溶融亜鉛めつき上塗装・ふっ素樹脂塗料の大気ばく露試験

調査報告書

試験体No.	1	~	12	3年経過
試験体No.	13	\sim	16	1年経過

平成22年8月27日

資料作成 社団法人日本溶融亜鉛鍍金協会

技術・技能検定委員会 亜鉛めっき上塗装グループ

目 次

1 .	はじめり	ζ	1	頁
2.	試験目	的	2	頁
3.	試験方	法	2	頁
	3.1 消	容融亜鉛めっき上塗装の仕様	2	頁
	3.2 意	式験要領	2	頁
	3.2.1	試験体	2	頁
	3.2.2	溶融亜鉛めっき条件	2	頁
	3.2.3	前処理	2	頁
	3.2.4	塗装系	3	頁
	3.2.5	試験体明細	4	頁
	3.2.6	ばく露試験条件	4	頁
	3.2.7	試験方法	5	頁
4.	試験結	果	5	頁
2		ざく露試験結果	5	頁
	4.1.1	外観試験	5	頁
	4.1.2	アドヒージョンテスト結果	6	頁
5.	まとめ		7	頁

溶融亜鉛めっき上塗装・ふっ素樹脂塗料の大気ばく露試験

(社)日本溶融亜鉛鍍金協会 亜鉛めっき上塗装グループ

(独)土木研究所

(社)日本塗料工業会

1. はじめに

溶融亜鉛めっきは、鋼材の防食防錆機能を強化して「鋼構造物」の質的向上をもたらし、 広く普及していることによって社会資本の充実・省資源・地球環境の保全などに寄与して いる。

溶融亜鉛めっきは、大気中、水中およびコンクリート中などにおいて、優れた耐食性をもっている。亜鉛は鉄よりも反応性の強い卑な金属であるが、めっき皮膜上に形成される酸化皮膜が緻密であり、しかも亜鉛に対し強固に密着して保護皮膜を形成するため、下地の亜鉛は腐食されにくく、特に大気中の場合はめっき皮膜が傷を受けても、電気化学的な働きで鉄地を保護するためである。

大気中における亜鉛めっきの耐食性は使用環境によって相当変わる。たとえば気温、湿気、雨量などの気象要素のほかに、大気の飛来海塩粒子、亜硫酸ガス、窒素酸化物、降下塵埃などによって変わる。

一方、鋼構造物に高い耐久性を付与するためや都市部での美観、環境調和、標識や安全 表示およびアメニティを求めるために、溶融亜鉛めっきの上に塗装されることが増えてい る。亜鉛めっきと塗装のそれぞれ有する特性を組合せる事により、以下の利用目的を達成 出来る。

- ① 厳しい腐食環境での耐久性の保持
- ② 補修困難な亜鉛めっき構造物等の耐久性付与
- ③ 周囲環境との調和・美観・注意喚起の安全対策(航空障害物の識別)等

亜鉛めっき上に適切な塗装を施した場合の耐久性は、両特性が相乗効果を発揮するので、 寿命は更に延びることが期待される。鋼材の腐食劣化までの寿命は、亜鉛めっきと塗装の 寿命を加えた値よりかなり大きく、その和の約1.5倍~2倍とされている。

塩害による腐食が厳しいといわれる沖縄県西側海岸で、平成19年1月から大気ばく露試験を開始した。比較のため、日本の平均的気候であるつくば市でも、平成19年6月から大気ばく露試験を開始した。その結果を報告する。

本調査は、溶融亜鉛めっき上に環境調和や長期耐食性保持を目的に施された塗装の耐久性評価を目的として、溶融亜鉛めっき特性評価委員会・塗装部会を平成19年2月に発足し、本部会を母体として調査活動を実施している。なお、本調査は、土木研究所と日本塗料工業会と協同で実施し、日本橋梁建設協会・防食部会の協力を得ている。

2. 試験目的

鋼道路橋塗装・防食便覧(H17.12発刊)に掲載されている溶融亜鉛めっき上の塗装仕様(ZC-1)について、塩害地帯における長期耐久性を実証する。

3. 試験方法

3.1 溶融亜鉛めっき上塗装の仕様

新設溶融亜鉛めっき面用外面塗装仕様を表-1に示す。

表-1 新設溶融亜鉛めっき面用外面塗装仕様(ZC-1)

					151	
工程	塗料名	塗装 回数	塗装方法	使用量 (g/m²)	目標膜厚 (μm)	塗装間隔 (20℃)
前処理	スィープブラスト処理(I:	4時間以内 (7日以内)				
第1層	亜鉛めっき用エポキシ樹脂塗料 下塗	1	スプレー (はけ, ローラー)	200 (160)	40	1~10日
第2層	ふっ素樹脂塗料用 中塗	1	スプ°レー (はけ, ローラー)	170 (140)	30	17-10 Д
第3層	ふっ素樹脂塗料 上塗	1	スプ°レー (はけ, ローラー)	140 (120)	25	1~10日

3.2 試験要領

3.2.1 試験体

H形鋼 200mm(幅) × 200mm(長さ) × 200mm(高さ) × 12mm(厚さ)

3 . 2 . 2 溶融亜鉛めっき条件

溶融亜鉛めっき条件を表-2に示す。

表-2 溶融亜鉛めっき条件

No.	種類
1~6, 13, 16	溶融亜鉛めっき (JIS H 8641)
7∼10, 14	亜鉛-5%アルミニウム-1%マグネシウム合金めっき
11,12	亜鉛-5%アルミニウム合金めっき

