

13年経過した雷電廿六木橋のコンクリート表面性状の変化と水仕舞い効果

関 文夫¹・山口 徹²

¹正会員 工博 日本大学理工学部土木工学科(〒101-8308 東京都新宿千代田区神田駿河台1-8-14, Email:seki@civil.cst.nihon-u.ac.jp)

²非学生会員 日本大学理工学部土木工学科(〒101-8308 東京都新宿千代田区神田駿河台1-8-14, Email:g08249hf_tnys@yahoo.co.jp)

エイジングは、加齢に伴って現れる構造や機能の緩慢な変化であり、わびやさびなどの風合いを増す現象である。レンガや石でできた構造物は、時間が経つにつれ、エイジングが評価されているが、コンクリート構造物の場合は、局所的な汚れが目立ち、単なる汚れた構造物となる。ここでは、ループ形状を有する雷電廿六木橋に着目し、13年経過した時点での表面性状について調査し、その方位による影響と、水仕舞いに対する意匠設計の効果について報告する。

キーワード: コンクリート、表面性状、エイジング、汚れ、水仕舞い、水切り、伝い流れ

1. はじめに

コンクリート構造物は、コンクリート材料の性状の変化から汚れが生じたり、構造物背面からの排水、支柱など付属物などの伝い流れによる汚れなど局所的な汚れが生じる場合が多く、エイジングとしてポジティブに評価されている事例は少ない。過去に筆者らは、コンクリート構造物の時間的経過に伴う、コンクリート表面に付着する汚れについて、汚れのメカニズム、汚れのパターン、汚れの付着しやすい環境と構造物の形態の関係について考察した¹⁾。

ここでは、1998年に完成した雷電廿六木橋に着目し、表面性状の変化について調査を実施した。汚れの付着するパターンや、汚れの度合いを明確にし、さらに雷電廿六木橋は、ループ状の形状をしていることから方位による影響の分析や、数多くの意匠設計を実施していることから、形状と表面性状の変化や水仕舞いに対する効果について考察した。コンクリート構造物のエイジングに対する方向性を提案するものである。

2. コンクリート構造物の表面性状の変化

(1) 表面性状の変化

コンクリート表面性状の変化は、大きく2つに

大別できる²⁾。1つは、材料自体が化学的な変化あるいは物理的現象から劣化する現象と、もう1つは、コンクリート表面に汚れが付着する現象である。

汚れが付着する現象は、コンクリート表面の微細な凹凸に、粉塵や親油性物質が付着したり、菌類が付着し黒ずむことから汚れの現象が生じる。その影響は、周辺環境による影響が大きい。例えば、植物の多い環境では菌類の付着が多く、交通量の多い道路環境などでは粉塵などの付着が多い。特に、風等で運ばれた粉塵は、雨水によって流されコンクリート表面の凹凸に入ったり、菌類は、雨水によって繁殖したりすることで、汚れが進行する(図-1)。そして、汚れが付着する現象は、構造物の造形と雨水の流れ方の関係が重要となる。

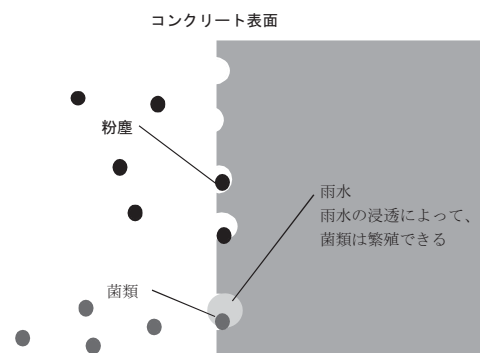








図-1 コンクリート表面の汚れ付着のメカニズム

(2) 表面汚れのパターン

表面に付着した汚れは、雨水の流れ、それらの伝い流れ、排水穴から排出によって様々なパターンを有する。関¹⁾は、仕入²⁾らの建築の汚れの分類パターンを参考に、土木構造物特有の汚れに配慮して、6種類のパターンに分類した(表-1)。

