

建築材料としての無機複合材料に関する研究 (その4. 粒子強化)

正会員 岸 谷 孝 一*
正会員 平 居 孝 之**

1 序

石膏は乾燥状態において寸法安定性が良いので、粒子やせいを入れずに利用されているが、乾燥収縮が大きいため実用上必然的に骨材を入れているセメント類と同じく、種々の骨材を入れて使われることも多い^{1)~4)}。石膏を粒子強化して利用する場合は、骨材の種類と調合、また粒子強化によって改善される性質などを明らかにすることが必要であるが、これを試験により明らかにした研究は少ない。石膏の粒子強化を研究する場合、セメントコンクリートを粒子強化複合材料としてとらえ、構成基材の性質からコンクリートの性質を導こうとする研究が参考になる。なかでも、コンクリート強度に与える骨材強度^{5)~8)}、骨材量^{9),10)}、粒径^{9),11)}、付着^{12)~14)}の影響に関する研究と、基材の性質を想定した単純な形態の複合モデルを用いてコンクリートのヤング係数を導く研究^{15)~18)}が注目される。これらの研究によれば、石膏をマトリックス相とする場合でも、骨材強度と付着力が十分に得られる骨材を用い適切な調合を選べば、実用性のある石膏コンクリートが理論上可能ということになる。

本報では、石膏の粒子強化を調べる目的で、表-1に示す粒子で、高強度の硬化体となるII型無水石膏とα型半水石膏を強化した場合について、普通ポルトランドセメントの場合と比較しながら行なった試験とその結果を示し、石膏を適切に粒子強化すれば、力学的性質が著しく改善されるという結論を述べる。

2 標準モルタル

表-1 粒 子

種 類	表乾比重	吸水量 %	粒 径 mm	粗粒率	
細骨材	標準砂	—	0.3	—	
	川 砂	2.53	2.93	5	2.99
	構造用人工軽量骨材	1.87	17.5	5	2.76
	無機超軽量骨材 A	0.57	—	0.3	—
	無機超軽量骨材 B	0.5	—	2	—
粗骨材	無機超軽量骨材 C	0.7	—	0.3	—
	川 砂 利	2.67	0.77	2.5	6.89
	構造用人工軽量骨材	1.50	18.3	1.5	6.41

* 東京大学教授 工博

** 大分工業大学講師 工博

(昭和51年8月20日日本稿受理・討論期限昭和52年10月末日)

II型無水石膏、α型半水石膏、普通ポルトランドセメントの標準モルタル試験¹⁹⁾を行い、標準砂を強化粒子とした場合について調べた。

2-1 混練物の流動性

標準モルタルの流動性をフロー値で示すと図1になり普通ポルトランドセメントに比べII型無水石膏とα型半水石膏はやや流動性が良い。

2-2 圧縮強度

圧縮強度は図-2になり、空中養生では3種類の結合材共似た値になるが、水中養生では2種類の石膏がきわめて小さいのに対して普通ポルトランドセメントでは非常に大きい。水中養生に

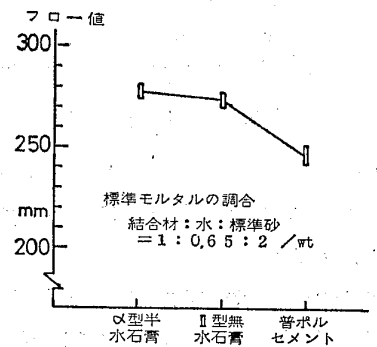


図-1 混練物の流動性

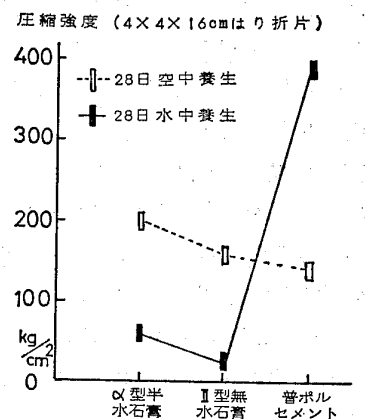


図-2 標準モルタルの圧縮強度

表-2 標準モルタルの(水中養生圧縮強度) (空中養生圧縮強度)

II型無水石膏	7%
α型半水石膏	2.3%
普通ポルトランドセメント	20.7%

対する比率は表-2のようにα型半水石膏とII型無水石膏で非常に小さく、骨材を入れないペーストではこの比率が50%程度であった(前報その1参照)²²⁾ことと比較すると、標準砂あるいはこれに類似の骨材を石膏に用いる場合、標準モルタルのような調合(図-1参照)では、粒子強化による効果が得られないと考えられる。

