

箱桁内面の塗替塗装 -素地調整程度と問題点

○羽田 豊¹⁾ 植田茂樹²⁾

1. はじめに

山梨県では、平成 12 年度から平成 21 年度までに 2 m 以上の全ての橋梁について橋梁定期点検を実施している。平成 22 年度にとりまとめた山梨県橋梁長寿命化計画によると、山梨県で管理している 2 m 以上の橋梁は 1, 798 橋あり、約 36% の橋梁に速やかな補修の必要がある損傷が確認されている。その中で防食に関する損傷が確認されている橋梁は、96 橋とおよそ 5% を占める。また、2030 年には山梨県で管理している 1, 798 橋のうち建設後 50 年を経過した高齢化橋梁が 50% を占めるなど橋梁の維持管理や更新業務が増加すると予想される。

2. 概要

通常、桁内の塗装塗り替えは損傷度が低いことから Rd-III（素地調整 3 種、第 1, 2 層無溶剤形変性エポキシ樹脂塗料）で計画するが、本橋梁は損傷度が高く素地調整 1 種が必要と判断された。桁内防食の著しい劣化個所の補修事例として報告する。

3. 本文

3. 1 計画

（表-3. 1）に本橋梁の概要を示す。山の神橋は、富士五湖地域と甲府盆地を結ぶ一般国道 358 号に位置しており、山間地にあるため冬季の凍結防止のため多量の融雪剤が散布される過酷な条件に存在する橋梁である。桁外側については、2002 年に塗り替えを実施しており、比較的良好な状態である（写真-3. 1）。一方、桁内については 2009 年 5 月に調査を実施したところ、（写真-3. 2~3. 4）に示すよう著しい損傷状況となっている。



写真-3. 1 塗替塗装時の塗装歴

写真-3. 2 スカラップからの侵入

1), 2) 山梨県 県土整備部 中北建設事務所 道路課

表-3.1 山の神橋 橋梁諸元

名 称		山の神橋
路 線 名		一般国道358号
位 置		山梨県甲府市右左口町地先
竣工年度		1972年(昭和47年)
適用基準		昭和39年道路橋示方書
設計荷重		A活荷重
橋 長		90.80m
支 間 割		25.00m+40.00m+25.00m
幅 員		8.18m~8.80m(総幅員)
橋梁形式	上部工	鋼3径間連続箱桁橋(曲線橋)
	下部工	張出式橋脚(P1、P2 橋脚)
		控壁式橋台(A1橋台、A2橋台)
	基礎工	直接基礎形式(P1,P2 橋脚、A2橋台)
		深礎杭形式(A1橋台)

損傷原因としては、伸縮装置が非排水化されていないため、上部からの雨水が橋台を伝わって桁内に侵入し長期間に及ぶ滞水が発生した結果、腐食が進行したと考えられる。

対策としては、伸縮装置を非排水化するとともに、連結部の隙間を塞ぐことで雨水の流入を防ぐ事とした。

腐食発生状況は、特に A1 側の下り車線側の損傷が著しい事が判明した。原因としては、本橋はカーブ橋であり横断勾配が 1.5~6.0%あるため、下り車線に水がたまりやすい構造となっていることが考えられる。

一方で A2 側は損傷度が低かった。理由としては、(写真-3.5)、(写真-3.



写真-3. 3 下り車線側桁内状況



写真-3. 4 上り車線側桁内状況

6) に示す様に A1 主桁添接部の高力ボルト (F11T) が遅れ破壊が原因とみられる脱落をしており、A1 側からの流入水が滞留しないよう結果として水抜き穴としての役割を果たしたと考えられる。遅れ破壊の主原因は、水素脆性と応力腐食とされており、1) 外的要因 (腐食環境、温度) 2) 内的要因 (ボルトの強度レベル、化学成分、非金属介在物) 3) 表面処理による影響 が考えられる。本橋は腐食の著しい下り車線側の下フランジに脱落が大きいことから腐食環境が大きな要因と推定される。



