

ひび割れを有する鉄筋コンクリートの干満および土中環境における劣化評価

電力中央研究所 正会員 ○松村卓郎 松尾豊史
 関西電力 正会員 堀江正人 原口和靖

1. はじめに

地震などの影響により損傷の生じた鉄筋コンクリート構造物の性能を評価する上で、損傷の生じた構造物の経年劣化を予測することは重要である。臨海地域の発電所等の地中構造物では塩害による劣化を考慮することが必要である。本研究では、ひび割れを有する鉄筋コンクリート試験体を用いて、地中構造物の環境を模擬した条件において劣化実験を行い、鉄筋腐食、塩化物イオンの浸透などの劣化性状を評価した。

2. 実験の概要

試験体は、図 1 に示すように、幅 200mm、高さ 200mm、長さ 600mm の形状とした。D16 鉄筋 (SD295、長さ 600mm) を試験体の断面中心位置に 1 本配置した。かぶりは 90mm とした。コンクリートの水セメント比は 60%、セメントは普通セメントを使用した。目標スランプは $8 \pm 1\text{cm}$ 、目標空気量は $5 \pm 1\%$ とした。試験体の打設後 4 週間は湿空養生を行い、その後、試験体の軸方向中心位置に割裂によりひび割れを導入し、開放面 (側面) の 1 面以外の 5 面は、エポキシ樹脂塗料 (タールエポキシ) を塗布し、シールした。

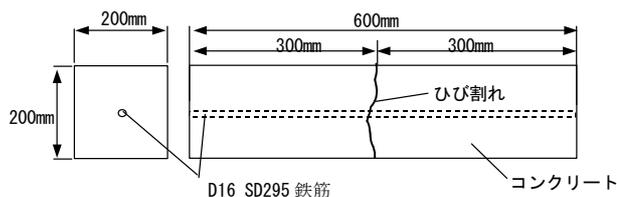


図 1 試験体の形状とひび割れ導入位置

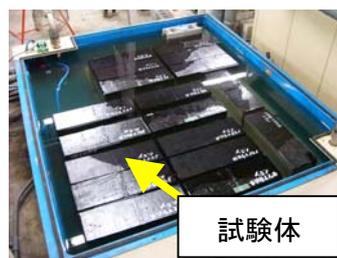


図 2 干満槽を用いた実験の様子

実験要因は環境条件とひび割れ幅の 2 種類とした。環境条件は干満環境と土中環境の 2 種類とした。干満環境は、図 2 に示すように、干満槽に試験体を設置し、干満環境を模擬した。腐食に対して厳しい条件を模擬し、温度 40°C の飽和溶存酸素濃度の 3%NaCl 水溶液に 1 日 2 回 0.5 時間 (12 時間間隔) 浸漬した。土中環境は、図 3 に示すように、土槽を用いた砂地盤中における乾湿繰り返し環境とした。土槽底部の排水孔から海水を模擬した 3%NaCl 水溶液を供給・排出することにより、土槽内の水位を 12 時間毎に 1 日 2 回、砂地盤上面 (満水と称する) と砂地盤底面 (干水と称する) の間で上下させた。満水の時間は、腐食に対して厳しい条件を模擬し、0.5 時間とした。砂は平均粒径 1mm の珪砂を用いた。ひび割れ幅は、鉄筋の降伏する範囲までとなるよう、干満環境では 0.4, 0.8mm の 2 水準、土中環境では 0.4, 0.8, 1.2mm の 3 水準を目標値とし、目標値に対して $\pm 0.1\text{mm}$ の範囲で導入した。ひび割れは鋼製エッジを介した割裂により導入した。試験体数は、腐食のばらつきが大きいことを考慮して、各要因毎に 10 体とした。実験期間は、干満環境が 21 週間、土中環境が 19 週間である。計測項目は、鉄筋の腐食面積、腐食減量、コンクリート中の塩化物イオン濃度とした。

