

コンクリート中鉄筋の腐食膨張率に関する研究

日本原燃(株) 正会員 ○浪岡翔吾、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

浅地中ピット処分施設では、施設に含まれる金属の腐食膨張による埋設設備の長期的な破壊・変形挙動について評価を実施している。評価においては、腐食生成物の体積膨張率（以下、腐食膨張率という）の設定が重要であり、現状は、類似条件で実施された腐食試験に関する文献等を参考に設定しているが、腐食膨張率の設定の説明性向上を図るため、想定される実環境に近い条件での腐食膨張に関するデータの蓄積が必要である。本研究は、施設に含まれる金属のうち、コンクリートピットの鉄筋に着目して、約3年に亘る電食試験を実施し、腐食膨張率についての評価を実施したものである。

2. 検討の手順および試験概要

腐食膨張率を推定するためには、腐食に伴い減少した鉄筋の体積と腐食生成物の体積が必要である。減少した鉄筋の体積については、JCI-SC1「コンクリート中の鋼材の腐食評価方法」の腐食生成物の除去方法に基づき、電食試験前後の重量を直接測定し、求めることができる。しかし、腐食生成物の体積は、コンクリートに拘束された鉄筋の腐食生成物の体積であり、直接測定することが難しい。そのため、コンクリートにひび割れが発生した時点の体積膨張増分を数値解析により算出することとした。電食試験ではコンクリートにひび割れが発生するまで腐食を進行させ、ひび割れた時点で試験を終了した。

