



土 木 研 究 所 資 料
第 8 1 7 号

コンクリートの検査方法に関する試験調査報告書(I)

——比重計を用いた単位セメント量の測定——

昭和48年 3 月

建設省土木研究所
地質化学部コンクリート研究室

目 次

まえがき	1
1. 種々の早期判定方法	1
1.1 J I S A 1 1 1 2	1
1.2 穂積式	2
1.3 村田式	2
1.4 神田式	2
1.5 水野式	2
1.6 常山式	2
2. 筆者らの方法	2
2.1 比重計を用いた単位セメント量の測定試験方法	3
2.2 試験結果に影響をおよぼす要因	4
2.3 本方法の単位セメント量推定誤差	5
2.4 現場試験結果	6
2.5 本方法実施の際の注意事項	6
あとがき	6

コンクリートの検査方法に関する試験調査報告書 (I)

(比重計を用いた単位セメント量の測定)

コンクリート研究室

まえがき

コンクリートの品質判定は、一般にその強度 (σ_{28}) によつて実施されているが、それが判明するまでには比較的長時間を要するため、コンクリート工事における判定方法としては不便を感じる。したがつて従来より、コンクリートの品質の早期判定方法については、多くの研究者により種々の方法が提案、実施されている。

すなわち、まだ固まらないコンクリートの分析試験、短期材令における強度試験などがこれである。このうちできるだけ早い時期に判定しようとすれば、まだ固まらないコンクリートについて試験を行なうことになる。

本文は、これらについて我が国で提案、実施されている方法を紹介し、合わせて筆者らが実施した方法 (単位セメント量の判定) について述べるものである。

1. 種々の早期判定方法

我が国で提案、実施されているまだ固まらないコンクリートによる品質判定方法の主なものは、コンクリートまたはモルタルを洗い分析する方法、(JISA 1112 穂積式、村田式)、塩酸添加による方法 (神田式)、比重計を用いる方法 (水野式、常山式) などがあり、これらの概略を述べるとつぎのとおりである。

1-1 JIS A1112 (詳細はJIS規格参照)

この方法は、コンクリートを水洗しながら全材料を分析し、各材料の割合を求めるもので、試験は比較的長時間を要し、結果の精度が試験者の熟練度に左右されやすいといわれている。しかし、入念に行なうことによりかなりの精度で結果が得られる。

1-2 穂積式¹⁾

この方法は、前記のJISに準じた方法で、 w/c を求めることを主目的とし、コンクリートよりウェットスクリーニングして得たモルタルを洗い分析して、セメント量、砂量および水量を求め、これより w/c を算出するものである。ここで、洗い分析に用いるふるいは、細骨材の粒度が、0.15mm付近で相当変動することを考慮して0.088mmふるいを使用することによつて精度を高めようとするところに特徴を有する。この試験の精度は入念に行なえば、コンクリートの w/c を0.02以内で推定でき、更に強度は、 $\sigma_{28} = a + b x_1 + c x_2$ (a, b : 実験的に定めた係数, x_1 : w/c , x_2 : 空気量) によつて10%程度の精度で推

定できると報告されている。

1-3 村田式²⁾

この方法は、軽量骨材を用いたコンクリートを対象とした試験方法で、コンクリートよりウェットスクリーニングしたモルタルを2分し、第1試料は、洗い分析してセメント量を求め(この時のふるいは、0.15 mmを用いる)第2試料は加熱乾燥して水量を求め、両者よりw/cを算出しようとするものである。試験は入念に行なえば、w/cを0.01~0.02で推定でき、更に強度の推定はつぎの式を提案している。

$$\sigma_{28} = -87 + 210 \text{ c/w} \quad (\text{非造粒型膨張ケツ岩の場合})$$

$$\sigma_{28} = -47 + 188 \text{ c/w} \quad (\text{造粒型膨張ケツ岩の場合})$$

この式によれば、一般に5%以内で推定できると報告されている。

1-4 神田式³⁾

この方法は、コンクリートより分離したモルタルに一定量の水を加えて希釈液とし、これに一定量の塩酸を添加して、セメントと塩酸の反応熱よりセメント量を推定し、他方水量は、試料の空中重量、水中重量を測定し、セメントおよび骨材の比重を既知として物理的に求め、両者よりw/cを算出するものである。この方法によればw/cは0.02以内で推定でき、更にセメント空けき比($c/w+v$)を求めることによつて($c/w+v$) $\sim\sigma_{28}$ の関係より強度を推定すれば平均値で4%の精度で推定できると報告されている。

1-5 水野式⁴⁾ (詳細は資料の項参照)

この方法は、水中に微粒子が多く含まれるほど比重が大きいくことを利用し、コンクリートから分離したモルタルに一定量の水を加えて懸濁液を作り、この比重を測定して、予め用意した懸濁液の比重とセメント量(モルタル中の)との関係から、モルタル中のセメント量を求め、他方モルタルを加熱乾燥してモルタル中の水量を求め両者よりw/cを算出するものである。この方法によればw/cは実際のw/cに対して ± 0.015 で推定できると報告されている。

1-6 常山式^{5),6),7)} (詳細は資料の項参照)

この方法は、上記の水野式と同様に比重計を使用する方法であるが、異なる主な点は、比重範囲の異なる3個の比重計を用いたこと、モルタルの比重を計つてから砂の沈降高さを計りその値をセメント量の計算に用いたことである。他方水量はコンクリートを加熱乾燥して求めている。

この方法によれば、セメント量の測定誤差は、平均で2%(-1.1~+5.3%)、または、平均7Kg/m³(-5~+25Kg/m³)で、水量は、-2.8~+0.6%で推定できたと報告されている。

2. 筆者らの方法

前記した各種の方法は、いずれもコンクリートの強度と密接な関係のあるw/cを推定する

ものであり、コンクリートの品質の早期判定方法としては合理的な方法といえる。そこで筆者らも、これらのうち現場に適用するのに容易と思われる比重計を用いる方法を検討し、これを参考にして、単位セメント量の測定を試みた。(水量測定については今後の課題とした)この方法はつぎのとおりである。

2-1 比重計を用いた単位セメント量の測定試験方法

本方法は、モルタル懸濁液の比重から、あらかじめ用意したモルタル懸濁液の比重と単位セメント量との関係図(単位セメント量定量用標準図)を用いて単位セメント量を推定しようとするものである。

(1) モルタル懸濁液の比重測定方法

手順を示すとつぎのとおりである。

- ① 試験しようとするコンクリートから5mmふるいを用いてモルタル約500g採取する。
- ② ①で得たモルタルを300g(表-資11, 図-資6参照)を計量して試料とする。試料の量は1gまで正確に計量する。
- ③ 試料は、1000ccの口なしメスシリンダー(ゴム栓つき)に入れ、更に1000ccの目盛まで水を加える。このときセメント粒子の分散効果を高めるため適量(セメント100gに対するメーカー指定量)の減水剤を加えゴム栓をする。
- ④ メスシリンダーの上下を両手でもち左右に強く振ると同時に上下を逆さにする操作を10回おこない平な面に静置する。
- ⑤ 静置後は、ゴム栓をはずし、比重計(1.000~1.050)を静かに液中に挿入して、メスシリンダー静置してから1分後の比重を読みとる。このとき液面に泡が生じて比重の読みとりが困難なときは、スポイトなどを用いてイソプロピルアルコールを数滴添加するとよい。
- ⑥ 比重測定後は液温を測定する。

(2) 単位セメント量の推定

モルタル懸濁液の比重から単位セメント量を推定するには、予め用意した単位セメント量定量用標準図(後述)を用いる。

(3) 懸濁液の比重測定の際の注意

試験に用いる比重計およびメスシリンダーは標準図作成時から一連の試験終了まで同型同寸法のものを使用する必要がある。この理由として懸濁液の比重は、懸濁液柱の深さ(時間の経過に従って微粒子は沈殿していくため上部分より下方が比重が大である)によつて異なるため太さの相違するメスシリンダー並びに液中に没する部分が異なる比重計を用いたのでは当然結果に相違が生ずるからである。

(4) 単位セメント量定量用標準図の作り方

標準図は、単位セメント量が異なる3種のコンクリートについておこなう。すなわち

実際に用いるコンクリートおよびそれと $30 \sim 40 \text{ Kg/m}^3$ 前後する配合のコンクリートを作り、それぞれのコンクリートから 2.(1)と同様な方法でモルタル懸濁液の比重を測定し、単位セメント量とモルタル懸濁液の比重との関係を図示する。この場合のコンクリートの配合は、単位水量および単位粗骨材を一定として、セメント量の増減に対して細骨材量をその分だけ変化させればよい。標準図の作成例を示すと表-1のとおりである。

2-2 試験結果に影響をおよぼす要因

(1) モルタル懸濁液の比重について

i) 時間経過による懸濁液の比重の変化

懸濁液の比重は、時間の経過とともに液中の浮遊物（セメント、細骨材中の微粒子）が沈澱していくので減少する。したがって比重読みとりの時期を定める必要がある。実験結果の一例を示すと図-1（表-資1参照）のとおりである。この結果から減水剤を用いないと微粒子の沈降速度は、減水剤を用いた場合よりも早い。すなわち、比重読みとり時期のずれが結果におよぼす影響は前者の方が大きいといえる。また、減水剤はセメント粒子の分散効果を高める上からも使用することが望ましい。

比重読みとりの時期は、操作の手順および迅速性を考えると1分程度が適当であると思われるので本方法では1分とした。

ii) 懸濁液の温度

液温が変われば水の比重も変わるので当然モルタル懸濁液の比重も変化する。

その変化の程度は実験の結果、液温が $10 \sim 30^\circ\text{C}$ の間において液温 1°C の変化に対して比重の変化は、 0.00032 であった。したがって、試験時の液温が標準図作成時の液温と相違するときは、液温 $\pm 1^\circ\text{C}$ について比重を ± 0.00032 補正する必要がある。（図-資1参照）

iii) 微粒子の混入量

一定量（ 300g ）のモルタルに含まれる微粒子の量がモルタル懸濁液の比重に影響する程度は、実験の結果図-2に示すとおりであるが、一般に使用される骨材を用いるときは微粒子の変動は僅少と考えられるので、その影響を考慮する必要はないと思う。ただし、砕砂、砕石を用いるコンクリートについて試験する場合は、その洗滌状態をあらかじめ確認し、微粒子の変動を調査しておく方が無難であろう。

(2) 材料の量の変動

本方法の標準図は、水量および粗骨材量が一定という条件で作られているためその条件が異なれば試験結果に影響をおよぼす。この程度を検討した結果はつぎのと

おりである。

i) モルタル中の水量の変動

水量の変動の程度は、モルタル懸濁液の比重からは明確に判断することはできないが、水量が増加すれば一定量のモルタル中のセメント、砂量は減少し結果において比重は小さく測定され、したがってセメント量も少く推定されるから品質判定上安全側にあり不都合はないと考える。(表-資10, 図-資4参照)

ii) モルタル中の細骨材量の変動

コンシステンシーが一定であれば、細骨材量の増加は、水量の増加を必要とし、一定量のモルタル中のセメントは減少するから標準図はそのまま適用できると考える。

iii) 粗骨材量の変動

この方法は、モルタルの品質よりコンクリートの単位セメント量を推定しようとするためモルタル懸濁液の比重が同一であつても粗骨材量に変化があれば当然単位セメント量は異なるはずである。その程度は、粗骨材の計量誤差を±3% (一般の計量器の許容誤差) とするとセメント量 300Kg/m^3 前後、粗骨材量 $1100 \sim 1400\text{Kg/m}^3$ 使用のコンクリートにおいて単位セメント量は約5Kgの変化に相当する。(表-資9参照)

iv) 空気量の変動

空気量の増減もAEコンクリートの場合コンクリートの単位量に影響するので推定した単位セメント量にも影響をおよぼすことになる。その程度は、所定の空気量と±1%の相違に対して単位セメント量は±1%変化したことになる。

(3) 測定誤差

モルタル懸濁液の比重測定のバラツキの程度を知るため同一試料を用いて試験者2人によつてそれぞれ6回繰返した。比重測定は1試料で2度おこなつた。(表-資2参照) その結果は、標準偏差でA者が0.00075, B者が0.00063, 平均が0.0007であつた。これは推定単位セメント量のおよそ7~8Kgに相当する。

2-3 本方法の単位セメント量推定誤差

前述のとおり試験結果に影響をおよぼす因子は数多くあるが、本方法は多少精度が劣るが簡便であることを主眼としているので、測定結果の補正は極力省くようにした。したがつて液温以外の原因が結果に影響する程度は、すべて測定のバラツキとして取扱うことにした。これらがため本方法の標準誤差は 12Kg/m^3 となる。

2-4 現場試験結果（資料の部も参照）

本方法を現場で用いた場合どの程度のばらつきで測定できるだろうか調査した。
その結果は、表-2～7のとおりである。

2-5 本方法実施の際の注意事項

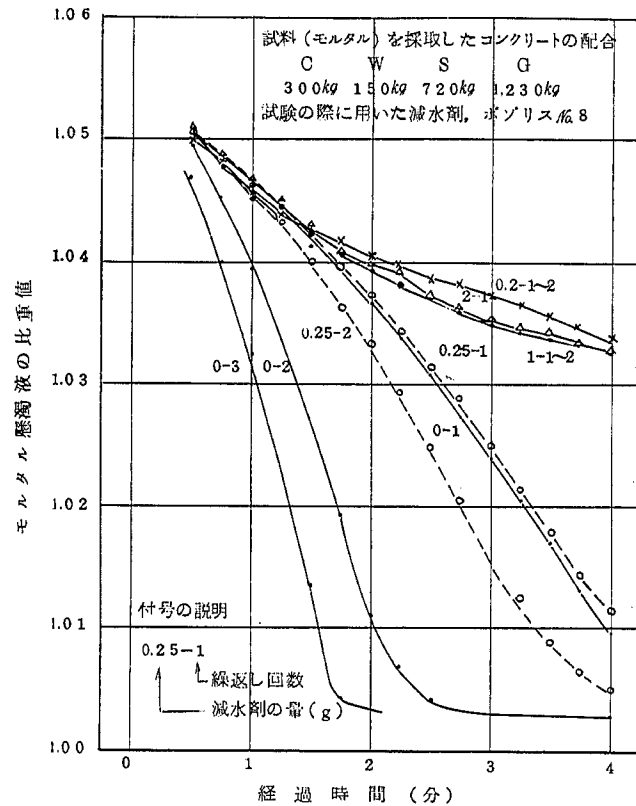
- (1) 本方法によつて単位セメント量が推定できコンクリートの品質の目安が得られたとしても、強度試験を全くおこなわないということには問題がある。それは、構造物における経年変化を調査するときなどに強度は一つの重要な因子となるもので、そのため建設当初の品質を明らかにしておくことは重要なことである。したがつて検査に用いることとは別にコンクリートの品質を明らかにするための強度試験はある程度おこなう必要がある。
- (2) 本方法を品質管理に利用する場合は、比重を管理特性値とすればよい。方法は、建設省土木試験規準（案）品質管理のうち管理図による安定状態の判定方法（KDKS 1001～1968）によつておこなえばよい。

あとがき

本方法は、現場の急務な要請により、工事と共にこなされる品質判定作業を簡易化するための一手段として単位セメント量推定の簡便方法を提案したが、精度についてもなお多くの問題が残されている。今後は更にその精度向上のため努力するとともに水量定量の簡易方法を検討し、より一層利用しやすいものにする必要があると考えている。なお、この試験は上野裕康、荒川直樹が担当して実施したものである。

参考文献

- 1) 穂積：まだ固まらないコンクリートの性質を用いて圧縮強度を推定する方法について：土木技術，S 34.7
- 2) 村田：まだ固まらない軽量コンクリートの水セメント比の試験方法：セメントコンクリート S 42.11
- 3) 神田：コンクリート強度の早期判定に関する研究：土木学会論文集 S. 46. 9
- 4) 水野：まだ固まらないコンクリートの水セメント比の一試験方法：土木学会誌 S. 34.10
- 5) 常山：比重計によるセメントの定量：セメント工業 № 45. S. 35. 7
- 6) 常山：コンクリート中の水定量法：セメント工業 № 46. S. 35. 9
- 7) 常山，小沢：まだ固まらないコンクリート中のモルタル成分の測定：セメントコンクリート № 171 S. 36. 5， № 172 S. 36. 6



注) 減水剤を用いないとセメントの分散がわるく、凝集しやすくなるためか、同一試料でも試験を繰返す毎にセメント粒子の沈降速度は早くなる。

図 - 1

表 - 1 標準図作成例

いまつぎに示すような工事を用いるコンクリートについて、単位セメント量とモルタルけん濁液の比重との関係を求める。

工事名 高架橋上部構造工 (レデミックスコンクリート使用)										
示 才 配 合										
粗骨材の最大寸法 (mm)	スランパの範囲 (cm)	空気量 (%)	水セメント比 (%)	粗骨材の割合 (%)	単位量 (kg/m³)					
水	セメント	粗骨材	粗骨材 G	混和材料						
25	7±2	2~4	40.5	37	158	370	671	1162	—	ポゾリス Ⅷ 8

標準図作成のための試験

標準図作成のための配合 (kg/m³)

% C W S G
35 451 158 621 1162

40.5 370 158 671 1162 (示才配合)

45 351 158 704 1162

記号 1バッチの量は30ℓとした

モルタルけん濁液温度 23℃

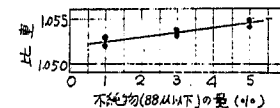
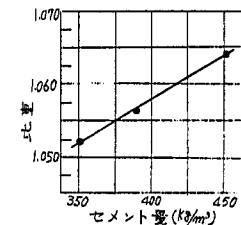


図 - 2

表-2 現場試験結果 その1

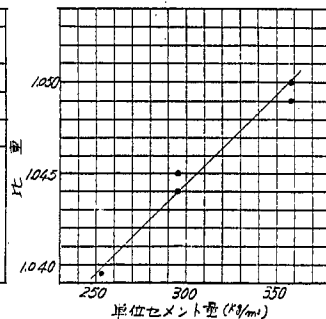
- ① 実施場所、時期 基礎コンクリート S 4.3. 4.17
- ② 施工に用いたコンクリートの配合

g _{max} (mm)	S.1. (mm)	Air (%)	W/C (%)	S/g (%)	単位量 (kg/m ³)				水和材料 水和材料
					W	C	S	G	
25	15	5	58.5	42	174	296	780	1079	- 89

- ③ 相関々係図を作成するための試験

配合表					
W	C	S	G	S.1. Air	比重
174	359	728	1079	11.3 3.3	1.049 1.050
"	296	780	"	15.7 3.3	1.044 1.045
"	254	815	"	10.1 4.3	1.0495

1バッチの量30ℓ
モルタル用液の温度20.5℃



- ④ 試験結果

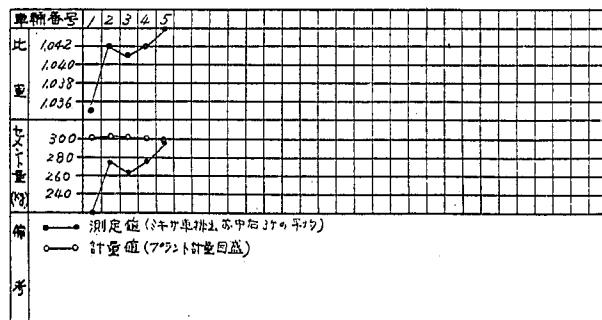


表-3 現場試験結果 その2

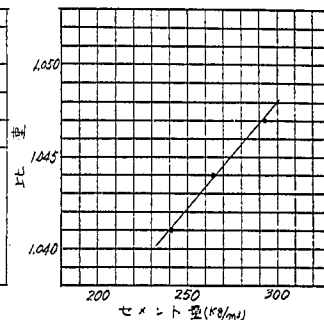
- ① 実施場所、時期 全座床版コンクリート S 4.3. 5.
- ② 施工に用いたコンクリートの配合

g _{max} (mm)	S.1. (mm)	Air (%)	W/C (%)	S/g (%)	単位量 (kg/m ³)				水和材料 水和材料
					W	C	S	G	
40	2.5	-	52	48	138	265	725	1330	- -

- ③ 相関々係図を作成するための試験

配合表					
W	C	S	G	S.1. Air	比重
138	265	765	1330		1.041
"	265	725	"		1.044
"	294	707	"		1.047

1バッチの量30ℓ
モルタル用液の温度21℃



- ④ 試験結果

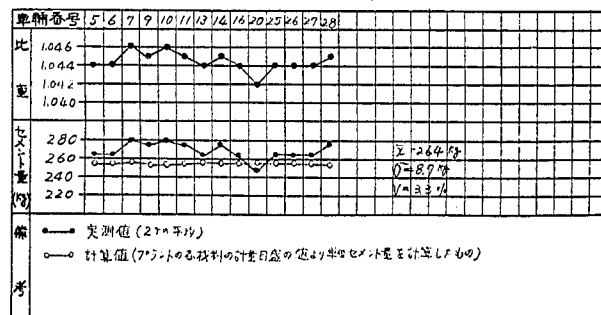


表-4 現場試験結果 その3

① 実施場所、時期 福栄コンクリート

S43.5.17

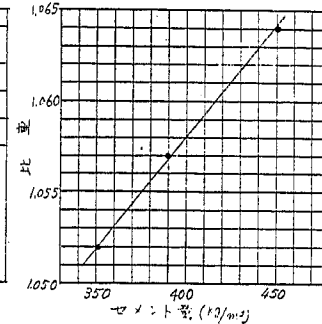
② 施工に用いたコンクリートの配合

G _{max} (mm)	S.1. (%)	Air (%)	W/C	S/A	単位量 (kg/m ³)				選別材料	
					W	C	S	G	選別材料	選別材料
25	8	5	40.5	37	158	370	671	1162		278

③ 相関々係図を作成するための試験

配合表					
W	C	S	G	S.1. Air	比重
158	451	621	1162	2.0 2.2	1.064
"	390	671	"	3.0 2.6	1.057
"	351	704	"	"	1.052

1バッチ量 30ℓ (37℃水温・0.05ml)
セメントの含水率 1%



④ 試験結果

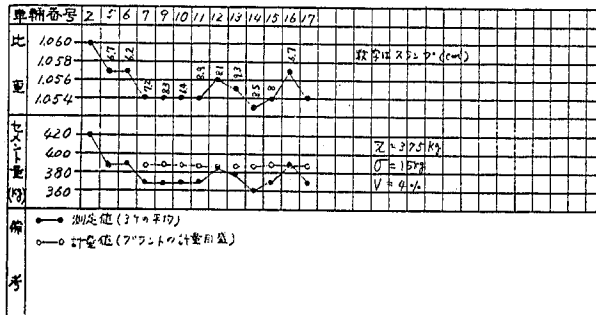


表-5 現場試験結果 その4

① 実施場所、時期 福栄コンクリート

S43.9

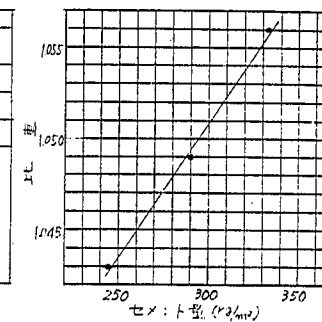
② 施工に用いたコンクリートの配合

G _{max} (mm)	S.1. (%)	Air (%)	W/C	S/A	単位量 (kg/m ³)				選別材料	
					W	C	S	G	選別材料	選別材料
40	2.5	4	41.5	31	120	290	607	1356	—	6.6

③ 相関々係図を作成するための試験

配合表					
W	C	S	G	S.1. Air	比重
120	245	645	1356	2.0 2.2	1.043
"	290	607	"	3.0 2.6	1.049
"	334	570	"	"	1.056

1バッチ量 30ℓ
セメントの含水率 1%



④ 試験結果

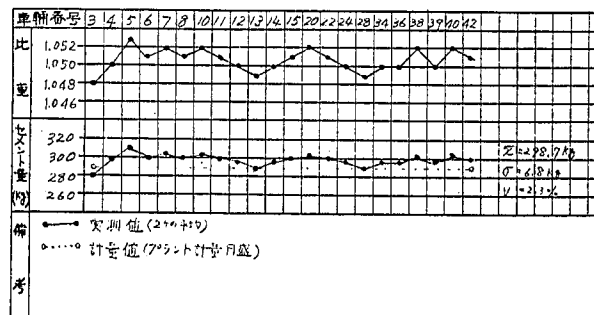


表-6 現場試験結果 その5

① 実施場所、時期 御茶コンクリート 543.9

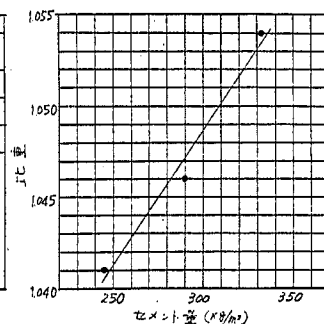
② 施工に用いたコンクリートの配合

G _{max} (mm)	S.1. (mm)	Air (%)	W/C (%)	S/G (%)	単位量 (kg/m ³)				原材種類	
					W	C	S	G	表層部	基層部
25	2.5	5	44	32.5	128	290	620	1329	—	6.6

③ 相関々係図を作成するための試験

配合表					比重
W	C	S	G		
128	245	638	1329		1.041
"	290	620	"		1.046
"	334	583	"		1.054

1バッチ量 30ℓ
モルタルの流り温度 20℃



④ 試験結果

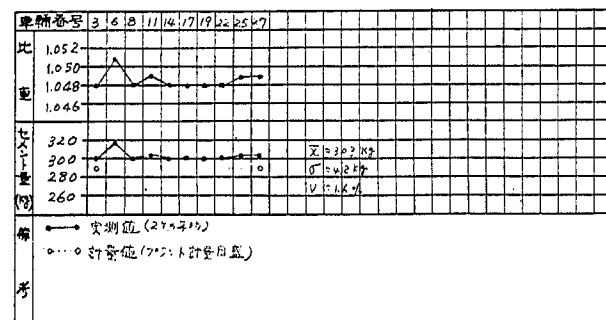


表-7 現場試験結果 その6

① 実施場所、時期 御茶コンクリート 543.9

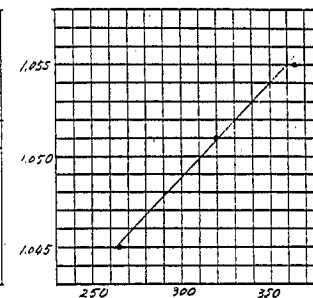
② 施工に用いたコンクリートの配合

G _{max} (mm)	S.1. (mm)	Air (%)	W/C (%)	S/G (%)	単位量 (kg/m ³)				原材種類	
					W	C	S	G	表層部	基層部
25	2.5	5	45.6	34	146	320	674	1318	—	6.63

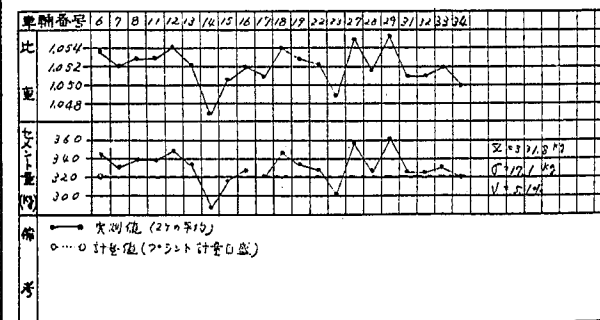
③ 相関々係図を作成するための試験

配合表					比重
W	C	S	G		
146	365	636	1318		1.055
"	320	674	"		1.051
"	266	720	"		1.045

1バッチ量 30ℓ
モルタルの流り温度 20℃



④ 試験結果



資 料

- 1) 表-資1 経過時間と懸濁液の比重の変化
- 2) 表-資2 比重測定の変動
- 3) 表-資3~8 現場測定結果
- 4) 表-資9 粗骨材量の変動が推定セメント量に影響する程度
- 5) 表-資10 スランプ(水量)の変動が推定セメント量に影響する程度
- 6) 表-資11 一定容量で計量したモルタル重量の変動
- 7) 図-資1 モルタル懸濁液の温度と比重との関係
- 8) 図-資2 細骨材率とスランプとの関係
- 9) 図-資3 単位セメント量と比重との関係
- 10) 図-資4 単位水量とスランプとの関係
- 11) 図-資5 細骨材の粗粒率とスランプとの関係
- 12) 図-資6 モルタル量と比重との関係
- 12) 資料Ⅰ まだ固まらないコンクリートの水量推定のための一方法(名古屋技術)
- 13) 資料Ⅱ 水野式
- 14) 資料Ⅲ 常山式

