

福岡大学 工学部

正会員 大和 竹史

" "

学生員○大山 高

九州電力(株)総合研究所

正会員 杉田 英明

1. まえがき

九州地域における骨材情勢は極めて深刻であり、特に細骨材においては約80%を海砂に依存している現状である。しかし近い将来には、漁業資源への影響及び環境保全の面から採取規制が強化され、質的、量的に入手困難となることは必至である。これに対応して、九州各地で、砕砂をコンクリート用細骨材として使用する気運が高まってきており、砕砂の需給は年々増加している。そこで筆者らは、福岡、佐賀、熊本、鹿児島、大分の各県下で、現在、砕砂を製造している24工場について製砂設備、分級方法、生産量の調査を行い、更に岩石及び砕砂の物性試験、砕砂モルタルによる性状試験などを行った。

2. 製砂設備及び生産量

一般に砕砂は、碎石を強制破碎した細粒粉、及び碎石を製造する過程で発生した副産粉であり、このいずれかを湿式又は、乾式分級法によって石粉、泥分を除去する方法で生産されている。筆者らの調査した24工場のうち11工場は、ロッドミル及びインパクトクラッシャーなどによる強制破碎の湿式分級法、残り13工場は、副産粉の湿式分級法(8工場)及び乾式分級法(5工場)がそれぞれ採用されている。湿式分級法は、ロータリー分級機又は、スパイラル分級機が使用され、乾式分級法は、振動ふるい機又は、クラッシュファイヤによる空選などの方法がある。また、生産量は、今回の調査した24工場で約130万m³/年で、そのうち湿式法によるものが約110万m³/年である。また、湿式法による砕砂の約60%がコンクリート用であり、そのほかは、乾式法による砕砂を含めて、コンクリート二次製品、舗装用、及び路盤材としての用途が主体である。