写真-3. 5 ボルト脱落状況 ○：脱落 ←：亀裂

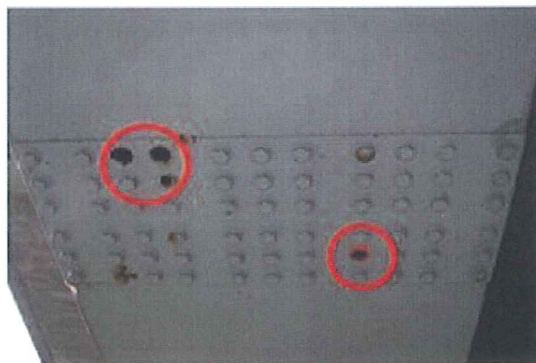


写真-3. 6 ボルト脱落状況

3. 2 塗装仕様

塗り替え塗装については「鋼道路橋塗装・防食便覧」に準拠して実施することとした。しかし、内面の塗装塗り替えについて記載されている Rd-III 塗装系は 3 種ケレンとなっており、著しい腐食が進んだ本橋には適用が難しいと考えられた。塗膜の寿命をより長くするために 3 種ケレン以上のケレンを考えたところ、2 種ケレンでは 1) 効率が悪く大面積の施工に向かない。2) 除錆度・表面清浄度が 1 種ケレンに及ばない事より、本橋では 1 種ケレンをおこなう事とし、Rd-III 塗装系の変則系として Rd-I 塗装系を施工することとした。従来の使用塗料はタールエポキシ樹脂塗料であったが、1) 発がん性の疑いのあるコールドールを含むことから労働安全衛生の観点、2) 内面の明色化から変性エポキシ樹脂内面用塗料を使用する事とした。

一方、登り車線側の桁内の塗り替えは通常の Rd-III 塗装系での施工をおこなった。

3. 3 実施

桁内でブラスト工法・有機溶剤の使用するにあたって、労働基準監督署と協議したところ有機ジンクリッチペイントの使用に疑問をもたれた。箱桁には点検用のマンホールが 1 箇所のみであったが、(図 3-2) に示す様に施工時に換気のためのマンホールを 3 箇所追加し、給排気設備による強制換気をおこなう計画であった。しかし 1) 空気より重い有機溶剤が滞留しないようマンホールは床面に設置すべきだが、構造上側面にし

か設置できなかったこと、2) ダイアフラム等、有機溶剤が滞留しやすく人が桁外に出にくい構造となっていること、3) 塗装・防食便覧に「箱げたや鋼製橋脚内面などの閉鎖した空間での塗替え塗装では、塗装作業中の安全確保の観点から強制換気を必ず行い、無溶剤エポキシ樹脂塗料を適用するのがよい」との記載があることから有機溶剤を使用しない塗替えに変更した(表3-2 塗装仕様)。

表 3-2 塗装仕様

工法名	重防食塗装系による塗替え Rd-III塗装系	重防食塗装系による塗替え Rd-I塗装系(又はRd-II塗装系)
施工工程	素地調整 ↓ 3種 ↓ 無溶剤形変性エポキシ樹脂塗料 ↓ 第1層 ↓ 無溶剤形変性エポキシ樹脂塗料 ↓ 第2層	素地調整 ↓ 1種(プラスト)又は2種 ↓ 有機ジungkリッチペイント ↓ 無溶剤形変性エポキシ樹脂塗料 ↓ 第1層 ↓ 無溶剤形変性エポキシ樹脂塗料 ↓ 第2層
概要説明	<ul style="list-style-type: none"> ・箱桁や橋脚の内面などに適用するD塗装系の塗替えに用いる塗装系である。 ・素地調整は3種ケレンであり、通常の塗替え塗装において最も適用されている仕様である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・箱桁や橋脚の内面などに適用するD塗装系の塗替えに用いる塗装系である。 ・素地調整は1種ケレンはプラスト法、2種ケレンはディスクサンダーなどの動力工具と手工具の併用となる。
耐久年数の目安	約15~30年	約20~45年
長所	部分的に点錆及び塗膜のわれ、ふくれ、はがれが発生しているが活膜も多くある状態であれば適用が可能である。	素地調整が1種(又は2種)である為、塗替え後の塗膜耐久年数に優れている。
短所	素地調整が3種である為、1種の塗替えに比べて塗膜の耐久性は劣る。定期的な塗替え塗装管理が必要である。	<ul style="list-style-type: none"> ・プラスト時は研掃材や塗膜のケレンダストの飛散に伴うので、養生を確実に行う必要がある。又塗装時のスプレーミストについても十分な養生と換気が必要である。 ・腐食が広範囲に及んでいる場合、2種ケレンは作業効率が悪い。

