

報告

[1105] 抗火石微粉末の焼成骨材を使用した超軽量コンクリートの諸物性

正会員 ○ 中西正俊 (清水建設 技術研究所)  
 九々正武 (同上 工業化生産部)  
 篠崎明夫 (同上 同上)  
 内藤憲一 (同上 建築部)

1. まえがき

最近の構造物の高層化、大型化の傾向に伴って構造部材ならびに2次部材の軽量化が強く望まれている。このような背景の下で、高強度軽量コンクリート、超軽量コンクリートに関する研究がすでに発表されている〔1〕〔2〕。本報告も超軽量コンクリートに関するもので、抗火石(多孔質黒雲母流紋岩)微粉末を造粒、焼成して得られた絶乾比重0.6~0.9の超軽量骨材の基礎物性、ならびに、この骨材を使用した、目標気乾比重1.4未満の超軽量コンクリートの圧縮強度を中心とした基礎物性をまとめたものである。なお、本報告の一部はすでに発表した〔3〕。

2. 超軽量骨材の試作

東京都新島産抗火石(多孔質黒雲母流紋岩)を微粉砕し、発泡剤、結合剤等を加えてパン型ペレタイザーで造粒し、ロータリーキルンを用いて約1150℃で焼成。ふるいわけを行なった。粗骨材として15~5mm、細骨材として5~0.6mmの範囲のものを使用した。抗火石原石の化学成分を表-1に、骨材の外観、断面を写真-1, 2, 3に示す。なお、本骨材の製造法は特許出願済みである〔4〕。

表-1 抗火石(多孔質黒雲母流紋岩)原石の化学成分〔5〕

化学成分	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Ig.Loss
%	78.7	12.3	0.87	0.85	0.09	2.72	4.01	0.39

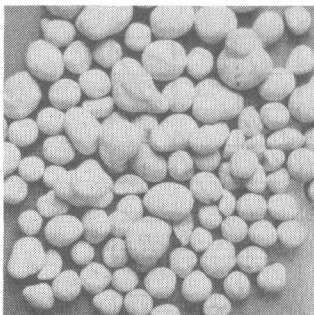


写真-1 超軽量粗骨材の外観



写真-2 超軽量細骨材の外観

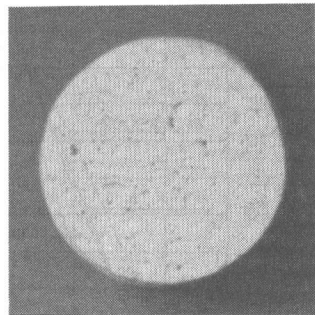


写真-3 超軽量粗骨材の断面

3. 試作超軽量骨材の諸性質

今回報告するものは、昭和62年に試作した(以下"第2次"とする)粗骨材で、昭和60年に試作した(以下"第1次"とする)細・粗骨材の諸物性(骨材の化学的性質、浮粒率、アルカリ骨材反応、

表-2 試作超軽量粗骨材 (第2次) の物性

試作 条件	ロット No.	表乾 比重		吸水率 %vol.		絶乾 比重		BS10%破碎荷重 t		カサ 比重	
		G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>
I	1	0.71	0.74	6.3	7.3	0.65	0.67	2.0	2.2	0.40	0.43
	2	0.81	0.85	7.0	8.2	0.74	0.77	2.6	3.1	0.47	0.51
	3	0.73	0.76	6.5	7.6	0.66	0.68	2.0	2.9	0.42	0.44
	平均	0.75	0.78	6.6	7.7	0.68	0.71	2.2	2.7	0.43	0.46
II	1	0.73	0.78	6.7	8.0	0.66	0.70	1.9	2.4	0.42	0.44
	2	0.70	0.75	6.4	7.9	0.64	0.67	1.7	2.2	0.40	0.43
	3	0.69	0.73	6.5	7.7	0.63	0.65	1.8	2.2	0.39	0.41
	平均	0.71	0.75	6.5	7.9	0.64	0.67	1.8	2.3	0.40	0.43
III	1	0.83	0.89	3.8	5.1	0.79	0.84	3.1	3.6	0.49	0.53
	2	0.79	0.87	4.1	4.8	0.75	0.82	2.9	3.4	0.48	0.53
	3	0.82	0.88	3.8	4.8	0.79	0.83	3.1	3.7	0.50	0.51
	平均	0.81	0.88	3.9	4.9	0.78	0.83	3.0	3.6	0.49	0.52

