

海岸での暴露実験によるひび割れ発生後の鉄筋腐食評価

電力中央研究所 正会員 ○松村 卓郎

電力中央研究所 正会員 西内 達雄

1. はじめに

コンクリート構造物の設計や維持管理では劣化予測を取り入れた性能照査体系が一般的になりつつある。臨海コンクリート構造物においては、耐荷力への影響が顕在化する、塩害によるひび割れ発生後の鉄筋腐食を予測することが重要である。近年、実構造物の調査や実験などによりひび割れ発生後の鉄筋腐食進行に関する検討が行われているが、予測方法として確立されていないのが現状である。本研究では、コンクリート試験体の海岸での暴露実験により、塩害によるひび割れ発生後の鉄筋腐食進行を評価した。

2. 実験の概要

暴露場所は、愛知県名古屋市（以降、名古屋地点と称する）、沖縄県石川市（以降、沖縄地点と称する）の2地点である。名古屋地点は、伊勢湾に面した火力発電所の護岸の外側であり、潮の干満により試験体は1日に2回水没する干満帯である。沖縄地点は、沖縄本島のほぼ中央の太平洋側に位置し、入り江の奥にあるため波浪は比較的小さい。火力発電所護岸の内側の大气中である（図1参照）。試験体は、図2



図1 試験体の暴露状況（大気中）

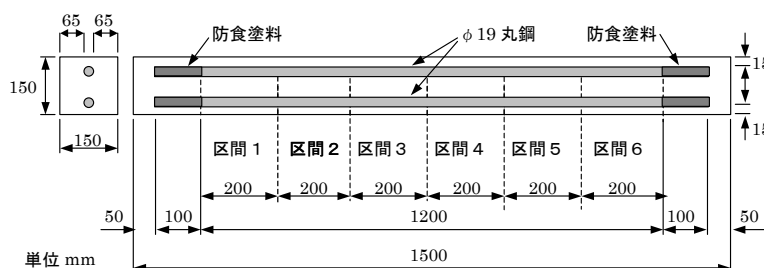


図2 試験体の形状・寸法

に示すように、150mm×150mmの断面に長さ1400mmのφ19丸鋼(SR294)を上側と下側に各1本配置した長さ1500mmのはり部材である。かぶりは15mmとした。コンクリートの配合は、水セメント比54%、単位セメント量330kg/m³とした。セメントは普通ポルトランドセメントを使用した。粗骨材の最大寸法は13mmである。同一仕様の試験体を各地点に10体暴露し、1年間隔で1体の試験体を解体し、鉄筋の試験区間1200mmを長さ200mm毎の6つの区間に区分してそれぞれの腐食減量を測定した。沖縄地点の13年経過試験体では、ひび割れ幅を鉄筋に沿って20mm間隔で測定した。試験体は、長手方向が海岸線に直交するようにほぼ等間隔（10cm程度）に平行に設置した。H型鋼材の上に試験体を設置し、地面から試験体下面までの距離を100mm以上確保した。暴露期間は名古屋地点が7年間、沖縄地点が13年間である。

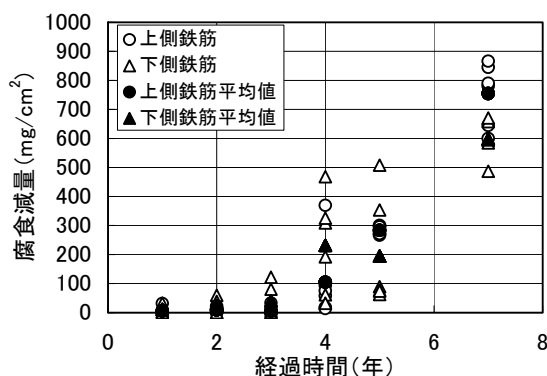


図3 名古屋地点の腐食減量の経時変化

3. 実験結果および鉄筋腐食評価

名古屋地点の試験体は、約6ヶ月経過時に一部の試験体にひび割れが認められ、暴露期間が経過するに従いひび割れの生じた試験体数が増大し、3年経過時にはほとんど全ての試験体にひび割れが生じていた。沖縄地点の試験体は、2年経過時までひび割れなどの外観上の

キーワード：鉄筋コンクリート、塩害、ひび割れ、暴露実験、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

変状および鉄筋の腐食は認められなかった。3年経過時に初めて鉄筋に腐食が、4年経過時に初めてひび割れが認められた。腐食減量の経時変化を図3および図4に示す。ばらつきは大きいものの、概ねひび割れ発生後に腐食減量が著しく増大していることが分かる。また、沖縄地点の腐食減量とひび割れ幅の関係を図5に示す。ひび割れ幅は各区分における平均値である。試験体の上面と下面で相違は認められず、概ね線形的に腐食減量の増大に従ってひび割れ幅が増大している。ひび割れ発生時の腐食量は $150\text{mg}/\text{cm}^2$ 程度である。ここで、区分毎に、暴露開始からひび割れ発生までの時間を暴露期間から減じ、ひび割れ発生後の期間として求め、腐食量と比較した。腐食量は、耐荷性能を評価する場合に参考となるよう、単位面積当たりの腐食減量を次式により断面減少率に換算した。

$$y = V_{\text{corr}}/V_0 \times 100, V_{\text{corr}} = 1 \cdot \pi \cdot d \cdot Y/m/1000, V_0 = 1 \cdot \pi \cdot (d/2)^2$$

