



構造物の防汚技術の開発に関する

共同研究報告書（その5）

—土木構造物用防汚材料の利用技術ガイドライン（案）—

平成10年3月

建設省土木研究所化学研究室

ア ト ミ ク ス (株)

エ ス ケ ー 化 研 (株)

関 西 ペ イ ン ト (株)

(社) 軽 金 属 協 会

恒 和 化 学 工 業 (株)

神 東 塗 料 (株)

積 水 樹 脂 (株)

大 同 塗 料 (株)

大 日 本 塗 料 (株)

中 国 塗 料 (株)

(株) ト ウ ペ

日 鐵 建 材 工 業 (株)

日 本 ガ イ シ (株)

日 本 ペ イ ン ト (株)

日 本 油 脂 (株)

古 河 電 気 工 業 (株)

ヨ シ モ ト ポ ー ル (株)

Copyright © (1998) 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、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

構造物の防汚技術の開発に関する

共同研究報告書（その5）

—土木構造物用防汚材料の利用技術ガイドライン（案）—

建設省土木研究所

アトムクス(株)
 エスケー化研(株)
 関西ペイント(株)
 (株)軽金属協会
 恒和化学工業(株)
 神東塗料(株)
 積水樹脂(株)
 大同塗料(株)
 大日本塗料(株)
 中国塗料(株)
 (株)トウベ
 日鐵建材工業(株)
 日本ガイシ(株)
 日本ペイント(株)
 日本油脂(株)
 古河電気工業(株)
 ヨシモトポール(株)

化学研究室 室長
 化学研究室 主任研究員
 化学研究室 研究員
 代表取締役社長
 代表取締役社長
 専務取締役技術本部長
 会長
 代表取締役社長
 常務取締役
 常務取締役R & Dプラザ長
 代表取締役
 常務取締役
 取締役事業本部長
 代表取締役社長
 代表取締役社長
 代表取締役社長
 代表取締役社長
 代表取締役社長
 代表取締役社長
 代表取締役社長

明 嵐 政 司
 守 屋 進
 寺 田 剛
 西 川 正 洋
 藤 井 實
 渡 辺 忠
 福 地 淳 二
 岩 崎 行 男
 寺 田 豊
 中 山 隆
 吉 治 仁 義
 松 田 博 賢
 南 秀 夫
 佐 竹 克 重
 田 中 昌 治
 柴 田 井 浩
 藤 野 允 恭
 宇 河 潤 之助
 古 井 克 巳

要 旨

近年、橋梁などの土木構造物は、自動車排気ガス等による汚れが目立ち、景観・美観を損ねているとともに、トンネル内では、汚れによって視認性が低下することによる事故の増加が指摘している。

そこで、平成7年度から9年度まで、民間会社17社と建設省土木研究所が官民連体共同研究により研究を行い、防汚材料を開発した。

キーワード：土木構造物、汚れ、防汚材料、ガイドライン

目 次

まえがき

1. 総則	1
1. 1 適用範囲	1
1. 2 用語の定義	2
2. 防汚材料	5
2. 1 防汚材料の分類	5
2. 2 防汚材料の性能基準	10
3. 施工	14
3. 1 現場施工	14
3. 2 工場施工品	16
4. 防汚材料の維持管理	17
付属資料－1 防汚材料評価促進試験方法	19
付属資料－2 汚れ評価基準シート	25

付録

付録－1 暴露場所	付－1
付録－2 汚れにくくするための構造上の配慮	付－3
付録－3 色調の選定	付－5

まえがき

近年、土木構造物は、都市内では自動車排気ガスや塵埃等による汚れが目立ち、周辺景観との調和を損ねている。また、トンネル内では汚れによって視認性が低下することによる事故の増加が指摘されている。このため、汚れにくい材料や汚れを落としやすい材料の開発および効率的に汚れを落とす除去技術の開発が望まれている。これらの技術が開発されることによって、土木構造物を美しく維持するとともに、事故の抑制が可能となる。

建設省土木研究所は、平成7年度より3ヵ年に渡って民間19社と官民連帯共同研究で「構造物の防汚技術の開発」を行った。本共同研究において、「防汚材料の開発」を民間17社と行い、汚れにくい材料および汚れを落としやすい材料を開発した。また、「汚れ除去技術の開発」を民間3社と行い、汚れを効率的に除去する技術の開発を行った。

本ガイドラインは、「防汚材料の開発」において開発された防汚材料を土木構造物へ適用するための利用技術についてとりまとめたものである。

共同研究委員会委員

(会社名50音順・敬称略)

委員長	明嵐 政司	建設省土木研究所	材料施工部化学研究室長
委員	坂部 猛秀	ア ト ミ ク ス (株)	取締役技術本部長
	田中 正藤	エ ス ケ ー 化 研 (株)	取締役東京支店長
	平賀 憲一	関 西 ペ イ ン ト (株)	船舶・鉄構塗料本部鉄構技術部長
	大木 喬	(社)軽 金 属 協 会	古河電気工業(株)軽金属事業本部市場開発部長
	岩崎 和郎	恒 和 化 学 工 業 (株)	技術研究所所長
	岡上 宏	ショ ー ボ ン ド 建 設 (株)	開発事業部長
	大桑 洋	神 東 塗 料 (株)	技術開発本部第2技術部長
	平井 奉昭	積 水 樹 脂 (株)	R & D プラザ次長
	楠野 秀晃	大 同 塗 料 (株)	技術部長
	藤井 聡	大 日 本 塗 料 (株)	技術開発部長
	竹光 忠志	中 国 塗 料 (株)	工業塗料事業本部技術部商品開発チーム課長
	仙波 政俊	中 国 塗 料 (株)	工業塗料事業本部主席技監
	真柴 文教	(株) ト ウ ベ	大阪技術部建築外装塗料課長
	菅谷 弘道	(株) ト ー タ ル サ ー ビ ス	専務取締役
	金子堅次郎	日 鐵 建 材 工 業 (株)	顧問
	堀川 幸男	日 本 ガ イ シ (株)	建材事業部技術部課長
	永田順一郎	日 本 ペ イ ン ト (株)	汎用塗料事業部開発グループ課長
	大浜 宜史	日 本 油 脂 (株)	戸塚工場塗料研究所副参事チームリーダー
	中村 信之	古 河 電 気 工 業 (株)	平塚研究所長
	新井 仁	ヨ シ モ ト ボ ー ル (株)	取締役技術部部長
	守屋 進	建設省土木研究所	材料施工部化学研究室主任研究員
	寺田 剛	建設省土木研究所	材料施工部化学研究室研究員

材料開発WGメンバー

(会社名50音順・敬称略)

主査	平賀 憲一	関西ペイント(株)	船舶・鉄構塗料本部鉄構技術部長
副主査	結城 圭	日鉄建材工業(株)	土木商品開発部部長代理
委員	石川 一郎	アトムクス(株)	技術本部景観材グループグループ長
	宮里 勝之	アトムクス(株)	技術本部景観材グループ主事
	鈴木 久志	エスケー化研(株)	技術開発部課長
	壺井 育夫	エスケー化研(株)	販売開発課長
	横田 雅之	関西ペイント(株)	船舶・鉄構塗料本部鉄構技術部
	難波江元広	(社)軽金属協会	古河電気工業(株) マタル総合研究所 第47°ロケ 研究室長
	山口恵太郎	(社)軽金属協会	三菱アルミニウム(株)技術開発センター 防食技術研究室
	加茂 靖史	恒和化学工業(株)	技術研究所新製品開発課係長
	和田 環	恒和化学工業(株)	技術研究所新製品開発課係長
	山本 史夫	神東塗料(株)	技術開発本部第2技術部次長
	徳永 行文	神東塗料(株)	技術開発本部第2技術部次長
	太田 和亘	積水樹脂(株)	キーテクノロジー研究所表面処理研究室長
	山村 豊	積水樹脂(株)	キーテクノロジー研究所材料評価研究室長
	大西 勝	大同塗料(株)	技術部技術第1課長
	仲本 善彦	大同塗料(株)	技術部1課係長
	閤田 廣	大同塗料(株)	東京支店エンジニアリング事業部課長
	石原 真興	大日本塗料(株)	基礎研究第一部チームリーダー
	前川 晶三	大日本塗料(株)	防食塗料部チームリーダー
	松田 充弘	大日本塗料(株)	技術開発部チームリーダー
	江崎 弘	中国塗料(株)	工業塗料事業本部技術部商品開発チーム主任
	斎藤 誠	中国塗料(株)	工業塗料事業本部技術部商品開発チーム主任
	木村 武久	(株) トウベ	東京技術部重防食塗料課
	金子堅次郎	日鉄建材工業(株)	顧問
	山本 元治	日本ガイシ(株)	建材事業部技術部担当課長
	寺西 昭宏	日本ガイシ(株)	建材事業部技術部主任
	永田順一郎	日本ペイント(株)	汎用塗料事業部開発グループ課長
	岡井 敏博	日本ペイント(株)	工業用コーティング事業部開発部課長
	福田 英夫	日本ペイント(株)	汎用塗料事業部鉄構塗料部第2グループ課長
	大浜 宜史	日本油脂(株)	戸塚工場塗料研究所副参事チームリーダー
	河本 恵司	日本油脂(株)	戸塚工場塗料研究所主任研究員
	藤村 俊一	古河電気工業(株)	平塚研究所主席
	徳田 繁	古河電気工業(株)	平塚研究所第3開発室主任研究員
	丸山 弘光	古河電気工業(株)	平塚研究所高分子研究室
	塩原 秀夫	ヨシモトボール(株)	営業部技術・開発グループ課長
	品川 正幸	ヨシモトボール(株)	製造部技術課課長代理
	守屋 進	建設省土木研究所	材料施工部化学研究室主任研究員
	寺田 剛	建設省土木研究所	材料施工部化学研究室研究員

ガイドライン小WGメンバー

(会社名50音順・敬称略)

主査委員	結城	圭	日鐵建材工業(株)	土木商品開発部長代理
	石川	一郎	アトミクス(株)	技術本部景観材グループグループ長
	恩田	時伯	(社)軽金属協会	古河電気工業(株)研究開発本部マテリアル総合研究所
	閣田	廣	大同塗料(株)	東京支店エンジニアニング事業部課長
	木村	武久	(株)トウベ	東京技術部重防食塗料課
	寺西	昭宏	日本ガイシ(株)	建材事業部技術部主任
	守屋	進	建設省土木研究所	材料施工部化学研究室主任研究員
	寺田	剛	建設省土木研究所	材料施工部化学研究室研究員

1. 総則

1. 1 適用範囲

本ガイドライン（案）は、土木構造物の周辺景観との調和およびトンネル内の視認性の向上を目的として、防汚材料を土木構造物および付帯設備に用いる時に適用する。

〔解 説〕

近年、橋梁などの土木構造物は、自動車排気ガスや塵埃等による汚れが目立ち、景観・美観を損ねているとともに、トンネル内では、汚れによって視認性が低下することによる事故の増加が指摘されている。

このため、構造物を美しく維持するとともに、清掃回数の削減による維持管理コストの縮減が求められている。

本ガイドライン（案）は、土木構造物の周辺景観との調和およびトンネル内の視認性を向上させるために、防汚材料を土木構造物に利用するための技術についてとりまとめたものである。

本ガイドラインはこの防汚材料を利用するための技術についてとりまとめたものである。

（１）都市内では、自動車排気ガスや塵埃等による土木構造物の汚れが目立ち、周辺景観との調和を損ねているとともに高架道路等では、高欄や遮音壁等の定期的な清掃が行われている。このような場合土木構造物に防汚材料を使用することによって周辺景観との調和の維持や清掃回数の削減が可能になる。

（２）トンネル内では、汚れによって視認性が低下して事故の増加することが指摘されている。このため、定期的な清掃が実施されているが、防汚材料を使用することによって清掃回数の削減および視認性を向上させることが可能となる。

（３）本ガイドライン（案）で、規定する防汚材料とは、土木構造物に防汚性を付与するために、被覆材料のトップコートとして使用するものである。このため、被覆仕様としての品質性能等は、鋼道路橋塗装便覧（日本道路協会平成２年）、道路橋の塩害対策指針（案）・同解説（日本道路協会昭和５８年）および塩害を受けた土木構造物の補修指針（案）、アルカリ骨材反応被害構造物（土木）の補修・補強指針（案）等を満足する必要がある。

1. 2用語の定義

本ガイドラインにおいて使用する用語のうち、基本的な用語の定義を以下に示す。

- 1) 防汚材料
：汚れにくくする、または、汚れを落としやすくするための被覆材料（トップコート）
- 2) 官能評価
：汚れの程度を目視により判定する評価
- 3) 防汚性（防汚性能）
：汚れにくい、または、汚れが降雨等で洗い流されるか、軽度の作業で簡単に除去できる性質
- 4) 汚れ物質
：自動車の排気ガス、自動車タイヤや舗装材の摩耗、砂塵等で土木構造物へ付着している物質
- 5) 明度差（ ΔL^* ）
：相対的な明暗に関する色の属性を尺度化したものを明度といい、初期と経時後の明度の差
- 6) 撥水性
：固体表面のぬれ性を示すもので、水滴を落とした時に玉状にしてはじくような表面の性質
- 7) 不燃材料
：通常の火災時に、燃焼や防火上有害なひびわれ、溶融、変形等を起こさず、かつ、防火上有害な煙やガスを発生しない材料
- 8) 準不燃材料
：不燃材料に準ずる防火性能を持つ材料のことで、通常の火災時に、ほとんど燃焼せず、かつ、煙やガスの発生も少なく、防火上有害なひびわれ、溶融、変形等を生じない材料
- 9) 寄与率
：目的変数 y の変動のうち、回帰によって（説明変数 x によって）説明できる割合。通常、 R^2 という記号で表す
- 10) 相関関係
：2つの変数 X と Y があるときに、 X の変化にともなって、 Y も変化するようなデータにもとづいて検討できる関係
- 11) 散布図
：2つの変数の相関関係の有無を視覚的に確認するためのグラフ

