

新技術開発探訪

テーマ設定型（技術公募） 「土木鋼構造用塗膜剥離剤技術」の 試験結果について

国土交通省 中国地方整備局 企画部 施工企画課 施工係長 小^こ山^{やま} 隆^{りゅう}二^じ

1. はじめに

土木鋼構造用塗膜剥離剤は、鋼道路橋の塗替え塗装工事などにおいて、粉じんや騒音を発生させずに、既存の塗膜を安全に除去することを目的として採用されることが多くなっている。これに伴い、各メーカーより新しい製品が続々と開発され市販されつつあるが、これらの製品はそれぞれ特性が異なるため、個々の現場条件に最も適した製品を選定するためには、製品毎の特性を十分に把握した上で適切に比較する必要がある。しかし、従来は塗膜剥離剤の品質に係る公的な試験規格類が無かったため、品質確認試験の項目や試験方法、条件がメーカー毎に異なっており、これが適正な性能比較の妨げとなっていた。

このような背景から、国土交通省では新技術活用システムの活用方式「テーマ設定型（技術公募）^{*}」により、「土木鋼構造用塗膜剥離剤技術」の要求性能に対する性能評価項目及び試験方法を設定し、技術公募に応じた10技術を同一条件下で試験し、その結果を技術特性の比較表として取りまとめた。

^{*} 「テーマ設定型（技術公募）」：現場ニーズに基づき募集する技術テーマを設定し、民間等の優れた新技術を公募して実現場で活用・評価する方式

2. 性能評価項目及び試験方法の設定

平成29年6月13日から7月3日までの期間において、「土木鋼構造用塗膜剥離剤技術の性能評価項目及び試験方法（案）」に関する意見募集を行った結果、31者の方から意見が寄せられた。これらを踏まえ、表-1に示す性能評価項目を設定した。各性能評価項目に対して設定した試験方法及び試験条件の概要を以下に示す。

(1) 塗膜剥離性

塗膜剥離剤の最も基本的な性能の一つである「一度にどれだけの厚さの既存塗膜を剥がせるか」を評価する試験項目である。塗膜剥離剤による剥離後に鋼材面に残存した既存塗膜の厚さ（ μm ）を所定の方法により計測し、これを塗膜剥離前の既存塗膜厚を1とした指数で評価した。

(2) たれ性

塗膜剥離剤の塗付後、塗膜が十分に剥離できる状態となるまで、たれることなく塗面に確実に付着している性能を評価するための試験項目である。応募者が指定する方法（吹付け、刷毛・ローラー等）及び標準塗付量（ g/m^2 ）で塗膜剥離剤を塗付後、5分経過した時点及び剥離作業前に塗付部を目視観察し、塗膜剥離性能に影響する顕著

表-1 テーマ設定型（技術公募）「土木鋼構造用塗膜剥離剤技術」における性能評価項目一覧

性能評価項目		性能評価指標	試験実施 ^{※注}
(1) 塗膜剥離性		1回の塗膜剥離剤塗付で剥離できる塗膜厚	A
作業性	(2) たれ性	開発者が指定する標準塗付量 (g/m ²) の塗膜剥離剤を対象面に塗布し、所定の時間経過後のたれの有無	A
	(3) 塗付性	エアレス塗装機あるいは刷毛・ローラーによる塗付の可否	A
	(4) 作業効率	塗膜剥離剤の塗付作業及び塗膜剥離作業に係る単位時間当たりの作業面積	A
安全性	(5) 粉じん発生量	作業環境測定基準の「粉じん濃度等の測定」に基づく、塗膜除去作業時の粉じん発生量 (mg/m ³)	C
	(6) 生分解性	塗膜剥離剤の3連の生分解性試験 (28日間) における生分解度の平均値 (%)	B
	(7) 魚毒性	塗膜剥離剤のヒメダカに対する急性毒性試験によって求められる、統計的手法による96時間半数致死濃度 (LC ₅₀)(mg/L)	B
	(8) 火災安全性	塗膜剥離剤及び剥離塗膜の引火点 (°C)	B, C
	(9) 化学成分	塗膜剥離剤に含まれる規制化学物質、及び未規制化学物質のうち有害性または危険性が確認されている物質又は有害性若しくは危険性が予測される物質の有無	B, D
塗替え塗膜の耐久性・防食性	(10) 促進暴露耐久性	塗膜一般部の外観変状、塗膜カット部からの最大腐食幅	B
	(10) 屋外暴露耐久性	塗膜一般部の外観変状、塗膜カット部からの最大腐食幅、塗膜の付着性	B
その他	(11) 臭気	もとの臭いを人間の嗅覚で感じられなくなるまで無臭空気希釈したときの希釈倍数 (臭気濃度) の常用対数に10を乗じた値 (臭気指数) と、「6段階臭気強度表示法」(環境省) の区分による臭気強度	C
	(12) 塗膜剥離剤の安全な取扱いに対する取り組み	開発技術の安全な取扱いのための取り組みの有無、取り組みの内容	D

