板 No.	暴露場	付着力 (MPa)	はく離箇所および面積率
1	沖縄	7.0 以上	接 100%
2		7.0	中 30%、下 70%
3		7.0	下 30%、中/上 60%、接 10%
4		5.5	下 10%、中/上 40%、接 50%
5		5.0	ｼﾞﾝｸ 75%、下 20%、中/上 60%、接 15%
6		4.5	さび 10%、下 70%、中/上 20%
7		2.5	さび 10%、下 60%、中/上 20%、接 10%
8		7.0 以上	接 100%
9		6.5	さび 100%
10		7.0 以上	接 100%
11		7.0	さび 100%
12		3.0	さび 100%
13		3.0	さび 100%
14		7.0 以上	接 100%
15		5.5	中 20%、中/上 80%
16		7.0 以上	接 100%
17		7.0 以上	接 100%
18		7.0 以上	接 100%
19		7.0 以上	接 100%
20		7.0 以上	接 100%
21		7.0 以上	接 100%
22		5.5	さび 10%、下 20%、中/上 70%
23		4.5	中/上 60%、接 40%
24		4.5	さび 30%、下 70%
25		6.5	さび 20%、下 10%、中/上 60%、接 10%
26		3.5	さび 20%、下 70%、中/上 10%
27		3.0	さび 90%、下 10%
28		4.5	さび 30%、下 70%
29		7.0	さび 95%、下 5%
30		6.5	接 100%
31		7.0 以上	接 100%
32		5.0	さび 20%、中/上 70%、接 10%
35	朝霧	7.0	下 20%、中 50%、中/上 30%
36		3.0	素 5%、下 10%、中 30%、中/上 55%
37		4.0	素 30%、下 50%、中 20%
40	沖縄	4.5	ｼﾞﾝｸ 100%
41		7.0	下 10%、中 20%、中/上 50%、接 20%
42		7.0 以上	接 100%
43		4.0	下 20%、中/上 30%、接 50%
44		6.0	さび 5%、下 10%、中/上 80%、接 5%
45		5.0	さび 80%、下 20%
46		7.0 以上	接 100%
47		7.0 以上	接 100%
48		7.0 以上	接 100%
49		7.0 以上	接 100%
50		2.0	さび 5%、下 30%、中/上 50%、接 15%

【はく離箇所】　下：下塗、中：中塗、上：上塗、接：接着剤、/：層間、素：素地

表－4.2.29　補修した普通鋼材の暴露試験２年後の付着性評価（カット無、表面）

試験板 No.	暴露場	付着力 (MPa)	剥離箇所および面積率(%)
33	沖縄	4.5	中/上 30%､接 70%
34		5.0	さび 5%､下 15%､接 80%
38	朝霧	6.5	下 10%､中 45%､中/上 45%
39		4.5	素 5%､下 45%､中 30%､中/上 20%

【はく離箇所】　下：下塗、中：中塗、上：上塗、接：接着剤、/：層間、素：素地

表－4.2.30　補修した普通鋼材の暴露試験２年後の付着性評価（カット無、裏面）

試験板 No.	暴露場	付着力 (MPa)	剥離箇所および面積率(%)
33	沖縄	5.0	下 10%､中/上 70%､接 20%
34		7.0 以上	接 100%
38	朝霧	4.0	下 30%､中 30%､中/上 40%
39		3.5	素 10%､下 20%､中 40%､中/上 30%

【はく離箇所】　下：下塗、中：中塗、上：上塗、接：接着剤、/：層間、素：素地

（４）補修した溶融亜鉛めっき鋼材の評価結果（１年目）

１）暴露試験後の外観観察

補修した溶融亜鉛めっき鋼材の暴露試験１年後の外観観察写真を付属資料（２）に示す。また、評価結果を表－4.2.31～32 に示す。

表－4.2.31(1)　補修した溶融亜鉛めっき鋼材の暴露１年後の評価結果（カット有、表面）

試験板 No.	暴露場	さび 評価点*1	膨れ*2		カット部ふくれ幅(mm)		
			大きさ－密度	評価点	最大	平均	最小
M1	沖縄	0	0－0	0	0	0	0
M2		0	0－0	0	2	1	0
M3		0	0－0	0	0	0	0
M4		0	0－0	0	0	0	0
M5		0	0－0	0	2	1	1
M6		0	0－0	0	3	2	1
M7	朝霧	0	0－0	0	0	0	0
M8	沖縄	0	0－0	0	0	0	0
M9	朝霧	0	0－0	0	0	0	0
M10	沖縄	0	0－0	0	2	0	0
M11		0	0－0	0	2	0	0
M12	朝霧	0	0－0	0	0	0	0
M13	沖縄	0	0－0	0	2	1	0
M14		0	0－0	0	0	0	0
M15		0	0－0	0	0	0	0
M16		0	0－0	0	0	0	0
M17		0	0－0	0	0	0	0
M18		0	0－0	0	0	0	0
M19		0	0－0	0	0	0	0
M20		0	0－0	0	0	0	0

さび評価点*1：図－4.2.11 を参照に判定した。

膨れ*2：表－4.2.18 を参照に判定した。

表－4.2.31(2)　補修した溶融亜鉛めっき鋼材の暴露1年後の評価結果（カット有、表面）

試験板 No.	暴露場	さび 評価点*1	膨れ*2		カット部ふくれ幅(mm)		
			大きさ－密度	評価点	最大	平均	最小
M21	沖縄	0	0－0	0	0	0	0
M22		0	0－0	0	0	0	0
M23		0	0－0	0	0	0	0
M24		0	0－0	0	0	0	0

さび評価点*1：図－4.2.11 を参照に判定した。

膨れ*2：表－4.2.18 を参照に判定した。

表－4.2.32　補修した溶融亜鉛めっき鋼材の暴露1年後の評価結果（カット有、裏面）

試験板 No.	暴露場	さび 評価点*1	膨れ*2		カット部ふくれ幅(mm)		
			大きさ－密度	評価点	最大	平均	最小
M1	沖縄	0	0－0	0	2	1	0
M2		0	0－0	0	6	3	2
M3		0	0－0	0	0	0	0
M4		0	0－0	0	0	0	0
M5		0	0－0	0	2	1	1
M6		0	2－2	I	3	1	1
M7	朝霧	0	0－0	0	0	0	0
M8	沖縄	0	0－0	0	1	0	0
M9	朝霧	0	0－0	0	0	0	0
M10	沖縄	0	0－0	0	2	0	0
M11		0	0－0	0	1	0	0
M12	朝霧	0	0－0	0	0	0	0
M13	沖縄	0	0－0	0	1	0	0
M14		0	0－0	0	0	0	0
M15		0	0－0	0	0	0	0
M16		0	0－0	0	0	0	0
M17		0	0－0	0	0	0	0
M18		0	0－0	0	2	1	1
M19		0	0－0	0	2	1	1
M20		0	0－0	0	2	1	1
M21		0	0－0	0	2	1	0
M22		0	0－0	0	1	1	0
M23		0	0－0	0	2	1	1
M24		0	0－0	0	0	0	0

さび評価点*1：図－4.2.11 を参照に判定した。

膨れ*2：表－4.2.18 を参照に判定した。

２）付着性の評価（JIS K 5600-5-7 準拠）

補修した溶融亜鉛めっき鋼材の暴露試験１年後の付着性評価写真を付属資料（３）に示す。また、付着性評価結果を表－4.2.33～34 に示す。

表－4.2.33　補修した溶融亜鉛めっき鋼材の暴露試験 1 年後の付着性評価(カット無、表面)

試験板 No.	暴露場	付着力 (MPa)	はく離箇所および面積率
M1	沖縄	3.5	中/上 30%、中 40%、下 30%
M2		3.0	中/上 5%、下 5%、ﾒｯｷ 90%
M3		5.0	ﾒｯｷ 10%
M4		3.0	接 30%、ﾒｯｷ 70%
M5		4.5	中/上 30%、中 40%、下 30%
M6		2.0	中/上 70%、ﾒｯｷ 30%
M7	朝霧	3.0	下 25%、中 25%、中/上 50%
M8	沖縄	2.5	中/上 10%、下 80%、ﾒｯｷ 10%
M9	朝霧	4.0	下 50%、ﾒｯｷ 50%
M10	沖縄	3.5	中/上 80%、下 10%、ﾒｯｷ 10%
M11		1.5	ﾒｯｷ/下 100%
M12	朝霧	3.0	中/上 5%、下 90%、ﾒｯｷ 5%
M13	沖縄	3.0	接 30%、中/上 10%、下 30%、溶射 30%
M14		2.5	溶射 100%
M15		3.5	接 70%、溶射 30%
M16		3.0	中 10%下 40%、溶射 50%
M17		2.5	中/上 80%、中 15%、下 5%
M18		3.0	中/上 70%、中 20%、下 10%

【はく離箇所】　下：下塗、中：中塗、上：上塗、接：接着剤、/：層間、素：素地

表－4.2.34　補修した溶融亜鉛めっき鋼材の暴露試験 1 年後の付着性評価（カット無、裏面）

試験板 No.	暴露場	付着力 (MPa)	はく離箇所および面積率
M1	沖縄	4.0	中/上 70%、中 20%、下 10%
M2		2.5	中/上 10%、下 20%、ﾒｯｷ 70%
M3		2.0	ﾒｯｷ 100
M4		1.0	ﾒｯｷ 100
M5		5.0	中/上 70%、中 20%、下 10%
M6		2.5	中/上 70%、中 20%、下 10%
M7	朝霧	3.5	下 25%、中 25%、中/上 50%
M8	沖縄	2.0	下 10%、ﾒｯｷ 90%
M9	朝霧	2.5	下 20%、ﾒｯｷ 80%
M10	沖縄	5.0	中/上 10%、下/中 60%、下 30%
M11		1.5	溶射/下 60%、溶射 40%
M12	朝霧	2.5	中/上 10%、下 30%、ﾒｯｷ 60%
M13	沖縄	4.0	下/中 20%、下 20%、溶射 60%
M14		4.5	溶射 100%
M15		2.5	溶射 100%
M16		3.5	中/上 40%、中 30%、下 30%
M17		2.5	中/上 20%、中 40%、下 40%
M18		2.0	下 10%、ﾒｯｷ 90%

【はく離箇所】　下：下塗、中：中塗、上：上塗、接：接着剤、/：層間、素：素地

（５）補修した溶融亜鉛めっき鋼材の評価結果（２年目）

１）暴露試験後の外観観察

補修した溶融亜鉛めっき鋼材の暴露試験２年後の外観観察写真を付属資料（２）に示す。また、評価結果を表－4.2.35～36 に示す。

表－4.2.35　補修した溶融亜鉛めっき鋼材の暴露２年後の評価結果（カット有、表面）

試験板 No.	暴露場	さび 評価点*1	膨れ*2		カット部ふくれ幅(mm)		
			大きさ－密度	評価点	最大	平均	最小
M1	沖縄	0	0－0	0	0	0	0
M2		0	0－0	0	2	1	0
M3		0	0－0	0	0	0	0
M4		0	0－0	0	0	0	0
M5		0	0－0	0	2	1	1
M6		0	0－0	0	0	0	0
M7	朝霧	0	0－0	0	0	0	0
M8	沖縄	0	0－0	0	0	0	0
M9	朝霧	0	0－0	0	0	0	0
M10	沖縄	0	0－0	0	0	0	0
M11		0	0－0	0	1	0	0
M12	朝霧	0	0－0	0	0	0	0
M13	沖縄	0	0－0	0	2	1	0
M14		0	0－0	0	0	0	0
M15		0	0－0	0	0	0	0
M16		0	0－0	0	0	0	0
M17		0	0－0	0	0	0	0
M18		0	2－2	I	15	4	2
M19		0	0－0	0	0	0	0
M20		0	0－0	0	0	0	0
M21		0	0－0	0	0	0	0
M22		0	0－0	0	0	0	0
M23		0	0－0	0	0	0	0
M24		0	0－0	0	0	0	0

表－4.2.36(1)　補修した溶融亜鉛めっき鋼材の暴露２年後の評価結果（カット有、裏面）

試験板 No.	暴露場	さび 評価点*1	膨れ*2		カット部ふくれ幅(mm)		
			大きさ－密度	評価点	最大	平均	最小
M1	沖縄	0	0－0	0	2	1	0
M2		0	0－0	0	6	3	2
M3		0	0－0	0	0	0	0
M4		0	0－0	0	0	0	0
M5		0	0－0	0	2	1	1
M6		0	2－2	0	4	2	1
M7	朝霧	0	0－0	0	0	0	0
M8	沖縄	0	0－0	0	0	0	0
M9	朝霧	0	0－0	0	0	0	0
M10	沖縄	0	0－0	0	2	0	0
M11		0	0－0	0	0	0	0
M12	朝霧	0	0－0	0	0	0	0

さび評価点*1：図－4.2.11 を参照に判定した。

膨れ*2：表－4.2.18 を参照に判定した。

表－4.2.36(2)　補修した溶融亜鉛めっき鋼材の暴露２年後の評価結果（カット有、裏面）

試験板 No.	暴露場	さび 評価点*1	膨れ*2		カット部ふくれ幅(mm)		
			大きさ－密度	評価点	最大	平均	最小
M13	沖縄	0	0－0	0	1	0	0
M14		0	0－0	0	0	0	0
M15		0	0－0	0	0	0	0
M16		0	0－0	0	0	0	0
M17		0	0－0	0	0	0	0
M18		0	0－0	0	0	0	0
M19		0	0－0	0	2	1	1
M20		0	0－0	0	2	1	1
M21		0	0－0	0	2	1	0
M22		0	0－0	0	0	0	0
M23		0	0－0	0	0	0	0
M24		0	0－0	0	0	0	0

さび評価点*1：図－4.2.11 を参照に判定した。

膨れ*2：表－4.2.18 を参照に判定した。

２）付着性の評価（JIS K 5600-5-7 準拠）

補修した溶融亜鉛めっき鋼材の暴露試験２年後の付着性評価写真を付属資料（３）に示す。また、付着性評価結果を表－4.2.37～38 に示す。

表－4.2.37　補修した溶融亜鉛めっき鋼材の暴露試験２年後の付着性評価(カット無、表面)

試験板 No.	暴露場	付着力 (MPa)	はく離箇所および面積率
M1	沖縄	4.0	中/上 10%、接 90%
M2		1.5	ﾒｯｷ/ｼﾞﾝｸ 80%、中/上 20%
M3		1.5	接 100
M4		2.0	接 100
M5		3.0	中/上 90%、接 10%
M6		2.5	ｼﾞﾝｸ 70%、下 10%、中/上 20%
M7	朝霧	2.5	下 25%、中 25%、中/上 50%
M8	沖縄	2.0	接 100%
M9	朝霧	5.0	下 70%、下/中 30%
M10	沖縄	1.5	接 100%
M11		1.0	ﾒｯｷ/Zn100%
M12	朝霧	3.0	素 30%、下 70%
M13	沖縄	2.0	接 100%
M14		4.0	接 100%
M15		1.5	接 100%
M16		3.0	接 100%
M17		3.0	中/上 40%、接 60%
M18		1.5	中/上 90%、接 10%

【はく離箇所】　下：下塗、中：中塗、上：上塗、接：接着剤、/：層間、素：素地

表－4.2.38　補修した溶融亜鉛めっき鋼材の暴露試験２年後の付着性評価(カット無、裏面)

試験板 No.	暴露場	付着力 (MPa)	はく離箇所および面積率
M1	沖縄	4.0	下 10、中/上 10、接 80
M2		2.0	ﾒｯｷ/Zn100%
M3		3.0	接 100%
M4		3.5	接 100%
M5		4.0	下 10%、中 20%、中/上 70%
M6		2.0	ｼﾞﾝｸ 70%、下 10%、中/上 10%、接 10%
M7	朝霧	3.0	ｼﾞﾝｸ 15%、下 5%、中 20%、中/上 60%
M8	沖縄	1.0	ｼﾞﾝｸ 70%、接 30%
M9	朝霧	2.5	ｼﾞﾝｸ 70%、下 30%
M10	沖縄	4.5	中 20%、中/上 60%、接 20%
M11		3.0	ｼﾞﾝｸ 30%、下 70%
M12	朝霧	4.0	素 80%、下 20%
M13	沖縄	3.0	中/上 20%、接 80%
M14		3.0	接 100
M15		3.5	接 100
M16		3.0	下 10%、中 20%、中/上 70%
M17		3.0	下 10%、中/上 90%
M18		4.0	下 15%、中 10%、中/上 75%

【はく離箇所】　下：下塗、中：中塗、上：上塗、接：接着剤、/：層間、素：素地

（６）補修した金属溶射鋼材の評価結果（１年目）

１）暴露試験後の外観観察

補修した金属溶射鋼材の暴露試験１年後の外観観察写真を付属資料（２）に示す。

また、評価結果を表－4.2.39 に示す。

表－4.2.39　補修した金属溶射鋼材の暴露１年後の評価結果（カット有、表面）

試験板 No.	暴露場	さび 評価点*1	膨れ*2		カット部ふくれ幅(mm)		
			大きさ－密度	評価点	最大	平均	最小
Y1	沖縄	0	0－0	0	0	0	0
Y2		0	0－0	0	3	2	1
Y3		0	0－0	0	0	0	0
Y4		0	0－0	0	0	0	0
Y5		0	0－0	0	0	0	0
Y6		0	0－0	0	0	0	0
Y7		0	0－0	0	0	0	0
Y8		0	0－0	0	15	3	1
Y9		0	0－0	0	0	0	0
Y10		0	0－0	0	0	0	0

さび評価点*1：図－4.2.11 を参照に判定した。

膨れ*2：表－4.2.18 を参照に判定した。

２）付着性の評価（JIS K 5600-5-7 準拠）

補修した金属溶射鋼材の暴露試験１年後の付着性評価写真を付属資料（３）に示す。

また、付着性評価結果を表－4.2.40 に示す。

表－4.2.40　補修した金属溶射鋼材の暴露試験 1 年後の付着性評価（カット無、表面）

試験板 No.	暴露場	付着力 (MPa)	はく離箇所および面積率
Y1	沖縄	5.5	溶射封孔処理剤 100%
Y2		4.5	中/上 80%、中 20%
Y3		4.5	溶射封孔処理剤 100%
Y4		3.5	中/上 10%、中 10%、下 20%、溶射 60%
Y5		7.0 以上	接 10%、溶射 80%、鉄/溶射 10%
Y6		4.5	中/上 60%、中 30%、下 10%
Y7		5.0	中 10%、下 70%、鉄/溶射 20%
Y8		4.5	中/上 10%、溶射/中 80%、鉄/溶射 10%
Y9		4.5	溶射 100%
Y10		6.0	中/上 20%、溶射/中 80%

【はく離箇所】　下：下塗、中：中塗、上：上塗、接：接着剤、/：層間、素：素地

（７）補修した金属溶射鋼材の評価結果（２年目）

１）暴露試験後の外観観察

補修した金属溶射鋼材の暴露試験２年後の外観観察写真を付属資料（２）に示す。

また、評価結果を表－4.2.41 に示す。

表－4.2.41　補修した金属溶射鋼材の暴露 2 年後の評価結果（カット有、表面）

試験板 No.	暴露場	さび 評価点*1	膨れ*2		カット部ふくれ幅(mm)		
			大きさ－密度	評価点	最大	平均	最小
Y1	沖縄	0	0－0	0	0	0	0
Y2		0	0－0	0	3	2	1
Y3		0	0－0	0	0	0	0
Y4		0	0－0	0	0	0	0
Y5		0	0－0	0	0	0	0
Y6		0	0－0	0	0	0	0
Y7		0	0－0	0	0	0	0
Y8		0	0－0	0	20	3	1
Y9		0	0－0	0	5	1	1
Y10		0	0－0	0	0	0	0

さび評価点*1：図－4.2.11 を参照に判定した。

膨れ*2：表－4.2.18 を参照に判定した。

２）付着性の評価（JIS K 5600-5-7 準拠）

補修した金属溶射鋼材の暴露試験２年後の付着性評価写真を付属資料（３）に示す。

また、付着性評価結果を表－4.2.42 に示す。

表－4.2.42　補修した金属溶射鋼材の暴露試験２年後の付着性評価（カット無、表面）

試験板 No.	暴露場	付着力 (MPa)	はく離箇所および面積率
Y1	沖縄	4.0	接 100%
Y2		3.0	中/上 40%､接 60%
Y3		6.5	接 100%
Y4		5.5	下 10%､中/上 85%､接 5%
Y5		3.0	接 100%
Y6		6.0	中/上 20%､接 80%
Y7		7.0 以上	接 100%
Y8		3.5	接 100%
Y9		3.5	中/上 20%､接 80%
Y10		4.0	溶射 20%､溶射/下 20%､接 60%

【はく離箇所】　下：下塗、中：中塗、上：上塗、接：接着剤、/：層間、素：素地

（８）まとめ

１）耐候性鋼材

補修前の暴露期間、水洗の有無に関係なくブラストで Sa２以上の素地調整を施し Rc－Ⅰの塗装仕様または金属溶射で補修した試験板は、２年間の沖縄暴露試験で塗膜外観（カット部含む）に異状はなく、付着性にも問題なかった。

補修前の暴露期間が５ヶ月未満、水洗有り、動力工具で St３の素地調整を施し、Rc－Ⅰの塗装仕様で補修した試験板は、２年間の沖縄暴露試験で塗膜外観（カット部含む）に異状はなく、付着性にも問題なかった。しかし、補修前の暴露期間が 10 ヶ月になると、水洗有り、動力工具で St３の素地調整を施し、RC－1 の塗装仕様で補修した試験板でも、２年間の沖縄暴露試験で塗膜外観（カット部含む）に異状が認められた。

また、補修前の暴露期間が 10 ヶ月、水洗有り、動力工具で St３の素地調整を施し Rc－Ⅰの塗装仕様の変性エポキシ樹脂塗料下塗をエポキシ樹脂ガラスフレーク塗料に置き換え補修した試験板では、２年間の沖縄暴露試験で塗膜外観（カット部含む）に異状はなく、付着性にも問題なかった。

上記傾向については、暴露試験場所（沖縄暴露場、朝霧暴露場）の違いや試験板の表裏においても同様に認められた。

２）溶融亜鉛めっき鋼材

補修前の暴露期間が長期であってもブラストで Sa１以上または動力工具で St３の素地調整を施し、エポキシ／ふっ素の塗装仕様または金属溶射で補修した試験板は、２年間の沖縄暴露試験で塗膜外観（カット部含む）に異状はなく付着性にも問題なかった（亜鉛アルミ擬合金溶射の補修方法を除く）。動力工具で St３の素地調整を施し亜鉛アルミ擬合金溶射による補修は、２年間の沖縄暴露試験で塗膜外観（カット部含む）に異状（ふくれ評価Ⅰ）が認められたが付着性には問題なかった。

３）金属溶射鋼材

補修前の暴露期間が 10 ヶ月（砥石ディスクサンダーによる研磨の有無）であっても、ブラストで Sa2 1/2 または動力工具で St１の素地調整を施し、エポキシ／ふっ素の塗装仕様または金属溶射で補修した試験板は、２年間の沖縄暴露試験で塗膜外観（カット部含む）に異状はなく付着性にも問題なかった。

４．２．６　第２次試験のまとめと今後の課題

耐候性鋼材を 10 ヶ月暴露して生じた異状劣化は、ブラストで Sa２以上の素地調整を施し Rc－Ⅰの塗装系または金属溶射で補修することで良好な結果が認められた。また、動力工具で St３の素地調整を施し、Rc－Ⅰの塗装系の変性エポキシ樹脂塗料下塗をエポキシ樹脂ガラスフレーク塗料に置き換え補修することで良好な結果が認められた。しかし、これらの補修方法による暴露試験期間が２年間と短いので、さらに長期間暴露試験を継続して補修効果を検証する必要がある。

溶融亜鉛めっき鋼材，金属溶射鋼材の劣化も、上記の試験結果から各種補修方法で問題が認められていないが、耐候性鋼材の補修方法と同様に暴露試験期間が２年間と短いので、さらに長期の調査を継続してその補修効果を検証する必要がある。

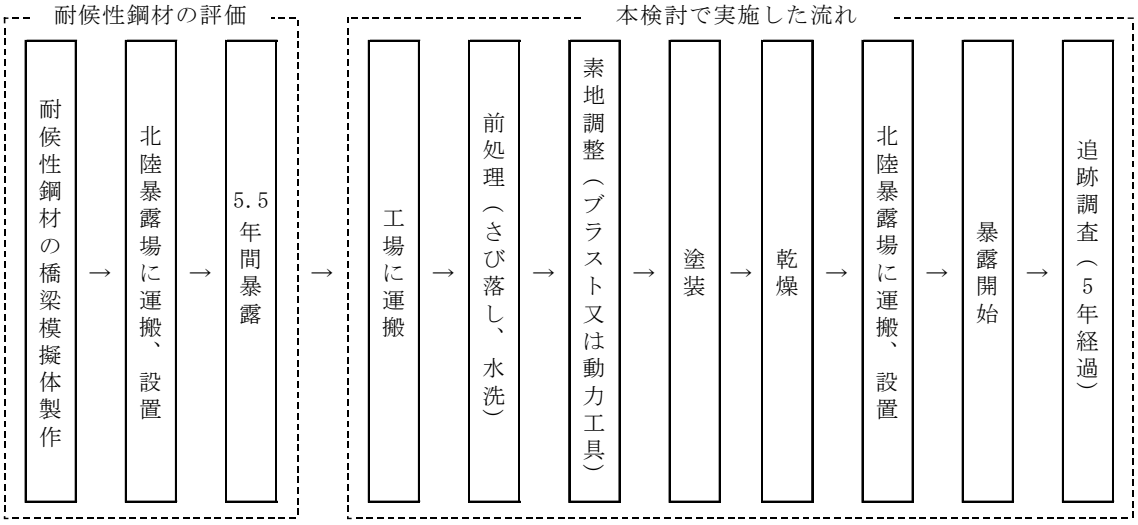
４．３　耐候性鋼材の塗装による補修方法の検討

４．３．１　試験目的

海浜部の橋梁に耐候性鋼材が適用された場合、保護性さびが形成されずに層状はく離さびが生成する事例が見られる。その場合、異状腐食した耐候性鋼材を塗装等により補修する必要があるが、補修における素地調整方法及び程度、塗装仕様は明確に確立されていない。耐候性鋼材の補修方法、塗装仕様の確立を目的とし異常腐食した耐候性鋼材試験体を用いて検討を行った。

４．３．２　試験方法

異状腐食した耐候性鋼材の試験体を素地調整方法及びその程度を変えた処理を行い、塗装した試験体を暴露して素地調整方法及びその程度による補修効果の相違を調べた。検討の流れを図－4.3.1 に示す。



図－4.3.1　検討の流れ

（1）試験体

土木研究所と社団法人日本鉄鋼連盟橋梁用鋼材研究会が協同でニッケル系高耐候性鋼材の耐食性を明らかにする目的で橋梁模擬試験体の暴露試験を４箇所で実施した。新潟県糸魚川市親不知海岸に位置する北陸建設材料耐久性研究施設（以下北陸暴露場と略す）で 5.5 年間暴露した試験体を、塗装による補修用の試験体として本検討に用いた。北陸暴露場の位置を図－4.3.2 中の赤丸で示す。

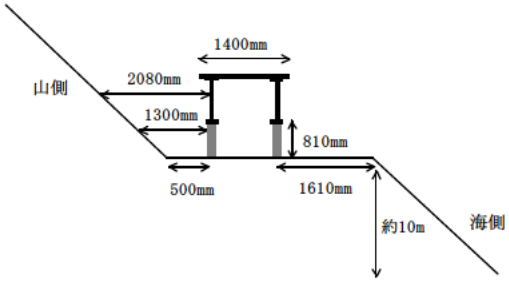


図－4.3.2　北陸暴露場の位置（図中の赤丸）

北陸暴露場を写真－4.3.1 に試験体設置時の位置関係を図－4.3.3 に示す。暴露場は離岸距離約 10m、海面から約 10m の高さにあり飛来塩分の影響を受けやすい環境である。特に山側は斜面が迫っており飛来した塩分や湿気が滞留しやすい。



写真－4.3.1　北陸暴露場

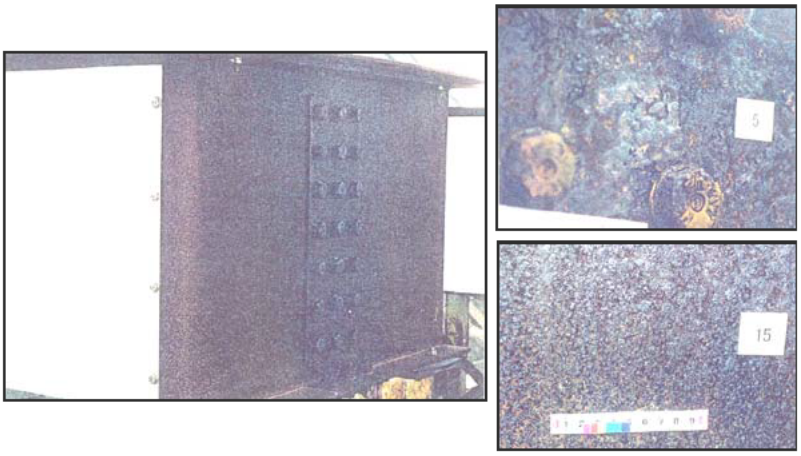


図－4.3.3　試験体設置時の位置関係

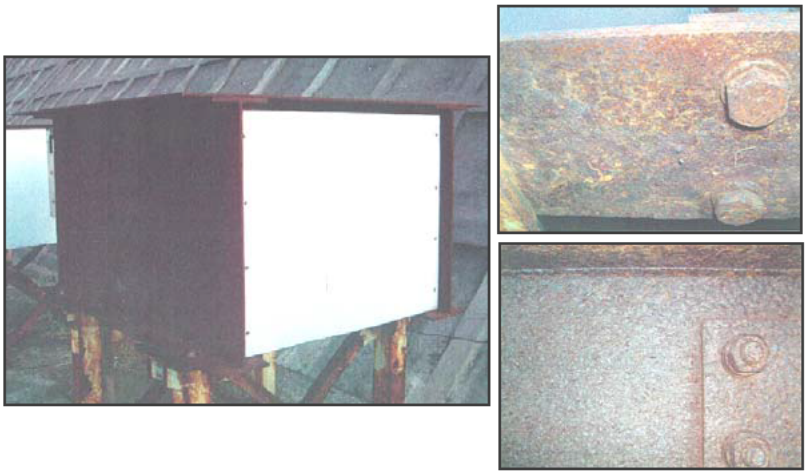
本検討では鋼材種による差の有無も確認するため JIS 耐候性鋼材とニッケル系高耐候性鋼材 A,B の合計３体を選定した。5.5 年間暴露した各鋼材の橋梁模擬試験体のさびの状況を写真－4.3.2,4.3.3,4.3.4 に示す。部位によりうろこ状さびや層状さびが発生した状態であった。



写真－4.3.2　素地調整前の橋梁模擬試験体のさびの状況（JIS 耐候性鋼材）
（左：外面側面、右上：下フランジ下面、右下：内面側面）

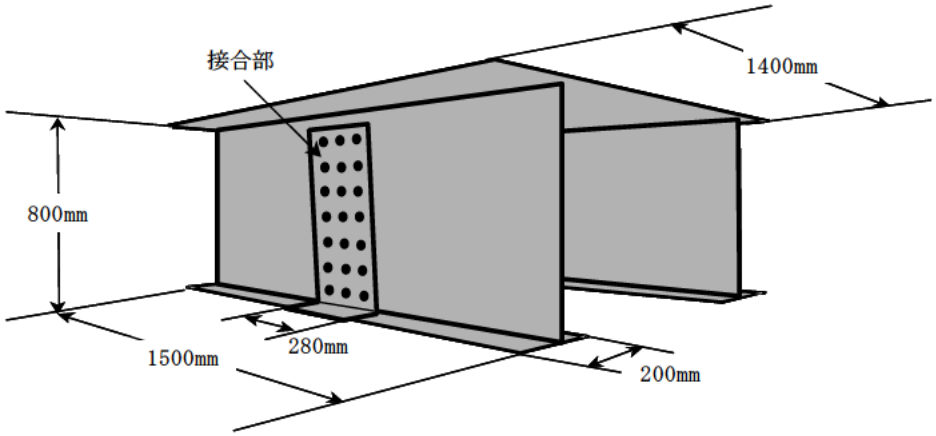


写真－4.3.3　素地調整前の橋梁模擬試験体のさびの状況（ニッケル系高耐候性鋼材 A）
（左：外面側面、右上：下フランジ下面、右下：外面側面）

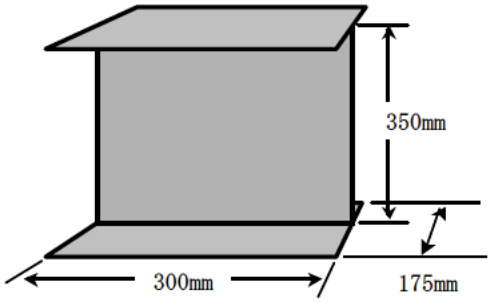


写真－4.3.4　素地調整前の橋梁模擬試験体のさびの状況（ニッケル系高耐候性鋼材 B）
（左：外面側面、右上：下フランジ下面、右下：内面側面）

補修用試験体の比較として JIS 耐候性鋼材及び普通鋼材（SS400）の原板から作製したH型鋼を新規の塗装試験体としてそれぞれ暴露試験に供した。橋梁模擬試験体の形状及び寸法を図－4.3.4 に、H型鋼試験体の形状及び寸法を図－4.3.5 に、試験体の一覧を表－4.3.1 に示す。



図－4.3.4　橋梁模擬試験体



図－4.3.5　H型鋼試験体

表－4.3.1　試験体の種類

材質	形状	経緯	素地調整方法及び 素地調整程度（到達程度）
JIS 耐候性鋼材	橋梁模擬体	5.5 年間暴露	ブラスト処理(ISO Sa1～2, Sa2) 動力工具処理(ISO St3)
ニッケル系高耐候性鋼材 A	橋梁模擬体	5.5 年間暴露	ブラスト処理(ISO Sa1～2, Sa2) 動力工具処理(ISO St3)
ニッケル系高耐候性鋼材 B	橋梁模擬体	5.5 年間暴露	ブラスト処理(ISO Sa1～2, Sa2) 動力工具処理(ISO St3)
JIS 耐候性鋼材	H型鋼	新規（原板）	ブラスト処理(ISO Sa2 1/2)
普通鋼材（SS400）	H型鋼	新規（原板）	ブラスト処理(ISO Sa2 1/2)

（2）前処理

試験体の前処理および塗装は橋梁工場に搬入して実施した。前処理としてハンマー等によるさびを落とし、水洗による塩分除去, ブラスト処理, または動力工具処理による素地調

整を行った。

水洗後及び素地調整後に電導度法を用いて残存塩分量を測定した結果を表－4.3.2 に示す。表中の山側,海側は設置されている試験体の方向を示す。試験体の山側外面や内面では、水洗後及び素地調整後も残存塩分量が 100mg/m^2 を上回る箇所が多く見られた。鋼道路橋塗装・防食便覧では塗り替え塗装時においては被塗面の塩分量は 50mg/m^2 以下が望ましいとされており、その値を目標として該当箇所を中心に再度水洗を行った。なお、通常は素地調整後に水洗を行うことはない。

表－4.3.2　残存塩分量測定結果（単位：mg/m^2）

処理内容	試験体天板からの位置	海側外面			山側外面			海側内面	山側内面
		ブラスト処理 ISO Sa2	動力工具処理 ISO St3	ブラスト処理 ISO Sa1～2	ブラスト処理 ISO Sa2	動力工具処理 ISO St3	ブラスト処理 ISO Sa1～2	ブラスト処理 ISO Sa1～2	ブラスト処理 ISO Sa1～2
水洗後	100 mm	71	47	108	172	272	428	71	362
	400 mm	34	51	32	150	153	39	91	76
素地調整後	100 mm	33	36	50	106	189	178	89	119
	400 mm	33	31	22	59	119	48	82	106
再水洗後	100 mm	再水洗未実施	再水洗未実施	再水洗未実施	42	未測定	42	43	52
	400 mm	再水洗未実施	再水洗未実施	再水洗未実施	再水洗未実施	再水洗未実施	再水洗未実施	未測定	未測定

（３）素地調整

鋼道路橋塗装・防食便覧の塗り替え塗装仕様の素地調整方法に準じてブラスト処理または動力工具処理を適用し、その目標グレードは ISO 8501-1 Sa2 1/2,Sa ２（ブラスト処理)、および St ３（動力工具処理）の３つの条件とした。１つの試験体の中に３つの素地調整方法が組み込まれるように行った。ブラスト処理の研掃材にはガーネットを用いた。素地調整時の状況を写真－4.3.5 に示す。

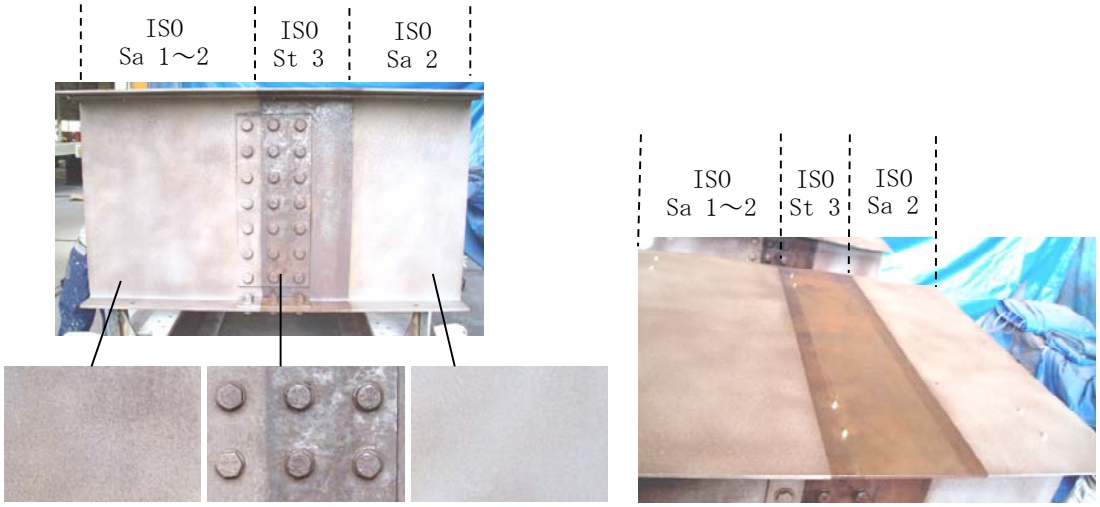


写真－4.3.5　素地調整時の状況

ISO 8501-1 Sa2 1/2,Sa ２を目標にブラスト処理を行ったが、本検討に用いた試験体のブラスト処理にはかなりの時間を要した。一般塗装系が塗装され全面さびが生じた普通鋼材を処理する場合と比べて異状さびが生成した耐候性鋼材の試験体の処理には、およそ３～４倍の時間がかかり処理するのに要したガーネットの量も約 30 ㎡につき 2.5 ｔで､同様の形状の普通鋼材を処理するのに必要な量の約３倍であった。それでもなお処理面にはさびが局部的に散見し目標の処理程度まで到達することができなかった。素地調整の到達程度を表－4.3.3 に示す。また、動力工具処理においても同様に時間を要した。耐候性鋼材は普通鋼材と比べて緻密で強固なさびが生成されるために、さびの除去が困難であったと考えられる。残存した硬いさびの奥深くにはなおも塩分が入り込んでいるものと考えられる。素地調整後の状態を写真－4.3.6 に示す。

表－4.3.3　素地調整の到達程度

処理方法	目標程度	到達程度
ブラスト処理	ISO Sa2 1/2	ISO Sa ２
ブラスト処理	ISO Sa ２	ISO Sa １～２
動力工具処理	ISO St ３	ISO St ３



写真－4.3.6　素地調整後の状態（左：側面、右：天井面）

（３）塗装

前処理後の塗装仕様を表－4.3.4 に示す。鋼道路橋塗装・防食便覧の Rc-Ⅰおよび Rc-Ⅱ塗装系に準じた塗装方法はスプレー塗装とし、各工程の塗装間隔は 1 日、最終塗装から再暴露までの乾燥は約 20 日とした。比較のH型鋼試験体についてもブラストした後に同様の塗装を施した。塗装時の状況を写真－4.3.7 に示す。

表－4.3.4　塗装仕様

塗装工程	塗料名	膜厚（μm）
１層目	厚膜形有機ジンクリッチペイント	75
２層目	弱溶剤形厚膜形変性エポキシ樹脂塗料	120
３層目	弱溶剤形厚膜形ふっ素樹脂塗料	50



写真－4.3.7　塗装時の状況

（４）暴露試験

塗装後の試験体は工場から運搬して再度北陸暴露試験場に設置し５年間暴露試験に供した。運搬及び設置の状況を写真－4.3.8 に示す。塗膜の調査項目は外観（一般部,フランジ部,ボルト部のさび,膨れ,カット部の片側膨れ幅）,付着性（一般部）とした。さびは発生面積%（ASTM D610-01)、膨れは大きさ及び頻度（ASTM D714-02)、付着性はエルコメーター社製のアドヒージョンテスターを用いて付着強度とはく離箇所（ASTM D4541-02）で評価を行った。また、膨れ部については、浮き上がった塗膜を切り取って採取し断面を観察した。光学顕微鏡による観察と電子線マイクロアナライザー（Electron Probe Micro Analyzer, EPMA）による Ti,Zn,Fe,Cℓ の元素分析を行い膨れが発生した層（箇所）の特定と各層における塩分の含有について調べた。



写真－4.3.8　試験体の設置状況

暴露３年経過の時点で試験体に付着した塩分量を電導度法にて測定した。その結果を表－4.3.5 に示す。海側と比べて山側で高い数値となる傾向があり測定前日は降雨であったにも関わらず外面山側の上フランジ下面や内面の天井面では機器の測定限界の 1999mg/m^2 を超える高い値であった。このことは飛来した塩分が滞留していることを示唆している。

表－4.3.5　暴露３年経過後の付着塩分量（単位：mg/m^2）

部位	外面					内面		
	天井面	側面		上フランジ下面	下フランジ上面	天井面	側面	
		上部	下部				上部	下部
山側	208	101	110	1999 以上	324	1999 以上	835	425
		665	270	1999 以上	272		440	270
海側	371	19	14	160	360	567	276	605
		36	25	300	270		1001	245

４．３．３　調査結果

（１）調査方法

試験体の種類は、JIS 耐候性鋼材模擬試験体、ニッケル系高耐候性模擬鋼材 A、ニッケル系高耐候性模擬鋼材 B、JIS 耐候性鋼材Ｈ型鋼試験体、普通鋼材Ｈ型鋼試験体の５種類を調査した。模擬試験体については、ブラスト処理（ISO Sa ２及び Sa １～２）面、電動工具処理（ISO St ３）面の３区分した。また、Ｈ型鋼試験体については、ブラスト処理（ISO Sa2 1/2）面を調査した。模擬試験体の調査対象箇所は、外面海側,外面山側,外面天井面,内面海側,内面山側,内面天井面の６面を、Ｈ型鋼試験体の調査対象箇所は、海側面,山側面,天井面の３面を調査した。

調査項目は、外観観察として、一般部のさび,膨れ、上フランジ下面のさび,膨れ、下フランジ上面のさび,膨れ、ボルト部のさび,カット部の片側膨れ幅を調査した。さびは発生面積％（ASTM D610-01）、膨れは大きさ及び頻度（ASTM D714-02）、カット部の片側膨れ幅は最大値（mm）を記録した。付着性はエルコメーター社製のアドヒージョンテスターを用いて、付着強度とはく離箇所（ASTM D4541-02）を記録した。調査は暴露開始から５年目まで１年毎に実施した。

（２）外観調査結果

暴露開始から５年目まで１年毎に調査した結果を、各試験体の各素地調整方法毎に表にまとめた。JIS 耐候性鋼材試験体については表－4.3.6～4.3.8 に、ニッケル系高耐候性鋼材 A 試験体については表－4.3.9～4.3.11 に、ニッケル系高耐候性鋼材 B 試験体については表－4.3.12～4.3.14 に、比較のＨ型鋼試験体については表－4.3.15,4.3.16 に示す。