2-3 材齢と圧縮強度

図-3のように、空中養生の場合セメントと石膏ともに材齢7日まで強度が増加し以後一定となる。普通ポルトランドセメントは材齢7日まで徐々に強

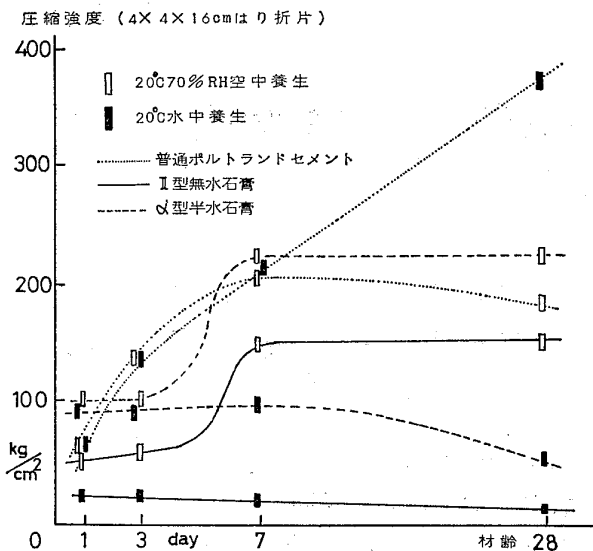


図-3 標準モルタルの材令と圧縮強度

度が発現しているのに対してα型半水石膏とⅡ型無水石膏は材齢3日と7日の間で急激に大きくなっている。これは骨材の入ってないペースト硬化体の試験結果でも見られたことで(前報その1参照)²²⁾、石膏は水和凝結反応が急速に終了するため硬化体にはすでにかかなりの強度が発現しており、以後の強度増進は乾燥によってのみ起こり、しかも乾燥が完了する直前に強度が急激に大きくなるという特性に起因している。

水中養生の場合普通ポルトランドセメントの強度が大巾に増進しているのに比べ、α型半水石膏とⅡ型無水石膏では著しい強度低下が見られ、ペーストの場合(前報その1参照)²²⁾よりも強度低下がはげしい。このように石膏を標準モルタルのような調合で用いると、耐水性が極端に悪いと考えられる。

2-4 標準モルタルの結論

α型半水石膏またはⅡ型無水石膏を結合材とした標準モルタルは、水分の作用による強度低下が大きいため力学的性能を期待するような利用は出来ない。

α型半水石膏とⅡ型無水石膏を骨材と共に混練打設しコンクリートとして力学的性能を期待した利用を考える場合には、水が作用したときの強度を大きくしなければならぬ関係上混水比を小さくすることになり、したがって石膏量の多い調合になると予測される。

3 川砂・川砂利

Ⅱ型無水石膏・α型半水石膏・普通ポルトランドセ

表-3 川砂・川砂利を用いた場合の養生と調合

養生	セメントマトリックス 28日間20°C水中 石膏マトリックス 28日間20°C70%RH空中
調合	混水比 $W / (G \text{ or } C) = 40\%$
	モルタル $(G \text{ or } C + W) : S = 1 : 1 / \text{vol}$ コンクリート $(:) : S : Gr = 1 : 1 : 1 / \text{vol}$
凝結調節剤	Ⅱ型無水石膏 硫酸カリ 1.5% α型半水石膏 カルボキシルメチルセルローズ 0.1%

ントの3種の結合材に、細骨材粗骨材として川砂川砂利を用いた表-3に示す調合と養生のペースト・モルタル・コンクリートの性質を調べた。石膏を結合材とする場合は前述のように混水比が小さく石膏量の多い調合になるので、表-3のような調合を選んだ。また石膏は表面が滑らかなものとの付着が非常に弱いので(前報その3参照)²³⁾、川砂利を用いてコンクリートとした場合は強度が小さいと予測され、一方川砂だけを用いたモルタルでは、骨材の付着面積の割合が大きいのである程度利用価値があると考えられる。実際欧米では砂を石膏と併用することが多く^{2),3)}、石膏に川砂を入れた場合の効果については注目される所である。

3-1 混練物の流動性

混練物の流動性をスランプ試験²⁰⁾の結果を見ると、図-4のように骨材を用いることでⅡ型無水石膏では普通ポルトランドセメントに似た傾向でスランプが小さくなっているが、α型半水石膏ではこの低下が著しい。また時間の経過によって生じるスランプダウンは、普通ポルトランドセメントよりⅡ型無水石膏の方が大きく、さらにα型半水石膏では流動性がなくなってしまいう程度である。このようにⅡ型無水石膏は混練物の流動性調節が比較的容易であるが、α型半水石膏では流動性の調節が困難で施工上大きな障害となる場合が生じる。

