

港湾技研資料

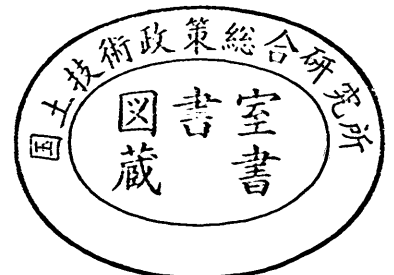
TECHNICAL NOTE OF
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH INSTITUTE
MINISTRY OF TRANSPORT, JAPAN

No. 651 June 1989

港湾における橋梁の劣化実態と塗
装仕様の検討

寺 内 潔

運輸省港湾技術研究所



目 次

要 旨	3
1. まえがき	3
2. 港湾における橋梁の劣化実態	4
2. 1 調査手法と調査内容	4
2. 2 橋梁の劣化実態	6
3. 臨海部鋼橋の塗装仕様と塗料規格	16
3. 1 概要	16
3. 2 塗料の特性	18
3. 3 塗装仕様	19
3. 4 塗料規格	29
4. 耐候性鋼材使用の橋梁の実態	29
4. 1 概要	29
4. 2 港湾での適用実態	29
5. 結論	30
6. あとがき	31
参考文献	31
付録	32

Study on Deterioration and painting Specification of Bridges located in Port Area

Kiyoshi TERAUCHI*

Synopsis

Bridges located in port area are seemed to be easier to be easier to deteriorate than those in trher areas because of hard environmet. But any survey was not made of that.

After this, bridges to be constructed in port area, will enlarge in scale and number. So study on durability of bridges by the sea, must be done immediately to improve technique of maintenace for those bridges.

I made a survey on deterioration about bridges constructed by the sea under the control of Ministry of Transport all over the country, and analyzed it. there was a recovery rate of 78% with the questionnaire, and I got hold of the situation of deterioration about 106 bridges made of steel and 257 made of concrete.

The highest rate of deterioration was 30% of superstructure in steel-made bridges, and 21% of surface pavement in concrete-made. I investigated durability of steel-made bridges mainly about the questionnaire in the firt part of this paper. And in the second, I studied specific characteristics of paints which are supposed to affect durability of steel-made bridges, and made a proposal of painting specification and standard of paints which are suitabel for steel-made bridges by the sea.

And in the last, I studied a possibility about application of weather-proof steel to bridges by the sea, from a situation of deterioration with existent bridges by the sea for which this material was used.

Key Words : Bridge, Painting, Paint, Deterioration

* Former Chief of Automatic Design Laboratory, Design Standard Division

港湾における橋梁の劣化実態と塗 装仕様の検討

寺 内 潔 *

要 旨

港湾分野で架設される橋梁は、他の地域に架設されるものと比較して環境条件が非常に厳しく劣化の進行も早いと考えられる。しかしながら、それらについて今まで十分な追跡調査が実施されたことがない。

今後港湾で整備される橋梁も次第に規模が大きくなる傾向にあり、さらに、その数も増大してくるものと考えられ整備技術向上のためにも臨海部における橋梁に主眼を置いた耐久性の検討を加えておくことが急務といえる。そこで、港湾分野で架設された既往の橋梁を対象に劣化状況について全国実態調査を行い、分析を行った。その結果アンケートの回収率は78%であったが、鋼橋106、コンクリート橋257施設の劣化状況が把握できた。最も異常率が高かったものは、鋼橋では上部工本体の30%、コンクリート橋では表面舗装の21%であった。本資料では主に鋼橋の耐久性について考察を行ったが、実態調査とは別に鋼橋の耐久性を左右するといわれる塗料についてその特性を調べ、臨海部に適した塗装仕様および塗料規格の提案を行った。

また、近年採用が増えつつある耐候性鋼材による橋梁の臨海部における実態と適用性について若干の考察を行った。

キーワード：橋梁、塗装、塗料、劣化

1. まえがき

近年鋼材を用いた港湾構造物の腐食問題が大きく取り上げられ、実態調査が全国的に行われ、その結果腐食速度や腐食範囲について見直しがなされた。鋼材の腐食問題は今に始まったことではないが、特に臨海部や海中部のように厳しい腐食環境下においては予想を越えた傾向などが確認されたことから前述のように全国的規模で調査が行われたわけである。

臨海部においては、海水に浸っている構造物以外にも鋼材腐食の面で厳しい条件下におかれている構造物が多い。例えば、橋梁や防潮壁の門扉等である。特に臨港道路は長期港湾整備政策にも掲げられているように、ふ頭間連絡道路や海上バイパス道路として従来よりもより海に近づいた位置に整備されてくることは必須である。その結果当然橋梁の出番も多くなってくる訳で、橋梁という性格上メンテナンス費用の低廉化や耐久性などが一層要求されるようになってくる。

しかしながら現状においては、港湾で整備してきた橋梁の劣化実態や維持補修の実態が十分把握されていない。しかも、臨海部における橋梁は、内陸部のものと比較して、常時的に高湿度、直接的な飛沫、海塩粒子の高密度付着、強風、強い紫外線等厳しい自然条件にさらされている。そのため、将来の要請に備える意味で港湾で整備した橋梁の劣化実態について全国調査を行い、劣化の原因分析を行うことで最適な劣化防止対策を提案することを試みた。

橋梁には、鋼橋とコンクリート橋があるが、海洋環境下におけるコンクリートの耐久性については、別途運輸省港湾局においてコンクリート構造物における劣化防止技術、補修・補強工法の検討を行っており、それらの成果は、臨海部のコンクリート橋にも応用できると判断し、今回の調査においては、コンクリート橋は劣化実態の把握にとどめ、鋼橋を重点に検討することにしている。

鋼橋については近年耐候性鋼材を用いたものが増える傾向にあるが、その大半は塗装したものである。鋼橋に

* 前設計基準部 自動設計研究室長（現第二港湾建設局宮古港工事事務所）

用いられている塗料の性能は製造技術の発展により目覚ましいものとなっており、本四架橋のように塗り替えインターバルが10年以上となっているものもある。

鋼橋の塗装仕様については最適なものを求めて、建設省など各機関において種々の調査研究が行われ、マニュアルが整備されている。しかしながら各機関の塗装仕様や塗料規格を見てみると臨海部仕様でも同じものがなく各々独自の調査で決めた内容となっている。すなわち、日本道路協会発行の鋼道路橋塗装便覧では、特定の橋梁に制限せず広く利用してもらえる様、広い環境を対象としてそれぞれの環境毎に塗装系を設定しているし、北海道土木協会では、北海道という寒冷地を対象としているため、環境区分は2種類にしか大別されていない。この考え方とはほぼ同じ傾向にあるのが、本州四国連絡橋公団の塗装基準で、同公団が対象とする橋は、大部分が海上橋であるため潮風または海水の飛沫にさらされても十分防食効果が発揮される塗装系が主体となっている。首都高速道路公団、阪神高速道路公団では一般市街地の環境と湾岸地域の地理的・社会的環境を勘案した形の塗装基準を整備している。

このように環境に応じて塗装仕様が各機関で独自に整備されている訳で、港湾のようにその範囲が北海道から沖縄まで分布している場合は、他機関と同様港湾型の塗装基準を独自に整備しておく必要がある。また現在鋼橋に用いられている塗料の多くが、塗料の性能の検査基準ともいえる JIS 規格外品であることも重視すべき点であり、これらについても各機関で独自に塗料規格（品質試験を定めたもの）を作成している状況下にある。従って塗料規格についても港湾に適したものを検討する必要がある。

以上のような背景から本資料では、港湾で整備した橋梁の劣化実態、臨海部に適した鋼橋の塗装仕様と塗料規格の提案、耐候性鋼材使用の橋の可能性について考察を行った。

2. 港湾における橋梁の劣化実態

2.1 調査手法と調査内容

(1) 調査手法

調査のやり方については、港湾関連予算で施工した既設の橋梁について極力全数調査するために、直轄および港湾管理者全部に調査表を送付することにした。直轄については、北海道開発局、第1～第5港湾建設局、沖縄総合事務局の7機関、港湾管理者については全国の県市町村の216機関を調査の対象とした。調査表の回収率は直轄は100%、港湾管理者が北海道管内と第1、第2、

第5港湾建設局管内および沖縄総合事務管内が100%であったが、それ以外は未回答もあり結果的に167機関からの回答が得られた。しかしながら未回答の機関は村が大半で臨港道路としての橋梁は無い模様であるため実質的には100%に近いデータが収集できたと考えられる。対象橋梁はコンクリート橋と鋼橋であるが、港湾区域あるいは臨港地区内に架設されている橋であっても、港湾管理者が単独事業で施工したものおよび暫定的に架設されたものは調査の対象外とした。

また、橋梁数の扱い方については、橋名による扱いと構造による扱い方があるが、連続した橋梁で橋名は同じでも構造が、コンクリート橋と鋼橋の両方を採用している場合も多く当然同じ扱いはできないことから橋の整備数の考え方は構造毎に分けることとし、コンクリート橋と鋼橋に大別して整理することとした。

調査結果によれば、橋名による処理では橋梁数が350、構造別では、コンクリート橋257施設、鋼橋106施設であった。直轄の各管内毎の施設数の内訳は表-1に示すとおりである。全部で363施設であるが、重要港湾以上の港に存在する施設数は283で、地方港湾と非難港に存在する施設数は80であった。調査表の様式は付録Aに示すとおりである。

さらに調査表による間接的調査とは別に調査内容の検証を行う意味で現地調査も行った。現地調査の場所としては鋼橋を対象としたこともあって塗料の自然環境として両極端な条件のものを抽出した方が検討する上で安全側になると判断して比較的寒冷地の北陸地方および沖縄地方の2ヶ所を選定した。北陸地方では輪島港の直接飛沫のかかる地点に架設してあるM橋を対象とした。また、沖縄においては、海上橋であるT大橋と港湾で整備したものでないがK高架橋を対象とした。さらに沖縄では塗料に対し非常に厳しい環境であることから巾広く資料を収集することが有意義と判断し、沖縄県土木建築部と沖縄県建設技術センターで実施している鋼橋の腐食調査データを収集した。

(2) 調査項目とその解析の考え方

鋼橋、コンクリート橋共通の調査項目は、①橋梁名、②橋梁形式、③竣工年月、④橋格、⑤規模、⑥架設地点⑦事業予算科目、⑧橋梁各部の劣化状況（舗装、伸縮装置、支承、高欄、照明装置、排水施設、上部工本体、落橋防止装置、下部工）とし、鋼橋についてだけの調査項目としては、⑨補修履歴、⑩保守点検基準の有無、⑪塗装仕様、⑫塗料の外観色、⑬塗装仕様の決定根拠、⑭現在の塗装状況としている。

表-1 各局管内別橋梁施設数

各港湾建設局等	鋼橋	コンクリート橋	小計
北海道開発局管内	4	14	18
第一港湾建設局管内	15	34	49
第二〃	12	26	38
第三〃	29	76	105
第四〃	8	72	80
第五〃	37	31	68
沖縄総合事務局管内	1	4	5
合計	106	257	363

調査項目の設定において考慮した主な点は次のとおりである。

橋梁形式……形式には鋼床版箱桁橋、ニールセン橋、PC単純T桁橋、連続スラブ橋等多くのものがあるが、構造によって上部工の劣化状況は種々の変化を呈することになるから、同一の橋で数種の形式が採用されている場合は全ての形式を記入してもらい、劣化傾向を詳しく分類できるようにした。

竣工年月……橋梁は規模にもよるが、一般に着工から完成までに何ヶ年も要する場合が多く、劣化状況を判断する場合に経過年数が十分反映されない恐れがある。そのため安全側の判断が可能となるよう上部工の架設または塗装工事が完了した最終年月を竣工年月として調査することにした。

架設地点……海浜部環境差による劣化影響をみるため架設地点を3つの区域に分類した。区域の種類は、完全に橋梁全体が海面上に位置している場合、水際線から陸地側500mの範囲内に位置している場合、水際線から陸地側500m以上離れた臨港地区内（臨港地区の定めのない港は限度を設けない）に位置している場合の3種類としており、500mという値は便宜的に定めたものである。

橋梁各部の劣化状況……橋梁全体の劣化傾向を把握するため、舗装（舗装面の段差状況やわだち掘れおよびひび割れ程度やフレッキングを調査）、伸縮装置（伸縮装置は構造によって性能が異なっており、通行車両の衝撃で各種の変状を呈するが、ゴム破損やボルト弛みおよび周辺部陥没状況などを調査）、支承（支承は上部工と下部工を連結しているため重要な役目を果しているが、沓座の沈下や材料の破損と発錆状況などを調査）、高欄（腐食、変形、破壊などを調査）、照明装置（照明柱、分電盤、配線などについて破損状況や発錆状況を調査）、排水施設（橋面の雨水を排水管で上部工下へ直接排水し

たり、橋台や橋脚に沿わして地表面へ排水する施設であるが、一般に保守管理が十分でない場合が多いので、橋梁全体の強度保持面で直接関係ないが調査することにしたもので、土砂による目詰り状況や破損状況などを調査）、上部工本体（変位や継手の弛みおよびクラックなどの変状を調査）、落橋防止装置（全ての橋梁に設けられている訳ではないが、大型橋梁ではその果たす役割は大きいことから、破損状況や発錆状況およびクラックの有無などについて調査）、下部工（変形、傾斜や沈下状況などについて調査）について調査することにし、各調査項目がどの程度の劣化状況にあるか把握するため、劣化程度を7段階に分けて評価することとした。評価レベルは付録の調査表様式を参照されたい。

また、鋼橋については塗装の劣化状況を詳しく調査するため別途調査項目を設けているが、その設定において考慮した主な内容は以下のとおりである。

補修履歴……塗料や塗装仕様の耐久性をみるためには現時点における塗装面を調べることにとなるが、そのためには過去の補修の有無を調べる必要があると欠である。補修を実施した場合はその年月とどの様な理由から行ったかなどを調査することとした。

保守点検基準の有無……全国的に点検水準がどの程度であるかどうことと、点検内容と塗装の健全度の相関性を把握するために橋梁管理者に対し保守点検マニュアル的なものが整備されているか否か、また、その内容はどんなものであるか調査することとした。

塗装仕様……どの様な塗装仕様のものが耐久性に優れているか傾向をみるには最も重要な調査項目ともいえるもので、塗料名、乾燥塗膜厚、塗料使用量、塗装工程などを調査対象としている。また、塗り替え時に塗装仕様を変更した場合も調査することとしている。なお、塗料を使用せず耐候性鋼材の探使用とかメッキ仕様としてい

る場合はその内容も調査対象とした。

塗装仕様決定根拠……塗装仕様については、各機関で環境に応じた仕様を独自で定めている場合が多いが、海岸部の橋梁ということで特別考慮した塗装仕様根拠の有無について調査することとした。

現在の塗装状況…現時点の塗膜の劣化状況については判断する技術者により差が生ずることが多いので、劣化レベルを8段階に分け、比較的大きな分類とすることで微妙な判断差が生じないような調査方式とした。

2. 2 橋梁の劣化実態

鋼橋およびコンクリート橋について共通なものとして調査した項目についての劣化実態は施設数で示すと表-2のとおりである。

調査表における評価ランクは、A~Gでありそれは、

A……なんら異常がなく、健全なもの

B……欠陥は認められるが、特に対策を講ずる必要のないもの

C……機能的には何んら影響はないが、使用しながら観察を要すると思われるもの

D……構造物の安全率または道路としての機能が低下しており早急に補修が必要なもの

E……構造物として欠陥の程度が大きく、通行不能が予想される等のもので緊急に補修を要するもの

F……欠陥が認められるもののB~Eのどれに該当するか判断できないもの

G……評価が不明なもの

としているが、表-2のまとめにおいては、A~Bのものを異常なしとし、C~Fのものを異常ありと分類した。また、Gは不明として処理した。但し調査表に記入なきものは不明扱いに含めていない。

表-2 橋梁の劣化実態

(施設数)

	上部工本体		高欄・ガードレール		下部工本体		表面舗装		排水施設	
	鋼橋	コンクリート橋	鋼橋	コンクリート橋	鋼橋	コンクリート橋	鋼橋	コンクリート橋	鋼橋	コンクリート橋
異常無	75	246	84	235	85	240	93	229	85	195
異常有	30	8	20	19	14	10	11	21	10	13
不明	—	—	—	—	5	—	—	2	—	—
異常率%	29	3	19	7	13	4	11	8	11	6
	伸縮装置		支承		照明柱等		分電盤・配線		落橋防止装置	
	鋼橋	コンクリート橋	鋼橋	コンクリート橋	鋼橋	コンクリート橋	鋼橋	コンクリート橋	鋼橋	コンクリート橋
異常無	92	225	91	221	72	85	71	66	61	114
異常有	8	15	8	6	4	4	3	2	0	0
不明	3	13	3	2	—	—	1	2	2	3
異常率%	8	6	8	3	5	4	4	3	0	0

橋梁の各部位毎の主な異常内容とその原因の考察を以下に示すが、1施設であっても変状現象が2つ以上ある場合はそのまま集計しているため変状現象数と施設数は必ずしも一致してしない。

(1) 上部工本体

変状が認められたもので主なものは次のとおりである。

- ①鋼桁の塗膜劣化および腐食……………18例
- ②コンクリート劣化および床版クラック……………15例
- ③地覆コンクリートのひびわれ……………7例
- ④鋼桁のボルト欠落……………3例

これらの変状の主な原因としては、①は塗装仕様のグ

レードが設置環境に対し不十分であったことが主原因と考えられるが、塗装は下地処理をどの程度厳密に行ったかによってその耐久性が直接的に影響を受けるので、現場塗装か工場塗装かで差が出てくる場合が多い。塗装については後で詳しく述べることにするのでここでは詳述しない。②はコンクリート桁の塩害による鉄筋腐食からコンクリート面のはく離が生じたり、架設当時に比較して作用輪荷重の増大による床版の耐荷力不足や路面に生じた段差によって発生する衝撃によりクラックが生じたものと考えられる。また、主桁構造の影響とか自由縁における過大モーメントによってひびわれか生じると考えられる。③は地覆コンクリートに埋込まれている高欄の

支柱に異常外力が加わったことで、コンクリートにクラックが発生したケースが大半であると考えられる。外力要因としては、車両の衝突や船舶の係留索からのけん引力が考えられるが、後者は目的外使用でありその様な設計を行っていないので管理面で防止することが必要である。④は一般にはボルトの腐食や遅れ破壊によってボルトが破断することが考えられるが、今回の調査結果のみでは原因は不明であった。ボルト材がF13Tであれば遅れ破壊をした可能性が高いといえよう。

(2) 高欄・ガードレール

変状が認められたもので主なものは次のとおりである。

- ①塩害による腐食……………18例
- ②変形および破損……………12例
- ③ひびわれ……………3例

これらの変状の主な原因としては、①は塗装材の劣化による鋼材の発錆が考えられるが、物理的な原因で塗膜が損傷して発錆したケースも想定される。高欄などは位置の関係で補修が容易に行えるため、塗装も長期防錆型の使用は考えられておらないのが一般的で、こまめに補修せざるをえないと考えられる。②は明らかに車両などの衝突によるもので、防止対策は基本的には他の機関に頼らざるをえない。③はコンクリート製欄干のひびわれの意味で、コンクリート部材の劣化や通行車両による振動などが主因と考えられる。

(3) 下部工本体

変状が認められたもので主なものは次のとおりである。

- ①橋脚、橋台コンクリートの破損と劣化……………13例
- ②基礎杭の腐食またはクラック……………6例
- ③変位……………4例

これらの変状の主な原因としては、①は材料の品質不良、施工不良、塩害、外的条件の変化など多くの原因が考えられるが、今回の調査からだけでは十分な検討が行えず詳細は不明である。また、レベル測量を行っていないので明確ではないが、不同沈下によって大きなクラックが入ったと思われるケースも見受けられ、アルカリ骨材反応によるひびわれ例も1例存在した。②は鋼杭の場合は明らかにスプラッシュゾーンにおける集中腐食によるものと考えられ、コンクリート杭の場合は塩害による鉄筋の腐食から生じたコンクリートのはく離やクラックと考えられる。③は基礎の支持力不足や理論と現象が合わなかったことによる沈下や周辺の地盤の洗掘による変状と考えられる。

(4) 表面舗装

変状が認められたもので主なものは次のとおりである。

- ①ひびわれ……………17例
- ②段差……………4例
- ③わだち掘れ……………3例
- ④フレッキング（表面摩耗）……………2例

これらの変状の主な原因としては、①は微細ひびわれ、線状ひびわれ、格子状ひびわれが確認されたが、それらの発生した主原因として材料の劣化、橋梁の振動たわみ、床版のたわみ特性、床版のクラックに起因したものなどが考えられる。いずれの場合も雨水の浸透による舗装破壊の拡大や構造物本体への影響となってくる可能性が高いので十分な観察が必要といえる。②は裏込部の転圧不足や不同沈下あるいはアスファルト混合物の安定性不足が考えられる。段差が生じると乗心地の低下、騒音の発生、衝撃による構造物の破損につながるため補修が必要と考えられる。③、④はアスファルトの安定性不足や重量車両の交通が考えられるがフレッキングの進んだものとして寒冷地でのスパイクタイヤによるわだち掘れも報告されている。今回の調査では5例しか異常が報告されなかったが、寒冷地では春先にわだち掘れの補修を行うケースが多いため報告例が少なかったと考えられる。

