

土 木 研 究 所 資 料

鋼橋塗装の維持管理技術に 関する試験調査報告（II）

昭和62年3月

建設省土木研究所
地質化学部化学研究室

Copyright © 1987 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 Director General of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所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、複製は土木研究所長の承認を得ずしてこれを行ってはならない。

鋼橋塗装の維持管理技術に 関する試験調査報告（Ⅱ）

化学研究室 片 脇 清
守 屋 進

要旨

鋼道路橋における塗膜の維持管理の効率化および合理化を図るうえで重要な、より耐久性ある塗膜の適用並びに新しい施工方法を試験的に実橋に適用した。昭和61年度に実施したこれら試験塗装についてまとめたものである。

キーワード：鋼橋塗装，維持管理，試験塗装

ま え が き

鋼橋塗装の塗り替え時期の判断基準および塗り替え仕様の選定基準を作成するための資料を得る目的で昭和61年度に東北地方建設局ならびに関東地方建設局管内で実施した試験塗装および昭和60年度に試験塗装を行った塗膜の1年目の追跡調査結果をとりまとめたものである。

本試験塗装の実施にあたっては下記の方々に多大なる御協力をいただきました。ここに深甚なる謝意を表する次第です。

(敬称略)

道路局国道第1課課長補佐	渡 辺 茂 樹
同 国道第2課課長補佐	桂 樹 正 隆
東北地方建設局	
道路管理課長	遠 藤 功
道路管理課課長補佐	池 田 一 男
酒田工事事務所	
道路管理課長	小野寺 幹 夫
同 維持修繕係長	芦 野 正 彦
酒田国道維持出張所所長	高 橋 隆 好
同 技術係長	金 和 夫
関東地方建設局	
道路管理課長	斉 藤 至
道路管理課課長補佐	吉 田 治 久
千葉国道工事事務所	
管理第2課長	木 村 和 郎
同 維持係長	横 内 治 久
酒々井出張所所長	福 田 正 夫
同 管理係長	其 田 誠

目 次

1. 調査概要	1
2. 調査内容	2
2.1. 塗膜劣化度調査	2
2.2. 素地調整程度調査	8
2.3. 飛散防止ネットの効果調査	8
2.4. 追跡調査	10
2.4.1 実橋試験塗装箇所の調査	10
2.4.2 暴露試験片の追跡調査	16
2.5. 暴露試験片の製作	16
3. 調査結果および考察	20
3.1. 塗膜劣化度調査結果	20
3.1.1 新広田橋における調査結果	20
3.1.2 水郷大橋における調査結果	28
3.2. 素地調整程度調査結果	32
3.2.1 新広田橋における調査結果	32
3.2.2 水郷大橋における調査結果	51
3.3. 飛散防止ネットの効果調査結果	52
3.3.1 試験条件	52
3.3.2 塗料の飛散量と飛散距離の調査結果	58
3.4. 追跡調査結果	61
3.4.1 実橋における追跡調査結果	61
3.4.2 暴露試験片の追跡調査結果	64
4. 暴露試験片の製作	76
5. まとめ	79
5.1. 塗膜劣化度および素地調整程度調査	79
5.2. 飛散防止ネットの効果調査	79
5.3. 追跡調査	79

1. 調査概要

鋼道路橋における塗膜の耐久性を向上させ、鋼橋塗装の維持管理の効率化と合理化を図るうえで必要な資料を得る目的で、昭和60年度に引き続いて、下記の調査を実施した。

(1)塗膜劣化度調査

①新広田橋（山形県酒田市）

②水郷大橋（千葉県佐原市）

(2)素地調整程度調査

①新広田橋

②水郷大橋

(3)飛散防止ネットの効果調査（水郷大橋）

(4)追跡調査

1)実橋調査

①横尾橋（山梨県大月市）

②水郷大橋（千葉県佐原市）

③原木大橋（千葉県船橋市）

④天台北歩道橋（千葉県千葉市）

⑤六月町歩道橋（東京都足立区）

2)暴露試験片調査

①横尾橋に暴露した試験片の調査

②水郷大橋に暴露した試験片の調査

(5)暴露試験片の製作（新広田橋暴露用）

2. 調査内容

2.1. 塗膜劣化度調査

この調査は、海に近く飛来塩分等の影響を受け易い環境に架設されている新広田橋と高湿度で結露し易い環境に架設されている水郷大橋を対象として、より耐久性のある塗装系を用いて塗り替えた場合の塗り替え前の塗膜劣化状態や素地調整程度が塗膜の耐久性にどのような影響をおよぼすかを明らかにし、塗り替え塗装仕様選定のための基礎資料とする目的で実施するもので、その内容は以下のとおりである。

(1) 調査対象橋梁

① 新広田橋（山形県酒田市）

新広田橋は、図-1に示したように山形県酒田市内の国道7号線の最上川支流の京田川に昭和51年10月に架設された橋梁で、河口から約4.5km 離れており、飛来塩分の影響を大きく受けることはないと考えられるが、海水の遡上による影響を考慮する必要はある。

橋梁の形は、3径間のRCスラブ床版単純非合成版桁橋で、全長104.7m幅員25.7m、桁数は径間によって異なり調査対象区間では、新潟よりの径間がG1～G8、中央径間がG1～G9となっている。新広田橋の一般図を図-2に示す。

採用されている塗装系は、鉛系さび止めペイント×2回+フタル酸樹脂系の中塗り、上塗りで、昭和51年10月に架設されて以来まだ塗り替えは行っておらず、塗膜劣化が著しくなったため、今回初めて塗り替えることになったものである。

なお、塗り替えは昭和61年9月に表-1に示した仕様で行われている。

② 水郷大橋（千葉県佐原市）

水郷大橋は、図-3に示したように、千葉県佐原市国道51号線の利根川に、昭和52年1月に架設された大規模橋梁で形式は2径間連続鋼床版斜張橋、3径間連続鋼床版箱桁橋である。

架設地点は、利根川河口から約35km上流にあり、田園地帯ではあるが、極めて高湿度で結露しやすい環境にあるため、フタル酸樹脂系塗膜に著しい層間はくり現象が生じて塗り替えることとなったものである。

水郷大橋の千葉側部分の一般図は図-4に示したとおりであるが、調査対象となった一般部外面の箱桁下面は、シアナミド鉛さび止めペイント+フタル酸樹脂系の中塗り、上塗りの塗装系が採用されており、層間はくりが著しいため今回塗り替えられた

ものである。

なお、塗り替えは、昭和61年12月に表-2の仕様で行われている。

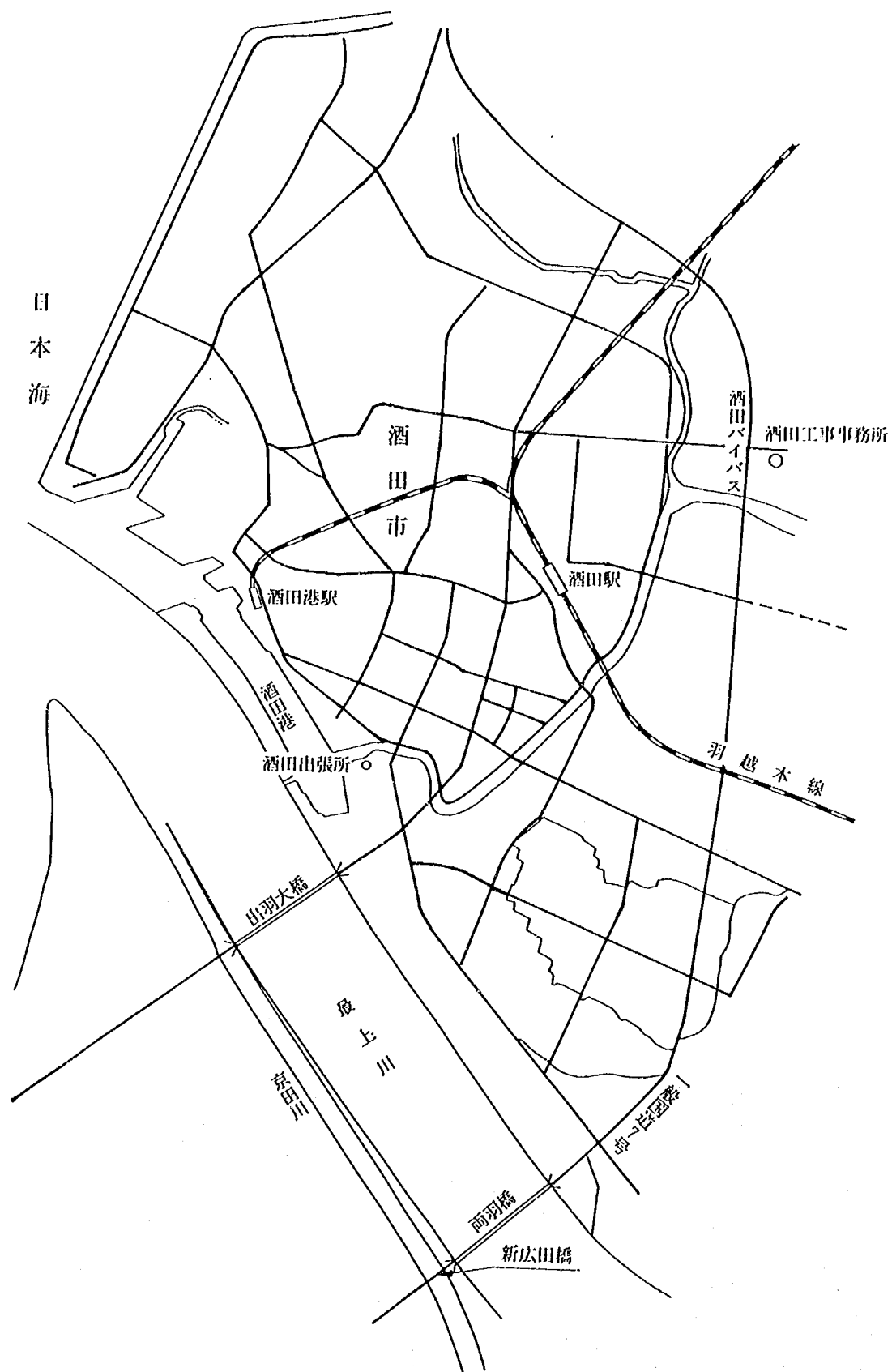


図-1 新広田橋位置図

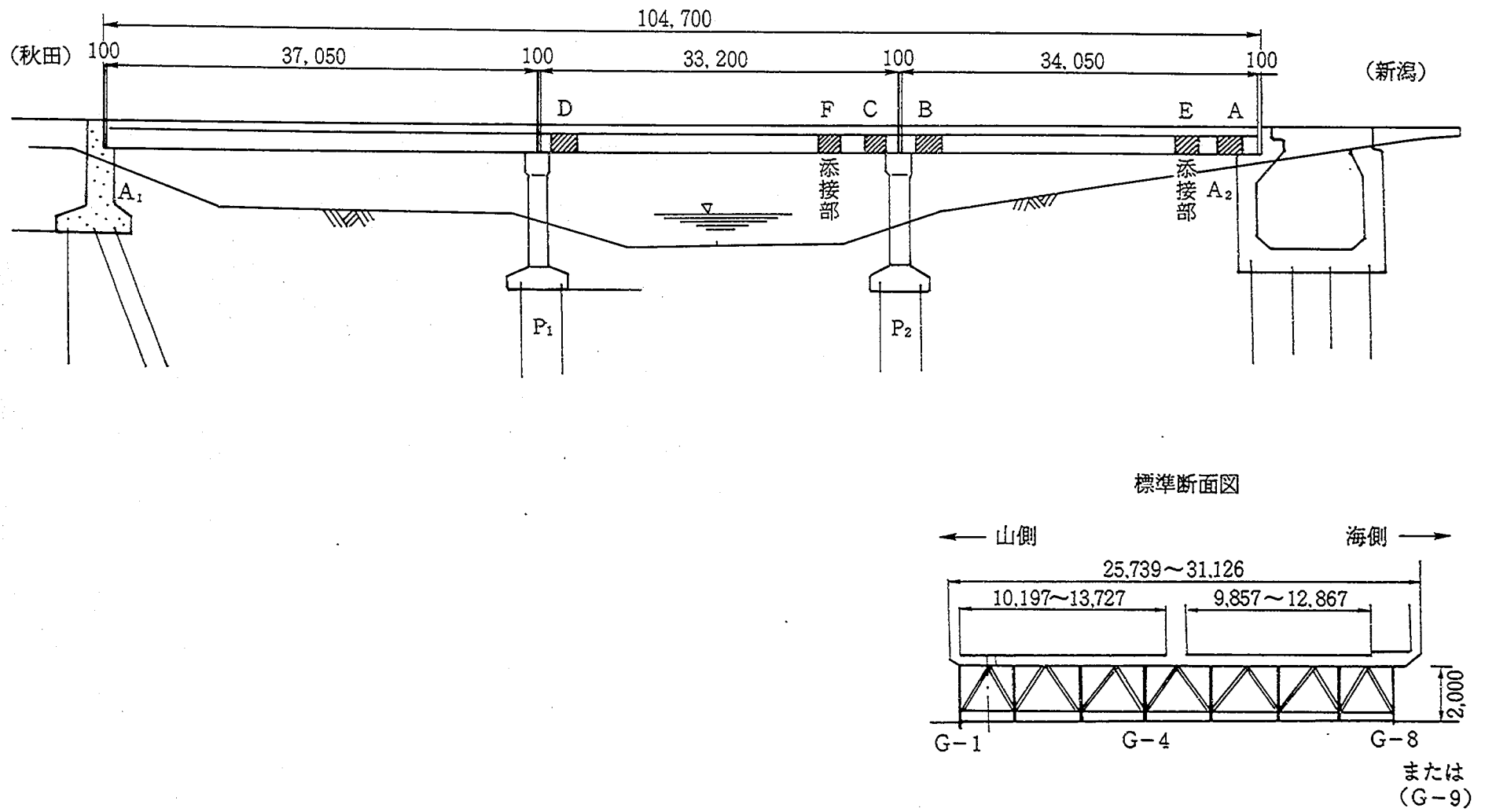


図-2 新広田橋の一般図

表-1 新広田橋の塗り替え塗装仕様

塗装位置 工程	新潟側 (調査位置 A, B, E)	秋田側 (調査位置 C, D, F)
素地調整	3種ケレンA	2種ケレン
補修塗り	鉛系さび止めペイント (35 μ m)	補修用エポキシ樹脂塗料下塗り (50 μ m)
第1層	鉛系さび止めペイント 35 μ m	補修用エポキシ樹脂塗料下塗り 50 μ m
第2層	フェノール樹脂系MI0塗料 40 μ m	ポリウレタン樹脂用塗料中塗り 40 μ m
第3層	塩化ゴム系樹脂塗料中塗り 35 μ m	ポリウレタン樹脂用塗料上塗り 35 μ m
第4層	塩化ゴム系樹脂塗料上塗り 35 μ m	——

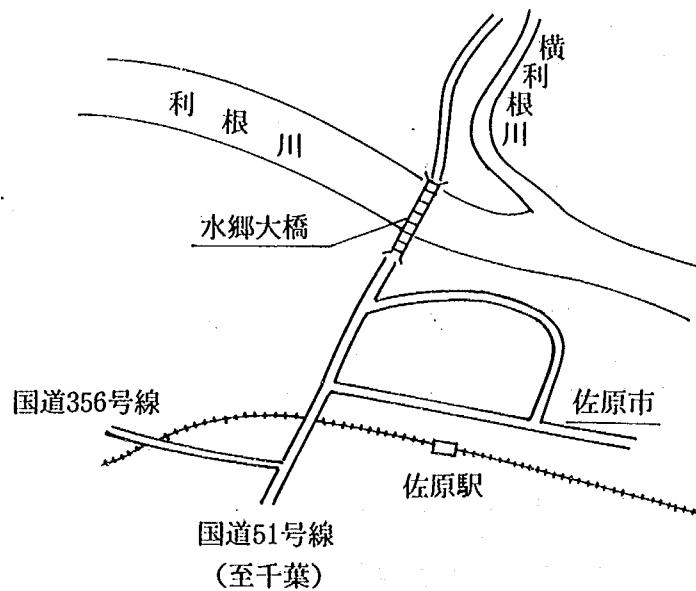
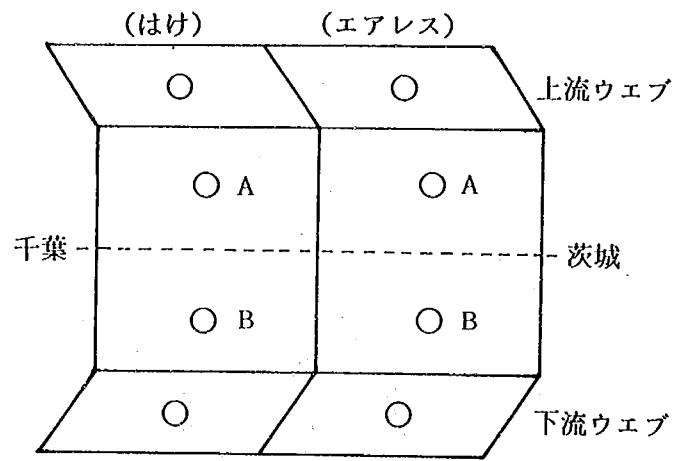
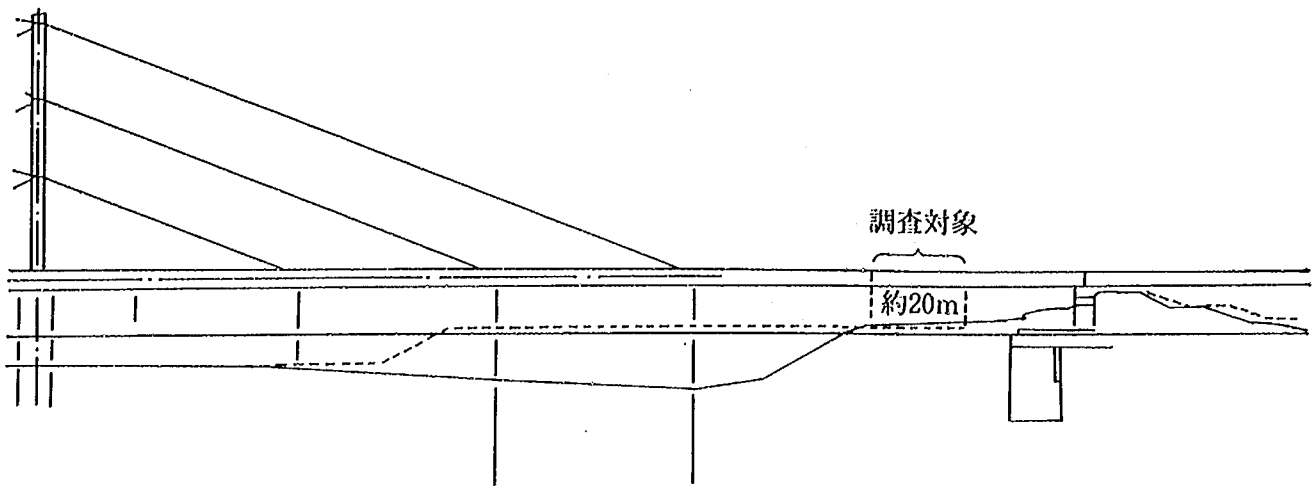


図-3 水郷大橋位置図

表-2 水郷大橋の塗り替え塗装仕様

工 程	塗 料
補修塗り	シアリド鉛さび止めペイント (35 μ m)
第1層	シアリド鉛さび止めペイント 35 μ m
第2層	フタル酸樹脂系塗料中塗り 30 μ m
第3層	フタル酸樹脂系塗料上塗り 25 μ m



(定点調査位置)

図-4 水郷大橋の一般図

(2)調査項目および方法

1)全体調査

全体調査は次のように行う。

①目視調査

塗膜劣化の種類を「ふくれ」「はがれ」「さび」とし、JSS IV-03(日本鋼構造協会の鋼橋塗膜評価基準)により評価する。

②「光沢」「白亜化」「変退色」「われ」は、大、中、小の3段階に評価する。

その他の異常は特記する。

2)定点調査

定点調査は次のように行う。

i) 定点の設定

①新広田橋

図-2に示したように新潟側第1、第2径間の上流側および下流側の外側の桁と内側中央の桁について腹板の内外側面の両端および添接部ならびに下フランジ下面を定点と定めて調査する。

