

神戸大学大学院 学生会員 ○戸田 想介
神戸大学大学院 学生会員 福田 圭祐

神戸大学大学院
神戸大学大学院
神鋼鋼線工業(株)

正 会 員 森川 英典
正 会 員 美濃 智広
河村 睦

1. 研究の目的

凍結防止剤使用環境下のポストテンション方式の PC 道路橋において定着部付近などにグラウトの充填不良部があると隙間から水や塩分などの腐食促進物質が侵入し写真-1 のように腐食が発生、進展する可能性がある。そして腐食劣化が進むことによって PC 鋼線に孔食が発生し、その断面減少部分で応力集中が起こることによって亀裂が進展して脆性的に破断する応力腐食割れの発生が懸念されている。

既往の研究¹⁾では電食によって腐食による孔食部分を模して供試体を作製し、写真-2 のように破断させた。それにより応力集中による破断部の最大応力と破断時間の間に関係性があることが分かった。しかし、電食によって作製した孔食は、実使用環境下において生じる孔食形状とは異なることが想定される。そこで本研究では定着具付近でのグラウト充填不良部を模擬した供試体を作製し、それを実際に塩水に浸漬して促進腐食させた。そして応力腐食割れ試験を実施し、応力腐食割れによる破断性状などについて検討した。



写真-1 既設 PC の腐食状況



写真-2 電食による応力腐食割れ

2. 実験概要

グラウト充填不良部を模した供試体を 10 体、図-1 のように作製した。PC 鋼線は直径 7mm のものを 12 本束ねて使用した。シースは透明な塩ビ管を使用した。グラウトの注入はシースの下部から行った。

腐食液は 3%の塩化ナトリウム水溶液を用い、一日 1 時間浸漬した後、乾燥させる乾湿サイクルによる促進腐食実験を行った。また、腐食環境の違いによる腐食の進行の変化を調べるために、10 体中 5 体は屋外にて、残りの 5 体は室温 50℃、湿度 80%以上の高温多湿環境下の実験室内にて実験を行った。促進腐食実験終了後は除錆を行った。除錆はクエン酸二アンモニウムの 10%水溶液に浸漬して行った。除錆後の PC 鋼線の孔食部分の様子を写真-2 に示す。

除錆後の PC 鋼線を用い、応力腐食割れ試験を行った。腐食環境はガラス管の中に 100℃に熱した 20%の硝酸アンモニウム水溶液を入れそれに鋼線を浸漬することで再現した。また試験荷重は 0.6Pu(Pu:実引張荷重)である 40.1kN とした。この実験は 2 年前から行っているが今回で当初予定していた実験は完了した。

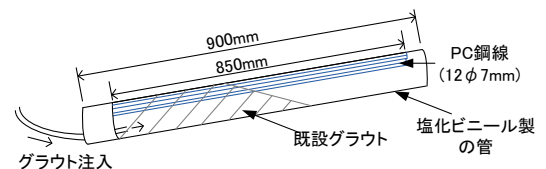


図-1 供試体の概要

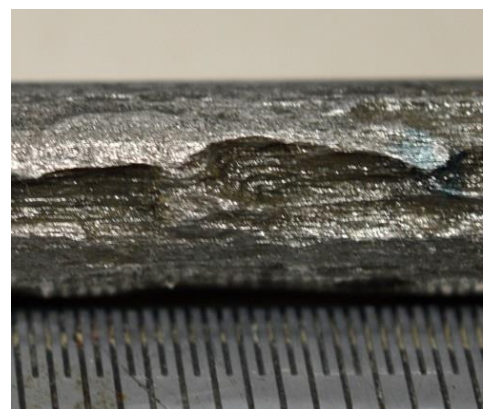


写真-3 腐食を模擬した鋼線

3. 実験結果および考察

まず、破断時間と破断部の平均応力の関係について検討した。平均応力は図-2のように破断した部分の直径を4方向で測定し、その平均の値を直径としてもつ円の面積として断面積を求め、その断面積で試験荷重の40.1kNを除して求めた。

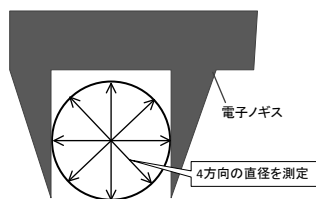


図-2 断面積の測定

その平均応力と破断時間の関係を表したのが図-3である。これをみると平均応力レベルが高いPC鋼線は30時間程度未満の比較的短時間で破断していることが分かる。しかしその中での破断時間の差は相関が不明確である。また、破断時間が30時間程度以上の比較的長時間で破断しているグループの平均応力は1200N/mm²付近に集まっている。

