

# 土木鋼構造物用塗膜剥離剤 ガイドライン（案）について

---

国立研究開発法人土木研究所  
材料資源研究グループ  
富山 禎仁

平成29年7月20日 鋼構造物の防錆・防食と環境保全に関する技術講演会

## 構 成

---

1. 塗替え塗装と素地調整
2. 土木鋼構造物用塗膜剥離剤ガイドライン（案）
3. 土木鋼構造物用塗膜剥離剤およびこれを用いた  
塗膜除去工法の品質規格（暫定案）
4. まとめ

# 構 成

1. 塗替え塗装と素地調整
2. 土木鋼構造物用塗膜剥離剤ガイドライン（案）
3. 土木鋼構造物用塗膜剥離剤およびこれを用いた塗膜除去工法の品質規格（暫定案）
4. まとめ

## 鋼道路橋の防食塗料・塗装系の変遷

塗 装 系	年 代				
	1960	1970	1980	1990	2000
現場調合形鉛丹さび止め／油性調合ペイント	■				
油性さび止めペイント／長油性フタル酸樹脂塗料	■				
エッチングプライマー／油性さび止めペイント／ 長油性フタル酸樹脂塗料		▶			
ジンクリッチプライマー／塩化ゴム系塗料		■			
エッチングプライマー／油性さび止めペイント／ フェノールMIO塗料／塩化ゴム系塗料		▶			
ジンクリッチプライマー／エポキシ樹脂塗料下塗／ ポリウレタン樹脂塗料上塗			■		
厚膜無機ジンクリッチペイント／エポキシ樹脂塗料下塗／ ポリウレタン樹脂塗料上塗			■		
厚膜無機ジンクリッチペイント／エポキシ樹脂塗料下塗／ ふっ素樹脂塗料上塗				■	

# 一般塗装系と重防食塗装系

## ■ 代表的な一般塗装系（新設一般外面用）「鋼道路橋塗装便覧（平成2年6月）」

塗装系	前処理		工場塗装				現場塗装	
	素地調整	プライマー	素地調整	下塗り	下塗り	中塗り	中塗り	上塗り
A系 A-1(2)	ブラスト処理	長ばく形エッチングプライマー15	動力工具処理	鉛系さび止めペイント35	鉛系さび止めペイント35	(フェノール樹脂MIO塗料45)	長油性フタル酸樹脂塗料中塗30	長油性フタル酸樹脂塗料上塗25
A系 A-3(4)	ブラスト処理	長ばく形エッチングプライマー15	動力工具処理	鉛系さび止めペイント35	鉛系さび止めペイント35	(フェノール樹脂MIO塗料45)	シリコンアルキド樹脂塗料中塗30	シリコンアルキド樹脂塗料25
B系 B-1	ブラスト処理	長ばく形エッチングプライマー15	動力工具処理	鉛系さび止めペイント35	鉛系さび止めペイント35	フェノール樹脂MIO塗料45	塩化ゴム系塗料中塗35	塩化ゴム系塗料上塗30

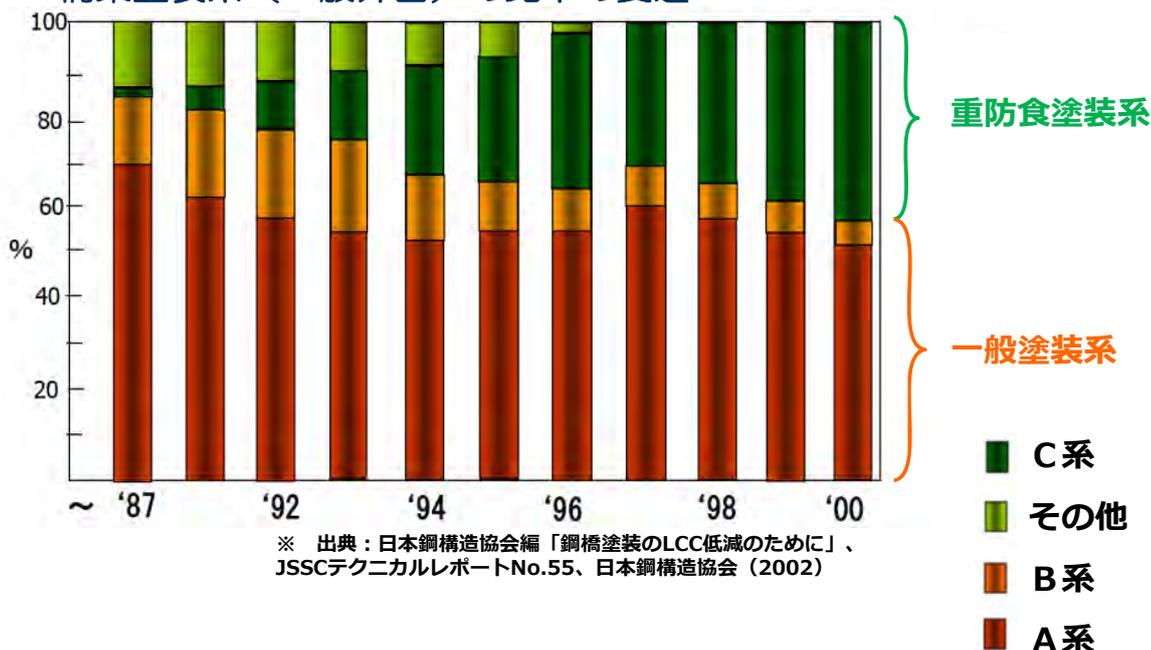
## ■ 代表的な重防食塗装系（新設一般外面用）「鋼道路橋防食便覧（平成26年3月）」

塗装系	製鋼工場		橋梁製作工場					
	素地調整	プライマー	素地調整	防食下地	ミストコート	下塗り	中塗り	上塗り
C系 C-5	ブラスト処理	無機ジンクリッチプライマー	ブラスト処理	無機ジンクリッチペイント75	エポキシ樹脂塗料下塗	エポキシ樹脂塗料下塗120	ふっ素樹脂塗料用中塗30	ふっ素樹脂塗料上塗25

5

# 重防食塗装系の普及

## ● 橋梁塗装系（一般外面）の比率の変遷



- 耐久性の劣るA系、B系の橋梁が約50%ある。
- LCC縮減の観点からも、C系への早期の移行が期待される。

6

# 塗替え塗装前の素地調整

- 塗替え塗装における素地調整は、塗膜の**防食性及び耐久性を確保**するために重要な工程である。
- 特に、**重防食塗装系に塗り替える際には、重防食塗膜の性能を確実に発揮させるために、より確実な素地調整を行うことが重要である。**  
⇒ **旧塗膜の完全除去**

## 素地調整工法の種類と特徴

項目	ブラスト処理	動力工具処理	手工具処理
仕上がり	鋼材の露出と共に <b>適度な粗度の付与</b> が可能	鋼材の露出は可能であるが、粗度の付与は困難	鋼材の露出、粗度の付与共に困難
作業効率	平面への施工性は良いが、 <b>複雑な形状の部位では作業効率が劣る</b>	時間がかかるので、 <b>小面積での作業</b> に適する	非常に時間がかかるので、 <b>ごく小面積の場合や軽度な素地調整</b> に適している
装置等の準備	大型の装置や大量の研削材を必要とし、運搬車や装置の置き場所、ホースの長さ等の考慮が必要	小型の工具と動力源となる電気コードやエアホースが必要	工具のみで大型の装置等は必要としない

出典：日本鋼構造協会「一般塗装系塗膜の重防食塗装系への塗替え塗装マニュアル」（2014）

7

# 塗替え塗装前の素地調整

## ● 塗替え前の素地調整程度の種類

出典：日本道路協会「鋼道路橋防食便覧」、丸善（2014）

種別	1種	2種	3種	4種
作業内容	さび、旧塗膜をすべて除去し鋼材面を露出させる。	旧塗膜、さびを除去し鋼材面を露出させる。 ただし、くぼみ部などにさび／塗膜が残存する。	さび／劣化塗膜を除去し、鋼材面を露出させる。 ただし、劣化していない塗膜（活膜）は残す。	粉化物／付着物を落とし、劣化していない塗膜（活膜）は残す。
作業方法	ブラスト法	ディスクサンダー／ワイヤホイールなどの動力工具と手工具との併用	同左	同左
素地状態	 <p>鋼材</p>	 <p>鋼材</p>	 <p>鋼材</p>	 <p>鋼材</p>



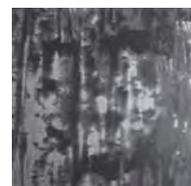
素地調整前



素地調整程度1種



素地調整程度2種



素地調整程度3種



素地調整程度4種

8

# 典型的な塗替え塗装のパターン

※一般外面の全面塗替えを想定

	旧塗膜塗装系	素地調整	塗替え塗装系
①	一般塗装系 (A, a, B, b) 重防食塗装系 (c) ※ ブラスト工法により旧塗膜を除去し、スプレー塗装する。	1種	有機ジンク/弱溶剤変性エポ下×2/ 弱溶剤ふっ素用中/弱溶剤ふっ素上
②	一般塗装系 (A, a, B, b) ※ 工事上の制約によってブラストできない場合に適用する。耐久性はRc-I 塗装系に比べて著しく劣る。	3種	弱溶剤変性エポ下×2/ 弱溶剤ふっ素用中/弱溶剤ふっ素上
③	重防食塗装系 (C, c) ※ C塗装系の塗替えで下塗りには劣化が及んでいない場合に適用する。	4種	弱溶剤変性エポ下/ 弱溶剤ふっ素用中/弱溶剤ふっ素上
④	一般塗装系 (B, b) 重防食塗装系 (c) ※ 工事上の制約によってブラストできなく、かつ、ジンクリッチプライマーを用いたB塗装系の旧塗膜、又はC塗装系の局部補修に適用する。	2種	有機ジンク/弱溶剤変性エポ下×2/ 弱溶剤ふっ素用中/弱溶剤ふっ素上
⑤	一般塗装系 (A, a) ※ A塗装系の塗替えで十分塗膜寿命を有していて、適切な維持管理体制がある場合や、橋の残存寿命が20年程度の場合に適用する。	3種	鉛・クロムフリーさび止め×2/ 長油性フタル酸樹脂塗料中・上

9

# ブラスト処理工法の種類と特徴

出典：一般塗装系塗膜の重防食塗装系への塗替え塗装マニュアル（日本鋼構造協会）

項目	乾式ブラスト		湿式ブラスト
	オープンプラスト 処理工法	バキュームブラスト 処理工法	各種湿式ブラスト 処理工法
長所	作業効率が良い	粉塵の発生が少ない	水を使用するため粉塵の発生が少ない
短所	粉塵の発生が著しく、研削材の飛散量も多い	エッジや隅角部での除去が難しく、作業効率も低い（1日最大20 m <sup>2</sup> 程度）	処理後に発錆する恐れがあり、防錆対策が必要 廃水処理が必要



