

# 土木研究所資料

## RCD用コンクリートの標準供試体 作製装置の開発とその適用例

平成3年12月

建設省土木研究所  
ダム部ダム構造研究室

「Copyright © (1991) by P.W.R. I.

All right reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R. I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。」

# RCD用コンクリートの標準供試体 作製装置の開発とその適用例

ダム構造研究室 永 山 功  
渡 辺 和 夫  
小 林 政 登\*  
尾 畑 伸 之

\*現、北陸地方建設局横川ダム工事事務所  
調査設計課（元、ダム構造研究室）

## 要 旨

RCD用コンクリートの標準供試体の作製方法には、いまだ標準的な仕様がなく、また締固めエネルギーの管理も十分に行われていない。そこで、RCD用コンクリートの標準供試体の作製方法の標準化、合理化を図ることを目的として、エアーシリンダーと振動タンパーを用いて載荷圧力を一定の値に制御しながら、RCD用コンクリートの標準供試体を締固める標準供試体作製装置を開発、製作した。本報告は、RCD用コンクリートの標準供試体作製装置の仕様および本装置を用いたRCD用コンクリートの締固め試験結果例についてとりまとめたものである。

キーワード：RCD用コンクリート、ダム、標準供試体、締固め、供試体作製装置

## はじめに

RCD工法とは、超硬練り貧配合コンクリートを振動ローラーで締固めてコンクリートダムを築造する施工法で、コンクリートダムの施工の合理化を目指して建設省が世界に先駆けて開発した施工法である。RCD工法を採用したダムは現在工事中のダムを含めると既に20以上を数え、今後もその数が飛躍的に増加するものと期待されている。

RCD工法に用いられる超硬練りコンクリートをRCD用コンクリートというが、このようなコンクリートの品質は、コンクリートの配合のほか、その締固めエネルギーによって大きく影響を受ける。したがって、通常のコンクリートに用いられている直径15cm、高さ30cmの標準供試体を利用してRCD用コンクリートの配合設計を行うことは、その締固めエネルギーの管理上、必ずしも容易ではないと考えられ、一般には、直径50cm、高さ45cmの大型供試体を特別な試験装置（大型供試体作製装置<sup>1)</sup>）を用いて締固め、その試験結果に基づいてRCD用コンクリートの配合設計が行われている。

一方、RCD工法を用いたダムの施工現場では、RCD用コンクリートの品質管理試験として、コンシステンシーの確認については標準容器を用いたVC試験、圧縮強度の確認については標準供試体を用いた圧縮強度試験が行われている。しかし、このうち、標準供試体の作製方法についてはその締固めエネルギーの管理方法について統一された基準がなく、その意味で必ずしも適切な品質管理試験になっていないのが現状である。

このような背景から、ダム構造研究室では、標準供試体を用いたRCD用コンクリートの強度試験の標準化、基準化を目指し、さらには標準供試体を用いたRCD用コンクリートの配合設計の可能性を見いだすために、締固めエネルギーを制御、管理できるような標準供試体の作製装置を開発、製作した。本報告書は、この「RCD用コンクリートの標準供試体作製装置」の概要について述べ、併せて本装置を用いて作製したRCD用コンクリートの標準供試体に対して行った締固め試験結果について述べたものである。

# 目 次

## はじめに

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 1. 標準供試体作製装置の開発経緯とその仕様            | 1  |
| 1. 1 標準供試体作製装置の開発経緯               | 1  |
| 1. 2 標準供試体作製装置の仕様                 | 2  |
| 1. 3 標準供試体の作製方法                   | 8  |
| 1. 4 締固めエネルギーの算出式                 | 9  |
| 2. 標準供試体作製装置を用いたRCD用コンクリートの締固め試験例 | 10 |
| 2. 1 試験の概要                        | 10 |
| 2. 2 試験結果                         | 12 |
| あとがき                              | 21 |
| 参考文献                              | 22 |

# 1. 標準供試体作製装置の開発経緯とその仕様

## 1. 1 標準供試体作製装置の開発経緯

RCD用コンクリートは超硬練りの貧配合コンクリートで、その配合の微妙な変化によってそのコンシステンシーが大きく変化し、またその締固めの程度によって硬化後のコンクリートの特性が大きく変化する。したがって、「改訂・RCD工法技術指針（案）」<sup>2)</sup>では、RCD工法の実施にあたって、このようなRCD用コンクリートの特性を十分に考慮した材料管理、コンシステンシー管理、強度管理、締固め管理を行うことの重要性を強く指摘している。

しかし、このうち、RCD用コンクリートの強度管理を行うための標準供試体の作製方法については統一された方法がなく、「改訂・RCD工法技術指針（案）」でも、

①振動台を用いて標準供試体を締固める方法

②振動ランマーを用いて標準供試体を締固める方法

の2つの方法を示している。また、その締固めの仕様についても、振動台を用いた方法では表面にモルタルが浮上してくるまで締固めを行うものとしているが、振動ランマーを用いた方法では1層当たり10秒程度の締固め時間を規定しており、締めの仕様についても統一化がなされていない。一方、実際のRCD工法の施工現場では、ボッシュタンパーを用いてRCD用コンクリートの標準供試体を作製している例が多いが、その締固め時間については、ほとんどの場合、表面にモルタルが浮上してくるまでとしているようである。

このように、RCD用コンクリートの標準供試体の作製方法が統一されていないことは、RCD用コンクリートの強度管理が的確に行われていないことの可能性を示している。たとえば、図-1は、大型供試体と標準供試体の圧縮強度試験の結果を比較した一例を示したものである。なお、この図の例では、通常施工現場で行われているように、標準供試体はボッシュタンパーを用いて表面にモルタルが浮上するまで3層に分けて締固めを行っている。図によれば、VC値が小さい場合には、標準供試体の圧縮強度は大型供試体の圧縮強度よりも低い値を示し、VC値が大きい場合には、標準供試体の圧縮強度は大型供試体の圧縮強度よりも高い値を示している。したがって、VC値が小さい場合には標準供試体の締固めエネルギーが不足し、VC値が大きい場合には標準供試体の締固めエネルギーが過大になっていることがわかる。つまり、VC値が大きい場合には、実際には十分な締固め強度が得られないにもかかわらず、標準供試体の一軸圧縮強度は高い値を示すことになる。もちろん、実際の施工現場では、強度管理と併せてVC値の管理（コンシステンシー管理）を行っているため、仕様で定められたVC値を大きく上回ることはいないと考えられるが、RCD用コンクリートの強度管理をよりの確に行うためには、標準供試体の作製方法について改善を行う余地があるといえよう。

そこで、ダム構造研究室では、RCD工法の施工現場で広く利用されているボッシュタンパーを用いた標準供試体の作製について、ボッシュタンパーの押しつけ力、締固め時間を的確に管理し、またRCD用コンクリートの品質管理の適正化、標準化を図ることを目的として、RCD用コンクリートの標準供試体作製装置の開発、製作を行った。以下、この標準供試体作製装置の仕様と本作製装置を用いた標準供試体の作製方法について述べるものとする。