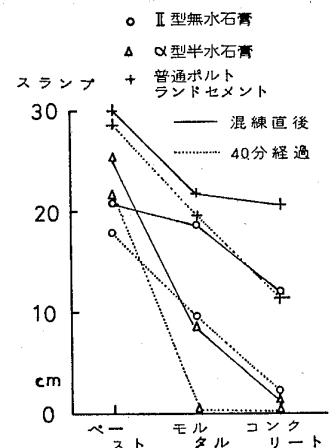


図-4 川砂・川砂利を用いた場合の流動性

3-2 圧縮強度

圧縮強度は図-5の如く、普通ポルトランドセメントではモルタルやコンクリートとすることで圧縮強度が増加している

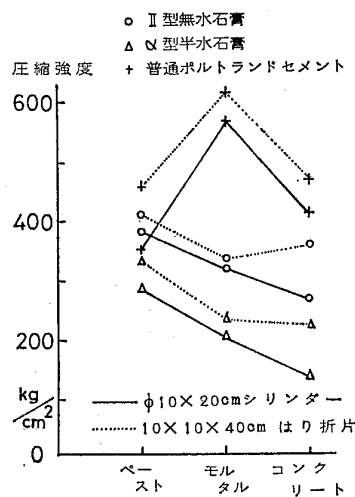


図-5 川砂・川砂利を用いた場合の圧縮強度

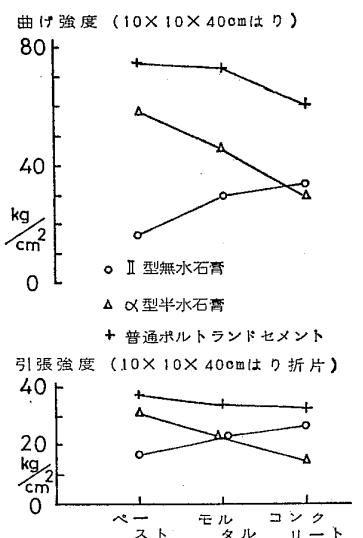


図-6 川砂・川砂利を用いた場合の曲げ強度と引張強度

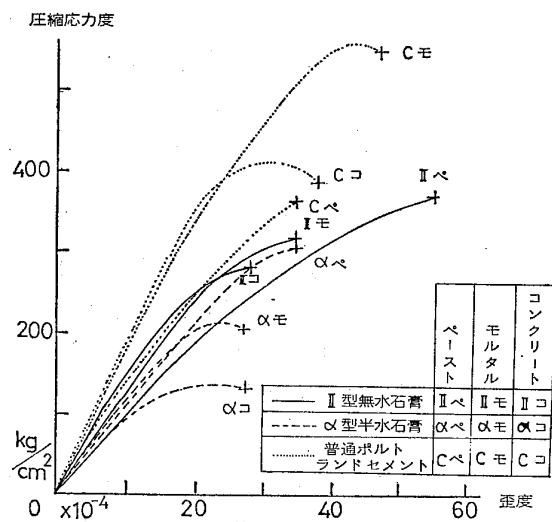


図-7 川砂・川砂利を用いた場合の圧縮応力度-歪度

のに対して、II型無水石膏とα型半水石膏では減少しており、石膏に川砂や川砂利を用いることは圧縮強度という点に関して不利である。

3-3 曲げ強度と引張強度

曲げ強度と引張強度は、図-6のように川砂、川砂利を用いると普通ポルトランドセメントとα型半水石膏では減少しているが、II型無水石膏では大きくなっており骨材による強化の効果が表われている。

3-4 圧縮応力度-歪度

図-7に示す圧縮応力度と歪度との関係を見ると、普通ポルトランドセメントとII型無水石膏の場合は、川砂・川砂利を用いることで弾性係数を大きくすることが出来るが、α型半水石膏と川砂利を組み合わせた場合は逆に小さくなっている。これはα型半水石膏の場合、混練物の流動性が悪く密実な硬化体とならなかったことに起因している。

3-5 川砂・川砂利を用いた場合の結論

以上の結果をまとめ川砂・川砂利を石膏と組合せた場合の評価をすると表-4になる。石膏に川砂・川砂利を入れたコンクリートは、比重が大きくなる上に著しく強度が低下し実用価値

表-4 川砂・川砂利を用いた場合の性能 (回は性能改善を表わす)

供試体寸法 cm		II型無水石膏			α型半水石膏			普通ポルトランドセメント		
		袋下	変化	コンクリート	袋下	変化	コンクリート	袋下	モルタル	コンクリート
スランプ cm	混練直後	20.8	17.1	11.8	25.0	8.3	1.4	29.0	21.5	19.1
	40分経過	16.8	8.8	2.5	21.0	0.3	0.0	27.8	17.0	11.0
フロー値 mm	混練直後	214	188	—	231	186	—	275	220	—
	40分経過	202	174	—	229	133	—	255	198	—
比重	φ10×20	1.71	2.03	2.21	1.56	1.92	2.13	2.03	2.27	2.39
圧縮強度 kg/cm²	φ10×20	3.85	3.25	2.79	2.97	2.20	1.53	3.50	5.64	4.18
	10×10×40	4.13	3.11	3.60	3.39	2.51	2.47	4.62	6.11	4.83
圧縮強度 比重	φ10×20	2.25	1.61	1.26	1.90	1.15	0.72	1.77	2.48	1.75
	10×10×40	2.42	1.53	1.63	2.17	1.31	1.16	2.28	2.69	2.02
引張強度 kg/cm²	10×10×40	1.80	2.27	2.55	3.06	2.29	1.54	3.60	3.34	3.10
曲げ強度 kg/cm²	10×10×40	1.60	2.94	3.44	5.79	4.70	3.30	9.83	7.26	5.70
弾性係数 10⁴ kg/cm²	φ10×20	8.7	12.7	14.1	10.0	11.1	9.3	12.9	16.9	18.2
	φ10×20	1.05	0.61	0.41	0.52	0.27	0.23	0.61	1.48	0.88