表一資 1 経過時間と懸濁液の比重の変化 (本文図-1)

経過時間(分-秒) 繰返し回数	0			0.25			0.5		1		2
	1	2	3	1	2	3	1	2	1	2	1
30	1.0510	1.0500	1.0470	1.0510	1.0510	1.0510	1.0505	1.0505	1.0515	1.0510	
45	1.0485	1.0455	1.0405	1.0490	1.0490	1.0490	1.0480	1.0480	1.0490	1.0485	1.0480
1-00	1.0470	1.0400	1.0325	1.0470	1.0470	1.0460	1.0455	1.0455	1.0465	1.0470	1.0465
15	1.0450	1.0330	1.0230	1.0455	1.0450	1.0435	1.0440	1.0440	1.0455	1.0440	1.0440
30	1.0420	1.0275	1.0135	1.0435	1.0425	1.0400	1.0420	1.0430	1.0430	1.0425	1.0425
45	1.0400	1.0195	1.0004	1.0420	1.0400	1.0365	1.0410	1.0420	1.0410	1.0410	1.0410
2-00	1.0370	1.0110		1.0400	1.0375	1.0335	1.0400	1.0405	1.0400	1.0400	1.0395
15	1.0340	1.0070		1.0375	1.0345	1.0295	1.0392	1.0400	1.0395	1.0395	1.0385
30	1.0310	1.0040		1.0355	1.0315	1.0250	1.0380	1.0390	1.0375	1.0375	1.0375
45	1.0275			1.0335	1.0290	1.0205	1.0375	1.0385	1.0365	1.0365	1.0365
3-00	1.0255			1.0315	1.0250	1.0160	1.0370	1.0375	1.0355	1.0355	1.0350
15	1.0205			1.0209	1.0215	1.0125	1.0365	1.0365	1.0355	1.0350	1.0345
30	1.0170			1.0206	1.0180	1.0090	1.0355	1.0360	1.0350	1.0345	1.0340
45	1.0130			1.0204	1.0145	1.0065	1.0350	1.0350	1.0345	1.0335	1.0335
4-00	1.0100	1.0030		1.0201	1.0115	1.0050	1.0345	1.0340	1.0335	1.0330	1.0330

備考 コンクリートの配合: C=300 W=150 S=720 G=1230

減水剤: ポゾリス No. 8

繰返し回数: 同一モルタル懸濁液を再攪拌して比重を測定した。

表一資 2 比重測定の変動調査結果

回数	モルタル懸濁液の比重	
	試験者 (A)	試験者 (B)
1	1.0465 1.0475	1.0465 1.0465
2	1.0470 1.0475	1.0470 1.0480
3	1.0480 1.0490	1.0475 1.0475
4	1.0475 1.0470	1.0480 1.0475
5	1.0465 1.0470	1.0480 1.0485
6	1.0465 1.0465	1.0470 1.0470
平均	1.0471	1.0474
偏差	0.00075	0.00063
備考	コンクリートの品質 建築用コンクリート (C=300 kg/m ³) コンクリート温度 24℃ 水温 20℃ モルタル懸濁液温度 21℃	

表一資3 (本文表-2) 基礎コンクリート現場試験結果 (品質管理)

S. 43. 4. 17

回 数		C	砂利	砕石	S ₁	S ₂	W	スラン	空気量	温度 (℃)	比 重 計 の 読 み						
											プ ラ ン ト		現 場				温 度
											1分後	2分後	1分後	2分後			
1	w/c=67.3	1バツチ	529	1520	395	555	860	216	17.5	5.6	21	1.035	1.031	前	1.039	前	19.5
		2バツチ	529	1500	390	560	862	214						中	1.043	中	
		合 計	1058	3020	785	1115	1722	430						後	1.0405	後	
		表面水による補正		(i) 1.2 -36	(i) 0.8 -6	(g) 0.9 -122	(g) 6.7 -115	279						混合	1.0415	混合	
		補正重量		3763		2600		709						混合	1.0385		
		単 位 量	302	1075		743		203									
2	w/c=64.3	1バツチ	531	1515	390	630	890	190	16.6	6.0	22	1.042	1.038	前	1.040	前	20.0
		2バツチ	530	1520	398	600	870	188						中	1.043	中	
		合 計	1061	3035	788	1230	1760	378						後	1.044	後	
		表面水による補正		(i) 1.1 -33	(i) 0.4 -3	(g) 8.8 -108	(g) 9.1 -160	304						混合	1.043	混合	
		補正重量		3787		2722		682						混合	1.375		
		単 位 量	303	1082		778		195									
3	w/c=61.1	1バツチ	531	1512	390	595	864	198	16.0	3.5	22	1.041	1.038				
		2バツチ	530	1513	385	620	862	198									
		合 計	1061	3025	775	1215	1726	396									
		表面水による補正		(i) 1.1 -33	(i) 0.4 -3	(g) 7.3 -89	(g) 7.5 -129	254									
		補正重量		3764		2723		650									
		単 位 量	303	1075		779		185									
4	w/c=62.8	1バツチ	527	1513	388	590	870	206	17.5	3.7	22	1.042	1.037				
		2バツチ	525	1511	382	590	860	204									
		合 計	1052	3024	770	1180	1730	410									
		表面水による補正		(i) 1 -30	(i) 0.6 -5	(g) 8 -94	(g) 7.1 -123	252									
		補正重量		3759		2693		662									
		単 位 量	301	1074		770		189									
5	w/c=62.3	1バツチ	524	1515	380	565	850	198	15.8	3.9	22	1.044	1.039				
		2バツチ	525	1519	385	600	850	199									
		合 計	1049	3034	765	1165	1700	397									
		表面水による補正		(i) 1.2 -36	(i) 0.4 -3	(g) 8.9 -104	(g) 6.7 -114	257									
		補正重量		3760		2647		654									
		単 位 量	300	1074		756		187									

() 鉛直重設定表面水量 (%)

w/c (%)	w/a (%)	C (kg)	W (kg)	S (kg)	G (kg)	AE (cc)	ス ラ ン プ	空 気 量	比 重 計 の 読 み				
									A 者		B 者		温 度
									1分後	2分後	1分後	2分後	
48.5	40.8	359	174	728	1079	108	11.3	3.3	1.050	1.045	1.049	1.046	20.5℃
58.5	42.4	296	174	780	1079	89	15.7	3.3	1.044	1.040	1.045	1.041	20.5℃
68.5	43.5	254	174	815	1079	76	10.1	4.3	—	—	1.0395	1.0355	20.5℃

記事 比重計の読みの個人誤差 0.002 (最大)

打設量 2.20 m³ , ミキサ車台数 62台, 作業時間 5.5時間, 11.3台/時間
(7.30~15.03)

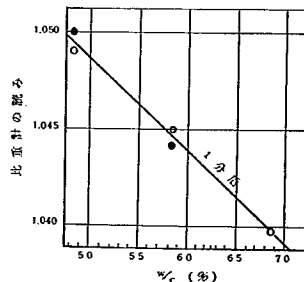


表-資4 (本文表-3) 倉庫床版コンクリート現場試験結果 (品質管理)

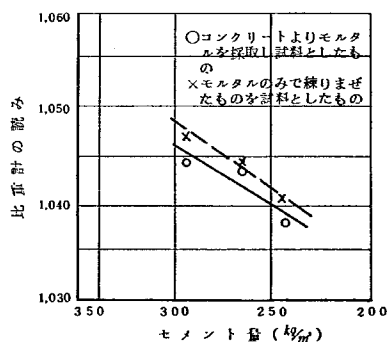
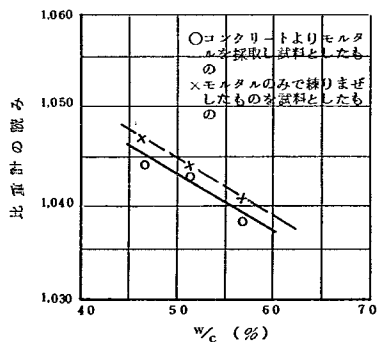
S 4 3 . 5

現 場 試 験

車輛 番号	配 合		単 位 量 (kg/m³)						比重計の読み		高 度 尺					
	セメント	水 量	細 骨 材		粗 骨 材		水セメント 比(%)	1 分	2 分	1038	1040	1042	1044	1046	1048	
			細	粗	5~20mm	20~40mm										
5	268	140	145	580	535	795	52.3	1.044	1.040							
6	267	140	150	580	535	795	52.5	1.044	1.039							
7	268	139	145	575	535	795	52.0	1.046	1.041							
9	266	140	145	575	535	795	52.6	1.045	1.041							
10	266	140	145	585	530	795	52.6	1.046	1.042							
11	266	140	145	585	530	795	52.6	1.045	1.041							
13	266	140	145	580	530	795	52.6	1.044	1.040							
14	266	142	145	580	530	795	53.4	1.045	1.040							
16	267	140	145	585	530	795	52.5	1.044	1.040							
20	267	141	140	580	530	795	52.8	1.042	1.038							
25	266	140	150	580	525	800	52.6	1.044	1.040							
26	266	140	150	580	525	795	52.6	1.044	1.039							
27	266	139	150	580	530	795	52.3	1.044	1.039							
28	266	140	150	580	530	795	52.6	1.045	1.041							
記 事	各材料の量は、セメント、水 1kg、骨材 5kgの単位で丸めた。 試料は、ミキサ車より採取した。比重のよみは、試料3ヶの平均である。															

実 験 室 試 験

配 合			単 位 量 (kg / m ³)				比重計の読み		
コン ク リ ー ト	水セメント比 (%)	セメント	水 量	細 骨 材		粗 骨 材		1 分	2 分
				細	粗	5 ~ 20 ㎖	20 ~ 40 ㎖		
	57.0	242	138	149	596	532	798	1.038	1.034
	52.0	265	138	145	580	798	798	1.043	1.039
47.0	294	138	141	561	798	798	1.044	1.039	
モ ル タル	57.0	上記の配合をモルタルのみで混合し試料とした。						1.041	1.036
	52.0							1.044	1.038
	47.0							1.047	1.042



表一資5 (本文表-4) 首都高速池袋地区現場試験結果 (品質管理)

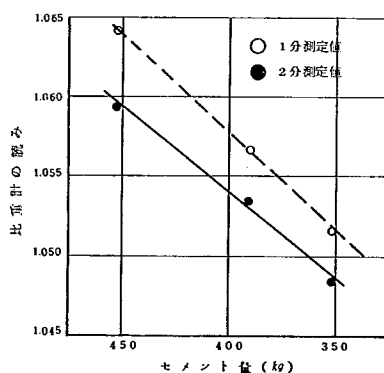
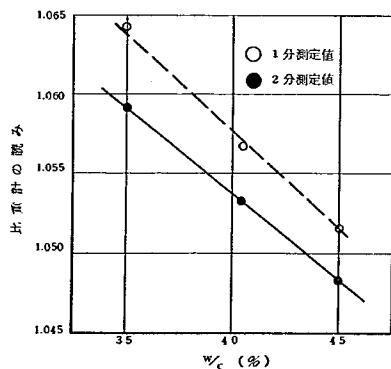
S. 43. 5. 17

現場試験

車 番 号	比重計の読み		配合						セメント量 (kg/m ³)		水 量 (kg/m ³)		水分計に よる水量 (kg/m ³) (推定値)	スランプ (cm)	空気量 (%)	σ28 (kg/cm ²)
	1 分	2 分	1050	1052	1054	1056	1058	1060	計量値	推定値	計量値	推定値				
2	1.060	1.055							38	—	—	—	—	—	—	
5	1.057	1.052							40.5	388	390	157	157	182	6.7	
6	1.057	1.052							40.5	390	390	#	158	—	6.2	3.0
7	1.054	1.049							43	388	370	#	167	185	7.2	475
9	1.054	1.049							43	389	370	#	167	181	8.3	3.5
10	1.054	1.049							43	388	370	#	167	180	6.4	—
11	1.054	1.050							43	388	370	#	167	183	8.9	—
12	1.056	1.051							41.5	388	385	#	161	—	8.1	3.4
13	1.055	1.050							42	388	377	#	163	180	9.3	—
14	1.053	1.049							44	388	360	#	171	182	8.5	—
15	1.054	1.050							43	390	370	#	168	184	8	3.0
16	1.057	1.051							40.5	388	390	#	157	174	6.7	499
17	1.054	1.050							43	388	370	#	167	179	—	—
記 事	推定値は、それぞれ比重計のよみ(1分)を基にして求めた。 スランプおよび空気量は、東協生コンが実施した結果である。 比重計の読みは、試料3ヶの平均値 σ28 は供試体1本の値 8号車のσ ₂₈ = 482 (kg/cm ²)、23号車のσ ₂₈ = 480 (kg/cm ²)															

実験室試験

配 合		単 位 量 (kg/m ³)							比重計の読み	
水セメント比 (%)	セメント 451	水 量	細 骨 材		粗 骨 材	AE	スランプ (cm)	空気量 (%)	1分	2分
			細	粗						
35.0	451	158	124	497	1162	0.90	20	2.2	1.064	1.059
40.5	390	#	134	537	#	0.78	30	2.2	1.057	1.053
45.0	351	#	141	563	#	0.70	—	—	1.052	1.048
記 事	ミキサの容量0.05m ³ 1バッチの練りまぜ量 30ℓ 比重計の読みは試料2ヶの平均値									



表一資6 (本文表-5) 水戸バイパス現場試験結果 (品質管理)

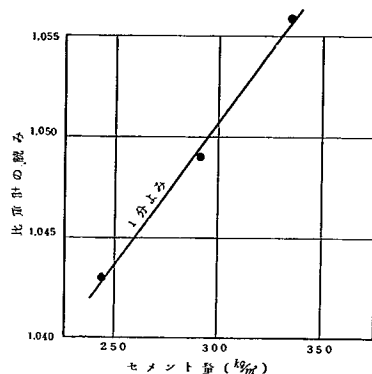
S. 4.3. 9. 18 附

示 方 配 合

粗骨材の 最大寸法 (mm)	スランプ の範囲 (cm)	空気量 の範囲 (%)	水セメント 比w/c (%)	細骨材率 a/a (%)	単 位 量 (kg/m ³)				
					水 w	セメント c	細骨材 s	粗骨材 G	ポリス P
40	2.5	4	41.5	31	120	290	243 364	1356	6.6

実 験 室 試 験

C	W	比重計の読み	
		1分	2分
245	120	1.043	1.038
290	120	1.049	1.044
334	120	1.056	1.049



車 輛 番 号	比 重 計 の 読 み			ス ラ ン プ (cm)	沈 下 度 (秒)	空 気 量 (%)	推 定 セ メ ン ト 量(%)	強 度 (kg/cm ²)								備 考	
	1 分 后 (): 温度(℃)	1.048 89	1.050 90					現 場 採 取					プ ラ ン ト 採 取				
								圧 縮 σ ₂₈	曲 げ σ ₁	σ ₂	引 張 り		圧 縮 σ _{10×20} 促進 (): 温度(℃)	σ ₁	σ ₂		
											φ15×30 40×40	φ25×40					
3	1.048						280										
4	1.050						295										
5	1.053						310										
6	1.051						300						170 (24~42)	87		S A 3.3 3.3	
7	1.052						305										
8	1.051						300										
10	1.052						305										
11	1.051						300										
12	1.050						295						174	93		S A 3.4 3.1	
13	1.049						290										
14	1.050						295										
15	1.051						300										
16	—			20	44	28	—	302									
19	—						—						166 (28.5~44)	83		S A 4.0 3.2	
20	1.052						305										
22	1.051			1.8	38	2.8	300	335									
24	1.050						295										
28	1.049			1.6	106	2.9	290	334					151	83		S A 4.8 3.0	
34	1.050			1.8	39	3.6	295										
36	1.050						295						143 (29~40)	79		S A 4.1 3.0	
38	1.052(23)			1.7	39	2.9	305	312									
39	1.050(23)						295										
40	1.052(24.5)						305										
42	1.051(24.5)			20	52	2.6	300	341									

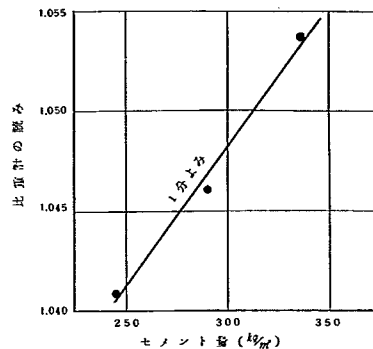
表一資7 (本文表-6) 水戸バイパス現場試験結果 (品質管理)

粗骨材の 最大寸法 (mm)	スランプ の範囲 (cm)	空気量 の範囲 (%)	水セメント 比w/c (%)	細骨材率 s/a (%)	単 位 量 (kg/m³)			
					水 w	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G
25	25	5	44	325	128	290	粗248 粗372	1329
								6.6

実 験 室 試 験

比重計の読み

C	W	1分	2分
245	128	10.41	10.36
290	128	10.46	10.43
334	128	10.54	10.46



車 輛 番 号	比重計のよみ		ス ラ ン プ (cm)	沈 下 度 (秒)	空 気 量 (%)	推 定 セ メ ン ト 量(kg)	強 度 (kg/cm ²)								備 考			
							現 場 採 取					プ ラ ン ト 採 取						
	1分后 ():温度(℃)	10.52 10.50 10.48					圧 縮 σ ₁₁	曲 げ σ ₁	引 張 り σ ₂₂	φ 15×30 40mm 25mm	φ 10×20	プ ラ ン ト 採 取						
												促 進 ():温度(℃)	標 準					
3	10.48						300											
4		2.5 32 2.9 —					299											
6	10.51 (19)						315											
8	10.48 (20)						300											
11	10.49	2.3 52 3.4					305	302					137 (22.5-42)	66		S 4.7	A 3.8	
14	10.48 (22)						300											
17	10.48						300						160 (26.1-43)	78		S 3.0	A 3.6	
16	—	1.4 53 3.2 —					368											
17	—						—											
19	10.48 (22)	1.6 66 2.9					300	370					177	82		S 3.7	A 3.4	
22	10.48 (23)						300											
23	—	2.0 36 3.0 —					375											
25	10.49 (22)						305											
26	—						—						160 (28-42)	84		S 2.5	A 3.4	
27	10.49 (21)	1.3 127 2.8					305	383										

記事 試験結果のうち、スランプ、沈下度、空気量および比重の読みは、現場における結果

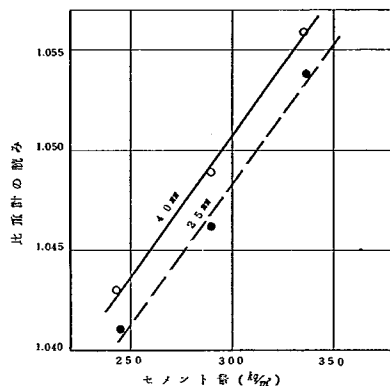
備考欄のSおよびAは、プラントにおけるスランプおよび空気量を表す。

表一資8 水戸バイパス現場試験結果(品質管理)

粗骨材の最大寸法(㎜)	スランプの範囲(㎝)	空気量の範囲(%)	水セメント比w/c(%)	粗骨材率a/a(%)	単位量(kg/m³)				
					水w	セメントe	粗骨材a	粗骨材G	ポズリス
40	25	4	41.5	31	120	290	243 364	1356	6.6
25	25	5	44	32.5	128	290	245 372	1329	6.6

実験室試験

Max.	C	W	1分	2分
40	245	120	1.046	1.037
“	290	120	1.052	1.043
“	334	120	1.058	1.048
25	245	128	1.045	1.038
“	290	128	1.051	1.045
“	334	128	1.056	1.047



粗骨材寸法	車輦番号	比重計の読み				推定モメント値(N・m)	現場採取										プラント採取								備考
		1分后	1.050 1.052 1.054				スランプ(㎝)	空気量(%)	圧強 σ_{11d}	縮度 σ_{1d}	引張り			スランプ(㎝)	空気量(%)	沈下度(㎜)	締固め後の沈下量(㎜)	圧縮		標準					
											$\phi 15 \times 30$		$\phi 10 \times 20$					促進() 温度℃	σ_{1d}		σ_{28d}				
											40mm	25mm													
40	1	1.057 1.057				345	1.0	2.8								28	3.9	85 57	42	129	76	391	(原注)=18℃ コンクリート温度 =C=18		
“	2	1.053 1.053				316	2.0	2.6								32	3.5	53 —	45	154 (36)	79	386	C=18		
“	3	1.056				337	1.7	3.3								33	3.8	144 80	44	148	86	415	C=18		
“	4						1.6	2.9																	
“	5	1.055 1.054				325	2.0	2.7								40	3.6	84 49	30	143	67	357	C=19		
25	1						2.5	3.2																	
“	2	1.050 1.050				313	1.7	3.3								23	3.4	32 48	44	149	71	381	C=19		
“	3	1.050 1.050				313	1.3	3.2								32	3.6	42 —	42	165	82	340	C=20.5		
“	4	1.050 1.048				290	1.4	3.2								30	3.7	41 —	39	181	78	408	C=20.5		
“	5	1.048 1.050				290	1.2	3.0								36	3.3	49 —	47	188	80	360	C=21.0		
40	1						1.8	2.8																	
“	2						“	3.1																	
“	3																								
“	4						2.3	3.1																	
“	5						1.7	3.2																	
“	6						1.9	2.9																	

表-資9 粗骨材量の変動が推定単位セメント量に影響する程度

粗骨材量の変動の程度(%)	±1	±3	±5
推定単位セメント量に影響するおよその値(kg)	1~3	4~5	6~8

註) 使用粗骨材量 $1100 \sim 1400 \text{ kg/m}^3$ でセメント量 300 kg/m^3 前後の場合

表-資10 スランプの変動が推定単位セメント量に影響する程度(計算値)

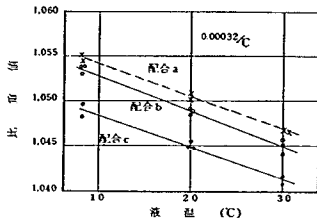
スランプの変化の程度(cm)	±1	±2	±3	±5
スランプの変化に対するおよその水量(kg)	±2~3	±4~5	±6~7	±9~10
推定単位セメント量に影響するおよその量(kg)	±0.8	±1.5	±2	±3

註) 使用水量 $150 \sim 180 \text{ kg/m}^3$ の場合

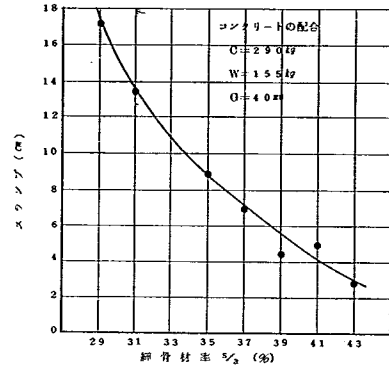
表-資11 一定容量(140cc)で計算したモルタル重量の変動

繰返し回数	I	II
1	327.5	325.5
2	329.9	325.7
3	328.6	326.6
4	328.2	327.2
5	326.8	325.1
6	326.3	327.2
7	327.5	326.5
8	328.7	326.7
9	326.6	325.5
10	326.2	324.8
平均	327.6	326.1
最大-最小(差)	3.7	2.4
σ	1.2	0.85
ν	0.004	0.003

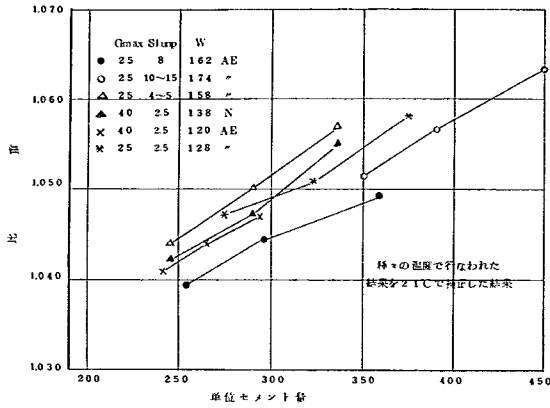
秤を用いなくとも一定容器を用いて試験を行なうことも考えられる。



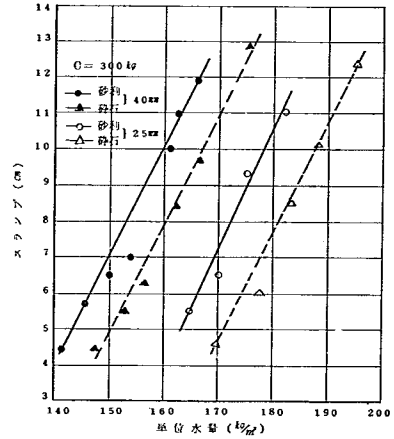
図一資 1 モルタル懸濁液温度と比重との関係



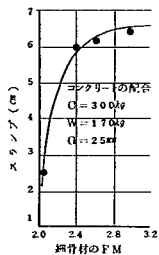
図一資 2 細骨材率とスランプとの関係



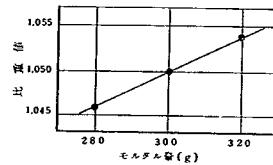
図一資 3 単位セメント量と比重との関係



図一資 4 単位水量とスランプとの関係



図一資 5 細骨材の FM とスランプとの関係



図一資 6 モルタル量と比重値との関係

資料 I

まだ固まらないコンクリートの水量
推定のための一方法について

昭和 43 年度

名古屋技術事務所
材料試験課

1. 目 的

本試験はコンクリート中の水量を推定するため一資料を得るためモルタル中の水量を測定したものである。

2. 試 験

試験はモルタルを乾燥による重量減少分を水量と考えモルタル中の水量を求めた。

3. 使用器具

イ) 秤 村山式無錘天秤 秤量 5 Kg 感量 0.5 g

ロ) モルタル練混ぜ用ハチ及びびサジ

ハ) メスシリンダー

ニ) ガスコンロ

ホ) メチルアルコール

4. 方 法

セメント 274 g 水 131 g 砂 595 g の配合のモルタル 50, 100, 200, 300, 400, 500, g 各々 5 個を計量しガスコンロで加熱乾燥させ、乾燥後の重量減より細骨材の吸水量分補正し水量を求めた。

また、加熱乾燥用としてメチルアルコールを用いた場合についても上記と同様な試験を行なった。

メチルアルコールによる燃焼法

回数	モルタル重量 gr		減量分 (g)	補正值 水量(g)	モルタル中の水量(g)		差 (%)
	乾燥前	乾燥後			計量値	実測値	
1	50	43.6	6.4	1.03	6.55	5.37	18.2
2	"	43.5	6.5	"	"	5.47	16.6
3	"	43.6	6.4	"	"	5.37	18.2
4	"	43.4	6.6	"	"	5.57	15.1
5	"	43.1	6.9	"	"	6.87	-4.9
実測値の標準偏差			0.5749		平均 α	12.64	
実測値の変動係数			1.003		$\alpha/50$	0.253	

1	100	83.5	16.5	2.05	13.1	14.45	-10.3
2	"	86.3	13.7	"	"	11.65	11.0
3	"	86.2	13.8	"	"	11.75	10.3
4	"	86.0	14.0	"	"	11.95	10.3
5	"	86.5	13.5	"	"	11.45	12.6
実測値の標準偏差			1.1118		平均 α	8.78	
実測値の変動係数			9.08		$\alpha/100$	0.0878	

1	200	171.3	28.7	3.63	26.2	25.07	4.3
2	"	172.5	27.5	"	"	23.87	8.8
3	"	173.3	26.7	"	"	23.07	11.9
4	"	170.3	29.7	"	"	26.07	4.9
5	"	171.4	28.6	"	"	24.97	4.6
実測値の標準偏差			1.0383		平均 α	6.9	
実測値の変動係数			4.40		$\alpha/200$	0.0345	

