

北陸自動車道徳合川橋における大気暴露試験 (溶融亜鉛めっき及び亜鉛—アルミニウム合金めっき)

技術・技能検定委員会 耐食性グループ

**高野嘉彦,*鈴木庸一,角田治彦,醍醐幸男,辻英朗

1. まえがき

(社)日本溶融亜鉛鍍金協会は、これまでに環境の異なる全国各地で溶融亜鉛めっきや溶融亜鉛-アルミニウム合金めっき(以下、Znめっき及びZn-Al合金めっきと略す)の大気暴露試験を実施し、それらの結果をご報告してまいりました。

ここでは、塩害のとくに厳しい環境下におけるZnめっき及びZn-Al合金めっきの耐食性を調査するため、北陸自動車道徳合川橋において、平成13年6月から東日本高速道路株式会社新潟支社殿と共同で実施している暴露試験が、5ヵ年経過しましたので、その結果を取り纏めご報告します。

2. 暴露試験片

2.1 材質およびサイズ

材質:SS400 (JIS G 3101)、サイズ:3.2t×100×200 mm

2.2 めっきの種類

次の7種類のめっきについて暴露試験を行った。

Zn-Al合金めっき	(浴濃度:Zn-1%Al)
"	(浴濃度:Zn-3%Al)
"	(浴濃度:Zn-5%Al)
"	(浴濃度:Zn-1%Al-1%Mg)
"	(浴濃度:Zn-3%Al-1%Mg)
"	(浴濃度:Zn-5%Al-1%Mg)

Znめっき

3. 暴露試験地

北陸自動車道 徳合川橋 (新潟県西頸城郡能生町)

暴露試験片は検査路(下部工)手摺に45度の角度で取り付け付けた。設置状況は写真1に示す。

4. 暴露期間

平成13年6月27日～平成18年8月29日 (5.2年間)

5. 調査項目

5.1 外観観察

5ヵ年経過後の試験片の外観を目視によって観察するとともに写真撮影を行った。

5.2 腐食減量

暴露試験片を50～60℃に加熱した10%塩化アンモニウム水溶液に浸漬し、ナイロンブラシにて腐食生成物を擦り落とした後、湯洗乾燥して秤量した。この重量と暴露前重量との差から5年間の腐食減量を求めた。

5.3 環境調査

暴露環境と試験片の腐食との関係を調査するため、JISZ2381(屋外暴露試験方法通則)に準拠し、ガーゼ法による飛来塩分量と二酸化鉛円筒法による亜硫酸ガス量をそれぞれ測定した。また、温度、湿度の測定は自動計測機器を用いて所定期間測定した。なお、各測定機器は百葉箱内に設置した。

6. 調査結果

5年間暴露した各試験片の表面および裏面の外観を写真2に示す。腐食減量測定結果は表1及び図1に示すとともに、過去5年間の腐食減量の経年変化を図2にまとめた。また、徳合川橋の環境調査結果と、参考値としての他の地域の調査結果をそれぞれ表2、表3に示した。



写真 1. 暴露試験片設置状況

表1. 暴露試験片の腐食減量測定結果

試験片の種類		年間腐食減量 ($\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{y}$)
Zn-Al 合金めっき	Zn-1%Al	27.6
	Zn-3%Al	10.9
	Zn-5%Al	10.8
Zn-Al-Mg 合金めっき	Zn-1%Al-1%Mg	17.2
	Zn-3%Al-1%Mg	9.6
	Zn-5%Al-1%Mg	5.3
Znめっき		51.8

6.1 外観観察結果

橋梁下部で5年間暴露した Zn-Al 合金めっきと Zn めっきの外観を写真2に示す。Zn-Al 合金めっき試験片は、Zn-1%Al 合金めっきに腐食生成物がやや多く見られたが、他の Zn-Al 合金めっきは表面および裏面にわずかに腐食生成物が発生している程度であった。一方、Zn めっき試験片は、嵩張った厚い腐食生成物で覆われていた。

