琉球大学学術リポジトリ

沖縄本島に産する海砂利の分布および物理的性質

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: 上間, 清, Uema, Kiyoshi
	メールアドレス:
	所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/19468

沖縄本島に産する海砂利の分布および物理的性質

上　間　　清*

Kiyoshi UEMA: Distribution and engineering properties of beach aggregates of Okinawa Island.

I まえがき

今日，建設材料として用いる粗骨材としては，島内に広く分布する石灰岩から生産される砕石**が一般的であり，広範囲に利用されている。その他の生産源からの粗骨材として，河砂利と海砂利が考えられるが，前者は沖縄本島において問題にならず，後者は大量にはないが，比較的多くの海浜において産するので，以前から種々利用されているようである。

砕石については，調査されているが***，海砂利についてはまとめられた報告が過去にないので，ここでは沖縄本島の海浜に産する海砂利の分布と物理的性質に関して，調査し実験した結果を報告する。

海砂利は，たしかに良質の粗材ではないが，その分布および工学的性質に関する知識により，その効果的利用，同時に利用の限界などについて理解することは有益と思われる。

この目的のため，筆者は沖縄本島の海浜を一部を除き実地踏査を行ない，海砂利の分布の状態について調べ，代表的試料を採取した。集めた試料について，基礎的な物理試験6種を実施した。

これらの結果，海砂利の分布および物理的性質に関する一般的な言及，また，その利用の限界に関し示唆を与えることができた。

II 海砂利の利用分野

先に述べたように，今日では粗骨材として砕石が一般的であるが，砕石が高価なこと，海砂利の近在性，時に粗骨材のもつ工学的役割に関する無知による無差別使用などの理由により，中小工事を中心に，比較的多様に用いられてきたようである。

調査中，筆者の目にふれた海砂利の利用分野には次のようなものがあった。

1. 地方土質道の表層材，または，補修材料としての利用。
2. 適量の細粒を含み粒度が適当な場合，高級鋪装の路盤，あるいは基層材料としての利用。
3. コンクリート造小住宅のコンクリート骨材としての利用。
4. 護岸用裏込め材，時にコンクリート骨材としての利用。
5. セメントブロックおよび家庭用井筒製作用コンクリート骨材としての利用。
6. その他（庭への散布材，あるいは細粒を含め，突固めて路肩の建設材料としての利用などがある。）

以上のような利用のしかたがあるが，海砂利の骨材としての工学的性質を検討して使用されているのは1部を除いてないようである。

---

* 琉球大学農家政工学部土木工学科

** 1964 年現在，中南部を中心に，35ヶ所の砕石場が砕石の生産を行なっている。

*** 上原方成：沖縄における骨材調査 第1報，本報告。

III　調査および試料の採集

調査は，1963 年 9 月中旬，ジープに乗り南部海岸を皮切りに，沖縄本島を東海岸線沿いに一周して行なわれた。調査にあたっては次の事項すなわち，(1) 海砂利および海砂の量的分布，(2) 海砂利の堆積状況および厚さの測定，(3) 海浜への接近の難易，そして (4) 物理試験のための試料の採取などに注意をはらった。

これらの調査の結果は表 I および第 1 図に示されている。これらの図表において，所要事項は文字，数字または記号で表わされているが，これらの意味するところは次の通りである。

事　　項	文字，数字又は記号	意味する内容
海砂利の分布量	A　(注)	かなりの量分布し，地方の中，小工事に利用可能な程度
	B	地方の小工事に利用可能な程度
	C	少々分布するが工事用としては無視され得る程度
	N	分布しない
海砂の分布量	I　(注)	大量に分布し，大，中工事に利用可能な程度
	II	かなりの量分布し，中，小工事に利用可能な程度
	III	少々分布するが，工事用として無視され得る程度
	O	分布しない
自動車（普通トラック）による接近の難易	E	接近が容易
	D	接近が困難
	V.D	接近が非常に困難か不可能
物理試験用試料	* 1, 2, ‥‥	* 印は採集地，数字は試料番号（表-II）
地　　名	①, ②, ‥‥	地名の通し番号，出発点は糸満町名城（表-I）