〔解 説〕

- 1) 自動車排気ガスや塵埃等の汚れを付きにくくする、または汚れを落としやすくする性能を有する材料を言い、船に付着する貝や藻などの生物付着を防止する防汚塗料とは異なるものである。
- 2) 目で見た感覚より汚れの程度の順位づけや、汚れが許容できるか否かの判定を行うものである。
- 3) 土木構造物において、汚れ物質を付着しにくくし、風、降雨などで自然に除去され汚染が進行しないこと。あるいは水洗などの軽度な作業で除去でき、施工直後と同程度まで回復可能なことを言う。
- 4) 汚れ物質の可溶性成分の分析結果を表解-1.1に示す¹⁾。この結果から構造物に付着している汚れ物質の水に可溶な無機成分は、ほぼ同じアルカリ金属やアルカリ土類金属であるNa, K, Ca, Mg, と陰イオンの SO_4^{2-} と Cl^- を含んでおり、自動車交通量の多いところでは、排気ガスに起因すると思われる NO_3^- が検出された。有機溶媒であるn-ヘキサン、アセトンおよびTHF（テトラヒドロフラン）に可溶な成分は、しゅう酸やパラフィンなどの低級炭素化合物がほとんどの場所で検出された。

表解-1.1 可溶性成分の分析結果¹⁾

試 料		東京暴露場付着物質	阪神高速道路側壁付着物質
水可溶性成分 (ICP, イオンクロマト)	多量に含まれる	Na, K, Ca, Mg SO_4^{2-} , Cl^-	Na, K, Ca, Mg SO_4^{2-} , Cl^-
	少量含まれる	Zn, Mn	Zn, Mn, NO_3^-
n-ヘキサン 可溶性成分	GCマス	—	$\text{C}_6\text{H}_4\text{COOHCO}$
	HPLC	しゅう酸	しゅう酸, プロピオン酸
	IR	パラフィン系	芳香族アルヒドまたは 芳香族カルボン酸エステル
アセトン 可溶性成分	GCマス	—	$\text{C}_6\text{H}_4\text{COOHCO}$
	HPLC	しゅう酸	しゅう酸, プロピオン酸

- 5) ごくうすい青、明るい灰色、暗い赤、ごく暗い緑などのように、相対的な明暗に関する色の属性を尺度化したものを明度という。明度は同じ条件で照明した無彩色の明るさを基準にして尺度としたが、無彩色の明度に付けた目盛は、理想的な白を10、理想的な黒を0として、その間を感覚的に等歩度に見えるように100等分し、小数位1桁までの数字で表す。(JIS Z 8105参照)
- 6) 固体表面のぬれ性を示すもので、水滴を落とした時に玉状にしてはじくような表面の性質をいう。一般に臨界面張力が小さい表面ほど撥水性は大きい。
- 7) トンネル内装板や覆工等に用いられる材料で、建築基準法に規定する試験に適合している工場施工品の内装板や、建築基準法に規定する発煙係数が30以下で表面試験に適合した現場施工用の被覆材料。

8) トンネル内装板や覆工等に用いられる材料で建築基準法に規定する試験に適合している工場施工品の内装板や、建築基準法に規定する発煙係数が60以下で表面試験に適合し（不燃材料を除く）、かつ、ガス有害性試験に適合した現場施工用の被覆材料。

9) 目的変数Yの変動のうち、回帰によって（説明変数Xによって）説明できる割合を寄与率という。寄与率は、0以上1以下の値をとり、1に近いほど直線のあてはめがうまくいっていることを示している。したがって、回帰式の適合の指標として利用される。なお、単回帰分析（直線回帰）の場合には、寄与率は、目的変数Yと説明変数Xの相関係数 r の2乗と一致する。

10) Xが増えるとYも増えるような関係を正の相関関係、Xが増えるとYは減るような関係を負の相関関係という。どちらの傾向も見られないような場合を無相関という。

11) 2つの量的な変数（XとY）があるとき、一方を横軸にとり、もう一方を縦軸にとって、対応するデータを1点ずつプロットすることで作成できる。

参考文献

- 1) 共同研究報告書第189号「構造物の防汚後術の開発に関する共同研究報告書（その1）
－第1回防汚材料の屋外暴露試験結果－」H9年6月土木研究所化学研究室

2. 防汚材料

2. 1 防汚材料の分類および使い分け

防汚材料は、以下のように2種類に分類され使い分ける。

- (1) 土木用防汚材料Ⅰ種：一般の屋外土木構造物および付帯設備
- (2) 土木用防汚材料Ⅱ種：トンネルおよび付帯設備

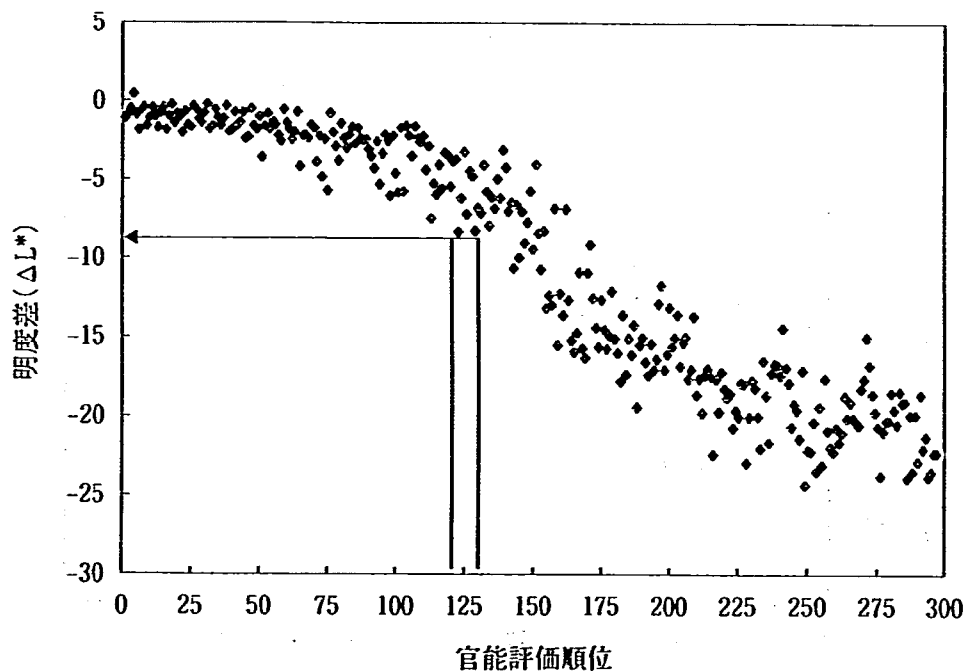
〔解説〕

(1)一般の屋外土木構造物および付帯設備において、汚れがひどく既存材料では対処できない場合は、土木用防汚材料Ⅰ種を使用する。

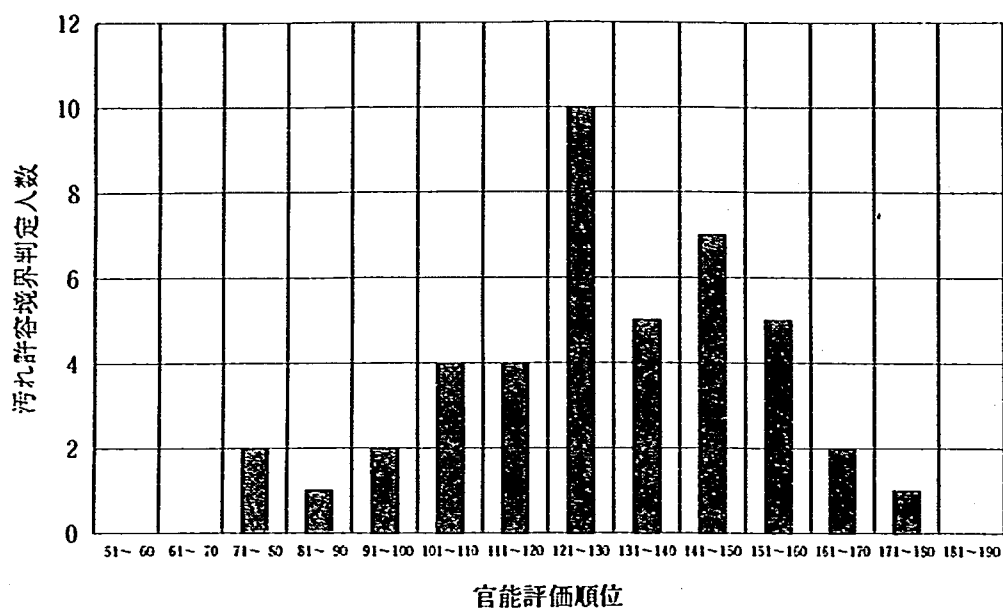
1)土木用防汚材料Ⅰ種とは、一般の屋外土木構造物および付帯設備に用いた場合に、東京暴露場（東京都品川区八潮南，自動車交通量 約180,000台/日(平成8年)）12ヶ月暴露において、 ΔL^* を -8 以上に保持する性能を有した材料である。

東京暴露場およびつくば暴露場（茨城県つくば市，自動車交通量 約20,000台/日(平成6年)）において各種防汚材料の暴露試験(12ヶ月)を行い、官能評価順位(試験片の汚れの程度を目視判定で順位付けを行った)と ΔL^* の関係を調べた。その結果を図解-2.1に示す。これより、汚れと ΔL^* の間には、高い相関があることが認められた。また、順位付けした試験片を見て洗浄が必要であると感じた人の人数を調査した結果を図解-2.2に示す。これより、洗浄が必要であると感じる人は、官能順位121～130番目が最も多く、 ΔL^*-8 以下であった。

よって、本ガイドラインでは、 ΔL^* を -8 以上に保持する性能を有した材料を土木用防汚材料Ⅰ種とした。



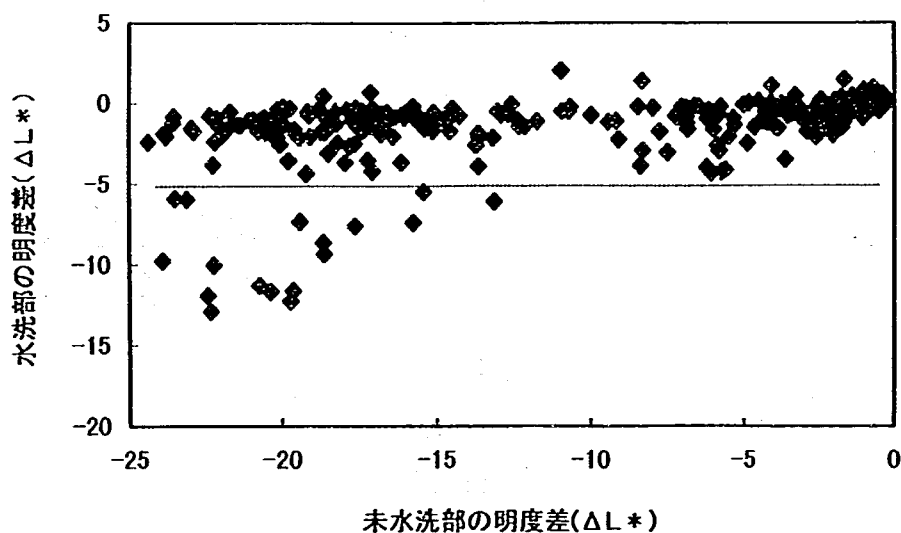
図解-2.1 官能評価順位と明度差 (ΔL^*) $n=297$



図解－2.2 官能評価順位と汚れ許容境界判定人数 n=43

2)本ガイドラインで示す調査結果は、汚れを最も厳しく評価できる白色（マンセル記号N－9.5 近似）で行ったものである。よって、本ガイドラインでは、白色以外の色彩については規定しない。白色以外の色彩を用いる場合は、目視による官能の結果で判断すると良い。（付録－3）

3)東京暴露場およびつくば暴露場 12ヶ月の暴露試験における水洗前後の ΔL^* の関係を調査したところ、図解－2.3で示すように水洗によって、ほとんどのものが ΔL^* －5以上に汚れを容易に除去することができ、初期に近い状態に回復することが確認できた。よって、土木用防汚材料Ⅰ種を使用すれば、清掃によって、汚れを容易に落とすことができ、初期に近いきれいな状態に回復するため、清掃回数を減らすことが可能となる。



図解－2.3 水洗前後の明度差（ ΔL^* ）の関係 n=297

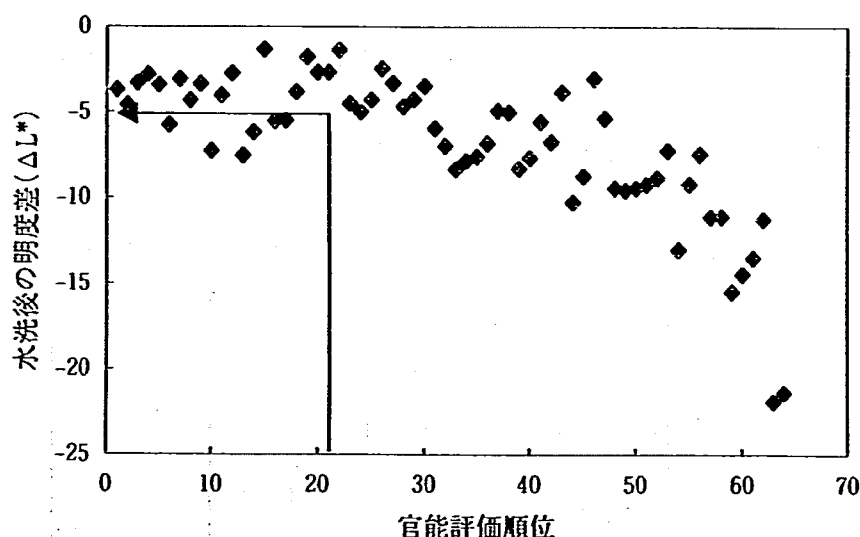
(2)トンネルおよび付帯設備において、汚れがひどく既存材料では清掃効果が得にくい場合は、土木用防汚材料Ⅱ種を使用する。