②水郷大橋

図-3に示したように千葉側の河川敷の上約20mのボックス桁外面(飛散防止ネット効果調査部位)および添接部を対象とし、全体調査および定点調査を行う。ただし、張り出し部は省略する。

ii) 調査方法

- ・「ふくれ」：ふくれの大きさ、密度、ふくれ層
- ・「はがれ」：%、はくり層
- ・「さび」：見かけ上の%
- ・「われ」：JSS IV-03 鋼橋塗膜評価基準による。
- ・「付着性」：ごばん目試験(5mm×9こま；1ヵ所当たり)

iii) 写真記録

- ①全体遠距離 橋梁の架設環境、橋梁形式等を把握する。
- ②中距離 塗膜劣化度の記録、5～10mを目安とする。
- ③近距離 塗膜劣化度の記録、1～2mを目安とする。
- ④接写 塗膜劣化部の拡大記録、0.2～0.5mを目安とする。

⑤撮影部位 中距離、近距離および接写の撮影部位は定点調査位置とする。

2.2. 素地調整程度調査

新広田橋と水郷大橋において塗り替え試験塗装を行った際に、塗り替え塗装系の耐久性におよぼす素地調整程度の影響を明らかにし今後の塗り替え仕様に反映させる目的で塗り替え直前の素地調整程度の調査を次のように行う。

(1)調査橋梁

①新広田橋

②水郷大橋

(2)調査項目および方法

- i) 調査部位は塗膜劣化度調査の定点調査位置とする。
- ii) 素地調整程度は鋼材の露出面積と残留塗膜の面積の比率を％で表示する。また、素地調整の良否も記録する。
- iii) 写真記録は次のように行う。
 - ①中距離 塗膜劣化度の記録、5～10mを目安とする。
 - ②近距離 塗膜劣化度の記録、1～2mを目安とする。
 - ③接写 塗膜劣化部の拡大記録、0.2～0.5mを目安とする。

2.3. 飛散防止ネットの効果調査

厚膜型塗料の特性を十分に発揮させるには、膜厚の確保が不可欠であるが、はけ塗りでは塗装回数が多くなり経済性に問題がある。一方、厚塗りおよび塗装作業の省力化に適したエアレススプレー塗りには、塗料飛散の問題があり、直ちに全面的に塗り替えに採用できない。そこで、メッシュネットによる塗料の飛散防止効果に着目し、実橋における塗り替え塗装時に試験を行うものである。試験の内容は以下のとおりである。

(1)調査橋梁および調査位置

水郷大橋の図-4に示した千葉側の河川敷の上の約20m範囲の箱桁下面および側面を調査位置とする。

(2)飛散防止ネット

ネットなしおよび2種類（約1mm目、約2mm目）のネットを1重および2重に掛けた場合の計5通りの条件で試験を行う。

(3)調査項目および方法

①塗装機の型式

②塗装条件（吐出圧、吐出量等）

③環境条件（風向、風速、気温、湿度、天候）

④塗料種

⑤飛散量

90cm×90cmの白色化粧ベニヤ板への飛散塗料の付着状態をレイティングナンバー（R, N）で表示する。また、図-5のようにベニヤ板に10cm×10cmのアルミニウム箔を貼り付けておき、付着した塗料の重量（5枚分の合計）を秤り1m²当たり換算した値で飛散量を表示する。

⑥飛散距離

白色化粧ベニヤ板への塗料付着の有無により調べる。

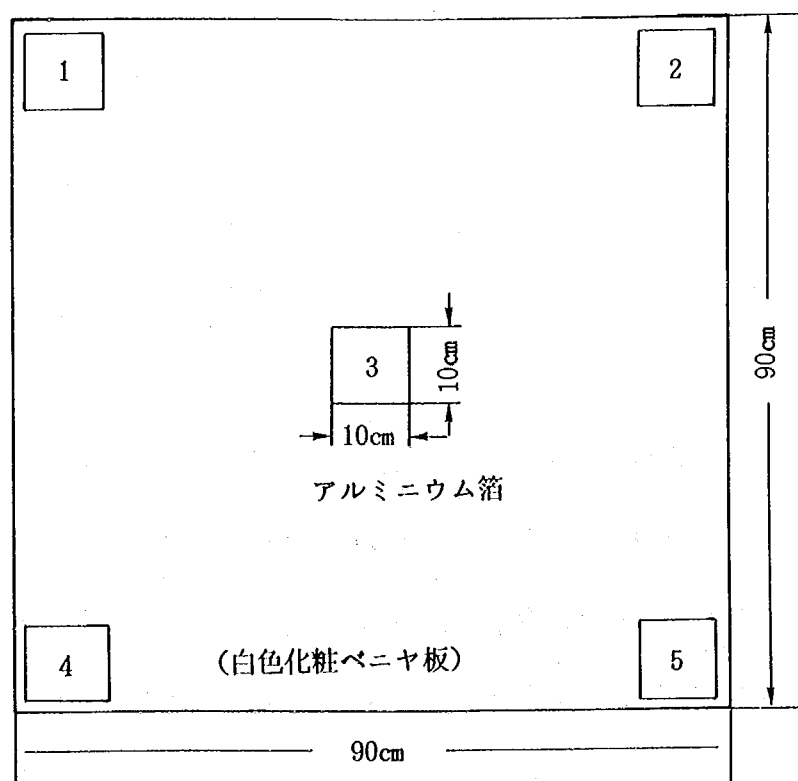


図-5 アルミニウム箔の貼り付け状況

2.4. 追跡調査

2.4.1 実橋試験塗装箇所の調査

塗り替えに用いた各種塗装系の耐久性を調査し、塗り替え塗装系選定上の基礎資料とするため、昭和60年度に試験施工を行った橋梁（5橋）について塗膜の追跡調査を次のように行う。

(1) 調査橋梁および調査位置

1) 調査橋梁

①横尾橋

②水郷大橋

③原木大橋

④天台北歩道橋

⑤六月町歩道橋

2) 調査位置および塗装仕様

塗膜劣化度および素地調整程度の定点調査位置を今回の調査位置とする。各調査位置を図-6～10に示す。各橋梁の旧塗装系および塗り替え塗装系を表-3～6に示す。

(2) 調査方法

塗膜劣化度調査と同じ方法で調査する。

表-3 横尾橋の塗り替え塗装仕様

塗装系 工程	塗 装 系 1 (I 桁内外面)	塗 装 系 2 (I 桁外面)
補修塗り	鉛系さび止めペイント (35 μ m)	補修用エポキシ樹脂塗料下塗り (50 μ m)
第 1 層	鉛系さび止めペイント 35 μ m	補修用エポキシ樹脂塗料下塗り 50 μ m
第 2 層	フタル酸樹脂系塗料中塗り 30 μ m	塩化ゴム系樹脂塗料中塗り 35 μ m
第 3 層	フタル酸樹脂系塗料上塗り 25 μ m	塩化ゴム系樹脂塗料上塗り 30 μ m

表-4 水郷大橋の塗り替え塗装仕様

塗装系 工程	1	2	3	4	5	6	7
補修塗り	鉛系さび止め ペイント (35 μ m)	鉛系さび止め ペイント (35 μ m)	鉛系さび止め ペイント (35 μ m)	鉛系さび止め ペイント (35 μ m)	補修用エポキシ樹 脂塗料下塗り (50 μ m)	補修用エポキシ樹 脂塗料下塗り (50 μ m)	補修用エポキシ樹 脂塗料下塗り (50 μ m)
第1層	鉛系さび止め ペイント 35 μ m	鉛系さび止め ペイント 35 μ m	鉛系さび止め ペイント 35 μ m	鉛系さび止め ペイント 35 μ m	補修用エポキシ樹 脂塗料下塗り 50 μ m	補修用エポキシ樹 脂塗料下塗り 50 μ m	補修用エポキシ樹 脂塗料下塗り 50 μ m
第2層	フタル酸樹脂 系塗料中塗り 30 μ m	鉛系さび止め ペイント 35 μ m	シリコンアクリド樹脂 系塗料中塗り 30 μ m	フェノール樹脂系 MIO塗料 45 μ m	塩化ゴム系樹 脂塗料中塗り 35 μ m	ポリウレタン樹脂用 塗料中塗り 30 μ m	フッ素樹脂塗 料中塗り 30 μ m
第3層	フタル酸樹脂 系塗料上塗り 25 μ m	フタル酸樹脂 系塗料中塗り 30 μ m	シリコンアクリド樹脂 系塗料上塗り 25 μ m	塩化ゴム系樹 脂塗料中塗り 35 μ m	塩化ゴム系樹 脂塗料上塗り 30 μ m	ポリウレタン樹脂塗 料上塗り 25 μ m	フッ素樹脂塗 料上塗り 25 μ m
第4層	—	フタル酸樹脂 系塗料上塗り 25 μ m	—	塩化ゴム系樹 脂塗料上塗り 30 μ m	—	—	—

表-5 原木大橋の塗り替え塗装仕様

工 程	塗 料
補修塗り	鉛系さび止めペイント (35 μ m)
第 1 層	鉛系さび止めペイント 35 μ m
第 2 層	フタル酸樹脂系塗料中塗り 30 μ m
第 3 層	フタル酸樹脂系塗料上塗り 25 μ m

表-6 天台北歩道橋および六月町歩道橋のけあげ部塗り替え塗装仕様

塗装系 工程	1	2	3	4	5	6
補修塗り	鉛系さび止め ペイント (35 μ m)	補修用エポキシ樹 脂塗料下塗り (60 μ m)	補修用エポキシ樹 脂塗料下塗り (60 μ m)	補修用エポキシ樹 脂塗料下塗り (60 μ m)	補修用エポキシ樹 脂塗料下塗り (60 μ m)	エポキシ樹脂塗料 下塗り(クリアー) (20 μ m)
第 1 層	鉛系さび止め ペイント 35 μ m	補修用エポキシ樹 脂塗料下塗り 60 μ m	超厚膜型エポキシ 樹脂塗料 1000 μ m	ポリエステルガラスフ レック塗料 500 μ m	ポリエステルガラスフ レック塗料 60 μ m	ポリブタジエ ン 500 μ m
第 2 層	フタル酸樹脂 系塗料中塗り 30 μ m	補修用エポキシ樹 脂塗料下塗り 60 μ m	エポキシ樹脂 塗料上塗り 30 μ m	ポリエステルガラスフ レック塗料 500 μ m	柔軟型ウレタン樹 脂塗料上塗り 60 μ m	ポリブタジエ ン 500 μ m
第 3 層	フタル酸樹脂 系塗料上塗り 25 μ m	エポキシ樹脂塗料 上塗り 30 μ m	エポキシ樹脂 塗料上塗り 30 μ m	エポキシ樹脂 塗料上塗り 30 μ m	柔軟型ウレタン樹 脂塗料上塗り 60 μ m	柔軟型ウレタン樹 脂塗料上塗り 30 μ m
第 4 層	—	エポキシ樹脂塗料 上塗り 30 μ m	—	エポキシ樹脂 塗料上塗り 30 μ m	—	柔軟型ウレタン樹 脂塗料上塗り 30 μ m

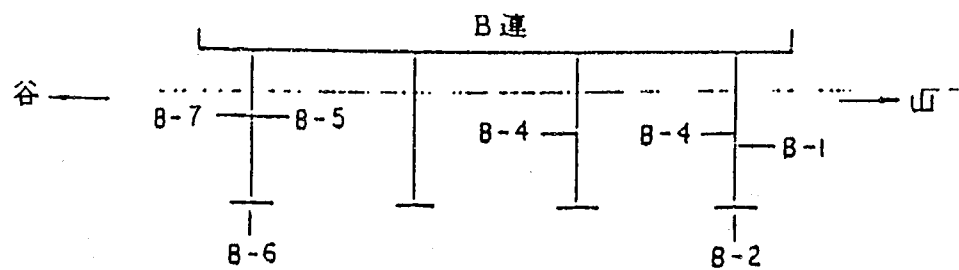
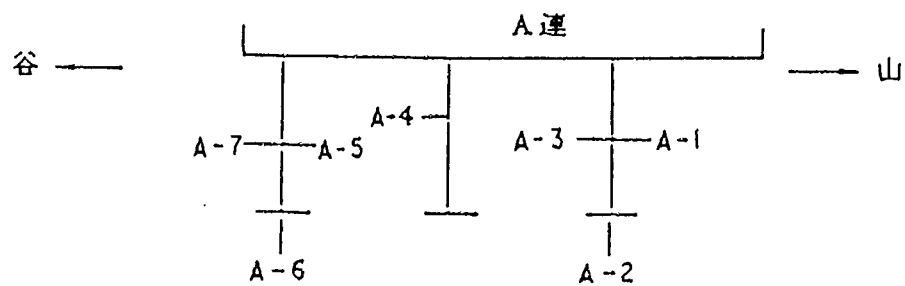
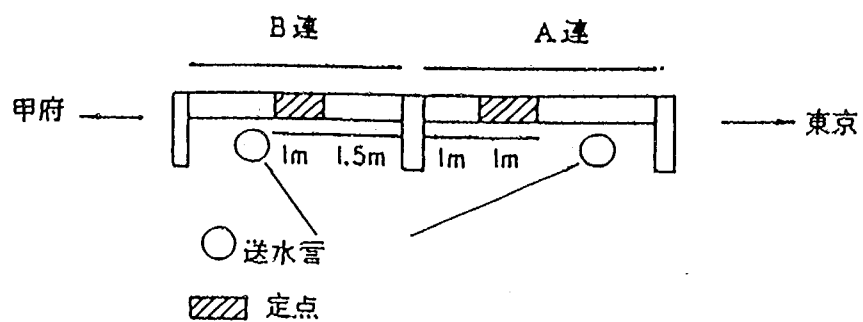


図-6 横尾橋の調査位置

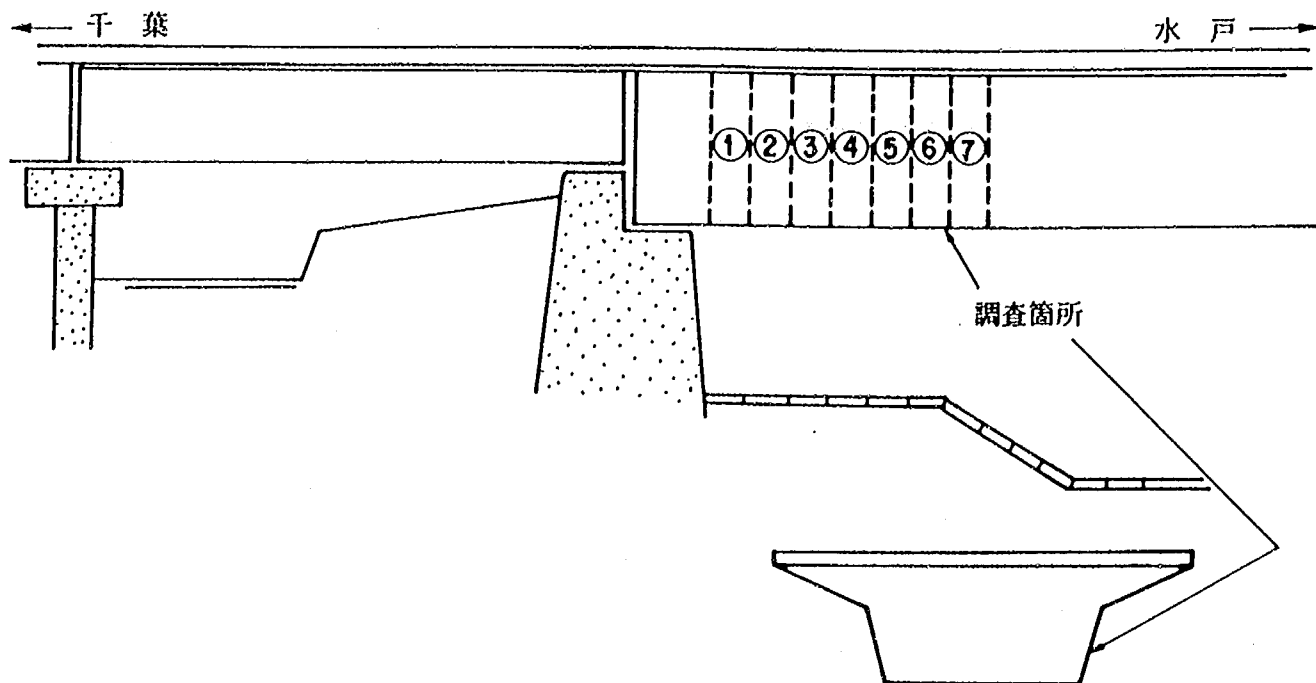


図-7 水郷大橋の調査位置

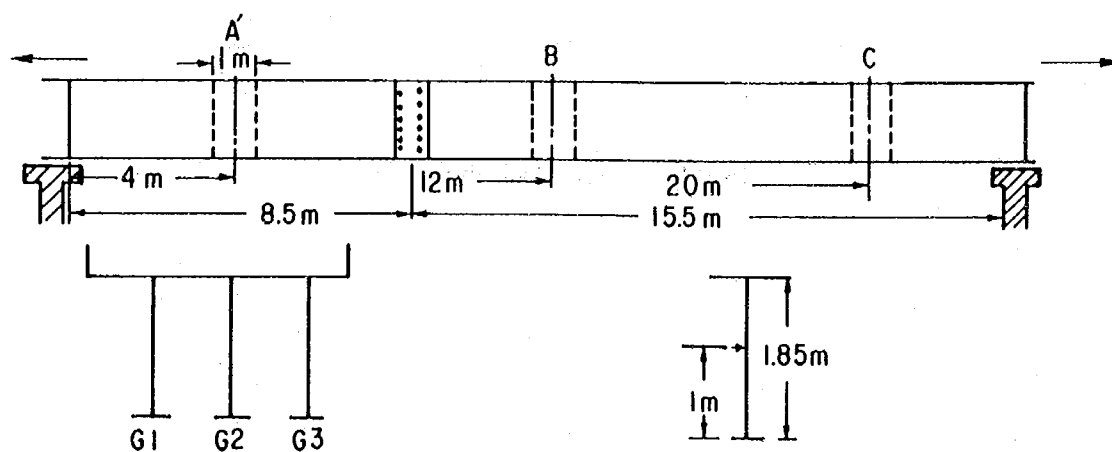


図-8 原木大橋の調査位置

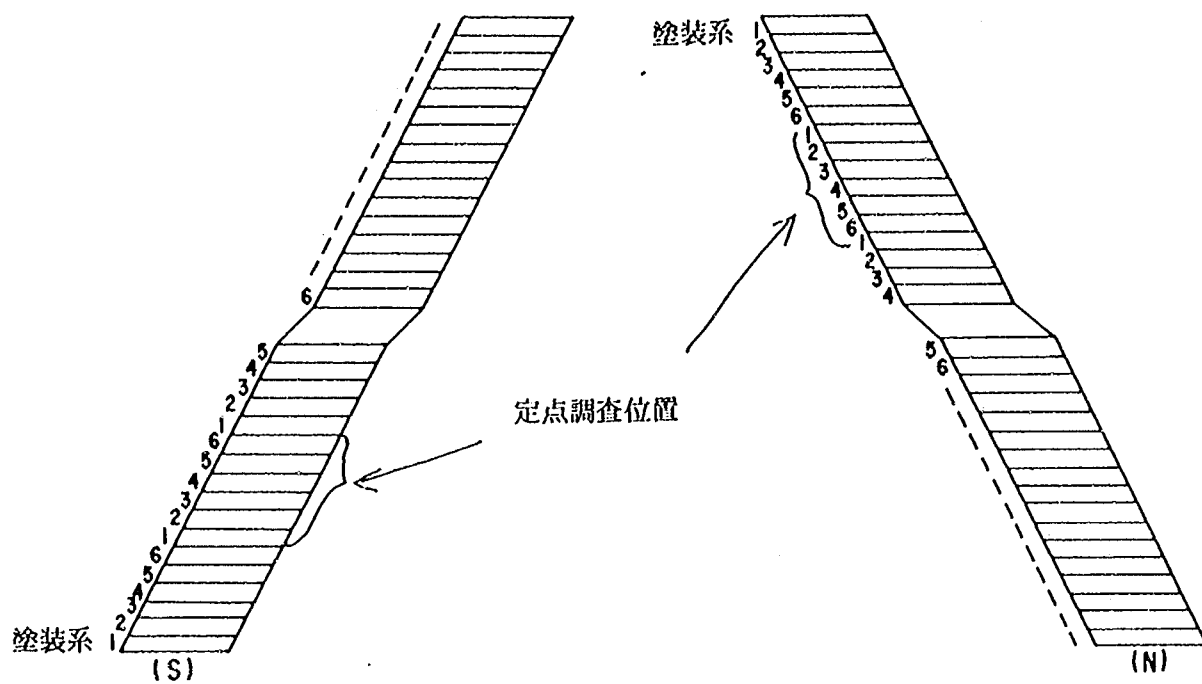


図-9 天台北歩道橋の調査位置

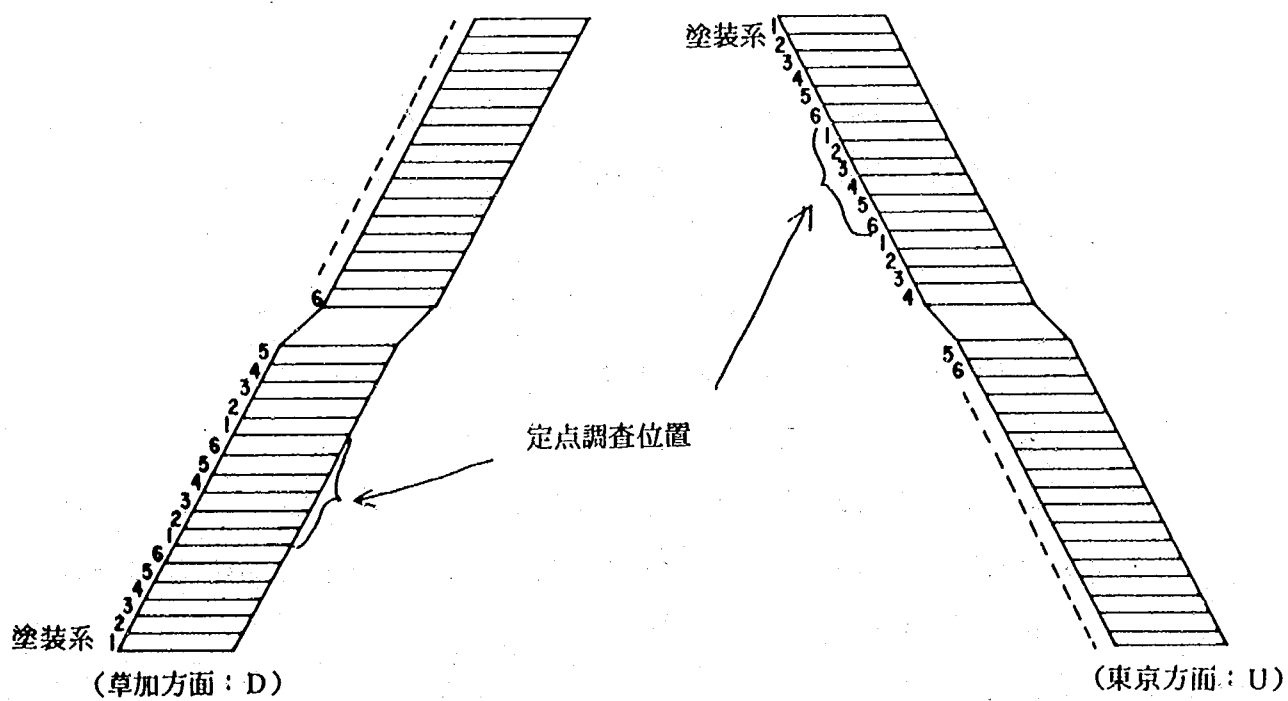


図-10 六月町歩道橋の調査位置

2.4.2 暴露試験片の追跡調査

実橋の調査では適当でない塗膜の破壊試験を含む詳細な調査を行う目的で、実橋の塗り替え塗装系を用いて製作した塗装試験片をそれぞれ橋梁に取付けて暴露しておき塗膜の劣化状況を定期的に調査する。

