

共同研究報告書

整理番号第409号

インバイロワンの性能向上に関する 共同研究報告書

鋼構造物塗膜、環境対応現場塗膜除去技術
インバイロワン工法施工マニュアル

平成23年2月



独立行政法人土木研究所



山一化学工業株式会社

Copyright © (2010) by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Chief Executive of P.W.R.I.

この報告書は、独立行政法人土木研究所理事長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、独立行政法人土木研究所理事長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

インバイロワンの性能向上に関する 共同研究報告書

鋼構造物塗膜、環境対応現場塗膜除去技術
インバイロワン工法施工マニュアル

独立行政法人土木研究所	材料地盤研究グループ(新材料)
上席研究員	西崎 到
総括主任研究員	守屋 進

山一化学工業株式会社	
常務取締役	白井 明
改修事業部長	仲根 巧
改修事業部課長	石井達実
那須工場 技術課	稲川友康

要旨

本マニュアルは、インバイロワン工法を適用した塗り替え塗装工事が確実に行われるための留意点などについて、共同研究の成果および、その後の普及活動(平成22年3月現在 約12万 m^2)を通じた実務的検証に基づいてインバイロワン工法施工マニュアルを改訂したものである。

キーワード：インバイロワン工法、塗膜はく離剤、塗膜除去工、鋼構造物塗膜

はじめに

鋼道路橋は、国民の生活や経済活動に不可欠な社会基盤として全国に多数存在しており、そのほとんどが塗装で防食されている。これまで鋼道路橋に広く適用されていた一般塗装系塗膜は、10年から15年程度で塗替えが必要であるため鋼道路橋の維持管理費の大きな部分を塗装の塗替え費用が占めていると言われている。このため、これまで海上橋などの厳しい腐食環境や跨線橋などの塗替えが困難な橋梁に適用されてきた重防食塗装系を、一般環境の橋梁にも適用することによって鋼道路橋のライフサイクルコスト (LCC) を低減させることを目指して、平成17年12月に発刊された鋼道路橋塗装・防食便覧((社)日本道路協会)では、腐食環境にかかわらず重防食塗装系を適用することが基本となった。新設橋梁は重防食塗装系に移行してきたが、既設橋梁の塗替えでは重防食塗装系への移行が進んでいないのが現状である。重防食塗装系へ移行するためには、防食下地に有機ジンクリッチペイントを塗付するために既に塗られている一般塗装系塗膜を素地調整程度1種または2種で完全に除去することが必要である。しかしながら、素地調整程度1種のブラスト工法、2種の電動工具処理では、旧塗膜を物理的に細かく粉砕するため、鉛などの有害物質を含んだ塗膜ダストの飛散による周辺環境の汚染を防ぐことが不可欠であるが、塗膜ダストの飛散を完全に防ぐことは難しいのが現状である。また、これら有害物質を含む塗膜ダストは特別管理産業廃棄物として処分しなくてはならず、ブラスト工法では、使用した研削材も塗膜ダストと一緒に特別管理産業廃棄物として処分する必要がある。さらにこれらの塗膜除去工法は、騒音も大きいため住宅地や病院、学校などの周辺では、騒音対策も不可欠である。このように、現場塗替え塗装で素地調整程度1種、2種を適用することは、環境対策費と廃棄物処理費が追加されるため塗替え塗装工事の費用が増加することになる。

従来工法による旧塗膜除去の課題を解決する方法として、環境対応現場塗膜除去工法インバイロワン工法を独立行政法人土木研究所と山一化学工業株式会社は共同研究で開発した。この工法は、旧塗膜を溶解せず、軟化・可塑化させて湿潤塗膜として除去するため、有害物質を含む塗膜を飛散させずに容易かつほぼ完全に回収することが可能であり、また騒音や溶剤臭もほとんどなく作業や周辺環境にやさしい塗膜除去工法である。平成15年度から3ヵ年の共同研究で開発されたインバイロワン工法は、すでに12万m²以上の実績があるが、適用温度条件が10℃以上であるため、冬季間などは使用しにくいことがあった。

このため、再度共同研究を平成20年2月から平成22年3月まで実施して、5℃から10℃では軟化に必要な時間が1時間毎測定した外気温の和が240℃・hrであるようにインバイロワンを改良した。

本マニュアルは、平成19年9月に発刊したインバイロワン工法施工マニュアルを、新たな共同研究の成果と、これまでの多数の施工実績で得られた知見に基づいて改訂したものである。

平成23年2月

目 次

はじめに

第1章 総則	1
1.1 目的	1
1.2 適用範囲	1
1.3 インバイロワン工法	1
1.4 用語の定義	6
第2章 材料	8
2.1 特徴	8
2.2 塗膜除去機能	8
2.3 安全性	10
2.4 材料性能	12
第3章 事前調査	13
3.1 事前調査の必要性	13
3.2 塗膜調査	13
3.3 現場気象調査	15
3.4 塗膜分析	15
3.5 はく離試験の計画	15
3.6 はく離試験	17
3.7 はく離試験チェックシート	20
3.8 はく離試験の手順	21
3.9 各種塗装系塗膜の軟化状態	23
3.10 施工計画	25
第4章 塗膜除去工	28
4.1 足場架設	28
4.2 施工手順	28
4.2.1 養生	29
4.2.2 塗膜厚および塗装系の再確認	30
4.2.3 インバイロワンの塗付	31
4.2.4 塗膜の軟化状態の確認	33
4.2.5 軟化状態の例	35
4.2.6 軟化塗膜の除去	37
4.2.7 オプション処理	41

第5章 除去塗膜の回収・集積	42
5.1 除去塗膜回収	42
5.2 産業廃棄物の取扱い	43
5.3 特別管理産業廃棄物の取扱い	43
5.4 PCB含有塗膜の取扱い	44
第6章 安全管理	45
6.1 作業員の安全管理	45
6.2 近隣環境の安全管理	46
第7章 施工管理	47
7.1 温度管理	47
7.2 塗付量管理	47
7.3 塗膜除去程度の確認	48
7.4 工程管理	49
あとかき	50
付属資料	
付属資料－1 生分解度試験	付1
付属資料－2 魚毒性試験	付9
付属資料－3 インバイロワン性能向上に関する共同研究	付15

第1章 総則

1.1 目的

本マニュアルは、インバイロワン工法で鋼構造物防食塗膜を安全かつ確実に除去するための施工方法および品質・安全管理方法を示すことを目的とする。

【解説】

鋼道路橋等の鋼構造物塗装はLCCの低減が求められ、塗替え塗装では、一般塗装系から耐久性に優れた重防食塗装系（有機ジンクリッチペイント／弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料／ふっ素樹脂塗料）への変更が不可欠である。重防食塗装系の防食下地であるジンクリッチペイントの防食効果を最大限に発揮させるためには、すでに塗られている一般塗装系塗膜を完全に除去する素地調整程度2種以上の鋼素地が必要である。また、一般塗装系塗膜は、鉛やクロム等の有害物質を含有しているので、環境保全および生活安全性の観点から、安全かつ確実に旧塗膜を除去・回収して適切に処分する事が求められている。現場で旧塗膜を完全に除去する方法としては素地調整程度1種のブラスト工法と、素地調整程度2種の電動工具による工法がある。いずれの工法も塗膜を粉砕してダストとしてしまうため、有害物質を含有する塗膜ダストの飛散を完全に防止することが求められるが、これを達成することは非常に困難である。また、ブラスト工法では、産業廃棄物（有害物質を含む塗膜粉砕物とそれに汚染された研削材）が大量に発生するなどの問題もある。

このような背景の下、独立行政法人土木研究所と山一化学工業株式会社は「鉛・クロムなどの有害物質を含有する塗膜の安全な除去に関する研究」を共同研究として実施し、「インバイロワン工法」を開発した。本マニュアルはインバイロワン工法を適用した塗り替え塗装工事が確実に行われるための留意点などについて、共同研究の成果および、その後の普及活動（平成22年3月現在 約12万m²）を通した実務的検証に基づいて取りまとめたものである。

1.2 適用範囲

本マニュアルは、鋼構造物に施されている一般塗装系塗膜を重防食塗装系塗膜へ変更する際、「インバイロワン工法」を用いて旧塗膜を除去する工事に適用する。

【解説】

ここでいう鋼構造物とは、鋼道路橋、鋼鉄道橋、鋼製水門等の河川管理施設および鉄塔やプラント等の一般塗装系が塗装されている鋼構造物である。

1.3 インバイロワン工法

インバイロワン工法は、一般塗装系（フタル酸系、塩化ゴム系）塗膜に適用できる。また、一般塗装系以外の塗装系についても適用できるものがある。

【解説】

インバイロワン工法ははく離剤を塗膜表面に塗付けて、塗膜を軟化させ、はく離、除去する工法である。ブラスト工法等と比較して粉塵・騒音の発生が非常に少ない。一方、化学的作用によるため、インバイロワンを効果的に使用するには、塗膜の種類・膜厚・気温・塗付量などについて事前に検討する必要がある。また、軟化した塗膜を効率よく除去するための皮スキ、スクレーパー等、使用する手工具についても部材形状等に応じて適切なものを選定する必要がある。

従来の工場の塗装ライン（塗装を仕損じた時に再度塗装するための塗膜はく離）、建物外壁塗装替え（塗替え時に建物素地の劣化確認・補修のための仕上げ塗膜のはく離）等の分野ではく離剤が活用されてきたが、鋼構造物防食塗膜除去の目的ではほとんど適用された事例はない。しかし、鋼構造物塗膜除去では、再塗装時の塗膜付着力等塗膜性能への影響について、十分検証されていることが不可欠である。また、はく離剤の成分が自然環境および作業者安全性に十分配慮されていることも重要である。鋼構造物防食塗装分野における塗膜除去工法の比較を表解－1に示す。

(1)適用可能な範囲

道路構造物は、鋼道路橋塗装便覧（(社)日本道路協会）のA,a塗装系塗膜およびB,b塗装系塗膜、河川管理施設はダム・堰施設技術基準（(社)ダム・堰施設技術協会）、水門鉄管技術基準（(社)水門鉄管協会）、機械設備塗装要領（(社)建設機械化協会）のフタル酸系塗膜および塩化ゴム系塗膜(ジnkリッチプライマーより上の塗膜)

(2)特に効果の高い適用塗膜

鉛・クロム等の有害物質を含むA,a塗装系、B,b塗装系塗膜
PCBを含むB,b塗装系塗膜(ジnkリッチプライマーより上の塗膜)

(3)適用できない塗膜

ガラスフレーク系塗膜、無機系塗膜、ジnkリッチプライマー、ジnkリッチペイント。

(4)膜厚

1度のインバイロワンの塗付で除去可能な膜厚は500μm程度まで。500μm以上はインバイロワン塗付除去作業が2度以上必要となる。

(5)気温

塗膜の軟化には、軟化積算温度が240℃・hrであることが必要である。作業場内の気温は場所により異なるので日陰で測定する。

表解－1（1） 塗膜除去工法の比較(機械的工法)

工 法		特 徴	作業環境	周辺環境 への影響	塗膜回収性	課題等
機 械 的 工 法	ブラスト工法 (素地調整程度1種)	塗膜はく離は容易に行えるが、大型装置を設置するための耐加重足場が必要。	塗膜ダストを作業者が吸引しないための対策が必要。騒音が大きい。	塗膜ダストの飛散防止対策が困難。	塗膜ダストの回収率は低い。	除去塗膜と研削材（産業廃棄物）の発生量が膨大で処理コストが高い。特に十分な防護工が必要。
	電動工具処理 (素地調整程度2種)	平面の塗膜除去に適しているが、隅角部や連結部では除去が困難。生産性が低い。	塗膜ダストを作業者が吸引しないための対策が必要。騒音が大きい。	塗膜ダストの飛散防止対策が必要。	塗膜ダストの回収率は低い。	隅角部や連結部等では塗膜除去が難しく、作業に時間を要する。十分な防護工が必要。効率が非常に悪く、橋梁等大型構造物には適さない。
	ウォータージェット工法 (素地調整程度2種)	塗膜除去は比較的容易に行えるが、大型装置を設置するための耐荷重足場が必要。	騒音が大きい。	塗膜片を含んだ廃水の飛散防止対策が必要。	塗膜片を含む廃水の回収率は低い。	塗膜片を含んだ廃水の回収と、処理コストが高い。防護工が必要。

表解－1（2） 塗膜除去工法の比較(はく離剤工法)

工 法		特 徴	作業環境	周辺環境 への影響	塗膜回収性	課題等
はく 離 剤 工 法	従来型はく離剤工法 (素地調整程度2種)	塗膜は1層ずつしか除去できない。生産性が低い。	皮膚刺激性が強く揮発性も高いので、作業環境の溶剤濃度が高い。	生分解性が低い。大気汚染の可能性もある。毒性を有するものもある。	塗膜が溶解してしまい、回収しにくい。	多層塗膜を一度にはく離できないため、作業工数が多い。黒皮、さび部や連結部等は、電動工具等の併用が必要。
	インバイロワン工法 (素地調整程度2種)	塗膜はく離が容易に行える。一度の塗付で最大500μmまでの塗膜はく離が可能。	皮膚刺激性はほとんどなく、揮発性も低いので、作業環境の溶剤濃度が低い。有機溶剤中毒予防規則に該当しない。	生分解性が高い。魚毒性は家庭用中性洗剤程度。	塗膜は湿潤シート状に軟化されるので、回収が容易。	黒皮やさび部は、電動工具等の併用が必要。素地調整程度1種にするにはバキュームブラストの併用が必要。

インバイロワン工法の塗膜除去性を表解－2に示す。

表解－2 インバイロワン工法の塗膜除去性

除去性	塗膜(塗料)
はがしやすいもの (軟化しやすいもの)	長油性フタル酸樹脂塗料 塩化ゴム系塗料 変性エポキシ樹脂塗料
はがしにくいもの (軟化しにくいもの)	鉛丹さび止めペイント ^{※1} ポリウレタン樹脂塗料 ^{※2} ふっ素樹脂塗料 ^{※3} 超厚膜エポキシ樹脂塗料 ^{※4} エッチングプライマー ^{※5} シリコン樹脂塗料 タールエポキシ樹脂塗料 ^{※6} 有機ジンクリッチペイント 無溶剤形エポキシ樹脂塗料 エポキシ樹脂塗料 無機系塗料
はがせないもの (ほとんど軟化しないもの)	無機ジンクリッチペイント ガラスフレーク入り塗料

※1：エッチングプライマーのない黒皮や溶接箇所直接鉛丹さび止めペイントが塗装されている場合

※2, 3：樹脂組成によっては剥がれ難いものもある

※4, 6：インバイロワンの浸透に時間がかかる

※5：塗膜除去後の鋼板面のアンカーパターン凹部に残存する塗料

1.4 用語の定義

本マニュアルで用いる用語の定義は以下の通りとする。

- (1)塗膜はく離剤：塗膜表面に塗付け、主成分の浸透力・溶解力などで、塗膜を溶解・軟化させ、鋼材との結合力(接着力)を弱めて、塗膜を除去し易くする機能をもつ材料
- (2)塗付量：対象塗膜のはく離に必要な単位面積あたりのインバイロワンの量
- (3)軟化：インバイロワンが塗膜最上層から浸透し、塗膜全体が柔らかくなり、手工具等で容易に除去できる状態
- (4)軟化積算温度：インバイロワン塗付後、塗膜が軟化するまでの1時間毎に測定した外気温の和
- (5)PRTR：化学物質排出把握管理促進法
- (6)塗膜有害物質：酸化鉛・六価クロム・コールタールや塩化ゴム系塗料の可塑剤として使用されたPCB等
- (7)素地調整程度2種以上：重防食塗装系の防食下地（有機ジンクリッチペイント）が塗付可能な鋼板表面の清浄度
- (8)湿潤シート状：インバイロワン成分が浸透した塗膜が軟化して湿潤なシート状になった状態
- (9)塗膜除去工：鋼構造物塗替え塗装において、素地調整前に行う塗膜を除去する工種
- (10)手工具：皮スキ、スクレーパー、鉋かきなど人力により塗膜除去を行う工具
- (11)オプション処理：塗膜除去後、有機ジンクリッチペイントが塗装可能な鋼材素地を得るための各種下地調整方法(4.2.7 オプション処理参照)

【解説】

- (1)塗膜はく離剤には従来から使用されてきた塩素系はく離剤と、新たに開発された高級アルコール系はく離剤がある。塩素系はく離剤は環境毒性等、安全性に問題があるが、塗膜を溶解させる。一方、高級アルコール系はく離剤は生分解性があり、皮膚刺激性も少なく、環境・人体にやさしいはく離剤で、塗膜に浸透して軟化させる材料
- (2)軟化させるための1m²あたりのインバイロワン必要量。塗装系と膜厚によって変動する。
- (3)塗膜軟化の確認は、スクレーパーなどの金属製の鋭利なものを塗膜下の鋼材上を移動させ、鋼材との金属音で確認できる。
- (4)塗膜が手工具等で容易に除去できる状態の目安は5℃以上10℃以下の場合の軟化積算温度は240℃・hrである。ただし、外気温が5℃以下は積算しないものとする。
- (5)化学物質による環境汚染および人体への健康被害を未然に防止するため、事業者が積極的に環境保全に参画する事を目的とする法律
- (6)塗膜の防錆顔料等に塗膜性能を向上させるために加えられてきた鉛・クロム等有害重金属や、発がん性の疑いがあるコールタール、および一時期塩化ゴム系塗料の可塑剤として使用されたPCBなど。近年は塗替え塗装時の塗膜ダストによる環境汚染が懸念されている。
- (7)インバイロワンで塗膜除去を行った後、塗膜がほとんど残っておらず、有機ジンクリッチペイントが塗付可能な鋼素地の状態。なお、塗膜除去後の鋼板面のアンカーパターン凹部にエッチングプライマーなどが残存する場合にはオプション処理を必要とする場合がある。
- (8)従来型の塩素系はく離剤は、塗膜を溶解しはく離していたが、インバイロワンは溶解させる事なく湿潤シート状に軟化しはく離できる。

- (9)従来の塗替え塗装時の素地調整工は、ブラスト工法、電動工具処理等、機械的な破壊力によって塗膜の除去と鋼素地を清浄にするものであった。この様な工法では鉛・クロム等の有害重金属を含有する塗膜ダストが発生するため、環境汚染が懸念される。このため、(社)日本道路協会「鋼道路橋塗装・防食便覧」(平成17年12月発刊)に記述されている高級アルコール系はく離剤による塗膜除去が有効であるとされた。塗膜除去工とは従来の機械的手法による素地調整時の塗膜除去ではなく、インバイロワンなどの高級アルコール系はく離剤により塗膜除去のみを行う工法である。
- (10)鋼橋等の鋼構造物は腹板、連結部、狹隘部等の部位・部材の形状、寸法より塗膜除去の作業性が異なるので、インバイロワンで軟化した塗膜を除去する際には適切な手工具を使用する。
- (11)塗膜を除去した後の鋼素地には黒皮(酸化皮膜)・さび・アンカーパターン凹部にエッチングプライマー等が残存する。オプション処理とは、有機ジンクリッチペイントが塗付できる鋼素地を得るための素地調整の事を言い、鋼素地表面の残存物の種類と量によって適切な処理が必要である。