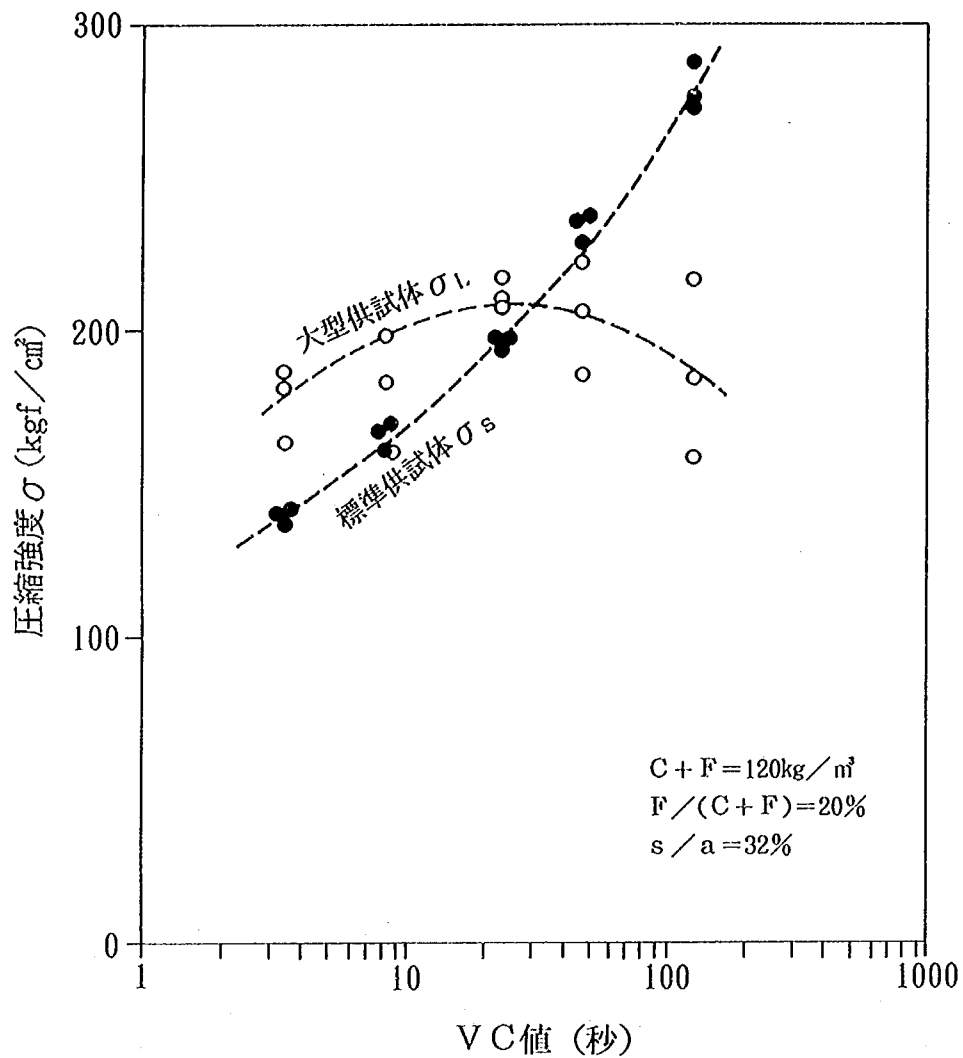


図-1 大型供試体と標準供試体の圧縮  
強度試験結果の比較例

## 1. 2 標準供試体作製装置の仕様

本装置を開発・製作する際に考慮した基本方針は下記のとおりである。

- 1) 施工現場の品質管理試験で一般に使用されている振動タンパーが脱着可能な載荷装置とすること。
- 2) 標準供試体作製時の作業性が良いこと。
- 3) 標準供試体作製時の安全性が高いこと。
- 4) 押しつけ力および締固めエネルギーが任意に設定可能な方式で、かつその安定性が良いこと。
- 5) 装置の占有スペースが少ないこと。
- 6) 故障が少なくて維持管理が容易なこと。
- 7) 安価なこと。

以上の基本方針に基づいて、次のような具体的な方法を採用することとした。

①振動タンパーは、一般に使用されているボッシュタンパーで下記の仕様のものとする。

- ・振動数 3000rpm (50Hz)
- ・起振力 140kgf (50Hz)

②载荷力は、制御の容易さと安定性および安全性、また装置が小さくできて安価であるなどの点を総合的に評価し、空気圧を利用して载荷するものとする。

図-2 に今回製作した標準供試体作製装置の全体構成を示す。装置は次の部分から構成されている。

- 1) 圧力源 (エアーコンプレッサー)
- 2) 調圧タンク
- 3) 载荷枠および締固め装置

まず、圧力源はエアーコンプレッサー (最大発生圧力9.9kgf/cm<sup>2</sup>) を使用している。また、調圧タンクはアクリル製で、容量が約10リットル、耐圧(内圧) が10kgf/cm<sup>2</sup>のものである。ここで、圧力源のエアーコンプレッサーから調圧タンクへの空気圧供給配管側にはエアーフィルターと調圧弁が取り付けられており、調圧タンク内の圧力が制御できるようになっている。また、調圧タンクには空気圧指示用に容量が10kgf/cm<sup>2</sup>で、最少目盛りが0.2kgf/cm<sup>2</sup>のブルドン管式圧力計が取り付けられている。なお、载荷装置への所定の空気圧の供給および除荷は、調圧タンクに取り付けた方向切り換え弁を操作することによって可能な構造になっている。

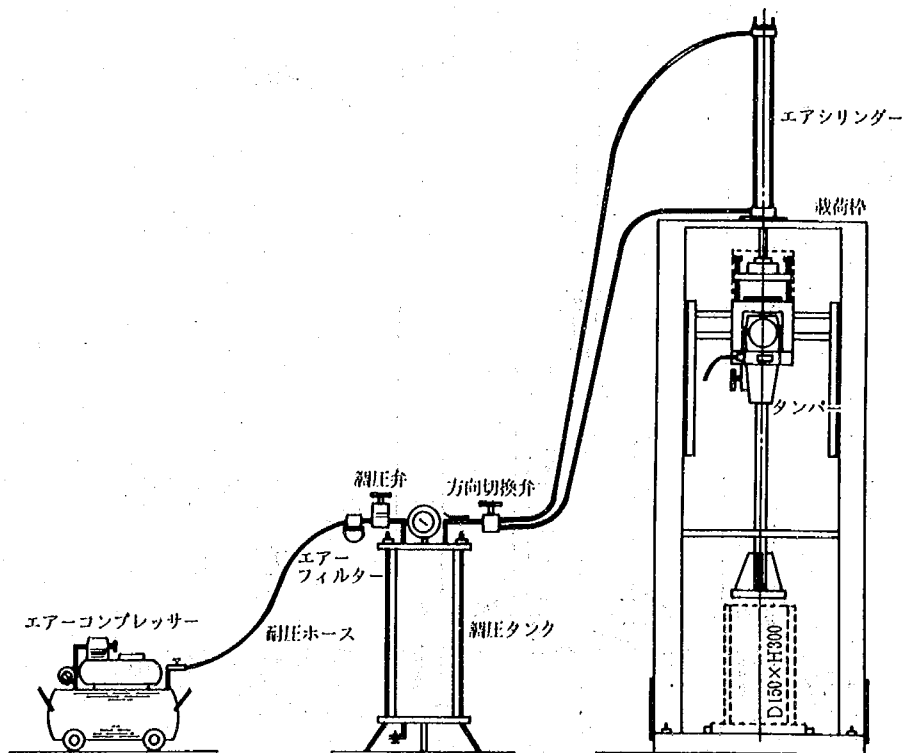


図-2 標準供試体作製装置の構成

次に、図-3に締固め装置の詳細、また写真-1に締固め装置の概観を示す。ここで、載荷枠は鋼製の門型ラーメン構造（全節点は溶接で剛結）とし、底板の中央部には標準供試体作製用モールドの位置を固定するために鋼製のモールドガイドが取り付けられている。また、載荷枠の支柱にはボッシュタンパーがモールドの軸線上を移動できるようにガイドレールが取り付けられている。さらに、RCD用コンクリートの締固め時にボッシュタンパーの載荷軸が横にずれないように、タンパーの先端よりやや上の位置にはガイド用のクロスバーが取り付けられている。

