

圧迫感軽減を目的とした陰影および汚れのコントロールによるコンクリート面の修景事例について

国立研究開発法人土木研究所 寒地土木研究所 地域景観チーム ○笠間 聡
上田 真代
福島 宏文

長大なコンクリート面が景観に及ぼす影響は大きく、また、土埃や雨水の作用によるまだらな汚れが生じるケースもあり、なんらかの景観的な手当てが期待されるケースも少なくない。このような問題に対し、造形的な工夫、表面処理の工夫、水切りの導入などにより、景観的な影響を低減する工夫を取り入れた構造物の事例が存在する。これらのいくつかに関し、経年による修景効果の現状をあわせて調査し、事例を整理した結果を報告する。

キーワード： 景観、経年変化、コンクリート、表面処理

1. はじめに：研究の背景と目的

「土木」や「建築」のつくる構造物は、往々にして我々人間が見上げるほどの巨大さとなり、ダムやランドマークとなる超高層ビルの場合など、付近を訪れる者に高揚感を与える存在となることもあるが、圧迫感や威圧感など負の印象をもたらす存在となることも少なくない。

そのような場合には、その圧迫感や威圧感を低減するための「修景デザイン」が求められるが、インフラ整備や維持管理の効率化が求められる昨今、修景デザイン、すなわち景観的な手当ての方法にも効率化が求められる。すなわち、安価で維持管理に支障がなく、かつ、効果的な修景デザインである。

土木構造物の中でも、特に面積や体積が巨大となりがちで、コンクリート構造物あるいはコンクリート面に着目すれば、その修景デザインの方法の1つとして、コンクリート表面の造形に工夫を行い、コンクリート表面に明暗の切り分けを生じさせることで全体の印象を和らげる方法が考えられる。これには多くの事例や、関連する研究があることから、本稿ではこれらを収集するとともに、体系的な整理を行い、これを通じ、コンクリート面の圧迫感や威圧感を低減するためのデザイン手法の検討例として提案をおこなうものである。

2. コンクリート表面の経年変化と汚れの傾向

土木構造物に用いられる材料の多くは、経年による劣化や変状を免れ得ず、したがって土木構造物の見た目やその印象、つまり景観も、土木構造物の完成後、経年とともに変化することが見込まれる。

一方で、完成当初には見た目が妙に均質にピカピカと

して周囲の景観と馴染まない場合もあり、経年による変化を通じて、周囲の景観と馴染んでいく場合など、経年による変化が良好な場合には、これをエイジングや風格と呼んで好意的に捉える場合もある。

これは長い年月に耐える石材などの場合が多く、一方でコンクリートは、土木分野の中でももっとも一般的に使われる材料と言えるが、コンクリートの場合にはコンクリートブロックなどの二次製品を含めエイジングという捉え方はあまりされず、単純に劣化や汚損として取り扱われることが多い。

(2) コンクリート面の汚れや経年変化の分類

建築分野の少し古い研究であるが、仕入らは¹⁾、コンクリート構造物の景観の経年による変状には、4つの分類があるとし、風化やひび割れなどのコンクリート自体の「物理的变化」、変色や白華などの「化学的变化」、土砂や煤煙など「塵芥等の付着」による汚れ、カビやコケなど「生物の繁殖」による汚れの4つを整理している。

近年の土木分野の研究でも、関²⁾はこれを踏襲し、コンクリート構造物の表面性状の変化を「材料自体の変化」と「物質の付着・表面汚れ」の2つに大別し、この下に「物質的变化」「化学的变化」「塵芥の付着」「生物の付着」の4分類を整理している。

また、塵芥汚れの付着しやすい環境として、道路や鉄道の近くや工業地帯など、煤煙や金属・化学物質の飛散・飛来のある場所、生物汚れの付着しやすい環境として、海岸や河川など少なからずの有機物を含む水の飛散のある場所や、森や樹木と近接する場所を挙げている。加えて、(塵芥を起因とした)汚れの付着しやすい構造物の部分や形状として、構造物の天端や勾配を有する面など、空を拝む面と、雨水排水や伝い水がコンクリート表面を

