

塩害環境下のコンクリート電柱における塩化物イオンに関する調査

公益財団法人鉄道総合技術研究所	正会員	○山崎	由紀
公益財団法人鉄道総合技術研究所	非会員	常本	瑞樹
公益財団法人鉄道総合技術研究所	非会員	近藤	優一
公益財団法人鉄道総合技術研究所	非会員	塚越	正典
株式会社ジェイアール総研エンジニアリング	正会員	飯島	亨
公益財団法人鉄道総合技術研究所	正会員	上原	元樹

1. 目的

コンクリート電柱は、鉄道電化柱等として本格的に採用されてから 50 年以上が経過しており、健全度に応じた保守、立替等の計画・実施が求められる。コンクリート電柱は、一般的なコンクリート構造物と比べて水セメント比が低い配合のコンクリートが用いられ、また、遠心成型により表面からの深さ方向に骨材やセメントペーストの分布が異なり、より表面側でセメントペーストの水セメント比が低くなる。これらの特徴から、コンクリート電柱では鋼材腐食等の劣化因子（塩化物イオンや水等）の表面からの浸透は比較的になく、型枠継目部等に生じたひび割れを起点に浸透しやすいものと考えられている¹⁾。

一方、海沿いの塩害地域において、経年が 50 年程度以上のコンクリート電柱には鋼材腐食等の変状が生じているものもあり、変状は電柱の全周面ではなく特定の面にのみ生じている場合が多く、変状が生じやすいとされる型枠継目の近傍に必ずしも生じているわけではない。塩害地域では、電柱の面によって表面に付着する飛来塩化物イオン量が異なり、それによる塩化物イオンの浸透量の相違が変状の発生に影響する可能性が考えられる。コンクリート電柱の健全度について、耐荷力は腐食した鋼材の円周方向の割合によって異なる¹⁾ことから、円周方向の塩化物イオンの分布や浸透の仕方を把握し、腐食の進行を検討することが重要である。そこで、塩害環境下におけるコンクリート電柱の東西南北の各面で表面からの深さごとに採取したコンクリート粉試料中の塩化物イオン量や生成物を調査した。

2. 調査対象と調査方法

えちごトキめき鉄道株式会社 親不知駅構内における、海岸線からの直線距離が約 70m、標高約 10m の場

所に位置し、建植から約 55 年が経過したコンクリート電柱を対象とした（図 1）。調査時の当該電柱の周辺には植物が繁茂しており、高架橋が隣接していた。型枠継目は西面と東面にあり、北面（海側）～西面の地表面からの高さ 2m 付近における変状が顕著で、型枠継目部に加え、その他の箇所でも縦ひび割れや錆汁、エフロレッセンスが生じていた。また、東面の高さ 2m 付近、西面の高さ 4m 付近においても型枠継目以外の箇所でも縦ひび割れが生じており、エフロレッセンスや錆汁が確認された。外観観察において、南面（山側）では顕著な変状は確認されなかった。また、フェノールフタレイン溶液による中性化深さは 1mm 以下であった。

試料の採取位置は、東西南北の各面における地表面から約 0.6～0.9m の範囲とした。加えて、西面のみ別途調査した地表面から約 1.0～1.3m の範囲の試料を用いた。φ10mm のドリルビットを用い、表面から 35mm の範囲を 5mm 間隔で削孔して得た削孔粉を試料とした。なお、コンクリート電柱では鋼材が密に配置されているため、各採取位置において、円周方向に数cm、垂直方向に 20～30cm の範囲で 5～7 箇所を削孔し、鋼材に接触しなかった孔において、鋼材位置より内部の試料を採取した。各試料中の塩化物イオン量は JIS A 1154 「硬化コンクリート中に含まれる塩化物イオンの試験

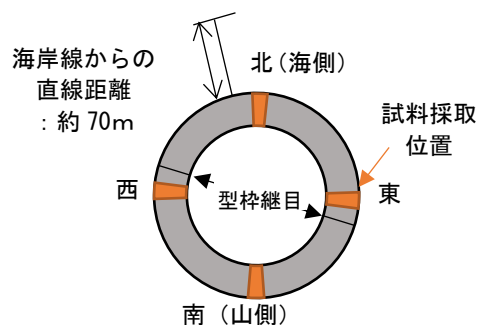


図1 コンクリート電柱の概要

キーワード コンクリート電柱, 塩害, 飛来塩分, 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 材料技術研究部 TEL 042-573-7338

方法」におけるサプレッサ方式のイオンクロマトグラフ法に準拠し、それぞれ試料約 1g を用いて調べた。コンクリート電柱は、表面からの深さ方向に骨材やセメントペーストの分布が異なることから、硝酸処理による試料の溶解減量をセメントペースト質量として、セメントペースト中の Cl 量 (mass%) に換算した。また、粉末 X 線回折により各試料の生成物を調べた。

3. 結果と考察

図 2 に示すセメントペースト中の Cl 量の換算値は、表面近傍から鋼材位置 (深さ約 15 mm) にかけて、海岸に対する方向による差が大きく、北面・東面で多かった。一方、西面の Cl 量はやや少なく、変状が認められなかった南面での Cl 量が最も少なかった。また、北面と東面に比べて、西面においては、Cl 量は表面近傍では少ないが、表面から 20 mm 以上の深さでは同様の値を示し、表面からの深さ方向における Cl 量の濃度勾配が異なる傾向がみられた。これらのことから、飛来塩分が多く表面近傍の Cl 量が多い面では、表面から内部への塩化物