注 1) 溶融亜鉛めっきの付着量は、600g/m³以上とする。

注 2) めっきの後は白さび防止処理(樹脂クリアーやクロメート)や補修はしない。

3 . 2 . 3 前処理

スィープブラスト処理とりん酸塩処理の2種類とする。

スィープブラスト処理の仕上がり品質の確認は、日本橋梁建設協会の「スィープブラスト処理見本写真」(H12.3)と比較して行う。

3 . 2 . 4 塗装系

塗装系を表-3に示す。

表-3 塗装系

塗装工程	ポリウレタン樹脂塗料 ふっ素樹脂塗料						
No.	1,4	2,5,7,8,11,12,16	3,6,9,10				
下塗	#	「鉛めっき用エポキシ樹脂塗 下塗 40μm	料				
中塗	ポリウレタン樹脂塗料用 中塗 30μm	ふっ素樹脂塗料用 中塗 30μm	弱溶剤形 ふっ素樹脂 塗料用中塗 30μm				
上塗	ポリウレタン樹脂塗料 上塗 25 μ m	ふっ素樹脂塗料 上塗 25μm	弱溶剤形 ふっ素樹脂 塗料上塗 25μm				

塗装方法は、はけ塗り。平成18年12月6日~13日に塗装実施。なおNo.16のみ平成20年12月に実施。

比較のため溶融亜鉛めっき上塗装以外の塗装系として、一般外面の塗装仕様 (C-5塗装系)を表-4に示す。

表-4 一般外面の塗装仕様 C-5塗装系

	塗装工程	塗料名	使用量 (g/m²)	目標膜厚 (μm)	塗装間隔
	No.	15			
製鋼	素地調整	ブラスト処理 ISO Sa	$a2^{-1}/_2$		4時間以內
出場	プライマー	無機ジンクリッチプライマー	160	(15)	c to II Nich
	2次 素地調整	ブラスト処理 ISO Sa	$a2^{-1}/_2$		6ケ月以内
	防食下地	ち食下地 無機ジンクリッチペイント		75	4時間以内
橋梁	ミストコート	トコート エポキシ樹脂塗料下塗 160 -			2~10日
製作工	下塗	エポキシ樹脂塗料下塗	料下塗 540		1~10日
場	中塗	ふっ素樹脂塗料用中塗	ふつ素樹脂塗料用中塗 170		1~10日
	上塗	ふっ素樹脂塗料上塗	140	25	1~10日

塗装方法は、はけ塗り。No.15を平成20年12月に塗装実施。

3 . 2 . 5 試験体明細

試験体明細を表-5に示す。

表-5 試験体明細(試験場所1カ所あたり)

		溶層	融亜鉛める	っき	前久	0理		塗装	支系		
区分	No.	No		合金と	かっき	¬ , ¬°	10.7 平台	は 七田			112%之中
	TNO.	一般	5%Al 1%Mg	5%Al	スィープ [°] ブラスト	りん酸 塩処理	めっき用 ェポ [®] キシ	ホ [°] リウレタン	ふっ素	弱溶剤 ふっ素	
	1	0			0		0	0			
	2•ZC-1	0			0				0		
	3	0			0		\circ			0	
	4	0				\circ	0	0			
	5•ZC-1	0				\circ	0		\circ		
基本	6	0				0	0			0	
本	7		0		0		0		\circ		
	8		0			0	0		\circ		
	9		0		0		0			0	
	10		0			0	0			0	
	11			\circ	0		0		0		
	12			\circ		0	0		0		
	13	0									
追	14		0								
加	15·C5系				ブラスト				0		
	16•ZC-1	0			0		0		0		

注 2) 試験体No.: 沖縄の場合 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16と試験片裏面に刻印 つくばの場合 T1,T2,・・・のように頭にTをつける

注 3) n数は1とする

注 4) No.15, No.16は試験面3面にクロスカット線を入れる

3 . 2 . 6 ばく露試験条件

大気ばく露試験は、2つの環境で試験する。

(1) 厳しい腐食環境

海岸地带 土木研究所 沖縄県国頭郡大宜味村津波

試験期間 基本 H19.1~H24.1 5力年

追加 H21.1~H26.1 5力年

試験片数 基本 12体

追加 4体

(2) 一般環境

田園地帯 土木研究所 茨城県つくば市南原

試験期間 基本 H19.6~H24.6 5力年

追加 H21.6~H26.6 5为年

試験片数 基本 12体

追加 4体

3 . 2 . 7 試験方法

- (1) 外観試験
 - 目視により、塗膜の割れ、剥がれ、ふくれ、白さびの発生について評価。
- (2) アドヒージョンテスト(引張り付着試験) テスターで端子を引き剥がし、その時の強度(引張力、Mpa)を測定。 なお、ばく露試験開始時には、ブランク(基本12枚、追加2枚)をテストする。
- 4. 試験結果
- 4.1 ばく露試験結果
- 4 . 1 . 1 外 観 試 験