は小さい。α型半水石膏は混練物の流動性と凝結時間の調節に問題があり骨材と併用しにくい。II型無水石膏と川砂を用いたモルタルは、弾性係数や引張強度が大きくなり利用価値はある。

4 構造用人工軽量骨材

石膏に関する実験を重ねるうち多孔質の構造用人工軽量骨材は、川砂や川砂利等と違い混入量が増えても強度低下が小さいことや、弾性係数が大きくなることが判ってきた。そこで石膏だけでペースト硬化体として使うより人工軽量骨材を入れる方が有利であることを確かめることと、人工軽量骨材を用い石膏軽量コンクリートとして力学的性能を期待した方法で使う場合の性能の基準値を得る目的で試験を行った。試験は、標準モルタルと川砂・川砂利を用いた場合の試験の結果を参考にして、II型無水石膏を用い表5に示す減水剤を併用した調合で行った。

4-1 混練物の流動性

混練物の流動性を図-8のスランプで見ると、水石膏比が35%では流動性が良好といえず、今回の調合では水石膏比35%が実用上の下限値ということになる。また当然の事であるが骨材量が同じ場合、粒度分布の良い石膏軽量コンクリートの方が石膏軽量モルタルより流動性が良くなっている。

4-2 軽量化

硬化体が気乾状態になった時の比重を図-9で見ると、人工軽量骨材を用いて石膏軽量コンクリートとした

表-5 石膏と人工軽量骨材を組合せた場合の調合

	混水比 W/G %	体積比			Kg/M³					
		石膏	細骨材	粗骨材	水	II型無水石膏	人工軽量骨材		促進剤 K₂SO₄	減水剤
ペースト	30	1	0	0	460	1533			1.53	6.1
	35	1	0	0	497	1421	0	0	1.42	5.7
	40	1	0	0	531	1327			1.33	5.3
モルタル	30	1	2	0	219	730	931		7.3	2.9
	35	1	2	0	246	703	898	0	7.0	2.8
	40	1	2	0	272	680	868		6.8	2.7
コンクリート	30	1	0.8	1.2	219	730	372	449	7.3	2.9
	35	1	0.8	1.2	246	703	359	432	7.0	2.8
	40	1	0.8	1.2	272	680	348	417	6.8	2.7

