

# 蒸気養生方法の相違が高流動コンクリートの強度および微細構造に及ぼす影響

福岡大学 学生会員 古藤 昌弘      福岡大学 正会員 添田 政司  
 (株)富士ピー・エス 正会員 徳光 卓      福岡大学 正会員 大和 竹史

## 1. まえがき

高い流動性と充填性を有する高流動コンクリートはPC工場製品に適しておりその使用が拡大しつつある。高流動コンクリートは粉体量が多い為、普通コンクリートに比べて水和熱が高くなること<sup>1)</sup>や、蒸気養生を行った実桁内部の温度が約80℃まで高温になること、さらに材齢28日におけるコア供試体の強度発現性が劣る等の報告<sup>2)</sup>を行ってきた。本研究では、PC工場製品に用いる高流動コンクリートに適した蒸気養生方法を明らかにするため蒸気養生方法の相違が高流動コンクリートの強度および微細構造に及ぼす影響について検討を行った。

## 2. 実験概要

**使用材料**：結合材には早強ポルトランドセメント（比重 3.14、粉末度4530cm<sup>2</sup>/g、略号:HP）と高炉スラグ微粉末（比重 2.91、粉末度 4260cm<sup>2</sup>/g、略号:BS）を使用した。細骨材は砕砂（比重 2.82、粗粒率 2.47、吸水率 0.74%、実績率55.3%、略号:S1）と石灰砂（比重2.65、粗粒率3.09、吸水率1.01%、実績率56.9%、略号:S2）の2種類を使用し、粗骨材は碎石（比重2.90、粗粒率6.63、吸水率1.01%、実績率60.5%、略号:G）を使用した。混和剤はポリカルボン酸系の高性能AE減水剤（略号:SP）を使用した。

**配合及び養生方法**：コンクリートの配合は、水結合材比 35%、総粉体量500kg/m<sup>3</sup>一定とした。その配合を表-1に示す。蒸気養生条件は、図-1に示す蒸気養生中の実桁内部と表面部の温度測定結果<sup>2)</sup>を基に、練り上がり温度、前置き温度、昇温勾配、最高温度、温度保持時間、降温勾配を変化させ、11種類の蒸気養生条件を行った、その蒸気養生条件を表-2に示す。蒸気養生方法はプログラム蒸気養生槽を用いて行った。なお、後養生は気中(20℃)と水中(20℃)の2種類とした。

**試験方法**：フレッシュ性状の評価にはスランプフロー試験（65±5cm）、Vポート試験（10±5秒）とUポート充填性評価試験（25cm以上）、空気量（2±0.5%）を行った。圧縮強度試験（JIS A 1108）は、10×20cmの円柱供試体を用い、材齢1日及び28日にそれぞれ行った。細孔容量測定は供試体から採取した5～2.5mmのモルタル部分について水銀圧入式ポロシメーターを用いて行った。ひび割れ測定は角柱供試体中央部を切断し、入念に研磨した後に、顕微鏡を用いてひび割れ本数を測定した。

## 3. 結果及び考察

図-2は表-2に示す蒸気養生を行った時の積算温度と圧縮強度の関係を示したものである。図より、蒸気養生した高流動コンクリートの材齢1日の強度と積算温度の関係はほぼ直線になり、以下の回帰式が得られた。

表 - 1 コンクリートの配合表

W/P %	s/a %	HP	BS	S1	S2	G	W	SP
		kg/m <sup>3</sup>						
35.0	53.8	350	150	489	452	845	175	1.00