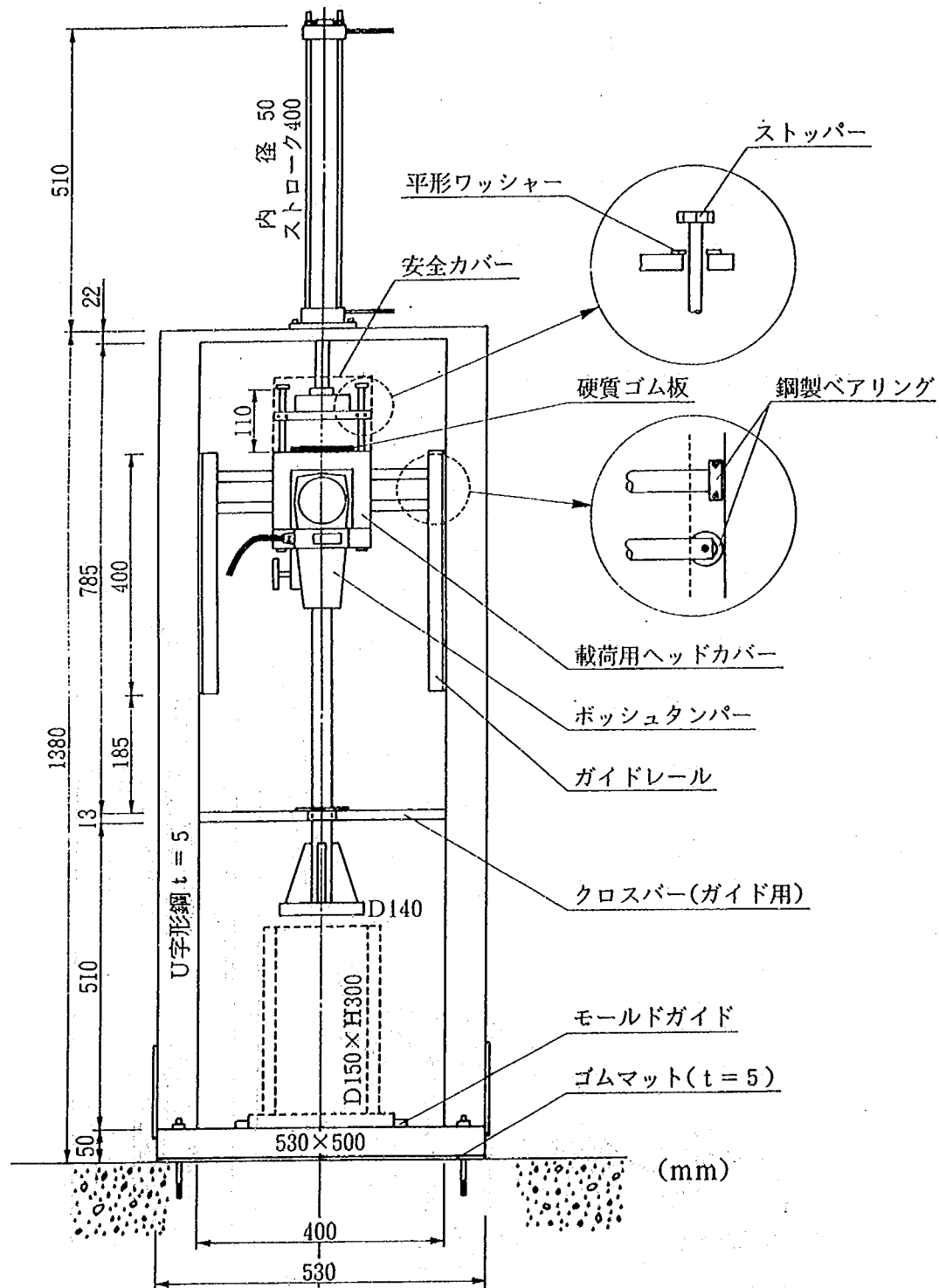


図-3 標準供試体作製装置の概要

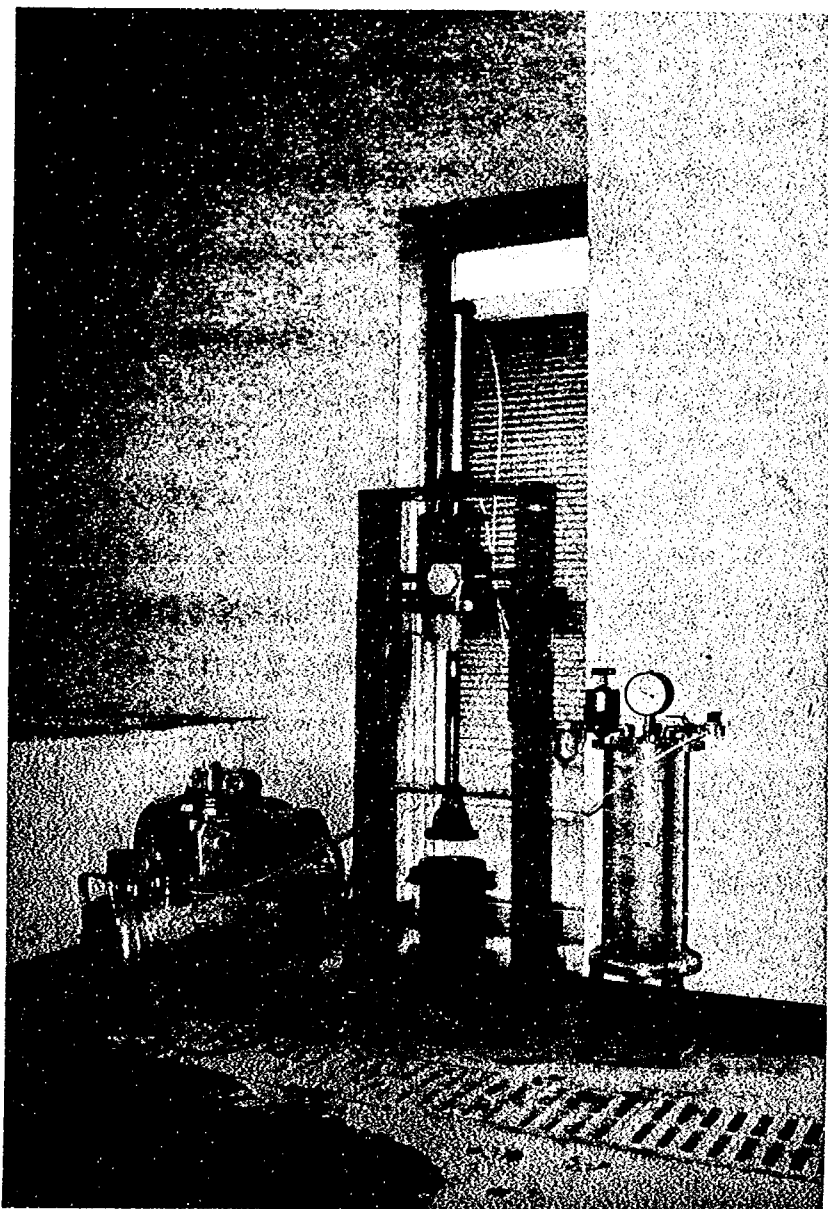


写真-1 標準供試体作製装置の外観

載荷装置としては内径50mmでストロークが400mmのエアシリンダーを用い、これを載荷枠上部の載荷軸線上にボルトで固定してある。このエアシリンダーのピストンは空気圧の供給位置（上部と下部）を切り換える（調圧タンクの空気圧負荷側経路に取り付けてある方向切り換え弁を使用して切り換える）ことによって載荷または除荷する方向に動かすことができるようになっている。また、ピストンの移動速度は、方向切り換え弁のバルブの開度（シリンダー内に与える圧力の載荷速度をコントロールする）を手動操作によって調節することで変化させることができるようになっている。

次に、ボッシュタンパーの取付方法については次の点を考慮した。

- イ) 市販のボッシュタンパーが簡単に脱着できること。
- ロ) 作動時の安全性が高いこと。
- ハ) コンクリート供試体締固め面の凹凸（主に表面付近の粗骨材の状態による凹凸）によって、ボッシュタンパーに偏心力が作用することが考えられることから、エアシリンダーが破損しないように、エアシリンダーとボッシュタンパーを剛結（ボルトで固定）しないこと。

上記のイ) を満たすためと、さらにボッシュタンパーの頭部にエアシリンダーの載荷力を確実に伝達するために、ボッシュタンパーの頭部には鋼製で脱着式の載荷用ヘッドカバーを取り付けた。この載荷用ヘッドカバーは、ボッシュタンパーの既存ネジ穴を利用してボルトで固定する構造になっている。また、載荷用ヘッドカバーの両側面には上下二段に横移動防止用のガイド棒を取り付けてあり、このガイド棒の先端に取り付けられたベアリング式ローラーが載荷枠のガイドレール内を上下移動するようにしてある（図-3 参照）。次にロ)、ハ) を満たすために、エアシリンダーの載荷板からボッシュタンパーを釣り下げる構造を採用した。すなわち、ボッシュタンパーの載荷用ヘッドカバーに固定した長さ約110mmの2本の鋼棒をエアシリンダーの載荷板のバカ穴を通し、その上端にストッパーを付け、これをエアシリンダーの載荷板から釣り下げる構造とした（図-3 参照）。したがって、ボッシュタンパーは上下に約110mmの範囲でスライドできるようになっており、ボッシュタンパーを供試体に押しつける場合には、図-4 に示すように、ボッシュタンパーの載荷板面を供試体表面にのせた後、エアシリンダーをゆっくりとボッシュタンパーにとりつけた載荷用ヘッドカバーまで下げ、設定した荷重を載荷することにしてある。なお、エアシリンダーの載荷板とボッシュタンパーの載荷用ヘッドカバーはともに鋼製であることから、動的載荷時の衝撃力を吸収する目的で、ヘッドカバーの上面には厚さ10mmの硬質ゴム板を取り付けた。また、本装置をコンクリート床版にアンカーボルトで固定するにあたっては、床面に厚さ5mmのゴムマットを敷くことによってその振動を小さく抑えるものとした。

以上、RCD用コンクリートの標準供試体作製装置について述べたが、製作時の目標であった作業性、安全性、安定性、専用スペース（約1m×1m）、価格の点については十分満足することができた。なお、以上述べた標準供試体作製装置の仕様を表-1にとりまとめて示す。