外観試験結果を表-6に示す。

表-6 外観試験結果

H22.7.7 現在

										1122.	7.7 現在
場所	区分	No.	めっき	前処理	塗装系	初期	1年	2年	3年	4年	5年
		1			ウレタン	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし		
		2 • ZC-1		スィープ ブラスト	ふっ素	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし		
		3	7	2 2 2 3 1	弱溶剤	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし		
		4	Zn		ウレタン	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし		
		5 • ZC-1		りん酸	ふっ素	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし		
	基	6			弱溶剤	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし		
	本	7	7n±	スイーフ。	> =	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし		
沖		8	Zn+ 5%Al	りん酸	ふっ素	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし		
縄		9 +10	+1%M	スイーフ。	그그 가수 수비	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし		
		10	g	りん酸	弱溶剤	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし		
		11	Zn+	スィーフ゜	> =	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし		
		12		りん酸	ふっ素	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし		
	追加	13	Zn	_		異常なし	白さび				
		14	1%Mg	_	_	異常なし	斑点白さび				
		15	公国 二	ブラスト	ふっ素	異常なし	異常なし				
	加	15·C5系	型叫 [II]	1 171	シーンス	7 111					
	IJΙ	16·ZC-1	型 Zn	スイープ	ふっ素	異常なし	異常なし				
場所	区分		Zn		ふっ素			2年	3年	4年	5年
場所		16•zc-1	Zn	ガ処理	ふっ素	異常なし	異常なし	2年 異常なし		4年	5年
場所		16 • ZC-1 No.	Zn	スイーフ [°] 前処理 スイーフ [°]	ふつ素塗装系	異常なし 初期	異常なし1年		異常なし	4年	5年
場所		16 • ZC-1 No. T1	Zn	ガ処理	ふっ素 塗装系 ウレタン	異常なし 初期 異常なし	異常なし 1年 異常なし	異常なし	異常なし 異常なし	4年	5年
場所		16 · ZC-1 No. T1 T2 · ZC-1	Zn	スイーフ [°] 前処理 スイーフ [°]	ふっ素 塗装系 ウレタン ふっ素	異常なし初期異常なし異常なし	異常なし 1年 異常なし 異常なし	異常なし 異常なし	異常なし 異常なし	4年	5年
場所		No. T1 T2•zc-1 T3	Zn	スイーフ [°] 前処理 スイーフ [°]	ふっ素 塗装系 ウレタン ふっ素 弱溶剤	異常なし 初期 異常なし 異常なし 異常なし	異常なし 1年 異常なし 異常なし 異常なし	異常なし 異常なし 異常なし	異常なし異常なし異常なし異常なし	4年	5年
場所	区分	No. T1 T2•zc-1 T3 T4	Zn	スイープ [°] 前処理 スイープ [°] ブラスト	ふっ素 塗装系 ウレタン ふっ素 弱溶剤 ウレタン	異常なし 初期 異常なし 異常なし 異常なし 異常なし	異常なし1年異常なし異常なし異常なし異常なし	異常なし 異常なし 異常なし 異常なし	異常なし異常なし異常なし異常なし異常なし	4年	5年
場所		No. T1 T2•zc-1 T3 T4 T5•zc-1	Zn めっき Zn	スイープ [°] 前処理 スイープ [°] ブラスト	ふっ素 塗装 ウレタン ふ つ 溶 アントゥー の アントゥー の アントゥー アントゥー アントゥー アントゥー アントゥー アントゥー アン・アントゥー アン・アン・アン・アン・アン・アン・アン・アン・アン・アン・アン・アン・アン・ア	異常なし 初期 異常なし 異常なし 異常なし 異常なし	異常なし1年異常なし異常なし異常なし異常なし異常なし	異常なし 異常なし 異常なし 異常なし 異常なし	異常なし 異常なし 異常なし 異常なし 異常なし 異常なし	4年	5年
つ	区分	No. T1 T2 · ZC-1 T3 T4 T5 · ZC-1 T6	Zn	スイープ 前処理 スイープ プラスト りん酸	ふっ素 塗装系 ウレタン ふっ素 弱溶剤 ウレタン ふっ素	異常なし 初期 異常なし 異常なし 異常なし 異常なし	異常なし1年異常なし異常なし異常なし異常なし異常なし	異常なし 異常なし 異常なし 異常なし 異常なし 異常なし	異常なし異常なし異常なし異常なし異常なし異常なし異常なし異常なし異常なし	4年	5年
