

# 報 文

## 特殊粘土混入によるコンクリートの 品質改善について

正 員 村 山 保\*  
理学博士 田 所 芳 秋\*\*

### AN IMPROVEMENT IN THE PROPERTIES OF CONCRETE BY USING A CERTAIN SPECIAL CLAY

(JSCE Aug. 1955)

Tamotsu Murayama, C. E. Member, Dr. Eng., Yoshiaki Tadokoro

**Synopsis** This paper reports an experimental investigation concerning the advantage of using a certain special clay.

Substitution of the clay for 10—20 per cent of portland cement results in the lower permeability of concrete, the greater resistance to aggressive acid, and not only causes no appreciable loss in concrete strength, but also increases it to some extent by using as little as 10 per cent of the cement.

#### 1. 概 要

本文はセメントの重量の1～5割を節減し、その代りに1～5割の特殊粘土を混入したコンクリート及びモルタルの性質について試験を行つた結果、1～2割代用では防水性、耐酸性等をいちじるしく改善し、かつ強度も低下しないのみならず、1割代用の粘土混入コンクリートはかえつて強度もいくぶん上昇すること等を結論とした。

#### 2. 使用材料

(1) 特殊粘土 高知県安芸郡奈半利炭坑の亜炭層の間に脈をなして存在し、3000万年以前に堆積したものと見られ、地下30mの深所にある。これを乾燥粉砕し、100メッシュのふるいを通過したものである(コウトクと名づけて市販し始めた)。

粘土自身には膠着性はなく、セメントの硬化作用を起すときに生ずる水溶性の遊離石灰と結合し、不溶解性のカルシウム塩の膠結物を形成し、硬化作用を助長する。

また水ガラス状の不透水膜を形成し、透水を減少させるような働きをするようである。

分析結果は表-1のようである。

表-1

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	Mg.O	SO <sub>3</sub>	Ig.loss	Total
%	65.96	18.35	4.75	0.97	2.17	1.44	4.76	98.40

註：比重 2.52

(2) セメント 日本セメント土佐工場の同一の窯

\* 高知工業高等学校教諭

\*\* 高知県工業試験場長

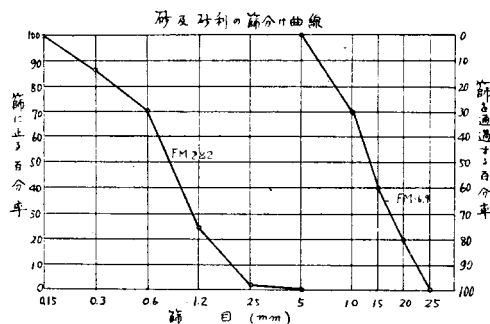
の普通ポルトランドセメントを使用した。その試験成績は表-2のごとくである。

表-2

比 重	3.16								
粉末度	3.0% プレーン 3120								
凝 結	気 温	湿 度	水 量	始 発	終 結				
	20.8	90	25.3	時間 分 1. 47	時間 分 2. 37				
膨 脹 ひびわれ	煮沸法 異状なし								
強 度	フ ロー	平 均	曲げ強度(kg/cm <sup>2</sup> )			圧縮強度(kg/cm <sup>2</sup> )			
		養 生 温 度	3 日	7 日	28 日	3 日	7 日	28 日	
		219	20°±1°C	27.4	44.7	65.4	103	204	369
化学成分 %	炭化石 灰	珪 酸	アルミナ	酸化鉄	無水 硫酸	マグネ シア	強熱減 量	不溶解 残渣	合計
	65.14	22.38	5.31	2.99	1.49	1.30	0.70	0.35	99.66

(3) 砂 高知県仁淀川産の砂で、石質は砂岩、比重2.65、吸水量1.4%、F.M=2.82でふるい分け試験の結果は図-1のごとくである。

図-1



これを水洗し、太陽乾燥して室内に貯蔵し(含水

量 0.4%), 使用に際しては表面乾燥飽和状態となるに必要な水量を加えて用いた。

(4) 砂利 仁淀川産の砂利で, あらかじめ 30~20 mm, 20~10 mm, 10~5 mm にふるい分けたものを一定の割合に配合して, 表面乾燥飽和状態として用いた。比重 2.67, 吸水量 0.9%, F.M.=6.9。

