

亜硝酸リチウム内部圧入による塩害劣化コンクリートの長期的な防錆性能の検討

福岡大学大学院 学生会員 ○児島 あかり 福岡大学大学院 学生会員 中川 潤哉
福岡大学大学院 正会員 添田 政司 福岡大学 正会員 樫原 弘貴 極東興和(株) 正会員 江良 和徳

1. はじめに

近年では、潜伏期から進展期における塩害劣化を受けているコンクリート構造物に対して、亜硝酸リチウムを圧入して、腐食の進行を抑制する取り組みがなされている¹⁾。実際の塩害劣化を受けているコンクリート構造物に内部圧入工法を適用する場合には、腐食の程度が軽微なものからひび割れを伴う腐食が見られているものなど、同部材でも腐食の程度が異なっている。また、内在している塩化物イオン量も同部材で様々であると想定されることから、亜硝酸リチウムによって付与される防錆効果も異なると考えられる。さらに、内部圧入工法を適用した後も塩化物イオンの供給環境に曝されるため、経時的に防錆効果は低下していくと予想される。そこで本研究は、塩害劣化が進行しているコンクリートへの内部圧入工法を適用した後に継続して塩化物イオンが供給される環境を想定し、長期的な防錆効果についても検討を行った。

2. 実験概要

供試体は、普通ポルトランドセメントを用いて水セメント比 55%で 150×150×150mm の亜硝酸リチウム圧入用供試体ならびに 100×100×150mm の非圧入供試体の 2 種類を作製した。いずれの供試体もかぶり 40mm の位置に $\phi 10 \times 130\text{mm}$ の磨き丸鋼鉄筋を 2 本、および同形状のステンレス鉄筋 1 本を埋設した。なお、塩害劣化の進展状況を模擬するために、供試体には、予め $\text{Cl}: 5.0\text{kg/m}^3$ を内在させて、さらに埋設した鉄筋には、腐食なし丸鋼鉄筋 (G0) および写真-1 に示す腐食程度が異なる腐食した丸鋼鉄筋 (G1, G2) を用いた。脱型後は、28 日間の気中養生を行い、その後 67 日目から図-1 に示すように供試体の中央部を 80mm 削孔して、0.3~0.5MPa にて亜硝酸リチウムを最大 7 日間かけて圧入を行った。圧入量は、内在 Cl 量 5kg/m^3 に対して、 $\text{NO}_2^-/\text{Cl}^-$ (モル比) が 1.0, 2.0 になる様に設定した。(以降、図中、表中において M0, M1, M2 と記す) 図-2 に示すように、圧入後の防錆効果を検討する目的で圧入後は、温度 20°C、湿度 90%の湿潤環境に 190 日間静置させながら自然電位ならびに分極抵抗の測定を行った。その後は、圧入後も継続的に塩害劣化環境に曝されることを想定し、供試体をかぶり 20mm になる様にコンクリートカッターで切断し、濃度 10%の塩水を浸透させながら、自然電位および分極抵抗による定期的に測定を行った。塩水浸透開始から 340 日が経過した時点で解体試験を行い、鉄筋の腐食状況確認、腐食重量、腐食面積率、亜硝酸イオンおよび塩化物イオン量の測定を行った。

