

景観素材としてのコンクリートの開発 に関する共同研究報告書（1）

ーコンクリート構造物の汚れとその対策ー

平成6年3月

建設省土木研究所
材料施工部コンクリート研究室
社団法人セメント協会

Copyright ©1994 by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, 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。

景観素材としてのコンクリートの開発 に関する共同研究報告書（1）

ーコンクリート構造物の汚れとその対策ー

建設省土木研究所コンクリート研究室
社団法人セメント協会

要 旨

建設省総合技術開発プロジェクト「美しい景観創造技術の開発」では、「景観素材としてのコンクリートの開発に関する研究」に関して、平成5年度より建設省土木研究所と社団法人セメント協会との間で共同研究を実施している。

本研究の目的は美しいコンクリート構造物を造ることであるが、まずその第一歩として醜く汚れているコンクリート構造物の汚れ対策が重要との結論を得た。

本報告書はコンクリート構造物の汚れを分類し、その事例を示し、またそれぞれの汚れについて現在考えられる対策を掲載した。

キーワード：コンクリート、景観、汚れ、粉塵、エフロレッセンス、カビ、苔、藻類、錆、ひび割れ、雨水、エージング

共 同 研 究 者

機関・企業名	氏 名	役 職 名
建設省土木研究所	河野 広隆	材料施工部コンクリート研究室 室長
	菊森 佳幹	〃 〃 研究員
	加藤 俊二	〃 〃
	梶尾 聡	〃 〃 部外研究員

セメント協会

広田 文弘	常任理事
君島 健之	事業部部長
春日 一成	事業部普及課係長
小宮山慎一郎	事業部普及課

セメント協会コンクリート景観研究委員会

主査	山田 尚	住友セメント (株)
委員	田中 敏嗣	日本セメント (株)
〃	長沼 浩	日鐵セメント (株)
〃	清水 明	徳山曹達 (株)
〃	畑 実	秩父セメント (株)
〃	酒木 哲也	大阪セメント (株)
〃	岸田 秀樹	小野田セメント (株)
〃	佐田国 康彦	宇部興産 (株)
〃	近藤 秀之	電気化学工業 (株)
〃	藤 潤 康夫	三井鉱山 (株)
〃	助清 満昭	三菱マテリアル (株)
〃	檀 康弘	新日鐵化学 (株)

目 次

事例写真	1
1 章 まえがき	9
2 章 粉塵による汚れ	10
3 章 エフロレッセンス (白華) および炭酸カルシウムの析出	12
4 章 カビ・苔・藻類による汚れ	14
5 章 錆による汚れ	16
6 章 施工不良による汚れ	17
7 章 ひび割れによる汚れ	19
8 章 植物	20
9 章 その他	21
10 章 あとがき	23

