

# 宇部真砂土のコンクリート用細骨材としての 適用に関する研究

兼行啓治\*・長谷川博\*\*・浜田純夫\*・日野伸一\*

## Study on the Applicability of Decomposed Granite Soil to Concrete

Keiji KANEYUKI, Hiroshi HASEGAWA, Sumio HAMADA and Shin-ichi HINO

### Abstract

The present study aims to apply decomposed granite soil to concrete as fine aggregate. The western region of Japan supplies a large amount of granite soil. This soil has finer particles than sea sand, which decreases slump of concrete.

Difference of strength between concretes mixed with sea sand and granite soil is small, if concrete has the same water cement ratio. To increase slump of concrete mixed with granite soil, finer particles than 0.15 mm in size were removed from the soil by washing. This washed granite soil improved properties of fresh concrete.

### 1. まえがき

コンクリート用細骨材としてこれまでに使用されているものは天然産川砂、海砂、砕砂および山砂などである。この内、川砂は高度成長期の無計画な採取による枯渇ならびに河川管理等のため採取規制が厳しくなり、殆んど入手不可能となってきた。このようなことから、特に西日本方面では海砂の需要が急激に増加してきた。しかし、この海砂もまた沿岸の環境問題、脱塩法、輸送コスト、日本海側の冬期におけるシケの問題点などを抱えている。また、この海砂を用いたコンクリートは、塩分による鉄筋の発錆を引き起し、この結果耐久性が損なわれ、現在社会問題となっている。その他の細骨材として現在砕砂、山砂等<sup>1)~6)</sup>の利用も考えられつつある。これらも、粒子の角ばり、微粉量の問題を含んでおりJIS規格に適合しない低品質とみなされるが、これらについては、内陸地において、しかも大量に入手が可能のため、今後性質を改善し、

さらに海砂と混合して利用することなどが強く望まれる。

本研究は、前述のような社会的背景にたつて、我が国に大量に存在し、海砂に比べて極めて廉価でしかも入手が容易な風化花崗岩系山砂（以下真砂土）に着目したものである。すなわち、これを利用することによってより経済的なコンクリートを製造し、あわせて塩害および環境問題を克服することができれば、資源エネルギーの活用面からも極めて望ましいことを考慮して行ったものである。

このような目的のもとに、本実験では、山口県宇部市産の真砂土について、これをそのまま使用したもの（無洗浄真砂土）、水洗いによって微粉末（粒径0.15mm以下）を取り除いたもの（洗浄真砂土）、およびこれと海砂とを混合したもの（混合砂）の3種類に分けて、海砂と対比しながら、フレッシュコンクリートおよび硬化コンクリートの諸性質を検討し、その適用性の可否について考察したものである。

\* 土木工学科

\*\* 短期大学部土木工学科

2. 使用材料

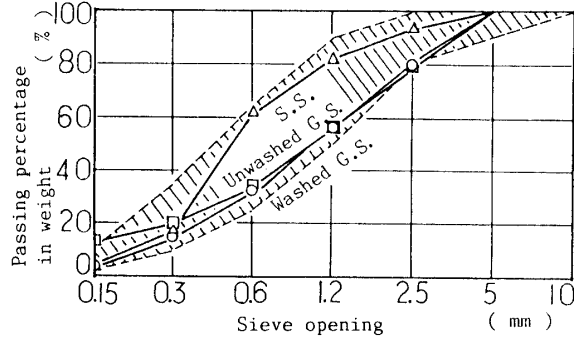
2.1 セメント

使用したセメントは、普通ポルトランドセメント(比重3.15)である。

2.2 骨材

細骨材の種別は真砂土、海砂、混合砂の3種に大別し、真砂土は宇部市善和産で、無洗浄真砂土とは採取されたものをそのまま使用するものであり、洗浄真砂土とは0.15mmフルイで水洗いし微粉末を取り除いたものである。また、洗浄真砂土と海砂の混合比率は7:3, 5:5, 3:7の3種類とした。

粗骨材は山口市宮野産の安山岩碎石(JIS 2005)を用いた。なお、各骨材の物理的性質、粒度分布はTable 1, Fig. 1に示すとおりである。



Note: G.S. and S.S. are granite soil and sea sand, respectively.

