

福岡大学 工学部

正会員 大和 竹史

" "

学生員〇橋本 正信

九州電力(株)総合研究所

正会員 杉田 英明

1. まえがき

砕砂は、原石の岩質、破碎機種及び分級方法によって、粒形、粒度分布及び微粒分の混入量などが大きく変化する。とくに分級法の乾式と湿式とでは、微粒分の混入量は著しく異なる。そこで筆者らは、砕砂の粒度分布、又は微粒分の混入率が、コンクリートの性状及び諸性質にどのような影響を及ぼすかを実験的に検討した。以下はそれらの結果をまとめたものである。但し、ここでいう微粒分とは0.15mm以下のものである。

2. 実験概要

i) 使用材料；セメントは、日本セメント(株)製のフライアッシュセメントB種(比重：3.09, 比表面積3680cm²/g)を使用した。骨材は、鹿児島県川内市産の安山岩砕石と、それを原石としてロードミルで破碎し湿式分級を行った砕砂を使用した。これらの品質を表-1, 表-2に示す。なお、砕砂の使用に当っては、5mm以下の各ふるいを用いて粒径別に分級し、

表-1及び図-1に示す各粗粒率(以下F.Mと略称)で、しかも微粒分が0~20%になるように調整した。この場合、洗い試験で失われる量は0.77~6.7%であった。混和剤は、ボソリスNa8とA E補助剤(303A)を使用した。

表-1 細骨材の品質

砕砂の 種類	粗粒率 (%)	微粒分の 混入率 (%)	比 重		吸水率 (%)	洗い試験 (%)	単位容積重量 (kg/d)	実容率 (%)
			表 乾	飽 和				
A	1.80	20	2.71	2.67	1.49	6.7	1.66	62.3
B	2.20	15	2.72	2.68	1.41	5.2	1.68	62.5
C	2.60	10	2.70	2.70	1.54	3.4	1.67	62.9
D	3.00	5	2.68	2.64	1.69	2.2	1.63	61.7
E	3.40	0	2.66	2.61	1.84	0.77	1.58	60.3

表-2 粗骨材の品質

粗 粒 率	6.57
比 重	2.70
表 乾	2.66
飽 和	2.66
吸水率(%)	1.84
洗い試験(%)	水洗
単位容積重量(kg/d)	1.59
実 容 率 (%)	59.9

ii) コンクリートの配合；配合条件は、粗骨材の最大寸法20mm, 水セメント比55%, 目標スランプ12cm, 目標空気量4%とし、試し練りによって表-3に示すように定めた。表-3より、F.Mと単位水量及び細骨材率の関係については、図-2, 図-3に示すとおりである。単位水量は、砕砂のF.Mが2.6のとき177kg/m³で最も少なく、それより小さくあるいは大きくなるにしたがって直線的に増加している。また細骨材率は、F.Mが大きくなるにしたがって増加している。これらの傾向は、伊東氏らによる実験結果とよく似通っている。²⁾

iii) 試験項目；表-3に示す各配合について、圧縮強度、静弾性係数、ポアソン比及び乾燥収縮試験を行った。

iv) 供試体の製作及び養生方法；圧縮強度試験用供試体は、φ10×20cmの形状とし、各配合につき9本作製した。養生方法は、所定材令まで標準養生を行った。乾燥収縮試験用供試体は15×15×25cmの形状とし、その供試体の中央にKM-100型ひずみゲージを設置したもので、各配合につき2本作製した。養生方法は、材令28日まで標準養生

表-3 コンクリートの配合

配合 の種類	スランプ の 値 (cm)	空気量 の 値 (%)	水セメント比 W/C (%)	単位 量 (kg/m ³)					混和剤
				水 W	セメント C	細骨材 S	細骨材 G	合計	
A	12±1	4±0.5	55	43.8	181	329	797	1021	3.23
B				45.0	179	325	827	1004	3.25
C				47.0	177	322	862	972	3.22
D				49.0	185	336	875	917	3.36
E				50.0	193	351	868	882	3.51

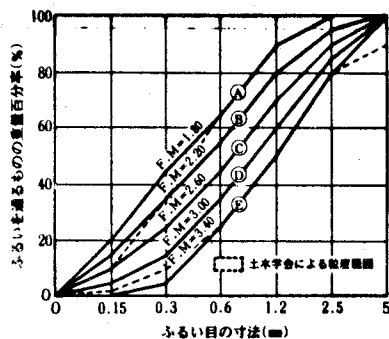


図-1 細骨材の粒度曲線

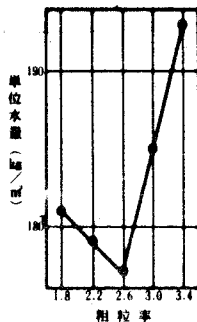


図-2 粗粒率と単位水量の関係

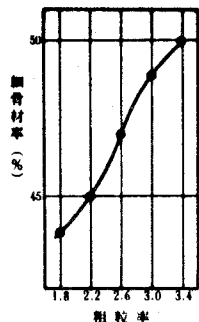


図-3 粗粒率と細骨材率の関係

を行った後、恒温室（温度 20℃、湿度 50%）における乾燥養生に移行した。

v) 試験方法；圧縮強度試験は、試験材令を 7 日、28 日、91 日とし、各材令につき 3 本の供試体を用いて JISA 1108 に準じて行った。静弾性係数及びポアソン比は、圧縮強度試験用供試体の表面に、ストレインゲージを縦方向（PL-60）と横方向（PL-30）にそれぞれ 2 枚ずつ貼り付け、強度試験時に各載荷点（2 時間隔）における供試体表面のひずみを測定し、次式によって求めた。

