

実構造物における材料分離によるコンクリートの不均一性の調査

新潟大学大学院 学生会員 ○鈴木章太 新潟大学工学部 正会員 佐伯竜彦
 新潟大学工学部 正会員 斎藤豪 新潟大学工学部 学生会員 橋本宇

1. はじめに

現在、高度経済成長期に建設された多くの構造物の劣化が急速に進んできている。今後もさらに老朽化する構造物の割合が増えていく中で、少ない人員・予算で適切に維持管理を行うためには、最も劣化する箇所を予測し、その箇所を点検していくことが重要である。

劣化予測を正確に行っていく上で材料分離によるコンクリート構造物の不均一性が劣化予測の精度を低下させる可能性がある。材料分離による部位ごとの骨材量や各種品質の違いを調査することで劣化予測の信頼性を高め、最も劣化しやすい場所を重点的に維持管理することにより大幅な人員・予算の削減ができるようになる。どのような部位で不均一になりやすいかを把握することで効率的な維持管理が行えると考えられるが、実構造物を対象として各部材のコンクリートの不均一性と各種品質との関係を調査した研究は少なくデータが不足している。これは、コアの採取を伴う破壊試験では、構造物の耐久性を低下させる可能性が高く、供用中の構造物では十分に試験ができないからである。

本研究では、データ蓄積も兼ねた研究として、新潟県内で撤去された橋梁の各部材からコアを多数採取し、材料分離の程度やそれに伴う酸素拡散係数の違いについて調査した。

2. 調査対象

新潟県内で撤去された4橋梁(A~D橋)からコア採取を行った。以下に、調査橋梁の概要を示す。

(1) A橋

A橋は、昭和38年に竣工した2径間単純合成鋼版桁橋である。コア採取は本橋梁におけるRC床版を対象として行った。図-1,2に橋梁一般図、コア採取位置図を示す。A1-P1間、P1-A2間において等間隔で同数の

コア採取を行い、合計40本のコアを用いて実験を行った。

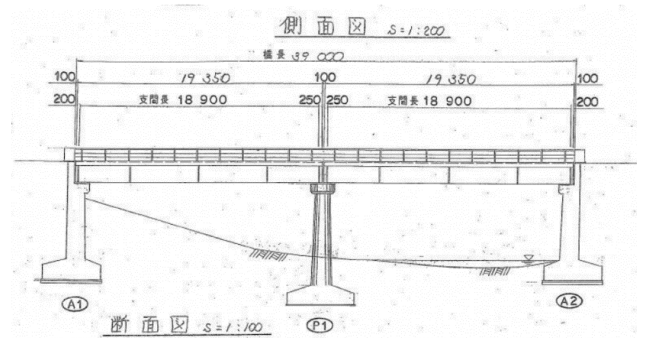


図-1 A橋一般図

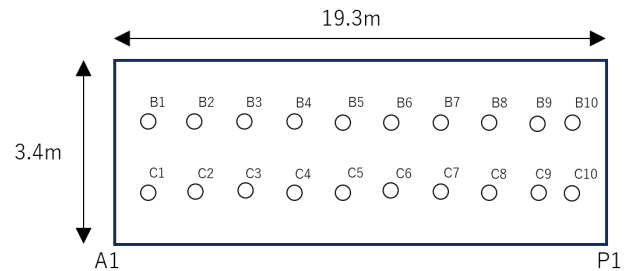


図-2 A橋コア採取位置(床版 A1-P1間)

(2) B橋

B橋は、昭和47年に竣工したPCT桁橋である。コア採取は、径間P2-3におけるG1、G2桁の側面にて行った。コア採取位置を図-4に示す。



図-3 B橋コア採取部位



図-4 B橋コア採取位置(桁)

(3) C橋

C橋は、昭和42年に竣工した全2径間3主桁のRCT桁橋である。コア採取は、図-5中の黒く塗りつぶした位置の桁と橋脚にて行った。コア採取位置を図-6,7に示す。

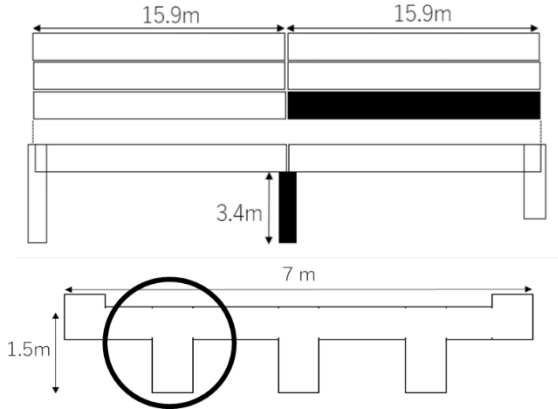


図-5 C橋コア採取部位

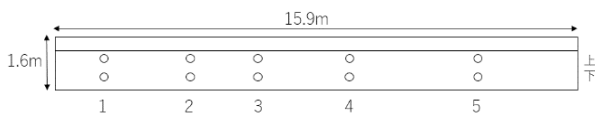


図-6 C橋コア採取位置 (桁)

