

寒冷地における塗膜はく離工法及び作業環境の評価

西崎 到* 天羽嘉津志**

1. はじめに

平成12年5月に「国等による環境物品等の調達の推進等に関する法律（グリーン購入法）」が制定され、さび止め塗料として広く使用されていた鉛系さび止め塗料が塗装工事においては使用されなくなった。しかし、過去に塗装された鉛系さび止め塗膜が残存している橋梁をはじめとする構造物は多く、近年これらの塗膜を安全に除去することが求められている。このような背景から、橋梁等の有害物含有塗膜の安全な除去・素地調整方法とともに、無害な塗膜による防錆・防食の研究開発は大変重要になっている。

平成17年に改訂された「鋼道路橋塗装・防食便覧」¹⁾では、有害物質が含有している塗膜を安全に除去する工法として、独立行政法人土木研究所と、インバイロワンシステム（株）が共同で開発した高級アルコール系はく離剤について記載されている。このはく離剤の寒冷期での性能評価とともに、従前の塗膜除去・素地調整時における環境への影響等を評価するために、平成21年に北海道において実橋を使用した試験施工を行った。

本稿では、その試験施工から、積雪寒冷地における高級アルコール系はく離剤工法の評価と、素地調整工法別作業環境の評価について報告するものである。

2. 試験施工の概要

2.1 試験橋梁の概要

試験施工の対象橋梁「あやめ跨線橋」は、平成5年に北海道厚岸郡厚岸町市街地の主要道道に架設された橋長120m、4径間連続鋼箱桁構造の跨線橋である。新設時の塗装仕様は、鉛系さび止め塗料を使用したB-1塗装系で、塗装面積は3,200㎡である（図-1、写真-1）。



図-1 あやめ跨線橋の位置図



写真-1 試験橋梁「あやめ跨線橋」

2.2 試験施工の概要

本試験施工では、4径間のうち1径間において高級アルコール系はく離剤工法の評価及び素地調整工法別作業環境の評価を行った。

試験内容としては、低温時（施工区画内温度5℃）でのインバイロワンはく離剤の常温形はく離剤（以下、常温形とする）と低温形はく離剤の試作品（以下、低温形とする）による性能評価試験を行った。また併せて、乾式の素地調整工法であるブラスト工法と、従来工法の動力工具による作業中の環境測定（全粉じん量・鉛及びその化合物含有量・騒音）を行い、作業環境の評価を実施した。各試験区画は図-2の様にA及びCの2つの区割りを設定し、各区画には、前年の厚岸における1月の平均気温が-6.1℃と言うデータから設定温度確保のため、熱交換式温風機を設置し試験区画室内の加温を行った。

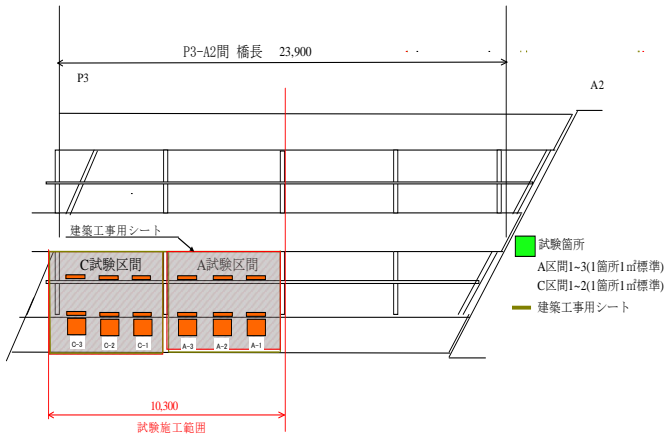


図-2 事前試験施工区画の概要

3. 高級アルコール系はく離剤の性能評価

3.1 試験施工内容

2つの区画内に設置した箱桁ウェブ、箱桁底面、縦桁ウェブの各部材に1m×1mの試験枠を設置し、室温や液温を変えて高級アルコール系はく離剤を塗付し、24時間後の反応状態を観察した。

高級アルコール系はく離剤の施工条件としては10℃以上の温度が必要とされているが、今回C区画では室温を5℃に設定して低温時のはく離剤反応評価を行った。試験施工の詳細を表-1に示す。