つく	区分	No. T1 T2·ZC-1 T3 T4 T5·ZC-1 T6 T7	Zn めっき Zn Zn+ 5%Al	スイープ 前処理 スイープ ブラスト りん酸 スイープ	ふっ素 塗装を ウレクン 一次の溶 ウレクン 一次の溶 が の いる の いる の に の に の に の に の に の に る 、 の る 、 の る 、 の る 。 る の る 。 る 。 る 。 る 。 る 。 。 。 。 。 。	異常なし 異常なし 異常なよと 異常なし 異常ななし 異常ななし 異常なし	異常なし1年異常なし異常なし異常なし異常なし異常なし異常なし	異常なし 異常なし 異常なし 異常なし 異常なし 異常なし 異常なし 異常なし	異常なし異常なし異常なし異常なし異常なし異常なし異常なし異常なし異常なし異常なし	4年	5年
つ	区分	No. T1 T2•zc-1 T3 T4 T5•zc-1 T6 T7 T8	Zn めっき Zn Zn+ 5%Al	スイープ 前処理 スイープ プラスト りん酸 スイープ りん酸	ふっ素 塗装 ウレタン ふ つ 溶 アントゥー の アントゥー の アントゥー アントゥー アントゥー アントゥー アントゥー アントゥー アン・アントゥー アン・アン・アン・アン・アン・アン・アン・アン・アン・アン・アン・アン・アン・ア	異常なし 異常なし 異常なよと 異常なし 異常ななし 異常ななし 異常なし	異常なし1年異常なし異常なし異常なし異常なし異常なし異常なし	異常なし異常なし異常なし異常なし異常なし異常なし異常なし異常なしと異常なしと異常	異異異異異異異異異異異異異異異なしししとは、現実はないとは、現実はないとは、現実はないとは、現実はないとは、現実は、現実は、現実は、現実は、現実は、現実は、現実は、現実は、現実は、現実	4年	5年
つく	区分	No. T1 T2·ZC-1 T3 T4 T5·ZC-1 T6 T7 T8 T9	Zn めっき Zn Zn+ 5%Al +1%M g	スイープ 前処理 スイープ ブラスト りん酸 スイープ りん酸 スイープ	を は かった	異常なし 初期 異常なし 異常なし 異常なし 異常なし 異常なしし 異常なしし 異常なしし 異常なしし	異常なし1年異常なし異常なし異常なし異常なし異常なし異常なし異常なし	異常なし異常なし異常なし異常なし異常なし異常なし異常なし異常なしと異常なしと異常	異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異	4年	5年
つく	区分	No. T1 T2·ZC-1 T3 T4 T5·ZC-1 T6 T7 T8 T9 T10	Zn めっき Zn+ 5%Al +1%M g Zn+	スイープ 前処理 スイープ ブラスト りん酸 スイープ りん酸 スイープ りん酸	ふっ素 塗装を ウレクン 一次の溶 ウレクン 一次の溶 が の いる の いる の に の に の に の に の に の に る 、 の る 、 の る 、 の る 。 る の る 。 る 。 る 。 る 。 る 。 。 。 。 。 。	異常なし 異常なし 異常なし 異常なし 異常ななし 異常ななし 異常ななし 異常ななし 異常ななし 異常ななし	異常なし 異常なし 異常なし 異常なし 異常なし 異常ななし 異常常ななし 異異常常なななしし 異異常常ななししししし	異常なし異常なしと異常なしと異常なしと異常ななしと異常常なななとと異常常ななしととなった。	異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異	4年	5年
つく	区分	No. T1 T2·zc-1 T3 T4 T5·zc-1 T6 T7 T8 T9 T10 T11	Zn めっき Zn+ 5%Al +1%M g Zn+	スイープ・前処理スイープ・ブラストりん酸スイープ・りん酸スイープ・りん酸スイープ・りん酸スイープ・カイープ・カイープ・カイープ・カイープ・スイープ・カイープ・カイープ・カイープ・カイープ・カイープ・カイープ・カイープ・カ	を は かった	異常なし異異異異異異異異異異異異異異常なななななななななななななななななななな	異常なし 異常なし 異常なし 異常なし 異常なし 異常ななし 異常常ななし 異異常常なななしし 異異常常ななししししし	異常なし異常なしと異常なしと異常なしと異常ななしと異常常なななとと異常常ななしととなった。	異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異	4年	5年
つく	区分	No. T1 T2·ZC-1 T3 T4 T5·ZC-1 T6 T7 T8 T9 T10 T11 T12	Zn めっき Zn+ 5%Al +1%M g Zn+ 5%Al	スイープ 前処理 スイープ ブラスト りん酸 スイープ りん酸 スイープ りん酸 スイープ りん酸	を は かった	異常なし異異異異異異異異異異異異異異異常なしししししししししししししししししし	異常なし 異常なし 異常なし 異常なし 異常なし 異常ななし 異常ななし 異 異常ななし 異 異常ななしし 異 異常ななし 異常なししししししししし	異常なし異常なしと異常なしと異常なしと異常ななしと異常常なななとと異常常ななしととなった。	異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異	4年	5年
つく	区分基本	No. T1 T2·zc-1 T3 T4 T5·zc-1 T6 T7 T8 T9 T10 T11 T12 T13	Zn めっき Zn+ 5%Al +1%M g Zn+ 5%Al Zn 1%Mg	スイープ 前処理 スイープ ブラスト りん酸 スイープ りん酸 スイープ りん酸 スイープ りん酸	を は かった	異常な異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異	異常なし 異異異異異異異異異異異常常なしし 異常ななしし 異常常なななななななななな	異常なし異常なしと異常なしと異常なしと異常ななしと異常常なななとと異常常ななしととなった。	異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異異	4年	5年