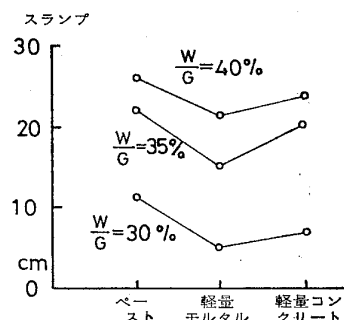


図-8 石膏と人工軽量骨材を組合せた場合の混練物の流動性

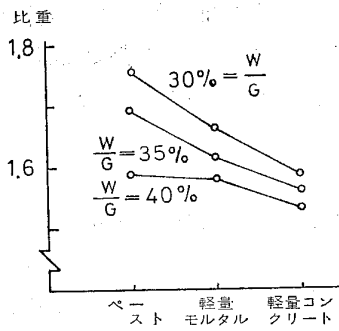


図-9 合石と人工軽量骨材を組合せた場合の比重

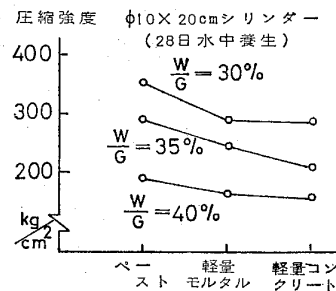


図-11 石膏と人工軽量骨材を組合せた場合の圧縮強度

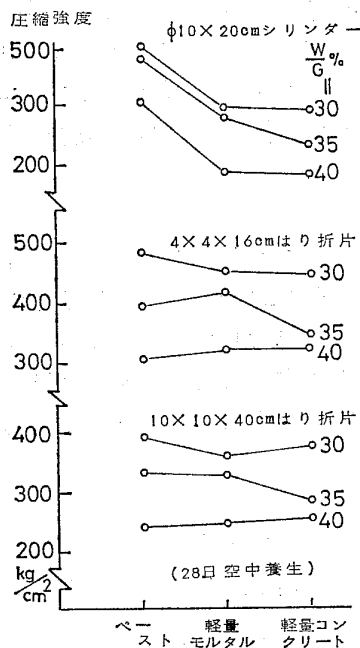


図-10 石膏と人工軽量骨材を組膏せた場合の圧縮強度

るために混水比を 40% 以下におさえる場合は、調査を変えても気乾比重 1.5 程度が限度である。

4-3 圧縮強度

圧縮強度は 図-10 のように人工軽量骨材を入れるこ

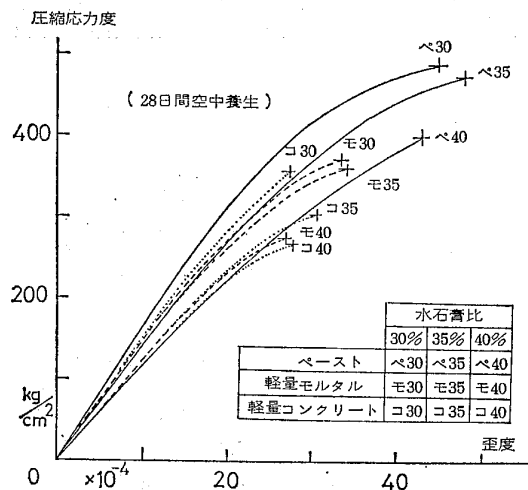


図-13 石膏と人工軽量骨材を組合せた場合の圧縮応力度-歪度

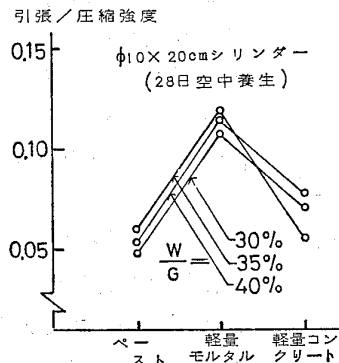


図-12 石膏と人工軽量骨材を組合せた場合の引張強度

場合は、比重を 10% 前後小さくすることが出来る。しかし人工軽量骨材の気乾比重が 1 より大きいため、さらに軽量化を考える場合には効果が少なく、高強度を得

とで、入れない石膏ペースト硬化体に比べ同じかやや低い値となる。実用上圧縮強度として考えるのは水が作用して強度が低くなった場合で、これは 図-11 のように人工軽量骨材を使った石膏軽量モルタルと石膏軽量コンクリート共に混水比 40% で 150 kg/cm² 前後、混水比 35% で 200 kg/cm² 強の値になる。減水剤を多量に併用すれば混水比を下げられるのでさらに高強度とすることも可能であるが、圧縮強度の一応の目安に 200 kg/cm² を限界値として考えるのが適切である。

4-4 引張強度

引張強度は 図-12 のように圧縮強度に対する比率で考えて、石膏ペーストで 6/100 前後、石膏軽量モルタルで 13/100 前後、石膏軽量コンクリートで 7/100 前後であり、普通コンクリートに比べるとモルタルでは似た値となっているが、ペーストとコンクリートではかなり小さい値となっている。

4-5 弾性係数

空中養生した場合の圧縮応力度-歪度の関係を 図-13 に示す。空中養生と水中養生において 1/3 強度で求めた割線弾性係数は 表-6 に示す値となり、これを圧縮強度に対する比率で表わすと 図-14 になる。この図表のように人工軽量骨材を用いることで弾性係数が大きくなるのが特徴である。圧縮強度に対する弾性係数の比重がペーストで 300~400、人工軽量骨材が入ると空中養生で 400~500、水中養生で 500~700 になるが、セメントコンクリートではこの比率が 700~1000 であるから、人工軽量骨材を用いた石膏軽量コンクリートの弾性係数はセメントコンクリートの半分に近いということになる。

4-6 人工軽量骨材による耐水性の改善

人工軽量骨材を用いることで石膏の吸水時の力学的性能を著しく改善することが出来る。例えば 図-15 のようにペーストの場合水が作用すると圧縮強度は 50% 程も低下するが、人工軽量骨材が入っていると 30% 前後の低下におさえることが出来る。また 図-16 のように水が作用するとペーストの弾性係数が大巾に小さくなるのに対し、人工軽量骨材が混入されていると 10% 前後の低下にすることが出来る。さらに同一圧縮強度に対する弾性係数も 図-17 のように人工軽量骨材を用いると著しく大きくなる。このように水が作用した

