

コンクリート構造物の実測データに基づく性能評価とLCCによる補修工法の選定

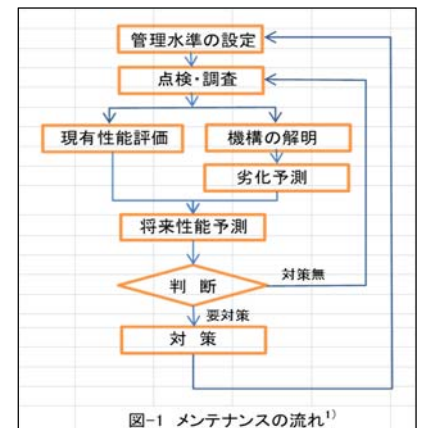
芙蓉コンサルタント 法人会員○野中仁智, 法人会員 米沢貴司
法人会員 鶴嶋柚季, 正会員 須賀幸一

1. はじめに

著者らは、数十年を経過したコンクリート橋梁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。その中でコンクリート橋における中性化の進行について、実測データに基づく中性化速度係数とコンクリート強度との相関式及び鉄筋腐食リスク評価図を提案¹⁾した。本論文においては、2橋梁を事例として、実測データと中性化速度係数の相関式や鉄筋腐食リスク図と比較することで現有性能を評価するとともに、将来性能予測とLCCによる補修工法²⁾の選定について示す。

2. コンクリート構造物の実測データによる現有性能評価

維持管理の流れを図-1に示す。橋梁等の施設を合理的に管理するには、管理水準を設定し、供用期間、要求性能に基づき、環境作用・使用状況による劣化状態（現有性能）を点検・調査・評価し、劣化の機構を解明、その進行を予測し、LCCを最適化するメンテナンスのシナリオを設定することが基本となる。



(1) 対象橋梁の諸元と実測データ

対象橋梁としては、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2橋梁を選定した。

表-1 対象橋梁の諸元

橋梁名	架設年次	橋種	橋長@幅員	定期点検/判定区分
A橋	1966年	RCT桁橋	12.4m@3.6m	Ⅲ判定
B橋	1950年	RCT桁橋	7.0m@4.2m	Ⅲ判定

表-2 実測データ

橋梁名	経過年	コンクリート強度	中性化深さ	鉄筋かぶり	鉄筋腐食(露出部)	同左(はつり部)
A橋	55年	22.0(N/mm ²)	34mm	32mm	GradeⅢ-2	GradeⅡ
B橋	71年	18.7(N/mm ²)	29mm	31mm	GradeⅢ-2	GradeⅡ

外観変状の観察において、それぞれRCT桁の水掛かりが顕著な外桁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クレードⅢ-2（劣化過程：加速度後期）と判定されている。変状の割合は、それぞれの外桁の1/6、1/10程度において認められる。なお、変状が生じていない部分は、はつり調査などからグレードⅡと判定されている。

(2) 実測データ分析による中性化速度係数との比較

図-2に近傍地域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、著者等の提案した相関式²⁾を曲線で示す。この地域の標準的な中性化速度係数を示している。A橋とB橋を図-2にプロットすると、比較的中性化速度係数が小さい（中性化速度が遅い）ことがわかる。なお、相関式は、 $a = 157/\sigma_c - 1.5$ である。ここに、中性化速度係数 a (mm/year^{0.5})、コンクリート強度 σ_c (N/mm²)

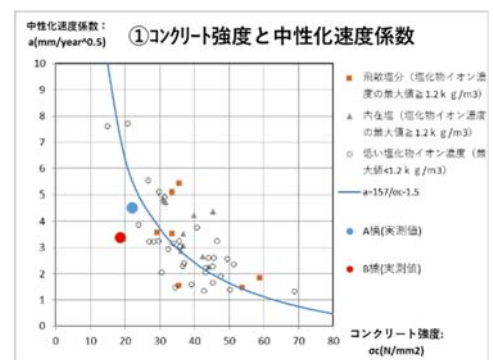


図-2 コンクリート強度と中性化速度

(3) 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-3に示す。一般に、中性化深さ Y_c (mm)が、

かぶり C-10mm に至ると、鉄筋腐食等のリスクが高まると言われているが、図-3 からその傾向が認められた。A 橋、B 橋は既に中性化が鉄筋かぶり付近に及んでおり、今後、鉄筋の腐食が加速する可能性が高い。

3. 将来性能予測と LCC による補修工法の選定

中性化による劣化の進行をルート t 法により予測した (図-4)。橋梁の維持管理の目標供用期間を 100 年と設定すると、100 年の中性化深さは A 橋は 45mm, B 橋は 34mm まで進行し、劣化期に至ると予測される。

(1) シナリオ設定 (管理限界の設定)