注：これらは，海砂利および海砂の分布量についてのみ示すもので，その採取および利用が許されているか，あるいはその工学的適性については言及していない。

海砂利の実際の堆積状況および海砂利，海砂の分布の程度の表示が第 2, 3, 4, および第 5 図に示されている。

表-I において，砂利の分布量が数字的でななく，叙述的に示されているのは次の理由による。海砂利の分布量は常時安定的でなく，その生産を可能ならしめる外的条件により増減する。したがって，調査時点における具体的分布量をもって，特定海浜における海砂利の分布量とするのは不適当であり，利用の立場から，相対的分布量を示した方がよいと判断したからである。調査時に聞いたことであるが，ある老婦人は「この前の台風で砂利がだいぶ浜に押しよせてきた」といい，ある青年は，異った場所で「この前の台風の時，堆積していた海砂利が波に取り去られた」といった。筆者自身その海浜を視察した。このことは，海砂利の生産過程の一面を示し，分布量が安定的でないことを物語っている。

図からもわかるように，海砂利の堆積のしかたにはバライティーがあり一様でない。縦方向の粒子の配列は，粗粒が上部にあり，下部の海砂へと連続している。海砂利と海砂の分離面は明確ではないが，海砂利（粗骨材として径 5mm 以上）の部分の層厚は，5 cm くらいの小さい値から，局部的に集中堆積した場合のように 1m 余になることもあるが，平均的にいって 10～40cm の間にあるようである。

