

推定したかぶりがはく落予測結果に及ぼす影響

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○松下 将士, 角野 拓真, 轟 俊太郎, 田所 敏弥

1. はじめに

鉄道構造物等維持管理標準・同解説(構造物編)コンクリート構造物¹⁾(以降, 鉄道標準)では, 鉄筋の腐食を対象とした変状予測モデル(以降, 変状予測モデル)を記載している。これは, 定期的な検査により適切な予測の修正が行われることを前提として構築されたモデルである。適切な予測の修正方法として, 目視から得られるはく離・はく落範囲に基づき推定した鉄筋腐食速度を用いて, はく落予測を行う手法(以降, 提案法)を提案している²⁾。ここで, かぶりは鉄筋腐食やそれによる変状の発生と進行に影響を与えるため, はく落予測を行う上で, 非常に重要なファクターであるが, 非破壊検査を用いても, 膨大な構造物・部材のすべてのかぶりを計測することは容易ではない。本研究では, 現地調査で計測した部材全体のかぶりをを用いたはく落予測と, 限られた計測点のかぶりから推定した部材全体のかぶりをを用いたはく落予測の比較を行い, 推定したかぶりをを用いることがはく落予測結果に及ぼす影響を検証した。

2. はく落予測手法

図-1に, 提案法によるはく落予測フローを示す。提案法は, 目視により得られるはく離・はく落範囲から, はく離・はく落発生率算出範囲を定義し, 鉄筋上を区分したメッシュ単位で, その範囲内で目視とはく落予測によるはく離・はく落発生率が適合するように平均的な鉄筋腐食速度を推定し, 推定した鉄筋腐食速度を用いてはく落予測を行う手法²⁾である。目視調査, 鉄筋かぶり測定, 中性化深さおよび塩化物イオン濃度分析等の結果を用いることで, コンクリートのはつり出しによる鉄筋腐食量の計測など特別な調査を要さず, 材料, 施工, 環境の影響を含んだ鉄筋腐食速度により, 将来的なはく離・はく落を予測できることが最大の長である。

3. 調査対象の概要およびかぶりの計測方法

(1) 調査対象の概要

対象は, 高度経済成長期にあたる1972年にしゅん功した鉄道RCボックスカルバートの起点方の側壁内空面とした。調査時点での経年は45年である。内空幅2.0m×内空高2.6mの人道用ボックスカルバートであり, 鉄道の施工基面からの土被りは軌道中心位置で2.33mである。図-2に, 配筋概略図および計測箇所を示す。設計図書からコンクリートの設計条件は, 圧縮強度24N/mm², 水セメント比59%であった。初期塩化物イ

キーワード: 実構造物, はく落予測, かぶり, 推定法
連絡先: 〒185-8540 国分寺市光町2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 TEL 042-573-7281

