

脱型強度の違いによるオートクレーブ養生高強度モルタルの圧縮強度

日本大学 学生会員 ○山内 佑馬
 日本大学 正会員 山口 晋
 日本大学 正会員 伊藤 義也

1. はじめに

近年、あらゆる産業・業界において環境負荷低減への取組みは必須とされており、コンクリート二次製品業界においても活発に研究が行われている。¹⁾しかし、地中杭をはじめとする高強度コンクリート二次製品の製造に一般的に用いられているオートクレーブ養生(以下、AC 養生)については、環境負荷低減に関する研究は殆どされていない。また、AC 養生は重油等の化石燃料を多量消費することから、早急な対応策が求められている。

以上のことから研究者は、AC 養生温度を低温化することで使用する熱エネルギーを抑制し、CO₂排出量ならびに化石燃料の消費を低減し、その圧縮強度が 150N/mm² を目標に新しい AC 養生技術に関する研究を開始し、シリカフュームの添加および前置き養生を十分に長くすることで、AC 養生温度の低温化が十分に可能であることを示している。²⁾

本研究は、シリカフュームを添加した高強度モルタルを用いて、脱型強度の違いが AC 養生後の強度発現性に及ぼす影響と AC 養生後の微細構造に関する検討を行ったものである。

2. 使用材料および配合

使用した材料は、普通ポルトランドセメント(密度 3.16g/cm³)、シリカフューム(密度 2.30g/cm³)、けい石微粉末(密度 2.66g/cm³)、5号珪砂(密度 2.66g/cm³)および高性能 AE 減水剤である。配合は、表.1 に示す通りで、実製造を考慮して W/C は 30% とし、シリカフュームの添加率は 10% と一定とした。

3. 供試体作製および養生条件

3-1. 供試体作製

練混ぜは 5ℓ のモルタルミキサーを使用し、低速で 3 分、高速で 4 分練混ぜを行った。供試体は、寸法 5×10cm の円柱供試体を作製した。

表.1 配合

W/C (%)	単位量 (kg/m ³)					SP (kg)
	W	C	F		S	
			SF	Q		
30	162.5	650	65※	219	1300	32.5

※C×10%

3-2. 養生条件

養生パターンの一例を図.1 に示す。実製造では、練混ぜ後型枠に打設し、遠心成型を実施した後に、数時間程度の前置き養生を行う。次に、脱型を目的とした常圧蒸気養生を行い AC 養生を実施する。生産効率上の数時間の前置き養生は、AC 養生温度の低温化には十分な前置き養生時間を必要とするこれまでの研究成果およびコンクリート凝結前に受ける高温履歴が、コンクリートの強度発現性に影響を及ぼすとの既往の報告³⁾より、前置き養生時間は、凝結時間前後を含む 3, 6, 12, 18, 24, 36, 48, 72 時間の 8 水準で検討を行った。各前置き養生後、65℃4 時間の常圧蒸気養生を実施後、180, 150, 130℃の AC 養生を行った。

4. 試験方法

4-1. 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」に準拠した。なお、前置き養生後の脱型強度は、アンボンドキャッピングした供試体で試験を行った。常圧蒸気養生および AC 養生後は、研磨処理後に行った。

4-2. 細孔空隙測定

細孔空隙測定には、細孔測定直径範囲が 100μm～0.003μm の水銀圧入式ポロシチメーターを用いた。測定試料は、AC 養生後の供試体からダイヤモンドカッターを用いて約 3～5mm の試料を切り出し、直ちにアセトン浸漬により水和を停止した後に D 乾燥を実施したものを解析試料とした。

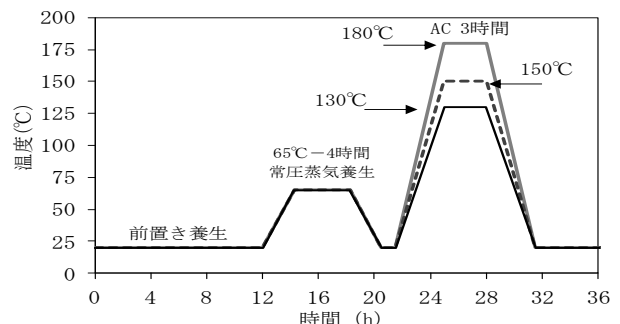


図.1 養生パターン

環境負荷低減 オートクレーブ養生 シリカフューム 脱型強度 細孔空隙測定

〒275-8575 千葉県習志野市泉町 1-2-1 日本大学生産工学部土木工学科 TEL047-474-2420

5. 実験結果および考察

5-1. 圧縮強度試験結果

(1) 各前置き養生および常圧蒸気養生後の脱型強度

図. 2 に各前置き養生および常圧蒸気養生後の脱型強度を示す。まず前置き養生は、終結直後の 18h で 1.7N/mm^2 を示し、養生時間に比例して強度は増加した。その後、72h で 71.1N/mm^2 となり、18h に対して約 40 倍の強度発現が認められた。

次に、各前置き養生時間毎に常圧蒸気養生を実施した後の脱型強度は、12h で 65.1N/mm^2 と大きな強度増加が認められたが、前述の前置き養生後の強度発現性の直線的な増加傾向と異なり、終結以降の強度増加の割合は小さかった。