第2章 材料

2.1 特徴

従来のはく離剤は、主成分として有害性が懸念される塩素系溶剤（塩化メチレン）を使用していたが、インバイロワンは作業者への安全性が高く、環境中で容易に分解する等、安全性が高い成分で構成されている。

【解説】

(1) 材料性状

インバイロワンの外観は赤白色粘性液体（約40Pa・S）でほぼ中性である。

(2) 塩素系はく離剤との比較

塩素系はく離剤との比較を表解－3に示す。

表解－3 塩素系はく離剤との比較

	インバイロワン	塩素系はく離剤
成分	アルコール系有機溶剤	塩素系有機溶剤
生分解性	約30日で分解	難分解性
皮膚刺激性	ほとんどない	強い刺激
労働安全衛生法	非該当	第2種有機溶剤
PRTR法	非該当	第1種指定化学物質
消防法	指定可燃物	非該当
塗膜はく離機構	浸透・軟化型	溶解型

2.2 塗膜除去機能

塗膜の溶解を抑え湿潤シート状に軟化させる。また、一回のはく離剤塗付作業で塗膜深部まで軟化させるため、鋼構造物一般塗装系塗膜（多層構造の合成樹脂塗膜）の効率的な除去・回収が可能である。

【解説】

(1) 軟化・可塑化に特徴

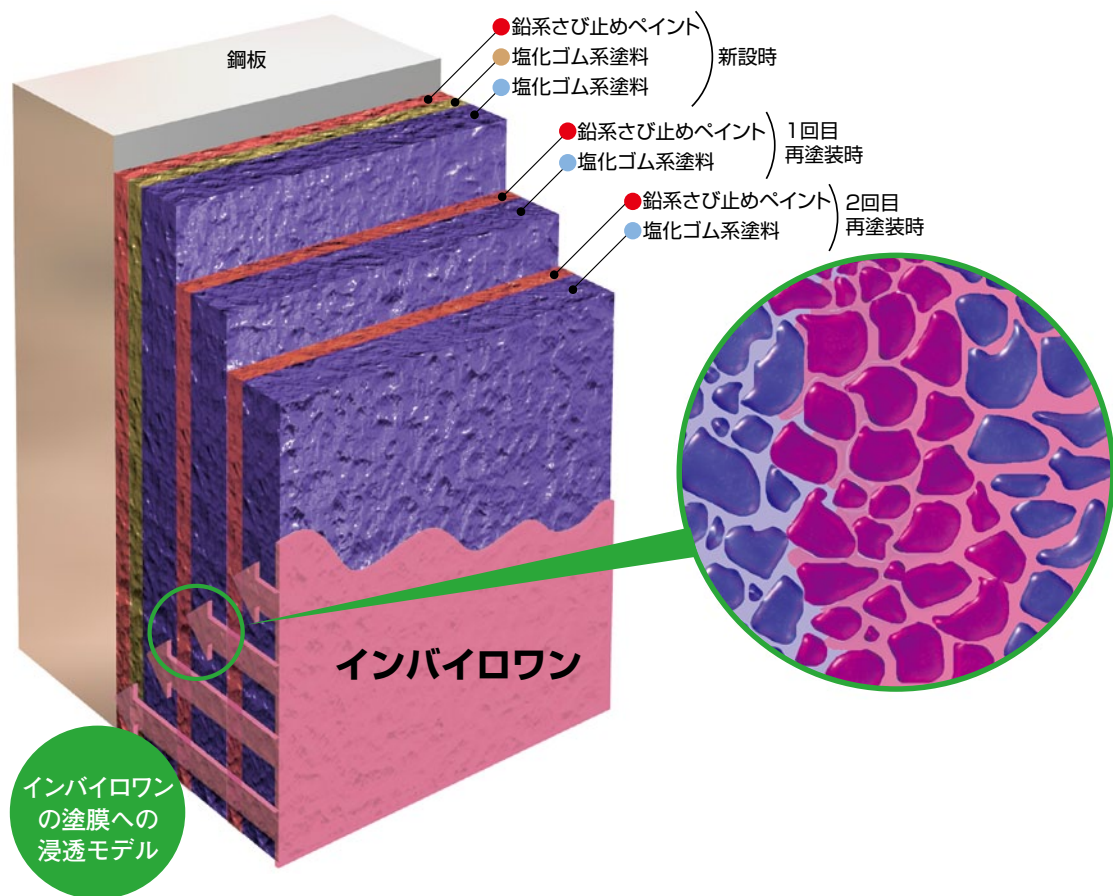
高沸点の主成分を徐々に浸透させる事で、複数の塗装系で塗膜が構成されている場合でも、それぞれの塗料の溶解を抑え可塑化し、塗膜を湿潤軟化状態（湿潤シート状）にすることができる。

(2) 塗膜（多層構造）深部への浸透技術

鋼構造物塗膜は、複数の塗装系が塗り重ねられている場合がある。例えば、当初は鉛系さび止めペイント／フタル酸樹脂塗料の塗装系であったが、素地調整程度3種での塗替え時に鉛系さび止めペイント／塩化ゴム系塗料に塗装系が変更されるなど、複数の塗装系で塗膜が構成されている場合がある。はく離剤成分を急激に内部浸透させると、それぞれの合成樹脂の軟化の程度が異なることから、内部応力で上層塗膜のみ膨潤し、最上層の次層塗膜へのはく離剤の浸透が阻害される。そこで、時間をかけた浸透により、それぞれの塗膜の内部応力発生を抑えつつ、深部まで浸透させることが必要になる。

急激な浸透は塗膜を溶解するため、溶解した塗膜の除去が困難になる。一方、はく離剤成分を塗膜深部まで浸透させるためには塗膜の凝集力を弱める必要がある。このため、分子間結合を緩め有効成分を浸透させることが重要である。

また、主成分の沸点をほぼ同じにすることで、有効成分の配合割合が経時で変化しないで、塗膜に対して徐々に浸透し異なる塗装系で構成される多層塗膜を湿潤シート状態にして除去・回収する事が可能になる。多層塗膜深部への浸透のイメージを図解-1に示す。



図解-1 塗膜(多層構造)深部への浸透のイメージ

2.3 安全性

インバイロワンは、溶剤臭がなく生分解性を有し魚毒性が少ない。有機溶剤中毒を起こさず、粉塵も発生しないため作業者と周辺環境の安全性を確保する事ができる。

【解説】

(1) はく離剤の臭い

現場で使用する化学物質は、作業場内環境や近隣環境への影響に配慮し、できる限り臭気（溶剤臭）が少ない事が望まれる。鋼構造物塗膜に適用する塗膜はく離剤は、1kg/m²以上の塗付量を必要とし、実施面積は1日当たり数百m²以上で、使用量は数百kgになる。また、通常作業では閉鎖環境ではないが、防護ネットなどで囲われた準閉鎖環境であるため発生する臭気によっては、作業員の有機溶剤中毒が、また現場近隣への悪臭公害も懸念される。インバイロワンは、高級アルコール系有機溶剤を主成分としており、溶剤臭も僅かで、健康被害や悪臭公害を生じることはほとんどない。

(2) 生分解性

BODによる生分解度は28日後95%以上である。生分解度測定結果を表解-3に示す。

生分解とは環境中の微生物（細菌・原生動物等）が自分たちの栄養源として有機物（化学物質）を摂取し、エネルギーや同化(体の一部にする。)に利用すること。

水に不溶な化学物質は微生物等が酵素分解し、水に溶解する構造に変え、摂取可能な構造にしてから摂取する。完全にエネルギーや同化に利用されると有機物はその構成元素である炭素や水素がそれぞれ二酸化炭素や水となり環境に影響を与えない(環境にやさしい)状態になる(有機物の無機化)。従って、環境中に排出される化学物質は全て無機化することが望ましい。もし、環境中に化学物質が残存するような事があると、PCBのように自然環境に生息する生物の体内への蓄積の問題が発生し、食物連鎖により最終的には人類に対して深刻な悪影響を及ぼすことになる。

生分解度試験はOECD Guidelines for the Testing of Chemicals 301C(1992)に準拠し28日間の試験で分解度が60%以上であれば、易分解性と判断される。インバイロワンは95%と十分な生分解性が確認されており環境安全性が高い。(巻末の参考資料 生分解度試験に記す)

表解-3 インバイロワンの生分解度測定結果(単位：%)

繰り返し数	7日後	14日後	21日後	28日後	平均値*
1	74.0	80.6	≥95	≥95	
2	74.0	81.7	≥95	≥95	≥95
3	76.2	82.8	≥95	≥95	
*繰り返し数3の28日後の平均値を示した。					

(3) 魚毒性

JIS K 0102：2008「工場排水試験方法」の魚類に対する急性毒性試験に準拠し、ヒメダカに対する96時間急性毒性試験を実施した結果、LD₅₀値は60ppmであった。試験結果を表解-4に示す。

一般的に毒性は、LD₅₀値が【1ppm以下⇒強い】【1～10ppm⇒有る】【10～100ppm⇒わずかに有る】【100ppm以上⇒無い】である。インバイロワンは60ppmで【わずかに有る】に該当するが、28日生分解が95%と高く、分解と共に毒性は減少し、また、水洗等の工程は無いので環境への漏洩がほとんど無い使用方法であるため、環境汚染のリスクはほとんど無い。(付属資料-2 魚毒性試験を参照)

表解－4 急性毒性試験結果

(単位：ppm)

24時間LD ₅₀	48時間LD ₅₀	72時間LD ₅₀	96時間LD ₅₀
62	60	60	60

(4) 粉塵発生量

インバイロワンを適用した塗膜は、湿潤シート状になるので粉塵等は発生しない。各工法とインバイロワン工法の塗膜除去時の粉塵量のデータを表解－5に示す。

表解－5 塗膜除去時の粉塵量

測定場所	除去工法	対象塗膜	粉塵発生量(mg/m ³)
完全防護内	インバイロワン工法	A塗装系塗膜	0.34
	インバイロワン工法	B塗装系塗膜	0.50
	動力工具処理3種C	B塗装系塗膜	18.00
	ブラスト工法(製鋼スラグ)	A塗装系塗膜	180.00
	ブラスト工法(ガーネット)	B塗装系塗膜	200.00
防護および養生内	動力工具処理3種C	B塗装系塗膜	0.21
	ブラスト処理(製鋼スラグ)	A塗装系塗膜	0.27

(出典：鋼構造物塗膜処理等研究会資料より)

2.4 材料性能

鋼構造物防食塗膜に適用するはく離剤工法は、作業性、はく離性、再塗装性、安全性を有することが必要である。

【解説】

インバイロワンの性能を表解－6以下に示す。

表解－6 インバイロワンの性能

性能	項目	性能	確認方法
作業性	粘 度	20 ～ 60 (Pa・S 25℃) ^{注1}	B型粘度計
	たれ性	たれないこと	塗装試験板に1.5kg/m ² を塗付し、5分経過後のたれの有無を確認する
	塗付性	エアレス塗装機で塗付できること	吐出圧力5MPa程度で霧化すること
はく離性	はく離性	膜厚が概ね500μmの一般塗装系塗膜に対し、1工程 (1kg/m ² の塗付⇒除去)で除去できること	23℃で24時間経過後、除去できること
再塗装性	促進試験	塗替え塗装後の塗膜性能および防食性能に支障を与えないこと	複合環境腐食促進試験（土研式）250サイクル ^{注2} で素地調整程度1種と同等程度の塗膜性能を有すること
	暴露試験	屋外暴露試験において、塗膜に膨れ・はがれ・割れがない等、塗膜性能に影響を与えないこと	沖縄建設材料耐久性試験施設における5年経過後、目視評価および付着強度が素地調整程度1種と同等程度の塗膜性能を有すること
安全性	生分解性	95%以上	95%以上

注1：パスカル秒（流体内に1mにつき1m/sの速度勾配があるとき、その速度勾配の方向に垂直な面において速度の方向に1Paの応力が生じる粘度）

注2：湿潤(95%RH 30℃)1.0h → SST(5%NaCl 30℃) 2.0h → 【乾燥(20℃RH 50℃)1.5h → 湿潤(95%RH 50℃) 1.5h】×6回 → 乾燥(20℃RH 50℃) 1.5h → 乾燥(20℃RH 30℃) 1.5hを1サイクル

第3章 事前調査

3.1 事前調査の必要性

インバイロワン工法で塗膜をはく離除去する際には、インバイロワンの適性、使用量、産業廃棄物発生量等を把握するため、事前に対象橋梁の塗装に関する関係図書の収集、塗膜厚調査、およびはく離試験を行う。

【解説】

重防食塗装系への塗り替え対象である鋼道路橋塗装便覧（平成2年版）のA系・B系などの一般塗装系の鋼橋は、過去に数回塗り重ねられ、既存塗膜厚は500μm程度までのものが多い。インバイロワン工法はこれらの分野を主に対象にしているが、重防食塗装系（C系）・内面用塗装系（D系）、および塗膜厚が500μm以上に関しては、インバイロワンの塗付量・軟化時間・工数（インバイロワン塗付→塗膜除去作業の繰り返し）等の施工条件を変えることで対応可能である。また、下塗り防錆塗料に鉛丹が使用されているものは、インバイロワンの主成分であるアルコール系有機溶剤で軟化反応が起こらないため、適合しない場合がある。その他、鱗片状アルミ塗料が塗膜構成中に存在する場合なども適合しないこともあるので、はく離試験の結果を踏まえ適合性を判断する。

また、無機ジンクリッチペイントはインバイロワンでは除去できないので、健全塗膜として残存している場合は、発注者と塗料製造会社と協議の上、重防食塗装系の防食下地として活用する。

鋼橋は、管理者、架設年代、地域環境等により、塗替え塗装履歴、塗膜厚等が異なる。また橋梁台帳などの関係図書は必ずしも全て整っていないこともある。インバイロワン工法を適切に適用するための事前調査は、インバイロワンの使用量、軟化時間、作業人工および廃棄物発生量などを把握するために行う。また、インバイロワンを塗付ける鋼板塗装面にドロ、コケ、鳥糞、浮き塗膜などが存在するとインバイロワンの有効成分の浸透が阻害され、はく離性能が低下する。従って事前に水洗いなどで除去する必要性を判断する。

また、発生する廃棄物の分類確認のため鉛・クロムなどの含有および溶出試験を実施する。なお、昭和47年以前に塩化ゴム系塗料が使用されている場合には、塗膜を分析してPCB含有の有無を確認する。

3.2 塗膜調査

塗膜調査は、関係図書の調査と塗膜調査および塗膜厚の測定からなる。

【解説】

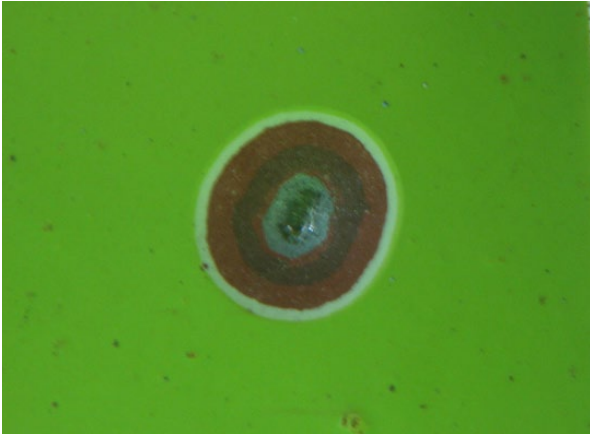
(1) 関係図書の調査

設計図書、橋梁台帳、橋梁や塗装に関するデータベース等で新設時塗装系および、その後の塗替え履歴を調査し、使用されている塗料を把握する。

(2) 塗膜調査

塗膜調査はインバイロワン工法の適性の有無を明らかにするとともに、塗膜構成および塗膜厚を測定する。

また、塗膜調査時にはペイントボアラーやサンドペーパーで塗膜表面を鋼材が露出するまで研磨し塗膜構成を確認する。この際塗膜ダストの飛散および作業員が吸引しないように注意する。塗膜構成の確認の状況を写真解-1に示す。



a) ペイントボアラーによる塗膜構成の確認



b) サンドペーパー研磨による塗膜構成の確認

写真解－1 塗膜構成の確認

(3) 塗膜厚の測定

塗膜厚の測定は、対象部位の中の最高膜厚を明らかにするため鋼道路橋塗装・防食便覧(平成17年12月発刊)第Ⅱ編 塗装編5.3.6塗膜厚に準拠して測定する。塗膜厚測定のを写真解－2に示す。



写真解－2 塗膜厚測定のを例

3.3 現場気象調査

インバイロワン工法の適用可能な時期を判断するため、対象となる現場付近の年間の温度を調査する。

【解説】

インバイロワン工法の適用可能な気象条件は、気温10℃以上、湿度85%以下である。インバイロワンの軟化時間は気温により変化する。塗膜表面が結露しているとインバイロワンは適用できない。

ここで言う気温10℃以上とは、1時間毎に測定した気温の平均が10℃以上であること。

調査は、現場直近の気象庁データ(<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/>)を参照するとよい。

3.4 塗膜分析

塗膜分析は、PCB含有の有無、鉛・クロム等の含有の有無と溶出性を確認するために行う。

【解説】

(1)PCB

昭和41年から昭和47年にかけて、優れた経時安定性により塗料の可塑剤としてPCB（ポリ塩化ビフェニル）が塩化ゴム系塗料の一部に使用された。PCBは環境中で自然に分解されず体内に蓄積され易く慢性毒性を有するため、現在では世界的にPCBの使用が禁止されている。このため、PCBを含む塩化ゴム系塗膜をブラスト工法等で物理的に粉碎・粉末化すると、飛散して自然環境に生息する生物の体内に蓄積し、食物連鎖で最終的に人類に深刻な悪影響をおよぼす事が懸念される。

(2)鉛・クロム

鉛、六価クロム等は有効な防食材料であったため、これまで、一般塗装系塗料の防錆顔料として鋼構造物塗膜に多く使用されてきた。PCBと同様に体内に蓄積されると慢性毒性を示す。

