

デサリネーションによるP C鋼材の水素脆化に関する検討

ピーシー橋梁㈱ 正会員 ○西尾美典
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り、電気防食の100倍近い電流を用いるものの、ある一定期間だけ通電すれば良いという特色を有している。コンクリート中の鉄筋を陰極とし、コンクリート表面に設置した陽極との間に直流電流が流されることにより、 Cl^- や OH^- などの陰イオンは陽極側に移動し、 Na^+ や K^+ などの陽イオンは陰極側に移動する。

P C構造物にデサリネーションを適用する場合、陰極となるP C鋼材の水素脆化が懸念される。そこで、本研究ではあらかじめ塩化物を混入したプレテンション型P C供試体にデサリネーションを施した時の、P C鋼材の諸性質の変化および水素脆化の回復状況を調査し、P C構造物へのデサリネーションの適用可能性を検討した。

2. 実験概要

コンクリート中の Cl^- 量は 8.0kg/m^3 とした。P C鋼材は、 $\phi 13\text{mm}$ のB種1号およびC種1号の2種類を用い、鋼材の緊張力としては、引張強度の50%および60%を採用した。緊張したP C鋼材の周囲にコンクリートを打設し、4週間の湿布養生を行った後に通電処理を行った。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週間を基本レベルとした。通電は両側面からの2面通電とし、その他の面はエポキシ樹脂で絶縁した。電解液として飽和 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ を用い、無処理の供試体も通電期間中は電解液中に保存した。

処理後にP C鋼材をコンクリートからはりだし、引張試験と吸蔵水素量測定および破断面のSEM観察を行った。引張試験時のひずみ速度は、 $1.6 \times 10^{-5} / \text{sec}$ で一定とし、引張荷重、P C鋼材のひずみと鋼材破断後の絞りを測定した。吸蔵水素量の測定は、ガスクロマトグラフを用いて、昇温式の水素分析により行った。また、通電終了後にコンクリート中に一定期間（3日、1週間、1か月間）静置したP C鋼材についても、同様の試験を行った。なお、静置条件は温度 20°C 、湿度60%の恒温恒湿状態とした。

3. 実験結果および考察

3. 1 通電処理の影響

緊張力60%で8週間通電処理を行った場合の応力-ひずみ曲線を図-1、絞りを図-2に示す。図-1によると、降伏点までの弾性領域および荷重降下を開始するまでの塑性領域において、通電の影響は非常に小さい。通電処理の影響が明確に現れるのは、荷重が降下を開始してから破断するまでの領域であり、荷重降下開始時のひずみ、破断強度、破断ひずみといった終局段階の特性値に変化が見られる。また、図-2によると、B種、C種と

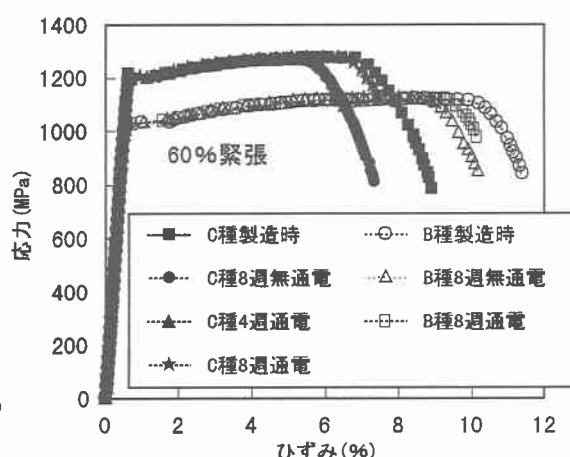


図-1 通電処理による応力ひずみ関係への影響

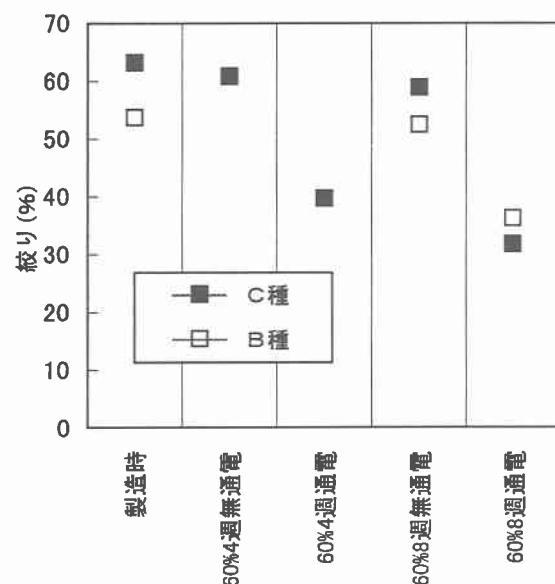


図-2 通電処理による絞りへの影響

もに通電処理により絞りが低下しており、脆性的な破断状況を示している。さらに、C種の場合には4週通電も行っているが、通電期間が長くなるに従って、絞りの低下も増大している。C種鋼材の通電処理と吸蔵水素量の関係を図-3に示す。製造時あるいは無通電の場合と比較して、通電を行った場合に吸蔵水素量は大幅に増大しており、470K付近と570K付近の2か所に放出ピークを形成している。前者を第1ピーク、後者を第2ピークとすると、既往の研究より、第1ピークが常温で拡散可能な拡散性水素であり、主として水素脆化の原因となる水素であると言える。また、破断面のSEM観察の結果、製造時の鋼材の破断面は、全面に延性破壊に特徴的なディンプル状破面が見られたのに対し、60%緊張8週通電を行った鋼材の破断面は、介在物周辺に脆性破壊に特徴的な擬へき開破面が見られ、水素脆化が生じていることを示していた。