表-1 高級アルコール系はく離剤の試験詳細

No.	区画	部材	塗布量	塗布回数	液温	室温	備考
①	A-1	箱桁ウェブ	1.0kg/m ²	1	15℃	15℃	常温形
②	A-1	箱桁底面	0.5kg/m ²	2	15℃		
③	A-1	縦桁ウェブ	0.5kg/m ²	2	15℃		
④	A-2	箱桁ウェブ	1.0kg/m ²	1	5℃		
⑤	A-2	箱桁底面	0.5kg/m ²	2	5℃		
⑥	A-2	縦桁ウェブ	0.5kg/m ²	2	5℃		
⑦	C-1	箱桁ウェブ	1.0kg/m ²	1	15℃	5℃	低温形
⑧	C-1	箱桁底面	0.5kg/m ²	2	15℃		
⑨	C-1	縦桁ウェブ	0.5kg/m ²	2	15℃		
⑩	C-2	箱桁ウェブ	1.0kg/m ²	1	5℃		
⑪	C-2	箱桁底面	0.5kg/m ²	2	5℃		
⑫	C-2	縦桁ウェブ	0.5kg/m ²	2	5℃		
⑬	C-3	箱桁ウェブ	1.0kg/m ²	1	15℃		

3.2 高級アルコール系はく離剤の性能試験結果

高級アルコール系はく離剤の使用環境別の室温15℃及び5℃のはく離剤塗付け後の反応面積率と塗付け量を図-3、図-4に示す。

はく離剤の液温(15℃, 5℃)の差による試験施工では、材料の液温差による塗付け時の施工のしやすさに若干の差が認められたが、塗膜軟化速度に顕著な差は認められなかった。部材種別の塗付量については、塗付量が1.0kg/m²×1回では下地のエッチングプライマー界面で塗膜除去ができたが、塗付量が0.5kg/m²×2回の部材では若干塗膜

が残存した。また、箱桁底面の新設時にエッチングプライマーが塗装されていない部位(溶接線等)では、1回目、2回目共に塗膜除去後において鉛系さび止め塗料が薄く残存した。塩化ゴム系塗料の塗膜軟化膨潤の状況を写真-2に示す。



写真-2 塩化ゴム系塗料の膨潤・軟化状況

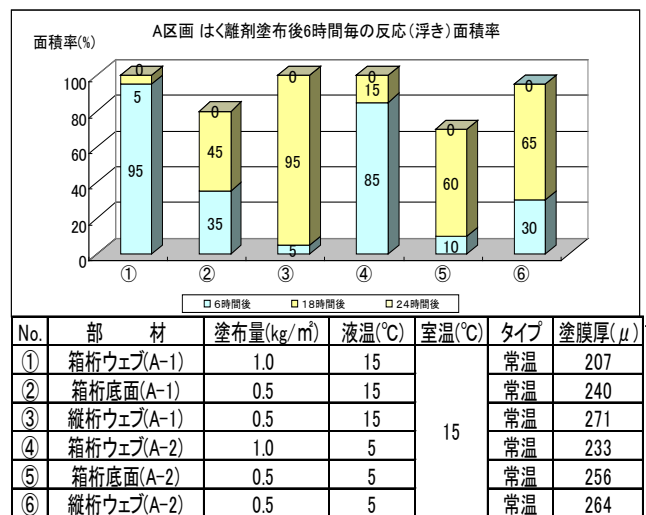


図-3 塗布後(室温15℃)の塗付量と反応時間及び反応面積率グラフの概要

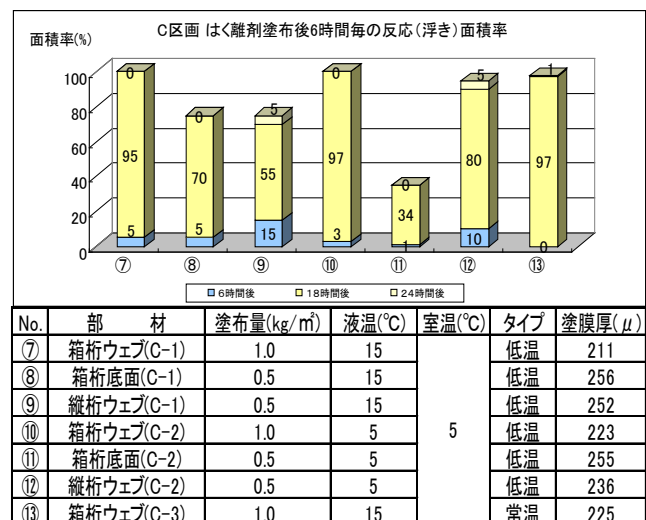


図-4 塗布後(室温5℃)の塗付量と反応時間及び反応面積率グラフの概要

低温室（室温5℃）における常温形と低温形の評価では、常温型が塗付後6時間の反応が悪かったが、塗付後18時間経過した後では低温形とほぼ同様な反応状態が確認された。このことにより、常温形と低温形のはく離剤の性能に差がないものと思われたが、試験施工の期間中、外気温が上昇し5℃設定区画の室温が5℃～10℃で推移していたことが後に確認され、この温度上昇が両方のはく離剤の性能に差として現れなかった原因の一つと推察される。