(3)分析上の注意

下記に、鉛・六価クロムそれぞれの分析の公定法を記す。

<含有試験>

六価クロム・・・下水試験方法および JIS K 0102-65.2

鉛・・・・・・・・下水試験方法および JIS K 0102-54

<溶出試験>

六価クロム・・・昭和48年環境庁告示第13号およびJIS K 0102-65.2

鉛・・・・・・・・昭和48年環境庁告示第13号およびJIS K 0102-54

3.5 はく離試験の計画

塗膜はく離試験を適切に行うために、塗膜はく離試験計画を事前に作成する。

【解説】

インバイロワンはく離試験計画書の例を以下に示す。

インバイロワンはく離試験計画書

1.目的

橋梁塗替塗装工事に先立ちインバイロワン工法を適用し、はく離性能を評価する。事前調査は除去塗膜量（産業廃棄物塗膜量）・気温・はく離剤塗付量・軟化時間・有害物含有試験等適切な施工条件を確認するために行う。

2.はく離試験概要

試験箇所	〇〇県〇〇市〇〇 国道〇〇〇号線〇〇橋下部
実施日	平成 年 月 日 ～ 月 日
試験(測定)内容	既存塗膜厚・塗付量・除去膜厚・気温・有害物含有溶出試験
発注者	
実施者	山一化学工業株式会社(または実施権者)

3.担当者および連絡先

〇〇国道事務所	所在地：	連絡先：
	所属：	担当者：
山一化学工業株式会社 (または実施権者)	所在地：	連絡先：
	所属：	担当者：

4.はく離試験工程

日 付	月 日				月 日				月 日				備考
試験時間(時)	10	12	14	16	10	12	14	16	10	12	14	16	
1.準備作業	↔												
2.インバイロワン塗付	↔												
3.塗膜軟化	←				→ ←				→				
4.塗膜除去					↔				↔				
5.廃棄物の回収									↔				

5.試験施工箇所および計画

部位番号	試験施工面積	月 日	月 日	月 日	備考
A	300×300	P1	J・P1	J	
B	300×300	P1	J・P2	J	
C	300×300	P1	J・P3	J	
D	300×300	P1	J・P3	J	

※塗付量(P1：0.7kg/m²、P2：1.0kg/m²、P3：1.2kg/m²)
※軟化塗膜の除去：J

6.塗替え塗装履歴

供用開始	〇〇〇〇年(年)	B塗装系	W/P：15μm～鉛系さび止め：35μm×2～フェノールMIO：50μm～塩化ゴム系中/上塗：30/25μm
第1回塗り替え	〇〇〇〇年(年)	b塗装系[3種ケレン]	3種ケレン～変性エポキシ：50μm×2～塩化ゴム系中/上塗：30/25μm
第2回塗り替え	〇〇〇〇年(年)	c塗装系[3種ケレン]	3種ケレン～変性エポキシ：50μm×2～ポリウレタン樹脂用中/上塗：30/25μm

3.6 はく離試験

はく離試験は、インバイロワン工法を適切に実施するために使用量・軟化時間の設定等を行う。

【解説】

(1) 試験部位の選定

試験部位としては塗膜厚・塗装系等が異なる事がある腹板、水平部材下面（例えば箱桁下面、フランジ下面）、連結部を選定する事が望ましい。しかし、これらの部位ではく離試験ができない場合は桁端部付近で行い、本施工で足場が架設された後、あらためてこれらの部位のはく離試験を行うことが必要である。また、事前調査では限られた部位での膜厚調査であるため、本施工においては広く膜厚調査を行う。また、膜厚調査で部位・部材において事前調査と塗装系が異なる事が明らかになった場合は該当部位において再度はく離試験を行い塗膜調査を行う必要がある。

水平部材下面は、膜厚が厚いとインバイロワンが浸透する前に上層塗膜が脱落する事があるため、腹板に比べるとインバイロワンの塗付回数が増える事がある。また、連結部は腹板に比べて膜厚が厚くなっている事があるので、インバイロワンの塗付回数が増えることがある。この様に部位によって膜厚が異なることがあるので、これらの部位をはく離試験対象に選定する。またドロ、コケ、浮き塗膜が最上層に付着している場合はこれらを取り除いてから実施する。

(2) インバイロワン使用量の決定

膜厚500 μm 以下の塗膜の場合、インバイロワンの標準使用量は1kg /m²である。ただし、膜厚や塗料によってはインバイロワンの使用量は異なる事があるので、適切な使用量を明らかにするためのはく離試験を行うことが望ましい。はく離試験水準の例を表解－7に示す。

表解－7 膜厚による塗付量の試験水準の例

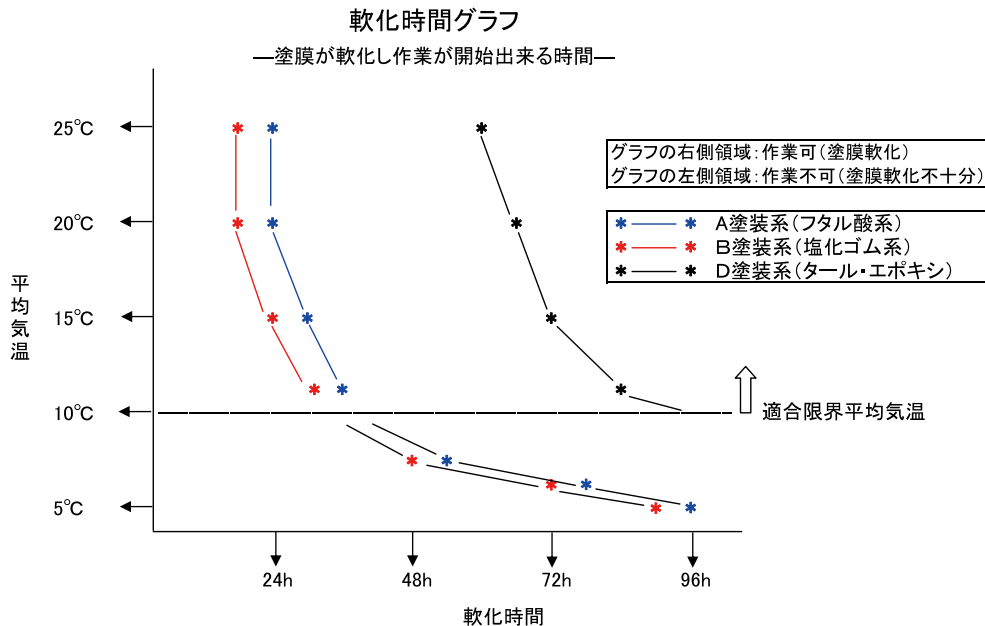
塗付量(kg /m ²) 膜厚(μm)	0.7	1.0	1.2	1.5
～ 200	○	○	×	×
200 ～ 500	○	○	○	×
500 ～ 700	×	○	○	○

(○：実施 ×：実施せず)

なお、ポリウレタン樹脂塗料の場合、上塗り塗膜だけがはく離してしまう事があるので、このような場合にはもう一度インバイロワンを塗付する。また、膜厚が500 μm 以上で1度の塗付で除去できなかった場合、もう一度インバイロワンを塗付する。なお、700 μm 以上の場合には1.0kg /m²を塗付し、何回で塗膜が除去されるかはく離試験を行う必要がある。

(3) 塗膜の軟化時間の選定

平均気温が10℃の場合インバイロワン塗付後およそ24時間後と48時間後の2水準で実施する。図解－2に温度と軟化の関係を示す。

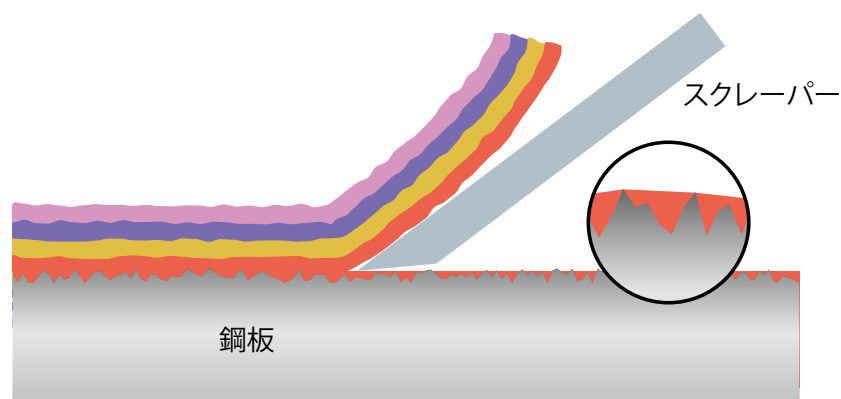


図解－2 温度と軟化の関係

事前調査を行った時期と実施工の時期が異なり気温が大きく異なる場合にははく離試験を再度行う必要がある。

(4) はく離状態の確認

塗膜のはく離状態は、スクレーパー等が鋼材に直接触れる音で確認し、はがれ易さを検証する。最下層塗膜は刃先が凹凸の凸部の位置で金属表面に沿って移動することによってはがされる。また、金属表面はブラスト処理によって凹凸状態になっていることから、凹部の塗膜は若干残存する。スクレーパーによる塗膜除去のイメージを図解－3に示す。



図解－3 塗膜除去のイメージ図

(5) 鋼素地の確認

塗膜除去後の下地調整（オプション処理）の必要性を判断するために、インバイロワンで塗膜をはがした後の鋼板面上に黒皮、エッチングプライマー、ジンクリッチプライマー等が残存するかを確認する。塗膜除去後の鋼板素地に黒皮が残存する場合に有機ジンクリッチペイントを塗付するには、スリーブブラスト処理やバキュームブラスト処理を行い、鋼材面を露出させることが必要となる。写真解-3に鋼板素地に露出した黒皮の状況を示す。



写真解-3 黒皮素地の露出

また、塗膜除去後の鋼板面のアンカーパターン凹部にエッチングプライマーが残存している場合はジンクリッチペイントを塗装するために電動工具処理を行い、凹部に残存するエッチングプライマーの除去および鋼材面の露出が必要になる。写真解-4にアンカーパターン凹部に残存したエッチングプライマーを示す。



写真解-4 残存しているエッチングプライマー

塗膜除去後の鋼板素地にジンクリッチプライマーが残存する場合は、塗替えに有機ジンクリッチペイントを塗装するためにジンクリッチプライマーが活膜であることを確認し電動工具処理で全面の目荒らしを行う。写真解-5に健全なジンクリッチプライマーが残存している状況を、写真解-6に腐食が見られ劣化したジンクリッチプライマーの状況を示す。



写真解-5 健全なジンクリッチプライマー



写真解-6 劣化したジンクリッチプライマー

3.7 はく離試験チェックシート

はく離試験計画書に基づきはく離試験を行った結果を、はく離試験チェックシートに記録する。

【解説】

試験施工チェックシートの例を下記に記す。

試験施工チェックシート						
日付		月 日		月 日		
天候						
気温	計測 時間	℃	時	℃	時	
湿度		%		%		
部位番号	インバイロワン 使用量(kg/m ²)		既存膜厚 (μm)	インバイロワン 使用量(kg/m ²)	残存膜厚 (μm)	評価
A						
B						
C						
D						

3.8 はく離試験の手順

はく離試験は、はく離試験の計画に基づいて実施する。

【解説】

はく離試験の手順例を示す。

(1) 養生・塗膜厚測定

試験箇所を正確に測り、マスキングテープ等で仕切る。試験面積は $0.3\text{m} \times 0.3\text{m}$ 程度が望ましい。また、試験箇所以外は写真解-7のように養生して塗膜厚を5点測定して、その平均を試験箇所の膜厚とする。

(2) インバイロワン塗付

インバイロワンを写真解-8のようにスプレー・ハケ等で塗付する。塗付量: $0.7\text{kg}/\text{m}^2 \sim 1.5\text{kg}/\text{m}^2$ 、対象部位：一般部・連結部等。



写真解-7 養生・塗膜厚測定



写真解-8 インバイロワン塗付

(3) 塗付量の確認

インバイロワン塗付後、写真解-9のようにウェットフィルムゲージで塗付量を確認する。

(換算値： $1\text{kg}/\text{m}^2 \approx 1000\mu\text{m}$)

(4) 軟化反応

インバイロワン塗付後24時間の軟化状況を写真解-10に示す。軟化反応中には、一時間毎の気温推移を測定する。(24時間ではく離できた場合は、48時間後はく離試験は実施しない)



写真解-9 ウェットフィルムゲージによる
塗付量の確認



写真解-10 軟化反応(24時間後)

(5) スクレーパーによる軟化状態の確認

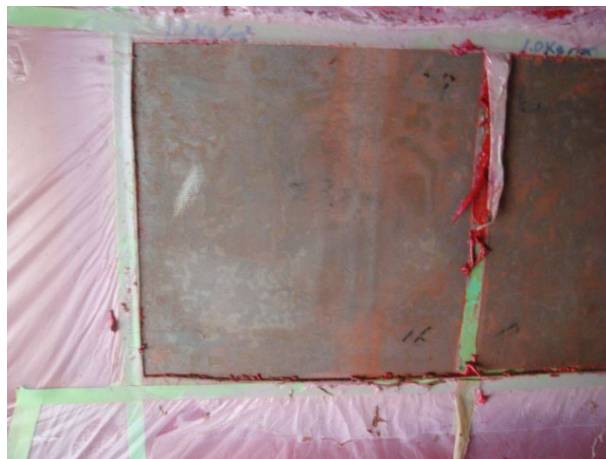
24時間または48時間後の軟化状態およびはく離性を確認する。写真解-11に示すようにスクレーパーやカッターの刃など鋭利なものを塗り膜に当て移動させ、鋼素地に直接刃が当たる金属音で確認する。

(6) はく離後の状態

塗膜除去後の鋼板面上に黒皮、エッチングプライマー、ジンクリッチプライマー等が残存するかを確認する。ジンクリッチプライマーが残存している状況を写真解-12に示す。



写真解-11 スクレーパーによる塗膜除去



写真解-12 ジンクリッチプライマーの残存

(7) 試験箇所の復旧

塗膜を除去した範囲は、写真解-13に示すように変性エポキシ樹脂塗料などで復旧する。(本復旧は塗替え塗装時に実施する)

(8) 廃棄物発生量測定

試験部位の除去塗膜の重量を写真解-14に示すように測定し、 m^2 当りの廃棄物発生量の目安とする。有害物を含有する塗膜廃棄物は関係法令に準拠して取扱う。(写真の場合： $155\text{g}/0.09\text{m}^2 \approx 1.7\text{kg}/\text{m}^2$)



写真解-13 試験箇所の復旧



写真解-14 廃棄物発生量測定

3.9 各種塗装系塗膜の軟化状態

塗装系により、軟化はく離性が異なる。

【解説】

A塗装系塗膜、B塗装系塗膜、C塗装系塗膜、D塗装系塗膜、B+C塗装系塗膜など、塗装系により軟化・はく離性が異なる。はく離試験の実施例を以下に示す。

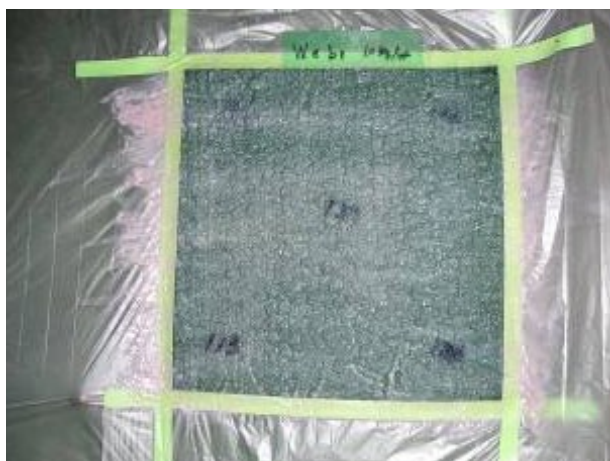
(1) A塗装系塗膜の軟化状態

特徴：塗膜が膨潤し細かく縮んでいる状態を写真解-15に示す。

(2) B塗装系塗膜の軟化状態

特徴：塗膜が膨潤しA塗装系塗膜より大きく縮んでいる状態を写真解-16に示す。

(写真中の数字は膜厚)



写真解-15 A塗装系塗膜の軟化状態



写真解-16 B塗装系塗膜の軟化状態

(3) C塗装系塗膜の軟化状態(ポリウレタン樹脂塗料)

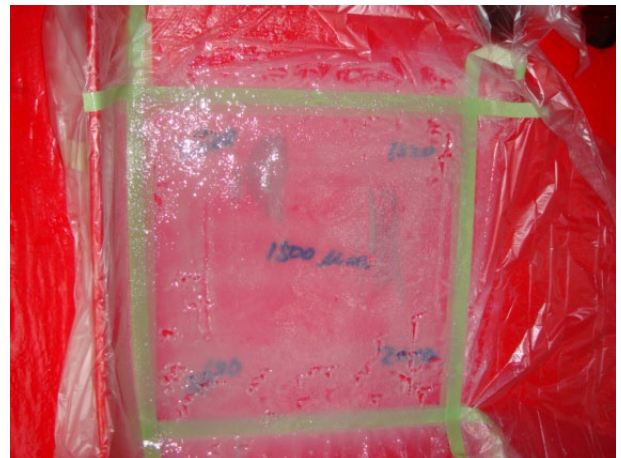
特徴：上層塗膜が大きく膨潤して下層塗膜への浸透を阻害する空気層ができている状態を写真解-17に示す。

(4)C塗装系塗膜の軟化状態(ふっ素樹脂塗料)

