

混和材としての瀬戸粘土(木節, 蛙目)の利用について

久保直志 森野奎二

On the Use of Seto Clay ("Kibushi" and "Gairome" clays)
as an Admixture in Portland Cement Concrete.

Naoshi KUBO, Keiji MORINO

The materials so-called Kaolin clays which were distributed in Seto district, Aichi prefecture, were used as an admixture for portland cement concrete.

Those kaolin clays are "Kibushi" and "Gairome" clays utilized as raw materials for porcelain, and common clay which is deposited in the same district, but this has not been used for the ceramic industry.

The each clays were ground into fine powder with the specific surfaces by Blaine's method of 7000 to 9000 sq cm per g, and were calcined at the temperatures of 400°C, 700°C and 1000°C to induce satisfactory properties as pozzolanic materials.

The experiments were carried out on mortar with 10 to 30 percent replacement of cement by raw or calcined clay fines, and mortars without clay were also made for comparison purpose.

As results of the Flow test and Compressive strength test at age of 7, 28 and 91 days, a contribution to the strength was observed in the mortar which 10 percent of cement were replaced by calcined clays at 700°C or 1000°C.

The strength ratio increased with age, in the calcination at the temperature 1000°C. It is considered that the increase is caused by the pozzolanic reaction.

1 まえがき

カオリナイト等の粘土鉱物を焼成して、煨焼粘土とすれば、コンクリート用混和材として使用できることは古くから知られているが、当地にはカオリン質粘土が豊富に産するので、これの利用を試みた。

瀬戸市は陶磁器製品の代名詞となっているほど、瀬戸物で有名な町であるが、これらの原料は、木節粘土および蛙目粘土と称されているものであって、瀬戸市周辺において現在採掘されており、陶磁器原料および耐火物原料としては、日本で代表的なものである。

両粘土の主成分鉱物はカオリナイト(一部ハロイサイト)と言われている⁽¹⁻⁴⁾。カオリナイト粘土鉱物の分子式は $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ であって、この分子を分解するとその中の SiO_2 に反応性をもたせることができ、この反応性ケイ酸はセメントの $C_3(OH)_2$ と反応して常温でカルシウムシリケート水和物のゲル、または結晶⁽⁵⁻⁹⁾を生成して強度がでる、いわゆるポズラン反応を起す。また、

熱分解せずに使用する場合には、石膏などの硫酸塩類を添加することによって、強度増進がみられる⁽¹⁰⁾。一方、分解せずに使用する場合には、ポズラン反応などの化学反応は起こさないが、微粉末としての有効な作用によって強度増進に寄与することも考えられている⁽¹¹⁻¹²⁾。コンクリートにカオリン質微粉末を使用することによって、一般混和材と同様に、ブリーディングなどの材料分離の防止、水密性の増進に効果を現わす。また強度に寄与する場合にはセメント量の減少による水和熱の緩和、膨張収縮の減少などが考えられる。

ポズランとして普通使用されているものはフライアッシュであって、その他のものは、ほとんど使用されておらず、また研究もあまり行われていない。フライアッシュが使用される第一の点は、その粒形の良さからくるワーカビリティの向上にあるが、その他の点、たとえば、粘性を増し材料分離を防ぐ場合などでは、粘土微粉末は、より有効ではないかと思われる。

筆者らはカオリン粘土微粉末を混和材として使用する

場合に、まずそれが強度にどのように影響を及ぼすかを調べた。更にまた、当地の事情も考慮して、陶磁器および耐火物原料として、利用できないようなカオリンをコンクリート混和材として利用することに目的を置いている。

最初の基礎実験としては木節^{がいろめ}、蛙目、普通粘土および市販の純粋のカオリンの4種類を使用した。木節粘土は現在陶磁器用粘土として使用されているもので、亜炭を含んでいるために灰色～茶褐色を呈しており、蛙目粘土は石英粒子をあたかも蛙の目玉（名称の起り）のように含んでいる白色の粘土である。普通粘土とは、上記2種のように陶磁器原料として使用されていない、赤色を呈した粘土である。本実験では採取地名を取って八草粘土と称しているが、一般に八草粘土と言えば、陶磁器および耐火物原料として使用されるいわゆる木節、蛙目粘土のことである。比較のために使用した市販のカオリンは朝鮮カオリンであって、不純物を除去した白色粉末のものである。

これらの粘土を加熱しない状態と400°C、700°Cおよび1000°Cで2時間焼成して、煨焼粘土として使用した。ここで熱処理温度を400°C 700°Cおよび1000°Cと決めたのは、粘土鉱物の示差熱分析曲線、熱膨張収縮曲線などで著しい変化を示し、なんらかの構造変化が起っていると考えられている前後の温度である、即ち、カオリナイトは450°Cから脱水を始め、熱分析曲線では600°C附近に顕著な吸熱反応のピークを示し、その解釈には2とおりあるとされている。1つはアルミナとシリカが分離するという成分分離説と、もう1つは準安定状態の無定形化合物であると言うメタカオリン説とがある。いずれにしても、600°C前後の吸熱ピークは構造水の脱水に原因しており、カオリン格子は崩壊していると言われている。

980°Cでは尖鋭な発熱反応のピークを示すが、これは脱水により生じた物質のムライト核および $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ への結晶化によるものと考えられている。^(13~15)

