

景観性能を考慮した既設コンクリート構造物の補修設計の確立 (1)

——コンクリートに煤塵を添加することによるその色の変化の基礎的研究——

Establishment of Repair Planning for Existing Concrete Structure by Considering Landscape Aspect (1)

—— Research on Changing the Color of Concrete by Adding Carbon Powder ——

竹下直樹*・加藤佳孝**

Naoki TAKESHITA and Yoshitaka KATO

1. はじめに

現在、日本のコンクリート構造物の補修の方法としては、発生したひび割れ部分へのモルタル注入や、断面修復工法と呼ばれる劣化した部分を除去して新しいコンクリートを打設する工法が一般的である。これら補修用のモルタル・コンクリートを強度や耐久性等の性能面から見た研究は多数存在する。しかし、補修によって新しく加えられた部分と、残された古い部分の色の対比についての研究はない。それは、土木構造物には機能性・耐久性・経済性のみ要求されてきたからである。

しかし、社会インフラはその国の文明水準を体現していると同時に、文化的水準も表す存在でもある。なぜならば建築物と違い、土木構造物は使用する人が選択する自由を持たない。たとえば、マイホームは自分の好みに合わせて建てることができるが、毎日通勤に使用する橋や道路、駅舎などは例えどんなに嫌気がさすようなものであっても、使わないわけにはいかない。そのため土木構造物是否応無しに人々の生活の中に入り込み、多大な心的影響を与える。ここで、ドイツの有名なアウトバーンの建設に当たって掲げられた理念を紹介したい。

「風景と土地とは、人の生活と文化の基礎であり、人を養育し、人を作り上げる故郷である。設計者は、社会の基盤を築くものであるという認識を持つならば、風景と土地が保存されるように仕事をし、かつここから新しい文化価値が生まれるように、その構造物を設計し、創造する義務を有するものである。」¹⁾

また、日本においても土木構造物が人々に与える心的影響について配慮されていた時期があった。関東大震災後の復興事業がそれである。土木分野の復興事業で指揮を執った内務省復興局土木部長の太田圓三は「帝都復興事業誌」の中で下のように述べている。

「隅田川の六大橋（相生・永代・清洲・駒形・言問・蔵前橋）は、蓋し帝都の偉観たるべく（中略）各橋は構造的

に其の架橋地点に最も妥当すべきは素よりであるが、同時に外観に美を表現し、通行者に快感を興ふる事が緊要である。」²⁾

以上のように、海外や昔の日本では土木構造物の外観や周囲への影響については細心の注意が払われていたことが分かる。しかし、現在の日本ではどうだろうか。高度経済成長期に起こったスピードと経済性しか求められていない土木構造物濫造の流れが現在も継続していると言える。

この現状への対策としては、新規で建設する構造物に対してより良いデザインを追及することも一つのアプローチの方法である。しかし、我が国の財政やインフラの整備状況を鑑みると、これからは新規建設は減少の一途をたどり、その代わりに補修・補強工事が増大してくることは自明の理である。

そのため、補修工法、中でも断面修復工法に着目した。この工法では劣化した部分を除去して新しいコンクリートを打設するのだが、補修工事を必要とする構造物は大抵建設してから数十年が経過しており、外壁面は黒く汚れてしまっている場合が多い。ここに新しくコンクリートを付け加えた場合、新旧のコンクリートのコントラストの差異のために、逆に補修部分の目立つ「汚い」構造物になってしまう恐れがある。特に近代の文化遺産と呼ぶにふさわしい構造物に補修を加えた場合、補修したためにかえって文化的価値が損なわれる危険性が大きい。その一方で絵画や社寺仏閣の場合、補修を行うときには現在の色を尊重し、補修部分が浮かないよう、違和感の無いよう補修を加えるのが一般的である。

このような現状を踏まえ、対象を断面修復工法に用いるためのコンクリートとし、汚れの原因物質である煤塵をコンクリートに添加することによる色（明度）の変化とその添加量の関係を調べ、さらには配合を調整することによって求める色が出るようにすることが本研究の目的である。

