

# 骨材の粒度の不均等性がコンクリートに及ぼす影響について

正員 坂本貞雄\*

ABOUT THE INFLUENCE OF THE UNUNIFORMITY OF THE AGGREGATES GRADINGS UPON THE QUALITY OF THE CONCRETE  
(JSCE Nov. 1951)

Sadao Sakamoto, C. E. Member

**Synopsis** The author investigated the timely change of the concrete quality operated at the construction field in a day and unexpectedly recognized it was considerably much. One of the principal reasons, the author discovered, is due to the inequality of the grading of aggregates used in the operation. When variation of the grading of the aggregates was large, the difference of  $w/c$  from its standard reached as much as 10.2%; when slight, however, it was below 2.4%. In this paper the author reports the actual situations of the inequality of concrete quality and proposes what to be done with it.

**要旨** 工事現場で1日の間にどの位品質の異つたコンクリートが打込まれているかを調べた所、意外に大きな変化があり、その主要な原因の1つは、使用骨材の粒度が不均等性にある事が分った。使用骨材の粒度の変化が大きい時は、標準の水セメント比との差が10.2%にもなつたが、使用骨材の粒度の変化が小さい時は、標準の水セメント比との差が2.4%以内となつた。本文はコンクリートの不均等性の実態について述べ、之が対策を考察した。

## 1. 緒言

著者が国鉄信濃川工事事務所で水路隧道及び水路橋の工事に従事していた当時、コンクリートの品質が1日の施工中にどの程度の不均等性を示すかを調べた。即ち、

- (1) 細粗骨材共粒度の変化が大きい骨材を用いた場合
- (2) 細骨材の粒度の変化が小さく粗骨材の粒度の変化が大きい骨材を用いた場合、(3) 細骨材の粒度の変化が大きく粗骨材の粒度の変化が小さい骨材を用いた場合、(4) 細粗骨材共粒度の変化が小さい骨材を用いた場合——について比較検討したところ、コンクリートの不均等性は、使用骨材の粒度の不均等性に著しく影響されている事が分つた。

## 2. コンクリート施工設備の概要

国鉄信濃川水力発電第3期工事は、昭.23.10.再着手され、昭.26.8に5万kWの発電開始をみたものである。その水路延長は15.66kmで、巾、高さ共に7mの馬てい型断面の隧道と、延長90mの水路橋からな

り、コンクリートの総量約20万m<sup>3</sup>である。全部で17ヶ所のコンクリート練り混ぜ所の中、16ヶ所は昭.24.6~10に造られたもので、最大寸法70mmの粗骨材1種と、細骨材1種とを使用した。之等の練り混ぜ所の中の1つである第4隧道の練り混ぜ所の設備は図-1、全景は写真-1である。之等の練り混ぜ所では、

図-1 第4隧道コンクリート設備

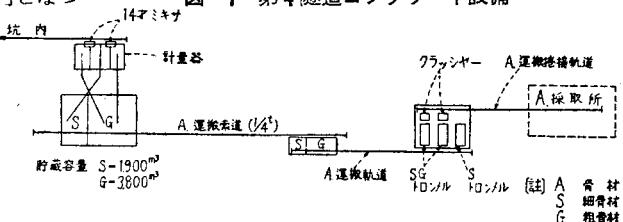


写真-1 第4隧道



粗骨材が分離を起しコンクリートが不均等になつたので、17番目の水路橋の練り混ぜ所では、粗骨材を50~25mm, 25~5mmの2種に分け、細粗骨材を夫々3ヶ計9ヶの貯蔵ビンに入れ、少くとも24時間水を切つた骨材を使用出来るようにした。なおビンに

\* 国鉄金沢鉄道管理局施設長

は屋根を掛けて雨水の混入を防ぎ、骨材計量器を改良し、適正な計量を行うように努めた。また簡易圧縮試験器をも整備して、屢々圧縮試験を行つた。水路橋の練り混せ所の設備は図-2に、骨材貯蔵ビン及び骨材計量器は写真-2,3である。

