

# 港湾技術研究所報告

REPORT OF PORT AND HARBOUR TECHNICAL RESEARCH  
INSTITUTE MINISTRY OF TRANSPORTATION, JAPAN

第 3 卷 4 号

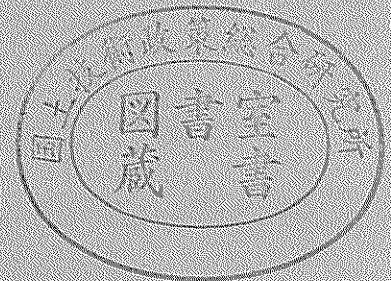
Vol. 3 No. 4

強制混合式ミキサの練りませ性能ならびに

ミキサ練りませ性能試験方法に関する研究……赤塚雄三

1964年8月

運輸省港湾技術研究所



強制混合式ミキサの練りませ性能ならびにミキサ練りませ  
性能試験方法に関する研究

目 次

ま え が き	5
§1 混合方式に関する考察	5
1.1 自重利用式	6
(1) 不傾式ミキサ	6
(2) 可傾式ミキサ	6
(3) 自重利用式ミキサの限界	7
1.2 強制混合式	7
(1) 縦軸型	8
(2) 水平軸型	9
(3) 強制混合式ミキサの問題点	9
§2 練りませ性能試験方法に関する考察	9
2.1 JIS A1119の方法	9
2.2 Concrete Manualの方法	11
2.3 榎場氏の提案する方法	11
2.4 本実験で採用した方法	13
§3 供試ミキサの概要と試料の採取方法	13
3.1 試作平型ミキサ	13
3.2 ジェガー社型ミキサ	16
3.3 試料の採取方法	17
§4 使用材料、コンクリートの配合、練りませ方法ならびに試験方法	17
4.1 使用材料	17
4.2 コンクリートの配合	18
4.3 練りませ方法	18
4.4 試験方法	19
(1) スランプ	19
(2) コンクリート単位容積重量および空気量	19
(3) 単位粗骨材量、粗骨材粒度分布およびモルタル単位容積重量	19
(4) コンクリートの圧縮強度	19
§5 試験結果	20
§6 試験結果の検討	24
6.1 コンクリートの単位容積重量	24
6.2 モルタルの単位容積重量	25
6.3 単位粗骨材量	28
6.4 粗骨材の粒度分布	30
(1) 平型ミキサの場合	33
(2) ジェガー社型ミキサの場合	34
(3) 練りませ時間を変えた平型ミキサの場合	34
(4) 粗骨材の粒度分布の偏差と単位粗骨材量の偏差との関係	34
6.5 圧縮強度	36
§7 供試ミキサの練りませ性能	37
(1) 練りませ時間について	37
(2) 単位粗骨材量の分布の均等性について	37
(3) 粗骨材の粒度分布の均等性について	37
(4) 供試ミキサの性能の評価	38

§8 練りませ性能試験方法について.....	38
(1) 試料の採取方法について.....	38
(2) コンクリートの単位容積重量ならびに圧縮強度について.....	38
(3) 粗骨材の粒度分布について.....	38
あ と が き.....	39
参 考 文 献.....	39

# STUDIES ON PERFORMANCE OF COMPULSORY AND CONVENTIONAL MIXERS AND ON TEST METHODS OF MIXER PERFORMANCE

YUZO AKATSUKA, B. Sc., M. Sc., \*

The performance of compulsory and conventional mixers were studied as well as test methods of mixer performance as designated in Japan Industrial Standards and in Concrete Manual of U. S. Bureau of Reclamation. One of the mixers tested is a compulsory mixer of flat pan type of two cubic foot capacity and the other is a conventional mixer of tilting Jaeger type of the same capacity.

Test results show that the compulsory mixer yields concretes of higher uniformity in less mixing time than the conventional one does specifically when concretes are of low consistency. Uniformity of concrete was evaluated by unit weight of air-free mortar screened from concrete, unit content of coarse aggregate at saturated surface dry condition and grading of coarse aggregate. Samples were taken from three locations in a mixer, i. e., the front, middle and rear parts of the tilting mixer and the center, middle and perimeter zones of the flat pan type mixer. Unit weight of concrete and seven-day and twentyeight-day compressive strengths were tested and investigated if they gave valuable information to evaluate the Variability of concrete, but found the locative variation of these values were less than the deviation of the test results.

Studies on the present test methods of mixer performance reveal the methods designated in JIS and Concrete Manual are inadequate in evaluating uniformity of concrete mixed with a batch mixer, since they provide no mean of estimating the uniformity of coarse aggregate distribution although Concrete Manual method provides a procedure to check variability of unit content of coarse aggregate. Test results show correlation does not exist between the variability of unit content of coarse aggregate and that of its grading. S. Hasaba introduced a system to evaluate the uniformity of constituents in concrete based on the mixing theories of multi-components material. In his method he assumed each constituent in concrete has a sole value of grading and obviously the actual grading of any of cement, sand or gravel can not be determined without accomanying appropriate variation of test results. On this very reason Hasaba's method is not reliable in practical problems.

In this paper the author suggests a simple system to evaluate the variability of coarse aggregate grading as follow:

The portion of sample used in test for unit content of coarse aggregate should be saved and dried to air dry condition, then subjected to sieve analysis. Assuming the grading of coarse aggregate is obtained for each sample taken from various locations in a mixer, variability of grading of coarse aggregate can be evaluated by comparing  $x_{ij}$ ,  $\sum_{i=1}^k x_{ij}$ , and  $\sum_{j=1}^l \sum_{i=1}^k x_{ij}$  in terms of size and location, and any other mixing conditions as consistency of concrete, respectively,

where

$$x_{ij} = \frac{|p_{i0} - f_{ij}|}{p_{i0}} \times 100\%$$

$$D_{i0} = \frac{1}{l} \sum_{j=1}^l f_{ij}$$

$f_{ij}$  = weight percent of the constituent "i" in a sample taken from location "j".

$j=1, 2, \dots, l$ , number of locations sample to be taken.

$i=1, 2, \dots, k$ , number of constituents in coarse aggregate, e.g., coarse aggregate of maximum size of 40mm may be classified as 40-30mm ( $i=1$ ), 30-20mm ( $i=2$ ), 20-10mm ( $i=3$ ), and 10-5mm ( $i=4$ ).

In this system small value of  $x_{ij}$  signifies that the grading of the constituent "i" is not so much deviated

from average grading of the constituent of the same size. As to  $\sum_{i=1}^k x_{ij}$ , the same can be applied.

$\sum_{j=1}^l \sum_{i=1}^k x_{ij}$  will be an index of the over all variability of coarse aggregate grading in a mixer tested.

# 強制混合式ミキサの練りませ性能ならびに ミキサ練りませ性能試験方法に関する研究

赤 塚 雄 三\*

## ま え が き

近年プレストレストコンクリートないしプレキャストコンクリートの需要の増加に伴い、超硬練りないし富配合コンクリートの練りませに適したミキサの開発が要望され、すでに多数の機種が市販ないし試用されている。これらのミキサは練りませ方式としては強制混合式を用い、その構造は縦軸型で回転槽回転羽根式としたものが多く、練りませ方式も構造も従来より一般に使用されている自重利用式の不傾式ないし可傾式のミキサとは全く異って居り、その練りませ性能もかなり相違するものと考えられる。しかし、現在ではこれらのミキサの練りませ性能は十分に究明されているとは云い難く、早急にその性能を適切に評価する規準を定めてより優れたミキサを開発する必要があると思われる。

本報告は以上に述べたような観点から強制混合式による実験室用の平型ミキサを試作し、各種の試験を行ってその練りませ性能を評価すると共に、従来より一般に行われている練りませ性能試験方法についても検討を加え、これらの結果を取り纏めたものである。

供試ミキサは試作した平型ミキサ（混合槽容量100ℓ、練りませ容量60ℓ、原動機所要出力5HP）およびこれとほぼ同容量のジェガー社型ミキサ（公称4切、混合槽容量110ℓ、練りませ容量60ℓ程度、原動機所要出力5HP）で、試験したコンクリートは単位セメント量を300kgとしてスランプの大小によって分けた3種の配合（スランプ=2~3, 7~9, 12~14cm）を用いた。

試験結果は試作した平型ミキサを用いて練りませたコンクリートの均等性が大きく、練りませ時間も1½~3分で十分であって、本ミキサが特にスランプの小さいコンクリートの練りませに適していることを示している。また練りませ性能試験方法についての検討結果に基づいて試料の採取方法ならびに粗骨粒度分布の均一性の評価の仕方に関して新しい提案を行った。

## §1 混合方式に関する考察

コンクリート・ミキサはその混合方式によって自重利用式と強制混合式に大別される。自重利用式はコンクリート材料の自重による落下と流動とを適当に組合わせて練りませを行うもので、現存するコンクリート・ミキサ

\* 構造部，材料施工研究室長

の大部分はこの方式によるものであり、これは更に排出方式および練りませ時のミキサの傾斜角によって幾つかの形式に細分される。強制混合式はコンクリート・ミキサの創始者である Frederick Ransome 氏の考案したミキサ<sup>1)</sup>を原型とする混合方式であって、混合槽に投入したコンクリート材料に攪拌羽根を通じて運動を与えて練りませるものであり、現在各種の注入工法に用いられるグラウトやモルタルの練りませにはこの方式のミキサが使用されている。この強制混合式のミキサも回転軸の取付け位置ならびに混合槽が固定式か回転式かによって更に幾つかの形式に分類される。以下にそれぞれの混合方式による主要なミキサの練りませ操作について検討する。

### 1.1 自重利用式

この混合方式によるミキサは練り上りコンクリート排出時のミキサの傾斜角によって不傾式と可傾式に分けられ、可傾式は練りませ時の傾斜角によって水平混合型と傾斜混合型とに分けられる。主要製造会社の機種を以上の方式によって分類すると次のようである。

- |             |     |                 |
|-------------|-----|-----------------|
| (1) 不傾式     | {   | (A) Ransome 社型  |
|             |     | (B) Lex 社型      |
|             |     | (C) Koehring 社型 |
| (2) 可傾式     |     |                 |
| (2.1) 水平混合型 | (D) | Smith 社型        |
| (2.2) 傾斜混合型 | {   | (E) Koehring 社型 |
|             |     | (F) Jaeger 社型   |

#### (1) 不傾式ミキサ

不傾式ミキサの基本的練りませ操作は上記の A, B, C のいずれの型にも共通で、内壁に数組の羽根をとりつけた円筒形の混合胴を回転して練りませた後、他端より排出する。羽根は掬い羽根と送り羽根の2種から成り、投入された材料は送り羽根で掬い羽根に送られ、これによって混合胴の回転に伴って胴頂部に揚げられた後自重で落下する。落下した材料は排出シュートで送り羽根の位置に戻され、再び上述のサイクルを繰り返す。また掬い羽根を越流した材料は円周方向に流動しながら練りませられる。云い換えれば、この方式による練りませ操作の主体をなすものは落下運動である。このため、本方式のミキサは粗骨材の最大寸法が 5 cm 以下で、スランブが 8 cm 以上の比較的軟練りのコンクリートに適して居り、比較的硬練りの、または骨材の最大寸法が上記の値以上のコンクリートには落下運動による練りませが不十分になるだけでなく、粗骨材の破碎効果も生じ、更に排出時にシュート上の流動も困難となるので不適当とされている<sup>2)</sup>。

#### (2) 可傾式ミキサ

可傾式ミキサの水平混合型は胴体が複合円錐形のもので、軸心を水平に保って練りませ、45~55° 傾けて排出するものである。この種のミキサでは中央部の周速が最大となり材料の集合も多いので、中央で練りませ、両端の材料を混合胴の回転中常に中央に集めるように送り羽根が取り付けられている。練りませの主体をなす動作は落下運動に近い斜面の流下運動とも云うべきもので、送り羽根および混合羽根の取付け角度の相違によって2つの円錐部分からの流下が相互に喰い違い、混合の度合が増加する構造となっている。

一方、傾斜混合型は前述の会社の機種により多少の相違が認められるが、基本的練りませ操作はほぼ共通である。すなわち、投入された材料は傾斜混合のため送り羽根によって胴の後部に向かって流下堆積する。堆積した材料は混合胴の回転に伴う送り羽根による掬い揚げ~落下によって胴の前面に向かって移動し、いわゆる十文字混合作用を構成する。ジェガー社型のミキサも基本的には上述の練りませ方式によるが、混合傾斜角が大なるため混合胴底部における材料の流動が主体となり、底部に突出面を設けて材料の堆積を防いでいる。

可傾式ミキサは以上のように機種によってその練りませ方式には多少の相違が認められるが、練りませの主体

をなす動作はコンクリート材料の自重による流下である。この点で落下を主とする不傾式ミキサの欠点はある程度改善されているが、コンクリートのコンシステンシーが小さくなり硬練りになるに伴って流動が、不充分となり、混合胴底部に練りませ不完全な堆積を残す傾向が生ずる。

### (3) 自重利用式ミキサの限界

自重利用式ミキサは混合胴の回転によってコンクリート材料に高さエネルギーを与え、これを落下ないし流下させて練りませを行うことを前提としている。このような自重利用式ミキサの基本条件は一方ではコンクリートのコンシステンシーおよび混合胴の回転速度の点で自ら限界を設けるものと思われる。すなわち、

(i) 所要のコンシステンシーの極めて小さい、いわゆる超硬練りのコンクリートの場合には諸材料がプラスチックな塊として落下ないし流下することが困難となり、その流動が不均一で且つ不充分なものとなる。

(ii) 混合胴の回転によって生ずる遠心力は材料の自重による落下ないし流下作用を相殺する方向に働き、したがって回転速度には一定の限度があり、これが練りませ時間にも影響し、一定時間以上これを短縮することは不可能である。

(iii) 諸材料に働く遠心力はコンクリートの混合胴内壁への附着を助長する方向に作用する。一方、本方式のミキサにはその附着を妨げ、あるいは附着した材料を剝離する外力を加えることはミキサの構造上極めて困難である。富配合で粘着力の大きいコンクリートの場合にはこれが不完全混合の一要因を形成する。

## 1.2 強制混合式

この混合式のミキサは前述のように Frederick Ransome 氏が1850年に考案した堅型ミキサを以て原型としている。このミキサは A. W. Ransome 氏の説明<sup>1)</sup>によると、底面に排出口を備えた樽状の容器の中央に攪拌羽根を取り付けた鉛直の回転軸を設け、傘歯車を通してこの回転軸を駆動しコンクリートを強制混合する方式のものであった。この形式のミキサはプレスト・コンクリート用グラウトないしプレパックド・コンクリート用注入モルタルのミキサとして現在でも広く用いられているが、コンクリート・ミキサとしては近年に至るまでほとんど発展しなかったようである。これは1.1(3)で述べたような限界が感ぜられぬ程度のコンシステンシーないし配合のコンクリートに対しては自重利用式と強制混合式との間には所要動力の点で著しい相違が認められ、前者がかなり有利とされていたことによるものと思われる。

