

景観素材としてのコンクリート材料の 開発に関する共同研究報告書(2)

- I コンクリート構造物の表面形態に関する事例集
- II コンクリート擁壁の表面形態が景観評価に及ぼす影響について
- III エフロレッセンス対策に関する調査
- IV 景観向上技術の現場適用事例

平成7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

景観素材としてのコンクリート材料の 開発に関する共同研究報告書(2)

- I コンクリート構造物の表面形態に関する事例集
- II コンクリート擁壁の表面形態が景観評価に及ぼす影響について
- III エフロレッセンス対策に関する調査
- IV 景観向上技術の現場適用事例

建設省土木研究所コンクリート研究室

河野 広隆
加藤 俊二

菊森 佳幹

社団法人セメント協会

廣田 文弘
三浦 宏一
森 寿子

伊原 邦治
春日 一成

セメント協会コンクリート景観専門委員会

西田 耕一
川畑 耕一
唐津 敬一
岸田 秀樹
中田 敏宏
藤渕 康夫
鈴木 裕明

関戸 英範
田中 敏嗣
清水 明
佐藤 甲次
六渡正之助
佐藤 涼一
狩野 敏也

要 旨

本報告書はコンクリート構造物に用いられている様々な表面形態を仕上げ法によって分類し、それらについての景観・美観、施工性、経済性等の特徴を述べるものである。また、それらの適用事例を示し、景観に与える影響等を解説した。さらに、コンクリート擁壁についてコンクリート材料の表面形態が景観評価に及ぼす影響を定量的に解析し、コンクリート擁壁についてのイメージ評価構造を明らかにした。その他にこの研究で取り組んでいるエフロレッセンス対策に関する調査と試験フィールドに適用した汚れ防止技術および緑化コンクリートの追跡調査の結果も示すものである。

キーワード：コンクリート、景観、景観評価、表面形態、テクスチャー、素地仕上げ、打放し仕上げ、骨材あらわし仕上げ、張り仕上げ、塗り仕上げ、着色、顔料、エフロレッセンス、汚れ防止技術、緑化コンクリート

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	材料施工部コンクリート研究室 研究員
加藤 俊二	材料施工部コンクリート研究室

(社) セメント協会

廣田 文弘	常務理事
伊原 邦治	事業部部長
三浦 宏一	事業部次長
春日 一成	事業部普及課係長
森 寿子	事業部普及課

セメント協会コンクリート景観専門委員会

委 員 長	西田 耕一	三菱マテリアル (株)
委員長代行	関戸 英範	〃
主 査	川畑 耕一	〃
委 員	田中 敏嗣	日本セメント (株)
〃	唐津 啓一	日鐵セメント (株)
〃	清水 明	(株) トクヤマ
〃	岸田 秀樹	秩父小野田 (株)
〃	佐藤 甲次	〃
〃	中田 敏宏	宇部興産 (株)
〃	六渡 正之助	電気化学工業 (株)
〃	藤渕 康夫	三井鉱山 (株)
〃	佐藤 涼一	新日鐵化学 (株)
〃	鈴木 裕明	住友大阪セメント (株)
	狩野 敏也	秩父小野田 (株)

目 次

まえがき	1
報告書の構成	2
1 コンクリート構造物の表面形態に関する事例集	5
1. コンクリートの表面形態および表面仕上げの分類	7
1. 1 素地仕上げ	7
1. 2 表面被覆	8
1. 3 着色	8
2. コンクリートの表面形態の使用法	9
3. 事例写真	11
3. 1 平滑仕上げ	11
3. 2 模様仕上げ・立体仕上げ	13
3. 3 はつり仕上げ	15
3. 4 サンドブラスト仕上げ	16
3. 5 洗い出し仕上げ	17
3. 6 研磨仕上げ	18
3. 7 石張り仕上げ	19
3. 8 タイル張り仕上げ	20
3. 9 レンガ張り仕上げ	21
3. 10 塗り仕上げ	22
3. 11 顔料の混入	23
3. 12 着色剤の型枠転写	24
4. コンクリートの表面仕上げの特徴	25
4. 1 平滑仕上げ	25
4. 2 模様仕上げ・立体仕上げ	27
4. 3 はつり仕上げ	29
4. 4 サンドブラスト仕上げ	30
4. 5 洗い出し仕上げ	31
4. 6 研磨仕上げ	32
4. 7 石張り仕上げ	34
4. 8 タイル張り仕上げ	35
4. 9 レンガ張り仕上げ	37
4. 10 塗り仕上げ	38

4.11	顔料の混入	40
4.12	着色剤の型枠転写	41
II	コンクリート擁壁の表面形態が景観評価に及ぼす影響について	43
1.	概 要	44
2.	実験および解析の方法	44
2.1	官能検査の方法	44
2.2	解析方法	44
2.3	緑化面積率の測定方法	45
3.	実験結果および解析	45
3.1	緑化された擁壁	45
3.2	緑化されていない擁壁	46
4.	まとめ	48
III	エフロレッセンス対策に関する調査	49
1.	エフロレッセンス（白華）とは	50
2.	調査概要	50
3.	エフロレッセンスの発生に伴う問合せ・クレームの件数	50
4.	エフロレッセンスの発生条件	50
5.	エフロレッセンス対策	51
5.1	事前対策	51
5.2	事後対策	51
6.	エフロレッセンス防止剤の使用状況	51
7.	エフロレッセンスの発生事例	52
IV	現場適用事例の追跡調査	53
1.	汚れ防止技術	54
1.1	概 要	54
1.2	当該汚れ防止技術の機構および特徴	54
1.3	施工工程	54
1.4	施工後の状況	55
2.	緑化コンクリート	56
2.1	概 要	56
2.2	本緑化コンクリートブロックの仕様および特徴	56
2.3	施工後の状況	57
2.4	今後の課題	57
	あとがき	59
	参考文献	60

まえがき

公共土木施設は一般市民の生活の基盤となるものであるため、それらを建造する場合、少なくとも耐用期間の範囲内では、常に地域住民や利用者から親しまれ続けられるように、その地域の環境と調和し、時代の流れに耐え得る実用性、耐久性、美観を備えていなければならない。ところが高度成長期における公共事業ではもっぱら実用面、経済面の機能が追求され、景観・美観上の配慮がなされることは少なかった。最近でこそ大規模橋梁や多目的ダム等の大型構造物においては、景観検討委員会等を設けて景観・美観上の検討を行うことが多くなったが、通常の一般的な公共土木施設では、大半が実用性や経済性ばかりを重視して設計・施工が行われている現状である。また、そのような一般的な公共土木施設は非常に数が多く身近に存在するため、その地域の景観に与える影響は大きいものと考えられる。

コンクリート構造物は公共土木施設の大半を占めており、コンクリート材料は最も重要な建設材料の一つといってよい。これはコンクリート材料のもつ強度特性、耐久性、施工性、経済性等の特性によるものであるが、少なくともこの先数十年はこの材料に置き換わるものは出てこないであろう。コンクリート材料によって土木構造物の景観を向上させることが可能ならば、その効果は非常に大きく、長期間にわたり発揮されるものであると思われる。

現在、建設省は総合技術開発プロジェクト「美しい景観創造技術の開発」を実施している。この中の一課題に「景観素材としてのコンクリート材料の開発」があるが、その一環として建設省土木研究所と社団法人セメント協会は平成5年度より共同研究を実施している。この研究は主に、材料の分野から公共土木施設のコンクリート構造物の景観に関する様々な検討を行おうというものである。

我々はこの研究を通じて、主にコンクリートの表面形態に着目してコンクリート構造物の景観を検討してきた。景観向上を目指した表面形態をもつコンクリート材料は現在のところかなり多く開発されているが、それらが適切に用いられているとはいえない事例も多々見受けられる。個々のコンクリート材料にはそれぞれ特徴や適性があり、それに応じた使用法がある。まず公共土木施設の設計、計画に携わる人はそれらの特徴や適性を把握しておく必要がある。次にそれらの材料に適した使用法を理解しておかなければならない。

しかしながら、景観は周辺環境や構造物の形状、その他諸々の条件が複雑に絡み合って決まるため、その客観的評価は非常に難しく、今のところこれらを体系づける理論は構築されていないのが実状である。従って、その方法が確立されていない現在においては、公共土木施設の計画、設計、施工に携わる人々は既に存在するコンクリート材料のよい適用事例、悪い適用事例を見ることによって、目を肥やし、景観に関する正しい知識を身につけるのが最良の方法であると考えられる。もちろん我々もこれらを体系づける取り組みを行っているところであり、その途中結果をここに示す。この資料がコンクリート構造物の景観向上のために参考になれば幸いである。

報告書の構成

本報告書は4部から構成される。以下にそれぞれについての概要を述べる。

第I部 コンクリート構造物の表面形態に関する事例集

コンクリートの表面形態は構造物の形状や構造形式と異なり、構造設計上の制約が少ないこともあって表現の自由度が大きい。しかも景観向上を目指した表面形態をもつコンクリート材料は現在のところかなり多く開発されているので、表面形態は設計や計画に携わる人の主張が表現しやすい手段の一つといえる。また、表面形態は非常に繊細でディテールに関わる面をもち、それゆえ施工の良し悪しの影響も大きく受ける。従ってコンクリートの表面形態はコンクリート構造物の計画、設計のみならず施工に携わる人々にも深く関わるものである。

景観を論じる場合、構造物の形状、背景、その他の周辺環境を総合して取り扱うべきであり、個々の部分を取り出して議論することは適当ではない。また、個々の表面形態にはそれぞれ景観上の特徴や適性があり、実際に適用する場合には景観上の問題だけでなく施工性や耐久性、経済性等も問題になってくる。

そこでここではまず、それぞれの表面形態をもつコンクリートの表面仕上げ法を分類し、それらの景観・美観上の特徴や適性あるいは施工性や経済性等の留意点を論じる。さらに実際のコンクリート構造物にそれらの表面形態を適用した場合、景観上どのような効果や影響があるのかを事例写真等を用いて解説する。

第II部 コンクリート擁壁の表面形態が景観評価に及ぼす影響について

コンクリート構造物の景観を向上させるには、まず既存のコンクリート構造物の景観評価の構造を明らかにしなければならない。その次にコンクリート構造物のどこをどのように変えたら景観が向上するかを検討する必要がある。

コンクリート構造物の景観評価とは構造物を含めた景観（シーン）から人間の受ける感性（心理量）を推定することであると定義できる。それゆえ、景観を評価するためには対象景観から受ける人間の感性（心理量）と相関関係にある対象景観のもつ特徴を抽出し、それらの関係を把握する必要がある。また、工学的な判断において景観設計を行うには定量的な評価が望ましく、そのためには対象景観（シーン）から人間の受ける感性（心理量）と対象景観のもつ特徴（物理量）を指標化（数値化）し、関係づける必要がある。これらの関係が把握できれば景観のもつ物理量を制御することにより、景観評価をコントロールすることも可能になり、コンクリート構造物の景観向上につなげることもできる。対象構造物を含む景観から受ける人間の感性は式（1）のように対象構造物等の特徴の関数で表されることが考えられる。

[景観(シーン)構造物から人間の受ける心理量]

= f { 構造物を含む景観の特徴(構造物の形状, 表面形態, 立地条件...), 前景, 背景... } (1)

ここでの研究は材料面からコンクリート構造物の景観向上を図ることが目的であり, 土木構造物の属性のうち材料面から制御できるのはほぼ表面形態に限られる。そこで, ここではコンクリート構造物の中でも比較的形状が単純でコンクリートの表面形態が景観に及ぼす影響がはっきりと現れると思われる構造物として擁壁に着目し, コンクリートの表面形態がもつ条件と人間が景観から受ける心理量の関係を調べた。

第Ⅲ部 エフロレッセンス対策に関する調査

エフロレッセンス(白華)は, コンクリート構造物の景観向上を阻害する大きな要因の一つになっている。特にカラーコンクリートにおいてはエフロレッセンスが発生すると色が白っぽくなり, 鮮やかさが失われてしまったり, あるいは色ムラが生じる等により, クレームがつくことがよくある。また, エフロレッセンス対策については, 過去に防止剤が開発されているが, 決定的な解決法はいまだ開発されていない状況にある。そこで, ここではエフロレッセンスに関して現在コンクリート製造者がどのように対処しているかを把握するために, セメント会社およびコンクリート製品会社を対象にアンケート調査を行った。

第Ⅳ部 現場適用事例の追跡調査

本研究では, コンクリート構造物の景観向上に役立つコンクリート材料を開発することを目標の一つにしているが, 材料開発を行うに当たっては現場からのフィードバックが非常に重要なものとなる。本研究においてもその一環として, コンクリート構造物の景観向上に役立つ技術を試験フィールドに適用し, 問題点等の抽出を行っている。ここでは, 平成6年度に実施されたコンクリートの汚れ防止技術と緑化コンクリートについての追跡調査の結果を報告する。

第 I 部

コンクリート構造物の 表面形態に関する事例集

1. コンクリートの表面形態および表面仕上げの分類

形態とは形状と態様のことであり、表面形態とは表面の凹凸（形状）と色彩、光沢、肌理（態様）を表すものである。ここで述べる表面形態とはコンクリート構造物の表面の微細な凹凸、目地、コーン穴、リブ、スリット、色彩、光沢等の形態を指すものとする。表面形態と類似した言葉として「テクスチャー」という言葉が用いられている。「テクスチャー」とは他の言葉で表現すると肌理とか肌合いという言葉で表され、主に表面の微細な凹凸等の性状を指し、肉眼でははっきりと認識できるような大きな凹凸や色彩までは含まない意味で用いられることが多いが、あまり厳密には区別されていない。ここでは、「テクスチャー」という言葉を微細な凹凸による表面性状のみを指すという限定した意味で用いるのは無理があると考えられたので、この言葉を用いた場合は、表面形態の中でも主に肌理や肌合いといった言葉で表現されるような表面性状に着目していることを示すものとする。

土木分野のコンクリート構造物の表面仕上げは概ね図 1.1 のように分類できる。コンクリートの表面形態は凹凸と色彩の要素に分かれるが、表面仕上げもその要素によって分類することができる。ただし、着色（色彩）と凹凸の両方の要素を兼ね備えた仕上げ（塗り仕上げ等）もある。

コンクリートの表面形態の凹凸の要素に関する仕上げ法は、仕上げ面に直接コンクリート材料を露出させる素地仕上げと表面を石材や塗料等のコンクリート以外の材料で覆う仕上げ法（ここでは表面被覆と呼ぶことにする）に分類される。ただし、素地のコンクリート面に透明な撥水剤等を塗布したものについては素地仕上げとみなしている場合が多い。

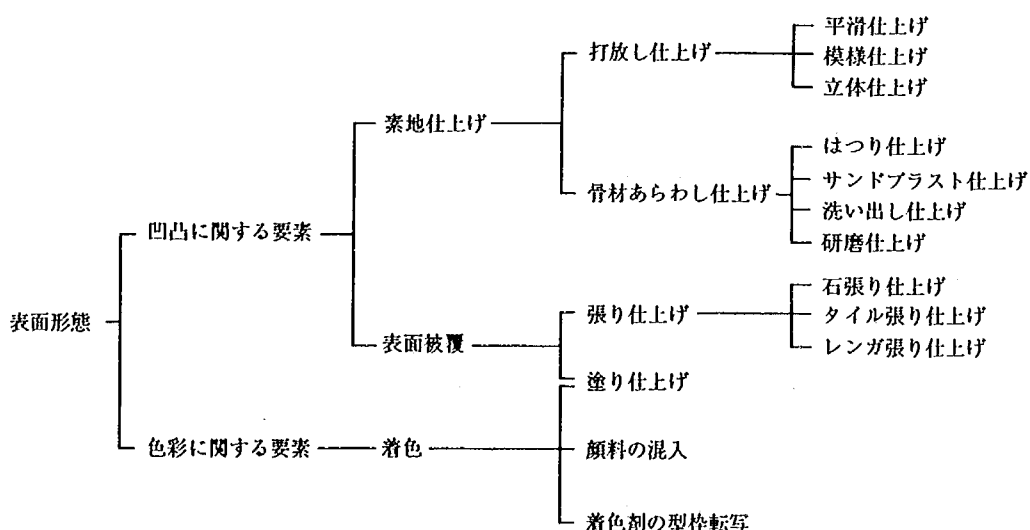


図 1.1 表面形態および表面仕上げの分類

1.1 素地仕上げ

素地仕上げは土木分野のコンクリート構造物では最も多く用いられている仕上げ法である。素地仕上げは脱型後に何も手を加えない打放し仕上げと、加工を施す骨材あらわし仕上げに分類される。

1.1.1 打放し仕上げ

打放し仕上げとは文字どおりコンクリートを型枠に打ち込み、脱型した後そのまま何も手を加えない仕上げ法である。平板な型枠を用いたものは平滑仕上げ、型枠に凹凸を付けることによりその

模様をコンクリート面に転写したものは模様仕上げといい、凹凸の大きさに応じて模様仕上げ、立体仕上げと呼ぶこともある。この中では平滑仕上げが土木構造物には最もよく用いられるが、仕上げ法とは意識されない場合が多い。

1.1.2 骨材あらわし仕上げ

骨材あらわし仕上げはコンクリートが硬化する前か後に表層のコンクリートを除去することにより、表面に骨材を露出させる仕上げ法である。仕上げ面に骨材が露出するので、骨材の種類によって表面形態に変化を出すことができる。骨材あらわし仕上げは表層のコンクリートを除去する方法により分類され、はつり（たたき）仕上げ、洗い出し仕上げ、サンドブラスト仕上げ、研磨仕上げ等が挙げられる。骨材あらわし仕上げは表層のコンクリートを除去する際に発生する騒音等の制約があり、主に舗装ブロック、埋設式の化粧型枠等の二次製品に用いられる。

1.2 表面被覆

表面被覆は石材やタイル等を貼る張り仕上げと塗料を塗る塗り仕上げに分類される。コンクリートの表面をこれらの材料で被覆すると、それらの隙間からわずかに下地のコンクリートが見える程度になり、コンクリートの素材感はほとんど失われる。

1.2.1 張り仕上げ

張り仕上げはコンクリートの表面に貼る材質により分類され、石張り仕上げ、タイル張り仕上げ、レンガ張り仕上げ等が挙げられる。

1.2.2 塗り仕上げ

塗り仕上げは建築物の外壁等に用いられる主に凹凸をつけることを目的としたものと、着色を主目的としたものがある。塗り仕上げを施すとコンクリート表面が完全に被覆され、コンクリートの素材感がほとんど失われる。土木構造物に用いられる塗り仕上げは高架橋等の排ガスによる汚れを防止するために塗料を塗布されたものがあるが、塗料を塗られたコンクリート製橋脚は鋼製橋脚とほとんど区別ができないことがある。

1.3 着色

コンクリートの着色法は2種類の方法に分類できる。一つはコンクリートの練混ぜ時に顔料を混入する方法（ここでは「顔料の混入」と呼ぶ）であり、もう一つはコンクリートを打設する前に着色剤を型枠に塗布しておき、それをコンクリートに転写する方法（ここでは「着色剤の型枠転写」と呼ぶ）である。

1.3.1 顔料の混入

顔料の混入は均一な着色を施すのに適した方法である。しかしながら、セメントの種類やその他の配合条件により同じ顔料を用いても色彩が異なってしまう場合があるので注意を要する。また、白華現象（エフロレッセンス）により色が白くくすんでしまうことがある。

1.3.2 着色剤の型枠転写

着色剤の型枠転写は型枠からコンクリートの表面に着色剤を転写・浸透させるものであり、塗り仕上げに近い方法である。通常は樹脂製型枠と着色剤がセットで用いられ、擬岩・擬石調のコンクリート製品に用いられることが多い。

2. コンクリートの表面形態の使用法

表面形態はコンクリート構造物の表面のみに属するものであり、構造物の形状や大きさのように景観に訴えかけるほどの直接的な効果や影響はほとんどない。しかしそのかわりに、周辺環境と構造物を調和させる、あるいは構造物の存在感、威圧感を緩和させる機能をもっている。構造物の表面形態は時刻や季節、水による濡れ具合によって常に変化している。この微妙な変化を積極的に活用すれば、飽きのこない景観を備えたコンクリート構造物の建造が可能である。苔や蔦が生えた構造物がなんとも趣のある景観を有している場合があるのは、この性質によるものであろう（写真 2.1）。また長期的にも、時間の経過とともに徐々に汚れの付着やコンクリート自体の色の変化（エージングという）が起こり、質感や美観が向上することもある。これは時代を越えて評価を受けているようなコンクリート構造物によく見られることである。さらに表面形態の不均一性が心地よいゆらぎを生み、表情に変化を与える場合もある。石材や木材等の自然材料はこのような性質をもっている。これらの材料を用いて造られた構造物（例えば石積みの擁壁）が単調でなく、しかも落ち着きのある景観を有している場合があるのは、この性質によるものである。コンクリートでもこのような効果を出すことは可能である。



写真 2.1

植物にはコンクリート材料のもつ重圧感を緩和させる機能がある。

表面形態は適切に用いれば景観上非常に効果的であるが、構造設計上の制約がないので安易に選択されてしまうことがある。表面形態には構造設計上の制約はないが、景観設計上の制約がある。構造物のもつ形状や大きさ、周辺環境等に適した表面形態はある程度限定されるものであり、調和を乱したり、構造物や周辺環境等のもつべき役割を侵害するような使い方をすると景観を損ねる場合がある（写真 2.2）。例えば構造美を誇るようなスレンダーな橋梁にはシルエットを乱すような深い彫りのあるテクスチャーは使用すべきではないし（写真 3.1.1）、広大なコンクリート法面には圧迫感を緩和するためにも何らかのテクスチャー処理を施すべきであろう（写真 3.2.2）。



写真 2.2

本来なら周囲の樹木に埋没すべき立場にある法面が法枠コンクリートのため目立ってしまう。

また公共土木施設の場合、構造物の公共性と永続性を考慮して表面形態を選択する必要がある。壁面に絵画等の意味を有するものを施す場合、利用者のなかにも嗜好の差があるであろうし、たとえそれらが大勢の賛同を得たとしても長期間に渡る評価に耐え得るとは言い切れない（写真 2.3）。



写真 2.3

コンクリート擁壁に描かれたライトアップされた絵画。数十年後この絵画はどのような評価を受けるであろうか。

以上のようにコンクリートの表面形態は周辺環境や構造物の

形状、大きさあるいはその構造物がどのような立場に置かれているか、つまりそのシーンのなかで目立つべきか、埋没すべきか等に配慮して選択されるべきである。以下にコンクリートの表面形態を次の3種類の特徴で分類し、それぞれについて景観上考慮すべきことを述べることにする。

i) 表面の凹凸、パターン

ここでいう凹凸はコーン穴や型枠の継目等の施工上必要な凹凸以外の、主に意図的な意匠性付与のための凹凸のことを指す。コンクリート構造物の表面形態は、視点の距離によって卓越する（目立つ）表面の凹凸の大きさが異なる。すなわち微細な凹凸は近い距離で卓越し、大きな凹凸は遠く離れた距離で卓越する。それゆえ、コンクリート構造物に適した表面の凹凸の大きさはその構造物の大きさ、形状、視点の位置等の条件により、ある程度決まってくるものである。大きさの異なる2種類の凹凸・パターンを有する（ダブルテクスチャーという）ものは近くから見る場合と、遠くから見る場合で卓越するテクスチャーが異なり、距離により印象の変化が出せる（写真 3.2.3, 3.2.4）。また擬岩・擬石等のテクスチャーを用いる場合は、その構造物がどのような状況に置かれているかを特に考慮すべきである。擬岩・擬石等は離れて見る分には違和感を感じないが、間近に見たり、手で触れたりすると偽物であることが解ってしまい、かえって悪い印象を与える場合がある。またレリーフ等の個人の嗜好の差が激しいと思われるものは、公共性を重んじる土木構造物にはふさわしくないであろう。

ii) 目地、コーン穴、型枠継目等

施工上どうしても必要な凹凸はどのように処理すべきかは予め考えておく必要がある。すなわち、それらの凹凸を積極的に美しく見せるか、徹底的に目立たなくするかを事前に決めておかなければならない。積極的に美しく見せるならば、型枠継目やコーン穴の配置が重要な意味をもってくる。当然施工には細心の注意を払わなければならない。施工に必要な凹凸を埋めモルタル等で隠す場合も表面仕上げを念入りに行う必要がある。埋めモルタルはもとのコンクリートと色調が異なる場合が多いので、特に注意が必要である。

iii) 色彩、光沢

色彩および光沢を選択する際は、事前に構造物の景観上の立場すなわち周辺から目立たせるか、あるいは埋没させるかを決めておく必要がある。周辺から目立たせる場合は対照的な色を用い、埋没させる場合には、背景の色も考慮に入れて同系統の淡い色または場合によっては暗い色や無彩色系の色を選択する等配慮する必要がある。背景が植物の場合には季節により周囲の色彩が変化することも考慮しなければならない。ただし、コンクリート構造物自体を植物のように緑色に着色すると非常に不自然な印象を与える場合がある。また、色見本等を用いて実際の構造物に適用する色を選択する場合は、色は面積の大きさにより見え方が異なってくることに注意する。すなわち同じ色でも面積が大きくなると彩度が高くなるように見え、面積が小さいと彩度が低く感じられる。色見本で選択した色を実際の構造物に適用した場合には、予想以上に派手に見えることがある。

