

## シリカフェーム混入高強度モルタルを用いたオートクレーブ養生温度の低温化の試み

日大生産工 ○山口 晋 日大生産工 伊藤 義也  
 日大生産工 越川 茂雄 日大生産工(院) 岩崎 直郁  
 日大生産工 鶴澤 正美

### 1. 緒言

コンクリートのオートクレーブ養生は、構造物の基礎となる地中杭をはじめとするコンクリート二次製品の製造に広く用いられているコンクリート高強度化手法の一つである。オートクレーブ養生は、約180°C-1MPaという高温・高圧養生で、養生直後に所要の高強度が得られ、製品の早期出荷を可能とする等の利点がある。しかしながら、近年の自然環境が地球規模で急激に変化している現代社会の中で、オートクレーブ養生について、その熱源となる熱エネルギー(重油・LNG・LPG)消費の抑制や排出されるCO<sub>2</sub>の削減といった環境負荷低減の観点から研究された例はない。また、オートクレーブ養生による本質的な高強度発現メカニズムの解明は、今後更なる高強度化理論構築にも連携する重要な研究の一つであるが、まだ十分な検討をされた例はない。

そこで筆者等は、オートクレーブ養生温度を低温化し、消費する熱エネルギーを抑制することで環境への負荷を軽減する新しいオートクレーブ養生方法に関する研究を開始した。現在、オートクレーブ養生で製造されている多くは、主にセメントとけい石粉末、骨材を原材料としているが、養生温度を下げると圧縮強度は大きく低下する。これは、けい石粉末のケイ石源としての反応性が低いことによると推察している<sup>1)2)</sup>。

本研究は、オートクレーブ養生温度を180°Cから約150°Cまで低温化することで熱エネルギーを抑制し、その圧縮強度を150 N・mm<sup>-2</sup>以上とすることを目標に、前置き養生、オートクレーブ養生の各条件を決定することを目的としている。今回は、シリカフェームを配合に含む200 N・mm<sup>-2</sup>級の超高強度繊維補強コンクリート<sup>3)</sup>のプレミックス粉末を用いた超高強度モルタルを使用し、前述の各養生条件を変化させた場合の強度特性、細孔構造に着目して検討を行った。

### 2. 実験方法

#### 2-1. セメント硬化体の配合

モルタルの配合はTable. 1に示す通りで、

「超高強度繊維補強コンクリートの設計・施工指針(案)」<sup>3)</sup>にあるプレミックス粉体から鋼繊維を除き、その相当量の珪砂を混合した鋼繊維無混入のモルタルとした。

#### 2-2. 練混ぜおよび成型

練混ぜは、100 のモルタルミキサーを使用し、プレミックス材に水を加えて低速で2分、高速で3分練混ぜを行った。なお、練混ぜおよび成型は20°Cの恒温室で行い、型枠への充填性や材料分離を考慮し、フロー値(0打)が250mm±10mmとなるよう高性能減水剤添加量を調整した。練混ぜ終了後、φ50mm×100mmのスチール製型枠に流し込み、濡れウエスをかぶせ前置き養生を開始した。

#### 2-3. 養生条件

オートクレーブ養生は前置き養生終了後、実際のコンクリート製品の養生パターンを考慮し、65°Cで4時間の蒸気養生を行い、180°Cまたは150°Cで3時間行った。なお、蒸気養生開始前の前置き養生時間を0, 4, 18, 72時間とし、比較のため90°Cの蒸気養生<sup>3)</sup>も行った。

#### 2-4. 圧縮強度試験

オートクレーブ養生が完了した硬化体は、端面をダイヤモンド研磨機で研磨して端面を平坦にした後に圧縮強度を測定した。

#### 2-5. 細孔空隙径分布の測定

硬化体をダイヤモンドカッターで3~5mmに

Table.1 Composition of ultra-high strength mortar

Composition of mortar (kg・m <sup>-3</sup> )			
Water	Premix material	Sand	Water-reducer
180*	2254	53	22

