

## 亜硝酸リチウム系表面含浸材による鉄筋の腐食抑制効果に関する研究

極東興和 (株) 正会員 ○森 裕介  
 広島工業大学 フェロー会員 竹田宣典  
 福德技研 (株) 正会員 徳納 剛  
 東京電設サービス (株) 非会員 小椋明仁

## 1. はじめに

コンクリート構造物の塩害劣化に対して、表面含浸工法による補修が多用されている。表面含浸工法は、安価で施工が容易であるため適用事例が増えており、シラン系やけい酸塩系など様々な種類の材料が実用化されている。一方で、亜硝酸イオンによる鉄筋の腐食抑制を目的として、ひび割れ注入工や断面修復工などの使用材料に亜硝酸リチウムを併用する工法の実績も増加している。しかしながら、表面含浸工法に亜硝酸リチウムを併用した工法については、これまでに中性化深さや塩化物イオン浸透深さを低減できることが明らかとなっているが<sup>1)</sup>、表面含浸工法としての亜硝酸イオンによる鉄筋の腐食抑制効果や、その検証方法については、十分な知見が得られていない。本研究では、亜硝酸リチウムを表面含浸材として使用した場合の鉄筋の腐食抑制効果とその検証方法を乾湿繰り返し試験によって検討した。

## 2. 実験概要

表-1には、コンクリートの配合を示す。セメントには、普通ポルトランドセメントを用いた。また、塩害環境を模擬するために、塩化物イオン量として $3.0\text{kg/m}^3$ および $10.0\text{kg/m}^3$ となるようにNaClを添加した。図-1には、供試体の形状を示す。供試体は、 $100\times 100\times 180\text{mm}$ の直方体とし、 $\phi 19\text{mm}$ のみがき丸鋼を、かぶり $20\text{mm}$ 位置に埋設した。なお、供試体端部は、エポキシ樹脂にて防水処理を施した。圧縮強度は、材齢105日で普通コンクリートが $40\text{N/mm}^2$ 程度、高強度コンクリートが $65\sim 85\text{N/mm}^2$ 程度であった。供試体作製後は、乾湿繰り返し試験を行った。なお、乾湿繰り返しは、水中2日間、気中5日間の週1回サイクルとした。乾湿繰り返し試験9ヶ月後には、濃度40%の亜硝酸リチウム系含浸材を供試体上面に塗布した。表-2には、塗布量を示す。塗布量は、亜硝酸イオンと塩化物イオンのモル比

( $[\text{NO}_2^-]/[\text{Cl}^-]$ )が1.0になるように設定した。ただし、Clを含まない場合には、標準塗布量の $0.30\text{kg/m}^3$ を塗布した。また、塗布量 $1.12\text{kg/m}^3$ の場合には、供試体内部までの浸透に時間を要するため、3日間で複数回に分けて塗布を行った。なお、塗布前には、供試体側面をエポキシ樹脂で被覆し、底面は開放部とした。塗布後は、携帯型鉄筋腐食診断器(SRiCM-V)を用いて、自然電位および分極抵抗の測定を毎月1回の頻度で実施した。亜硝酸リチウム系含浸材塗布後11ヶ月目には、供試体を解体し鉄筋の腐食面積率を求めた。腐食面積率は、鉄筋の腐食部分をトレースし、画像処理により測定した。

