

琉球大学学術リポジトリ

沖縄諸島における骨材調査 第1報

メタデータ	言語: 出版者: 琉球大学農家政工学部 公開日: 2011-05-02 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 上原, 方成, Uehara, Hosei メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/19467

沖縄諸島における骨材調査 第1報

上 原 方 成*

Hosei UEHARA: Aggregates on Okinawa Islands. I.

I ま え が き

沖縄諸島におけるコンクリート技術の改良発展を促すためには、沖縄諸島におけるコンクリート事情を把握することが、ぜひ必要である。一口にコンクリート事情と言っても、それぞれの見方があり、端的にその実態をつかむことは困難である。ここでは、一つの手段として、コンクリート事情を、材料、コンクリート、および施工の三分野に分ける。材料の分野にはセメント、混和材料、骨材および水；コンクリートの分野には配合、硬化前および後のコンクリートの性質；そして施工の分野には材料の混合、コンクリート打ち、養生のほか配筋、型枠、特殊施工などが含まれる。これら三分野の実態を調査することによって、沖縄諸島におけるコンクリート事情がつかめるのである。なかでも材料の分野はコンクリートの根本的な問題を提起するものである。そこで、沖縄諸島で使用されているコンクリート材料に、ひとまず焦点を合わせることにする。（コンクリート事情一般については別の報告がある**）

沖縄諸島におけるコンクリート材料の現況について述べればセメントがほとんど日本本土から搬入され（もっとも、当地でセメント生産工場が建設されつつあり、将来は事情が変わってくると思う）、混和材料もまた同様である。セメントについては、パラで搬入されて、当地で袋詰めされ、市販されているものが多いようである。問題は、その生産から現場使用までの期間が比較的長く、セメントの質の低下が考えられることである（セメント強度は一般に低いようである）。この件に関しては、別の機会に調査報告することにして、今回は骨材の実態を調査して報告する計画をたてた。なお、コンクリート用水については、硬水ではあるが、一般にきれいな水が使用されているので問題はないと思う。

さて、沖縄諸島には、河川として見るべきものはなく、天然の骨材である川砂利や川砂はほとんど得られない。また、山地においても、山砂利や山砂は見あたらないようである。したがって、コンクリート骨材としては、人工骨材である碎石と島周辺から得られる海浜砂に頼るほかはない。一般に、碎石は川砂利にくらべて、その粒形など、骨材として劣り、海砂はその塩分含有量が鉄筋コンクリート構造では問題とされるなど、やはり骨材としては劣っている。しかしながら、沖縄諸島では、現実にはこれら碎石と海砂の使用を余儀なくされているので、これら骨材を用いてよりよいコンクリートをつくる努力を払わねばならず、本調査もそれに役立たせることを目的としている。

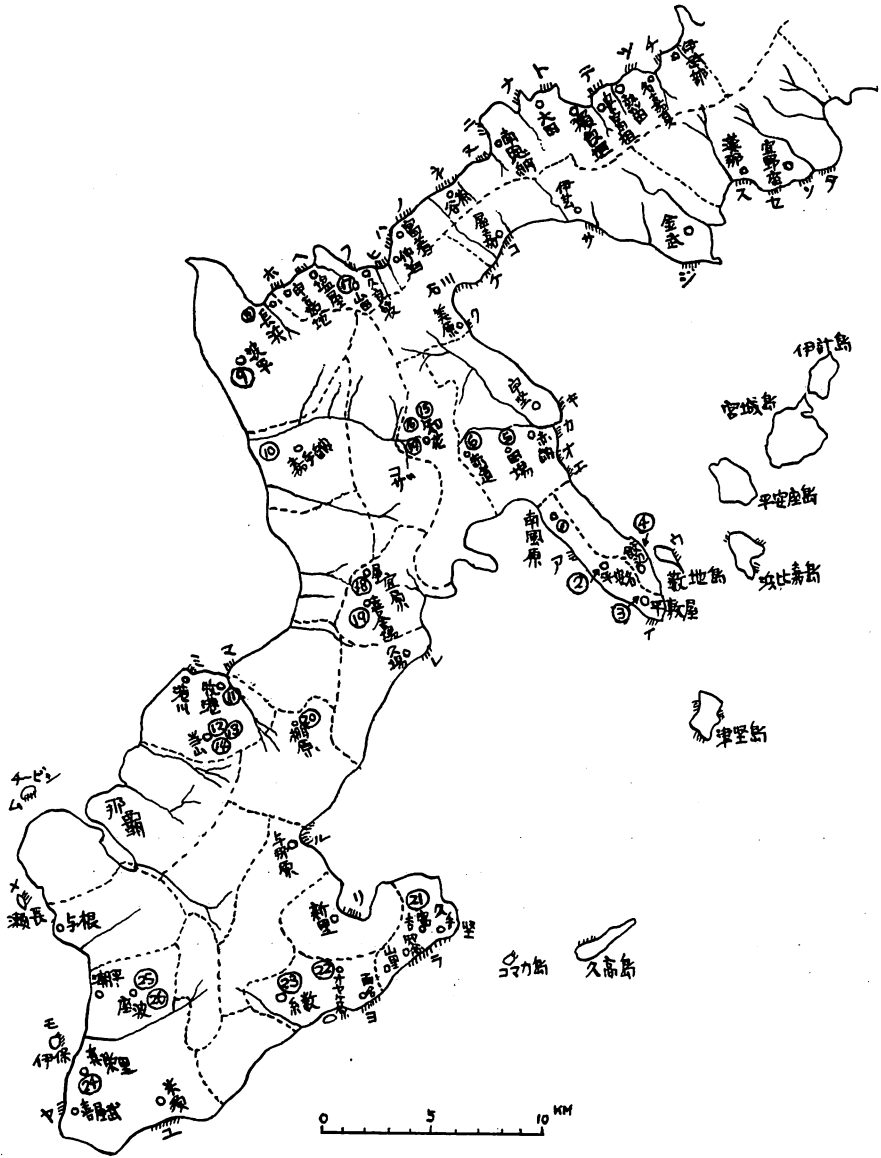
なお、今回の報告では骨材の使用状況、採取可能量および生産量などに関しては述べられず、骨材の分布および品質についての一般物理試験結果が述べられる。

* 琉球大学農家政工学部土木工学科

** 具志幸昌：沖縄におけるコンクリート施工の現状とその問題点、琉球大学農家政工学部学術報告第11号、1964。

II 骨材の分布

今回の骨材調査はコンクリート工事の多い沖縄本島中島部に限られ（北部の砂については仲田元一氏の報告がある）、その分布状況は、第1図および第1表、第2表の通りである。ただし、今回の調査都合により、すべての試料採取が行なえぬ上に、軍用地内の立入禁止区域は調査できなかったため、後日補稿したい。



