

V-313

切欠きを導入したP C鋼材の通電処理による水素脆化

徳島大学工学部 正会員 上田隆雄 高周波熱錬 溝口 茂
電気化学工業 正会員 芦田公伸 京都大学大学院 フェロ- 宮川豊章

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。

デサリネーションはこれまで塩害により劣化したRC構造物への適用が検討されており、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。また、実構造物の補修を想定した場合、PC鋼材に孔食を伴う腐食が発生している状況も考えられ、このような場合には孔食部分に生じる応力集中と、通電処理による水素脆化の複合した割れが生じる可能性がある。そこで本研究では、あらかじめ腐食による食孔を模した切欠きを導入したPC鋼材を用いて、通電処理による水素脆化の影響を検討した。

2. 実験概要

コンクリートへの混入 Cl^- 量は 8.0kg/m^3 とした。PC鋼材は、 $\phi 13\text{mm}$ のC種1号を用い、鋼材の緊張力は引張強度の60%を採用した。これらのPC鋼棒は、腐食孔を想定して、 $\phi 0.1\text{mm}$ のワイヤーソーによる切欠きをPC鋼棒の中央部分に1カ所、あらかじめ導入した上で、切欠き部分に1週間の塩水噴霧を行うことにより、腐食を発生させた。切り欠き深さは0.5、1.0、1.5および2.0mmの4レベルを設定した。緊張したPC鋼材の周囲にコンクリート ($\text{W/C}=39\%$) を打設し、4週間の湿布養生を行った後に通電処理を開始した。電流密度は、鉄筋表面に対して 5.0 A/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PC鋼材をコンクリートからはとり出し、低ひずみ速度引張試験と吸蔵水素量測定を行った。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、PC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。

3. 実験結果および考察

3. 1 PC鋼材の水素吸蔵状況

通電処理直後のPC鋼材水素放出曲線を図-1に、8週間の通電処理を行った時の切欠き深さと水素放出曲線の関係を図-2に示す。なお、著者らが同様の条件で行った、切欠きを施さない鋼棒の場合のデータも図中に併せて示した。なお、従来から450 K付近に最大点をとる第1ピークが、水素脆化の直接的原因となる拡散性水素であることが指摘されている。

図-1によると、通電処理による水素吸蔵状況は4週間以上の通電処理ではほとんど差が見られないが、2週間までの通電処理

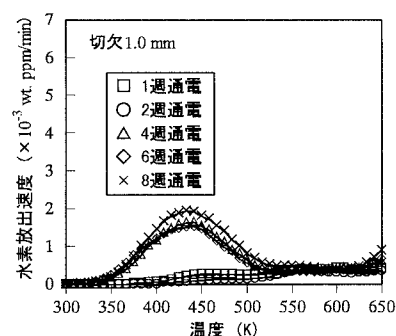


図-1 水素放出曲線

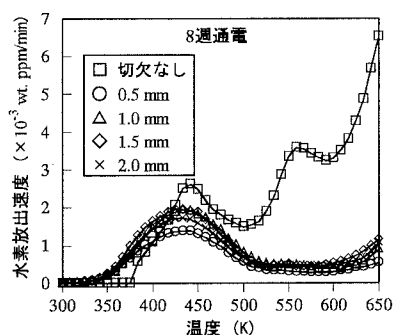


図-2 切欠き深さと水素放出曲線の関係

キーワード：デサリネーション、水素脆化、PC鋼材、拡散性水素

〒770 徳島市南常三島町2-1 徳島大学工学部建設工学科 TEL 088-656-2153 FAX 088-656-7351

の場合には第1ピークの拡散性水素がほとんど検出されていない。このことから、連続通電処理期間を2週間とする断続的な通電処理により、水素脆化による遅れ破壊の危険性を回避できる可能性があるものと考えられる。