粉塵による汚れ



写真2.1
手前のコンクリート製
橋脚と向こうの鋼製橋脚
では汚れ方が明かに違
う。

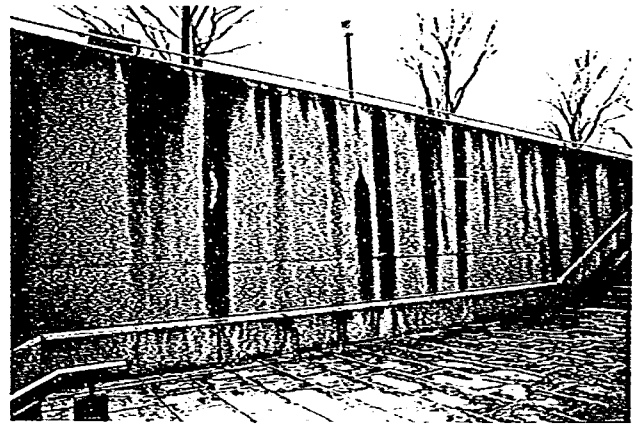


写真2.2 擁壁の天端にスリットがあり、そこから流れた雨水のため汚
れが付着している。



写真2.3 橋台の同じ箇所を雨水が流れたため粉塵が付着したケース。
一般に橋脚や橋台は雨水が集中しやすいため汚れやすい。

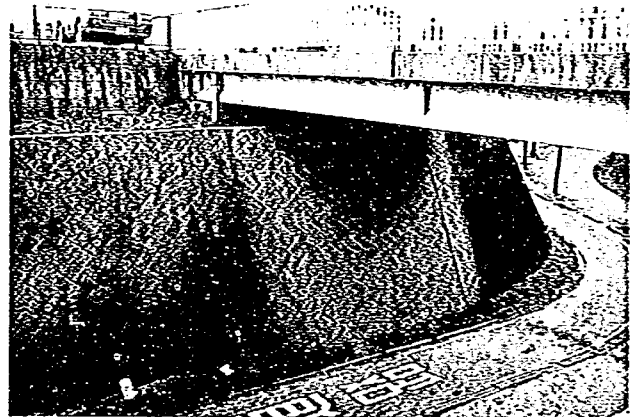


写真2.4 橋桁の隆になった部分は雨水がかからないので汚れていな
い、そのためかえて凹の部分の汚れが目立っている。



写真2.5 表面のテクスチャーを粗くすると汚れが目立たなくなる。

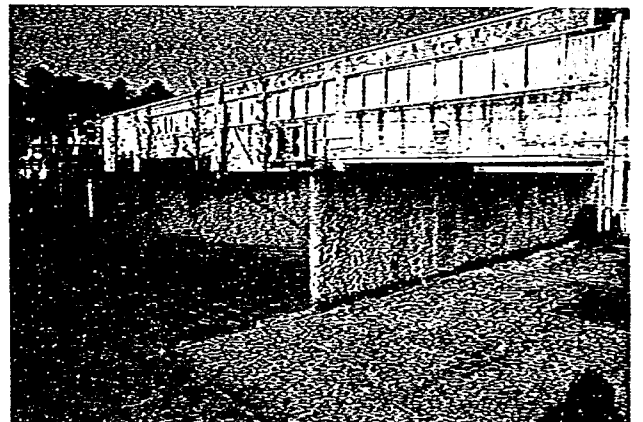


写真2.6 表面の粗いテクスチャーのため、汚れることによってかえっ
て自然な趣を増しているケース。



写真2.7 橋脚の表面補修をしたケース。補修前。

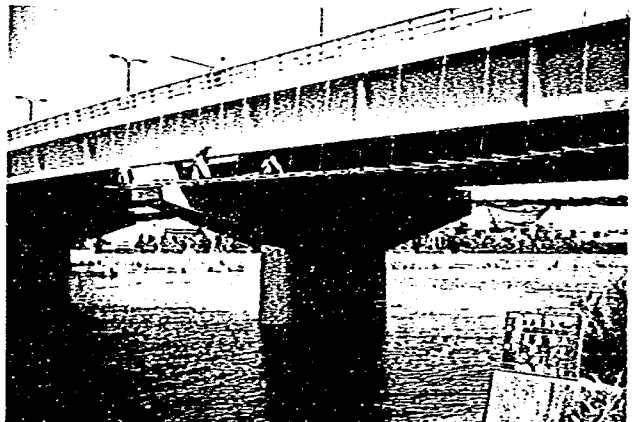


写真2.8 写真2.7の橋脚の補修後。

エフロレッセンス（白華）および炭酸カルシウムの析出

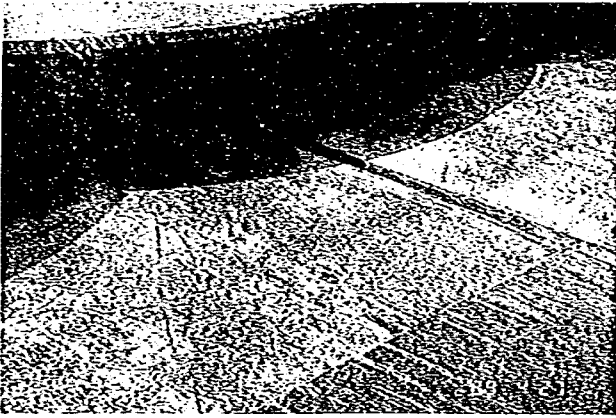


写真3.1 一次エフロレッセンスが発生しているケース。カラーコンクリートの場合エフロレッセンスが目立ちやすい。

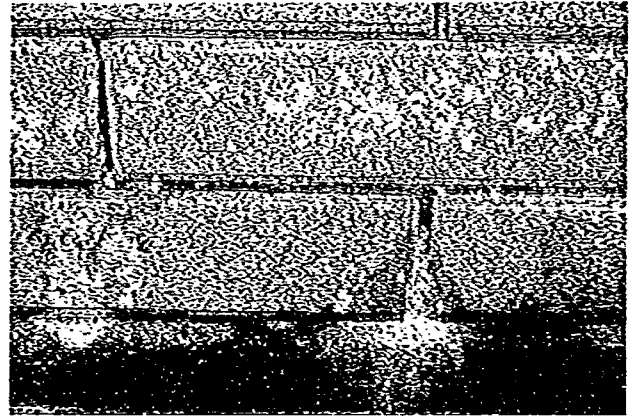


写真3.2 コンクリートの組織に空隙が多いと、毛管作用によりエフロレッセンスが発生しやすい。

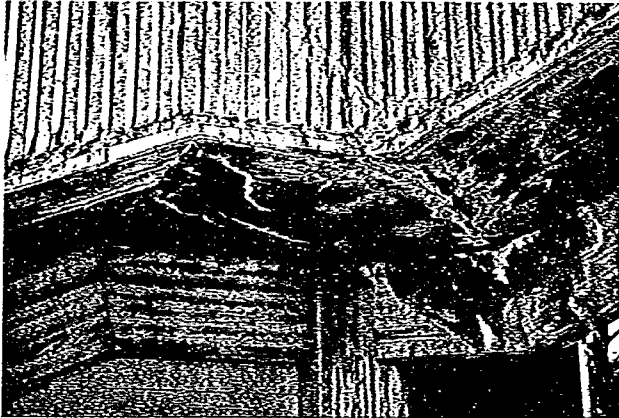


写真3.3 雨水が影響していると思われるケース。ひび割れに沿って炭酸カルシウムが析出している。

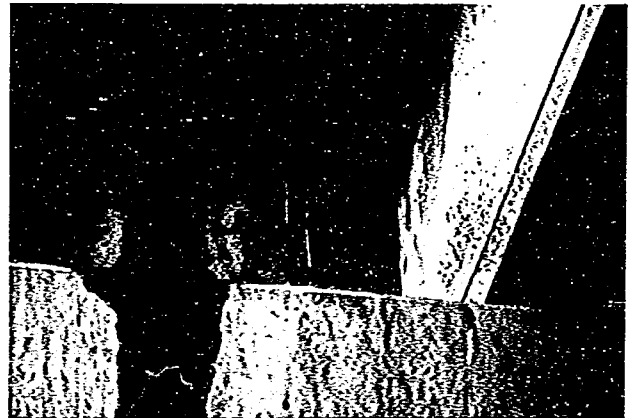


写真3.4 うらら状に析出した炭酸カルシウム。

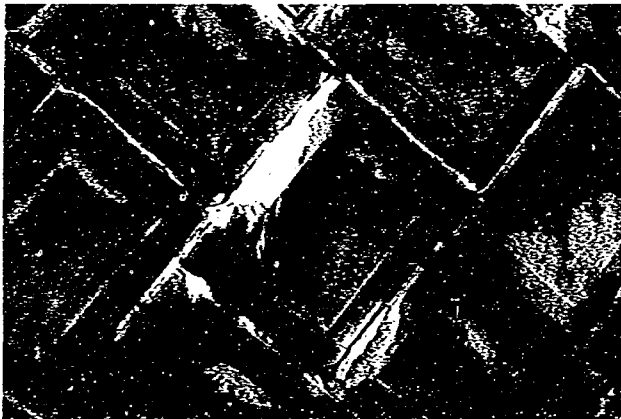


写真3.5 擁壁のコンクリートブロックの境目から炭酸カルシウムが析出しているケース。

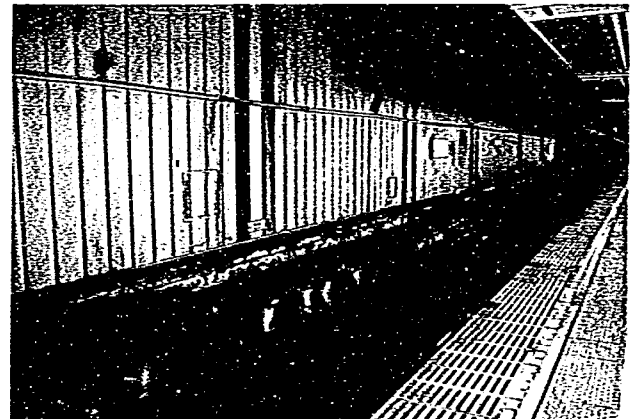


写真3.6 地下鉄駅のホーム。地下水が影響していると思われるケース。

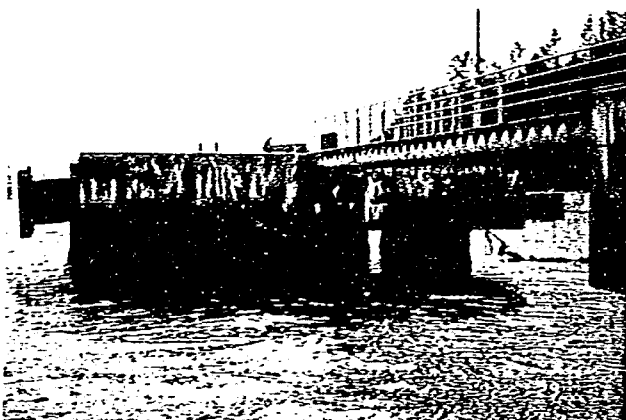


写真3.7 浚洋構造物の表面補修の事例。補修前。

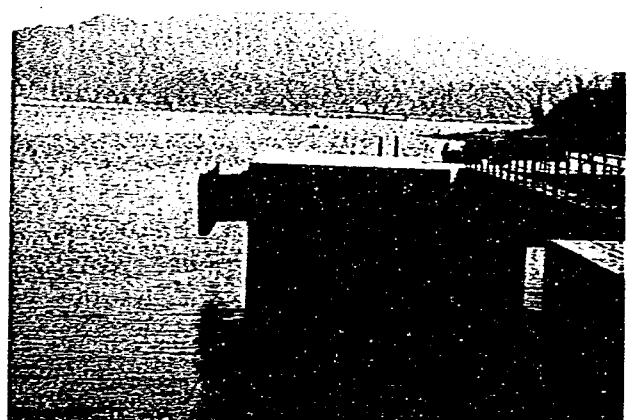


写真3.8 写真3.7の構造物の補修後。

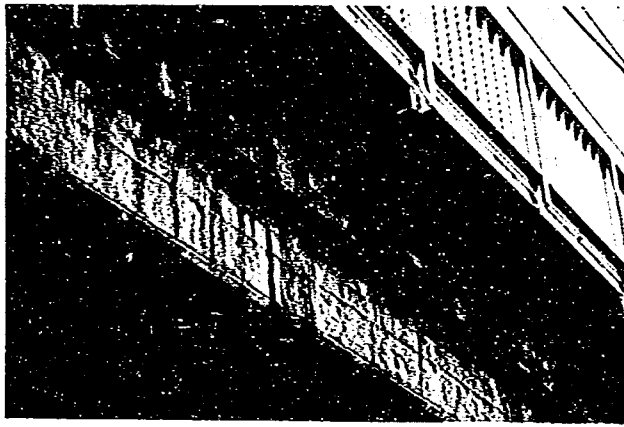


写真4.1 コンクリート鉄道橋。雨水の流路に沿って汚れが付着している。

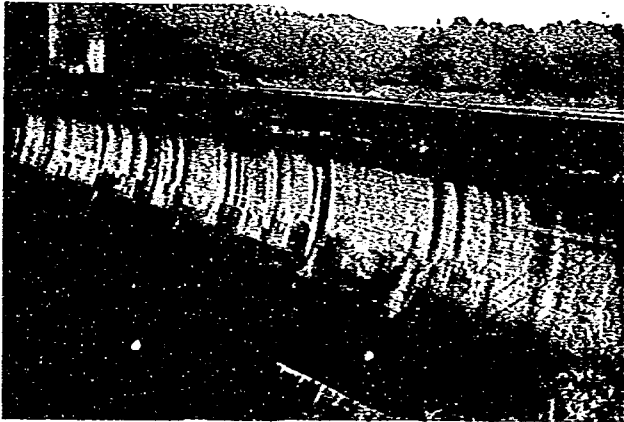


写真4.3 コンクリートダムの堤体。堤頂部のひさしの陰になる部分は雨水がかかりにくいので汚れが少ない。

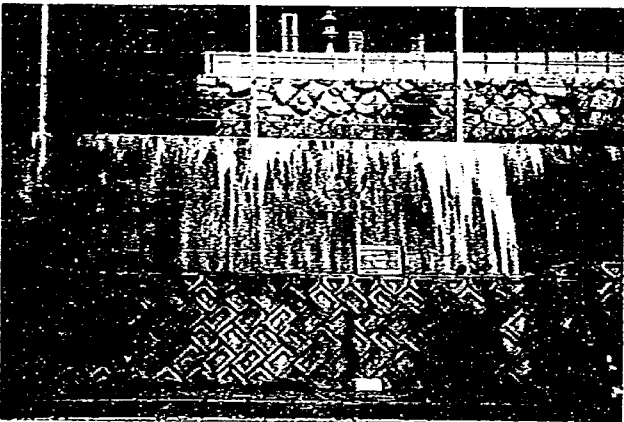


写真4.5 逆よだれ状の汚れを生じた擁壁。（建設省中国地方建設局中国技術事務所提供）



写真4.7 コンクリート擁壁に苔が生えたケース。これくらい苔が繁殖すると後ろの緑と調和して景観が向上する。



写真4.2 擁壁の天端および壁面の排水口からの雨水の流路に沿ってカビ・藻類の繁殖がみられる。排水口の取付け方法には問題がある。



