アノード要素とカソード要素間の距離とその面積比がマクロセル腐食に及ぼす影響

東京理科大学　学生会員　○竹内　智希
東京理科大学　学生会員　荒木　大智
東京理科大学　正会員　三田　勝也
東京理科大学　正会員　加藤　佳孝

1. はじめに

塩害環境下にある RC 構造物の鋼材腐食は，マクロセルおよびミクロセルの腐食形態となり，主にマクロセル腐食は断面欠損を起こすような腐食を，ミクロセル腐食は微小な領域で起きる腐食を指している．また，マクロセル腐食はミクロセル腐食と比較し腐食速度が速く，急激に腐食が進行することも知られている [1)]．マクロセル腐食の場合，環境因子がアノード部とカソード部の形成に影響を及ぼす．特に，塩害環境下では同一構造物内で塩化物イオン濃度が変化することにより，アノード部とカソード部に距離ができ，マクロセル腐食が発生しやすい環境となる [2)]．また，アノード部が腐食する際，アノード部とカソード部の距離や，その面積比（Ac/Aa）が大きく影響することが知られている．塩害によって劣化した構造物はひび割れが生じ，耐久性の低下やコンクリートの剥離などが生じるため，マクロセル腐食形成において，アノード部とカソード部の距離や面積比の検討を行うことは非常に有意なことと言える．

本研究では，アノード部とカソード部の距離とその面積比がマクロセル腐食に及ぼす影響を定量的に評価することを目的とする．

2. 実験概要

配合を**表-1** に示す．100×100×1000mm の供試体を用い，1 日湿潤 6 日乾燥で乾湿繰り返しを行った．アノード部とカソード部を明確に分けるため，端から 200mm の位置まで塩分を 10kg/m^3 混入し，強制的にアノード要素を作り出し，その他の部分は塩分の混入を行っていない．なお，供試体の上・下面以外の 4 面をエポキシ樹脂でコーティングしている．

マクロセル腐食の発生の判断およびマクロセル腐食電流の測定は，**図-1** に示す分割鉄筋を用いて行った．分割鉄筋を用いることで，連続鉄筋では測定することのできない鉄筋要素間を流れるマクロセル電流の測定を可能とした．使用鉄筋は φ16mm の磨き丸鋼と要素間の距離を均一にするために，φ15mm のアクリル棒を使用した．鉄筋とアクリル棒をエポキシ系樹脂で接着させ，鉄筋の両端にリード線を設けた．

マクロセル腐食電流は，測定対象の要素間同士のリード線を繋ぎ，無抵抗電流計を用いて測定した．

3. 実験結果と考察

3.1 アノードからの距離

図-2 に腐食電流と距離の関係を示す．この図はアノード 1 要素に対し，カソード要素も 1 要素繋いだものである（Ac/Aa＝1）．要素を接続した場合，図からアノード部（塩分濃度 10kg/m^3）とカソード部（塩分濃度 0 kg/m^3）の距離が離れるほど，マクロセル腐食電流が低下していることが分かる（以後 10kg/m^3 に近い順にカソード部を 01, 02, 03, 04 と表記する）．これは電流の抵抗となるコンクリートを介してマクロセルが形成されているためと考えられ，アノード部とカソード部の距離が近い場合，流れるマクロセル電流が大きくなる，すなわち，10-04 よりも 10-01 と接続したものがマクロセル電流は大きくなった．

表−1　示方配合

W/C	s/a	単位量[kg/m^3]				
		W	C	S	G	AE剤
55	46	175	318	822	997	C×0.02%

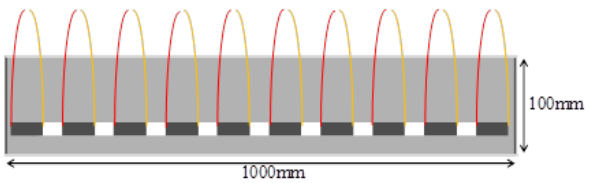

図-1　分割鉄筋

キーワード　マクロセル腐食　アノード　カソード　分割鉄筋
連絡先　〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641　東京理科大学　TEL 04-7124-1501

なお，鉄筋要素の組み合わせを，10（アノード要素）－01（カソード要素）のように表記している．

3.2 カソード要素数の変化

図-3 にカソード要素数とマクロセル電流の関係を示す．10-01 を基本とし，それに 02，03，04 と繋いだ時の値を示している．例えば，Aa/Ac=2 の時は 10-01-02，10-01-03，10-01-04 を示している．図よりカソード要素の増加に伴って腐食電流が大きくなっていることが分かる．つまり，アノード要素数が一定の時に，カソード要素数が増加すると，アノード要素が腐食傾向になることが考えられる．

