

経年約 80 年の鉄道高架橋におけるコンクリート品質に関する一考察

JR 東日本 正会員 ○高山 充直
 JR 東日本 正会員 井口 重信
 JR 東日本 正会員 松田 芳範

1. はじめに

鉄筋コンクリート構造物（以下、RC 構造物）の長期的な耐久性は、建設当時の使用材料および施工過程にその良否が大きく左右される。しかし、戦前に建設された RC 構造物などでは、建設当時の記録が残されていないことも多い。一方、RC 構造物の耐久性を知るには、物質の性状変化を示すコンクリートの中性化が品質の良否を判断する一つの指標となるものと考えられる。今回、1936 年（昭和 11 年、経年 78 年）に建設された鉄道 RC 高架橋(写真-1, 図-1)について調査を行う機会を得た。本稿では、調査の結果からコンクリートの中性化に着目し、得られた知見について報告する。



写真-1 高架橋外観

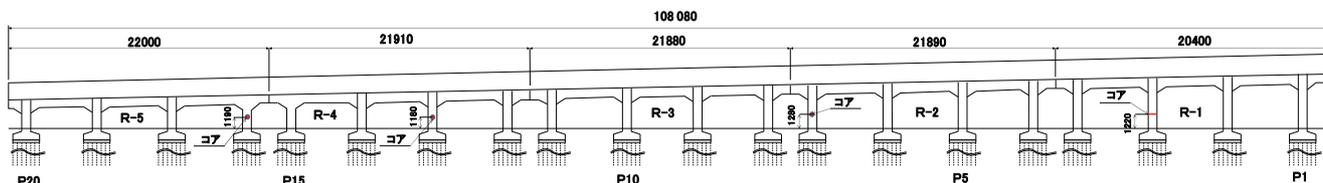


図-1 概略構造一般図

2. 調査の概要

本橋は、1936（昭和 11）年に建設された、ビームスラブ式ラーメン高架橋である。構造図のほか、使用材料や施工時の記録は残されていないが、建設年度から推測すると、1931（昭和 6）年に制定された「鉄筋コンクリート標準示方書（土木学会）」に準じて設計・施工がされているものと考えられる。なお、今回の調査は主に柱部で行った。調査項目を表-1 に示す。

表-1 調査項目

現地調査	
外観調査	外観目視,
はつり調査	内部鋼材の腐食状況
中性化試験	中性化
採取コアによる調査	
材料・配合	水セメント比の推定 (鉄道総研法)
物質移動抵抗性	中性化促進試験

現場中性化試験は、地表面より 1 m 程度高い位置で高架橋柱側面から採取した水平貫通コア (φ100) の削孔面にフェノールフタレイン 1% 溶液を噴霧し、未着色箇所の上左右 4 点の平均値を中性化深さとした。なお、高架下は、過去に倉庫や作業場として利用されており、高架橋柱部の両外面以外は建築物の壁で覆われていた。また、高架橋はほぼ南北に向かっているため、南面に日射が良く当たる環境ではない。柱部の両外面（東西面）は外部に露出しているため、多少の雨水の影響は受ける環境にある。なお、調査日は晴天であった。

3. 調査結果および考察

1) 現場中性化試験

図-2 に中性化深さの測定結果と中性化の予測式を示した¹⁾。建設年度から普通ポルトランドセメントが使用されており、混和材などの使用も無いものと考えられたことから、コンクリートの表層品質には周辺環境（乾燥のしやすさ）と施工程度が大きく影響するものと推測される。コンクリート構造物における中性化予測の簡略式 (\sqrt{t} 則) については、これまで多くの式が提案されているが、これらのうち周辺環境や施工程度をパラメーターに含んでいる土木学会コンクリート標準示方書式（以下、示方書式）、白山式、依田式を測定値との比較のため、図中に示した。また、水セメント比（以下、W/C）は、採取したコンクリートコアから試料を作成し、コンクリート中に生成する水酸化カルシウムの形態が W/C