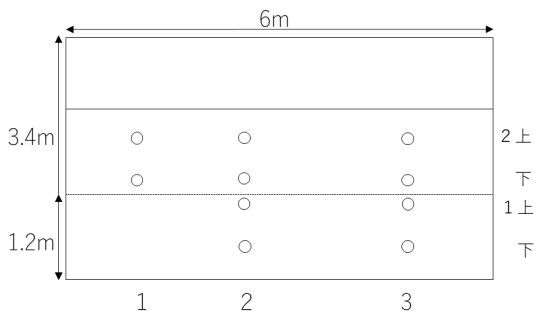


図-7 C橋コア採取位置 (橋脚)

(4) D橋

D橋は、昭和46年に竣工した吊り橋である。コア採取は、左岸側の橋台にて行った。コア採取位置を図-8に示す。

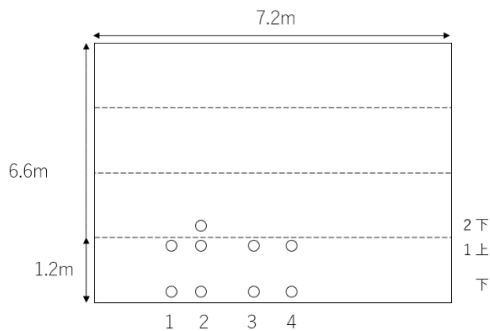


図-8 D橋コア採取位置 (橋台)

3. 実験概要

本研究では、コンクリートの不均一性としてコア中の骨材量の違いに注目した。採取したコアを用いて画像解析によりコア断面の骨材体積率の測定を行った。また、コンクリートの密実性を評価するために酸素拡散試験を行った。

(1) 骨材体積率の測定

直径10cm長さ15~20cmの円柱コア供試体の上下から5cmを除いた部分から厚さ4cmになるようにコンクリートカッターにより切断し、切断したコアの両断面をデジタルカメラで撮影した。撮影した画像を65mm×65mmの範囲でトリミングを行い、解像度72dpiにて取り込んだ。まずフェノールフタレイン溶液で赤く着色されたセメントペースト部のHSV値を求めた (URL)。次に、HSV値を抜き出す閾値を設定してセメントペースト部と骨材部の白黒二値化画像を取得した。最後に、白黒それぞれの面積率を算定した。本研究では、標準設定としてHの閾値を100~360、Sの閾値を約20~100、Vの閾値を約40~100とした。なお、中性化の程度により着色の濃さに差が出るため、閾値を変更して面積率の算出を行った。なお本手法では、骨材直径が0.15mm以上のものを骨材として認識している。また、五十嵐ら¹⁾は、画像解析による骨材面積率と示方配合での骨材体積率は誤差1~3%と、高い精度での予測が可能だと報告している。これより、本研究でも骨材面積率≒骨材体積率として評価を行った。

(2) 酸素拡散試験

酸素拡散試験は、JCI-DD5「酸素の拡散試験方法(案)」に準拠し行った。骨材面積率の測定に用いた供試体を110°Cで恒量となるまで乾燥し、酸素拡散試験に用いた。

4. 実験結果

(1) 骨材体積率

A橋の床版における骨材体積率の測定結果を表-1に示す。表より、同一部材内でもばらつきが生じていることがわかる。また、A1-P1間とP1-A2間で変動係数がほぼ同じ結果になった。これより、材料分離は配筋・配合・施工方法などが同一の場合は変動係数が近い値になるものと考えられる。

表-1 骨材体積率の測定結果

位置	平均値(%)	標準偏差	変動係数(%)
A1-P1	55.6	6.01	10.8
P1-A2	59.1	5.96	10.1

各コア採取位置における骨材体積率を図-9に示す。ここで、コア採取位置は、A1橋台からA2橋台方向への距離を表している。図より、骨材体積率の値が高い箇所が複数あり、そこから横方向に徐々に値が小さくなっていることがわかる。このことから、骨材とセメントペーストの流動性の違いにより打ち込み位置で骨材量が多く、そこから横一方向に骨材量が減少していると推測できる。