(5) 排水施設

変状が認められたもので主なものは次のとおりである。

- ①排水ますの目詰り……………12例
- ②排水管の破損および腐食……………7例

これらの変状の主な原因としては、①は目詰り物が土砂などであり日常的維持管理の不備から生じたものである。②は鋼製パイプの場合は塗膜劣化による鋼材の腐食から破損に結びついたものと考えられ、ポリエチレン管の場合は紫外線などによる材質の劣化でもろくなり破損したと考えられる。

(6) 伸縮装置

変状が認められたもので主なものは次のとおりである。

- ①後打ち材の亀裂……………11例
- ②継手の破損および変形……………9例
- ③継手の段差および過大遊間……………3例

これらの変状の主な原因としては、①は輪荷重の増大、材料の劣化、継手前後の路面凸凹、設置不良、床版工の不良などが考えられるが、現地の状況から判断すると継手前後の路面凸凹による衝撃荷重の作用による影響が大きいようである。②、③は①に起因して発生したケースが多いと考えられるが、床版遊間の施工誤差や伸縮量算定

誤差、装置本体の剛度不足も原因として考えられる。

(7) 支承

変状が認められたもので主なものは次のとおりである。

- ① 沓本体の腐食……………11例
- ② 沓座のひびわれ……………4例

これらの変状の主な原因としては、①は金属製の沓の場合は、材質として一般構造用圧延鋼材、機械構造用炭素鋼材、ねずみ鋳鉄品が使用され、上シュー、下シューの表面に防錆塗装を行っているのが通例であるが、その塗膜劣化等により錆が発生してしまったと考えられる。腐食例は寒冷地より温暖地の方が多くなっているが、この傾向は塗料の劣化傾向と一致するため、温暖地では防錆対策をより配慮する必要があると考えられる。②はモルタルの劣化、振動伝達による影響、下部工変位による過大荷重の作用、沓のすべり等の機能低下による水平外力の伝達などが原因と考えられるが、主因については限定しがたい。

(8) 照明柱等

変状が認められたもので主なものは次のとおりである。

- ① 塗膜劣化による柱の腐食……………5例
- ② ランプの破損……………1例

(9) 分電盤・配線

変状が認められたもので主なものは次のとおりである。

- ① 配線管の破損……………4例
- ② 分電盤の破損、腐食……………2例

2. 3 鋼橋の塗装の劣化実態

今回の実態調査では港湾関連予算で整備した鋼橋は全国で106施設（橋名で整理すれば100橋）確認したが、都道府県別では表-3のようになっている。

塗装の耐久性は、架設地点の自然環境、塗装仕様、施工内容、維持補修の水準などによって微妙に変化してくるが、それらがどの程度の影響率となっているかは分析は不可能に近いのでここにおいては、塗料の種類と塗膜厚に着目して塗装仕様の差で耐久性を考えてみることにした。

表-3 都道府県別鋼橋施設数

北海道	4	石川	4	愛媛	1
青森	5	福井	0	高知	0
秋田	3	京都	0	和歌山	2
岩手	0	大阪	9	広島	1
宮城	0	静岡	9	山口	0
山形	3	愛知	25	福岡	2
新潟	2	三重	3	佐賀	0
福島	0	兵庫	10	長崎	3
茨城	1	鳥取	1	大分	0
千葉	0	島根	1	熊本	1
東京	3	岡山	0	宮崎	0
神奈川	3	徳島	4	鹿児島	2
富山	3	香川	0	沖縄	1

(1) 鋼橋の塗装の補修実態

橋梁に用いられる塗料の種類と性能は目覚ましい発展を続けており、近年は相当耐久性のよい塗料が用いられている。かなり古い橋梁ではフタル酸樹脂塗料が多く用いられていたが、近年では、塩化ゴム系塗料やポリウレタン樹脂塗料が上塗りとして多く用いられている。この様な変化がある中で塗装系の耐久性を判断するには、何

時の時代でも同一塗装系が何ヶ年防錆機能を有していたかで判断されているが、実態調査においては補修を行ったか否かを正確に把握しておかないと塗装系の防錆能力の判断を誤ることになる。従って今回の調査においても補修実態がどの様であるか整理することとした。補修塗りを行った鋼橋数は全国で47橋あり、そのうち全面塗り替えのものが42橋、部分塗り替えのものが5橋であった。

a) 全面塗り替えした橋の実態

42橋の塗り替えインターバルをみると3.5年～21年と巾広く分布しており、10年未満が16橋で10年以上が26橋となっている。塗り替えインターバルの平均は11.3年であるが、架設地域毎（海上部、水際線から500m以内、水際線から500m以遠の3地域）に整理してみると海上部では対象橋梁が21橋あり、塗り替えインターバルの平均が10.0年である。500m以内では対象橋梁が17橋あり、塗り替えインターバルの平均が12.9年であり、500m以遠では対象橋梁が4橋あり、塗り替えインターバルの平均が15.8年である。

この結果からは、明らかに橋梁が内陸部に行けば行くほど、すなわち、海岸環境の影響を受けにくくなるほど塗装系の耐久性が長くなっていることがわかる。但しこれは平均的傾向であり、海上部においても21年間や16年間補修塗りを要しなかった橋梁もあることを留意しておく必要はあろう。しかしながら塗膜は相当劣化した状態であることや上塗りに長油性フタル酸樹脂塗料を用いていることを考えれば、この様な長期間補修を不要としてきたことには疑問も残る。従って補修塗りの有無の調査

からは、明らかに臨海部は塗装の耐久性の面で内陸部以上に厳しい環境にあるため、防錆仕様はグレードアップさせる必要があることが事例からも確認できたということと、各種設置環境によって平均的な塗装寿命がどの程度であるかが把握できたことが成果といえそうである。また、今回の分析では寒冷地や温暖地による塗装寿命の差は明確に確認できなかった。

塗り替えを実施した際どの様な塗装仕様にしたかをみると、大半の橋梁が塩化ゴム系塗料を用いた仕様としており近年多く用いられている仕様に切り換えられている。一部の橋梁では建設当初と同仕様のフタル酸樹脂塗料で塗り換えを実施したものも存在した。この理由は定かではないが、予算的制約などから塗り替えインターバルが短かくとも1回当りの投資額が低く押さえられることに主眼が置かれたものと推定される。

傾向としては、昭和30年代はフタル酸樹脂塗料が主流を占めた時代で多くの橋梁に用いられているが、昭和40年代になって塗料の製造技術の向上から塩化ゴム系塗料、エポキシ樹脂塗料などが出始めたため、それらが用いられるようになってきている。従って塗り替え時には

表一4 建設後補修塗りをしていない鋼橋の実態

経過年数	発錆した橋数 (A)	さびの無い橋数 (B)	$\frac{(B)}{(A+B)} \times 100\%$
0～5年未満	3	16	84
	イ ロ ハ	イ ロ ハ	
	1 2 0	9 6 1	
5～10年未満	1	7	88
	イ ロ ハ	イ ロ ハ	
	0 0 1	4 2 1	
10～15年未満	10	2	17
	イ ロ ハ	イ ロ ハ	
	8 2 0	2 0 0	
15年以上	4	0	0
	イ ロ ハ	イ ロ ハ	
	3 1 0	0 0 0	
合計	18	25	58
	イ ロ ハ	イ ロ ハ	
	12 5 1	15 8 2	

注) イ:海面上に架設してあるもの
 ロ:水際線から内陸に向かって500m以内に架設してあるもの
 ハ:ロより内陸に架設してあるもの

フタル酸樹脂塗料からより耐久性の高い塩化ゴム系塗料などに切り替えられている実態が大半である。もともと内陸部等の一般環境下においてフタル酸系塗料は使用されるのが通常なので、臨海部では耐久面で使用することについて十分検討することが大切と考えられる。

b) 部分塗り替えした橋の実態

部分塗り替えした5橋の塗り替えインターバルをみると3年～12年となっており、平均すると8年である。例が5橋しか存在しなかったため、設置環境による差も傾向として現われておらず、塗装系も含め比較検討するまでに至らなかった。

(2) 建設後補修塗りをしていない鋼橋の実態

橋梁を架設後1度も塗装面の補修を実施していない橋を調査することは、塗料の材料差による耐久性や塗装系と設置環境との相関性などをみる上で最も都合なものであり、経過年数および塗装仕様が確認できる橋を抽出して調べてみた。

その結果対象となった橋は43橋存在し、無錆のものが25橋、発錆したものが18橋であった。経過年数毎の内訳は表-4に示すとおりである。

表-4からわかるように、イの地域では27橋のうち発錆したものが12橋で発錆率44%である。ロの地域では13

橋のうち発錆したものが5橋で発錆率38%である。ハの地域では3橋のうち発錆したものが1橋で発錆率33%である。このようにデータ数は少ないものの海塩粒子の影響が少ないほど橋の発錆率は低下している。この傾向は(1)で調査した塗り替えインターバルの傾向と一致しており、沿岸環境は塗装系の耐久性に大きな影響を及ぼしていることは明らかであるといえよう。

それぞれの橋の塗装仕様は表-5～表-8に示すとおりであるが、海上部に位置する塩化ゴム系塗装橋の平均経過年数は約13年であり、経過年数が15年未満のものを抽出して平均すると約11年となる。この年数は即塗装系のその環境下における耐用年数を示すものではなく、実際の発錆時期はこの値よりさらに短くなると考えられ、五年未満でも2橋発錆している事例があることを考慮すると10年以下の耐用年数と考えられ、安全側を考えて塩化ゴム系塗装の耐用年数としては6～8年程度を期待するのが妥当のようである。

また、フタル酸樹脂塗料によるものは、水際線から500m以内の地域において最大19年経過したのものがあるが、大部分の橋は全面的発錆や塗膜のはがれおよび塗膜のふくれを生じており、実態からだけでは耐用年数の推定は困難であるが、神戸港のM大橋が同様な塗装仕様

表-5 5年未満で発錆した塗装仕様

前 処 理	ジンクリッチプライマー	エッチングプライマー	エッチングプライマー
下 塗 1 層	厚膜形無機ジンクリッチ	鉛系さび止め塗料	鉛系さび止め塗料
下 塗 2 層	エポキシ樹脂塗料	鉛系さび止め塗料	フェノールMIO
下 塗 3 層	エポキシ樹脂MIO	フェノールMIO	—————
中 塗	ポリウレタン樹脂	塩化ゴム系	塩化ゴム
上 塗	ポリウレタン樹脂	塩化ゴム系	塩化ゴム
架 橋 地 点	水 際 線	水 際 線	海 上
劣 化 状 況	ボルト頭の錆	はがれ、ふくれ、部分錆	エッジ部とボルト頭の錆

表-6 経過年数5～10年未満の無補修塗装仕様

前 処 理	エッチングプライマー
下塗1層	鉛丹さび止めペイント
下塗2層	鉛丹さび止めペイント
中 塗	長油性フタル酸
上 塗	長油性フタル酸
架橋地点	内 陸
劣化状況	下フランジとボルト錆、はがれ

をしていたが5年で塗り替えをした実績などを考えると、塩化ゴム系より耐久性は低いと想定される。

図-1は補修塗りしていない橋について、経過年数、架橋地点、塗装系別に図示したものである。表-9は5年以上経過した橋で発錆していない橋の塗装仕様であるが、塗料の耐用年数を考える場合塗膜表面の光沢が無くなったり、著しく退色していても発錆していなければ塗装の機能が存在しているものとして扱うこととした。

この考え方で発錆していない塗装系をみると、塩化ゴム系では最大経過年数は14年9ヶ月で、平均経過年

表-7 経過年数10～15年未満の無補修塗装仕様

前処理	不明	有機ジンクリッチプライマー	ジンクリッチプライマー	有機ジンクリッチプライマー	ジンクリッチプライマー
下塗1層	鉛丹さび止めペイント	MIO用プライマー	ジンクリッチプライマー	塩化ゴム系	塩化ゴム系
下塗2層	鉛丹さび止めペイント	MIO系塗料	—————	塩化ゴム系	塩化ゴム系
中塗	長油性フタル酸	塩化ゴム系	塩化ゴム系	塩化ゴム系	塩化ゴム系
上塗	長油性フタル酸	塩化ゴム系	塩化ゴム系	塩化ゴム系	塩化ゴム系
架設地点	水際線	海上	海上	海上	海上
劣化状況	フランジ、ボルトの錆	はがれ、ふくれ	鋼板エッジ部の錆	部分錆	部分錆
前処理	不明	不明	不明	ジンクリッチプライマー	不明
下塗1層	亜酸化鉛さび止め	亜酸化鉛さび止め	鉛丹さび止めペイント	塩化ゴム系	亜酸化鉛さび止め
下塗2層	MIO系塗料	MIO系塗料	鉛丹さび止めペイント	塩化ゴム系	亜酸化鉛さび止め
中塗	塩化ゴム系	塩化ゴム系	長油性フタル酸	塩化ゴム系	長油性フタル酸
上塗	塩化ゴム系	塩化ゴム系	長油性フタル酸	塩化ゴム系	長油性フタル酸
架設地点	海上	海上	水際線	海上	海上
劣化状況	部分錆	部分のはがれ、ふくれ	全面錆、はがれ	部分のはがれ、ふくれ	部分錆

表-8 経過年数15年以上の無補修塗装仕様

前処理	ジンクリッチプライマー	不明	不明	エッチングプライマー
下塗1層	エポキシ樹脂系	鉛丹ジंकクロメート	さび止め塗料	鉛丹さび止めペイント
下塗2層	エポキシ樹脂系	鉛丹ジंकクロメート	—————	鉛丹さび止めペイント
中塗	塩化ゴム系	長油性フタル	長油性フタル	長油性フタル
上塗	塩化ゴム系	長油性フタル	長油性フタル	長油性フタル
架橋地点	海上	海上	水際線	海上
劣化状況	部分錆	全面錆	部分錆	全面錆、はがれ、ふくれ

表-9 5年以上経過した橋で発錆していない橋の塗装仕様

前処理	ジンクリッチプライマー	ジンクリッチプライマー	不明	不明		
下塗1層	MIO用下塗	塩化ゴム系	鉛丹さび止めペイント1種	鉛丹さび止めペイント		
下塗2層	MIO系塗料	塩化ゴム系	鉛丹さび止めペイント2種	フェノール系MIO		
中塗	塩化ゴム系	塩化ゴム系	長油性フタル酸	塩化ゴム系		
上塗	塩化ゴム系	塩化ゴム系	長油性フタル酸	塩化ゴム系		
架橋地点	海上	海上2地点	内陸1地点	水際線	海上3地点	水際線1地点
経過年数	10年	7年, 15年	8年	8年	6年, 8年, 10年	5年

数は7年10ヶ月となる。塗膜状況から判断してもこの塗装系は8年程度の耐用年数は期待できそうで、発錆している同様の塗装系の橋から考慮した耐用年数ともよく似た傾向を示しているといえる。良い比較例として八戸港

のH大橋とHT大橋がある。この2橋は同一環境下に架設されており、同一塗装仕様（MIOを用いた塩化ゴム系塗料）であるが、H大橋は10年4ヶ月経過しても発錆しておらず、HT大橋は11年3ヶ月経過して発錆して

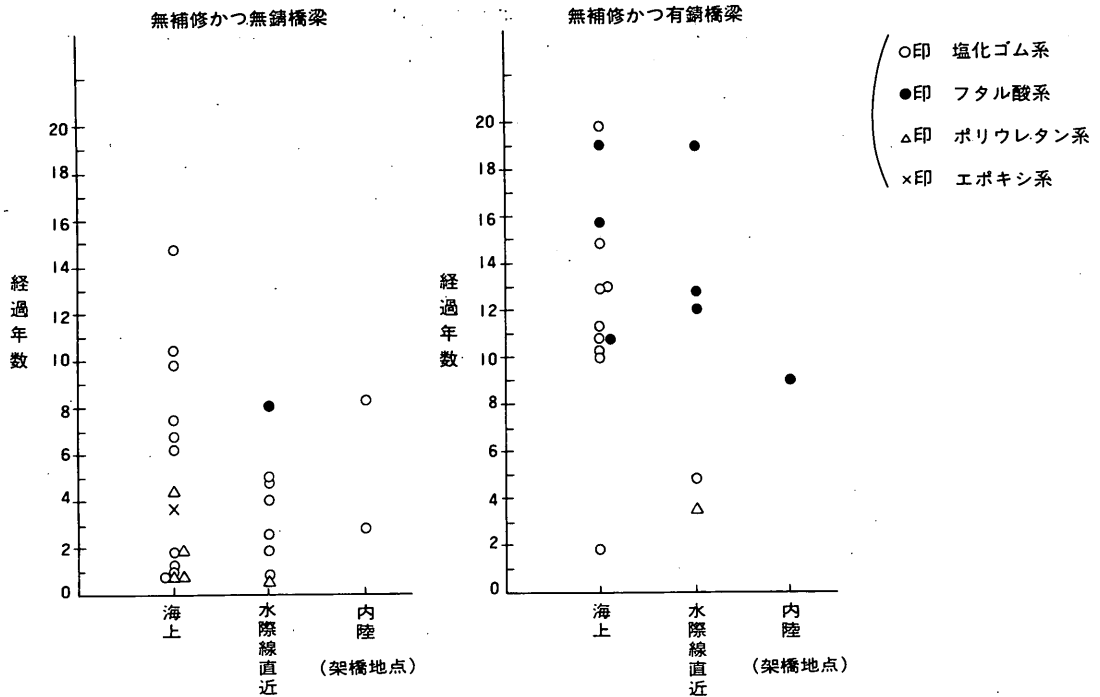


図-1 無補修塗装橋梁の経過年数と架橋地点分布図

いる。塗装工程が同程度の技術で行われたと仮定すると塩化ゴム系の塗装では10年程度が耐久性の限界であることを実証しているといえる。

また、発錆していない塗装系においてフタル酸樹脂塗料の最大経過年数は水際線から500m以内に位置するもので8年であった。

図-1からは、10年以上経過すると大半の橋に錆が発生し始める傾向が確認できる。

ポリウレタン塗料による橋は最近のものが多くが一部を除き何んら異常は認められず、一般にいわれるようにその耐久性は高いようである。

写真-1は三重県長島港のE大橋の下フランジの発錆状況であるが、塗装系は長油性フタル酸樹脂塗料で経過年数約16年である。

(3) 現地橋梁調査

アンケートによる実態調査とは別に直接現地に出向き、実際の塗膜厚測定を行ったり、外観の目視観察や技術資料収集調査を行った。調査場所としては環境的に厳しい石川県輪島港と沖縄県とした。輪島港では測定調査を行い、沖縄県では目視観察調査とテストピースの暴露試験結果の資料収集を行った。

a) 輪島港における現地調査

寒冷地でしかも海塩粒子の影響を直接受ける塗装系における塗膜劣化傾向を調査するため輪島港のM橋を調査対象とした。この橋は昭和56年3月に架設されたもので構造形式は合成プレートガーダーと鋼床版プレートガーダーからなっている。満潮時には桁下から海面まで1.5m程度しかないものである。

塗装系は表-10に示すとおりで、塗膜厚は設計値に対し100 μ ほど厚く塗られた状態で竣工している。

調査項目は、外観観察(さび、われ、はがれ、変退色、白亜化、光沢)、塗膜厚測定(ウエブ、下フランジなどについて2点式電磁式膜厚計により測定)、附着塩素イオンの測定(ウエブ面について北川式検知管で測定)、塗膜の顕微鏡観察の4項目とした。

塗膜劣化度の評価については、鋼橋の現場調査用として制定されている日本鋼構造協会発行の「鋼橋塗膜調査指針 JSS IV-03-1982」に従って行った。

①調査方法

さび……塗膜の劣化によるさびの発生は橋の機能に大きな影響を及ぼすため、発生形態や状態に拘らず十分注意して観察することとし、調査位置は構造上重要な部位、水溜り部分、気象条件を受けやすい部分、塵埃の堆積しやすい部分、腐食促進物質発生源の影響を受けやすい部



写真-1 箱桁下面の発錆状況（長島港）

分などを重点的に考えることとした。

われ……塗膜のわれから塗膜のはがれや発錆につながるもので、その危険性は、割れの形態（深さ、形状、密度）で異なるのでその識別に留意して調査することとした。われの評価は日本塗料検査協会の基準で行うこととした。

はがれ……はがれも塗膜にとって重大な欠陥であり、発生した層やはがれの大きさ、はく離面積を詳細に観察することとした。評価は前述の検査協会の基準に従うこととした。

変退色……初期の色の基準として、内桁の日光の当たらない箇所の色を考慮することとし、目視で変化の程度を観察することとした。

表-10 合成桁及び鋼床版桁外面の塗装計と膜厚

塗装工程	塗料種類	塗膜厚	
		設計	実測平均
工場	無機ジンクリッチプライマー 塩化ゴム系下塗り塗料	106 μm	143 μm
現場	塩化ゴム系中塗り塗料	57	
	塩化ゴム系上塗り塗料		
合計		163	260