上記各温度で処理した粘土を、モルタルに混和して、

強度およびフローに及ぼす影響を調べた。

実験は、実験Ⅰと実験Ⅱの2段階に分けて行なった。実験Ⅰでは粘土微粉末をセメントの外割混合に加えて、10%、20%、30%とした。粘土微粉末を含まないモルタル（基本モルタルと呼ぶ）との比較では、その配合が粘土分を除いたW/C、S/Cが同じ配合のモルタルでは、基本モルタルはフローが大き過ぎるので単位水量を少なくして、W/C+P（Pは粘土微粒子）と等しい基本モルタルの配合で強度およびフローの比較を行なった。その結果、八草、蛙目、木節などの粘土も700°C以上の煨焼粘土微粒子に混和材としての効果が認められた。

実験Ⅱは各々の温度で処理した粘土微粉末を、ポゾランの一般的な使用方法に従って、セメントの一部と置き換えた内割混合で10%～30%加えた。この結果では700°C処理の粘土微粉末を混入した場合の強度が最も高いが、反面フロー値の減少が著しいので、フロー値が基本モルタルと等しくなるような単位水量を選び、一定フロー値のもとでの強度比較を行なった。

1000°Cの煨焼粘土では熔融によって粘土粒子が大きくなっているが、実験Ⅰ、Ⅱでは処理条件を変えずにそのまま使用した。別に、粒子粉末度の強度に及ぼす影響を考慮して、1000°C焼成後にもう一度粉碎して、0～700°C処理の粘土の粉末度と等しくした。この微粉末を用いてモルタル実験を行ない、前記の実験の1000°C処理の結果を検討した。

なお、以上の各温度で処理した粘土微粉末を偏光顕微鏡で観察したところ、700°Cまではあまり変化は見られないが、1000°Cになると透明度の高い大きな粒子となり、他と著しく相違していた。

2 使用材料

(1) セメント

試験に用いたセメントは大阪セメント社製の普通ポルトランドセメントである。物理的性質および化学的性質は1表および2表のとおりである。

表 1 セメントの物理的性質

比重	粉末度		凝 結		安定性	強 さ (Kg/cm ²)						養生温度 (°C)
	ブレン (cm ³ /g)	88μフルイ残 (%)	始 発 (時一分)	終 結 (時一分)		曲 げ 強 さ			圧 縮 強 さ			
						3 日	7 日	28 日	3 日	7 日	28 日	
3.15	3130	1.6	2—30	3—46	良	33.8	51.1	73.6	136	233	417	20±3

表 2 セメントの化学的性質

(単位 %)								
強熱減量	不溶残分	シリカ	アルミナ	酸化第二鉄	酸化カルシウム	マグネシア	無水硫酸	合 計
0.7	0.6	21.8	5.4	3.0	64.5	1.5	1.9	99.4

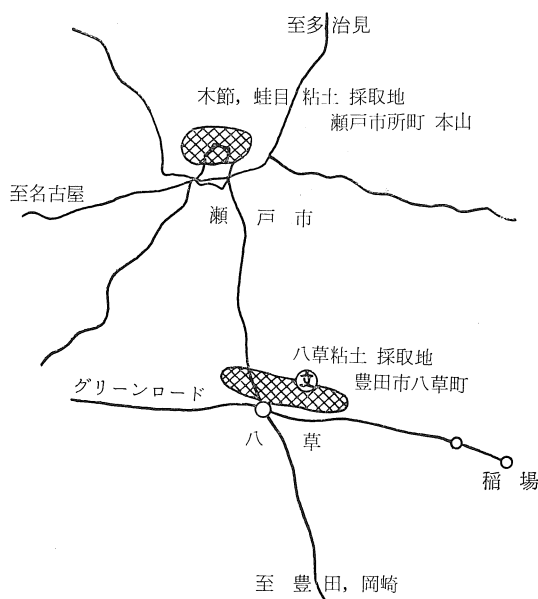
(2) 骨材

細骨材のみを使用した。細骨材は愛知県矢作川産の砂をフルイ分けて、標準粒度曲線の真中を通るような粒度とし気乾状態で使用した。すなわち、 $2.5\sim 1.2\text{mm}$ (30%)、 $1.2\sim 0.6\text{mm}$ (30%)、 $0.6\sim 0.3\text{mm}$ (20%) の3種類で 0.15mm 以下は豊浦標準砂 (20%) を用いた。粗粒率は2.70となる。砂の比重、吸水量は2.53、1.90%である。

(3) 混和材として用いたカオリン粘土

試験に用いた粘土は愛知県瀬戸地方に産し、陶磁器および耐火物原料として有名な木節粘土、蛙目粘土そしてこれらと同地域に産するが、窯業原料としては使用されていない、赤色を呈した普通粘土（本実験では採取地名を取って八草粘土と称しているが、一般に八草粘土と言えば木節、蛙目粘土のことであって、特に耐火物原料としては上質のもののことである。）である。これらの粘土を構成している主な粘土鉱物はカオリナイトであることから市販のほぼ純粋のカオリンを、比較のため使用した。

上記試料の採取地は1図に示すとおりであるが、現地で採取したものを次の処理をして実験に供した。



1 図 粘土採取地

(3) 一1. 粘土に含まれている不純物の処理

八草粘土には珪砂、蛙目粘土には石英粒子、木節粘土には亜炭が含まれているので、それらを除くために、次のような方法で処理した。なお、市販のカオリンについてはそのまま使用した。

すなわち、粘土を水に溶かし、これを 0.15mm の鋼フルイでふるい分け、フルイに留まるものは不純物として除去する。通過したものを乾燥器 (105°C 以下) で、水分が完全になくなるまで乾燥させる。

