

PCT 橋のグラウト充填不良部における鋼線腐食メカニズムに関する実験的検討

神戸大学大学院工学研究科 学生員 ○白川 祐太

神戸大学大学院工学研究科 正会員 森川 英典

(株)ピーエス三菱大阪支店 正会員 鴨谷 知繁

1. はじめに：床版上面に定着される主ケーブルを有する既設 PC 橋の主ケーブル曲げ上げ部から定着具の間で、ブリーディングが原因と推定されるグラウト充填不良が発生している¹⁾。これらの PC 橋の多くは床版防水を実施していないため、定着部からシース内に水分が侵入しやすい環境にあり、特に凍結防止剤が使用される環境では、塩化物イオンによる著しい鋼材腐食が懸念される。また、凍結防止剤が素線間、シースと素線の隙間に侵入することも懸念される。

本研究で実施した実橋梁の詳細調査においても、グラウト不良部で著しい腐食ケーブルが確認された。このような場合、早急な腐食抑制対策や腐食量評価に基づく PC 橋の健全度評価が求められる。そこで、ケーブル曲げ上げ部においてグラウト不良境界が発生した場合を想定した供試体を作製し、促進腐食試験を実施し、劣化メカニズムについて検討した。

2. 供試体概要：主ケーブル曲げ上げ部を模擬した供試体を図-1 のように作製した。また、シースは、グラウトの充填程度を確認することを目的に、透明な塩ビ管を使用した。グラウトは、シースと素線、素線と素線の間においてグラウトが充填されなかった。グラウト配合は、詳細調査を行った橋梁の建設当時、使用されたものとした。グラウト注入は、図-1 のように下方向より手押しポンプで行った。グラウトには、定着具端部からの凍結防止剤侵入を考慮して、塩分を追加した場合も設定した。その追加塩分は、腐食限界濃度 C (単位セメント量) $\times 0.3\%$ ²⁾ を基準に設定した。また、促進腐食は、水、もしくは 3%濃度の塩水を用い、1 日 1 時間腐食液に浸漬させる乾湿サイクルとした。供試体一覧を表-1 に示す。

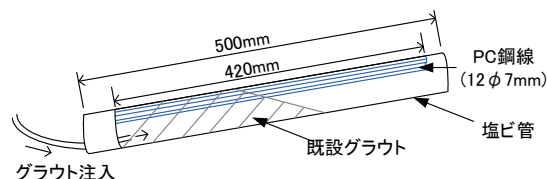


図-1 供試体概要図

表-1 供試体一覧

供試体名	腐食液	グラウト内追加塩化物イオン濃度(C × mass%)	試験日数(日)
H-0.3-130	H ₂ O	0.3	130
H-1.2-130	H ₂ O	1.2	130
N-0-130	NaCl(3%濃度)	0	130
N-0-85	NaCl(3%濃度)	0	85
N-0.3-130	NaCl(3%濃度)	0.3	130

※C:単位セメント量

3. 測定概要：促進腐食後、素線の除錆を実施した。除錆は、常温で 10%濃度のクエン酸二アンモニウム溶液に 2 日間浸漬後、水洗いによる方法を用いた。図-2 に示す腐食量の測定位置は、目視により、孔食、もしくは局部腐食が発生している箇所とし、その位置を把握するため、図-2 に示すように素線の断面を 30° ごとに孔食・局部腐食の発生位置の読み取りを行った。次に、その箇所において、ノギスによる腐食量測定を実施し、ノギスで測れる範囲内で孔食深さ H の測定も実施し、グラウト側より孔食・局部腐食が発生している箇所までの距離測定 L (図-2 参照) を実施した。また、素線において、グラウトが付着していた箇所では、供試体・腐食条件に関わらず、ほぼ腐食がなく、グラウト付着の境界が明確であり、グラウトが付着していた長さ L_g についても測定を行った。

