

既存 RC 構造物の実態調査に基づくスラブ下面のかぶり推定に関する検討

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○藤村 将治, 渡辺 健

1. はじめに

鉄筋コンクリート構造物のかぶりは、鉄筋腐食に起因するかぶりのほく落・はく落の発生を予測するための重要な情報となる。一方、かぶりの計測は、計測器を持った作業員が鉄筋コンクリート構造物に接近して1カ所ずつ行う必要があるため、部材のかぶりを全数計測することには多くの労力を要す。本論文では、既存 RC 高架橋におけるスラブ下面のかぶりの分布の実態を調査し、限定した数点の計測結果からスラブ下面のかぶりを全数推定する方法を検討した。

2. 調査概要と計測結果

対象とした RC 高架橋は、凍結融解や飛来塩分を受けない地域に立地している。塩化物イオン濃度は 2.12kg/m^3 であり、内的塩害²⁾による鉄筋腐食が発生している。対象は1径間の張出スラブ(図1)とし、電磁誘導法によりかぶりを計測した。図2に、軸直角方向の主鉄筋を31列、軸方向の配力筋を8行計測した結果(以下、実かぶり)を示す。主鉄筋の実かぶりは、図中の外側から縦梁側にかけて小さくなり、その傾向は中心付近が最も顕著であった。また、配力筋の実かぶりは主鉄筋と同様の傾向にあった。このように、実かぶりの分布に一定の傾向があるため、この傾向を捉えることで、限定した計測点から張出スラブ下面のかぶりを推定できる可能性がある。

また、3行目の配力筋については、実かぶりが極端に小さく、はく落も多く発生していた。これは施工時の

段取り筋と思われ、同様の時期に建設された高架橋に多く見られる特徴である。段取り筋ははく落により実かぶりが視認できるため、かぶり推定の対象外とした。

3. かぶり推定結果と計測結果の比較

主鉄筋と配力筋が接触して配置されていることを前提に、計測した数点の実かぶりから、全面のかぶりを推定する3つの方法(表1)を試行した。表2に測点数や推定範囲を示す。

図3に、Case1~6により推定したかぶり(以下、推定かぶり)と、実かぶりの差における標準偏差や平均値を示す。なお、段取り筋は無視して算出した。図3より、計測点数が増加することで推定精度が向上することがわかる。また、平均値をみると、Case1, 2では平均値が正となり、推定かぶりは実かぶりを大きく推定してしまう恐れがある結果となった。推定方法による推定精度の差は軽微であるが、平均値は推定方法(3)が最も小さくなり、実かぶりより小さく推定した。次に、Case7~8による推定かぶりと実かぶりの差の標準偏差や平均値を図4に示す。図4よりはく落の少ない範囲では、精度よく推定できていることに対して、はく落の多い範囲では、全面で推定した精度と同程度であった。そこで、主鉄筋と配力筋が接触しているとした仮定について見直すため、次項で主鉄筋