色にはそれぞれ感情的な意味があるので、個人的な嗜好の差が激しいものである。それゆえ一概に工学的判断では決まらないことが多い。従って色彩の選択には最後に判断を下す人間の裁量にかかっている部分が大きいといえる。

3. 事例写真

3.1 平滑仕上げ

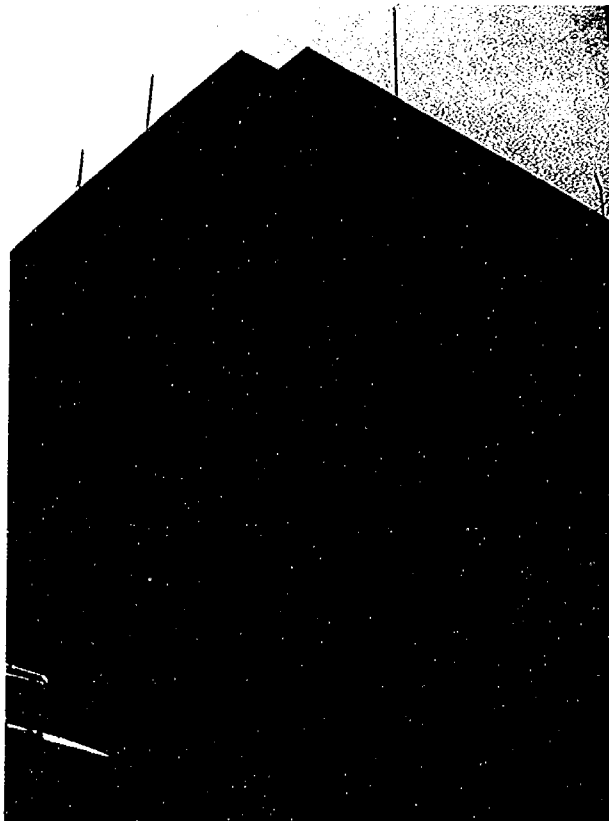


写真 3.1.2

型枠材の木目が転写されている。コンクリートではあるが、木材に似た雰囲気をもつ。構造的には木材ではできないことを、木材の雰囲気を残しつつ、コンクリートで実現している。

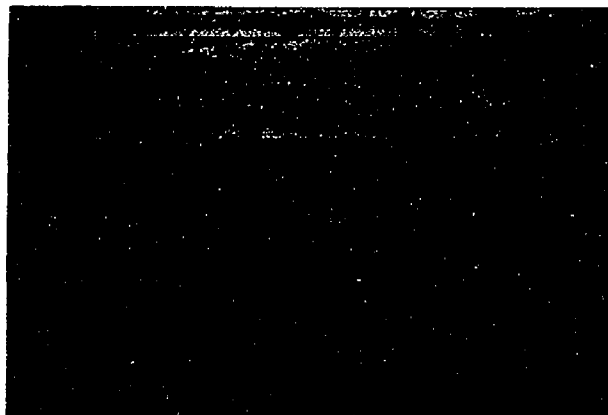


写真 3.1.3

写真 3.1.2のクローズアップ。型枠材料の木目や節がはっきりと転写されている。丁寧な施工がうかがわれる。



写真 3.1.1

構造美を誇るスレンダーな橋梁等にはテクスチャー処理は無用な場合が多い。平滑仕上げが最もよい。

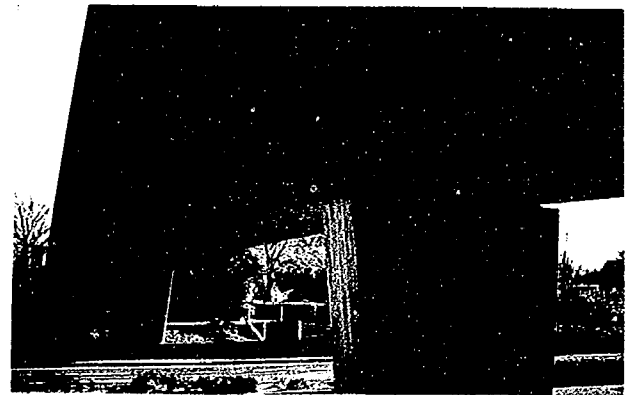


写真 3.1.4

木目の転写により木材の温もりが感じられる。人工の樹脂製型枠等による木目調模様の転写では、このようにはならないであろう。エージングの具合もほどよい。



写真 3.1.5

写真 3.1.4の橋脚のクローズアップ。意図的に型枠の継目跡を残してある。

写真 3.1.6

写真 3.1.4の橋桁のクローズアップ。木目まで転写されている。

3.1 平滑仕上げ（つづき）

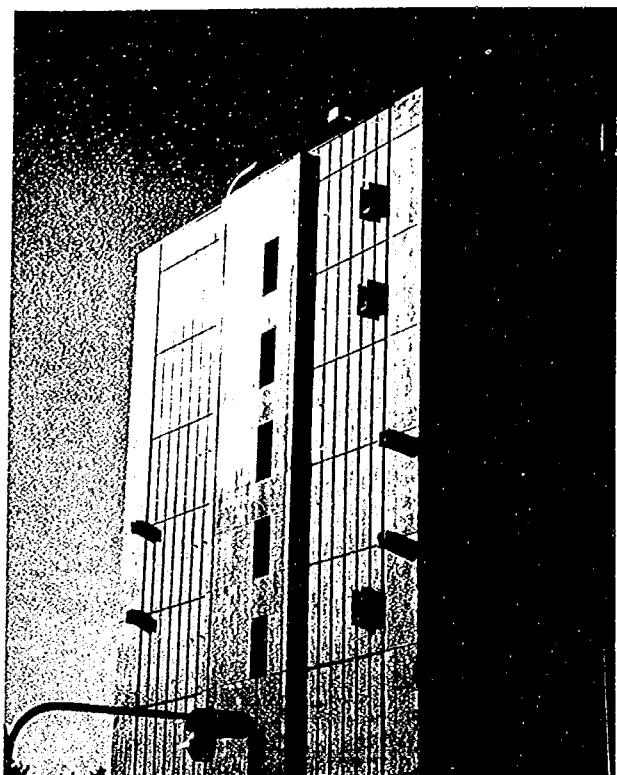


写真 3.1.7

平滑仕上げでは目地やコーン穴がデザイン上の大きなポイントとなる。目地の深さや間隔は構造物の大きさ、視点までの距離を考慮して決めなければならない。

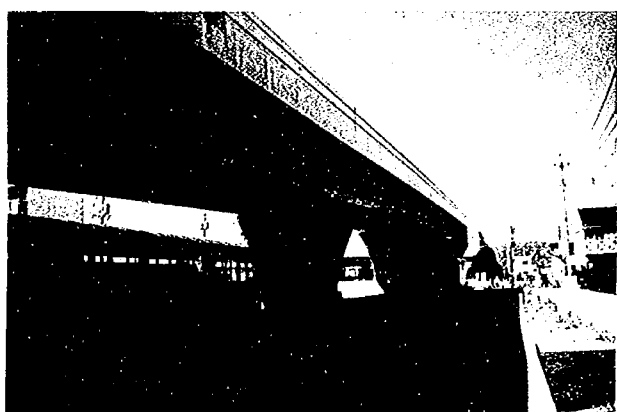


写真 3.1.10

橋桁の側面に型枠から移ったと思われる汚れが付着している。剥離剤等の型枠の汚れをよく取り除かなかったためか。

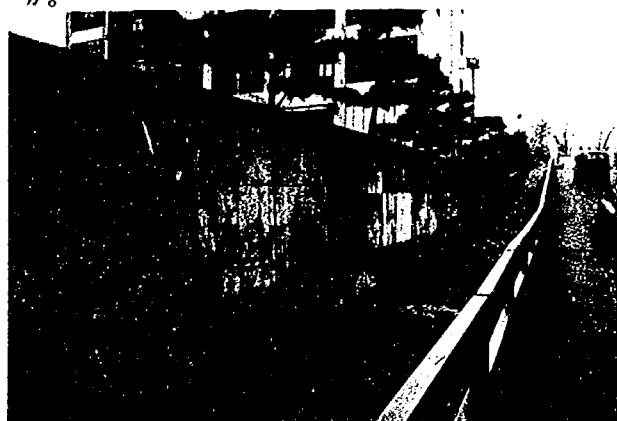


写真 3.1.11

型枠の種類、仕上げの程度が異なると汚れ方も不均一になる可能性がある。

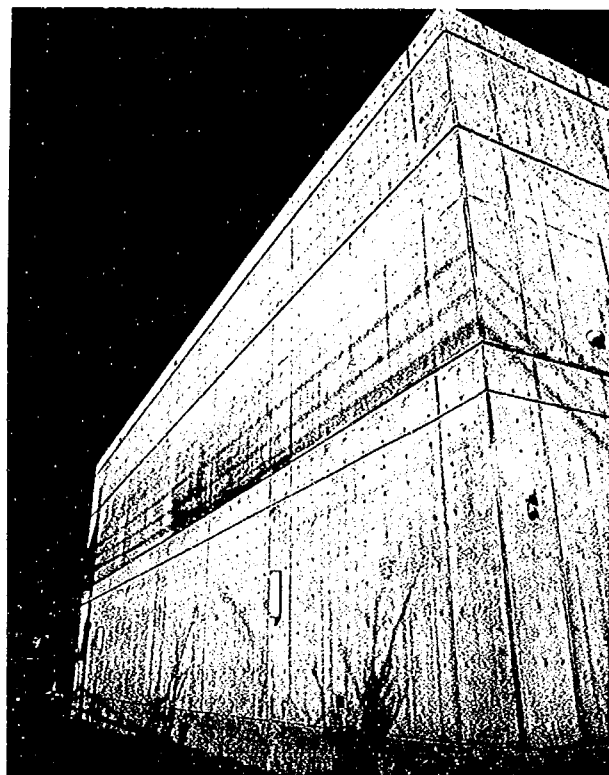


写真 3.1.8

縦目地と横目地では溝の深さが同じでも陽当たりにより目立ち具合が異なる。この写真では横目地の方がより目立っている。



写真 3.1.9

写真 3.1.8のクローズアップ。上の写真と日照条件が同じでも正面から見ると縦目地と横目地の見え方はほぼ同じになる。

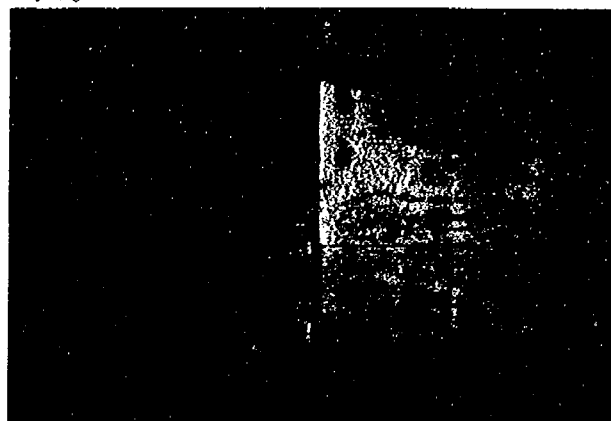


写真 3.1.12

写真 3.1.11のクローズアップ。木材等の方向性のある型枠は、その方向にも注意を払う必要がある。

3.2 模様仕上げ・立体仕上げ

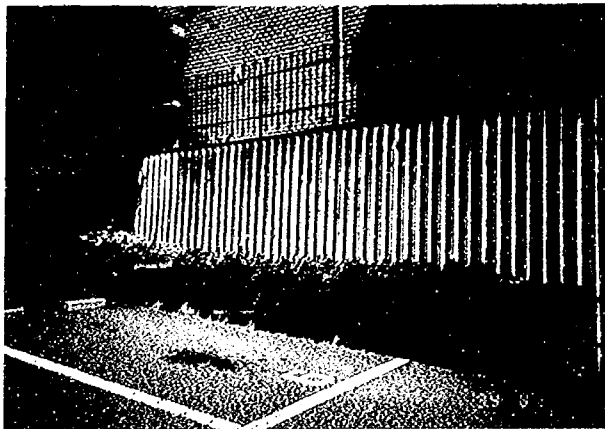


写真 3.2.1

縦縞によりコンクリートの重圧感が緩和されている。擁壁の根元の緑化もワンポイントとなり、全体を引き締めている。

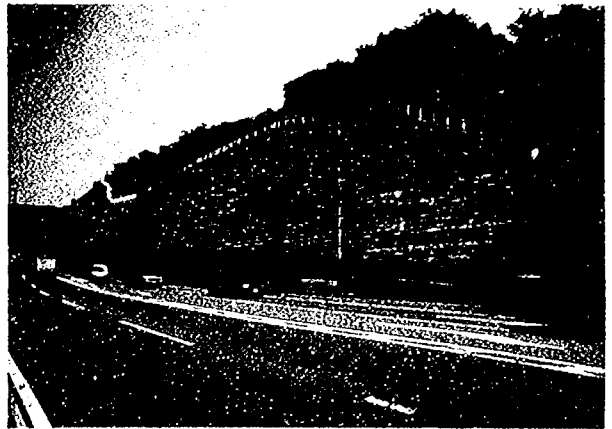


写真 3.2.2

広大なコンクリートの法面はともすると単調で圧迫感を与えるが、適当なテクスチャーを付与することにより、そのような印象を緩和することができる。

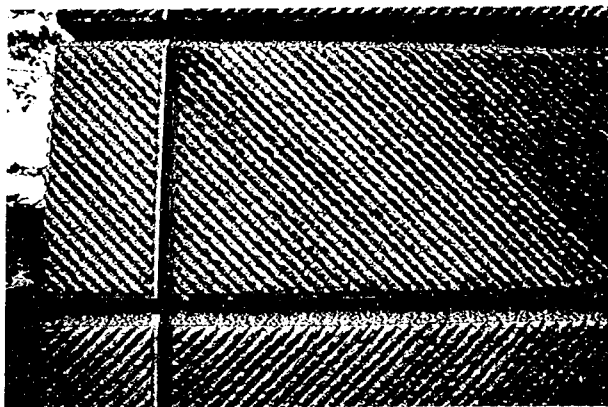


写真 3.2.4

写真 3.2.3 のクローズアップ。近くから見ると細かな斜めの溝がよく目立つ。斜めの溝は一層ごとに向きが異なる。この違いが遠くから見ると帯状の筋として認識される（写真 3.2.3）。

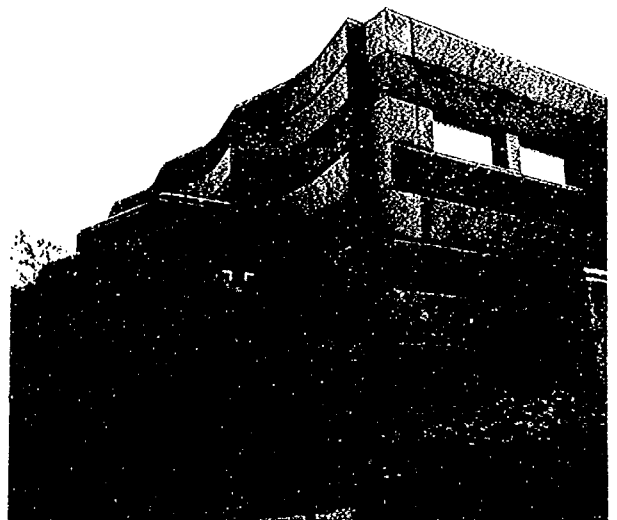


写真 3.2.3

遠くから見ると水平の帯状の筋がよく目立つ。写真 3.2.4 で見える細かい斜めの溝はここではほとんど意識されず、ただ溝の向きによって帯状の筋の明るさが異なるように見える。

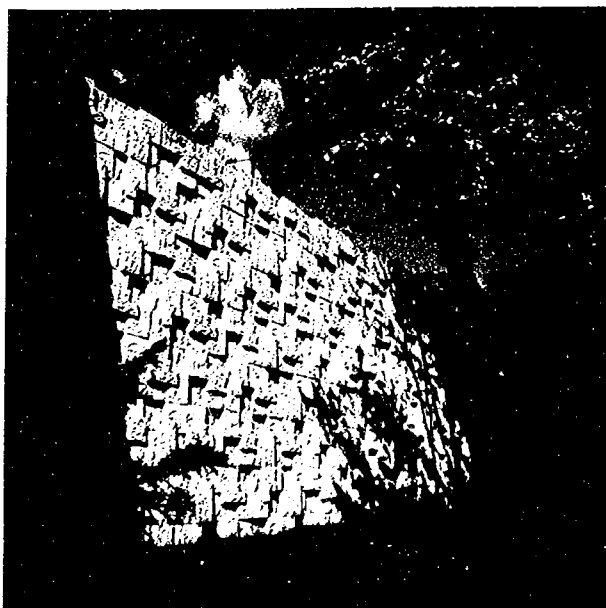


写真 3.2.5

表面の凹凸による陰影により、変化に富んだ飽きのない景観を生み出している。一般の公共土木構造物に用いるとするとやりすぎの感があるが、ここは公園であることを考慮すれば、これぐらいのテクスチャー処理が適当である。



写真 3.2.6

この表面性状は岩のモチーフをイメージ化したものか。決して自然材料の模倣ではない。

3.2 模様仕上げ・立体仕上げ（つづき）

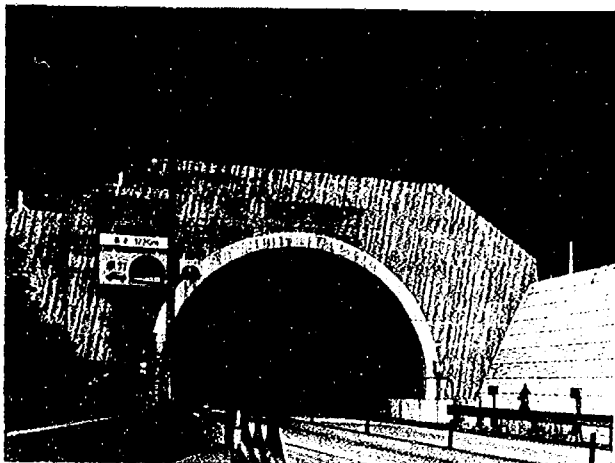


写真 3.2.7

擬石風のテクスチャーを付与したトンネルの坑口。背景の岩石とよく調和している。右横のコンクリート積みブロックの擁壁のテクスチャーは人工的な印象を与える。

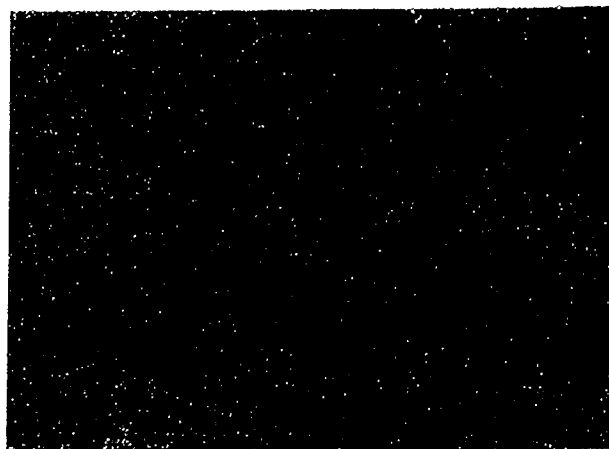


写真 3.2.8

写真 3.2.7 のクローズアップ。このテクスチャーは背景の岩石のもつモチーフをイメージ化したものか。型枠の継目と思われる水平の筋が目立つのは残念だ。

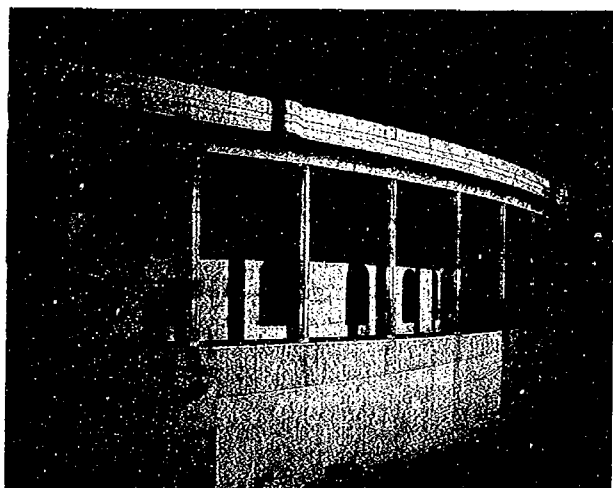


写真 3.2.9

コンクリート表面の微妙なテクスチャーとわずかな派手すぎない着色が落ち着いたある景観を生む。「景観を考慮した」というとやり過ぎる事例が多々見受けられるが、決して公共土木施設の景観は目立つことが目的ではない。