Fig. 1 Grading curves of fine aggregate

Table 1 Properties of aggregate

	Specific gravity	Absorption (%)	Fineness modulus	Material finer than 74 $\mu$ sieve (%)	Soundness of aggregate (%)
Coarse aggregate	2.70	0.75	6.70	—	—
Fine aggregate					
Sea sand (S.S.)	2.55	1.83	2.43	2.14	5.80
Washed G.S.	2.50	2.32	3.15	1.83	13.6
Unwashed G.S.	2.47	3.24	3.00	11.1	13.6

3. 実験方法

3.1 コンクリートの配合

実験に用いたコンクリートは、プレーンコンクリートとAEコンクリートで、単位水量はそれぞれ210kg/m<sup>3</sup>および185kg/m<sup>3</sup>(又は180kg/m<sup>3</sup>)を用い、水セメント比を45, 55, 65%(又は40, 50, 60, 70%)に設定した。細骨材種別ごとにTable 2に示すとりの配合を決定した。

Table 2 Mix proportions of concrete

Fine aggregate			Plain concrete (kg/m <sup>3</sup> )				AE concrete (kg/m <sup>3</sup> )					
	W/C (%)	S/a (%)	W	C	S	G	W	C	S	G	AE.A	
Unwashed G.S.	40	42	210	525	631	952	180	450	687	1037	4.50	
	50	42	210	420	666	1005	180	360	717	1082	3.60	
	60	42	210	350	689	1040	180	300	737	1112	3.00	
	70	42	210	300	705	1065	180	257	750	1132	2.57	
Washed G.S.	45	42	210	467	658	982	185	411	703	1048	1.284	
	55	42	210	382	687	1024	185	336	728	1086	1.050	
	65	42	210	323	706	1053	185	285	745	1111	0.891	
Sea Sand (S.S.)	45	42	210	467	671	982	185	411	717	1048	1.284	
	55	42	210	382	700	1024	185	336	742	1086	1.050	
	65	42	210	323	720	1053	185	285	764	1111	0.891	
Mixed sand	3:7	45	42	210	467	199 464	982	185	411	212 495	1048	1.284
		55	42	210	382	207 483	1024	185	336	220 513	1086	1.050
		65	42	210	323	213 497	1053	185	285	225 525	1111	0.891
	5:5	45	42	210	467	332 332	982	185	411	355 355	1048	1.284
		55	42	210	382	347 347	1024	185	336	368 368	1086	1.050
		65	42	210	323	357 357	1053	185	285	376 376	1111	0.891
	7:3	45	42	210	467	467 200	982	185	411	499 214	1048	1.284
		55	42	210	382	487 209	1024	185	336	517 221	1086	1.050
		65	42	210	323	501 215	1053	185	285	529 227	1111	0.891

3.2 供試体の製作と養生

100ℓ 強制練りコンクリートミキサーを用いて、材料投入後空練りを1分間、加水後2分間練りませた。練り上がったコンクリートは、フレッシュコンクリートの試験と並行しながら、 $\phi 10 \times 20$ cm 円柱型枠に2層に打ち込み、各層ごとに突き棒で25回突き固めた。また、曲げ試験用供試体は10 $\times$ 10 $\times$ 50cm型枠に2層に打ち込み、十分な締固めを行った。キャッピングは、円柱供試体のみ行い打込後4~6時間後にペーストキャッピングをし、型枠は材令1日で取り除き、脱型後の供試体は室温20C°の養生室内の水槽に入れ、所定の材令まで水中養生を実施した。

3.3 フレッシュおよび硬化コンクリートの試験

フレッシュコンクリートの性質を調べるため、ミキサーより排出後、スランプ試験(JISA1101)、単位容積重量試験(JISA1116)、空気量の圧力による試験(JISA1128)、およびブリージング試験(JISA1123)を実施した。硬化コンクリートの試験については材令28日において、圧縮強度試験(JISA1108)、引張強度試験(JIS

A1113), 曲げ強度試験(JISA1106)およびヤング係数試験を実施した。なお, 本実験でのヤング係数はコンプレッション・メーターを用い,  $\frac{1}{3}$  応力レベルにおける割線ヤング係数を採用した。また, 硬化コンクリートの試験結果は, 各3本の供試体の平均値である。