流れる面の2つを挙げている。

さらに、景観的に嫌悪されうる（塵芥を起因とした）表面汚れとして、コンクリート表面にすじ状やよだれ状に発生するムラのある汚れや、コンクリート全面における短期間で相当の汚れなどを挙げている。そしてこれらを踏まえ、表面汚れに対する景観デザイン上の工夫を事例とともに整理している。

(3) コンクリート面の塵芥汚れの発生傾向

本稿で着目するコンクリート面の汚れは、上述のコンクリート構造物の表面性状の変化のうちの「塵芥等の付着」に該当する。

塵芥等の付着によるコンクリート表面の汚れのメカニズムについては、橋高らの研究³⁾や指摘⁴⁾があり、すなわち塵芥等の汚れ粒子と雨水が同時にコンクリート表面に存在し、コンクリート表面の微細な空隙等に汚れ粒子が吸着されることにより生じるとされている。

逆に言えば、コンクリート表面への汚れ粒子の供給と雨水の作用が同時に発生しなければ、コンクリート表面における汚れの進展は極めて遅くなるといえる。

先の関の研究³⁾で指摘されている、構造物の垂直面の天端付近とは、天端面に降り積もった塵芥が雨水により洗い流され、雨水とともに流下する面であり、勾配を有する空を拝む面とは、塵芥が日常的に降り積もり、降雨があれば雨水を表面に受けることになる面ということになる。橋高⁴⁾も、建築物を対象として、汚れの発生の危険度が高いのは、パラペットの側面と傾斜壁面であるとしている。

したがって土木分野のコンクリート構造物のうち、勾配のある擁壁や護岸等、空を拝む面においては、塵芥の降着も降雨も避けることは難しいことから、必然的に全面が経年により汚れていくことを前提とした空間整備やデザインが必要になる。

その際、避けるべきは、嫌悪されるようなムラのある汚れ方であり、橋高⁴⁾は建築物を対象として「雨水の流下が不均一に起きるようなディテールの設計は汚れが目立つため絶対避ける」と指摘し、五味ら⁵⁾もコンクリート擁壁を対象として、平滑なコンクリート面の仕上と、化粧型枠により表面にテクスチャを与えた仕上の場合の汚れの発生の傾向の違いについて研究を行い、化粧型枠によるテクスチャにより汚れのムラの発生を低減し、均一な汚れ方を実現した事例を紹介している。

他方、垂直に近い面や逆勾配のついた面では、日常的な塵芥の付着は生じず、基本的には、当該垂直面の天端等の水平面からの塵芥および雨水の流下だけが、汚れの要因となる。

これらの結果としてのコンクリート表面の塵芥汚れの典型例が、写真-1と考えられる。堤体表層の勾配をもった面では若干のまだらをもってコンクリート汚れの発生が進行しており、また、堤体の頂部付近は垂直に近くな

っているため汚れの発生が限定的であるが、天端直下には、天端からの塵芥および雨水の流入による筋状の汚れがみられる。それより若干奥に控えた横つなぎ部材の垂直面では、3段のうちの最上段では天端への降雨が限定的であるため、汚れはほとんどみられない。一方で、だんだんと前面にせり出して降雨の影響を受けることになる下段の部材では、当該部材の天端からの塵芥と雨水の流入によるとみられる汚れが顕著に発生している。

3. コンクリート表面の陰影および汚れのコントロールによる修景デザイン事例の収集整理

以上を踏まえると、コンクリート構造物の圧迫感や威圧感を低減する方策の1つとして、コンクリート表面に生じる汚れや陰影の発生をコントロールして、コンクリート表面に明暗の対比を生み出し、これにより長大になりがちなコンクリート面の印象を分割する修景デザインが考えられる。これについては、既往の研究でも指摘されているところで²⁾、また設計時の意図の有無は不明なものにこれに該当するような構造物の事例が全国的にも確認できる。