\* : including water-reducer

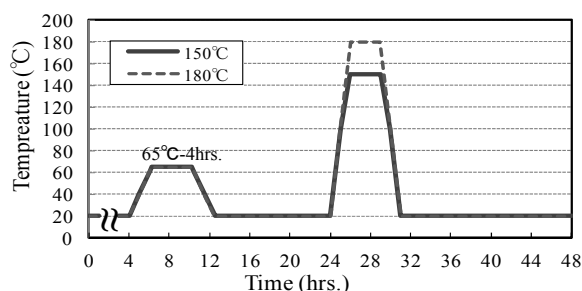


Fig.1 Curing patterns of autoclave curing after pro curing

An Attempt to Lower Autoclave Curing Temperature Using Ultra-High Strength Mortar Containing Silica Fume

Shin YAMAGUCHI, Shigeo KOSHIKAWA, Masami UZAWA,  
 Yoshinari ITOH, Naotfumi Iwasaki

切り出し、アセトンで水分を除去した後、D乾燥で3日間乾燥し測定試料とした。空隙径分布の測定には、水銀圧入式ポロシメーターを使用し、空隙径3nm~10 $\mu$ mを測定範囲とした。

### 3. 実験結果および考察

#### 3-1. 前置き養生時間と圧縮強度

Fig. 2に前置き養生時間と圧縮強度の関係を示す。前置き養生時間の経過とともに圧縮強度は増加し、十分な前置き養生時間を経過した72時間の場合、養生温度が180 $^{\circ}$ C、150 $^{\circ}$ C場合とも約240 N $\cdot$ mm $^{-2}$ とほぼ同等の圧縮強度となった。また、前置き養生18時間では、180 $^{\circ}$ Cと150 $^{\circ}$ Cではそれぞれ230 N $\cdot$ mm $^{-2}$ 、224 N $\cdot$ mm $^{-2}$ となり、150 $^{\circ}$ Cの場合が若干低くなった。これらの結果に対し、まだ固まらないまま養生した前置き養生時間4時間、0時間では、圧縮強度が190~210 N $\cdot$ mm $^{-2}$ であり、他の前置き時間に比べて圧縮強度は低下し、180 $^{\circ}$ Cと150 $^{\circ}$ Cとの強度差は、広がる傾向が認められた。以上のことは、コンクリート製品の生産効率から従来から行われている前置き養生時間4時間としている実製造工程において、オートクレーブ温度を低温化するためには、前置き養生時間を長くする等の改善を示唆するものである。さらにシリカフューム混入高強度モルタルでは、オートクレーブ養生温度の低温化に対する圧縮強度低下の割合が小さいことから、シリカフュームが、低温化を可能とする有効な材料の一つになることを示した。

#### 3-2. 前置き養生時間と細孔構造

Fig. 3に各試料の空隙径分布を示す。前置き養生時間72時間の空隙径分布は、90 $^{\circ}$ Cの蒸気養生の場合と同様であった。これに対し、前置き養生時間18時間以前の試料は、ゲル空隙が減少し、6-10nmと10-50nmの毛細管空隙が増し、100-500nmの粗大空隙も増大する。その量は150 $^{\circ}$ Cの方がやや多い。また全空隙量は、前置き養生時間が長いほど少なくなる傾向であった。

#### 3-3. 圧縮強度と細孔構造

Fig. 4, 5に圧縮強度と空隙量の関係を示す。従来の傾向と同様に、Fig. 4に示す全空隙量と圧縮強度の関係は全空隙量が少ないほど圧縮強度が高くなる傾向が顕著であり、Fig. 5に示す3-6nmのゲル空隙量と圧縮強度の関係は、ゲル空隙が多いほど圧縮強度は高くなる傾向が顕著で直線で近似されることが認められた。

### 4. まとめ

本研究により得られた知見を以下に示す。

- (1) 前置き養生時間を72時間と十分に長くすることにより、オートクレーブ養生温度が180 $^{\circ}$ Cと150 $^{\circ}$ Cではほぼ同じ圧縮強度を示した。
- (2) オートクレーブ養生温度の低温化には、反応性の高いシリカフュームの添加が有望な方法であることを確認した。