3. 凝結試験

図-2 のごとく粘土代用率の増すにつれて凝結は遅れる。これは標準軟度をうるのに粘土代用の場合は水量を増す必要があり, このためいちじるしく遅れた感があるが, JIS の規格 (1~10 時間) 内にあり施工に支障はなく, かつ安定性も良好であった。

4. 吸水量試験

φ10×20 cm の A 配合 (後述) のコンクリート供

試体で, 材令 28 日で水中から取り出し, 表面水を拭って重量を計量し, 次に 100~110°C の炉の中で, 定重量となるまで乾燥させて計量し, その差を出すと図-3 の

ごとくである。すなわち, 粘土代用率の多いほど, 吸水量は多い。

5. モルタル試験

(1) 配合 標準示方書のセメントの強さ試験と同じ

図-2

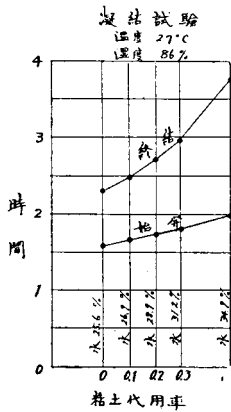


図-3

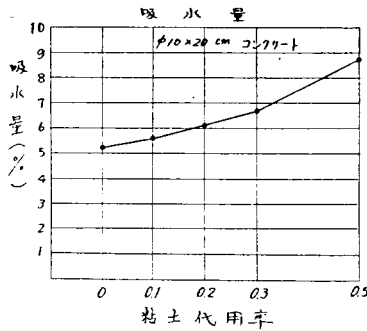
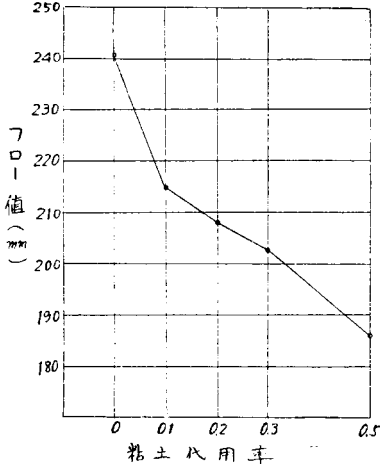


図-4



配合, すなわち重量で 1 : 2, w/c=65% のものを用い, 砂は 0.6 mm ふるいの通過分を使用した。セメントを, 重量で 1 割, 2 割, 3 割, 5 割節減し, その代わりに, 粘土を 1 割, 2 割, 3 割, 5 割混入した。また w/c を 0.65 から, 0.60, 0.55, 0.50, 0.45 と小さくして上と同様にして粘土をもつて代用させた。

(2) 試験結果

a) フロー試験: 粘着性を増しきわめてプラスチックであるが, 一定水量では図-4 のごとく, フロー値は小さくなる。

b) 強さ試験: 4×4×16 cm の供試体で, 曲げ強さ及び圧縮強さを試験した。養生は湿気箱 24 時間経て

図-5 (a)

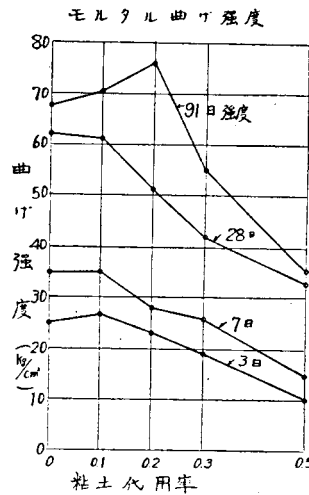
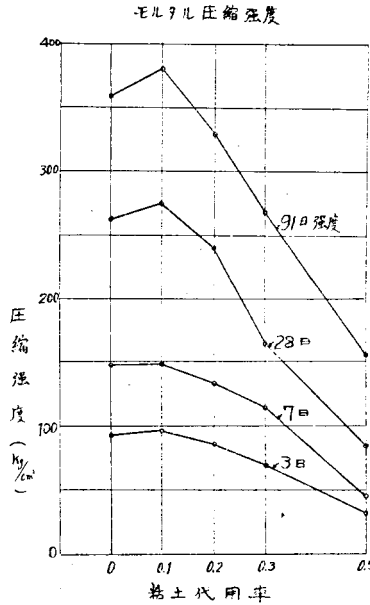