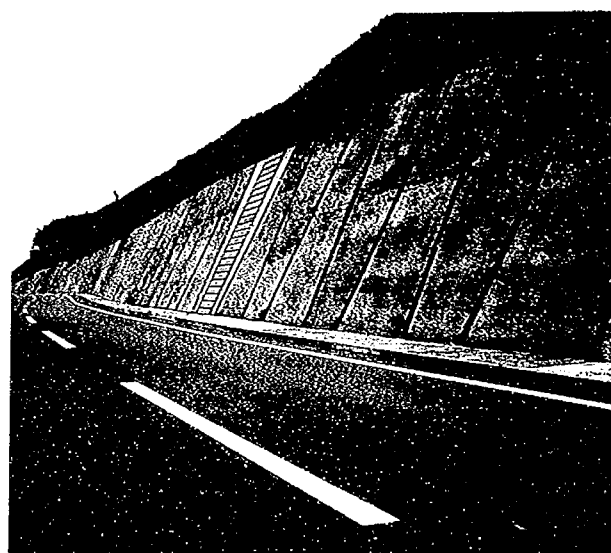


写真 3.2.10

横に長い擁壁はともすれば単調になりがちであるが、斜めの目地と微妙な凹凸によるテクスチャーにより、小気味よいリズム感と落ち着きを醸し出している。

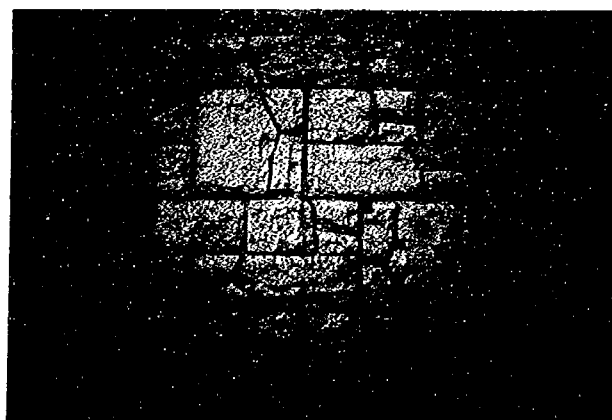


写真 3.2.11

わずかな種類の型枠しか使わなくても、工夫次第で単調さを解消することは可能である。この場合は型枠の向きをランダムに組み合わせることにより変化を出している。



写真 3.2.12

ブロックの境界が目立ち、繰返しパターンが強調されている。擬石風ではあるが、かえって人工的で不自然な印象を与えている。

3.3 はつり（たたき）仕上げ

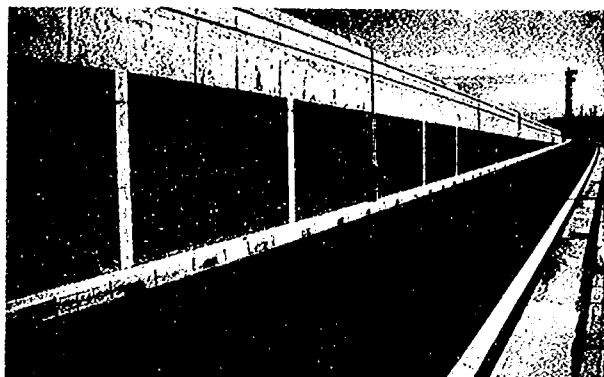


写真 3.3.1

道路擁壁にはつり仕上げを施した事例。はつり部分に影ができ、打放し仕上げ部分より暗く見える。



写真 3.3.3

はつり仕上げを施した擁壁。天端からの雨水でよだれ状の汚れを生じている。打放し仕上げだったならば、もっと汚れが目立っていたに違いない。



写真 3.3.5

はつり仕上げを施した花壇。天端から徐々に薄くなるグラデーション状の汚れが生じている。

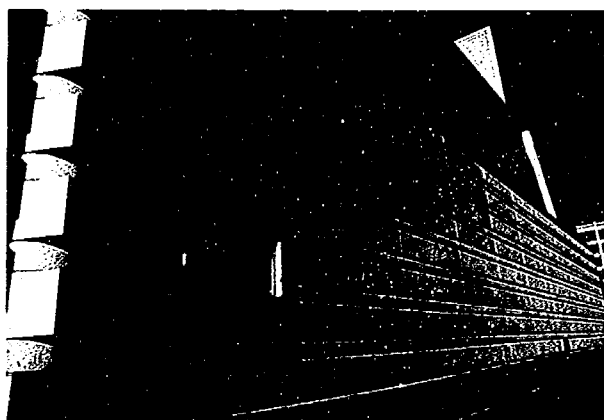


写真 3.3.7

はつり仕上げを施した化粧型枠を用いた建築物の事例。はつり深さは浅い。この距離から見ると、水平の目地によるテクスチャーの方がよく目立つ。



写真 3.3.2

写真 3.3.1のクローズアップ。骨材には砕石を用いており、はつったときにできた割肌状の断面が見える。

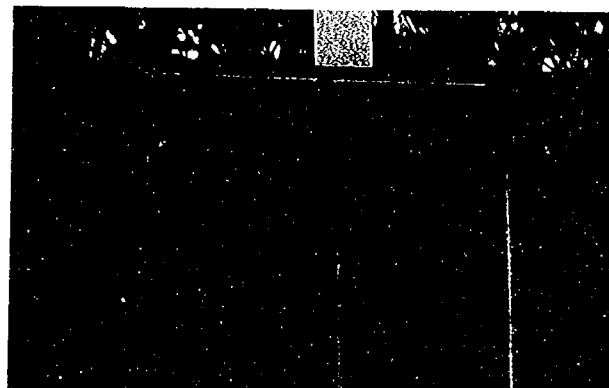


写真 3.3.4

写真 3.3.3のクローズアップ。大きさも種類も異なる骨材が雑多に用いられ、自然な印象を与える。



写真 3.3.6

写真 3.3.5のクローズアップ。はつり深さは浅い。このくらいの深さだと近くから見ても柔らかな印象を与える。

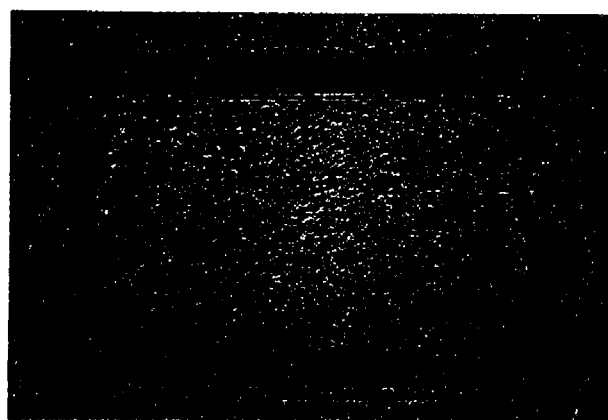


写真 3.3.8

写真 3.3.7のクローズアップ。はつり仕上げ特有のテクスチャーを有する。使用骨材は小さく色彩の変化に富む。

3.3 はつり（たたき）仕上げ（つづき）



写真 3.3.9

建築物の外壁にはつり仕上げを用いた事例。この場合ははつった後に塗りを施している。はつり仕上げに着色を施す場合は、この方法が有効であろう。



写真 3.3.11

彫りの深いはつり仕上げを施されたコンクリート壁。豊かな味わいのあるエージングを呈している。

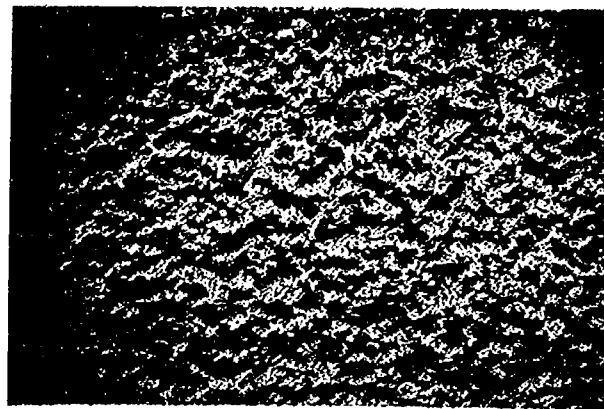


写真 3.3.10

写真 3.3.10のクローズアップ。塗装が薄いので、塗装の下から骨材が見えている。

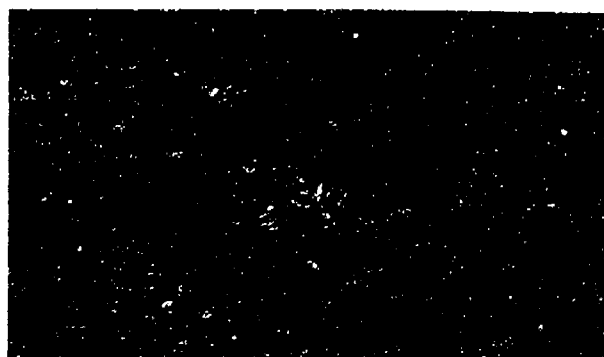


写真 3.3.12

写真 3.3.11のクローズアップ。骨材の種類、大きさ、はつりの深さがランダムに分布している。この不規則性が自然な印象を与える。

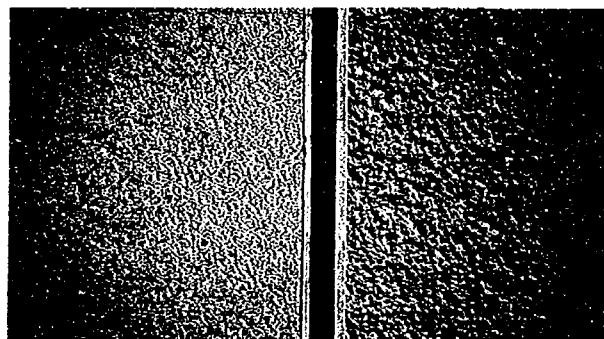


写真 3.3.13

はつり深さの違い。目地の右側ははつり深さが4センチ、左側は2センチである。

3.4 サンドブラスト仕上げ



写真 3.4.1

歩道ブロックに用いた事例。コンクリート表面は彫りの浅い粗面となる。落ち着いたあるテクスチャーと滑りにくさにより、歩行者に安心感を与えることができる。

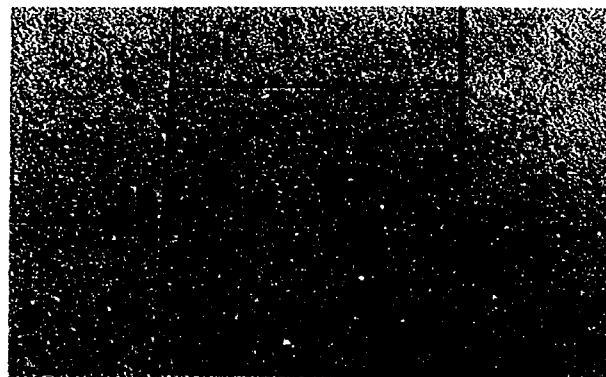


写真 3.4.2

写真 3.4.1のクローズアップ。はつり仕上げやサンドブラスト仕上げ特有の割肌状の骨材の断面が所々露出している。

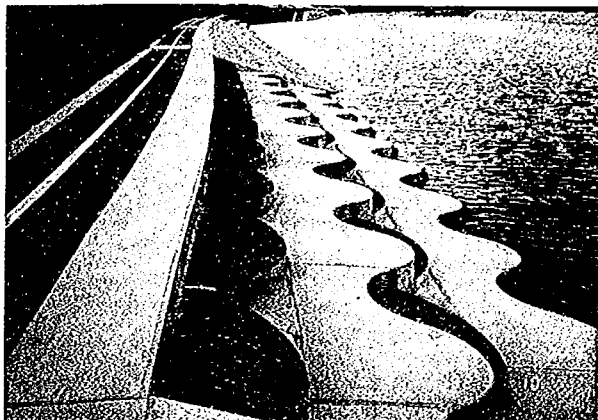


写真 3.5.1

河川護岸に用いた事例。洗い出し仕上げと打放し仕上げが対比をなしている。親水機能をもたせた河川護岸の割には人工的な印象を与えている。

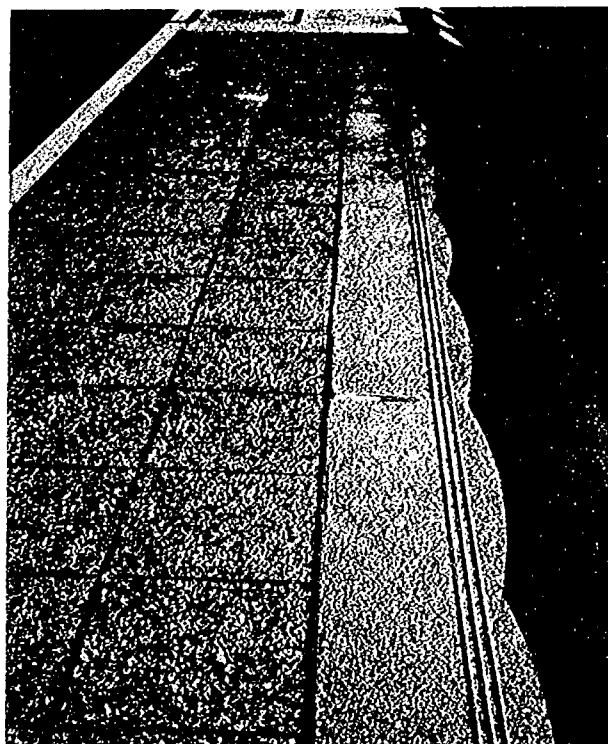


写真 3.5.2

カラーコンクリートの洗い出し仕上げ。洗い出し仕上げ特有の柔らかい表情が出ている。



写真 3.5.3

公園内の子供の遊び場。夏場は水浴びができる。洗い出し仕上げは本物の石の肌触りを表現できるので、直接手に触れるところに適する。

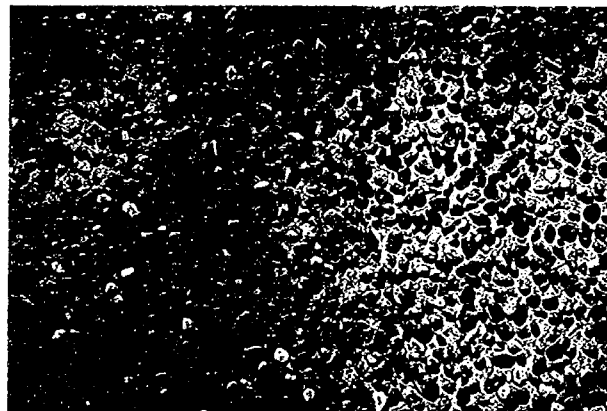


写真 3.5.4

写真 3.5.3のクローズアップ。骨材は不連続粒度のものを using しているので、表面に露出している骨材の粒径はほぼ同一である。また色彩にも富んでいる。



写真 3.5.5

公園内の噴水、通路、遊歩道に使用されている。水に濡れた骨材はつやが出るので、水辺に適している。



写真 3.5.6

写真 3.5.5のクローズアップ。骨材は不連続粒度のものを using している。所々大きな石を用い、変化を出している。

3.5 洗い出し仕上げ（つづき）



写真 3.5.7

二次製品の歩道ブロックに使用された事例。洗い出し仕上げは粒径の揃った骨材が表面に露出するので、歩行者に玉砂利の歩道を連想させる。

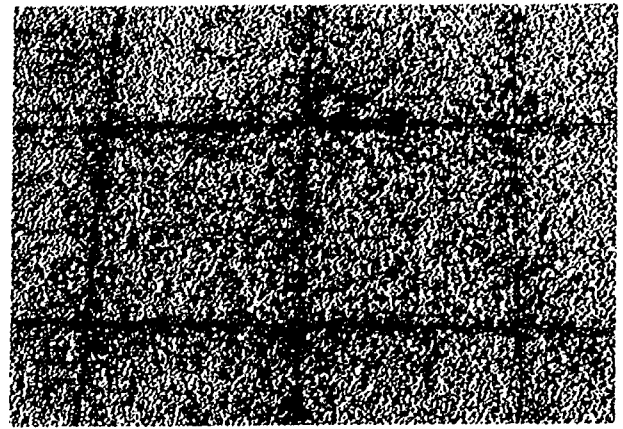


写真 3.5.8

写真 3.5.6のクローズアップ。骨材は色彩に富み、露出度は高い。ほこりを被ったためか、白みがかった。雨が降ったあとならば、つやが出るだろう。

3.6 研磨仕上げ

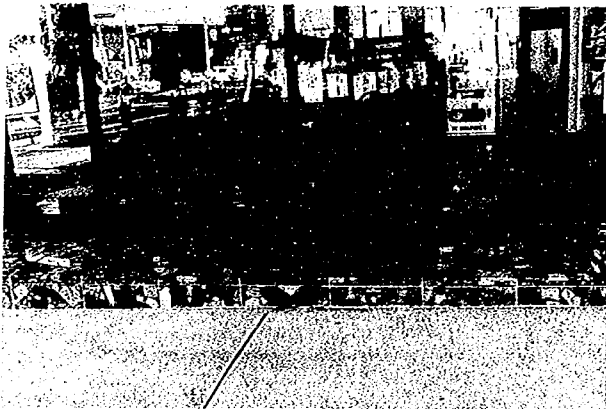


写真 3.6.1

建築の床材に用いた事例。色彩に富んだ大粒の種石を用いているので、一見石材の雰囲気をもつ。ブロックの側面に薄く切った種石の断面が見える。

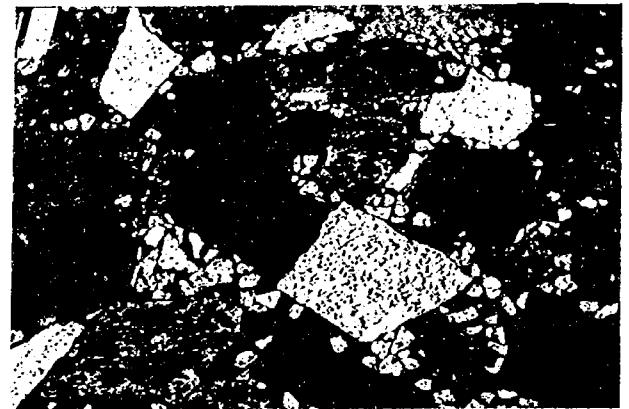


写真 3.6.2

写真 3.6.2のクローズアップ。種石に大粒のものをを用いているので、石材の断面が大きく露出している。

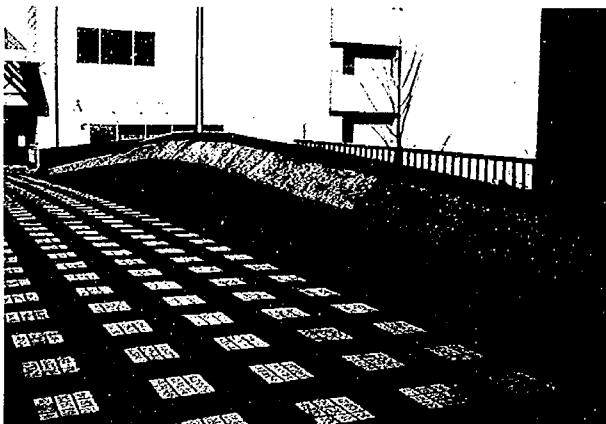


写真 3.6.3

歩道橋の高欄に用いた事例。この研磨仕上げは現場施工によるものである。研磨仕上げは滑らかな表面をもつので、この事例のように直接人の手に触れるところに用いると、人に安心感を与えることができる。

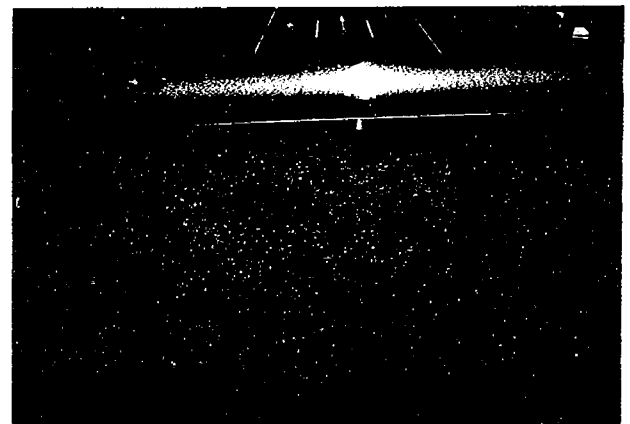


写真 3.6.4

写真 3.6.3のクローズアップ。通常のコンクリートを用いており、研ぎ出し深さも浅いので骨材はほとんど目立っていない。平滑面のため光沢がある。しかし、打放しの平滑仕上げのような気泡はまったくない。

3.7 石張り仕上げ

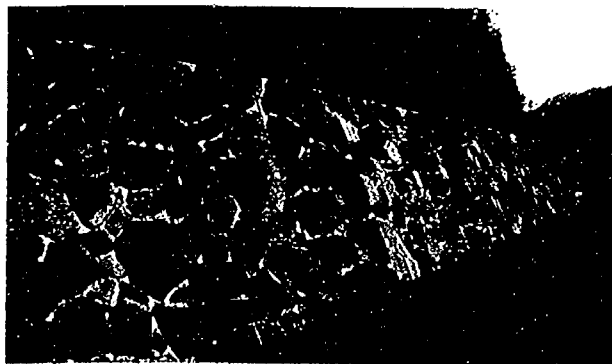


写真 3.7.1

石張り仕上げを施した擁壁。石材には奥行きはないが、割り方をランダムにして、より自然な感じを出している。打放しの模様仕上げで同じ形状のものを造ったとしても、この感じは出せないであろう。

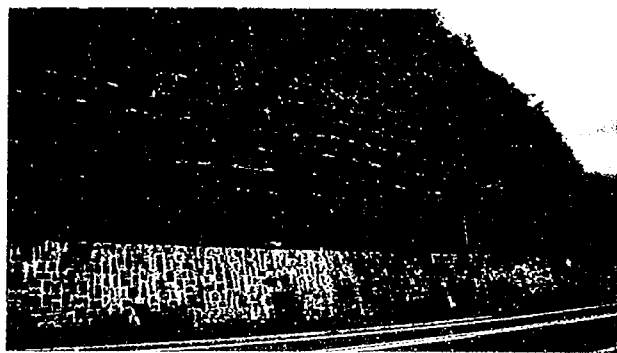


写真 3.7.3

土留め擁壁に自然石を使用した事例。赤茶けた石張りコンクリートが何か古めかしい郷愁を感じさせる。しかし、裏込めモルタルからの炭酸カルシウムの析出が目立つ。



写真 3.7.5

河川護岸に玉石を用いた事例。河川に天然の石材を用いて親水性を高めようというのは自然な発想であろう。しかし、玉石の並べ方には工夫が欲しいところである。



写真 3.7.7

ボックスカルバートに石張り仕上げを施した事例。一目で石張りだと判断でき、周囲との連続性に欠ける。しかし、自然材料を用いているためそれなりの景観を保っている。



写真 3.7.2

石張り仕上げを施した水路。矩形の石材を用いているが、縦横比や大きさを変えることにより自然な感じを出している。ゆったりとした時の流れを感じさせる。

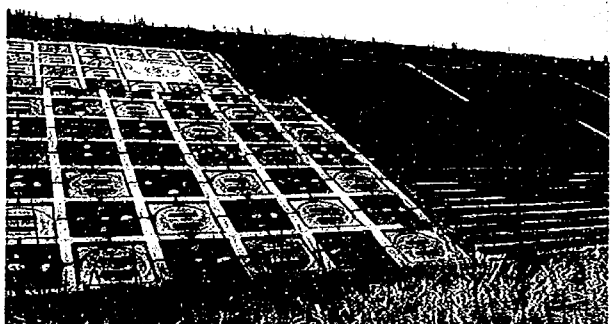


写真 3.7.4

石張りコンクリートを護岸に用いた事例。石張りというより石材の埋め込みといった方がいい。自然石とコンクリートがよく調和してる。



写真 3.7.6

写真 3.7.5 のクローズアップ。構造物全体としては単調な印象を与えるが、近くから見ると玉石の表情が一つ一つ違い、変化に富んで面白い。



写真 3.7.8

プレキャストブロックの橋に石張り仕上げを施した事例。ブロック状の石材を石積み風に積み上げている。ここまでやると石張りか石積みか区別がつかない。

3.8 タイル張り仕上げ



写真 3.8.1

背景の鮮やかな緑、澄んだ空、その中にくっきりとした青いラインが映え、トンネルの坑口の輪郭を際立たせている。光沢をもった鮮やかな色合いはタイルの特徴である。

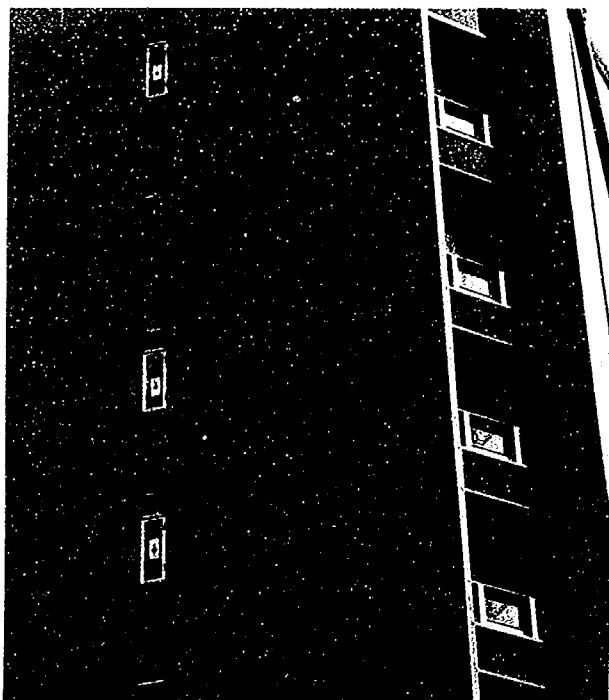


写真 3.8.3

ビルの外壁のカーテンウォールにタイルを使用した事例。タイルにもこのように落ち着いた色はある。また景観向上のみならず、コンクリートの耐候性の向上にも役立っているであろう。

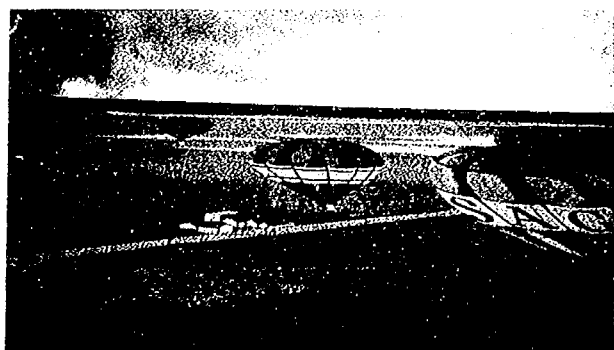


写真 3.8.5

河川護岸の法面にタイルで絵画を描いた事例。技術的には素晴らしいのだが...