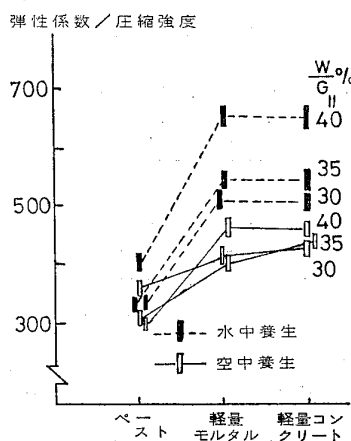


図-14 石膏と人工軽量骨材を組合せた場合の弾性係数

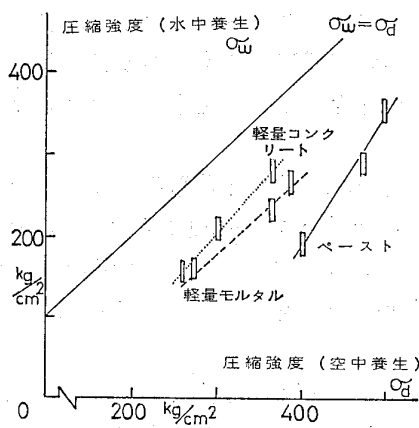


図-15 石膏と人工軽量骨材を組合せた場合の圧縮強度

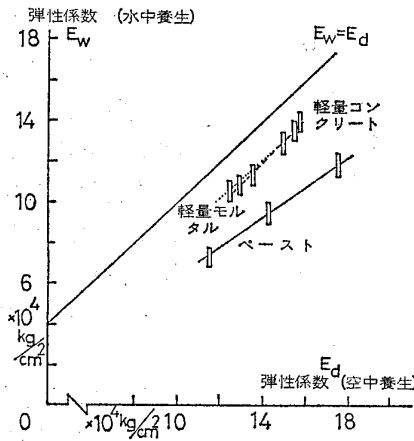


図-16 石膏と人工軽量骨材を組み合わせた場合の弾性係数

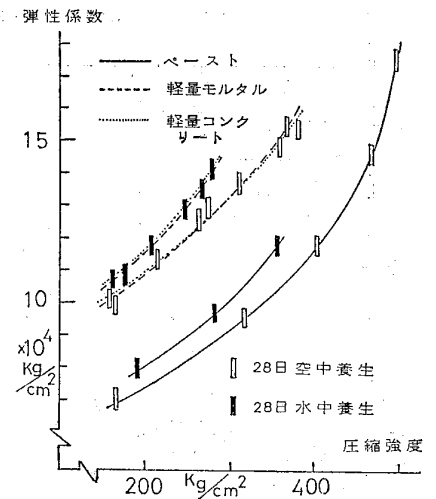


図-17 石膏と人工軽量骨材を組合せた場合の弾性係数-圧縮強度

表-6 石膏と人工軽量骨材を組合せた場合の性能 (回は性能改善を示す)

項目	養生	供試体寸法 cm	W/G = 30%			W/G = 35%			W/G = 40%		
			ペースト	軽量モルタル	軽量コンクリート	ペースト	軽量モルタル	軽量コンクリート	ペースト	軽量モルタル	軽量コンクリート
スランブ cm	—	—	10.5	4.2	6.5	2.29	1.60	2.05	2.60	2.33	2.45
フロー値 mm	—	—	1.81	1.47	—	2.00	1.50	—	2.56	2.07	—
比重	水中	φ10×20	2.00	1.92	1.85	1.96	1.90	1.79	1.88	1.88	1.79
	空中		1.81	1.72	1.63	1.75	1.69	1.55	1.64	1.65	1.54
圧縮強度 kg/cm²	水中		3.62	2.66	2.79	2.89	2.46	2.08	1.97	1.65	1.64
	空中		4.92	3.81	3.61	4.77	3.65	3.06	4.01	2.75	2.65
圧縮強度 比重 kg/cm²	水中	10×10×40	3.83	3.51	3.79	3.35	3.26	2.83	2.44	2.46	2.55
		4×4×16	4.80	4.43	4.44	4.00	4.13	3.51	3.08	3.22	3.28
引張強度 kg/cm²	空中	φ10×20	1.81	1.39	1.51	1.47	1.29	1.16	1.05	0.87	0.92
		10×10×40	2.72	2.22	2.21	2.73	2.17	1.98	2.45	1.67	1.72
曲げ強度 kg/cm²	水中	4×4×16	2.73	2.66	2.82	2.36	2.52	2.27	1.92	2.04	2.16
		φ10×20	2.52	2.86	2.00	2.68	2.51	2.23	1.78	2.10	2.03
弾性係数 × 10⁴ kg/cm²	水中	10×10×40	2.01	2.6.4	2.0.8	1.9.6	2.6.1	2.0.0	1.7.1	1.9.0	1.5.8
		4×4×16	3.4.3	3.9.5	3.4.6	3.2.8	4.1.5	3.1.1	2.7.5	3.1.0	2.2.7
弾性係数 圧縮強度	空中	10×10×40	8.5	3.5.7	1.9.3	7.5	3.7.1	2.1.8	2.2.7	3.8.2	2.2.5
		4×4×16	6.8.2	6.5.0	4.7.8	5.6.5	6.4.3	2.4.2	5.5.6	5.5.3	2.8.5
水中 空中 養生 弾性係数	φ10×20	水中	1.1.9	1.3.4	1.4.0	9.6	1.3.2	1.1.2	7.7	1.0.6	1.0.4
		空中	1.7.5	1.5.3	1.5.4	1.4.4	1.4.8	1.3.4	1.1.6	1.2.9	1.2.4
水中 空中 養生 弾性係数	φ10×20	水中	3.2.9	5.0.4	5.0.2	3.3.2	5.3.7	5.3.8	3.9.1	6.4.2	6.3.4
		空中	3.5.6	4.0.2	4.2.7	3.0.2	4.0.5	4.3.8	2.8.9	4.6.9	4.6.8
水中 空中 養生 弾性係数	φ10×20	水中	0.7.4	0.7.0	0.7.7	0.6.1	0.6.7	0.6.8	0.4.9	0.6.0	0.6.2
		空中	0.6.8	0.8.8	0.9.1	0.6.7	0.8.9	0.8.4	0.6.6	0.8.2	0.8.4
水中 空中 養生 弾性係数	φ10×20	水中	1.0.8	0.6.1	0.4.9	1.0.5	0.5.9	0.4.6	0.7.0	0.3.7	0.3.7
		空中	—	—	—	—	—	—	—	—	—