3. 実験結果および考察：孔食・局部腐食発生位置の断面図の例 (H-0.3-130) を図-3 に示す。図-3 は、各素線内の最大から第 5 位までの腐食量における孔食・局部腐食発生位置を示している。また、孔食深さ H を考慮しないシース内の腐食量 R が大きい順に第 5 位までの孔食・局部腐食発生位置も示している。さらに、孔食深さ H を考慮する腐食量 R' が大きい順に第 5 位までの孔食・局部腐食発生位置を示している。図-3 より、シースと素線、素線間の隙間に大きな腐食が発生している。さらに、他の供試体においても、シースと素線の隙間の大きさが最小になる位置で腐食量が大きい傾向にあった。

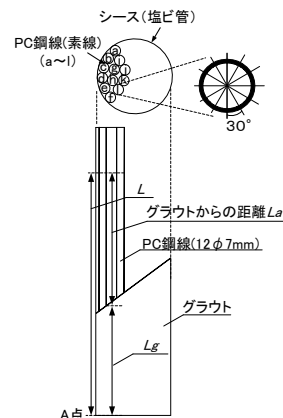


図-2 測定概要図

キーワード PCT 橋, グラウト充填不良, 腐食, 凍結防止剤

連絡先 〒657-8501 兵庫県神戸市灘区六甲台町 1-1 T E L 078-881-1212

次に、グラウト境界からの距離（図-2 の L_a ）と腐食量 R との関係の結果を図-4 に示す。図-4 は孔食深さ H を考慮していない腐食量 R の結果を整理した。

図-4 より、H-0.3-130 および H-1.2-130 は、グラウト境界からの距離 150mm 程度以上で局部腐食・孔食が確認できず、グラウト位置 0mm から離れるにつれ、腐食量が小さくなる傾向が得られた。腐食液である水の液膜にグラウト内塩分が溶けだした

ため、グラウトが付着している付近で腐食が大きく進行した。次に、腐食液の違いである H-0.3-130 および N-0.3-130 を比較すると、H-0.3-130 では、グラウト付近で腐食が大きく、局部腐食・孔食が確認できているのに対し、N-0.3-130 では、不良部の端部側方向に腐食量が大きくなる傾向であった。腐食液が塩水である場合は、線形で不良部の端部側に腐食量の増加が見られることから、腐食液が塩水である 3 体の共通の特徴として、グラウトの不良部側の端部では、グラウト側よりも液膜が生じやすく、錆付着後も酸素供給が多かったため、腐食量が大きくなったと推察することができる。凍結防止剤が使用される環境の実橋梁では、素線と素線がシースの上部に集まりはじめた箇所(定着部から数 10 センチの箇所)で腐食が大きく考えられる。次に、腐食液が