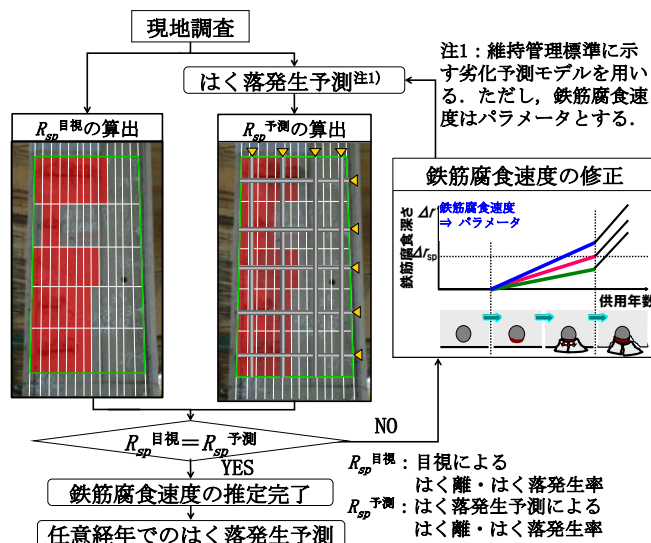


図-1 提案法によるはく落予測フロー

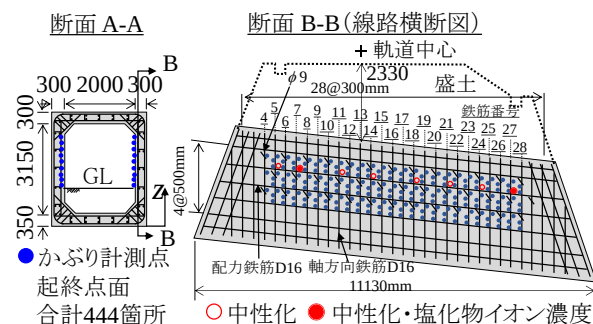


図-2 側壁内側の配筋概略図および計測箇所

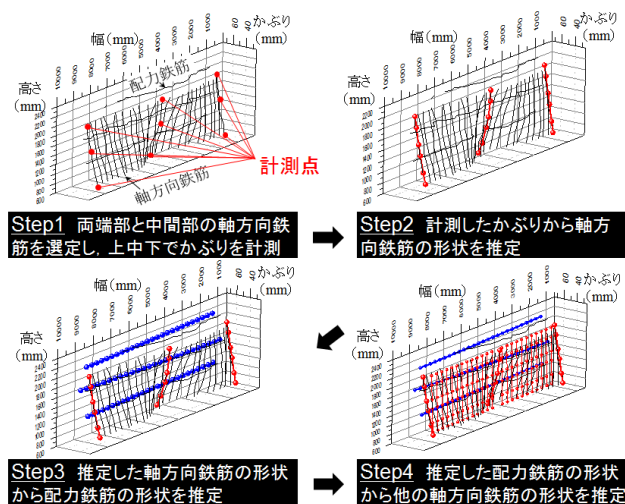


図-3 部材全体のかぶりの推定手順

オン濃度は1.18kg/m³~1.65kg/m³(データ数: 4箇所), 中性化深さは13.0~65.0mm(データ数: 21箇所)であったことから, 劣化要因は複合劣化であると推定した。本研究では検討の簡便を図るため, 斜め方向に配筋さ

れ軸方向鉄筋を除いた鉄筋 4~28 の範囲を対象とした。

(2) かぶりの計測方法

かぶりは、渦流式の電磁誘導法を用いて計測した。軸方向鉄筋については、配力鉄筋間の高さ方向に 2 側線のかぶりを、配力鉄筋については、軸方向鉄筋間の横方向に 1 測線のかぶりを測定した。なお、17 箇所のはつり出しによるかぶりの計測値と電磁誘導法による計測値を比較し、本計測で用いた電磁誘導法が、 $\pm 5\text{mm}$ 以内の精度で計測可能であることを別途確認している。

4. 限られた計測点から推定した部材全体のかぶりの精度の確認

図-3 に限られた計測点から部材全体のかぶりを推定する手順を示す。軸方向鉄筋を両端部および中間部で 3 本(図-2 鉄筋 4, 15, 28) 選定し軸方向鉄筋 1 本につき、上中下 3 点の計 9 点のかぶりを計測する。選定したそれぞれの軸方向鉄筋の形状を 2 次補間式にて推定する。推定した 3 本の軸方向鉄筋のかぶりの値から配力鉄筋の形状を 2 次補間式にて推定する。推定した配力鉄筋のかぶりの値から、初めに選定した 3 本以外の軸方向鉄筋の形状を 1 次式による最小二乗法にて推定する。図-4 に推定したかぶりの 3 次元分布、図-5 に推定したかぶりの計測値との誤差を示す。最大で 20mm の誤差が生じているものの、誤差平均 5.2mm と上記の計測誤差と同程度であり、 $\pm 10\text{mm}$ 程度の誤差で部材全体のかぶりを概ね推定できている。

