ニッケル被覆炭素繊維シートを用いた電気防食システムの耐久性に関する実験

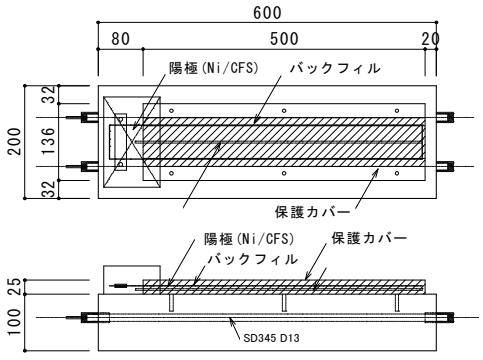
オリエンタル白石（株）　正会員　○小林　俊秋
オリエンタル白石（株）　正会員　堀越　直樹
(株)ナカボーテック　正会員　大谷　俊介

１．目的

電磁波シールド材料であるニッケル被覆炭素繊維シート（以下，Ni/CFS と記す）の低コスト性，機械特性，電気特性などの性質に着目して，電気防食の陽極に使用するシステムの開発・実用化を推進してきた．電気防食は，塩害環境においても電気化学的作用により高い防食効果が得られる点において，非常に優れた塩害対策工法と言えるが，他方電気化学的であるという面において，幾つかの問題も存在する．例えば，外部電源方式では陽極反応で発生する酸が陽極と電解質の境界面に堆積することによる酸化劣化が，長寿命化を阻む要素として指摘されている[1)]．この酸化劣化は，陽極と電解質の接触抵抗を増大させると共に，電位上昇による塩素ガス発生の原因となっている[1)]．実用化の目途とされている 20 年間の耐久性を確認するためには，通電実験により，陽極システムの通電性能を実証することが要求される．本実験では，陽極ユニットを組み込んだ RC 試験体を製作し，実稼動状態に近い状態で通電実験を行ない，Ni/CFS を用いた陽極システムの耐久性を検討することを目的とした．

２．実験概要

図－1 に示すように，RC 試験体の寸法は，200×600×100mm，鉄筋は，SD345 D13 を用いた．鉄筋は，長辺方向に 2 本平行に配置し，鉄筋の片側端面に PVC ケーブルを半田付けして通電点とした．コンクリートの配合を**表－1** に示す．養生は，コンクリート打設後 10 日間，型枠のまま封緘養生した．脱型後，気中養生を 120 日間行い，その後陽極ユニットの設置を行った．陽極ユニットの大きさは，幅 136mm×高さ 25mm×奥行き 500mm であり，実用型と同じものである．**図－2** に示す陽極ユニット内には高吸水性高分子と強アルカリ水溶液を混合して調整したゲル状の高分子電解質および Ni/CFS 陽極を配置して，コンクリート表面に固定した．使用した陽極ユニットの構成材料を**表－2** に示す．施工実績から陽極面積当たりの電流密度 50mA/㎡を基準とし，屋外暴露環境において 150mA/㎡，500mA/㎡と変化させた．同一条件の試験体本数は，3 本とした．陽極寿命は，システム電圧および陽極の電位挙動により評価できるので，電圧計（エレクトロメーター，入力抵抗 $10^{11}\,\Omega$）を用いて，電位特性を測定した．照合電極には飽和銀塩化銀電極（以下 SSE と記す）を用いた．インスタントオフ電位（以下 Eio と記す）は，通電を停止して 1 秒以内の電位を測定した．測定点は，試験体側面の鋼材直上に端部から水平方向 100mm の位置とした．



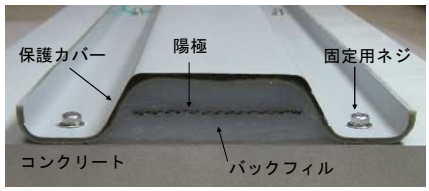
図－1　RC 試験体

表－1　コンクリートの配合

水セメント比(%)	細骨材率(%)	単位量 (kg/m³)					
		水	セメント	細骨材	粗骨材	混和剤	NaCl
48	46	160	333	882	1043	2	12.4

表－2　陽極ユニットの構成材料

材　料	特徴，成分
Ni/CFS	PAN系，Ni被膜，
高吸水性高分子	化学名：ﾎﾟﾘｱｸﾘﾙ酸塩系水溶性増粘剤，性状＝白色粉末，
アルカリ金属の水酸化物	水酸化リチウム，白色の半透明の固体
保護カバー	基材のFRPはガラス繊維とビニルエステル樹脂の複合材料

