

第V部門

現場試験に基づく塩害劣化 RC 橋の腐食機構の評価

神戸大学大学院 学生員 ○内海 卓也 神戸大学大学院 正会員 森川 英典
 神戸大学大学院 学生員 山室 俊介 神戸大学工学部 高木 康成

1. はじめに：本研究では、塩害劣化環境下にある RC 橋において複数時点で実施してきた鉄筋腐食モニタリングをはじめとする現場試験の点検データをもとに、各点検時点の点検箇所がマクロセル腐食のアノード部・カソード部、ミクロセル腐食部、健全部のいずれに該当するかを評価した。この評価結果と劣化変状の経時変化との関係を検討することで、評価結果の妥当性について検証を行った。

2. 現場試験概要：対象橋梁の A 橋の概要および現場試験内容について表-1、表-2 に示す。なお、調査時橋齢は 2008 年調査時のものである。この A 橋において 2006 年、2007 年、2008 年に現場試験を実施した。本稿では、3 時点において 4 つの主桁にて実施した腐食ひび割れ・浮き調査、鉄筋腐食モニタリングの点検データをもとに鉄筋腐食状況について評価を行った結果のうち、最も海岸線に近い主桁での評価結果について示す。

3. 鉄筋腐食状況の評価基準の検討：井川らの研究¹⁾では、マクロセル腐食機構となった場合、アノード部だけではなくカソード部においても分極による影響で自然電位が卑な値となる結果が得られており、アノード部およびカソード部での測定値は -350mVvsCSE よりも卑な値となっている。塩害劣化環境下にある RC 橋では、塩化物イオンや水分といった因子の供給がばらつき、鉄筋腐食の進行に差が生じてマクロセル腐食機構が形成されやすいと考えられる。そのため、自然電位が -350mVvsCSE よりも卑な値である場合には、マクロセル腐食のアノード部、カソード部である可能性が高いと考えられる。ただし、カソード部では腐食が進行せず、腐食ひび割れなどの劣化変状がほとんど発生していないと推察される。そこで、表-3 に示すように、鉄筋腐食モニタリングの測定点の分類を行った。なお、コア試験の結果、A 橋では中性化の進行が確認されたため、中川らの研究²⁾の結果をもとに自然電位を補正した値を用いている。この表-3 の分類 2 については、ミクロセル腐食部である可能性が高いと想定して分類を行ったものである。そして、図-1 に示すように分類ごとに分極抵抗の値の頻度分布を求めた。なお、浮きや大きな腐食ひび割れが発生している箇所では空隙が分極抵抗の測定値に大きな影響を与えると考えられるため³⁾、このような箇所については分類に用いなかった。大きな腐食ひび割れの発生箇所とは浮きが発生しているメッシュの平均腐食ひび割れ幅の平均値より大きな値を持つメッシュとした。

図-1 を見ると、 $450\text{k}\Omega\text{cm}^2$ よりも分極抵抗の値が大きくなるとマクロセル腐食のアノード部の可能性が高い分類 1 の頻度が小さくなっている。また、マクロセル腐食のカソード部の可能性が高い分類 2 は $650\text{k}\Omega\text{cm}^2$ にピークがあり、 $600\text{k}\Omega\text{cm}^2$ よりも小さくなると頻度が小さくなっている。ミクロセル腐食の可能性が高いと想定した分類 3 では、頻度のピークが $450\sim 600\text{k}\Omega\text{cm}^2$ の間にあることがわかる。つまり、 $450\text{k}\Omega\text{cm}^2$ がマクロセル腐食のアノード部とミクロセル腐食部を分ける境界の値であり、 $600\text{k}\Omega\text{cm}^2$ がミクロセル腐食部とマクロセル腐食のカソード部を分ける境界の値であると考えられる。

表-1 対象橋梁概要

所在地	兵庫県洲本市
架設年次(年)	1962
調査時橋齢(年)	46
設計荷重	TL-20
上部構造形式	RC単純T桁橋
径間割	単径間
支間長(m)	10.6
主桁数	4
海岸線からの距離(m)	約15

