

UDC 666. 97. 035. 56
666. 973. 017: 539. 411. 015

軽量骨材コンクリートの高圧蒸気養生

——圧縮強度におよぼす養生条件の影響——

High-Pressure Steam Curing of Lightweight Aggregate Concrete
——Effects of curing conditions on the compressive strength——

小 林 一 輔・伊 藤 利 治

Kazusuke KOBAYASHI・Toshiji ITO

1. は し が き

軽量 PC 部材を工場で生産する場合には、プレストレスの導入が可能であるような圧縮強度をできる限り短期間にコンクリートに与えることが非常に重要な課題となる。本文ではこのような課題を解決する手がかりをうるために、人工軽量骨材を用いた軽量コンクリートに対する高圧蒸気養生の適用について検討した。

コンクリートの強度を短期間に高める方法として、高圧蒸気養生が最も有効であることは一応原則的に確認されているが、その効果は、前養生期間、温度上昇速度、養生温度およびその持続時間、蒸気圧下降速度等の処理条件ならびにコンクリートの配合、コンクリートの構成材料の性質等々、多くの要因に影響されるので、所定の要求を満足する条件を見いだすことはきわめて困難である。そこで今回は、まず、直交配列表を用いた要因実験

比較検討のための河川骨材を使用した。表 2 はこれらの骨材の物理的性質を示したものである。

コンクリートは 1) 細、粗骨材ともに膨張頁岩を使用したもの、2) 細骨材に川砂を、粗骨材に膨張頁岩を用いたもの、3) 細骨材に川砂を、粗骨材に焼成フライアッシュを用いたもの、4) 細、粗骨材ともに河川骨材を用いたものの 4 種について実験を行なった。これらのコンクリートの配合は表 3 に示すとおりである。

3. 供試体の製作および高圧蒸気養生

供試体は $\phi 10 \times 20$ cm シリンダーを使用し、一条件について 3 個製作した。型枠に填充したコンクリートは、所定時間の前養生を行なった後、オートクレーブにより所定の処理条件に従って養生した。処理を終わった供試体のうち材令 1 日のものは脱型後直ちに圧縮強度試験を行ない、その他のものは所定材令まで 20°C、50% R. H.

表 1 セメントの試験結果 (日本セメント KK の試験による)

比 重	粉末度 (ブレン) (cm ² /g)	凝 結		圧縮強さ (曲げ強さ)			化 学 成 分 (%)							
		始 発 (h-m)	終 結 (h-m)	3 日	7 日	28 日	Ig-Loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Insol
3.15	3310	2-29	4-04	114 (27.6)	208 (45.4)	403 (67.7)	1.0	21.9	5.2	3.1	63.1	1.5	1.9	1.3

表 2 骨材の性質

	粒度区分 (mm)	表乾比重	吸水率 (%)	単位容積重量 (kg/m ³)
膨張頁岩	~ 5	1.85	21.8	1246
	5~10	1.42	14.3	836
	10~15	1.40	12.3	817
焼成フライアッシュ	5~10	1.55	1.67	931
	10~15	1.49	1.29	884
川川骨材	~ 5	2.63	1.66	1690
	5~20	2.63	1.03	1720

表 3 コンクリートの配合

記号	骨 材	w/c (%)	C (kg)	s/a (%)	σ_{28} (20°C水中養生) (kg/cm ²)	単位容積重量 (kg/m ³)
MM	細粗骨材ともに膨張頁岩	40	443	37	400	1709
KM	細骨材……川砂	40	458	37.5	432	1910
	粗骨材……膨張頁岩					
KJ	細骨材……川砂	40	450	37	408	1906
	粗骨材……焼成アッシュ					
KK	細粗骨材ともに河川産	40	473	37	520	2409

を行ない、これらの各種要因がコンクリートの圧縮強度におよぼす影響を調べることにした。なお今回の実験ではシリカ質粉末の添加を行っていない。

2. 使用材料およびコンクリートの配合

セメントは普通ポルトランドセメントを使用した。その性質は表 1 に示すとおりである。骨材は破砕型の膨張頁岩と焼成フライアッシュの 2 種の人工軽量骨材および

の恒温恒湿室に保存したのち乾燥状態で圧縮強度試験を行なった。処理工程を示すと図 1 のようになる。使用したオートクレーブは $\phi 30 \times 50$ cm の内法寸法を有する小型のボイラーレスタイプのものである。

また図 2 は、オートクレーブ内の温度と、コンクリート中心部の温度との関係を、細、粗骨材ともに軽量骨材を用いたコンクリートおよび河川骨材を用いたコンクリートの場合について調べた結果を示した。

