

V-25 デサリネーションがP Cはり部材の力学的挙動に与える影響

間組(株) 正会員 ○山口 洋幸
徳島大学工学部 正会員 上田 隆雄
京都大学大学院 フェロー 宮川 豊章
徳島大学工学部 フェロー 水口 裕之

1. はじめに

デサリネーションはコンクリート中の塩化物イオン(Cl^-)の除去を目的とする電気化学的手法であるが、これまでは塩害により劣化したRC構造物への適用が主として検討されてきており、PC構造物への適用は見送られてきた。これは、デサリネーションをPC部材に適用する際の最大の問題点として、PC鋼材の水素脆化の可能性があるためである。デサリネーションレベルの通電処理を行うと、陰極であるPC鋼材はカソード反応により生成された水素を吸蔵し、水素脆化による遅れ破壊の危険性が生じる。本研究では、このようなデサリネーションによるPC鋼材の力学的および化学的性状の変化がPCはり部材としての力学的挙動に与える影響を検討することとした。

2. 実験概要

実験に用いた供試体は合計20本で、幅10cm、高さ20cm、全長160cmのPCはりとし、有効高さ13.3cmの位置にプレテンション方式で緊張したPC鋼棒を1本配した。コンクリートの圧縮強度は40MPaの目標強度に対して、28日強度が42.8MPaであった。

コンクリート中にあらかじめ塩化物を混入した。 Cl^- 量としては、比較的厳しい塩害が生じた場合に見られる、 8.0kg/m^3 を選んだ。PC鋼材としては高周波誘導加熱焼入れ焼戻しを施した $\phi 13\text{mm}$ のPC鋼棒C種1号を用いた。鋼材の緊張力としては、各鋼材引張強度の60%を採用した。電流密度は鉄筋表面に対して 5.0A/m^2 とし、通電期間は8週間とした。

処理後のPCはり供試体に対して、静的曲げ載荷試験を行った。測定項目は載荷荷重、スパン中央たわみおよび主筋位置でのひび割れ幅とし、ひび割れ幅は、曲げスパンに検長5cmの π 型ゲージを6個連続させて貼り付けることにより測定した。載荷時のスパン割りを図-1に示す。

静的曲げ載荷試験の終了後、直ちにPC鋼材をコンクリート中からはりだし、吸蔵水素量を測定した。

また、通電終了後に1ヶ月間静置した供試体についても同様の試験を行った。静置期間中にPC鋼材の自然電位経時変化を測定した。

3. 試験結果および考察

3.1 静的曲げ載荷試験

すべての供試体は、上縁コンクリートの圧縮による曲げ圧縮破壊を示した。また、水素脆化によるPC鋼材の破断が心配されたが、今回の実験ではそのような現象は見られなかった。

(1) 荷重-中央変位関係

処理終了直後の供試体の荷重とスパン中央変位関係を図-2に示す。荷重-中央変位関係から通電処理による耐力低下や変位の増大といった悪影響は見られず、むしろ曲げ剛性や耐力が若干増大する傾向が見られる。

また、曲げひび割れ発生荷重は、通電処理の大きな影響はないものの、全体的に処理を行った方が若干大きくなっていた。このような現象の原因として、PC鋼材の水素脆化による影響よりは、コンクリートとPC鋼材の付着界面状態の変化が考えられる。なお、載荷試験後のPC鋼材のはりだしの結果、無通電供試体中のPC鋼材も腐食は進んでおらず、腐食による耐力低下は考えにくい状況であった。

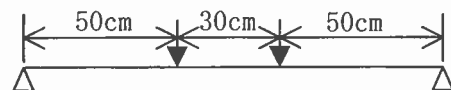


図-1 載荷時のスパン割り

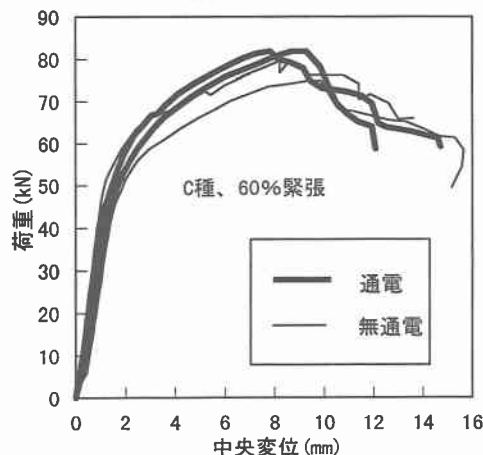


図-2 荷重-中央変位曲線

(2) ひび割れ挙動

荷重と曲げスパンの平均ひび割れ幅の関係を図-3に示す。

これによると、通電処理を行った場合の方が同一荷重に対するひび割れ幅が小さいことが分かる。すなわち、前述したような通電処理によりたわみが小さくなるような現象は、曲げひび割れ発生後のひび割れ進展速度が小さいことによるものと考えられる。今回はRCの場合と比較してコンクリート強度が大きいこともあり、通電処理による付着強度の低下は小さかったと考えられるとともに、PC鋼材周りのセメントペーストが軟化することにより、付着界面に粘りが生じてひび割れの進展を遅らせたものと推察される。

