

# 琉球大学学術リポジトリ

## 沖縄におけるコンクリート施工の現状とその問題点

メタデータ	言語: 出版者: 琉球大学農家政工学部 公開日: 2011-04-28 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 具志, 幸昌, 喜納, 政修 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/20.500.12000/19455">http://hdl.handle.net/20.500.12000/19455</a>

# 沖縄におけるコンクリート施工の現状とその問題点

具志幸昌\*・喜納政修\*

Yukimasa GUSHI and Seishyu KINA: Current practice  
in concrete works and its problems in Okinawa.

## I 更 概

コンクリート施工現場を直接調査することによって、現時点における沖縄のコンクリート技術の実状と問題点を記し、同時に採取したコンクリート供試体の強度から、その変動の大きいことを確認した。その原因は問題点の所に述べてある事項によるが、計量方法の不備によるのが主要原因であると指適できる。また、測定した強度の変動係数また標準偏差から配合設計の資料を得ることができる。

## II 序 言

沖縄においては、コンクリートはもっとも大切な建設材料であり、ほとんどあらゆる建設工事に使用されている。高温多湿の気候のため木材は白蟻と腐朽に悩まされ、鋼材はさらに塩風の影響をうけて錆止めがむづかしい。その上此等諸材料は全部輸入しなければならない。そのためコンクリートの占める地位は、他府県におけるよりはるかに高い。一例をあげると現在沖縄で建設する橋梁のほとんど全部は鉄筋コンクリート橋であり、那覇市における建築物の新設数は件数坪数共に鉄筋コンクリート造が木造をしのぐにいたっている。

この重要なコンクリートについて材料、施工面から検討してみると実に問題点が多いのである。今回はコンクリートが製造されて打込まれるまでの実状を記し、問題点をあげておいた。またコンクリート強度の変動の実態を測定して、上記問題点の裏づけとすると共に、コンクリート配合のための資料を得ることもこころみだ。さらにコンクリート強度の変動係数または標準偏差はその地域のコンクリート施工の水準を表すものとみることができるので、この面から沖縄の技術レベルを推定することも考えた。

## III 施工の実状と問題点

今回の調査および今迄の経験から沖縄におけるコンクリート工事の実状と問題点と思われる点を列挙してみる。

(1) セメント パラであるいは袋詰で輸入されるが、当然考えられることは、高温多湿の気候から風化し易いことである。現場あるいは販売店で特別な貯蔵方法をしてないから、強度が一般的に低いようである。特別な調査をセメント強度のためにやってないので、断言はできないが、時折、実験室で行なう試験で圧縮強度  $400\text{kg/cm}^2$  をこえたものがないことでも明らかである。離島ではこの問題はもっと深刻であろう。

\* 琉球大学農家政工学部土木工学科

(2) 粗骨材 大きな河川がないため、全部碎石を使っている。中南部では比重 2.4~2.5 位のやや多孔質の石灰岩碎石であり、北部の一部では比重 2.6~2.7 位の硬い石灰岩を使っている。中南部のものは石自体の強度に多少問題があるようであるが、現在の所普通の工事に使用して差支えない。北部のものは、強度の点では問題ないが、粒形が極端にわるい。これはコンクリート強度をあまり高くすると、この影響が現われてくるのではないかと思うほどである。粒度はほとんどのものが、土木・建築両学会の基準<sup>2,3)</sup>に適合しないが、これは使用する方が厳しく要求しないことに原因の大半があるのではないか。ウォーカーブルなコンクリートを得るために単位セメント量を大きくしなければならぬ原因の1つである。(現在、良質なもので単位セメント量は 375kg 位といわれている)。さらに製造所毎に石質も違い、粒度も異なる(同じ最大寸法のもので)のが現状であり、コンクリート強度の変動を生ぜしめる一因ともなっている。

(3) 細骨材 ほとんどが海砂であり、海岸からあるいは附近の小島から供給されている。比重 2.5~2.6 位<sup>1)</sup>であるが、この資源の不足は相当深刻で、基準に合格しないものも多いが、使用せざるを得ないというのが現状である。単位セメント量を増大せしめる一因である。また海砂に附着する塩分は今の所問題とされていないが、筆者の測定では、砂の乾燥重量に対し 0.17% に達するものがあり、鉄筋コンクリート構造物の耐久性に大きな問題を残していることになる。