粒度と絶乾比重、単位体積重量、および実績率、ならびに骨材の強度) についてはすでに報告した (3)。試作超軽量粗骨材 (第2次) の物性を表-2に示す。ただし、同表中でG<sub>1</sub> は15~10mmの粗骨材を、G<sub>2</sub> は10~5mmの粗骨材を示す。また、同表中の”試作条件”とは、製品の比重をコントロールする目的で、発泡剤の添加量を変化させたものである。表-2に示すように、粗骨材の絶乾比重は0.64~0.83で、第1次試作粗骨材の絶乾比重 (0.65) と比較するとやや大きいが、吸水率 (24時間) は3.9~7.9で、第1次試作粗骨材の吸水率 (24時間) (9.2) と比較すると少なくなっている。

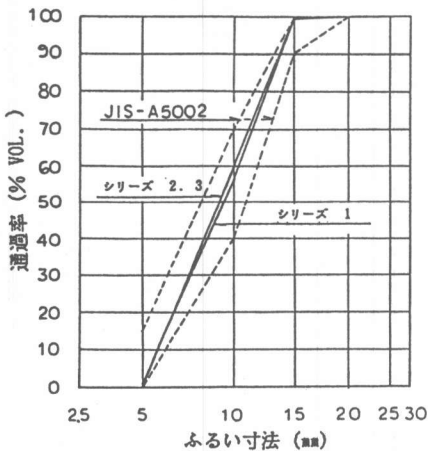


図-1 粗骨材粒度曲線

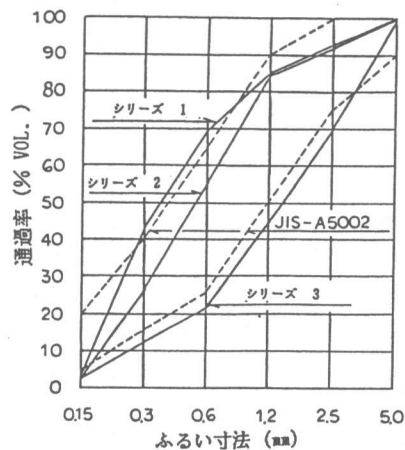


図-2 細骨材粒度曲線

表一3 使用した骨材の性質

骨材の種類	最大寸法 mm	絶乾比重	24時間 吸水率 %vol.	単位容 積質量 kg/l	実績 率 %	粒 度 (ふるい目通過率 % vol.)							備 考				
						15		10		5		2.5 1.2		0.6 0.3		0.15	
						100	60	100	100	99	82	67		37	20		4
粗骨材 第1次	15 10	0.61 0.73	11.3 9.2	0.320 0.408	52.4 55.8	99	57	2	0	0	0	0	0	シリーズ 1用			
細骨材 第1次	5 3 1	0.81 0.82 0.93	10.4 13.2 18.4	0.467 0.477 0.522	57.7 58.2 56.1	100	100	99	82	67	37	20	4	シリーズ 1用			
天然砂	2.5	2.34	13.3	1.263	54.0												
粗骨材 第2次	15 10	0.81 0.86	5.1 4.7	0.464 0.517	57.3 60.1	100	60	1	0	0	0	0	0	シリーズ 2, 3用			
細骨材 第2次	5 3 1	0.81 0.86 0.86	8.1 12.0 17.9	0.471 0.496 0.519	58.1 57.7 60.3	100	100	100	92	85	56	27	3	シリーズ 2用			
天然砂	2.5	2.45	5.1	1.457	59.5												
細骨材 第2次	5 3	0.81 0.86	8.1 12.0	0.471 0.496	58.1 57.7	100	100	98	70	45	22	11	3	シリーズ 3用			
天然砂	2.5	2.56	3.6	1.540	60.2												

4. 試作超軽量骨材を用いた超軽量コンクリートの諸物性

第1次試作骨材を用いた、気乾比重1.0, 1.2, および1.4未満の3種類の超軽量コンクリートの諸物性についてはすでに報告した(3)が、ここではその中の気乾比重1.4未満のものを比較の便宜のため“シリーズ1”として再録した。“シリーズ2”は“シリーズ1”と同じ絶対容積で、第1次試作骨材の代わりに第2次試作骨材を用いたもので、“シリーズ3”は第2次試作骨材(第2次試作細骨材については詳細な物性は省略した)を用い、作業性を中心とした要求性能を満足するPC板打込用の調合としたものである。

4.1 使用した材料

使用した骨材の性質を表一3に、また粗骨材粒度曲線を図一1に、細骨材粒度曲線を図一2に示す。また、普通ポルトランドセメントを使用し、混和剤はAE減水剤、さらに“シリーズ3”のみ混和材として、シリカヒュームを使用した。ねりませ水は水道水を使用した。