#### 4. 実験結果と考察

##### 4.1 フレッシュコンクリートの性質

###### 4.1.1 スランプ

プレーンコンクリートとAEコンクリートのスランプと水セメント比の関係をFig. 2に示した。プレーンコンクリートについてみると, 無洗浄真砂土は海砂を用いたコンクリートよりもスランプは低い値であるが, 逆に洗浄真砂土を用いたコンクリートは高い値を示している。また混合比率を変えたものについても, 海砂を用いたコンクリートよりも大きいスランプ値を示している。

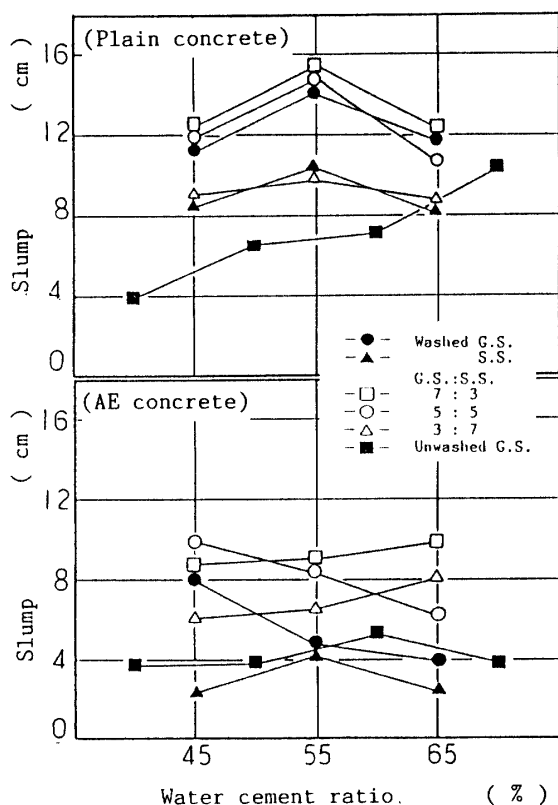


Fig. 2 Slump-water cement ratio relationships

無洗浄真砂土を用いたコンクリートのスランプが大きく低下する理由としては, 0.15mm以下の微細な粒子が多く含まれ(11.1%), これに水分が吸着されるため

と, 真砂土特有の角ばりによって生じたものと考えられる。洗浄真砂土を用いたコンクリートのスランプが海砂よりも逆に大きくなったのは, 水洗して微粉末を取り除くことによってコンシステンシーが改善されたことによるものと考えられる。

つぎに, 水セメント比に対するスランプの影響についてみると, プレーンコンクリートでは,  $W/C=55\%$  で大きく現われ, 45と65%はほぼ同程度とみなされる。「単位水量一定の法則」からすれば, 本来スランプは一定のはずであるが, 45%の場合では富配合のため粘性流動に対する抵抗力が大きく, 65%では逆に貧配合となりコンクリートがやや粗性となりスランプコーン内で粗骨材が咬み合って低い値を示したものと考えられる。AEコンクリートのスランプ関係についてみると, プレーンコンクリートの傾向とは多少異なり水セメント比が変化しても各種コンクリートともスランプはほぼ一定とみなしうる。

細骨材種別によるスランプの関係についてみると, 混合砂コンクリートのほうが真砂土および海砂を単一で使用したコンクリートよりも大きく, 混合して用いることは, ワーカービリティを改善する意味で有用性が認められる。

