

東大生産技術研究所 正員 小林一輔

正員 伊藤利治

正員 河原俊厚

1. はじめ

軽量PC部材を工場で生産する場合に、プレストレスの導入が可能であるような圧縮強度も出来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。本研究はこのような課題を解決する手ざかりを得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ものである。高圧蒸気養生の効果は、前養生期間、温度上昇速度、養生温度および養生の持続時間、蒸気圧降下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考へる要因に影響される。今回は(1)直交配列表を用いた要因実験により、これらの各種要因がコンクリートの圧縮強度、引張強度に及ぼす影響を調べ、養生処理条件に関する実験、(2)減水剤等の緩和剤使用の影響についても検討した。

2. 実験装置、使用材料および実験方法

本研究に使用したオートクレーブは最大使用圧力15MPa、最大使用温度200℃で全長2500mm、内径900mmと比較的大型のボイラースタイルである。槽内4ヶ所に設置された感温部の温度調節機構の作用により温度分布の均一化を怠らざるに同時に自動運転が可能である。さらに養生槽内面と上部には強性冷却装置が設置されている。

実験に用いた軽量骨材は非造粒型膨張頁岩で比較のために河川骨材を用い、その物理的性質を表-1に示す。軽量骨材コンクリートは細粗骨材とも軽量骨材を使用した。マトリックスは普通ポルトランドセメントを使用し、その物理的性質、化学成分は表-2に示す。圧縮試験用供試体は $150\text{mm} \times 150\text{mm} \times 150\text{mm}$ の立方体、引張試験用供試体は $\phi 150\text{mm}$ の円柱体を用い、1条件3本とした。養生処理条件に関する実験に用いたコンクリートの配合および緩和剤の実験に用いたコンクリートの配合は表-3・4に示す。緩和剤の実験における処理条件は次の通りである。前養生時間2時間、養生保持時間4時間、蒸気圧降下速度 $10\text{MPa}/50\text{min}$ とし加熱温度上昇速度はいずれの実験の場合も $180^\circ\text{C}/100\text{min}$ とした。処理を終った供試体は脱型後所定枚数まで温度 $20 \pm 1^\circ\text{C}$ 、湿度 $65 \pm 3\%$ の恒温恒湿室に放置し乾燥状態での圧縮強度試験を行った。

3. 実験結果

表-5に示した各要因と(1)直交配列表に割りつけて、これらの要因がコンクリートの圧縮、引張強度に及ぼす影響を調べた。表-6は得られた因子の要因分析を示す。表-7は緩和剤を用いた実験における一定の場合の圧縮強度および標準養生圧縮強度50に対するオートクレーブ養生した圧縮強度との比を示したものである。

なお高圧養生した軽量骨材コンクリートの弾性的性質および鉄筋との付着強度についても検討中であるが、その後の後日報告する予定である。

表-1 骨材の性質

	粒径区分 (mm)	表乾比重	吸水率 ^{ab}	単位体積重量 (kg/m ³)
軽量骨材	~5	1.87	18.6	1142
	5~10	1.47	10.47	776
	10~15	1.32	9.87	708
河川骨材	~5	2.64	1.78	1694
	5~15	2.66	1.28	1742

表-3 コンクリートの配合

コンクリートの種類	w/c (%)	コンクリート1m ³ 当り (kg)						SL _{com}
		W	C	S	G	減水剤		
軽量コンクリート	40	150	375	579	612	0.75		0.8
	40	180	450	481	567	0.90		13.5
	40	200	500	456	537	1.00		18.2
河川コンクリート	40	150	375	731	1206	0.75		0.6
	40	180	450	679	1167	0.90		5.8
	40	200	500	641	1058	1.00		9.4

表-4 コンクリートの配合

コンクリートの種類	湿知剤の種類	w/c %	コンクリート1m ³ 当り (kg)				SL _{com}
			W	C	S	G	
軽量骨材コンクリート	—	40	185	463	426	589	7.2
	減水剤	40	171	428	480	611	6.4
	減水剤	40	158	395	471	588	6.0
	—	61.3	184	300	580	575	8.1
	減水剤	57.7	173	300	589	584	4.9
	減水剤	51.0	153	300	562	569	5.3
河川骨材コンクリート	—	40.0	187	468	667	1096	7.8
	減水剤	40.0	180	450	680	1117	6.3
	減水剤	40.0	174	435	662	1044	9.5
	—	58.3	175	300	781	1156	4.8
	減水剤	57.0	171	300	785	1162	6.6
	減水剤	52.3	157	300	752	1113	9.2

表-5 要因と水準

要因	水準	1	2	3
A) 下降時間		50 m	100 m	—
B) 前養生時間		30 m	2h	4h
C) 養生時間		2 h	4h	7h
D) 単位セメント量		375 kg	450 kg	500 kg
E) 材令		1d	1W	4W

表-2 セメントの試験成績

比	凝 結	曲げ強さ (kg/cm ²)			圧縮強さ (kg/cm ²)			
重	始発	終結	3d	7d	28d	3d	7d	28d
3.15	2'27"	3'57"	29.8	47.8	72.3	140	223	406
化 学 成 分 (%)								
I ₂ Loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Insol	
1.8	22.0	5.3	3.2	64.1	1.4	1.8	0.8	

表-6 要因分析一覧表

1) 圧縮強度 軽量骨材コンクリート					5% F ₀ =4.46	1% F ₀ =8.65
					5% F ₀ =5.32	1% F ₀ =11.26
要因	S	d.f	V	F ₀		
下降時間	2.245	1	2.245	9.38	*	
前養生時間	42.785	2	21.392	89.40	△△	
養生時間	390	2	195	0.81		
単位セメント量	4.492	2	2.246	9.39	△	
材令	1782	2	891	3.72		
誤差	1.914	8	239.3			

2) 圧縮強度 河川骨材コンクリート

要因	S	d.f	V	F ₀
下降時間	1.780	1	1.780	4.62
前養生時間	22.633	2	11.316	29.36 ΔΔ
養生時間	7.441	2	3720	9.65 ΔΔ
単位セメント量	4.651	2	2.325	6.03 Δ
材令	18.585	2	7292	18.92 ΔΔ
誤差	3.083	8	385.4	

表-7

圧縮強度 % = 40

コンクリートの種類	湿知剤の種類	養生				強度比 (%)		
		628 (A)	610 (B)	空中628 (C)	水中628 (D)	B/A	C/A	D/A
軽量骨材コンクリート	—	418	399	361	388	95.5	86.4	92.8
	減水剤	445	461	466	422	103.6	104.7	94.8
	減水剤	429	366	404	403	85.3	94.2	93.9
河川骨材コンクリート	—	555	494	446	455	89.0	80.4	82.0
	減水剤	576	440	431	423	76.4	74.8	73.4
	減水剤	425	559	365	349	84.5	85.9	82.1