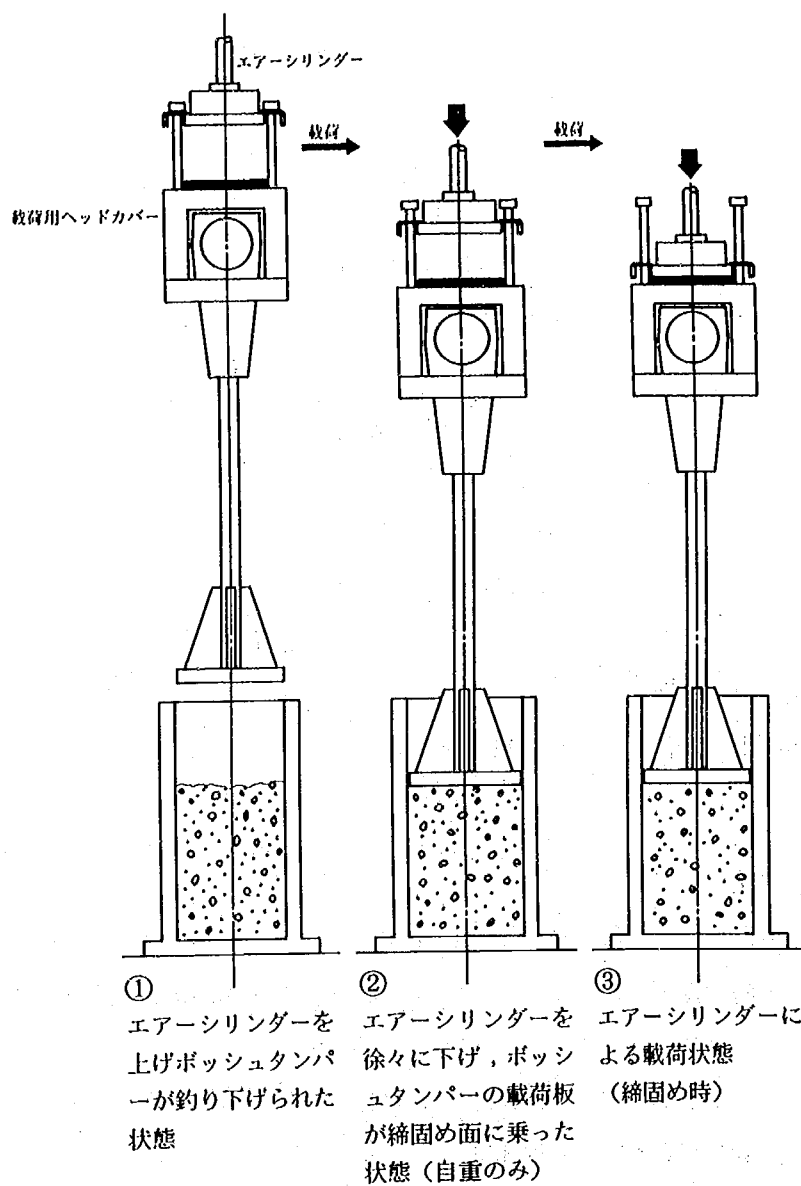


図-4 ボッシュタンパーの釣り下げ機構

表-1 標準供試体作製装置の仕様

| 項 目         | 仕 様 お よ び 機 能                                                                                               |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| エアーコンプレッサー  | タンク容量：30リットル<br>最大発生圧力：9.9kgf/cm <sup>2</sup>                                                               |
| 調 圧 タ ン ク   | タンク容量：10リットル<br>調整圧力：最大10kgf/cm <sup>2</sup><br>圧力指示計：容量10kgf/cm <sup>2</sup><br>最小目盛0.2kgf/cm <sup>2</sup> |
| 振 動 タ ン パ ー | 回転数：3000rpm(AC200V、50Hz)<br>片振幅：0.52mm<br>超振力：140kgf(AC200V、50Hz)                                           |
| タンパー自重      | 27kgf (ヘッドカバーを含む)                                                                                           |
| 最 大 載 荷 力   | 約190kgf (タンパーの自重を除く)                                                                                        |
| 加 圧 板 直 径   | 14cm                                                                                                        |
| 対 象 供 試 体   | 直径15cm×高さ30cm                                                                                               |

### 1. 3 標準供試体の作製方法

次に、本装置を用いた標準供試体の作製方法を下記に示す。

- ①コンクリートをミキサー内で練混ぜ、ミキサーからコンクリートを排出後、練り板上でコンクリートの切り返しを行う。
- ②粗骨材の最大寸法が40mm以上の場合には40mm以上の骨材をウェットスクリーニングにより除去する。
- ③標準容器を用いたV C試験でV C値を測定する。
- ④標準供試体作製用モールド内に、締固め後の高さがモールド内高の約3分の1になるようにコンクリートを入れ、突き棒で25回突き固める。
- ⑤標準供試体作製装置の底板中央にモールドを置く。
- ⑥調圧弁を操作して、調圧タンク内に設定した圧力の空気を供給する。
- ⑦ボッシュタンパーを供試体の表面にのせ、調圧タンクの方方向切り換えバルブを操作して、供試体の表面に設定した空気圧を載荷する。
- ⑧ボッシュタンパーを起動し、所定の時間コンクリートを締固める。
- ⑨ボッシュタンパーのスイッチを切り、一層あたりの締固めを終了する。
- ⑩調圧タンクの方方向切り換えバルブを操作して、空気圧を除荷し、ボッシュタンパーを持ち上げる。
- ⑪以下、④から⑩までの手順を2回繰り返す、供試体を作製する。
- ⑫24時間後に供試体の上部端面をキャッピングする。

#### 1. 4 締固めエネルギーの算出式

今回、製作したRCD用コンクリートの標準供試体作製装置の特徴は、標準供試体に作用させる締固めエネルギーを任意に制御できることにある。

本装置では、

①エアーシリンダーに作用させる載荷力

②締固め時間

によってこの締固めエネルギーを制御できるようになっている。

RCD用コンクリート供試体に作用する締固めエネルギーは、谷本の式<sup>3)</sup>によれば次式で表わされると考えられる。

$$E = d (W + pA + F/2) n t \quad (1)$$

ここに、

d : タンパーの両振幅 (実測値)

W : タンパーの重量 (27kgf)

p : エアーシリンダーによって与えられる圧力

A : エアーシリンダーのシリンダー面積 (19.96cm<sup>2</sup>)

F : タンパーの起振力 (140kgf)

n : タンパーによる単位時間当たりの締固め回数 (実測値)

t : 締固め時間

である。

なお、この式では、タンパーの実振幅、単位時間当たりのタンパーの締固め回数を測定する必要があることから、より簡便な締固めエネルギーの算出方法については、今後、RCD用コンクリートの締固め試験を実施していく中で検討していく必要があるといえる。

## 2. 標準供試体作製装置を用いたRCD用コンクリートの締固め試験例

### 2. 1 試験の概要

ここでは、今回製作したRCD用コンクリート標準供試体作製装置を用いて実施したRCD用コンクリートの締固め試験結果の一例を示す。

本試験では、水結合材比 $W/(C+F)$ 、混和材比 $F/(C+F)$ 、細骨材率 $s/a$ を一定としながら単位水量 $W$ と単位結合材量 $C+F$ を変化させたRCD用コンクリートを、色々な締固め時間の基で締固め、RCD用コンクリートの締固め時間とRCD用コンクリートのコンシステンシー、締固め密度、一軸圧縮強度の関係を求めるものとした。

試験に用いた材料は以下のとおりである。すなわち、セメントは中庸熱ポルトランドセメントを用い、フライアッシュは常磐共同火力(株)勿来発電所製造の製品(比重2.09、比表面積2,950 $\text{cm}^2/\text{g}$ )を用いた。また、粗骨材、細骨材は砂岩の碎石、砕砂で、ともに購入骨材を用いた。なお、砂の表乾比重 $\rho_s$ は2.607、粗骨材の表乾比重 $\rho_g$ は2.672であった。また、JISの試験方法で求めた砂の実績率は66%、粗骨材の合成実績率は62%、細骨材と粗骨材の合成実績率は73%であった。また、JISの試験用モールドを用いてボッシュタンパーで60秒間の締固めを行った場合(人力による1層締固め)、砂の実績率は78%、粗骨材の合成実績率は65%、細骨材と粗骨材の合成実績率は80%であった。

試験に用いたRCD用コンクリートの配合は表-2に示すとおりであり、粗骨材の最大寸法は40mm、水結合材比 $W/(C+F)$ は75%、混和材比 $F/(C+F)$ は30%、細骨材率 $s/a$ は41%で、それぞれ目標VC値が10秒、20秒、30秒、40秒となるように単位水量 $W$ と単位結合材量 $C+F$ を同時に変化させた。なお、本試験に用いた配合は全て同一の水結合材比を有していることから、水セメント比の法則により、その理論的な圧縮強度は同一であると考えられる。

試験に用いる供試体はそれぞれの配合に対して4本作製するものとした。また、標準供試体作製装置のエアシリンダーによる上載荷重は、人力によるボッシュタンパーの押しつけ力を参考に60kgfとした。また、標準供試体の締固め時間は、1層あたりVC値相当時間の100%、80%、60%の3種類とした。