回数	モルタル重量 gr		減量分 (g)	補正值 水量(g)	モルタル中の水量(g)		差 (%)
	乾燥前	乾燥後			計量値	実測値	
1	300	258.0	42.0	5.45	39.3	36.55	7.0
2	"	256.0	44.0	"	"	38.55	19.0
3	"	259.0	41.0	"	"	35.55	9.5
4	"	259.9	40.1	"	"	34.65	11.8
5	"	259.6	40.4	"	"	34.45	12.3
実測値の標準偏差			1.4980		平均 α	11.9	
実測値の変動係数			0.41		$\alpha/300$	0.0397	

1	400	349.2	50.8	7.71	52.4	43.09	17.0
2	"	349.0	51.0	"	"	43.29	17.3
3	"	347.6	52.4	"	"	44.69	14.7
4	"	355.9	44.1	"	"	36.39	30.6
5	"	349.1	50.9	"	"	43.19	17.6
実測値の標準偏差			2.8800		平均 α	19.44	
実測値の変動係数			6.84		$\alpha/400$	0.0486	

1	500	436.8	65.9	6.59	65.5	56.61	13.5
2	"	436.0	64.0	"	"	57.41	12.4
3	"	437.5	62.5	"	"	55.91	14.6
4	"	434.7	65.3	"	"	58.71	10.4
5	"	433.5	66.5	"	"	59.91	8.5
実測値の標準偏差			1.7652		平均 α	11.88	
実測値の変動係数			3.07		$\alpha/500$	0.0238	

回数	モルタル重量 gr		減量分 (g)	補正值 水量(g)	モルタル中の水量(g)		差 (%)
	乾燥前	乾燥後			計量値	実測値	
1	50	42.4	7.6	1.03	6.55	6.57	-0.31
2	"	42.5	7.5	"	"	6.47	1.22
3	"	42.9	7.1	"	"	6.07	7.33
4	"	43.0	7.0	"	"	5.97	8.85
5	"	42.8	7.2	"	"	6.17	5.80
実測値の標準偏差			0.2315			平均 $\bar{a}$	4.58
実測値の変動係数			3.70%			$\bar{a}/50$	0.0916
1	100	84.6	15.4	2.05	13.1	13.35	-1.91
2	"	85.6	14.4	"	"	12.35	5.73
3	"	85.2	14.8	"	"	12.75	2.67
4	"	85.4	14.6	"	"	12.55	4.20
5	"	85.3	14.7	"	"	12.65	3.44
実測値の標準偏差			0.3370			平均 $\bar{a}$	2.83
実測値の変動係数			2.65%			$\bar{a}/100$	0.0283
1	200	170.4	29.6	4.34	26.2	25.26	3.67
2	"	170.4	29.6	"	"	25.26	3.67
3	"	170.6	29.4	"	"	25.06	4.35
4	"	170.6	29.4	"	"	25.06	4.35
5	"	170.3	29.7	"	"	25.36	3.21
実測値の標準偏差			0.1200			平均 $\bar{a}$	3.85
実測値の変動係数			0.48%			$\bar{a}/200$	0.0194

回数	モルタル重量 gr		減量分 (g)	補正值 水量(g)	モルタル中の水量(g)		差 (%)
	乾燥前	乾燥後			計量値	実測値	
1	300	256.0	44.0	6.52	39.3	37.48	4.63
2	"	255.6	44.4	"	"	37.88	3.61
3	"	256.5	44.5	"	"	36.98	5.90
4	"	255.7	44.3	"	"	37.78	3.87
5	"	255.9	44.1	"	"	37.58	4.38
実測値の標準偏差			0.3137			平均 $\bar{a}$	4.48
実測値の変動係数			0.84			$\bar{a}/300$	0.0149
1	400	342.8	57.2	7.71	52.4	49.49	5.55
2	"	343.0	57.0	"	"	49.29	5.93
3	"	340.0	60.0	"	"	52.29	0.21
4	"	341.3	58.7	"	"	50.99	2.69
5	"	344.3	55.7	"	"	47.99	8.42
実測値の標準偏差			1.5510			平均 $\bar{a}$	4.56
実測値の変動係数			3.10			$\bar{a}/400$	0.0114
1	500	430.7	69.3	6.59	65.5	62.71	4.26
2	"	433.0	67.0	"	"	60.41	7.77
3	"	433.2	66.8	"	"	60.21	8.08
4	"	433.0	67.0	"	"	60.41	7.77
5	"	432.2	67.8	"	"	61.21	6.55
実測値の標準偏差			0.9600			平均 $\bar{a}$	6.89
実測値の変動係数			1.57			$\bar{a}/500$	0.0115

資料Ⅱ

まだ固まらないコンクリートの水セメント比の一試験方法

水 野 俊 一

土木学会誌
44巻10号
昭和34年10月

まだ固まらないコンクリートの水セメント比の一試験方法

水 野 俊 一*

要 旨 本文は、現場でつくられるコンクリートの品質を管理する一手段として、まだ固まらないコンクリートの水セメント比を測定する方法を提案したものである。この試験方法の概略は、コンクリートを5mmふるいでふるったモルタルの一部を水でうすめ、比重計を用いてその中のセメント量を測定し、残りのモルタルを加熱して水量を測定し、水セメント比を算出するものである。この方法によると、一般の場合、水セメント比の変化を約1.5%以内の誤差で測定することができ、かつ測定に要する時間が30分以内であることが判明したので、現場における管理試験に用いると有効と思われる。

1. ま え が き

現場でつくられるコンクリートの品質を管理するには、材料の品質、作業工程の管理を行うとともに、練り混ぜられたコンクリートの品質を試験して、はたして所期の品質のものができているかどうかをできるだけ速かに知ることが必要である。硬化したコンクリートの最も重要な性質である強度は、一般に強度試験を行って管理するわけにはゆかない。それは強度試験結果が判明するのに相当の日数を要するからである。

そこで能率的な管理を行うためには、強度以外の品質であつて強度と密接な関係にあり、しかも、それを容易、迅速かつ精度よく試験することができるものを見つけることが必須の条件となる。強度と密接な関係にあるコンクリートの品質としては、まず、水セメント比があげられる。もとより、水セメント比が同じコンクリートでも、骨材の粒度、量、セメントの品質等が変れば強度が変化するが、使用材料に変化がなく、コンシステンシーが現場における普通の変動の範囲内におさまつておれば、コンクリートの強度は水セメント比に大きく支配されることは一般に認められている。そこで、水セメント比を用いて管理を行うことにすれば、現場で常例に行うことのできる水セメント比の試験方法を見つけることが必要となる。

まだ固まらないコンクリートの水セメント比を試験する方法としては、W.M. Dunagan によつて提案され¹⁾、JIS A 1112 に定められている「まだ固まらないコンクリートの洗い分析試験方法」がある。この方法は、試験にかなりの手数と時間を要し、熟練した者が行わないと

誤差が大きくてやすいので、大規模な工事現場を除いては常例的な試験としては不適當で、実際にもあまり行われていないようである。つぎに、洗い分析方法と似た操作を用いるが、セメント量は比重計を用い、細骨材中の微粒子は化学分析で測定する方法が L.J. Murdock 氏により発表されている²⁾。すなわち、コンクリートを0.15mmふるい上で水洗いして通過した液をさらに水でうすめ、比重計でその比重を測定して液中のセメント量を推定するとともに、液中にふくまれている細骨材中の微粒子を化学分析で定量する。そして、水量はコンクリートの重量から骨材およびセメントの測定値をさし引いて算出している。この方法によれば、水セメント比がどの程度の精度で、どのくらいの時間で測定できるか判明しないが、相当な手数を要すると思われる。一方、まだ固まらないコンクリート中のセメント量を試験する方法として、重い液体と遠心分離機を用いてモルタル中のセメント量を測定する方法が W.G. Hime 氏等により発表されている³⁾。その論文によると、セメント量の測定誤差は4~8%程度で、時間は1時間15分要するようである。この方法は、有毒な蒸気を発する薬品を用い、手数も相当かかるようであるから、現場で行うのは容易でないと思われる。また電氣的に水セメント比を測定する器械も発表されているが、その詳細は不明である。

筆者がここで提案したいと思う試験方法⁴⁾は、コンクリートを湿式ふるい分けしたモルタル中のセメント量を比重計により、水量を加熱方法で測定し、水セメント比を求めるものである。筆者は L.J. Murdock 氏の論文に気づかなかつたため、比重計を用いて土の粒度分析を行う試験方法からヒントを得てこの方法を考案し、実験を行つて好結果を得たので一部発表した⁵⁾のであるが、最近において常山氏が Murdock 氏の試験方法を紹介された論文⁶⁾を見て、比重計を用いる方法がすでに発表されていることを知った。しかし、Murdock 氏の方法は筆者の方法とは考え方および試験方法に相当な違いが認められる。すなわち、(1) Murdock 氏は、骨材の大部分を水洗いによつて除いてしまつたセメントと細骨材の一部をふくむ混合液の単位容積重量を求めるのに比重計を用いているが、筆者の方法では、細骨材のほとんどをふくんでいるが、この大部分とセメントの一部を沈殿させた液の比重を比重計で求めているので、比重計の読みの変化から外挿法で時間0のときの読みを推定する必要

* 正員 大阪市立大学助教授 工学部

がなく、また細骨材の影響が小さい。(2) 水量を求めるのに、Murdock 法では、コンクリートの重量から粗細骨材の重量(洗い分析方法で求める)およびセメントと 0.15 mm ふるいを通る細骨材の重量(比重計法と化学分析により求める)をさし引いて求めるが、筆者の方法では加熱蒸発によっているの、Murdock 法のように、骨材およびセメントの量の測定誤差が逆符号の水量の測定誤差となつて、水セメント比に累加的な誤差をおよぼすようなことがない。(3) Murdock 法では 0.15 mm ふるいを通る粒子がすべて比重計の読みに影響するので、化学分析によつて細骨材量を求める必要があるが、筆者の方法では、0.088 mm ふるいにとどまる粒子の影響はほとんどないので、一般に化学分析の必要は、ほとんどない。以上のほかにも違いはあるが、Murdock 法は試験時間と手数が多くかかるようである。結局、筆者の方法では、安価な器具と簡単な操作によつて現場管理には十分な精度で測定することができ、試験に要する時間も短く約 25 分程度であるから、現場の品質管理に効果を有するものと期待している。

本文では、まず実験室内において研究した結果を示す、ついで現場においてこの方法を用いた結果を示し、最後にこの試験方法の詳細を述べることにする。

2. 水セメント比の測定に関する実験

(1) 水セメント量の測定

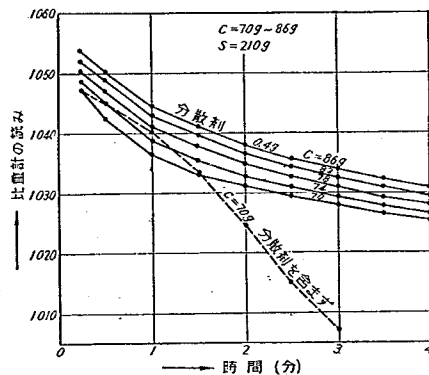
水中にセメント等の微粒子が多くふくまれているほど液の比重が大きいため、モルタルを水でうすめた液中のセメント量を比重計を用いて測定する方法を考案した。

容器は 1000 cc のメス シリンダー、比重計は 0.995～1.050 の範囲の比重が測定でき 0.001 の間隔に目盛がしてあるものを用い、測定は概略つぎのように行つた。まずコンクリートを 5 mm フルイでふるつたモルタルを適当量(モルタルにふくまれるセメント量が 40～80 g になるような量で約 300 g 程度である)メス シリンダーに入れ、1000 cc の目盛まで水を入れてよくかくはんし、比重計を挿入して、かくはん後 1 分および 2 分の読みをとる。つぎに、あらかじめ求めておいた比重計の読み r とセメント量 c との関係を示す図 $r-c$ 曲線からセメント量を推定する。

以上のような方法でセメント量を求める場合、比重計の読みを変化させる原因としては、セメント量のほかにも多くのものが考えられる。そのおもなものは、セメントの性質、細骨材の量、細骨材中の微粒子の量、液温、およびコンクリートの練り置き等である。これらの原因の影響を調べるためにつぎのような実験を行つた。

a) 比重計の読みの時間的な変化 モルタルの希薄液をかくはん後静止させると細骨材およびセメントの粒子

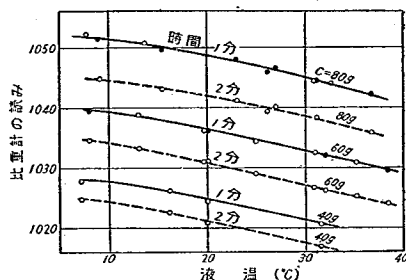
図-1 かくはん後の経過時間と比重計の読みとの関係



の大きなものから順次沈殿してゆく。それで、比重計の読み r は時間とともに小さくなってゆくが、その状態の一例を図-1 に示した。セメントの粒子を分散させるために、液中に分散剤を混入させているが、分散剤が混入していない場合の状態の一例も図中に示してある。この図からセメント量を測定するために読みをとる時間は、測定の精度をよくするためと、測定を迅速に行うために、1 分と 2 分の両者をとることにした。

b) 液温の影響 液の温度が変われば当然比重が変化するので、両者の関係を調べてみた。図-2 に実験結果を示す。これを見ると、液温が 1°C 高いと読み r は、液温が 15°C 以上の場合には、0.00025～0.0003、液温が 15°C 以下の場合には、0.00015～0.00025 小さくなっている。そして、液温が 1°C 変化した場合の比重計の読みの差は、約 0.5 g (0.8%) のセメント量の差に相当するので、液温は必ず測定する必要がある。

図-2 液温と比重計の読みとの関係

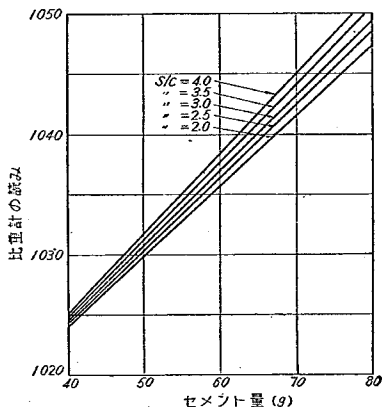


c) 細骨材量の影響 容器中に入っている細骨材の量が変化すれば、セメント量が等しくても比重計の読み r は変化するはずである。このおもな理由は、細骨材の占める容積が大となつて水の容積が小となり単位水量あたりのセメント量が増加すること、比重計の読みに影響を

および細骨材中の微粒子の量が変化すること、および細骨材層の上方の水柱の高さが変化すること、等のためと考えられる。

細骨材とセメントの重量比 s/c （以下では簡単に砂セメント比と記すことにする）を変化させた場合のセメント量 c と比重計の読み r との関係を図-3に示した。これをみると、 s/c が 0.5 変化すれば比重計の読みは約 0.0006 変化し、セメント量では約 1g (1.6%) の変化に相当する。それで、 s/c は必ず知る必要があるが、 s/c の値は幸いなことに、後で述べるように、水量の計算の際に自動的に算出されるので、 s/c による補正は容易に行うことができる。

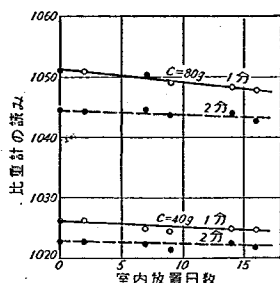
図-3 セメント量と比重計の読みとの関係



d) セメントの性質の影響 セメントの性質が異なれば他の条件が等しくても比重計の読みが変わるので、現場で実際に使用するセメントについて $r-c$ 曲線を求めておくことが必要である。しかし、セメントが異なっても、 s/c が r におよぼす影響には大差がないので、ある s/c について $r-c$ 曲線を求めれば、 $s-c$ が異なつた場合の補正は他のセメントにおける値を用いてさしつかえない。

同じ種類のセメントでも、それが風化すれば比重計の読み r が変化することが考えられる。この影響を調べるため、気温 10~18°C、湿度約 80% の室内にセメントを厚さ約 2cm の層に拡げて放置し、1日に1回混合するようにしてセメントを風化させた。このセメントを用いて放置日数と読み r との関係を求めると図-4のようになった。これをみるとセメントを5日間さらした場合、比重計の読みは約 0.0008 小さくなっていて、これによるセメント量の推定誤差は約 2% となる。それで、この方法では、新鮮なセメントと風化したセメントとが無差別に使用される場合にはセメントの推定誤差が大きくなる欠点があるので、このような現場ではセメント試料を

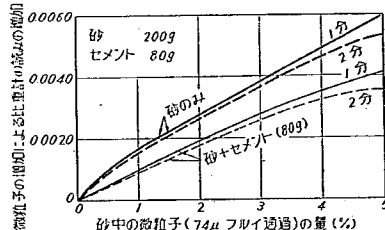
図-4 セメントの風化による比重計の読みの変化



再々として $r-c$ 曲線をチェックする必要がある。ただし、このチェックはある一つの s/c についてのみ行えばよいので簡単である。一方、風化したセメントではセメント量が少なく推定されることは、強度の面からは好都合であるともいえる。

e) 細骨材中の微粒子の影響 細骨材中の微粒子の量が多いと比重計の読みは大きくなる。そこで、現場で使用する細骨材中の微粒子の量が大きく変動するところでは、この影響を除くことが必要となってくる。この補正を簡単に行うため、細骨材と水だけをメス シリンダーに入れて比重計の読み r をとり、基準とした細骨材の場合の読み r_0 との差 $(r-r_0)$ がセメントが入っている場合の差 $(r'-r'_0)$ とどのような関係にあるかを調べてみた。74 μ フルイを通る微粒子の量が変化した場合の比重計の読みの変化を、モルタルの場合と細骨材と水の場合について示したのが図-5である。この結果から、微粒子の変化による読み r の補正はつぎのようにすればよいことがわかる。いま、セメント量を測定するときの比重計の読みを r_c 、採取した細骨材を r_0 の読みをとつたときの細骨材の量 v (メス シリンダーの読み) だけ用い水と混ぜた場合の読みを r_1 、基準とした細骨材を v だけ用いた場合の読みを r_0 (これはあらかじめ細骨材の量と読みとの関係を示す図をつくつておいて、その線から推定する) とすると、比重計の読みの補正值 r は $r=R_c-0.65(r_1-r_0)$ とすればよい。しかし一般の現場では、細骨材の微粒子の変動を補正する必要のない場合が多い

図-5 砂中の微粒子が比重計の読みにおよぼす影響



ようである。

f) コンクリートの練り置きの影響 コンクリートを練り混ぜてから相当時間が経過した場合の比重計の読みの変化を調べるため、練り混ぜ後 30 分および 1 時間におけるコンクリートの水セメント比を測定した。水セメント比 55%, スランプ 7~16 cm のコンクリートについて、室温 13°C で実験した結果では、測定水セメント比はすべて $\pm 0.3\%$ 以内の測定誤差の範囲内に入り、練り置きの影響は見られなかった。高温時に練り置き時間が長い場合にはその影響も考えられるが、一般の管理試験の場合には試料採取の時間(練り混ぜ後の)が大体一定しているので、特に考慮する必要はないものと思われる。

(2) 水量の測定

モルタル中の水量は加熱蒸発させて測定することにした。水分を蒸発させると細骨材中の水分も蒸発するので、これを補正しなければならないが、そのほかに、セメントと化学変化をおこす水分があるのではないかという疑問が生ずる。配合の判明しているモルタルを加熱して水量を測定した結果では、測定に要する時間を約 15 分に限定したとき、セメント量 100 g にたいして水量が約 0.5~1.5 g 小さくでている。これは水量の 1~3% に相当する値である。そこで、この方法で水量を測定して水セメント比を算出すると、乾燥につきやすことのできる時間にもよるが、上記の方法では 0.5~1.5% 程度ずれた値が求められることが多い。しかし管理試験においては、水セメント比の変化が問題となるので、この程度の誤差は許容されるであろう。

(3) モルタルおよびコンクリートの水セメント比の測定

実験室において、配合判明しているモルタルおよびコンクリートの水セメント比を測定した結果の一部を図-6 および図-7 に示した。これを見ると、配合の誤りも見うけられるが、 w/c の測定誤差は大多数のデータが

図-6 モルタルの測定水セメント比と、配合した水セメント比との関係

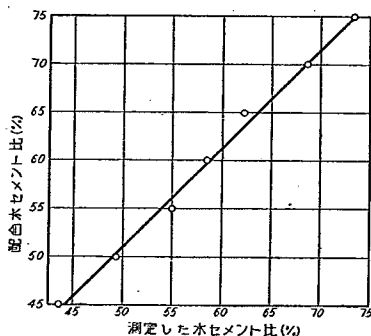
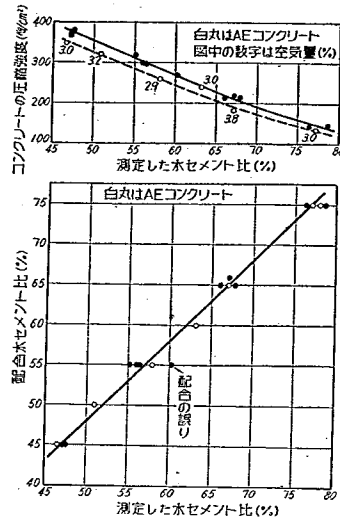


図-7 コンクリートの測定水セメント比と、配合した水セメント比および圧縮強度との関係



$\pm 1.5\%$ 以内にあることがわかる。

3. 現場実験

本試験方法を管理試験に用いることができるかどうかを現場で確かめるために、3カ所の現場で実験を行った。測定水セメント比とコンクリートの圧縮強度との関係を図-8, 9 および 図-10 に示した。図-8 は港湾工事のコンクリートでスランプは 4~15 cm, 図-9 は舗装コンクリートでスランプ 1~3 cm, 図-10 は建築工事のコンクリートでスランプ 12~20 cm のものである。図-10 の舗装コンクリートは強度の変動係数が非常に小さく、3~4% という値であつて、このように変動の小さな範囲内では実際の配合と強度との傾向を見出すのは一般に困難なことであるが、この図では測定水セメント比と強度との間に傾向が見えている。ただセメントの風化がいち

図-8 現場コンクリートの測定水セメント比と、圧縮強度との関係

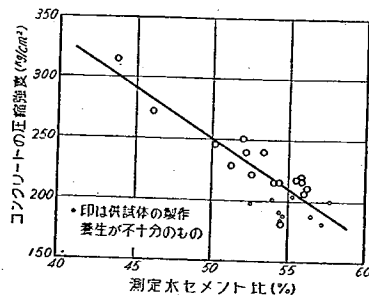


図-9 現場コンクリートの測定水セメント比と、圧縮強度との関係

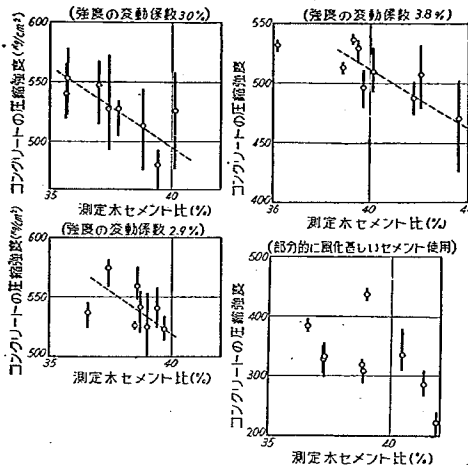
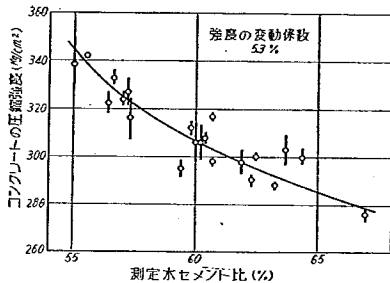


図-10 同上



じるしく、かつ不均等であつた場合には、両者の変動が大きくなつてゐる。一方、この試験に要する時間は大体 25 分程度であつた。

以上の現場実験の結果からも、この試験方法を現場の常例的な管理試験として用いると、コンクリートの品質管理上、効果が大きいと思われる。

4. 試験方法の詳細

以上の実験によつて得られたこの試験方法の詳細を列記するとつぎようになる。

(1) 試験用器具

ハカリ：容量 2 kg あるいはそれ以上で 0.2 g まで計量できるもの

容量 200 g あるいはそれ以上で 0.1 g まで正確に計量できるもの

セメント量測定容器：容量 1000 cc のメス シリンダーの 1000 cc の目盛の上約 2.5 cm のところで切断したもの

比重計：0.995～1.050 の範囲に 0.001 の間隔に目盛がしてあるもの

ビン：フタを有する約 1000 cc の広口ガラス ビン
メス シリンダー：容量 10 cc のもの

温度計：1°C あるいはそれ以下の間隔に目盛がしてある棒状のもの

かくはん棒：直径約 1 cm、長さ約 55 cm の竹製の
もので、先端にくぼみのないもの

フルイ：5 mm フルイ

水量測定容器：約 500 g のモルタルを入れ、サジで混ぜながら乾燥させることのできる程度の大きさを有する鉄あるいは銅製のもの

サジ：頭部の長さ約 4 cm の食事用スプーン類似の鉄、ステンレスあるいは真鍮製のもの、握りの部分は加熱しないように保護する。

ツカミ：加熱した水量測定容器を運搬するもの

断熱板：加熱した水量測定容器の重量をはかる場合にハカリを加熱させないもの

ストップ ウォッチ：普通の型のもの

(2) 予備試験

試験をするまゝに使用するセメントおよび細骨材について、つぎの予備試験をする。

a) 試料 セメントおよび細骨材の試料は現場で使用するセメントおよび細骨材から採取する。

b) 試験方法

① セメントについての試験方法：この試験はセメント量と比重計の読みとの関係を探るために行うものである。

セメントの試料約 150 g を 1000 cc のビンにとり密封し、約 2 分間はげしくふり動かしてよくほぐし、この中から 80 g の試料を正確にヒョウ量する。

セメント量測定容器に細骨材の試料 160 g を入れ、つぎにセメントの試料を入れ軟練りモルタルになる程度に水を入れ、かくはん棒で 3 分間はげしくかきまぜる。

1 分間放置したのち分散剤を 0.5 g (10 倍の希釈液にして用いる、この量はボゾリス No.5 を基準とした) 入れ、つぎに水を 1000 cc の目盛のわずか下まで入れ、かくはん棒で 1 分間かきまぜる。

つぎに、ただちに正しく 1000 cc の目盛まで水を入れ、容器の口に、てのひら等のフタをあてて 30 秒間十分に震とうする。

この震とうの終りの時刻を計時し、容器を台の上に置き、羽毛、息等によつて液の表面のあわが比重計に附着しないようにして 30 秒のとき比重計を入れ、1 分および 2 分の比重計の読みをとる。

比重計を取り出し、ただちに液の温度をはかる。比重計の表面は布でよくぬぐい水中に浮かせておく。

再び容器の口にフタをして 30 秒間震とうし、同様な

表-1 水セメント比の計算

セメント量測定					水 量 測 定						
容 器		A		g	容 器		E		g		
容器+モルタル		B		g	容器+モルタル		F		g		
モ ル タ ル		C=B-A		g	(同上)乾燥後		G		g		
時 間		比 重 計 の 読 み			モ ル タ ル		H=F-E		g		
1 分					蒸 発 水 量		I=F-G		g		
2					モルタル中の						
液 温		°C		°C							
細骨材の容積		cc									
1°C 高ければ 0.0002 加えよ											
仮定した砂セメント比											
セメントの重量 D		第1近似値 ^{a)}		第2近似値 ^{b)}							
		g		g		セメント I=D×(H/C)				g	
		g		g		水 K 推定				g	
モルタル 100 g 中のセメント量		200 g		200 g		セメント+水 J+K				g	
		g		g		細 骨 材 L=H-J-K				g	
モルタル 100 g 中のセメント量		100×D/C		g		砂セメント比 L/J				g	
						細骨材の吸水量 M=P/(1+ρ)				%	
a) 仮定した砂セメント比を用いて求める b) 算出された砂セメント比 L/J を用いる		100×D/C		g		同 上 N=LM/100				g	
						水 量 O=1-N				g	
		100×O/H		g		モルタル 100 g 中の水量				100×O/H	g
						モルタル 100 g 中の細骨材量				100×L/H	g
水 セ メ ン ト 比					%						