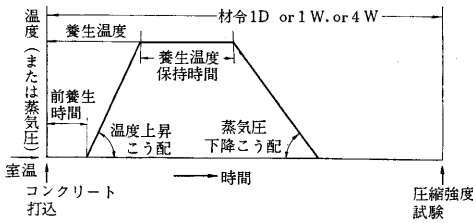


図 1

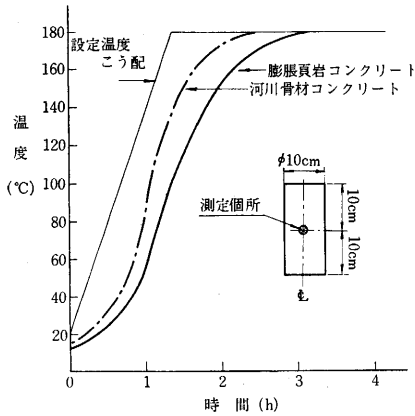


図 2 温度上昇時におけるコンクリートの内部温度測定例

表 4 要因と水準

要因	水準	1	2	3
前養生時間		30m	2 h	4 h
温度上昇速度		60°C/h	120°C/h	180°C/h
養生温度		90°C	120°C	180°C
養生温度保持時間		2 h	4 h	7 h
蒸気圧下降速度		3.3気圧/h	6.6気圧/h	10気圧/h
材令		1 D	1 W	4 W

4. 要因実験

表 4 に示した各要因を $L_{27}(3^{13})$ 型直交配列表に割りつけて要因実験を行ない、これらの要因がコンクリートの圧縮強度におよぼす影響について調べた。

表 5 は得られたデータについて要因分析を行なった結果を示したものであり、図 3~8 は各要因の主効果を示したものである。

まず、前養生時間については、焼成フライアッシュを用いたコンクリートの場合のみ有意(危険率 1%)となり前養生は最大 2 時間行なえば十分で、それ以上の時間、前養生を行えばかえって強度が低下する結果となっている。この傾向は粗骨材のみ膨張頁岩を用いたコンクリートについても見られ、一般に、軽量骨材コンクリートの場合は河川骨材コンクリートに比し、前養生時間を短縮できる可能性がある(図 3)。

温度上昇速度については、河川骨材の場合のみ有意(危険率 5%)となり、軽量骨材コンクリートでは 60°C/h ~180°C/h の範囲においては温度上昇速度の影響をほと

表 5 要因分析一覧表

(1) 細骨材ともに膨張頁岩を用いたコンクリート

要因	S	d.f.	V	F_0
前養生時間	2.48	2	1.24	0.05
温度上昇速度	1.45	2	0.73	0.03
養生温度	53.99	2	27.00	1.20
養生温度保持時間	173.10	2	86.55	3.84**
蒸気圧下降速度	36.03	2	18.02	0.80
材令	30.25	2	15.13	0.67
誤差	315.87	14	22.56	

(2) 細骨材に川砂, 粗骨材に膨張頁岩を用いたコンクリート

要因	S	d.f.	V	F_0
前養生時間	90.72	2	45.36	2.01
温度上昇速度	42.19	2	21.10	0.94
養生温度	262.00	2	131.00	5.81**
養生温度保持時間	25.06	2	12.53	0.56
蒸気圧下降速度	52.22	2	26.11	1.16
材令	131.83	2	65.92	2.92
誤差	315.86	14	22.56	

(3) 細骨材に川砂, 粗骨材に焼成フライアッシュを用いたコンクリート

要因	S	d.f.	V	F_0
前養生時間	236.13	2	118.06	9.68***
温度上昇速度	37.76	2	18.88	1.55
養生温度	195.83	2	97.92	8.03***
養生温度保持時間	39.32	2	19.66	1.61
蒸気圧下降速度	23.45	2	11.73	0.96
材令	121.71	2	60.86	4.96**
誤差	170.63	14	12.19	

(4) 細骨材ともに河川骨材を用いたコンクリート

要因	S	d.f.	V	F_0
前養生時間	28.00	2	14.00	1.37
温度上昇速度	126.40	2	63.20	6.18**
養生温度	123.81	2	61.91	6.05**
養生温度保持時間	90.87	2	45.44	4.44**
蒸気圧下降速度	3.95	2	1.98	0.19
材令	9.25	2	4.63	0.45
誤差	143.24	14	10.23	