ここに、 y :断面減少率(%), V_{corr} :単位長さ当り腐食体積(cm^3), V_0 :単位長さ当り鉄筋体積(cm^3), d :鉄筋の直径(cm), m :鉄筋の密度($=7.8\text{g}/\text{cm}^3$), Y :単位面積当たり腐食減量(mg/cm^2)。

図6および図7に示すように、干満帯と大気中では、鉄筋腐食の進行速度が大きく異なる。ばらつきは大きいものの干満帯（名古屋地点）では約3.5%/年、大気中（沖縄地点）では約0.61%/年の断面減少の進行が認められる。上側鉄筋と下側鉄筋の違いはほとんど認められない。ひび割れ発生時（ひび割れ発生後の期間がゼロ）の断面減少率は1~4%程度の範囲である。堤らは、東京湾沿岸の20~35年経過した飛沫帯を中心とした実構造物の調査から、断面減少率の進行は0.35%/年程度であると報告している¹⁾。本研究の試験体はかぶりが15mmと比較的小さく、また、沖縄の気温は比較的高いことから、若干大きな進行速度を示したものと考えられる。

4. まとめ

名古屋の干満帯における7年間、沖縄の大気中における13年間の鉄筋コンクリート試験体の暴露実験の結果、本実験の範囲では、塩害によるひび割れ発生後の鉄筋腐食の進行速度は、干満帯、大気中でそれぞれ断面減少率3.5%/年、0.61%/年程度であることが分かった。また、ひび割れ幅は腐食量の増大とともに線形的に拡大する傾向がある。

参考文献

- 1) 堤知明, 白井伸一, 安田登, 松島学: 塩害劣化に関する影響要因の実データに基づく定量評価, 土木学会論文集, No.544/V-32, pp.33-41, 1996.

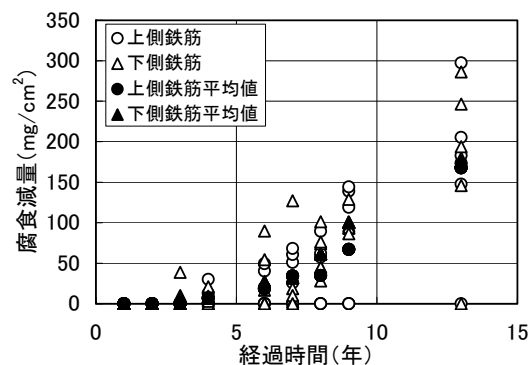


図4 沖縄地点の腐食減量の経時変化

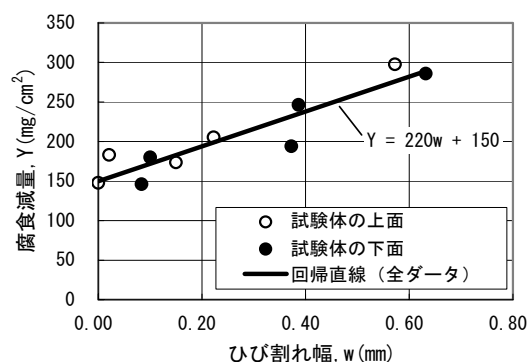


図5 腐食減量とひび割れ幅の関係（沖縄地点）

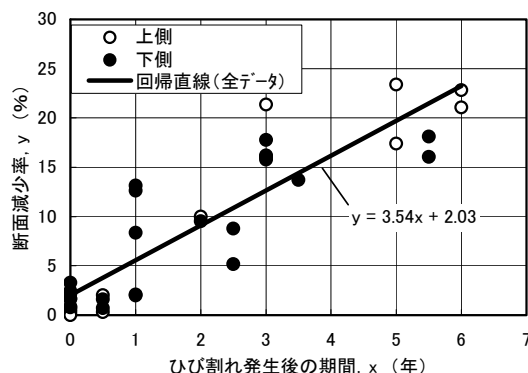


図6 名古屋地点の断面減少率とひび割れ発生後の期間の関係（干満帯）

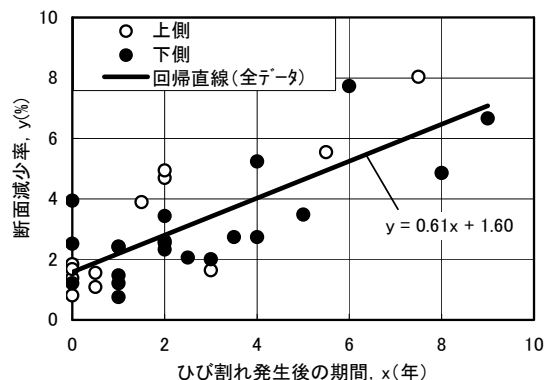


図7 沖縄地点の断面減少率とひび割れ発生後の期間の関係（大気中）