表－4.3.6　JIS 耐候性鋼材の橋梁模擬試験体の外観経年変化

（ブラスト処理（ISO Sa ２）面）

評価部位			暴露経過年数				
			１年	２年	３年	４年	５年
外面	海側面	一般部	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし
		上フランジ下面	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	さび１ヶ
		下フランジ上面	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし
		カット部	０ mm	０ mm	０ mm	０ mm	０ mm
	山側面	一般部	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし
		上フランジ下面	異状なし	異状なし	異状なし	さび１ヶ	さび２ヶ 天板取付 ボルト周 りさび
		下フランジ上面	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	さび２ケ 膨れ 8VF
		カット部	０ mm	０ mm	０ mm	０ mm	１ mm
	天井面	一般部	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし
		カット部	０ mm	０ mm	０ mm	０ mm	１ mm
内面	海側面	一般部	異状なし	さび 0.03%	さび 0.03%	さび 0.03%	さび 0.03%
		上フランジ下面	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	天板取付 ボルト周 りさび
		下フランジ上面	異状なし	エッジ さび	エッジ さび	エッジ さび	エッジ さび
		カット部	０ mm	１ mm	１ mm	５ mm	７ mm
	山側面	一般部	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし
		上フランジ下面	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	さび２ヶ 天板取付 ボルト周 りさび
		下フランジ上面	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	エッジ さび
		カット部	０ mm	０ mm	０ mm	０ mm	２ mm
	天井面	一般部	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし
		カット部	０ mm	０ mm	０ mm	０ mm	３ mm

表－4.3.7　JIS 耐候性鋼材の橋梁模擬試験体の外観経年変化

（ブラスト処理（ISO Sa １～２）面）

評価部位			暴露経過年数				
			１年	２年	３年	４年	５年
外面	海側面	一般部	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし
		上フランジ下面	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	さび２ヶ天板取付ボルト周りさび
		下フランジ上面	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし
		ボルト部	異状なし	さび	さび	さび	さび
		カット部	０ ㎜	０ ㎜	０ ㎜	０ ㎜	１ ㎜
	山側面	一般部	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし
		上フランジ下面	異状なし	さび１ヶ	さび１ヶ	さび１ヶ	さび１ヶ天板取付ボルト周りさび
		下フランジ上面	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし
		ボルト部	さび	さび	さび	さび、われ	さび、われ
		カット部	０ ㎜	０ ㎜	０ ㎜	０ ㎜	１ ㎜
	天井面	一般部	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし
		カット部	０ ㎜	０ ㎜	０ ㎜	０ ㎜	１ ㎜
内面	海側面	一般部	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし
		上フランジ下面	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし
		下フランジ上面	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	エッジさび１ヶ
		ボルト部	異状なし	さび	さび	さび	さび
		カット部	０ ㎜	１ ㎜	１ ㎜	１ ㎜	３ ㎜
	山側面	一般部	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	さび１ヶ
		上フランジ下面	異状なし	エッジさび	エッジさび	エッジさび	エッジさび
		下フランジ上面	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	エッジさび
		ボルト部	さび	さび	さび	さび	さび
		カット部	０ ㎜	１ ㎜	１ ㎜	１ ㎜	１ ㎜
	天井面	一般部	異状なし	さび 0.03%	さび 0.03%	さび 0.03%	さび 0.03%
		カット部	０ ㎜	０ ㎜	０ ㎜	０ ㎜	７ ㎜

表－4.3.8　JIS 耐候性鋼材の橋梁模擬試験体の外観経年変化

（動力工具処理（ISO St ３）面）

評価部位			暴露経過年数				
			１年	２年	３年	４年	５年
外面	海側面	一般部	さび 0.03% 膨れ 2-4MD	さび 0.3% 膨れ 2-4MD	さび 0.3% 膨れ 2-4MD	さび 0.3% 膨れ 2-4MD われ	さび 0.3% 膨れ 2M われ
		上フランジ下面	さび 1% 膨れ 2D	さび 1% 膨れ 2D	さび 1% 膨れ 2D	さび 1% 膨れ 2D	さび 3% 膨れ 2D
		下フランジ上面	異状なし	異状なし	膨れ 6VF	膨れ 6VF	異状なし
		ボルト部	さび	さび	さび	さび 膨れ	さび 膨れ 4M
		カット部	0 mm	2 mm	2 mm	2 mm	4 mm
	山側面	一般部	さび 0.3% 膨れ 2-4D	さび 1% 膨れ 2-4MD	さび 1-3% 膨れ 2-4D	さび 3% 膨れ 2-4D われ	さび 3% 膨れ 2D われ
		上フランジ下面	さび 0.3% 膨れ 2-4D	さび 1% 膨れ 2-4MD	さび 1% 膨れ 2-4D	さび 3% 膨れ 2-4D われ	さび 3% 膨れ 2-4D われ
		下フランジ上面	さび 0.03% 膨れ 2-4D	さび 0.03% 6mmφ膨れ 1	さび 0.03% 6mmφ膨れ 1	さび 0.03% 6mmφ膨れ 1 こぶさび	さび 0.03% こぶさび
		ボルト部	さび	著しいび、 膨れ	著しいび、 膨れ	著しいさび、 膨れ	著しいさび、 膨れ
		カット部	0 mm （さびあり）	2 mm	2 mm	2 mm	3 mm
	天井面	一般部	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし
		カット部	0 mm	0 mm	0 mm	0 mm	1 mm
内面	海側面	一般部	さび 0.3-1% 膨れ 2D	さび 1% 膨れ 2D	さび 3% 膨れ 2D	さび 3% 膨れ 2D<	さび 3% 膨れ 2D
		上フランジ下面	さび 0.03% 膨れ 2D	さび 0.03% 膨れ 2D	さび 0.1% 膨れ 2D	さび 0.1% 膨れ 2D<	さび 0.1% 膨れ 2D われ
		下フランジ上面	さび 0.03% 膨れ 2D	さび 0.03% 膨れ 2D	さび 0.3% 膨れ 2D	さび 0.3% 膨れ 2D<	さび 3% 膨れ 2D
		ボルト部	さび	著しいさび、 膨れ	著しいさび、 膨れ	著しいさび、 膨れ	著しいさび、 膨れ
		カット部	0 mm	3 mm	3 mm	10mm	12mm
	山側面	一般部	さび 0.03% 膨れ 2-4D	さび 0.03% 膨れ 4F	さび 0.03% 膨れ 2-4FM	さび 0.03% 膨れ 2MD （上部）	さび 0.1% 膨れ 2MD （上部）
		上フランジ下面	膨れ 2D	さび 0.03% 膨れ 2D	さび 0.03% 膨れ 2D	さび 0.03% 膨れ 2D	さび 0.1% 膨れ 2D
		下フランジ上面	エッジさび 膨れ 2D	さび 0.03% 膨れ 2F	さび 0.03% 膨れ 2F	さび 0.03% 膨れ 2F	さび 0.1% 膨れ 2D
		ボルト部	さび	さび、膨れ	さび、膨れ	さび、膨れ	さび、膨れ
		カット部	0 mm	2 mm	2 mm	2 mm	5 mm
	天井面	一般部	さび 0.1% 膨れ 2D	さび 0.3-1% 膨れ 2D	さび 0.3-1% 膨れ 2D	さび 3% 膨れ 2D	さび 10% 膨れ 2D
		カット部	0 mm	0 mm	0 mm	0 mm	9 mm

表－4.3.9　ニッケル系高耐候性鋼材 A の橋梁模擬試験体の外観経年変化

（ブラスト処理（ISO Sa ２）面）

評価部位			暴露経過年数				
			１年	２年	３年	４年	５年
外面	海側面	一般部	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし
		上フランジ下面	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし
		下フランジ上面	エッジさび	エッジさび	エッジさび	エッジさび	エッジさび
		カット部	0 mm	0 mm	0 mm	0 mm	1 mm
	山側面	一般部	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし
		上フランジ下面	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし 天板取付ボルト周りさび
		下フランジ上面	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし
		カット部	0 mm	0 mm	0 mm	0 mm	2 mm
	天井面	一般部	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし
		カット部	0 mm	0 mm	0 mm	0 mm	1 mm
内面	海側面	一般部	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	さび１ヶ
		上フランジ下面	異状なし	異状なし	異状なし	さび２ヶ	さび３ヶ
		下フランジ上面	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	エッジさび１ヶ
		カット部	0 mm	0 mm	0 mm	0 mm	3 mm
	山側面	一般部	異状なし	異状なし	異状なし	さび２ヶ	さび 0.03% 膨れ 6F
		上フランジ下面	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし
		下フランジ上面	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし
		カット部	0 mm	0 mm	0 mm	0 mm	4 mm
	天井面	一般部	異状なし	異状なし	異状なし	さび２ヶ	さび２ヶ
		カット部	0 mm	0 mm	0 mm	0 mm	4 mm

表－4.3.10　ニッケル系高耐候性鋼材 A 橋梁模擬試験体の外観経年変化

（ブラスト処理（ISO Sa １～２）面）

評価部位			暴露経過年数				
			１年	２年	３年	４年	５年
外面	海側面	一般部	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし
		上フランジ下面	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし
		下フランジ上面	エッジさび	エッジさび	エッジさび	エッジさび	エッジさび
		ボルト部	異状なし	ややさび	ややさび	ややさび	ややさび
		カット部	０ mm	０ mm	０ mm	０ mm	２ mm
	山側面	一般部	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし
		上フランジ下面	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし
		下フランジ上面	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし
		ボルト部	さび	ややさび	ややさび	ややさび	ややさび
		カット部	０ mm	０ mm	０ mm	０ mm	１ mm
	天井面	一般部	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし
		カット部	０ mm	０ mm	０ mm	０ mm	１ mm
内面	海側面	一般部	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	さび１ヶ
		上フランジ下面	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし
		下フランジ上面	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	エッジさび
		ボルト部	異状なし	ややさび	ややさび	ややさび	さび
		カット部	０ mm	０ mm	０ mm	０ mm	３ mm
	山側面	一般部	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	さび１ヶ
		上フランジ下面	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし
		下フランジ上面	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	エッジさび
		ボルト部	さび	異状なし	異状なし	さび	ややさび
		カット部	０ mm	０ mm	０ mm	０ mm	４ mm
	天井面	一般部	異状なし	異状なし	異状なし	さび３ヶ	さび３ヶ
		カット部	０ mm	０ mm	０ mm	０ mm	５ mm

表－4.3.11　ニッケル系高耐候性鋼材 A の橋梁模擬試験体の外観経年変化

（動力工具処理（ISO St ３）面）

評価部位			暴露経過年数				
			１年	２年	３年	４年	５年
外面	海側面	一般部	さび 0.03% 膨れ 2D	膨れ 2-4D	膨れ 2-4D	膨れ 2-4D	さび 0.1% 膨れ 2-4D
		上フランジ下面	さび 1% 膨れ 2D	さび 0.3-1% 膨れ 2D	さび 1% 膨れ 2D	さび 1% 膨れ 2D われ	さび 1% 膨れ 2D われ
		下フランジ上面	膨れ 2D	異状なし	さび 0.1% 膨れ 2-4F	さび 0.1% 膨れ 2-4F	さび 0.3% 膨れ 2M
		ボルト部	さび	さび 2-4D	さび	さび	さび 膨れ 6M
		カット部	０ mm	１ mm	１ mm	１ mm	５ mm
	山側面	一般部	さび 0.03% 膨れ 2-4MD	さび 0.03-0.1%	さび 0.1% 膨れ 2-4D	さび 0.1% 膨れ 2-4D	さび 0.3% 膨れ 2-4D
		上フランジ下面	さび 1% 膨れ 2D	さび 3% 膨れ 2D	さび 3% 膨れ 2D	さび 3%、膨れ 2D、われ	さび 10%、膨れ 2D、われ
		下フランジ上面	エッジさび 膨れ 4MD	膨れ 4-6F	膨れ 4F-M	さび 0.1% 膨れ 6M	さび 0.3% 膨れ 6M
		ボルト部	さび	著しいさび、膨れ	著しいさび、膨れ	著しいさび、膨れ	著しいさび、膨れ
		カット部	０ mm	２ mm	２ mm	３ mm	４ mm
	天井面	一般部	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし
		カット部	０ mm	０ mm	０ mm	０ mm	２ mm
内面	海側面	一般部	膨れ 2D	膨れ 4D	さび 0.03% 膨れ 2-4D	さび 0.1% 膨れ 2-4D	さび 0.3% 膨れ 2-4D
		上フランジ下面	さび 0.03% 膨れ 2D	さび 0.3% 膨れ 2D	さび 0.3% 膨れ 2D	さび 0.3% 膨れ 2D	さび 1% 膨れ 2D
		下フランジ上面	膨れ 2D	さび 0.03% 膨れ 2D	さび 0.03% 膨れ 2D	さび 1% 膨れ 2D	さび 0.3% 膨れ 2D
		ボルト部	さびあり	著しい膨れ、さびあり	著しい膨れ、さびあり	著しい膨れ、さびあり	著しい膨れ、さびあり
		カット部	０ mm	１ mm	１ mm	１ mm	７ mm
	山側面	一般部	さび 0.3% 膨れ 4D	さび 1% 膨れ 2-4D	さび 1% 膨れ 2-4D	さび 1% 膨れ 2-4D	さび 1% 膨れ 2-4D
		上フランジ下面	異状なし	膨れ 4D	さび 0.03% 膨れ 4D	さび 0.03% 膨れ 4D	さび 0.3% 膨れ 2D
		下フランジ上面	異状なし	エッジさび 膨れ 4M	エッジさび 膨れ 4M	エッジさび 膨れ 4M	エッジさび 膨れ 4M
		ボルト部	さび	さび、膨れ	さび、膨れ	さび、膨れ	さび、 膨れ 2D
		カット部	０ mm	３ mm	３ mm	４ mm	６ mm
	天井面	一般部	さび 0.1% 膨れ 2D	さび 1% 膨れ 2D	さび 1% 膨れ 2D	さび 3% 膨れ 2D	さび 10% 膨れ 2D
		カット部	０ mm	０ mm	０ mm	０ mm	８ mm

表－4.3.12　ニッケル系高耐候性鋼材Bの橋梁模擬試験体の外観経年変化

（ブラスト処理（ISO Sa ２）面）

評価部位			暴露経過年数				
			１年	２年	３年	４年	５年
外面	海側面	一般部	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし
		上フランジ下面	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし
		下フランジ上面	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし
		カット部	０ mm	０ mm	０ mm	０ mm	１ mm
	山側面	一般部	異状なし	異状なし	異状なし	さび１ヶ	さび１ヶ
		上フランジ下面	異状なし	異状なし	異状なし	さび１ヶ	さび１ヶ 天板取付ボルト周りさび
		下フランジ上面	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし
		カット部	０ mm	０ mm	０ mm	０ mm	１ mm
	天井面	一般部	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし
		カット部	０ mm	０ mm	０ mm	０ mm	１ mm
内面	海側面	一般部	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	さび４ヶ
		上フランジ下面	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし
		下フランジ上面	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	エッジさび
		カット部	０ mm	０ mm	０ mm	２ mm	５ mm
	山側面	一般部	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	さび１ヶ
		上フランジ下面	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし
		下フランジ上面	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし
		カット部	０ mm	０ mm	０ mm	０ mm	３ mm
	天井面	一般部	異状なし	異状なし	異状なし	さび１ヶ	さび１ヶ
		カット部	０ mm	０ mm	０ mm	１ mm	４ mm

表－4.3.13　ニッケル系高耐候性鋼材Bの橋梁模擬試験体の外観経年変化

（ブラスト処理（ISO Sa １～２）面）

評価部位			暴露経過年数				
			１年	２年	３年	４年	５年
外面	海側面	一般部	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	さび１ヶ
		上フランジ下面	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし
		下フランジ上面	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	エッジさび
		ボルト部	さび	異状なし	さび	さび	さび
		カット部	０ ㎜	０ ㎜	０ ㎜	０ ㎜	２ ㎜
	山側面	一般部	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし
		上フランジ下面	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	天板取付ボルト周りさび
		下フランジ上面	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし
		ボルト部	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし
		カット部	０ ㎜	０ ㎜	０ ㎜	０ ㎜	１ ㎜
	天井面	一般部	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし
		カット部	０ ㎜	０ ㎜	０ ㎜	０ ㎜	１ ㎜
内面	海側面	一般部	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし
		上フランジ下面	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし
		下フランジ上面	異状なし	エッジさび	エッジさび	エッジさび	エッジさび
		ボルト部	さび	さび	さび	さび	さび
		カット部	０ ㎜	０ ㎜	０ ㎜	０ ㎜	３ ㎜
	山側面	一般部	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし
		上フランジ下面	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし
		下フランジ上面	異状なし	エッジさび	エッジさび	エッジさび	エッジさび
		ボルト部	異状なし	さび	さび	さび	さび
		カット部	０ ㎜	１ ㎜	１ ㎜	３ ㎜	７ ㎜
	天井面	一般部	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし
		カット部	０ ㎜	０ ㎜	０ ㎜	０ ㎜	１ ㎜

表－4.3.14　ニッケル系高耐候性鋼材 B の橋梁模擬試験体の外観経年変化

（動力工具処理（ISO St ３）面）

評価部位			暴露経過年数				
			１年	２年	３年	４年	５年
外面	海側面	一般部	膨れ 2-4M	さび 0.03% 膨れ 2D	さび 0.03% 膨れ 2D	さび 0.03% 膨れ 2D	さび 0.03% 膨れ 2D
		上フランジ下面	さび 1% 膨れ 2D	さび 0.03% 膨れ 2D	さび 0.1% 膨れ 2D	さび 3% 膨れ 2D	さび 1% 膨れ 2D
		下フランジ上面	膨れ 2-4D	膨れ 2D	膨れ 2D	膨れ 2D	さびあり 膨れ 2D
		ボルト部	さび	さび 膨れ 2D	さび 膨れ 2D	さび 膨れ 2D	さび 膨れ 2D
		カット部	0 mm	2 mm	2 mm	2 mm	4 mm
	山側面	一般部	さび 0.3% 膨れ 2-4D	さび 0.1% 膨れ 2FM	さび 0.3% 膨れ 2-4M	さび 0.3% 膨れ 2-4M	さび 1% 膨れ 2-4M
		上フランジ下面	さび 3% 膨れ 2D	さび 3%,膨れ エッジわれ	さび 3%,膨れ エッジわれ	さび 3%,膨れ エッジわれ	さび 3%,膨れ エッジわれ
		下フランジ上面	膨れ 4M	異状なし	異状なし	異状なし	ボルト周り さび
		ボルト部	さび	さび	さび	さび、膨れ	さび、膨れ
		カット部	0 mm	2 mm	2 mm	2 mm	4 mm
	天井面	一般部	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし
		カット部	0 mm	0 mm	0 mm	0 mm	1 mm
内面	海側面	一般部	さび 0.03% 膨れ 2-4D	さび 0.03% 膨れ 2D	さび 0.03% 膨れ 2D	さび 0.03% 膨れ 2D	さび 0.03% 膨れ 2D
		上フランジ下面	さび 0.1% 膨れ 2-4D	さび 0.03-0.1% 膨れ 2D	さび 0.03-0.1% 膨れ 2D	さび 0.03-0.1% 膨れ 2D	さび 0.03% 膨れ 2D
		下フランジ上面	エッジ さびあり 膨れ 2-4D	膨れ 2D	さび 0.03% 膨れ 2D	さび 0.03% 膨れ 2D	さび 0.03% 膨れ 2D エッジさび
		ボルト部	さび	著しい さび、膨れ	著しい さび、膨れ	著しい さび、膨れ	著しい さび、膨れ
		カット部	0 mm	5 mm	5 mm	12mm	14mm
	山側面	一般部	さび 0.03% 膨れ 2-4D	さび 0.3% 膨れ 4D	さび 0.3% 膨れ 4D	さび 0.3% 膨れ 4D	さび 0.3% 膨れ 4D
		上フランジ下面	膨れ 4D	さび 0.3% 膨れ 2-4D	さび 0.3% 膨れ 2-4D	さび 0.3% 膨れ 2-4D	さび 0.3% 膨れ 2-4D
		下フランジ上面	膨れ 4M	異状なし	異状なし	異状なし	膨れ,われ
		ボルト部	さび	著しい さび、膨れ	著しい さび、膨れ	著しい さび、膨れ	さび,膨れ
		カット部	0 mm	2 mm	2 mm	2 mm	5 mm
	天井面	一般部	さび 0.3% 膨れ 4MD	さび 0.1-0.3% 膨れ 2D	さび 0.1-0.3% 膨れ 2D	さび 0.3% 膨れ 2D	さび 1% 膨れ 2M
		カット部	0 mm	1 mm	1 mm	2 mm	3 mm

表－4.3.15　JIS 耐候性鋼材のH型鋼試験体の外観経年変化

（ブラスト処理（ISO Sa2 1/2）面）

評価部位		暴露経過年数				
		１年	２年	３年	４年	５年
海側面	一般部	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし
	上フランジ下面	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし
	下フランジ上面	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし
	カット部	0 mm	0 mm	0 mm	0 mm	1 mm
山側面	一般部	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし
	上フランジ下面	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし
	下フランジ上面	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし
	カット部	0 mm	0 mm	0 mm	0 mm	2 mm
上面	一般部	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし
	カット部	0 mm	0 mm	1 mm	0 mm	1 mm

表－4.3.16　普通鋼材のH型鋼試験体の外観経年変化

（ブラスト処理（ISO Sa2 1/2）面）

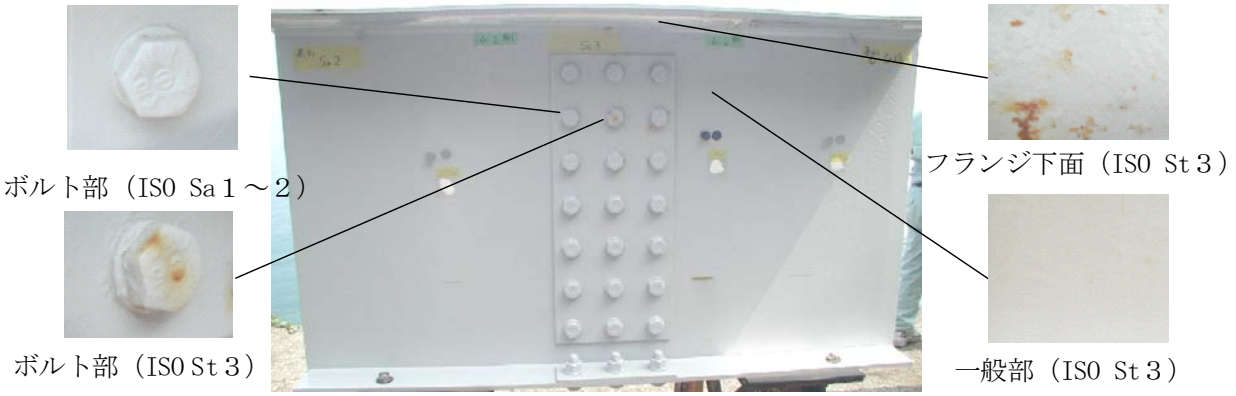
評価部位		暴露経過年数				
		１年	２年	３年	４年	５年
海側面	一般部	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし
	上フランジ下面	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし
	下フランジ上面	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし
	カット部	0 mm	0 mm	0 mm	0 mm	2 mm
山側面	一般部	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし
	上フランジ下面	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし
	下フランジ上面	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし
	カット部	0 mm	0 mm	0 mm	0 mm	2 mm
上面	一般部	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし	異状なし
	カット部	0 mm	1 mm	0 mm	1 mm	2 mm

素地調整方法の違いにより、補修塗膜に生じたさび及び膨れ発生程度の差が見られた。ブラスト処理面（ISO Sa ２,Sa １～２）ではさび、膨れが僅かであったのに対し、動力工具処理面（ISO St ３）では多くの部位において 0.03%～10%程度のさび、6M～2D 程度の膨れが見られた。また、ブラスト処理面では、経年の変化は僅かであるが動力工具処理面では経時でさび、膨れの程度が大きくなっている。

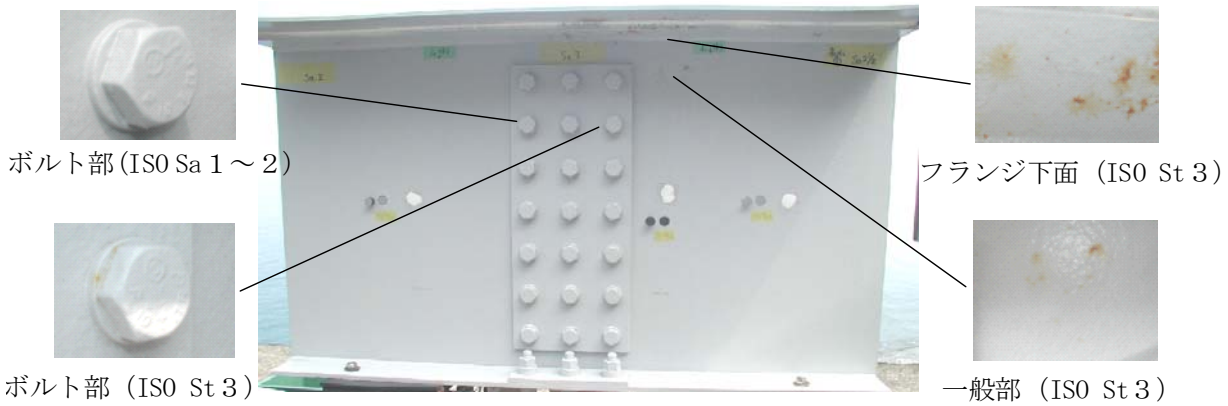
暴露開始から５年経過した時点において、わずかではあるが耐候性鋼材種による違いが見られた。暴露開始から１年毎に調査した各試験体の外面山側の状況を写真－4.3.7～4.3.11 に、５年経過後の各試験体の外面海側の状況を写真－4.3.12 に示す。ブラスト処理面における鋼材種の違いはほとんど見られないが、電動工具処理面において、JIS 耐候性鋼材と比べてニッケル系高耐候性鋼材のさびの発生程度が僅かに少ない傾向が見られた。また、ニッケル系高耐候性鋼材種についても、A は B よりさびの発生程度がわずかに少ない傾向が見られた。比較として設置したH型鋼試験体については、普通鋼材と JIS 耐候性鋼材共に一般部、フランジ部においてさび、膨れは全く発生しておらず良好な状態であった。