1)土木用防汚材料Ⅱ種とは、トンネルおよび付帯設備に用いた場合に、清掃作業によって付着した汚れ物質を容易に除去でき、トンネル暴露場（静岡県静岡市丸子薬科トンネル，自動車交通量 14,000 台/日(平成 8 年)) 9ヶ月暴露場において、 ΔL^* を-5以上まで回復できる性能を有した材料である。

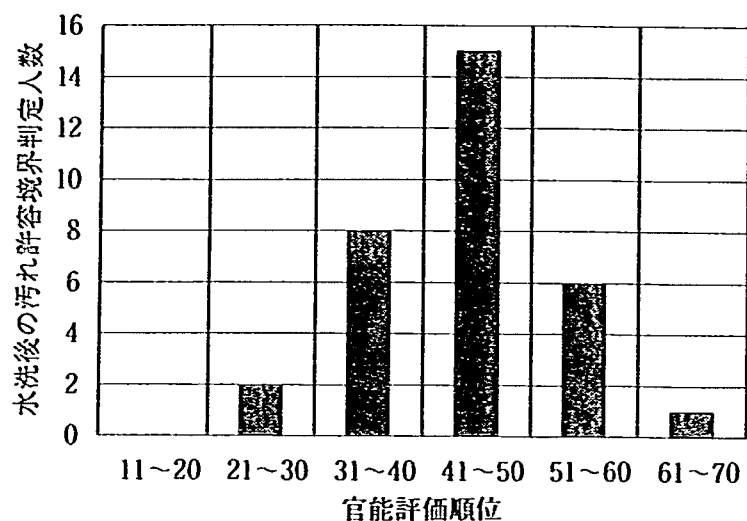
トンネル暴露場9ヶ月の暴露試験における汚れの除去性について調査した結果を図解-2.4，図解-2.5に示す。これらの調査結果より、水洗後の汚れを許せないと感じ始める人は、官能順位 21 番目からで、 ΔL^* としては、-5 以下であることが確認できた。

よって、本ガイドラインでは、清掃作業によって ΔL^* を-5以上まで回復できる性能を有した材料を土木用防汚材料Ⅱ種とした。

2)トンネル内に用いられる材料については、火災に耐え多量の煙や有毒ガスが発生しない準不燃材料もしくは不燃材料でなければならない。



図解-2.4 官能評価順位と水洗後の明度差 (ΔL^*) n=64



図解-2.5 官能評価順位と水洗後の汚れ許容境界判定人数 n=32

3) 防汚材料の適用

防汚材料を適用する土木構造物には、表解-2.1 に示す土木構造物および付帯設備などがある。

また、防汚材料を適用する土木構造物の例を写真-2.1~2.4 に示す。

表解-2.1 防汚材料を適用する土木構造物および付帯設備

土木用防汚材料		I 種	II 種
構造物			
屋外土木構造物 および 付帯設備	橋桁	○	—
	壁高欄・地覆（外側）	○	—
	壁高欄・地覆（車道側）	○	—
	高欄（外側）	○	—
	橋脚・橋台	○	—
	擁壁	○	—
	外装板	○	—
	透光板（外側）	○	—
	透光板（車道側）	○	—
	遮音壁（外側）	○	—
	遮音壁（車道側）	○	—
	ガードパイプ	○	—
	ガードレール	○	—
	ポール（照明柱）	○	—
	標識（大：案内板）	○	—
	標識（小：規制板）	○	—
トンネル および 付帯設備	トンネル覆工	—	○
	トンネル内装板	—	○
	ガードパイプ	—	○

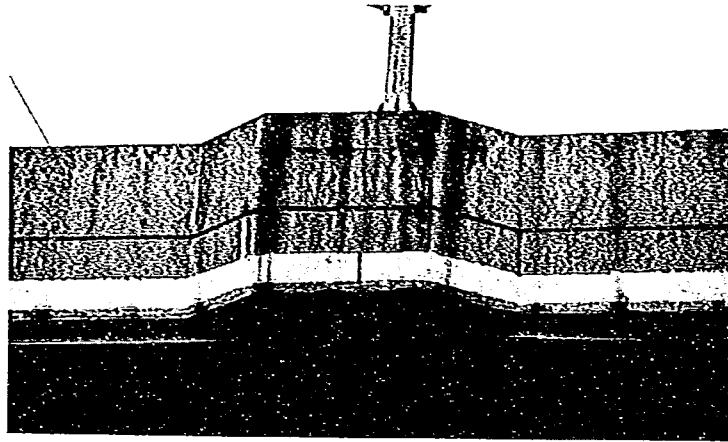


写真-2.1 壁高欄

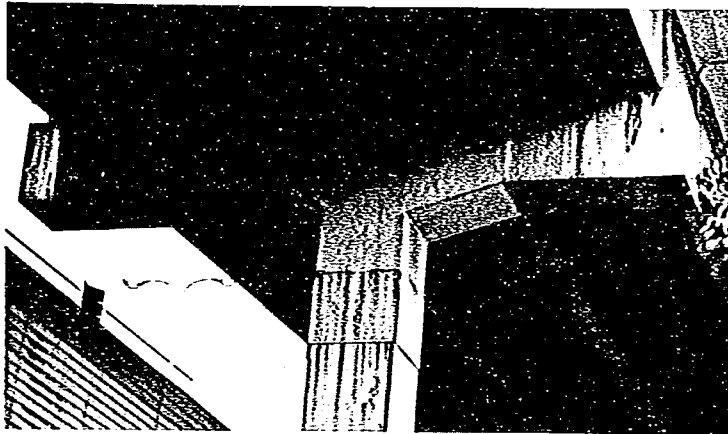


写真-2.2 橋脚

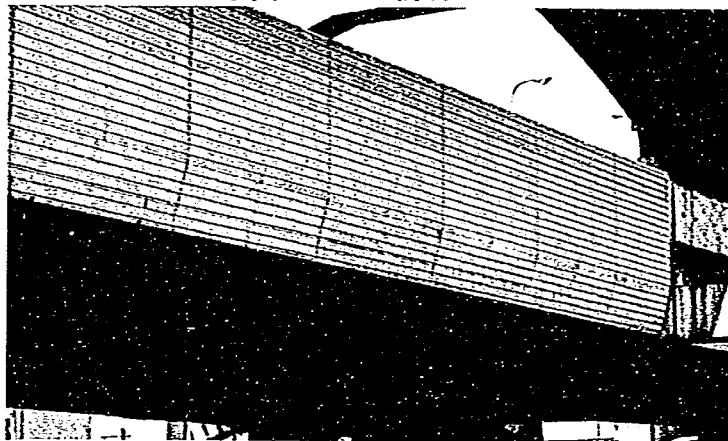


写真-2.3 外装板

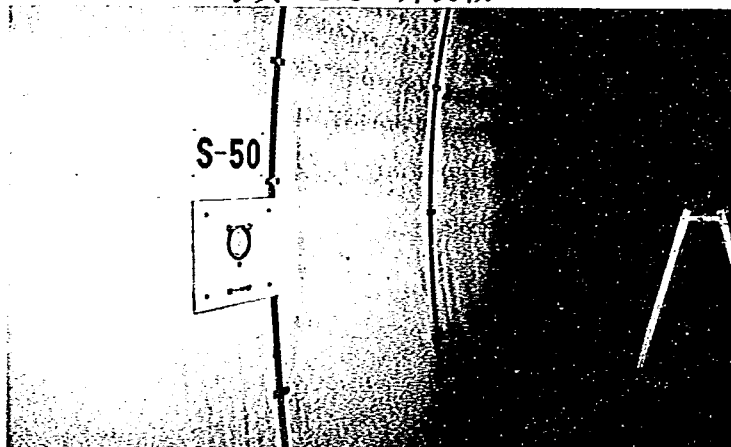


写真-2.4 トンネル内装板

2. 2 防汚材料の性能基準

防汚材料は以下の性能基準を満たすことを原則とする。

(1) 土木用防汚材料Ⅰ種は、防汚材料評価促進試験方法Ⅰ（案）において $\Delta L^* - 7.00$ 以上のものとする。

(2) 土木用防汚材料Ⅱ種は、防汚材料評価促進試験方法Ⅱ（案）において $\Delta L^* - 5.00$ 以上のものとする。

〔解 説〕

(1) 防汚材料を評価する促進試験方法

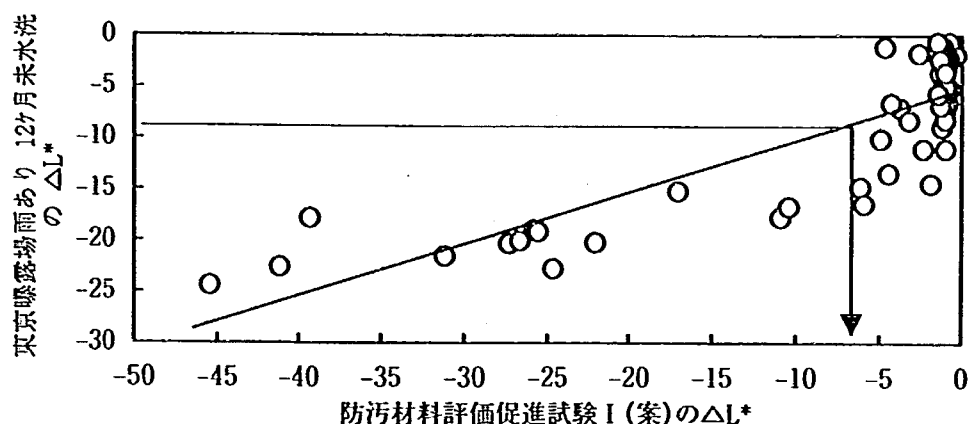
東京暴露場などの12ヶ月（丸子薬科トンネル内暴露は、9ヶ月）の調査結果をもとに、暴露試験片の ΔL^* と高い相関が得られる評価促進試験方法を開発した。この試験方法を用いることにより、防汚材料の防汚性能を短時間に評価することが可能になった。表解-2.2に防汚材料を評価する促進試験方法を示す。また、試験方法の詳細を付属資料-1に示した。

表解-2.2 防汚材料を評価する促進試験方法

防汚材料の分類	防汚材料評価促進試験
土木用防汚材料Ⅰ種	防汚材料評価促進試験方法Ⅰ（案）
土木用防汚材料Ⅱ種	防汚材料評価促進試験方法Ⅱ（案）

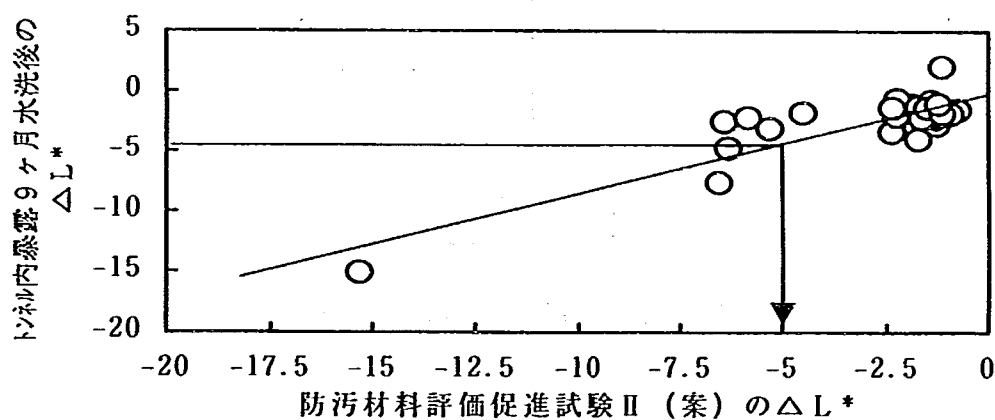
(2) 防汚材料評価促進試験（案）と暴露試験との関係

1) 屋外土木構造物および付帯設備に適用する土木用防汚材料Ⅰ種は、防汚材料評価促進試験方法Ⅰ（案）と東京暴露場雨あり（12ヶ月）の未水洗部の ΔL^* と高い相関（ $R^2=0.71$ ）を示した。2. 1 防汚材料の分類および使い分けで述べたように土木用防汚材料Ⅰ種は、東京暴露場にて ΔL^* が-8以上の材料とした。この ΔL^* を図解-2.6にあてはめると防汚材料評価促進試験方法Ⅰ（案）での ΔL^* は、-7以上となる。よって、土木用防汚材料Ⅰ種の性能基準を防汚材料評価促進試験方法Ⅰ（案）で $\Delta L^* - 7.00$ 以上とした。図解-2.6に土木用防汚材料Ⅰ種の散布図を示す。