2. 実験概要

2.1 コンクリート汚れの原因物質

コンクリートの汚れの主な原因物質は自動車や工場から

*東京大学大学院 工学系研究科

**東京大学生産技術研究所 都市基盤安全工学国際研究センター

研究速報

排出される炭素粒子である。これらは大気中に浮遊しており、非降雨時に屋根などの天端面に堆積する。その堆積された炭素粒子が降雨時に雨水と一緒に壁面を流下していく。その流下していった炭素粒子がコンクリート表面の微細な凹凸部に溜まり、初期には雨垂れ状の汚れが発生し、徐々に広がっていくことで最終的には壁面全体の汚れへと成長する。³⁾ そのため、本研究では模擬的に顔料であるカーボンブラックを通常のコンクリートに混合することで「汚れた」コンクリートを再現しようと考えた。

2.2 実験方法

カーボンブラックの混合量によって6種類(セメント量に対して0%, 0.1%, 0.3%, 0.5%, 0.7%, 1.0%)の円柱供試体をそれぞれ3本ずつ作成し、材齢七日での測色試験と強度試験を行った。その配合を表1に示す。

表1 供試体コンクリート配合

W/C (%)	s/a (%)	単位容積質量 (kg/m ³)			
		W	C	S	G
50	45	170	340	802	1003



写真1 作成した供試体

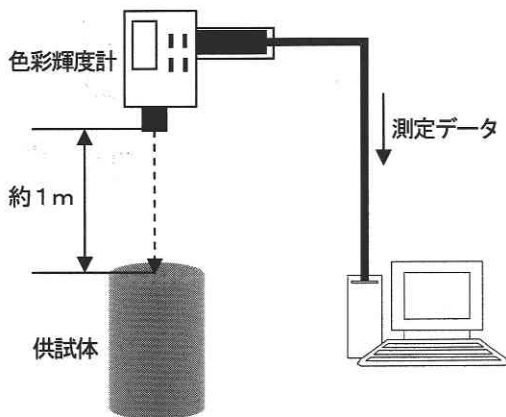


図1 測色試験方法

2.3 測色試験

作成した供試体の色を色彩輝度計(コニカミノルタ製CS-100A)を用い、C光源(1000ルクス、室内)の条件の下で測定した。測定の様子は図1の通りである。

測定は一つの供試体の片方の面につき3箇所を3回ずつ計測し、平均をとることであるべく誤差を小さくするように測定した。ここで打設時に底となる部分を底面、上部にくる部分を上面とする。上面を研磨し、研磨面を測定することでコンクリート内部の色の変化を測定し、底面を測定することでコンクリート表面の色の変化を測定した。

2.4 圧縮試験

作成した供試体の強度を比較するために圧縮試験を行った。混合した炭素の量によって分類した種類ごとに3本ずつの圧縮強度を求め、平均化した。

3. 実験結果および考察

3.1 測色試験について

底面・上面の測色試験結果をそれぞれ図2・3にその結果を示す。

図2を見て分かるように、底面については、一定の明度低下が確認できた。そのため、明度低下の傾向を知るために各種類ごとに明度を平均化し、直線で近似したものが図4である。