※注 A：実際の鋼道路橋における現場試行調査において試験を実施
 B：公的試験機関において試験を実施
 C：実際の鋼道路橋における現場試行調査時に、応募者が選定した作業環境測定機関又は臭気測定認定事業所が測定を実施
 D：応募者への聞き取り調査を実施

な流れが認められない場合を「たれがない」として判定した。

(3) 塗付性

エアレス塗装機、刷毛、ローラー等により、対象部材に確実に塗付できる性能を評価する試験項目である。塗膜剥離剤の塗付から5分経過後に塗付部を目視観察し、塗膜剥離性能に影響する顕著な流れが認められない場合を「塗付できる」として判定した。

(4) 作業効率

塗膜剥離剤で所定の部位、面積の塗膜を剥離する際の所要時間を評価する試験項目である。試験対象部位に、塗膜剥離剤を塗り始めてから塗り終

えるまでの時間、また、塗膜剥離剤の塗付後、24時間静置し、手工具 (スクレーパなど) で同部位の塗膜を剥離する際の、剥離開始から剥離完了後までの時間を計測し、単位時間当たりの作業面積を算出した。

(5) 粉じん発生量

塗膜剥離剤を用いた塗膜の剥離作業において、粉じんの発生量が従来工法よりも少なく、作業環境や周辺環境への影響が小さいことを確認するための試験項目である。作業環境測定基準の「粉じん濃度等の測定」に準拠し、塗膜剥離 (あるいは動力工具処理) 作業開始から10分間に発生する粉じん量を、作業部位からの距離1.0m、床からの高さ1.0mに設置されたデジタル粉じん計及び

ハイボリウムエアサンプラーで測定した。塗膜剥離剤による塗膜剥離作業時の発生粉じんが、動力工具処理時よりも少ない場合に「○」と判定した。

(6) 生分解性

塗膜剥離剤を用いた塗膜の剥離作業では、塗膜剥離剤や剥離した塗膜等が周辺環境を汚染しないよう、対象構造物を厳重に養生して行うのが一般的であるが、塗膜剥離剤が万一漏えいしたとしても、土中や水中の微生物に悪影響を及ぼすことがあってはならない。「生分解」とは、微生物の働きによって有機物が無機物に分解される現象であり、その分解度によって塗膜剥離剤の環境安全性を判断するのが本試験項目である。

試験は公的試験機関において、化審法テストガイドライン：「新規化学物質等に係る試験の方法について」（平成23年3月31日、薬食発0331第7号、平成23・03・29製局第5号、環保企発第110331009号；最終改正平成27年12月21日、薬生発1221第1号、20151209製局第1号、環保企発第1512211号）に定める「微生物等による化学物質の分解度試験」、OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, No.301C, July 17, 1992, “Ready Biodegradability: Modified MITI Test (I)” に準拠して行った。

(7) 魚毒性

生分解性の評価と同様に、塗膜剥離剤が万一、周辺環境に漏えいした場合の生物への影響の程度を確認するための試験項目である。

試験は公的試験機関において、化審法ガイドライン：「新規化学物質等に係る試験の方法について」（平成23年3月31日、薬食発0331第7号、平成23・03・29製局第5号、環保企発第110331009号；最終改正平成27年12月21日、薬生発1221第1号、20151209製局第1号、環保企発第1512211号）に定める「魚類急性毒性試験」、OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, Test No. 203 (17 July 1992: Fish, Acute Toxicity Test) に準拠して行い、塗膜剥

離剤が溶解した水中における魚類の生育状況によって、塗膜剥離剤の環境安全性を評価した。

(8) 火災安全性

塗替え塗装工事における火災安全性を確保するため、塗膜剥離剤や作業場内に残置された剥離塗膜の引火性について把握しておく必要がある。本試験項目では、JIS K 2265-1～4：2007「引火点の求め方」に準拠し、塗膜剥離剤及び実橋試験において塗膜剥離剤により剥離した湿潤塗膜の引火点を測定した。