10

# 素地調整作業に関連した環境問題

## 1. 素地調整時の騒音

- ブラスト処理、電動工具処理時の金属音

## 2. 塗膜ダストなどの粉じん

- **鉛・クロム等の有害重金属**を含む一般塗装系塗膜除去時の塗膜ダスト
- **PCB**を使用した塩化ゴム系塗膜の処理・処分

11

## 粉じんや騒音に対する配慮



現場ブラスト作業における養生の例（I桁橋）



現場ブラスト作業における養生の例（トラス橋）



(a) 外面全景



(b) 内部

足場防護工の事例（都市内高架橋）

- 全面板張り
- 養生シート2重
- 施工区間の両端を合板等で間仕切り
- 防音マット など

# 素地調整で問題となる主な有害物質

## ■ 鉛

着色顔料、防せい顔料、硬化促進剤など、従来の塗料用原料の中に多く含まれていた重金属の一種。畜毒性がある。現在は鉛フリー化された塗料が主流。

鉛を含む塗膜の除去及び素地調整作業

⇒ 含有量に関わらず「鉛中毒予防規則」の適用を受ける。

## ■ クロム

鉛と同様に、従来の塗料原料中に多く含まれていた重金属の一種。六価のクロムには強い毒性がある。現在はクロムフリー化された塗料が主流。

クロム酸又はクロム酸塩を含む塗膜の除去及び素地調整作業

⇒ 含有量が重量の1%を超えると「特定化学物質障害予防規則」の適用を受ける。

## ■ PCB

ポリ塩化ビフェニル（polychlorinated biphenyl）の略称。主に昭和40年代に製造された塩化ゴム系塗料に、可塑剤として用いられていた。最近では、一部の有機顔料の製造工程中に非意図的に微量のPCBが副生する可能性があることが指摘されており、塩化ゴム系塗料以外の塗膜においても微量のPCBが検出される事例が報告されている。

PCBを含む塗膜の除去及び素地調整作業

⇒ 含有量が重量の1%を超えると「特定化学物質障害予防規則」の適用を受ける。

該当しない場合でも、人体へのばく露を極力低減させる必要がある。

13

# PCB含有塗膜問題の背景

- 昭和43年（1968年）カネミ油症事件発生
- 昭和47年（1972年）以降製造禁止  
（一部の塩化ゴム系塗料に可塑剤として使用）
- 平成13年（2001年）「ポリ塩化ビフェニル廃棄物の適正な処理の推進に関する特別措置法」公布・施行  
⇒ PCB廃棄物を保管する事業者は保管状況の届出の他、平成28年（2016年）までの処理が義務付けられた。（PCB適正処理基本計画）
- 平成16年（2004年）残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約（POPs条約）発効  
⇒ PCBに関し、平成37年（2025年）までに使用の全廃、平成40年（2028年）までに適正な処理が義務付けられた。
- 日本環境安全事業株式会社の5拠点（北九州市、豊田市、東京都江東区、大阪市、室蘭市）に処理施設を整備
- 「低濃度PCB廃棄物の処理に関するガイドライン ー焼却処理編ー」（平成29年1月改訂）

14

# 鋼道路橋の防食塗料・塗装系の変遷

塗 装 系	年 代				
	1960	1970	1980	1990	2000
現場調合形鉛丹さび止め／油性調合ペイント	■				
油性さび止めペイント／長油性フタル酸樹脂塗料	■	■			
エッチングプライマー／油性さび止めペイント／ 長油性フタル酸樹脂塗料			▶		
シンクリッチプライマー／塩化ゴム系塗料		■	▶		
エッチングプライマー／油性さび止めペイント／ フェノールMIO塗料／塩化ゴム系塗料		■	▶		
シンクリッチプライマー／エポキシ樹脂塗料下塗／ ポリウレタン樹脂塗料上塗			■		
厚膜無機シンクリッチペイント／エポキシ樹脂塗料下塗／ ポリウレタン樹脂塗料上塗			■		
厚膜無機シンクリッチペイント／エポキシ樹脂塗料下塗／ ふっ素樹脂塗料上塗				■	

※ 出典：日本鋼構造協会編「重防食塗装」、技報堂出版（2012）

15

## 含有害物塗膜の剥離作業に関する厚労省通知

- 鉛等有害物を含有する塗料の剥離やかき落とし作業における労働者の健康障害防止について（平成26年5月30日、厚生労働省）

（発注者）

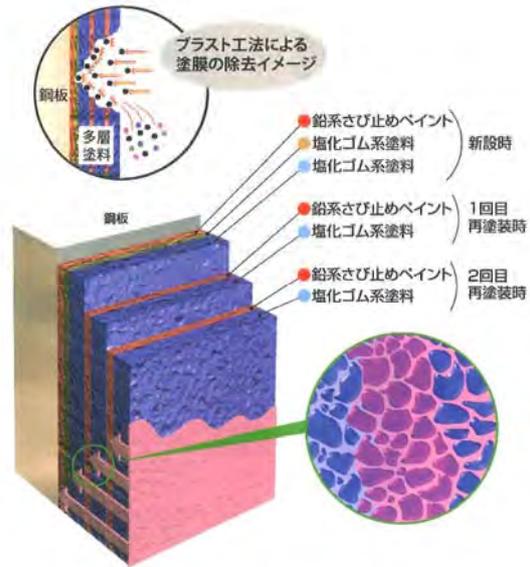
- 塗料中の鉛やクロム等の有害な化学物質の有無について把握している **情報を施工者に伝える**
- 塗料中の有害物の調査やばく露防止対策について **必要な経費等の配慮**を行う

（受注者）

- 鉛中毒障害予防規則等関係法令に従い、**湿式による作業の実施**、作業主任者の選任と適切な作業指揮の実施、**有効な保護具の着用**等を実施する ⇒ **湿潤化、集じん排気装置、呼吸用保護具、洗身・洗浄**

16

# 湿式による塗膜剥離作業の例（塗膜剥離剤）



浸透性  
濡れ性  
低毒性



対象塗膜をほとんど溶解せず、  
軟化・可塑化



塗膜を剥離

高級アルコール系溶剤が主成分のペースト状はく離剤  
インバイロワン工法（NETIS推奨技術: KT-060135-V）

# 工法による粉塵発生量の違い

	塗膜除去工法	対象塗膜	粉塵発生量 (mg/m <sup>3</sup> )
防護内	インバイロワン工法	A塗装系	0.34
	インバイロワン工法	B塗装系	0.50
	動力工具（3種C）	B塗装系	18.0
	プラスト（製鋼スラグ）	A塗装系	180.0
	プラスト（ガーネット）	B塗装系	200.0

出典：鋼構造物塗膜処理等研究会資料

- 有害物質を含む塗膜を安全かつ確実に回収することができる
- 産業廃棄物発生量を低減することができる

# ガイドライン（案）刊行の背景

---

- 環境にやさしい塗膜剥離剤「インバイロワン」の登場（2004年）  
⇒ 平成27年までにおよそ45万㎡に適用



- 新たな剥離剤の開発・適用が、活発に進められる  
⇒ 平成27年までにおよそ100万㎡に適用



- 土木鋼構造物用塗膜剥離剤の品質規格は未整備であり、現場における剥離性の評価のみで製品が選定されているのが現状。



- 土木鋼構造物の旧塗膜を安全に剥離するための塗膜剥離剤に求められる性能やその評価法の案を、「**土木鋼構造物用塗膜剥離剤ガイドライン（案）**」（土木研究所資料第4338号（平成28年9月））として提案。
- **ガイドライン（案）改訂第2版**を刊行（平成29年3月）

19

## 構成

---

1. 塗替え塗装と素地調整
2. **土木鋼構造物用塗膜剥離剤ガイドライン（案）**
3. 土木鋼構造物用塗膜剥離剤およびこれを用いた塗膜除去工法の品質規格（暫定案）
4. まとめ

20

# ガイドライン（案）の構成（1）

---

## 1. 総則

- 1.1 適用の範囲
- 1.2 土木鋼構造物用塗膜剥離剤およびこれを用いた塗膜除去工法の目的
- 1.3 塗膜剥離剤を用いた塗膜除去工法の選定
- 1.4 用語の定義

## 2. 土木鋼構造物用塗膜剥離剤およびこれを用いた塗膜除去工法の品質

- 2.1 一般
- 2.2 土木鋼構造物用塗膜剥離剤の要求性能
- 2.3 土木鋼構造物用塗膜剥離剤を用いた塗膜除去工法の要求性能
- 2.4 土木鋼構造物用塗膜剥離剤の品質の確認

21

# ガイドライン（案）の構成（2）

---

## 3. 調査

- 3.1 一般
- 3.2 調査計画
- 3.3 図書調査
- 3.4 現地調査
- 3.5 調査報告

## 5. 検査

- 5.1 一般
- 5.2 材料検査
- 5.3 施工検査
- 5.4 塗膜剥離剤を用いた塗膜除去工の完了検査
- 5.5 検査結果の記録

## 4. 施工

- 4.1 一般
- 4.2 施工計画
- 4.3 施工手順
- 4.4 施工管理
- 4.5 施工記録
- 4.6 安全衛生

22

# ガイドライン（案）の構成（3）

## 6. 安全管理

- 6.1 一般
- 6.2 安全対策
- 6.3 有害物を含む塗膜の除去作業における安全管理
- 6.4 土木鋼構造物用塗膜剥離剤の保管、および漏出時の処理
- 6.5 有害物を含む塗膜くずの取扱い