白亜化……チョーキングとも呼ぶが、紫外線等により塗膜表面が分解して粉状になった現象で白っぽく色が変わるもので、進行程度については内桁の色と比較して判断することとした。

光沢……一般には光沢計で測定するが、今回は現地の状態から目視で十分と判断し計器測定は行わないこととした。

塗膜厚……2点式電磁式膜厚計により測定することとし、一測定点で3回測定しその平均値を測定値とすることとした。

付着塩素イオン……測定面を蒸留水で洗浄したガーゼで拭きとり、それを蒸留水（200ml）で洗いその液を検液として塩素イオンを測定して計算により付着塩分量を求める方式とした。

顕微鏡観察……塗膜において層間はく離した箇所の塗膜片を採取して光学顕微鏡で塗料相互の密着性を調査する方式とした。

外観観察を行った位置は、橋の側面および断面で示すと図-2の記号と数字で示す箇所である。

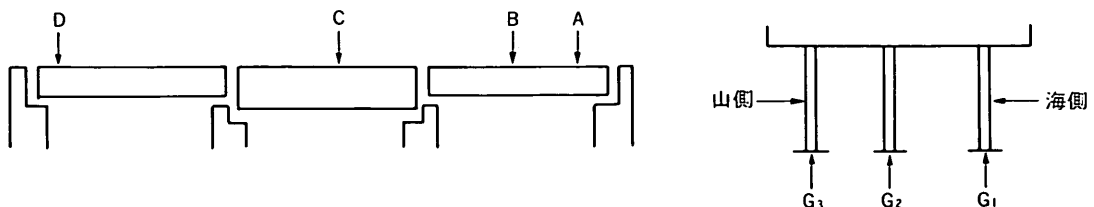


図-2 橋梁の調査位置

②外観観察結果

橋桁の上フランジはコンクリート床版との取り合い部、下フランジはエッジ部とその下面に点さびが発生しており、ウエブ面については、上フランジから約30cm～50cm下った間に点さびが発生しているケースが多かった。添接部は、ほとんどがボルト・ナットのネジ部からの発錆であり、この傾向は図-2のC区間の桁に多く認められた。対傾構、添接板、支承なども、その大部分がエッジ部からのさびが広がっている状態であった。

変色と汚れについては、外桁についてみると山側の桁が海側と比較して顕著であった。

塗膜のふくれについては、海側の桁に10倍の拡大鏡を用いて確認できる程度の微細なものが存在した程度で目視ではほとんど発見できない状態であった。

われ、はがれは局部的にみられた程度であった。

白亜化については、当然の結果であるが太陽光の当る山側の桁が海側の桁と比較してその進行度合が大きい。

以上の結果において、目視的に顕著な変化がみられた

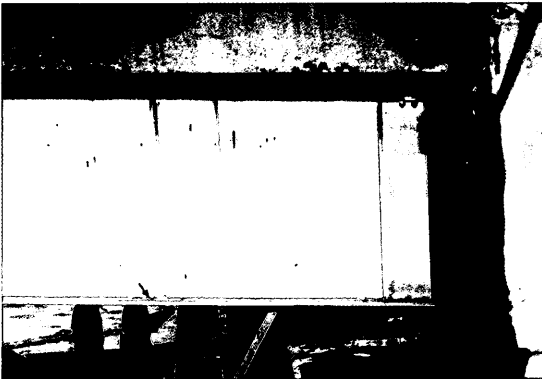


写真-2 A区山側桁の発錆状況



写真-3 A区山側桁下フランジ上面の塗膜はく離

項目は、変色と汚れ、白亜化、さびの発生であった。

写真-2はA区間山側の桁の発錆状況を示し、写真-3は同じ桁の下フランジ上面の塗膜はく離状況を示す。写真-4は添接部のナットエッジ部の発錆から層状のさびを形成した状態を示している。



写真-4 フランジ添接部ナットの腐食

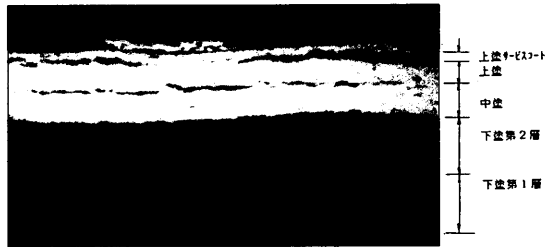


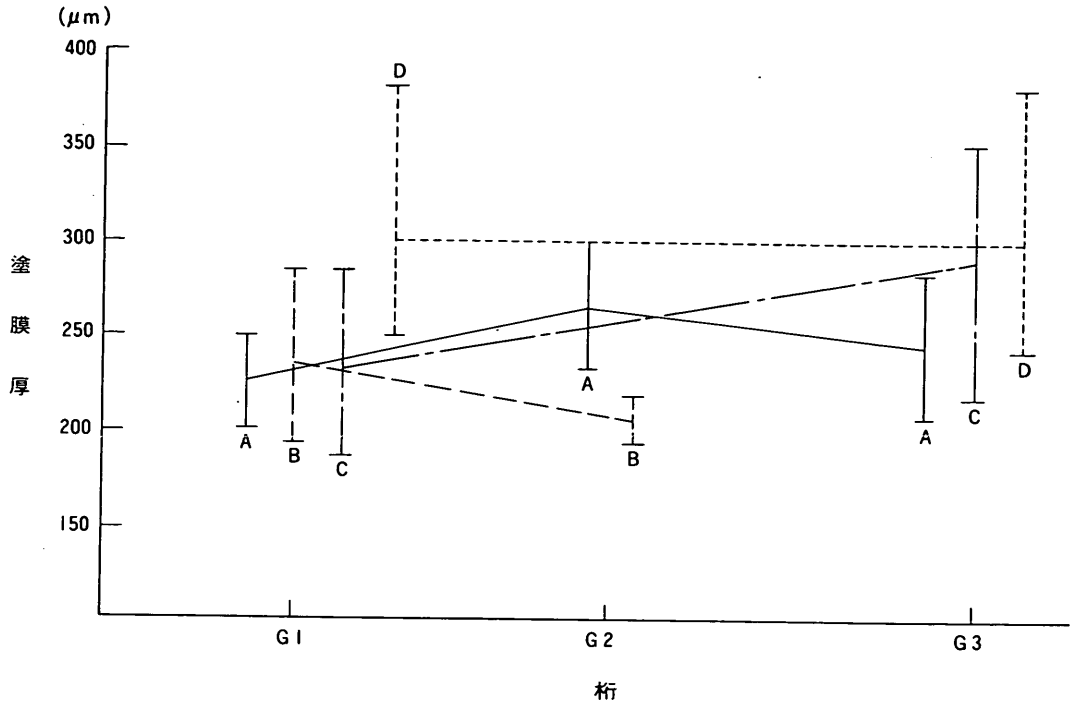
写真-5 塗膜の断面 (×100)

③塗膜厚測定結果

測定結果によると、わずかな差であるが海側に面した桁のウエブの方がやや薄い値となっており、架設当時の詳細な測定値が不詳のため明確には解らないが、当時の実測平均値 $260\mu\text{m}$ (表-10)を単純にそのまま基準として今回の測定値との差を求めてみると、

	(海側桁)	(山側桁)
A区間	$-34\mu\text{m}$	$-27\mu\text{m}$
B区間	$-25\mu\text{m}$	—
C区間	$-35\mu\text{m}$	$+30\mu\text{m}$
D区間	$+40\mu\text{m}$	$+35\mu\text{m}$

となり、A、B、C区間の海側は、 $25\sim 35\mu\text{m}$ 程の塗膜消耗量となる。図-3には区間毎の各桁ウエブの塗膜厚の測定結果の範囲を示す。(図中でG1桁は海側の桁、G2桁は中間部の桁、G3桁は山側の桁を意味する。)海側の桁の塗膜が消耗している原因としては、ウエブ面が波しぶきで洗われることで、海水と大気中の空気酸化によって塗膜が劣化し、微粉化した表層の塗膜が飛沫によ



図一三 各桁ウェブの塗膜厚さ

り洗浄され、この現象の繰り返して塗膜厚が薄くなっていったものと推定される。しかし厳密に論じる場合は、少なくとも100点以上の測定値について統計処理をする必要があり、今回の推定は論議の余地がある。ただ今回の調査では海側の桁は山側と比して変色・汚れが少ないので波しぶきの洗浄作用の影響は十分考えられる。

④付着塩分の測定結果

下記の3ヶ所で測定したが、通常沿岸地域の構造物で確認している塩分付着量 (300~1500cl/mg/m²) の範囲内であった。

- G 3 桁内側ウェブ面 300cl/mg/m²
- G 1 桁海側ウェブ面 600cl/mg/m²
- G 1 桁海側下フランジ下面 360cl/mg/m²

⑤塗膜の顕微鏡観察結果

G 3 桁山側下フランジ上面のジンクリッチ塗膜面からの層間はく離箇所より採取した試料により調査した。

その結果、上塗塗料の表面に微細なふくれがあり、われもみられた。さらに塗膜を浸透してきた塩分を含んだ水とジンクリッチ塗膜中の亜鉛が反応して出来た酸化亜鉛が確認され、層間はく離を起こす前兆にあったことが判明した。写真-5は塗膜の断面を示したものであるが、最上層のサービスコートをしたと思われる薄い上塗塗膜

は、老化現象から下の上塗塗膜との付着性が著しく低下しており、層間はく離寸前の状態を呈している。この傾向は、サービスコートの下の中・上塗膜の層にもみられ中塗り層の塗膜は、下塗層との間に上塗り層と同様のはがれ現象がはじめている様子がわかる。

⑥まとめ

本橋の塗装系は、一般に海岸地域用に用いられる塗装系であり、全体的には大きな塗膜損傷に至る欠陥は生じておらず、錆の発生も殆どが鋼材のフリーエッジおよび加工エッジからでその面積もかなり少なかった。

波しぶきを顕著に受け、約7年経過した塗膜状態としては、巨視的視野からみる限り比較的良好な腐食状態にあるといえ、適用された塗装仕様は適切であったと考えられるが、ミクロ的には塗膜は劣化がかなり進行しているので、これから塗膜の劣化はかなり加速されると考えられるので注意が必要である。

また、一次プライマーとしてのジンクリッチペイントが防錆効果に大きく寄与していることも確認できた。

b) 沖縄における現地調査

①日本道路公団における調査

沖縄自動車道の名護市に近い海岸部に位置する許田高架橋における塗装暴露試験を調査した。この橋は昭和49

年に竣工したもので、構造は全延長304mの钣桁橋であり、塗装仕様は（亜酸化鉛錆止ペイント）＋（フェノールMIO塗料）＋（塩化ゴム系中塗塗料）＋（塩化ゴム系上塗塗料）となっている。総塗膜厚は140μmである。

この橋は海岸部に位置し、沖縄特有の高温多湿の影響から昭和53年には桁全面にさびが広がったため全面塗り替えを実施した。しかしその後昭和57年、昭和61年にも部分補修をしてきており、早期劣化の傾向にあるため、公団で同橋を用いて昭和58年より11種類の塗装仕様により現地暴露試験を開始した。今回の調査ではその試験の状況を観察することを目的とした。

試験は直接紫外線の当たらない内側の桁で実施されていたが、中間結果として、高湿度、高濃度海塩粒子の付着などの苛酷な環境下での塗装系の防錆効果順位として以下のようにまとめられていた。

（亜鉛溶射）＞（エポキシ＋ポリウレタン）＞（シリコン樹脂）＞（タールエポキシ）＞（フェノールMIO＋塩化ゴム系）＞（エポキシ＋塩化ゴム系）＞（鉛系さび止＋フタル酸樹脂）＞（アスファルト塗料＋フタル酸樹脂）＞（その他）

上記の結果は経過月数44ヶ月の結果である。この結果においても外面用塗料の実績ベースで順位を考えると、（エポキシ＋ポリウレタン）の塗装系が最も耐久性がよい結果となっているといえよう。

②沖縄県による調査

沖縄県土木建築部においても沖縄が他府県に比較して著しく腐食性の高い環境下にある認識から、鋼橋の建設および維持管理において基礎資料を得る目的で、数種の表面処理をした鋼材試験片による暴露試験を実施している。

暴露用鋼材試験片は6mm厚の耐候性鋼材を用い、表面処理は、表-11に示す6種としており、沖縄本島北部の呉我橋、中部の安谷屋（高架）橋、南部のとどろき橋の3実橋に試験片を取り付けて調査している。調査は昭和61年に開始され、10年間実施される予定となっている。試験項目は表-12に示すとおりである。

今回の調査では、暴露期間1年という短期間の結果しかデータが収集できなかったが、基準目試験における評価点数結果は表-11のB仕様で7.2、C仕様で8.4、D仕様で10.0（評価点数10で異常なし）となっており、1年程度でもB仕様では塗膜のもろさ、素地への付着性の面で劣化が進行していることが判る。一方重防食塗装仕様のD仕様は変化無しとなっている。

従ってこの試験のみでも、塗装系の防錆効果の順位は（D仕様）＞（C仕様）＞（B仕様）となるようである。

（4）考察

アンケート調査および現地橋梁調査により、使用されてきた塗装系の流れやその塗装系の耐久性能の概要が把握でき、今後臨海部に用いる橋梁塗装系の選定において留意しなければならないいくつかの事柄が判った。

鋼橋用の塗装系としては、（フタル酸樹脂系）、（エポキシ樹脂系）、（塩化ゴム系）、（ポリウレタン系）が主体として考えられるが、調査の結果架橋地点によって塗装系の耐久性に差が生じており、明らかに飛沫による海塩粒子の影響が大きい海上部近辺に位置する橋梁の塗装系では、内陸部より重防食塗装系にする必要がある。

港湾に架設される橋は、その港にとってシンボルの存在になる場合も多く、また、自然環境も厳しいことから耐久性、美観性などの面で使用する塗装系は（塩化ゴム系）か（ポリウレタン系）が望ましいと考えられる。

各塗装系の想定耐用年数は、（塩化ゴム系）が実態では10年以下であり、安全側に考えると設計上は7～8年程度が妥当と考えられる。（ポリウレタン系）は港湾の実績では経過年数が5年未満のものしか存在しなかったが、本四公団の耐久性試験では10年以上経過した実績があり、かつ塗料メーカー側の耐久性試験結果も勘案すれば10年以上期待してよいと考えられる。（フタル酸樹脂系）は実績で8年間さびの発生していないものが1例存在するが、それ以外の橋は5～17年のインターバルで塗り替えを実施しており、さびが全く発生しなかった期間を加味すれば実質的な耐久期間はさらに下がると考えられる。一般的には4～5年程度が耐久期間と考えられていることも勘案すれば、4～8年程度の想定耐用年数が妥当のようである。（エポキシ樹脂系）は上塗塗料として用いると紫外線により白亜化（チョーキング）を起こすので、中塗りや下塗りに用いることがよい。

以上のことから港湾の橋梁で用いる塗装系について、長期防錆タイプ、中長期防錆タイプおよび短期防錆タイプについて工場塗装した場合の望ましい塗装仕様例を示すと表-13のようになる。表-13においてミストコートとあるのは、ジンクリッチペイントが多孔質な塗膜なため、上塗り塗膜のふくれを防ぐために濃度の薄いエポキシ樹脂塗料を塗ることで封孔する塗料を意味する。

3. 臨海部鋼橋の塗装仕様と塗料規格

3.1 概要

鋼橋を建設する場合耐久性を確保する意味でどのような塗装仕様にするかが重要な課題となるが、日本道路公団、本四公団などの機関では独自の塗装仕様を定めた塗装基準を整備し利用している。またその仕様は同様な塗装系

表-11 鋼材試験片の表面処理状況

記号	塗装系または表面処理の方法	薬液調整	第1層	第2層	第3層	第4層	第5層	第6層	第7層
A	裸								
B	フタル酸樹脂系	シロ ット フ ラ ス ト S P C S P 10	長ばく型 エッチング プライマー 15 μ m	下塗 鉛丹さび止 め ベイント1種 35 μ m	同 左 35 μ m	中塗 長油性フタル 樹脂 35 μ m	上塗 同 左 35 μ m		
C	塩化ゴム系		ジungkリッチ プライマー 15 μ m	下塗 同 左 15 μ m	下塗 塩化ゴム系 下塗 45 μ m	同 左 45 μ m	同 左 45 μ m	中塗 塩化ゴム系 中塗 45 μ m	上塗 塩化ゴム系 上塗 45 μ m
D	重塗装系(補底 大橋に準ずる)		ジungkリッチ プライマー 15 μ m	厚膜形 ジungkリッチ プライマー 75 μ m	ミストコート 35 μ m	下塗 エポキシ 下塗 60 μ m	下塗 エポキシ MIO 50 μ m	中塗 ポリウレタン 30 μ m	上塗 ポリウレタン 30 μ m
E	さび安定化促進 処理無塗装		ウエザー コート ブレバレン 処理						
F	溶融亜鉛めっき	酸洗い	溶融亜鉛めっき						

表-12 表面処理の種類別試験項目

試験項目	裸	フタル酸樹脂系	塩化ゴム系	重塗装系	さび安定化促進処理	溶融亜鉛めっき
外観	●	●	●	●	●	●
塗膜またはめっき厚等		●	●	●	●	●
こばみ試験		●	●	●		
腐食損失量	●	●	●	●	●	●
付着塩分量	●	●	●	●	●	●

表-13 臨海部における望ましい塗装仕様

	長期防錆形仕様	中長期防錆形仕様	短期防錆形仕様
前処理	無機ジंकリッチプライマー	無機ジंकリッチプライマー	長暴形エッチングプライマー
下塗一層	厚膜形有機ジंकリッチペイント	厚膜形有機ジंकリッチペイント	鉛系さび止めペイント
ミストコート	厚膜形エポキシ樹脂塗料	厚膜形エポキシ樹脂塗料	—
下塗二層	厚膜形エポキシ樹脂塗料下塗	厚膜形エポキシ樹脂塗料下塗	鉛系さび止めペイント
中塗	ポリウレタン樹脂塗料用中塗	塩化ゴム系中塗	超長油性フタル酸樹脂塗料
上塗	ポリウレタン樹脂塗料上塗	塩化ゴム系上塗	長油性フタル酸樹脂塗料

でも膜厚など異なっており耐久性が違っている。そのため本章においては、各機関の塗装仕様を調査しさらに今回の実態調査結果を加味して港湾にふさわしい塗装仕様の提案を試みた。

また、塗料の性能を確認するために塗料試験を通常実施するが、その試験方法を定めたJIS規格には現在市に出回っている塗料全てが想定されていないため、そのような塗料についても各機関が独自に塗料規格なるものを整備して試験を行っている。新しい規格を独自に設ける場合は、規格化した内容に再現性がなくてはならないため、規格化した内容を国内の代表的JIS指定工場に流して規格どおりの塗料ができるか否かの試作検討を行う必要があり、検討期間として2～3年間要するため規格は他機関で定めたものの中で港湾にふさわしいものを選定準用することとした。従ってここで示す塗料規格はあくまで参考的位置づけである。

ちなみにJIS規格で規定されている塗料は、(エッチングプライマー)、(一般さび止めペイント)、(鉛丹さび止めペイント)、(亜酸化鉛さび止めペイント)、(塩基性クロム酸鉛さび止めペイント)、(シアナミド鉛さび止めペイント)、(亜鉛末さび止めペイント)、(フェノール樹脂系ジंकクロメートさび止めペイント)、(鉛丹ジंकクロメートさび止めペイント)、(フタル酸樹脂塗料)、

(タールエポキシ樹脂塗料)、(アルミニウムペイント)である。

3. 2 塗料の特性

(1) 塗装の考え方

鋼橋塗装の歴史は古いが、従来からその橋梁に最適な塗装系を選定することは設計者の頭を悩ませてきたところである。すなわち塗料というものは、環境、部材の形状、周囲との調和性、耐久性、経済性などを総合的に判断して選定しなければならないからである。特に環境による影響が大きいことから、地域特性を十分考慮し、耐環境性の強い塗料を見極める必要がある。図-4には塗装系の選定フローを示す。

塗料は、塗膜になる主な成分と副成分に、顔料、溶剤が加えられ、よく混和して粘度のある液体にしたものである。橋梁ではこれを刷毛、スプレーなどで被塗装体に塗り広げ、常温で乾燥硬化させる。

塗料の性能は、主な成分の性質に大きく左右されるもので、古くは漆や天然樹脂・油系であったが、現在では各種合成樹脂がその主流を占めるようになってきている。また、副成分として用いられる硬化剤、可塑剤、増粘剤、たれ防止剤、平坦化剤などの添加剤の種類により、塗料のもつ性能それぞれに特徴が付与される。従って単にエポキシ樹脂系塗料と称しても硬化剤がポリアミン系、ア