全て、異常なし。

アドヒージョンテスト結果を表-7に示す。

H22.7.7 現在

表-7 アドヒージョンテスト結果

単位:Mpa

#8 EC	100円	NI	u t	≟	前処理 塗装系		水川里川(フランク)		1年			3年		
場所	区分	No.	めっき	削処理	空 表术	初期に	1 729)	海側	上面	陸側	海側	上面	陸側	
		1			ウレタン	3.2	4.2	3.6	4.1	3.8	4.5	3.5	5.1	
		2 • ZC-1		スィープ [°] ブラスト	ふっ素	3.8	3.2	4.9	5.0	4.8	4.2	3.7	3.9	
		3	Zn		弱溶剤	2.4	2.2	4.0	3.8	4.0	6.6	4.1	4.4	
	,	4	Z11		ウレタン	3.8	4.2	7.0	6.5	7.0	4.6	3.3	3.5	
		5•ZC-1		りん酸	ふっ素	2.8	3.2	6.5	4.8	4.5	6.0	3.2	3.5	次は
	基本	6			弱溶剤	3.2	4.2	5.1	5.2	7<	4.4	4.5	7.0	5年
	本	7		スィーフ゜	ふっ素	3.8	3.4	5.6	4.9	5.2	4.0	4.8	3.8	
沖		8	Zn+ 5%Al	りん酸	るいが	3.8	4.2	4.2	3.8	4.7	3.4	4.9	7.0	
縄		9	+1%Mg	スィーフ。	弱溶剤	2.6	3.2	4.8	5.0	4.3	3.9	7.0	6.2	
		10		りん酸	初初谷川	2.6	2.8	7<	7<	7<	4.0	3.6	5.8	
		11	Zn+	スィーフ゜	ふっ素	3.2	3.0	6.9	6.5	7<	5.8	4.8	7<	
		12	5%Al	りん酸	かつ糸	4.6	5.0	5.4	5.1	5.1	3.2	4.6	6.8	
		13 2	Zn	_	-	_	_			_				
	追	14	1%Mg	_	_	_	-	_	_	_				次は
	加	15·C5系	鋼面	ブラスト	ふっ素	2.5	3.8	2.3	3.6	3.9				3年
		16 • ZC-1	Zn	スィーフ。	ふっ素	4.8	3.8	4.3	5.3	6.2				
		·// NI 12 +	さた bn xm	沦壮亚	初期(ブランク)		1年			0 1				
担证	区公	No	めっき	ati hn 平田	涂壮区	之口 世日(・	ブラッカ)		1年			3年		
場所	区分	No.	めっき	前処理	塗装系	初期(ブランク)	南側	上面	北側	南側	3年上面	北側	
場所	区分	No.	めっき		塗装系ウレタン	初期(1	ブランク) 4.2	南側 5.8		北側 7<	南側 6.0		北側 4.8	
場所	区分		めっき	前処理 スイープ ブラスト	0.000.000.000				上面			上面		
場所	区分	T1			ウレタン	3.2	4.2	5.8	上面 7<	7<	6.0	上面 6.2	4.8	
場所	区分	T1 T2 • ZC-1	めっき Zn		ウレタン ふっ素	3.2	4.2	5.8 5.9	上面 7< 7<	7< 7<	6.0 7<	上面 6.2 5.2	4.8 6.9	
場所	区分	T1 T2•ZC-1 T3			ウレタン ふっ素 弱溶剤	3.2 3.8 2.4	4.2 3.2 2.2	5.8 5.9 4.1	上面 7< 7< 4.8	7< 7< 5.8	6.0 7< 7<	上面 6.2 5.2 7.0	4.8 6.9 4.6	次は
場所	基	T1 T2•ZC-1 T3 T4		スィープ。フブラスト	ウレタン ふっ素 弱溶剤 ウレタン	3.2 3.8 2.4 3.8	4.2 3.2 2.2 4.2	5.8 5.9 4.1 6.0	上面 7< 7< 4.8 6.0	7< 7< 5.8 6.2	6.0 7< 7< 7.0	上面 6.2 5.2 7.0 6.2	4.8 6.9 4.6 5.2	次は 5年
		T1 T2•zc-1 T3 T4 T5•zc-1	Zn	スィープ。フブラスト	ウレタン ふつ素 弱溶剤 ウレタン ふつ素 弱溶剤	3.2 3.8 2.4 3.8 2.8	4.2 3.2 2.2 4.2 3.2	5.8 5.9 4.1 6.0 6.5	上面 7< 7< 4.8 6.0 5.6	7< 7< 5.8 6.2 6.2	6.0 7< 7< 7.0 5.4	上面 6.2 5.2 7.0 6.2 6.3	4.8 6.9 4.6 5.2 4.2	
2	基	T1 T2•zc-1 T3 T4 T5•zc-1 T6	Zn Zn+	スイープ ブラスト りん酸	ウレタン ふっ素 弱溶剤 ウレタン ふっ素	3.2 3.8 2.4 3.8 2.8 3.2	4.2 3.2 2.2 4.2 3.2 4.2	5.8 5.9 4.1 6.0 6.5 6.9	上面 7< 7< 4.8 6.0 5.6 5.9	7< 7< 5.8 6.2 6.2 7<	6.0 7< 7< 7.0 5.4 5.2	上面 6.2 5.2 7.0 6.2 6.3 6.7	4.8 6.9 4.6 5.2 4.2 5.2	
2	基	T1 T2·ZC-1 T3 T4 T5·ZC-1 T6 T7	Zn	スィープ ブラスト りん酸 スィープ	ウレタン ふつ素 弱溶剤 ウレタン ふつ素 弱溶剤 ふつ素	3.2 3.8 2.4 3.8 2.8 3.2 3.8	4.2 3.2 2.2 4.2 3.2 4.2 3.4	5.8 5.9 4.1 6.0 6.5 6.9	上面 7< 7< 4.8 6.0 5.6 5.9	7< 7< 5.8 6.2 6.2 7< 7.0	6.0 7< 7< 7.0 5.4 5.2 3.9	上面 6.2 5.2 7.0 6.2 6.3 6.7 5.9	4.8 6.9 4.6 5.2 4.2 5.2 7.0	