なお、標準供試体は、コンクリート打設の24時間後にキャッピングを行い、さらに24時間後に脱型をして水中養生を行った。また、試験材令である材令91日の1週間前に供試体を養生水槽から取り出し、室内で自然乾燥を与えた。

表-2 RCD用コンクリートの試験配合表

| 配合<br>番号 | 粗骨材の<br>最大寸法<br>Gmax<br>(mm) | 実 測<br>VC値<br>(s e c) | 水結合材比<br>$\frac{W}{C+F}$<br>(%) | 混和材比<br>$\frac{F}{C+F}$<br>(%) | 細骨材率<br>s / a<br>(%) | 単 位 量 (kg / m <sup>3</sup> ) |               |                  |              |             |             |             |             | 備 考<br><br>(空隙充填率)                             |
|----------|------------------------------|-----------------------|---------------------------------|--------------------------------|----------------------|------------------------------|---------------|------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------------------------------------------|
|          |                              |                       |                                 |                                |                      | 水<br><br>W                   | セメント<br><br>C | フライ<br>アッシュ<br>F | 細骨材<br><br>s | 粗 骨 材 G     |             |             |             |                                                |
|          |                              |                       |                                 |                                |                      |                              |               |                  |              | 40～<br>30mm | 30～<br>20mm | 20～<br>10mm | 10～<br>5 mm |                                                |
| 1        | 40                           | 10                    | 75                              | 30                             | 41                   | 117                          | 109           | 47               | 885          | 1304        |             |             |             | $\alpha=1.00$<br>$\beta=1.73$<br>$\gamma=0.58$ |
|          |                              |                       |                                 |                                |                      |                              |               |                  |              | 293         | 326         | 423         | 262         |                                                |
| 2        | "                            | 20                    | "                               | "                              | "                    | 110                          | 103           | 44               | 895          | 1319        |             |             |             | $\alpha=0.92$<br>$\beta=1.69$<br>$\gamma=0.53$ |
|          |                              |                       |                                 |                                |                      |                              |               |                  |              | 297         | 330         | 429         | 263         |                                                |
| 3        | "                            | 31                    | "                               | "                              | "                    | 104                          | 97            | 42               | 905          | 1333        |             |             |             | $\alpha=0.86$<br>$\beta=1.66$<br>$\gamma=0.50$ |
|          |                              |                       |                                 |                                |                      |                              |               |                  |              | 300         | 333         | 433         | 267         |                                                |
| 4        | "                            | 41                    | "                               | "                              | "                    | 98                           | 92            | 39               | 915          | 1346        |             |             |             | $\alpha=0.80$<br>$\beta=1.63$<br>$\gamma=0.46$ |
|          |                              |                       |                                 |                                |                      |                              |               |                  |              | 303         | 337         | 437         | 269         |                                                |

## 2. 2 試験結果

表-3にVC値、標準供試体の密度および一軸圧縮強度の測定結果をとりまとめて示す。

表-3(1) 試験結果の一覧表

| 実測<br>VC値<br>(秒)                             | 締固<br>時間<br>(秒) | 番号 | 表 乾<br>重 量<br>(g) | 密 度<br>(t/m <sup>3</sup> ) | 理 論<br>密 度<br>(t/m <sup>3</sup> ) | 相 対<br>密 度<br>比 | 破 壊<br>荷 重<br>(kgf) | 一軸圧縮<br>強度 $\sigma_{9.1}$<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) |
|----------------------------------------------|-----------------|----|-------------------|----------------------------|-----------------------------------|-----------------|---------------------|-----------------------------------------------------|
| 10<br><br>W=<br>117<br><br>kg/m <sup>3</sup> | 10              | 1  | 12777             | 2.413                      | 2.499                             | 0.966           | 26150               | 148.6                                               |
|                                              |                 | 2  | 12780             | 2.402                      |                                   | 0.961           | 26700               | 150.7                                               |
|                                              |                 | 3  | 12880             | 2.410                      |                                   | 0.964           | 26700               | 150.7                                               |
|                                              |                 | 4  | 12743             | 2.377                      |                                   | 0.951           | 26450               | 148.5                                               |
|                                              | 平均              |    |                   | 2.401                      |                                   | 0.961           |                     | 149.6                                               |
|                                              | 8               | 5  | 12786             | 2.395                      | 2.499                             | 0.958           | 26000               | 146.5                                               |
|                                              |                 | 6  | 12821             | 2.375                      |                                   | 0.950           | 24410               | 136.3                                               |
|                                              |                 | 7  | 12764             | 2.392                      |                                   | 0.957           | 26100               | 147.3                                               |
|                                              |                 | 8  | 12742             | 2.399                      |                                   | 0.960           | 27280               | 154.2                                               |
|                                              | 平均              |    |                   | 2.390                      |                                   | 0.956           |                     | 146.1                                               |
|                                              | 6               | 9  | 12670             | 2.370                      | 2.499                             | 0.948           | 25280               | 142.3                                               |
|                                              |                 | 10 | 12701             | 2.380                      |                                   | 0.952           | 26000               | 146.5                                               |
|                                              |                 | 11 | 12710             | 2.364                      |                                   | 0.946           | 25600               | 143.7                                               |
|                                              |                 | 12 | 12719             | 2.367                      |                                   | 0.947           | 25810               | 144.7                                               |
|                                              | 平均              |    |                   | 2.370                      |                                   | 0.948           |                     | 144.3                                               |
| 20<br><br>W=<br>110<br><br>kg/m <sup>3</sup> | 20              | 1  | 12748             | 2.377                      | 2.508                             | 0.948           | 25810               | 144.9                                               |
|                                              |                 | 2  | 12746             | 2.388                      |                                   | 0.952           | 25680               | 144.4                                               |
|                                              |                 | 3  | 12876             | 2.401                      |                                   | 0.957           | 27250               | 153.0                                               |
|                                              |                 | 4  | 12927             | 2.413                      |                                   | 0.962           | 26150               | 147.0                                               |
|                                              | 平均              |    |                   | 2.395                      |                                   | 0.955           |                     | 147.3                                               |

表-3(2) 試験結果の一覧表

| 実測<br>VC値<br>(秒)                         | 締固<br>時間<br>(秒) | 番号 | 表 乾<br>重 量<br>(g) | 密 度<br>(t/m <sup>3</sup> ) | 理 論<br>密 度<br>(t/m <sup>3</sup> ) | 相 対<br>密 度<br>比 | 破 壊<br>荷 重<br>(kgf) | 一軸圧縮<br>強度 $\sigma_{0.1}$<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) |
|------------------------------------------|-----------------|----|-------------------|----------------------------|-----------------------------------|-----------------|---------------------|-----------------------------------------------------|
| 20<br><br>W=<br>110<br>kg/m <sup>3</sup> | 16              | 5  | 12766             | 2.384                      | 2.508                             | 0.951           | 24950               | 140.3                                               |
|                                          |                 | 6  | 12700             | 2.388                      |                                   | 0.952           | 24850               | 140.4                                               |
|                                          |                 | 7  | 12861             | 2.420                      |                                   | 0.965           | 25880               | 146.5                                               |
|                                          |                 | 8  | 12662             | 2.376                      |                                   | 0.947           | 24930               | 140.7                                               |
|                                          | 平均              |    |                   | 2.392                      |                                   | 0.954           |                     | 142.0                                               |
|                                          | 12              | 9  | 12569             | 2.357                      | 2.508                             | 0.940           | 23450               | 132.3                                               |
|                                          |                 | 10 | 12595             | 2.362                      |                                   | 0.942           | 25750               | 145.1                                               |
|                                          |                 | 11 | 12779             | 2.386                      |                                   | 0.951           | 25200               | 141.8                                               |
|                                          |                 | 12 | 12779             | 2.363                      |                                   | 0.942           | 25160               | 140.7                                               |
|                                          | 平均              |    |                   | 2.367                      |                                   | 0.944           |                     | 140.0                                               |
| 31<br><br>W=<br>104<br>kg/m <sup>3</sup> | 31              | 1  | 12809             | 2.389                      | 2.519                             | 0.948           | 27950               | 156.9                                               |
|                                          |                 | 2  | 12858             | 2.403                      |                                   | 0.954           | 27430               | 154.2                                               |
|                                          |                 | 3  | 12890             | 2.419                      |                                   | 0.960           | 28900               | 163.1                                               |
|                                          |                 | 4  | 12801             | 2.400                      |                                   | 0.953           | 27410               | 154.3                                               |
|                                          | 平均              |    |                   | 2.403                      |                                   | 0.954           |                     | 157.1                                               |
|                                          | 25              | 5  | 12787             | 2.373                      | 2.519                             | 0.942           | 26680               | 149.0                                               |
|                                          |                 | 6  | 12726             | 2.385                      |                                   | 0.947           | 27690               | 156.1                                               |
|                                          |                 | 7  | 12750             | 2.393                      |                                   | 0.950           | 26900               | 151.8                                               |
|                                          |                 | 8  | 12814             | 2.398                      |                                   | 0.952           | 29700               | 167.2                                               |
|                                          | 平均              |    |                   | 2.387                      |                                   | 0.948           |                     | 156.0                                               |
|                                          | 19              | 9  | 12697             | 2.370                      | 2.519                             | 0.941           | 28080               | 157.4                                               |
|                                          |                 | 10 | 12674             | 2.379                      |                                   | 0.944           | 26310               | 148.9                                               |
|                                          |                 | 11 | 12472             | 2.347                      |                                   | 0.932           | 24310               | 137.9                                               |
|                                          |                 | 12 | 12556             | 2.352                      |                                   | 0.934           | 25700               | 145.0                                               |
|                                          | 平均              |    |                   | 2.362                      |                                   | 0.938           |                     | 147.3                                               |

