

第3章 耐候性鋼材と表面処理

本章で述べる『化成処理』とは、さび安定化処理とさび生成促進処理を合わせた総称とする。

3-1 耐候性鋼材の特徴

3-1-1 耐候性鋼材と普通鋼材との違い

耐候性鋼材は普通鋼材と違い、適度な乾湿の繰り返しにより鋼材表面に安定した緻密なさびを生成させ、この良質なさび（安定さび）が空気中の水分や酸素の進入を阻止して以後の腐食の進行を防止するという特徴がある。成分としてはCu（銅）、Cr（クロム）、Ni（ニッケル）等の元素が普通鋼材に比べて多く含まれている。

塗装に比べてLCC（Life Cycle Cost）が低いいため、耐候性橋梁を採用する例が年々増加している傾向にある。

桁端部等の安定したさびが発生しにくい箇所については、耐候性鋼材においても、普通鋼材と同様の塗装（タールエポキシ樹脂塗料）を塗布している。これは後で述べる処理剤を塗布する場合も同様である。

安定さび生成の基本的な環境・使用条件は以下の通りである。

1) 安定さびが生成される条件

- ① 鋼材表面が風通しのよい状態にあり、適度の乾湿の繰り返しを受けること。
- ② 海水や潮風などの塩分、亜硫酸ガスなどの硫黄酸化物に長期間継続して触れないこと。
- ③ 鋼材表面に生成した安定さびをはく離させないこと。

2) 安定さびが生成されない条件

- ① 鋼材表面が土中や水中に埋まっているなど、長期間湿潤状態にあること。
- ② 波しぶきを浴びたり、潮風が長期間継続して吹き付けるなど、表面に常に塩分があるとき。
- ③ 凍結防止剤を多量に散布する地域で、塩分が付着しやすい環境にあるとき。

3-1-2 新耐候性鋼材の種類と特徴

耐候性鋼材の裸仕様は塩分が弱点であることから、海に近い橋梁に使用する耐候性鋼材を鉄鋼各社で開発が進み、実績も増えつつある。詳細については、別冊『鋼橋技術研究会 施工部会 報告書Ⅰ』（平成14年9月）第5章を参照。

新耐候性鋼材の会社名と商品名は以下の通りである。

- 1) 新日本製鐵株式会社 海浜耐候性鋼
- 2) 日本鋼管株式会社 海岸耐候性鋼
- 3) 株式会社神戸製鋼所 海浜・海岸耐候性鋼（スーパータイコールW）
- 4) 川崎製鉄株式会社 調質極低炭素ベイナイト型海浜耐候性鋼
- 5) 住友金属工業株式会社 （商品化準備中）

3-2 耐候性鋼材の表面処理（化成処理）

3-2-1 表面処理（化成処理）の必要性

耐候性鋼材は安定したさびが生成され、最終的には黒褐色になる。安定したさびは環境によってかなり左右されるが、一般的には10年もすれば生成されると言われている。

裸仕様の問題点は大きく2つある。1つは初期段階でのさびむらの発生である。この初期段階でのさびむらは、後で述べるさび安定化処理やさび生成促進処理を施せば発生しないが終期段階においてはこのさびむらは発生する。つまり一様に安定さびが生成されるまでにはいずれかの時期でさびむらは発生する。

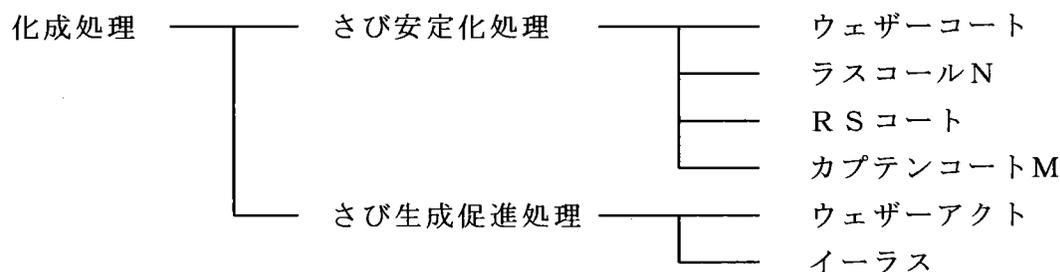
もう1つの問題はさび汁の発生である。特に都市部では、車両や歩行者が下を通る場合、利用者からの苦情が懸念される。また、さび汁が桁をつたって下部工へ流れ、コンクリート下部工を変色させる場合がある。