	基	T1 T2•zc-1 T3 T4 T5•zc-1 T6 T7 T8	Zn Zn+ 5%Al	スイープ ブラスト りん酸 スイープ りん酸	ウレタン ふつ素 弱溶剤 ウレタン ふつ素 弱溶剤	3.2 3.8 2.4 3.8 2.8 3.2 3.8 3.8	4.2 3.2 2.2 4.2 3.2 4.2 3.4 4.2	5.8 5.9 4.1 6.0 6.5 6.9 6.1 4.3	上面 7< 7< 4.8 6.0 5.6 5.9 3.3 7.0	7< 7< 5.8 6.2 6.2 7< 7.0	6.0 7< 7< 7.0 5.4 5.2 3.9 5.2	上面 6.2 5.2 7.0 6.2 6.3 6.7 5.9	4.8 6.9 4.6 5.2 4.2 5.2 7.0 7.0	
2	基	T1 T2·ZC-1 T3 T4 T5·ZC-1 T6 T7 T8 T9	Zn Zn+ 5%Al	スィープ ブラスト りん酸 スイープ りん酸 スイープ	ウレタン ふっ 弱溶 カ ウレタン ふっ 弱溶 剤 ふっ 弱溶 剤 ふっ 弱溶 剤	3.2 3.8 2.4 3.8 2.8 3.2 3.8 3.8 2.6	4.2 3.2 2.2 4.2 3.2 4.2 3.4 4.2 3.2	5.8 5.9 4.1 6.0 6.5 6.9 6.1 4.3 7<	上面 7< 7< 4.8 6.0 5.6 5.9 3.3 7.0 3.5	7< 7< 5.8 6.2 6.2 7< 7.0 7.0	6.0 7< 7< 7.0 5.4 5.2 3.9 5.2 7.0	上面 6.2 5.2 7.0 6.2 6.3 6.7 5.9 6.0 4.9	4.8 6.9 4.6 5.2 4.2 5.2 7.0 7.0 4.9	
2	基	T1 T2·ZC-1 T3 T4 T5·ZC-1 T6 T7 T8 T9 T10	Zn+ 5%Al +1%Mg	スイープ ブラスト りん酸 スイープ りん酸 スイープ りん酸	ウレタン ふつ素 弱溶剤 ウレタン ふつ素 弱溶剤 ふつ素	3.2 3.8 2.4 3.8 2.8 3.2 3.8 3.8 2.6 2.6	4.2 3.2 2.2 4.2 3.2 4.2 3.4 4.2 3.2 2.8	5.8 5.9 4.1 6.0 6.5 6.9 6.1 4.3 7< 6.3	上面 7< 4.8 6.0 5.6 5.9 3.3 7.0 3.5 6.7	7< 7< 5.8 6.2 6.2 7< 7.0 7.0 6.9	6.0 7< 7< 7.0 5.4 5.2 3.9 5.2 7.0 7.0	上面 6.2 5.2 7.0 6.2 6.3 6.7 5.9 6.0 4.9 5.0	4.8 6.9 4.6 5.2 4.2 5.2 7.0 7.0 4.9 5.8	
2	基	T1 T2·ZC-1 T3 T4 T5·ZC-1 T6 T7 T8 T9 T10 T11	Zn+ 5%Al +1%Mg Zn+	スイープ ブラスト りん酸 スイープ りん酸 スイープ りん酸 スイープ	ウレタン ふっ 弱溶 カ ウレタン ふっ 弱溶 剤 ふっ 弱溶 剤 ふっ 弱溶 剤	3.2 3.8 2.4 3.8 2.8 3.2 3.8 3.8 2.6 2.6 3.2	4.2 3.2 2.2 4.2 3.2 4.2 3.4 4.2 3.2 2.8 3.0	5.8 5.9 4.1 6.0 6.5 6.9 6.1 4.3 7< 6.3 5.6	上面 7< 4.8 6.0 5.6 5.9 3.3 7.0 3.5 6.7 6.0	7< 7< 5.8 6.2 6.2 7< 7.0 6.9 7< 4.6	6.0 7< 7.0 5.4 5.2 3.9 5.2 7.0 7.0 5.2	上面 6.2 5.2 7.0 6.2 6.3 6.7 5.9 6.0 4.9 5.0 6.1	4.8 6.9 4.6 5.2 4.2 5.2 7.0 7.0 4.9 5.8 4.0	
2	基本追	T1 T2·ZC-1 T3 T4 T5·ZC-1 T6 T7 T8 T9 T10 T11 T12	Zn+ 5%Al +1%Mg Zn+ 5%Al	スイープ ブラスト りん酸 スイープ りん酸 スイープ りん酸 スイープ りん酸	ウレタン ふの溶 ウレタン かの溶 の の の の の の の の の の の の の	3.2 3.8 2.4 3.8 2.8 3.2 3.8 2.6 2.6 3.2 4.6	4.2 3.2 2.2 4.2 3.2 4.2 3.4 4.2 3.2 2.8 3.0 5.0	5.8 5.9 4.1 6.0 6.5 6.9 6.1 4.3 7< 6.3 5.6 6.2	上面 7< 4.8 6.0 5.6 5.9 3.3 7.0 3.5 6.7 6.0 7<	7< 7< 5.8 6.2 6.2 7< 7.0 7.0 6.9 7< 4.6 7<	6.0 7< 7.0 5.4 5.2 3.9 5.2 7.0 7.0 5.2	上面 6.2 5.2 7.0 6.2 6.3 6.7 5.9 6.0 4.9 5.0 6.1	4.8 6.9 4.6 5.2 4.2 5.2 7.0 7.0 4.9 5.8 4.0	5年 次は
2	基本	T1 T2·ZC-1 T3 T4 T5·ZC-1 T6 T7 T8 T9 T10 T11 T12 T13	Zn+ 5%Al +1%Mg Zn+ 5%Al Zn+	スイープ ブラスト りん酸 スイープ りん酸 スイープ りん酸 スイープ りん酸	ウレタン ふの溶 ウレタン かの溶 の の の の の の の の の の の の の	3.2 3.8 2.4 3.8 2.8 3.2 3.8 2.6 2.6 3.2 4.6	4.2 3.2 2.2 4.2 3.2 4.2 3.4 4.2 3.2 2.8 3.0 5.0	5.8 5.9 4.1 6.0 6.5 6.9 6.1 4.3 7< 6.3 5.6 6.2	上面 7< 4.8 6.0 5.6 5.9 3.3 7.0 3.5 6.7 6.0 7<	7< 7< 5.8 6.2 6.2 7< 7.0 7.0 6.9 7< 4.6 7<	6.0 7< 7.0 5.4 5.2 3.9 5.2 7.0 7.0 5.2	上面 6.2 5.2 7.0 6.2 6.3 6.7 5.9 6.0 4.9 5.0 6.1	4.8 6.9 4.6 5.2 4.2 5.2 7.0 7.0 4.9 5.8 4.0	5年