特徴：目視で膨潤などの変化見られないが、軟化しておりはがすことができる状態を写真解-18に示す。



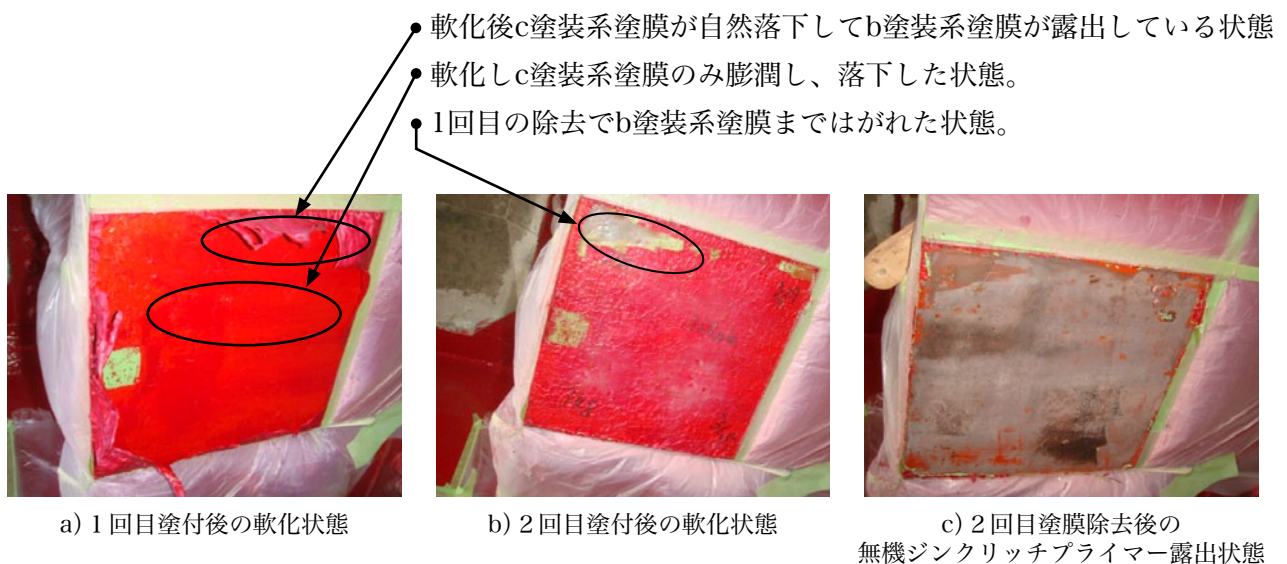
写真解-17 ポリウレタン樹脂塗料の軟化



写真解-18 ふっ素樹脂塗料の軟化

(5)塗装系が複合している塗膜の軟化・除去

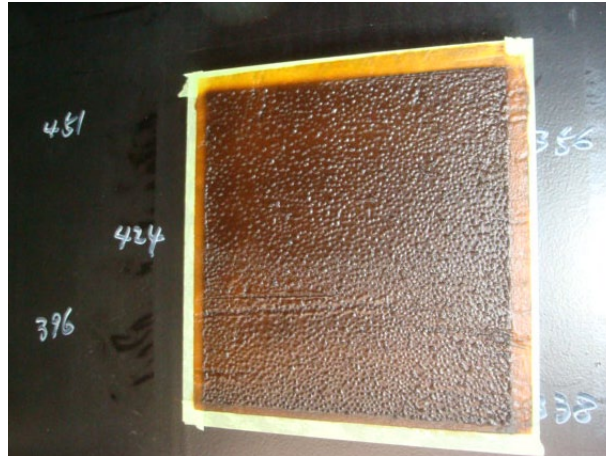
複合塗膜の軟化・除去の例を写真解-19に示す。B-2塗装系塗膜+b塗装系塗膜+c塗装系塗膜の塗膜除去1回目の状況を a) に、残存塗膜へのインバイロワン再塗付後、軟化した状態を b) に、2回目の塗膜除去工程においてB-2塗装系塗膜+b塗装系塗膜が除去され、無機ジンクリッチプライマーが露出した状態を c) に示す。



写真解-19 複合塗膜の軟化・除去の例

(6)D塗装系塗膜の軟化状態(タールエポキシ樹脂塗料)

特徴：タールエポキシ樹脂塗料の軟化状態を写真解-20に示す。ブリードして茶色に変色している。目視で膨潤など塗膜が変化していないが、軟化しておりはがすことができる。



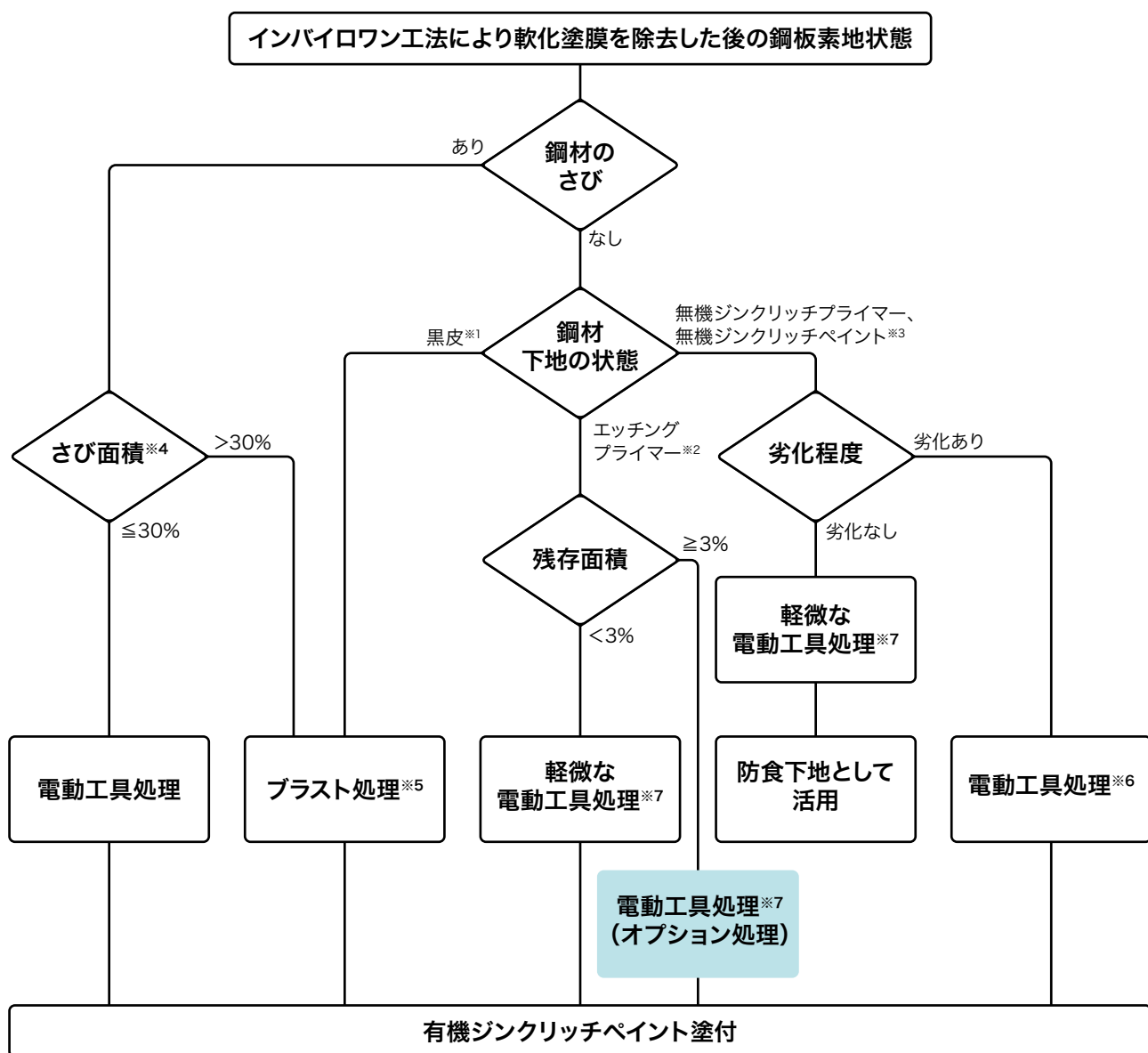
写真解－20 D塗装系塗膜の軟化状態

3.10 施工計画

施工にあたっては、事前調査結果に基づいて作成した施工計画書に従って施工する。

【解説】

施工計画書作成時には、作業内容を確認するとともに管理項目および管理基準を明確に定めておき、施工中は記録や現場確認により所定の品質、施工状態を保持するよう管理する。また、工程や安全にも十分配慮する。インバイロワン工法においては旧塗膜を除去する場合、第3章「事前調査」で得られた調査結果に基づいてインバイロワンの塗付量、軟化時間の設定および除去方法を記載する。また、有機ジンクリッチペイントが塗付可能な鋼素地を得るために必要なオプション処理を実施する事が望ましい。塗膜除去工後、塗料塗付までのフローを図解－4に示す。



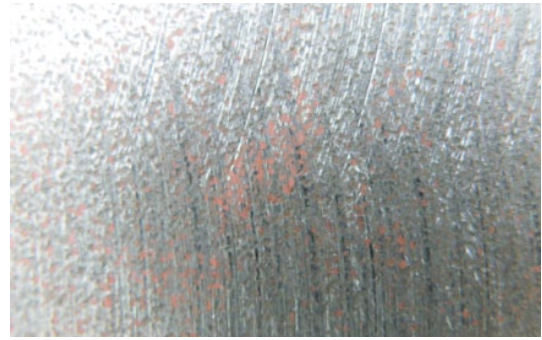
図解－4 塗膜除去から有機ジンクペイント塗付までのフロー

- ※1 昭和40年代以前に架設された鋼道路橋
- ※2 エッチングプライマー、特に鉛丹はとれにくい
- ※3 B-2塗装系ジンクリッチプライマー
- ※4 30%以上：ブラスト処理、30%未満：電動工具処理
- ※5 スイープブラスト処理、またはバキュームブラスト処理
完全に鋼材表面が露出し、塗膜の残存は認められない。
- ※6 電動工具処理(ディスクサンダー処理)
鋼材表面が露出しているが、凹部に残存塗膜が固着している。
- ※7 軽微な電動工具処理(ディスクサンダー処理)

塗膜除去後の各種処理後の状況を写真解－21に示す。



a) ブラスト処理後



b) 電動工具処理(ディスクサンダー)



c) 軽微な電動工具処理(ディスクサンダー)

写真解－21 塗膜除去後の各種処理後の状況

施工計画にあたっては下記の項目に留意する。

- (1)【鋼道路橋塗装・防食便覧：平成17年12月、(社)日本道路協会、第7章塗替え塗装7.4.2、施工計画書】を準用するとよい。インバイロワン工法で有害物質(鉛・クロム・PCB等)を含有する塗膜を除去する場合は、有害物質の取扱い(作業員・環境・廃棄物等)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。
- (2)インバイロワン工法で塗膜除去後の塗装については、前述の鋼道路橋塗装・防食便覧に準拠する。
- (3)第3章「事前調査」の結果、塗膜が特別管理産業廃棄物に分類される有害物質を含むことが確認された場合は、関係法令等を遵守する。
- (4)前項の場合、関係法令等に基づき管理者、責任者および資格者等を配置する。
- (5)塗膜等廃棄物の処分および収集・運搬並びに保管は、関係法令等に基づき実施する。
- (6)塗膜等廃棄物のうち特別管理産業廃棄物に該当する場合は、関係法令等に基づき特別管理産業廃棄物管理責任者の配置等を行う。
- (7)特別管理産業廃棄物の判定基準は「5.3 特別管理産業廃棄物の取扱い」を参照

第4章 塗膜除去工

4.1 足場架設

足場は塗膜除去工に適したものを架設する。

【解説】

- (1) 足場は鋼道路橋の構造に適した足場を架設する。塗膜除去時に塗膜飛散防止のためのシート防護工が取付けられ、かつ凹凸が少なくシート防護工が破損しにくいパネル足場が望ましい。パネル足場の例を写真解－22に示す。
- (2) 有害物質を含む塗膜除去の作業をする際の足場は、板張り防護工を原則とし塗膜飛散防止のためのシート防護工の取付けができる足場構造が望ましい。
- (3) 耐震補強等で部分的に塗膜除去する場合は、移動足場の適用を検討するとよい。



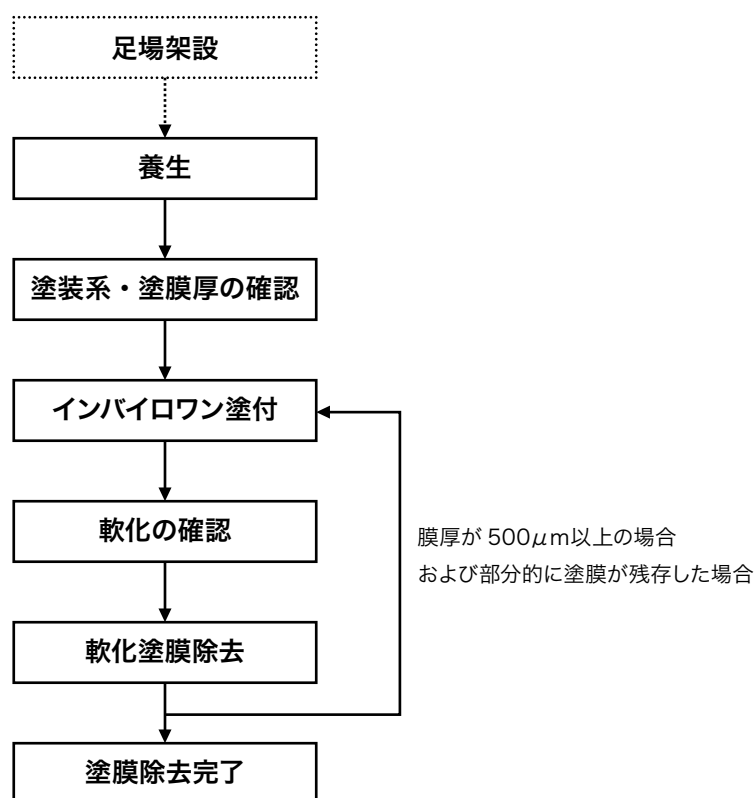
写真解－22 パネル足場の例

4.2 施工手順

事前調査結果および工事規模などを考慮し、必要な要員や機器を配備して最も効率的な手順を設定する。

【解説】

インバイロワン工法は、施工時の気温および膜厚により軟化時間が変動する。また、はく離対象の各部位の膜厚の差異などによりはく離性が異なる。さらに対象面積の規模により一日あたりの施工量など、工事全体を遂行するにあたり、各々の項目を熟慮した施工段取りが必要となる。従って、各手順を確実に実行する事が重要である。施工手順の例を図解－5に示す。



図解－5 施工手順の例

4.2.1 養生

はく離対象部位以外は適切な養生を行う。

【解説】

- (1) 飛散防止：インバイロワンで軟化した塗膜が、作業場外への飛散を防止するためのシート養生を行う。シート養生の例を写真解－23に示す。除去塗膜の回収を容易にするために作業床を二重にシート養生する事が望ましい。
- (2) 逸散防止：足場資材にインバイロワンが付着して作業場外へ流出する事を防止するためのフィルム養生が望ましい。インバイロワンの逸散防止フィルム養生の例を写真解－24に示す。
- (3) 保護：インバイロワンはプラスチック等の合成樹脂類も膨潤・軟化させるので、塩化ビニル製排水管、被覆電線等の合成樹脂製部材を保護するためのフィルム養生が望ましい。塩化ビニル製排水管の保護養生の例を写真解－25に示す。
- (4) 着色防止：塗装ができない狭隘部位、床版等のコンクリート部材がインバイロワンによって着色することを防止するためのフィルム養生が望ましい。コンクリート床版の養生の例を写真解－26に示す。



写真解-23 飛散防止養生シート



写真解-24 逸散防止フィルム養生



写真解-25 塩化ビニル製排水管の保護養生



写真解-26 コンクリート床版の養生

4.2.2 塗膜厚および塗装系の再確認

足場架設後に必要に応じて塗膜厚および塗装系を再確認する。

【解説】

事前調査は足場を使わずに行う事が多いので、必ずしも橋梁全体の膜厚や塗装系を十分に把握できていない事があるので、必要に応じて再確認する。

(1) 塗膜厚

鋼橋梁は部位によって環境条件が異なり、下フランジ、連結部等は増塗りされ、塗膜厚がほかの部位に比べて厚くなっている事がある。そのため、橋梁全体を再確認するために、200～500m²を1ロットとして塗膜厚を25点測定する。1点は5箇所測定の平均とする。なお、測定結果は記録・保管する。

(2) 塗装系

耐震補強工事や、拡幅工事等が行われた場合、塗装系が異なる事がある。この様な場合、必要に応じて塗装系が異なる部位のはく離試験を実施する。

4.2.3 インバイロワンの塗付

インバイロワンは塗付量が多く（膜厚 $500\mu\text{m}$ までは $1\text{kg}/\text{m}^2$ 程度）流動性が少ないため、エアレススプレーによる塗付も可能である。

【解説】

(1) エアレススプレーによる塗付

吹付け時に発生するミストによる作業環境悪化、および吹付けロスを減らすため、大きめなチップで圧送圧力を低く設定し、被塗面とガンとの吹付け距離を 20cm 程度で、ミストの発生をできるだけ抑えるとよい。また、構造物の端部や狭隘部分および吹付け角度によって死角になる箇所は先行して刷毛などで塗付するとよい。インバイロワンの塗付けは塗料の塗付けとは異なり、 m^2 当たりの必要量を確実に塗付することが必要で、塗付面のでき栄えは必ずしも必要ない。

(2) エアレススプレー塗付の手順の例

以下にエアレススプレーで塗付する場合の手順の例を示す。

インバイロワンの塗付け鋼板塗装面に浮き塗膜、ドロ、コケ、鳥糞などが存在するとインバイロワンの有効成分の浸透が阻害され、はく離性能が低下する。従ってシート養生前に水洗いなどで除去する事がよい。なお、現場条件によって水洗できない場合は不織布研磨材等で落とす。

塗付前にドロ、浮き塗膜等が付着している状況を写真解-27に示す。

インバイロワンは保管中に成分の一部が缶の底に沈降する事があるので使用前に電動攪拌機等で十分に攪拌する。インバイロワンを攪拌している状況を写真解-28に示す。



写真解-27 付着している汚れ



写真解-28 インバイロワン使用前の攪拌

エアレス塗装機のホッパーに投入する際は、飛び散らならないように慎重に投入する。投入している状況を写真解-29に示す。

狭隘部ははけ等で先行塗りしてから、インバイロワンをエアレススプレー塗付する。狭隘部位における刷毛塗りの状況を写真解-30に示す。



写真解-29 インバイロワンの投入



写真解-30 インバイロワン塗付の状況

吹付け時に発生するミストによる作業環境悪化、および吹付けロスを減らすため、大きめなチップで圧送圧力を低く設定し、被塗面とガンとの吹付け距離を20cm程度で、ミストの発生をできるだけ抑えたとよい。インバイロワンの塗付けは必要量を確実に塗付することが必要で、必ずしも均一な塗付は必要ない。

インバイロワンの塗付された例を写真解-31に示す。



a) 均一な塗付の例



b) 不均一な塗付の例

写真解-31 インバイロワンの塗付の例

(3) 塗付量の確認

1) ウェットフィルムゲージによる塗付量確認

インバイロワンは膜厚500 μm までのA塗装系・B塗装系の塗膜に対して約1 kg / m^2 の塗付量が必要になる。塗付量が足りないと塗膜への浸透が不十分になるので、塗付量の目安をウェットフィルムゲージで確認する。ウェットフィルムゲージによる塗付量確認の例を写真解-32に示す。(塗付量、1 kg / m^2 はウェットフィルムゲージで1000 μm が目安となる)



写真解－32 ウェットフィルムゲージによる塗付量確認

2) 使用量管理による塗付量確認

ウェットフィルムゲージによる塗付量の確認とともに使用量管理を行い、過不足のないようにする。インバイロワンの使用量管理は、各ブロックの塗付面積に対して、実使用量で確認する。エアレススプレーを使用する場合、使用量は100m²施工している時点で107kg（ロス率7%含む）使用した事を確認する。

