

# マイクロフィルム用資料

## 土木研究所資料

### 未利用骨材資源の利用技術に関する調査

#### (6)嘉瀬川ダム骨材

1999年2月

建設省土木研究所  
材料施工部コンクリート研究室

Copyright © 1999 by P. W. R. I.

All rights 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。

# 未利用骨材資源の利用技術に関する調査

## (6) 嘉瀬川ダム骨材

コンクリート研究室 室 長 河野 広隆

主任研究員 森濱 和正

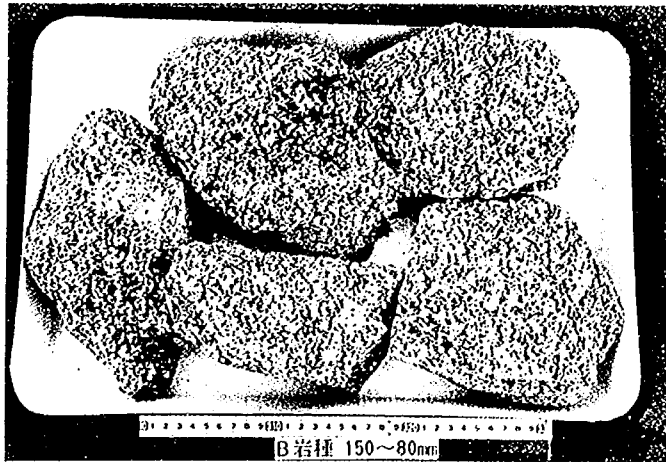
研 究 員 古賀 裕久

### 要 旨

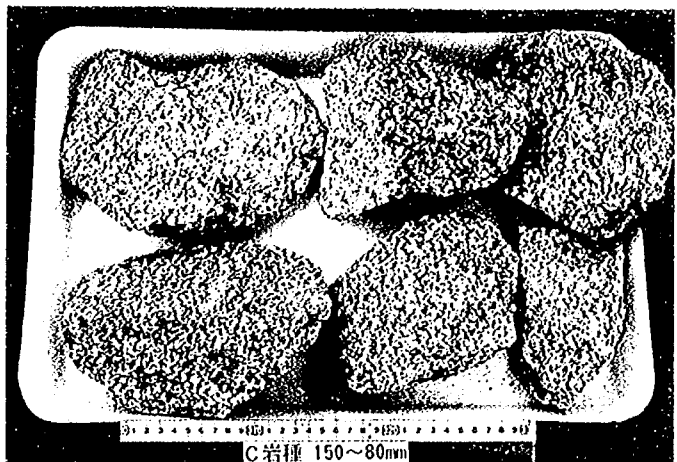
コンクリートダムの建設にあたって、品質等の面からこれまでは廃棄していたような岩を省資源・省エネルギー、環境保全の観点からコンクリート用骨材として有効利用することを検討する。

本報告書は、嘉瀬川ダム骨材について、骨材の強度特性である修正破碎率と圧裂強度を求めた。そして、RCD用コンクリートと外部用コンクリートのフレッシュ性状、強度特性と修正破碎率の関係について検討した。さらに、修正破碎率による低品質骨材の品質評価方法を提案した。

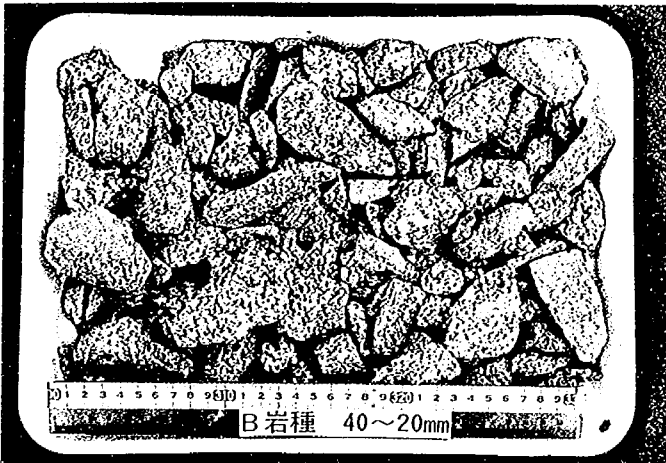
キーワード：未利用骨材の有効利用、骨材の低品質化、省資源・省エネルギー、環境保全、骨材の強度特性、破碎性、ワイブル分布、練混ぜ、ワーカビリティ、粒度変化、コンクリートの強度特性



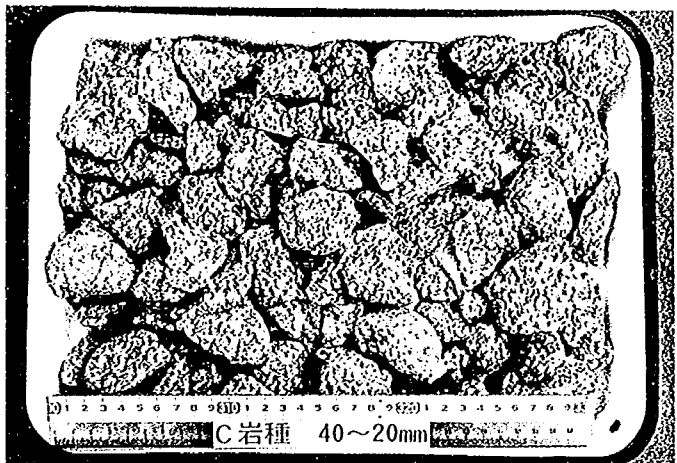
B岩種 150~80mm



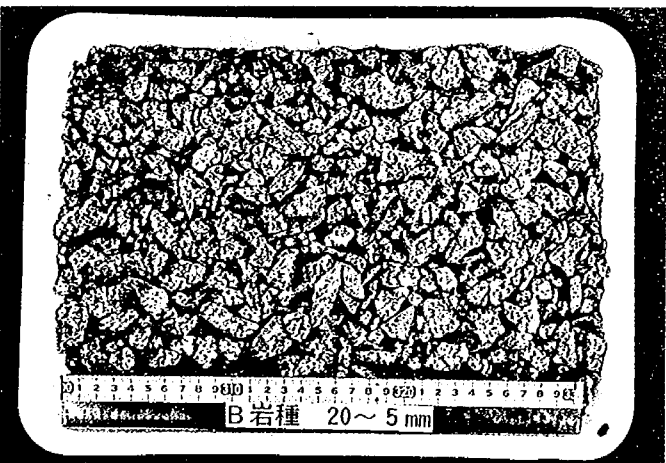
C岩種 150~80mm



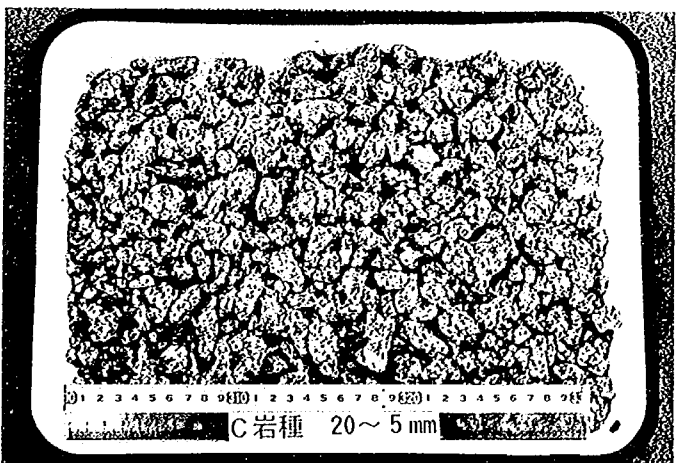
B岩種 40~20mm



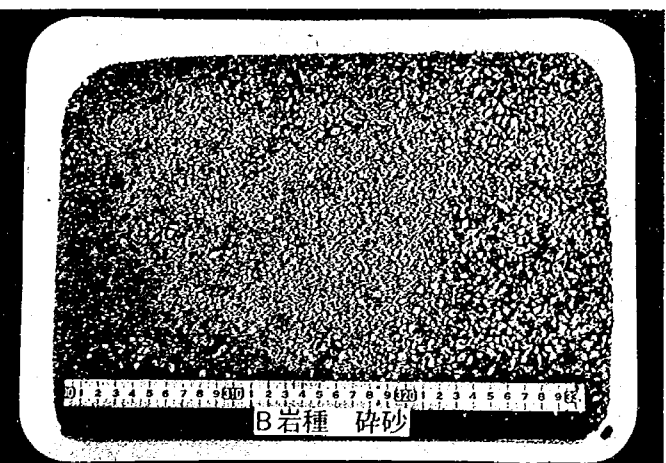
C岩種 40~20mm



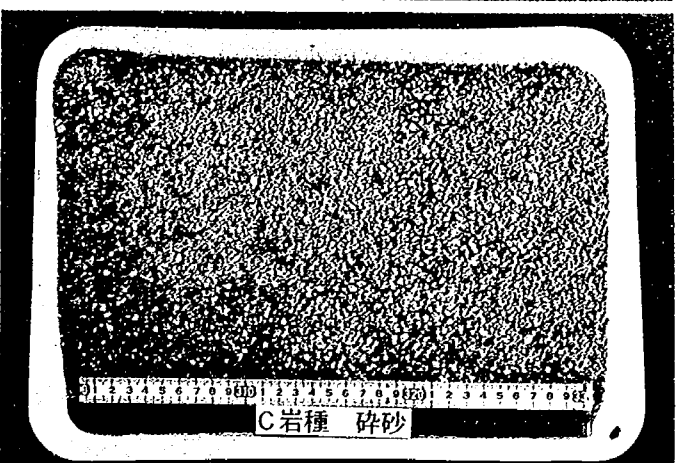
B岩種 20~5mm



C岩種 20~5mm



B岩種 碎砂



C岩種 碎砂

# 目 次

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 1. まえがき .....                  | 1  |
| 1. 1 低品質骨材有効利用の背景と課題 .....     | 1  |
| 1. 2 低品質骨材と破碎性 .....           | 2  |
| 1. 3 本報告書の研究目的 .....           | 3  |
| 2. 実験の全体構成 .....               | 4  |
| 2. 1 検討骨材 .....                | 4  |
| 2. 2 実験内容 .....                | 4  |
| 2.2.1 予備試験 .....               | 4  |
| 2.2.2 本 試 験 .....              | 4  |
| 2. 3 破碎試験の適用性 .....            | 5  |
| 3. 予備試験 .....                  | 6  |
| 3. 1 骨材の物理試験および強度試験結果 .....    | 6  |
| 3. 2 RCD用コンクリートの圧縮強度試験結果 ..... | 8  |
| 3. 3 外部用コンクリートの圧縮強度試験結果 .....  | 10 |
| 4. 骨材の物理試験および強度試験 .....        | 12 |
| 4. 1 骨材の物理試験 .....             | 12 |
| 4.1.1 試験項目および試験方法 .....        | 12 |
| 4.1.2 骨材の物理試験結果 .....          | 12 |
| 4. 2 コア供試体の物理試験および強度試験 .....   | 16 |
| 4.2.1 コア供試体の形状・寸法, 数量 .....    | 16 |
| 4.2.2 試験項目および試験方法 .....        | 16 |
| 4.2.3 試験結果 .....               | 16 |
| 4.2.4 密度と吸水率 .....             | 16 |
| 4.2.5 圧縮強度 .....               | 16 |
| 4.2.6 圧裂強度 .....               | 17 |
| 4. 3 骨材の強度試験 .....             | 26 |
| 4.3.1 試験項目および試験方法 .....        | 26 |
| 4.3.2 圧裂強度試験結果 .....           | 26 |
| 4.3.3 破碎試験結果 .....             | 26 |
| 4.3.4 すりへり試験結果 .....           | 26 |
| 5. RCD用コンクリート試験 .....          | 30 |
| 5. 1 実験方法 .....                | 30 |
| 5.1.1 使用材料 .....               | 30 |
| 5.1.2 配合条件 .....               | 30 |
| 5.1.3 配合試験 .....               | 30 |
| 5.1.4 強度試験方法 .....             | 31 |
| 5. 2 配合試験結果 .....              | 32 |
| 5.2.1 単位水量とVC値の関係 .....        | 32 |
| 5.2.2 細骨材率とVC値の関係 .....        | 32 |
| 5.2.3 配合決定 .....               | 32 |
| 5. 3 強度試験結果 .....              | 34 |

|       |                       |    |
|-------|-----------------------|----|
| 5.3.1 | 配合とVC試験結果             | 34 |
| 5.3.2 | 強度試験結果                | 34 |
| 5.3.3 | 骨材の種類と強度の関係           | 34 |
| 6.    | 外部用コンクリート試験           | 37 |
| 6.1   | 実験方法                  | 37 |
| 6.1.1 | 使用材料                  | 37 |
| 6.1.2 | 配合条件                  | 37 |
| 6.1.3 | 配合試験                  | 38 |
| 6.1.4 | 試験項目と強度, 凍結融解用供試体     | 39 |
| 6.1.5 | 強度試験方法                | 40 |
| 6.1.6 | 凍結融解試験方法              | 40 |
| 6.1.7 | 乾燥収縮, 曲げ強度, 中性化深さ試験方法 | 40 |
| 6.2   | 配合試験結果                | 42 |
| 6.2.1 | 試験結果                  | 42 |
| 6.2.2 | 配合条件とフレッシュ性状          | 43 |
| 6.2.3 | 配合決定                  | 43 |
| 6.2.4 | 配合条件と強度の関係            | 46 |
| 6.3   | 強度試験結果                | 49 |
| 6.3.1 | 配合とフレッシュ性状            | 49 |
| 6.3.2 | 強度試験結果                | 50 |
| 6.3.3 | 骨材の種類と強度の関係           | 50 |
| 6.4   | 凍結融解試験結果              | 55 |
| 6.4.1 | 試験結果                  | 55 |
| 6.4.2 | 初期条件                  | 55 |
| 6.4.3 | 骨材の種類と耐久性指数           | 55 |
| 6.4.4 | 空気量, 開始材齢, 圧縮強度と耐久性指数 | 55 |
| 7     | まとめ                   | 60 |
| 7.1   | 実験で使用した骨材             | 60 |
| 7.2   | 試験項目                  | 62 |
| 7.2.1 | 骨材試験                  | 62 |
| 7.2.2 | コンクリート試験              | 64 |
| 7.3   | 骨材試験結果                | 65 |
| 7.3.1 | コアの圧縮, 圧裂強度           | 65 |
| 7.3.2 | 骨材の圧裂強度               | 66 |
| 7.3.3 | 修正破砕率                 | 67 |
| 7.4   | RCD用コンクリート試験結果        | 70 |
| 7.4.1 | 修正破砕率とVC値の関係          | 70 |
| 7.4.2 | 修正破砕率と強度の関係           | 71 |
| 7.5   | 外部用コンクリート試験結果         | 73 |
| 7.5.1 | 修正破砕率とスランプの関係         | 73 |
| 7.5.2 | 修正破砕率と強度の関係           | 74 |
| 7.5.3 | 凍結融解試験結果              | 75 |
| 7.6   | まとめと今後の課題             | 76 |
| 資料編   |                       | 77 |

# 1. まえがき

## 1. 1 低品質骨材有効利用の背景と課題

近年、環境保全のためにコンクリート用骨材の採掘場所が制限されていることなどから、良質な骨材資源が枯渇してきており、一部では低品質化が進んでいる。この状況はダムコンクリート用骨材も同様であり、堅硬な岩を十分に有する原石山を確保することが困難になり、歩留まりは低下する傾向にある。また、公共事業は、環境保全や省資源、省エネルギーなどの課題がある一方で、コスト削減が至上命令であり、一層の省人化、合理化が求められている。これらの課題は、ダム建設においても重要である。このためここでは築堤材料、とりわけ低品質の骨材の有効利用について検討した。

ダムコンクリート用骨材については、今までなら廃棄されていた品質のものでも活用することが求められている。その方法のひとつとして、ダム用コンクリートは内部用と外部用によってコンクリートの要求品質も異なることから、骨材の品質に応じて使い分けことが考えられる。

現在のダムコンクリート用骨材の品質規格をみると、外部コンクリートは直接気象作用を受けるなどの条件から比較的品質のよいコンクリートを使用する必要性があり、そのことを考慮した骨材の品質規格が定められている。一方、内部コンクリートは直接気象作用を受けないなどの条件から、外部コンクリートほど厳しい品質は必要でないものと考えられる。

内外コンクリート用骨材として分別して有効利用を図るにあたっては、次のような問題、課題がある<sup>1) 1)</sup>。

### (1) 内外コンクリート用骨材を分別製造した場合の問題

- ①良質骨材と低品質骨材を正しく分別するのが難しい。
- ②原石山掘削当初に低品質骨材が集中するため、大規模な仮置場所が必要となる。
- ③このようなことから、貯蔵設備が二重段取りになるため、経済効果はあまり期待できない。
- ④コンクリートや骨材の品質管理が難しくなる。

### (2) 現在、廃棄している原石を骨材として使用した場合に生じる不都合

骨材の製造から見ると、

- ①大玉が不足するなど、骨材生産のバランスが崩れる。
- ②そのために、骨材の粒度などの品質管理が難しくなる。
- ③骨材プラントではスラッジが大量に発生する。

コンクリートの品質からみると、

- ①コンクリートの施工性、耐久性、強度など品質が低下する。
- ②所要の品質を確保するための配合設計、品質管理が難しい。

---

1. 1) 永山功、渡辺和夫、西澤賢太郎：原石山における骨材採取状況に関する実態調査、ダム技術、No. 134、1997年11月

### (3) 骨材の有効利用のための課題

- ①骨材の良否を簡易に判定するための試験法の確立
- ②使用岩と廃棄岩のふるい分け設備
- ③骨材の要求性能項目の明確化と性能水準の設定

これらを大括りにすると、次の4点に分類できるものと考えられる。

- i) 設備の問題
- ii) 骨材生産のバランス・廃棄物の問題
- iii) 骨材の品質管理手法の確立
- iv) コンクリート品質の確保

これらのうち、これまで第1報～第3報<sup>1.2), 1.3), 1.4)</sup>によって、iii), iv)の検討を行ってきた。

#### 1. 2 低品質骨材と破碎性

表-1にダム用コンクリートの要求品質とそれに影響を与えられ考えられる骨材の品質特性、骨材の品質が低下した場合のコンクリートの品質に及ぼす影響について整理した。

岩として良質な骨材とは、堅硬で物理的・化学的に変化しにくいもの、ということができるであろう。後者の評価は、アルカリ骨材反応性や安定性の試験などすでに基準が作られていたり、最近では施工性や耐久性に大きな影響を及ぼす鉱物組成の調査も盛んに行われている。一方で、最も重要なもう一つの特性である“堅硬性”に関しては、骨材の低品質化がいわれて久しい現在に至っても、原石山調査時のコアの圧縮強度試験などを除き、一般には行われていないといっているであろう。

ここで“堅硬性”とは、圧縮強度や引張強度に代表される特性ということができる。骨材のように引張に弱い材料（コンクリートも一般に同様である）は、圧縮強度といっても主引張応力による破壊となることから、堅硬性に対する低品質化は破碎性（割れやすさ）に代表させることができるものと考えられる。

低品質骨材の破碎性が大きいとコンクリートに及ぼす影響は表-1のようになる。製造時には、割れやすいので大粒径の骨材が採れにくく、最大寸法の低下や微粒分の増加により、コンクリートの単位水量が増加するなどの影響を及ぼす。また、歩留まりが低下して廃棄物が増加するので骨材の製造計画や環境対策なども重要な課題となる。コンクリートの施工性や強度、耐久性にも大きな影響を及ぼす。

---

1. 2) 河野広隆，森濱和正，加藤俊二：未利用骨材資源の利用技術に関する調査(1) 骨材の各種強度試験，土木研究所資料第3420号，1996年2月

1. 3) 河野広隆，森濱和正，加藤俊二：未利用骨材資源の利用技術に関する調査(2) 骨材強度と有スランプコンクリートの品質，土木研究所資料第3469号，1996年12月

1. 4) 河野広隆，森濱和正，加藤俊二，土屋浩樹：未利用骨材資源の利用技術に関する調査(3) 骨材強度とR C D用コンクリートの品質，(4) 骨材の強度・破碎性に関する評価試験方法の提案，土木研究所資料第3491号，1997年3月

表-1 ダム用コンクリートの要求品質と骨材品質の関係

| 工程       | コンクリートの要求品質                   | 骨材の特性             |                                                         |
|----------|-------------------------------|-------------------|---------------------------------------------------------|
|          |                               | 強度・破砕性<br>粒度・粒径   | 低品質骨材がコンクリートの品質に及ぼす影響                                   |
| 製造<br>運搬 |                               |                   | 大粒径がとれにくい、微粒分が増加し(歩留まり低下)、単位水量増加。                       |
| 配合       | 強度 所要強度                       | 強度・破砕性<br>ヤング係数   | コンクリートの破壊形態の変化(骨材とモルタルの界面はく離→骨材の割れ)<br>コンクリートのヤング係数への影響 |
|          | 重量 設計単位容積質量                   | 密度                | ダムの形状、体積などの設計に影響                                        |
|          | 耐久性 7日水骨比反応<br>凍結融解耐久性<br>その他 | 鉱物<br>安定性、吸水率     | } 内部用コンクリートでは、すりへり、中性化、乾燥収縮などの影響は少ない                    |
|          | 温度上昇量                         | 岩種・粒度・粒径          |                                                         |
| 練混ぜ      | 品質のばらつき                       | 強度・破砕性・すりへり       | 練混ぜ時の粒度変化等によりコンクリートの品質が変化                               |
| 施工       | 施工性・締固めやすさ                    | 粘土鉱物、有機物<br>粒度・形状 | 過早凝結、凝結遅延                                               |
|          | 転圧しやすさ(RCD)                   | 強度・破砕性            | 転圧による骨材の割れによる水密性への影響                                    |

このようなことから、骨材の破砕性に関する評価試験方法に関して検討したものである。そして、既に第1報～第3報で以下の成果を得ている。

- a) 骨材の判定手法として、破砕試験について検討し、評価指標に「修正破砕率」を提案した。
- b) 修正破砕率とフレッシュコンクリートおよび硬化コンクリートの性状・品質の関係を求めた。

### 1. 3 本報告書の研究目的

本報告書では、上記のような有効利用を目指して嘉瀬川ダム用骨材の評価およびそれを用いて内部に使用されるRCD用コンクリートおよび外部用コンクリートの品質について検討した。使用した骨材は、基準を満足する良質と考えられるB骨材に加え、これまでの規準であれば廃棄され则认为られるC骨材の2種類である。これらの骨材を用いて、以下の検討を行った。

(1) 上記a) およびb) の検討を、第1報～第3報と同様に、骨材の破砕試験、圧裂強度試験による強度特性の評価を行った。

(2) 骨材の破砕試験による修正破砕率と、RCD用コンクリートおよび外部用コンクリートの品質の関係について検討した。

(3) 破砕試験の適用性を検討するため、第1報～第4報<sup>1) 5)</sup>の結果に本報告書の結果も加えて考察した。

1. 5) 河野広隆, 森濱和正, 古賀裕久: 未利用骨材資源の利用技術に関する調査(5) 横川ダム原石山骨材, 土木研究所資料第3631号, 1999年2月

## 2. 実験の全体構成

### 2. 1 検討骨材

実験に使用した骨材の種類は表-2.1.1の3種類である。嘉瀬川ダム骨材Ksが検討すべき対象骨材であり、他の2種類は比較用である。Yは第4報で検討した骨材、Sは土木研究所で通常使っている良質の基準となる骨材である。

Ks骨材は、良質でBに分類されているものと、風化が進みCに分類されているものとある。これまでであれば骨材Cは廃棄されていた骨材である。

表-2.1.1 骨材の種類

| 産地  | 記号 | 岩種       | 分類 | 特徴                                      | 備考        |
|-----|----|----------|----|-----------------------------------------|-----------|
| 嘉瀬川 | Ks | 花崗岩      | B  | 良質                                      | 予備および本試験  |
|     |    |          | C  | 風化により茶色に変色                              |           |
| 横川  | Y  | 砂岩、頁岩の混合 | CL | 節理が発達し、最大寸法40mm程度までしか採取できない。風化により茶色に変色。 | 予備試験(比較)用 |
| 笠間  | S  | 硬質砂岩     | —  | 良質                                      |           |

### 2. 2 実験内容

実験は予備試験と本試験の2段階で行った。

#### 2.2.1 予備試験

##### (1) 実験目的

骨材Cをコンクリートに用いた場合、コンクリートの所要の品質を満足し、使用できる可能性があるのかを、まず検討した。これらの結果を3章に示した。

##### (2) 骨材試験

コンクリートを配合するために必要な最低限の物理試験と、圧裂強度試験、破碎試験、コアの圧縮試験を行った。

##### (3) コンクリート試験

粗骨材BおよびCそれぞれについて、RCD用コンクリートおよび外部用コンクリートの代表的な配合を設定し、圧縮強度試験を行った。細骨材は良質なもの(3.1節参照)を使用した。

#### 2.2.2 本試験

##### (1) 実験目的

1.3節の目的のほか、骨材Cが外部用コンクリートをして使用可能かどうかを判断するために凍結融解試験なども実施した。

##### (2) 骨材試験

骨材の物理試験は、密度、吸水率、ふるい分け、単位容積質量、実積率、安定性試験を行った。

骨材の強度試験は、不整形のままの骨材については、破碎試験、圧裂強度試験、すりへり試験を行った。骨材から抜き取ったコア供試体は、圧縮強度および圧裂強度試験を行った。これらの結果を4章に示した。

### (3) コンクリート試験

粗骨材、細骨材ともK s 骨材を用い、それぞれB、C単独と、BとCを1：1で混合したMを各種組み合わせで表-2.2.1のような試験を実施した。

RCD用コンクリートについては5章、外部用コンクリートについては6章に示した。

表-2.2.1 コンクリート試験

| 試験項目        |                  | RCD用コンクリート                          | 外部用コンクリート                                       |
|-------------|------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------|
| 配合試験        |                  | 粗骨材の影響：細骨材をM一定で、粗骨材を変化させ、単位水量の違いを測定 | 粗骨材・細骨材の影響：粗骨材、細骨材3種類ずつを各種組合せ、スランプ、空気量に及ぼす影響を調査 |
| フレッシュコンクリート | ワーカビリティ          | VC試験                                | スランプ                                            |
|             | 空気量              | —                                   | ○                                               |
|             | 練混ぜによる骨材の破碎      | ○                                   | ○                                               |
|             | フレッシュコンクリートの破碎試験 | ○                                   | —                                               |
| 硬化コンクリート    | 圧縮強度             | ○                                   | ○                                               |
|             | 引張強度             | ○                                   | ○                                               |
|             | 凍結融解             | —                                   | ○                                               |
|             | 乾燥収縮など           | —                                   | ○                                               |

## 2. 3 破碎試験の適用性

第1報から本報告書までのすべての結果を取りまとめ、骨材の破碎特性、修正破碎率とコンクリート品質の関係を示し、破碎試験の適用性について、第7章に示した。

### 3. 予備試験

#### 3. 1 骨材の物理試験および強度試験結果

骨材の物理試験結果および骨材の破碎試験結果、圧縮強度、コア供試体の密度、吸水率、圧縮強度試験結果は表-3.1.1~3.1.3のとおりであった。強度試験方法については4章を参照していただきたい。コア供試体の直径はφ26mmである。圧裂強度と載荷点距離の関係、圧裂強度のヒストグラムを図-3.1.1に示す。

ここで使用した細骨材は、大井川産の川砂である。

表-3.1.1 骨材の物理試験結果

| 骨材種類 | 密度 (g/cm <sup>3</sup> ) | 吸水率 (%) | FM   | 実積率 (%) |
|------|-------------------------|---------|------|---------|
| S    | 2.67                    | 0.54    | 7.29 | 62.2    |
| KS-B | 2.64                    | 0.79    | 7.75 | 56.2    |
| KS-C | 2.60                    | 1.64    | 7.37 | 60.4    |
| Y-CL | 2.62                    | 1.06    | 6.75 | 61.2    |
| 細骨材  | 2.62                    | 1.10    | 2.95 | -       |

表-3.1.2 強度試験結果

|                   | 修正破碎率(%) |               |       |               |       |               | 圧裂強度                 |            | 圧縮強度                 |            | ヤング係数                 |            |
|-------------------|----------|---------------|-------|---------------|-------|---------------|----------------------|------------|----------------------|------------|-----------------------|------------|
|                   | 100kN    | Sに対する<br>逆数の比 | 200kN | Sに対する<br>逆数の比 | 400kN | Sに対する<br>逆数の比 | (N/mm <sup>2</sup> ) | Sに対する<br>比 | (N/mm <sup>2</sup> ) | Sに対する<br>比 | (kN/mm <sup>2</sup> ) | Sに対する<br>比 |
| S                 | 3.4      | 1.00          | 10.8  | 1.00          | 22.9  | 1.00          | 26.9                 | 1.00       | 167.0                | 1.00       | 76.4                  | 1.00       |
| K <sub>s</sub> -B | 20.0     | 0.17          | 29.0  | 0.37          | 47.1  | 0.49          | 12.5                 | 0.46       | 101.7                | 0.61       | 47.6                  | 0.62       |
|                   | 20.5     | 0.17          | 27.7  | 0.39          | 35.5  | 0.65          | 13.1                 | 0.49       |                      |            |                       |            |
| K <sub>s</sub> -C | 25.9     | 0.13          | 36.1  | 0.30          | 39.0  | 0.59          | 4.5                  | 0.17       | 62.8                 | 0.38       | 16.7                  | 0.22       |
| Y-CL              | 9.1      | 0.37          | 17.4  | 0.62          | 29.1  | 0.79          | 17.0                 | 0.63       | -                    | -          | -                     | -          |
|                   |          |               |       |               |       |               | 11.3                 | 0.42       |                      |            |                       |            |
|                   |          |               |       |               |       |               | 5.7                  | 0.21       |                      |            |                       |            |