そこで本稿では改めて、コンクリート表面に明暗を作り出すことにより圧迫感や威圧感を低減するような修景デザインに着目し、そのようなデザイン手法の考え方を、事例整理を通じて紹介する。

(1) コンクリート面に徐々に汚れて暗くなる面と、汚れずに明るいままの面をつくる

例えば、橋梁の側面であれば、地覆上に積もった土埃などが、雨とともに橋梁の側面に流れ出すと側面上部は、「徐々に汚れて暗くなる面」となる。一方で、そのような橋梁の側面のいずれかの場所に「水切り」が設けられていると、水切りより下の部分には雨水がつたわらないため、ここは「汚れずに明るいまま」の面となる。一般的には、スラブの地覆裏に水切りが施工されることが多い



写真-1 笹流ダム（北海道函館市）にみるコンクリート面の汚れの発生傾向（提供：土木学会北海道支部）

ため、一般的な上路橋では、これより下の桁側面は明るいまま、地覆や壁高欄の側面などは暗い面、となることが多い（写真-2）。

そのような中、橋梁外側面の中間部に水切りを設けた事例がいくつか確認される。これにより、コンクリート面の明暗により、2色に塗り分けたような効果生まれ、存在感や威圧感の低減、軽やかさの演出などに効果を発揮しているように見受けられる。

写真-3は、既往の論文²⁾でも参照されている東京都多摩市にある鶴乃橋である。下路2主桁プレストレストコンクリート橋による歩道橋で、橋面両端の主桁が壁高欄を兼ねている。この主桁兼高欄の外側面には、路面付近の高さに金属製の水切りが設けられ（写真-3右）、この水切りを境に、外側面は中央部がふくらんだ、ゆるやかなくの字形状となっている。

これにより、水切りより上面は、高欄天端からの伝い水や塵芥の流入、あるいは直接の降雨を受けることにより汚れが沈着し、経年により黒ずんでくる一方、水切りより下面はこれらの影響を受けずに、明るいコンクリート色を保つことができる。筆者が2024年に訪れた際には、補修工事（剥落防止工⁹⁾）が行われた直後であったようで、コンクリート面もきれいに清掃されており、残念ながらインターネット上のブログ記事⁷⁾や、Google ストリ

ートビュー⁸⁾で確認されるような、汚れによるくつきりとした2色塗り分けにはなっていない。

写真-4は、同じく東京都多摩市の唐木田駅前にある鋼製鉄桁橋であり、橋名は不明である。この地覆兼壁高欄にあたる部分の外側面に、写真-4にみられるような三角形の型押しが設けられており、高欄天端からの雨水の伝い流れは、この三角形の外縁に沿って流れるなどするのであろう。三角形の型押しの内側部分だけが、周囲と比較して汚れずに明るい面として残り、背の高い壁高欄の印象を分割している。

同じようなデザイン上の工夫や、水切りの効果はトンネルの坑口などでも見つかり⁹⁾、例えば、高知自動車道の法皇トンネル（愛媛県四国中央市）¹⁰⁾や、新東名高速道路の和田島トンネル（静岡県静岡市）¹¹⁾などで、汚れの有無によるコンクリートの明暗が坑口の端部を薄く見せる効果を生んでいるのが確認できる。

このように、垂直かそれに近いコンクリート面では、当該コンクリート面の天端からの雨水やそれに含まれる塵芥の伝い流れをコントロールすることにより、汚れて暗くなる面と、汚れずに明るく残る面をつくりだし、これにより起立するコンクリート面の印象を分割し、圧迫感や威圧感を低減するようなデザイン上の工夫が検討できるとわかる。



写真-2 鉄道高架橋の壁高欄および水切り以下の橋桁橋脚部分における汚れの発生傾向

(2) コンクリート面への日射をコントロールし、日射を受けて明るくみえる面と、陰となり暗くみえる面をつくりだす

同じ色のコンクリート面であっても、日射を強く受ければ明るく輝き、日射を受ける量が少なければ相対的に陰となって暗くなる。

なお、土木構造物の造形デザイン上考慮が必要と考えられる日射には、大きく直射日光と天空光の2つがあり（このほかに地物反射光があると分類されているが、環境条件の違いや変化により不定であるほか、光量も多くの場合では相対的にはあまり大きくないため、積極的には考慮する必要がないと判断できる）、このうち、天空光