表-4 超軽量コンクリートの調合

シリーズ	W/C %	S/A %	スランプ	重 量 kg/m <sup>3</sup>							単容重 kg/m <sup>3</sup>
				W	C	粗骨材	細骨材	天然砂	混和材	混和剤	
1	40	37	8cm	180	450	266	50	432	--	1.80	1378
	45	38	8	176	391	270	55	457	--	1.59	1349
2	40	37	8	180	450	330	83	340	--	5.40	1385
	45	38	8	176	391	337	80	380	--	4.69	1364
3	40	50	8	165	413	269	143	380	20	6.20	1390
	45	50	8	163	362	277	144	400	20	5.43	1366

(注) 混和材はシリカヒューム (マイクロシリカ)

混和剤はAE減水剤 (シリーズ1ではプラストクリート, シリーズ2, 3ではシーカメントFF), 重量はねりませ水に含めて計算。

#### 4. 2 超軽量コンクリートの調合

超軽量コンクリートの調合を表-4に示す。

#### 4. 3 超軽量コンクリートのねりませ, 養生, ならびに諸物性

骨材は気乾状態で使用し, 骨材の後吸水を考慮して単位水量を定めた。ねりませは, 50リットルの強制攪拌ミキサを使用し, 3分間ねりませた。ねりませ10分後のフレッシュコンクリートの性質を表-5に示す。また, スランプの一例を写真-4に示す。

強度試験用供試体は脱型後標準養生を行った。比重測定用供試体は, 脱型後, シリーズ1では恒温恒湿室 (20℃, 60% R.H.) で, シリーズ2では空調を行ってない実験室で養生した。硬化したコンクリートの性質を表-6に, 各シリーズ毎のコンクリートの材令と圧縮強度との関係を図-3に示す。また, コンクリートの切断面ならびに割裂面の状態を, 写真-5, 6に示す。

スランプ試験は, JIS A 1101, 空気量, 単位体積重量試験は, JIS A 1116, 圧縮, 引張, 曲げ強度試験はそれぞれ JIS A 1108, JIS A 1113, JIS A 1106によった。

なお, 第1次試作骨材を用いたコンクリートの付着強度, スランプの経時変化, 圧縮静弾性係数, 炭酸ガスによる中性化, 凍結融解, 長さ変化, 重量変化の各試験結果はすでに報告した〔3〕〔6〕。

### 5. 検討

#### 5. 1 超軽量骨材

粗骨材については, 焼成条件を制御することによって物性の異なるものが得られることがわかった。比重の低いものでは, コンクリートにしたときの強度が低いため, 構造用コンクリートとするためには, 比重をやや高めにする必要がある。これが第2次試作で得られたものである。注目すべき点は, 吸水率が第1次と比較して3~4%少なくなったことである。

細骨材については, とくに焼成条件を制御した試作は行わなかった。ただし, 第1次試作における品質上のやや不安定な傾向は第2次試作ではかなり改善された。

表-5 フレッシュコンクリートの性質

シリーズ	W/C %	スランプ cm	空気量 %	単容重 kg/m <sup>3</sup>
1	40	8.0	4.5	1386
	45	8.0	4.0	1363
2	40	8.0	6.1	1369
	45	8.0	5.4	1358
3	40	8.5	4.6	1396
	45	7.5	5.4	1360

(注) ねりませ10分後の値

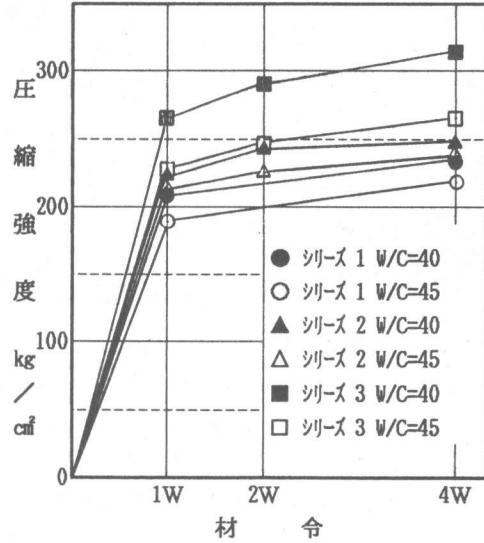


図-3 コンクリートの材令と圧縮強度との関係

表-6 硬化したコンクリートの性質

シリーズ	W/C %	圧縮強度 kg/cm <sup>2</sup>			引張強度 kg/cm <sup>2</sup>			曲げ強度 4W kg/cm <sup>2</sup>	比重	
		1W	2W	4W	1W	2W	4W		脱型時	4W
1	40	207	—	230	—	—	—	35.3	1.40	1.38
	45	190	—	222	—	—	21.7	33.6	1.38	1.35
2	40	221	245	247	20.8	22.3	22.9	47.0	1.35	1.33
	45	209	227	237	20.6	22.5	22.7	47.1	1.37	1.35
3	40	266	292	319	21.2	22.0	22.5	42.2	1.39	1.36
	45	226	247	264	20.0	21.1	21.4	41.3	1.38	1.32