(4) 仕様書または示方書 現在沖縄の工事で使用されている仕様書などを全部みたわけではないが、その最大の難点はコンクリートの配合をセメント・砂・碎石の容積比で 1:2:4 とか、1:2:3.5 とか定めてあり、特定の水セメント比や必要強度を得るための配合のしかたを規定してないことである。また重量配合も基準として採用してない。前述のごとく、碎石・砂は採取場所毎に品質特に粒度が異なっており、一定の水セメント比で適当なウォーカーピリチを得るためには、工事毎に配合をかえなくてはならない。それを容積比を最初にきめて、適当なコンシステンシーを得るまで水を加えるということをするため、時には安全すぎる強度が得られ、時には非常に危険な構造物を作ることになる。要するに水セメント比を配合の際あまり気にしてないというのが現状である。

(5) 技術員の知識 これは別に沖縄だけに限ったことではないと思うが、直接コンクリート製造に当たっている技術員のコンクリートに関する知識水準はあまり高くない。試料採取の際に「このコンクリートの水セメント比は?」「このコンクリートの目標強度は?」という質問をしてみたが、満足に答えられない。硬い粗骨材を使えば強度が大きくなるとか、セメントをたくさん使えば使うほど良質な強度の大きいコンクリートができるとか(この2つのことはもちろん程度まで正しいが、そこに水セメント比という要素を全然考慮してない)という話が筆者との間に交された。自分達の作っているコンクリートがどの程度の強度をもっているかとか、あるいはもたなくてはいけないかということに自覚ないしは自信がないようであり、少しうるさい工事では単位セメント量を大きくすることによって逃げてしまうこともある。これには管理者側にも責任があろう。

次は施工上の問題に移ろう。

(6) ためし練りをしないこと 配合は一応容積比で示されているので、その通り計量し、水は適当と思われるだけ加えて混練する。でき上がったコンクリートの様子を見て、水量その他を加減する。もちろん作ったコンクリートは全部打ち込んでしまう。したがってコンクリート打ちの最初の方はスランプ、強度共に変動が大きい。これは今回の調査結果で確認されている。

(7) スランプの調整 スランプの調整は配合の変更ということをしなくて、ほかの材料をそのままにして、水量だけの加減でやってしまうことが多い。

(8) 表面水量による調整

骨材の表面水量による加水量の調整はやってない。

(9) 計量法の不備 セメントは袋で、水はバケツで、骨材は箱状物で容積計量しているのが普

通で、中にはセメントをわざわざ箱にあげて容積計量することもある。水をバケツで入れるようでは、表面水量による加水量の調整などは無意味であろう。現在コンクリート強度の変動を生ぜしめている原因の最大のもは、水とセメントをミキサーに加えるものが勝手に調節していることではないか。

(10) 型枠の不備 現在使用されている型枠は単価の関係からそうなるのであるといわれているが、水、ペーストなどがもるものが多い。そのためでき上がった構造物の全体の強度を著しく悪くしていることがある。こういう場合、いくら供試体強度が高くても無意味となる。

その他問題点としては、振動機のかげすぎが型枠の不備と重なりあっており、材料の分離を著しくさせている。また、長い斜めシュートの使用もコンクリートの品質をわるくしている。養生方法にも問題があるが、この文では打ち込むまでの問題にとどめておくのでふれないことにする。

#### IV 現場打ちコンクリートの強度とその変動

(1) 試料の採取 各種コンクリート工事現場より供試体を 6~10 個 (18 個の所あり) をとり、圧縮試験を行なった。運搬その他の面から、あまり遠方からは採取できなかったので、今回の調査は 1 ケ所を除いて全部那覇市内から採取した。土木工事は那覇市から遠く離れた場所に多く、今度は対象が建築工事に限られてしまった。コンクリート使用量からいえば建築関係がずっと多く、個々のコンクリート工事の大きさも土木建築共に同じ位なので、今回の調査の結果は沖縄本島のコンクリート工事 (那覇附近は技術水準はほかの地区に比べて高いので、厳密には那覇近郊のといった方がよいかも知れない) の一応のレベルを示すものと考えられる。1 回の試料の数は運搬の面から 10 個までとした。

試料のとり方は、現場でその日に打つ量と所要時間とをきき、それから供試体型枠の数で所要時間を割り、何十分にも 1 回の割でとるかをきめた。例えば 30 分に 1 ぺんなら、30 分に 1 回とることにし、ただしその 30 分間の任意の時刻にとることにし、30 分置きにとるということはしなかった。その他つとめて、任意な試料を得られるようにした。ミキサーまたは一輪車からバケツに受け、それを鉄板上にひろげショベルで簡単にねり、均一にしてからスランプ試験を行ない、同時に供試体 1 個を作った。土木学会の示方書では同時に 3 個の供試体をとることが要求されているが、供試体の総数が運搬の都合上から制限されているので、同時には 1 回しかとってない。その代り供試体の詰め方、キャッピングは入念に行ない、試験誤差はつとめて小さくなるようにしてある。試験誤差は当実験室では 3~4% 以内であることが別の資料から判っている。

