

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（その2）

日本原燃(株) 正会員 ○浪岡翔吾, 庭瀬一仁, 工藤淳
 (株)ニュージェック 正会員 枝松良展
 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

1. はじめに

鋼材の腐食膨張は、低レベル放射性廃棄物処分施設の長期状態設定において、構造物のひび割れを引き起こし、施設を变形させる要因として評価している。しかし、評価パラメータは、埋設環境下での試験データが無いことから類似条件の文献を参考に設定しているのが現状である。また、腐食膨張とひび割れ発生の関係などについても明らかになっていない。そこで、コンクリート中の鋼材腐食に関するパラメータの検証および腐食膨張によるひび割れの発生状況と進展について検討することを目的とした、一連の実験を実施している^{[1][2]}。既往の研究では短期電食試験（15 日間）により、腐食重量減 $6\text{mg}/\text{cm}^2$ でひび割れが発生した結果^[1]を示したが、本報告は、腐食重量減が短期電食試験と同等になるようにして行った長期電食試験（530 日間）についての結果をもとに腐食膨張率について考察するものである。

2. 試験概要

著者らの既報の研究^[1]では、短期（15 日間）の電食試験を行い、腐食速度や腐食生成物の体積膨張率などについての検討を行ってきたが、コンクリートのクリープや腐食生成物の溶出などによる時間影響を考慮していない。そこで、本試験では1年以上電食させたコンクリート供試体中の鋼材を取り出し、JCI-SC1「コンクリート中の鋼材の腐食評価方法」により、腐食生成物除去後の鋼材質量を計測し、電食前の鋼材質量との差から、腐食による質量減少量を算出した。その質量減少量を電食前の鋼材表面積で除して、単位表面積当たりの腐食による質量減少量（以降、腐食重量減と呼ぶ）を算定した。使用したコンクリートは既報^[2]と同じく低熱ポルトランドセメントにフライアッシュ、膨張材を併用した配合である。供試体寸法と試験概要を図-1に示す。腐食速度は、所要の電食期間で電食試験を腐食重量減が $10\text{mg}/\text{cm}^2$ （ひび割れが発生する体積膨張相当）となるように、電食期間短期（15 日間）で $310\mu\text{m}/\text{y}$ 程度と設定したのと同様に長期電食試験（530 日間）で $9\mu\text{m}/\text{y}$ 程度と算定した。

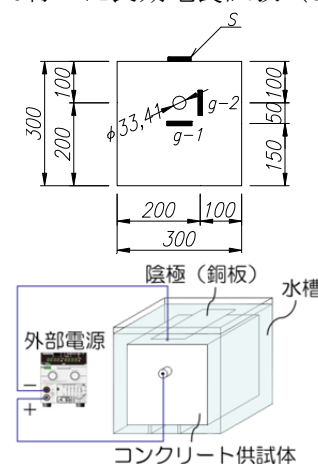


図-1 供試体寸法及び試験概要

表-1 腐食重量減

供試体名	a	b	c	d
かぶり (cm)	5	10		12.5
直径 ϕ (mm)	33	41	33	
腐食重量減 (mg/cm^2)	7.1	10.8	9.7	10.7

表-2 腐食生成物の膨張率の算定結果

供試体名	a	b	c	d
鋼材直径 (mm)	33	41	33	33
鋼材の腐食重量減 W_r (mg/cm^2)	7.1	10.8	9.7	10.7
鋼材の直径増分 $2U_r$ (mm)	0.015	0.028	0.035	0.049
腐食生成物の体積膨張率 α (-)	1.8	2.0	2.4	2.8

3. 試験結果

既報^[1]の短期（15 日間）の電食試験では鋼材の全面が均一に腐食していたが、今回検討の長期期間（530 日間）の電食試験では、部分的な腐食の進行が多いことが観察され、腐食生成物の体積膨張率の変化との関係を示唆するものと考えられる。腐食重量減を表-1に示す。既報^[1]の短期電食試験では、腐食重量減が $10\text{mg}/\text{cm}^2$ 程度でひび割れが発生すると予測していたが、 $6\text{mg}/\text{cm}^2$ 程度でひび割れが発生する結果となった。一方、今回の長期電食試験では、 $10\text{mg}/\text{cm}^2$ 程度の腐食重量減まで腐食が進んでもひび割れが発生しなかった。この腐食速度の相違が、ひび割れ発生に必要な腐食重量減を変化させた要因と考えられる。次に、既報^[2]のとおりに体積膨張率を算定した結果を