第1図 骨材分布図

第1表 細骨材の試料採取地

記号	採取地名	備考
ア	勝連村南風原区嘉慶奈久原	都合により採取せず
イ	勝連村平敷屋区字久原	
ウ	与那城村字屋慶名藪地島	
エ	具志川村字具志川西熱田原	
オ	具志川村字金武湾	
カ	具志川村字赤納港原	
キ	具志川村字字堅伊集久原	
ク	石川市字美原	分布量僅少
ケ	石川市石川ビーチ以北	
コ	金武村字屋嘉前田原	
サ	金武村字伊芸加武川	
シ	金武村字金武前原	都合により採取せず
ス	宜野座村字漢那浜原	
セ	宜野座村字惣慶下袋原	
ソ	宜野座村字惣慶茂原	
タ	宜野座村字松田前原	
チ	恩納村字名嘉直浜原	
ツ	恩納村字熱田宜志多	
テ	// 字安富祖赤瀬原	
ト	// 字瀬良垣都内原	
ナ	// 字大田前喜原	
ニ	// 字南恩納下勢高	
ヌ	// 字南恩納ジムン原	
ネ	// 字谷茶谷茶原	
ノ	// 字富着黒崎原	
ハ	// 字前兼久海岸	
ヒ	// 字仲泊海岸	
フ	// 字久良波海岸	
ヘ	// 字塩屋海岸	
ホ	// 字字加地海岸	
マ	浦添村字牧港海浜	海底揚砂道路散布用
ミ	// 字牧港港川海浜	同上採取せず
ム	那覇市俗称チービシ	海中砂島
メ	豊見城字与根	都合により採取せず
モ	糸満町字潮平伊保島	//
ヤ	// 字喜屋武ジュラン浜	//
ユ	// 字米須海岸	//
ヨ	玉城村字仲村渠水堅原	//
ラ	知念村字山里, 知念, 久手堅海岸	//
リ	佐敷村字新里	//
ル	与那原町与那原海岸	//
レ	中城村字久場甲斐川原	//

第 2 表 粗骨材の試料採取地

番号	試料採取地	名称	備考
1	勝連村字南風原	琉球碎石	
2	// 字平安名	勝南碎石	
3	// 字平敷屋	沖縄石材工業	
4	与那城村字饒辺	与勝碎石	
5	具志川村字田場御拝原	久保田碎石	
6	具志川村字赤道大門原	コザ碎石	
7	恩納村字山田	第一碎石	原石本部半島より搬入
8	読谷村字長浜吹出原	読谷碎石	
9	// 字波平真栄地原	高志保碎石	
10	嘉手納字水釜	岸本碎石	休業中
11	浦添村字牧港	上原碎石	原石は本部半島より搬入
12	// 字当山	長崎碎石	
13	// //	普久原碎石	
14	// //	山城碎石	
15	美里村字松本	OM碎石	
16	// 字知花	知花碎石	原石の一部は本部半島より搬入
17	// 字松本	明道碎石	都合により採取せず
18	北中城村字喜舎場小字嶽根原	屋宜原碎石	
19	// // 小字甲斐川原	喜舎場碎石	
20	西原村字棚原	石原産業	
21	知念村字吉富	東恩納碎石	都合により採取せず
22	王城村字親慶原中田原	喜舎場碎石	同 上
23	玉城村字糸数竹之口原	大里碎石	同 上
24	糸満町字真栄里真謝原	喜納碎石	同 上
25	// 字座波	上城碎石	同 上
26	// //	儀間碎石	同 上

III 骨材の採取方法と試験方法

1) 採取方法: 粗骨材については、碎石所で、当時生産中の碎石を、直接ホッパーまたは、碎石集積山から約 60 kg, 細骨材については、あらかじめ分布状況を調べて、現にコンクリート工事に使用しているか否かにかかわらず試料採取を行ない、市町村民または工事施工者が採取している地域ではその個所から、そのほかの地域では、その地域を代表すると思われる個所(粒度を考慮に入れ、波打際からなるべく離れた地表面下 30cm から 1m の深さの地点)から約 10kg づつ採取した。なお採取期間は、1963 年 12 月から 1964 年 3 月にかけてである。

2) 試験方法: 試験はすべて土木学会規準にある次の諸法に準じて行なった。当時の試験室内気温は、摂氏 16 度から 21 度の間で、湿度は 72% から 89% の間であった。

A. 細骨材

JIS A 1102-1953 骨材フルイ分け試験方法

JIS A 1104-1953 骨材の単位容積重量試験方法

JIS A 1105-1953 砂の有機不純物試験方法

JIS A 1109-1951 細骨材の比重および吸水量試験方法

B. 粗骨材

JIS A 1102-1953 骨材フルイ分け試験方法

JIS A 1104-1953 骨材の単位容積重量試験方法

JIS A 1110-1951 粗骨材の比重および吸水量試験方法

JIS A 1121-1954 ロサンゼルス試験機による粗骨材のスリヘリ試験方法

IV 試験結果

試験結果は第3表、第4表の通りである。

第3表 細骨材試験結果

記号	比重	吸水量 (%)	単位容積重量 (kg/m ³)	空隙率 (%)	フルイ分け試験 (残留百分率) (%)							粗粒率 (%)	有機不純物試験	備考
					PAN	0.149	0.297	0.59	1.19	2.38	4.76			
イ	2.53	5.91	1550	38.7	100	96	57	29	14	8	5	2.09	合	レキ粒多し
ウ	2.51	4.88	1356	46.0	100	99	96	79	31	6	2	3.13	合	レキ粒多し
エ	2.52	3.57	1425	43.5	100	97	47	12	1	0	0	1.57	合	
オ	2.60	2.11	1469	43.5	100	94	27	6	1	0	0	1.28	合	
カ	2.45	2.20	1507	38.5	100	100	87	43	15	7	4	2.56	合	レキ大死石多し
キ	2.52	2.82	1506	40.3	100	99	90	60	15	2	0	2.66	合	
ク	2.53	3.62	1503	40.6	100	100	97	63	15	4	2	2.81	合	死石, レキ混り
ケ	2.51	3.31	1416	43.6	100	99	94	34	8	1	0	2.36	合	
コ	2.53	2.62	1514	40.2	100	95	59	40	23	12	7	2.36	合	レキ粒多し
サ	2.58	3.30	1520	41.1	100	98	90	52	7	2	0	2.49	合	
ス	2.55	3.00	1534	39.8	100	98	68	34	13	4	1	2.18	合	レキ粒混り
ソ	2.57	2.59	1617	37.1	100	98	74	39	11	3	1	2.26	合	レキ粒混り
タ	2.48	4.26	1413	43.0	100	98	89	59	10	2	0	2.58	合	レキ大死石多し
チ	2.46	5.49	1378	44.0	100	100	94	60	11	0	0	2.65	合	死石混り
ツ	2.53	3.28	1523	42.3	100	99	57	53	22	6	1	2.38	合	レキ粒混り
テ	2.46	3.93	1428	42.0	100	100	90	65	17	7	4	2.83	合	死石, レキ粒多し
ト	2.51	4.05	1469	41.5	100	99	91	67	22	6	3	2.88	合	死石, レキ粒多し
ナ	2.54	3.74	1365	46.2	100	99	92	64	16	3	1	2.75	合	レキ粒混り
ニ	2.51	3.52	1575	37.2	100	99	98	89	41	11	4	3.42	合	レキ粒多し
ヌ	2.44	4.87	1371	43.8	100	97	75	44	17	10	5	2.48	合	レキ大死石多し
ネ	2.64	4.32	1419	46.2	100	99	74	34	6	1	0	2.14	合	
ノ	2.50	4.67	1377	44.9	100	97	77	45	5	1	0	2.25	合	
ハ	2.47	5.43	1398	43.4	100	97	71	51	24	9	4	2.56	合	レキ大, 死石多し
ヒ	2.36	5.39	1228	48.0	100	98	85	55	16	5	2	2.61	合	死石過多
フ	2.54	2.44	1571	38.2	100	92	59	43	18	5	2	2.19	合	レキ粒多し
ヘ	2.48	4.45	1447	41.7	100	100	91	66	26	6	2	2.91	合	レキ大死石多し
ホ	2.44	4.74	1455	40.4	100	95	78	62	34	15	6	2.90	合	死石, レキ粒多し
マ	2.51	4.33	1540	38.6	100	99	91	75	51	37	29	3.82	合	レキ粒過多
ム	2.57	4.07	1559	39.3	100	99	93	76	29	5	2	3.04	合	レキ粒多し