A 橋、B 橋の維持管理計画として、管理限界をグレードⅢ-2 に設定し、次の 2 つのシナリオを検討した。シナリオ-1 は、管理限界に達している外桁の主桁断面を全面的に補修 (断面修復) することで、性能をグレード I に回復させる。その後の劣化過程は、現状と同じ速度で進むと予測する。シナリオ-2 は、管理限界に達している外桁の劣化部分

(1/6、1/10) を断面補修し、未補修部分は表面含浸工を施す。未補修部分の劣化過程はグレードⅡと判断 (表-2) されていることより、性能はグレードⅡ (加速度前期) として、その後の劣化過程は、現状と同じ速度 (表面含浸工の劣化低減効果は見込まず) で進むと予測する。(図-5 参照)

(2) LCC による補修工法の選定

シナリオ-1、シナリオ-2 に基づき、供用期間 100 年における維持管理費 (LCC) を算出した。結果は、A 橋、B 橋ともにシナリオ-2 が優位 (経済的) であることが示された。(図-6 参照)

供用後 50 年、70 年を経て、管理限界となる外観上のグレードⅢ-2 に達しているコンクリート橋の維持管理は、供用目標を 100 年とすれば、変状部分の割合にもよるが、将来的な劣化の進展が不確定な要素もあり、部分的な補修を継続し、点検・診断しながら補修を進めるシナリオ-2 が効果的である。

4. まとめ

本研究では、外観観察に加え中性化や鉄筋腐食の実測データを用いたグレーティングにより劣化過程を判定するとともに、中性化速度式や鉄筋腐食リスク評価図と比較して、その妥当性を検証した。

中性化や鉄筋腐食の実測データに基づく将来性能予測を行い、維持管理計画のシナリオを設定し、補修工法の効果を LCC により検討した。ここでは、劣化が進行したコンクリート構造物の補修工法選定の事例を示した。今後は、補修後の劣化過程を精度よく評価することで、更に効果的な補修工法の選定が可能となると考えられる。

参考文献

- 1) 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
- 2) 野上 武志, 須賀 幸一, 徳永 清昭, 大賀 水田生, 補修履歴に基づく橋梁部材の劣化曲線の推定とその適用—その 2—, 令和元年度土木学会四国支部第 25 階技術研究発表会論文概要集, VI-4, 2019. 5

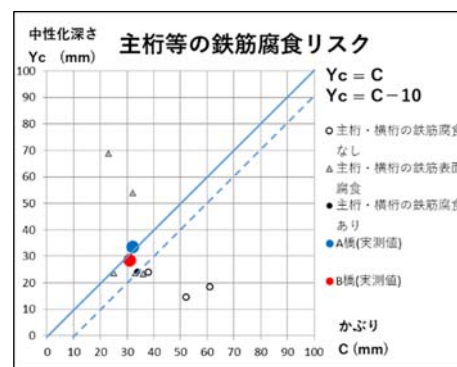


図-3 主桁等の鉄筋腐食リスク評価図

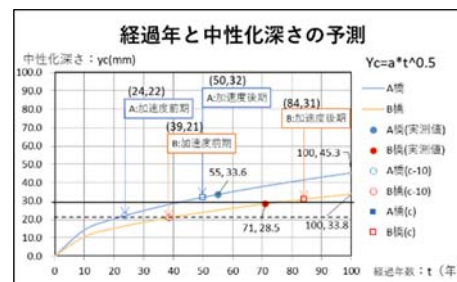


図-4 ルート t 法による中性化の予測

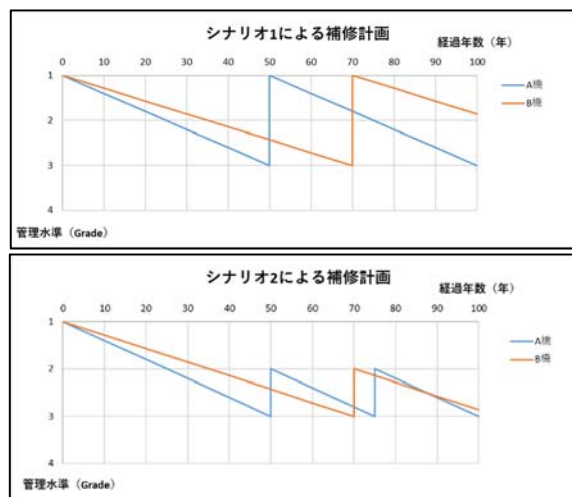


図-5 シナリオに基づく補修計画

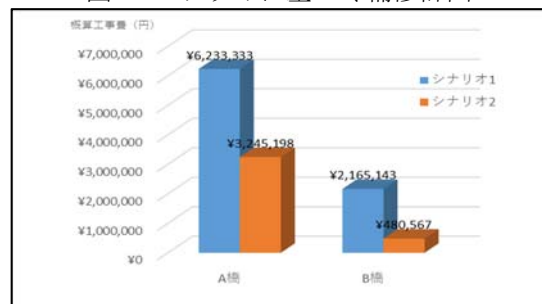


図-6 供用 100 年の維持管理費 (LCC)