

琉球大学学術リポジトリ

沖縄本島におけるコンクリートの強度および2、3の性質

メタデータ	言語: 出版者: 琉球大学理工学部 公開日: 2012-03-09 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 具志, 幸昌, 和仁屋, 晴謹, Gushi, Yukimasa, Waniya, Haruyoshi メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/23752

沖縄本島におけるコンクリートの強度および

2、3の性質

具 志 幸 昌 和仁屋 晴 謹

Strength Characteristics and Some Other Properties of Concrete
on Okinawa

Yukimasa GUSHI* and Haruyoshi WANIYA*

Synopsis

There are three typical kinds of coarse aggregates in Okinawa Islands, namely northern-area crushed stone, middle—Southern-area crushed stone and coral finger.

In this paper, strength differences between concretes used those typical coarse aggregates are indicated and $c/w - \sigma_{28}$ relations established and their formular presented.

It is also clarified in this study that coral finger concrete can be used in construction works as far as strength is concerned, but its segregation property is apriori one and is a greate difficulty in practical handling of concrete.

I はじめに

現在沖縄本島ではコンクリート粗骨材として、大体2種の碎石とさんご砂利が用いられている。前者は普通一般のコンクリート工事に使われ、北部の本部半島に産する古生代の石灰岩と、中南部に産する第3紀末の新しい石灰岩に大別される。さんご砂利は海岸の造礁さんごが破砕されてできたもので最も新しい石灰岩と云える。これらについてはすでに調査され発表されている。⁽⁶⁾⁽⁷⁾ その大体の特徴を述べると、本部碎石は堅硬で比重大(約2.7)であるが、20mm以下では石質に由来するのにかその形は一般に扁平なものが多い。表面は滑らかであるが原石は風化した土を至る所に含んでいるため、それが碎石の中に混入しており、使用に当って取り除くことができない。中南部碎石は多孔質石灰岩で比重やや小(約2.5)であり、粒形は概して良好であり、碎石表面はざざざである。しかし微石粉が附着しており、使用する際やはり取除くことができない。含まれている土や石粉は強度やワーカビリチに悪影響を及ぼす程ではない様である。さんご砂利は多くは細いさんごの残がいの破片で粒形粒度共に悪く、比重小(約2.2)で手で折ることができる程軟らかい、貝殻等も含んでおり、富配合にしないとワーカビリチのよいコンクリートが得られない。しかし戦前は軽便鉄道の道床材に使われており、恐らくコンクリート用粗骨材として重用されていたと思う。戦後はアメリカ軍が碎石を使用し始め、沖縄のコンクリート工事も自然に碎石使用にふみきったので、さんご砂利は家庭での土間コンクリート等にしか使用されてない。しかし離

* 理工学部土木工学科

島でのコンクリート工事では原石をハンマー等で割って碎石を作ったり、船で沖縄本島から輸送したりした例もあるので、もしその離島にさんご砂利があればそれを使用した方がずっと経済的であると考えられる。しかしそのためには工学的にさんご砂利が使用可能であることを証明しなくてはならない。これが本研究の目的の一つである。又、アメリカ軍工事では現在中南部産の碎石は用いられず本部碎石のみが使用されており、政府工事もそれにならう傾向がある。一方民間工事にはこれまでも中南部碎石が使用されてきており、現在も使われている。中南部碎石を使用してならないならその理由があるわけで、その理由を知りたいと云うのがこの研究の第2の動機である。筆者の1人具志は数年前に那覇近郊を中心にコンクリート工事の実態調査を行ったが、⁽³⁾その時コンクリートが実際のどの程度の水セメント比で作られているか知ることができなかった。その後調査報告によると、⁽⁵⁾コンクリート構造物の損傷は海岸近くで相当進行している様であり、コンクリートの耐久性については水セメント比が重要な役割を占めていることを考えて、実際の沖縄でのコンクリートがどの程度の水セメント比で作られているかを知りたいと考えた。それには水セメント比と圧縮強度との関係を知るのが必要である。