表-1 土木構造物の表面性状の汚れのパターン分類¹⁾

		
a.全面	b.よだれ状	c.長方形下
		
d.雲形状	e.くさび状	f.すじ状

a) 全面

基本的な形状として、擁壁や護岸などの空を囲む面で構成された構造物に生じる現象。空を囲んだ構造物は、汚れの付着が早く、短期間で相当の汚れが形成される。

b) よだれ状

天端からの雨水の伝い汚れで最も多いパターンがよだれ状である。これは、天端に設けられた面取りの微細な欠けから、壁面と伝う水量が変化し、その結果、強弱のある伝い流れが生じる現象である。

c) 長方形下

コンクリート壁面の下面が、堅い舗装で構築された場合、舗装面に蓄積された泥が、降雨と一緒に跳ね上がり、壁面へ付着する現象で、降雨の強さによって、矩形状に付着するのが特徴である。

d) 雲形状

コンクリートの化学的変化に伴うエフロレッセンスなどの現象に伴いながら発生したり、空気中の水分が局部的に乾燥の悪い環境があった場合や、局部的に周辺から菌類が飛来した際に生じる現象である。

e) くさび状／逆くさび状

コンクリート天端に、高欄、柵、フェンスなどのような不属物を設置した場合に、その支柱を伝

わって生じる汚れの性状である。支柱ピッチに合わせて、等間隔で生じるので人工的な印象の強い汚れとなる。擁壁の排水孔から生じる排水の汚れは、逆くさび状の状態となる。

f) すじ状

水切りのない形状において、コンクリート表面を水が走った場合などに生じる汚れ。橋梁の地覆から張出し床版、伸縮装置から桁裏、橋台、橋脚へ伝わった時に生じる。

3. 雷電廿六木橋の概要

(1) 雷電廿六木橋の設計経緯

埼玉県西部の奥秩父に建設された雷電廿六木橋は、滝沢ダムの付け替え道路として計画され、秩父甲州往還の国道140号線として整備された(写真-1)。架橋位置周辺は、三国山、甲武信ヶ岳、笠取山などの2000m級の主峰に囲まれた中津川溪谷で、紅葉の美しい場所である。この溪谷内に、廿六木大橋、大滝大橋と土工区間を合わせて1つのループ形状の橋梁としたプロジェクトである(図-2)。

デザインの特徴は、標準的なPCラーメン橋という構造形式に、造形的な工夫により地域の風景の構築を果たしたこと、時間軸を大切にコンクリートのエイジングに配慮したデザインの展開、橋梁を取り巻く、土工、展望台など空間全体をデザインしたことが特徴として挙げられる。

廿六木大橋と大滝大橋は、南北方向に架橋された橋梁で、土工区間を含めてループ状の形状を有することから、壁高欄は概ね全方位を向いた構造物となる。そのため、前述の方位による影響、並びに周辺植生による影響などのデータ取得が可能な橋体である。ここでは、壁高欄の汚れの付着性状を中心に、橋脚、橋台について報告する。



写真-1 雷電廿六木橋竣工時(1998年)