JIS 耐候性鋼材試験体

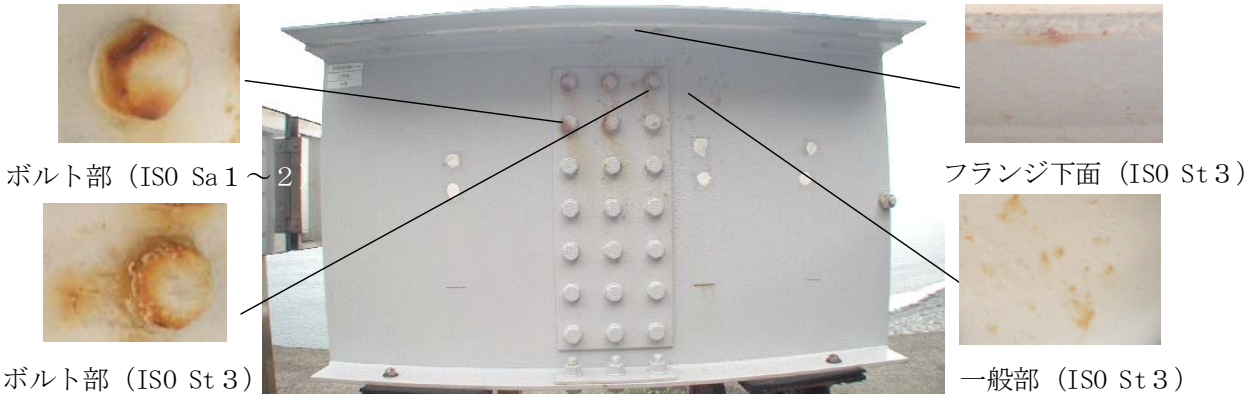


ニッケル系高耐候性鋼材 A

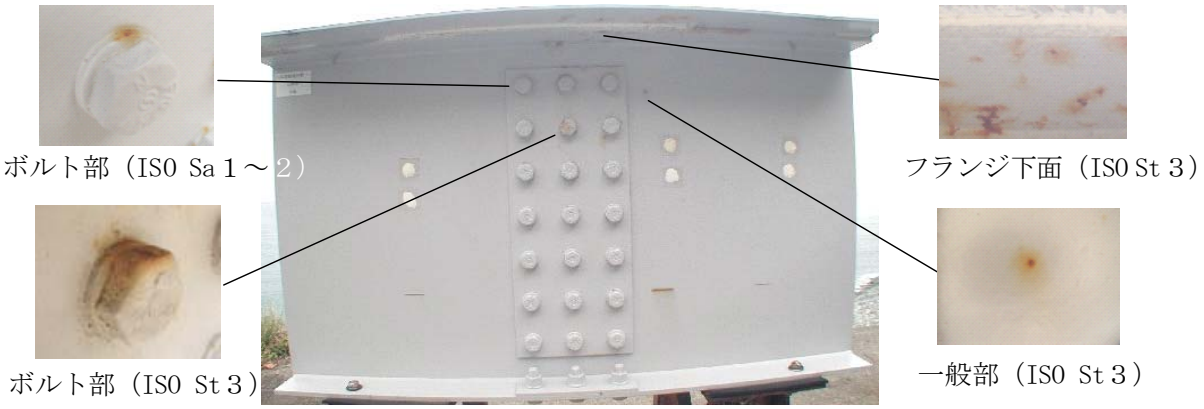


ニッケル系高耐候性鋼材 B

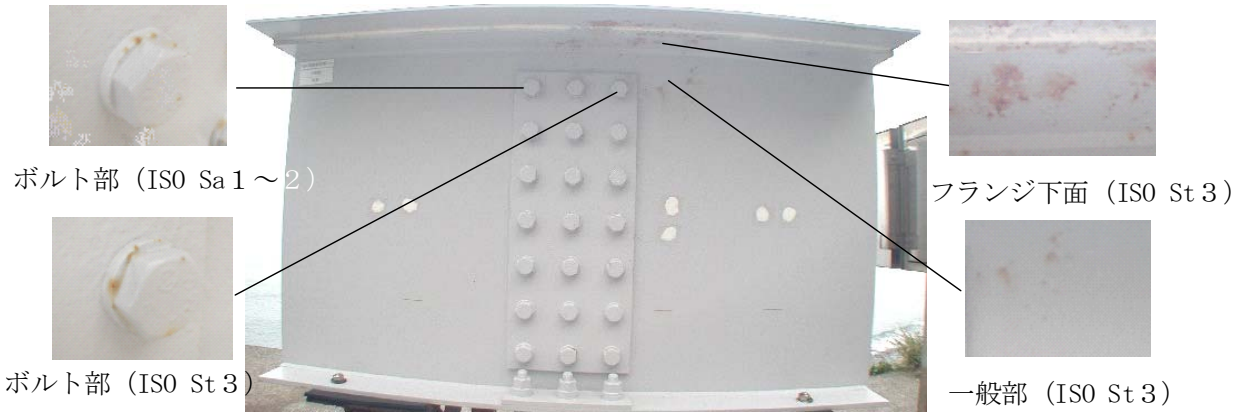
写真－4.3.7　暴露１年経過後の各試験体の外面山側の状況



JIS 耐候性鋼材試験体

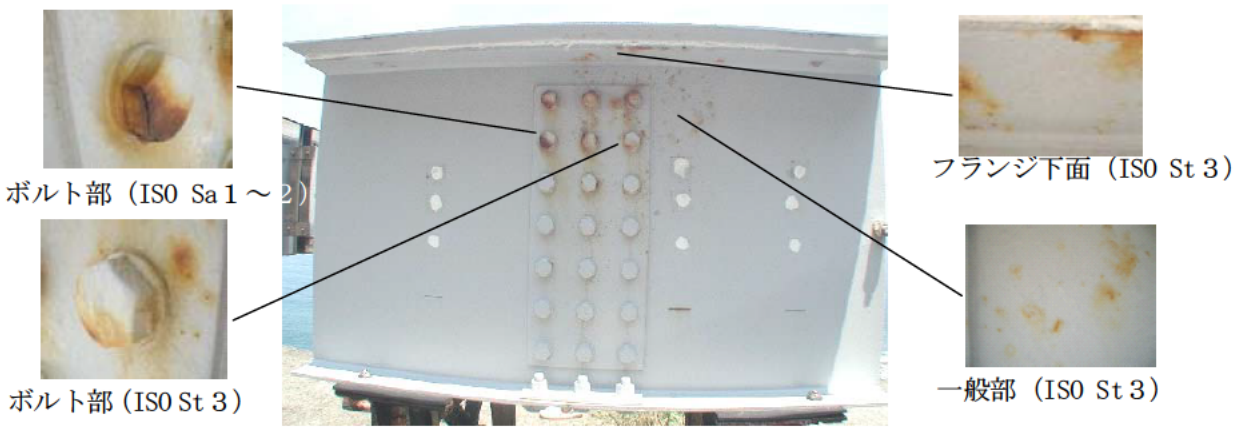


ニッケル系高耐候性鋼材 A

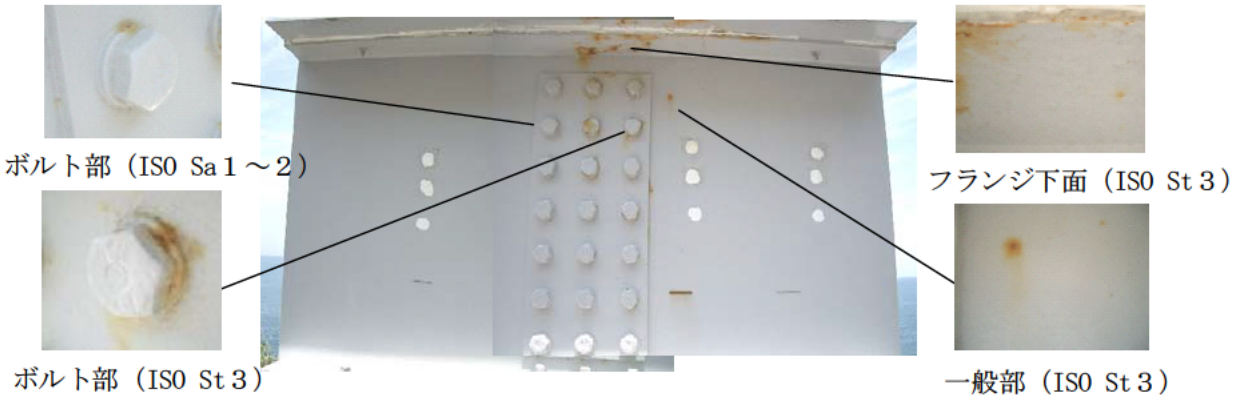


ニッケル系高耐候性鋼材 B

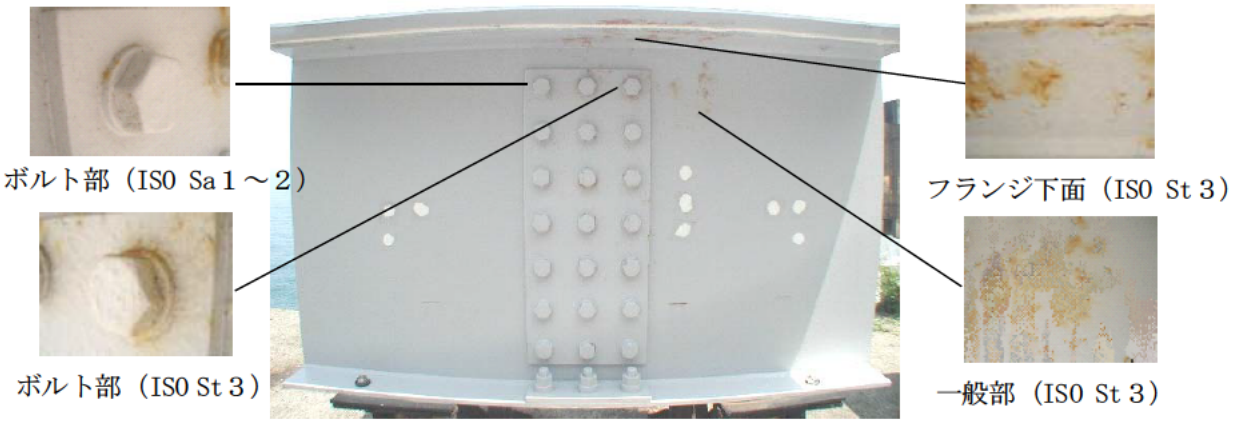
写真－4.3.8　暴露２年経過後の各試験体の外面山側の状況



JIS 耐候性鋼材試験体

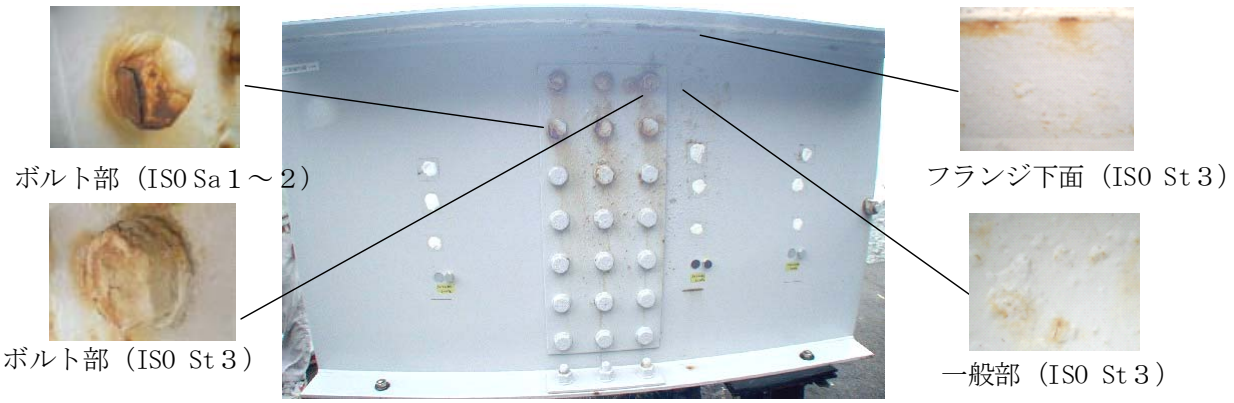


ニッケル系高耐候性鋼材 A

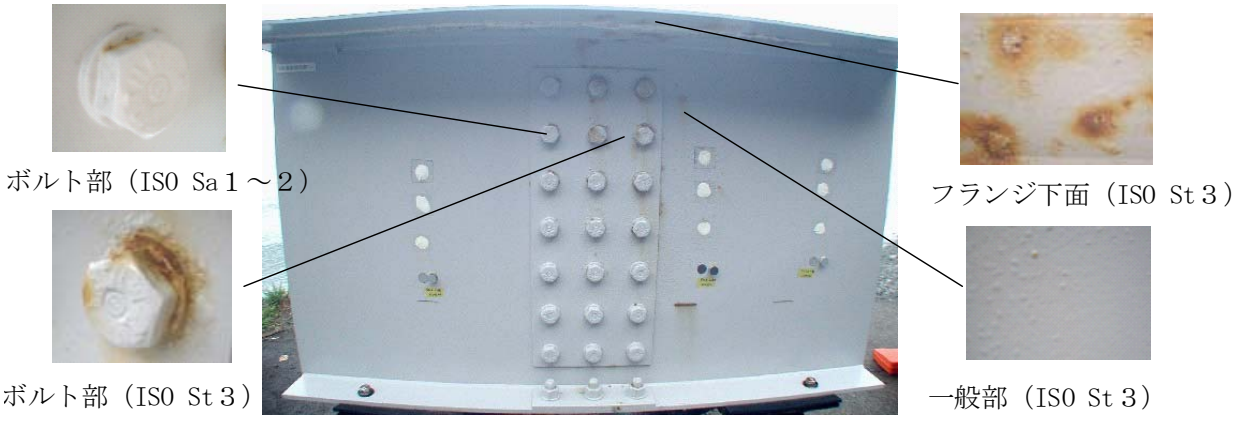


ニッケル系高耐候性鋼材 B

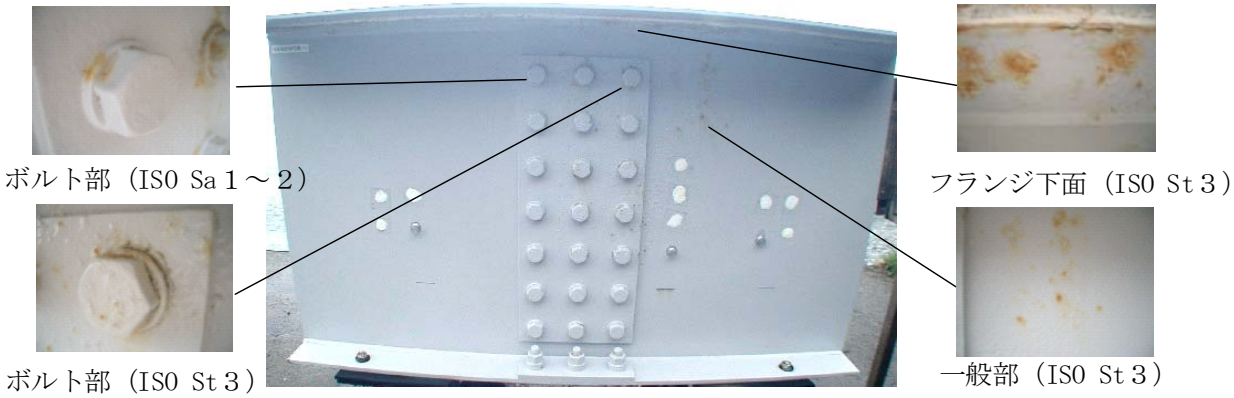
写真－4.3.9　暴露３年経過後の各試験体の外面山側の状況



JIS 耐候性鋼材試験体

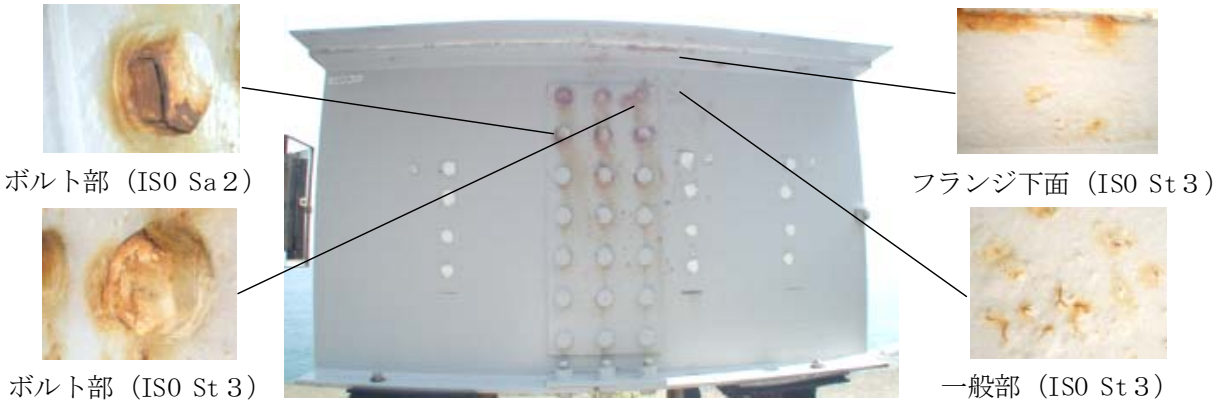


ニッケル系高耐候性鋼材 A

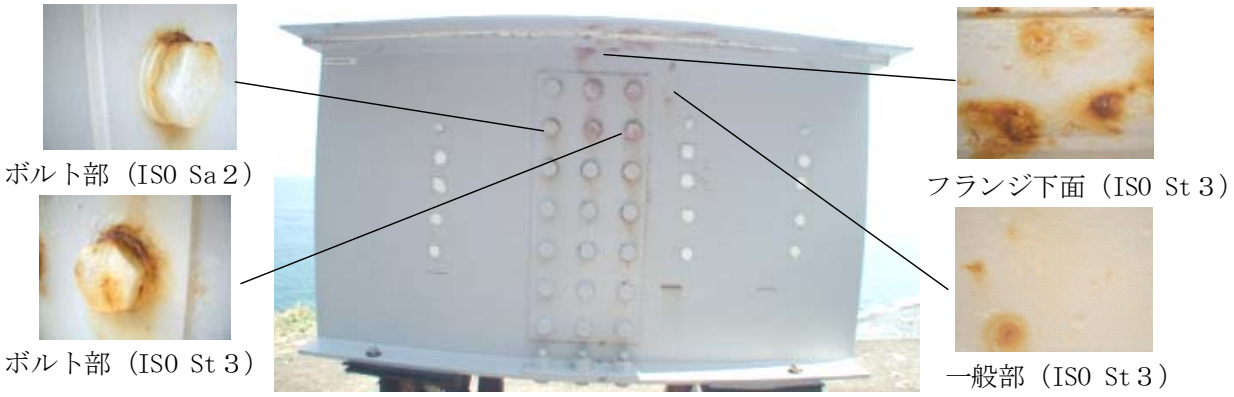


ニッケル系高耐候性鋼材 B

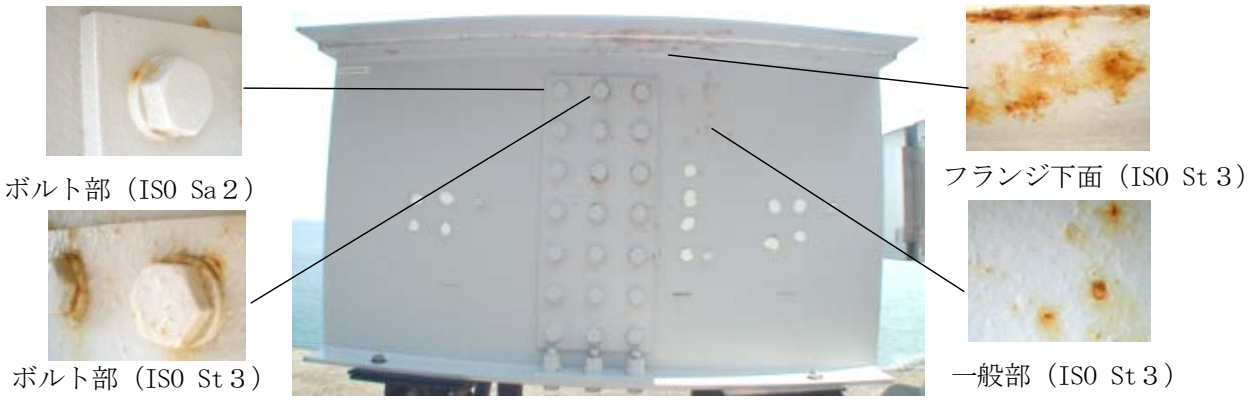
写真－4.3.10　暴露４年経過後の各試験体の外面山側の状況



JIS 耐候性鋼材試験体

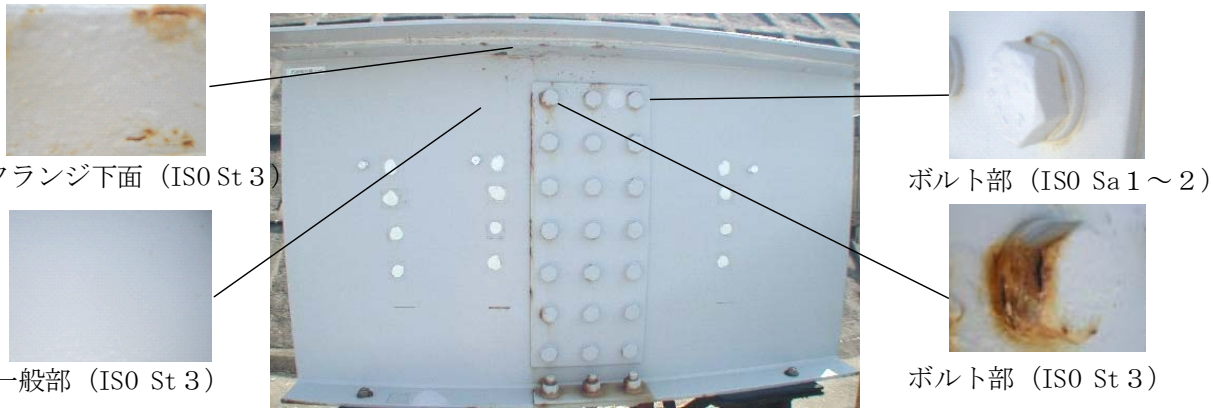


ニッケル系高耐候性鋼材 A

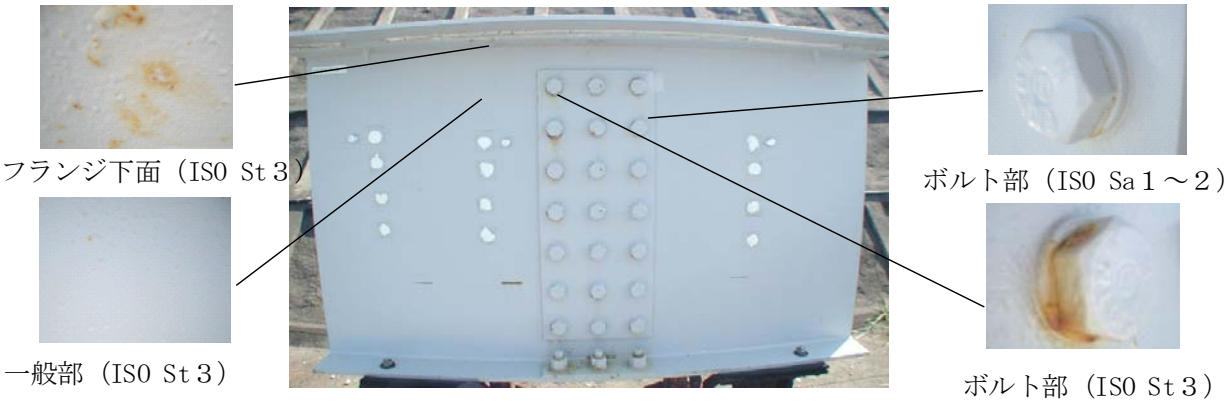


ニッケル系高耐候性鋼材 B

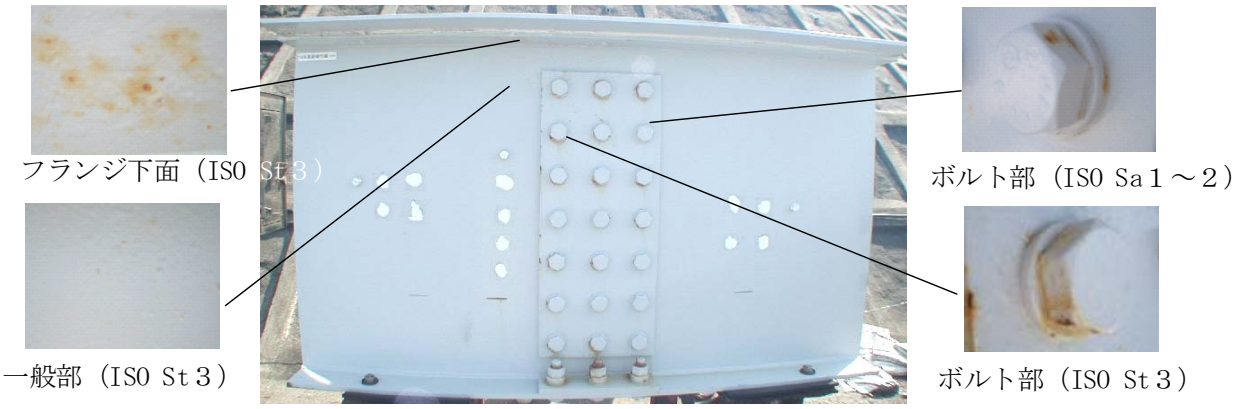
写真－4.3.11　暴露５年経過後の各試験体の外面山側の状況



JIS 耐候性鋼材試験体



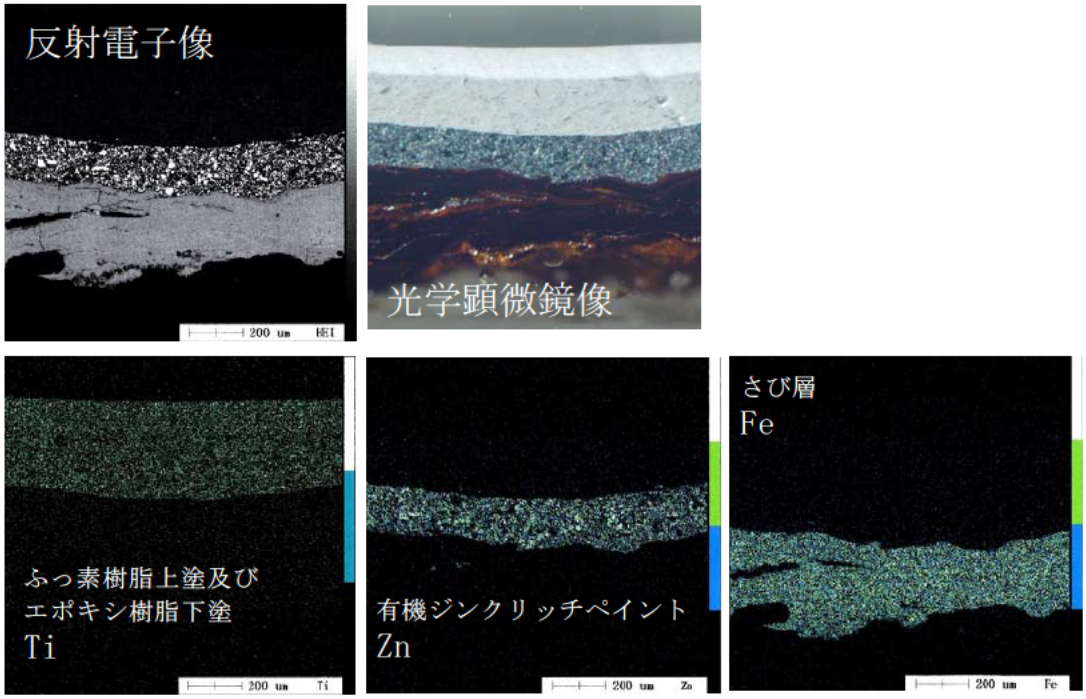
ニッケル系高耐候性鋼材 A



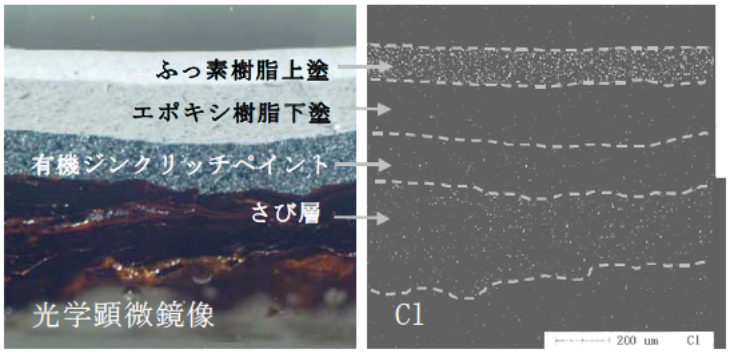
ニッケル系高耐候性鋼材 B

写真－4.3.12　暴露５年経過後の各試験体の外面海側の状況

動力工具処理面に発生した膨れについて観察した結果について以下述べる。観察は暴露３年目の時点で調査を行った。JIS 耐候性鋼材試験体の海側内面の動力工具処理面に発生した膨れ部位を採取し断面を光学顕微鏡で観察し、更に、EPMA にて Ti,Zn,Fe の元素分析を行った結果を図－4.3.6 に示す。Ti 及び Zn 元素の存在から、採取片の上層３層は、ふっ素樹脂上塗、エポキシ樹脂下塗、有機ジンクリッチペイントであることが確認できた。採取片の最下層は Fe が多く含まれることからさび層であり、膨れの発生箇所は鋼素地表面のさび層内からであることが明らかとなった。Cℓ の元素分析結果を図－4.3.7 に示す。さび層内にはわずかではあるが Cℓ が見られ塩分が残存していることを示唆している。動力工具では除去しきれなかった強固でかつ塩分を含むさび層が原因となって、塗膜の早期の劣化（さび、膨れ発生）に至ったと推定する。なお、ふっ素樹脂上塗層内に Cℓ が多く見られるのはふっ素樹脂に含まれる Cℓ 原子によるものである。



図－4.3.6　膨れ塗膜断面の EPMA による Ti,Zn,Fe の元素分析



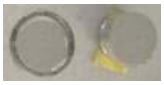
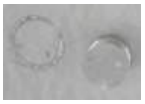
図－4.3.7　膨れ塗膜断面の EPMA による Cℓ の元素分析

（３）付着性評価結果

付着性評価はエルコメーター社のアドヒージョンテスターを用いて行った。暴露開始暴露初期と暴露開始から５年目まで１年毎に調査した。ただし、２年目は実施しなかった。調査結果を各試験体の各素地調整方法毎に表にまとめた。JIS 耐候性鋼材試験体については表－4.3.17～4.3.19 に、ニッケル系高耐候性鋼材 A 試験体については表－4.3.20～4.3.22 に、ニッケル系高耐候性鋼材 B 試験体については表－4.3.23～4.3.25 に、比較のＨ型鋼試験体については表－4.3.26,4.3.27 に示す。いずれの調査時においても耐候性鋼材種による差違は見られず、素地調整方法による違いが明確に見られた。ブラスト処理面では外面における付着強度は３～７ MPa 程度の強度を示し実用上は問題ないのに対し、電動工具処理面では付着強度は１～２ MPa 程度と低めであり、残存したさび層からのはく離であった。動力工具処理では耐候性鋼材の表層に強固に形成したさび層を完全に除去できなかったため、残存したさび層が付着性試験において脆弱層となっていると考えられる。Ｈ型鋼試験体については、普通鋼材と JIS 耐候性鋼材との差違は見られず付着強度は３～５ MPa 程度を示し特に問題は見られなかった。

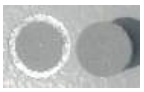
表－4.3.17　JIS 耐候性鋼材の橋梁模擬試験体の付着性経年変化

（ブラスト処理（ISO Sa ２）面）

評価部位			暴露経過年数				
			初期	１年	３年	４年	５年
外面	海側面	付着強度(MPa)	6.0	3.0	6.0	5.0	4.5
		はく離面状態					
		はく離箇所 面積比率(%)	下塗層内/上塗接着剤間 20/80	下塗層内 100	下塗層内 100	下塗層内 100	下塗層内 100
	山側面	付着強度(MPa)	7 以上	3.5	3.8	3.0	4.8
		はく離面状態					
		はく離箇所 面積比率(%)	はく離せず	下塗層内 100	下塗層内/上塗接着剤間 80/20	下塗層内 100	下塗層内 100
	天井面	付着強度(MPa)	7 以上	3.5	4.8	7.0	5.0
		はく離面状態					
		はく離箇所 面積比率(%)	下塗層内 100	下塗層内 /上塗接着剤間 90/10	下塗層内/上塗接着剤間 30/70	下塗層内 100	下塗層内 100
内面	海側面	付着強度(MPa)	7 以上	3.5	1.2	7 以上	7 以上
		はく離面状態					
		はく離箇所 面積比率(%)	はく離せず	下塗層内 100	上塗 接着剤間 100	下塗層内 /接着剤 95/5	下塗層内 100
	山側面	付着強度(MPa)	7 以上	3.0	1.0	5.0	5.0
		はく離面状態					
		はく離箇所 面積比率(%)	はく離せず	下塗層内 100	上塗 接着剤間 100	下塗層内 /接着剤 95/5	下塗層内 100
	天井面	付着強度(MPa)	2.5	2.0	1.6	7.0	2.5
		はく離面状態					
		はく離箇所 面積比率(%)	上塗接着剤間/ 接着剤内 90/10	下塗層内 /上塗接着剤間 90/10	下塗層内/上塗接着剤間 50/50	下塗層内 100	下塗層内 /接着剤 70/30

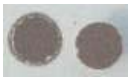
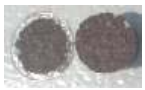
表－4.3.18　JIS 耐候性鋼材の橋梁模擬試験体の付着性経年変化

（ブラスト処理（ISO Sa １～２）面）

評価部位			暴露経過年数				
			初期	１年	３年	４年	５年
外面	海側面	付着強度(MPa)	７以上	3.5	７以上	5.0	4.5
		はく離面状態					
		はく離箇所 面積比率(%)	はく離せず	下塗層内 100	下塗層内 100	下塗層内 100	下塗層内 100
	山側面	付着強度(MPa)	6.5	3.0	3.0	5.0	4.5
		はく離面状態					
		はく離箇所 面積比率(%)	下塗層内/上塗接着剤間 30/70	下塗層内 100	下塗層内/上塗接着剤間 70/30	下塗層内 100	下塗層内 100
	天井面	付着強度(MPa)	７以上	3.0	2.0	5.0	4.5
		はく離面状態					
		はく離箇所 面積比率(%)	はく離せず	下塗層内 100	下塗層内/上塗接着剤間 80/20	下塗層内 100	下塗層内 100
内面	海側面	付着強度(MPa)	7.0	3.5	1.0	７以上	6.0
		はく離面状態					
		はく離箇所 面積比率(%)	下塗層内 /接着剤 20/80	下塗層内 100	上塗 接着剤間 100	下塗層内 /接着剤 95/5	下塗層内 100
	山側面	付着強度(MPa)	6.5	3.0	1.0	4.0	7.0
		はく離面状態					
		はく離箇所 面積比率(%)	下塗層内 /接着剤 60/40	下塗層内 100	上塗 接着剤間 100	下塗層内 /接着剤 95/5	下塗層内 100
	天井面	付着強度(MPa)	6.0	2.0	5.0	７以上	5.0
		はく離面状態					
		はく離箇所 面積比率(%)	上塗接着剤間/接着剤 60/40	下塗層内/上塗接着剤間 90/10	下塗層内/上塗接着剤間 10/90	下塗層内 100	下塗層内 /接着剤 80/20

表－4.3.19　JIS 耐候性鋼材の橋梁模擬試験体の付着性経年変化

（動力工具処理（ISO St ３）面）

評価部位			暴露経過年数				
			初期	１年	３年	４年	５年
外面	海側面	付着強度(MPa)	3.0	1.8	2.8	3.0	2.0
		はく離面状態					
		はく離箇所 面積比率(%)	さび層内 100	さび層内 100	さび層内 100	さび層内 100	さび層内 100
	山側面	付着強度(MPa)	2.0	2.0	1.0	3.5	2.0
		はく離面状態					
		はく離箇所 面積比率(%)	さび層内 100	さび層内 100	さび層内 100	さび層内 100	さび層内 100
	天井面	付着強度(MPa)	3.5	2.0	1.0	3.0	2.0
		はく離面状態					
		はく離箇所 面積比率(%)	さび層内 100	さび層内 100	さび層内 100	さび層内 /接着剤 95/5	さび層内 100
内面	海側面	付着強度(MPa)	2.0	1.5	1.2	2.0	1.0
		はく離面状態					
		はく離箇所 面積比率(%)	さび層内 100	さび層内 100	さび層内/上塗接着剤間 80/20	さび層内 100	さび層内 /接着剤 80/20
	山側面	付着強度(MPa)	3.2	1.0	0.8	2.5	4.0
		はく離面状態					
		はく離箇所 面積比率(%)	さび層内 100	さび層内 100	さび層内/上塗接着剤間 70/30	さび層内 100	さび層内 100
	天井面	付着強度(MPa)	2.0	1.0	0.5	4.0	2.5
		はく離面状態					
		はく離箇所 面積比率(%)	さび層内 /接着剤 80/20	さび層内 /下塗層内 90/10	さび層内 100	さび層内 /接着剤 95/5	さび層内 /接着剤 95/5

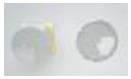
表－4.3.20　ニッケル系高耐候性鋼材 A の橋梁模擬試験体の付着性経年変化

（ブラスト処理（ISO Sa ２）面）

評価部位			暴露経過年数				
			初期	１年	３年	４年	５年
外面	海側面	付着強度(MPa)	7 以上	4.0	5.2	5.2	4.5
		はく離面状態					
		はく離箇所 面積比率(%)	はく離せず	下塗層内/上塗 接着剤間 95/5	下塗層内 100	下塗層内 /接着剤 95/5	下塗層内 100
	山側面	付着強度(MPa)	7.0	3.8	5.8	5.8	7.0
		はく離面状態					
		はく離箇所 面積比率(%)	下塗層内 /上塗接着間 80/20	下塗層内 100	下塗層内/接 着剤 70/30	下塗層内 /接着剤 90/10	下塗層内 /接着剤 95/5
	天井面	付着強度(MPa)	7 以上	2.4	3.8	3.8	5.5
		はく離面状態					
		はく離箇所 面積比率(%)	はく離せず	下塗層内 /接着剤 70/30	下塗層内 /接着剤 60/40	下塗層内 100	下塗層内 100
内面	海側面	付着強度(MPa)	4.5	3.0	1.5	4.2	6.0
		はく離面状態					
		はく離箇所 面積比率(%)	下塗層内 /接着剤 70/30	下塗層内 100	上塗 接着剤間 100	下塗層内 100	下塗層内 100
	山側面	付着強度(MPa)	7 以上	3.0	1.4	3.2	6.5
		はく離面状態					
		はく離箇所 面積比率(%)	はく離せず	下塗層内 100	接着剤内 100	下塗層内 /接着剤 70/30	下塗層内 /接着剤 95/5
	天井面	付着強度(MPa)	6.5	2.5	1.2	3.8	5.0
		はく離面状態					
		はく離箇所 面積比率(%)	上塗 接着剤間 100	下塗層内 100	上塗 接着剤間 100	下塗層内 /接着剤 95/5	下塗層内 100

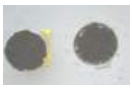
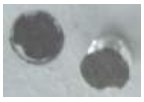
表－4.3.21　ニッケル系高耐候性鋼材 A の橋梁模擬試験体の付着性経年変化

（ブラスト処理（ISO Sa １～２）面）

評価部位			暴露経過年数				
			初期	１年	３年	４年	５年
外面	海側面	付着強度(MPa)	7 以上	3.5	5.2	5.2	6.5
		はく離面状態					
		はく離箇所 面積比率(%)	はく離せず	下塗層内 100	下塗層内 100	下塗層内 100	下塗層内 100
	山側面	付着強度(MPa)	7 以上	3.0	3.8	3.8	7 以上
		はく離面状態					
		はく離箇所 面積比率(%)	はく離せず	下塗層内 100	下塗層内/上塗接着剤間 80/20	下塗層内 100	下塗層内 /接着剤 95/5
	天井面	付着強度(MPa)	7 以上	7.0	4.8	4.8	5.0
		はく離面状態					
		はく離箇所 面積比率(%)	下塗層内 100	下塗層内/上塗接着剤間 95/5	下塗層内/上塗接着剤間 20/80	接着剤 /下塗層内 70/30	下塗層内 100
内面	海側面	付着強度(MPa)	4.0	3.5	1.5	5.0	6.5
		はく離面状態					
		はく離箇所 面積比率(%)	接着剤内 100	下塗層内 100	接着剤内 100	下塗層内 /接着剤 95/5	下塗層内 /接着剤 90/10
	山側面	付着強度(MPa)	7 以上	3.2	1.2	4.0	5.5
		はく離面状態					
		はく離箇所 面積比率(%)	はく離せず	下塗層内 100	接着剤内 100	下塗層内 /接着剤 95/5	下塗層内 100
	天井面	付着強度(MPa)	7.0	2.5	1.0	5.0	5.5
		はく離面状態					
		はく離箇所 面積比率(%)	下塗層内 /接着剤 10/90	下塗層内 100	上塗 接着剤間 100	下塗層内 100	下塗層内 100

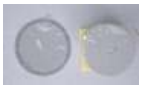
表－4.3.22　ニッケル系高耐候性鋼材 A の橋梁模擬試験体の付着性経年変化

（動力工具処理（ISO St ３）面）

評価部位			暴露経過年数				
			初期	１年	３年	４年	５年
外面	海側面	付着強度(MPa)	3.5	1.5	1.0	1.0	2.5
		はく離面状態					
		はく離箇所 面積比率(%)	さび層内 100	さび層内 100	さび層内 100	さび層内 100	さび層内 100
	山側面	付着強度(MPa)	3.0	1.0	1.2	1.2	3.5
		はく離面状態					
		はく離箇所 面積比率(%)	さび層内 100	さび層内 /下塗層内 95/5	さび層内 100	さび層内 100	さび層内 /接着剤 80/20
	天井面	付着強度(MPa)	5.0	2.0	1.4	1.4	3.0
		はく離面状態					
		はく離箇所 面積比率(%)	さび層内 100	さび層内 100	さび層内 100	さび層内 /接着剤 95/5	さび層内 100
内面	海側面	付着強度(MPa)	3.5	1.5	1.0	2.0	1.5
		はく離面状態					
		はく離箇所 面積比率(%)	さび層内 100	さび層内 100	さび層内 100	さび層内 100	さび層内 100
	山側面	付着強度(MPa)	2.0	1.5	1.2	1.8	1.5
		はく離面状態					
		はく離箇所 面積比率(%)	さび層内 100	さび層内 /下塗層内 95/5	さび層内 /接着剤層内 90/10	さび層内 100	さび層内 100
	天井面	付着強度(MPa)	2.0	1.0	1.0	1.8	1.5
		はく離面状態					
		はく離箇所 面積比率(%)	さび層内 100	さび層内 100	さび層内/上塗接着剤間 40/60	さび層内 100	さび層内 100

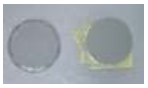
表－4.3.23　ニッケル系高耐候性鋼材Bの橋梁模擬試験体の付着性経年変化

（ブラスト処理（ISO Sa ２）面）

評価部位			暴露経過年数				
			初期	１年	３年	４年	５年
外面	海側面	付着強度(MPa)	6.0	3.5	7.0	6.0	5.0
		はく離面状態					
		はく離箇所 面積比率(%)	下塗層内 100	下塗層内 100	下塗層内 /上塗接着剤間 60/40	下塗層内 100	下塗層内 100
	山側面	付着強度(MPa)	7以上	3.0	1.0	7以上	5.5
		はく離面状態					
		はく離箇所 面積比率(%)	はく離せず	下塗層内 100	上塗 接着剤間 100	はく離せず	下塗層内 100
	天井面	付着強度(MPa)	7以上	2.8	5.8	4.2	6.0
		はく離面状態					
		はく離箇所 面積比率(%)	はく離せず	下塗層内 100	下塗層内 /上塗接着剤間 40/60	下塗層内 100	下塗層内 100
内面	海側面	付着強度(MPa)	7.0	3.0	1.0	5.0	4.0
		はく離面状態					
		はく離箇所 面積比率(%)	上塗 接着剤間 100	下塗層内 100	上塗 接着剤間 100	下塗層内 100	下塗層内 /接着剤 95/5
	山側面	付着強度(MPa)	7以上	3.0	1.0	4.5	4.0
		はく離面状態					
		はく離箇所 面積比率(%)	はく離せず	下塗層内 100	上塗 接着剤間 100	下塗層内 100	下塗層内 100
	天井面	付着強度(MPa)	6.0	2.0	0.8	6.0	6.5
		はく離面状態					
		はく離箇所 面積比率(%)	上塗 接着剤間 100	下塗層内 100	上塗 接着剤間 100	下塗層内 /接着剤 70/30	下塗層内 100

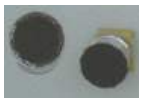
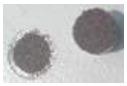
表－4.3.24　ニッケル系高耐候性鋼材Bの橋梁模擬試験体の付着性経年変化

（ブラスト処理（ISO Sa １～２）面）

評価部位			暴露経過年数				
			初期	１年	３年	４年	５年
外面	海側面	付着強度(MPa)	７以上	3.5	5.2	4.0	4.5
		はく離面状態					
		はく離箇所 面積比率(%)	はく離せず	下塗層内 100	下塗層内 /接着剤 40/60	下塗層内 100	下塗層内 100
	山側面	付着強度(MPa)	７以上	3.8	2.6	5.0	6.0
		はく離面状態					
		はく離箇所 面積比率(%)	はく離せず	下塗層内 100	下塗層内 100	下塗層内 100	下塗層内 100
	天井面	付着強度(MPa)	6.0	3.0	７以上	6.5	4.0
		はく離面状態					
		はく離箇所 面積比率(%)	下塗層内 /上塗接着剤間 40/60	下塗層内 100	下塗層内 /接着剤 60/40	下塗層内 100	下塗層内 100
内面	海側面	付着強度(MPa)	７以上	3.5	1.2	5.0	5.5
		はく離面状態					
		はく離箇所 面積比率(%)	はく離せず	下塗層内 100	上塗 接着剤間 100	下塗層内 100	下塗層内 100
	山側面	付着強度(MPa)	７以上	3.5	1.4	4.8	７以上
		はく離面状態					
		はく離箇所 面積比率(%)	はく離せず	下塗層内 100	上塗 接着剤間 100	下塗層内 /接着剤 90/10	下塗層内 100
	天井面	付着強度(MPa)	７以上	2.0	1.0	5.5	7.0
		はく離面状態					
		はく離箇所 面積比率(%)	はく離せず	下塗層内 100	上塗 接着剤間 100	下塗層内 100	下塗層内 100

表－4.3.25　ニッケル系高耐候性鋼材Bの橋梁模擬試験体の付着性経年変化

（動力工具処理（ISO St 3）面）

評価部位			暴露経過年数				
			初期	1年	3年	4年	5年
外面	海側面	付着強度(MPa)	2.0	1.5	1.0	2.0	2.0
		はく離面状態					
		はく離箇所 面積比率(%)	さび層内 100	さび層内 100	さび層内 100	さび層内 100	さび層内 100
	山側面	付着強度(MPa)	2.5	1.5	1.2	2.5	4.0
		はく離面状態					
		はく離箇所 面積比率(%)	さび層内 100	さび層内 100	さび層内 100	さび層内 100	さび層内 100
	天井面	付着強度(MPa)	3.2	2.0	1.2	2.0	2.5
		はく離面状態					
		はく離箇所 面積比率(%)	さび層内 100	さび層内 100	さび層内 100	さび層内 100	さび層内 100
内面	海側面	付着強度(MPa)	2.5	2.0	0.5	3.5	1.5
		はく離面状態					
		はく離箇所 面積比率(%)	さび層内 100	さび層内 /下塗層内 80/20	さび層内 /接着剤 80/20	さび層内 100	さび層内 100
	山側面	付着強度(MPa)	3.0	2.0	0.8	1.8	2.5
		はく離面状態					
		はく離箇所 面積比率(%)	さび層内 100	さび層内 /下塗層内 90/10	さび層内 /接着剤 30/70	さび層内 100	さび層内 100
	天井面	付着強度(MPa)	4.0	1.5	0.8	4.0	1.5
		はく離面状態					
		はく離箇所 面積比率(%)	さび層内 /下塗層内 90/10	さび層内 100	上塗 接着剤間 100	接着剤 /さび層内 75/25	さび層内 100

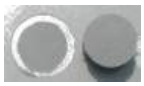
表－4.3.26　JIS 耐候性鋼材のH型鋼試験体の付着性経年変化

（ブラスト処理（ISO Sa2 1/2）面）

評価部位		暴露経過年数				
		初期	1年	3年	4年	5年
海側面	付着強度(MPa)	4.5	3.5	5.2	6.2	4.5
	はく離面状態					
	はく離箇所 面積比率(%)	下塗層内/上塗接着剤間 80/20	下塗層内 100	下塗層内 100	下塗層内 100	下塗層内 100
山側面	付着強度(MPa)	6.0	3.0	5.2	7.0	5.0
	はく離面状態					
	はく離箇所 面積比率(%)	下塗層内 100	下塗層内 100	下塗層内 /上塗接着剤間 50/50	下塗層内 100	下塗層内 100
上面	付着強度(MPa)	3.0	2.8	3.8	6.0	3.5
	はく離面状態					
	はく離箇所 面積比率(%)	下塗層内 100	下塗層内 100	下塗層内 /上塗接着剤間 40/60	下塗層内 /接着剤 95/5	下塗層内 100

表－4.3.27　普通鋼材のH型鋼試験体の付着性経年変化

（ブラスト処理（ISO Sa2 1/2）面）

評価部位		暴露経過年数				
		初期	1年	3年	4年	5年
海側面	付着強度(MPa)	6.0	3.5	3.8	6.5	5.0
	はく離面状態					
	はく離箇所面積比率(%)	下塗層内 100	下塗層内 100	下塗層内 /上塗接着剤間 40/60	下塗層内 100	下塗層内 100
山側面	付着強度(MPa)	6.0	3.0	7以上	5.8	4.5
	はく離面状態					
	はく離箇所面積比率(%)	下塗層内 /上塗接着剤間 80/20	下塗層内 100	上塗 接着剤間 100	下塗層内 /接着剤 85/15	下塗層内 100
上面	付着強度(MPa)	3.0	2.8	4.0	7.0	3.5
	はく離面状態					
	はく離箇所面積比率(%)	下塗層内 /接着剤 70/30	下塗層内 100	下塗層内 /上塗接着剤間 20/80	下塗層内 100	下塗層内 100

４．３．４　まとめ

飛来塩分量が多い海浜部に設置されて異常腐食した耐候性鋼材を塗装により補修する場合、素地調整方法により塗膜の防食性に差が生じることが明確となった。電動工具処理（St ３）とブラスト処理（Sa １～２,Sa ２）で明らかな違いが見られた。耐候性鋼材に生成した強固なさびは、電動工具処理で確実に除去することは困難であり、さびに含まれる残存塩分の影響により補修塗装した塗膜は、十分な防食性を発揮できないことが明らかとなった。ブラスト処理の程度（Sa １～２,Sa ２）による差はまだ見られないことから、素地調整程度による違いを明確にするために今後も本暴露試験を継続し調査する必要がある。

４．４　異状腐食した耐候性鋼材の素地調整方法の検討

耐候性鋼橋梁の補修を塗装で行う場合には、素地調整が特に重要であることが、本研究の中での防食試験や、今までの知見から示唆されている。

本報告では、腐食した耐候性鋼材を各種の素地調整方法で素地調整を行ったので、その結果について報告する。

４．４．１　異状腐食した耐候性鋼材の付着塩分量と付着塩分除去程度の確認試験

（１）試験目的

腐食した耐候性鋼材の素地調整を行い、素地調整前後の付着塩分量を測定して、その除去程度を確認する。

（２）試験方法

海岸部(千葉県南房総市千倉町)、および内陸部(茨城県つくば市)で暴露(２ヶ月、５ヶ月､10ヶ月)して異状腐食した耐候性鋼材と普通鋼材の水洗なし鋼板と水洗あり鋼板について、素地調整なしとディスクサンダー処理後およびブラスト処理後に付着塩分量を測定した。

１）供試試験板の作成方法

供試試験板の作成方法は次のとおりとした。

つくば暴露場

ア）鋼材　　：耐候性鋼材(JIS G3114 SMA490AW)（300mm×200mm×6mm）
　　普通鋼材(JIS G3131 SS400)（300mm×200mm×6mm）

イ）前処理　　：グリッドブラストで黒皮を除去

ウ）さび鋼板作成　：10ヶ月暴露した。

千倉暴露場

ア）鋼材　　：耐候性鋼材(JIS G3114 SMA490AW)（300mm×200mm×6mm）
　　普通鋼材(JIS G3131 SS400)（300mm×200mm×6mm）

イ）前処理　　：グリッドブラストで黒皮を除去

ウ）さび鋼板作成　：海岸から約 10ｍで０～５ヶ月暴露した。
　　その後、スプラッシュゾーンで６～10ヶ月暴露した。

つくば暴露場および千倉暴露場での暴露状況を写真－4.4.1に示す。

２）素地調整

水洗なしと水洗ありの試験板について、素地調整した。

ア）動力工具処理：ディスクサンダーを使用して ISO St３に処理した。

イ）ブラスト処理：グリッドブラストで ISO Sa2 1/2 に処理した。

（３）評価項目

水洗なし・水洗ありの試験板について、素地調整なし・動力工具処理後・ブラスト処理後の付着塩分量を測定して、付着塩分の除去程度を評価した。

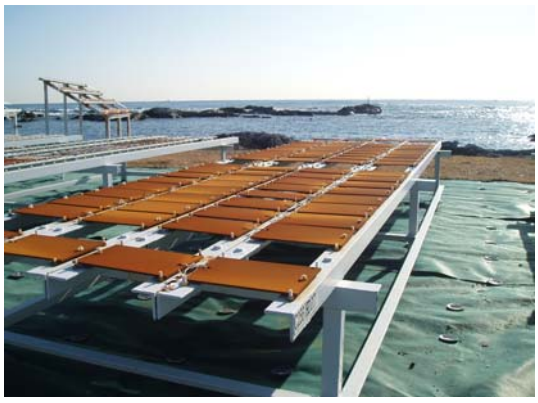
付着塩分量の測定方法は電導度法およびイオンクロマトグラフ法にとした。

①電導度法：測定面(鋼製)に固定した測定セルに一定量の純水を注入し、回転子を回転して表面塩分を溶解させる。溶液中の電導度を測定し、塩化ナトリウム濃度に換算して表面塩分濃度を測定する。

②イオンクロマトグラフ法：試験片を 70℃の蒸留水中で超音波をかけイオンを抽出する。分離カラムに抽出液を入れイオン交換能の差により各成分に分離し、塩化物イオンの電導度を測定して塩分濃度を測定する。



a)つくば暴露場
0～10ヶ月暴露



b)千倉暴露場（海岸から約10m）
0～5ヶ月暴露



c)千倉暴露場（ｽﾌﾟﾗｯｼｭｿﾞｰﾝ）
6～10ヶ月暴露

写真－4.4.1　暴露状況

（4）試験結果

1）さび発生状況

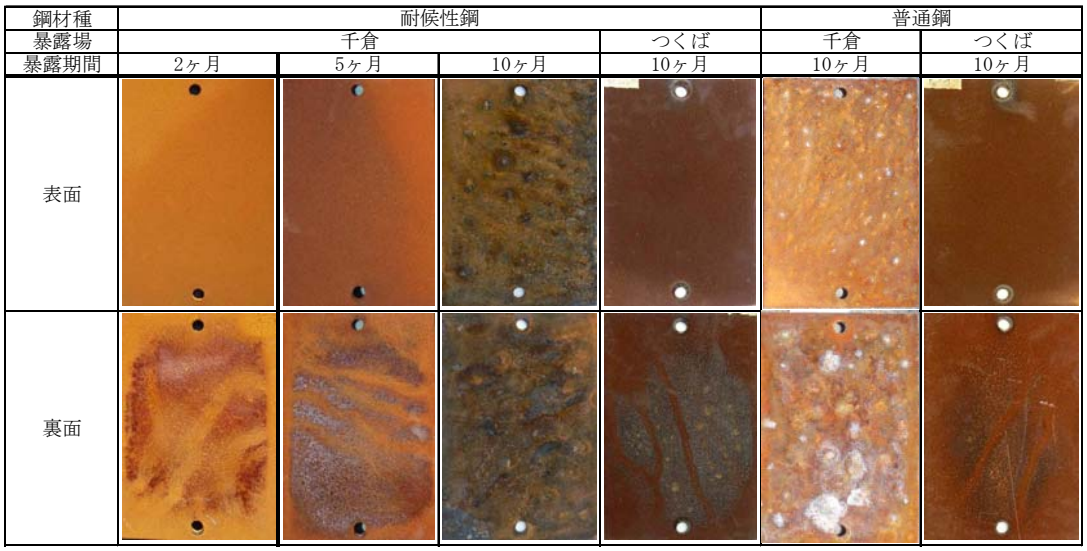
暴露板のさび発生状態を図－4.4.1 に示す。

2）付着塩分量測定結果

ア）電導度法による測定結果

暴露試験板について各処理条件での付着塩分量を電導度法により測定した。

付着塩分量測定結果を表－4.4.1 および図－4.4.2(1)～(2)に示す。



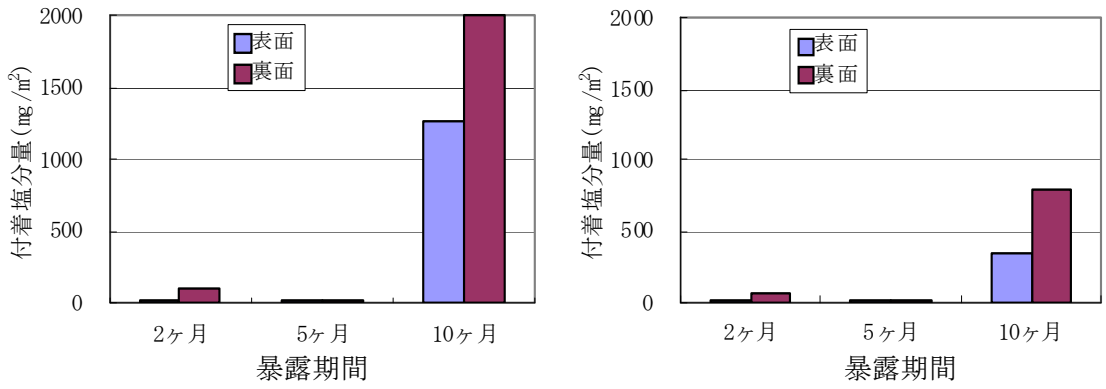
図－4.4.1　暴露板のさび発生状態

表－4.4.1　付着塩分量測定結果

暴露場所	素地調整	暴露月数（ヶ月）	付着塩分量(mg/m^2)＊			
			水洗なし		水洗あり	
			表面	裏面	表面	裏面
千倉	素地調整なし	2	15	106	9	59
		5	32	15	23	14
		10	1272	1999<	347	802
	ディスクサンダー処理 ISO St 3	2	28	36	25	33
		5	66	40	56	32
		10	1999<	1999<	989	706
	ブラスト ISO Sa 2 1/2	2	31	86	14	39
		5	32	33	13	14
		10	38	26	15	10
つくば	素地調整なし	10	17	3	23	10
	ディスクサンダー	10	19	10	12	10
	ブラスト処理	10	12	5	2	1

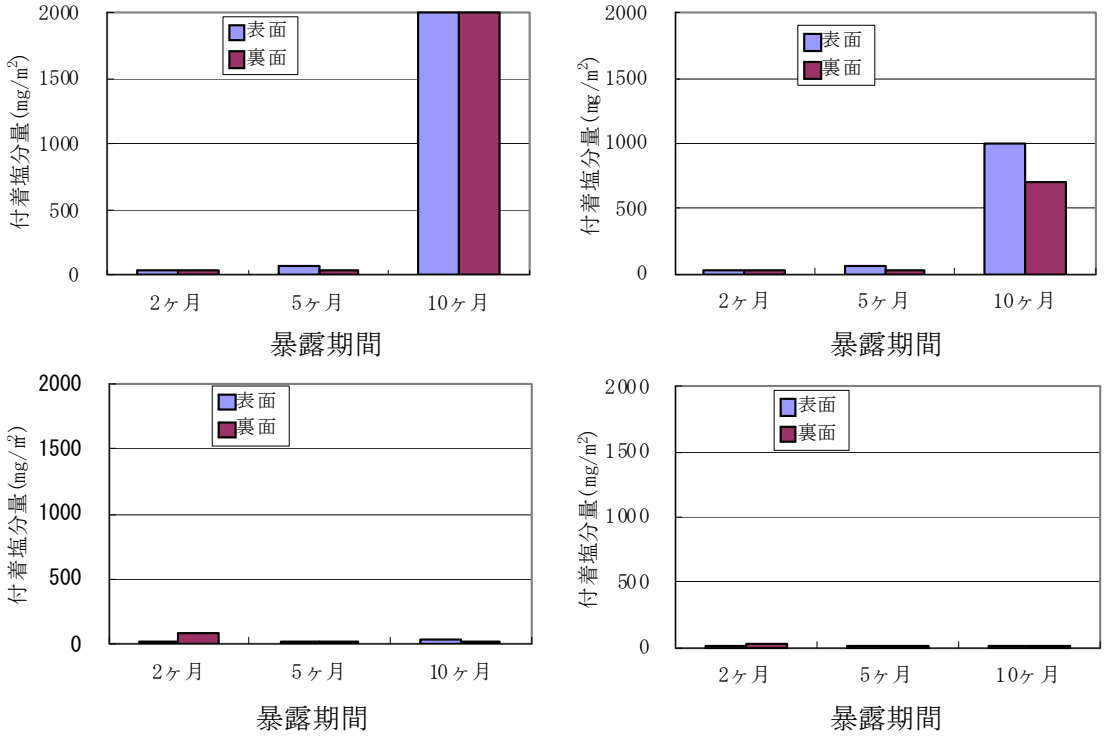
＊2回測定平均値

付着塩分量の測定最大値は1999mg/m^2



暴露場所：千倉暴露場

図－4.4.2　付着塩分量測定結果（1）



暴露場所：千倉暴露場

図－4.4.2　付着塩分量測定結果(２)