第4表 粗骨材試験結果

記号	岩石質	比重	吸水量 (%)	単位容積重量 (kg/m ³)	空げき率 (%)	フルイ分ケ試験 (%) (残留百分率)								粗粒率 (%)	すりへり減量 (%)	備考
						PAN	9.52	15.9	19.1	25.4	31.7	38.1	50.8			
A	石灰岩	2.42	5.09	1330	45.0	100	80	42	21	2	0	0	0	*7.01	34.60	2. 1. 記号 F・I 及び O はアスファルト舗装用骨材(古生層石灰岩)の粗粒率の算出については、五ミリ以下にはそれぞれ値は百分率の算出に信賴性が小さい。
B	〃	2.42	5.03	1329	45.0	100	99	88	64	12	0	0	0	7.63	37.10	
C	〃	2.43	4.62	1392	42.6	100	92	61	32	2	0	0	0	7.24	32.45	
D	〃	2.41	5.06	1346	44.2	100	96	70	38	3	0	0	0	7.34	33.38	
E	〃	2.56	2.90	1416	43.8	100	86	41	16	3	0	0	0	*7.02	24.71	
F	〃	2.76	0.26	1532	44.5	100	87	47	17	0	0	0	0	*7.04	30.33	
G	〃	2.45	2.66	1350	44.8	100	94	71	38	6	1	0	0	7.32	32.54	
H	〃	2.42	3.81	1344	44.4	100	99	92	76	34	8	0	0	7.75	37.80	
I	〃	2.69	0.41	1571	41.5	100	71	34	15	2	0	0	0	*6.86	28.77	
J	〃	2.44	3.71	1344	45.0	100	94	70	36	7	1	0	0	7.30	36.28	
K	〃	2.45	3.81	1330	45.7	100	98	86	62	15	0	0	0	7.60	32.19	
L	〃	2.50	2.83	1433	42.6	100	97	88	72	18	1	0	0	7.69	31.12	
M	〃	2.53	2.56	1386	45.3	100	89	60	29	0	0	0	0	*7.18	36.12	
N	〃	2.58	1.85	1447	43.9	100	86	58	25	0	0	0	0	*7.11	33.02	
O	〃	2.71	0.49	1556	42.6	100	67	36	15	0	0	0	0	*6.82	30.16	
P	〃	2.47	4.03	1408	43.1	100	94	74	46	1	0	0	0	7.40	39.73	
Q	〃	2.50	3.26	1363	45.4	100	79	44	15	1	0	0	0	*6.94	37.40	
R	〃	2.45	3.44	1348	44.8	100	94	70	40	6	0	0	0	7.34	32.24	
S	〃	2.41	3.87	1306	45.9	100	95	59	21	1	0	0	0	7.16	40.46	

V 考 察

1) 比重: 砂では2.5から2.6の間のもが多いが、砕石では2.4から2.5のもが多い。これは、砕石の石質によるもので、古生層石灰岩*の砕石は2.7前後の比重をもっている。日本本土の骨材(第5表参照・ただし川砂利と川砂についての値である)と比較してみると、沖縄の場合、砂は平均値2.51、砕石は平均値2.47(ただし古生層石灰岩砕石を除く)となっており、はるかに小さい値を示している。もっとも、沖縄本島北部の砂については、その平均値が2.61**と大きい値を示している。これは、北部の海砂には古生層岩石や火成岩などの微粒子が多量に含まれているためであろう。

2) 吸水量: 砂では2%から6%、砕石では2%から5%の間のもが多い。古生層石灰岩砕石では0.5%以下の値を示している。日本本土の場合(第6表参照)と比較して、沖縄の場合、砂が平均値3.89%、砕石が平均値3.66%(ただし、古生層石灰岩砕石を除く)と大きい値を示している。これも石質によるものと思われる。

3) 単位容積重量: 砂では、1300 kg/m³から1600 kg/m³、空げき率が40%前後のもが多い。砕石では1300から1600 kg/m³、空げき率が40から45%のもが多い。砕石については、建築学会鉄筋コンクリート工事標準仕様書の実積率55%以上と言う規定にはパスしているものの、日本本土における骨材の標準試験による単位容積重量および空げき率の大体の値は、それぞれ、細骨材で1450から1700 kg/m³; 30から45%、粗骨材で1550から1859 kg/m³; 27から45%となっ

* この名称はあとがきで述べる。

** 仲田元一氏報告

第5表 各地区別の骨材の比重（伊藤茂富・コンクリート骨材より）

地区名	細骨材				粗骨材			
	試料数	最大	最小	平均	試料数	最大	最小	平均
北海道	4	2.82	2.08	2.61	38	2.78	2.52	2.64
東北	100	2.87	2.39	2.53	102	2.80	2.39	2.57
関東	97	2.64	2.56	2.63	105	2.76	2.57	2.64
中部	105	2.65	2.46	2.59	105	2.71	2.47	2.63
近畿	75	2.60	2.53	2.57	64	2.72	2.58	2.62
中国	74	2.59	2.39	2.52	61	2.73	2.47	2.60
四国	17	2.64	2.39	2.58	26	2.78	2.51	2.63
九州	168	2.94	2.31	2.53	164	2.92	2.48	2.60
平均				2.56				2.61