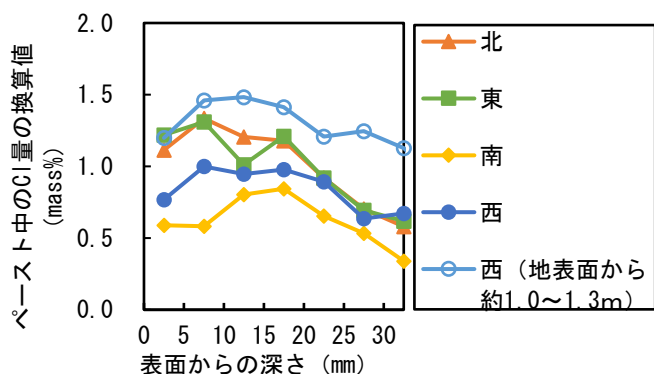


図 2 ペースト中の Cl 量の換算値

イオンの浸透により表面側から鋼材位置までの Cl 量が多くなるのに対し、飛来塩分が少なく表面近傍の Cl 量が少ない面でも、それが多い面からの円周方向の Cl の拡散が生じることにより、より内部での Cl 量の相違が小さい可能性が考えられる。また、西面において、地表面からの高さ 1.0~1.3m に比べ、0.6~0.9m の試料では Cl 量が少なく、表面からの深さ方向よりも、地表面からの高さによる Cl 量の相違が大きいことがわかった。

図 3 に東面の試料の粉末 X 線回折の結果を示す。いずれの試料でもフリーデル氏塩と考えられる物質が確認された。また、フェノールフタレインの発色による中性化 (約 pH10 以下) 領域は 1mm 程度であったが、表面から 0~15 mm では炭酸カルシウムが生成し、水酸化カルシウム量は少なかった。このことから、pH の低下は大きくないが、中性化 (炭酸化) は表面側から進行していることがわかった。一方、遠心成形のため高 W/C であることが想定される内空側では炭酸カルシウムも認められず、水酸化カルシウム量も多いことから、内空側からの中性化は進行していないことがわかった。今後、塩化物イオン量の分布や生成物と飛来塩化物イオン量との関係について、複数のコンクリート電柱を対象として調査する予定である。

謝辞 本調査にあたり、多大なるご協力を賜りました、えちごトキめき鉄道株式会社の皆様に、この場を借りてお礼申し上げます。

参考文献 1) 常本瑞樹ら：コンクリート電柱の取替判定方法、鉄道総研報告、Vol. 31、No. 2、2017. 2

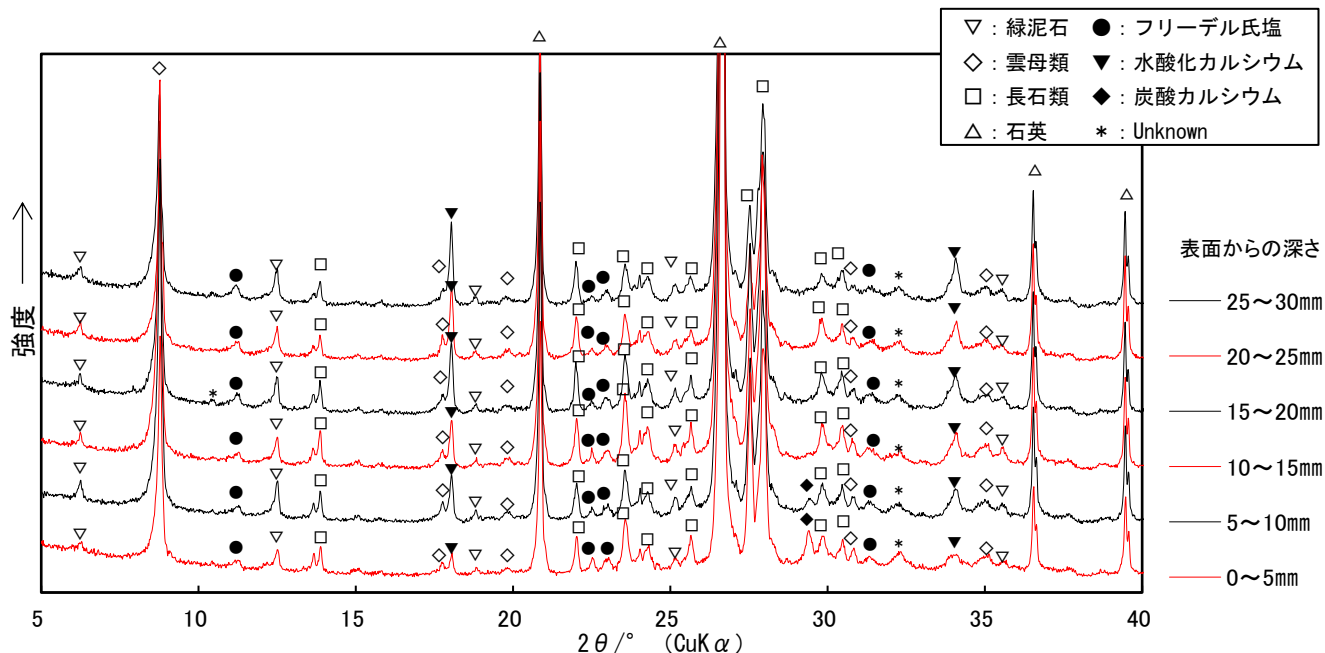


図 3 東面から採取した試料の粉末 X 線回折図