$F(2, 14; 0.05) = 3.74$

$F(2, 14; 0.01) = 6.51$

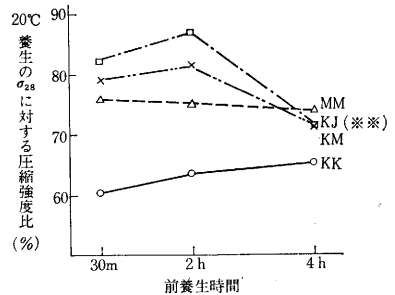


図 3 前養生時間

んど受けないことが明らかとなった(図 4)。

養生温度については、粗骨材に焼成フライアッシュを用いたコンクリートの場合に高度に有意(危険率 1%)となり、粗骨材に膨張頁岩を用いたコンクリートおよび

研究速報

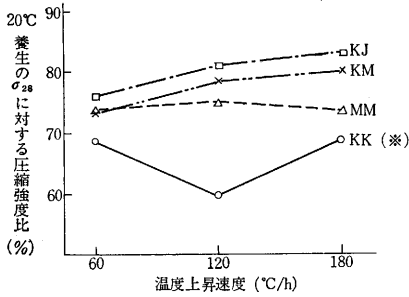


図 4 温度上昇速度

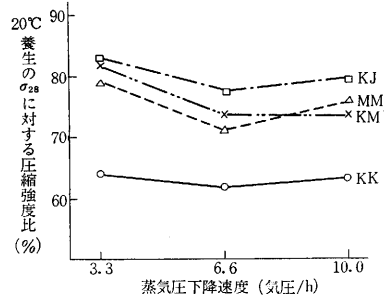


図 7 蒸気圧下降速度

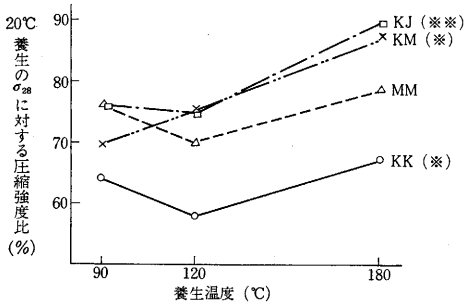


図 5 養生温度

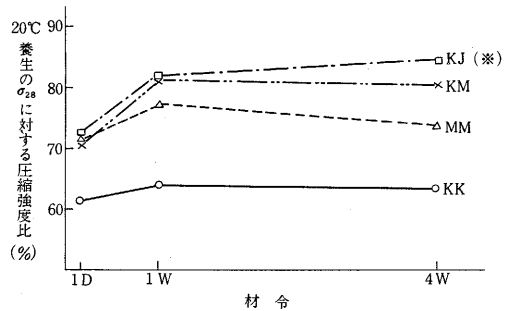


図 8 材令

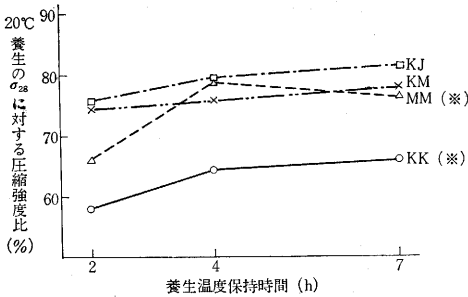


図 6 養生温度保持時間

細, 粗骨材ともに河川骨材を用いたコンクリートの場合に有意 (危険率 5%) となった. 大体の傾向としては, 前二者の軽量骨材コンクリートの場合に, 高温養生の効果が顕著であるといえる (図 5).

養生温度保持時間については, 細, 粗骨材ともに膨張頁岩を用いたコンクリートおよび河川骨材を用いたコンクリートの場合に有意 (危険率 5%) となり, いずれも最低 4 時間の養生時間を要することがわかる. 一方粗骨材のみに軽量骨材を用いた 2 種類の軽量骨材コンクリートの場合には, 2 時間から 7 時間の範囲で養生時間の影

響をほとんど受けない結果となっている (図 6).

蒸気圧下降速度については, 有意となったものがなかった (図 7). 材令については, 粗骨材に焼成フライアッシュを用いたコンクリートの場合に有意 (危険率 5%) となり, 材令 1 日から 1 週まで強度上昇が顕著であるがその後 4 週に至っても強度増進はほとんど認められない結果となっている. 同様な傾向は他のコンクリートについても認められる (図 8).

5. むすび

本実験で得られた結果をまとめると次のようになる.

- 1) 軽量骨材コンクリートに高圧蒸気養生を実施した場合には, 一般に河川骨材コンクリートの場合よりも大きい効果が得られる (図 3~8 参照).
- 2) 軽量骨材コンクリートに高圧蒸気養生を実施する場合, その処理時間は, 河川骨材コンクリートの場合に比べて短縮できる可能性がある.
- 3) 3 種の軽量骨材コンクリートにおいて, 高圧蒸気養生の効果を支配する要因は必ずしも共通ではなく, 骨材の種類や使用方法が異なれば処理条件は異なってくる.

(1966年10月27日受理)