表-3(3) 試験結果の一覧表

| 実測<br>VC値<br>(秒)              | 締固<br>時間<br>(秒) | 番号 | 表 乾<br>重 量<br>(g) | 密 度<br>(t/m <sup>3</sup> ) | 理 論<br>密 度<br>(t/m <sup>3</sup> ) | 相 対<br>密 度<br>比 | 破 壊<br>荷 重<br>(kgf) | 一軸圧縮<br>強度 $\sigma_c$<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) |
|-------------------------------|-----------------|----|-------------------|----------------------------|-----------------------------------|-----------------|---------------------|-------------------------------------------------|
| W=<br>98<br>kg/m <sup>3</sup> | 41              | 1  | 12663             | 2.366                      | 2.528                             | 0.936           | 28850               | 162.17                                          |
|                               |                 | 2  | 12755             | 2.377                      |                                   | 0.940           | 27860               | 155.99                                          |
|                               |                 | 3  | 12743             | 2.380                      |                                   | 0.941           | 27800               | 156.06                                          |
|                               |                 | 4  | 12688             | 2.391                      |                                   | 0.946           | 27200               | 153.92                                          |
|                               | 平均              |    |                   | 2.379                      |                                   | 0.941           |                     | 157.04                                          |
|                               | 33              | 5  | 12674             | 2.382                      | 2.528                             | 0.942           | 26950               | 152.10                                          |
|                               |                 | 6  | 12647             | 2.372                      |                                   | 0.938           | 26700               | 150.69                                          |
|                               |                 | 7  | 12578             | 2.362                      |                                   | 0.934           | 25810               | 145.86                                          |
|                               |                 | 8  | 12388             | 2.336                      |                                   | 0.924           | 24700               | 140.15                                          |
|                               | 平均              |    |                   | 2.363                      |                                   | 0.935           |                     | 147.20                                          |
|                               | 25              | 9  | 12526             | 2.350                      | 2.528                             | 0.930           | 25790               | 145.94                                          |
|                               |                 | 10 | 12517             | 2.349                      |                                   | 0.929           | 25510               | 143.78                                          |
|                               |                 | 11 | 12496             | 2.360                      |                                   | 0.934           | 26590               | 151.28                                          |
|                               |                 | 12 | 12524             | 2.350                      |                                   | 0.930           | 25110               | 142.28                                          |
|                               | 平均              |    |                   | 2.352                      |                                   | 0.930           |                     | 145.82                                          |

図-5に単位水量 $W$ を98~117 $\text{kg}/\text{m}^3$ の範囲で変化させた場合の $VC$ 値の測定結果を示す。横軸に単位水量 $W$ 、縦軸に $VC$ 値の対数をとって整理した場合、両者の関係は負の傾きをもつ直線で近似することができる。

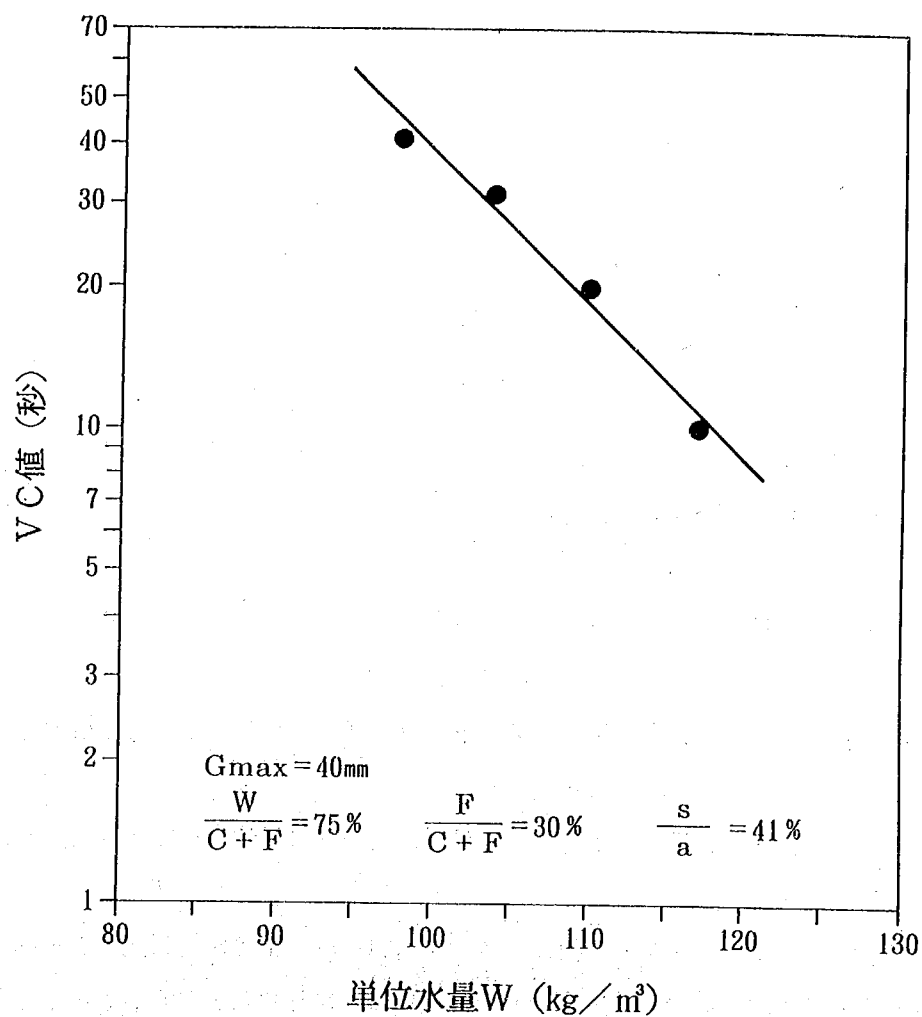


図-5 単位水量と $VC$ 値(標準容器)の関係

次に、図-6 にペーストの細骨材空隙充填率 $\alpha$ とモルタルの粗骨材空隙充填率 $\beta$ およびセメントペーストの全骨材空隙充填率 $\gamma$ とVC値の関係を整理した結果を示す。なお、それぞれの空隙充填率は次式で定義して求めた。

$$\alpha = \frac{W/\rho_w + C/\rho_c + F/\rho_f}{S(1/W_s - 1/\rho_s)} \quad (2)$$

$$\beta = \frac{W/\rho_w + C/\rho_c + F/\rho_f + S/\rho_s}{G(1/W_g - 1/\rho_g)} \quad (3)$$

$$\gamma = \frac{W/\rho_w + C/\rho_c + F/\rho_f}{(G+S)(1/W_{gs} - 1/\rho_{gs})} \quad (4)$$

ここに

$W, C, F, S, G$  : コンクリート中の水、セメント、フライアッシュ、細骨材、粗骨材の単位量 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$\rho_w, \rho_c, \rho_f, \rho_s, \rho_g, \rho_{gs}$  : 水、セメント、フライアッシュ、細骨材、粗骨材、合成材の密度 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$W_s, W_g, W_{gs}$  : 細骨材、粗骨材、合成材の単位容積質量 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

図-6 によれば、空隙充填率の変化がVC値に与える影響はペーストの細骨材空隙充填率 $\alpha$ の場合に若干大きくなっているようであるが、いずれの場合にも空隙充填率が増加するとVC値が小さくなることがわかる。