場合の強度と弾性係数を人工軽量骨材の混入で著しく改善出来ることは、石膏の粒子強化で得られる長所として特筆すべきものである。

4-7 人工軽量骨材を用いた場合の結論

以上の結果をまとめ人工軽量骨材を用いた場合の性能を評価すると表-6になる。II型無水石膏に構造用人工軽量骨材を組合せれば、混練物の流動性と硬化体の力学的性能の点から十分実用性のある石膏軽量コンクリートを作ることが出来る。今回のように約 700 kg/m³ という石膏量の多い調合で、水石膏比を 35% 程度に取り適切な減水剤を併用すれば、水の作用を受けた場合でも圧縮強度 200 kg/cm² 弾性係数 11×10⁴ kg/cm² 程度の石膏軽量コンクリートが得られる。

人工軽量骨材により石膏を粒子強化する方法は、軽量化、弾性係数の増加、水が作用した場合の圧縮強度低下

5-1 比重と圧縮強度

図-18 のように無機超軽量骨材の量を増す程比重を小さく出来るが圧縮強度は低下する。同一圧縮強度を保持して軽量化を図るには、骨材量を多くして水石膏比を小さくする方法が有利である。

5-2 比重と混練物の流動性

無機超軽量骨材の量が増えるにつれ、また水石膏比が小さくなるにつれ流動性は図-19 のように低下する。従って同一圧縮強度で考えた場合の比重と流動性の関係は図-19 のスクリーンで示したように、軽量化を図ろうとする程混練物の流動性が低下して制約を受けるわけで、フロー値 160 mm を打設成型における最小限必要な流動性と考えると、3種の骨材とも石膏だけの場合に比べ、圧縮強度 200 kg/cm² レベルで 20% 前後、圧縮強度 300 kg/cm² レベルで 15% 前後の軽量化が限度で

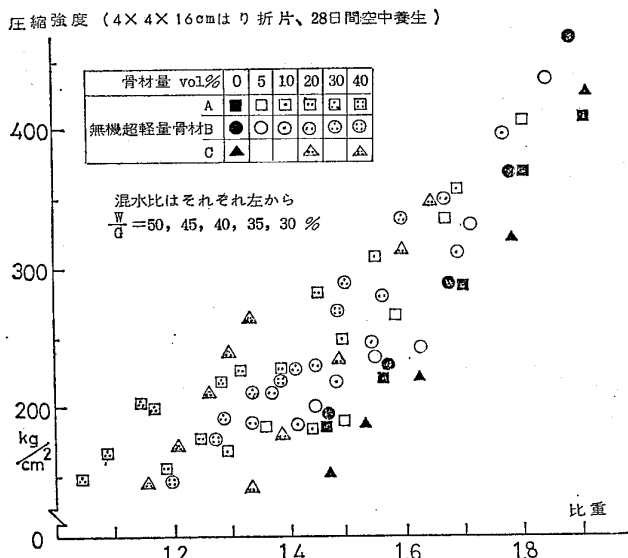


図-18 石膏と無機超軽量骨材を組合せた場合の圧縮強度-比重

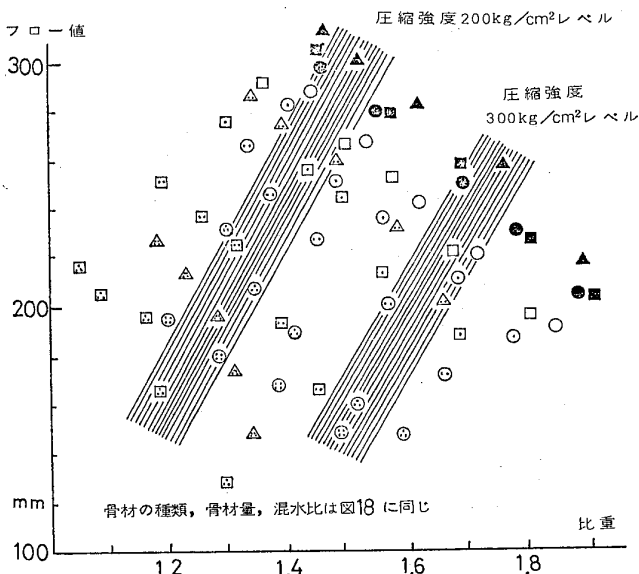


図-19 石膏と無機超軽量骨材を組合せた場合の混練物の流動性-比重

ある。

5-3 無機超軽量骨材を用いた場合の結論

石膏の軽量化という目的で比重が 0.5 近辺の無機超軽量骨材を入れることは、たしかに効果がある。しかし混練打設成形するという場合には、混練物の流動性に関して骨材量に上限が、また強度の点で水石膏比に上限があり、圧縮強度を 200 kg/cm² 以上に保つには 20% 前後の軽量化が限度である。従って無機超軽量骨材によって石膏の軽量化を行なうことは、加圧成形や高性能の減水剤を併用することで混練物の流動性に関する制限を取り除かなくては、それ程効果のある方法とはいえない。

6 粒子強化の結論

高強度の硬化体が作れる α 型半水石膏と II 型無水石膏のうち骨材を混入して用いる場合は、混練物の流動性と凝結硬化の調節の点で II 型無水石膏が利用し易く、また特に α 型半水石膏を現場施工するのは困難である。

川砂・川砂利を用いてコンクリートにすると比重が大きくなる上に著しく強度が低下し不利であるが、川砂だけを用いれば強度低下を生じて弾性係数が大きくなり利用価値はある。