(3) 一2. 粘土を微粉末にする方法

(1)で処理した 0.15mm 以下の粘土は、乾燥によって板状の塊まりになっているので、B.S.規格の骨材破砕試験装置を用いて粗砕した。それをボールミルに入れて10分間、730回転 ($76\text{rpm}/\text{min}$) で粉砕して微粉末とした。これを 0.15mm のフルイで再びふるい分け、通過したのみ試験に用いた。こうして得られた各粘土粉末は徐々に細くなるのではなく、ほとんど瞬間的に微粒子になっているように感じられた。この10分間の粉砕で得られた粘土微粉末のブレン比表面積は、5表に示すように $7000\sim 9000\text{cm}^2/\text{g}$ である。

(3) 一3 粘土微粉末の温度処理

カオリン粘土をコンクリート混和材として有効に利用するためには、何度の熱処理が必要かを知るため、 0 、 400°C 、 700°C 、および 1000°C で焼成した。 0 処理というのは、前記の粉砕されたままの状態のものであって乾燥のための 100°C の熱は受けているが、ここでいう温度処理では無処理と解釈できるものである。焼成は電気炉を使用し、それぞれ最高温度を2時間継続した。最高温度になるまでの時間は、 400°C の場合で2時間、 700°C で3時間、 1000°C の場合で5時間である。最高温度2時間経過後は電気炉のスイッチを切り、試料が冷えるまで電気炉内に放置して自然冷却とした。

(3) 一4 煨焼粘土の物理・化学的性質

以上の処理によって得られた粘土微粉末の重量、比重およびブレン比表面積の変化は、3~5表に示すとおりである。加熱重量変化は 700°C 処理で安定するが、比重は 1000°C 処理で著しく大きくなっており、 700°C までで脱水がほぼ完了し、 1000°C では結晶に構造変化が起っていることを示している。特に顕著な変化はブレン比表面積に於てであって、 1000°C 処理ではその値が $\frac{1}{2}\sim\frac{1}{3}$ に減少している。各粘土微粉末を偏光顕微鏡で観察した場合、 700°C まではあまり変化は見られないが、 1000°C では透明度の高い、きれいな大きな粒子となっていて、熔融した形跡が見受けられた。なお木節粘土の重量減少の著しいのは、亜炭が含まれているためであって、粘土の色も温度上昇と共に褐色から黒色、次いで灰白色、そして白色と変化する。

八草粘土、木節粘土および蛙目粘土の化学分析結果は6表に示す。

表 3 加熱重量変化

(単位%)

粘土の種類	加熱温度 (°C)			
	無	400	700	1000
八草粘土	0	5.3	10.8	11.6
蛙目粘土	0	2.4	9.7	9.7
木節粘土	0	6.6	19.1	20.3
朝鮮カオリン	0	4.5	13.3	14.8

表 4 比重

粘土の種類	加熱温度 (°C)			
	無	400	700	1000
八草粘土	2.51	2.64	2.63	2.68
蛙目粘土	2.54	2.55	2.56	2.61
木節粘土	2.38	2.53	2.56	2.65
朝鮮カオリン	2.64	2.60	2.60	2.70

表 5 ブレーン比表面積

(cm²/g)

粘土の種類	加熱温度 (°C)			
	無	400	700	1000
八草粘土	7100	7350	7700	2560
蛙目粘土	7730	9000	8600	4220
木節粘土	8200	8400	7680	2870
朝鮮カオリン	6680	7740	7430	3470

表 6 粘土の化学分析表

(大阪セメント研究所分析)

試料成分	木節粘土(瀬戸市本山)			八草粘土(豊田市八草)		蛙目粘土(本山)
	加熱無	700°Cか焼	1000°Cか焼	加熱無	1000°Cか焼	加熱無
強熱減量	9.3	2.1	1.4	12.6	0.2	0.2
シリカ	60.4	53.3	66.9	58.4	68.2	55.7
アルミナ	26.5	42.7	27.3	23.2	24.6	42.6
酸化第二鉄	0.8	1.3	0.8	3.8	4.2	1.1
酸化カルシウム	0.3	0.5	0.2	0.3	0.3	0.5
マグネシア	0.2	0.3	0.2	0.5	0.5	0.3
酸化ナトリウム	0.3	0.1	0.3	0.3	0.3	0.1
酸化カリウム	3.1	0.4	3.6	1.5	1.8	0.4
合計	100.9	100.7	100.7	100.6	100.1	100.9

3 試験方法および配合

(1) モルタル供試体の作成

混練は ASTMC305—59T に示されている電動式モル

タルミキサーを使用し、供試体作成は4×4×16cmの型枠を使用し、2層に分けて詰め、各層20回突いた。その他の方法は JIS R 5201に準じて行った。

(2) 配合

実験 I の配合

この実験は、セメント量を一定にして、0, 400, 700 および1000°Cの温度で焼成した粘土微粉末をそれぞれセメントに対する外割混合で10%~30%配合し、それと同時に、粘土微粉末を含まないモルタル(基本モルタル)を作成して強度の比較を行い、粘土微粉末がモルタルの強度にどのような影響を及ぼすかを調べたものである。

配合はC:Sを1:2と一定とし、水セメント比の決定は粘土微粉末をセメントに対して20%加えたもので試し練りを行い、フロー値が約200となるものを選び、W/C=60%とした。(7表参照)

強度比較のための基本モルタルの配合は W/C=60%では、フロー値が大きすぎるので、S/C=2はそのままとし、単位水量を少なくし、粘土混和モルタルの W/C+Pと、基本モルタルのW/Cとが等しくなるような配合とした。(7表の右側に記す。)

実験 II の配合

実験 I の試験結果によって、粘土微粉末がモルタル強度に有益であると判断されたので、ポゾランの一般的な使用方法に従って、粘土微粉末をセメントの一部と置き換えた内割混合で配合した。(8表参照)

