

コンクリート橋の実測データに基づく中性化深さの簡易推定法の検証

芙蓉コンサルタント 法人会員○野中 仁智, 法人会員 鶴嶋 柚季, 正会員 須賀 幸一
愛媛大学 学生会員 長井 春希, 正会員 森 伸一郎

1. はじめに

筆者らは、数十年を経過したコンクリート橋における実測データ（コンクリート強度、中性化深さ、塩化物イオン濃度分布、鉄筋腐食グレード等）を分析し、中性化や塩害等の要因が経年劣化に与える影響について定量評価を進めてきた。その中で、建築分野において川西ら¹⁾が提案した、コンクリート強度と、中性化速度係数の経験式を参考に、コンクリート橋の実測データから中性化速度係数とコンクリート強度との経験式を提案²⁾した。本論文においては、T橋において、筆者らが提案した経験式から算出した中性化深さと、実測データの中性化深さを対比し、簡易推定法の適用性について検証したものである。

2. 中性化深さの簡易推定法の必要性

1巡目点検では、損傷が顕在化したⅢ判定（早期措置段階）の対応が主体であったのに対し、法定点検の2巡目が後半となった現在では、その大半がⅡ判定（予防保全段階）となっている。定期点検でⅡ判定の橋梁は、外観上の損傷は少ない傾向にあり、潜在的な損傷については、正確な点検・診断は困難である。そのため、対策の要否判定や優先度を決定するには、点検者の経験的な推定や、環境条件、路線の重要度から優先的に予防保全対策を実施している。今後、LCCの低減を目的とした適切な維持管理計画を策定するためには、Ⅱ判定の橋梁の予防保全対策を行うことが重要となる。そのため、優先的に対策を行う橋梁の抽出が簡便できる指標が必要となる。中性化深さはコンクリート橋の経年劣化に与える影響を評価する上で重要な指標である。現地コンクリートの圧縮強度を非破壊で計測し、筆者らが提案した経験式により簡便に中性化深さを推定することで、コンクリート橋の劣化程度を判断することが可能になるものとする。

3. 対象橋梁の諸元と実測データ

対象橋梁は、架設年次が古く（50年以上経過）、主たる劣化機構が中性化であるRCT桁の橋梁を選定した。

表-1 対象橋梁の諸元と実測データ ※データの値は供用後46年経過時のものを示す。

架設年次		橋種	橋長×幅員	桁下状況	定期点検/判定区分
1966年（供用後56年経過）		RCT桁橋	8.6m×10.2m	河川	Ⅱ判定
コンクリート強度	中性化深さ	塩分含有量	主鉄筋かぶり	帯鉄筋かぶり	鉄筋の腐食度
31.8(N/mm ²)	19.8 mm	0.9~2.12kg/m ³	34.0mm	21.0mm	GradeⅡ（表面錆）

外観変状の観察において、RCT桁の主桁全域において中性化による鉄筋の腐食ひび割れの伸展とともに剥離・剥落が見られる。鉄筋の断面欠損は生じていないことより中性化による外観上のグレードと劣化の状態は、グレードⅢ-2（劣化過程：加速度後期）と判定されている。変状の分布は、等間隔（@30cm程度）であり、帯鉄筋が中性化や塩害（内在塩）により腐食して発生したものと推定される。特に鉄筋のかぶり不足による影響が大きく、帯鉄筋については21.0mm程度しか確保されていないことから損傷の原因となっている。

4. 中性化深さとかぶりの関係による鉄筋腐食リスク評価

(1) 実測データと経験式による中性化速度係数の比較

図-1にT橋の中性化速度係数とコンクリート強度の実測値をプロットしたものに、筆者らが提案した経験式²⁾を曲線で示す。経験式はこの地域の標準的な中性化速度係数Aを示している。経験式は以下の通り。

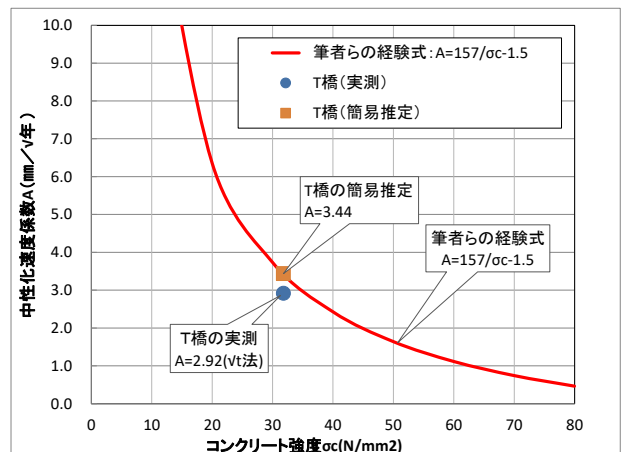


図-1 コンクリート強度と中性化速度係数

$$A = 157 / \sigma_c - 1.5 \dots (1) \text{式}$$

A : 中性化速度係数 (mm/年^{0.5})

σ_c : コンクリート強度 (N/mm²)

T 橋の実測値 (A=2.92) を図-1 にプロットすると、経験式による中性化速度係数 (A=3.44) は 2 割程度の差を示すものの、簡易推定法としては、比較的良い近似を与える。