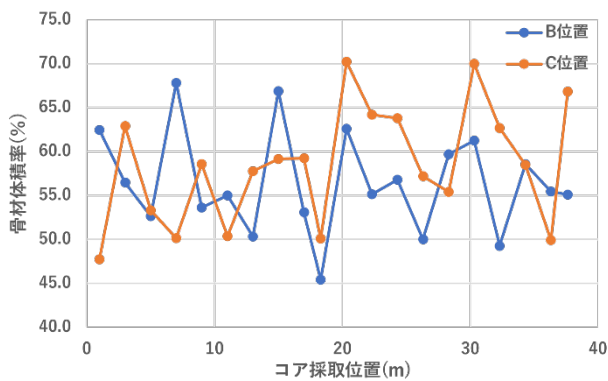


図-9 各コア採取位置における骨材体積率(A橋床版)

また本研究では、多数のコアを採取したA橋床版における骨材体積率について空間的自己相関を求め、空間予測マップを作成した。

図-10に結果を示す。図より、周囲より骨材体積率が大きい2点から放射状に骨材体積率が減少していることが確認できる。寺西ら²⁾によると、コンクリート打込み部の骨材量が最も多くなることが分かっている。よって、この2点がコンクリートの打込み部であると考えられる。

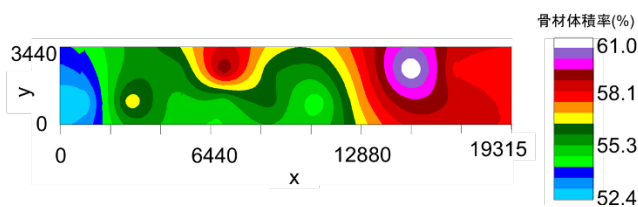


図-10 骨材体積率の空間予測マップ(A橋床版)

図-11に、B橋、C橋、D橋の各コア採取位置における骨材体積率を示す。ここで、コア採取位置はそれぞ

れ、横方向への距離を表している。図よりすべての橋で上部よりも下部で骨材体積率が大きい値となった。横方向の変化は少ないが、A橋床版のように多数のコアを採取すれば、打ち込み部から横方向に減少していく測定結果が得られる可能性もある。

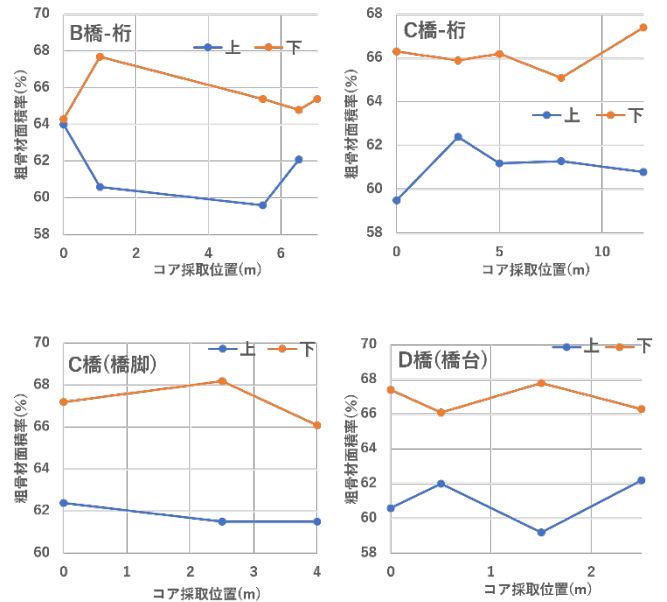


図-11 各コア採取位置における骨材体積率(B,C,D橋)

(2) 酸素拡散係数

A橋の床版における酸素拡散試験の結果を、表-2に示す。変動係数をみると、同一部材内でもばらつきが生じていることがわかる。また、骨材体積率の変動係数と比較するとばらつきが大きくなる結果となった。

表-2 酸素拡散係数の測定結果

位置	平均値(m ² /s) · 10 ⁻⁸	標準偏差	変動係数(%)
A1-P1	6.1	2.27	37.32
P1-A2	6.0	1.71	28.55

各コア採取位置における酸素拡散係数を、図-12に示す。図より、A1-P1間では、酸素拡散係数の値が小さい点が複数あり、そこから横方向に徐々に値が大きくなっていることがわかる。酸素拡散係数の小さい箇所は骨材が多い打ち込み部であると考えられる。このことから、床版の品質を調査する場合は、打ち込み部から最も離れたコアを採取することによって品質の最低値を把握できると考えられる。また、P1-A2間では、酸素拡散係数の値に明確な差がみられないことがわかる。これは、骨材体積率以外にもセメントペーストの影響を受けたためと考えられる。