###### 4.1.2 空気量

空気量と水セメント比の関係をFig. 3に示す。プレ

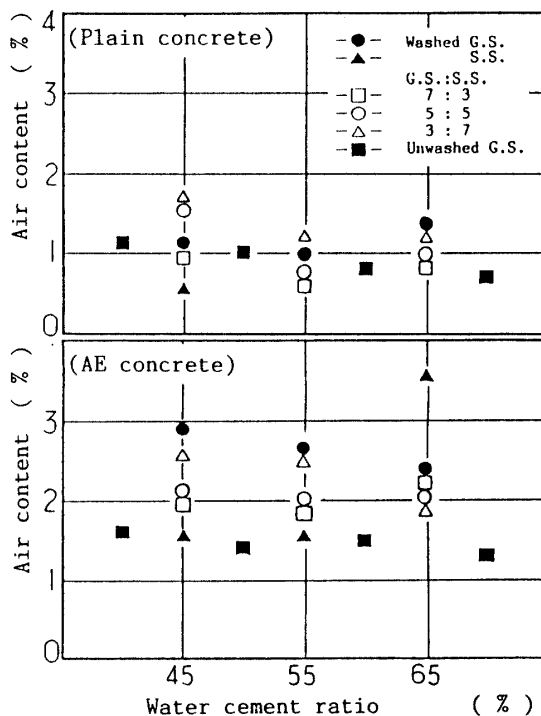


Fig. 3 Air content-water cement ratio relationships

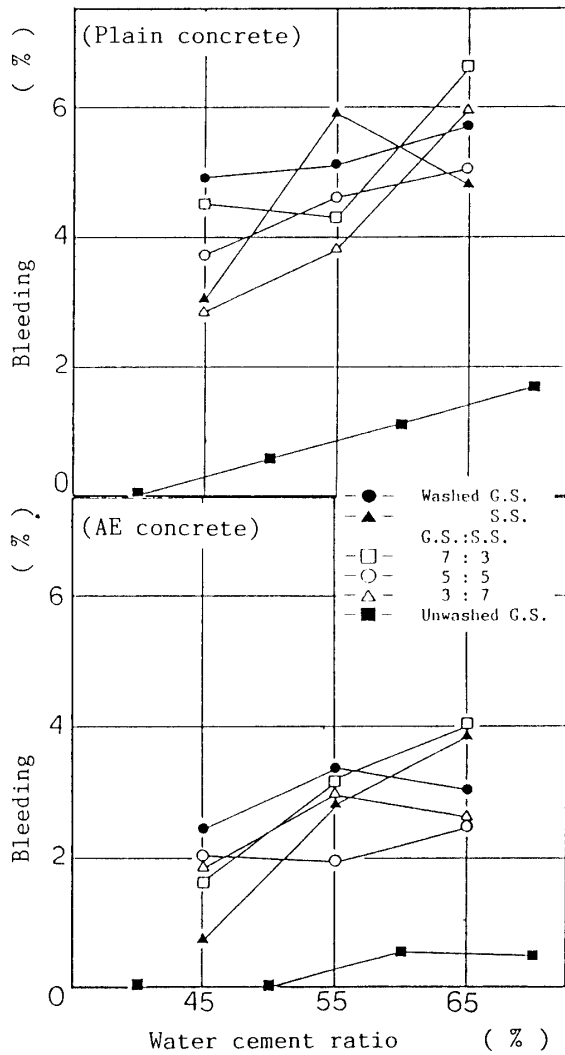


Fig. 4 Bleeding-water cement ratio relationships

コンクリートの空気量は1%前後で、AEコンクリートは1.5~4%の範囲に分布し、両図とも、真砂土、海砂、混合砂についての差異は認められない。また、水セメント比の相違による影響についても見受けられない。

#### 4.1.3 ブリージング率

Fig. 4 にプレーン、AEコンクリートの場合の、ブリージング率と水セメント比の関係を示す。この結果より、水セメント比が大きくなる(貧配合)ほど、ブリージング率も大きくなっている。また、細骨材の種別では、無洗浄真砂土がかなり小さい値を示している。この理由としては、0.15mm以下の微粉末が水分を多く吸水すること、構成粒子の微亀裂(吸水率と関係する)への水の浸入および粒子の表面組成の複雑性により表面積が増大することなどに起因するものと思われる。AE