(2) 供試体の養生 現場で養生せず、採取してすぐその日に自動車で大学実験室に運び、翌日キャッピングをし、さらに翌日脱型した。直ちに養生水槽内に浸漬した。養生水槽の温度は寒い季節であったので 14°C~19°C の範囲内にあった。

(3) 圧縮試験 28 日目に取出し、表面をふいた後、高さ、直径、重量を測ってから、圧縮試験を行った。強度の外に単位体積重量を測定したのは少し軽い骨材を使っているのも、その方面の一試料として利用したためである。

(4) 試験結果 スランプの平均値、最大最小値、強度の最大最小値平均値、変動係数、標準偏差および重量平均値は第 1 表にかかげてある。

(5) 結果の考察 単位体積重量は大体 2.20~2.30 で少し標準より軽いのが、これは骨材が軽いせいであろう。2.25 をこえるものは、重い骨材を使ったものと、単位セメント量が特に多かったものでこれは現場での視察の際確認できた。

強度そのものについては大体沖縄での設計基準強度が 135 kg/cm<sup>2</sup>~175 kg/cm<sup>2</sup> なので、その点からすれば多くのものははるかに上廻り申し分ない。これはむしろ配合設計や施工管理を十分しないの

第 1 表

現場 番号	採取 個数	スランプ値 (cm)			単位 体積 重量 (kg/l)	圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )			標準偏差 (kg/cm <sup>2</sup> )	変動 係数 (%)	備 考
		平均	最大	最小		平均	最大	最小			
1	18	13.1	18.5	5.0	—	277	333	226	31.3	11.3	
2	8	9.3	14.7	7.1	—	251	294	206	30.5	12.2	
3	6	17.4	20.6	14.0	2.22	135	206	65	51.6	38.2	振動機使用せず
4	8	16.5	19.4	13.1	2.24	209	272	195	28.7	13.7	
5	6	14.4	17.5	5.0	—	154	198	124	28.3	18.3	振動機使用せず
6	8	11.9	17.8	2.0	2.26	117	133	91	13.8	11.8	重い砕石を一部使用
7	8	15.0	17.3	10.5	2.21	139	175	118	20.4	14.7	
8	10	12.3	17.7	6.7	2.13	177	228	119	39.4	22.2	
9	10	18.3	20.0	16.5	2.21	276	330	236	32.9	11.9	最もウォークブルであった
10	10	17.2	20.3	12.5	2.25	257	332	201	36.2	14.1	
11	8	11.7	17.1	7.5	2.29	288	326	188	57.9	20.1	セメント量多い
12	10	18.3	19.4	16.8	2.24	237	285	175	38.5	16.2	
13	10	18.4	21.2	15.4	2.23	211	293	151	40.6	19.2	

第 2 表

標準偏差 (cm)	25 以下	26~35	36~50	50 以上
件数	2	5	4	2

で、業者管理者共、強度について自信がないので、単位セメント量を大きくした結果だと思う。なお第1表中平均強度の小さい No. 3, No. 6, No. 7 のコンクリートはセメントが少ないのが視察の際に観察することができた。No. 6, No. 7 の単位セメント量は約 325kg とのことであった。

強度の変動を変動係数で表すか、標準偏差で考察するか問題ではあるが、今回の場合、1 回の試料の数も少いし、また沖縄の現状では土木工事といえども、毎日何か月もコンクリートを打ちつづけることはないので、さらにその際は骨材の条件を一定にしておくのもむづかしいことなので、標準偏差で考察することにし、もちろん日内変動を対象にすることになる。この意味では土木学会示方書の割増係数算定の直接の参考にはならない。先の第1表を強度の標準偏差にもとづいて分類すると第2表のようになる。

優良なものから劣悪なものまでいろいろある。25 以下の 2 つは骨材の計量は容積計量ではあるが 1 パッチ分 1 べんに計り、計量誤差が少く、水量計も一応そなえていたことによると考察できる。標準偏差の面からいうと施工が低水準にあるとみなされる 35 以上のものが約半数もあるということが問題になる。その原因については第3節で述べてあるのでここではこれ以上ふれない。全琉に比較して上位の施工水準にあると考えられる那覇市近郊で、こういう統計ができたことは大いに反省しなければならないことである。しかし一方可成り良好な現場も数多くあるのは、現在のような容積計量でも注意して施工すればかなり均質なコンクリートを製作できることを物語っていることになる。現状では配合の際用いる標準偏差の推定値として、35kg/cm<sup>2</sup> と 50kg/cm<sup>2</sup> とを業者の実績に応じて用いればよいと思う。

