

鉄道 RC 高架橋の柱の気中部と土中部における鋼材腐食に関する一考察

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

1. はじめに

2018 年度版の土木学会コンクリート標準示方書[維持管理編]¹⁾(以降、示方書)では、中性化と水の浸透を伴う鋼材腐食は水掛かりの影響を大きく受けることから、RC 高架橋を例に部位別に水掛かりの区分を示している。ここで、柱部材では、気中部は、降水は掛かるが、降水がやめばすぐに乾燥が始まる分類、土中部は、湿潤状態であって乾湿による環境変化が少ない分類として示されている。これまでに、気中部での鋼材腐食の実態調査はなされているものの²⁾³⁾、土中部での鋼材腐食を調査した例は少ない。そこで、鉄道 RC 高架橋の柱を対象とし、気中部から土中部にかけて中性化深さやかぶり等を調査し、気中部と土中部の鋼材腐食の状態を比較した。

2. 調査概要

表 1 に調査構造物の概要を、写真 1 に調査構造物を示す。調査構造物は、凍結融解や飛来塩分を受けない地域に位置している。対象とした柱は、土中部のコンクリート中における鋼材腐食の状況を確認するため、気中部においてかぶりが小さく、剥落が生じている箇所を選定した。土中部は、重機による掘削で GL-0.9m の位置までコンクリート表面を露出させ調査を実施した。計測項目は、塩化物イオン濃度、中性化深さ、かぶり、剥落の有無であり、写真 2 に各計測項目の調査位置を示す。塩化物イオン濃度は、集塵式ドリル(φ24mm)で削孔粉を採取後に、電位差滴定法により測定した。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濃度勾配を得るために、0～10mm、10～20mm、30～40mm、40～60mm、60～80mm、80～100mm の深さ別に採取した。中性化深さは、塩化物イオン濃度の削孔粉を採取後のドリル孔壁や、はつり面にフェノールフタレイン 1%溶液を噴霧して複数点ノギスにより測定した。かぶりは写真 2 に示す測線において電磁誘導法で測定し、はつりを行った箇所や剥落している箇所は、ノギスにより直接計測した。

3. 対象とした柱の環境と品質

現地で GL+1.0m の高さで採取したコアの配合推定による W/B と、気中部の GL+1.2m の中性化深さを用いて示方書の $\sqrt{t}$ 則に基づく中性化深さの推定式により推定した W/B はいずれも 60%程度であった。中性化深さの推定式による算出の際、環境の影響程度を表す β_e は一般的な値とされる 1.6 で整合することから、気中部の柱は、一般的な乾湿が繰り返される環境と考えられる。なお、ブリーディング等による品質低下の影響は γ_c で考慮するのが一般的だが、ここでは、

表 1 調査構造物の概要

調査時経年 (竣工年)	年合計 降水量※1	日平均 気温※1	平均 湿度※1	水結合材比	
				配合推定 ※2	$\sqrt{t}$ 則から の逆算値※3
42年 (1977年)	2823mm	16.7℃	74.9%	60.3%	61.6%

※1 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

※2 セメント協会法F-18、※3 $\beta_e=1.6$ 、 $\gamma_c=1.0$

γ_c を 1.0 とし、推定した W/B にその影響を反映させている。土中部においては、写真 2 に示すよ

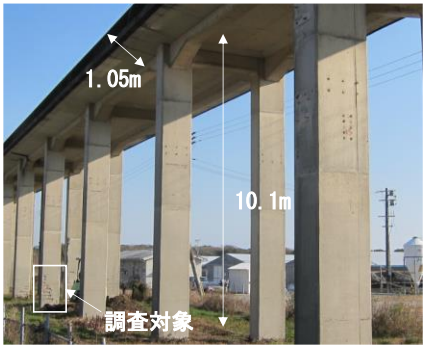


写真 1 調査構造物

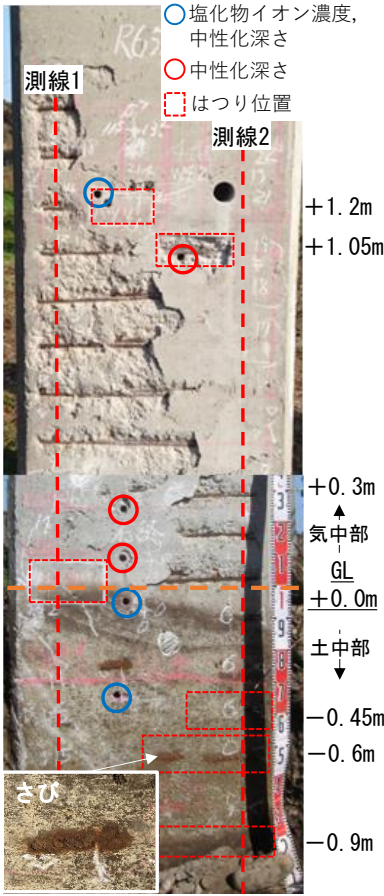


写真 2 調査位置

キーワード 鉄道 RC 高架橋, 柱, 気中部, 土中部, 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

うに、コンクリート表面にさびが確認された。掘削した土壌から試料を採取し、炉乾燥した土壌試料 2g と蒸留水 10mL を攪拌して作成した懸濁液⁴⁾を、pH 試験紙により測定したところ、4～5 の値を示した。さびが確認された箇所は、鋼材が土壌と接していたため、土壌の pH の影響により鋼材周辺の pH が小さくなり、気中部と異なる局所的な腐食が進行したものと考えられる。図 1 に塩化物イオン濃度の分布を示す。なお、0～20mm の範囲の測定値や GL+0.0m, GL+1.2m の 30～40mm の測定値は、電位差滴定法に必要な試料の量が採取できなかったため計測できていない。最深部の塩化物イオン濃度の平均値は 0.78kg/m³ であり、GL+1.2m の箇所の分布から、気中部は、中性化の進行による塩化物イオンの濃縮の影響を受けていると考えられる。