4. 素地調整工法別作業環境の評価

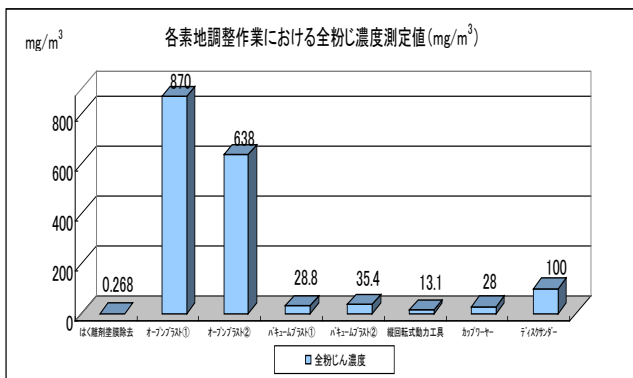
4.1 素地調整作業時の全粉じん濃度

素地調整工法別の評価では、はく離工法とブラスト工法2種類、動力工具3種類を同じ条件下の防護内で鉛等を含む粉じん濃度を測定した。はく離剤による塗膜除去工法は、素地調整工法ではないが塗膜除去と言う観点から評価の対象とした。また、はく離剤による塗膜除去作業は、スクレーパー等による手工具を使った作業である。結果を図-5に示す。

素地調整工法別における全粉じん濃度の比較では、高級アルコール系はく離剤による塗膜除去作業の粉じん発生量が少なく、オープンプラスト作業の粉じん量が非常に多くなっていた。

動力工具による素地調整では、縦回転式動力工具の粉じん発生量が少なく、バキュームブラストより少ない濃度を示していた。全粉じん濃度測定値からの評価順は以下の通りである。

【高級アルコール系剥離剤<縦回転式動力工具<カップワイヤー<バキュームブラスト<ディスクサンダー<オープンプラスト】



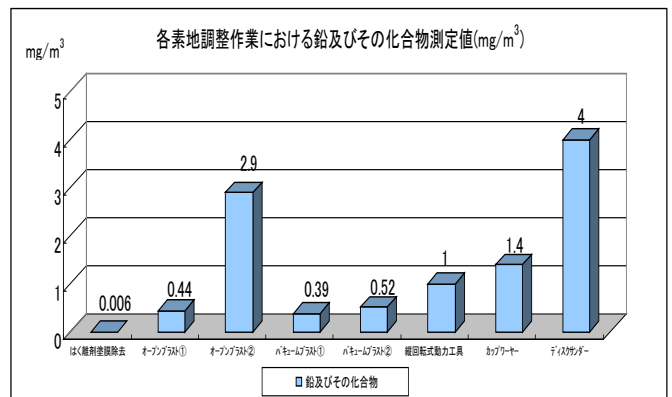
※①ははく離剤による塗膜除去部、②は塗膜残存部

図-5 各素地調整工法別の全粉じん濃度

4.2 素地調整作業時の粉じんに含まれる鉛量

図-6 に示す各素地調整工法別の粉じんに含まれる鉛量は、全粉じん量と同様に高級アルコール系はく離剤による除去作業 0.006mg/m³ と一番低い数値を示した。

鉛及びその化合物の管理基準は「作業環境測定基準」で作業環境管理濃度:0.05mg/m³ と定められているが、今回の測定結果から、高級アルコール系はく離剤での塗膜除去作業以外は全て基準値を超えている。これらの工法を用いて作業を行うには作業環境の改善が必要となり、フィルター付き除じん機等を使用して粉じんに含まれる有害物質等を除去した後、足場外への排気が必要と考えられる。特にオープンプラスト作業の場合は、他の素地調整工法と比較して極端に粉じん量が多く、著しく作業環境が悪くなる（写真-3）。



