

## 長期連続通電により脱塩したPC桁の静的耐荷性状

(株)富士ピー・エス	正会員	吉田 光秀・徳光 卓
電気化学工業(株)	正会員	原 与司人
長岡技術科学大学	フェロー	丸山 久一
九州工業大学	正会員	日比野 誠

### 1. はじめに

塩害を生じたコンクリート構造物の補修に関して、電気化学的な防食工法は、平成13年には土木学会より電気化学的防食工法設計施工指針(案)が刊行され[1]、塩害の抜本的対策として広がりを見せている。電気化学的防食工法の一つに電気化学的脱塩がある。電気化学的脱塩は既にコンクリート中に浸透した塩化物を電気泳動によってコンクリート外に排出させる工法であり、電気防食工法に比べて大きな電流密度を使用する。そのためPC構造物においてはPC鋼材の水素脆化などが懸念され、適用に際しては間欠通電法など、PC鋼材中の水素濃度抑制策がとられており、工程が長くなるなどの問題を生じている[2]。しかしながら、PC桁へ実際に長期間連続通電を行った場合に生じる問題は明らかでない。そこで本研究では長期連続通電を行ったPC桁供試体を作成し、静的載荷試験を行って耐荷性状の確認を行った。

### 2. 実験の概要

PC桁供試体の外観と載荷位置を図-1に示す。供試体はプレテンション方式PC矩形梁とし、コンクリートの設計基準強度を $50\text{N/mm}^2$ とし、初期塩分としてNaClを $1.7\text{kg/m}^3$ 混入した。コンクリート打設後、蒸気養生した。供試体はプレストレス導入後、ただちに飽和食塩水槽中に浸漬し、28日間養生した。その後、電解質溶液にホウ酸リチウム溶液を使用して、脱塩コンクリート面積あたり $0.75\text{A/m}^2$ 、PC鋼材表面あたり $1.7\text{A/m}^2$ にて3週間通電し、5万回の疲労試験を行った。なお、疲労試験の結果は昨年度に報告した通りである[3]。疲労試験終了後、電流密度を通常の3倍(PC鋼材表面あたり $5\text{A/m}^2$ )に上げ、引き続き8ヶ月間の連続通電を行った。脱塩完了後、静的編心載荷を行った。載荷試験終了後、供試体からPC鋼材をはつり出し、JIS G 3536に従い引張試験を行った。

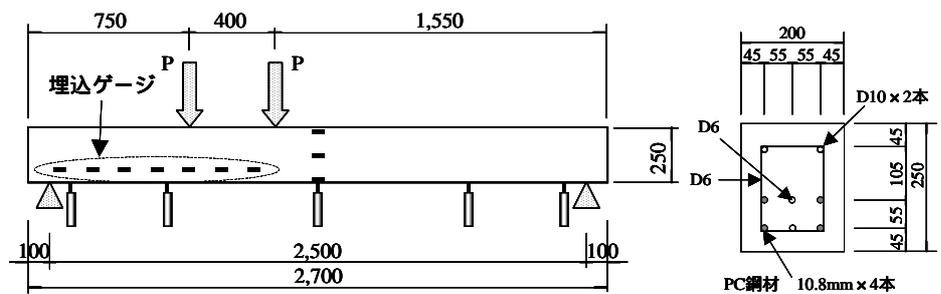


図-1 供試体の外観と載荷位置

図-2に荷重とたわみの関係を示す。図には非脱塩供試体と間欠通電により脱塩した供試体(間欠脱塩)の結果を併せて記載した[4]。非脱塩・間欠脱塩の供試体は長期脱塩供試体と同一バッチであるが、載荷試験は長期脱塩桁の8ヶ月前に行われた。これらに比べて長期脱塩供試体はひびわれ発生荷重が小さくなっているが、その差は8ヶ月間のクリープによるプレストレスの減少量の計算値におおよそ一致している。破壊荷重は三者ともほぼ同一であった。各供試体とも載荷開始から破壊まで、PC桁の曲げ挙動として妥当なものと思われ、長期脱塩による影響は認められなかった。