K<sub>s</sub>-B'はK<sub>s</sub>-Cと同じ粒度にしたときの結果。

Y-CLの圧裂強度は、上から節理直角方向、平均、節理方向の強度。

圧縮強度、ヤング係数は表-3.1.3の平均値。

表-3.1.3 圧縮強度試験結果(骨材コア)

| 骨材の種類 | 供試体番号 | 形状・寸法   |         | 質量 (g) |        | 物理試験                      |                           |         | 圧縮試験       |      |             |                           | ヤング係数                      |                             |                               |
|-------|-------|---------|---------|--------|--------|---------------------------|---------------------------|---------|------------|------|-------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
|       |       | 直径 (mm) | 高さ (mm) |        |        | 絶対密度 (g/cm <sup>3</sup> ) | 表乾密度 (g/cm <sup>3</sup> ) | 吸水率 (%) | 最大圧縮荷重 (t) | h/d  | 寸法効果による補正係数 | 圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> ) | 1/3応力 (N/mm <sup>2</sup> ) | 平均圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> ) | ヤング係数 (kN/mm <sup>2</sup> )   |
|       |       |         |         | 表乾状態   | 絶対状態   |                           |                           |         |            |      |             |                           |                            |                             | 平均ヤング係数 (kN/mm <sup>2</sup> ) |
| 笠間    | 1     | 25.57   | 20.08   | 27.383 | 27.332 | 2.656                     | 2.651                     | 0.187   | 13.46      | 0.79 | 0.85        | 219.4                     | 73.1                       | 167.0                       | 89.8                          |
|       | 2     | 25.66   | 16.68   | 23.059 | 23.015 | 2.674                     | 2.669                     | 0.191   | 8.58       | 0.65 | 0.82        | 134.2                     | 44.7                       |                             |                               |
|       | 3     | 25.72   | 16.76   | 22.944 | 22.892 | 2.636                     | 2.630                     | 0.227   | 9.30       | 0.65 | 0.83        | 144.8                     | 48.3                       |                             |                               |
|       | 4     | 25.69   | 16.99   | 23.129 | 23.081 | 2.628                     | 2.623                     | 0.208   | 13.05      | 0.66 | 0.83        | 204.3                     | 68.1                       |                             |                               |
|       | 5     | 25.68   | 18.65   | 25.441 | 25.376 | 2.635                     | 2.628                     | 0.256   | 8.55       | 0.73 | 0.84        | 136.3                     | 45.4                       |                             |                               |
|       | 6     | 25.66   | 17.58   | 24.143 | 24.094 | 2.657                     | 2.651                     | 0.203   | 10.24      | 0.69 | 0.83        | 161.7                     | 53.9                       |                             |                               |
|       | 7     | 25.67   | 16.26   | 22.091 | 22.043 | 2.626                     | 2.620                     | 0.218   | 9.05       | 0.63 | 0.82        | 140.7                     | 46.9                       |                             |                               |
|       | 8     | 25.66   | 14.73   | 19.906 | 19.801 | 2.614                     | 2.600                     | 0.530   | 11.76      | 0.57 | 0.81        | 179.5                     | 59.8                       |                             |                               |
|       | 9     | 25.65   | 15.76   | 21.596 | 21.558 | 2.653                     | 2.648                     | 0.176   | 11.78      | 0.61 | 0.82        | 182.3                     | 60.8                       |                             |                               |
| 嘉瀬川B  | 10    | 25.76   | 43.35   | 59.874 | 59.690 | 2.651                     | 2.643                     | 0.308   | 8.71       | 1.68 | 0.97        | 159.7                     | 53.2                       | 101.7                       | 47.6                          |
|       | 11    | 25.80   | 46.83   | 64.535 | 64.324 | 2.637                     | 2.628                     | 0.328   | 7.75       | 1.82 | 0.99        | 143.4                     | 47.8                       |                             |                               |
|       | 12    | 25.77   | 50.22   | 68.751 | 68.405 | 2.625                     | 2.612                     | 0.506   | 3.85       | 1.95 | 1.00        | 72.2                      | 24.1                       |                             |                               |
|       | 13    | 25.70   | 44.83   | 60.879 | 60.530 | 2.618                     | 2.603                     | 0.577   | 6.25       | 1.74 | 0.98        | 115.8                     | 38.6                       |                             |                               |
|       | 14    | 25.73   | 48.83   | 66.943 | 66.718 | 2.638                     | 2.629                     | 0.337   | 2.95       | 1.90 | 0.99        | 55.3                      | 18.4                       |                             |                               |
|       | 15    | 25.84   | 51.24   | 70.980 | 70.739 | 2.642                     | 2.633                     | 0.341   | 3.41       | 1.98 | 1.00        | 63.7                      | 21.2                       |                             |                               |
| 嘉瀬川C  | 16    | 25.77   | 47.73   | 65.325 | 64.877 | 2.624                     | 2.606                     | 0.691   | 3.94       | 1.85 | 0.99        | 73.3                      | 24.4                       | 62.8                        | 16.7                          |
|       | 17    | 25.82   | 45.14   | 61.691 | 61.230 | 2.610                     | 2.591                     | 0.753   | 3.78       | 1.75 | 0.98        | 69.4                      | 23.1                       |                             |                               |
|       | 18    | 25.81   | 64.00   | 87.592 | 86.993 | 2.617                     | 2.599                     | 0.689   | 3.83       | 2.48 | 1.00        | 71.8                      | 23.9                       |                             |                               |
|       | 19    | 25.73   | 52.31   | 70.588 | 69.807 | 2.596                     | 2.568                     | 1.119   | 3.17       | 2.03 | 1.00        | 59.7                      | 19.9                       |                             |                               |
|       | 20    | 25.83   | 42.69   | 58.035 | 57.548 | 2.594                     | 2.573                     | 0.846   | 4.66       | 1.65 | 0.97        | 84.7                      | 28.2                       |                             |                               |
|       | 21    | 25.82   | 47.95   | 65.241 | 64.584 | 2.599                     | 2.572                     | 1.017   | 1.32       | 1.86 | 0.99        | 24.4                      | 8.1                        |                             |                               |
|       | 22    | 25.72   | 32.25   | 43.814 | 43.416 | 2.616                     | 2.592                     | 0.917   | 3.23       | 1.25 | 0.93        | 56.5                      | 18.8                       |                             |                               |

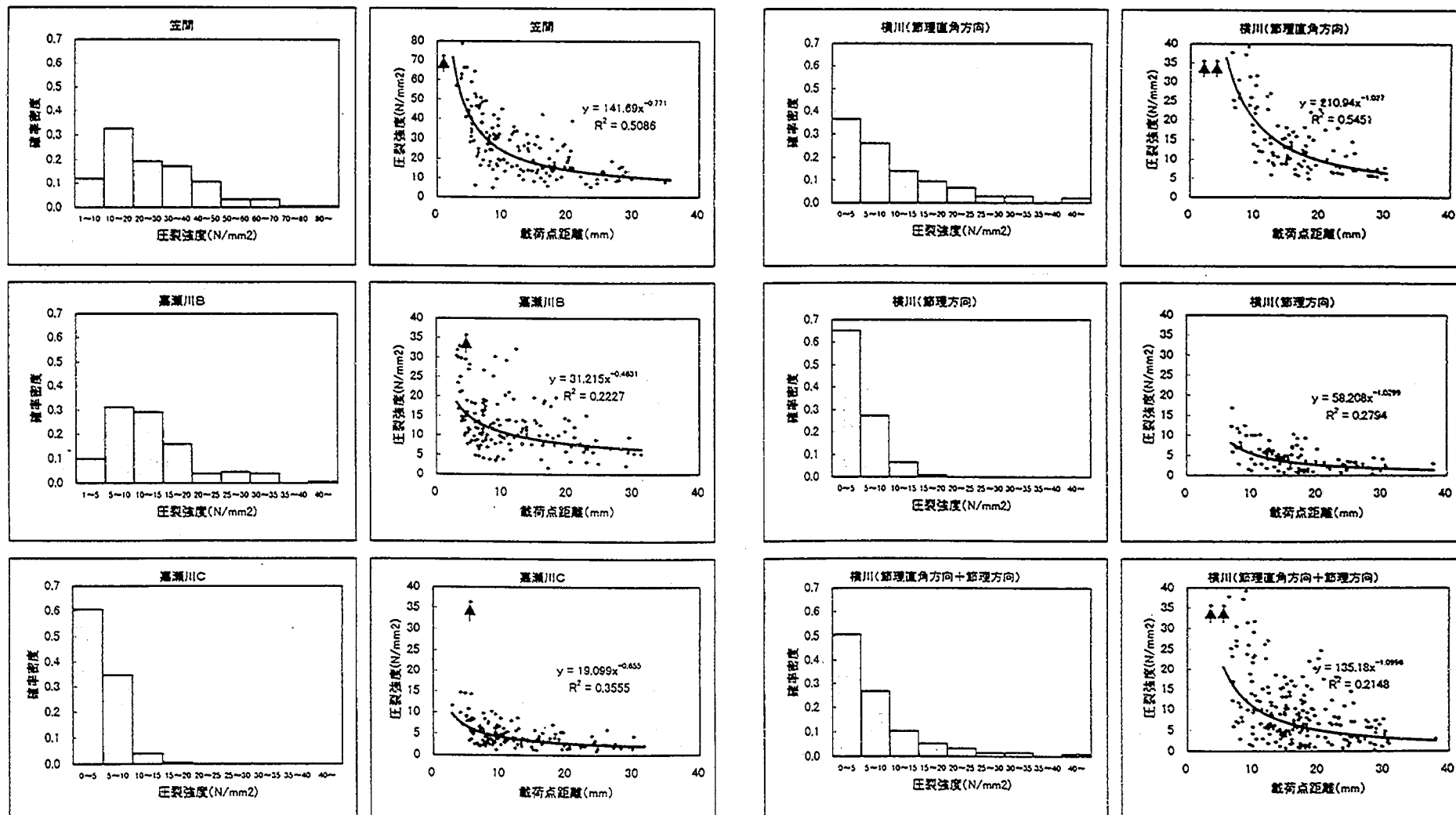


図-3.1.1 骨材の圧裂強度

### 3. 2 RCD用コンクリートの圧縮強度試験結果

RCD用コンクリートの配合，使用材料，練混ぜ直後のVC値は表-3.2.1のとおりである。配合は，フルミックスのコンクリートを40mmふるいでウェットスクリーニングしたことを想定したものとしている。モルタルは，コンクリートから粗骨材を除いた配合である。

圧縮強度試験結果を表-3.2.2および図-3.2.1，3.2.2に示す。

圧縮強度は材齢91日でS骨材に比べKs-Bは93%，Ks-Cは77%と小さいものの，20N/mm<sup>2</sup>以上でありKs-Cも使用できるものと考えられる。ヤング係数は，骨材の強度試験（表-3.1.2）からも明らかなように圧縮強度よりも影響は大きく，Sに比べKs-Bは59%，Ks-Cは46%になっている。

表-3.2.1 RCD用コンクリートの示方配合

| 粗骨材<br>の種類 | Gmax<br>(mm) | W/(C+F)<br>(%) | F/(C+F)<br>(%) | s/a<br>(%) | 単 位 量 (kg/m <sup>3</sup> ) |       |      |        |        | 混和剤<br>(1) | VC値<br>(秒) |
|------------|--------------|----------------|----------------|------------|----------------------------|-------|------|--------|--------|------------|------------|
|            |              |                |                |            | W                          | C     | F    | S      | G      |            |            |
| S          | 40           | 72.5           | 30             | 38         | 116.0                      | 112.0 | 48.0 | 825.0  | 1371.8 | 1.6        | 6          |
| Ks-B       |              |                |                |            |                            |       |      |        | 1354.3 | 1.6        | 7          |
| Ks-C       |              |                |                |            |                            |       |      |        | 1338.2 | 1.6        | 10         |
| Y-CL       |              |                |                |            |                            |       |      |        | 1346.6 | 1.6        | 12         |
| モルタル       | —            | 72.5           | 30             | —          | 238.6                      | 230.4 | 98.7 | 1696.9 | —      | 3.29       |            |

・上表の各期号は以下のように定義した。

Gmax : 最大粗骨材寸法      C/(C+F) : フライアッシュ混合率

W/(C+F) : 水結合材比      W : 水

s/a : 細骨材比      F : フライアッシュ

C : セメント      G : 粗骨材

S : 細骨材

・セメントは，中庸熱セメントを使用した。

・混和材は，AE減水剤(ポゾリス No.8)の25%希釈液を使用した。

表-3.2.2 RCD用コンクリートの圧縮強度試験結果

| 粗骨材の種類            | 材齢<br>(日) | 動ヤング係数(kN/mm <sup>2</sup> ) |      | 静ヤング係数                |        | 圧縮強度                 |        |
|-------------------|-----------|-----------------------------|------|-----------------------|--------|----------------------|--------|
|                   |           | たわみ振動                       | 縦振動  | (kN/mm <sup>2</sup> ) | Sに対する比 | (N/mm <sup>2</sup> ) | Sに対する比 |
| S                 | 3         | 30.0                        | 30.0 | 12.5                  | 1.00   | 6.7                  | 1.00   |
|                   | 7         | 34.9                        | 35.0 | 18.4                  | 1.00   | 9.6                  | 1.00   |
|                   | 28        | 41.9                        | 42.0 | 28.4                  | 1.00   | 16.5                 | 1.00   |
|                   | 91        | 46.0                        | 46.0 | 36.2                  | 1.00   | 28.5                 | 1.00   |
| K <sub>s</sub> -B | 3         | 23.4                        | 23.3 | 8.39                  | 0.67   | 6.8                  | 1.01   |
|                   | 7         | 28.9                        | 28.5 | 11.2                  | 0.61   | 9.5                  | 0.99   |
|                   | 28        | 35.8                        | 36.1 | 16.6                  | 0.58   | 16.3                 | 0.99   |
|                   | 91        | 42.2                        | 42.0 | 21.5                  | 0.59   | 26.5                 | 0.93   |
| K <sub>s</sub> -C | 3         | 18.5                        | 18.3 | 5.18                  | 0.41   | 6.3                  | 0.94   |
|                   | 7         | 21.9                        | 21.6 | 7.27                  | 0.40   | 8.1                  | 0.84   |
|                   | 28        | 29.0                        | 28.9 | 12.2                  | 0.43   | 13.8                 | 0.84   |
|                   | 91        | 35.5                        | 34.5 | 16.8                  | 0.46   | 22.0                 | 0.77   |
| Y                 | 3         | 24.4                        | 24.1 | 11.5                  | 0.92   | 5.6                  | 0.84   |
|                   | 7         | 28.2                        | 28.0 | 16.3                  | 0.89   | 7.8                  | 0.81   |
|                   | 28        | 33.9                        | 33.5 | 22.4                  | 0.79   | 14.0                 | 0.85   |
|                   | 91        | 38.9                        | 38.5 | 29.1                  | 0.80   | 22.5                 | 0.79   |
| モルタル              | 3         | 12.4                        | 12.2 | 71.6                  | 5.73   | 3.9                  | 0.58   |
|                   | 7         | 16.5                        | 16.3 | 11.9                  | 0.65   | 6.4                  | 0.67   |
|                   | 28        | 21.1                        | 21.1 | 14.2                  | 0.50   | 10.7                 | 0.65   |
|                   | 91        |                             |      | 20.7                  | 0.57   | 23.6                 | 0.83   |

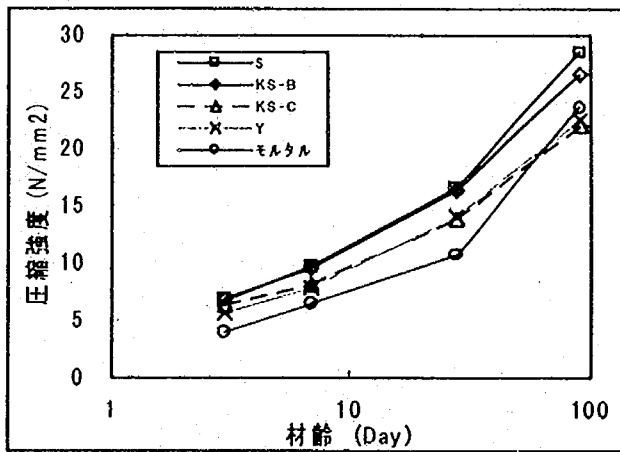


図-3.2.1 圧縮強度の経時変化

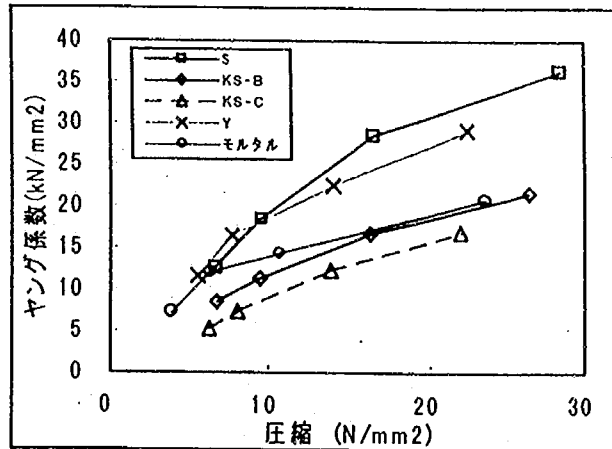


図-3.2.2 圧縮強度とヤング係数の関係

### 3. 3 外部用コンクリートの圧縮強度試験結果

外部用コンクリートの配合，使用材料，練混ぜ直後のスランブ，空気量は表-3. 3. 1のとおりであった。この配合も40mmふるいでウェットスクリーニングを想定したものである。

圧縮強度試験結果を表-3. 3. 2および図-3. 3. 1, 3. 3. 2に示す。圧縮強度は，Sは52. 0N/mm<sup>2</sup>に対し，Ks-Bは54. 5N/mm<sup>2</sup>(1. 05)，Ks-Cでも46. 9N/mm<sup>2</sup>(0. 90)であり，十分強度を確保できるものと考えられる。

表-3.3.1 外部用コンクリートの示方配合

| 粗骨材<br>の種類 | Gmax<br>(mm) | W/C<br>(%) | s/a<br>(%) | 単位量(Kg/m <sup>3</sup> ) |       |      |      |                            |                           | スランブ(cm)<br>または<br>フロー値(mm) | 空気量<br>(%) |
|------------|--------------|------------|------------|-------------------------|-------|------|------|----------------------------|---------------------------|-----------------------------|------------|
|            |              |            |            | W                       | C     | S    | G    | 混和材<br>(l/m <sup>3</sup> ) | 助剤<br>(l/m <sup>3</sup> ) |                             |            |
| S          | 40           | 50.0       | 38.7       | 150.7                   | 301.4 | 720  | 1163 | 3.0                        | 0.89                      | 6.0                         | 3.4        |
| Ks-B       |              |            |            |                         |       |      | 1150 | -                          |                           | 5.4                         | 3.8        |
| Ks-C       |              |            |            |                         |       |      | 1133 | -                          |                           | 4.0                         | 3.6        |
| Y          |              |            |            |                         |       |      | 1141 | -                          |                           | 4.0                         | 3.4        |
| モルタル       | -            | 50.0       | -          | 267.1                   | 534.2 | 1277 | -    | 1.87                       | 1.12                      | 188.5                       | 4.8        |

表-3.3.2 外部用コンクリートの圧縮強度試験結果

| 粗骨材の種類            | 材齢<br>(日) | 動ヤング係数(kN/mm <sup>2</sup> ) |      | 静ヤング係数                |        | 圧縮強度                 |        |
|-------------------|-----------|-----------------------------|------|-----------------------|--------|----------------------|--------|
|                   |           | たわみ振動                       | 縦振動  | (kN/mm <sup>2</sup> ) | Sに対する比 | (N/mm <sup>2</sup> ) | Sに対する比 |
| S                 | 1         | 30                          | 31   | 22.5                  | 1.00   | 14.1                 | 1.00   |
|                   | 3         | 38.9                        | 38.8 | 30.1                  | 1.00   | 29.5                 | 1.00   |
|                   | 7         | 42.6                        | 42.7 | 33.6                  | 1.00   | 38.7                 | 1.00   |
|                   | 28        | 45.1                        | 44.5 | 36                    | 1.00   | 47.4                 | 1.00   |
|                   | 91        | 46.9                        | 46.5 | 37.6                  | 1.00   | 52.0                 | 1.00   |
| K <sub>S</sub> -B | 1         | 24.5                        | 24.5 | 14.2                  | 0.63   | 14.8                 | 1.05   |
|                   | 3         | 32.5                        | 32.4 | 18.8                  | 0.62   | 30.1                 | 1.02   |
|                   | 7         | 36.6                        | 36.2 | 20.9                  | 0.62   | 41.1                 | 1.06   |
|                   | 28        | 40.7                        | 40.5 | 22.4                  | 0.62   | 49.3                 | 1.04   |
|                   | 91        | 42.1                        | 42.5 | 23.8                  | 0.63   | 54.5                 | 1.05   |
| K <sub>S</sub> -C | 1         | 18.2                        | 17.8 | 8.72                  | 0.39   | 13.1                 | 0.93   |
|                   | 3         | 26.4                        | 24.7 | 12.7                  | 0.42   | 27.9                 | 0.95   |
|                   | 7         | 29.6                        | 28.9 | 15.8                  | 0.47   | 35.9                 | 0.93   |
|                   | 28        | 32.9                        | 31.9 | 17.8                  | 0.49   | 43.7                 | 0.92   |
|                   | 91        | 36.1                        | 34.4 | 18.6                  | 0.49   | 46.9                 | 0.90   |
| Y                 | 1         | 23.9                        | 23.8 | 16.2                  | 0.72   | 11.5                 | 0.82   |
|                   | 3         | 32.3                        | 32.0 | 24.6                  | 0.82   | 26.6                 | 0.90   |
|                   | 7         | 35.7                        | 35.4 | 25.4                  | 0.76   | 34.9                 | 0.90   |
|                   | 28        | 38.3                        | 37.7 | 29.2                  | 0.81   | 42.1                 | 0.89   |
|                   | 91        | 39.4                        | 39.0 | 32.9                  | 0.88   | 46.0                 | 0.88   |
| モルタル              | 1         | 16.9                        | 16.8 | 12.2                  | 0.54   | 10.5                 | 0.74   |
|                   | 3         | 25.6                        | 25.1 | 18.7                  | 0.62   | 25.8                 | 0.87   |
|                   | 7         | 30.1                        | 29.6 | 23.9                  | 0.71   | 40.5                 | 1.05   |
|                   | 28        | 32.6                        | 32.1 | 23.9                  | 0.66   | 48.0                 | 1.01   |
|                   | 91        |                             |      | 0                     | 0.00   | 56.9                 | 1.09   |

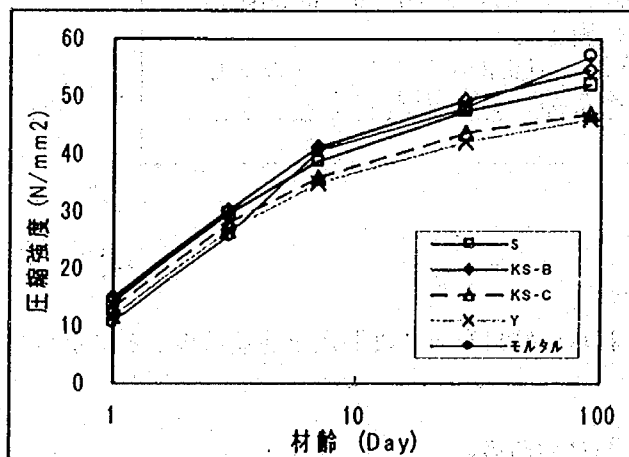


図-3.3.1 圧縮強度の経時変化

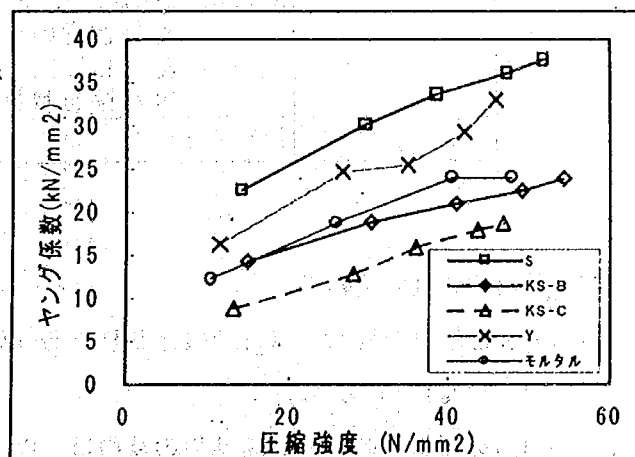


図-3.3.2 圧縮強度とヤング係数の関係

## 4. 骨材の物理試験および強度試験

### 4. 1 骨材の物理試験

#### 4. 1. 1 試験項目および試験方法

骨材B, Cの粒径<sup>1)</sup> 15080, 8040, 4020, 2005, 0050ごと(以下, これらを単粒度と呼ぶ)に密度, 吸水率, 安定性, 単位容積質量, 実積率, ふるい分け試験を行った。試験項目および試験方法は表-4. 1. 1のとおりである。

注1) 骨材の粒径は, 例えば150~80mmを15080で示してある。0500は細骨材を示す。

表-4. 1. 1 骨材の物理試験項目と試験方法

| 試験項目          | 試験方法                                                                                                                                                                                     |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 密度・吸水率        | 細骨材 JIS A 1109<br>粗骨材 JIS A 1110<br>ただし, みかけの真密度を次式によって求めた。<br>$\rho_R = \frac{W_D}{W_D - W_W} \cdots (4. 2. 1)$ ここに, $\rho_R$ : みかけの真密度<br>$W_D$ : 乾燥後の試料の質量<br>$W_W$ : 試料の水中におけるみかけの質量 |
| 安定性           | JIS A 1122                                                                                                                                                                               |
| 単位容積質量<br>実積率 | JIS法: JIS A 1104<br>振動法: VC容器に試料を詰め, 振動を5, 10, 20, 40, 80秒加えたときの沈下量を測定した。<br>表-4. 1. 2に示す値は, RCD用コンクリートのVC値20秒を目標とするため, 20秒のときを示した                                                       |
| ふるい分け         | JIS A 1102                                                                                                                                                                               |

#### 4. 1. 2 骨材の物理試験結果

骨材の物理試験結果は表-4. 1. 2のとおりであった。それらの結果を単粒度および連続粒度ごとに示したのが図-4. 1. 1~4. 1. 2である。

図-4. 1. 1の単粒度の物理試験結果の特徴は, 以下のとおりである。

表乾密度および絶乾密度は, 粒度が小さくなるほど小さくなる傾向がある。逆に吸水率は, 粒度が小さくなるほど大きくなる傾向がある。しかしながら, みかけの真密度はほぼ一定となっている。骨材BとCでは, 粗骨材の密度はCがBより約0. 02~0. 05g/cm<sup>3</sup>, 吸水率は約0. 2~0. 5%小さくなっているものの, 細骨材の違いはわずかである。

安定性損失質量は, 粒径が小さくなるほど大きくなる傾向がある。粒径2005でも骨材Bは4. 7%, Cでも7. 9%である。

単位容積質量および実積率は, 各粒径ともほぼ一定である。

表-4.1.2 骨材の密度、吸水率、安定性、単位容積質量、実積率および粒度分布

|             | 骨材の種類          | 粒度    |       | 表乾密度<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | 絶乾密度<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | みかけの<br>真密度<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | 吸水率<br>(%) | 安定性<br>損 失<br>質 量<br>(%) | 単位容積質量(kg/ l) |            |            |            | 粗粒率  |
|-------------|----------------|-------|-------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|------------|--------------------------|---------------|------------|------------|------------|------|
|             |                |       |       |                              |                              |                                     |            |                          | JIS法          |            | 振動(20秒)法   |            |      |
|             |                |       |       |                              |                              |                                     |            |                          | 単位容積<br>質量    | 実積率<br>(%) | 単位容積<br>質量 | 実積率<br>(%) |      |
| 粗<br>骨<br>材 | 粗骨材<br>B       | a     | 15080 | 2.658                        | 2.650                        | 2.674                               | 0.34       | 0.03                     | 1.488         | 56.2       |            |            | 9.99 |
|             |                | b     | 8040  | 2.684                        | 2.674                        | 2.700                               | 0.36       | 0.04                     | 1.532         | 57.3       |            |            | 8.99 |
|             |                | c     | 4020  | 2.658                        | 2.640                        | 2.689                               | 0.69       | 1.18                     | 1.488         | 56.4       |            |            | 7.97 |
|             |                | d     | 2005  | 2.628                        | 2.594                        | 2.687                               | 1.33       | 4.69                     | 1.478         | 57.0       |            |            | 6.69 |
|             | 粗骨材<br>C       | e     | 15080 | 2.638                        | 2.623                        | 2.663                               | 0.57       | 0.01                     | 1.468         | 56.0       |            |            | 9.93 |
|             |                | f     | 8040  | 2.636                        | 2.618                        | 2.667                               | 0.71       | 0.24                     | 1.526         | 58.3       |            |            | 8.98 |
|             |                | g     | 4020  | 2.636                        | 2.604                        | 2.690                               | 1.23       | 6.82                     | 1.468         | 56.4       |            |            | 7.90 |
|             |                | h     | 2005  | 2.606                        | 2.562                        | 2.678                               | 1.69       | 7.94                     | 1.491         | 58.2       |            |            | 6.41 |
|             | 連続粒度<br>B      | 15005 | 2.656 | 2.638                        | 2.686                        | 0.68                                | 0.63       | 1.839                    | 69.7          |            |            | 8.46       |      |
|             |                | 8005  | 2.664 | 2.646                        | 2.695                        | 0.68                                | 0.96       | 1.7                      | 64.3          |            |            | 8.16       |      |
|             |                | 4005  | 2.643 | 2.617                        | 2.688                        | 1.01                                | 2.54       | 1.553                    | 59.4          | 1.628      | 62.2       | 7.34       |      |
|             | 連続粒度<br>C      | 15005 | 2.631 | 2.604                        | 2.675                        | 1.02                                | 1.68       | 1.739                    | 66.8          |            |            | 8.42       |      |
|             |                | 8005  | 2.630 | 2.603                        | 2.677                        | 1.06                                | 2.78       | 1.646                    | 63.3          |            |            | 8.14       |      |
|             |                | 4005  | 2.624 | 2.587                        | 2.685                        | 1.41                                | 6.80       | 1.582                    | 61.1          | 1.608      | 62.2       | 7.30       |      |
|             | 混合骨材<br>BC混合:M | 15005 | 2.644 | 2.621                        | 2.681                        | 0.85                                | —          | 1.802                    | 68.7          |            |            | 8.44       |      |
|             |                | 8005  | 2.647 | 2.624                        | 2.685                        | 0.87                                | —          | 1.686                    | 64.3          |            |            | 8.15       |      |
|             |                | 4005  | 2.634 | 2.602                        | 2.687                        | 1.21                                | —          | 1.582                    | 60.8          | 1.628      | 62.6       | 7.32       |      |
| 細<br>骨<br>材 | B              | 5以下   | 2.616 | 2.585                        | 2.668                        | 1.21                                | 1.60       | 1.700                    | 65.8          | 1.842      | 71.3       | 2.72       |      |
|             | C              |       | 2.609 | 2.584                        | 2.651                        | 0.98                                | 2.31       | 1.672                    | 64.7          | 1.789      | 69.2       | 2.68       |      |
|             | BC混合:M         |       | 2.612 | 2.584                        | 2.659                        | 1.09                                | —          | 1.684                    | 65.2          | 1.806      | 69.9       | 2.71       |      |