試験片の塗装仕様、暴露状況および調査方法は以下のとおりである。

(1) 塗装試験片の塗装仕様

横尾橋および水郷大橋に暴露した塗装試験片の塗装仕様を表-7、8に示す。

(2) 塗装試験片の暴露状況

塗装試験片の暴露状況を写真により記録する。

(3) 調査方法

1) 目視調査

イ、「ふくれ」「はがれ」「さび」はJSS IV-03 鋼橋塗膜調査評価基準により評価する。

ロ、「光沢」「白亜化」「変退色」「われ」は、大、中、小の3段階に評価する。

その他の異常は特記する。

2) 付着力測定

横尾橋および水郷大橋に暴露中の塗装試験片の中から各塗装仕様ごとに下記の塗装試験片を取外して、付着力を測定する。(ごばん目試験、アドヒージョン試験)

横尾橋 : Y-2, Y-2', Y-3, Y-4 各1枚 計4枚

水郷大橋 : S-1~7 各1枚 計7枚

3) 塗装および塗膜厚測定、再暴露

水郷大橋 : S-2 1枚を2)とは別に取外し、2)のS-2(付着力測定後)と共にフタル酸中塗、上塗りを塗装し、十分乾燥させてから塗膜厚を測定し、再度暴露する。

2.5. 暴露試験片の製作

(1) 新広田橋において採用した塗り替え塗装系について、その耐久性に関する詳細な情報を得る目的で、新広田橋に取付けて暴露する塗装試験片の製作を行うものである。

(2) 表-9に示した塗装仕様で合計20枚の塗装試験片を製作する。

(3) 塗装試験片の製作時に、次の諸記録をとる。

①塗付量

②塗膜厚 一枚について5ヵ所の乾燥塗膜厚を測定する。

③写真記録 素地調整前と後および塗装完了後に試験片の写真を撮影する。

表-7 横尾橋 暴露試験片の塗装仕様

試験片 No. 工程	Y-1	Y-2	Y-2'	Y-3	Y-4
第1層	鉛系さび止め ペイント	エポキシ樹脂 塗料下塗り	エポキシ樹脂 塗料下塗り	鉛系さび止め ペイント	エポキシ樹脂 塗料下塗り
第2層	鉛系さび止め ペイント	エポキシ樹脂 塗料下塗り	エポキシ樹脂 塗料下塗り	鉛系さび止め ペイント	エポキシ樹脂 塗料下塗り
第3層	フタル酸樹脂 系塗料中塗り	塩化ゴム系樹 脂塗料中塗り	塩化ゴム系樹 脂塗料中塗り	油性アルミニ ウムペイント	リウタン樹脂用 塗料中塗り
第4層	フタル酸樹脂 系塗料上塗り	塩化ゴム系樹 脂塗料上塗り	塩化ゴム系樹 脂塗料上塗り	油性アルミニ ウムペイント	リウタン樹脂塗 料上塗り
実測膜厚 (μm)	153~160	184~197	189~199	111~120	177~193

表-8 水郷大橋 暴露試験片の塗装仕様

試験片 No. 工程	S-1	S-2	S-3	S-4	S-5	S-6	S-7
第1層	鉛系さび止め ペイント	鉛系さび止め ペイント	鉛系さび止め ペイント	エポキシ樹脂 塗料下塗り	鉛系さび止め ペイント	エポキシ樹脂 系塗料下塗り	エポキシ樹脂 系塗料下塗り
第2層	鉛系さび止め ペイント	フタル酸樹脂 系塗料中塗り	鉛系さび止め ペイント	エポキシ樹脂 塗料下塗り	鉛系さび止め ペイント	エポキシ樹脂 系塗料下塗り	エポキシ樹脂 系塗料下塗り
第3層	フタル酸樹脂 系塗料中塗り	フタル酸樹脂 系塗料上塗り	フェノール樹脂系 MI0塗料	塩化ゴム系樹 脂塗料中塗り	シリコンアルキド樹脂 系塗料中塗り	シリコン樹脂用 塗料中塗り	フッ素樹脂塗 料中塗り
第4層	フタル酸樹脂 系塗料上塗り		塩化ゴム系樹 脂塗料中塗り	塩化ゴム系樹 脂塗料上塗り	シリコンアルキド樹脂 系塗料上塗り	シリコン樹脂塗 料上塗り	フッ素樹脂塗 料上塗り
第5層	—		塩化ゴム系樹 脂塗料上塗り	—	—	—	—
実測膜厚 (μm)	151~160	122~128	209~227	185~194	151~159	182~195	195~202

表-9 新広田橋 暴露試験片の塗装仕様

試験片 No. 工程	A	A'	B	B'	C
素地調整	2種ケレン	3種ケレン	2種ケレン	3種ケレン	3種ケレン
第1層	補修用エポキシ樹脂塗料下塗り 50 μ m	補修用エポキシ樹脂塗料下塗り 50 μ m	鉛系さび止め ペイント 30 μ m	鉛系さび止め ペイント 30 μ m	鉛系さび止め ペイント 30 μ m
第2層	補修用エポキシ樹脂塗料下塗り 50 μ m	補修用エポキシ樹脂塗料下塗り 50 μ m	鉛系さび止め ペイント 30 μ m	鉛系さび止め ペイント 30 μ m	鉛系さび止め ペイント 30 μ m
第3層	ポリウレタン樹脂用 塗料中塗り 30 μ m	ポリウレタン樹脂用 塗料中塗り 30 μ m	フェノール樹脂系 MIO塗料 40 μ m	フェノール樹脂系 MIO塗料 40 μ m	フタル酸樹脂 系塗料中塗り 30 μ m
第4層	ポリウレタン樹脂塗 料上塗り 30 μ m	ポリウレタン樹脂塗 料上塗り 30 μ m	塩化ゴム系樹 脂塗料中塗り 35 μ m	塩化ゴム系樹 脂塗料中塗り 35 μ m	フタル酸樹脂 系塗料上塗り 25 μ m
第5層	—	—	塩化ゴム系樹 脂塗料中塗り 25 μ m	塩化ゴム系樹 脂塗料中塗り 25 μ m	—

注) 各塗装仕様4枚ずつ、計20枚暴露

3. 調査結果および考察

3.1. 塗膜劣化度調査結果

3.1.1 新広田橋における調査結果

(1) 目視調査結果

新広田橋において塗り替え塗装前に行った塗膜劣化度の目視による調査結果を表－10(1)～10(6)に、塗膜劣化程度の例を写真－1～5に示す。

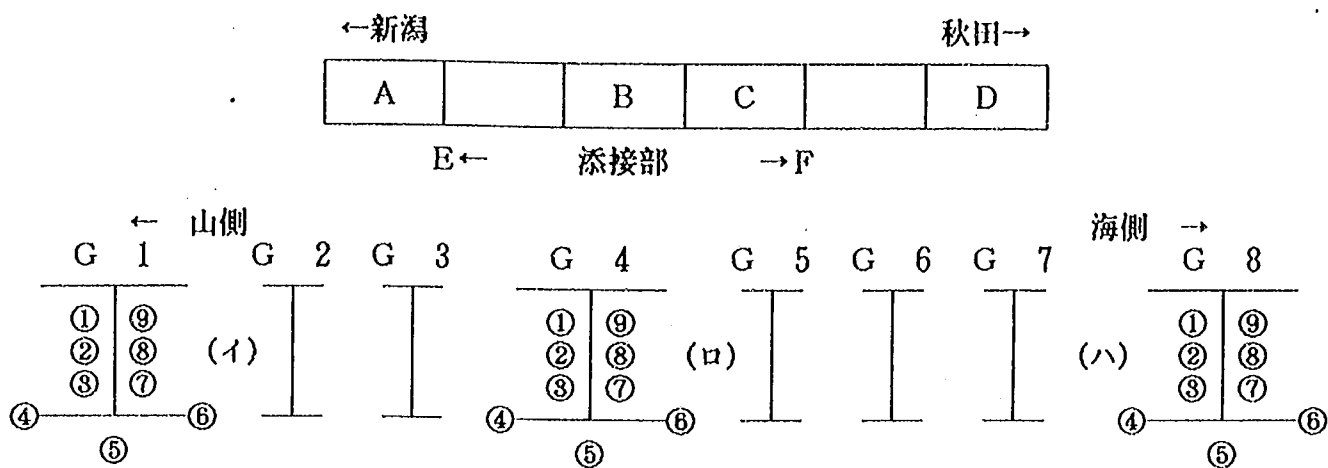
新広田橋における塗膜劣化の種類で最も著しいものは「さび」で全体的に認められた。次いで「はがれ」の著しいことが特徴的でその他の劣化はそれ程顕著ではなかった。構造部位別では、フランジ下面に「さび」の発生が著しいが、ウェブも内側では連続した「さび」に覆われ、塗膜が脱落した箇所も多く、塗り替え時期を過ぎていると判断される状況であった。

(2) ごばん目試験結果

図－2に示した箇所の比較的塗膜の健全な部分でごばん目試験を行った結果を表－11(1)～11(4)に示す。

試験の結果から、良い状態で残存している塗膜の付着性は良好であることが分かった。

表-10(1) 新広田橋における塗膜劣化度の目視調査結果



G	項 目	さ び	ふくれ	わ れ	はがれ	白亜化	変退色	汚 れ
	部 位							
位置 A 端橋脚 ~175cm G ₁ 定点幅 105cm	①	0%	3	3	3%	2	2	2
	②	2% (打痕傷)	3	3	3%	1	1	2
	③	2%	3	3	2%	2	2	2
	④	0%	3	2	2%	—	—	—
	⑤	0%	—	0	0%	—	—	2
	⑥	0%	—	—	0%	—	—	—
	⑦	0%	3	0	3%	2	2	0
	⑧	0%	3	0	0%	2	2	1
	⑧水平スファイナ- (エッジ)	0%	—	—	0%	—	—	—
⑨	0%	2	2	0%	2	2	2	
位置 A 端橋脚 ~19cm G ₄ 定点幅 118cm	①	0%	2	3	0%	2	2	2
	②	2% (下部集中)	2	0	3%	2	2	1
	③	0%	3	3	2%	2	2	0
	④	0%	—	—	0%	—	—	—
	⑤	0%	3	2	2%	2	2	2
	⑥	0%	—	—	0%	—	—	—
	⑦	0%	3	0	2%	2	2	0
	⑧	2%	3	3	2%	2	2	1
	⑧水平スファイナ- (エッジ)	0%	—	—	0%	—	—	—
⑨	2%	3	3	3%	2	2	2	
位置 A 端橋脚 ~120cm G ₈ 定点幅 99cm	①	2%	3	3	3%	2	3	2
	②	2%	3	3	3%	2	3	0
	②水平スファイナ- (エッジ)	0%	—	—	0%	—	—	—
	③	3%	3	3	2%	2	3	0
	④	0%	—	—	0%	—	—	—
	⑤	1%	3	3	2%	1	2	2
	⑥	2%	3	3	3%	1	2	2
	⑦	2%	3	3	2%	1	2	2
	⑧	2%	3	3	2%	1	1	2
⑨	0%	3	1	0%	1	2	2	

(注) ーは、さび・はがれ等により評価不可能な場合を示す。
添接部は、ボルト頭・エッジ部でさび・はがれが著しい。

表-10(2) 新広田橋における塗膜劣化度の目視調査結果

G	項 目		さ び	ふくれ	わ れ	はがれ	白亜化	変退色	汚 れ
	部 位								
位置B G ₁	①	0%		3	2	3%	2	2	2
	②	(ボルト頭) 0%		3	2	2%	2	2	2
	③	(ボルト頭) 0%		3	3	2%	2	2	2
	⑤	(ボルト頭) 0%		3	2	0%	2	2	2
	⑦	(ボルト頭) 0%		3	3	0%	2	2	0
	⑧	(ボルト頭) 0%		3	2	0%	2	2	2
	⑨	(ボルト頭) 0%		3	2	2%	2	2	2
位置B G ₄	①	0%		3	0	0%	2	2	2
	②	0%		3	0	0%	2	2	1
	③	0%		3	3	0%	2	2	0
	⑤	0%		3	0	0%	2	2	2
	⑦	2%	—	—	—	0%	2	2	0
	⑧	0%	2	0	0%	2	2	2	2
	⑨	0%	—	0	0%	2	2	2	2
位置B G ₈	①	0%		3	2	1%	2	2	2
	②	0%		3	3	0%	2	2	2
	③	0%		3	3	0%	2	3	0
	⑤	0%		3	3	0%	2	2	2
	⑦	2%		3	3	2%	2	2	2
	⑧	0%	0	2	1%	2	2	2	2
	⑨	0%	—	0	0%	2	2	2	2
位置C ピア(P ₂) ~175cm G ₁ 定点幅 105cm	①	0%		3	3	3%	2	2	2
	②	2%		3	3	3%	2	1	2
	③	2%		3	3	2%	2	2	2
	④	0%		3	2	2%	—	—	—
	⑤	0%	—	—	0	0%	—	—	2
	⑥	0%	—	—	—	0%	—	—	—
	⑦	0%		3	0	3%	2	2	0
	⑧	0%		3	0	0%	2	2	1
⑧	水平スレフィナー(エッジ)	0%	—	—	0%	—	—	—	
⑨	0%	2	2	2	0%	2	2	2	
位置C ピア(P ₂) ~190cm G ₄ 定点幅 118cm	①	0%		2	3	0%	2	2	2
	②	2%		2	0	3%	2	2	1
	③	0%		3	3	2%	2	2	0
	④	0%	—	—	—	0%	—	—	—
	⑤	0%	0	0	0%	2	2	2	2
	⑥	0%	—	—	0%	—	—	—	—
	⑦	0%		3	2	2%	2	2	0
	⑧	0%	1	2	2%	2	2	2	2
⑧	水平スレフィナー(エッジ)	0%	—	—	2%	—	—	—	
⑨	0%	2	2	2	0%	2	2	2	
位置C ピア(P ₂) ~120cm G ₈ 定点幅 99cm	①	1%		2	2	2%	2	2	2
	②	0%		3	3	3%	2	2	1
	②	水平スレフィナー(エッジ)	0%	—	—	0%	—	—	—
	③	3%		3	3	3%	2	2	0
	④	0%	—	—	0	0%	—	—	—
	⑤	0%	—	—	3	0%	2	2	2
	⑥	2%		3	3	2%	2	2	2
	⑦	2%		3	3	2%	2	2	2
⑧	(打痕傷) 1%		3	2	1%	2	2	2	
⑨	(上部錆多) 0%	0	0	0%	2	2	2	2	

(注) さび・はがれは、ボルト頭・エッジ部に著しい。

表-10(3) 新広田橋における塗膜劣化度の目視調査結果

G	項 目 部 位	さ び	ふくれ	わ れ	はがれ	白亜化	変退色	汚 れ
位置D ピア(P ₂) ~120cm G ₁ 定点幅 89cm	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑧ 水平スプライン(エッジ) ⑨	1% 2% 2% 0% 0% 2% 2% 2% 0% 1%	3 3 3 3 3 3 3 3 — 3	2 2 3 3 1 3 3 3 0 3	2% 2% 0% 3% 3% 3% 3% 3% 0% 3%	2 1 2 2 2 2 2 2 2 2	2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	1 2 1 1 2 0 0 0 1 0 2
位置D ピア(P ₂) ~115cm G ₄ 定点幅 90cm	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑧ 水平スプライン(エッジ) ⑨	3% 2% 3% 0% 0% 0% 0% 1% 0% 2%	3 3 3 3 3 — — 3 — 3	3 3 3 2 0 — 0 2 — 1	3% 3% 3% 2% 0% 0% 0% 2% 0% 0%	2 2 2 2 2 — 2 2 — 2	2 2 2 2 2 — 2 2 — 2	2 1 0 2 2 — 0 0 — 2
位置D ピア(P ₂) G ₈ 定点幅 93cm	① ② ② 水平スプライン(エッジ) ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ (上部集中) ⑨	0% 1% 0% 0% 0% 2% 0% 2% 0% (上部集中) 0%	0 3 — — — 3 3 3 3 —	3 2 — 0 — 2 3 3 2 —	1% 2% 0% 0% 0% 2% 3% 2% 1% (上部集中) 0%	2 2 — 2 — 2 2 2 2 —	2 2 — 2 — 2 2 2 2 —	2 1 2 0 — 2 2 2 2 2
位置E G ₁	① ② ③ ⑤ ⑦ ⑧ ⑨	0% 0% 0% 0% 0% 0% 0%	3 3 3 3 — 3 3	2 0 2 0 — 0 0	2% 0% 2% 0% 0% 0% 0%	2 1 2 2 — 2 2	2 2 2 2 — 2 2	1 1 2 2 0 2 2
位置E G ₄	① ② ③ ⑤ ⑦ ⑧ ⑨	0% 0% 0% 0% 0% 0% 0%	3 3 — 3 — 3 3	1 — 0 — 0 0 0	0% 0% 0% 0% 0% 0% 0%	2 2 — 2 — 2 2	2 2 — 2 — 2 2	2 1 0 2 0 1 2
位置E G ₈	① ② ③ ⑤ ⑦ ⑧ (上部集中) ⑨	0% 0% 0% 0% 1% 0% (上部集中) 0%	3 3 — 3 3 3 3	2 2 0 0 3 0 0	0% 0% 0% 0% 1% 0% (上部集中) 0%	2 2 2 2 2 2 2	2 2 2 2 2 2 2	2 1 0 2 2 2 2