写真4.4 隣接していたビルが解体され、表面が露出したところにカビが繁殖していた。湿気の高さが原因と思われる。



写真4.6 藻類の生えたコンクリート擁壁。黒い部分は藻類の死骸と推定される。



写真4.8 コンクリートブロック塀に苔が繁殖したケース。上の写真のような隅角部は湿度が高くなりやすく苔が繁殖しやすい。

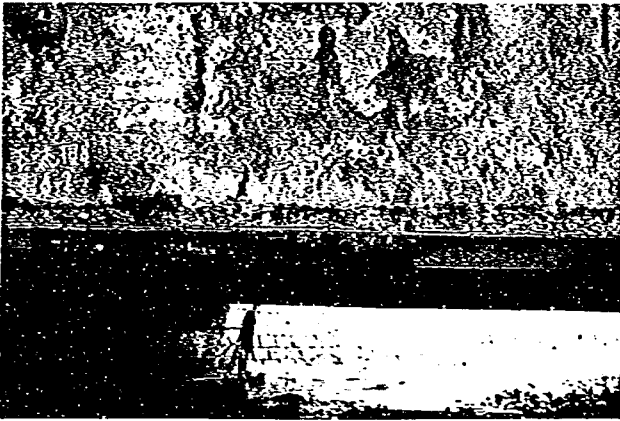


写真5.1 コンクリート製の橋の桁の鉄筋が腐食して錆が表面ににじみ出したケース。



写真5.3 鉄筋の腐食が進み表面のコンクリートが剥離し、露鉄筋が露出しているケース。



写真5.5 高架橋の金属製自動車防護柵からの錆汁がコンクリートに付着しているケース。



写真5.7 鋼製の橋桁から出た錆汁がコンクリート製橋脚に付着したケース。天然石風のテクスチャーのため風格が増している。



写真5.2 鉄筋コンクリート製の橋の梁部にひび割れおよび剥離が生じ、錆汁が流出しているケース。

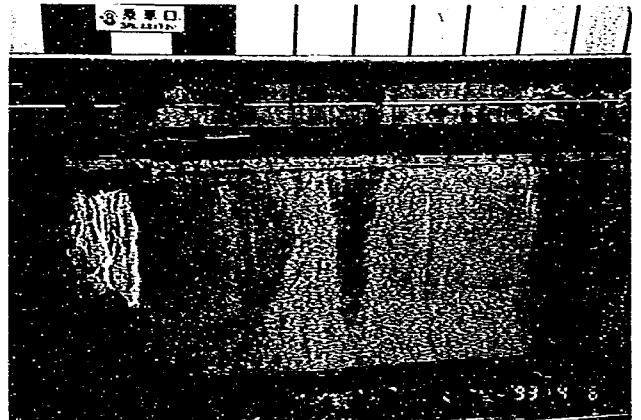


写真5.4 地下鉄駅のホーム。コンクリートから析出した炭酸カルシウムの上に錆汁が付着している。



写真5.6
鋼製の橋桁から出た錆汁がコンクリート製橋脚に付着したケース。



写真5.8 左の写真の拡大。

施工不良による汚れ

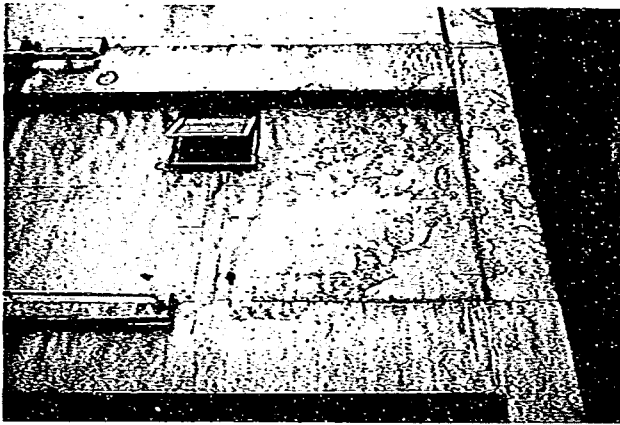


写真6.1 建物外壁にできた豆板。

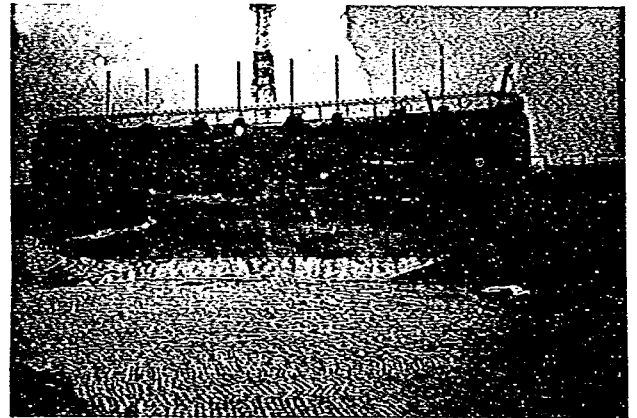


写真6.2 コンクリートの打設面に斜めの筋ができたケース。

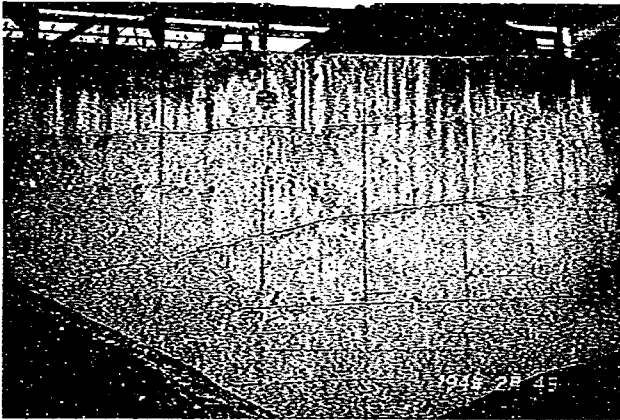


写真6.3 コールドジョイント

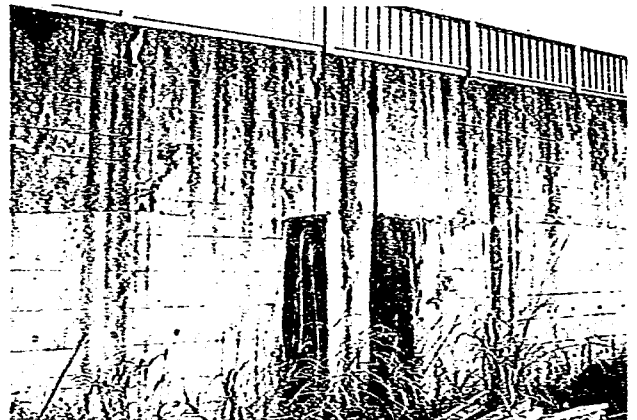


写真6.4 コンクリート擁壁のコールドジョイント。コールドジョイントの隙間から水が流れたためよだれ状の汚れを生じている。

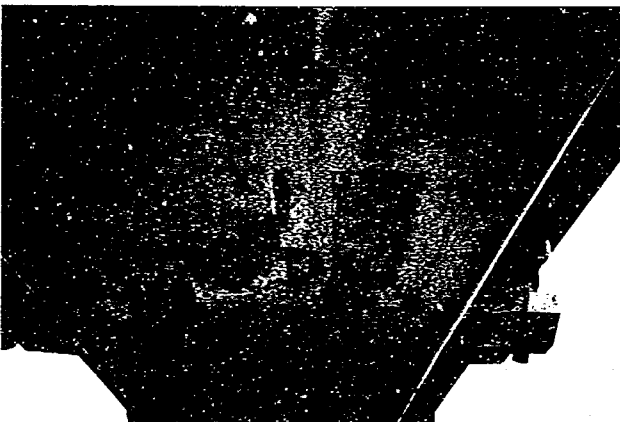


写真6.5 橋桁底面の補修跡。



写真6.6 コンクリートブロック塀の補修ムラ。色の違いが明瞭である。

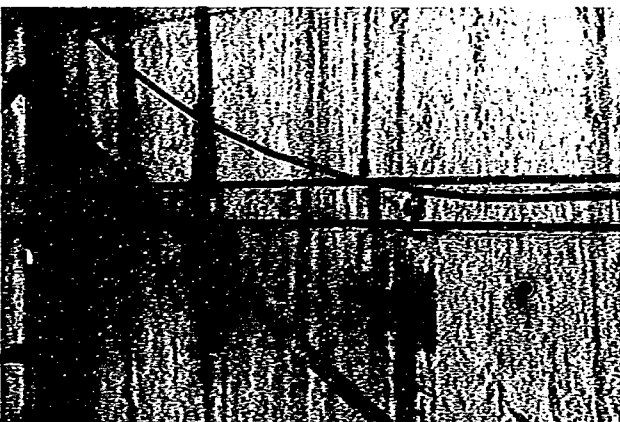


写真6.7 型枠から色が移ったケース。



写真6.8
施工がずさんなケース。

ひび割れによる汚れ

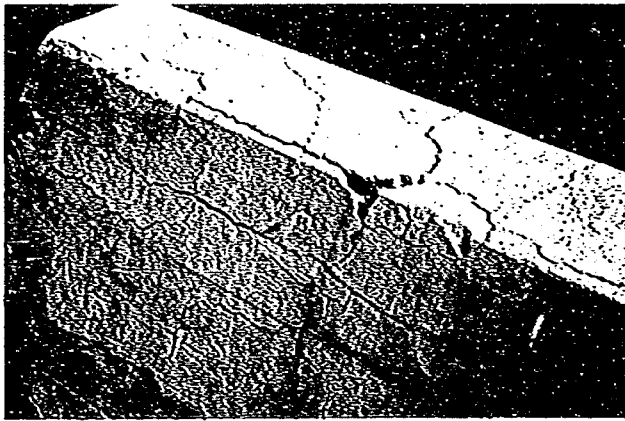


写真7.1 アルカリ骨材反応によるひび割れ。



写真7.2 消液ブロックにアルカリ骨材反応によるひび割れができたケース。

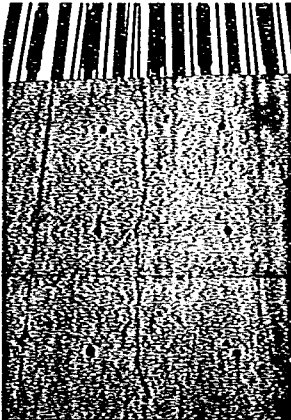


写真7.3
温度応力によるひび割れ。

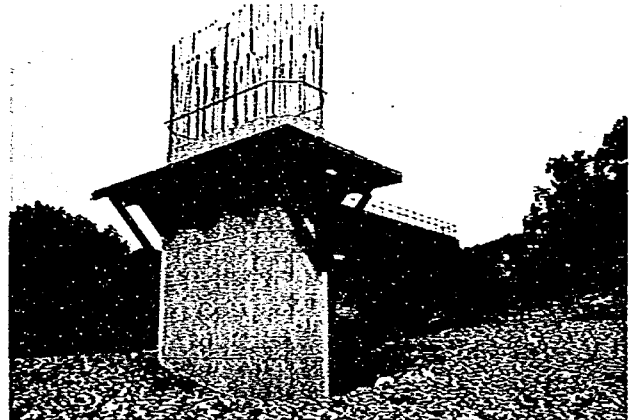


写真7.4 左の写真のひび割れを起こした構造物。マスコンクリートの場合温度応力によるひび割れがしやすい。

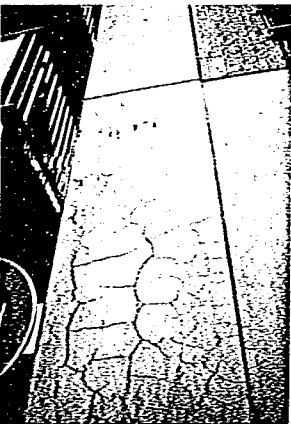


写真7.5
コンクリート表面に塗られた
モルタルの取離が原因であると
推定されるひび割れ。

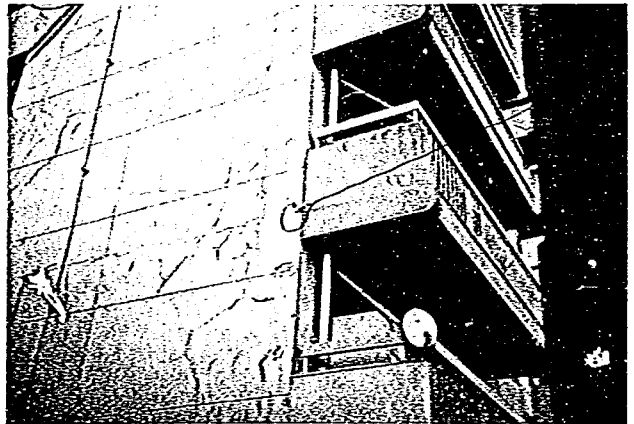


写真7.6 建物の外壁のひび割れの補修跡。

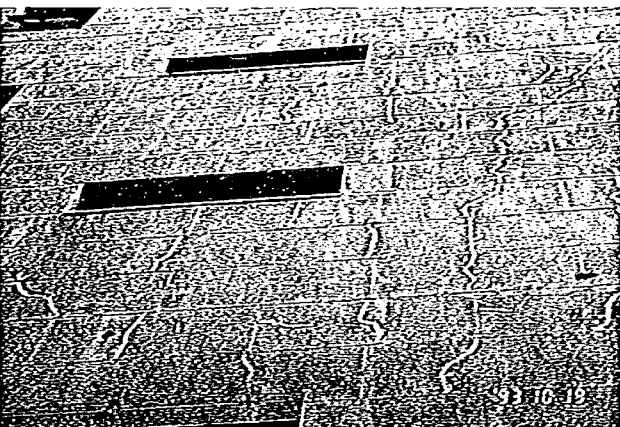


写真7.7 建物の外壁のひび割れの補修跡。