図-5 (b)



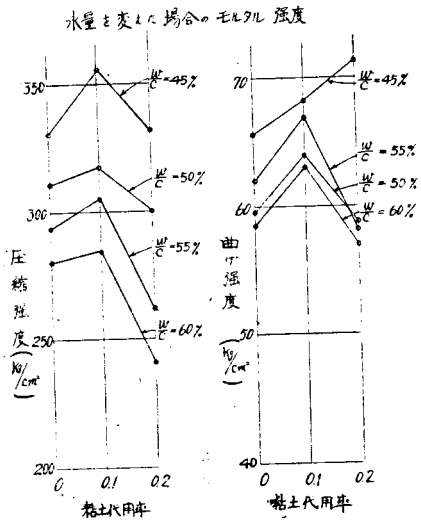
から, 20°C の水中に浸漬したものと, 室内空气中養生 (温度 25~28°C 湿度 70~90%) のものと二通りで行ったが, 粘土混入モルタルは空气中養生の方が強度が増大したので, 以後空气中養生のみを行った。

粘土の添加量と強さの関係は図-5 (a), (b) のごとくである。すな

わち粘土 1 割代用 (重量で) の場合は, w/c が一定では曲げおよび圧縮ともにかえつていくぶん上昇する。3 割代用以上では強度は急激に低下する。

また水量を変えて, w/c を 0.60, 0.55, 0.50,

図-5 (c)



0.45 と小さくした場合の強度の変化は図-5(c)のごとくで、 $w/c$  を小さくするほど粘土代用モルタルは有利となり、2割代用の圧縮強度が粘土0の場合の強度に接近してくる。

高知県工業試験場において実験したモルタル圧縮試験の成績は図-5(d)のごとくであり、ほぼ同様の結果が出ている。

いまモルタル材令91日強度試験の結果を示すと表-3(a), (b)のごとくなり、偏差率は粘土混入モルタルの方が全般的に小さく、バラツキが少ない。

5. 耐酸試験

1 : 2,  $w/c=65\%$  のモルタル供試体を材令28日で計量したのち、5%の塩酸溶液中に相分離させて浸漬し2週間(水中養生のもの)及び3週間(空气中養生のもの)後に計量して、その減量を出した。水中養生のものはふいて、空气中養生のものは乾燥したまま計量して浸漬した。

空气中養生のものは、塩酸溶液中に浸すと、激しく音を立てて、塩酸水を吸収して、始めの間は粘土混入

図-5 (d)

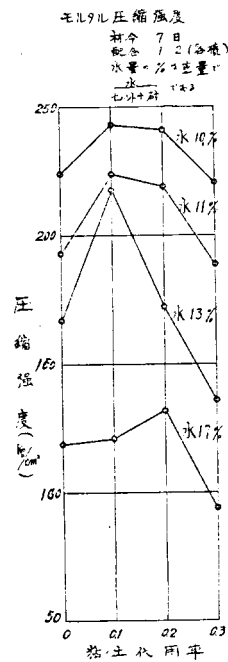


表-3 (a) 曲げ強度

粘土代用率	製作日	0	0.1	0.2	0.3	0.5	備考
曲げ強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	7	61.6	88.8	80.4	59.6	39.9	—の箇所は耐酸試験に使用した。
		15	55.4	74.6	81.0	54.4	
	19	63.8	72.3	77.6	52.0	40.7	
		7	56.3	56.2	65.4	47.0	
	24	79.5	76.5	80.0	47.2	31.6	
	7	89.0	66.3	68.5	56.1	34.0	
24	65.4	78.0	81.6	71.4	34.0		
平均値 (kg/cm <sup>2</sup> )		67.3	73.2	76.4	55.4	35.6	
標準偏差 (kg/cm <sup>2</sup> )		11.6	10.1	6.1	7.8	3.2	
偏差率 (%)		17.2	13.8	8.0	11.0	9.0	