## 参考文献

付属資料1 土木鋼構造物用塗膜剥離剤およびこれを用いた塗膜除去工法の品質規格（暫定案）

付属資料2 品質規格（暫定案）の背景、根拠および考え方

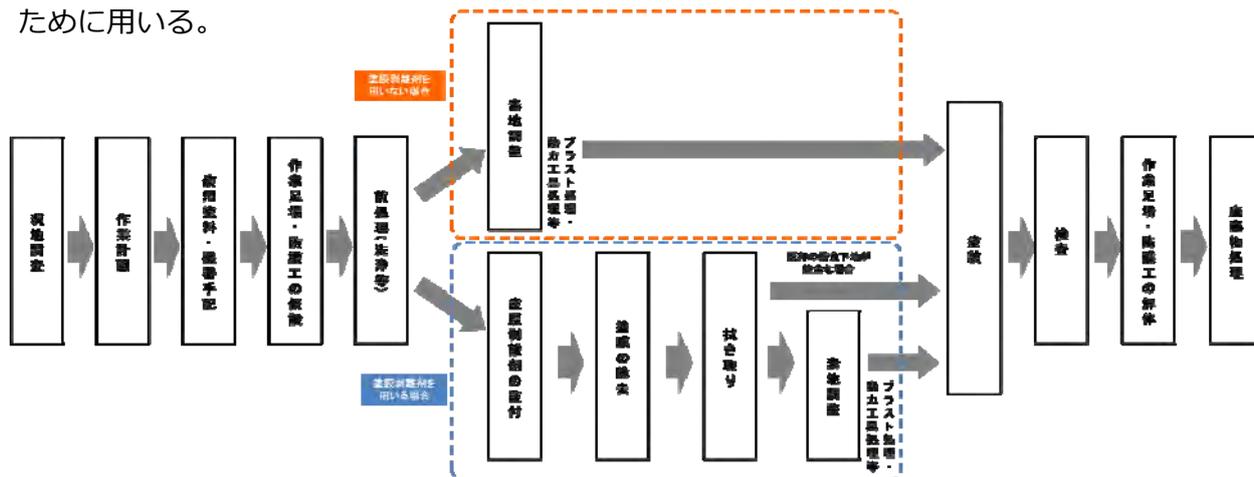
# 1. 総 則

## 1.1 適用の範囲

塗装により防食された土木鋼構造物の塗膜を除去するために用いられる塗膜剥離剤、およびこれを用いた塗膜除去工法に対する品質確認方法、施工前の事前調査、施工、検査、安全管理に係る手順や一般的な留意事項について取りまとめた。

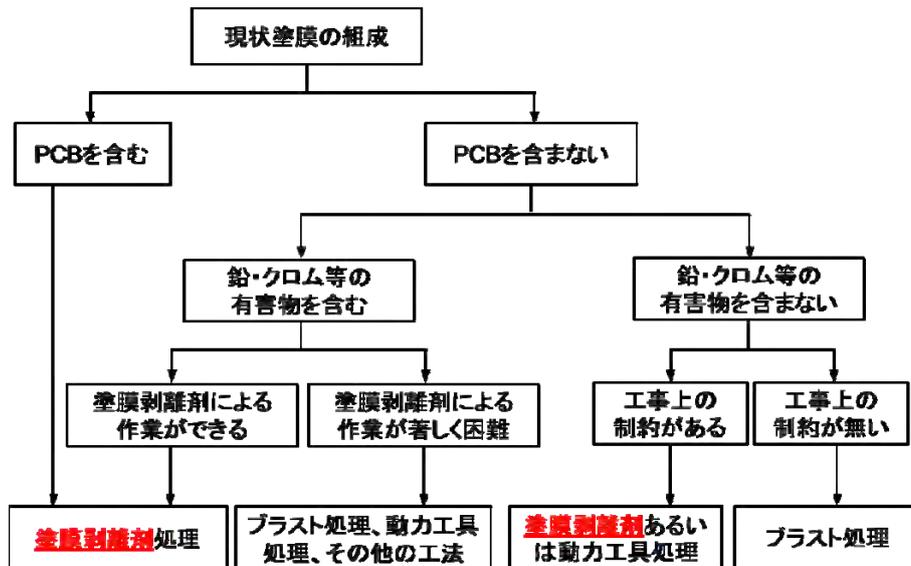
## 1.2 土木鋼構造物用塗膜剥離剤およびこれを用いた塗膜除去工法の目的

塗膜剥離剤は、土木鋼構造物の既存の塗膜を飛散させることなく、さらには産業廃棄物量を必要以上に増やすことなく、従来の素地調整工法に比べて安全かつ確実に除去・回収するために用いる。



# 1. 総 則

## 1. 3 塗膜剥離剤を用いた塗膜除去工法の選定



- \*1：塗替え塗装系で定められた素地調整の仕上がり程度に適合するよう、必要に応じてブラストや動力工具での後処理を行う。
- \*2：湿式による塗膜剥離作業と同等程度の粉じん濃度まで低減させる方策、作業者の安全確保策、周辺環境の汚染防止策を確実に講じた上で作業を行う。
- \*3：工事上の制約とは、狭あい部の施工の場合や第三者によってブラストの使用が容認されない場合などを意味する。

25

## 塗膜剥離剤の使用が推奨されるケース

- (a) 有害物質を含む塗膜を塗り替える場合
- (b) 一般塗装系塗膜を重防食塗装へ移行するため旧塗膜を全面的に除去したいが、第三者によってブラストの使用が容認されない場合など工事上の制約等によりブラスト処理による素地調整方法が採用できない場合
- (c) B-2塗装系（鋼道路橋塗装便覧8）、昭和54年）のように、ジंकリッチプライマーやジंकリッチペイントが下塗りに使用された旧塗膜の塗替えを行う場合。  
※旧塗膜のジंकリッチプライマーやジंकリッチペイントに劣化が無いことが確認できた場合は、ジंकリッチプライマーやジंकリッチペイントを残し、ほかの旧塗膜を全面除去して、塗替え塗装系Rc- IIを適用してもよい（「鋼道路橋防食便覧」, p. II-117)
- (d) 塗膜に含まれる有害物質の調査、耐震補強工事等において、部材の一部のみの塗膜を剥離する場合。

## 2. 土木鋼構造物用塗膜剥離剤およびこれを用いた塗膜除去工法の品質

### 2.1 一般

土木鋼構造物に適用される塗膜剥離剤およびこれを用いた塗膜除去工法の品質は、「土木鋼構造物用塗膜剥離剤およびこれを用いた塗膜除去工法の品質規格（暫定案）」を満たさなければならない。

#### ①塗膜剥離剤（材料）の品質

塗膜剥離剤による塗膜の剥離性や作業性（たれ性や塗付性）が所定の基準を満足することを確認する。また、塗膜剥離剤を用いた作業の安全性確保や塗膜剥離剤の火災安全性、さらに塗膜剥離剤が万一、周辺環境に漏えいした場合の環境安全性を確保するために、生分解性、魚毒性について、所定の基準を満足することを確認する。

#### ②塗膜剥離剤を用いた塗膜除去工法の品質

塗膜剥離剤により既存の塗膜を除去した後、その部位に新たに塗装する場合、除去しきれずに被塗面に残存した塗膜剥離剤が再塗装された塗膜の性能に悪影響を及ぼすことがあってはならない。そのため、塗膜剥離剤で既存塗膜を除去した後、塗装した塗膜の性能が、所定の基準を満足することを確認する。

塗膜剥離剤の種類によっては、塗膜剥離後に専用のクリーナー等による拭き取り作業を必須としているものがある。そのため、塗膜除去作業において塗膜剥離剤以外に用いられるこれらの材料についても、火災安全性を確認する。

また、塗膜剥離剤を用いた塗膜の剥離作業において、粉じんの発生量が所定の基準以下であり、作業環境や周辺環境への影響が小さいことを確認する。

27

## 2. 土木鋼構造物用塗膜剥離剤およびこれを用いた塗膜除去工法の品質

### 2.2 土木鋼構造物用塗膜剥離剤の要求性能

土木鋼構造物用塗膜剥離剤に対しては、下表に示す全ての要求性能に対し、所定の性能評価方法により基準を満足することを事前に確認する。

塗膜剥離剤の品質に係る要求性能

要求性能	評価項目	評価基準のレベル
①塗膜剥離性	剥離性	1回の塗膜剥離剤の塗付で、膜厚500 $\mu$ mの一般塗装系塗膜を剥離できること
	たれ性	塗膜剥離剤を垂直面に塗付し、たれが生じないこと
②作業性	塗付性	エアレス塗装機またははけ・ローラーにより確実に塗付作業ができること
	生分解性	微生物の働きにより、塗膜剥離剤の成分が一定期間に分解されること
③安全性	魚毒性	魚類への致死毒性が一定程度以下であること
	火災安全性	塗膜剥離剤の引火点が十分に安全な程度であること

3

## 2. 土木鋼構造物用塗膜剥離剤およびこれを用いた塗膜除去工法の品質

### 2.3 土木鋼構造物用塗膜剥離剤を用いた塗膜除去工法の要求性能

土木鋼構造物用塗膜剥離剤を用いた塗膜除去工法に対しては、下表に示す各性能項目について、所定の性能評価方法により要求性能を満足することを事前に確認する。

塗膜剥離剤を用いた塗膜除去工法の品質に係る要求性能

要求性能	評価項目	評価基準のレベル
①塗膜除去後の塗替え塗膜の耐久性・防食性	促進暴露耐久性、および屋外暴露耐久性	塗膜剥離剤を用いて旧塗膜除去後に新たに形成した塗膜が <b>十分な防食性および耐久性</b> を有すること
②安全性	生分解性	塗膜剥離剤および拭き取り用クリーナー等の成分が、微生物の働きにより <b>一定期間に分解</b> されること
	魚毒性	塗膜剥離剤および拭き取り用クリーナー等の魚類への <b>致死毒性が、一定程度以下</b> であること
	火災安全性	塗膜除去工程で用いられる全ての材料が <b>十分な火災安全性</b> を有すること
	作業・周辺環境への影響	塗膜除去作業で発生する <b>粉じん量が十分に安全な程度以下</b> であること
	作業員等の健康に対する安全性	塗膜剥離剤や拭き取り用クリーナー等に、作業員等に <b>重度の健康障害を引き起こす化学物質を含まない</b> ことやむをえず上記の化学物質を含む塗膜剥離剤や拭き取り用クリーナー等を用いる場合には、 <b>作業員の健康障害を防止するための十分な対策</b> が取られていること

## 2. 土木鋼構造物用塗膜剥離剤およびこれを用いた塗膜除去工法の品質

### 2.4 土木鋼構造物用塗膜剥離剤の品質の確認

- 塗膜剥離剤の製造業者等は、塗膜剥離剤製品の性能が品質規格に適合することを**性能証明書**の書面をもって証明する。
  - 塗膜剥離剤が所定の性能を満たすことを定められた試験により確認。⇒ 出荷の際に、製品と共に性能証明書を提出（**品質確認試験の実施および性能証明書の発行は公的機関による**ことが望ましい）
- 塗膜剥離剤の品質の確認は、塗膜剥離剤製造業者の性能証明書によって行う。なお、使用する塗膜剥離剤が複数の製造ロットにわたる場合は、**製造ロットごとに性能証明書および安全データシート（SDS）**が必要である。
  - **製造ロット毎に抜取試験**を実施。製品を出荷する際には試験成績表および安全データシート（SDS）を提出する。