図解-2.6 土木用防汚材料Ⅰ種の散布図 $n=54$

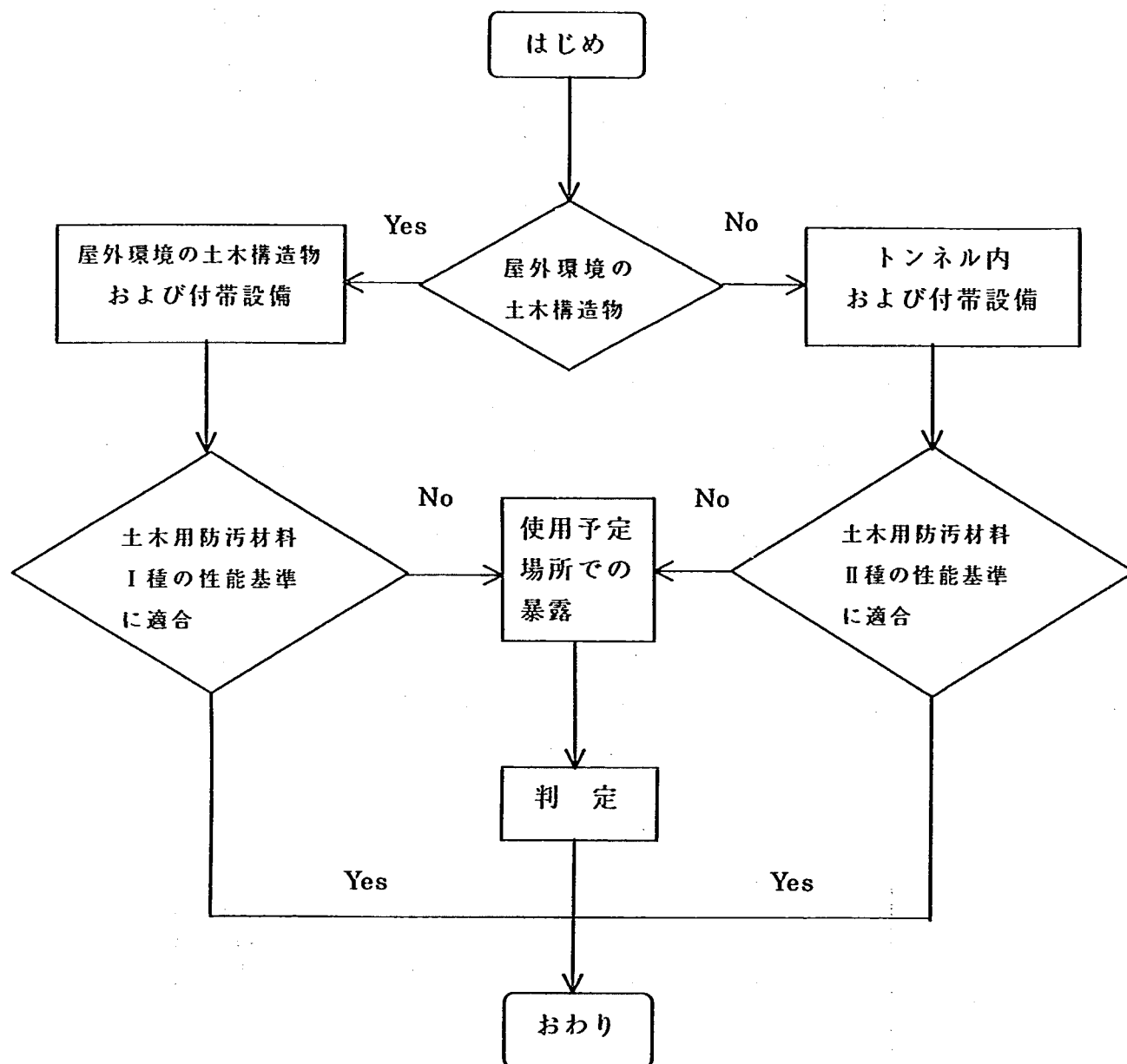
2) トンネルおよび付帯設備に適用する土木用防汚材料Ⅱ種は、防汚材料評価促進試験方法Ⅱ(案)と、丸子薬科トンネル内暴露(9ヶ月)の水洗部と高い相関($R^2=0.74$)を示した。2.1 防汚材料の分類および使い分けで述べたように土木用防汚材料Ⅱ種は、トンネル暴露試験における汚れの除去性について調査した結果に基づき、水洗後の ΔL^* を -5 以上の材料とした。この ΔL^* を図解-2.7にあてはめると防汚材料評価促進試験方法Ⅱ(案)での ΔL^* は、 -5 以上となる。よって、土木用防汚材料Ⅱ種の性能基準を防汚材料評価促進試験方法Ⅱ(案)との関係から $\Delta L^* - 5.00$ 以上とした。図解-2.7にトンネルにおける土木用防汚材料Ⅱ種の散布図を示す。



図解-2.7 土木用防汚材料Ⅱ種の散布図 $n=34$

(3) 適用外の材料もしくは試験方法で不合格となった材料の救済措置として、(4) で記述する使用予定場所での暴露試験で代用できる。

土木用防汚材料は、図解－2.8 に示すフローに従い判定する。



図解－2.8 防汚材料の判定方法

(4) 暴露試験方法

- 1) 防汚材料の選択評価は、汚れの厳しい白色（マンセル記号 N-9.5 近似）にて行う。
- 2) 使用予定の場所での暴露試験は、水系や撥水系および透明板¹⁾など防汚材料の選択評価の難しい材料や基準に適合しない材料、ならびに防汚機構の違う新しい材料の防汚性能を防汚材料評価促進試験で正確に評価できない場合に行う。
- 3) 暴露試験は、地上高 1.5～2.0m の位置に垂直暴露をすることを標準とし、 ΔL^* を

測定する。暴露期間や判定等は、2.1防汚材料の分類および使い分けを参考に発注者と協議のうえ、決めることが望ましい。

4) 防汚材料の使用に際しては、表解-2.1に示す防汚材料の適用や要求される性能などを十分に考慮し決定する。特に、トンネル内被覆の防汚材料は、火炎に耐え多量の煙や有害ガスが発生しない不燃材料や準不燃材料を使用しなければならない。

5) 防汚材料は、公的機関で土木用防汚材料Ⅰ種、Ⅱ種の性能基準に基づいて評価することが望ましい。

注1)：透明板の暴露での評価は、車道側の片面清掃とする。

3. 施工

3. 1 現場施工

常温硬化型の防汚材料を現場施工する場合、防汚性能を発現させるため、その材料に適した施工条件を守らなくてはならない

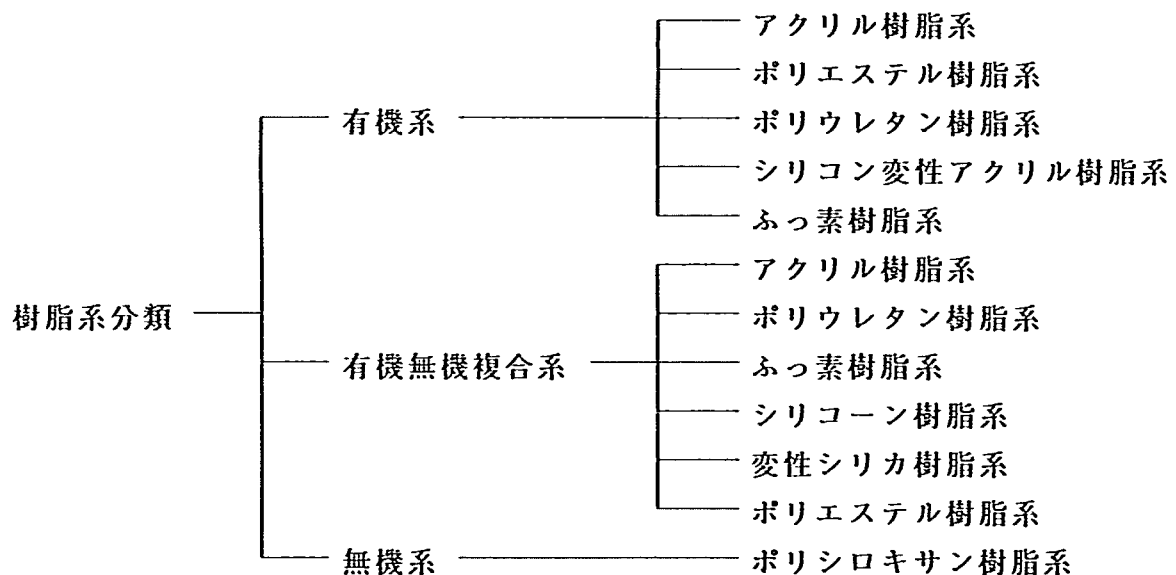
〔解 説〕

(1) 現場施工の定義

現場施工とは既に設置された構造物に防汚材料を塗装する場合のことである。焼付け型塗料系やホーローなどの防汚材料は除く。

(2) 常温硬化型塗料系防汚材料の種類

常温硬化型塗料系防汚材料は、図解－3.1 に示すように樹脂系分類では有機系または有機無機複合系及び無機系に分類される。



図解－3.1 常温硬化型塗料系防汚材料の分類（樹脂系）

(3) 素地調整

適用基材がコンクリートから各種金属まで幅広いため、付着性を高めるためにそれぞれの基材に合った素地調整を行う必要がある。いずれの素地調整の場合でも防食性は現状より低下させてはならない。

1)コンクリート構造物

①コンクリート表面のレイトンス、型枠はくり材、付着塩分、付着油脂類をサンドブラスト、サンダーケレン、ブラシやエアブローなどにより除去する。

②既設構造物の場合には、素地調整を行う前に損傷度に応じて防錆処理、断面修復処理、ひびわれ注入および充填処理などを行う。

処理方法については、道路橋の塩害対策指針（案）・同解説（日本道路協会昭和58年）、塩害を受けた土木構造物の補修指針（案）、アルカリ骨材反応被害構造物（土木）の補修・補強指針（案）等の品質性能を満足する方法を選択する。

2)鋼構造物

新設の構造物では下塗りまでを工場で塗装し、中塗り以降の工程を現場施工することが多いので、現場での素地調整は下塗りの汚れの除去や、ボルト面、溶接部の処理などである。その他既設の場合も含め、鋼道路橋塗装便覧（日本道路協会平成2年）等に従う。塗替えによる防汚処理を行う場合は規定の素地調整が必要である。

（4）作業環境

防汚材料の硬化乾燥は環境、気象条件に大きく左右されるので、現場施工では機能を確実に発揮させるため塗装条件に注意し、適切な条件の下で施工を行わなければならない。防汚材料の機能を確実に発揮するために、施工時の環境条件（温度、湿度、結露、風等）、気象条件を含め塗付作業については、鋼道路橋塗装便覧（日本道路協会平成2年）等を参考にする。

（5）被覆

各工程は仕様書に指定された被覆方法、使用量、施工間隔で行う。

防汚材料の塗替えは適切な方法で施工しなければならない。

仕様については、鋼道路橋塗装便覧（日本道路協会平成2年）、道路橋の塩害対策指針（案）・同解説（日本道路協会昭和58年）、重防食塗料ガイドブック（日本塗料工業会平成7年）等を参考にして防食機能を損なうことなく、また防汚性能が十分発現できるよう施工する。

（6）施工管理

素地調整および被覆作業にあたっては、各工程ごとに十分な施工管理を行うものとする。施工管理方法は、鋼道路橋塗装便覧（日本道路協会平成2年）、道路橋の塩害対策指針（案）・同解説（日本道路協会）等を参考にして行う。

3. 2 工場施工品

防汚材料を施した工場施工品の構造物等への取り付けは、材料に適切な方法で行う。

(解説)

(1) 工場施工品の定義

工場施工品とは、現場以外で基材に常温硬化型防汚材料または焼付け硬化型防汚材料を施したものをいう。

工場施工品の生産方式には以下の2種類に分類される。

- 1) 基材に防汚処理を施し、その後所定の形状に加工する場合 (プレコート材)
- 2) 基材を所定形状に加工し、その後防汚処理を施す場合 (ポストコート材)

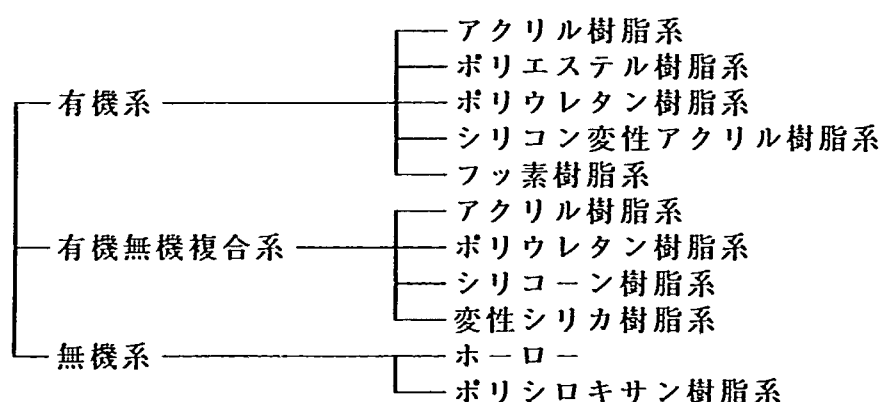
表解-3.1に工場施工品の具体例を示す。

表解-3.1 工場施工品の例

基材	工場施工品の例
プラスチック	透光板
ステンレス鋼板、 アルミニウム合金板 亜鉛めっき鋼板	橋桁、トンネル内装板、外装板 遮音壁 ガードパイプ (防護欄) ガードレール ポール (照明柱) 標識 (大:案内板、小:規制板) 壁高欄、地覆・壁高欄、地覆・橋桁、橋台・
コンクリート	擁壁 トンネル覆工

(2) 防汚材料の種類

防汚材料の工場施工品は、樹脂系分類では図解-3.2に示すように有機系、有機無機複合系または無機系に分類される。被覆材分類では塗料、非塗料に分類される。非塗料には、ホーロー、ラミネートフィルムがある。



表解-3.2 防汚材料の工場施工品の分類 (樹脂系)

(3) 取り付け時の注意事項

工場施工品を構造物に取り付ける際には、防汚材料面に傷を付けないように注意する。もし傷を付けた場合には、被覆材料面をサンドペーパー等で処理し、適切な補修をする。

4. 防汚材料の維持管理

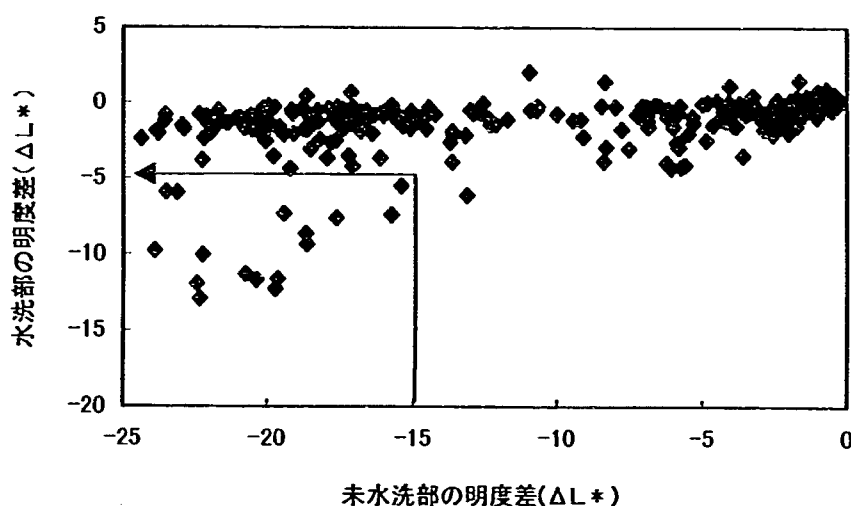
防汚材料は汚れ状況を把握し適切な維持管理を行うのが重要である。

〔解説〕

- 1) 土木用防汚材料Ⅱ種は防汚性を維持するために適切な時期に清掃を行わなければならない。
- 2) 土木用防汚材料Ⅰ種は原則として清掃は行わない。
- 3) 汚れ以外に傷、錆等が生じた場合には適切な方法で補修を行う。
- 4) 東京暴露場およびつくば暴露場12ヶ月の暴露試験における水洗前後の ΔL^* の関係を調査したところ、図解-4.1で示すように水洗によって、 $\Delta L^* - 15$ 以上の汚れのほとんどのものが $\Delta L^* - 5$ 以上に汚れを容易に除去することができ、初期に近い状態に回復することが確認できたので $\Delta L^* - 15$ になったら清掃することが望ましい。

