

Sn 添加耐食鋼の鋼橋への適用時の経済性と適用箇所の観察結果

正会員) 日本製鉄(株) 菅江清信, 原田直樹, 長澤 慎, 壺岐 浩

正会員) 阪神高速道路(株) 谷口祥基, 西村美紀

1. はじめに

塩化物を含む大気環境において、塗装防食された鋼材の塗装さず部や部材鋭角部の塗膜脆弱部などの塗装欠陥部における耐食性を向上する Sn 添加鋼（以下、開発鋼）が開発された^{1,2)}。これまでに開発鋼は、神戸市沿岸部の阪神高速道路 5 号湾岸線の一部である東神戸大橋の橋脚下における 10 年間の長期暴露試験において、塗装欠陥部の腐食を抑制することを確認した³⁾。実環境の暴露試験と腐食促進試験の結果より、開発鋼は普通鋼に比べて塗装塗替えに至る期間を約 2 倍に延長すると報告されている^{2,3,4)}。異なる構造形式のモデル橋梁を用いて鋼橋への開発鋼の適用時のライフサイクルコスト（LCC）の削減効果に関する検証結果と 2014 年に実橋適用された部位の観察結果について報告する。

2. 経済性の試算

2. 1. 塗装鋼橋の劣化について

塗装鋼橋では、塗装劣化や腐食の進展を指標として塗替塗装を施すことで補修と維持管理を行ってきた。日本橋梁建設協会では、重防食塗装橋梁の補修は、塗装上塗りの光沢度の消失より求めた耐候性の低下を鑑みて、上塗りとは中塗りの塗替えを推奨している⁵⁾が、実態は塗装塗膜における水の透過速度は速く⁶⁾鋼素地まで到達しやすく、腐食発生の起点となるため、塗装塗替えは塗装劣化よりも腐食劣化を基準として検討する方が効果的である。そこで本報告では、腐食の厳しい沿岸部における異なる構造形式のモデル橋梁を用いて橋梁建設費に占める防食費の割合と開発鋼の適用時の LCC を試算した。

2. 2. 各費用の算定条件

モデル橋梁は、国内の鋼橋に広く適用されている鋼 3 径間連続少数鈹桁橋と鋼 3 径間連続細幅箱桁橋の 2 種類とした（表 1）。各費用は、土木コスト 2020 年 7 月度⁷⁾、建設物価本 2018 年 11 月度⁸⁾、国土交通省令和 2 年 2 月 14 日公共工事労務費⁹⁾および土木工事標準積算書¹⁰⁾、日本ペイント(株)構造塗装積算書¹¹⁾および橋梁架設工事の積算¹²⁾、建設プラザの HP の記載値¹³⁾、設計・数量は(株)横河技術情報 APOLLO SuperPlanner Ver.4.30 を用いて算出した。初期の防食仕様は、普通鋼には一般外面塗装仕様の C-5 塗装仕様もしくは亜鉛溶射と耐候性塗料を施すとし、開発鋼には C-5 塗装仕様を施すとした。塗替え塗装は、全て Rc-I とした。

2. 3. 初期建設費の試算結果

図 1 に例として鋼 3 径間連続少数鈹桁橋の初期建設費に占めると鋼材費と塗装や溶射の防食費を示す。初期建設費に占める鋼材費は、普通鋼の場合で 11.8%，開発鋼の場合で 13.3%である。塗装費は 10.2%を占め、さらに溶射は 26.1%を占めることが分かった。初期建設費に占める塗装費は鋼材費とほぼ同程度であることが分かった。

表 1. モデル橋梁の詳細

橋梁形式	鋼3径間連続少数鈹桁橋	鋼3径間連続細幅箱桁橋
橋長	121.0 m (37.0 + 46.0 + 37.0 m)	211.0 m (65.0 + 80.0 + 65.0 m)
全幅員	11.5 m	11.5 m
総鋼重	187.3 ton	761.7 ton
塗装面積	3,541 m ²	14,370 m ²

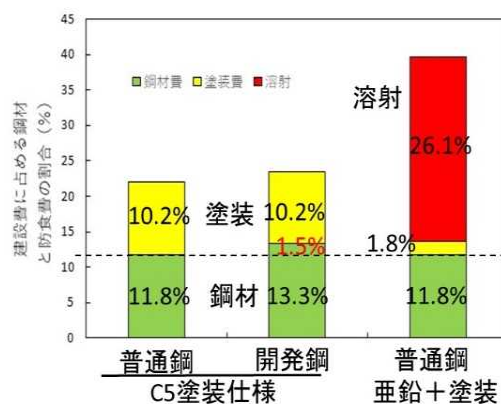


図 1. 初期建設費に占めると鋼材費と防食費

キーワード 耐食鋼, ライフサイクルコスト, 塗装防食

連絡先 * 〒660-0891 兵庫県尼崎市扶桑町 1-8

TEL 080-4602-3596

2. 4. ライフサイクルコストの試算結果

C-5 塗装仕様を施したモデル橋梁を厳しい腐食環境と一般的な環境に適用した場合の LCC の変化を試算した。塗替えの判定基準としては、厳しい腐食環境での腐食劣化度を基準とした。腐食の厳しい環境では重防食塗装の橋梁は、建造後約 20 年から 30 年で腐食劣化し、補修されている^{14,15)}ことから、30 年毎の補修工事と設定した。開発鋼は、東神戸大橋の曝露試験結果から、普通鋼に比べて塗装欠陥部の腐食を約 50%まで抑制することを見出し、塗装塗替え基準に至る期間を約 2 倍延長することを知見しているため、塗替え工事を 60 年と設定した^{3,4)}。図 2 にライフサイクルコストの試算結果を示す。鋼 3 径間連続少数鉸桁橋は、鋼 3 径間連続細幅箱桁橋に比べて補修費は大きくなる。開発鋼はいずれの構造形式であっても 100 年間の塗替え回数を削減し、鋼 3 径間連続少数鉸桁橋で約 75%、鋼 3 径間連続細幅箱桁橋で約 42%縮減することが可能である。