試験成績表の例

試験項目	測定の方法・備考	試験値
外観	色調の明らかな異常 異物の有無の目視確認	色調異常なし 異物なし
粘度1 (塗付作業性)	B粘度計 □ータ: 4号、回転数60 rpm 測定開始30秒後 液温25℃	○○Pa・s
粘度2 (たれ性)	B粘度計 □ータ: 3号、回転数1.5 rpm 測定開始60秒後 液温25℃	△△Pa・s

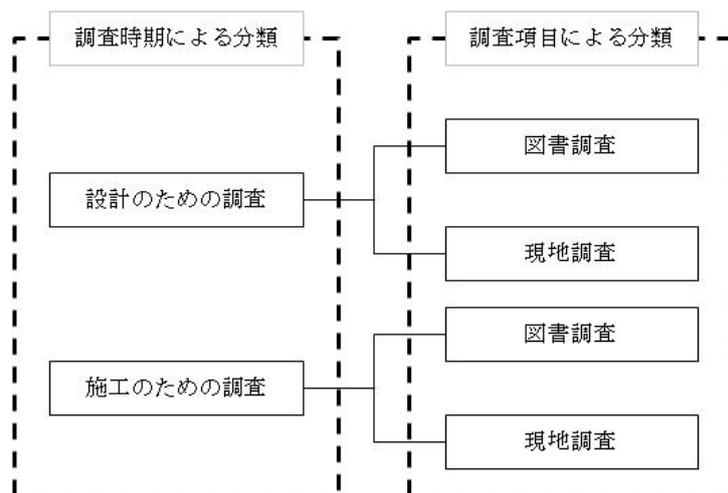
※本製品の使用期限は、製造日から○○カ月である。

# 3. 調査

## 3.1 一般

塗膜剥離剤を用いた塗膜除去工法の適用に際しては、事前に対象橋梁の塗装系、および対象橋梁や塗膜の劣化状況などを確認する。また、有害物の有無については発注前に確認することを原則とする。

- 設計のための調査：既設の塗装系や劣化状況、有害物含有の有無や含有量の把握。
- 施工のための調査：設計条件と現地条件との整合、選定した塗膜剥離剤の適性、塗膜除去作業にかかる時間等の把握。



# 3. 調査

## 3.2 調査計画

事前調査の目的を達成するために適切な調査計画を作成する。

- 対象橋梁の諸元、調査内容や方法、および調査部位や範囲などの明確化。

## 3.3 図書調査

現地調査に先立ち、対象橋梁の塗装系や有害物の含有の有無などを調査する。

- 設計のための調査
  - 橋梁形式や架設年など対象橋梁に関する諸元
  - 新設時の塗装系や塗替え履歴、塗装面積などの対象橋梁の塗装に関する情報
  - 塗膜中の有害物含有の有無
  - 対象橋梁周辺的环境
- 施工のための調査
  - 設計図書
  - 設計のための調査結果

## 3. 調査

### 3.4 現地調査

#### 3.4.1 調査内容

図書調査結果と現地との整合性、対象構造物の既設塗膜や劣化状況の確認。有害物含有の有無、含有量の把握、剥離試験等。

#### 3.4.2 塗装系の確認試験

動力工具などの電動工具を用いる方法、塗膜剥離剤により塗膜を剥離する方法、破壊式膜厚計などの検査器具による方法など。



#### 3.4.3 塗膜の有害物含有試験

作業者の安全性の確保、周辺環境への汚染防止、廃棄物の処分費用の積算などを適切に実施するため、塗膜に有害物が含有するおそれがある場合は、塗膜の有害物含有試験を任意の第三者機関にて実施しなければならない。試験のためのサンプルは、塗装系の確認試験で除去した塗膜片などを用いることができる。

33

## 3. 調査

### 3.4.4 剥離試験

選定した塗膜剥離剤の適性、塗膜除去後の鋼素地面の確認。環境条件（外気温や鋼材表面温度など）は剥離性や軟化時間に影響を及ぼすと考えられるため、剥離試験の実施環境と本工事の施工環境は、できる限り近いものとする。

（工程例）

- ①剥離箇所の選定…塗膜が健全であり、直射日光を受けない内側面の腹板、部材下面、ボルト連結部など。図書調査により部材や部位により塗装系が異なることが明らかになっている場合は、塗装系ごとに試験箇所を選定する。
- ②剥離試験の準備…仮設足場などを必要としない試験箇所を選定することが望ましいが、必要に応じて安全に作業できる作業床を設置する。飛散防止や漏洩防止など措置を講じる。
- ③ 試験箇所周辺の養生…試験箇所の一般的な寸法は 30×30 cm程度。試験箇所周辺の養生を実施する。塗膜剥離剤の塗付面の汚れや水分、油分などを除去する。
- ④ 塗膜厚の測定…剥離試験箇所の塗膜厚を5箇所25点（1箇所あたり5点）測定して、その最大値を試験箇所の塗膜厚とする。
- ⑤ 塗膜剥離剤の塗付…塗膜剥離剤の製造会社が推奨する塗付方法、および塗付量にて塗付する。この際、塗付量は複数の水準にて実施するのが望ましい。

34

## 3. 調査

### 3.4.4 剥離試験

(工程例つづき)

- ⑥ 塗付量の確認…塗膜剥離剤の塗布後、ウェット膜厚計などを用いて塗付量を確認する。
- ⑦ 塗装の軟化状態の確認…あらかじめ設定した時間ごとに塗装の軟化状態を確認するとともに、軟化反応中の必要な環境条件を継続的に記録する。
- ⑧ 塗膜の除去…軟化した塗膜をスクレーパーなどの手工具で除去する。また、連結部などの構造が複雑な箇所は鉸かきやワイヤーブラシなどで除去する。
- ⑨ 塗膜除去後の鋼素地面の確認…塗膜を除去した後に鋼素地面に錆の有無や黒皮、エッチングプライマーやジンクリッチプライマーなどが残存するかを確認する。
- ⑩ 剥離試験箇所の補修…剥離試験箇所を補修する場合は、調査計画書などであらかじめ定められた補修方法によって実施する。
- ⑪ 除去塗膜の質量測定…試験箇所の除去塗膜の質量を測定して、単位面積（1 m<sup>2</sup>）あたりの廃棄物発生量の目安とする。
- ⑫ 清掃・片付け…剥離試験終了後、速やかに塗膜剥離剤の付着した養生材などを回収して処分する。なお、塗装に有害物が含有しているおそれがある場合は、関係法令を遵守。

35

## 4. 施工

### 4.2 施工計画

施工計画は、「3. 調査」に基づいて実施した調査の結果を反映して、経済性を考慮しつつ、塗膜剥離剤の選定や施工手順などの技術的検討を行い、実施可能な計画を策定する。この他に、施工管理方法や安全対策、環境対策などを決定しなければならない。

### 4.3 施工手順

#### ① 準備

仮設足場などの作業床の設置と養生。養生材を二重にすることで剥離作業完了後の剥離塗膜などの回収が容易に実施できる。塗膜剥離剤塗付面に付着した埃や水分、油脂類などを除去する。

#### ② 塗膜厚および塗装系の再確認

#### ③ 塗膜剥離剤の塗付

エアレススプレー塗装機、刷毛やローラー、コテなど。塗膜剥離剤の塗付後、ウェット膜厚計などにより、設定した塗付量が塗付できていることを確認する。

36

# 4. 施工

## 4.3 施工手順

### ④塗膜の軟化養生

気温や塗布対象面の温度が低い ⇒ 塗膜剥離剤の浸透や軟化反応が遅くなるため、塗膜の軟化時間は長くなる。

気温や塗布対象面の温度が高い ⇒ 塗膜の軟化時間は短くなり、軟化した塗膜を放置しすぎると、乾燥して塗膜除去作業の効率が悪くなることもある。

### ⑤軟化塗膜の除去

### ⑥除去塗膜の回収と一時保存

除去塗膜は作業後直ちに資材置き場などの定められた場所に移動し、保存する。作業中に作業床上に仮置きする場合は、作業床の最大積載荷重内で、かつ同一箇所に集中することなく分散して置く。保存に際しては、現場周辺への飛散や漏洩を防止するため、密閉できる缶などに入れる。



### ⑦塗膜剥離工の完了

### ⑧素地調整（必要に応じて）

### ⑨塗装

# 4. 施工

## 4.3 施工管理

施工管理項目の例

管理対象	管理項目	管理方法
(施工環境) 塗膜剥離剤の塗付時、 および塗膜の軟化養生時	気温、湿度	温度計、湿度計
	塗付予定面の温度	表面温度計など
	天候	目視など
	風	風速計など
塗膜剥離剤	品質	性能証明書 試験成績表
	数量	目視による外観など
	使用期限	納品書、出荷証明書など 製造年月日など
塗膜除去作業	塗付予定面の状態	目視による外観、指触など
	塗付量	ウェット塗膜厚ゲージや使用量など
	塗膜除去面の状態	目視による外観、膜厚など

# 5. 検査

## 5.2 材料検査

材料検査項目の例

検査項目	検査方法	判定基準
材料の品質検査	性能証明書	品質規格（暫定案）に適合していること
	試験成績表	製造会社の品質規格に適合していること
受入れ検査	目視など	異物の混入などがないこと
	数量	納品書、出荷証明書など 設計数量、注文数量が納入されていること
	使用期限	製造年月日など 有効期限を超えないこと

## 5.3 施工検査

施工範囲や塗膜剥離剤による塗膜除去後の仕上がり状態が設計と一致することを検査。

## 5.4 塗膜剥離剤を用いた塗膜除去工の完了検査

施工や各検査が適切に実施されていたこと、また仕上がり状態や施工面積が設計と一致することを検査。⇒ 書類検査（施工記録、検査結果の記録）、現地検査（外観検査、出来形検査）

39

# 6. 安全管理

## 6.2 安全対策

- ① 有機溶剤の取扱い
  - 有機溶剤中毒予防規則（平成26年11月）
- ② 火気に関する注意
  - 作業場の有機溶剤の濃度を検知管などで測定する、帯電防止機能を有する作業服、作業靴を着用する、使用機器類には必ずアースを行うなどの予防措置を検討するほか、作業場内での喫煙は禁止する。
- ③ 粉じん対策
  - 粉じん障害防止規則（平成27年8月） 休憩設備の設置、呼吸用保護具の使用、飛散防止ネットの設置、ブラスト方法の選定（バキュームブラスト）や研削材の選定など。
- ④ 作業者等の健康に対する安全対策
  - 保護眼鏡、保護手袋、保護着、防毒マスク等の適切な安全対策。 塗膜剥離剤やクリーナー等の中には皮膚刺激性が高い化学物質が含まれている製品があり、塗膜剥離剤や剥離した塗膜が皮膚に付着し、化学熱傷（損傷）を引き起こす事例が報告されている。

