

結合材の化学組成および温度履歴養生時の最高温度がモルタルの特性に及ぼす影響

首都大学東京大学院 学生会員 ○多田真人 正会員 上野敦
 正会員 大野健太郎 正会員 宇治公隆

1. はじめに

プレキャストコンクリート製品を製造する場合、蒸気養生が行われる場合も多い。しかし、一般的に使用されている蒸気養生条件は、必ずしも結合材の種類や水結合材比によって決定されておらず、合理的とはならない場合もある。これまで、結合材の硬化特性に基づいた蒸気養生条件の適正化の観点から、有効な前養生の定量化を行ってきた¹⁾。この結果、結合材の種類によらず、JIS A 1147 の貫入抵抗値で 3.5N/mm² の組織になるまで前養生を行うことで、給熱の効果が有効に作用することが示された。また、上述の前養生を行うことで、40℃/h 程度までの昇温速度であれば、通常の昇温速度で作製したコンクリートと同等の特性を有することが明らかになった²⁾。本研究は、温度履歴養生時の最高温度が硬化特性の異なる結合材を用いたモルタルの強度などに及ぼす影響について、結合材の CaO/SiO₂ 比を指標として検討したものである。

2. 実験概要

2.1 使用材料およびモルタルの配合

使用材料を表-1 に、モルタルの配合および結合材中の CaO/SiO₂ 比を表-2 に示す。使用した結合材は、普通ポルトランドセメントのみを用いたもの(N)、普通エコセメントのみを用いたもの(E)、N および E

の質量の 45%を高炉スラグ微粉末で置換したもの(BB および EBB)、 N および E の質量の 30%をフライアッシュで置換したもの (FC および EFC) の 6 種類である。モルタルの配合は、W/C を 50%の一定とし、JIS R 5201 のセメントの強さ試験用の配合を基準に、セメントペースト体積と細骨材の体積が一定になるように設計した。

2.2 試験項目

モルタルの凝結試験は JIS A 1147 に、モルタルの圧縮強度試験は JSCE-G 505 に、静弾性係数試験は JIS A 1149 を参考とした。載荷速度は、材齢 1 日の試験では、毎分 5.0N/mm² とした。各試験に用いる供試体の材齢は、圧縮強度試験は材齢 1 日および 14 日、静弾性係数試験は材齢 1 日とした。各供試体は材齢によらず温度履歴後に脱型し、材齢 14 日のものは所定材齢となるまで気中保管した。なお、供試体の作製、モルタルの凝結試験、封緘養生、および気中保管は 20℃、60%R.H.の恒温恒湿室にて行った。

2.3 温度履歴条件

温度履歴養生条件を図-1 に示す。前養生温度を 20℃とし、各結合材の凝結始発時間まで行うものと、前養生を行わないものの 2 水準とした。最高温度は 75℃、65℃ および 55℃の 3 水準とした。最高温度 65℃のときの最高温度保持時間 3 時間を基準に、昇温過程、最高温度保持過程、降温過程での見かけの積算温度が一定になるように、最高温度 55℃と 75℃の最高温度保持時間を設定した。昇温速度は 40℃/h、降温速度を-15℃/h、後養生を 20℃で 1 時間行った。

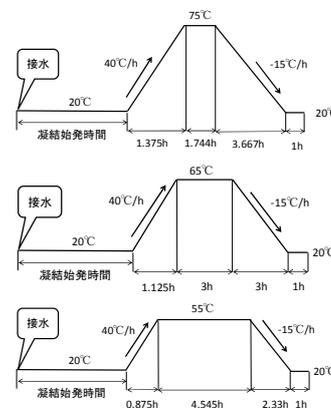


図-1 温度履歴養生条件

3. 結果および考察

3.1 圧縮強度

前養生を行った場合の、結合材の CaO/SiO₂ 比と材齢 1 日および 14 日圧縮強度の関係を、図-2 に示す。材齢によ

キーワード 温度履歴養生, 最高温度, CaO/SiO₂ 比, 前養生, 貫入抵抗値, 凝結始発
 連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 TEL 042-677-2777

