

チタングリッド陽極の耐久性評価

技術本部 開発技術第一部 青山敏幸
土木本部 メンテナンス部 神内隆行

1. はじめに

電気防食工法は、陽極材から陰極となる鋼材へ微弱電流を継続的に流すことで、コンクリート中の鋼材を電気化学的に防食することのできるコンクリート構造物の延命化対策工法である。この電気防食工法のひとつにチタングリッド工法がある。チタングリッド工法で使用される陽極は、母材である高純度チタンに混合貴金属酸化物を被覆したもので、コンクリートの劣化要因となる塩素を発生させにくく、しかも酸化しないで電気を通すという優れた耐食性を有する陽極材である。この陽極材の耐久性については、米国腐食防食協会(NACE)で確立されている促進試験結果から既に明らかとなっているが、日本国内では確認されておらず、明確な耐久性能が示されていなかった。そこで、チタングリッド陽極の耐用年数の明確化を目的として、各種の耐久性確認試験を行った。

2. 試験概要

今回の試験は、チタングリッド陽極の耐久性を評価するために、NACE規格である180日促進試験(以下、NACE促進試験)と短期間で評価を得ることを目的とした30日促進試験(以下、30日促進試験)を実施した。また、陽極材の耐食性を確認するためにアノード分極試験を実施した。

以下に、試験概要を述べる。

(1) NACE促進試験・30日促進試験

NACE促進試験は、180日間での促進通電によって陽極の耐久性を評価するものである(図-1)。この試験は、使用環境下での限界値 $110\text{mA}/\text{m}^2$ (陽極単位表面積あたり)を40年間通電した積算電流密度 $38500\text{A}\cdot\text{hr}/\text{m}^2$ と同等となるように、通電期間を180日間、通電電流密度を $8.9\text{mA}/\text{m}^2$ に促進させ、合格基準は通電期間中の浴電圧と陽極電位の上昇を初期値から 4.0V 以内と定めて実施するものである。今回は、NaCl溶液、NaOH溶液および模擬細孔液を含む砂の3つの異なる水溶液を使用して試験を行った。試験概要を表-1に、通電方法を図-2に示す。

30日促進試験は、通電電流密度を $53.4\text{mA}/\text{m}^2$ 、通電期間を30日とし、NACE促進試験をさらに6倍に促進させた試験である。

(2) アノード分極試験

耐食性の評価方法のひとつにアノード分極試験がある。この試験は、一定電位あるいは一定電流を加えて、電流と電位の関係を測定することにより、対象となる試験片の耐食性を調べるものである。今回は、陽極電位の貴化の有無を確認するために、測定時期を通電前、NACE促進試験終了後、30日促進試験終了後の3回として実施した。

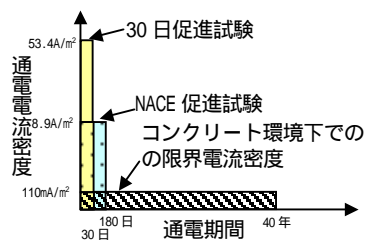


図-1 通電期間と通電電流密度

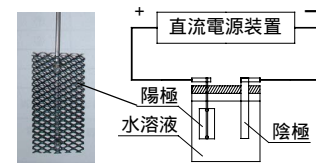


図-2 通電方法

表-1 NACE促進試験・30日促進試験の概要

	使用環境下	NACE促進試験	30日促進試験
通電電流密度	$110\text{mA}/\text{m}^2$	$8.9\text{mA}/\text{m}^2$	$53.4\text{mA}/\text{m}^2$
通電期間	40年	180日	30日
積算電流密度	$38500\text{A}\cdot\text{hr}/\text{m}^2$		
水溶液	「NaCl溶液」、「NaOH溶液」、「模擬細孔液を含む砂」		
合格基準	浴電圧と陽極電位の上昇が初期値より 4.0V 以内：合格 浴電圧と陽極電位の上昇が初期値より 4.0V 以上：不合格		

浴電圧は、陽極-陰極間の電圧とする。

キーワード：電気防食，チタングリッド陽極，促進試験法，耐久性

3. 試験結果

(1) NACE促進試験の結果

積算電流密度と陽極電位の関係を図-3に示す。

NaCl 溶液、NaOH 溶液および模擬細孔液を含む砂の溶液中における全試験片は、NACE 規格である積算電流密度 $38500\text{A}\cdot\text{hr}/\text{m}^2$ 以上の通電を行っても、陽極電位と浴電圧には 4V 以上の上昇傾向は認められなかった。NACE の試験結果と同様の結果が得られたことから、NACE の試験結果の妥当性が確認された。