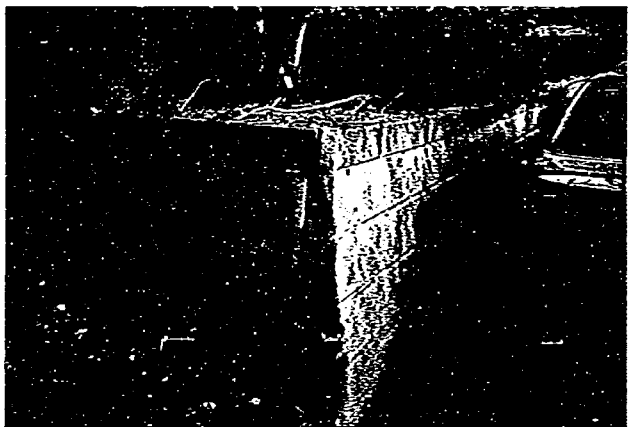


写真7.8 擁壁背面の土圧が原因であると考えられる。隅角部には応力が集中しやすい。



写真8.1
コンクリート建造物の壁面に緑の蔦を這わすことにより落ち着いた雰囲気演出することができる。左の写真は蔦を下から上に向って這わせたケース。

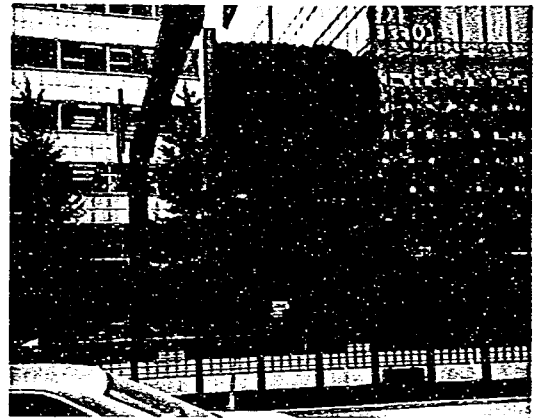


写真8.2 コンクリート建造物全体を植物で覆ってしまうとうっとうしと感じることがある。

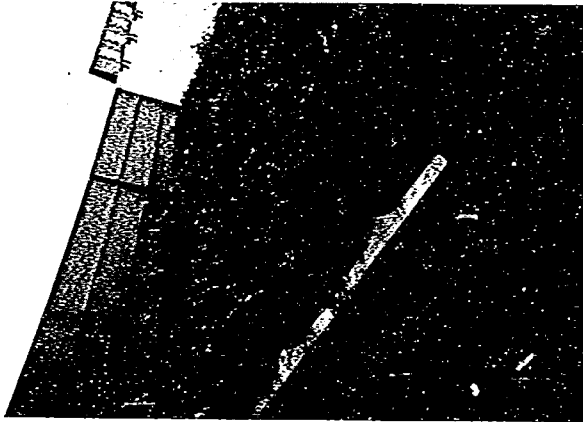


写真8.3 写真8.2の建造物の近景。

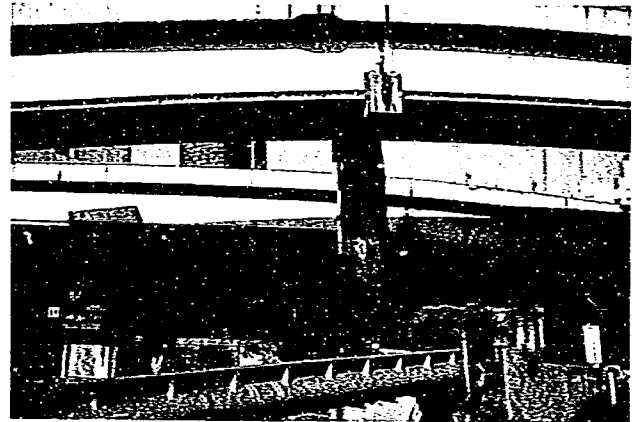


写真8.4 枯れた蔦は汚い印象を与える。



写真8.5
枯れた蔦が建物の外壁を這っているケース。枯れた蔦は汚い印象を与える。



写真8.6
建物の外壁に蔦を這わす場合、人手をかけて管理してやらないと美しくなるとは限らない。



写真8.7 歩道橋の橋台に蔦が這っているケース。



写真8.8 インターロッキングブロックの隙間から草が生えているケース。管理が行き届いていないように見受けられる。



写真9.1
コンクリート土留壁に凍結融解作用によりスケーリングを生じたケース。

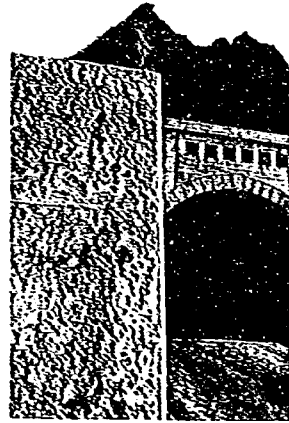


写真9.2
凍結融解作用によりスケーリングを生じたコンクリート構造物。

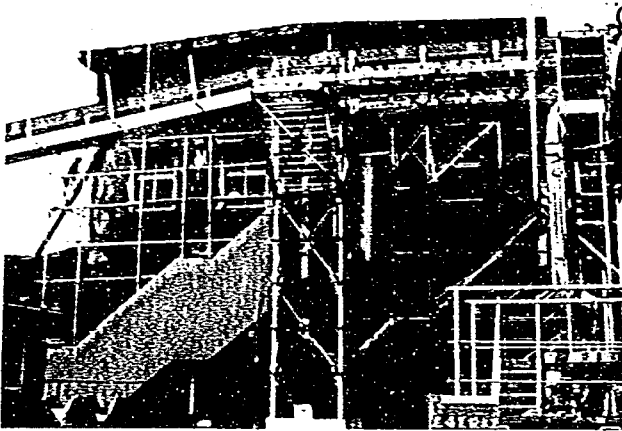


写真9.3 化学プラントのコンクリート構造物がプラントからの排ガスで汚れたケース。表面補修前。



写真9.4 左の写真の構造物の補修後。

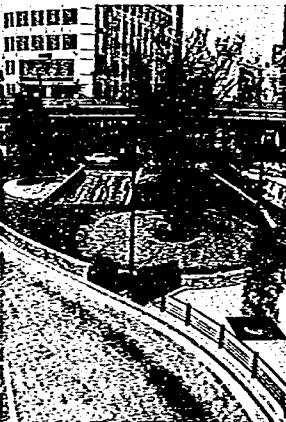


写真9.5
コンクリート舗装が自動車から出たオイルで汚れたケース。

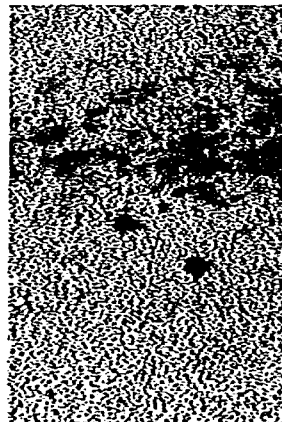


写真9.6
左の写真の拡大。

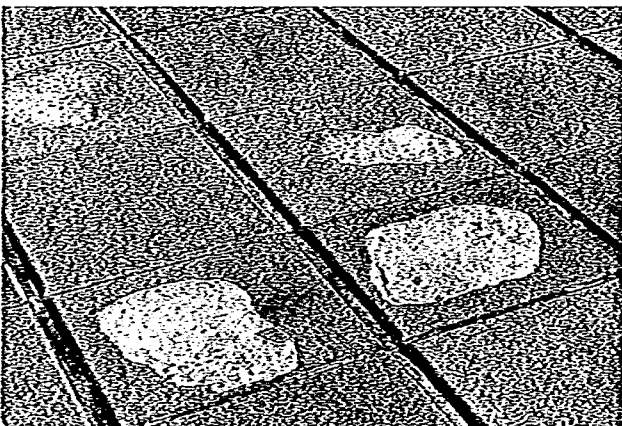


写真9.7 カラーコンクリートが剥離したケース。

1章 まえがき

近年、国民の環境への関心の高まりにより、環境と調和した質の高い社会資本の整備が従来以上に強く求められている。また、今後の社会資本の整備に当たっては、地域の個性を活かした美しく潤いのあるものが求められている。このような背景のもと、周辺環境と一体となった景観を整備し、魅力ある公共空間を形成するための技術の開発と景観向上技術の適切な導入が必要とされている。こうした要望に応えるため、建設省総合技術開発プロジェクト「美しい景観創造技術の開発」が開始された。本研究は、その一課題である「景観素材としてのコンクリートの開発」の一環として行われたものである。

土木構造物はその大きさ、耐用年数の長さからいって、重要な景観構成要素であるといえる。ところが、従来の公共事業では早急に大量の構造物を安価に建設することに力点が置かれ、土木構造物には景観上の配慮が十分なされてきたとはいえなかった。むしろ周囲の環境との調和を乱しているようなコンクリート構造物が多々見受けられる。

コンクリートはコンクリートに携わっている人以外の人にとっては、「無機質」「無表情」で「圧迫感」があるなどとあまりいい印象を持たれていない。しかしコンクリートには「重量感」や「確固とした存在感」、「天然の石に似た質感」があり、また型枠さえ用意すればどのような形にも加工できる「可塑性」という優れた性質もある。コンクリートは土木構造物には不可欠な材料であり、しかも表面に露出することが多いためコンクリート材料によって景観を向上させることが可能であれば、その効果は大きいと考えられる。

