

コンクリート試験体を用いた干満部コンクリート中鉄筋のマクロセル腐食に関する検討

(国研) 海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所 正会員 ○原 将之 橋本 永手 山路 徹
(株)ナカボーテック 正会員 小林 浩之 星野 雅彦
九州大学大学院工学研究院 フェロー会員 濱田 秀則

1. はじめに

栈橋のような飛沫・干満部が鉄筋コンクリート（上部工）、海中部が鋼部材（下部工）で構成される施設では、干満部において潮位変動による海水浸漬と露出を繰り返す。このような施設においてはコンクリート中鉄筋や海中部の鋼材において、環境差によるマクロセル腐食が生じる可能性があるが、その報告例は少ない。そこで本研究では、栈橋上部工周辺を模擬した試験体を海水暴露水槽に設置し、マクロセル電流の深度分布を計測することにより、マクロセル腐食の生成を実験的に検討した。

2. 実験概要

2.1 試験体概要

図-1に試験体概要図、図-2に試験体断面図を示す。セメントは普通ポルトランドセメントと高炉セメントB種の2種類を使用した。水セメント比は50%、細骨材は天然砂、粗骨材は碎石（最大寸法20mm）を用いた。目標スランプは 10 ± 2.5 cm、空気量は 4.5 ± 1.5 %とした。コンクリート中の塩化物イオン濃度は 10kg/m^3 とし、予め練混ぜ水に塩化ナトリウムを溶解させてコンクリートを作製した。コンクリート中及び海中に9本の丸鋼を設置し、マクロセル電流を測定するためのシャント抵抗（ 1Ω ）を介して一体となるように配線した。分割箇所はコンクリート部で6分割、コンクリート/海中部で1分割、海中部で2分割の計9分割とした。丸鋼はサンドブラスト処理により黒皮を取り除いた後、2週間海水を噴霧して腐食を発生させた後に供試した。電位測定用の照合電極には、飽和銀塩化銀電極（SSE）を用い、鉄筋の近傍に設置した。また、コンクリート部の供試面はコンクリート打ち込み面と底面の2面とし、それ以外の4面についてはエポキシ樹脂にて被覆した。なお、普通ポルトランドセメントを用いた試験

体をOPC、高炉セメントB種を用いた試験体をBBと表記する。

2.2 暴露環境

試験体は、港湾空港技術研究所内にある暴露水槽に暴露した。干満サイクルを図-3に示す。1日2回の干満（潮位差1.5m）が繰り返される環境であり、図中HWLは最高水位、LWLは最低水位、MWLはHWLとLWLの間である。

2.3 測定項目

鉄筋電位は、鉄筋近傍に設置したSSEで測定した。鉄筋の流出入電流は、シャント抵抗の端子電圧を抵抗値（ 1Ω ）で除して、電流値に換算した。なお、本論文では、鉄筋に流入する電流（カソード電流）をプラスで示した。

3. 試験結果

OPCとBB各々について、試験開始から50日後の

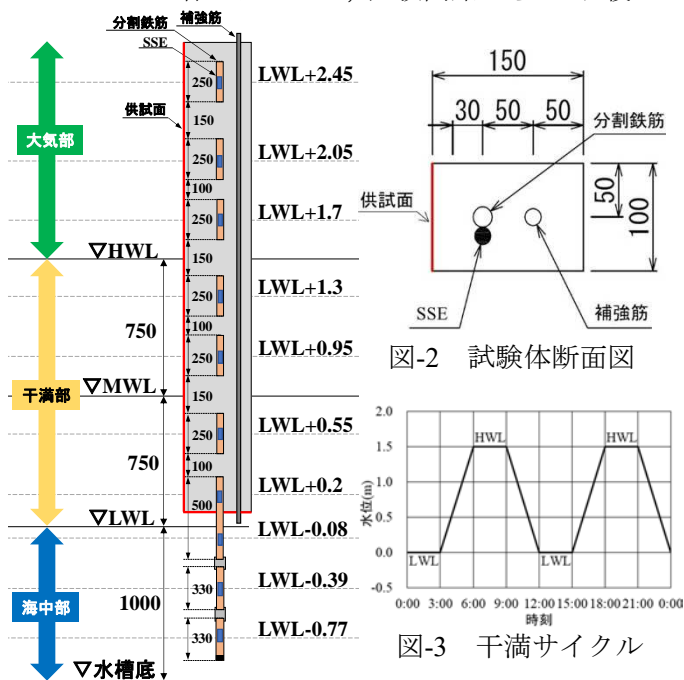


図-1 試験体概要図

図-2 試験体断面図

図-3 干満サイクル

キーワード 腐食, コンクリート, 干満部, マクロセル電流

連絡先 〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1 港湾空港技術研究所 TEL 046-844-5103