3.2 吸蔵水素量

曲げ載荷試験後のはりからはつりだしたPC鋼材の吸蔵水素量測定結果を図-4に示す。なお、同様の条件で通電処理した角柱PC供試体からはつりだしたPC鋼材について、著者らが行った検討結果も併せて示した。図-4によると、角柱からはつりだしたPC鋼材の場合、処理終了後3日経過した時点でまだ水素脆化に直接影響すると考えられる第1ピーク(450K付近)の拡散性水素が残っているのに対して、はりからのPC鋼材の場合、3日静置の段階で第1ピークに相当する水素はほぼ完全に消失している。この理由として、はり部材からはつりだしたPC鋼材は、載荷試験による塑性ひずみが導入されたため、拡散性水素がより安定なトラップサイトに移動したことが考えられる。したがって、載荷前にはPC鋼材は水素脆化の影響を受けていたが、載荷後の測定では拡散性水素が検出されなかったものと推察される。

3.3 自然電位の経時変化

ネルンスト式から計算される平衡電位(pH=12.5の時-934mV vs Ag/AgCl)を水素発生電位とするとPC鋼材がこれよりも卑な電位である場合にカソード反応により水素が発生しPC鋼材の水素脆化の原因となるものと考えられる。本研究では通電処理終了後1ヶ月間のPC鋼材の自然電位を測定した。この結果を図-5に示す。なお、図中の領域区分はASTMの判定基準に防食領域を加えたものである。

図-5によると、無通電の場合にはPC鋼材は腐食環境にあるために自然電位は不確定領域および腐食領域にあるが、通電処理を行った場合には、処理終了直後の自然電位は防食領域にある。この後、外部からの酸素の供給とともに鋼材は不動態被膜におおわれ鋼材の自然電位は徐々に貴化し、処理終了後5日ほどで水素平衡電位よりも貴な電位になっている。これにより、水素脆化による遅れ破壊の危険性は速やかに減少しつつあると判断できるであろう。

4. 結論

デサリネーションをPC構造物に適用する場合に発生するPC鋼材の水素脆化問題が、はり部材の力学的挙動に与える悪影響は本研究範囲では小さいと判断できる。ただし、PC鋼材の水素脆化で問題となるのは、主として遅れ破壊現象であり、今回の実験ではこの点に関する検討は十分とは言えないであろう。

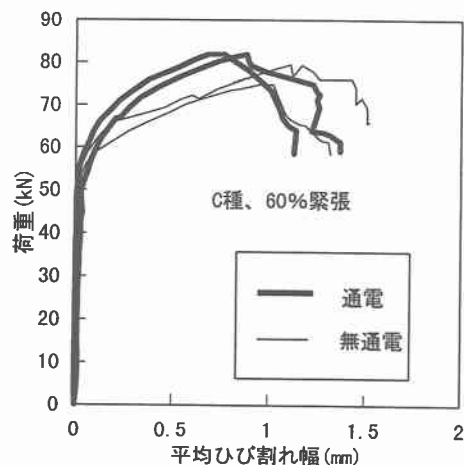


図-3 荷重-中央平均ひび割れ幅曲線

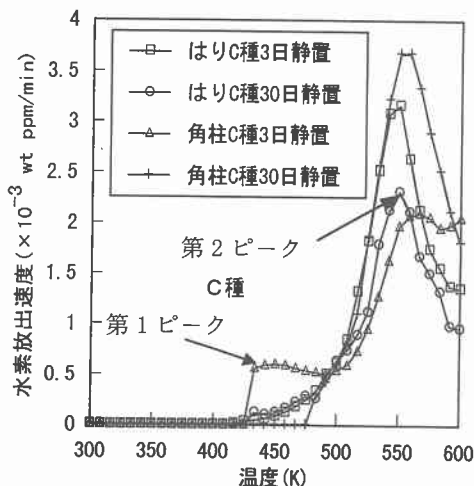


図-4 吸蔵水素量分布

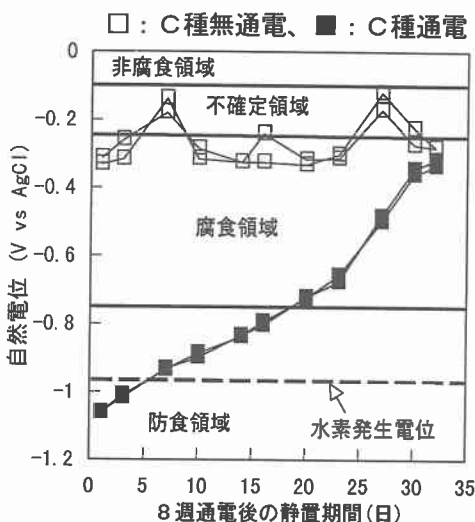


図-5 自然電位経時変化