

## 電気化学的脱塩を行ったプレテンション PC 桁の力学特性

長岡技術科学大学 正会員 日比野誠

フェロー 丸山久一

中村裕剛

国土交通省高田工事事務所

大林厚次

(株)富士ピー・エス 正会員 徳光 卓

### 1. はじめに

本報告は、新潟県能生町に位置する国道8号線弁天大橋の塩害補修工事に伴い、電気化学的脱塩工法をプレテンション PC 部材に適用する場合の安全性を確認するために行った実験の概要である。コンクリート中に塩化物を残したまま補修を行うと補修後に再劣化を生じるため、コンクリート中の塩化物量を低減する電気化学的脱塩は非常に有効な補修手段となる。しかしながら、電気化学的脱塩では以下の点が構造安全上問題となるため PC 構造物への適用事例はほとんど報告されていない<sup>1)</sup>。

- ・鋼材近傍に  $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$  等のアルカリ金属イオンが蓄積し、セメントペーストが軟化することによって PC 鋼材とコンクリートとの付着強度が低下する。
- ・カソード反応で発生する水素が PC 鋼材中に吸蔵されることによって PC 鋼材の水素脆化が生じる。

これら2つの問題は PC 構造物に固有の問題ではなく RC 構造物に適用する場合にも考慮すべき問題である。ただし、供用中の PC 鋼材には比較的高い応力が作用しているため水素脆化の影響は RC 構造物よりも大きいと考えられる。また、プレテンション部材の場合、鋼材とコンクリートとの付着強度の低下は伝達長の増加と有効プレストレスの減少を生じるため、より慎重な検討が必要であると考えられる。

そこで本研究では付着強度の低下と PC 鋼材の水素脆化に着目し、模型プレテンション PC 桁を作製し電気化学的脱塩を施した後、偏心曲げ載荷と PC 鋼線の引張試験を行い、実施工における安全性を検討した。

### 2. 実験概要

PC 桁供試体断面および偏心曲げ載荷の状況を図-1に示す。供試体に用いたコンクリートは設計基準強度を  $50\text{N/mm}^2$  とし、初期塩分として  $\text{NaCl}$  を  $1.7\text{kg/m}^3$  混入したコンクリートのひずみ分布を測定するために下段 PC 鋼線の中心位置に埋込みゲージを設置した。蒸気養生・プレストレス導入後、飽和食塩水中で 28

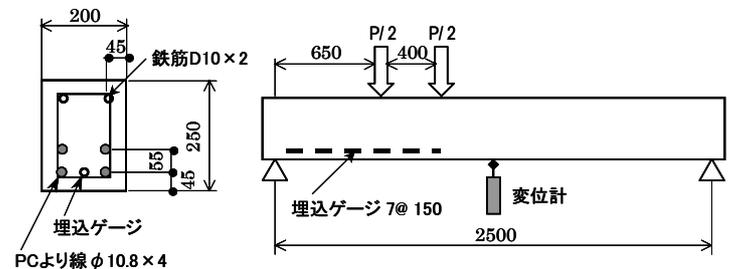


図-1 供試体断面および載荷状況

日間養生した。その後、ホウ酸リチウム溶液に桁高の約  $2/3$  を浸漬し脱塩を行った。鋼材表面積当りの電流量が実橋 ( $1.7\text{A/m}^2$ ) と等しくなるように電流量を設定した。通電の休止によって吸蔵水素が拡散され、水素脆化が抑制されるとする研究成果<sup>2)</sup>に基づき、4.4日通電、2.6日休止を1サイクルとして10週間脱塩を行った。この通電のサイクルも実橋と同じである。比較用に脱塩を行わない桁（以下、非脱塩桁）も作製し、同様に偏心曲げ載荷試験と PC 鋼線の引張試験を行った。

脱塩によるコンクリート中の塩化物量の変化を表-1に示す。断面隅角部のかぶりコンクリートを約 2cm 四方の 4 ブロックに切断し全塩化物量を測定した。

表-1 塩化物量の変化（全塩分）

	脱塩前 ( $\text{kg/m}^3$ )	脱塩後 ( $\text{kg/m}^3$ )	脱塩率 (%)
最大値	6.49	1.41	-
最小値	1.36	0.84	-
平均値	4.15	1.81	56.4

キーワード：電気化学的脱塩，プレテンション PC 桁，付着強度，水素脆化

連絡先：〒940-2188 新潟県 長岡市 上富岡 1603-1 TEL 0258-47-9626 FAX 0258-47-9600

### 3. 付着強度への影響

荷重 - 変位関係を図 - 2 に示す．変形挙動に顕著な相違は認められず，最大荷重もほぼ同等であった．ただし，最大荷重時の変位は若干異なり，脱塩を行った桁の変位が大きくなった．破壊形状は脱塩・非脱塩桁ともに上縁コンクリートの圧壊であったため，この差異は上縁コンクリートの終局ひずみの相違によるものと考えられる．しかしながら，脱塩は桁高の約 2/3 を浸漬して行っているため上縁コンクリートは通电の影響を受けておらず，終局ひずみの相違が脱塩に起因するものとは考え難い．