本研究の目的は美しいコンクリート構造物を造ることであるが、まずその第一歩として醜く汚れているコンクリート構造物の汚れ対策が重要との結論を得た。汚れ対策には汚れの実態を把握し、それぞれについて対策を立てることが重要である。ここではコンクリート表面の汚れに着目し、手始めに汚れを分類し、それらはどのような特徴があるのか、併せてその対策についても検討してみた。また、コンクリート構造物が年を経て汚れること（エージング）により、歴史的な趣を醸しだしているような事例もいくつか載せてある。

2章 粉塵による汚れ

2-1 状況および原因

大気中には自動車の排ガス、土粒子、花粉、火山灰、煤煙など様々な粉塵が浮遊している。これらの粉塵を含んだ雨水や風がコンクリート表面に接し、コンクリート表面が汚れていく。コンクリート表面は様々な形態（テクスチャー、形状）を有し、多彩な表情をもつが、粉塵による汚れを観察すると、コンクリート表面の形態に応じた一定のパターンがあり、これらは次に示す2つのケースに大別することができる。

(1) コンクリートの表面の粗さが影響しているケース

写真2.1に示すのは建設中のモノレール橋脚である。手前2つがコンクリート製で、向こう側が鋼製である。コンクリート製には早くも汚れが目立つが、鋼製はほとんど汚れていない。形状、周辺環境がほぼ同一であることから、その原因はコンクリート表面の粗さであることが明白である。橋脚上端水平面等に堆積した粉塵が雨水によって流下しコンクリート表面に付着、さらにそこにカビや藻類が繁殖し始めている状況である。

(2) 構造物の形状が影響しているケース

写真2.2は擁壁の天端から雨水が流れ、その濡れたところに粉塵が付着したケースである。天端に等間隔にスリットが切っており、雨水が外壁に流れやすいようになっているのが原因である。

写真2.3はコンクリート製歩道橋の橋台のケースである。雨水の流れる場所に粉塵が付着して汚れているが、ここでは同じ場所に集中して雨水が流れる形状となっている。

写真2.4は雨水の不均一な流れにより汚れが目立つケースである。橋桁の陰になった部分は汚れが少ないので他の部分の汚れが目立ってしまった。全体が均一に汚れていると目立たない場合もある。

2-2 対策

以上のような粉塵の付着によるコンクリート表面の汚れ対策として、汚れる前の事前対策、汚れた後の事後対策について以下にまとめる。

(1) 材料による事前対策

1) コンクリートの密実化

コンクリート表面は鋼材等と比べて多孔質で吸水性、保水性が大きい。コンクリート表面の粗さ度合い、吸水性が増加するほど粉塵が付着しやすいという実験結果⁹⁾があるように、水セメント比及び単位水量を少なくし、平滑な型枠を用いて十分な締固めと養生を行い、表面

が長期にわたって密実な状態に保たれるようにすることである。

ii) 表面仕上げ材の使用

仕上げ材は有機系と無機系があるが、一般的に有機系は無機系に比べ粘着性が大きく、さらに静電気が発生しやすいため、粉塵が付着しやすい。従ってセメント系、シリカ系の無機材を用い、表面を平滑かつ緻密に仕上げるのが有効である。

(2) 設計上の事前対策

i) テクスチャーの工夫

写真2.6に示すようにコンクリート表面に、たたき出し、スリット等のテクスチャー処理を行うことで汚れを目立たなくすることができる。

ii) 構造物の形状

構造物上端部から雨水が流下しない形状とすること。(例：パラペットの水勾配を内側にとる。) また表面に深い突起物があると風雨の当たり方にムラができ、汚れが目立つようになるため注意が必要である。