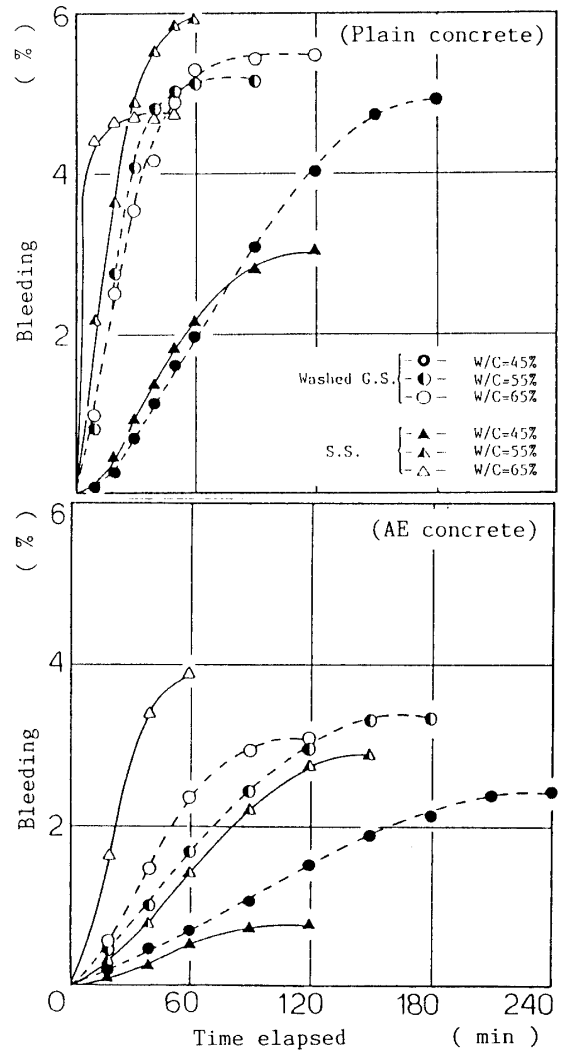


Fig. 5 Bleeding-time elapsed relationships

コンクリートについてみると、全体的には少なく(2%程度)になっており減水効果によるものと思われる。洗浄真砂土についてみると、両者とも他の細骨材種別よりも大きい値となっている。このことは、微粉末を取り除いたことにより吸着能力がなくなりブリージング率が増大したと考えられる。

Fig. 5 にブリージング率と経過時間の関係を示す。この結果より顕著に認められることは、プレーンコンクリートでは短時間でブリージング現象があらわれ、AEコンクリートについては、長時間にわたってブリージングが進行しており、ブリージング率も小さい値を示していることである。したがって、AE減水剤による効果があったものと考えられる。

まだ固まらないコンクリートの単位容積重量試験についても行なったが、真砂土コンクリートは約2.3kg/l で細骨材種別や水セメント比の影響はあまり受けず、

一般的な値であった。

## 4.2 硬化コンクリートの性質

### 4.2.1 圧縮強度

圧縮強度とセメント水比との関係をFig. 6に示す。これらの図より、真砂土、海砂、混合砂を用いたコンクリートのいずれもセメント水比が大きくなるにつれて圧縮強度も増大していることがわかる。

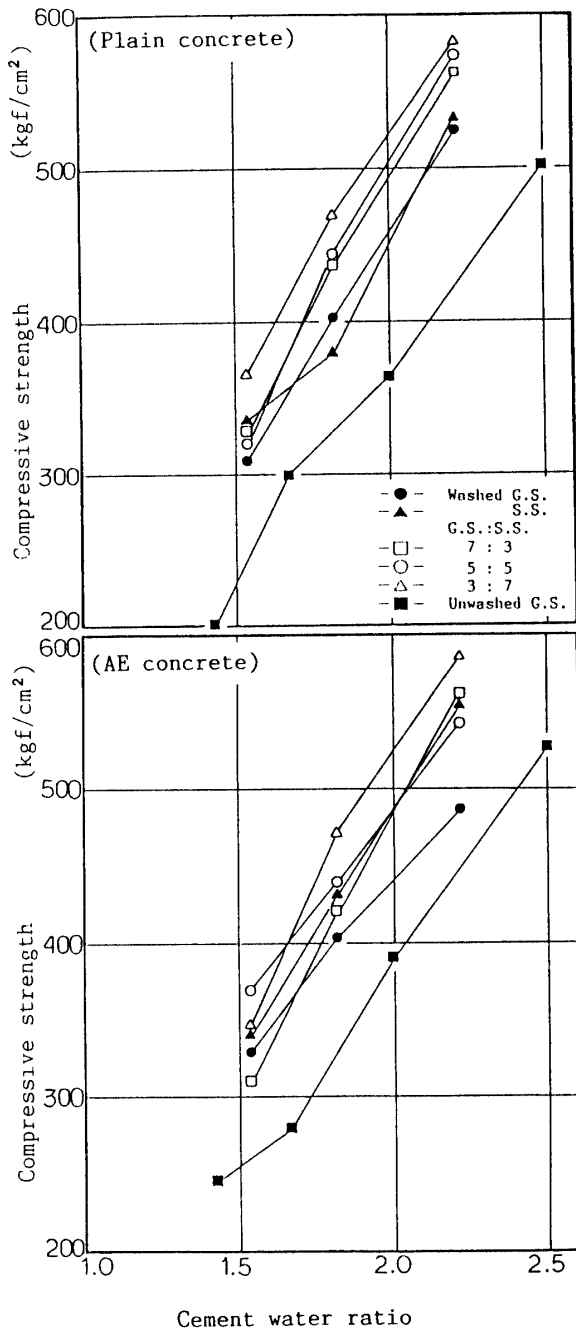


Fig. 6 Compressive strength-cement water ratio relationships

海砂コンクリートと無洗浄、洗浄真砂土コンクリートについてみると、洗浄した真砂土は海砂のものと同程度であり、無洗浄の真砂土を用いたものは15~20%程度低くなっている。このことは、Table 1でみられるように特に0.15mm以下の微粉末が多いことと吸水率が大きいことより、脆弱な粒子が多量に存在していることによるものと思われる。