図-2 水路橋コンクリート設備

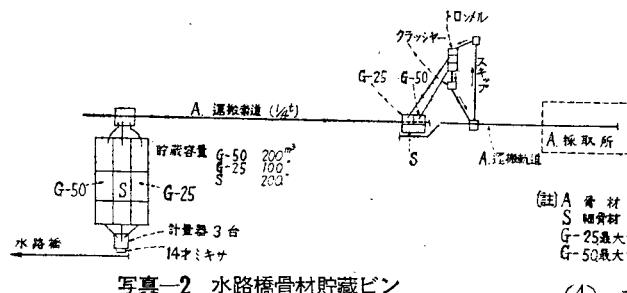
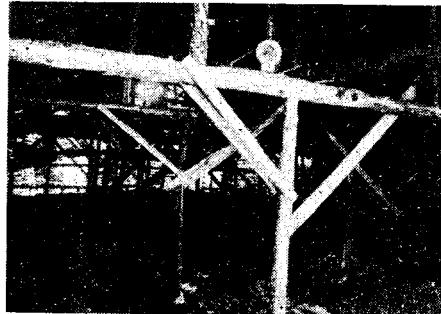


写真-2 水路橋骨材貯蔵ビン



ミキサは各練り混ぜ 写真-3 骨材計量器

所共ドラム型 14~21  
切を用いた。ミキサの  
練り混ぜ時間は、ミキ  
サの練り混ぜ性能試験  
を行つた結果、第4隧道では2分、水路橋で  
は1.5分と定めた。

(図-3, 図-4)

### 3. 試験方法

1日の作業開始から  
終了迄の間において、  
約20分毎に8バッチ



図-3 第4隧道ミキサ練り混ぜ性能試験成績

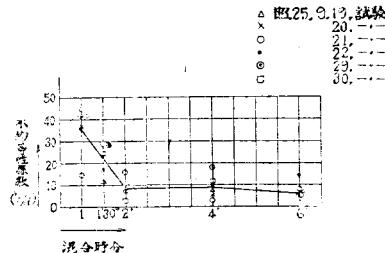
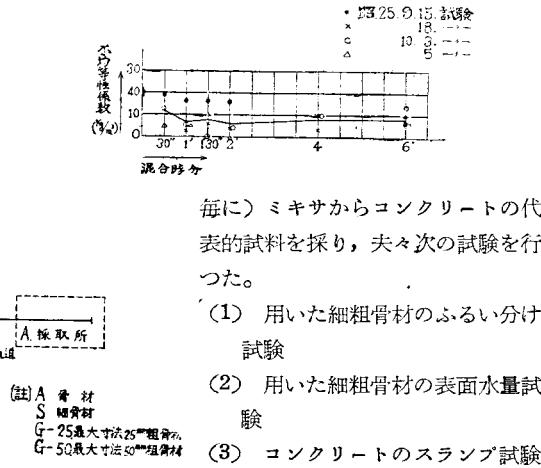


図-4 水路橋ミキサ練り混ぜ性能試験成績



毎にミキサからコンクリートの代表的試料を取り、夫々次の試験を行つた。

(1) 用いた細粗骨材のふるい分け試験

(2) 用いた細粗骨材の表面水量試験

(3) コンクリートのスランプ試験

(4) コンクリート中の空気量の試験

(5) コンクリートの圧縮強度試験

之等の試験は A.S.T.M. の標準方法によつた。なお骨材の試料は計量器の中から採取した。圧縮試験は、1回3ヶ宛の供試体を造り、材令28日に試験を行つた。圧縮試験機はアムスラー100屯試験機を用いた。

4. 第1回試験（細粗骨材共粒度の変化が大きい骨材を使用した場合）

昭.25.11., 8ヶ所の練り混ぜ所でコンクリートの品質の1日の変化の波を調べた。使用した粗骨材は、最大寸法70mmのもの1種であつた。その結果は表-1である。表-1には、1日約20回の試験の値の最