(9) 化学成分

塗膜剥離剤を用いた作業に従事する作業員等の健康障害を防止するため、塗膜剥離剤に含まれる有害物質について把握するための試験項目である。公的試験機関において塗膜剥離剤のガスクロマトグラフィー質量分析（GC-MS）を実施し、検出されたピークの質量スペクトルについてライブラリ検索を行って成分を同定した。応募者より提出された安全データシート（SDS）及びGC-MS分析によって得られた塗膜剥離剤の組成・成分情報と化学物質関連法規とを照合し、規制化学物質含有の有無を確認した。

(10) 促進暴露耐久性、屋外暴露耐久性

塗膜剥離剤により既存塗膜を剥離した後、再塗装した塗膜の性能が所定の基準を満足する（塗膜剥離剤による影響が無い）ことを確認するための試験項目である。促進暴露耐久性試験では、所定のサイクル条件による複合サイクル試験を行い、250サイクル後の塗膜一般部の変状（さび、膨れ、われ、剥がれ等）程度及び塗膜カット部からの最大腐食幅に基づき、従来工法（素地調整程度1種、2種）で仕上げた比較用試験片との相対評価によって合否判定を行った。

屋外暴露耐久性試験では、JIS K 5600-7-6：2002に準拠した暴露試験を実施し、促進試験と同様の評価を行っている。なお、屋外暴露試験は平成30年3月より開始し、最長10年程度まで継

続する予定にしている（写真－1）。



写真－1 屋外暴露耐久性試験の実施状況

(11) 臭 気

塗膜剥離剤を用いた作業・養生時において、作業場内及び周辺環境への臭気の影響を評価するための試験項目である。臭気の測定は「臭気指数及び臭気排出強度の算定方法」（平成7年環境庁告示第63号）、「嗅覚測定法マニュアル『三点比較式臭袋法について』及び参考資料『臭気強度とその測定方法について』（環境省、平成29年3月）に準拠し、塗膜剥離剤塗付作業時に採取（作業部位からの距離1.0m、床からの高さ1.0mの地点）した空気試料を用いて行った。

(12) 塗膜剥離剤の安全な取扱いに対する取り組み

塗膜剥離剤の安全な取扱いのために取り組んでいる事項（例えば、定期的な講習会の開催やメーカーによる施工指導など）を応募者より聞き取り調査した。

3. 技術公募と試験実施
対象技術の選定

意見公募を経て設定した「土木鋼構造用塗膜剥離剤技術の性能評価項目及び試験方法」を提示した上で、平成29年8月29日～9月25日にかけて公募による技術募集を行った。公募に応じた技術のうち、所定の要件を満たす10技術が試験実施対象技術として選定された（表－2）。

4. 実際の鋼道路橋における
現場試行調査

塗装系の異なる2箇所の鋼道路橋（新設時A塗装系橋梁、新設時B塗装系橋梁）において、それぞれ常温時・低温時の2回にわたって試験対象技術の現場試行調査を行った。試行調査を行った鋼道路橋の概要を表－3及び4に、概観写真を写真－2及び3に、また、試行調査時の作業場内の気温・湿度の推移を図－1及び2にそれぞれ示す。

現場試行調査は、通常の塗替え塗装と同等の足場、養生を伴った現場条件とし、試験対象技術毎に腹板面積5㎡程度に相当する作業区画を割り当て、作業区画間はブルーシートやマスカーにより密閉して行った。以下に示す手順により、試験対象技術毎に塗膜剥離剤塗付作業及び塗膜剥離作業を実施し、これら一連の工程の中で、必要な性能評価項目に関する測定を並行して行った。

表－2 試験実施対象技術一覧（NETIS番号は平成31年3月27日時点）

※五十音順

番号	技術名称	NETIS番号	応募者名
1	アクアリムオーバーエコ	CB-180010-A	菊水化学工業株式会社
2	インパイロワン工法	KT-060135-VE（掲載期間終了）	インパイロワンシステム株式会社
3	エコクリーンバイオ	CB-170030-A	ヤマダインフラテクノス株式会社
4	EPP(エコ・ペイント・ピーリング)工法	KT-150081-A	JFEエンジニアリング株式会社
5	ネオハクリ工法	CG-170006-A	株式会社ネオス
6	ネオリバー泥バック工法	KK-070037-VE（掲載期間終了）	三彩化工株式会社
7	バイオハクリX-WB	KT-160043-A	山一化学工業株式会社
8	パントレ工法	KK-160028-A	好川産業株式会社・株式会社ソーラー
9	ペリカンリムオーバー	KK-170037-A	大伸化学株式会社
10	リペアソルブS工法	CB-170013-A	三協化学株式会社