方法で1分および2分の比重計の読みをとる。

この2回の読みの平均値を求め、測定値とする。

つぎに、セメント量および細骨材量をそれぞれ 40 g および 80 g にして、上記と同様な方法を用いて1分および2分の比重計の読みを求める。

つぎに、砂セメント比（細骨材とセメントの重量比）を3および4として、セメント量が 80 g および 40 g の場合の測定を上記のようにして行う。

② 細骨材についての試験方法：

③ 細骨材の吸水量の試験方法 この試験は細骨材の吸水量^{*}を求めるために行うものである。

表面乾燥飽和状態の細骨材 500 g をとり試料とする。あらかじめ加熱して水分を蒸発させてから重量をはかつてある水量測定容器に 500 g の試料を入れる。

容器を強く加熱して細骨材をサジでまぜながら水分を蒸発させ、細骨材の表面が乾燥してから熱を少し弱めてさらに5分間加熱する。

容器ごと重量をはかる。

④ 細骨材中の微粒子の影響の試験方法 この試験は細骨材中の微粒子が比重計の読みにおよぼす影響を調べるために行うものである。

細骨材 80 g をセメント量測定容器に入れ、分散剤と水を入れて細骨材の上面のメス シリンダーの読みをとる。また、③と同じ方法で比重計の読みをとる。つぎに、細骨材量が 160 g および 250 g のときの細骨材の上面および比重計の読みをとる。

* ここでいう吸水量は JIS A 1109 に示されている吸水量とは異なり、熱板で加熱して求めた吸水量である。

c) 結果のまとめ

① セメントについての試験：各測定値を求めたときの液温に差があれば測定値を補正しなければならない。このとき、基準とする温度よりも液温が 1°C 高ければ、液温が 15°C 以下のときは 0.0002、液温が 15°C 以上のときは 0.00025 だけ測定値を増せばよい。

砂セメント比が 2、3 および 4 の各場合についてセメント量と比重計の読みとの関係を方眼紙上で表わす^{**}。ただしこの場合、両者は直線関係にあるとする。

② 細骨材についての試験：

③ 細骨材の吸水量試験 試験の結果はつぎの式で計算する。

$$\text{吸水量 (重量百分率)} \rho = \frac{B-A}{A} \times 100 (\%)$$

ここに A：乾燥後の試料の重量

B：表面乾燥飽和状態の試料の重量

④ 細骨材中の微粒子の影響の試験 細骨材の上面の読みを横軸にとり、比重計の読みを縦軸にとつて、両者の関係を直線で表わす。

(3) 試 料

コンクリート試料の重量は 2 kg 以上とする。コンクリートの試料は 5 mm フルイを用いて粗骨材とモルタルにふるい分ける。

(4) 試験方法

a) セメント量の試験 重量をはかつてある容器にモルタル中のセメント量が約 60~70 g になるだけのモル

** 砂セメント比が 2.5 および 3.5 の場合の関係を適当に内挿して求めておけば、この図を使用するのに便利である。

タルの試料を入れ重量をはかる。

分散剤を 0.5 g 入れ、つぎに水を 1000 cc の目盛のわずか下まで入れ、かくはん棒で 1 分かきまぜる。

つぎに、(2) b) ① で述べたと同じ方法で 1 分および 2 分後の比重計の読みを 2 回ずつとり、その平均値をもつて測定値とする。このとき細骨材の上面の読みもとる。

b) 水量の試験 加熱して水分を蒸発させてから重量をはかつた水量測定容器にモルタル試料を約 400 g 入れ、ただちに重量をはかる。容器を強く加熱し、モルタルをサジでまぜながら水分を蒸発させる。このときセメントおよび細骨の塊が残らないようにサジでまぜなければならない。

細骨材の表面が乾燥してからのち約 8~10 分加熱し、容器ごと重量をはかる。

(5) 結果の計算

水セメント比は表-1 に示す方法で求める。

5. む す び

本研究によつて、現場コンクリートの品質を管理する際に行う試験の一つとして、比重計を用いてコンクリートの水セメント比を測定する試験方法を用いると有効であることが判明した。現場でつくられるコンクリートの品質向上にこの方法が役に立てば幸いである。

この研究は東大教授 丸安隆和博士の御指導のもとに行つたもので、実験に際しては東大教授 国分正胤博士をはじめ多くの方々の御指導と御協力を賜つた。これらの各位に厚く感謝の意を表する次第である。

参 考 文 献

- 1) Dunagan, W.M.: "A study of the analysis of fresh concrete." Proc. A.S.T.M. vol. 31. 1931
- 2) 常山源太郎: "まだ固まらないコンクリートの分析" セメント コンクリート, No. 149. July 1959 中に紹介されている Murdock, L.J. cement line manufacture. vol. 21. No. 5 1948. の論文
- 3) Hime, W.G. and R.A. Willis: "A method for the determination of the cement of plastic concrete." Bull. A.S.T.M. No. 209. Oct. 1955.
- 4) 水野俊一: "コンクリートの品質を管理する方法について" 土木学会第 13 回年次講演会講演概要, 昭和 33 年 5 月

比重計によるセメントの定量

——コンクリートの簡易な品質管理法のために——

鉄道技術研究所 構造物研究室

主任研究員 常 山 源 太 郎

セメント工業

No. 45

昭和35年7月

比重計によるセメントの定量

—コンクリートの簡易な品質管理法のために—

鉄道技術研究所 構造物研究室

主任研究員 常山源太郎

1 従来の方法 コンクリートの品質管理のために従来標準供試体の7日とか28日の強さを試験しているが当然日数を要します。他の方法として新鮮なコンクリートを(又はそれから分離したモルタルを)分析して短時間で配合比を求めることも行われます。文献によると次のような方法です。

(1) 物理的方法

(a) 水中秤量法 (又は浮力法)

(b) 重液と遠心分離器とを用いる方法

(c) 比重計法 セメントけんだく液又はモルタルけんだく液の比重からセメント量を算出する

(2) 化学的方法

(a) 過マンガン酸カリ吸着法 セメントはこの薬品を吸着し砂は吸着しないという性質の差を利用する

(b) モルタルにつき塩酸可溶物、強熱減量又は石灰量を定量する方法

(3) 電気的方法 セメントから生ずる水酸イオンに基づく電気伝導度を測定しセメント量を求める

(4) 特殊な測定器を用いる方法 例えば Water-Cement-Ratio-meter, これをミックスの中のコングリート中に浸し、水セメント比を求める

(以上の方法について私はセメントコンクリート誌のNo. 149 と 150 に紹介文を書き又多少の批判を加えました。前出(2)の化学的方法はコンクリート現場に化学者が居ないと採用できません。日本では物理的方法の方が現場向きです。水中秤量法はコンクリート、それから分離した砂、砂利を順次に水中で秤量し、15分間で配合比を見出すという着想として最も優秀なものです。この方法は1930年に報告されて、すでに30年を経過していますがまだ一般化されていません。Himeによるとこの方法には次のような欠陥があるためです。

(1) 材料の比重を正確に測ることがむずかしい。(2)フルイによってコンクリートからセメントだけを分離することが完全には行われない。Hime は以上のことを指摘して自分の“重液と遠心分離器”を用いる方法を提唱したのです。

この方法は75分間を要してセメント量を求めます。水、砂、砂利の定量については述べていません。一番簡単なのは比重計法でしょう。Murdockの方法はモルタルからセメントを分離し、セメントのけんだく液(セメント濃度は25g/l)の比重を測ります。この方法の欠点はMurdock自身も認めています(1)セメントの少量が砂中に残ることと(2)砂の微細分がセメント中に移行することです。これに対し水野俊一氏はモルタルけんだく液(セメントの濃度は40~80g/l)の比重を測り、上記の欠点をのぞきました。私も水野氏の方法にない、モルタル法によってコンクリート中のセメント量を定量する方法の研究をしました。私の方法で水野氏とちがう点は(1)比重測定の際の鋭敏さを大きくするため、比重範囲の異なる3個の比重計を用いたことと(2)モルタル比重を測ってから砂の沈降高さを測り、その値をセメント量計算に用いたことです。

2 比重計とガラスシリンダー Murdock はセメントけんだく液に対し、比重範囲 1.00~1.03 (最小目盛 0.0002)の比重計を、水野氏はモルタルけんだく液に対し、比重範囲 0.995~1.050 (最小目盛 0.001)の比重計を用いましたが、私は比重範囲の異なる3個の比重計 (1.01~1.03, 1.02~1.04 および 1.03~1.05, 最小目盛 0.002)を用いました。中央計量検定所の合格品で、さらに塩酸液を用い、20°Cにおける相対誤差を測定しておきました。図-1にその1つを示します。図-1のaの面は上下の方向に関し、できるだけ直線に近いこと、又角aはできるだけ小さい方がよい。aの面がbのようになっているとけんだく粒子がその上にたまり、それが自然落下するとき急激な比重の変化がおこります。

けんだく液容器として用いるガラスシリンダーを図-2に示します。図中毛細管はゴム栓を押してむとき、およびシリンダーを振とうするとき、圧力の高まりを和らげるのに役立ちます。振とうは上下に10回程度倒することによって行われます。

3 標準曲線の作り方 比重計法では予め比重とセメント量との関係を示す標準曲線を作っておかねばなりま

図-1 比重計(1例)

220mm—1 : 2 モルタルの標
準曲線のために予定された比
重計の沈入深さ

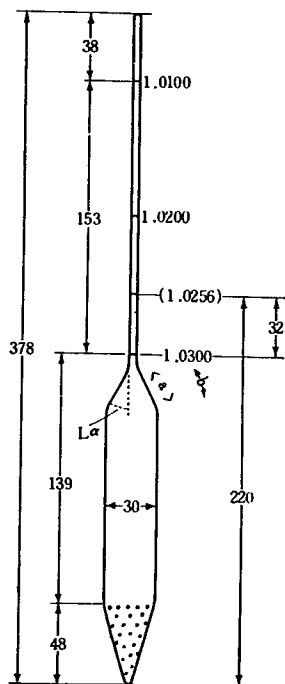
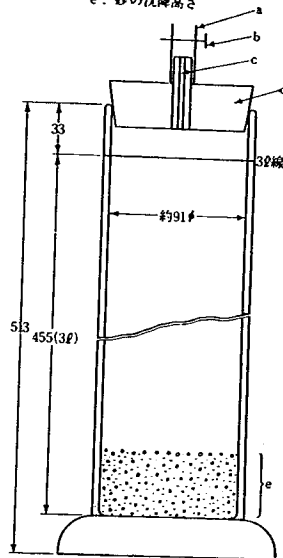


図-2 ガラスシリンダー

- a: ゴム管
- b: ピンチコック
- c: 毛細管ガラス
- d: ゴム栓
- e: 砂の沈降高さ



せん。作るには一定温度の水を多量に用います。振とう後のけんだく液に比重計を入れ、比重の時間的変化をしらべると、図-3 のようになります。図-3 は振とう終了後 1~4 分までの比重を15秒ごとに測定したもの。4分後の測定を行ったのち、ふたたびけんだく液を振とうし（図中第2回振とう後を記す）、同様の測定を行い、さらに第3回の振とう後の測定を行ったものです。（上下に10回てん倒することを以て1回分の振とうとしました。）図-3 の図形は Murdock の示した純セメントの場合（図-4）と大分ちがいます。彼は同一試料の比重を4回測定し、時間0（すなわち振とう終了時）における比重を外挿法によって推定しました。私の場合の図形は直線的ですから、時間0の比重を求める必要がありません。そこで私は振とう後1分の比重を3回測定し、その平均値をもってモルタルけん

だく液の比重を表わしました。

けんだく物質が沈降しつつあるけんだく液に比重範囲の異なる2本の比重計を入れると、異なる比重を示します。その理由は、比重計が沈入する深さが異なり、けんだく液の内部では深さとともにけんだく物質の濃度が異なるからです。私の方法ではセメント量の差によって3個の比重計を使いわけますから、その場合にはなるべく比重計の一定の沈入深さ（液面から比重計の底部までの距離）において比重を測定する方が得られた比重値を比較するためには合理的です。私は比重計の沈入深さ 220mm を予定し（そうすると比重値が予定されます）、1 : 2 モルタルにつき、その予定された比重を示すようなセメント量を実験によって求めました。次にそのセメント量をふくむ 1 : 1 および 1 : 3 モルタルを求めました。（シリンダー中には毎回分

図-3 モルタルけんだく液の

比重の時間的变化

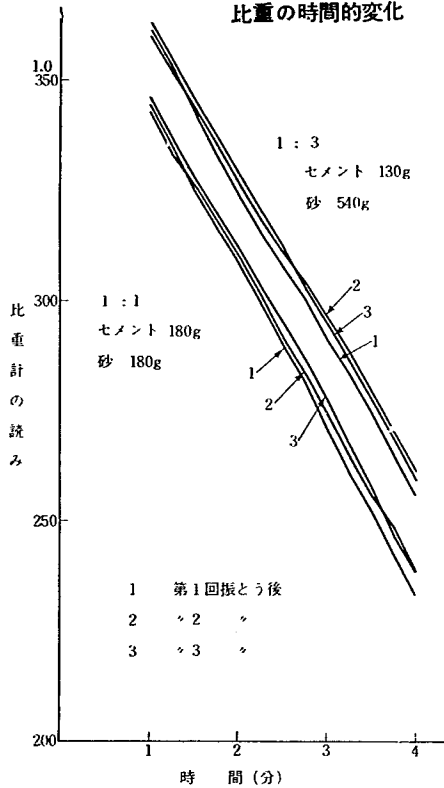


図-4

セメントけんだく液の

比重の時間的变化

(Murdockによる)

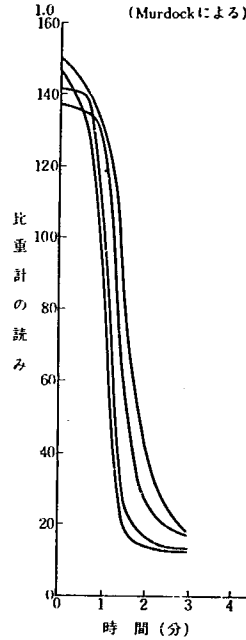


表-1 モルタルけんだく液の比重 (20°C)

記号		モルタル			比重* (平均値)	*比重平均値-各測定値、 の平均 (×0.0001)	左の差の 最大値 (×0.0001)	けんだく液の温度 (平均値) °C	比重計の 沈入深さ mm	用いた *比重計 No	砂の沈降高さ mm
		セメント g	砂 g	比							
1	イロハ	128	128	1:1	1.0245	2.1	+5, -5	20.3	224+7	1	10, 11, 10=10 22, 22, 23=22 35, 35, 35=35
		128	256	1:2	1.0252	1.8	+3, -3	20.0	224	1	
		128	384	1:3	1.0255	1.4	+3, -2	20.1	224-2	1	
2	イロハ	180	180	1:1	1.0354	2.1	+3, -3	19.9	221+8	2	14, 15, 15=15 32, 32, 32=32 51, 51, 51=51
		180	360	1:2	1.0364	1.4	+2, -3	20.0	221	2	
		180	540	1:3	1.0372	1.9	+3, -4	20.2	221-7	2	
3	イロハ	221	221	1:1	1.0449	1.3	+2, -3	19.9	221+9	3	21, 20, 20=20 40, 41, 41=41 63, 62, 63=63
		221	442	1:2	1.0461	2.2	+4, -4	20.1	221	3	
		221	663	1:3	1.0474	1.3	+3, -3	20.2	221-10	3	

* 各比重値は1試料につき3回, 3試料につき計9回測定した平均値

** 比重計 No. 1 (1.01~1.03), No. 2 (1.02~1.04), No. 3 (1.03~1.05)

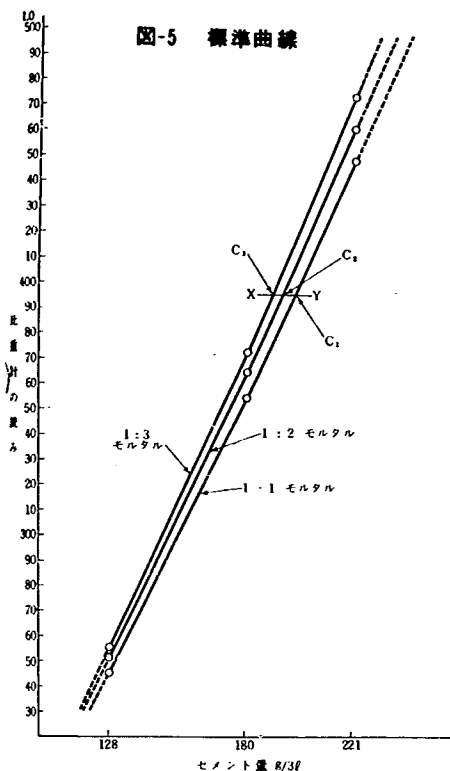


図-5 標準曲線

数利溶液液を加える。)その結果を表-1に示します。

表-1の比重(平均値)をセメント量と対応させると、図-5のようになります。図-5の3曲線は厳密な直線を示していません。曲線の示す配合比以外の場合、例えば1:2.5又は1:1.5の曲線はそれぞれ1:3と1:2との間又は1:2と1:1との間に描かれるでしょう。

いまあるモルタルの比重(20°C)を測定し、その値が1.0396であったと仮定しますと、その場合のセメント量は図中の直線XY上にあります。直線XYと1:3、1:2、1:1の各線との交点をそれぞれC₃、C₂、C₁とすると、これらの点におけるセメント量と砂量とは次の通りとなります。

	C ₃	C ₂	C ₁	C ₃ ~C ₁
セメント量	189.4	193.0	197.6	8.2
砂量	568.2	386.0	197.6	370.6

従って何かの方法でけんだく液中の砂量が見出されるなら

セメント量が決まります。砂量がかかりに528gであったとしますと、その量はC₃とC₂との間にあり、かつC₃に近く、その場合のセメント量は8.2(C₃~C₁)を砂量で按分することによって求められます。式で示しますと

$$\text{セメント量(g)} = 189.4 + 8.2 \times \frac{568.2 - 528}{370.6} = 190.3 \approx 190$$

セメント:砂=1:2.77

(実際にはC₃、C₂、C₁のうち2つを用いればよく、例えば上の計算ではC₃とC₂、従ってC₃~C₂)。私は比重測定直後に測定した砂の沈降高さ(表-1およびあとで述べる項目5)から砂量を推定しました。結局私たちはこのようにして図-5を新鮮コンクリート中のセメント量決定のための標準曲線とすることができました。(この標準曲線を作るための実験に8時間位かかります。水野氏の場合より時間を要することは私の方法の欠点です。)

4 セメント1g又は砂1g増加の影響 表-1の各比重値間で引き算をするとセメント1g増加の比重への影響が求められます(表-2)。表-2によると、セメント1g(ただしモルタルとして)の影響は2.1~2.5(×0.0001)≒比重計1目盛です。(図-5の原因でも比重が約2(×0.0001)ちがうと、セメント量として1gちがってきます。)それでは1gまで信頼できるかというところできません。それは比重測定の最大誤差(表-1)は±5(×0.0001)だからです。結局この比重計法のセメント量に対する確かな感度は5/2.1~2.5=2.4~2.0≒2gとなります。すなわちこの比重計法では最大2gのセメント量誤差が予見されます。[実際にコンクリート中のセメント量を定量した結果(表-12)によると誤差はもっと大きく、-2~+9g(平均3g)でした。]

表-1から同様に砂1gの比重への影響を求めることができます(表-3)。比重測定の最大誤差(表-1)を5(×0.0001)とすると、この試験法の砂量に対する確かな感度は5/0.044~0.059=114~85gとなります。

5 砂の沈降高さ セメント+砂のけんだく液を振とうし静置すると、先ず砂の粗い粒子が沈降します。その高さを測って砂の沈降高さとししました。実際には「砂の粗い粒子+セメントの粗い粒子」の沈降高さです。標準曲線作成の際観察された砂の沈降高さ(3試料、計3測定)を表-1に示しましたが、±1mm以下の差で一致します。高さ1mmは実際に使用した砂の10.5~12.8gに相当します。前述項目4のように砂の感度は114~85gですから、10.5~12.8gの砂量はセメント量決定には無影響です。表-1の沈降高さを図示すると、図-6となります。いまかりに砂の沈降高さが30mmであったとすると、砂量3種が得られます。すなわち325g(セメント221g)、334g(セメント128g)、340g(セメント180g)で、どれを採

表-2 セメント 1g の増加の比重に及ぼす影響

求め方 表-1より	セメント量 の差 g	砂量の差 g	比重の差 ($\times 0.0001$)	セメント 1g の影響 ($\times 0.0001$)
$^{\circ}2-I^{\circ} - ^{\circ}1-I^{\circ}$	52	52	109	$109/52=2.1$
$^{\circ}3-I^{\circ} - ^{\circ}2-I^{\circ}$	41	41	95	$95/41=2.3$
$^{\circ}2-II^{\circ} - ^{\circ}1-II^{\circ}$	52	104	112	$112/52=2.2$
$^{\circ}3-II^{\circ} - ^{\circ}2-II^{\circ}$	41	82	97	$97/41=2.4$
$^{\circ}2-III^{\circ} - ^{\circ}1-III^{\circ}$	52	156	117	$117/52=2.3$
$^{\circ}3-III^{\circ} - ^{\circ}2-III^{\circ}$	41	123	102	$102/41=2.5$

表-3 砂 1g の増加の比重に及ぼす影響

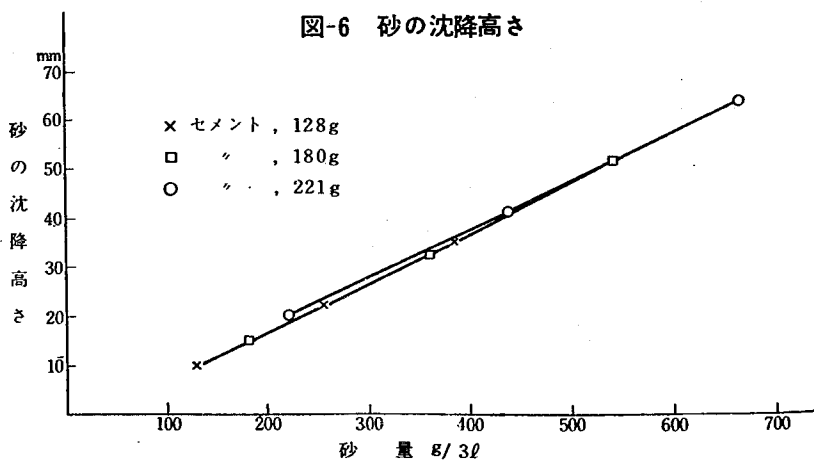
求め方 表-1より	砂量の差 g	比重の差 ($\times 0.0001$)	砂 1g の影響 ($\times 0.0001$)
$^{\circ}1-I^{\circ} - ^{\circ}1-II^{\circ}$	128	7	$7/128=0.055$
$^{\circ}1-III^{\circ} - ^{\circ}1-II^{\circ}$	128	3	$3/128=0.023$
$^{\circ}2-I^{\circ} - ^{\circ}2-II^{\circ}$	180	10	$10/180=0.056$
$^{\circ}2-III^{\circ} - ^{\circ}2-II^{\circ}$	180	8	$8/180=0.044$
$^{\circ}3-I^{\circ} - ^{\circ}3-II^{\circ}$	221	12	$12/221=0.054$
$^{\circ}3-III^{\circ} - ^{\circ}3-II^{\circ}$	221	13	$13/221=0.054$

用するかは、モルタルけんだく液の比重から予想されるセメント量によって決めます。(例えば比重 1.0395 はセメント量として図-5 の XY 線上の $C_3 \sim C_4$ 、すなわち 189~198 g を予想させます。)

なお砂の沈降高さはけんだく液の温度が変わっても (5, 15, 30°C の場合を実験しました) ほとんど変化なく、又細砂 (後述項目 6-②) に用いられた砂) を 10%, 20% まげた場合でもほとんど変化はありません。手ねりコンクリートのセメント定量 (表-12) の際の観察によると砂の使用量と沈降高さから推定した砂量との差は -10~+17g (平均 6g) でした。

砂の沈降高さの測定法——シリンドー中のけんだく液の比重を 3 回測定したのち、ふたたびシリンドーを振とうし、台上に静かにおく。約 30 秒後シリンドーを両手に持ち、台上より放し、沈降した砂の

図-6 砂の沈降高さ



面を平らにするため、5~6回振動を与え(たてのシヤックを与えない)、砂の高さを2箇所に付き測り、その平均をとります。

6 比重に及ぼす影響 けんだく液の温度、砂中の微細分の量およびセメントの細かさのけんだく液の比重への影響を以下に述べます。(実験には標準曲線を作るときに使用したセメントを使いつくしたので別のポルトランドセメントを用いました)

(1) 温度 コンクリート現場では必ずしも20°Cの水を多量に入手できませんから、温度の影響を予め知っておく必要があります。そこで5, 15, 30°Cでけんだく液の比重を測り、温度1.0°Cによる比重の変化量を計算しました(表-4)。15°Cをえらんだのは比重計はこの温度で刻度されているからです。表-4によると、温度1.0°Cの影響は1.1~1.4(×0.0001, 15°C以下)および2.1~2.5(×0.0001, 15°C以上)で、水野氏は1.5~2.5(15°C以下), 2.5~3.0(15°C以上)と幾分異なった値を報告しています。比重2(×0.0001)のちがいはセメント1gのちがひになります。

(2) 砂中の微細分 コンクリート作業が長期にわたると別量の砂が使用されるかも知れません。この場合問題となるのは砂中の微細分の量です。そこで前項6-(1)の実験に用いられた砂(普通砂と名づけます)90, 80%と0.15mm以下の砂(細砂と名づけます)10, 20%と混合した場合について試験しました。(昭和31年度土木学会制定のコンクリート標準示方書中の「細骨材の粒度」によると、0.15mm以下は2~10%のものを標準とし、建築学会の規定は6%以下です。)試験に用いた砂の粒度、細砂混入の砂けんだく液の比重および細砂混入のモルタルけんだく液の比重を表-5~7に示します。細砂混入による砂比重の増加を表-6より、モルタル比重の増加を表-7より計算し、両方の増加を対照させると、表-8のようになります。私の用いたような比重計を用いると、砂比重の増加量とモルタル比

重の増加量とはほぼ等しいという結果を得ました。砂およびセメントの使用量が大きくなると、細砂の影響もかなり大きいわけです。

(3) セメントの細かさ セメントが細かくなるとけんだく液の比重を高めます。同一のクリンカーから試製された細かさの異なる3種のポルトランドセメントにつき、モルタルけんだく液の比重を測定し、細かさ100cm²/g(ブレン)の増加がおよぼす影響を求めました。用いたセメント試料の細かさを表-9に、比重測定結果を表-10に示します。表-10から細かさ100cm²/gの増加が比重におよぼす影響を算出できます(表-11)。表-11によると、モルタルけんだく液に対する影響はセメントけんだく液に対する影響より大きく、又セメント、砂各量が多いほど影響が大きい。コンクリート現場に新規のセメントが入荷されたらその細かさを新に試験する必要があります。

7 コンクリート中のセメント定量 標準曲線(図-5)を用いる方法を実験室で手ねりで作ったコンクリートに適用し、セメント定量の誤差をしらべました。試料セメントは図-5の作成に用いられたものと同じです。この実験において次のことが考慮されました。

(1) 配合——セメント砂比を標準曲線作成時のそれと幾分変えました。すなわちセメント:砂:砂利:水の比を1:1.2:2.4:0.455(配合I), 1:2.2:4.4:0.553(配合II)および1:2.8:5.6:0.626(配合III)としました。これらの配合におけるセメント量をコンクリート1m³当りに換算すると、配合Iでは466kg, 配合IIでは295kg, 配合IIIでは241kgとなります。ただしコンクリート中の空気量、骨材の吸水量を考えていません。

(2) けんだく液中のセメント量——標準曲線作成時のセメント量は128, 180, 221gですが、それより約10gの差をつけました。すなわち120, 138, 170, 190, 210および230gです。

