

散水養生時の養生水の違いが蒸気養生モルタルの強度特性と細孔構造に与える影響

東海大学大学院 学生会員 ○伊藤 優太 東海大学大学院 学生会員 勝岡 夏那
東海大学大学院 学生会員 佐藤 空翔 東海大学 正会員 伊達 重之

1. はじめに

プレキャストコンクリート(以下, PCa と記す)の二次養生方法として散水養生が提案されている. 既往の研究¹⁾では蒸気養生条件, 散水養生条件についての研究が行われているが, 散水養生に使用する水の品質の違いによる強度増進への影響については確認されていない. 本研究では, 生コンクリート工場から発生する回収水の上澄み部分を散水養生用水として使用することを想定し, 供試体品質への影響について検討を行った.

2. 実験概要

2. 1 実験条件

表-1 に使用材料を示し, 表-2 に配合条件を示す. 本研究では散水に使用する養生水の影響を確認するため, 水道水と上澄み水で比較を行った. PCa 製品を模擬するため, 製品の空気量を $3.5 \pm 1.5\%$ と想定し, モルタルの空気量を $5.5 \pm 1.5\%$ で設定した. さらに, 蒸気養生を室温 20°C , 湿度 60% 環境下にて前置き時間を 0.5h 置いた後, 最高温度 65°C にて 5.5h 保持し, 脱型は練上がり後, 6.0h 後に行った. なお, 供試体は $40 \times 40 \times 160(\text{mm})$ の角柱モルタル供試体を用いて行った.

2. 2 二次養生条件

図-1 に二次養生条件を示し, 図-2 に散水方法及び供試体の配置図を示す. 本研究では, 蒸気養生後に二次養生として気中養生(室温 20°C , 湿度 60%), 水中養生(水温 20°C), 散水養生を施した. 散水養生は養生水の種類に関わらず脱型から 10 分後に 10 分間の散水を施し, その後所定の材齢まで気中養生を施した. なお, 材齢は 3, 7, 14 日とした. また, 散水には流量 $0.68(\text{L}/\text{min})$ の噴霧器を使用し, 噴霧器による散水が均等となるよう定期的に供試体を移動させた.

2. 3 試験項目

実験時のモルタルの同一性状の確認のため, フレッシュ時に空気量試験とスランプ試験を JIS A 1128, JIS R 5201 に準拠して行った. また, 圧縮強度を確認するため JIS A 1108 に準拠して圧縮強度試験を行った. 表-3 に圧縮強度増進効果の算定式を示す. さらに, 細孔構造の評価を行うため, 水銀圧入式ポロシメーターによる細孔径分布の測定を行った.

表-1 使用材料

使用材料	種類	密度 (g/cm^3)
セメント	普通ポルトランドセメント	3.16
水	水道水(pH7.8) (Ca イオン濃度:18.1mg/L)	1.00
	上澄み水(pH12.2) (Ca イオン濃度:50.1mg/L)	—
細骨材	川砂 (産地:神奈川県山北)	2.69
混和剤	高性能 AE 減水剤	—

表-2 配合条件

W/C (%)	S/C	Air (%)	フロー(mm)	
			0打	15打
50	2.0	5.5 ± 1.0	130 ± 15	230 ± 15



図-1 二次養生条件

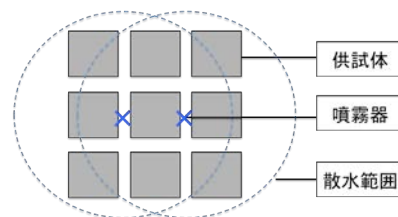


図-2 散水方法及び供試体の配置図

表-3 圧縮強度増進効果の算定式

$e(\%) = (\sigma_s - \sigma_a) \div (\sigma_w - \sigma_a) \times 100$
e: 圧縮強度増進効果(%)
σ_s : 散水養生を施した場合の圧縮強度(N/mm ²)
σ_a : 気中養生を施した場合の圧縮強度(N/mm ²)
σ_w : 水中養生を施した場合の圧縮強度(N/mm ²)

キーワード モルタル, 散水養生, 上澄み水, 圧縮強度増進効果, 細孔構造

連絡先 〒259-1292 神奈川県平塚市北金目 4-1-1 東海大学 TEL : 0463-58-1211 E-mail : yuta090703973@gmail.com