(4) エアレススプレーの使用が適当でない場合

規模が小さく効率的でない場合、塗着効率の悪いトラス構造、飛散防止養生が十分にできない構造の場合等は、刷毛・ローラー等でインバイロワンの塗付を行う。

4.2.4 塗膜の軟化状態の確認

塗膜がはく離できる軟化状態にある事を確認する。

【解説】

インバイロワン工法は、塗膜厚・気温・時間および塗替え塗膜構成などの影響により、塗膜の軟化状態が異なるので、塗膜の軟化状態は表解－8 塗膜軟化確認の例を参考にするとよい。

表解－ 8 塗膜軟化確認の例

塗膜厚	気温 ¹⁾	軟化時間		軟化状態	解説	対応等
500μm未満	10℃以上	24時間を目安		塗膜全体が軟化している	カッターの刃など鋭利なものを用い塗膜に当て移動させ、鋼素地に直接刃が当たる音で確認する。	塗膜は1度で除去できる
				上層塗膜だけが膨潤・軟化している	上層塗膜のみ膨潤し下層塗膜との間に空隙が発生する。(上層塗膜が自然落下する事もある)	軟化した塗膜を除去し、インバイロワンを再塗付
	10℃未満	軟化積算温度 240℃・hrを目安	最上層塗膜が湿潤状態 ²⁾	塗膜全体が軟化している	カッターの刃など鋭利なものを用い塗膜に当て移動させ、鋼素地に直接刃が当たる音を確認した	塗膜は1度で除去できる
				塗膜全体が軟化していない	インバイロワンを塗付けた塗膜の軟化が遅れている	ふっ素樹脂塗料やタールエポキシ樹脂塗料の場合
				最上層塗膜だけが膨潤している	最上層塗膜のみ膨潤し下層塗膜との間に空隙が発生する。(最上層塗膜が自然落下する事もある)	軟化した塗膜を除去し、インバイロワンを再塗付
		最上層塗膜が乾燥状態 ³⁾	塗膜全体が軟化している	カッターの刃など鋭利なものを用い塗膜に当て移動させ、鋼素地に直接刃が当たる音を確認した	塗膜は1度で除去できる	
			塗膜全体が軟化していない	長時間の経過によって、インバイロワンが蒸発し乾燥状態になり浸透の見込みがない	軟化した塗膜を除去し、インバイロワンを再塗付	
500μm以上	10℃以上	24時間を目安		膨潤せず塗膜全体が軟化していない	軟化塗膜のみ除去	軟化した塗膜を除去し、インバイロワンを再塗付
				最上層塗膜だけが膨潤・軟化している	最上層塗膜のみ膨潤し下層塗膜との間に空隙が発生する。(最上層塗膜が自然落下する事もある)	軟化した塗膜を除去し、インバイロワンを再塗付
	10℃未満	軟化積算温度 240℃・hrを目安	最上層塗膜が湿潤状態 ²⁾	膨潤せず塗膜全体が軟化していない	インバイロワンを塗付けた塗膜の軟化が遅れている	軟化した塗膜を除去し、インバイロワンを再塗付
				最上層塗膜だけが膨潤・軟化している	最上層塗膜のみ膨潤し下層塗膜との間に空隙が発生する。(最上層塗膜が自然落下する事もある)	軟化した塗膜を除去し、インバイロワンを再塗付
			最上層塗膜が乾燥状態 ³⁾	膨潤せず塗膜全体が軟化していない	風によりインバイロワンが蒸発乾燥状態になり、塗膜(タールエポキシ樹脂塗料など)への浸透が望めない	再塗付し風養生(フィルム養生)を施す

※インバイロワンの再塗付け後は500μm未満の表に移行する。

1) 鋼面近くの日陰部分の気温を記録する。

2) 気温が低いと塗膜への浸透がほとんどなく、塗付けたインバイロワンは塗膜に移行せず塗膜最上層に残存する。

3) 長時間の経過によって、インバイロワンが蒸発し乾燥状態になり浸透の見込みのない状態。

4.2.5 軟化状態の例

塗装系の違いにより軟化・膨潤等塗膜の状態が異なる。

【解説】

以下に軟化状態の例を示す。

- (1) A塗装系塗膜・・・上層塗膜が膨潤し細かく縮む。上層塗膜が縮んだ例を写真解－33に示す。
- (2) B塗装系塗膜・・・上層塗膜が膨潤しA塗装系より大きく縮む。上層塗膜が大きく縮んだ例を写真解－34に示す。



写真解－33 上層塗膜が細かく縮んだ例



写真解－34 上層塗膜が大きく縮んだ例

- (3) C塗装系塗膜（ポリウレタン樹脂塗料）・・・上層塗膜が大きく膨潤して下層塗膜への浸透を阻害する空気層ができている事例を写真解－35に示す。
- (4) 異なる塗装系の組合せ（B塗装系塗膜＋c 塗装系塗膜）・・・塗替え回数が多く膜厚が厚い塗装系の場合は、先に上層塗膜が軟化し、付着力の低下した部分から脱落した例を写真解－36に示す。



写真解－35 上層塗膜が大きく膨潤した例



写真解－36 上層塗膜が軟化し一部脱落した例
(右下は、全面的にはく落した例)

- (5)異なる塗装系の組合せ（B塗装系塗膜＋c 塗装系塗膜）・・・上層塗膜のポリウレタン樹脂塗料が膨潤して、先に上層塗膜のみが落下する。ポリウレタン樹脂塗膜が落下した例を写真解－37に示す。
- (6)その他の例1・・・塗膜全体が膨潤し、自重で落下した例を写真解－38に示す。



写真解－37 ポリウレタン樹脂塗膜が落下した例



写真解－38 塗膜が自重で落下した例

- (7)その他の例2・・・試験施工により、適切な塗付量よりインバイロワンの塗付が多い場合。十分に軟化した塗膜の表面にインバイロワンが余分に残存している例を写真解－39に示す。
- (8)その他の例3・・・試験施工により、適切な塗付量よりインバイロワンの塗付が少ない場合。適切な塗付量より少なく塗膜が軟化せず表面が乾燥状態になった例を写真解－40に示す。



写真解－39 適切な塗付量より多い場合

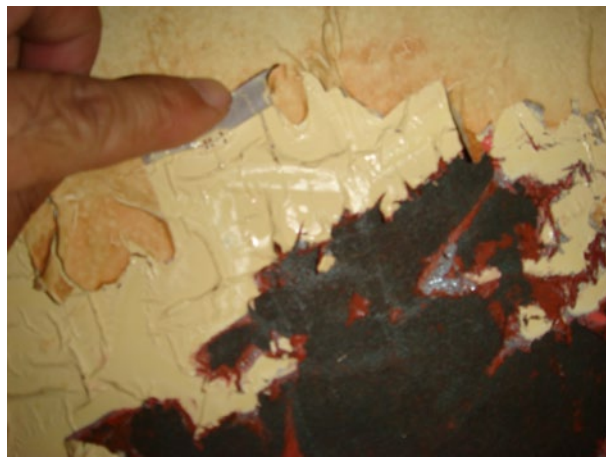


写真解－40 適切な塗付量より少ない場合

- (9)その他の例4・・・軟化後1週間程度経過し表層塗膜が乾燥しているが、下層塗膜が湿潤状態ではあるが、はく離に支障がなかった例を写真解－41に示す。
- (10)その他の例5・・・乾燥固化状態。軟化した塗膜が1ヶ月程度経過して、インバイロワンが蒸発し塗膜が乾燥固化し、はく離ができない例を写真解－42に示す。



写真解-41 最上層塗膜が乾燥した状態



写真解-42 塗膜が乾燥固化した状態

(11)その他の例6・・・浮き塗膜の上にインバイロワンを塗付したため、浮き塗膜だけが膨潤し下層塗膜が軟化しなかった例を写真解-43に示す。



写真解-43 浮き塗膜が存在する状態

4.2.6 軟化塗膜の除去

十分に塗膜が軟化したことを確認し、スクレーパーや皮スキなどを使用して塗膜を除去する。軟化した塗膜は徐々に固化するため、48時間程度で除去を完了する。

【解説】

塗膜の軟化は、カッターの刃など鋭利なものを wield 塗膜に当て移動させ、鋼素地に直接刃が当たる音で確認する事ができる。以下に各部位毎の塗膜除去状況(方法)の写真を示す。

(1)腹板の除去

腹板の塗膜除去は、スクレーパー等を使用するとよい。鋼板上に無機ジンクリッチプライマーが残存するB塗装系塗膜の軟化状態で、この場合は塗膜の膨潤が進み無機ジンクリッチプライマーとの付着力がほとんど失われているため、スクレーパー等で容易に除去できる例を写真解-44に示す。

(2)狭隘部の除去

スクレーパーが入らない狭隘部などは鉋かき等を使用するとよい。スカーラップ部は腹板部に比べて塗膜が厚いので、(インバイロワン塗付け→除去)工程の繰返しにより除去した例を写真解-45に示す。



写真解－44 腹板の塗膜除去



写真解－45 狭隘部の塗膜除去

(3) 連結部の除去

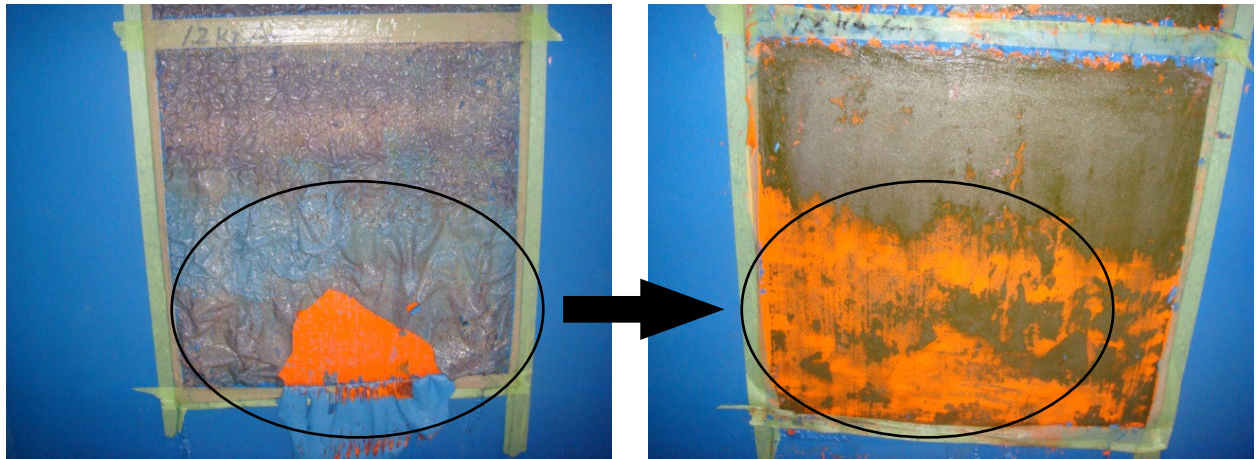
鉋かき等を使用した後、低回転型の電動工具（カップワイヤー）を併用している例を写真解－46に示す。添接ボルト部は鉋かき、スクレーパー、電動工具等を併用する事が効率的である。塗膜はほとんどなく、また湿潤状態なので粉塵の発生はほとんどない。



写真解－46 連結部の塗膜除去

(4) 上層塗膜の膨潤が進み下層塗膜の軟化が不十分で、下層塗膜が残存する例

インバイロワン塗付面の上部は膨潤していないため、インバイロワンが塗膜下層まで良く浸透しており、塗膜はほぼ除去できた。しかし、下部は上層塗膜が膨潤し浸透が阻害されたため、さび止めペイントが残存した例を写真解－47に示す。



写真解-47 塗膜の膨潤の有無によるはく離性が違う例

(5) 溶接箇所の裏面

はく離完了状態。凹部に鉛系さび止めペイントが若干残存する為、はく離できていないように見えるが他のエッチングプライマーが若干残存する部分と同等のはく離状態である。膜厚測定によっても同等であった。この事例は、スティフナー溶接時にエッチングプライマーが焼失したため、その部分にさび止めペイントが残存し、塗膜除去後の色合いに差が生じたと考えられる例を写真解-48に示す。



写真解-48 塗膜除去後の色合いに差異が生じた例

(6) 除去できなかった軟化塗膜の例

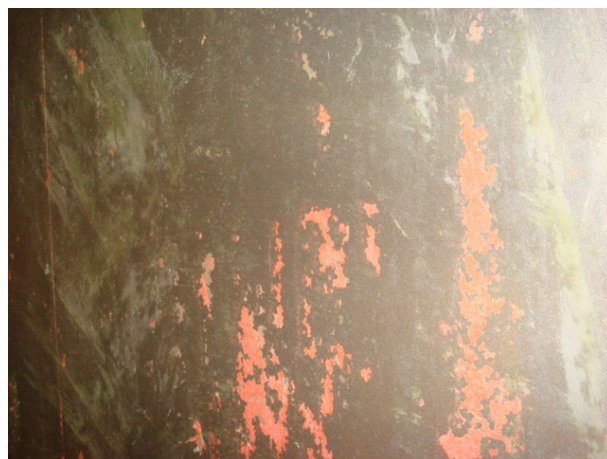
スカーラップや狭隘部に工具が入らず、軟化塗膜が取り残された例を写真解-49に示す。このまま塗装を行うと塗替え塗膜の性能に支障をきたすので、特に狭隘部の取り残しはないようにする。

(7) 軟化塗膜が十分に除去できなかった例

軟化塗膜が十分に除去できなかった例を写真解-50に示す。幅広の金へらや刃先の減った皮スキ等、除去性が不十分な工具であったため上層塗膜しか除去できなかった。適切な工具（扱いやすい大きさ、刃が付いている）を使用する事が望ましい。



写真解-49 軟化塗膜を除去し残した例



写真解-50 塗膜を十分に除去できなかった例

(8) 連結部を先行はく離した例

連結部や下フランジ等塗膜厚が500 μ m以上あり、一般部が500 μ m未満で、これらの部位はインバイロワンの塗付を二度行わなくてはならない場合、全面同時に行うとこれらの部位の二度目の塗膜除去の際に一般部を汚す恐れがあるので、先行してこれらの部位の塗膜を一度除去し、一般部と同時に塗膜除去を完了することが効率的である。連結部を先行はく離した例を写真解-51に示す。



写真解-51 連結部を先行はく離した例

4.2.7 オプション処理

インバイロワン工法で塗膜除去後、素地調整程度1種相当の下地を得るためのオプション処理を行うことができる。

【解説】

インバイロワン工法は塗膜除去工であり、さび・黒皮は除去できない。このため、さび・黒皮を除去するためのオプション処理が必要である。また、素地調整程度1種相当の下地を得るためにオプション処理を実施することができる。その時のさび面積毎のオプション処理のコスト試算例を表解-9に示す。この試算例は平成21年度までの累計(3年間)約12万m²の施工実績から算出したものである。なお、この試算には産業廃棄物処理費用は含まない。

また、さび面積が30%以上の場合、当初からブラスト処理を行うほうが効率的であるが、インバイロワン工法で塗膜を除去してからさび除去をブラスト処理で行うほうが有害物を含む塗膜ダストの飛散が少なく、研削材を含まないため産業廃棄物発生量も少なくなる。さらにさびは特別管理産業廃棄物に該当しないため、産業廃棄物処理費用の低減になる。

ブラスト処理工法では、ブラスト処理後4時間以内に有機ジンクリッチペイントを塗付しなければならない。ブラスト後、塗膜ダストの回収、清掃・片付を行い、規定の時間内に有機ジンクリッチペイントを塗装できる施工面積は1組10～20m²程度である。例えば、4主桁で1スパンが25mでは、2m程度である。このため、施工区間を小さくして施工する必要がある。その際には既に塗装してある区間は養生をする必要があるなど、効率が極端に悪い。また、有機ジンクリッチペイントに弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗を塗る塗装間隔は1～10日以内とされているため上記のように施工区間を分割し施工すると、この規定を守る事は困難となる。この様にブラスト処理工法には様々な課題がある。道路構造物は(社)日本道路協会「鋼道路橋塗装・防食便覧」(平成17年12月発刊、-II-93- 7.3.2替え塗装仕様)では、電動工具処理による素地調整程度2種は、効率が悪く大面積の処理には不向きであると示されている。

(単位：円／m²)

表解-9 オプション処理のコスト試算例

塗膜除去面 さび面積	電動工具処理 (エッチングプライマー面)	軽微な電動工具処理 (ジンクリッチプライマー面)	スィープブラスト処理 (黒皮面)
0 %	1,200	401	3,140
5 %	1,327	528	3,267
10 %	1,453	654	3,393
20 %	1,706	907	3,646

※スィープブラスト処理の研削材(ガーネット)の使用量は20kg/m²で試算した。

第5章 除去塗膜の回収・集積

5.1 除去塗膜回収

一般塗装系塗膜は鉛等の有害重金属を含有することがあるため、除去した塗膜は作業場内を汚さないように回収し、指定場所へ集積する。

【解説】

以下に除去塗膜の回収・集積の方法写真を示す。

(1) 除去塗膜の回収

除去塗膜を直接作業床に落下させると、塗膜に含有しているインバイロワンの成分により滑りやすくなり、転倒等の事故につながる恐れがある。写真は作業床に受け容器を置き除去塗膜を回収している例を写真解－52に示す。

(2) 除去塗膜の仮集積

受け容器に回収した除去塗膜は、荷重の分散を考え、分散して仮置きしている例を写真解－53に示す。



写真解－52 除去塗膜の回収



写真解－53 仮集積状況

(3) 指定場所への集積

除去塗膜が漏洩しないよう、ドラム缶やペール缶に保管する。指定場所に集積している状況を写真解－54に示す。



写真解－54 指定場所への集積

5.2 産業廃棄物の取扱い

有害物質を含む除去塗膜の取扱いは、環境基本法をはじめ各関係法規等を遵守し、環境保全に努めなければならない。

【解説】

除去された塗膜、塗膜除去時に発生した廃棄物および防錆塗装などの施工を進める段階で発生した廃棄物は関係法令を遵守し、適正に管理、処分する。事業活動に伴って発生した廃棄物は産業廃棄物に分類され、廃棄物の種別に適合した収集、運搬、保管および処分等を関係法規等が示す内容に従い適正に管理し処分が行わなければならない。

5.3 特別管理産業廃棄物の取扱い

除去した一般塗装系塗膜に、鉛・六価クロム等の有害物質を含むものは、廃棄物の処理および清掃に関する法律に従って取り扱う。

【解説】

有害物質を含む塗膜等の産業廃棄物は、第3章「事前調査」の結果で得られた有害物質の種類や含まれる量によって、その取扱が関係法令等で定められているので、それらに従い適切な取扱いを行わなければならない。

