

溶融亜鉛めっき鉄筋を埋設した塩水供給を受ける RC 部材の地際部における鉄筋腐食性状

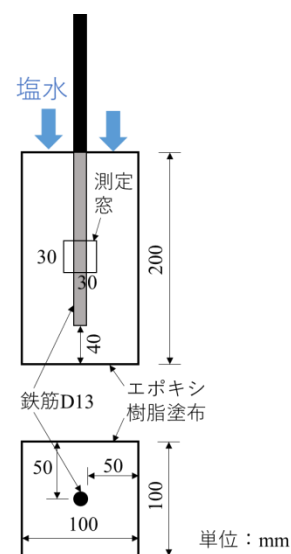
徳島大学大学院 賛助会員 ○三好棟太 徳島大学大学院 正会員 上田隆雄
田中亜鉛鍍金（株） 非会員 畑野剛志

1. はじめに

コンクリートに鋼部材が部分的に埋設された複合構造物では、コンクリートから鋼材が露出する界面付近の地際部で激しい腐食が発生する可能性があるが、そのメカニズムや効果的対策は不明な部分が多い。そこで本研究では、溶融亜鉛めっき鉄筋を用いた鉄筋コンクリート部材において、地際部における腐食・防食性能を実験的に検討した。

2. 実験概要

本研究で用いたコンクリートの配合は普通コンクリートを基準配合 N として、これに対して高炉セメント B 種を使用した配合を B とした。また、N に対して初期混入 Cl^- 量が $8.0\text{kg}/\text{m}^3$ となるように NaCl を細骨材代替で混入したものを NC とした。作製した塩水噴霧試験用 RC 供試体は $100\times 100\times 200\text{ mm}$ の角柱コンクリートの長軸方向に対して、長さ 300 mm の異形鉄筋 D13 (SD295A) を正方形断面中央に 1 本配置した。乾湿繰返し試験用 RC 供試体も塩水噴霧試験用供試体と同様の形状だが、鉄筋突出面からコンクリート内部方向に 30 mm と鉄筋端部方向に 30 mm の合計 60 mm の鉄筋部分はあらかじめエポキシ樹脂を塗布した状態でコンクリート内に埋設した。さらにコンクリート内の鉄筋端部についてもあらかじめエポキシ樹脂を塗布した。RC 供試体の概要の一部を図-1 に示す。RC 供試体に用いた鉄筋は、D13 の普通鉄筋および、同じロットの普通鉄筋を溶融亜鉛浴中に浸漬して金属亜鉛被膜を施した亜鉛めっき鉄筋 (JIS H 8641) を用いた。各種めっき鉄筋のめっき厚は $100\sim 150\ \mu\text{m}$ とした。



(a) 連続鉄筋供試体

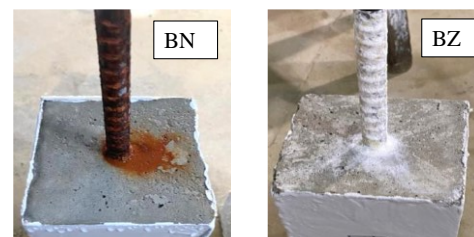
図-1 塩水噴霧試験用 RC 供試体の概要

3. 塩水噴霧を実施した RC 供試体の外観変状

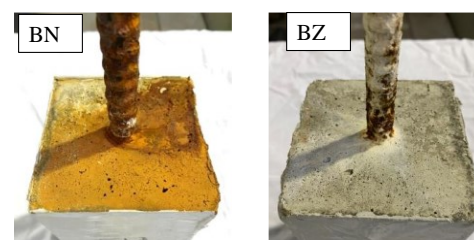
塩水噴霧試験開始後 7 日目および 196 日目の連続鉄筋供試体の地際部の拡大写真を図-2 に示す。供試体名はコンクリートの配合名の後に普通鉄筋の場合は N, 亜鉛めっき鉄筋は Z を付している。

普通鉄筋供試体 (BN) については、塩水噴霧 196 日目の状況では、鉄筋露出部の腐食は進行し、地際部を含むコンクリート面全体が赤さびで覆われた。

亜鉛めっき鉄筋供試体 (BZ) は、196 日目において、地際部周辺の鉄筋露出部は白さびが赤さびに変化しており、地際部から離れた場所でも黄土色の着色部分が見られることから、塩水噴霧期間の長期化に伴って、亜鉛めっき層を構成する純亜鉛層の下層にあたる亜鉛と鉄からなる合金層の反応が進行し、塩水の滞留が顕著となる地際部周辺では、さらに素地鉄筋の腐食に至ったものと考えられる。