混合比

B 15005 a:b:c:d=30:20:25:25

B 8005 a:b:c:d=0:50:25:25

B 4005 a:b:c:d=0:0:50:50

C 15005 e:f:g:h=30:20:30:20

C 8005 e:f:g:h=0:50:30:20

C 4005 e:f:g:h=0:0:60:40

BC混合:M B骨材:C骨材=50:50

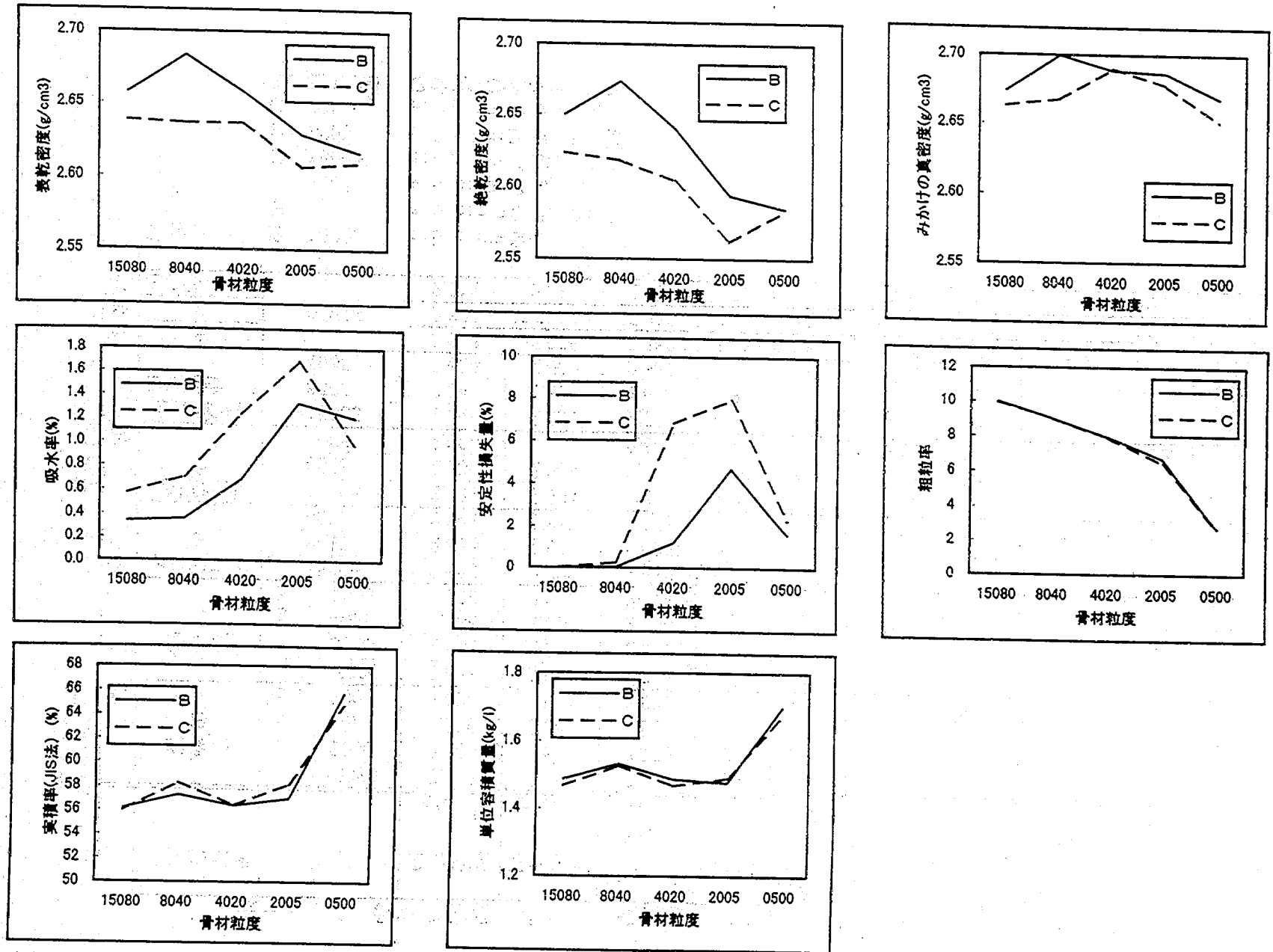


図-4.1.1 骨材の物理試験結果(粒径ごと)

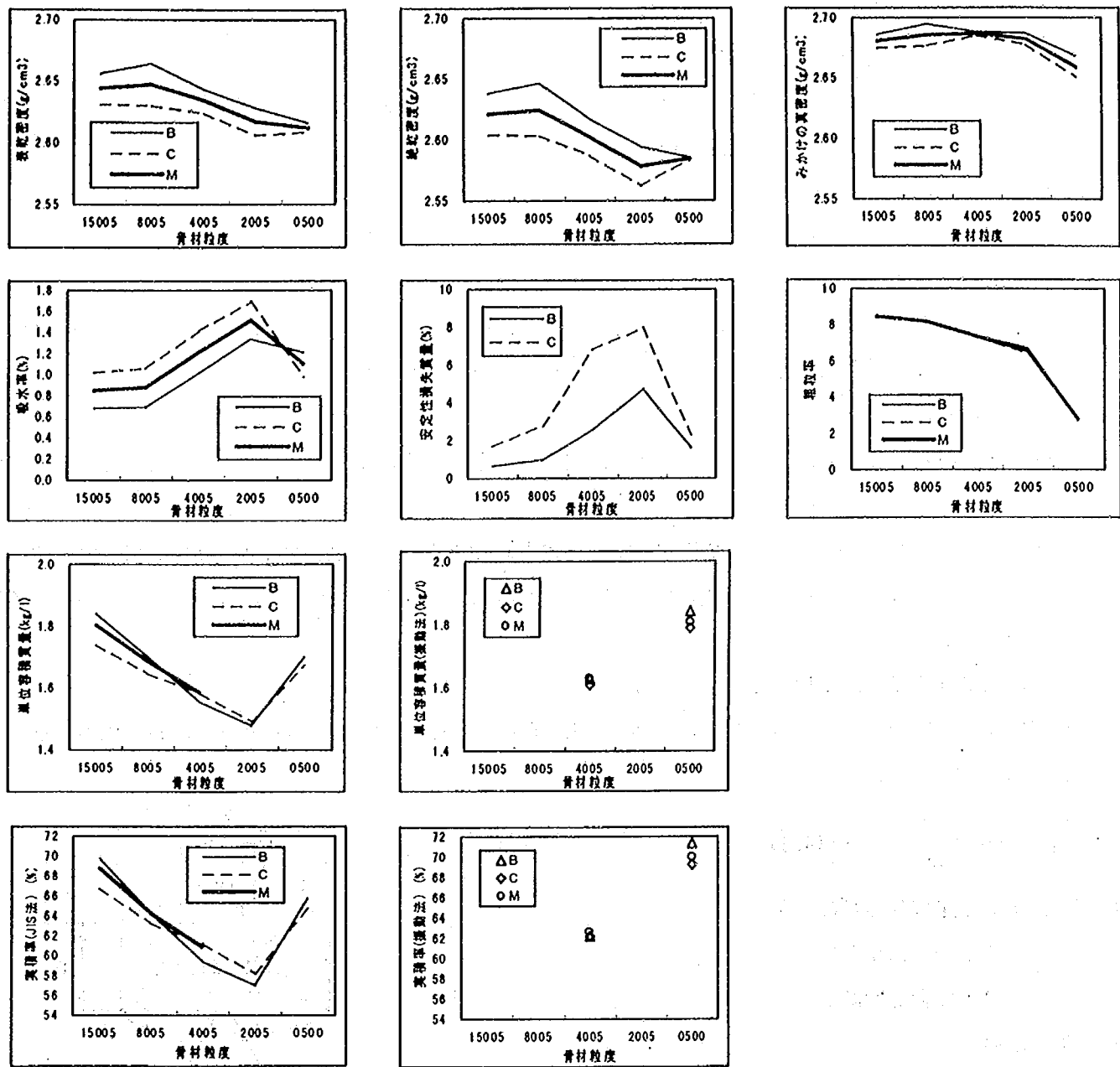


図-4.1.2 骨材の物理試験結果（連続粒度）

連続粒度の場合は、図-4.1.2のように、単位容積質量および実積率を除き単粒度と同じ傾向を示している。JIS法による単位容積質量は、最大粒径が大きくなるほど大きくなっている。それに伴って実積率も大きくなっている。振動法では4005と0500しか試験していないが、混合の場合でJIS法を比較すると4005は1.8%，0500は4.5%も大きくなっている。

#### 4. 2 コア供試体の物理試験および強度試験

##### 4. 2. 1 コア供試体の形状・寸法, 数量

骨材の圧縮強度および圧裂強度試験用にコアを採取した。コアの寸法は, 寸法効果も検討するために径は  $\phi 50\text{mm}$  の場合高さ  $100\text{mm}$ ,  $\phi 25\text{mm}$  の場合高さ  $50\text{mm}$  とした。圧裂用は, 直径と高さは同じとした。

供試体数は, 大きさごとに10個ずつとした。

##### 4. 2. 2 試験項目および試験方法

###### (1) 密度・吸水率試験

コア供試体1個ずつについて表乾および絶乾時の密度と, 吸水率を測定した。測定方法は, JIS A 1110 (粗骨材の比重及び吸水率試験方法) に準じた。ただし, 秤は感量  $10\text{mg}$  のものを用いた。

###### (2) 圧縮強度試験

コア供試体の表乾および絶乾時の動ヤング係数, 超音波伝播速度を測定したあと, 圧縮強度試験を行った。圧縮試験時には, ヤング係数, ポアソン比をひずみゲージにより測定した。ひずみゲージは, コア供試体1個あたり縦方向, 円周方向に対称に2枚ずつ貼り付けた。ヤング係数およびポアソン比はコンクリートの場合と同様に, 最大荷重の  $1/3$  のときの応力, ひずみとひずみ  $50 \times 10^{-6}$  のときの応力の割線の傾きから求めた。

###### (3) 圧裂強度試験

密度, 吸水率試験後に, 圧裂強度試験を行った。

圧裂強度は, 「岩の調査と試験」(土質工学会, 現, 地盤工学会) に準じて行い(図-4. 2. 1), 圧裂強度  $f_{pa}$  を式(4. 1)より求めた。

$$f_{pa} = 0.9 \frac{P}{D^2} \cdots \cdots (4. 1)$$

ただし,  $f_{pa}$ : 圧裂強度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )

$P$ : 最大荷重 ( $\text{N}$ )

$D$ : 載荷点距離 ( $\text{mm}$ )

##### 4. 2. 3 試験結果

コア供試体1個ごとの結果は表-4. 2. 1のとおりであった。

骨材の種類, コアの径ごとの密度, 吸水率の平均値, 標準偏差, 変動係数は表-4. 2. 2のとおりである。それらの関係のヒストグラムを図-4. 2. 2~4. 2. 4に示す。

##### 4. 2. 4 密度と吸水率

コア供試体と不整形のままの骨材の密度と吸水率の関係を比較したのが図-4. 2. 5~4. 2. 7である。十字の交点が平均値, 棒の長さは標準偏差の範囲を表している。骨材は粒径ごとの値を折線で示してある。表乾密度, 絶乾密度と吸水率の関係は, コア供試体の場合は明確な線形関係が認められる。また, 骨材B, Cの間に位置している。みかけの真密度はほぼ一定である。

##### 4. 2. 5 圧縮強度

密度, 吸水率と圧縮強度の関係は図-4. 2. 8のとおりである。寸法効果をみるため,  $\phi 25\text{mm}$  と  $\phi 50\text{mm}$  につい

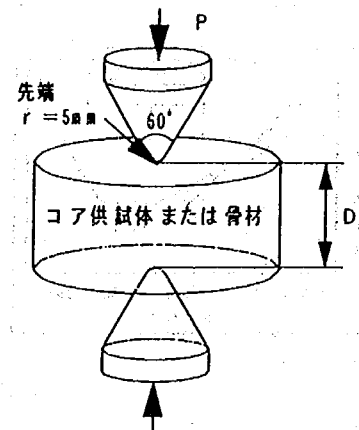


図-4. 2. 1 点載荷試験

て実施したが、 $\phi 25\text{mm}$ の方が小さくなっている。これは、大きな球座のついている圧盤を用いて試験したためほぼ均一に載荷されてなかった可能性がある。破壊状態も縦に割れた。そのため、以下では、 $\phi 50\text{mm}$ を使って検討する。

表乾密度、絶乾密度と圧縮強度の関係は、これまでと同様、わずかな密度の増加により強度は急激に増大している。強度に影響を及ぼす原因は空隙量と考えられることから、今回は吸水率との関係についても求めた。その結果は、密度よりも高い相関関係が得られた。

圧縮強度とヤング係数、動ヤング係数、超音波伝播速度の関係は図-4.2.9のとおりである。

#### 4.2.6 圧裂強度

密度、吸水率と圧裂強度は図-4.2.10のとおりである。この場合も、圧縮強度と同様、密度の影響が大きいこと、吸水率との関係は密度より高い相関関係があることがわかる。

寸法効果は、表乾密度のほぼ平均値である $2.650\text{g/cm}^3$ のときと比較すると、 $\phi 50\text{mm}$ の圧裂強度は $2.07\text{N/mm}^2$ 、 $\phi 25\text{mm}$ は $4.11\text{N/mm}^2$ となり、 $\phi 25$ は $\phi 50$ の約2倍になっており、非常に影響が大きいことがわかる。

表-4.2.2 コア供試体の密度および吸水率

| 骨材  | 径<br>mm | 試料数<br>個 |         | 表乾密度<br>$\text{g/cm}^3$ | 絶乾密度<br>$\text{g/cm}^3$ | みかけの<br>真密度<br>$\text{g/cm}^3$ | 吸水率<br>% |
|-----|---------|----------|---------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------|----------|
| B   | 25      | 20       | 平均      | 2.650                   | 2.637                   | 2.672                          | 0.49     |
|     |         |          | 標準偏差    | 0.009                   | 0.012                   | 0.006                          | 0.15     |
|     |         |          | 変動係数(%) | 0.34                    | 0.47                    | 0.21                           | 31.34    |
|     | 50      | 19       | 平均      | 2.656                   | 2.645                   | 2.676                          | 0.43     |
|     |         |          | 標準偏差    | 0.006                   | 0.008                   | 0.005                          | 0.11     |
|     |         |          | 変動係数(%) | 0.24                    | 0.31                    | 0.19                           | 25.6     |
| C   | 25      | 20       | 平均      | 2.642                   | 2.625                   | 2.669                          | 0.62     |
|     |         |          | 標準偏差    | 0.019                   | 0.022                   | 0.017                          | 0.24     |
|     |         |          | 変動係数(%) | 0.71                    | 0.83                    | 0.62                           | 38.23    |
|     | 50      | 20       | 平均      | 2.643                   | 2.626                   | 2.671                          | 0.63     |
|     |         |          | 標準偏差    | 0.007                   | 0.010                   | 0.005                          | 0.14     |
|     |         |          | 変動係数(%) | 0.26                    | 0.38                    | 0.17                           | 21.4     |
| B+C | 25      | 40       | 平均      | 2.646                   | 2.631                   | 2.670                          | 0.55     |
|     |         |          | 標準偏差    | 0.015                   | 0.019                   | 0.013                          | 0.21     |
|     |         |          | 変動係数(%) | 0.58                    | 0.71                    | 0.48                           | 37.92    |
|     | 50      | 39       | 平均      | 2.650                   | 2.636                   | 2.673                          | 0.53     |
|     |         |          | 標準偏差    | 0.007                   | 0.009                   | 0.005                          | 0.12     |
|     |         |          | 変動係数(%) | 0.25                    | 0.34                    | 0.18                           | 23.1     |
| B+C | 25+50   | 79       | 平均      | 2.648                   | 2.633                   | 2.672                          | 0.54     |
|     |         |          | 標準偏差    | 0.011                   | 0.014                   | 0.009                          | 0.17     |
|     |         |          | 変動係数(%) | 0.41                    | 0.53                    | 0.33                           | 30.6     |

表-4.2.1 コア供試体の物理試験および強度試験結果

| 骨材種類 | コア寸法<br>直径<br>mm |         | 圧縮供試体             |                   |                   |      |                   |                    |       |                |      |                              | 圧裂供試体 |                   |                   |                   |      |                   |
|------|------------------|---------|-------------------|-------------------|-------------------|------|-------------------|--------------------|-------|----------------|------|------------------------------|-------|-------------------|-------------------|-------------------|------|-------------------|
|      |                  |         | 表乾密度              | 絶乾密度              | みかけの<br>真密度       | 吸水率  | 圧縮強度              | ヤング係数              | ポアソン比 | 超音波伝播速度<br>m/s |      | 動ヤング係数<br>kN/mm <sup>2</sup> |       | 表乾密度              | 絶乾密度              | みかけの<br>真密度       | 吸水率  | 圧裂強度              |
|      |                  |         | g/cm <sup>3</sup> | g/cm <sup>3</sup> | g/cm <sup>3</sup> | %    | N/mm <sup>2</sup> | kN/mm <sup>2</sup> |       | 表乾             | 絶乾   | 表乾                           | 絶乾    | g/cm <sup>3</sup> | g/cm <sup>3</sup> | g/cm <sup>3</sup> | %    | N/mm <sup>2</sup> |
| B    | 25               | 1       | 2.640             | 2.626             | 2.665             | 0.56 | 53.0              | 11.6               | 0.089 | 4596           | 2863 | 45.8                         | 77.6  | 2.657             | 2.648             | 2.674             | 0.37 | 4.01              |
|      |                  | 2       | 2.649             | 2.635             | 2.672             | 0.53 | 44.7              | 14.1               | 0.121 | 3876           | 3289 | 50.5                         | 44.7  | 2.657             | 2.650             | 2.669             | 0.27 | 5.73              |
|      |                  | 3       | 2.636             | 2.616             | 2.670             | 0.77 | 32.4              | 15.8               | 0.061 | 4669           | 3796 | 48.1                         | 44.0  | 2.649             | 2.638             | 2.669             | 0.43 | 3.30              |
|      |                  | 4       | 2.647             | 2.633             | 2.672             | 0.56 | 45.9              | 13.6               | 0.134 | 5160           | 3218 | 60.1                         | 72.7  | 2.650             | 2.641             | 2.665             | 0.34 | 5.86              |
|      |                  | 5       | 2.645             | 2.635             | 2.662             | 0.39 | 56.8              | 31.9               | 0.328 | 5370           | 4287 | 42.5                         | 39.0  | 2.664             | 2.658             | 2.674             | 0.22 | 5.11              |
|      |                  | 6       | 2.663             | 2.653             | 2.681             | 0.39 | 42.3              | 32.6               | 0.126 | 5416           | 4083 | 45.1                         | 48.3  | 2.637             | 2.624             | 2.659             | 0.50 | 3.61              |
|      |                  | 7       | 2.662             | 2.652             | 2.679             | 0.38 | 40.3              | 31.3               | 0.166 | 5335           | 4409 | 55.1                         | 70.0  | 2.664             | 2.655             | 2.678             | 0.32 | 8.71              |
|      |                  | 8       | 2.637             | 2.616             | 2.673             | 0.82 | 41.2              | 11.9               | 0.178 | 5057           | 3681 | 35.5                         | 49.7  | 2.653             | 2.639             | 2.678             | 0.55 | 4.39              |
|      |                  | 9       | 2.649             | 2.635             | 2.673             | 0.54 | 47.5              | 12.6               | 0.070 | 4823           | 3028 | 19.5                         | 56.6  | 2.646             | 2.630             | 2.675             | 0.64 | 3.59              |
|      |                  | 10      | 2.654             | 2.639             | 2.679             | 0.56 | 31.9              | 13.7               | 0.104 | 4794           | 2845 | 31.3                         | 65.1  | 2.638             | 2.622             | 2.666             | 0.63 | 1.46              |
|      |                  | 平均      | 2.648             | 2.634             | 2.673             | 0.55 | 43.6              | 18.9               | 0.138 | 4910           | 3550 | 43.4                         | 56.8  | 2.652             | 2.641             | 2.671             | 0.43 | 4.58              |
|      |                  | 標準偏差    | 0.009             | 0.012             | 0.006             | 0.14 | 7.5               | 8.6                | 0.073 | 445            | 553  | 11.3                         | 13.0  | 0.009             | 0.012             | 0.006             | 0.14 | 1.84              |
|      |                  | 変動係数(%) | 0.34              | 0.45              | 0.21              | 25.7 | 17.2              | 45.5               | 52.9  | 9.1            | 15.6 | 26.1                         | 22.8  | 0.34              | 0.45              | 0.22              | 32.5 | 40.3              |
|      | 50               | 1       | 2.662             | 2.652             | 2.680             | 0.39 | 108.8             | 35.1               | 0.163 | 5359           | 4277 | 118.5                        | 93.3  | 2.655             | 2.642             | 2.676             | 0.47 | 2.36              |
|      |                  | 2       | 2.654             | 2.639             | 2.679             | 0.57 | 77.1              | 16.7               | 0.146 | 4803           | 3500 | 114.3                        | 106.6 | 2.656             | 2.646             | 2.674             | 0.39 | 1.82              |
|      |                  | 3       | 2.646             | 2.636             | 2.664             | 0.39 | 102.4             | 29.6               | 0.159 | 5159           | 4036 | 86.6                         | 209.5 | 2.657             | 2.647             | 2.672             | 0.35 | 3.56              |
|      |                  | 4       | 2.669             | 2.659             | 2.684             | 0.35 | 53.1              | 27.2               | 0.143 | 5216           | 4143 | 86.4                         | 125.8 | 2.666             | 2.655             | 2.685             | 0.42 | 3.41              |
|      |                  | 5       |                   |                   |                   |      |                   |                    |       |                |      |                              |       | 2.665             | 2.656             | 2.680             | 0.34 | 4.33              |
|      |                  | 6       | 2.655             | 2.643             | 2.675             | 0.45 | 91.4              | 22.3               | 0.160 | 3980           | 3832 | 100.1                        | 162.8 | 2.656             | 2.649             | 2.668             | 0.27 | 4.66              |
|      |                  | 7       | 2.654             | 2.643             | 2.672             | 0.42 | 109.6             | 31.9               | 0.160 | 5245           | 4037 | 119.8                        | 137.3 | 2.649             | 2.632             | 2.678             | 0.65 | 1.83              |
|      |                  | 8       | 2.655             | 2.642             | 2.677             | 0.49 | 56.6              | 28.7               | 0.236 | 5135           | 3873 | 108.0                        | 90.8  | 2.658             | 2.647             | 2.677             | 0.42 | 4.04              |
|      |                  | 9       | 2.658             | 2.647             | 2.675             | 0.40 | 103.1             | 34.9               | 0.177 | 5239           | 4235 | 103.0                        | 136.0 | 2.656             | 2.647             | 2.671             | 0.34 | 3.59              |
|      |                  | 10      | 2.642             | 2.623             | 2.675             | 0.74 | 58.2              | 12.7               | 0.194 | 4559           | 2987 | 103.9                        | 101.8 | 2.659             | 2.648             | 2.676             | 0.40 | 4.14              |
|      |                  | 平均      | 2.655             | 2.643             | 2.676             | 0.47 | 84.5              | 26.6               | 0.171 | 4966           | 3880 | 104.5                        | 129.3 | 2.658             | 2.647             | 2.676             | 0.40 | 3.37              |
|      |                  | 標準偏差    | 0.007             | 0.010             | 0.005             | 0.11 | 22.2              | 7.4                | 0.027 | 422            | 387  | 11.6                         | 36.1  | 0.005             | 0.006             | 0.005             | 0.10 | 0.97              |
|      |                  | 変動係数(%) | 0.28              | 0.36              | 0.20              | 24.6 | 26.3              | 27.9               | 15.9  | 8.5            | 10.0 | 11.7                         | 27.9  | 0.17              | 0.24              | 0.17              | 24.3 | 28.9              |
| C    | 25               | 1       | 2.642             | 2.622             | 2.674             | 0.74 | 40.5              | 17.4               | 0.275 | 4872           | 3327 | 46.3                         | 48.8  | 2.652             | 2.637             | 2.679             | 0.60 | 3.04              |
|      |                  | 2       | 2.632             | 2.612             | 2.665             | 0.76 | 39.1              | 11.8               | 0.216 | 4826           | 3405 | 51.9                         | 77.3  | 2.650             | 2.643             | 2.662             | 0.28 | 4.94              |
|      |                  | 3       | 2.642             | 2.626             | 2.670             | 0.63 | 32.3              | 12.9               | 0.144 | 4671           | 3123 | 38.0                         | 50.7  | 2.610             | 2.587             | 2.649             | 0.90 | 5.00              |
|      |                  | 4       | 2.639             | 2.623             | 2.665             | 0.60 | 40.6              | 18.2               | 0.154 | 4771           | 3707 | 50.6                         | 58.6  | 2.649             | 2.634             | 2.681             | 0.66 | 3.98              |
|      |                  | 5       | 2.618             | 2.594             | 2.659             | 0.94 | 24.8              | 3.3                | 0.168 | 4205           | 2018 | 33.9                         | 55.5  | 2.630             | 2.626             | 2.637             | 0.15 | 2.33              |
|      |                  | 6       | 2.628             | 2.606             | 2.665             | 0.85 | 37.0              | 13.9               | 0.174 | 4718           | 3073 | 51.9                         | 65.7  | 2.661             | 2.647             | 2.684             | 0.52 | 6.90              |
|      |                  | 7       | 2.635             | 2.623             | 2.656             | 0.48 | 35.8              | 3.6                | 0.262 | 4466           | 2291 | 49.3                         | 45.4  | 2.673             | 2.665             | 2.685             | 0.28 | 3.48              |
|      |                  | 8       | 2.630             | 2.610             | 2.662             | 0.76 | 26.2              | 2.2                | 0.148 | 4879           | 3097 | 23.5                         | 52.0  | 2.634             | 2.608             | 2.676             | 0.98 | 2.13              |
|      |                  | 9       | 2.652             | 2.627             | 2.693             | 0.93 | 35.3              | 22.7               | 0.458 | 4041           | 1866 | 30.1                         | 47.8  | 2.614             | 2.600             | 2.638             | 0.56 | 2.29              |
|      |                  | 10      | 2.688             | 2.675             | 2.709             | 0.47 | 58.4              | 17.5               | 0.142 | 5110           | 3451 | 34.3                         | 42.9  | 2.652             | 2.643             | 2.665             | 0.31 | 2.87              |
|      |                  | 平均      | 2.641             | 2.622             | 2.672             | 0.72 | 37.0              | 12.4               | 0.214 | 4656           | 2936 | 41.0                         | 54.5  | 2.643             | 2.629             | 2.666             | 0.52 | 3.70              |
|      |                  | 標準偏差    | 0.018             | 0.020             | 0.016             | 0.16 | 8.8               | 6.8                | 0.093 | 311            | 610  | 9.8                          | 9.9   | 0.019             | 0.023             | 0.018             | 0.26 | 1.45              |
|      |                  | 変動係数(%) | 0.68              | 0.78              | 0.59              | 22.6 | 23.9              | 54.8               | 43.6  | 6.7            | 20.8 | 23.9                         | 18.2  | 0.72              | 0.86              | 0.66              | 49.7 | 39.2              |
|      | 50               | 1       | 2.633             | 2.608             | 2.674             | 0.94 | 44.6              | 13.4               | 0.204 | 4242           | 2876 | 72.7                         | 125.6 | 2.645             | 2.629             | 2.672             | 0.61 | 1.88              |
|      |                  | 2       | 2.634             | 2.615             | 2.667             | 0.74 | 43.1              | 9.6                | 0.143 | 4135           | 2808 | 102.3                        | 170.9 | 2.642             | 2.630             | 2.664             | 0.49 | 2.33              |
|      |                  | 3       | 2.642             | 2.618             | 2.680             | 0.88 | 42.3              | 9.3                | 0.224 | 4167           | 2907 | 40.9                         | 109.1 | 2.645             | 2.633             | 2.665             | 0.46 | 2.57              |
|      |                  | 4       | 2.652             | 2.637             | 2.678             | 0.58 | 62.2              | 20.7               | 0.143 | 5632           | 3943 | 109.9                        | 179.3 | 2.658             | 2.645             | 2.680             | 0.49 | 0.89              |
|      |                  | 5       | 2.645             | 2.631             | 2.670             | 0.55 | 80.2              | 29.2               | 0.161 | 4866           | 4055 | 106.5                        | 158.4 | 2.635             | 2.615             | 2.667             | 0.75 | 2.31              |
|      |                  | 6       | 2.641             | 2.623             | 2.670             | 0.68 | 56.6              | 16.8               | 0.169 | 4557           | 3360 | 85.5                         | 101.6 | 2.638             | 2.619             | 2.668             | 0.70 | 1.63              |
|      |                  | 7       | 2.646             | 2.631             | 2.672             | 0.59 | 78.2              | 20.4               | 0.170 | 4831           | 3528 | 62.4                         | 115.4 | 2.649             | 2.636             | 2.672             | 0.51 | 2.14              |
|      |                  | 8       | 2.644             | 2.630             | 2.667             | 0.53 | 67.3              | 16.8               | 0.195 | 4661           | 3408 | 82.4                         | 144.8 | 2.633             | 2.614             | 2.663             | 0.70 | 1.06              |
|      |                  | 9       | 2.639             | 2.623             | 2.666             | 0.61 | 56.0              | 14.7               | 0.118 | 4489           | 3066 | 100.5                        | 169.4 | 2.653             | 2.640             | 2.673             | 0.47 | 2.83              |
|      |                  | 10      | 2.635             | 2.614             | 2.672             | 0.82 | 49.4              | 8.4                | 0.116 | 4266           | 2320 | 146.7                        | 152.3 | 2.648             | 2.633             | 2.673             | 0.57 | 2.39              |
|      |                  | 平均      | 2.641             | 2.623             | 2.671             | 0.69 | 58.0              | 15.9               | 0.164 | 4525           | 3227 | 91.0                         | 142.7 | 2.645             | 2.629             | 2.670             | 0.58 | 2.00              |
|      |                  | 標準偏差    | 0.006             | 0.009             | 0.004             | 0.14 | 13.2              | 6.1                | 0.034 | 303            | 509  | 27.7                         | 26.5  | 0.007             | 0.010             | 0.005             | 0.10 | 0.60              |
|      |                  | 変動係数(%) | 0.22              | 0.33              | 0.16              | 20.2 | 22.7              | 38.1               | 20.7  | 6.7            | 15.8 | 30.5                         | 18.6  | 0.28              | 0.38              | 0.18              | 17.9 | 30.2              |

