

鉄道高架橋スラブにおける中性化深さの空間分布特性

公益財団法人鉄道総合技術研究所
公益財団法人鉄道総合技術研究所
公益財団法人鉄道総合技術研究所

正会員 ○松岡 弘大
正会員 曾我部 正道
正会員 仁平 達也

1. はじめに

不確実性を考慮した中性化深さの部材表面全体での予測手法として、乱数を用いる方法が提案されている¹⁾。しかし、各箇所での独立な乱数を発生させるため、隣接する箇所での中性化深さが全く異なるなど、現実離れした値が導かれる場合も存在する。スラブ下面における中性化の進行が施工条件や環境条件に依るならば、隣接する地点の中性化深さはある程度の類似性を有すると考えられる。本研究ではこのような中性化進行の空間的な類似性を空間分布特性と定義し、実構造物の調査結果に基づき、空間分布特性を明らかにするとともに劣化予測に利用可能な式を提案する。

2. 調査概要

対象構造物は建設後 40 年が経過した鉄道高架橋の、図-1 に示す形状寸法を持つ中間スラブおよび張出スラブの下面側である。最外縁鉄筋は、中間スラブには D25 と D22 が 150mm 間隔で交互に、張出スラブには $\phi 13$ が 300mm 間隔でそれぞれ配置されている。また、コンクリートの設計基準強度は $f'_{ck}=24 \text{ N/mm}^2$ 、水セメント比は $W/C=50\%$ となっている。張出スラブに 1~2 本程度の鉄筋腐食によると考えられるひび割れが見られる以外は健全な状態であった⁴⁾。

スラブ下面の中性化進行を調べるため、スラブ下面のコンクリート(図-1 (a)白塗範囲)をはつり、同図中に青線で示すはつり面(L1~L4, C1~C10)を調査断面と設定した。なお、白塗となっていない箇所はスラブを切断している。調査断面に対して 100mm 間隔で、フェノールフタレイン法により中性化深さを測定した。また、中性化進行の面的性状を調べるために、図-1 (b)に赤塗で示す範囲を深さ 300mm 程度はつり、はつり面(G1~G10)を調査断面し、100mm 間隔でフェノールフタレイン法により中性化深さの測定を行った。

3. 調査結果と空間分布特性

空間分布特性を定量化するための事前処理として、得られた中性化深さ y をルート t 則に基づいて中性化速度係数 α に変換し、平均を 0 とすることで中性化進行の変動成分 $x(l)$ ($l=\Delta l, 2\Delta l, \dots, L: \Delta l$ (100mm)) を算出した。算出した変動成分 x の例として図-2 に張出スラブ橋軸直角方向の調査断面 C1~C7 を示す。

中性化速度係数の変動成分 $x(l)$ ($l=\Delta l, 2\Delta l, \dots, L: \Delta l$ (100mm)) をフーリエ変換により空間パワースペクトル $P(f)$ ($f=\Delta f, 2\Delta f, \dots, F$) に変換した。なお、 f は空間周波数 (mm^{-1}) であり、 f^{-1} は中性化速度係数の系列 $x(l)$ 内に含まれる波形の波長 (mm) である。図-3 には全調査断面の空間パワースペクトルと累乗近似曲線(黒)

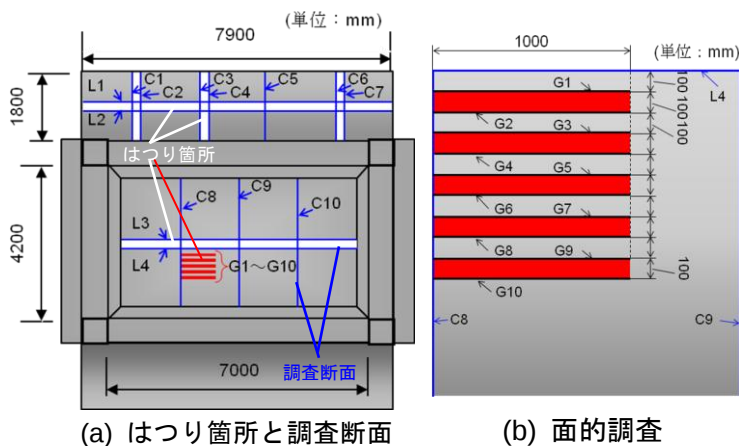


図-1 スラブ下面の調査箇所

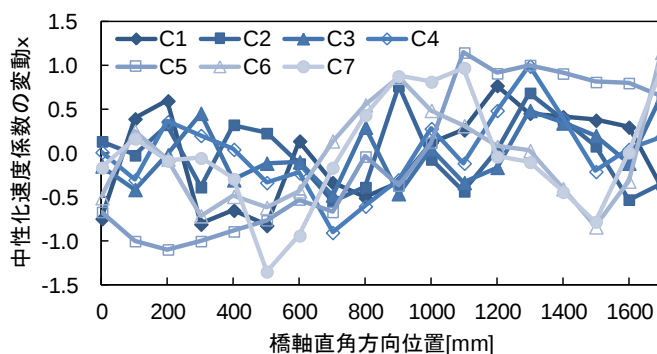


図-2 中性化速度係数の変動 x (C1~C7)