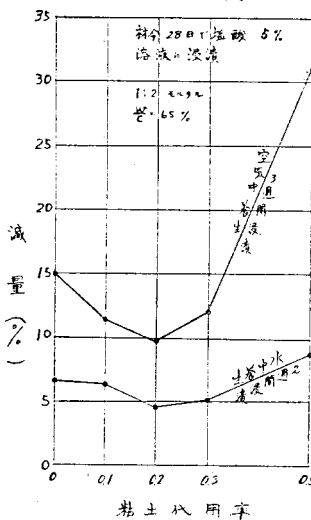
表-3 (b) 圧縮強度

粘土代用率	製作日	0	0.1	0.2	0.3	0.5	備考
圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	7	367	419	338	259	159	—の箇所は耐酸試験に使用した。
		15	379	327	339	270	
	19	406	394	334	271	160	
		7	319	392	360	291	
	24	333	344	337	267	161	
	7	366	354	341	261	141	
24	339	391	318	256	151		
19	357	371	328	261	150		
7	381	362	343	277	140		
24	400	364	348	258	150		
平均値 (kg/cm <sup>2</sup> )		359.1	370.9	336.9	268.9	154.0	
標準偏差 (kg/cm <sup>2</sup> )		25.6	22.7	10.8	9.9	7.9	
偏差率 (%)		7.1	6.1	3.2	3.7	4.9	

モルタルは多く剥落するかに見えたが、3週間後に取

図-6

耐酸試験



り出して計量してみると減量ははるかに少なかった。

以上いずれの場合も、粘土混入モルタルは酸に対して侵食される量ははるかに少ない(図-6)。

これは粘土自身耐酸性を有し、かつ粘土がセメントのアルカリ性を低下させ、有効成分に変化させる結果と思われる。

7. 乾燥飽和の繰返し試験

乾燥飽和の繰返しによる動弾性係数の減少状態を測定した。前記の配合（セメント 330 kg/m<sup>3</sup>）で φ10×20 cm の供試体を造り、材令 28 日（3月6日）より 24 時間水中に浸漬し、次に 24 時間乾燥器に入れることを繰返した。乾燥器の温度は、始め室内温度\*

\*(20°C) より、徐々に温度を上げ、約 1 時間で 80±2°C の恒温度とした。動弾性係数は最初及び 10 サイクルごとに測定し、6月14日、50 サイクルで一応試験を終了した。その測定結果は表-4に示すごとくである。