キーワード：放射性廃棄物，浅地中処分施設，腐食膨張率，長期電食試験，ひび割れ

連絡先：〒039-3212 青森県上北郡六ヶ所村大字尾駸字野附 504-22 日本原燃(株) TEL.0175-72-3265/FAX.0175-72-3226

表-2 に示す．腐食生成物の体積膨張率 α は図-2 の実験から得られた腐食重量減 W_r と解析から得られた半径の膨張増分量 U_r の関数となり，次式で算定される．

$$\alpha \cong 1 + \frac{\rho_s U_r}{W_r \times 10}$$

W_r : 鋼材の腐食重量減(mg/cm²), ρ_s : 鉄の密度(7.9×10³mg/cm³)
 U_r : 半径の膨張増分量(mm), α : 腐食生成物の体積膨張率

半径の膨張増分 U_r は解析的に算出することが可能で，今回はクリープの影響をコンクリート標準示方書設計編に示されるクリープ係数算定式を用いて評価した．この解析の妥当性は油圧試験との整合性などから既報^[1]で示している．腐食重量減は，腐食速度を遅くすると（ひび割れを発生させるまでの時間経過を長くすると），大きくなることを実験的に確認された（図-3 参照）．逆に，ひび割れ発生時の直径増分は，ひび割れが発生するまでの時間経過が長くなると，大きくなることを意味しクリープの影響であることが分かる．ここで，供試体 a について，ひび割れ発生時の鋼材直径の算定を，解析条件を今回の条件に統一（クリープ考慮など）して，ひび割れ発生期間を超長期の 6000 年程度とした場合までのパラメータ解析を実施した結果を図-4 に示す．530 日で腐食重量減が 10mg/cm² 程度では，ひび割れが発生しないことが分かっているため，ひび割れ発生時の鋼材直径 D を算出し，腐食重量減を 10mg/cm² と設定すると，腐食生成物の体積膨張率は表-3 のとおり 2 程度と試算できる．

図-2 腐食生成物の体積膨張率の算定パラメータ

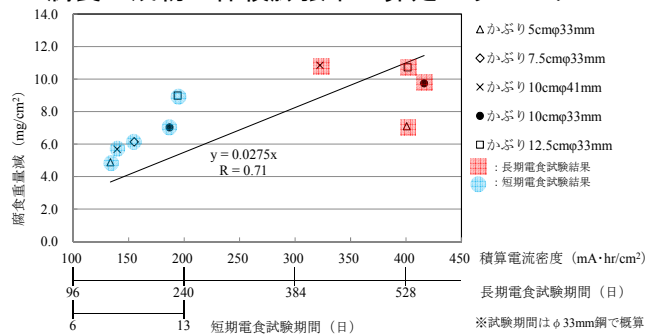


図-3 積算電流密度と腐食重量減

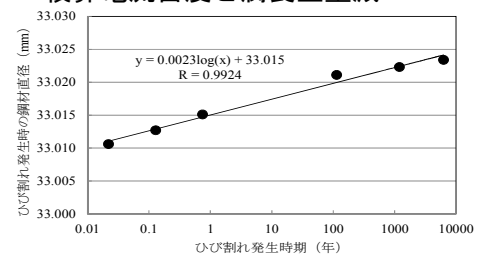


図-4 ひび割れ発生時期と鋼材直径

表-3 腐食重量減を 10 とした場合の体積膨張率の試算

	供試体 a かぶり 5cm φ33			
算定期間(年)	100	1,000	10,000	100,000
ひび割れ発生時の直径増分 $2U_r$ (mm)	0.0196	0.0219	0.0242	0.0265
体積膨張率 α の最大値	1.77	1.86	1.95	2.04

が遅くなると腐食生成物がコンクリート細孔中に浸入するメカニズムの検討は，今後の課題である．

参考文献

[1] 杉橋直行ほか：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，土木学会第 67 回年次学術講演会講演概要集，2012． [2] 矢ノ倉ひろみほか：配合が相違するコンクリート中鋼材の腐食膨張率に関する実験的検討，土木学会第 68 回年次学術講演会講演概要集，2013．