本研究はこう云う目的も持っている。本研究では上述の3種の粗骨材を使って、コンクリートの供試体を作り圧縮試験を行って強度差があるか否かをしらべ、コンクリート強度上からのこれら粗骨材の得失を研究したものであり、あわせて数種の実験を行って強度以外の事項も観察した。実験に先立っての見通しとしては、2種の碎石では強度上の差が殆んどないだろうと云うことと、さんご砂利コンクリートは強度は碎石コンクリートにくらべれば劣るが使用可能であろうと云うことであった。本研究によってそれが大体に於て正しいと云うことが実証されたと思っている。

II 使用材料及び実験条件

本研究に使用した骨材の性質はTable 1、2の通りである。実体は約10ヶ月にわたって行なわれたが、使用骨材はずっと同じものを使った。骨材はすべて1日の実験の途中に於て一部取出し、含水量を測定し、後程真の配合を定めた。さんご砂利は24時間以上吸水させたものを使用した。碎石は使用に先立ってふるいわけし、20mm以上のものと5mm以下のものを取除いた。さんご砂利は大きな貝殻や石を取り除いた他は自然状態のまま使った。砂は海砂で5mm以上のものは捨てた。尚、本実験に使用したさんご砂利は文献によると品質の悪い方に属している。⁽⁷⁾

Table 1. Physical properties of coarse aggregates used

	比重	単位容積重量	吸水量	ふるい分け試験、残留100分率ふるい目の開き、mm						
				25	20	15	10	5	2.5	受血
さんご砂利	2.24	1,038 kg/m ³	13.75%	0	2	4	24	77	97	100
本部碎石	2.71	1,535	0.26	0	3	19	54	90	99	100
中南部碎石	2.57	1,435	2.72	0	12	44	83	97	98	100

Table 2. Physical properties of fine aggregate used

	比重	吸水量	ふるい分け試験、残留 100 分率ふるい目の開き、mm						
			5.0	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15	受血
砂	2.58	3.62%	1	4	32	78	93	99	100

セメントは貯蔵施設がないので、使用の度に購入し、必ず強度試験を行い、比重試験も約半分位に実施した。比重は 3.16~3.17 であり、4 週圧縮強度は $310\text{kg}/\text{cm}^2 \sim 420\text{kg}/\text{cm}^2$ の間にあった。

主実験は11月から5月始め迄の間に行ったので養生水槽の温度や気温は $20^\circ\text{C} \pm 4^\circ\text{C}$ の間に保つことができた。

コンクリート供試体の製作は重量計量により、実験室用可傾ミキサーで混練した。締固めは搦付き方法によったが、一部はパイプレーターを使用した。供試体は製作後一日実験室に放置し翌日キャッピングを行い、更に一日経過してから脱型し養生水槽に入れ、28日目に取出し圧縮試験を行った。

Ⅲ 粗骨材による強度差

3種の骨材を使って、同一日中に同じセメントで水セメント比を3~5種変えてコンクリートを製作し強度を比較し、配合を色々かえてくり返した。同一日中に作ったコンクリートは各種骨材コンクリート毎にセメント水比と28日圧縮強度 (σ_{28}) の間に大体直線関係が得られた。しかし碎石コンクリートでは $450\text{kg}/\text{cm}^2$ をこえると、又さんご砂利コンクリートでは $400\text{kg}/\text{cm}^2$ をこえると直線関係からはずれて横にねてくる。その大体の有様は Fig 1、Fig 2 の通りである。（図中の1点はいづれも同一時に作った3個の供試体の平均値を示す。）