鉄筋電位とマクロセル電流密度を図-4, 図-5 に示す。以降, 深度はLWL 基準とした。図-4,5 より, 鉄筋電位は深度が深くなるにつれて卑電位となる傾向を示した。常時海中部に存在する鉄筋の電位は, 干満に影響されることなく, -680mV 程度で定常値であった。また, 深度が $0\sim 2.05\text{m}$ の領域では, 干潮時よりも満潮時には卑な電位を示した。満潮時におけるマクロセル電流密度は, LWL 以深の領域でマイナスとなっており, 鉄筋からの電流の流出が確認された。一方, $0\sim 1.5\text{m}$ の領域では, 満潮時のマクロセル電流密度はプラスとなり, 鉄筋への電流の流入が確認された。

4. 考察

4. 1 潮位がマクロセル電流に及ぼす影響

図-4, 5 の干潮時および満潮時のマクロセル電流密度の差異に着目すると, セメントの種類に関わらず, 満潮時にマクロセル電流が大きく, 干潮時に小さくなる傾向を示した。満潮時にマクロセル電流が大きくなる理由は, 海中部鉄筋がコンクリート中鉄筋よりも卑電位であるため, 水位の上昇に伴い, 海中部鉄筋をアノード, コンクリート中鉄筋をカソードとするマクロセルが形成されたためと推測される。このとき, コンクリート中鉄筋がカソードとなる傾向から, 干満部のコンクリート中には溶存酸素がある程度存在すると考えられる。一方, 干潮時はコンクリートの大気露出によって, 海中部鉄筋とコンクリート中鉄筋間の電気抵抗が高まり, マクロセル電流が減少したと考えられる。その結果, 海中部鉄筋のマクロセル腐食は抑制傾向となるが, 干満部に溶存酸素は存在していることから, 深度によってはコンクリート中鉄筋にミクロセル腐食が生じる可能性がある。

4. 2 セメントの種類による違い

図-4, 5 より, OPC と BB のマクロセル電流密度の差異に着目すると, BB は OPC と比較してマクロセル電流密度が小さくなる傾向を示した。この理由はコンクリートの電気抵抗によるものであると考えられる。高炉スラグを含有するコンクリートは緻密な細孔組織となり, 電気抵抗が大きくなる¹⁾と報告されている。このため, 海中部鉄筋とコンクリート中鉄筋間の電気抵抗が高まり, マクロセル電流が減少し

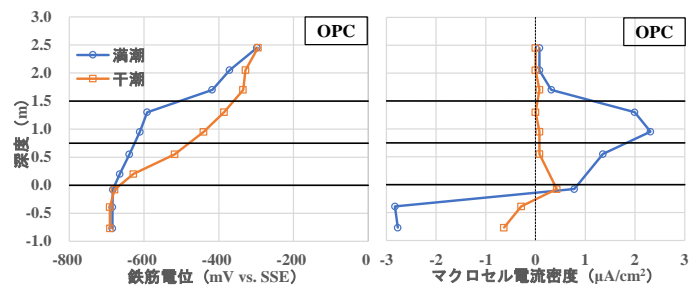


図-4 OPC の鉄筋電位(左), マクロセル電流密度(右)

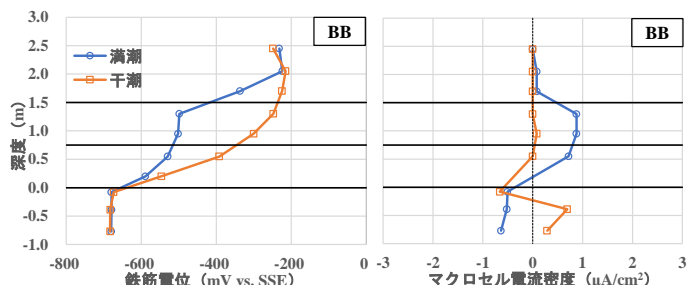


図-5 BB の鉄筋電位(左), マクロセル電流密度(右)

たとえられる。

5. まとめ

本研究で得られた知見は次の通りである。

- 鉄筋電位は深度が深くなるにつれて卑電位となる傾向を示した。
- 満潮時におけるマクロセル電流は, 海中部では鉄筋からの流出, 干満部では鉄筋への流入が確認された。
- マクロセル電流密度は満潮時に大きく, 干潮時に小さくなる傾向を示した。海中部鉄筋をアノード, コンクリート中鉄筋をカソードとするマクロセルが形成されたためと推測される。
- 海中部鉄筋のマクロセル腐食は干潮時に抑制傾向となるが, 干満部の溶存酸素はある程度存在していることから, コンクリート中鉄筋にミクロセル腐食が生じる可能性がある。
- BB は OPC と比較してマクロセル電流が小さくなる傾向を示した。これは高炉スラグを含有するコンクリートは緻密な細孔組織となるため, 電気抵抗が大きくなる傾向によるものと推察される。

参考文献

- 1) 榎原 彩野ほか：モルタルの電気抵抗率と塩化物イオン拡散係数との関係に関する基礎的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.30, No.1, 2008