強制混合式ミキサもその構造によって幾つかの型に細分される。一般には回転軸の方向ならびに混合槽の回転の有無によって次のように分類される。

### (1) 縦軸型

#### (1.1) 固定槽回転羽根式

- (A) モルタル・ミキサ  $\left\{ \begin{array}{l} \text{同心軸型} \\ \text{偏心軸型} \end{array} \right.$
- (B) Paddle Mixer

#### (1.2) 回転槽回転羽根式

- (C) 平型ミキサ (Flat Pan Type)  $\left\{ \begin{array}{l} \text{アイリッヒ型} \\ \text{Lancaster 社型} \\ \text{Cumflow 社型} \\ \text{日曹製鋼社型} \\ \text{王子重工社型} \end{array} \right.$

#### (1.3) 回転槽固定羽根式

- (D) ブロック製造用ミキサ

### (2) 水平軸型

#### 固定胴回転羽根式



- (E) Pugmill Mixer
- (F) { Fleming 社型  
不二社型

### (1) 縦 軸 型

(A)のモルタル・ミキサはPCグラウト・ミキサないし注入モルタル・ミキサとして広く用いられている形式で、堅型の円筒形混合槽に攪拌羽根を1段ないし数段に取り付けた攪拌軸を挿入し、これを回転しモルタルもしくはグラウト材料を強制的に流動させながら練りませるもので、攪拌軸の混合槽内の取付位置によって同心軸型と偏心軸型とに分けられる。同心軸型の場合には羽根の形状と取付け角度によって諸材料の流動状態は多少変化するが、ほぼ円運動に近く、遠心力によって液面が混合槽内壁に沿ってせり上り、練りませ性能と共に練りませ容量も低下する傾向が認められ、これを避けるために混合槽内壁に傾斜した案内羽根を取付けた形式もある。偏心軸型には単軸のものと複軸のものがあるが、いずれの場合も材料の流動は円運動と上下運動とが交錯したものととなり、練りませ性能は同心軸型よりもかなり改善されている。

(B)のPaddle Mixer は羽根が回転（自転）しながら混合槽周壁に沿って公転運動する方式で、プラネタリー式とも呼ばれ、モルタル・ミキサとしてはASTMC305型<sup>3)</sup>、コンクリート・ミキサとしては山中重機KK製の山中式ジェット・ミキサがこれに相当する。

(C)の平型ミキサにはアイリッヒ型、Lancaster 社型、Cumflow 社型などの機種がある。アイリッヒ型ミキサは藤井光蔵氏の設計によるもので、底の浅い円筒状容器を混合槽として回転させ、この中に攪拌羽根を挿入して混合槽とは反対の方向に回転し、投入されたコンクリート材料にせん断作用を与えて練りませる方式である。現存するものとしては容量が27～54ℓ程度の小容量のものに限られ実験室用として用いられている。この形式のミキサは当初の設計と多少異り、攪拌羽根の位置によって死点があると云われている<sup>4)</sup>。[Lancaster 社型ミキサはアイリッヒ型ミキサとほぼ同様の構造を備えているが、攪拌羽根の形状および混合槽と攪拌羽根の動力伝達機構に著しい相違が認められ、アイリッヒ型の欠点と考えられた死点は攪拌羽根の形状と取付位置によって解消されている。その容量は70ℓ程度以下で、排出機構は特に備えず、混合槽上面より掬い出す方式を採用して居り、ほとんど実験室用として使用されている<sup>5)</sup>。Cumflow 社型ミキサは上述の両型と比較して羽根の形状と動力伝達機構ならびに排出機構の点で多少相違するが、練りませ機構はほぼ同様で、コンクリート諸材料を繰返しせん断することによって練りませが達成される。コンクリートの排出は混合槽底面の中央に設けられた排出口と、その蓋と連動する押し羽根によって行われる。すなわち練りませ時には排出口を閉じ、同時に押し羽根は混合槽上部に揚げられるが、排出口を開くと押し羽根も下降して練り上りコンクリートを中央の排出口に向けて押出す構造となっている。本機種の現存するものの容量は200ℓ程度までで実験室用ないし小型プラント用の域を出てない。

以上の3機種に共通した点の一つとして、攪拌羽根の下端面を混合槽底面とほぼ接触させると共に混合槽壁面に沿って剥離羽根を設けてコンクリート諸材料の底面および壁面との附着を防止している点が挙げられる。菅原、町田氏<sup>6)</sup>等によってタービン式と称されている強制混合式ミキサは上述の回転槽回転羽根式に属するものである。最近、日本国有鉄道の指導によってまくら木工場プラント用として試作された日曹製鋼式ハイドロミキサ（王子製鋼KK）および王子式O型ミキサ（王子重工KK）などである。前者はその形状の点ではCumflow社型に近いが動力伝達に油圧を用いている点が異っている。また、後者は動力伝達機構はCumflow社型に類似しているが、混合槽の形状がドーナツ形（O形）になっている点が特長である。練り上りコンクリートの排出にはいずれも底面に設けた排出口を利用する方式を採用している。

回転槽固定羽根式ミキサは回転する堅型混合槽に固定された攪拌羽根を挿入して練りませを行うもので、その

基本動作は固定槽回転羽根式のモルタル・ミキサなどと同様であり、ブロック製造用ミキサとして利用されている。

## (2) 水平軸型

水平軸型は固定された混合槽に攪拌羽根を取り付けた水平軸を設け、これを回転してコンクリートの練りませを行うもので、その基本動作はコンクリート材料のせん断と落下であり、半強制混合ミキサとも云い得る。

Pugmill Mixer は水平軸型 2 軸式で、従来道路用アスファルト・ミキサとして用いられた形式のものがコンクリート用に転用されたもので、堅型の固定混合槽の中に平行した 2 軸を設け、これより直角に突出した腕の先端に羽根を取り付けて相互に反対方向に回転してコンクリート材料に落下運動と共にせん断作用を与えるものである。

これに対して(F)のフレミング社型および不二社型ミキサはほぼ同型で、固定胴の中心に設けられた回転軸に 2 枚のスパイラル状の羽根を取付け、これを回転させて強制混合する形式をとっている。

## (3) 強制混合式ミキサの問題点

プレキャスト・コンクリート部材のような硬練りコンクリート 2 次製品の需要の増加、プレストレスト・コンクリートに用いられるようなセメント量の極端に大きいコンクリートの需要の増加、あるいはコンクリート工事施工能率の向上に対する要求はこれらの製造に適したコンクリート・ミキサの需要増加となって表われている。しかし、前述のように従来の自重利用方式によるミキサには一定の限界があって必ずしも以上の要求に応じ得るものでないことも自明である。

強制混合式によるミキサは上述のような現状から再び注目されている所であるが、本方式によるミキサの発展段階は十分なものとは云い難い。すなわち、1.2(1)~1.2(2)において述べたように、強制混合式ミキサには多くの機種があり、それぞれの特長を有しているが、その多くはコンクリート・ミキサとしては実験室用ないしブロック製造用ミキサの段階に立って居り、施工用ミキサとして市販されている幾つかの機種も未だに試作の段階を出ていないのが実状である。したがって、強制混合ミキサが施工用ミキサとしての需要を満たすためには、その練りませ性能に十分な検討を加えてよりすぐれた練りませ機構を開発すると共に、材料の投入方法、練り上りコンクリートの排出機構、動力の伝達機構などの諸点についても検討を加えて改善すべき余地が多分に残されていると思われる。

## §2 練りませ性能試験方法の検討

コンクリート・ミキサの練りませ性能を正当に評価するためには抛るべき試験方法が適正なものでなければならぬことは当然である。しかしながら、従来より行われている試験方法は必ずしも十分なものとは云い難いものようである。以下に標準試験方法とされている J I S の方法<sup>7)</sup> および Concrete Manual の方法<sup>8)</sup> および標準試験方法以外に提案されているものの中で代表的な榎場氏の試案<sup>9)</sup> を取上げ、検討を加えてみよう。

### 2.1 JIS A1119 の方法

J I S にはコンクリート・ミキサの練りませ性能標準試験方法に相当するものとして J I S A 1119-1953 “ミキサで練りませたコンクリート中のモルタルの単位容積重量差の試験方法”<sup>7)</sup> が規定されている。これは試料をミキサ停止直後にミキサ内のコンクリート面の前、中、後の 3 部分から、もしくはミキサから吐き出されるコンクリートの初め、中、終りの 3 部分からモルタルが 1 試料中に 1000gr 以上ある程度に試料を採取して各試料のモルタル量を測定し、次式でその単位容積重量を計算する。

$$w = \frac{a}{c - (b - a)} \times 1000 \text{ kg/m}^3 \dots\dots\dots (1)$$

式中  $w$  : 空気を追い出したモルタルの単位容積重量 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$a$  : モルタルの空気中の重量 ( $\text{gr}$ )

$b$  : 容器中のモルタルと水の重量 ( $\text{kr}$ )

$c$  : 容器を満たすに要する水の重量 ( $\text{gr}$ )

この方法では3部分から採取した試料について(1)式によって  $w_1, w_2, w_3$  を求め、その最大値と最小値の差を求めてコンクリートの練りませ状態の良否を判定するもので、判定の基準となる単位容積重量差として試験の回数によって異なる幾つかの値が与えられている。

水野氏はそのコンクリートミキサの練りませ性能試験に関する研究<sup>10)</sup>において上述のモルタル単位容積重量差の限界値について理論的ならびに実験的に検討を加え、『単位容積重量差が J I S に示された値であれば危険率 1%程度で練りませ状態が悪いと判断し得るが、この値以下になっても練りませ状態が良いとは判定し得ない』との結論を導き、練りませの良否の判定に有効な単位容積重量差と試験回数との関係を示す図を提案している。同氏は更に、混合時間と  $w, w/c, s/c, s/a$  ( $s/a$  はモルタル重量に対する砂重量比) との関係について調査し、他の条件が同一であればこれらの値の変動範囲は混合時間の増加に伴って減少するが粗骨材の分布状態は必ずしもこの傾向と一致せず、したがって練りませ性能の試験においては粗骨材の分布状態を調べることが重要であると指摘している。

近藤、伊藤氏等<sup>11) 12)</sup>はモルタルの単位容積重量差(両氏はこれをモルタル不均等係数と名付けている)と洗い試験により求めた単位セメント量、単位細骨材量、単位粗骨材量、単位水量、 $W/C$  および  $S/C$  のそれぞれの値の偏差との関係を調べ、これらの量の偏差はモルタル不均等係数の減少に伴って減少することを確かめ、この結果に基づいてモルタル不均等係数はコンクリートの練りませ状態を推測する値として適当な量であると結論し、更に単位粗骨材量に関して次のように述べている。『砂利量の偏差は各コンクリート成分および  $W/C$  ならびに  $S/C$  の偏差の内最低であり、したがって練りませ試験はモルタル不均等係数を一定の限界内に保つようにすれば、粗骨材が分離するような悪いコンクリートおよびミキサの構造上の欠点から粗骨材が分離しているようなコンクリート以外は考慮する必要がない。』上述の所論は前に述べた水野氏の実験結果と明らかに相違する点であるが、逆説的にはミキサの構造上の欠点などを明らかにするにはモルタル不均等係数のみでは充分でなく、砂利量についても調査する必要があることを示唆するものと云えよう。更に近藤、伊藤氏等の提示せる試験値を精査すると、砂利量の偏差は 0.7~6.7%、平均 2.6%で他の量の偏差の平均が 2.9~6.9%の範囲にあって平均値としては最低であるが、これらの量の偏差には例外的に過大な値が 1~2 個づつ含まれた結果として平均値が大となり、砂利量を考慮する必要がないとする論拠としては薄弱のように思われる。

モルタルの単位容積重量差とコンクリートの単位諸量(たとえば単位セメント量など)および配合比(たとえば  $W/C$  など)との相関性が認められれば、当然の帰結としてモルタルの単位容積重量差とコンクリートの圧縮強度との間にも密接な相関性の存在することが予測される。この点に関して、水野氏は  $W/C$  の差と圧縮強度の変化率との関係に基づいてモルタルの単位容積重量差と圧縮強度の変化百分率との一次的相関関係を推測して居る<sup>10)</sup>。また近藤、伊藤氏等は実験的に圧縮強度の偏差(最大圧縮強度と最小圧縮強度の差の平均圧縮強度に対する百分率)とモルタル不均等係数(モルタルの単位容積重量差)との間に一次的相関関係の成立することを確かめ、圧縮強度の許容偏差を  $\pm 15\%$  として、モルタル不均等係数の限界値を  $32 \text{ g/l}$  と推定している<sup>11)</sup>。

以上に述べた J I S A 1119 の方法に関する検討結果を要約すると、モルタルの単位容積重量差はコンクリートの単位セメント量、単位細骨材量および単位水量の偏差の増減に応じて増減し、 $W/C$  および  $S/C$  の偏差にはほぼ一次的に比例する。またコンクリートの圧縮強度の偏差とは一次的相関関係にある。したがって、ミキサの練りませ状態の良否を判定する基準としてのモルタル単位容積重量差の限界値として採用した値の適否は別とし

て、モルタル単位容積重量差は単位セメント量，単位細骨材量，単位水量 W/C ならびに S/C のコンクリート中における均等性を表示する指数として適当な量であると考えられる。しかし，単位粗骨材量ないし粗骨材の粒度分布の偏差とは必ずしも順相関関係が成立せず，その均等性を表示する量としては不適当と思われる。換言すれば，モルタルの単位容積重量差のみを以てコンクリートの練りませ状態を判定する J I S A 1119 の方法は粗骨材の分布状態の均等性に対する評価を欠くものであり不十分な方法と考えられる。

## 2.2 Concrete Manual の方法

米国内務省開拓局の Concrete Manual (コンクリート便覧) 1956年版にはコンクリート・ミキサの性能試験方法として，規格26章“コンクリートの不均等性”が規定されている<sup>9)</sup>。この試験方法はコンクリートの均等性が許容限界内にあるか否かを調べるために行うもので，均等性はミキサ停止直後にコンクリート面の前後2部もしくはミキサより吐き出されるコンクリートの最初と最後と2部より各1個ずつコンクリート試料を採取し，各試料中の単位粗骨材量ならびに気泡を追い出したモルタルの単位容積重量を測定し，それぞれの偏差(単位粗骨材量もしくはモルタル単位重量の2個の試料の差をその平均値に対する百分率で表示した値)でこれを評価する。本方法では許容限界値として単位粗骨材量の偏差については5%以下，モルタル単位容積重量の偏差については0.8%以下を規定し，後者がこの限界値を越える場合には練りませ時間を延長しなければならず，また前者が上述の限界値を越える場合にはミキサの構造が適正でないかもしくは著しく磨耗したことを示すものであって攪拌羽根の形状と間隔を調整する必要があるとしている。更にモルタルの均等性を完全に分析するためにはその洗い分析試験(J I S A 1112-1951, 未だ固らないコンクリートの洗い分析試験方法に類似した方法)を行う必要があり，試験結果がモルタルの構成物質のそれぞれの単位量に大きな偏差が認められる場合にはコンクリート材料の計量操作にその原因が存在する可能性があるとして示唆している。