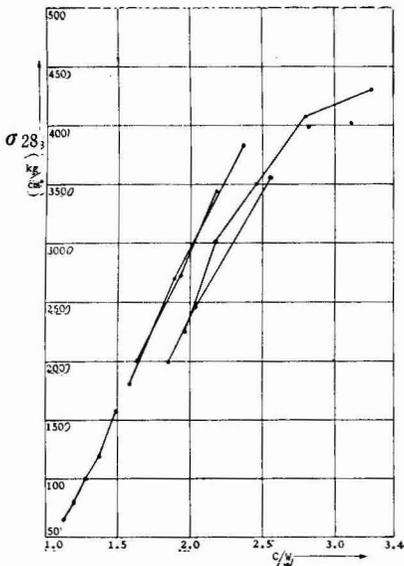


Fig. 1 Relationship between c/w and σ_{28} (Coralfinger concrete)

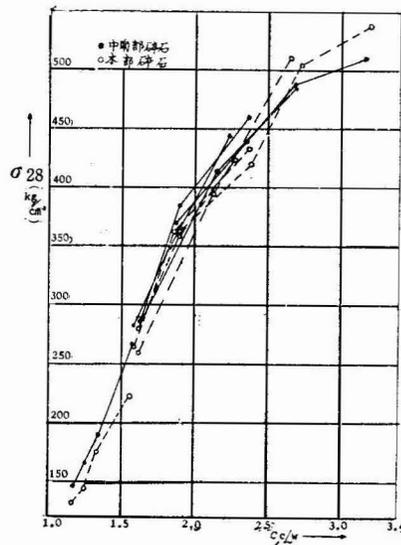


Fig. 2 Relationship between c/w and σ_{28} (Crushed stone concrete)

骨材の種類による強度差ははっきりと認められた。まず本部砕石使用のコンクリートと中南部砕石使用のコンクリートとの間には同一水セメント比で約 $10\text{kg}/\text{cm}^3$ から $30\text{kg}/\text{cm}^3$ 位の差がある。予想に反して軟かい石灰岩砕石である中南部砕石使用のコンクリートの方が強度が大きかった。これは砕石表面の状況の差と粒形の差が原因であると考えられる。尚、水セメント比が小さくなるに従って強度差は小さくなる傾向にあった。

次に本部砕石使用のコンクリートとさんご砂利コンクリートとの強度差であるがこれははっきりとみとめられ、同一水セメント比で $80\text{kg}/\text{cm}^3$ から $130\text{kg}/\text{cm}^3$ 位の差があり、本部コンクリートがはるかに高い。しかしさんご砂利コンクリートも水セメント比50%位で最低 $240\text{kg}/\text{cm}^3$ の強度はであるので強度上からは使用可能である。

IV (水セメント比-圧縮強度) 式の提案

コンクリート配合上の資料を得るために、本実験で得られた結果をセメント水比 (c/w) と28日コンクリート圧縮強度の関係にして、最小自乗法を使って直線式を求めてみた。Table 3 及び Fig 3 に示す。参考のために Fig 3 中には土木学会⁽²⁾、日本建築学会⁽⁴⁾の諸式をも併記してある。土木学会標準示方書の式がさんご砂利コンクリートの下限式を下廻ることは注目してよいと思う。

Table 3. Proposed Formula of c/w - σ_{28}

番号	使用粗骨材	(c/w - σ_{28}) 式	適用範囲 (w/c)	備考
(1)	さんご砂利	$\sigma_{28} = 221 \text{ c/w} - 206$	37 ~ 70%	下限式 (ワーカビリティ悪いとき)
(2)	さんご砂利	$\sigma_{28} = 212 \text{ c/w} - 162$	35 ~ 90	全平均式
(2)'	さんご砂利	$\sigma_{28} = 218 \text{ c/w} - 168$		平均式 (ワーカビリティ悪いとき除く)
(3)	さんご砂利	$\sigma_{28} = 258 \text{ c/w} - 223$	37 ~ 65	上限式
(4)	本部砕石	$\sigma_{28} = 243 \text{ c/w} - 134$	37 ~ 90	平均式
(5)	本部砕石	$\sigma_{28} = 219 \text{ c/w} - 78$	37 ~ 65	平均式
(6)	中南部砕石	$\sigma_{28} = 231 \text{ c/w} - 97$	37 ~ 90	平均式
(7)	中南部砕石	$\sigma_{28} = 198 \text{ c/w} - 12$	37 ~ 65	平均式

