

鉄筋の防食を目的としたコンクリートへの亜硝酸リチウム水溶液の浸透方法に関する検討

鳥取大学大学院 学生会員 ○北村 実
鳥取大学大学院 正会員 吉野 公
極東興和(株) 正会員 山根 隆志

鳥取大学大学院 正会員 黒田 保
鳥取大学大学院 畑岡 寛
極東興和(株) 正会員 江良 和徳

1. 背景

ASR と鉄筋の腐食に対する有効な補修材料として亜硝酸リチウム水溶液があり、亜硝酸リチウム水溶液による鉄筋の防食効果を得るには、最低でもコンクリート構造物のかぶり厚よりも深く浸透させる必要がある。亜硝酸リチウム水溶液を用いた補修工法の内、短期間でコンクリート部材の広範囲に亜硝酸リチウム水溶液を供給することができる内部圧入工法は、コンクリート躯体に多数の圧入孔を削孔する必要があるため、全てのコンクリート構造物に適用するのは難しい。そこで本研究では、亜硝酸リチウム水溶液による新たな補修工法の開発のために必要である基礎的なデータを得るため、様々な条件で亜硝酸リチウム水溶液の浸透実験を行い、浸透深さと浸透方向の各区間における亜硝酸イオン濃度を測定することで、各条件が亜硝酸リチウム水溶液の浸透深さに及ぼす影響を検証した。

2. 実験概要

本実験で用いた供試体の示方配合および使用材料を表1および表2に示す。①供試体下面に貼り付けたゴム枠に亜硝酸リチウム水溶液を湛水し、圧力(0.05MPa, 0.1MPa)をかけて下面から浸透させるもの(以下、加圧供試体)、②供試体側面に亜硝酸リチウム水溶液を湛水(水位100cm)して、側面から浸透させるもの(以下、側面供試体)、③供試体上面に亜硝酸リチウム水溶液を湛水(水位5cm, 10cm)して、上面から浸透させるもの(以下、上面供試体)、④供試体下面から一定温度(20℃, 40℃)に保った亜硝酸リチウム水溶液を浸透させるもの(以下、温度供試体)、⑤供試体側面に亜硝酸リチウム水溶液を塗布して、側面から浸透させるもの(以下、塗布供試体)の5条件で浸透実験を行った。各浸透条件の概略図を図1に示す。②では150×150×1050mmの供試体を使用し、②以外では150×150×250mmの供試体を使用した。また、それぞ

表1 示方配合

W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)			
		W	C	S	G
65	46	165	254	865	1023

表2 使用材料

種類	性質
細骨材	混合砂(砕砂:陸砂=8:2, 表乾密度:2.65 g/cm ³)
粗骨材	普通碎石(表乾密度:2.67 g/cm ³)
セメント	普通ポルトランドセメント(密度:3.16 g/cm ³)
混和剤	AE減水剤(リグニンスルホン酸系AE減水剤)
	AE剤(アルキルエーテル系陰イオン界面活性剤)

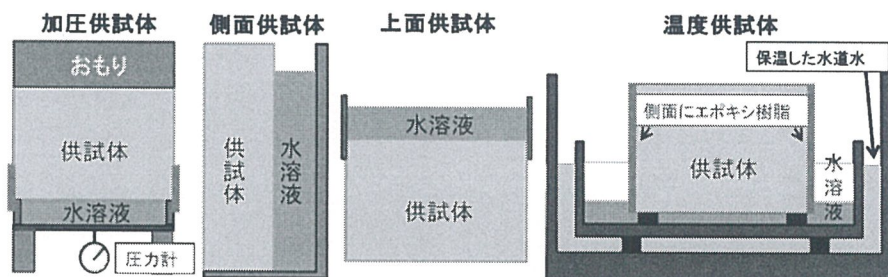


図1 各浸透条件の概略図

れの条件で表面含水率が3パターンの供試体を用いて浸透実験を行った。表面含水率は、高い順に高(5%程度)、中(2.5%程度)、低(1.5%程度)とし、中および低に関しては、養生後に供試体を100℃の乾燥炉に入れて表面含水率の調節を行った。なお、表面含水率を低とした供試体は質量が一定となるまで乾燥炉で乾燥させた。

各浸透期間経過した供試体をセリ矢を用いて浸透方向に割裂した後、割裂した片方の供試体の割裂面にTDI試薬を塗布し、呈色反応を示した浸透方向への深さを測定した。また、割裂したもう一方の供試体の浸透方向の各区間より試料を採取し、亜硝酸性窒素用試験紙を用いて亜硝酸イオン濃度を算出した。

3. 実験結果と考察

図2から図4に各表面含水率の浸透条件と各浸透期間における浸透深さとの関係を示す。なお、側面供試体ではキーワード コンクリート、鉄筋腐食、亜硝酸リチウム水溶液、浸透深さ、亜硝酸イオン濃度

連絡先 〒680-8552 鳥取市湖山町南4丁目101番地 鳥取大学大学院工学研究科

TEL 0857-31-5281

最大水深位置での浸透深さを、側面供試体以外では等間隔に 23 箇所測定した平均値を浸透深さとした。また、表 3 に表面含水率を高とした供試体の浸透方向の各区間における浸透期間 3 か月の亜硝酸イオン濃度を示す。