イ）イオンクロマトグラフ法による測定結果

暴露試験板について各処理条件での付着塩分量をイオンクロマトグラフ法により測定した。付着塩分量測定結果を表－4.4.2 に示す。

表－4.4.2 付着塩分量測定結果

耐候性鋼材	付着塩分量(mg/m²)					
	素地調整なし		ISO St 3		ISO Sa 2 1/2	
暴露場所および期間	表面	裏面	表面	裏面	表面	裏面
千倉暴露2ヶ月	50.3	34.6	52.0	41.5	79.7	72.8
千倉暴露5ヶ月	128.5	117.9	121.2	100.5	117.9	100.5
千倉暴露10ヶ月	15261.1	18723.1	4022.0	2739.3	620.6	547.8
つくば暴露10ヶ月	45.1	32.9	38.2	48.4	26.0	38.2

（５）まとめ

海塩粒子の影響を多く受ける千倉暴露では、暴露期間２ヶ月、５ヶ月の付着塩分量は少ないが、10 ヶ月の付着塩分量は表面では 1272mg/m²、裏面では 1999 mg/m² 以上であり非常に多くなっている。暴露場を０～５ヶ月は b)暴露場(海岸から約 10m)とし、その後は 10 ヶ月まで c)暴露場(スプラッシュゾーン)へ変更したことも影響していると思われる。

一般環境のつくば暴露では、10 ヶ月でも付着塩分量は少ない。

千倉 10 ヶ月暴露では、ディスクサンダー処理(ISO St３)水洗なしは、さびが残存し、さびに蓄積した付着塩分は表面，裏面共に 1999 mg/m² 以上である。水洗ありも表面では

989mg/m^2、裏面では706mg/m^{2}であり付着塩分の除去は難しい。

ブラスト処理(ISO Sa2 1/2)では、千倉２ヶ月暴露の裏面(水洗なし)以外は、付着塩分を50mg/m^{2}以下まで除去できた。

付着塩分測定結果は、イオンクロマトグラフ法のほうが電導度法より多く検出されている。電導度法ではさびに浸透している塩化物イオンを十分に測定できていないように思われる。

４．４．２　異常腐食した耐候性鋼材の素地調整試験

（１）試験目的

異常腐食した耐候性鋼材と普通鋼材をブラスト処理および電動工具処理して、付着塩分の除去程度，処理時間，表面粗度，および騒音等を明らかにすることを目的とする。

（２）試験方法

１）供試試験板の作成方法

供試試験板の作成方法は次のとおりとした。

ア）鋼材　　：耐候性鋼材(JIS G3114 SMA490AW)（1000mm×1000mm×6mm)
　　普通鋼材(JIS G3131 SS400)（1000mm×1000mm×6mm)

イ）前処理　　：グリッドブラストで黒皮を除去

ウ）さび鋼板作成：海岸部(千葉県旭市飯岡町飯岡暴露場)で５ヶ月・10ヶ月暴露してさび鋼板を作成した。飯岡暴露場での暴露状況を写真－4.4.2に示す。



写真－4.4.2　飯岡暴露場（海岸から約100m）

２）素地調整方法

朝霧環境材料観測施設(静岡県富士宮市)で素地調整を実施した。

ア）ブラスト処理

オープンブラスト処理(バキュームブラストの吸引装置を外したもの),バキュームブラスト処理した。素地調整程度は、ISO Sa2 1/2，Sa２，Sa１とした。

イ）動力工具処理

ダイヤモンドツール,超合金サンダー,およびペーパーサンダー(#16)を使用して動力工具処理し素地調整程度はISO St３とした。動力工具を写真－4.4.3に示す。



超合金サンダー・ダイヤモンドツール・ペーパーサンダー

写真－4.4.3　動力工具

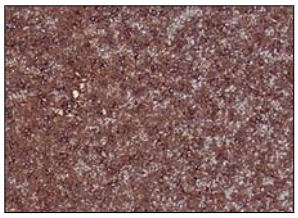
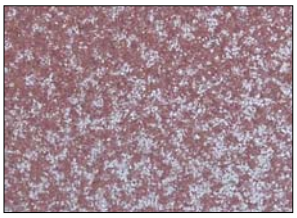
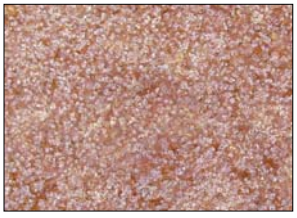
（3）評価項目

さび評価基準は、本共同研究で作成した評価基準(案)(以下、共同研究(案)とする。)、および鋼道路橋塗装・防食便覧、耐候性鋼材編の基準(以下、便覧基準とする。)とした。

素地調整前は、さび外観(共同研究(案)・便覧基準),セロファンテープ試験(便覧基準),さび厚測定,付着塩分量とした。

耐候性鋼板・普通鋼板のさび評価基準の共同研究(案)を図－4.4.3に示す。

素地調整後は、付着塩分の除去程度,処理時間,表面粗度,および騒音等を測定した。

評価点	基準写真		発生状況
0			さびの発生が全くない
I			さびが全面まで発生しておらずさび厚も薄い
II			さびが全面まで発生しておりさびは厚いが固着している
III			さびが全面まで発生しておりさびがかなり厚く固着していない

図－4.4.3　耐候性鋼板・普通鋼板のさび評価基準案：共同研究(案)

（４）試験結果

１）ブラスト処理試験結果

ブラスト処理試験結果を表－4.4.3(1)～(4)および図－4.4.4に示す。

バギュームブラスト実施状況を写真－4.4.4(1)～(2)に示す。

バキュームブラスト処理面の状態を図－4.4.5に示す。

付着塩分量の測定状況を写真－4.4.5に示す。

表面粗度(Ra・Rmax・Rzjis)の測定状況を写真－4.4.6に示す。

Ra　：算術平均粗さ。断面曲線の中心に線を引き、中心線によって得られた曲線上の総面積を長さLで割った値。

Rmax ：断面曲線を基準長さLを抜き取った部分の最大高さ。

Rzjis：表面粗さに画するJIS規格の国際規格への整合化のため、2001年にJIS B 060を含む規格が改正された。Rzjisは十点平均粗さである。断面曲線から基準となる長さ分の範囲内において最大の山５番目までの平均値と、最低の谷から５番目までの平均値との差を表す。

表－4.4.3　ブラスト処理試験結果（１）

素地調整前						
試験板 No	鋼材種 暴露月数 ブラスト 研削材 目標素地調整程度	さび外観 評価 (共同研究(案))	さび外観 評価 (便覧基準)	セロファン テープ試験 (便覧基準)	さび厚 測定 (μm) 9箇所平均	付着塩分 測定 (mg/m^2) 3箇所平均
4	耐候性鋼材 5ヶ月 オープンブラスト アルミナ ISO　Sa 2 1/2	Ⅱ	3	4	244	65.6
5	耐候性鋼材 5ヶ月 バキュームブラスト グリッド ISO Sa 2 1/2	Ⅱ	3	2	383	141.4
6	耐候性鋼材 5ヶ月 バキュームブラスト アルミナ ISO　Sa 2 1/2	Ⅱ	3	5	153	38.7
10	耐候性鋼材 10ヶ月 オープンブラスト アルミナ ISO　Sa 2 1/2	Ⅱ	3	3	185	54.6
11	耐候性鋼材 10ヶ月 バキュームブラスト グリッド ISO Sa 2 1/2	Ⅱ	3	3	276	34.5
12	耐候性鋼材 10ヶ月 バキュームブラスト アルミナ ISO Sa 2 1/2	Ⅱ	3	3	186	84.0
13	耐候性鋼材 10ヶ月 オープンブラスト アルミナ ISO Sa 2	Ⅱ	3	3	310	232.7

表－4.4.3　ブラスト処理試験結果（2）

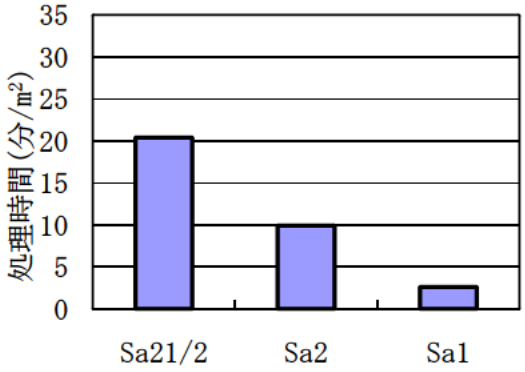
素地調整前						
試験板 No	鋼材 暴露月数 ブラスト 研削材 目標素地調整程度	さび外観 評価 (共同研究(案))	さび外観 評価 (便覧基準)	セロファン テープ試験 (便欄基準)	さび厚 測定 (μm) 9箇所平均	付着塩分 測定 (mg/m^2) 3箇所平均
15	耐候性鋼材 10ヶ月 バキュームブラスト アルミナ ISO Sa 2	Ⅱ	3	3	291	68.9
16	耐候性鋼材 10ヶ月 オープンブラスト アルミナ ISO Sa 1	Ⅱ	3	3	160	56.7
17	耐候性鋼材 10ヶ月 バキュームブラスト グリッド ISO Sa 1	Ⅱ	3	1	235	35.9
18	耐候性鋼材 10ヶ月 バキュームブラスト アルミナ ISO Sa 1	Ⅱ	3	3	294	150.5
22	普通鋼材 10ヶ月 オープンブラスト アルミナ ISO Sa 2 1/2	Ⅱ	3	5	301	221.2
23	普通鋼材 10ヶ月 バキュームブラスト グリッド ISO Sa 2 1/2	Ⅱ	3	1	552	38.4
24	普通鋼材 10ヶ月 バキュームブラスト アルミナ ISO Sa 2 1/2	Ⅱ	3	3	288	61.7

表－4.4.3　ブラスト処理試験結果（３）

素地調整後							
試験板 No	鋼材種 暴露月数 ブラスト 研削材 目標素地調整程度	付着塩分 測定 (mg/m^2) 3箇所平均	処理時間 (分/m^2)	表面粗度(μm)			騒音 (db)
				Ra	Rmax	Rzjis	
4	耐候性鋼 5ヶ月 オープンブラスト アルミナ ISO Sa 2 1/2	94.3	12.0	17.46	107.8	86.4	－
5	耐候性鋼 5ヶ月 バキュームブラスト グリッド ISO Sa 2 1/2	47.6	34.0	16.3	95.8	82.3	1m :103 3m :90 10m:74 30m:60
6	耐候性鋼 5ヶ月 バキュームブラスト アルミナ ISO Sa 2 1/2	35.7	49.9	19.7	113.9	100.8	－
10	耐候性鋼 10ヶ月 オープンブラスト アルミナ ISO Sa 2 1/2	64.2	20.5	16.9	114.8	95.6	1m :108 3m :104 10m:87 30m:72
11	耐候性鋼 10ヶ月 バキュームブラスト グリッド ISO Sa 2 1/2	31.1	38.3	15.5	129.2	98.3	－
12	耐候性鋼 10ヶ月 バキュームブラスト アルミナ ISO Sa 2 1/2	38.8	31.0	15.9	106.2	89.5	1m :106 3m :98 10m:86 30m:72
13	耐候性鋼 10ヶ月 オープンブラスト アルミナ ISO Sa2	152.5	10.0	21.7	155.5	116.2	－

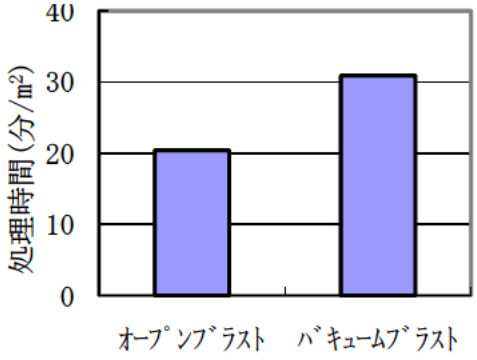
表－4.4.3　ブラスト処理試験結果（４）

素地調整後						
試験板 No	鋼材種 暴露月数 ブラスト 研削材 目標素地調整程度	付着塩分 測定 (分/m^2) 3箇所平均	処理時間 (分/m^2)	表面粗度(μm)		
				Ra	Rmax	Rzjis
15	耐候性鋼 10ヶ月 バキュームブラスト アルミナ ISO Sa 2	105.4	16.0	19.1	137.2	107.8
16	耐候性鋼 10ヶ月 オープンブラスト アルミナ ISO Sa 1	132.1	2.7	19.3	123.5	90.8
17	耐候性鋼 10ヶ月 バキュームブラスト グリッド ISO Sa 1	65.8	12.9	20.0	130.5	107.6
18	耐候性鋼 10ヶ月 バキュームブラスト アルミナ ISO Sa 1	98.0	－	20.7	131.5	103.6
22	普通鋼 10ヶ月 オープンブラスト アルミナ ISO Sa 2 1/2	250.2	15.3	17.9	109.2	92.0
23	普通鋼 10ヶ月 バキュームブラスト グリッド ISO Sa 2 1/2	126.7	38.8	14.5	106.4	90.6
24	普通鋼 10ヶ月 バキュームブラスト アルミナ ISO Sa 2 1/2	63.2	17.8	15.0	117.1	89.3



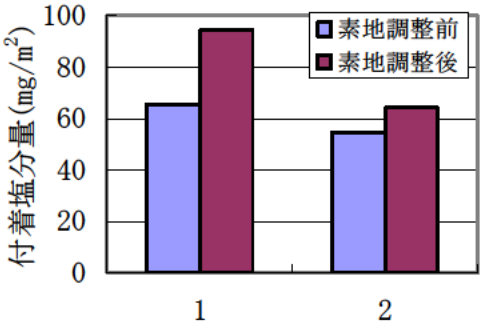
耐候性鋼10ヶ月暴露
オープンブラスト/アルミナ
試験板No10, 13, 16

a）素地調整程度と処理時間の関係



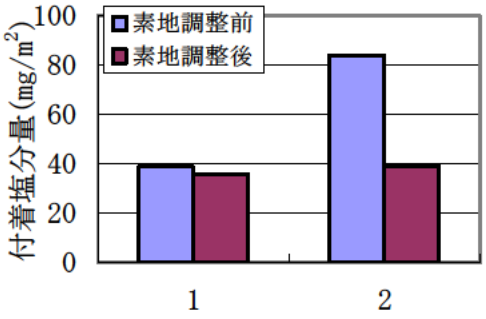
耐候性鋼10ヶ月暴露
ISO Sa2 1/2
試験板No10, 12

b）ブラスト方法処理時間の関係



1：耐候性鋼５ヶ月暴露　試験板４
2：耐候性鋼10ヶ月暴露　試験板10
ISO　Sa2 1/2
オープンブラスト/アルミナ

c）素地調整前後の付着塩分量



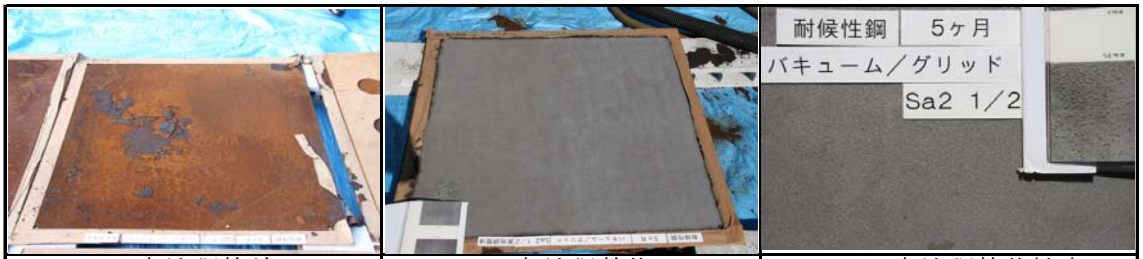
1：耐候性鋼５ヶ月暴露　試験板６
2：耐候性鋼10ヶ月暴露　試験板12
ISO　Sa2 1/2
バキュームブラスト/アルミナ

d）素地調整前後の付着塩分量

図－4.4.4　ブラスト処理試験結果




写真－4.4.4　バキュームブラスト処理実施状況



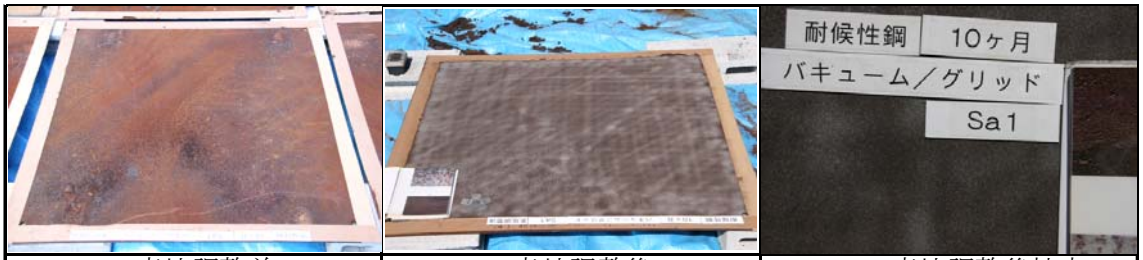
素地調整前	素地調整後	素地調整後拡大

試験板No5　耐候性鋼材　5ヶ月暴露　バキュームブラスト　グリッド　ISO　Sa 2 1/2



素地調整前	素地調整後	素地調整後拡大

試験板No11　耐候性鋼材　10ヶ月暴露　バキュームブラスト　グリッド　ISO Sa 2 1/2



素地調整前	素地調整後	素地調整後拡大

試験板No17　耐候性鋼材　10ヶ月暴露　バキュームブラスト　グリッド　ISO Sa 1



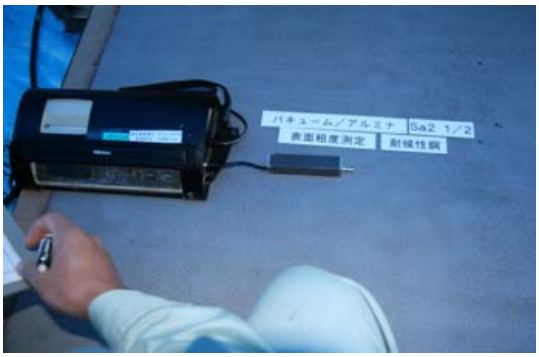
素地調整前	素地調整後	素地調整後拡大

試験板No23　普通鋼材　10ヶ月暴露　バキュームブラスト　グリッド　ISO Sa 2 1/2

図－4.4.5　バキュームブラスト処理面の状態



写真－4.4.5　付着塩分量の測定



写真－4.4.6　表面粗度の測定

２）ブラスト処理試験結果のまとめ

付着塩分量はオープンブラスト/アルミナ（Sa2 1/2)の試験板 No４は 94.3mg/m^2、試験板 No10 は 64.2mg/m^2 であり、ブラスト処理のみでは付着塩分は 50mg/m^2 以下まで除去できない場合があることを示している。

オープンブラスト/アルミナで処理効率は、Sa2 1/2：Sa2：Sa1≒２：１：0.3 であった。

Sa2 1/2 までの処理効率は、バキュームブラストはオープンブラストよりも劣った。

表面粗度(Rzjis)はオープンブラスト/アルミナ95.6μm、バキュームブラスト/アルミナ89.5μmであり、表面粗度は確保できる。

ブラスト処理では、孔食状のさびを除去することができる。

騒音は、オープンブラスト/アルミナの方がバキュームブラスト/アルミナよりやや大きい。

耐候性鋼材の方が普通鋼材より処理時間を要する傾向にある。

３）動力工具処理試験結果

動力工具処理試験結果を表－4.4.4(1)～(2)および図－4.4.6に示す。

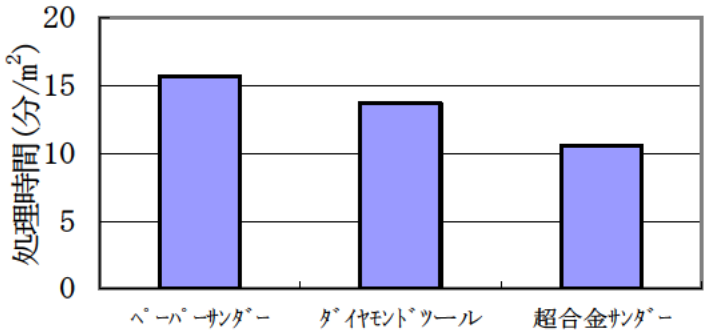
動力工具処理面の状態を図－4.4.7(1)～(2)に示す。

表－4.4.4　動力工具処理試験結果(１)

素地調整前						
試験板 No	鋼材種 暴露月数 動力工具 目標素地調整程度	さび外観 評価 (共同研究(案))	さび外観 評価 (便覧基準)	セロファン テープ試験 (便覧基準)	さび厚 測定 (μm) 9箇所平均	付着塩分 測定 (mg/m^2) 3箇所平均
1	耐候性鋼 5ヶ月 ペーパーサンダー ISO St 3	Ⅱ	3	1	422	322.3
2	耐候性鋼 5ヶ月 ダイヤモンドツール ISO St 3	Ⅱ	3	1	344	161
3	耐候性鋼 5ヶ月 超合金サンダー ISO St 3	Ⅱ	3	1	345	108.4
8	耐候性鋼 10ヶ月 ダイヤモンドツール ISO St 3	Ⅱ	3	2	237	32.5
9	耐候性鋼 10ヶ月 超合金サンダー ISO St 3	Ⅱ	3	3	286	34.3
19	普通鋼 5ヶ月 ペーパーサンダー ISO St 3	Ⅱ	3	1	321	264.3
20	普通鋼 10ヶ月 ダイヤモンドツール ISO St 3	Ⅱ	3	2	273	133.0
21	普通鋼 10ヶ月 超合金サンダー ISO St 3	Ⅱ	3	3	304	44.9

表－4.4.4　動力工具処理試験結果(２)

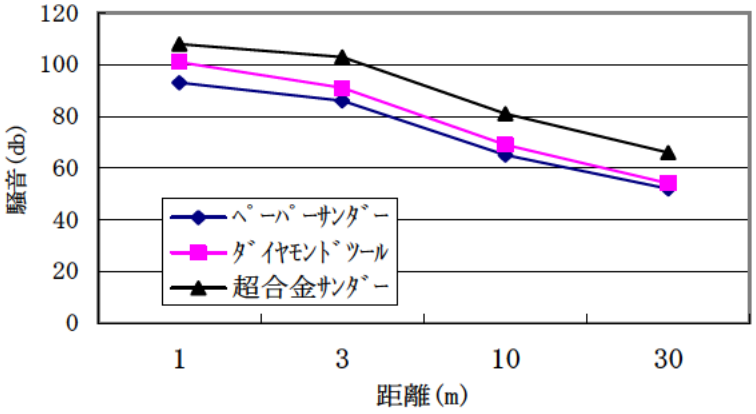
素地調整後							
試験板 No	鋼材種 暴露月数 動力工具 目標素地調整程度	付着塩分 測定 (mg/m^2) 3箇所平均	処理時間 (分/m^2)	表面粗度(μm)			騒音 (db)
				Ra	Rmax	Rzjis	
1	耐候性鋼 5ヶ月 ペーパーサンダー ISO St 3	393.9	15.7	9.3	76.3	51.3	－
2	耐候性鋼 5ヶ月 ダイヤモンドツール ISO St 3	349.7	13.7	9.5	70.9	51.6	－
3	耐候性鋼 5ヶ月 超合金サンダー ISO St 3	555.1	10.5	8.0	65.2	50.4	
8	耐候性鋼 10ヶ月 ダイヤモンドツール ISO St 3	67.2	12.7	16.6	108.4	82.7	－
9	耐候性鋼 10ヶ月 超合金サンダー ISO St 3	59.3	9.8	8.3	75.0	52.6	－
19	普通鋼 5ヶ月 ペーパーサンダー ISO St 3	204.1	20.9	9.1	57.6	48.6	1m ：93 3m ：86 10m:65 30m:52
20	普通鋼 10ヶ月 ダイヤモンドツール ISO St 3	122.8	14.8	13.3	109.7	78.4	1m ：101 3m ：91 10m:69 30m:54
21	普通鋼 10ヶ月 超合金サンダー ISO　St3	88.7	11.3	10.1	84.1	63.6	1m ：108 3m ：103 10m:81 30m:66 工事音なし48



耐候性鋼５ヶ月暴露

ISO St３　試験板No１，２，３

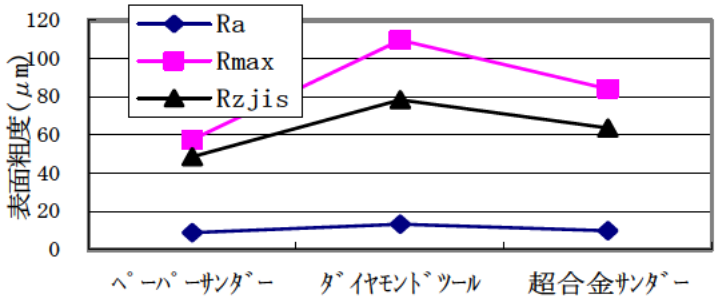
ａ）動力工具処理時間



普通鋼10ヶ月暴露

ISO St３　試験板No 19,20,21

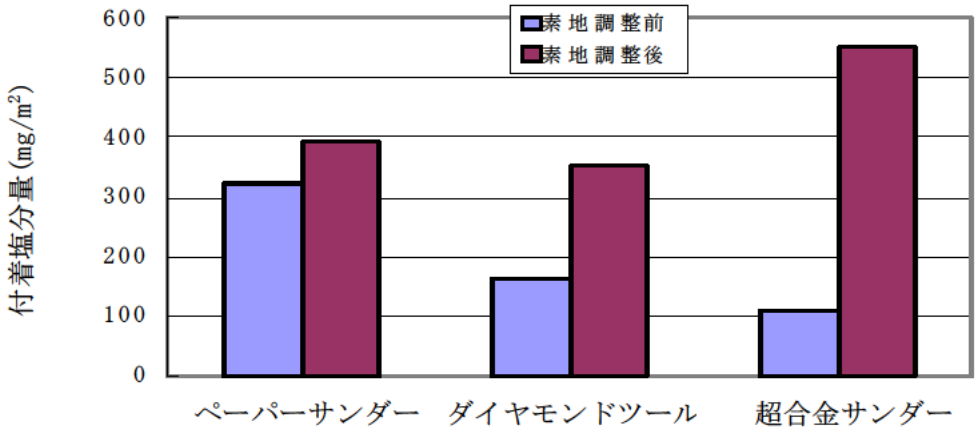
ｂ）動力工具処理の騒音



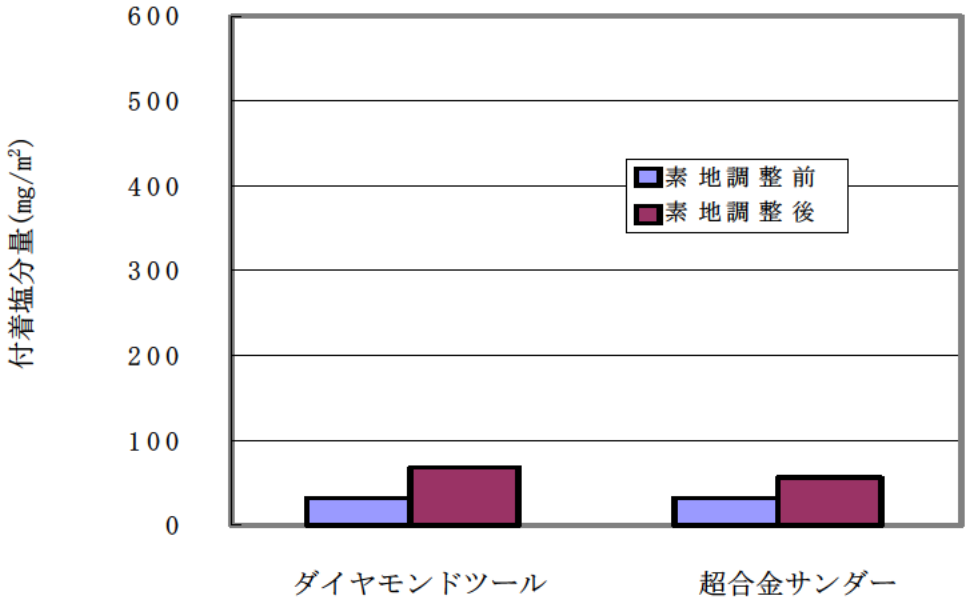
普通鋼10ヶ月

ISO St３　試験板No 19,20,21

ｃ）動力工具処理による表面粗度



耐候性鋼５ヶ月暴露
ISO St３　試験板No １，２，３
d）動力工具処理前後の付着塩分量



耐候性鋼10ヶ月暴露
ISO St３　試験板No８，９
e）動力工具処理前後の付着塩分量

図－4.4.6　動力工具処理試験結果



素地調整前	素地調整後	素地調整後拡大

試験板No1　耐候性鋼材　5ヶ月暴露　ペーパーサンダー　ISO St 3



素地調整前	素地調整後	素地調整後拡大

試験板No2　耐候性鋼材　5ヶ月暴露　ダイヤモンドツール　ISO St 3



素地調整前	素地調整後	素地調整後拡大

試験板No3　耐候性鋼材　5ヶ月暴露　超合金サンダー　ISO St 3



素地調整前	素地調整後	素地調整後拡大

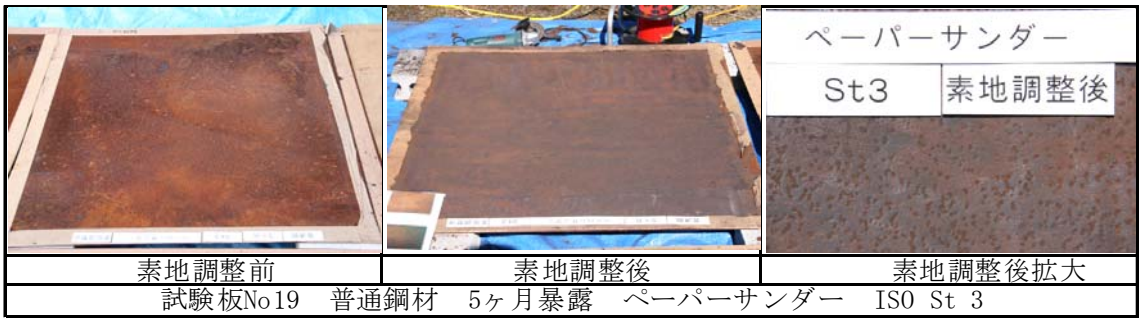
試験板No8　耐候性鋼材　10ヶ月暴露　ダイヤモンドツール　ISO St 3



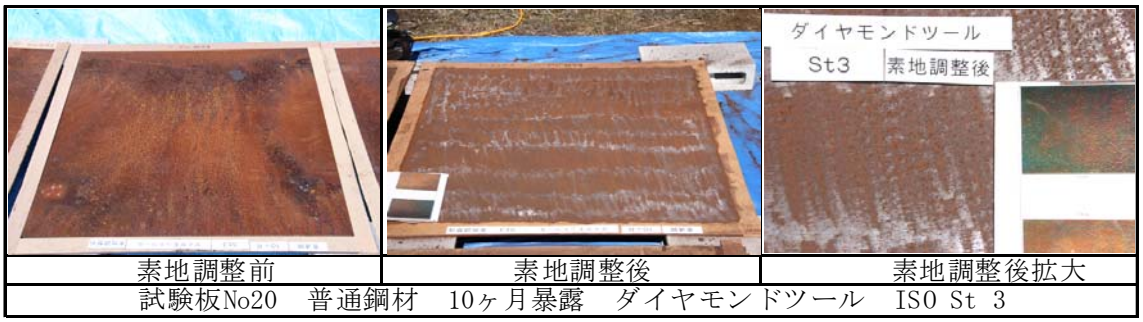
素地調整前	素地調整後	素地調整後拡大

試験板No9　耐候性鋼材　10ヶ月暴露　超合金サンダー　ISO St 3

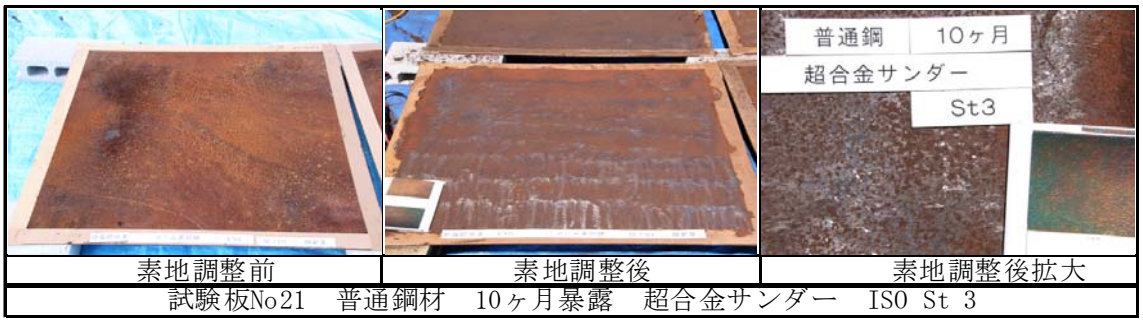
図－4.4.7　動力工具処理面の状態（１）



素地調整前	素地調整後	素地調整後拡大
試験板No19　普通鋼材　5ヶ月暴露　ペーパーサンダー　ISO St 3		



素地調整前	素地調整後	素地調整後拡大
試験板No20　普通鋼材　10ヶ月暴露　ダイヤモンドツール　ISO St 3		



素地調整前	素地調整後	素地調整後拡大
試験板No21　普通鋼材　10ヶ月暴露　超合金サンダー　ISO St 3		

図－4.4.7　動力工具処理面の状態（２）

４）動力工具処理試験結果のまとめ

耐候性鋼を動力工具処理すると、素地調整後の方が付着塩分量の測定値は大きくなる傾向にある。残存するさびに付着塩分が多く存在しているためと推察する。

動力工具処理では、付着塩分を 50mg/m^2 まで除去することはできない。

ISO St３までの処理効率は、超合金サンダー＞ダイヤモンドツール＞ペーパーサンダーの順に大きい。

表面粗度は、ダイヤモンドツール＞超合金サンダー＞ペーパーサンダーの順に大きい。

電動工具処理では、孔食状のさびを除去することはできない。

騒音は、超合金サンダー＞ダイヤモンドツール＞ペーパーサンダーの順に大きいが、大差はない。

４．４．３　耐候性鋼材模擬ブロック暴露試験体の素地調整試験

（１）試験目的

朝霧環境材料観測施設(静岡県富士宮市)に設置した耐候性鋼材模擬ブロック暴露試体を用いて、ブラスト処理および電動工具処理して付着塩分の除去程度，処理時間，表面粗度，および騒音等を測定し明らかにすることを目的とする。

（２）試験方法

試験条件は次のとおりとした。

１）供試耐候性鋼材模擬ブロック暴露試験体

1982年から1990年まで国土交通省北陸地方整備局信濃川下流事務所関屋出張所庁舎屋上(海岸から約200m)暴露した。その後、1990年から2009年までつくば暴露場で暴露していたが、2009年朝霧環境材料観測施設に移設した。

耐候性鋼模擬ブロック試験体を写真－4.4.7に示す。

２）素地調整

ア）ブラスト処理

バキュームブラスト処理し、素地調整程度は、ISO Sa2 1/2とした。

イ）動力工具処理

ダイヤモンドツール，超合金サンダー，ペーパーサンダー(#16)，およびを縦回転ブラシ式使用して動力工具処理した。縦回転ブラシ式を写真－4.4.8に示す。

素地調整程度は、ダイヤモンドツール，超合金サンダー，ペーパーサンダーはISO St３とし、縦回転ブラシ式はISO Sa２とした。



写真－4.4.7　耐候性鋼材模擬ブロック試験体

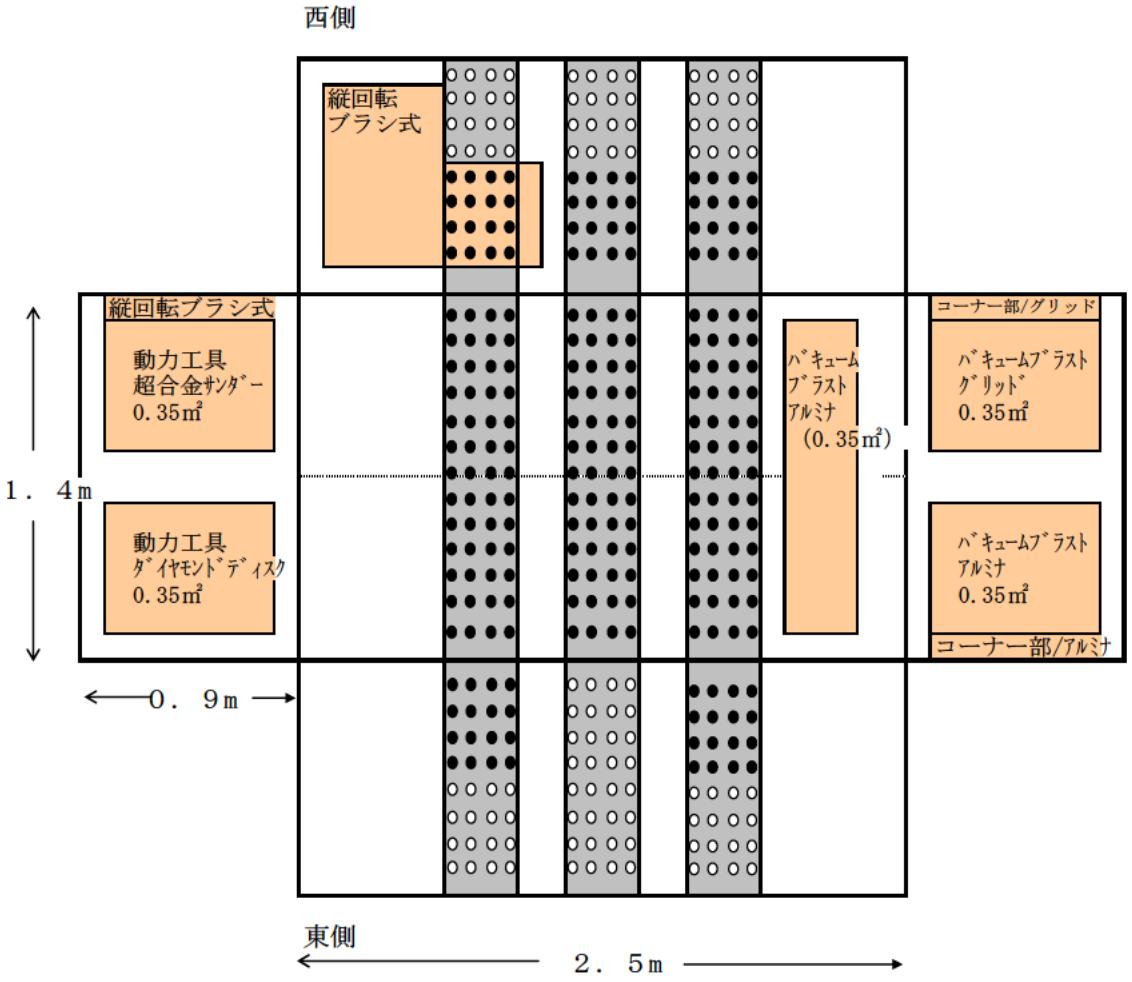


写真－4.4.8　動力工具　縦回転ブラシ式

3）試験位置

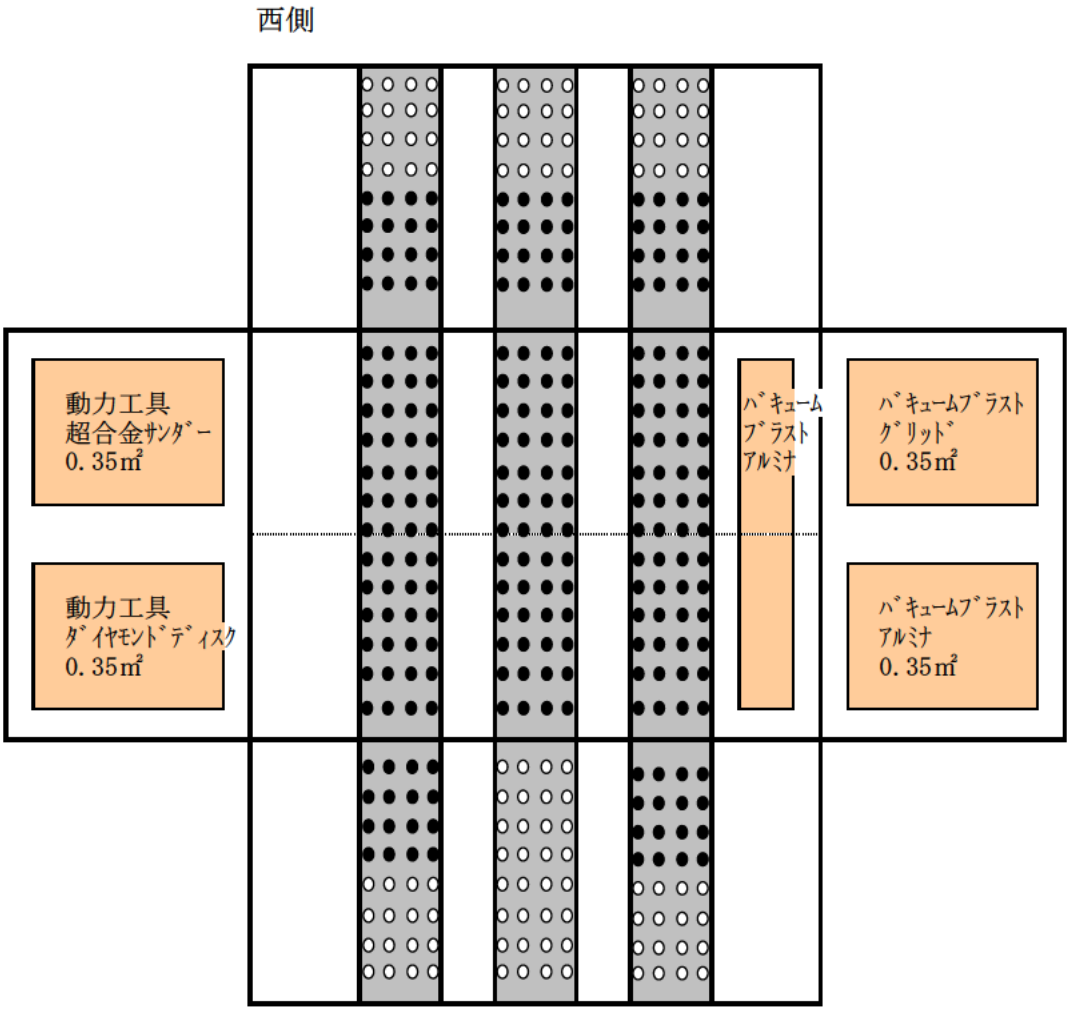
耐候性鋼模擬ブロックの試験位置を図－4.4.8(1)～(2)に示す。

外側　展開図



図－4.4.8　耐候性鋼模擬ブロックの試験位置（１）

内側　展開図



図－4.4.8　耐候性鋼模擬ブロックの試験位置（２）

（３）評価項目

素地調整前は、さび外観(共同研究委員会基準案と便覧基準)，セロファンテープ試験(便覧基準)，さび厚測定，付着塩分量とした。

素地調整後は、付着塩分の除去程度，処理時間，表面粗度，および騒音等を測定した。

（４）試験結果

１）バキュームブラスト処理試験結果

バキュームブラスト処理試験結果を表－4.4.5(1)～(4)、および図－4.4.9(1)～(3)に示す。

バキュームブラスト処理状態を図－4.4.10(1)～(2)に示す。

表－4.4.5　バキュームブラスト試験結果（1）

素地調整前							
模擬桁 部位 No	外面又は内面 部位 ブラスト 研削材 目標素地調整程度 作業姿勢 施工面積(m^2)	さび外観 評価 (共同研究(案))	さび外観 評価 (便覧基準)	セロファン テープ試験 (便覧基準	さび厚 測定 (μm) 9箇所平均	イオン 透過抵抗 (KΩ) 2箇所平均	付着塩分 測定 (mg/m^2) 1箇所
1	外面 ウェブ バキュームブラスト アルミナ ISO　Sa 2 1/2 横 0.35	Ⅱ	4	4	159	4.9	2.7
2	外面 ウェブ バキュームブラスト グリッド ISO　Sa 2 1/2 横 0.35	Ⅱ	4	4	129	4.7	4.4
5	外面 添接部 バキュームブラスト アルミナ ISO　Sa 2 1/2 横 0.16	Ⅱ	4	4	165	2.3	－
6	外面 天板 バキュームブラスト アルミナ ISO　Sa 2 1/2 下 0.35	Ⅱ	4	5	145	14.4	2.1
7	外面 コーナー バキュームブラスト アルミナ ISO　Sa 2 1/2 横 0.21	Ⅱ	4	4	163	7.2	－