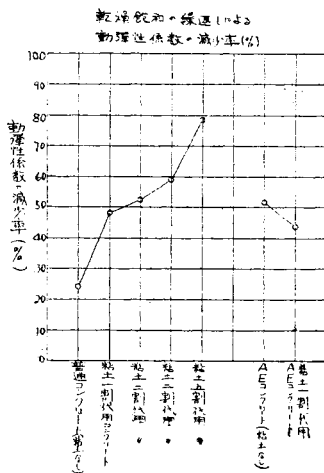
表-4

		普通 コンクリート (な粘土)	粘土一割 代用 コンクリート	粘土二割	粘土三割	粘土五割	A E コンクリート (な粘土)	A E コンクリート 粘土一割 代用
動弾性係数 (kg/cm <sup>2</sup> )	初 (3月6日)	10.44×10 <sup>4</sup>	9.87×10 <sup>4</sup>	8.28×10 <sup>4</sup>	8.70×10 <sup>4</sup>	15.35×10 <sup>4</sup>	10.6 ×10 <sup>4</sup>	10.39×10 <sup>4</sup>
	終 (6月14日)	7.88×10 <sup>4</sup>	5.09×10 <sup>4</sup>	3.9 ×10 <sup>4</sup>	3.56×10 <sup>4</sup>	3.32×10 <sup>4</sup>	4.95×10 <sup>4</sup>	5.87×10 <sup>4</sup>
	減少値	2.56×10 <sup>4</sup>	4.78×10 <sup>4</sup>	4.38×10 <sup>4</sup>	5.14×10 <sup>4</sup>	12.03×10 <sup>4</sup>	5.65×10 <sup>4</sup>	4.52×10 <sup>4</sup>

この動弾性係数の減少率(%)を図示すれば 図-7のごとくなる。すなわち粘土代用率の増すに従つて動弾性係数の減少は大きくなり強度の減退の大なることを示している。これは粘土が水分の有無による膨脹、収縮が大きくこのためヘアクラックがはいるのが多いためと考える。

凍結融解試験は高知県漁連の冷凍室(約 -25°C)を使用して 50 サイクル実施したが普通コンクリートと粘土混入コンクリートとは動弾性係数の減少はほぼ同じく凍結融解に対する耐久性は同等であると思う。

図-7



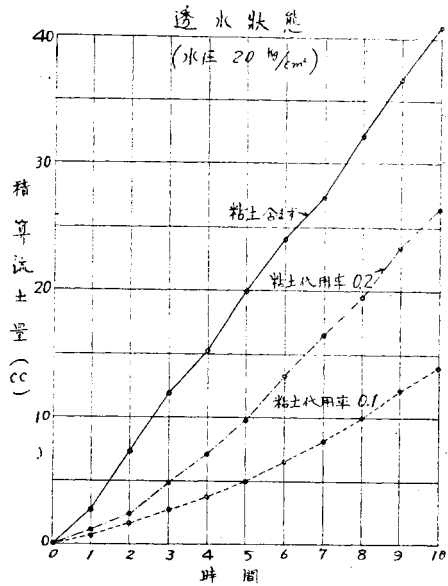
結論は得られなかつた。

そこで 1:2, w/c=45% のモルタルを用いて同じ型

8. 透水試験

φ 15 × 30 cm の中心に直径 20 mm の穴のある供試体を使用し、A配合(後述)のコンクリートを手突きで 2層に詰め、材令28日で 10 kg/cm<sup>2</sup> の水圧をかけてみたが、大粒の砂利の接触によるのか、バラツキが大きく

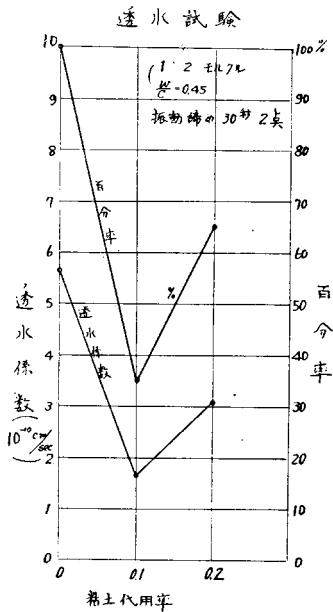
図-8 (a)



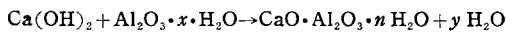
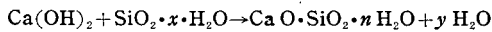
様に 2層につめ、各層 2点に 30 秒づつ φ 25 mm の挿入式バイブレーターを使用して締固めた。そして材令 28 日で 20 kg/cm<sup>2</sup> の水圧で試験した。その結果は 図-8 (a),(b)のごとくである。

なお図の透水量はおのおの 3 個の供試体の平均値である。透水量は粘土代用率 0.1 で約 1/3, 0.2 で約 1/2 に減少し、いちじるしく防水性を増す。この理由は粘土の微粒子が空隙を閉塞する物理的な理由で、次

図-8 (b)