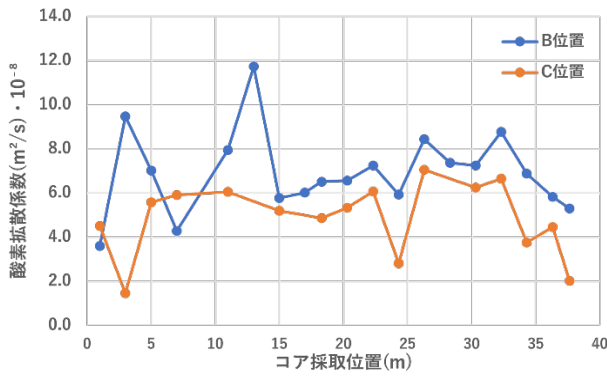


図-12 各コア採取位置における酸素拡散係数(A橋床版)

図-13に、B橋、C橋、D橋の各コア採取位置における酸素拡散係数を示す。図より、上部の方が下部よりも酸素拡散係数が大きいことがわかる。また、各部材の横方向に一方向から徐々に酸素拡散係数が大きくなる傾向が見られる。このことから、高さのある部材の品質を調査する場合は、一リフト内の打ち込み位置から最も離れた位置の上部からコアを採取することで品質の最低値を把握できると考えられる。

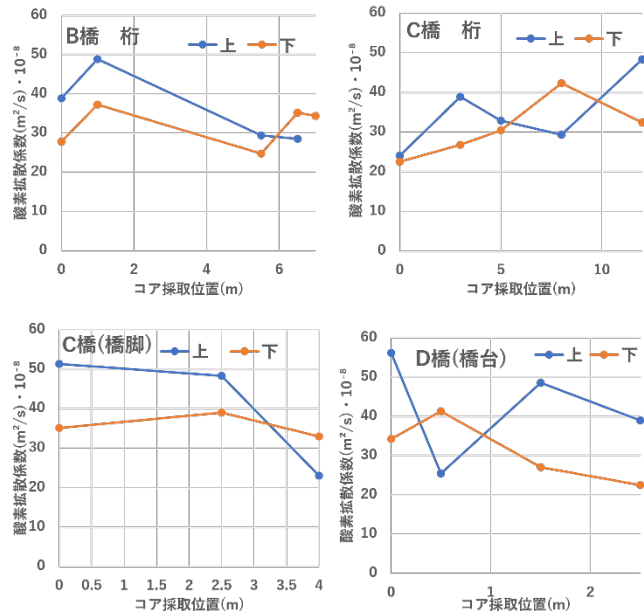


図-13 各コア採取位置における酸素拡散係数(B,C,D橋)

(3) 骨材体積率と酸素拡散係数の関係

図-14に調査した4橋梁の酸素拡散係数と粗骨材面積率の関係を示す。図より、骨材体積率と酸素拡散係数には負の相関があることがわかる。しかし両者の相関はそれほど高くないことから、酸素拡散係数は骨材

体積率の影響を大きく受けるが、それだけでなく、セメントペーストの影響も受けると考えられる。

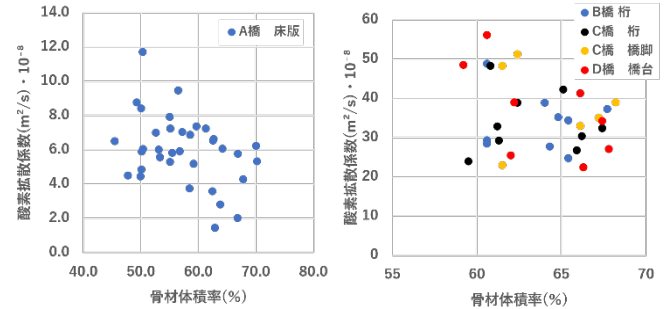


図-14 骨材体積率と酸素拡散係数の関係

5. まとめ

- (1) 調査した床版においては、コンクリート打込み部から離れるほど骨材量が少なかった。また、調査した橋脚、橋台、桁では上部の方が下部よりも骨材量が少なかった。
- (2) 骨材量と酸素拡散係数は負の相関があり、骨材量の影響を強く受ける。また、調査した床版においては、打込み部と想定される位置から離れている箇所では拡散係数が大きくなっており、調査した橋脚、橋台、桁においては、骨材体積率が最も大きい箇所を打ち込み部と想定すると、打ち込み部から離れた上部で拡散係数が大きくなっていった。
- (3) コンクリート構造物の点検を行う際は、一リフト内の打込み部から一番離れている位置の上部からコアを採取することで品質の最低値を把握できると考えられる。

6. 謝辞

本研究で測定したコンクリートコアを提供していただいた新潟県土木部に謝意を表します。

参考文献

- 1) 池崎由典, 五十嵐心一, 川村満紀: 画像解析による硬化コンクリートの配合推定, コンクリート工学年次論文集, Vol.26, No.1, 2004
- 2) 寺西浩司, 丹羽大地: 材料分離が構造体コンクリートの各種品質に及ぼす影響, 日本建築学会構造系論文 文集 第83巻 第749号 pp923-933, 2018