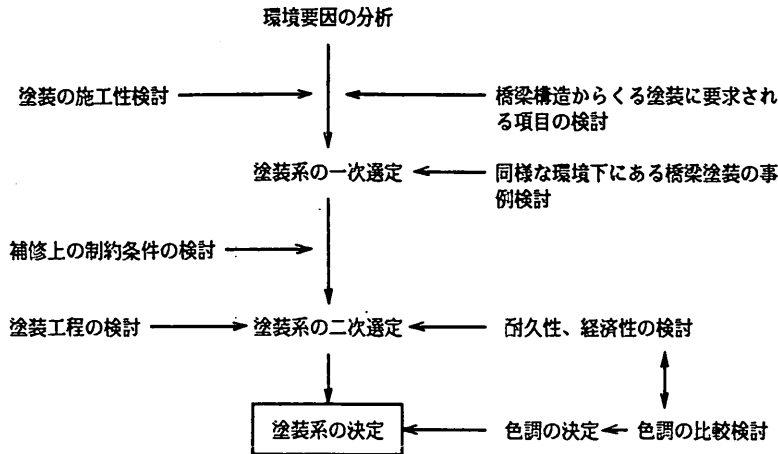


図-4 塗装仕様の選定フロー

ミンアダクト系，ポリアミド系，イソシアネート系かによって当然特性を異なるので，内容をよく理解しておく必要がある。

(2) 塗料の種類

橋梁の塗装に使用される塗料を工程別に大別すると，ショッププライマー（一次防錆プライマー），下塗塗料，中塗塗料，上塗塗料に分類できる。

付録Bにこれら4種の塗料種別の目的及び特徴，代表的な塗料の特徴をまとめた。

3.3 塗装仕様

橋梁を建設する場合，防食対策としての塗装仕様を決定する必要があるが，その仕様のグレードは当該橋梁の社会的重要度や経済性および景観性などから決められる。

本節では，港湾における橋梁にふさわしい塗装仕様を提案することを試みているが，その仕様の絞り込みについては，橋梁の劣化実態調査結果の分析だけでなく，既存の機関が定めている塗装基準の特性も整理した上で港湾に限定して塗装仕様を提案した。

(1) 各機関の塗装基準の特性

今回対象とした各機関として以下の9機関を選定した。

- 日本道路協会（鋼道路橋塗装便覧 S54）
- 北海道土木協会（土木工事共通仕様書 S60）
- 日本道路公団（鋼橋塗装基準 S54）
- 本州四国連絡橋公団（鋼橋等塗装基準・同解説 S55）
- 首都高速道路公団（塗装設計施工基準 S61）
- 阪神高速道路公団（土木工事共通仕様書 S58）
- JR（鋼構造物塗装設計施工指針 S62）

名古屋高速道路公社（塗装設計施工基準 S58）

福岡北九州高速道路公社（塗装設計施工基準 S60）

まず各機関が定めている塗装基準は，どのような環境分類にしているか傾向をつかむため，（一般的な環境），（やや厳しい環境），（厳しい環境），（特殊な環境），（特殊な部分）の5つの環境区分を設け，この中に各機関で定めている環境区分を当てはめて整理した。その結果が表-14であり，各機関の特徴がよく現われていると考えられる。

日本道路協会では，ある特定の基準に限定せず塗装基準を広く利用してもらう趣旨から広い環境を対象として塗装系を設定している。

これに対して，本州四国連絡橋公団では対象橋梁の大部分が海上橋のため，潮風や海水の飛沫に対し十分防錆効果が発揮できるよう腐食環境を重視した分類としている。北海道土木協会でも，北海道という寒冷地を意識しているためか環境区分も2種類に大別されている。

日本道路公団では日本国内全域がカバーできるような環境分類になっているが，首都高速道路公団，阪神高速道路公団のように首都圏と沿岸を対象としているところでは，一般市街地の環境と沿岸地域の地理的・社会的（産業分布）環境を勘案した分類となっている。

次に，汎用性の高い3種類の環境区分に対し，各機関がどのような塗装仕様を採択しているかを比較したものを表-15に示す。この表によれば，腐食性の小さい一般的な環境では，さび止めペイントとして鉛系顔料を用いた油性系塗料を用い，上塗り塗料として実質のあるフタル酸樹脂塗料を組合わせた仕様となっている。腐食性の

表-14 国内9機関が適用している塗装仕様の環境分類

基準の種類	一般的な環境	ややきびしい環境	きびしい環境	特殊な環境	特殊な部分
日本道路協会 鋼道路橋塗装便覧 54.2	環境の腐食因子の 強くない地域	海岸地域や重化学工業地域名と環境の腐食因子の強い地域	海峡横断道路や路線橋などのようち点検や塗り替えが容易でない橋梁		現場継手部 内面用 鋼床版, 上面, 箱桁内外面
北海道土木協会 土木工事共通仕様書 60	腐食環境が良好な場合 一般環境	特殊環境			箱桁などの内面 伸縮継手の内, 外面 沓の外面 高力ボルトリベット接合部 添接部板外面 現場溶接部 鋼床版の上面, 裏面, 箱桁内面, 一般外面
日本道路公団 鋼橋塗装基準 54.8	田園, 山間, および都市地の腐食がきびしくない環境	工場地帯および都市地の腐食のきびしい環境	海上および海岸		箱桁内面および上フランジ上面 高力ボルトおよびリベット接合部 現場溶接部 伸縮継手 支承の外面
本州四国連絡橋公団 鋼橋等塗装基準, 同解説 55.3	腐食のゆるい環境	やや腐食のゆるい環境	腐食の激しい環境		支承, 継手, 接合部 塔内面, 高力ボルトスプライスプレートトラス等開, 閉断面外 鉄道桁, 塔外面上下 鋼床版下面 プレートガーター
首都高速道路公団 塗装設計施工基準 61.3	一般市街地		海上, 海岸, 工業地帯及び市街地の腐食がきびしい環境	塗装の塗り替え間隔を特に長くする必要がある場合	箱桁内外面の鋼床版裏面 箱桁内面, 橋脚内面 鋼床版裏面の箱桁内面 現場継手部 特殊部
阪神高速道路公団 土木工事共通仕様書 58.5	一般, 市街地, 山地		海上, 海岸, 排気ガス等の影響を受ける地区	塗り替えが困難な場合長期防錆塗装系	鋼床版外面 箱桁内面, 橋脚内面 鋼床版上面 高力ボルト接合部及び現場溶接部 支承
J R 鋼構造物塗装設計施工指針 62.6	田園, 山間, および都市地区		海岸, 工場および大気汚染地区と海上および海浜工業地区	結露面	継手部 溶接部外面 箱桁内面 添接板
名古屋高速道路公社 塗装設計施工基準 58.9	一般	耐久性, 耐水性 耐薬品性が要求			箱桁内面, 鋼床版箱桁 現場継手部 箱桁上フランジ上面, 支承 伸縮継手, 落橋防止装置 鋼製高欄, 地覆内面 排水構造物
福岡北九州高速道路公社 塗装設計施工基準 60.4	一般			塗り替えが困難	鋼床版外面, 添接板, 支承 鋼橋脚, 高力ボルト接合部 及び現場溶接部 鋼床版上面および鋼箱桁上面 箱抜き部 鋼桁および鋼脚内面

表-15 9機関の環境分類に適應する塗装仕様の種類

塗 装 仕 様 の 種 類	一 般 的 な 環 境	ややきびしい環境	きびしい環境
エッチングプライマー 鉛系さび止めペイント 超長油性フタル酸樹脂塗料中塗 長油性フタル酸樹脂塗料上塗	日本道路協会 本四公団 北海道 日本道路公団 J R	本四公団	
エッチングプライマー 鉛系さび止めペイント 同 上 フェノールM I O塗料 超長油性フタル酸樹脂塗料中塗 長油性フタル酸樹脂塗料上塗	日本道路協会 本四公団 首都高速道路公団 阪神高速道路公団 名古屋		
エッチングプライマー 鉛系さび止めペイント 同 上 フェノールM I O塗料 塩化ゴム系塗料中塗 塩化ゴム系塗料上塗	福岡北九州	日本道路協会 本四公団 日本道路公団 阪神高速道路公団 名古屋	北海道
ジンクリッチプライマー 塩化ゴム系塗料下塗 同 上 塩化ゴム系塗料中塗 塩化ゴム系塗料上塗	北海道	日本道路協会 日本道路公団 首都高速道路公団 名古屋 東京都	日本道路公団 東京都
厚膜型ジンクリッチプライマー 塩化ゴム系塗料下塗 同 上 塩化ゴム系塗料中塗 塩化ゴム系塗料上塗			日本道路協会
厚膜型ジンクリッチプライマー 塩化ゴム系塗料下塗 エッチングプライマー フェノールジンクロプライマー フェノールM I O塗料 塩化ゴム系塗料中塗 塩化ゴム系塗料上塗		本四公団	日本道路協会 J R
厚膜型ジンクリッチプライマー 厚膜型エポキシ樹脂塗料下塗 同 上 ポリウレタン樹脂用塗料中塗 ポリウレタン樹脂用塗料上塗		首都高速道路公団	日本道路協会 本四公団 阪神高速道路公団 J R
亜鉛溶射 エッチングプライマー フェノールジンクロプライマー フェノールM I O塗料 塩化ゴム系塗料中塗 塩化ゴム系塗料上塗			本四公団

大きい厳しい環境では、さび止めペイントとしてジンクリッチプライマーが用いられ、この上に耐水性、耐薬品性、耐候性などにすぐれた塩化ゴム系、エポキシ樹脂、ポリウレタン樹脂塗料などが腐食環境の程度に応じて用いられた仕様となっている。

厳しい環境では大部分の仕様がジンクリッチプライマーを取り入れており、港湾における橋梁でもこの仕様は採択する必要が明確にいえそうである。また、中塗り塗料はエポキシ樹脂が塩化ゴム系であり、上塗り塗料は塩化ゴム系かポリウレタン樹脂を用いている。これらの仕様についても、劣化実態調査結果や塗料の特性から判断して港湾の橋梁に是非取り入れるべき仕様と考えられる。

表-15で上塗り塗料で多く用いられている塗料は塩化ゴム系であるが、この理由は他の塗料と比べて低温硬化性に優れているためと考えられる。すなわち、他の塗料は冬季などの低温環境では、塗装条件に種々の制限が設けられるが、塩化ゴム系塗料は、0~5℃という低温環境でも塗装可能という特性などを有しているからである。

しかし、長期間の耐候性という面で判断すると高価であるがポリウレタン樹脂塗料を上塗り塗料として厳しい環境下では考える必要がある。

(2) 港湾における塗装仕様の提案

港湾における橋梁は全般的に腐食環境の厳しいところに架設されている例が多いため、ここでは海上部および水線際直近部の環境を対象に塗装仕様を考えることにした。

塗装仕様は何種類か選定し、その使い分けができるようにした。選定においては、劣化実態調査による塗装仕様の実態とその劣化程度を十分踏まえた上で、各機関が定めている塗装仕様の中からほぼ共通性のある塗装仕様を選択することとした。

選択した結果が表-16に示すA~Jまでの10仕様である。それぞれの仕様の選定理由などは以下のとおりである。

a) A 塗装系

この塗装系は、橋梁塗装として古くから用いられ、多くの実績を有しているため、経済比較の標準とする意味でも対象とした。

b) B 塗装系

腐食性の環境下でA 塗装系より耐久性がよい仕様として考えたもので、耐水性、耐薬品性などが優れた塩化ゴム系塗料を中・上塗りに適用している。フェノールMIO 塗料は、塩化ゴム系塗料の溶剤に鉛系さび止め塗

料がおかされないよう用いている。

c) C 塗装系

基本的にはB 塗装系と同じであるが、B 塗装系を工場の上塗り塗装まで行う工程を取り入れたもので、現場塗装と比較して塗装時の環境条件が良好であることから、塗膜全体の防食性能の信頼性はB 塗膜系より向上している。

d) D 塗装系

塩化ゴム系塗装の最も標準的な塗装系として選定したもので、比較的腐食性の厳しい環境に広く適用できるものである。

e) E 塗装系

基本的にはD 塗装系と同じであるが、防食用のジンクリッチペイントに厚膜型を用いることで防食期間の延長を大幅に期待した塗装系である。

f) F 塗装系

厳しい腐食環境下で長期にわたって防食効果が期待できる重防食用塗装系の標準として選定したものである。当然E 塗装系より防食性能は向上している。

g) G 塗装系

防錆効果を適確に保持するためと耐水効果および塩化ゴム系塗料の付着性を向上させた塗装系として選定したものであるが、塗装回数が多く工程管理上必ずしも好ましくない。しかしヨーロッパでよく使用されており本四公団の仕様にも含まれていることから選定に含めた。

h) H 塗装系

基本的にはF 塗装系と同じであるが、中・上塗り塗料として耐候性が非常に優れたポリウレタン樹脂塗料を採択したものである。この塗装系は、臨海部の長期防食用塗装系としては、現在最も信頼性が高いとされている。

i) I 塗装系

基本的にはH 塗装系と同じであるが、現場塗装の工程を考えなければならない時の仕様として選定した。

したがって分類される塗装系の中間にMIO 塗料を一層加えて付着性に支障をきたさないようにしている。

j) J 塗装系

この塗装系は、変性エポキシ樹脂塗料を用いることで一般のピュアエポキシ樹脂塗料よりも厚塗り塗装を可能としたもので、主として塗り替えが困難な箇所に適用して防食効果の耐用年数を大幅に伸ばすようにしたものである。したがって保色性を期待する箇所には適用は好まない、メンテナンスが困難な箇所の塗装系の代表と考えられるものである。

A~J までの塗装系の性能を比較したものが、表-17 である。

表-16 経済比較対象仕様

記号	工	工程	塗料名	塗回数	使用量 (g/m ²)	塗装間隔	膜厚 (μ)	特 徴
A	工場	プライマ	エッチングプライマー(長ばく形) 鉛系さび止めペイント1種(下塗)	1	130 (スプレー)	6時間~3ヵ月 2日~30日 2日~6ヵ月	15	一般環境用として鋼橋では最もよく使 用されている。 初期投資額は少ないが、換替期間は短 い。
		下塗第1層		1	170 ()		35	
		下塗第2層		1	170 ()		35	
B	現場	中塗	超長油性フタル酸樹脂塗料(中塗) 長油性フタル酸樹脂塗料(上塗)	1	120 (ハケ)	1日~15日	30	塗装系Aにおいて耐水性、耐薬品性を 向上させるため塩化ゴム系上塗りを用 いる。鉛系さび止めと塩化ゴム系は直 接塗り重ねられないためMIO塗料を 介在させている。
		上塗		1	110 ()		25	
C	現場	1次プライマー	長ばく型エッチングプライマー 鉛系さび止めペイント1種 フェノールMIO塗料 塩化ゴム系中塗り塗料 塩化ゴム系上塗り塗料	1	130 (スプレー)	1日~3ヵ月	15	Bの塗装系を管理の行きとどいた工場 で上塗りまで行ういわゆる一括塗装シ ステムと称されている方式で、やや腐 食性の厳しい環境又は山間地域の長期 防食用として用いられている。
		下塗		1	170 ()		35	
		中塗		1	170 ()		35	
		上塗		1	300 ()		45	
		第1層		1	170 (ハケ)		35	
		第2層		1	150 ()		30	
D	現場	1次プライマー	長ばく型エッチングプライマー 鉛系さび止めペイント1種 フェノールMIO塗料(中塗) 塩化ゴム系(中塗) 塩化ゴム系(上塗)	1	130 (スプレー)	12時間~1ヵ月 2日~1ヵ月 2日~1ヵ月 2日~12ヵ月 1日~3ヵ月	20	耐食性のよいジンクリッチをプラライマ ーとして、耐水性耐薬品性のよい塩化 ゴム系塗料を塗り重ねて湾岸、沿岸地 域などの腐食性の厳しい環境に用いら れる。
		下塗		1	170 ()		35	
		中塗		1	170 ()		35	
		上塗		1	300 ()		45	
		第1層		1	220 ()		35	
		第2層		1	200 ()		30	
E	現場	1次プライマー	ジンクリッチプライマー 塩化ゴム系下塗り塗料 塩化ゴム系中塗り塗料 塩化ゴム系上塗り塗料	1	200 (スプレー)	2日~6ヵ月	15	耐食性のよいジンクリッチをプラライマ ーとして、耐水性耐薬品性のよい塩化 ゴム系塗料を塗り重ねて湾岸、沿岸地 域などの腐食性の厳しい環境に用いら れる。
		下塗		1	200 ()		15	
		中塗		1	250 ()		45	
		上塗		1	250 ()		45	
		第1層		1	170 (ハケ)		35	
		第2層		1	150 ()		30	
E	現場	1次プライマー	厚膜型ジンクリッチペイント ミストコート 塩化ゴム系下塗り塗料	1	200 (スプレー)	2日~6ヵ月	15	耐食性のよいジンクリッチペイントの 厚膜型を用い、その上にDと同様の 塩化ゴム系を塗り重ね耐食性を向上し ているので臨海部などの腐食性の厳し い環境にもちいられる。
		下塗		1	700 ()		70	
		中塗		1	160 ()		—	
		上塗		1	250 ()		45	
		第1層		1	250 ()		45	
		第2層		1	170 (ハケ)		35	

記号	工	程	塗	料	名	塗回数	使	用	量	塗	装	間	隔	膜	厚	特	徴		
F	前処理	1次プライマー		塗	ジungkリッチアプライマー	1	200 (スプレー)	2日～6ヵ月	15								E塗装系の塩化ゴム系下塗りより厚膜型エポキシにして、更に耐水性を向上し長期防食効果を期待して塗装系となっている。但し、上塗りが塩化ゴム系であるため保色性などの耐候性はH塗装系に比して劣る。		
	工	場	下	塗	厚膜型ジungkリッチアプライマー ミストコート	1	700 ()	2日～10日	70										
			上	塗	厚膜型エポキシ (下塗)	1	160 ()	1日	—	—									
G	現場	中	塗	塩化ゴム系 (中塗)	1	220 ()	1日～3ヵ月	35											
	現場	上	塗	塩化ゴム系 (上塗)	1	200 ()	—	30											
H	前処理	1次プライマー		塗	ジungkリッチアプライマー	1	200 (スプレー)	2日～6ヵ月	15								防食性に優れた厚膜型ジungkリッチアプライメントを用い、この塗鉛の消耗を抑制するためジungkクロメートを塗り重ね更に耐水性と塩化ゴム系塗料の塗り重ね性を向上するためにフェノールMIOを用いるなど理詰めの塗装系となっている。主として英国系の塗料に用いられている。日本での適用例は少ない。		
	工	場	第1層	塗	厚膜型無機ジungkリッチアプライメント	1	700 ()	2日～6ヵ月	70										
			第2層	塗	短バク型エungkアプライマー	1	130 ()	1時間～1日	—	—									
			第3層	塗	フェノールジungkクロメートバイント (B)	1	150 ()	1日～7日	—	—									
			第4層	塗	フェノールMIO	1	300 ()	1日～6ヵ月	45										
			第5層	塗	塩化ゴム系 (中塗)	1	300 ()	2日～6ヵ月	45										
			第6層	塗	塩化ゴム系 (上塗)	1	220 ()	1日～3ヵ月	35										
第7層	塗	塩化ゴム系 (上塗)	1	200 ()	—	25													
I	前処理	1次プライマー		塗	ジungkリッチアプライマー	1	200 (スプレー)	2日～6ヵ月	15								下塗りに耐水性のすぐれたエポキシを用い上塗りに耐候性のすぐれたポリウレタンを用いている。本四連結構で広く採用されており、海上橋に適用する仕様としては最も防食性に優れた長期防食食用として利用される。		
	工	場	第1層	塗	厚膜型無機ジungkリッチアプライメント	1	700 ()	2日～6ヵ月	70										
			第2層	塗	ミストコート… [厚膜型エポキシ (下塗) の希望選択]	1	160 ()	2日以内	—	—									
			第3層	塗	厚膜型エポキシ (下塗)	1	300 ()	1日～3ヵ月	60										
			第4層	塗	ポリウレタン用 (中塗)	1	300 ()	1日～3ヵ月	60										
			第5層	塗	ポリウレタン用 (上塗)	1	170 ()	1日～7日	30										
第6層	塗	エポキシMIO	1	140 ()	—	30													
J	前処理	1次プライマー		塗	ジungkリッチアプライマー	1	200 (スプレー)	2日～6ヵ月	15								Eポキシ/ポリウレタン塗料の塗り重ねは向上塗装が原則であるが、現場と間にMIOを挟むことにより、その層の分裂塗装を可能としたもの。		
	工	場	第1層	塗	厚膜型無機ジungkリッチアプライメント	1	700 ()	2日～6ヵ月	70										
			第2層	塗	ミストコート… [厚膜型エポキシ (下塗) の希望選択]	1	160 ()	2日以内	—	—									
			第3層	塗	厚膜型エポキシ (下塗)	1	300 ()	1日～3ヵ月	60										
現場	第4層	塗	エポキシMIO	1	300 ()	1日～6ヵ月	50												
J	現場	第1層	塗	ポリウレタン用 (中塗)	1	140 (ハケ)	1日～7日	30											
		第2層	塗	ポリウレタン用 (上塗)	1	120 ()	—	25											
	工場	第1層	塗	無機ジungkリッチアプライマー	1	200 (スプレー)	48時間～1ヵ月	15										タールエポキシ仕様と同等の耐水性・防錆性をもつ。塗り替え困難な箇所に適用される。	
		第2層	塗	厚膜型変性エポキシ樹脂系塗料	1	350 ()	24時間～7日	90											
工場	第3層	塗	〃	1	350 ()	24時間～7日	90												
工場	第4層	塗	〃	1	350 ()	—	90												