また、混合砂を用いたコンクリートは、真砂土、海砂を用いたものより大きい強度を示している。この点については、Fig. 1の粒度分布曲線より明らかなように、海砂は細粒部分(0.3~0.6mm)が多く、逆に真砂土は粗粒部分(1.2~2.5mm)が多く、混合することによって、大小粒度分布が改善され、粒度の咬み合い効果をもたらしたためと考えられる。

プレーンコンクリートとAEコンクリートを比較してみると、強度は各細骨材種別ともほぼ同じである。これより、AE減水剤により単位水量を約25kg減ずることで、単位セメント量も減少(12%)させることになり、より経済的なコンクリートを造るのが可能となることがわかる。

以上のことより、真砂土をそのまま使用すると、圧縮強度で約15~20%の強度低下を起す。水洗いにより微粉末を取り除いて使用すれば、一般のコンクリートと大差ない強度を得ることができ、十分に適用性があるものと思われる。

### 4.2.2 引張強度

Fig. 7にプレーンコンクリートとAEコンクリートの引張強度と圧縮強度の関係を示す。この図より圧縮強度が増加すれば、引張強度も大きくなることがわかる。

本実験の水セメント比の範囲(W/C=45~65%)においては、真砂土、海砂、混合砂ともに引張強度は圧縮強度の約1/12~1/15であり、既往の結果よりも少し小さいようであるが、真砂土をコンクリート用細骨材として適用するうえで特に支障はないものと考えられる。

また、細骨材種別ごとにみても、個々のバラツキは認められるが、顕著な差は現われていないようである。

### 4.2.3 曲げ強度

プレーンコンクリートとAEコンクリートの場合の曲げ強度と圧縮強度の関係をFig. 8に示す。これより圧縮強度および引張強度と同様に、直線関係があることが伺われる。

一般に曲げ強度は圧縮強度の1/5~1/7程度といわれているが、本実験の結果では、真砂土、海砂、混

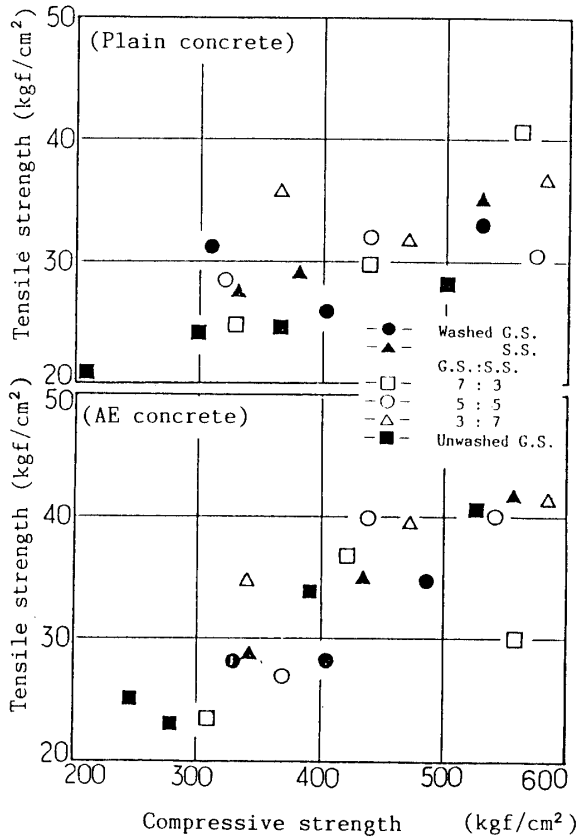


Fig. 7 Tensile strength-compressive strength relationships

合砂のいずれにおいても 1/6 ~ 1/8 程度であり、従来の値と同程度であり特に問題はない。

4.2.4 ヤング係数

Fig. 9 にプレーンとAEコンクリートの場合の、 $\frac{1}{3}$ 応力レベルでの割線ヤング率と圧縮強度の関係を示す。

試験結果についてみると幅広く分布し、引張および曲げ強度のように顕著な直線関係は認められない。

細骨材種別についてみると、無洗浄真砂土を用いたものが最小となっており、これは、微粉末の影響によるものと考えられる。洗浄真砂土、海砂、混合砂については大差ないようである。