表-2 現場試験内容

試験項目	2006	2007	2008
腐食ひび割れ・浮き調査	○	○	○
鉄筋腐食モニタリング	○	○	○
超音波試験	○		
コア採取	○		
部材寸法測定	○		
RCレーダー測定	○		

表-3 鉄筋腐食モニタリングの測定点の分類

	自然電位E(mVvsCSE)	腐食ひび割れの有無
分類1	$E \leq -350$	あり
分類2	$E \leq -350$	無し
分類3	$-350 < E \leq -200$	あり

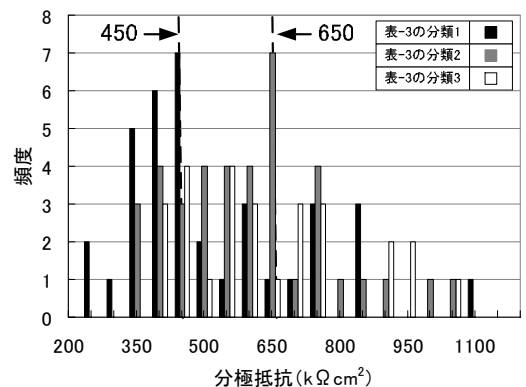


図-1 自然電位、腐食ひび割れ発生状況により分類した分極抵抗の頻度分布

以上の結果をもとに鉄筋腐食状況の評価基準を構築した。その基準を図-2に示す。かぶりコンクリートに浮きが発生している場合や大きな腐食ひび割れが発生している場合には、塩化物イオンや酸素、水分といった鉄筋腐食を促進させる因子が供給されやすいことから、腐食速度が速いと推察される。そのため、このような箇所はマクロセル腐食のアノード部であると考えた。大きな腐食ひび割れが発生している箇所は浮き発生箇所と鉄筋腐食の進行が同程度であると考え、浮き発生メッシュの平均腐食ひび割れ幅の平均値以上の値を持つメッシュとした。自然電位と分極抵抗を用いた判定処理について、中村らの研究⁴⁾のマクロセル腐食を模擬した供試体ではマクロセル腐食のカソード部において -350mVvsCSE よりも貴な値が測定される結果も得られている。そのため、マクロセル腐食の判定となる自然電位の範囲を -250mVvsCSE まで拡大した。また、自然電位の値が $-200\sim-250\text{mVvsCSE}$ の範囲でかつ分極抵抗が大きな値の場合や自然電位の値が -200mVvsCSE よりも貴な場合には鉄筋が腐食しておらず、健全部であると考えられるが、腐食ひび割れが発生している場合にはその箇所が健全であるとはいえないため、ミクロセル腐食部とした。

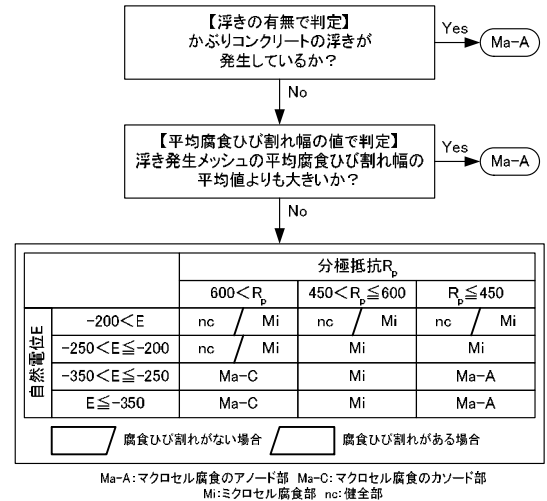


図-2 腐食状況の評価基準

4. 評価結果と劣化変状の経時変化との比較：図-2の評価基準を用いて、鉄筋腐食モニタリングの測定点に対して鉄筋腐食状況の評価を行った結果を図-3に示す。図-3は、主桁をメッシュ分割し、その範囲を展開した図となっている。図-3を見ると、2006年でマクロセル腐食のアノード部およびミクロセル腐食部と判定された箇所の周囲で、特に橋軸方向に腐食ひび割れや浮きが発生するメッシュが増加する傾向が確認できる。また、マクロセル腐食のカソードと判定された箇所の周囲では、新たに腐食ひび割れや浮きが発生することは少なく、判定結果が妥当なものであったと考えられる。

