

低温オートクレーブ養生セメント硬化体の 強度発現性に関する研究

日大生産工 ○山口 晋 太平洋セメント(株) 鶴澤 正美
日大生産工 越川 茂雄 日大生産工 伊藤 義也
日大生産工 町長 治 日大生産工(院) 田沢 和之

1. はじめに

高強度コンクリートを製造するオートクレーブ養生は、一般に約180℃-1MPaの高温・高圧蒸気養生により、結晶性のケイ酸カルシウム水和物であるトバモライトが生成されることにより高強度を得る¹⁾ものである。このAC養生は、高強度コンクリートパイル等のコンクリート二次製品の製造に広く採用されている。ただし、オートクレーブ養生の場合、その熱源は一般に化石燃料（重油・LNG・LPG）の燃焼によるもので、多くのCO₂を発生する問題を有している。

以上のことから、近年では、コンクリート製造においてもこのCO₂の削減が、環境保全の見地よりも急務となっている。この解決は、前述で述べたオートクレーブ養生温度の低温化による熱エネルギーの抑制によって、CO₂排出量の低減が考えられる²⁾。

本研究は、CO₂排出量削減を目的とし、一般に行われているオートクレーブ養生（180℃-1MPa）より、30℃低温化した150℃-0.5MPaの低温型オートクレーブ養生を行ったセメント硬化体の強度発現性について実験検討するものである。

2 実験方法

2-1. セメント硬化体の配合

セメント硬化体の配合は、セメント、シリカフューム、ケイ石粉末と細骨材があらかじめ混合されたT社製のプレミックス材に高性能減水剤を加えたものである。

2-2. 供試体作製

練混ぜは100 のモルタルミキサーを使用し、

表.1 配合表

単位量 (kg/m ³)		
水	プレミックス材 (標準配合粉体)	混和剤 高性能減水剤
180	2254	22

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。

供試体は、寸法5cm×10cmLの円柱供試体を作製した。なお、練混ぜ及び成型は20℃環境下で行った。

2-3. 養生条件

オートクレーブ養生前に65℃-4時間保持の常圧蒸気養生を行った後、昇温（降温）速度を80℃/hとして180℃および150℃を3時間保持した。この場合の脱型前の前置き養生（以下、初期養生）は、0h（練混ぜ直後）、4h、18h、72hである。

なお、参考値として「超高強度繊維補強コンクリートの設計・施工指針（案）」に準拠した90℃48時間保持したものも実験を行った。

2-4. 試験方法

(1) 圧縮強度試験

圧縮強度試験はJSCE-G505-1999「円柱供試体を用いたモルタルまたはセメントペーストの圧縮強度試験方法」に準拠し、3本の平均を結果とした。

(2) 細孔測定

水銀圧入式ポロシチメーターは、M社製の細孔直径が100μm～3nmの測定範囲のものをを用いた。

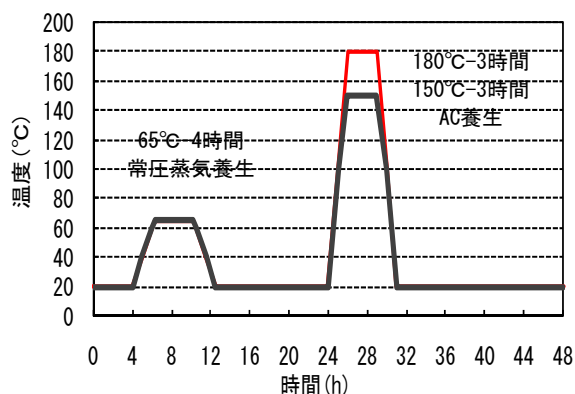


図.1 オートクレーブ養生温度パターン一例

Strength Development on Low Environmental Impact Autoclave Curing

Shin YAMAGUCHI, Shigeo KOSHIKAWA, Osamu MACHINAGA,

Yoshinari ITOH, Masami UZAWA, Kazuyuki TAZAWA,

3. 実験結果および考察

3-1. 圧縮強度

図. 2に養生時間と圧縮強度の関係を示す。180℃オートクレーブ養生は、初期養生時間が短い0 h, 4 hの場合においても、180~190N/mm²の結果に対し、150℃CAC養生は、150~160N/mm²と180℃CAC養生と比べ80%程度の強度発現しか認められなかった。しかし、完全に凝結が完了した初期養生を18h以上とした場合、180℃CAC養生の約220 N/mm²に対し、150℃CAC養生では約200 N/mm²と90%程度の強度発現が認められた。また、18 hと72 hとは同じ程度の圧縮強度であった。

3-2. 細孔構造に関する検討

図. 3に各試料の空隙径分布を示す。初期養生時間に関わらず、同一温度での空隙径分布は類似しており、3~6 nmのゲル空隙の量はほぼ同程度であった。全空隙量は150℃>180℃となった。

