

横締めPC鋼棒の突出にかかわる調査

(一財) 首都高速道路技術センター
首都高速道路株式会社

正会員 ○繪嶋 武史
正会員 石田 和久

1. はじめに

5 径間連続PCポステン箱桁橋で床版横締めPC鋼棒が突出する事象が発生した。この突出したPC鋼棒の破断原因調査として、破断位置の推定や、削孔目視によるシース内の状況観察、破断部の鋼材試料を採取して破面観察等の詳細試験を行った。また、破断原因のひとつに、シース内でグラウト充填不良箇所の存在が考えられ、当該工区の床版横締めを衝撃弾性波法によりグラウト充填調査を行った。

2. 破断したPC鋼棒の調査

(1) 突出したPC鋼棒とシース管内の状況

PC鋼棒の突出長と破断位置を図-1に示す。

PC鋼棒の突出長は522mmであった。先端から超音波探傷試験(垂直UT)を用いて破断面の位置を推定したところ先端から10.0mで破断していた。床版下面から削孔してファイバースコープでシース内を確認したところ、写真-2の様に破断面下側の変色部を確認した。また、シース管内は水滴状の錆汁が多く見られ破断部付近に水が侵入する環境であった。

(2) 破断原因の詳細調査

破断部の鋼材試料を採取し、破面観察等の詳細調査を行った。PC鋼棒の破断面は軸方向に対してほぼ垂直であり、断面積の減少する絞りなどの塑性変形はみられなかった。PC鋼棒の外面は赤褐色や黒色が混在した粒状あるいは塊状の腐食生成物(錆)が全面に覆っており腐食による損傷がみられた。破断面上に堆積した錆の成分分析は、水中で生じる一般的な鉄の腐食生成物であり、腐食性が高まる塩化物イオン(Cl⁻)やSO_xの痕跡は検出されなかった。

酸洗後のマクロ波面形態を図-2に示す。破断面は全体的に平滑な起伏の少ない脆性的な破面であり、箇所aのピットから放射状に広がった筋模様(放射状模様)が観察された。

破断面上に生じたピット(箇所a)の電子顕微鏡像を写真-3に、破断面(箇所b)の電子顕微鏡像を写真-4に示す。箇所aのミクロ組織では脆性破壊で生じるへき開破面は見られず、腐食によって生じた腐食ピットが観察された。箇所b~dは、ほとんどへき開破面であり、箇所eは、微小な腐食ピットが生じているが僅かに不鮮明なへき開破面も観察された。

鋼棒の破断現象は、箇所aと箇所b~dのへき開破面の形態から、地面側(箇所a)から天井側に脆性キ裂が伝播したと推察された。これはマクロ破面で観察された放射状模様と合致した。