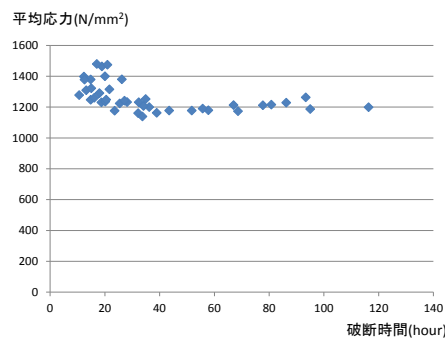


図-3 平均応力と破断時間

そこで、次に最大応力・腐食量と、破断時間との関係を検討した。最大応力は平均応力×応力集中係数で求められるが、応力集中係数 α については写真-4のような破断の原因となった亀裂発生個所がはっきりと分かる画像を拡大して曲率半径 ρ 、深さ h を求め、図-4のような板状モデルの式²⁾を用いて求めた。

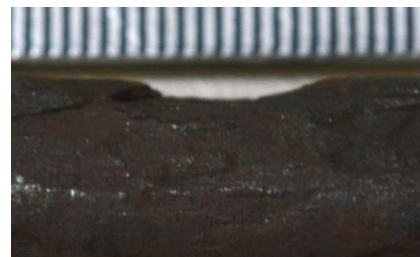


写真-4 亀裂発生個所の腐食状況

また、腐食量は、電子ノギスを用いて図-5のように破断部分の深さを計測した。最大応力と破断時間との関係を図-6に、腐食量と破断時間との関係を図-7に示す。腐食量と破断時間の関係については、破断時間の長短に係わらず腐食量のばらつきは大きく、腐食量と破断時間の相関性は低いことが確認できた。一方、最大応力と破断時間との関係においては、30時間程度未満の比較的短時間で破断しているグループについても最大応力との相関性は高く、さらに破断時間が30時間程度以上の比較的長時間で破断しているグループについても1500~2000N/mm²付近に集まっていることが確認できた。短時間で破断しているグループの中で最大応力が2200N/mm²程度を超過しているPC鋼線について応力集中係数を確認したところ、 α が2以上と比較的応力集中係数が高くなっていることが確認できた。

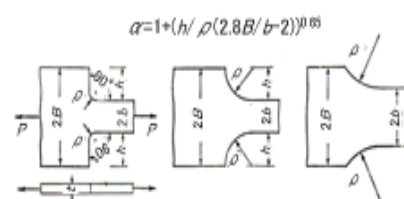


図-4 応力集中係数算出式

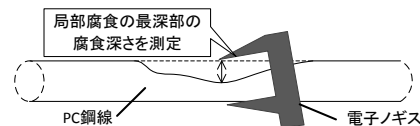


図-5 腐食量の測定

4. まとめ

応力集中を考慮した最大応力にて整理した場合、PC鋼線の応力腐食割れの感受性を表す指標である破断時間との間に相関関係があることが確認できた。また破断時間が短い領域においては、応力集中係数が高くなっていることが確認できた。今後、腐食形状と応力集中係数の関係について、さらなる分析を行っていきたい。

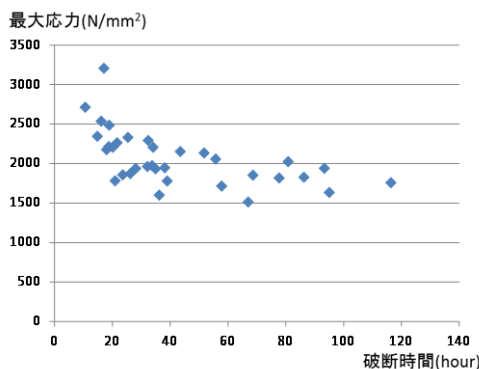


図-6 最大応力と破断時間の関係

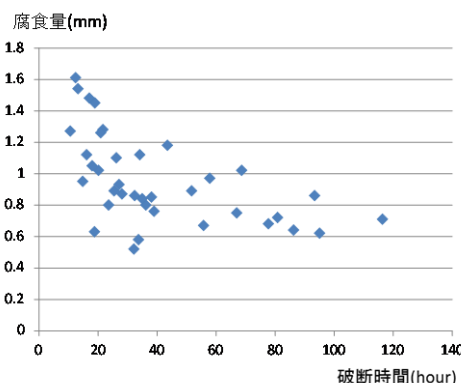


図-7 腐食量と破断時間の関係

参考文献: 1)白川,森川,福田,河村: 局部腐食を考慮したPC鋼線における応力腐食割れの破断性状に関する実験的検討, コンクリート工学年次集, vol.34, No.1, pp1054-1059, 2012 2)西田正孝: 応力集中増補版, 森北出版, pp.632-636, 1993