

支承鋼製部材における高耐久化・長寿命化への取組み

鵜野 禎史*

現在使用されている支承の種類は、大きく分けて鋼製支承とゴム支承に分類される。鋼製支承は文字どおり鋼材を用いた支承であり、ゴム支承はパッド型ゴム支承を除けば、ゴム支承本体に積層ゴムを用い、上下部構造との結合のために一部鋼材を用いた構造が一般的である。近年、これらの支承構造の高耐久化・長寿命化に向けた取組みの一つに長期防食仕様への取組みがあげられる。本稿は、現在採用されている長期防食の仕様例を紹介するものである。

キーワード：支承，高耐久化，長寿命化，長期防食，めっき，溶射

1. はじめに

鋼製支承の耐久年数は、一般的に30年といわれることが多い。これは、過去の補修事例を基に出された値と思われる。鋼製支承が損傷する要因としては、地震時災害を除けば、ローラーなどの部品の破損による場合やさびの発生に起因する場合が考えられる。なかでも、さびの発生に起因する場合はほとんどであると思われることから、近年長期防食に関する研究が盛んに行われている。なお、長期防食は、上沓やベースプレートなどの鋼板を使用するゴム支承にとっても重要な課題である。

2. 長期防食仕様

2.1 長期防食の必要性

これまで、防食の主流としては重防食塗装や溶融亜鉛めっきが一般的であったが、伸縮装置からの漏水（なかでも塩分を多く含む凍結防止剤を多く使用する地域では塩害によりさびの進行が早い）によりさびが発生するケースや湾岸部などのつねに飛来塩分を伴うような劣悪な環境下では溶融亜鉛めっきの防食効果が大きく低下することが分かっている。積雪地帯において伸縮装置からの漏水によりさびが生じ、支承を損傷（断面欠損）した事例を写真-1に、また湾岸部に設置後約10年程度経過した溶融亜鉛めっきされたゴム支承のさびの発生状況を写真-2に示す。

支承は、設置されている箇所が桁下のため非常に劣悪な環境にあると考えられ、また上部構造を支持する重要な部位であることから極力さびによる断面欠損を防ぐ必要があ



写真-1 伸縮装置からの漏水により生じたさびによる支承損傷事例



写真-2 溶融亜鉛めっきされたゴム支承のさび発生状況



* Yoshifumi UNO

(株)日本支承協会 (株)川金コアテック 技術委員長

る。また、橋脚上に設置された支承の場合、メンテナンスが困難なケースも考えられ、さらに補修回数を少なくすることによりライフサイクルコスト（LCC）を低減できるなど、長期防食の需要は高い。

2.2 各種防食仕様と適用範囲

鋼道路橋塗装・防食便覧¹⁾（以下防食便覧と呼ぶ）において、代表的な鋼道路橋の防食法として、塗装（一般塗装、

重防食塗装), 耐食性鋼材, 溶融亜鉛めっきおよび金属溶射が示されている。これらの代表的な防食法は, 飛来塩分量の多少による環境別に適用範囲が示されている。表 - 1 に各種防食法の環境別適用範囲の例を示す。

溶融亜鉛めっきは, 昭和 50 年代前半から支承に用いられた防食法であり, その実績は多い。しかしながら, 前述した塩分の影響を受ける地域では, 防食性能が低下する。溶融亜鉛めっきは, 表面の亜鉛が空気中の水分, 酸素および二酸化炭素と反応し, その表面に緻密な酸化被膜として白さび(不動態層) $[4ZnO \cdot CO_2 \cdot 4H_2O + ZnO]$ が形成される。

この保護被膜は, 空気や水を通しにくい安定した性質をもっているため優れた耐食性を発揮する。しかし, 塩分の影響下では, 塩分の影響により不安定な白さび $[ZnCl_2 \cdot 4Zn(OH)_2 + ZnO]$ が形成される。この白さびは, 吸湿性が高く, 湿潤状態では糊状, 乾燥状態では粉状の表面に固着しない不安定な状態であり簡単に表面から脱落するため, 亜鉛が急速に消耗されることとなる。