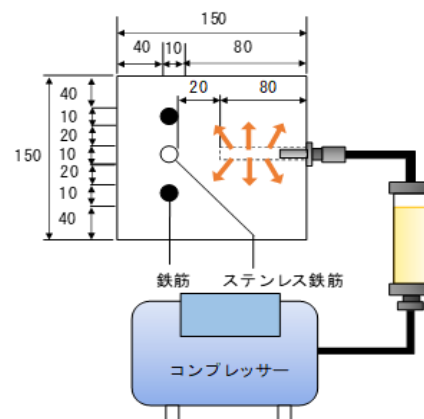


図-1 圧入供試体概要



写真-1 埋設した鉄筋

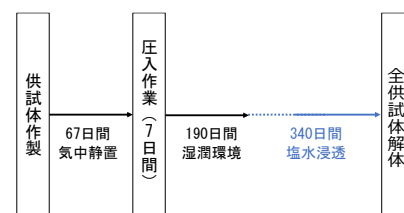


図-2 試験の流れ

3. 結果および考察

図-3 に非圧入と $\text{NO}_2^-/\text{Cl}^-$ (2.0) における各腐食グレードの自然電位の経時変化を示す。非圧入では湿潤環境に静置直後から電位が卑化し、早期に腐食が進行したと考えられる。一方、 $\text{NO}_2^-/\text{Cl}^-$ (2.0) の自然電位は、湿潤環境期間内で保持されていたが、塩水浸透期間になると G2 鉄筋を埋設した供試体に電位の卑化が見られた。解体時の自然電位は、非圧入と同程度となっており、腐食が進行している状況が想定された。また、図-4 には、 $\text{NO}_2^-/\text{Cl}^-$ (1.0) の自然電位の経時変化を示しているが、G2 鉄筋を埋設した供試体では、 $\text{NO}_2^-/\text{Cl}^-$ (2.0) 同様に卑化が確認された。

キーワード 亜硝酸リチウム, 鉄筋腐食, 塩化物イオン, 自然電位, 分極抵抗

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

次に、図-5には、一例として、G0鉄筋とG2鉄筋におけるモル比ごとの分極抵抗の経時変化を示す。

G0鉄筋は、 $\text{NO}_2^-/\text{Cl}^-$ が高くなるに従って分極抵抗値が大きくなっているのに対し、G2鉄筋では、いずれの $\text{NO}_2^-/\text{Cl}^-$ にお

いても大差がなく、低い値で推移する結果を示した。以上のことから、G0、G1鉄筋においては、亜硝酸リチウムの長期的な防錆効果が認められたが、G2鉄筋相当に腐食が進んでいる場合には、長期的な防錆効果を維持できない可能性が示唆された。

図-6には、G0鉄筋の腐食面積率と $\text{NO}_2^-/\text{Cl}^-$ の関係を示す。なお、G1、G2鉄筋は埋設前から予め腐食させており、腐食面積率は100%であるため、結果を示していない。 Cl^- の浸透に伴って $\text{NO}_2^-/\text{Cl}^-$ は低下しているが、腐食面積率は $\text{NO}_2^-/\text{Cl}^-$ が高くなるに従って、小さくなっているのが分かる。非圧入供試体の鉄筋は、体積膨張を伴う過大な腐食が見られたのに対し、圧入した鉄筋は、全体的に広がる表面的な腐食であった。

次に図-7には、単位面積当たりの腐食重量と $\text{NO}_2^-/\text{Cl}^-$ の関係を示す。圧入を行ったG2鉄筋の腐食重量は、いずれの $\text{NO}_2^-/\text{Cl}^-$ においても非圧入と同程度であり、G2相当の鉄筋に対しては、圧入による防錆効果を期待するのは難しい状況であった。一方のG0、G1鉄筋においては、 $\text{NO}_2^-/\text{Cl}^-$ が高くなるに従って腐食重量も減少しており、亜硝酸リチウムの圧入により長期的な防錆効果を期待できる結果となった。ただし、 Cl^- の浸入に伴い $\text{NO}_2^-/\text{Cl}^-$ は、減少するため、より長期的な防錆効果を確保する観点から表面被覆工法などと併用することも必要になってくると考えられた。

4. まとめ

- 1) 亜硝酸リチウム内部圧入工法はG2鉄筋に対して長期的な防錆効果を維持できない可能性が示唆されたが、G0、G1鉄筋に対しては長期的な防錆効果を確認することができた。
- 2) Cl^- の浸入に伴い、 $\text{NO}_2^-/\text{Cl}^-$ は減少するため、より長期的な防錆効果を確保する観点から表面被覆工法などと併用することも必要になってくると考えられた。