キーワード 耐久性, 中性化, 中性化促進試験

連絡先 〒151-8512 東京都渋谷区代々木 2-2-6 東日本旅客鉄道(株)構造技術センター TEL 03-6276-1251

に依存する現象を用いた推定方法（鉄道総研法）により W/C の推定を行い，得られた W/C（58.5%）を各予測式に反映した．その結果，屋外暴露面での中性化深さは，示方書式の乾燥しにくい地域の予測式付近に分布し，施工程度に関する係数 γ を「優」とした白山式，コンクリートの品質係数 α を「Very good」とした依田式とも相関がみられた．このことは，コンクリートの品質が優れていることを示唆していると考えられる．しかし，屋内環境にあった箇所では，測定値のばらつきが大きく，中性化が進んでいる箇所では，示方書式（乾燥しやすい）よりも中性化深さが大きく上回る箇所も複数存在した．以上から，既存構造物で中性化試験を行う場合には，測定値だけでなく，過去の使用形態なども含めた評価を行う必要がある．

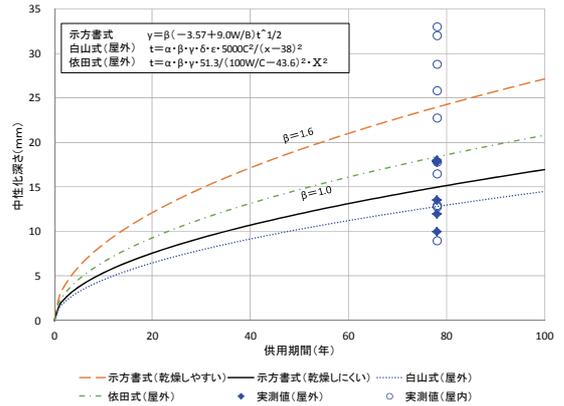


図-2 中性化深さと予測結果 (W/C 58.5%)

2) 採取コアによる中性化促進試験

現場中性化試験では，緩やかな中性化傾向であることが確認できた．そこで，当該コンクリートの中性化への耐久性を検証するため，採取したコアから中性化していない柱中心部付近を切り出し，切断端面にエポキシ樹脂を塗布したうえで，CO₂濃度 5% の環境下におき，促進中性化試験（温度 20℃，湿度 60%）を行った（以下，A 供試体）．また，比較試料として，同様に他の構造物から採取した供試体についても同条件で促進中性化試験を行った（以下，B 供試体）．B 供試体は，1973（昭和 48）年に建設された，経年 41 年の PC 桁から同時期に採取され

	12week	16week	26week
A 供試体 ラーメン高架橋柱 経年 78 年			
B 供試体 PC 橋・主桁 経年 41 年			

図-3 促進中性化試験による供試体の中性化状況

たものである．詳細な配合は不明であるが，設計基準強度 $\sigma_{ck}=40 \text{ N/mm}^2$ 程度で配合されたコンクリートであると推測され，A 供試体と同様の手法で W/C を推定したところ，W/C=45.6% が得られた．促進期間は 12 週，16 週，26 週とし，フェノールフタレイン 1% 溶液噴霧後の呈色範囲の面積を計測し，中性化深さを算出した．図-3 に代表的な両供試体の中性化状況を示す．

促進試験 26 週時点の両供試体の平均中性化深さを比較すると，A 供試体は 26.8 mm，B 供試体は 26.4 mm という結果となった．ほぼ倍の経年にも関わらず中性化深さが同程度であり，高架橋コンクリートの品質の高さが示された結果となった．また，B 供試体は呈色箇所と中性化領域が明瞭に発現されていたが，A 供試体の中には，全体的に薄い赤色で呈色され，中性化領域が判断できない供試体も複数存在した．この要因としては，80 年の経年で水和が進行し，組織が緻密化されたことにより耐久性が向上し，中性化速度が小さくなっている可能性があることや，セメントや骨材などの使用材料の変化が影響していることなどが考えられる．

4. まとめ

- 長年暴露されてきた柱面と屋内にあった柱面に区分し，中性化予測の簡略式と比較を行った．その結果，経年 80 年のコンクリートであっても，十分な耐久性を有していることがわかった．
- 促進中性化試験では，経年 41 年の配合が異なる他の橋梁から採取したコンクリート供試体と同程度の中性化深さであることが確認された．現代の構造物と比較しても高い水準の品質を有していることがわかった．
- 促進中性化試験では，中性化領域と未中性化領域の差が明瞭には解らなかったが，現場中性化試験では両者の差は確認することができた．この違いについては今後の課題であると考えられる．

参考文献

1) 構造物表面のコンクリート品質と耐久性能検証システム研究小委員会（335 委員会）成果報告書およびシンポジウム講演概要集：土木学会；2008 年 4 月