上述の Concrete Manual の方法はモルタルの単位容積重量の偏差に加うるに，単位粗骨材量の偏差をも測定し，これによって練りませ状態の良否を測定しようとするもので，先に述べた J I S A 1119 の方法における粗骨材の分布状態の均等性に対する評価の欠除を補っている。またその評価の仕方として単位粗骨材量の偏差を用いる点は極めて実務的であると云えよう。しかし，単位粗骨材量の均等性は必ずしも粗骨材粒度分布の均等性を示すものではなく，単位粗骨材量が一定であっても特定寸法の粒子がミキサ内のある個所に著しく偏る場合もある。本方法ではこのような場合についてコンクリートの洗い分析が必要であるとしているが，粗骨材粒度分布の偏差の評価については何等言及せず，また，単位粗骨材量の偏差と粒度分布のそれとの相関性は必ずしも明らかにされていない。更に本方法における試料採取の方法は一つの問題点を提示している。すなわち，本方法では試料をミキサ内のコンクリート面の前後2部もしくはミキサより吐き出されるコンクリートの最初と最後の2部より各1個ずつ採取することを原則としている。ミキサ内のコンクリートの均等性を評価する場合，試料の採取個所と個数が多い程評価の信頼度も増大するが，極端に多ければ試験方法としての実用性を失うことは明らかであり，多くの経験はその必要がないことを教えている。一方，実際に使用されているミキサ，たとえば自重利用式水平混合型ミキサの場合にはミキサの前後部がその中央部に対してほぼ対称形で，ミキサ内のコンクリートの運動も対称形に近い。このような場合には試料は少くとも前部と中央部もしくは中央部と後部より採取するべきであろう。標準試験方法としての試料の採取方法は施工に供されるミキサ一般を対象として定められるべきものであり，Concrete Manual の方法に示された採取方法は検討を要すものと思われる。

## 2.3 加場氏の提案する方法

以上に述べた J I S および Concrete Manual の方法のいずれもコンクリートの性質を構成する多くの要素の中の1ないし2要素の測定量を以て間接的に評価するもので，その主要な目的はミキサの操作方法ないしミキサの構造を改良するための処置に関する実用的な限界を与えることに置かれて居り，コンクリートの練りませ状態

の良否の程度（以下では混合度と云う）の大小を表示するものではない。従って、コンクリートの練りませを多成分系固体粒子と液体との混合であるとする混合理論に基づいてコンクリートの混合度を求めようとする場合にはモルタルの単位容積重量ないし単位粗骨材量の偏差のみでは混合度を表示する量として不充分であることは自ら明かであろう。

榎場氏はこのような観点から多成分系粒体の混合過程を基本として誘導された混合度の各種の表示方法について検討し、氏がコンクリートミキサによる混合の度合を判定するに最も適応すると考える混合度の表示方法を提案している<sup>9)</sup>。以下にこの方法について述べる。

榎場氏はコンクリートをその構成要素であるセメント、砂、砂利等の諸粒子をその大きさによって分けた多成分系の混合体と考え、その混合度（練りませの程度）を次のように誘導している。

$A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$  なる  $n$ 種の混合において各粒子の仕込重量をそれぞれ  $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$  とすると、各粒子の仕込重量比  $p_i$  は一般に

$$p_i = a_i / W \dots\dots\dots (1)$$

ここで、  $W = \sum_{i=1}^n a_i$

練りませ終了後にミキサの任意の個所より採取した試料をふるい分け、各粒子の重量を  $b_1, b_2, b_3, \dots, b_n$  とすれば採取試料中の各粒子の混合重量比  $f_i$  は一般に

$$f_i = b_i / w \dots\dots\dots (2)$$

ここで  $w = \sum_{i=1}^n b_i$

となつて、 $p_i$  は  $f_i$  の期待値となる。完全混合であれば、 $P_i = f_i$  である。そこで着目粒子の混合度  $x_i^2$  を次式で定義する。

$$x_i^2 = \frac{(f_i - p_i)^2}{p_i} \dots\dots\dots (3)$$

これを  $n$  個の粒子群についての総和を求めると、

$$x^2 = \sum_{i=1}^n x_i^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(f_i - p_i)^2}{p_i} \dots\dots\dots (4)$$

となり、 $x^2$  は採取試料全体の混合度を表示する。ミキサ全体の混合度としてはミキサ内のコンクリートを  $N$  個の層に分けて採取してその試料重量を  $w_I, w_{II}, w_{III}, \dots, w_N$  とし、それぞれの試料について (4) 式による  $x^2$  を求め、全体の混合度を次式で定義する。

$$X = \frac{x_I^2 w_I + x_{II}^2 w_{II} + x_{III}^2 w_{III} + \dots + x_N^2 w_N}{W} \dots\dots\dots (5)$$

$$W = w_I + w_{II} + w_{III} + \dots + w_N$$

榎場氏によれば、混合操作中の時間的  $x_i^2$  および  $x^2$  の変化を調べることによって混合の位置的ならびに時間的变化を量的に知ることができ、 $X$  を調べることによってミキサ全体の混合度が求められるはずで、同氏は更にミキサの設計ならびに操作条件は  $x_I^2, x_{II}^2, \dots$  および  $X$  の値が最小限界に近づくように定めなければならないと述べている。

(1), (2) 式で定義される  $p_i$  および  $f_i$  は着目成分の混合前後における単位量に相当し、したがって  $(p_i - f_i) / p_i$  はその偏差に等しい。したがって、(4), (5) 式で定義される  $x^2$  および  $X$  によって混合状態を量的に表示し得ることは明らかであり、榎場氏の主張するように理論的には  $x^2$  と操作条件および位置的变化との関係を実験的に連絡することによりミキサの混合過程を明らかにすることも可能であろう。しかし、本方法における問題点はその適用性にあると考えられる。すなわち、(1)~(5) 式においては  $p_i$  が既知であることを前提としているが、 $p_i$  を求めるためには計量せる材料の全量を適当と考えられる成分数に完全にふるい分けなければならない。 $n$  を大にする程  $x^2$  は大となり判定の基準が厳しくなることは明瞭であり、榎場氏は容量 54l のミキサによる試験では  $n=8$  を選り使用材料を次のように分けている。

セメント：0.088mm 以下

砂：0.088～0.3, 0.3～1.2, 1.2～5mm

砂利：5～10, 10～20, 20～30, 30～40mm

実際問題として砂や砂利のように寸法が広範囲に変化する材料を正確にふるい分けるとは高性能の分級機構を備えたフルイ機を用いても極めて困難であり、分級された材料の品質（この場合は寸法）のバラツキは避けられないのが普通である。このことは後述の著者の実験の場合にも経験された所である。したがって、(8)～(5)式によって混合度を評価する場合には $p_i$ の変動を考慮する必要がある。たとえば $p_i$ のバラツキの範囲を $\Delta p_i$ とすると、 $\Delta p_i > |f_i - p_i|$  場合には(9)式で定義される $x_i$ が着目成分 $i$ の混合度としての意味を失うことは明白である。同様のことがミキサ全体の混合度 $X$ を評価する場合についても云え、本方法を容量の大きいミキサに適用することは技術的にも極めて困難であろう。

#### 2.4 本実験で採用した方法

2.1～2.3においてJISの方法、Concrete Manualの方法および榎場氏の提案する方法について検討した。この結果はコンクリートの練りませ性能を適確に評価する実用的な方法が未だに確立されていないことを示している。

すなわち、モルタル単位容積重量の偏差を用いるJISの方法はモルタル成分の均等性、言い換えれば、単位セメント量、単位水量、単位粗骨材量、W/C、S/C、およびコンクリートの圧縮強度の均等性を間接的に評価するものであるが、粗骨材の分布状態の均等性に対する評価を欠いている。このモルタル単位容量の偏差に加うるに単位粗骨材量の偏差を用いるConcrete Manualの方法は単位粗骨材量の分布状態の均等性をも評価するものであるが、これによって粗骨材の粒度分布の均等性をも評価し得るものか否かは確かめられていないものようであり、更に試料の採取方法は必ずしも適当であるとは云い難い。また榎場氏の提案する方法はコンクリートの混合度を量的に表示する方法を理論的に追求した試みとして有意義なものであるが、実用性に乏しいのが欠点と思われる。

本実験では試験方法についての上述の検討結果に基づいて次のような方法を試みた。すなわち、試料の採取方法ならびにモルタル単位容積重量の偏差についてはJISの方法に準じて試験を行い、また単位粗骨材量の偏差についてはConcrete Manualの方法に従って試験した。更に粗骨材の粒度分布を試験し、その結果より粒度分布の均等性を表示する新しい方法を試みた。この方法については6.4で詳述する。以上の他に、コンクリートの単位容積重量ならびに7日および28日圧縮強度等の試験も行い、これらの量のミキサの練りませ性能を評価する要素としての適用性について検討した。試作平型ミキサの練りませ性能は、以上に述べた諸試験を試作ミキサと共にほぼ同容量のジェガー社型ミキサ（自重利用式、可傾式、傾斜混合型）についてコンシステンシーの異なる3種のコンクリートを用いて行い、これらの結果に基づいて総合的に評価したのである。

### § 3 供試ミキサの概要と試料の採取方法

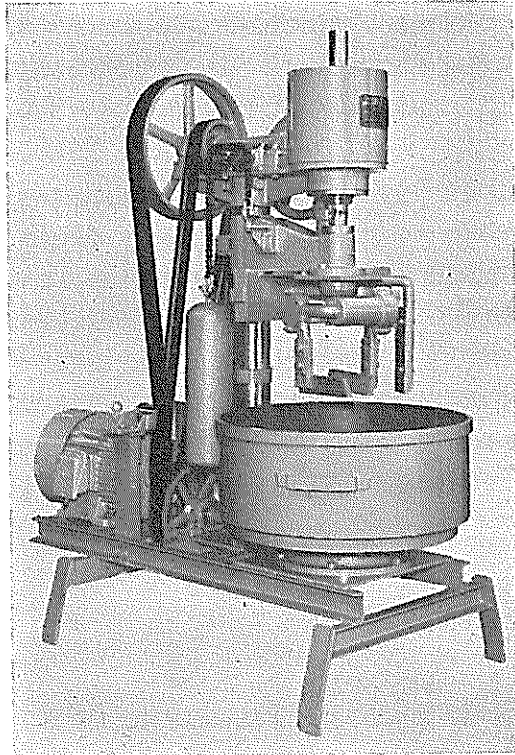
#### 3.1 試作平型ミキサ

試作せる平型ミキサ（KOKEN・FP-70-62型）は米国Lancaster社のFlat Pan Type Mixerおよびアイリッヒ型ミキサを参考にして主たる用途を実験室用として設計せるもので、その細部設計ならびに製作はヤマトボーリングKK（川口）がこれを担当した。その形状ならびに主要寸法と動力伝達機構を写真—1、2および図—1に示す。設計に用いた主要諸元は表—1に示す通りである。

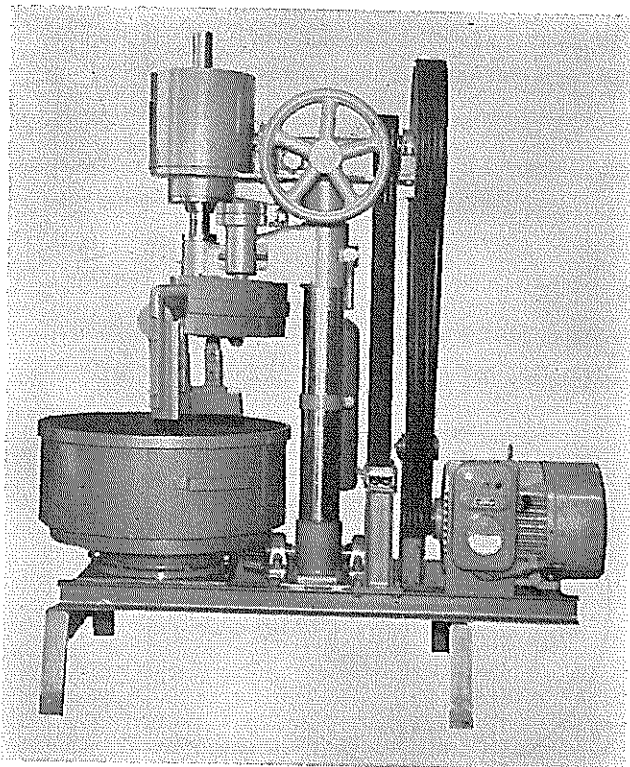
攪拌羽根の取付位置ならびに角度はその形状と共に練りませ性能に著しい影響を与える要素の一つと考えられ

表一 試作平型ミキサ主要諸元

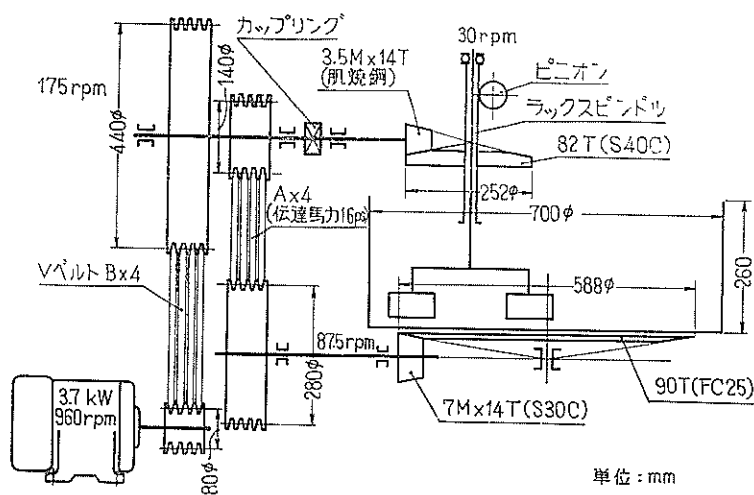
項 目	単 位	寸法ないし数量
混合槽内径×高さ	mm	700×260
“ 実容積	l	100
“ 練りませ容量	l	70 (設計容量)
“ 回 転 数	r.p.m.	13.5
攪拌羽根高さ×長さ	mm	570×205
“ 数	枚	2
“ 回 転 数	r.p.m.	30
剝離羽根数 (固定)	枚	1 (高さ×巾=25.5×8.3cm)
攪拌軸ストローク長	mm	320
電 動 機	KW×P	3.7×6