写真 3.8.2

複雑な3次元曲面にタイルを張り付けた事例。鮮やかな色の様々な形状をしたタイルが散りばめられており、非日常的な空間を創り出している。しかし、この美しさを維持するには清掃等の保守が大変であろう。

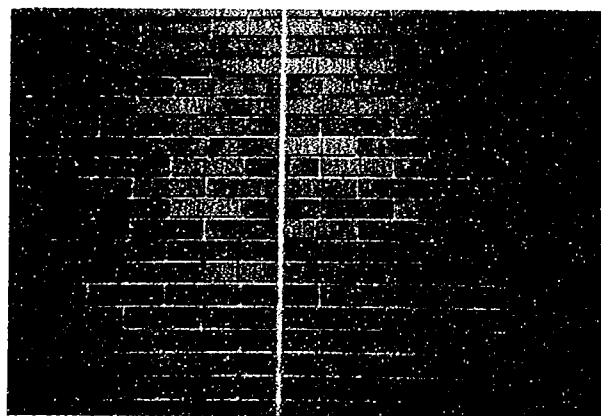


写真 3.8.4

写真 3.8.3 のクローズアップ。表層のタイルと下地のコンクリートでは目地の位置を一致させる必要がある。そうしないと、コンクリートのひずみが大きくなると、それに追従してタイルまで割れてしまうことがある。



写真 3.8.6

写真 3.8.5 のクローズアップ。グラデーションがかかっているところには2種類の色のタイルを組み合わせで用いているのがわかる。

3.9 レンガ張り仕上げ



写真 3.9.1

集合住宅の広場に適用した事例。白華現象のためか所々白くなったレンガが見えるが、この程度の汚れならそれほど気にならない。



写真 3.9.3

公園の広場に用いた事例。レンガの一個一個に適度の色や形状のバラツキがあり、広い平面であるにもかかわらず、単調さが抑えられている。



写真 3.9.5

2種類の色のレンガを組み合わせさせて使っている事例。色の種類が同じレンガでも一個一個微妙に色が異なる。



写真 3.9.7

建築物の外壁にレンガ張り仕上げを施した事例。割り肌調の表面をもつレンガ調のブロックを用いている。白華が析出して白くなったブロックが見えるが、ここまで色が変わってしまうと、景観上好ましくない。

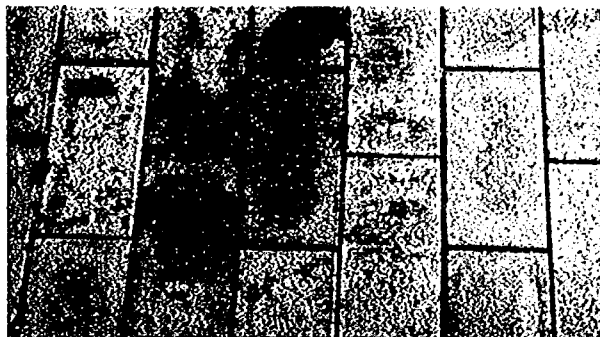


写真 3.9.2

写真 3.9.1のクローズアップ。レンガの表面は粗面になっているため滑りにくい。また、吸水性が大きいので多少の雨なら吸収してしまう。

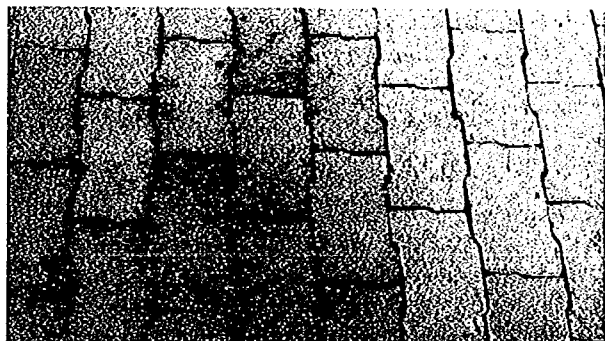


写真 3.9.4

写真 3.9.3のクローズアップ。インターロッキング形状のレンガブロックである。レンガ一個一個の色や気泡の分布が異なるのがわかる。

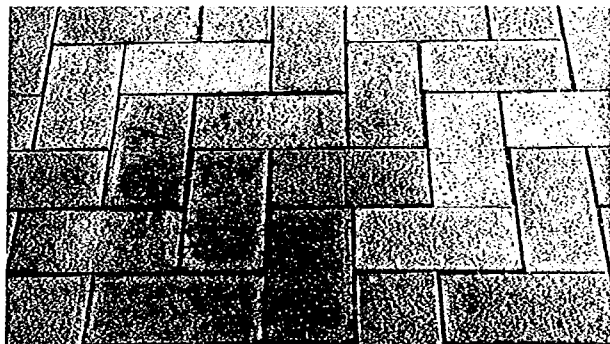


写真 3.9.6

写真 3.9.5のクローズアップ。レンガの形は縦横比が1:2であるので、写真 3.9.2のように同じ向きで並べるか、この事例のように90度ずつ向きを変えて並べるかの2種類が考えられる。



写真 3.9.8

写真 3.9.8のクローズアップ。形状がかなりラフで自然な感じが出ている。しかし、積みブロックにしては不自然な目地の広さが気になる。また白華現象も見られる。

3.10 塗り仕上げ

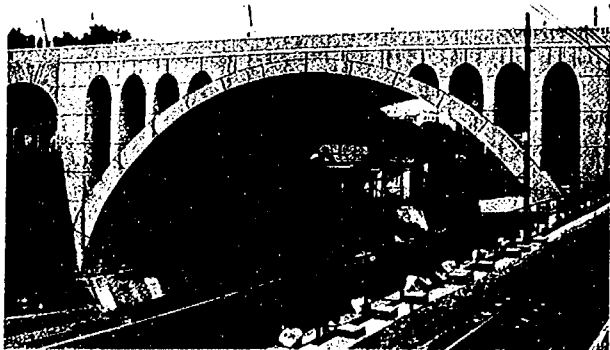


写真 3.10.1

自然石調のテクスチャーを付与したコンクリートアーチ橋。単調な平面および2次曲面で構成された構造物であるが、仕上げ目地により単調さが緩和され、自然石調のテクスチャーにより安定感を感じる。

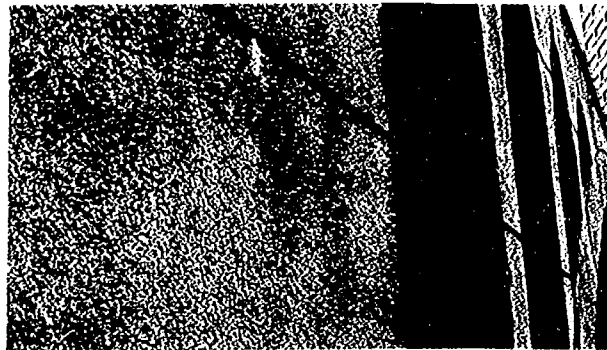


写真 3.10.2

写真 3.10.1のクローズアップ。塗材に粗目の骨材が混入されており、自然石調のテクスチャーに仕上がっている。



写真 3.10.3

構造的にはコンクリート製であることは一目瞭然であるが、塗材で被覆することによりコンクリートの素材感が露出するのを抑えている。着色も施されているが、周辺環境に溶け込むような色を用いているのは景観上好ましい。

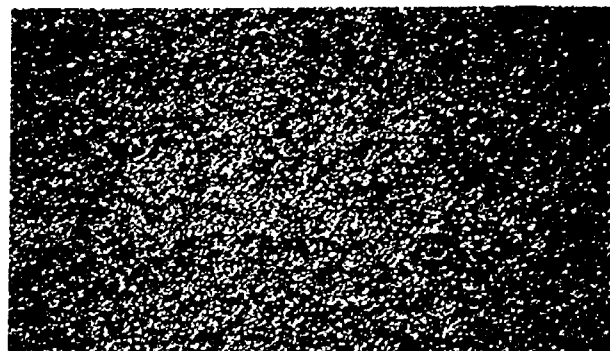


写真 3.10.4

写真 3.10.3のクローズアップ。よく見ると単色ではなく様々な色の粒子が混ざっていることがわかる。

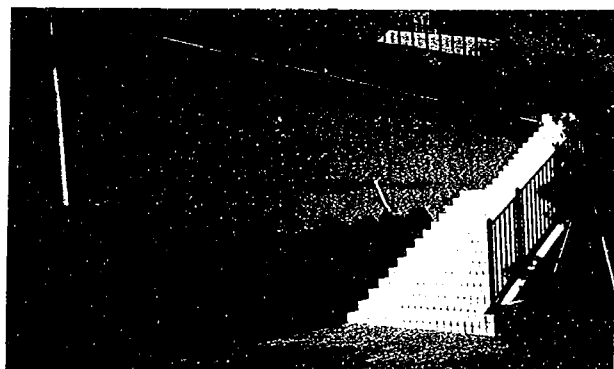


写真 3.10.5

意匠性の塗り仕上げを施した擁壁。上の白い部分は塗装厚が薄いため、下地コンクリートの凹凸が表面に表れているが、黒い部分は塗装厚が厚いので表れていない。

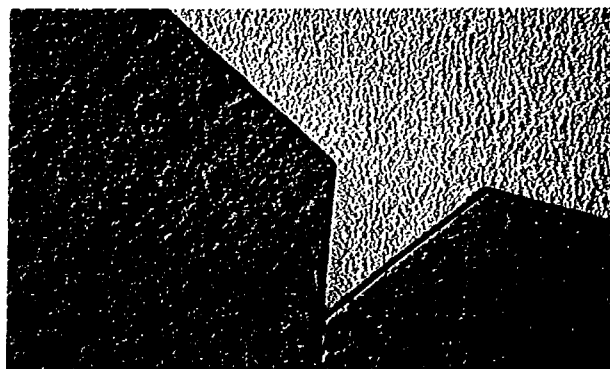


写真 3.10.6

写真 3.10.5のクローズアップ。白い部分と黒い部分では塗装厚が違うことがわかる。黒部分は凸部処理模様である。凸部が平らに潰れているのがわかる。



写真 3.10.7

塗り仕上げを用いた擬木の事例。近付いて触てみなければ本物との区別がつかない。



写真 3.10.8

平滑で艶のある塗り仕上げ。落書き防止用塗料を用いている。公共施設には適するであろう。

3.11 顔料の混入

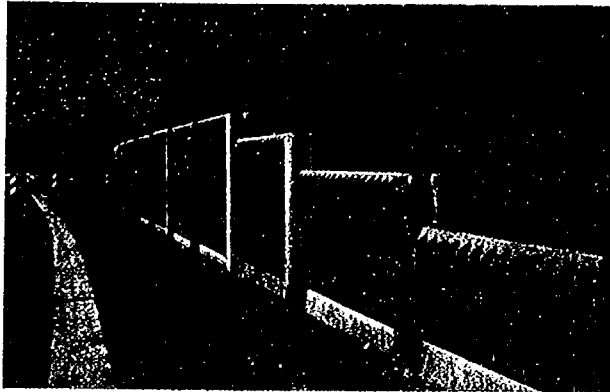


写真 3.11.1

道路の遮音壁に顔料の混入による着色を施した事例。顔料の混入による着色は均一に着色するのに適する。また、この事例に見られる構造物のように、体積に対し、表面積が大きい構造物に対しては顔料が有効に使うことができ、経済的である。

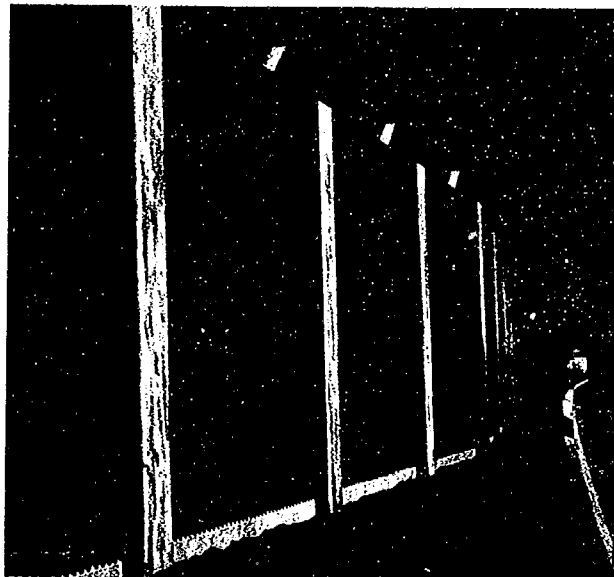


写真 3.11.3

顔料の混入による着色は単一の色しか出せないという欠点があるが、当構造物のように色の異なるコンクリート製品を組み合わせることにより、模様をつくることも可能である。



写真 3.11.5

写真 3.11.6 のクローズアップ。一つ一つ擬石の色も形も違うことがわかる。しかしながら、白華現象のためか、若干色が白くくすんでいる。

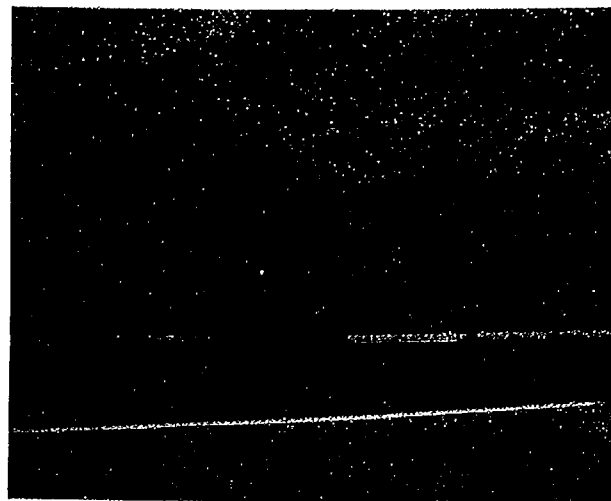


写真 3.11.2

同じく道路の遮音壁の事例。遮音壁の茶色が鮮やかである。カラーコンクリートで特に問題となる白華現象は見られない。当構造物はドイツにあるものであるが、ヨーロッパでは酸性雨の影響か白華現象はほとんど問題にならないという。



写真 3.11.4

顔料の混入による擬木の事例。凹凸の付与は型枠からの転写であろう。コーン穴がなければ一見本当の木材と見間違えてしまう程の出来栄である。



写真 3.11.6

顔料の混入によって着色した擬石を壁面に張り付けた石積み風の建物の事例。竣工から間もないが、エージングしたかのような色を出している。

3.12 着色剤の型枠転写

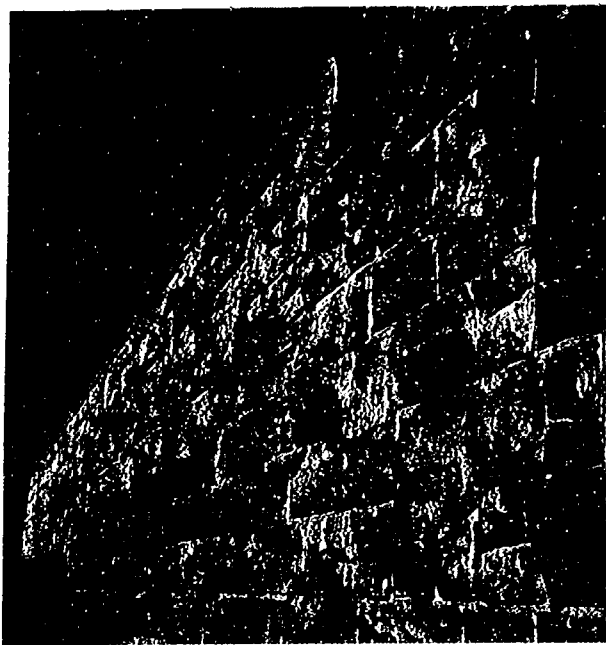


写真 3.12.1

着色剤の型枠転写による着色では、この事例のように天然石風の自然な色ムラのある着色を施すことができる。

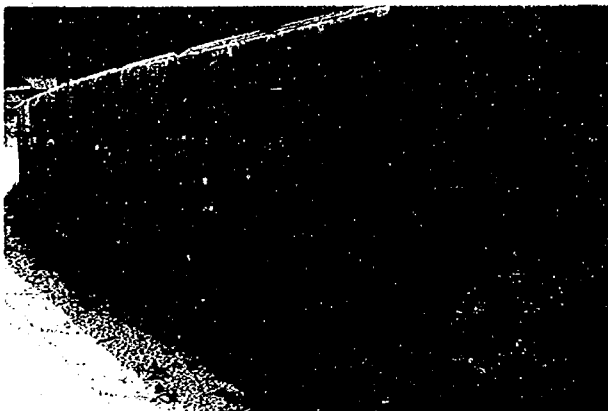


写真 3.12.3

最初からエージングしたかのような色合いを見せる擬石風擁壁。この色なら少々汚れても気にならないであろう。



写真 3.12.5

道路擁壁に着色剤の型枠転写を用いた事例。着色剤の付着が少ないところがあり、白く見え不自然である。着色剤の型枠転写による着色は色ムラのある着色ができるのが特徴であるが、色ムラが出過ぎるとこの事例のようになる。

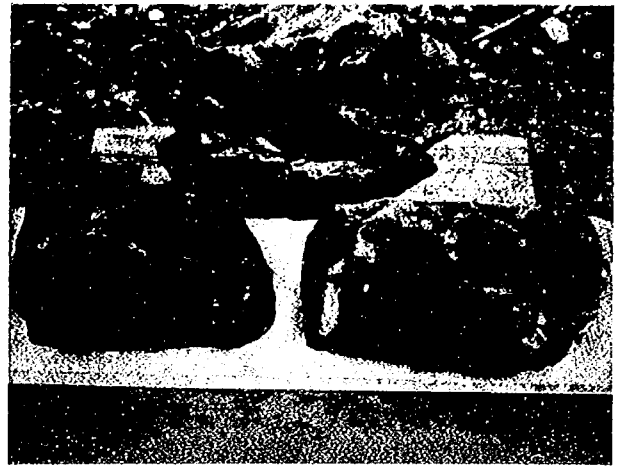


写真 3.12.2

擬石に着色剤の型枠転写を用いた事例。天然石とほとんど区別がつかない。このように着色剤の型枠転写は擬石等の二次製品によく用いられる。

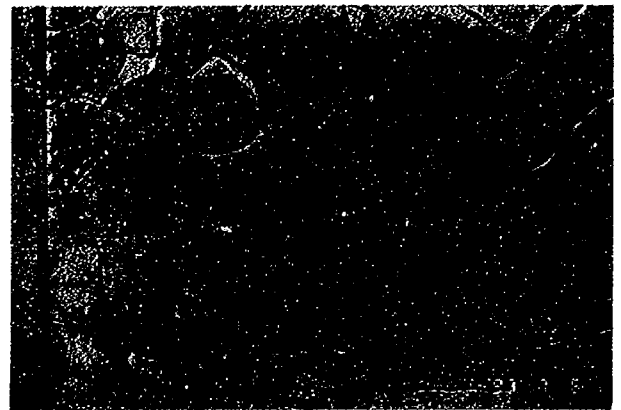


写真 3.12.4

二次製品に着色剤の型枠転写を用いた事例であるが、着色が不十分なようである。この着色法は脱型するまで仕上り具合がわからないので、慎重な施工を要する。

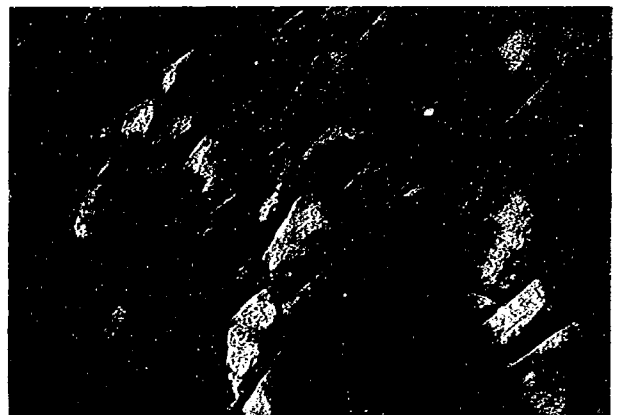


写真 3.12.6

写真 3.12.5 のクローズアップ。コンクリート特有の細かな気泡が見える。近くから見るとコンクリートであることがはっきりとわかる。

4. コンクリートの表面仕上げの特徴

事例写真に示した12種類のコンクリートの表面仕上げについて、以下に景観・美観、施工性、経済性等の特徴、使用上の留意点等を解説する。

4.1 平滑仕上げ

i) 平滑仕上げとは

型枠材料の木目等の凹凸がコンクリート表面に転写されたものは、模様仕上げに含まれると考える場合もあるが、ここでは型枠材料がもつ固有の微細な凹凸は無視して、平板な型枠を用いた素地仕上げのことを平滑仕上げと呼ぶことにする。平滑仕上げの型枠材料には平滑な面を有する合板、樹脂塗装合板、メタルフォームまたはアルミパネル等が使用される。なお、使用する型枠の材質によって平滑さの度合いが、また使用するコンクリートや型枠剥離剤の種類によって表面の色合いが異なる場合がある（写真 3.1.11, 3.1.12, 4.1.1~4.1.4）。

ii) 景観・美観上の特徴

平滑仕上げを行なった場合、コンクリートの表面が比較的シンプルであるので、構造物のボリューム感やフォルムのよさ（構造物の稜線の流れや曲面形状等）をコンクリートの素材感を活かし素直に表現することができる。逆にいえば、構造物のボリューム感とフォルムのよさに景観上の焦点を置いて設計された構造物に対しては比較的有效であるといえる（写真 3.1.1）。

平滑仕上げは他の大なり小なり模様を付けた表面仕上げと比較して、それががないために表面的な意匠性の自由度はやや少ないものである。ただし、型枠の継目や目地の位置、幅および方向、さらにコーン穴の位置、使用するコンクリートの色調等によって表情に変化を付けることは可能である（写真 3.1.7~3.1.9）。また、型枠材料のもつ木目等の微細な凹凸が付与されることにより、独特な温かみが醸し出される場合もある（写真 3.1.2~3.1.6）。しかしながら、平滑仕上げは不均一な汚れが目立ちやすく、景観上良好なエージングによる効果（醜く汚れて古びていくのではなく、味わいがある状態）を増していくような状態）を発揮しにくい仕上げといえる。そのため断面設計の計画段階で、水仕舞い、耐汚染性または耐候性材料の塗布の検討、および表面洗浄等竣工後のメンテナンス等に気を配らないと、環境条件によっては美観上好ましくない状態となる場合があることに注意しなければならない（写真 3.1.11, 3.1.12）。