※①ははく離剤による塗膜除去部、②は塗膜残存部

図-6 各素地調整工法別の粉じんに含まれる鉛量



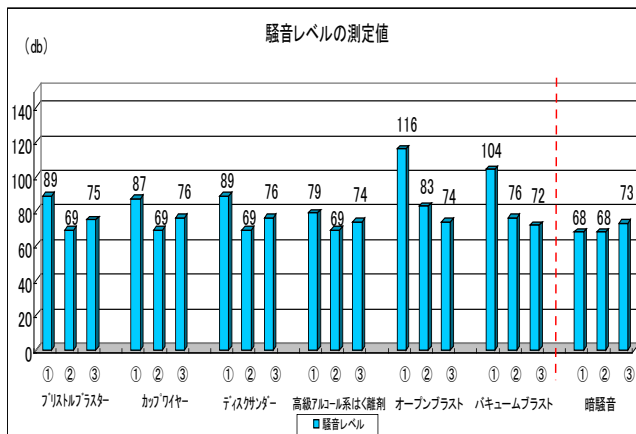
写真-3 オープンプラスト工法の作業状況

4.3 素地調整時の騒音

環境測定の一つである素地調整作業時の騒音レベルについての評価を行った。図-7 には各作業中における騒音レベルの比較結果を示す。一番右側の値が暗騒音である。

暗騒音は各作業区域で測定を行っているが、ほぼ同様な数値であることから、平均値を比較対象の値とした。また、測定箇所は、各工法別に環境の違う3箇所で行った。

素地調整作業における騒音レベルは、暗騒音と比較とした場合、防護工内のすべての素地調整工法で高く、特にブラスト作業時の騒音レベルが高い傾向であった。その他の箇所の測定数値は、暗騒音との比較でも大きな変化は認められなかった。



※①は防護工内、②は防護工外桁下、③は歩道部

図-7 素地調整作業時の騒音測定値

5. まとめ

5.1 高級アルコール系はく離剤の性能評価

高級アルコール系はく離剤の性能試験では、液温の差によるはく離剤の反応状態や変化を的確に把握できなかったが、鋼材温度や室温に反応速度が左右されるものと推察された。

はく離剤の塗付量については、 $1.0\text{kg}/\text{m}^2$ の塗付では下層塗膜まで十分な反応が確認され、塗膜のはく離状態も良好であったが、 $0.5\text{kg}/\text{m}^2$ の塗付では若干塗膜が残存した為、今回の様なB-1塗装系の塗膜(膜厚 $200\mu\text{m}\sim 300\mu\text{m}$)では、 $1.0\text{kg}/\text{m}^2$ 程度が適正塗付量と判断された。なお、実際の施工で高級アルコール系はく離剤を使用する場合は、塗装系の種類や構成、塗膜厚により反応させるための塗付量が増減することから、事前の試験により適正な塗付量を定めることが必要と考える。

常温形の室温を変えた試験では、室温が 5°C の区画で塗付6時間後の反応状態が悪かったが、18時間後では室温 15°C の区画と比較してほぼ同等の反応状態となった。また、 5°C 区画の低温形と常温形の比較では、低温形の方が6時間経過

後の反応状態が良く、塗付後18時間後では常温形とほぼ同様な反応状態となった。これは、外気温が上昇したことにより、低温試験区画の室温が高く推移してしまったことが反応に差が現れなかった原因の一つとして推察される。反応状況の試験に関しては、室温を安定することの出来る恒温試験室等を使用した試験の検証も有効と考える。

5.2 素地調整工法別の作業環境評価

作業中に発生する粉じんに含まれる「鉛及びその化合物」については、高級アルコール系はく離剤以外の工法は全て管理基準値を超えていた。

これらの素地調整工法で鉛含有塗膜の除去工事を行う場合は、作業環境の整備や改善、近隣への有害物が含有する粉じんの飛散がないような防護工の検討や除じん施設を完備するなど、環境保全対策が必要と考える。実際に米国においては本誌の土研センターのコーナーで紹介されているような塗膜除去時の対策が実施されている。

謝 辞

今回の試験では、貴重な試験成果が得られました。実際の工事においても、塗膜除去工法に高級アルコール系剥離剤を適用することで、有害物質を含む廃塗膜の飛散防止と二次汚染廃棄物の縮減ができると考えられます。試験施工にあたり、釧路総合振興局釧路建設管理部、ならびにご協力いただきましたインバイロワンシステム株式会社、施工業者、その他関係各位に謝意を表します。

参考文献

- 1) 「鋼道路橋塗装・防食便覧」: (社) 日本道路協会 平成17年12月

西崎 到*



独立行政法人土木研究所
つくば中央研究所材料資源研究グループ新材料チーム 首席研究員、博(工)
Dr. Itaru NISHIZAKI

天羽嘉津志**



特定非営利活動法人鋼構造物塗膜処理等研究会、理事
Kazushi Amou