初期(24点平均で3.4Mpa)よりも1年後の方が、全体的に付着強度は上昇している。これは、経時による硬化乾燥の進行によるものと考える。

1年後と3年後の付着強度の推移を試験体12体の平均値(沖縄、つくばとも36点平均)で見ると、沖縄では1年後が5.3Mpa、3年後が4.7Mpa。つくばでは1年後が6.1Mpa、3年後が5.8Mpaと何れも低下している。(表中7くの数値は7.0として算出)ただし、その低下量は0.6Mpa~0.3Mpa程度と僅かであり、また3年後で最も低い沖縄の試験体(No.4)でも3点平均値で3.8Mpaと十分な付着強度を示している。

また、破断形態は塗膜内部または接着剤からの破断が殆どであり、亜鉛めっき素地(りん酸処理面含)と下塗との界面剥離は無かった。この事からも亜鉛めっき素地に対する付着性の低下は無いと言える。

なお、めっき、前処理、塗装系の違いによる有意差は現時点では認められない。

5. まとめ

ばく露3年後で、沖縄とつくばについて共に全般的な異常はない。アドヒージョンの経時的な変化については今後も追跡調査を継続し傾向を把握するとともに、長期耐久性を検証していく。

謝辞 本調査を実施するうえでご協力いただいております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。

以上

補足資料 沖縄

アドヒージョンテストの破断面

 $No.1 \sim 12$

3年後

 $No.13 \sim 16$

1年後

測定日

H22.1.30

アドヒージョンテスト(引っ張り付着試験)結果

付着力単位:Mpa

/ I- L	2 32 7 2 11 (分り派列的有政	の人)小口ノト				17/6/77 + 12:11/pa
TP No.	溶融亜鉛 めっき種	下地処理	塗装系		上面	海側面	陸側面
				付着力	4.5	3.5	5.1
1			ポリウレタン	破断面	下70/接30	下60/接40	下35/接65
		スィープブラスト		付着力	4.2	3.7	3.9
2	6		強溶剤ふっ素	破断面	下70/接30	下75/接25	下45/接55
				付着力	6.6	4.1	4.4
3	_		弱溶剤ふっ素	破断面	下50/接50	下80/接20	下45/中5/接50
	Zn			付着力	4.6	3.3	3.5
4			ポリウレタン	破断面	下90/接10	下90/接10	下90/接10
				付着力	6.0	3.2	3.5
5		リン酸処理	強溶剤ふっ素	破断面	下50/接50	下80/接20	下55/接45
				付着力	4.4	4.5	7.0
6			弱溶剤ふっ素	破断面	下45/接55	下60/中3/接37	下25/中10/接65
				付着力	4.0	4.8	3.8
7		スィープブラスト		破断面	下95/接5	下90/接10	下95/接5
			強溶剤ふっ素	付着力	3.4	4.9	7.0
8		リン酸処理		破断面	下97/接3	下80/接20	下95/接5
	Zn+1%Mg			付着力	3.9	7.0	6.2
9		スィープブラスト		破断面	下55/中5/接40	下35/接70	下40/中5/接55
			弱溶剤ふっ素	付着力	4.0	3.6	5.8
10		リン酸処理		破断面	下70/中5/接25	下65/接35	下40/中10/接50
		0.0		付着力	5.8	4.8	7.0<
11	5 14041	スィープブラスト		破断面	下90/接10	下90/接10	下85/接15
	Zn+1%Al		強溶剤ふっ素	付着力	3.2	4.6	6.8
12		リン酸処理		破断面	下95/接5	下85/接15	下95/接5
				付着力	_	_	_
13	Zn	_	-	破断面	_	_	_
	Zn + 5%A1			付着力	_		_
14	+1%Mg	_	_	破断面	_	_	-
	New L. L. /	3	G -	付着力	2.3	3.6	3.9
15	鋼材(SS400)	ブラスト	C-5	破断面	ジンク100	ジンク95/接5	ジンク99/下1
	_		74.V=> -	付着力	4.3	5.3	6.2
16	Zn	スィープブラスト	強溶剤ふっ素	破断面	下85/接15	下65/接35	下95/接5

凡例

接:アドヒージョン用接着剤 上:上塗塗膜

中:中塗塗膜

下:下塗塗膜

塗膜横の数値は剥離面の割合(合計100%)