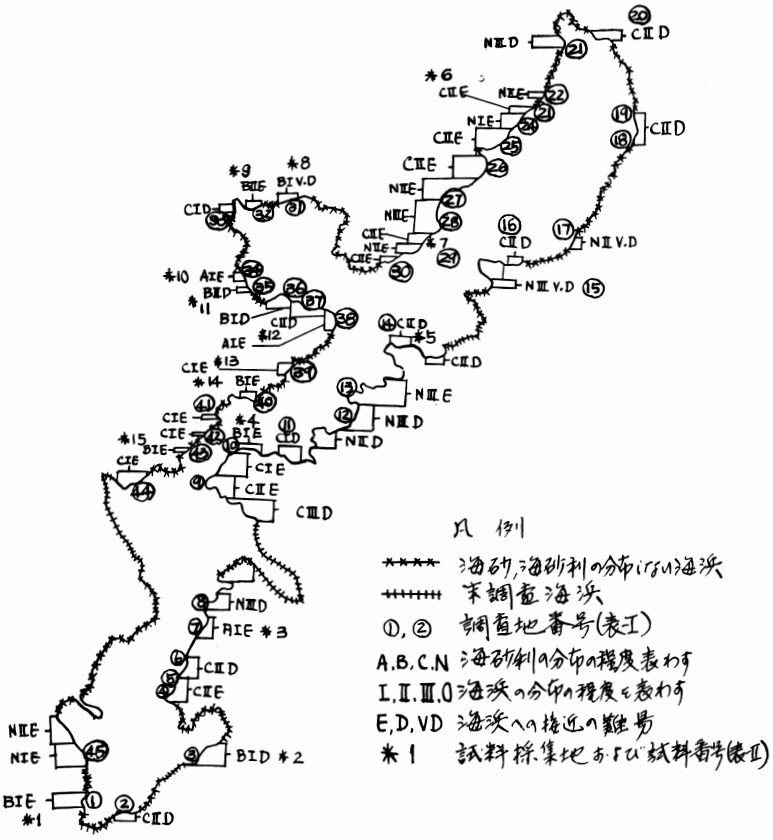
表-I

(1) 市町村名	(2) 地名番号	(3) 地名	(4) 海砂利，海砂の分布及び自動車による海浜への接近の程度の表示
糸満	①	名城	BIE
	②	大渡	CIID
玉城	③	崎原崎	BID
与那原	④	与那原	CIIE
西原	⑤	与那城～小那覇	CIID
中城	⑥	南浜	CIIID
	⑦	久場	AIE
北中城	⑧	与儀～比屋根	NIIID
石川	⑨	石川	CIIE
金武	⑩	伊芸	BIE
	⑪	金武崎	CID
宜野座	⑫	漢那	NIID
	⑬	古知屋潟原	NIIIE
久志	⑭	瀬嵩	CIID
東	⑮	慶佐次	NIIIV.D
	⑯	川田～宮城	CIID
	⑰	魚泊	NIIV.D
国頭	⑱	楚州～伊江	CIID
	⑲	伊江～田名	CIID
	⑳	奥	CIIV.D
	㉑	宜名真	NIIID
	㉒	宇嘉	NIIE
	㉓	佐手	CIIE
国頭	㉔	謝敷～与那	NIE
	㉕	伊地～桃原	CIIE
	㉖	奥間ビーチ～謝名城	CIIE
大宜味	㉗	大兼久～根路銘	NIIE
	㉘	塩屋	NIIIE
	㉙	津波	CIIE
羽地	㉚	真喜屋	CIIE
今帰仁	㉛	諸志～親泊	BID
上本部	㉜	新里	BIIE
	㉝	備瀬	CID
本部	㉞	崎本部	AIE
	㉟	塩川	BIID
屋部	㊱	山入端	BID
	㊲	宇茂佐	CIID
名護	㊳	宮里～大中	AIE
恩納	㊴	伊武部	CIE
	㊵	安富祖	BIE
	㊶	南恩納	CIE
	㊷	谷茶	CIE
	㊸	富著	BIE
	㊹	与久田～塩屋	CIE
糸満	㊺	兼城	NIE

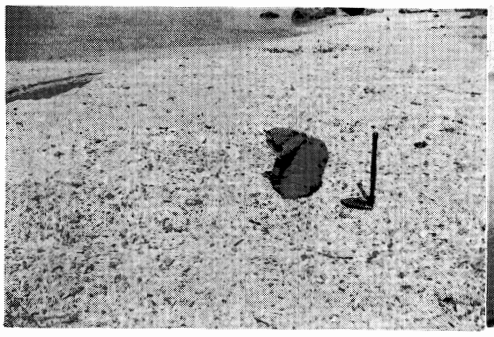
表-II 第 (3) 欄にも示してあるが，沖縄の海浜に産する海砂利の大部分を構成するものは，沖縄近海に広く分布する造礁サンゴの骨格が破砕されたものからなる石灰質の粒子である。「造礁サンゴの主なものは，六射サンゴ類のうち，塊状，枝状，葉状などの群体をつくり，暖海（熱帯，亜熱帯の海）の浅海底（100m 以内，とくに 40～50m）にすむもので，種類は数百種あり，清くすんだ塩分の多い，温度の高い所を好んで着生する。」[1)]

このように，サンゴの形状にはいろいろあり，海砂利に含まれる粒子も多種多様であるが，主なものは枝状のもので，それらが波の作用で破砕，水磨されたものからなっている。第6図は海砂利のおもな供給源となっている枝状のサンゴの破砕前の状態を示している。第7および8図は，100% 枝状のサンゴからなる海砂利の例である。

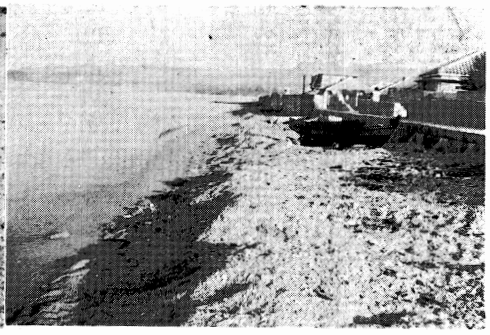
もちろん，サンゴ以外の粒子も少量含まれ，それらは貝がら，砂岩，石灰岩，頁岩，まれに花崗岩などの岩片からなる場合が多い。例外的に，例えば小河川の河口附近に産する海砂利には，これら異



