

## 実態調査に基づくコンクリートの pH と中性化深さの関係

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○石橋 奈都実, 轟 俊太郎, 山崎 由紀, 田畑 勝幸, 田所 敏弥

### 1. はじめに

コンクリート中の鉄筋の腐食速度は、腐食に必要な水と酸素の供給量に支配されるとともに、コンクリートの中性化の進行によって鉄筋位置の pH が低下するほど速くなることがわかっている。そのため、腐食速度を評価するには、鉄筋位置の pH を評価することが重要である。一方で、中性化深さの実態を調査した事例は多いが、pH の実態を調査した例はない。そこで、供用中の構造物を対象とし、コンクリートの pH を測定して、pH 勾配、pH と中性化深さや中性化残りの関係を検討した。

### 2. 調査対象構造物および調査方法

表 1 に調査対象とした鉄道 RC ラーメン高架橋 A, B の諸元を、写真 1 に概況を示す。高架橋 A, B の調査時経年は、概ね同様である。両高架橋共に、凍害や外的塩害地域になく、アルカリシリカ反応等による変状は見られなかった。また、両高架橋周辺には高い建物等はなく、年合計降水量や湿度、湿度は同様である。調査対象とした部位は、柱である。柱の一部に、高架橋間の遊間目地不良などの排水不良により、流水跡が見られた。

調査項目は、pH、中性化深さ、かぶり、初期塩化物イオン濃度である。調査箇所は、腐食による変状がない箇所とし、地表面から 1.5m 程度の高さとした。調査方法は、鉄筋の近傍において、集塵式ドリル（径 24mm）で pH、初期塩化物イオン濃度の測定用に削孔粉を採取後に、ドリル孔壁にフェノールフタレイン 1%溶液を噴霧して中性化深さを測定し、鉄筋をはつり出してかぶりをノギスにより測定した。

pH は、削孔粉を用いて、鶴田ら<sup>2)</sup>が提案する方法により測定した。削孔粉の採取深さは、コンクリート表面からの深さ方向の pH 勾配を得るために、0~10mm, 10~20mm, 20~30mm, 30~40mm, 40~60mm, 60~80mm, 80~100mm を基本とした。同一孔から採取した試料のうちコンクリート表面に近い順に pH の測定を行い、pH が連続で概ね同値となった場合には、それ以深での測定を終了した。なお、試料は、採取直後にチャック付きポリ袋に入れ、高架橋 A では当日~1 日後に測定を行い、高架橋 B では 2~3 日後に真空デシケータ内で保管して、1~2 日後に測定を行った。本方法で得た pH は、必ずしも細孔溶液の pH と同一でないが、本方法で得た pH 間の比較を行う上では有用であると考えられる。初期塩化物イオン濃度は、80~100mm の削孔粉を用いて電位差滴定法により測定した。表 2 に、調査孔数および初期塩化物イオン濃度を示す。高架橋 B に比べて高架橋 A は、初期塩化物イオン濃度が大きい。

表 1 調査対象構造物の諸元

高架橋	調査時経年 (竣工年)	年合計 降水量*	日平均 気温*	平均 湿度*
A	42 年 (1977 年)	2823mm	16.7℃	74.9%
B	46 年 (1973 年)	3192mm	16.5℃	75.7%

※ 高架橋近傍における気象庁の観測データの過去 10 年平均



(a) 高架橋 A



(b) 高架橋 B

写真 1 調査対象とした高架橋の概況

表 2 調査孔数および初期塩化物イオン濃度

高架橋	測定孔数		初期塩化物 イオン濃度
	流水跡なし	流水跡あり	
A	14 孔	2 孔	0.49~0.90kg/m <sup>3</sup> 平均 0.66kg/m <sup>3</sup>
B	12 孔	3 孔	0.23kg/m <sup>3</sup> 以下

キーワード pH, 実態調査, 中性化深さ, 中性化残り, 鉄道 RC ラーメン高架橋

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

### 3. pH 勾配

図 1 に、流水跡が見られなかった箇所で測定した各測定箇所を得られた pH 勾配および高架橋毎に平均した pH 勾配を示す。pH 勾配は、例えば、採取深さが 0~10mm であれば平均の 5mm に pH をプロットし、各採取深さのプロット間を線形補間して示した。コンクリート表面に近いほど pH が低下し、深部では pH が一定となっている。測定箇所の一部に、10~20mm の pH が 0~10mm の pH と同一程度まで低下しており、中性化による pH の低下が収束に向かっていると考えられるものもある。これらの傾向は、既往の促進中性化試験で得られているもの<sup>3)</sup>と同様であった。中性化深さ位置の pH (フェノールフタレインの呈色非呈色境界での pH) は、両高架橋にて 11.5 程度であり、同程度である。