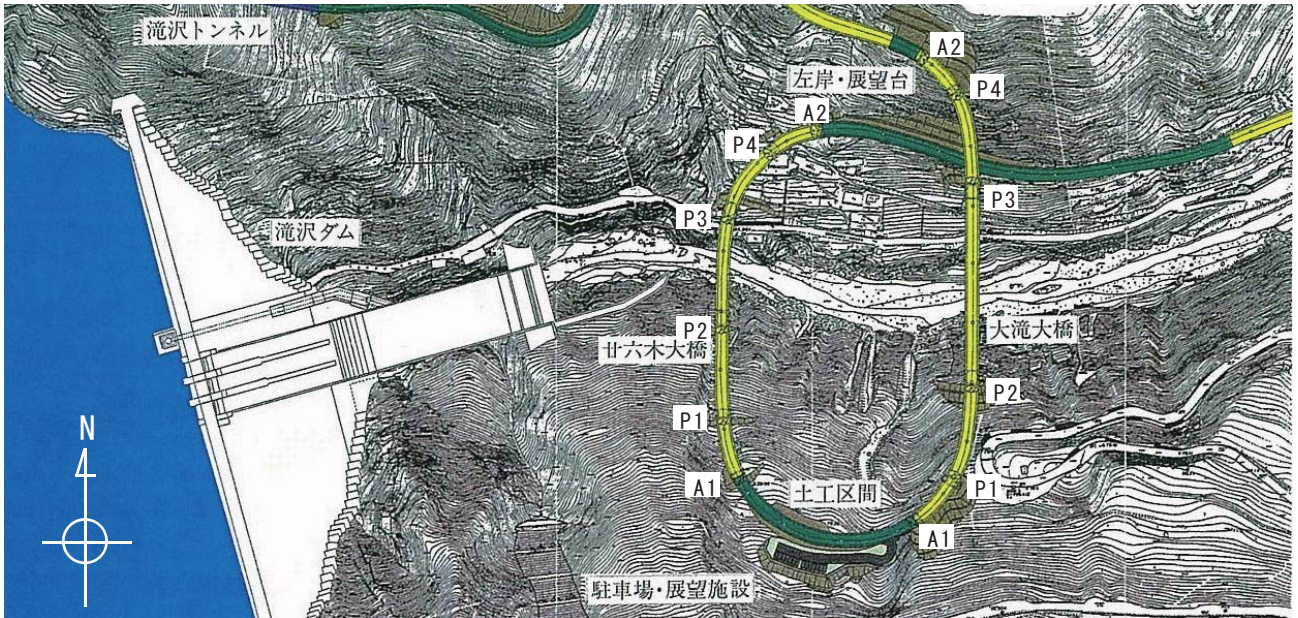


図-2 滝沢ダムと雷電廿六木橋の位置と方位

表-1 廿六木大橋と大滝大橋の諸元

	[廿六木大橋]	[大滝大橋]
道路規格	第3種第3級	第3種第3級
設計速度	40km/hr	40km/hr
橋梁形式	PC 5径間連続ラーメン形式	PC 5径間連続ラーメン形式
橋長	270 m	345m
支間割り	35+50+75+65+45m	35+75+125+75+35m
有効幅員	8.25 ~ 9.25m	8.25 ~ 9.25m
縦断勾配	7.00% ~ 5.00%	7.00% ~ 5.00%

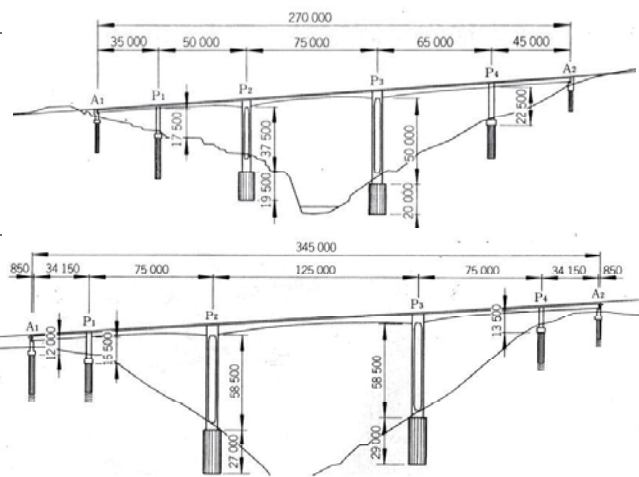


図-3 廿六木大橋（上）と大滝大橋（下）の寸法

(2) 雷電廿六木橋の橋梁諸元

雷電廿六木橋は、橋長270mの廿六木大橋と橋長345mの大滝大橋、その間に145mの土工区間で構成される。橋梁諸元の詳細を、表-1、図-3に示す。施設としては、橋梁の中間部にあたる右岸に展望台施設（トイレ、駐車場、展望台）、左岸に（展望台）を設置している。

4. 雷電廿六木橋の調査結果

(1) 汚れに対する調査方法

汚れに対する調査は、橋体全体を目視による調査と壁高欄の汚れに関しては、色彩色差計を用いて計測した。

計測機器及び計測状況を写真-2、写真-3に示す。計測値は、JISZ8729に採用されているL*a*b*表色系で計測し、明度：L*（単位0-100）マンセル値10倍表示、色相：a*b*、彩度：c* = $(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ で表示される。