表 - 1 より, 溶融亜鉛めっきの適用範囲は飛来塩分がそれほど多くない地域までが対象であり, 凍結防止剤を使用する地域や湾岸部に設置する場合は重防食塗装や金属溶射, およびそれらと同等の耐食性を有する防食仕様を採用することが望ましい。

表 - 1 各種防食法の環境別適用範囲

防食法		環境	
		飛来塩分量が少ない	飛来塩分量が多い
塗装	一般塗装	■	■
	重防食塗装	■	■
耐食性鋼材		■	■
溶融亜鉛めっき		■	■
金属溶射	封孔処理	■	■
	重防食塗装	■	■

3. 最近の防食仕様の動向

近年, 溶融亜鉛めっきに代わる新しい防食法としてさまざまな防食法が提案されている。その一つに溶融亜鉛アルミニウム合金めっきがある。溶融亜鉛アルミニウム合金めっきは, 亜鉛に 5% のアルミニウムと 1% のマグネシウムを添加した合金を用いるものであり, 従来の溶融亜鉛めっきとは異なり, 溶融亜鉛めっき後, 亜鉛・アルミニウム合金の浴槽に再度浸せきさせることにより, 表面に亜鉛・アルミニウム合金層を形成させ, 溶融亜鉛めっきの 2~6 倍の耐食性を向上させた防食法である。また, 亜鉛・アルミニウム合金めっきの上にさらにナイロンをコーティングさせた二重防食処理技術も提案され, 採用され始めている。

このほか, 金属溶射による防食法も近年注目を集めている。金属溶射は, 古くから行われている技術であり, 「JIS H 8300 亜鉛・アルミニウム及びそれら合金の溶射」(制定 1971 年) に溶射に関する規格が示されている。支承における金属溶射は, 昭和 58 年(1983) に亜鉛を用いた溶射が東

北自動車道で採用されたのが最初である。その後 1995 年頃より日本支承協会で『支承の若返り工法』として, 既設支承のさびを除去した後, 亜鉛アルミニウム合金を用いて溶射を行うことによる支承の長寿命化対策として採用され, 今日に至っている。この若返り工法は, これまでに 10 000 個以上の施工実績がある。近年, アルミニウム・マグネシウム溶射がその高い耐食性から採用されるケースが増えている。写真 - 3 に 3 000 時間塩水噴霧試験における溶融亜鉛めっきとの比較写真を示す。

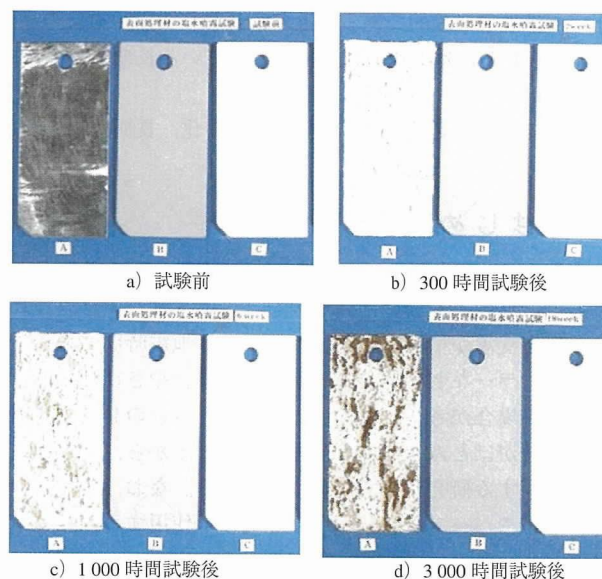


写真 - 3 塩水噴霧試験結果の例

写真 - 3 において, 試験体 A は溶融亜鉛めっきを示し, 試験体 B は溶射後エポキシ樹脂塗料による封孔処理まで行った場合, および試験体 C は溶射後封孔処理を行ったうえにフッ素樹脂塗装を行った場合を示す。試験において, 溶融亜鉛めっきに赤さび色が確認されたのが約 300 時間後であったのに対し, 溶射では 3 000 時間後もほとんど変化が見られない結果であった。