次に、図-7 にVC値が10秒、20秒、31秒、41秒のRCD用コンクリートを締固め時間を変えて作製した標準供試体の相対締固め密度の測定結果を示す。なお、相対締固め密度とはゼロ空隙状態における理論密度に対する実際の締固め密度の比を表したものである。この場合、供試体は3層に分けて締固め、一層当たりの締固め時間をVC値(秒)に等しい時間とした場合とVC値の80%および60%とした場合の3種類に設定した。いずれの配合のコンクリートも締固め時間が長くなると締固め密度が増加している。次に、各配合のVC値と相対締固め密度の関係を整理した結果を図-8 に示す。図によれば、それぞれの配合のコンクリートとも、締固め時間が1.0VCと0.8VCとではその相対締固め密度に大差ないが、締固め時間が0.6VCでは相対締固め密度が低下していることがわかる。また、締固め時間の条件(締固め時間が1.0VC、0.8VC、0.6VC)が同じ時には、VC値が10秒、20秒、31秒のRCD用コンクリートでは相対締固め密度に大差ないが、VC値が41秒のRCD用コンクリートでは相対締固め密度が低下していることがわかる。

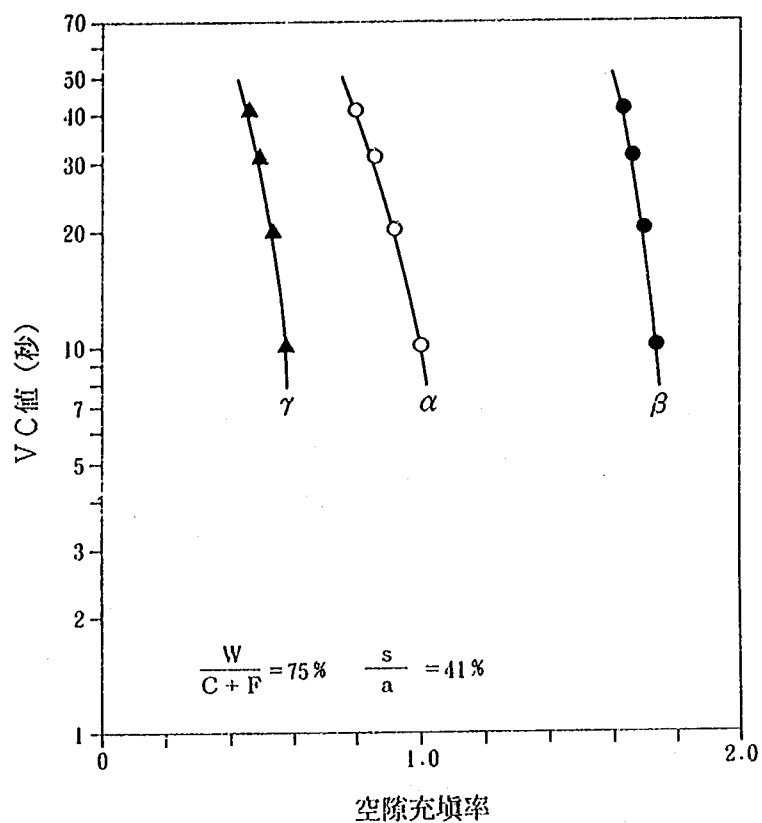


図-6 空隙充填率 ( $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ ) と V C 値の関係

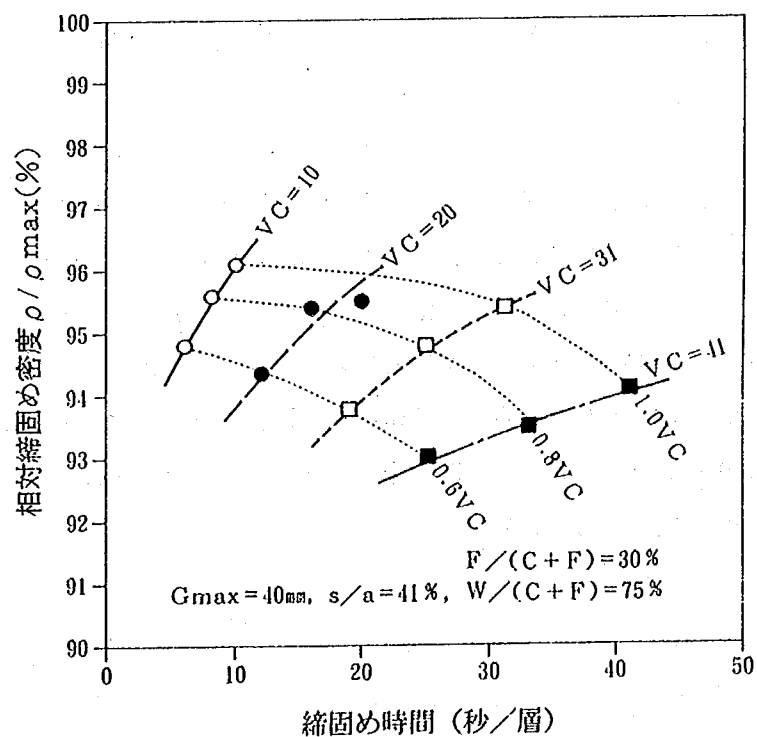


図-7 標準供試体の締め時間と相对締め密度の関係 (3層締め)

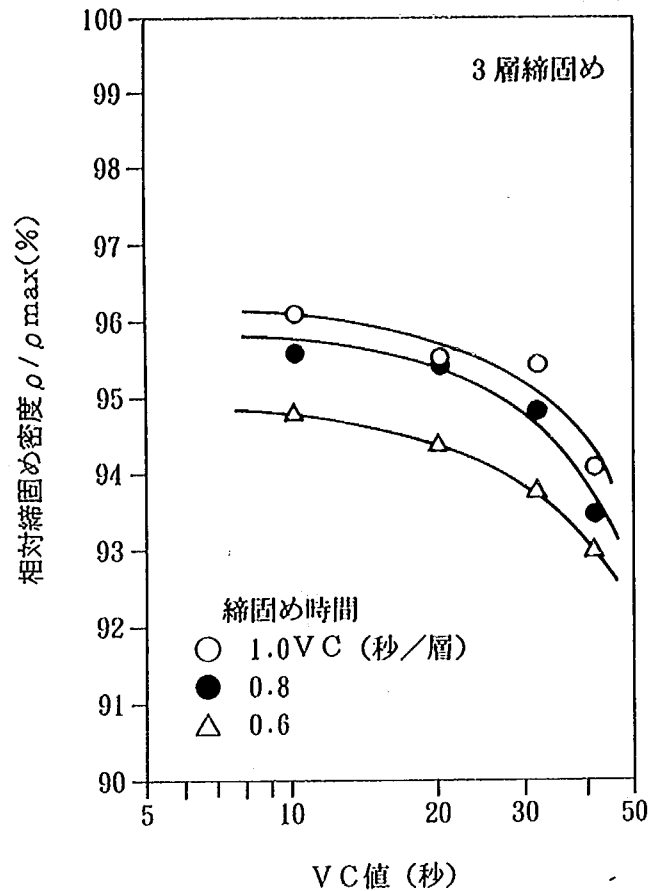


図-8 VC値と相対締固め密度の関係（3層締固め）

次に、図-9に標準供試体の締固め時間と一軸圧縮強度の関係を示す。標準供試体の一軸圧縮強度は、その締固め時間が短いほど低い値を示しているが、その差は極めてわずかである。また、図-10はVC値と一軸圧縮強度の関係を示したものである。図によれば、VC値の大小にかかわらず、締固め時間の条件（締固め時間が1.0VC、0.8VC、0.6VCの3つ）が同じ時には一軸圧縮強度はほぼ同一の値となっている。なお、図-11は、全ての供試体に対して相対締固め密度と一軸圧縮強度の関係を示したものである。全体的には、相対締固め密度が小さいほど一軸圧縮強度が小さくなる傾向が認められるが、一軸圧縮強度のばらつきが大きく、必ずしも明確な関係は得られていない。

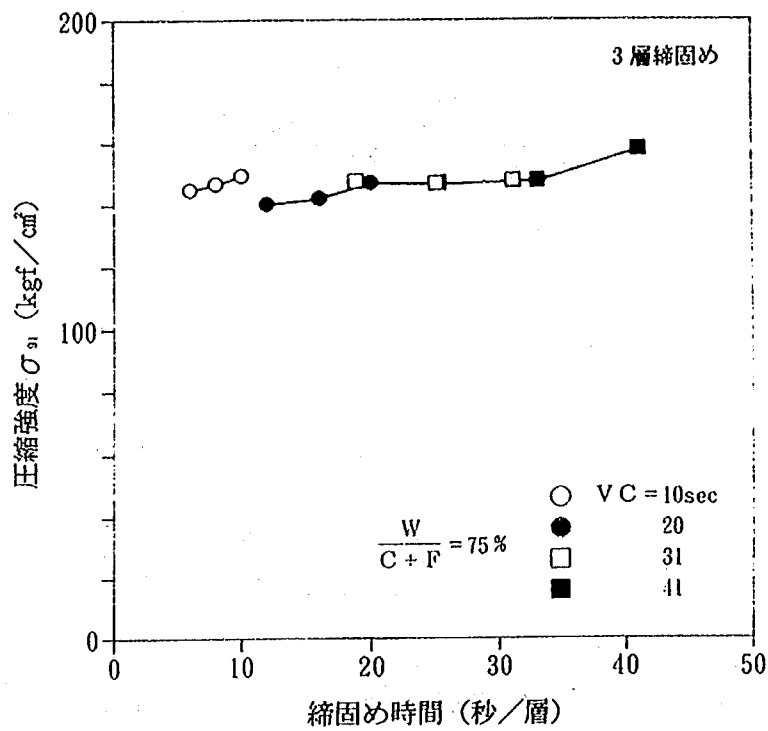


図-9 標準供試体の締固め時間と圧縮強度の関係 (3層締固め)