写真一 試作平型ミキサ (KOKEN・FP-70-62型)



写真—2 試作平型ミキサ (KOKEN・FP-70-62型)



図—1 試作平型ミキサ主要寸法と動力伝達機構

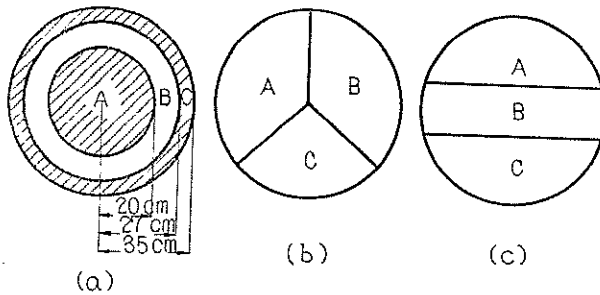




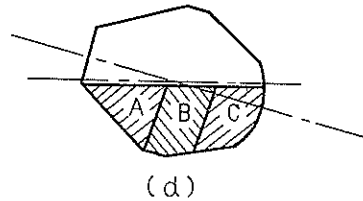
### 3.3 試料の採取方法

ミキサの練りませ性能を試験する場合、コンクリート試料の採取はその品質のバラツキが最も大きいと考えられるような仕方で行う必要がある。平型ミキサの場合には混合槽の内容積を図-3(a)に示したように3等分したA・B・Cの各部より等量のコンクリートを採取して試料とした。試料の採取位置の分け方としては、図-3(b)もしくは(c)示したような方法もあるが、このような分け方で試料を採取する場合には練りませの機構上コンクリートの各成分のバラツキが各部分で平均化され、品質のバラツキを調査するには適当でないことが明らかされて居り<sup>13)</sup>、(A)のような分け方を用いたのである。

比較試験に供したジェガー社型ミキサの場合には一般に行われているように、コンクリートを図-3(d)に示したごとくA・B・Cの3部分に分け各部より等量の試料を秤量採取した。



平型ミキサの場合



ジェガー型ミキサの場合

図-3 試料の採取位置

## § 4 使用材料、コンクリートの配合、練りませ方法ならびに試験方法

### 4.1 使用材料

試験に用いたセメント、砂および砂利の試験成績を表-3~5に示す。砂は原砂より2.5mm以上の粗粒子を完全に取除いたものである。砂利は原砂利を振動フルイ機で2ないし3回繰り返してふるい分け25~20, 20~15, 15~10, 10~5mmの4種に分級した状態で表面乾燥飽和状態に貯蔵し、これを等量づつ秤取して使用した。しかし、振動フルイ機による分級はフルイ面の寸法が必ずしも標準フルイ寸法と一致していないことおよび分級効率が100%に達していないこと等のため完全ではなく、それぞれの呼び寸法のものにはかなりの過大寸法および

表-3 セメントの試験成績 (小野田普通セメント)

比重	ブレン値 cm <sup>2</sup> /gr	凝結(時・分)		安定性	フロー値 (mm)	曲げ強度 (kg/cm <sup>2</sup> )			圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )		
		始 発	終 結			3日	7日	28日	3日	7日	28日
3.16	3290	2-23	3-23	良	243	32.9	47.2	69.1	138	227	400

表-4 砂の試験成績

産地	比重	吸水量 (%)	フルイに留る重量百分率					粗粒率
			2.5mm	1.2	0.6	0.3	0.150	
神奈川県鶴沼海岸	2.53	2.36	0	7	30	56	93	1.86

表-5 砂利の試験成績

産地	比重	吸水量 (%)	フルイに留る重量百分率					
			フルイ寸法 呼び寸法	25	20	15	10	5
神奈川県酒匂川	2.78	1.18	25~20	4	79	98	100	100
			20~15	0	0	34	98	100
			15~10	0	2	4	92	100
			10~5	0	0	0	0	88

過少寸法のものが含まれている。表-5 に示した値は4種の呼び寸法の骨材を標準フルイで数回試験した結果の平均値である。

混和剤としてはポゾリス No.5 A をセメント重量の0.5% 使用した。

#### 4.2 コンクリートの配合

試験にはコンシステンシーの異なる3種の配合、すなわち、硬練り（スランプ=2~3cm）、中練り（スランプ=7~9cm）および軟練り（12~14cm）の3種を使用した。§1 で述べたように、強制混合式および自重利用式のミキサはそれぞれ硬練り~中練りおよび中練り~軟練りのコンクリートの練りませを主たる用途とするものであるが、練りませ性能が良ければその用途を上述のように限定する必要が無く、これを確認する目的で以上の3種のコンシステンシーの配合を試みたのである。単位セメント量はいずれの場合にもほぼ300kg/m<sup>3</sup>、絶対細骨材率は42%となるように定めた。単位水量は平型ミキサおよびジェガー社型ミキサのいずれの場合にも、3分間の練りませ終了直後に図-3 に示した採取場所から採取した試料のスランプが上述の範囲になるように加減してこれを定めた。標準とした配合は表-6 に示した通りである。

表-6 標準としたコンクリートの配合

ミキサの種類	コンクリートの種別	単位使用量 kg/m <sup>3</sup>					水セメント比 (%)	絶対細骨材率 (%)	スランプ*の範囲 (cm)
		セメント	細骨材	粗骨材	ポゾリス	水			
平型ミキサ	硬練り	305	756	1143	1.525	170	55.7	42.1	2~3
	中練り	304	755	1138	1.520	182	59.6	42.1	7~9
	軟練り	302	750	1133	1.510	183	60.5	42.1	12~14
ジェガー社ミキサ	硬練り	306	760	1149	1.530	166	54.8	42.1	2~3
	中練り	304	756	1144	1.520	176	57.8	42.1	7~9
	軟練り	302	751	1137	1.510	184	60.9	42.1	12~14

\* 練りませ時間3分において採取場所A（図-3）より採取した試料のスランプ

#### 4.3 練りませ方法

材料の投入は次の順序になった。



## § 5 試 験 結 果

平型ミキサおよびジェガー社型ミキサの練りませ性能試験結果はそれぞれ表—7および表—8に示した通りである。表—9はコンクリートのコンシステンシーを一定（中練り，スランプ＝7～9 cm）とし，練りませ時間を1 3/4～12分の範囲で変化させた場合の試験結果である。表—9の試験は練りませ時間によるコンクリートの品質の変化を調べることを目的として行ったもので，コンクリートの配合としては表—6に示した中練りの配合を採用したが，単位水量は1 3/4分の練りませ終了直後におけるスランプの値から定めたものである。また試料の採取は図—4に示したように練りませ時間の変化に応じてこれを変え，それぞれの試料には混合槽の直径方向における試料の品質のバラツキが含まれず，練りませ時間の影響のみが表われるように行った。

表-7 平型ミキサ練りませ性能試験結果

コンクリートの種別		硬 練 り			中 練 り			軟 練 り		
試料採取場所*		A	B	C	A	B	C	A	B	C
スランプ (cm)	第1バッチ	2.6	—	—	7.3	—	—	13.3	—	—
	第2バッチ	2.3	—	—	9.2	—	—	13.0	—	—
	第3バッチ	4.8	—	—	7.3	—	—	13.1	—	—
	平均	3.2	(4.4)	(2.9)	7.9	(4.0)	(2.9)	13.1	(10.7)	(9.4)
コンクリート単位容積重量 (kg/m <sup>3</sup> )		2371	2368	2374	2357	2369	2374	2354	2354	2358
空気量 (%)		2.5	2.4	2.5	2.4	2.0	1.9	2.4	2.5	2.2
モルタル単位容積重量 (kg/m <sup>3</sup> )	①	2195	2182	2196	2169	2174	2176	2193	2161	2181
	②	2203	2197	2203	2172	2180	2176	2197	2173	2193
	平均	2199	2190	2200	2171	2177	2176	2195	2167	2187
単位粗骨材量 (kg/m <sup>3</sup> )	①	1133	1136	1136	1128	1129	1130	1107	1128	1114
	②	1129	1127	1132	1127	1125	1130	1105	1121	1107
	平均	1131	1132	1134	1128	1127	1130	1106	1125	1111
粗骨材の粒度分布 (%)	mm 25~20	18.2	18.2	19.8	18.4	20.7	14.8	22.1	19.7	16.9
	20~15	23.4	25.4	22.7	24.2	24.0	24.9	23.5	21.4	24.2
	15~10	32.5	31.8	33.5	32.7	30.8	34.5	31.3	33.4	35.4
	10~5	25.9	24.6	24.0	24.7	24.5	25.8	23.1	25.5	23.5
7日圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> ) (φ15×30cm)	①	242	254	252	237	254	234	243	229	240
	②	237	216	264	235	244	238	231	(160)	238
	③	(194)	218	247	233	244	252	229	240	207
	平均	240	229	254	235	247	241	234	235	228
	標準偏差	2.6	17.5	7.1	1.6	4.6	7.7	7.2	5.5	11.0
28日圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> ) (φ15×30cm)	①	306	349	317	306	296	327	281	289	289
	②	318	295	336	316	303	331	277	290	291
	③	313	327	323	318	312	300	(177)	274	279
	平均	312	324	325	313	304	319	279	284	286
	標準偏差	4.9	22.2	7.9	5.3	6.6	13.8	2.0	7.3	5.3

\* 図-3 参照。A、B、Cはそれぞれ混合槽の中央部、中間帯、周壁に沿った部分に相当する。

表-8 ジェガー社型ミキサ練りませ性能試験結果

コンクリートの種別		硬 練 り			中 練 り			軟 練 り		
試料採取場所*		A	B	C	A	B	C	A	B	C
スランブ (cm)	第1バッチ	2.0	—	—	6.0	—	—	14.2	—	—
	第2バッチ	3.2	—	—	8.5	—	—	11.3	—	—
	第3バッチ	2.5	—	—	7.2	—	—	13.3	—	—
	平均	2.6	(2.1)	(1.6)	7.2	(6.1)	(4.8)	12.9	(11.8)	(8.2)
コンクリート単位容積重量 (kg/m <sup>3</sup> )		2375	2389	2378	2379	2369	2386	2354	2361	2372
空 気 量 (%)		2.6	2.8	2.6	2.0	2.1	2.2	2.0	1.9	1.8
モルタル単位容積重量 (kg/m <sup>3</sup> )	①	2202	2217	2215	2184	2208	2184	2186	2191	2180
	②	2211	2210	2195	2173	2202	2193	2168	2198	2168
	平均	2207	2214	2205	2179	2205	2189	2177	2195	2174
単位粗骨材量 (kg/m <sup>3</sup> )	①	1140	1150	1136	1137	1116	1149	1106	110	1123
	②	1135	1154	1147	1144	1119	1144	1116	1104	1130
	平均	1138	1152	1142	1141	1118	1147	1111	1106	1127
粗骨材の粒度分布 (%)	mm 25~20	18.4	18.3	17.5	19.2	21.0	17.6	19.1	19.1	19.1
	20~15	18.4	18.7	19.7	19.3	16.3	16.6	19.7	20.1	17.9
	15~10	38.4	38.6	38.3	37.2	39.0	39.5	37.7	36.9	37.1
	10~5	24.8	24.4	24.5	24.3	23.7	26.3	23.5	23.9	25.9
7日圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> ) (φ15×30cm)	①	236	245	234	218	206	210	203	188	199
	②	230	241	237	221	206	224	204	190	209
	③	263	261	240	213	209	207	192	198	205
	平均	243	249	237	217	207	214	200	192	204
標準偏差		14.4	8.6	2.9	3.3	1.4	7.4	5.5	4.3	4.1
28日圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> ) (φ15×30cm)	①	364	336	343	350	335	339	275	263	296
	②	341	361	351	340	347	344	269	286	287
	③	343	335	355	340	309	333	280	284	298
	平均	349	344	350	343	330	339	275	278	294
標準偏差		10.4	12.0	5.0	4.7	15.9	4.5	4.5	10.4	4.8

\* 図-3 参照, A. B. C. はそれぞれミキサの前部, 中央部, 後部に相当する。

表-9 練りませ時間を変えた場合の平型ミキサ性能試験結果

練りませ時間(出)*		1 1/2	3	6	12
スランプ (cm)	等1バッチ	7.7	4.5	3.9	2.8
	第2バッチ	6.9	4.8	3.7	3.2
	平均	7.3	4.7	3.8	3.0
コンクリート単位容積重量 (kg/m <sup>3</sup> )		2361	2360	2358	2370
空気量 (%)		2.1	2.2	1.9	1.8
モルタル単位容積重量 (kg/m <sup>3</sup> )	①	2189	2192	2190	2200
	②	2183	2185	2182	2186
	平均	2186	2189	2186	2193
単位粗骨材量 (kg/m <sup>3</sup> )	①	1114	1114	1106	1110
	②	1118	1118	1111	1118
	・ ・	1116	1116	1109	1114
粗骨材粒度分布 (%)	25~20 <sup>mm</sup>	15.5	16.4	16.5	11.9
	20~15	20.4	20.5	19.5	18.9
	15~10	38.8	38.7	41.6	40.8
	10~5	25.3	24.4	22.7	28.4
7日圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> ) (φ10×20cm)	①	212	216	202	(155)
	②	213	228	205	199
	③	222	(169)	242	251
	平均	216	222	216	225
	標準偏差	5.8	6.0	18.2	26.0

\* 試料採取場所は図-4参照

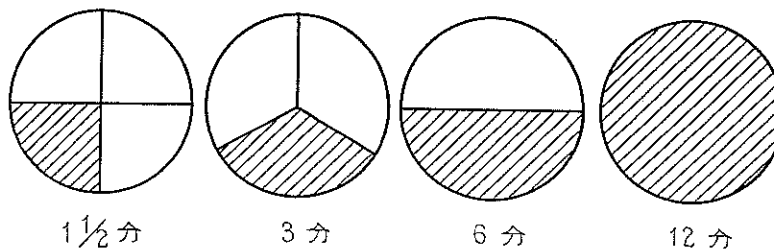


図-4 練りませ時間を変えた試験における試料の採取場所  
(平型ミキサ, 斜線部分より採取)



## § 6 試験結果の検討

### 6.1 コンクリートの単位容積重量

コンクリートの単位容積重量は配合のチェックならびに単位粗骨材量の計算に必要な量として求められたものであるが、これのコンクリートの品質のバラツキを評価するための量としての適用性について検討しよう。