表-17 経済比較対象塗装系の性質比較

塗	塗	系	施	素	作	保	耐	性	施	期
	層	装	工	地	業	色	食	性	工	待
A	鉛系さび止め+フタル酸		場	の	性	性	(耐塩水性)	性	管理	年
B	鉛系さび止め+フェノールMIO+塩化ゴム系中・上		場	程	性	性	(耐塩水性)	性	の	数
C	同上 工場一括塗装方式		場	度	性	性	(耐塩水性)	性	易	(年)
D	ジンクリッチプライマー+塩化ゴム系下・中・上		場	の	性	性	(耐塩水性)	性	難	
E	厚膜ジンクリッチペイント+塩化ゴム系下・中・上		場	塗	性	性	(耐塩水性)	性		
F	厚膜ジンクリッチペイント+厚膜エポキシ下+塩化ゴム系中・上		場	の	性	性	(耐塩水性)	性		
G	厚膜ジンク+フェノールジンクロ+フェノールMIO+塩化ゴム系		場	程	性	性	(耐塩水性)	性		
H	厚膜ジンク+厚膜型エポキシ(下)+ポリウレタン中・上		場	度	性	性	(耐塩水性)	性		
I	厚膜ジンク+厚膜型エポキシ(下)+エポキシMIO+ポリウレタン中上		場	の	性	性	(耐塩水性)	性		
J	ジンクリッチプライマー+厚膜型変性エポキシ3回塗		場	塗	性	性	(耐塩水性)	性		
			工場/現場	Sa2	◎	○	△	×	◎	※ 7
			工場/現場	Sa2	◎	△	⊕	○	◎	10
			工 場	Sa2	◎	△	⊕	◎	◎	10
			工場/現場	Sa2.5 ~3	○	△	○	○	○	8
			工場/現場	Sa2.5 ~3	○	△	○	○	○	11
			工場/現場	Sa2.5 ~3	○	△	◎	◎	△	11
			工 場	Sa2.5 ~3	○	△	○	◎	○	12
			工 場	Sa2.5 ~3	○	◎	◎	◎	△	15
			工場/現場	Sa2.5 ~3	○	◎	◎	◎	△	15
			工 場	Sa2.5 ~3	○	△	○	◎	○	12 (審閉部20)

※ 厚膜ジンクリッチペイント この上に短バク型エッチングプライマー又はミスコート塗装する。

※※ 期待耐用年数は経済比較のための計算に用いた仮定年数を示したものの。

◎：良好，○：普通，⊕：○と△の間，△：やや劣る，×：劣る。

(3) 各塗装仕様の経済比較

a) 塗装費の累積による比較

塗装費の経済比較では一般に架設時の初期塗装費に塗り替え時の塗装費を順次加算する方法が用いられる。前項で述べた A~J の 10 種類の塗装仕様について以下に示す条件により算出した結果を図-5 に示す。

条件-1; 橋梁の想定耐用年数を 50 年とし、塗り替え

周期は各塗装系の特性に応じ図-5 に示すように 5~12 年と設定した。

条件-2; 塗装費は材料費、塗装工費のみを対象とし、足場費は含まない。

条件-3; 素地調整の程度、塗り替え仕様は各期間の定めているものを基本とした。

条件-4; 経済性の比較は、A 塗装系を 100 とした場合

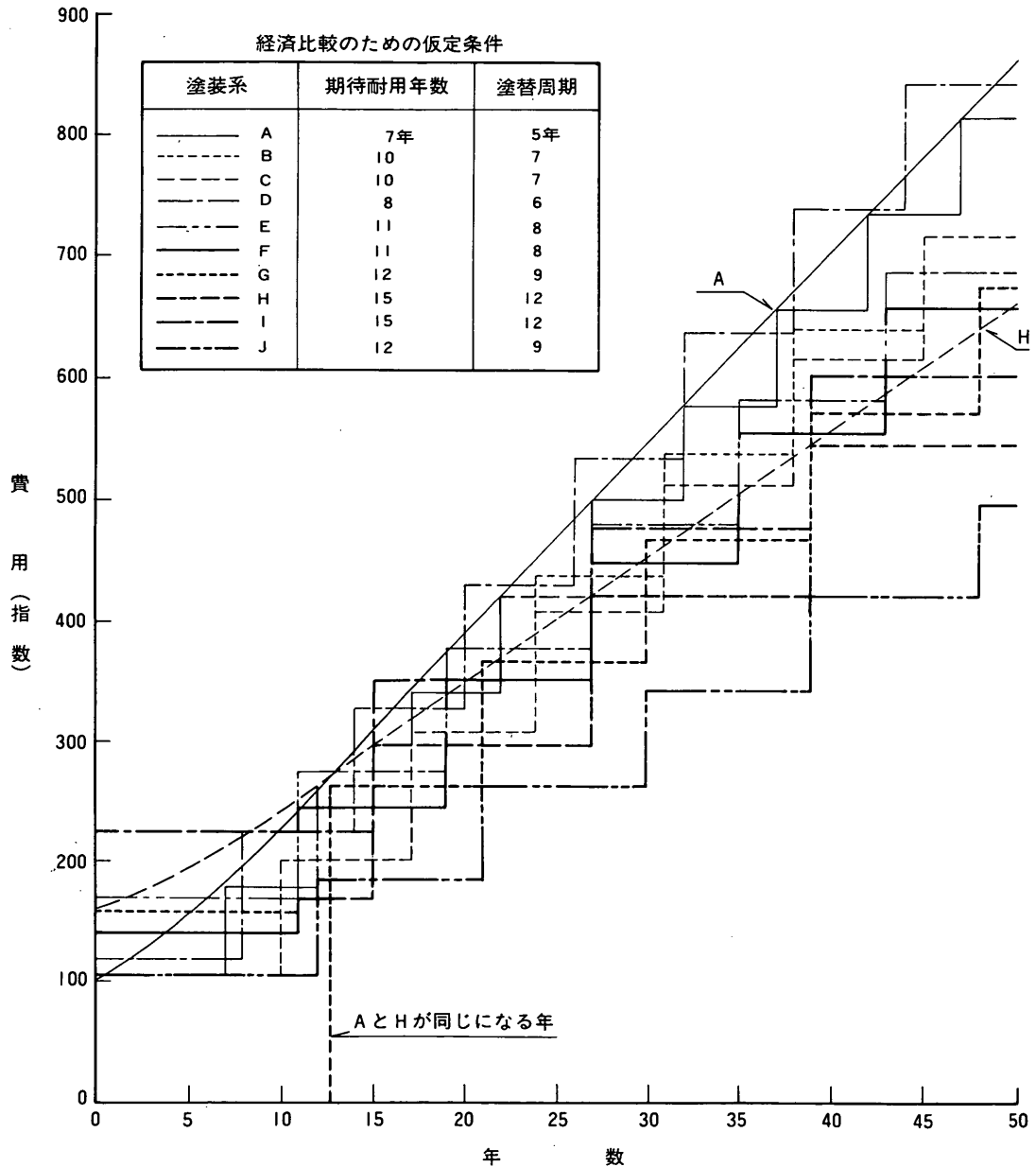


図-5 塗装仕様別による塗装費累積比較

の指数で表す。

図-5によれば、A塗装系とH塗装系（長期防食）において架設初期費用はH塗装系の方がAよりコスト指数は60大きいですが、12.5年で差は無くなり50年目には逆に200低くなることが読みとれる。このように腐食の厳しい環境では長期防食形塗装系を採用した方が経済的に有利である。

b) 塗装費に金利、物価上昇率を加算した場合の比較
一般に金利、物価上昇率を加味した時の費用計算では、架設初期塗装費、物価上昇率、補修費、年利子、全面塗

装費を勘案してコストを求めるが、ここでは計算過程は省略するが、A塗装系の初期塗装費1.0とした時の経年総塗装費をH塗装系と比較した結果を図-6に示す。この比較においても架設後10年で差はなくなり、その後はH塗装系が維持費としては低くなっていく傾向となっており、塗装費の累積による比較と同じ傾向を呈していることが分かる。この比較においては、年金利12%、物価上昇率15%年と仮定している。ただし、年金利6%、物価上昇率4%年としても傾向は同じである。

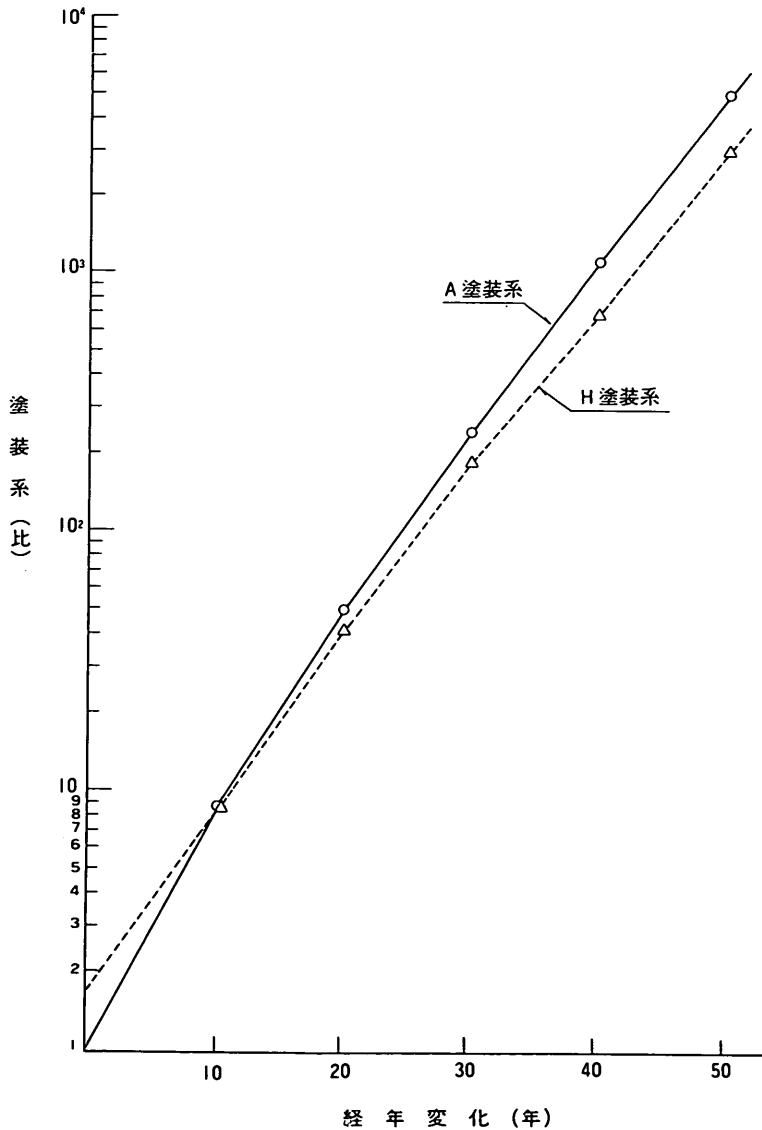


図-6 経年塗装費の経済比較

(4) 塗装の色調

橋梁は港に限らず、従来から街のシンボルとして位置付けされてきた例が多く、そのため塗装色については慎重に決められてきた。

我々の目で識別できる色数は、数百万色にのぼると推定されており、色彩を検討することは、この数百万の中から種々の条件を設定し、色を取捨選択することである。

色の選定においては、塗料は色の種類によって保色性能が異なり、かつ、コストにも差があるため美観性以外に技術面、経済性なども十分考慮することが重要である。

ここでは橋梁として一般的と考えられる色として、6系統（灰色、青色、黄色、橙色、赤色、緑色）に大別し検討を行ってみた。

a) 色のもつ一般的効果

①灰色系（淡彩）

この系統の色は比較的特徴発揮が乏しいように考えられるが、オールシーズン、オールウェザー性があると同時に存在性は極めて明快である。

グレーに見える色も自然の中に配した場合さらに明るく見え、白に近い印象を与えすっきりした色となる。したがって、自然との調和性・明視性もよく上品な感を与える。比較的多く採択されている色である。

②青色系

青色は水のイメージとの連動性から極めて一般的であり、無難な色であるため過去に多くの橋梁で採択されている。コンクリート、ステンレス、アルミ材等の橋梁素材との調和性は良いが、背景がブルーの場合は存在感が弱くなる。

③黄色系

これまでにあまり例のない色でユニークで話題性のある色である。独自性があり、存在感を印象づけるころがあり、特に周囲が緑に囲まれた時、新鮮な配色となりさわやかな感が生まれる。ただし、下地の他の色を隠す

隠ぺい力がないため、厚塗りを強いられコストが割高になる傾向がある。

④橙色系

暖色系の橋梁色は赤色系が代表するが、新鮮な緑の多い所では赤よりもセンスの良い感じを与える。橋梁として採択された実績は殆ど無い。

⑤赤色系

若戸大橋に赤が用いられて以来それが一つのブームになった。赤は鮮やかで華やかな印象を与えるが、環境、美観にかまわず多量に出現し始め今日目ざわりという問題も一部で生じている。

年中通して周囲とは対比的で目立ち、個性的で強い印象を与える。

⑥緑色系

自然の背景に対しては調和感がある。ただし同色の場合溶け込みすぎて存在感が薄れる恐れがある。明度、彩度を高くすれば新鮮な印象を与える。一般的には内陸部の橋梁の色として採用されている。

b) 色の特性比較

各色系について保色性、経済性などの特性を表-18に示す。ただし比較に用いた塗料はポリウレタン樹脂塗料である。表-18の特性比較によれば、灰色系が最も望ましいことになるが、現実的には経済性よりも美観性や周囲との調和性といった美しさが色に求められる場合が多いようである。

過去における沿岸部の長大橋の塗色別として、赤色系では、平戸大橋（長崎県）、若戸大橋（福岡県）、神戸大橋（兵庫県）、八戸大橋（青森県）、城ヶ島大橋（神奈川県）などがある。青色系では、かもめ大橋（大阪府）、石狩大橋（北海道）、第2磨那大橋（兵庫県）、荒川大橋（東京都）、片山湾大橋（岡山県）などがある。灰色系では、関門橋（福岡県）、大鳴門橋（香川県）、大三島橋（愛媛県）、泊大橋（沖縄県）などがある。

表-18 色調による特性比較

（塗料はポリウレタン樹脂での比較）

項目	色系	灰色系（淡彩）	青色系	黄色系	橙色系	赤色系	緑色系
保色性		優～良	良	良	良	良	良
変退色の目立ちにくさ		優	良	良	良	可	良
隠ぺい力		優	良	可	良～可	良～可	良
耐薬品性		優	優	良	良	良	優
低廉性（順位）		1	2	3	4	5	2

3. 4 塗料規格

塗料規格は、塗装仕様で定めた塗料を工事において使用する際、その塗料の性能を確認する試験内容を定めたものである。現在 JIS で規定されていない塗料については発注機関が独自に規格を定めており、規格を新たに定めた場合は、規格内容について国内の代表的 JIS 指定工場で検討を行い規格ごとの塗料ができるか否かの確認をしなければならず、その期間に2～3年要することおよび既存の各機関で定めている規格も十分実績もあり臨海部用として便宜的に利用しても問題はないようであるため、ここでは前述の9機関が制定している規格の中から、塗料の品質規格、試験規格が整備されているものを抽出し、参考的推奨規格として紹介することにとどめることとした。従って詳しくは各機関の規格を参照すればよいが、代表例として、無機ジンクリッチプライマー、厚膜エポキシ樹脂塗料下塗、塩化ゴム系塗料上塗、ポリウレタン樹脂塗料上塗の4種類について、付録 B に示す。

4. 耐候性鋼材使用の橋梁の実態

4. 1 概要

耐候性鋼材とは、Cu、P、Cr、Niなどの合金元素を添加した低合金鋼で、大気中で塗装をしなくても使用に耐える鋼材または塗装をした場合、塗装の寿命を長くすることができる鋼材として一般には理解されている。

米国においては1933年に低合金鋼が製品化され、1963年より建築、橋梁の分野において数多く裸使用されている。しかし我が国の土木分野では、本格的に使用されてはならず、最近ようやく利用の動きが始まった状態である。あまり利用されてこなかった理由として、①耐候性の実験は短期間で実証することが困難であり、5～10年の期間を要する。②耐候性鋼の暴露される地域によって保護錆の性状、安定期間、腐食量等はかなり差がある。③構造物の形状によっても②と同じことが生ずる。④米国のデータがそのまま使えない場合があり、利用技術の確立も不足していた。などがあげられる。

しかしながら我が国において耐候性鋼を用いた橋梁は、昭和59年度までで約460あり、鋼材使用量は58000tになっている。

耐候性鋼は含有成分のため発生する錆がち密で、鋼材表面への密着性が良く、はく離しにくい。このため、約1～5年程度の間には錆が安定し、鋼材の表面を覆い保護するため、以後腐食の進行は非常に少いという特性を持っている。よってこの安定錆を形成させる環境が必要で以下に示すような環境下では本来の機能が発揮されな

い。

①海水中、水中、土壌の中または長期間水中にあると湿気を帯びている所

②常に摩耗し、安定錆がとれやすい所

③酸性の強い化学工場内等

④SO₂濃度の非常に高い所（使用に当たって十分注意を要する環境の意味で必ずしも使用不可ではない）

また、耐候性鋼の特徴として裸使用の場合錆色一色となり、色彩を選択する余地がないこともあげられる。錆が安定化するまでは外観が均一な状態とならないため、それを防ぐ手段としてさび安定化処理を施す場合がある。

使用条件として臨海部は大気中に海塩粒子が多く、鋼材面に塩分が付着すると吸湿性を高め、常に湿気を帯びやすくなり錆の安定化にとって有利ではないため、一般には臨海部の橋梁に耐候性鋼を使用することは好ましくないとされている。

最近の建設省土木研究所の耐候性鋼材の裸使用についての研究でも、適用地域として海岸部からの飛来塩の影響が小さいところを原則とするとされている。

4. 2 港湾での適用実態

(1) 劣化実態

港湾において耐候性鋼材を用いた橋梁は、アンケート調査によれば全国で7橋存在し、裸使用のものは1橋であった。以下にその状況を示す。

a) 函館 C 橋

建設後3年経過した時で、外観からは錆は安定化しており、錆汁の流出等は無の様でさび安定化処理被膜は残存しているようである。

外面仕様は、(素地調整、ウェザーコート、プレバレン吹付)となっており化成処理を行ったものである。環境的には飛沫塩の影響はないと考えられる。

b) 尻屋岬港 B 橋

建設後7年経過した状態で、外観はウェザーコートが劣化した後の桁下面に浮き錆が多く発生しており、添接部のボルトは相当腐食した状況となっている。側面はむらがあるが浮き錆は少ない。(写真-6参照)

外面仕様は、(素地調整、ウェザーコート、プレバレン吹付)となっており化成処理を行ったものである。環境的には冬季風浪で、飛沫塩の影響は大きいと考えられる。

c) 長崎港 K 橋

建設後9年経過した状態で、外観は桁外面部に均等に安定錆が形成されており、桁内側は部分的に浮き錆がみられる。ボルト部は浮き錆がかなりみられる。



写真一六 箱桁下面の発錆状況（尻屋岬港）

外面仕様は、(素地調整、ウェザーコート)となっており化成処理を行ったものである。

環境的には飛沫塩の影響は少ないと考えられる。

d) 酒田港 O 橋

建設後13年経過した状態であるが、5年経過した際錆発生による補修を行っており、塗装で耐久性を保持させた状況となっている。

外面仕様は、(素地調整、プライマー、さび止めペイント、長油性フタル酸樹脂塗料中・上塗り)となっており通常の塗装橋梁並みとなっている。

e) 酒田港 K 橋

建設後18年経過した状態であるが、9年経過した際酒田港 O 橋と同様の補修を行っており、塗装仕様は同一である。

f) 那覇港 T 橋

建設2年しか経過していないが、この橋は沖縄の厳しい腐食環境に対して十分対応できるよう建設時点から外面を重防食塗装したもので、劣化の比較対象とはならない。

g) 衣浦港橋梁

現在工事中で鋼桁を架設中のものであるが、港湾で始めて錆安定処理を行わない裸使用を採択したものである。この理由としては、臨海部でありながら隣接地域に耐候性鋼の裸使用による橋梁が20年間健在であるという事実が存在したことおよび十分な環境調査の結果決定的な否定事項が認められなかったことで、裸使用が採択されている。

(2) 港湾での耐候性鋼材の適用性

建設省では、耐候性鋼材の全国的な適用基準を明らかにするため、昭和56年より全国41ヶ所で暴露試験を実施しており、その結果から鋼材の裸使用の不適用地域として、沖縄全域、日本海沿岸および外洋に直接面したその他の

沿岸を示した。

この判断は、飛沫塩の影響を直接受ける可能性の高い地域は安全側に考え避けるようにしたと思われるが、沿岸部にも様々なとらえ方もあることから、採択に当たっては慎重に判断する必要がある。

港湾の実施例は非常に少なかったため、臨海部での適用性について十分な判断はできなかったが、飛沫塩の影響の大きい地域は明らかに不利な劣化状況を呈していたため、他の研究成果も併せ考えるとそのような地域は適用は無理と考えられる。