また、これらの処理剤の塗膜は塩素イオン等の有害な腐食性物質の透過阻止にも大きな効果がある。

以上のことより、初期段階の景観、さび汁、塩害を問題とする橋梁には安定化処理やさび生成促進処理を行うことが有効である。

3-2-2 表面処理（化成処理）の種類と特徴

1) 表面処理（化成処理）の種類



上記6社に対してアンケートを行った。以下は回答をまとめたものである。なお、記載は初施工年度順である。

2) さび安定化処理の特徴

さび安定化処理とは、処理剤を塗布し、その表層の下で安定さびを生成させ、その後表層は徐々に風化し、最終的には安定さびが表面に現れるものである。

現在数種類が使用されており、その種類とそれぞれの特徴、メーカーが推奨する仕様、発注単価等を以下に示す。なお塗布量は全てエアレスの場合を示す。

次頁以降はアンケートの結果である。

① ウェザーコート

a) 初施工年

昭和43年11月

b) ウェザーコートの特徴

- ・ 処理工程に『化成被膜』があり、より良い緻密な安定さびが形成される。
- ・ 裸仕様時に生じる流れさびがなく、安定さびが形成される。
- ・ 裸仕様で最終的に形成される安定さびよりも緻密な安定さびが形成される。
- ・ 経年経過過程においてチョーキング（白亜化）が見られる。徐々に黒さびに変わるので、機能的には問題はない

c) ウェザーコートの仕様

・ 標準型吹付処理－Ⅱ

工 程		塗布量(g/m ²)	目標膜厚(μ)	間 隔
素地調整	ブラスト処理	—	—	2時間以内
第1層	ウェザーコート 1000NR	100	—	10分以上
第2層	プレパレンPS-2	130	10	2時間以上
第3層	プレパレン-25R	200	20	12時間以上

表 2-1 ウェザーコート標準型塗装仕様

・ 乾式型処理

工 程		塗布量(g/m ²)	目標膜厚(μ)	間 隔
素地調整	ブラスト処理	—	—	2時間以内
第1層	ウェザーコート 2000	130	10	10分以上
第2層	プレパレン-25(指定色)	200	20	12時間以上

表 2-2 ウェザーコート乾式型塗装仕様

d) ウェザーコートの価格（材料費）

品 名	入 目	価格（円）
ウェザーコート 1000NR	32kgセット	95,360
ウェザーコート 2000	16kgセット	59,200
プレパレンPS-2	16kgセット	43,200
専用添加剤	16L	9,120
プレパレン-25R(指定色)	16kg	36,800
専用添加剤(シンナー)	16kg	7,600

施工は日本パーカライジングの責任施工である。工費込み価格は下記参照。

表 2-3 ウェザーコート価格表

・ 標準型吹付処理－Ⅱ

材料費(1,200円/m²) + 人工費、雑費(1,366円/m²) = 2,566円/m²

・ 乾式型処理

材料費(1,157円/m²) + 人工費、雑費(1,478円/m²) = 2,635円/m²

②ラスコールN

a)初施工年

昭和51年 7月

b)ラスコールNの特徴

- ・耐候性鋼の安定化を促進するものではなく、防食性を有する保護性さびの生成という耐候性鋼の基本機能のもとに、機能と景観の両方を満足させることが可能であり、耐候性鋼の用途を広げるものである。
- ・一般塗料、塗装と同じ感覚で施工できる。
- ・処理膜が一般塗装と比べてやや柔軟である。

c)ラスコールNの仕様

- ・ラスコールN標準仕様

工 程		塗布量(g/m ²)	目標膜厚(μ)	間 隔
素地調整	ブラスト処理	—	—	2時間以内
第1層	ラスコール N プライマー M型	190	15	30分以上
第2層	ラスコール N プライマー M型	190	15	2時間以上
第3層	ラスコール N コントローラ A	200	40	—

表 2-4 ラスコールN標準仕様

d)ラスコールNの価格(材料費)

品 名	数量(g/m ²)	単価(円/kg)	単価(円/m ²)
ラスコールNプライマー	380	2200	836
同上希釈剤	150	600	90
ラスコールNコントローラ	200	2200	440
同上希釈剤	80	600	48
計	810	5600	1414