単位容積重量の測定に用いた秤の感度は $\frac{1}{2000}$  (秤量 50kg, 感量 25gr) であるから、秤の感度に基づいて測定値に含まれている誤差は $1.2\text{kg/m}^3$ 程度と推定される。また、試験容器の容積の検定をその寸法の測定によって行い、これを $\frac{1}{100}\text{mm}$ まで測定すると、その精度は次元について $\frac{1}{2000}$ 程度となる。従って、単位容積重量の測定値に含まれる測定誤差は $2.4\text{kg/m}^3$ 程度であろう。表-10の試験値の欄の標準偏差および変動係数は試料の採取場所による相違がないものと仮定して計算した試験値のバラツキを示すものであるが、試料の採取場所を一定として試験を繰り返す場合にはこれとほぼ同程度の試験誤差が生ずるものと考えられる。仮にその変動係数を

表-10 コンクリート単位容積重量試験値のバラツキ

ミキサの種類	コンクリートの種別	試料の採取場所	※ 理論値	試験値			理論値に対する標準偏差	
				測定値	標準偏差	変動係数		
平型ミキサ	硬練り	A B C	$\text{kg/m}^3$ 2372	2371 2368 2374	2371	$\text{kg/m}^3$ 2.5	$\text{kg/m}^3$ 0.10	$\text{kg/m}^3$ 1.7
	中練り	A B C	2364	2357 2369 2374	2367	6.9	0.29	7.6
	軟練り	A B C	2352	2354 2354 2358	2355	1.9	0.08	3.8
ジェガー社型 ミキサ	硬練り	A B C	2374	2375 2389 2378	2381	5.9	0.25	9.0
	中練り	A B C	2373	2379 2369 2386	2378	7.0	0.29	8.6
	軟練り	A B C	2365	2354 2361 2372	2362	7.4	0.31	7.9
平型ミキサ (練りませ時間を 変えた場合)	中練り	1 $\frac{1}{2}$ 分 3 6 12	2366	2361 2360 2358 2370	2362	4.6	0.20	6.9

※ 各材料の絶対容積と空気量の測定値(平均)とを用いて計算した値

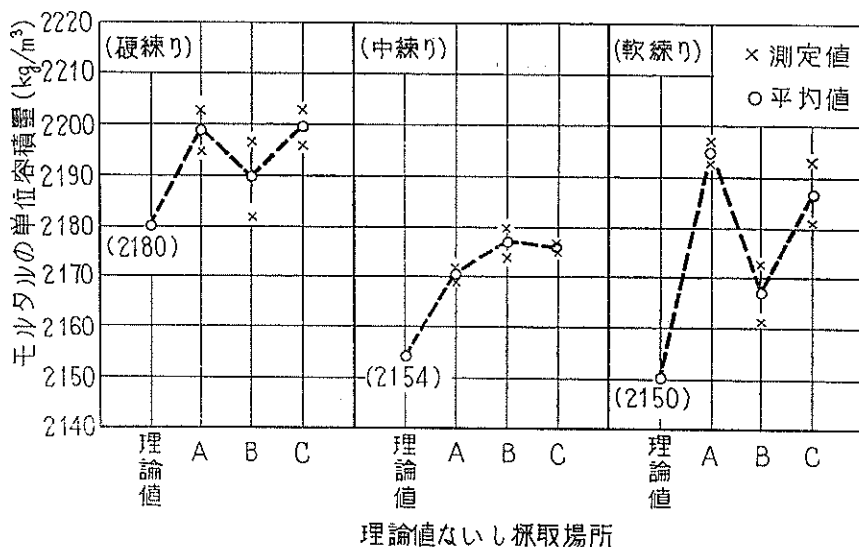
0.20%程度とすると、標準偏差は $4.8\text{kg/m}^3$ 程度となる。結局、単位容積重量の測定値には $5.7\text{kg/m}^3$ 程度の誤差が含まれる可能性が大きく、このことは測定値の1位の値は必ずしも有意とは限らぬことを意味する。そこで、測定値の有効数字を3桁と考えると、その値は理論値とほとんど同じ値となって試料の採取場所による相違を見出すことは困難である。以上に述べたことを要約すると、コンクリートの単位容積重量は単独ではミキサ内のコンクリートの品質のバラツキを評価するための量としては不適當であると判断される。

評料の採取場所ないし採取時間の相違を無視して、同種の試料の測定値群と考え、その理論値との標準偏差を計算した結果を表-10の第8欄に示した。これによると平型ミキサの場合は $1.7\sim 7.6\text{kg/m}^3$ となつて、ジェガー社型ミキサおよび練りませ時間を変えた時の平型ミキサの場合の $6.9\sim 9.0\text{kg/m}^3$ と比較して変化の中が大きく

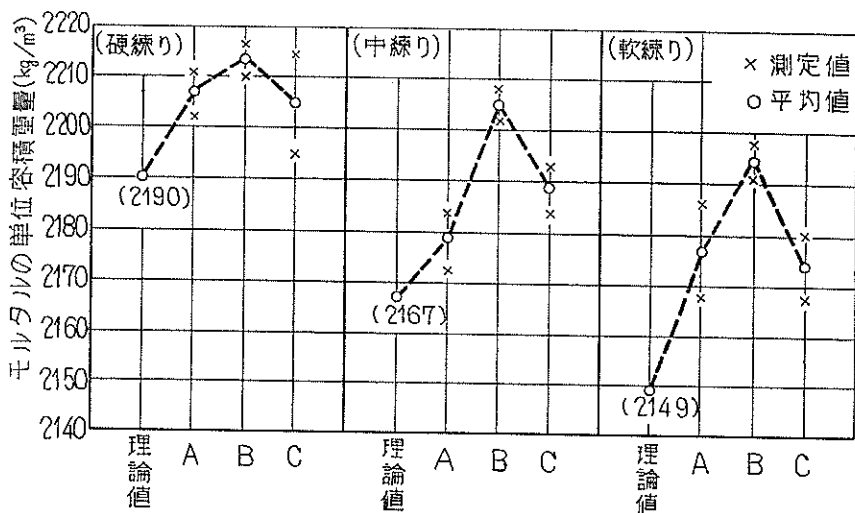
い。これはミキサの型ないし試料の採取方法の相違によるものでなく、実験が長期間に亘ったために試験の熟練度が僅かながら変化したことを示すものと考えられる。

## 6.2 モルタルの単位容積重量

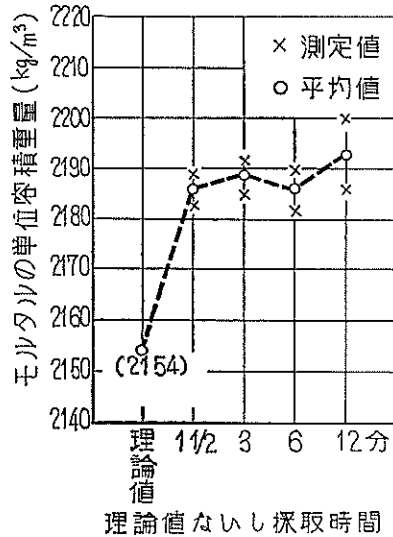
モルタルの単位容積重量試験結果を図示すると図—5～7が得られる。これらの図より容易に観察されることの一つは試験値と理論値（セメント、砂および水の絶対容積より計算したモルタルの単位容積重量）との相違であろう、すなわち試験値はいずれの場合にも理論値よりかなり大きく、その差は  $20\sim 30\text{kg/m}^3$  (10~18%) 程度である。これは主として練りませ直後のコンクリートよりモルタルをふるい分ける際に相当量のペースト部分が粗骨材やフルイ網に附着して残り、フルイを通過したモルタルの砂粒子部分が相対的に多くなり比重が増加するものと考えられ、近藤氏等<sup>11)</sup>もほぼ同様の見解を表明している。第二の点は単位容積重量の分布の型にはほぼ一定の傾向が認められることである。すなわち、平型ミキサの試験結果では中練りの場合は例外であるが、他の場合には採取場所A（中心部分）とC（周壁部分）の単位容積重量が大きい値を示している。これに対し、ジェガー



図—5 モルタルの単位容積重量試験結果（平型ミキサの場合）



図—6 モルタルの単位容積重量試験結果（ジェガー社型ミキサの場合）



図一七 モルタルの単位容積重量試験結果（平型ミキサの場合）

社型ミキサではB（中央部分）より採取した試料の単位容積重量がAおよびC（前部および後部）より採取した試料のそれに比してかなり大きい。一方、平型ミキサでも、試料を混合槽中心より周壁に向かって放射状にほぼ平均して採取した場合（練りませ時間を変えた実験、図一四参照）には単位容積重量がほぼ一定となって前述のような傾向は認められず、このような試料の採取方法がその品質のパラツキを平均化することを示している。

以上に述べたことは Concrete Manual の方法における試料の採取方法について一つの疑問を提出するものである。すなわち Concrete Manual の方法ではミキサ内のコンクリート面の前後部もしくはミキサより吐き出されるコンクリートの初めと終りの部分より試料を採取することを条件としている。これは、これらの部分より採取した試料のモルタル単位容積重量差が最大であることを前提としているものと解されるが、本実験結果ではジェガー社型ミキサの前、中、後部より採取した試料の最大単位容積重量差は前後部のそれよりもかなり大きい。この点について、水野氏<sup>10)</sup>は限られた数の採取箇所より得られた単位容積重量差はそのミキサ内のコンクリートの最大のパラツキを表示するものとは限らないと指摘して居り、また加場氏<sup>9)</sup>はその提案する試験方法との関連において、試料の採取箇所が多いほど練りませ性能の判定規準が厳しくなると論じている。本実験においては平型ミキサ、ジェガー社型ミキサのいずれの場合にも試料採取場所を3箇所限定したので、単位容積重量差と採取場所数との関係を論ずることは困難であるが、これを少なくとも3箇所程度とすることが必要であると考えられ、JISの方法はこれを3箇所と規定している点でより実際のと判断される。しかし JIS, Concrete Manual のいずれの方法も自重利用式のコンクリートミキサを対象として居り、本実験に使用した平型ミキサのように浅底の円板状混合槽がその垂直中心軸の周囲を回転する機構の多い強制混合式のミキサについては試料の適当な採取方法を新たに設ける必要がある。

表一七～九の試験結果より同一箇所より採取した2個の試料の単位容積重量差およびその平均値の採取場所による最大と最小の単位容積重量の差異を求めて表示すると表一十一～十三に示した値が得られる。

これらの値について最初に J I S の方法に示された判定規準に従って検討してみよう。この方法では1回の試験で求めた単位容積重量差が  $18\text{kg/m}^3$ 、数回の試験で求めた単位容積重量差の平均が  $13\text{kg/m}^3$  を越えた場合には試験の操作ならびにミキサの欠点について検討する必要があるとしている。本実験では同一箇所より同時に2個の試料を採取しているため、上述の条件とは必ずしも一致しないが、その平均値についてみると、単位容積重量

表-11 モルタル単位容積重量の偏差（平型ミキサの場合）

コンクリートの種別		硬 練 り			中 練 り			軟 練 り		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C
測 定 値 の キ	①, ②の重量差 (kg/m³)	8	15	7	3	6	0	4	12	12
	平均値に対する (%)	0.38	0.72	0.33	0.15	0.29	0	0.18	0.58	0.58
	標準偏差 (kg/m³)	4.0	7.5	3.5	1.6	3.0	0	2.0	6.0	6.0
単 位 容 積 の 差	単位容積重量 (kg/m³)	2199	2190	2200	2171	2177	2176	2195	2167	2187
	最大と最小の差 (kg/m³)		10			6			28	
	平均値に対する (%)		0.48			0.29			1.34	
理 論 の 値 差	単位容積重量差 (kg/m³)	+19	+10	+20	+17	+23	+22	+45	+17	+37
	理論値に対する (%)	0.87	0.46	0.92	0.79	1.07	1.02	2.09	0.79	1.72
	同上平均 (%)		0.75			0.96			1.54	

表-12 モルタル単位容積重量の偏差（ジェガー社型ミキサの場合）

コンクリートの種別		硬 練 り			中 練 り			軟 練 り		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C
測 定 値 の キ	①, ②の重量差 (kg/m³)	9	7	20	11	4	9	18	7	12
	平均値に対する (%)	0.43	0.32	0.91	0.51	0.18	0.41	0.83	0.32	0.55
	標準偏差 (kg/m³)	4.5	3.5	10.0	5.5	2.0	4.5	9.0	3.5	6.0
単 位 容 積 の 差	単位容積重量 (kg/m³)	2207	2214	2205	2179	2205	2189	2177	2195	2174
	最大と最小の差 (kg/m³)		9			26			21	
	平均値に対する (%)		0.41			1.19			0.96	
理 論 の 値 差	単位容積重量差 (kg/m³)	+17	+24	+15	+13	+38	+22	+28	+46	+25
	理論値に対する (%)	0.78	1.10	0.69	0.60	0.18	1.01	1.30	2.10	1.16
	同上平均 (%)		0.85			1.12			1.54	

表-13 モルタル単位容積重量の偏差（平均ミキサ・練りませ時間を変えた場合）

コンクリートの種別		中 練 り				
		練りませ時間 (分)	1½	3	6	12
測 定 値 の キ	①, ②の重量差 (kg/m³)		6	7	8	14
	平均値に対する (%)		0.27	0.32	0.37	0.68
	同上平均 (%)					0.41
単 位 容 積 の 差	単位容積重量 (kg/m³)		2186	2189	2186	2193
	最大最小の差 (kg/m³)					6
	平均値に対する (%)					0.27
理 論 の 値 差	単位容積重量差 (kg/m³)		32	35	32	39
	理論値に対する (%)		1.48	1.62	1.48	1.81
	同上平均 (%)					1.60

差が 18kg/m³ 以上となるのは、平型ミキサでは軟練りの場合だけである。これに対してジェガー社型ミキサでは中練りと軟練りの場合が該当する。練りませ時間を変えた平型ミキサでは試料のバラツキがその採取方法により平均化された結果として最大値と最小値の差は極めて少なくこの種の採取方法が混合槽内のコンクリートの品

質のバラツキを試験するためには不適當であることが分る。以上ではA, B, Cのそれぞれの平均値を比較したが、このため最大値と最小値のバラツキの中も減少する。そこで、判定の限界値として単位容積重量差  $18\text{kg/m}^3$  を採用すると、平型ミキサでは軟練り、ジェガー社型ミキサでは中練りと軟練りの場合が該当して、 $18\text{kg/m}^3$  を採用したと同じ結果が得られる。ここで注目すべきは測定値自体のバラツキがA, B, Cにおける最大値と最小値の差より大きい場合であろう。平型ミキサでは硬練りの場合（採取場所Bの値  $15 > 10\text{kg/m}^3$ ）であり、ジェガー社型でも同様（採取場所Cの値  $20 > 9\text{kg/m}^3$ ）である。平型ミキサでは  $15 < 18\text{kg/m}^3$  でJ I Sの判定規準値以下であるが、ジェガー社型ミキサでは  $20 > 18\text{kg/m}^3$  であり、J I Sの判定規準を越え、その最大値と最小値との差が  $9\text{kg/m}^3$  であることは必ずしもJ I Sの判定に合格することを意味しない。