## 5. 2 超軽量コンクリート

### (1) シリーズ1とシリーズ2との比較

すでに記したように、シリーズ1では第1次試作骨材を、シリーズ2では第2次試作骨材を用いた。粗骨材については、表-3に示したように第1次と比較して第2次では絶対比重が大きくなっている。表-6に示すように、圧縮強度がシリーズ2では大きくなっているのはこの結果によるものと思われる。

### (2) シリーズ2とシリーズ3との比較

両シリーズに使用した粗骨材は同一(第2次)であるにもかかわらず、シリーズ3の圧縮強度は、シリーズ2のそれよりかなり高い。これは、S/Aが大きいことと、混和材(シリカヒューム)の使用のためだと考えられる。

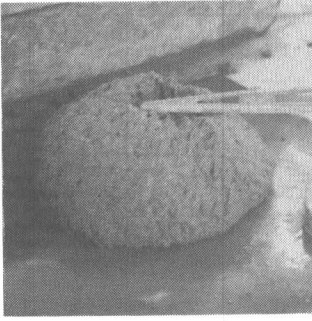


写真-4 超軽量コンクリートのスランプの一例

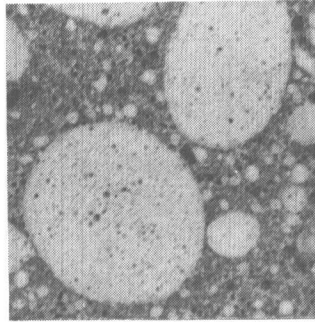


写真-5 超軽量コンクリートの切断面

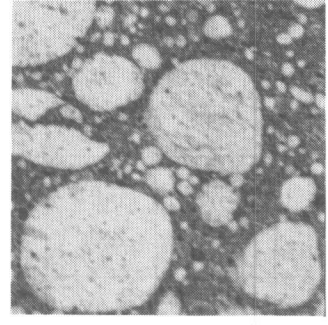


写真-6 超軽量コンクリートの割裂面

## 6. まとめ

抗火石（多孔質黒雲母流紋岩）微粉末を造粒、焼成して、絶乾比重0.6～0.9の超軽量骨材を得るとともに、発泡剤の添加量を制御することにより骨材の比重制御の可能性を確認した。さらに、その骨材を用いて、目標気乾比重1.4未満の超軽量コンクリートを作成し、圧縮強度を中心とした物性を検討した結果、4週圧縮強度で300kg/cm<sup>2</sup>以上の値を得た。

## 〔あとかき〕

超軽量細、粗骨材の焼成条件と骨材の物性との関係、ならびに品質のより一層の安定化については今後引き続き検討する予定である。また、この骨材を使用した超軽量コンクリートの諸物性、とくに構造用を想定した場合の長期クリープ特性については、現在実験中であり、今後発表する予定である。さらに、長期耐久性については現在PC板による屋外暴露試験を実施中であり、これについても別の機会に発表する予定である。

## 〔謝 辞〕

本報告の作成にあたり、新島物産㈱の木村吉一氏、木村 薫氏、宮坂康行氏に多大の協力をいただいた。ここに厚く感謝いたします。

## 〔参考文献〕

- (1) 友沢史紀 他；高強度軽量コンクリートの基礎的性質、日本建築学会大会学術講演梗概集、1987, pp. 425～426 他
- (2) 向井 毅 他；人工超軽量骨材を用いたコンクリートの性質に関する検討、日本建築学会大会学術講演梗概集、1987, pp. 417～418 他
- (3) 内藤憲一 他；抗火石微粉末の焼成骨材を使用した超軽量コンクリートの開発および実用化に関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集、1986, pp. 735～738
- (4) 公開特許公報 昭58-140365、超軽量骨材の製造法、公開 昭和58年 8月20日 発明者；木村薫
- (5) 東京都；昭和60年度中小企業技術改善講習会テキスト（抗火石を使用した超骨材の製造に関する研究）1985.9
- (6) 九々正武 他；抗火石微粉末の焼成骨材を使用した超軽量コンクリートの開発および実用化に関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集、1987, pp. 419～420