表-1 第1回試験成績

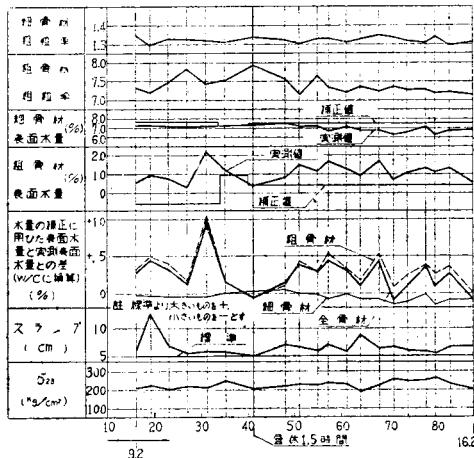
試験箇所	A	B	C	D	E	F	G	H	平均
粗骨材	0.29	0.20	0.08	0.04	0.21	0.36	0.85	0.71	0.24, 0.52
のれに粗骨材	0.53	0.58	1.84	1.53	0.71	0.68	0.58	0.14	0.51, 0.64
表面粗骨材	14	42	34	41	30	74	77	17	24, 30, 27, 46, 23, 45, 41, 37
のれに粗骨材	12	17	37	17	14	14	10	04	11, 29, 12, 28, 07, 08, 06, 07, 13
W/Cの% <sup>+最大</sup>	45	54	176	98	112	53	131	93	98, 29, 107, 203, 77, 43, 140, 36, 102
粗骨材	25	47	98	47	28	59	42	132	09, 76, 23, 40, 29, 48, 02, 21, 40
スランプの% <sup>+最大</sup>	4	8	4	4	3	9	13	6	3, 10, 7, 4, 5, 6, 4, 6

註：水槽の溝正に用いた表面水量と実測表面水量との差 (W/Cに換算)

大と最小の差を示し、骨材の表面水量の変化に応じて適正な現場配合が難しい為に起る補正水量の誤差を、その時の表面水量と使用水量とから計算して出し、w/cに換算して示した欄が、水量の補正に当つて使用した表面水量と実測表面水量との差 (w/cに換算) と云う欄である。その欄の+最大値とは、以上の計算から推定したコンクリートのw/cの中最大値と標準w/cとの差を示すものであり、-最大値とは標準w/cと最小w/cとの差を示すものである。表-1に示す様に骨材は細粗共に粗粒率の変化が大きく、そのためか、骨材の表面水量の変化及びコンクリートのw/cの変化も大きい。8ヶ所の練り混ぜ所の平均では、w/cの誤差の+最大値は、10.2%になつた。

5. 第2回試験（細骨材の粒度の変化が小さく、粗骨材の粒度の変化が大きい骨材を使用した場合）昭.25.11.12.第4隧道の練り混ぜ所で、コンクリートの1日の施工中における品質の変化を調べた。その結果は図-5に示す。横軸には、バッチ数及び時間を示してある。

図-5 第2回試験成績



此の試験は主として、粗骨材の粒度の変化が、コンクリートの不均性に及ぼす影響を調べたものである。細骨材の粗粒率の変化は 0.05 で非常に小さく、又そのせいか、細骨材の表面水量の変化も 1.1% で小さかつたので、水量の補正是比較的容易であった。粗骨材の粗粒率の変化は 0.82 であった。之は粗骨材を大きさによって区分しなかつたので、分離を起していた為である。粗骨材の表面水量の変化は 1.9% であった。図-5 の粗骨材の粒度の曲線と、その表面水量の曲線とはほぼ相対応しており、粒度が細い時は表面水量が多く、粒度が粗い時は表面水量が少い事を示し、粒度が不均等な粗骨材は、表面水量も不均等になつている事がよく示されている。骨材の表面水量の変化に対する水量の補正は、1日3回行つた。図-5 の表面水量の欄の紙線（補正值と書いてある）は、水量の補正に当つて採用した夫々の骨材の表面水量である（図-6, 8 においても同様）。水量の補正に当つて用いた表面水量と、実測表面水量との差を示す曲線は、粗骨材の表面水量の補正が適当でなかつた事を実証している。此の水量の補正

の誤差は、セメント 100 kg 当り最大 9.9 kg となり、 $w/c$  に換算して 9.9% になつた。なおスランプの変化は、標準 5 cm に対して 8 cm で、 $\sigma_{33}$  の変化は、75 kg/cm<sup>2</sup> であつた。

