

グラウト中に埋設された錆びた PC 鋼材の腐食特性試験

早稲田大学大学院 学生会員 ○桑原 大亮
株式会社ピー・エス 正会員 石井 浩司
早稲田大学 フェロー 関 博
日本道路公団 正会員 青木 圭一

1 まえがき

耐久性のある PC 構造物を建設する条件の一つに、耐久性のある材料を使用することが挙げられる．PC 鋼材の腐食に関しては、コンクリート標準示方書に「有害な腐食を受けていないものを使用しなければならない」と明記されているが、有害な腐食の定義に関する記述はない．腐食した PC 鋼材をシース中に挿入し、グラウトを充てんした場合に PC 鋼材の腐食がさらに進行するか否か、PC 鋼材の腐食速度などを検討した研究報告は見当たらないのが現状であり、PC 構造物の長期耐久性に課題が残されている．本研究は、腐食させた PC 鋼材をグラウト中に埋設した場合の腐食進行の有無を、電気化学的測定を行うことにより検討することを目的としたものである．

2 実験概要

実験の手順は①供試体の製作、②供試体の養生(材齢約 1 週間まで)、③自然電位および分極抵抗の測定(材齢 2,3,4,6,8,12,16,20,24 週に実施)、(③の期間中は湿潤容器内に暴露)、④分極曲線測定(材齢 24 週に実施)、⑤PC 鋼材の取り出し、腐食状態の確認および腐食減量の測定(材齢 24 週に実施)、である．製作した供試体はタイプ 1 およびタイプ 2 の 2 種類とした．タイプ 1 は樹脂製シースを用いずに所定形状の型枠に種々の表面状況(腐食状況)の PC 鋼材を設置しグラウトしたものであり、タイプ 2 は樹脂製シース中に PC 鋼材を設置しグラウトをしたものである(図-2.1)．試験要因は、シースの有無(タイプ 1 およびタイプ 2)、および鋼材の表面状況とし、製作した供試体数を表-2.1 に示した．また、供試体の底面と打上面からの腐食因子の侵入を避ける目的で、供試体底面および打上面をエポキシ樹脂により被覆した．

3 実験結果

自然電位の経時変化は、図-3.1 に示す通りである．プロットした値は 3 体の供試体の平均値である．自然電位は飽和カロメル電極(SCE)換算の値であり、これを「ASTM C876 による電位測定値の評価基準」に照らし合わせ、腐食発生の有無の状態を判定した．また、分極抵抗の経時変化は、図-3.2 に示す通りである．プロットした値は 3 体の供試体の平均値である．これを「CEB による腐食速度の判定基準」に照らし合わせ、腐食進行の状態を判定した．自然電位の測定結果からは、赤錆シースの供試体を除いて、鋼材は高い確率で腐食発生状態ないし不確定の状態にあると推定される挙動を示している．しかし、分極抵抗測定の結果では、著しい錆の供試体を除いて、時間を経るごとに腐食速

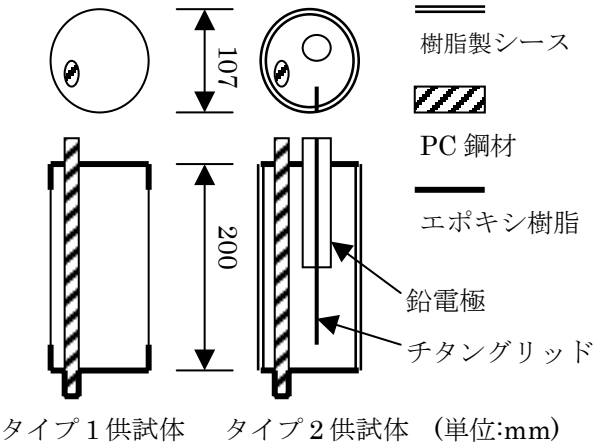


図-2.1 供試体の形状・寸法

表-2.1 試験要因と供試体数

PC鋼材の表面状況	シース無(タイプ1供試体)	シース有(タイプ2供試体)
	供試体数	供試体数
健全	3体	—
赤錆発錆	3体	3体
赤錆発錆後、除錆	3体	—
著しい錆発錆	3体	—

キーワード PC 構造物、樹脂製シース、自然電位、分極抵抗、腐食速度

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 早大理工 51-16-09 早稲田大学理工学部関研究室 TEL03-5286-3407

度が小さく、またはほとんど腐食が進んでいない方向に推移している。赤錆シースの供試体では、PC 鋼材は腐食状態が不確定であるか非腐食状態に近く、また、腐食速度も極めて小さく、腐食はほとんど進行していないと推定される。材齢 24 週において自然電位および分極抵抗の測定の後、分極抵抗測定を行った。この測定では+600mV の電位シフトを行った。この電位シフトを行うことにより、分極曲線よりターフェル勾配を求めることができる。すなわち腐食電位から大きく分極した電位域では、外部分極曲線であっても直線となり、その直線を外挿することにより腐食電流密度 I_{corr} を求めることができる。この結果、鋼材が「著しい錆」である供試体についてのみ、腐食が進行している鋼材に特徴的な分極曲線が得られた。また、他の種類の鋼材を用いた供試体については、腐食していない鋼材に特徴的な分極曲線が得られた。そこから算出した腐食電流密度の値を表-3.1 に示す。これを「CEB による腐食速度の判定基準」に照らし合わせると、「著しい錆」の供試体の腐食速度については、中～高程度あるいは低～中程度の腐食速度、と判定することができる。また全ての供試体について PC 鋼材を取り出し、腐食状態の確認を行ったが、「著しい錆」の供試体の鋼材のみ、さらに激しく進行した腐食が確認され、他のシリーズの供試体の鋼材では、ほとんど腐食が認められなかった。