(2) 計測点

計測点は、大滝大橋の北側を視点とし、内側は4mピッチ（005～184）、外側は、曲線部4mピッチ、直線部8mピッチで計測した（図-4）。



色彩色差計：ミノルタ CHROMA METER

色差スコープ：CR-210

写真-2 色彩色差計



写真-3 計測状況

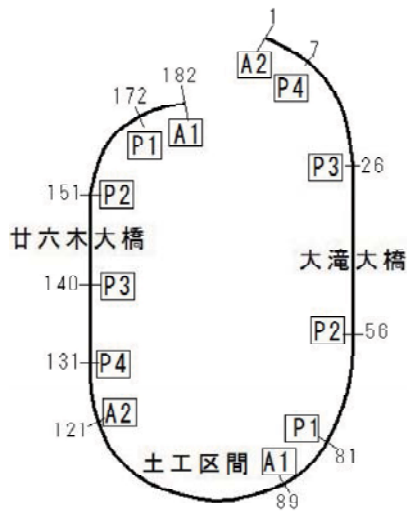


図-4 計測番号と計測位置

(3) 調査結果と考察

調査結果の考察は、次の通りである。

a) 壁高欄の汚れと形状

壁高欄の形状は、外側は「く」の字のような形状であり、壁高欄の頂部にはアルミ製の高欄カバーを設置している（図-5、写真-4）。

①主桁の外側

主桁の外側は、高欄カバーの水切りから外の部分で「く」の字の空を拝む面が、「全面」の汚れが生じており、明確に汚れの付着が確認できた（写真-4）。

②高欄カバーの水仕舞い効果

高欄カバーの水切り効果は高く、壁高欄の内側の汚れは少なく、高欄外側は、溝部分に汚れが誘導されていた（写真-6）。また、一部高欄カバーがない箇所があり、桁カバーがない場合には、高欄天端の水が伝い流れ、「よだれ状」の汚れが確認できた（写真-7）。

③壁高欄の内側の比較

壁高欄の内側は、歩道のある側とない側がある。歩道のある側の高欄内側は、汚れが少なく、地覆コンクリートからの雨水の跳ねによる「長方形下」の汚れが形成されていた。歩道のない側の高欄内側は、泥はねにより表面に土が付着し、黄色身を帯びていた（写真-8, 9）。

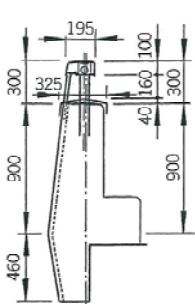


図-5 壁高欄詳細



写真-4 壁高欄詳細



写真-4 壁高欄の汚れの付着状況（全面汚れ）



写真-6 縦溝の水仕舞い(菌類の付着が確認できる)



写真-7 高欄カバーの破損部での汚れの付着状況



写真-8 壁高欄の内側の表面性状(左右で異なる)
(左:歩道あり、右:歩道なし)



写真-9 表面性状 (左:歩道あり、右:歩道なし)

b) 壁高欄の汚れの度合い

- ①汚れは、少ない所で明度70, 多い所で明度30程度で、約40程度の明度差が見られる。打放しコンクリートの明度75～80に対して、緩やかな明度低下の現象が生じている。
- ②計測点による汚れのパラツキは5～10程度生じてる。
- ③壁高欄の内側外側では、顕著な差は見られない。壁の向き（方位）が、明度差に大きな影響がある。

c) 壁高欄の汚れと方位の関係

- ①最も明度が低い（40レベル）のは、北北西から東向きの面で、太陽光が当たらないのでコケや菌類の付着が見られた。
- ②次に明度が低い（50レベル）のは、北西から北北西、東から東南東の範囲である。これらは、太陽光のあたる時間が、早朝の範囲だけの場所に限られ、太陽が十分に昇った時刻となる南東から北東では汚れが少ない（写真-10）。
- ③西陽を受ける面は、明度が高く（60レベル）と