施工込みで発注する場合は別途工賃(1386円/m²)と諸経費、管理費が必要となる。

上表は標準仕様のものであり、好みの色合いに仕上げる場合は景観仕様となり、材料費が変わる。また500m²以下の施工の場合も費用が変わる。

表 2-5 ラスコールN価格表

③RSコート

a)初施工年

昭和54年

b)RSコートの特徴

・特殊ポリウレタン樹脂をベースに、安定さび形成に有効な各種金属塩や金属酸化物を配合した処理剤である。特殊ポリウレタン樹脂は適度な空気と水分を鋼材表面に供給するとともに、安定さび形成を阻害する塩素イオンなどの腐食性物質の透過を阻止する。

・省工程（1～2回塗り）タイプである。

・景観仕上げが必要な場合には、カラーRSを塗ることで、自由な色仕上げが可能である。

・RSコート中に、磁性を帯びた顔料を含んでいる。

c)RSコートの仕様

・RSコート標準塗装仕様

工 程		塗布量(g/m ²)	目標膜厚(μ)	間 隔
素地調整	ブラスト処理	—	—	2時間以内
第1層	RSコート	300	50	—

被塗物の形状や環境等により、25μの2回塗りとする場合がある。

表 2-6 RSコート標準型塗装仕様

・RSコートカラートップシステム（景観仕様）標準塗装仕様

工 程		塗布量(g/m ²)	目標膜厚(μ)	間 隔
素地調整	ブラスト処理	—	—	2時間以内
第1層	RSコート	300	50	30分以上
第2層	カラーRSコート	190	40	2時間以内
第3層	カラーRSコート	190	40	—

被塗物の形状や環境等により、25μの2回塗りとする場合がある。

カラーRSコートは耐用年数に応じて40μの1回塗りも可能である。

表 2-7 RSコート（景観仕様）塗装仕様

d)RSコートの価格（材料費）

品 名	単価(円/kg)	単価(円/m ²)
RSコート	1800	540

カラーRSコートの場合は250円/m²程度UPとなる。

表 2-8 RSコート価格表

④カプテンコートM

a) 初施工年

カプテンコートは昭和55年

カプテンコートMは平成12年

b) カプテンコートMの特徴

- ・高顔料濃度の多孔質塗膜であるので、塗膜が水分や酸素を適度に透過し、塗膜下の耐候性鋼のさび層の安定化を助長するので、塗膜下に緻密なさびが連続的に形成される。
- ・塗膜を形成する樹脂はマイナスイオン性の樹脂であり、さびの不安定化を招く塩素イオンの塗膜中への透過を電氣的に防止する。よって、高飛来塩分環境においても海岸耐候性鋼材等との組み合わせで使用できる。
- ・流れさびの原因となる鉄イオンと選択的に反応して不溶性化合物を形成することで鉄イオンを塗膜中に固定化する成分を添加しているので、流れさびが効率よく防止される。
- ・塗膜を構成する樹脂は、表層から順次風化するタイプの樹脂で、見苦しい塗膜のフィルム状剥離を起こさず、自然さびに置き換わる。
- ・従来型のカプテンコートは2層塗りであったが、カプテンコートMは1層塗りである。
- ・塗膜中に、クロム、鉛などの有害な貴金属類を一切含まない環境調和製品である。
- ・原板ブラスト後にカプテンコートMを標準膜厚の1/3(15 μ 程度)塗装した『プレコート処理鋼板』もあり、これを使用すれば工場での製品ブラストの代わりに、熱損傷部の2種ケレンで済む。

c) カプテンコートMの仕様

工 程		塗布量(g/m ²)	目標膜厚(μ)	間 隔
素地調整	ブラスト処理	—	—	2時間以内
第1層	カプテンコート M	430	45	—

表 2-9 カプテンコートM塗装仕様

d) カプテンコートMの価格 (材料費)

品 名	荷姿 kg	価格 円	数量 g/m ²	単価 円/kg	単価 円/m ²
カプテンコートM	15	1840	430	123	791
カプテンコート用シンナー	15	425	120	28	51
計	—	2265	550	151	842

(プレコート処理-鋼板のエキストラは、両面塗布の場合で450円/m²である。)