## 3. 結果および考察

図-2、図-3には、普通コンクリートと高強度コンクリートの鉄筋の腐食面積率をそれぞれ示す。Cl= $0.0\text{kg/m}^3$ では、普通コ

表-1 コンクリートの配合

| 配合No. | コンクリートの種類 | 水セメント比 W/C (%) | 細骨材率 s/a (%) | 単位量(kg/m <sup>3</sup> ) |     |      |     |     |     |     |      |       |        |                        |
|-------|-----------|----------------|--------------|-------------------------|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-------|--------|------------------------|
|       |           |                |              | 水                       |     | セメント |     | 細骨材 |     | 粗骨材 |      | AE減水剤 | 高性能減水剤 | 塩化物イオン Cl <sup>-</sup> |
|       |           |                |              | W                       | C   | S1   | S2  | G1  | G2  |     |      |       |        |                        |
| 1     | 普通        | 55.0           | 48.0         | 165                     | 300 | 623  | 267 | 646 | 348 | 1.2 | 0    | 0     |        |                        |
| 3     |           |                |              |                         |     |      |     |     |     |     |      |       | 3.0    |                        |
| 5     |           |                |              |                         |     |      |     |     |     |     |      |       | 10.0   |                        |
| 2     | 高強度       | 31.6           | 42.0         | 127                     | 402 | 569  | 244 | 738 | 397 | 0   | 6.03 | 0     |        |                        |
| 4     |           |                |              |                         |     |      |     |     |     |     |      |       | 3.0    |                        |
| 6     |           |                |              |                         |     |      |     |     |     |     |      |       | 10.0   |                        |

単位:mm

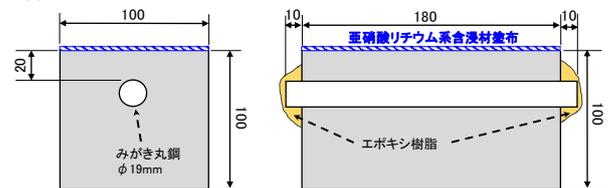


図-1 供試体の形状

表-2 亜硝酸リチウム系含浸材塗布量

| 配合No. | Cl <sup>-</sup> 含有量 (kg/m <sup>3</sup> ) | 亜硝酸リチウム系表面含浸材塗布量(kg/m <sup>3</sup> ) |
|-------|--|--------------------------------------|
| 1・2   | 0.0                                      | 0.30                                 |
| 3・4   | 3.0                                      | 0.34                                 |
| 5・6   | 10.0                                     | 1.12                                 |

キーワード：表面含浸工法，亜硝酸リチウム，鉄筋腐食，自然電位，分極抵抗

連絡先：〒732-0052 広島市東区光町2-6-31 極東興和(株) 営業本部 Tel 082-261-1204

ンクリートおよび高強度コンクリートの両者とも、腐食はほとんど確認されなかった。Cl<sup>-</sup>=3.0kg/m<sup>3</sup>では、腐食が確認され、亜硝酸リチウム系含浸材の塗布ありでは、若干ではあるが腐食面積率が低下した。一方、Cl<sup>-</sup>=10.0kg/m<sup>3</sup>では、鉄筋の腐食面積率が急激に増加したが、亜硝酸リチウム系含浸材を塗布することによって、普通コンクリートでは、腐食面積率が65%、高強度コンクリートにおいては、62%低下しており、亜硝酸リチウム系含浸材の塗布による腐食抑制効果が示された。

図-4には、亜硝酸リチウム系含浸材塗布後11ヶ月における鉄筋の腐食面積率と自然電位の関係を示す。腐食面積率は、亜硝酸リチウム系含浸材の塗布の有無にかかわらず、自然電位が-250mV程度より卑になると急激に増加した。一方、-250mV程度より貴の場合には、腐食面積率が2.2%以下であった。鉄筋腐食判定基準（ASTM C 876）と比較すると、塗布なしおよび塗布ありの両者とも、自然電位と腐食の関係性は概ね一致していることから、自然電位による鉄筋の腐食評価は、亜硝酸リチウム系含浸材を塗布したコンクリートにおいても適用可能であることが示唆された。

図-5には、亜硝酸リチウム系含浸材塗布後11ヶ月における鉄筋の腐食面積率と分極抵抗の関係を示す。腐食面積率は、亜硝酸リチウム系含浸材の塗布の有無にかかわらず、分極抵抗が350kΩ・cm<sup>2</sup>以下になると増加した。一方、350kΩ・cm<sup>2</sup>より大きい場合には、腐食面積率が低く、概ね腐食が認められなかった。以上のことから、分極抵抗による鉄筋の腐食速度の評価は、自然電位と同様に亜硝酸リチウム系含浸材を塗布したコンクリートにおいても適用可能であることが示された。

