粘着性ハイドロゲルの鉄筋コンクリート電気防食用バックフィル材への適用

積水化成品工業（株）　正会員　○天藤　理，非会員　町田　誠，佐藤　修，中山　貴弘
東北大学　正会員　皆川　浩，宮本　慎太郎，久田　真
復建技術コンサルタント（株）　正会員　橋田　明良

1. 背景と目的

流電陽極方式による鉄筋コンクリートの電気防食において，補修コスト低減の観点から，設置容易な陽極システムが求められている．本研究では耐アルカリ性に優れたシート状の粘着性ハイドロゲルを，バックフィル材兼陽極固定材として用いた亜鉛電極による流電陽極システムを着想し，その防食効果ならびにハイドロゲルの耐久性について検討した．

2. 実験概要

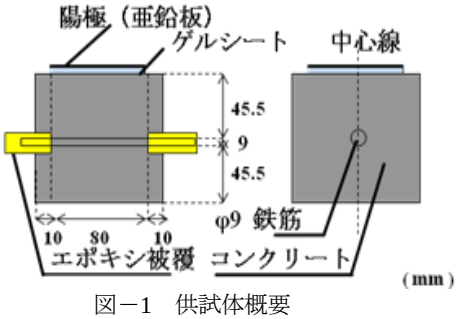
2.1 供試体概要および実験要因

供試体は φ9 の丸鋼を使用したコンクリート製で，結合材として普通ポルトランドセメントを使用し，W/C＝55 %，目標スランプ＝8.0 cm，目標空気量＝5.0 %とした．供試体の側面には厚さ 1.0 mm の耐アルカリ性に優れたアクリルアミド系粘着性ハイドロゲルをバックフィル材兼陽極固定材として，陽極材である厚さ 1.0 mm の亜鉛シートを設置した．

実験 1 では，コンクリートおよびハイドロゲル中の塩化物イオン含有量を実験要因とし，コンクリート中の塩化物イオンが外割で(a) 0.0, (b) 2.5, (c) 8.0 kg/m^3 の供試体，および塩化物イオン濃度が 0.5，2.5，4.0 %のハイドロゲルを用いた．なお，腐食環境の過酷な条件を想定し，(c) ではあらかじめ腐食させた鉄筋を埋設した．実験 2 では，暴露環境及び端部シーリング材を実験要因とした．暴露環境は気中（散水無し），半浸漬＋気中（散水無し），半浸漬＋気中（散水あり）の 3 水準，端部シーリング材はなし，ありの 2 水準とした．なお，気中部分の暴露条件は 20 ℃，R.H. 90 %である．

2.2 評価項目

実験 1 では，照合電極を用いて一定の暴露期間で鉄筋および陽極の自然電位，インスタントオフ電位および 24 時間後オフ電位を測定した．また，得られた電位から 24 時間後復極量（以下，復極量）を評価した．防食電流は無抵抗電流計により測定した．実験 2 では，ハイドロゲルの経時的な状態変化を表－1 に定義したグレードにより評価した．



図－1　供試体概要

表－1　ハイドロゲルの劣化グレード

グレード	ゲルの膨潤	ゲルの硬化	触診あるいは目視による評価
A	無	－	陽極基材がほとんど動かない
B	無	－	陽極基材は動くが，元の位置に戻る
C	無	－	陽極基材は動き，元の位置に戻らない
D	－	有	陽極基材は大きく動き，元の位置に戻らない
E	－	有	陽極基材にゲルからの浮きが確認できる（一部は粘性体として存在）
F	－	有	陽極基材がゲルからほとんど浮いており，ゲル内の腐食府の大部分が露出している
G	－	有	陽極基材がはく落している