表 2-10 カプテンコートM価格表

2) さび生成促進処理

さび生成促進処理はさび安定化処理に比べて、さびの生成を助長する働きがあり、耐候性鋼材の持っている耐候性能を早期に引き出すものである。

以下はアンケートの結果である。

① ウェザーアクト

a) 初施工年

平成7年（試験施工）

平成9年（本格販売施工）

b) ウェザーアクトの特徴

- ・ 裸仕様では十数年かかるといわれている安定さびをわずか数年で直接生成することができる。
- ・ 塩分環境下及び結露環境下においてもさびの安定化が可能である。

c) ウェザーアクトの仕様

工 程		塗布量(g/m ²)	目標膜厚(μ)	間 隔
素地調整	スウィープブラスト	—	—	8時間以内
第1層	安定さび生成処理剤	230	20	乾燥後
第2層	トップコート処理剤	150	10 up	—

黒皮材あるいはプライマー材の場合の素地調整はスウィープブラストではなくブラストとする。

表 2-11 ウェザーアクト塗装仕様

d) ウェザーアクトの価格（材工共）

塗布箇所	塗布方法	単価（円/m ² ）
一般外面	スプレー	3100
箱桁内面	スプレー	3580
現場溶接部・一般外面	はけ	5120
現場溶接部・箱桁内面	はけ	7600
HTB接合部・一般外面	はけ	6820
HTB接合部・箱桁内面	はけ	10300

ブラストは各ファブの施工となるが、その後の施工は住友金属工業の責任施工となる。よって上記単価にはその工賃、管理費等が含まれる。

上表価格は処理面積1000 m²以上の場合であり、それ以下の場合は別途費用がかかる。

表 2-12 ウェザーアクト価格表

②イーラス

a) 初施工年

平成11年（試験施工）

平成14年（本格施工）

b) イーラスの特徴

- ・ 処理剤中に添加した人工微細さびが保護性さびの核となり、数年で保護性さびが形成される。
- ・ 保護性さびと同一の色調をしており、早期保護性さびの形成により、施工直後から長期に渉って同一の保護性さび色調を保つ。
- ・ 鉛、クロム等の環境負荷の大きい原料を全く使用していないため、自然環境に優しい。
- ・ 従来の塗装と同等の施工（素地調整、塗装）による処理が可能である。
- ・ 原板ブラスト後にイーラス下塗を15 μ 塗装した『プレコートタイプ』もあり、これを使用すれば工場での製品ブラストの代わりに、熱損傷部の2種ケレンで済む。

c) イーラスの仕様

工 程		塗布量(g/m ²)	目標膜厚(μ)	間 隔
素地調整	ブラスト処理	—	—	2時間以内
第1層	イーラス下塗	200	15	30分以上
第2層	イーラス上塗	270	20	—

表 2-13 イーラス塗装仕様

d) イーラスの価格（材料費）

品 名	単価(円/kg)	単価(円/m ²)
イーラス下塗	6625	1325
同上シンナー	826	33
イーラス上塗り	2300	621
同上シンナー	826	45
計	10577	2024

シンナーの希釈率は20%である。

表 2-14 イーラス価格表

3-2-3 新耐候性鋼材への表面処理（化成処理）の有効性

前述したように化成処理には初期外観、さび汁の抑制、耐塩害という効果がある。新耐候性鋼材に対して化成処理を行った場合にも同様の効果はありとされているが、実例が少ない。暴露試験を行っているメーカーもあるので、結果が待たれるところである。

3-3 耐候性鋼材橋梁の問題点

3-3-1 耐候性鋼材使用の問題点

耐候性鋼材裸仕様で施工する場合に、製作上以下のような問題点が発生している。

1) 部材マーキング

桁外側については見た目が悪いということで、場合によっては製作マークの跡等をブラストすることもあるが、積算で見られていない場合がほとんどである。その為に、水性マーキングを使用することもある。

2) 現場発送時のマーク

通常の桁と違い、特に外桁などにマークを記入すると外観上問題となる。この場合は桁の内側にマークするなどの考慮が必要になる。

3-3-2 表面処理（化成処理）の問題点

表面処理を行った場合に、製作上以下のような問題が発生している。

1) 薄膜のため膜厚管理、膜厚確保が困難である。

塗膜が薄膜であり、層数も少ないので管理するのが困難である。現在、塗装仕様の規格値を代用しているため膜厚の薄い化成処理では規格値も小さくなってしまう。規格値はもう少し大きくても問題ないと思われるので、安定さびが問題なく生成されるための膜厚管理規格値について、公的管理基準が無いため十分考慮が必要である。