40

# 安全対策の例



## 電動ファン付呼吸用保護具

山本光学（株）HPより引用

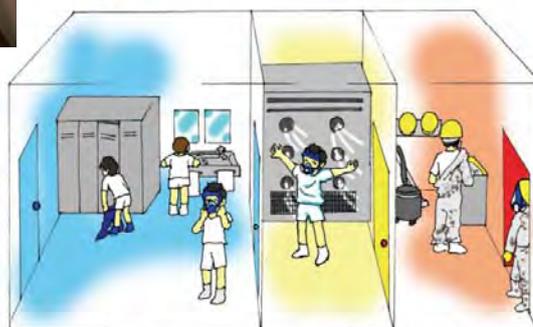


## 負圧集塵装置

日本船舶技術研究協会「船舶におけるアスベストの取扱いに関するマニュアル」より引用



## 移動式 エアシャワー室



## セキュリティールームの例

41

## 6. 安全管理

### 6.3 有害物を含む塗膜の除去作業における安全管理

有害物を含む塗膜の除去作業を行う場合は、関係法令等で定められた安全教育を作業員に対して実施する。

#### ①鉛、および鉛化合物を含む塗膜の除去作業

「労働安全衛生法施行令（平成27年8月）」や「鉛中毒予防規則（平成24年4月）」の「含鉛塗料のかき落としの業務」に該当。

#### ②PCB、クロム酸及びその塩が1%を超えて含有している塗膜の除去作業

「特定化学物質障害予防規則（平成27年9月）」に該当。

PCBを含有する塗膜の剥離作業については、有害物の取扱いに関する法令を遵守し、作業員に対して安全な作業を行うための特別教育を実施するよう労働基準監督署より指導されている。⇒「危険又は有害な業務に現に就いている者に対する安全衛生教育に関する指針（平成27年8月）」に基づき、当該業務についての最新の知識並びに教育技法について知識及び経験を有するものが講師として、1日程度行う。

## 6. 安全管理

---

### 6.5 有害物を含む塗膜くずの取扱い

(鉛やクロムを含む塗膜くず)

- 「産業廃棄物に含まれる金属等の検定方法（平成12年1月）」によって含有量を測定
- 「金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準を定める省令（平成27年12月）」に定められた基準値を超えた場合は、「特別管理産業廃棄物（特定有害産業廃棄物）」に該当するため、廃棄物処理法を遵守し適切に処分等を行う。
- 委託処理を行う際には、「特別管理産業廃棄物処分業」の資格を有し、また処理品目として「汚泥」や「鋳さい」を掲げており、鉛やクロムを処理対象物としている事業者に依頼を行う。また、塗膜くずが付着した保護具や工具類、養生材などの廃棄物についても同様に扱う必。
- 鉛・クロムに加えて塗膜くずにPCBが含まれる場合には、「特別管理産業廃棄物処分業」の資格に加えて「PCB無害化処理認定施設」の資格を有する事業者に依頼を行う。

## 6. 安全管理

---

### 6.5.2 PCB含有塗膜の取扱い

- 塗膜くずは多くの場合汚泥に区分され、PCBを含有したものは特別管理廃棄物（特定有害産業廃棄物）に区分される。
- 5000 ppm以下の低濃度PCB廃棄物は、環境省の認定を受けた施設で焼却処理できる。
- 塗膜くずにはPCBの他、鉛などの有害物が大量に含まれることが多く、焼却時にこれらを同時に処理できる施設がほとんどなかったため、事業者はこれらの塗膜くずを保管しなくてはならなかった。
- 2015年9月にPCBと鉛などの有害物を同時に安全に処理できる施設が環境大臣の認定を受けた。

# 構成

1. 塗替え塗装と素地調整
2. 土木鋼構造物用塗膜剥離剤ガイドライン（案）
3. 土木鋼構造物用塗膜剥離剤およびこれを用いた塗膜除去工法の品質規格（暫定案）
4. まとめ

## 塗膜剥離剤の品質規格（暫定案）

性能	項目	基準値
剥離性	剥離性	塗膜厚が概ね500 μmの一般塗装系塗膜に対し、1回の塗付で除去できること
作業性	たれ性	垂直面に塗付し、たれないこと
	塗付性	エアレス塗装機、はけ、あるいはローラーで塗付できること
安全性	生分解性※	平均生分解度60%以上であること
	魚毒性※	10 ppmより大きいこと
	火災安全性	引火点が93℃より大きいこと

※ 塗膜剥離剤や拭き取り用クリーナー等の「生分解性」「魚毒性」は、SDSに記載された有害性情報や組成情報の物質名をもとに判断することもできるが、これらを「製品」としての状態、所定の方法により基準値を満たすことを確認する方が望ましい。これら所定の方法により基準値を満たすことを確認された製品については、製品ラベル等に「生分解性・魚毒性確認済」の掲示を行って良いものとする。

# 塗膜剥離剤を用いた塗膜除去工法の品質（暫定案）

性能	項目	基準値
塗膜除去後の塗替え塗膜の耐久性・防食性 (右記の両方を満たすこと)	促進暴露耐久性	塗膜除去後の塗替え塗膜の耐久性が素地調整程度2種と同程度以上と判定されること
	屋外暴露耐久性	塗膜除去後の塗替え塗膜の耐久性が素地調整程度2種と同程度以上と判定されること
安全性	生分解性※	平均生分解度60%以上であること
	魚毒性※	10 ppmより大きいこと
	火災安全性	塗膜除去工法で使用するすべての材料（拭き取り材など）の引火点が93℃より大きいこと
	作業・周辺環境への影響	粉じん発生量が動力工具処理より少ないこと

※ 塗膜剥離剤や拭き取り用クリーナー等の「生分解性」「魚毒性」は、SDSに記載された有害性情報や組成情報の物質名をもとに判断することもできるが、これらを「製品」としての状態、所定の方法により基準値を満たすことを確認する方が望ましい。これら所定の方法により基準値を満たすことを確認された製品については、製品ラベル等に「生分解性・魚毒性確認済」の掲示を行って良いものとする。

## 塗膜剥離剤の試験（剥離性）

### （1）試験板

長さ300 mm以上、幅200 mm以上、厚さ3~5 mmのブラスト洗浄によって調整した普通鋼板に、下表に示す塗装系により被覆を施したものを試験板とする。試験板毎に、膜厚が500±25 μmであることを膜厚計で確認するものとする。試験板は最低3枚準備する。

剥離性試験用試験板の塗装系（一般塗装系（A,B）で膜厚500 μmのもの（以下は塗装仕様例））

工程	仕様
素地調整	ブラスト処理
プライマー	長ばく形エッチングプライマー（15 μm）
下塗り	鉛・クロムフリーさび止めペイント（35 μm）
下塗り	鉛・クロムフリーさび止めペイント（35 μm）
中塗り	長油性フタル酸樹脂塗料中塗り（30 μm）
上塗り	長油性フタル酸樹脂塗料上塗り（25 μm）

注1：[下塗り～上塗り]を4回繰り返して塗り重ね、合計膜厚を500 μmとする。

注2：試験片の養生は60℃の恒温槽中で行う。養生時間は、プライマー塗布→（24時間養生）→下塗り塗付→（24時間養生）→下塗り塗付→（24時間養生）→中塗り塗付→（24時間養生）→上塗り塗付→（7日間養生）→下塗り塗付（2回目）→以降、繰り返し。上塗り塗付後の養生後は、上塗り塗膜表面を軽く面粗しした後、次工程の下塗りを塗装するものとする。

注3：全工程完了後、試験片を60℃の恒温槽中で30日間養生した後に、試験に供するものとする。

# 塗膜剥離剤の試験（剥離性）

## （2）試験方法

室温23℃の試験室に試験板を水平に置き、試験板の片面に所定の方法（エアレス塗装機、はけ、あるいはローラー）で、剥離剤を塗りつける。この時、塗りつける剥離剤の単位面積当たりの量（g/m<sup>2</sup>）を、剥離剤塗りつけ前後の試験板を質量の差を求めることで計測する。

所定量の塗膜剥離剤を塗布した試験板を、室温23℃の試験室内に24時間静置したあと、手工具（スクレーパなど）で塗膜を剥離する。

上記の操作を剥離剤塗付量を変化させて実施し、剥離剤塗付面の全ての塗膜を剥がすことのできる剥離剤の単位面積当たりの量の最低値を求め、500 μmの塗膜を1回で剥離するのに必要な剥離剤の量<sup>注</sup>とする。

注：この値は「たれ性」の試験で必要となる。当初より複数の剥離剤塗付量を設定し、併行して試験することで効率的に求める値を得ることができる。

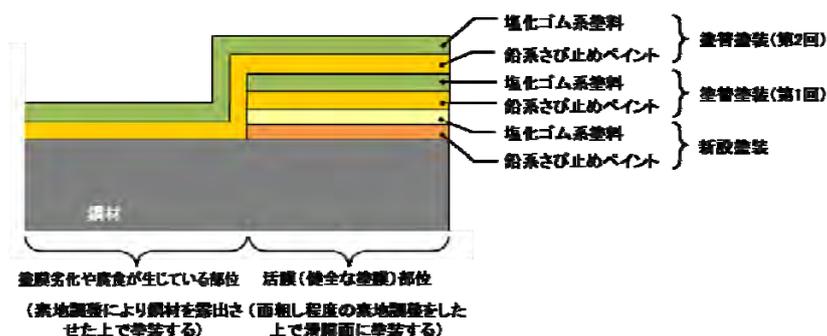
## （3）結果の判定

500 μmの塗膜を1回の剥離剤塗付で剥離できることを確認することにより結果を評価する。

# 塗膜剥離剤の品質について（剥離性）

- 国土交通省の調査によると、橋長15 m以上の道路橋約16万橋のうち、高度経済成長期に架設されたのはおよそ30%であり、これらの架設後の平均経過年数（2011年時点）は44年である。
- 一般塗装系の期待耐用年数は10年（やや厳しい環境）～15年（一般環境）とされていることから、架設から44年間で2ないし3回の塗替え塗装が行われているものと考えられる。一
- 一般塗装系の合計膜厚を120～180 μm程度と考えると、最も大きい膜厚で塗装された場合、現状の膜厚は下記の通りとなる。なお、この値は腹板等、比較的塗装しやすい部位における標準的な膜厚として示したものであり、橋の構造形式や部位によっては、さらに厚膜（1～3 mm程度）になる場合もある。

$$\text{新設塗装 (180 } \mu\text{m)} + \text{塗替え塗装 (180 } \mu\text{m)} \times 2\text{回} = 540 \mu\text{m}$$