(3) コンクリート1ねりの量——正しく上記の各セメン

表-4 種々の温度で測定したけんだく液の比重^{*}

モルタル		5℃		15℃		30℃		比重計沈入の深さ mm	温度1.0℃の影響 (×0.0001)	
セメント g	砂 g	比 重	温 度 ℃	比 重	温 度 ℃	比 重	温 度 ℃		温 度 範 囲	
									5~15℃	15~30℃
128	128	1.0264	5.6	1.0252	14.6	1.0215	29.8	234±20	1.3	2.4
128	384	1.0274	4.9	1.0262	14.8	1.0226	30.0	227±19	1.2	2.4
180	180	1.0371	4.9	1.0357	15.0	1.0323	29.9	236±21	1.4	2.3
180	540	1.0388	4.8	1.0374	14.5	1.0341	30.2	220±20	1.4	2.1
221	221	1.0451	4.7	1.0440	14.9	1.0402	30.3	247±18	1.1	2.5
221	663	1.0476	5.0	1.0464	14.7	1.0427	30.3	229±19	1.2	2.4

* けんだく液の温度は同一試料の第1回比重測定後と第3回比重測定後と2回測り、3試料計6回の測定温度の平均をとった。

** 各比重値は1試料3回、3試料計9回の測定の平均値

表-5 砂の粒度組成 (%)

	5~0.15 mm	0.15~0.088mm	0.088~0.062mm	0.062~0.044mm	0.044mm以下
普通砂	97.96	1.6	0.29	0.09	0.06
細砂	0	57.5	26.4	8.1	8.0

表-6 細砂を混ぜた場合の砂けんだく液の比重* (20°C)

普通砂+細砂 g	細砂の混入率			比重計**沈入の深さ mm
	0	10%	20%	
124	0.9989	0.9994	1.0000	243±3
180	0.9989	0.9994	1.0000	243±4
221	0.9989	0.9995	1.0002	242±5
384	0.9991	0.9901	1.0011	237±8
540	0.9995	0.9910	1.0025	231±11
663	0.9996	0.9917	1.0033	225±15

* 3試料, 計9測定の平均値

** 比重計No.4 (0.99~1.01) を用いた。

表-7 細砂を混ぜた場合のモルタルけんだく液の比重* (20°C)

モルタル セメント g	普通砂+ 細砂 g	細砂の混入率			比重計沈入 の深さmm
		0	10%	20%	
128	128	1.0241	1.0246	1.0249	230±2
128	384	1.0255	1.0263	1.0275	219±7
180	180	1.0346	1.0351	1.0356	232±4
180	540	1.0364	1.0380	1.0394	208±13
221	221	1.0431	1.0435	1.0440	241±4
221	663	1.0452	1.0470	1.0486	215±12

* 3試料, 計9測定の平均値

表-9 ポルトランドセメントの細かさ

試料 No.	細かさ			比 重 シヤタリエ
	ブレン cm ² /g	差 cm ² /g	88μ以上 %	
1	3050	610 320	1.1	3.16
2	3660		0.4	—
3	3980		0.2	—

ト量をふくむ量とし、その全量をセメント定量用に使用しました。一ねりのコンクリート量は697~2306gでした。(従って過剰量のコンクリートから所要量のコンクリートを分取することによる誤差は入って来ないわけです。)

(4) 比重測定時の液温——

10~15°C および24~28°C をねらいました (標準曲線は20°C)。

(5) 標準曲線の延長部分 (図-5の点線部分) をも利用すること

使用する砂利は水洗して、砂、泥を洗い去り、150°C で乾燥しました。粒度配合は30~20mm のもの50%、20~10mm のもの30%および 10~5mm のもの20%。砂は150°C で乾燥しました。

試験方法——試製したコンクリートを5mm フルイにかけ、モルタルを分離する。ねり鉢、さじおよびフルイ上に残るモルタルを完全に洗いおとし、モルタル全量をシンジダーに入れる。水をシンジダーに加え、全量を3lとする。(ふるい分けからシンジダーに移し終えるまで約20分を要する。) シンジダーを振とうし、終了1分後の比重を測る。これを3回くり返す。砂の沈降高さを測る。(以上約10分を要する。) 測定された比重を表-4を用いて20°Cの比重に換算し、標準曲線 (図-5) および砂の沈降高さ (図-6) によってセメント量を求める。

セメント定量結果を表-12 に示します。表-12 によるとセメント定量誤差は平均2% (-1.1~+5.3%) 又

は平均7kg/m³ (-5~+25kg/m) です。セメント量の多い場合、すなわち190~230gの場合の誤差が小さいから、けんだく液中のセメント量もその量を心掛けるべきです。

8 砂、砂利量の定量と差としての水量

砂量——私は砂量を一応沈降高さから推定しましたが、もっと正確に測ろうとして別法を試みました。比重測定を終えたけんだく液に沈降剤セバラン (アメリカのダウケミカル社の製品) を加え、振とうし、静置させる。上澄液を捨て、沈降物 (+水) をフライパン上に移し、

表-8 砂比重の増加とモルタル比重の増加

普通砂 + 細砂	細砂の 混入率	砂比重の増加 普通砂のみの 場合と比べて ($\times 0.0001$)	モルタル比重の増加 普通砂のみの 場合と比べて ($\times 0.0001$)	セメント
g	%			g
128	10 20	5 11	5 8	128
384	10 20	10 20	8 20	
180	10 20	5 11	5 10	180
540	10 20	15 30	16 30	
221	10 20	6 13	4 9	221
663	10 20	21 37	18 34	

表-10 細かさを異にするセメントのセメントけんだく液とモルタルけんだく液の比重* (20°C)

セメント 試料 No.	セメントけんだく液			モルタル けんだく液					
	セメント g			セメント g (上)		砂 g (下)			
	128	180	221	128	180	221	128	384	663
1	1.0236	1.0335	1.0416	1.0243	1.0255	1.0346	1.0363	1.0429	1.0454
2	1.0247	1.0346	1.0425	1.0252	1.0265	1.0357	1.0377	1.0441	1.0468
3	1.0249	1.0346	1.0428	1.0256	1.0270	1.0362	1.0385	1.0449	1.0477
比重計 沈入の深さ mm	232	240	250	226	216	229	212	237	218
	± 5	± 5	± 5	± 5	± 6	± 7	± 10	± 8	± 9

* 3 試料, 計 9 測定 の 平均値

表-11 セメントの細かさ 100cm²g (ブレン) の増加がけんだく液の比重に及ぼす影響 ($\times 0.0001$)

求め方 表-10より	セメントけんだく液			モルタル けんだく液					
	セメント g			セメント g (上)		砂 g (下)			
	128	180	221	128	180	221	128	384	663
材料2- 材料1	6.1	1.8	1.8	1.5	1.5	1.6	1.8	2.3	2.0
材料3- 材料2	3.2	0.6	0	0.9	1.3	1.6	1.6	2.5	2.5
									2.8

加熱し、水分を蒸発させたのち、熱間秤量を行い、セメント+砂の含量を求め (Hime も沈降剤セパランを加え、セメント+砂を沈降させています。ただし彼の目的はセメントの定量ですが)、その含量から比重計による測定セメント

量をさし引いて砂量を求めました。コンクリート実験例9個 (砂使用量156~644g) の測定値-使用量は0~+11g, 百分率で0~3.5%でした。

砂利量——私の比重計法を行うと、フルイの上に水洗された砂利が残ります。これをフライパンに移し、加熱し、熱間秤量を行い、砂利量を求めました。コンクリート実験例9個 (砂利使用量312~1288g) の測定値-使用量、は+1~+9g, 百分率で+0.2~+0.9%でした。

水量——上記の方法で求められたセメント、砂、砂利の含量を最初のコンクリート量からさし引いて水量を求めました。前述のコンクリート実験例9個 (水量50~123cc) の測定値-使用量は-6~-21g, 百分率で-8~-18%でかなり大きい。その理由はセメント、砂、砂利の誤差のすべてが、水量に現われるためです。水量はコンクリート中の最少量成分 (又はセメントより少し多量の成分) ですから、直接定量をしなければならないことが判

りました。(Murdock も差によって水量を求めた筈ですが、その場合の水量誤差を発表していません。) コンクリートからフルイわけによって得られたモルタル中の水分は蒸発法によって簡単に測れますが、フルイ上に残留するセメント+砂+砂利に附着する水をどうして測定するか、その簡単で手際のよい方法を目下の所見つけていません。しかもこの残留水量はかなり多量です。(実験例 水72cc をふくむコンクリート488g よりフルイ分けにより407gのモルタルを分離、その中の水分を蒸発法によって定量した結果は52cc, すると72-52=20cc (28%) がフルイ上に残ります。水野氏はフルイ上に残るコンクリート分は考慮していません。) 結局この論文で私が推せんできるのは比重計法によるセメント定量と加熱法による砂利定量のみです。

9 総括 モルタルけんだく液の比重を測ってセメント量を推定する方法を述べました。私の方法は(1)セメント量に応じ、3個の比重計を用いること(2)比重測定と同時に砂の沈降高さを測ることを特徴とします。先ずセメント砂比1:2モルタルにつき、3個の比重計が同一深さだけ沈入するような——従って比重が予定される——セメント量3種を求め、次ぎにこのセメント量を含む1:1および1:3モルタルの比重を測ります。この実験で得られる比重——セメント量関係を示す3曲線 (図-5) をセメント定量のための標準曲線とします。この曲線からセメント量を推定するには砂量が既知であることが必要で、その量は私は砂の沈降高さから推定しました。さいごに実験室で手ねりて調製した種々の配合比をもつコンクリート中のセメント量を測定しました。測定誤差は平均2% (-1.1~+5.3%) 又は平均7kg/コンクリートm³ (-5~+25kg/m³) でした。

以上

表-12 コンクリート中のセメント定量結果

セメント 使用量	配合	比重測定時の 液温 °C	比 重		セ メ ン ト 量			砂 量		
			測定値	20°Cに換算	測定量 g	差		使用量 g	砂の高さから求められた量 g	差 g
						% (測定量-使用量) 使用量	kg/コンクリートm ³			
120*	I	12.7	1.0248	1.0233	121	0.8	4	144	145	-1
	II	11.8	1.0256	1.0240	122	1.7	5	264	257	7
	III	12.0	1.0258	1.0242	122	1.7	4	336	330	6
	I	25.4	1.0227	1.0240	125	4.2	20	144	147	-3
	II	26.9	1.0228	1.0245	124	3.3	10	264	257	7
	III	28.3	1.0224	1.0244	123	2.5	6	336	330	6
138	I	11.5	1.0283	1.0267	138	0	0	166	167	-1
	II	12.0	1.0291	1.0275	138	0	0	304	298	6
	III	11.5	1.0291	1.0275	137	-0.7	-2	386	372	14
	I	25.6	1.0259	1.0272	141	2.2	10	166	157	9
	II	27.9	1.0257	1.0276	139	0.7	2	304	287	17
	III	25.3	1.0265	1.0278	139	0.7	2	386	392	-6
170	I	11.3	1.0360	1.0343	174	2.4	11	204	212	-8
	II	11.6	1.0369	1.0353	174	2.4	7	374	377	-3
	III	11.8	1.0378	1.0365	177	4.1	10	476	475	1
	I	26.2	1.0339	1.0353	179	5.3	25	204	198	6
	II	26.4	1.0340	1.0355	175	2.9	9	374	377	-3
	III	25.9	1.0350	1.0364	178	4.7	11	476	464	12
190	I	12.3	1.0391	1.0376	188	-1.1	-5	228	223	5
190	II	12.3	1.0400	1.0385	188	-1.1	-3	418	407	11
189	III	14.7	1.0402	1.0391	189	0.5	1	504	507	-3
190	I	26.9	1.0363	1.0379	190	0	0	228	233	-5
	II	26.1	1.0374	1.0388	189	-0.5	-2	418	427	-9
	III	26.9	1.0380	1.0395	190	0	0	532	528	4
210	I	16.1	1.0449	1.0439	216	2.9	14	252	250	2
	II	13.6	1.0468	1.0454*	217	3.3	10	462	460	2
	III	14.9	1.0477	1.0465*	219	4.3	10	588	577	11
	I	26.6	1.0425	1.0442	217	3.3	15	252	248	4
	II	26.9	1.0439	1.0456	218	3.8	11	462	467	-5
	III	26.0	1.0452	1.0466*	219	4.3	10	588	585	3

表-12 (続き)

227°	I	16.6	1.0472	1.0464	227	0	0	272	263	9
	II	16.2	1.0490	1.0481	228	0.4	1.3	499	506	-7
	III	15.8	1.0497	1.0487	228	0.4	1.1	636	626	10
230°	I	24.1	1.0471	1.0481	235	2.2	10	276	264	12
	II	24.9	1.0480	1.0492	233	1.3	4	506	508	-2
	III	25.6	1.0485	1.0498	232	0.9	2	644	645	-1
平均値						±2.0	±6.6			±6

• 標準曲線の延長部分利用

備考 表-12の比重を測定したときの比重計の沈入深さは標準曲線 (1:2) を作成したときの深さの上下+28~-32mmであった。

コンクリート中の水の定量法

——コンクリートの簡易な品質管理のために——

鉄道技術研究所構造物研究室

主任研究員 常山源太郎

セメント工業

No.46

昭和35年9月

コンクリート中の水の定量法

——コンクリートの簡易な品質管理のために——

鉄道技術研究所構造物研究室

主任研究員 常山源太郎

1. 前 置 き

本誌 No. 45 (昭和35年7月号) で私は比重計を用いてモルタル中のセメント量を定量する方法を述べ、又コンクリートの残りの成分である砂、砂利、水の定量についても触れたが、水のよい定量法を紹介することはできなかった。その後実験をつづけて75分以内の時間で水を定量できたので、ここに前の報告を補足する意味で筆をとった。前の報告で述べた実験結果のうち砂、砂利、水についてのことを再録すると、次の通りである。水量を初めのコンクリート重量からセメント+砂+砂利(測定値)の含量をひいて求めたが、誤差が大きくて(-8~-18%)だめであった。理由は水以外の成分の定量誤差のすべてが水にかぶさってくるからであり、しかも水はコンクリート中の最小成分である場合が多いから、直接定量する必要がある。

以下に述べる今回の水定量法は直接定量をねらったものである。

2. A法(モルタル分離法、直接定量と間接定量の併用)

コンクリートを5mmのフレイでふるい、モルタルを分離し、分離モルタル中の水量(全水量の約75%)を直接定量し、残りの水を間接定量する方法。

方法の概要——なべでねったコンクリートを5mmフレイに移し、モルタルを分離する。この操作により水をふくむモルタルは以下の3部分に分れる。

- (1)部 フレイ下のフライパン上
- (2)部 フレイ上の砂利に附着
- (3)部 ナベとサジに附着

(1)、(2)、(3)の各部につきのような処理を施す。方針は(1)のモルタルに対しては加熱法により直接に水(W_1)を定量する。(2)と(3)に対してはモルタルの残留量を求め、加熱法によりセメント+砂を定量し、両者の重量の差をもって水量(W_2)とする。すなわち間接定量である。 W_1+W_2 に従ってコンクリート中の水量を示す。

補正——上記の W_1+W_2 から用いられた骨材とセメントが予め含んでいた水を差引かねばならない。この補正値をうるためコンクリート配合中のセメント+骨材の混合物について加熱減量を測定する。(第一補正) そのほかに加熱操作に移るまでに水の一部は蒸発によって失われるのでその補正も必要である。(第二補正)

方法の詳細——

(1)部の処理 フライパンごと加熱し、冷却後秤量し、その重量をフライパン+モルタル重量から引き水量を求める(W_1)。

(2)部の処理 目的は砂利量を定量し、その量をモルタル+砂利から引いて残留モルタル量を算出すること、フレイ上の残留物からセメントと砂とを分離捕集すること。(砂利だけが予め持っている水量を測定し、それによる補正が必要) フレイに水をかけモルタルを完全に洗い落とし、モルタルを洗液とともに金ダライにうつる。以後の操作は3部の処理で述べる。

(3)部の処理 ナベとサジの重量は予め秤ってあるから残留モルタルの重量を計算できる。ナベとサジに水をかけ附着モルタルをおとし、モルタルと洗液を前出の同じ金ダライにうつる。金ダライ中のセメント+砂+洗液にセパラン溶液50cc(1g)を加え、かくはんし、セメントと砂とを沈降させる。上澄液を捨て、沈降物を完全にフライパンBに移す。フライパンBを加熱し、冷却後秤量し、セメント+砂をはかる。(2)と(3)の残留モルタルの合計は判っているから、いま求めたセメント+砂の含量をそれから引くと、水

表-1 コンクリート配合

配 合	A (g)	B (g)	C (g)
セメント	190	190	230
砂	228	532	644
砂 利	456	1,064	1,288
水	90	119	144
計	964	1,905	2,306

量が求められる。(W₃)

3. A法による実験例

コンクリート配合として次のA, B, C 3種を採用した。定量結果を表-2に示す。即ち1ねり量と水量とがA~Cと次第に大きくなっていることが判る。

A法の結論——誤差は3.4%以下であるが、1人の作業者が従事する場合実験配合Aでは1時間30分、Bでは2時間、Cでは2時間30分というようにコンクリートの試料の量が多いほど時間を要す。

そこで時間をもっと短縮するため、モルタル分離をやめコンクリート試料をそのままフライパンで加熱する直接定量を試みてみた。

4. B法 (直接定量)

フライパン上にセメントおよび骨材を入れその重量(W₃)を秤り、前記配合A, B, Cに定められた水を加え、小形サジでねり、サジに附着したモルタルはドライバの先端でフライパン上におとしたのち加熱する。コンクリートがまだぬれている間は時々サジでかくはんし、外観上乾燥状態になったら、ロート形のフードをかぶせる。次に予定時間加熱後、冷却する。その目的のためにフライパンの底にエアドライヤーから空気をふきつけ、次に水中にひたす。冷却後乾燥コンクリートをフライパンごと秤量する(W₄)。W₄は骨材+セメントが初めから水分を持っているので、常にW₄>W₃である。従ってに第一補正(A法の項参照)を施したものが、供試コンクリート中の水量の定量誤差を示すこととなる。試験結果を表-3と表-4とに示した。

表-3によると定量誤差は3.3%以下、時間は100分以内である。さらに時間を縮めるため、大型のフライパンを使用

した結果を表-4に示した。配合および試料コンクリートの量は第3表と全く同じである。表-4に示すように作業員1人で75分以内に水量が求められ、その誤差は2.8%以下となった。秤量は最小重量1gの上皿天秤で行うから、すでに1gは不確かであり、従って水90~144gに対し約±1%以下の誤差を初めから持っている事となる。

フライパン(径34cm)上のコンクリートがどの位の温度まで加熱されるかを熱電対を用いて測定した結果を表-5に示した。表中「底部」とは熱電対のホットジャンクションの保護管をフライパンの底表面に接触させた場合、「中間部」とは少し底表面より離れた場合を意味する。表-5によるとコンクリートの加熱温度は325°C以下であるから、コンクリート中に存在する水酸化カルシウムは分解しない。従って使用水量のうち水酸化カルシウムの生成に消費された部分はフライパン加熱によつては蒸発はしない。

5. 結 論

コンクリート中に水90~144ccをふくむような重量のコンクリート試料を直径34cmのフライパン上に採取し、下から粘土アスベスト板を通して加熱(40~50分)し、ふき

表-2 A法による水定量結果

配合	実験回数	初めの水量 (g)	測定された水量 W ₁ +W ₂ (g)	第一補正值 (g)	第二補正值 (g)	補正された水量 W ₁ +W ₂ (g)	定量誤差 (%)
A	1	90	92	-3	—	89	-1.1
	2	90	93	-3	—	90	0
B	1	119	125	-13	+3	115	-3.4
	2	119	125	-13	+3	115	-3.4
C	1	144	153	-15	+3	141	-2.1
	2	144	153	-15	+3	141	-2.1

表-3 B法によるコンクリート中の水の定量誤差
配合A, BおよびC (前出) フライパン直径26cm使用

配合	実験回数	W ₃ (セメント+骨材+フライパン) (g)	水を加え加熱40分後の重量 (熱間秤量) (g)	さらに10分又は20分加熱後 (熱間秤量) (g)	W ₄ 冷却後の重量 (カッコ内は冷却に要した時間) (g)	所要時間 (分)	W ₃ -W ₄ (g)	第一補正值 (g)	定量誤差 (g)	(%)
A 水 90cc	1	1,894	1,887	1,887(10分)	1,888(20分)	70	6	-3	+3	+3.3
	2	1,893	1,884	行わない	1,887.5 "	60	5.5	-3	+2.5	+2.8
	3	1,894	1,880	"	1,888 "	60	6	-3	+3	+3.3
B 水 119cc	1	2,754	2,741	2,740(10分)	2,742(35分)	85	12	-13	-1	-0.8
	2	2,757	2,744	2,742 "	2,741.5 "	85	15.5	-13	+2.5	+2.1
	3	2,755.5	2,740.5	2,742 "	2,743 "	85	12.5	-13	-0.5	-0.4
C 水 144cc	1	3,132	3,121	3,113.5(20分)	3,117(40分)	100	15	-15	0	0
	2	3,181	3,170	3,164.5 "	3,168 "	100	13	-15	-2	-1.4
	3	3,132.5	3,116.5	3,113 "	3,116 "	100	17.5	-15	+2.5	+1.7

表-4 B法によるコンクリート中の水の定量誤差
配合A, BおよびC (前出) フライパン直径34cm使用

配 合	実 験 回 数	W ₁ (セメント+骨 材+フライパン (g))	水を加え加熱 30分後の重量 (熱間秤量) (g)	さらに10、又 は20分加熱後 (熱間秤量) (g)	W ₂ 冷却後の重量 (ナットコ内は 冷却に要した 時間) (g)	所 要 時 間 (分)	W ₃ -W ₄ (g)	第 一 補正值 (g)	定量誤差	
A	1	2,663	2,656	行わず	2,658.5(20分)	50	4.5	-4	+0.5	+0.6
	2	2,663	2,656	"	2,659 "	50	4	-4	0	0
	3	2,662	2,657	"	2,659 "	50	3	-4	-1	-1.1
B	1	3,575	3,561.5	3,562(10分)	3,564.5(20分)	60	10.5	-11.5	-1	-0.8
	2	3,574	3,561	"	3,562 "	50	12	-11.5	+0.5	+0.4
	3	3,574	3,563	3,561 "	3,564 "	60	10	-11.5	-1.5	-1.1
C	1	3,953	3,942	3,937.5(20分)	3,941(25分)	75	12	-16.0	-4	-2.8
	2	3,959	3,939	3,931.5 "	3,938 "	75	12	-16.0	-4	-2.8
	3	3,935*	3,931.5	3,931 "	3,935 "	-	0	0	0	0

* セメント・骨材を加熱し、冷却した無水物に水を加え、ねった後加熱した場合

つけ空気と水桶に浸すことによって冷却し (20~25分)、水量を定量した。この際の加熱温度はコンクリート中の水酸化カルシウムの分解温度にまで達しない。測定誤差は+0.6~-2.8%であった。前報と今回の報告をむすびつけてまとめると、コンクリート試料の配合比を見出すには

- (1) コンクリート中にセメント $ag \pm 10g$ 又は $bg \pm 10g$ 又は $cg \pm 10g$ (a, b, c は標準曲線を作るとき使用されたセメント量) をふくむ重量のコンクリートを試料として、比重計法によってセメント量を求め、加熱法によって砂利量を求める。
- (2) 別のコンクリート試料 (その量はその中に水99~150gをふくむような量) について直接加熱法によって水量を求める。
- (3) 砂量は差によって求める。全試験に要する時間は3人の作業員が従事する場合、2人はセメント定量にかかり、定量が終わったらそのうちの1人が砂利を定量する (以上50

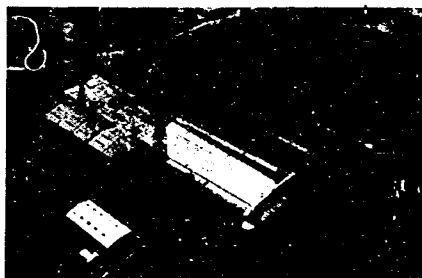
~60分)。残りの1人は水量を定量し (75分)、3人がほぼ同時にそれぞれの分担の仕事を始めると、75分位で全配合が見出されることとなる。ただしセメント定量のための標準曲線を作るなど、予備実験で1日を要することを附言する。

表-5 コンクリートの加熱温度 (°C)
配合Cの場合

コンクリート	加熱時間 (秒 分)									
の測定部分	20	30	40	50	100	110	120	130	140	
底 部	—	—	—	—	240	—	—	325	—	—
中 間 部	120	180	220	230	—	270*	280*	—	310**	—

* フライパンにフードをかぶせる

** 保護管をはずし、ホットジャンクションを直接コンクリートにつける



今月の表紙
播磨造船所第3船台

所 在 地 兵庫県相生市相生
設 計 者 (株) 播磨造船所設計課
施 工 者 (株) 大 本 組
起工年月 昭和34年3月
竣工年月 昭和35年3月
規 模 長さ 247m, 巾 46m
使用セメント

アサノ普通セメント 10,000トン
アサノベロセメント 1,000トン

正 誤 表
比重計によるセメントの定量 (セメント工業 No.45)

頁	欄 (表, 図)	行	誤	正
10	左 欄	下から12行	た。	た)。
11	左 欄	下から9行	を記す	と記す
11	左 欄	下から9行	第3図	第3回
11	右 欄	最下行	モルタルを	モルタルの比重を
12	図-3	図内上部	セメント130g	セメント130g
12	表-1, 最上欄	最下行	けんだし	けんだく
14	表-3		0.054	0.059
16	表-6 最左欄		124	128
16	表-6 最右欄		243±3	243±4
16	表-6 10%の欄		0.9901	1.0001
16	"		0.9910	1.0910
16	"		0.9917	1.0917
16	表-7 最左欄		セメンイ	セメント
16	右 欄	下から9行	25kg/m	25kg/m ³
17	表-11 最左欄		試料2— / 6.1 試料1	試料2— / 6.1 試料1
17	" "		試料3— / 3.2 試料2	試料3— / 3.2 試料2
17	右 欄	下から23行	モルモル	モルタル
18	表-12 20°Cに換算の欄	15番目の数字	1.0365	1.0363

まだ固まらないコンクリート中のモルタル成分の測定

——比重計によるセメント定量を現場で実施した例——

常山源太郎

小沢 喬

セメントコンクリート

No.171

1961年5月

まだ固まらないコンクリート中のモルタル成分の測定

——比重計によるセメント定量を現場で実施した例——

常山源太郎

小沢 喬

まえがき： 筆者らは前報(1,2,3,4)でセメントモルタルの懸濁液の比重を測定することによって、セメントを定量する方法を述べた。今回はこの方法を国鉄のコンクリート現場で実施した結果を述べる。筆者らの定量方法のあらましを述べると、つぎのとおりである。

(1) セメントの定量——現場で使用するセメントと砂(乾燥したもの)とを用いて、数種の配合によるモルタルを作り、その懸濁液の比重(20°C)を測定し、比重とセメント量との関係を示す標準図をあらかじめ作っておく。試料コンクリートから分離したモルタル懸濁液の比重測定値を、標準図に当てはめてセメント量を算出する。(2) 砂の定量——セメント-比重標準図作成のための比重測定の際、砂の沈降物の高さを測り、それと使用した砂量との関係を示す標準図をも作成する。供試コンクリートにつきモルタル懸濁液の比重測定を終ったのち、ふたたび懸濁液を振とう(攪)し、静置し、砂の沈降物の高さを測り、砂のための標準図に当てはめて砂を定量する。(3) 水の定量——コンクリートの別の試料を用い、そのままフライパン上で加熱し、液量を測定し、水を定量する。

上記の2種類の標準図を準備する以外に、今回の現場状況を観察した結果、2, 3の予備実験を行なう必要のあることがわかった。その理由は、(1) コンクリートが作られてから、試料コンクリートを分析するまでに長い場合は90分を経過すること、(2) 砂利は汚濁でなく、細粉が付着し、それがモルタル懸濁液の比重を高めること、および(3) 砂利は5mm以下の粒を含み、したがって供試コンクリートを5mmふるいでふるっただけでは、配合砂利の量が正しくえられないという事実であった。