3. 試験結果および考察

図-4 に二次養生条件と圧縮強度の関係を示す。全ての材齢において、散水養生を施したものは気中養生と比較して、圧縮強度が高いことが確認された。これは、蒸気養生後の水分供給により水和反応が促進された事によるものと考えられる。また、散水に使用する水で比較した場合、上澄み水を使用することで水道水を使用した場合と同程度、またはそれ以上の圧縮強度であることが確認された。これは水道水より上澄み水のCaイオン濃度が約2.8倍高いことで、初期水和の活性化を促がしたためだと考えられる。図-5 に各材齢における圧縮強度増進効果を示す。全ての材齢において、水道水と比較して上澄み水を使用の方が圧縮強度増進効果が高いことが確認された。また、材齢14日においては水道水と比較して約10%高い圧縮強度増進効果が期待できることが確認された。これらの結果から、上澄み水を養生水として用いることで細孔構造の緻密化が図れると考え、PCa製品の出荷目安とされる材齢14日の細孔径分布を水銀圧入式ポロシメーターで測定した。

図-6 に材齢14日における細孔径分布の測定結果を示す。細孔径分布は強度に影響があるとされる $0.05\mu\text{m}$ 以上の大きさの細孔径について記載した。養生方法で比較した場合、 $0.1\mu\text{m}$ 以降のピークにおいても散水養生を施した水準は気中養生を施したものより細孔容積が少ないことが確認された。図-7 に材齢14日における二次養生方法と全細孔容積の関係を示す。散水養生を施すことにより、気中養生を施したものと比較し全細孔容積が少ないことが確認された。さらに、散水に使用する水で比較した場合、上澄み水を使用することにより、水道水を使用した場合と比較し、全細孔容積が約5%少ないことが確認された。これらの結果は、既往の研究²⁾を参照すると、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ を多く含む上澄み水を使用したことによりモルタル表層部の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 量が増加、炭酸化の促進により細孔構造が緻密化したことによるものであると考えられる。

4. まとめ

本研究の範囲において、以下の知見を得た。

- (1) 脱型10分後にわずか10分間の散水により、圧縮強度増進効果が確認された。
- (2) 圧縮強度増進の要因は、水和促進に伴う細孔構造の緻密化によるものである。
- (3) 圧縮強度増進は、水道水より上澄み水を使用した場合にその効果が高い事が確認された。

参考文献

- 1) 勝岡夏那ほか：蒸気養生モルタルの強度発現に及ぼす初期散水養生の効果、プレキャスト施工技術論文集、Vol.3, No.1, pp.11-14, 2022.
- 2) 李春鶴ほか：材齢初期からの炭酸化がセメント硬化体の細孔構造に与える影響に関する2, 3の考察, Cement Science and Concrete Technology, Vol.63, No.1, pp.99-106, 2009

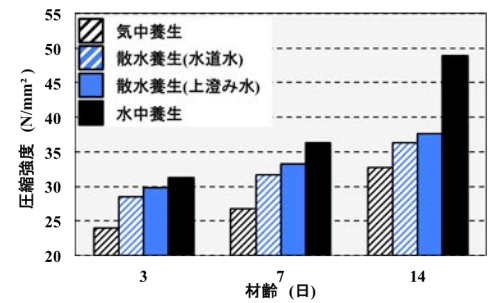


図-4 二次養生条件と圧縮強度の関係

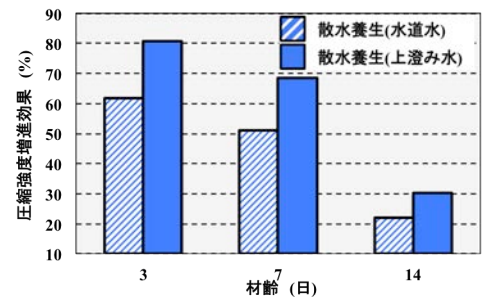


図-5 各材齢における圧縮強度増進効果

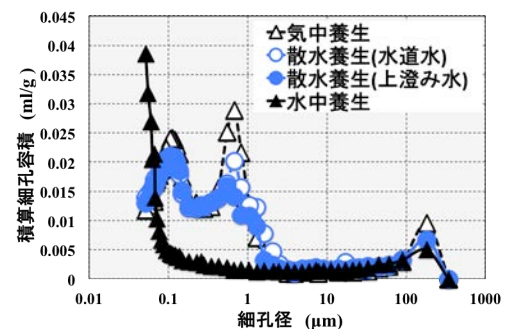


図-6 細孔径分布の測定結果

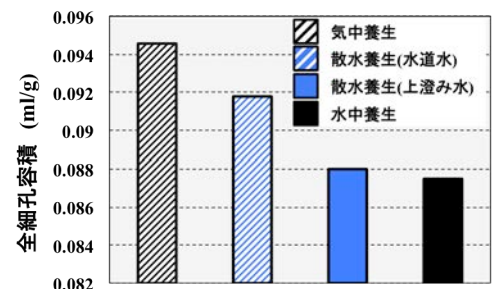


図-7 二次養生条件と全細孔容積の関係