2) 外観について客先からのクレームが多い。

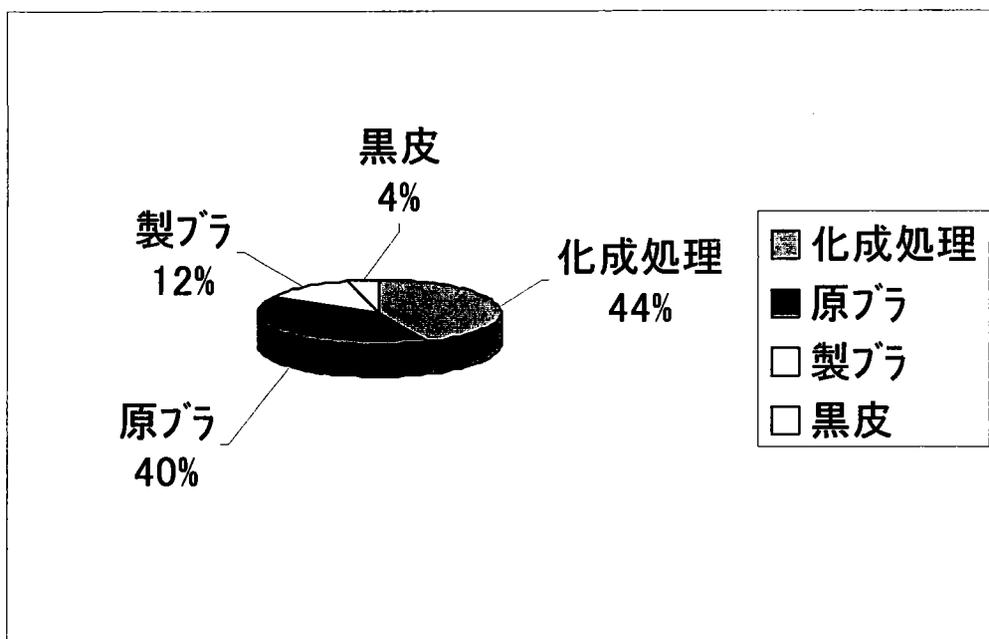
それぞれの商品にそれぞれの特徴があるので、その特徴を把握して施工する必要がある。

3-4 アンケート結果

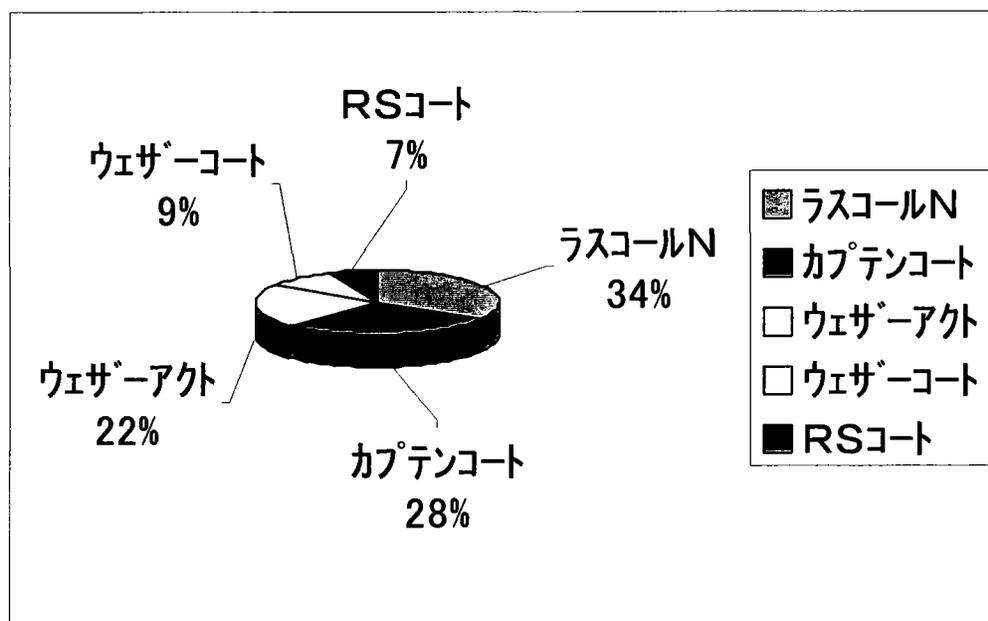
本アンケート集計方法と、全発注量に対する耐候性の割合等の結果については、本報告書『2-3 全工場塗装の採用状況』を参照のこと。