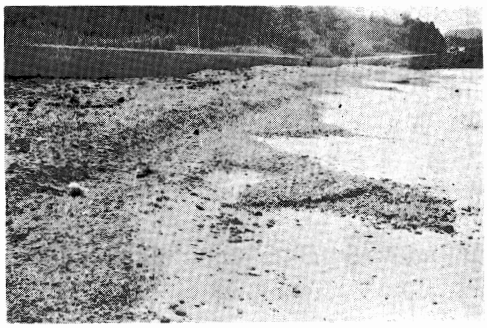
第1図　海 砂 利 の 分 布



第2図　塩川 ㉟ BIID

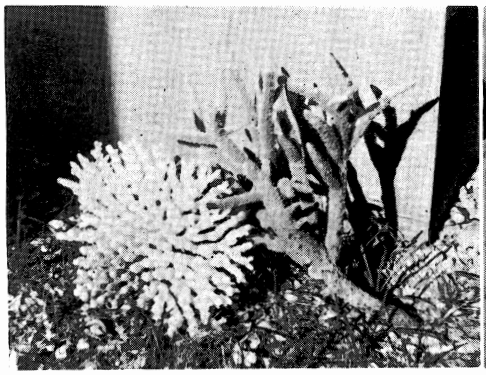


第3図　名護 ㊳ AIE

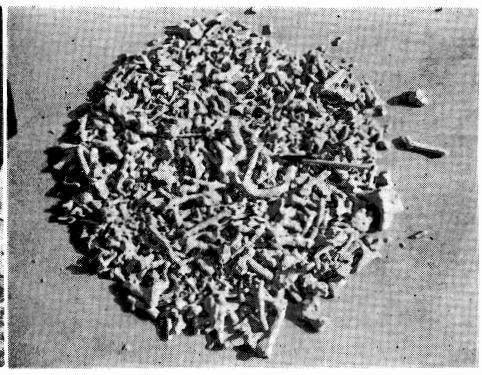


第4図 崎本部 ㉞ AIE

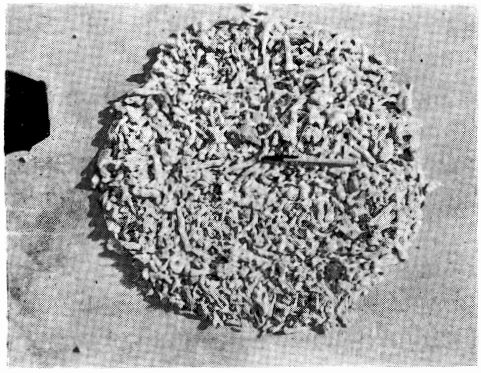
第5図 富著 ㊸ BIE



第 6 図



第 7 図



第 8 図

物の量がサンゴ粒子より多く含まれることがある。例えば表-II の試料 No. 10 および No. 11.

このようなことから，海砂利をフインガーコーラル (Finger Coral)，または，サンゴ砂利と呼ぶことがある。

海砂利の生産および量的分布を支配する要因として，上述のことがらも考え，次の三つを考えることができよう。

1. 波の破砕作用および運搬作用
2. サンゴの生育条件
3. サンゴの生育する海域も含めた沿岸海域の地形

ほかの条件が同じである場合，1 の要因は，海砂利の分布のしかたに直接影響する。この要因は，サンゴ砂利を主体とする海砂利生産の前堤となるものであり，サンゴは前述のように，限定された条件の下においてのみ生育するので，局部的にこの条件が満足されない所では，海砂利の生産に大きく関係する。泥で濁る河口附近にサンゴ砂利の分布がほとんどみられないのはこのためであろう。3 の要因は1の作用を助長あるいは減退せしめる効果をもち，間接的に砂利生産に影響を与えると考えられる。

第1図からわかるように，海砂利は東海岸よりは西海岸，北部より中南部（名護以南）に多く分布している。海砂利および海砂の分布の比較的著しい海岸線は，北から名護町，屋部村，恩納村，中城村，および糸満町にある。

分布量が A または B で表わされる海浜 12 ケ所のうち，8 ケ所は自動車による接近が容易（E の表示）であるがほかは困難（D の表示）であり，分布量と利用可能性とは必らずしも有利に結びつかない。