(3) 事後対策

i) 洗浄

超高压のウォータージェット (約200kg/m²)、洗浄剤と高压ウォータージェット (60～70kg/m²) の組み合わせ、さらにはサンドブラスト (珪砂) を併用するなど、汚れの程度によって使い分ける。

ii) リフォーム

写真2.7, 2.8のようなコンクリート表面補修工法も普及している。

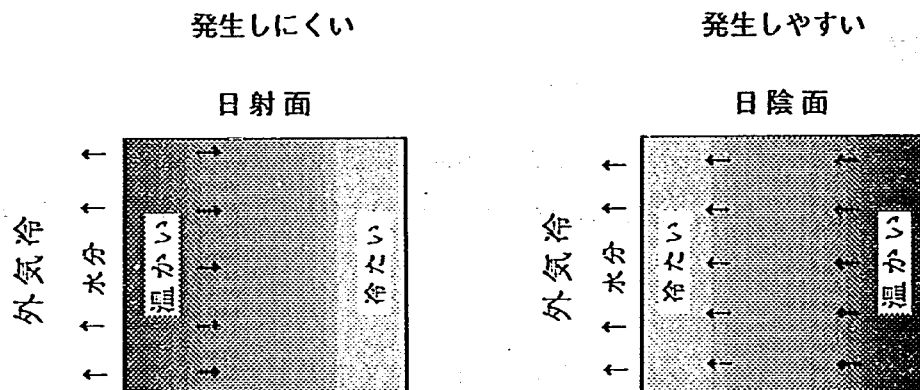
3章 エフロレッセンス（白華）および炭酸カルシウムの析出

3-1 エフロレッセンスの定義

エフロレッセンスとはモルタルやコンクリート中の可溶成分が溶解した溶液が内部を通過し表面に移動し、水分が蒸発する事により表面に析出した、あるいは空気中の炭酸ガスと結合して表面に沈着した白色の物質のことをいう。本来は水分の移動はコンクリートの毛細空隙を通るものに限定されるが、最近は広義にはコンクリートのひび割れを通るものも含むとする解釈もある。後者は単に炭酸カルシウムの析出と呼ぶこともあるが、ここではエフロレッセンスと並べて説明する。エフロレッセンスは「エフロ」あるいは「白華」ともいう。

3-2 エフロレッセンスの発生要因

エフロレッセンスの発生は、コンクリート中に溶存している原因成分が水溶液としてコンクリート内部から表面に移動することにより起こり、この移動が容易であるほど発生しやすい。



3-3 状況および原因

エフロレッセンスは2つに分類され、それぞれ一次エフロレッセンス、二次エフロレッセンスと呼ばれている。前者は混練水に溶解したエフロレッセンス成分がコンクリートが乾燥するのに伴いコンクリート表面に析出し一面白く見えるようになる現象である。後者は雨水、地下水、養生水など外部の水が原因である。外部の水が一度乾燥したコンクリートの内部に浸入し、再び乾燥する際にコンクリート中の可溶成分と共にコンクリート表面に流出する。コンクリート表面で水が蒸発するとエフロレッセンス成分が表面に残る。

(1) 一次エフロレッセンスによるケース

コンクリートを練る際に使用した水に溶解したエフロレッセンス成分が、コンクリート表面の乾燥に伴い析出したもの。(写真3.1)

(2) 二次エフロレッセンスによるケース

i) ポーラスな製品が原因となっているケース

雨水等によりコンクリート中の可溶成分がコンクリート内の空隙部を通り表面に移動して蒸発乾燥し、エフロレッセンス成分を表面に残したと考えられるケース。(写真3.2)

ii) ひび割れ、目地等が原因となっているケース(広義のエフロレッセンス)

① 雨水による影響

コンクリートのひび割れから雨水が侵入し、コンクリート中の可溶成分をコンクリート表面に導出し、エフロレッセンス(二次エフロレッセンス)を生じたものと考えられるケース。(写真3.3~3.5)

② 地下水による影響

コンクリート内部に侵入した地下水がコンクリート中の可溶成分をコンクリート表面へ導出し、エフロレッセンス成分を生じたと考えられるケース。(写真3.6)

3-4 対 策

(1) 事前対策

i) コンクリートの緻密化

水セメント比を小さくし、十分密実な組織のコンクリートにする。

ii) 早期硬化

セメントの初期水和を促進させ硬化を早める混和剤を混入すると効果がある。

(2) 事後対策

i) 防水・撥水性の付与

コンクリート内部に不透水層をつくり、水の移動を妨げる。

ii) 外部からの水分の侵入防止

コンクリート製品を被覆し表面の組織を緻密化させ、水の蒸発、侵入を防止する。(写真3.7, 3.8)

4 章 カビ・苔・藻類による汚れ

4-1 状況および原因

(1) カビによる汚れ

カビによるコンクリートの汚れは次のようにして起こる²⁾。風によって運ばれてきた藻類の胞子がコンクリート表面に付着する。空気中を漂っている塵埃や雨水により、養分（炭素、窒素、リンやその他の塩類）が供給される。温度、湿度、コンクリートのpH等が光合成を行うのに適した条件になると、まず藻類が繁殖する。ところがコンクリート表面が乾燥すると藻類は死滅し、これに代わり藻類の死骸に含まれる糖類やアミノ酸を養分としてカビ類が繁殖する。カビ類が繁殖するとコンクリートは黒く汚れていく。

また、カビによる汚れは雨水等のかかりやすい部分に発生しやすいことから、粉塵による汚れを伴うことがほとんどである。

i) 雨水の流路に沿って汚れているケース

コンクリート鉄道橋の例を写真4.1に示す。コンクリート桁と歩道部分の隙間からの雨水の流下経路に沿って汚れが付着しており、よだれ状の形状をしている。写真4.3はコンクリート擁壁の事例である。天端および壁面の排水口からの雨水の流下経路に沿ってカビ・藻類の付着が見られる。壁面の排水口の取付方法には問題がある。

ii) 雨水の当たらない部分は汚れていないケース

写真4.3にコンクリートのダムの堤体の例を示す。写真に示すように雨の当たらない部分はほとんど汚れておらず、他の部分との色の違いが明瞭である。

iii) 陽当たりの悪い部分が汚れているケース

写真4.4は隣接していたビルが解体され、表面が露出したところにカビが繁殖していたケースである。一般に陽当たりが悪く風通しの悪い部分は、湿度が高いことからカビが繁殖しやすい³⁾。

iv) 流水作用により汚れが取り除かれたケース

流下する雨水の量や温度、湿度等の条件が揃うと、汚れが雨水の流下作用によって取り除かれ逆よだれ状の汚れを生じる。写真4.5は逆よだれ状の汚れを生じた擁壁の例である。

(2) 苔・藻類による汚れ

コンクリート表面に塵埃や雨水等により苔の繁殖に必要な養分（炭素、窒素、リン、その他の塩類）が供給され、温度、湿度、コンクリートのpH等が苔の光合成に適した条件になると苔が繁殖すると考えられる。苔が繁殖する場所はほとんどの場合日陰部で比較的湿度が高い⁴⁾。光合成可能な藻類・苔類が繁殖している場合、汚れは緑色を呈し、それらが枯れると黒色に変化する。

写真4.6に見られるような緑色の部分は光合成が可能な藻類が繁殖していると考えられるが、

黒色部分は藻類の死骸と推定される。

写真4.7はコンクリート表面全体に苔が繁殖しており、この場合むしろ環境に調和した感じとなっている。

写真4.8はコンクリートブロック塀に発生した苔類である。苔が繁殖したのは、コンクリート表面に塵埃や雨水により苔の繁殖に必要な養分（炭素、窒素、燐、その他の塩類）が供給され、さらに温度、湿度、コンクリートのpH等の環境条件が苔の光合成を行なうのに適した状況になったためと考えられる。特に下部の隅角部は湿度が高くなりやすいため、苔が生えやすい。

4-2 対策

カビおよび苔、藻類による汚れ対策は基本的には同一であり以下の方法が挙げられる。

Ⅰ) コンクリート自体の対策

水セメント比、単位水量をできるだけ少なくし、できるだけ平滑な型枠を用いて十分締固めおよび養生を行ない密実なコンクリートとする。こうすることによって表層のアルカリ性の保持効果も期待でき、カビ類の繁殖を遅らせることも望める。

Ⅱ) コンクリートの表面処理

表面塗装する場合は、アクリル、スチレン、ビニールなどの樹脂系塗料よりは、シリカ、セメントなどの無機質系材料を用いた方が、粘着性が少なく静電気も発生しないので汚れにくい。また、表面に凹凸をつける等の表面処理を行なうことで、汚れを目立たなくする方法も考えられる。

Ⅲ) 設計上の対策

コンクリート表面のカビ・苔・藻類の繁殖と雨水の流れとは密接な関係にある。そのため、雨水が壁面に伝って流下しないように、パラペット、笠木等の水切り、排水の設計上の工夫をすることで汚れを防止できる。