$$\text{静弾性係数；} E_c = \sigma_a / \epsilon_c \text{ (kg/cm}^2\text{)} \quad \text{ポアソン比；} \nu = \epsilon_t / \epsilon_c$$

ここに、 σ_a ：最大荷重の 1/3 点における応力 (kg/cm²) ϵ_c ： σ_a 点の縦ひずみ ϵ_t ： σ_a 点の横ひずみ

乾燥収縮試験は、供試体を乾燥養生に移行した時点のひずみを基長とし、これより乾燥収縮がほぼ終極に達するまで（約 200 日）のひずみを測定した。なおひずみの測定は、自動デジタルひずみ測定器によった。

3. 実験結果

表-3 の各配合についての実験結果を表-4 に示す。FM と圧縮強度、静弾性係数及び乾燥収縮との関係を図-4、図-5、図-6 にそれぞれ示す。

i) 圧縮強度；FM と圧縮強度の関係は図-4 に示すとおりであり、FM が 2.2～2.6 前後で圧縮強度が最も高く、FM の増減に伴って強度低下の

現象がみられる。この現象は、若材令で大きく材令 91 日に近づくにしたがって小さくなる傾向がみられる。これは、FM が増減することによって単位水量が大幅に増加（図-2）しているため、セメントの水和作用に遅れを生じたものと考えられる。

ii) 静弾性係数；FM と静弾性係数の関係は、図-5 に示すとおりである。FM が 1.8 あるいは 2.2 より大きくなるにしたがって減少しており、図-4 と類似した傾向を示している。これは、表-4 より静弾性係数と圧縮強度との間に、極めて高い相関性 ($r=0.97$) を示すためである。

iii) ポアソン比；表-4 より、各配合及び各材令ともにポアソン比は 0.18～0.23 の範囲であり、FM の変化による影響はほとんどみられない。

iv) 乾燥収縮；FM と乾燥収縮による終極ひずみの関係は、図-6 に示すとおりであり、この図より明らかなように FM が 1.8～3.0（微粒分は 5～20%）の範囲で変化しても、終極ひずみはほぼ 750 μ で一定しており、FM の変化による影響は認められない。

4. あとがき

以上の結果は、砕砂の FM を変化した場合、配合上における単位水量及び細骨材率に及ぼす影響が大きく圧縮強度、静弾性係数、乾燥収縮への影響は極めて小さいことを示している。また、砕砂の FM は、2.6 前後が最も望ましい状態であるが、粒度が均一に分布している場合は、微粒分を 20% 含んだ FM 1.8 のコンクリートにおいても十分満足なワーカビリティが得られる。一方、微粒分が全くない FM 3.4 については、材料分離の傾向があることが確認された。

参考文献；福士，津田，吉田；砕砂中の微粒量がコンクリートの性質に及ぼす影響 第 30 回セ技報

2) 伊東ほか；舗装用コンクリートの細骨材率および単位水量に関する参考表の提案 No. 232 セメコン

表-4 コンクリートの試験結果

配合の 種別	スラ ンプ (cm)	空気 量 (%)	コン クリ ート 温 度 (℃)	圧 縮 強 度 (kg/cm ²)			静 弾 性 係 数 ($\times 10^4$ kg/cm ²)			ポ ア ソ ン 比			乾 収 縮 ひ ず み (μ)
				7 日	28 日	91 日	7 日	28 日	91 日	7 日	28 日	91 日	
A	12.5	4.0	16.0	208	335	413	2.48	3.03	3.31	0.20	0.22	0.21	760
B	12.0	4.1	16.7	222	359	440	2.44	3.06	3.29	0.23	0.20	0.22	750
C	12.5	3.9	18.0	203	344	440	2.44	3.00	3.34	0.20	0.21	0.22	750
D	12.0	4.1	18.1	199	355	444	2.25	2.95	3.13	0.18	0.23	0.21	750
E	12.5	3.6	17.5	169	326	423	2.13	2.82	3.20	0.19	0.21	0.22	630

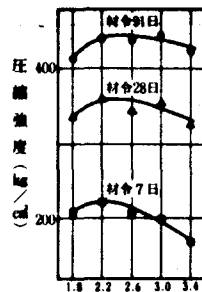


図-4 粗粒率と圧縮強度の関係



図-5 粗粒率と静弾性係数の関係

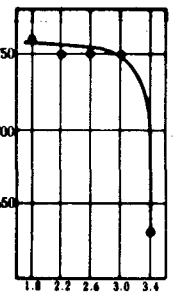


図-6 粗粒率と乾燥収縮の関係