### 3. 実験結果と考察

図-2に荷重とたわみの関係を示す。図には非脱塩供試体と間欠通電により脱塩した供試体(間欠脱塩)の結果を併せて記載した[4]。非脱塩・間欠脱塩の供試体は長期脱塩供試体と同一バッチであるが、載荷試験は長期脱塩桁の8ヶ月前に行われた。これらに比べて長期脱塩供試体はひびわれ発生荷重が小さくなっているが、その差は8ヶ月間のクリープによるプレストレスの減少量の計算値におおよそ一致している。破壊荷重は三者ともほぼ同一であった。各供試体とも載荷開始から破壊まで、PC桁の曲げ挙動として妥当なものと思われ、長期脱塩による影響は認められなかった。

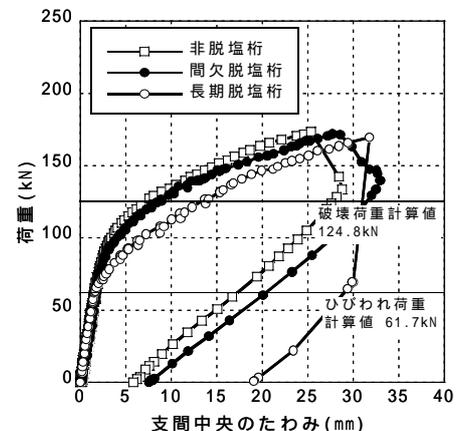


図-2 荷重とかわみの関係

キーワード 電気化学的脱塩, PC鋼材, 水素脆化, ペースト軟化, 静的載荷試験

連絡先 〒105-0004 東京都港区新橋4-24-8 (株)富士ピー・エス技術本部メンテナンス室 Tel 03-3432-0836

図 - 3 に荷重試験中の P C 鋼材定着区間のひずみ分布を示す。荷重 60kN まで全ての供試体は同じ挙動を示したが、これを超えたのち長期脱塩桁のひずみ勾配は小さくなった。ひずみ挙動から荷重 120kN で付着応力は付着強度に達しているものと推察される。これから求めた長期脱塩桁の付着強度は非脱塩桁の 78%であった。荷重試験後の解体調査において、P C 鋼材周囲のペーストに変色が認められたことから、この原因は陰極部に集められた Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> などの陽イオンによってセメントペーストが軟化したためと考えられる。しかし、この程度の定着長増加は定着長に比べて部材長さが十分長い実構造物において問題にはならないと考えられる。

図 - 4 に供試体のひびわれ性状を示す。供試体の破壊性状は全て曲げ圧縮破壊であり、ひびわれ分散性の差はほとんど見られなかった。表 - 1 に P C 鋼材の引張試験結果を示す。全ての結果は JIS G 3536 の規格値を満足しており、差はほとんど見られなかった。

フルプレストレス状態にある P C 鋼材の応力変動は小さいため、通常、P C 鋼材の疲労耐久性が問題になることはない。川俣の研究によれば、P C 鋼材は水素濃度 0.3ppm 程度から脆化傾向を生じ、水素濃度が 1.2ppm 程度になると引張強さ 60%程度の緊張力でも脆化傾向を示すとしている[5]。一方、芦田の研究によれば 8 週間の連続通電により電気化学的脱塩を行った直後の P C 鋼線の拡散性水素吸蔵量は 0.13ppm であったとしている[6]。通常、道路橋の設計においては設計荷重時の許容緊張力は引張強度の 60%以下に制限されており、芦田の研究による水素濃度は川俣が示した限界水素濃度から考えて十分安全側にあると考えられる。本実験では吸蔵水素量の測定を行っていないが、本実験の結果から推察すると、実用的には P C 桁に連続通電による脱塩を行っても問題ないものと推察される。