- (1) 鉛・クロムを含む廃棄物は、「廃棄物の処理および清掃に関する法律施行規則第一条の二」の規定により、「環境大臣が定める方法」によって分類されている。
- (2) 廃棄物に鉛・クロムが含まれる量によっては特別管理産業廃棄物の特定有害産業廃棄物に分類される。
- (3) 鉛・クロムを含む特別管理産業廃棄物の判定基準を表解-10に示す。

表解-10 鉛・クロムを含む特別管理産業廃棄物の判定基準

廃棄物に含まれる物質名	判定基準値
鉛	0.3mg/ℓ
六価クロム	1.5mg/ℓ

金属等を含む産業廃棄物に係わる判定基準を定める省令(平成15年3月3日三省令二号)(抄)金属等を含む産業廃棄物に係わる判定基準を定める省令の一部改正に伴う経過措置

- (4) 除去された塗膜等が特別管理産業廃棄物に該当する場合は、収集、運搬、保管管理等を適切に行うために特別管理産業廃棄物管理責任者を選任する。
- (5) 特別管理産業廃棄物は、運搬若しくは処分されるまで、環境省令で定める特別管理産業廃棄物保管基準を遵守して生活環境の保全上支障のないように保管しなければならない。
- (6) 事業活動に伴い、年間50トン以上の特別管理産業廃棄物の発生量がある場合、その廃棄物の減量、その他の処理に関する計画を都道府県知事に提出しなければならない。

5.4 PCB含有塗膜の取扱い

PCBを含有する塗膜は特別管理産業廃棄物およびPCB特別措置法に基づいて適切に取り扱う。
--

【解説】

- (1) PCBを含む廃棄物は、「廃棄物の処理および清掃に関する法律」の関係法規等で収集、運搬、保管等の法規制で定められている。
- (2) PCBを含む廃棄物は、「廃棄物の適正な処理の推進に関する特別措置法」によって届出、特別管理産業廃棄物管理責任者の選任、期限内処分、譲渡および譲受けが制限され、取扱いは十分な留意が必要である。
- (3) PCB廃棄物を取り扱う場合は、これら廃棄物の収集、運搬等全般について示されている環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部「PCB廃棄物収集・運搬ガイドライン」等を活用することが望ましい。
- (4) 除去された塗膜等が特別管理産業廃棄物に該当する場合は、収集、運搬、保管管理等を適切に行うために特別管理産業廃棄物管理責任者を選任する。
- (5) 特別管理産業廃棄物は、運搬若しくは処分されるまで、環境省令で定める特別管理産業廃棄物保管基準を遵守して保管しなければならない。
- (6) 特別管理産業廃棄物 (PCB) を保管した場合は毎年度、その廃棄物の保管および処分の状況に関して都道府県知事に届出を提出しなければならない。
- (7) 事業活動に伴い、年間50トン以上の特別管理産業廃棄物の発生量がある場合、その廃棄物の減量、その他の処理に関する計画を都道府県知事に提出しなければならない。
- (8) 前項の計画を提出した場合、計画の実施状況を都道府県知事に報告しなければならない。

第6章 安全管理

6.1 作業員の安全管理

一般塗装系塗膜に含有する鉛・クロム等の有害物質を扱うため、作業員の安全を確保するための法令を遵守し、また適切な保護具等を使用する必要がある。

【解説】

インバイロワン工法により鋼構造物の一般塗装系塗膜を除去する工事に関係する主な法令は、以下のものがある。

(1)労働安全衛生法 鉛中毒予防規則

塗膜に鉛・クロムが含有している場合は、労働安全衛生法「含鉛塗料のかき落としの業務」に該当するため、鉛取扱い作業主任者を選任し作業員安全確保のために必要な防護・保護具を使用する。

(2)労働安全衛生法 有機溶剤中毒予防規則

インバイロワン工法は有機溶剤を成分としているが、労働安全衛生法の有機溶剤中毒予防規則に該当しない。しかし、有機溶剤を扱うため一般的に有機溶剤中毒予防規則に準じた作業保護具を使用する。現場作業においては、インバイロワンが直接皮膚に付着しないような適切な保護衣、作業服を着用する。付着した場合は速やかに水洗する。また、塗付時あるいは軟化した塗膜の除去時にインバイロワン成分が目に入らないように適切な保護具を必ず着用する。

(3)労働安全衛生法 特定化学物質等障害予防規則

PCBを含有する塗膜を除去する場合は、有害物質の取扱い（作業者・環境・廃棄物等）に関する法令を遵守し、作業者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。特別教育の内容の例を以下に示す。

特別教育の例

PCB含有塗膜の除去作業に従事する労働者に対してあらかじめ次の事項に対して安全衛生教育を実施する事。

- ①PCB、コプラナー PCB等のダイオキシン類、除去作業に用いる薬剤等の性状および有害性に係わる事項。
- ②作業の方法および事故が発生した場合の措置に係る事項。
- ③暴露を低減させるための設備の操作および、作業開始時の設備の点検に係る事項。
- ④保護具の種類および使用方法にかかる事項。
- ⑤関係法令等に係る事項。

PCB含有塗膜の除去作業に従事する労働者に実施する教育は、「危険または有害な業務に現に就いているものに対する安全衛生教育に関する指針」に基づき当該業務についての細心の知識並びに教育技法について知識および経験を有するものが講師として、一日程度行う事が望ましい。

(4)PBCを含む塗膜の収集運搬

PCBを含む塗膜の収集運搬については、「PBC廃棄物収集・運搬ガイドライン」（環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部：平成16年3月）を遵守する。

(5)消防法

消防法ではインバイロワンは指定可燃物であり引火の危険性は低いが、作業現場の火気の取扱いに注意する。

(6) その他

作業者の安全を確保するために下記のような保護対策を行うことが望ましい。ミストが付着しないような隙間のない顔面保護具を着用する。インバイロワンは付着による皮膚刺激は少ないが、できるだけ付着を防止する保護具を着用する。万一付着した場合は、速やかに水で洗い流す（特に目などの粘膜部分については注意する事）。また、冬季作業時、作業場内を10℃以上に加温する場合、養生した作業場内では溶剤の蒸気濃度が高くなるため、作業開始前に必ず換気をしてから作業に着手する。詳細についてはMSDS（製品安全データシート）を参照する。

インバイロワンをエアレススプレーで塗付ける際には、インバイロワンの衣服への浸透を防ぐため保護衣を着用する。また、スプレーミストを吸引したり、目に入らないよう保護具を装着する。なお、これらの保護具は全面マスクが望ましい。

作業開始時には前日塗付けたインバイロワンにより塗膜が軟化している。軟化塗膜からは刺激性のある塗料成分が気化し足場内に滞留していることや、一般塗装系塗膜上に重防食塗装系塗膜が塗り重ねられている塗膜構成の場合、インバイロワンによる塗膜の軟化反応の結果、塗膜内に封じ込まれている溶剤成分が蒸発発散する場合があるので保護具を着用することが望ましい。

6.2 近隣環境の安全管理

有害物質を含む塗膜除去を行う場合、環境基本法をはじめ各関係法規等を遵守し、近隣の環境汚染の防止に努めなくてはならない。

【解説】

塗膜を破壊・粉砕して除去するブラスト工法や電動工具処理工法などの従来工法は、塗膜片や塗膜ダスト（微粒子状）が周辺土壌や河川に拡散する環境汚染が懸念されている。インバイロワン工法では塗膜を湿潤シート状に軟化させて除去するので、このような懸念はほとんど無いが、有害廃棄物を扱うことから、慎重に環境保全に努めなければならない。鉛・六価クロム・PCBの関係法令を表解－11に示す。

表解－11 関係法令

関係法令	鉛 (鉛化合物)	六価クロム (化合物)	ポリ塩化ビフェニル (PCB)
水質汚濁防止法施行規則	0.01mg/ℓ	0.05 mg/ℓ	検出されないこと。
水質汚濁に係わる環境基準について人の健康の保護に関する環境基準	0.01mg/ℓ	0.05 mg/ℓ	検出されないこと。
地下水の水質汚濁に係わる環境基準	0.01mg/ℓ	0.05 mg/ℓ	検出されないこと。
下水道法施行令(抄) 特定事業場からの下水の排除の制限に係わる水質の基準	0.1mg/ℓ	0.5 mg/ℓ	0.003 mg/ℓ
水道法施行規則(抄) 水質基準に関する省令	0.01mg/ℓ	0.05 mg/ℓ	—
底質暫定除去基準	—	—	10ppm
土壌汚染対策法施行規則 (地下水基準) (土壌溶出基準) (第二溶出量基準)	0.01mg/ℓ	0.05 mg/ℓ	検出されないこと。
	0.01mg/ℓ	0.05 mg/ℓ	検出されないこと。
	0.3mg/ℓ	1.5mg/ℓ	0.003 mg/ℓ
土壌汚染に係わる環境基準について	0.01mg/ℓ	0.05 mg/ℓ	検出されないこと。

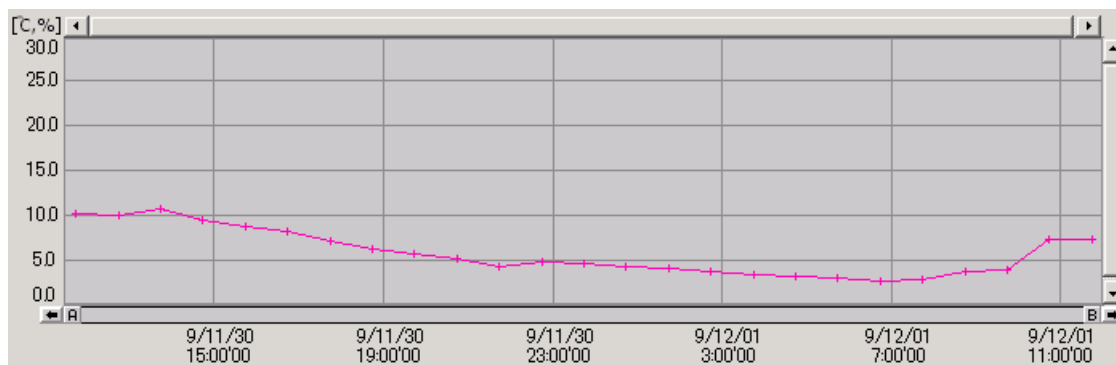
第7章 施工管理

7.1 温度管理

インバイロワン工法は温度によって軟化性能が変化するので、適切な軟化時間を把握するために作業場内の温度測定を実施する。

【解説】

インバイロワン工法の適用可能な気温は5℃以上である。最適な気温条件は10℃以上であるが、5℃～10℃までの気温帯では軟化積算温度（240℃・hr）を目安にし、塗膜の軟化を確認するため作業場内の気温を自記式温度計で測定する。測定例を図解－6に示す。



図解－6 自記式温度計測定例

7.2 塗付量管理

1平方メートル当たりのインバイロワンの塗付量管理および施工面積全体の使用量を管理するために実施する。

【解説】

インバイロワンの塗付は通常エアレス塗装機で行う。1日の施工面積に使用するインバイロワンの量を確認の後、所定の塗付量（ m^2 当たり）を塗付ける。塗付量を目安はウェットフィルムゲージ（ $1\text{ kg/m}^2 \approx 1000\mu\text{m}$ ）を用いて行い、事前に確認した施工面積全体の使用量に対して適切な量を塗付けた事を確認する。塗付量は 1000 g/m^2 を基本とする。ただし、除去した後に残った膜厚に応じてインバイロワンの2回目の塗付量は $200\mu\text{m}$ 以下 $\approx 400\text{ g/m}^2$ 、 $300\mu\text{m} \approx 600\text{ g/m}^2$ 、 $400\mu\text{m} \approx 800\text{ g/m}^2$ 、 $500\mu\text{m} \approx 1000\text{ g/m}^2$ を目安とする。ただし、気象条件によっては早期に乾燥する事があるので留意する。

7.3 塗膜除去程度の確認

塗膜除去程度の確認を行う。

【解説】

鋼製橋梁は、昭和40年以前は黒皮鋼板に直接塗装をしていたが、それ以降塗膜の耐久性を向上させるため、製鋼工場で黒皮をブラストで除去し、橋梁工場での加工・製作時に鋼材が腐食しないようにエッチングプライマーを塗布したショップ鋼板が使用されるようになった。さらに、重防食塗装系に使用する鋼板には無機ジンクリッチプライマーが使用されるようになった。インバイロワン工法で塗膜を除去した後の鋼材表面状態は、黒皮鋼板の場合とエッチングプライマーと無機ジンクリッチプライマーでは異なる。また、鋼材面には微細な凹凸が多くあり、エッチングプライマー・下塗り材等が凹部に入り込んだものは除去されないことがある。この時の膜厚計の測定値は、凹凸部で約30 μ mで、黒皮のみの測定値とほぼ同一である。また、目視では凹部に入り込んだ塗料により着色が確認されるが、この状態が塗膜除去の完了となる。インバイロワン工法での塗膜除去の確認は、膜厚計で測定し、測定値は約30 μ m程度とする。塗膜除去の確認のため、必要に応じて管理記録を取ることが望ましい。なお、測定頻度は塗膜厚測定を参照するとよい。以下に塗膜除去の確認の例を写真解－55示す。写真ではさび止めペイントの着色顔料が縞模様状態になっている。着色された部分は鋼材の裏面のリブの取り付けのための溶接作業により一次防錆プライマー（エッチングプライマー）が熱により劣化し、下塗りさび止めペイント塗装前に電動工具処理でブラストの凹凸面が平滑になったためエッチングプライマー部より膜厚が薄くなったと考えられる。（エッチングプライマー部：30 μ m、さび止めペイント部：25 μ m）



写真解－55 塗膜除去程度の確認の例

7.4 工程管理

目的とする塗膜の除去を、より早く、より経済的に、より安全に施工するための工程管理を行う。

【解説】

(1) 適切な工程管理を行うためには、工事着手前に除去対象塗膜の事前調査を実施し、きめ細かな管理計画を立案することが望ましい。

また、インバイロワンおよび作業員や工事に使用する資機材の手配は、塗膜除去工程に支障がないように十分配慮する。また、塗膜除去工程が確実に行われるように進捗状況を管理する必要がある。

このように工程管理は、単に定められた期間に塗膜を確実に除去するだけでなく、経済的かつ安全に施工を行うためにも欠くことのできない管理項目である。

(2) インバイロワン工法は、他の塗膜除去工法に比べ施工管理は比較的容易であり、塗装工事の工程短縮に大きく寄与できる。例えば、ブラスト処理工法ではブラスト処理後4時間以内に有機ジンクリッチペイントを塗付しなければならない。ブラスト後、塗膜ダストの回収、清掃・片付け、さらに塗装工程への段取り替えを行い、規定の時間内に有機ジンクリッチペイントを塗装できる施工面積は1組10～20m²程度である。例えば、4主桁で1スパンが25mでは、2m程度である。このため、施工区間を小さくして施工する必要がある。その際には既に塗装してある区間は養生をする必要があるなど、効率が極端に悪くなる。

また、有機ジンクリッチペイントに弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗を塗る塗装間隔は1～10日以内とされているため上記のように施工区間を分割し施工すると、この規定を守る事は困難になることが想定されるが、インバイロワン工法では塗膜ダストが生じないため、施工区間を大きくすることもでき、塗膜除去後は直ちに塗装することも可能である。

あとかき

鋼構造物防食塗膜、環境対応現場塗膜除去技術インバイロワン工法は、独立行政法人土木研究所と山一化学工業株式会社が共同で開発したものである。この技術は、一般塗装系塗膜を重防食塗装系に変更する際に必要な一般塗装系塗膜を除去する際に生じる、塗膜ダストの飛散をなくし、騒音を低減させるなど作業者と周辺環境を守ることができる優れた塗膜除去技術である。

本技術は、第2回ものづくり日本大賞(内閣総理大臣賞)と第8回国土技術開発賞最優秀賞(国土交通大臣賞)を受賞している。また、NETIS(新技術情報提供システム)にも登録(KT-060135-A)されており、特許第3985966号を取得している。

本技術を適用することによって、鋼構造物の長寿命化のために一般塗装系塗膜を重防食塗装系に変更する際に、有害な有機溶剤を使用せずに有害物質を含む塗膜ダストの飛散を無くし、素地調整時の騒音を低減して周辺環境の保全と作業者の安全を確保しつつ重要な社会基盤である鋼構造物の長寿命化と維持管理費の低減に役立てていただきたい。

付属資料－1 生分解度試験



Japan
Food
Research
Laboratories

試 験 報 告 書

第 504070075-004 号

2004年(平成16年)12月01日

依 頼 者 山一化学工業株式会社

検 体 鋼構造物塗膜はく離剤「インバイロワン」

表 題 BOD法による生分解度試験

2004年(平成16年)07月05日当センターに提出された
上記検体について試験した結果は次のとおりです。

財団法人

日本食品分析センター



東京本部 〒151-0062 東京都渋谷区元代々木町52番1号
大阪支所 〒564-0051 大阪府吹田市豊津町3番1号
名古屋支所 〒460-0011 名古屋市中区大須4丁目5番13号
九州支所 〒812-0034 福岡市博多区下呉服町1番12号
多摩研究所 〒206-0025 東京都多摩市永山6丁目11番10号
千歳研究所 〒066-0052 北海道千歳市文京2丁目3番

BOD法による生分解度試験

要 約

検体について、OECD Guidelines for the Testing of Chemicals 301C(1992)を参考にして生分解度試験を28日間実施した。

試験は、微生物源として標準活性汚泥及び返送汚泥を用い、検体の生物化学的酸素消費量(BOD)を閉鎖系酸素消費量自動測定装置で連続測定し、生分解度を算出した。

その結果、28日後の検体の生分解度は95 %以上であった。

依 頼 者

山一化学工業株式会社

検 体

鋼構造物塗膜はく離剤「インバイロワン」

試験実施期間

平成16年7月13日～平成16年12月1日

試験実施場所

財団法人 日本食品分析センター 多摩研究所
東京都多摩市永山6丁目11番10号

試験責任者

財団法人 日本食品分析センター 多摩研究所
環境科学部 環境生物安全課
吉安 友二

試験実施者

杉原 夕華 , 藤野 仁美 , 佐藤 清亨 , 稲田 友子

1 試験目的

検体の生分解度を測定する。

2 検 体

鋼構造物塗膜はく離剤「インバイロワン」

性状：緑色粘性液体

3 試験方法

1) 試験区分

- ① 培養試験区：検体+微生物源+基礎培養基(試験回数：3)
- ② 植種ブランク：微生物源+基礎培養基
- ③ 基準試験区：アニリン+微生物源+基礎培養基
- ④ 植種ブランク(基準試験区用)：微生物源+基礎培養基