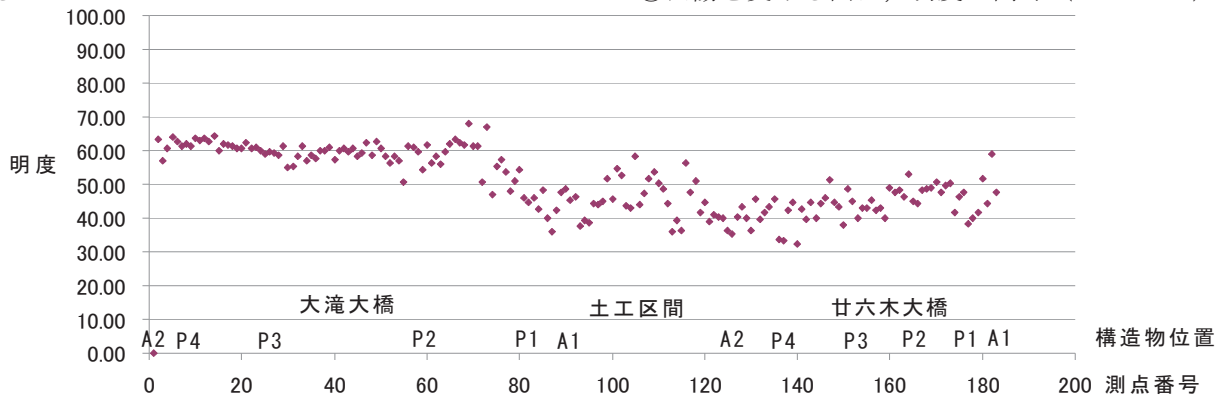


図-6 壁高欄明度測定結果（内側）

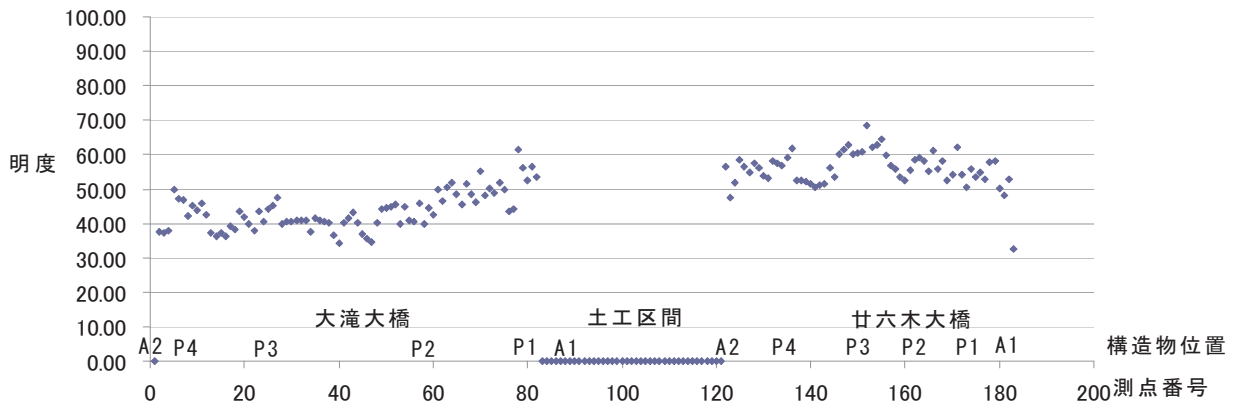


図-7 壁高欄明度測定結果（外側）

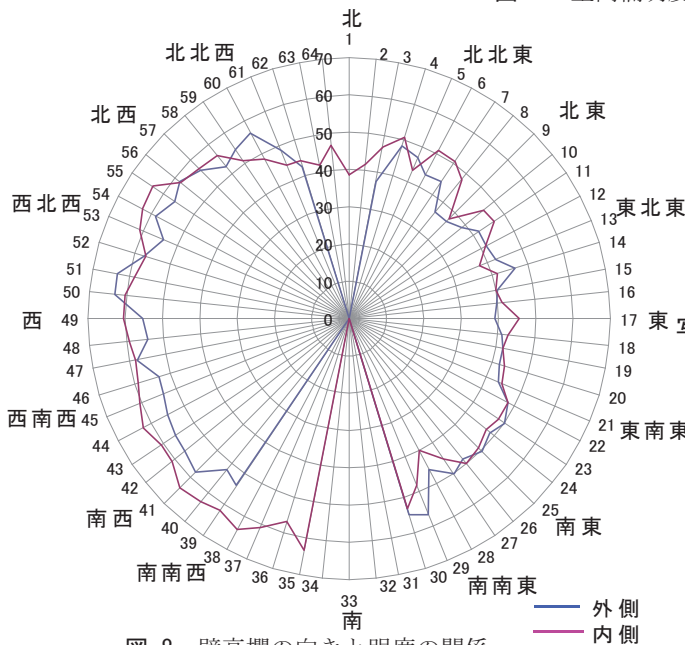


図-8 壁高欄の向きと明度の関係



写真-10 大滝大橋P1橋脚からA1橋台（西から北西向き）



写真-11 大滝大橋始点付近（南南西から西南西向き）

なる（写真-11）。

d) 橋脚の表面性状

橋脚部の汚れの進行は少なく、空を拝む面の汚れの進行が推測されたが、竣工当初より若干くすんだ程度で、汚れの進行が緩やかである（写真-12）。下見板風の意匠を有した橋脚が、東西面であること、主桁の張出し床版が、十分な張出し長を有していることから、周辺からの粉塵、菌類の飛来を妨げた結果となったことが推察できる。



写真-12 橋脚の表面性状（東向きの壁高欄と橋脚の汚れ性状を対比して見ることができる）

e) 橋台、補強土壁の表面性状

①橋台は、橋面排水が台座部へ流入し、橋台部に「すじ状」の汚れが生じている。デザイン上、橋台部に壁を設けたことで、余り目立たない状況となっている（写真-13）。

②背面にモルタルのない補強土壁なので、コンクリートパネルの間から植物が繁茂している。



写真-13 橋台、補強土壁の表面性状

5. まとめ

今回の調査、考察に係るまとめは次の通りである。

①コンクリート製の壁高欄の局所的な汚れ防止には、アルミ製高欄カバー、縦スリット等の水仕舞いが有効である。