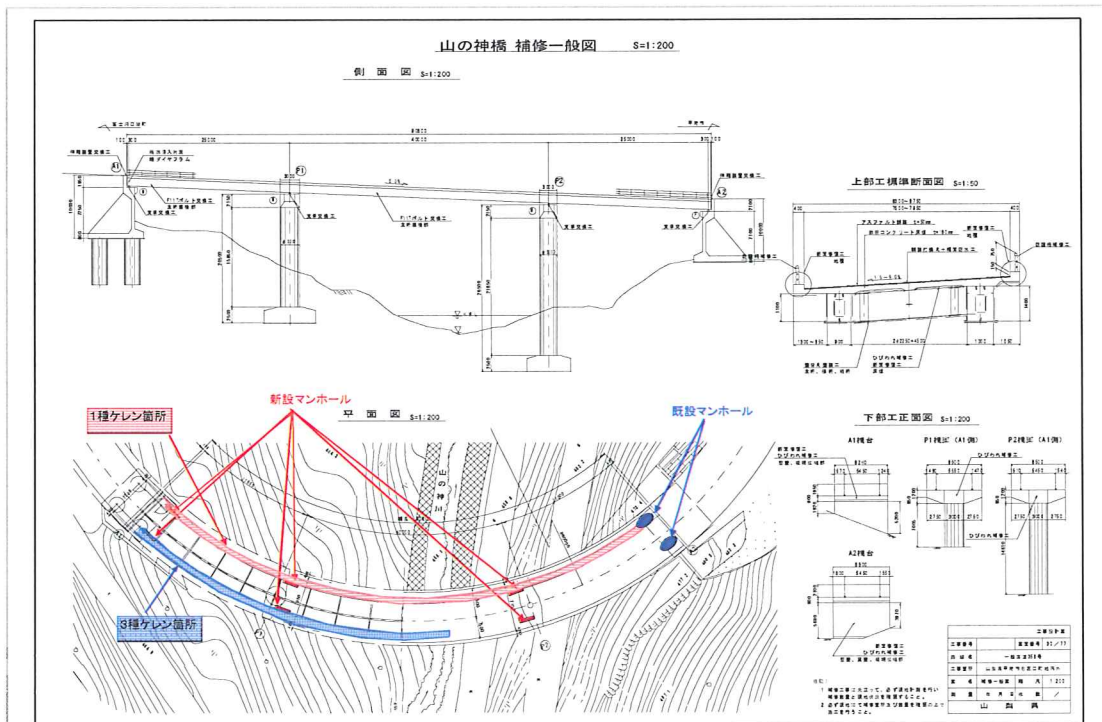


図 3-2 塗り替え箇所とマンホール箇所

ブラスト機材としては、オープンブラスト機材とバキュームブラスト機材がある。研削材や粉じんの飛散が少なく、研削材の産業廃棄物化が少ないバキュームブラストの方が有利ではあるが、施工箇所は狭隘な箇所が多く適さないとの事でオープンブラストでの施工をおこなった。研削材の種類はリユースをおこなわない安価な銅スラグを用いた。
(写真 3. 7～3. 11)