塗膜剥離剤適用対象となる旧塗膜の一例

# 塗膜剥離剤の試験（たれ性）

## ■ たれ性

### （1）試験板

長さ300 mm以上、幅200 mm以上、厚さ3~5 mmの普通鋼板に、一般外面用塗装系（鋼道路橋防食便覧（日本道路協会）に規定されるA-5系を標準とする）で被覆を施したものを試験板とする。試験板は3枚準備する。

### （2）試験方法

室温23℃の試験室に試験板を垂直に、板の下端が床から浮いた状態に固定する。試験板の片面に所定の方法（エアレス塗装機、はけ、あるいはローラー）で、「剥離性」の試験で求めた500 μmの塗膜を1回で剥離するのに必要な剥離剤の量（g/m<sup>2</sup>）を塗りつける。塗りつけ完了後、5分後に剥離剤の試験板からの落下が無いことを確認する。

注：長さ500 mm以上の鋼板を使用し、板を垂直に下端を治具等に固定する様に設置して、剥離剤の塗布を鋼板上部から高さ300mm分のみに行い、5分後に剥離剤が試験板の塗布していない下部にたれないことで確認しても良い。

# 塗膜剥離剤の品質について（たれ性）

- 塗膜剥離剤は有効成分が塗膜内部に浸透し、塗膜を軟化、膨潤させることにより、塗膜除去を可能にするものである。塗膜剥離剤の種類や環境温度などにもよるが、有効成分は徐々に塗膜内部に浸透するため、塗膜の軟化には時間を要する。
- 塗膜の軟化時間は10℃以上で24時間とされている塗膜剥離剤が多く、軟化時間の間は塗膜剥離剤が塗膜除去面にとどまることが必要である。
- 塗膜除去面は下向き面に比べて、垂直面や上向き面であることが多く、塗付した塗膜剥離剤が自重によりだれる、または落ちることが懸念される。したがって、塗膜剥離剤の性能を発揮するため、塗膜剥離剤は塗膜除去面からだれないことが求められる。
- 塗付した塗膜剥離剤が作業床にだれる、または落下すると作業環境を汚染することになり、作業床に落下した塗膜剥離剤により作業者が足を滑らせて転倒するなどの労働災害を招くおそれがある。

# 塗膜剥離剤の試験（生分解性）

## （1）試験方法

試験方式は閉鎖系酸素消費量測定装置（BOD測定装置）による遮光下での攪拌培養法（BOD法）とする。基礎培養基は下記の試験方法に従って調製する。培養試験区は、検体（塗膜剥離剤）+微生物源+基礎培養基とし、試験回数は3回とする。検体濃度は100 mg/L、微生物源は下記の試験方法に定められた活性汚泥を用い、懸濁物質濃度が30 mg/Lとなるようにする。培養試験区とは別に、検体を添加しないブランク区を設定する（試験回数：1回）。また、試験期間は28日間、試験温度は $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ とし、BOD測定装置によりBODを連続測定する。

・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)"

なお、本試験については、化学物質GLP適合試験として実施する。

53

# 塗膜剥離剤の試験（生分解性）

## （2）生分解度の算出

生分解度を下式による算出する。

$$\text{生分解度 (\%)} = (\text{BOD} - \text{B}) / \text{ThOD} \times 100$$

ここに

BOD：培養試験区の酸素消費量（測定値）（mg）

B：ブランク区の酸素消費量（測定値）（mg）

ThOD：検体が完全に無機化された場合に必要とされる理論的酸素要求量（mg）

ThODとして、JIS K 0102：2013「工場排水試験方法」20.ニクロム酸カリウムによる酸素消費量3)の項に従って測定した酸素消費量（CODCr）を用いる。なお、検体に含まれる各成分の化学構造及び含有割合や、検体の元素分析値からThODを算出しても良い。

## （3）報告

前述の試験方法に記載された試験の有効性基準を満たしたこと、試験期間中の分解曲線、28日後の各試験区の分解度及びその平均値を報告する。

54

## 塗膜剥離剤の品質について（生分解性）

- 経済産業省および環境省においては、化学物質の生分解性および生態影響に関する知見を収集し、生態系に対するリスクの評価に役立てるとともに、OECDにおける高生産量（High Production Volume: HPV）化学物質の有害性評価プログラム（HPVプログラム）に貢献することを目的として、OECDの定めたテストガイドライン又は化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律（昭和48年法律第117号）テストガイドラインに基づき、生分解性および水生生物（藻類、甲殻類、魚類及び底生生物）を対象とした生態毒性に関する試験を実施してきた。
- 化学物質の生分解性については、これらの結果等を踏まえ、「監視化学物質への該当性の判定等に係る試験方法及び判定基準」（最終改正平成23年4月22日）に記載の以下基準を基本とし、該当性の判定を行うこととしている。

（良分解性）

3つの試験容器のうち2つ以上でBODによる分解度が60%以上であり、かつ3つの平均が60%以上であること。

（難分解性）

良分解性でないこと。

上記を踏まえ、塗膜剥離剤の品質規格における基準値としては、「平均生分解度60%以上」を採用した。

55

## 塗膜剥離剤の試験（魚毒性）

下記の試験方法に準拠したヒメダカに対する96時間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（LC50）を魚毒性とする。

- JIS K 0102 : 2013「工場排水試験方法」71.魚類による急性毒性試験
- 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)

なお、本試験については、化学物質GLP適合試験として実施する。また、必要に応じて OECD Series on Testing and Assessment, No. 23, "Guidance Document on Aquatic Toxicity Testing of Difficult Substances and Mixtures"等を参照する。

56

## 塗膜剥離剤の品質について（魚毒性）

- 化審法における生態毒性の判定試験の一つとして、魚類を用いた急性毒性試験がある。これは、水に溶解した状態の化学物質に曝露された生物の半数（50%）が試験期間内に死亡する濃度を求めるものであり、化学物質の急性毒性の強さを示す代表的指標として利用される。実際には、実験データから濃度－死亡率のグラフを描き、死亡率50%の濃度（LC50）を求める。50%値が用いられる理由は、統計学的に最もばらつきが小さいからである。魚類急性毒性試験におけるLC50は、試験に用いられた魚種の50%が死亡する化学物質の濃度を意味する。試験に用いる魚種により感受性は異なるが、同じ魚種についての試験結果であればLC50が小さい化学物質の方が急性毒性は大きいと考えられる。水生環境有害性の判定基準は規制体系によって若干異なるが、たとえばGHS※では魚類の96時間LC50により以下の区分を採用している。

[1] 96hr LC50（魚） $\leq 1$  mg/l  $\Rightarrow$  水生生物への強い毒性を有する

[2] 96hr LC50（魚） $> 1$ 、 $\leq 10$  mg/l  $\Rightarrow$  水生生物への毒性を有する

[3] 96hr LC50（魚） $> 10$ 、 $\leq 100$  mg/l  $\Rightarrow$  水生生物に有害

上記を踏まえ、塗膜剥離剤の品質規格における基準値としては、水生生物への毒性を持たないと判断される「10 mg/lより大きいこと」を採用した。96時間LC50が100 mg/l以下の場合には「水生生物に有害」と判定されるが、塗膜剥離剤やクリーナー等の環境への漏えいを極力防止すること、万一漏えいした場合にも一定水準以上の生分解性が担保されていること、により水生環境に対する安全性は確保できるものと考えられる。

57

## 塗膜剥離剤の試験（火災安全性）

JIS K 2265-1～4：2007「引火点の求め方」で規定されるいずれかの試験方法によって、引火点を求める。

① JIS K 2265-1: 2007 引火点の求め方－第1部：タグ密閉法, 2007

② JIS K 2265-2: 2007 引火点の求め方－第2部：迅速平衡密閉法, 2007

③ JIS K 2265-3: 2007 引火点の求め方－第3部：ペンスキーマルテンス密閉法, 2007

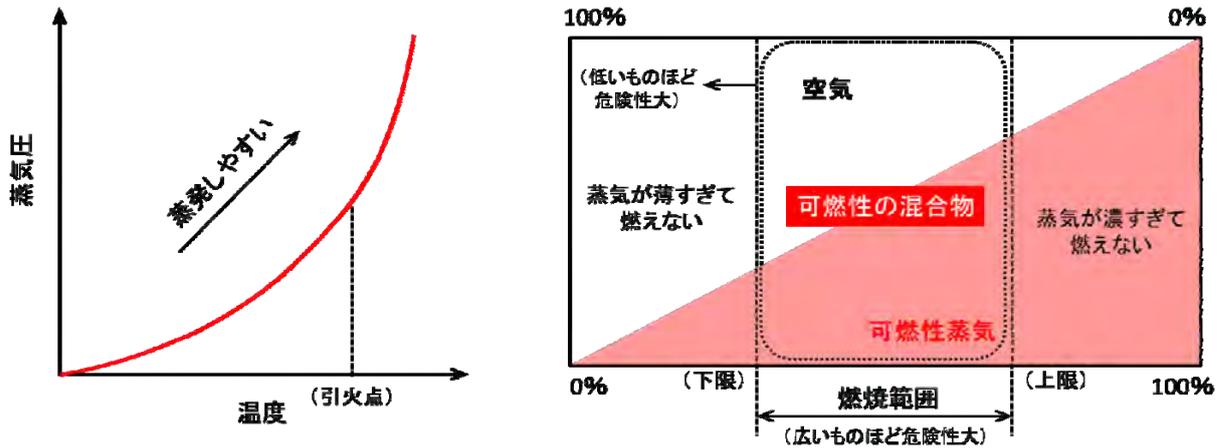
④ JIS K 2265-4: 2007 引火点の求め方－第4部：クリーブランド開放法, 2007

58

# 塗膜剥離剤の品質について（火災安全性）

## 引火点とは？

- 液体の温度が上がると蒸気圧が増加する（蒸発しやすくなる）  
→ 空気中の**蒸気濃度**が増加。
- 空気中で燃焼できる濃度は物質によって異なる → **燃焼範囲**
- 液面上での蒸気濃度が燃焼範囲の下限に達する温度を「**引火点**」という。
- 液温が引火点より低い場合は蒸気が薄すぎるため、**点火源があっても燃焼しない**。