次に同じ試験結果について Concrete Manual の方法に示された判定規準に従って検討してみよう。この方法では単位容積重量の最大値と最小値の差を両者の平均値に対する百分率で表示し、これが0.8%以上の場合には練りませ時間を延長しなければならないとしている。上述の値0.8%は単位容積重量差の  $18\text{kg/m}^3$  に相当する値であって、たとえば、単位容積重量の平均値が  $2200\text{kg/m}^3$  とすると

$$2200 \times 0.008 = 17.6 (\text{kg/m}^3)$$

となって単位容積重量差で比較する場合も判定が多少厳しくなる程度である。従ってモルタルの単位容積重量を用いた判定規準に関する限りJ I Sの方法と Concrete Manual のそれとでは実質的な相違がなく、前段で検討した所と全く同じ結果が得られる。

モルタル単位容積重量について以上に検討した所を要約すると次のような結論が得られる。

- (1) コンクリートよりふるい分けしたモルタルの単位容積重量の実測値は理論値に較べて  $20 \sim 30\text{kg/m}^3$  程度大きい、これはふるい分け操作に起因するものと思われる。
- (2) モルタルの単位容積重量の混合槽内の分布にはほぼ一定の傾向が認められ、平型ミキサの場合には混合槽中心部および周壁部で大きな値を示している。これに対してジェガー社型ミキサでは混合槽の前、後部において小さい値が得られ、練りませ性能試験のための試料の採取場所としてミキサの前後部のみに限定することは代表的な試料の採取方法として必ずしも適當ではなく、たとえば前、中、後部のように、少なくとも3部より試料を採取することが必要と考えられる。
- (3) 練りませ時間を3分とする場合、平型ミキサを用いて練りませたスランブ  $2 \sim 9\text{cm}$  のコンクリートの単位容積重量差は  $18\text{kg/m}^3$  (0.8%) 以下であり、練りませ時間は十分であると判断される。しかし、スランブ  $12 \sim 14\text{cm}$  の軟練りコンクリートの場合には  $18\text{kg/m}^3$  以上となって練りませ時間を延長する必要があると考えられる。ジェガー社型ミキサを用いて練りませたコンクリートの単位容積重量差は、硬練りの場合を除いて、 $18\text{kg/m}^3$  以上であり、硬練りの場合にも試験値のバラツキが  $18\text{kg/m}^3$  を越えて居り、練りませ時間を再検討する必要があると考えられる。以上により、モルタルの単位容積重量差に関する限り、短時間に均一性の大きいコンクリートが得られる点で試作平型ミキサの練りませ性能は満足すべきものと判断される。

### 6.3 単位粗骨材量

表—14~16は単位粗骨材量についての試験結果より試験値のバラツキおよび単位粗骨材量の偏差を求めたものである。

測定値のバラツキは一般に極めて小さく、同一個所より採取した2個の測定値の差の最大値は  $11\text{kg/m}^3$  (0.96%, 標準偏差  $= 5.5\text{kg/m}^3$ , 変動係数  $= 0.48\%$ ) である。全試験を通じて、2個の測定値の差の平均は  $5.2\text{kg/m}^3$  (変動係数の平均  $= 0.23\%$ ) 程度であり、この種の測定誤差としてはかなり小さい。従って、最大値と最小値との差が数%程度の値であれば、この値よりコンクリートの品質のバラツキを推定することは試験の精度の観点からは可能であり、また適當であると考えられる。

表-14 単位粗骨材量の偏差 (平型ミキサの場合)

コンクリートの種別		硬練り			中練り			軟練り		
採取箇所		A	B	C	A	B	C	A	B	C
測定値 (kg/m <sup>3</sup> )	①	1133	1136	1136	1128	1129	1130	1107	1128	1114
	②	1129	1127	1132	1127	1125	1130	1105	1121	1107
	①～②の平均	1131	1132	1134	1128	1127	1130	1106	1125	1111
測定値の バラツキ	①～②の差 (kg/m <sup>3</sup> )	4	9	4	1	4	0	2	7	7
	①～②/平均 (%)	0.35	0.80	0.35	0.09	0.35	0	0.18	0.62	0.63
単位粗骨 材量の差	③最大と最小の差 (kg/m <sup>3</sup> )		3			3			19	
	④最大最小の平均 (kg/m <sup>3</sup> )		1133			1129			1116	
	③/④ (%)		0.26			0.27			1.70	

表-15 単位粗骨材量の偏差 (ジェガー社型ミキサの場合)

コンクリートの種別		硬練り			中練り			軟練り		
採取箇所		A	B	C	A	B	C	A	B	C
測定値 (kg/m <sup>3</sup> )	①	1140	1150	1136	1137	1116	1149	1106	1108	1123
	②	1135	1154	1147	1144	1119	1144	1116	1104	1130
	①～②の平均	1138	1152	1142	1141	1118	1147	1111	1106	1127
測定値の バラツキ	①～②の差 (kg/m <sup>3</sup> )	5	4	11	7	3	5	10	4	7
	①～②/平均 (%)	0.44	0.35	0.96	0.61	0.27	0.44	0.90	0.36	0.62
単位粗骨 材量の差	③最大と最小の差 (kg/m <sup>3</sup> )		14			29			21	
	④最大最小の平均 (kg/m <sup>3</sup> )		1145			1133			1117	
	③/④ (%)		1.22			2.56			1.88	

表-16 単位粗骨材量の偏差 (平型ミキサ練り混ぜ時間を変えた場合)

コンクリートの種別		中練り			
採取時間 (分)		1 1/2	3	6	12
測定値 (kg/m <sup>3</sup> )	①	1114	1114	1106	1110
	②	1118	1118	1111	1118
	①～②の平均	1116	1116	1109	1114
測定値の バラツキ	①～②の差 (kg/m <sup>3</sup> )	4	4	5	8
	①～②/平均 (%)	0.36	0.36	0.45	0.72
単位粗骨 材量の差	③最大と最小の差 (kg/m <sup>3</sup> )				7
	④最大と最小の平均 (kg/m <sup>3</sup> )				1113
	③/④ (%)				0.62

Concrete Manual の方法ではミキサの前後部より採取した試料の単位粗骨材量の偏差を以てミキサの構造上の欠陥もしくは著しい磨耗の有無を判定する規準としている。本実験結果では供試ミキサのいずれも上述の値以下の偏差を示しているが、ミキサの種類およびコンクリートの種別によってその値に著しい相違が認められる。

すなわち、平型ミキサでは硬練りおよび中練りコンクリートの場合、単位粗骨材量の偏差はいずれも 0.3% 程

度で測定値の偏差 (10.8~0.4%) より小さく粗骨材の分離が極めて少いことが分る。しかし、軟練りコンクリートの場合にはこの値が1.7%に達して居り、中~硬練りコンクリートに比較して粗骨材の分離の程度がかなり大きい。

ジェガー社型ミキサでは硬、中、軟練りのそれぞれに対して1.2, 2.6, 1.9%の偏差を示し硬練りの場合に最小で、中練りの場合に最大となり、軟練りの場合にはこれに次ぐ値となつて、概して中軟練りの場合の粗骨材の分離が著しく、コンクリートの練りませの際に一般に観察される所と一致した傾向を示している。

両型のミキサを比較すると、軟練りコンクリートの場合には単位粗骨材量の偏差は両ミキサに著しい相違は認められない。しかし、硬~中練りコンクリートの場合には平型ミキサの方が著しく小さく、測定値の偏差を考慮するとほとんど無視し得る程度である。これらの結果は、粗骨材の分離の点では、平型ミキサの性能はスランブ2~9cm程度のコンクリートの練りませには極めて優れ、スランブ12~14cm程度の軟練りコンクリートの練りませにもジェガー社型ミキサとほぼ同等の性能を有することを示すものである。従つて、ジェガー社型ミキサにおけると同程度の単位粗骨材量の偏差を許容するとすれば、平型ミキサはスランブ2~9cm程度のコンクリートに限定することなく、広範囲のコンシステンシーのコンクリートの練りませに供し得るものと考えられる。

また、練りませ時間を変えた場合には平型ミキサによる単位粗骨材量の偏差には有意義な相違は認められず、1 1/2~3分の練りませ時間はほぼ十分な値であろう。

#### 6.4 粗骨材の粒度分布

粗骨材の粒度分布は単位粗骨材量を試験した2個の試料(同一個所より採取したもの)を合わせてそのふるい分け試験を行つて求めたもので、試験結果は表一7~9に示した通りである。供試粗骨材の粒度分布は2.3で述べたように、これを一定に保つことはほとんど不可能である。本実験ではかなり高性能の分級機を用い、数回繰り返してふるい分けた粗骨材を使用したのであるが、粗骨材の使用量が多量であり、かつ試験が長期間に亘つたため表一17に示す程度の変動は避け得なかつた。供試粗骨材の粒度試験は平型ミキサによる一連の試験の前、後各1回、ジェガー社型ミキサによる一連の試験の後1回、および練りませ時間を変えた場合の平型ミキサによる

表一17 供試粗骨材の粒度分布の変化(重量百分率)

標準フルイ の呼び方法 (mm)	平型ミキサの場合					ジェガー社型ミキサの場合					練りませ 時間 を変えた場合
	①前	②後	③ $\frac{①+②}{2}$	①~②	$\frac{①-②}{③}$ (%)	①前	②後	③ $\frac{①+②}{2}$	①~②	$\frac{①-②}{③}$ (%)	
25~20	19.6	19.0	19.3	0.6	3.1	19.0	20.4	19.7	1.4	7.1	16.1
20~15	23.9	23.2	23.6	0.7	3.0	23.2	19.3	21.3	3.9	18.3	19.7
15~10	32.4	32.9	32.6	0.5	1.5	32.9	36.5	34.7	3.6	10.4	38.5
10~5	24.1	24.9	24.5	0.8	3.3	24.9	23.8	24.4	1.1	4.5	25.8
Σ					10.9					40.3	
Σ/4					2.7					10.1	

試験開始前1回、それぞれ分級貯蔵せる粗骨材から代表的な試料を採取して標準網フルイを用いて試験したものである。

試験結果の評価の仕方には種々の方法があり、2.3に述べた榎場氏の表示方法もその一例であろう。ここでは、粒度分布のバラツキの程度を表示する便法として次のような方法を用いた。粗骨材をその寸法によって*k*成分に分け、着目した寸法“*i*”の重量百分率の基準値を  $p_{io}$ 、コンクリートの練りませ後に採取個所“*j*”より得

表-18 粗骨材の粒度分布の偏差 (平型ミキサの場合)

コンクリートの種別		硬練り			中練り			軟練り		
採取場所(j)		A	B	C	A	B	C	A	B	C
粗骨材の 粒度分布 (測定値) (%)	25~20 <sup>mm</sup>	18.2	18.2	19.8	18.4	20.7	14.8	22.1	19.7	16.9
	20~15	23.4	25.4	22.7	24.2	24.0	24.9	23.5	21.4	24.2
	15~10	32.5	31.8	33.5	32.7	30.8	34.5	31.3	33.4	35.4
	10~5	25.9	24.6	24.0	24.7	24.5	25.8	23.1	25.5	23.5
①と②の平 均値との差 ( $p_{10}-f_{1j}$ )	25~20	1.1	1.1	-0.5	0.9	-1.4	4.5	-2.8	-0.4	2.4
	20~15	0.2	-1.8	0.9	-0.6	-0.4	-1.3	0.1	2.2	-0.6
	15~10	0.1	0.8	-0.9	-0.1	1.8	-1.9	1.3	-0.8	-2.8
	10~5	-1.4	-0.1	0.5	-0.2	0	-1.3	1.4	-1.0	1.0
$x_{1j}$ (%)	25~20	5.7	5.7	2.6	4.7	7.3	23.3	14.5	2.1	12.4
	20~15	0.8	7.6	3.8	2.5	1.7	5.5	0.4	9.3	2.5
	15~10	0.3	2.5	2.8	0.3	5.5	5.8	4.0	2.5	8.6
	10~5	5.7	0.4	2.0	0.8	0	5.3	5.7	4.1	4.1
$\sum_{j=1}^4 x_{1j}$		12.5	16.2	11.2	8.3	14.5	39.9	24.6	18.0	27.6
$\Sigma / 4$		3.1	4.1	2.8	2.1	3.6	10.0	6.2	4.5	6.9
測定値 A, B, Cの 平均値 (%)	25~20 <sup>mm</sup>		18.7			18.0			19.6	
	20~15		23.8			24.4			23.0	
	15~10		32.6			32.7			33.4	
	10~5		24.8			25.0			24.0	
A, B, Cの 平均値との 差 ( $p_{10}-f_{1j}$ )	25~20	0.5	0.5	-1.1	-0.4	-2.7	3.2	-2.5	-0.1	2.7
	20~15	0.4	-1.6	1.1	0.2	0.4	-0.5	-0.5	1.6	-1.2
	15~10	0.1	0.8	-0.9	0	1.9	-1.8	2.1	0	-2.0
	10~5	-1.1	0.2	0.8	0.3	0.5	-0.8	0.9	-1.5	0.5
$x_{1j}$ (%)	25~20	2.7	2.7	5.9	2.2	15.0	17.8	12.8	0.5	13.8
	20~15	1.7	6.7	4.6	0.8	1.6	2.0	2.2	7.0	5.0
	15~10	0.3	2.5	2.8	0	5.8	5.5	6.3	0	6.0
	10~5	4.4	0.8	3.2	1.2	2.0	3.2	3.8	6.3	2.1
$\sum_{j=1}^4 x_{1j}$		9.1	12.7	16.5	4.2	24.4	28.5	25.1	13.8	27.1
$\Sigma / 4$		2.3	3.2	4.1	1.1	6.1	7.1	6.3	3.5	6.8



表-19 粗骨材の粒度分布 (ジェガー社型ミキサの場合)