(2) 各前置き養生毎の AC 養生後の圧縮強度

図. 3 に各前置き養生毎に実施した AC 養生後の圧縮強度試験結果を示す。180℃の場合、終結後の 18h で 153N/mm^2 の強度発現が認められたが、それ以降の強度増加は認められず 72h とほぼ同等の値となった。これに対し、AC150、130℃の場合は、18h 以降も強度の増加が認められ、AC150℃の 72h では、180℃の強度に対して約 91%の強度発現性が認められた。

以上のことから、AC 養生温度の低温化による一般の 180℃の場合と同等の圧縮強度を得るためには、十分な前置き養生時間、つまり十分な脱型強度を確保することが必要であることを示している。また、AC150℃の場合、目標の 150N/mm^2 を確保するためには、現在の 20℃の前置き養生では、48h 以上の時間を必要とすることを明らかにした。

5-2. 微細空隙に関する検討

次に、図. 4 に 前置き養生時間と各空隙量の関係を示す。前置き養生時間は、若材齢の 6h、終結前の 12h、終結直後の 18h、長期材齢の 72h とした。まず、前置き養生時間と全空隙量との関係は、130、150℃の場合前置き養生時間が長くなるほど全空隙が減少する傾向が認められた。180℃の場合、12h で 6.7%を示し、それ以降の全空隙の減少は認められず 72h とほぼ同等の値となった。また、72h-150℃と 12h-180℃の全空隙量がほぼ同等の値となったこの結果より、前置き養生時間を長くすることで低温 AC 養生でも全空隙の減少が可能であることを明らかにした。

次に、前置き養生時間と 3-6nm のゲル空隙量の関係は、130、150℃の場合前置き養生時間が長くなるほどゲル空隙量の増加する傾向が顕著であった。80℃の場合は、6h から 72h でゲル空隙量の増加は認められなかった。

6. まとめ

本研究の成果は、以下の通りである。

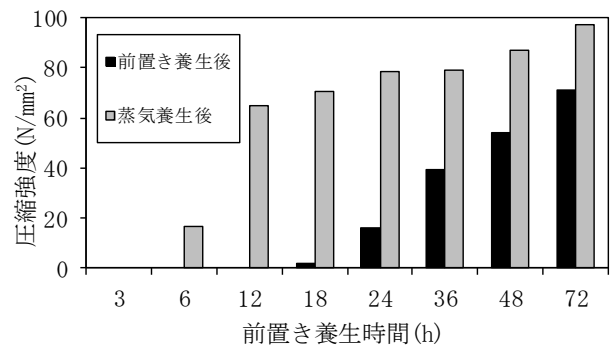


図. 2 各前置き養生および常圧蒸気養生後の脱型強度

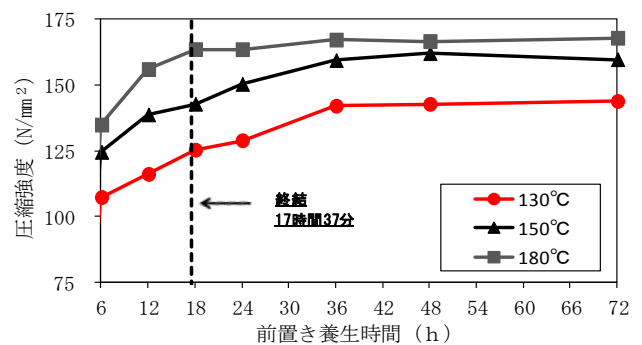


図. 3 各前置き養生毎の AC 養生後の圧縮強度

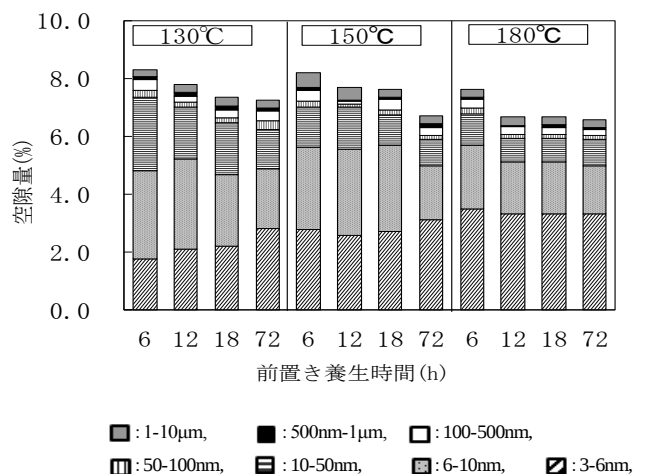


図. 4 前置き養生時間と各空隙量の関係

- 1) 低温 AC 養生の確立には、十分な脱型強度が必要であることを示した。
- 2) 前置き養生時間を長くするほど、C-S-H の生成によるゲル空隙量の増加、全空隙量の減少により緻密化し、高強度化することを示した。

参考文献

- 1) 柄澤英明, コンクリート工学, 48, No.9, 102-105(2010)
- 2) 山口晋, 越川茂雄, 町長治, 鶴澤正美, 伊藤義也, 無機マテリアル学会誌, 18, 254-259(2011)
- 3) 森寛晃久, 我龍一郎, 小川彰一, 高橋晴香, 太平洋セメント研究報告, 第 161 号(2011)