

PC 構造物を対象とした早強コンクリートの湿潤養生期間が 塩分浸透抵抗性に及ぼす影響の検討

技術本部	技術研究所	椎野 碧
技術本部	技術研究所	鈴木 雅博
技術本部	技術研究所	中瀬 博一
技術本部	技術研究所	西尾 峻佑

表-1 使用材料

材 料	記号	仕様および物性
水	W	上水道水
セメント	C	早強ポルトランドセメント、密度 3.13g/cm ³
細骨材	S1	山砂、表乾密度 2.59g/cm ³
	S2	川砂、表乾密度 2.64g/cm ³
	S3	川砂、表乾密度 2.59g/cm ³
粗骨材	G	碎石 2005、表乾密度 2.70g/cm ³
混和材	SP	高性能 AE 減水剤、標準型 I 種

表-2 配合

W/C (%)	スランプ (cm)	Air (%)	単位量(kg/m ³)						SP/C (%)
			W	C	S1	S2	S3	G	
42.0	12±2.5	4.5±1.5	165	393	300	230	225	1013	0.8

1. はじめに

近年、コンクリートの品質向上対策として、湿潤養生を標準的な日数より長く実施することがある。一方で、PC 構造物で一般的に用いられる設計基準強度 40N/mm² の早強ポルトランドセメントを使用したコンクリート(以降、早強コンクリート)において、湿潤養生期間が強度や耐久性に及ぼす影響はほとんど明らかになっていないのが現状であり、過剰な湿潤養生を行うことにより、生産性および経済性の面で不利益となっている可能性がある。そこで、昨年度発刊した技報第 16 号に「PC 構造物を対象とした早強コンクリートの湿潤養生期間の検討」と題し、湿潤養生期間をパラメータとして、圧縮強度試験、透気試験および促進中性化試験を実施し、湿潤養生期間が圧縮強度、透気係数および中性化速度係数に及ぼす影響について検討した結果を掲載した。

本稿では新たに、湿潤養生期間をパラメータとして非定常電気泳動試験を実施し、湿潤養生期間が塩分浸透抵抗性に及ぼす影響について検討した結果を述べる。

2. 試験概要

2.1 使用材料および配合

早強コンクリートの使用材料および配合をそれぞれ、表-1 および表-2 に示す。

2.2 養生方法

非定常電気泳動試験に使用する供試体は湿潤養生期間をパラメータとした 5 種類(湿潤養生期間 1 日、3 日、7 日、14 日、28 日)とし、所要の期間、湿潤養生を行った後、恒温恒湿室(室温 20±2℃、相対湿度 60±5%)で試験材齢まで気中保管とした。また、本検討は部材型枠面に対する塩分浸透抵抗性を想定して試験を実施するため、脱枠後から湿潤養生終了まで、供試体側面にアルミテープ(型枠面から 50mm まで)を貼り付け、側面からの乾燥および水分浸透を防止した。さらに、湿潤養生終了後、側面をアルミテープからエポキシ樹脂に変更し、気中保管した(図-1)。なお、本稿における湿潤養生期間とは、打設直後から脱枠までの期間を含めるものとし、打設後、翌日の脱枠まで供試体表面をシートで覆うことで乾燥を防止した。また、脱枠後、直ちに水中養生(水温 20±2℃)とすることで湿潤状態を保持した。

2.3 試験方法

非定常電気泳動試験は国内で提案されている試験方法(以降、

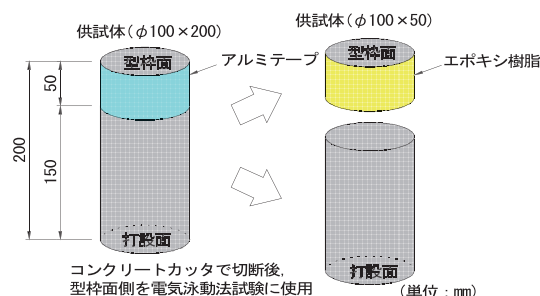


図-1 供試体の作製手順

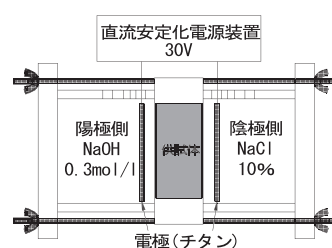


図-2 拡散セル装置

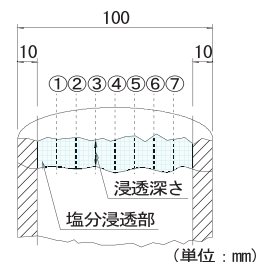


図-3 浸透深さの測定位置

土研法)に準拠して実施した。所定の養生を実施後、供試体をコンクリートカッタを用いて直径 100mm、高さ 50mm に切断し(図-1)、真空処理を電気泳動法(JSCE-G 571-2013)に準拠して実施した後、拡散セル装置を組み立てた。拡散セル装置内の溶液は陽極側が 0.3mol/l 濃度の水酸化ナトリウム水溶液、陰極側が 10%濃度の塩化ナトリウム水溶液とした(図-2)。印加電圧は直流安定化電源装置を用いて 30V とし、通電時間は 6 時間および 24 時間とした。各通電時間終了後に供試体を割裂し、硝酸銀水溶液を噴霧することで塩分浸透深さを計測した。計測は割裂面の両端から 10mm を除き、10mm 間隔で 7 点を計測し、その平均を試験値とした(図-3)。