(2) 鉄筋腐食リスクの評価

主桁の中性化深さ (実測値) と鉄筋かぶり (実測値) の関係と鉄筋腐食状況を図-2 に示す。一般に、中性化深さ Y_c (mm) が、かぶり $C-15$ mm (内在塩による塩害が懸念されるため 15mm と設定) に至ると、鉄筋腐食等のリスクが高まると言われている。T 橋のうち、帯鉄筋は既に中性化が進んでおり、主鉄筋においても鉄筋かぶり-15mm 付近まで進んでいるため、今後、主鉄筋の腐食が加速する可能性が高い。なお、簡易推定法 (経験式) で算出した中性化深さは安全側の値を示す結果となった。

(3) 実測データと提案式から推定する中性化の劣化予測

中性化による劣化の進行について、実測データと筆者らが提案した相関式から算出した中性化速度係数を用いて、ルート t 法により今後の劣化予測を行った (図-3)。橋梁の維持管理の目標供用期間を 100 年と設定すると、実測値から推定される 100 年の中性化深さは 29mm、提案式から推定した劣化予測は 34mm まで進行するものと予測される。中性化の将来劣化

予測については、実測データと筆者らが提案した経験式による簡易推定法を対比しても、中性化による鉄筋腐食リスクの評価としては大きな相違はなく、現場で判定を行う上で指標の一つになり得るものとする。

4. まとめ

詳細試験データを用いてコンクリート強度から中性化速度係数を推定する (1) 式より求めた中性化の深さと、橋梁の実測値の対比を行い、その適用性を検証した。こうした現地で簡便に判定できる指標は、優先的に対策を行う橋梁の抽出する基礎資料としての活用が見込まれるものとする。現場においてリバウンドハンマー等によりコンクリート強度 σ_c (N/mm²) を求めることが出来れば、(1) 式から中性化速度係数 (A) を算出し、 \sqrt{t} 則 ($Y_c = A \times t^{0.5}$) に経過年数 t (年) を代入することで、中性化深さ Y_c (mm) を推定することができる。加えて、鉄筋探査機により鉄筋のかぶり C を計測すれば、中性化深さ Y_c (推定値) との関係 $Y_c \geq C - 15$ mm (10mm) の場合、鉄筋腐食のリスクが高いと評価される。また $Y_c < C - 15$ mm (10mm) にもかかわらずコンクリートのひび割れやうき、鉄筋腐食などが観察される場合には、塩害等の要因が複合している可能性など損傷要因についても、検討の範疇が広がる。このように、近傍目視と簡易な非破壊試験を組み合わせることで健全度判定 (診断) の精度が高まることが期待される。特に、今後の維持管理で求められる II 判定の橋梁の予防保全対策については、優先的に対策が必要な橋梁の抽出に簡易推定法の活用が可能である。今後はさらに詳細データの分析と現場計測による検証を行い、点検における健全度評価 (診断) や現地で簡便に判断できる指標の技術開発を目指したい。

参考文献

- 1) 川西泰一郎ほか: 実建物調査に基づくコンクリートの中性化進行に関する分析、日本建築学会構造系論文集、第 608 号、pp. 9-14, 2006. 10
- 2) 野中仁智, 米澤貴司, 須賀幸一, コンクリート構造物の詳細点検データの分析に基づく中性化リスク評価, 令和 3 年度土木学会四国支部技術研究発表会講演概要集, USB_jsce7-124-2021, 2021. 5

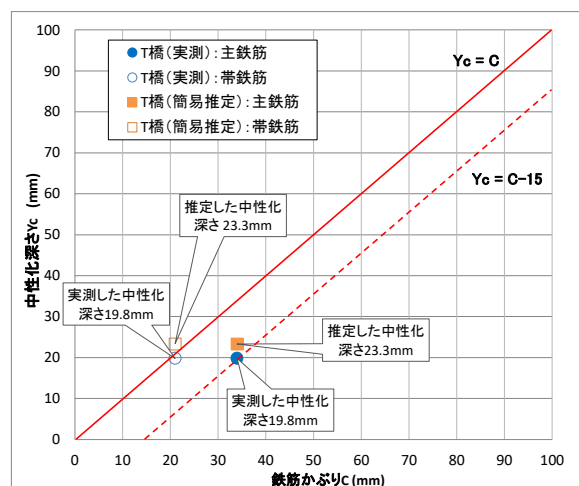


図-2 コンクリート強度と中性化速度係数

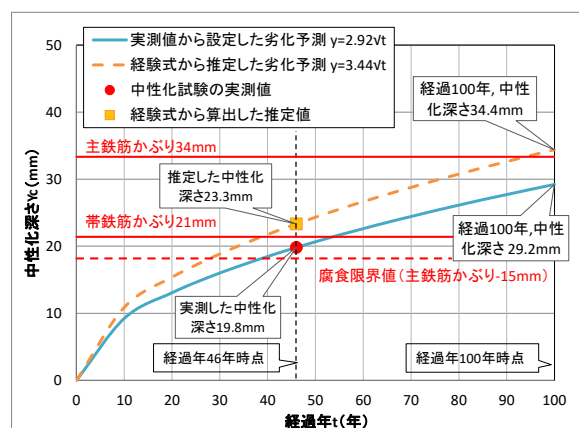


図-3 ルート t 法による中性化の予測