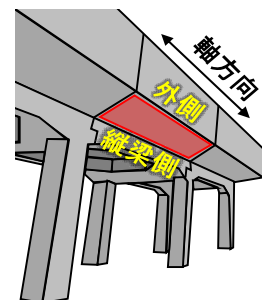


図1 張出スラブ

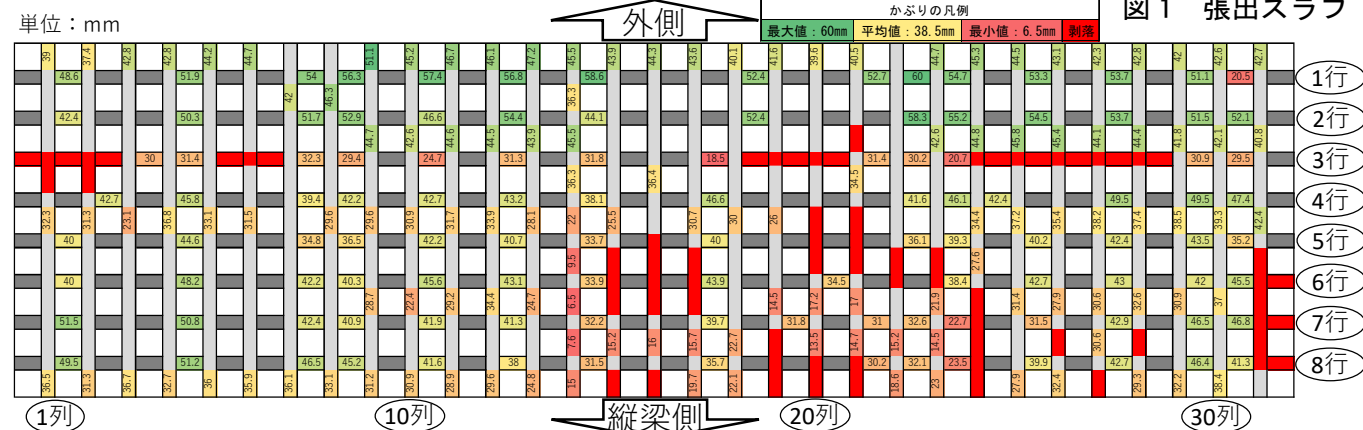


図2 張出スラブ下面のかぶりの計測結果

キーワード RC 高架橋, スラブ下面, かぶり, はく落, 鋼材腐食

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 Tel:042-573-7281

と配力筋との距離について検討した。

次に、推定かぶりをを用いてはく落の発生時期の予測を試みた。推定かぶりとは、維持管理標準²⁾に記載の中性化による鉄筋の腐食速度、はく落発生時の鉄筋腐食深さを用いて、はく落発生に至る年数を予測し、実かぶりをを用いた場合との差の標準偏差を図5に示す。図5より左側9点の結果からはく落の少ない範囲であれば、全数のかぶりを計測した場合と比較して約95%の範囲で、はく落発生に至る年数を±10年で推定できることから、実務上、将来にわたるはく落対策の計画の策定には影響しない精度で予測可能であると考えられる。

4. 主鉄筋と配力鉄筋との距離

主鉄筋の実かぶりから、主鉄筋の配置形状を可能な限り実測に合うよう多次補間式により推定し、主鉄筋径を加算することで配力筋のかぶりを推定した。配力筋の推定かぶりとは実かぶりの差を図6に示す。縦軸が0mmの場合は主鉄筋と配力筋が接触している状態である。また、縦軸が負の場合は主鉄筋と配力筋の位置が重なっているか、主鉄筋より浅い位置に配力筋があることを示す。例えば、4行目の段取り筋であれば、明らかに主鉄筋より浅い位置にあることがわかる。図6より、ほとんどの場合で縦軸が負となる。これは計測器のかぶり誤差が負側に出る傾向があり、実かぶりが大きいほど誤差が大きくなることに起因していると思われる。一方、主鉄筋の14～22列の範囲においては、差が正側に出ていることから、主鉄筋と配力筋が離れて

表1 かぶりの推定方法

推定方法	手順
(1) 線形補間	1.主鉄筋の形状を計測値から1次補間式により推定する。 2.配力筋の形状を推定した主鉄筋形状から1次補間式により推定する。 3.他の主鉄筋形状を推定した配力筋形状から推定する。
(2) 二次補間①	1.主鉄筋の形状を計測値から2次補間式により推定する。 2.配力筋の形状を推定した主鉄筋形状から1次補間式により推定する。 3.他の主鉄筋形状を推定した配力筋形状から推定する。 ※表2の測点数が4点、6点の場合は(1)と同様になる。
(3) 二次補間②	1.主鉄筋の形状を計測値から2次補間式により推定する。 2.配力筋の形状を推定した主鉄筋形状から2次補間式により推定する。 3.他の主鉄筋形状を推定した配力筋形状から推定する。 ※表2の測点数が4点の場合は(1)と同様になる。