参考文献

- 1) 江良和徳ら：リチウムイオン内部圧入工を施工した構造物の長期耐久性について、アップグレード論文報告集, Vol.10, pp.167-172, 2010

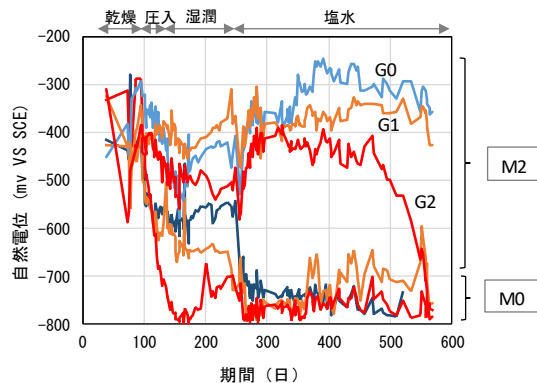


図-3 M0シリーズおよびM2シリーズにおける自然電位の経時変化

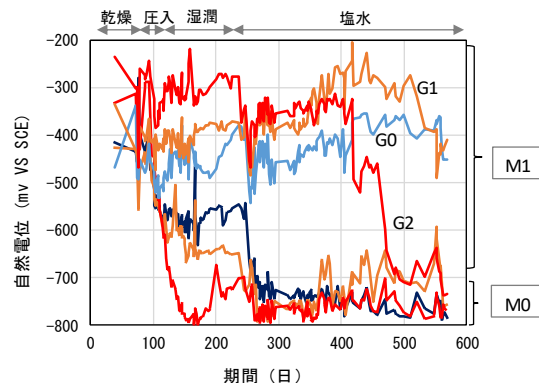


図-4 M0シリーズおよびM1シリーズにおける自然電位の経時変化

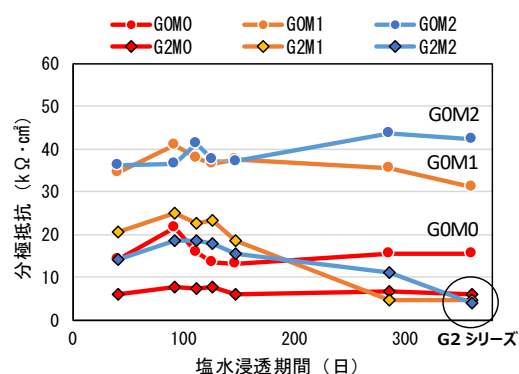


図-5 G0シリーズおよびG2シリーズにおける分極抵抗の経時変化

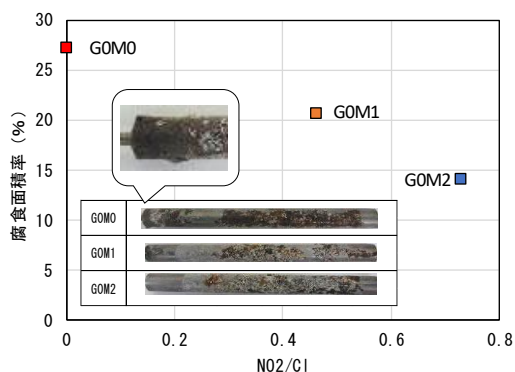


図-6 腐食面積率と $\text{NO}_2^-/\text{Cl}^-$ の関係

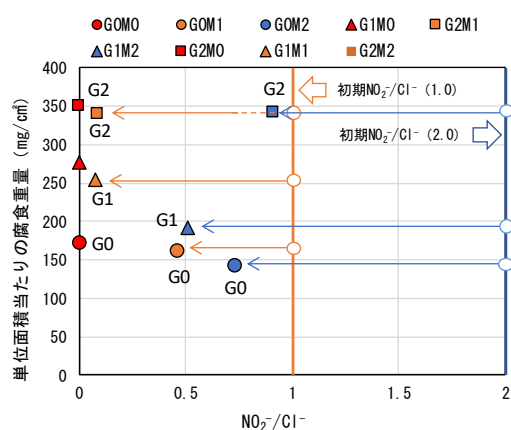


図-7 単位面積当たりの腐食重量と $\text{NO}_2^-/\text{Cl}^-$ の関係