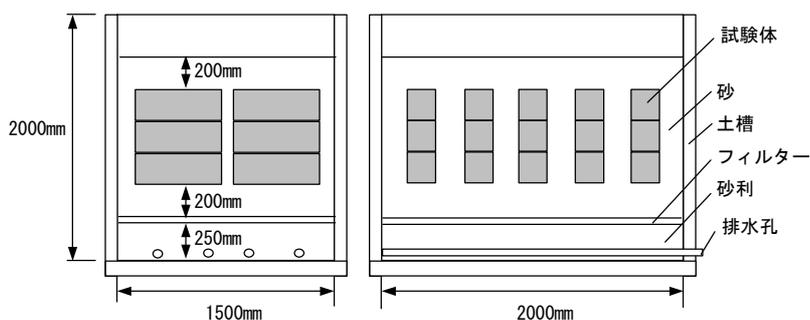


図 3 土槽を用いた実験の概要

腐食に対して厳しい条件を模擬し、温度 40°C の飽和溶存酸素濃度の 3%NaCl 水溶液に 1 日 2 回 0.5 時間 (12 時間間隔) 浸漬した。土中環境は、図 3 に示すように、土槽を用いた砂地盤中における乾湿繰り返し環境とした。土槽底部の排水孔から海水を模擬した 3%NaCl 水溶液を供給・排出することにより、土槽内の水位を 12 時間毎に 1 日 2 回、砂地盤上面 (満水と称する) と砂地盤底面 (干水と称する) の間で上下させた。満水の時間は、腐食に対して厳しい条件を模擬し、0.5 時間とした。砂は平均粒径 1mm の珪砂を用いた。ひび割れ幅は、鉄筋の降伏する範囲までとなるよう、干満環境では 0.4, 0.8mm の 2 水準、土中環境では 0.4, 0.8, 1.2mm の 3 水準を目標値とし、目標値に対して $\pm 0.1\text{mm}$ の範囲で導入した。ひび割れは鋼製エッジを介した割裂により導入した。試験体数は、腐食のばらつきが大きいことを考慮して、各要因毎に 10 体とした。実験期間は、干満環境が 21 週間、土中環境が 19 週間である。計測項目は、鉄筋の腐食面積、腐食減量、コンクリート中の塩化物イオン濃度とした。

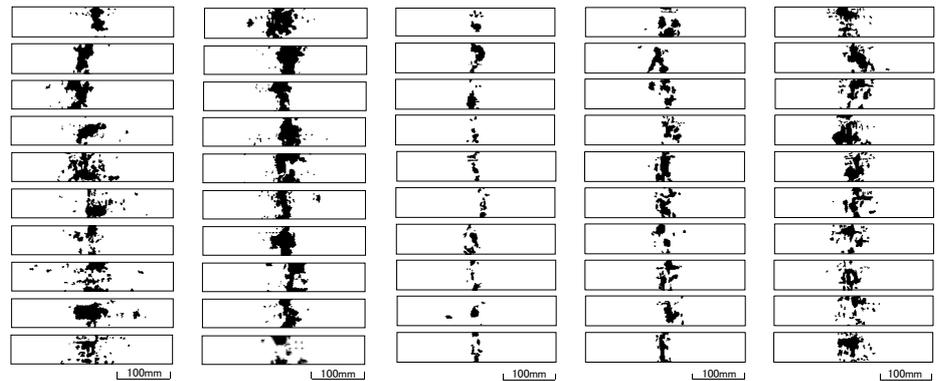
キーワード 鉄筋コンクリート, 干満環境, 土中環境, ひび割れ, 鉄筋腐食

連絡先 〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646 (財) 電力中央研究所 地球工学研究所 構造工学領域 TEL 04-7182-1181

3. 実験結果

(1)鉄筋の腐食状況

図4に鉄筋の腐食部分のスケッチを示す。いずれの鉄筋もひび割れ位置付近の部分が腐食している。図5に鉄筋の腐食面積率とひび割れ幅の関係、図6に鉄筋の断面減少率とひび割れ幅の関係を示す。ここで、腐食面積率は腐食面積を鉄筋の全長(600mm)



(a)干満環境 ひび割れ幅 0.4mm (b)干満環境 ひび割れ幅 0.8mm (c)土中環境 ひび割れ幅 0.4mm (d)土中環境 ひび割れ幅 0.8mm (e)土中環境 ひび割れ幅 1.2mm