IV　骨材の物理試験および結果の検討

採集した 15 個の海砂利の試料に関し，JIS および土木学会規準[2]に規定する次の方法による物理試験を行なった。すなわち，(1) 粗骨材の比重および吸水量試験方法 (2) 骨材フルイ分ケ試験方法 (3) ロスアンゼルス試験機による粗骨材のスリヘリ試験方法 (4) 骨材の単位容積重量試験方法 (5) コンクリート圧縮強度試験方法（一部の試料）である。

これらによる試験結果およびほかの事項は表-II および第 9 図に示されている。

標準的なスペシフィケーションは[2,3,4]，粗骨材の有すべき一般的要件として，清浄，強硬，耐久的，適当なる粒度，薄く細長い粒子を含まないこと，および有機物などの有害量を含まないことを規定しているが，これらのいくつかに関し海砂利の性質を考えてみる。

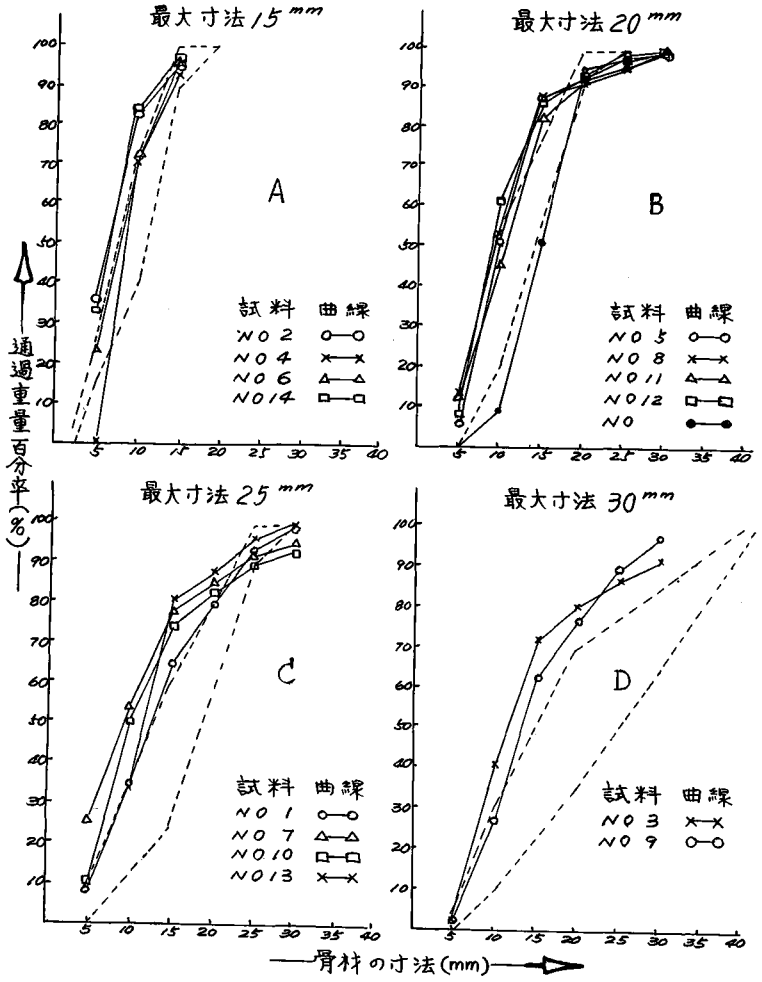
表-II の第 (3) 欄に示すように二・三の例を除き，海砂利の多くは 80～100% のサンゴ砂利を含んでいる。したがってこのような砂利ではサンゴ砂利の性質が骨材としての性質を支配すると考えてよい。サンゴ砂利の形状は，一般に細長い棒状が主であり，その他少量であるがいろいろの形状がある。砂利の生産過程における破砕および水磨作用の程度により，形状は地域的に変化する。骨材として良好な形状である立方体に近い形状粒子はほとんどない。粒子の径は 5～25mm の範囲にある。