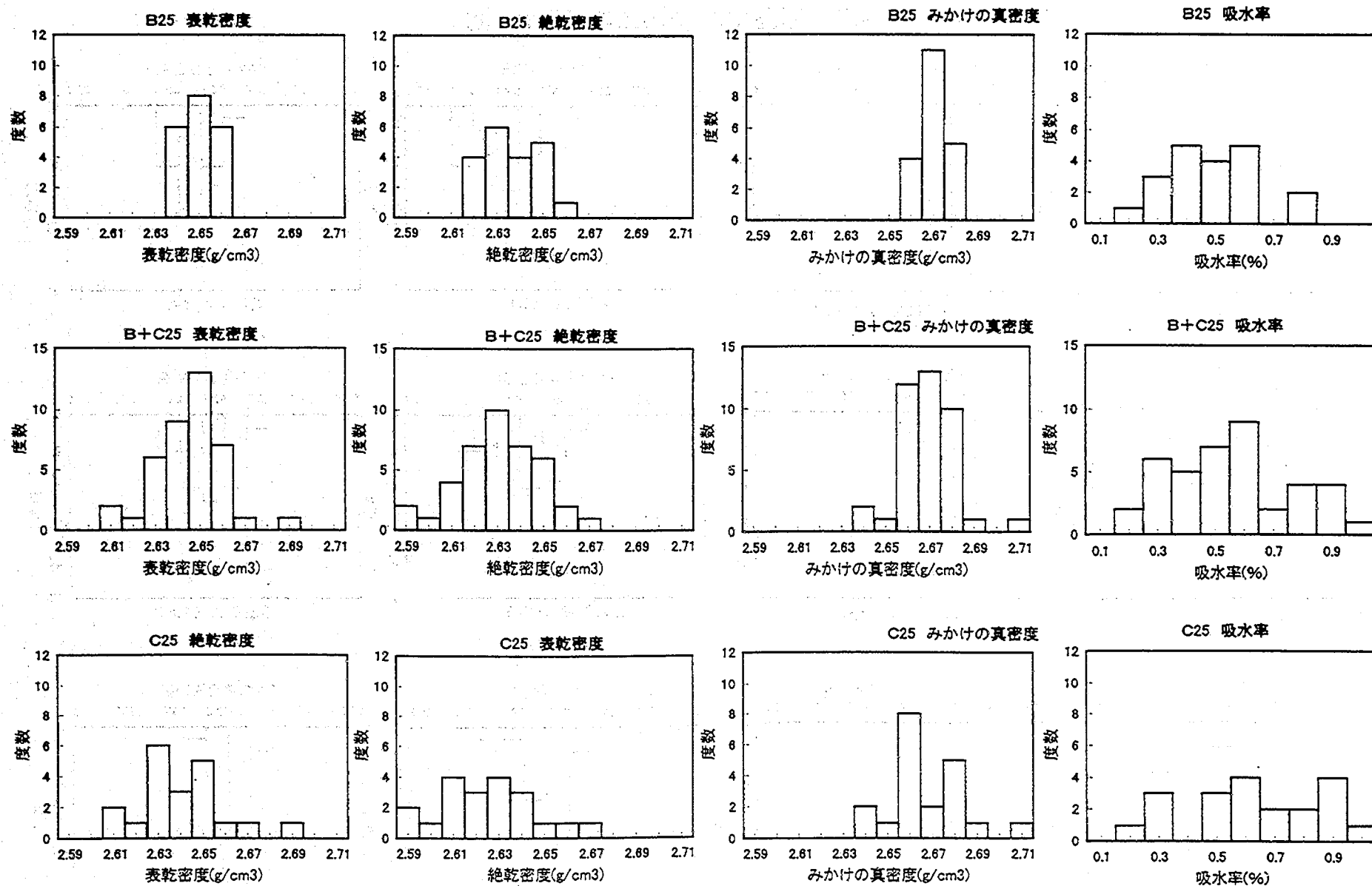


図-4.2.2 コア供試体の密度・吸水率(φ25)

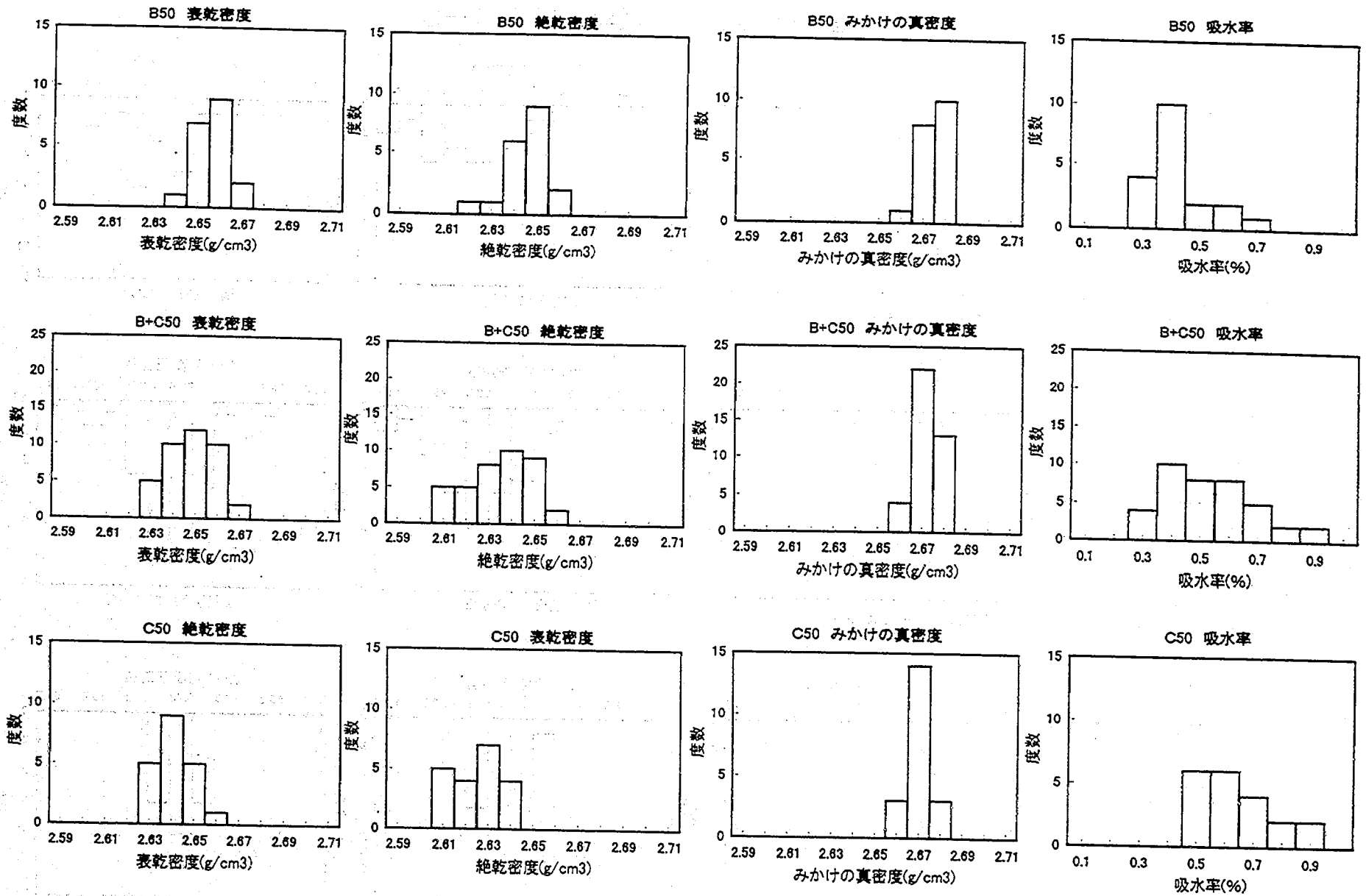


図-4.2.3 コア供試体の密度・吸水率(φ50)

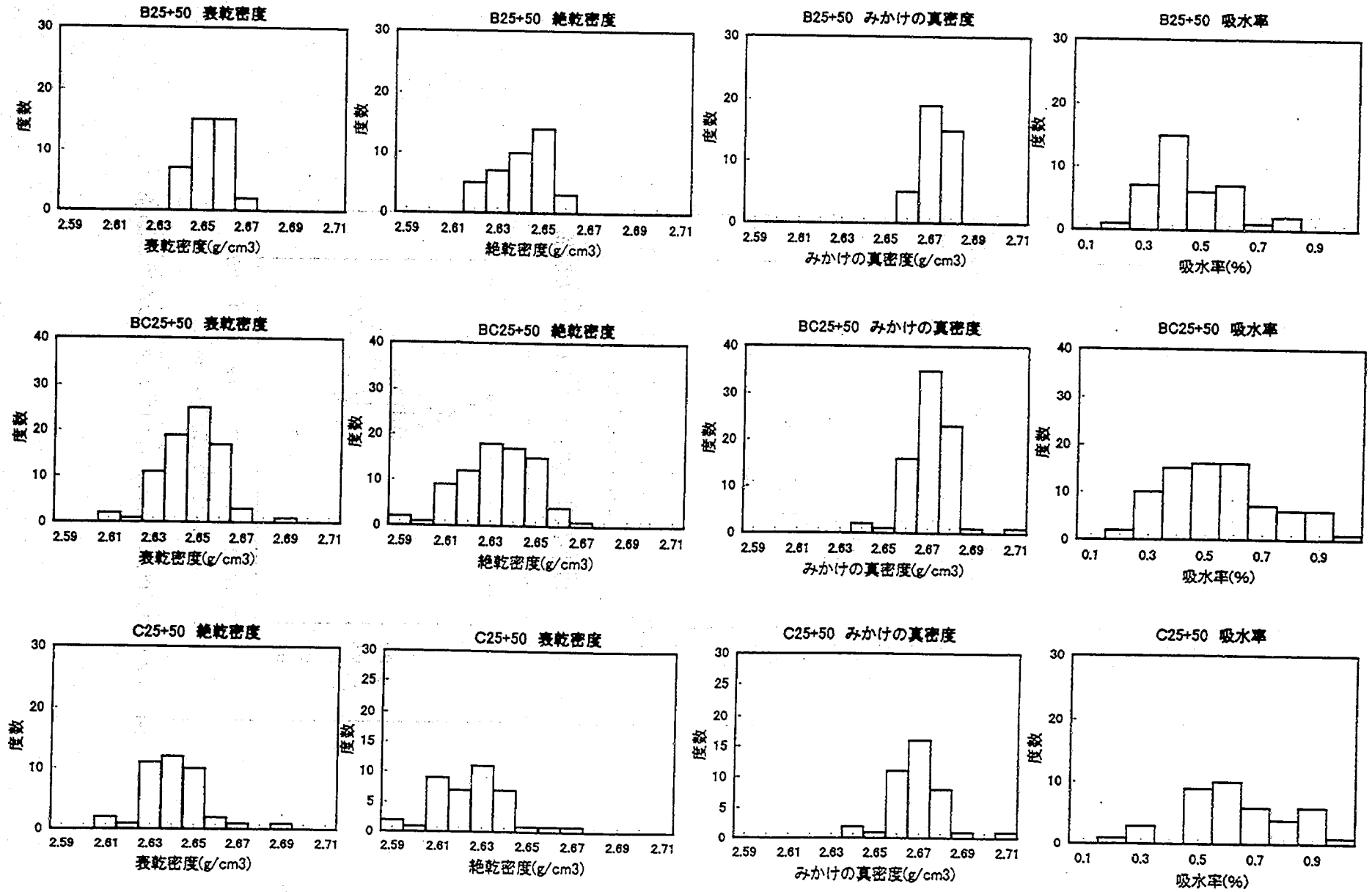


図-4.2.4 コア供試体の密度・吸水率(φ25+φ50)

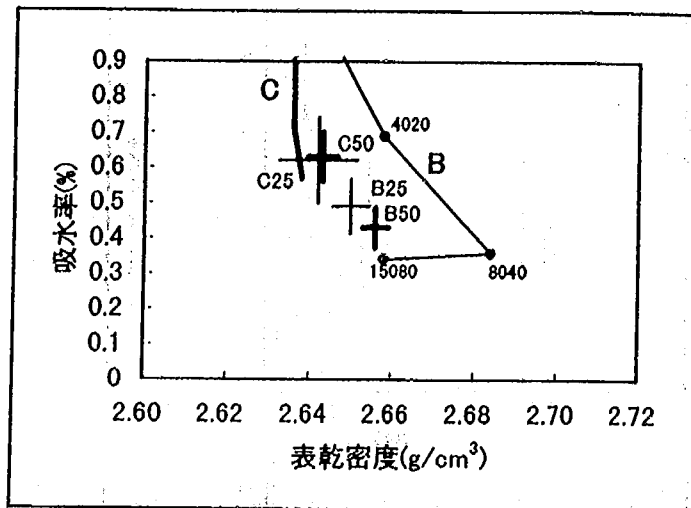


図-4.2.5 コア供試体の表乾密度と吸水率の関係

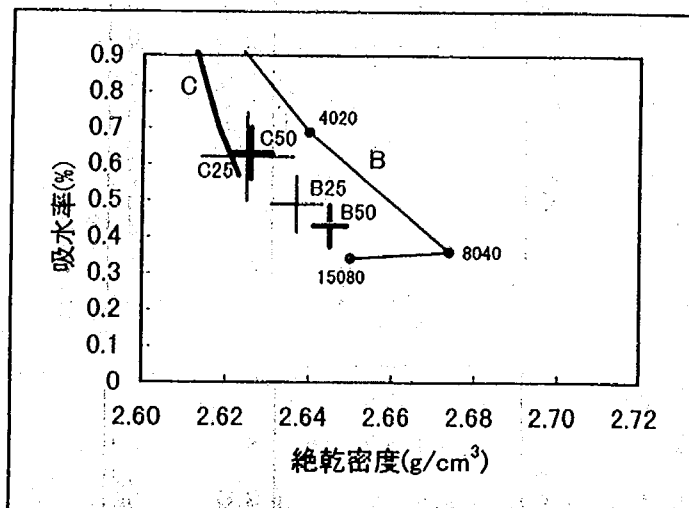


図-4.2.6 コア供試体の絶乾密度と吸水率の関係

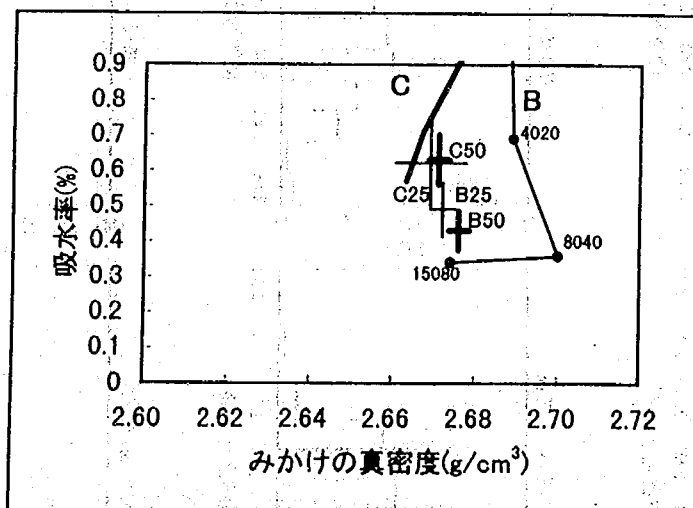


図-4.2.7 コア供試体のみかけの真密度と吸水率の関係

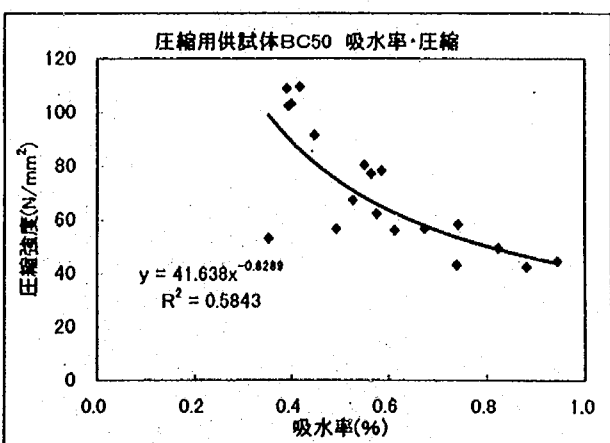
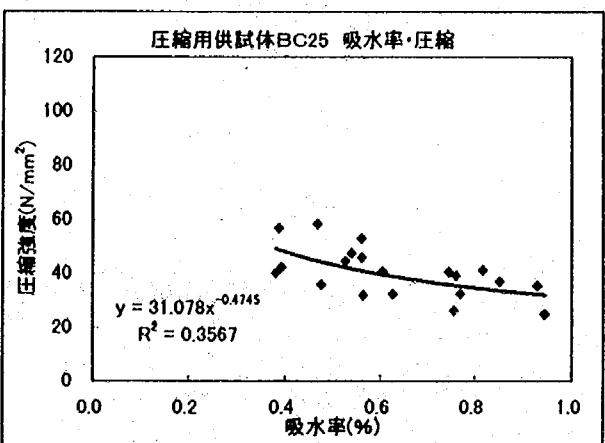
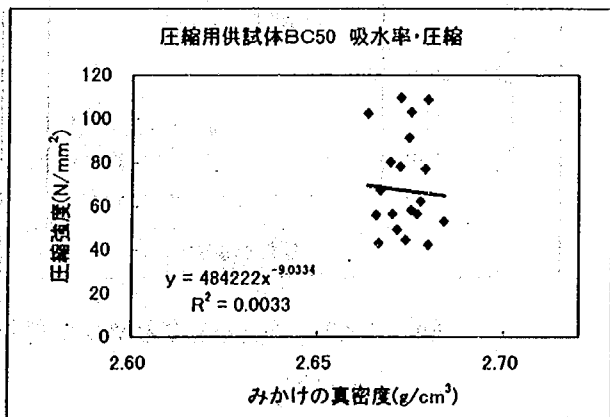
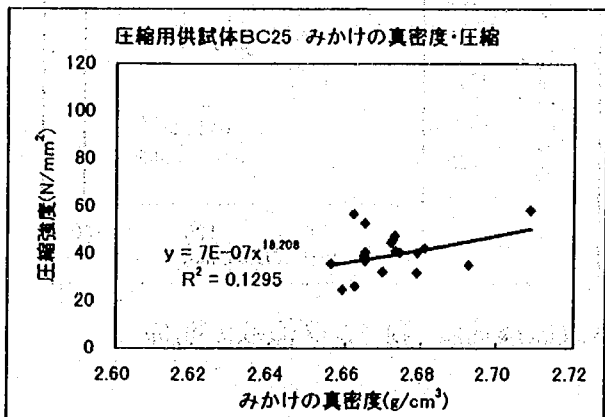
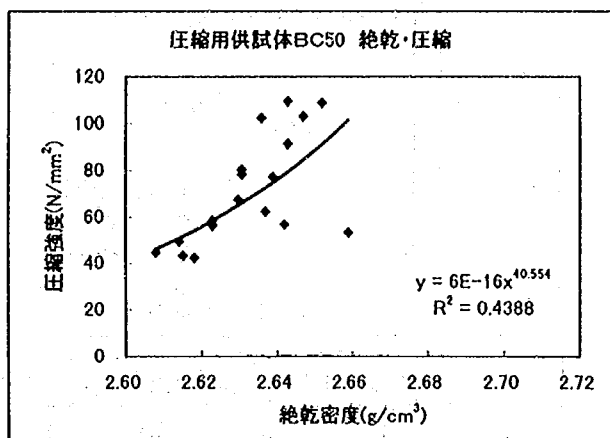
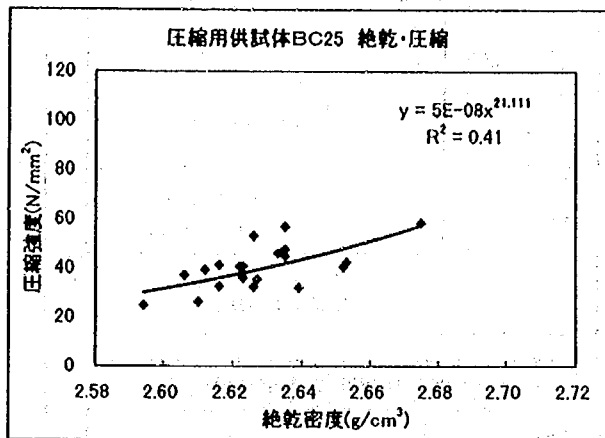
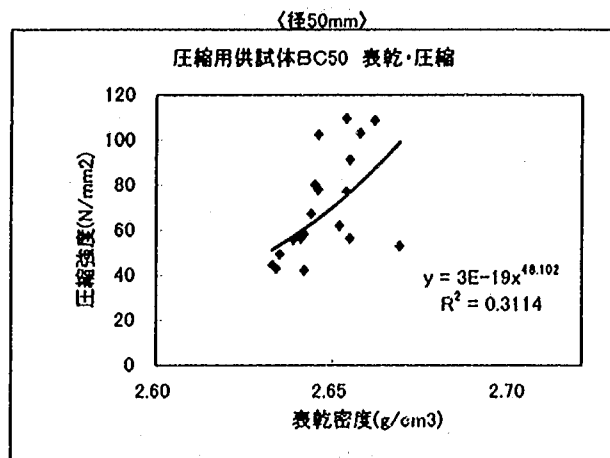
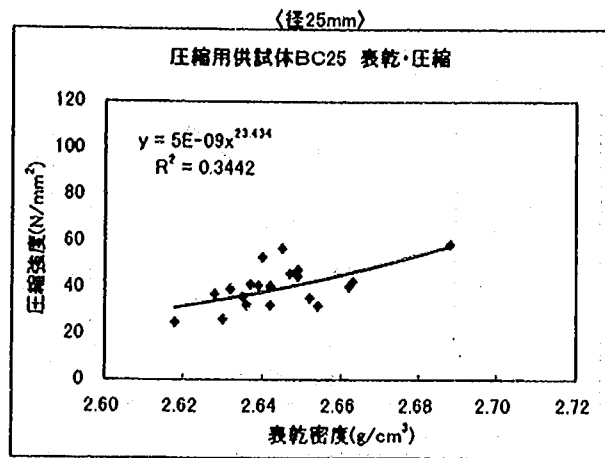


図-4.2.8 密度、吸水率と圧縮強度の関係

〈表乾状態〉

〈絶乾状態〉

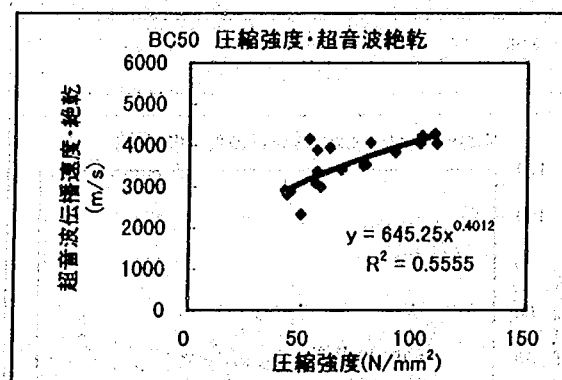
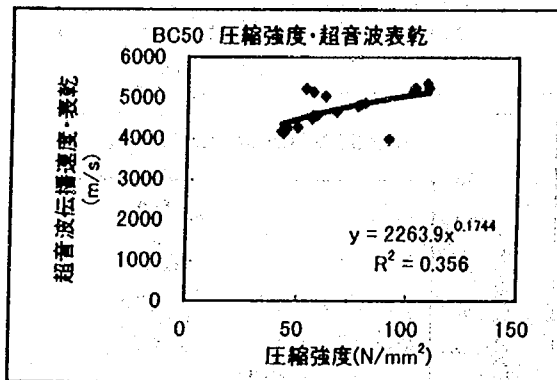
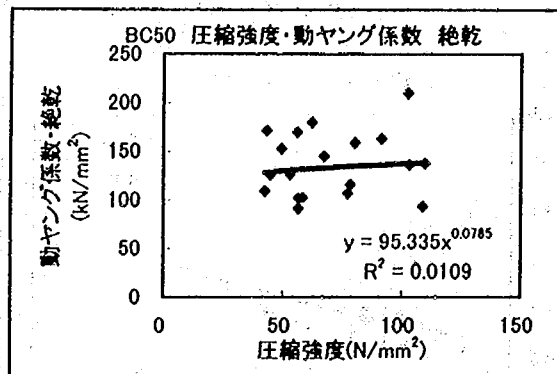
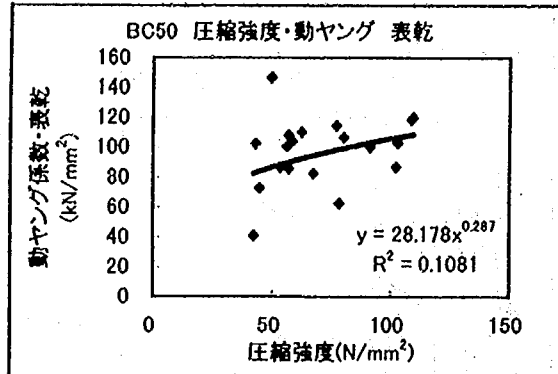


図-4.2.9 圧縮強度とヤング係数, 超音波伝播速度, 動ヤング係数の関係

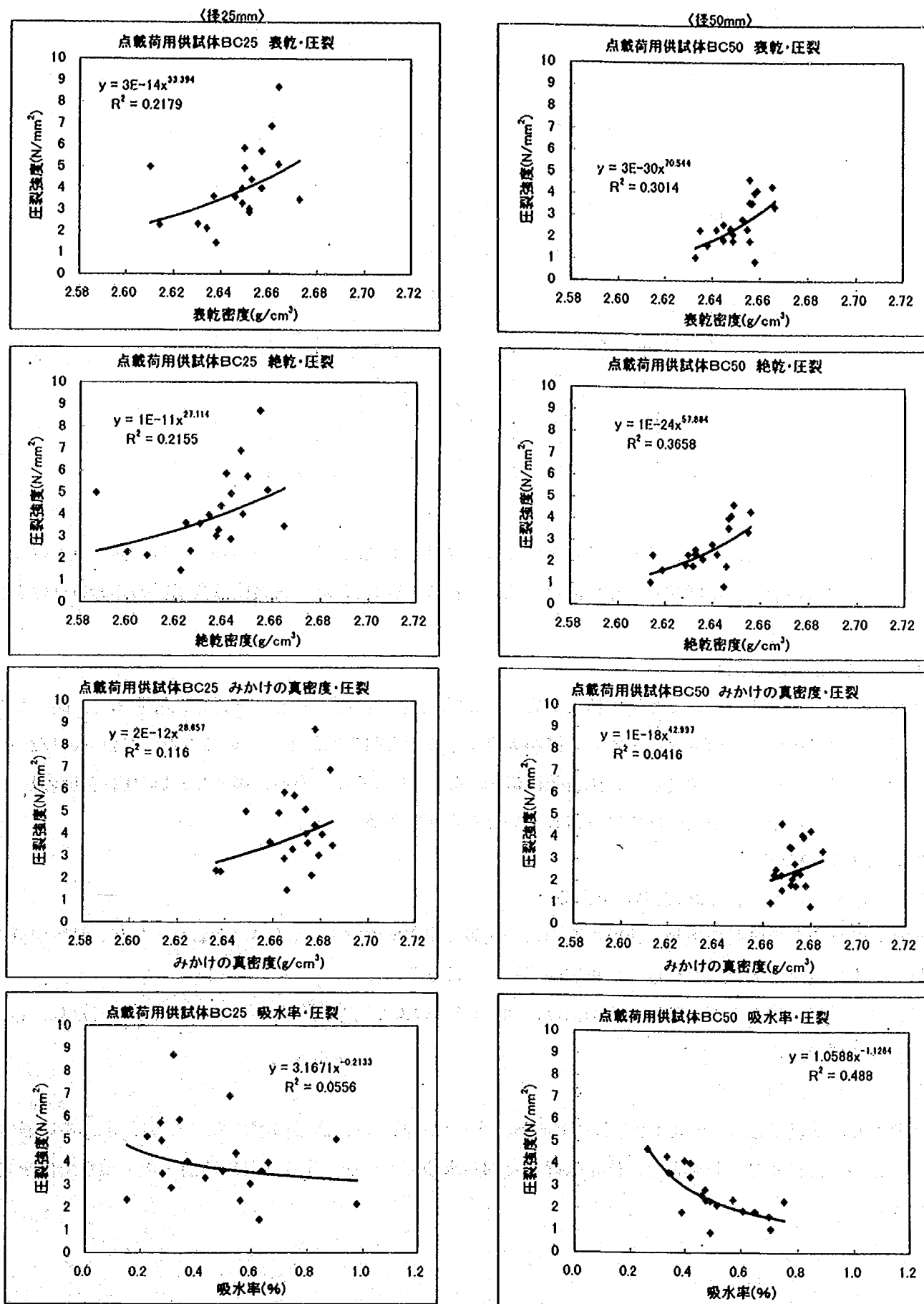


図-4.2.10 密度、吸水率と圧縮強度の関係

#### 4. 3 骨材の強度試験

##### 4. 3. 1 試験項目および試験方法

###### (1) 圧裂強度試験

試験数は、骨材B、Cの各粒径につき50個ずつとした。4. 2. 2(3)と同じ方法で行った。

###### (2) 破碎試験

第3報のⅢ編「骨材の破碎試験方法(案)」によった。

試験した粒度、粒径、最大荷重は表-4. 3. 1のとおりである。

表-4.3.1 破碎試験の条件

| 骨材の種類 |       | 荷重(kN) |     |      |
|-------|-------|--------|-----|------|
| 分類    | 粒度、粒径 | 400    | 800 | 1600 |
| B     | 4005  | ○      | ○   | ○    |
| M     | 8005  | ○      | ○   | ○    |
|       | 4005  | ○      | ○   | ○    |
|       | 2005  | ○      | ○   | ○    |
|       | 4005  | ○      | ○   | ○    |
| C     | 4005  | ○      | ○   | ○    |

###### (3) すりへり試験

骨材B、Cについて、粒径、粒度、破碎試験、コンクリート試験に用いたものと同じ4005のすりへり試験を行った。試料の全質量は5000g、球の数は12個、回転数500回とした。試験後は全試料のふるい分けを行った。

##### 4. 3. 2 圧裂強度試験結果

圧裂強度のワイブル分布による処理結果を表-4. 3. 2に示す。粒径ごとにBとCを比較すると、図-4. 3. 1に点载荷距離と圧裂強度の関係を示す。粒径が大きくなるほど強度は低下していること、CはBの1/2~1/3程度であることがわかる。粒度ごとの圧裂強度は図-4. 3. 3のとおりである。図-4. 3. 2に圧裂強度のヒストグラムを示す。Cのほうが低強度側に分布していることがわかる。

##### 4. 3. 3 破碎試験結果

破碎試験結果は表-4. 3. 3のとおりである。

粒径4005の場合の骨材の種類、荷重の違いと修正破碎率の関係は図-4. 3. 4のとおり、骨材の品質が低下するほど、また荷重が大きくなるほど修正破碎率は大きくなる。

骨材Mの粒径、粒度と修正破碎率の関係は、図-4. 3. 5のように粒径が大きくなるほど小さくなり、粒度が大きくなるほど大きくなる。

##### 4. 3. 4 すりへり試験結果

すりへり試験結果は表-4. 3. 4のとおりである。すりへり減量は、通常の求め方である1.7mmふるい通常百分率である。修正すりへり率とは、修正破碎率と同じ求め方であり、すりへり試験前・後の粒度変化を表している。