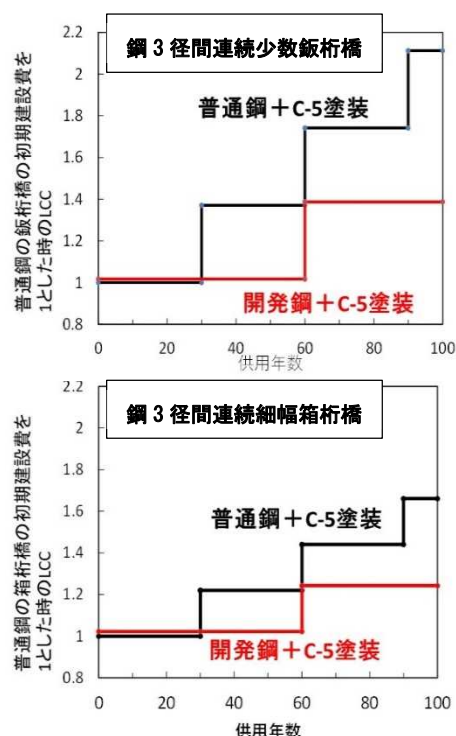


図 2. 橋梁の構造形式毎の LCC 試算結果

3. 適用橋梁の外観観察結果

本開発鋼は、2014 年に大阪府堺市の阪神高速道路株式会社の三宝ジャンクションの鋼桁部に適用され、8 年経過後の開発鋼の遠方目視観察を行った (図 3)。部材角部で塗装にキズ部が認められたが、赤錆の発生は確認できなかった。今後、継続して東神戸大橋での曝露試験の検証と実橋の詳細な調査を実施していく。

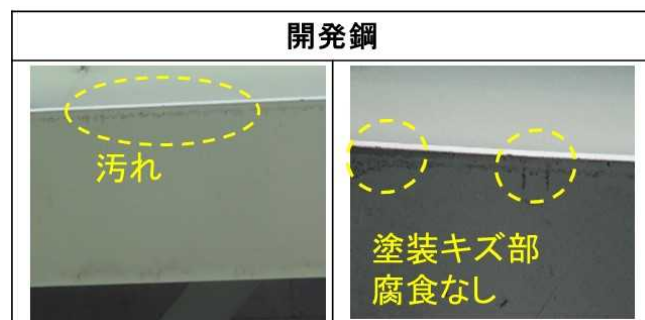


図 3. 開発鋼の適用橋梁の遠方目視観察結果

4. まとめ

微量の Sn を添加した橋梁に適用した場合、初期建設費に占める防食塗装費用が約 10%を占めるのに対し従来の普通鋼に比べて僅か約 2%の費用増となる。100 年間の LCC で比較すると鋼 3 径間連続少数鉸桁橋は、鋼 3 径間連続細幅箱桁橋に比べて補修費は大きくなり、開発鋼による LCC 縮減効果は鋼 3 径間連続少数鉸桁橋で約 75%となる。適用後 8 年経過した開発鋼を適用した橋梁の外観観察の結果、部材角部で塗装にキズ部が認められたが、赤錆の発生は確認できなかった。

参考文献

- [1] 上村隆之, 鹿島和幸, 菅江清信, 幸英昭, 工藤赳夫; 材料, 62 (2013) 207-212
- [2] 菅江清信, 上村隆之, 児玉正行, 志岐浩; 防錆管理, 62 (10), (2018), 363-367.
- [3] 青木康素ら; 橋梁と基礎, 2019 年 10 月
- [4] 奥野貴文, 廣畑幹人, 上村隆之, 伊藤義人; 平成 25 年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集, I-003, pp.5-6.
- [5] 貞島健から; 平成 30 年橋梁技術発表会資料
<https://www.jasbc.or.jp/images/imageparts/title/release/ppt/2018/H30-ppt007.pdf>
- [6] 大藪権昭; 材料, 22 (1973), 519-526.
- [7] 季刊 建設物価 土木コスト情報 2020 年 7 月 (夏)
- [8] 建設物価 2018 年 11 月度
- [9] <https://www.mlit.go.jp/report/press/content/001328838.pdf>
- [10] 一般社団法人建設物価調査会編 令和 3 年度版国土交通省土木工事標準積算基準書 (共通編)
- [11] 日本ペイント(株)構造塗装積算書 2020-2021 年版
<https://www.nipponpaint.co.jp/images/products/large/pricelist.pdf>
- [12] 一般社団法人日本建設機械施工協会編 橋梁仮設工事の積算令和 2 年度版
- [13] 建設プラザ HP: <http://www.kensetsu-plaza.com/kohyo/price/H683037303131303234303033302f73302f6f6d616b6572>
- [14] 原田 孝; 令和 2 年度四国地方整備局管内技術・業務研究発表会資料.
- [15] 細井章浩ら; 構造工学論文集, Vol.157A (2011), 669-680.