写真-3 鶴乃橋（東京都多摩市）2024年12月撮影
左：全景、 右：橋桁兼壁高欄側面の金属製水切り



写真-4 唐木田駅前の橋（東京都多摩市）
2024年12月撮影

は、直射日光が大気中で散乱することにより対象の点に到達する成分で、直射日光よりも光量としては小さい一方、曇りの日でも供給があり、基本的には、対象の点から空が見える方向からは、太陽の方角に関わらず 360° から光が届くと考えてよい。

一方、直射日光については、太陽の方向から平行光線としてのみ対象の構造物に到達し、雲やその他の遮蔽物が間にあれば、対象の構造物には到達しないほか、季節や時間により太陽の方向も刻々と変化するなど、他の日射成分よりも強さとしては圧倒的に大きいものの、不安定な日射成分である。

いずれにせよ、コンクリート面に、局所的にでも立体的な造形が取り入れられ、それらの面に日射の受け方の違いが生じれば、各面に明暗の違いが生まれ、構造物のコンクリート面に、明暗や陰影による模様や対比が生まれることになる。

写真-5は、愛知県蒲郡市にあるラグーナゲートブリッジである。この橋の側面は、概略としては、**図-1**のような形状となっており、天頂方向を 0°、鉛直下方向を 180° とすれば、おおまかに、90°、135°、90°、45°、135° の各面で構成されている。なお、このラグーナゲートブリッジには、(1)節で言及したような水切りが2か所設けられている(**写真-5右**、**図-1**)。1か所は高欄地覆の裏、もう1か所は桁側面の皿状の凹面と、側面下部の切

り替わりのライン上である。1 つめの水切りより上部の地覆側面については、地覆天端面からの伝い汚れによって、経年により暗いコンクリート色に変化しているが、それより下部の面については雨水の伝い流れや降雨の影響が小さいため、汚れが少なく、明るいコンクリート色を保っているほか、2 つめの水切りの上部下部で色の変化もみられない。

さて、**写真-5 左**は桁を側面から眺めた写真であるが、太陽は橋の裏側にあり、こちら側の桁側面には直射日光はあたっていない。それでも、天空光の日射の違いにより、**図-1**でいう、**b**と**e**の 135° の面は暗く、**c**の 90° の面と**d**の 45° の面はほぼ同じ明るさの面として認識されている。なお、**a**の地覆の側面は、**c**と同じ 90° の面ではあるが、前述のとおり、塵芥と雨水を由来とする汚れにより、そもそもが暗いコンクリート面となっており、同じ角度の**c**の面とはまったく異なる明るさの面として視認されている。

他方、**写真-6**は、耳川的美々津護岸(宮崎県日向市)である。堤防としてのコンクリートパラペット擁壁が並んでいるが、奥行 7m 程度ごとに1か所設けられた目地の部分を深く掘り込み、連続するコンクリート面の印象の分割を図っている。これについては、直射日光が順光で当たるケース(**写真-6 中央**)と逆光で当たるケース(**写真-6 右**)とでコンクリート面の分割の効果が大きく異な



写真-5 ラグーナゲートブリッジ(愛知県蒲郡市) 2024年12月撮影
左: 側面全景、 右: 橋桁側面の立体形状と水切り

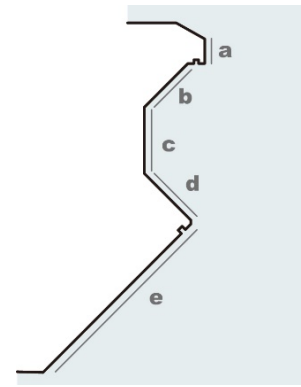


図-1 ラグーナゲートブリッジの側面形状の概略図



写真-6 耳川・美々津護岸(宮崎県日向市) 2024年12月撮影
左: 北面・全景、 中央: 南面・逆光方向からの眺め、 右: 南面・順光方向からの眺め

り、逆光のケースでは彫り込まれた目地部分の印象が強い一方、順光で当たるケースでは彫り込み目地部分も一般の壁面と明るさがあまり変わらず、コンクリート面の分割効果としては逆光のケースほど大きくない。