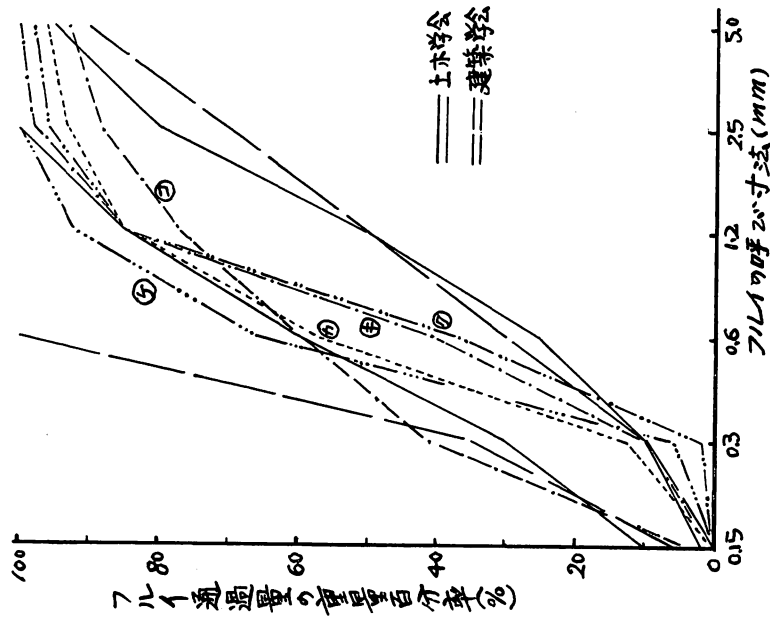
第6表 各地区別の骨材の吸水量（伊藤茂富・コンクリート骨材より）

地区名	細骨材				粗骨材			
	試料数	最大	最小	平均	試料数	最大	最小	平均
北海道	42	5.27	0.82	2.58	38	3.46	0.81	1.77
東北	100	11.70	1.50	3.15	102	7.1	0.7	2.7
関東	97	4.49	1.34	1.11	105	2.07	0.59	1.10
中部	105	5.80	0.90	1.84	105	3.3	0.4	1.01
近畿	75	3.10	0.24	1.48	64	2.30	0.11	1.30
中国	74	6.75	0.23	1.89	61	5.64	0.86	1.62
四国	17	2.78	0.55	1.61	26	2.16	0.80	1.19
九州	168	7.76	1.83	3.36	164	4.60	0.50	2.16
平均				1.93				1.70

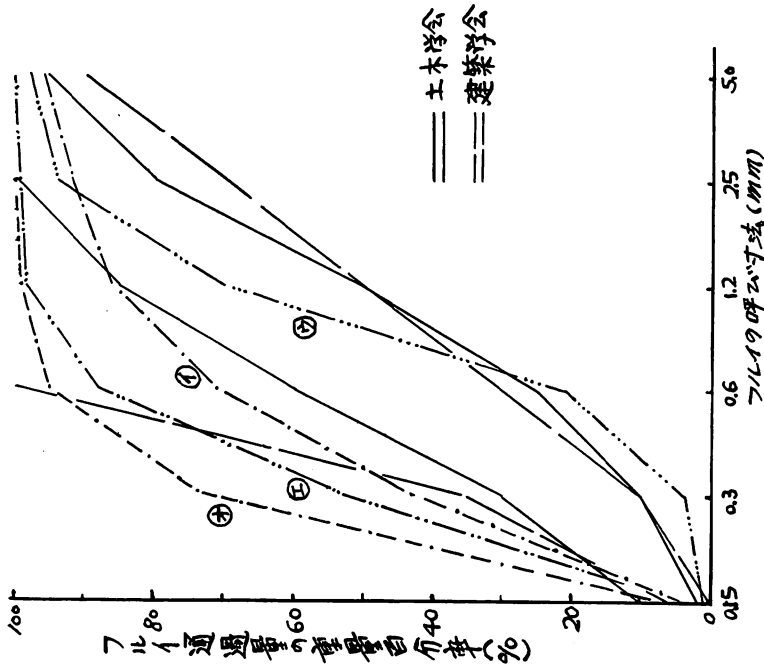
ているので、原石の石質（特に比重）が作用していると考えられる。そのほかの原因としては碎石の粒形および粒度が考えられる。

4) 粒度分布：砂の場合は、土木学会や建築学会の鉄筋コンクリート工事についての標準粒度と比較して（第1図から第11図）、さほど悪いとは思えないが、碎石の場合は建築学会の標準粒度の範囲からほとんどはずれている。もっとも標準粒度からはずれているから使用してはならないと言うわけではない。しかし、碎石所のフルイ分けスクリーンの改善が望まれる。碎石の粒形が扁平細長のものがよく見受けられ、フルイ分け試験に不都合をもたらすはもちろん、コンクリート強度にも大きい影響を与えるので注意すべきである。

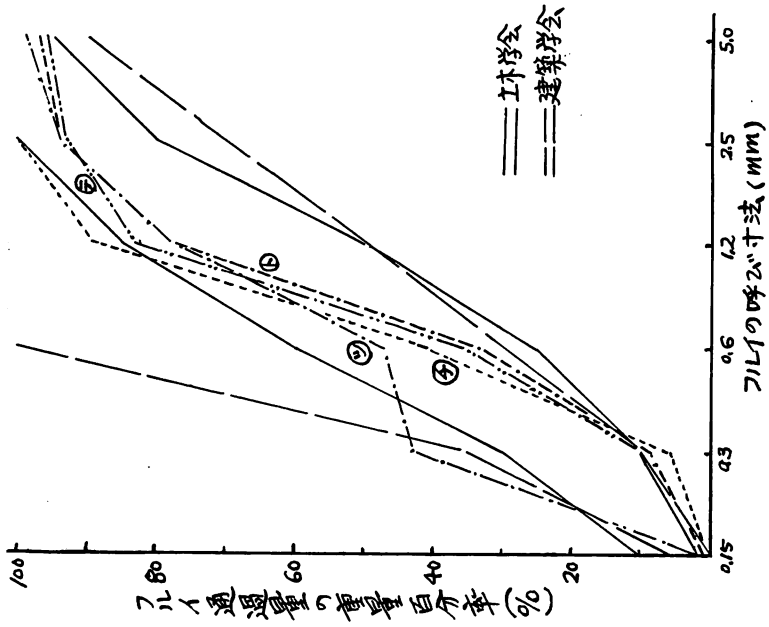
5) スリヘリ減量：原石の石質からおして大きくなるものと予想されたが、30 から 40% の間にある。土木学会示方書（コンクリート舗装およびダムコンクリート）規定の限度 40% にはほとんどパスしている。