これは「汚れ評価基準シート」（付属資料-2）の評点6に相当するので、このシートを用いると容易に清掃時期を判断することができる。

この基準シートは白の塗装板であるため、その他の色相の場合は使用する同色板「汚れ評価基準シート（有色用）」を置いて判断するとよい。



図解-4.1 水洗前後の明度差（ ΔL^* ）の関係 $n=297$

- 5) 土木構造物を美しく維持管理を行うには、防汚材料の使用のみならず、汚れにくい構造上の配慮（付録-2）や色調の選定（付録-3）が重要である。

付属資料－1 防汚材料評価促進試験方法

付属資料－１． 促進試験方法

１． １ 防汚材料評価促進試験方法Ⅰ(案)

１． １． １ 適用範囲

この試験方法は、屋外環境の土木構造物に用いられる防汚材料について、土木用防汚材料Ⅰ種の材料であるかを評価するのに適用する。

１． １． ２ 試験片作製

試験片作製の手順は、下記に示したとおりとする。

(１)試験板の材質および寸法

試験板の材質は、防汚材料の製造業者が指定するもので、寸法は、200×120mmの厚さ1mm以上のものを用いる。

(２)色

防汚材料の色は、白色(マンセル記号N-9.5 近似)とする。

(３)被覆方法

防汚材料の製造業者が指定する方法で防汚材料を試験板に被覆する。

(４)乾燥方法

試験片の乾燥方法は、防汚材料の製造業者が指定する方法とする。

(５)前処理方法

防汚材料の表面状態を暴露後の表面状態に近付けるために、試験片の前処理を行う。

(６)試験片の取り扱い

試験結果に影響があるため、試験片作製から試験終了まで試験片の表面を素手で直接触らないようにする。

１． １． ３ 試験方法

試験方法の手順は、下記に示したとおりとする。

(１)試験前の明度 (L_0^*) を色彩計^リで測定する。測定箇所は、試験片の上部、中央部、下部の３点とし、３点の平均をとる。

(２)試験に使用する汚れ物質の種類と配合は表－１のとおりとする。

表－１ 汚れ物質の種類と配合

種類	重量比 (%)
カーボンブラック (カーボンブラック F W-200) ^リ	5.0
脱イオン水	95.0

(３)表－２.１の配合に従って、カーボンブラック F W-200 を脱イオン水に懸濁させる。

(４)(３)にガラスビーズを全容積の約 1/3 程度加え、攪拌機を用いて、2500rpm の回転数で分散度 10 μ m 以下になるまで分散したものを懸濁溶液とする。ガラスビーズは、20 メッシュの金網を用いて分離する。

(５)(４)で得た懸濁溶液を脱イオン水にてスプレー適性粘度に希釈し、200 メッシュの金網でろ過する。

- (6) 溶液をエアスプレー(エア圧 0.4~0.5MPa)で、試験片の表面が均一に隠蔽するまで塗布する。
- (7) 試験片を直ちに 60℃で 1 時間乾燥させた後、室温まで放冷する。
- (8) 流水下にて、試験片表面の汚れ物質をガーゼ³⁾で落としながら洗浄する。
- (9) 洗浄後、乾燥したガーゼで試験片に残っている水分を拭き取り、室温で 3 時間乾燥させる。
- (10) 乾燥後、試験後の明度 (L_1^*) を色彩計で測定する。測定箇所は、試験片の上部、中央部、下部の 3 点とし、3 点の平均をとる。汚れの程度(明度差: ΔL^*) は下式によって求める。

$$\text{明度差}(\Delta L^*) = \text{試験後の平均明度} (L_1^*) - \text{試験前の平均明度} (L_0^*)$$

注 1): CR-200「ミノルタ株式会社製」

注 2): Color black (顔料用カーボンブラック) 粒径 0.002~0.028 μm 「デグッサ社製」

注 3): BEMCOT M-3「旭化成工業株式会社製」

解説

- ①この試験方法は、水/カーボン汚れ促進試験方法を用いたものである。
- ②この試験方法は、カーボンブラックの水懸濁溶液をはじくような撥水性の防汚材料には適用できない。
- ③試験板は、特に指定のない場合、クロメート処理したアルミニウム板(200×120×1 mm)を用いる。
- ④試験片は 1 防汚材料につき 3 枚作製し、そのうち 1 枚を試験に使用し、残りは控え板とする。試験操作に誤り等により試験結果に異常があった場合は、控え板にて再試験を行う。
- ⑤被覆する防汚材料は、原則としてトップコートのみであるが、試験板との密着性に問題のある場合には、適切なプライマー等を用いてもよい。
- ⑥試験片は、特に指定のない常温乾燥形防汚材料の場合、恒温恒湿(温度 $20 \pm 1^\circ\text{C}$ 、相対湿度 $65 \pm 5\%$)にて 2 週間乾燥する。
- ⑦本研究で用いられた防汚材料の多くは、防汚性を発現させるために、材料表面の静的な水接触角が低くなるように設計された材料である。また、静的な水接触角は、暴露試験の結果より、経時的に低下する傾向があることが確認された。よって、防汚材料評価促進試験を行う前に、防汚材料の表面状態を暴露後の表面状態に近付けるための処理が必要となる。調査の結果、前処理方法として、湿潤処理方法を採用した。

前処理方法としては、湿潤処理(温度 $50 \pm 1^\circ\text{C}$ 、相対湿度 95%以上)を 24 時間行った後、恒温恒湿(温度 $20 \pm 1^\circ\text{C}$ 、相対湿度 $65 \pm 5\%$)で 3 日間乾燥を行う。前処理を行った試験片は、乾燥後 1 週間以内に汚れ促進試験に使用する。試験を行うまでの試験片は、ビニール袋に入れて保管する。

- ⑧ガラスビーズの大きさは、粒径が1.4~2.0mm程度のものとする。
- ⑨攪拌機の羽根の形状は、デイスパー羽根型のものを使用する。羽根の大きさは懸濁溶液の作成量に応じて選択する。
- ⑩約40分間の分散で分散度 $10\mu\text{m}$ 以下に分散できる。分散度の確認はグラインドゲージで行う。ガラスビーズは20メッシュの金網を用いて分離する。
- ⑪カーボンブラックの懸濁溶液は、エアスプレー適正粘度に希釈した状態で長時間放置するとカーボンブラックが沈殿する可能性がある。そのため、エアスプレーの直前に脱イオン水で20%程度希釈する。
- ⑫分散溶液は、約 $200\text{g}/\text{m}^2$ の量を必要とする。
- ⑬洗浄時のガーゼ拭きは、防汚材料の表面が傷つかない程度に、汚れ物質が落ちなくなるまで、縦→横→縦の順にいずれもガーゼを取り替えて行う。
- ⑭明度の測定値およびその平均値は、小数点以下3けた目を四捨五入して小数点以下2けたにまるめる。よって、明度差は小数点以下2けたまで求める。

1. 2 防汚材料評価促進試験方法Ⅱ（案）

1. 2. 1 適用範囲

この試験方法は、トンネル内に用いられる防汚材料について、実際のトンネル内で汚れ物質が付着した場合に清掃作業によって容易に汚れ物質を落とすことができる土木用防汚材料Ⅱ種の材料であるかを評価するのに適用する。

1. 2. 2 試験片作製

試験片作製の手順は、下記に示したとおりとする。

(1) 試験板の材質および寸法

試験板の材質は、防汚材料の製造業者が指定するもので、寸法は、200×120mmの厚さ1mm以上のものを用いる。

(2) 色

防汚材料の色は、白色（マンセル記号N－9.5近似）とする。

(3) 被覆方法

防汚材料の製造業者が指定する方法で防汚材料を試験板に被覆する。

(4) 乾燥方法

試験片の乾燥方法は、防汚材料の製造業者が指定する方法とする。

(5) 前処理方法

防汚材料の表面状態を暴露後の表面状態に近付けるために、試験片の前処理を行う。

(6) 試験片の取り扱い

試験結果に影響があるため、試験片作製から試験終了まで試験片の表面を素手で直接触らないようにする。

1. 2. 3 試験方法

試験方法の手順は、下記に示したとおりとする。

(1) 試験前の明度（L*）を色彩計^りで測定する。測定箇所は、試験片の上部、中央部、下部の3点とし、3点の平均をとる。

(2) 試験に使用する汚れ物質の種類と配合は表－2のとおりとする。

表－2 汚れ物質の種類と配合

種類	重量比（％）
カーボンブラック（カーボンブラックFW-200） ²⁾	2.3
カーボンブラック（試験用ダスト12種） ³⁾	9.3
イエローオーカー（天然黄土） ⁴⁾	62.8
焼成関東ローム（試験用ダスト8種） ⁵⁾	20.9
シリカ粉（試験用ダスト3種） ⁶⁾	4.7

(3) 表－4.2の配合に従って混合した汚れ物質を均一に混ぜる。

(4) 水平に置いた試験片の表面に、(3)で作成した汚れ物質をさじですくい取り、ふるいを使用して表面が見えなくなるまで均一に振り掛ける。

(5) 試験片の裏面を均等にさじで叩いて汚れ物質を落とす。

(6) (4)→(5)の操作を5回繰り返す。

- (7)流水下にて、試験片表面の汚れ物質をガーゼ⁷⁾で落としながら洗浄する。
- (8)洗浄後、乾燥したガーゼで試験片に残っている水分を拭き取り、室温で3時間乾燥させる。
- (9)乾燥後、試験後の明度 (L^*) を色彩計で測定する。測定箇所は、試験片の上部、中央部、下部の3点とし、3点の平均をとる。汚れの程度 (明度差: ΔL^*) は、下式によって求める。

$$\text{明度差 } (\Delta L^*) = \text{試験後の平均明度 } (L^*) - \text{試験前の平均明度 } (L^*)$$

注 1): CR-200「ミノルタ株式会社製」

注 2): Color black (顔料用カーボンブラック) 粒径 $0.002 \sim 0.028 \mu\text{m}$ 「デグッサ社製」

注 3): JIS Z 8901 (試験用ダスト 12 種)「社団法人 日本粉体工業技術協会製」

注 4): イエローオーカー (顔料用天然黄土)、主成分 Fe_2O_3 : 20.7%, Al_2O_3 : 13.8%, SiO_2 : 54.0%, CaCO_3 : 0.4%、「ホルベイン工業株式会社製」

注 5): JIS Z 8901 (試験用ダスト 8 種)「社団法人 日本粉体工業技術協会製」

注 6): JIS Z 8901 (試験用ダスト 3 種)「社団法人 日本粉体工業技術協会製」

注 7): BEMCOT M-3「旭化成工業株式会社製」

解説

- ①この試験方法は、ドライ汚れ促進試験を用いたものである。
- ②トンネル内で使用する防汚材料は、火災に耐え多量の煙や有毒ガスが発生しない準不燃材料もしくは不燃材料でなければならない。
- ③試験板は、特に指定のない場合、クロームート処理したアルミニウム板 ($200 \times 120 \times 1\text{mm}$) を用いる。
- ④試験片は1防汚材料につき3枚作製し、そのうち1枚を試験に使用し、残りは控え板とする。試験操作の誤り等により試験結果に異常があった場合は、控え板にて再試験を行う。
- ⑤被覆する防汚材料は、原則としてトップコートのみであるが、試験板との密着性に問題がある場合には、適切なプライマー等を用いてもよい。
- ⑥試験片は、特に指定のない常温乾燥形防汚材料の場合、恒温恒湿 (温度 $20 \pm 1^\circ\text{C}$, 相対湿度 $65 \pm 5\%$) にて2週間乾燥させる。
- ⑦本研究で用いられた防汚材料の多くは、防汚性を発現させるために、材料表面の静的水接触角が低くなるように設計された材料である。また、静的水接触角は、暴露試験の結果より、経時的に低下する傾向があることが確認された。よって、防汚材料評価促進試験を行う前に、防汚材料の表面状態を暴露後の表面状態に近付けるための処理が必要となる。調査の結果、前処理方法として、湿潤処理方法を採用した。

前処理方法としては、湿潤処理 (温度 $50 \pm 1^\circ\text{C}$, 相対湿度 95% 以上) を 24 時間行った後、恒温恒湿 (温度 $20 \pm 1^\circ\text{C}$, 相対湿度 $65 \pm 5\%$) で 3 日間乾燥を行う。前処理を行った試験片は、乾燥後 1 週間以内に汚れ促進試験に使用する。試験を行うまでの試験片は、

ビニール袋に入れて保管する。

⑧汚れ物質を均一に混ぜる方法としては、表-4.2の配合に従って混合した2kgの汚れ物質と直径約2cmの磁性球、約2kgを容量4ℓの磁性ポットに入れ、50rpmで12時間転がす。