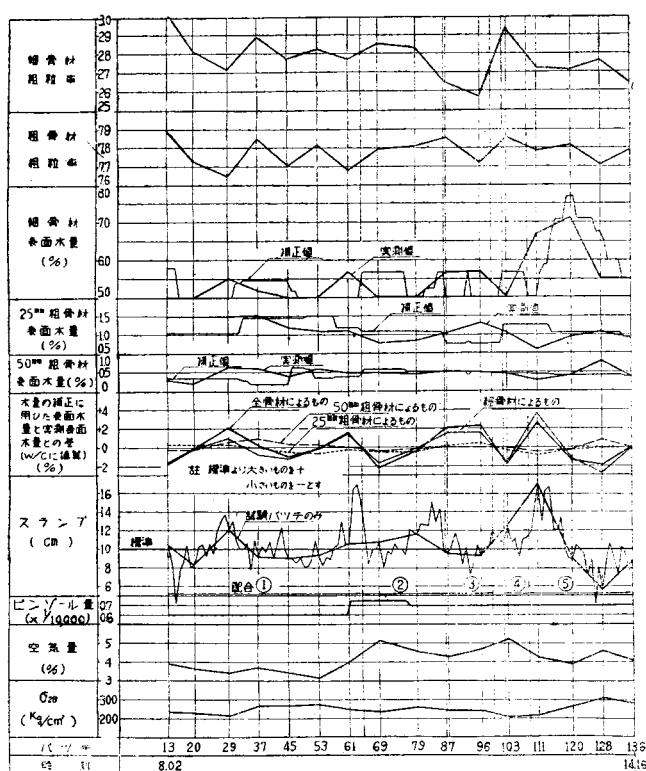
以上の不均等性は主として粗骨材の分離に基くものと思われたので、次に粗骨材を 2 種に分類して、どれ程均等性を保つ事が出来るかを調べて見たのである。

6. 第3回試験（細骨材の粒度の変化が大きく、粗骨材の粒度の変化が小さい骨材を使用した場合）

第3回試験は、昭.26.3.19. 水路橋の練り混ぜ所でコンクリートの1日の施工中における品質の変化を調べた。その結果は図-6 である。この練り混ぜ所では、粗骨材を 50~25 mm と 25~5 mm の 2 種に分けて粒度の均等性の保持に努めた。図-6 に示すように、粗骨材の粒度が比較的均等であるのに比し、細骨材の粒度の変化が著しいので、細骨材の粒度の変化が、コンクリートの品質の不均等性に及ぼす影響を見る事が出来る。又此の時はピンゾール樹脂を使用して、AE コンクリートを施工した。

細骨材の粗粒率の変化は 0.44、表面水量の変化は 2.1% であった。粗骨材の粗粒率の変化は 0.24、表面水量の変化は 50~25 mm のもので 0.6%，25~5 mm

図-6 第3回試験成績



のもので 0.9% であった。骨材の表面水量の変化による現場配合の水量の補正は、1 日 25 回、示方配合の変更は 5 回に及んだ。表-2 には各示方配合を示す。

表-2 第3回試験 示方配合 (1 バッチ当り)

No.	セメント	水	細骨材	粗骨材 大 小	ビンゾール × 1/10 000
1	100	50	223	223 95	{ 0.60 0.75
2	"	"	228	228 97	{ 0.75 0.70
3	"	"	237	237 101	0.70
4	"	"	223	223 95	0.70
5	"	"	228	228 97	0.70

表-3 第3回試験

水量補正に用いた骨材の表面水量と実測した表面水量との差 ( $w/c$  に換算)

骨材別	+ 最大値(%)	- 最大値(%)
細骨材	3.8	- 2.7
25 mm 粗骨材	0.6	- 0.7
50 mm 粗骨材	1.0	- 0.4
全骨材	2.7	- 2.1