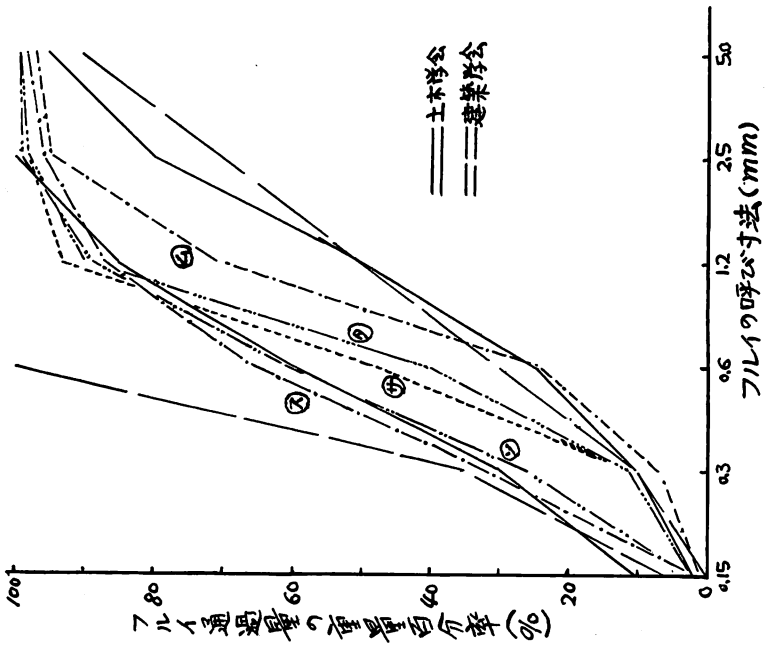
第3図 細骨材の粒度曲線



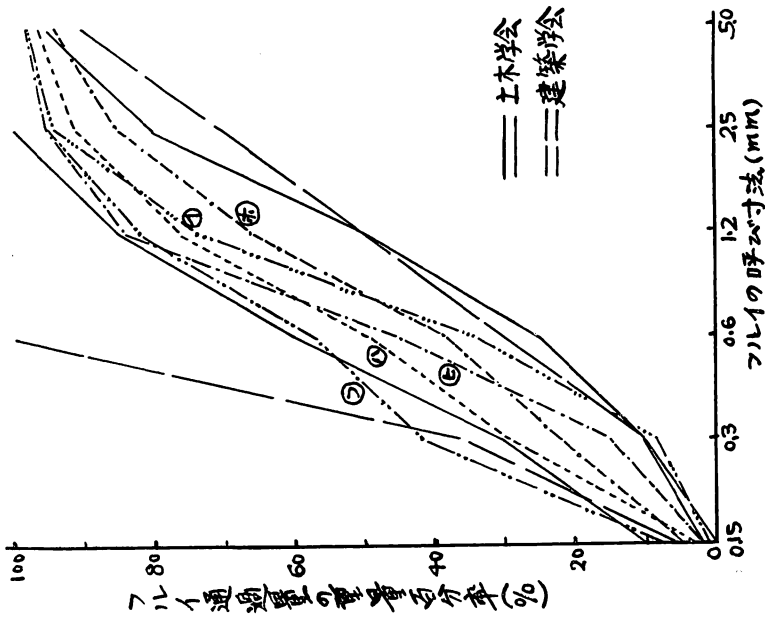
第2図 細骨材の粒度曲線



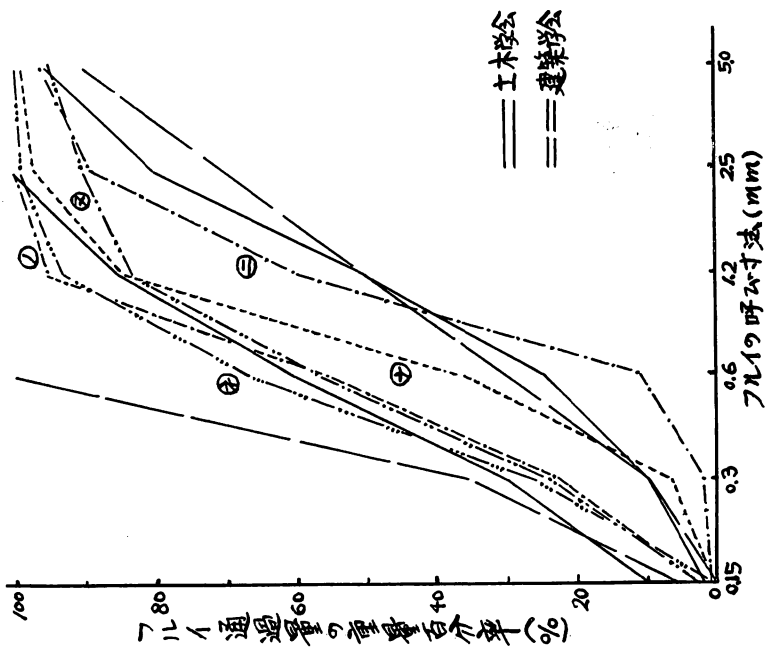
第5図 細骨材の粒度曲線



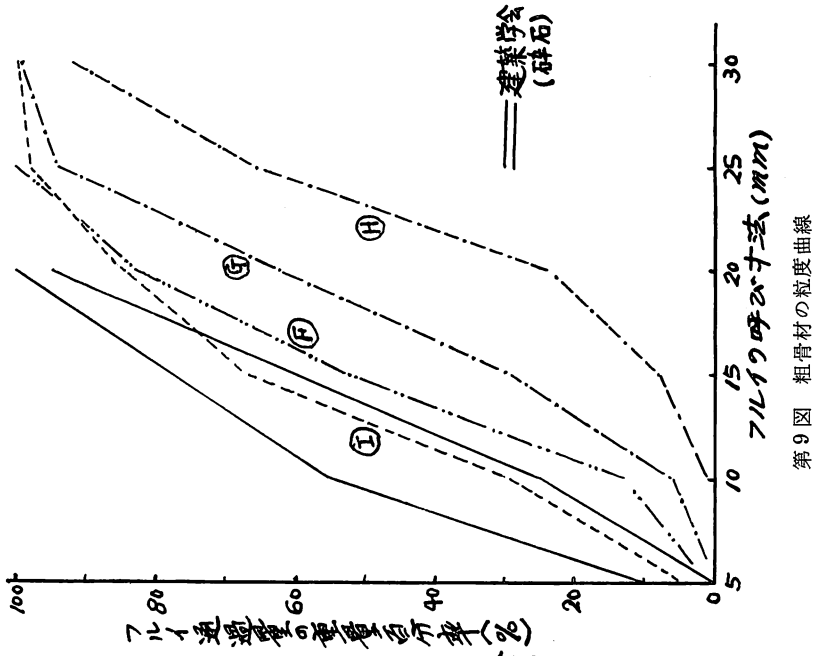
第4図 細骨材の粒度曲線



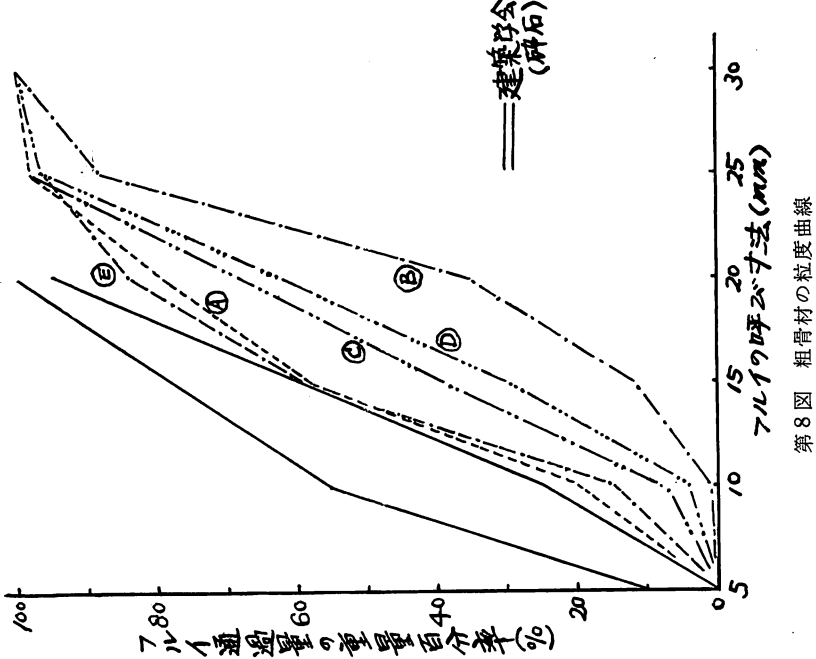
第7図 細骨材の粒度曲線



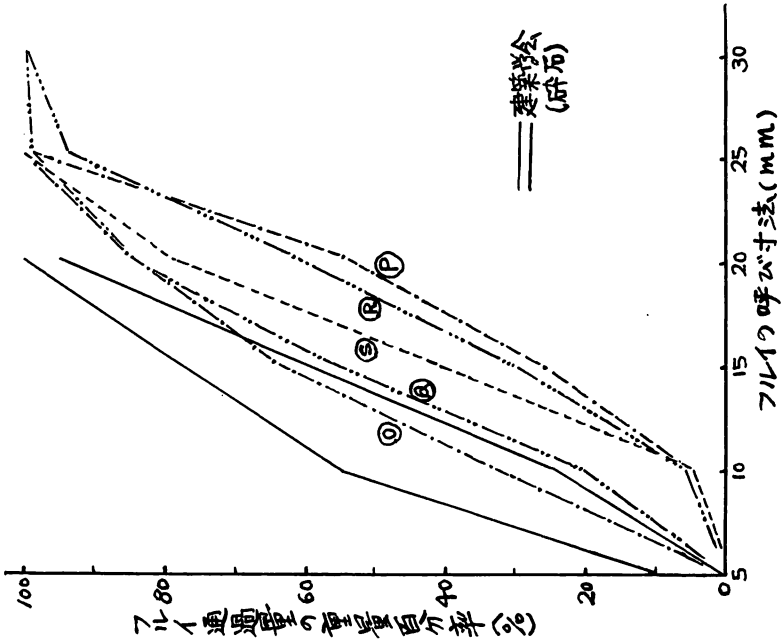
第6図 細骨材の粒度曲線



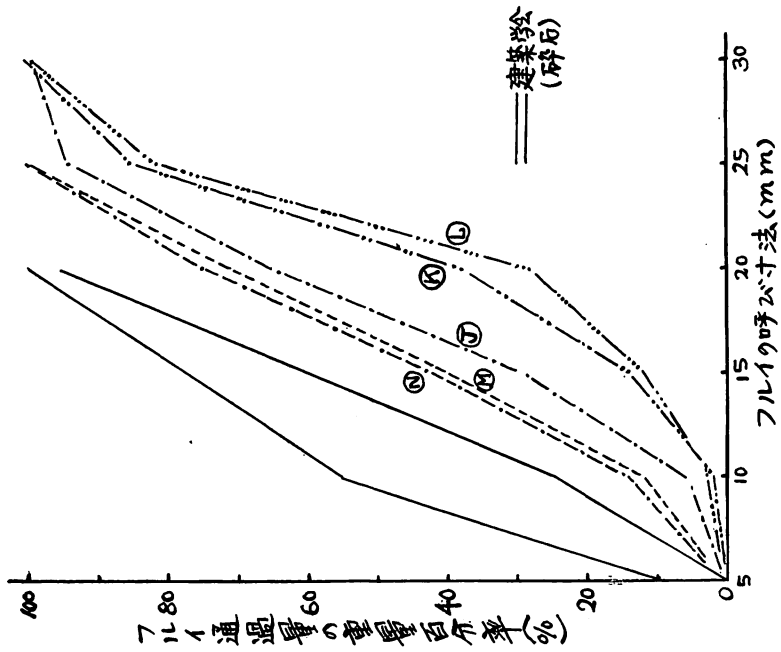
第9図 粗骨材の粒度曲線



第8図 粗骨材の粒度曲線



第11図 粗骨材の粒度曲線



第10図 粗骨材の粒度曲線

VI あとがき

1. 総論

砕石： 原石はすべて石灰岩で、古生層石灰岩と第四紀さんご石灰岩に大別される、前者は沖縄本島北部に産し、後者は中南部に多く産する。古生層石灰岩はち密な組織をもち、さんご石灰岩は多孔質なものが多い。その相違は物理試験結果にもはっきり現われている。ただこの試験結果のみで両者の優劣を決めるのは早計で、もっと調査研究が必要とされる。前者については、粒形の扁平角型のものが多く見受けられ、セメントペーストのつきも悪いようである。したがって、セメント量が多く、強いコンクリートを望めば扁平角型の砕石にまず破砕がみられると言う実験例がある。