金属溶射は, 使用する器具によりアーク溶射, フレーム溶射, プラズマ溶射に分類²⁾される。アーク溶射は, 2本の金属ワイヤ間でアーク放電を発生させ, この放電エネルギーによりワイヤを溶融させる電気式溶射法である。フレーム溶射は, 酸素-アセチレンあるいは酸素-プロパンなどによる燃焼炎(フレーム)中に線状の溶射材料を連続的に送ることにより溶融させ, 圧縮空気で微粒化された溶融粒子の投射により被膜を形成させる溶射法である。また, プラズマ溶射はアルゴンなどのガス中で大電流の直流放電により高温高速のプラズマジェットを溶射ガン中に形成させ, このプラズマジェット中に溶射材料を投入することにより溶融と加速を行い, 被膜を形成する溶射法である。なお, 金属溶射は, 微粒子の金属を吹き付けて金属表面に固着させる方法であるため, どうしてもピンホールが生じやすい特徴を有している。このため, 一般的に金属溶射を行う場合は, 溶射後封孔処理剤によりこのピンホールを塞ぐ工法

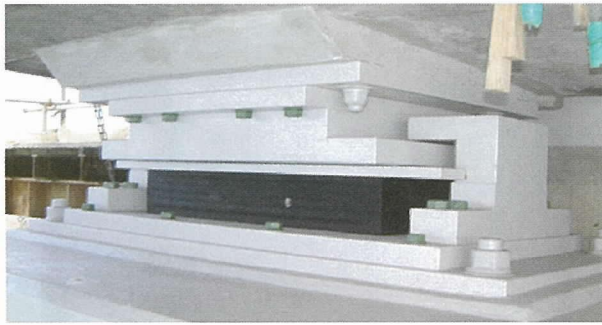


写真-4 溶射後フッ素塗装を行った支承例

を採用している。ここに、封孔処理剤とは、30～50%に希釈させてピンホールなどの微細な孔に浸透させるための塗料のことをいい、一般的にエポキシ樹脂塗料が用いられることが多い。

写真-4は、アルミニウム溶射後フッ素塗装を行った支承の事例を示す。一般的に封孔処理剤は色調が限定されるため、上塗り塗装を行うことにより二重防食効果と周りの色調に合わせた配色を行うことができることから、上塗りを施すことが望ましい。また、写真-4において中間プレートとベースプレートとの接合に用いるボルトおよびサイドブロックに用いるボルトにはフッ素系焼付け処理を行ったボルト（緑色のボルト）が使用されており、アンカーボルトは下地処理として溶融亜鉛めっきを施した後、軟質塩化ビニール製のボルトキャップが施されている。

写真-5は、フッ素系焼付け処理を行ったボルトの一部にさびが生じている事例を示したものである。これは、ボルトの締付け時に被膜を損傷したことによるものと推測される。ボルト類は表面積が多いため腐食の進行も早く、また断面が小さいため断面欠損の影響を受けやすい。このため、ボルト類は力の伝達部材として重要な役割を担っていることから、防食に対して十分に配慮する必要がある。



写真-5 フッ素系焼付け処理ボルトのさび発生事例

写真-6は、金属溶射を用いた既設支承の長寿命化対策の例を示す。溶融亜鉛めっきは現場施工ができないため、さびが発生した場合、その補修方法は限定される。これに対し、金属溶射は現場での施工も可能なため、近年塗装仕様で施工された既設支承の耐食性向上および長寿命化対策の一つとして採用されるケースが増えている。なお、現場で溶射を行う場合、既設塗料の塗膜を完全に剥がすことが



a) 施工前



b) 施工後

写真-6 金属溶射を用いた既設支承の長寿命化対策の例

望ましい。一部の溶射ではケレンまで可能としているが、その付着性を考慮するとブラスト処理を行うことが望ましい。

4. 長期防食仕様の耐久性評価

溶融亜鉛めっきの耐用年数は、防食便覧において亜鉛めっき皮膜の90%を消耗するまでの期間として推定できるとしている。溶融亜鉛めっきの付着量は、通常JIS H 8641に示されるHDZ55（付着量550 g/m²以上）に準拠している。このため、推定耐用年数を次式により算出する。

