

## 旧大森大橋の PC 鋼材の健全性について

独立行政法人土木研究所 寒地土木研究所 正会員 ○田口史雄  
国土交通省北海道開発局 小樽開発建設部 正会員 萬 直樹

## 1. まえがき

一般国道 229 号 北海道 神恵内村 旧大森大橋 (施工 1980~1986 年) は、海水と凍結融解作用の過酷な環境に曝されていた PC 合成 I 桁であった。鋼材等腐食防止のコンクリート塗装が施されていた。2004 年 9 月 8 日の台風による被災を受け復旧する際、PC 鋼材等の各種調査・試験を行った。本論文は、そのうちシースかぶり厚、シース・グラウト・鋼材の外観調査、PC 鋼より線の引張試験、シース断面内の EPMA 分析等による塩化物イオン浸透状況の調査を行い、PC 鋼材の健全性を評価したものである。

## 2. 試験概要

本調査において、シースかぶり厚は流出した桁(PC1, PC2)から一部はつり出してノギス等により計測した。外観調査は、PC1, PC2 の外見が健全な海側下フランジから、シース、グラウト、PC より線を一体で採取し、目視調査した。引張試験は JISG3536, JISZ2241<sup>1)</sup> に準拠して試験した。EPMA は、はつりだした一体ケーブルを軸直角方向に切断した面に対して、塩化物イオン(CL)着目して分布・濃度の分析を行った。

## 3. 調査試験結果および考察

シースのかぶり厚は流出桁で測定したため、鉛直かぶりは測定できなかった。水平かぶりは PC1 で設計値 (96mm) 以上、PC2 は下回る結果(81mm)となったが必要最小かぶり(35mm) は満足していた。外観調査ではシース外側に腐食はみられないが、PC2 のシース内側下面一部に腐食痕が観察された(写真-1)。この箇所は支間中央付近のサグ部下面であったことから、グラウト充填前もしくは桁が流出損傷した時の塩化物イオン浸入が原因と推測される。またシース内のグラウトは、顕著な未充填部分は認められないが、一部頂部に細かい空気泡や空気だまりが観察された。PC 鋼材の腐食状態は小面積の斑点状浮きさびが部分的にみられる程度で、腐食開始の初期段階と想定された。なお PC1 に比べ PC2 の腐食が進行していたが両者ともシース外面に腐食がみられず、桁外面から浸透した塩化物イオンに起因する腐食ではないと推定される。PC 鋼より線の引張試験は、少しでも腐食の進行している線材を選択して実施したが、所定の規格強度 (0.2%永久伸び 136kN 以上、引張荷重 160kN 以上) を満足していた。

シース断面内の EPMA 分析(写真-2)では、PC1 のグラウト内の塩化物イオン分布が断面上部および右側の PC 鋼より線周囲で、局部的に高い濃度 0.1~0.3wt% (wt:グラウト重量%で約 2~6kg/m<sup>3</sup>) を示していた。しかし、シース近傍の塩化物イオン濃度は相対的に低いことからシース外面から浸透したものではなく、桁流出による損傷を受けて PC 鋼より線を伝わって侵入したか、施工当初に PC 鋼材に付着した可能性が考えられる。また、塩化物イオンの水平方向平均値の鉛直分布では桁流出による影響等の可能性がある局部的に高い部分 (0.03wt%) を除けば、平均的に 0.01wt%程度であり、グラウト材(推定配合:ポルトランドセメント, W/C:45%, C:1302kg/m<sup>3</sup>)自身に含まれる塩化物イオン濃度相当と考えられる。PC2 では断面下側で塩化物イオン濃度が高い傾向を示している。最大値はシース下方にあり平均約 0.15wt% (約 3kg/m<sup>3</sup>) であり、鋼材腐食発生限界塩分量とされている 1.2kg/m<sup>3</sup> を大きく超過していた。これは PC 鋼材の外観調査の結果、浅い孔食が見られたことと一致していた。また、上側やかぶり側では PC1 と同様、約 0.01wt%(約 0.2kg/m<sup>3</sup>)



写真-1 PC2 シース内側下面の腐食状況

キーワード PC 鋼材,グラウト,塩分浸透,EPMA,健全性

連絡先 〒062-8602 札幌市豊平区平岸 1 条 3 丁目 1-34 独立行政法人土木研究所寒地土木研究所 TEL011-841-1719

程度の塩化物イオン量である。高濃度の箇所は、シース内面の一部腐食箇所と一致し、グラウト充填以前にシース内に塩化物イオンが進入した可能性、および流出時に欠損や破壊を受けた箇所からシース内に流入した海水が PC 鋼より線を伝わって流入した可能性が考えられる。

なおさらに原因特定するため、建設時のグラウト充填前にシース界面の錆痕（約 3cm 幅）箇所にある深さまで海水が溜りグラウトが施工されたと仮定する一次元のモデルにより 20 年後の塩化物イオン分布をシミュレーションした。この場合グラウト内の塩化物イオンは 20 年経過するとほぼ全面に拡散し、均一な塩化物イオン濃度となるため、グラウト内で濃度勾配を有している EPMA 結果と異なることから建設時に混入した塩化物イオンではないと考えられる。