コンクリートの種別		硬練り			中練り			軟練り		
採取場所(j)		A	B	C	A	B	C	A	B	C
粗骨材の 粒度分布 (測定値) (%)	25~20 <sup>mm</sup>	18.4	18.3	17.5	19.2	21.0	17.6	19.1	19.1	19.1
	20~15	18.4	18.7	19.7	19.3	16.3	16.6	19.7	20.1	17.9
	15~10	38.4	38.6	38.3	37.2	39.0	39.5	37.7	36.9	37.1
	10~5	24.8	24.4	24.5	24.3	23.7	26.3	23.5	23.9	25.9
①と②の平 均値との差 ( $p_{10}-f_{1j}$ )	25~20	1.3	1.4	2.2	0.5	-1.3	2.1	0.6	0.6	0.6
	20~15	2.9	2.6	1.6	2.0	5.0	4.7	1.6	1.2	3.4
	15~10	-3.7	-3.9	-3.6	-2.5	-4.3	-4.8	-3.0	-2.2	-2.4
	10~5	-0.4	0	-0.1	0.1	0.7	-1.9	0.9	0.5	1.5
$x_{ij}$ (%)	25~20	6.6	7.1	11.2	2.5	6.6	10.7	3.0	3.0	3.0
	20~15	13.6	12.2	7.5	9.4	23.5	22.1	7.5	5.6	16.0
	15~10	10.7	11.2	10.4	7.2	12.4	13.8	8.6	6.3	6.9
	10~5	1.6	0	0.4	0.4	2.9	7.8	3.7	2.0	2.0
$\sum_{i=1}^4 x_{ij}$		32.5	30.5	29.5	19.5	45.4	54.4	22.8	16.9	27.9
$\Sigma/4$		8.1	7.6	7.4	4.9	11.4	13.6	5.7	4.2	7.0
測定値 A, B, Cの 平均値 (%)	25~20 <sup>mm</sup>		18.1			19.3			19.1	
	20~15		18.9			17.4			19.2	
	15~10		38.4			38.6			37.2	
	10~5		24.6			24.8			24.4	
A, B, Cの 平均値 との差 ( $p_{10}-f_{1j}$ )	25~20	-0.3	-0.2	0.6	0.1	-1.7	1.7	0	0	0
	20~15	0.5	0.2	-0.8	-1.9	1.1	0.8	-0.5	-0.9	1.3
	15~10	0	-0.2	0.1	1.4	-0.4	-0.9	-0.5	0.3	0.1
	10~5	-0.2	0.2	0.1	0.5	1.1	-1.5	0.9	0.5	-1.5
$x_{ij}$ (%)	25~20	1.7	1.1	3.3	0.5	8.8	8.8	0	0	0
	20~15	2.6	1.1	4.2	10.9	6.3	4.6	2.6	4.7	6.8
	15~10	0	0.5	0.3	3.6	1.0	2.3	1.3	0.8	0.3
	10~5	0.8	0.8	0.4	2.0	4.4	6.0	3.7	2.0	6.1
$\sum_{i=1}^4 x_{ij}$		5.1	3.5	8.2	17.0	20.5	21.7	7.6	7.5	13.2
$\Sigma/4$		1.3	0.9	2.1	4.3	5.1	5.6	1.9	1.9	3.3

た試料をふるい分け、そのうち寸法“ $i$ ”のもの、重量百分率を  $f_{ij}$  とすると、

$$x_{ij} = \frac{|p_{i0} - f_{ij}|}{p_{i0}} \times 100 (\%) \dots\dots\dots(7)$$

で定義される  $x_{ij}$  は採取個所“ $j$ ”より得られた試料のうち、寸法“ $i$ ”のもの、基準値との偏差の絶対値を百分率で表示した値となる。従って、 $x_{ij}$  が小さい程採取個所“ $j$ ”における寸法“ $i$ ”の粗骨材の分布状態は基準値に近く、また  $\sum_{j=1}^k x_{ij}$  が小さい程同じ場所から採取したコンクリート試料中の粗骨材の分布状態は基準とする粗骨材の分布状態に近いことを意味する。基準値  $p_{i0}$  はその値の取り方によって変化するもので、ここでは表-17に示した①と②の平均値（各型のミキサの一連の試験の前後における粒度分布の平均値）および採取場所 A, B, C のそれぞれより得られた試験値の平均値を採用したが、完全にふるい分けられた試料を用いる場合には堀場氏の式(2)で定義される  $p_i$  と等しい値となる。

上述のように定義した粗骨材の粒度分布の偏差  $x_{ij}$  および  $\sum x_{ij}$  を平型ミキサおよびジューガー社型ミキサの試験結果について求めると表-18, 19のような値が得られる。以下にそれぞれの場合について検討する。

(1) 平型ミキサの場合

最初に粒度分布の基準値として練りませ性能試験の前後における標準粒度試験の平均値を用いた場合について検討しよう。この場合、基準値自体の偏差は表-17に示したごとく、寸法によって多少変化するが1.5~3.3%の範囲にあり、その平均値は2.7%程度である。一方、基準値と試験値との偏差  $x_{ij}$  の平均値はコンクリートの種別および採取場所によっても相違するが、2.8~4.1%（硬練り）、2.1~10.0（中練り）、4.5~6.9%（軟練り）の範囲にあって基準値自体の偏差と大差ない。従ってこれから明白な結論を導くことは危険であるが、一般的傾向としては硬練りコンクリートについては  $x_{ij}$  が“ $i$ ”および“ $j$ ”（寸法と採取場所）によらずほぼ平均した値を示しているのに対して、中練りないし軟練りコンクリートについては大小の不均衡が大きく、大小粒の分離がスランパが大となる程著しくなる状態が看取される。また  $\sum_j x_{ij}$  を A, B, C の間で比較すると、コンクリートが硬練りの場合には A, B, C 間に大きな変化が認められないが、中練りの場合には C（周壁に沿った部分）における値が著しく大きく、この部分に寸法の大きい粒子が集中する傾向があることを示唆している。軟練りの場合には A および C における  $\sum_j x_{ij}$  が大きく、中心部には寸法の小さい粒子が、周壁に沿った部分には寸法の大きい粒子が集中する傾向にあるものようである。コンクリートの種別ごとに  $\sum_j \sum_i x_{ij}$  を計算すると、硬練り、中練りおよび軟練りの順に 39.9, 62.7, 70.2% となってスランパの大きいもの程基準値との偏差が大きく、粗細粒子の分離の程度が著しいことが分る。

次に基準値として A, B, C における試験値の平均値を用いた場合について検討しよう。A, B, C における粒度分布の試験値がそれぞれの場所におけるコンクリート中の粗骨材の粒度分布を表示するものと仮定すると、採取場所の設定の仕方を混合槽中におけるコンクリートの全量を均等に分割するように行い、かつ練りませ後における単位粗骨材量の分布が採取場所によらず全く等しいものとすれば、A, B, C の試験値の平均値は供試粗骨材全体の粒度分布を表示する。実際問題としては上述の仮定のすべてが常に成立するとは限らないが、最初の条件に関しては試料の採取方法ならびに採取場所の設定の仕方によって仮定を近似的に成立せしめることは可能であり、また最後の条件である単位粗骨材量の偏差はミキサの状態が正常であれば数%以内と考えてよい。従って、各採取場所から得られた粒度分布の試験値の平均値を近似的には供試粗骨材全体の粒度分布としてよく、これを基準値として用いることは適当であると考えられる。

本実験の場合には A, B, C の試験値の平均値と、練りませ性能試験の前後に行った標準粒度試験の平均値との相違はその絶対値で 0~1.3%、平均 0.5% となって、比較的僅少である。従って、基準とした A, B, C の平均値とそれぞれの測定値との偏差は、個々の  $x_{ij}$  の値に多少の相違が認められるものの全体の傾向としては先に検討した所とほとんど変らない。 $\sum_j x_{ij}$  の分布の仕方もほぼ同様であり、 $\sum_j \sum_i x_{ij}$  は硬練り、中練り、軟練りの順

に38.3, 57.1, 66.0%となって明瞭な相違は認められない。

以上の結果は、幾つかの採取場所より得られた粒度分布の測定値の平均値を粒度分布の基準とすることによっても、ほぼ完全にふるい分けられた粗骨材を用いた場合と同程度に練りませ後のコンクリート中の粗骨材の粒度分布の変動を推定できることを示すものと解される。

#### (2) ジェガー社型ミキサの場合

ジェガー社型ミキサの場合には練りませ性能試験の前後における標準粒度試験結果は供試粗骨材の粒度分布が比較的大巾に変動したことを示している。すなわち、表—17に示したように、前後における粒度分布の偏差は4.5~18.3%, 平均10.1%であり、標準偏差の平均値は5%程度である。これに対し、測定値の偏差は0~23.5%の範囲にあり、その平均値は7.8%である。このことは測定値の偏差が供試粗骨材自体の粒度分布の偏差と大差ないことを示すもので、測定値の偏差から明確な結論を導くことは危険であろう。そこで、ここでは前項(1)の検討結果に基づいてA, B, Cにおける測定値の平均を基準とした場合についてのみ検討する。

最初に  $x_{ij}$  の分布状態を調べると、硬練りコンクリートについては  $x_{ij}$  の値は0~4.2%, 平均1.9%程度で寸法および採取場所の相違によらずほぼ均衡した分布を示している。しかし中練りコンクリートについては  $x_{ij}$  の不均衡がかなり顕著となり、BおよびC、すなわち混合槽の中、後部に寸法の大きい粒子が偏る傾向が認められる。一方、軟練りコンクリートについては同様に混合槽後部に寸法の大きい粒子の偏る傾向が認められるが中練りコンクリートの場合程著しくなく、 $x_{ij}$  の平均値も3.1%程度であり、比較的均衡した分布を示している。

$\sum_j x_{ij}$  は一般に混合槽後部において大きく、この部分における練りませ状態が他の部分よりも悪いことを示している。

また、 $\sum_j \sum_i x_{ij}$  は硬練り、中練り、軟練りの順に、15.8, 59.2, 28.3%となって、硬練りの場合が最小で、中練りの場合が最大である。このことは必ずしも硬練りの場合に練りませ状態が最良なことを示すものではなく、この種のミキサにおける練りませの基本操作の一つである流下運動が不充分なために粗骨材の大小寸法の分離が比較的小さいことによるもので、コンシステンシーが最も小さい軟練りコンクリートの場合には流下運動が活潑になり、粗骨材の大小の分離も均衡化するものと考えられる。

#### (3) 練りませ時間を変えた平型ミキサの場合

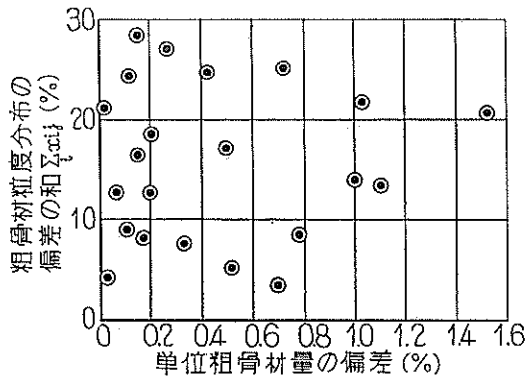
この実験は練りませ時間によって粗骨材の粒度分布の変化する状態を調べるために行ったものである。この実験では練りませバッチ数が他の場合に較べてかなり少いので、標準粒度試験は実験開始前に1度行ったのみであり、その結果を表—17に示した。この値と粒度分布の測定値との偏差および4個の測定値の平均値と各測定値との偏差は表—20に示した通りである。いずれもほぼ同様の傾向を示して居り、粗骨材の大小粒子の分離は練りませ時間の増加に応じて著しくなることが分る。従って、問題を粗骨材の大小粒子の分離の点のみに限定する限りでは、平型ミキサの練りませ時間は1½~3分で十分であると思われる。

#### (4) 粗骨材の粒度分布の偏差と単位粗骨材量の偏差との関係

粗骨材の分布状態の均等性を単位粗骨材量の偏差のみによって評価し得るか否かを確かめるために、単位粗骨材量の偏差と粗骨材の粒度分布の偏差との関係を調べると、図—8に示したような関係が得られ、両者の間に明瞭な相関性の存在しないことは明らかである。本図に示した粗骨材粒度分布の偏差は測定値A, B, Cの平均値からの値であり、これに応じて単位粗骨材量の偏差も測定値A, B, Cの平均値からの値を用いた。従ってこの図に示した単位粗骨材量の偏差は6.3に述べた偏差(A, B, C間の最大値と最小値との差をその平均値に対する百分率で表示した値)とは多少意味が異なるが、これは上述の関係を否定するものではない。このことはコンクリート中の粗骨材の分布状態の均等性は単位粗骨材量の偏差のみによってはこれを評価し得ず、粒度分布の均等性を調べる必要のあることを示すものと云える。

表-20 粗骨材の粒度分布の偏差 (平型ミキサ・練りませ時間を変えた場合)

コンクリートの種別		中 練 り			
練りませ時間 (min)		1½	3	6	12
粗骨材の粒度分布 (測定値) (%)	25~20 <sup>mm</sup>	15.5	16.4	16.5	11.9
	20~15	20.4	20.5	19.5	18.9
	15~10	38.8	38.7	41.6	40.8
	10~5	25.3	24.4	22.7	28.4
練りませ前の値との差 ( $p_{i0} - f_{ij}$ )	25~20	0.6	- 0.3	- 0.4	4.2
	20~15	- 0.7	- 0.8	0.2	0.8
	15~14	- 0.3	- 0.2	- 3.1	- 2.3
	10~5	0.5	1.4	3.1	- 2.6
$x_{ij}$ (%)	25~20	3.7	1.9	2.5	26.1
	20~15	3.6	4.1	1.0	4.1
	15~10	0.8	0.5	8.1	6.0
	10~5	1.9	5.4	12.0	1.0
$\sum_{i=1}^4 x_{ij}$ $\Sigma/4$		10.0	11.9	23.6	27.2
		2.5	3.0	5.9	6.8
測定値 1½~12の平均値 (%)	25~20 <sup>mm</sup>	-	15.1	-	-
	20~15	-	19.8	-	-
	15~10	-	40.0	-	-
	10~5	-	25.2	-	-
平均値との差 ( $p_{i0} - f_{ij}$ )	25~20	- 0.4	- 1.3	- 1.4	3.2
	20~15	- 0.6	- 0.7	0.3	0.9
	15~10	1.2	1.3	- 1.6	- 0.8
	10~5	- 0.1	0.8	2.5	- 3.2
$x_{ij}$ (%)	25~20	2.6	8.6	9.3	2.1
	20~15	3.0	3.5	1.5	4.5
	15~10	3.0	3.3	4.0	2.0
	10~5	4.0	3.2	9.9	12.7
$\sum_{i=1}^4 x_{ij}$ $\Sigma/4$		12.6	18.6	24.7	21.3
		3.2	4.7	6.2	5.3



