

海洋環境下における RC 構造物の鉄筋腐食量調査

東京電力(株) 正会員 ○堤 知明
東京電力(株) 正会員 松裏 寛
東電設計(株) 正会員 鬼束 俊一
東電設計(株) 正会員 中川 貴之

1. はじめに

海洋環境下にある RC 構造物の耐久性を論じる場合は、内部鉄筋の腐食速度を適切に評価する必要がある。しかしながら、コンクリート中の鉄筋腐食は種々の要因が絡んでおり、腐食速度を適切評価できるモデルの構築は困難である。腐食速度を評価する方法として、電気化学的な方法で腐食現象を理論的に説明する方法と実構造物や暴露試験結果から実証的に評価する方法がある。理論的方法是汎用性に富み、劣化評価の有効であるが未だ確立されたとはいえない。実構造物や暴露試験結果から求める方法は汎用性に欠けるものの、当該構造物の周辺環境が含まれたデータであり、当該構造物の劣化予測を行うには適切である。また、理論モデルの検証としても有用と考えられる。このことから筆者等は、実構造物の調査結果を分析し腐食速度の評価を試みた。

2. ひび割れ発生前の腐食速度評価

2.1 対象データ

実構造物の劣化調査および暴露実験から得られたデータを用いて、ひび割れ発生前の腐食速度を検討した。検討の対象とした構造物および供試体は、表-1 のとおりである。本検討では、欠陥発見時期が明らかなデータを対象とした。

表-1 対象設備一覧

設備	供用年数	設置環境
A 栈橋	39 年	東京湾内飛沫帯
B 取水口	20 年	太平洋岸飛沫帯
C 取水口	18 年	同 上
D 取水口	16 年	同 上
暴露試験	5 年	日本海岸

ひび割れ発生前の腐食速度計算方法を図-1 に示す。腐食速度はひび割れ発生腐食量を腐食開始からひび割れ発生までの経過時間で除することで求めた。ここで、ひび割れ発生腐食量は、厚肉円筒弾性理論、腐食開始時間はフィックの 1 次元拡散方程式を用いて計算した。ひび割れ発生時間は、欠陥発見時期と仮定した。

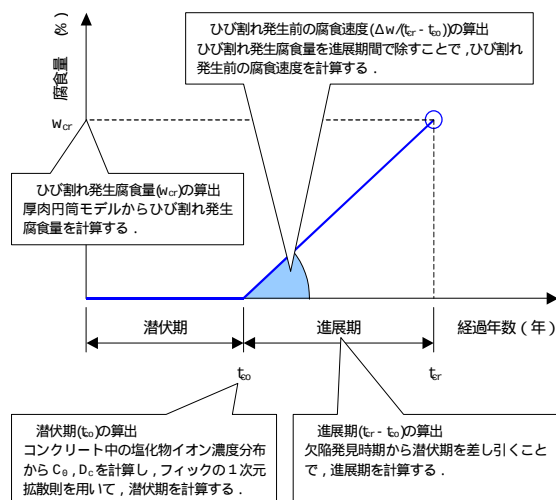


図-1 ひび割れ発生前の腐食速度計算方法

調査データすべての環境条件は、海側に面しかつ満潮面から数 m 以内の範囲にあり、常時海水飛沫に曝される箇所である。

2.2 調査結果

上記の計算方法で得られたひび割れ発生前の腐食量と経過年数の関係を図-2 に示す。同図には暴露供試体の結果も合わせて示した。暴露データならびに各調査データは環境条件、コンクリート配合も異なることから、厳密に言うと区分して考えるべきものであると思われる。しかしながら、腐食そのものがばらつき大きい現象であること、腐食速度をマクロ的に評価することも重要と考えられることから、今回はあえて全てのデータを

キーワード：腐食減量、腐食速度、劣化予測

連絡先：〒230-8510 横浜市鶴見区江ヶ崎町 4-1 TEL:045-613-3367 FAX：045-613-7999

包含した形で整理した。同図から時間の経過に伴い腐食速度は累乗で減少し、ある程度腐食が進行すると腐食反応が安定し腐食速度も一定値に近づくことが分かる。また、紙面の関係で省略するがひび割れ発生前の腐食速度に影響すると考えられる、鉄筋位置の塩化物イオン濃度、塩化物イオン拡散係数、表面塩化物イオン濃度、かぶり、コンクリート圧縮強度、混和材の種類については、いずれも腐食速度と明確な相関は認められなかった。ただし、水セメント比については水セメント比の増加に伴い腐食速度は増加する傾向が認められた。検討結果から、ひび割れ発生前の腐食速度については、経過年数が10年未満の領域では時間の経過とともに変化し、10年以上になると0.1%/年程度の値に収束すると思われる。