水量の補正に当つて使用した骨材の表面水量と、実測した表面水量との差は図-6 及び表-3

に示す通りであつた。全骨材については、1 バッチ当り最大 2.7 kg になり、 $w/c$  に換算して 2.7% であつた。表面水量の曲線で認められるように、骨材の表面水量の測定に要した時間だけ水量の補正が遅れている。なおスランプの変化は、標準 10 cm に対して 13 cm,  $\sigma_{28}$  の変化は 106 kg/cm<sup>2</sup> であつた。AE コンクリート中の空気量は、標準 4% に対し、3.2~5.3% であつた。空気量の調整は、ビンゾール樹脂の量の増減で行つた。即ち、ビンゾール樹脂の使用量をセメントとの重量比で 1 万分の 0.60~0.75 の範囲に 3 回調整した。

この試験では、粗骨材は粗粒率も表面水量も変化が小さかつたが、細骨材は粗粒率も表面水量も変化が大きかつた。この場合コンクリートの品質の不均等性は、細骨材の粒度の不均等性によるのであつて、細骨材の表面水量の変化に即応して、配合を変更する事の

難しい事を示している。細骨材の粗粒率の変化は 0.44 であつたが、之をふるい分けした所、図-7 に示すよ

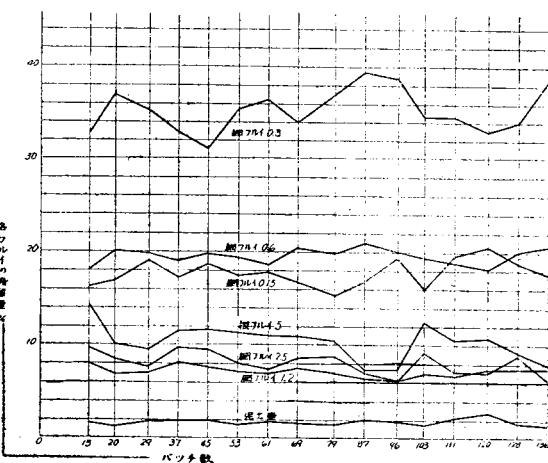
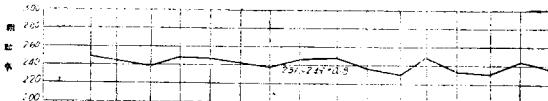
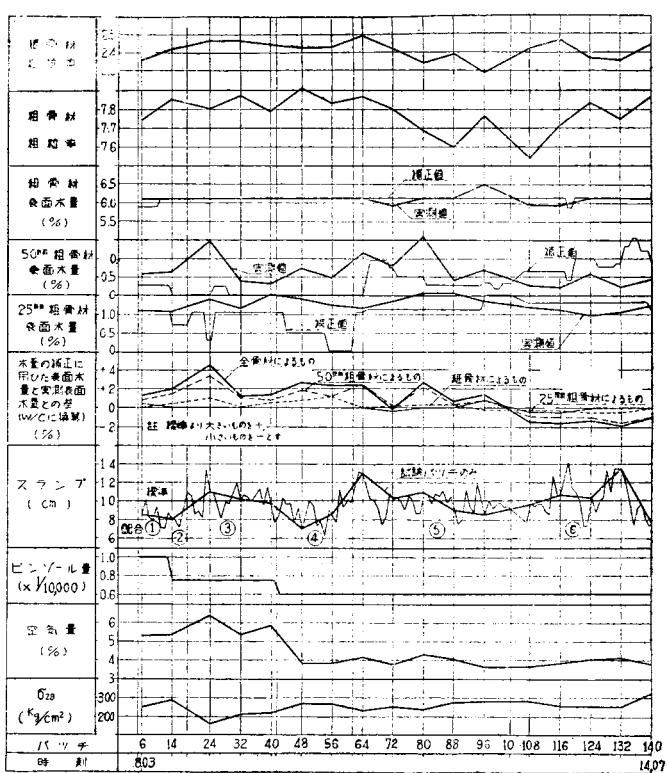
図-7 水路橋、細骨材ふるい分け試験成績  
(昭. 26.3.19 施工)

図-8 第4回試験成績



うに、板フルイ5に残留するものが、7.4~14.2%もあつた。板フルイ5に残留するものを取除いて考えると、粗粒率の変化は図-7の上部に示す様に0.18となる。これならば土木学会の細骨材の示方に合格し、相当均等な細骨材と云えよう。そこで第4回試験として板フルイ5でふるい分けた細骨材と、2種に分けた粗骨材を使用し、細粗骨材共粒度の不均等性の少い場合に、どれだけコンクリートの品質の均等性を保ち得るか調べて見た。