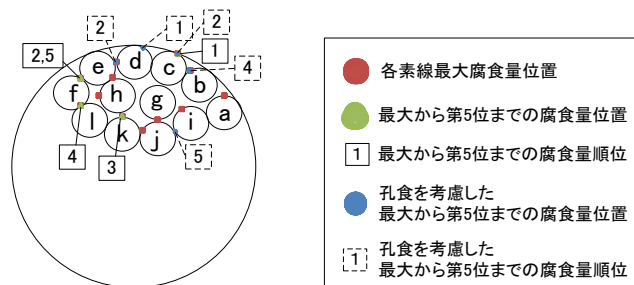


図-3 孔食・局部腐食発生位置

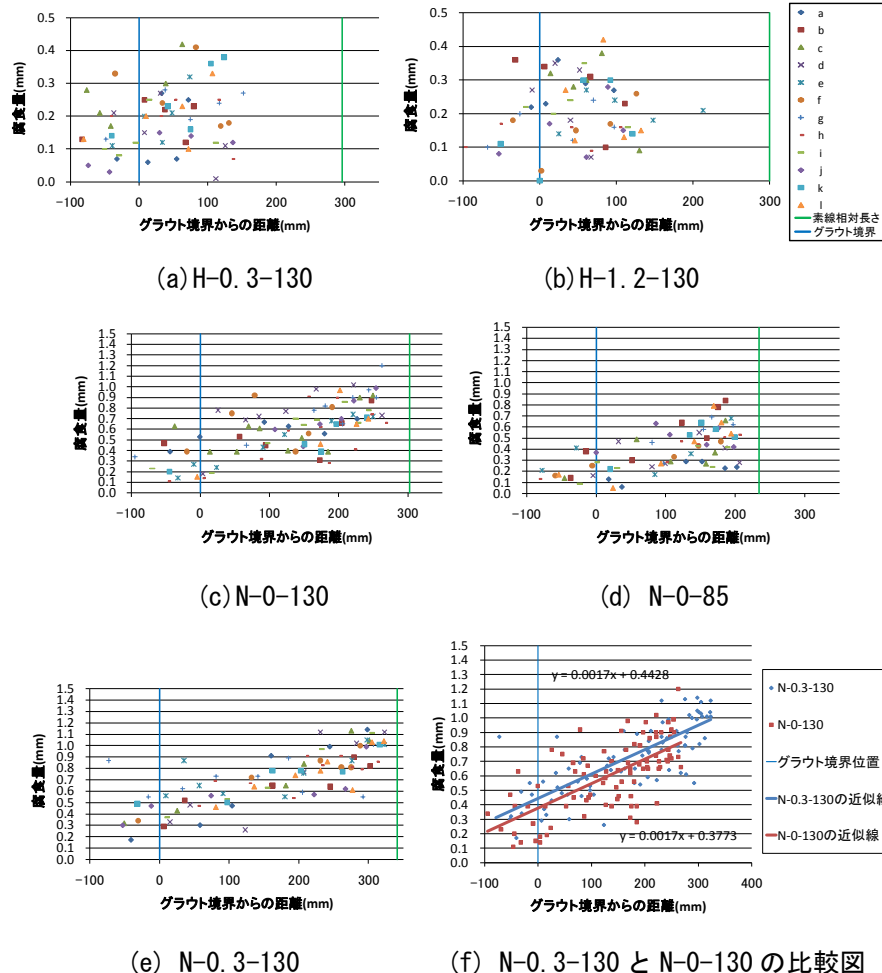


図-4 腐食量と素線軸方向距離の関係

塩水でありグラウト内塩分濃度が異なる N-0-130 および N-0.3-130 を比較する。図-4(f)の近似直線より、傾きが同じ値を示しており、切片も近い値を示していることがわかり、グラウト内塩分濃度の違いが影響しないといえる。

4. まとめ：実橋梁で使用されるグラウトを用い、曲げ上げ部を考慮した供試体を作製した。また、その供試体を促進腐食させ、グラウト不良部の腐食メカニズムについて実験的検討を行った。その結果、以下の知見が得られた。

素線と素線、シースと素線の接している箇所近傍では、腐食液の液膜が生じやすいため、腐食量が大きく、局部腐食・孔食が発生しやすいことがわかった。また、水で乾湿サイクルを行った場合は、グラウト内塩分溶出により、微量の違いでも腐食量の違いが生じた。さらに、塩水で乾湿サイクルを行った場合には、グラウト不良部側・グラウト境界から離れる方向にほぼ線形で腐食量が増え、凍結防止剤などの腐食促進物質がグラウト充填不良部に侵入する場合には、素線がシース上部に集まりはじめた箇所、つまり、定着部から数 10 センチあたりに最も著しい腐食が発生することが考えられる。

参考文献：1)土木学会：PC 構造物の現状の問題点とその対策，2003. 2)二井谷教治，徳光卓，山田一夫，野島昭二，宮川豊章：PC グラウトの塩分濃度が鋼材腐食に及ぼす影響，プレストレスト・コンクリート 52(1)，pp.76-84，2010.