今回の試料の中には、土砂や石粉の混入が見受けられるものもあり、降雨後の砕石にはもっと多くの土砂が混入するものと思われる。砕石所の品質管理が強く望まれる。

粗骨材としては、概して不良と思われるものが多かったが、これは、原石の石質によることよりも、砕石所の設備が不完全であると言うことによる方が大きいと思われる。砕石所の乱立、設備貧弱な砕石所の多いこと、それに原石の選択を厳格にしていない点など再考すべき時にきていると思う。

砂： まず海砂であると言うことが、日本本土においては考えられないことである。海砂は水洗いして使用するたてまえながら、実情はこれがほとんど行なわれず、陸揚げして間をおくことによって、含塩量の減少を期待しているようなものである。工事現場の砂について調査してみないと断定はできないが、多量の塩分が含まれているであろうことは想像に難くない。具志幸昌氏の2.3の実験例によれば、建築学会鉄筋コンクリート工事標準仕様書では塩分許容限度 0.01% (NaCl として) と規定されているのに対し、0.1% を超えるのも見受けられる。塩分を含む細骨材を使用した鉄筋コンクリートでは、たとえ塩分が許容限度以下であっても電蝕を受けるような場合は不利であり、豆板、すきれつなどの欠陥部には耐久上不利と考えられるので充分注意する必要がある。