使用水量の決定は基本モルタルのフロー値が約200となるように水セメント比を決め、WC/=45%とし、それに合わせて粘土混和モルタルを W/C+P=45%とした。

4 実験結果および考察

(1) 実験 I の結果

フロー試験の結果を2図に示し、圧縮強度試験結果を3図に示す。

(2) 実験 I の考察

セメント:砂:水の比が1:2:0.6のモルタルに八草、木節および蛙目粘土の微粉末(0~1000°C煨焼粘土)をセメント重量の10%~30%加えると、フロー値は微粉末を含まないモルタルの268から最小118,最大245の値に減少する。一方圧縮強度は微粉末を含まないモルタルの強度を100とした場合、全強度試験(0°~1000°C煨焼粘土,10%~30%混和)を通じて62%の結果が100以上の値を示し、強度上は有効である。が、フロー値と強度の両方を考慮しなければ実用上無意味であるから、2図お

表 7 実験 I の配合

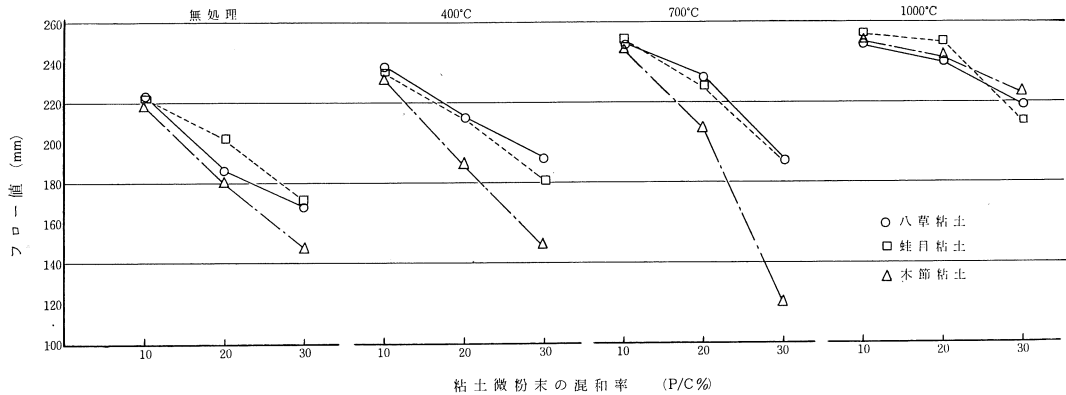
粘土微粉末混和モルタルの配合							基本モルタルの配合				
セメント	微粉末	砂	水	W/C	W/C+P	S/C	セメント	砂	水	W/C	S/C
							1 (593)	2 (1186)	0.6 (536)	0.60	2
1 (580)	0.1 (58)	2 (1160)	0.6 (348)	0.6	0.545	2.0	1 (613)	2 (1226)	0.545 (334)	0.545	2
1 (567)	0.2 (113)	2 (1134)	0.6 (340)	0.6	0.500	2.0	1 (630)	2 (1261)	0.500 (315)	0.500	2
1 (555)	0.3 (167)	2 (1110)	0.6 (333)	0.6	0.462	2.0	1 (646)	2 (1292)	0.462 (298)	0.462	2

() 内は単位量 (Kg/m³)

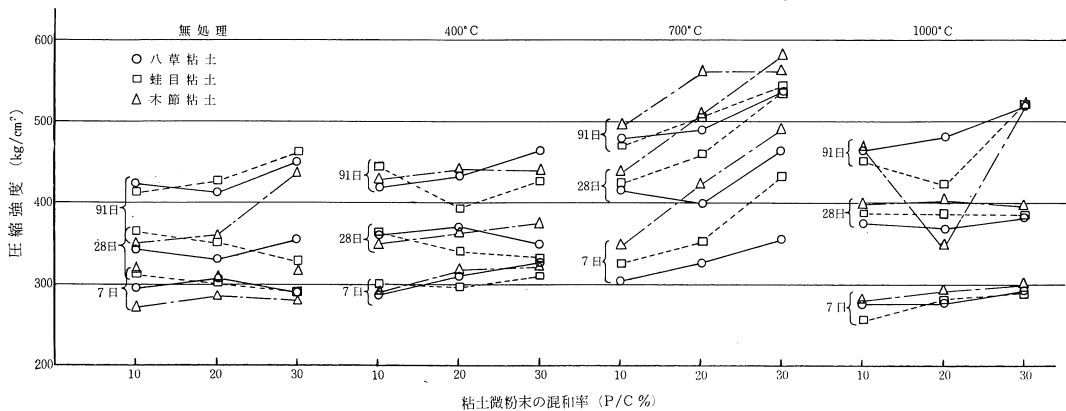
表 8 実験 II - 1 の配合

	セメント	微粉末	砂	水	W C+P	W C	P C	S C	S C+P
粘土微粉末混和モルタル	0.9 (583)	0.1 (65)	2 (1296)	0.45 (292)	0.45	0.500	0.111	2.22	2
	0.8 (516)	0.2 (129)	2 (1290)	0.45 (290)	0.45	0.563	0.250	2.50	2
	0.7 (450)	0.3 (193)	2 (1285)	0.45 (289)	0.45	0.645	0.428	2.86	2
基本モルタル	1.0 (651)	0 (0)	2 (1302)	0.45 (293)	0.45	0.450	0	2.00	2

() 内は単位量 (Kg/m³)



2 図(実験 I) 各種粘土の処理温度および混和率がフロー値に及ぼす影響



3 図(実験 I) 各種粘土の処理温度および混和率が7.28, 91日の圧縮強度に及ぼす影響

よび3図の結果を基本モルタルと比較するために、両者のフロー値がほぼ等しくなるように、微粉末混和モルタルのW/C+Pと基本モルタルのW/Cとが等しいようなモルタルと比較した。結果を9表に示すが、良好な結果を示すのは700°C処理以上の煨焼粘土を用いたモルタルであり、700°C処理では混和率20%まで良好であり、