表-4.3.2 圧裂強度試験結果

## (a) 単粒度

| 【単粒度】 |        |     | 圧裂強度 (N/mm <sup>2</sup> ) |      |       |      |      |         | ワイブル分布 |       |       |
|-------|--------|-----|---------------------------|------|-------|------|------|---------|--------|-------|-------|
|       | 粒径     | 試料数 | 平均値                       | ピーク値 | 最大値   | 最小値  | 標準偏差 | 変動係数(%) | 形状係数   | 尺度母数  | 相関係数  |
| B     | 150-80 | 50  | 3.06                      | 1.37 | 14.68 | 0.28 | 2.22 | 72.5    | 1.397  | 5.44  | 0.990 |
| B     | 80-40  | 50  | 7.45                      | 3.33 | 29.48 | 0.61 | 5.40 | 72.5    | 1.398  | 18.86 | 0.989 |
| B     | 40-20  | 50  | 10.09                     | 7.81 | 27.81 | 1.36 | 5.44 | 53.9    | 1.933  | 110.0 | 0.977 |
| B     | 20-05  | 50  | 12.33                     | 7.11 | 33.13 | 2.15 | 8.08 | 65.5    | 1.559  | 59.32 | 0.985 |
| C     | 150-80 | 50  | 1.29                      | 0.52 | 4.37  | 0.15 | 0.96 | 74.7    | 1.353  | 1.583 | 0.987 |
| C     | 80-40  | 50  | 2.03                      | 0.80 | 7.79  | 0.24 | 1.52 | 75.2    | 1.344  | 2.898 | 0.982 |
| C     | 40-20  | 50  | 3.99                      | 1.08 | 11.84 | 0.14 | 3.26 | 81.9    | 1.228  | 5.935 | 0.982 |
| C     | 20-05  | 50  | 6.22                      | 5.28 | 13.69 | 1.13 | 3.02 | 48.6    | 2.168  | 68.38 | 0.996 |

## (b) 連続粒度

| 【連続粒度】 |        |     | 圧裂強度 (N/mm <sup>2</sup> ) |      |       |      |      |         | ワイブル分布 |      |      |
|--------|--------|-----|---------------------------|------|-------|------|------|---------|--------|------|------|
|        | 粒径     | 試料数 | 平均値                       | ピーク値 | 最大値   | 最小値  | 標準偏差 | 変動係数(%) | 形状係数   | 尺度母数 | 相関係数 |
| B      | 150-05 | 200 | 8.02                      |      | 33.13 | 0.28 | 2.75 | 34.3    |        |      |      |
| B      | 80-05  | 150 | 9.33                      |      | 33.13 | 0.61 | 3.64 | 39.0    |        |      |      |
| B      | 40-05  | 100 | 11.21                     |      | 33.13 | 1.36 | 4.87 | 43.4    |        |      |      |
| C      | 150-05 | 200 | 3.23                      |      | 13.69 | 0.14 | 1.23 | 37.9    |        |      |      |
| C      | 80-05  | 150 | 3.45                      |      | 13.69 | 0.14 | 1.38 | 40.0    |        |      |      |
| C      | 40-05  | 100 | 4.88                      |      | 13.69 | 0.14 | 2.30 | 47.2    |        |      |      |
| M      | 150-05 | 400 | 5.62                      |      | 33.13 | 0.14 | 1.50 | 26.7    |        |      |      |
| M      | 80-05  | 300 | 6.39                      |      | 33.13 | 0.14 | 1.94 | 30.4    |        |      |      |
| M      | 40-05  | 200 | 6.39                      |      | 33.13 | 0.14 | 1.94 | 30.4    |        |      |      |
| M      | 20-05  | 100 | 9.28                      |      | 33.13 | 1.13 | 4.31 | 46.5    |        |      |      |

## (c) 連続粒度の混合比

| 混合比 |        | 150-80 | 80-40 | 40-20 | 20-05 |
|-----|--------|--------|-------|-------|-------|
| B   | 150-05 | 30     | 20    | 25    | 25    |
| B   | 80-05  | 0      | 50    | 25    | 25    |
| B   | 40-05  | 0      | 0     | 50    | 50    |
| C   | 150-05 | 30     | 20    | 30    | 20    |
| C   | 80-05  | 0      | 50    | 30    | 20    |
| C   | 40-05  | 0      | 0     | 60    | 40    |

M B:C=1:1

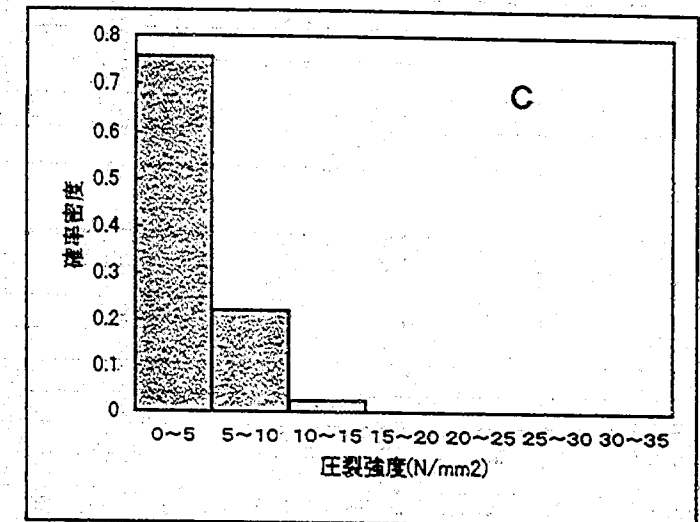
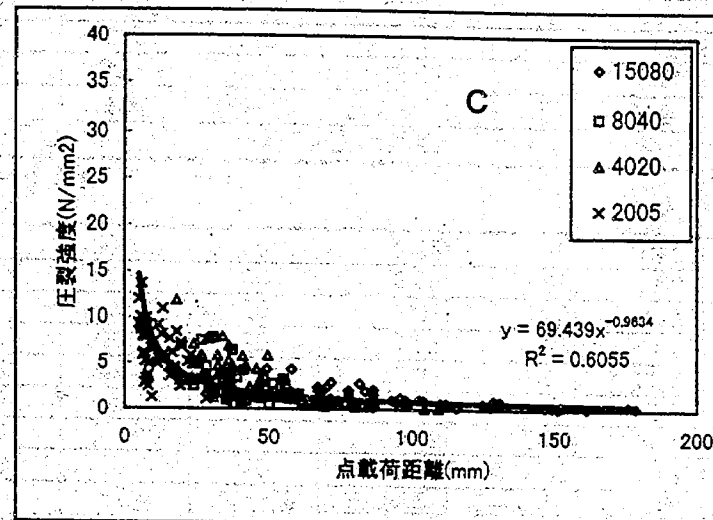
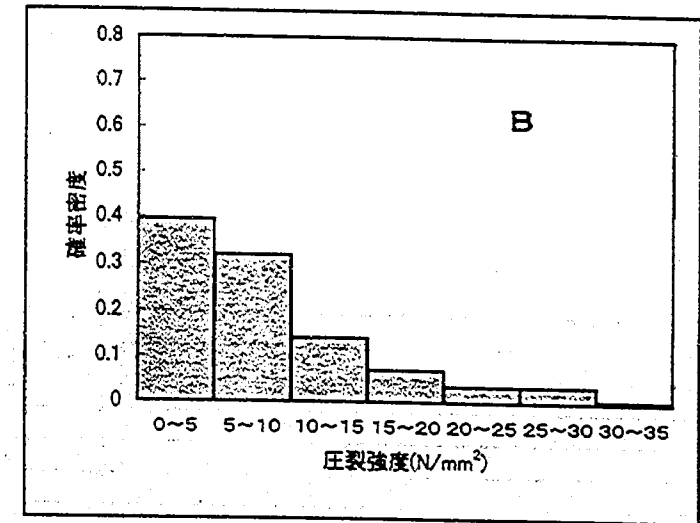
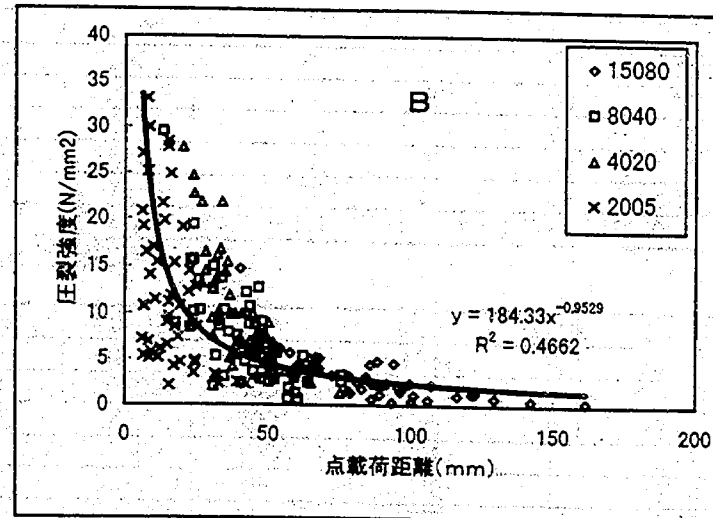


図-4.3.1 点載荷距離と圧裂強度の関係

図-4.3.2 圧裂強度のヒストグラム

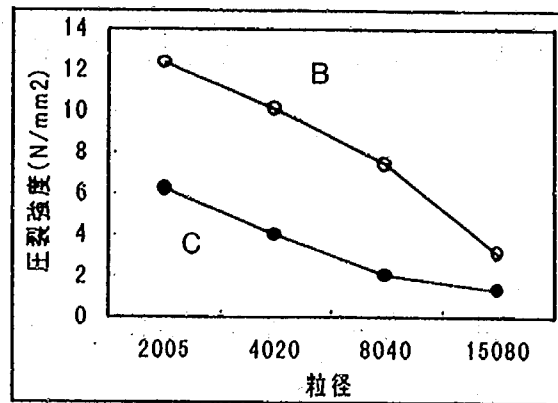


図-4.3.3 粒径ごとの圧裂強度

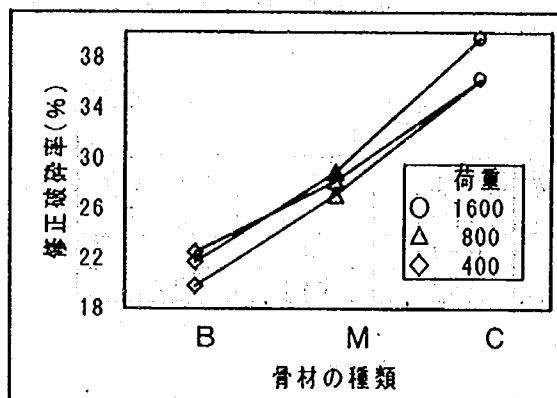


図-4.3.4 骨材の種類と修正破砕率の関係

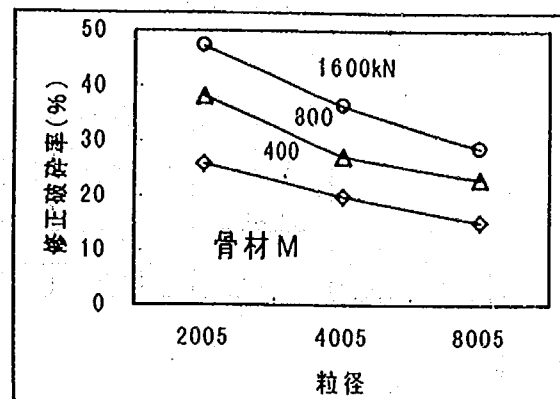


図-4.3.5 粒径、荷重と修正破砕率の関係

表-4.3.3 破砕試験結果

| 骨材<br>の<br>種類 | 粒 度<br>粒 径 | 最大<br>荷重<br>(kN) | 試験前  | 試験後  |             |       |        |        |                |
|---------------|------------|------------------|------|------|-------------|-------|--------|--------|----------------|
|               |            |                  | 粗粒率  | 粗粒率  | 破 碎 値 ( % ) |       |        |        | 修正破砕率<br>( % ) |
|               |            |                  |      |      | 2.5mm通過     | 5mm通過 | 10mm通過 | Gmax考慮 |                |
| B             | 4005       | 400              | 7.35 | 6.56 | 8.8         | 16.8  | 22.5   | 16.8   | 22.5           |
|               |            | 800              | 7.35 | 6.28 | 14.1        | 23.8  | 28.2   | 23.8   | 28.2           |
|               |            | 1600             | 7.35 | 5.84 | 22.3        | 33.7  | 36.2   | 33.7   | 36.2           |
| C             | 4005       | 400              | 7.30 | 6.32 | 13.7        | 21.7  | 19.3   | 21.7   | 21.7           |
|               |            | 800              |      | 6.04 | 19.9        | 28.9  | 23.3   | 28.9   | 28.9           |
|               |            | 1600             |      | 5.46 | 30.1        | 39.5  | 31.3   | 39.5   | 39.5           |
| M             | 2005       | 400              | 6.55 | 5.81 | 12.4        | 25.8  | 19.2   | 12.4   | 25.8           |
|               |            | 800              |      | 5.38 | 22.4        | 38.1  | 25.1   | 22.4   | 38.1           |
|               |            | 1600             |      | 5.02 | 30.9        | 47.1  | 28.9   | 30.9   | 47.1           |
|               | 4005       | 400              | 7.33 | 6.55 | 9.9         | 18.4  | 19.8   | 18.4   | 19.8           |
|               |            | 800              |      | 6.17 | 16.4        | 27.1  | 26.7   | 27.1   | 27.1           |
|               |            | 1600             |      | 5.75 | 24.4        | 36.2  | 34.3   | 36.2   | 36.2           |
|               | 8005       | 400              | 8.15 | 7.47 | 6.6         | 12.1  | 14.5   | 14.5   | 15.1           |
|               |            | 800              |      | 7.04 | 11.8        | 19.2  | 22.0   | 22.0   | 22.9           |
|               |            | 1600             |      | 6.63 | 17.4        | 26.4  | 28.6   | 28.6   | 28.6           |

表-4.3.4 すりへり試験結果

| 骨材 | 粒度粒径 | 試験前  | 試験後  |               |                |
|----|------|------|------|---------------|----------------|
|    |      | 粗粒率  | 粗粒率  | すりへり減量<br>(%) | 修正すりへり率<br>(%) |
| B  | 4005 | 7.34 | 7.13 | 1.8           | 19.4           |
| C  | 4005 | 7.30 | 6.76 | 4.0           | 23.6           |

## 5. RCD用コンクリート試験

### 5. 1 実験方法

#### 5. 1. 1 使用材料

##### (1) 骨材

粗骨材はB, Cとそれらを1対1で混合したMの3種類, 細骨材はB, Cを1対1で混合したものを用いた。

##### (2) 結合材

セメントは中庸熟ポルトランドセメントを用い, フライアッシュを30%置換した。それらの物理試験結果は表-5. 1. 1のとおりである。

表-5.1.1 結合材の物理試験結果

|         | 密度<br>g/cm <sup>3</sup> | かさ密度<br>g/l | 比表面積                        |                           | 50%粒径<br>μm | メチレンブルー吸着<br>mg/g |
|---------|-------------------------|-------------|-----------------------------|---------------------------|-------------|-------------------|
|         |                         |             | 空気透過法<br>cm <sup>2</sup> /g | BET法<br>m <sup>2</sup> /g |             |                   |
| セメント    | 3.21                    | 1.29        | 3,420                       | 0.674                     | 13.4        | -                 |
| フライアッシュ | 2.11                    | 1.06        | 2,890                       | 0.821                     | 23.1        | 0.20              |

##### (3) 混和材

リグニンスルホン酸化合物を主成分とする遅延型のAE減水剤（ポソリスNo. 8）を標準量（結合材の質量×0.25%）用いた。

#### 5. 1. 2 配合条件

##### (1) 骨材の組合せ

細骨材を混合のM一定とし, 粗骨材B, M, Cの3種類について試験した。

##### (2) 配合条件

粗骨材の最大寸法 (G<sub>max</sub>) : 40mm

単位結合材料 : 160kg/m<sup>3</sup>

フルミックス時を120kg/m<sup>3</sup>と考え, 40mmふるいで

ウェットスクリーニングすることを想定した。

フライアッシュ置換率 : 30%

これらの条件の下で, VC値が20秒のときの単位水量と, VC値が最小になる細骨材率（最適細骨材率）を試験練りによって決定し, 強度試験などを行った。

#### 5. 1. 3 配合試験

##### (1) 単位水量試験

細骨材率を40%一定とし, 粗骨材3種類について, それぞれ単位水量を100~130kg/m<sup>3</sup>ごとに变化させ, VC試験を行った。

##### (2) 最適細骨材率

粗骨材と細骨材の組合せがM-Mのときに、細骨材率を30～50%まで5%ずつ変化させ、VC試験を行った。単位水量は(1)でVC値が20秒のときの値を用いる。

### (3) 練混ぜ方法

50%の2軸強制練りミキサーを用い、細骨材と結合材を投入して10秒空練りし、水を加えて30秒、粗骨材を加えて90秒練混ぜた。

### (4) VC試験

土木学会規準(JSCE-F507-1995)「RCD用コンクリートのコンシステンシー試験方法(案)」によった。

## 5.1.4 強度試験方法

### (1) 練混ぜ

1種類の粗骨材当たり35%のコンクリートを、表-5.1.2のa～cの3バッチ練混ぜた。練混ぜ方法は配合試験(5.1.3(3))と同じである。3バッチともVC試験を行い、1バッチ当たり圧縮強度試験用供試体を6本、引張強度試験用供試体を2本作製した。

### (2) 供試体の作製方法

圧縮用は $\Phi 12.5 \times 25\text{cm}$ の大きさの供試体を、引張用は $\Phi 15 \times 20\text{cm}$ を、「RCD工法技術指針(案)」(1989年8月)の付録-2「圧縮強度試験用供試体の作製方法」に準じて作製した。

### (3) 強度試験材齢と練混ぜバッチの関係

強度試験は3, 7, 28, 91, 182, 365日の6材齢で行った。1種類の粗骨材当たり3バッチ練混ぜ、圧縮供試体を6個ずつ、引張供試体を2個ずつ作製した。それらは表-5.1.2のように、材齢ごとに圧縮は3個ずつ、引張は1個ずつ試験した。バッチ番号はa～cの○が1個の供試体を示している。圧縮強度は、バッチ間のばらつきを生じないように、1材齢に各バッチから1個ずつ試験するようにした。

表-5.1.2 供試体の作製と試験材齢

| 強度試験 | バッチ | 試験材齢(日) |   |      |    |      |     |
|------|-----|---------|---|------|----|------|-----|
|      |     | 3       | 7 | 28   | 91 | 182  | 365 |
| 圧縮   | a   | ○       | ○ | ○    | ○  | ○    | ○   |
|      | b   | ○       | ○ | ○    | ○  | ○    | ○   |
|      | c   | ○       | ○ | ○    | ○  | ○    | ○   |
| 引張   |     | ○       | ○ | ○    | ○  | ○    | ○   |
|      |     | aバッチ    |   | bバッチ |    | cバッチ |     |

### (4) 圧縮強度試験

圧縮強度試験はJIS A 1108「コンクリートの圧縮強度試験方法」に準じて行った。試験前には形状・寸法、質量を測定した。

圧縮試験時にはコンプレッソメータ、エクステンソメータを取付け、縦ひずみ、横ひずみを測定し、ヤング係数、ポアソン比を求めた。

### (5) 引張強度試験

引張強度試験はJIS A 1113「コンクリートの引張強度試験方法」に準じて行った。

試験後、割裂面の骨材割裂面積を測定した。

## 5. 2 配合試験結果

配合試験用の配合およびVC試験結果は表-5. 2. 1のとおりであった。

### 5. 2. 1 単位水量とVC値の関係

単位水量とVC値の関係は図-5. 2. 1のようになった。VC値の対数をとったときの回帰結果は表-5. 2. 2である。単位水量100kg/m<sup>3</sup>のときのVC値は120秒以上だったので、回帰には用いていない。回帰結果からVC値20秒のときの単位水量を求めると、表-5. 2. 2の最適値のとおり、粗骨材3種類とも約120kg/m<sup>3</sup>であり、ほとんど違いはなかった。

### 5. 2. 2 細骨材率とVC値の関係

細骨材率とVC値の関係は図-5. 2. 2のとおりである。細骨材率の2乗で回帰した結果は表-5. 2. 2のようになった。回帰結果からVC値が最小のときの細骨材率（最適細骨材率）を求めると32. 5%となった。

### 5. 2. 3 配合決定

強度試験を行う配合は次のように決めた。

単位水量は3種類の粗骨材とも同じとし、122kg/m<sup>3</sup>とした。

細骨材率は、配合試験では32. 5%が最適値となった。しかしながら、フルミックスのコンクリートを実際にウェットスクリーニングしてVC試験を行うと、フルミックス配合の最適細骨材率は、通常、30%程度である。それをウェットスクリーニングしたときに換算すると40%程度になることから、ここでも40%とした。

表-5.2.1 RCD用コンクリートの配合試験

| 粗骨材<br>の最大<br>寸法<br>(mm) | 骨 材 の 組 合 せ |     | 試 験<br>内 容                           | 目 標<br>VC<br>値<br>(秒) | 水 結 合<br>材 比<br>W/B<br>(%) | 細 骨 材<br>率<br>s/a<br>(%) | 単 位 量 (kg/m <sup>3</sup> ) |                      |            |            |           | VC 値<br>(秒) |
|--------------------------|-------------|-----|--------------------------------------|-----------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------|------------|------------|-----------|-------------|
|                          |             |     |                                      |                       |                            |                          | 水<br>W                     | 結 合 材<br>B<br>(C+FA) | 細 骨 材<br>S | 粗 骨 材<br>G | AE<br>減水剤 |             |
|                          | 粗骨材         | 細骨材 |                                      |                       |                            |                          |                            |                      |            |            |           |             |
| 40                       | B           | M   | 単<br>位<br>水<br>量<br>細<br>骨<br>材<br>率 | 20                    | 62.5                       | 40                       | 100                        | C=112                | 867        | 1312       | 0.400     | 120以上       |
|                          |             |     |                                      |                       | 68.8                       |                          | 110                        |                      | 857        | 1296       | 0.400     | 45.7        |
|                          |             |     |                                      |                       | 75.0                       |                          | 120                        |                      | 846        | 1280       | 0.400     | 20.2        |
|                          |             |     |                                      |                       | 81.2                       |                          | 130                        |                      | 836        | 1265       | 0.400     | 7.2         |
|                          | M           | M   |                                      |                       | 62.5                       |                          | 100                        |                      | 867        | 1312       | 0.400     | 120以上       |
|                          |             |     |                                      |                       | 68.8                       |                          | 110                        |                      | 857        | 1296       | 0.400     | 55.3        |
|                          |             |     |                                      |                       | 75.0                       |                          | 120                        |                      | 846        | 1280       | 0.400     | 25.2        |
|                          |             |     |                                      |                       | 81.2                       |                          | 130                        |                      | 836        | 1265       | 0.400     | 6.2         |
|                          | C           | M   |                                      |                       | 62.5                       |                          | 100                        |                      | 867        | 1307       | 0.400     | 120以上       |
|                          |             |     |                                      |                       | 68.8                       |                          | 110                        |                      | 857        | 1291       | 0.400     | 40.3        |
|                          |             |     |                                      |                       | 75.0                       |                          | 120                        |                      | 846        | 1276       | 0.400     | 22.5        |
|                          |             |     |                                      |                       | 81.2                       |                          | 130                        |                      | 836        | 1260       | 0.400     | 10.0        |
|                          | M           | M   |                                      |                       | 76.9                       | 30                       | 123                        |                      | 634        | 1486       | 0.400     | 15.8        |
|                          |             |     |                                      |                       |                            | 35                       |                            |                      | 739        | 1381       | 0.400     | 16.2        |
|                          |             |     |                                      |                       |                            | 40                       |                            |                      | 844        | 1275       | 0.400     | 18.3        |
|                          |             |     |                                      |                       |                            | 45                       |                            |                      | 948        | 1170       | 0.400     | 27.2        |
|                          |             |     |                                      |                       |                            | 50                       |                            |                      | 1055       | 1063       | 0.400     | 36.4        |

表-5.2.2 回帰結果

|             | 粗骨材 | 回帰係数    |       |       | 相関係数  | 最適値*                   | 配合決定                   |
|-------------|-----|---------|-------|-------|-------|------------------------|------------------------|
|             |     | a       | b     | c     | r     | kg/m <sup>3</sup> または% | kg/m <sup>3</sup> または% |
| 単位水量とVC値の関係 | B   | -0.0401 | 6.09  | -     | 0.998 | 119.3                  | 122                    |
|             | M   | -0.0475 | 7.01  | -     | 0.987 | 120.2                  |                        |
|             | C   | -0.0303 | 4.95  | -     | 0.996 | 120.6                  |                        |
| 細骨材率とVC値の関係 | B   | 0.0697  | -4.53 | 89.08 | 0.997 | 32.5                   | 40                     |

\*単位水量は、VC値が20秒のとき  
細骨材率は、VC値が最小のとき

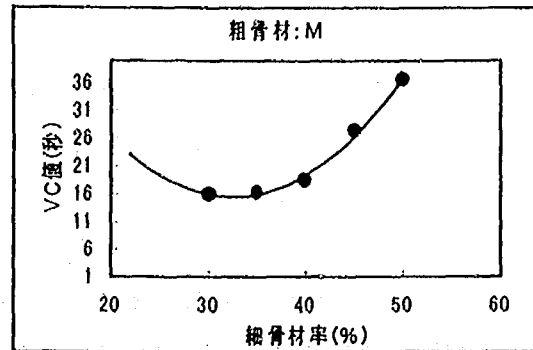
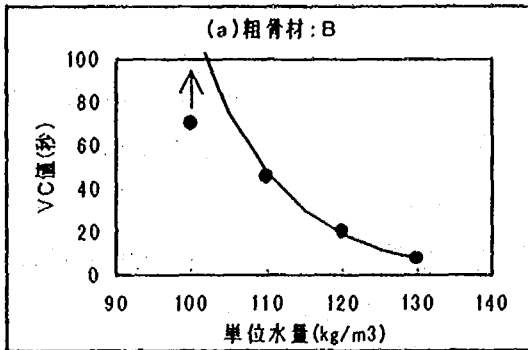


図-5.2.2 細骨材率とVC値の関係

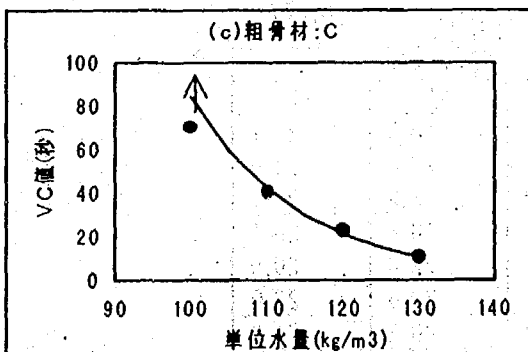
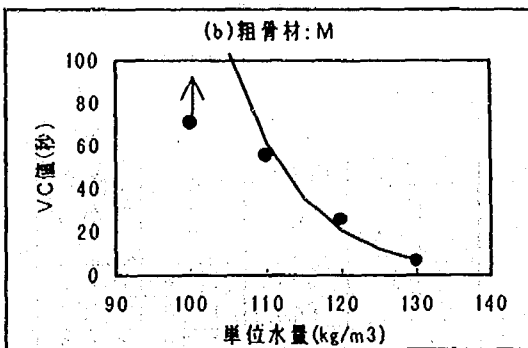


図-5.2.1 単位水量とVC値の関係

### 5. 3 強度試験結果

#### 5.3.1 配合とVC試験結果

強度試験に用いた配合は表-5.3.1のとおりである。

粗骨材の種類ごとに3回ずつ練混ぜ、VC試験を行っている。強度試験とフレッシュコンクリートの破砕試験で3回ずつ行っているの、計6回となる。その結果は表-5.3.2のとおりとなった。平均値は20.2～21.6秒、標準偏差は0.8～1.7秒であり、かなりよい再現性があることがわかる。

#### 5.3.2 強度試験結果

材齢と圧縮強度、ヤング係数、ポアソン比、引張強度結果は表-5.3.3、図-5.3.1のとおりであった。

#### 5.3.3 骨材の種類と強度の関係

材齢ごとに骨材の種類と圧縮強度、ヤング係数、引張強度の関係を示すと図-5.3.2のようになった。

圧縮強度および引張強度は、わずかではあるが骨材の品質が低下するほど低下する傾向がある。

材齢91日の圧縮強度は15.5～17.2N/mm<sup>2</sup>で、20N/mm<sup>2</sup>を上回った予備試験以下になっている。予備試験は単位水量がわずかに少なくなっている。それにもかかわらずVC値は10秒程度と小さい。これらの違いは骨材強度で明らかなように、採取場所が異なることによる骨材強度の違いによるものと考えられる。

ヤング係数は、図-5.3.2および5.3.3のように骨材の品質の影響は大きく、品質が低下するとヤング係数の低下も顕著である。

表-5.3.1 RCD用コンクリートの本配合

| 粗骨材<br>の最大<br>寸法<br>(mm) | 骨材の組合せ |     | 目標<br>VC<br>値<br>(秒) | 水結合<br>材比<br>W/B<br>(%) | 細骨材<br>率<br>s/a<br>(%) | 単 位 量 (kg/m <sup>3</sup> ) |                    |          |          |           |
|--------------------------|--------|-----|----------------------|-------------------------|------------------------|----------------------------|--------------------|----------|----------|-----------|
|                          |        |     |                      |                         |                        | 水<br>W                     | 結合材<br>B<br>(C+FA) | 細骨材<br>S | 粗骨材<br>G | AE<br>減水剤 |
|                          | 粗骨材    | 細骨材 |                      |                         |                        |                            |                    |          |          |           |
| 40                       | B      | M   | 20                   | 76.2                    | 40                     | 122                        | 160                | 844      | 1278     | 0.400     |
|                          | M      | M   |                      |                         |                        |                            | C=112              | 844      | 1278     | 0.400     |
|                          | C      | M   |                      |                         |                        |                            | FA=48              | 844      | 1273     | 0.400     |

表-5.3.2 VC値の再現性 (秒)

| 練混ぜ番号                    |   | 粗骨材  |      |      |
|--------------------------|---|------|------|------|
|                          |   | B    | M    | C    |
| 強度試験                     | 1 | 21.9 | 18.3 | 22.7 |
|                          | 2 | 18.6 | 20.0 | 21.9 |
|                          | 3 | 19.0 | 18.8 | 22.1 |
| フレッシュ<br>コンクリートの<br>破砕試験 | 4 | 21.3 | 18.8 | 20.4 |
|                          | 5 | 22.3 | 22.6 | 20.5 |
|                          | 6 | 23.1 | 22.6 | 22.0 |
| 平均                       |   | 21.0 | 20.2 | 21.6 |
| 標準偏差                     |   | 1.5  | 1.7  | 0.8  |
| 変動係数(%)                  |   | 7.4  | 8.2  | 3.7  |