⑨ふるいは、14メッシュの金網を使用する。

⑩洗浄時のガーゼ拭きは、防汚材料の表面が傷つかない程度に、汚れ物質が落ちなくなるまで、縦→横→縦の順にいずれもガーゼを取り替えて行う。

⑪明度の測定値およびその平均値は、小数点以下3けた目を四捨五入して小数点以下2けたにまるめる。よって、明度差は小数点以下2けたまで求める。

付属資料－2 汚れ評価基準シート

汚 れ 評 価

1) 目的

トンネル内装板や銅桁など土木構造物及び付帯設備の汚れ度合いを評価し、清掃する時期を判断する時に用いる。

2) 評価方法

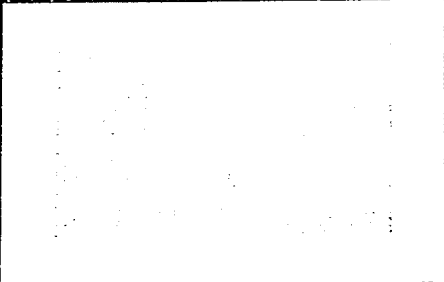
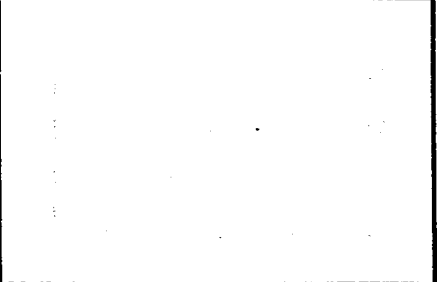
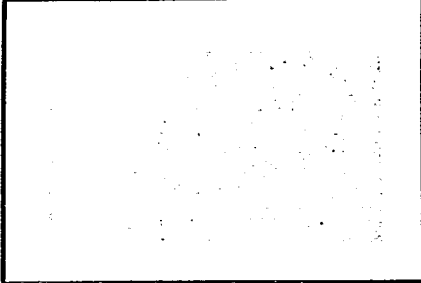
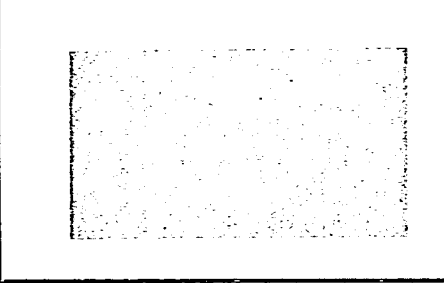
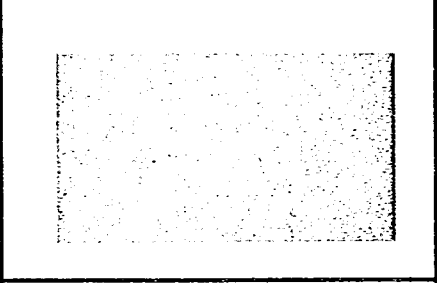
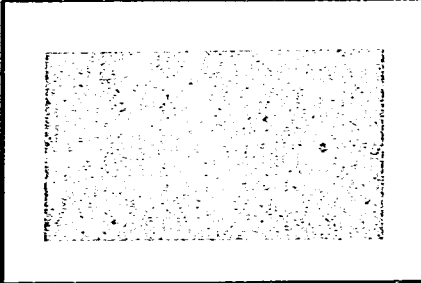
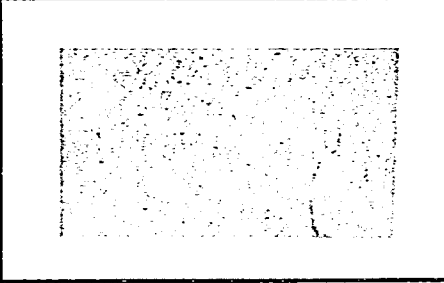
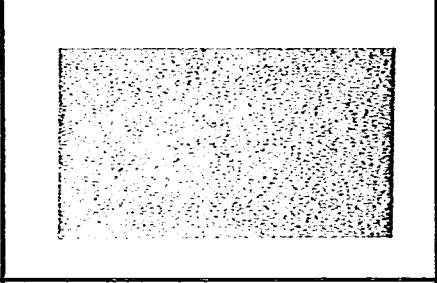
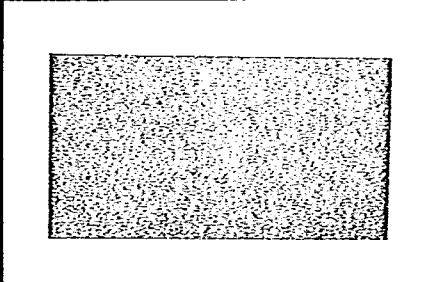
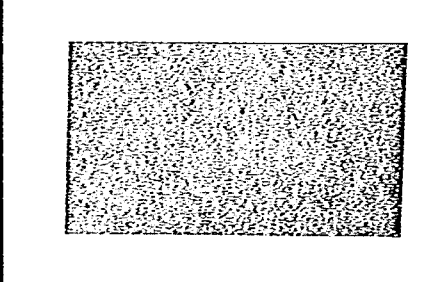
汚れを評価したい土木構造物や付帯設備の表面に「汚れ評価基準シート」を合わせ、その汚れが汚れ評価基準シートの評点のいくつになるか目視により判定する。

この基準シートは白用のため、その他の色相の場合は有色用の「汚れ評価基準シート（有色用）」を置いて判断を行う。

3) 判定

汚れを判定した結果が評点6より大きい場合は清掃を行う。

汚 れ 評 価 基 準 シ ー ト

評 点 0	評 点 1	評 点 2
		
評 点 3	評 点 4	評 点 5
		
評 点 6	評 点 7	評 点 8
		
評 点 9	評 点 10	
		

付 録

- 付録－ 1 暴露場所
- 付録－ 2 汚れにくくするための構造上の配慮
- 付録－ 3 色調の選定

付録－ 1 暴露場所

(1) 暴露場所

1) 屋外暴露試験

防汚材料91種類について、汚れに及ぼす降雨の影響を調べるため、つくばは雨のかかる場所での暴露（雨有り）、東京は雨がcaかる場所の暴露（雨有り）と雨がcaかからない高架橋下での暴露（雨無し）を行った。つくばおよび東京の位置図を図-1.1と1.2に、暴露状況を写真-1.1～1.3に示す。汚れのつき具合と汚れの落としやすさを評価するため、試験片の上半分は汚れがついたそのままの状態（未水洗）で、下半分を計測のつど水洗（水洗）して計測・評価を行った。

2) トンネル暴露試験

トンネル用として難燃性を有する防汚材料61種類について静岡市内の静清バイパスの丸子薬科トンネルで暴露を行った。丸子薬科トンネルの位置図を図-1.3に、暴露状況を写真-1.4に示す。汚れのつき具合と清掃による汚れの落としやすさを評価するため、試験片の上半分は汚れがついたそのままの状態（未水洗）で、下半分を計測のつど水洗（水洗）して測定を行った。

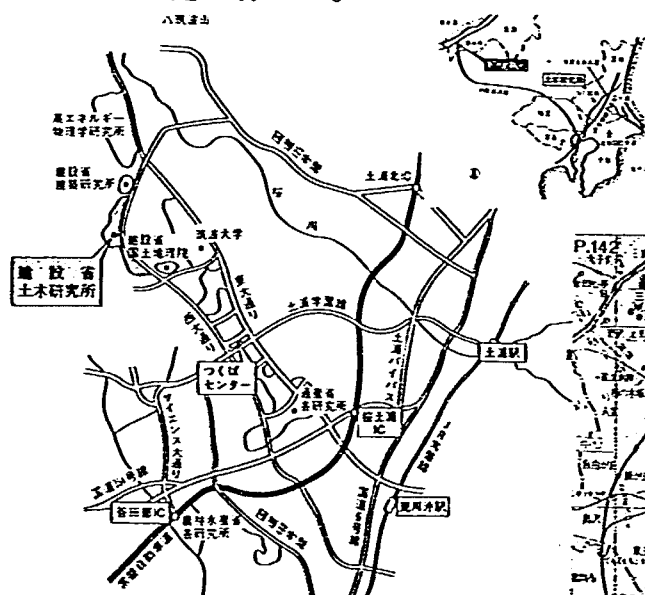


図-1.1 つくば暴露場位置図

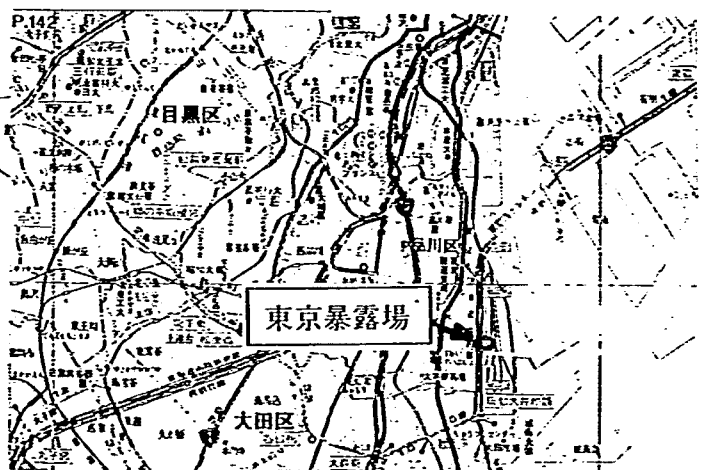


図-1.2 東京暴露場位置図

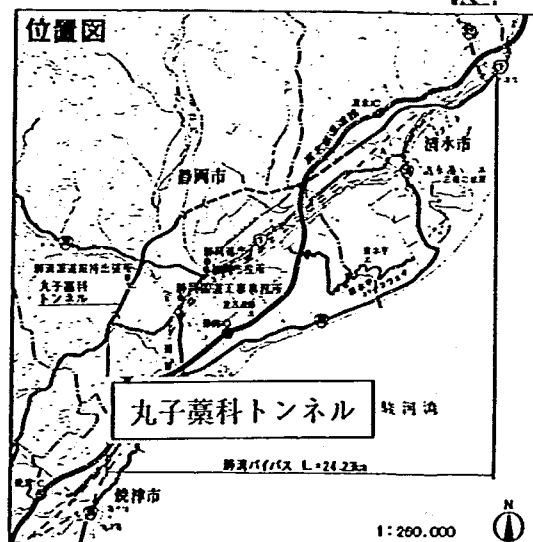


図-1.3 丸子薬科トンネル位置図

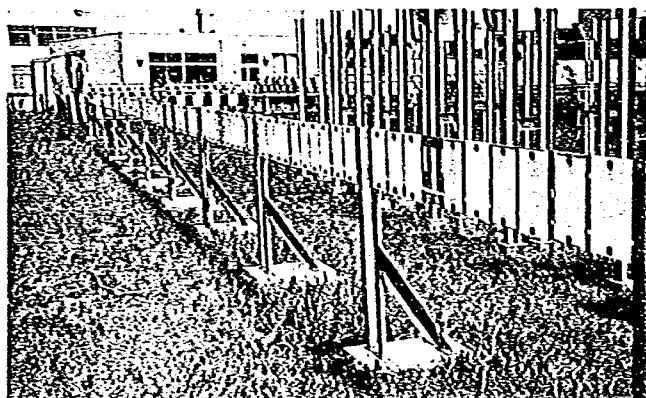


写真-1.1 防汚材料の暴露試験状況（つくば雨有り）

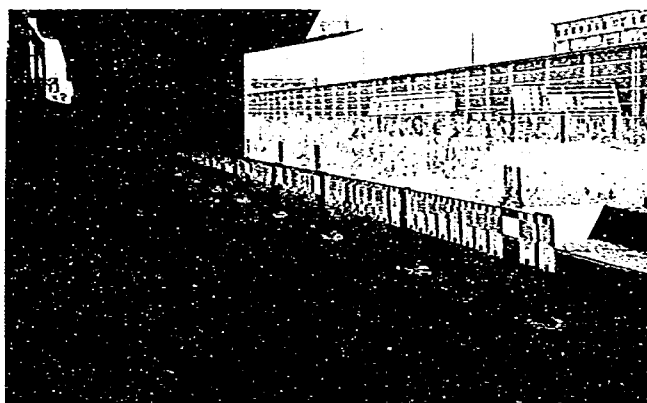


写真-1.2 防汚材料の暴露試験状況（東京雨無し）

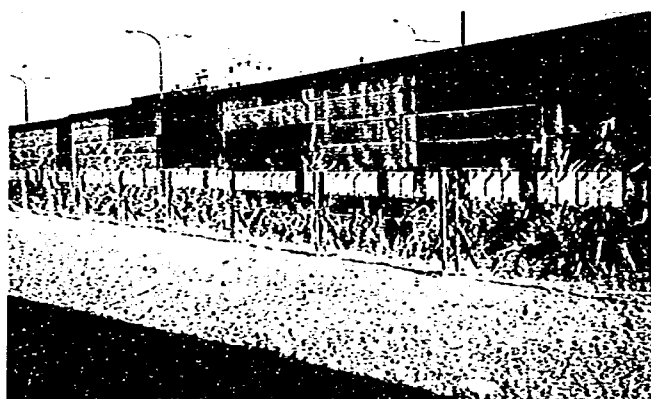


写真-1.3 防汚材料の暴露試験状況（東京雨有り）



写真-1.4 防汚材料の暴露試験状況
（丸子薬料トンネル）

付録－ 2

汚れにくくするための構造上の配慮

付録－2 汚れにくくするための構造上の配慮

構造物を汚れにくくするためには、構造物の野構造も配慮して設計や修繕を行えば、汚れをふちやくしくくすることができる。ここでは、実際の構造物の実態調査を行い汚れの種類や構造上の対策について以下のことが分かったので、構造を決定する際の参考にして頂きたい。