一般に20℃の水中養生では、全細孔量が少なく3~6 nmのゲル空隙量が多い方が高強度となる。オートクレーブ養生では結晶性のC-S-Hの生成の可能性もあり³⁾、今後の課題となる。

一方、全空隙量と圧縮強度の関係（図. 4）は直線近似が最も相関係数が高かった。水中養生供試体では、全空隙量と圧縮強度は指数関数で近似するが、オートクレーブ養生では異なった挙動を示す可能性がある。今後、電子顕微鏡観察やXRDなどを通して、生成結晶や生成したC-S-Hの形態などに注目していく。

3-3. 低温オートクレーブの可能性

コンクリート二次製品は初期養生時間が0 hで図. 1の養生パターンで製造されている。この条件では図. 2より150℃と180℃の圧縮強度の差異は大きい。3-1.でも述べたように18 h以上の初期養生時間を経過すれば、両者の差異は小さくなることが判明した。すなわちコンクリートの凝結時間を考慮すれば、オートクレーブ温度の低温下が可能であることを示唆しているものである。また、本試料にはシリカフュームが多量含まれていることも重要な要因である。超高強度パイルでは圧縮強度150 N/mm²が一つの強度の目安になることから、今後は水セメント比やシリカフューム含有量などを水準に検討を続けていく。

4. まとめ

- (1) 初期養生時間を完全に凝結が完了した18 h以上とすることでオートクレーブ温度の低温下の可能性が示唆された。
- (2) 全細孔量と圧縮強度をプロットすると良好な相関係数を持つ直線近似線が得られた。

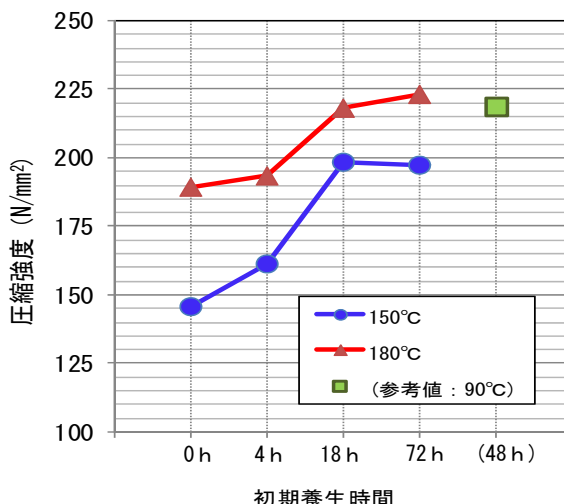


図. 2 養生温度と圧縮強度の関係

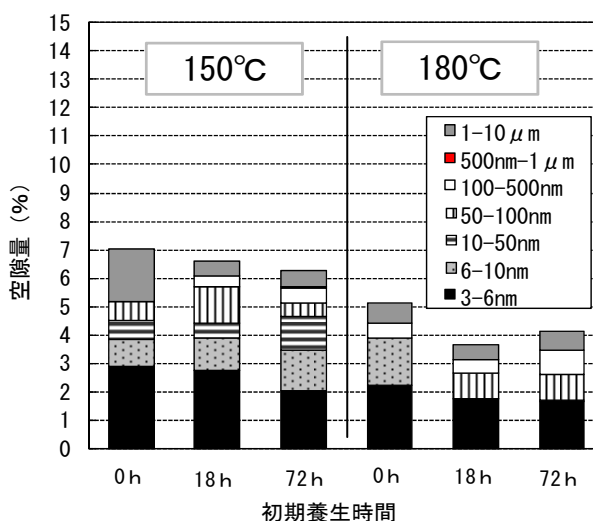


図. 3 初期養生時間と空隙径分布

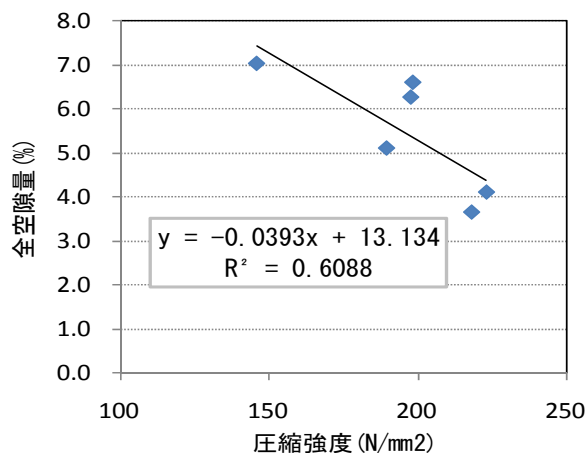


図. 4 全空隙量と圧縮強度の関係

「参考文献」

- 1) 須藤儀一ほか、オートクレーブ養生の高強度発生機構、コンクリート工学, Vol. 14, No. 3, pp. 20-24 (1976)
- 2) 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, pp. 60-61 (2009)
- 3) 鶴澤正美ほか、種々の条件で養生した高強度モルタルの微細構造と強度、セメントコンクリート論文集, No. 52, pp. 96-102 (1998)