表-10(4) 新広田橋における塗膜劣化度の目視調査結果

G	項 目		さ び	ふくれ	わ れ	はがれ	白亜化	変退色	汚 れ
	部 位								
位置F ピア(P ₁) ~120cm G ₁ 定点幅 90cm	①	0%	(上部集中)	3	2	2%	2	2	1
	②	1%		3	2	2%	1	2	1
	③	1%	3	3	0%	2	2	1	
	④	0%	3	2	2%	1	2	2	
	⑤	0%	0	0	0%	2	2	2	
	⑥	0%	3	1	1%	2	2	2	
	⑦	2%	3	3	3%	2	2	0	
	⑧	0%	3	3	2%	2	2	1	
	⑨	0%	—	—	0%	—	—	—	
位置F ピア(P ₁) ~120cm G ₄ 定点幅 90cm	①	0%	3	2	2%	2	2	2	
	②	0%	3	2	2%	2	2	1	
	③	0%	3	3	3%	2	2	0	
	④	0%	—	—	0%	—	—	—	
	⑤	0%	3	2	1%	2	2	1	
	⑥	0%	—	—	0%	—	—	—	
	⑦	0%	3	0	0%	2	2	0	
	⑧	0%	3	0	0%	2	2	1	
	⑨	0%	—	—	0%	—	—	—	
位置F ピア(P ₁) ~120cm G ₈ 定点幅 93cm	①	0%	3	2	0%	2	2	1	
	②	1%	3	1	0%	2	2	1	
	③	0%	—	—	0%	—	—	—	
	④	0%	3	3	2%	2	2	0	
	⑤	0%	—	—	0%	—	—	—	
	⑥	0%	3	0	0%	2	2	2	
	⑦	1%	3	3	3%	2	2	2	
	⑧	2%	3	3	2%	2	2	2	
	⑨	0%	3	3	1%	2	2	2	

表-11 新広田橋におけるゴパン目試験結果

調 査 位 置		ゴ パ ン 目 試 験 結 果			
		P ₂ ~A ₂ 間 新潟寄り (A)	P ₂ ~A ₂ 間 秋田寄り (B)	P ₁ ~P ₂ 間 新潟寄り (C)	P ₁ ~P ₂ 間 秋田寄り (D)
G ₁ 桁	海側ウェブ 側面	9/9	9/9	9/9	9/9
	山側ウェブ 側面	9/9	9/9	9/9	9/9
	下フランジ 下面	9/9	9/9	9/9 (中/上)	9/9 (下/中)
G ₄ 桁	海側ウェブ 側面	9/9	9/9	9/9	9/9
	山側ウェブ 側面	8/9 (下/中)	9/9	9/9	9/9 (下/中)
	下フランジ 下面	9/9	8/9 (下/中)	9/9	9/9
G ₈ 桁	海側ウェブ 側面	9/9	9/9	9/9	9/9
	山側ウェブ 側面	9/9	9/9	9/9	9/9
	下フランジ 下面	9/9	9/9	9/9 (中/上)	9/9



写真-1 海側の外桁ウェブ

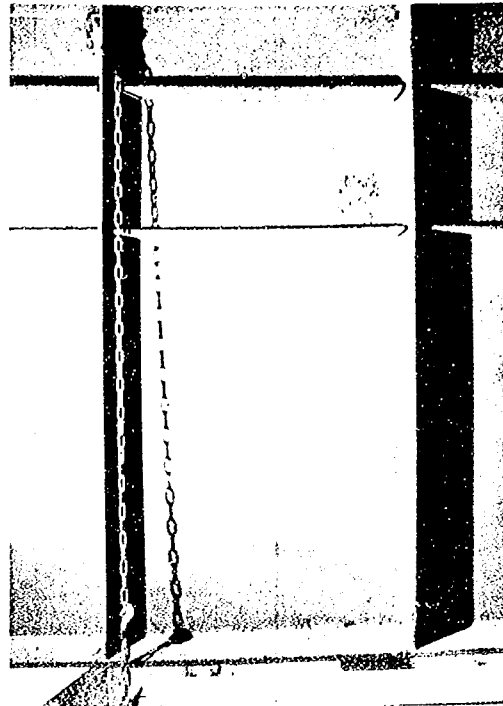


写真-2 山側の外桁ウェブ

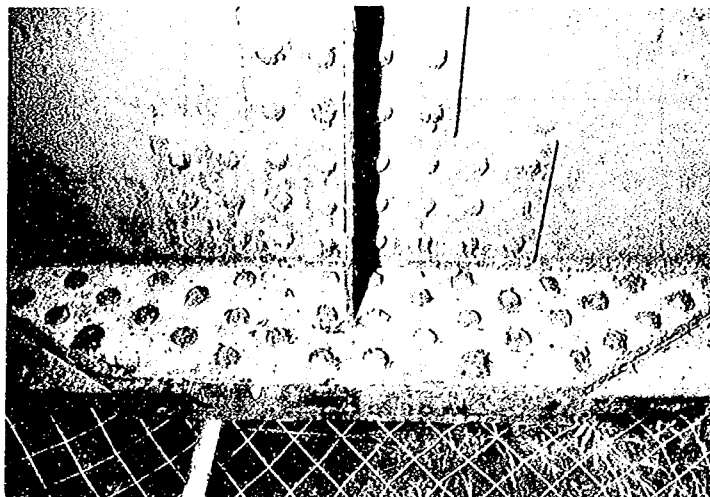


写真-3 海側外桁添接部（下フランジ上面とウェブ）

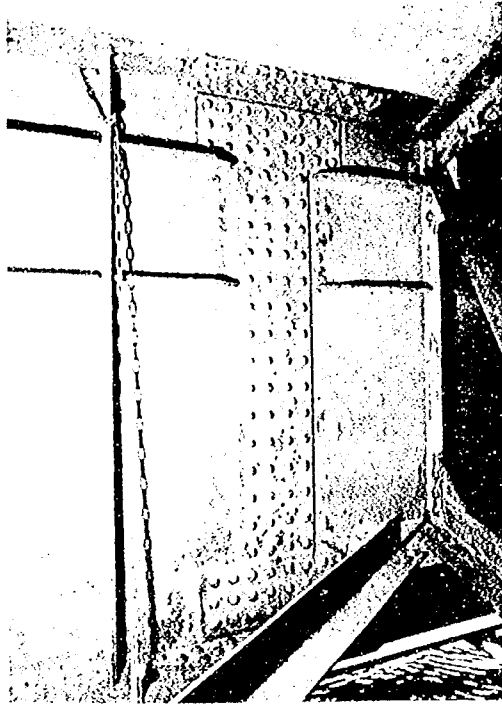


写真-4 山側内桁添接部



写真-5 海側内桁上フランジ下面とウェブ

3.1.2 水郷大橋における調査結果

水郷大橋における塗膜劣化度調査のうち、塗料飛散防止実験として、はけ塗りとエアレス塗装を行う部分を全体調査位置として行った目視調査結果を表-12に、全体調査位置の一部に設けた定点調査位置における目視調査結果を表-13に、塗膜劣化程度の例を写真-6～8に示す。また、塗膜の付着性試験結果を表-14に、素地調整後の塗膜厚測定結果を表-15に示す。

これからの調査結果から、以下のことが明らかとなった。

(1) 塗膜劣化度調査結果

箱桁ウェブの塗膜状態は比較的良好であるが、一部に上塗り塗膜が錆色に変色している部分があり、その部分には素地から「ふくれ」が発生していた。下塗り塗膜と中塗り塗膜の層間で「はくり」している部分の周辺には8F～8Mの「ふくれ」が下塗り塗膜と中塗りの層間から発生していた。

箱桁下面の塗膜は、下塗り塗膜と中塗りの層間から70%程度が「はくり」しており上塗り塗膜が残留している部分にも8M程度の「ふくれ」が発生していた。残っている下塗り塗膜は、一見平滑に見えるが、拡大鏡を用いて観察すると点々と「さび」が発生しているのが認められ、すでに防錆力を失っていると判断できる状態でありウェブと比較して明らかに劣化が進んでいた。

(2) 付着性試験結果

ごばん目試験結果もアドヒージョン試験結果も、数値的には問題なく、残っている塗膜の付着性は良好であると判断された。

(3) 塗膜厚測定結果

旧塗膜の膜厚は、下塗りが残存している部分で100～110 μ m上塗りまで残っている部分で125～170 μ mあり、数値的には問題はなかった。

表-12 水郷大橋における塗膜劣化度の目視調査結果（全体調査）

調 査 位 置	さ び	ふくれ	わ れ	はがれ	白亜化	変退色	汚 れ
上 流 側 ウ ェ ブ	2	2	2	2	1	2	2
箱 桁 下 面	1	0*	0*	0	2	2	2
箱桁下面ボルト	0	0	1	2	2	2	2
下 流 側 ウ ェ ブ	2	2	2	2	1	2	2

- 1) フランジ上面, フランジエッジは, 足場を架設したため調査不能
 2) 下面は, 上塗塗膜はくり箇所以外の塗膜残留部の評価 (*印)

表-13 水郷大橋における塗膜劣化度の目視調査結果（定点調査）

塗 装 方 法	調 査 位 置	さ び (%)	ふ くれ	わ れ	はがれ (%)
は け 塗 り	上流側ウェブ	1	8 F 中/下	2	0.5
	箱桁下面 (A)	3	8 M 中/下	0	60
	箱桁下面ボルト	10	8 M 中/下	1	0.1
	箱桁下面 (B)	3	8 M 中/下	0	30
	下流側ウェブ	0.1	8 F 中/下	2	0.1
エ ア レ ス ス プ レ ー 塗 り	上流側ウェブ	2	8 F 中/下	2	0.1
	箱桁下面 (A)	3	8 M 中/下	0	40
	箱桁下面ボルト	10	8 M 中/下	1	なし
	箱桁下面 (B)	2	8 M 中/下	0	40
	下流側ウェブ	1	8 F 中/下	2	0.1

表-14 水郷大橋における付着性試験結果

塗 装 方 法	調査位置	ゴバン目 試験結果	付着力 Kgf/cm ²	剝離箇所 (%)
は け 塗 り	上流側ウェブ	(9/9) 3	30	中／下 40% 接着面 60%
	箱桁下面 (A)	(9/9) 3	32	中塗凝集破壊20% 接着面 80%
	箱桁下面 (B)	(9/9) 3	40	中／下 3% 接着面 97%
	下流側ウェブ	(9/9) 3	45	下／素地 2% 中塗凝集破壊 5% 接着面 93%
エ ア レ ス ス プ レ ー 塗 り	上流側ウェブ	(9/9) 3	28	中／下 5% 接着面 95%
	箱桁下面 (A)	(9/9) 3	32	中塗凝集破壊15% 接着面 85%
	箱桁下面 (B)	(9/9) 3	45	中／下 5% 接着面 95%
	下流側ウェブ	(9/9) 3	40	中／下 50% 接着面 50%
	箱桁下面 (A) *	(9/9) 3	30	接着面 100%
	箱桁下面 (B) *	(9/9) 3	45	接着面 100%

* 上塗塗膜剝離箇所



写真-6 ウェブ



写真-7 下フランジ下面

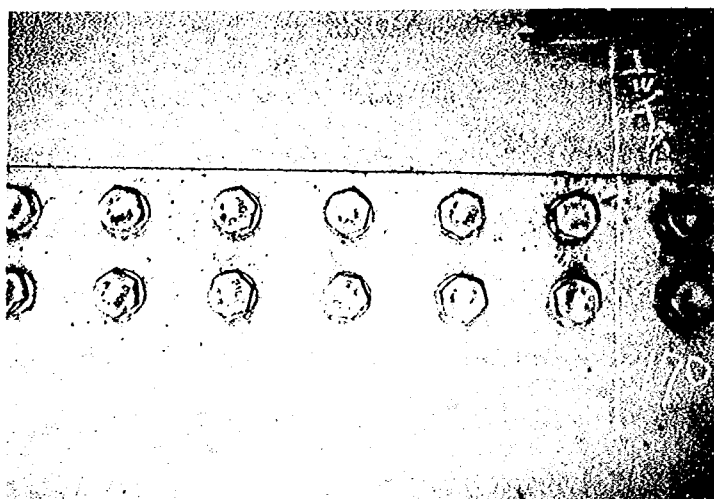


写真-8 添接部

表-15 水郷大橋における塗膜厚測定結果

塗装方法	測定位置	塗膜厚 (μm)					
		a	b	c	d	e	平均値
は け 塗 り	箱桁下面 (A)	100	140	110	100	110	112
	箱桁下面 (B)	170	160	170	170	160	166
エ プ ア レ ー ス 塗 ス リ	箱桁下面 (A)	130	150	110	135	140	133
	箱桁下面 (B)	150	130	100	100	150	126
	下流側ウェブ	140	130	130	125	140	133

3.2. 素地調整程度調査結果

3.2.1 新広田橋における調査結果

素地調整程度の調査結果を表-16に、3種ケレンの素地調整後の状況を写真-9, 10に示す。また、2種ケレンの素地調整後の状況を写真-11, 12に示す。素地調整前の塗膜厚測定結果を表-17(1)~17(4)に、素地調整後の塗膜厚測定結果を表-18(1)~18(2)に、塗装終了後の塗膜厚測定結果を表-19(1)~19(4)に示す。また、素地調整前後の付着塩分量の測定結果を表-20, 21に示す。なお、付着塩分の調査位置並びに塗膜厚測定位置は図-11(1)~11(3)に示めす。

これらの結果から次のことが明らかとなった。

- (1)素地調整後の素地露出率は、全般的に下フランジ下面がウェブより高く、下フランジ下面における塗装劣化の著しいことを裏付けていた。また、3種ケレン実施箇所での素地露出率が大きかったことは、塗り替え時期が過ぎたことを示すものといえる。
- (2)素地調整前後における付着塩分量は、素地調整前の平均 $88\text{mg}/\text{m}^2$ (最小 $10\text{mg}/\text{m}^2$ 最大 $450\text{mg}/\text{m}^2$) に対して、素地調整後は3種ケレンで平均 $37\text{mg}/\text{m}^2$ (最小 $10\text{mg}/\text{m}^2$ 以下, 最大 $190\text{mg}/\text{m}^2$) 2種ケレンで平均 $11\text{mg}/\text{m}^2$ (最小 $0\text{mg}/\text{m}^2$ 以下, 最大 $50\text{mg}/\text{m}^2$) であり素地調整により付着塩分がかなり減少することが明らかとなった。

また、素地調整程度と付着塩分量との間には明らかに関係があり、活膜とはいえ旧塗膜を残す3種ケレンは、旧塗膜を完全に除去する2種ケレンより付着塩分の残留が

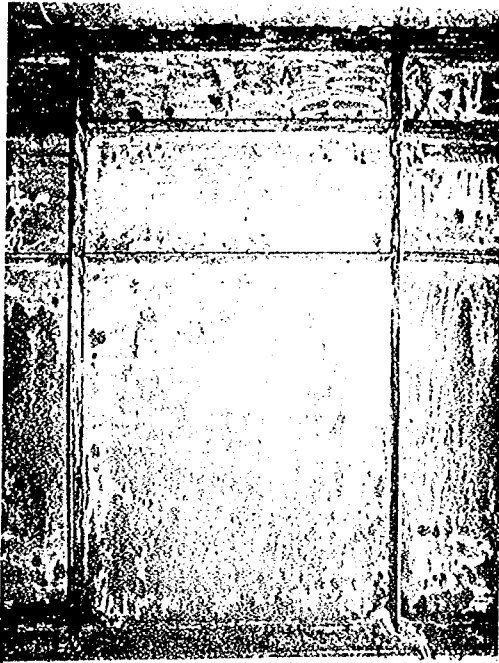


写真-9 海側外桁ウェブ

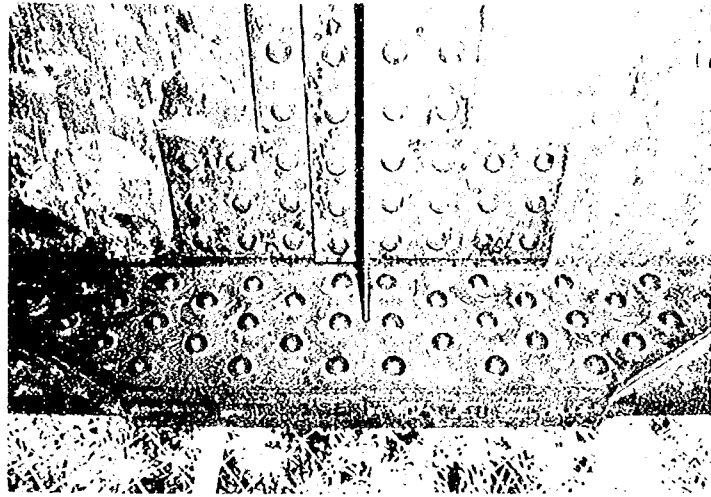


写真-10 海側外桁添接部



写真-11 山側外桁ウェブ

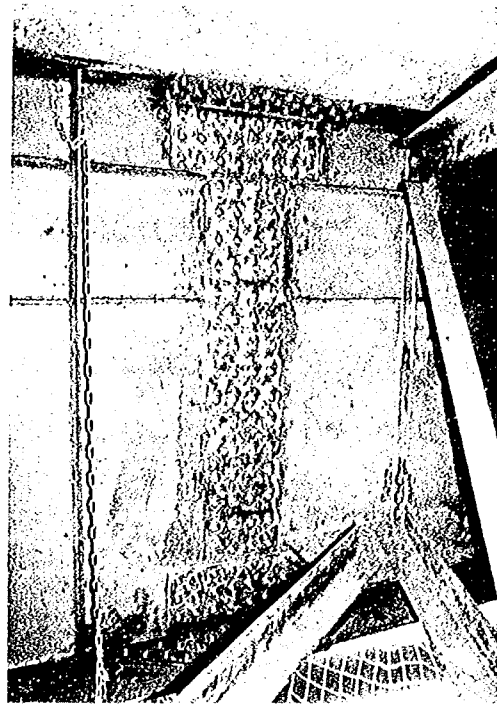


写真-12 山側外桁添接部

多い傾向が認められた。

(3)塗り替えの対象となった橋梁における塗膜厚の測定値は、さび層の介在や腐食による凹凸などの影響が大きく、正確さを欠くが素地調整後と塗装終了後の値から、塗り替えにより形成された塗膜厚の概略値についての情報を得るのに役立つものである。この調査でも素地調整後と塗装終了後の塗膜厚の差から、エポキシ〜ポリウレタン系の塗装をした部分で平均 $115\mu\text{m}$ 、油性さび止め〜フェノールMIO〜塩化ゴム系の塗装をした部分で平均 $97\mu\text{m}$ の膜厚が得られた。

(4)塗り替え前の塗膜は全体的に汚れていたが、特にアバット近くの塗膜は汚れが著しかった。しかし、水洗を行わずに塵埃を払って直接ディスクサンダ掛けを行って塗装していた。赤錆の著しい部分は、素地が露出する迄研磨しても一部には結露もみられるような状況であったため翌日になるとさびが戻っていた。

一見すると乾燥状態に見えても河川上でもあり、また、塩分を含んださびが残留していたために結露を生じたものと推察されるが、塗り替えた塗膜の耐久性低下の原因となるので、素地調整後はできる限り速やかに塗装すべきであろう。

2種ケレンを行った部分は、完全に塗膜が除去され全面に金属光沢が現れていた。しかし、塗装する迄にうすくさびが戻っている部分もあった。

3種ケレンを行った部分は、鋭角な端部は研磨したままで丸み付けがされていなかったり、さび落としが不十分と思われるところもあったが、健全な塗膜の残存部分には全面にディスクサンダを掛けた跡が残っており、旧塗膜と塗り重ねた塗料の付着性には問題がないと思われる。

塗装は平面部分に対しては良く塗り付けられていたが、端部や隅の部分には塗り残された部分もいくらかあり、これらの部分から塗膜の早期劣化が始まることが懸念される。

また、足場の架設が下フランジ下面に近づきすぎて下面の素地調整や塗装が行いにくい状況であったので改善をはかる必要があると思われる。

表-16 新広田橋における素地調整程度の調査結果

調査位置 \ 残 留 (%)		上 塗	下 塗	素 地	調査位置 \ 残 留 (%)		上 塗	下 塗	素 地
A	G ₁ 山側	95	5	< 1	B	G ₁ 山側	95	2	3
	G ₁ 下面	80	15	5		G ₁ 下面	30	20	50
	G ₁ 海側	85	14	1		G ₁ 海側	40	10	50
	G ₄ 山側	90	7	3		G ₄ 山側	85	13	2
	G ₄ 下面	50	20	30		G ₄ 下面	5	5	90
	G ₄ 海側	90	9	1		G ₄ 海側	70	25	5
	G ₈ 山側	95	5	< 1		G ₈ 山側	95	3	2
	G ₈ 下面	60	35	5		G ₈ 下面	20	10	70
	G ₈ 海側	85	14	1		G ₈ 海側	90	8	2