ラグーナゲートブリッジのときに効果がみられた天空光による明暗の創出効果も、水平方向の分節の場合には十分に期待できないように見受けられ（写真-6左）、直射日光による陰影効果は扱いが難しいことが示唆される。

(3) コンクリート表面のテクスチャの切り替えによりコンクリート面に明暗の違いをつくり、分割する

平滑なコンクリートの平面は、それ単独では陰影をつくらず単独なひとつの面として我々の目には認識される。

しかしコンクリートの表面が平滑でなく、小さな凹凸など（テクスチャ）がある場合、それを遠方から見た場合にはそのような凹凸の1つ1つは見分けることができないが、それがコンクリート面自身に小さな陰影をつくりだし、そのようにして陰として見える部分の面積が大きくなれば、その面は、面全体としては、通常の平滑面よりも暗く見える面となる。

このような状況は、順光（対象の構造物を眺めるときに、観察者の背後に太陽があり、観察者の眺める方向と直射日光の方向がほとんど一致する状況）の場合には、ほとんど起こらないが、逆光（順光と逆に近い状況）や側光（対象物を眺める方向の側方から直射日光が到達する）に近い状況の場合にはテクスチャと日射と観察の方向の関係次第では、これが発生する可能性が大きくなる（図-2）。

このような事例でもっともわかりやすいのは、首都高速道路・大橋ジャンクション（東京都目黒区）の外壁である（写真-7）。4～6階建て程度の集合住宅などが多く建ち並ぶ東京の市街地にあつて、ジャンクションの4層ループを内包した高さ30m近くになる巨大な壁面を周辺の市街地に調和させるため、デザイン上の工夫が多く盛り込まれている。

その1つが、写真-7左の、斜めストライプ状の化粧型

枠による壁面テクスチャである。この斜め45°のテクスチャは、奥行き2m程度ごとに反転されており、これによりこの壁面を斜め方向から眺めると、テクスチャの方向による影の落ち方の違いにより、コンクリート面に2mごとに明暗の差が生まれ、巨大な壁面が明暗により分割されて視認される（ただし、前述のようにこれを順光かつ正面からに近い状況で眺めると、テクスチャ方向の違いによる陰影の差は生まれず、明暗の切り替えは視認できない（写真-7中央））。

また、写真-7右は、円周状のジャンクションの内側の壁面である。ここでは直射日光は壁面に当たっていないが、上空から届く天空光がつくる陰影とその見え方により、やはりテクスチャ方向の切り替えによって面の色が異なって見えている。また、水平方向には化粧型枠の施されていない平滑なコンクリート面の部分もあり、3色による塗り分けのように壁面全体が視認されるような状況がつくりだされている。

写真-8はプレキャストコンクリートによるもたれ式擁壁の事例で、やはり斜め45°のストライプ上のテクスチャが、表面に化粧型枠で彫り込まれ、これがストライプの方向を交互に切り替えられることにより、擁壁面全体として明暗による縞模様が視認されるようになっている。ただし、写真-8は擁壁面を上部から見下ろしたものであ