1000°C処理では混和率30%まで混入可能である。1000°C処理の場合に短期強度が低いのは、用いた煨焼粘土の粒子が粗いからである。しかし、3ヶ月強度になると100近くになるか、100以上となってポズロン反応による強度増進を示している。

表 9 基本モルタル(100)に対する粘土混和モルタルのフローおよび強度比

A: 八草粘土, G: 蛙目粘土, K: 木節粘土

配合	処理温度(°C)	粘土微粉末の種類	フロー値 粘土混和モルタル 基本モルタル(%)	強度比率(%)			有効なモルタル			
				7日	28日	91日	フロー>96	強度>96	判定	
W/C+P (%)	P/C (%)									
54.5	0	基本モルタル		100 (249)	100 (296)	100 (433)	100 (466)			
		0	A	90	101	79	91			
			G	89	106	85	89			
	K		88	92	73	75				
	10	400	A	96	98	83	90	○		
			G	95	101	84	96			
			K	94	99	81	92			
		700	A	100	102	96	102	○	○	◎
			G	100	110	98	101	○	○	◎
			K	98	117	109	106	○	○	◎
	1000	A	100	93	86	99	○	○	◎	
		G	102	86	90	96	○	○	◎	
K		98	95	91	102	○	○	◎		
50.0	0	基本モルタル		100 (234)	100 (327)	100 (445)	100 (489)			
		0	A	80	94	76	84			
			G	87	92	80	88			
	K		77	88	69	74				
	20	400	A	91	96	83	89			
			G	91	91	78	80			
			K	81	97	83	90			
		700	A	99	103	90	96	○	○	◎
			G	97	108	104	103	○	○	◎
			K	88	129	115	115			
	1000	A	103	85	83	97	○	○	◎	
		G	106	87	87	86	○			
K		103	89	90	70	○				
46.2	0	基本モルタル		100 (212)	100 (364)	100 (473)	100 (518)			
		0	A	80	81	76	87			
			G	81	80	70	89			
	K		70	78	68	85				
	30	400	A	92	90	74	90			
			G	86	85	71	82			
			K	70	90	80	85			
		700	A	91	99	99	104		○	
			G	89	120	114	105		○	
			K	56	135	124	109		○	
	1000	A	103	85	81	100	○	○	◎	
		G	108	79	82	101	○	○	◎	
K		105	82	84	100	○	○	◎		
60.0	0	基本モルタル		(268)	(285)	(375)	(444)			

() 内はフロー値(mm)および圧縮強度(Kg/cm²)を示す。

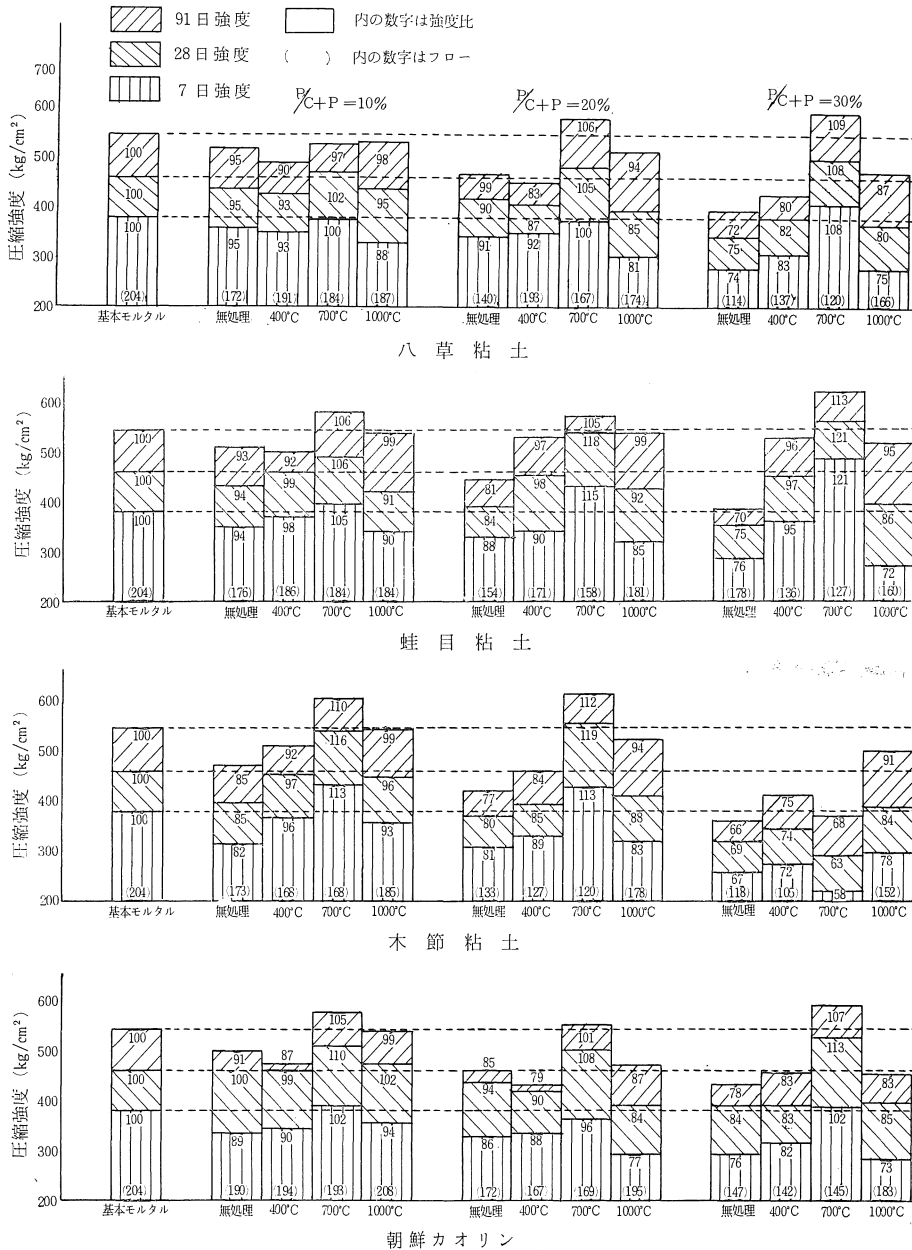
9表によると八草、木節および蛙目のいずれの粘土も同じような判定結果であるが、2図、3図によると、八草粘土と蛙目粘土はほぼ似通った性状を示しており、木節粘