1. 現場の状況

(1) モルタル分析を開始するまでの経過時間

今回の現場は川の中にコンクリートの橋脚を作る工事現場で、コンクリートはレデーミクストコンクリート製造業者P社およびQ社の2社で作られ、それをアジテータトラック(直胴式と傾胴式、容量2または3m³、直胴式はハイローと称されている)で工事現場に近い河岸に運搬する。トラックのシュートに別のシュート(第2シュート)を連結し、排出されるコンクリートは容量1/2または1m³のバケツに流し込まれる。試験すべきコンクリート試料は第2シュート上、またはバケツ内(バケツが満たされる少し前)から3回に採取された。たとえばコンクリートの全量がバケツ6杯分なら、第1杯の終わり近く、第3杯の中ほど、第5杯の中ほどからというように、毎回の採取の間に適当の時間をおいた。採取コンクリートの全量は約20kg、これを現場から少し離れた実験室に運び、よくかきまぜ、2個の小試料をとり、ただちに試験を行なった。コンクリートプラントをトラックが発した時刻と、分析試験を開始した時刻とを毎回記録したが、その間に長い場合で90分(平均50分)を経過した。その理由は、トラックが現場に到着しても、ただちにコンクリートを排出できない場合があったからである。このことは、つぎの2つの予備試験を行なうことを要求した。(1) 標準図の示す比重は、モルタルを作ってから数分後に測定された値であるから、その値が90分後の値として適用できるかどうかを確かめること、(2) 筆者らの方法では、コンクリート中の水分を蒸発させることによって水を定量するが、90分の間に練り

混ぜ水の何%がセメントによって固定されるかを確かめること。

(2) 砂利中の5mm以下の粒分と付着する細粉

P, Q各社プラントで使用する砂利は採掘場で一応水洗されたものであるが、細粉は完全には取りきれていない(この場合の細粉とは泥および砂の微粉末をさす)。たとえばQプラントの25mm砂利(酒匂川産)は0.48%の、40mm砂利(相模川産)は0.29%の細粉を含む。これらの含有量は小さい値であるが、コンクリート中の使用量が大きいと(今回の現場では砂の1.3~1.8倍)、モルタル懸濁液の比重を高める。したがって、どのくらい比重に影響があるかを確かめなければならない(予備試験第3)。つぎにプラントで使用する砂利は、4表に示すように細粉以外に5mm以下の粒分(砂とみなすべき分)を含む。筆者らの方法では試料コンクリートを5mmでふるい分け、モルタル分を捕そく(捉)するが、この場合えられるモルタル分には砂利中の砂分が入り込むため、プラントで配合された砂利:モルタルの比より、モルタル分は多く算出される。したがって、算出量に対して5mm以下の粒分による補正を行なわねばならない。

2. 予備試験

(1) コンクリート調製後の経過時間がモルタルの懸濁液の比重におよぼす影響

標準図の作成に使用されたセメント量と砂量とを混ぜたモルタルを、ビーカー中で0~90分ゆるくかきまぜたのち、その懸濁液の比重を測定し、1表に示すような結果をえた。1表によると、モルタルをかきまぜながら、90分を経過してもその懸濁液の比重には影響がない。コ

1表 モルタルの練り時間とその懸濁液の比重 (測定時の温度20.0~20.9°C)

配 合 (g)		か き ま ぜ 時 間 (分)									
セメント	砂	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
180	350	1.0382	1.0380	1.0382	1.0379	1.0383	1.0384	1.0380	1.0383	1.0381	1.0383
180	632	1.0391	1.0391	1.0393	1.0391	1.0393	1.0391	1.0388	1.0390	1.0391	1.0390

備考: 使用セメントおよび砂はP社プラント使用のもの。Q社プラントのセメントについては実験しなかった。

ンクリートの場合にも、同様のことがいえるであろう。

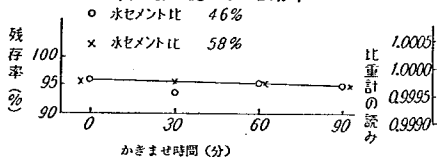
(2) セメントによって固定されない水

水はセメントと化学反応を起こし一部分が固定され、その分だけはフライパン上で加熱しても蒸発しない。固定の速度はコンクリートの温度、水セメント比などに影響される。固定化の程度を知るため、今回の現場コンクリートの配合のうち、水セメント比の大きいものと小さいものとの2種類につき蒸発量を測定し、初めの練り混ぜ水の量と比較し、固定されない分を残存率(%)として表わした。試験に用いられた配合は2表のとおりである。2表の水以外の各量をフライパン上にとり、から練りし、水を加えて3分練る。以後ガスバーナー上で加熱するまで、静かにかきまぜを続けた。かきまぜ時間は0、30、60および90分とした。かきまぜ終了時のコンクリートの温度は、7.5~10.5°Cであった(今回の現場に持ち込まれたコンクリートの温度は冬期なので10°C前後であった)。えられた蒸発量に対し、かきまぜ中の自然蒸発量とコンクリート中のセメント、砂、および砂利が初めから持つ水量との補正を施し、練り混ぜ水の残存率を求めた(1図)。1図によると、用いられた水セメント比では残存率の差は認められなかった。

(3) 砂利に付着する細粉の影響

前報に示した実験結果によると、砂中の細粉の増加による砂懸濁液の比重の増加が π であると、同量の砂を含むモルタル懸濁液の比重の増加も π に近い。したがって砂利から由来する細粉の影響を知るには、一定量の使用砂利を水洗し、洗い出された細粉を含む洗液を使用砂に加えて振とうし、その比重(20°C)を測り、細粉を加えない砂懸濁液の比重(20°C)と比較すればよい。その場合、砂の量はセメント量標準図に使用された砂の量に近いもの、砂利の量は仕様書に規定された砂利/砂から計算された量に近いものを選ぶ。このようにしてP、Q両社プラントの25mmおよび40mm砂利について、砂利の使用量を種々変えて砂懸濁液の比重におよぼす影響を試験した。その結果を数図にまとめたが、ここには後掲の

1図 コンクリート調製後のかきまぜ時間と練り混ぜ水の残存率



2表 水の残存率測定のための配合 (コンクリートの温度7.5~10.5°C)

	セメント	砂	砂利	水	計 (g)	水/セメント
No.1	250	508	681	120	1,559	0.46
No.2	208	522	888	120	1,738	0.58

備考: 使用した材料はP社プラントのもの、ただし砂および砂利は乾燥状態のもの。

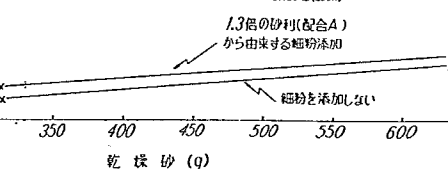
“5. 計算例”に用いられたQ社プラントの25mm砂利の場合のみを示す(2図)。2図において、“細粉を添加しない”直線とその上部の他の直線との比重の差は、砂利の細粉による比重の増加を示す(2図において2点測定によって直線を決定したが、砂量400g、500gの辺をも実験すべきであった)。

3. 標準図の作成

標準図の作成方法は前報にくわしく述べたので、ここでは今回多少の簡略法を採用した点を述べる。前報では同一セメント砂比の曲線を描くため、大中小3種類のセメント量につき試験した(このセメント量は採取すべきコンクリート試料の量を決定する)が、今回はセメント量の多い方(したがってコンクリート採取量の多い方)の2つを試験した。今回の現場に持ち込まれる予定のコンクリートの仕様書配合は、3表に示す9種類であった。粗骨材の吸水量および5mm以下の粒分を4表に示す[4表の値はコンクリート分析を始める直前に求められた結果で、本試験に入ってから試験しなかったが、5mm以下の粒分(とくにQ社プラントのものは)はコンクリート試料をとるたびに、それに用いられた砂利について試験をすべきであった。細骨材の吸水量は1.7%(P社プラント)および1.6%(Q社プラント)であった。標準図は1つの配合に対し1組(その配合のセメント砂比のもの1本と、その比を大きい方と小さい方へずらしたものの2本、計3本)を用意することが望ましいが、そうすると9組を作成しなければならず、約1週間を要するので、各プラント1組あてとし、各組に砂/セメントの全範囲2.10~3.63(P社プラント)および1.95~3.51

2図 砂懸濁液の比重

(Q社プラントの25mm砂利から洗い出された細粉を添加)



3表 仕様書のコンクリート配合

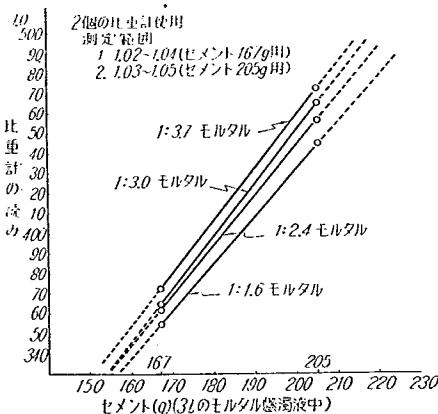
プラント名	セメント	砂	砂利	水	計 (kg)	砂/セメント	砂利/砂	水/セメント	砂利の大きさ (mm)
P社	289	836	1,072	153	2,350	2.83	1.282	0.547	25
B社	280	680	1,262	150	2,372	2.82	1.855	0.535	40
C社	330	762	1,021	180	2,393	2.10	1.34	0.462	25
D社	212	744	1,295	133	2,384	3.63	1.74	0.527	40
E社	281	705	1,200	162	2,348	2.51	1.70	0.577	40
Q社	300	850	1,105	168	2,423	2.89	1.30	0.560	25
A社	282	794	1,191	158	2,425	2.43	1.60	0.550	40
B社	330	820	1,082	188	2,480	1.95	1.32	0.492	25
D社	225	816	1,224	144	2,409	3.51	1.50	0.640	40

備考：(1)砂、砂利は表面乾燥状態、水（本報告では吸水量と名づける）を含むものとしての重量を示す。この吸水量は、筆者らの方法で分析をする場合考慮される。
(2)常に空気量およびボゾリス添加量を規定している。

(Q社プラント)を含ませた。作成された標準図をプラント別に3図、4図に示す。3図の1:2.4モルタル線上、および4図の1:2.8モルタル線上の各2測定点は、測定範囲の異なる2本の比重計によってえられたものであるが、それらの点が相当する比重では、比重計が懸濁液中に浸せきされる深さが同一(220mm)である。したがってこの2点を直線でつないでも不合理ではない。この標準図を作成するための基礎データからの計算によると、セメント量測定の場合の信頼できる感度は1.1~1.3gであった。前報の実験では2gであった。後者の値を採用すると、シリンダー中にセメント約200gが含まれている場合、最大の誤差は2g、すなわち1%となる。セメント205g(標準図作成時のセメント量の1つ)を含む各配合のコンクリート量は5表のとおりで、なるべくこれらの値に近い量採取するのがよい。実際には、供試コンクリートがかならずしも配合どおりでないから、実測比重値が予期された比重値と、かなりへだたることがある。この場合には、試料コンクリート量を多少増減す

3図 標準図

P社プラント用 温度20°C
セメントの細かさ 3,370cm²/g



4表 粗骨材の吸水量と5mm以下の粒分

プラント名	大きさ (mm)	吸水量 (%)	5mm以下の粒分 (%)
P社	25	0.8	0.42
	40	0.7	0.17
Q社	25	1.1	4.4
	40	0.7	3.0

5表 セメント定量的の際の供試コンクリートの採取量(目安)

プラント名	配合	セメント205gを含むコンクリート(g)
P社	A	1,672
	B	1,737
	C	1,236
	D	2,282
	E	1,712
Q社	A	1,656
	B	1,762
	C	1,303
	D	2,219

6表 水100gを含むコンクリート量

プラント名	配合	コンクリート量 (g)
P社	A	1,342
	B	1,535
	C	1,322
	D	1,672
	E	1,448
Q社	A	1,492
	B	1,582
	C	1,308
	D	1,790

備考：試料コンクリートがもし規定配合どおりに配合されるなら、砂および砂利の吸水量が加わり、100gを超える。

る(比重値の変化を推定する場合には、懸濁液の温度をなるべく20°Cに近づけるのがよい)。

標準図を作成する目的で懸濁液の比重を測定した際、シリンダー中の砂の沈降高さも測定する。測定方法は前報に述べた。測定結果を5図、6図に示す。これらの図で求められた砂量と比重測定値とを用いて、セメント量を決定する。

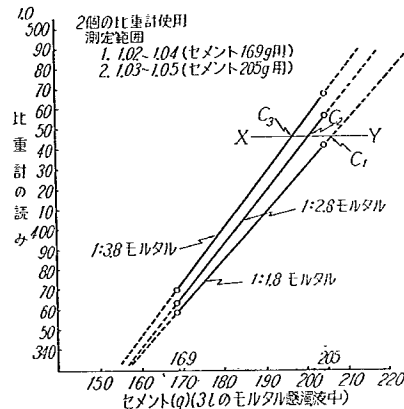
4. コンクリートから分離したモルタルの分析方法

(1) セメントおよび砂の定量

(イ) 操作 現場における試料採取方法は、すでに述べた。実験室に運ばれた約20kgのコンクリートをよ

4図 標準図

Q社プラント用 温度20°C
セメントの細かさ 3,270cm²/g



くかきませ、それから2個の小試料（以下第一、第二試料と呼ぶ）をとる。第一試料はセメントおよび砂定量用で、採取量は5表に近い量とする。第二試料は水定量用のもので、採取量は6表に近いものとする。第一試料は金属性のはち（鉢）の中におかれた5mmふるい（重量既知）上にとる。あらかじめ用意された適当温度の水（懸濁液の温度を20°Cとするような温度の水）を用いて、ふるい上のコンクリートを洗い、コンクリート中のモルタル分を完全にはち中に移す。水でうすめられたモルタル分を3lのシリンドーに移し、全容を3lとする。シリンドーを振とうし、振とう終了後1分の比重を3回測定し、その平均値を求める。毎回懸濁液の温度を記録し、その平均をとる。最後にふたたび振とうし、砂の沈降高さを2〜3箇所で測り、その平均をとる。5mmふるい上の洗浄された砂利は、直径35cmくらいのフライパン（重量既知）上に移し、加熱し、冷却後ひょう量し、砂利（無水）の重量を求める。

（ロ）測定値の扱い方 懸濁液の比重測定値は、つぎの4種の補正をうける。（1）比重計のもつ誤差による補正。使用した比重計は2個で、どちらかを基準とした場合の他の比重計の誤差をあらかじめ測定してある。（2）懸濁液の温度による補正。前報によるとセメント221gの1:1および1:3モルタルの場合、温度1°Cの影響は15〜30°Cにおいて2.4および2.5（ $\times 0.0001$ ）であり、この値を補正值とした。懸濁液の測定温度が標準の温度（20°C）より高ければ補正值を加え、低ければ補正值を引く。（3）セメントの細かさによる補正。前報に示したが、ブレン値3,050および3,680 cm^2/g の2種類のポルトランドセメント221gを含む1:1および1:3モルタルについての実験によると、ブレン値100 cm^2/g の増減は、比重値（20°C）において2.0および2.3（ $\times 0.0001$ ）であったから、その値を補正值とした。標準図作成時のセメントより使用セメントの方が細かければ、比重測定値より補正值を引き、あらければ加える。（4）砂利に付着する細粉による補正。Q社プラントの25mm砂利を使用したコンクリートなら2図を利用し、砂（乾燥砂）量測定値を基準として比重の増加量を求め、その値だけ懸濁液

の比重測定値から引く。以後の数値の扱い方は、後掲“5. 計算例”で述べる。

沈降高さから求められた砂量は乾燥砂の量で、実際に用いられた砂は吸水量をもつから、その吸水量による補正を行なう。同様に、第一試料から求められた砂利も吸水量の補正を行なう。さらに砂、砂利とも砂利中の5mm以下の粒分による補正を行なう。

（2）水の定量

6表の数値に近い量のコンクリートを径35cmのフライパン（重量既知）にとり、ガスバーナーで加熱する。コンクリートがぬれている間はときどきかきませ、ほぼ乾燥したら、フードをかぶせて加熱する。水が全部蒸発したかどうかを確かめるため、途中2〜3回熱間ひょう量を行なう。水は約35分で蒸発する。冷却後重量を測り、コンクリート中に含まれている全水量を求める。つぎに乾燥コンクリートに水を加え、5mmふるい上に流し込み、水洗したのち、ふるい上の砂利をふたたびフライパン上で加熱し、砂利（無水）を定量する。全水量から砂および砂利のもつ水量（吸水量）をさし引き、えられた値を水の残存率（1図）で除して練り混ぜ水の量とする。

5. 計算例

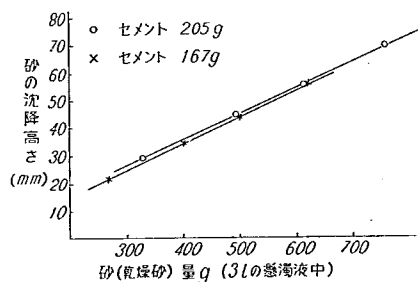
以下の計算例は、Q社プラントにおいてセメント、砂、砂利、水、ボゾリス水溶液の各量をひょう量した上で、同プラント設備の小型コンクリートミキサ（容量120l、4切）で練った約100kgのコンクリートから採取した試料を分析した結果である。意図した配合はQ社プラントのAである（7表）。

表面水4.2%を考慮すると、砂886kg（水36kg）、表面水2.3%を含む砂利として、1,130kg（水25kg）を配合しなければならない。またボゾリス溶液6lを用いると、配合水量は168-（36+25+6）=101lとなる。したがって配合Q-Aのために実際に用いるべき各量は、

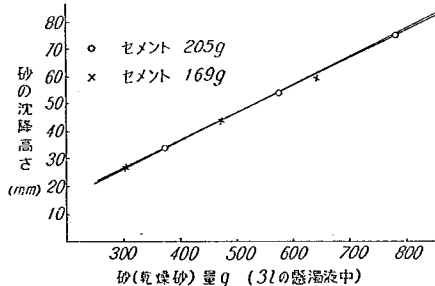
セメント	砂	砂利	水	ボゾリス
300	886	1,130	101	6
			(kg)	

となる（ただしセメントは無水とみなす）。実際にミキサに投入されたのは、上記の各量の4%（計約100kg）であった。初めミキサに少量のセメントと水とを入れ、ミ

5図 砂の沈降高さ（P社プラント用）



6図 砂の沈降高さ（Q社プラント用）



キサを回転し、その内面にセメントペーストのうすい膜を作り、余分のセメントペーストを排出させたのちに計量物を投入し、3分間攪拌混ぜた。ミキサから排出されたコンクリート(ほぼ全量)を1つの容器にあげ、そのうちから約20kgをとり、現場実験室に運び、第一、第二試料をとり、試験を行なった。第一試料の測定値を8表に示す。また第二試料は採取量1,498g、砂利(無水)量701g、全水量116gであった。なおコンクリートを調整してから試験開始までに、約41分が経過した。

第一試料よりの計算——えられた砂利量753gは、5mm以下の粒分(もとの砂利の2.3%)を欠いているから、配合砂利(無水として)の量は

$$753 \div 0.977 = 771 \text{ g} \quad (\text{差} 18 \text{ gは砂分に移る})$$

吸水量0.4%を含む砂利としては

$$771 \div 0.996 = 774 \text{ g}$$

よって採取コンクリート中のモルタル分は

$$1,651 - 774 = 877 \text{ g} \quad (\text{コンクリートに対し} 53.1\%)$$

砂量測定値(無水)573gから、砂利から来た砂分18gを引くと、配合砂(無水)として555gをうる。

2%の吸水量を含む砂としては

$$555 \div 0.98 = 566 \text{ g}$$

そのモルタルに対する%は

$$566 \div 877 = 64.6\% \quad (7 \text{ 表の配合では} 64.5\%)$$

.....

モルタル懸濁液の比重測定値(19.2°C).....1.0450

補正事項

(イ) 比重計補正 $-4(\times 0.0001)$

(ロ) 温度補正 $-2(\times 0.0001)$

(ハ) セメントの細かさによる補正 $+4(\times 0.0001)$

(使用セメントのブレン値3,080 cm^2/g 、標準型のセメントと比べ、190 cm^2/g だけあらい。よって補正量は $2.3 \times 190 \div 100 = 4(\times 0.0001)$)

(ニ) 砂利の細粉による補正 $-2(\times 0.0001)$

(2図の乾燥砂573gにおける2つの比重の差は約2 $(\times 0.0001)$ を示す)

(ホ) 補正量計 $-4(\times 0.0001)$

(ヘ) 補正された比重 1.0446

比重1.0446を示すセメント量は、4図の直線XY上にある。XYと3直線1:3.8, 1:2.8 および 1:1.8 との交点を C_0 , C_2 および C_1 とすると、これらの点におけるセメント量および砂量は、つぎのとおりとなる。

	C_0	C_2	C_1
セメント量(g)	197	201.2	207
砂(無水)量(g)	748	563	372

沈降高さから求めた砂量(無水)は573gであるから、求

めようとするセメント量Cは C_0 と C_2 との間にあり、かつ C_2 に近い。よってCは C_0 と C_2 との示すセメント量の差(4.2g)を砂量であん(按)分した値を C_0 のセメント量に加えてえられる。すなわち、

$$C(g) = 197 + 4.2 \times \frac{748 - 573}{748 - 563} = 201$$

モルタルに対する%は

$$201 \div 877 = 22.9\% \quad (7 \text{ 表の配合では} 22.76\%)$$

第二試料よりの計算——えられた砂利(無水)量701gは5mm以下の粒分(もとの砂利の2.3%)を欠いているから、配合砂利(無水)量は

$$701 \div 0.977 = 718 \text{ g} \quad (17 \text{ gの砂})$$

吸水量0.4%を含む砂利としては、

$$718 \div 0.996 = 721 \text{ g} \quad (\text{全水量から水} 3 \text{ gをとる})$$

よって第二試料中のモルタル分は

$$1,498 - 721 = 777 \text{ g} \quad (\text{コンクリートに対し} 51.9\%)$$

このモルタル中に推定される砂分(無水)は、第一試料の場合と同じと仮定し(この仮定は許されていると思う)、

$$555 \div 877 = 63.3\% \quad (555 \text{ gは砂利から来る砂分をさし引いた砂量})$$

とする。したがって第二試料中の砂(無水)は

$$777 \times 0.633 = 492 \text{ g}$$

吸水量2%を含む砂として

$$492 \div 0.98 = 502 \text{ g} \quad (\text{全水量から水} 10 \text{ gをとる})$$

よって、測定された全水量から砂利と砂とにとられる水量(3+10=13g)をさし引いたものが、配合水量に属する。

$$116 - 13 = 103 \text{ g}$$

この水量を1図の残存率で補正すると、経過時間41分であるから

$$103 \div 0.952 = 108 \text{ g}$$

となる。モルタルに対する%は

$$108 \div 777 = 13.9\% \quad (7 \text{ 図の配合では} 12.37\%)$$

7表 試製コンクリートの配合、使用した砂と砂利の含水量、および砂利中の5mm以下の粒分

セメント	砂	砂利	水 (ポゾリス懸液を含む)	計
300kg	850kg	1,105kg	168kg	2,423kg
12.37%	35.1%	45.6%	6.94%	100.0%
22.76%	64.5%	—	12.74%	100.0%
	吸水量 (%)	表面水 (%)	含水量 (%) (左の計)	5mm以下の粒分 (%)
砂	2.0	4.2	6.2	—
砂利 (25mm)	0.4	2.3	2.7	2.3

備考：表中の砂、砂利の各量は吸水量を含む値である。

8表 第一試料の測定値

採取量 (g)	砂利 (無水) (g)	砂		懸濁液の比重 (19.2°C)					
		沈降高さ (mm)	重量 (無水) (g)	第1回	第2回	第3回	第4回	第5回	平均
1,651	753	53	573	1.0448	1.0448	1.0448	1.0452	1.0453	1.0450

備考：砂量の算出は6図による。

総括——第一、第二試料の上記の計算を総合すると、供試コンクリートから分離したモルタルの成分はセメント22.9%，砂64.6%，水13.9%，計101.4%となる。7表の配合表のコンクリート量2,423kgから砂利を引いたモルタル量は1,318kgで、上記の3成分%をこれにかけると

セメント 302kg (仕様値との差+2kgまたは+0.7%)
 砂 852kg (" +2kgまたは+0.2%)
 水 183kg (" +15kgまたは+8.9%)

また第一試料ではモルタル分53.1%，第二試料ではモルタル分51.9%であるから、これらの量を前出の3成分%であん分し、コンクリートの4成分を計算し、結果を%で示すと9表、kgで示すと10表のようになる。セメント量はモルタルをもととした場合は302kgであったのに対し、コンクリートをもととすると296kgまたは288kgとなった。このちがいは、第一試料と第二試料とで砂利量(%)がちがっているからである。(筆者らの方法でコンクリートの4成分を定量しようとするなら、砂利の量を正確に測らなければならない。それには少なくとも標準供試体1個分、すなわち約12kgのコンクリートを採取し、それを5mmのふるいにあけて水洗し、ふるい上の清浄な砂利を乾燥させる。えられた乾燥砂利に対し、吸水量と5mm以下の粒分との補正を行なうことを提案したい。このような砂利の正しいと思われる測定方法で、今回の現場では行なわなかった。今回の仕様書配合9種類のうち、砂利量の多いのはコンクリート中に約50%，すなわちコンクリート12kg中に6kgの砂利を含む。筆者らの小実験によると、砂利6kgは、径35cmのフライパン上でリングバーナーにかけ70分で無水にすることができた。)

測定誤差について——懸濁液中のセメント定量の最大誤差は、前述のように2g(1%)である。モルタルに対し、上記の計算例ではモルタル量877gであるから、誤差は0.23÷0.2%に当たる。さらに第一コンクリート試料約1.6kgに対しては0.13÷0.1%となる。この値をコンクリート量2,423kg(約1m³)にかけると、誤差2kgとなる。ただし、測定比重値に対して行なわれた4種類の補正が正しかった場合である。

砂量の誤差について述べると、沈降高さの測定誤差は1mmで砂の約10gに相当し、上述の計算例中の第一試料の砂測定値573gに対しては1.7%に当たる。モルタル全量に対しては10/877=1.1%，第一試料全体に対しては約10/1,600=0.63÷0.6%に当たる。これは7表の配合総量2,423kgに対し、14kgである。

水の誤差について述べると、水はコンクリート中に約100g含まれ、蒸発量は上から天びんで測られるから、すでに0.5g÷1g=1%の誤差をもつ。この誤差量はモルタルに対し0.13%，コンクリートに対し0.07%，配合総量2,423kgに対し1.7kgとなる。以上は天びんに基づく誤差であるが、そのほかに誤差の誘因として、全水

9表 測定されたコンクリート成分 (%)

	砂利	(モルタル)	セメント	砂	水	計
第一試料	45.9	(53.1)	12.2	34.6	7.38	101.1
第二試料	48.1	(51.9)	11.9	33.5	7.21	100.7

10表 測定されたコンクリート成分 (kg)

	kg	砂利	セメント	砂	水
第一試料	kg	1,135	296	838	179
	誤差(kg)	+30	-4	-12	+11
	誤差(%)	+2.7	-1.3	-1.4	+6.6
第二試料	kg	1,165	288	812	175
	誤差(kg)	+60	-12	-38	+7
	誤差(%)	+5.4	-4.0	-4.5	+4.2

11表 ボルトランドセメントの細かさ (ブレン値)

試料番号	P社プラント使用のもの (cm²/g)	Q社プラント使用のもの (cm²/g)
標準図作成用	3,370	3,270
1	3,260	3,210
2	3,180	3,090
3	3,150	3,280
4	3,210	3,240
5	3,210	3,280
6	3,180	3,080
変化の範囲	3,220+150-70	3,210+80-120

12表 使用した砂の懸濁液 (砂618g/3lの比重)

試料番号	P社プラントの砂	Q社プラントの砂
標準図作成用	0.9995(20.3°C)	0.9994(20.6°C)
1	0.9996(19.5°C)	0.9997(19.5°C)
2	0.9997(—)	0.9995(19.7°C)
3	0.9996(—)	0.9996(—)
4	1.0005(18.5°C)	0.9999(19.5°C)
5	0.9996(20.0°C)	0.9992(20.5°C)

