

鋼/コンクリート境界部を対象としたマクロセル腐食特性に関する検討

構造工学研究室 賀数淳人

1. はじめに

近年、写真-1に示すような下路トラス橋の斜材とコンクリート床板とのコンクリート境界部において、著しい腐食損傷事例が報告されており、倒壊などの危険性が大きくなっている¹⁾²⁾。

通常、コンクリートと接触する鋼材は不働態化しているため腐食速度が極めて遅くなる。しかしながら、コンクリート境界部では、大気中からの塩分などが侵入しやすいことが想定されるため、不働態皮膜が破壊され腐食速度が大きくなると考えられる。そのため、鋼/コンクリート境界部における腐食の特性とメカニズムの解明が重要である。

本研究では、鋼/コンクリート境界部における鋼材のマクロセル腐食特性の解明を目的とし、コンクリート境界部の塩分と滞水による影響について検討を行った。

2. 試験方法

2.1 試験体 (マクロセル腐食電流測定用分割鋼材)

試験体概要を図-1に示す。マクロセル腐食電流を測定するため、分割試験片15個1つ1つに導線を取り付けステンレス製の端子台に全分割試験片(15個)を接続し、電気的には1本の鋼材とした。

2.2 試験条件

表-1に試験条件を示す。コンクリート中の塩分量・滞水による影響を検討するために、塩分量・侵入範囲の異なる条件と滞水有条件で行う。

2.3 腐食促進試験

試験体は恒温恒湿機に設置し、(温度40℃・湿度RH95%)での条件で77日間促進試験を行った。

2.4 評価分析方法

2.4.1 腐食外観調査

鋼材の腐食状態把握を目的に、試験終了後、試験体を解体、鋼材の除錆前後の外観を調査した。

2.4.2 マクロセル腐食電流測定/自然電位測定

腐食促進試験中におけるマクロセル腐食速度の経時変化と発生個所、鋼材の電位と電位差を把握することを目的とし、促進試験中に無抵抗電流計を使い、マクロセル腐食電流を測定する。併せて、開回路状態の自然電位の測定も実施した。なお、測定時以外は全分割試験片を短絡した。

2.4.3 コンクリート中の塩分分析

コンクリート中の全塩分・水溶性塩分の塩分量・浸透範囲把握を目的に、硝酸銀滴定法による塩分分析を行った。

3. 試験結果と考察

3.1 腐食外観調査

回収後の各試験体の腐食外観を図-2, 3に示す。

a) 塩分侵入試験体：塩分の有無に関わらず鋼/コンクリート境界部に腐食の発生が確認された。特に20kg/m³では、鋼/コンクリート境界部において著しい腐食が発生していた。また、除錆後の鋼材は、境界部に塩分量5kg/m³から局所的な腐食が見られ、塩分量20kg/m³はさらに局所的な腐食が拡大していた。このことから、コンクリート中の塩分量により腐食が進展し局所的な腐食も増え、腐食は境界部に集中すると考えられる。

b) 滞水有試験体：滞水中の溶液が蒸留水・5%NaCl溶液のどちらも滞水部の鋼材は著しく腐食していた。また、コンクリート中の鋼材は腐食が進展していなかった。また滞水部には局所的な腐食が見られた。これより、水分だけでの滞水でも腐食が



写真-1 下路トラス橋

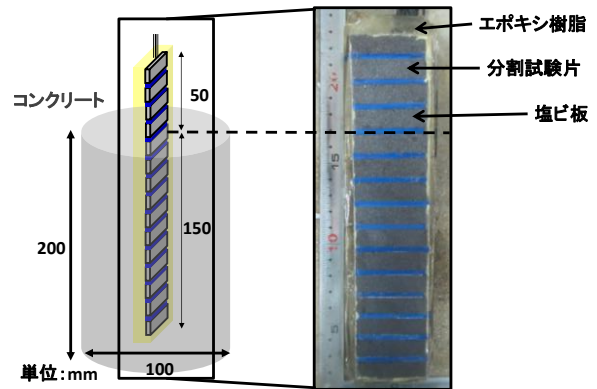


図-1 マクロセル電流測定用分割鋼材

表-1 試験条件

試験条件		
試験体	侵入範囲 (mm)	Cl ⁻ 量 (kg/m ³)
1		塩分無
2	10	1.0
3	10	5.0
4	10	20.0
5	50	1.0
6	50	5.0
7	50	20.0
	滞水状態	滞水環境
8	有	蒸留水
9	有	5%NaCl溶液