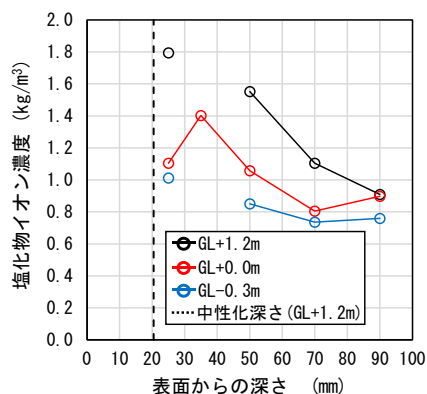


図 1 塩化物イオン濃度の分布

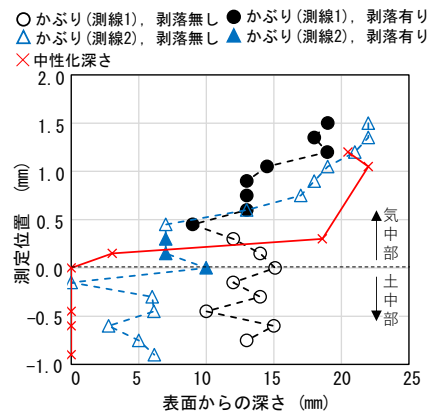


図 2 かぶり、中性化深さと剥落の有無

4. 気中部と土中部の鋼材腐食

図 2 に柱の高さ別のかぶりと中性化深さ、剥落の有無を、写真 3 には、はつりを行った箇所のコンクリート中の鋼材腐食の状況を示す。写真 3 中には、かぶりの測定位置と、測定値、示方書に基づく腐食度を併せて記載している。図 2 より、気中部においては、かぶりが 20mm 程度までほとんど剥落を生じているが、土中部においては、10mm 未満の箇所でも剥落は生じていなかった。また、気中部のはつり箇所では、かぶりが小さく、中性化が 20mm 程度進行し、塩化物イオンの濃縮の影響があること、降水による一般的な乾湿が繰り返される環境であることから腐食が著しく進行していた。一方で、土中部においては、3 章で示した土壌と接している箇所を除き、かぶりは気中部より小さいものの、鋼材の腐食は気中部と比較して生じていなかった。土中部では、湿潤状態が保たれやすく乾湿による環境変化が少ないこと、またそれに伴い中性化が進行せず、塩化物イオンの濃縮の影響も小さいためと考えられる。

5. まとめ

本調査の範囲では、土中部では、鋼材が土壌と接し土壌の pH の影響を受け、局所的な腐食を生じている箇所を除き、気中部と比較し湿潤状態が保たれやすく乾湿による環境変化が少ないこと、またそれに伴い中性化が進行しないため塩化物イオンの濃縮の影響が小さいことから、コンクリート中の鋼材腐食は進行しにくいことを示した。

【参考文献】

- 1) 土木学会：2018 年制定 コンクリート標準示方書[維持管理編]，2019.3
- 2) 細田ら：既設高架橋柱のコンクリートの中性化に関する実態調査，SED，20 号，pp.36-43，2003.5
- 3) 飯島ら：コンクリート構造物の地表近傍での劣化と対策，土木学会第 52 回年次学術講演会，V-388，1997.9
- 4) 土質工学会：土質試験法（第 2 回改訂版），1979.12

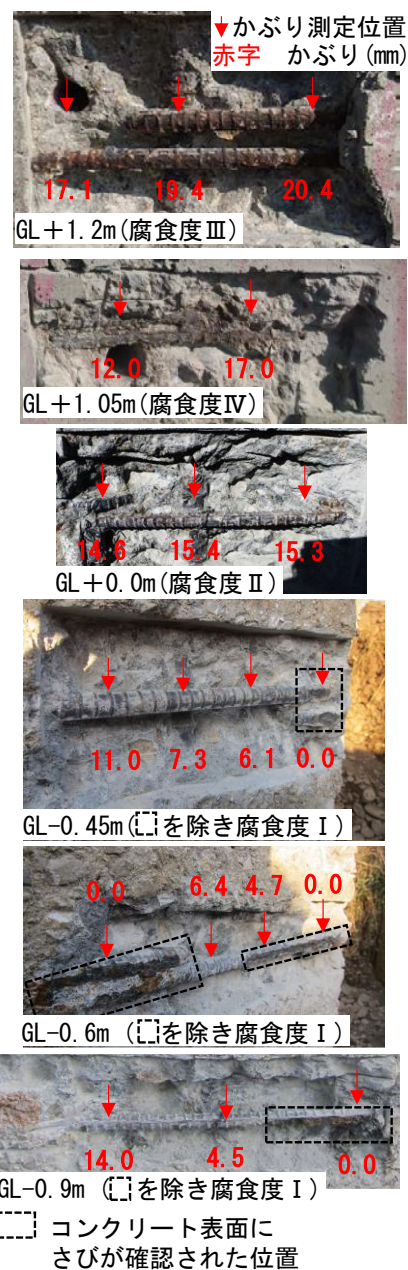


写真 3 コンクリート中の鋼材腐食の状況