表-II 第 (8) 欄に示す粒度はフルイ分け試験による結果であるが，細長い粒子を多量に含む砂利については，本試験はあまり重要性がなく，またその結果について，通常の粒度の概念をもって大小粒の混り具合を推定することは不適と思われる。なぜなら，径 10 mm 長さ 40 mm の大きな粒子もやはり，10mm フルイを通過するからである。このような粒子については，粒度のみでなく，粒子の形状を表わす，例えばスフエリシティー (Sphericity) とかラウンドネス (Roundness)[6,7] といった値も同時に示すことが適当と思われる。しかし便宜上，各試料にフルイ分析を行ない，第 9 図に示す A, B, C, D の粒度曲線を求め，土木学会標準示方書に定める粒子範囲を記入してみた。この範囲に

表-II

(1) 試料番号	(2) 採取地名	(3) 試料中サンゴ部分の占める重量割合(%)	(4) 外観	(5) 比重	(6) 吸水率	(7) ロスアンゼルス スリヘリ量(%)	(8) フルイ分析通過百分率 フルイ目の開き (mm) 30	25	20	15	10	5	(9) 単位容積重量 (kg/m³)	(10) 空隙率 (%)
1	名城	100*	白色，清浄，細長い粒子	2.67	8.2	35.1	100	94	80	65	34	8	1154	56.8
2	崎原崎	100*	灰白色，かなり破砕され，細かい，ポーラス	2.69	16.4	35.5	100	100	98	95	83	36	1067	60.3
3	久場崎	100*	灰白色，小粒子多く，細長い，ポーラス	2.48	9.8	38.8	92	87	81	72	41	2	1002	59.6
4	伊芸	78	土色帯びた白色，石灰岩の異粒子，かなりの磨もう	2.67	7.8	36.6	100	99	98	95	77	22	1315	50.7
5	瀬嵩	95*	白色，細長い粒子，石灰岩，頁岩の異粒子	2.64	6.1	36.4	100	98	93	87	51	5	1220	53.8
6	謝敷	57	粒形多様，頁岩，石灰岩の異粒子，かなり磨もう	2.54	3.1	26.0	100	100	99	97	89	23	1534	59.6
7	津波	96*	灰白色，粒形多様	2.50	8.4	41.0	95	93	85	79	53	25	1200	52.0
8	諸志	99*	白色，清浄，あらめの細長い粒子	2.64	4.6	28.5	100	96	93	89	54	13	1365	48.9
9	北里	88	土色帯びた白色，頁岩，石灰岩，貝がらの異粒子	2.63	7.7	45.2	98	89	78	63	27	2	1257	52.2
10	崎本部	16	粒形多様，石灰岩からなる異粒子多量，かなり磨もう	2.70	2.9	21.7	93	90	83	74	51	10	1659	38.6
11	塩川	44	青みのある石灰岩の異粒子多量，清浄	2.61	2.5	29.2	100	96	94	83	46	13	1454	44.3
12	名護	95*	白色，細長い粒子，清浄	2.68	8.7	36.9	100	99	95	88	61	8	1175	56.2
13	伊武部	53	白色，細長い粒子	2.53	3.5	38.2	100	96	88	87	34	10	1212	52.1
14	安富祖	100*	暗白色，細長い粒子	2.65	9.7	50.3	100	99	98	97	84	33	1147	56.7
15	富著	100*	灰白色，清浄，細長い粒子	2.55	4.8	40.2	100	97	91	51	10	0	1219	52.2
試料全体の平均値				2.61	6.9	36.0							1265	52.9
サンゴ含有 95% 以上の試料 9 個の平均値				2.61	8.5	38.1							1172	55.2

* サンゴ粒子の部分が 95% 以上の試料



第 9 図　海砂利の粒度曲線

(注)　点線は土木学会標準示方書による範囲を示す。

入る粒度曲線は極めて少ない。粒形，粒度の点からみる時，海砂利はコンクリート骨材として適性でないと判断されよう。

比重は，一般にポーラスな外観にかかわらず比較的大であり，平均 2.61 サンゴ砂利の部分が 90% 以上の試料 9 個 (Nos. 1, 2, 3, 5, 7, 8, 12, 14, 15) についても同様 2.61 を示している。