むしろ、飛沫塩の影響度の明確でない地域での適用の判断が難しいと考えられる。

美観性を多少犠牲にしても、経済性を重視する場合は十分適用できる沿岸部も存在すると考えられるので、今後さらに適用性について検討をしていく必要がある。

5. 結論

港湾で整備された橋梁の劣化実態調査および他の機関で整備している各種橋梁基準の調査により、以下に示す結論を得た。

1) 橋梁の劣化により最も異常の起こりやすい部位は、鋼橋では錆の発生による上部工本体で、コンクリート橋は表面舗装であった。

2) 鋼橋塗装の劣化による塗り替え実績によると、塗り替え平均インターバルが、海上部10年、水際線直近部12.9年、内陸部15.8年であり、明らかに塗膜の劣化は飛沫塩の影響に左右されることが分かった。

3) 建設後補修していない塗装橋梁について、塗装仕様別に発錆状況を調査した結果、塗装の耐用年数として塩化ゴム系が7～8年、フタル酸系が4～8年、ポリウレタン系が10年以上という結果が想定できた。

4) 現地調査の結果、塗装仕様にジンクリッチペイントを加えることが非常に防錆性能の面でよいことが確認された。

5) 腐食環境の厳しい所における重防食塗装系の耐久性は、地域的差が現れておらず、通常使用されるものとしては、ポリウレタン系とエポキシ樹脂系の組み合わせが最も耐久性が高いことが確認された。

6) 橋梁を整備している他の機関などで規定している基準類の性格を整理分類できた。

7) 耐候性鋼材の裸使用については、臨海部は従来不適地と認識されてきたが、構造的対応や十分な環境調査を行うことで港湾でも適用できる可能性大であることが認識できた。

8) 塗装色の色調が橋梁にどのような印象を与え、また

色の特性や経済性がどのような傾向にあるか確認できた。個人的美観性を除けば、灰色系（淡彩色）が望ましい。

6. あとがき

今回の調査により、港湾で整備した橋梁の劣化実態のほぼ全容が確認できたが、調査の重点を鋼橋塗装に置いたため、建設当初の古いデータが保存されていなかったり、橋梁管理者の認識が十分でなかった面もあり、必要とする情報が入手しにくく塗膜の劣化度を判定する上で大分支障があった。

塗装の考え方については、100%近くの管理者が独自のものを保有しておらず、他機関で制定された基準類を準用している状況にあった。しかしながら今回の調査では臨海部という厳しい腐食環境下では、港湾独自の塗装基準類を整備することがやはり不可欠であることを痛感させられた次第である。

塗装仕様や塗料規格については、他機関の準用も含めて推奨版を提案したが、厳密には常に海辺に接している橋梁に適した耐久性を保障できる規格類を独自に調査、制定していく努力が今後必要と考える。

本資料は、鋼橋の塗装について多少マニュアル的の意味も含めてまとめてあり、港湾において今後益々橋梁建設事業が増大してくると予想されるが、その様な際少しでも本資料が参考となれば幸いである。

最後に、この調査において協力を頂いた各港湾管理者、日本道路公団沖縄管理事務所、(財)沖縄県建設技術センター、沖縄総合事務局港湾計画課、(社)日本橋梁建設協会、各港湾建設局等の担当各位と琉球大学矢吹教授に感謝の意を表します。

(1989年3月30日受付)

参考文献

- 1) 財団法人沖縄県建設技術センター：鋼橋における腐食度測定業務実施計画書，昭和61年3月
- 2) 社団法人日本鋼橋塗装専門会：日本道路公団沖縄自動車道許田高架橋塗装追跡調査報告書，昭和62年
- 3) 社団法人日本道路協会：鋼道路橋塗装便覧，昭和54年2月
- 4) 社団法人日本橋梁建設協会：ポートフリーウェイ整備技術調査業務報告書，昭和63年3月
- 5) 高架構造研究会：道路橋の点検補修，理工図書，1978年
- 6) 本州四国連絡橋公団：鋼橋等塗装基準・同解説，昭和55年3月
- 7) 首都高速道路公団：塗装設計施工基準，昭和61年3月
- 8) 阪神高速道路公団：土木工事共通仕様書，昭和58年5月

付録 A. 実態調査表様式

臨港交通施設における橋梁の実態調査

調査目的

臨港交通施設における橋梁は、臨海地域に位置するため常時的に高湿度、直接的な飛沫、海塩粒子の高密度付着、強い紫外線等陸域部と比較して厳しい自然条件下におかれている。

従って臨海部での橋梁建設では特に長期的に耐久性が保持されていることが要求され、そのためには臨海部に適応した経済的な維持・補修法の確立及び新設時の最適な防食設計法等を確立しておくことが重要である。これらの確立のためには既存の橋梁の実態を調査することが重要であり、特に海象条件の影響を受けやすい港湾分野で整備した橋梁を中心とした実態調査が不可欠である。

以上の趣旨により橋梁の実態調査を実施するものである。

調査要領

1. 対象橋梁

港湾関連予算（補助事業等）で施工した既設の全橋梁（S62年7月中に完了予定の橋梁も対象とします。）とし、鋼橋は様式-1に、コンクリート橋は様式-2に記入して下さい。但し様式-3は、鋼橋、コンクリート橋各々共通としているため、様式-1と様式-2と様式-3というように対してとりまとめて下さい。

2. 調査表の記入

記入要領に従って各々の様式毎に調査表を作成して下さい。（記入例参照）

3. 塗装仕様

塗装仕様は塗装の耐久性を分析する上で重要となりますので、古い橋梁でも極力調査し記入するようにして下さい。

4. 地形図の添付

橋梁の架設されている地点がわかる平面図を添付して下さい。なお当該港に対象とする橋梁（鋼橋、コンクリート橋）が複数ある場合は平面図中に各々の橋梁の位置を明示して下さい。

5. 該当する橋梁が存在しない場合でもその旨回答して下さい。

記入要領

（様式-1の場合）1-1-1-3

橋梁名 : 名称を記入して下さい。

橋梁形式 : 斜張橋、鋼床版桁橋、プレートガダー橋、ニールセン橋、…等の形式を記入して下さい。なお同一橋で鋼橋の形式が2つ以上ある場合は全て記

入して下さい。

竣工年月

: 上部工の架設・塗装工事が完了した最終年月を記入して下さい。

橋格

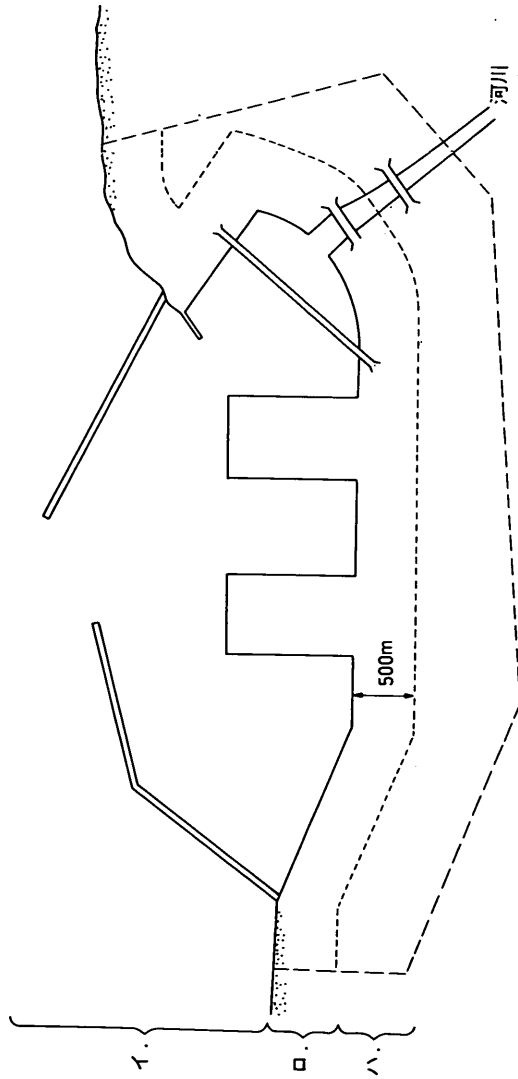
: 1等橋又は2等橋のどちらか該当するところに○印をつけて下さい。

規模

: 同一形式毎に規模を分けて記入して下さい。(例えばプレートガーダー区間100m×15m, 斜張橋区間200m×15m) B: 総巾口

架設地点

: 海面上に架設してある場合はイ.に○印をつけ、水際線から陸地側でその距離が約500 m 以内の橋はロ.に○印をつけ、ロ.よりも内陸部にある臨港地区内橋梁は、ハ.に○印をつけて下さい。右図を参照して記入して下さい。



付図A-1 架設地点

事業予算科目: 一般改修事業、起債事業、起債事業、公害防止対策事業...等を記入して下さい。

なお、各々の事業の付帯工事で実施した橋も対象にして記入願います。

橋梁図面の有無: 側面図及び断面図等の保存の有無について該当する箇所に○印をつけて下さい。

技術資料の有無: 設計計算書あるいは発注特記仕様書等技術関係資料の保存の有無について該当する箇所に○印をつけて下さい。

補修履歴: 工事完了後現在までに実施してきた補修工事についてその実施年月とその内容について記述して下さい。なお補修を行っていない場合は無しと記入し、実態が全く判らない場合は不明と記入して下さい。

保守点検基準：保守点検を行うための目安を目的とした基準類が整備されているか否かについて該当する箇所に○印をつけて下さい。有の場合は簡単にその内容を記述して下さい。(例えば年1回外観検査をし、数点膜厚計で測定する。等)

塗装仕様等：竣工当初採用した代表的塗装仕様を記述して下さい。記入欄が不足する場合は別紙(様式自由)を作成して下さい。又塗り替え時に塗装仕様を変更した場合はその内容も記入願います。なお、塗料を使用せず耐候性鋼材の裸使用とかメッキ使用等を用いている場合はその旨記述して下さい。

外観色：上塗り塗料の色を記入して下さい。なお色票No又はマンセル値が判る場合はその値も記入して下さい。

塗装仕様を決定した根拠：塗装仕様を決める上での根拠について記述して下さい。

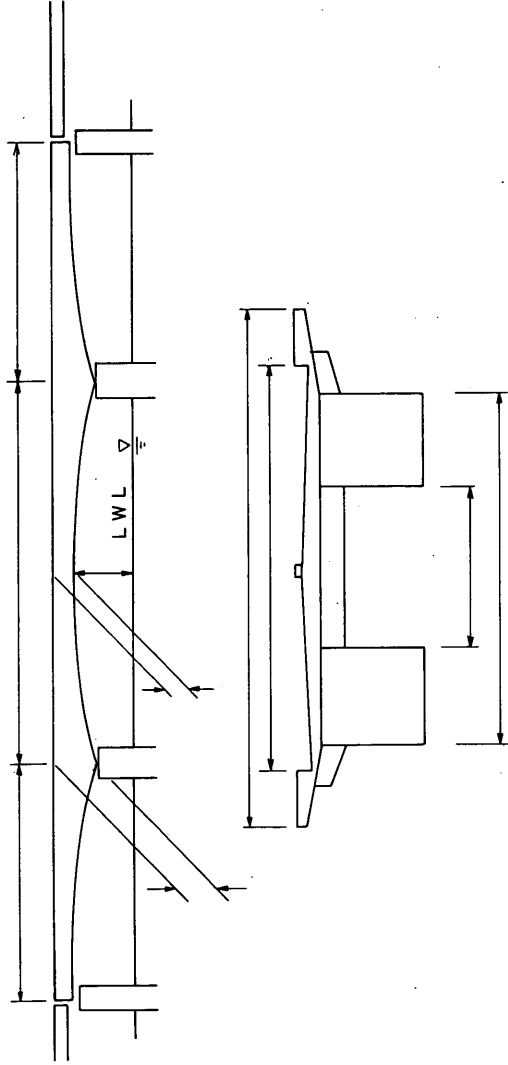
(例えば塗装便覧を参考にし、現地の環境条件も考慮して重防食仕様になっている。あるいは、本四公団の塗装仕様に準拠した仕様として
いる等…)

現在の塗装状況：該当する箇所に○印をつけて下さい。

断面図、側面図：寸法は橋梁の規模が判別できる必要最小限のものを記入して下さい。又、橋梁のクリアランスを知る上で必ずレベルも記入して下さい。

写真撮影：現時点における当該橋梁のカラーの全景写真と塗装面が判断できる部分写真を添付して下さい。

特に部分写真においては塗装の劣化部が含まれるように配慮して下さい。



付図A-2 断面図・側面図

(様式-2 の場合)

- 橋梁名 : 名称を記入して下さい。
- 橋梁形式 : PC単純T桁橋, ゲルバー式ラーメン橋, 連続スラブ橋…等の形式を記入して下さい。なお同一橋で形式が2つ以上ある場合は全て記入して下さい。
- 橋格 : 1等橋又は2等橋のどちらか該当するところに○印をつけて下さい。
- 規模 : 同一形式毎に規模を記入して下さい。
- 架橋地点, 事業予算科目 : 様式-1 の記入要領に準じて該当するところに○印をつけて下さい。

(様式-3 の場合) 3-1-3-2

評価 : 橋梁の現状評価については程度に応じ, 次の評価ランクから該当する記号を記入して下さい。

(評価ランク)

- A……………なんら異常がなく, 健全なもの
- B……………欠陥はあるが, 特に対策を講ずる必要のないもの
- C……………機能的には影響はないが, 共用しながら観察を要すると思われるもの
- D……………構造物の安全率が大きく, 通行不能が予想される等のもので緊急に補修を要するもの
- E……………欠陥の程度が大きく, 通行不能が予想される等のもので緊急に補修を要するもの
- F……………欠陥があるがB~Eのどれに該当するか判断できないもの
- G……………評価が不明なもの

調査項目のチェックポイント…………… : 調査に当り以下以下の点に留意しつつ記入するようにして下さい。調査は目視による外観調査でかまいませんが, 評価ランクで C~F に分類されたものについては, 写真を添付されるようお願いいたします。

- 舗装……………段差, 路面凹凸, わだち掘れ, ひび割れ, フレッシング, その他
- 伸縮装置……………盲目地・切削目地の場合 : 目地周辺部の陥没, 舗装部亀裂
- 尖合せ式の場合 : シール材脱落, 後打ち材とはく離, 後打ち材の角欠け
- ゴムジョイントの場合 : ゴム破損, アンカーボルト弛み, ボルトホール, 騒音
- 鋼フィンガーの場合 : 継手作動, アンカー部材
- 支承……………査座の沈下, 材料の破損, 錆, 圧壊, その他
- 高欄・ガードレール……………腐食, 変形, 破壊, その他
- 照明装置……………照明柱の場合 : ランプ破損, 柱の変形, 錆, その他
- 分電盤, 配線の場合 : 破損, 錆, その他
- 排水施設……………破損, 錆, 目詰まり, その他
- 上部工本体……………変位, 異常変形, 継手のゆるみ, クラック, 表面はく離, その他
- 落橋防止装置……………破損, 錆, クラック, その他
- 下部工……………変形, 傾斜, クラック, 表面はく離, 沈下, その他

様式-1 (鋼橋)

1-1

記入者氏名	所属・職名	TEL
橋梁名	橋梁形式	竣工年月
橋格 1等橋 2等橋	規模	
架橋地点 イ. 海上 ロ. 水際線直近 ハ. 内陸部		
事業予算科目		

橋梁図面の有無 イ. 有 ロ. 無	技術資料の有無 イ. 有 ロ. 無 (内訳)
補修履歴	現在までに実施した補修年月及びその補修概要
保守点検基準	イ. 有 ロ. 無 (有の場合はその内容)

<p>塗装仕様等</p> <p>1) 上塗の塗装方法 イ. 工場塗装 ロ. 現場塗装</p> <p>2) 塗装仕様</p>	<p>外観色 (色票No) 又はマンセル値</p> <p>塗装仕様を決定した根拠</p>
---	---

<p>現在の塗装状況</p> <p>イ. 健全（塗装に異常なし）ロ. 色がわずかに又は部分的に退色 ハ. 色が著しく又は全面的に退色 ニ. 錆が部分的にある ホ. 錆が全面的にある ヘ. 塗装の部分的はがれ又はふくれ ト. 塗装の全面的脱落又はふくれ チ. 鋼材の腐食が著しい</p>	<p>橋梁の概略の断面図、側面図を記入又は添付してください。</p>
<p>現在判断して塗装仕様は耐久性上問題があると思いますか。</p>	<p>現在の橋梁の状況を撮影し、写真を2～3枚添付して下さい。（全景、近景）</p>

様式-2 (コンクリート橋)

記入者氏名	所属・職名	TEL
橋梁名	橋梁形式	
橋 格 1等橋 2等橋	規 模	
架橋地点	イ. 海上 ロ. 水際線直近 ハ. 内陸部	
事業予算科目		
<p>橋梁の概略の断面図, 側面図を記入又は添付して下さい。</p>		

様式-3 (鋼橋, コンクリート橋共通)

3-1

舗装	評価	舗装材料	
	状況の概要		
伸縮装置	評価	装置の種類	イ. 目地方式 ロ. 突合せ方式 ハ. ゴムジョイント ニ. 鋼フィンガー
	状況の概要		
支承	評価		
	状況の概要		
高欄・ガードレール	評価		
	状況の概要		
照明装置	照立柱の評価	状況の概要	
排水施設	分電盤・配線の評価	状況の概要	
	評価		
上部工本体	評価		
	状況の概要		
落橋防止装置	評価		
	状況の概要		
下部工	評価		
	状況の概要		

付録 B. 塗料種別（4種類）と代表的塗料の特徴

a) ショッププライマー

ショッププライマーとは、鋼材をプラストなどにより素地調整を行ったのち、下塗りを行うまでの間一時的にさびを防ぐために塗る塗料のことで基本的に次の性能が要求される。

- ①速乾性であること
- ②3～6ヶ月の屋外暴露に対し耐久性があること
- ③鋼材との付着性に優れ、摩擦、衝撃、引っかき、屈曲などに耐えること
- ④溶接、溶断、歪取りなどの作業に支障がないこと
- ⑤各種の下塗塗料との付着性がよいこと

ショッププライマーの種類として、エッチングプライマー（ウオッシュプライマー）とジンクリッチプライマーとがあり、エッチングプライマーは用途により短暴形と長暴形に分けられている。それぞれの特徴は以下のとおりである。

（短暴形エッチングプライマー）

ビニルブチラル樹脂とジンクロメートとリン酸液とから成り、亜鉛、アルミニウム、厚膜無機ジンクリッチペイントの上に下塗塗料を塗装する際、その付着性を向上させる目的で塗布される。

日光や水で直ちに劣下するため防食性が悪いので、塗料後12時間以内に下塗塗料を塗る必要がある。

（長暴形エッチングプライマー）

ビニルブチラル樹脂とジンクロメートとリン酸液とから成り、主にミルメーカーのショッププライマー塗装ラインで塗装される。非鉄金属面には用いることはできない。

約3ヶ月間の暴露防食性を有しており、本塗料の上に塗装される塗料は、油性形さび止めペイント、フタル酸樹脂形さび止めペイント、タールエポキシ樹脂塗料である。防食性はやや劣ると理解しておいた方がよい。

（ジンクリッチプライマー）

高濃度亜鉛末塗料ともいわれ、乾燥塗膜中に70～95%程度の金属亜鉛を含んでいる。溶接、溶断性に優れており重防食性塗装仕様に適用される。

ビヒクル（展色材）によって有機系と無機系に分けられ、有機系は約6ヶ月間の暴露防食性を有するが、無機系は約6～10ヶ月間と長く単価も高い。

本塗料の上には通常、厚膜型エポキシジンクリッチペイント、エポキシ樹脂下塗塗料、タールエポキシ樹脂塗料、ノンブリードタールエポキシ樹脂塗料、塩化ゴム樹脂下塗塗料が塗装される。

通常の塗膜厚は15～20 μ mで塗装される。

b) 下塗塗料

一般にさび止めペイントともいわれるように、鋼橋の防錆上重要な役割を持った塗料で、以下のような性質を要求される。

- ①被塗物との付着性にすぐれていること
 - ②水分、酸素、その他の腐食性物質が透過しにくい
 - ③金属面での腐食反応の進行を防ぐ作用を持つこと
 - ④耐候性、耐水性、耐薬品性など塗膜のおかれる条件に耐えること
 - ⑤塗膜の物理的性質がすぐれており、塗膜に傷を生じにくく、さびが発生しても広がらないような強さを持つこと
- 下塗塗料で一般的に用いられる主なものを以下に示す。

（鉛丹さび止めペイント）

鉛丹をさび止め顔料とした赤橙色の塗料で、油性系のもの（1種）と速乾性の合成樹脂系のもの（2種）がある。防錆力は比較的大きく実績もあるが、作業性がやや悪く他の鉛系さび止め塗料に比べて塗布量が多く、価格も高いため最近では使用量が減少傾向にある。

非鉄金属との付着性はなく、使用環境としては腐食の激しくない地域に用いるのがよいようである。

（鉛系さび止めペイント）

使用するさび止め顔料の種類により、亜酸化鉛さび止めペイント、塩基性クロム酸鉛さび止めペイント、シアナミド鉛さび止めペイントに分けられる。

乾燥が早く、作業性も比較的良好だが、鉛丹さび止めペイントに比べて塗布量が少ないので乾燥塗膜厚が薄くなる。色は酸化鉄（べんがら）により赤さび色である。腐食環境のあまり厳しくない地域で用いるのがよい。