3.3 カソード要素の位置の影響

図-4 は Ac/Aa=2 と一定とした場合に，アノード要素と組み合わせるカソード要素の位置を変えてマクロセル電流を測定したものである．図から分かるように，同一 Ac/Aa でもカソード要素の位置によってマクロセル電流は異なった．組み合わせとして，アノード要素に対し，カソード要素の距離が離れるほどマクロセル電流は小さくなった．また，カソード要素の 1 つが一致しているもの同士（例えば 10-01-02 と 10-01-03）を比較するとほぼ同程度の電流が流れていた．さらに，カソード要素間の距離が等しい 10-01-02，10-02-03，10-03-04 を比較すると，10-01-02 の腐食電流が大きい．このことから，カソード要素のみに注目すると，カソード要素同士の距離によるマクロセル電流値への影響はないと考えられ，アノード要素とカソード要素の距離の方が腐食に対して影響が大きいと考えられる．

表-2 に Ac/Aa が等しく，アノード要素からカソード要素までの距離の平均が等しくなる組み合わせ(10-01-04，10-02-03)の腐食電流値を示す．10-01-04 の方がマクロセル電流は流れており，カソード要素の一部分だけでもアノード要素と近い方がマクロセル電流は流れることが確認できる．アノード要素とカソード要素の距離の関係性は，カソード要素までの距離の平均値ではなく，実際にアノード要素の近くにいかにカソード要素が存在しているかが重要であると考えられる．

4. まとめ

アノード要素とカソード要素間の距離とその面積比がマクロセル腐食に及ぼす影響について検討した結果，カソード要素数の増加に伴い，腐食電流は増加する．また，Ac/Aa が等しい場合，腐食電流はカソード要素の位置関係に関わらず，アノード要素に一番近いカソード要素までの距離に依存していると考えられる．

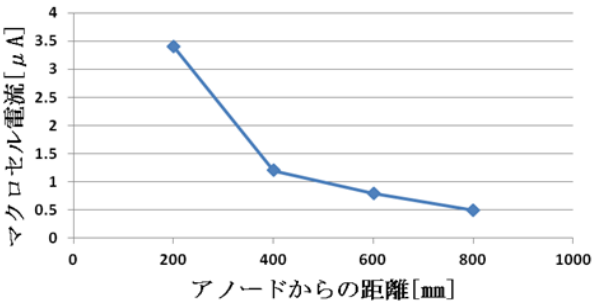

図-2　腐食電流と距離の関係

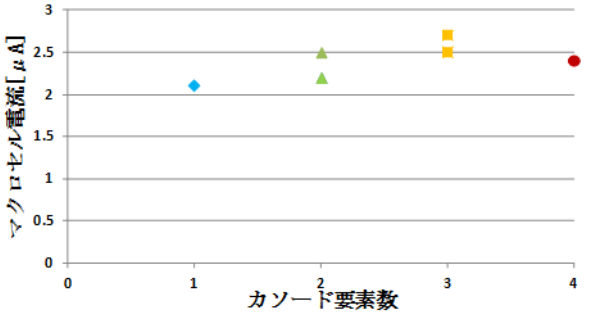

図-3　カソード要素の増加に伴う腐食電流

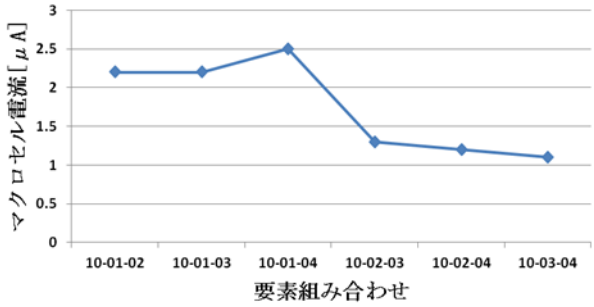

図-4　カソード要素の組み合わせを変えた場合に対する腐食電流

表-2　マクロセル電流

組合せ	腐食電流(μ A)
10−01−04	2.5
10−02−03	1.3

参考文献

1) 小林一輔，出頭圭三，和泉意登志，睦好宏史：図解コンクリート事典，旺文社，pp9，2001

2)宮里心一，大即信明，小長井彰祐;分割鉄筋を用いたマクロセル電流測定方法の実験的・理論的検討，コンクリート工学年次論文集，Vol．23，No．2，2001