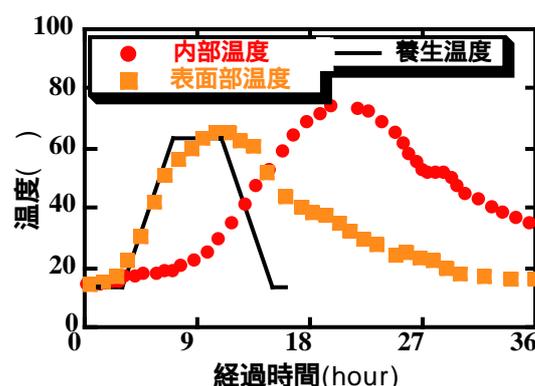


図 - 1 蒸気養生中の実桁内部と表面部の温度測定結果

表 - 2 蒸気養生条件

No.	練り上げ ( )	前置 ( )	昇温	最高温度	降温	後置	積算温度 (・h)		
			( /h)	( h)	( /h)	( h)			
1	10	30	5	50	8	50( )一定	800		
2		10	12.5	60	4	12.5	10	760	
		30	2.5	40	8	50( )一定	700		
4	20	20	15	80	3	7.5	20	1230	
5			10	60	4	10	8	1010	
6			7.5	50	4	7.5	7	900	
7			5	30	8	5	3	670	
8	30	30	12.5	80	3	6.3	30	2	1250
9			2.5	40	4	2.5		1	720
10			2.5	35	8	2.5		3	810
11			30 ( ) × 21 (hour)			(一定)		840	

キーワード：高流動コンクリート、蒸気養生、積算温度、圧縮強度、細孔構造

連絡先：福岡市城南区七隈8-19-1, TEL 092-871-6631, FAX 092-864-8901

$$f_c = 48.7 \log(M) - 99.1 \quad R=0.85$$

この式より、材齢1日の目標強度 40N/mm<sup>2</sup>を得るためには、720・h以上の積算温度を与えればよいことが分かった。

図-3は蒸気養生条件の異なる材齢28日圧縮強度試験結果を示したものである。蒸気養生条件の影響では、初期の積算温度が900・hより低いもの程、材齢28日での強度発現性は良好であった。積算温度が最も高い蒸気養生条件No.8では目標強度を得ることができなかった。これは、初期に高温を受けるため、その後の強度発現性に劣ったものと考えられる。蒸気養生後の後養生の影響では、いずれの場合も気中養生の方が水中養生に比べ3.5%程度劣る結果となった。これらの要因を明らかにするため、次に細孔構造について検討を行った。

図-4は積算温度と全細孔容積の関係を示したものである。なお、材齢28日については初期に与えた積算温度の関係としている。材齢1日では積算温度が1000・h程度までは積算温度が高くなる程細孔容積が減少する傾向にあった。これは材齢28日においても同様であり、圧縮強度が高いもの程細孔容積は小さくなる傾向にあった。積算温度が1250・hでは材齢1日において強度が高いにも関わらず、細孔容積は大きくなっていることから、次に骨材界面に発生した微細なひび割れについて検討を加えた。

図-5は骨材界面でのひび割れ幅測定位置を示したもので、ひび割れの幅毎にひび割れ本数と蒸気養生条件との関係を図-6に示す。蒸気養生条件の影響では、最高温度80で積算温度が高い条件No.8の場合のひび割れ本数が最も多くなった。後養生の影響では、水中養生したものより気中養生した方が、ひび割れ本数、幅ともに大きくなる傾向にあった。これらのことから積算温度が高い場合の強度発現性が劣った要因としては、モルタル部分の細孔構造よりも骨材とモルタルとの界面に多数発生する微細なひび割れが大きく影響しているものと考えられる。

#### 4. まとめ

本研究の結果より、従来の蒸気養生方法より積算温度を250・h程度低減させても十分な初期強度が得られた。材齢28日では、初期に与える蒸気養生の積算温度が高くなる程、硬化コンクリートの細孔容積が大きくなり、微細なひび割れが多くなるため、強度発現低下が見られた。以上のことから、PC工場製品に高流動コンクリートを用いる場合は、蒸気養生温度を従来パターンより低い40～50、積算温度で750～900・hに設定することで強度発現性の改善につながり、さらには省資源・省エネルギー化にもつながるものと思われる。