5. 推定したかぶりがかぶり予測結果に与える影響

図-6 (a) に目視および打音調査によるはく落範囲、(b) に計測した側壁全体のかぶりをを用いたはく落予測、(c) に限られた計測点から推定した側壁全体のかぶりをを用いたはく落予測を示す。なお、はく落予測は、鉄道標準に示す複合劣化による変状予測モデルを用いた。図-6 (b) および図-6 (c) のいずれの場合もはく落の発生傾向は図-6 (a) に示すはく落の範囲と概ね一致することがわかる。目視および打音調査により得られたはく離・はく落の判定メッシュと、はく落予測の適合率は、55.6% (図-6 (b)) および 39.6% (図-6 (c)) であった。部材全体のかぶりを測定して実施したはく落予測の適合率と比較すると約 15% 低下しているものの、推定したかぶりをを用いたはく落予測にて、はく離・はく落の傾向を概ね再現することができた。

6. まとめ

ボックスカルバートの側壁において、対象とする部材の端部および中央部において、鉛直方向の上中下 3 点の軸方向鉄筋のかぶりの計測結果から、2 次補間式あるいは 1 次式による最小二乗法により推定したかぶりをを用いてはく落予測を行い、かぶりコンクリートのはく離・はく落の傾向を概ね再現することができた。実務では、構造物の立地状況等の物理的な制約、ある

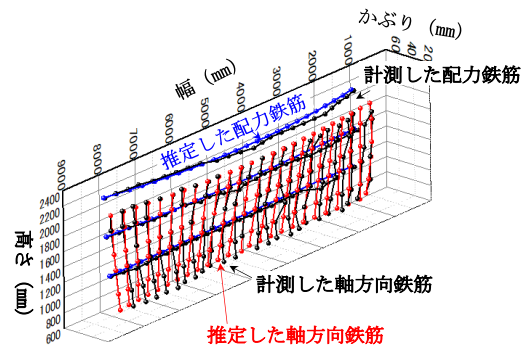


図-4 推定したかぶりの三次元分布

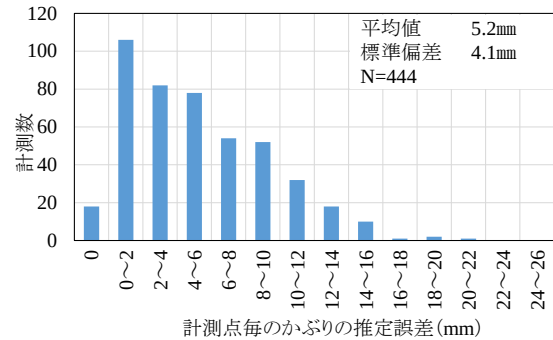


図-5 推定したかぶりの計測値との誤差



(a) 目視および打音調査



(b) 計測した側壁全体のかぶり(はく落予測)



(c) 推定した側壁全体のかぶり(はく落予測)

図-6 各情報に基づいたはく落範囲

いは労力、費用の問題などから、限定した計測点から部材全体のかぶりを推定せざるを得ないことも少なくない。はく落予測の精度に留意すれば、得られた予測結果は、膨大な構造物・部材の中で検査時に特に着目すべき箇所の抽出、あるいは補修計画の優先順位付け等、維持管理における重要な情報の整理に役立てることができる可能性がある。

参考文献

- 1) 公益財団法人鉄道総合技術研究所: 鉄道構造物等維持管理標準・同解説(構造物編) コンクリート構造物, pp.222-233, 丸善出版, 2007.1
- 2) 轟俊太郎, 渡辺 健, 鬼頭直希, 笠裕一郎: 現地調査データを用いた鉄筋腐食速度への影響因子に関する一考察, コンクリート工学年次論文集, Vol.37, No.1, pp.920-924, 2015