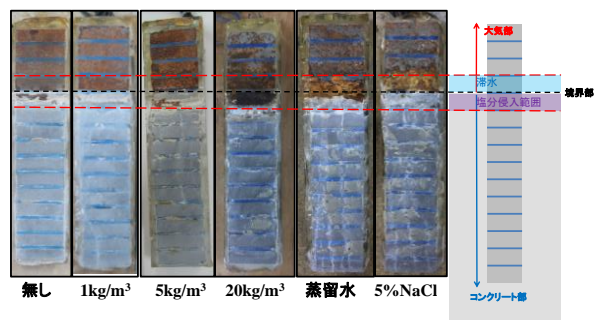


図-2 腐食外観

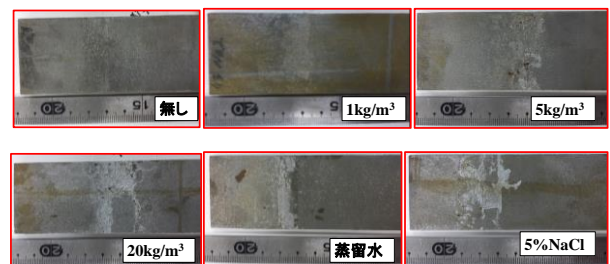


図-3 腐食外観

進展し、滞水部に腐食が集中すると考えられる。

3.2 マクロセル腐食速度/自然電位の測定結果

1) マクロセル腐食速度測定結果 (図-4)

a) 塩分侵入試験体：塩分侵入範囲に関わらず、マクロセル腐食速度の分布状況は概ね一致した。このことから、マクロセル腐食はコンクリート境界部において局所的に発生すると考えられる。塩分量無と塩分量 1kg/m^3 では、試験期間中においてマクロセル腐食の形成は認められなかった。一方、塩分量 5kg/m^3 では、マクロセル腐食が観察された。しかし、試験終了時にはマクロセル腐食の形成はほぼ認められなかった。これはセメントの塩分固定化³⁾により、腐食に関与する水溶性塩分が減少したためであると考えられる。その結果、試験期間の経過に伴い、マクロセル腐食速度が著しく減少したと考えられる。塩分量 20kg/m^3 では、試験開始時に大きなマクロセル腐食速度が観測された。試験終了時においても、マクロセル腐食速度が観測された。この結果から、コンクリート中の塩分量が、マクロセル腐食速度に影響すると考えられるが、塩分量 5kg/m^3 迄の範囲では、長期的にはマクロセル腐食の影響は小さいと推測される。

b) 滞水有試験体：試験開始時から、両条件ともに滞水部に大きいマクロセル腐食速度を観測し、試験終了時まで大きいマクロセル腐食速度を維持していた。またコンクリート部に関しては、試験開始から終了時までマクロセル腐食の発生が認められなかった。このことから滞水時は滞水部にマクロセル腐食が集中し、コンクリート部にはマクロセル腐食の影響はないと考えられる。

2) 自然電位測定結果 (図-5)

a) 塩分侵入試験体：コンクリート中の鋼材の自然電位は塩分量無、塩分量 1kg/m^3 侵入範囲 10mm の試験体では、時間経過に伴い貴化していた。この測定結果から、境界部より下部の鋼材は不動態皮膜が保持され腐食の進展が抑制されたと考えられる。その他の試験体は、大きな電位の変化は認められなかった。

b) 滞水有試験体：蒸留水、 $5\% \text{NaCl}$ 溶液滞水試験体に関して試験初期は滞水部とコンクリート中の鋼材で大きな電位差が出ていたが、試験終了時にはコンクリート中の鋼材の電位の大きな卑化が見られ、電位差は小さくなっていった。このことから、コンクリート中の鋼材と滞水部との電流の流れが行われていない可能性があると考えられる。