5 章 錆による汚れ

5-1 状況および原因

コンクリート構造物の付近には鉄製の部材が配置されていることがよくあり、またコンクリートの内部にはほとんどの場合鉄筋が埋め込まれている。錆によるコンクリートの汚れは、これらの部材から発生した錆粒子が運搬されコンクリート表面に付着したものである。錆による汚れは錆汁と呼ばれ一般に茶褐色を呈しており、疲弊した印象を与える。

(1) 錆粒子の発生源がコンクリートの内部にあるケース

施工不良による空隙やひび割れがあると、水分や塩分がコンクリート内部に浸入しやすくなる。コンクリートの内部はアルカリ性であり、内部の鉄筋は本来錆びにくいものであるが、水の浸透作用により炭酸ガス、水分、塩分、酸素等がコンクリート内部に浸入すると、鉄筋を腐食させ錆を生じる。鉄筋から生じた錆粒子は毛細管作用によってコンクリート中の空隙を通過してコンクリート表面に染み出するか、ひび割れを通過してコンクリート表面に達し、斑点状の汚れを生じる。(写真5.1, 5.2)

(2) 錆粒子の発生源がコンクリートの外部にあるケース

錆粒子の発生源がコンクリートの外部にある場合は、錆粒子は雨水等によって運搬され、コンクリート表面に付着する。形状はよだれ状になる場合が多い。(写真5.3～5.7)

5-2 対策

(1) 錆粒子の発生源がコンクリート内部にある場合

コンクリート内部の鉄筋が錆びるのを防ぐには塩害対策と同様の方法をとればよいが、景観が特に問題になる場合は以下の方法をとるのがよい。

- i) 鉄筋のかぶりを大きくとる。
- ii) 撥水剤等の表面被覆剤を用い、コンクリート内部に水分・塩分が浸入するのを抑える。
- iii) 密実なコンクリートを用い、丁寧に施工する。

(2) 錆粒子の発生源がコンクリートの外部にある場合

錆の発生源がコンクリートの外部にある場合は、錆粒子の発生からコンクリート表面への付着までのどの段階で防ぐかにより以下の方法が挙げられる。

- i) 錆の発生源をコンクリートから遠ざける。
- ii) 赤錆の生じないような材料を用いる。(アルミ等を用いる)
- iii) 水切り等の水処理を施す。
- iv) 撥水剤等でコンクリート表面を被覆し、錆粒子が付着し難くする。
- v) 密実なコンクリートを用い、丁寧に施工する。

6章 施工不良による汚れ

6-1 状況および原因

コンクリート構造物を施工するにあたり、十分な施工と管理を怠ると、景観上好ましくない以下のような種々の欠陥を生じやすい。これらは他の汚れとは違い経時変化することがなく、「歴史的な趣」を感じることがない。必ずと言っていいほど不快感を及ぼすものである。

(1) 豆板 (ジャンカ)

豆板は充填不良によるコンクリート中の空隙のことである。コンクリートの材料分離や締固め不良により起き、コンクリート表面にあばた状の模様を残す。これは雑な施工を物語るものであり不快感を与える。(写真6.1)

(2) 打設面にできる筋およびコールドジョイント

打設面にできる筋は打設時にコンクリートが横方向に流れるために起きる。コールドジョイントは新旧コンクリートの打設間隔が長いとき、旧コンクリートが硬化し始め、新旧コンクリートが一体化しなかったときにできる境界面のことである。これらは景観上醜いものである上、構造的にも不安を与えるものである。(写真6.2~6.4)

(3) 補修ムラ

補修材とコンクリート構造物の材質の違いにより生じるムラのことである。パッチ状の補修跡はコンクリート構造物をみすばらしい感じにさせる。(写真6.5, 6.6)

(4) 型枠からの色移り

不適当な型枠を用いるとコンクリート表面が着色する。一般に褐色を呈することが多く景観上好ましいとは言えない。(写真6.7)

6-2 対策

施工不良による汚れは経時的変化である他の汚れとは違い脱型後にすぐ現れるものであり、環境条件によるところが少ない。よってその責任の大半は施工者にあると言ってよい。施工不良による汚れは丁寧に施工することによって大抵は予防できる。以下に項目別に対策を挙げる。

(1) 豆板 (ジャンカ)

- Ⅰ) 適切なワーカビリティと材料の分離抵抗性をもったコンクリートを用いる
- Ⅱ) 十分締め固めを行う
- Ⅲ) コンクリートの打ち込み高さとり過ぎない

材料分離を防ぐため打ち込み高さにも注意を払う必要がある。

(2) 打設面にできる筋およびコールドジョイント

i) 打設面にできる筋

- ① コンクリートを横方向に流さない
- ② 新旧コンクリートの境界面にバイブレーターをいれてよく締め固める

ii) コールドジョイント

- ① 打継ぎ時間間隔を長くとりすぎない

コールドジョイントを防ぐためには旧コンクリートが硬化する前に新コンクリートを打設する必要があるため、計画的な打設を行い打継ぎ時間間隔を必要以上に長くとらないことが重要である。

(3) 補修ムラ

i) 補修材を原構造物となるべく同質のものを用いる

補修ムラは、補修の原因となる施工不良部や劣化部を作らないことが何より重要である。やむを得ずコンクリートを補修する場合は、補修材はなるべく原構造物と同質のものを用い、補修部分がなるべく目立たないようにすることが重要である。また、補修の際は周辺の汚れの原因となるものを十分除去する必要がある。

(4) 型枠からコンクリートへの色移り

i) 汚れのつきにくい型枠材料を用いる

型枠からコンクリートへの色移りは、特に合板型枠を使用した際に生じやすい。汚れのつきにくい型枠材料を用いることが大切である。

ii) 離型剤を用いる場合は塗布量を多くしすぎない

脱型する際、離型剤の塗布量が多すぎるとコンクリートの表面にシミが残ることがあるので、これにも注意が必要である。また、型枠の隙間からセメントペーストが漏れると砂筋が残るので、型枠の組み立ては綿密に行わなければならない。

7章 ひび割れによる汚れ

7-1 状況および原因

コンクリートは、その物理的変化および外的要因により多種多様なひび割れを生じる。コンクリート構造物のひび割れは、見る側に不快な感じを与え、構造物の耐久性状を低下させる要因となる。ひび割れが発生するとひび割れ部が汚れて変色し、コンクリート表面に幾何学的な模様を形成する。これを補修せずに放置しておくとしび割れ部から漏水が生じて、よだれ状の汚れが発生したり、錆汁、浮きおよびはがれ等を発生させる原因にもなる。

コンクリートのひび割れの発生の原因は、環境条件、材料および施工状況などの多くの要因があり。代表的なひび割れの原因について以下に示す。

(1) アルカリ骨材反応によるケース

写真7.1および写真7.2は網目状のひび割れが発生している事例である。ひび割れの形態から、コンクリート中の骨材がアルカリ骨材反応を起こしたために発生したものと推定される。

(2) 温度応力によるケース

写真7.3は縁部までひび割れが貫通している事例であるが、セメントの水和熱による温度応力が原因のひび割れである。

(3) コンクリートの収縮によるケース

写真7.5は壁面の一部に亀甲状のランダムなひび割れが生じている。これはコンクリートの表面に塗ったモルタルの収縮によって生じた表面ひび割れと推察され、ひび割れの一部から漏水によるよだれ状の汚れが生じている。

7-2 対策

現在、ひび割れを完全に防ぐ効果的な方法はなく、目立ちにくい箇所にひび割れを誘導する方法やひび割れ箇所を補修する方法が景観上の対策として用いられている。ひび割れの発生を軽減するためには、良質のコンクリートを良好な施工方法で打設することによって可能となる。また、ひび割れを目立たなくするための方法として、目地を設けることも景観上の対策としては有効である。ひび割れが発生した場合、補修する材料は有機系および無機系とも多くの種類がある。良好な補修材料の条件は、付着性、通気性、防水性およびひび割れ追従性を備え、施工が容易なものとされているが、全ての条件を備えた材料はまだ開発されていない。

写真7.7および写真7.8は補修を行った後の外壁を示したものである。補修後の景観を考慮しないと、補修跡が汚いイメージとなる場合があり、景観を考慮した補修方法の開発は今後の課題である。

8章 植物

8-1 状況

(1) コンクリートの表面に緑の葉の蔦が絡まっているケース

コンクリートの表面に蔦などの蔓植物を這わせた建物や構築物が見受けられるが、コンクリート表面に緑の葉の蔦を這わすことにより、コンクリートの持つ「冷たい」、「硬い」といったイメージや「単調さ」、「圧迫感」等を和らげ、落ち着いた雰囲気演出することができる。(写真8.1) こうした植物は、また機能的に夏は暑い日差しを遮り、冬は葉が落ちて日差しを直接受けるといったパッシブな温度調節をする役割を果たす反面、蔦にとりつく小動物や蔦の根がコンクリートの空隙部や亀裂部に入り込み悪影響を与えるといった問題も考えられる。蔦を這わすには下の地面から上に向かって這わす方法(写真8.1)と屋根、屋上等から蔦を下に向かって這わす方法(写真8.2)があるが、いずれにしてもコンクリート表面全体に這うようになるまでには数年かかる。コンクリート構造物の景観あるいは修景といった観点からは、写真8.2, 8.3のようにコンクリート表面全体を蔦で覆う(全体を蔦で覆うと「うっとうしく」感じる)より、コンクリートの白さをある程度残し蔦の緑と調和させることが望ましいように思われる。(写真8.1)