表－4.4.5　バキュームブラスト試験結果（2）

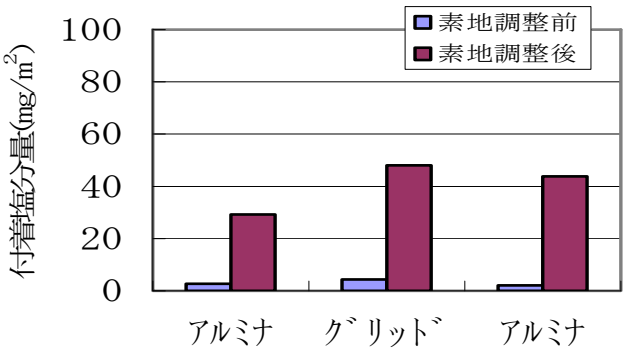
素地調整前							
模擬桁 部位 No	外面又は内面 部位 ブラスト 研削材 目標素地調整程度 作業姿勢 施工面積(m^2)	さび外観 評価 (共同研究(案))	さび外観 評価 (便覧基準)	セロファン テープ試験	さび厚 測定 (μm) 9箇所平均	イオン 透過抵抗 (KΩ) 2箇所平均	付着塩分 測定 (mg/m^2) 1箇所
8	外面 コーナー バキュームブラスト グリッド ISO　Sa 2 1/2 横 0.21	Ⅱ	4	4	161	7.6	－
9	外面 ウェブ オープンブラスト アルミナ ISO Sa 2 1/2 横 0.35	―	―	―	―	―	―
10	内面 ウェブ バキュームブラスト アルミナ ISO Sa 2 1/2 横 0.35	Ⅱ	4	4	229	1.4	65.0
11	内面 ウェブ バキュームブラスト グリッド ISO Sa 2 1/2 横 0.35	Ⅱ	4	4	259	1.3	73.0
14	内面 天板 バキュームブラスト アルミナ ISO Sa 2 1/2 上 0.35	Ⅱ	4	4	242	2.4	2.0

表－4.4.5　バキュームブラスト試験結果（３）

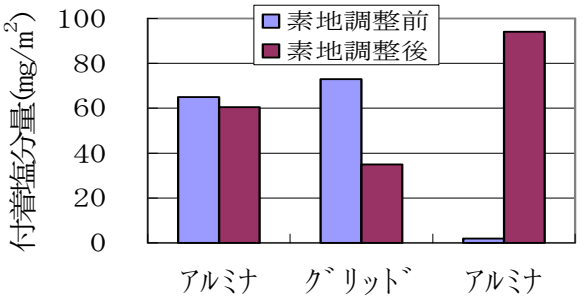
素地調整実施						
模擬桁 部位 No	外面又は内面 部位 ブラスト 研削材 目標素地調整程度 作業姿勢 施工面積(m^2)	付着塩分 測定 (mg/m^2) 3箇所平均	処理時間 (分/m^2)	表面粗度(μm)		
				Ra	Rmax	Rzjis
1	外面 ウェブ バキュームブラスト アルミナ ISO Sa 2 1/2 横 0.35	29.2	17.7	19.5	134.7	113.1
2	外面 ウェブ バキュームブラスト グリッド ISO Sa 2 1/2 横 0.35	48.0	28.6	19.6	118.4	100.9
5	外面 添接部 バキュームブラスト アルミナ ISO Sa 2 1/2 横 0.16	―	64.4	23.4	128	112
6	外面 天板 バキュームブラスト アルミナ ISO Sa 2 1/2 下 0.35	43.8	22.9	16.3	117.1	92.5
7	外面 コーナー バキュームブラスト アルミナ ISO Sa 2 1/2 横 0.21	25.7	16.7	21.8	149.1	114.1

表－4.4.5　バキュームブラスト試験結果（４）

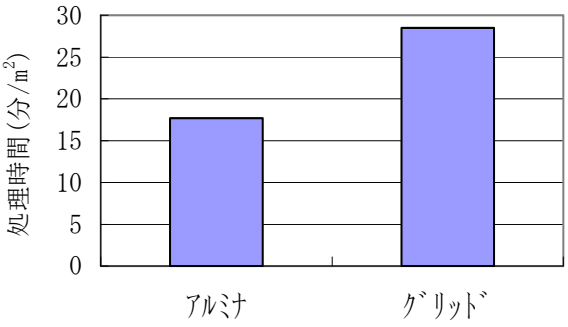
素地調整実施							
模擬桁 部位 No	外面又は内面 部位 ブラスト 研削材 目標素地調整程度 作業姿勢 施工面積(m^2)	付着塩分 測定 (mg/m^2) 3箇所平均	処理時間 ($分/m^2$)	表面粗度			騒音 (db)
				Ra	Rmax	R_{zjis}	
8	外面 コーナー バキュームブラスト グリッド ISO　Sa2 1/2 横 0.21	39.4	29.5	18.7	104.3	92.4	
9	外面 ウェブ オープンブラスト アルミナ ISO　Sa2 1/2 横 0.35	－	18.0	19.9	111.6	88.8	1m ：106 3m ：96 10m:84 30m:70 工事音なし48
10	内面 ウェブ バキュームブラスト アルミナ ISO　Sa2 1/2 横 0.35	60.5	45.4	16.3	116.8	88.4	—
11	内面 ウェブ バキュームブラスト グリッド ISO　Sa2 1/2 横 0.35	35.0	27.7	18.2	126.4	97.4	—
14	内面 天板 バキュームブラスト アルミナ ISO　Sa2 1/2 上 0.35	94.1	22.6	17.6	137.2	109.8	



耐候性鋼材模擬ブロック　部位 No１，２，６
バキュームブラスト　ISO Sa2 1/2
ａ）素地調整前後の付着塩分量　外面



耐候性鋼模擬ブロック　部位 No10,11,14
バキュームブラスト ISO Sa2 1/2
ｂ）素地調整前後の付着塩分量　内面

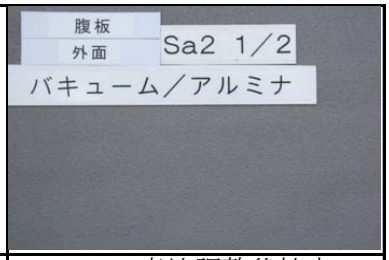


耐候性鋼模擬ブロック　部位 No１，２
バキュームブラスト ISO Sa2 1/2
ｃ）研削材の違いによる処理時間

図－4.4.9　バキュームブラスト処理試験結果





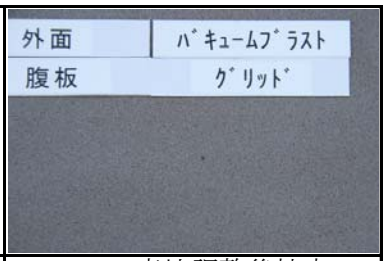


素地調整前	素地調整後	素地調整後拡大

部位No1　耐候性鋼材　ウェブ外面　バキュームブラスト　アルミナ　ISO Sa 2 1/2

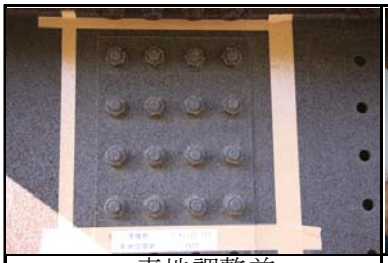


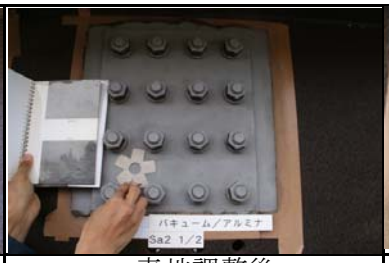




素地調整前	素地調整後	素地調整後拡大

部位No2　耐候性鋼材　ウェブ外面　バキュームブラスト　グリッド　ISO Sa 2 1/2





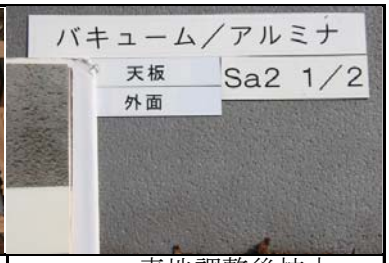


素地調整前	素地調整後	素地調整後拡大

部位No5　耐候性鋼材　添接部外面　バキュームブラスト　アルミナ　ISOSa 2 1/2





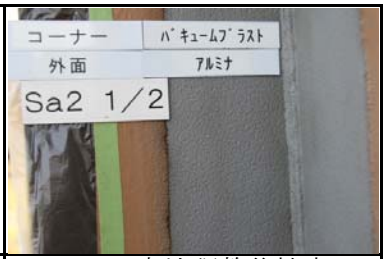


素地調整前	素地調整後	素地調整後拡大

部位No6　耐候性鋼材　天板外面　バキュームブラスト　アルミナ　ISO　Sa 2 1/2







素地調整前	素地調整後	素地調整後拡大

部位No7　耐候性鋼材　コーナー部外面　バキュームブラスト　アルミナ　ISO Sa 2 1/2

図－4.4.10　バキュームブラスト処理状態（1）

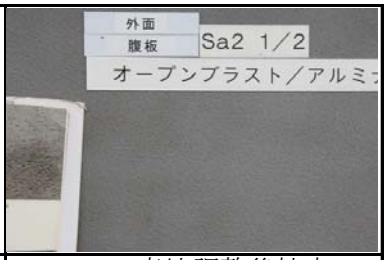




素地調整前	素地調整後	素地調整後拡大

部位No8　耐候性鋼材　コーナー部外面　バキュームブラスト　グリッド　ISO Sa 2 1/2





素地調整開始	素地調整後	素地調整後拡大

部位No9　耐候性鋼材　ウェブ外面　オープンブラスト　アルミナ　ISO Sa 2 1/2

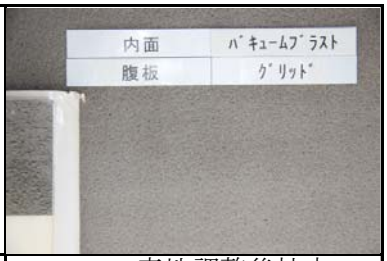




素地調整前	素地調整後	素地調整後拡大

部位No10　耐候性鋼材　ｳｪﾌﾞ内面　バキュームブラスト　アルミナ　ISO Sa 2 1/2

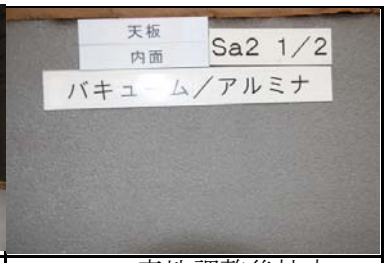




素地調整前	素地調整後	素地調整後拡大

部位No11　耐候性鋼材　ウェブ内面　バキュームブラスト　グリッド　ISO　Sa 2 1/2





素地調整前	素地調整後	素地調整後拡大

部位No14　耐候性鋼材　天板内面　バキュームブラスト　アルミナ　ISO　Sa 2 1/2

図－4.4.10　バキュームブラスト処理状態（2）

２）バキュームブラスト処理試験結果のまとめ

・外面は、素地調整後の方が付着塩分量の測定値は大きくなる傾向にある。

・素地調整前は、雨水に流されているため表面近くの付着塩分は少ないが、素地調整後は、残存するさび内に蓄積していた付着塩分を測定したためと推察する。

・内面は、素地調整後の付着塩分量が、50mg/m^{2}以下まで除去できない場合がある。

・バキュームブラストでは研削材はアルミナの方がグリッドより処理時間は短い。

・表面粗度は十分に確保できる。

３）動力工具処理試験結果

動力工具処理試験結果を表－4.4.6(1)～(2)、および図－4.4.11(1)～(2)に示す。

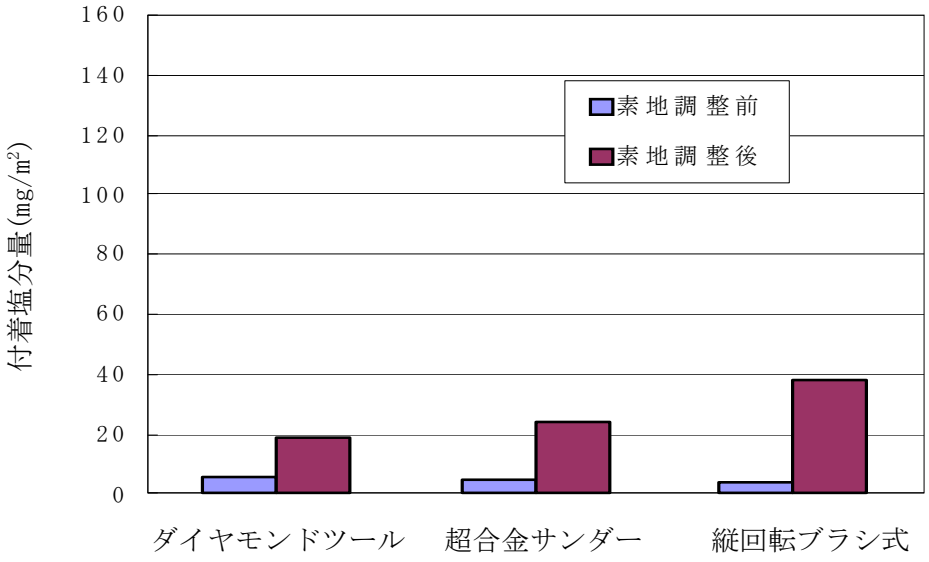
動力工具処理面の状態を図－4.4.12 に示す。

表－4.4.6　動力工具処理試験（１）

素地調整前							
模擬桁 部位 No	外面又は内面 部位 動力工具 目標素地調整程度 作業姿勢 施工面積(m^2)	さび外観 評価 (共同研究(案))	さび外観 評価 (便覧基準)	セロファン テープ試験	さび厚 測定 (μm) 9箇所平均	イオン 透過抵抗 (KΩ) 2箇所平均	付着塩分 測定 (mg/m^2) 1箇所
3	外面 ウェブ ダイヤモンドツール ISO St 3 横 0.35	Ⅱ	4	4	172	1.8	5.4
4	外面 ウェブ 超合金サンダー ISO St 3 下 0.35	Ⅱ	4	4	141	2.0	4.5
12	内面 ウェブ ダイヤモンドツール ISO St 3 横 0.35	Ⅱ	4	3	294	1.1	118.0
13	内面 ウェブ 超合金サンダー ISO St 3 横 0.35	Ⅱ	4	3	291	1.4	142.0
15	外面 ウェブ 縦回転ブラシ式 ISO Sa 2 横 0.18	Ⅱ	4	4	150	2.4	－
16	外面 添接部 縦回転ブラシ式 ISO Sa 2 横 0.16	Ⅱ	4	4	154	2.7	－
17	外面 コーナー 縦回転ブラシ式 ISO Sa 2 横 0.14	Ⅱ	4	4	189	2.5	4.0

表－4.4.6　動力工具処理試験結果（２）

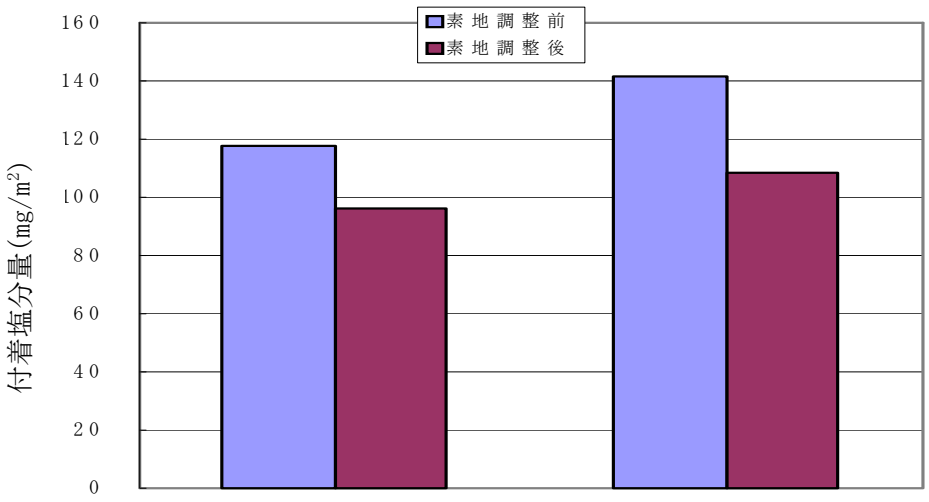
素地調整実施						
模擬桁 部位 No	外面又は内面 部位 動力工具 目標素地調整程度 作業姿勢 施工面積(m^2)	付着塩分 測定 (mg/m^2) 3箇所平均	処理時間 (分/m^2)	表面粗度(μm)		
				Ra	Rmax	Rzjis
3	外面 ウェブ ダイヤモンドツール ISO St 3 横 0.35	19.1	12.9	10.4	68.4	57.7
4	外面 ウェブ 超合金サンダー ISO St 3 下 0.35	24.5	10.6	12.1	88.9	64.6
12	内面 ウェブ ダイヤモンドツール ISO St 3 横 0.35	96.3	22.9	13.6	93.9	70.6
13	内面 ウェブ 超合金サンダー ISO St 3 横 0.35	108.3	11.4	11.8	62.7	55.2
15	外面 ウェブ 縦回転ブラシ式 ISO Sa 2 横 0.18	45.2	151.1	14.2	72.6	66.7
16	外面 添接部 縦回転ブラシ式 ISO Sa 2 横 0.16	―	133.1	23.3	69.1	105.7
17	外面 コーナー 縦回転ブラシ式 ISO Sa 2 横 0.14	38.2	72.9	―	―	―



耐候性鋼模擬ブロック

部位 No３，４，12

a）外面



耐候性鋼模擬ブロック

部位 No12,13

b）内面

図－4.4.11　動力工具処理による素地調整前後の付着塩分量



素地調整前

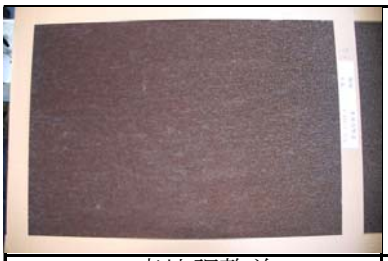


素地調整後



素地調整後拡大

耐候性鋼材模擬ブロック暴露試験体　ウェブ外面　超合金サンダー　ISO St 3



素地調整前



素地調整後



素地調整後拡大

耐候性鋼材模擬ブロック暴露試験体　ウェブ外面　ダイヤモンドツール　ISO St 3



素地調整前



素地調整後



素地調整後拡大

耐候性鋼材模擬ブロック暴露試験体　ウエブ内面　超合金サンダー　ISO St 3



素地調整前



素地調整後



素地調整後拡大

耐候性鋼材模擬ブロック暴露試験体　ウェブ内面　ダイヤモンドツール　ISO St 3



コーナー部 素地調整後



コーナー部 素地調整後 拡大



添接部素地調整後

耐候性鋼材模擬ブロック暴露試験体　外面　縦回転ブラシ式　ISO Sa 2

図－4.4.12　動力工具処理面の状態

（４）動力工具処理試験結果のまとめ

・外面は、素地調整後の方が付着塩分量の測定値は大きくなる傾向にある。

・素地調整前は、雨水に流されているため表面近くの付着塩分は少ないが、素地調整後は、残存するさび内に蓄積していた付着塩分を測定したためと推察する。

・内面は、素地調整後の付着塩分量を 50mg/m^2 以下まで除去することはできない。

・超合金サンダーの方がダイヤモンドツールより処理時間は短い。

・縦回転ブラシ式は、処理時間を要するが凹凸部のさび除去が可能なため、溶接ビード部や小面積の素地調整に適しているように思われる。

４．４．４　まとめ

（１）ブラスト処理でも付着塩分を 50mg/m^2 以下まで除去できない場合がある。

（２）ブラスト処理では、ISO Sa2 1/2 まで素地調整は可能であるが、工数を要する。

（３）オープンブラストおよびバキュームブラスト/アルミナ共に表面粗度は確保できる。

（４）騒音は、オープンブラスト/アルミナの方がバキュームブラスト/アルミナよりやや大きい。

（５）ブラスト処理では、耐候性鋼の方が普通鋼より処理時間を要する傾向にある。

（６）動力工具処理では、耐候性鋼の緻密で強固なさびを除去することは困難であり、さび内の付着塩分が残存する。電動工具処理では、孔食状のさびを除去することはできない。

（８）動力工具処理では、付着塩分を 50mg/m^2 まで除去することはできない。

（９）ISO St３の処理効率は、超合金サンダー＞ダイヤモンドツール＞ペーパーサンダーの順に大きい。

(10) 表面粗度は、ダイヤモンドツール＞超合金サンダー＞ペーパーサンダーの順に大きい。

(11)騒音は、超合金サンダー＞ダイヤモンドツール＞ペーパーサンダーの順に大きいが、大差はない。現場施工時は騒音対策を検討することが必要である。

(12)縦回転ブラシ式は、処理時間を要するが凹凸部のさび除去が可能なため、溶接ビード部や小面積の素地調整に適しているように思われる。

４．４．５　今後の課題

耐候性鋼材の異状腐食部をブラスト処理しても付着塩分を 50mg/m^2 以下まで除去できない場合があるため、付着塩分を確実に除去する方法の開発が必要である。その一つとして、ブラスト処理と水洗の併用工法を確立する必要がある。

４．５　耐候性鋼材さび層中の塩分分析

北陸暴露場にて、塗装で補修した耐候性鋼材試験体を 5.5 年間暴露した後、各種素地調整程度の違いによる耐候性鋼材さび層中の塩分分布と、さび層中に残存する塩分分析を行った。さび層中の塩分分析は、塗装で補修した耐候性鋼材試験体から採取したコア材で分析した。

４．５．１　分析目的

北陸暴露場で異常腐食した耐候性鋼材を、4.3 項の図 4.3.1 の補修方法の検討の流れに沿って、塗装で補修後 5.5 年経過した耐候性鋼材試験体から採取したコア材を用いて、各種素地調整程度の違いによるさび層中の塩分の分布とさび層中に残存する塩分量を把握することを目的に、下記コア材採取とコア材分析を実施した。

４．５．２　コア採取とコア材分析方法

（１）コア材採取

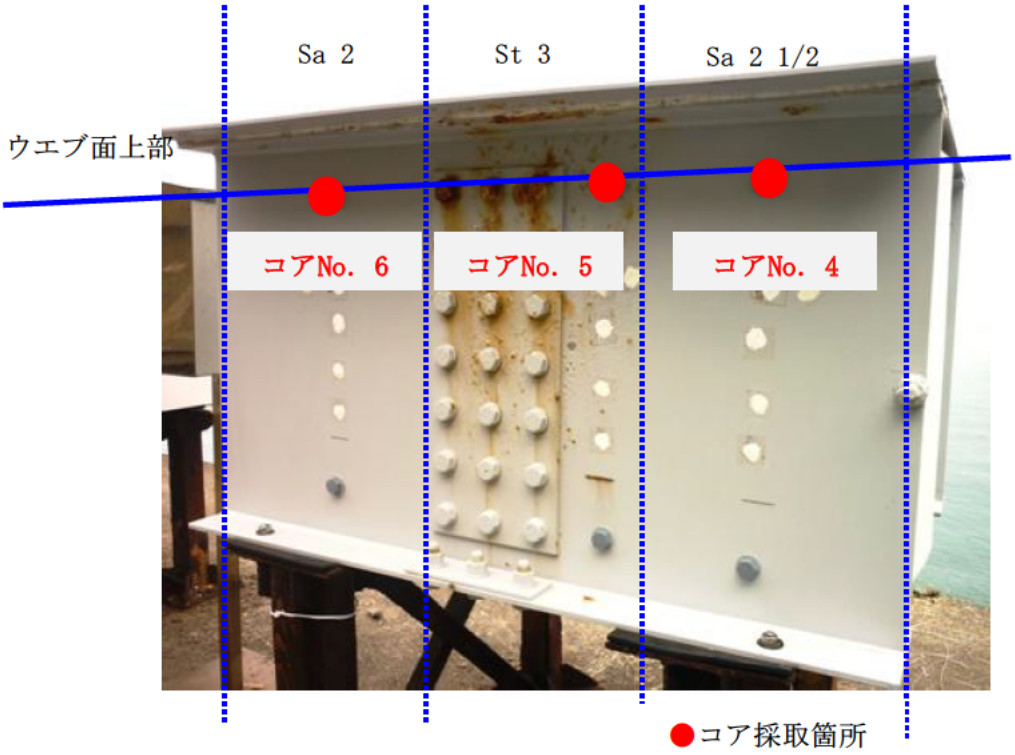
コア材採取は、穴あけ機（LO-3000）穴径 30㎜φを用いて、4.3 項の表－4.3.4 の塗装仕様（1 層目；厚膜形有機ジンクリッチペイント 75μm，2 層目；弱溶剤形厚膜形変性エポキシ樹脂塗料 120μm，3 層目；弱溶剤形厚膜形ふっ素樹脂塗料 50μm）で補修した JIS 耐候性鋼材試験体の山側ウエブ面上部から素地調整程度別（ブラスト処理 Sa 2 1/2、ブラスト処理 Sa 2、動力工具処理 St 3）にコア材を採取した。コア材採取機は写真－4.5.1 に、コア材採取状況は写真－4.5.2 に、コア材採取箇所は写真－4.5.3 に、コア材の分析前の状況は図－4.5.1 にそれぞれ示した。



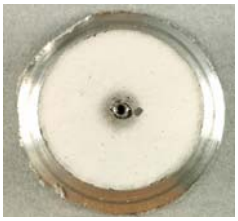
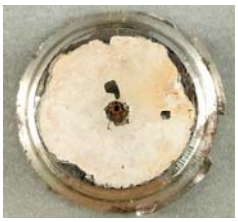
写真－4.5.1　コア採取機（穴あけ機；穴径 30㎜φ）



写真－4.5.2　コア材採取状況



写真－4.5.3　コア材採取箇所
（JIS 耐候性鋼材試験体　山側ウエブ面上部）

コアNo. （素地調整程度）	表面（外側）	裏面（内側）
No.4 (Sa 2 1/2)		
No.5 (St 3)		
No.6 (Sa 2)		

図－4.5.1　コア材の分析前の状況

（２）コア材分析方法

１）分析概要

採取したコア材を半分に切断し、一方の試料を断面方向に樹脂包埋後、研摩加工を行い、表裏面 SEM 断面写真撮影、EPMA 元素分析で塩素（＝Cℓとした、以下 Cℓと略す）を測定した。もう一方は、切粉を採取してさび層中の Cℓ量を分析した。

２）試料調整方法と分析機器

コア試料は、高速切断機で温度に注意しながら、コア試料を半分に切断した。一方の試料を断面方向に樹脂包埋後、研摩加工を行い、SEM 断面写真撮影を 200 倍で行った。

表裏面 EPMA 面分析は、島津製作所製 EPMA1400 を用い、分析倍率は 300 倍とした。

もう一方は、コア材からさび、樹脂を金属ドリルで表裏面を浚い、切粉を採取した。採取した切粉は、燃焼装置（三菱化学製 AQF－100）にて 1000℃で燃焼させ、ガス化した成分を吸収させて、イオンクロマト法（塩素分析装置：DAIONEX 製 ICS－7021 型）で Cℓ量を測定した。但し、コア試料樹脂中に当初から介在しうる Cℓ量を除くため、本塗装系のバージン樹脂フィルムを作製し、このバージン樹脂フィルムの Cℓ量をブランク Cℓ量として上記分析を行った。本さび層中の Cℓ量は、本試料の Cℓ量からブランク Cℓ量を引いた値とした。

４．５．３　コア材分析結果

（１）コア材の SEM、EPMA 断面観察結果

コア材の SEM、EPMA 断面分析結果の内、山側ウエブ上部，表面（外側）を図－4.5.2 に、山側ウエブ上部，裏面（内側）を図－4.5.3 に示した。図－4.5.2 よび図－4.5.3 の図中標記は、1 層目；厚膜形有機ジンクリッチペイントは、有機ジンクと、2 層目；弱溶剤形厚膜

形変性エポキシ樹脂塗料は、変性エポと、3 層目；弱溶剤形厚膜形ふっ素樹脂塗料は、ふっ素とした。

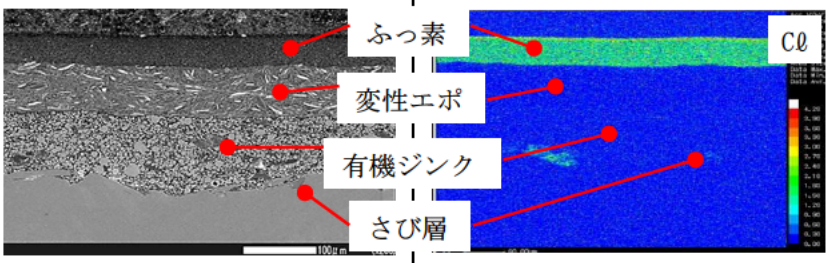
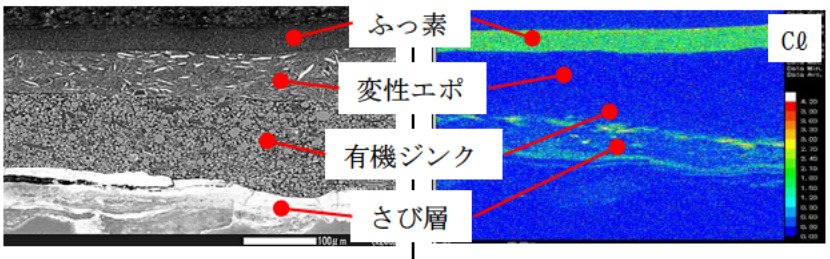
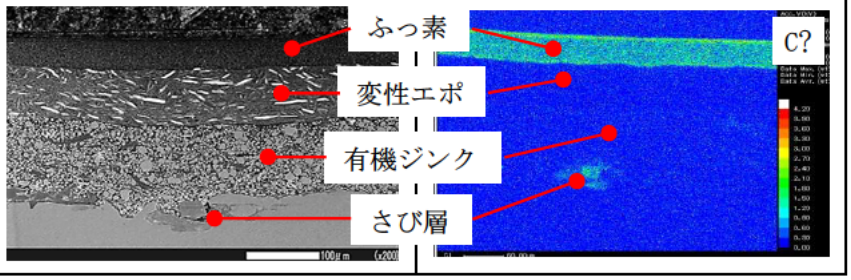
SEM 断面観察結果より、山側ウエブ上部，表面（外側）のブラスト処理 Sa 2 1/2、ブラスト処理 Sa 2 の素地界面には、残存さびが少ないのに対して、動力工具処理 St 3 の素地界面には、残存さび層が観察された。

EPMA 断面観察結果より、素地調整程度の違いに関係なく、残存さび中には、Clの存在が確認された。残存さびが一番多い動力工具処理 St 3 の素地界面にはさび層全体に Clの存在していることが確認された。

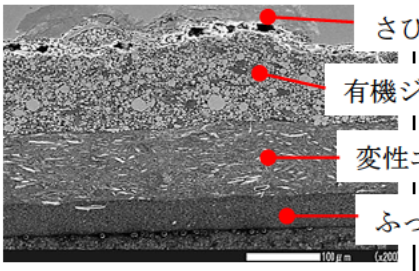
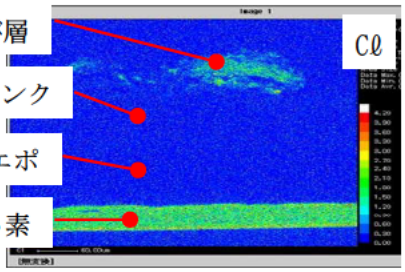
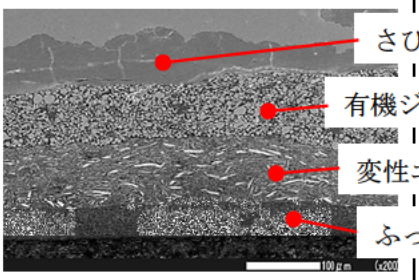
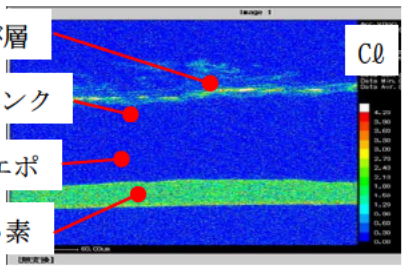
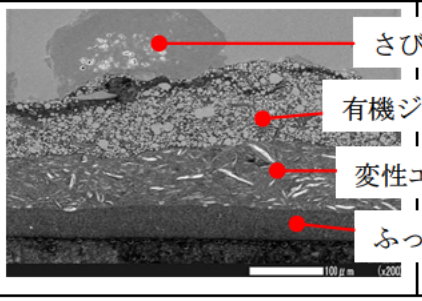
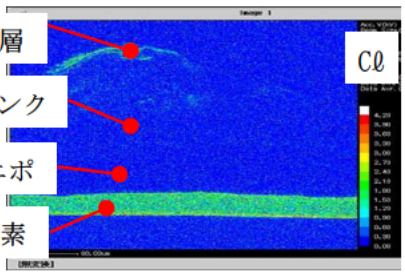
山側ウエブ上部，裏面（内側）は、表面（外側）と比較して、残存さびおよびさび中の Cl量、共に多い傾向見られが、素地調整程度の違いによる残存さびおよびさび中の Cl量の傾向は、同様であった。

（2）耐候性鋼材のさび層中の塩分（Cl）量測定結果

さび層中の塩分（Cl）量測定結果より、ブラスト処理 Sa 2 1/2 は 65ppm、ブラスト処理 Sa 2 は 40ppm の Cl量を示し、有意差は認められないが、動力工具処理 St 3 は、150ppm とブラスト処理の Cl量と比較して約 2～3 倍多い量が検出されたことから有意差があると判断した。

コアNo. （素地調整程度）	SEM（200 倍）	EPMA Cl（300 倍）
No.4 （Sa 2 1/2）		
No.5 （St 3）		
No.6 （Sa 2）		

図－4.5.2　コア材の SEM、EPMA 断面観察結果【山側ウエブ上部、表面（外側）】

コアNo. （素地調整程度）	SEM（200 倍）	EPMA Cℓ（300 倍）
No.4 （Sa 2 1/2）		
No.5 （St 3）		
No.6 （Sa 2）		

図－4.5.3　コア材の SEM、EPMA 断面観察結果【山側ウエブ上部、裏面（内側）】

表－4.5.1　耐候性鋼材のさび層中の塩分（Cℓ）量測定結果

コアNo. （素地調整程度）	採取全重量 （g）	Cℓ量 （mg/kg＝ppm） n=1	 n=2	 平均	Cℓ量 （Wt%）
No.4 （Sa 2 1/2）	0.2746	50	80	65	0.007
No.5 （St 3）	0.2675	100	200	150	0.015
No.6 （Sa 2）	0.2594	30	50	40	0.004

４．５．４　耐候性鋼材さび層中の塩分分析結果のまとめ

（１)海浜地区で適用した耐候性鋼材試験体の素地調整程度に関わらず､残存さび中には、Clの存在が確認された。

（２）ブラスト処理 Sa 2 1/2 とブラスト処理 Sa 2 の Cl量から有意差は認められないが、動力工具処理 St 3 は、ブラスト処理の Cl量と比較して約 2～3 倍多い量が検出されたことから有意差があると判断した。

以上のことから、塗装で補修する耐候性鋼材の素地調整には、さび，塩分が多く残存してしまう動力工具処理 St 3 は､適用不可であり､素地調整そしては､ブラスト処理 Sa 2 1/2 が必要と考える。

ブラスト処理による素地調整後に残存するさび中に Clの存在が確認されることから､ブラスト処理のみでは、Clの除去は困難と考えられる。そこで、残存塩分の管理値 50mg/㎡以下とするためには、ブラスト処理、水洗処理を繰返し行うことが必要である。

５．結論

５．１　各種防食工を適用した橋梁調査結果

耐候性鋼材，溶融亜鉛めっき，金属溶射が適用された新設橋梁、およびそれらを塗装で補修した橋梁の調査を行った。それらの結果を各種防食工別に以下にまとめる。

５．１．１　新設耐候性鋼橋梁

新設時に無塗装で使用された耐候性鋼橋梁では、部位によって緻密さびの形成状態が異なっていた。これは鋼材表面への水分や塩分の作用が不均一であることに起因していると考えられる。また、このさびの形成状態が異なることは、橋梁が架設されている地域や環境には関係なく、いずれの架設環境や地域でも見られた。橋梁部位の中では、下フランジ下面や内面等の水分や塩分の影響を受ける部位では粗いさびになる傾向があった。特に、厳しい腐食環境に架設された橋梁では、鋼材の板厚減少が進行し腹板を貫通する穴があいた耐候性鋼橋梁もあった。前記橋梁では、腐食を防ぐための補修も行われなかったため腐食が進行し最終的には橋梁が崩落した。粗いさびが発生している橋梁では、板厚減少を進行させないために早期に塗装で補修を行う必要がある。

５．１．２　塗装で補修された耐候性鋼橋梁

異状腐食した耐候性鋼材を塗装で補修した橋梁では、素地調整程度１種（ブラスト処理）を行い、有機ジンクリッチペイント＋変性エポキシ樹脂塗料下塗＋ふっ素樹脂塗料用中塗＋ふっ素樹脂塗料上塗で塗装された美浜大橋、柏原大橋、普久川橋（上塗はポリウレタン樹脂塗料上塗）では、塗装で補修後数年を経過した塗膜の状態は、さび，膨れ等の異状はみられず良好な結果であった。一方、素地調整程度３種で、変性エポキシ樹脂塗料下塗＋ふっ素樹脂塗料用中塗＋ふっ素樹脂塗料上塗で塗装された若浜大橋では、塗替塗装後１～３年を経過している状態ですでに孔食跡にはさび，膨れの発生が認められた。素地調整程度，補修塗装系の違いにより塗装で補修された塗膜の状態が大きく異なることが明らかとなった。異状腐食した耐候性鋼橋梁を塗装で補修するには素地調整程度は１種（ブラスト処理）が必ず必要であることが明らかとなった。

５．１．３　塗装で補修された溶融亜鉛めっき橋梁

異状劣化した溶融亜鉛めっき橋梁を塗装で補修した北陸自動車道に架設されている３橋梁の調査を行った。これらの３橋は、素地調整程度１種（ブラスト処理）を行い、有機ジンクリッチペイント＋変性エポキシ樹脂塗料下塗＋ポリウレタン樹脂塗料用中塗＋ポリウレタン樹脂塗料の塗装系で塗装による補修が行われていた。これらは塗装後５～10 年経過しているが、いずれもさびの発生はなく良好な塗膜状態であった。

５．１．４　金属溶射を適用した新設橋梁

新設時に金属溶射を適用した天保山シーサイドブリッジ，香椎かもめ大橋では、桁端部やメカニカルダメージ部にさびの発生がみられた。メカニカルダメージ部は適切な補修が必要である。また、現場で接合した現地溶接部や添接部ボルト部の現地溶射部にもさびの発生がみられた。端部や添接部ボルト部等は、溶射作業が困難であり適切な皮膜が形成し難いため早期の腐食につながったものと考えられる。

５．１．５　金属溶射で補修された橋梁

既設塗装橋梁の補修に金属溶射を適用して防食法を変更した宇美川橋梁では、腹板は全体的には良好な状況であったが、局部的には施工時の不具合に起因すると推測される溶射皮膜の浮きがみられた。特に桁端部，下フランジ上面や下面，補強部材などの水平部位でも溶射皮膜の浮きやはがれみられた。コンクリート床版との境界部や漏水の影響を受ける箇所では白さびや赤さびの発生、結露や満潮時に河川水に接触する部分では水分の影響による皮膜の異状がみられた。また、支承部や狭隘部など構造上施工が困難な部位においては、溶射皮膜の浮き，はがれ，さびの発生がみられ、さらに施工時の足場撤去時に生じたと思われる溶射皮膜の損傷部も散見された。これらの結果から金属溶射を補修に用いるには、現場施工が困難な部位があることを把握し、また漏水等からの水との接触を防ぐ十分な対策手段をとってから使用することが必要であることが明らかとなった。

以上の橋梁調査結果より、新たに適用された耐候性鋼材，溶融亜鉛めっき，金属溶射による防食法も維持管理を行うためには塗装による防食法と同様に点検が必要であり、また適切な時期に塗装による補修を行うことが有効であることがわかった。

５．２　各種防食工の補修方法の検討結果

５．２．１　第１次試験

第１次試験では、異状腐食した耐候性鋼試験板を用いて駿河湾，朝霧での暴露試験、および促進劣化試験により素地調整程度,補修塗装系の検討を行った。

塗膜の外観評価結果では、素地調整程度 ISO Sa2 1/2 は、暴露環境,鋼材種,および塗装仕様に関係なく、一般部にはさび，膨れはなく良好な塗膜状態であり塗り残し端部からのふくれも少なかったのに対し、素地調整程度が ISO Sa１，ISO St３は、多くの試験板の一般部にさび,膨れがみられた。また、付着力の測定結果でも、素地調整程度 ISO Sa2 1/2 の試験板の方が素地調整程度 ISO Sa１，ISO St３よりも付着力が高かった。

塗装系の比較では、Ra－Ⅲ塗装系が Rc－Ⅰ塗装系、Rc－Ⅲ塗装系よりもさびの発生が多かった。

これらの試験結果から､異状腐食した耐候性鋼材を塗装により補修した場合の耐久性は、素地調整程度の影響が大きいことが明らかとなった。また、塗装系は、防食下地にジンクリッチペイントを塗装する Rc－Ⅰ塗装系が Rc－Ⅲ，Ra－Ⅲ塗装系より優れていた。

５．２．２　第２次試験

耐候性鋼材を 10 ヶ月暴露して生じた異状劣化は、ブラスト処理で ISO Sa２以上の素地調整を行い、Rc－Ⅰ塗装系、または金属溶射で補修した場合には良好な結果であった。また、動力工具で St３の素地調整を行い、Rc－Ⅰ塗装系の変性エポキシ樹脂塗料下塗をエポキシ樹脂ガラスフレーク塗料に置き換え補修した場合にも良好な結果であった。しかし、これらの補修方法による暴露試験期間は２年間であるので、さらに長期の暴露試験試験片の調査を継続し補修効果を検証する必要がある。