調査位置 A, D は, 2 種ケレンのため 100% 素地露出

表-17(1) 素地調整前の塗膜厚測定結果

新潟←	A		B		C		D		→秋田
← 試験塗装部位 →									

測定部位		塗 膜 厚 (μm)								
		①	②	③	④	⑤	平均	σ	max	min
A	G ₁ 山側	150	160	160	180	165	160	9.5	180	140
		160	150	160	170	165				
		140	150	160	170	160				
	G ₁ 下面	80	150	100	90	150	119.3	38.7	180	80
		80	130	100	80	170				
		80	130	100	90	160				
	G ₁ 海側	280	210	180	150	170	186.3	34.6	280	145
		210	195	170	145	165				
		220	210	180	145	165				
	G ₄ 山側	190	200	200	220	210	204.3	9.8	220	190
		200	220	210	200	200				
		195	220	190	210	200				
	G ₄ 下面	95	120	100			107.2	11.6	120	90
		95	115	120						
		90	120	110						
	G ₄ 海側	200	170	170	185	160	179	15.2	210	160
		210	185	170	180	160				
		200	190	170	175	160				
	G ₈ 山側	170	210	175	180	160	176.7	17.4	210	150
		160	200	170	185	160				
		175	210	170	175	150				
	G ₈ 下面	170	140	145			155.6	18.6	185	130
		185	130	150						
		185	145	150						
	G ₈ 海側	215	200	185	200	180	190.7	12.1	215	180
		215	200	185	180	180				
		190	190	180	180	180				

表-17(2) 素地調整前の塗膜厚測定結果

測定部位		塗 膜 厚 (μm)								
		①	②	③	④	⑤	平均	σ	max	min
B	G ₁ 山側	105	115	105	105	90	106	11.0	125	90
		100	115	105	125	85				
		110	115	105	120	90				
	G ₁ 下面	150	120	130	150	120	131.7	26.6	180	90
		90	180	100	160	130				
		95	150	110	170	120				
	G ₁ 海側	130	130	120	200	170	146.7	21.5	200	120
		150	150	130	130	170				
		130	150	130	140	170				
	G ₄ 山側	160	170	180	170	160	169.3	12.9	200	150
		150	170	190	160	160				
		160	170	200	180	160				
	G ₄ 下面	測 定 不 能					—	—	—	—
	G ₄ 海側	170	160	170	170	160	168.7	8.1	180	160
		170	160	180	180	160				
		180	160	180	170	160				
	G ₈ 山側	120	170	210	180	190	198	32.5	260	170
		210	260	200	200	190				
		210	260	200	180	190				
	G ₈ 下面	測定 不能	210	170			185	18.9	210	160
			200	170						
			200	160						
	G ₈ 海側	210	230	200	180	250	213.3	22.7	250	180
		200	230	200	190	250				
		200	220	200	190	250				

表-17(3) 素地調整前の塗膜厚測定結果

測定部位		塗 膜 厚 (μm)								
		①	②	③	④	⑤	平均	σ	max	min
C	G ₁ 山側	165	145	145	160	150	152	7.5	165	140
		160	155	140	160	150				
		160	150	140	150	150				
	G ₁ 下面	160	200	250			190.6	30.6	250	155
		170	200	180						
		155	230	170						
	G ₁ 海側	210	240	200	170	190	205.7	24.0	250	170
		200	240	220	175	200				
		220	250	200	170	200				
	G ₄ 山側	240	200	200	260	230	221	21.1	260	190
		220	205	200	250	220				
		230	190	200	250	220				
	G ₄ 下面	180	190	180			183.3	11.5	200	160
		190	190	160						
		200	190	170						
	G ₄ 海側	250	240	190	190	220	210	20.7	250	180
		220	220	190	180	200				
		230	220	190	190	220				
	G ₈ 山側	200	200	170	170	160	175	12.9	200	160
		180	185	170	170	160				
		180	190	180	160	165				
	G ₈ 下面	250	270	210			234.4	22.2	270	200
		240	250	210						
		230	250	200						
	G ₈ 海側	120	180	210	170	220	180.7	33.8	230	120
		130	180	190	170	220				
		120	180	200	190	230				

表-17(4) 素地調整前の塗膜厚測定結果

測定部位		塗 膜 厚 (μm)								
		①	②	③	④	⑤	平均	σ	max	min
D	G ₁ 山側	150	200	130	120	140	144	23.9	200	120
		150	180	130	120	130				
		150	180	130	120	130				
	G ₁ 下面	190	190	250			194.4	29.1	260	160
		180	180	230						
		180	180	160						
	G ₁ 海側	270	220	200	190	190	213.3	30.3	280	180
		280	220	200	190	190				
		250	230	200	180	190				
	G ₄ 山側	220	190	170	220	180	192.7	20.8	220	160
		200	200	160	200	170				
		220	200	170	220	170				
	G ₄ 下面	180	160	160			169.4	9.5	185	160
		185	170	170						
		180	160	160						
	G ₄ 海側	220	230	200	300	170	226	42.4	300	170
		230	230	200	300	170				
		230	230	200	300	180				
	G ₈ 山側	160	180	160	160	150	164	10.2	180	150
		180	180	170	160	150				
		170	170	150	160	160				
	G ₈ 下面	170	150	190			166.7	17.0	190	140
		160	150	180						
		170	140	190						
	G ₈ 海側	200	210	160	180	170	183.7	19.2	210	160
		210	205	160	180	170				
		200	210	160	170	170				

表-18(1) 素地調整後の塗膜厚測定結果

新潟←	A		B			C		D		→秋田
← 試験塗装部位 →										

測定部位		塗 膜 厚 (μm)								
		①	②	③	④	⑤	平均	σ	max	min
A	G ₁ 山側	125	125	130	135	125	125.3	5.6	135	120
		125	120	125	125	130				
		120	120	130	140	120				
	G ₁ 下面	50	65	90	50	90	72.3	18.1	100	50
		60	55	85	85	95				
		50	65	90	55	100				
	G ₁ 海側	155	160	130	130	125	138.7	15.0	160	115
		160	155	135	130	115				
		160	145	130	125	125				
	G ₄ 山側	150	125	110	110	120	122.0	13.6	150	100
		130	115	125	100	125				
		150	120	120	105	125				
	G ₄ 下面	45	65	115			83.3	27.5	120	45
		80	70	120						
		50	85	120						
	G ₄ 海側	170	150	145	135	125	144.3	15.7	170	115
		160	155	140	140	120				
		170	150	145	145	115				
	G ₈ 山側	115	160	135	145	130	137.7	14.0	165	115
		130	165	130	135	130				
		120	160	140	140	130				
	G ₈ 下面	155	120	110			127.7	18.7	160	110
		160	120	115						
		145	115	110						
	G ₈ 海側	170	145	140	115	115	136.3	17.2	170	115
		160	145	140	120	120				
		155	140	145	115	120				

表-18(2) 素地調整後の塗膜厚測定結果

測定部位		塗 膜 厚 (μm)								
		①	②	③	④	⑤	平均	σ	max	min
B	G ₁ 山側	95	100	105	105	90	98.3	7.5	110	85
		100	110	95	100	85				
		95	100	100	110	85				
	G ₁ 下面	10	55	70	90	60	49.3	26.1	90	10
		10	70	60	40	20				
		10	60	70	55	70				
	G ₁ 海側	130	130	105	110	125	121.7	12.6	140	100
		125	130	100	115	140				
		125	130	100	120	140				
	G ₄ 山側	80	125	170	140	130	137.3	22.2	170	80
		120	120	160	145	130				
		140	135	170	160	125				
	G ₄ 下面	40	30	70			48.3	15.3	75	30
		45	35	60						
		45	35	75						
	G ₄ 海側	130	110	40	85	65	92.7	27.3	150	60
		150	100	60	60	95				
		110	100	95	90	100				
	G ₈ 山側	180	180	190	165	105	161.7	31.2	200	105
		180	190	170	105	140				
		200	185	175	110	150				
	G ₈ 下面	35	110	65			68.3	31.4	110	25
		25	80	85						
		25	110	80						
	G ₈ 海側	180	200	175	175	230	191.0	25.3	250	160
		175	190	175	170	250				
		160	200	180	175	230				

表-19(1) 塗装終了後の塗膜厚測定結果

新潟←		A		B			C		D		→秋田
← 試験塗装部位 →											

測定部位		塗 膜 厚 (μm)								
		①	②	③	④	⑤	平均	σ	max	min
A	G ₁ 山側	220	250	320	200	220	245	28.7	320	200
		260	260	260	220	250				
		220	260	270	220	250				
	G ₁ 下面	150	150	260	160	210	181	34.3	260	140
		170	140	240	180	160				
		170	160	220	180	160				
	G ₁ 海側	230	270	240	210	220	231	27.0	280	180
		260	280	180	210	240				
		260	240	200	210	220				
	G ₄ 山側	160	250	150	240	250	229	39.6	290	150
		250	250	160	250	210				
		230	250	290	250	250				
	G ₄ 下面	130	150	160			158	19.9	190	130
		140	190	160						
		140	190	160						
	G ₄ 海側	250	250	220	200	230	233	18.1	260	200
		260	250	230	200	220				
		250	230	250	220	230				
	G ₈ 山側	220	270	200	200	210	217	20.8	270	200
		200	250	210	200	210				
		210	250	210	210	210				
	G ₈ 下面	170	220	150			193	30.2	230	150
		230	230	150						
		210	200	180						
	G ₈ 海側	250	250	250	240	280	247	17.4	280	200
		260	250	250	220	250				
		250	240	250	200	260				

表-19(2) 塗装終了後の塗膜厚測定結果

測定部位		塗 膜 厚 (μm)								
		①	②	③	④	⑤	平均	σ	max	min
B	G ₁ 山側	250	250	300	270	290	255	25.8	300	200
		240	250	260	240	270				
		240	220	260	200	290				
	G ₁ 下面	120	150	220	170	200	165	32.2	220	120
		150	140	200	130	170				
		140	120	210	170	130				
	G ₁ 海側	210	240	240	200	210	223	20.2	250	190
		220	220	250	200	220				
		210	250	260	190	230				
	G ₄ 山側	190	160	150	250	260	205	40.8	260	150
		210	150	160	260	240				
		200	200	160	240	250				
	G ₄ 下面	120	100	200			142	29.4	200	100
		160	130	160						
		140	110	160						
	G ₄ 海側	200	230	210	200	250	213	19.6	250	180
		200	230	220	180	210				
		190	250	200	220	210				
	G ₈ 山側	160	200	200	200	240	214	30.3	260	160
		180	240	210	250	220				
		160	240	210	260	240				
	G ₈ 下面	180	120	200			177	30.6	220	120
		170	160	220						
		200	140	200						
	G ₈ 海側	260	250	260	240	260	257	14.4	280	240
		280	270	240	240	280				
		260	250	240	250	280				

表-19(3) 塗装終了後の塗膜厚測定結果

測定部位		塗 膜 厚 (μm)								
		①	②	③	④	⑤	平均	σ	max	min
C	G ₁ 山側	110	110	110	100	110	109	6.8	120	100
		110	120	110	100	110				
		120	120	110	100	100				
	G ₁ 下面	110	110	130			120	12.0	140	100
		120	100	130						
		130	120	140						
	G ₁ 海側	100	100	110	100	110	105	6.9	120	95
		110	95	110	100	120				
		100	110	100	95	110				
	G ₄ 山側	130	110	110	120	120	116	9.5	140	100
		100	120	110	110	120				
		140	110	110	110	120				
	G ₄ 下面	120	120	130			123	8.2	140	110
		140	110	120						
		130	120	120						
	G ₄ 海側	100	100	100	100	110	103	5.2	110	95
		110	95	110	100	110				
		110	100	100	100	100				
	G ₈ 山側	110	110	100	100	110	105	5.5	110	95
		110	110	95	100	110				
		100	100	100	110	110				
	G ₈ 下面	120	170	120			129	15.2	170	120
		130	120	120						
		130	120	130						
	G ₈ 海側	110	120	120	120	120	117	5.7	120	100
		110	120	120	120	120				
		100	120	120	120	120				

表-19(4) 塗装終了後の塗膜厚測定結果

測定部位		塗 膜 厚 (μm)					平均	σ	max	min
		①	②	③	④	⑤				
D	G ₁ 山側	110	110	110	100	110	113	10.2	140	100
		110	120	140	110	110				
		100	120	130	110	120				
	G ₁ 下面	100	110	120	120		110	8.2	120	100
		100	110	110	120					
		100	100	110	120					
	G ₁ 海側	100	100	100	100	100	101	3.7	110	95
		100	110	95	100	110				
		100	100	100	100	100				
	G ₄ 山側	110	110	110	100	110	112	5.4	120	110
		110	120	110	110	120				
		110	110	120	120	110				
	G ₄ 下面	150	160	140			142	10.3	160	130
		150	150	130						
		130	140	130						
	G ₄ 海側	100	110	110	100	100	113	8.5	130	110
		120	110	110	130	120				
		120	110	110	120	120				
	G ₈ 山側	110	110	120	120	120	115	6.2	120	100
		110	100	110	120	120				
		110	110	120	120	120				
	G ₈ 下面	130	150	100			122	13.1	150	100
		110	120	120						
		130	120	120						
	G ₈ 海側	110	120	110	120	120	117	4.7	120	110
		120	120	110	120	120				
		120	110	120	110	120				

表-20 素地調整前の付着塩分量

測定部位		付着塩分量 (mg/m ²)	測定部位		付着塩分量 (mg/m ²)	測定部位		付着塩分量 (mg/m ²)	測定部位		付着塩分量 (mg/m ²)
A	G ₁ 山側	10	B	G ₁ 山側	10	C	G ₁ 山側	10	D	G ₁ 山側	10
	G ₁ 下面	450		G ₁ 下面	130		G ₁ 下面	170		G ₁ 下面	80
	G ₁ 海側	150		G ₁ 海側	120		G ₁ 海側	50		G ₁ 海側	80
	G ₄ 山側	100		G ₄ 山側	100		G ₄ 山側	20		G ₄ 山側	100
	G ₄ 下面	80		G ₄ 下面	200		G ₄ 下面	20		G ₄ 下面	100
	G ₄ 海側	100		G ₄ 海側	120		G ₄ 海側	100		G ₄ 海側	100
	G ₈ 山側	100		G ₈ 山側	75		G ₈ 山側	50		G ₈ 山側	50
	G ₈ 下面	50		G ₈ 下面	200		G ₈ 下面	30		G ₈ 下面	150
	G ₈ 海側	10		G ₈ 海側	10		G ₈ 海側	10		G ₈ 海側	10

表-21 素地調整後の付着塩分量

測定部位		付着塩分量 (mg/m ²)	測定部位		付着塩分量 (mg/m ²)	測定部位		付着塩分量 (mg/m ²)	測定部位		付着塩分量 (mg/m ²)
A	G ₁ 山側	10	B	G ₁ 山側	10	C	G ₁ 山側	10	D	G ₁ 山側	0
	G ₁ 下面	20		G ₁ 下面	50		G ₁ 下面	< 10		G ₁ 下面	20
	G ₁ 海側	< 10		G ₁ 海側	90		G ₁ 海側	< 10		G ₁ 海側	20
	G ₄ 山側	10		G ₄ 山側	40		G ₄ 山側	0		G ₄ 山側	< 10
	G ₄ 下面	40		G ₄ 下面	190		G ₄ 下面	< 10		G ₄ 下面	50
	G ₄ 海側	20		G ₄ 海側	90		G ₄ 海側	10		G ₄ 海側	10
	G ₈ 山側	10		G ₈ 山側	20		G ₈ 山側	10		G ₈ 山側	10
	G ₈ 下面	10		G ₈ 下面	30		G ₈ 下面	0		G ₈ 下面	10
	G ₈ 海側	< 10		G ₈ 海側	10		G ₈ 海側	0		G ₈ 海側	< 10

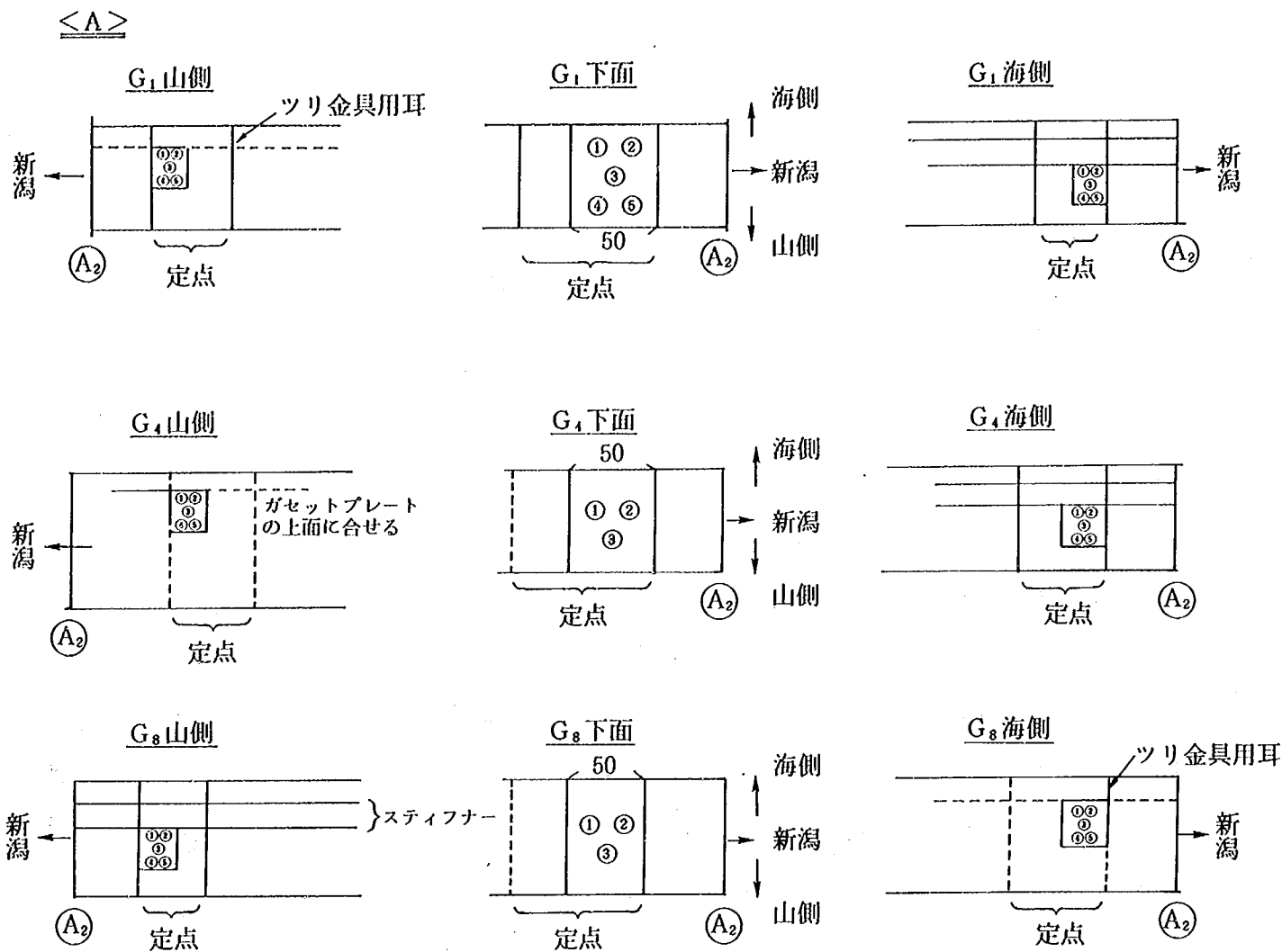
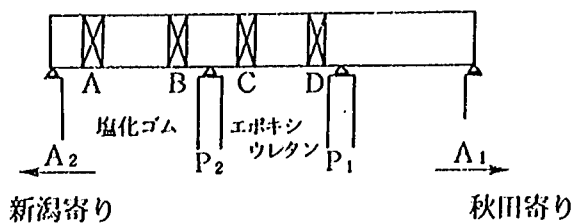