表-5.3.3 強度試験結果

|                               | 骨材 | 材齢(日) |       |       |       |       |     |
|-------------------------------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
|                               |    | 3     | 7     | 28    | 91    | 182   | 365 |
| 圧縮強度<br>( $\text{N/mm}^2$ )   | B  | 5.42  | 7.12  | 10.90 | 17.20 | 21.30 |     |
|                               | M  | 5.10  | 6.74  | 10.80 | 15.50 | 20.70 |     |
|                               | C  | 4.90  | 6.56  | 10.70 | 16.40 | 19.90 |     |
| ヤング係数<br>( $\text{kN/mm}^2$ ) | B  | 0.50  | 0.78  | 1.28  | 1.93  | 2.30  |     |
|                               | M  | 0.43  | 0.73  | 1.10  | 1.90  | 2.22  |     |
|                               | C  | 0.43  | 0.71  | 1.21  | 1.74  | 2.21  |     |
| 引張強度<br>( $\text{N/mm}^2$ )   | B  | 6.18  | 11.60 | 14.30 | 22.80 | 26.00 |     |
|                               | M  | 4.65  | 8.27  | 13.80 | 19.60 | 22.30 |     |
|                               | C  | 5.29  | 7.90  | 12.40 | 16.00 | 20.90 |     |
| ポアソン比                         | B  | 0.102 | 0.154 | 0.116 | 0.120 | 0.165 |     |
|                               | M  | 0.101 | 0.123 | 0.116 | 0.095 | 0.166 |     |
|                               | C  | 0.135 | 0.138 | 0.097 | 0.134 | 0.116 |     |

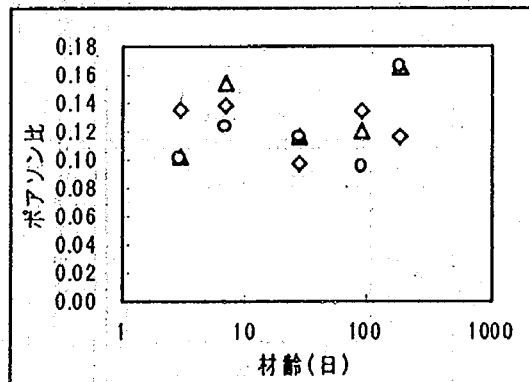
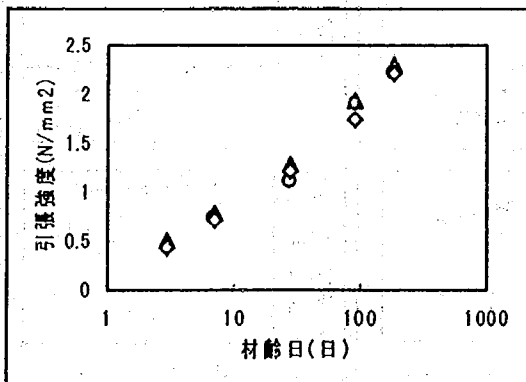
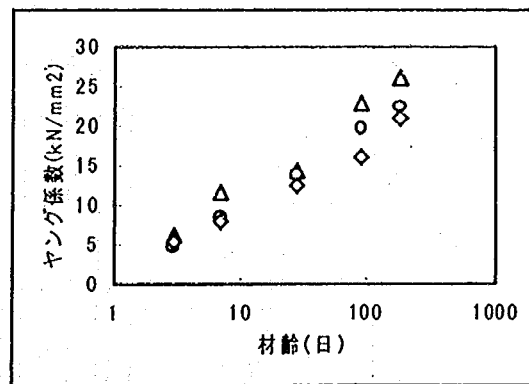
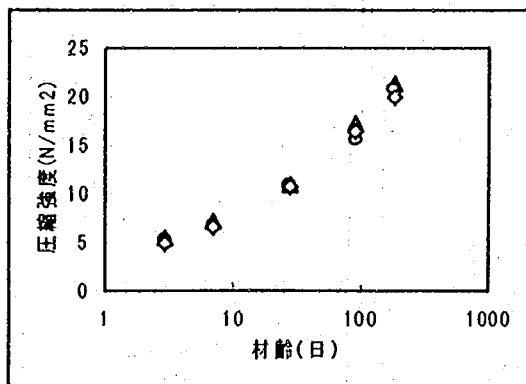


図-5.3.1 材齢と強度の関係

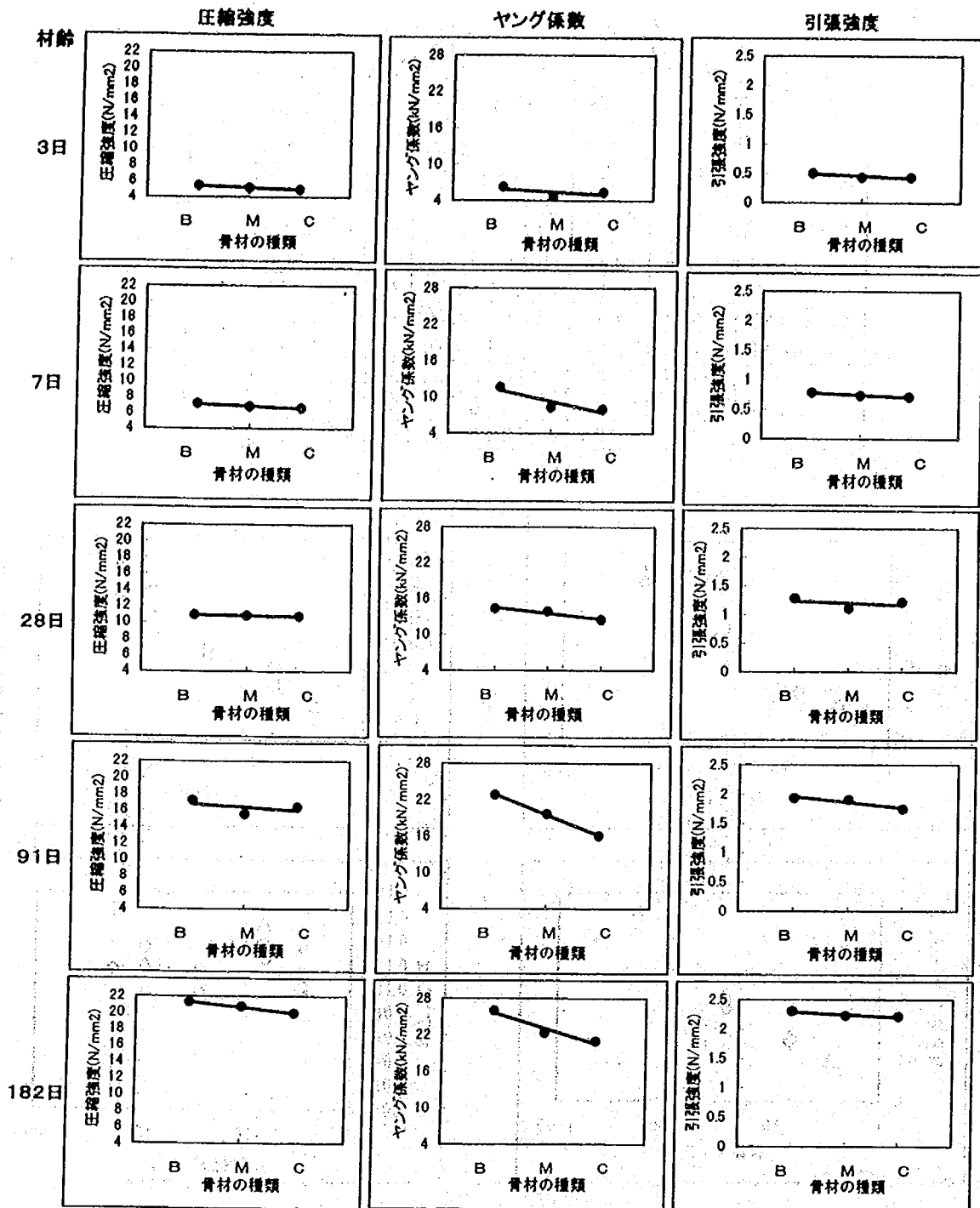


図-5.3.2 骨材の種類と強度の関係

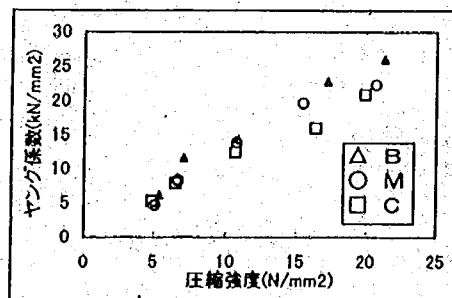


図-5.3.3 圧縮強度とヤング係数の関係

## 6. 外部用コンクリート試験

### 6. 1 実験方法

#### 6.1.1 使用材料

##### (1) 骨材

粗骨材，細骨材ともB，M，Cの3種類について試験した。

##### (2) 結合材および混和剤

RCD用コンクリートの場合（5.1.1(2)および(3)）と同じものを使用した。

#### 6.1.2 配合条件

##### (1) 骨材の組合せ

粗骨材と細骨材の組合せは表-6.1.1のように3シリーズについて検討した。

##### シリーズⅠ 粗骨材の影響

細骨材をM一定とし，粗骨材をB，M，Cの3種類変化させた。

##### シリーズⅡ 細骨材の影響

粗骨材をB一定とし，細骨材をB，M，Cの3種類変化させた。

##### シリーズⅢ 粗・細骨材の組合せの影響

粗骨材-細骨材の組合せをB-B，M-M，C-Cと，最良，中間，最悪とした。

表-6.1.1 骨材の組合せと水準  
(表中の番号:水準)

|     |   | 粗骨材 |   |   |                |
|-----|---|-----|---|---|----------------|
|     |   | B   | M | C |                |
| 細骨材 | B | 3   |   |   | →Ⅰ粗骨材の影響       |
|     | M | 2   | 1 | 3 |                |
|     | C | 1   |   | 2 | →Ⅲ粗・細骨材の組合せの影響 |

↓  
Ⅱ細骨材の影響

##### (2) 配合条件

G<sub>max</sub> : 40mm

単位結合材量 : 300kg/m<sup>3</sup>

フルミックス時を220kg/m<sup>3</sup>と考え，40mmふるいでウェットスクリーニングしたときを想定した。

フライアッシュ置換率 : 30%

細骨材率 : 40%

混和剤量 : AE減水剤（ポゾリスNo. 8）を標準量（結合材量×0.25%）使用

これらの条件のもとで，スランプ8cm，空気量4.5±0.5%になるように単位水量，AE剤量を試験練りによって決定する。

### 6.1.3 配合試験

#### (1) わりつけ

表-6.1.2のように骨材の組合せ、単位水量、混和剤（AE剤）量の3因子について、それぞれ3水準ずつ設定し、表-6.1.3のようにわりつけた。

表-6.1.2 要因と水準

| 要因       |   | 水準  |     |     |
|----------|---|-----|-----|-----|
| ① 骨材の組合せ | G | g 1 | g 2 | g 3 |
| ② 単位水量   | W | w 1 | w 2 | w 3 |
| ③ 混和剤量   | A | a 1 | a 2 | a 3 |

表-6.1.3 わりつけ

| 項目と要因<br>実験番号 | I 粗骨材の影響 |     |     | II 細骨材の影響 |     |     | III 骨材の組合せの影響 |     |     |
|---------------|----------|-----|-----|-----------|-----|-----|---------------|-----|-----|
|               | G        | W   | A   | G         | W   | A   | G             | W   | A   |
| 1             | g 2      | w 1 | a 2 | g 3       | w 1 | a 3 | ■             | ■   | ■   |
| 2             | g 2      | w 2 | a 3 | g 3       | w 2 | a 1 | ■             | ■   | ■   |
| 3             | g 2      | w 3 | a 1 | g 3       | w 3 | a 2 | ■             | ■   | ■   |
| 4             | g 1      | w 1 | a 1 | ■         | ■   | ■   | ■             | ■   | ■   |
| 5             | g 1      | w 2 | a 2 | ■         | ■   | ■   | ■             | ■   | ■   |
| 6             | g 1      | w 3 | a 3 | ■         | ■   | ■   | ■             | ■   | ■   |
| 7             | g 3      | w 1 | a 3 | g 1       | w 1 | a 1 | g 2           | w 1 | a 2 |
| 8             | g 3      | w 2 | a 1 | g 1       | w 2 | a 2 | g 2           | w 2 | a 3 |
| 9             | g 3      | w 3 | a 2 | g 1       | w 3 | a 3 | g 2           | w 3 | a 1 |

注) 網掛け部分は、重複するので省略した。合計18バッチとなる。

#### (2) 試験項目

1バッチ当たり40リットル練混ぜ、表-6.1.4の試験を行った。練混ぜ方法は5.1.3(3)と同様とした。

圧縮試験は、Φ12.5×25cmの供試体で、材齢28、91日で行った。試験時には、縦、横ひずみを測定し、ヤング係数、ポアソン比を求めた。

引張試験は、Φ15×20cmの供試体で、材齢28、91日に行った。試験後、割裂面の骨材の割裂面積を測定した。

表-6.1.4 試験項目と回数

|         | バッチあたり試験(容量リットル) | 18バッチ合計 |
|---------|------------------|---------|
| 配合混合    | 1回(40)           | 18回     |
| スランプ    | 1回(8)            | 18回     |
| 空気量     | 1回(8)            | 18回     |
| 圧縮作製    | 6本(18)           | 108回    |
| 引張作製    | 2本(6)            | 36本     |
| 圧縮強度    | 6本(28, 91日)      | 108本    |
| 縦・横ひずみ  | 6本               | 108本    |
| 引張強度    | 2本( " )          | 36本     |
| 割裂面写真撮影 | 2本               | 36本     |

#### 6.1.4 試験項目と強度、凍結融解用供試体

##### (1) M-Mの組合せ

粗骨材-細骨材の組合せがM-Mのときの試験は表-6.1.5のとおりである。1バッチ当たり65リットルを、3バッチ練混ぜた。各バッチで作製した供試体は図-6.1.1のように試験した。

フレッシュ性状については、各バッチでスランプ試験、空気量試験を行った。空気量試験を行った後、その試料の洗い試験を行い粗骨材と細骨材に分け、それらを乾燥後にふるい分け試験を行った。

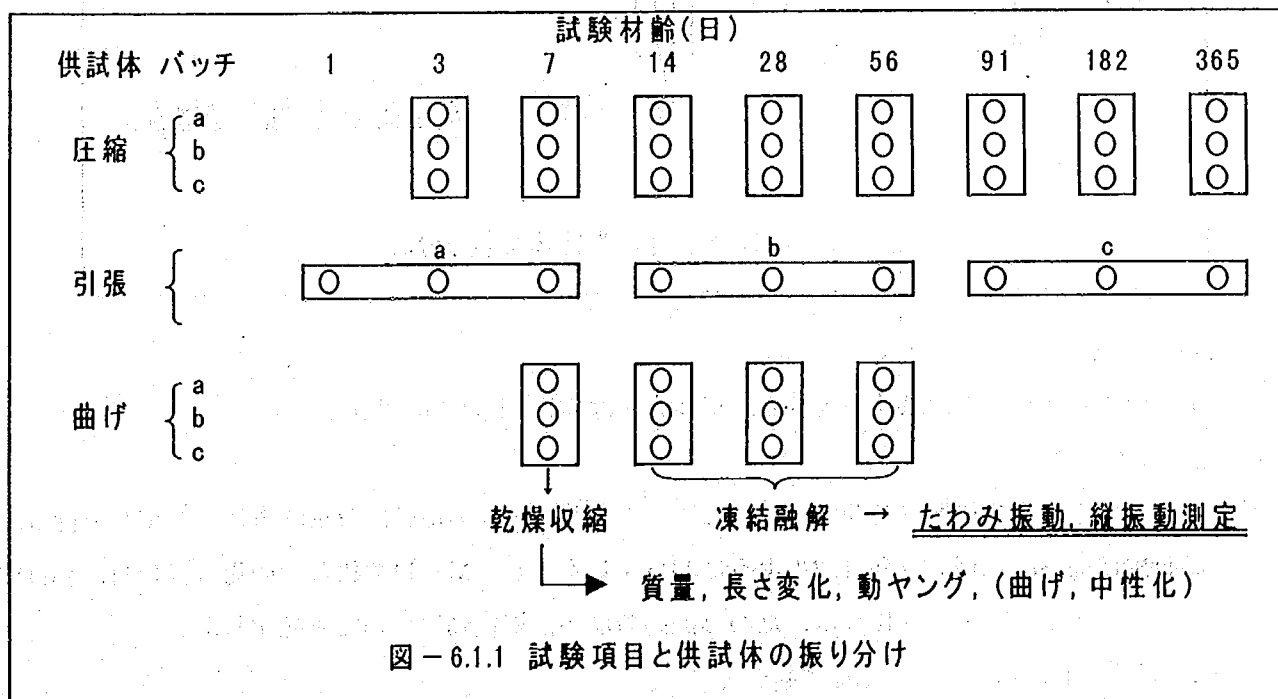
強度試験は圧縮と引張である。

耐久性試験として、凍結融解試験を行った。

また、乾燥収縮試験を行い、その後、曲げ強度試験、中性化試験も行う予定である。

表-6.1.5 試験項目・回数

|         | 1バッチ   | 3バッチ |
|---------|--------|------|
| 配合混合    | 1回(65) | 3回   |
| スランプ    | 1回(8)  | 3回   |
| 空気量     | 1回(8)  | 3回   |
| 洗い      | 1回     | 3回   |
| ふるい分け   | 1回     | 3回   |
| 圧縮作製    | 8本(24) | 24本  |
| 引張作製    | 3本(6)  | 9本   |
| 曲げ作製    | 4本(16) | 12本  |
| 圧縮強度    |        | 24本  |
| ひずみ測定   |        | 24回  |
| 引張強度    |        | 8本   |
| 割裂面写真撮影 |        | 8本   |
| 凍結融解    |        | 9本   |
| 乾燥収縮    |        | 3本   |

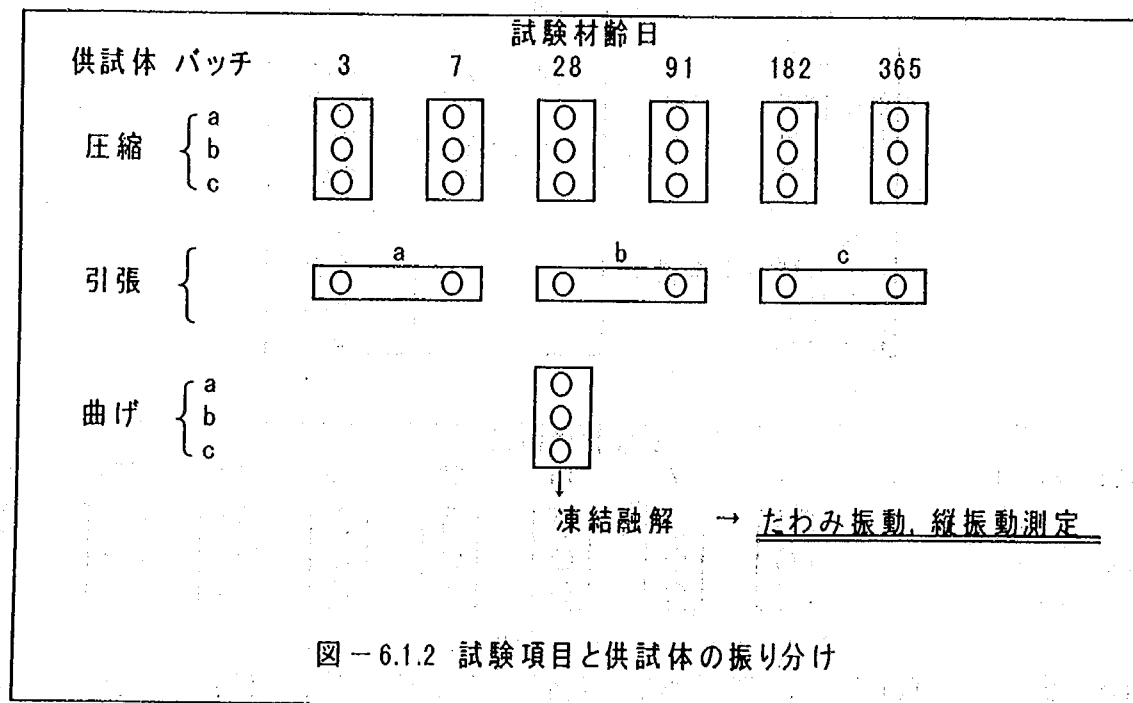


## (2) そのほかの骨材の組合せ

M-M以外の5種類の組合せについては、表-6.1.6、図-6.1.2のような試験を行った。

表-6.1.6 試験項目・回数

|         | 1種類当たり |      | 5種類合計 |
|---------|--------|------|-------|
|         | 1バッチ   | 3バッチ |       |
| 配合混合    | 1回(45) | 3回   | 15回   |
| スランプ    | 1回(8)  | 3回   | 15回   |
| 空気量     | 1回(8)  | 3回   | 15回   |
| 洗い      | 1回     | 3回   | 15回   |
| ふるい分け   | 1回     | 3回   | 15回   |
| 圧縮作製    | 6本(18) | 18本  | 90本   |
| 引張作製    | 2本(6)  | 6本   | 30本   |
| 曲げ作製    | 1本(4)  | 3本   | 15本   |
| 圧縮強度    |        | 18本  | 90本   |
| ひずみ測定   |        | 18回  | 90回   |
| 引張強度    |        | 6本   | 30本   |
| 割裂面写真撮影 |        | 6本   | 30本   |
| 凍結融解    |        | 3本   | 15本   |



### 6.1.5 強度試験方法

圧縮および引張強度試験の供試体の大きさ、試験方法は5.1.4と同様に行った。

### 6.1.6 凍結融解試験方法

凍結融解試験は土木学会規準(JSCE-G501-1986)「コンクリートの凍結融解試験方法」に準じて行った。ただし開始材齢は図-6.1.1および6.1.2のように28日を基本とし、M-Mの組合せの場合は14日、56日についても実施した。また、動ヤング係数は、たわみ振動のほか、縦振動についても測定した。

### 6.1.7 乾燥収縮、曲げ強度、中性化深さ試験方法

M-Mの組合せについて、乾燥収縮試験を材齢7日から開始した。方法はJIS A 1129「モルタルおよびコ

ンクリートの長さ変化試験方法」に準じた。測定項目は、質量、長さ変化のほか、動ヤング係数である。

材齢6月、1年、2年後には、図-6.1.3のように通常の2点曲げ強度試験を行う。2分割された切片をさらに中央1点曲げ強度試験を行う。破断した横断面3面にフェノールフタレインを散布して中性化深さを測定する。その後、さらに4分割された切片を縦断方向に4分割し、縦断面の中性化深さを測定する。

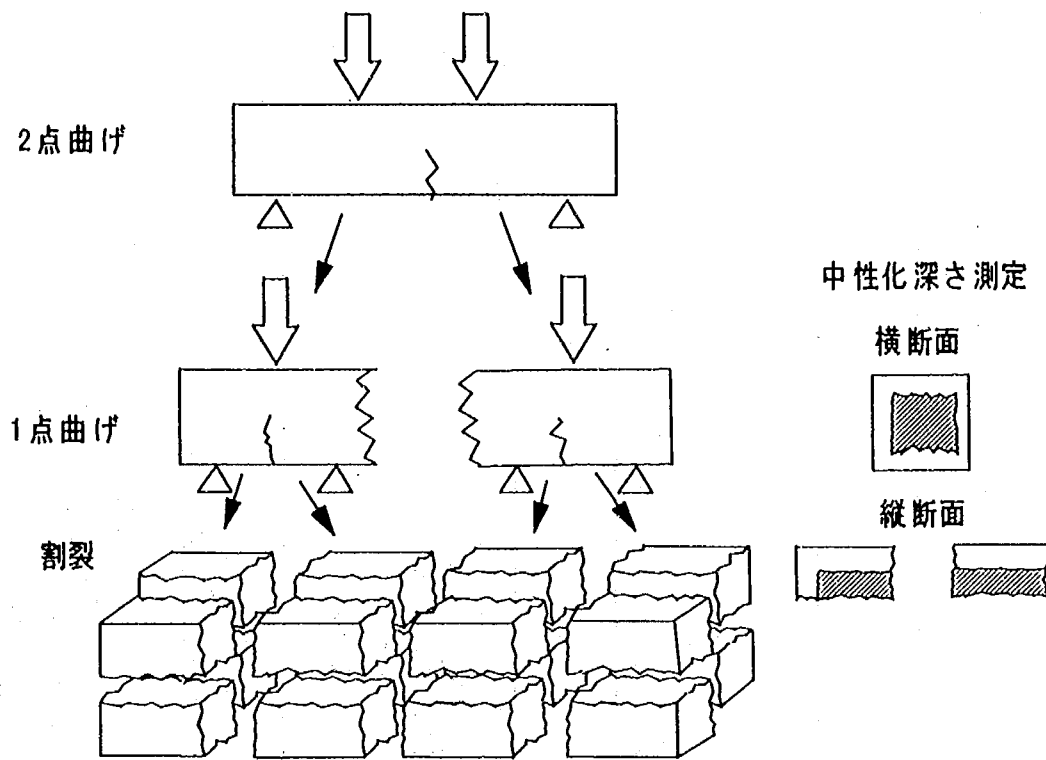


図-6.1.3 曲げ強度と中性化深さの測定

## 6. 2 配合試験結果

### 6. 2. 1 試験結果

6. 1. 2の配合条件, 6. 1. 3のわりつけに基づき, 配合を表-6. 2. 1のように, 骨材の組合せごとに単位水量を148, 155, 162kg/m<sup>3</sup>, AE (空気量調整) 剤量を0.006, 0.012, 0.018kg/m<sup>3</sup>, 単位結合材量の0.002%, 0.004%, 0.006% 3水準ずつわりつけた。

配合条件とスランプ, 空気量の試験結果は表-6. 2. 2のとおりとなった。また, 強度試験結果は表-6. 2. 3のとおりであった。

表-6.2.1 外部用コンクリートの配合試験

| 粗骨材<br>の最大<br>寸法<br>(mm) | 目 標<br>スラ<br>ンプ<br>(cm) | 目 標<br>空気量<br>(%) | 骨 材 の 組 合 せ |     | 水 結 合<br>材 比<br>W/B<br>(%) | 細 骨 材<br>率<br>s/a<br>(%) | 単 位 量 (kg/m <sup>3</sup> ) |                       |          |          |           |            |
|--------------------------|-------------------------|-------------------|-------------|-----|----------------------------|--------------------------|----------------------------|-----------------------|----------|----------|-----------|------------|
|                          |                         |                   | 粗骨材         | 細骨材 |                            |                          | 水<br>W                     | 結合材<br>B<br>(C+FA)    | 細骨材<br>S | 粗骨材<br>G | AE<br>減水剤 | 空気量<br>調整剤 |
| 40                       | 5                       | 5                 | B           | M   | 49.3                       | 40                       | 148                        | 300<br>C=210<br>FA=90 | 729      | 1104     | 0.750     | 0.012      |
|                          |                         |                   |             |     | 51.7                       |                          | 155                        |                       | 723      | 1090     | 0.750     | 0.018      |
|                          |                         |                   |             |     | 54.0                       |                          | 162                        |                       | 715      | 1080     | 0.750     | 0.006      |
|                          |                         |                   | M           | M   | 49.3                       |                          | 148                        |                       | 729      | 1104     | 0.750     | 0.006      |
|                          |                         |                   |             |     | 51.7                       |                          | 155                        |                       | 723      | 1090     | 0.750     | 0.012      |
|                          |                         |                   |             |     | 54.0                       |                          | 162                        |                       | 715      | 1080     | 0.750     | 0.018      |
|                          |                         |                   | C           | M   | 49.3                       |                          | 148                        |                       | 729      | 1099     | 0.750     | 0.018      |
|                          |                         |                   |             |     | 51.7                       |                          | 155                        |                       | 723      | 1086     | 0.750     | 0.006      |
|                          |                         |                   |             |     | 54.0                       |                          | 162                        |                       | 715      | 1076     | 0.750     | 0.012      |
|                          |                         |                   | B           | B   | 49.3                       |                          | 148                        |                       | 728      | 1104     | 0.750     | 0.018      |
|                          |                         |                   |             |     | 51.7                       |                          | 155                        |                       | 723      | 1090     | 0.750     | 0.006      |
|                          |                         |                   |             |     | 54.0                       |                          | 162                        |                       | 715      | 1080     | 0.750     | 0.012      |
|                          |                         |                   | B           | C   | 49.3                       |                          | 148                        |                       | 726      | 1104     | 0.750     | 0.006      |
|                          |                         |                   |             |     | 51.7                       |                          | 155                        |                       | 720      | 1090     | 0.750     | 0.012      |
|                          |                         |                   |             |     | 54.0                       |                          | 162                        |                       | 713      | 1080     | 0.750     | 0.018      |
|                          |                         |                   | C           | C   | 49.3                       |                          | 148                        |                       | 726      | 1099     | 0.750     | 0.012      |
|                          |                         |                   |             |     | 51.7                       |                          | 155                        |                       | 720      | 1086     | 0.750     | 0.018      |
|                          |                         |                   |             |     | 54.0                       |                          | 162                        |                       | 713      | 1076     | 0.750     | 0.006      |

6. 2. 2 配合条件とフレッシュ性状

(1) 回帰結果

スランブ試験結果，空気量試験結果をⅠ～Ⅲシリーズごとに式 (6. 2. 1) によって回帰した結果は表-6. 2. 4および6. 2. 5のとおりになった。

$$Y = a \cdot G + b \cdot W + c \cdot AE + d \cdots \cdots (6. 2. 1)$$

- ここに，Y：スランブ(cm) または空気量 (%)
- G：骨材の品質，B = 1，M = 2，C = 3とした。
- W：単位水量 (kg/m³)
- AE：AE剤量 (kg/m³)
- a, b, c, d：回帰係数

回帰結果をグラフに示すと図-6. 2. 1のようになる。

(2) 単位水量とスランブの関係

図-6. 2. 1より，スランブに及ぼす影響は，骨材の品質，組合せの直接の影響はほとんどなく，ほぼ単位水量で一義的に決まっている。回帰結果から，スランブ8 cmに相当する単位水量を計算すると，表-6. 2. 4のよ  
うに154～156kg/m³の範囲に入っており，ほとんど影響していないことが分かる。

(3) AE剤量と空気量の関係

空気量に及ぼす影響は，図-6. 2. 1のようにAE剤量とともに骨材の組合せの影響も無視できない。骨材品質が低下するほど空気は連行されやすく，とくにシリーズⅠとⅢの骨材の組合せがB-BとC-Cでは2 %近い開きがある。