#### 7. 第4回試験 (細粗骨材共に粒度の変化が小さい骨材を使用した場合)

昭.26.4.1. 水路橋の練り混ぜ所で、コンクリートの1日の品質の変化を調べた。使用した細骨材は、板フルイ5で再度ふるい分け、粗骨材は50~25mmと25~5mmとに分けたもので、概ね細粗骨材共粒度は均等である。試験結果は図-8に示す。

粗粒率の変化は、細骨材で0.20、粗骨材0.38であつた。表面水量の変化は、細骨材は0.6%，粗骨材は25~5mmのもので0.6%，50~25mmのものは1.4%であつた。50~25mmの粗骨材の表面水量の変化が意外に大きかつたのは、計量器の上のホッパーの所に極小量と思われた流入水があり、此の処理を怠つたために、不定期に此の水が混入したためと思われる。板フルイ5で再度ふるい分けた細骨材は、試験当日のみ使用したので、所定の空気量を有するAEコンクリートを得る示方配合を定めるのに幾分手間どり、配合を2回、ビンザールの使用量を3回変更した。図-8で認められるように、48バッチ以後に於ては、所定の空気量とする事が出来たので、コンクリートの品質の変化に対する考察は、48バッチ目以後について行うことにする。なお、48バッチ目以後に於ても配合を2回変えている。表-4に用いた各示方配合を示す。

表-4 第4回試験 示方配合 (1バッチ当り)

No.	セメント	水	細骨材	粗骨材		ビンザール × 1/10 000
				大	小	
1	100	50	224	235	101	1.00
2	"	"	"	"	"	0.75
3	"	"	221	243	97	"
4	"	"	"	"	"	0.60
5	"	"	206	217	92	"
6	"	"	196	224	95	"

骨材の表面水量の変化に応ずる水量の補正に当つて使用した表面水量と、実測表面水量との差は、1バッチ当り最大2.8kgとなり、w/cに換算して2.8%であつた。骨材別に之を示すと表-5のようになる。

表-5 第4回試験

水量補正に用いた骨材の表面水量と実測した表面水量との差 (w/cに換算)

骨材別	+最大値(%)	-最大値(%)
細骨材	0.8	-0.4
25mm粗骨材	1.2	-0.4
50mm粗骨材	2.4	-1.5
全骨材	2.8	-1.8

なおスランプの変化は標準10cmに対し8cmで、 $\sigma_{28}$ の変化は93kg/cm<sup>2</sup>で平均値に対する偏差率は8.8%であつた。AEコンクリート中の空気量の変化は、標準4%に対し0.7%で±0.4%以内であつた。

今回の試験では、水量の補正是スランプにより直ちに補正し、その時の骨材の表面水量から算定した水量と現場配合の水量と差のある時は示方配合を訂正し、上に述べたような概ね均等なコンクリートを造ることが出来た。之は、骨材の粒度を均等に保つ場合には、測定したスランプ値から水量の補正值を判断してもよい事を示すものと思う。

粗骨材に極く小量の流入水があつた為に、粒度の変化が小さかつたにも拘らず、表面水量に大きな変化を生じ、表-5に示す様なw/cで2.8%も変化した。此の様な流入水が全くないものとして、表-5に表-3の粗骨材の値を代入すると、表-6となり、w/cの変化は、最悪の状態が重つても+2.4%となり、互に打消す事を考えれば、2.0%前後となりうる事と思う。

表-6

流入水のない場合水量補正の誤差の最大値(w/cに換算)

骨材別	+最大値(%)	-最大値(%)
細骨材	0.8	-0.4
25mm粗骨材	0.6	-0.7
50mm粗骨材	1.0	-0.4
全骨材	2.4以内	-1.5以内