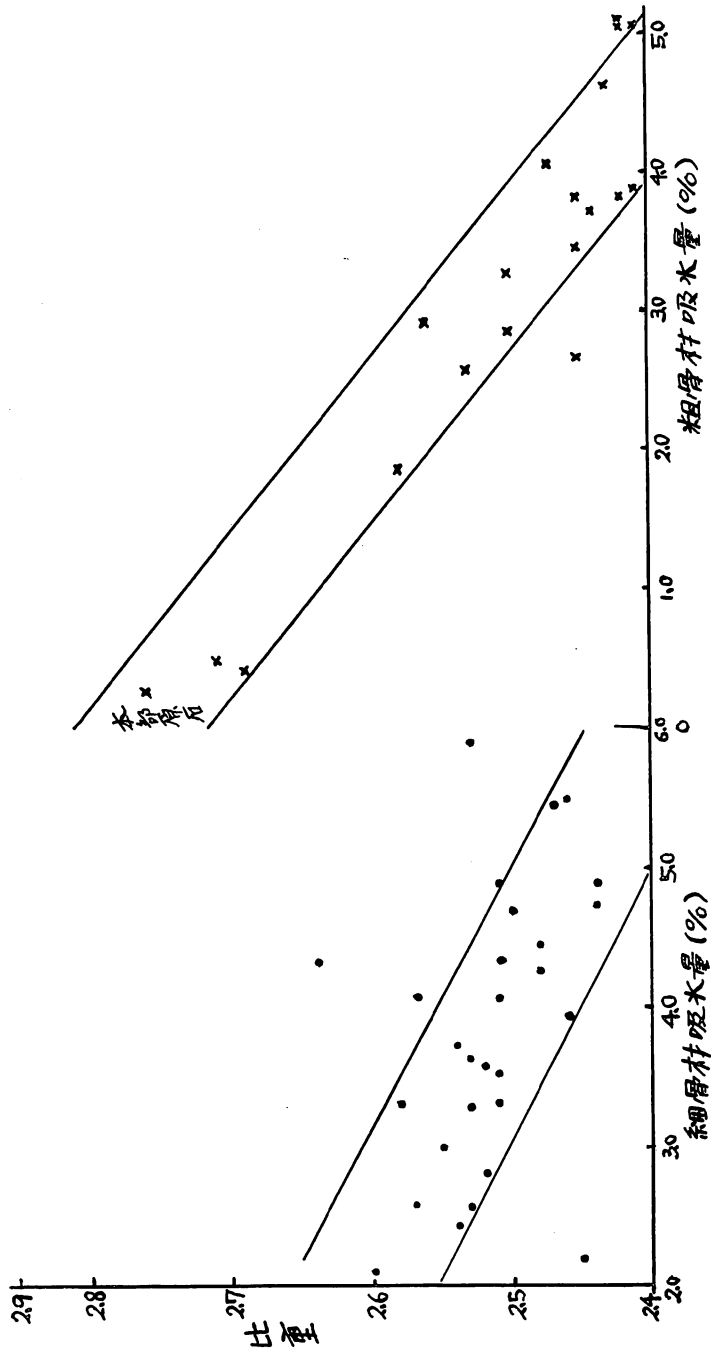
沖縄諸島の海砂はおもにさんご石灰岩微粒子から成り、貝殻小片などの死石を必らず含んでいる(第3表備考欄参照)。これら死石はコンクリート材料として不利をもたらすのはもちろん、フルイ分け試験結果にも不都合をもたらす。死石含有量の多い海砂は使用をさけるべきである。なお海砂の化学分析結果によると、 SiO_2 、 Al_2O_3 、 CaO 、 MgO などが検出され、なかでも CaO 、 SiO_2 が多いようである。

以上、物理試験結果および上述の事柄から、沖縄諸島の骨材は日本本土の骨材に比較してあまりよくはないが、一概に沖縄諸島の骨材は劣悪だときめつけるわけにはゆかない。要はこれらの骨材を使用して、いかに経済的で強いコンクリートをつくりだすかにあり、コンクリート工事を実施するにあたっては、質、量共に代表的な骨材を選択(または指定)して、これら骨材の諸性質にもとづいて、合理的な配合設計および施工計画をたててかかるべきである。