表面含水率を高とした浸透期間 3 ヶ月の供試体では、濃呈色部を示した深さは全て同程度であったが、温度 20℃供試体において薄呈色部を含めた浸透深さが 40mm を越える結果となった。しかし、表 3 より、温度 20℃供試体の浸透深さ 30～45mm 区間の亜硝酸イオン濃度は 0.00kg/m³であったため、実際には浸透深さが 30mm 以下であり、他の浸透条件と同程度であると考えられる。これは、目視による測定であるため、薄呈色部における誤差が原因と考えられる。また、温度 40℃供試体の浸透深さ 0～15mm 区間の亜硝酸イオン濃度が、全浸透条件の中で最高の 47.38kg/m³であり、TDI 試薬によって呈色した浸透深さ以上の 30～45mm 区間で比較的に高い亜硝酸イオン濃度が測定された。これは、40℃の高温下ではイオンの動きが活発になり、浸透が促進されたためと考えられる。

表面含水率を低下させた供試体においては、浸透方法の違いで浸透深さに顕著な差が見られた。表面含水率を中および低とした供試体のいずれにおいても、加圧供試体が最も深くまで亜硝酸リチウム水溶液が浸透する結果となった。表面含水率を低とした供試体においては、側面供試体と上面供試体とで比較すると、上面供試体が深くまで浸透したが、水圧の大きさでは側面供試体が大いため、側面供試体の 0.01MPa 程度の静水圧では、圧力よりも浸透方向が亜硝酸リチウム水溶液の浸透深さに大きく影響を与えた可能性が考えられる。

どの浸透方法においても、浸透深さは表面含水率が中>低>高の結果となった。この理由として、供試体を乾燥炉で乾燥させたため、コンクリート表面の細孔から水分がなくなったことで毛細管現象による亜硝酸リチウム水溶液を供試体内部へと吸い上げる力が大きくなったことが考えられる。また、表面含水率を低とした供試体と比べ、中とした供試体は内部に存在する水分が多いため、亜硝酸リチウム水溶液が濃度勾配により、細孔溶液中で拡散する力と毛細管現象による力の両方が働き、浸透がより促進されたことが考えられる。

4. まとめ

コンクリート構造物への削孔をせずに、短期間でより深く亜硝酸リチウム水溶液を浸透させるには、コンクリート構造物自体の含水率を調整することが効果的であると言える。また、重力方向に浸透させた方が深くまで浸透させることができ、0.05MPa 程度以上の圧力を加えることで浸透をより促進することができると考えられる。亜硝酸リチウム水溶液の温度を 40℃とした供試体において、供試体内部で高濃度の亜硝酸イオンが測定されたため、温度を 40℃とし、さらに表面含水率を低下させることで、より高濃度の亜硝酸イオンの浸透が期待できる。

一般的なコンクリート構造物の水セメント比は 45～55%程度であり、本実験の供試体は 65%である。過去の実験より、水セメント比が小さくなるとコンクリート内部が密実になるため、亜硝酸リチウム水溶液は浸透しにくくなる。そこで実際の構造物に適用するためにも、本実験で有効であった供試体の表面含水率を低下させて亜硝酸リチウム水溶液を浸透させる方法が水セメント比 45%程度のコンクリートでも有効であるかを検討する必要がある。

謝辞：本実験を実施するにあたり、極東興和（株）・平田雅也氏、同・岡田繁之氏、および日産化学工業（株）・須藤裕司氏にご協力をいただきました。ここに感謝の意を表します。

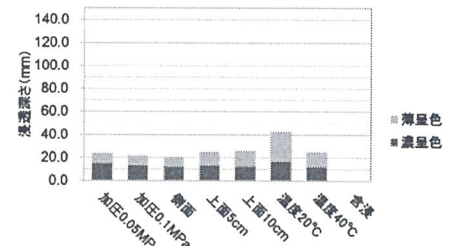


図 2 表面含水率を高とした供試体（3 ヶ月）の浸透深さ

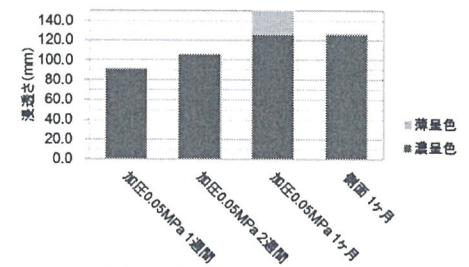


図 3 表面含水率を中とした供試体の各期間における浸透深さ

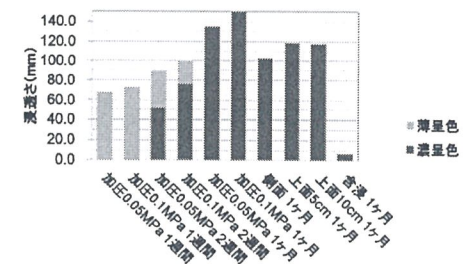


図 4 表面含水率を低とした供試体の期間における浸透深さ

表 3 表面含水率を高とした供試体（3 ヶ月）の亜硝酸イオン濃度 (kg/m³)

	側面	上面		温度	
		5cm	10cm	20℃	40℃
浸透深さ	24.7mm	25.4mm	26.0mm	42.5mm	25.2mm
0～15mm	9.48	14.21	14.21	14.21	47.38
15～30mm	2.84	2.84	2.84	7.11	7.11
30～45mm	0.06	0.19	0.19	0.00	0.57
45～60mm	0.06	0.06	0.06	0.00	0.19