土は前二者とは多少異っているようである。しかし1000°C処理ではほぼ等しくなっている。このことは木節粘土に垂炭が含まれていることに、1つの原因があると思わ

れる。八草粘土微粉末においては、高価な木節粘土や蛙目粘土と比べて遜色が見当らないので、混和材としては八草粘土を使用するのが賢明と思われる。

(3) 実験Ⅱの結果

セメントの一部を粘土微粉末で置き換えた8表の配合の7日、28日および91日強度試験結果を4図に一覧表にして示した。



4 図 実験Ⅱのモルタル圧縮強度一覧

棒グラフ中の数字は各材令での、基本モルタルに対する強度比〔%〕である。7日強度を示している棒グラフ中の () 内の数字はフロー値である

(4) 実験Ⅱの考察

八草粘土，蛙目粘土，木節粘土そして朝鮮カオリンの4種の粘土すべて、700°C 煨焼粘土微粉末を混和したモルタル強度が最も高く、殆んど基本モルタルより高い強度を示している。が、フロー値は基本モルタルの 204に

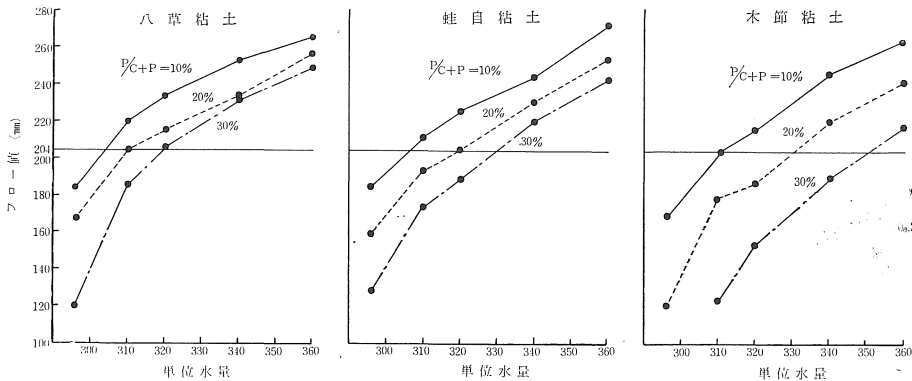
比べて、193から測定不能のものまでである。

700°C煨焼粘土を混和したモルタル
(フロー値204と一定)

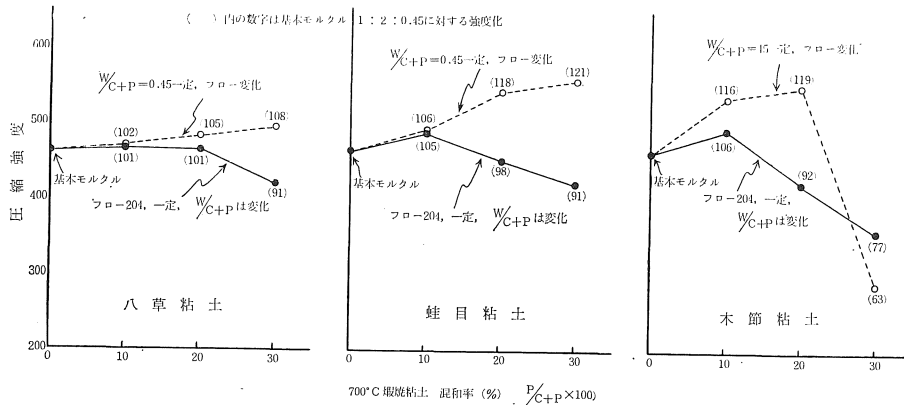
したがって、5図のようなフロー値と単位水量との関

係を求め、基本モルタルのフロー値 204に等しくなるよ
うな単位水量を求めて、10表のような配合表を作成し
た。

この配合による試験結果を6図に示す。



5 図 700°C煨焼粘土の単位水量とフローとの関係 (S/C=2, P/C+P=10~30%)



6 図 一定フロー値 (基本モルタルのフロー204に合わせた) のもとの粘土混和率と圧縮強度との関係 (28日強度)

10表 実験 II-2 の配合
(700°C煨焼粘土・フロー204に一定)