3-4-1 耐候性鋼板使用時の裸仕様、化成処理の割合

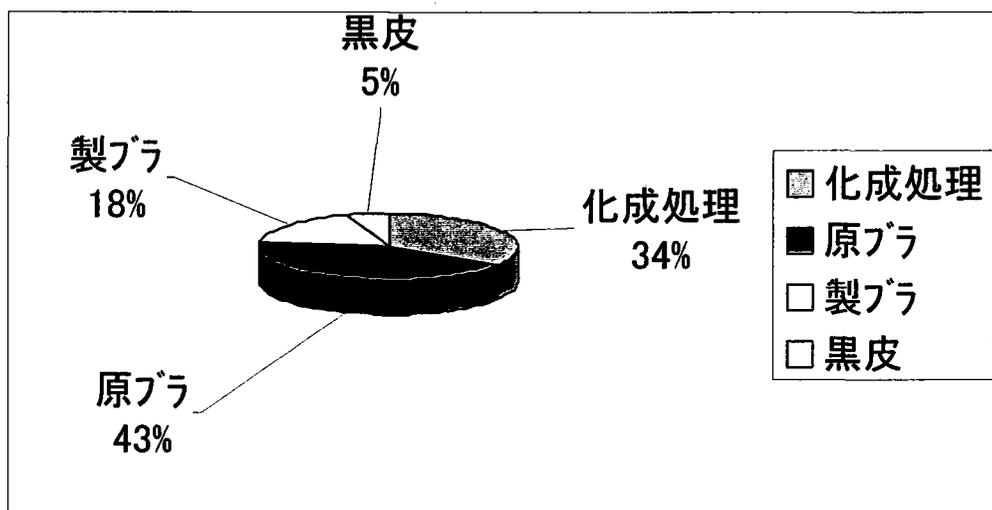
1) 重量別での現場完成時表面処理種類



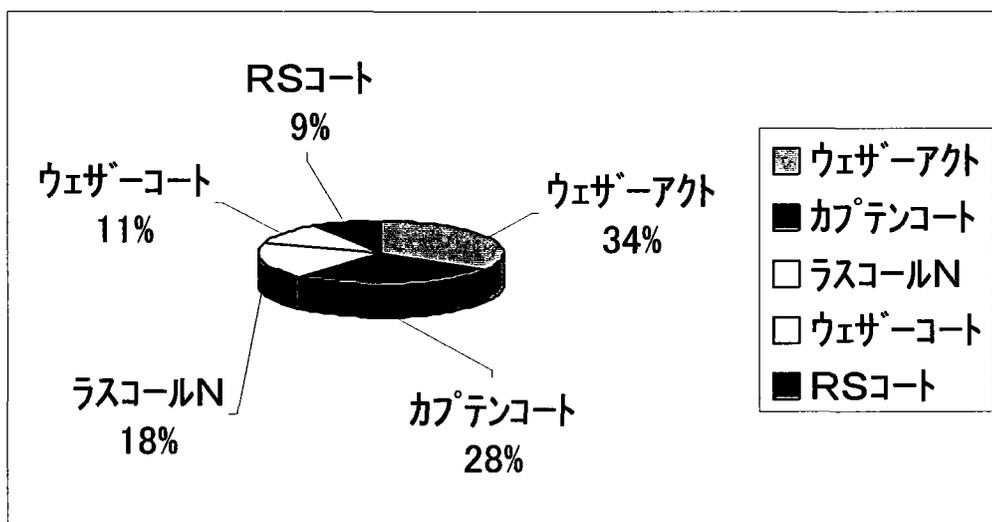
2) 上記のうち化成処理の内訳



3) 件数別での現場完成時表面処理種類



4) 上記のうち化成処理の内訳



参考文献

- 1) 社) 日本橋梁建設協会：無塗装橋梁の手引き，1998年 3月
- 2) 社) 日本橋梁建設協会：無塗装橋梁のQ&A，2000年 1月

協力

- 1) 日本パーカライジング株式会社 (ウェザーコート)
- 2) 株式会社アール・シイ・アイ (ラスコールN)
- 3) 関西ペイント株式会社 (RSコート)
- 4) 日本鋼管株式会社 (カプテンコートM)
- 5) 住友金属工業株式会社 (ウェザーアクト)
- 6) 大日本塗料株式会社 (イーラス)