回帰結果から空気量4. 5%を得るのに必要なAE剤量は，表-6. 2. 5のように0. 0063～0. 0019%もの開きがある。

6. 2. 3 配合決定

単位水量は，表-6. 2. 4の結果より，骨材の組合せにかかわらず，155kg/m³一定とした。  
AE剤量は，表-6. 2. 5の結果を使うことにした。ただし，M-Mの組合せはシリーズⅠのMのとき0. 0046%，シリーズⅢのとき0. 0041%と異なったことから，平均をとり0. 0043%とした。

表-6.2.2 配合試験-フレッシュ性状

| 試験条件              | 骨材の組合せ |     | 配合条件                      |                           | 試験結果       |          |
|-------------------|--------|-----|---------------------------|---------------------------|------------|----------|
|                   | 粗骨材    | 細骨材 | 単位水量<br>kg/m <sup>3</sup> | AE剤量<br>kg/m <sup>3</sup> | スランプ<br>cm | 空気量<br>% |
| 粗骨材<br>の影響        | B      | M   | 148                       | 0.012                     | 1.9        | 4.4      |
|                   |        |     | 155                       | 0.018                     | 4.7        | 5.2      |
|                   |        |     | 162                       | 0.006                     | 8.2        | 3.7      |
|                   | M      | M   | 148                       | 0.006                     | 2.8        | 3.7      |
|                   |        |     | 155                       | 0.012                     | 5.0        | 5.0      |
|                   |        |     | 162                       | 0.018                     | 7.2        | 5.4      |
|                   | C      | M   | 148                       | 0.018                     | 3.3        | 5.8      |
|                   |        |     | 155                       | 0.006                     | 3.5        | 4.2      |
|                   |        |     | 162                       | 0.012                     | 9.6        | 5.5      |
| 細骨材<br>の影響        | B      | B   | 148                       | 0.018                     | 2.9        | 4.8      |
|                   |        |     | 155                       | 0.006                     | 3.9        | 3.4      |
|                   |        |     | 162                       | 0.012                     | 8.0        | 4.0      |
|                   | B      | M   | 148                       | 0.012                     | 1.9        | 4.4      |
|                   |        |     | 155                       | 0.018                     | 4.7        | 5.2      |
|                   |        |     | 162                       | 0.006                     | 8.2        | 3.7      |
|                   | B      | C   | 148                       | 0.006                     | 2.1        | 3.8      |
|                   |        |     | 155                       | 0.012                     | 4.3        | 4.5      |
|                   |        |     | 162                       | 0.018                     | 8.5        | 5.7      |
| 骨材の<br>組合せ<br>の影響 | B      | B   | 148                       | 0.018                     | 2.9        | 4.8      |
|                   |        |     | 155                       | 0.006                     | 3.9        | 3.4      |
|                   |        |     | 162                       | 0.012                     | 8.0        | 4.0      |
|                   | M      | M   | 148                       | 0.006                     | 2.8        | 3.7      |
|                   |        |     | 155                       | 0.012                     | 5.0        | 5.0      |
|                   |        |     | 162                       | 0.018                     | 7.2        | 5.4      |
|                   | C      | C   | 148                       | 0.012                     | 1.8        | 4.5      |
|                   |        |     | 155                       | 0.018                     | 6.4        | 7.7      |
|                   |        |     | 162                       | 0.006                     | 7.6        | 5.1      |

表-6.2.3 配合試験結果-強度特性

| 試験条件              | 骨材の組合せ |     | 配合条件                      |          | 圧縮強度(N/mm <sup>2</sup> ) |           | ヤング係数(kN/mm <sup>2</sup> ) |           | ポアソン比     |           | 引張強度(N/mm <sup>2</sup> ) |           |
|-------------------|--------|-----|---------------------------|----------|--------------------------|-----------|----------------------------|-----------|-----------|-----------|--------------------------|-----------|
|                   | 粗骨材    | 細骨材 | 単位水量<br>kg/m <sup>3</sup> | 空気量<br>% | 材齢<br>28日                | 材齢<br>91日 | 材齢<br>28日                  | 材齢<br>91日 | 材齢<br>28日 | 材齢<br>91日 | 材齢<br>28日                | 材齢<br>91日 |
| 粗骨材の<br>影響        | B      | M   | 148                       | 4.4      | 25.6                     | 40.2      | 20.7                       | 25.0      | 0.159     | 0.146     | 2.03                     | 3.13      |
|                   |        |     | 155                       | 5.2      | 22.3                     | 36.5      | 21.1                       | 24.7      | 0.129     | 0.159     | 2.17                     | 2.82      |
|                   |        |     | 162                       | 3.7      | 23.0                     | 36.6      | 20.6                       | 24.4      | 0.136     | 0.135     | 2.08                     | 2.89      |
|                   | M      | M   | 148                       | 3.7      | 25.4                     | 39.8      | 18.6                       | 22.4      | 0.133     | 0.163     | 2.03                     | 3.07      |
|                   |        |     | 155                       | 5.0      | 23.7                     | 37.1      | 17.5                       | 21.5      | 0.132     | 0.149     | 2.34                     | 2.85      |
|                   |        |     | 162                       | 5.4      | 20.4                     | 34.0      | 17.3                       | 21.4      | 0.127     | 0.113     | 1.73                     | 2.64      |
|                   | C      | M   | 148                       | 5.8      | 24.0                     | 39.4      | 15.3                       | 19.5      | 0.128     | 0.141     | 1.88                     | 2.72      |
|                   |        |     | 155                       | 4.2      | 23.6                     | 37.6      | 15.1                       | 19.1      | 0.147     | 0.132     | 2.15                     | 2.90      |
|                   |        |     | 162                       | 5.5      | 19.6                     | 32.8      | 14.5                       | 18.9      | 0.126     | 0.156     | 1.61                     | 2.30      |
| 細骨材の<br>影響        | B      | B   | 148                       | 4.8      | 25.8                     | 39.6      | 21.0                       | 25.4      | 0.143     | 0.157     | 2.24                     | 3.24      |
|                   |        |     | 155                       | 3.4      | 23.8                     | 39.7      | 21.4                       | 26.0      | 0.138     | 0.138     | 2.11                     | 3.40      |
|                   |        |     | 162                       | 4.0      | 21.6                     | 36.0      | 19.8                       | 24.3      | 0.145     | 0.132     | 1.91                     | 3.19      |
|                   | B      | M   | 148                       | 4.4      | 25.6                     | 40.2      | 20.7                       | 25.0      | 0.159     | 0.146     | 2.03                     | 3.13      |
|                   |        |     | 155                       | 5.2      | 22.3                     | 36.5      | 21.1                       | 24.7      | 0.129     | 0.159     | 2.17                     | 2.82      |
|                   |        |     | 162                       | 3.7      | 23.0                     | 36.6      | 20.6                       | 24.4      | 0.136     | 0.135     | 2.08                     | 2.89      |
|                   | B      | C   | 148                       | 3.8      | 26.5                     | 42.9      | 22.1                       | 26.3      | 0.149     | 0.146     | 2.11                     | 3.40      |
|                   |        |     | 155                       | 4.5      | 24.3                     | 38.8      | 20.2                       | 24.5      | 0.139     | 0.139     | 2.32                     | 3.00      |
|                   |        |     | 162                       | 5.7      | 20.1                     | 34.7      | 19.6                       | 24.6      | 0.134     | 0.121     | 2.10                     | 3.19      |
| 骨材の組<br>合せの影<br>響 | B      | B   | 148                       | 4.8      | 25.8                     | 39.6      | 21.0                       | 25.4      | 0.143     | 0.157     | 2.24                     | 3.24      |
|                   |        |     | 155                       | 3.4      | 23.8                     | 39.7      | 21.4                       | 26.0      | 0.138     | 0.138     | 2.11                     | 3.40      |
|                   |        |     | 162                       | 4.0      | 21.6                     | 36.0      | 19.8                       | 24.3      | 0.145     | 0.132     | 1.91                     | 3.19      |
|                   | M      | M   | 148                       | 3.7      | 25.4                     | 39.8      | 18.6                       | 22.4      | 0.133     | 0.163     | 2.03                     | 3.07      |
|                   |        |     | 155                       | 5.0      | 23.7                     | 37.1      | 17.5                       | 21.5      | 0.132     | 0.149     | 2.34                     | 2.85      |
|                   |        |     | 162                       | 5.4      | 20.4                     | 34.0      | 17.3                       | 21.4      | 0.127     | 0.113     | 1.73                     | 2.64      |
|                   | C      | C   | 148                       | 4.5      | 24.7                     | 36.4      | 15.1                       | 18.3      | 0.126     | 0.122     | 2.11                     | 2.99      |
|                   |        |     | 155                       | 7.7      | 20.6                     | 31.3      | 14.4                       | 17.8      | 0.158     | 0.095     | 1.62                     | 2.57      |
|                   |        |     | 162                       | 5.1      | 19.9                     | 32.9      | 15.0                       | 18.3      | 0.152     | 0.140     | 1.99                     | 2.65      |

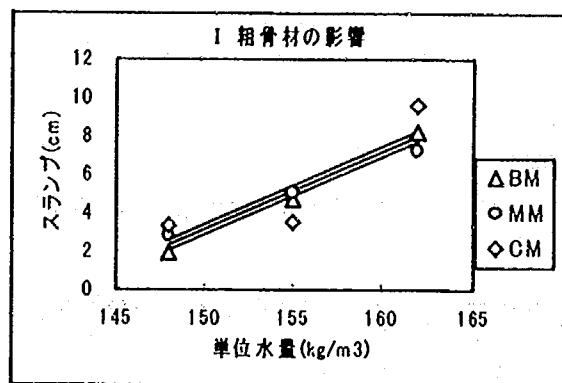
表-6.2.4 フレッシュ性状の回帰結果 スランプ SL

| 試験シリーズ        | 回帰係数  |       |      |       | 相関係数  | スランプ8cmのときの<br>単位水量(kg/m <sup>3</sup> ) |       |       |
|---------------|-------|-------|------|-------|-------|-----------------------------------------|-------|-------|
|               | a     | b     | c    | d     |       | B                                       | M     | C     |
| I 粗骨材の影響      | 0.267 | 0.405 | 19.4 | -58.4 | 0.934 | 155.1                                   | 154.6 | 154.1 |
| II 細骨材の影響     | 0.017 | 0.424 | 52.8 | -61.4 | 0.979 | 154.3                                   | 154.6 | 154.8 |
| III 骨材の組合せの影響 | 0.167 | 0.364 | 61.1 | -52.5 | 0.962 | 154.1                                   | 154.8 | 155.4 |

表-6.2.5 フレッシュ性状の回帰結果 空気量 A

| 試験シリーズ        | 回帰係数  |        |       |      | 相関係数  | 空気量4.5%のときのAE剤量<br>(結合材質量×%) |        |        |
|---------------|-------|--------|-------|------|-------|------------------------------|--------|--------|
|               | a     | b      | c     | d    |       | B                            | M      | C      |
| I 粗骨材の影響      | 0.367 | 0.0167 | 133.3 | -0.1 | 0.974 | 0.0055                       | 0.0046 | 0.0037 |
| II 細骨材の影響     | 0.300 | 0.0095 | 133.3 | 0.7  | 0.989 | 0.0063                       | 0.0055 | 0.0048 |
| III 骨材の組合せの影響 | 0.850 | 0.0036 | 158.3 | -4.3 | 0.890 | 0.0063                       | 0.0041 | 0.0019 |

〈単位水量の影響〉



〈AE剤量の影響〉

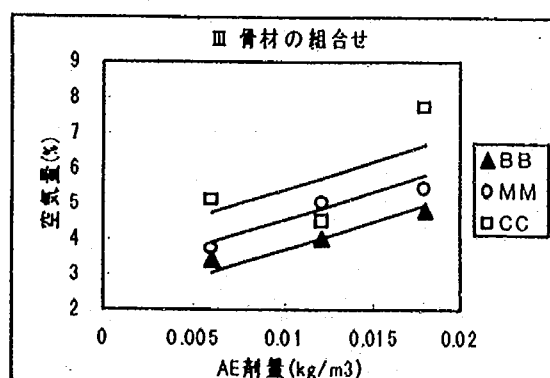
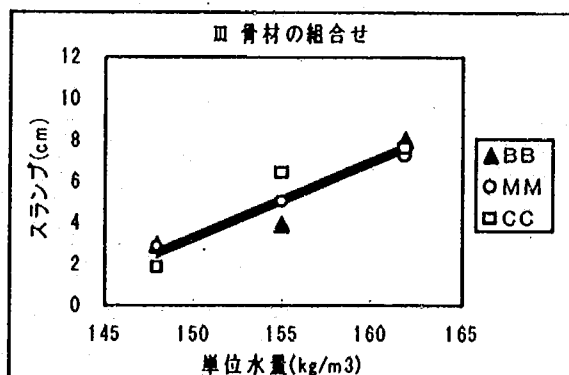
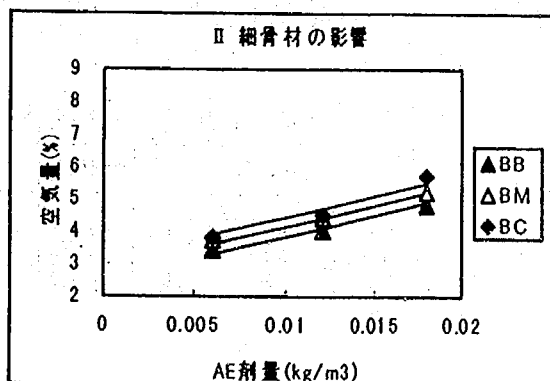
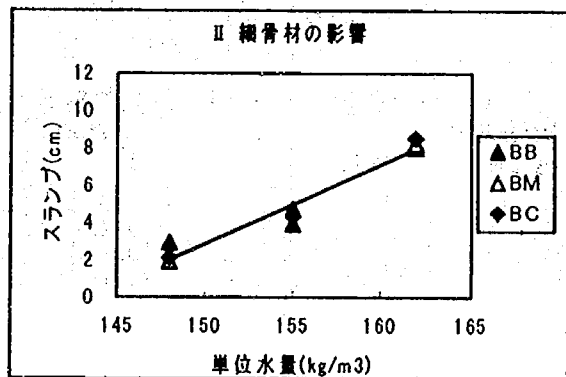
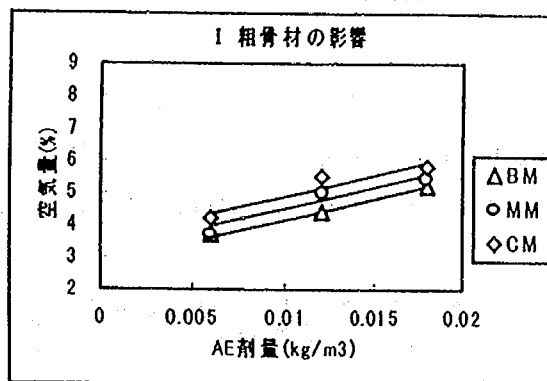


図-6.2.1 フレッシュ性状

#### 6.2.4 配合条件と強度の関係

配合条件と強度の関係を図-6.2.2および図-6.2.3に示す。骨材、単位水量、空気量の影響を(6.2.2)式で回帰した結果は表-6.2.6, 6.2.7のとおりである。

$$Y = a \cdot G + b \cdot W + c \cdot A + d \cdots (6.2.2)$$

ここに Y: 圧縮強度(N/mm<sup>2</sup>), ヤング係数(N/mm<sup>2</sup>), 引張強度(N/mm<sup>2</sup>)

A: 空気量(%)

##### (1) 圧縮強度に及ぼす単位水量, 空気量の影響

単位水量が圧縮強度に及ぼす影響は3シリーズの結果を平均すると材齢28日のとき単位少量が1 kg/m<sup>3</sup>増えると圧縮強度は0.30N/mm<sup>2</sup>減少, 91日のとき0.34N/mm<sup>2</sup>の減少となっている。これは材齢28日のときの強度が20~27N/mm<sup>2</sup>であり, 単位水量1 kg/m<sup>3</sup>で1%強の強度の増減に相当する。91日の場合は31~40N/mm<sup>2</sup>であり1%程度である。

空気量が圧縮強度に及ぼす影響は, シリーズIIIはわずかにプラスになっているが, シリーズI, IIは空気量が1%増えると圧縮強度は約1N/mm<sup>2</sup>の減少となっている。

##### (2) ヤング係数, 引張強度に及ぼす単位水量, 空気量の影響

ヤング係数, 引張強度も, 圧縮強度ほどではないが, 単位水量, 空気量が増えるほど減少する傾向がある。

表-6.2.6 骨材, 単位水量, 空気量が圧縮強度, ヤング係数, 引張強度に及ぼす影響(材齢28日)

| 試験シリーズ        | 圧縮強度(N/mm <sup>2</sup> ) |        |      |      |       | ヤング係数(kN/mm <sup>2</sup> ) |        |      |      |       | 引張強度(N/mm <sup>2</sup> ) |        |      |     |       |
|---------------|--------------------------|--------|------|------|-------|----------------------------|--------|------|------|-------|--------------------------|--------|------|-----|-------|
|               | 回帰係数                     |        |      |      | 相関係数  | 回帰係数                       |        |      |      | 相関係数  | 回帰係数                     |        |      |     | 相関係数  |
|               | a                        | b      | c    | d    |       | a                          | b      | c    | d    |       | a                        | b      | c    | d   |       |
| I 粗骨材の影響      | -0.227                   | -0.268 | -1.1 | 70.1 | 0.965 | -2.858                     | -0.050 | -0.2 | 32.0 | 0.995 | -0.076                   | -0.011 | -0.1 | 4.3 | 0.586 |
| II 細骨材の影響     | 0.284                    | -0.304 | -1.1 | 75.1 | 0.970 | 0.087                      | -0.086 | -0.5 | 35.9 | 0.808 | 0.034                    | -0.007 | 0.0  | 3.0 | 0.534 |
| III 骨材の組合せの影響 | -1.053                   | -0.335 | 0.2  | 76.1 | 0.966 | -2.959                     | -0.062 | 0.0  | 33.2 | 0.986 | -0.134                   | -0.019 | 0.1  | 4.6 | 0.733 |

表-6.2.7 骨材, 単位水量, 空気量が圧縮強度, ヤング係数, 引張強度に及ぼす影響(材齢91日)

| 試験シリーズ        | 圧縮強度(N/mm <sup>2</sup> ) |        |      |      |       | ヤング係数(kN/mm <sup>2</sup> ) |        |      |      |       | 引張強度(N/mm <sup>2</sup> ) |        |      |     |       |
|---------------|--------------------------|--------|------|------|-------|----------------------------|--------|------|------|-------|--------------------------|--------|------|-----|-------|
|               | 回帰係数                     |        |      |      | 相関係数  | 回帰係数                       |        |      |      | 相関係数  | 回帰係数                     |        |      |     | 相関係数  |
|               | a                        | b      | c    | d    |       | a                          | b      | c    | d    |       | a                        | b      | c    | d   |       |
| I 粗骨材の影響      | -0.259                   | -0.366 | -0.9 | 98.6 | 0.968 | -2.741                     | -0.051 | -0.1 | 35.6 | 0.998 | -0.097                   | -0.023 | -0.2 | 7.4 | 0.949 |
| II 細骨材の影響     | 0.708                    | -0.350 | -1.8 | 98.8 | 0.988 | 0.057                      | -0.078 | -0.4 | 38.5 | 0.764 | -0.016                   | -0.011 | -0.1 | 5.3 | 0.481 |
| III 骨材の組合せの影響 | -2.494                   | -0.309 | 0.1  | 88.5 | 0.909 | -3.546                     | -0.050 | 0.0  | 36.6 | 0.990 | -0.254                   | -0.019 | -0.1 | 6.6 | 0.894 |

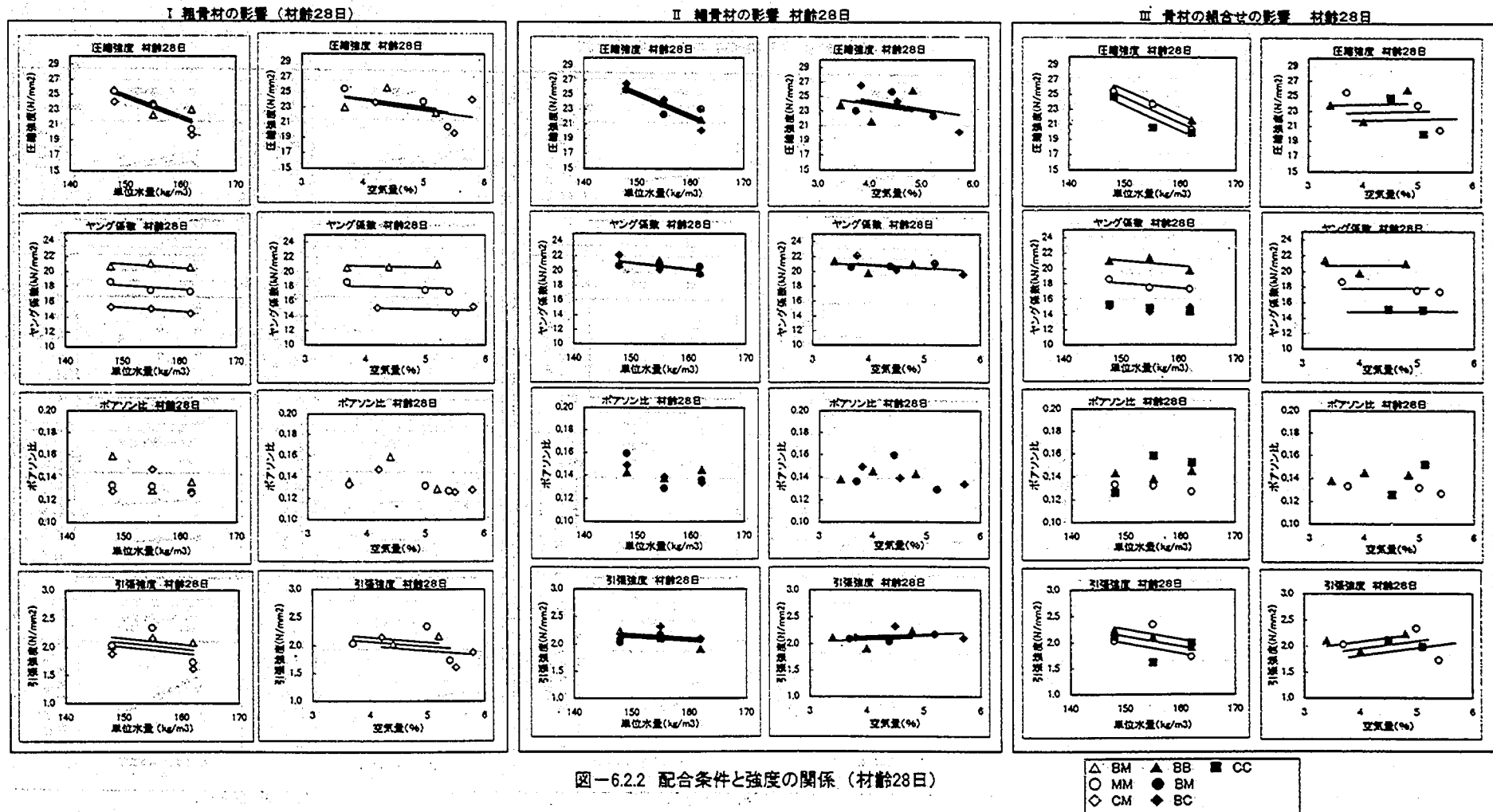


図-6.2.2 配合条件と強度の関係 (材齢28日)

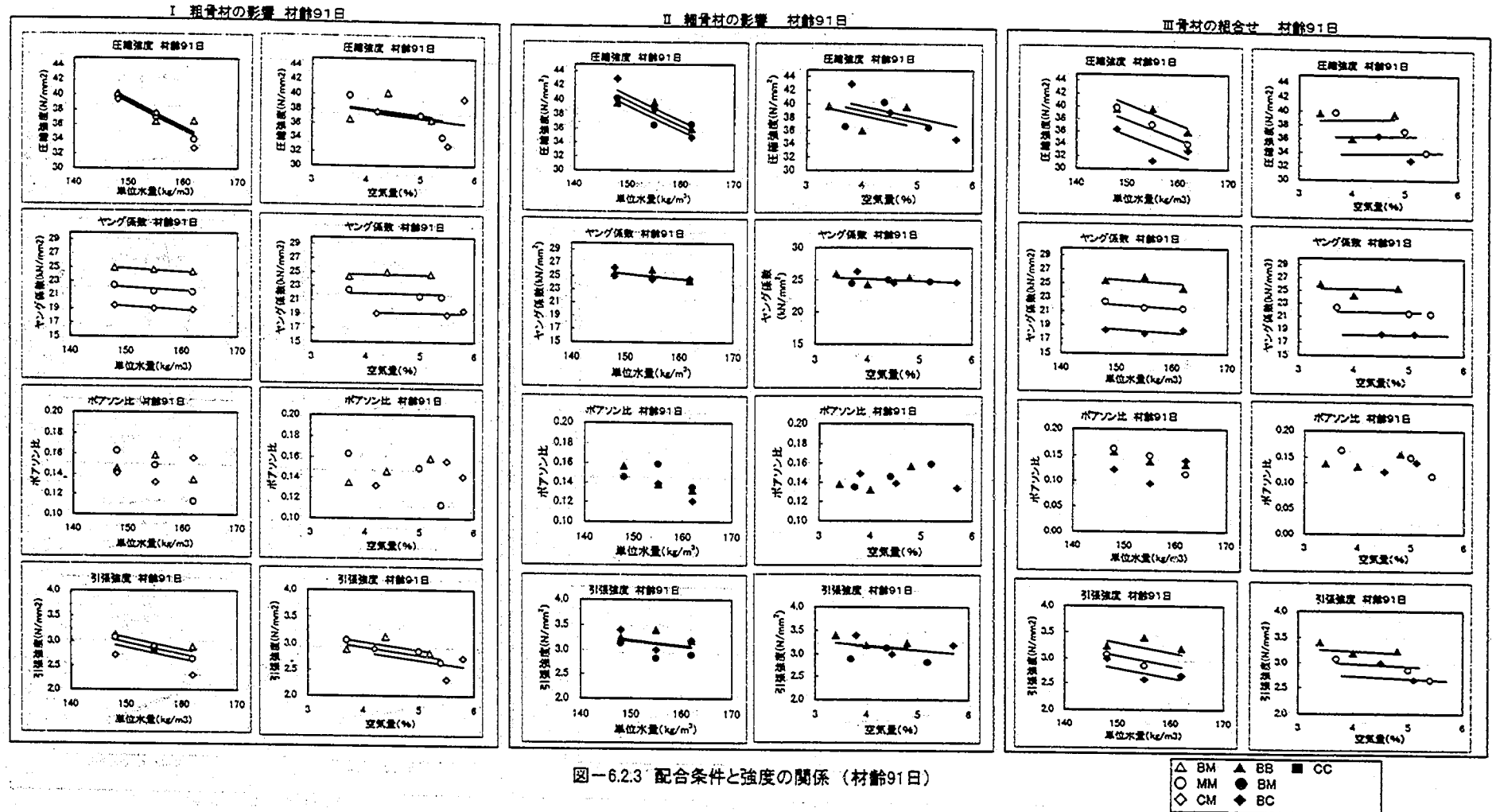


図-6.2.3 配合条件と強度の関係 (材齢91日)

## 6. 3 強度試験結果

### 6. 3. 1 配合とフレッシュ性状

強度試験および次節の凍結融解試験に用いた配合は、6. 2. 3の結果より表-6. 3. 1のとおりである。スランブ、空気量の結果は表-6. 3. 2のようになった。

表-6.3.1 外部用コンクリートの本配合

| 粗骨材<br>の最大<br>寸法<br>(mm) | 骨材の組合せ |     | 水結合<br>材比<br>W/B<br>(%) | 細骨材<br>率<br>s/a<br>(%) | 単 位 量 (kg/m <sup>3</sup> ) |                       |          |          |           | 空気量<br>調整剤 |
|--------------------------|--------|-----|-------------------------|------------------------|----------------------------|-----------------------|----------|----------|-----------|------------|
|                          | 粗骨材    | 細骨材 |                         |                        | 水<br>W                     | 結合材<br>B<br>(C+FA)    | 細骨材<br>S | 粗骨材<br>G | AE<br>減水剤 |            |
| 40                       | B      | M   | 51.7                    | 40                     | 155                        | 300<br>C=210<br>FA=90 | 723      | 1090     | 0.750     | 0.016      |
|                          | M      | M   |                         |                        |                            |                       | 723      | 1090     | 0.750     | 0.013      |
|                          | C      | M   |                         |                        |                            |                       | 723      | 1086     | 0.750     | 0.011      |
|                          | B      | B   |                         |                        |                            |                       | 723      | 1090     | 0.750     | 0.019      |
|                          | B      | C   |                         |                        |                            |                       | 720      | 1090     | 0.750     | 0.014      |
|                          | C      | C   |                         |                        |                            |                       | 720      | 1086     | 0.750     | 0.006      |

表-6.3.2 配合試験-フレッシュ性状

| 試験条件                     | 骨材の組合せ |     | 配合条件                      |                           | 試験結果       |          |
|--------------------------|--------|-----|---------------------------|---------------------------|------------|----------|
|                          | 粗骨材    | 細骨材 | 単位水量<br>kg/m <sup>3</sup> | AE剤量<br>kg/m <sup>3</sup> | スランブ<br>cm | 空気量<br>% |
| I<br>粗骨材<br>の影響          | B      | M   | 148                       | 0.012                     | 1.9        | 4.4      |
|                          |        |     | 155                       | 0.018                     | 4.7        | 5.2      |
|                          |        |     | 162                       | 0.006                     | 8.2        | 3.7      |
|                          | M      | M   | 148                       | 0.006                     | 2.8        | 3.7      |
|                          |        |     | 155                       | 0.012                     | 5.0        | 5.0      |
|                          |        |     | 162                       | 0.018                     | 7.2        | 5.4      |
| II<br>細骨材<br>の影響         | B      | B   | 148                       | 0.018                     | 3.3        | 5.8      |
|                          |        |     | 155                       | 0.006                     | 3.5        | 4.2      |
|                          |        |     | 162                       | 0.012                     | 9.6        | 5.5      |
|                          | B      | M   | 148                       | 0.018                     | 2.9        | 4.8      |
|                          |        |     | 155                       | 0.006                     | 3.9        | 3.4      |
|                          |        |     | 162                       | 0.012                     | 8.0        | 4.0      |
| III<br>骨材の<br>組合せ<br>の影響 | B      | C   | 148                       | 0.012                     | 1.9        | 4.4      |
|                          |        |     | 155                       | 0.018                     | 4.7        | 5.2      |
|                          |        |     | 162                       | 0.006                     | 8.2        | 3.7      |
|                          | M      | C   | 148                       | 0.006                     | 2.1        | 3.8      |
|                          |        |     | 155                       | 0.012                     | 4.3        | 4.5      |
|                          |        |     | 162                       | 0.018                     | 8.5        | 5.7      |
| IV<br>骨材の<br>組合せ<br>の影響  | B      | B   | 148                       | 0.018                     | 2.9        | 4.8      |
|                          |        |     | 155                       | 0.006                     | 3.9        | 3.4      |
|                          |        |     | 162                       | 0.012                     | 8.0        | 4.0      |
|                          | M      | M   | 148                       | 0.006                     | 2.8        | 3.7      |
|                          |        |     | 155                       | 0.012                     | 5.0        | 5.0      |
|                          |        |     | 162                       | 0.018                     | 7.2        | 5.4      |
| V<br>骨材の<br>組合せ<br>の影響   | C      | C   | 148                       | 0.012                     | 1.8        | 4.5      |
|                          |        |     | 155                       | 0.018                     | 6.4        | 7.7      |
|                          |        |     | 162                       | 0.006                     | 7.6        | 5.1      |