3. 2 Cl^- の影響

図-3に示したように、無通電の場合には550K付近に腐食反応に起因すると考えられる水素放出ピークが検出されており、図-1と図-2から、無通電の場合は製造時の鋼材と比較して、引張試験における荷重降下開始の早期化や破断時の絞りの若干の低下といった現象が見られる。

これより、腐食環境にあるPC鋼材の場合には、たとえ通電処理の影響を受けなくても、腐食反応のカソード反応により生成される水素を吸蔵し、水素脆化による遅れ破壊を生じる可能性がある。ただし、この場合、腐食反応のアノード反応に起因する応力腐食の影響も考えられ、現時点ではそれらの明確な区別は困難であると考えられる。

3. 3 処理後の回復

60%で緊張し、8週間通電処理後のC種鋼材の吸蔵水素量の経時変化を図-4、絞りの経時変化を図-5に示す。図-5より、破断時の絞りは1か月の静置により、B種、C種ともに製造時と同程度まで回復している。また、図-4によると、時間の経過に伴い、全体に吸蔵水素量が減少していることが分かる。特に、水素脆化に直接影響すると考えられる第1ピークの拡散性水素は処理後3日ではほぼ完全に消失している。ただし、第2ピークについては、1か月静置後も残存しており、短期間での鋼材からの拡散は難しいと言える。以上より、デサリネーション適用後の静置により、第1ピークの拡散性水素は比較的速やかに拡散消失し、これに伴い水素脆化による遅れ破壊の可能性も非常に小さくなるものと考えられる。

4. まとめ

デサリネーションをPC構造物に適用することにより、通電期間中および処理後数週間程度において、水素脆化に起因する遅れ破壊の可能性はあるが、比較的短期間でこの様な状況は改善され、さらに塩害による劣化対策としても有効であることから、デサリネーションのPC構造物への適用は有効であると判断できる。

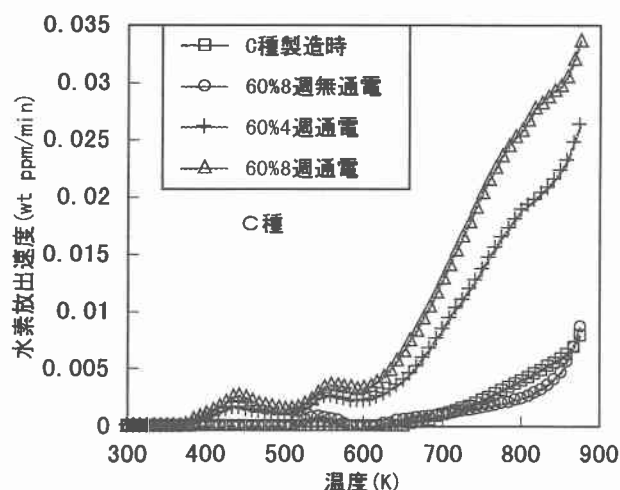


図-3 通電処理による吸蔵水素量への影響

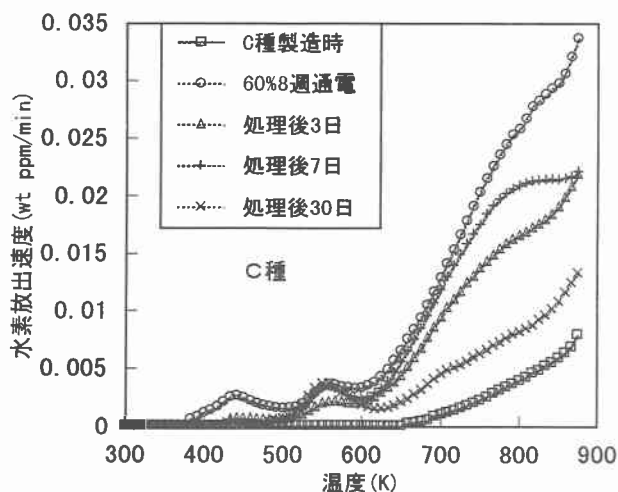


図-4 吸蔵水素量の経時変化

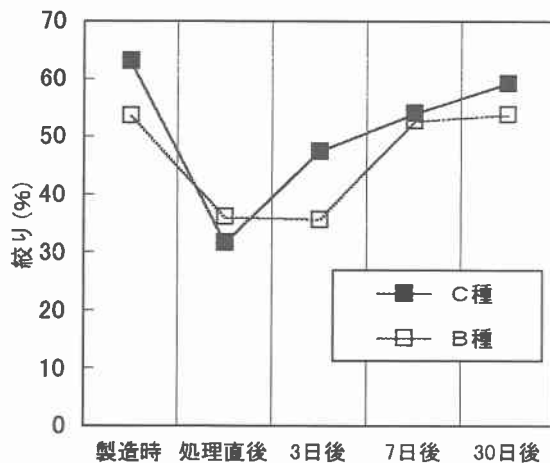


図-5 絞りの経時変化