

放射性廃棄物処分施設のコンクリートピット中鉄筋の腐食膨張率に関する研究

清水建設(株) 正会員 ○杉橋直行 小倉大季 高橋圭一 矢ノ倉ひろみ
 日本原燃(株) 正会員 庭瀬一仁 工藤 淳
 東電設計(株) 正会員 河原忠弘 矢込吉則
 (株)ニュージェック 正会員 枝松良展

1. はじめに

「第二種廃棄物埋設の事業に関する安全審査の基本的考え方」平成22年制定では、人工バリアの構成部位が有する低透水性、低拡散性、収着性、低溶出性、その他の特性に着目して長期的な状態を設定することが定められている。これら諸特性の長期状態設定では、人工バリアとなるコンクリートピット中鉄筋の腐食膨張によるひび割れの影響が大きいと考えられている^[1]。この場合のコンクリートピット中の鉄筋の腐食は、中性化や塩害を受ける場合のような早い腐食速度ではなくて、一般的な土木構造物の耐用年数では問題とならないような非常にゆっくりとした腐食速度となる。このような腐食に関する腐食速度や腐食生成物の体積膨張率(以降、腐食膨張率)、などのデータは希少で、セメント系人工バリアの状態評価を行うには、これらのパラメータを適切に設定する必要がある。

本文はこれらのパラメータのうち、①電食実験と②腐食膨張を油圧作用により模擬した試験(以降、油圧実験)を実施し、この比較検討により腐食膨張率を算定した結果を示すものである。

2. 実験概要

実験はかぶりと鉄筋径を変えた表-1に示す水準の供試体について実施した。かぶり10cmの供試体を図-1に示す。コンクリートの材料、配合は余裕深度処分施設で設計されているもの^[2]で、電食実験を開始した材齢214日で圧縮強度83.8N/mm²、静弾性係数38.3kN/mm²、引張強度5.18N/mm²であった。電食は、銅板を陰極材として、供試体表面から1cm離れた位置に配置し、0.2Aの定電流をみがき丸鋼に印加して実施した。油圧実験は図-1の鉄筋の代わりに鉄筋と同じ外径の弾性的なホースを配置し、初期油圧(試験開始時)として1.5MPaをホース周方向膨張側に作用させ、以降4時間ピッチで0.15MPaずつ油圧を増加作用させることとした。設定した膨張速度は事前実験で15日程度でひび割れが発生した速度である。供試体表面(上面S-1、側面S-2,S-3)と内部(g-1,2,3)のひび割れ、ひび割れ発生状況、ひび割れ発生時の腐食重量減を計測した。

3. ひび割れ状況

ひび割れ発生状況の一例を写真-1に示す。ひび割れは電食実験、油圧実験共に供試体種別毎にほぼ同様のパターンで発生しており、ひび割れ発生時の油圧を電食による腐食膨張圧と捉えられる可能性を示唆している。

キーワード 放射性廃棄物、余裕深度処分、腐食膨張率、腐食速度、ひび割れ、耐久性

連絡先 〒105-8007 東京都港区芝浦1-2-3 シーバンスS館 清水建設 TEL 03-5441-0594

表-1 試験水準一覧

供試体 記号	芯かぶり* C (cm)	鉄筋orホース 外径φ (mm)	C/φ
I-A	10	26	3.85
I-B		33	3.03
I-C		41	2.44
II-D	5	33	1.52
II-E	7.5		2.27
II-F	12.5		3.79

*鉄筋 or ホース中心から表面までの距離

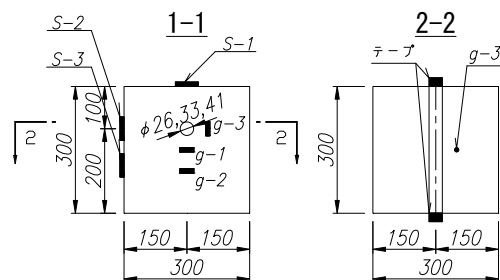
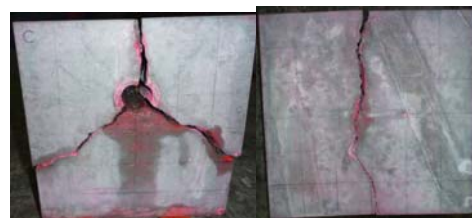


図-1 供試体寸法



電食実験 (I-B供試体)



油圧実験 (I-B供試体)

写真-1 ひび割れ発生状況

4. 腐食膨張率の算定

ひび割れが発生した時点における、電食試験の腐食重量減と C/ϕ 、油圧実験のひび割れ発生圧と C/ϕ の関係を図-2、3に示す。 C/ϕ とひび割れ発生時の腐食重量減、ひび割れ発生圧は直線関係にあることが分かる。腐食重量減は、鉄筋が体積としてのどの程度腐食したかを直接的に示しており、供試体の C/ϕ を決めればひび割れ発生時の腐食体積ならびに、ひび割れ発生圧が分かる。