溶融亜鉛めっき鋼材,金属溶射鋼材の劣化も、上記の試験結果から各種補修方法で問題

が認められていないが、耐候性鋼材の補修方法と同様に、さらに長期の暴露試験片の調査を継続し補修効果を検証する必要がある。

５．３　耐候性鋼材の塗装による補修方法の検討結果

異状腐食した耐候性鋼材の試験体を素地調整方法、および素地調整程度を変えた処理を行い、塗装で補修した試験体の暴露試験を行った。

暴露試験５年後の結果では、異状腐食した耐候性鋼をブラスト処理した場合には、普通鋼のブラスト処理に比べて、ブラスト処理時間は約３～４倍、ブラストに使用した研削材の量は約３倍必要であった。また、これらの労力をかけても目標とした処理程度に到達できず、所要の素地調整程度を得ることは難しいことが明らかとなった。

塗装で補修した試験体では、素地調整方法の違いにより、補修塗膜に生じたさび、および膨れ発生程度に差がみられた。ブラスト処理面（Sa２，Sa１～２）では外面および内面の一般部,フランジ部,ボルト部においてさび,膨れがわずかであったのに対し､動力工具処理面（St３）では多くの部位においてさび,膨れがみられた。

動力工具面で発生した膨れは、さび層内から発生しており、さび層内にはClがあることも確認された。また、動力工具面の付着性試験では付着強度は１～２MPa 程度と低めであり、はく離箇所も残存したさび層からのはく離であった。これらのことより、動力工具処理では、異状腐食した耐候性鋼材のさび層を完全に除去できていないことが明らかとなった。このため、動力工具処理面に塗装で補修を行っても、塗装の防食効果に長期の耐久性は期待できないことが明らかとなった。

５．４　異状腐食した耐候性鋼材の素地調整方法の検討結果

異状腐食した耐候性鋼の素地調整方法の検討を行った。その結果、ブラスト処理では鋼材表面のさびを除去できることは確認できたが、動力工具処理では鋼材表面のさびの凹部はさびの除去ができないことが確認された。また、ブラスト処理だけでは塗替え塗装での付着塩分量基準となる 50mg/㎡以下に鋼材表面の塩分量を下げることはできなかった。鋼材表面のさび層中の塩分を除去するためには、ブラスト処理と水洗等との併用が必要であることが明らかとなった。

５．５　耐候性鋼材さび層中の塩分分析結果

異状腐食した耐候性鋼材の素地調整方法,素地調整程度を変えた処理を行い､塗装により補修を行った暴露試験中の試験体から鋼材サンプルを採取し､鋼材面の塩分をＳＥＭ,ＥＰＭＡで分析した。その結果、動力工具でISO St３に素地調整を行った鋼材面にはさび層があることが観察され、さび層中にClが含まれていることが認められた。一方、ブラスト処理と水洗を繰返し行った鋼材面には、Clはほとんど観察されなかった。異状腐食した耐候性鋼材を塗装で補修した場合に塗膜の耐久性に大きな影響を与える塩分を鋼材面から除去するためには動力工具では不十分であり、ブラスト処理と水洗が必要であることが分析結果より明らかとなった。

５．６　総括

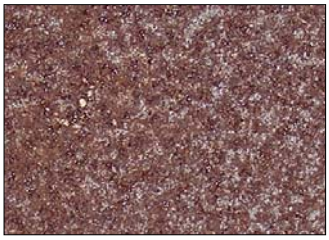
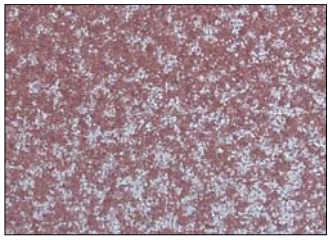
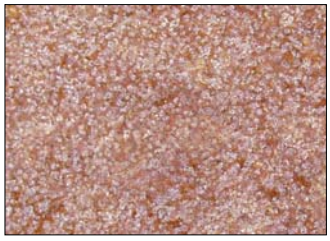
全国各地の各種防食工が適用された橋梁の調査結果、および試験体や試験板での異状腐食した防食工の補修法に関する暴露試験結果より以下のことがわかった。

（１）異状腐食した耐候性鋼材の塗装補修では、ブラストで素地調整を行い、十分にさびと塩分を除去しジンクリッチペイント＋変性エポキシ樹脂塗料下塗＋ふっ素樹脂塗料用中塗＋ふっ素樹脂塗料上塗の重防食塗装系を適用することが有効である。

（２）異状腐食した溶融亜鉛めっき鋼の塗装補修では、ブラストで素地調整を行い、ジンクリッチペイント＋変性エポキシ樹脂塗料下塗＋ふっ素樹脂塗料用中塗＋ふっ素樹脂塗料上塗の重防食塗装系を適用することが有効である。

（３）異状腐食した金属溶射の塗装補修では、ブラストで素地調整を行い、ジンクリッチペイント＋変性エポキシ樹脂塗料下塗＋ふっ素樹脂塗料用中塗＋ふっ素樹脂塗料上塗の重防食塗装系が有効である。

（４）本共同研究で推奨する耐候性鋼材評価用基準写真（案）を図－5.5.1 に示す。

評価点	基準写真		発生状況
0			さびの発生が全くない
Ⅰ			さびが全面まで発生しておらずさび厚も薄い
Ⅱ			さびが全面まで発生しておりさびは厚いが固着している
Ⅲ			さびが全面まで発生しておりさびがかなり厚く固着していない

図－5.5.1　耐候性鋼材評価用基準写真(案)

５．７　異状劣化した防食工の補修方法の提案

５．７．１　耐候性鋼材の補修方法

保護性さびが生成されない場合には、鋼材の板厚減少が進むため補修が必要となる。耐候性鋼材が使用された橋梁の全国調査結果では、環境区分に関係なく、そのほとんどの橋梁で桁端,下フランジ下面,内面等の水の影響を受ける部位を中心に粗いさびが発生していることが判明した。粗いさびは、今後、層状はく離さびになる可能性があり、鋼材の板厚に影響を与える危険性がある。

塗装で補修を行う場合には、耐候性鋼材に層状はく離さびが生成するまでになった状態では既に補修の時期を逸しており塗装で確実に補修することが困難となる。うろこ状さびが生成している状態では、うろこ状さびを除去し塗装が可能となる鋼材表面、ISO Sa2 1/2までにするには工数が必要であり費用も高くなる。

異状腐食した耐候性鋼材を塗装で補修した場合には、試験板による暴露試験、実際の橋梁での調査結果からブラスト処理で ISO Sa2 1/2 を行い、鋼道路橋塗装・防食便覧（平成 17 年 12 月)の Rc－Ⅰ塗装系で塗装した場合だけが､その後の塗膜外観に異常が見られず、唯一良好な結果であった。塗装系は、重防食塗装系の有機ジンクリッチペイントを用いる鋼道路橋塗装・防食便覧（平成 17 年 12 月）の Rc－Ⅰ塗装系だけが良好な結果であった。

さび面をブラスト処理する時には、さびが軽度であるほうが効率良いことは明白でありうろこ状さびになっている耐候性鋼材を塗装が可能な鋼材表面状態にするためには大きな労力を必要とする。このため、耐候性鋼材が適用されている橋梁を今後も長期に渡り供用していくために塗装で補修を行う場合には、うろこ状さびになる前、例えば、図－5.5.1 に示す耐候性鋼材評価用標準写真(案)で評価点Ⅱになる前のできるだけ早期に塗装で補修することが望ましい。うろこ状さびや粗いさびが見られるような状態になり、塗装で補修を行う場合には素地調整が困難になることを十分に認識して行う必要がある。

また、桁端部などを塗装で部分補修を適用しても未塗装鋼材面と塗膜との境界面は、未塗装の鋼材部からの腐食の進展に起因する塗膜の浮きやはがれが生じて来ており塗膜端部の鋼材は集中腐食することもあるので耐候性鋼材の塗装による部分補修は防食の観点から望ましくない。

なお、素地調整では、鋼材表面塩分量は 50mg/㎡以下とし管理値 50mg/㎡以下にするためにブラスト処理、水洗を繰返し行うことが必要である。また、孔食跡の凹部は、素地調整時にさびが残り易いため注意が必要である。

５．７．２　溶融亜鉛めっき鋼材の補修方法

溶融亜鉛めっき鋼材は、塩分が飛来するような環境では、めっき層が消耗し早期に腐食が進行する。また、溶融亜鉛めっき鋼材は、水と接触すると亜鉛が溶け出し亜鉛層、合金層の消耗が進むため滞水し易い部位では早期に劣化が進行する。

異状腐食した溶融亜鉛めっき鋼材を塗装で補修を行う場合には、溶融亜鉛めっき橋梁での塗装による補修例や暴露試験結果より、鋼道路橋塗装・防食便覧（平成 17 年 12 月）の Rc－Ⅰ塗装系で補修することが望ましい。

５．７．３　金属溶射鋼材の補修方法

金属溶射が全面劣化した場合の補修に関するする事例はまだ少ない。金属溶射が部分劣化した場合やメカニカルダメージ部を塗装により補修する場合には、鋼道路橋塗装・防食便覧（平成 17 年 12 月）の Rc－Ⅰ塗装系で補修することが望ましい。

５．８　今後の課題

本共同研究の成果として、現在得られている知見から考えられる最良な耐候性鋼材，溶融亜鉛めっき鋼材，金属溶射鋼材の異状劣化した場合の塗装による補修方法を提案した。今後､暴露試験片の調査を継続してこれら補修方法の長期の耐久性を検証する必要がある。

おわりに

本共同研究では、鋼道路橋の塗装以外の防食法である耐候性鋼材,溶融亜鉛めっき,金属溶射を適用した橋梁、および異状劣化した橋梁を塗装で補修した橋梁の実態を明らかにした。また、異状劣化させ素地調整程度を変え塗装で補修した試験片の暴露試験を行い、その補修効果を明らかにした。さらに、異状劣化した耐候性鋼材のさびは強固であるため、適切な素地調整程度を得るための素地調整方法について検討した。これらの実橋調査並びに補修方法の暴露試験と素地調整方法に関する検討結果から、各種防食法の劣化診断基準と補修方法を提案した。

本報告書が、鋼道路橋に適用した塗装以外の防食法の異状劣化の早期発見と適切な補修に役立ち、鋼道路橋が健全な状態で長期に維持されることを期待する。

最後に、各種暴露試験を実施する上で大変お世話になりました国土交通省北陸地方整備局高田河川国道事務所糸魚川国道維持出張所，同中部地方整備局静岡河川事務所駿河海岸出張所，および内閣府沖縄総合事務局北部国道事務所の関係各位に謝意を表します。

また、劣化した溶融亜鉛めっき鋼板をご提供いただきました社団法人日本溶融亜鉛鍍金協会，金属溶射試験片を作成していただきました社団法人日本橋梁建設協会防食部会，並びに橋梁調査にご協力いただきました千葉県千葉市中央・美浜土木事務所，沖縄県北部土木事務所，福岡北九州高速道路公社，東日本高速道路株式会社，西日本高速道路株式会社を始めとする関係機関に謝意を表します。

付　属　資　料

付属資料－１　第１次試験外観観察の写真

付属資料－２　第２次試験外観観察の写真

付属資料－３　外部発表論文一覧

付属資料－１

第１次試験外観観察の写真

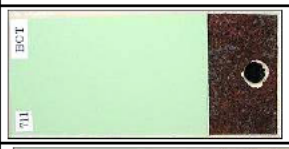
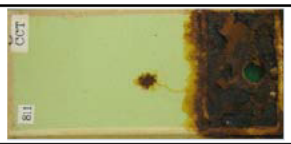
素地調整程度 Sa2 1/2　（暴露板表面）

暴露場所	鋼材種	Ｒｃ－Ⅰ	Ｒｃ－Ⅲ	Ｒａ－Ⅲ
朝霧（５年）	普通鋼			
	ＪＩＳ耐候性鋼			
	高Ｎｉ耐候性鋼①		－	－
	高Ｎｉ耐候性鋼②		－	－
駿河湾（５年）	普通鋼			
	ＪＩＳ耐候性鋼			
	高Ｎｉ耐候性鋼①		－	－
	高Ｎｉ耐候性鋼②		－	－

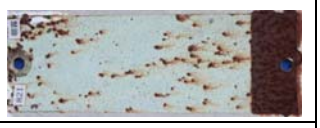
素地調整程度 Sa2 1/2　（暴露板裏面）

暴露場所	鋼材種	Ｒｃ－Ⅰ	Ｒｃ－Ⅲ	Ｒａ－Ⅲ
朝霧（５年）	普通鋼			
	ＪＩＳ耐候性鋼			
	高Ｎｉ耐候性鋼①		－	－
	高Ｎｉ耐候性鋼②		－	－
駿河湾（５年）	普通鋼			
	ＪＩＳ耐候性鋼			
	高Ｎｉ耐候性鋼①		－	－
	高Ｎｉ耐候性鋼②		－	－

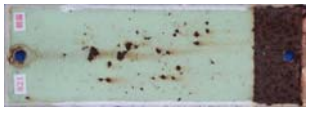
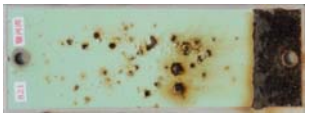
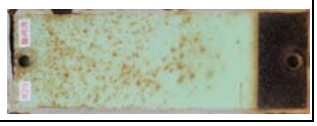
素地調整程度 Sa2 1/2　（促進劣化試験板）

試験内容	鋼材種	Ｒｃ－Ⅰ	Ｒｃ－Ⅲ	Ｒａ－Ⅲ
ＢＣＴ（1000サイクル）	普通鋼			
	ＪＩＳ耐候性鋼			
	高Ｎｉ耐候性鋼①		－	－
	高Ｎｉ耐候性鋼②		－	－
ＣＣＴ（1000サイクル）	普通鋼			
	ＪＩＳ耐候性鋼			
	高Ｎｉ耐候性鋼①		－	－
	高Ｎｉ耐候性鋼②		－	－

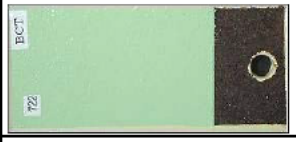
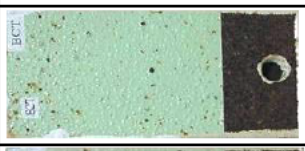
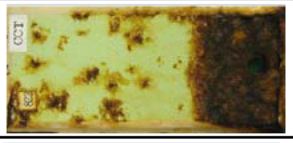
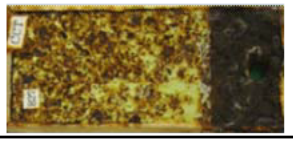
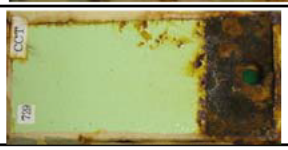
素地調整程度 Sa１（暴露板表面）

暴露場所	鋼材種	Ｒｃ－Ⅰ	Ｒｃ－Ⅲ	Ｒａ－Ⅲ
朝霧（５年）	普通鋼			
	ＪＩＳ耐候性鋼	写真なし		
	高Ｎｉ耐候性鋼①			
	高Ｎｉ耐候性鋼②			
駿河湾（５年）	普通鋼			
	ＪＩＳ耐候性鋼			
	高Ｎｉ耐候性鋼①			
	高Ｎｉ耐候性鋼②			

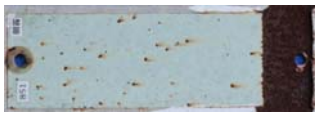
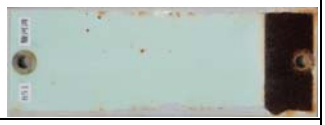
素地調整程度 Sa１（暴露板裏面）

暴露場所	鋼材種	Ｒｃ－Ⅰ	Ｒｃ－Ⅲ	Ｒａ－Ⅲ
朝霧（５年）	普通鋼			
	ＪＩＳ耐候性鋼	写真なし		
	高Ｎｉ耐候性鋼①			
	高Ｎｉ耐候性鋼②			
駿河湾（５年）	普通鋼			
	ＪＩＳ耐候性鋼			
	高Ｎｉ耐候性鋼①			
	高Ｎｉ耐候性鋼②			

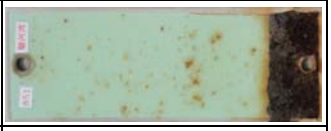
素地調整程度 Sa１（促進劣化試験板）

試験内容	鋼材種	Ｒｃ－Ⅰ	Ｒｃ－Ⅲ	Ｒａ－Ⅲ
ＢＣＴ（1000サイクル）	普通鋼			
	ＪＩＳ耐候性鋼			
	高Ｎｉ耐候性鋼①			
	高Ｎｉ耐候性鋼②			
ＣＣＴ（1000サイクル）	普通鋼			
	ＪＩＳ耐候性鋼			
	高Ｎｉ耐候性鋼①			
	高Ｎｉ耐候性鋼②			

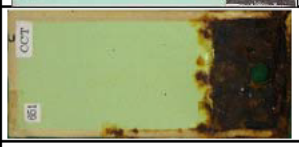
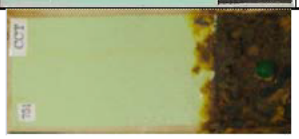
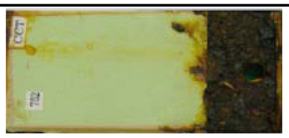
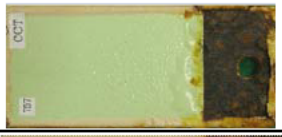
素地調整程度 St３　（暴露板表面）

暴露場所	鋼材種	Ｒｃ－Ⅰ	Ｒｃ－Ⅲ	Ｒａ－Ⅲ
朝霧（５年）	普通鋼			
	ＪＩＳ耐候性鋼			
	高Ｎｉ耐候性鋼①			
	高Ｎｉ耐候性鋼②			
駿河湾（５年）	普通鋼			
	ＪＩＳ耐候性鋼			
	高Ｎｉ耐候性鋼①			
	高Ｎｉ耐候性鋼②			

素地調整程度 St３　（暴露板裏面）

暴露場所	鋼材種	Ｒｃ－Ⅰ	Ｒｃ－Ⅲ	Ｒａ－Ⅲ
朝霧（５年）	普通鋼			
	ＪＩＳ耐候性鋼			
	高Ｎｉ耐候性鋼①			
	高Ｎｉ耐候性鋼②			
駿河湾（５年）	普通鋼			
	ＪＩＳ耐候性鋼			
	高Ｎｉ耐候性鋼①			
	高Ｎｉ耐候性鋼②			

素地調整程度 St３　（促進劣化試験板）

試験内容	鋼材種	Ｒｃ－Ⅰ	Ｒｃ－Ⅲ	Ｒａ－Ⅲ
ＢＣＴ（1000サイクル）	普通鋼			
	ＪＩＳ耐候性鋼			
	高Ｎｉ耐候性鋼①			
	高Ｎｉ耐候性鋼②			
ＣＣＴ（1000サイクル）	普通鋼			
	ＪＩＳ耐候性鋼			
	高Ｎｉ耐候性鋼①			
	高Ｎｉ耐候性鋼②			

塗り残し試験板と全面塗装試験板（素地調整程度 Sa2 1/2　Ｒｃ－Ｉ塗装系）

・暴露板表面

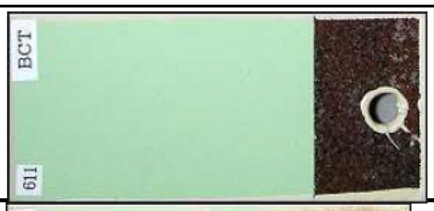
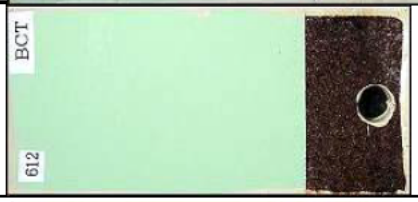
暴露場所	鋼材種	塗り残し	全面塗装
朝霧（５年）	普通鋼		－
	ＪＩＳ耐候性鋼		
駿河湾（５年）	普通鋼		
	ＪＩＳ耐候性鋼		

・暴露板裏面

暴露場所	鋼材種	塗り残し	全面塗装
朝霧（５年）	普通鋼		－
	ＪＩＳ耐候性鋼		
駿河湾（５年）	普通鋼		
	ＪＩＳ耐候性鋼		

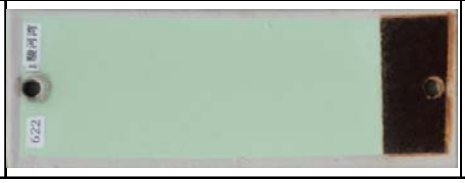
塗り残し試験板と全面塗装試験板（素地調整程度 Sa2 1/2　Rc－Ⅰ塗装系）

・促進劣化試験板

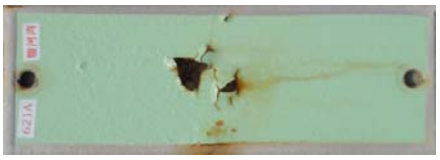
試験内容	鋼材種	塗り残し	全面塗装
BCT（1000サイクル）	普通鋼		－
	ＪＩＳ耐候性鋼		
CCT（1000サイクル）	普通鋼		
	ＪＩＳ耐候性鋼		

塗り残し試験板と全面塗装試験板（素地調整 Sa１　Rc-Ⅰ塗装系）

・暴露板表面

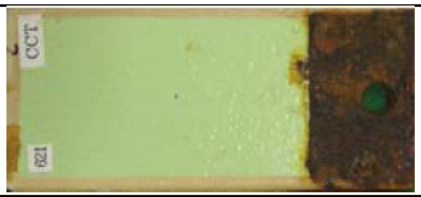
暴露場所	鋼材種	塗り残し	全面塗装
朝霧（５年）	普通鋼		-
	ＪＩＳ耐候性鋼	-	
駿河湾（５年）	普通鋼		
	ＪＩＳ耐候性鋼		

・暴露板裏面

暴露場所	鋼材種	端部残し	全面塗装
朝霧（５年）	普通鋼		-
	ＪＩＳ耐候性鋼	-	
駿河湾（５年）	普通鋼		
	ＪＩＳ耐候性鋼		

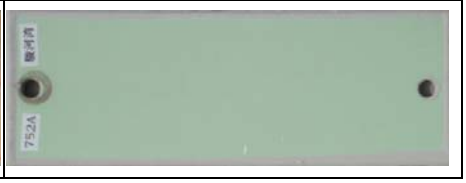
塗り残し試験板と全面塗装試験板（素地調整程度 Sa１　Rc-Ⅰ塗装系）

・促進劣化試験板

試験内容	鋼材種	塗り残し	全面塗装
BCT（1000サイクル）	普通鋼		-
	ＪＩＳ耐候性鋼		
CCT（1000サイクル）	普通鋼		
	ＪＩＳ耐候性鋼		

塗り残し試験板と全面塗装試験板（素地調整 St３　Rc-Ⅲ塗装系）

・暴露板表面

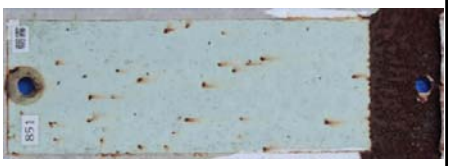
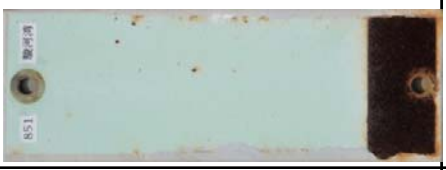
暴露場所	鋼材種	塗り残し	全面塗装
朝霧（５年）	普通鋼		-
	ＪＩＳ耐候性鋼		
駿河湾（５年）	普通鋼		
	ＪＩＳ耐候性鋼		

・暴露板裏面

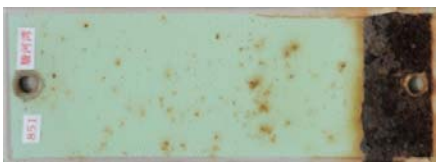
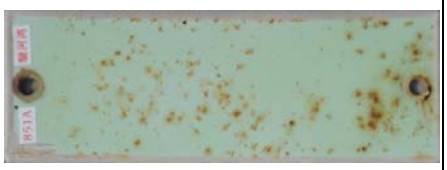
暴露場所	鋼材種	塗り残し	全面塗装
朝霧（５年）	普通鋼		-
	ＪＩＳ耐候性鋼		
駿河湾（５年）	普通鋼		
	ＪＩＳ耐候性鋼		

塗り残し試験板と全面塗装試験板（素地調整 St３　Ra-Ⅲ塗装系）

・暴露板表面

暴露場所	鋼材種	塗り残し	全面塗装
朝霧（５年）	普通鋼		-
	ＪＩＳ耐候性鋼		
駿河湾（５年）	普通鋼		
	ＪＩＳ耐候性鋼		

・暴露板裏面

暴露場所	鋼材種	塗り残し	全面塗装
朝霧（５年）	普通鋼		-
	ＪＩＳ耐候性鋼		
駿河湾（５年）	普通鋼		
	ＪＩＳ耐候性鋼		

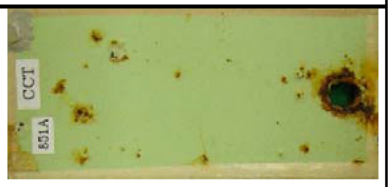
塗り残し試験板と全面塗装試験板（素地調整程度 St３　Rc-Ⅲ塗装系）

・促進劣化試験板

試験内容	鋼材種	塗り残し	全面塗装
BCT（1000サイクル）	普通鋼		-
	ＪＩＳ耐候性鋼		
CCT（1000サイクル）	普通鋼		
	ＪＩＳ耐候性鋼		

塗り残し試験板と全面塗装試験板（素地調整程度 St３　Ra-Ⅲ塗装系）

・促進劣化試験板

試験内容	鋼材種	塗り残し	全面塗装
BCT（1000サイクル）	普通鋼		-
	ＪＩＳ耐候性鋼		
CCT（1000サイクル）	普通鋼		
	ＪＩＳ耐候性鋼		

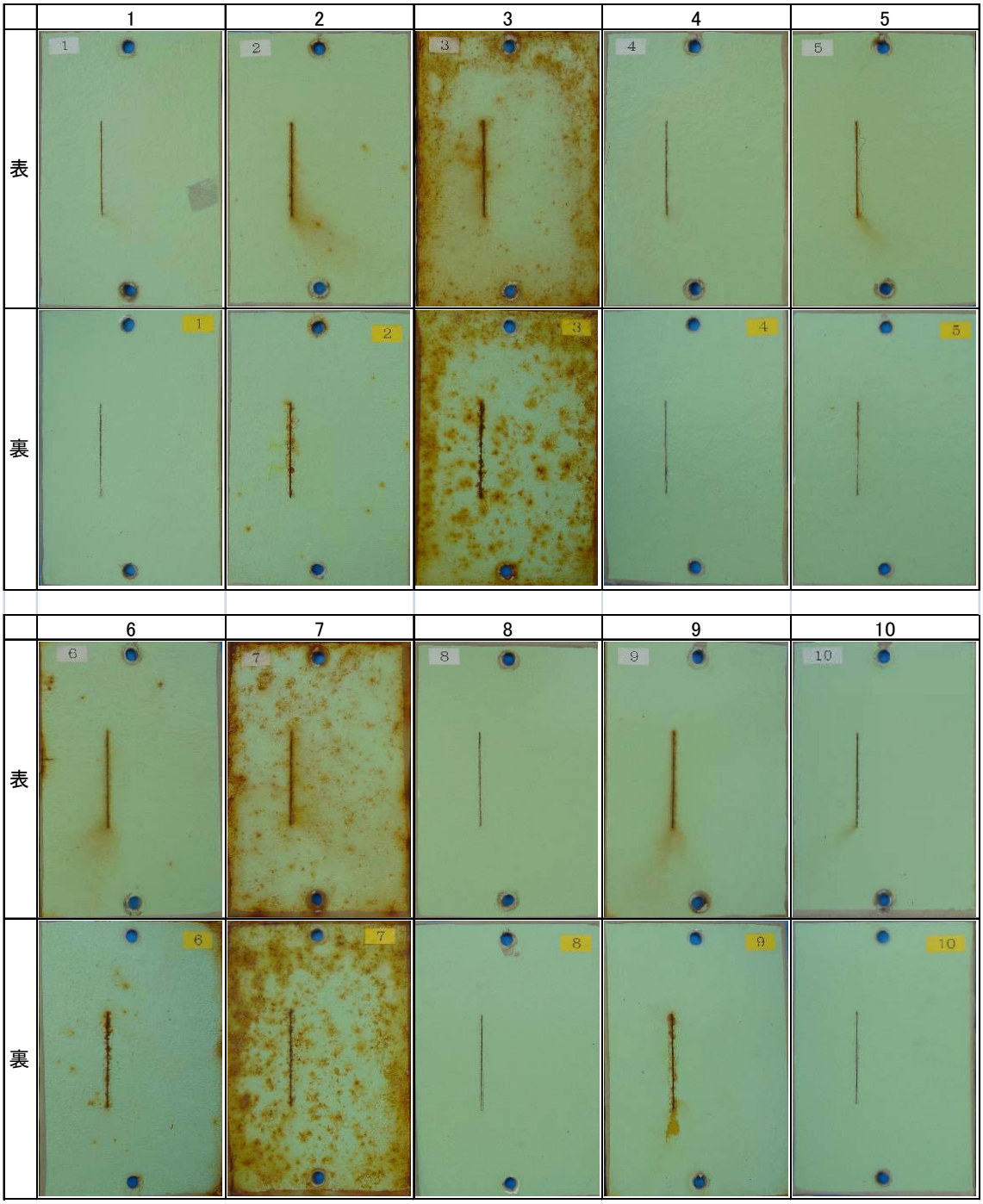
付属資料－２

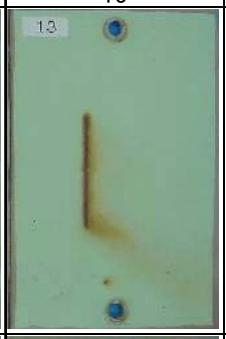
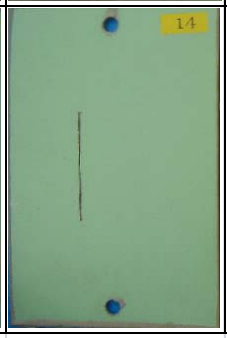
第２次試験外観観察の写真

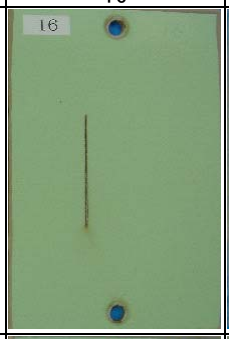
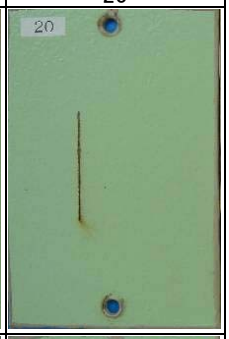
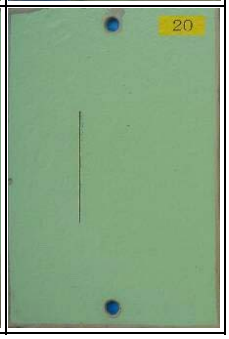
【耐候性鋼材／普通鋼材】

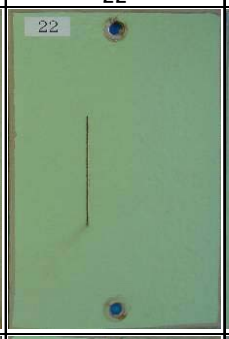
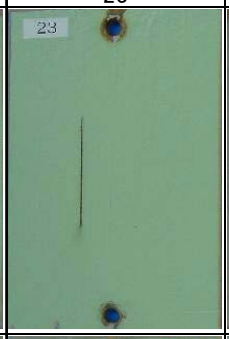
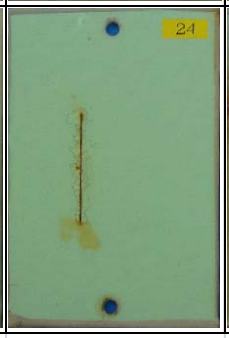
（注意） 普通鋼材は、試験片ナンバーを赤で示す。

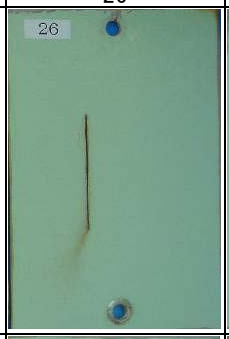
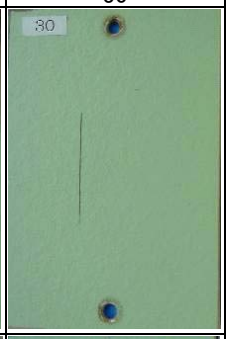
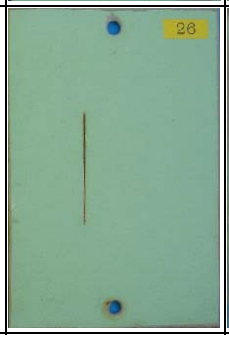
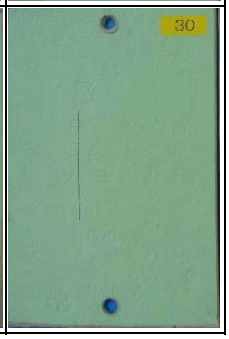
沖縄暴露１年後 （カット有）

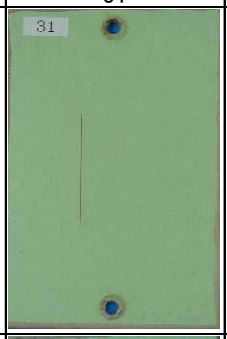
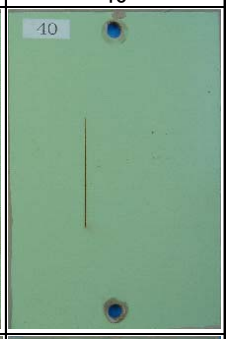
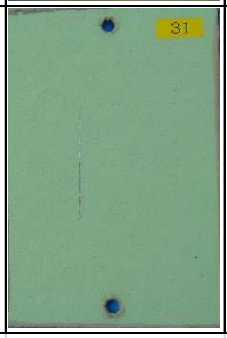
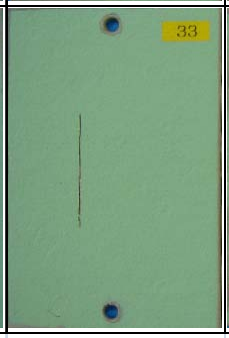


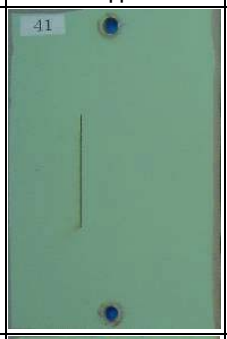
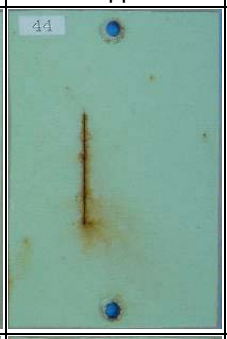
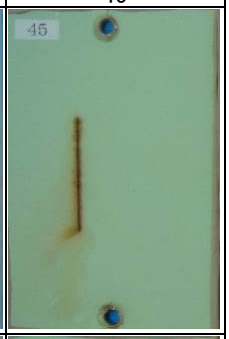
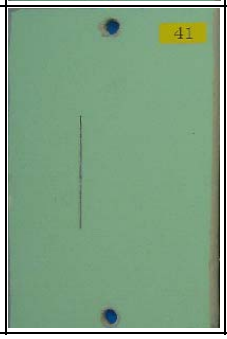
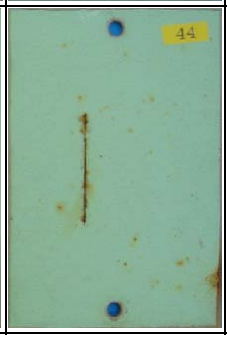
	11	12	13	14	15
表					
裏					

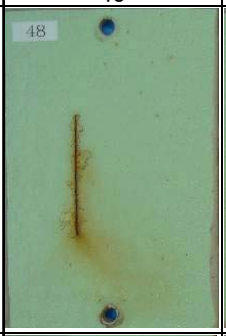
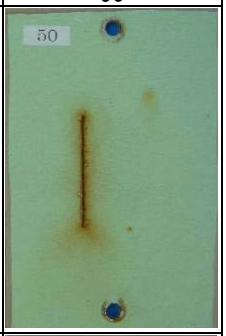
	16	17	18	19	20
表					
裏					

	21	22	23	24	25
表					
裏					

	26	27	28	29	30
表					
裏					

	31	32	33	34	40
表					
裏					

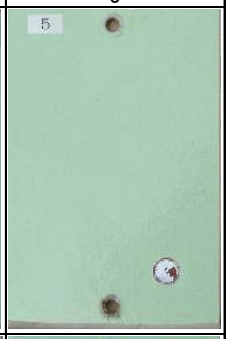
	41	42	43	44	45
表					
裏					

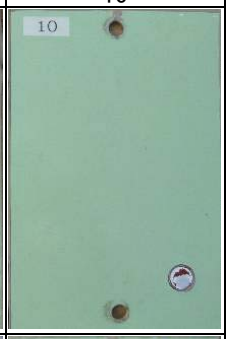
	46	47	48	49	50
表					
裏					

【耐候性鋼材／普通鋼材】

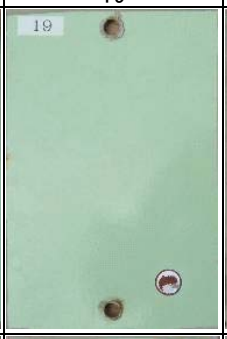
（注意） 普通鋼材は、試験片ナンバーを赤で示す。

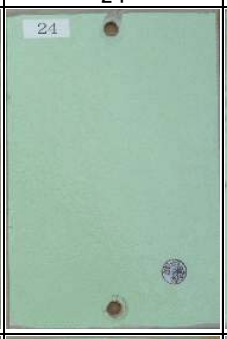
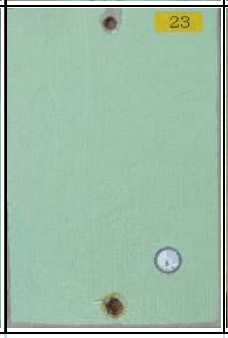
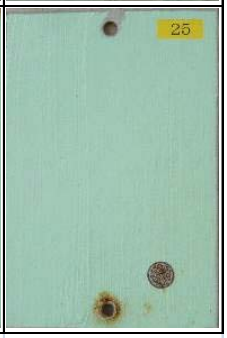
沖縄暴露１年後 （カット無）

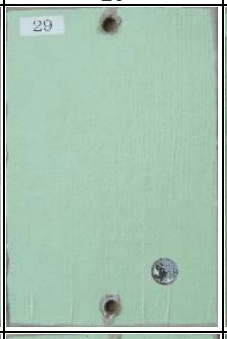
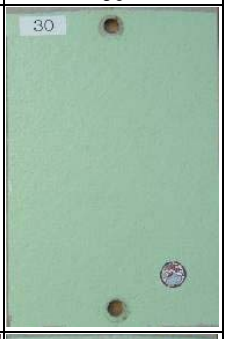
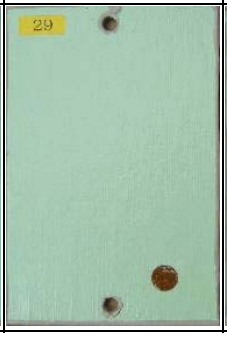
	1	2	3	4	5
表					
裏					

	6	7	8	9	10
表					
裏					

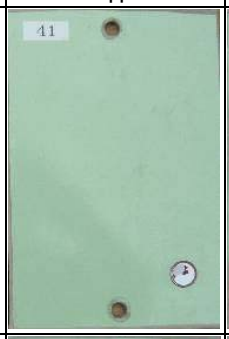
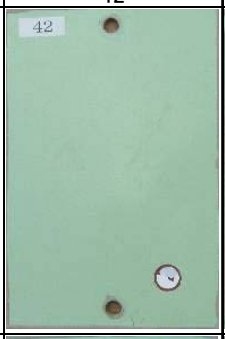
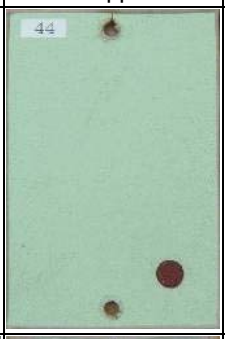
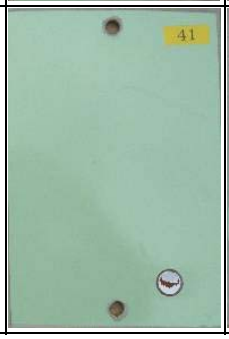
	11	12	13	14	15
表					
裏					

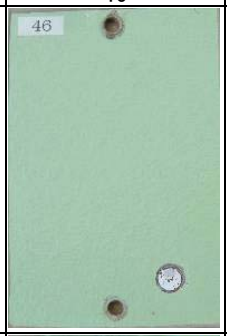
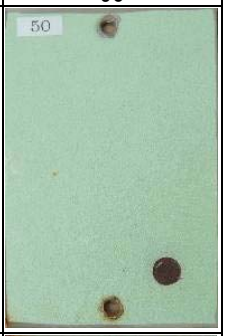
	16	17	18	19	20
表					
裏					

