

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

技術本部 技術研究所 椎野碧
 技術本部 技術研究所 遠藤俊之
 技術本部 技術研究所 西尾峻佑
 技術本部 技術研究所 鈴木雅博

1. はじめに

近年、コンクリートの品質向上対策として、湿潤養生期間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/mm^2 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、PC 構造物で用いられる早強コンクリートで、湿潤養生期間をパラメータとし、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を検討した。

2. 養生方法

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する。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、ただちに水中養生(水温 $20\pm 2^\circ\text{C}$)とすることで湿潤状態を保持した。

3. 使用材料および配合

供試体に使用した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。

4. 圧縮強度試験

圧縮強度試験の結果および湿潤養生期間と圧縮強度の関係をそれぞれ、表-3 および図-1 に示す。供試体は直径 100mm 、高さ 200mm の円柱とし、湿潤養生期間をパラメータとした 7 種類(湿潤養生 3 日、7 日、9 日、14 日、28 日、91 日、182 日)とした。なお、各供試体は所要の期間、湿潤養生を行った後、恒温恒湿室(室温 $20\pm 2^\circ\text{C}$ 、相対湿度 $60\pm 5\%$)で試験材齢まで静置した。圧縮強度試験は JIS A 1108 に準拠して行い、試験材齢は材齢 3 日、7 日、14 日、28 日、91 日および 182 日とした。圧縮強度試験の結果、湿潤養生期間が 3 日、7 日、14 日および 28 日の材齢 182 日における圧縮強度は 56.6N/mm^2 、 59.4N/mm^2 、 60.8N/mm^2 および 63.2N/mm^2 となった。このことから、コンクリート標準示方書【施工編：施工標準】に記載されている湿潤養生期間の標準は 3 日であるが、材齢 182 日の圧縮強度は湿潤養生期間 3 日に比べ、7 日のほうが若干改善することが確認された。一方、湿潤養生期間が 7 日と 14 日では差が認められなかった。したがって、長期の強度発現を考慮し、湿潤養生期間を 7 日以上とするこ

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 3.14g/cm^3
細骨材	S1	山砂、表乾密度 2.59g/cm^3 、吸水率 3.28%
	S2	川砂、表乾密度 2.64g/cm^3 、吸水率 2.89%
	S3	山砂、表乾密度 2.59g/cm^3 、吸水率 2.52%
粗骨材	G	砕石 2005、表乾密度 2.70g/cm^3 、吸水率 1.89%
混和剤	SP	AE 減水剤、遅延型 I 種

表-2 配合

W/B (%)	スランプ (cm)	Air (%)	単位量(kg/m^3)						SP/C (%)
			W	C	S1	S2	S3	G	
37.5	8 ± 2.5	4.5 ± 1.5	178	475	228	174	171	1096	1.2

表-3 圧縮強度試験結果

湿潤養生期間	各材齢における圧縮強度(N/mm^2)					
	3 日	7 日	14 日	28 日	91 日	182 日
3	36.6	46.7	51.3	55.2	57.9	56.6
7	—	46.9	52.7	58.4	60.3	59.4
9	—	—	52.0	58.1	60.7	60.4
14	—	—	51.3	59.0	61.5	60.8
28	—	—	—	55.4	65.1	63.2
91	—	—	—	—	61.5	—
182	—	—	—	—	—	65.3

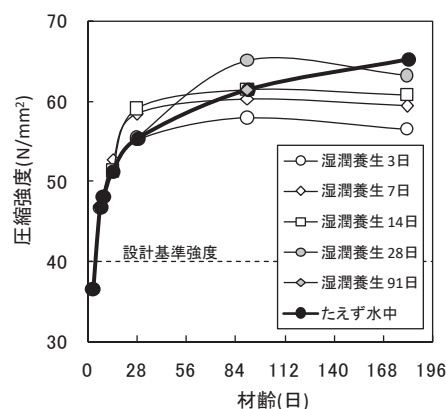


図-1 材齢と圧縮強度の関係

とが望ましいと考えられる。ただし、各供試体で湿潤養生終了時に実施した圧縮強度試験の結果は(表-3 ハッチング部、図-1●印)、湿潤養生期間が 182 日まで強度の増進が確認され、既往の試験結果(普通セメント、W/C50%)と同様、湿潤養生期間が長いほど圧縮強度が高い結果となった。

5. 透気試験

透気試験は Torrent 法により行った。供試体寸法および測定箇所を図-2 に示す。供試体は湿潤養生期間が異なる 4 種類

(湿潤養生3日、7日、14日、28日)とし、幅150mm、高さ150mm、長さ530mmの角柱とした。測定は供試体側面の3箇所で行い、3箇所の測定結果の平均を試験値とした。透気試験の結果、材齢91日における透気係数は湿潤養生期間が3日、7日、14日および28日でそれぞれ、 $0.197 \times 10^{-16} \text{m}^2$ 、 $0.150 \times 10^{-16} \text{m}^2$ 、 $0.071 \times 10^{-16} \text{m}^2$ および $0.066 \times 10^{-16} \text{m}^2$ であり、湿潤養生期間が長いほど透気係数は小さくなり、表層の品質が良いと評価される $0.100 \times 10^{-16} \text{m}^2$ 以下にするには湿潤養生期間を14日以上にする必要があると考えられる(図-3)。