(2) コンクリートの表面の蔦が枯れているケース

コンクリート表面の蔦の葉が緑の場合には、(1)で述べたように景観上好ましいが、蔦の葉が枯れた場合にはコンクリート構造物を美しく見せるというよりは、逆に汚いといった印象を与えてしまうように思われる。(写真8.4, 8.5)

8-2 対策

コンクリート表面は、蔦が這いやすいように平滑な面より凹凸のテクスチャーにするほうが望ましい。コンクリート表面に這わす蔦としては、できれば、一年中葉が枯れないものを選ぶことが望ましい。コンクリート表面全体に蔦を這わすには数年かかるため、コンクリート構造物が美しく見えるように計画的に蔦を這わすような工夫をする必要がある。また、葉が枯れないようにするだけでなく、コンクリートの白さと蔦の緑とが調和するように葉の量をコントロールするなど維持管理する必要がある。葉が枯れる蔦の場合には、葉が枯れてもコンクリート構造物が汚く見えないように蔦を這わせるといった配慮が必要である。

9章 その他

9-1 コンクリートの凍害

(1) 状況および原因

写真9.1はコンクリート土留壁に発生した軽度のスケーリングである。これは構造物が傾斜しているため、ブリーディング等により表層部の水セメント比が高くなり、強度が低くなったために凍結融解作用によりスケーリングが生じたと考えられる。写真9.2は吸水率の高い不良骨材を使用し、水セメント比等の配合も適切でなかったために、凍結融解作用により中程度のスケーリングやポップアウトさらには鉄筋の腐食による錆も発生している海岸付近のコンクリート擁壁である。

(2) 対策

i) 事前対策

水セメント比、単位水量をできるだけ下げ、特に凍結融解耐久性を高めるために吸水率の低い良質な骨材を用い、空気を連行したAEコンクリートとする。また、締め固めや養生を十分行い、密実なコンクリートとする必要がある。

ii) 事後対策

劣化したコンクリートをはつり取り、新しいコンクリートでリフォームする。近年様々なリフォーム工法が開発されているが、再び凍害を起こす事のないようにi)の対策も十分考慮し、そのコンクリート構造物や環境条件に最も適した方法でリフォームを行う必要がある。

9-2 排ガス等によるコンクリート表面の劣化

(1) 状況および原因

写真9.3は化学プラント内のコンクリート構造物の外壁がプラントからの排ガスにより劣化して汚れたものと考えられる。写真9.5, 9.6は駅前のロータリーのコンクリート舗装の一部が自動車の油もれにより汚れたものである。場所としては、バス、タクシー等が頻繁に停車、発車する所で汚れが生じている。

(2) 対策

i) 事前対策

コンクリートは水セメント比、単位水量をできるだけ下げ、締固めを十分行い、密実にする必要がある。特に酸性の排ガスによるコンクリートの劣化を防止するためには、通常使用しているポルトランドセメントでは限界があり、耐酸性セメントと言われるセメントを用いたとしても完全とは言えない。ポリマーコンクリート、ポリマー含浸コンクリート、フッ化物による処理等によるコンクリートの改質によるか、耐酸性のあるコンクリート被覆材（無機質型被覆材、有機質型被覆材）でコンクリートを被覆する必要がある。

また、自動車の油もれによる汚れ対策としては、コンクリート舗装の色を汚れが目立たないような色にするとするといった工夫をする必要がある。

ii) 事後対策

劣化したコンクリートをはつり、新しいコンクリートでリフォームする。（写真9.4）近年、様々なリフォーム工法が開発されており、そのコンクリート構造物や環境条件に最も適した方法でリフォームを行う。

9-3 カラーコンクリートの劣化と剥離

(1) 状況および原因

写真9.7のカラーコンクリート平板は表層のカラー部分が薄く、強度も十分でなく、下地コンクリートとの付着も十分でないため、しだいに劣化して剥離したものと考えられる。

(2) 対策

i) 事前対策

カラーコンクリート平板の表層のカラー部分が劣化したり剥離したりしないように、十分な強度（付着強度を含む）と耐久性のあるものを使用する必要がある。

ii) 事後対策

カラーコンクリートの補修をする場合は色合わせをすることが非常に難しく、全面的に補修をすることが望ましい。部分的に補修する場合はもとのコンクリートの色と補修した後の色とが同じになるようにし、補修した部分が目立たないようにする必要があるが、それでももとのコンクリートは経年変化しているので、長期にわたって目立たなくすることは難しい。

10章 あとがき

本報告書はコンクリート構造物の汚れを分類し、それらの事例を示し、それぞれについて対策を記したものである。コンクリート構造物の汚れは種々あるが、分類する際にその汚れを特定するのが難しい事例が多かった。特に粉塵、カビ、藻類による汚れは同時に起きることが多い。それらは共に水と大きな関わりをもっているからであるが、それゆえコンクリート構造物の汚れ対策には雨水の適切な処理が極めて重要であるといえる。

また、構造物の設計が明かに適切でないために汚れを発生させている事例もよく見受けられる。例えば擁壁の壁面の排水口には必ずといっていいほどその下によだれ状の汚れを生じている。橋脚・橋台も雨水が集中しやすいので粉塵やカビ、藻類による汚れをよく生じている。これらもまた雨水の処理が適切でないためである。

コンクリート材料や他の建設材料は一度施工されてしまうと、それを補修したり、交換したりすることは容易ではない。また条件が厳しいところ（この場合は汚れやすいところ）にも用いなければならない。例えばカビ・苔の生えやすい北側や隅角部等の陽当たりの悪いところにはコンクリートを用いないで、他の材料をあてると言うわけにはいかない。部分的には可能であって、全てを入換えるのは不可能であろう。やはりコンクリート材料を改良することによってこの条件を克服しなければならない。

コンクリート構造物の汚れの事例を見ると、どこにでもあるようなごく普通の構造物が醜く汚れていることに気づく。手間をかけて造った構造物はなかなか醜くは汚れないものである。逆にいえば手間さえかけてやればコンクリート構造物はそれほど醜くは汚れないのである。ごく普通のコンクリート構造物が醜く汚れることを防ぐことができればその地域の景観は非常に高い水準に保たれるであろう。

コンクリートには「重量感」や「確固とした存在感」、「天然の石に似た質感」があり、また型枠さえ用意すればどのような形にも加工できる「可塑性」という優れた性質もある。さらに使い方によっては年を経て汚れること（エージング）によって自然の趣を増すような性質もある。歴史的な評価を得ているようなコンクリート構造物はこの性質によるところが大きい。本研究の目的は「美しいコンクリート構造物を造ること」であるが、そのためには、まず本当のコンクリートらしい美しさとは何かを捕らえることが重要であろう。

参 考 文 献

- 1) 仕入豊和, 地濃茂雄: コンクリート表面の汚れとその対策
コンクリート工学 Vol.24, 1986
- 2) 仕入豊和, 地濃茂雄, 橋高義典: コンクリート壁面の汚れ
セメント・コンクリート No.461, 1985
- 3) コンクリート構造物の表面形態と景観に関するシンポジウム
日本コンクリート工学協会, 1993, 10
- 4) The Appearance of Concrete Highway Structure, C&CA, 1977
- 5) 田村: 嫌われない擁壁のデザイン, 道路とコンクリート, 7, 1991
- 6) セメント化学雑論, セメント・コンクリート No.409, 1981
- 7) 森茂二郎: 実用コンクリート技術 (下), 建築技術社

景観素材としてのコンクリートの
開発に関する共同研究報告書(1)

ISSN 0386-5878
共同研究報告書 第97号
平成6年3月(1994)

ーコンクリート構造物の汚れと
その対策ー

建設省土木研究所コンクリート研究室
社団法人セメント協会

要 旨

建設省総合技術開発プロジェクト「美しい景観創造技術の開発」では、「景観素材としてのコンクリートの開発に関する研究」に関して、平成5年度より建設省土木研究所と社団法人セメント協会との間で共同研究を実施している。本研究の目的は美しいコンクリート構造物を造ることであるが、まずその第一歩として醜く汚れているコンクリート構造物の汚れ対策が重要との結論を得た。本報告書はコンクリート構造物の汚れを分類し、その事例を示し、またそれぞれの汚れについて現在考えられる対策を掲載した。

キーワード：コンクリート、景観、汚れ、粉塵、エフロレッセンス、カビ、苔、藻類、錆、ひび割れ、雨水、エージング

郵便はがき

五十円切手
をはいて
さい

305-□□

茨城県つくば市大字旭一番地

建設省土木研究所

材料施工部コンクリート研究室
行

No. 021

No. 021

配布先氏名

配布先住所

共同研究報告書 第 97 号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名 印