図-11(1) 塗膜厚測定箇所

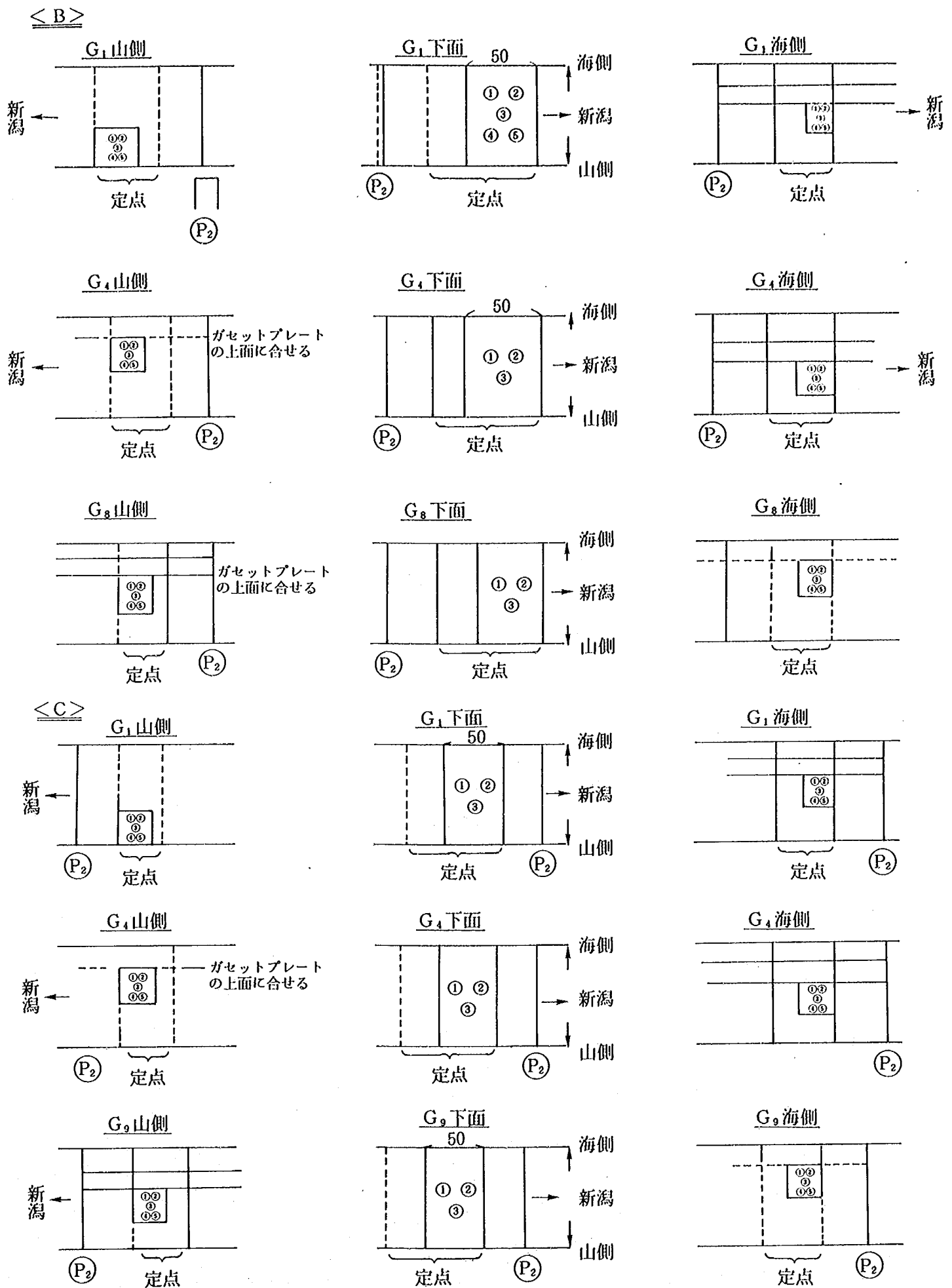


図-11(2) 塗膜厚測定箇所

3.2.2 水郷大橋における調査結果

水郷大橋における素地調整程度の調査結果を表-22に、3種ケレンの素地調整後の状況を写真-13~14に示す。調査により明らかになった事項は次のとおりである。

すなわち、水郷大橋における主な塗装劣化の種類は塗膜層間のはくりであるが、素地調整程度の調査結果からもそれが裏付けられた。①比較的鋼素地の露出が多かった箱桁下面ボルト部でも露出率は1%以下であった。②箱桁、ウェブの下塗り塗膜の露出率が下面より著しく小さく、構造部位別の塗膜の層間はくり傾向と一致しており層間のはくりの著しい部分ほど下塗り塗膜の露出率が大きかった。

表-22 水郷大橋における素地調整程度の調査結果

塗装方法	調査位置	上塗残留(%)	下塗残留(%)	素地(%)
は け 塗 り	上流側ウェブ *	—	—	< 1
	箱桁下面 (A)	4 0	6 0	
	箱桁下面ボルト	9 5	5	
	箱桁下面 (B)	7 0	3 0	
	下流側ウェブ	9 5	5	
エ ブ ア レ レ ス 塗 ス リ	上流側ウェブ	9 5	5	< 1
	箱桁下面 (A)	5 0	5 0	
	箱桁下面ボルト	9 8	2	
	箱桁下面 (B)	6 0	4 0	
	下流側ウェブ	9 0	1 0	

* 塗装が行われており調査不能



写真-13 下フランジ下面

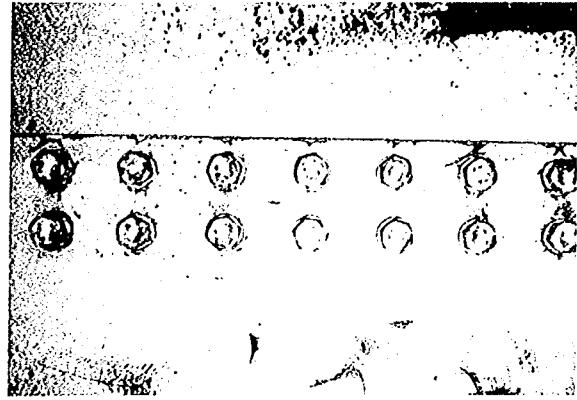


写真-14 添接部

3.3 . 飛散防止ネットの効果調査結果

3.3.1 試験条件

(1)使用塗装機および塗装条件

試験に用いた塗装機の種類と吐出量、吐出圧は以下のとおりである。

イ. 塗装機 : WAGNER ES3000

ロ. 吐出量 : 0.6cc/min

ハ. 吐出圧 : 100Kgf/cm²

(2)環境条件

試験に際して行った風向、風速等の測定結果は以下のとおりである。

イ. 風向 : 北

ロ. 風速 : 1 ~ 2 m/sec

ハ. 気温 : 9℃

ニ. 湿度 : 48%RH

(3)使用塗料

シアナミド鉛さび止めペイント (JIS K 5625 1種)

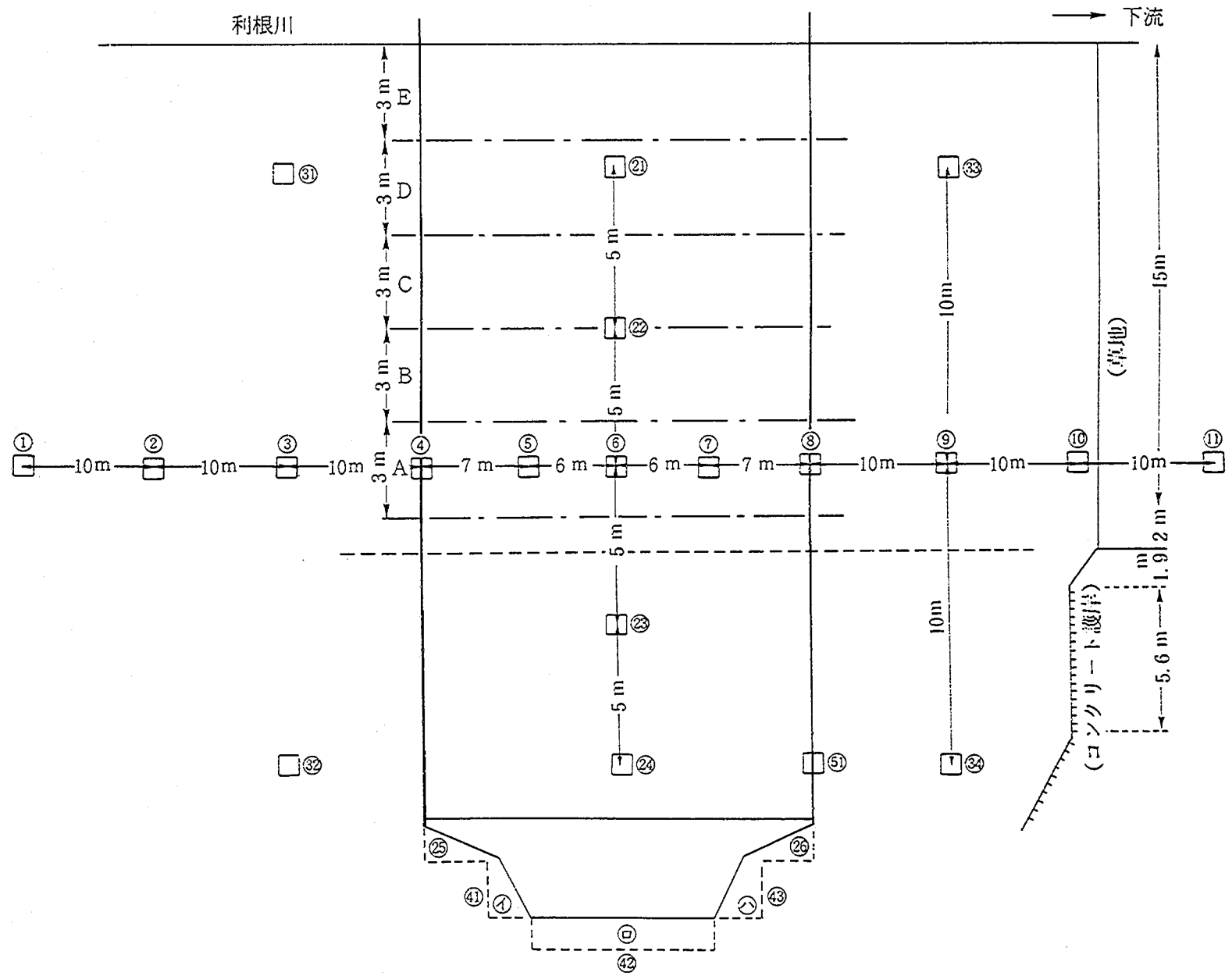


図-12(1) 塗料飛散量調査位置 (条件A: 2 階以上, 1 種)

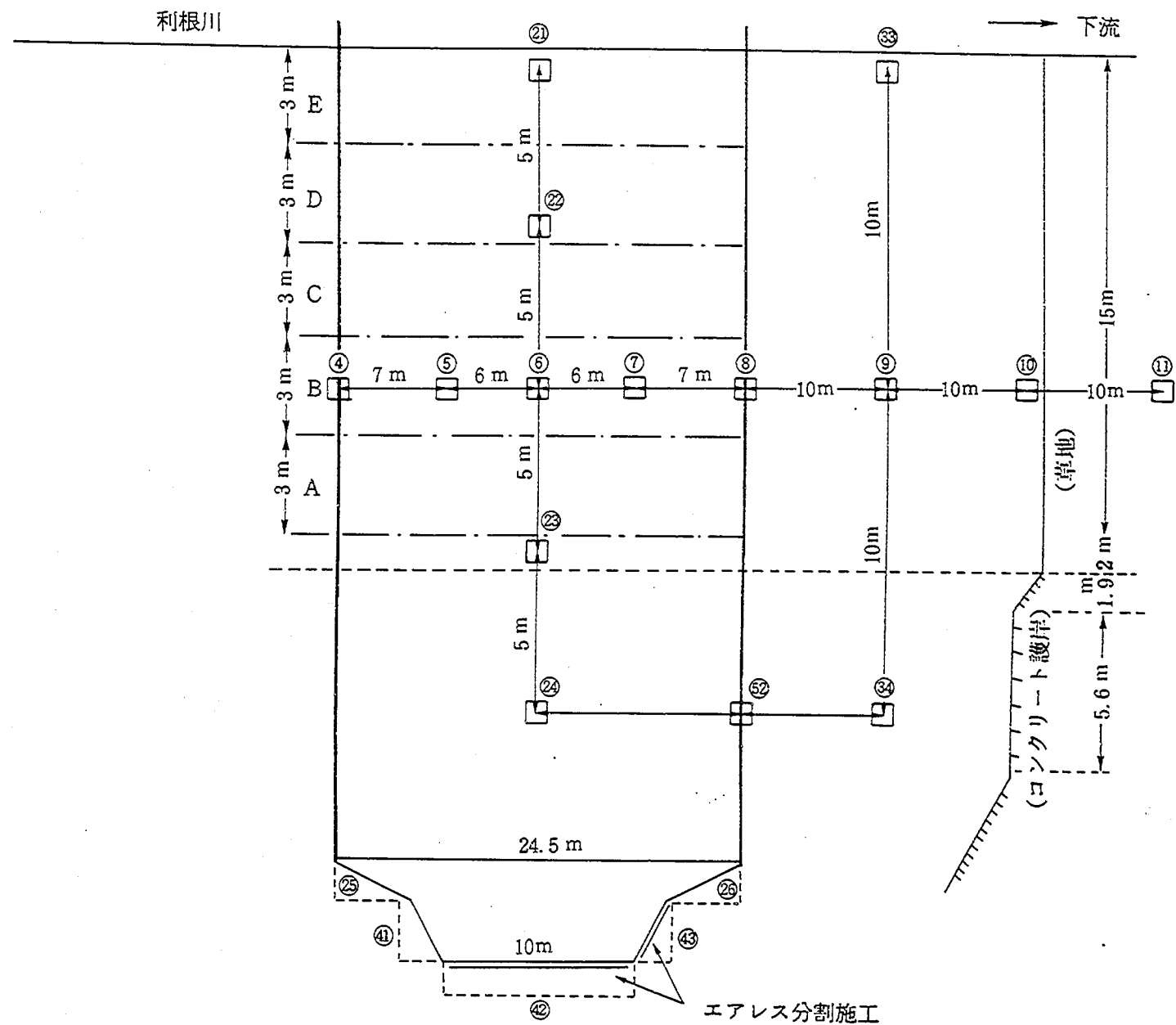


図-12(2) 塗料飛散量調査位置 (条件B: 1mm目, 1種)

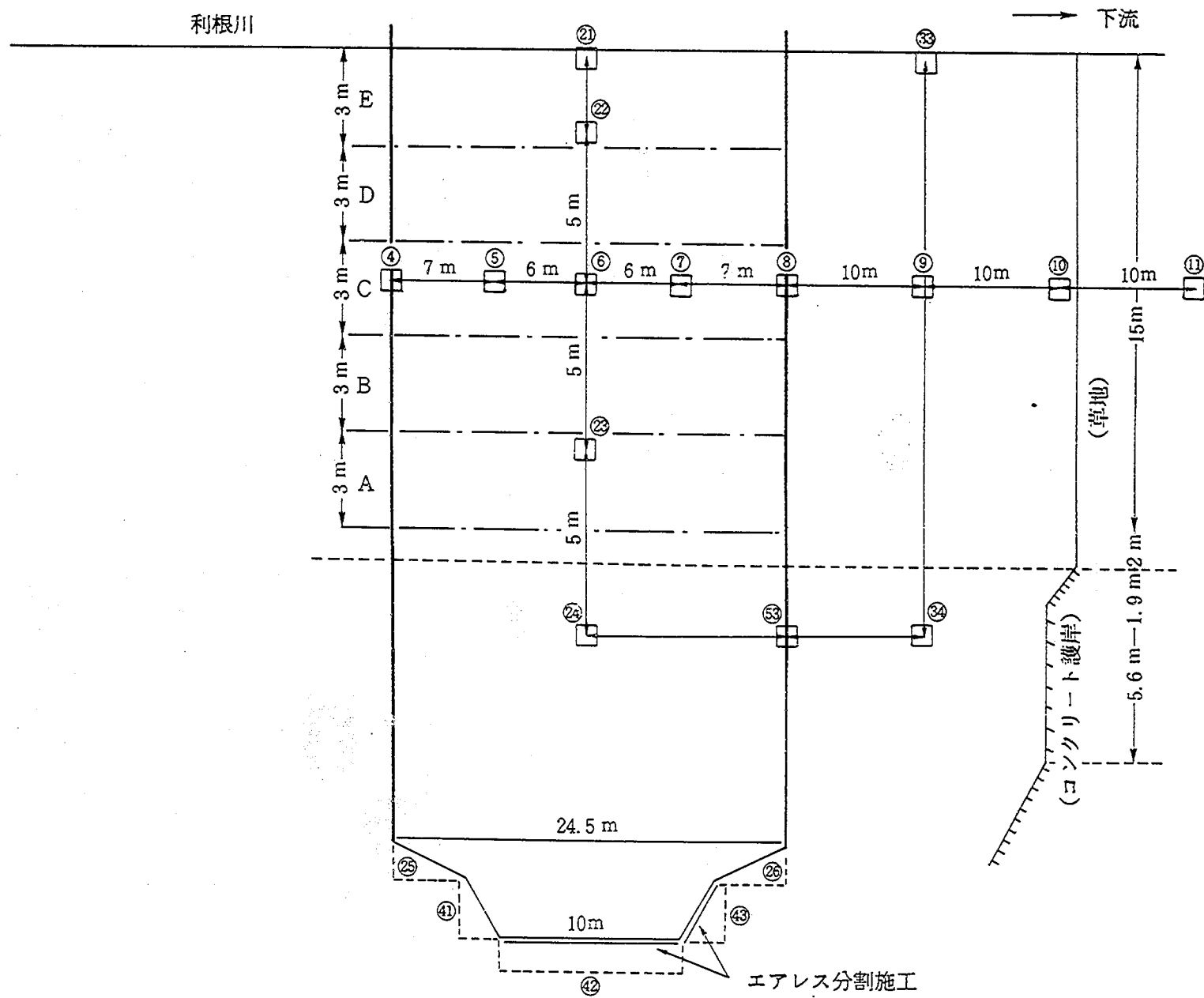


図-12(3) 塗料飛散量調査位置 (条件C: ネットなし)

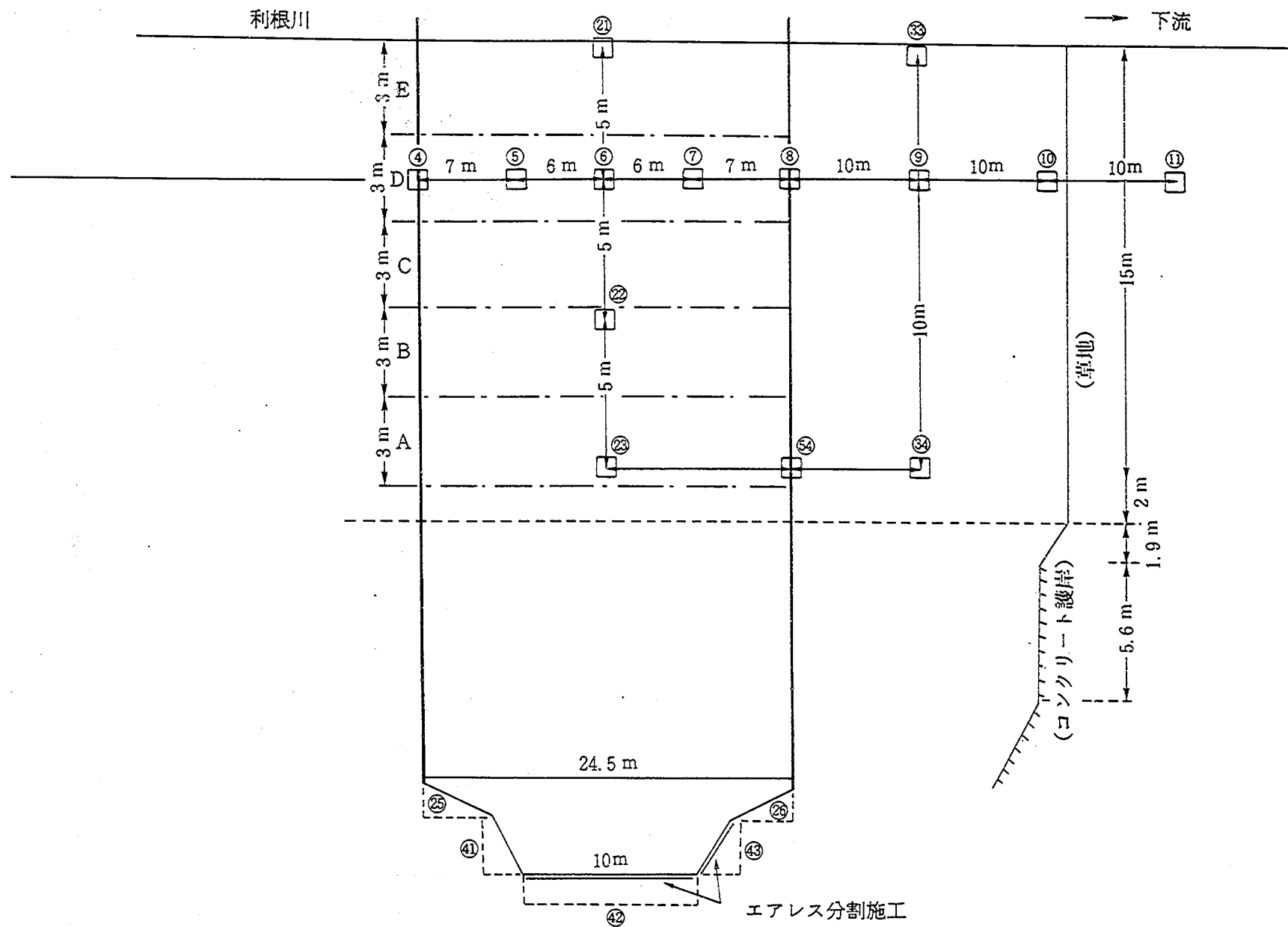


図-12(4) 塗料飛散量調査位置 (条件D : 2mm目, 2種)