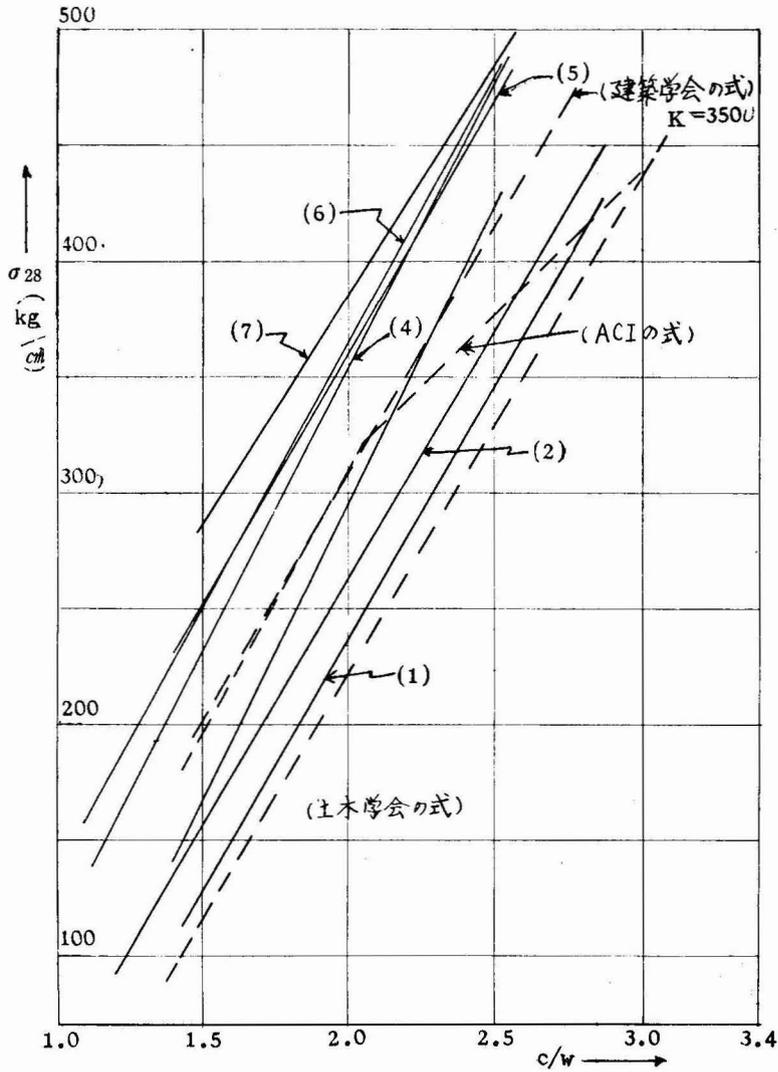


FIG 3 Proposed Formulae of $c/w \sim \sigma_{28}$

V その他の考察

実験は水セメント比と強度との関係を得るための他に色々の目的のために行ったので、そこで観察又は考察して得られた結果を箇条書きで記すことにする。

1 さんご砂利コンクリートについて

1) 分離の傾向が強いこと

さんご砂利コンクリートをねってそのままおいておく粗骨材とモルタルが分離する。かなりスランプの小さい富配合のコンクリートでもそう云う現象がみられる。又、締め固めの際突くと水が分離して上昇しブリージングが非常に多い。碎石コンクリートの数倍以上もあった。更に供試体型枠底からの水もれも多い。脱型した供試体の側面には水みちが相当多くついているものもあり、実際のコンクリート打込みの際、水が型枠からぬけてしまったり、鉄筋下端の空隙を作り易いと考えられるので注意しなければならない。この欠点に対してはAE材等の使用が考えられるのであるが、それについては今後の研究課題としたい。