#### 8. 結論

本研究によつて以下の諸項が明らかになつた。

(1) 骨材の粒度の均等性を保ち、又骨材ビンに上屋を設ける事により

a) 骨材の表面水量の変化を著しく、減少させる事が出来た。即ち細骨材の表面水量の変化は、3.7%を0.6%に、粗骨材の表面水量の変化は、大体に於て1.3%を0.6%に減少出来た。

b) 現場配合の水量の誤差を著しく減少させる事が出来た。即ち標準の水セメント比に対して+10.2%を+2.4%以内にする事が出来た。

c) AE コンクリート中の空気量の変化を  $\pm 0.5\%$  以内に保つ事が出来た。

d) AE コンクリートの  $\sigma_{28}$  の偏差率を  $8.8\%$  にする事が出来た。

(2) 工事現場でコンクリートの品質を管理するには骨材の粒度を均等に保つた上、使用水量の調整をスラブに基いて行うのが便利である。

(3) 骨材の粒度が変化する場合には、相当な注意を払つて施工しても、コンクリートの品質の変化は極めて大きいから、1日2回程度の骨材表面水量試験を行う位では、均等質なコンクリートを造るのには不充分である。

結局、均等質なコンクリートを得るためにには、是非

粒度の均等な骨材を用いなければならない。又大工事に於ては、経済的に工事を行う上からも骨材の粒度を一定に保つ設備をすることが極めて大切である事が分つた。

此の調査研究は、吉田徳次郎先生、国分正胤先生の御指導を受け、国鉄信濃川工事事務所の藤井松太郎所長、高原芳夫前次長、大谷勝次長の御鞭撻の下に行つたものである。試験遂行に当つては、小林義太郎氏、北原正一氏、足立貞彦氏等に負う所が多かつた。

なおこれは文部省科学試験研究費の補助を受け行われたものであつて、科学試験研究費を交付された文部省当局に謝意を表するものである。

(昭.26.8.20)

UDC 532.542:621.879.2.032

## 管路における砂水流れの抵抗について

正員 小川元\*

### THE HEAD LOSS OF THE FLOW OF SAND-WATER MIXTURES IN PIPES.

(JSCE Nov. 1951)

*Hajime Ogawa, C. E. Member.*

**Synopsis** As the general formula about loss of head in pipe-lines of dredges has not yet been determined, the writer has searched an equation for this loss in this paper from several experiments which was performed in the past.

ポンプ船のパイプラインの摩擦抵抗は未だ一般的に公式によつて表わされていない。之を求めるため実験を行つたが設備不完全のため不成功であつた。それで過去に行われた幾つかの実験を基礎として次のような実験式を導いた。確定的なものではないが一つの試みとなすものである。

$$h_f = k f_r \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} \quad \text{として}$$

$$k = (622 - 3.25D)(1 + N)^{1.5+0.043D} \frac{D^{0.34}}{V^{1.29}}$$

$h_f$ : 砂水混合物の摩擦損失

$k$ : 常数

$f_r$ : 清水の摩擦係数（各種清水公式による）

$L$ : 管長 (cm)  $D$ : 管径 (cm)

$V$ : 平均流速 (cm/sec.)

$N$ : 小数で表わした砂の濃度

### 1. 実験

実験値を表わすのに 2, 3 の約束を必要とする。

a) 濃度 砂の重量、見掛け容積、真容積の3種の表わし方があるが、こゝでは砂の見かけ容積をとる。即ち水中に沈澱堆積した砂の、Void を含んだ容積と、混合物全体の容積との比である。これは3者のうち中間の値を与える。正確な表わし方ではないが実際の場合に便利な方法である。

b) 損失水頭 一般に混合物の水頭によつて表わす。すなわち水又は水銀による測定値を混合物の比重によつて換算したものである。従つて濃度によつてその単位が違う。

c) 砂粒の大きさ 実験によつて、篩分析曲線を示したもの、中間径を示したもの、最大径を示したもの、或いは全く記載してないもの等がある。沈降速度によれば統一出来ると思われるが記載がないのでこれを無視する。

以上の外水温があるが、これは殆んど記されていない。

筆者は 52 mm 管、長さ 2.40 m について実験を行つたが、砂の混合が困難で次の値しか得られなかつた。

\* 山口大学工学部土木教室