

# 非定常電気泳動法を用いた養生の相違による塩分浸透の評価

芝浦工業大学 黒田 伸吾  
芝浦工業大学 伊代田 岳史

## 1. 研究背景・目的

塩害は RC 構造物の鉄筋を腐食させ、その腐食生成物による膨張圧でコンクリートのひび割れ、かぶりの剥落などを起こす。塩害の進行には使用材料や配合、環境条件、施工上の要因が複雑に影響している。塩害の進行を把握する上で、コンクリート中の塩化物イオン浸透の把握は重要である。青山<sup>1)</sup>らは異なった養生を施したコンクリートに海水環境を模擬した塩水浸漬試験により塩分浸透深さの把握を行った。結果として長期において水中養生したものに比べ、気中養生したものの塩分浸透深さが大きくなり、養生方法の違いを明確にできなかった。これは試験期間が長期間に及ぶため未水和セメントが塩水と反応して再水和した可能性が考えられる。そこで本研究では未水和セメントの再水和の影響をできるだけ排除すべく、塩分浸透速度を速める方法として非定常状態での電気泳動試験に着目し、養生条件の違い及び養生期間の相違による塩分浸透について評価した。

## 2. 実験概要

### 2.1 使用材料及び配合

従来の電気泳動試験に用いられる供試体は円柱供試体の両端面から 25mm の部分を除いた 1 体ないし 2 体の供試体を用いる。しかしながら、本研究においては養生ないしは乾燥の影響を一様に受ける必要がある。コンクリートが乾燥の影響を受けるのは表層 50mm と想定されているため一様に乾燥させることができない。そこで養生条件の違いを考慮するため、**図-1** に示す塩化ビニル管の型枠で作製した 100×50mm 円盤状の供試体を電気泳動試験に用いた。使用したセメント種類は普通ポルトランドセメント (N) と N に高炉スラグ微粉末 (BFS) を 50% 置換した高炉セメント B 種 (BB) の 2 種類とし、W/C は養生による影響を受けやすいと想定される W/C60% と乾燥の影響を受けにくいと想定される W/C30% とした。



図-1 塩化ビニル管で作製した型枠

表-1 コンクリートの計画配合とフレッシュ性状

セメント 種類	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )					フレッシュ性状		
			W	OPC	BFS	S	G	スランプ (cm)	空気量 (%)	練上温度 (°C)
N	30	50	165	550	275	804	838	8.5	4.5	25.2
BB				275		794	828	11.5	3.8	23.2
N	60	175	175	292	146	897	935	9.5	4.8	25.5
BB				146		892	930	11	4.9	25.8

計画配合及びフレッシュ性状は**表-1**に示す。

### 2.2 養生方法及び養生期間

養生条件は打込み翌日に脱型して水中で養生する水中養生 W、型枠存置する封緘養生 S28、翌日に脱型して乾燥の影響を受ける気中養生 (D1) とした。水中養生の環境は水温 20°C 一定とし、気中養生の環境は恒温室(室温 20°C, RH60%)とした。一方、養生期間の相違は封緘養生を、3 日 (S3)、5 日 (S5)、7 日 (S7)、28 日 (S28) 養生として乾燥の影響を受ける時期を変動させ、養生後は脱型をして材齢 28 日目まで恒温室で養生した。

### 2.3 電気泳動試験（非定常状態）の概要

電気泳動試験を実施する前処理として飽和水酸化カルシウム水溶液を用いて真空飽和处理を行った。セル内溶液は陰極側に 0.5N の塩化ナトリウム水溶液、陽極側に 0.3N の水酸化ナトリウム水溶液を使用し、印加電圧は 30V とした。塩分浸透深さは通電後に供試体を割裂し、割裂面に硝酸銀 (AgNO<sub>3</sub>) 0.1N を噴霧することで白色に呈色した領域を塩分浸透領域として測定した。深さの測定は NTBUILD492 に準拠して 7 点の深さの平均から算出した。

### 3. 試験結果及び考察

#### (1) 異なる養生方法の塩分浸透性の比較

異なる養生条件における塩分浸透深さを図-2、3に示す。W/C60%ではいずれのセメント種類においても養生を湿潤に保つほど塩分浸透深さが小さい結果となった。一方で W/C30%の結果では水中養生と封緘養生の塩分浸透深さに差がみられない。これは低 W/C の水中養生と封緘養生では水和度が同じである<sup>2)</sup>可能性があり、そのため塩分浸透深さもほぼ同じ結果が得られたと考えられる。