2) 強度はスランプの影響をうける

強度はワーカビリチー又はスランプの影響を碎石コンクリートよりも強くうける。例えば Fig 4、Fig 5 の様である。これは締め固めの難易と分離の程度によるものと考えられる。一般にスランプが大だと同一水セメント比で強度は大きくなるが、大きすぎても分離の面から強度は低下する。

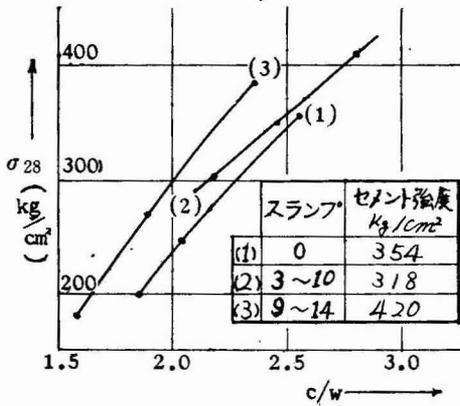


Fig. 4 Relationship between σ_{28} and slump value

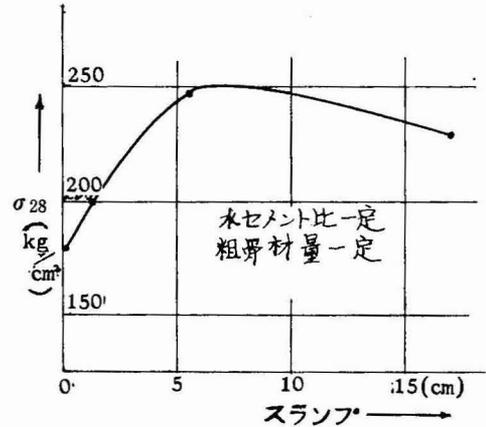


Fig. 5 Relationship between σ_{28} and slump value

3) 強度は単位粗骨材量に関係する

同一水セメント比なら単位粗骨材量が小さい程強度は大きくなる。勿論これも程度問題であるが、普通のスランプ値のコンクリートならこう云う傾向がみられる。(Fig 6) このことはさんご砂利コンクリートの弱点が粗骨材にあるから当然である。

4) ワーカビリティーは悪い

普通の碎石コンクリートにくらべるとワーカビリティーはずっと悪い。プラスチック・コンシステンシー共に同一ペースト量でずっと悪くなっており、1) で述べた如く分離の傾向も強い。

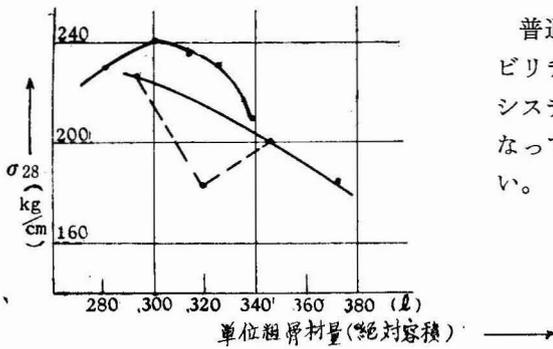


FIG. 6 Relationship between σ_{28} and coarse aggregates content (when w/c kept constant)