（塩化ゴム系下塗り塗料）

耐水性、耐薬品性、層間密着性が良好な塗料で、塩化ゴム、塩素化ポリオレフィン、可塑剤などから成っており溶剤揮発形塗料である。

本塗料は直接鋼面に塗装すると樹脂中の塩素が遊離し、発錆を早めることになるので、一般にはジンクリッチプライマーやエポキシ樹脂塗料の上に塗装する。

樹脂の品質改良とジンクリッチプライマーと組合せることにより一躍、重防食塗料の中心として着目されるようになり、工業地帯などの腐食環境がやや厳しい地域に多く使用されている。耐候性は長油性フタル酸樹脂塗料よりも優れている。

（厚膜形ジンクリッチペイント）

このペイントは50～75 μ mの厚膜に塗装しても流れやわれが生じないように製造されており、ビヒクルの種類により有機系と無機系に分かれている。

乾燥が早く、防錆力が大きく特に傷部からのさび発達を妨げる性質が大きい。浸水部材の防錆には特に適する。無機系は有機系より防錆力は大きいですが、価格は多少高い。無機系は本四連絡橋などの重防食塗装仕様の下塗り塗料としての実績が多い。

（厚膜形エポキシ樹脂塗料下塗り）

エポキシ樹脂にアミン系硬化剤を使用した2液型塗料である。

耐水性、耐海水性、耐薬品性に優れ、長期的防錆力が大きいいため重防食塗装仕様として使用され、通常60～150 μ mの厚膜に塗装される。

また、熱にも強くグースアスファルト敷設時の熱に耐えられるが、屋外で使用すると白亜化（チョーキング）を起し、低温では乾燥不良となる性質も持つ。

（タールエポキシ樹脂塗料）

タール系を含むエポキシ樹脂をベースとし、アミン系硬化剤またはイソシアネート樹脂で硬化する2液型塗料である。

防食性、耐水性、耐薬品性に優れているが、耐紫外線性に劣るため外面には用いられない。また、タール自体が黒色の為、仕上げ色は黒色とこげ茶色に限定され、本塗料の上に上塗りして色付けしようとしてもタールが上塗りヘブリード（にじみ）するので、次第に褐色に変色することに注意する必要がある。通常60～150 μ mの厚膜に塗装される。JIS K 5664には3種類（1種、2種、3種）の品質が規定されているが、橋梁では主に1種を用いる。

（ウレタン樹脂下塗り塗料）

ポリオール樹脂をベースとし、イソシアネートを硬化剤に使用した2液型塗料である。

防食性に優れ、低温乾燥性にも優れている。適用可能な上塗り塗料は、エポキシ樹脂系、塩化ゴム系、ポリウレタン、ふっ素樹脂系である。

c) 中塗り塗料

中塗りとは下塗りと上塗りとの間にあって、両者の付着および下塗りの防錆、上塗りの耐暴露性を補い塗装系全体としての防錆性能の向上をはかるものである。下塗りは防錆性から顔料の配合比が多く硬質であり、上塗りは耐暴露性や耐水性などの性質を向上させるためにビヒクルが多いため軟質である。従って中塗り塗料は両者の中間的組成を持っている。

塗料の種類として一般には、エポキシ樹脂系、塩化ゴム系、ポリウレタン、フタル酸樹脂系、フェノール樹脂が用いられ、その特徴は下塗りに用いられる同一塗料と同じである。従ってここでは下塗りに用いていないものだけを紹介しておく。

（フェノール樹脂系 MIO 塗料）

フェノール樹脂および併用樹脂に MIO（マイカシアス・アイアン・オキシド）を顔料として混合した塗料で、

中塗りとして使用すれば上塗りとのインターバルを長期間とれる。海上、工業地帯のような環境でも優れた耐久性がある。下塗りには一般に鉛系さび止め塗料が用いられ、上塗りには塩化ゴム系塗料、合成樹脂調合ペイントが塗装される。

MIOとは雲母状酸化鉄でヨーロッパで古くから塗料顔料として使用され、近年になって我が国でも橋梁、タンクなど多くの鋼構造用の塗料として使用された。MIOは鱗片状の粒子を多量に含んでおり、一般の顔料よりはるかに粗大であり、また、アルミニウムフレーク顔料のように層状に配列しないため塗膜はざらざらとした表面となる。このシャープな粗面がMIO塗料の最大の特徴で、過去に問題となった長期暴露後の上塗り層間にはく離の対策として重要な役割を果たしている。

塗膜の外観は黒色を呈しているが、暴露により顔料が表面に現われ、独特な金属的スパークリングが見られる。

(エポキシ樹脂系MIO塗料)

エポキシ樹脂にMIOを顔料として混合し、アミン系硬化剤で硬化する2液型塗料である。

耐水性、耐塩水性、耐薬品性に優れているため、海上、工業地帯のような環境に優れた耐久性を示す。

下塗りにはエポキシ樹脂系が用いられ、上塗りにはエポキシ樹脂系やウレタン樹脂系の塗料が塗装できる。

一般に塗膜厚は50~100 μ m程度塗装できる。

d) 上塗塗料

上塗塗料は塗装系の最も外側にあるため、耐水性、耐候性、耐薬品性、耐摩耗性などについて十分機能し、膜が硬く物理的強度が大きいことが求められる。

また、美観上から変退色しにくく、汚れにくいことも大切な条件の1つである。

上塗塗料で一般的に用いられる主なものを以下に示す。

(フタル酸樹脂塗料)

乾性油にフタル酸を混合して作った樹脂をビヒクルとしたもので、樹脂中の油長(乾性油の含有量)によって性質を異にする。油の含有量に応じて、超長油性、長油性、中油性、短油性の種類に分けられている。

長油性のものは、作業性と塗膜性能(乾燥性、耐候性、光沢)が良いが、耐アルカリ性や耐水性が小さいので、床版からのアルカリ性雨水により軟化し、さび・はがれの原因となる場合もあるので注意が必要である。また、比較的早い時期に変退色、白亜化が起こる。

(塩化ゴム系塗料上塗)

耐水性、耐酸性、耐アルカリ性に優れているので、汚染環境やコンクリート汁の流下する箇所の塗装にも適し、同じ塗料では密着性が良好で、乾燥は早い。

耐候性はフタル酸樹脂塗料より優れているが、ポリウレタン樹脂塗料より劣り、耐熱性は60℃位である。

海上や都市・工業地区での使用に適している。

(ポリウレタン樹脂塗料上塗)

アクリル樹脂またはアルキド樹脂と非黄変形ポリイソシアネートを硬化剤とする2液型塗料である。

塗料の特徴として、付着性がよい、耐候性がよく紫外線に侵されにくい、防錆力に優れ塩水噴霧試験2000時間でも発錆しない、光沢がよく色調が鮮明である、塗膜がち密であり耐薬品性・耐水性・耐溶剤性に優れ物理的強度が大きい、耐熱性に優れ120℃の連続使用にも耐える、などがあげられる。

海上、海浜地区、汚染のはげしい環境での使用に適している。但し中塗りは専用の中塗を用いる必要がある。

(エポキシ樹脂塗料上塗)

エポキシ樹脂にアミン系硬化剤を使用した2液型塗料。

耐水性、耐薬品性、付着性に優れているが、屋外に暴露した場合白亜化が早期に起る。白亜化は塗膜の表層のみに限られ、耐久性自体には影響が少ないが美観上の理由でポリウレタン樹脂塗料が上塗りとして用いられる例が多い。

(フッ素樹脂塗料上塗)

フッ素樹脂をビヒクルとした2液型上塗塗料である。

耐アルカリ性、耐酸性、耐候性に優れ、特に光沢保持性が極めてすぐれている。

耐候性はポリウレタン樹脂塗料よりすぐれている。

海上、海浜地区、汚染のはげしい環境での使用に適している。

(アクリルシリコン樹脂塗料上塗)

シリコンアクリル樹脂と硬化触媒またはイソシアネートを硬化剤とした2液型上塗塗料。

性能はフッ素樹脂塗料とほぼ同等である。

(エポキシ樹脂系 MIO 塗料)

中塗塗料で示した内容と同一の性質を示す。

(フェノール樹脂上塗)

油変性フェノール樹脂をビヒクルとした上塗塗料で、フタル酸樹脂塗料と比較して耐酸性、耐水性にすぐれているが、耐候性は低い。鋼橋にはほとんど使用されていない。

付録 C. 塗料規格例

無機 ジンクリッチプライマー

1. 適用範囲 この規格は、無機質ジンクリッチプライマーについて規定する。

備考 無機 ジンクリッチプライマーは、亜鉛末・アルキルシリケート・顔料および溶剤をおもな原料とした1液1粉末のものとする。

2. 品質 無機 ジンクリッチプライマーの品質は、3. 試験方法によって試験して、表1の規定に適合しなければならない。

表1 無機 ジンクリッチプライマーの品質

項目	種類	粉	液	混合物
容器の中での状態		微小で一様な粉末であること。	かき混ぜたとき堅いかたまりがなく、一様になること。	—
乾燥時間 (h)		—	—	1 以内
塗膜の外観		—	—	塗面に流れ・むら・われ・はがれがないこと。
混合安定性		—	—	5時間置いた後、吹付け塗りの作業に支障がなく、塗面にむら・われ・はがれがないこと。
耐衝撃性		—	—	500mmの高さから500gのおもりを落したとき、おもりの衝撃で塗膜にわれおよびはがれができないこと。
塩水噴霧試験		—	—	168時間の塩水噴霧に耐えること。
加熱残分 (%)		—	—	50以上
加熱残分中の金属亜鉛 (%)		—	—	80以上

3. 試験方法

3.1 試料採取方法 JIS K 5400 (塗料一般試験方法) の2による。

3.2 試験の一般条件 JIS K 5400の3による。ただし、次の条件による。

(1) 液と粉の混合は、その塗料の製造業者の指定した方法による。

(2) 混合した試料は、よくかきまぜたのち30メッシュの金網で濾過し、ただちに塗る。はじめの混合から時間を測定して、5時間を過ぎたものは試験に用いてはならない。

(3) 試験板は、とくに規定する以外はサンドブラスト鋼板 (約200×100×3mm) を用いる。サンドブラストの条件は表2による。

表2 サンドブラスト

除 錆 度	SIS Sa 2 1/2以上
研 掃 材	珪 砂
表面あらさ	25 μ Rz を標準とする

- (4) 混合物の塗り方は、吹付塗りとし、1回塗りの乾燥膜厚は15~20 μ とする。なお必要があれば製造業者の指定したシンナーを用いて薄めてもよい。吹付条件は、製造業者の指定した条件を順守する。
- (5) 膜厚の測定は表3による。

表3 膜厚の測定

測 定 器	2点調整式電磁膜厚計
零 点 調 整	材質の同じ鋼板であらさ5 μ 以下で、大きさ100×100×5mmで合わせる。
標準厚みの調整	標準板は出来るだけ測定値に近い厚みのものを用い、零点調整に用いた板の上で合わせる。
測 定	測定点は試験片の長さ方向にはほぼ等間隔に5点とり、この中の3点以上の測定値が規定の範囲内であること。ただし厚さ1mmの軟鋼板を測定するときは零点調整に用いた板の上ののせて測定する。

- 3.3 容器の中での状態 JIS K 5400の5-1(2)による。ただし、粉については肉眼で判定する。
- 3.4 乾燥時間 JIS K 5400の5-8(2)による。
判定は塗面の中央を親指と人差指で強くはさんでみて塗面に指紋によるへこみが見つかず、塗膜の動きが感じられないときは、試料は乾燥しているものとする。
- 3.5 塗膜の外観 JIS K 5400の6-1による。ただし、塗装してから48時間放置ののち、流れ・むら・われ・はがれを調べる。
- 3.6 混合安定性 試料を3-2により混合希釈したものを、約250 mlのふたつきポリエチレン容器に約250 ml入れ、20±1℃で5時間置いたのち、3-2の方法で1回塗る。このとき吹付け塗りの作業性を調べる。
- 3.7 耐衝撃性 3-6に用いた試験片をさらに5日乾燥後JIS K 5400の6-1, 3-3のB法の衝撃変形試験機を用いて衝撃試験を行う。
試験は、半径6.35±0.03mmの撃ち型と平らな受台とを取りつけ、試験片の上面を上向きにしてその間にはさむ。重さが500±1gのおもりを高さ50cmから撃ち型の上に落す。塗面の試験位置を変えてこの操作を3回繰り返す、われ・はがれを調べる。衝撃試験3回のうち2回以上に、われ・はがれができないときは合格とする。ただし、衝撃試験の判定において、衝撃で周囲の塗膜がもちあがっても、その部分にわれ・はがれのないときは合格とする。
- 3.8 塩水噴霧試験 JIS K 5400の7-8による。ただし、試料を試験板3枚の片面に3-2の方法で塗り、直ちに板の周辺を試料で塗膜に直接5mm以上重なる様にはけて塗り包み、48時間置いて試験片とする。168時間塩水を噴霧したのち、塗面を調べて試験片2枚以上について、塗膜に付けた傷の両側3mm以外に赤さびを認めないときは、「塩水噴霧に耐える」とする。
- 3.9 加熱残分 JIS K 5400の8-2による。ただし、「液について測定し」粉との混合比により混合物の加熱残分を計算する。
- 3.10 加熱残分中の金属亜鉛 JIS K 5626の5-15による。ただし、粉について測定し加熱残分と混合比により加熱残

分中の金属亜鉛を計算する。

4. 注

本規格は阪神高速道路公団の規格の内から引用した。

厚膜型エポキシ樹脂塗料下塗

1. 適用範囲 この規格は、厚膜型エポキシ樹脂塗料下塗について規定する。
- 備考 厚膜型エポキシ樹脂塗料下塗は、顔料・エポキシ樹脂・硬化剤および溶剤をおもな原料とした2液型のものである。ただし、硬化剤にはポリアミド・アミンアダクト等を用い、低級アミンは使用しないものとする。
2. 種類 厚膜型エポキシ樹脂塗料下塗は、つきの2種類に分ける。
 A：厚膜型エポキシ樹脂塗料下塗
 B：厚膜型エポキシ樹脂塗料下塗・低温用
3. 品質 厚膜型エポキシ樹脂下塗の品質は、4. 試験方法によって試験して、表1の規定に適合しなければならない。

表1 厚膜型エポキシ樹脂下塗塗料の品質

項目	種類	A	B
容器の中での状態		主剤・硬化剤ともかき混ぜたとき堅いかたまりがなく一樣になること	
混合性		均等に混合すること	
つぶ(μ)		40以下	
乾燥時間(h)		16以内	
低温乾燥性(h)			5℃で24以内
塗膜の外観		塗面をみて平らさは良好で、流れ・つぶ・しわ・むら・われ・ふくれ・あな・はがれがないこと	
ポットライフ		20℃で使用できる時間が5時間以上であること	5℃で使用できる時間が5時間以上であること
耐衝撃性		500mmの高さから300gのおもりを落したとき、おもりの衝撃で塗膜にわれおよびはがれができないこと	
基盤目試験		25/25であること	
耐屈曲性		7日放置したのち直径10mmの心棒で試験して折り曲げに耐えること	
塩水噴霧試験		192時間の塩水噴霧に耐えること	
混合塗料中の加熱残分(%)		60以上	
混合塗料中の溶剤不溶物(%)		40以上	30以上

4. 試験方法

- 4.1 試験の採取方法 JIS K 5400 (塗料一般試験方法)の2.による。
- 4.2 試験の一般条件 JIS K 5400の3.による。ただし、
- (1) 主剤と硬化剤との混合は、ふたのある容器を用いて、その塗料の製造業者が指定した方法による。
 - (2) 混合物は、その容器にふたをして30分間置く。
 - (3) 混合した試料は、毎回よくかき混ぜたのちただちに塗る。はじめの混合から時間を測定して、ポットライフの最短限を過ぎたものは試験に用いてはならない。
 - (4) 試験片は、とくに規定する以外は軟鋼板(約150×70×1mm)とする。
 - (5) 混合物の塗り方は吹付塗りとし、乾燥膜厚は7日間乾燥した時に測定して、55~65 μ になるようにする。なお必要があれば製造業者が指定したシンナーを用いて30%以内でうすめても良い。
- 4.3 容器の中での状態 JIS K 5400の5.1 (2.1)により、主剤、硬化剤について別々に試験を行う。
- 4.4 混合性 主剤と硬化剤とを3.2(1)によって混合し、ガラス棒でかき混ぜたとき、容易に一樣になるときは、「均等に混合する」とする。
- 4.5 つぶ JIS K 5400の4.4のB法による。
- 4.6 乾燥時間 JIS K 5400の5.10 (2.2)による。
- 4.7 低温乾燥性 4.6と同じ方法で塗り、ただちに5 \pm 1 $^{\circ}$ Cの低温恒湿器、または冷蔵庫(容積はJIS K 5400の5.8注(3C)による)中で塗面を上向きにして乾燥し、規定の乾燥時間が過ぎたとき取り出して、20分後にJIS K 5400の5.8 (2.2)によって判定する。
- 4.8 塗膜の外観 JIS K 5400の6.1による。ただし判定は塗ってから48時間置いて平らさ・流れ・つぶ・しわ・むら・われ・ふくれ・あな・はがれを調べる。
- 4.9 ポットライフ 4.2(1)によって混合した試料約250 mlを容量約300 mlで内径70~80mmのぶりきかんかガラスびんかに入れ、厚膜型エポキシ樹脂塗料下塗については20 \pm 1 $^{\circ}$ C、厚膜型エポキシ樹脂塗料下塗・低温用については5 \pm 1 $^{\circ}$ Cに保った恒温器の中に5時間置いたのち取り出して中味を調べる。ただし、低温用については混合前に5 \pm 1 $^{\circ}$ Cに冷却しておく。ガラス棒でかき混ぜてみて、顔料の沈降がないか、あってもかき混ぜれば容易に一樣に分散し、混合直後に比べて著しい粘度の上昇やゲル化がなく、4.2によって塗ったのち、試験片を立てかけて48時間置いたのち、4.8により塗膜の外観を調べ、異状がないときは「使用できる」とする。
- 4.10 耐衝撃性 JIS K 5400の6.13.3のB法による。ただし、試料を試験片の片面に4.2の方法で塗り7日間置いてから重さが300 \pm 1 gのおもりを500mmの高さから落す。判定はJIS K 5400の6.13.2のA法(3)による。
- 4.11 碁盤目試験 試料を試験片の片面に3.2の方法で塗り7日間置いてから試験片とする。試験片の中央部にカッターナイフ(JIS K 5400 6.15 (2.1))を用いて塗膜に2mm間隔で縦横それぞれ6本ずつ素地に達する切傷を入れて25コのます目をつくり、その上にセロハン粘着テープ(JIS Z 1522)を完全に密着するようにはりつけてから、テープを一気にはがします目の残存数をしらべる。
- 4.12 耐屈曲性 JIS K 5400の6.15による。ただし試験板は鋼板(約150×50×0.3mm)とし、試料を片面に4.2の方法で塗装して、7日間置いて試験片とし、直径10mmの心棒のまわりに沿って折り曲げる。
- 4.13 耐塩水噴霧性 試験片を試料1個について3枚ずつ用意し、その両面を4.2の方法で塗り、24時間置いたのち、板の周辺を試料で塗膜に直接5mm以上重なる様にはけで塗り包み216時間置いて試験片とする。この試験片をJIS K 5400の7.8に規定されている塩水噴霧試験機に入れ192時間試験を行ったのち試験片を取り出して流水で洗い2時間後に塗膜を調べる。このとき試験片の周辺約10mm以内の部分の塗膜は試験の対象としない。試験片2枚以上について塗膜のふくれ・はがれ・さびを認めないときは「塩水噴霧に耐える」とする。
- 4.14 混合塗料中の加熱残分(%) JIS K 5400の8.2.1による。
- 4.15 混合塗料中の溶剤不溶物(%) JIS K 5400の8.10による。
ただし溶剤はその塗料の製造業者の指定したものをを用いる。
5. 表示 厚膜型エポキシ樹脂塗料下塗塗料の容器にはつぎのことがらを表示しなければならない。
- (1) 名称および種類
 - (2) バッチの番号

- (3) 塗料の容量・混合方法・有効期間・管理方法
- (4) 製造業者またはその略号および製造年月日
- (5) 社内検査責任者の印

6. 解 説

エポキシ樹脂塗料下塗は耐水性・付着性にすぐれており、厚塗りも可能で下地の亜鉛溶射やジンクリッチペイントの消耗の抑制機能が大きいなどの長所を有している。その反面この塗料は10℃以下では硬化のおそい欠点があった。

したがって、暫定規格で冬季低温時には低温乾燥性のよいポリウレタン樹脂塗料下塗を代替品として用いることになっていた。

しかしポリウレタン樹脂塗料下塗の適用については、ポットライフが短いこと、高湿度に敏感なことなど作業条件に制約がある。

一方エポキシ樹脂塗料下塗については、その後硬化剤の改良などにより5～10℃で十分使用可能な「低温用」が開発され、すでに実用化されている。

これらの点を考慮して本規格では新たに低温用を設定し、

- A, 厚膜型エポキシ樹脂塗料下塗
- B, 厚膜型エポキシ樹脂塗料下塗・低温用

の2種類とした。

7. 注

本規格は、本州四国連絡橋公団の規格から引用した。

塩化ゴム系塗料

1. 適用範囲

この規格は塩化ゴム系塗料について規定する。

備考.

