

鉄筋腐食の有無の違いが亜硝酸塩の防錆効果に及ぼす影響に関する基礎的研究

福岡大学 学生会員 ○久保田崇嗣 福岡大学 正会員 樋原弘貴 福岡大学 正会員 添田政司
福岡大学 学生会員 西嶋大貴 福岡大学 学生会員 三浦明

1. はじめに

近年、亜硝酸塩の鉄筋防錆効果を期待し、断面修復材や塗料に予め混和する以外にもコンクリート内部の鉄筋へ亜硝酸リチウム溶液を供給して防錆する取り組みがなされている。亜硝酸塩の防錆効果は、健全な鉄筋に対する効果については、数多くの報告がなされているが、腐食した鉄筋に対する知見は少ない。実構造物での鉄筋の腐食状況は、様々であることから、腐食程度による違いによって防錆効果は異なってくると予想される。そこで本研究は、鉄筋腐食の有無の違いが亜硝酸塩の防錆効果に及ぼす影響について、腐食鉄筋を用いて溶液中での自然電位の評価やモルタル中での自然電位、分極抵抗の経時的変化について検討を行ったものである。

2. 実験概要

2.1 溶液中での自然電位測定

試験は、腐食した鉄筋をコンクリート中の細孔溶液を模擬した溶液中に浸漬させて経時的に自然電位の測定を行った。ビーカーにて作成した溶液は 200mL で、NaOH 水溶液(pH:13)および NaOH+NaCl(NaCl 濃度 3%)、それに HNO_2Li を所定の量を加えて Cl/NO_2 を 0.05, 0.2, 1 に調整した計 5 種類である。また、酸素の影響についても検討を行うため、鉄筋を溶液中に浸漬させた後にアルゴンガスにより酸素を除去したものと酸素未除去のものをそれぞれ作成した。測定環境は 20℃ の一定とし、自然電位は 1 日に 1 回鉛照合電極を用いてマルチメータにより測定を行った。なお、今回使用した腐食鉄筋は、写真-1 に示す様に $\phi 9\text{mm} \times 60\text{mm}$ の磨き丸鋼鉄筋を NaCl 水溶液に浸漬させて、その後乾燥させることで予め腐食させた、腐食グレードⅢ¹⁾ に当てはまるものである。



写真-1 使用した腐食鉄筋

2.2 モルタル中試験

供試体は、普通ポルトランドセメントを用い、水セメント比は 55% のモルタル供試体とした。腐食環境を模擬するため、予め $3\text{kg}/\text{m}^3$ の塩化物量を混和した。図-1 に供試体概要を示す。分割鉄筋は、スペンサーにより埋設し、分割鉄筋同士は導線で繋いで電氣的に 1 本の鉄筋となるようにした。腐食鉄筋に亜硝酸塩が供給された場合の防錆効果を検討することから、予め腐食させた鉄筋を埋設したものも設けた。鋼材腐食によるひび割れを想定するため、打設時にプラスチック板を用いて分割鉄筋の中央部に 0.2mm 幅の模擬ひび割れを導入した。供試体作成後は、ひび割れ部から亜硝酸リチウムを供試体内部に低圧で供給した。表-1 には、実験の要因と水準を示す。なお、腐食鉄筋は、写真-1 に示す溶液中試験で使用したものと同様である。試験方法は、塩害環境を想定して、3%濃度の塩水に湿らせた吸水シート上にひび割れ面を下にして設置しながら、温度 20℃、湿度 60% の促進環境で行った。測定項目は、定期的に自然電位、インピーダンスにより分極抵抗値を測定した。

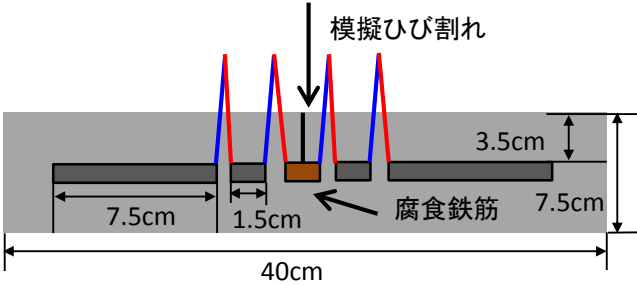


図 - 1 供試体概要

表 - 1 要因と水準(モルタル試験)

鉄筋腐食	有		無	
	有	無	有	無
亜硝酸注入	有	無	有	無

キーワード 亜硝酸塩、鉄筋腐食、ひび割れ、

連絡先 〒814-0180 福岡県福岡市城南区七隈 8-19-1 福岡大学 TEL:092-871-6631

3. 結果および考察

3.1 溶液中での自然電位

図-2に溶液中の酸素除去における自然電位の経時変化を示す。亜硝酸塩を添加した溶液の鉄筋は、NaOH+NaClに比べていずれも電位が貴になった。試験開始の腐食程度の違いにより初期の自然電位は異なるものの、Cl/NO₂(0.2, 1.0)では、初期電位から卑になる傾向を示しているのに対し、Cl/NO₂(0.05)では、初期電位を保持し貴化する傾向を示している。