図-12(5) 塗料飛散量調査位置 (条件E: 1 目, 2 種)

(4)塗装施工箇所と調査位置の関係

試験条件別の塗装施工箇所と調査位置の関係は図-12(1)~12(5)に示したとおりである。

3.3.2 塗料の飛散量と飛散距離の調査結果

試験条件別に白色ベニヤ板への塗料の付着状況をASTM委員会B8の提案に基づき腐食状況の判定に使用されるASTM D 0201のレイティングナンバー(R, N)で評価した結果と白色ベニヤ板に貼付けした5枚のアルミ箔(10×10cm)に付着した塗料の重量を1㎡当たりの重量(g)に換算した値で表示する方法で調査した結果を表-23に示す。上記の調査結果より以下のことが考察される。

(1)いずれの試験状態においても、塗装施工箇所の真下中央付近やその風下の位置で大きい飛散量が観察されているが、最も多いのが施工箇所の真下中央付近である。

(2)防止ネットなしの場合と防止ネット有りの場合を比較すると、ネットなしのほうが明らかに飛散量が多く、ネットの飛散防止効果が認められる。

(3)飛散防止効果におよぼすネットの種類や1重と2重の差異については、施工箇所の中央の真下(位置の番号42)での観測結果から、ネットなしと比較してネット1重が少なく、2重は更に少ない結果となっており、1重と2重では2重のほうが防止効果は高いといえそうである。

なお、ネットの種類間の差異が明瞭でない等明らかな差異が認められなかったのはネットの張り方が粗く、また、風の影響等もあって、隙間からのもれが影響したためではないかと推察される。

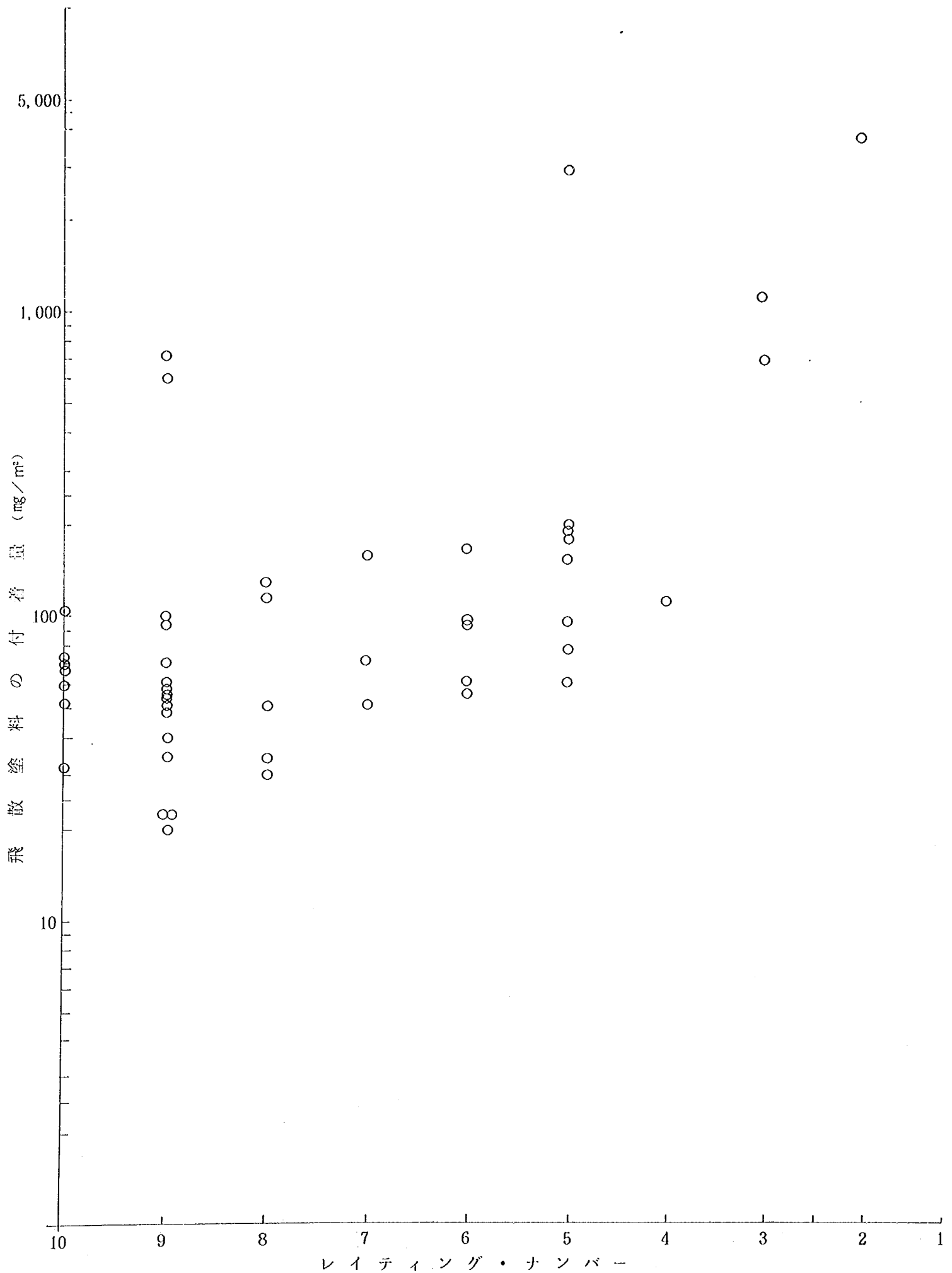
(4)観測データが不十分ではあるが、風下でかなりの飛散量が観測されたこと、施工箇所から100m以上離れた風下に明瞭な塗料の付着が認められたこと等から、風の影響を十分考慮して計画を立てる必要性が強く感じられる。

(5)レイティングナンバーと付着量(g/㎡)との間には、図-13に示すようにかなり密接な関係が認められたが、一部に大きく食い違う場合もあった。その原因は、ベニヤ板への塗料の付着状況から、付着状態が不均一であったためと考えられるので今後同様な調査を行う場合には、これらの点を考慮する必要があると思われる。

表-23 塗料飛散量調査結果

条件 評価法 位置No.	A (2重)		B (1重)		C (ネット)		D (2重)		E (1重)	
	R.N	重量 (mg/m ²)	R.N	重量 (mg/m ²)	R.N	重量 (mg/m ²)	R.N	重量 (mg/m ²)	R.N	重量 (mg/m ²)
1	—	18	—		—	48	—		—	
2	—	24	—		—	82	—		—	
3	—	44	—		—	28	—		—	
4	—	40	—	24	—	28	—	62	6	54
5	—	14	—	34	—	36	—	72	7	70
6	—	12	9	98	—	24	8	30	9	20
7	9	48	9	708	9	58	9	22	—	8
8	9	52	10	124	—	38	—	38	—	24
9	10	32	—	0	10	74	—	38	—	42
10	10	70	—	28	—	58	—	70	—	10
11	—	94	—	28	—	64	—	58	—	138
21	—	42	—	26	—	30	—	40	—	
22	—	36	—	36	—	66	9	60	9	604
23	10	4	8	128	7	50	—	58	8	34
24	10	68	6	18	—	88	—		—	
25	—	56	—	6	—	34	—	98	—	64
26	9	56	—	38	—	86	—	32	—	20
31	—	52	—		—	38	—		—	
32	—	28	—		—	22	—		—	
33	10	60	—	134	—	52	—	38	—	
34	8	116	5	194	5	188	6	90	6	60
41	—	32	5	94	8	50	5	76	—	40
42	3	1076	3	666	1	4964	5	150	5	176
43	9	94	9	34	9	54	9	70	9	22
51	6	162	5	2864	4	108	5	60	9	40
イ	10	52								
ロ	2	3624								
ハ	7	156								

(注) — 検出せず



3.4. 追跡調査結果

3.4.1 実橋における追跡調査結果

実橋における試験塗装箇所の塗膜の追跡調査結果を調査対象橋梁別にとりまとめると次のようである。

(1)横尾橋における調査結果

塗り替え1年後に行った定点調査位置の塗膜の目視調査結果を表-24に、エッジに発生した「点さび」の状況を写真-15に示す。

この調査により、次のことが明らかとなった。

1) 「ふくれ」が山側ウェブと下フランジ下面全面に認められたが、意外にも内側になっているA-4, A-5, B-4, B-5のウェブには認められなかった。原因は現在のところ不明である。

2) 「点さび」がA連, B連ともに谷側下フランジ下面のエッジに認められたが、エッジが鋭角で塗膜厚が不十分であったためと考えられ、施工時にディスクサンダによる丸みづけの必要性が認められた。

3) 塗装1年後の塗膜劣化の程度としては、大きいといえる。特に、エポキシ下塗り～塩化ゴム系上塗りしたB連が油性さび止め～フタル酸系のA連より「ふくれ」の程度が大きいという予想外の結果であったので、その原因を明らかにする必要がある。



写真-15 エッジの点さび

表-24 横尾橋における塗膜劣化度の目視調査結果

部 位				評 価	さ び (%)	ふくれ	はがれ (%)	わ れ	白垂化	変退色	汚 れ	記 事
A 連	A-1	山側 外桁	外側ウェブ		0	8 F	0	3	3	3	3	
	A-2		下フランジ下面		0	8 M	0	3	3	3	3	
	A-3		内側ウェブ		0	8 F	0	3	3	3	3	
	A-4	内桁	ウェブ		0	な し	0	3	3	3	3	
	A-5	谷側 外桁	内側ウェブ		0	な し	0	3	3	3	3	
	A-6		下フランジ下面		0	8 F	0	3	3	3	3	エッジ点さび
	A-7		外側ウェブ		0	8 F	0	3	3	3	3	
B 連	B-1	山側 外桁	外側ウェブ		0	8 M	0	3	3	3	3	
	B-2		下フランジ下面		0	8 M	0	3	3	3	3	
	B-3		内側ウェブ		0	8 F	0	3	3	3	3	
	B-4	内桁	ウェブ		0	な し	0	3	3	3	3	
	B-5	谷側 外桁	内側ウェブ		0	な し	0	3	3	3	3	
	B-6		下フランジ下面		0	8 M	0	3	3	3	3	エッジ点さび
	B-7		外側ウェブ		0	8 F	0	3	3	3	3	

(2)水郷大橋における調査結果

塗り替え9ヵ月後に行った定点調査位置の塗膜の目視調査結果を表-25に示す。

表等からも分かるように、水郷大橋の塗り替え試験施工箇所の塗膜は、塗り替え後の期間が9ヵ月しかないうえに塗膜の「層間はくり」が主体で「さび」の発生が著しく少なかったこともあって、塗膜欠陥の発生は認められず、各塗装系ともに非常に良好な状態を維持していた。

(3)原木大橋における調査結果

塗り替え11ヵ月後に行った定点調査位置の塗膜の目視調査結果を表-26(1)~26(3)に、塗膜厚測定結果を表-27に示す。

この調査により以下のことが明らかになった。すなわち、部位により汚れが目につく程度で劣化は認められず全体的に良好な状態を維持していた。

このように塗り替え後の塗膜劣化の微侯が殆ど認められないのは、塗り替えてから1年程度と経過期間が短いことと、塗り替え時の塗膜の劣化が部分的な塗膜の「はがれ」が中心で「さび」や「ふくれ」が比較的少なかったことが原因と考えられる。

(4)天台北歩道橋における調査結果

塗り替え10ヵ月後に行った定点調査位置の塗膜の目視調査結果を表-28に、塗膜厚測定結果を表-29に、調査対象部の塗膜の状態を写真-16に示す。

これらの結果から次のことが明らかとなった。

1) 超厚塗り塗装系のNo.3、No.4を除き「けあげ部」とステンレス板との間のパテ詰めがされていない箇所からのさび汁の流出が多く、これが著しく美観を損ない塗り替え1年弱の状態とは思われない状況であった。

2) 超厚塗り塗装系は、いずれも上塗りにエポキシ樹脂塗料を用いているため、「白亜化」、「変退色」は認められたものの、「さび」、「ふくれ」の発生は認められず、さび汁による汚れも少なく、防錆性の面では予想どおりの良い状態を維持していた。

3) ポリブタジエン系など軟質塗膜を形成する塗装系は、塗装仕様に定めた塗膜厚を確保できず、仕様の50%~70%の膜厚であったため「ふくれ」を防止する性能が十分ではないように見られる。

(5)六月町歩道橋における調査結果

塗り替え11ヵ月後に行った定点調査位置の塗膜の目視調査結果を表-30に、塗膜厚

測定結果を表-31に、調査対象部の塗膜の状態を写真-17に示す。

この調査により次のことが明らかとなった。

1) 天台北歩道橋の場合と同じ塗装仕様であるが、天台北歩道橋と比較して、全体的に良好な状態を維持しており、塗り替え時点における塗膜の劣化程度特に腐食の程度の差が現れていると推察される。

2) 「ふくれ」の発生が一部の塗装系にわずかに認められる程度で塗装系間の差異は明瞭でなく、上塗りに耐候性に問題のあるエポキシ樹脂塗料を用いている塗装系に白亜化や変退色が認められたにすぎない。

3) 「けあげ部」とステンレス板との間からセメントモルタルを浸透して遊離石灰を含んだ雨水が流れ出し、塗膜表面を汚していた。さび汁とは異なり美観上の問題は小さいが耐水性や耐アルカリ性に問題のある塗装系では劣化要因になると考えられる。

3.4.2 暴露試験片の追跡調査結果

(1)横尾橋に暴露した試験片の調査結果

暴露してから約6ヵ月経過した塗膜外観の目視調査結果を表-32に、付着力測定結果を表-33に、塗膜厚測定結果を表-34に、光沢測定結果を表-35に、感覚色度測定結果を表-36に示す。

この調査により明らかになった事項は以下のとおりである。

1) いずれの塗装系においても劣化は認められなかった。

2) 塗膜の付着性は、ごばん目試験、アドヒージョン試験ともに良好であった。

(2)水郷大橋に暴露した試験片の調査結果

暴露してから約7ヵ月経過した塗膜外観の目視調査結果を表-37に示す。

この調査により次のことが明らかとなった。

1) 試験片の塗膜は、どの塗装系においても暴露期間が短いためか、まだ劣化は認められず良好な状態を維持していた。

2) ごばん目試験方法による塗膜の付着力試験は、1部の塗装系について実施したが、かなり悪い結果が得られた。

表-25 永郷大橋における目視調査結果

位 置 ・ 塗 装 系			さ び (%)	ふくれ	わ れ	はがれ (%)	白亜化	変退色	汚 れ
1	一般A-1	油性フタル酸	0	な し	3	0	3	3	3
2	一般A-1'	油性フタル酸	0	な し	3	0	3	3	3
3	一般B-1	MIO～塩ゴム	0	な し	3	0	3	3	3
4	一般B-2	エポキシ～塩ゴム	0	な し	3	0	3	3	3
5	一般A-2	油性シリコン	0	な し	3	0	3	3	3
6	一般B-3	エポキシ・ウレタン	0	な し	3	0	3	3	3
7	海岸A-3	エポキシ・フッ素	0	な し	3	0	3	3	3

表-26(1) 厚木大橋における目視調査結果

調査対象部位				さ び	ふくれ	わ れ	はがれ	白亜化	変退色	汚 れ
A	G ₁ 桁	山側	上フランジ下面 (外側)	3	3	3	3	3	3	2
			ウェブ (外側)	3	3	3	3	3	3	2
			下フランジ上面 (外側)	3	3	3	3	3	3	1
			下フランジ下面	3	3	3	3	3	3	2
		海側	上フランジ下面 (内面)	3	3	3	3	3	3	3
			ウェブ (内面)	3	3	3	3	3	3	2
			下フランジ上面 (内面)	3	3	3	3	3	3	0
			横 桁	3	3	3	3	3	3	2
			下横構 (下面)	3	3	3	3	3	3	2
			ガセット (下面)	3	3	3	3	3	3	2
	G ₂ 桁	山側	上フランジ下面 (内側)	3	3	3	3	3	3	3
			ウェブ (内側)	3	3	3	3	3	3	2
			下フランジ上面 (内側)	3	3	3	3	3	3	0
			下フランジ下面	3	3	3	3	3	3	2
		海側	上フランジ下面 (内面)	3	3	3	3	3	3	3
			ウェブ (内面)	3	3	3	3	3	3	2
			下フランジ上面 (内面)	3	3	3	3	3	3	0
			横 桁	3	3	3	3	3	3	2
			下横構 (下面)	3	3	3	3	3	3	2
			ガセット (下面)	3	3	3	3	3	3	2
	G ₃ 桁	山側	上フランジ下面 (内側)	3	3	3	3	3	3	3
			ウェブ (内側)	3	3	3	3	3	3	2
			下フランジ上面 (内側)	3	3	3	3	3	3	0
			下フランジ下面	3	3	3	3	3	3	2
		海側	上フランジ下面 (外面)	3	3	3	3	3	3	2
			ウェブ (外面)	3	3	3	3	3	3	2
			下フランジ上面 (外面)	3	3	3	3	3	3	1

表-26(2) 厚木大橋における目視調査結果

調査対象部位				さ び	ふくれ	わ れ	はがれ	白亜化	変退色	汚 れ
B	G ₁ 桁	山側	上フランジ下面 (外側)	3	3	3	3	3	3	2
			ウェブ (外側)	3	3	3	3	3	3	2
			下フランジ上面 (外側)	3	3	3	3	3	3	1
			下フランジ下面	3	3	3	3	3	3	2
		海側	上フランジ下面 (内面)	3	3	3	3	3	3	3
			ウェブ (内面)	3	3	3	3	3	3	2
			下フランジ上面 (内面)	3	3	3	3	3	3	0
	G ₂ 桁		横 桁	3	3	3	3	3	3	2
			下横構 (下面)	3	3	3	3	3	3	2
			ガセット (下面)	3	3	3	3	3	3	2
		山側	上フランジ下面 (内側)	3	3	3	3	3	3	3
			ウェブ (内側)	3	3	3	3	3	3	2
			下フランジ上面 (内側)	3	3	3	3	3	3	0
			下フランジ下面	3	3	3	3	3	3	2
		海側	上フランジ下面 (内面)	3	3	3	3	3	3	3
			ウェブ (内面)	3	3	3	3	3	3	2
			下フランジ上面 (内面)	3	3	3	3	3	3	0
	G ₃ 桁		横 桁	3	3	3	3	3	3	2
			下横構 (下面)	3	3	3	3	3	3	2
			ガセット (下面)	3	3	3	3	3	3	2
		山側	上フランジ下面 (内側)	3	3	3	3	3	3	3
			ウェブ (内側)	3	3	3	3	3	3	2
			下フランジ上面 (内側)	3	3	3	3	3	3	0
			下フランジ下面	3	3	3	3	3	3	2
		海側	上フランジ下面 (外面)	3	3	3	3	3	3	2
			ウェブ (外面)	3	3	3	3	3	3	2
			下フランジ上面 (外面)	3	3	3	3	3	3	1

表-26(3) 厚木大橋における目視調査結果

調査対象部位				さ び	ふくれ	わ れ	はがれ	白亜化	変退色	汚 れ
C	G ₁ 桁	山側	上フランジ下面 (外側)	3	3	3	3	3	3	2
			ウェブ (外側)	3	3	3	3	3	3	2
		海側	下フランジ上面 (外側)	3	3	3	3	3	3	1
			下フランジ下面	3	3	3	3	3	3	2
		側	上フランジ下面 (内面)	3	3	3	3	3	3	3
			ウェブ (内面)	3	3	3	3	3	3	2
			下フランジ上面 (内面)	3	3	3	3	3	3	0
			横 桁	3	3	3	3	3	3	2
			下横構 (下面)	3	3	3	3	3	3	2
			ガセット (下面)	3	3	3	3	3	3	2
	G ₂ 桁	山側	上フランジ下面 (内側)	3	3	3	3	3	3	3
			ウェブ (内側)	3	3	3	3	3	3	2
		海側	下フランジ上面 (内側)	3	3	3	3	3	3	0
			下フランジ下面	3	3	3	3	3	3	2
		側	上フランジ下面 (内面)	3	3	3	3	3	3	3
			ウェブ (内面)	3	3	3	3	3	3	2
			下フランジ上面 (内面)	3	3	3	3	3	3	0
			横 桁	3	3	3	3	3	3	2
			下横構 (下面)	3	3	3	3	3	3	2
			ガセット (下面)	3	3	3	3	3	3	2
	G ₃ 桁	山側	上フランジ下面 (内側)	3	3	3	3	3	3	3
			ウェブ (内側)	3	3	3	3	3	3	2
		海側	下フランジ上面 (内側)	3	3	3	3	3	3	0
			下フランジ下面	3	3	3	3	3	3	2
		側	上フランジ下面 (外面)	3	3	3	3	3	3	2
			ウェブ (外面)	3	3	3	3	3	3	2
			下フランジ上面 (外面)	3	3	3	3	3	3	1