第3節でもふれたが、水セメント比や単位セメント量が規定されないでセメント砂砕石の容積比が名目的に定められている結果、現場では最初混練りするとき、水をバケツで何杯加えたらよいか、は

っきり判らないので、試行錯誤式でやることになる。その結果が統計上より観察される。すなわち最初乃至次のサンプルの強度が平均値よりも著しく低い現場が3ヶ所、反対に始めが著しく高い現場が1ヶ所ある。また午後から水の投入者もしくは、混練り責任者が変わったためスランプと強度が午前中と著しく、変化した現場が4ヶ所ある。また、終りの方で強度が非常に小さくなった現場が3ヶ所ある。この方の原因は雨が降り始めたり、帰る時刻がおそくなったりしてコンクリート打ちをいそいだため、視察によって確認できた事項である。以上のような変動を大きくする原因はまったく人為的なもので、注意して施工や管理をすれば除去できるものである。

統計的解析例をあげると、第1表の No. 1 の現場では、午前中の強度平均  $\bar{x}=306\text{kg}/\text{cm}^2$  標準偏差  $\sigma=15.1\text{kg}/\text{cm}^2$ 、午後からは  $\bar{x}=262\text{kg}/\text{cm}^2$   $\sigma=26.8\text{kg}/\text{cm}^2$  1日通算すると第1表ようになる。この場合平均値について統計的検定を行なうと、午前の部と午後の部の母集団平均が違うことが結論される。また午前の部の第1回目の供試体について、棄却検定<sup>4)</sup>を行なえば、これは午前の部に属さないということが、危険率1%でいえる。

次にスランプのことにふれると、第3節およびこの節の前の方でふれた理由によってスランプの変動は烈しい。また、今回の調査対象が建築工事で軟練りであるが、13ヶ所中11ヶ所は振動機を使い打ちこんでいる。振動機の使用は小工事でも習慣的になっており結構なことであるが、型枠があまりよくないのに、軟練りコンクリートを振動打ちしている結果コンクリートの分離を促進している。型枠からの水もれ、ペースもれが多い。スランプ平均15cm以上で振動機使用が6例、10cm~15cmで5例もあることは考えさせられる。現在傾向としては、仕様書の規定の有無に関せず、振動打ちをむやみにやっているということがいえるのではないか。

## V 結 び

以上でコンクリート施工の実状と問題点、変動の調査結果などを述べてきたが、強度やスランプの変動の大きいのはその計量のしかたにあるということが出来る。その他いろいろの原因もあるが、問題点で指摘した所を改善すれば解決できることである。

変動を小さくするだけでなく、経済的によいコンクリートを作るつまり、所要の品質をもった単位セメント量の最小のコンクリートを作るということに努力しなければならない。このためには統計的な品質管理を行なわなければならないことは周知のことであるが、沖縄ではまだ実行されていない。いずれその時期がやってくると思うが、そのためには製作者、管理者共にコンクリートに関する知識をふやす必要がある。

今回の調査の結果得た標準偏差や変動係数の値は建築工事やあまり長い期間コンクリートを打ち続けない土木工事の配合目標強度決定のための資料として使用できる。

終りに本研究および調査のためにこころよく協力して下さった方がた、特に琉球政府文教局施設課、那覇地区教育委員会ならびに各業者の方がたに深く感謝の意を表します。

### 参考ならびに引用文献

- 1) 上原方成 1964 沖縄諸島における骨材の調査. 琉球大学農家政工学部学術報告, 第11号.
- 2) 土木学会: コンクリート標準示方書解説.
- 3) 日本建築学会: 建築工事標準仕様書同解説, B.
- 4) ウィルクス著, 小河原訳: ウィルクス数理統計学, 春日出版.

### Synopsis

1. The current practice of concrete works in Okinawa and the problems involved were describe and pointed out.
2. The variation of concrete strength sampled has been found fairly large and its causes are due mainly to the bulk measuring method of materials, especially cement and water measuring.
3. Standard deviations or coefficients of variation of concrete strength measured in this study show that the level of concrete work in Okinawa is not high, and they can be used in determination of mixing ratio of concrete materials.