2) 試験条件

- ① 試験方式：閉鎖系酸素消費量自動測定装置(以下「BOD測定装置」と略す。)による遮光下でのかくはん培養法
- ② 試験期間：28日間(ただし、基準試験区は14日間とした。)
- ③ 検体濃度：121 mg/l
- ④ 基準物質：アニリン[関東化学株式会社，特級，純度99.0 %以上]
- ⑤ 基準物質濃度：100 mg/l
- ⑥ 微生物源：標準活性汚泥及び返送汚泥
- ⑦ 活性汚泥浮遊物質濃度：30 mg/l
- ⑧ 基礎培養基：無機培養基
- ⑨ 培養液量：200 ml
- ⑩ 試験温度：25 ℃±1 ℃

3) 試験培養液及び基礎培養基の調製

① 培養試験区

検体の調製液を培養液中の理論酸素要求量(以下「ThOD」と略す。)が約170 mgO/lとなるように基礎培養基に添加して培養試験区とした。

なお、培養液中の検体濃度は121 mg/lであった。

② 基準試験区

基準物質(アニリン)を基礎培養基に添加し、基準試験区とした。

なお、培養液中の基準物質濃度は102 mg/lであった。

③ 基礎培養基

OECD Guidelines for the Testing of Chemicals 301C(1992)に従って調製した。

4) 微生物源

① 活性汚泥

a) 標準活性汚泥

入手先：財団法人 化学物質評価研究機構

入手日：平成16年4月15日

b) 返送汚泥

採取場所：東京都下水道局南多摩水再生センター(東京都稲城市)

採取日：平成16年7月13日

② 活性汚泥懸濁液

試験開始当日に採取した標準活性汚泥及び返送汚泥をそれぞれ遠心分離して上澄み液を捨てた後、残留物を純水に懸濁させて遠心分離し、洗浄を行った。この洗浄操作を3回繰り返して得られたそれぞれの残留物を等量混合し、純水に活性汚泥浮遊物質(MLSS)として約600 mg/lになるように懸濁させ活性汚泥懸濁液を調製した。

③ 植種

活性汚泥懸濁液を培養試験区、植種ブランク、基準試験区及び植種ブランク(基準試験区用)に植種した。

5) 測定方法

① BOD

BOD測定装置によりBODを連続測定した。

② ニクロム酸カリウムによる酸素消費量(COD_{Cr})

検体の COD_{Cr} 値をJIS K 0102：1998「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(COD_{Cr})の項に従って測定した。

③ MLSS

活性汚泥懸濁液のMLSSを日本下水道協会「下水試験方法」(1997)、第2編、第3章、第6節 活性汚泥浮遊物質(MLSS)1.遠心分離法に準拠して測定した。

④ 硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素

試験開始より14日後に基準試験区及び植種ブランク(基準試験区用)の培養液について、硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素をイオンクロマトグラフ法により測定した。

⑤ 溶存有機体炭素(DOC)

試験終了時に各試験区の培養液を遠心分離(4,000 g, 15分間)し, その上澄み液についてDOCをTOC計で測定した。

⑥ 水素イオン濃度(pH)

試験終了時に各試験区の培養液のpHをpH計で測定した。

6) 生分解度の算出方法

① BODによる生分解度

BODによる生分解度を次式により算出した。

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

BOD(mgO/mg) : [各試験区の酸素消費量(mgO/l) - ブランクの酸素消費量(mgO/l)]

／検体濃度(mg/l)

ThOD(mgO/mg)* : 各試験区の理論酸素要求量

* 検体のThOD値はCOD_{Cr}値から算出した。

また, 基準試験区のBOD値の補正值を次式から算出し, BOD値から差し引いた後, 基準物質の生分解度を算出した。

$$\text{BOD}_N = (\rho \text{NO}_3 \times 4.57 + \rho \text{NO}_2 \times 3.43) / \text{TC}$$

BOD_N : BOD値の補正值

ρNO_3 : 硝酸態窒素濃度(mg/l)

ρNO_2 : 亜硝酸態窒素濃度(mg/l)

TC : 基準物質濃度(mg/l)

② ThOD値

a) 検体

COD_{Cr}値 : 1.40 mgO/mg

b) アニリン

b)-1 化学式 : C₆H₇N

b)-2 分子量 : 93.1

b)-3 ThOD値 : 2.41 mgO/mg

7) 測定機器

- ① BOD測定装置：Dユニット[セントラル科学株式会社]
- ② イオンクロマトグラフ分析計：IC 7000RS[横河アナリティカルシステムズ株式会社]
- ③ TOC計：TOC-5000[株式会社 島津製作所]
- ④ pH計：HM-14P[東亜ディーケーケー株式会社]

4 試験結果

1) BOD値及びThOD値

検体及び基準物質のBOD値及びThOD値を表-1に示した。

また、14日後の基準試験区のBOD値の補正に用いた試験培養液中の硝酸態窒素濃度及び亜硝酸態窒素濃度を表-2に示した。

ただし、BOD値は植種ブランク及び植種ブランク(基準試験区用)を差し引いた値を示した。

表-1 検体及び基準物質のBOD値及びThOD値(単位：mgO/mg)

試験区分	BOD値				ThOD値
	7日後	14日後	21日後	28日後	
検 体					
培養試験区 1	1.04	1.13	1.36	1.53	
培養試験区 2	1.04	1.14	1.34	1.50	1.40
培養試験区 3	1.07	1.16	1.34	1.47	

アニリン					
基準試験区	1.70	1.79 (1.75)	—	—	2.41

()内は補正後の数値を示した。

表-2 14日後の試験培養液中の硝酸態窒素濃度及び亜硝酸態窒素濃度

試験区分	硝酸態窒素濃度 (mg/l)	亜硝酸態窒素濃度 (mg/l)
基準試験区	0.4	2.9
植種ブランク(基準試験区用)	1.5	0.4
差	-1.1	2.5

2) BODによる生分解度

検体の生分解度を表-3、分解度曲線を図-1に示した。

検体のCOD_{Cr}値を基にしたThOD値から算出した28日後の生分解度は95 %以上であった。また、基準物質の14日後の生分解度は72.8 %であった。

表-3 生分解度測定結果(単位：%)

試験区分	7日後	14日後	21日後	28日後	平均値*
検 体					
培養試験区 1	74.0	80.6	>95	>95	
培養試験区 2	74.0	81.7	>95	>95	>95
培養試験区 3	76.2	82.8	>95	>95	
アニリン					
基準試験区	70.4	74.2 (72.8)	—	—	—

* 培養試験区1～3の28日後の平均値を示した。

()内は補正後の数値を示した。

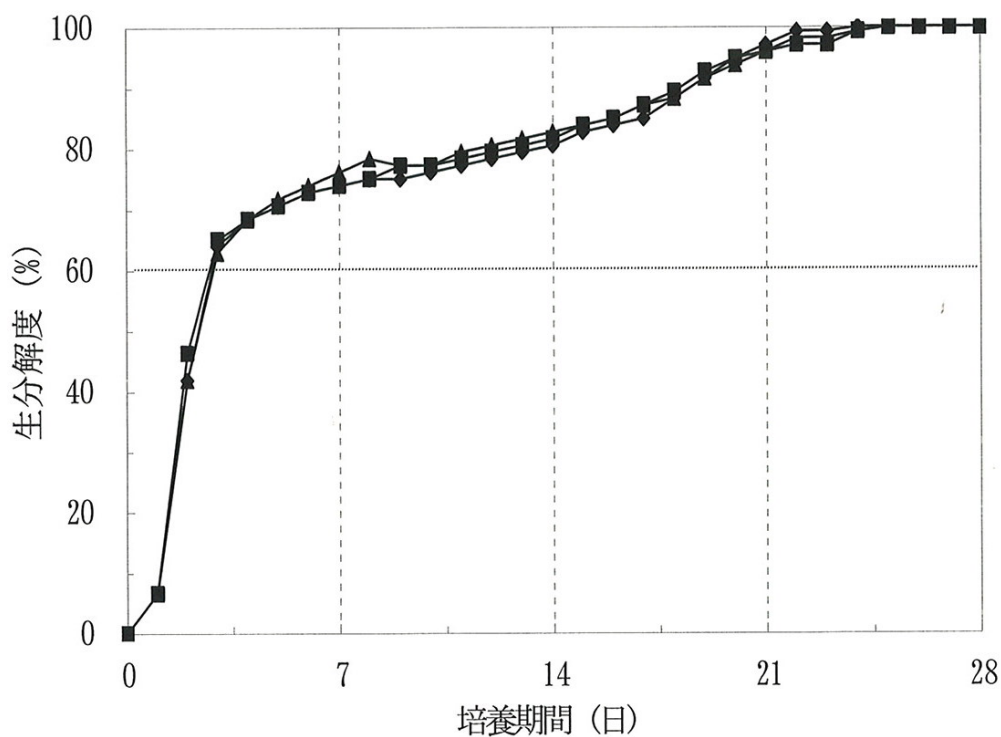


図-1 分解度曲線

◆ 培養試験区1 ■ 培養試験区2 ▲ 培養試験区3

3) DOC値

28日後の試験培養液のDOC値を表-4に示した。ただし、DOC値は植種ブランクを差し引いた値を示した。

表-4 28日後の試験培養液のDOC値

試験区分	DOC値 (mgC/l)
培養試験区 1	1.9
培養試験区 2	2.0
培養試験区 3	1.9

4) pH

28日後の試験培養液のpHを表-5に示した。

表-5 28日後の試験培養液のpH

試験区分	pH
培養試験区 1	6.8
培養試験区 2	6.8
培養試験区 3	6.7
植種ブランク	7.1

以 上

付属資料－ 2

魚毒性試験



Japan
Food
Research
Laboratories

試 験 報 告 書

第 504070075-003 号

2004年(平成16年)08月04日

依 頼 者 山一化学工業株式会社

検 体 鋼構造物塗膜はく離剤「インバイロワン」

表 題 魚類急性毒性試験(ヒメダカ)

2004年(平成16年)07月05日当センターに提出された
上記検体について試験した結果は次のとおりです。

財団法人

日本食品分析センター



東京本部 〒151-0062 東京都渋谷区元代々木町52番1号
大阪支所 〒564-0051 大阪府吹田市豊津町3番1号
名古屋支所 〒460-0011 名古屋市中区大須4丁目5番13号
九州支所 〒812-0034 福岡市博多区下呉服町1番12号
多摩研究所 〒206-0025 東京都多摩市永山6丁目11番10号
千歳研究所 〒066-0052 北海道千歳市文京2丁目3番

魚類急性毒性試験 (ヒメダカ)

要 約

検体について、JIS K 0102:1998「工場排水試験方法」の魚類に対する急性毒性試験の項を参考にして、ヒメダカに対する96時間急性毒性試験を実施した。

試験は、試験区(公比1.3)及び対照区について1区当たり10尾のヒメダカを用い、水温24℃±1℃、止水式で行った。

その結果、検体の96時間LC₅₀値(Median lethal concentration: 半数致死濃度)は60 mg/lであった。

依 頼 者

山一化学工業株式会社

検 体

鋼構造物塗膜はく離剤「インバイロワン」

試験実施期間

平成16年7月7日～平成16年8月4日

試験実施場所

財団法人 日本食品分析センター 多摩研究所
東京都多摩市永山6丁目11番10号

試験責任者

財団法人 日本食品分析センター 多摩研究所
環境科学部 環境生物安全課
吉安 友二

試験実施者

清水 正恵 , 杉原 夕華 , 佐合 宏隆

1 試験目的

検体の魚類に対する短期的影響に関する情報を得る。

2 検 体

鋼構造物塗膜はく離剤「インバイロワン」

性状：緑色粘性液体

3 試験方法

1) 試験魚

- ① 試験魚名：ヒメダカ (*Oryzias latipes*)
- ② 全長及び体重：平均全長 2.2 cm, 平均体重 0.11 g (測定数10尾)
- ③ 入手先：自家生産
- ④ 順化：

試験魚は試験開始前7日間、試験条件と同じ水質、温度及び照明に順化させた。

なお、順化期間中の試験魚の死亡率は5 %未満であった。

2) 試験水の調製

検体を希釈水に添加して公比1.3の濃度間隔で7濃度(24, 32, 42, 56, 75, 100及び130 mg/l)の試験水を調製し、試験区とした。

対照区は希釈水のみとした。

3) 暴露条件及び環境条件

- ① 暴露方式：止水式
- ② 試験生物数：10尾/試験区
- ③ 試験水量：4 l
- ④ 試験水温：24 °C ± 1 °C
- ⑤ 照 明：16時間照明/8時間暗
- ⑥ 試験水槽：5 l容丸形ガラス製水槽(内径 230 mm, 高さ 135 mm)
- ⑦ 希 釈 水：水道水(東京都多摩市)を脱塩素したもの
pH : 7.9
硬 度：58 mg/l (CaCO₃として)
- ⑧ 通 気：あり

4) 測定

各試験区のヒメダカの挙動を観察し、24, 48, 72及び96時間後の死亡数を記録した。また、試験開始時及び終了時の各区の試験水の溶存酸素濃度(以下「D0」と略す。)を隔膜電極法で、pHをガラス電極法で測定した。

5) LC_{50} 値の算出

各濃度区のアメダカの死亡尾数と試験生物数(10尾)から死亡率(%)を算出し、統計的手法を用い24, 48, 72及び96時間の LC_{50} 値を算出した。

6) 測定機器

- ① DO計：DO-14P[東亜ディーケーケー株式会社]
- ② pH計：HM-21P[東亜ディーケーケー株式会社]

4 試験結果

1) LC_{50} 値

検体の24, 48, 72及び96時間 LC_{50} 値を表-1に示した。

なお、括弧内の数値は算出された95 %信頼限界を示した。

表-1 検体の24, 48, 72及び96時間 LC_{50}

(単位：mg/l)			
24時間 LC_{50}	48時間 LC_{50}	72時間 LC_{50}	96時間 LC_{50}
62* (53～72)	60* (52～70)	60* (52～70)	60* (52～70)

* Probit法

2) 濃度と累積死亡率

検体の96時間における0 %死亡最高濃度は24 mg/l, 100 %死亡最低濃度は100 mg/lであった。各濃度の試験区における時間ごとの累積死亡率と、開始時及び終了時のDO並びにpHを表-2に示した。また、図-1に濃度と死亡率のグラフを示した。

表-2 累積死亡率とD0及びpH

試験濃度 (mg/l)	累積死亡率(%)				開始時		終了時	
	24時間	48時間	72時間	96時間	D0 (mg/l)	pH	D0 (mg/l)	pH
24	0	0	0	0	8.6	7.8	7.1	7.7
32	10	10	10	10	8.5	7.8	7.0	7.7
42	10	10	10	10	8.5	7.7	7.3	7.7
56	20	20	20	20	8.5	7.6	6.8	7.6
75	70	80	80	80	8.6	7.5	7.4	7.7
100	100	—	—	—	8.6	7.4	6.5	7.4
130	100	—	—	—	8.7	7.3	5.3	7.2
対照区	0	0	0	0	8.5	7.9	7.7	7.9

—：試験生物全死亡のため試験終了

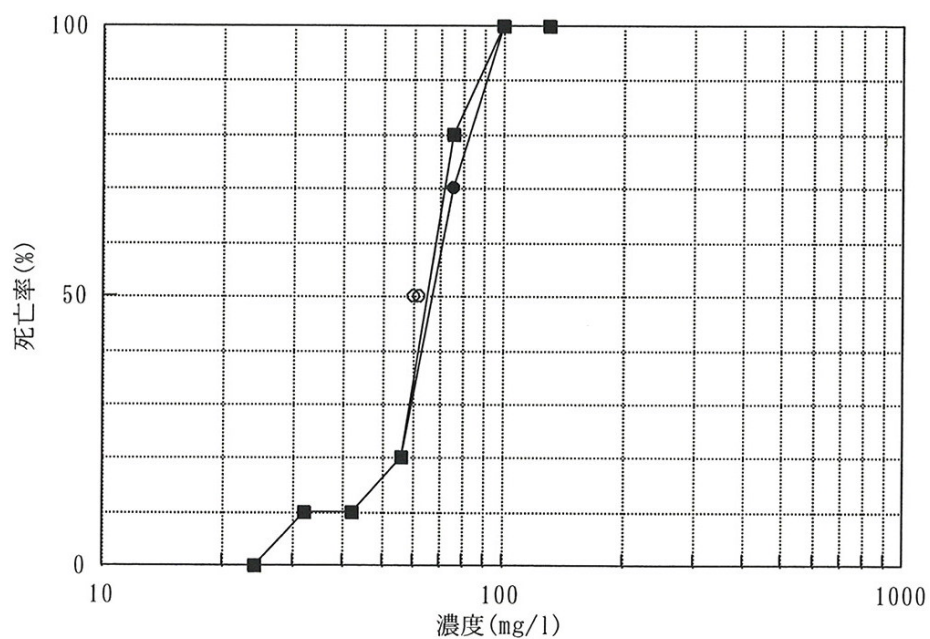


図-1 濃度－死亡率曲線

◆ 24時間 ★ 48時間 ■ 72時間 ▼ 96時間 ○ LC50値

以 上

付属資料－3
インバイロワン性能向上に関する
共同研究

付属資料－3 インバイロワンの性能向上に関する共同研究

はじめに

「鉛・クロムなどの有害物質を含有する塗膜の安全な除去に関する共同研究」（平成15年4月1日～平成18年3月31日）を実施し、有害物質を含む一般塗装系塗膜ダストが飛散することを防ぐことが出来る塗膜除去技術（インバイロワン工法）を確立した。本技術で開発したはく離剤インバイロワンは一般塗装系塗膜を軟化して除去するが、低温期（5℃～10℃、12月～2月）では、はく離剤成分の活性が低下して塗膜の除去が十分に行えない。このため低温（5℃～10℃）でも効果を発揮するはく離剤の改良が必要である。また、内面用塗装系のタールエポキシ樹脂塗膜は発がん性物質であり、作業者に安全な除去・回収方法が必要である。本共同研究では、既に開発したインバイロワンをベースにして、5℃～10℃の低温ではく離性ならびにタールエポキシ樹脂塗料塗膜のはく離性を有するはく離剤を開発することを目的とし、「インバイロワンの性能向上に関する共同研究」（平成20年2月1日～平成22年3月31日）を実施した。