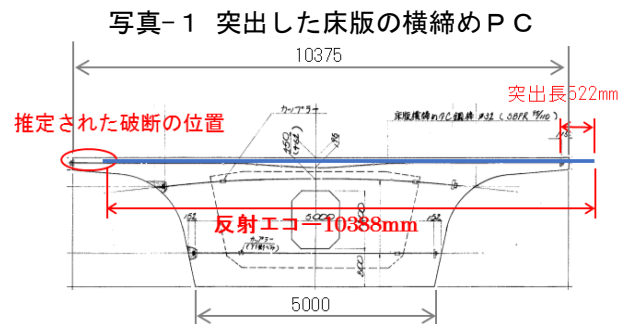


図-1 PC鋼材の突出長と破断の位置

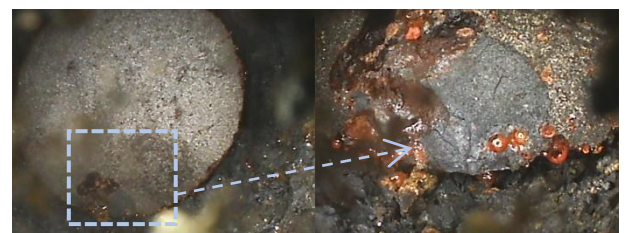


写真-2 シース管内の破断状況

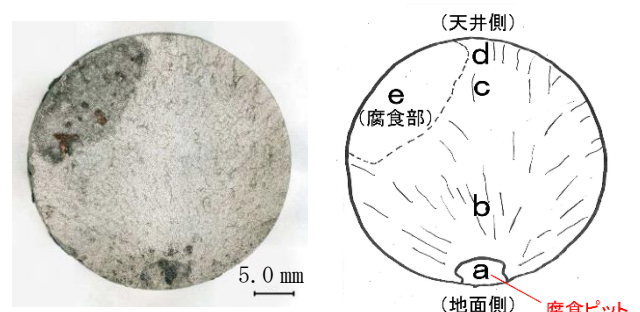


図-2 破断部のマクロ波面形態

キーワード PC鋼棒, 破断, 床版横締め, 破断面観察, グラウト充填調査

連絡先 〒105-0001 東京都港区虎ノ門 3-10-11 (一財)首都高速道路技術センター TEL 03-3578-5751

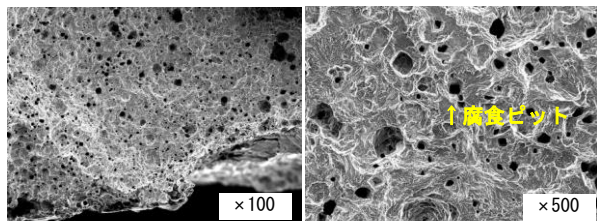


写真-3 箇所aのミクロ破面

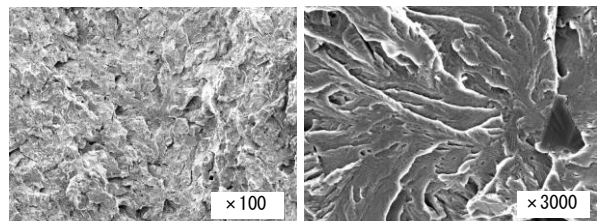


写真-4 箇所bのミクロ破面

エッチング後の破断面断面組織を写真-5, 写真-6に示す. 写真-5のマクロ組織観察や写真-6のミクロ組織観察では, 箇所a~dまでの破断面付近や, 非破断面箇所を比較しても金属組織に明瞭な差は観察されなかった. 水素脆化割れを起こした可能性も考えられたが, 破断したP C鋼棒の強度や, 単相組織のパーライトであること, ミクロ破面に水素脆化割れの痕跡が認められないことから, 水素脆化割れが生じた可能性は低いと考えた.

(3) 破断原因の推定

破断したP C鋼棒のシース内部はグラウトが充填不良の状態であり, 空洞部に水の浸入があり, P C鋼棒の腐食が進行する環境下にあった. 破断面では地面側に生じた腐食ピットを起点として放射状に脆性き裂が伝播した破断形態が確認された. また, 成分分析や引張試験, 硬度試験などの結果から水素脆化の影響は見られず鋼材の品質欠陥はないと判断した.

これらからP C鋼棒が破断した原因は, 腐食環境下であるシース管内の地面側で局所的な腐食(孔食)が起こり, 起点となる腐食ピットが形成されて脆性破壊が生じ破断に至ったと考えた.

3. 横締めP Cグラウト充填調査

破断の原因のひとつにグラウトの充填不良があることから, 破断した箇所以外の床版横締めを床版下面から弾性波の入力・受信が可能な衝撃弾性波法によってグラウト充填調査を行った. また, 衝撃弾性波法による調査とともに, 削孔目視によるグラウト充填の確認を行い, 衝撃弾性波法の調査結果を評価する閾値を定めた.

約800本の床版横締めを衝撃弾性波法により調査し, 閾値を伝播速度4500m/sとして評価すると, 3割を超える箇所が「充填不良の可能性有り」の評価となった.

削孔調査では写真-7の様に, P C鋼棒の表面のみにグラウト残存している空洞部や, シース内の滞水が流出した箇所もあった.

4. まとめ

破面観察等の詳細調査を行うことで, P C鋼棒の破断原因を特定できた. 今回の調査からグラウトの充填不良によりP C鋼材が腐食環境下にある箇所が多数あると推定され, グラウトの充填調査はP C鋼棒の突出等による第三者被害を予防するためにも今後重要になると考える.

参考文献

- 1) KOBE STEEL ENGINEERING REPORTS/Vol.54 耐遅れ破壊特性に優れた 1600MPa 級高強度ボルト用鋼, 平成16年12月

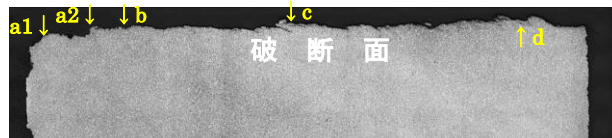
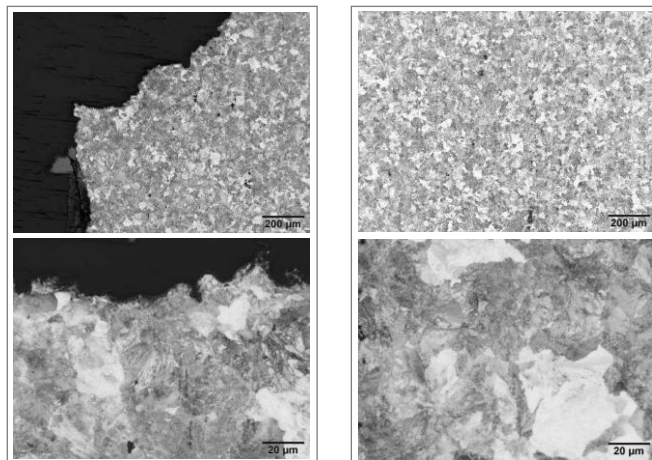
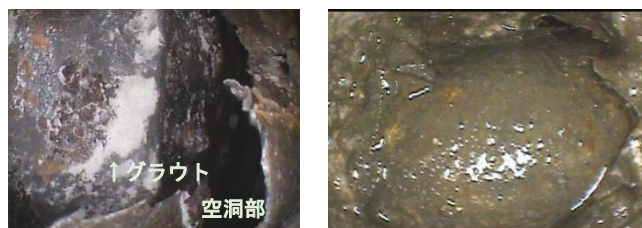


写真-5 破断部の断面マクロ組織

写真-6 破断部と非破断部のミクロ組織の比較
(左: 破断面の起点部近傍 右: 非破断部のP C鋼棒)写真-7 破断部と非破断部のミクロ組織の比較鋼棒
(左: グラウトの付着と空洞 右: 滞水していたP C鋼棒)