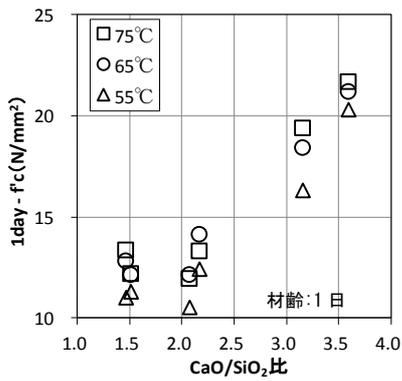


図-2 CaO/SiO₂比と圧縮強度比の関係

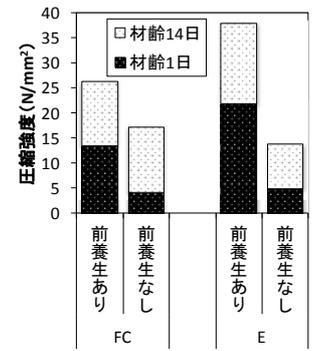
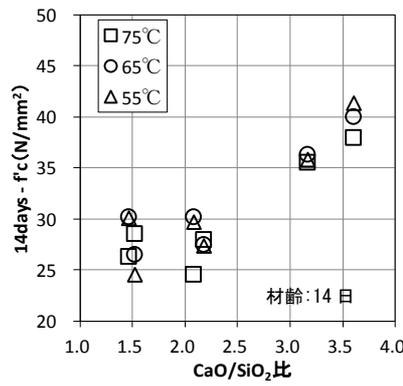


図-3 最高温度 75°Cにおける圧縮強度

らず CaO/SiO₂ 比の増加に伴い、圧縮強度が直線的に増加することがわかる。すなわち本研究での結合材の水和反応による強度発現は、主にセメント質の材料の水和に依存していることがわかる。最高温度が圧縮強度に与える影響として、材齢 1 日において、最高温度が高いほど圧縮強度が高くなる傾向を示した。また、CaO/SiO₂ 比が低いと、最高温度による影響は大きくなる傾向にある。材齢 14 日においては低 CaO/SiO₂ のモルタルにて最高温度が高いと強度が低下する場合があった。この原因は不明であるが、CaO/SiO₂ 比が 1.5~2.0 程度を下回る場合、最高温度について慎重に検討する必要があると推察される。

前養生の有無による圧縮強度への影響について、配合 E および FC で、最も厳しい条件となる最高温度 75°C の場合を例に図-3 に示す。前養生なしの場合にはどちらの配合においても強度低下が顕著であり、給熱前の前養生の重要性が明確に示されている。

3.3 静弾性係数

前養生を行った場合の、結合材の CaO/SiO₂ 比と材齢 1 日における静弾性係数の関係を図-4 に示す。材齢 1 日の圧縮強度とほぼ同様の傾向であり、最高温度が高いと静弾性係数が増加する傾向がある。また CaO/SiO₂ 比が低い場合は最高温度による静弾性係数への影響が大きくなる傾向にあった。

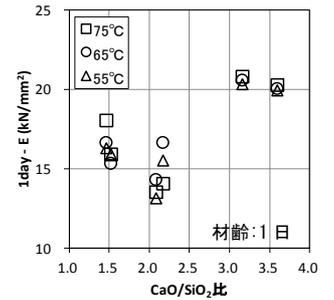


図-4 CaO/SiO₂と静弾性係数の関係

4. まとめ

- (1) CaO/SiO₂ 比の増加に伴い、温度履歴養生直後の圧縮強度は直線的に増加する。
- (2) 温度履歴養生直後では、温度履歴養生時の最高温度が高いとモルタルの圧縮強度が高くなる傾向にある。また、結合材の CaO/SiO₂ 比が低いと、最高温度による影響は大きくなる傾向にある。これは静弾性係数についても同様である。
- (3) 温度履歴養生直後に材齢 14 日まで気中保管した場合、温度履歴養生の最高温度が高いと、圧縮強度が低下する傾向にある。この原因は不明であるが、CaO/SiO₂ 比が 1.5~2.0 程度以下の場合、最高温度について慎重に検討する必要があるものと推察される。
- (4) 温度履歴養生時の最高温度が高い場合、凝結始発までの十分な前養生が圧縮強度を維持する面で非常に重要である。

謝辞

本研究の実施にあたり、東京都コンクリート製品協同組合より研究費の助成を受けた。

参考文献

- 1) 村田哲, 上野敦, 大野健太郎, 宇治公隆: 極初期の組織形成が温度履歴養生後のモルタルの特性に及ぼす影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.37, No1, 2015
- 2) 多田真人, 上野敦, 大野健太郎, 宇治公隆: 結合材の種類および温度履歴養生時の前養生と昇温速度がモルタルの特性に及ぼす影響, 土木学会第 71 回年次学術講演会講演集, 第 V 部, pp.583-584, 2016.9