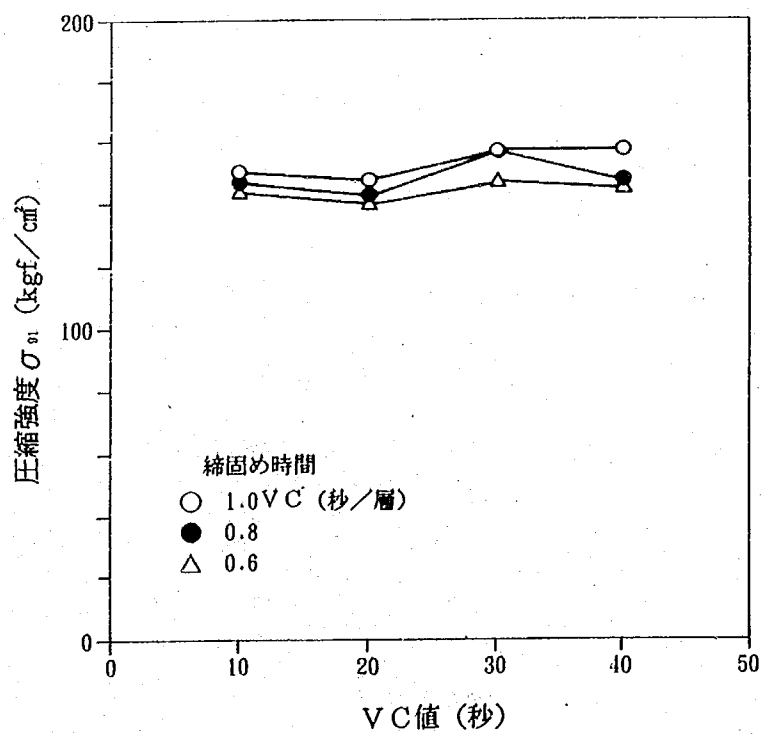


図-10 VC値と圧縮強度の関係 (3層締固め)

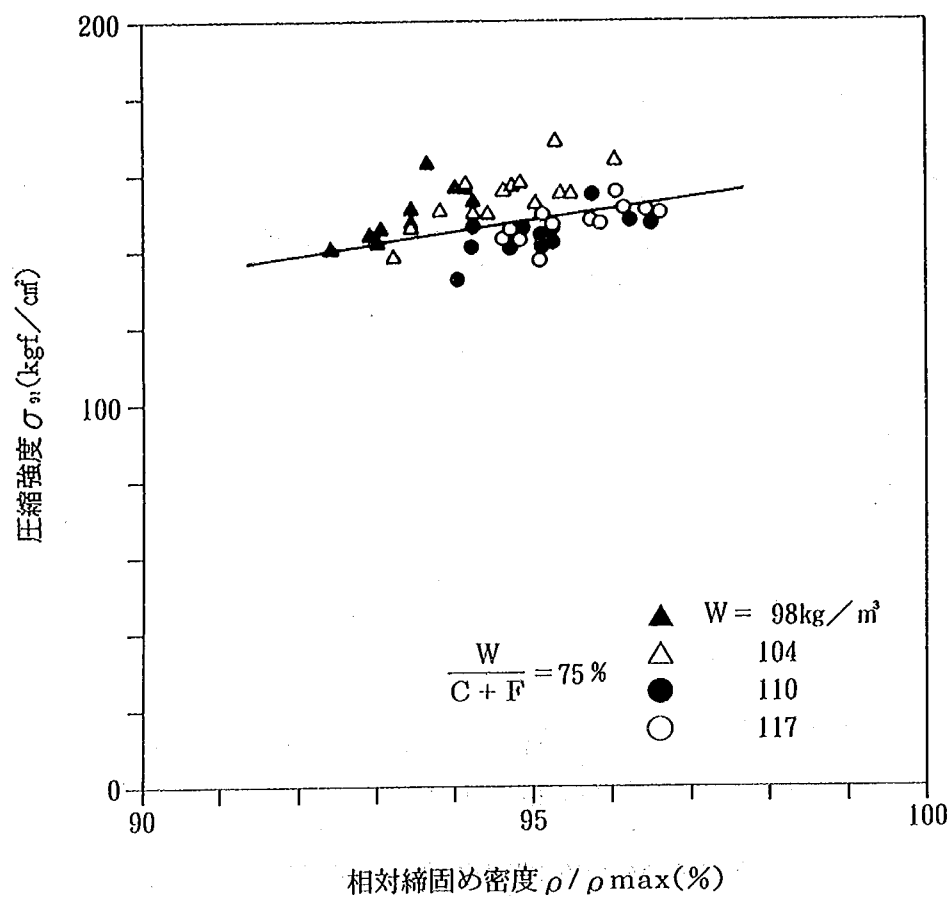


図-11 相対締固め密度と一軸圧縮強度の関係

## あ と が き

本報告書では、RCD用コンクリートの標準供試体の作製方法の標準化を目指して製作したRCD用コンクリート標準供試体作製装置の概要と、本装置を用いて作製した標準供試体の締固め試験の一例について述べた。

本装置では、RCD用コンクリートの標準供試体の作製にあたって、従来、人力によって行っていたRCD用コンクリートへの振動タンパーの押しつけを、エアーコンプレッサーとエアシリンダーを用いて機械化し、その押しつけ力を一定かつ安定した状態に保つことを可能とした。その結果、標準供試体の締固めエネルギーを正確に制御することができるようになり、また、RCD用コンクリートの締固め作業を機械化することにより、作業の安全性と施工性を向上させることもできた。

また、本装置を用いて作製したRCD用コンクリートの標準供試体を用いて締固め密度と一軸圧縮強度を求めた結果、大型供試体と類似した試験結果を得ることができ、標準供試体を用いたRCD用コンクリートの品質管理をより合理的に行う可能性を確認することができた。なお、今回の試験は、予備的な試験として実施したため、その実験精度には若干の問題があったかも知れないが、今後はさらに本格的な試験を実施し、RCD用コンクリートの品質管理の合理化、ひいては標準供試体を用いたRCD用コンクリートの配合設計の可能性について検討を行っていく予定である。なお、その結果については、改めて報告する予定である。

## 参 考 文 献

- 1) 志水茂明、柳田 力：RCD工法における大型供試体試験、ダム技術、No.26、pp 3～14、1988. 10
- 2) 建設省河川局開発課監修：改訂RCD工法技術指針（案）、山海堂、1989. 8
- 3) 谷本善一：動的締固め特性、土と基礎、Vol. 22、No. 4、pp11～16、1974. 4

RCD用コンクリートの標準  
供試体作製装置の開発とその  
適用例

ISSN 0386-5878  
土木研究所資料第3042号  
平成3年12月(1991)  
ダム部ダム構造研究室  
永山 功・渡辺 和夫  
小林 政登・尾畑 伸之

要 旨

RCD用コンクリートの標準供試体の作製方法には、いまだ標準的な仕様がなく、また締固めエネルギーの管理も十分に行われていない。そこで、RCD用コンクリートの標準供試体の作製方法の標準化、合理化を図ることを目的として、エアースリンダーと振動タンパーを用いて載荷圧力を一定の値に制御しながら、RCD用コンクリートの標準供試体を締固める標準供試体作製装置を開発、製作した。本報告は、RCD用コンクリートの標準供試体作製装置の仕様および本装置を用いたRCD用コンクリートの締固め試験結果例についてとりまとめたものである。

キーワード：RCD用コンクリート，ダム，標準供試体，締固め，  
供試体作製装置 ○

郵便はがき

305-□□

切手をは  
て下さい。

建設省土木研究所

ダム構造研究室

御中

茨城県つくば市大字旭一番地

No. \_\_\_\_\_

No. \_\_\_\_\_

配布先氏名

配布先住所

○

○

土木研究所資料第 3042 号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印

土木研究所資料第 3042 号

○

RCD用コンクリートの標準供試体  
作製装置の開発とその適用例