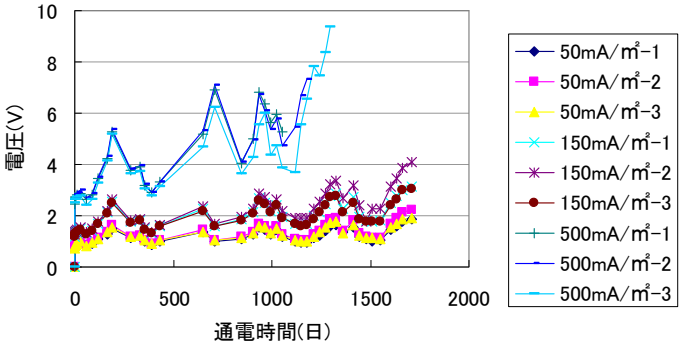


図－2　陽極ユニットの構造

キーワード　電気防食，ニッケル被覆炭素繊維シート，電圧，Eio，積算電流量
連絡先　〒〒321-4367　栃木県真岡市鬼怒ヶ丘 5　オリエンタル白石㈱　技術研究所　ＴＥＬ0285-83-7921

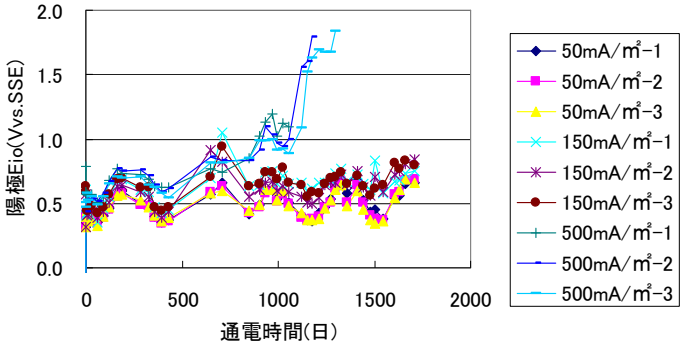
３．実験結果

図－3 にシステム電圧の経時変化を示す．500mA/m^2 の場合，システム電圧の急激な増加により，通電期間 1,052（No.1），1,177(No.2)，1295(No.3)日で通電を中止した．50mA/m^2，150mA/m^2 の場合，通電を継続中である．また，システム電圧は温度依存性を示した．これは，陽極システムの作動温度が低下すれば固体電解質の電気抵抗は上昇し，分極による抵抗も増大するためである．



図－3　システム電圧の経時変化

図－4 に陽極 Eio の経時変化を示す．500mA/m^2（No.1，2，3）の場合，システム電圧と同様に陽極 Eio 電位の急激な増加が，通電期間 1,052 日後に起こった．それまでの陽極 Eio 電位は，1.2V(vs.SSE)以下で安定している．陽極 Eio 電位が 1.2V(vs.SSE)以上になった場合，システム電圧の急激な上昇が起こる可能性があるので，詳細な調査を行い対策を検討する必要がある．電流密度 150mA/m^2（No.1，2，3）の場合，0.5～0.7(vs.SSE)程度で安定している．電流密度 50mA/m^2（No.1，2，3）の場合，0.3～0.7(vs.SSE)程度で安定している．



図－4　陽極 Eio 電位の経時変化

４．陽極システムの耐用年数

電気防食に用いる陽極システムに要求される性能は，長い年月にわたり小さな電流を流し続けることが出来る耐久性である．陽極システムの耐久性を評価する場合には，実際に使用している陽極システムと同じ積算電流量を陽極材に負荷して，陽極材の通電性能が保持されるか否かで判断する．積算電流量とは，ある陽極システムに，通電時間：t（時間），電流密度：I（A/m^2）を流し続けた場合の通電時間と電流密度の積 t×I（時間・A/m^2）である．表－3 に陽極システムの耐用年数の算出結果を示す．表－3 より，コンクリート面積当り電流密度 5mA/m^2 で通電した場合，Ni/CFS を用いた陽極システムの耐用年数は，74 年以上である．

表－3　陽極システムの耐用年数の算出結果

	項目	単位	数値
①	実験での最大通電日数	日	1,295
②	実験試験体の陽極長	m	0.5
③	実験試験体の陽極表面積	㎡	0.03
④	陽極長(m)/施工面積㎡（施工実績より）	m/㎡	3.5
⑤	施工実績から算出した施工面積②/④	㎡	0.14
⑥	実験試験体の陽極面積当りの電流密度	mA/㎡	500
⑦	実験試験体の通電電流③×⑥	mA	15
⑧	施工実績から算出したコンクリート面積当りの電流密度⑦/⑤	mA/㎡	105
⑨	積算電流密度①×⑧×24時間/1000	A・hr/㎡	3,263
⑩	使用環境下でのコンクリート面積当り電流密度（施工実績より）	mA/㎡	5.0
⑪	電流密度⑩で通電して積算電流密度⑨になる日数：⑨/⑩/24時間/365日×1000	年	74.5

５．まとめ

本試験の範囲内において，以下の結論が得られた．

（１）陽極ユニットを組み込んだ小型 RC 試験体における長時間連続通電実験を実施し長期間に渡って通電性能があることが確認できた．

（２）コンクリート面積当り電流密度 5mA/m^2 で通電した場合，Ni/CFS を用いた陽極システムの耐用年数は，74 年以上である．

参考文献

1)五賓光基ほか：北陸地区における施工後 15 年を経た各種電気防食工事の評価報告，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.27，No.1，pp.1867-1872，2005.6