式のごとく水ガラス状のものを形成して不透水膜を造る化学的な理由によるものと思われる。



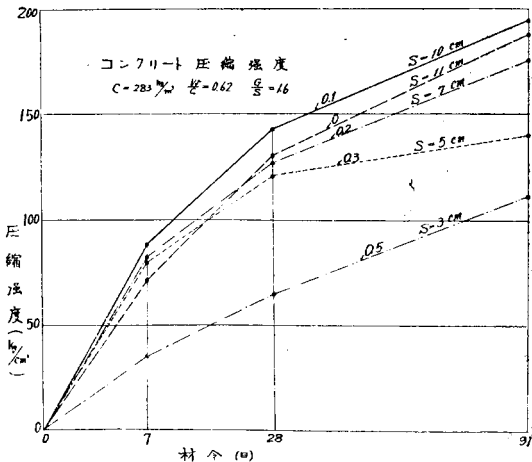
9. コンクリート試験

表-5

	コンクリート1m <sup>3</sup> 当り		w/c	G/S	スランプ (cm)
	セメント (kg/m <sup>3</sup> )	水 (kg/m <sup>3</sup> )			
A 配合	283	170	0.62	1.6	10
B 配合	330	175	0.53	1.7	18

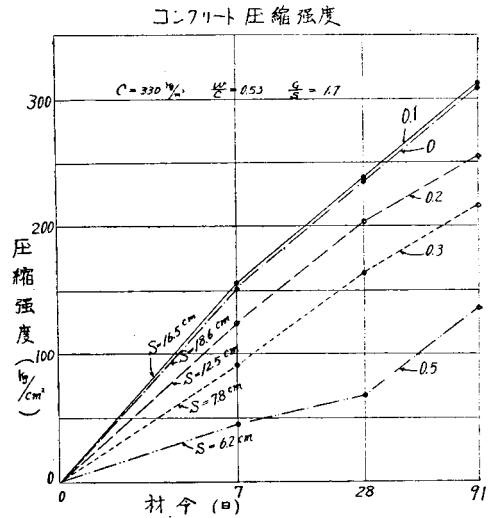
表-5のごとく比較的貧配合なA配合と、旧来の容積 1:2:4 程度の富配合な B 配合について、水量を

図-9



一定にして、セメントを1割、2割、3割、5割削減し、その代り粘土を1割、2割、3割、5割代用して (セメント+粘土) の重量を一定とした。そして材令 7日、28日、91日で圧縮試験をした結果は図-9及び図-10のごとくである。

図-10

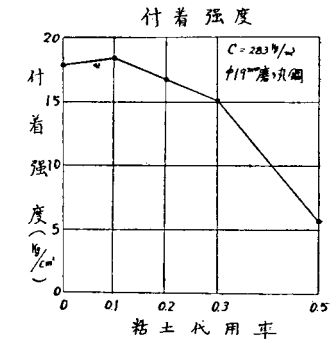


すなわち、1割粘土代用では、圧縮強度はかえっていくぶん上昇し、2割粘土代用でも強度の低下は少なく、3割以上代用ではいちじるしく減少してくる。

付着強度も図-

図-11

11のごとく、圧縮強度にはほぼ比例した。これはφ19mmの磨きの鉄筋を鉛直に挿入してA配合のコンクリートをつめ、材令28日で引き抜き試験を行つたものである。



また一方、セメントを削減せずセメント及び水を一定として余分に粘土をセメントの重量の 0.1, 0.2 入れた場合の圧縮強度  $\sigma_{28}$  は図-12のごとくいちじるしく上昇してくる。ただし、この場合はスランプの減少もまた大きい。