	21	22	23	24	25
表					
裏					

	26	27	28	29	30
表					
裏					

	31	32	33	34	40
表					
裏					

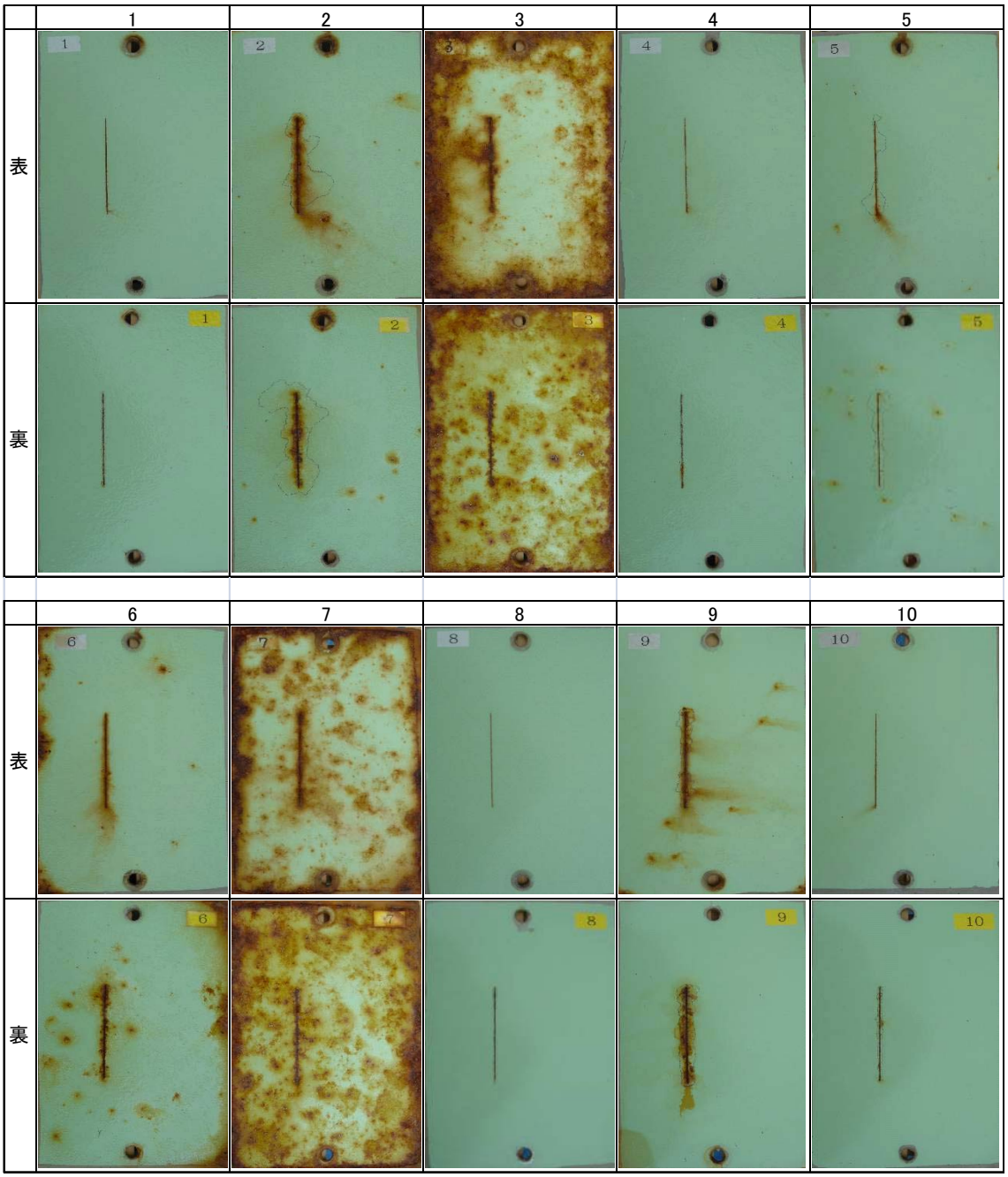
	41	42	43	44	45
表					
裏					

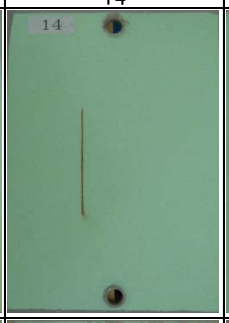
	46	47	48	49	50
表					
裏					

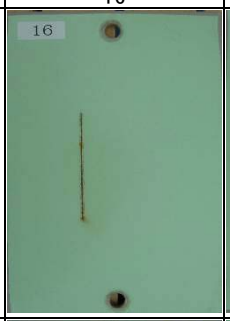
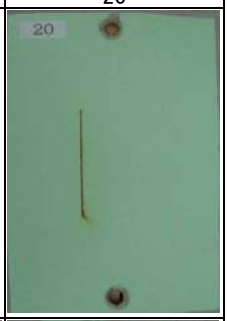
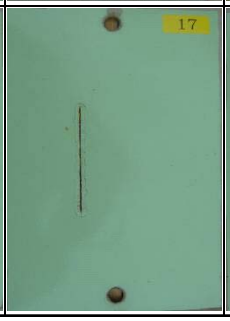
【耐候性鋼材／普通鋼材】

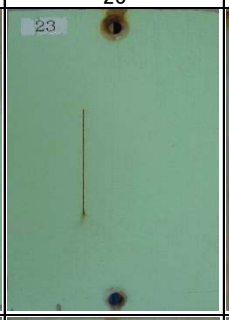
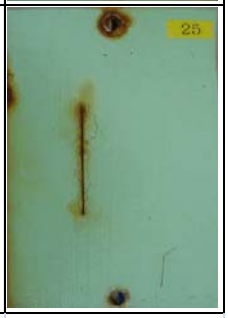
（注意）　普通鋼材は、試験片ナンバーを赤で示す。

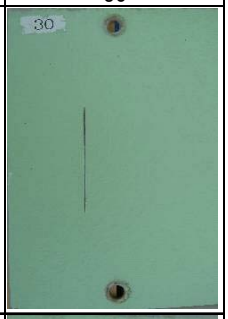
沖縄暴露２年後　（カット有）

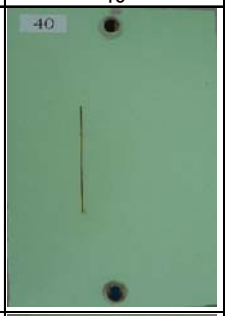
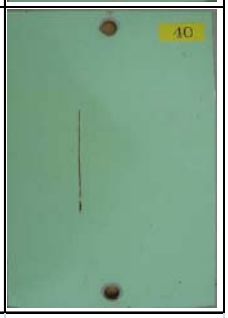


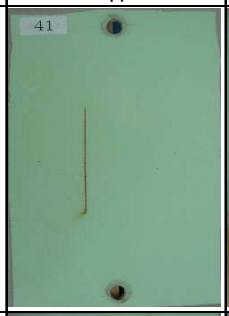
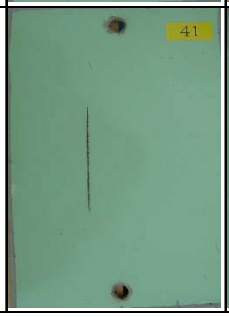
	11	12	13	14	15
表					
裏					

	16	17	18	19	20
表					
裏					

	21	22	23	24	25
表					
裏					

	26	27	28	29	30
表					
裏					

	31	32	33	34	40
表					
裏					

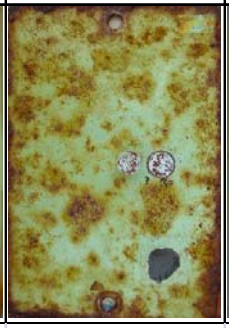
	41	42	43	44	45
表					
裏					

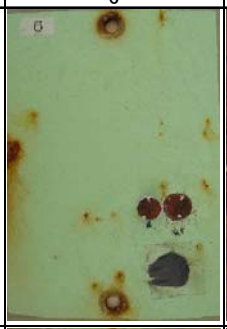
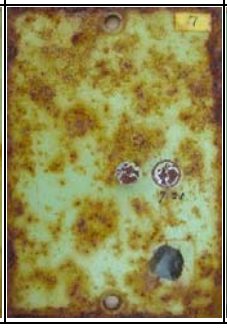
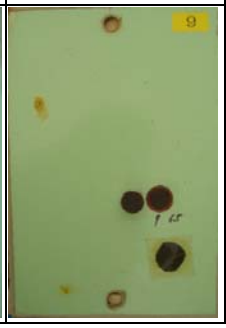
	46	47	48	49	50
表					
裏					

【耐候性鋼材／普通鋼材】

（注意） 普通鋼材は、試験片ナンバーを赤で示す。

沖縄暴露２年後 （カット無）

	1	2	3	4	5
表					
裏					

	6	7	8	9	10
表					
裏					

	11	12	13	14	15
表					
裏					

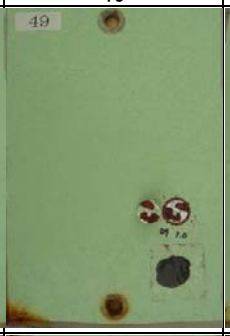
	16	17	18	19	20
表					
裏					

	21	22	23	24	25
表					
裏					

	26	27	28	29	30
表					
裏					

	31	32	33	34	40
表					
裏					

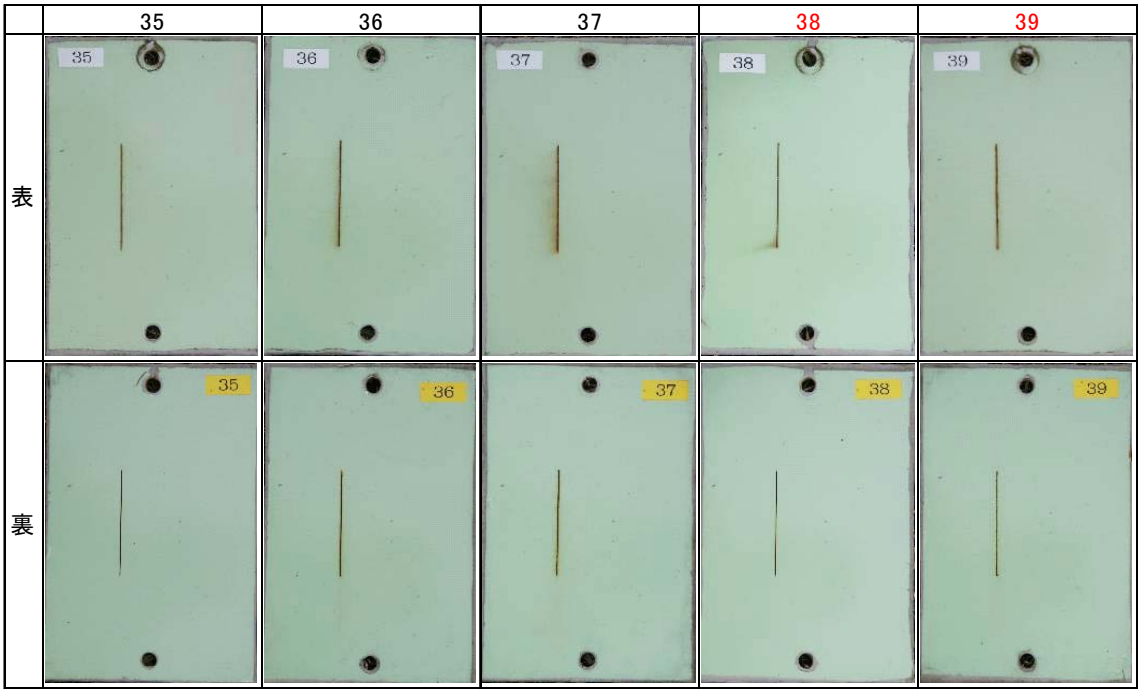
	41	42	43	44	45
表					
裏					

	46	47	48	49	50
表					
裏					

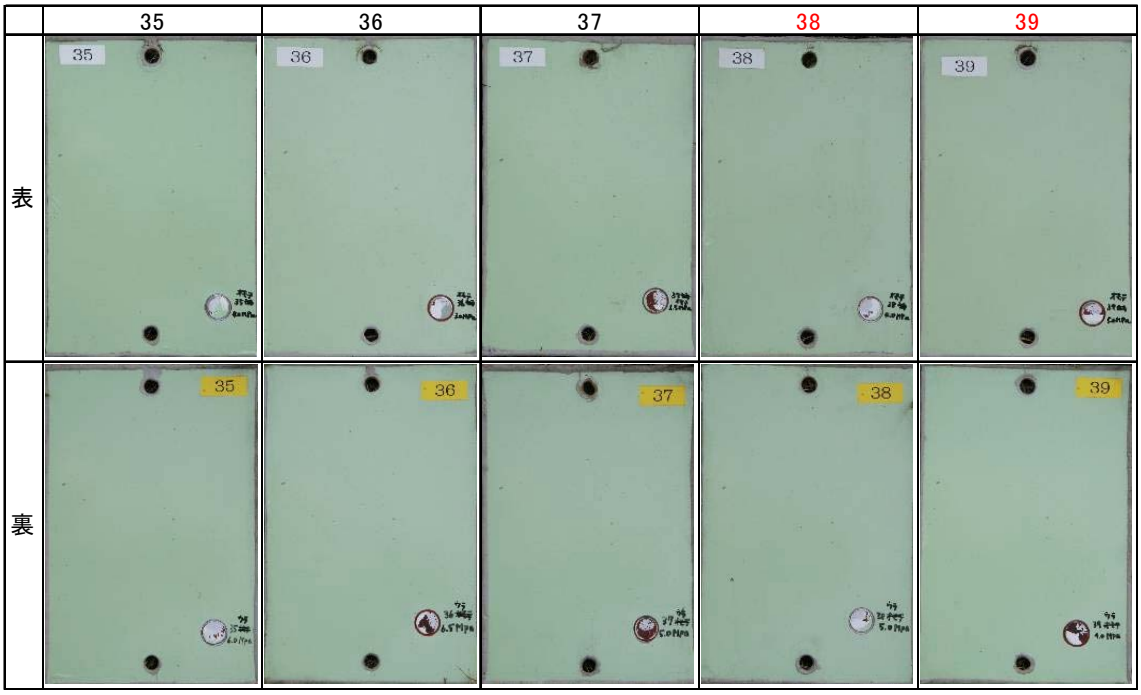
【耐候性鋼材／普通鋼材】

（注意）　普通鋼材は、試験片ナンバーを赤で示す　。

朝霧暴露１年後　（カット有）



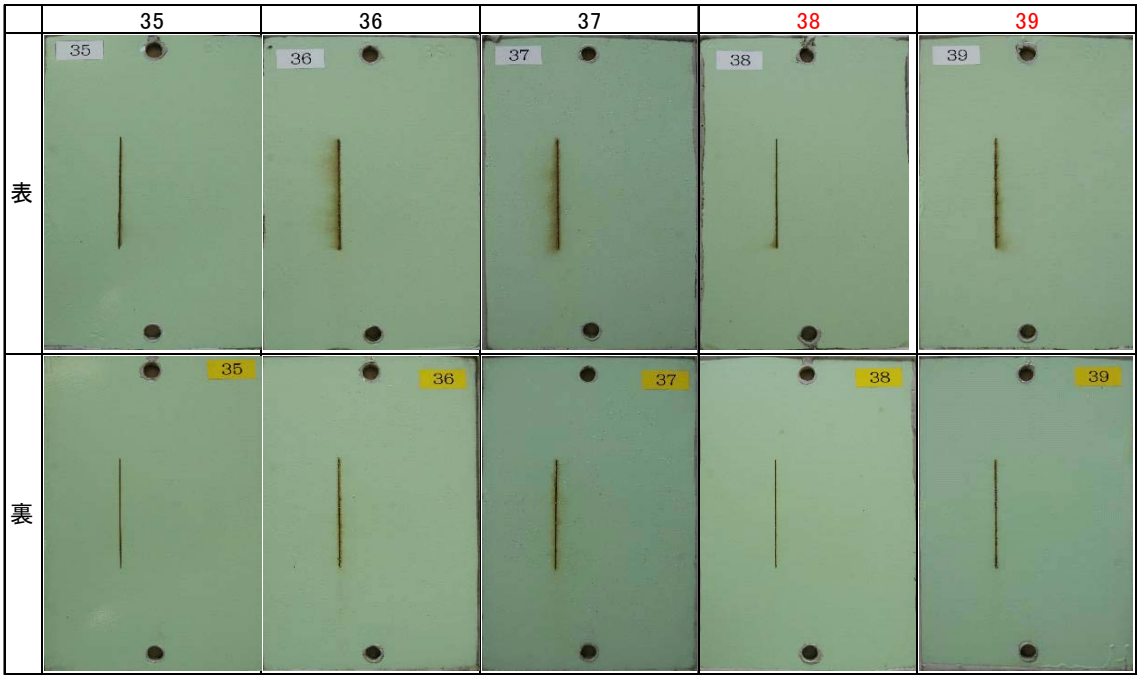
朝霧暴露１年後　（カット無）



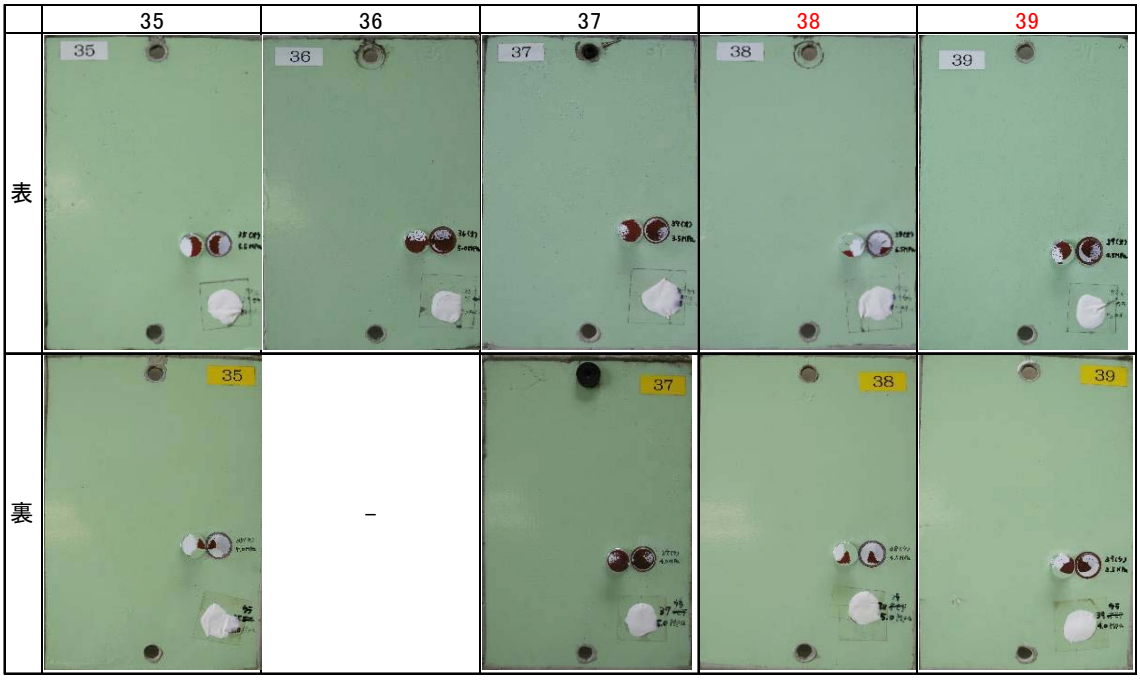
耐候性鋼材／普通鋼材】

（注意）　普通鋼材は、試験片ナンバーを赤で示す　。

朝霧暴露２年後　（カット有）

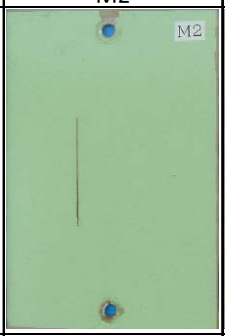
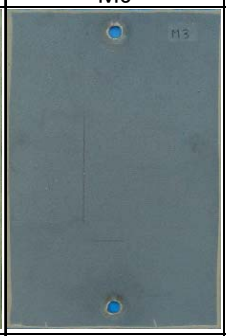
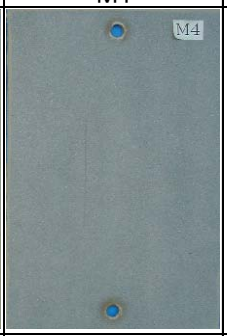
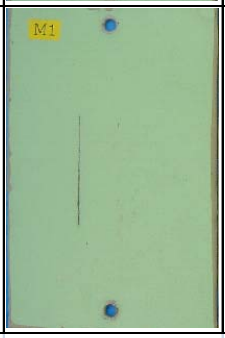
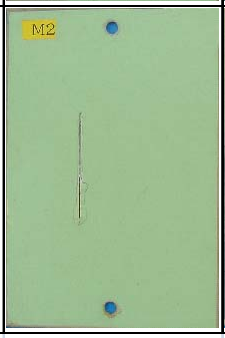
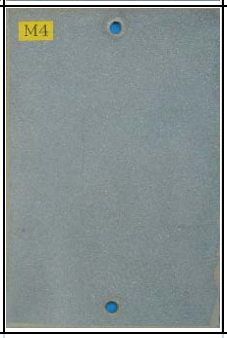


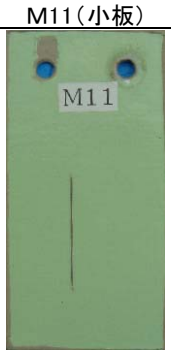
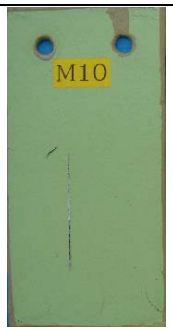
朝霧暴露２年後　（カット無）



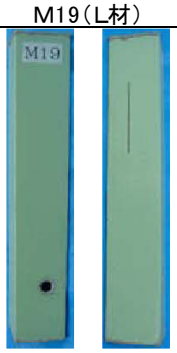
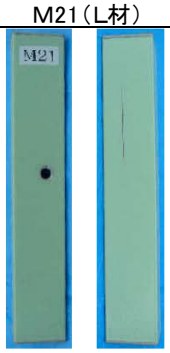
【溶融亜鉛めっき鋼材】

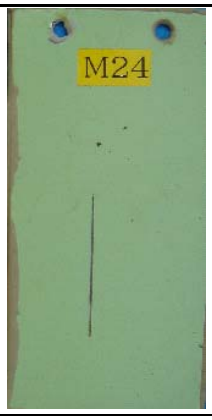
沖縄暴露１年後　（カット有）

	M1	M2	M3	M4	M5（小板）
表					
裏					

	M6（小板）	M8（小板）	M10（小板）	M11（小板）	M13（小板）
表					
裏					

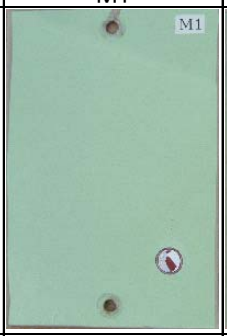
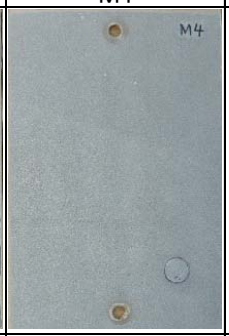
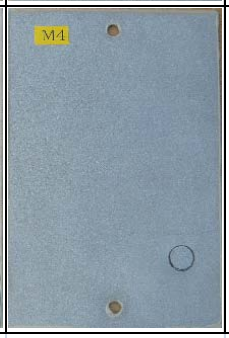
	M14（小板）	M15（小板）	M16（小板）	M17（小板）	M18（小板）
表					
裏					

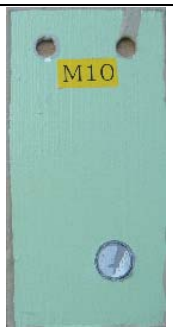
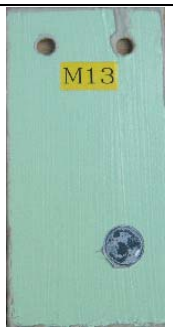
	M19（L材）	M20（L材）	M21（L材）	M22（L材）	M23（L材）
表					
裏					

	M24（小板）
表	
裏	

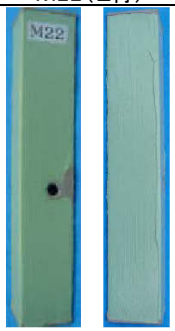
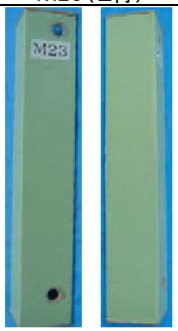
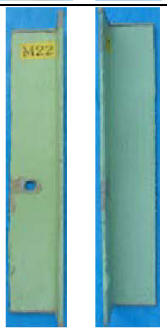
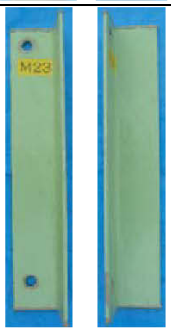
【溶融亜鉛めっき鋼材】

沖縄暴露１年後　（カット無）

	M1	M2	M3	M4	M5（小板）
表					
裏					

	M6（小板）	M8（小板）	M10（小板）	M11（小板）	M13（小板）
表					
裏					

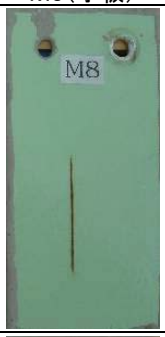
	M14（小板）	M15（小板）	M16（小板）	M17（小板）	M18（小板）
表					
裏					

	M19（L材）	M20（L材）	M21（L材）	M22（L材）	M23（L材）
表					
裏					

【溶融亜鉛めっき鋼材】

沖縄暴露２年後　（カット有）

	M1	M2	M3	M4	M5（小板）
表					
裏					

	M6（小板）	M8（小板）	M10（小板）	M11（小板）	M13（小板）
表					
裏					

	M14（小板）	M15（小板）	M16（小板）	M17（小板）	M18（小板）
表					
裏					

	M19（L材）	M20（L材）	M21（L材）	M22（L材）	M23（L材）
表					
裏					

	M24（小板）
表	
裏	

【溶融亜鉛めっき鋼材】

沖縄暴露２年後　（カット無）

	M1	M2	M3	M4	M5（小板）
表					
裏					

	M6（小板）	M8（小板）	M10（小板）	M11（小板）	M13（小板）
表					
裏					

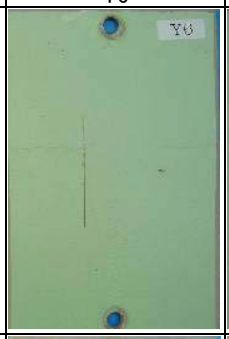
	M14（小板）	M15（小板）	M16（小板）	M17（小板）	M18（小板）
表					
裏					

	M19（L材）	M20（L材）	M21（L材）	M22（L材）	M23（L材）
表					
裏					

【金属溶射鋼材】

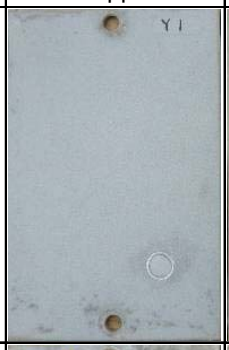
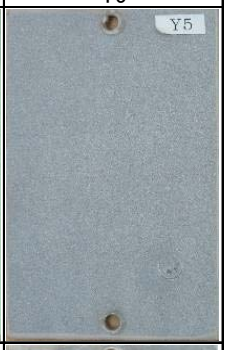
沖縄暴露１年後　（カット有）

	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
表					
裏					

	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
表					
裏					

【金属溶射鋼材】

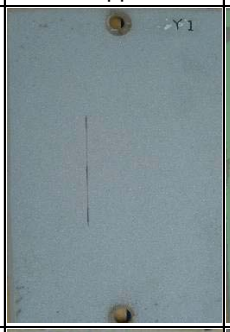
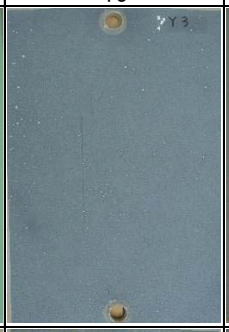
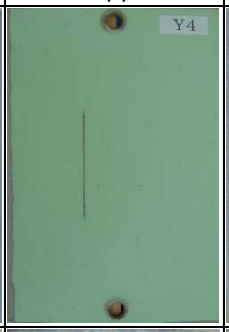
沖縄暴露１年後　（カット無）

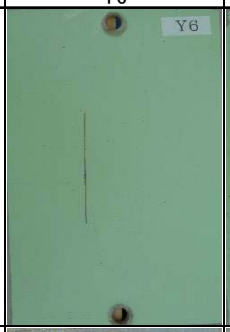
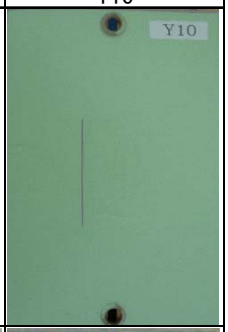
	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
表					
裏					

	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
表					
裏					

【金属溶射鋼材】

沖縄暴露２年後　（カット有）

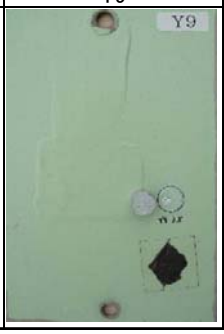
	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
表					
裏					

	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
表					
裏					

【金属溶射鋼材】

沖縄暴露２年後　（カット無）

	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
表					

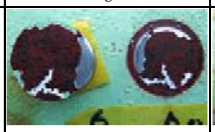
	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
表					

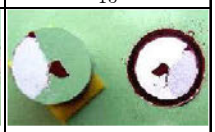
【耐候性鋼材／普通鋼材】

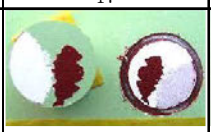
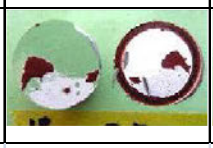
（注意）　普通鋼材は、試験片ナンバーを赤で示す。

沖縄暴露１年後

	1	2	3	4	5
表					
裏					

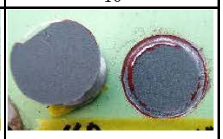
	6	7	8	9	10
表					
裏					

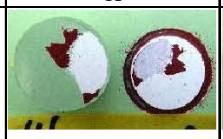
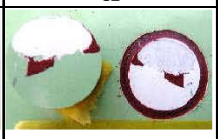
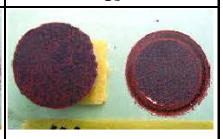
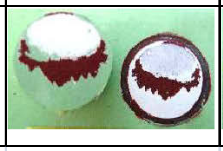
	11	12	13	14	15
表					
裏					

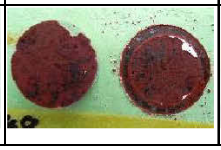
	16	17	18	19	20
表					
裏					

	21	22	23	24	25
表					
裏					

	26	27	28	29	30
表					
裏					

	31	32	33	34	40
表					
裏					

	41	42	43	44	45
表					
裏					

	46	47	48	49	50
表					
裏					

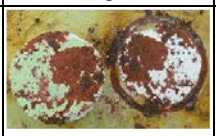
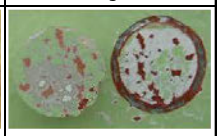
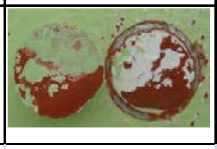
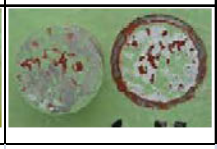
朝霧暴露１年後

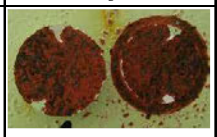
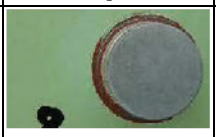
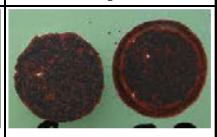
	35	36	37	38	39
表					
裏					

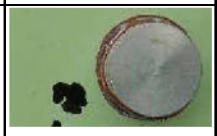
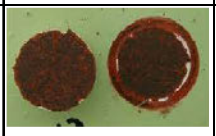
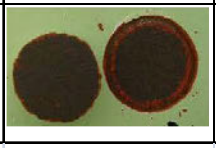
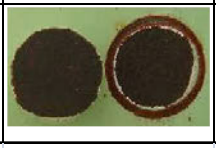
【耐候性鋼材／普通鋼材】

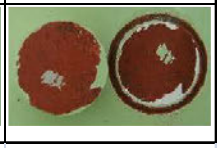
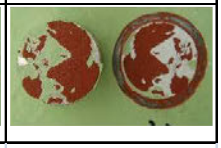
（注意） 普通鋼材は、試験片ナンバーを赤で示す。

沖縄暴露２年後

	1	2	3	4	5
表					
裏					

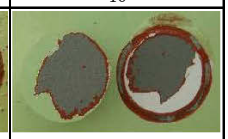
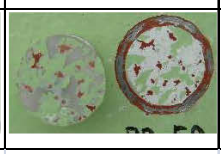
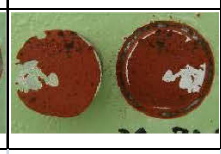
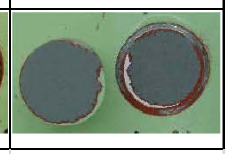
	6	7	8	9	10
表					
裏					

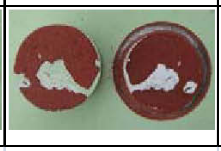
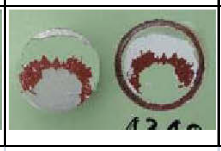
	11	12	13	14	15
表					
裏					

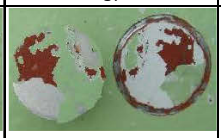
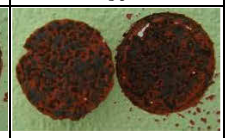
	16	17	18	19	20
表					
裏					

	21	22	23	24	25
表					
裏					

	26	27	28	29	30
表					
裏					

	31	32	33	34	40
表					
裏					

	41	42	43	44	45
表					
裏					

	46	47	48	49	50
表					
裏					

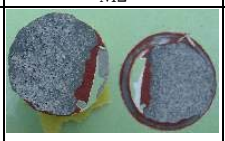
朝霧暴露２年後

	35	36	37	38	39
表					
裏		写真無			

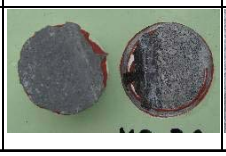
【溶融亜鉛めっき鋼材】

（注意） 溶融亜鉛めっき鋼材は、代表的な付着性評価の記録写真のみとする。

沖縄／朝霧暴露１年後

	沖縄		朝霧		
	M2	M3	M7	M9	M12
表					
裏					

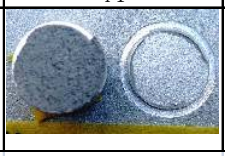
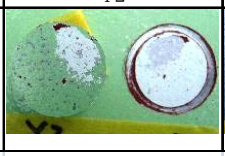
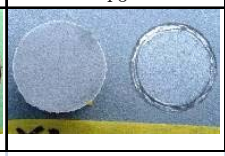
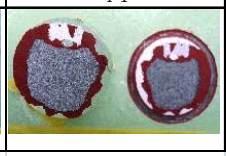
沖縄／朝霧暴露２年後

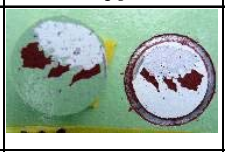
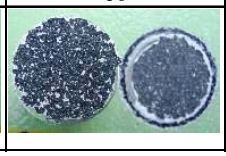
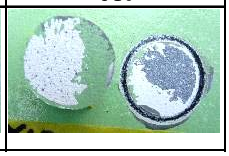
	沖縄		朝霧		
	M2	M3	M7	M9	M12
表					
裏					

【金属溶射鋼材】

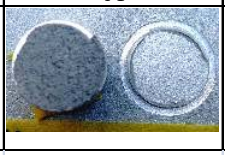
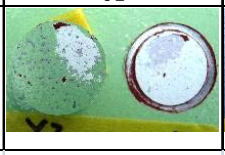
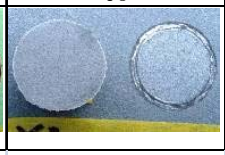
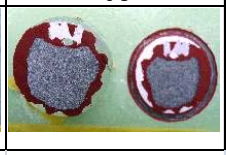
（注意）　金属溶射鋼材は、表面のみ付着性を評価した。

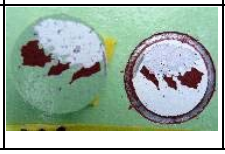
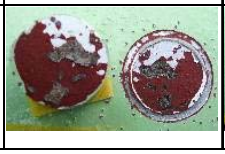
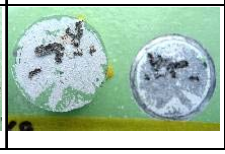
沖縄暴露１年後

	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
表					

	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
表					

沖縄暴露２年後

	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
表					

	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
表					

付属資料－３

外部発表論文一覧

外部発表論文一覧

１）後藤宏明,後藤正承,岩見勉,齋藤誠,藤城正樹,守屋進：耐候性鋼材の塗装による補修方法の検討（素地調整程度の影響）,第 29 回鉄構塗装技術討論会発表予稿集,pp11～20,2006
２）後藤宏明,後藤正承,岩見勉,齋藤誠,藤城正樹,守屋進：耐候性鋼材の塗装による補修に関する検討,Structure Painting,Vol.35,No.1,pp.22～29,2007
３）後藤宏明,後藤正承,岩見勉,齋藤誠,藤城正樹,守屋進：耐候性鋼材の塗装による補修方法の検討,防錆管理,Vol.51,No.10,pp.504～512,2007
４）後藤宏明,守屋進,内藤義巳,山本基弘,藤城正樹,齋藤誠：耐候性鋼材の塗装による補修方法の検討,第 55 回材料と環境討論会講演集,pp.287～290,2008
５）後藤宏明,守屋進,内藤義巳,山本基弘,藤城正樹,齋藤誠：耐候性鋼材の塗装による補修方法の検討,第 29 回防錆防食技術発表大会講演予稿集,pp.37～40,2009
６）後藤宏明,守屋進,内藤義巳,山本基弘,藤城正樹,齋藤誠：耐候性鋼材の塗装による補修方法の検討,材料と環境,Vol.59,No.1,pp.10～17,2010
７）後藤宏明,守屋進,内藤義巳,山本基弘,藤城正樹,齋藤誠：耐候性鋼材の塗装による補修方法の検討(2),防錆管理,Vol.54,No.5,pp.191～201,2010
８）後藤宏明,守屋進,内藤義巳,山本基弘,齋藤誠,藤城正樹：耐候性鋼材の塗装による補修方法の検討－暴露 5 年後の調査結果－,第 33 回鉄構塗装技術討論会発表予稿集,pp.105～112,2010
９）半田雅紀,中野正,齊藤誠,酒井修平,守屋進：異常劣化した溶融亜鉛めっき橋の補修塗膜調査, 第 31 回鉄構塗装技術討論会発表予稿集,2008
10）齊藤誠,守屋進,浜村寿弘,後藤宏明,内藤義巳,山本基弘,藤城正樹：重防食塗装系の性能評価試験, 第 31 回鉄構塗装技術討論会発表予稿集,2008
11）松本剛司,永井昌憲,大澤隆英,中野正,金井浩一,守屋進：各種鋼橋防食法の補修塗装に関する検討（暴露・促進試験による塗装耐候性鋼の劣化挙動）,第 31 回鉄構塗装技術討論会発表予稿集,pp113～118,2008
12）齊藤誠,守屋進,浜村寿弘,後藤宏明,内藤義巳,山本基弘,藤城正樹：重防食塗装系の性能評価試験,防錆管理,Vol.54,No.5,pp169～183,2010
13）齊藤誠,守屋進,浜村寿弘,後藤宏明,内藤義巳,山本基弘,藤城正樹：鋼道路橋重防食塗装系の性能評価に関する研究,第 30 回防錆防食技術発表大会予稿集,pp89～92,2010
14）齊藤誠,守屋進,後藤宏明,内藤義巳,定石圭司,今井篤実,藤城正樹：鋼橋防食工の補修方法に関する検討（１）－補修塗装系の暴露試験－, 第 33 回鉄構塗装技術討論会発表予稿集,pp23～30,2010
15）齊藤誠,守屋進,後藤宏明,内藤義巳,定石圭司,今井篤実,藤城正樹：鋼橋防食工の補修方法に関する検討（２）－耐候性鋼の素地調整について－, 第 33 回鉄構塗装技術討論会発表予稿集,pp31～42,2010
16）守屋進,浜村寿弘,後藤宏明, 藤城正樹,内藤義巳,山本基弘,齊藤誠：鋼道路橋重防食塗装系の性能評価に関する研究,土木学会論文集 E Vol.66 No.3,pp221～230,2010.7
17）守屋進：新規塗料による重防食塗装系のコスト削減,橋梁と基礎,2010-8,pp83～86,2010

付　　録

鋼橋塗装のコスト削減方法に関する共同研究

－暴露７年までの結果－

付録．鋼橋塗装のコスト削減方法に関する共同研究
－暴露７年までの結果－

１．経緯

鋼橋塗装のライフサイクルコストを縮減するために耐久性に優れた重防食塗装系の適用が有効であるが、一般塗装系に比べて初期コストが高くなる。このため、重防食塗装の初期コストを削減するための新規塗料による塗装コスト削減技術の開発を平成 15 年４月から平成 18 年３月までの３年間、土木研究所と塗料メーカー５社は共同研究を実施した。

このなかで、新規塗料の塗膜性能試験,耐久性試験,施工性試験を行った。この３年間の成果は、共同研究報告書第 356 号「鋼橋塗装のコスト削減方法に関する共同研究報告書」平成 19 年１月にとりまとめた。しかしながら、耐久性試験のうち暴露試験は３年間しか実施していないため長期の耐久性は確認されていなかった。このため、鋼橋塗装防食工の補修方法に関する共同研究のなかで暴露試験調査を継続した。本報告では、暴露試験７年までの結果をとりまとめるとともに、コスト削減効果のある新規塗料を適用した塗装系を提案した。

２.研究の目的

鋼道路橋の維持管理に占める塗替え塗装費用が大きいことから鋼道路橋塗装のコスト削減が求められている。このため新設の鋼道路橋塗装は、耐久性に優れている重防食塗装系を適用して塗替え間隔の長期化が図られている。すでに70,000橋以上のストックを有している鋼道路橋は、その大部分は一般塗装系（鉛系さび止め塗料/長油性フタル酸樹脂塗料中・上塗や、鉛系さび止め塗料/塩化ゴム系塗料中・上塗の塗装系）が適用されているため、10年～15年程度の周期で塗替え塗装が行われており、これらについても塗替え間隔を長期化することが求められている。

このため、一般塗装系が塗装されている鋼道路橋では、素地調整程度2種以上の処理で旧塗膜を完全に除去して重防食塗装系に変更する必要がある。塗替え間隔を長期化することにより鋼橋塗装のライフサイクルコスト（以下、LCC）を削減することが可能となる。しかし、このような重防食塗装系への変更にあたっては、これまでの一般塗装系による塗替えに比べて塗替え塗装費が高くなることが課題となっている。

新設，塗替えを問わず重防食塗装系を適用して鋼道路橋塗装のLCCを削減するためには、重防食塗装の塗装コストを削減することが求められている。

構造物塗装のLCCを削減するために耐久性に優れた重防食塗装系の採用が有効である[1)]が、従来の一般塗装系に対して初期コストが高くなる。また、すでに塗装されている一般塗装系を重防食塗装系に塗替える際のコストも高くなる。このため、重防食塗装系に係わるコストを削減することが重防食塗装系の普及に欠かせない。本研究は、重防食塗装系に係わるコストを削減するために塗装回数を少なくした新規塗料を用いた重防食塗装系の耐候性と防食性に関する耐久性試験（屋外暴露試験と促進劣化試験）、および塗膜特性試験を行い、新規塗料を用いた重防食塗装系を提案することを目的とする。

３.研究内容

３．１　供試塗装仕様

本共同研究を開始した時点の代表的な重防食塗装系である鋼道路橋塗装便覧（平成２年版）[2)]に記載された一般外面用塗装系C-4塗装系のコスト削減を図った新規塗装系を設定した。

コストを削減する方法は、いずれの塗装系も塗装工程数を少なくして塗装費（工賃）を削減している。例えば、C-4塗装系（塗装系№.１）は、無機ジンクリッチペイント,ミストコート,エポキシ樹脂塗料下塗２回塗り,ふっ素樹脂塗料用中塗,ふっ素樹脂塗料上塗の計６工程である。一方、今回試験に用いた新規塗装系No.２は、下塗の工程に着目し、エポキシ樹脂塗料下塗を２回塗ることにより乾燥膜厚120μmを得ていた工程を、エポキシ樹脂塗料下塗１回塗りで同じ乾燥膜厚が得られる塗料を使用することにより、それ以外の塗料は同じでも工程数を５工程としたもの（鋼道路橋塗装・防食便覧（平成17年版）[3)]のC-5塗装系に該当）である。その他、中塗り，上塗りを１回にした中・上兼用塗料や厚膜形上塗塗料などを適用している。

コストは、C-4塗装系を100としてコスト指数で表した。コスト指数の算出は、積算資料により行った。

さらに、本共同研究の目的からはそれるが、防食下地にジンクリッチペイントを使用しない塗装系（塗装系№.13～16）についても同時に試験を行い、ジンクリッチペイントの防食性への寄与効果の確認も行った。

表－１に供試塗装仕様（16塗装系）の一覧を示した。

これら16塗装系は､防食下地の種類､上塗の種類で大別すると以下のように分類できる。

（分類 1）防食下地に厚膜形無機ジンクリッチペイント、上塗にふっ素樹脂塗料を使用した系（C-4 塗装系№.１と提案塗装系№.２，３，４）

（分類 2）防食下地に厚膜形無機ジンクリッチペイント、上塗りにふっ素樹脂塗料以外を使用した系（提案塗装系№. ５，６，７）

（分類 3）防食下地に厚膜形高摩擦有機ジンクリッチペイント、上塗りにふっ素樹脂塗料を使用した系（提案塗装系№. ８，９，12）

（分類 4）防食下地に厚膜形高摩擦有機ジンクリッチペイント、上塗りにふっ素樹脂塗料以外を使用した系（提案塗装系№. 10，11）

（分類5）防食下地にジンクリッチペイントの替わりにエポキシ樹脂塗料下塗を使用した系（比較塗装系№.13，14，15，16）

３．２　耐久性試験方法と調査項目

３．２．１　屋外暴露試験

塗膜の耐候性と防食性を明らかにするために、亜熱帯海浜地区の沖縄県大宜味村と本州内陸地区の茨城県つくば市で暴露試験を行った。

試験は、JIS K 5600-1-4に規定された材料（鋼板の厚さ３㎜以上はJIS G 3101に規定するSS400）をブラスト処理（除せい度：ISO 8501-1 Sa2 1/2、研掃材：硅砂、表面粗さ：25μmRzjis目標）によって調整した鋼板（300㎜×200㎜×3.2㎜）を用いた。

