

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とその疲労強度

日大生産工 (院) ○木村 裕介 日大産工 山口 晋 日大生産工 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。

そこで研究者は, 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養生後の疲労特性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²⁾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. 繰返し疲労試験および静弾性係数

疲労試験の試験条件は, 表.2に示す通りである。疲労試験後の静弾性係数の測定は, JIS A 1149「コンクリートの静弾性係数試験方法」に準じて試験した。

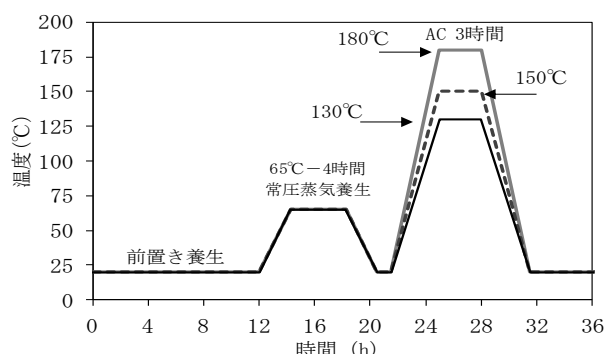


図.1 養生パターン

表.2 疲労試験の試験条件

前置き養生時間	応力比	下限荷重	周波数	繰返し回数
12h	静的圧縮強度 30% 40% 45% 50%	2kN	3Hz	100万回
72h	30% 40% 45% 50%			

Compressive strength of autoclaving high strength mortar under different demolding strength and its fatigue strength

Yusuke Kimura, Shin Yamaguchi, Yoshinari Itoh

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/mm²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/mm²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/mm²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/mm²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。

これらは、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と考えられる。また、AC150℃の場合、目標の150N/mm²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. 疲労試験結果および静弾性係数

表.3に疲労試験の結果を示す。応力比が30～45%の場合、疲労後の残存強度は静的圧縮強度とほぼ同等となり、圧縮強度の低下は認められなかった。応力比50%の場合は、200回前後で破壊された。これらのことから、本研究の対象となる150N/mm²以上の超高強度モルタルの100万回疲労強度は、静的強度の50%以下程度となることがわかった。既往の報告⁴⁾の通り、高強度コンクリートの疲労強度は、一般に言われている普通強度コンクリートの100万回、200万回疲労強度が、静的強度の50～70%程度よりも低下する傾向と同様の結果が認められた。

静弾性係数については、応力比が高いほど低下する傾向が認められた。これは繰返し荷重によって、強度に影響しない程度の微細空隙が生じたことによるものと推察した。今後は、走査型電子顕微鏡観察や細孔空隙測定により更なる検討を行う予定である。

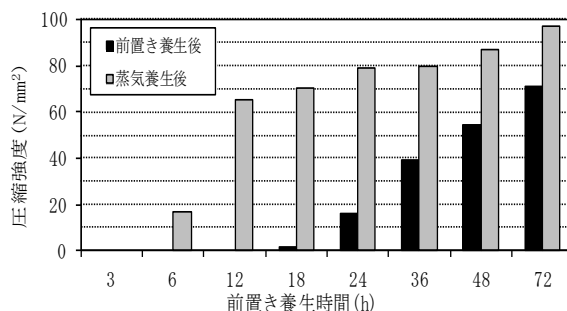


図.2 各前置き養生および常圧蒸気養生後の脱型強度

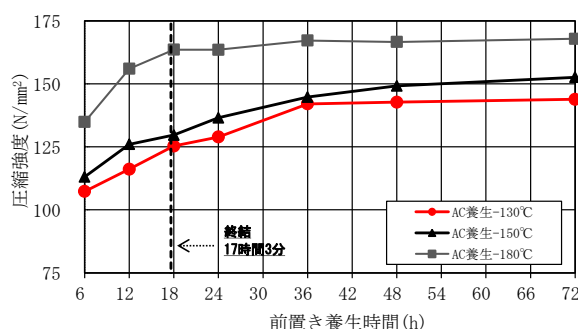


図.3 各前置き養生毎のAC養生後の圧縮強度

表.3 疲労試験後の残存圧縮強度および静弾性係数

前置き養生時間	静的圧縮強度 (N/mm ²)	応力比	繰返し荷重 (kN)	残存圧縮強度 (N/mm ²)	静弾性係数 (kN/mm ²)
12h	156.3				45.93 50.39 } 48.16
		30%	92.1	143.1	45.61 42.99 } 44.30
		40%	122.8	155.8	33.50 34.27 } 33.89
		45%	138.1	135.2	27.69 26.10 } 26.90
		50%	153.5	212回破壊	
72	170.9				43.92 54.32 } 49.12
		30%	100.7	178.8	48.24 37.38 } 42.81
		40%	134.2	181.6	44.27 39.10 } 41.69
		45%	151.0	181.1	33.25 42.26 } 37.76
		50%	167.8	198回破壊	

6. まとめ

本研究の成果は、以下の通りである。

- 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) 100万回疲労強度は静的圧縮強度の45%～50%程度となった。また、残存圧縮強度の低下は見受けられなかった。静弾性係数は応力比が高いほど低下する傾向となり、今後更に検討する必要性を示した。

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)
- 4) 林宏信, 児島孝之, 高木宜章, コンクリート工学年次論文報告集, Vol, No3, 1999