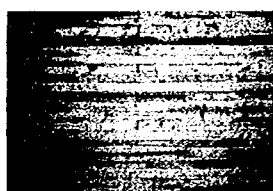


写真 4.1.1 緑甲板型枠

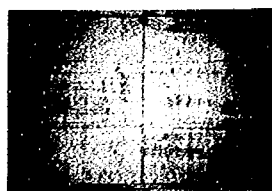


写真 4.1.2 合板型枠



写真 4.1.3 鋼製型枠



写真 4.1.4 塗装合板

iii) その他使用上の留意点等

・使用箇所

平滑仕上げは、それがごく一般的な仕上げ方法であるため、橋梁、ダム、河川および道路等の各種構造物の様々な部位に用いられる。しかし、それらは平滑仕上げが特に適しているために行われた訳ではないものも多い。その理由として考えられるのは、①景観的に全く何も考慮していない、②土木構造物においては他の仕上げ方法に関する技術的な蓄積および実績が少ない、③表面に意匠性を付与すると、特別な型枠の用意やコンクリートを打設した後に、はつりやたたき等の処理が必要になり施工上の手間が増加する、その他工期的な問題や経済的な制約等様々な理由が考えられる。

一方、平滑仕上げを行なって成功している構造物の例としては橋梁が多い。その理由としては橋梁はそれ自体が構造美を有していることが多いため、表面部分の細かな装飾はあまり意味がなかったり、かえって逆効果となってしまう場合があること等が挙げられる。

・施工

平滑仕上げを行う上で施工に際して留意すべきことは、一般のコンクリートと何ら変わるところはなく、適切なワーカビリティを有するコンクリートを材料分離に注意して打込み、十分な締固めを行ったのち適切な養生を施すことである。ただし特に注意すべき点は、平滑で色ムラのない仕上げ面を得るためには、型枠継目の目違い、表面の平滑度、表面の気泡、色ムラおよび汚れ等に注意した施工を行う必要があることである。また、これらを防止することは耐久性の向上にもつながる。なお、ジャンカやひび割れのような大きな欠陥は、美観に及ぼす影響が大きいことはもちろん、構造物としての耐久性や強度等にも大きな影響を及ぼすので、このような欠陥は起こさないように努めなければならない。

・経済性

平滑仕上げでは特別な型枠を用意する必要がなく、はつりやたたきのように型枠脱型後にコンクリートの表面加工を行う等の手間の増加や、それによる工期の延長といったこともない。しかし、竣工後の美観を維持していく必要性の高い構造物では、メンテナンス（洗浄、塗装あるいは再塗装、補修および定期的な点検）の労力と、その費用負担が大きくなるものと考えられる。

・耐久性

平滑仕上げを行なったコンクリートの耐久性については、適切なワーカビリティを有し、かつ耐久性を考慮したコンクリートを使用して入念な施工が行われるという前提条件が遵守されるならば、特殊な環境条件でない限り、耐久性に問題はないと考えてよい。締固め作業を軽減し、表面の平滑度を容易に得るため、必要以上に軟らかくスランプの大きい、すなわち単位水量の多いコンクリートを打設するようなことは、決して行ってはならないのはいうまでもない。

4.2 模様仕上げ・立体仕上げ

i) 模様仕上げ・立体仕上げとは

模様仕上げとは表面に凹凸の付いた型枠を用いて、型枠の凹凸をコンクリート面に転写する仕上げ法である。最近では表面に種々の模様をつけた内張り材（ライナー）が容易につくれるようになり、これを型枠内面に取り付けてコンクリートを打ち込むことで、自在にコンクリート表面に凹凸をつけることができるようになった。内張り材は様々なものが開発されており、材質、形状とも多種多様である。材質は発泡スチロール、ゴム、合成樹脂等があり、転用回数、離型性等にそれぞれ特徴がある。形状は擬岩風のものの、リブ付きのものの、レンガ積みまたは幾何学的な模様等があり、コンクリートの充填が可能であれば、ほぼどのような形状でもつくることができる。模様仕上げの中でもより立体的で彫りの深い仕上げのことを立体仕上げと呼ぶことがある。立体仕上げと模様仕上げとの境界はあまり明瞭ではないが、立体仕上げは一般にレリーフ等に用いられる彫りの深いもののことを指す（写真 4.2.1）。模様・立体仕上げは①木目調、割肌調等の微細な凹凸を転写し、肌合いを変化させたもの、②幾何学的な模様をもつもの（写真 4.2.3）、③擬岩、擬石、擬木等の自然材料を模したもの（写真 4.2.4）、④自然材料からのモチーフをとりいれたもの（写真 3.2.7, 3.2.8）等に分類できる。擬岩、擬石、擬木等のタイプのものについては着色処理が併用される場合が大半を占め、その他のものでも何らかの着色が施される場合が多い。

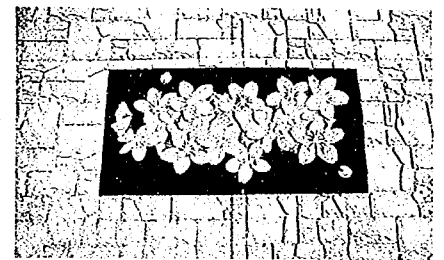


写真 4.2.1
立体仕上げのレリーフ

ii) 景観・美観上の特徴

模様・立体仕上げはコンクリートの表面に凹凸を付けることで様々な印象を与えることができ、意匠性の高い仕上げ法であるといえる。広大な壁面にコンクリートのフラットな仕上げを施すと単調で圧迫感のある印象を与えるが、適当な凹凸を付けることによりリズム感が生まれ、圧迫感を和らげることができる（写真 3.2.1, 3.2.2）。

表面の凹凸は微細なものと、比較的大きくて離れたところから見ても形状を捉えることができるものに分類できる。微細な凹凸は肌合いや肌理といった言葉で表現できるようなものであり、例としては石割状、はつり仕上げ状、割りレンガ状等がある。大きくて離れたところから見ても形状を捉える



写真 4.2.2
リブ付割レンガ調

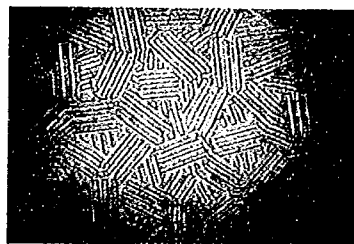


写真 4.2.3
幾何学パターン



写真 4.2.4
擬岩

ことができる凹凸には石張り・石積み状、リブ状、その他幾何学的な模様等がある。模様・立体仕上げはコンクリート表面に凹凸ができるので、見る角度や距離によって見え方が異なる（写真 3.2.3, 3.2.4）。また、時刻によって凹凸によりできる影のでき方が異なり、表情に変化を持たせることができる（写真 3.2.5, 3.2.6）。

iii) 使用上の留意点等

・ 使用法

前述の③、④の石積み状のテクスチャー処理を施す場合、単一の型枠を用いると繰返しパターンが現れ、単調になり不自然な印象を与えることもある。数種類の型枠を用い、ランダムに組み合わせたり、型枠の方向を不規則に変えたりすると自然な印象を与える（写真 3.2.11, 3.2.12）。

凹凸の大きさ、形状を選択する場合はコンクリート構造物全体の大きさおよび形状を考慮しなければならない。例えば構造美を誇るスレンダーな橋梁には無用なテクスチャーの付与はマイナス効果であるし（写真 3.1.1）、広大な壁面には単調さや圧迫感の緩和を図るため、何らかのテクスチャー処理を施すのがよい（写真 3.2.2）。

・ 使用箇所

擬岩・擬石・擬木は直に人の手に触れられるところには用いない方が望ましい。擬岩・擬石・擬木は自然物を模したものであり、模倣を行う限り本物を超えることはできない。擬岩・擬石・擬木は離れて見る場合はそれほど違和感を与えないものであるが、やはり間近に見たり、手で触れたりすると偽物であることがわかってしまい、かえって悪い印象を与えてしまう。これらを直に人の手に触れられるところに用いるときは、公園や遊園地等の予めそれが模倣品であることが許される状況で用いるべきである。公共土木構造物に用いた場合では、通常人が間近から見ることをできないような砂防ダム等では成功した例がある（写真 4.2.5）。

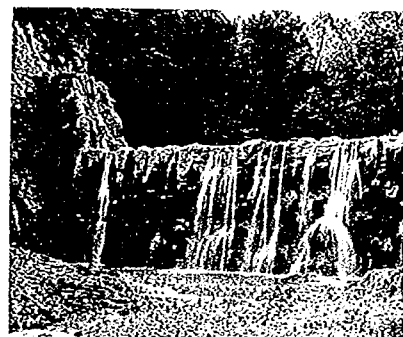


写真 4.2.5

擬岩・擬石の類は直に人の手に触れられないところに用いるのが望ましい。

・ 施工

微細な木目等の凹凸を付ける場合は、施工に際しては平滑仕上げと同様に細心の注意を要する。また、複雑な凹凸をつける場合はコンクリートの充填性と脱型時のコンクリート表面の破損にも注意しなければならない。型枠の設置に関しても型枠の継目や固定方法に配慮し、不適当な位置に型枠の継目やコーン穴ができるのは避けなければならない。平滑仕上げと同様に打放し仕上げ全般にいえることであるが、脱型するまでどのような仕上がりになるかわからず、途中で手直しができないので最後まで丁寧な施工をすることが重要である。また、擬岩・擬石等はエフロレッセンスが出ると醜くなることが多いので、適切な材料の選定とより丁寧な施工が必要となる。

4.3 はつり（たたき）仕上げ

i) はつり仕上げとは

はつり仕上げはコンクリートが硬化したのち、各種工具を用いて、はつったり、たたいたりして表面のモルタル部分および粗骨材の一部を除去することにより、表面を粗面にする仕上げ法である。はつり仕上げは他の骨材あらわし仕上げと同様に、使用する骨材の大きさや色、はつりの深さ等により表面形態に種々変化を与えることができる（写真 4.3.1, 4.3.2）。はつり処理に用いる工具は人力、機械式等各種用意されており、骨材あらわし仕上げの中では比較的容易に行うことができることから、現場施工、二次製品ともに広く用いられている。なお、はつり仕上げはチップング仕上げと呼ばれることもある。

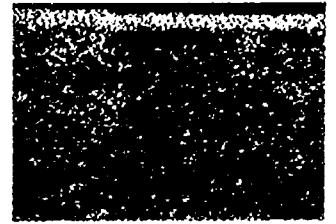


写真 4.3.1

様々な色の付いた骨材を用いたはつり仕上げ

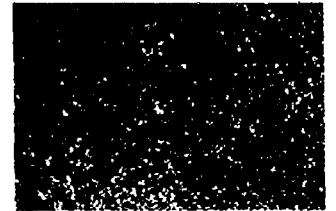


写真 4.3.2

玉砂利を用いたはつり仕上げ

ii) 景観・美観上の特徴

はつり仕上げは他の骨材あらわし仕上げと異なり、表面の骨材が割れて割肌状の骨材断面が露出するので、特徴的なテクスチャーを有する（写真 3.3.8）。骨材の種類や大きさを雑多に組み合わせたり、はつり深さの分布をランダムにしたりすると、自然な印象を与えることができる（写真 3.3.11, 3.3.12）。また、はつりの深さが深い場合は遠くから見ると、柔らかく温かい印象を受けるが、近くから見ると荒々しい印象を受ける（写真 3.3.1, 3.3.2, 3.3.11, 3.3.12）。一方、はつりの深さが浅い場合は近くから見ても温かい印象を与える（写真 3.3.6）。色の付いた骨材を用いるとコンクリート表面に彩りが加わり、コンクリート材料のもつ単調さを緩和することができる（写真 3.3.8）。この効果は視点距離が近いときに特に有効である。さらに、はつり仕上げは表面の凹凸のため汚れの付着が目立ちにくく、穏やかに色の変化する美しいエージングを得やすい仕上げといえる。例えば、構造物の天端から流れた雨水による汚れの付着は、天端に近いところでは多く、下の方に流れるに従って少なくなり、穏やかなグラデーション状の汚れを生ずることがある（写真 3.3.5, 3.3.11）。

iii) その他使用上の留意点等

・骨材

骨材が表面に露出するので、骨材に選定においては、色、大きさ、割れ、欠けを生じた場合の断面の形状を考慮しなければならない。また、施工時に骨材の剥離が起きるのを抑えるためには、川砂利より付着力の大きい碎石を用いることが望ましい。

・はつり深さ

はつり深さを設定する際は、構造物の形状、大きさ、隣接する目地の深さとの兼ね合い等を考慮しなければならない。遠くから見た場合に目地を目立たせるには、当然はつり深さを目地の深さより浅くしなければならない。

- ・設計

はつりによる衝撃により、微細なひび割れが表面からある程度の深さまで生じている可能性がある。従って、その点を考慮に入れて、構造物の耐久性が十分確保できるように、かぶりや部材の断面寸法を決めなければならない。

- ・施工

施工時は、はつり機械による騒音やダストの飛散があるので注意を要する。

- ・経済性等

電動式のはつり仕上げ用の機械も開発されており、これを用いれば作業性の向上につながり、経済性等に有利である。また、現場施工によらなくても、はつり仕上げを施した各種二次製品や化粧型枠等が既に開発されている。

4.4 サンドブラスト仕上げ

i) サンドブラスト仕上げとは

サンドブラスト仕上げとは硬化したコンクリート表面に高圧の圧縮空気でけい砂を吹きつけ、その衝撃でモルタルや粗骨材の一部を除去し、コンクリート表面を粗面にする仕上げのことである。けい砂の代りに小鋼球を用いる場合はショットブラスト仕上げという。この仕上げ法はダストの飛散や騒音等の施工上の制約があり、主に二次製品に用いられている。

ii) 景観・美観上の特徴

前述のとおり、サンドブラスト仕上げは主に歩道ブロック等の二次製品を中心に用いられることから、あまり彫りの深い仕上げは施さないようである。ただ、表面の粗さが同じならば、はつり仕上げに比べると骨材の色調が鮮明になり、露出度が増すので、色調に富んだ骨材を用いる場合には有利である。また、サンドブラスト仕上げは歩道ブロック等の歩行者の足元に触れるところに用いると、粗面仕上げによる落ち着きのあるテクスチャーや滑りにくさ等により、歩行者に安心感を与えることができる（写真 3.4.1）。

iii) その他使用上の留意点等

- ・使用箇所

土木分野では主に道路用製品としての縁石製品および歩道ブロック等に使用される。表面が粗面仕上げとなるので、雨水等により濡れた場合でも滑りにくいという利点がある。

- ・経済性

主に二次製品として製造されており、工場での連続生産により他の骨材あらし仕上げと比較して大量生産が可能である。

4.5 洗い出し仕上げ

i) 洗い出し仕上げとは

コンクリートは通常、セメント、細骨材、粗骨材および水から成っており、コンクリートの一般的施工方法では部材の表面はセメントモルタルの薄膜で形成され、粗骨材はその内部に存在するのが普通である。視覚的にはやや単調なこのモルタル層を下記のような方法で洗い流し、様々な色調や形状をもった骨材（化粧種石）をコンクリートの表面に露出させる化粧仕上げのことを洗い出し仕上げという。

洗い出し仕上げは骨材の洗い出しの方法によって以下のように分類される。

- ① 十分に固まらないコンクリートを水洗いする。
- ② 表面に凝結遅延剤を用い、内部が硬化した後に水洗い（もしくは高圧水洗浄）する。
- ③ 硬化後、酸洗いする。

このうち、①②が最も多く用いられているが、①は熟練を要する。②は①ほどの熟練を要さず、施工が容易で大面積の施工が可能である。②の方法で凝結遅延剤を用いるとコンクリート強度がある程度高くなっても簡単に洗い流すことが可能であり、高圧水の使用によってモルタルの除去と洗浄が同時にできる。また、骨材（化粧種石）の混合時期からは以下のように分類される。

- ④ 練り込み洗い出し工法（化粧種石を練り込んだコンクリートを洗い出す。）
- ⑤ 散布洗い出し工法（モルタル混練後に、化粧種石を散布する。）

ii) 景観・美観上の特徴

洗い出し仕上げが他の骨材あらわし仕上げと異なることは、原骨材がそのままの形（仕上げ時に割れや欠けを生じない）で露出することである。このため、角のない骨材を用いると手触りがよく、河川護岸や公園の遊び場等の人の手に直接触れるところに適する（写真 3.5.1～3.5.6）。

また、骨材の露出度も高く、他の骨材あらわし仕上げでは表面にモルタルが露出する割合が多いが、洗い出し仕上げはほとんどの場合、骨材の間からモルタルが少し露出する程度である（写真 4.5.2）。このため、洗い出し仕上げは骨材の種類や粒度を変えることにより、様々な印象を変化させることができ（写真 4.5.1, 4.5.2）、骨材の形態を最も活かせる仕上げといえる。

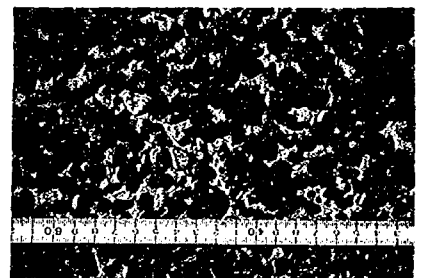


写真 4.5.1

玉石を用いた洗い出し仕上げ。様々な色調の骨材が見える。

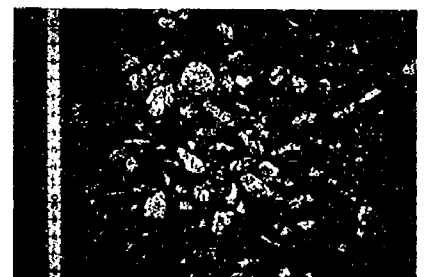


写真 4.5.2

花崗岩の碎石を用いた洗い出し仕上げ

iii) その他使用上の留意点等

・仕様部位

洗い出し仕上げは自然材料による色調の豊富さや触感のよさ等により、建物のエントランスホール、中庭、公園の遊歩道・散策路や階段のステップ等で多く採用されており、土木、建築、植栽、造園等多様化する様々な工事に対応できる。また、プレキャストコンクリートの表面仕上げとしても採用されている。

・骨材

洗い出し仕上げ用の骨材（化粧種石）はその目的が化粧を主とするため、色彩に富んだものを使用する人が多い（写真 3.5.4）。洗い出し仕上げを行った面の骨材露出状態は、個人の好みによるので一概にはいえないが、一般的には、骨材の大きさは同程度で表面に露出する割合が多いほどよいとされている。従って粗骨材は単一粒度とすると、表面に露出する骨材の粒径がそろい、美観上好ましい（写真 3.5.6）。

・養生および仕上げ

養生時に異常乾燥等により硬化不良を起こすと、洗い出し時期の判定が難しくなり、種石（粗骨材）をモルタルと一緒に流してしまうことがある。よって、養生には急激な乾燥を避けるためビニールシートを用いる等配慮する必要がある。また、骨材の表面に付着しているセメントを落とす必要がある場合は、軽い酸洗いをするとよい。

4.6 研磨仕上げ

i) 研磨仕上げとは

研磨仕上げとは、硬化したコンクリートの表面を砥石や研磨剤により研磨し、骨材の切断面を表面に露出させる表面仕上げ法である。建築物の内外装材等では大理石、みかげ石等の自然石を種石としてモルタル等で固め、ある程度の強度が得られた後、研ぎ出して種石を表面に広く露出させ、自然石を張付けたような効果を得ようとする目的で採用される工法または製品もある。これらは石材に比べて安価に製造できるため広く使用されている。この例としてはテラゾーがあり、施工現場で行う現場塗りテラゾーと工場で製作するテラゾーブロックに分類できる。前者は広い面積を一体物として仕上げるができるという利点があるが、施工部位によっては手研磨を行わねばならない制約があり、製造管理が難しい。高級感という点では後者が優れているので、ブロックを用いる方法が一般的に行われている。現在ではこのテラゾーから発展して、いろいろな擬石ブロック製品が開発され、商品化されつつある。それらの代表例を以下に紹介する。

① プレバックド工法による擬石ブロック

本法では通常石材細工の廃残材が用いられる。図 4.5.1 に示すように、偏平な石材を型枠底面に敷

き詰め、その上に流動性のよいモルタルを流し込む。さらにその上に下地用のコンクリートまたはモルタルを打ち込む。この方法では通常高強度モルタルまたはコンクリートが使用されるが、テラゾーブロックのように下地層を鉄筋で補強することもできる。研磨方法、取付け方法はテラゾーブロックの場合と全く同じである。種石のサイズは、テラゾーブロックでは12～25mm程度が普通であるが、本法では表面露出サイズで100mmあるいはそれ以上も可能である。粗骨材量に対する碎石の割合が増すとコンクリートの流動性が低くなり施工が難しくなるが、本法では碎石の割合を70%、場合によってはそれ以上にしても施工可能である。

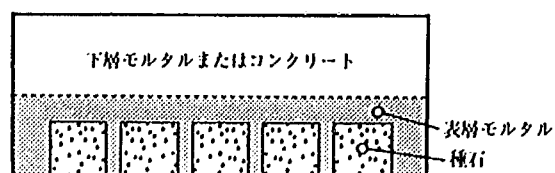


図 4.5.1
プレバックド工法による擬石ブロックの製造方法



図 4.5.2
種石だけを研ぎ出した擬石ブロックの製造方法

② 種石だけを研ぎ出した擬石ブロック

上記①と同じ方法で種石を敷き詰めた後、図 4.5.2に示すように 5mm程度の厚さに寒天を流し込む。その後の工程は①と全く同じである。この寒天は水洗いで簡単に除去することができ、種石だけを浮き上がらせることができる。このブロックは表層モルタルまで研磨してもいいし、荒研ぎのままでもいい。場合によっては研磨を行わないほうが機能的にも美観的にもいいことがある。

ii) 景観・美観上の特徴

研磨仕上げが他の骨材あらわし仕上げと異なるところは、仕上げ面が平滑になり、光沢をもつことである。また、石材の切断面は様々に変化に富み、人工の材料にはない美しさがある（写真 3.6.2）。さらに種石の種類、大きさ、モルタル着色顔料の組合わせによって、様々にテクスチャーを変えることができ、そのうえ光沢をもつので、コンクリート表面仕上げの中でも最も装飾性に富んだ仕上げ方といえる（写真 3.6.1, 3.6.2）。また、視覚的な装飾性が高いだけでなく、触感がいいのも特徴の一つである（写真 3.6.3）。表面が平滑になり、手触りがよいので、人の肌が直接触れる、橋梁の高欄やコンクリートのベンチ、建築物の内装材にも多く使用される。

iii) その他使用上の留意点等

・使用部位

研磨仕上げは摩耗するとその特徴である光沢を失ってしまうので、激しい摩擦を受けるところに用いるのには注意を要する。特に大理石を使用したものは風化しやすいので屋外使用には適さない。

4.7 石張り仕上げ

i) 石張り仕上げとは

石張り仕上げとはコンクリート表面に比較的サイズの大きい自然石を張り付けた表面仕上げ法である。石材には扁平に加工されたものから玉石や割石まで、岩種も御影石、安山岩、大理石、凝灰岩等様々なものが使用されている。表面に貼り付けられた石材は石裏と下地コンクリートの間に充填されたモルタルにより固定される。また取付金具によって下地コンクリートにアンカーをとって固定したのち、モルタルを充填する場合もある。厚みのある石材を用いたものは、扁平な石材を用いたものよりも当然仕上げに要する厚さを大きくする必要がある。また、未硬化のコンクリートに石材を埋め込んで固定させる仕上げ法は骨材埋込み仕上げと呼ばれることがあり、表面に露出するモルタルの割合を大きくすることができる（写真 3.7.4）。なお、骨材埋込み仕上げを石張り仕上げには含めない場合もあるが、ここでは石張り仕上げをコンクリート表面に比較的サイズの大きい自然石を張り付けた仕上げ法と考え、ここで取り扱うことにする。

ii) 景観・美観上の特徴

石張り仕上げは人工材料には真似のできない自然材料のもつ「本物の魅力」を表現することができる。この性質を活かせば人工の構造物としての機能を満たしながら、自然的な景観をもつ構造物を建造することが可能である。