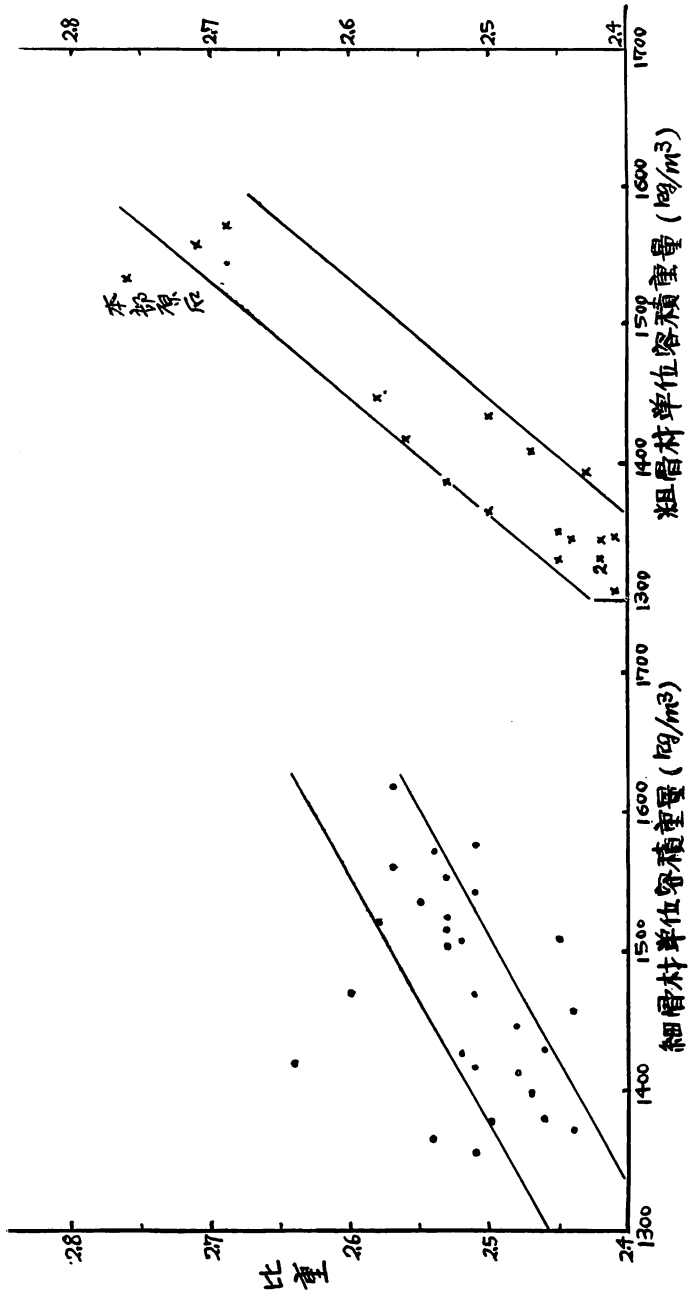
2. 比重とほかの試験値との相関関係

骨材の比重とほかの試験値との相関関係をプロットしてみると第12図から第15図の通りである。もっと多くの測定値が得られればある程度の相関性が見出せそうである。

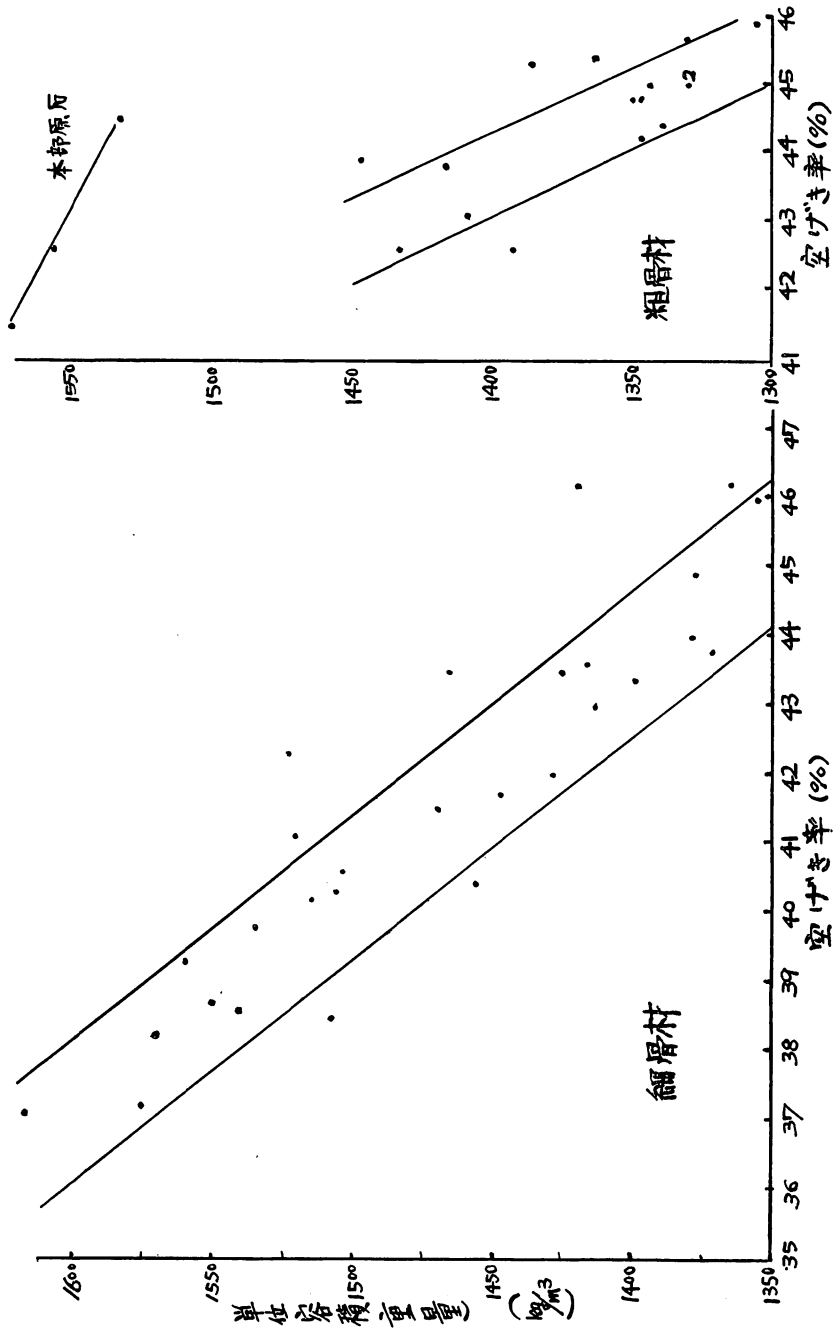
今回の骨材分布調査に御協力頂いた各市町村の関係職員や試料を心よく提供して下さいました砕石所の方々に深く謝意を表します。また本実験に数々の御助言を賜った具志助教授や実験に協力してくれた本学学科玉那覇君と学生諸君に心から謝意を表します。



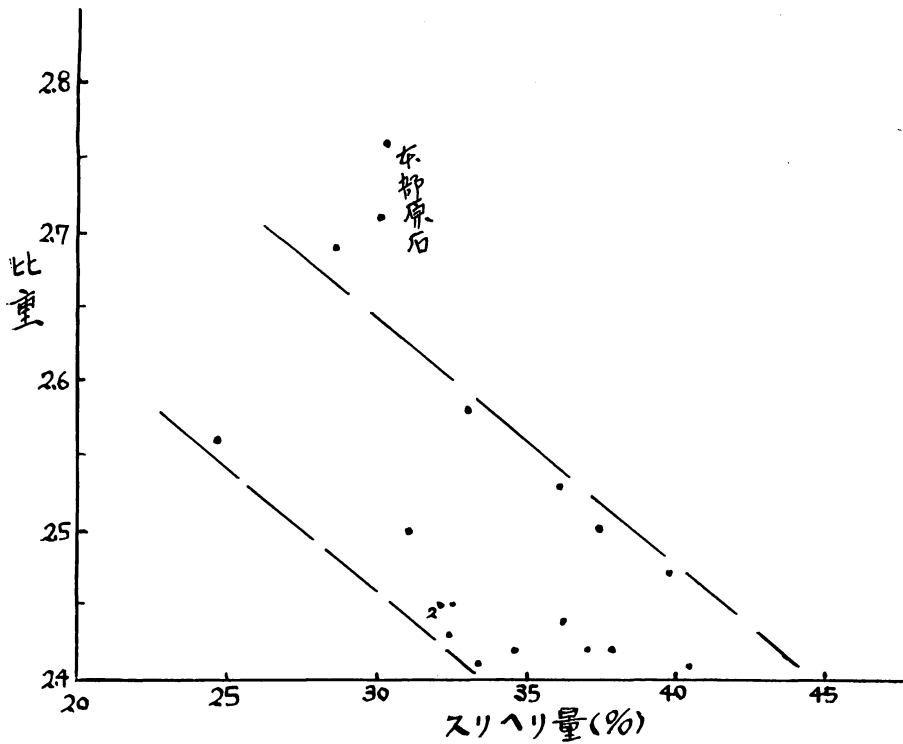
第12図 骨材の比重と吸水率



第13図 骨材の比重と単位容積重量



第14図 骨材の単位容積重量と空げき率



第15図 粗骨材の比重とスリヘリ量

参 考 文 献

- 1) 日本土木学会 コンクリート標準示方書 (昭和33年版)
- 2) 日本建築学会 建築工事標準仕様書, 同解説・B・JASS 5.
- 3) 伊藤茂富 コンクリート用骨材, 山海堂 1962.
- 4) 岡 淳平 最近の琉球とコンクリート骨材 土木技術, 12 (4), 1957.
- 5) 富所強哉・安藤茂光・狩野秀夫 東北地方における骨材調査 セメント・コンクリート, No. 209, 1964.
- 6) 仲田元一 沖縄におけるコンクリート骨材の性状について, I. 琉球大学農家政工学部学術報告, 第3号, 1956.
- 7) 丸安隆和・水野俊一 コンクリート工学, コロナ社 1961.

Synopsis

A successive research for aggregates on Okinawa Islands is now undertaken to make a good correlation with the concrete works, and this paper presents partial remarks of the investigation.

Mostly, this time, the beach sands and crushed stones, being used for concrete works necessarily, were collected in the southern and middle parts of the Okinawa main island.

The laboratory tests were performed according to the standard of the Japan Society of Civil Engineers.

Both the fine and coarse aggregates, especially the later, are generally poor comparing with those of Japan, consequently it is emphasized to develop the unique specifications by using those representative aggregates to make a good correlation with the concrete works on Okinawa Islands.