6. 中性化

6.1 促進中性化試験

促進中性化試験はJIS A 1153に準拠して行った。ただし、促進中性化試験前の供試体の前養生(水中4週、気中保管4週)は実施しなかった。促進期間は182日とし、供試体には透気試験後の角柱供試体(150×150×530mm)から切り出した3体の円柱供試体(φ100×100mm)を使用し、3体の試験結果の平均値を試験値とした。促進中性化試験の結果を表-4に示す。促進期間が182日における中性化深さは湿潤養生期間が3日、7日、14日および28日でそれぞれ、2.9mm、2.7mm、1.9mmおよび0.7mmとなった。また、中性化深さから式-1により算出した中性化速度係数は湿潤養生期間が3日、7日、14日および28日でそれぞれ、4.1、3.8、2.7および1.0となった。この結果より、湿潤養生期間が長いほうが中性化深さおよび中性化速度係数が小さくなることが確認された。

$$A = \frac{X}{\sqrt{t}} \quad \text{式-1}$$

ここに、 A : 中性化速度係数
 X : 中性化深さ(mm)
 t : 促進期間(年)

6.2 透気係数と中性化速度係数との関係

透気係数と促進期間182日の中性化速度係数との関係を図-4に示す。図-4より、透気係数と中性化速度係数との関係は式(2)のとおりとなり、今回の試験の範囲内であれば、材齢91日における透気係数から式-2により、中性化に対する耐久性を定量的に評価できると考えられる。

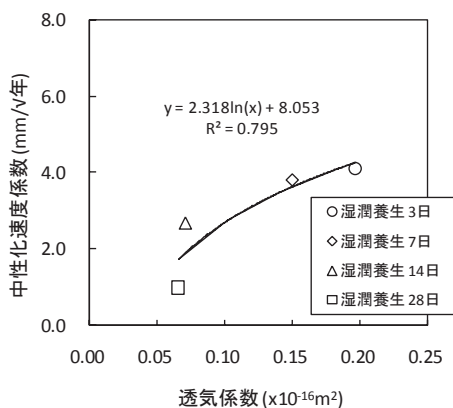


図-4 透気係数と中性化速度係数の関係

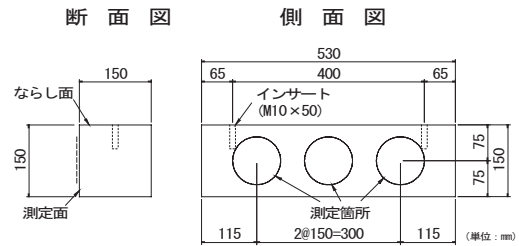


図-2 供試体寸法および測定箇所

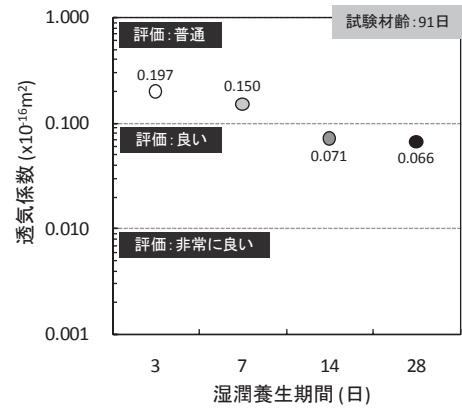


図-3 湿潤養生期間と透気係数の関係

表-4 中性化深さおよび中性化速度係数

湿潤養生期間	透気係数 ($\times 10^{-16} \text{m}^2$)	促進期間		中性化深さ (mm)	中性化速度係数
		(日)	(年)		
3	0.197	182	0.5	2.9	4.1
7	0.150			2.7	3.8
14	0.071			1.9	2.7
28	0.066			0.7	1.0

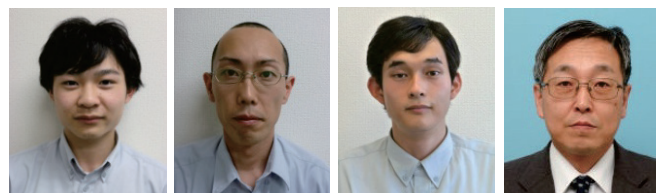
$$A = 2.318 \cdot \ln(KT) + 8.053 \quad \text{式-2}$$

ここに、 A : 中性化速度係数
 KT : 透気係数($\times 10^{-16} \text{m}^2$)

7. まとめ

PC 構造物用の早強コンクリートを対象とし、湿潤養生期間が圧縮強度、透気係数および中性化速度係数に及ぼす影響を検討した。その結果、20℃の環境下において、適切な湿潤養生期間は透気係数の観点から、14日以上とすることで部材表層の品質が確保されることが確認された。また、中性化に対する抵抗性は湿潤養生期間が長いほど向上することが確認された。さらに、透気係数と中性化速度係数との関係から、透気係数により中性化に対する抵抗性を定量的に評価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, 強度特性, 透気係数, 耐久性



椎野碧 遠藤俊之 西尾峻佑 鈴木雅博