石張り仕上げは、①扁平な石材を用いてほぼ表面全面を覆ってしまうもの（写真 3.7.1～3.7.3）、②ある程度厚みのある石材をコンクリートに埋め込んだもの（写真 3.7.4～3.7.6）、③ブロック状の石材を石積み状にコンクリート表面に張り付けたもの（写真 3.7.7, 3.7.8）の概ね 3 種類に分類できる。

①の方法は工法の制約上他の方法よりも奥行きのある仕上げはできないが、石材の断面形状を比較的自由にとれるので、それらをランダムに組み合わせることにより、飽きのこない景観を創り出すことができる（写真 3.7.1）。また矩形断面の石材を用いた場合でも、大きさや縦横比、岩種等をランダムに組み合わせることにより同じような効果を得ることができる（写真 4.7.2, 4.7.3）。

②の方法は厚みのある石材を用いるのもっとも彫りの深い仕上げができる。玉石等の自然状態（形状や大きさを整えるために割ったり削ったりする加工を施していない状態）の骨材を用いることができ、天然の状態の石材の触感を伝えることができるのも特徴のひとつである。②の方法では河川護岸に玉石の石張り仕上げを適用する場合等、そこに本来あるべき材料を自然に近い状態で用いることができるので、親水性を高めるためには有効であろう（写真 3.7.5, 3.7.6）。

③の方法は下地のコンクリート構造物の表面に、ある程度石積みらしく見えるように石材を貼り付けたもの（写真 3.7.7）から、完全に石積みのように石材を積み上げることにより、内部にコンクリートの下地があるのがうかがわれない程度までにしたものである（写真 3.7.8）。石積みをどの程度本

物らしく造り、内部のコンクリート構造物の存在を隠すかは、その構造物がどのような状況に置かれているかによって判断すべきであり、内部のコンクリート構造物の存在がうかがえるからといって、即景観上悪いとはいえない。ただ、例えば石積みのアーチ橋を模した石張り仕上げであるにもかかわらず、キーストーンがなかったり、組構造では構造上不可能なほどスパンライズ比を大きくするなど力学的に不自然な石積みは利用者に不安感や違和感を与えることがある。

iii) その他使用上の留意点等

・設計

石張り仕上げは他の表面仕上げに比べて仕上げに要する厚さを大きくとらなければならない。特に厚みのある石材を用いた場合は扁平な石材を用いたものに比べて厚めの仕上げ代を要する。構造物を設計するときはこのことを考慮に入れて、下地のコンクリート表面からのクリアランスを仕上げ作業のために要する空間も含めて、確保しておく必要がある。

・施工

裏込めモルタルの充填が不十分であると、そこから雨水等が浸入し、白華の析出の原因となるので、裏込めモルタルの充填は入念に行わなければならない。また、石材に裏込めモルタルが付着した場合は美観上好ましくないので、直ちに水や酸で洗い流さなければならない。

4.8 タイル張り仕上げ

i) タイル張り仕上げとは

タイル張り仕上げとは土木構造物や建築物の壁面や床面に種々の方法でタイルを張り付けた仕上げ法である。なお、タイルとは薄膜状の「やきもの（陶磁器）」のことであり、JISでは呼び名により内装タイル、外装タイル、床タイルおよびモザイクタイルに分類されている。また素材によって陶器質タイル、せつ器質タイルに区分される。タイルの施工方法は先付け工法と後張り工法に大別される。先付け工法は型枠表面にタイルを配置しておいてコンクリートを打つもので、高層・大型建造物等の比較的大面積の外壁とタイル張りのコンクリート製品に使用される。後張り工法は従来からの手張り工法の他に近年開発された改良工法が多数あり、施工箇所やタイルの種類に応じた施工法が選択できる。張付け材としては一般にセメントモルタルが使用される。

タイル張りの下地としては通常モルタル下地が多いが、近年では型枠精度の向上もあってコンクリート直張りも多く見られる。この他にALCパネル、セメント押出し成形板や石膏ボード等の各種ボードもタイル下地として用いられることがある。

ii) 景観・美観上の特徴

タイルは他のコンクリート仕上げ材料にはない鮮やかな色彩や光沢、シャープな形状をもっている。これらは自然材料のもつ特徴とは対比するものであり、それゆえ周辺の景観に埋没させてしまうのではなくて、その構造物を際立たせるためにタイルを用いることが多い。特に背景が鮮やかな緑や真っ青な空である場合には、非常にその構造物が映えることがある（写真 3.8.1）。

また、タイルには豊富な色調、形状のものがあり、これらを単独もしくは組み合わせて使用することにより様々な模様（写真 3.8.2）や絵画（写真 3.8.5）を描くことも可能である。リップ付き、テーパー付き等の特殊な形状のタイルや非常に光沢度の高いタイルを使用すると、外光による陰影の変化や光の反射により、外壁や床面に豊かな表情を与えることができる。石材調やレンガ調のテクスチャーを有するタイルもあり、タイル張り仕上げは使い方次第では高い効果を上げることができる。しかしながら、景観上の効果が大きいだけに使い方を誤ったときにはその影響も大きい。写真 3.8.5 は河川護岸の法面にタイルで絵画を描いたものであるが、絵画の巧拙はともかく、この構造物がシビックデザインとしては認められないのは「2. コンクリートの表面形態の使用法」で述べた通りである。すなわち、土木構造物の景観は長期間にわたって利用者の評価に耐えるものでなければならないからである。

一方タイルはその使用法によらず優れた特徴もある。タイルは非常に耐久性に富んだ材料であり、変色、退色がほとんどない。さらに適切なメンテナンスを行うことにより、長期間にわたり景観・美観が維持されるとともに、建造物の耐火、耐水、耐候性を向上させることが可能である（写真 3.8.3）。

iii) その他使用上の留意点等

・目地

収縮・変形の大きい躯体ではタイルの剥離の危険性が高くなる。また下地に生じるひずみを吸収するために、伸縮目地を設ける等の処理が必要となる。当然下地コンクリートとタイルの目地の位置は一致させなければならない（写真 3.8.4）。

・使用部位等

陶器タイルは内装用であり、吸水が大きいので外装では一般には使用しない。外壁では一般に耐凍害性が要求されるので、磁器質、せっき質タイルを使用し、剥離防止のために裏足付きのものとす。床、歩道等では耐摩耗性、滑りを考慮する。

・その他

吸水性のあるタイルは白華を生じることがあり、美観上悪い影響を与えることがある。

4.9 レンガ張り仕上げ

i) レンガ張り仕上げとは

レンガは厚みのあるブロック状の形状をしており、それ自体を積みブロックのように積み上げることができる。人工材料の張り仕上げとしては、この他に前述のタイル張り仕上げがあるが、タイルは陶磁器であり、吸水性が小さいのに対し、レンガは粘土を焼き固めたものである所以吸水性はかなり大きい。また、コンクリート製品でレンガと同様の形状をもつものは、一般に「ブリック」と呼ばれる。これは軽量セメントモルタルを型に流し込んで、タイルと同様に薄板状にしたものである。「ブリック」の中でも外観をレンガに似せたもの（ここではレンガ調「ブリック」と呼ぶことにする）は擬レンガに類するものであるが、ここではこれも取り扱うことにする。

ii) 景観・美観上の特徴

タイルは同一の製品ならばほぼ均一な形状と色彩を有し、人工的な色合いが強いのに対し、レンガは一般に同一梱包品であっても微妙に形状、色彩が異なるラフな感覚の材料である。また、緩やかにエージングするので、時間の経過を感じさせる材料でもある。これは石材や木材のような自然材料に近い性質といえる。それゆえ、レンガは古びた落ち着いた雰囲気醸し出すために使用されることが多い。また、レンガ張り仕上げを施した歩道や外壁はわずかず異なる色調のレンガを規則正しく並べた例が多く、微妙な色彩の変化はあたかも自然石を敷いたような景観を見せることがある。さらにレンガ張り仕上げは表面が粗面なので、歩道の舗装材等に用いた場合には滑りにくく、歩行者に安心感を与えるという利点がある（写真 3.9.1～3.9.6）。また、舗装や床面に用いた場合は、壁面に用いたときよりもレンガ内部の水が表面に移動しにくいので白華が発生しにくい。

しかし、厚みのあるブロック状のレンガを用いたレンガ張り仕上げは、外見上ほとんどレンガ積みと区別がつかないが、薄板状のレンガ調「ブリック」はコンクリートのもつ表面の微細な気泡やカラーコンクリートに見られる白華現象、また積みブロックにしては不自然なブロック目地の幅の広さ等から、擬レンガの張り仕上げであることが分かってしまうことがある（写真 3.9.7, 3.9.8）。

iii) その他使用上の留意点等

・施工

レンガ張り仕上げの場合、吸水性が大きく接着強度が低くなりやすいので、改良圧着工法で施工し、張り付け後、防水剤や撥水剤で表面処理を行うのが望ましい。

壁材にレンガを用いる場合には白華（エフロレッセンス）の発生に注意する。レンガ目地等から浸入した雨水が原因となっている場合があるので、レンガ目地や天端から雨水が浸入しないように雨仕舞いをしっかりしておかなければならない。

4.10 塗り仕上げ

i) 塗り仕上げとは

塗り仕上げとは下地コンクリートを塗材で被覆した仕上げ方法である。仕上げ材料にはセメントモルタルやポリマーセメント、有機・無機塗料等を用い、エアスプレー等による吹付けやコテ、ハケ、ローラー等により仕上げられる。テクスチャー処理のため凹凸を付ける場合は、これらの他に、くしや模様付きローラーを使用することもある。また、塗り仕上げを表面形態により分類すると、着色のみを目的としたものと、着色とともに塗装自体がある程度の厚みを持ち凹凸による意匠性をもたせたものの2種類に分けられる。しかしながら、土木分野での塗り仕上げによる表面処理は主に塩害や中性化対策が目的であり、景観向上のための色彩やテクスチャー付与を目的として用いられたものは少ないのが現状である。塗り仕上げを表面形態により分類すると図4.10.1のようになる。

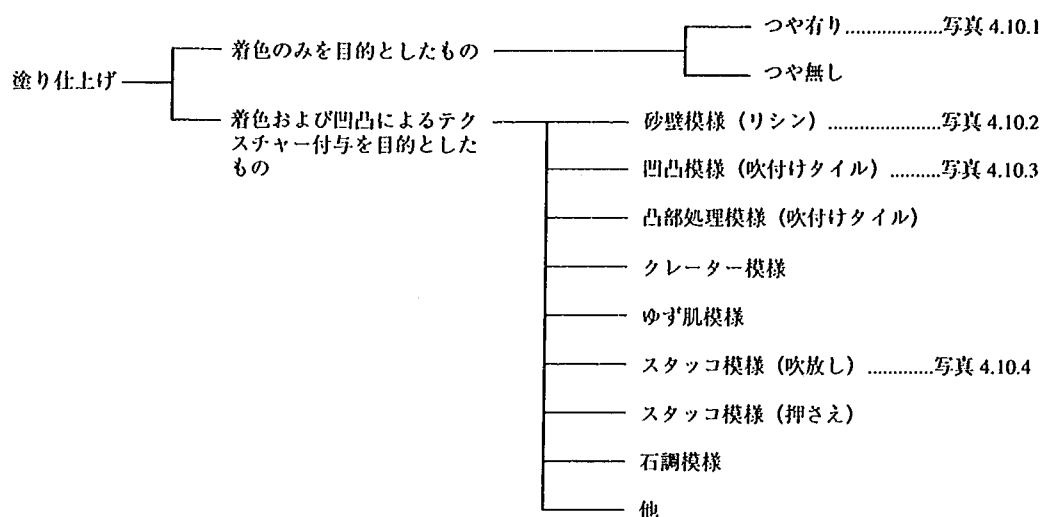


図 4.10.1 表面形態に着目した場合の塗り仕上げの分類



写真 4.10.1 平滑

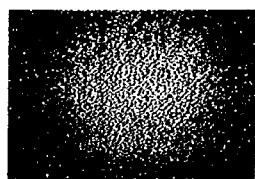


写真 4.10.2 砂壁模様



写真 4.10.3 凹凸模様

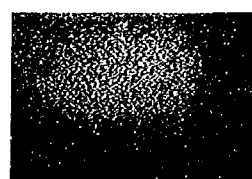


写真 4.10.4
スタッコ模様 (吹放し)

ii) 景観・美観上の特徴

他のコンクリートの表面仕上げが多少なりとも下地のコンクリートが表面に現れるのに対し、塗り仕上げは仕上げ材により完全に下地のコンクリートを被覆してしまうので、コンクリートの素材感が全く感じられない場合がある（写真4.10.3）。例えば、市街地におけるコンクリート製の高架橋では排

ガスや煤煙等による汚れを防ぐために塗り仕上げが施される場合があるが、隣りに鋼製の橋脚がある場合でも、塗り仕上げを施されたコンクリート製の橋脚は鋼製のものと区別がつかないことがある。

また、塗り仕上げによる凹凸を付与するための塗材は粘性や表面張力が大きいので、他の表面仕上げにはない特有のテクスチャーを有するものがある（写真 4.10.3, 4.10.4）。さらに仕上げ材に粗目の骨材を混ぜることも可能であるので、砂壁調等の日本伝統のテクスチャーをつくることもできる（写真 3.10.7, 3.10.8, 4.10.2）。塗り仕上げに用いる仕上げ材料は液状かペースト状であるので、下地コンクリートがどのような複雑な形状をしていても対応できるのも特徴の一つである。

iii) その他使用上の留意点等

・耐候性

土木構造物に塗り仕上げを施す場合は耐候性にも十分注意を払う必要がある。立地条件が厳しいところ（海岸地帯、温泉地域等）では塗装仕様選定に当たっては特に注意を要する。各コンクリート素地の塗装仕様の耐候性等の特徴を表 4.10.1 に示す。

表 4.10.1 コンクリート素地の塗装仕様選定の目安

特徴	表面性状	塗 装 仕 様	耐用年数
高耐候性	平滑	・ 常温乾燥フッ素樹脂エナメル塗り	13～15年
		・ アクリルシリコンエナメル塗り	10～12年
		・ 2液形ポリウレタンエナメル塗り	7～10年
汎用		・ 合成樹脂エマルションペイント塗り (塗膜つや無し)	3～4年
意匠性	模様	・ 外装薄付け仕上げ塗材塗り (砂壁状、ゆず肌状等)	6～8年
		・ 複層仕上げ塗材塗り (凹凸状、凸部処理模様等)	10～15年

一般に、同じ種類の樹脂の塗料では淡色の方が濃色より耐候性はよい。また、つや（光沢）が低いほど耐候性も悪くなる傾向にあるので、つやの程度は単に意匠性からだけでなく、耐候性も考慮して決めるべきである。

・施工等

土木構造物については擁壁、橋梁、各種コンクリート壁等の主に外壁垂直面に使用されることが多い。水平や水平に近い部位に塗り仕上げを行う場合、垂直面に比べ温度、雨水等の影響を受け塗装の劣化が生じやすいため、水平部分には凹凸を付けない平滑仕上げとし、水が滞留しないよう配慮する必要がある。

素地調整が不十分であると、素地の水分、アルカリ、下地コンクリートの挙動等に起因する浮き、ふくれ、割れ、剥がれ等の不具合が早期に発生する。また、特に美装性が必要な場合は全面にパテを塗布し、塗装ムラの発生を防止する必要がある。素地を確実に調整し、次の下塗工程に入ることが大切である。

4.11 顔料の混入

i) 顔料の混入とは

顔料の混入とはコンクリートの練混ぜの際に顔料を混合し、コンクリートに着色するものである。この方法でつくられたコンクリートはカラーコンクリートあるいは着色コンクリートと呼ばれ、コンクリート自体が仕上げ材になることから仕上げ作業が要らず、施工の手間が掛からないので、コンクリートに着色を施す手段としてはよく用いら

れている。また、内部まで着色されることから摩耗による色変化が少ないので、他の表面着色仕上げと併用される場合もある。顔料をコンクリートに均一に混ぜないと色ムラを生じるが、顔料の均一な混合は高い技術を要するので現場練りは無理であり、ほとんどの場合レディーミクストコンクリートか二次製品として供給される。コンクリートに用いられる着色顔料を表 4.11.1 に挙げる。

表 4.11.1 コンクリートの着色顔料

色	名 称	発 色 成 分
赤	赤色合成酸化鉄	酸化第二鉄 Fe_2O_3
〃	ベンガラ	〃 〃
橙	橙色合成酸化鉄	〃 〃
黄	黄色合成酸化鉄 (酸化黄)	水酸化鉄 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$
緑	酸化クローム	酸化クローム Cr_2O_3
青	群青 (ウルトラマリン)	$2(\text{Al}_2\text{Na}_2\text{Si}_3\text{O}_{10})\text{Na}_2\text{S}_4$
〃	コバルトブルー	$\text{CoO} \cdot n\text{Al}_2\text{O}_3$
紫	紫色酸化鉄 (マルスバイオレット)	酸化第二鉄の高温焼成物
黒	カーボンブラック*	炭素 C
〃	黒色合成酸化鉄 (鉄黒)	四三酸化鉄 Fe_3O_4

*印は使用に注意を要する

ii) 景観・美観上の特徴

顔料の混入による着色はコンクリートの素材感を活かしたまま、色彩だけを変えることができるという他の着色仕上げにはない特徴をもっている。従って着色も施す必要があるが、その構造物がコンクリート製（木材等の他の材料に比べて強度や耐久性があり、安全性が高い）であるということを利用者に知らせ、安心感を与えた方がよい場合には適する。

また、顔料の混入による着色はコンクリート自体に色を付けるものであるから、均一な着色に適し、コンクリートが摩耗をうけて内部が露出した場合でも変色が他の着色仕上げに比べて少ないという特徴がある。それゆえ摩耗を受けやすい護岸や海洋構造物、舗装等にも適する。

しかしながら、①表面を被覆するタイプの着色仕上げに比べて選択できる色が限られる、②白華現象のため、粉を吹いたように色が白くくすんでしまうことがある、③均一な色しか出せない、④バッチを換えると同じ色を出すのが難しい、⑤従って、打継ぎが要るような大きな構造物には適さない等の欠点がある。ただし、顔料の混入による着色が適用されるのはほとんどが二次製品であることから、工場において製品管理し、オートクレーブ等を用いれば、白華現象はある程度抑えることができる。また、②の均一な色しか出すことができないという欠点についても、色の異なる個々の製品を組み合わせるにより補うことは可能である（写真 3.11.2, 3.11.3）。

iii) その他使用上の留意点等

・使用部位

顔料の混入による着色はコンクリート自体に着色するものであるから、施工は通常のコンクリー

トと何等変らないので、コンクリート材料が適用されるほとんど全ての場所に適用できる。つまりカラーコンクリートが用意できるのであれば、施工上の制約を受けることなくコンクリート構造物に着色することができる。また、摩耗を受けても変色しにくいので、護岸、海洋構造物、舗装等に特に適する。

・顔料

顔料はその使用範囲内でコンクリートの品質に影響を与えないものを用いなければならない。概ね実用的な添加量の範囲内（セメントに対して3～8%程度）では強度等の性状には大きな悪影響はないが、事前に十分調べることが望ましい。また、同一名称の顔料でもメーカーが違えば色の相違が出るがあるので、使用に当たっては事前に試験練り等をするのがよい。さらに同一量の顔料でも混練の程度によって色の差が出るがあるので、品質管理の行き届いた工場で行うのが望ましい。

・経済性

顔料は他の着色仕上げの着色剤のように表面に少量使用されるのではなく比較的大量に使用されるので、高価な顔料を使うと不経済になる。また、体積に対して表面積が小さい、つまり球や立方体に近い形状をした構造物に用いる場合も不経済になる。

・白華現象

カラーコンクリートは多かれ少なかれ、白華現象によって色が白くくすむことはほとんど避けられない。事前に白華対策をするなり、白華現象により色調が変化することを見込んで色を選択しなければならない。

・色の選択

着色仕上げ全般にいえることであるが、色見本によって色を選択するときは、色は面積が大きくなるほど彩度が上がる、つまり派手に見えるということを考慮に入れておかなければならない。色見本で適当であると思われる色でも、実際の構造物に適用された場合には予想に反して派手に見えることがある。

4.12 着色剤の型枠転写

i) 着色剤の型枠転写とは

着色剤の型枠転写とは型枠の内側（コンクリートに触れる面）に予め塗布しておいた着色剤をコンクリートへ転写することにより、着色を施す方法である。通常は擬岩・擬石模様の型枠とともに用いられることが多い。着色剤としては浸透性が高いものを用いるため、表面からある程度コンクリートの内部まで着色できる。

着色剤の型枠転写はコンクリート打設時に着色ができるので、施工は通常のコンクリートとほとん

ど変わらない。着色剤の塗布や吹付け等の作業がないので、それらの着色剤が周囲に飛散するのを防止する必要がなく、硬化したのち塗料により着色する方法に比べて経費的にも工期的にも有利である。ただし、専用の型枠と着色剤を使用しなければならないという制約がある。

ii) 景観・美観上の特徴

通常のコンクリートと同じように施工できる着色仕上げとしては、顔料の混入と着色剤の型枠転写が挙げられるが、着色剤の型枠転写は顔料の混入による着色のようにコンクリート表面に均一な着色をするのではなく、グラデーションのかかった着色を施すことができる（写真 3.12.1, 3.12.3）。浸透性の着色剤を用いるため、塗り仕上げによる着色と違い、コンクリートの素材感が出せるのも特徴の一つである（写真 3.12.6）。もともとコンクリートは自然石に近い素材感をもつので、着色剤の型枠転写による自然な着色により、ほとんど天然石と変わらないコンクリート製品をつくることことができる（写真 3.12.2）。さらに、着色を工夫することにより、最初からエージングしたかのような色をつけることも可能である（写真 3.12.3）。また、着色剤の型枠転写による着色は表面からある程度コンクリート内部まで着色することができるので、浮きや剥がれ等のおそれがなく、耐凍害性や耐摩耗性が高い。よって、この方法を用いて作製した擬石は河川護岸等の摩耗を受けやすい場所にも適する。しかしながら、均一な色を出すのは難しいのか、擬石風の型枠を用いた擬石コンクリートに着色する用途にはほぼ限定されるようである。

iii) その他使用上の留意点等

・施工

コンクリートの打設時に、型枠に塗布した着色剤が剥がれるおそれがあるので、型枠の着色剤塗布面にコンクリートが直接当たらないように注意する。同様に、コンクリートを横流ししない、締固め用バイブレータを型枠に当てない等の注意を要する。その他のことは通常のコンクリートの打放し仕上げと同様であり、脱型するまで仕上がり具合がわからないので、慎重な施工を要する（写真 3.12.4, 3.12.5）。

・着色剤

この工法で用いられる着色剤は通常のものとは異なり、コンクリートのアルカリ性水分と反応し、コンクリート表面に浸透着色するものであり、型枠転写用の着色剤を使用しなければならない。

・経済性等

塗り仕上げに比べると施工の手間がかからず、工期、経費的に有利である。また、顔料の混入による着色はコンクリートの内部まで着色するのに対し、着色剤の型枠転写による着色では表面のみの着色になるので着色剤を有効に使うことができ、合理的である。それゆえ、体積に対して表面積の小さい、すなわちマッシブな構造物になるほど有利な着色法といえる。

第Ⅱ部

コンクリート擁壁の表面形態が
景観評価に及ぼす影響について

1. 概 要

本研究では比較的形状が単純でコンクリートの表面形態の景観評価に及ぼす影響が支配的になると思われるコンクリート擁壁について、SD (Semantic Differential) 法による官能検査を実施し、主成分分析を行い、擁壁に対する人間のイメージ評価構造およびイメージ評価に影響を及ぼす景観構成要素を明らかにした。