可燃性の混合物を作ることができる最低の温度が「引火点」

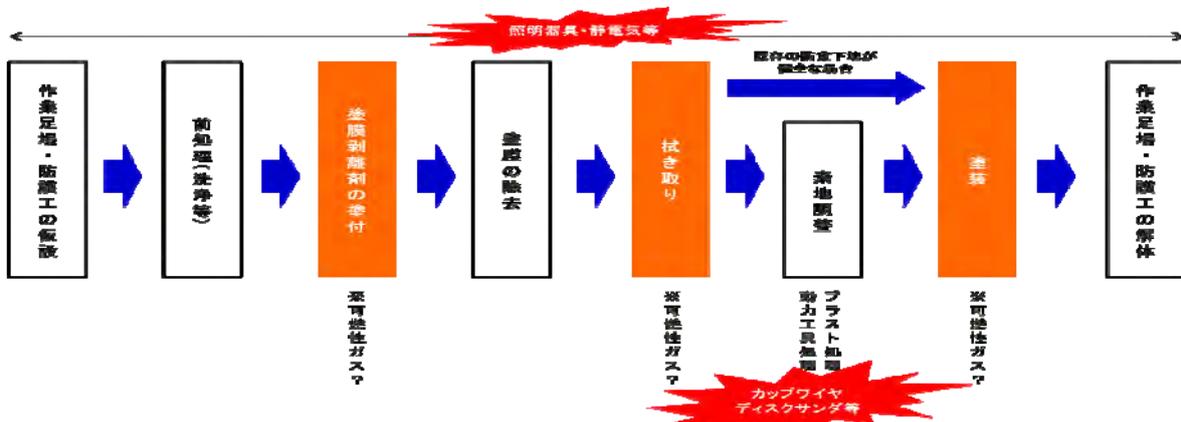
# 塗膜剥離剤の品質について（火災安全性）

## 塗替え塗装工事における可燃性ガスの発生要因

塗膜剥離剤、塗膜除去後の拭き取りに用いる溶剤、塗料に含まれる or 塗料を薄める溶剤、器具類を洗浄する溶剤

## 主な点火源

高温となった照明器具、静電気または動力工具（カップワイヤ、ディスクサンダ等）により生じる火花



引火点が高く（≒可燃性ガスが発生しにくい）、塗膜除去後の拭き取りに溶剤を用いない塗膜剥離剤は、塗膜除去・素地調整工程における火災リスクは小さいと言える。

# 塗膜剥離剤の品質について（火災安全性）

- 塗膜剥離から素地調整を行う工程では、塗膜剥離剤やクリーナー等の蒸気が充満した作業場内で動力工具等が使用される危険性があり、他の塗装工程よりも火災に繋がるリスクが高い。そのため、塗膜剥離剤の引火点はできるだけ高い方が望ましい。
- 消防法における第4類、第3石油類は引火点が70℃以上200℃未満、第4石油類では200℃以上250℃未満の物質を対象としている。
- 一方、GHSにおける引火性液体の判定基準は下記の通りである。

（GHS の判定基準）

区分1 引火点23℃未満および初留点※35℃以下

区分2 引火点23℃未満および初留点35℃超

区分3 引火点23℃以上、60℃以下

区分4 引火点60℃超、93℃以下

※ 凝縮管の下端から留出液の最初の一滴が落下したときの温度

引火点が93℃を超える液体については引火性液体の区分外となり、取扱い上の安全性が高いと判断される。よって、塗膜剥離剤の品質規格における基準値としては、引火点93℃以上を採用した。

61

# 塗膜剥離剤を用いた塗膜除去工法の試験（促進暴露耐久性）

## （1）試験板

### a) 剥離用試験板の作製

長さ150 mm、幅70 mm、厚さ3~5 mmの普通鋼板（JIS G 310110）に規定するSS400の鋼板にブラスト処理したものに、下表に示す2種類の塗装系（A塗装系およびB塗装系）で被覆を施したものを剥離用試験板とする。試験板は塗装系1条件につき3枚作製する。

剥離用試験板の塗装系

塗装系の名称	塗装系
A塗装系	長ばく形エッチングプライマー（15 μm）/鉛・クロムフリーさび止めペイント（35 μm（2回））/長油性フタル酸樹脂塗料中塗り（30 μm）/長油性フタル酸樹脂塗料上塗り（25 μm）（総膜厚140 μm）
B塗装系	無機ジンクリッチプライマー（15 μm）/エポキシ樹脂系塗料下塗り（60 μm）/塩化ゴム系塗料中塗り（35 μm）/塩化ゴム系塗料上塗り（30 μm）（膜厚140 μm）

※1：試験片の養生は60℃の恒温槽中で行う。養生時間は、プライマー塗布→（24時間養生）→下塗り塗付→（24時間養生）→下塗り塗付→（24時間養生）→中塗り塗付→（24時間養生）→上塗り塗付→（7日間養生）→下塗り塗付（2回目）→以降、繰り返し。上塗り塗付後の養生後は、上塗り塗膜表面を軽く面粗しした後、次工程の下塗りを塗装するものとする。

※2：全工程完了後、試験片を60℃の恒温槽中で30日間養生した後に、試験に供するものとする。

62

# 塗膜剥離剤を用いた塗膜除去工法の試験（促進暴露耐久性）

## b) 素地調整

前項で作製した剥離用試験板の塗膜を、塗膜剥離剤を用いて剥離する。さらに、塗膜剥離後の試験片表面を、必要に応じて後処理（例えばウェス拭き、クリーナー等による洗浄、動力工具処理など）する。塗膜剥離方法や後処理方法、仕上がり状態については、各塗膜剥離剤の製造メーカーが想定する標準的な施工要領に基づくものとする。比較対象として、剥離剤を用いない下記の2つの素地調整を行う試験板も3枚ずつ作製する。

①比較1：ブラスト処理（素地調整程度1種、ISO 8501-1 Sa2 1/2）

②比較2：動力工具処理（塗膜を完全除去（素地調整程度2種、ISO 8501-1 St 3））

## c) 再塗装

前項の素地調整を施した試験板に、下表の塗装系（Rc-I塗装系）による塗装を行う。塗装後の試験板片面中央部には、鋼材素地まで達するカット（傷、幅0.5～1.0 mm）を入れて、暴露耐久性試験用試験板とする。

再塗装における塗装系（総膜厚250 μm）

工程	塗装系
防食下地	有機ジンクリッチペイント（75 μm）
下塗	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗（60 μm）
下塗	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗（60 μm）
中塗	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料用中塗（30 μm）
上塗	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料上塗（25 μm）

63

# 塗膜剥離剤を用いた塗膜除去工法の試験（促進暴露耐久性）

## （2）促進暴露耐久性試験

前項で作製した暴露耐久性試験用試験板に対して、下記に示す複合サイクル試験（A法（土研法）あるいはB法（JIS法））を実施する。

A法：以下を1サイクル（24時間）とするサイクル腐食試験を250サイクル

湿潤（95%,30℃）1.0h → 塩水噴霧（5% NaCl aq, 30℃）2.0 h

→ （乾燥（20%,50℃）1.5 h → 湿潤（95%,50℃）1.5 h）×6回

→ 乾燥（20%,50℃）1.5 h → 乾燥（20%,30℃）1.5 h

B法：JIS K 5600-7-9: 2006「塗料一般試験方法－第7部：塗膜の長期耐久性－第9節：サイクル腐食試験方法－塩水噴霧/乾燥/湿潤」附属書1に規定されるサイクルDに準拠したサイクル腐食試験（1サイクル＝6時間）を1400サイクル

# 塗膜剥離剤を用いた塗膜除去工法の試験（促進暴露耐久性）

## （3）腐食進行グレードの評価

所定のサイクル数の促進暴露耐久性試験が終了した試験板は、複合サイクル試験機から取り出して清水で洗浄したのち、劣化程度を以下の手法により評価する。

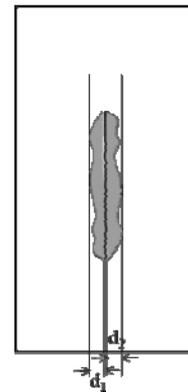
### a) カット部分以外の一般部

ISO 4628に従って外観観察を行う。

### b) カット部

カット部分傷端からの鋼材腐食の、試験板表面方向への腐食進行長さ（幅）の最大値を2方向について求め、その平均値から以下により、塗膜カット部評点を求める。

塗膜カット部 評 点	腐食の進行長さの最大値の 平均値(mm)
1	3 mm未満
2	3 mm以上～10 mm未満
3	10 mm以上～20 mm未満
4	20 mm以上～30 mm未満
5	30 mm以上



65

# 塗膜剥離剤を用いた塗膜除去工法の試験（促進暴露耐久性）

## （4）結果の判定

### a) カット部以外の劣化が0または軽微、カット部の評点が以下の様になる場合

①比較1（素地調整程度1種） < 評価対象試験板 ≤ ②比較2（素地調整程度2種）

あるいは

①比較1（素地調整程度1種） ≧ 評価対象試験板 < ②比較2（素地調整程度2種）

塗膜剥離工程の再塗装性を素地調整程度2種と同程度以上と判定

（但しいずれの場合も、比較2（素地調整程度2種）の評点が2以上であること）

66

# 塗膜剥離剤を用いた塗膜除去工法の試験（促進暴露耐久性）

## （4）結果の判定

b) カット部以外の劣化が0または軽微ではない場合

カット部以外の劣化について

①比較1（素地調整程度1種） < 評価対象試験板 ≤ ②比較2（素地調整程度2種）

かつ

塗膜カット部評点について

①比較1（素地調整程度1種） < 評価対象試験板 ≤ ②比較2（素地調整程度2種）

あるいは

①比較1（素地調整程度1種） ≧ 評価対象試験板 < ②比較2（素地調整程度2種）

塗膜剥離工程の再塗装性を素地調整程度2種と同程度以上と判定する。

（但しいずれの場合も、比較2（素地調整程度2種）の評点が2以上であること）

注：①比較1（素地調整程度1種）の塗膜カット部評点およびカット部以外の劣化が、②比較2（素地調整程度2種）よりも大きい場合は、試験結果を棄却する。

67

# 塗膜剥離剤を用いた塗膜除去工法の試験（屋外暴露耐久性）

## （1）試験板

### a) 剥離用試験板の作製

長さ300 mm、幅100 mm、厚さ3~5 mmの普通鋼板（JIS G 310110）に規定するSS400の鋼板にブラスト処理したものとする。暴露架台取り付け用の孔を有していても良い。「促進暴露耐久性」と同様の2種類の塗装系（A塗装系）で被覆を施したものを剥離用試験板とする。