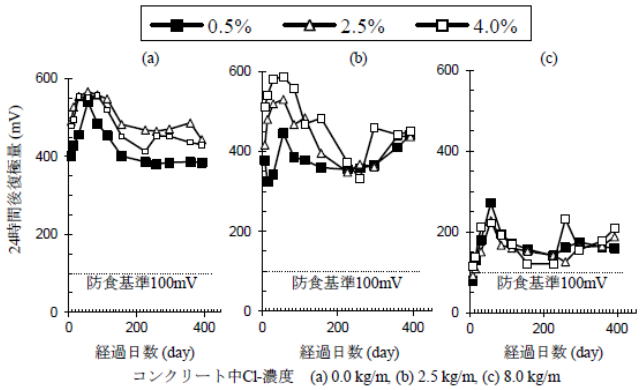
3. 実験結果及び考察

3.1 実験 1　防食効果に関する検討

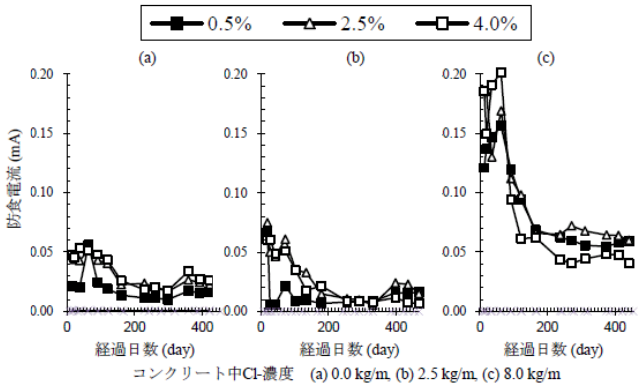
3.1.1 復極量および防食電流の経時的な推移

図－2 および図－3 に鉄筋の復極量と防食電流の経時的な推移を示す．コンクリート中の塩化物イオン濃度が大きくなると復極量は小さくなり，防食電流は大きくなる傾向を示した．しかし，復極量は試験期間を通して 100 mV を概ね確保しており，十分な防食性能を維持していることが確認できた．なお，ハイドロゲル中の塩化物イオン濃度が高いと復極量は大きくなる傾向にあるが，鉄筋周囲の腐食環境が苛酷になるほど，その影響は小さくなった．これは陽極周囲の電極反応に対して，ハイドロゲル中の塩化物イオン濃度よりも，鋼材の腐食反応制御のために必要となる防食電流量の支配が強まったためと考えられる．

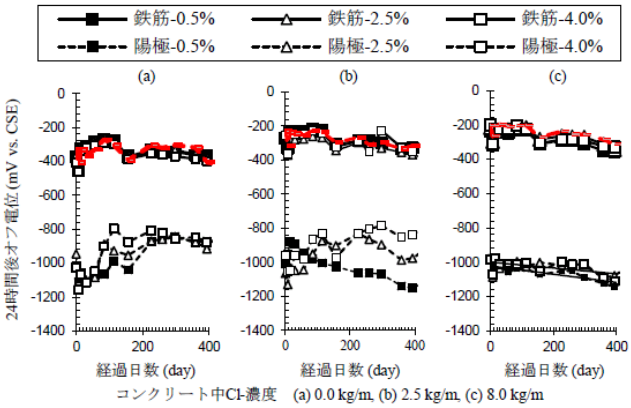
キーワード　電気防食，流電陽極方式，防食効果，ハイドロゲル，バックフィル
連絡先　〒306-0235　茨城県古河市下辺見 1336-2　積水化成品工業株式会社　関東技術グループ　TEL 0280-31-6772



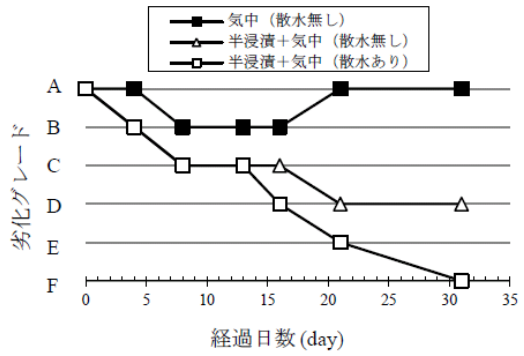
図－2 鉄筋の復極量の経時変化



図－3 防食電流の経時変化



図－4 24 時間後オフ電位の経時変化



図－5 ハイドロゲルの状態の経時変化
（シーリング材無）

3.1.2 24 時間後オフ電位

図―3 に防食供試体の鉄筋の自然電位の経時変化をそれぞれ示す．まず，鉄筋の 24 時間後オフ電位と自然電位は(a)，(b)，(c)ともに-200 ～ -400 mV vs CSE の範囲で安定して推移した．一方で，陽極の 24 時間後オフ電位は陽極の腐食環境が厳しいほど貴化傾向を示すことが確認できた．ただし，どの供試体においても陽極の 24 時間後オフ電位は常に鉄筋よりも卑側であり，1 年間の曝露期間中は流電陽極方式の陽極材として機能していると考えられる．陽極材近傍の腐食環境が厳しいほど陽極材が貴化傾向を示す現象について考察すると，陽極材の近傍に塩化物イオンが存在している場合，その量が多いほど陽極材のイオン化が促進され，陽極近傍のハイドロゲルの性質が変化し，上記の結果となったと考えられる．このことから，陽極材の近傍に塩化物イオンを含有させることは防食効果を発揮させる上で適当と考えられるが，過度に含有させると陽極材のイオン化が促進され，陽極材の防食電流供給性能が低下する可能性があるため，最適な塩化物イオンの含有量について検討する必要があると考えられる．

3.2 実験 2 ハイドロゲルの耐久性に関する検討

図―5 に，端部シーリング材なしのハイドロゲルの状態の経時変化を示す．ここから，端部シーリング材なしの場合，外部からの水分の供給によりハイドロゲルの変化が早期に生じることが確認できる．一方，端部シーリング材ありの場合，全ての条件下でハイドロゲルの状態はグレード A であった．これらの結果より，端部シーリング材により陽極システムの端部を処理することにより，外部からの水分供給によるハイドロゲルの膨潤を抑制できると考えられる．

4. 結論

1) 本研究の範囲内では，バックフィル材としてハイドロゲルを用いても防食基準とされる復極量 100 mV を満足すること，ハイドロゲル中の塩化物イオン濃度が防食電流や鉄筋の復極量に影響するケースがあることが確認できた．

2) 外部からの水分供給によりハイドロゲルが水膨潤し，バックフィル材としての機能が低下するが，シーリング材により端部処理を行うことで，外部からの水分によるハイドロゲルの水膨潤を抑制できる．