表-3 新設時 A 塗装系橋梁の概要			
実施場所	広島県広島市 国道2号 五日市高架橋 (P42-P43-A2)		
試験実施日	常温試験 低温試験	H30/10/10～14 H31/1/8～13	
既存塗膜の標準的な構成 (PCB含有：無 鉛含有：有)	塗料一般名		平均膜厚(μm)*
	第1層	鉛系さび止め	113
	第2層	フタル酸樹脂中塗り塗料	41
	第3層	フタル酸樹脂上塗り塗料	30
	第4層	エポキシ樹脂塗料プライマー	36
	第5層	エポキシ樹脂系 MIO 塗料	41
	第6層	ポリウレタン樹脂上塗り塗料	23
試験を実施した性能評価項目	(1) 塗膜剥離性(腹板, 下フランジ) (2) たれ性 (3) 塗付性 (4) 作業効率 (5) 粉じん発生量(常温のみ) (8) 火災安全性(常温のみ) (11) 臭気(常温・低温)		

※カット式膜厚計による全10工区の腹板塗膜厚測定値の平均
鋼材の下地処理であるプライマーの関係上、電磁式の膜厚測定とは誤差がある。



写真-2 新設時 A 塗装系橋梁の概観

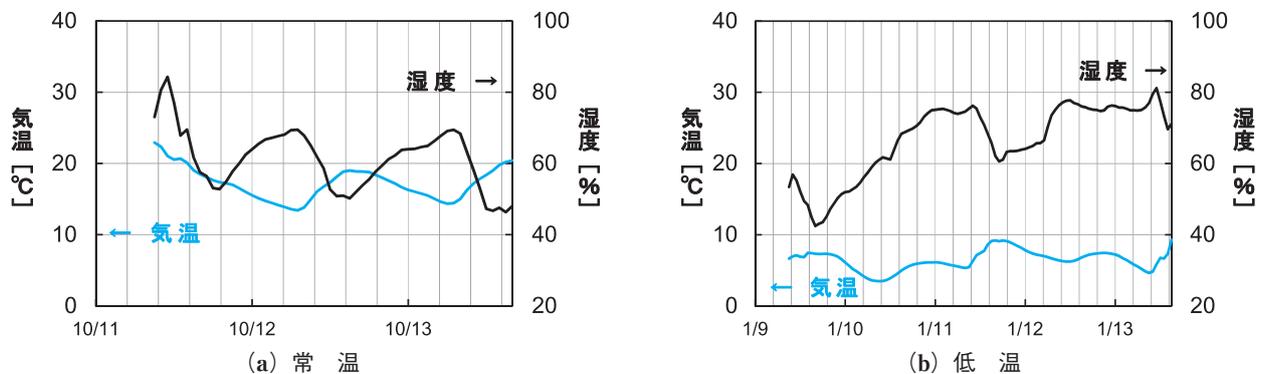


図-1 新設時 A 塗装系橋梁における試行調査時の気温・湿度の推移

表-4 新設時 B 塗装系橋梁の概要			
実施場所	徳島県海部郡海陽町 国道 55 号 穴喰大橋 (P4-P5-A2)		
試験実施日	常温試験 低温試験	H30/10/23 ~ 27 H30/12/12 ~ 17	
既存塗膜の 標準的な構成 (PCB含有:有 鉛含有:有)		塗料一般名	平均膜厚 (μm)*
	第1層	鉛系さび止め	97
	第2層	塩化ゴム系中塗り塗料	35
	第3層	塩化ゴム系上塗り塗料	32
	第4層	エポキシ樹脂下塗り塗料	40
	第5層	塩化ゴム系中塗り塗料	24
	第6層	塩化ゴム系上塗り塗料	17
	第7層	エポキシ樹脂下塗り塗料	101
	第8層	ポリウレタン樹脂用中塗り塗料	36
	第9層	ポリウレタン樹脂上塗り塗料	33
試験を実施した 性能評価項目	(1) 塗膜剥離性 (腹板, デッキプレート下面, Uリブ側面) (2) たれ性 (3) 塗付性 (4) 作業効率 (5) 粉じん発生量 (常温のみ) (8) 火災安全性 (常温のみ)		
※カット式膜厚計による全 10 工区の腹板塗膜厚測定値の平均 鋼材の下地処理であるプライマーの関係上, 電磁式の膜厚測定とは誤差がある。			