#### 参考文献

- 1) 左東ら:早強性高流動コンクリートの発熱特性第6回シンポジウム論文集 .pp653-658.1996
- 2) 古藤ら:PC工場製品に用いる高流動コンクリートに適した蒸気養生方法に関する一考察.土木学会西武支部研究発表会講演概要集.pp800-801.2000

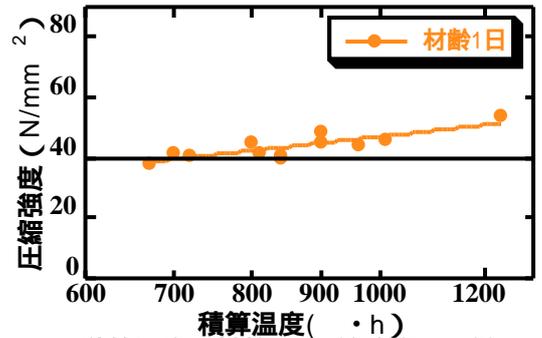


図-2 積算温度と材齢1日圧縮強度の関係

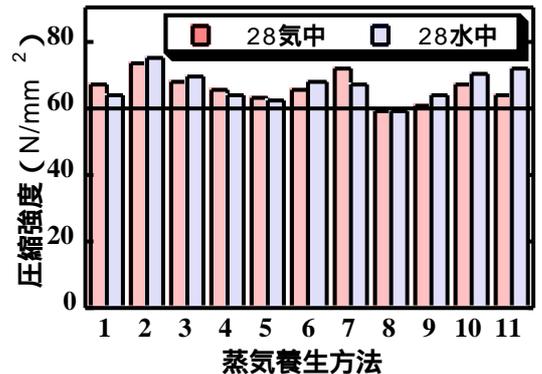


図-3 材齢28日圧縮強度試験結果

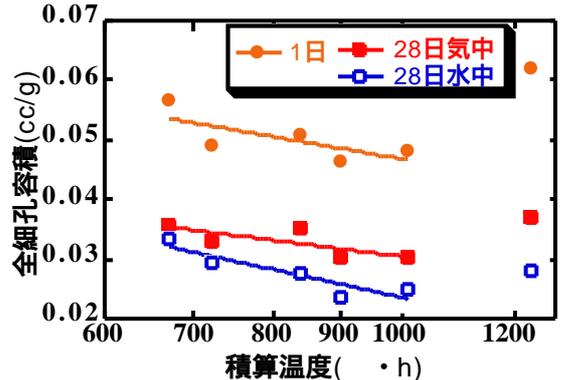


図-4 積算温度と全細孔容積の関係

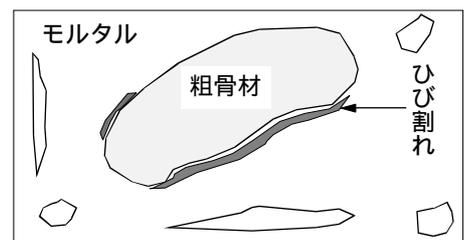


図-5 骨材界面でのひび割れ幅測定位置

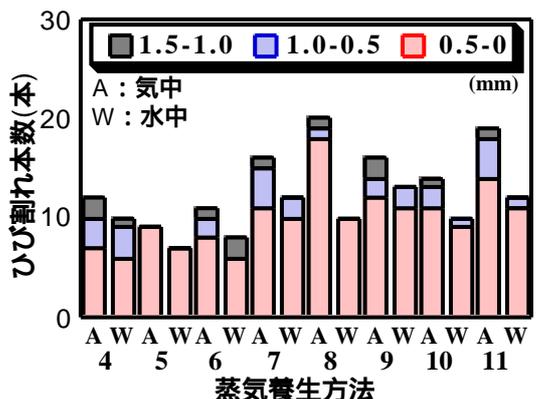


図-6 蒸気養生条件とひび割れ本数の関係