### b) 素地調整

前項の剥離用試験板について、「促進暴露耐久性」と同様に素地調整を行う。

### c) 再塗装

前項の素地調整を施した試験板に、「促進暴露耐久性」と同様の手法で再塗装を行い、暴露耐久性試験用試験板を製作する。

## （2）屋外暴露試験

前項で製作した暴露耐久性試験用試験板に対して、JIS K5600-7-6:2002に準拠して暴露試験を実施する。暴露試験場所は任意とする。

68

# 塗膜剥離剤を用いた塗膜除去工法の試験（屋外暴露耐久性）

## （3）腐食進行グレードの評価

所定の期間暴露後の試験板を清水で洗浄したのち、「促進暴露耐久性」と同様に劣化程度を評価する。

## （4）結果の判定

- a) 比較2（素地調整程度2種）の塗膜カット部評点が2未満である場合は、結果の判定を行わず、暴露試験を継続する。
- b) 比較2（素地調整程度2種）の塗膜カット部評点が2以上である場合は、結果の判定を「促進暴露耐久性」と同様に実施する。

注：飛来塩分量の比較的多い環境において暴露試験を実施することで、比較2（素地調整2種）の塗膜カット部評点が2以上になるまでの時間を比較的短くすることができる。

## 塗膜剥離剤による旧塗膜の除去と素地調整

種別		素地調整程度 1 種	素地調整程度 2 種 (ブラスト機材の搬入が困難な場合、部材に研削材を投射することが適切でない場合など)
作業内容		さび、旧塗膜をすべて除去し鋼材面を露出させる。	旧塗膜、さびを除去し鋼材面を露出させる。ただし、くぼみ部などにさび／塗膜が残存する。
作業方法	1次処理 (塗膜除去工)	塗膜剥離剤	塗膜剥離剤
	2次処理 (素地調整工)	ブラスト処理 (完全防護が必要)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ディスクサンダー／ワイヤホイールなどの動力工具処理 (完全防護が必要)</li> <li>• 動力工具処理と手工具処理の併用工法 (完全防護が必要)</li> </ul>
塗替え塗装系		Rc- I 塗装系	Rc- II 塗装系

## 塗膜剥離剤を用いた塗膜除去工法の品質について（暴露耐久性）

- 剥離剤による作業後にブラスト処理や動力工具処理を行ったとしても、剥離剤が完全に除去できていなかったり、ムラとなって一部に残ってしまう可能性がある。また現状では、鋼材面に剥離剤が残存しているとしても、これを現場で確認できる方法がない。
- 「鋼道路橋防食便覧」では、「B-2塗装系（鋼道路橋塗装便覧、昭和54年）のように、ジंकリッチプライマーやジंकリッチペイントが下塗りに使用された旧塗膜の塗替えを行う場合、旧塗膜のジंकリッチプライマーやジंकリッチペイントに劣化が無いことが確認できた場合は、ジंकリッチプライマーやジंकリッチペイントを残し、ほかの旧塗膜を全面除去して、塗替え塗装系Rc-Ⅱを適用してもよい。この場合、素地調整に伴う粉じんや騒音が問題となる場合は、剥離剤の併用も検討するとよい」（p.Ⅱ-117）とされている。
- 上記のことから、鋼材面やジंकリッチ塗料面に残存した微量の塗膜剥離剤が、塗膜性能に悪影響を与えないことを確認するために必須の試験である。
- この試験方法では、塗膜剥離剤により塗膜を除去した場合を、素地調整程度1種および2種による場合と比較する方法によっている。このため、適切な評価のためには、この中で最も防食性に劣ると予想される素地調整程度2種による試験片に、ある程度の劣化が認められることが必要である。
- 暴露試験の場所および期間については明確に規定しなかった。もっとも重要なのは、素地調整程度2種による試験片のカット部評点が、2程度以上となることであり、暴露場所の腐食環境と試験期間により、そのようになる条件を選ぶことが必要である。

71

## 塗膜剥離剤を用いた塗膜除去工法の試験（粉じん発生量）

### （1）測定環境

実際の鋼橋の塗装現場を使用した試験施工、あるいはこれと同等に用意した模擬的作業環境によるものとする。通常の塗替え塗装と同等の足場、養生を伴った環境とする。

### （2）粉じん測定方法

労働安全衛生法の規定に基づき定められた作業環境測定基準の、「粉じん濃度等の測定」に準拠して実施する。

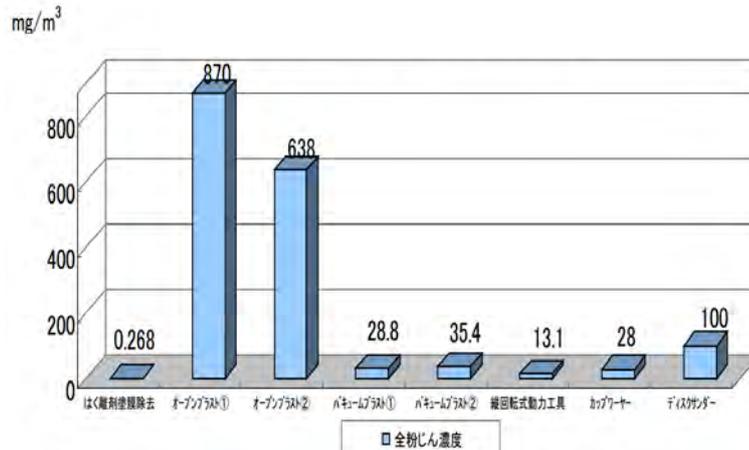
### （3）試験の実施

一般塗装系が既に塗装されている鋼部材の塗膜（面積5㎡程度）について、塗膜剥離剤を用いた剥離作業を行い、その間における作業環境の粉じん発生量を前項の手法で計測する。塗膜剥離剤による剥離後に、同程度の部位・面積・その他条件について、動力工具処理による素地調整作業を行い、その間における作業環境の粉じん発生量を測定する。

72

# 塗膜剥離剤を用いた塗膜除去工法の品質について（粉じん発生量）

ブラスト処理の場合、最も粉じん量が多く、およそ600～900 mg/m<sup>3</sup>であるのに対し、動力工具処理の場合はその100 mg/m<sup>3</sup>以下まで抑えられる。しかしながら、労働安全衛生や環境負荷低減の観点から考えると粉じん発生量はさらに少ないことが望ましく、本マニュアルにおける品質規格においては、「従来工法（動力工具処理による素地調整）よりも少ないこと」を基準として設定した。



塗膜除去工法の粉じん発生量の実測例

（出典：西崎 到, 天羽嘉津志：寒冷地における塗膜はく離工法及び作業環境の評価, 土木技術資料, Vol. 55, No. 2, pp. 26-29, 2013）

73

## 作業者の健康に対する安全性

塗膜剥離剤を用いた作業においては、作業者等に重度の健康障害が発生しないよう、塗膜剥離剤や拭き取り作業用のクリーナー等には、法令等で規制された化学物質が含まれていない製品を使用することが望ましい。法令等で規制された化学物質には、以下が含まれる。なお、塗膜剥離剤やクリーナー等の中には、皮膚刺激性が高い化学物質が含まれている製品もあるため、製品毎に安全データシート（SDS）の内容を把握した上で、取扱いには十分留意する必要がある。

### （1）塗膜剥離剤及び拭き取り用クリーナー等に含まれてはならない化学物質

- 労働安全衛生法施行令第十六条第一項で製造等が禁止される有害物等
- 労働安全衛生法施行令別表第三第一号に掲げる「第一類物質」
- 毒物及び劇物取締法別表第一に掲げる「毒物」
- 毒物及び劇物指定令で指定されている「毒物」
- 化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律（化審法）で定める「第一種特定化学物質」「第二種特定化学物質」「監視化学物質」

### （2）塗膜剥離剤及び拭き取り用クリーナー等に含まれていないことが望ましい化学物質

- 労働安全衛生法施行令別表第三第二号掲げる「第二類物質」

74

# 構成

---

1. 塗替え塗装と素地調整
2. 土木鋼構造物用塗膜剥離剤ガイドライン（案）
3. 土木鋼構造物用塗膜剥離剤およびこれを用いた塗膜除去工法の品質規格（暫定案）
4. まとめ

75

## まとめ（1）

---

### 1. 「土木鋼構造物用塗膜剥離剤ガイドライン（案）」の要点

- 土木鋼構造物に適用する塗膜剥離剤および塗膜剥離剤工法の品質は、「土木鋼構造物用塗膜剥離剤およびこれを用いた塗膜除去工法の品質規格（暫定案）」を満たす必要がある。
- 全ての塗膜剥離剤および塗膜剥離剤工法が対象（塗膜剥離後の拭き取り作業にクリーナー等を用いる製品については、当該クリーナーも対象となる）。
- 塗膜剥離剤および塗膜剥離剤工法は、素地調整程度3種での塗替え塗装には適用しない（塗膜剥離剤による既存塗膜への影響が不明であるため）。ただし、旧塗膜の防食下地がジンクリッチペイントである場合を除く。
- 塗膜剥離剤の製造業者等は、塗膜剥離剤製品の性能が「土木鋼構造物用塗膜剥離剤およびこれを用いた塗膜除去工法の品質規格（暫定案）」を満たしていることを、性能証明書をもって証明する。品質確認試験の実施及び性能証明書の発行は公的機関によることが望ましい。

76

## まとめ（2）

### 1. 「土木鋼構造物用塗膜剥離剤ガイドライン（案）」の要点（つづき）

- 塗膜剥離剤を用いた塗膜除去工法の適用に際しては、事前に対象橋梁の塗装系、対象橋梁や塗膜の劣化状況、塗膜に含まれる有害物の種類や含有量について図書調査や現地調査を行うと共に、選定した塗膜剥離剤が対象の塗膜除去に適している否かを、剥離試験を実施し確認する。
- 塗膜剥離剤やクリーナー等の中には皮膚刺激性が高い化学物質が含まれている製品があり、塗膜剥離剤や剥離した塗膜が皮膚に付着し、化学熱傷を引き起こす事例が報告されているため、製品毎に安全データシート（SDS）の内容を把握した上で、取扱いには十分留意する。

77

## まとめ（3）

### 2. 今後見直しが必要な箇所

<課題> 塗膜剥離剤および塗膜剥離剤工法の対象となる塗膜は、「鋼道路橋塗装便覧（平成2年6月）」以前の古い塗装系塗膜が大半。

- 現行の「鋼道路橋防食便覧」では取り扱われおらず、試験のために入手することが困難な塗料が多い。
- 過去に塗替え塗装が幾度か行われていることが多く、総膜厚が500  $\mu\text{m}$ を超える厚膜となっている場合が多い。
- 現在使われている主要な塗料とは硬化乾燥の機構が異なっており、実橋における塗膜と同等の硬化状態となるまでには長期間の養生を要する。

<品質規格（暫定案）における対応>

- 「鋼道路橋防食便覧」のA-5塗装系相当とする。
- 500  $\mu\text{m}$ の膜厚を得るために、下塗り～上塗りを4回繰り返し塗装する。
- 養生時間を含めると、試験片が完成するまでに2ヶ月程度の長時間を要する。

78