また EPMA 測定の前月の流出時に、PC 鋼より線に沿って浸透分布状況のシース下方 20mm 程度まで瞬時に海水(塩化物イオン濃度 20kg/m<sup>3</sup>)が浸透分布して、平均塩化物イオン濃度 3kg/m<sup>3</sup> になった後は外部からグラウト内に浸透する塩化物イオンは存在しないと仮定して 1 次元モデルで流入から 2 ヶ月後の塩化物イオン濃度分布を計算した (図-1)。その結果流出後 2 ヶ月経過した計算の分布は、PC2 の EPMA 結果とよく似た傾向を示しており(図-1)、このことから流出時にグラウト内に侵入した海水の塩化物イオンが拡散した可能性が高いと考えられる。

4. まとめ

本研究で得られた結果は以下の通りである。

外観調査結果、PC シース外面に腐食はみられず、内部のグラウト充填はシース上部に小さな巻込み空気泡跡がみられたが充填不良と思われる部分は認められない。PC2 のシース内面下側およびその位置のグラウトに錆がみられ、PC 鋼材は、小面積の斑点状で部分的浮きさびから腐食開始初期段階と想定されるが、引張試験は所定の規格強度を満足している。

PC2 グラウトの EPMA 分析でグラウト下側の塩化物イオン量は鋼材腐食発生限界 1.2kg/m<sup>3</sup> を超過しており外観調査の部分的浮きさびと対応している。なお、これらの錆や塩化物イオンの侵入は、塩化物イオン浸透シミュレーションから、流出時に欠損や破壊を受けた箇所からシース内に流入した海水が PC 鋼より線を伝わって流入した可能性が高いと考えられる。

参考文献

1)財団法人 日本規格協会 2005 年制定コンクリート標準示方書[規格編]JIS 規格集, 2005.2

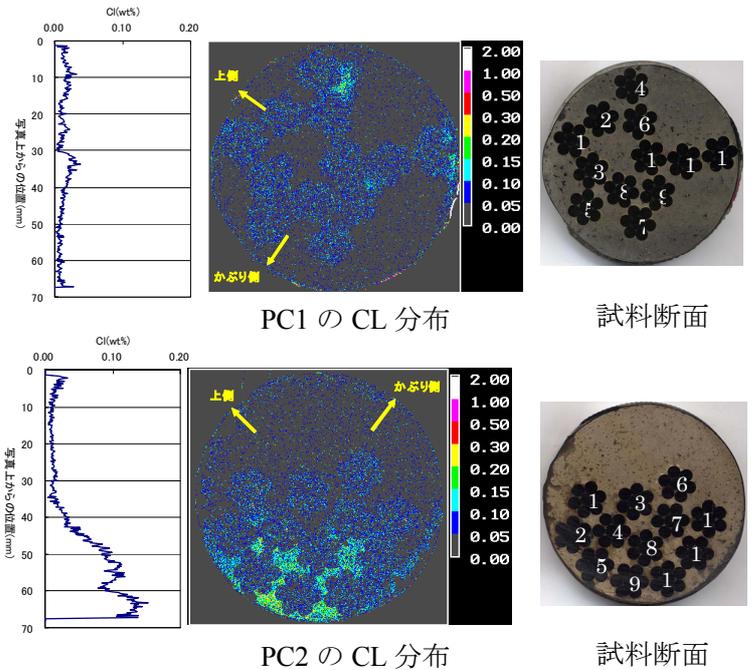


写真-2 PC ケーブル EPMA 測定結果

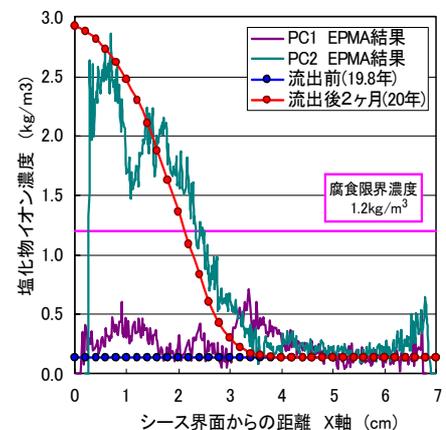
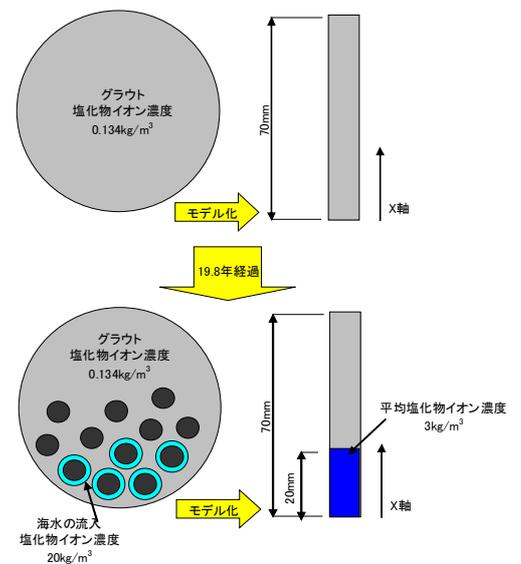


図-1 PC2 グラウト材内の塩化物イオン浸透シミュレーション (仮定条件:流出時海水流入)