3.3 コンクリート中の塩分分析結果

測定結果から、塩分の浸透範囲はわずかでありセメントの塩分固定化による反応が観測された。このことから、侵入させた塩分量(全塩分)が直接腐食に関与するのではなくセメントの塩分固定化を受けなかった水溶性塩分が鋼材の腐食に影響していると推測される。

4. まとめ

実環境下程度の塩分量ならば、コンクリート中の塩分量はマクロセル腐食に与える影響は少ない。しかし、滞水ではマクロセル腐食に与える影響は大きい。

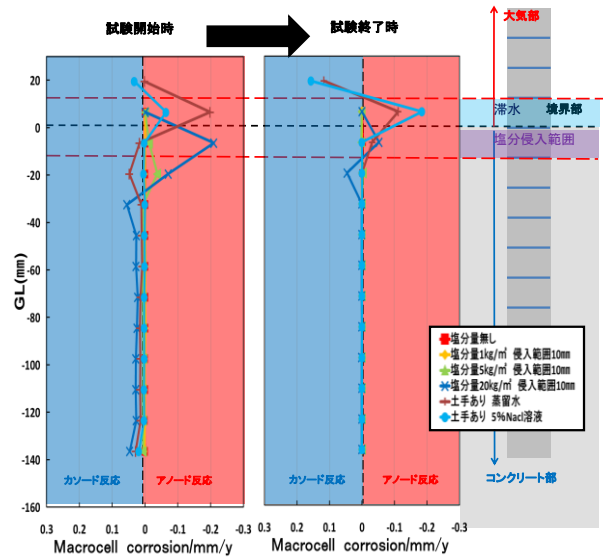


図-4 マクロセル腐食速度測定結果

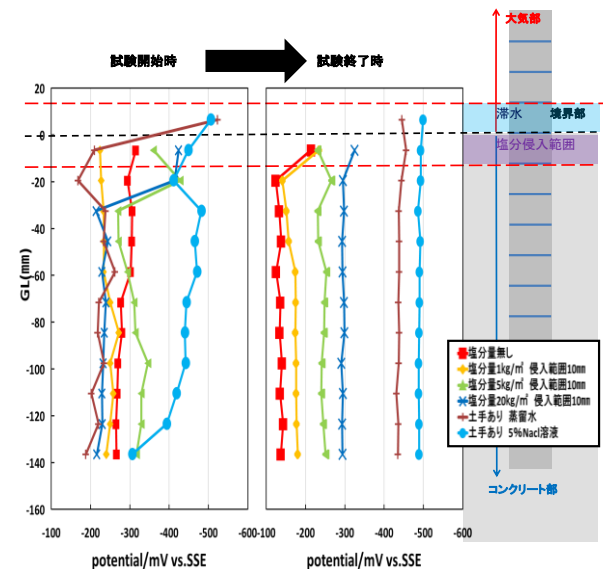


図-5 自然電位測定結果

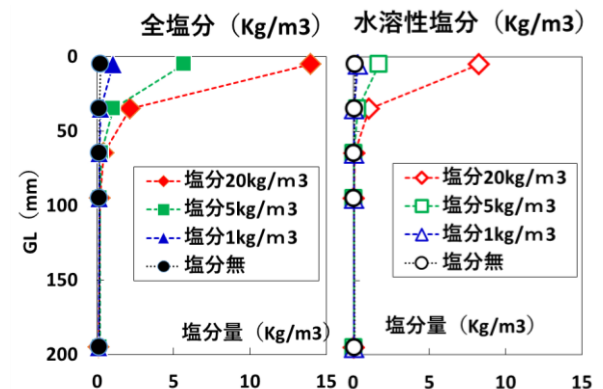


図-6 コンクリート中の塩分析結果

参考文献

- 1) 山田健太郎 『機関誌 Structure Painting』, 橋協協, 2008, Vol. 36 No.1 P2-3
- 2) 中島章典ほか 『鋼コンクリート接触面の腐食の発生・進展に関する実験的研究』, 構造工学論文集A, 2012, Vol. 58A P 889-896
- 3) 武若耕文ほか 『コンクリート中の塩化物イオンの拡散係数試験方法に関する規準化の現状と今後の動向』, コンクリート工学 2005, Vol. 43 No. 2 p. 19-26