4 まとめ

表-4.1 に試験結果をまとめて示した。試験の範囲内で明らかとなったことは以下の通りである。(1)健全で腐食のない PC 鋼材では、グラウト後も腐食は発生せず不動態状態にあると推定される。(2)赤錆の生じた PC 鋼材は若干腐食発生領域にあるものもあるが、腐食速度は 0 に近く、ほぼ不動態状態にあると考えられる。(3)著しい錆を有する PC 鋼材は、不動態皮膜は壊され、腐食が進行しているものと推察される。(4)樹脂製シース内の PC 鋼材は、シース内へ挿入時に赤錆が生じていても、腐食挙動は健全な PC 鋼材と同程度である。

参考文献

- [1] 土木学会，コンクリート標準示方書 施工編 ―耐久性照査型―平成 11 年度版，1999
- [2] 社団法人日本コンクリート工学協会編，コンクリート構造物の診断のための非破壊試験方法研究委員会報告書，2001

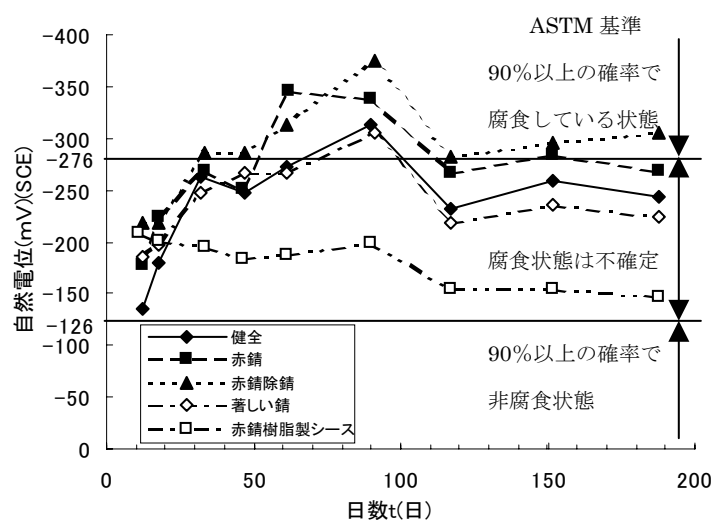


図-3.1 自然電位の経時変化

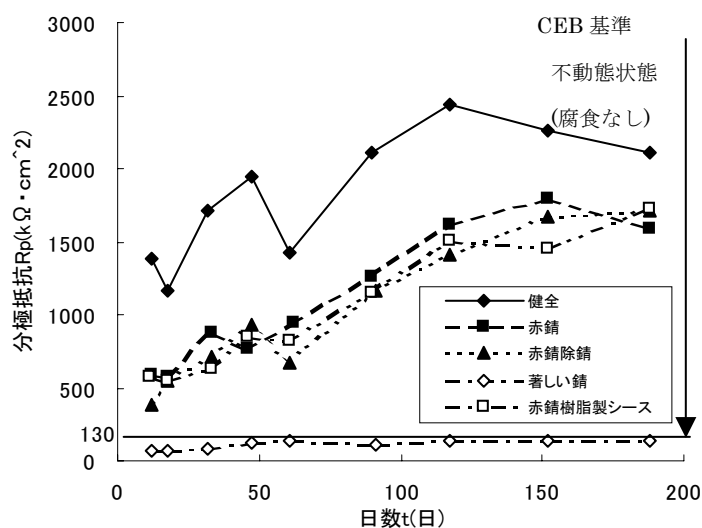


図-3.2 分極抵抗の経時変化

表-3.1 腐食電流密度

埋設前のPC鋼材の腐食状況	腐食電流密度 ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$) (3体の平均)
健全	0
赤錆	0
赤錆除錆	0
著しい錆	0.760
赤錆樹脂製シース	0

表-4.1 試験結果のまとめ

埋設前のPC鋼材の腐食状況	自然電位 (ASTM C876基準)	分極抵抗 (CEB基準)	腐食電流密度 (CEB基準)	取り出し後のPC鋼材の腐食状況
健全	腐食状態不確定	不動態状態	不動態状態	腐食なし
赤錆	90%以上の確率で腐食	不動態状態	不動態状態	錆はわずか
赤錆除錆	90%以上の確率で腐食	不動態状態	不動態状態	錆ほとんどなし
著しい錆	腐食状態不確定	低～中程度の腐食速度	低～高程度の腐食状態	激しい赤錆
赤錆樹脂製シース	腐食状態不確定	不動態状態	不動態状態	錆はわずか