3. 試験結果

3.1 塩分浸透深さ

非定常電気泳動試験の結果および湿潤養生期間と塩分浸透深さの関係をそれぞれ、表-3 および図-4 に示す。通電時間 6 時間の塩分浸透深さは湿潤養生期間が 1 日、3 日、7 日、14 日および 28 日でそれぞれ、11.63mm、11.02mm、7.73mm、6.67mm および 6.17mm となり、通電時間 24 時間の塩分浸透深さは湿潤養生期間が 1 日、3 日、7 日、14 日および 28 日でそれぞれ、34.14mm、26.88mm、23.89mm、22.09mm および 20.63mm となった。以上の結果から、湿潤養生期間が長いほど塩分浸透深さは小さくなることが確認された。また、表-3 には通電時間 6 時間から 24 時間までの塩分浸透深さの増加量を併記した。塩分浸透深さの増加量は湿潤養生を長期間実施した場合、湿潤養生期間 1 日と比較し、大幅に減少している。これは湿潤養生を長期間実施することでコンクリートの表層が緻密になったためと考えられる。

表-3 非定常電気泳動試験の結果

湿潤養生期間 (日)	各通電時間における塩分浸透深さ(mm)		
	6 時間	24 時間	6 時間から 24 時間 までの増加量
1	11.63	34.14	22.51
3	11.02	26.88	15.86
7	7.73	23.89	16.16
14	6.67	22.09	15.42
28	6.17	20.63	14.46

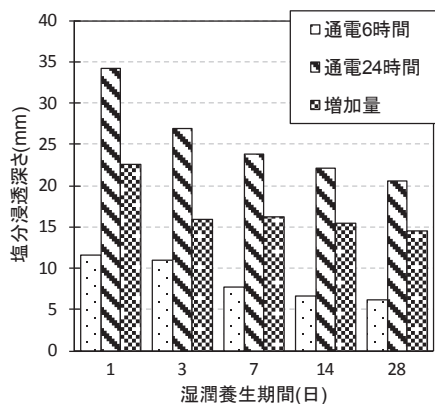


図-4 湿潤養生期間と塩分浸透深さの関係

3.2 塩化物イオン拡散係数

塩化物イオン拡散係数および湿潤養生期間と塩化物イオン拡散係数の関係をそれぞれ、表-4 および図-5 に示す。塩化物イオン拡散係数は塩分浸透深さから土研法の式(1)により算出した。なお、塩化物イオン浸透速度 K は通電時間と塩分浸透深さの関係から、通電時間 6 時間および 24 時間での塩分浸透深さ 2 点を結んだ直線の傾きとした。湿潤養生期間が 1 日、3 日、7 日、14 日および 28 日の塩化物イオン拡散係数はそれぞれ、 $1.6 \times 10^{-11} \text{m}^2/\text{s}$ 、 $1.1 \times 10^{-11} \text{m}^2/\text{s}$ 、 $1.2 \times 10^{-11} \text{m}^2/\text{s}$ 、 $1.1 \times 10^{-11} \text{m}^2/\text{s}$ および $1.0 \times 10^{-11} \text{m}^2/\text{s}$ となり、湿潤養生期間が 3 日以上では塩化物イオン拡散係数の差は僅かであることが確認された。したがって、湿潤養生期間を 3 日以上とすることで十分な塩分浸透抵抗性が確保できると考えられる。

表-4 塩化物イオン拡散係数

湿潤養生期間 (日)	塩化物イオン浸透速度 ($\times 10^{-6} \text{m/s}$)	塩化物イオン拡散係数 ($\times 10^{-11} \text{m}^2/\text{s}$)
1	3.47	1.6
3	2.45	1.1
7	2.49	1.2
14	2.38	1.1
28	2.23	1.0

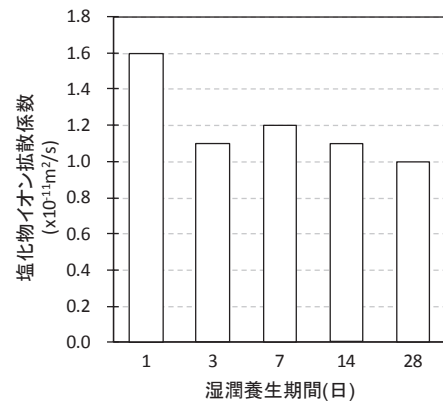


図-5 湿潤養生期間と塩化物イオン拡散係数の関係

$$D_{nssm} = \frac{RT}{zFE} K \quad \text{式(1)}$$

ここに、 D_{nssm} : 塩化物イオン拡散係数(m^2/s)

R : 気体定数($=8.31 \text{ J}/(\text{K} \cdot \text{mol})$)

T : 通電時の陽極側と陰極側の溶液温度の平均値(K)

z : 塩化物イオンの電荷($=1$)

F : ファラデー定数($=9.65 \times 10^4 \text{ J}/(\text{V} \cdot \text{mol})$)

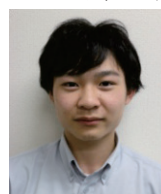
E : 電位勾配(V/m)

K : 塩化物イオン浸透速度(m/s)

4. まとめ

PC 構造物用の早強コンクリートを対象とし、湿潤養生期間が塩分浸透抵抗性に及ぼす影響を非定常電気泳動試験により検討した。その結果、湿潤養生を長期間行うことにより、塩分浸透深さが小さくなることが確認された。一方で、湿潤養生期間を 3 日以上実施しても塩化物イオン拡散係数の差が僅かであったため、今回の試験の範囲では湿潤養生期間を 3 日以上とすることで十分な塩分浸透抵抗性が確保できると考えられる。

Key Words : 早強コンクリート, 湿潤養生期間, 非定常電気泳動試験, 塩化物イオン拡散係数



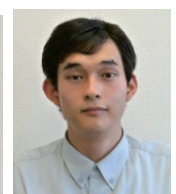
椎野 碧



鈴木 雅博



中瀬 博一



西尾 峻佑