量がうける補正を考えることができる。全水量(蒸発量)は、砂および砂利の吸水量によって大きく補正される。たとえば上述の計算例では、全水量は116gで吸水量で13g引かれ、さらに水の残存率の補正をうける。したがって、骨材の吸水量を正しく測定しておかねばならない。また1図の残存率はコンクリートの温度7.5~10.5°Cで測定されたもので、今回の現場試験のコンクリート試料のすべてに適用したことは、問題を残している。練り混ぜ水はコンクリート中の最少成分(今回の9種の配合ではコンクリート中6.4~8.6%)で、その測定はもっとも慎重を要するというべきであろう。

6. 現場における分析試験結果

現場の状況をしらべ、予備実験を行なったのち本試験に入り、33点のコンクリート試料(すなわちP社アジテータトラック33台)を試験した結果を述べる(読者に隠したデータはない)。なお予定された9種の配合中、P社プラントのDおよびQ社プラントのC、D配合のコンクリートは、筆者らが現場出張期間中持ち込まれなかった。分析実施日には、日に1回ずつ各プラントで使用したボルトランドセメントと砂とをとり寄せ、セメントについては細かさ(ブレン)、砂については懸濁液の比重(砂だけの)を測定した。その試験結果を11表、12表に示す。11表の値はモルタル懸濁液の比重補正に用いられた。12表によると、全期間中砂懸濁液の比重はほとんど変化がなかった。すなわち砂に付着する細粉の量には大

きな変化がなかったで、12表の数字はモルタル懸濁液の比重補正に使わなかった。全コンクリート試料のモルタル成分を13表に示す。ただし、砂利中に5mm以下の粒分がQ社プラントの25mm砂利以外は4表に示す量だけ含まれているとした場合の計算による。Q社プラントの25mm砂利中には5mm以下の粒分が多く、かつ変動があったらしい。某日Q社プラントに行き、約3時間の間に25mm砂利8試料(約8kgずつ)をとり、5mm以下の粒分(%)を試験した結果は14表に示すように、4表の値と異なっていた。そこで13表中のQ社プラントA配合だけは、やむをえず5mm以下の粒分を0と仮定した

13表 コンクリートより分離した
モルタル分析結果(%)

プラントと 仕様書配合	試験 番号	セメント	砂	水	計
P社—A (砂利 25mm)	規格値	22.5	65.2	12.3	100
	1	20.4	64.7	13.1	98.2
	2	20.2	65.6	13.4	99.2
	3	20.8	65.2	14.4	100.4
P社—B (砂利 40mm)	規格値	25.2	61.2	13.5	99.9
	4	20.9	62.3	15.1	98.3
	5	25.1	61.0	15.7	101.8
	6	24.0	62.4	15.5	101.9
P社—C (砂利 25mm)	規格値	29.3	57.2	13.53	100
	7	26.5	55.7	15.6	97.8
	8	26.7	59.3	17.3	103.3
	9	26.5	60.4	15.1	102.0
	10	26.7	59.1	14.9	101.7
	11	27.0	54.1	15.1	96.2
P社—E (砂利 40mm)	規格値	24.5	61.4	14.1	100
	13	21.4	63.1	15.0	99.5
	14	21.5	63.9	16.5	101.9
	15	21.9	65.0	15.1	102.0
	16	21.3	64.3	15.8	101.4
Q社—A (砂利 25mm)	規格値	22.8	64.5	12.75	100.1
	18	21.9	64.4	13.8	100.1
	19	21.1	62.3	14.0	97.4
	20	20.9	65.6	13.4	99.9
	21	20.8	63.8	13.5	98.1
	22	20.3	63.6	14.8	98.9
	23	21.1	63.8	15.0	99.9
	24	21.7	64.2	14.2	100.1
	25	21.4	63.6	14.4	99.4
	26	20.7	63.3	13.4	97.4
	27	20.5	64.3	13.1	97.9
Q社—B (砂利 40mm)	規格値	22.85	64.4	12.8	100.1
	28	23.2	62.3	12.7	98.2
	29	22.5	64.3	15.6	102.4
	30	22.1	62.6	13.9	98.6
	31	21.7	64.2	13.9	99.8
	32	20.5	63.2	14.7	98.4
	33	22.1	62.3	13.5	97.9
平 均					99.8

計算を行なった。したがって実際より砂利は少なくモルタル分が多く計算され、その結果セメント量は少なく、砂分は多く、水量は少なく算出された(このような仮定の計算値におよぼす影響はどのくらいかという点、たとえば前述の計算値で示された試料で砂利中の5

mm以下の粒分2.3%を無視すると、モルタル百分率において砂量は0.8%多く、セメント量は0.4%少なく、

14表 Q社プラントの25mm
砂利中の5mm以下の
粒分

試験番号	5mm以下の粒分(%)
1	11.90
2	8.81
3	9.45
4	11.65
5	8.15
6	5.05
7	4.96
8	6.22

15表 コンクリートの分析結果(%)
(P社プラントのコンクリート)

プラントと 仕様書配合	試験 番号	小試験 番号	砂利	セメント	砂	水	計
P社—A (砂利 25mm)	規格値	—	45.55	12.27	35.5	6.71	100.0
	1	第一	39.0	12.4	39.5	7.99	98.9
		第二	39.0	12.4	39.5	7.99	98.9
	2	第一	35.8	13.0	42.1	8.60	99.5
		第二	38.6	12.8	41.6	8.50	99.5
	3	第一	40.9	12.3	38.5	8.51	100.2
		第二	39.3	12.6	39.6	8.74	100.2
P社—B (砂利 40mm)	規格値	—	53.2	11.8	28.7	6.33	100.0
	4	第一	48.3	10.8	32.2	7.81	99.1
		第二	43.7	11.8	35.1	8.50	99.1
	5	第一	48.4	13.0	31.5	8.10	101.0
		第二	49.5	12.7	30.8	7.93	100.9
	6	第一	48.2	12.4	32.3	8.03	100.9
		第二	47.7	12.5	32.6	8.11	100.9
P社—C (砂利 25mm)	規格値	—	43.4	16.65	32.4	7.65	100.1
	7	第一	43.9	14.9	31.2	8.75	98.8
		第二	44.2	14.8	31.1	8.70	98.8
	8	第一	40.2	16.0	35.5	10.30	102.0
		第二	50.1	13.3	29.6	8.64	101.6
	9	第一	44.0	14.8	33.8	8.46	101.1
		第二	39.5	16.0	36.5	9.14	101.1
	10	第一	43.9	15.0	33.2	8.36	100.5
		第二	39.5	16.2	35.8	9.02	100.5
	11	第一	38.7	16.5	33.2	9.26	97.7
		第二	41.9	15.7	31.4	8.78	97.8
	12	第一	37.7	16.6	36.2	9.47	100.0
P社—E (砂利 40mm)	規格値	—	51.1	11.96	30.0	6.90	99.96
	13	第一	41.7	12.5	36.8	8.75	99.8
		第二	52.1	10.3	30.2	7.18	99.8
	14	第一	43.7	12.1	36.0	9.29	101.1
		第二	43.3	12.2	36.2	9.36	101.1
	15	第一	48.7	11.2	33.3	7.74	100.9
		第二	48.7	11.2	33.3	7.74	100.9
	16	第一	44.1	11.9	36.0	8.84	100.8
		第二	44.0	11.9	36.0	8.84	100.7
	17	第一	50.4	11.4	32.3	7.54	101.6
		第二	49.2	11.6	33.1	7.72	101.6
平均							100.2

水量は0.3%少なく算出される)。このような砂利中の5mm以下の粒分の変動は、そのほかの砂利(P社プラントの25, 40mm 砂利とQ社プラントの40mm)にも起こったかもしれない。したがって13表の結果は、モルタルを構成する3量の合計が、100%にどれくらい近いかわかる点に主要な意味がある。13表によるとセメント、砂、水の合計は96.2~103.3%, 平均99.8%であった。13表の各成分%を用いて、コンクリート試料中のモルタル分(%)をあん分し、コンクリート成分(%)を算出すると、15表および16表をうる。15表によると、34小試料の4成分合計の平均は100.2% (範囲97.7~102.0%), 16表によると32小試料では平均99.5% (98.4~101.2%), 全66試料の平均は99.8%である。15表、16表のうち第一と第二試料とで砂利量(%)が接近している(差1%以内)のものだけに付き、コンクリート成分をkgで示すと17表のようになる。

7. むすび

33台のアジテータトラックより1個ずつのコンクリ

16表 コンクリートの分析結果(%)
(Q社プラントのコンクリート)

プラントと仕様書配合	試料番号	小試料番号	砂利	セメント	砂	水	計
Q社-A (砂利 25mm)	規格値	—	45.6	12.37	35.1	6.94	100.0
	18	第一	45.8	11.9	34.9	7.48	100.1
		第二	45.3	12.0	35.2	7.55	100.1
	19	第一	43.9	11.8	35.0	7.85	98.6
		第二	44.9	11.6	34.3	7.72	98.5
	20	第一	46.2	11.2	35.3	7.21	99.9
		第二	46.8	11.1	34.9	7.13	99.9
	21	第一	44.5	11.5	35.4	7.50	98.9
		第二	44.3	11.6	35.5	7.52	98.9
	22	第一	43.4	11.5	35.0	8.38	99.3
		第二	44.2	11.3	35.5	8.26	99.3
	23	第一	44.4	11.7	35.5	8.34	99.9
		第二	42.5	12.1	35.7	8.63	99.9
	24	第一	49.0	11.1	32.7	7.24	100.0
		第二	45.7	11.8	34.8	7.71	100.0
	25	第一	44.9	11.8	35.0	7.93	99.6
		第二	45.5	11.7	34.7	7.85	99.8
	26	第一	42.3	11.9	36.5	7.73	98.4
		第二	40.9	12.2	37.4	7.92	98.4
	27	第一	40.7	12.2	38.1	7.77	98.8
		第二	47.1	10.8	34.0	6.93	98.8
Q社-B (砂利 40mm)	規格値	—	49.1	11.62	32.7	6.52	99.94
	28	第一	52.4	11.0	29.7	6.05	99.6
		第二	47.3	12.2	32.8	6.70	99.0
	29	第一	52.7	10.6	30.4	7.38	101.1
		第二	50.2	11.2	32.0	7.77	101.2
	30	第一	50.7	10.9	30.9	6.85	99.4
		第二	50.2	11.0	31.2	6.92	99.3
	31	第一	48.6	11.2	33.0	7.14	99.9
		第二	50.4	10.8	31.9	6.90	100.0
	32	第一	45.3	11.2	34.6	8.04	99.1
		第二	40.7	12.2	37.5	8.72	99.1
	33	第一	48.4	11.4	32.2	6.95	99.0
		第二	48.2	11.4	32.3	7.00	98.9
平均							99.5

ート試料計33点ととり、筆者らの方法によってその中の砂利、セメント、砂および水のおおの量を定量した。しかし砂利の量は試料の採取量が少なかったために、また砂利中の5mm以下の粒分(筆者らの方法では砂分に移ってしまう)を毎試料コンクリートに使われた砂利について測定しなかったために、この2つの点から砂利量が全コンクリート(2m³または3m³)を正しく代表するように測定されなかった。しかし、コンクリート試料の量から測定砂利量をさし引いたモルタル成分(%)のセメント、砂、水の分量(%)は、試料33点につき平均99.8% (範囲96.2~103.3%)であり、また測定砂利量(%)と上記のモルタル成分(%)から計算したコンクリート中のセメント、砂、砂利および水の分量は、小試料66点につき平均99.8% (範囲97.7~102.0%)であった。作業量は

17表 コンクリートの分析結果(kg)

プラントと仕様書配合	試料番号	小試料番号	砂利	セメント	砂	水	計
P社-A	規格値	—	1,072	289	836	158	2,355
	1	第一	919	292	930	188	2,329
		第二	919	292	930	188	2,329
	2	第一	843	306	990	202	2,341
		第二	862	301	980	200	2,343
P社-B	規格値	—	1,262	280	680	150	2,372
	6	第一	1,143	294	766	190	2,393
		第二	1,132	297	774	192	2,395
P社-C	規格値	—	1,021	390	762	180	2,353
	7	第一	1,033	351	734	206	2,324
		第二	1,040	348	732	205	2,325
	12	第一	888	391	852	223	2,354
		第二	895	391	848	222	2,356
P社-E	規格値	—	1,200	281	705	162	2,348
	14	第一	1,026	284	846	218	2,374
		第二	1,016	287	850	220	2,373
	15	第一	1,143	263	782	182	2,370
		第二	1,143	263	782	182	2,370
	16	第一	1,035	279	846	207	2,367
		第二	1,033	279	846	207	2,365
	17	第一	1,182	268	759	177	2,386
		第二	1,155	272	778	181	2,386
	規格値	—	1,105	300	850	168	2,423
Q社-A	18	第一	1,108	288	846	181	2,423
		第二	1,098	291	853	183	2,425
	19	第一	1,064	286	848	190	2,388
		第二	1,087	281	831	187	2,386
	20	第一	1,119	272	856	175	2,422
		第二	1,133	269	846	173	2,421
	21	第一	1,078	279	858	182	2,397
		第二	1,073	281	860	182	2,396
Q社-B	25	第一	1,087	286	848	192	2,413
		第二	1,102	284	841	190	2,417
	規格値	—	1,191	282	794	158	2,425
	30	第一	1,229	264	750	166	2,409
		第二	1,217	267	757	168	2,409
	33	第一	1,173	277	782	169	2,401
		第二	1,168	277	784	170	2,399

プラント→コンクリート現場→実験室の距離、作業員の数などによるが、筆者らの場合は主として3人が仕事に当たり、1日に4点を試験し、計算時間を入れると夜までかかった。また予備試験に3～4日を要した。

【引用文献】

- (1) 常山, 建築協会誌, No. 778, 247-254(1960)
- (2) 常山, セメント工業, No. 45(1960年7月)
- (3) 常山, 鉄道技術研究報告No. 134(1960年7月)
- (4) 常山, Zement-Kalk-Gips 13, Nr. 8, 354-359(1960)

【付 記】

上記の報告を読めば、どのようにしてコンクリート分析が行なわれるかを理解できるが、現場でこの方法を実施したいと望まれる方のためには試験方法だけを簡明に述べ、多少細かい注意事項を添えることが便利と考えられるので、この「付記」を寄す。

1. 予備試験

(1) 材料試験

使用するセメントの細かさをブレン装置で測る。砂利の吸水量とその中の5mm以下の粒の量を測る。砂の吸水量を測る。

(2) セメント量-比重標準図の作成

測定範囲1.02～1.04および1.03～1.05の2個の比重計(A, Bとし、その相対誤差をあらかじめ測定しておく)によって、モルタル懸濁液の比重を測定する。この場合のモルタル中のセメント量は比重計によって定まり、砂量は仕様書に規定されるコンクリートのセメント:砂比(1:n)によって定まる。セメント量をきめるには、まず比重計Aの最大目盛から約30mm上の目盛P(比重では最大目盛りより約0.002小さい目盛)を任意に定め、Pから比重計下端までの距離を測る。つぎに比重計Bの下端から同じ距離だけ、上部の目盛りQを読む。もし比重計2個を懸濁液中に浸せきし、AがP目盛りを、BがQ目盛りを示すとき、この2個の比重計の液にある長さは等しい。同時にP, Qは一定セメント砂比のモルタル中のセメント量を決定する。つぎにセメント砂比1:nのモルタルを作り、比重計AではP目盛りを、比重計BではQ目盛りを示すような(モルタル量、したがって)セメント量S, Tを見出す(筆者らの比重計では、たとえばセメント量約170gおよび205g)。この実験で、セメント砂比1:nの標準直線が引ける。つぎにnを小さくした場合(n+x)と、小さくした場合(n-y)のモルタルを作り(モルタル懸濁液の比重に対する砂の悪度は約100gであるから、それ以下の増減は意味はない。重量として200g以上の差をつける)、セメント量S, Tを含む4種のモルタルの比重を測る。以上でセメント量S, T, セメント砂比1:n+x, 1:n, 1:n-yの場合の3本の標準直線(標準図)が描かれる。試験すべきコンクリートの配合が数種(したがってセメント砂比が数種)にわたる場合には、本報告の本文に示

したような便法を講じ、セメント砂比の全範囲を少し越えたひろがりをも、3本の標準直線(1つの標準図)に包含させる。その場合の中央線のセメント砂比は、規定セメント比(数種)の中間のものとする。比重測定は1試料につき3回、3試料につき計9回行ない、その平均をとる。懸濁液にはボソリス溶液1～2ccを加え、液の温度はできるだけ20°Cにする。砂はすべて約110°Cで乾燥したものを使用する。

(3) 砂量-砂の沈降高さの標準図作成

上記のセメント量-比重標準図の作成のために試験したモルタル懸濁液について、砂の沈降高さを測り、使用砂量と砂の沈降高さとの関係を示す標準図を作成する(砂の沈降高さは温度、砂中の微細分の多少の変化によって、ほとんど影響をうけない)。

(4) 砂利から洗い出された細粉を加えた砂懸濁液の比重測定

砂だけをシリンドラとり、水を加え全量を3lとし、20°Cで比重を測定する。この場合の砂量は、セメント量-比重標準図に用いられた2つのセメント量のうち、多い方に用いられた最小砂量と最大砂量およびその中間の砂量の3種でよいであろう(実験例:砂144gの砂懸濁液の比重と、同じ砂630gのそれとの差は0.0005であった。したがって砂量を細かく分ける必要はない)。以上の結果から、砂量と砂懸濁液の比重との関係を示す直線が求められる。つぎに上記3種の砂量に、砂利から洗い出された細粉を加えた砂懸濁液の比重を測る。この場合の砂利量は、仕様書のコンクリート配合の砂利-砂比から計算された量とする。このようにして砂量と、砂利の細粉を混ぜた場合の砂懸濁液の比重との関係を示すもう1本の直線が描かれる。この直線は細粉を混ぜない砂の場合の直線の上部に描かれ、2直線間の比重のへだたりは砂利の細粉の影響を示し、補正值として利用される。もし試験すべきコンクリートの配合が数種あり、したがって砂利-砂比が数種あるならば、各砂利-砂比から計算された砂利量から由来する細粉を混ぜた数種の砂懸濁液の比重を測定する。

(5) 練り混ぜ水中のセメントによって固定されない量の測定

仕様書配合に示された割合でセメント、砂、砂利および水をフライパン上にとりコンクリートを試製し(その量は全混合物中に水100gを含む量とし、砂、砂利は110°Cで乾燥したものを使用する)、よくかきまぜ、ビニール布で内容物をおおい、なるべく連続的にフライパンをゆすぶって、コンクリートに振動を与える。フライパンは適当な温度の水(コンクリートを希望の温度に保てるような)に浸しておく。ゆすぶり直前およびゆすぶり時間30分、60分後、フライパン上のコンクリートを加熱し、全蒸発量(w_1)を測定する。別に同量のセメント、砂および砂利の含量を加熱し、蒸発量(w_2)を求める。ゆすぶり時間中の自然蒸発量を(w_3)とすると、セメン

トによって固定されない水(残存率)は次式で求められる。

$$\frac{w_1(g) - w_2(g) + w_3(g)}{\text{コンクリートに加えられた水}(g)} = \text{残存率}(\%)$$

本報告の本文では、コンクリート温度約 10°C の場合のみの水の残存率を報告した。試験時期に応じて約 20°C、約 30°C の場合の残存率を実験によって求めておく。

2. 本試験

(1) 試料採取

1 バッチまたは 1 トラックから 3 回に分けて採取し、合計約 20kg を実験室に運ぶ。よくかきまぜ、3 個の試料をとる。第一試料はセメントおよび砂定量用で、その量は試料コンクリート中にセメントを標準図作成に使用した 2 つの量のうちの大きい方のセメント量を含む量とする。第二試料は水定量用で、その量は試料コンクリート中に水約 100g を含む量とする。第三試料は砂利定量用で、その量は砂利 5 ~ 6 kg を含む量とする。

(2) 測定値の補正

第一試料からえられたモルタル懸濁液の比重は、つぎの 4 種の補正をうける。(1) 比重計のもつ相対誤差によるもの。(2) 懸濁液の温度によるもの。(3) セメントの細かさによるもの。(4) 砂利に付着する細粉によるもの。以上の補正のうち、(2) および (3) の補正は本報告の本文および前報に示した値を採用する。また第一試料からえられた砂量は、あらかじめ測定しておいた砂利から移ってくる砂分と砂の吸水量との補正をうける。第二試料からはまず全水量が求められ、その値から砂および砂利の吸水量から由来する水量をさし引き、えられた値を水の残存率で除して水の量とする。第三試料からえられる砂利量は、砂利中の 5 mm 以下の粒分で補正し、つぎに砂利の吸水量で補正する。

(3) 結果の表わし方

この方法では、まず砂利百分率とモルタル百分率とが求められ、同時にモルタル全量を 100 とした場合のセメント、砂および水の量が求められる。この値で初めのモルタル百分率をあん(按)分し、初めの砂利百分率とつき合わせると、コンクリート全量を 100 とした場合の 4 成分の量が求められる。以上はすべて % で表わされる。仕様書の配合は普通 m^3 当たりの kg で示されるから、その配合の 4 成分の含量(kg)、または砂利を除いた残りの 3 成分の含量(kg)に上記の % をかけると、セメント、砂、砂利および水の量を kg で表わすことができる。

3. 試験期間中の材料監視

(1) セメント

セメントの細かさ変動することが予想される場合には、コンクリート試験を行なう日に 1 回、または 2 回使用セメントの細かさ(ブレン)を測定する。

(2) 砂

使用砂を乾燥し、砂懸濁液の比重を 1 日に 1 回または 2 回測定する。その場合の砂量は、セメント量 - 比重標

準図のセメント量の多い場合に用いられた砂量の最大のもの、最小のもの 2 種類とする。えられた比重値が、標準図作成時の砂の比重値と大きな差があれば、補正值としなければならない。この試験は砂中の細粉の量の変化を知るために行なうのであるが、砂の産地が変わらなければ、含まれる細粉量の変化はあまりないと思う。

(3) 砂利

供試コンクリートに使用された砂利(約 8 kg)中の 5 mm 以下の粒分を、とくにその含有量が多い場合には、コンクリート試料をとるたびに、試験しなければならない。この場合、砂利はとくに乾燥しなくてよい。この 5 mm 以下の粒分はセメント、砂、水の各量の算出にかなりの影響を与える。

4. 使用器具と機械

使用器具は現場作業であることを考え、できるだけ簡単なものでませたい。筆者らは、以下のものを使用した。ただし * 印のものはなくてもよい。

(1) 試料採取用

シャベル(一度にコンクリート 1 ~ 2 kg をすくい上げることのできる大きさのもの)。バケツ 5 個。ビニールクロス。

(2) セメントおよび砂定量用

ガラスシンダー 2 個、容量 3 l、大きさおよび形は前報参照。比重計 9 個、測定比重範囲 1.03 ~ 1.05、1.02 ~ 1.04、0.99 ~ 1.01 各 3 個(予備 2 個ずつを含む)、大きさおよび形は前報参照。恒温水そう(*、なければ季節に応じ水または熱湯を用意する)。エポナイト製または合成樹脂製の水そう(*、高さ約 35 cm、容積約 21 l、シンダー中のモルタルの温度を一定に保つのに便利、なければ 18 l 容の石油あきカンを用いる)。温度計 3 個(うち予備 2 個)、最高目盛 100°C、最小刻目 $\frac{1}{10}^{\circ}\text{C}$ 、20°C 目盛は水銀球下端から 10 ~ 15 cm のもの。物さし、砂の沈降高さ測定用、300 mm。セメントの細かさ測定器(ブレンの装置) 1 個。秒時計 1 個。

(3) 水定量用

フライパン 3 個、ステンレス製、直径 35 cm くらい。さびない金属で作ったフード 3 個(フライパンにかぶせる)。かきまぜさじ。リングバーナー 3 個、ガス用(電熱器では作業能率が落ちる)。

(4) その他

110°C 電気乾燥炉(*)。金属性角形のほち(鉢)、高さ 10 cm 以下(コンクリート約 40 kg が入る)。上ざら天びん、ひょう量 5 kg、最小おもり 1 g。ほかにコンクリート 10 ~ 20 kg を測りうるばかり。金属製はち 3 個、洗面器形。5 mm ふるい 1 個。水そうかくはん棒。計算尺または計算器。10 cc ビベット 2 個。ピーカー 1 l 10 個、2 l 3 個。ガラス製洗ビン 2 個。ガーゼ。セクションペーパー。濃塩酸(比重計洗浄用)。ボゾリス 10% 溶液。

(筆者ら: 常山 日本国有鉄道 鉄道技術研究所 構造砂研究室 主任研究員
小沢 同 上 勤務)

まだ固まらないコンクリート中のモルタル成分の定量

—定量にともなう誤差について—

常山源太郎

セメントコンクリート

No.172

1961年6月

まだ固まらないコンクリート中のモルタル成分の定量

一定量にとりもなう誤差について

常山源太郎

1. まえがき

筆者は前報¹⁾においてコンクリートからモルタルを分離し、その中のセメント、砂および水を定量する方法を述べた。この稿ではその場合の定量誤差を考察する。モルタル三成分のおおの、および砂利の誤差を計算し、その総和からコンクリートの誤差が求められる。誤差計算を行なう基礎として、つぎのことがらを定める。

(1) 前報に示したコンクリート配合についての誤差を考察する(1表)。1表によると砂-セメント比は1.95~3.63、砂利-砂比は1.28~1.86、水-セメント比は0.46~0.64の範囲である。以下本稿では、セメント量の少ないP-D、Q-Dを貧配合、その他を富配合と名付ける。

(2) セメントおよび砂定量用のコンクリート試料は、その中にセメント 205gを含む量とする(2表)。

(3) 水定量用のコンクリート試料は、その中に水 100gを含む量とする(2表)。

2. セメント定量の誤差

セメント量計算に誤差を与える因素として、つぎのものが考えられる。(1) 比重計法自体のもつ誤差、(2) 測定比重値に施される補正值、(3) 採取されたコンクリート試料中の砂利-モルタル比が、もとのコンクリート(筆者の前報では2~3m³)のそれと同一でないこと。

(1) 比重計法自体のもつ誤差に由来するもの

モルタル懸濁液(セメント約 200g含有)の比重から、セメントを定量する場合の信頼しうる感度は2g、したがって1%である。この2gの2表のモルタル量およびコンクリート量に対する%、および1表のコンクリート

量(計、kg)中のセメント量に対する誤差を3表に示す。

(2) 測定比重値に施される補正に由来する誤差

(イ) 比重計の相対誤差： 筆者は前報において、比重範囲の異なる2個の比重計を使用した。あらかじめそれらの相対誤差を、20°Cで検定しておいた。この検定はこのような仕事に習熟したものが行なったもので、正しく検定されたものと仮定する。したがってセメント量算出の場合の誤差の因素としては、取り上げない(相対誤差のある比重計を検定せずに使用して標準図(直線)を描くと、検定された場合に比べ、直線の傾斜がちがってくる)。

(ロ) 懸濁液の温度補正： 懸濁液の温度が20°Cでなかった場合は、1°Cにつき2.4~2.5(×0.0001)ただし15°C以上で測定した場合)の補正をうける。この補正值は筆者が実験室で測定したもので、正しいものと仮定する。温度測定誤差は0.1°Cであるとする、それに基づく誤差は0.24~0.25(×0.0001)と計算され、セメント量約 0.1gに相当し、この誤差は無視してよい。

(ハ) セメントの細かさ測定誤差： セメントの細かさの差 100cm²/g (ブレン値)の比重への影響は、モルタル懸濁液中のセメント量、砂量によってちがうが、セメント 205gの場合 2.0~2.3(×0.0001)である。この値はブレン値3,050と3,660cm²/gの2種のセメントを用いて実験室で測定されたもので、正しいと仮定する。しかしコンクリート現場でセメントのブレン値を測る場合の誤差は、小さい場合で50、大きい場合で100cm²/gであろう。仮りに、いま誤差 100cm²/g となると、