吸水率は一般に大なる値を示しいる。実験値は 4.6%～16.4% の広い範囲にあり，上述の 9 個の試料については 8.5% となり，かなり大きい値を示している。

スリヘリ量は平均 36.0% で，一部を除きほとんどが 40% 以下を示している。多くの示方書の規定するスリヘリ量の最大許容値は 40～50% であるから，スリヘリに関する限り問題ないようである。サンゴ粒子以外の粒子の含有は，その程度により，かなりスリヘリ量に影響するようである。

単位容積重量および空隙率に関しては，通常の骨材 (河砂利，砕石) に比較して，著しく相違した結果を示している。すなわち，単位容積重量は，1002～1659 kg/m³ の範囲にあって，多くの値は

供試体番号(海砂利試料番号に同じ)	スランプ (cm)	示方配合				28日強度	
		単位水量 (kg)	単位セメント量 (kg)	単位細骨材量 (kg)	単位粗骨材量 (kg)	(ton)	(kg/cm²)
2	7.0	199	361	830	862	30.0 31.5	169 178
3	8.0	271	456	649	980	— 38.5	— 218
5	14.2	275	501	804	876	48.0 48.5	272 274
8	13.0	236	429	804	876	40.5 —	229 —
12	6.7	250	454	804	876	45.5 45.0	258 255

1000～1300kg/m³ の間にある。通常の骨材の値は 1600～1700kg/m³ の範囲にあるから，海砂利の場合かなり小さい値といえる。空隙率はこの単位容積重量の小値に応じて，平均52.9%，9個の平均は55.2% であり，かなり大なる値を示している。空隙率が大であることは一般的にいって，コンクリートの品質に関し，密度，水密性，耐久性が期待できず，ひびわれの危険があることを間接的に示し，またコンクリートをつくる際多量のセメントペーストを要することを指示するものであるから，海砂利は良質のコンクリート骨材でないことがわかる。

最後に，この海砂利を使用したコンクリートの圧縮強度については，試験を 5 つの試料（Nos. 2, 3, 5, 8, 12）について行ないその結果は上の表に示してある。試料には，95% 以上のサンゴ砂利を含むものを使用した。表には各供試体のコンクリート配合も示されている。この配合において，水セメント比は各配合とも 55% の一定値に保ち，細骨材は比重 2.47 吸収率 2.3%，および粗粒率 2.74 の海砂を利用した。

少ない試験結果のため，圧縮強度に関する海砂利の一般的影響について言及することは困難である。海砂利を使用した一つの実験結果として示しておく。しかし，この少ない実験結果および実験中の観察からいえることは，海砂利を使用したコンクリートは，ハーシュでワーカーブルでなく，水セメント比を一定に保ちつつ所要のコンシステンシーを得るには多量の単位セメント量を必要とする傾向があり，経済性の見地から問題があろうということである。

以上，海砂利の物理試験の結果について述べたが，それらの多くは海砂利のコンクリート用骨材としての適性を否定している。経済性と高品質が要求されている場合には，海砂利は使用されるべきでないといえる。

このようなことから，海砂利の建設材料としての適切な利用は，道路建設の分野（路盤，基層）においてその可能性が高い。サンゴ砂利を主とする海砂利は，その形状，角ばりのない表面などにより骨材間のかみあいが不十分であるが，適量の細粒を含む場合は，使用可能な材料となり得る。今回の海砂利調査は海浜に堆積するものに限定したが，フィンガーコーラルは，また，砂およびそれ以下の細粒と混りあった状態で産する場合もあり*，現在道路建設に利用されているのはこれらの類である。

* 喜瀬，桑江，与儀，兼城の各海岸における路盤材料の採集はこの例である。

V むすび

サンゴの骨格を主要構成内容とする海砂利は，沖縄の海浜に比較的広く分布している。この海砂利について，その分布および物理的性質に関して調査と実験を以上のように行ない，結果を得たが，およそその結論として次のようにいうことができる。