図-2によると、切欠きのない場合と比較して、切欠きを有する鋼材の場合、第1ピークのピーク時水素放出速度が若干小さく、350 K から 370 K 付近で放出される不安定な水素が若干量検出されるなど、やや異なる水素放出曲線となっているが、第1ピークにおけるピーク時温度や放出水素量に顕著な差は見られない。以上より、水素吸蔵状況からは、切欠きを入れることにより水素脆化による遅れ破壊の可能性が顕著に高くなったとは判断できない。

3. 2 低ひずみ速度引張試験

8週間の通電処理を行った時の、切欠き深さと低ひずみ速度引張試験から得られた応力-ひずみ曲線の関係を図-3に示す。図-3によると、切欠き深さが応力-ひずみ関係に与える影響は大きく、切欠き深さが大きいほど荷重降下が始まるひずみは小さくなっている。特に、切欠き深さが 1.5 mm 以上の場合には降伏後の荷重増加がほとんど見られない。吸蔵水素量測定の結果では、第1ピークの拡散性水素量が切欠き深さに依らずほぼ一定であったことも勘案して、図-3から切欠き深さが大きいほど同一条件の通電処理による水素脆化程度が大きいと判断することは妥当ではなく、切欠き深さ自身の影響が大きかったと考えるべきであろう。

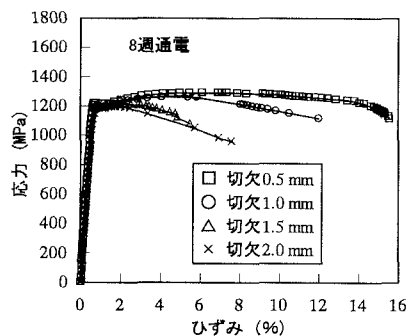


図-3 切欠深さと応力-ひずみの関係

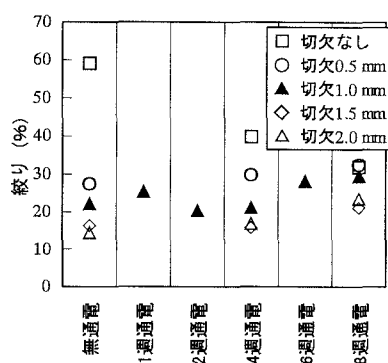


図-4 PC鋼材の絞りと通電の関係

切欠きを有するPC鋼材の絞りと通電処理の関係を図-4に示す。なお、切欠きを施さない場合の結果も併せて示した。これによると、切欠きを施さない場合には、無通電では比較的大きな絞りを示しており、通電処理期間が長くなるにしたがって絞りは大きく低下している。これは、通電処理による水素脆化の影響であると考えられる。これに対して、切欠きを有する鋼材の場合、無通電の状態ですでに小さな絞りを示しており、その後の通電処理による絞りの低下はほとんど見られず、むしろ無通電の場合より若干大きな絞りを示している場合が見られる。図-1および図-2に示したように、切欠きを有する鋼材も通電処理により拡散性水素を吸蔵していることから、水素脆化は発生しているものと考えられるが、この場合には切欠きの影響の方が強いために水素脆化の影響は打ち消されたものと考えられる。また、図-4からは、通電処理による水素脆化が、応力腐食割れを想定した、切欠きに起因する割れを助長するような現象は認められず、むしろ、若干緩和しているように思われる。これは、応力腐食割れの原因となる鋼材腐食反応が通電処理により停止したことが一因であるものと考えられるが、現時点では明確な理由は不明である。

今回は、割れを誘発しやすい鋭い切欠きを入れたために、この影響が大きくなったが、実際の鋼材腐食による食孔はこれほど鋭いものではなく、応力の影響で割れが進展する直前に鋭い亀裂が入るものと考えられる。この場合、通電処理により吸蔵された水素に起因する水素脆化割れが発端となって腐食孔部分で割れが進行する状況も考えられる。今後はこのような、より実際に近い状況に関する検討を進める必要があろう。

謝辞

本研究を実施するにあたり、ご指導いただいた高周波熱錬(株) 田中典男氏、および、実験やデータ処理に協力していただいた、徳島大学 長本裕司君に謝意を表します。また、本研究の一部は平成9年度吉田研究奨励賞援助金によって行われたものである。