#### 4. まとめ

- (1) 亜硝酸リチウム系含浸材を塗布することにより、普通コンクリートおよび高強度コンクリートのいずれにおいても鉄筋の腐食が抑制され、水の作用を受ける乾湿繰り返しの環境下でも抑制効果が発揮された。
- (2) 従来の自然電位や分極抵抗といった電気化学的非破壊試験は、亜硝酸リチウム系含浸材を塗布した場合においても、適用可能であることが示唆された。

**謝辞** 本研究の遂行にあたり、広島工業大学の竹田研究室の西道氏、萩原氏、藤本氏に多くの実験を実施していただきました。ここに感謝の意を記したいと思います。

#### 参考文献

- 1) 江良和徳ら：亜硝酸リチウム系表面含浸材の併用効果に関する基礎的研究，土木学会第71回年次学術講演概要集，V-237，2016

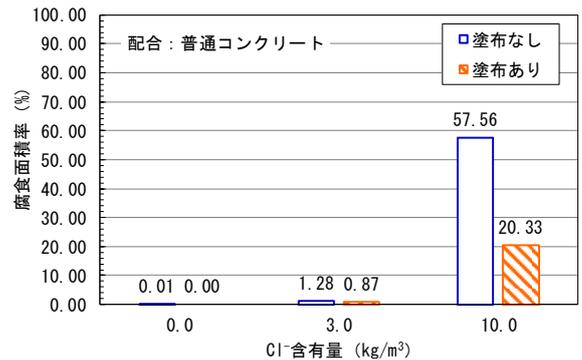


図-2 普通コンクリート中の鉄筋の腐食面積率

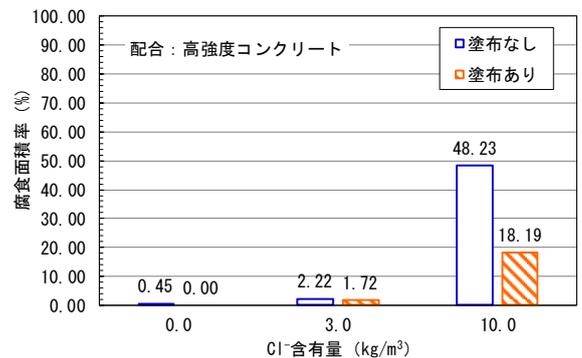


図-3 高強度コンクリート中の鉄筋の腐食面積率

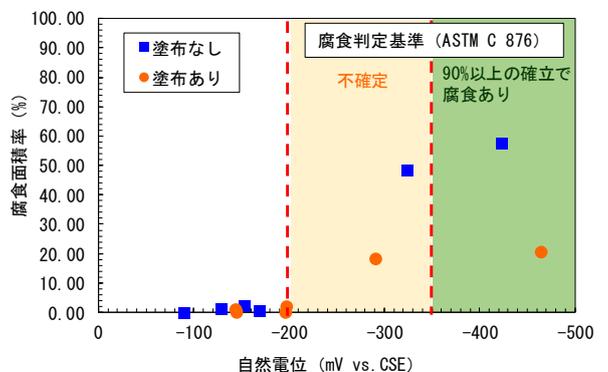


図-4 腐食面積率と自然電位の関係

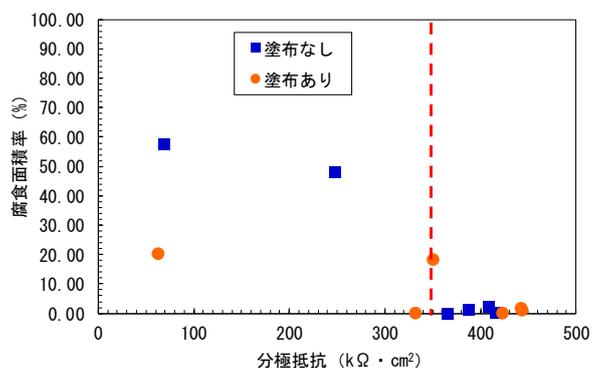


図-5 腐食面積率と分極抵抗の関係