5. まとめ：得られた知見をまとめる。(1) 自然電位、分極抵抗、腐食ひび割れ・かぶりコンクリートの浮きの発生状況、平均腐食ひび割れ幅をもとに、鉄筋腐食状況の評価基準を構築した。(2) この基準を用いた結果、マクロセル腐食のアノード部・カソード部、ミクロセル腐食部の推定が可能となった。

【参考文献】1) 井川ら：コンクリート工学年次論文集，Vol.25，No.1，pp.1769-1774，2003. 2) 中川ら：土木学会論文集，No.781/V-66，pp.21-34，2005.2. 3) 山室ら：コンクリート工学年次論文集，Vol.30，No.1，pp.747-752，2008. 4) 中村ら：コンクリート工学年次論文集，Vol.28，No.1，pp.1031-1036，2006.

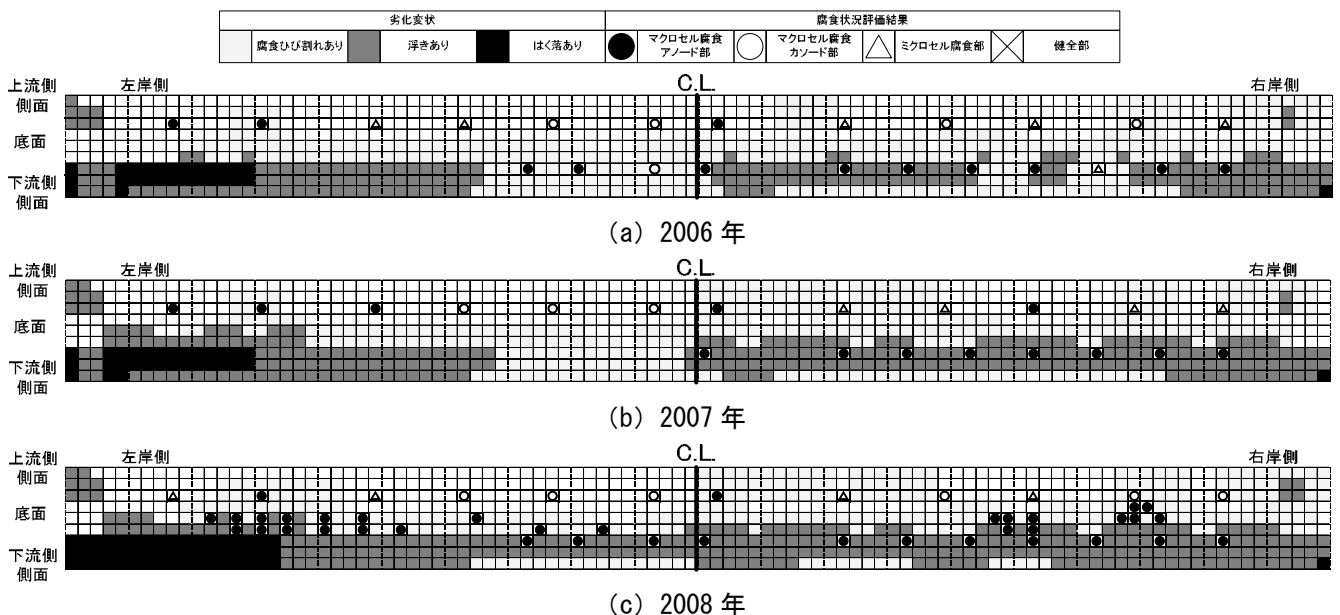


図-3 鉄筋腐食状況の評価結果