6.2 腐食減量測定結果

暴露期間5ヵ年経過後の各試験片の腐食減量の測定結果から次のことがわかった。

- (1) Zn-1%Al合金めっき以外のZn-Al合金めっきの腐食減量は、 $5.3 \sim 10.9(\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{y})$ であり、Znめっきの腐食減量($51.8 \text{ g}/\text{m}^2 \cdot \text{y}$)の約1/5から1/10の値であった。
- (2) Zn-Al合金めっきの浴中のAl濃度が、増加するとともに腐食減量は少なくなる傾向が見られた。
- (3) Zn-Al合金めっきの浴中へのMgの添加は、亜鉛の腐食減量を減少させ、Zn-5%Al-1%Mg合金めっきの場合、その腐食減量はZn-5%Al合金めっきの1/2となりMgの添加効果は顕著であった。

6.3 環境測定結果

飛来塩分量及び亜硫酸ガス量の測定は、平成12年6月から約2ヶ月を測定単位として1年間行った。また、気温と湿度は、1時間毎のデータを採取した。測定結果を表3に示す。比較データとして、都市工業地域の鶴見工業高校屋上と海岸地域の伊良湖岬の飛来塩分量と亜硫酸ガス量の測定結果を表4に示す。徳合川橋の夏季の飛来塩分量は、他の地域と同程度であったが、冬季になるとその20～30倍の量になり、極端に多くなることが分かった。一方、亜硫酸ガス量は、太平洋側の伊良湖岬よりも多く、約2倍の値が観測された。湿度は測定期間中に100%の状態が16回あったが、他の地域と比べてとくに高くはなかった。

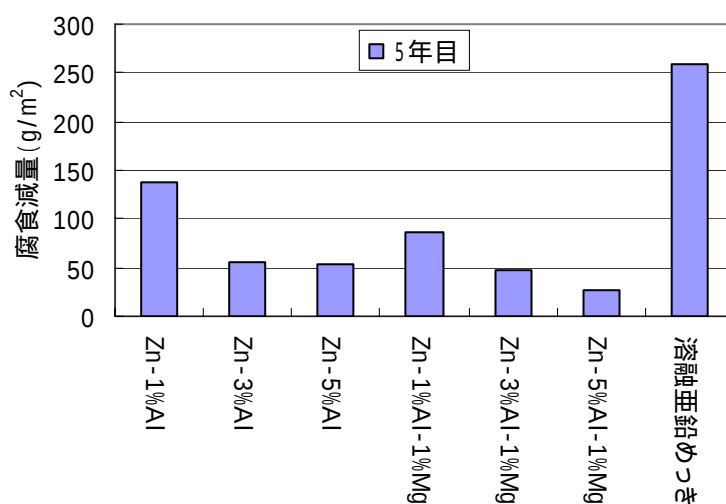


図1. 5ヵ年間大気暴露試験による腐食減量

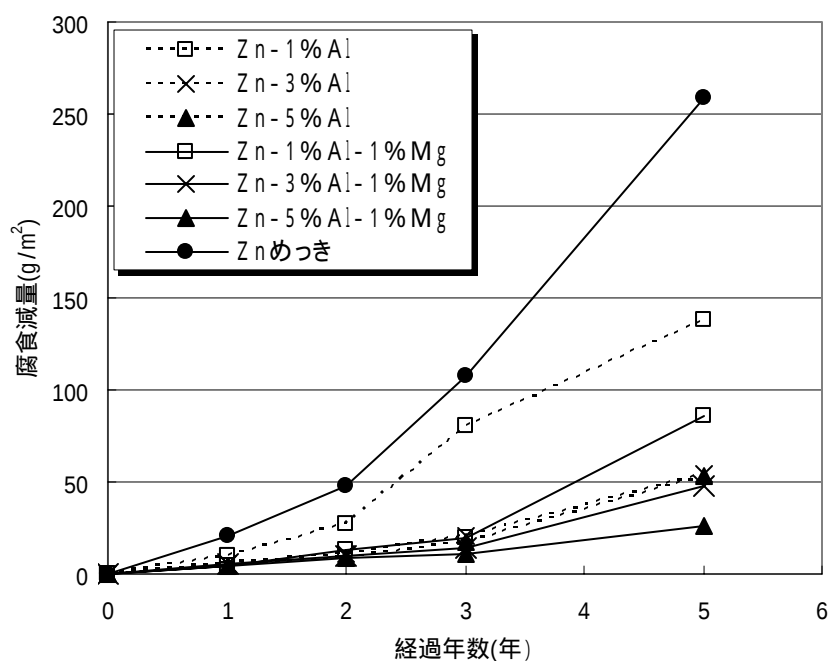


図2. 大気暴露試験による腐食減量の経年変化

表2. 環境測定結果(徳合川橋)