N と BB の水中養生と封緘養生を比較すると N より BB の方が塩分浸透深さが小さい。塩化物イオンが浸透しにくいのは、BB の水和が進むと N に比べ緻密になり、さらに塩分の固定化能力が高いためであると考えられる。一方で W/C60%の気中養生では N と BB の塩分浸透深さに差がなかった。BB は水和反応が遅いため、材齢初期に乾燥の影響を受けやすい可能性があり、養生が湿潤に保たれるほど塩化物イオンに対する抵抗性が向上すると考えられる。

#### (2) 養生期間ごとの塩分浸透性の比較

通電時間が 6 時間の時の W/C60%における養生期間ごとの塩分浸透深さを図-4 に示す。N は封緘養生の日数が 3 日以降になっても塩分浸透深さに違いはなかった。一方で BB は封緘養生した期間が長くなるほど塩化物イオンは浸透しにくい結果となった。N は細孔直径が 3 日以降変化せず、BB は 5 日までに変化する<sup>3)</sup>報告から BB は封緘養生の期間が長いほど空隙が緻密化した可能性があり、そのため BB は塩化物イオンに対する抵抗性が向上したと考えられる。

### 4. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す。

- (1) いずれのセメント種類においても養生方法が湿潤であるほど塩化物イオンに対する抵抗性は向上する。
- (2) 低 W/C のように緻密なコンクリートでは、水中養生、封緘養生の水和度が同じ可能性があり、養生による影響は少ない。
- (3) 異なる養生期間において N は封緘養生 3 日以降になると塩化物イオンに対する抵抗性に変化はみられず、BB は養生期間が長いほど塩化物イオンに対する抵抗性は向上する。

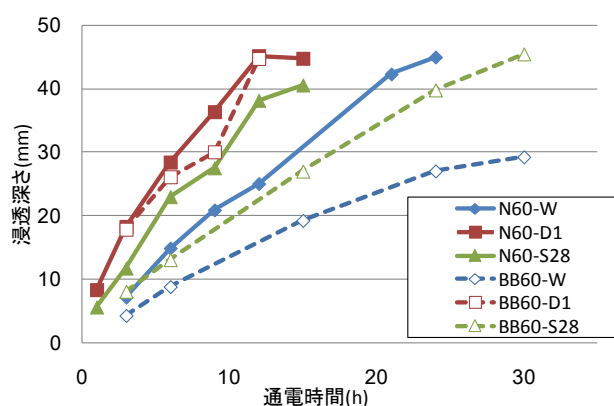


図-2 N60 と BB60 異なる養生の塩分浸透深さ

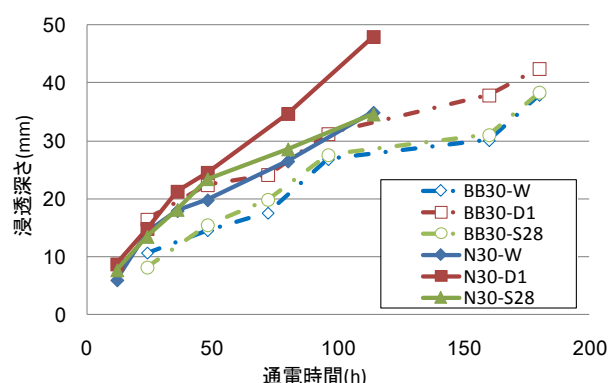


図-3 N30 と BB30 異なる養生の塩分浸透深さ

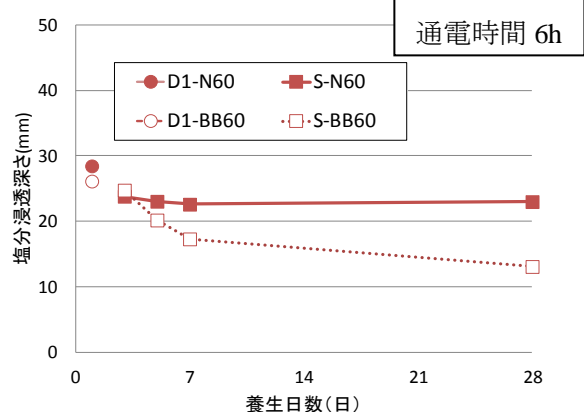


図-4 養生期間が塩分浸透に与える影響

### 5. 参考文献

- 1) 青山和樹, 伊代田岳史: 養生方法及び期間の相違が塩分浸透に及ぼす影響, 芝浦工業大学卒業論文, 2011
- 2) 伊代田岳史: 若材齢時の乾燥がセメント硬化体の内部組織構造形式ならびに物理特性に与える影響, 博士論文, 2003
- 3) 檀康弘, 伊代田岳史, 大塚勇介, 佐川康貴, 濱田秀則: 高炉スラグ微粉末を混入したコンクリートの養生条件と耐久性の関係, 土木学会論文集 E, Vol.65, No.4, 431-441, 2009.10