近似直線を求めると、

$$y = -1932.7x + 61.452$$

となる。ここで北川の研究⁴⁾によると、コンクリート構造物が汚れるにしたがって明度は低下していき、最終的に

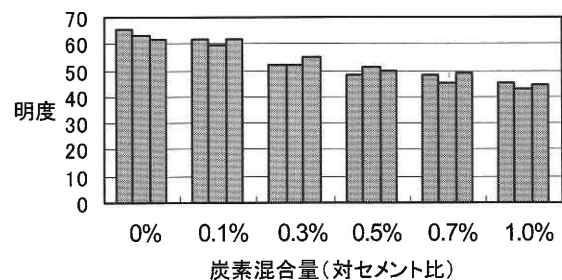


図2 底面の明度変化

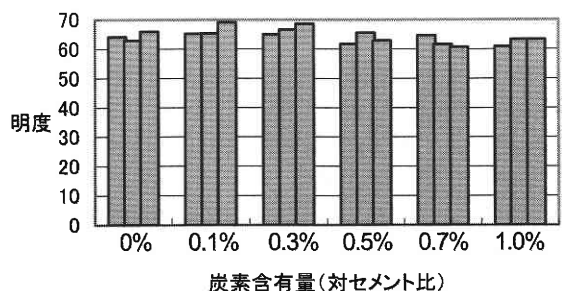


図3 上面の明度変化

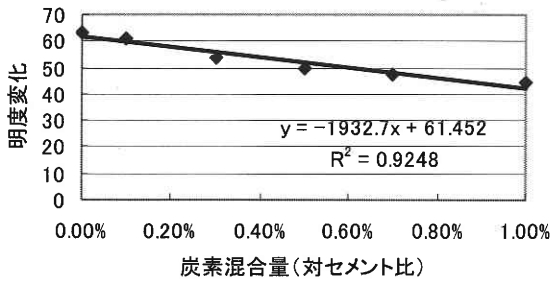


図 4 明度変化の近似直線

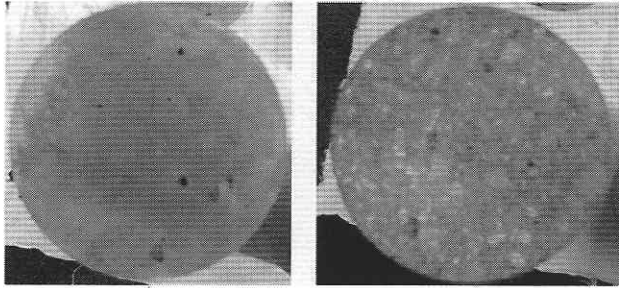


写真 2 底面 (左) と上面 (右) の接写

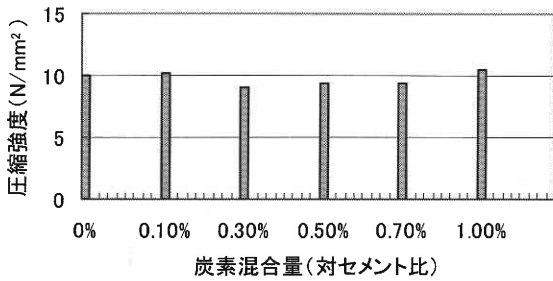


図 5 圧縮強度の比較

は明度 4 程度で定常状態になる。このことより、近似直線を利用すると炭素をセメントに対して 3% 混合することで定常状態と同じ明度になると考えられる。

図 3 は研磨した上面の明度変化を測定したものであるが、底面のものほどは明度変化を見せていない。これは研

磨したことにより露出した骨材の影響が大きいからだと考えられる。

3.2 圧縮試験について

圧縮強度試験の結果を図 5 に示す。

図 5 を見て分かるように、炭素の混合量と圧縮強度との間に明確な相関関係はみられなかった。材齢 7 日と非常に若いコンクリートを使用して実験を行ったためである可能性も否定できない。そのため、現在 28 日強度を求めるために同様の供試体を養生中である。

3. ま と め

1. 炭素の混合量とコンクリート表面の明度変化には明確な相関関係があることが分かった。このことより、炭素をセメントに対し 3% 混合すれば汚れが定常状態である明度 4 のコンクリートを作成できると考えられる。
2. 炭素の混合量とコンクリートの強度の間には明確な相関関係は見られない。しかし、この点ではさらなる調査が必要である。
3. 本研究では擬似的に顔料を用いたが、実際の工場の煤塵等を混合して、顔料とどのような差異が現れるか分析することも必要である。

謝 辞

本研究は東京大学生産技術研究所魚本・岸・加藤研究室にて行ったものであり、同研究室の皆様にご協力いただいたことに感謝の意を表します。

(2004 年 3 月 11 日受理)

参 考 文 献

- 1) 篠原修：土木デザイン論 p. 64 2003
- 2) 復興局事務局：帝都復興事業誌 土木編 上巻 S6
- 3) 仕入・地濃：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 1986. 7
- 4) 北川・皆川・佐藤：法面工と橋梁におけるコンクリートの汚れ過程の分析 土木学会論文集 No. 506 IV-26 p. 35-44 1995. 1