10. プリーゼンゲ

試験は ASTM に準じて行つた。すなわち φ25×28 cm の型枠に A 配合のコンクリートを手突きで3層につめ、20分ごとに吸い上げた。

その結果は図-13のごとく、粘土代用率の増すに従つてプリーゼンゲは急激に減少する。

粘土代用率 0.1 の場合 約 38 % 減  
 0.2 の場合 約 49 % 減  
 0.5 の場合 約 85 % 減となつた。

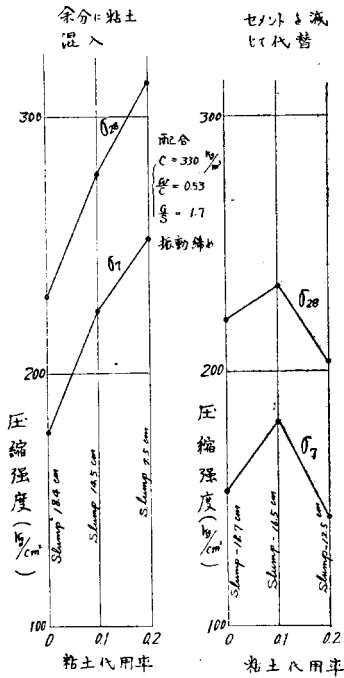
これは粘土の粘着性の大きなるため、水路構造の発生を困難ならしめるため、粘土の吸水性の大きなるためによるものと考える。

11. 結言

セメントの1~2割代用(重量で)の粘土混入コンクリートは

- (1) 透水量は1/2~1/3に減少し、きわめて防水的となる。
- (2) 酸に対しては約1.5倍の耐久力がある。

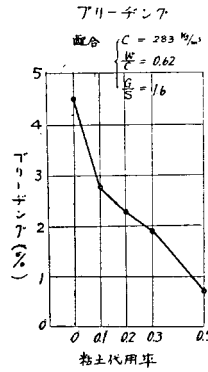
図-12  
コンクリート 圧縮強度



(3) 圧縮強度、曲げ強度、付着強度ともに低下しないのみならず1割代用ではかえつて上昇する。

セメントの3割以上代用の粘土混入コンクリートは強度及び諸性質ともに低下する。すなわち粘土が遊離石灰と結合して膠結物を造る理由から代用の量には限度があり、3割以上代用では強度発生を阻害する。

図-13



以上述べたほかに、粘土は粘着性が大きなるため、壁塗り等には作業がしやすくなり美しい等の長所を有し、価格もセメントの約1/3で経済的であり、ポゾランとして価値あるものと思う。

わが国年間セメント使用量80万tのうち、1割がこの特殊粘土で代用されると80万tの節減とり、直接産業界にもたらす影響は大きいと考える。

終りに本実験に関して、高知工業高校由井宣宏、大崎正温、岡田 正の3君の助力に対し深く感謝の意を表すものである。

なお、本研究は 昭.29.11.25. 土木学会中国四国支部講演会において発表した。(昭.29.12.15)

砂漣をともなう掃流作用について

准員 椿 東 一 郎\*

ON THE SEDIMENT TRANSPORTATION WITH SAND RIPPLES

(JSCE, Aug. 1955)

Tōichirō Tsubaki, C.E. Assoc. Member

**Synopsis** The author has carried out the experiments in large scale channels in order to study the influences of the sand ripples upon the nature of the flow and the sediment transportation. First, it is pointed out that there exists a close correlation between the equivalent roughness of the flow and the scale of the sand ripples, and next the mechanism of the fluid resistance is analysed using the experimental values of the form drag, which are obtained by the measurements of the pressure distribution along the sand ripples. And further the influences of the sand ripples on the rate of the sediment transportation are discussed making use of the above-mentioned results of the flow characteristics.

**要旨** 河床に形成された砂漣が流れの性質と流砂量に及ぼす影響を調べるために、野外の大型水路において砂漣を中心とする観測を行つた。その結果、まず流れの相当粗度と砂漣のスケール間に密接な相関の存在することが認められる。つぎに砂漣に沿う圧力分布

の測定から求められた形状抵抗の実測値を用いて、流体抵抗の機構が解析され、さらにこれらの結果を利用して、流砂量に及ぼす砂漣の影響が論ぜられている。

1. 序論

最近開水路や河川における河床砂礫の輸送機構をしらべるために、広範な研究が行われてきたが、十分な

\* 山口大学助教授, 工学部土木教室