測定期間	測定日数 (日)	飛来塩分量 (NaCl) (mg/m ² ・day)	亜硫酸ガス量 (SO _x) (mg/m ² ・day)	平均気温 ()	平均湿度 (%)
平成12年3月2日～ 平成12年5月12日	71	32.6	7.2	9.2	67.9
平成12年5月12日～ 平成12年7月12日	61	4.2	3.0	19.9	77.2
平成12年7月12日～ 平成12年10月5日	85	6.3	3.5	24.8	73.7
平成12年10月5日～ 平成12年12月12日	68	47.3	7.1	12.2	58.6
平成12年12月12日～ 平成13年4月4日	113	125.1	10.5	4.5	60.0

表 3 . 他の地域における環境測定結果

(1) 都市工業地域 (鶴見工業高校屋上:神奈川県横浜市)

測定期間	測定日数 (日)	飛来塩分量(NaCl) (mg/m ² ・day)	亜硫酸ガス量(SO _x) (mg/m ² ・day)
平成 15 年3月 22 日～ 平成 15 年6月13日	83	5.8	9.6
平成 15 年6月13日～ 平成 15 年9月 26 日	105	4.5	12.0
平成 15 年9月 26 日～ 平成 15 年12月6日	71	4.2	10.2
平成 15 年12月6日～ 平成 16 年2月25日	81	3.9	8.2
平成 16 年2月25日～ 平成 16 年 6 月 3 日	99	5.2	12.3

(2) 海岸地域 (伊良湖岬:愛知県渥美郡)

測定期間	測定日数 (日)	飛来塩分量(NaCl) (mg/m ² ・day)	亜硫酸ガス量(SO _x) (mg/m ² ・day)
平成 15 年1月17日～ 平成 15 年4月17日	92	7.7	1.3
平成 15 年4月17日～ 平成 15 年7月15日	89	6.2	1.5
平成 15 年7月15日～ 平成 15 年9月16日	63	7.3	0.8
平成 15 年9月16日～ 平成 15 年11月17日	52	6.0	4.3
平成 15 年11月17日～ 平成 16 年 2 月 4 日	79	5.5	3.8

試験片の種類	暴露表面	暴露裏面
Zn-1%Al 合金めっき		
Zn-3%Al 合金めっき		
Zn-5%Al 合金めっき		
Zn-1%A-1%Mg 合金めっき		
Zn-3%Al-1%Mg 合金めっき		
Zn-5%Al-1%Mg 合金めっき		
Zn めっき		

写真 2. 暴露試験片の外観

7. まとめ

北陸道徳合川橋における5ヵ年間の大気暴露試験結果をまとめると、次のようになりました。

- (1) 塩害の激しい環境において、Znめっきは嵩張った厚い腐食生成物で覆われていましたが、Zn-Al合金めっきは、ごく薄く腐食生成物が発生している程度であり、これらのめっき皮膜表面に形成される腐食生成物の形態には大きな差のあることが認められました。
- (2) Zn-Al合金めっきにおいて、その耐食性はめっき浴中のAl濃度が高くなるにつれて向上する傾向にあり、3%以上のAl濃度が効果的であることが分かりました。
- (3) Zn-5%Al合金めっき及びZn-5%Al-1%Mg合金めっきは、Znめっきに対して、それぞれ5倍、10倍の高耐食性を有することが明らかになりました。
- (4) Zn-5%Al合金めっき及びZn-5%Al-1%Mg合金めっきのめっき付着量が、350g/m²の場合、徳合川橋ではそれぞれ30年、60年の耐用年数が推定されました。

今回の暴露試験の結果から、Zn-Al合金めっきは、塩害の非常に激しい腐食環境下に設置される鋼構造物の優れた防錆方法の一つであることが確認されました。将来、Zn-Al合金めっきは、海岸地域をはじめ、凍結防止剤の影響を受ける高速道路沿いやトンネル内などの道路構造物のライフサイクルコスト低減に大いに寄与することが期待されます。

(耐食性グループリーダー 高野嘉彦)