5) スランプと（単位水量+単位ペースト量）との関係

絶対容積表示の（単位水量+単位ペースト量）とスランプとの間に相関関係が得られたので図示する（Fig 7）。適用範囲は水セメント比 37%~70%の間のさんご砂利コンクリートで、細骨材率 54%~47%のものを取り、これ以外の細骨材率のときは図の横軸値に 0.95を乗じてプロットしてある。その関係式は次の様に表わすことができる。

$$S = 11.3 \left(\frac{W+P}{100} \right) - 52.5$$

但し、Sはスランプ（cm）、WとPは夫々単位水量と単位ペースト量（l）である。

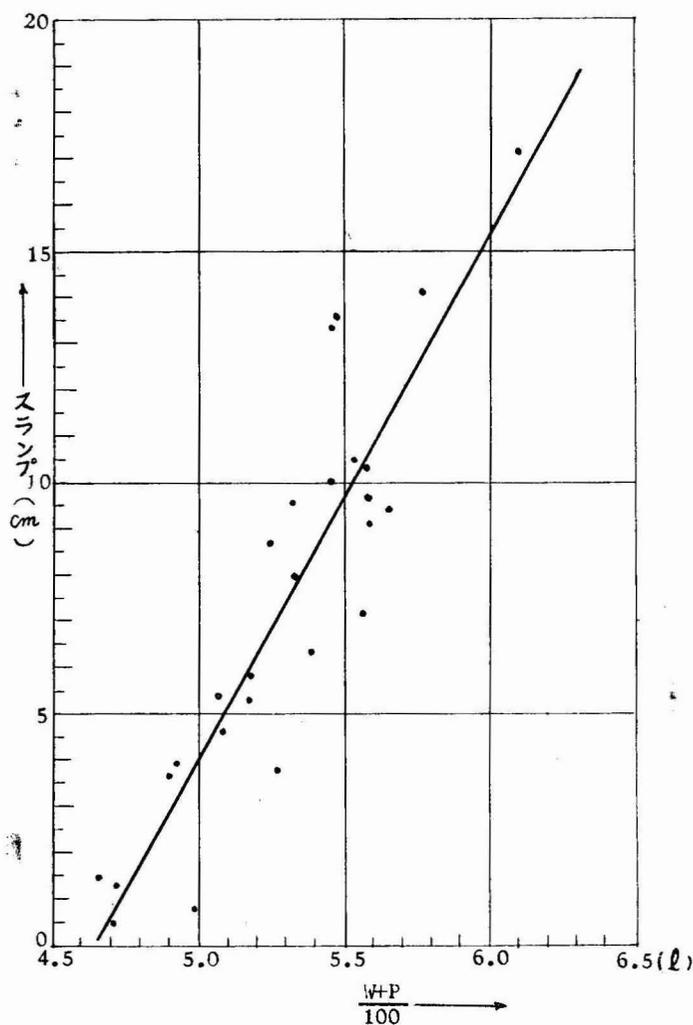


FIG. 7 Relationship between slump value and
(W+P) in litter (Coral finger concrete)

6) この実験で使った砂では最適の細骨材率 (s/a) は48%と52%の間にあり、この間のスランプの変化は少ない (同一水量、同一ペースト量で)。

7) 400kg/cm²をこすと強度は不安定になる。つまり強度の変動が大きくなる。又セメント水比と σ_{28} の関係が直線から外れ横にねてくる。

8) 強度、ウオーカビリチーの面からは貧配合にならない様に注意しなくてはならない。例えば水セメント比60%で単位セメント量は最低325kg/m³位必要である。

9) 同一水セメント比なら富配合程強度が大きくなる傾向がある。(Fig 8)。しかし軟かすぎても分離の面から強度は低くなる。

10) スランプからの最適の s/a を少しこえた所で強度は一番大きくなる。勿論同一水セメント比である。

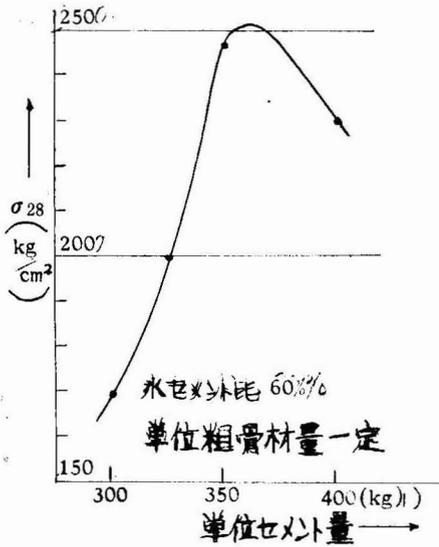


FIG. 8 Relationship between σ_{28} and cement content (when coral finger content kept constant)