3. ひび割れ発生後の腐食速度

実構造物の劣化調査および暴露実験から得られたデータを用いて、ひび割れ発生後の腐食速度を検討した。検討の対象とした構造物は、ひび割れ発生前の腐食速度を検討したものと同じである。ひび割れ発生後の腐食速度は、調査時の腐食量とひび割れ発生腐食量の差分を調査実施時間とひび割れ発生時間の差分で除すことで求めた。ここで、調査時の腐食量、調査実施時間およびひび割れ発生時間は実測値である。ただし、ひび割れ発生時間は、欠陥発見時期と仮定した。ひび割れ発生腐食量については厚肉円筒弾性理論を用いて計算した。

3.1 調査結果

ひび割れ発生後の状態としては、ひび割れ発生前よりも大気との接触状態がより大気中に近くなるものと思われる。その意味では、鋼材の暴露試験がひび割れ発生後の鉄筋に対する極端な状態として考えられる。すなわち、鋼材の暴露試験により得られた腐食速度が、ひび割れ発生後の腐食速度の上限値に相当する値であると考えて、暴露鋼材の腐食速度と実構造物の劣化データから求めた腐食速度の比較を行った。大気中における鋼材の暴露試験結果と劣化調査から得られた腐食速度の関係を図-3に示す。

図に示すように、劣化データから算出した腐食速度は、海岸地帯における暴露鋼材の腐食速度より速いものとなっている。この原因として、ひび割れ発生時間は欠陥発見時期と仮定しているが、実際のひび割れ発生時間は発見時期よりも早い可能性が考えられる。経過時間と腐食量の関係はひび割れ前と同様初期段階では指数関数的に変化し時間が経過するにつれ1.0%/年程度の値に収束する。

4. まとめ

データが少なく、かつ、ばらつきが大きいために経過年数と関係付けた腐食速度の定式化ためには、更なるデータに蓄積が必要となるが、劣化データから算出した腐食速度の分布性状を見ると、ひび割れ発生前後とも経過年数10年の前後で腐食速度の傾向が変わり、10年以上経過するとひび割れ発生前は0.1%/年、発生後は1.0%/年程度に収束する。

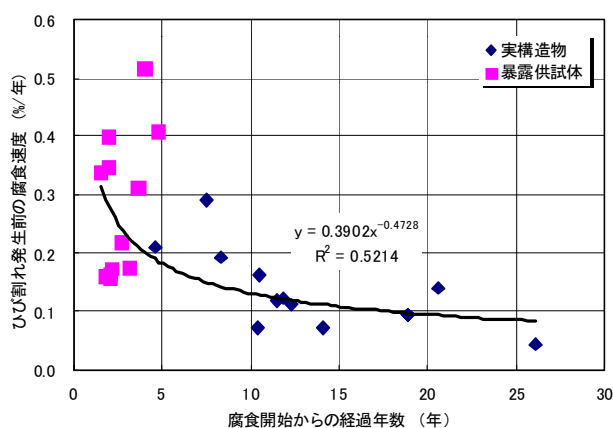


図-2 ひび割れ発生前の経過年数と腐食量の関係

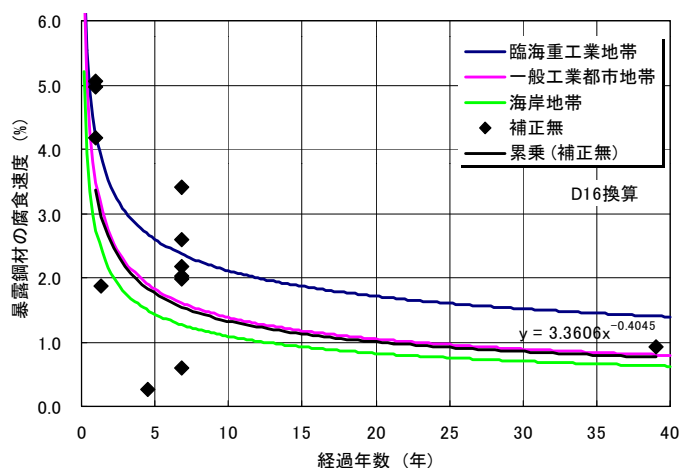


図-3 ひび割れ発生後の経過時間と腐食量の関係