構造用人工軽量骨材の細粗骨材と II 型無水石膏を組合わせれば、水が作用した場合でも圧縮強度 200 kg/cm²、弾性係数 11×10⁴kg/cm² の性能を持つ石膏軽量コンクリートが可能で、流動性や比重の点からも実用性が大きい。

無機超軽量骨材によって石膏の軽量化を図るには、高性能の減水剤や加圧成形による方法を研究すべきで、普通に混練打設成形しただけでは 20% 程度の軽量化が限度である。

石膏の粒子強化という観点からは、川砂や人工軽量骨材を混入することで弾性係数を大きく、圧縮強度に対する引張強度の比率を上げ、クリープ係数を小さくすること（前報その 3 参照）²³⁾ が出来る。特に多孔質の構造用人工軽量骨材は、石膏が吸水した時に起こす著しい強度と弾性係数の低下を大巾におさえることが出来る石膏にとってきわめて貴重な骨材である。

7 むすび

高強度の硬化体となる II 型無水石膏を、構造用の人工軽量骨材で粒子強化し石膏軽量コンクリートにすると、力学的性質を著しく改善出来ることが判明した。

本報は石膏を用いた粒子強化無機複合材料の性質をマトリックス相となっている石膏ペースト単味の性質と比較することより考察し、石膏の粒子強化に関する一面を明らかにしたものであるが、石膏を粒子強化して実用化することを研究するには、さらに石膏の粉末度、凝結硬化性、骨材の粒度、骨材量、水石膏比、混和剤等について広範囲の試験が必要である。

なお本論文の一部は日本建築学会関東支部²¹⁾で発表を行っている。

文 献

- 1) “複合材料技術集成” 産業技術センター 1975
- 2) “Bauen mit Gips” Bunderverband der Gips-und Gipsbauplattenindustrie eV
- 3) “Construction” United States Savings and Loan League
- 4) 石膏石灰学会編 “石膏石灰ハンドブック” 技報堂 1972
- 5) Ramos, Shah, J. Mat. 7, No. 3, p. 380 1972.
- 6) 村田, 神山, セメント技術年報 XXII p. 223 1968
- 7) Bache, Proc. RILEM. Symp. “Testing and Desing Method of Lightweight Concrete” Budapest 9. 1967
- 8) 小阪, 谷川, 太田: 日本建築学会論文報告集 No. 2881, 1-1975
- 9) 川上, 日本建築学会論文報告集 No. 166 12-1969, No. 167 1-1970
- 10) 小阪, 谷川, 太田, セメント技術年報 XXII 260 (1968)
- 11) Cordon, Gillespie, ACI, J. 60, No. 8, p. 1029 1963
- 12) Darwin, Slate, J. Mat. 5, No. 1 p. 86 1970
- 13) Nepper, Christensen, Nielsen. ACI. J 66 No. 1 p. 69 1969

- 14) 小阪, 谷川, 太田, 材料 20, p. 41 1971
- 15) Cunto, Mag. of Conc. Res. Vol. 16 No. 48, Sep. 1964. pp. 129~138
- 16) Dantu, Annales de l'Institut technique du Batimentdes Travaux Public Jan. 1958 Vol. 11 No. 121
- 17) Hansen, A.C.I.J. Vol. 62, No. 2, Feb. 1965 pp. 193~216
- 18) Hirsch, A.C.I.J. Vol. 59, No. 3, Mar. 1962 pp. 427~452
- 19) JISR 5201 セメントの物理試験方法
- 20) JIS A 1101 スランプ試験方法
- 21) 岸谷・平居: 日本建築学会関東支部研究報告集 S 50
- 22) 岸谷・平居: 日本建築学会論文報告集 No. 254 4-1977
- 23) 岸谷・平居: 日本建築学会論文報告集 No. 256 6-1977

SYNOPSIS

U.D.C. 691.5

STUDY ON INORGANIC COMPOSITE MATERIALS AS BUILDING MATERIALS (Part 4. Particle Reinforcement)

by Dr. KOICHI KISHITANI, Prof. of Tokyo Univ.
Dr. TAKAYUKI HIRAI, Lecturer of Oita Inst.
of Tech., Members of A.I.J.

Gypsum is often used with some aggregates as in the case of Normal Portland Cement, while it is used without aggregates because its length change is quite little under dry condition. To use Gypsum in the form of particle reinforced composite materials, it is necessary to find suitable aggregates and appropriate mixings.

Then some experiments were carried out to examine the properties of particle reinforced composite materials using Gypsum as the matrix phase and several conventional aggregates as the dispersed phase. In this paper the experimental results and some considerations are explained and concluded as follows.

For the matrix phase in particle reinforced composite materials, II -anhydrite, α -hemihydrate and β -calcium sulfate hemihydrate are possible to be used. Among these three, II -anhydrite is best because of the strength and the easiness to adjust the workability of the mixture. For the dispersed phase a kind of artificial light weight aggregate is found to be suitable to reinforce Gypsum matrix. By the particle reinforcement using this artificial light weight aggregate, the young's modulus, the tensile strength, the toughness and the creep rate are improved. Especially the decrease rate of the compressive strength and the young's modulus of cast Gypsum absorbing water are turned into little.