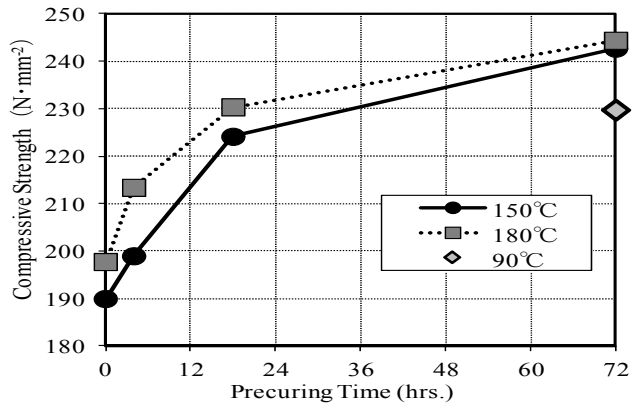


Fig.2 Relationships between precurating time and compressive strength.

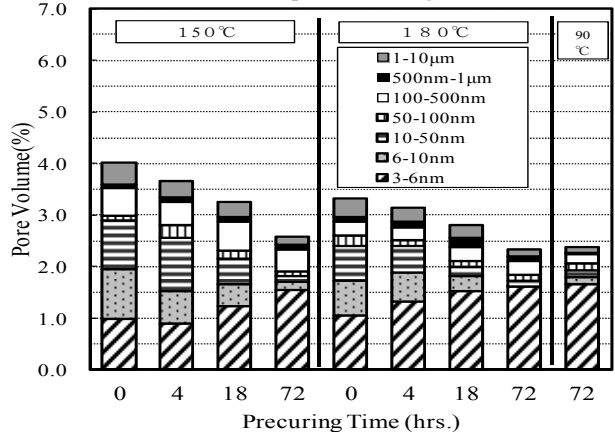


Fig.3 Pore distribution diagram of hardened mortar cured by autoclave at various conditions.

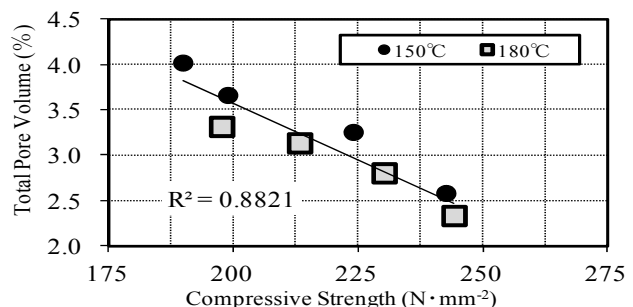


Fig.4 Relationships between total pore volume and compressive strength.

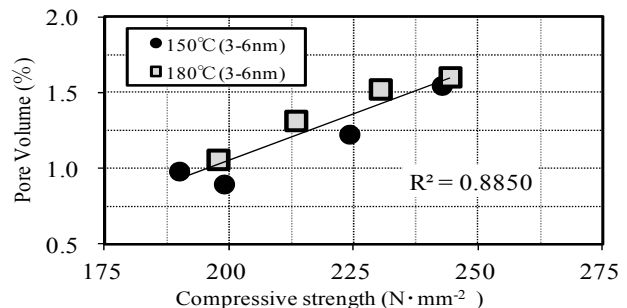


Fig.5 Relationships between pore volume of 3-6nm and compressive strength.

### 参考文献

- 1) 三谷裕二ほか、Ca/Si比がオートクレーブ養生したセメント硬化体の諸特性に及ぼす影響第63回セメント技術大会講演要旨、(2009) p60-61.
- 2) 山口晋ほか、低環境負荷型オートクレーブ養生に関する基礎研究 第65回土木学会年次学術講演会、V-414、(2010) p827-828.
- 3) (社)土木学会、コンクリートライブラリー113、(2004) p57-59.