表-27 厚木大橋における塗膜厚測定結果

調査対象部位				塗膜厚測定値 (μm)					
				1	2	3	4	5	平均値
A	G ₁ 桁	山側	上フランジ下面 (外側)	370	420	350	360	360	372
			ウェブ (外側)	380	360	320	400	360	364
			下フランジ上面 (外側)	400	420	480	480	460	448
			下フランジ下面	380	320	320	320	340	336
		海側	上フランジ下面 (内面)	340	340	340	360	350	346
			ウェブ (内面)	340	340	360	400	400	368
			下フランジ上面 (内面)	500	500	520	500	550	514
	G ₂ 桁	山側	上フランジ下面 (内側)	380	320	380	420	320	364
			ウェブ (内側)	400	440	480	400	400	424
			下フランジ上面 (内側)	500	550	620	500	500	534
			下フランジ下面	400	420	460	480	340	420
		海側	上フランジ下面 (内面)	340	360	400	320	380	360
			ウェブ (内面)	360	400	400	400	390	390
			下フランジ上面 (内面)	600	500	550	600	460	542
	G ₃ 桁	山側	上フランジ下面 (内側)	320	360	320	260	320	316
			ウェブ (内側)	320	340	340	360	360	344
			下フランジ上面 (内側)	420	480	420	420	480	444
			下フランジ下面	290	320	260	260	280	282
		海側	上フランジ下面 (外面)	320	340	360	280	320	324
			ウェブ (外面)	380	380	400	400	420	396
			下フランジ上面 (外面)	420	460	420	480	420	440

表-28 天台北歩道橋における目視調査結果

位置	塗装系	さび	ふくれ	われ	はがれ	白亜化	変退色	汚れ	さび汁汚れ
北側	1	3	2 (8M)	3	3	3	3	2	中
	2	3	2 (8F)	3	3	1	2	2	大
	3	3	3	3	3	1	2	2	極小
	4	3	3	3	3	1	2	2	極小
	5	3	2 (8F)	3	3	2	3	2	中
	6	3	2 (8F)	3	3	3	3	2	大
南側	1	3	2 (8M)	3	3	3	3	2	大
	2	3	2 (8F)	3	3	1	2	2	中
	3	3	3	3	3	1	2	2	極小
	4	3	3	3	3	1	2	2	小
	5	3	2 (8F)	3	3	3	3	2	小
	6	3	2 (8F)	3	3	3	2	2	小

表-29 天台北歩道橋における塗膜厚測定結果

位置	塗装系	塗膜厚測定値 (μm)					平均値
		1	2	3	4	5	
北側	1	280	280	280	220	260	264
	2	380	340	380	400	400	380
	3	2200	2500	1800	1500	2200	2040
	4	700	1300	1400	850	1200	1090
	5	350	400	360	280	400	358
	6	700	750	1050	600	600	740
南側	1	240	240	280	270	280	262
	2	360	210	300	300	280	290
	3	2000	2000	2400	2400	2400	2240
	4	900	1000	600	1100	1200	960
	5	300	400	480	320	480	396
	6	700	600	600	400	460	552

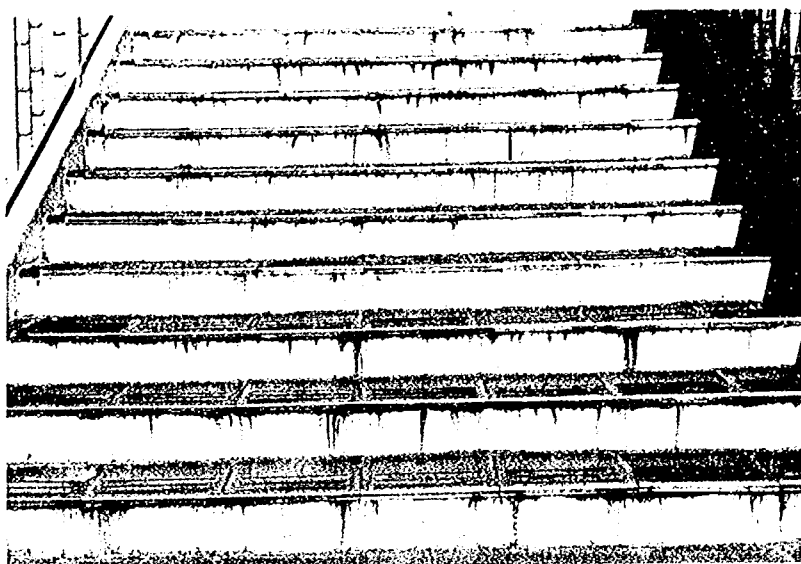


写真-16 S側けあげ部

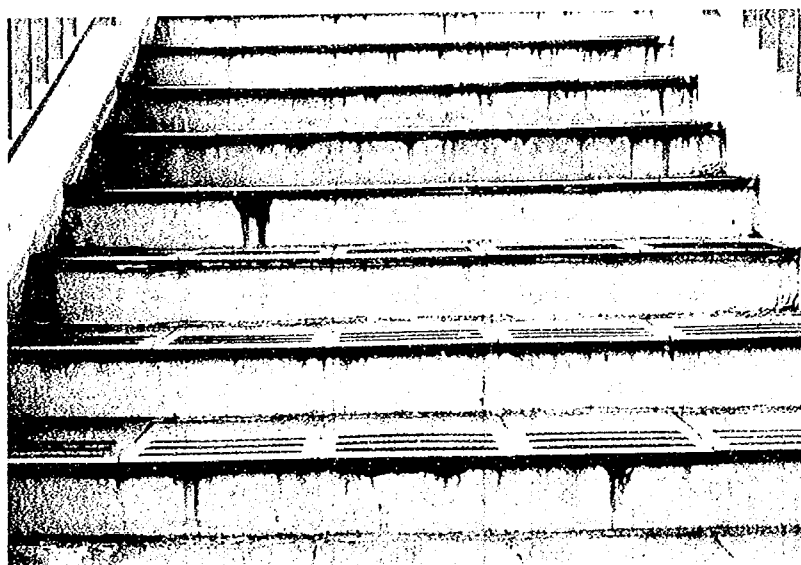


写真-17 D側けあげ部

表-30 六月町歩道橋における目視調査結果

位置	塗装系	さび	ふくれ	われ	はがれ	白亜化	変退色	汚れ	さび汁 汚れ
下り 線 側	1	3	3	3	3	3	3	2	小
	2	3	3	3	3	1	3	2	極小
	3	3	3	3	3	1	2	2	極小
	4	3	3	3	3	1	2	2	なし
	5	3	2 (4F)	3	3	3	3	2	極小
	6	3	3	3	3	3	3	2	極小
上り 線 側	1	3	3	3	3	3	3	2	小
	2	3	3	3	3	1	2	2	極小
	3	3	3	3	3	1	2	2	なし
	4	3	3	3	3	1	2	2	なし
	5	3	2 (2F)	3	3	3	3	2	極小
	6	3	3	3	3	3	3	2	なし

表-31 六日町歩道橋における塗膜厚測定結果

位置	塗装系	塗膜厚測定値 (μm)					平均値
		1	2	3	4	5	
北 側	1	300	200	140	240	150	206
	2	280	260	260	220	220	248
	3	2100	1800	1300	1600	1400	1640
	4	1000	800	800	750	750	820
	5	280	260	300	270	360	294
	6	950	1050	1000	650	700	870
南 側	1	200	250	200	200	160	202
	2	260	280	320	360	300	304
	3	1000	1250	1350	1250	1800	1330
	4	750	700	850	700	900	780
	5	240	380	400	420	400	368
	6	850	850	1150	1000	1150	1000

表-32 試験片塗膜の目視調査結果 (横尾橋)

試験片No.	さび (%)	ふくれ	はがれ (%)	われ	白亜化
Y1-1	0	なし	0	3	3
-2	0	なし	0	3	3
-3	0	なし	0	3	3
-4	0	なし	0	3	3
Y2-1	0	なし	0	3	3
-2	0	なし	0	3	3
-3	0	なし	0	3	3
-4	0	なし	0	3	3
Y2-1	0	なし	0	3	3
-2	0	なし	0	3	3
-3	0	なし	0	3	3
-4	0	なし	0	3	3
Y3-1	0	なし	0	3	3
-2	0	なし	0	3	3
-3	0	なし	0	3	3
-4	0	なし	0	3	3
Y4-1	0	なし	0	3	3
-2	0	なし	0	3	3
-3	0	なし	0	3	3
-4	0	なし	0	3	3

表-33 試験片塗膜の付着力測定結果 (横尾橋)

試験板No.	ゴバン目	付着力	剥 離 層
Y-1	9/9	30kgf/m ²	上塗/接着剤 20% 接着剤 80%
Y-2	9/9	30kgf/m ²	中塗 10% 上塗/接着剤 40% 接着剤 50%
Y-2'	9/9	25kgf/m ²	中塗 20% 上塗 80%
Y-3	9/9	20kgf/m ²	上塗 100%
Y-4	9/9	25kgf/m ²	上塗/接着剤 10% 接着剤 90%

注) ゴバン目試験結果は5mm×9mmまでの残存割合
付着強度はアドヒージョンテストでの引っ張り強度

表-34 試験片塗膜の塗膜厚測定結果 (横尾橋)

試験板No.	①	②	③	④	⑤	平 均
Y-1	134	147	164	115	134	139
Y-2	203	157	217	195	221	199
Y-2'	162	128	178	180	149	159
Y-3	99	108	127	102	112	110
Y-4	149	184	186	171	143	167

表-35 試験片塗膜の光沢測定結果 (横尾橋)

試験板No.	光 沢			
	①	②	③	平 均
Y-1	15.2	14.5	16.5	15
Y-2	80.1	85.0	78.0	81
Y-2'	81.9	84.6	87.3	85
Y-3	53.8	44.4	47.6	49
Y-4	81.3	84.2	81.8	82

表-36 試験片塗膜の感覚色度測定結果 (横尾橋)

試験板No.	①			②			③			平 均		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b
Y-1	55.4	-22.6	7.7	55.5	-22.2	7.5	55.4	-22.7	7.7	55.4	-22.5	7.6
Y-2	54.5	-24.4	8.0	54.2	-23.8	7.9	54.3	-23.8	8.0	54.3	-24.0	8.0
Y-2'	54.1	-23.9	8.0	54.0	-23.7	7.9	54.5	-23.8	7.9	54.2	-23.8	7.9
Y-3	83.3	0.5	0.5	83.6	0.3	0.5	83.1	0.3	0.5	83.3	0.4	0.5
Y-4	54.8	-22.1	5.4	54.6	-22.1	5.5	54.7	-22.2	5.3	54.7	-22.1	5.4

表-37 試験片塗膜の目視調査結果 (水郷大橋)

試験片No.	さび (%)	ふくれ	はがれ (%)	われ	白亜化
S-1	0	なし	0	3	3
S-2	0	なし	0	3	3
S-3	0	なし	0	3	3
S-4	0	なし	0	3	3
S-5	0	なし	0	3	3
S-6	0	なし	0	3	3
S-7	0	なし	0	3	3

4. 暴露試験片の製作

新広田橋に暴露する塗装試験片は昭和60年度に製作した塗装試験片と同様に、屋外に暴露して発錆させた鋼板(200×300×9mm, SS41)を用いて、表-9の仕様で塗装し、各層ごとの塗付量と塗装完了後の乾燥塗膜厚を測定した。塗付量測定結果を表-38に、乾燥塗膜厚測定結果を表-39に、素地調整前後および塗装完了後の試験片の状況を写真-18~21に示す。

表-38 試験片の塗付量測定結果

(単位 g/m²)

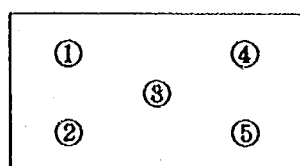
試験片No.	1 層	2 層	3 層	4 層	5 層
A-1	133	127	97	90	
A-2	133	135	103	90	
A-3	132	133	107	97	
A-4	128	130	107	97	
A'-2	125	135	105	92	
A'-2	125	130	105	93	
A'-3	128	132	100	92	
A'-4	128	127	103	93	
B-1	80	80	87	93	105
B-2	78	80	88	95	100
B-3	78	77	88	92	108
B-4	80	80	87	98	98
B'-1	80	78	85	93	108
B'-2	78	80	88	97	105
B'-3	78	78	87	90	105
B'-4	80	78	87	90	108
C-1	87	83	50	47	
C-2	83	85	52	48	
C-3	85	85	50	48	
C-4	83	85	48	47	

表-39 試験片の乾燥塗膜厚測定結果

(単位 μm)

測定箇所 試験片No	①	②	③	④	⑤	平均
A-1	165	145	140	150	140	148
A-2	170	165	155	150	160	160
A-3	170	165	170	140	150	159
A-4	150	155	150	140	145	148
A'-1	140	180	180	165	180	169
A'-2	180	180	170	160	155	169
A'-3	150	165	160	155	155	157
A'-4	155	160	165	145	170	159
B-1	168	188	155	165	160	167
B-2	172	155	153	150	158	158
B-3	173	178	192	188	193	185
B-4	180	170	175	187	153	173
B'-1	188	190	188	197	182	189
B'-2	202	170	173	175	182	180
B'-3	178	180	180	168	158	173
B'-4	192	197	183	192	190	191
C-1	113	111	120	118	110	114
C-2	124	110	123	120	112	118
C-3	120	127	127	118	120	122
C-4	113	116	123	125	113	118

膜厚測定箇所



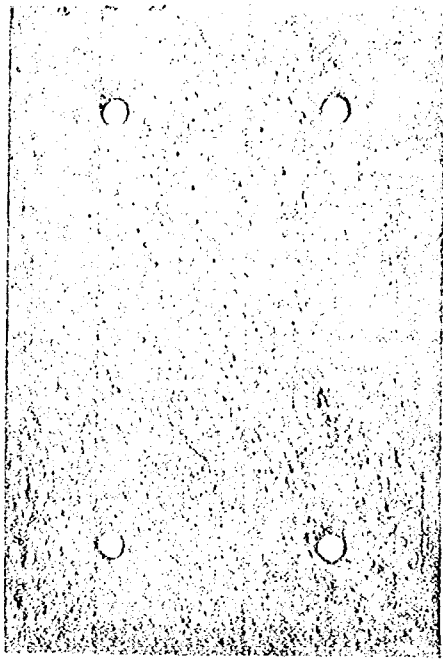


写真-18 素地調整前のさび板

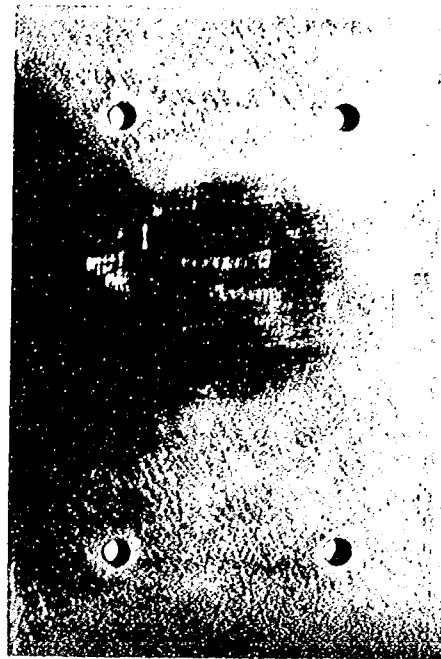


写真-19 素地調整後(3種ケレン)

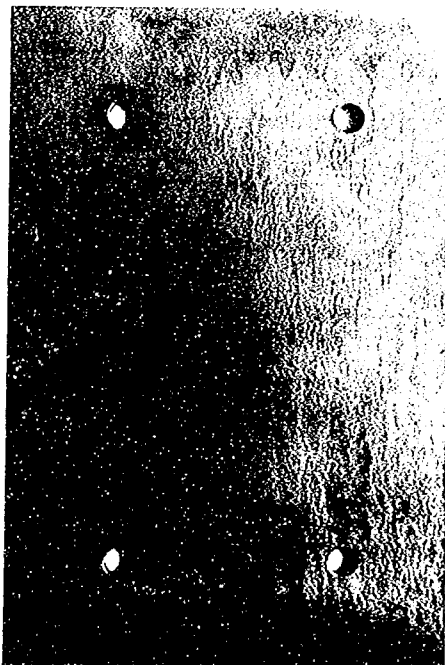


写真-20 素地調整後(2種ケレン)



写真-21 塗装完了後

5. まとめ

5.1. 塗膜劣化度および素地調整程度調査

水郷大橋における塗膜の劣化は、下塗りと中塗りの塗膜層間はくりが中心で、発錆箇所は、ボルト部や端部等に限定されており高湿で結露しやすい環境の影響と考えられるが、発錆箇所の腐食が表層にとどまっていることから、架橋地点が河口から35kmも上流に位置していて海塩粒子の飛来が少ないためと考えられる。

なお、上塗り塗膜残存箇所の塗膜の付着性は比較的良好なので、塗り替え後に塗膜の付着性が問題になる心配は少ないと考えられる。以上のことから、水郷大橋においては、塗り替え後の塗膜の早期劣化の可能性は小さいと考えられる。これに対して、新広田橋の場合は付着塩分量調査の結果からも海塩粒子等の影響をかなり受ける状況に置かれていることは明らかであり、塗膜の劣化も「さび」が主体で塗り替えに適した時期をすでに過ぎた状態であった。

したがって、2種ケレンを実施した箇所はさび層の残存も少なく、塗り替え塗装仕様もエポキシ樹脂塗料を下塗りに用いる環境遮断効果や耐水性に優れたものなので比較的問題は少ないと考えられるが、3種ケレン箇所には、塩分をかなり含んでいると推察されるさび層が相当残存しているため、塗膜の耐久性におよぼす影響が懸念される。

塗装の施工については下塗りをエアレススプレー塗りした水郷大橋の場合は別として、はけ塗りの新広田橋の場合には塗装工の技量の差が出やすいと思われる。

5.2. 飛散防止ネットの効果調査

塗料飛散防止ネットの効果を認めることができたが、この程度の効果では実用性があるとはいえないと思われる。このような結果となった原因として、ネットの張り方や試験規模の影響が考えられるので、今後、再度実験を行う場合には、これらの事項や風の影響等について十分に検討する必要がある。

5.3. 追跡調査

塗装後1年目の調査では、一部に施工が原因と考えられる塗膜欠陥が見られたが、ほとんどの橋梁には塗膜異常は認められず良好な状態であった。

また、暴露試験片は一部の塗装系において付着力がほとんどないものもあったが、外観はいずれも良好な状態であった。

あ と が き

本年度は、昨年度試験塗装を実施した橋梁の1年目の塗膜調査並びに新たに2橋で試験塗装を行った。このうち、1橋ではエアレス塗装を塗り替え塗装に適用する際、最も大きな問題となると考えられる塗料の飛散防止対策について昨年度に引き続き試験塗装を行った。また、他の1橋では、飛来塩分の影響を受ける海岸に近い橋梁において、より耐久性の期待される塗装仕様について試験塗装を行った。

次年度は、本年度試験塗装を実施した橋梁の塗膜追跡調査等を行い、実橋の塗り替え塗装の合理化を進めるための資料を得たいと考えている。

本試験調査を実施するにあたり、幾多のご協力を戴きました日本ペイント株式会社安井正宏氏、大日本塗料株式会社半田雅紀氏並びに関西ペイント株式会社岸原雅人氏に心より謝意を表します。

鋼橋塗装の維持管理技術に関する
試験調査報告（Ⅱ）

ISSN 0386-5878
土研資料第2522号
1987年3月
地質化学部化学研究室

化学研究室：片 略 進、守 屋 進

要 旨

鋼道路橋における塗膜の維持管理の効率化および合理化を図るうえで重要な、より耐久性ある塗膜の適用並びに新しい施工方法を試験的に実橋に適用した。昭和61年度に実施したこれら試験塗装についてまとめたものである。

キーワード：鋼橋塗装、維持管理、試験塗装

○
郵便はがき

305-□□

を四十
いは切
さい。て
。下手

茨城県つくば市大字旭一番地
建設省土木研究所
化学研究室

No. _____

配布先住所

配布先氏名

○

土木研究所資料第 2522 号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印