#### 4. まとめ

本実験では通常の 3 倍の電流密度で、8 ヶ月間の連続通電により電気化学的脱塩を行った供試体の曲げ耐荷特性を把握した。本論文をまとめると以下のとおりになる。

- (1) 長期連続通電により電気化学的脱塩を実施した P C 桁の曲げ性状には特に問題は認められなかった。
- (2) 長期の通電により定着区間のペースト軟化が推察されたが、実用上問題にはならないと推察される。
- (3) 荷重試験後の供試体から取り出した P C 鋼材の引張特性に脱塩の影響は認められなかった。

今後、腐食欠損を生じた P C 鋼材に対する電気化学的脱塩の影響を調査してゆく予定である。

#### 参考文献

- [1] 電気化学的防食工法設計施工指針（案）：土木学会，コンクリートライブラリー107，2001.11
- [2] 供用中のプレテンション P C 桁橋に対する電気化学的脱塩の適用：坂上悟・宮本正尊・吉田光秀・原与司人，土木学会第 57 回年次学術講演会，VI-124，pp.247-248，2002.9
- [3] プレテンション P C 桁の電気化学的脱塩における通電中の動的耐荷特性：大林厚次・丸山久一・日比野誠・山口光俊・徳光卓，土木学会第 57 回年次学術講演会，V-581，pp.1161-1162，2002.9
- [4] 電気化学的脱塩を行ったプレテンション P C 桁の力学特性：日比野誠・丸山久一・中村裕剛・大林厚次・徳光卓，土木学会第 57 回年次学術講演会，V-580，pp.1159-1160，2002.9
- [5] 電気防食によるコンクリート構造物の塩害補修に関する研究：川俣孝治，鹿児島大学博士論文
- [6] デザリネーションによる P C 鋼材の水素吸蔵特性：芦田公伸・上田隆雄・溝口茂・富川豊章，土木学会論文集 No.620/V-43，pp119-127，1999.5

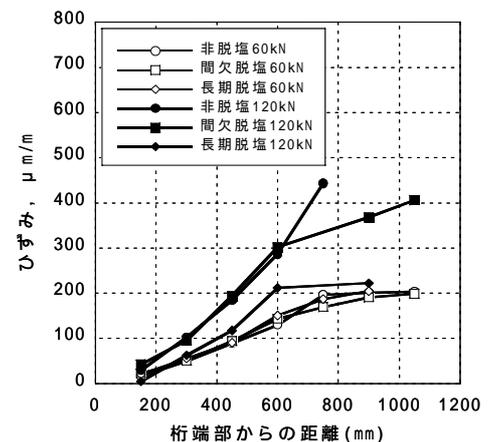


図 - 3 定着区間のひずみ分布

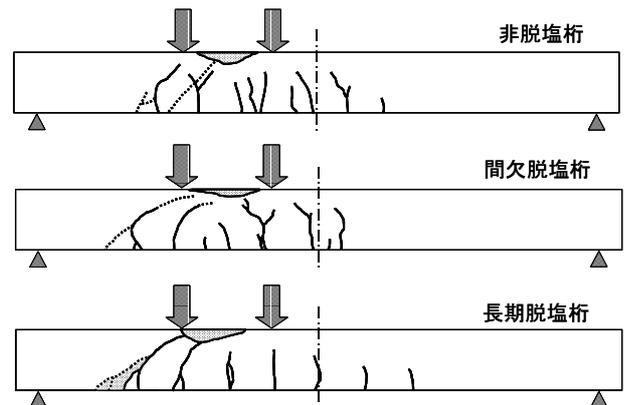


図 - 4 ひびわれ性状

表 - 1 P C 鋼材の引張試験結果

	引張試験結果			JIS G 3536規格値
	非脱塩桁	間欠脱塩桁	長期脱塩桁	
引張強度 (kN)	131	132	132	120
破断時伸び (%)	6.0	7.7	7.1	3.5