図—8 粗骨材の粒度分布の偏差と単位粗骨材量の偏差との関係

### 6.5 圧縮強度

表—21はそれぞれ表—7, 8, 9 の試験結果より圧縮強度の偏差を計算したものである。ここで云う圧縮強度の偏差とはコンクリートの種別ならびに材令ごとに試験値の平均値を求め、これと各試験値との差の絶対値を平均値に対する百分率で表示した値である。本表によると圧縮強度の偏差は比較的小さく5.4~0%であり、各材令ごとの平均値は2.2~1.5%の範囲にある。

表—21 圧縮強度の偏差 (%)

コンクリートの種別		硬練り			中練り			軟練り			偏差の平均値	
採取場所		A	B	C	A	B	C	A	B	C	—	
平型ミキサ	$\sigma_7$	0.4	5.0	5.4	2.5	2.5	0	0.9	1.3	1.7	2.2	
	$\sigma_{28}$	2.5	1.2	1.6	0.3	2.6	2.2	1.4	0.4	1.1	1.5	
ジェガー社 型ミキサ	$\sigma_7$	0	2.5	2.5	1.9	2.8	0.5	0.5	3.5	2.5	1.9	
	$\sigma_{28}$	0.3	1.2	0.6	1.8	2.1	0.6	2.5	1.4	4.3	1.6	
平型ミキサ (練りませ時間 を変えた場合)	時間 (分)				1½	3	6	12				—
	$\sigma_7$				1.8	0.7	1.8	2.3				1.7

一般的な傾向としては、平型ミキサの場合には硬練り、中練り、軟練りの順に偏差が小さくなり、これに対しジェガー社型ミキサの場合には同じ順に偏差が大きくなり、互に矛盾した傾向が観察される。しかし、この傾向は必ずしも有意なものではない。測定値自体のパラツキの程度を調べると、表—22に示したように3個の試験値の変動係数は11.5~0.7%、ミキサの型と材令ごとの変動係数の平均値は6.3~2.5%となって、明らかに圧縮強度の偏差をかなり上廻って居る。このことは6.2~6.4で述べたように練りませ直後のコンクリートの品質には、試料の採取場所ないし練りませ時間の長短によってモルタル単位容積重量、単位粗骨材量および粗骨材の粒度分布の点で有意な相違が認められるにも拘わらず、その相違が本実験で認められた程度の場合にはコンクリートの圧縮強度に可視的な影響をおよぼさぬことを意味するものである。従って測定値の変動係数が本実験で得られた程度の場合にはコンクリートの練りませ状態評価のための試験としては圧縮強度試験は必ずしも適当でないことを示唆するものと考えられる。

表-22 圧縮強度測定値のバラツキ (変動係数%)

コンクリートの種別		硬練り			中練り			軟練り			変動係数の平均値	
		A	B	C	A	B	C	A	B	C		
採取場所	σ <sub>7</sub>	1.1	7.6	2.8	0.7	1.9	3.0	3.1	2.3	4.8	3.0	
	σ <sub>28</sub>	1.6	6.8	2.4	1.7	2.2	4.3	0.7	2.6	1.9	2.9	
平型ミキサ	σ <sub>7</sub>	5.9	3.5	1.2	1.5	0.7	3.5	2.8	2.2	2.0	2.6	
	σ <sub>28</sub>	3.0	3.5	1.4	1.4	4.8	1.3	1.6	3.7	1.6	2.5	
ジェガー社型 ミキサ	時間 (分)				1½	3	6	12				—
	σ <sub>7</sub>				2.7	2.7	8.4	11.5				6.3

### § 7 供試ミキサの練りませ性能

§5および§6に述べた試作平型ミキサならびにジェガー社型ミキサに関する練りませ性能試験結果を要約すると以下の通りである。

#### (1) 練りませ時間について

平型ミキサを用いて練りませたスランパ2～9cmの範囲のコンシステンシーを有するコンクリートのモルタル単位容積重量の偏差は0.5%以下で、JISないしConcrete Manualの試験方法に示された判定限界値(0.8%)よりかなり小さい。また、スランパ7～9cmの範囲のコンクリートについて練りませ時間を変えて行った試験結果はモルタルの単位容積重量の偏差は練りませ時間が1½～12分の間ではほとんど変化せず、単位粗骨材量の偏差は1½～3分の範囲で最小となり、練りませ時間の増加と共に増大する傾向を示している。従ってスランパ9cm以下の比較的硬練りコンクリートに対しては平型ミキサの練りませ時間は3分以内が適当である。しかし、スランパ12～14cm程度の軟練りコンクリートの場合にはモルタル単位容積重量差は上述の限界値0.8%を越えて居り、練りませ時間を延長する必要があると認められる。

比較試験に供したジェガー社型ミキサを用いて練りませたコンクリートのモルタル単位容積重量の偏差はスランパ2～14cmの範囲のどの場合にも限界値0.8%を越えて居り、練りませ時間について再検討する必要がある。

#### (2) 単位粗骨材量の分布の均一性について

平型ミキサを用いて練りませたコンクリートの単位粗骨材量の偏差は、スランパ2～9cmの範囲では0.3%以下で測定値自体のバラツキの範囲(0.8%以下)以内であり、スランパ12～14cmの範囲では1.7%程度となって多少大きな値を示している。

ジェガー社型ミキサを用いた場合には一般に大きく、1.2～2.6%の範囲に亘っている。いずれの場合にもConcrete Manualの試験方法に示された判定限界値(5.0%)に比較してかなり小さく、単位粗骨材量の分布の均一性はほぼ満足すべきものと思われる。

#### (3) 粗骨材の粒度分布の均一性について

平型ミキサを用いて練りませたコンクリート中の粗骨材の粒度分布の偏差は、スランパ2～3cmの範囲で最も少く、スランパの増加と共に増大する傾向を示して居り、スランパ7～14cmの範囲では寸法の大きい粒子が混合槽周壁に沿った部分に集中する傾向がある。また練りませ時間を変えた場合には粒度分布の偏差は練りませ時間の増加に応じて増大する傾向にあり、練りませ時間1½分の場合が最も小さい。

ジェガー社型ミキサを用いて練りませたコンクリート中の粗骨材の粒度分布の偏差についても上述とほぼ同様

な傾向が認められ、寸法の大きい粒子は混合槽後部に偏る傾向がある。

#### (4) 供試ミキサの性能の評価

以上に述べた諸点から供試平型ミキサならびにジェガー社型ミキサの練りませ性能を評価すると次のことが云い得るものと思われる。

平型ミキサはスランプ2～9cm程度の比較的硬練りコンクリートの練りませに最も適して居り、この場合の練りませ時間は1½分程度で十分であり、3分以上とすることは粗骨材の分離を助長する傾向があつて有害である。本ミキサはスランプ12～14cm程度の比較的軟練りコンクリートの練りませにも供し得るがこの場合にはその練りませ時間について更に検討する余地が残されて居り、また混合槽周壁に沿った部分における粒度分布の偏りについては剝離羽根の形状寸法と取付け角度を調整する必要が認められる。

ジェガー社型ミキサによる練りませが効果的なコンシステンシーはスランプ7～14cmの附近と考えられ、スランプ2～3cmの硬練りコンクリートの練りませには必ずしも適せず、またその練りませ時間も本実験で用いた3分間は十分でなかったものようである。また骨材粒度分布の混合槽後部における偏りを是正するためには送り羽根の形状寸法ならびに傾斜角を調整する必要があると考えられる。

本実験では練りませ容量がほぼ等しく、同じ出力の電動機を備えた平型ミキサとジェガー社型ミキサの比較を試みたのであるが、消費電力についての検討は行っていない。従つて練りませ効率をも含めた総合的な性能の比較は困難であるが、問題を練りませ性能に限定する限りでは試作平型ミキサは短い練りませ時間により均一なコンクリートが得られる点でジェガー社型ミキサよりもすぐれていると思われる。

## § 8 練りませ性能試験方法について

本実験は強制混合式ミキサとして試作した実験室用平型ミキサの性能を評価することを主たる目的として行ったものであるが、同時に練りませ性能試験方法についても検討を加えた。その結果を要約すると以下の通りである。

### (1) 試料の採取方法について

本実験ではミキサ内のコンクリートがほぼ3等分されるように試料の採取位置の範囲を設け、それぞれの個所より1個ないし数個の試料を採取したが、試験結果はモルタル単位容積重量ないし単位粗骨材量の偏差の最大値が特定の採取場所2個所の間に生ずるとは限らないことを示している。従つて試料の採取場所としては少くとも3個所以上と定める必要があると思われる。また、平型ミキサのように主要な混合操作が円形混合槽内で同心円状に行われる構造のミキサでは、試料の採取を半径の異なる同心円上で行うことがコンクリートの品質の場所的変化を調査する上で必要なことが確められた。

### (2) コンクリートの単位容積重量ならびに圧縮強度について

コンクリートの品質のミキサ内の場所的変化を表示する要素としてその単位容積重量ならびに圧縮強度の偏差を調べた。しかし、これらの値は一般に試験誤差よりも小さく、場所的変化による有意差と認めることはできない。このことはモルタル単位容積重量、単位粗骨材量、粗骨材粒度分布等にミキサ内の場所的変化が明瞭に認められる場合でも、その偏差が本実験で得られたと同程度であれば、これらの変化はコンクリートの単位容積重量ないし圧縮強度に明瞭な影響をおよぼさず、従つてこれらの量の試験はミキサの練りませ試験としては余り効果的でないことを意味するものと解される。

### (3) 粗骨材の粒度分布について

本実験では粗骨材の粒度分布の均一性を定量的に評価する方法として、練りませ直後のコンクリートよりふるい分けた粗骨材の粒度試験を行い、その平均値からの偏差ならびにその和を以て粒度分布の均一性を評価することを試みた。その方法は次の通りである。

粗骨材をその寸法によって  $k$  個の成分に分け、その中の寸法 “ $i$ ” なる粒子の採取場所 “ $j$ ” における粒度分布の偏差  $x_{ij}$  は次式で定義される。

$$x_{ij} = \frac{|p_{i0} - f_{ij}|}{p_{i0}} \times 100 (\%)$$

$$p_{i0} = \frac{1}{\ell} \sum_{j=1}^{\ell} f_{ij}$$

$f_{ij}$  = 採取場所 “ $j$ ” より得られた粗骨材の中の寸法 “ $i$ ” なる粒子の重量百分率。

$j=1, 2, 3, \dots, \ell$ , 採取場所数を表わす。

$i=1, 2, 3, \dots, k$ , 粗骨材をその寸法によって  $k$  個の成分に分けた場合の成分, 番号を表わす。たとえば最大寸法 40mm の粗骨材を 40~30, 30~20, 20~10, 10~5mm の 4 種にふるい分ける場合には、それぞれの寸法を  $i=1, 2, 3, 4$  で表わす。

以上のように定義した  $x_{ij}$  が小さい程、採取場所 “ $j$ ” における寸法 “ $i$ ” の粒子の分布状態はミキサ内のコンクリート全量中の寸法 “ $i$ ” なる粒子の分布状態に近く、また  $\sum_{i=1}^k x_{ij}$  が小さい程場所 “ $j$ ” における粒度分布は全体の平均のそれに近いことを意味する。従って  $\sum_{j=1}^{\ell} \sum_{i=1}^k x_{ij}$  はある一定の練りませ条件の下で練りませたコンクリート中の粗骨材粒度分布の均一性を表わすものであり、これが小さい程その均一性は高くなる。

## あ と が き

本実験に供したミキサは比較的小容量の平型ミキサならびにジェガー社型ミキサ各 1 機種のみであるが、実験結果の適用範囲は必ずしもこれらの特定のミキサにのみ限定される訳ではない。自重利用式ミキサの場合には容量が変化すると練りませの基本操作である落下および流下運動にもかなりの変化が生じ、これが練りませ後のコンクリートの均一性にも影響することは明らかであるが、平型ミキサの場合には容量の変化ないし駆動機構の変化は練りませの基本操作であるせん断運動に与える影響は極めて少いと考えられるからである。

本実験で使用した平型ミキサはヤマトボーリング株式会社に依頼して設計ならびに製作せるもので、試作に当っては特に同社製造部長岩川大助氏ならびに設計課各位の御協力に負う所が大きい。また、本実験は 1963 年 5 月より 1964 年 2 月に亘って港湾技術研究所で行ったが、コンクリートの各種試験の実施は主として同所技術員津端雅史君に担当して頂いた。ここに本実験に協力された上記の各位に対して心から感謝する次第である。

## 参 考 文 献

- 1) Ransome, A. W. "The Mechanical Equipments for Handling Concrete", ACI Proceedings, Vol. 20, pp. 96~105, 1924
- 2) 児玉琢夫 “コンクリートミキサ”, セメント・コンクリート, No. 93, p. 16~24, 1954年11月
- 3) ASTM Designation: C305~59T, "Tentative Method for Mechanical Mixing of Hydraulic Cement Pastes



and Martars of Plastic Consistency”

- 4) 近藤泰夫, 伊藤晃一, 石田三郎, “コンクリートの混練時間について”, セメント技術年報, 5巻, p. 268~273, 1951年
- 5) 赤塚雄三, “混和剤の使用がコンクリートの圧縮強度, 乾燥収縮および亀裂傾向におよぼす影響について” 港湾技研資料, No. 7, p. 10~20. 1964年3月
- 6) 菅原操, 町田富士夫, “強制練り混ぜ式コンクリートミキサの性能試験”, セメント・コンクリート, No. 206, p. 2~6, 1964年4月
- 7) JIS A 1119—1953, “ミキサで練り混ぜたコンクリート中のモルタルの単位容積重量差の試験方法”
- 8) Concrete Manual, Appendix, Designation 26, “Variability of Constituents in Concrete (A Test of Mixer Performance)”, 6th Edition, pp. 447~451, Bureau of Reclamation, U. S. Department of the Interior, 1956
- 9) 柳場重正, “コンクリート・ミキサにおける混合度について”, 土木学会論文集 No. 73, p. 13~18, 1961年3月
- 10) 水野俊一, “コンクリート・ミキサの練り混ぜ性能試験について”, 土木学会誌, 39巻2号, p. 15~23, 1954年2月
- 11) 近藤泰夫, 伊藤晃一, 山下悦治, “コンクリートのモルタル不均等係数について (第1報)”, セメント技術年報, 7巻, p. 230~233, 1953年
- 12) 近藤泰夫, 伊藤晃一, “コンクリートのモルタル不均等係数について (第2報)”, セメント技術年報, 8巻, p. 269~274, 1954年
- 13) 近藤泰夫, 伊藤晃一, 石田二郎, “コンクリートの混練時間について”, セメント技術年報, 5巻, p. 268~273, 1951年

港湾技術研究所報告 第3卷4号

1964年8月

編集兼発行者 運輸省港湾技術研究所

発行所 運輸省港湾技術研究所  
横須賀市川間162

印刷所 株式会社白泉社  
東京都港区麻布霞町7