(2) 30日促進試験の結果

積算電流密度と陽極電位の関係を図-4に示す。

30日促進試験は、 $125597\text{A}\cdot\text{hr}/\text{m}^2$ ($110\text{mA}/\text{m}^2$ で約130年相当)まで通電を行った。全試験片とも陽極電位と浴電圧には 4V 以上の上昇傾向は認められなかった。NACE の試験結果とほぼ同様の結果が得られたことから、30日促進試験でも陽極材の耐久性能を適切に評価できることが確認された。しかし、模擬細孔液を含む砂については、積算電流密度が約 $40000\text{A}\cdot\text{hr}/\text{m}^2$ を越えたあたりから陽極電位が上昇する傾向にあることが認められた。

(3) アノード分極試験の結果

模擬細孔液を含む砂の場合のアノード分極試験結果を図-5に示す。

陽極電位は、高電流密度の領域である $10\text{A}/\text{m}^2$ あたりから曲線が立ち上がる傾向が認められた。これは、陽極表面に被覆した酸化被膜が通電電流密度の増大にもなって消耗したためと考えられる。

また、使用環境下での限界電流密度 $110\text{mA}/\text{m}^2$ 通電では陽極電位の貴化が小さく、30日促進試験での電流密度 $53.4\text{A}/\text{m}^2$ 通電では陽極電位の貴化が大きいことが認められた。この結果から、チタングリッド陽極の電気化学的特性は使用環境下での電流密度の通電範囲内では不変であるが、高電流密度を通電した場合には異なる可能性のあることがわかった。

4. おわりに

チタングリッド陽極は NACE 規格を十分満足しており、使用環境下での耐用年数は最低でも 40 年間あることが再確認された。

チタングリッド陽極の耐久性は短期間 (30 日促進) でも適切に評価できることが確認された。ただし、あまりに極端な高電流密度での促進試験の場合は、陽極の電気化学的特性が著しく異なる可能性もあるので注意を要するものとする。

チタングリッド陽極の耐食性は使用環境下では不変であることが確認された。また、高電流密度を通電した場合には陽極の電気化学的特性が異なる可能性のあることもわかった。

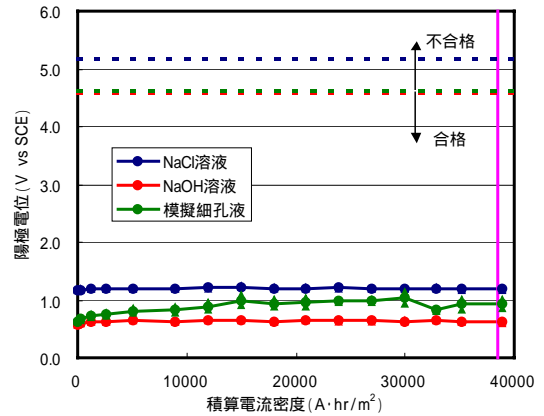


図-3 NACE 促進試験の結果

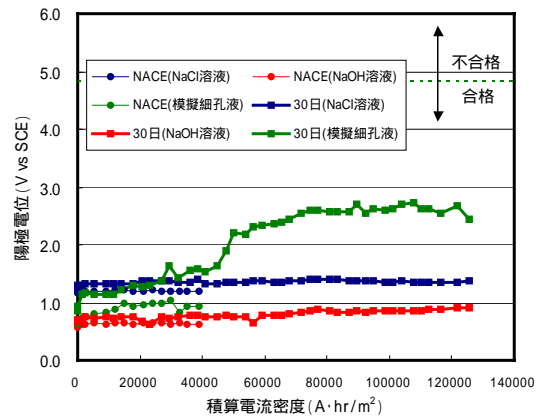


図-4 30日促進試験の結果

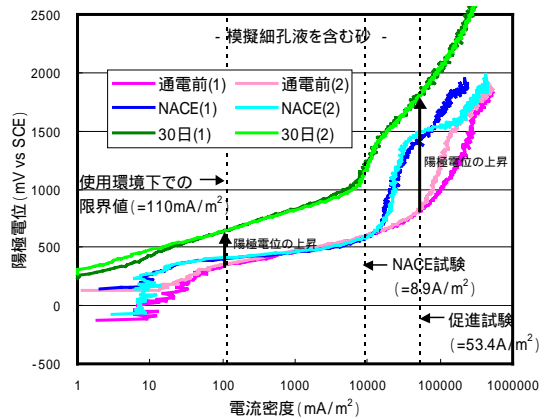


図-5 アノード分極試験の結果