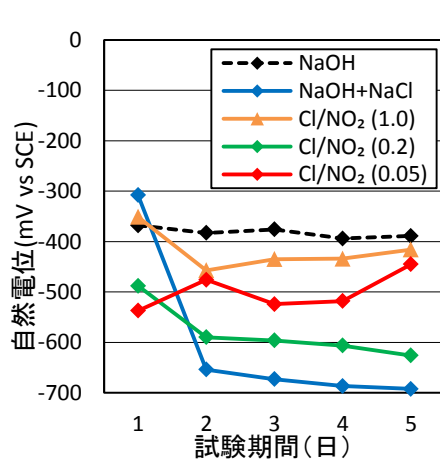


図-2 自然電位分布(酸素除去)

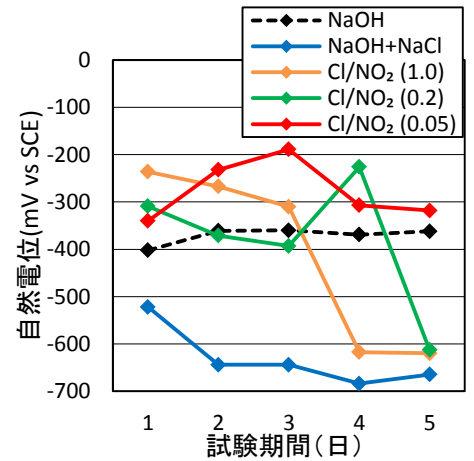


図-3 自然電位分布(酸素未除去)

図-3に溶液中の酸素未除去における自然電位の経時変化を示す。

Cl/NO₂(1.0)では、初期電位から卑になっているのに対し、Cl/NO₂(0.2)では、電位が一旦卑を示した後、貴に転じている。Fe²⁺が亜硝酸イオンと反応して²⁾ 再不動態化がなされたと考えられる。しかし、その後はまた電位が卑化しており、亜硝酸イオンが比較的少なかったことで不動態が再度破壊されたものと思われる。それに対し、亜硝酸イオンの多いCl/NO₂(0.05)では、初期電位より大きく貴化しており、電位も安定している。以上より酸素の影響を比較すると、酸素未除去に対して酸素を除去した場合は、大きな電位の貴化は見られないことから、腐食鉄筋においても再不動態化は、酸素存在下でなされやすいものと推察される。

3.2 ひび割れ注入供試体

図-4に、ひび割れ位置における鉄筋の自然電位の測定結果を示す。亜硝酸塩を注入しなかったものは、試験期間15日にかけて電位は卑化し、その後貴化しているが、初期電位より貴化する傾向は見られない。それに対して腐食無し鉄筋に亜硝酸塩を注入したものは、試験期間15日にかけて電位が卑化したが、期間が進むに従って電位が大きく貴化している。亜硝酸塩により不導体が再度形成されたためと考えられる。一方の腐食有りに注入したものは初期電位から明確に貴化し続けている。

図-5には、ひび割れ位置における分極抵抗の結果を示す。試験開始から15日目までは、いずれも明確な差は見られないものの、その後、亜硝酸塩を注入した供試体は、腐食の有無に関わらず明確に分極抵抗値が大きくなっている。模擬ひび割れを介し酸素が存在する環境であるため、再不動態化がなされやすく亜硝酸による防錆効果を発揮できたためと推察される。溶液中試験と同様に、モルタル中の腐食鉄筋に対しても、亜硝酸塩を供給することで十分に防錆効果が得られるものと考えられる。

4. まとめ

- 1) 腐食の有無に関わらず、亜硝酸塩により鉄筋が再不動態化され防錆効果が発揮されることが確認できた。
- 2) 溶液中試験およびモルタル中試験から亜硝酸塩の効果は酸素存在下で発揮される。

参考文献

- 1) コンクリート標準示方書 [維持管理編]
- 2) 西嶋大貴ら:電気化学的評価による亜硝酸塩の防錆性能に関する基礎的研究,土木学会第70回年次学術講演会 pp.177-178,2015.9.

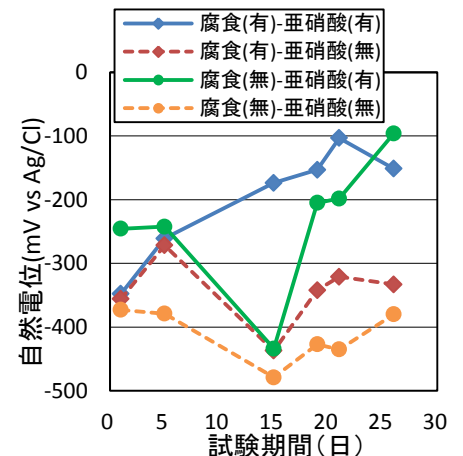


図-4 自然電位分布(モルタル中)

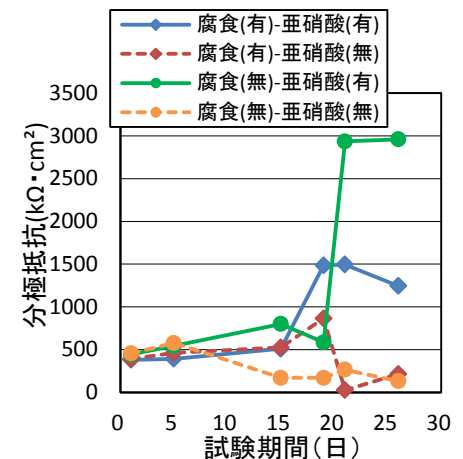


図-5 分極抵抗分布(モルタル中)