1. 海砂利は全島的に分布するが，東部よりは西部海岸に，北部より中南部に多く分布している。量的にいって大量に分布することはまれであり，それには自然の作用による増減があり，確かな分布量は求めがたい。

2. 海砂利に含まれる粒子の大部分は，サンゴの骨格の破砕，磨もうされたものからなっており，造礁サンゴ発達の著しい沖縄海域を反映している。それらに異物として，種々の石質の粒子が少量含まれる。

3. 海砂利の性質は産する場所の相違により，形状，外観，粒度などにかなりの相違がみとめられ，異なる生産過程のあったことを示している。

4. 比重およびスリヘリ量と関しては，それぞれ平均 2.61 および 36% を示し良好なる値を示しているが，棒状の粒形が優勢であること，また比較的大なる吸水量の値（平均 7%）および空隙率の値（平均53%）を有することなどから，海砂利は，確立された通常の標準示方書にてらして適合性がうすく，コンクリート用骨材として不適である。

5. 海砂利を用いたコンクリートはハーシュでワーカーブルでなく，適度のコンシステンシーを得るのに多量の水とセメントを要し，経済性および品質の良好性が要求されている場合は用いるべきではない。

6. 海砂利の適切な利用は，コンクリート骨材としてでなく，道路建設材料の分野にその効果的経済的利用の可能性があろう。

参考文献

1) 世界百科辞典（平凡社）1960, 第12巻, 328.
2) 土木学会: コンクリート標準示方書, 1958.
3) 日本建築学会: 建築工事標準仕様書・同解説 B JASS 5 鉄筋コンクリート工業, 1962.
4) American Association of State Highway Officials, *Standard Specifications for Highway Materials and Methods of Sampling and Testing*, Part I, 1961.
5) Woods, Kenneth B. (ed.), *Highway Engineering Hand Book*, McGraw-Hill Book Company, Inc., 1960, 16-29.
6) 沓沢・新: 骨材と形状のパラメーター・とくに空げき率との関係 (1), セメントコンクリート, 日本セメント技術協会, No 179 (1962-1), 3～8.

Synopsis

At present in Okinawa the most commonly used coarse aggregate is one processed from lime stone that is widely distributed on the island. The other thinkable sources of aggaegates are river gravels and beach aggregates. However, the amount of production from these sources is limited, especially river gravels being practically negligible.

Beach aggregates, although limited in the production, have relatively wider geological

distribution on the beaches and have been used in various fields including engineering ones. However, it is doubtful that beach aggregates have been used properly, with the exception of a few cases, considering the engineering properties of them.

To know the distribution and engineering properties is necessary and basic when we are to use the beach aggregates effectively and economicaly, and also to establish the limitation of their use as engineering materials.

Since a study has been made on crushed stone aggregates and reported partly elesewhere in this bulletin, this paper deals with the distribution and basic engineering properties of beach aggregates. The basic properties tested and the designations of the test methods by JIS (Japan Industrial Standards) are (1) sieve analysis (JIS A 1102), (2) unit weight (JIS A 1104), (3) specific gravity and absorption (JIS A 1110), (4) abrasion by use of Los Angels Machine (JIS A 1121), and (5) compressive strength of molded cone cylinder (JIS A 1108) (partly).

Of the distribution the survey was conducted by reconnaisance in the middle of September in 1963. The survey covered most of the coastline of the island, exept for a few miles due to difficulty in access and some other reasons. During the survey attention was directed to (1) the form of distribution, (2) the quantitative distribution of both beach aggregates and sands, (3) the degree of accessibility to the beach, and (4) the collection of representative samples for later physical tests.

The geological distribution and the test results are shown in Fig. 1 and Table I, and Table II, respectively. Discussion is made for the test results comparing them with the values normally obtained for other aggregates and also checked is the comformity with the specifications of JSCE (Japan Society of Civil Engineers). In the final section conclusions are drawn concerning the distribution, engineering properties, and limitation of the use of the beach aggregates.