塩化ゴム系塗料は、着色顔料、体質顔料及び塩化ゴム、樹脂等を主な原料とし、これらを十分に練り合わせて作った塗料で、比較的腐食性の大きい環境における鋼構造物に用いられるもので、次の規定に適合したものでなければならない。

種類は表1のとおりとする。

表1 種類

種類	備考
塩化ゴム系塗料	下塗
塩化ゴム系塗料	中塗
塩化ゴム系塗料	上塗

2. 品質

塩化ゴム系塗料の品質は3の試験方法によって試験して表2の規定に適合しなければならない。

表2 塩化ゴム系塗料の品質

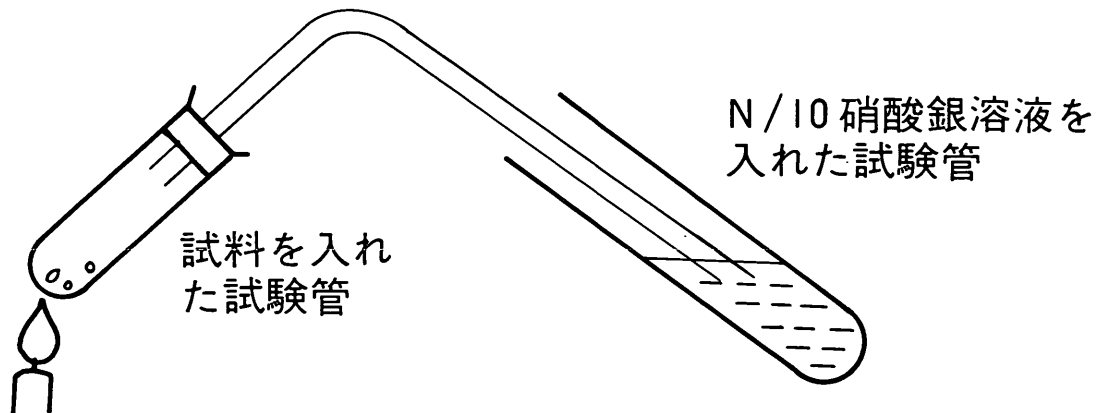
項目	種類	塩化ゴム系塗料下塗	塩化ゴム系塗料中塗	塩化ゴム系塗料上塗
容器の中での状態		かき混ぜたとき、堅いかたまりがなく一様になること。		
つぶ		40 μ 以下		30 μ 以下
作業性		はけさばきに支障がないこと。		
乾燥時間		6時間以内	8時間以内	
塗膜の外観		流れ、しわ及びむらの程度が大きくないこと。		
隠ぺい率		—	0.80以上、赤色、黄色は0.50以上	
60度鏡面光沢度		—		70以上
上塗り適合性		中塗り用を上塗りしても支障がないこと。	上塗りしても支障がないこと。	—
層間付着性		異状のないこと。	—	
促進耐候試験		—		300時間の試験で白亜化及び変色の程度が大きくないこと。
耐塩水性		食塩水〔塩化ナトリウム溶液(3W/V%)〕に168時間侵しても異状のないこと。	—	
加熱残分		50%以上	45%以上	
溶剤不溶物		35%以上	45%以上	35%以上
溶剤可溶物中の塩素の定性		塩素が存在すること。		

3. 試験方法

- 3.1 試料採取方法は、JIS K 5400 「塗料一般試験方法」(2.1)による。
- 3.2 試験の一般条件は、JIS K 5400 の3による。ただし、試料の塗り方は、原則としてはけ塗りとし、塗付量は 1 d m^2 ($10\text{cm} \times 10\text{cm}$)について、下塗り用は約 1.4 g 、中塗り用は約 1.2 g 、上塗り用は約 1.0 g とするものとする。なお、必要があればその塗料に適したシンナーを用いて5% (重量)以内で薄めてよい。
- 3.3 容器の中での状態は、JIS K 5400 の5.1の(2.1)による。
- 3.4 つぶは、JIS K 5400 の4.4のB方法による。
- 3.5 作業性は、JIS K 5400 の5.7による。ただし、試験板はガラス板(約 $200\text{mm} \times 100\text{mm} \times 2 \text{ mm}$)とする。
- 3.6 乾燥時間は、JIS K 5400 の5.8(2)の(2.2)による。
- 3.7 塗膜の外観は、JIS K 5400 の6.1による。ただし判定は塗ってから48時間後に、はけ目、流れ、しわ及びむらを調べる。
- 3.8 隠ぺい率は、JIS K 5400 の6.3による。ただし、塗り方ははけ塗りとし、はけ目が目立たないように一様に塗り付け、48時間置いたものを試験片とする。測定は白面上と黒面上との塗面の3箇所について行い、その平均値をとる。
- 3.9 60度鏡面光沢度は、JIS K 5400 6.7による。ただし、みがき板ガラス板(約 $200\text{mm} \times 150\text{mm} \times 5 \text{ mm}$)の片面に、すきまが $100 \pm 3 \mu$ のフィルムアプリーケーターB形を用い、JIS K 5400-1979の3.5の(3)の方法で塗り、48時間置いたものを試験片とする。
- 3.10 上塗り適合性は、JIS K 5400 の6.11による。
- 3.11 層間付着性は、次によるものとする。
 - (1) プリキ板(約 $150\text{mm} \times 50\text{mm} \times 0.3\text{mm}$)の片面に、はけでエッチングプライマー (JIS K 5633 「エッチングプライマー」1種)を塗付量 1 d m^2 ($10\text{cm} \times 10\text{cm}$)につき約 0.4 g の割合で塗り、4時間乾燥後、試料を(2)の方法でさらに塗り7日間置いたものを試験片とする。
 - (2) 試験片をJIS K 5400 の6.17により促進耐候試験を300時間行なったのち、表 1で規定した塩化ゴム系塗料中塗り用を塗付量 1 d m^2 ($10\text{cm} \times 10\text{cm}$)につき約 1.2 g の割合ではけ塗りする。
 - (3) 2による試験片を7日間置いた後、中央部に新しいカッターナイフで、塗膜に縦横それぞれ6本ずつの素地に達する切傷を入れて [JIS K 5400 の6.15の(2)] 25個のます目をつくる。
 - (4) そのます目の上にセロハン粘着テープ [JIS Z 1522 「セロハン粘着テープ」]を完全に密着するようにはりつけてから、テープをいっきにはがし、ます目の残存数を調べる。
 - (5) ます目の残存数が25/25であるときは異常がないものとする。
- 3.12 促進耐候試験は、JIS K 5400 の6.17による。ただし、プリキ板(約 $150\text{mm} \times 50\text{mm} \times 0.3\text{mm}$)の片面にエッチングプライマー [JIS K 5633 1種]を塗付量 1 d m^2 ($10\text{cm} \times 10\text{cm}$)につき約 0.4 g の割合で塗り4時間置いてから、(2)の方法で表 2で規定した塩化ゴム系塗料中塗り用を、さらに24時間後、同塩化ゴム系塗料上塗り用を塗り、7日間置いたものを試験片とする。
- 3.13 耐塩水性は、JIS K 5400-1979の7.6による。ただし、6.2有機質ジnkリッチプライマーを吹付け塗りにより乾燥膜厚が $15 \sim 20 \mu$ になるように塗り、48時間置いてから、試料を(2)の方法で1回目を、24時間後に2回目を塗り、168時間(7日間)経過後、さらに試験片を融解したパラフィン(融解点 $55 \sim 65^\circ\text{C}$)に浸して引き上げ、冷やしてから、食塩水[塩化ナトリウム溶液(3 W/V %)]に浸す。
- 3.14 加熱残分は、JIS K 5400 の8.2.1による。
- 3.15 溶剤不溶物は、JIS K 5400 の8.10による。ただし、溶剤は1~3回までは容量比キシレン2:メチルイソブチルケトン1とするものとし、4回目はアセトンとする。
- 3.16 溶剤可溶物中の塩素の定性は次によるものとする。
 - (1) (1)溶剤不溶物のときの第1回の上澄み液を蒸発皿に採り、水浴の上で揮発分の大部分を蒸発させて濃縮物を作る。
 - (2) 次の図のような装置を用いて濃縮物を約 $0.2 \sim 0.5 \text{ g}$ 試験管にとり、バーナーで徐々に加熱し分解させる。
 - (3) 一方、別の試験管($15\text{mm} \phi$)に約N/10硝酸銀溶液約 5 ml と硝酸(1+1)約 1 ml を入れ、分解ガスをガ

ラス管を用いて導入する。

- (4) 加熱はバーナーを調節しながら試料をほぼ炭化するまで続けたのち、硝酸銀溶液を入れた試験管をふりまぜる。
- (5) 白濁または白色沈澱が明らかに認められたときは「塩素が存在する」とする。



付図C-1. 試験図

4. 注

本規格は首都高速道路公団の規格の内から引用した。

ポリウレタン樹脂塗料用中塗

ポリウレタン樹脂塗料上塗

1. 適用範囲 この規格は、ポリウレタン樹脂塗料用中塗、およびポリウレタン樹脂塗料上塗について規定する。
 備考 中塗塗料は、エポキシ樹脂またはポリオール樹脂・顔料・硬化剤および溶剤をおもな原料とした2液型のものである。上塗塗料は、ポリオール樹脂・ポリイソシアネート（非黄変型）・顔料および溶剤をおもな原料とした2液型のものである。ただし、硬化剤には、低級アミンを使用しないものとする。
 なお、色は、中塗・上塗ともに淡彩色とする。
2. 種類 ポリウレタン樹脂塗料はつぎの2種類に分ける。
 ポリウレタン樹脂塗料用中塗
 ポリウレタン樹脂塗料上塗
3. 品質 ポリウレタン樹脂塗料用中塗・ポリウレタン樹脂塗料上塗の品質は、4. 試験方法によって試験して、表1の規定に適合しなければならない。

表1 ポリウレタン樹脂塗料用中塗 | の品質
 ポリウレタン樹脂塗料上塗 |

項目	種類	中 塗	上 塗
容器の中での状態		主剤・硬化剤ともかき混ぜたとき堅いかたまりがなく一様になること	
混 合 性		均等に混合すること	
つ ぶ (μ)		40以下	
乾 燥 時 間 (h)		8以内	
低 温 乾 燥 性 (h)		5℃で16以内	
ポ ッ ト ラ イ フ		20℃で使用できる時間が5時間以上であること	
塗 膜 の 外 観		塗面をみて平らさは良好で流れ・つぶ・しわ・むら・われ・ふくれ・あな・はがれがないこと	
隠 ぺ い 率		0.90以上	
60度鏡面光沢度(%)		—	80以上
耐 衝 撃 性		500mmの高さから、300gのおもりを落したとき、おもりの衝撃で、塗膜にわれ、およびはがれができないこと	
碁 盤 目 試 験		25/25であること	
上 塗 り 適 合 性		上塗りしても支障のないこと	

項目	種類	中 塗	上 塗
耐 屈 曲 性		7日間放置したのち直径10mmの心棒で試験して折り曲げに耐えること	
促 進 耐 候 性		—	暴露した試験片と暴露しなかった試験片を比べてみたとき白亜化の程度は、ほとんど差異がなく、色差(ΔE)は3以内で60度鏡面光沢度は50以上でなければならない
混合塗料中の加熱残分(%)		60以上	55以上
混合塗料中の溶剤不溶物(%)		30以上	20以上
N C O 基 の 定 性		—	N O C 基 が 存 在 す る こ と

4. 試験方法

4.1 試料採取方法 JIS K 5400 (塗料一般試験方法)の2.による。

4.2 試験の一般条件 JIS K 5400の3.による。ただし、

(1) 主剤と硬化剤との混合は、ふたのある容器を用いて、その塗料の製造業者が指定した方法による。

(2) 混合物は、その容器にふたをして30分間置く。

(3) 混合した試料は、毎回よくかき混ぜたのちただちに塗る。はじめの混合から時間を測定して、5時間を過ぎたものは、試験に用いてはならない。

(4) 試験板は、とくに規定する以外は鋼板(約150×70×1mm)とする。

(5) 混合物の塗り方は、とくに規定する以外は、吹付塗りとし、乾燥膜厚は7日間乾燥したときに測定して、25~35μになるようにする。なお、必要があれば、製造業者が指定したシンナーを用いて50%以内でうすめてもよい。

4.3 容器の中での状態 JIS K 5400の5.1(2.1)により主剤、硬化剤について別々に試験を行う

4.4 混合性 主剤と混合剤とを4.2(1)によって混合し、ガラス棒でかき混ぜたとき容易に一樣になるときは「均等に混合する」とする。

4.5 つぶ JIS K 5400の4.4により試験し、B法で判定する。

4.6 乾燥時間 JIS K 5400の5.8(2)(2.2)による。ただし、試料は4.2の方法で塗る。

4.7 低温乾燥性 4.6と同じ方法で塗り、ただちに5±1℃の低温室または冷蔵庫(容積はJIS K 5400の5.8の注(30)による)中で塗面を上向きにして乾燥し、規定の乾燥時間を過ぎたとき、取り出して20分放置してから、JIS K 5400の5.8(2)(2.2)によって判定する。

4.8 塗膜の外観 JIS K 5400の6.1による。ただし、試料は4.2の方法で塗り、判定は、塗ってから48時間置いてから、平らさ・流れ・つぶ・しわ・むら・われ・ふくれ・あな・はがれを調べる。

4.9 ポットライフ 4.2(1)によって混合した試料約250ml容量約300mlで内径70~80mmのぶりきかんか、ガラスびんに入れ、20±1℃に保った恒温器の中に5時間置いたのちに取り出して中味をしらべる。ガラス棒でかき混ぜてみて顔料の沈降がないか、あってもかき混ぜれば容易に一樣に分散し、混合直後に比べて著しい粘度の上昇やゲル化がなく4.2によって塗ったのち試験片を立てかけて48時間置いたのち4.8により塗膜の外観を調べ異状がないときは「使用出来る」とする。

4.10 隠ぺい率 JIS K 5400の6.3による。ただし、混合材料の塗り方は、はけ塗りとし、塗付量は1d㎡について中塗では約1.0gについて中塗では約1.0g、上塗では約0.8gとする。塗られた隠ぺい率試験紙は、塗面を上向き

で水平にして、72時間置いて試験片とする。測定は、塗面の3箇所について行いその平均値をとる。

- 4.11 60度鏡面光沢度 JIS K 5400の6.7にする。ただし、試験片はみがきガラス板(約200×150×5mm)の片面に4.2の方法で試料を塗り、塗面を上向きに板を水平にして72時間置いて試験片とする。
- 4.12 耐衝撃性 JIS K 5400の6.13.3のB法による。ただし、試験片の片面に4.2の方法で塗り、7日間置いてから重さが300±1gのおもりを500mmの高さから落す。判定はJIS K 5400の6.13.2のA法(3)による。
- 4.13 碁盤目試験 試料を試験片の片面に4.2の方法で塗り7日間置いてから試験片とする。試験片の中央部に新しいカッターナイフの刃(JIS K 5400 6.15(2.1))を用いて、塗膜に2mm間隔で縦横それぞれ6本ずつ、素地に達する切傷を入れて、25コのます目をつくり、その上にセロハン粘着テープ(JIS Z 1522)を完全に密着するようにはりつけてからテープをいっきにはがし、ます目の残存数をしらべる。
- 4.14 上塗り適合性 JIS K 5400の6.11による。ただし上塗りに用いる塗料は本規格ポリウレタン樹脂塗料上塗りとする。
- 4.15 耐屈曲性 JIS K 5400の6.16による。ただし試料を鋼板(約150×50×0.3mm)の片面に4.2の方法で塗り、7日間置いてから試験片とし、直径10mmの心棒のまわりに沿って折り曲げる。
- 4.16 促進耐候性 試料をぶき板(約150×50×0.3mm)の片面に4.2の方法で塗り、120時間置いて試験片とする。なお試験片は2枚作り、そのうち1枚は促進耐候試験に用いて、他の1枚は比較品として保存する。試験片をJIS K 5400の6.16の促進耐候試験機を用い、300時間試験を行ったのち塗面を指頭で軽くこすって白亜化の程度を調べる。つぎに定常性が確認されたハンター型色差計⁽¹⁾を用いて試験した試験片と保存しておいた比較品とについてL₁, a₁, b₁, およびL₂, a₂, b₂を測定、つぎの式から色差(ΔE)を算出しさらに60度鏡面光沢度を試験した試験片について4.11により調べる。

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$$

ここに $\Delta L = L_1 - L_2$

$\Delta a = a_1 - a_2$

$\Delta b = b_1 - b_2$

注(1) 色差計の定常性の確認は、つぎの順序により行うものとする。

- 1) 白色標準板でゼロ点調整後、赤、黄、青の3種類の標準板(日本色彩研究所で検定したもの、不変色板であって正確なL, a, b値がわかっている板)について、それぞれL, a, bを測定する。各板のL, a, bの測定値が、各板の表示値に対して±2以内のバラツキであればさらにつぎの確認を行う。
- 2) 二つの近似色の色差について繰返し5回測定を行ったとき最大値の最小値の差が色差(ΔE)0.2以下であれば定常状態にあるものとして試料の測定を始める。

なお測定に際しては、つぎのことを確認しなければならない。

- a) 光源ランプは正常であること
- b) 電圧変動がわずかであること
- c) 光学系は、ホコリ・ヨゴレなどのないこと
- d) 測定開始は電源スイッチを入れてから約1時間後とする

- 4.17 混合塗料の加熱残分 JIS K 5400の8.2.1による。ただし、試料は4.2(1)により十分に混合したものをを用いる。
- 4.18 混合塗料中の溶剤不溶物 JIS K 5400の8.10による。試料は4.2(1)により、十分混合したものをを用い、溶剤はその塗料の製造業者の指定したものをを用いる。
- 4.19 NCO基の定性 よく洗浄したNaCl板(直径約30mm, 厚さ約5mm)に、試料(硬化剤)をガラス棒で約10μになるように均一に添布し、減圧乾燥器中で約5分間乾燥したものを赤外線分光光度計にセットし、チャートをとる。赤外線吸収スペクトル中、波数2400^{cm}⁻¹~2200^{cm}⁻¹(波長4.17μ~4.55μ)に鋭い吸収を認めるときは「NCO基がある」とする。

5. 表 示 ポリウレタン樹脂塗料用中塗・ポリウレタン樹脂塗料上塗の容器には、つぎのことがらを表示しなければならない。

- (1) 名称および種類
- (2) バッチの番号

- (3) 塗料の容量・混合方法・有効期間・管理方法
- (4) 製造業者またはその略号および製造年月日
- (5) 社内検査責任者の印

6. 解 説

(1) 色

本規格では、淡彩色を対象として制定されたものであり、鮮明な色には適用しないこととした。その理由は、ウレタン樹脂塗料が塗装系として適用されると考えられる塗装箇所は、海峡部の海上橋や塔等の主要な部分に限られると予想され、現時点では、色は、淡彩色が主体であると考えられているからである。

(2) 種 類

ポリウレタン樹脂塗料の中塗には、中塗用と用を付け、上塗には、用を付けず区別することにした。それは、中塗について、暫定規格では、エポキシ樹脂を使用してもよいように明記されていなかったが、次の理由から、本規格では、ポリウレタン樹脂またはエポキシ樹脂のいずれかを使用するように明記した。

暫定規格が討議された48～49年頃、ポリウレタン樹脂塗料の中塗としては、やはり、ポリウレタン樹脂系で作られることが主流であったが、一方エポキシ樹脂で作られることもあり得るとのことで、規格中のNCO基（イソシアネート基）の定性を除外することで、他の樹脂の使用をも認めたこととしていた。しかし、その後の技術進歩によって、エポキシ樹脂塗料中塗の低温乾燥性が向上したことと、塗装間隔が長くなる場合には層間付着性で、ポリウレタン樹脂よりエポキシ樹脂の方が有利であることもあって、本規格でエポキシ樹脂の使用を明らかにした。

上塗については、あくまでポリウレタン樹脂塗料としての耐候性を重視し、暫定規格の通り、無黄変タイプのポリウレタン樹脂のみの使用とした。

(3) 隠ぺい率

試験方法の統一をはかり、スプレー塗りから、はけ塗りに変更した。従って、塗付量は、乾燥膜厚30 μ の目標に対し、中塗では1.0 g/d m²、上塗では0.8 g/d m²とし、隠ぺい率規格値は、暫定規格と同様に0.9以上とした。

7. 注

本規格は本州四国連絡橋公団の規格を引用した。

港湾技研資料 No. 651

1989・6

編集兼発行人 運輸省港湾技術研究所

発行所 運輸省港湾技術研究所
横須賀市長瀬3丁目1番1号

印刷所 横浜ハイテクプリンティング株式会社

Published by the Port and Harbour Research Institute
Nagase, Yokosuka, Japan.