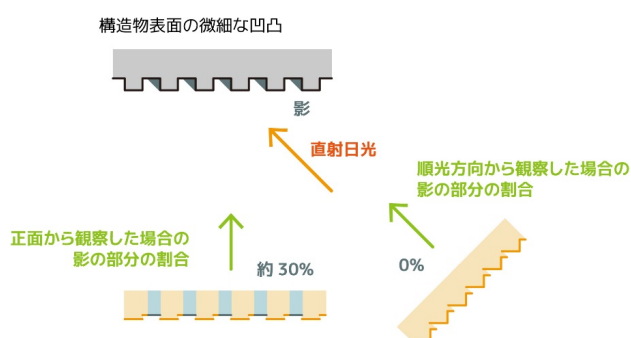


図-2 構造物表面の微細な凹凸に由来する微小な日影が視認方向次第で構造物表面に明暗を生じるケースの一例



写真-7 首都高速道路 大橋ジャンクション（東京都大田区）2023年10月撮影
左：外周壁面・全景、中央：外周壁面の順光かつ正面からの眺め、右：内周壁面



写真-8 45°ストライプによるテクスチャが交互に彫られた
コンクリート擁壁面の眺めの例
(神奈川県横浜市) 2025年1月撮影

り、下から見上げる場合と比べると太陽光とはより順光に近い関係で眺めている状態であることから（テクスチャにより作り出される太陽光による陰影が視認されにくい）、陰影の効果は、多少は確認はできるものの、弱まっていると考えられる。擁壁面による圧迫感や威圧感という観点からは、下から見上げたときにより景観的な効果が期待されるところで、その点では下から見上げる条件で検証すべきであるが今回は確認できていない。

4. まとめ

本稿では、コンクリート面の圧迫感や威圧感を低減するための修景デザインの方法について、日射により構造物表面に生じる陰影や、塵芥等を由来とする汚れの付着のコントロールを通じて、安価かつ効果的に実現する方法について着目し、既往研究や事例の収集整理等を通じて体系的な整理を行い、結果を取りまとめた。

今後とも、これらの方法の応用方法を含めて研究を深め、材料や汚れによる経年変化を踏まえた、より安価で景観的にも優れた土木構造物の表面仕上げ方法について、提案を行っていきたい。

謝辞

土木分野におけるコンクリート構造物の造形の工夫や表面に施したテクスチャによるデザインについては、日本大学理工学部土木工学科の関文夫教授が多くの実績や知見をお持ちであり、本稿は関教授へのヒアリングを通じて、いただいた事例の紹介や、知見の提供をもとに筆者にて体系的な検討や事例の整理を行い、成果を取りまとめたものである。

早く知見を提供いただいた関教授には心からの感謝を申し上げる。

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、No.7、pp.52～58、1986年6月
- 2) 関文夫：コンクリート構造物の表面性状の変化に対するデザインの工夫について、景観・デザイン研究講演集、No.1、pp.121～126、2005年12月
- 3) 橋高義典：コンクリート構造物の美観維持、コンクリート工学、Vol.34、No.2、pp.4～11、1996年2月
- 4) 橋高義典、仕入豊和、上村克郎：コンクリート表面への懸濁微粒子付着に関する研究、コンクリート工学論文集、Vol.3、No.2、pp.97～107、1992年7月
- 5) 五味傑、杉田翔梧、関文夫：水仕舞いを施した擁壁のコンクリート表面性状の変化とエイジングの考え方、景観・デザイン研究講演集、No.8、pp.280～286、2012年12月
- 6) 多摩市：多摩市橋梁長寿命化修繕計画 令和4年11月更新版、2022年11月、p.6-7、https://www.city.tama.lg.jp/_res/projects/default_project/_page/_001/005/087/6_r4plan.pdf
- 7) 多摩ニュータウン.com：鶴乃橋、<https://tamanewtown.com/tsurunohashi/>
- 8) Google ストリートビュー、2018年7月撮影、<https://maps.app.goo.gl/r1hoUk9yGMjTeKcY9>
- 9) 日本大学理工学部土木工学科構造・デザイン研究室：SEKI Works、Tunnel & Culvert、https://www.civil.cst.nihon-u.ac.jp/seki_home/42_56e8d5c9da9bd/42_5708927a4ac76/42_570894569ddddd/
- 10) Google ストリートビュー、2022年7月撮影、<https://maps.app.google.com/VQPt1rKSEN2GfWCi8>
- 11) Google ストリートビュー、2022年8月撮影、<https://maps.app.google.com/mNhgkgSa2fZRpmq8>