1表 コンクリートの配合

配合	セメント (kg)	砂 (kg)	砂利 (kg)	水 (kg)	計 (kg)	砂	砂利	水	砂利の 大きさ (mm)	
						セメント	砂	セメント		
P	A	289	836	1,072	158	2,355	2.83	1.28	0.55	25
	B	289	680	1,262	150	2,372	2.82	1.86	0.54	40
	C	390	762	1,021	180	2,353	2.10	1.34	0.46	25
	D	212	744	1,295	133	2,384	3.63	1.74	0.63	40
	E	281	705	1,200	162	2,348	2.51	1.70	0.58	40
Q	A	300	850	1,105	168	2,423	2.89	1.30	0.56	25
	B	282	794	1,191	158	2,425	2.43	1.50	0.56	40
	C	390	820	1,082	188	2,480	1.95	1.32	0.48	25
	D	225	816	1,224	144	2,409	3.51	1.50	0.64	40

3表 比重計法自体のもつセメント定量誤差(2g)が、セメント量計算値に与える誤差

	富配合	貧配合
2表のモルタル量に対し	0.22~0.29%	0.18~0.19%
2表のコンクリート量に対し	0.11~0.16%	0.09%
1表のコンクリート量中のセメント量に対し	3~4kg	2kg

2表 コンクリートの試料採取量

配合	セメント 205gを含むコンクリート量 (g)	セメント定量用 100gの水を含むコンクリート量 (g)	水 定 量 用 100gの水を含むコンクリート量 (g)	モルタル量 (g)	モルタル量 (%)
P	A 1,672 B 1,737 C 1,236 D 2,282 E 1,712	912 813 700 1,065 835	1,342 1,535 1,322 1,672 1,448	732 711 744 764 706	54.6 46.8 56.7 45.7 48.8
Q	A 1,656 B 1,762 C 1,303 D 2,219	900 895 734 1,092	1,492 1,582 1,368 1,790	810 803 738 881	54.3 50.8 56.4 49.2

* 砂および砂利のもつ水吸(吸水率)を含まない。

4表 セメントの細かさ測定誤差 (100cm²/g) が、セメント量計算値に与える誤差

	富配合	貧配合
2表のモルタル量に対し	0.11~0.15%	0.09~0.10%
2表のコンクリート量に対し	0.06~0.08%	0.05%
1表のコンクリート量中のセメント量に対し	1~2kg	1kg

比重値として $2.0 \sim 2.3 (\times 0.0001)$ となり、セメント 1 g に相当する。この 1 g の 2 表のモルタル量およびコンクリート量に対する%，および 1 表のコンクリート量 (計, kg) 中のセメント量 (kg) に対する誤差を 4 表に示す。

(二) 砂利に付着する細粉による補正：補正值はつぎのようにして、あらかじめ求めておく。セメント量標準図作成時の、セメント約 200 g の場合に用いられた砂量の最大量、最小量およびその中間量の 3 つの量につき、砂だけの懸濁液の比重 (20°C) を測り、砂量と比重との関係を示す直線を引く。つぎに、上記 3 種の量の砂に、砂利から洗い出された細粉を加えた場合の懸濁液の比重 (20°C) を測り、砂利の量に応じて数本の直線を描く (この場合の砂利の量は、仕様書配合の砂利 - 砂比から計算された量とする)。これらの直線は、最初の直線 (砂利の細粉を含まないもの) の上部に描かれ、その上下の開きに相当する比重差は、砂利に付着する細粉の影響を示し、したがってモルタル懸濁液の比重に対する補正值となり、常に負号をもつ補正值である。この補正值は砂利に付着する細粉が多いほど、砂利 - 砂比が大きいくほど大きい。筆者が前報で試験したコンクリートの仕様書配合では、砂利 - 砂比は $1.3 \sim 1.9$ であり、補正值は $-2 \sim -5 (\times 0.0001)$ であった。砂懸濁液の比重は、モルタル懸濁液の場合より振とう後の経過時間による比重の変化が少なく、その点から測定しやすく、温度をできるだけ 20°C にすれば正しい値がえられる。ただ砂利に付着する細粉の量が大きく変化し、したがってその細粉の混入した砂懸濁液の比重が大きく変化する場合には、補正值を求めなおさねばならない (しかし水洗された砂利を用いるときは、同一の補正值で間に合うと思う。筆者の前報では洗い砂利を使用し、分析試験前に求めた補正值を試験の最終日まで使用した。前報の場合には、この砂利の細粉がセメント量計算値に与えた誤差はなかったようである)。

(ホ) 採取されたコンクリート試料中の砂利 - モルタル比が、もとのコンクリート ($2 \sim 3\text{m}^3$) のそれと同一でないことから起こる誤差：筆者の方法では、第一コンクリート試料から分離したモルタルからセメントと砂とを定量し、モルタルに対するその%を求め、つぎに第二コンクリート試料から水を定量し、モルタルに対するその%を求め、こうしてモルタルをもととした三成分の

%が計算される。つぎにコンクリートをもととした四成分の%を求めるため、コンクリートに対するモルタル%を、すでにえたモルタル三成分であん(按)分し、その結果をコンクリートに対する砂利の%と突き合わせる。ところが第一試料と第二試料とから求められた砂利量(%), したがってモルタル量が異なるため (筆者の前報では平均約 2%), コンクリートに対するセメント, 砂, 水の%も 2 通りにえられた。たとえば前報の“5. 計算例”で述べたコンクリートはセメント, 砂, 砂利, 水の各量をひょう(秤)量した上で調製されたもので、計算上の砂利は $850\text{kg}/2, 423\text{kg}=45.6\%$ であるのに対し、第一試料では 46.9% (モルタル 53.1%)、第二試料では 48.1% (モルタル 51.9%) と定量された。計算された四成分の量は 5 表のようになった (前報の 9 表および 10 表より)。このように 2 通りのコンクリート成分がえられたのは、砂利量が計算上の量に比し、第一試料では 1.3% 、第二試料では 2.5% 多くえられたためで (以下砂利量のかたよりと名付ける)。そのため第一試料のセメント量は 4kg 少なく、第二試料では 12kg 少なく計算された (この誤差は大きい)。1 表の砂利量の最小配合 (P - C) と最大配合 (P - D) について、砂利量測定値が真の値より $0.5, 1, 2, 3\%$ 多かった場合のセメント, 砂, 水の各量に対する影響を、以下のようにして求める。この場合他の因素からの影響をなくするため、モルタル分析の際にセメント, 砂, 水は仕様書どおりの割合で、したがって 6 表の第 4 行および第 7 行のように合計 100% と定置されたと仮定する。この値でモルタル量 (コンクリートに対する%) をあん分し、セメント, 砂, 水のコンクリートに対する%を計算し、それを kg に換算すると 7 表, 8 表のようになる。両表によると、セメント量の多い場合 (コンクリート中約 16%) には、砂利のかたより 1.0% につきセメント量の誤差 $7\text{kg}/\text{m}^3$ 、セメント量の少ない場合 (コンクリート中約 9%) には、砂利のかたより 1.0% につきセメント量の誤差 $4 \sim 5\text{kg}/\text{m}^3$ を生じる。かなり大きな誤差であるから、筆者の方法でセメントを定量しようとする場合には、もとのコンクリートの砂利 - モルタル比が、できるだけ接近しているようなコンクリート試料を採らねばならない。それには砂利定量のために、少なくとも試料として標準供試体 1 個分 (約 12kg) くらいを採ればよいであろう。(この点、筆者はまだ実験によって確かめていない。筆者の前報では $1.2 \sim 1.8\text{kg}$ しか採取

5 表 配合既知のコンクリート (前報 5. 計算例) の分析結果と計算値との比較

	砂利	セメント	砂	水	計
計算上の成分	45.6	12.37	35.1	6.94	100 %
第一試料	46.9	12.2	34.6	7.38	101.1%
第二試料	48.1	11.9	33.5	7.21	100.7%
仕様書配合	1,105	300	850	168	2,423kg
第一試料	1,135	295	838	179	2,448kg
第二試料	1,165	288	812	175	2,440kg

6 表 配合 P - C と P - D

配 合	セメント	砂	砂 利	水	計
P - C	390	762	1,021	180	2,353kg
	16.58	32.4	43.4	7.65	100 %
	29.3	57.2	—	13.53	100 %
P - D	212	744	1,295	133	2,384kg
	8.90	31.2	54.6	5.58	100 %
	19.5	68.2	—	12.2	99.9%

7表 砂利量測定値のかたより 0.5~3%が、セメント、砂、水の各量の計算値に与える誤差 (配合P-C)

砂利のかたより %	砂利量	(モルタル量)	セメント量	砂量	水量	計
0	43.4	(56.6)	16.58	32.4	7.65	100 %
0.5	43.9	(56.1)	16.44	32.1	7.58	100 %
1.0	44.4	(55.6)	16.28	31.8	7.51	100 %
2.0	45.4	(54.6)	15.97	31.2	7.37	99.9%
3.0	46.4	(53.6)	15.70	30.7	7.24	100 %

0	1,021	—	390	762	7	180	2	2,353 kg
0.5	1,034	—	387	755	7	178	1	2,354 kg
1.0	1,045	—	383	748	7	177	1	2,353 kg
2.0	1,068	—	376	734	14	173	4	2,351 kg
3.0	1,092	—	369	722	12	170	3	2,353 kg

せず、その中の砂利-モルタル比が、もとのコンクリートを正しく代表していなかった場合が多かったと思う。

3. 砂定量の誤差

(1) 砂の沈降高さ

砂の沈降高さの測定誤差は1mmであり、砂量として約10gに当たる。1表のコンクリート中の砂量は28.7~35.5%(富配合)、または31.1~33.9%(貧配合)で、2表のセメント定量用コンクリート試料にこれらの%をかけると、砂量は400~600g(富)または710~750g(貧)である。砂定量誤差10gの砂量に対する%、2表のモルタル量およびコンクリート量に対する%、1表のコンクリート量(計、kg)中の砂量に対する誤差を9表に示す。

(2) 砂利中の砂分

沈降高さから求められた砂量は、砂利中に含まれていた砂分(5mm以下の粒)によって補正される。砂利中の砂分の測定法自体には誤差を生じないと仮定する。また砂利について測定された砂分(%)は、そのままコンクリート試料中の砂利にも適用されるものと仮定する。このような仮定のもとでは、砂利中の砂分は、砂量計算値に誤差を生じない(ただし砂利中の砂分がコンクリート試験期間中に大きく変動する場合には、常にそれを監視しなければならぬ)。

(3) 砂の吸水量

砂利中の5mm以下の粒で補正された砂量(無水)は、つぎに吸水量によって補正される。砂の吸水量は普通2%くらいで、その測定誤差は0.3(2.0±0.3)%~0.5(2.0±0.5)%であろう。2表のコンクリート試料中の砂量は400~600g(富配合)、710~750g(貧配合)であるから、これらの量を0.980、0.977、0.983(誤差0.3%の場合)または0.975、0.985(誤差0.5%の場合)で除すと、

9表 砂量測定誤差10gが、砂量計算値に与える誤差

	富 配 合	貧 配 合
1表、2表から求めた砂量に対し	1.67~2.50%	1.33~1.41%
2表のモルタル量に対し	1.10~1.43%	0.92~0.94%
2表のコンクリート量に対し	0.57~0.81%	0.44~0.45%
1表のコンクリート量中の砂量に対し	13~20kg	10~11kg

8表 砂利量測定値のかたより 0.5~3%が、セメント、砂、水の各量の計算値に与える誤差 (配合P-D)

砂利のかたより %	砂利量	(モルタル量)	セメント量	砂量	水量	計
0	54.3	(45.7)	8.90	31.2	5.58	100 %
0.5	54.8	(45.2)	8.81	30.9	5.52	100 %
1.0	55.3	(44.7)	8.70	30.5	5.46	100 %
2.0	56.3	(43.7)	8.50	29.8	5.33	99.9%
3.0	57.3	(42.7)	8.31	29.1	5.21	99.9%

0	1,295	—	212	744	7	133	1	2,384 kg
0.5	1,306	—	210	737	10	132	3	2,385 kg
1.0	1,320	—	208	727	16	129	2	2,384 kg
2.0	1,343	—	203	711	17	127	2	2,384 kg
3.0	1,367	—	198	694	17	124	3	2,383 kg

吸水量測定誤差 0.3%および 0.5%の場合の砂量計算値におよぼす誤差を求めることができる。その結果によると、吸水量の測定誤差の砂量におよぼす影響は、0.3%の場合1~2g(富)または2~3g(貧)であり、0.5%の場合2~3g(富)または3~4g(貧)である。これらの重量の1表、2表から求めた砂量(g)に対する%、2表のモルタル量およびコンクリート量に対する%、1表のコンクリート量(計、kg)中の砂量に対する誤差(kg)を10表に示す。

(4) 採取された試料コンクリート中の砂利-モルタル比が、もとのコンクリート(2~3m³)のそれと同一でないことから起こる誤差

砂利量測定値のかたよりがセメント量/m³の算出におよぼす影響はすでに述べた(7表、8表)が、この砂利のかたよりは砂および水の計算にも影響を与える。7表、8表によると、砂利量が1%のかたよりで測定されると、砂量は富配合の場合14kg/m³、貧配合の場合は17kg/m³の誤差を生じる。

4. 砂利定量の誤差

筆者は前報で、コンクリート試料 1.2~1.8kg から砂利量を求めたが、その値はかならずしも全コンクリート(2~3m³)を代表しなかったと述べ、砂利量を求めるにはコンクリート12kgくらいを採取することを提案した。

(1) 採取されたコンクリート試料中の砂利-モルタル比が、もとのコンクリートのそれと同一でないこと

10表 砂の吸水量測定誤差が、砂量の計算値に与える誤差

	富 配 合		貧 配 合	
	吸水量測定誤差が		吸水量測定誤差が	
	0.3%のとき	0.5%のとき	0.3%のとき	0.5%のとき
1表、2表から求めた砂量に対し	0.17~0.50%	0.33~0.75%	0.27~0.43%	0.40~0.57%
2表のモルタル量に対し	0.11~0.29%	0.22~0.43%	0.18~0.28%	0.27~0.38%
2表のコンクリート量に対し	0.06~0.16%	0.11~0.27%	0.09~0.14%	0.13~0.18%
1表のコンクリート量中の砂量に対し	1~4kg	3~7kg	2~3kg	3~4kg

から起こる誤差

コンクリート試料 12kg を採取しても、真にバッチコンクリートを代表しないかもしれない。とくにスランプの大きいコンクリートの場合が心配である。真の砂利量に対し、砂利測定値のかたよりがコンクリートに対し1%、または2%であるとする、1m³当たりのコンクリート(1表)につき、砂利量として 23~25kg または47~49kgの誤差となる。

(2) 砂分に移行した砂利中の5mm以下の粒

5mm ふるい上にえられた砂利量は、5mm 以下の粒(%)で補正される。この補正からは誤差は生じないものと仮定する。

(3) 吸水量測定誤差

つぎに砂利の吸水量による補正をうける。砂利の吸水量は、普通、砂の吸水量より小さいが一応2%、その測定誤差は0.3~0.5%と仮定し、その場合に生ずる砂利量の誤差を以下に求める。砂利量は7表によると43.4~53.2%(富配合)、50.8~54.3%(貧配合)、したがって12kgのコンクリート中には砂利 5,210~6,380g(富)、6,100~6,500g(貧)を含む。これらの砂利量を0.980、0.977、0.983(誤差0.3%の場合)、および0.975、0.985(誤差0.5%の場合)で除すと、吸水量測定値の誤差による砂利量の誤差(%)が求められる。その誤差のコンクリート12kgに対する%、1表のコンクリート量(計、kg)中の砂利量に対する誤差(kg)を11表に示す。

5. 水定量の誤差

(1) ひょう(秤)量による誤差

1表の配合において、水(練り混ぜ水)はコンクリート中の最小量成分で6~8%を含むにすぎない。水量を求めるには、その中に練り混ぜ水 100g を含むコンクリートをフライパン上で加熱し、蒸発量を求め、まず全水量が算出される。蒸発量は上ざら天びんで計られるから、0.5~1gの誤差をもつ。この1gのモルタルおよびコンクリートに対する%、コンクリート1m³中の水量におよぼす誤差(kg)を12表に示す。

(2) 試料コンクリート中の砂利-モルタル比が、ものとコンクリートのそれと異なった場合の誤差

7表、8表によると、砂利量測定値のかたより1%および2%の場合、水量におよぼす誤差は3および7kg(富配合)、または4および6kg(貧配合)である。

(3) 砂および砂利の吸水量で補正される際の誤差

5. (1)で求められた全水量は、砂および砂利のもつ吸水量で大きく補正される。その補正量は骨材の吸水量が大きいほど、骨材の量が大きいほど大きい。吸水量は砂、砂利ともに2%、その測定誤差は0.3%または0.5%と仮定して、富配合Q-Cおよび貧配合P-D(1表)の場合につき、骨材の吸水量測定誤差が水量計算値に与える誤差を以下のようにして求める。Q-C、P-D中の骨材量は13表のとおりである。13表の砂量および砂利量が吸水量2、2.3、1.7、2.5、1.5%のときの重量を求

めると、骨材の吸水量測定誤差0.3および0.5%が、水量計算値に与える誤差(%)を求めることができる。その誤差は3~8%で、そのモルタル量およびコンクリート量に対する%、コンクリート1m³中の水量に対する誤差を14表にまとめた。

(4) 水残存率による補正から生ずる誤差

全水量は、最後に水の残存率(セメントとの化合に参与しない水の練り混ぜ水に対する%)で補正される。残存率はコンクリート1.3~1.8kgを加熱し、蒸発量(全水量)を求め、その値から使用したセメント+砂+砂利が初めからもつ水量を差し引き、残りの水量を練り混ぜ水の量で除した値である。残存率の測定には、多少の誤差をとまなうようである。前報では振とう時間0~60分の残存率を、96~95%(温度約10°C)と報告した。いま振とう時間x分後の残存率の真の値が95%であり、予備試験の値が1%または2%の誤差(95±1%または95±2%)をもっていた場合を仮定すると、これらの誤差の水量(約100g)に対する影響は約1gまたは約2gである。この1gまたは2gのモルタル量およびコンクリート量に対する%、およびコンクリート1m³中の水量におよぼす誤差(kg)を15表に示す。

6. 誤差の合計

以上、コンクリートの各成分ごとに、分析の際に起こりうる誤差について述べた。これらの誤差は、正負いずれの符号をも持ちうるものであるが、いまずすべての誤差

11表 砂利の吸水量測定誤差が、砂利量の計算値に与える誤差

	富 配 合		貧 配 合	
	吸水量測定誤差が0.3%のとき	0.5%のとき	吸水量測定誤差が0.3%のとき	0.5%のとき
コンクリート試料12kg中の砂利量5,210~6,380g(富)に対し	10~20g	20~30g	15~25g	30~35g
砂利量6,100~6,500g(貧)に対し	0.08~0.17%	0.17~0.25%	0.13~0.21%	0.25~0.29%
コンクリート12kgに対し	0.08~0.17%	0.17~0.25%	0.13~0.21%	0.25~0.29%
1表のコンクリート量中の砂利量に対し	2~4kg	4~6kg	3~5kg	6~7kg

12表 ひょう(秤)量誤差1gが水量計算値に与える誤差

	富 配 合	貧 配 合
水定用コンクリート試料中のモルタル量711~810gに対し(富)	0.12~0.14%	
モルタル量764~881gに対し(貧)		0.11~0.13%
水定用コンクリート試料1,308~1,582gに対し(富)	0.06~0.08%	
1,672~1,790gに対し(貧)		0.06%
1表のコンクリート量中の水量に対し	1~2kg	1kg

13表 水定用コンクリート試料中の砂量と砂利量

配 合	セメント	砂	砂利	水定用コンクリート量	左のコンクリート量中の	
					砂 量	砂利量
Q-C(富)	1.95	1.32	1,308g	433g	571g	
P-D(貧)	3.63	1.74	1,672g	542g	728g	

14表 砂および砂利の吸水量測定誤差が、
水量計算値に与える誤差

富 配 合	吸水量誤差が		貧 配 合	吸水量誤差が	
	0.3% のとき	0.5% のとき		0.3% のとき	0.5% のとき
水 100g に対し モルタル 738g に対し	3g	5~7g	水 100g に対し モルタル 764g に対し	3~4g	7~8g
コンクリート 1,308g に対し	0.41%	0.68~ 0.95%	コンクリート 1,672g に対し	0.39~ 0.52%	0.92~ 1.0%
コンクリート 1m ³ 中の水量 (kg)に対し	0.23%	0.38~ 0.54%	コンクリート 1m ³ 中の水量 (kg)に対し	0.18~ 0.24%	0.42~ 0.48%
	6kg	9~13kg		4~6kg	10~ 11kg

が正(または負)に働くものと仮定し、したがってすべての誤差を合計することにより、最大誤差を16表~20表のように推定した。

7. むすび

コンクリート分析の際の誤差は、配合の貧富によって幾分の相違がある。もっとも大きな誤差を生ずる誘因は、試料コンクリート中の砂利-モルタル比がもとのパッチコンクリートのそれと異なること、言い換えると、砂利測定量が真の値よりかたよることである。もし1%のかたよりで砂利が定量されるなら、モルタル(100%)に対する最大誤差は5~6%, コンクリート(100%)に対する

16表 砂利定量誤差

砂利量のかたより		コンクリート 1m ³ 中の 砂利量(kg)に対し	
1%のとき	2%のとき	富 配 合	貧 配 合
		23~25kg	47~49kg
砂利の吸水量測定誤差			
0.3%のとき	0.5%のとき	2~4kg	3~5kg
		4~6kg	6~7kg
(吸水量測定誤差 0.5%採用)			
砂利のかたより 1%のとき	砂利のかたより 2%のとき	27~31kg	29~32kg
		51~55kg	53~56kg

18表 砂定量誤差

	コンクリート 1m ³ 中の砂量 (kg)に対し		モルタル量に対し		コンクリート 量に対し	
	富配合	貧配合	富配合	貧配合	富配合	貧配合
砂の枝床高さ測定誤差 1mm (砂量として10kg)より	13~ 20kg	10~ 11kg	1.10~ 1.43%	0.92~ 0.94%	0.57~ 0.81%	0.44~ 0.45%
砂の吸水量測定誤差						
0.3%のとき	1~ 4kg	2~ 3kg	0.11~ 0.29%	0.18~ 0.28%	0.06~ 0.16%	0.09~ 0.14%
0.5%のとき	3~ 7kg	3~ 4kg	0.22~ 0.43%	0.27~ 0.38%	0.11~ 0.27%	0.13~ 0.18%
砂利のかたより						
1%のとき	14kg	17kg	1.06%	1.53%	0.6%	0.7%
2%のとき	28kg	33kg	2.12%	3.06%	1.2%	1.4%
	(吸水量誤差 0.5%採用)					
計	砂利のかたより 1%のとき	30~ 41kg	30~ 32kg	2.4~ 2.9%	2.7~ 2.9%	1.3~ 1.7%
	砂利のかたより 2%のとき	44~ 55kg	46~ 48kg	3.4~ 4.0%	4.3~ 4.4%	1.9~ 2.3%

15表 水の残存率測定誤差1%および2%が、
水量計算値に与える誤差

富 配 合 (Q-C)	残存率測定誤差が		貧 配 合 (Q-D)	残存率測定誤差が	
	1% のとき	2% のとき		1% のとき	2% のとき
水量 100g に対し モルタル 733g に対し	1g	2g	水量 100g に対し モルタル 880g に対し	1g	2g
コンクリート 1,308g に対し	0.14%	0.27%	コンクリート 1,790g に対し	0.11%	0.21%
1表のコンクリート 量中の水量に対し	0.08%	0.15%	1表のコンクリート 量中の水量に対し	0.06%	0.11%
	2kg	4kg		1kg	3kg

る最大誤差は4%となり、かたよりが2%となると、上記の最大誤差はモルタルに対して6~7%, コンクリートに対して6~7%となる。そのほかの誤差の誘因としては、水定量に対し、骨材の吸水量測定誤差が、砂利量測定値のかたより以上の誤差をもたらすから、骨材、とくに砂利の吸水量の測定誤差が0.3%以下であることが望ましい。

17表 セメント定量誤差

		コンクリート 1m ³ 中のセメント 量(kg)に対し		モルタル量に対し		コンクリート量 に対し	
		富配合	貧配合	富配合	貧配合	富配合	貧配合
比重計法自体のもつ誤差 2gより		3~4kg	2kg	0.22 ~0.29%	0.18 ~0.19%	0.11 ~0.16%	0.09%
セメントの細かさの測定誤差							
100cm ² /gより		1~2kg	1kg	0.11 ~0.15%	0.09 ~0.10%	0.06 ~0.08%	0.05%
砂利のかたより 1%のとき		7kg	4kg	0.53%	0.44%	0.30%	0.20%
2%のとき		14kg	9kg	1.08%	0.84%	0.61%	0.39%
計	砂利のかたより 1%のとき	11~13kg	7kg	0.9 ~1.0%	0.7%	0.5%	0.3%
	砂利のかたより 2%のとき	18~20kg	12kg	1.4 ~1.5%	1.1%	0.8 ~0.9%	0.5%

19表 水定量誤差

	コンクリート 1m ³ 中の水量 (kg)に対し		モルタル量に対し		コンクリート量 に対し		
	富配合	貧配合	富配合	貧配合	富配合	貧配合	
ひょう(秤)量誤差 1gより	1~	2kg	1kg	0.12~ 0.14%	0.11~ 0.13%	0.06~ 0.08%	0.06%
砂利のかたより 1%のとき		3kg	4kg	0.24%	0.26%	0.14%	0.12%
2%のとき		7kg	6kg	0.49%	0.55%	0.28%	0.25%
砂および砂利の吸水量 測定誤差							
0.3%のとき		6kg	4~ 6kg	0.41% 0.52%	0.39~ 0.52%	0.23% 0.24%	0.18~ 0.24%
0.5%のとき		9~ 13kg	10~ 11kg	0.68~ 0.95%	0.92~ 1.0%	0.38~ 0.54%	0.42~ 0.48%
水の残存率測定誤差							
1%のとき		2kg	1kg	0.14%	0.11%	0.08%	0.06%
2%のとき		4kg	3kg	0.27%	0.23%	0.15%	0.11%
(吸水量測定誤差 0.5%、残存率測定 誤差2%を採用)							
砂利のかたより							
1%のとき		17~ 22kg	18~ 19kg	1.3~ 1.6%	1.5~ 1.6%	0.7~ 0.9%	0.7~ 0.8%
砂利のかたより		21~ 26kg	20~ 21kg	1.6~ 1.9%	1.8~ 1.9%	0.9~ 1.1%	0.8~ 0.9%
2%のとき							

20表 モルタルおよびコンクリートに対する誤差
(砂および砂利の吸水量測定誤差 0.5%, 水の残存率測定誤差 2%を採用)

	条 件	砂 利		セメント		砂		水		計 (%)	
	砂利のかたより	富配合	貧配合	富配合	貧配合	富配合	貧配合	富配合	貧配合	富配合	貧配合
モルタルに対する誤差(%)	1%のとき	—	—	0.9~1.0	0.7	2.4~2.9	2.7~2.9	1.3~1.6	1.5~1.6	4.6~5.5	4.9~5.2
	2%のとき	—	—	1.4~1.5	1.1	3.4~4.0	4.3~4.4	1.6~1.9	1.8~1.9	6.4~7.4	7.2~7.4
コンクリートに対する誤差(%)	1%のとき	1.2~1.3	1.3	0.5	0.3	1.3~1.7	1.3	0.7~0.9	0.7~0.8	3.7~4.4	3.6~3.7
	2%のとき	2.2~2.3	2.3	0.8~0.9	0.5	1.9~2.3	2.0	0.9~1.1	0.8~0.9	5.8~6.6	5.6~5.7

備考：前報に示したコンクリート試料33点の定量結果の最大誤差は、モルタルに対して-3.8%と+3.3%、コンクリートに対して-2.3%と+2.0%であった。すなわち20表の最右欄に示す最大誤差より小さかった。

〔引用文献〕

(1) 常山, 小沢, セメントコンクリート, No.171 (1961年5月)

(筆者: 日本国有鉄道 鉄道技術研究所 構造物研究室 主任研究員)