写真-3. 7 研削材（銅スラグ）投入状況



写真-3. 8 ブラスト状況



写真-3. 9 塗装状況

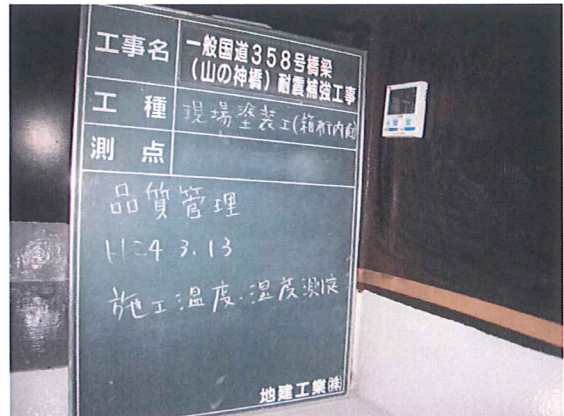


写真-3. 10 作業温度

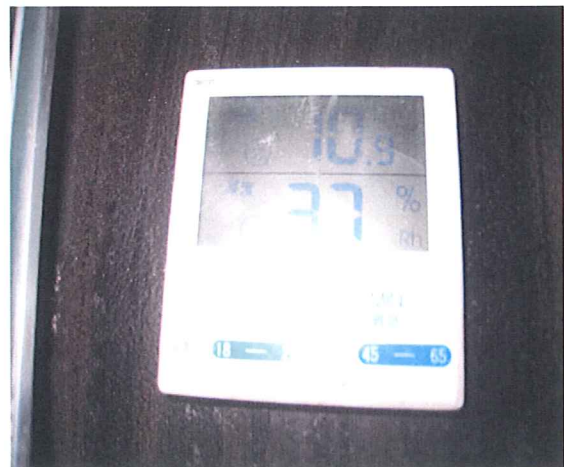


写真-3. 11 温度

3. 4 評価(写真3. 12～3. 20)

○ 研削材や粉じんの飛散

集塵機は最大風量 2.8 m³/min、最大静圧 21.6kPa の機材を使用した。0.06?程度の集塵濃度が観測された。産業廃棄物としての

研削材は対象面積 155 m²に対して 6,500 kg 発生した。一般的な使用量 40 kg/m³に対し 42 kg/m³使用した事になる。

○騒音レベル

特に、対策をおこなわなかったがブラスト施工箇所から約 3 m離れた箇所における騒音値は 71.1 dB、約 10m離れた箇所では 49.9 dB であった。道路に面する地域（幹線道路を除く）の騒音は 50～65 以下と環境基準で定められており、適切な値が確保された。

○品質管理

乾燥塗膜厚は 1 層目、2 層目それぞれ 150 μm 以上であり、スカラップ等の塗りにくい箇所も適切に施工されている事が確認できた。1 層目・2 層目と同じ色彩の塗料を使用した。塗り忘れ防止のためにも違う色にする工夫が必要であった。