$$\text{推定耐用年数} = \frac{0.9A}{g} \quad (1)$$

ここに、A：溶融亜鉛めっきの付着量

g：溶融亜鉛めっきの年間腐食減量値

式(1)に溶融亜鉛めっきの付着量と環境区分ごとの亜鉛めっきの年間腐食減量値を代入して求めた環境区分における推定耐用年数を表-2に示す。表-2より、溶融亜鉛めっきの耐用年数は、一般環境下では50年以上の耐用年数を有しているのに対し、頻繁に海水飛沫を受ける海岸地域や風道等地形の悪い場所では10年程度の耐用年数しかないことが分かる。

表 - 2 溶融亜鉛めっきの推定耐用年数

	年間腐食減量値 (g/m ² /年)	推定耐用年数 (年)
一般環境 (都市部, 田園地域)	3 ~ 10	165 ~ 49.5
平常時には海水飛沫を受けない 海岸地域	10 ~ 30	49.5 ~ 16.5
頻繁に海水飛沫を受ける海岸 地域や風道等地形の悪い場所	30 ~ 200	16.5 ~ 2.5

亜鉛の付着量は亜鉛浴槽への浸せき時間に比例する。肉厚の厚い鋼製支承では支承本体の内部温度との関係から浸せき時間を長くするため亜鉛の付着量も大きい。このため、実状はもう少し耐用年数が増加すると思われる。

5. その他の長寿命化対策

近年、国土交通省では橋梁の定期点検要領(案)³⁾において、供用後2年以内に初回の定期点検を、また2回目以降は原則として5年以内に定期点検を行うように規定している。支承は、日常点検により塵芥の堆積や伸縮装置からの漏水などの外部からの劣化要因を早期に発見し、除去することにより長寿命化を図ることが可能である。写真-7は70年以上供用されている鋼製支承の例であるが、良い環境条件の場合には、支承周辺の清掃や定期的な塗替えなどのメンテナンスを行うことにより長寿命化を図ることが可能であることを示している。このため、点検または補修の容易な環境整備として桁下空間の確保などの対策が望ましい。

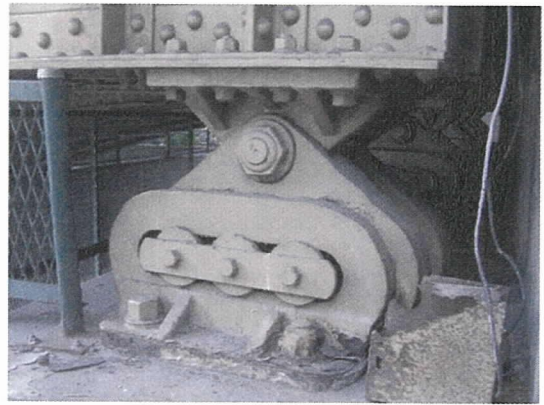


写真 - 7 70年以上経過したピンローラー支承の例

6. おわりに

本報告では、支承の高耐久化・長寿命化のために行っている最近の長期防食事例を紹介した。支承は、橋梁構造物を支える重要なデバイスであり、その高耐久化・長寿命化は橋梁のメンテナンス・コストおよびLCCを引き下げのに有効であると考えられる。

日本支承協会では、これからもさらなる支承の高耐久化・長寿命化を目指した研究を行っていく予定である。

参考文献

- 1) 日本道路協会, 鋼道路橋塗装・防食便覧, 平成17年12月
- 2) 日本溶射工業会, 溶射, 2000年9月
- 3) 国土交通省, 橋梁定期点検要領(案), 平成16年3月

【2010年1月20日受付】



刊行物案内

高強度コンクリートを用いた PC 構造物の設計施工規準

平成 20年 10月

定 価 6,000 円 / 送料 600 円

会員 特 価 5,000 円 / 送料 600 円

社団法人 プレストレストコンクリート技術協会