キーワード 鉄道高架橋, スラブ, 中性化深さ, 分布特性, 空間パワースペクトル

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 TEL 042-573-7290

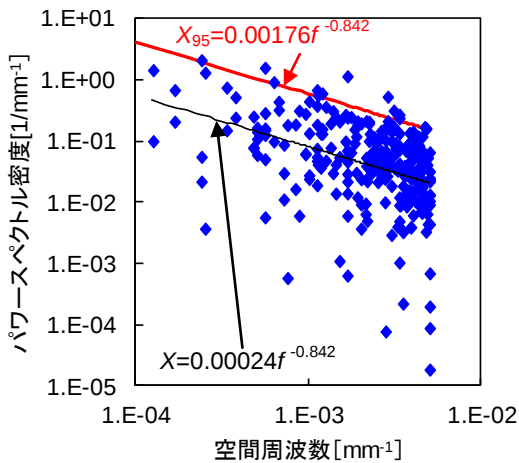


図-3 中性化速度係数の空間パワースペクトルと近似曲線、および提案式

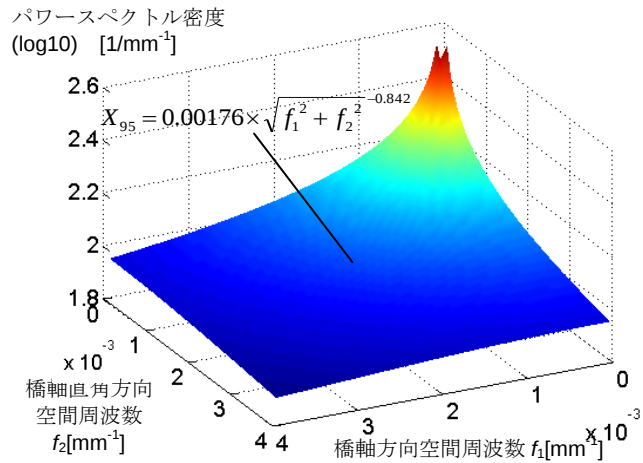
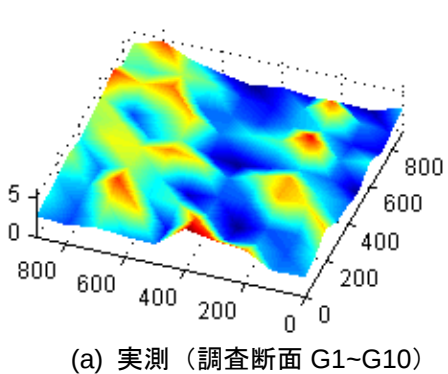
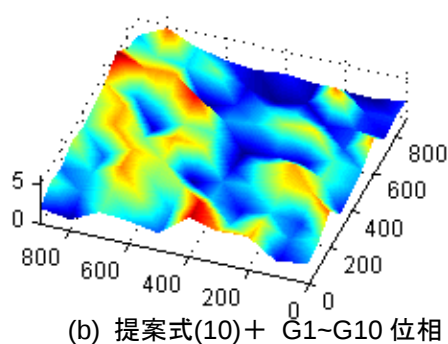


図-4 中性化速度係数の空間パワースペクトルの提案式(10)



(a) 実測 (調査断面 G1-G10)



(b) 提案式(10)+ G1-G10 位相

図-5 提案式(10)の検証結果 (調査断面 G1-G10)

を示す。ばらつきは大きい、空間周波数の増加に伴うパワースペクトル密度の減少が確認できる。このような中性化進行に見られる空間分布特性を同図に示した近似曲線、

$$X = 0.00024 f^{-0.842} \quad (f > 0) \quad (1)$$

で表わす。ただし、 $X=0$ ($f=0$) である。

さらに、空間分布特性の利用を想定し、その不確実性を包括したうえで、面としての分布特性を表現するために、95%信頼曲線を図-4に示す3次元空間中の曲面(式(2))に拡張した。

$$X_{95} = 0.00176 \sqrt{f_1^2 + f_2^2}^{-0.842} \quad (2)$$

ここに、 f_1 は橋軸方向の空間周波数、 f_2 は橋軸直角方向の空間周波数である。また、 $X=0$ ($f_1=0, f_2=0$) である。

式(2)の妥当性を検証するために、調査断面 G1 から G10 の位相情報を利用する。調査断面 G1 から G10 の調査結果は橋軸方向、橋軸直角方向ともに 100mm 間隔の格子状に取得している。これらの調査結果、および式(2)に調査断面 G1 から G10 の位相情報を代入し2変量フーリエ逆変換により算出した中性化速度係数を図-5に示す。提案式に基づく中性化速度係数の変動と実測結果の変動は非常に整合的であるとともに、提案式に基づく中性化速度

係数の方が若干大きな変動を示しており、現象の特徴を捉えつつ、劣化予測において安全側となっている。

5. おわりに

本研究では、実高架橋から切り出したスラブ部材の中性化深さを詳細に調査し、中性化速度係数の変動に着目した空間スペクトル分析を実施した結果、以下の知見を得た。

- (1) 空間分布特性を空間パワースペクトルにより定量化し、利用可能な式を提案した。
- (2) 実測結果に基づき提案式の妥当性を検証した結果、提案式は中性化速度係数の空間的な変動傾向を安全側かつ良好に再現可能であることを確認した。

参考文献

- 1) 曾我部正道, 谷村幸裕, 松橋宏治, 宇野匡和: 鉄道高架橋の RC 高欄の変状調査とその劣化予測, コンクリート工学, Vol.47, No.8, pp.16-24, 2009.
- 2) 松橋宏治, 宇野匡和, 谷村幸裕, 曾我部正道: 中性化が進行した既設鉄道高架橋の詳細な調査と劣化予測法に関する一考察, 土木学会第 62 回年次学術講演会概要集, pp.107-108, 2007.