ここで腐食膨張率は、①ひび割れ発生時の腐食重量減から鉄筋の体積減を算定し、②ひび割れ発生圧が作用している際のコンクリート内の膨張後の鉄筋直径を解析的に算定し、③①で求めた鉄筋体積減が②で求めた直径分まで体積膨張したとして算定する。ひび割れ発生時の直径は、離散解析手法のひとつである2次元剛体バネモデルである Rigid-Body-Spring Model を用いて算定した。解析は1つの供試体について、ひび割れ発生状況、ひび割れ発生圧、ひずみが実験結果に適合するように破壊エネルギーを設定し、この条件で解析を実施し、他の供試体の実験結果と整合することを確認している。

ひび割れ発生圧と解析的に求めた膨張ひずみ（膨張後の直径/腐食前の直径）を図-4に示す。非線形解析にも関わらずひび割れ発生圧と膨張ひずみには直線関係が認められた。

解析的に求められた膨張ひずみを使用して、ひび割れ発生時の腐食膨張率を③のとおり算定した。かぶりとひび割れ発生時の腐食膨張率を図-5に示す。腐食膨張率は、かぶりに関わらず1.5～2程度の範囲となった。腐食膨張率は、鉄筋径が異なる場合についても同様に1.5～2程度の範囲であった。

5. まとめ

本実験範囲内で得られた知見は以下のとおりである。

- (1) C/ϕ を決めれば鉄筋腐食膨張によるひび割れ発生時の腐食量、ひび割れ発生圧が推定できる可能性が示唆された。
- (2) ひび割れ発生時の腐食膨張率は1.5～2程度と推察された。

今回は、実験手法や解析手法を含めて腐食膨張率の算定方法の検討に主眼をおいた。このため、鉄筋端部の腐食が中央部に比較して若干大きくひび割れ発生時の腐食重量減が小さくなった可能性や、油圧実験時の温度や乾燥の影響でひび割れ発生圧が小さくなった可能性もある。今後は、これらの影響も含め、さらにコンクリート強度、膨張圧の付与速度、金属腐食生成物が溶出する影響なども検討していく。

参考文献

- [1] 杉橋直行ほか：余裕深度処分施設におけるセメント系人工バリア内の鋼材腐食に関する一考察，土木学会第63回年次学術講演会講演概要集，2008。
- [2] 杉橋直行ほか：低レベル放射性廃棄物処分施設のコンクリート中鋼材の腐食速度に関する実験的検討，土木学会第66回年次学術講演会講演概要集，2011。

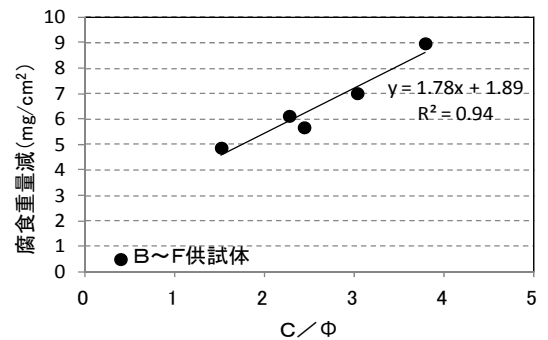


図-2 C/ϕ と腐食重量減

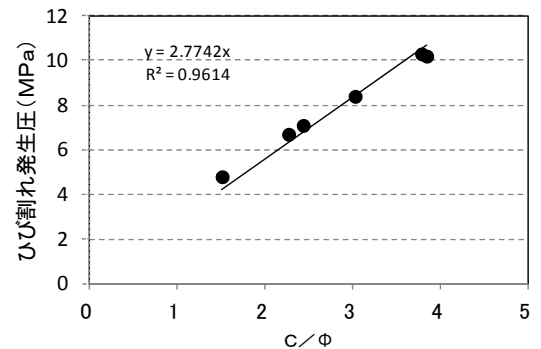


図-3 C/ϕ とひび割れ発生圧

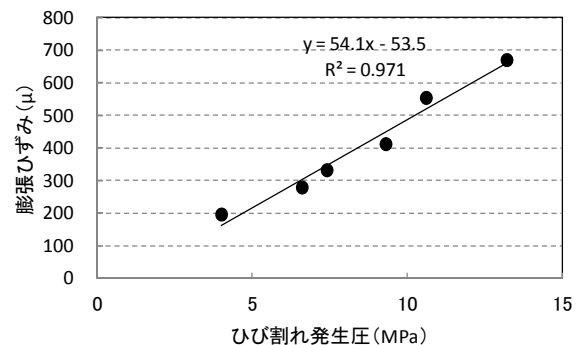


図-4 ひび割れ発生圧と膨張ひずみ

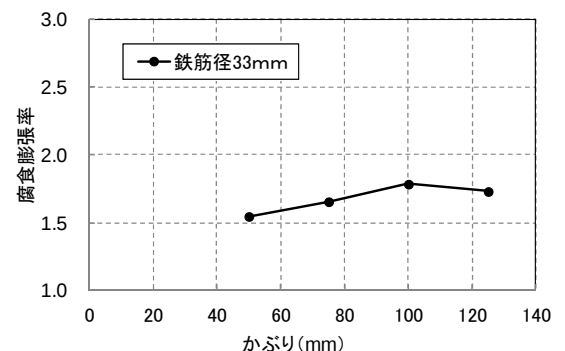


図-5 かぶりと腐食膨張率