1. 汚れの分類

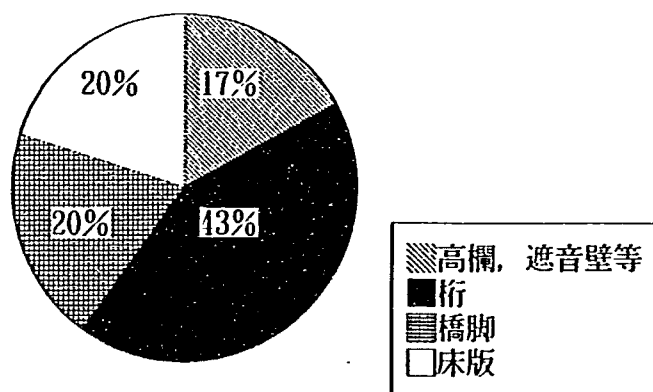
144箇所の汚れ実態調査から汚れを①雨水の関与の有無、②色、③形状の3種類に分類した。

(1) 雨水の関係の有無

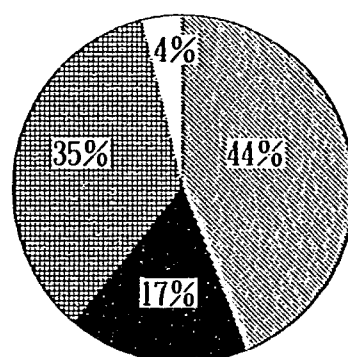
雨水の関係が直接関係している汚れは144箇所中78箇所の54%で、雨水が直接関係していない汚れは、144箇所中66箇所の46%であった。雨水の有無の特徴を表－2.1に示す。また、雨水の関係について汚れを橋脚の部位ごとにまとめた結果を図－2.1と図－2.2に示す。雨水が関係した汚れで一番多かった部位は、高欄、遮音壁等であり、雨水が関係しない汚れで一番多かった部位は桁であった。雨水が直接関係した汚れは、そのほとんどが筋状となり色も黒色・褐色・白色と様々である。一方、雨水が直接関係していない汚れには、黒色のものが多く、自動車の排気ガスが原因と考えられる。筋状の汚れは非常に目立ち橋梁の景観を大きく損ねている一因となっている。

	特性・特徴
汚れに雨水が直接関係しているもの	・汚れのほとんどが雨水の流れのため、筋状となっている。 ・汚れに錆が含まれ、褐色となっているものが多い。
汚れに雨水が直接関係していないもの	・雨水に直接当たらない桁などに多く見られる。 ・黒色の汚れが大部であり、自動車の排気ガスが原因である場合が大多数を占める。

表－2.1 雨水の関係の有無



図－2.1 雨水が関係していない汚れの位置



図－2.2 雨水が関係した汚れの位置

(2) 汚れの色による分類

汚れを色により分類すると図-2.3の通りとなった。橋梁の汚れは、黒色のものが大部分であり、自動車の排気ガスやカビによるものを含めた黒色の汚れは50%を超える。錆による褐色の汚れも多く、雨水により流され筋状になっていた。

(3) 汚れの形状による分類

汚れを形状により分類すると、筋状の汚れ、均一な汚れ、及びその他の汚れの3種類に分けられる。その他の汚れを分類すると図-2.4のとおりである。筋状の汚れは雨水に関係したものであり、雨水が直接当たる高欄部に多く見られたが、橋座部からの錆を含んだ汚れが、橋脚を汚している例も多く観察された。均一な汚れは、床版や桁など雨水に当たらないところで観察された。色は黒色で排気ガス等大気中の粉塵が付着したものと考えられ、あまり目立つ汚れではない。その他の汚れとして、塗装の剥がれ、落書きや鳥の糞などがあげられる。汚れとは言い難いが、橋座部から草木が生えていた例もあった。

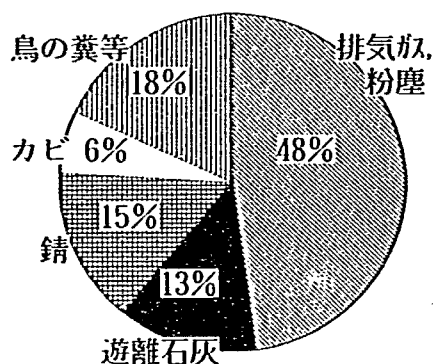


図-2.3 汚れの色による分類

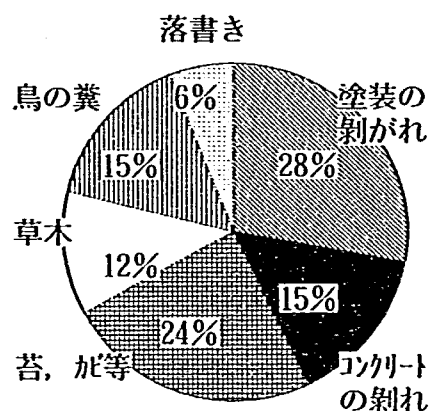


図-2.4 汚れが筋状、均一でないもの

付録－３ 色調の選定

付録－3 色調の選定

構造物の色調をせんでいすることによって、汚れを目立たなくすることができる。いかに建設省総合プロジェクト「高耐久性被覆材料の利用技術の開発」において、色彩と汚れの関係について調査を行った結果について示すので、色調を先手尾する際の参考にして頂きたい。

1. 色彩と汚れ

色彩と汚れの関係を更に詳しく検討する目的で、ふっ素樹脂塗料上塗りで5系統31色の試験板を作成し、東京で暴露試験を行った。供試塗料の色を表－3.1に示した。

表－3.1 供試塗料の色彩

グ レ ー 系	N10	N8	N6	N5	N3	N1		6 色
ク リ ー ム 系	2.5Y(8/2	7/2	5/2	3/2	8/4	8/6)		6 色
赤 錆 系	7.5R(7/3	5/3	2/3)		10R(3.5/7.5	4/5	3/2)	6 色
緑 系	2.5G(7/2	6/2	5/1.5	4/8	4/5)	5G(6/4.5	5.5/8)	7 色
青 系	10B(6/7	5/3	4.5/5	3/5)		2.5PB(5/8	3.5/10)	6 色

暴露3ヶ月と6ヶ月の結果を塗色の明度差 (L^*) が高いものから順に表－3.2に示した。明度差 (L^*) が小さい塗色ほど、汚れが目立たない傾向が認められた。逆に明度差 (L^*) が高い塗色は、汚れが目立つ傾向があることが分かった。塗色の明度値 (L^*) と、汚れの相関性について調査した結果を図－3.1、2に示した。 L^* と明度差 ΔL^* に高い相関関係が認められ、高明度値すなわち、明るい塗色ほど汚れが目立つと言えることが明らかになった。

つくばで行った前回の塗料3品種、8色の暴露試験で、ふっ素樹脂塗料の白の2年暴露後の明度差は、 $\Delta L^* = -10.26$ であった。一方、今回の東京の暴露試験で、白の暴露3ヶ月後の結果は $\Delta L^* = -10.65$ で、双方の暴露で白の汚れは近い ΔL^* 値であった。そこで、つくば2年のふっ素樹脂塗料の暴露試験の結果を、図－3.1の東京3ヶ月暴露のグラフに▲印でプロットした結果、つくばの2年暴露後のデータは、東京暴露3ヶ月の塗色の明度値 (L^*) と、汚れ (明度差 ΔL^*) の回帰直線上に存在することが分かった。この結果より暴露場所や塗色が異なっても、色差計による明度差 ΔL^* を汚れを表す特性値として使うことができると確認できた。従って、構造物周辺環境を測定し汚れの程度が分かれば、汚れを目立たなくするために、塗色の明度値 (L^*) をどの程度にするべきかを予測する技術に応用できるものと考えられる。例えば構造物の周辺環境が、塗色白で明度差 $\Delta L^* = -20$ 程度に汚れる環境の場合、塗色の明度値 (L^*) を60程度にすると、汚れは明度差 ΔL^* で半分以下に抑えることができる。すなわち、N－6グレーで塗装すると、白を塗装した場合に比べ、汚れは半分以下に感じることになる。

表－ 3.2 塗料の色彩と汚れの関係

塗 料 の 色 彩			暴露前の L a b			暴露後の明度差 ΔL^*	
マ ン セ ル	日塗工	色見本	L 値	a 値	b 値	3 ヶ月	6 ヶ月
N 1 0	R1-1036		96.61	- 0.48	1.71	-10.65	-21.63
2.5 Y 8 / 4	R17-343		81.88	1.60	25.59	- 7.59	-16.31
2.5 Y 8 / 6	R17-382		81.59	3.27	30.28	- 7.57	-15.38
2.5 Y 8 / 2	R12-302		79.77	- 0.26	16.98	- 7.42	-14.84
N 8	R1-1002		77.22	0.34	- 0.47	- 6.78	-14.09
7.5 R 7 / 3	R11-154		70.07	10.82	9.09	- 5.65	-12.14
2.5 Y 7 / 2	R12-336		69.42	1.23	16.24	- 5.68	-11.98
2.5 G 7 / 2	R13-535		69.06	- 9.72	6.00	- 4.78	- 8.14
N 6	R2-1006		66.12	- 0.29	0.78	- 5.07	-10.60
5 G 6 / 4.5	R19-502		58.28	-19.75	6.74	- 3.33	- 6.08
2.5 G 6 / 2	R13-542		57.16	- 8.99	5.55	- 3.37	- 5.71
1 0 B 6 / 7	R19-737		57.12	- 9.92	-27.89	- 3.88	- 6.01
2.5 Y 5 / 2	R24-363		55.44	1.78	13.67	- 3.74	- 7.57
N 5	R2-1008		54.68	0.15	0.70	- 3.45	- 6.99
5 G 5.5 / 8	R36-554		52.30	-36.05	9.59	- 2.98	- 5.02
1 0 B 5 / 3	R25-711		49.83	- 4.86	- 9.05	- 2.49	- 4.14
2.5 PB 5 / 8	R34-846		46.45	- 8.12	-27.73	- 2.10	- 3.80
2.5 G 5 / 1.5	R26-559		45.87	- 4.99	3.22	- 1.71	- 3.76
1 0 B 4.5 / 5	R23-708		43.28	- 7.57	-17.08	- 1.58	- 2.96
1 0 R 4 / 5	R20-106		40.63	20.01	14.51	- 1.69	- 2.69
7.5 R 3.5 / 3	R23-157		38.37	14.33	8.06	- 1.19	- 2.39
1 0 R 3.5 / 7.5	R20-144		37.22	31.79	23.86	- 1.23	- 1.80
2.5 G 4 / 8	R37-550		36.77	-29.03	10.22	- 0.93	- 1.98
2.5 G 4 / 5	R22-540		34.87	-19.24	5.85	- 0.29	- 1.35
2.5 Y 3 / 2	R28-366		32.72	1.57	8.96	- 0.45	- 0.17
1 0 Y 3 / 2	R28-150		31.90	9.65	7.66	- 0.30	0.04
2.5PB 3.5 / 10	R40-837		29.37	8.46	-40.87	0.32	- 0.04
N 3	R2-1034		28.64	1.03	- 1.85	0.44	0.95
1 0 B 3 / 5	R27-738		26.49	- 1.86	-18.77	0.84	0.60
7.5 R 2 / 3	R28-167		22.66	10.77	6.68	1.63	3.94
N 1	R2-1037		18.86	0.93	- 0.90	2.37	5.04

相関係数：0.99

$$y = -0.15x + 4.92$$

注) ▲印；つくば2年暴露

ふっ素樹脂塗料8色

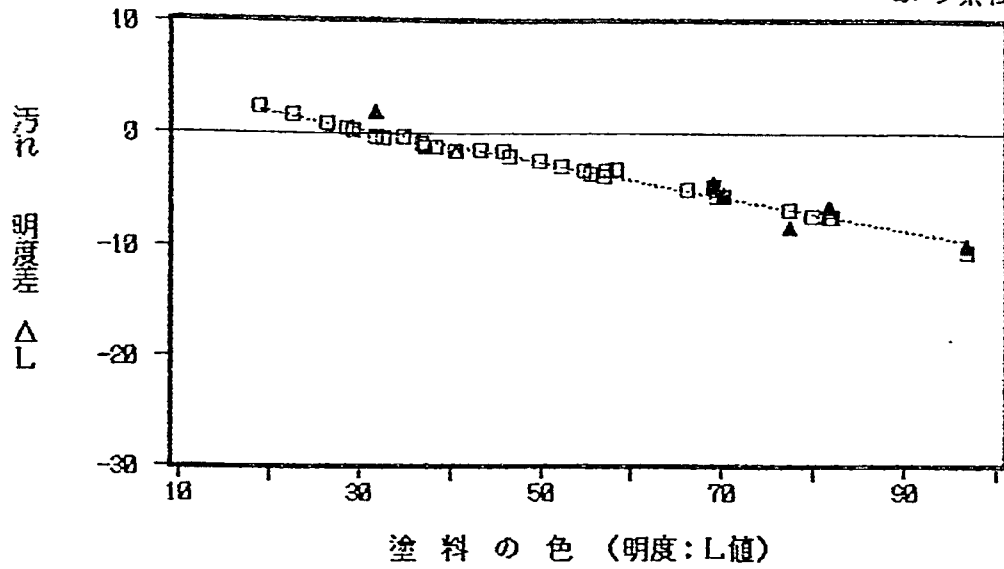


図-3.1 色彩と汚れの関係 (東京暴露3ヶ月)