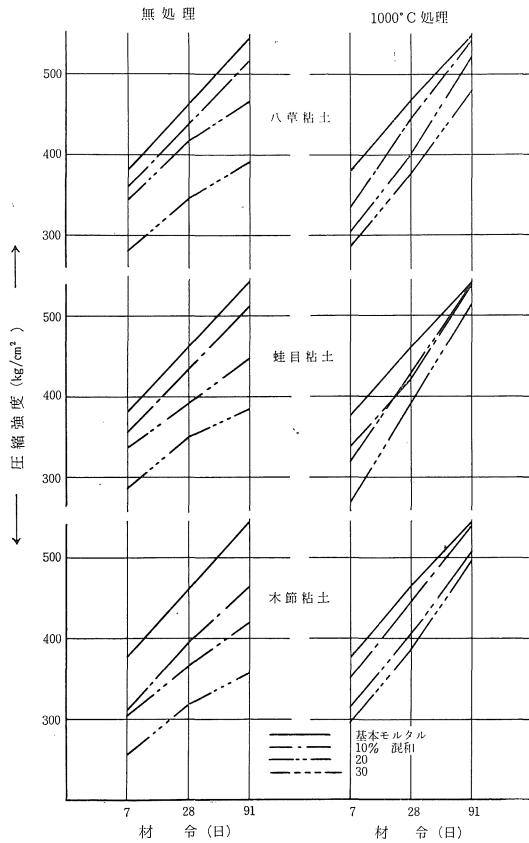
配合 種類	セメン ト	微粉末	砂	水	W		備 考
					C+P	C	
八草 粘土	0.9 (754)	0.1 (64)	2 (1276)	0.474 (302)	0.474	0.526	% 3.0
	0.8 (503)	0.2 (126)	2 (1257)	0.491 (309)	0.491	0.614	5.4
	0.7 (433)	0.3 (185)	2 (1236)	0.511 (316)	0.511	0.730	7.8
蛙目 粘土	0.9 (572)	0.1 (64)	2 (1272)	0.479 (305)	0.479	0.533	4.1
	0.8 (497)	0.2 (124)	2 (1241)	0.511 (317)	0.511	0.638	8.2
	0.7 (426)	0.3 (183)	2 (1218)	0.535 (326)	0.535	0.765	11.3
木節 粘土	0.9 (568)	0.1 (63)	2 (1262)	0.492 (310)	0.492	0.546	5.8
	0.8 (489)	0.2 (122)	2 (1222)	0.537 (328)	0.537	0.671	11.9
	0.7 (413)	0.3 (177)	2 (1181)	0.587 (347)	0.587	0.840	18.4
基本モ ルタル	1.0 (651)	0 (0)	2 (1302)	0.450 (293)	0.450	0.450	—

() 内は単位量 (kg/cm³)

C+P:Sが1:2の一定比率に対して10表のように使用
水量のみ増加すると、単位容積中の単位セメント量、単
位混和材量、および単位砂量は相対的に減少すること
になるが、それらの値は10表の備考欄に示すように、た
とえば八草粘土であれば、内割混合10%のモルタルは、水
量が3%増加しており、そのためにセメントプラス微粉
末の合計量は基本モルタルのセメント量より2%少なくな
る。しかし強度比は6図に示すように101と高い。同様
に八草粘土の20%混合、蛙目粘土の10%、20%混合、木
節粘土の10%混合において、それぞれ 100を越えてい
る。これらはW/C+Pが基本モルタルのW/Cより大き
く、またセメント量が少ないにもかかわらず、強度比が
100以上となっており、粘土微粉末がセメント以上の働
きをしていることになる。この原因は粉末度がセメント
の約2倍であることおよび、粘土の吸水に原因するW/C
の減少によると考えられる。すなわち、700°C焼成によ
って結晶水は脱水されるが、混合水を加水することによ
って再びカオリン格子の中へ吸水され、これが混練中に

全部終らずに、モルタル成形以降にも吸収され続けて、実質では W/C+P が基本モルタルのW/Cより小さくなり、モルタル強度が増加したのではないかと考えられ

る。ポズラン反応については1000°C処理ほど明瞭な結果を示さない。（比表面積が $7000\text{cm}^2/\text{g}$ と大きいので短期強度が高く、一層、不明となった。）引続き材令一年の強度試験を継続中である。

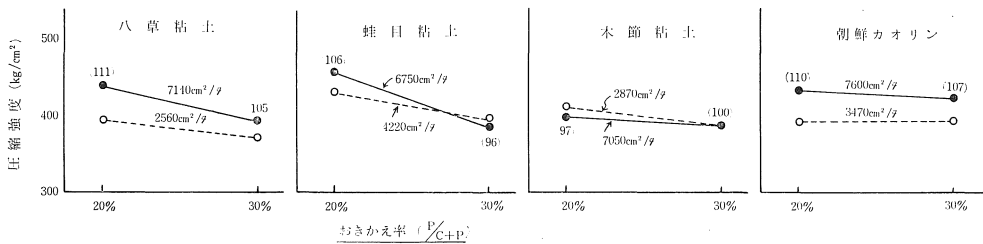


7 図 無処理粘土と1000°C煨焼粘土使用モルタルの強度増進の相違

1000°C 煨焼粘土を混和したモルタル

1000°Cで加熱処理した粘土微粉末を混和したモルタルは4図に示すように、長期強度の伸びが他の処理温度に比べて大きくなっている。更にこの関係を明らかにするために、強度と材令との関係をとると、7図に示すようになる。強度の伸びは700°C以下のものと、ほぼ類似の傾向を示しているので代表例として無処理のもののみ図示した。無処理では、材令が進むに従って強度の伸びが悪くなっており、基本モルタルとの強度差は大きくなる傾向を示している。一方、1000°C煨焼粘土使用モルタルでは材令が進むに従って、基本モルタルの強度以上の増加率を示し、混和率（内割）10%では、3ヶ月強度比が98および99となって、ポズラン反応が起っていることを示している。