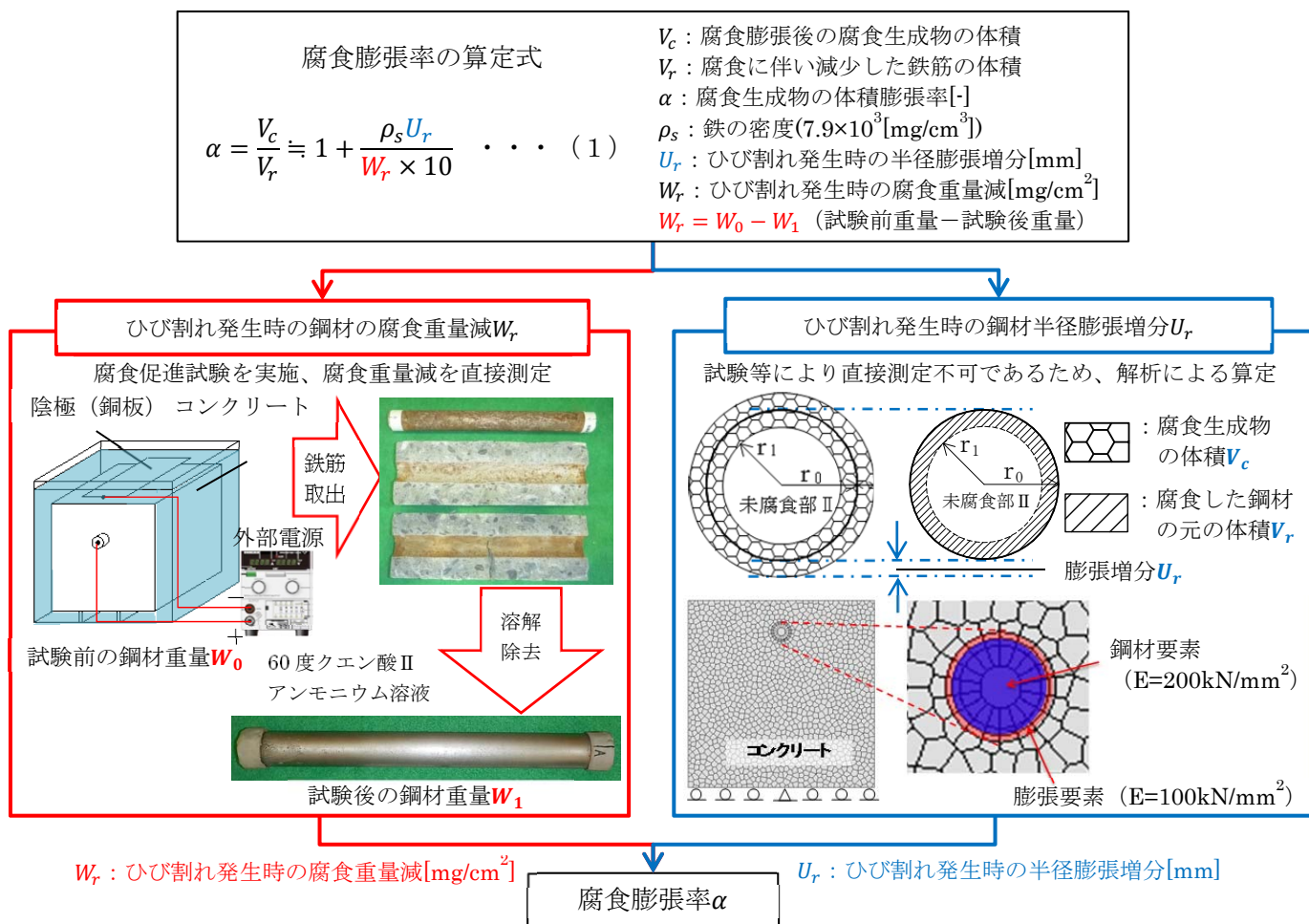


図-1 腐食膨張率の算定フロー図

キーワード：放射性廃棄物、浅地中処分施設、腐食膨張率、電食試験

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

本試験による腐食膨張率の算定フロー図を図-1 に示す。(1) 式において、ひび割れ発生時の鋼材の腐食重量減 W_r は、電食試験前後の鋼材重量の差である。供試体は図-2 に示すとおり $30 \times 30 \times 30\text{cm}$ のコンクリート製で、かぶりを 5cm 、鋼材径を $\phi 33\text{mm}$ とし、実環境に近づけた試験条件にするため、供試体を埋施設周辺地下水で

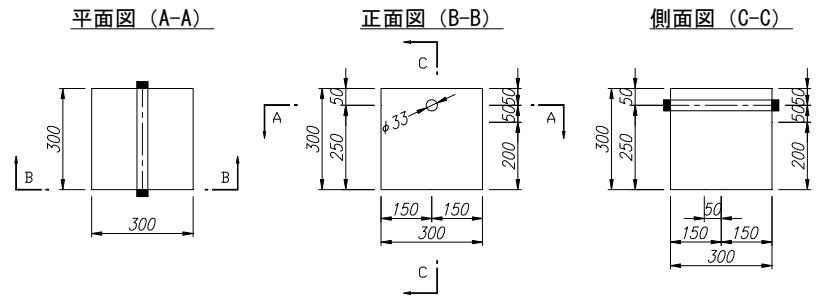


図-2 電食試験供試体

浸漬した。電食はコンクリート中の鉄筋を陽極、供試体の上部に設置した銅板を陰極とし、外部電源装置を用いて電流を流すことで、鉄筋の腐食を促進させ、腐食生成物の膨張圧によってコンクリート供試体表面にひび割れが発生したとき、試験を終了する。電流は約 3 年でひび割れが発生するように設定し、腐食速度を緩慢にさせて実験を実施した。また (1) 式のひび割れ発生時の鋼材半径膨張増分 U_r は、二次元剛体バネモデルを用いて、算定することとした。鋼材の腐食膨張圧は、膨張要素を弾性体としてモデル化し、要素に対して膨張ひずみを漸増付与することで表現した。解析に用いたパラメータは、材齢約 3 年における材料試験結果を参考に、コンクリートの引張強度 6.4N/mm^2 、静弾性係数 46.2kN/mm^2 、破壊エネルギー 0.04N/mm とした。解析は既報^[1]に示すとおり、油圧試験結果と解析結果が同様になることを検証している。上記により取得した、ひび割れ発生時の鋼材腐食重量減 W_r およびひび割れ発生時の半径膨張増分 U_r により、腐食膨張率 α を算定する。なお、供試体コンクリートは、新規施設の使用予定材料である低熱ポルトランドセメントにフライアッシュ、膨張材を使用した配合とし、試験開始時の材齢は 91 日とした。

3. 試験結果

本検討による結果を表-1 に示す。図-1 に示した腐食膨張率算定式により、腐食膨張率は 2.1 倍と算定された。

また、既報^[2]によると本試験のような腐食環境において生成される腐食生成物はマグネタイト(Fe_3O_4)が主要鉱物と考えられ、鉱物密度から計算できる腐食膨張率の理論値は 2.11 であるため、ほぼ一致する結果となった。

4. まとめ

電食試験と力学解析を組み合わせる算定したコンクリート中鉄筋の腐食膨張率は 2.1 倍であり、理論値とほぼ一致した。しかし、既往の検討^{[1][3]}においては、腐食膨張率は 1.8 倍程度と報告しており、本試験結果と異なる値となった。

これは、筆者らの既往の検討^[1]で、15 日間の短期間電食試験を実施しており、解体した供試体コンクリートの鉄筋周囲を確認したところ、コンクリート細孔中に腐食生成物が滲出していることが確認された。一方、本報告のような約 3 年間に亘る長期の電食試験では腐食生成物の滲出は確認できていない。短期間に大きな電流を与えて試験をした場合、鉄イオン生成量に対する酸素供給量が足りなかったため、非晶質のままコンクリート細孔中へ滲出したことが推察される。また、鉄筋周り以外の部分で結晶化すると、腐食生成物全量が膨張圧に寄与しないことも考えられ、腐食膨張率を過小評価していた可能性がある。本試験系のようにコンクリート中鉄筋に通電させる試験系で腐食膨張率を評価する場合は、酸素が十分に供給されて鉄筋周りで結晶化できるような試験環境にする必要があることが分かった。

今後は、腐食生成物の生成過程と腐食速度の関係を明確にすることで、腐食膨張率の説明性向上を図ることができると考えられる。

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：余裕深度処分施設のコンクリートピット中鉄筋の腐食膨張によるひび割れについて、土木学会第 66 回年次学術講演会講演概要集、2011。[3]浪岡翔吾ほか：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（その 2）、土木学会第 69 回年次学術講演会講演概要集、2014。