②汚れの付着する方位は、北西から東向きに集中する。比較的西陽が当たる面は、乾燥しやすいため、菌類の付着、粉塵の付着が少なく明度が高い。橋梁の場合は、対峙する方位があるので、塗装、意匠材などの水仕舞いが必要である。擁壁など単一方向の構造物は、方位で汚れが異なる。

③コンクリート構造物のエイジングは、方位により進行の速度が異なることが解った。局所的な汚れを防止し、緩やかな進行を図ることが肝要である。意匠設計により水仕舞いに配慮することで、汚さない面のコントロールは可能である。

6. おわりに

雷電廿六木橋は、2011年2月デザイン賞最優秀賞を授賞した。ダムの下流域で、ダイナミックな造形と橋脚の繊細な陰影を眺めているとデザインの力というものを感じる。竣工から13年経過した現時点で、緩やかにエイジングが進行し、コンクリート構造物に適正な加齢を感じることも賞を受賞した証ともしたい。美しいコンクリート構造物のエイジングを楽しむためには、構造物に関する設計、施工のディテール技術が必要であり、何よりも担当者の熱意が必要であることが再認識できた。当時の関係者に改めてお礼を申し上げたい。

最後に、本調査にご協力戴いた（独）水資源機構松枝氏、計測計器に御協力戴いた太平洋セメント(株)中央研究所に厚く謝意を表す。

参考文献

- 1) 関：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、土木学会景観・デザイン研究発表会，pp121-126，2005.12
- 2) 景観デザイン研究会：コンクリート構造物の造形デザイン、1998.8
- 3) 仕入、他2名：コンクリート壁面の汚れ、セメント・コンクリートNo.461
- 4) 関、他2名：雷電廿六木大橋のデザイン的着想について、プレストレストコンクリートvol.2,2000.3
- 5) 関：コンクリートのエイジングとディテール、橋梁と基礎2004vol.38,No.8