また、ヤング係数の値については、 $3 \sim 4 (\times 10^5 \text{ kgf/cm}^2)$  の範囲にあり、ほぼ一般的な値であると思われる。

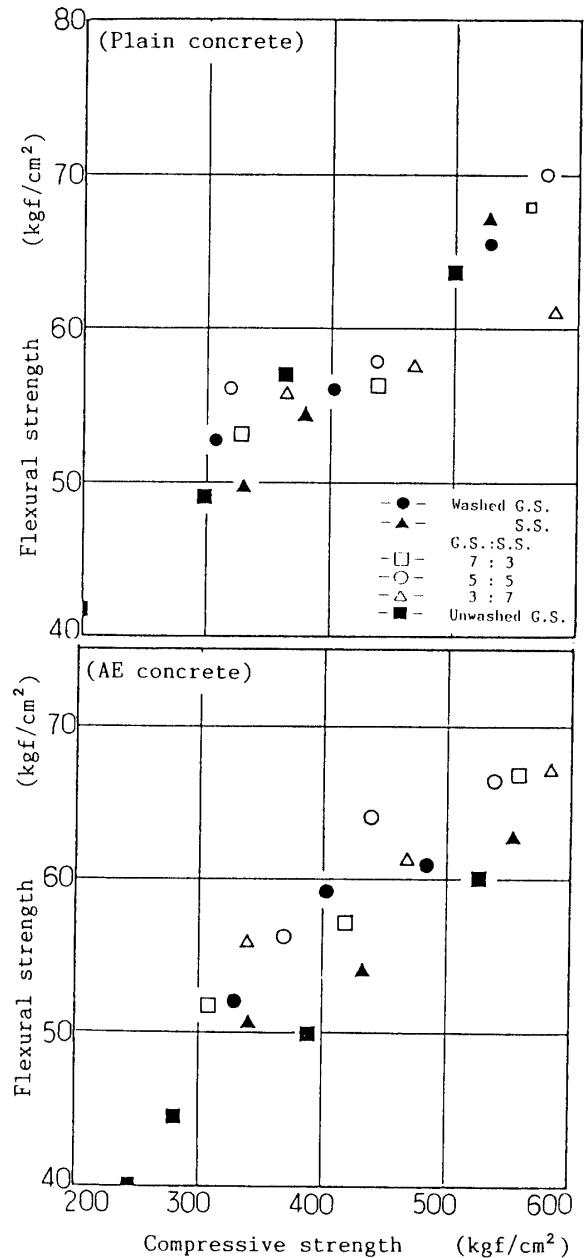


Fig. 8 Flexural strength-compressive strength relationships

5. ま と め

宇部産の真砂土のコンクリート用細骨材への適用性を検討するため、各種の試験を行なった結果を要約すると次のとおりである。

(1)真砂土をそのまま使用した(無洗浄)場合、海砂を用いたコンクリートよりもスランプの低下が認められ、ワーカビリティの改善を要求される。また、硬化後の強度特性は、圧縮強度で15~20%の低下が生じ、その他の力学特性も同様に低下傾向を示す。

(2)真砂土特有の微粉末を水洗いによって取り除いた(洗浄)ものは、フレッシュコンクリートおよび硬化コンクリートの各特性において、海砂コンクリートと大差なく、各試験値も一般的なものであることから、真砂土を洗浄して用いることは有効な手段であると考えられる。

(3)混合砂を用いたコンクリートは、海砂、洗浄真砂土を用いたコンクリートよりも諸性状において若干上回る傾向を示し、このことは、海砂と真砂土の大小粒がうまく噛み合い、その効果によって生じたものと思われる。混合比率については、今回の実験では、最適比率を判定するまでには至らなかったが、混合して用いることは望ましいと思われる。