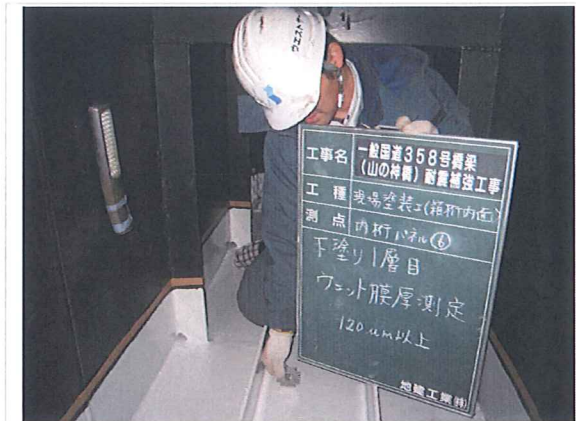


写真-3.14 ウエット膜厚測定



写真-3.12 集塵濃度測定

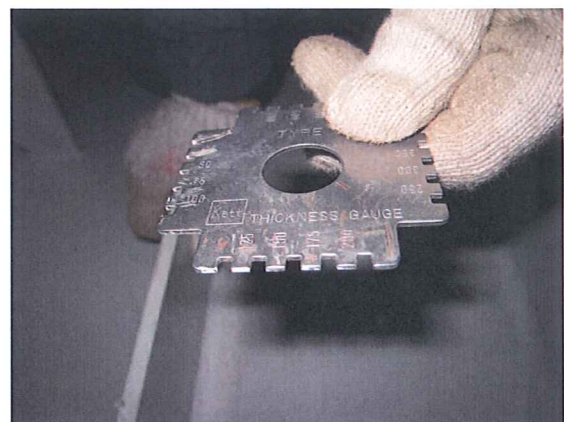


写真-3.15 ウエット膜厚測定



写真-3.13 騒音レベル測定

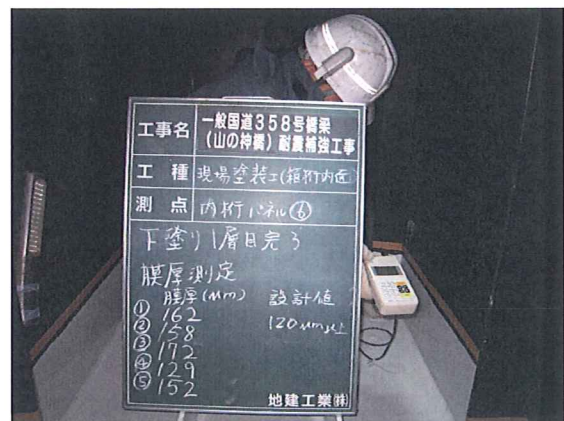


写真-3.16 ドライ膜厚測定

素地調整 1 種



写真 3. 17 素地調整 1 種完了状況



写真 3. 18 素地調整 1 種完了状況

素地調整 3 種



写真 3. 19 素地調整 3 種完了状況

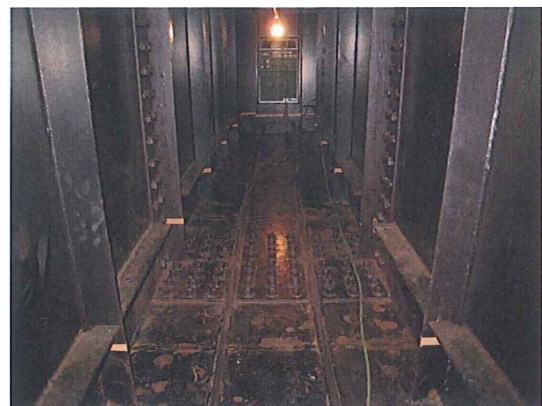


写真 3. 20 素地調整 3 種完了状況

4. まとめ・考察

○ 施工環境等

施工計画上 3 月での施工となり、山間部はまだまだ冷え込みの大きい時期であった。そのため気温が上がるまで 1 週間程度は塗替え工事に着手できなかった。施工時の気温は約 10℃と 5℃を上回ったが、低温用の塗料を用いても気温 10℃の条件で乾燥時間は指触で 12 時間、半硬化に 24 時間かかる事となった。また夜間には白熱灯での加温が必要となった。

○ 作業性等

無溶剤形変性エポキシ樹脂塗料は高粘度のため、はけ等での施工となり、スプレー塗装と比べ作業性（時間当たりの塗装面積）が劣った。ケレン後 4 時間以内の塗装という条件があるため作業効率が低かった。

事故防止の観点から無溶剤の使用となったが、施工性や硬化時間短縮のためにも有機溶剤の少ない弱溶剤を使用できる根拠づくりが今後必要だと感じる。