それぞれの塗装系を第1層目から最終層まで各々規定膜厚になるようにスプレー塗装で試験片を作成した。また、試験片の左下に鋼素地に達するカット（長さ：100㎜）を導入した。各塗装系塗膜の耐候性と防食性の評価は、試験前（初期）および試験開始後定期的に行った。

３．２．２　調査項目

（１）塗膜外観観察

一般部は目視観察にて、膨れ，さび，割れ，はがれなどの塗膜欠陥の有無を調べた。欠陥がある場合はその程度も調べ、評価基準はJIS K 5600 8-2～5に準じた。カット部はカットからの膨れ発生幅（片側侵入幅で最大値）を測定した。

（２）付着性

テープ付着試験(碁盤目法・5㎜升目９目)と、引張り付着試験(プルオフ法)にて付着性（テープはく離後の残存目数）および付着強度(kgf/cm^2≒0.1MPa)を調べた。

（３）光沢度

光沢計（BYK社製マイクログロス60°,20°）を用いて塗膜の水洗前後の60度鏡面光沢度を測定し塗膜の光沢保持率（初期値との百分率）を求めた。

表－１(1) 供試塗装系

塗装系№	1	2	3	4
第１層目	無機ジンクリッチペイント（75μm）			
第２層目	ミストコート（－）			
第３層目	エポキシ樹脂塗料下塗（60μm）	省検査膜厚制御塗料（120μm）	変性エポキシ樹脂塗料下塗（125μm）	弱溶剤可溶厚膜形エポキシ樹脂塗料下塗（125μm）
第４層目	エポキシ樹脂塗料下塗（60μm）	ふっ素樹脂塗料用中塗（30μm）	厚膜形ふっ素樹脂塗料上塗（50μm）	弱溶剤可溶厚膜形ふっ素樹脂塗料上塗（50μm）
第５層目	ふっ素樹脂塗料用中塗（30μm）	ふっ素樹脂塗料上塗（25μm）		
第６層目	ふっ素樹脂塗料上塗（25μm）			
合計塗膜厚（μm）	250	250	250	250
工程数	6	5	3	3
鋼道路橋塗装・防食便覧の対応する塗装系	C-4	C-5	C-5相当	C-5相当
コスト指数	100	96	91	91

(注)ｺｽﾄ指数の算出基準

・塗料及びｼﾝﾅｰ代：建設物価2003.1　関東地区・淡彩色価格

（但し、塗料ﾒｰｶｰ独自性塗料は各ﾒｰｶｰの積算価格）

・塗付量：鋼道路橋塗装便覧（平成2年6月）で指定された数量で試算

・塗装費：建設物価技術資料（1988.1 №159）を引用し、全て工場塗装（新けた塗装）として試算

表－１(2) 供試塗装系

塗装系№	5	6	7	8
第１層目	無機ジンクリッチペイント（75μm）			高摩擦有機ジンクリッチペイント(75μm)
第２層目	ミストコート（－）			厚膜形エポキシ樹脂塗料下塗（120μm）
第３層目	厚膜形エポキシ樹脂塗料下塗（120μm）	変性エポキシ樹脂塗料下塗（125μm）	低溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗（120μm）	厚膜形ふっ素樹脂塗料上塗（50μm）
第４層目	中塗上塗兼用エポキシシリコン塗料（55μm）	無機質系塗料上塗（30μm）	シリコン変性アクリル樹脂塗料上塗（60μm）	－
合計塗膜厚（μm）	250	230	255	245
工程数	4	4	4	3
鋼道路橋塗装･防食便覧の対応する塗装系	－	－	－	Rc-Ⅰ相当
コスト指数	75	88	82	74

(注)ｺｽﾄ指数の算出基準

・塗料及びｼﾝﾅｰ代：建設物価2003.1　関東地区・淡彩色価格

（但し、塗料ﾒｰｶｰ独自性塗料は各ﾒｰｶｰの積算価格）

・塗付量：鋼道路橋塗装便覧（平成2年6月）で指定された数量で試算

・塗装費：建設物価技術資料（1988.1 №159）を引用し、全て工場塗装（新けた塗装）として試算

表－１(3) 供試塗装系

塗装系No.	9	10	11	12
第１層目	高摩擦有機ジンクリッチペイント（75μm）			
第２層目	弱溶剤可溶厚膜形エポキシ樹脂塗料下塗（125μm）	厚膜形エポキシ樹脂塗料下塗（120μm）	低溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗（150μm）	厚膜形エポキシ樹脂塗料下塗（120μm）
第３層目	弱溶剤可溶厚膜形ふっ素樹脂塗料上塗（50μm）	中塗上塗兼用エポキシシリコン塗料（55μm）	シリコン変性アクリル樹脂塗料上塗（60μm）	高耐候ふっ素樹脂塗料１層（25μm）
第４層目				高耐候ふっ素樹脂塗料２層（25μm）
合計塗膜厚（μm）	250	250	285	245
工程数	3	3	3	4
鋼道路橋塗装・防食便覧の対応する塗装系	Rc－Ⅰ相当	－	－	－
コスト指数	77	62	71	86

(注)ｺｽﾄ指数の算出基準

・塗料及びｼﾝﾅｰ代：建設物価2003.1　関東地区・淡彩色価格

（但し、塗料ﾒｰｶｰ独自性塗料は各ﾒｰｶｰの積算価格）

・塗付量：鋼道路橋塗装便覧（平成2年6月）で指定された数量で試算

・塗装費：建設物価技術資料（1988.1 No.159）を引用し、全て工場塗装（新けた塗装）として試算

表－１(4) 供試塗装系

塗装系No.	13	14	15	16
第１層目	エポキシ樹脂 塗料下塗 (60μm)	弱溶剤可溶 エポキシ樹脂 塗料下塗 (60μm)	エポキシ樹脂 塗料下塗 (60μm)	エポキシ樹脂 塗料下塗 (60μm)
第２層目	エポキシ樹脂 塗料下塗 (60μm)	弱溶剤可溶 エポキシ樹脂 塗料下塗 (60μm)	エポキシ樹脂 塗料下塗 (60μm)	エポキシ樹脂 塗料下塗 (60μm)
第３層目	エポキシ樹脂 塗料下塗 (60μm)	弱溶剤可溶 エポキシ樹脂 塗料下塗 (60μm)	エポキシ樹脂 塗料下塗 (60μm)	エポキシ樹脂 塗料下塗 (60μm)
第４層目	ふっ素樹脂 塗料用中塗 (30μm)	弱溶剤可溶 ふっ素樹脂塗料 用中塗(30μm)	中塗上塗兼用 エポキシ シリコン塗料 (55μm)	ポリウレタン 樹脂塗料用中塗 (30μm)
第５層目	ふっ素樹脂 塗料上塗 (25μm)	弱溶剤可溶 ふっ素樹脂 塗料上塗 (25μm)		ポリウレタン 樹脂塗料上塗 (25μm)
合計塗膜厚 (μm)	235	235	235	235
工程数	5	5	4	5
鋼道路橋 塗装･防食便覧の 対応する塗装系	Rc-Ⅲ相当	Rc-Ⅲ	－	－
コスト指数	79	78	64	71

(注)ｺｽﾄ指数の算出基準

・塗料及びｼﾝﾅｰ代：建設物価2003.1　関東地区・淡彩色価格

（但し、塗料ﾒｰｶｰ独自性塗料は各ﾒｰｶｰの積算価格）

・塗付量：鋼道路橋塗装便覧（平成2年6月）で指定された数量で試算

・塗装費：建設物価技術資料（1988.1 No.159）を引用し、全て工場塗装（新けた塗装）として試算

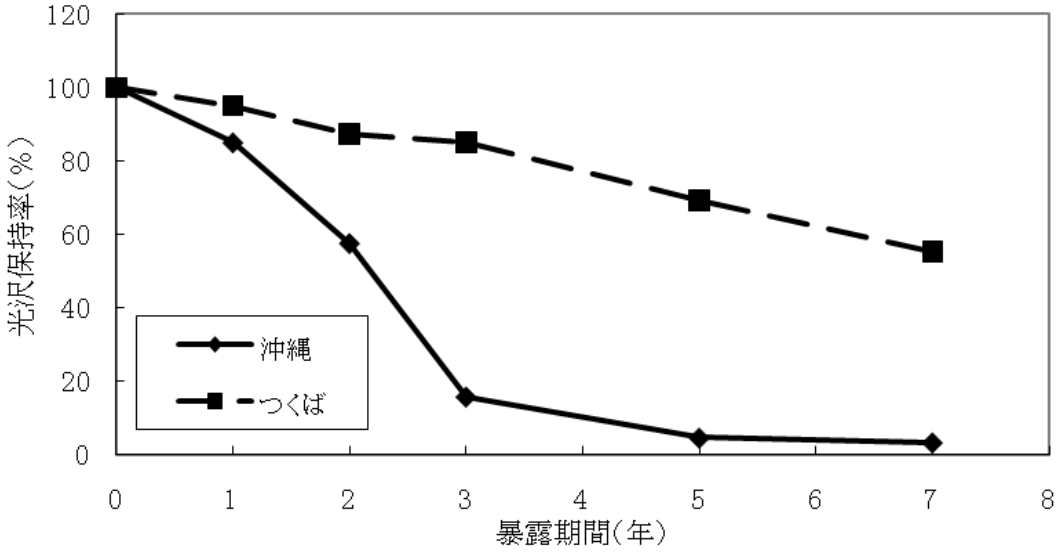
４．研究結果

屋外暴露試験７年の結果は、防食性と耐候性に分けてまとめた。既に数多くの実績があり長期の耐久性が確認されている鋼道路橋塗装便覧（平成２年版）の一般外面用塗装系のC-4塗装系である塗装系№１と比較することにより、新規塗料を用いた重防食塗装系の評価を行った。試験に用いた塗装系は、防食下地と上塗塗料の種類により分類することができるので、防食下地では無機ジンクリッチペイントと有機ジンクリッチペイント、上塗塗料ではふっ素樹脂塗料とそれ以外の塗料に分けて整理した。

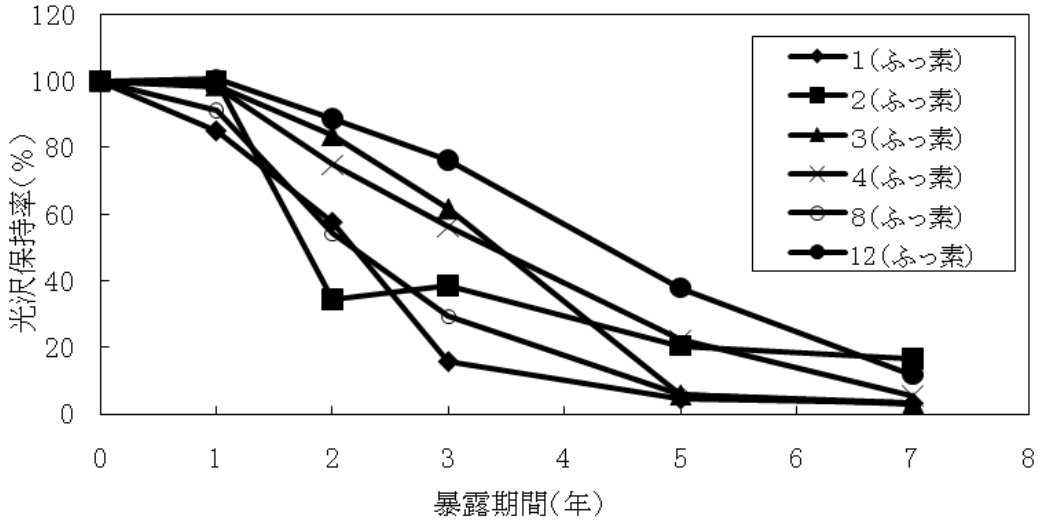
４．１　耐候性の評価

海浜地区の沖縄と内陸地区のつくばでの７年間の暴露試験結果を図－１～５に示す。沖縄暴露とつくば暴露では、沖縄暴露の方が全体的に光沢保持率の低下が大きく耐候性には厳しい条件であることが確認された。このため以降では沖縄暴露試験の結果を中心にまとめた。

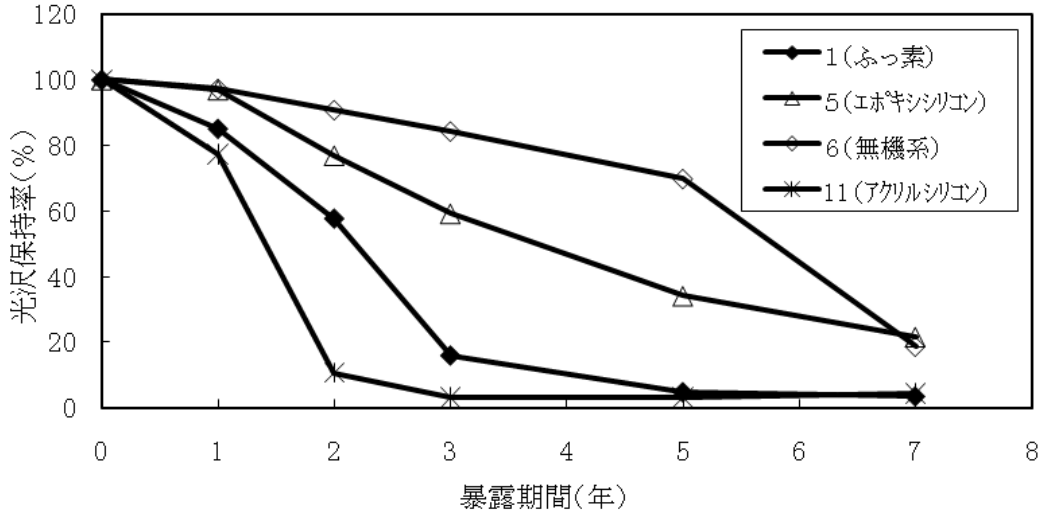
沖縄暴露試験では、上塗塗料が厚膜形ふっ素樹脂塗料である塗装系№３，４，８、高耐候形ふっ素樹脂塗料の塗装系№12は、基準のC-4塗装系の塗装系№１（上塗塗料：ふっ素樹脂塗料）と同等以上の光沢保持率であった。上塗塗料にふっ素樹脂塗料以外を用いている塗装系では、塗装系№５（上塗塗料：エポキシシリコン樹脂塗料）や塗装系№６（上塗塗料：無機質系塗料）は、塗装系№１（上塗塗料：ふっ素樹脂塗料）よりも高い光沢保持率であり優れた耐候性であることが認められた。従来、ふっ素樹脂塗料は最も優れた耐候性であると考えられていた[4)]が、ふっ素樹脂塗料以外にもふっ素樹脂塗料と同等以上の耐候性が得られる材料があることがわかった。上塗塗料がアクリルシリコン樹脂塗料の塗装系№11は、光沢保持率が低く耐候性は劣った。



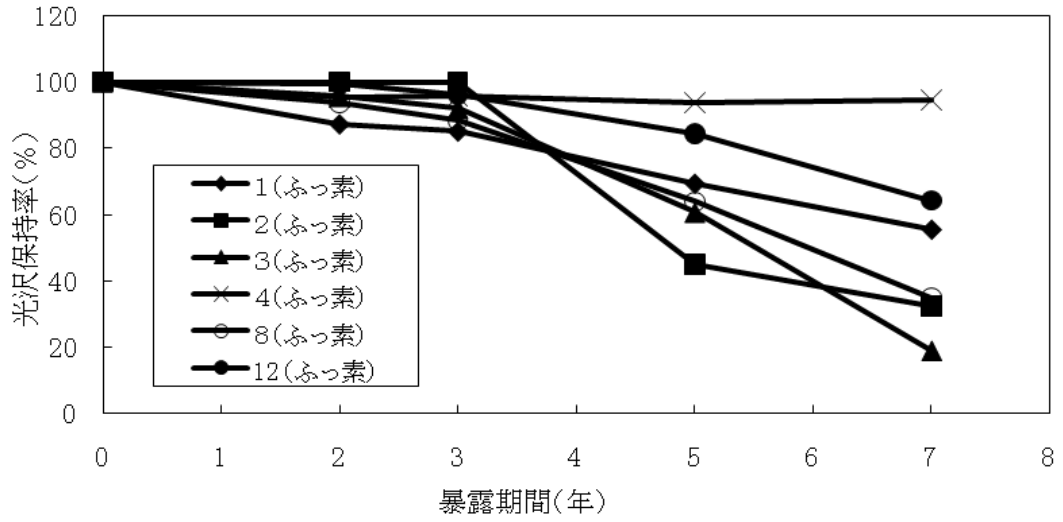
図－１　沖縄とつくば暴露の光沢保持率（塗装系№１）



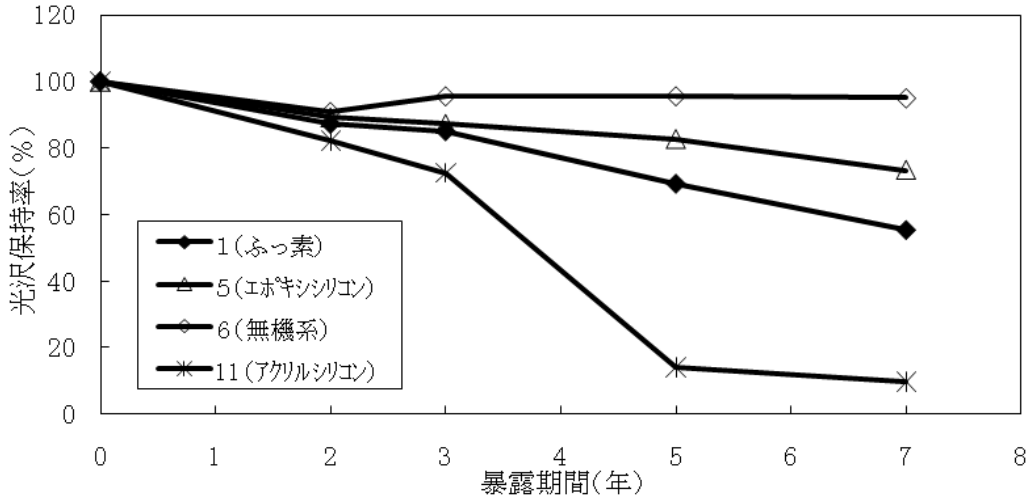
図－２　沖縄暴露の光沢保持率（ふっ素樹脂塗料）



図－３　沖縄暴露の光沢保持率（ふっ素樹脂塗料以外）



図－４　つくば暴露の光沢保持率（ふっ素樹脂塗料）



図－５　つくば暴露の光沢保持率（ふっ素樹脂塗料以外）

４．２　防食性

屋外暴露試験の防食性の評価結果を表－２に、記録写真を図－６(1)～図－６(4)に示す。

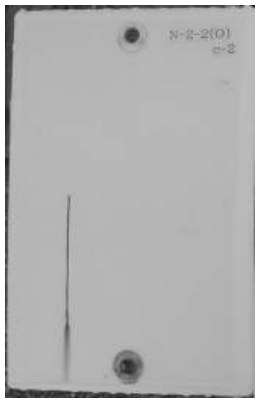
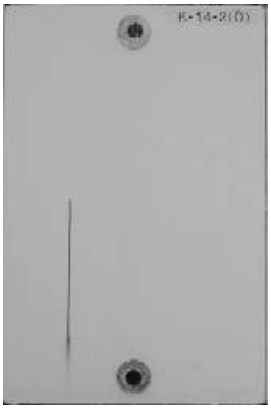
沖縄暴露試験７年間では、すべての塗装系で試験板一般部に、さび，膨れ，割れ等の塗膜外観の異常は観察されず良好な塗膜状態であった。試験に用いた塗装系は総合塗膜厚が200μm以上あり十分な環境遮断性を有していたことや、さらに塗装系№.１～７は防食下地に無機ジンクリッチペイント、塗装系№.８～12は有機ジンクリッチペイントが使用されているため試験板の一般部に塗膜の異状が発生するまでの試験期間としては十分ではなく、沖縄暴露試験の場合でも暴露期間７年では試験期間としては短く、さらに長期間暴露試験を継続する必要があると考える。試験板一般部の塗膜外観では、防食性の優劣を評価することができないため試験板に導入したカット部の膨れ幅により防食性の評価を行った。

沖縄暴露試験ではカットからの膨れ幅が、防食下地のジンクリッチペイントがある塗装系とない塗装系では大きく異なった。 ジンクリッチペイントがある塗装系№.１～12では、カット部の膨れ幅は０～30㎜であったが、ジンクリッチペイントのない塗装系№.13～16では、カット部の膨れ幅は大きく、その幅は33～80㎜であった。ジンクリッチペイントがある塗装系№.１～12でも防食下地の種類、無機ジンクリッチペイントと有機ジンクリッチペイントとの違いによりカット部の膨れ幅は異なった。無機ジンクリッチペイントを使用している塗装系（例えば、塗装系№.１，２，３他）では、沖縄暴露試験７年でカット部の膨れ幅は０～３㎜であるが、有機ジンクリッチペイントを使用している塗装系（例えば、塗装系№.８，９，10他）では、０～30㎜であった。カット部の膨れ幅評価では、防食下地として無機ジンクリッチペイントが優れていた。過去には、エッチングプライマー１種＋フェノール樹脂系ジンクロロメートさび止め塗料＋フェノール樹脂系MIO塗料＋塩化ゴム系塗料中塗＋塩化ゴム系塗料上塗のシステムでの防食下地としては、有機ジンクリッチペイントのほうが無機ジンクリッチペイントより安定した性能であるとの報告がされていた[5)]が、エポキシ樹脂塗料下塗＋ふっ素樹脂塗料用中塗＋ふっ素樹脂塗料上塗のシステムを組み合わせるような塗装系では、無機ジンクリッチペイントのほうが優れた防食性を有している

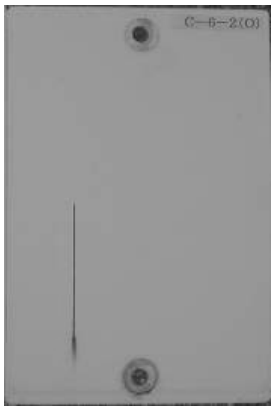
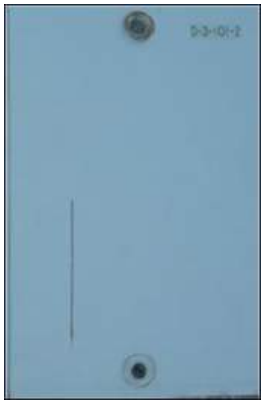
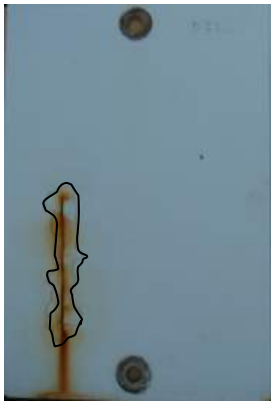
ことが確認された。沖縄暴露試験における防食下地のない塗装系（下塗：エポキシ樹脂塗料)、無機ジンクリッチペイントの塗装系、および有機ジンクリッチペイントの塗装系のカット部膨れ幅（表面と裏面の平均値）の経時変化グラフを図－７に示す。また、沖縄暴露試験５年後の付着性試験（プルオフ法）では、付着強度は、いずれも1.0MPa以上であり塗膜の付着力としては問題のない値であった。表－３に付着試験結果を示した。

表－２　防食性の評価結果

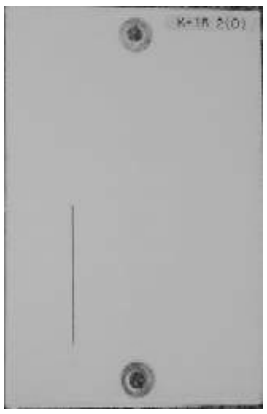
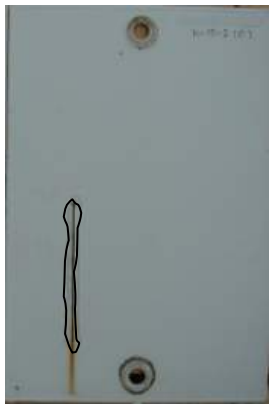
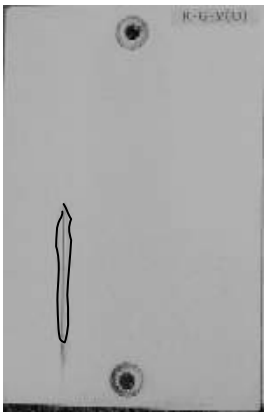
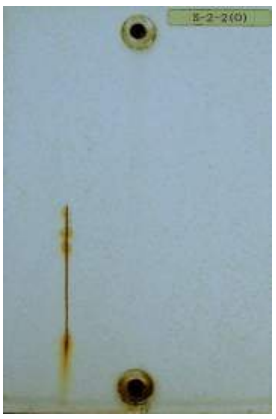
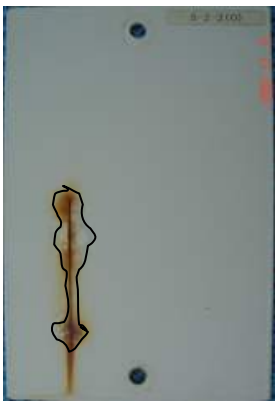
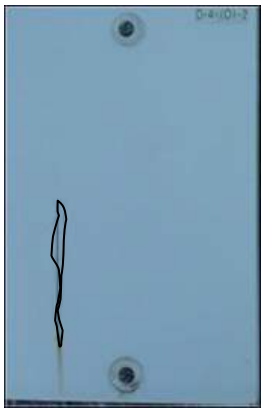
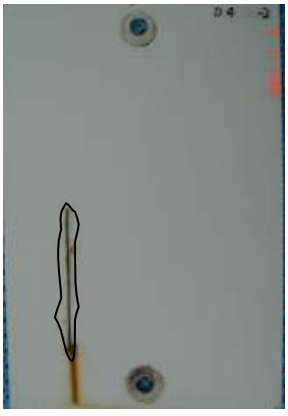
塗装系		沖縄暴露試験３年				沖縄暴露試験５年				沖縄暴露試験７年			
塗装系No.	防食下地	一般部		カット部最大膨れ幅(mm)		一般部		カット部最大膨れ幅(mm)		一般部		カット部最大膨れ幅(mm)	
		表面	裏面	表面	裏面	表面	裏面	表面	裏面	表面	裏面	表面	裏面
1	無機ジンクリッチペイント	○	○	0	0	○	○	0	0	○	○	0	0
2		○	○	1	1	○	○	2	1	○	○	3	3
3		○	○	0	0	○	○	1	0	○	○	1	2
4		○	○	0	0	○	○	0	1	○	○	0	1
5		○	○	0	0	○	○	0	0	○	○	1	3
6		○	○	0	0	○	○	0	0	○	○	2	1
7		○	○	0	1	○	○	0	0	○	○	3	0
8	有機ジンクリッチペイント	○	○	1	7	○	○	3	11	○	○	14	20
9		○	○	2	1	○	○	3	5	○	○	4	5
10		○	○	3	8	○	○	5	12	○	○	70	30
11		○	○	3	8	○	○	15	9	○	○	29	25
12		○	○	3	9	○	○	9	15	○	○	18	25
13	エポキシ下塗	○	○	35	45	○	○	45	55	○	○	80	50
14		○	○	15	20	○	○	39	48	○	○	40	55
15		○	○	40	40	○	○	55	63	○	○	85	75
16		○	○	20	35	○	○	25	50	○	○	33	66

試験系No.	防食下地	沖縄暴露試験		
		3年	5年	7年
1	無機ジンクリッチペイント			
2				
3				
4				

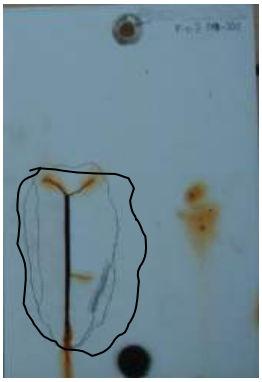
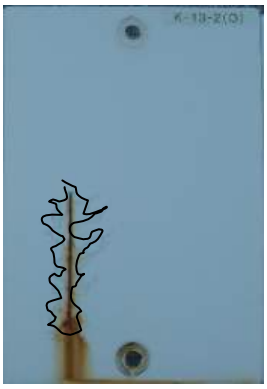
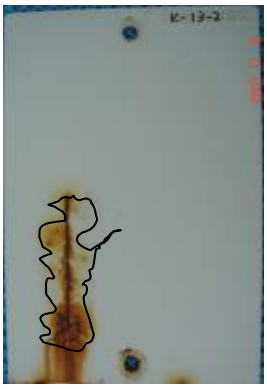
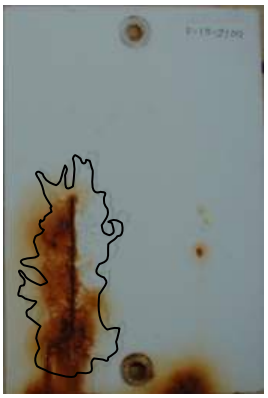
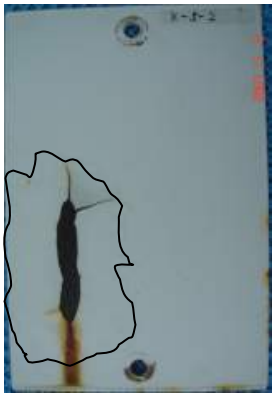
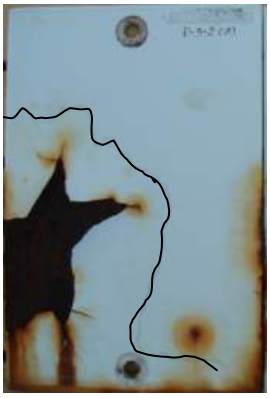
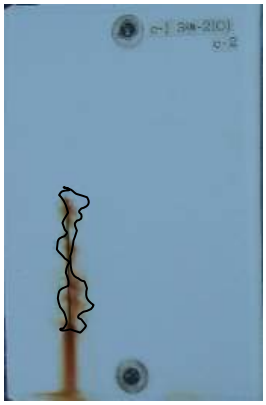
図－6 (1)　試験板の外観写真（表面）

試験系No.	防食下地	沖縄暴露試験		
		3年	5年	7年
5	無機ジンクリッチペイント			
6				
7				
8	有機ジンクリッチペイント			

図－6 (2)　試験板の外観写真（表面）

試験系No.	防食下地	沖縄暴露試験		
		３年	５年	７年
9	有機ジンクリッチペイント			
10				
11				
12				

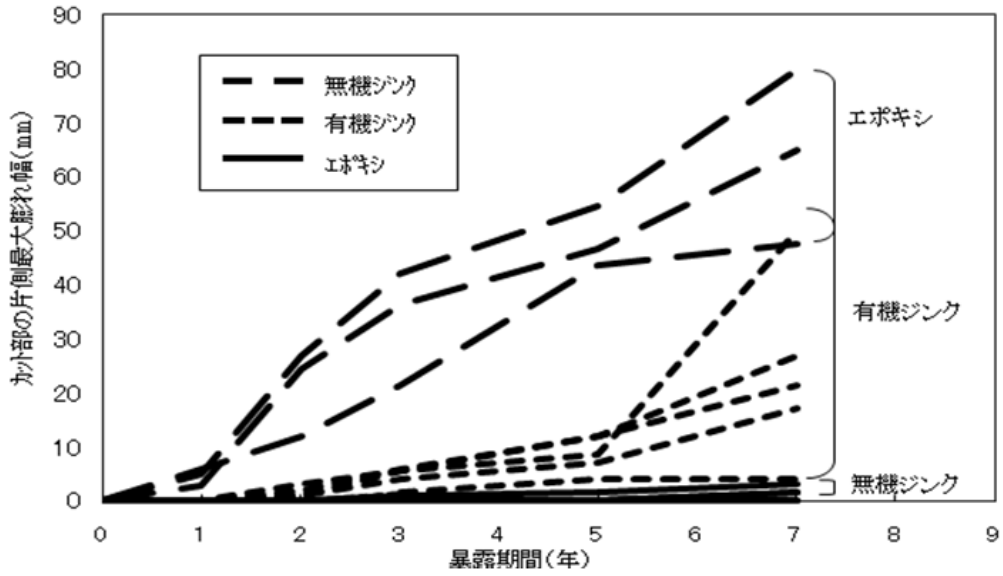
図－６(3)　試験板の外観写真（表面）

試験系No.	防食下地	沖縄暴露試験		
		３年	５年	７年
13	無（エポキシ樹脂塗料下塗）			
14				
15				
16				

図－６(4)　試験板の外観写真（表面）

表－３　付着試験結果（沖縄）

塗装系				沖縄暴露試験３年		沖縄暴露試験５年	
No.	防食下地	下塗	上塗	付着強度 (Mpa)	はく離箇所面積比率	付着強度 (Mpa)	はく離箇所面積比率
1	無機ジンクリッチペイント	エポキシ樹脂塗料	ふっ素樹脂塗料	5.0	接着剤 100%	3.2	接着剤 100%
2				2.0	下塗 80% ｼﾞﾝｸ 20%	4.0	接着剤 30% 下塗 65% ｼﾞﾝｸ 5%
3				1.8	下塗 70% ｼﾞﾝｸ 30%	1.8	素地/ｼﾞﾝｸ 100%
4				3.0	下塗 95% ｼﾞﾝｸ 5%	2.2	接着剤 30% 下塗 50% ｼﾞﾝｸ 20%
5			エポキシシリコン	1.8	下塗 95% ｼﾞﾝｸ 5%	4.2	接着剤 100%
6			無機系	1.8	ｼﾞﾝｸ 100%	1.5	素地/ｼﾞﾝｸ 100%
7			シリコンアクリル	6.2	接着剤 100%	4.8	接着剤 85% 下塗 15%
8	有機ジンクリッチペイント		ふっ素	5.5	素地 80% 接着剤 20%	3.5	接着剤 90% 下塗 10%
9				3.0	下塗 100%	2.8	接着剤 95% 下塗 5 %
10			エポキシシリコン	2.5	ｼﾞﾝｸ 100%	3.2	接着剤 100%
11			シリコンアクリル	4.0	ｼﾞﾝｸ 50% 接着剤 50%	6.0	接着剤 30% 下塗 60% ｼﾞﾝｸ 10%
12			ふっ素	2.8	素地 100%	4.0	ｼﾞﾝｸ 80% 接着剤 20%
13	エポキシ樹脂塗料下塗		ふっ素	5.0	接着剤 100%	3.2	接着剤 100%
14				3.2	下塗 80% 中/上 20%	2.8	接着剤 80% 上塗 20%
15			エポキシシリコン	5.0	接着剤 100%	2.5	接着剤 80% 上塗 20%
16			ポリウレタン	3.5	接着剤 100%	2.2	接着剤 100%



図－７　カット部膨れ幅評価（沖縄暴露試験）

６．４．３　塗膜特性値と防食性

酸素や水分（水蒸気）に対する塗膜の環境遮断性（酸素透過性，透湿度）や塗膜の力学的塗膜物性（破断ひずみ，破断応力，応力緩和能）などの塗膜特性と塗膜の防食性の関係について検討した。

ジンクリッチペイントを使用している塗装系は良好な防食性を示しており、ジンクリッチペイントを使用していない塗装系（塗装系No.13～16）での塗膜特性と防食性の関係を調べた。

表－４に塗装系とその塗膜特性、図－８に沖縄暴露試験でのカット部の膨れ幅、図－９につくば暴露試験でのカット部の膨れ幅を示す。

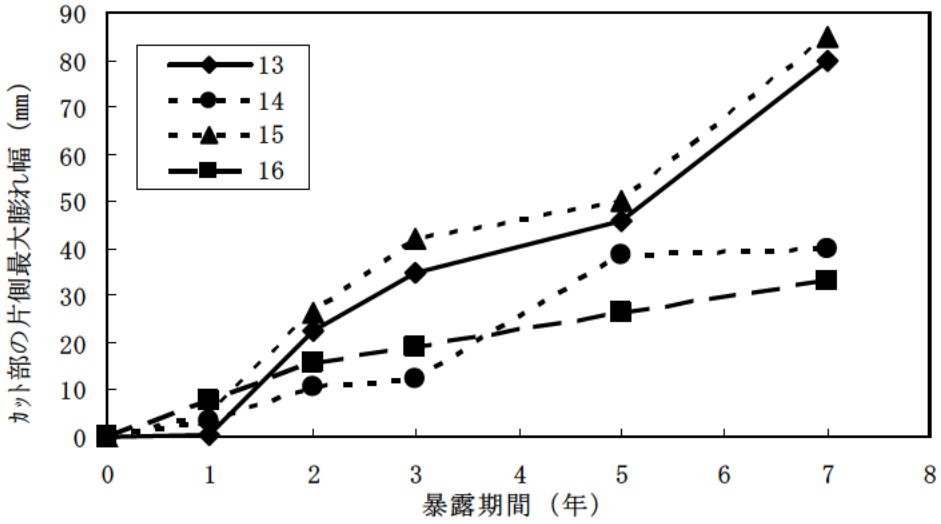
カット部の膨れ幅で防食性を評価した場合に酸素透過性や透湿度の環境遮断性はやや劣るが、塗膜の応力緩和能に優れる塗装系№14は環境遮断性には優れるが、応力緩和能が劣る塗装系№13,15よりもカット部の膨れ幅は小さかった。また環境遮断性に優れ応力緩和能を有している塗装系16もカット部の膨れ幅は小さかった。これらの事より、ある一定レベルの環境遮断性を有していれば、応力緩和能が高い塗膜の方が防食性には優れていると判断できる。

表－４　塗装系と塗膜特性

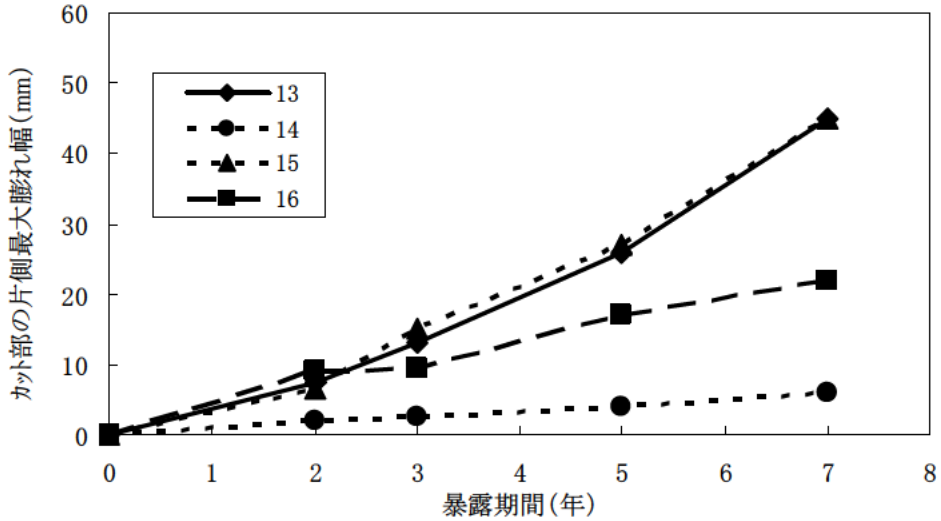
No.	酸素透過性	水蒸気透過性		塗膜物性		
				応力緩和	破断ひずみ	破断応力（最大点－応力）
	酸素透過係数 ($\times 10^{-11}$)	透湿度 ($g/m^2 \cdot 24h$)	透湿係数 ($\times 10^{-3}$)	応力残存率の50%到達時間	最大伸び率 (%)	(kgf/cm^2)
13	0.80	2.6	1.0	120分以上	3.4	236
14	11.00	9.0	3.1	34秒	4.5	171
15	0.80	5.5	1.9	120分以上	3.7	334
16	0.80	2.0	1.9	13分	14.2	182

１）酸素透過係数の単位　：　cm^3（ＳＴＰ）$cm/cm^2 sec \cdot cmHg$

２）透湿係数の単位　：　$g \cdot cm/m^2 \cdot 24h \cdot mmHg$



図－８　カット部の膨れ幅評価（沖縄暴露）



図－９　カット部の膨れ幅評価（つくば暴露）

６．５　結論

重防食塗装系の塗装コストを削減するために塗装回数を少なくできる新規塗料を用いた塗装系の耐久性試験と塗膜特性試験を行った。耐久性試験は、屋外暴露試験と促進耐候性試験による耐候性と屋外暴露試験と促進耐候性試験による防食性を、鋼道路橋塗装便覧(平成2年版）のC-4塗装系である塗装系No.１と比較することにより評価した。また、塗膜特性値の測定を行い防食性との関係も調べた[6)]。

その結果、重防食塗装系の塗装コストの削減に有効な新規塗料は以下のとおりである[7)]。

①高耐候形ふっ素樹脂塗料，無機質系塗料は、ふっ素樹脂塗料と同等以上の耐候性能を有している。

②中塗りと上塗り工程を一工程に省略した厚膜形ふっ素樹脂塗料，エポキシシリコン樹脂塗料は、ふっ素樹脂塗料と同等以上の耐候性を有している。

③防食下地の有効性が確認された。

④防食下地では、無機ジンクリッチペイントのほうが有機ジンクリッチペイントより防食性能が優れている。

⑤新設では、無機ジンクリッチペイント/ミストコート/厚膜形エポキシ樹脂塗料下塗/中塗上塗兼用エポキシシリコン樹脂塗料の塗装系で 25%の塗装コストの削減できる。

⑥塗替えでは、高摩擦有機ジンクリッチペイント/弱溶剤形厚膜エポキシ樹脂塗料下塗/厚膜ふっ素樹脂塗料と、高摩擦有機ジンクリッチペイント/低溶剤形厚膜エポキシ樹脂塗料下塗/中塗上塗兼用エポキシシリコン樹脂塗料の塗装系で 38～23%の塗装コストが削減できる。

⑦塗膜特性と防食性の関係では、応力緩和能が防食性に強い影響を与えることが認められ、一定レベルの塗膜の環境遮断性があれば応力緩和能が高い塗膜の方が防食性には優れていることが明らかとなった。

謝辞：本研究を実施するうえで、沖縄暴露試験の実施に際してご協力をいただきました内閣府沖縄総合事務局北部国道事務所の関係各位に謝意を表します。

参考文献

１）社団法人日本鋼構造協会：鋼橋塗装の LCC 削減のために, pp. 42-48, 2002.

２）社団法人日本道路協会：鋼道路橋塗装便覧, 1990. 6.

３）社団法人日本道路協会：鋼道路橋塗装・防食便覧, 2005. 2.

４）守屋 進, 大澤隆英, 渡辺健児, 中野 正, 永井昌憲, 多記 徹, 金井浩一：重防食塗装系の駿河湾海上暴露 20 年の結果, 土木学会論文集 E, Vol. 62, No. 4, pp. 790-797, 2006. 11.

５）町田洋人, 田中 誠, 江成孝文：特殊環境用塗装系の経年劣化事例, 第 20 回鉄鋼塗装技術討論会発表予稿集, pp. 71-76, 1997.

６）守屋 進, 浜村寿弘, 後藤宏明, 藤城正樹, 内藤義巳, 山本基弘, 齋藤 誠：鋼道路橋重防食塗装系の性能評価に関する研究, 土木学会論文集 E, Vol. 66, No. 3, pp. 221-230, 2010.

７）守屋進：新規塗料による重防食塗装系のコスト削減, 橋梁と基礎, Vol. 44, No. 8, pp83-86, 2010.

共同研究報告書
Cooperative Research Report of PWRI
No.414 December 2010

編集・発行 ©独立行政法人土木研究所

本資料の転載・複写の問い合わせは

独立行政法人土木研究所 企画部 業務課
〒305－8516 茨城県つくば市南原1－6 電話029－879－6754