(4)AEコンクリートについてみると、フレッシュコンクリートでは使用するにあたり特に問題となることは見受けられず、ブリージング率の改善にもつながり有効と思われる。また硬化後のコンクリートの性質については、プレーンコンクリートの強度特性とほぼ同じで、単位セメント量を減ずることにより、経済的なコンクリートを製造することとなり、十分な結果が得られた。

真砂土を利用するに当って、今後の課題としては、コンクリートの耐久性が最も懸念されることと、一方真砂土の地域差も考えられる。これらの点を究明し、コンクリート用細骨材としての実用性を追求してゆきたい。

最後に、本研究に熱心な協力を載いた昭和59年度本学卒業生、長沢義一氏(現株式会社鴻池組)、山磨誠一氏(現日本PSコンクリート株式会社)および昭和60年度卒業生の守下俊秀氏(現ピー・エス・コンクリート株式会社)に心から謝意を表す。

参 考 文 献

- 1) 田中信也, 長弘雄次: 風化花崗岩の建設材料としての利用に関する研究, 九州産業大学工学部研究報告, 第21号 (1984)

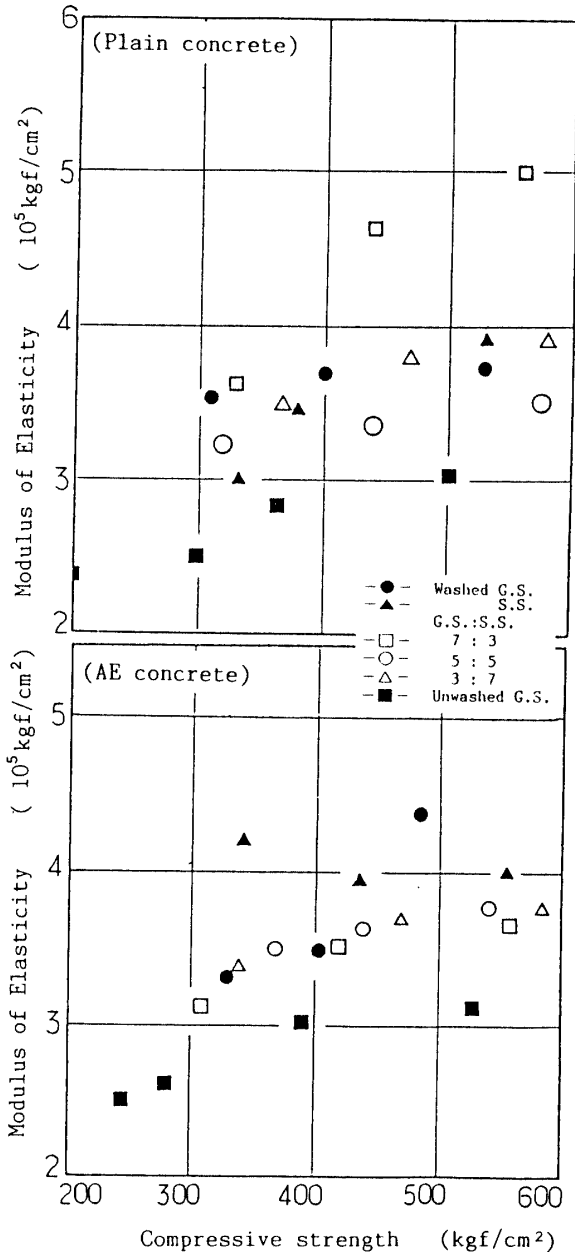


Fig. 9 Modulus of elasticity-compressive strength relationships

- 2) 友沢史紀, 榊田佳寛, 田中 齊: 低品質骨材を用いたコンクリートの性質, 第4回コンクリート工学年次講演会講演論文集 (1982)
- 3) 牧角龍憲, 徳光善治: 砕砂および砕石微粉が硬化モルタルの性質に及ぼす影響, 第35回土木学会年次学術講演会概要集 (1980)
- 4) 田沢栄一, 米倉重州夫, 宮沢伸吾: 風化花崗岩系山砂のコンクリートへの利用, 第38回土木学会年次学術講演会概要集 (1983)
- 5) 丸山 巖, 三浦正昭, 上野育生: 山砂を混合したコンクリートの性状に関する二, 三の考察, 土木学会西部支部研究発表会講演概要集 (1980)
- 6) 天野一彦, 出光 隆, 高山俊一: 砕石粉の混合細骨材への有効利用, 土木構造・材料論文集, 第1号 (1986)

(昭和61年4月15日受理)