図 2 に、流水跡が見られた箇所およびそれと同一柱において流水跡が見られない箇所で採取した各箇所の pH 勾配と流水跡の有無毎に平均した中性化深さを示す。中性化深さは、水が掛かる箇所と比べて水が掛からない箇所の方が大きいことがわかっている<sup>4)</sup>。同様に、図より、中性化深さは流水跡ありと比べて流水跡なしの方が大きく、pH の低下も流水跡ありと比べて流水跡なしの方が大きい。

### 4. pH と中性化深さ、中性化残りの関係

図 3 に、pH と中性化深さの関係を示す。採取深さ毎にみると、どの採取深さであっても中性化深さが大きいほど、pH が低下していることから、中性化の進行に伴い、コンクリート表面から徐々に pH が低下することがわかる。

図 4 に、鉄筋位置の pH と中性化残りの関係を示す。鉄筋位置の pH は、かぶり位置の pH とし、図 1 に示す pH 勾配から求めた。鉄筋位置の pH は、中性化残り 10mm 程度以下になると低下する傾向にある。

高架橋 A, B を比べると、初期塩化物イオン濃度が異なるが、pH 勾配と中性化深さ、中性化残りの関係は同様な傾向であった。

### 5. まとめ

中性化の進行に伴い、コンクリート表面から徐々に pH が低下すること、中性化残り 10mm 程度以下になると鉄筋位置の pH が低下することを実態調査により明らかとした。

#### 参考文献

- 1) 鈴木浩明, 飯島亨, 上田洋: 水分浸透とコンクリート中の鋼材腐食速度との関係, 第 44 回土木学会関東支部技術研究発表会, V-15, 2017
- 2) 鶴田孝司, 上原元樹: アルカリシリカ反応によるモルタルの pH と膨張量, 無機マテリアル学会, 第 125 回学術講演会講演要旨
- 3) 榎野紀元: 鉄筋コンクリート造構造物の耐久性 鉄筋の腐食とその対策, 鹿島出版会, 1988
- 4) 谷村幸裕, 長谷川雅志, 曾我部正道, 佐藤勉: 鉄道 RC ラーメン高架橋の中性化に関する耐久性照査法の適用に関する研究, 土木学会論文集, No.760/V-63, pp.147-157, 2004

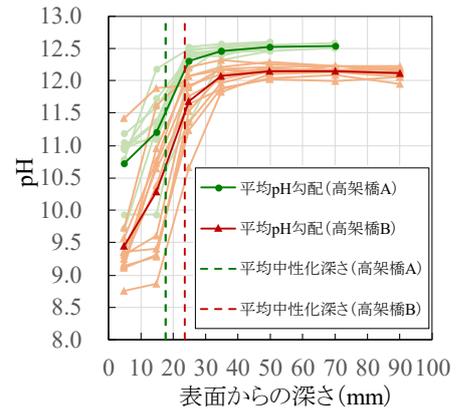


図 1 pH 勾配 (流水跡なし)

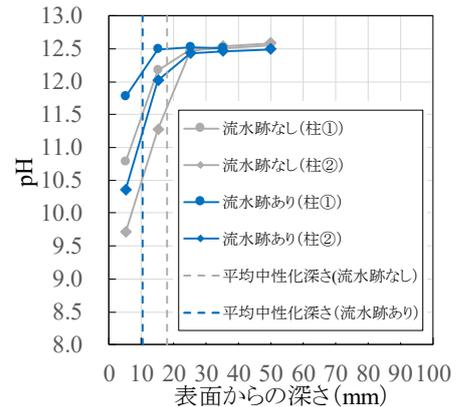


図 2 流水跡の有無での

pH 勾配と中性化深さ (高架橋 A)

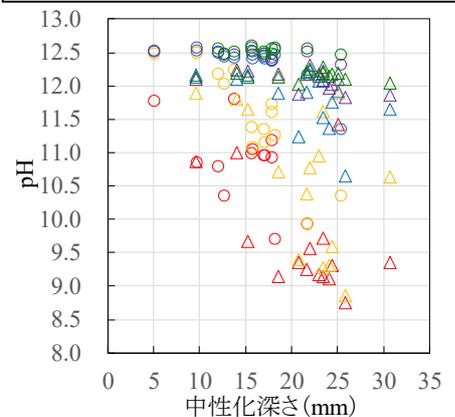


図 3 pH と中性化深さ

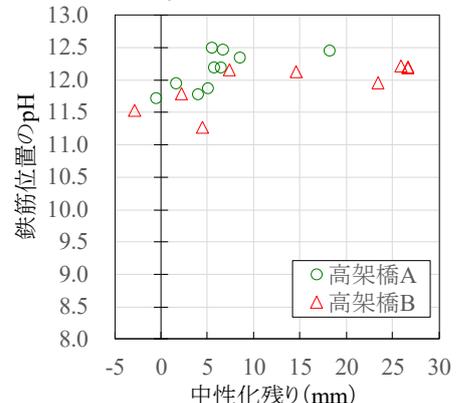


図 4 鉄筋位置の pH と中性化残り