図 - 3 に各荷重段階におけるコンクリートのひずみ分布を示す．このひずみは埋込みゲージで測定したものである．脱塩によって PC 鋼線とコンクリートとの付着強度が低下した場合，せん断スパン内では付着が切れて PC 鋼線が内側に滑り込んでいくためプレストレスが開放され，PC 鋼線には圧縮ひずみ，コンクリートには逆の引張ひずみが発生するはずである．しかしながら，今回の実験では荷重が 90kN までせん断スパン内のひずみ分布に顕著な相違は認められなかった．荷重が 120kN のときはひび割れの影響で等曲げモーメント区間においてひずみにばらつきが認められるが，支点から 500mm の範囲でひずみ分布はほとんど一致している．特に PC 鋼線の滑り込みは桁端部から生じると考えられるため，本実験の条件では脱塩によるセメントペーストの軟化が部材の変形挙動に与える影響はほとんど無かったものと考えられる．

### 4. 水素脆化への影響

載荷試験後に PC 桁から取出した PC 鋼線の引張試験の結果を表 - 2 に示す．引張試験は脱塩終了後 45 日目に行った．表には脱塩・非脱塩ともに 2 本の PC 鋼線の結果を平均して示している．引張荷重はほとんど同等であり，破断時の伸びは脱塩を行ったものが若干大きくなった．PC 鋼材の水素脆化は通电休止後徐々に回復することが石井らによって報告されており<sup>3)</sup>，今回の実験でも通电停止から引張試験までの期間に水素脆化が回復したものと推測される．

### 5. まとめ

本実験の範囲で PC 鋼線とコンクリートとの付着強度の低下が部材の変形挙動に及ぼす影響はほとんどなく，実施工の安全性を確認することができた．しかしながら，PC 鋼線の水素脆化に関しては通电中にその影響を最も大きく受けると考えられるので，供用中の橋梁を想定すると繰返し荷重下で通电中の挙動を今後検討する必要がある．

本研究を実施するにあたり，高田工事事務所橋梁塩害対策委員会各位よりご助言を賜りました．また，電気化学工業（株）原与司人氏よりご協力とご助言を賜りました．ここに付記し深謝の意を表します．

### 参考文献

- 1) 宮川豊章，上田隆雄：コンクリート構造物へのデサリネーションおよび再アルカリ化工法の適用，コンクリート工学 Vol.38, No.3, pp.9-16, 2000.3
- 2) 芦田公伸ほか：PC 鋼材の水素吸蔵特性に着目したデサリネーション処理方法の検討，土木学会論文集 No.641/V-46, pp.231-240, 2000.2
- 3) 石井浩司ほか：PC 鋼材の水素脆化に関する実験的研究，土木学会論文集 No.532/V-30, pp.131-140, 1996.2

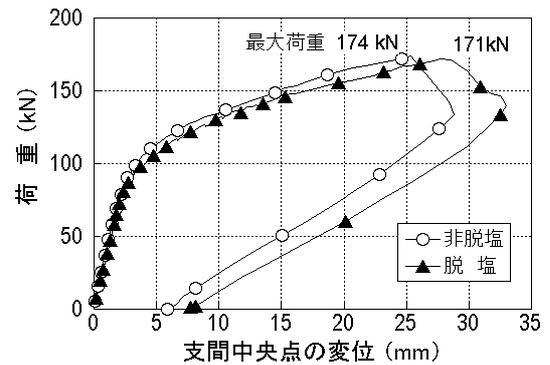


図 - 2 荷重と支間中央点の変位との関係

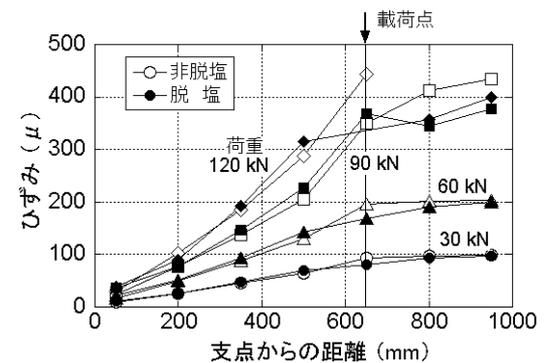


図 - 3 コンクリートのひずみ分布

表 - 2 PC 鋼線の引張試験結果

	脱 塩	非脱塩
引張荷重 (kN)	132.0	130.5
破断時の伸び (%)	7.7	6.0