(a) 塩水噴霧 7 日目の状況



(b) 塩水噴霧 196 日目の状況

図-2 RC 供試体の外観例

4. RC 供試体地際部への塩水噴霧試験

4.1. 連続鉄筋供試体の自然電位経時変化

塩水噴霧試験を実施した連続鉄筋供試体中鉄筋の自然電位の経時変化を図-3 に示す。これより、普通鉄筋供試体については、コンクリート配合種類によらず、塩水噴霧の進行に伴って徐々に電位が低下しており、ASTM C876-91 の判定基準における腐食領域 ($E < -0.24 \text{ V vs Ag/AgCl}$) 内の値を推移している。ここで示される自然電位は、鉄筋の中でコンクリート中に埋設された部分の腐食状態を検出していると考えられるが、図-2 に示したように、鉄筋の露出部分が激しく腐食しており、地際部界面付近においても Cl^- が浸透することで腐食が進行したものと考えられる。一方、亜鉛めっき鉄筋を用いた供試体は亜鉛めっき層表面において、セメント水和物からの Ca 成分を含有するヒドロキシ亜鉛酸カルシウム ($\text{Ca}(\text{Zn}(\text{OH})_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) が ZnO や $\text{Zn}(\text{OH})_2$ と共存する形で防食皮膜を形成することが指摘されている。このような効果もあつてか塩水噴霧が進行しても電位の低下は見られず、むしろ経時的な上昇傾向が認められる。

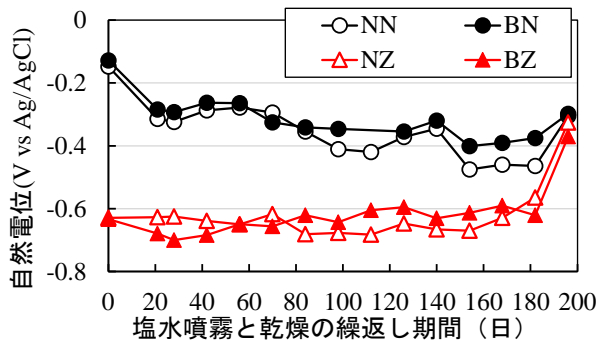


図-3 塩水噴霧試験期間中の連続鉄筋供試体中鉄筋の自然電位の経時変化

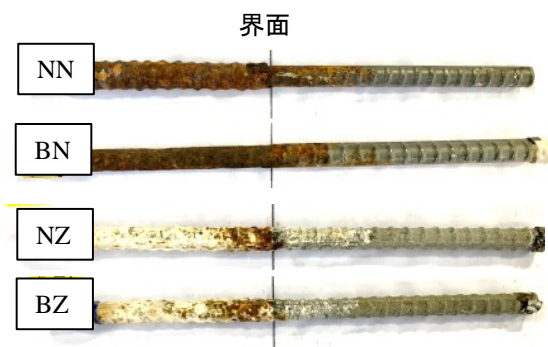


図-4 塩水噴霧 196 日後の鉄筋腐食状況例

表-1 地際部表面からの鉄筋腐食部分の平均長さ

供試体名	NN	BN	NZ	BZ
さび種類	赤	赤	白	白
腐食部長さ(mm)	78	56	59	50

4.2. 鉄筋腐食状況

196 日間の塩水噴霧試験終了後の供試体からはつり出した鉄筋の腐食状況例を図-4 に、地際部界面から、腐食生成物が付着している部分の鉄筋長さの平均値を表-1 に示す。表-1 に示すように、腐食部分の長さは N 配合コンクリートを用いた NN の方が B 配合コンクリートを用いた BN より大きくなっている。一方、亜鉛めっき鉄筋供試体の場合は、図-4 に示すように、地際部周辺の露出部では赤さびが認められるものの、コンクリート中においては赤さびの進行は見られず、地際部周辺に白さびや黄色さびが付着している。また、表-1 に示すように、白さび付着部分の長さは普通鉄筋の赤さびと同様に NZ の方が BZ より大きくなっている。

5. 塩分混入 RC 供試体の乾湿繰返しによる鉄筋腐食状況

196 日間の乾湿繰返し終了後に供試体からはつり出した鉄筋の外観を図-5、それぞれの鉄筋の打込み面側(上)と反対側(下)の腐食面積率を図-6 に示す。これらより、初期混入 Cl^- の影響で、普通鉄筋は激しく腐食しており、特にブリーディングの影響を受ける鉄筋下面で腐食が促進されている。これに対して、亜鉛めっき鉄筋は前面に顕著な白さびの形成が認められ、一部に合金層の腐食を示す黄さびも認められるが、素地鉄筋の腐食を示す赤さびはほぼ見られない。



図-5 乾湿繰返し 196 日後の鉄筋腐食状況例

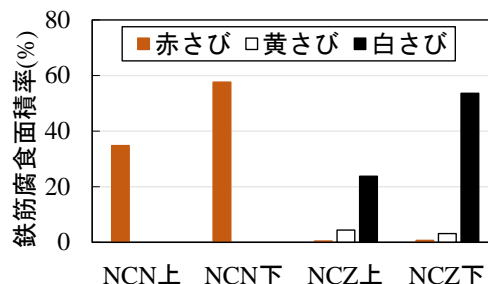


図-6 乾湿繰返し 196 日後の鉄筋腐食面積率