表-1 岩石及び砕砂の物性試験結果一覧表

番 号	岩 種	産地 (県)	製砂設備及び生産量		岩石の物理的試験結果										砕砂の物理的試験結果									
			粉 砕 機 種	生産量 分級法 (m^3 /月)	比 重		吸水 率 (%)	圧縮 強度 (kg/cm^2)	引張 強度 (kg/cm^2)	弾性係 数 (kg/cm^2)	ポアソ ン比	比 重		吸水 率 (%)	飽和 率	洗心 試験 される 量 (%)	単位容積 重量 及び実積率 (kg/m^3)	容積率 変動率 (%)	容積率 変動率 (%)	安定性 試験 (%)				
					表乾	飽乾						表乾	飽乾											
A	玄武岩	佐賀	ロッドミル	湿式	3500	2.85	2.82	1.23	1318	129	7.79	0.25	2.67	2.58	3.14	2.90	5.2	1.67	64.6	54.6	良	2.7		
B		佐賀	サンドコン	湿式	100	2.79	2.74	1.95	1465	110	5.96	0.25	2.67	2.59	3.09	3.18	4.6	1.64	63.4	56.2	良	8.6		
C		熊本	ロッドミル	湿式	3500	3.12	3.11	0.35	1168	138	9.30	0.23	2.97	2.93	1.22	2.92	5.5	1.86	63.5	52.5	良	2.5		
D		熊本	ロッドミル	湿式	4500	2.99	2.98	0.51	729	103	10.97	0.25	2.87	2.83	1.37	3.02	3.4	1.81	65.4	54.0	良	3.2		
E	角閃岩	熊本	ロッドミル	湿式	4500	2.89	2.88	0.36	1016	138	9.45	0.24	2.82	2.79	1.32	3.16	3.3	1.71	61.4	53.9	良	2.4		
F		熊本	フライング	湿式	7500	3.12	3.10	0.42	871	120	7.14	0.13	2.90	2.86	1.30	2.65	6.4	1.74	60.9	53.7	良	4.1		
G		福岡	インパクト	乾式	2200	3.03	3.03	0.11	1067	116	8.22	0.20	2.91	2.87	1.22	2.89	14.0	1.85	64.5	51.5	良	8.1		
H		福岡	インパクト	湿式	850	—	—	—	—	—	—	—	2.58	2.50	2.11	3.52	1.6	1.59	62.9	52.3	良	3.8		
I	安山岩	大分	インパクト	湿式	6000	—	—	—	—	—	—	—	2.60	2.64	1.76	2.68	4.0	1.69	64.0	51.2	良	5.8		
J		鹿児島	ロッドミル	乾式	休止	—	—	—	—	—	—	—	2.67	2.61	2.48	3.09	10.4	1.52	58.3	49.7	良	2.7		
K	石灰岩	鹿児島	ロッドミル	湿式	3000	—	—	—	—	—	—	—	2.68	2.63	1.92	2.75	1.7	1.64	62.5	55.0	良	1.4		
L	安山岩	鹿児島	ロッドミル	湿式	5000	2.71	2.68	1.42	1332	119	6.42	0.25	2.67	2.62	2.05	2.53	5.1	1.65	63.3	51.1	良	3.1		
M	砂質片岩	福岡	インパクト	湿式	10000	3.00	2.99	0.26	1705	143	8.13	0.22	2.78	2.74	1.26	2.83	6.8	1.75	63.6	52.7	良	4.1		
N		福岡	ロッドミル	湿式	7000	3.03	2.99	0.57	1812	113	8.43	0.20	2.77	2.72	1.73	3.18	4.7	1.71	62.8	54.4	良	3.9		
O	細粒砂岩	鹿児島	インパクト	湿式	5000	2.68	2.67	0.43	1272	81	6.14	0.20	2.62	2.58	1.66	1.99	2.4	1.61	62.6	54.8	良	2.6		
P		鹿児島	インパクト	乾式	休止	2.64	2.63	0.42	1907	109	5.58	0.17	2.59	2.56	0.92	2.68	5.1	1.58	61.5	49.8	良	2.0		
Q		福岡	インパクト	湿式	7500	2.70	2.69	0.41	922	61	6.57	0.31	2.66	2.63	0.81	2.86	8.8	1.78	67.5	55.9	良	2.4		
R	石灰岩	福岡	インパクト	乾式	10000	2.70	2.69	0.38	964	71	7.63	0.29	2.64	2.61	1.23	3.01	10.3	1.79	66.6	55.7	良	1.8		
S		大分	インパクト	乾式	2000	—	—	—	—	—	—	—	2.66	2.64	0.77	3.74	14.3	1.72	65.3	52.9	良	3.2		
T	重は入れず	熊本	インパクト	湿式	3500	3.05	3.04	0.40	515	74	6.62	0.12	2.96	2.93	1.11	3.25	4.1	1.84	62.9	52.5	良	2.9		
U	花崗岩	佐賀	インパクト	湿式	8000	2.64	2.62	0.61	1850	113	7.06	0.23	2.56	2.51	1.82	3.12	1.4	1.57	62.7	55.2	良	4.7		
V		鹿児島	ボールミル	湿式	2000	—	—	—	—	—	—	—	2.56	2.47	3.07	2.80	4.1	1.56	63.1	56.4	良	6.3		
W		鹿児島	インパクト	湿式	2500	2.25	2.18	3.06	1421	115	4.52	0.11	2.53	2.47	2.44	3.53	1.1	1.49	60.5	53.0	良	1.1		
X	珪石	福岡	—	湿式	10000	2.50	2.45	2.04	1146	56	1.81	0.13	2.55	2.50	1.78	3.06	4.4	1.67	64.7	55.9	良	4.5		
Y	川砂	宮崎	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2.57	2.49	3.41	3.28	1.4	1.70	64.6	57.0	良	6.2		
Z	海砂	福岡	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2.57	2.53	1.39	2.49	1.8	1.61	65.2	57.8	良	2.8		

3. 試験概要

i) 岩石試験；碎石工場の原石山より採集した岩石について、比重、吸水率、圧縮強度、引張強度、弾性係数などの物性試験を行った。強度試験用供試体は、岩石用ビッカーを用いて、各々の岩石より直径5cmのコアを抜き取り、圧縮用を10cm、引張用を5cmの長さそれぞれ成形した。供試体の数は、各岩石について、圧縮用と引張用ともに6本とした。試験方法は、JIS及び慣例の岩石試験方法に準じて行った。

ii) 砕砂の物性試験；24工場から採集した約100kgの代表試料について、比重、吸水率、ふるい分け、洗い、単位容積重量及び実積率、粒形判定実積率、有機不純物及び安定性などの物理的試験を行った。試験方法は、JISA 5004に定められている方法に準じて行った。