2. 実験および解析の方法

2.1 官能検査の方法

1) 評価対象構造物および使用した写真

評価対象構造物はコンクリート材料を用いた擁壁であり、その表面形態が景観に及ぼす影響を調べるため、27種類の擁壁を選定した。選定した擁壁の表面形状は自然らしさを強調したもの（擬石風、割石状等）11種類（ツタ等のつる植物で表面を覆われたもの、および擁壁の前面に芝や低木を植えたもの5種類を含む）、ツタ等のつる植物で表面を覆われた平坦な打放しコンクリート5種類、擁壁の前面に低木を植えた縦縞模様の打放しコンクリート1種類、一般的な積みブロック5種類、植栽ブロック2種類である。官能検査にはこれらの写真を刺激対象として使用した。また、歩行者の視点を想定し、視点からの距離は5～10m、擁壁の正面に対して約45度の方向から撮影することを原則とした。

2) 形容詞対および被験者

表-1に官能検査に用いた形容詞対を示す。緑化されたものを含めて擁壁の表面形態を評価するために適切と思われるものを形容詞対として選んだ。なお、「魅力的-魅力的でない」および「調和した-調和しない」の形容詞対は擁壁のイメージを総合的に判断し、評価するものとして含まれている。また、本研究では結果の偏りを防ぐためにできるだけ多くの人に検査を依頼し、被験者は理工系大学生、セメント・コンクリート関係の営業および研究に携わっている91名（男：63名、女：28名）とした。被験者は各27枚の写真について、表-1の19個の形容詞対を用い5段階尺度で評価した。

表-1 官能検査に用いた形容詞対

No.	形容詞対
1	自然的な - 人工的な
2	単純な - 複雑な
3	暖かい - 冷たい
4	安らぎのある - 落ち着きのない
5	きれいな - 汚い
6	色彩に富んだ - 色彩に乏しい
7	都会的な - 田舎風の
8	やわらかい - 硬い
9	新しい - 古い
10	曲線的 - 直線的
11	潤いのある - 乾いている
12	整然とした - 雑然とした
13	明るい - 暗い
14	魅力的な - 魅力的でない
15	目立っている - 目立っていない
16	親しみのある - よそよそしい
17	滑らかな - ざらざらした
18	美しい - 醜い
19	調和した - 調和しない

2.2 解析方法

5段階尺度を-2～+2で点数づけし、各写真ごとに19個の形容詞対の評価平均値を求めた。擁壁のイメージ評価構造を明らかにするため、評価平均点を説明変数とし、主成分分析を行った。また、擁壁の景観構成要素を把握するため、クラスター分析および数量化I類も実施した。

2.3 緑化面積率の測定方法

市販の画像解析装置を用いて、表面がツタ等のつる植物で覆われた部分および擁壁前面に芝や低木を植えた部分の面積を緑化面積として、擁壁の写真から緑化面積の測定を行った。なお、緑化面積率は擁壁全面積に対する緑化面積の割合で表すこととし、緑化面積には擁壁の前に植えた芝や低木も擁壁の一部に加えることにした。

3. 実験結果および解析

擁壁の表面形態は表面に凹凸をつける等の表面処理を施したもの、顔料を混ぜて着色したものおよび緑化したもの等様々である。従って、使用した擁壁の写真をすべて用いて解析すると、それらが互いに影響を及ぼし合ってしまうため、抽出されるべき景観構成要素を見失う恐れがある。また過去の研究においても、斜面緑化コンクリート構造物では緑化工法の違いによって景観評価の差異が認められたこともあり、ここでは「緑化された擁壁」と「緑化されていない擁壁」に分けて解析を行った。なお、「緑化された擁壁」とは表面がツタ等のつる植物で覆われた擁壁、擁壁の前面に芝や低木を植えた擁壁、および植栽ブロックを用いた擁壁を指す。

3.1 緑化された擁壁

1) イメージ評価構造

表－2 に緑化された場合の主成分分析結果を示す。表中の形容詞対は緑化された擁壁と深い関係があると考えられるものである。主成分はイメージ評価構造の大部分が説明できると考えられる累積寄与率が80%以上となる第3主成分までを抽出した。第1主成分は「魅力的－魅力的でない」、「調和した－調和しない」および「きれい－汚い」等の因子負荷量

表－2 主成分分析結果（緑化された擁壁）

主成分	形容詞対	主成分1	主成分2	主成分3
1	魅力的な － 魅力的でない	0.983	-0.090	0.001
	調和した － 調和しない	0.974	-0.025	0.154
	きれい － 汚い	0.963	-0.198	-0.031
	安らぎのある － 落ち着きのない	0.940	0.112	0.123
	親しみのある － よそよそしい	0.914	0.246	0.041
	色彩に富んだ － 色彩に乏しい	0.852	0.376	-0.253
	潤いのある － 乾いている	0.740	0.562	-0.189
2	自然的な － 人工的な	0.394	0.762	0.497
	整然とした － 雑然とした	0.688	-0.694	0.139
3	単純な － 複雑な	-0.415	-0.356	0.828
寄与率 (%)		0.652	0.210	0.097
累積寄与率 (%)		0.652	0.862	0.959

が高く、「魅力的な感覚」と名づけた。この主成分は総合的な評価形容詞対を含んでいるとともに、互いに相関係数の高い形容詞対が集まっているため、擁壁の景観を総合的に捉えると考えられる。第2主成分は「自然的な－人工的な」および「整然とした－雑然とした」の形容詞対で説明される評価尺度であり、「自然らしさの感覚」と名づけた。同様にして、第3主成分も「形状の感覚」と名づけた。

X軸に第1主成分得点、Y軸に第2主成分得点を表したものを図－1に示す。平坦な打放しコンクリートの場合、魅力的な感覚が比較的低く、自然的な感覚を表す尺度方向に幅広く分布している。魅力的な感覚が低い傾向は、打放しコンクリートの表面が平坦であるために表情に乏しく、ま

た汚れが目立ち、汚く感じられたためであると思われる。樹木の維持管理状態が悪い擁壁A, B (写真-1, 2) は魅力的な感覚がかなり低くなっている。しかしながら、緑化面積率が約85%である擁壁Aは自然らしさの感覚が強く、コンクリートの全面にわたって樹木で覆われる擁壁C (写真-3) は、調和の感覚が高くなっている。従って、ツタ等のつる植物で表面を覆った打放しコンクリートの場合、時間が経つとともに汚れることを考慮すると緑化することによってコンクリートを隠し、植物の維持管理をよくすることが評価を高める一つの方法であると考えられる。

一方、コンクリートが擬石風の形状の場合は等間隔の縦縞模様の打放しコンクリートは、自然らしさの感覚が非常に低くなっている。これは縞パターンが人間の感性に及ぼす影響については等間隔の縦縞は人工的なイメージを与えることが報告されており、緑化されていてもコンクリートの表面形態は人工的な形状であれば、自然らしさの感覚が低くなる場合があると考えられる。

2) 擁壁の緑化面積率が心理量に及ぼす影響

図-2 に擁壁の緑化面積率と第1主成分得点の関係を示す。なお、図中に示す擁壁A~Cは図-1 に示すものと同一である。緑化された擁壁は緑化面積率が大きくなるに従って第1主成分得点が大きくなる傾向を示す。この傾向は斜面コンクリート構造物の場合と同じであり、緑化面積率は擁壁の景観評価を左右する主要な要因であると考えられる。しかしながら、緑化面積率が50%以上であっても露出したコンクリートが汚れていたり、樹木の管理状態が悪い場合 (擁壁AおよびB) は、同程度の緑化面積率のものに比べて評価は低くなる。また、緑化面積率が低くても、コンクリートに擬石風の表面処理を施したもの (擁壁DおよびE (写真-4, 5)) は樹木とコンクリートの調和がとれているためか評価が高くなっている。

3.2 緑化されていない擁壁

1) イメージ評価構造

表-3 は緑化されていない擁壁の場合の主成分分析結果であり、表中の形容詞対は緑化されていない擁壁と関係が深いと考えられるものである。緑化された擁壁の場合と同じく、累積寄与率80%となる第3主成分まででイメージ評価構造の大部分が説明可能である。第1主成分は「きれい-汚

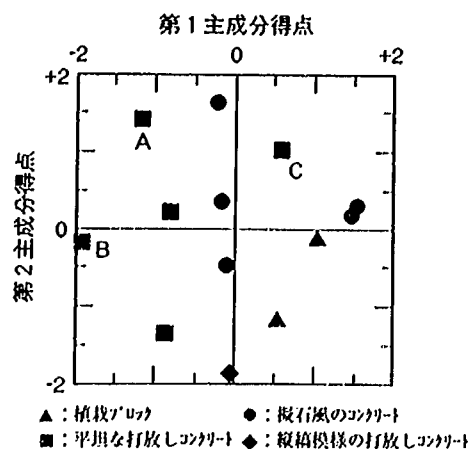


図-1 主成分得点散布図 (緑化された擁壁)

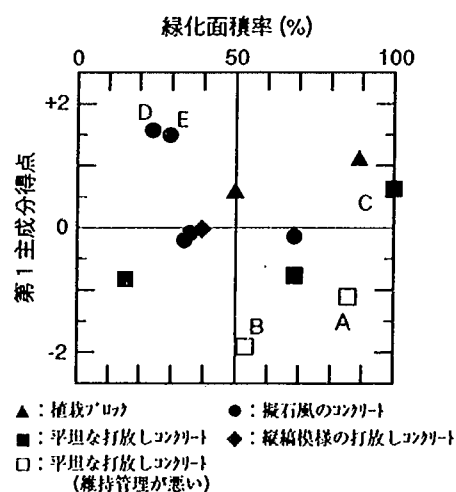


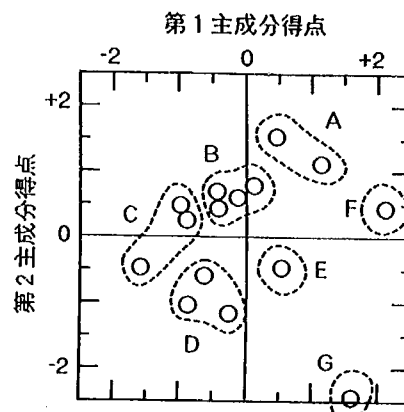
図-2 緑化面積率と第1主成分得点の関係

い」および「魅力的な－魅力的でない」等の形容詞対の因子負荷量が高いことから「魅力的な感覚」を表す主成分であると解釈できる。第2主成分は「やわらかい－硬い」および「安らぎのある－落ち着きのない」等の形容詞対で表される「安らぎの感覚」と解釈できる。同様に、第3主成分は「滑らかさの感覚」と名づけた。

表－3 主成分分析結果（緑化されていない擁壁）

主成分	形容詞対	主成分1	主成分2	主成分3
1	きれい－汚い	0.896	0.148	-0.101
	魅力的な－魅力的でない	0.885	-0.088	-0.087
	目立っている－目立っていない	0.836	-0.479	0.220
	色彩に富んだ－色彩に乏しい	0.792	0.280	0.137
2	やわらかい－硬い	0.378	0.857	0.260
	安らぎのある－落ち着きのない	-0.079	0.765	-0.423
	暖かい－冷たい	0.575	0.742	-0.151
3	滑らかな－ざらざらした	-0.266	0.276	0.873
	寄与率 (%)	0.548	0.218	0.112
	累積寄与率 (%)	0.548	0.766	0.887

図－3はX軸に第1主成分得点、Y軸に第2主成分得点を取り、クラスター分析を行った結果である。最長距離法、最短距離法等のクラスター分析を行った結果、最長距離法により緑化されていない擁壁は、適切なグループに分類できると考えられたので、ここでは最長距離法の結果を示す。緑化されていない擁壁はイメージスケール上で7つのグループに分類でき、それぞれのグループはコンクリートの汚れおよび表面形状による違いが見られた。



図－3 主成分得点散布図（緑化されていない擁壁）

- Aグループ：コンクリートの表面は擬石風で、汚れは見られない。
- Bグループ：コンクリートの表面は汚れているが、目地のはっきり見える積みブロック
- Cグループ：コンクリートの表面は汚れており、目地がはっきりとは見えない積みブロック
- Dグループ：コンクリートの表面が汚れている積みブロックおよび平坦な打放しコンクリート
- Eグループ：コンクリートの表面は擬石風で、全面均等に汚れている。
- Fグループ：丸い石状のコンクリートを積み重ねた擁壁
- Gグループ：切り立った崖のような擬石風の擁壁

2) 景観構成要素が擁壁のイメージ評価に及ぼす影響

イメージスケールにおいて、緑化されていない擁壁がコンクリートの表面の汚れおよび表面形状の違いで分類できたため、これらの景観構成要素が擁壁のイメージ評価構造に及ぼす影響を数量化I類によって調べた。擁壁の写真には周辺風景が写っており、その構図も様々であることからその影響を受けると考えられ、樹木の多い「田舎風」および建築物が多い「都会風」のカテゴリーを設けた。表－4に数量化I類による分析結果を示す。周辺風景は比較的偏回帰係数の高い「魅力的な－魅力的でない」の形容詞対の評価に影響を与えると考えられ、樹木が多い「田舎風」の方が魅力的に感じられるという結果となった。擁壁の表面形状は各主成分とも偏回帰係数が高く、擁壁のイメージ評価を左右する主要な要因であると考えられる。また、一般的な積みブロックや平坦な壁面よりも凹凸のある擬石風の方が「きれい」、「安らぎのある」および「暖かさ」のイメージ評価が

高い。擁壁の汚れは「きれいー汚い」のイメージ評価を低くする反面「暖かいー冷たい」のイメージ評価を高くする。これはコンクリートは比較的明度が高く白っぽく見えるが、汚れると明度が下がり黒っぽく見えるため暖かいと感じられると考えられる。

表－４ 数量化Ⅰ類による分析結果

アイテム	カテゴリー	第1主成分		第2主成分		第3主成分
		きれい	魅力的な	安らぎ	暖かい	滑らかな
表面形状	擬石風 積みブロック 平坦な壁面	0.869	0.843	0.374	0.753	0.685
汚れ	全面 よだれ状 部分的 なし	0.917	0.169	0.396	0.442	0.343
周辺風景	田舎風 都会風	0.234	0.502	0.073	0.397	0.131

注) 各欄の下に数字は偏回帰係数、|—| はカテゴリースコア0.5に相当する(右方向が正)。

4. まとめ

本研究で得られた結果をとりまとめると以下ようになる。

- 1) 緑化された擁壁は、「魅力的な感覚」、「自然らしさの感覚」および「形状の感覚」の評価尺度でイメージ評価構造を説明することが可能である。一方、緑化されていない擁壁は「魅力的な感覚」、「安らぎの感覚」および「滑らかさの感覚」で説明することが可能である。
- 2) 擁壁は緑化面積率が高くなるほど「魅力的な感覚」が高くなるものの、樹木の維持管理が悪い場合および特に汚れが目立つ平坦な打放しコンクリートの場合は評価が低くなる。
- 3) 擁壁の表面形状は一般的な積みブロックおよび平坦な打放しコンクリートよりも擬石風の方が自然らしさの感覚が高くなり、コンクリートの汚れは暖かさのイメージを高くする。



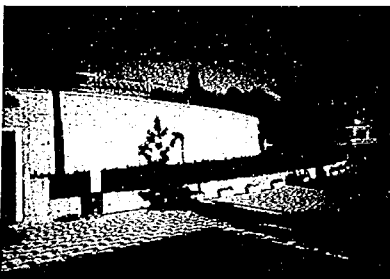
写真－1 擁壁A



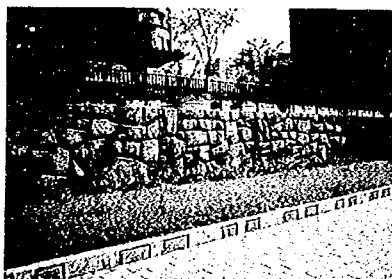
写真－2 擁壁B



写真－3 擁壁C



写真－4 擁壁D



写真－5 擁壁E

第Ⅲ部

エフロレッセンス対策 に関する調査

1. エフロレッセンス（白華）とは

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コンクリート組織内部を通過して表面に移動し、水分が蒸発することにより表面に析出したもの、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、ここではコンクリートのひび割れを通るものも含むものとする。なお、ひび割れを通過して析出するものは単に炭酸カルシウムの析出と呼ぶこともある。

毛細空隙を通る水分によるエフロレッセンスが発生すると、コンクリート表面の色が白っぽくなり、カラーコンクリートにおいては鮮やかさが失われてしまう、あるいは色ムラを生じる。また、ひび割れを通る水分によるエフロレッセンスは白色のよだれ状、あるいはつらら状になる。いずれも景観上好ましいのものではないのでコンクリートの汚れの一つとして問題になっている。

2. 調査概要

エフロレッセンス対策の実態を把握するためにセメント会社12社ならびにコンクリート製品会社89社に対してアンケート調査を行った。なお、以下生コン（現場打ちコンクリート）についてはセメント会社が回答したものであり、コンクリート製品に関してはコンクリート製品会社からの回答によるものである。

3. エフロレッセンスの発生に伴う問合せ・クレームの件数

エフロレッセンスの発生に伴う問合せ・クレームを発生部位ごとに分類し、回答の多かった順に表3.1に示す。アンケート調査によると、セメント会社12社中10社が生コンのエフロレッセンスの発生に伴う問合せ・クレームを受けている。エフロレッセンスの発生に伴う問合せ・クレームは壁部に発生したものが圧倒的に多い。また、

コンクリート製品については即時脱型を行う製品に件数が多く、特に景観性が重視される製品では、エフロレッセンスが品質上の問題として重要視されているように見受けられる。

表 3.1 エフロレッセンスに関する問合せ・クレームの事例

生コンの事例	コンクリート製品の事例
1. 擁壁 8件 (防波堤1件、トンネル壁1件を含む)	1. 積みブロック 24件
2. 建築物外壁 8件 (基礎1件、屋上1件を含む)	2. インターロッキングブロック 16件
3. その他 7件	3. 平板 8件
	4. 化粧ブロック 7件
	5. L型ブロック、U字溝 5件
	6. タイル目地部 5件
	7. その他 43件

4. エフロレッセンスの発生条件

エフロレッセンスが発生したときの条件を季節、環境、発生した時期（材齢）についてとりまとめた結果を表4.1に示す。また、コンクリート製品については、エフロレッセンス発生事例が多かったインターロッキングブロックと積みブロックについて、表4.2、4.3に記載した。

エフロレッセンスが発生した季節は生コン、コンクリート製品（インターロッキングブロックと積みブロック）のいずれも冬期で環境条件としては雨がかったことを挙げている。エフロレッセンス

が発生した時期については、生コンの場合、脱型数日後がほとんどであるのに対し、コンクリート製品では広範囲の材齢でエフロレッセンスが発生したと回答している。

表 4.1 生コンのエフロレッセンスの発生条件

季 節	1. 冬期.....	17件
	2. 春期.....	2件
	3. 梅雨期.....	2件
	4. 夏期.....	1件
環 境	1. 降雨（雪）.....	5件
	2. 風当り.....	3件
	3. 北側.....	2件
	4. 湧水.....	1件
発 生 時 期	1. 脱型後数日.....	17件
	2. 打設後1年.....	1件
	3. 無回答.....	5件

表 4.2 インターロッキングブロックのエフロレッセンスの発生条件

事例 No.	環 境	発 生 時 期	
1	養生時または養生直後		
2			
3	ストック時	ストック時	
4	雨がかり		
5	低温、雨がかり		
6	ビニール梱包でストック		
7	施工直後	施工後	
8	雨がかり		
9	冬期		
10			
11			
12	冬 期 水はけの悪い場所		
13			
14			
15	無回答		
16			
17			

表 4.3 積みブロックのエフロレッセンスの発生条件

事例 No.	環 境	発 生 時 期
1	雨がかり	3 日以内
2	冬 期	
3	雨がかり	
4	雨がかり	4 日～7 日
5	冬期雨がかり	
6		
7	雨がかり	7 日～1 ヶ月
8		
9		
10		
11	雨がかり	1 ヶ月以上
12		
13		
14	無回答	
15		
16		
17		

5. エフロレッセンス対策

5.1 事前対策

回答にあった事前対策を表 5.1に示す。

5.2 事後対策

エフロレッセンスが発生した事例に対し、約半数は事後処理が実施されていた。事後処理の方法としては水または酸による洗浄が大部分を占めているが、施工後のエフロレッセンスに対しては酸洗浄以外にはつり、研掃、防水・撥水剤を塗布するとの回答もあった。

表 5.1 主なエフロレッセンスの事前対策

配合・打設の対策	・水セメント比を小さくする。 ・単位水量を小さくする。 ・細骨材粒度を選定する。 ・早強性混和剤を使用する。 ・エフロレッセンス防止剤を使用する。 ・バイブレーターを十分にかける。
養生時の対策	「生コン」 ・脱型時期の延期 ・脱型後のシート養生 「コンクリート製品」 ・蒸気養生時間の延長 ・ストックヤードでの雨・風対策

6. エフロレッセンス防止剤の使用状況

コンクリート製品会社89社でのエフロレッセンス防止剤の使用状況を表 6.1に示す。エフロレッセンス防止剤については、現在使用中のコンクリート製品会社では「効果大」または「ある程度ある」と回答しているのに対し、現在使用していないコンクリート製品会社ではその効果を認めていないとの結果がでており、エフロレッセンス防止剤の効果が絶対的なものではない状況を裏づける結果となった。

表 6.1 エフロレッセンス防止剤の使用状況

使 用 実 績	エフロレッセンス防止剤の評価
現在使用中 24社 (27%)	効果大、ある程度ある.....16社 (67%)
	あまりない、効果なし.....6社 (25%)
	不 明.....2社 (8%)
過去に使用（現在せず） 26社 (29%)	効果大、ある程度ある.....3社 (12%)
	あまりない、効果なし.....21社 (80%)
	不 明.....2社 (8%)
使用実績なし 39社 (44%)	

7. エフロレッセンスの発生事例

アンケート調査にあわせて送付されたエフロレッセンスの実例写真を紹介する。

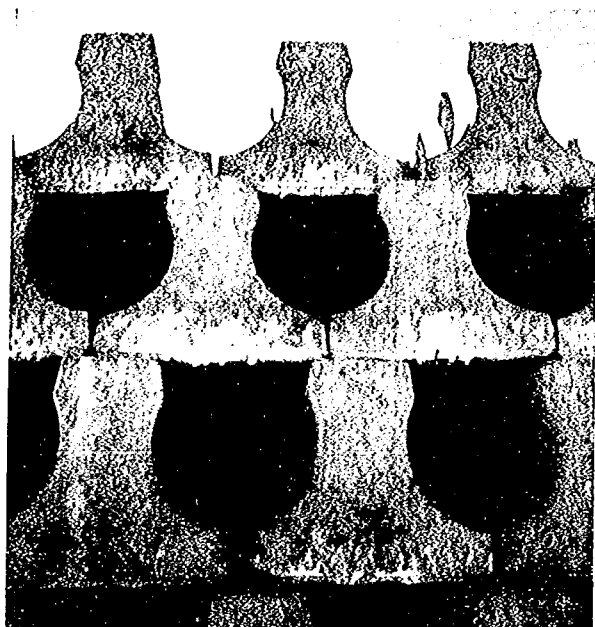


写真 7.1

写真 7.1, 7.2 の積みブロックは両方ともシートがけをしていなかった。この事例では積み重ねの高所に位置しているブロックにエフロレッセンスが多く発生している。高所にあるものは雨水が直接かかり、表面の乾湿の差が激しい等、下部にある積みブロックよりも条件が厳しいと考えられる。



写真 7.2

この事例はstockyardでの保管期に発生したものであり、コンクリートを打設してから短期間で発生したものであろう。練混ぜ水による一次エフロレッセンスと考えられる。