観察

破断面は殆どが塗膜内部の凝集破断。下塗、中塗、上塗の塗膜間の界面剥離は僅少。

亜鉛めっき面(りん酸面含)と下塗塗膜との界面剥離は無し。

補足資料つくばアドヒージョンテストの
破断面No.1~123年後

No.13~16 1年後

測定日 H22.6.4

アドレージョンテスト(引っ張り付着試験)結果

付着力単位:Mpa

アドヒー	ーションテスト(引っ張り付着試	験) 結果				付着力単位:Mpa
TP No.	溶融亜鉛 めっき種	下地処理	塗装系		上面	北側面	南側面
2101	17.12			付着力	6.2	4.8	6.0
T1			ポリウレタン	破断面	下95/接5	下100	下100
	6			付着力	5.2	6.9	7.0<
Т2		スィープブラスト	強溶剤ふっ素	破断面	下98/接2	下100	下100
				付着力	7.0	4.6	7.0<
Т3	_		弱溶剤ふっ素	破断面	下45/中25/接30	下50/中20/接30	下80/中20
	Zn			付着力	6.2	5.2	7.0
T4			ポリウレタン	破断面	下100	下100	下100
				付着力	6.3	4.2	5.4
Т5		リン酸処理	強溶剤ふっ素	破断面	下95/接5	下99/接1	下100
				付着力	6.7	5.2	5.2
Т6			弱溶剤ふっ素	破断面	下40/中55/接5	下55/中10/接35	下70/中10/接20
		2 2 2		付着力	5.9	7.0	3.9
Т7		スィープブラスト	14.始初 > 二丰	破断面	下100	下100	下100
			強溶剤ふっ素	付着力	6.0	7.0	5.2
Т8		リン酸処理		破断面	下100	下100	下100
	Zn+1%Mg			付着力	4.9	4.9	7.0
Т9		スィープブラスト		破断面	下50/中5/接45	下50/中35/接15	下35/中45/接20
			弱溶剤ふっ素	付着力	5.0	5.8	7.0
T10		リン酸処理		破断面	下45/中25/接30	下45/中30/接25	下35/中10/接55
		0 3		付着力	6.1	4.0	5.2
T11	7 1 10/11	スィープブラスト	34次文(* 主	破断面	下100	下100	下100
	Zn+1%Al	13 - 15 / La ett	強溶剤ふっ素	付着力	6.5	5.5	7.0
T12		リン酸処理	=	破断面	下100	下100	下100
				付着力	_	_	-
T13	Zn	-	_	破断面	_	_	_
	Zn + 5%Al			付着力	_	_	_
T14	+1%Mg	_	_	破断面	-	_	_
	NET L. I. /	.0	<i>c</i> -	付着力	7.0	4.0	7.0
T15	鋼材(SS400)	ブラスト	C-5	破断面	ジンク100	ジンク98/下1/中1	ジンク100
50.00 M		0 3-	The state of the s	付着力	6.3	3.1	6.8
T16	Zn	スィープブラスト	強溶剤ふっ素	破断面	下100	下100	下100
			ter I I. Mr. Int	ト・ト涂涂	晴 山·山涂涂膜	下.下涂涂膛	

凡例

接:アドヒージョン用接着剤 上:上塗塗膜 中:中塗塗膜 下:下塗塗膜

塗膜横の数値は剥離面の割合(合計100%)

観察

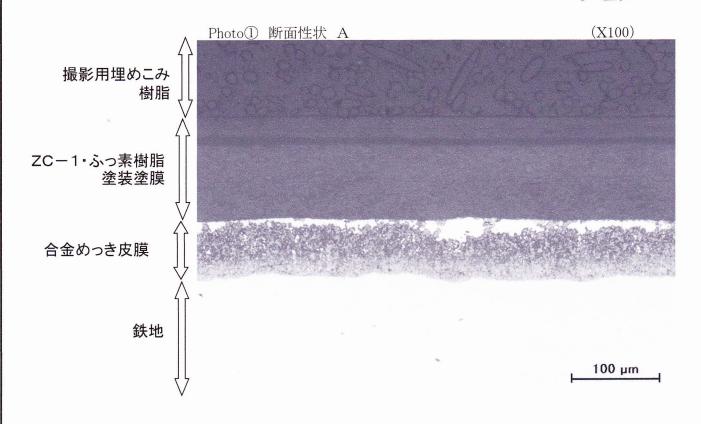
破断面は殆どが塗膜内部の凝集破断。下塗、中塗、上塗の塗膜間の界面剥離は僅少。

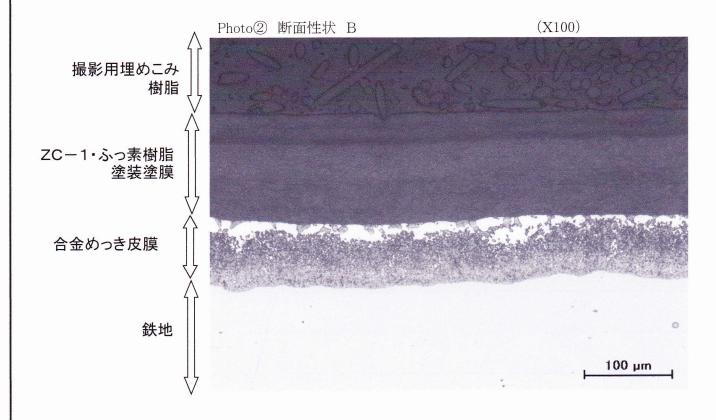
亜鉛めっき面(りん酸面含)と下塗塗膜との界面剥離は無し。

試験体断面ミクロ写真

試験体 沖縄ばく露試験体No.10(1%Mg入合金めっき)

撮影H22.06.10 (社)日本溶融亜鉛鍍金協会 めっき上塗装グループ





めっき層観察(任意の断面2ヶ所) 写真の上辺部が、ばく露試験体の上面に相当。 ミクロ観察依頼先 測定装置 金属顕微鏡 ㈱中山製鋼所 オリンパスPM3