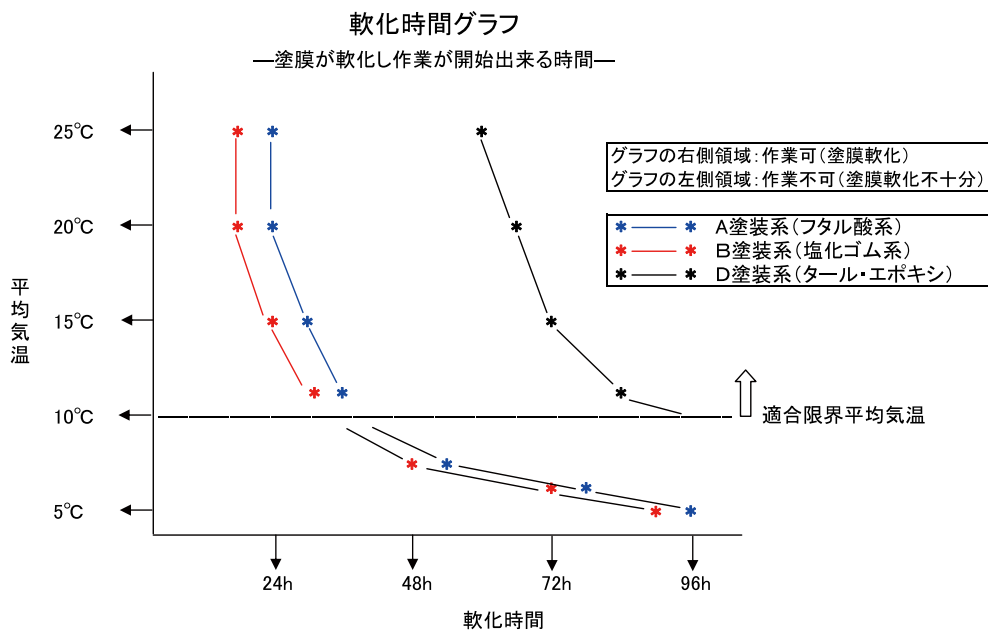
インバイロワンは気温10℃以上において約24時間で塗膜を軟化させるが、10℃以下では軟化に24時間より長時間を要する。これまでの実務検証から春および冬の季節では一日の気温の推移は日中10℃以上、夜間5℃以下になる事が多い。このため所要24時間で塗膜を軟化させる事が可能である場合と、可能でない場合がある。この様な季節での適切な軟化時間の目安を把握するため、一日24時間で変動する気温を一時間毎に測定した気温の和により管理する方法を見出し、再現性を確認した。材料改良においては特許請求範囲内での成分構成の改良検討とした。大幅な成分構成の改良ではなく、配合バランスの最適化と添加剤の改良による低温性能向上を目指した。

その結果、5℃～10℃において軟化に必要な時間と温度の関係が1時間毎測定の外気温の和、240℃・hr（軟化積算温度）である事が確認され、低温時における軟化所要時間の目安が明らかになった。また、材料の改良については、溶解力付与成分の増量、および増粘剤の改良が有効である事が確認できた。溶解力付与成分増量による試作品は、経時安定性の確認を継続している。増粘剤の改良による試作品は配合比率が少なく、有効成分が多くなる事から総合的に性能の向上が認められ、タールエポキシ樹脂塗料のはく離に適していることが確認された。

1. 研究内容

1.1 軟化積算温度の検討

図－1で示した「軟化時間グラフ」で5℃～10℃の温度領域でA塗装系（フタル酸系）、B塗装系（塩化ゴム系）、D塗装系（タールエポキシ系）共に時間経過によって作業可能な軟化状態が確認されている。たとえば、10℃の場合24時間、5℃の場合は48時間で軟化状態になる。したがって、5℃～10℃において軟化に必要な時間と温度の関係は1時間毎測定の外気温の和が240℃・hr（軟化積算温度）である事が予測されたため、実橋による実験、検証を行った。



図－1 温度と軟化の関係

【実橋による試験事例1】

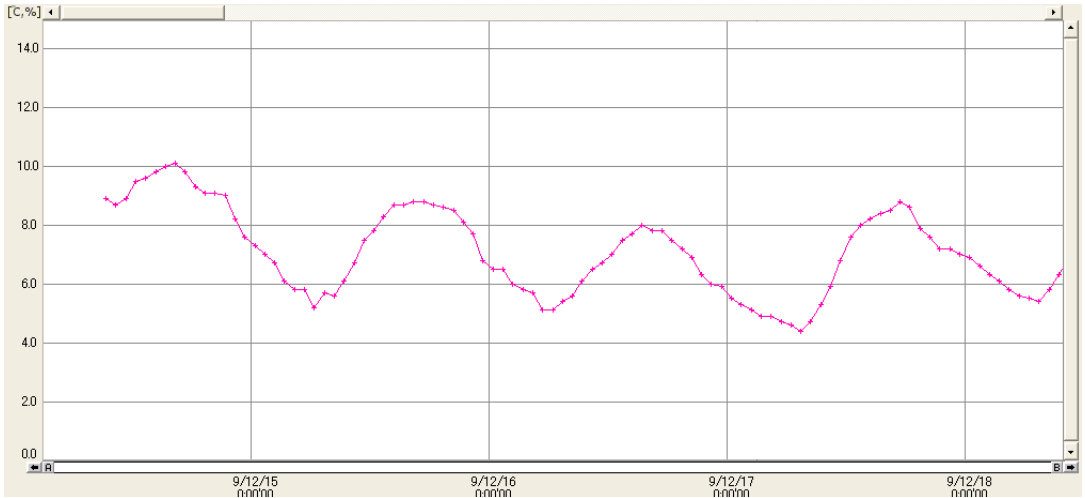
試験は、東京都にある新小松川橋で、平成21年12月14日～12月18日にかけて実施した。その間の経時気温変化の記録と軟化状態等を調査した。試験施工橋梁の外観を写真－1に示す。試験施工の工程を表－1に、試験期間の経時気温変化を図－2に示す。また、施工状況とはく離程度を写真－2に示す。



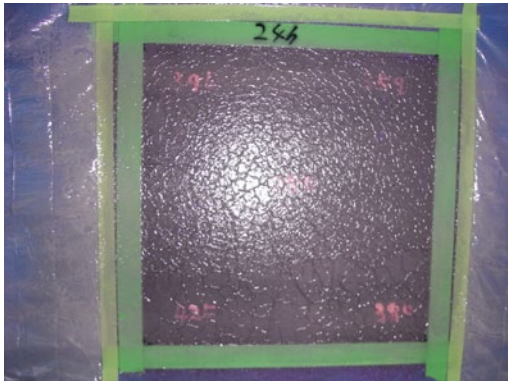
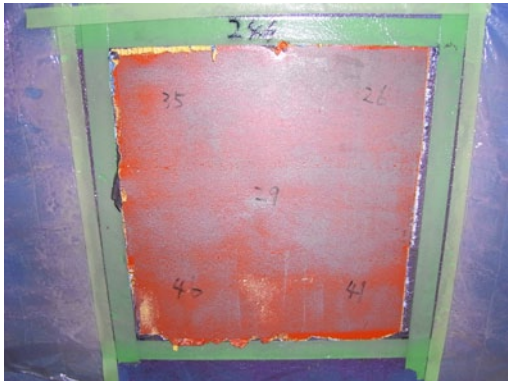
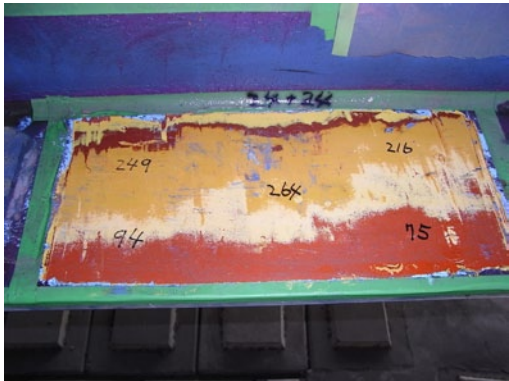
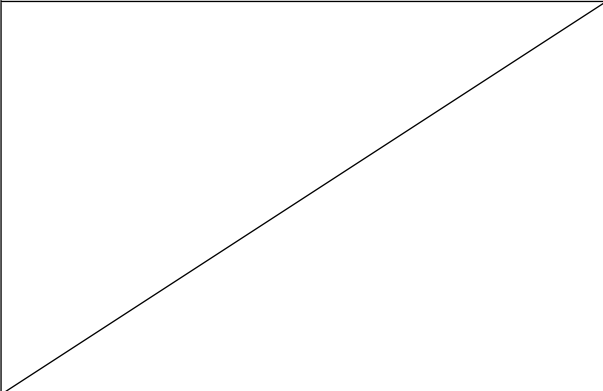
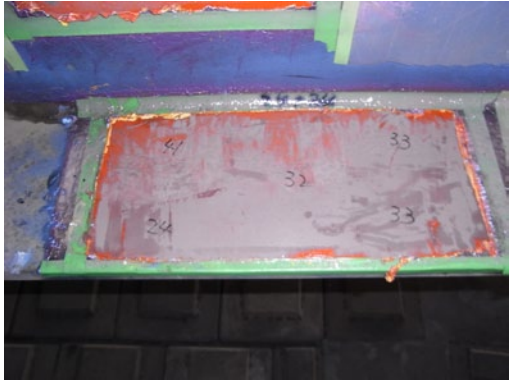
写真－1 施工箇所外観

表－1 試験施工工程

作業工程	12月										備考
	14日		15日		16日		17日		18日		
	午前	午後	午前	午後	午前	午後	午前	午後	午前	午後	
1. 作業準備	↔										
2. インバイロワン塗付	↔				↔						
3. 塗膜軟化			↔		↔		↔		↔		
4. スクレーパーによる塗膜除去			↔		↔		↔		↔		
5. 廃棄物の回収			↔		↔		↔		↔		
6. 復旧									↔		



図－2 施工期間中の気温の変化

腹板	フランジ上面
	
平均膜厚388μm	平均膜厚623μm
	
塗付48時間後240℃・hr	塗付24時間後120℃・hr
	
	再塗付24時間後240℃・hr

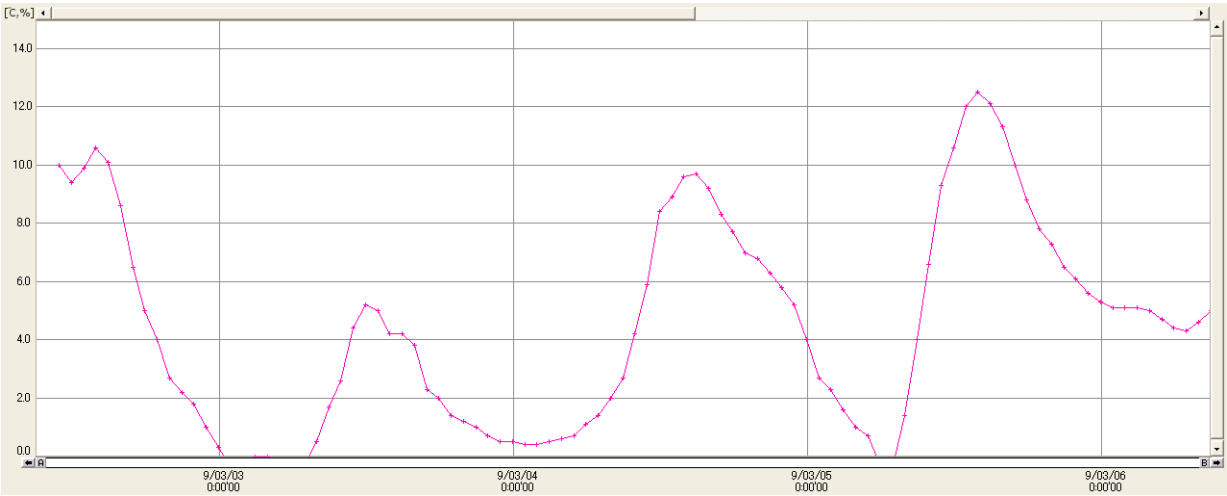
写真－2 施工状況とはく離程度

【実橋による実験事例2】

試験は、栃木県にある鬼怒大橋で、平成22年3月2日～3月6日にかけて実施した。その間の経時気温変化の記録と軟化状態等を調査した。試験施工の工程を表－2に、試験期間の経時気温変化を図－3に示す。また、施工状況とはく離程度を写真－3に示す。

表－2 試験施工工程

作業工程	3月										備考
	2日		3日		4日		5日		6日		
	午前	午後	午前	午後	午前	午後	午前	午後	午前	午後	
1. 作業準備	↔										
2. インバイロワン塗付	↔				↔						
3. 塗膜軟化	←								→		
4. スクレーパーによる塗膜除去			↔		↔		↔		↔		
5. 廃棄物の回収			↔		↔		↔		↔		
6. 復旧									↔		



図－3 施工期間中の気温変化

腹板 部位1	腹板 部位2
	
平均膜厚388μm	平均膜厚623μm
	
塗付72時間後240℃・hr	塗付72時間後240℃・hr
写真－3 施工状況とはく離程度	

1.2 低温性能向上のための検討

インバイロワンの成分構成および機能は、塗付後有効成分が塗膜表層を適度に軟化させる。軟化により塗膜表層の空隙が若干広がったところに、さらに異なる有効成分が塗膜深部まで浸透し、塗膜と鋼板面の界面を軟化させ、塗膜全体の凝集力を低下させる。そこで、性能向上のための配合変更は、構成成分の配合割合の変更および浸透助剤の添加量の変更、さらに増粘剤の変更などの改良を試みた。改良された低温時性能向上したものは、低温時以外でも使用可能である。

(1) 第1次試験

山一化学工業株式会社那須工場において、平成20年9月10日～9月11日に塗装試験片で予備実験を実施した。供試した試作品は、以下の4種類である。

- A：添加剤の増量・・・浸透活性剤の増量
- B：主成分の増量・・・溶解力付与成分の増量
- C：新規成分の追加・・・新規浸透主成分の添加
- D：新規成分の追加・・・新規溶解力付与成分の添加

塗膜はく離性の評価は、金ペラを用いて塗膜を除去する際に、以下に示す基準で評価した。その結果を表－3と、写真－4に示す。評価基準を以下に示す。

表－3第1次試験結果

試作品	評価
A	○
B	◎
C	○
D	○

評価基準：◎：現行品より優れる ○：現行品と同等 ×：現行品より劣る



写真－4 第1次試験結果

(2)第2次試験

東日本高速道路株式会社の京葉道武石高架橋下り線の塗膜除去工事の際に、その一部で試験（実施平成20年9月16日～9月17日）を実施した。第1次試験結果で試作品Bが最も良好であったので、Bをさらに改良した試作品3種類について評価した。供試した試作品は、以下の3種類である。

B・・・試作品B

B－1・・・試作品Bより溶解力付与成分を減量

B－2・・・試作品Bより溶解力付与成分を増量

第2次試験結果を表－4と写真－5に示す。

表－4 第2次試験結果

試作品	評価	備考
B	○	
B－1	◎	
B－2	×	はく離剤がタレ落ちた



写真－5 第2次試験結果

(3)第3次試験

第2次試験で良好であった試作品B－1をさらに改良した配合の試作品および、新規増粘剤を使用した試作品の評価実験を朝霧環境材料試験施設に設置されている実大桁で平成20年11月12日～11月14日に塗膜はく離試験を実施した。本実験は低温が予想される日程で実施したが、気温が高くさらに実大桁の膜厚が200μm以下と薄かったため性能の差は認められなかった。

B－1・・・試作品B－1

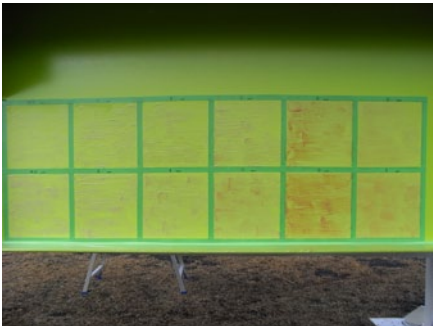
B－3・・・試作品B－1より溶解力付与成分を増量

E・・・・増粘剤の改良

第3次試験結果を表－5と写真－6に示す。

表－5 第3次試験結果

試作品	評 価
B－1	○
B－3	○
E	○

	塗付後	除去後
A 塗装系		
B 塗装系		

写真－6 第3次試験結果

(4) 第4次試験

第3次試験時の気温が予想以上に高かったため、土木研究所の低温試験室を使用して第3次試験に供試した試作品を塗装試験片と実橋より切り出した部材の塗膜で平成21年6月15日～6月19日、平成21年7月27日～7月31日に塗膜のはく離試験を実施した。また、タールエポキシ樹脂塗料への適合性を評価した。(低温試験室での設定温度は3℃とした)

第4次試験の結果を表－6と写真－7に示す。

表－6 第4次試験結果

試作品	評価	評価(タールエポキシ)
B－1	◎	◎
B－3	○	○
E	○	○

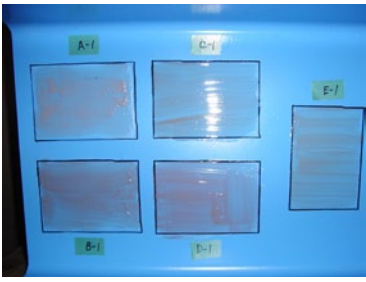
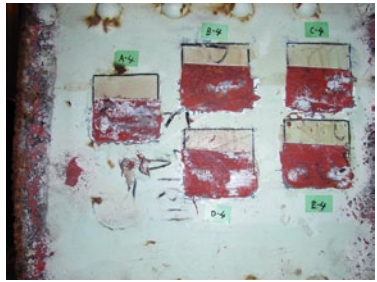
	塗付後	除去後
A 塗装系		
B 塗装系		
タールエポキシ		
実橋切取り部材		

写真-7 第4次試験結果

2. 研究結果

鋼構造物塗装の適用気温について、鋼道路橋塗装・防食便覧((社)日本道路協会)では「構造物塗装の禁止条件は5℃以下」と記述されている。関東以北および山間部では冬季(12月～2月)1日の平均気温が5℃以下の場合には塗装できないが、初冬および初春では1日の平均気温が5℃～10℃の場合、日中5℃以上で夜間5℃以下であっても塗装は可能である。インバイロワン工法では軟化に必要な時間が10℃以上で24時間としているため、初冬および初春期では施工ができない。この期間の施工を可能にするための研究として、施工技術面では気温と軟化必要時間の関係を明らかにし、さらに、低温性能向上のために構成成分の改良研究を行った。その結果、次の通り成果を得た。これにより、5℃～10℃の気温での施工が可能となった。

【施工技術の検討】軟化積算温度の確立

5℃～10℃において、軟化に必要な時間と温度の関係が1時間毎測定の外気温の和、240℃・hr(軟化積算温度)である事を確認した。

【低温性能向上研究】

成分構成を改良し性能向上を確認した。

溶解力付与成分の増量：経時安定性を評価継続中

増粘剤の分散性向上(配合量減少→有効成分増大)：処方変更

共同研究報告書
Cooperative Research Report of PWRI
No. 409 February 2011

編集・発行 ©独立行政法人土木研究所

本資料の転載・複写の問い合わせは

独立行政法人土木研究所 企画部 業務課
〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6 電話：029-879-6754