この実験Ⅱで使用した1000°C処理粘土微粉末は溶融によって粒子が大きくなったものをそのまま使用した結果であるが、更に粉碎して700°C以下と同程度の粉末度（ $7000\text{cm}^2/\text{g}$ 前後）とした場合には、強度はどれだけ増加するかを調べた。結果（28日強度のみ測定）を8図に示すが、八草粘土および朝鮮カオリンでは、粉末度を高くすることによって、5~10%強度が増加した。しかし蛙目粘土および木節粘土では強度の増加はみられなかった。この点に関しては超微粒子のポズラン反応を扱っている研究結果からみてもまだまだ強度は伸びるようであるから、更に詳細な検討が必要と思われる。



8 図 1000°C 煨焼粘土の粉末度の相違が圧縮強度（28日）に及ぼす影響

5 結 論

瀬戸地方のカオリン質粘土をブレン比表面積、7000~9000 cm^2/g の微粉末として、それを、加熱しない状態で、あるいは400°C、700°Cおよび1000°Cで加熱処理して、セメント重量の10~30%を置き換えて使用したモルタルのフロー試験および圧縮強度試験（7日、28日、および91日）結果から、次のような結論を得た。

- (1) 粘土を用いないモルタルと比較して、良好な結果を示すのは、700°C および1000°Cで焼成した煨焼粘土微粉末を、セメントの10%の置き換え率で使用した場合である。
- (2) 上記の範囲では、木節粘土、蛙目粘土および八草粘土（普通粘土）とも、すべて同様に良好な結果を示すが、混和率を増加すると、多くの混合水を必要

とする。特に、木節粘土で所要水量の増加が著しくなる。八草粘土は蛙目粘土とよく似た結果を示しており、この粘土微粉末が他の粘土微粉末と劣る点は見当らない。

- (3) 1000°C焼成ではカオリン鉱物の構造が変化するために、700°C 煨焼粘土のような吸水によるフロー値の著しい低下は起らない。

そしてポゾラン反応と思われる強度の増進がみられる。特に蛙目粘土では、置き換え率20%のもので、3ヶ月強度が、粘土を含まないモルタル強度の99%となる。八草粘土および木節粘土では、いずれも94%であり、20%混入ではやや強度の伸びが悪い。しかし八草粘土の粉末度を高くすると、よくなるようである。なお、粘土の活性については、目下実験中である。

参 考 文 献

- (1) 種村光郎：愛知県瀬戸地域の粘土および珪砂鉱床の地質学的、鉱物学的研究，地質調査報告，第203号，昭和39年1月
- (2) Keinosuke Nagasawa : Kaolin Minerals in Cenozoic Sediments of Central Japan, proceedings the International clay Conference 1969 vol.1 P.P.15~30
- (3) 愛知県・地，調，名古屋出張所：瀬戸市周辺地域の珪砂および耐火粘土資源，愛知県・地質調査所昭和43年3月
- (4) 名古屋工業技術試験所調査報告No.10：瀬戸市地域における粘土の基礎的性状の調査 1967年
- (5) Zdenek Sauman : Study of Reactions between CaO or 3CaO · SiO₂ and β-2CaO · SiO₂ and Power station Fly Ashes under Hydrothermal Conditions, proc of the 5th International Symposium on the chemistry of Cement, Tokyo, 1968 part4 Admixtures and Sepcial cements (vol.IV) pp.122~133
- (6) Hans E. Schwiete, P. Kastanja, Udo Ludwig and Peter A. Otto : Investigations on the Behaviour of Natural and Artificial Pozzolanas, 5th Symposium on the chemistry of cements (Vol.IV) PP, 135~139
- (7) Riccardo Sersale and paolo Giordano Orsini : Hydrated phases after Reaction of time with "pozzolanic" Mateials or with Blast Furnace Slags, 5th Symposium on the cemistry of Cements (vol. IV) PP.114~121
- (8) Adriano Celani, pietroA. Moggi and Arturo Rio : The Different Action Mechanism of Pozzolanic Materials and slags in the Hydraulic Binders, 5th Symposium on the cemistry of cements(vol.IV) PP.140~147
- (9) Members of ACI Committee 212 : Admixture in Concrete, ACI proceedings vol.47 sep.1950 PP. 25~51
- (10) Akira Arizumi and Tohru Iwai : Utilization of Halloysite as a Strength-Improving Agent for Concrete, proceedings the International clay conference 1969 vol 1 PP. 835~841
- (11) 山崎寛司：鉱物質微粉末がコンクリートの強度におよぼす効果に関する基礎的研究，土木学会 コンクリートライブラリー 第8号 1963年 7月 PP. 25~58
- (12) Alvaro Lopez Ruiz : Strength Contribution of a Pozzolan to Concretes, ACI proceedings vol. 62 Mar. 1965 PP.315~325
- (13) 赤松秀雄，高橋活：カオリン鉱物の構造と触媒作用，粘土科学の進歩(5) 粘土研究会，昭和40年 7月 PP. 197~205
- (14) 都築芳郎，長沢敬之助：カオリン鉱物の980°C付近の発熱反応について，PP. 1~14：カオリナイトの吸熱作応の電子顕微鏡による研究，PP. 15~22，粘土科学の進歩(4)，昭和38年3月
- (15) 吉本文平著，鉱物工学，昭和42年，技報堂発行
吉本文平著，耐火物工学，昭和40年 技報堂発行
日本粘土学会編，粘土ハンドブック，昭和42年，技報堂発行
窯業協会編，窯業工学ハンドブック，昭和41年 技報堂発行
須藤俊男著，粘土鉱物，昭和43年 岩波全書
- (16) K. M. Alexander : Reactivity of ultrafine powders produced from siliceous Rocks, ACI proceedings vol. 57. Nov. 1960 PP.557~569