相関係数：0.97

$$y = -0.31x + 10.24$$

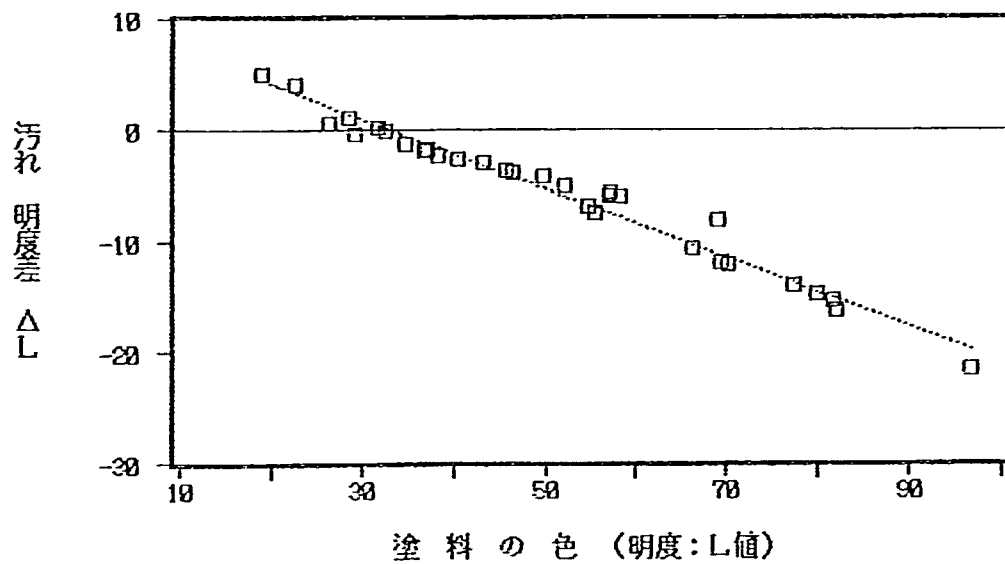


図-3.2 色彩と汚れの関係 (東京暴露6ヶ月)

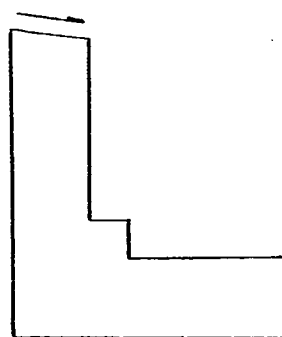
§ 4. 汚れの原因と対策

4-1 壁高欄

事 例	原 因
	・壁高欄天端の雨水が、汚れを含んで壁高欄外壁を伝わって流れ落ちる。 ・壁高欄外壁の補修鋼板の錆が含まれ、褐色になっている。かぶり不足と思われる箇所は、鉄筋の錆も流れ出ている。かぶり不足は施工不良が原因と推察される。 ・壁高欄外壁にカビが原因の黒色汚れが見られる。これは雨水に含まれたほこり・排気ガスなどの微粒子が降雨時にコンクリート表面に付着する。これらの微粒子を栄養源として、まず藻類が繁殖し、さらにそれを養分にカビなどの親近類が繁殖する。微生物はいずれ死滅し、それが炭化して黒い汚れになると考えられている。 ・コンクリート表面に遊離石灰が生じ、流れ出ている。
	

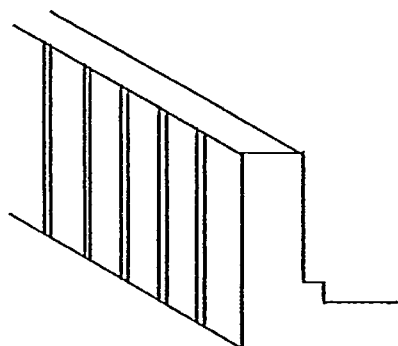
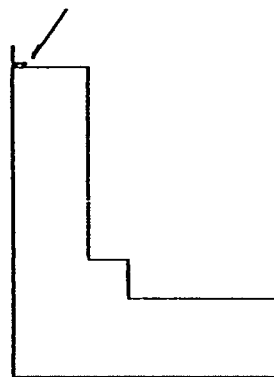
【 対 策 例 】

排水勾配

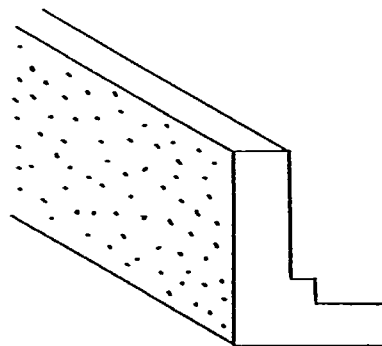


壁高欄天端に排水勾配をつける。

外に流れないようにする。

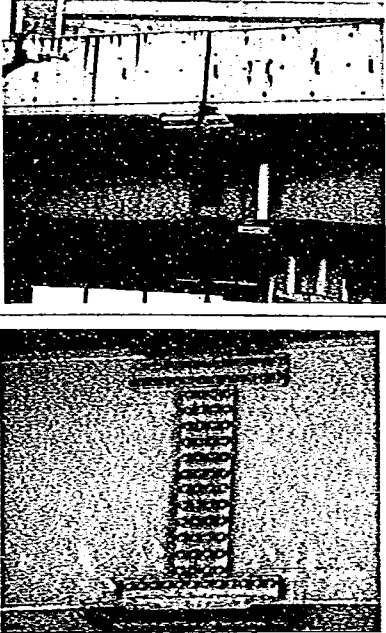
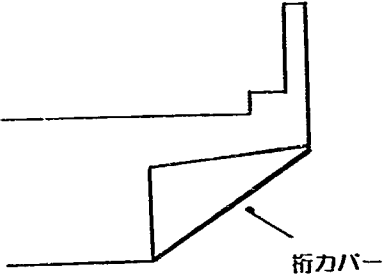
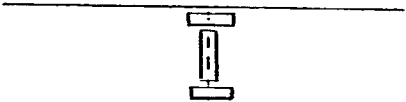
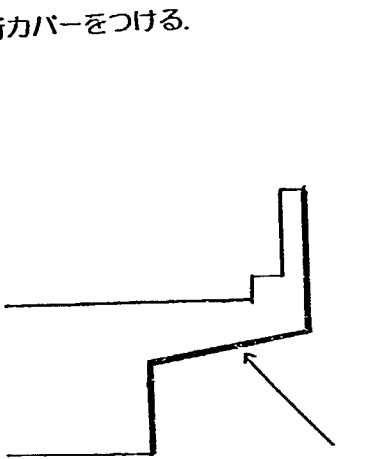
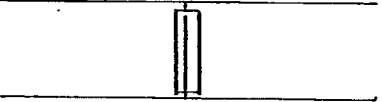
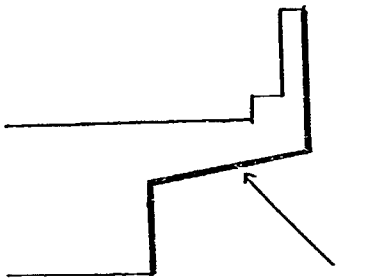


スリットを入れ、汚れを目立たなくする。

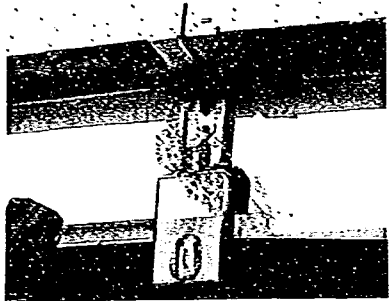
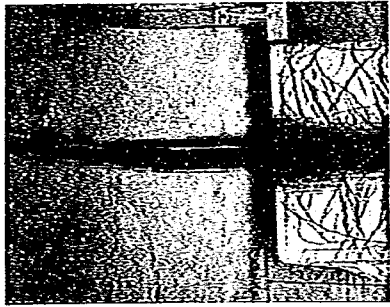


表面をはつり凹凸をつけることにより、汚れを見づらくする。

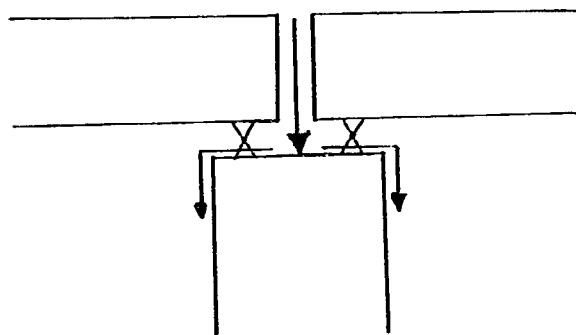
4-2 主桁

事 例	原 因
	・主桁表面に雨風がかかる部位は黒く汚れている。 ・自動車の排気ガスにより黒く汚れている。特に主桁添接部のボルトや連結板など、突起物は汚れが付着しやすい。原因ははっきりしないが、突起物周辺に生じる微風・乱流の影響と思われる。 ・塗装が劣化し、剥離している。 ・鳩が主桁および横桁部材に止まることにより、糞が堆積している。
【 対 策 例 】  桁カバーをつける。 従来   その① 1枚にする。  その② 現場溶接を取り入れる。  汚れにくい塗装系を使う。 塗装系を変える。(外側のみ)	

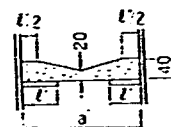
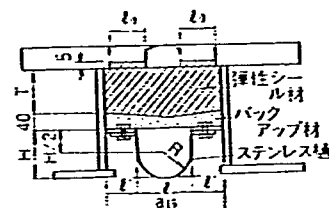
4-3 桁端遊間部

事 例	原 因
	・ 伸縮装置部からの漏水が, 主桁側面に回り込み汚れている.
	・ 遊間部より草木が生えている. 風や雨によって遊間部に土や埃が堆積し, そこに風で飛来した植物の種が芽を出し, 成長したものと思われる.

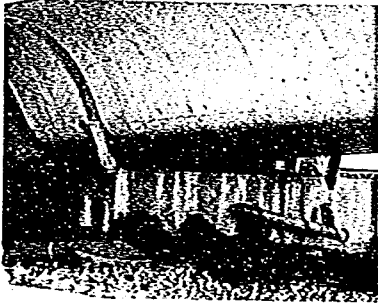
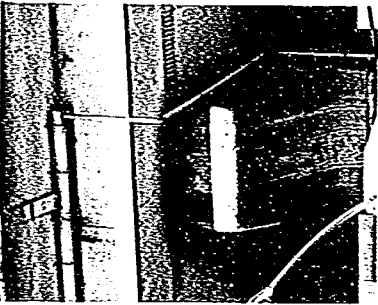
【 対 策 例 】



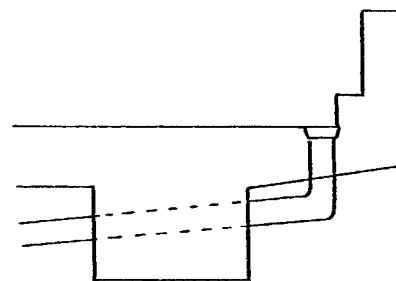
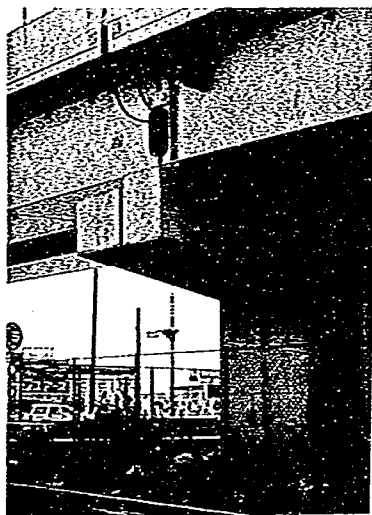
伸縮装置部の水密性をよくする.



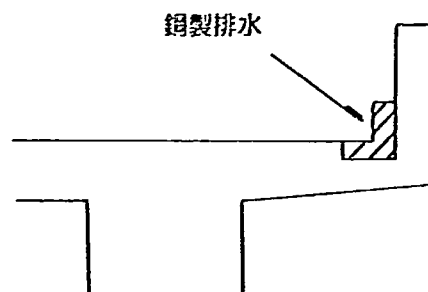
4-4 排水管

事 例	原 因
	・排水管からの漏水により汚れが生じている。 ・雨水によって排水管表面に付着した汚れが管表面を伝わって流れ、排水管に付着する。
	・伸縮装置部からの漏水により、排水管表面に付着している汚れが流れ、排水管下部に付着している。

【 対 策 例 】

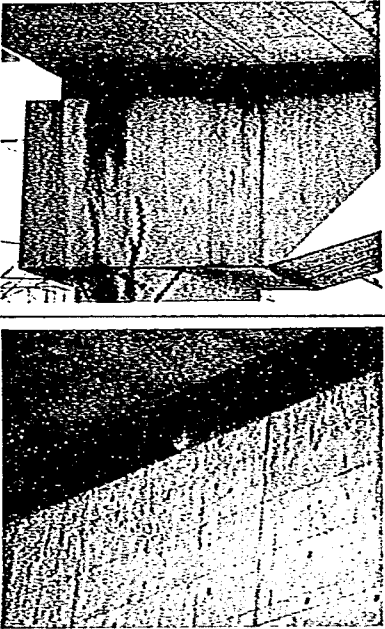
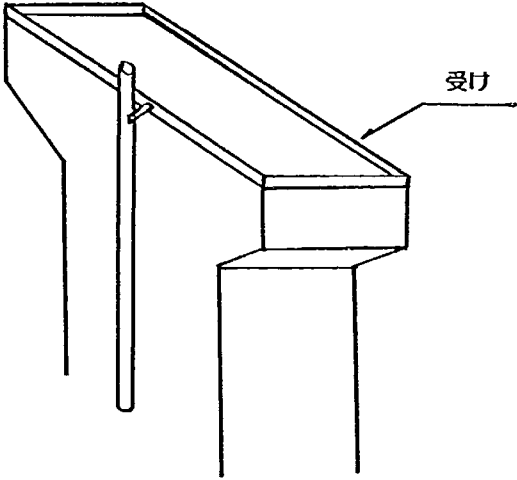
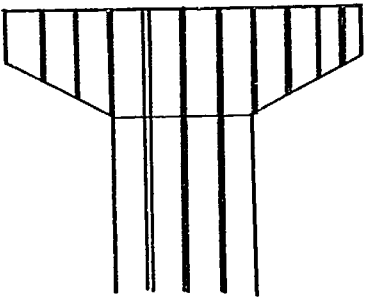


排水管の横引きを外側に出さない。



銅製排水により、横引き管をなくす。

4-5 橋脚

事 例	原 因
	・雨水によって橋座面に堆積した汚れが流され, 橋脚側面に付着する. ・伸縮装置部からの漏水により, 橋座面に堆積した汚れが流され, 付着している. ・鳩が排水管, 橋座面, 主桁部材などにとまることによって橋脚上面に糞が堆積している.
【 対 策 例 】  橋脚の天端で受けをつくり,排水処理をする.  スリットを設け汚れを見づらくする.	