写真-3 新設時 B 塗装系橋梁の概観

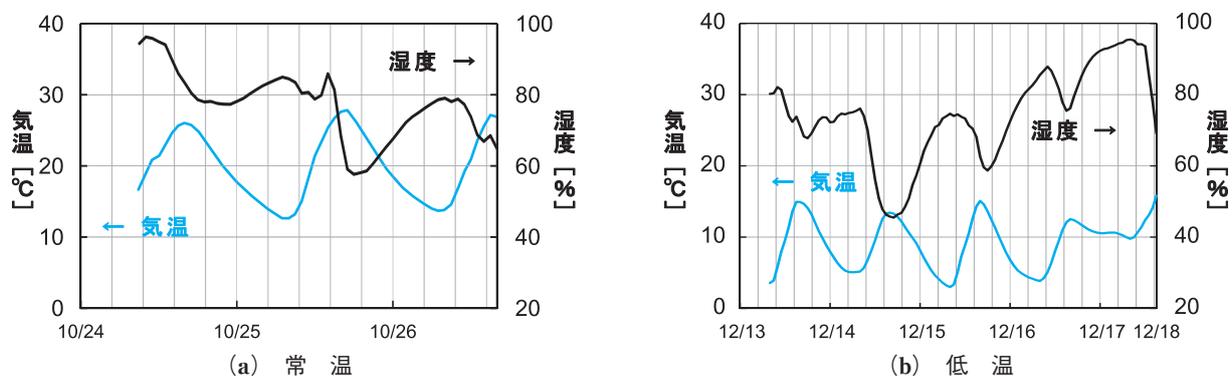


図-2 新設時 B 塗装系橋梁における試行調査時の気温・湿度の推移

(1) 塗膜剥離剤の塗付

塗膜剥離剤の塗付は工区（試験対象技術）毎に、応募者が指定する塗付方法（吹付け、刷毛・ローラー等）及び標準塗付量（ g/m^2 ）により、応募者自身が行った。

(2) 塗膜剥離及び素地調整作業

塗膜剥離剤を用いた塗膜の剥離作業、塗膜剥離後の動力工具による素地調整作業、比較技術としての動力工具による素地調整作業については、橋梁毎に国土交通省が委託した橋梁補修業者1社が行った（写真－4）。作業は以下の区分毎に、同一の作業者が全10工区（試験対象技術）について行った。

- ① 塗膜剥離剤による剥離作業（腹板）：1名
- ② 塗膜剥離剤による剥離作業（下フランジ）：1名
- ③ 動力工具による素地調整作業：1名

使用工具は全10工区（試験対象技術）で同一のものを使用した。塗膜剥離剤を用いた塗膜の剥離作業では刃付スクレーパー（刃幅100mm程度）を使用し、工区毎、剥離部位（腹板／フランジ）毎に新品の替刃に交換して行った。また、動力工具は電動ディスクグラインダ（#24研磨紙）を同一回転数で使用し、工区毎、素地調整部位（塗膜剥離剤試験部位／比較技術試験部位）毎に新品の研磨紙に交換して行った。



(a) 新設時 A 塗装系橋梁（常温）



(b) 新設時 B 塗装系橋梁（常温）

写真－4 橋梁補修業者による塗膜剥離作業の状況

5. 試験実施対象技術の試行調査結果

平成29年11月2日から平成31年1月13日までの期間において、表－1に示した全ての性能評価項目に対する試験・調査を実施した。性能評価項目のうち、屋外暴露耐久性は結果が出るまでに長期間（最長10年程度の見込み）を要するため、これを除く他の項目の試験結果を「技術特性の比較表（暫定版）」（<http://www.m-netis.mlit.go.jp/global-data/20190327160213953.pdf>）として取りまとめ、新技術活用システム（NETIS）の維持管理支援サイトホームページにて公表した。

6. おわりに

今後、土木鋼構造用塗膜剥離剤技術の公表された比較表について、剥離剤技術を活用するには検討の参考とされたい。なお、比較表は、技術の進展等に伴い更新する場合もある。

新技術活用システム（NETIS）の維持管理支援サイトホームページには本テーマ以外の技術についても比較表が掲載されているので、設計・施工の際には活用の参考とされたい（<http://www.m-netis.mlit.go.jp/theme-koubo/?prev=1>）。