iii) モルタル試験；使用材料として、フライアッシュセメントB種(比重3.09)及び各地で採取した23種の砕砂を用いた。但し砕砂は粗粒率を265に一定にした。また、モルタルの配合は、水・セメント比を50%、セメント・砂比を50%とした。試験方法は、JISR 5201に準じて、練りませ及びフロー試験を行い、また土木学会の、モルタルの圧縮強度による砂の試験方法に準じて、供試体の成形($\phi 5\text{cm} \times H10\text{cm}$)及び圧縮強度試験を行った。試験材令は、7日、28日、91日とし、各材令に3本の供試体を用いた。

4. 試験結果

i) 岩石試験；岩石試験の結果は表-1に示すとおりである。①角閃岩と砂質片岩は、絶乾比重が2.88~3.11で試料の中では最も大きく、また吸水率は0.11~0.51で最も小さいグループであり、そのほか強度性状及び弾性性状においても似通った性状を示している。②玄武岩は、比重が平均2.78で角閃岩とはほぼ同じであるが、吸水率は平均1.6%で、角閃岩の4.6倍に相当する。③細粒砂岩、石灰岩及び花崗岩は、比重が2.62~2.69、吸水率が0.38~0.61%、それに強度、弾性の性状もほぼ同じである。④輝石安山岩は、比重は2.68で石灰岩や細粒砂岩並であるが吸水率が比較的大きい。⑤珪石は、他の岩石に比べて比重が小さく、吸水率が大きく、また圧縮強度の大きさに対してポアソン比が極めて小さい。

ii) 砕砂試験；砕砂の物理試験結果は表-1に示すとおりである。①絶乾比重についてみると、花崗岩砕砂(V)と珪石砕砂(W)がいずれも2.47で最も小さく、角閃岩砕砂及び変はんれい岩砕砂それに砂質片岩砕砂が最も大きいグループであり、その他のものは、2.50~2.64で一般に用いられているものと同程度である。②吸水率についてみると、玄武岩及び花崗岩(V)の砕砂が3%以上で最も大きい。次に安山岩、輝石安山岩、花崗岩(I)の砕砂が2%以上、その他の砂岩、石灰岩砕砂は1%前後となっている。③粗粒率は2.53~3.52であり、コンクリート用そのほか二次製品用、道路用などの用途に応じて製造されている。④洗い試験で失われる微粉量は、分級法によって異なり、乾式分級では10.3~14.3%と極めて大きく、一方、湿式分級では石灰岩砕砂(Q)を除けば1.1~6.8%である。⑤砕砂の粒形判定実積率は、49.7~56.2%であり、川砂、海砂のそれに比べて全般に小さい。⑥安定性は、玄武岩砕砂(B)が8.6%で最も大きくなっている。

iii) モルタル試験；モルタル試験の結果は、図-1に示すように、砕砂を用いた場合は、海砂を用いた場合と比較して、全体的にフローが小さく、圧縮強度が大きくなる傾向が認められる。

5. あとがき

以上の結果より、角閃岩、安山岩、砂岩、及び石灰岩砕砂などは、良質の天然砂に匹敵する品質を有するものが多く、今後、破砕及び分級設備などの改善を計ることによって、更に品質の向上が期待できる。

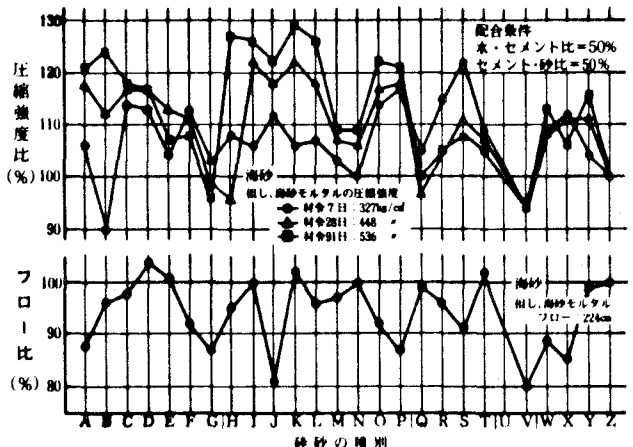


図-1 海砂モルタルに対する砕砂モルタルのフロー及び圧縮強度比