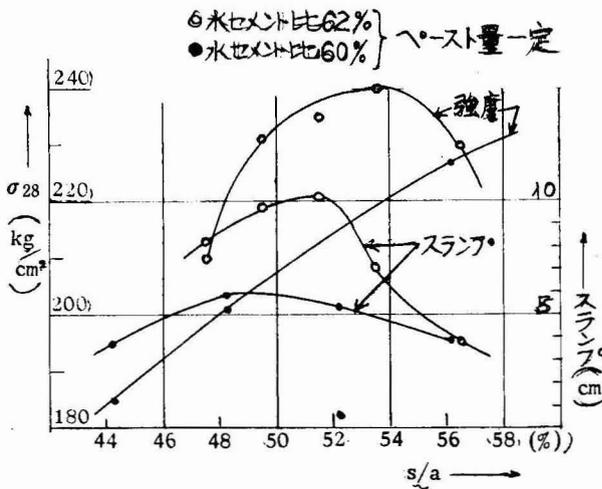


Fig. 9 Optimum s/a for strength and slump (Coral finger concrete)

2 砕石コンクリート

- 1) 日本建築学会の調査表は軟練り部分を除いて(軟練りコンクリートはこの実験では練らなかった。)配合の大体的目安として使用できる。⁽⁴⁾
- 2) 同一水セメント比なら当然ながらワーカビリティのよいコンクリートの強度が大きい。但しワーカビリティが悪くても十分締め固めれば強度に対する影響はさんご砂利にくらべて小さい。
- 3) $500\text{kg}/\text{cm}^3$ 以上のコンクリートを得るのは両方の砕石とも仲々むづかしい。水セメント比を小さくしても強度の増加は僅かであり、逆に変動が大きくなる。
- 4) 供試体の破砕面は砕石がわれているものが多い。しかし低強度のものでも相当数の砕石が割れており、高強度のものでも可成りの部分が滑って破砕している。
- 5) 高強度のものは一般に爆発的に大音響を発生して破壊し、そばに立っているのは危険である。最高荷重に達してすぐに破裂し、荷重を戻すのが間に合わなかった。

VI むすび

さんご砂利コンクリートは強度の面と単位セメント量の面から難点があると考えていたが、水セメント比50%で $250\text{kg}/\text{cm}^3$ の強度がでるし、それに要する単位セメント量は $400\text{kg}/\text{m}^3$ でスランプは約8cm位となるので、一応使用可能と云う結論とするが、分離の傾向が強いと云う新しい施工上の難点が判明した。これはAE材等の使用によってどの程度軽減できるか今後の課題である。又砕石コンクリートやさんご砂利コンクリートの引張、曲げ強度、弾性或はその他の物理的性質についても今後、継続して研究していきたい。

引用文献

- 1) A C I 613-54, : A C I Standard, Recommended Practice for Selecting Proportions for Concrete, Journal of ACI, P.P.49~54 (Sept.1954)
- 2) 土木学会；コンクリート標準示方書、P.67 (昭和31年)
- 3) 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、11、PP.199~204 (1964)
- 4) 日本建築学会：建築工事標準仕様書、同解説B、PP.98~99、PP.120~124、(1957)
- 5) 大城武：沖縄における橋梁調査とその問題点、琉球大学農家政工学部学術報告、13号、PP.223~231 (1966)
- 6) 上原方成：沖縄諸島における骨材調査第1報、琉球大学農家政工学部学術報告、11号、PP.205~222 (1964)
- 7) 上間清：沖縄本島に産する海砂利の分布及び物理的性質、琉球大学農家政工学部学術報告、11号、PP.223~233 (1964)