図4 鉄筋の腐食状況

の表面積で除した値(%), 断面減少率は腐食減量を鉄筋の全長の質量で除した値(%). 腐食面積率, 断面減少率は, いずれも土中環境の方が干満環境よりも小さい傾向にあり, ひび割れ幅の狭い方が小さくなる傾向にある。

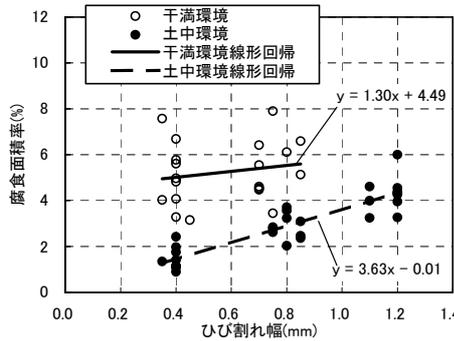


図5 腐食面積率とひび割れ幅の関係

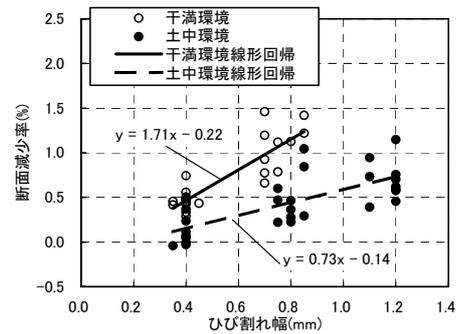
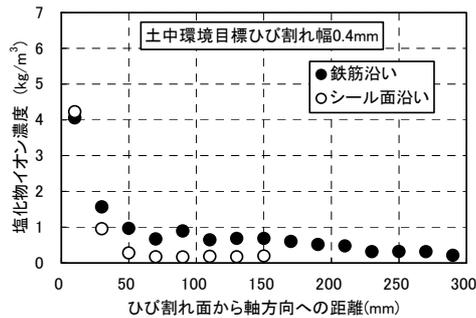


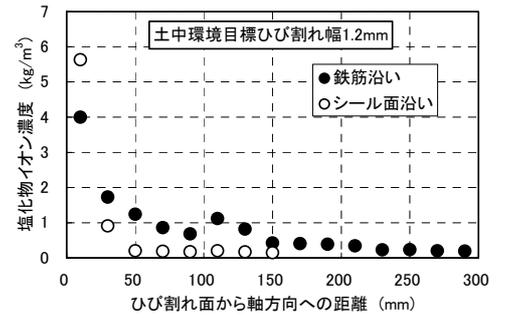
図6 断面減少率とひび割れ幅の関係

(2)コンクリート中の塩化物イオン濃度

図7に, ひび割れ面から軸方向への塩化物イオン濃度の分布の例(土中環境)を示す。シール面沿いでは, ひび割れ幅の影響はほとんどなく, ひび割れ面からの距離の増大に従って濃度が低下し, 70mm 程度以上の位置の塩化物イオン濃度はほぼゼロである。一方, 鉄筋沿いでは, ひび割れ幅の大きい方が若干濃度が高い傾向にあり, ひび割れ面からの距離の増大に従って濃度が低下するものの200mm 程度まで塩化物イオンが存在している。この傾向は干満環境でも同様であった。この理由として, ひび割れの導入によりひび割れ近傍の鉄筋が降伏し, 塑性ひずみが生じることにより鉄筋とコンクリートの界面のはく離が生じた可能性が考えられる。



(a)ひび割れ幅 0.4mm



(b)ひび割れ幅 1.2mm

図7 ひび割れ面から軸方向への塩化物イオン濃度の分布の例(土中環境)

4. まとめ

あらかじめひび割れを導入した試験体を用いて, 干満および土中環境を模擬した環境において約5か月間の劣化実験を行った。その結果, ひび割れ幅が狭いほど鉄筋の腐食程度は小さく, 土中環境の方が干満環境よりも腐食程度は小さかった。また, 鉄筋に沿ってひび割れ面からの塩化物イオンの浸透が認められた。

謝辞: 本研究は電力9社と日本原子力発電(株), 電源開発(株), 日本原燃(株)による電力共通研究として実施した。関係各位に謝意を表す次第である。