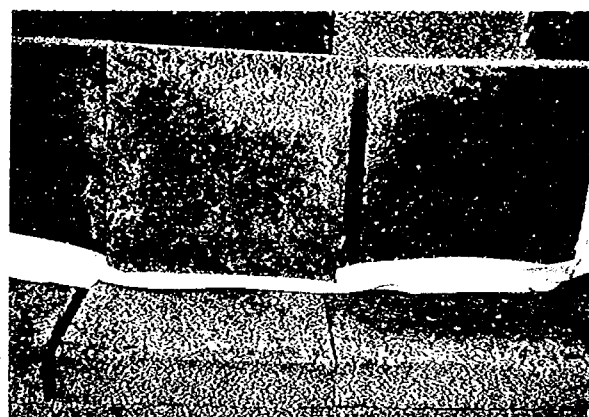


写真 7.3

透水ブロックにエフロレッセンスが発生した事例。空隙が多いコンクリートでは毛細管作用によりエフロレッセンスが発生しやすい。(シートがけを実施)



写真 7.4

積みブロックの境目よりセメントの可溶成分が溶出して炭酸カルシウム（エフロレッセンスの主成分）となったもの。擁壁背面からの地下水が影響していると思われる。

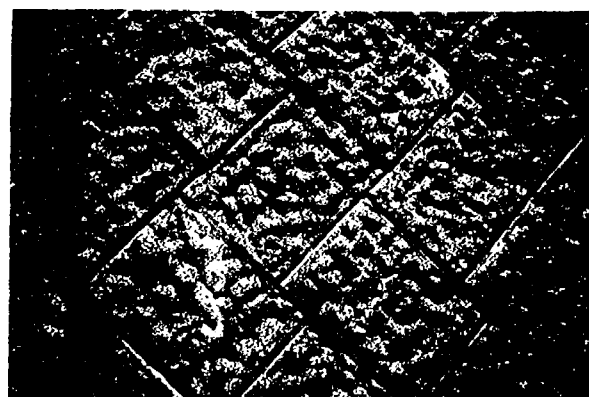


写真 7.5

写真 7.4 のクローズアップ。この事例ではエフロレッセンスは積みブロック自体から析出したのではなく、ブロックの背面の裏込めコンクリートから溶出した炭酸カルシウムが積みブロックの隙間を通り、表面に析出したものと思われる。

第Ⅳ部

現場適用事例の追跡調査

1. 汚れ防止技術

1.1 概 要

平成6年8月に福島県いわき市平上荒川の草木こ道橋の橋台および高欄に汚れ防止技術を適用した。当該こ道橋は橋台側壁および高欄に意匠性付与のための擬石模様が施してあり、汚れ防止技術適用前には①コンクリート打設時期の違いによる色ムラ、②補修跡の色ムラ、③雨水による粉塵の付着等の汚れを生じていた。工事概要は下記の通りである。

工 事 概 要

工 事 名： 草木こ道橋外装塗装工事
事業主体： 建設省東北地方建設局磐城国道工事事務所
工事場所： 福島県いわき市平上荒川字林作地内
施工部位： こ道橋橋台側壁および外部高欄擬石仕上げ部
施工面積： 420m²
工事期間： 平成6年8月1日～8月4日

1.2 当該汚れ防止技術の機構および特徴

コンクリート表面の汚れは種々の原因によって発生するが、一般に粉塵の付着やカビによる黒ずみの汚れが多い。これらの汚れはコンクリートの表面に供給される雨水等の水分が深く関与している。従って、何らかの方法により水分の供給を断てば汚れの進行が抑制できると考えられる。

水分の供給を断つ方法はおおよそ2つの方法が挙げられる。一つは笠木を付けることにより壁面に雨水がかかりにくいようにしたり、スリットを設けることにより一箇所に雨水を集中して流す等の物理的な手段で雨水がコンクリートの表面に接するのを防ぐ方法である。もう一つはコンクリートの表面自体を改良するもので、コンクリートの表面に撥水性の防水膜を形成するなどして、コンクリートの表面に長く水分が滞留しないようにする方法である。前者はコンクリート構造物に何らかの造形的な加工を施さなければならないのに対して、後者はその必要がなく、コンクリート構造物の形状を自由にとることができるという特徴がある。

コンクリートの表面を改良する方法で用いられる撥水剤にはアクリル、スチレン、ビニール等の樹脂系のものと、シリカ、セメント等の無機系のものがある。無機系のものは樹脂系のものよりも粘着性が小さく、静電気の発生も少ないので、粉塵等の付着による汚れが生じにくいとされている。なお、ここで取り上げた汚れ防止技術には無機系の撥水剤が用いられている。この撥水剤は浸透性があり、コンクリートの表面からある程度内部まで浸透し、撥水性の防水膜を形成するものである。また、この撥水剤は無色透明であるので、打放しのコンクリートの素材感を活かすことができるという特徴がある。

1.3 施工工程

施工工程を図1.1に示す。中塗りは色ムラ、補修跡等を隠すために行うものであり、本施工例ではいくつかの補修跡があったため中塗りを行った。そのため写真1.1～1.3に見られるように、撥水剤を塗布している部分は他の部分より白く見える。

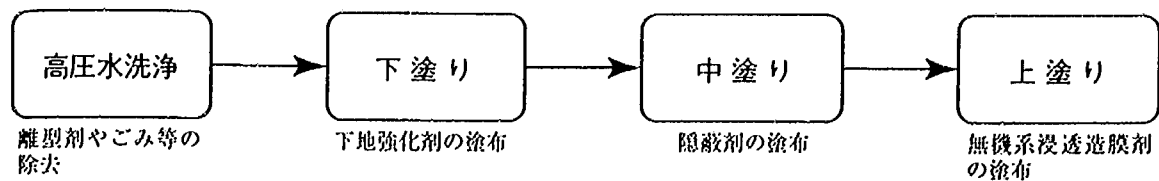


図 1.1 施工行程

1.4 施工後の状況

写真 1.1および1.2に施工前および施工後の状況を，また写真 1.3に施工後の橋の全体の状況を示す。
現在のところ汚れは付着していないが，今後色，付着物等の経時的変化を観測していく予定である。

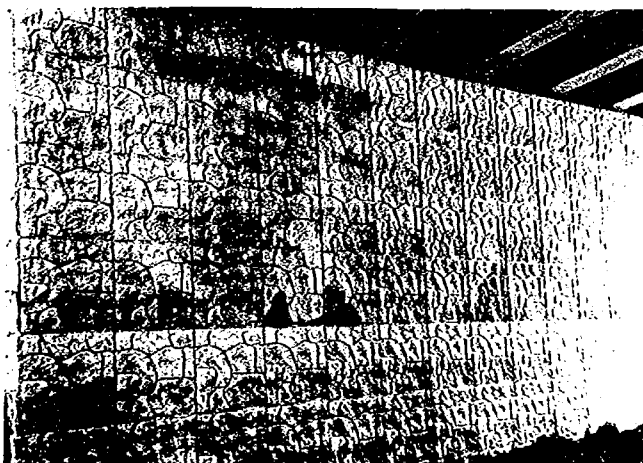


写真 1.1

施工前の橋台。補修ムラ，打設時期の違いによる色ムラが目立つ。

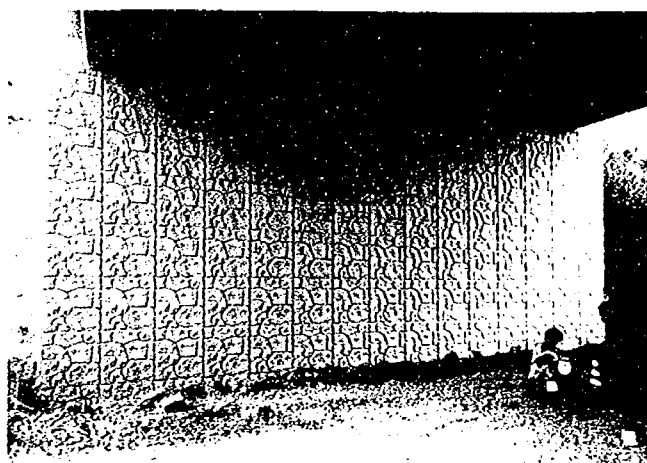


写真 1.2

施工後の橋台。中塗剤を塗布したので素地の色ムラは完全に隠されている。

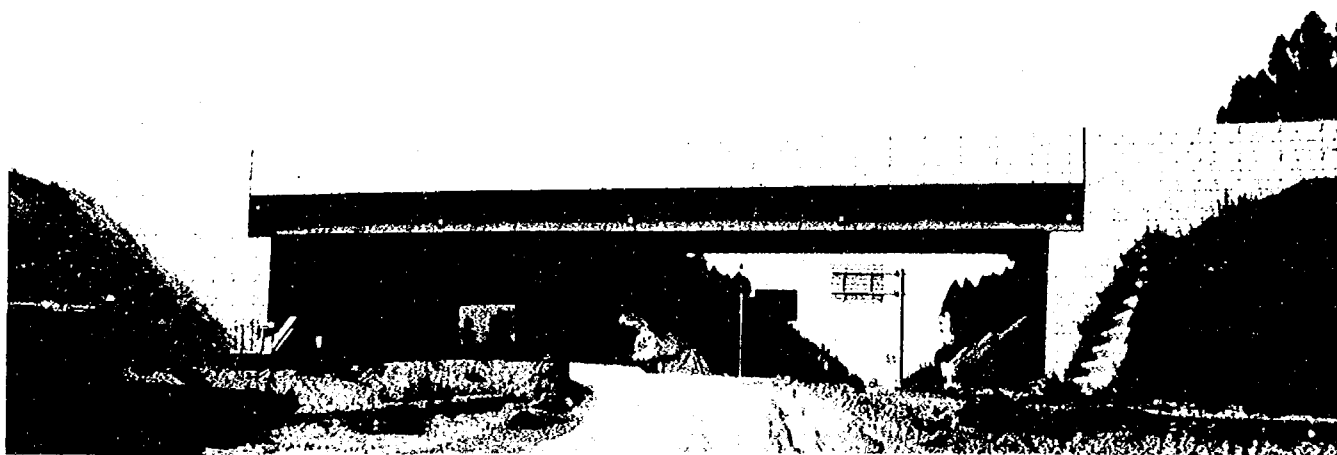


写真 1.3

施工後のこ道橋の全景。撥水剤を塗布した橋台および高欄は補修を施していない桁部分に比べて色が白いのがわかる。

2. 緑化コンクリートブロック（中詰めタイプ）

2.1 概 要

植物にはコンクリート材料のもつ重圧感や単調さを緩和する機能があり、一般にコンクリートの法面等を緑化すると景観は向上することが多い。また、緑化することは生態系保全のためにも効果的であり、都市河川等で環境保全、景観向上の手法として多く用いられている方法である。

材料面から見るとコンクリート構造物を緑化する方法は大きく2つに分類できる。一つは箱型や井げたに成形したコンクリートの中に客土等の植生可能な基盤を保持し、そこに植生させる方法である。もう一つは、直接コンクリート材料自体に植生させる方法であり、植物は連続空隙を有するポーラスコンクリートに直接根を張る。前者はほとんどが二次製品であることから、一般に植栽ブロックと呼ばれ、後者は緑化コンクリートと呼ばれる。ここで用いられたコンクリート材料は後者に属するものである。

緑化コンクリートは緒についたばかりの技術であり、材料の耐久性や植物の育成条件等知見がほとんど得られていない。今後これらに関するデータをストックしていくことが重要であると思われるが、平成6年5月に茨城県渡里地区那珂川築堤工事試験施工において緑化コンクリートブロックが82m²にわたって適用され、その後追跡調査を行っているので、ここに報告する。

2.2 本緑化コンクリートブロックの仕様および特徴

ここで用いた緑化コンクリートブロックは、植物の育成の可能な一定の空隙をもったポーラスコンクリートと、肥料の保持力が高く、下地の土壌から水分を吸い上げる充填材を組み合わせたものである。主な仕様および特徴は下記の通りである。なお施工時期は植物の育成上、3～5月または9～10月が望ましい。

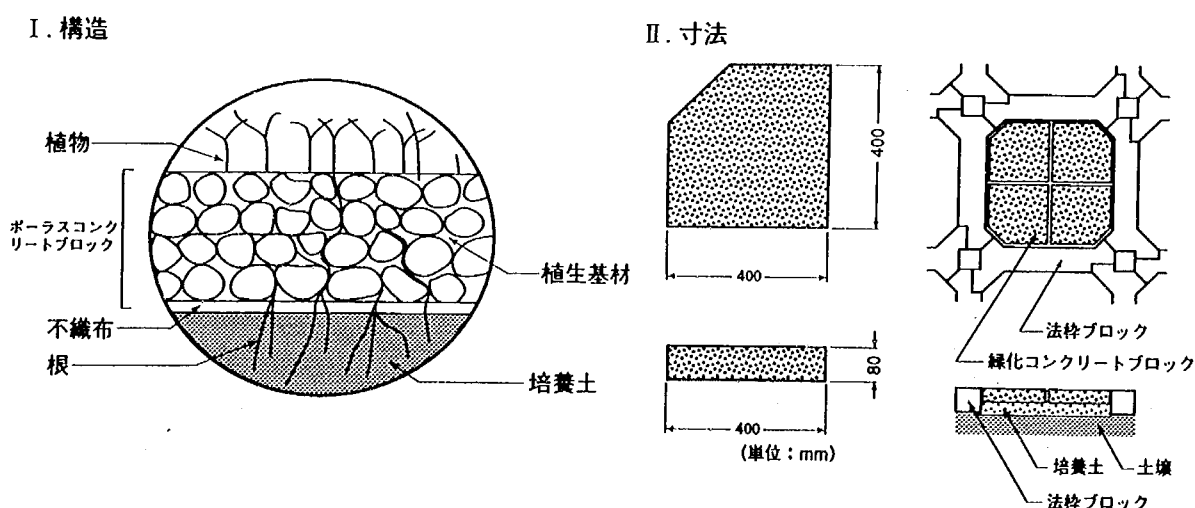


表 2.1 緑化コンクリートブロックの物性値

重量 (kg/個)	空隙率 (%)	圧縮強度 (kgf/cm ²)	曲げ強度 (kgf/cm ²)	保水率 (%)	吸水率 (%)	透水係数 (cm/sec)
22	30.0以上	100以上	18.0以上	31.6	12.8	2.37×10^{-5}

- ① 法面の侵食防止に効果を発揮しつつ、緑化が可能である。
- ② ブロックの表面を直接植物で覆うことができる。
- ③ 透水性を有するので、雨水は地下に浸透する。
- ④ ブロックを培養土の上に設置するだけで、植物は水分の補給なしで発芽および生育する。
- ⑤ 土壌中の雑草の成長を抑制できる。

2.3 施工後の状況

当該緑化コンクリートブロック施工後の状況を右に示す。なお施工後は散水、追肥等は一切行っていない。この緑化コンクリートブロックは河川堤防の緑化および法面保護のために法枠ブロックとセットで用いられており、法枠ブロックで法面の安定をはかり、緑化コンクリートブロックは冠水等による局所的な洗掘に耐えられればよいようになっている。施工後から植物は順調に成長しており、草丈がある程度高いので写真 2.3 に見られるように法枠ブロックはほとんど目立たなくなっている。施工後 6 ヶ月の時点ではコンクリートの劣化は見られなかった。また、ここで用いている植物は多年草であり、冬期には地上部は枯れるものの、根は生きているので翌春には再び発芽する予定である。

2.4 今後の課題

緑化コンクリートは開発途上の技術であり、今後検討しなければならない課題は多い。緑化コンクリートの耐久性や植生の成長条件等の検討もその一つであるが、これには長期の観測が必要であるので、今後もこれらの観測を行っていく予定である。検討課題としては今のところ下記のようなことが挙げられる。

- ① 用途範囲の拡大
- ② ポーラスコンクリートの高強度および高耐久性化
- ③ アルカリに対する植物の耐久性
- ④ 量産化による製造コストの低減

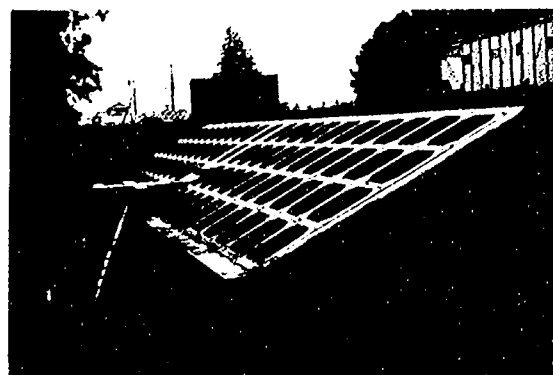


写真 2.1

施工 1 ヶ月後。良好な発芽が得られる。下地の緑化ポーラスコンクリートは黒っぽい色をしているが、この時点でもう目立たなくなっている。



写真 2.2

施工 3 ヶ月後。豊かな植生群落を形成する。この角度から見ると、法枠ブロックが植生によって隠されてほとんど目立たなくなっている。



写真 2.3

施工 6 ヶ月後。夏期の異常気象（猛暑）により一部が枯れて赤褐色に変色しているが、まだ自然回復が可能な状態である。法枠ブロックは植生で隠されて、ほとんど見えない。

あとがき

この研究の目的はコンクリート材料によってコンクリート構造物の景観を向上させようというものであるが、それには大きく分けて2つの方法が考えられる。一つはコンクリート構造物の景観向上に寄与するような材料を開発することであり、もう一つは景観を向上させるためのそれらの材料の適切な使用法を提案することである。

まずコンクリート材料の利用法の提案であるが、これについて我々は様々なコンクリート構造物を見て、どのようにコンクリート材料を使用したらコンクリート構造物の景観を向上させることができるかを種々検討してきた。一般にランドマークとなるような構造物の設計の際には景観に関する検討がなされており、景観設計に関する方向性さえ見失わなければ、それなりの景観を有するものができてくる。問題なのは景観設計の検討がなされることがないごく普通のコンクリート構造物であり、これらは数が多く身近にあるので地域の景観に与える影響は大きいといえる。それゆえそのような構造物の景観向上をどのように図るかが重要になってくる。

そのためには景観向上のための何らかの規定を設けるのが適当と考えられるが、一方で景観設計に関してはマニュアル化すべきでないという意見もある。景観に関してマニュアル化を行うと構造物のデザインが画一化され、地域の環境に調和した構造物がつくられなくなってしまうのではないかという懸念があるからである。また、マニュアルをつくる際にどのような評価基準に従えばよいかも大きな問題である。

しかし、我々は調査を進めるにつれてコンクリート構造物の景観設計に関しては最低限守るべきルールがあり、それらの事項をマニュアルとしてまとめることは決して意味のないことではないと考えるようになってきた。なぜならそれすら守られていない構造物が数多く存在し、仮にそれらを守ったとすれば、ある程度の水準が確保できると予想されるからである。

次に材料の開発に関してであるが、景観の向上に寄与することを謳っている製品は現在のところかなり多く出回っている。しかし残念ながら、いたずらに自然材料の模倣をしたり、派手な着色を施したりする等、コンクリート材料の有する素材感を活かしていないものが多い。コンクリート材料によって景観を向上させようと考えれば、コンクリート材料の良さを活かすべきである。もちろんそれらに自然材料の良さを取り込むのは決して悪いことではないし、成功した事例は数多く存在する。しかしそれらは単なる模倣とは違うものである。

従来のコンクリート材料のもつ物性を改善することにより景観を向上させようという取組みは、コンクリート構造物全体の景観の向上を図るのと違い方向性が比較的示しやすいと思われる。例えば汚れに対する耐久性を向上させるとか、コンクリート材料の物理的特性をある程度確保したまま植物を生やすことを可能にする等である。しかしながら、汚れに関してもその捉え方は多種多様であり、エージングにより趣きを増すような現象は、単純に色彩の変化や汚れ物質の付着量の大小では決して評価できないものである。エージング効果を期待するような材料を開発するならば、その評価は非常に難しいものになるだろう。

材料の開発にせよ、利用技術の開発にせよその評価法が確立されていないというのが技術開発のボトルネックとなっている。それゆえ評価法を明確にすることが重要になってこよう。

参考文献

第Ⅰ部 コンクリート構造物の表面形態に関する事例集

- コンクリート構造物表面形態研究委員会；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年10月
- コンクリート構造物の緑化設計法研究委員会；コンクリート構造物の緑化に関するシンポジウム；
日本コンクリート工学協会，1993年10月
- 篠原 修；新体系土木工学59 土木景観計画；土木学会，1982年6月
- 建設省土木研究所・セメント協会；
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），平成6年3月
- 芦原 義信；外部空間の設計；彰国社，1975年1月
- 向井 毅ほか；
コンクリート工学ボックス5 耐久性と美装性向上を考慮した コンクリート構造物の仕上げ；
日本コンクリート工学協会，昭和61年5月
- 建設省関東地方建設局；シビックデザイン導入手法に関する調査報告書，平成3年3月
- 道路とコンクリート No.92 1991年7月；セメント協会
- 土木学会誌，1988年10月
- 土木学会誌別冊増刊 構造デザイン，1992年3月
- 道路環境研究所・道路景観研究会；道路景観整備マニュアル；大成出版，1988年11月
- 笠井 芳夫，小林 正凡；セメント・コンクリート用混和材料；技術書院，昭和61年5月
- コンクリート便覧；日本コンクリート工学協会
- プレストレストコンクリート Vol.36 No.6；プレストレストコンクリート技術協会，1994年11月
- 近藤 高規；カラーコンクリートの着色技術の現状と課題；コンクリート工学，1994年8月 pp.24-32
- シビックデザインの研究2；北海道開発技術センター
- 日経コンストラクション 1994年8月12日 pp.57-59，日経B P社
- 特集・RC打放し監理術；建築知識，1989年7月 pp.94-156
- 特集・コンクリートの肌地仕上げ；建築技術 No.214 1969年6月 pp.57-160
- 打放しコンクリートの空間デザイン手法；建築技術増刊 No.519 Vol.2，1993年8月
- 型枠施工“困ったときのノウハウ集”；建築技術，1995年2月
- タイル手帳；全国タイル工業協会
- エクステリアタイル事例集；全国タイル工業協会
- ‘95 景観創造に貢献する建設資材便覧；北陸建設弘済会
- 建築材料実用マニュアル；産業調査会
- 建築知識；1993年9月

第Ⅱ部 コンクリート擁壁の表面形態が景観評価に及ぼす影響について

- 土橋 正彦ほか；計量心理学的手法を用いた景観評価の信頼性に関する考察；
土木学会第47年会次学術講演会梗概集，pp.176-177，1993年9月
- 船越 徹；建築の景観；景観・コンクリートに関するシンポジウム pp.1-20，1991年7月
- 岡本 享久ほか；緑化が斜面コンクリート構造物の景観評価に及ぼす影響；
第48回セメント技術大会講演集 pp.772-777
- 岡島 達雄；縞パターンの上スペクトル分析と心理効果；
日本建築学会構造系論文報告集 第356号 pp.16-23，1985年10月

佐藤 誠治ほか；景観シミュレーションを用いた景観評価に関する研究；

大分大学工学部研究報告 第24号 pp.79-84, 1991年9月

第Ⅲ部 エフロッセンス対策に関する調査

セメント化学雑論；月刊セメント・コンクリート No.409, 1981年

エフロッセンス —そのメカニズムと対症療法；月刊建築仕上技術, 1994年8月 pp.36-57

第Ⅳ部 現場適応事例の追跡調査

表面撥水剤；建築技術増刊 打放しコンクリートの空間デザイン手法, 1993年8月 No.519 pp.220

コンクリート構造物の緑化設計法研究委員会；コンクリート構造物の緑化に関するシンポジウム；

日本コンクリート工学協会, 1993年10月

特集＊緑化とコンクリート；コンクリート工学 Vol.32 No.11, 1994年11月