表2 測点数と推定範囲

Case	推定範囲	計測点（主鉄筋のみ）
1	全面	4点
2		6点
3		9点
4		15点
5		21点
6		63点
7	左側（はく落：少）	9点
8	右側（はく落：多）	9点

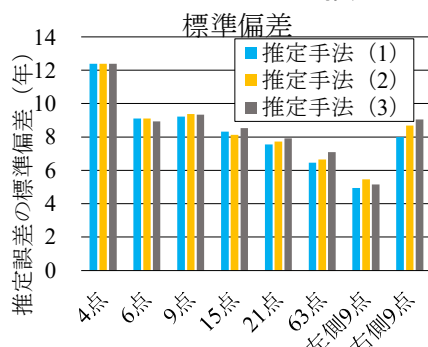


図5 はく落に至る年数の誤差

おり、このことがかぶり推定精度低下の要因であった。このように主鉄筋と配力筋が離れている場合があることを鑑みると、かぶり推定精度向上のためには、主鉄筋だけでなく、配力筋についても、数点のかぶりを計測するのが良い。

5. まとめ

本調査の対象である RC ラーメン高架橋のスラブ下面の場合、はく落発生時期の予測²⁾に基づく維持管理計画の策定において、必ずしもかぶりを全数計測する必要はなく、主鉄筋と配力筋が接触して配置されている場合、9点以上計測することで、はく落発生に至る年数を±10年で推定できた。一方、主鉄筋と配力筋の乖離の有無は目視で判断できないため、実構造物のかぶりを同等の精度で推定するためには、主鉄筋と配力筋のそれぞれを9点（計18点）以上計測するのが望ましい。

【参考文献】

- 1) 角野ら：目次情報に基づく実 RC 構造物のはく落予測ツールの開発，鉄道工学シンポジウム，No19，2018
- 2) 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），丸善，平成19年1月

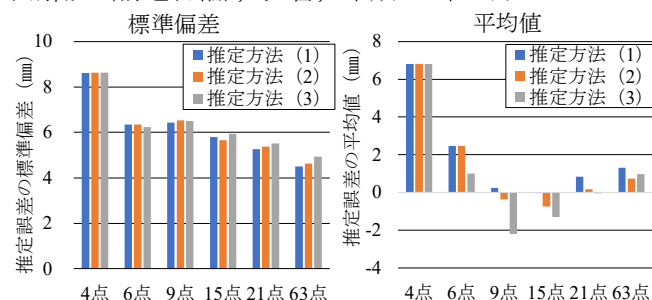


図3 推定かぶりとの差 (Case1～6)

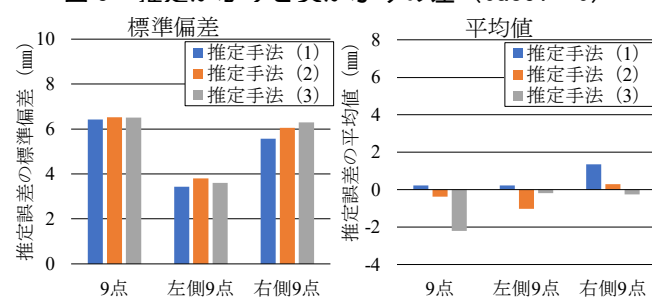


図4 推定かぶりとの差 (Case3, 7～8)

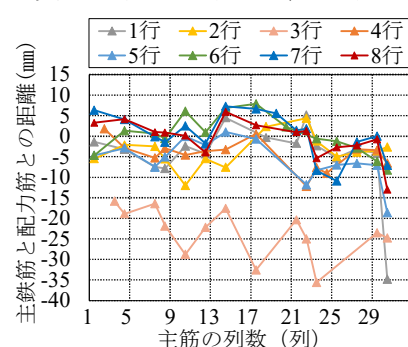


図6 主鉄筋と配力筋との距離