### 6.3.2 強度試験結果

材齢と圧縮強度、ヤング係数、ポアソン比、引張強度試験結果は表-6.3.3のとおりである。材齢と圧縮強度、引張強度の関係を図-6.3.1, 6.3.2に示す。圧縮強度とヤング係数、ポアソン比の関係は図-6.3.3, 6.3.4のとおりである。

### 6.3.3 骨材の種類と強度の関係

骨材の種類と圧縮強度、ヤング係数、引張強度の関係を材齢ごとに示すと図-6.3.5~6.3.7のようであった。

#### (1) 圧縮強度

シリーズⅠとⅢ、つまり粗骨材の品質が低下すると圧縮強度も低下傾向にある。その傾きは、材齢が進み強度が大きくなるほど大きくなる傾向があり、粗骨材の強度によってコンクリートの圧縮強度にも影響を及ぼしている。しかしながら、その影響は、最も大きいシリーズⅢの材齢182日でもBに比べCは90%程度である。91日の強度を見ると、いずれも35N/mm<sup>2</sup>程度得られており、強度的には問題ない。

シリーズⅡの細骨材の影響は、一定の傾向は見受けられず、ほとんど影響ないものと考えられる。

#### (2) ヤング係数

圧縮強度の場合と同様に、シリーズⅠとⅢは粗骨材の品質が低下するほどヤング係数も低下する傾向がある。シリーズⅡはほとんど影響ない。シリーズⅠとⅢの傾きは、材齢にかかわらずほぼ一定である。図-6.3.3からわかるように、粗骨材の違いによって明確に分かれている。

#### (3) 引張強度

引張強度も圧縮強度とほぼ同様な傾向を示している。

表-6.3.3 強度試験結果

| 試験条件               | 骨材の組合せ                     |      | フレッシュ性状    |          | 圧縮強度(N/mm <sup>2</sup> ) |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |      |
|--------------------|----------------------------|------|------------|----------|--------------------------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
|                    | 粗                          | 細    | スランブ<br>cm | 空気量<br>% | 3日                       | 7日   | 14日  | 28日  | 56日   | 91日   | 182日  | 365日  |       |       |       |      |
| Ⅰ粗骨材<br>の影響        | B                          | M    | 5.1        | 4.5      | 8.81                     | 13.5 |      | 22.2 |       | 36.5  | 41.5  |       |       |       |       |      |
|                    | M                          | M    | 4.4        | 4.4      | 8.56                     | 13.2 | 17.3 | 22.1 | 29.2  | 35.6  | 42.5  |       |       |       |       |      |
|                    | C                          | M    | 5.0        | 4.7      | 8.16                     | 12.6 |      | 21.9 |       | 35.9  | 42.5  |       |       |       |       |      |
| Ⅱ細骨材<br>の影響        | B                          | B    | 5.1        | 4.2      | 8.77                     | 14.0 |      | 22.8 |       | 37.4  | 43.4  |       |       |       |       |      |
|                    | B                          | M    | 5.1        | 4.5      | 8.61                     | 13.5 |      | 22.2 |       | 36.5  | 41.5  |       |       |       |       |      |
|                    | B                          | C    | 5.1        | 4.9      | 8.50                     | 13.6 |      | 23.6 |       | 37.1  | 42.6  |       |       |       |       |      |
| Ⅲ骨材の<br>組合せの<br>影響 | B                          | B    | 5.1        | 4.2      | 8.77                     | 14.0 |      | 22.8 |       | 37.4  | 43.4  |       |       |       |       |      |
|                    | M                          | M    | 4.4        | 4.4      | 8.56                     | 13.2 | 17.3 | 22.1 | 29.2  | 35.6  | 42.5  |       |       |       |       |      |
|                    | C                          | C    | 4.9        | 4.8      | 8.07                     | 13.5 |      | 22.6 |       | 36.7  | 39.6  |       |       |       |       |      |
| 試験条件               | ヤング係数(kN/mm <sup>2</sup> ) |      |            |          |                          |      |      |      | ポアソン比 |       |       |       |       |       |       |      |
|                    | 3日                         | 7日   | 14日        | 28日      | 56日                      | 91日  | 182日 | 365日 | 3日    | 7日    | 14日   | 28日   | 56日   | 91日   | 182日  | 365日 |
| Ⅰ粗骨材<br>の影響        | 13.9                       | 16.5 | -          | 20.5     | -                        | 24.2 | 26.4 |      | 0.058 | 0.119 | -     | 0.141 | -     | 0.146 | 0.202 |      |
|                    | 11.1                       | 14.0 | 15.3       | 17.7     | 19.3                     | 22.1 | 24.2 |      | 0.048 | 0.093 | 0.140 | 0.136 | 0.161 | 0.150 | 0.164 |      |
|                    | 9.7                        | 11.5 | -          | 14.8     | -                        | 18.3 | 21.5 |      | 0.059 | 0.076 | -     | 0.134 | -     | 0.126 | 0.165 |      |
| Ⅱ細骨材<br>の影響        | 13.9                       | 16.6 | -          | 20.3     | -                        | 24.8 | 30.4 |      | 0.086 | 0.107 | -     | 0.121 | -     | 0.143 | 0.220 |      |
|                    | 13.9                       | 16.5 | -          | 20.5     | -                        | 24.2 | 26.4 |      | 0.058 | 0.119 | -     | 0.141 | -     | 0.146 | 0.202 |      |
|                    | 14.5                       | 16.5 | -          | 20.1     | -                        | 24.1 | 26.2 |      | 0.097 | 0.114 | -     | 0.144 | -     | 0.146 | 0.185 |      |
| Ⅲ骨材の<br>組合せの<br>影響 | 13.9                       | 16.6 | -          | 20.3     | -                        | 24.8 | 30.4 |      | 0.086 | 0.107 | -     | 0.121 | -     | 0.143 | 0.220 |      |
|                    | 11.1                       | 14.0 | 15.3       | 17.7     | 19.3                     | 22.1 | 24.2 |      | 0.048 | 0.093 | 0.140 | 0.136 | 0.161 | 0.150 | 0.164 |      |
|                    | 9.5                        | 11.6 | -          | 14.7     | -                        | 19.3 | 20.5 |      | 0.070 | 0.111 | -     | 0.120 | -     | 0.118 | 0.168 |      |
| 試験条件               | 引張強度(N/mm <sup>2</sup> )   |      |            |          |                          |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |      |
|                    | 1日                         | 3日   | 7日         | 14日      | 28日                      | 56日  | 91日  | 182日 | 365日  |       |       |       |       |       |       |      |
| Ⅰ粗骨材<br>の影響        |                            | 0.78 | 1.23       |          | 1.98                     |      | 2.85 | 3.27 |       |       |       |       |       |       |       |      |
|                    | 0.29                       | 0.84 | 1.30       | 1.74     | 2.05                     | 2.66 | 2.79 | 3.29 |       |       |       |       |       |       |       |      |
|                    |                            | 0.68 | 1.17       |          | 1.70                     |      | 2.58 | 3.08 |       |       |       |       |       |       |       |      |
| Ⅱ細骨材<br>の影響        |                            | 0.82 | 1.67       |          | 1.94                     |      | 2.87 | 3.47 |       |       |       |       |       |       |       |      |
|                    |                            | 0.78 | 1.23       |          | 1.98                     |      | 2.85 | 3.27 |       |       |       |       |       |       |       |      |
|                    |                            | 0.76 | 1.30       |          | 1.66                     |      | 2.95 | 3.78 |       |       |       |       |       |       |       |      |
| Ⅲ骨材の<br>組合せの<br>影響 |                            | 0.82 | 1.67       |          | 1.94                     |      | 2.87 | 3.47 |       |       |       |       |       |       |       |      |
|                    | 0.29                       | 0.84 | 1.30       | 1.74     | 2.05                     | 2.66 | 2.79 | 3.29 |       |       |       |       |       |       |       |      |
|                    |                            | 0.67 | 1.15       |          | 1.54                     |      | 2.44 | 3.33 |       |       |       |       |       |       |       |      |

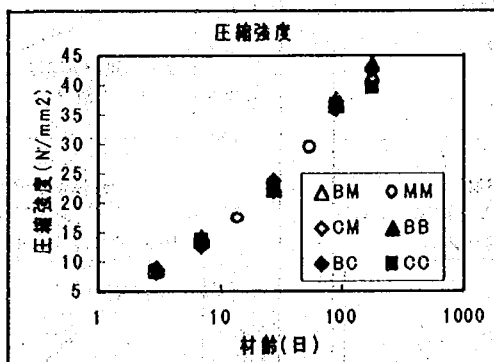


図-6.3.1 材齢と圧縮強度の関係

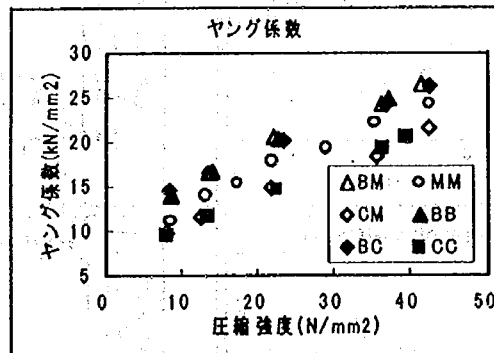


図-6.3.3 圧縮強度とヤング係数の関係

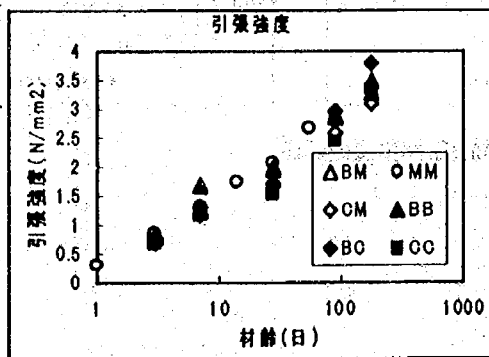


図-6.3.2 材齢と引張強度の関係

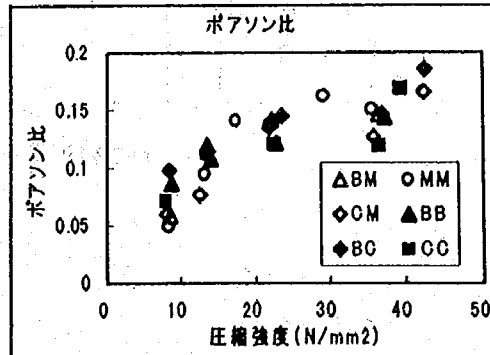


図-6.3.4 圧縮強度とポアソン比の関係

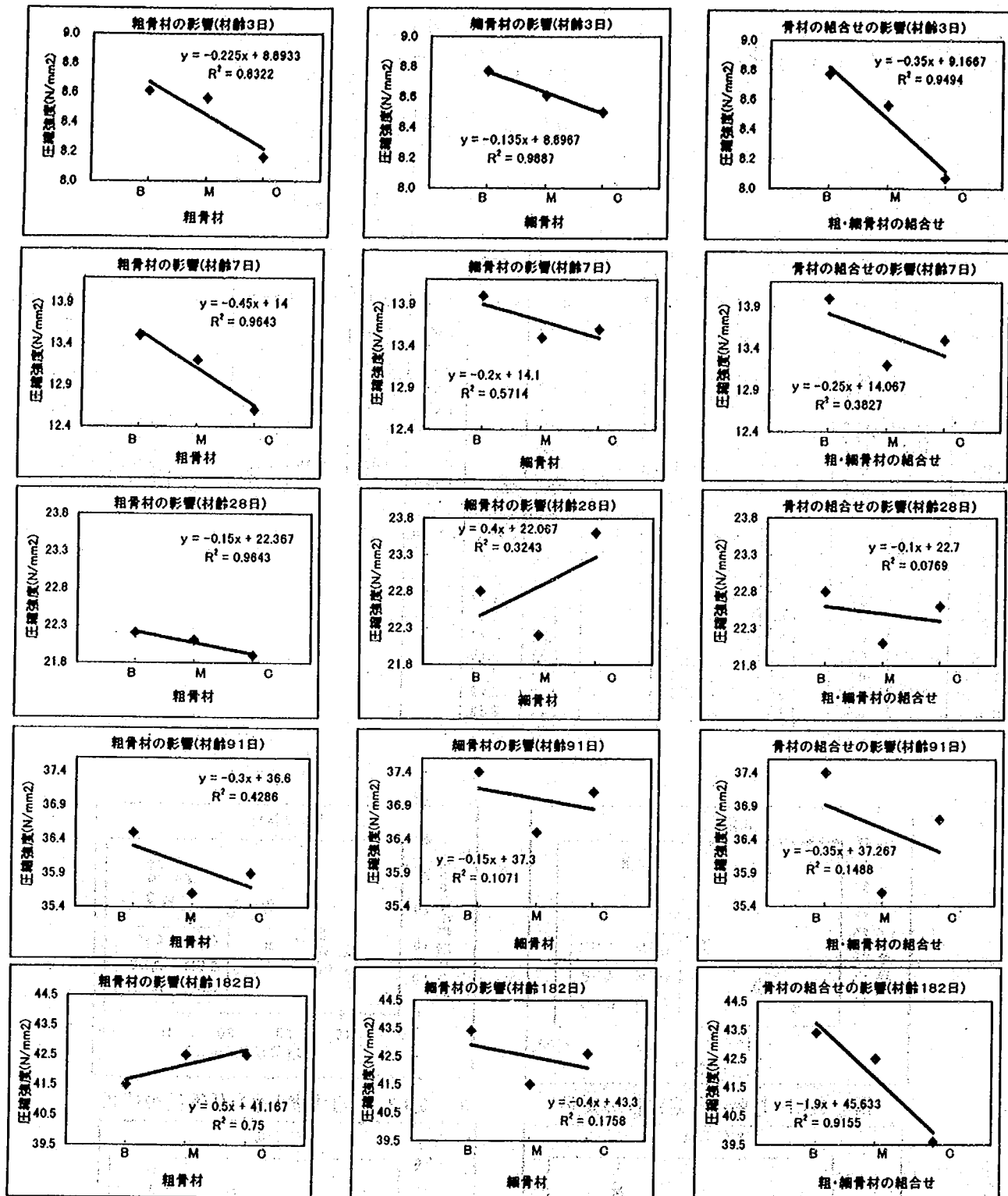


図-6.3.5 骨材の種類と圧縮強度の関係

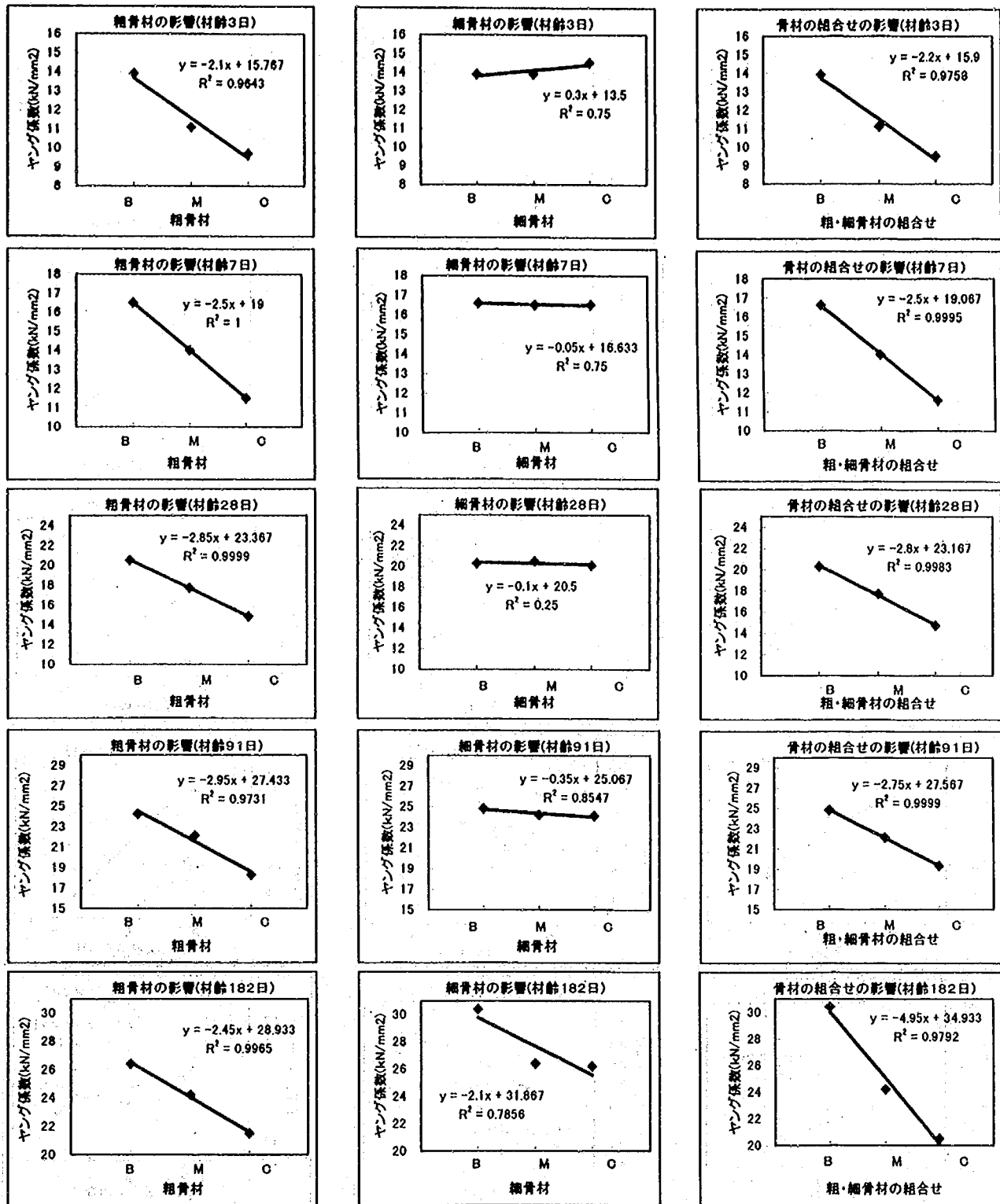


図-6.3.6 骨材の種類とヤング係数の関係

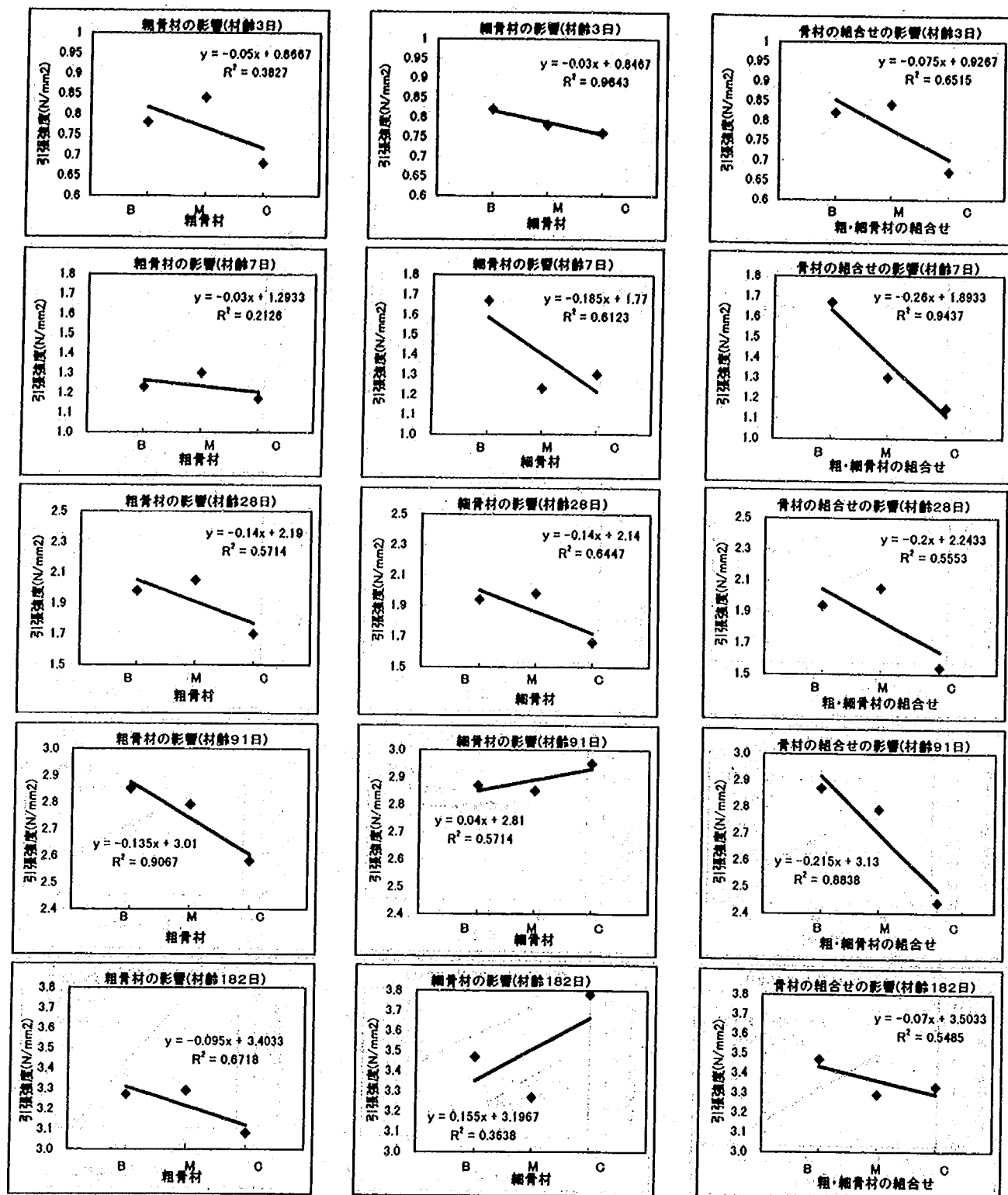


図-6.3.7 骨材の種類と引張強度の関係

## 6. 4 凍結融解試験結果

### 6. 4. 1 試験結果

凍結融解試験の試験条件、初期条件と所定サイクルごとの相対動ヤング係数、質量減少率、耐久性指数を表-6. 4. 1に示す。

初期条件は、供試体作製時の空気量、試験開始材齢、試験開始時（初期）の圧縮強度である。

相対動ヤング係数は、たわみ振動および縦振動の結果と、両者の係数比を示した。

これらの結果は図-6. 4. 1のとおりである。

### 6. 4. 2 初期条件

試験開始時の供試体は以下のような状態であった。

空気量は、すべて4%台に入っている。

圧縮強度は、28日がほとんど22N/mm<sup>2</sup>台で一定である。14日は17. 3N/mm<sup>2</sup>、56日は29. 2N/mm<sup>2</sup>であった。しかしながら、ヤング係数は28日の圧縮強度がほぼ一定にもかかわらず、たわみ振動の場合32~38kN/mm<sup>2</sup>、縦振動の場合34~41kN/mm<sup>2</sup>の範囲に分布している。14日はそれらのほぼ下限値、56日はほぼ上限値となっている。これらの関係は図-6. 4. 2のとおりである。ちなみに、たわみ振動と縦振動の関係は図-6. 4. 3、静ヤング係数と動ヤング係数の関係は図-6. 4. 4のようになる、縦振動はたわみ振動より5. 9%ほど大きくなっている。動ヤング係数は静ヤング係数より22%大きくなっている。

### 6. 4. 3 骨材の種類と耐久性指数

シリーズⅠ~Ⅲの骨材の種類と耐久性指数の関係は図-6. 4. 5のとおりである。全体的には、骨材の品質にかかわらず、たわみ振動の場合の耐久性指数は71. 0~78. 4、平均76. 5、縦振動の場合82. 1~89. 2、平均85. 3となっている。たわみ振動では76. 5確保されているので、骨材Cについても十分使用可能と考えられる。

詳細に見ると、粗骨材の影響は、シリーズⅠとⅢより、多少骨材品質の影響があるものと考えられる。しかし、細骨材は、シリーズⅡのように逆の傾向を示している。このことを裏づけるようにシリーズⅢのB、つまりB-Bの組合せはM-Mの組合せよりも小さくなっている。この原因は、空気の連行のしやすさの違いにあるものと考えられる。表-6. 4. 1の空気量を見ると、B-Bは4. 2%であり、最も少なくなっている。

### 6. 4. 4 空気量、開始材齢、圧縮強度と耐久性指数

空気量、開始材齢、圧縮強度と耐久性指数の関係を図-6. 4. 6に示す。

空気量の影響については、すべて4%台に入っているのではほぼ一定であるが、詳細に見ると空気量の増加にともない耐久性指数もわずかではあるが増加傾向にあるように見受けられる。

開始材齢、圧縮強度の関係もほぼ一定となっているが、材齢56日は強度も29. 2N/mm<sup>2</sup>あるにもかかわらず、たわみ振動の場合最低値、縦振動も下限値に近い。空気量などを詳細に検討する必要があるものと考えられる。

表-6.4.1 凍結融解試験結果

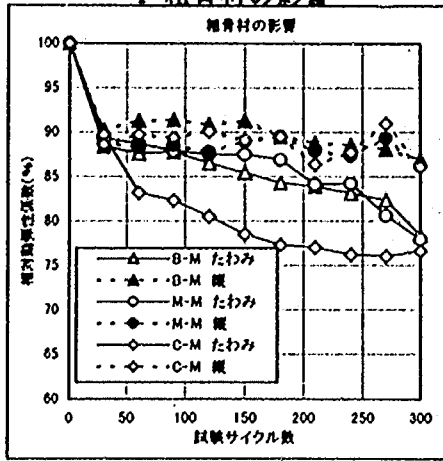
|                  | 試験条件   |     | 空気<br>量<br>% | 試験<br>開始<br>材齢<br>日 | 初期<br>圧縮<br>強度<br>N/mm <sup>2</sup> | 注)              | 初期<br>ヤング<br>係数<br>kN/mm <sup>2</sup> | サイクルごとの相対動ヤング係数 (%) |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 耐久<br>性指<br>数 | サイクルごとの質量減少率(%) |      |      |      |      |      |      |      |   |   |  |  |  |
|------------------|--------|-----|--------------|---------------------|-------------------------------------|-----------------|---------------------------------------|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------------|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|---|---|--|--|--|
|                  | 骨材の組合せ |     |              |                     |                                     |                 |                                       |                     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |               |                 |      |      |      |      |      |      |      |   |   |  |  |  |
|                  | 粗骨材    | 細骨材 |              |                     |                                     |                 |                                       | 30                  | 60   | 90   | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  | 30   | 60   |               | 90              | 120  | 150  | 180  | 210  | 240  | 270  | 300  |   |   |  |  |  |
| I<br>粗骨材<br>の影響  | B      | M   | 4.5          | 28                  | 22.2                                | たわみ<br>縦<br>係数比 | 36.2                                  | 88.4                | 87.6 | 87.8 | 86.5 | 85.4 | 84.3 | 83.9 | 83.1 | 82.3 | 78.3 | 78.3 | 0.43 | 0.76          | 1.03            | 1.29 | 1.55 | 1.89 | 2.23 | 2.61 | 3.01 | 3.40 |   |   |  |  |  |
|                  |        |     |              |                     |                                     |                 | 38.4                                  | 90.3                | 91.3 | 91.4 | 90.9 | 91.3 | 89.5 | 88.8 | 88.6 | 88.1 | 86.9 | 86.9 | —    | —             | —               | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | — | — |  |  |  |
|                  | M      | M   | 4.4          | 14                  | 17.3                                | たわみ<br>縦<br>係数比 | 32.5                                  | 93.9                | 92.8 | 88.1 | 83.6 | 82.0 | 80.0 | 80.2 | 79.9 | 77.5 | 73.7 | 73.7 | 0.46 | 1.03          | 1.48            | 1.81 | 2.38 | 3.03 | 3.61 | 4.26 | 5.01 | 5.61 |   |   |  |  |  |
|                  |        |     |              |                     |                                     |                 | 32.0                                  | 97.6                | 96.8 | 95.9 | 97.1 | 96.6 | 96.3 | 95.6 | 94.6 | 92.7 | 90.2 | 90.2 | —    | —             | —               | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | — |   |  |  |  |
|                  |        |     |              | 28                  | 22.1                                | たわみ<br>縦<br>係数比 | 34.6                                  | 89.3                | 88.7 | 87.9 | 87.5 | 87.5 | 86.9 | 84.1 | 84.2 | 80.6 | 77.9 | 77.9 | 0.40 | 0.76          | 1.03            | 1.25 | 1.52 | 1.79 | 2.04 | 2.42 | 2.73 | 3.06 |   |   |  |  |  |
|                  |        |     |              |                     |                                     |                 | 37.3                                  | 88.8                | 88.3 | 88.5 | 87.8 | 89.0 | 89.5 | 87.9 | 87.4 | 89.3 | 86.2 | 86.2 | —    | —             | —               | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | — |   |  |  |  |
|                  |        |     |              | 56                  | 29.2                                | たわみ<br>縦<br>係数比 | 37.5                                  | 82.9                | 82.7 | 81.8 | 80.7 | 80.1 | 80.0 | 79.2 | 79.0 | 69.8 | 68.7 | 68.7 | 0.26 | 0.58          | 0.84            | 1.01 | 1.19 | 1.40 | 1.74 | 1.74 | 1.95 | 2.18 |   |   |  |  |  |
|                  |        |     |              |                     |                                     |                 | 38.6                                  | 87.4                | 87.2 | 86.6 | 85.6 | 86.5 | 85.7 | 85.4 | 85.4 | 83.1 | 84.6 | 84.6 | —    | —             | —               | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | — |   |  |  |  |
|                  | C      | M   | 4.7          | 28                  | 21.9                                | たわみ<br>縦<br>係数比 | 33.6                                  | 89.7                | 83.2 | 82.3 | 80.5 | 78.5 | 77.3 | 77.0 | 76.2 | 76.0 | 76.6 | 76.6 | 0.24 | 0.58          | 0.86            | 1.07 | 1.27 | 1.51 | 1.74 | 2.02 | 2.36 | 2.64 |   |   |  |  |  |
|                  |        |     |              |                     |                                     |                 | 34.2                                  | 88.6                | 89.7 | 89.4 | 90.1 | 89.1 | 89.5 | 86.4 | 87.7 | 91.0 | 86.1 | 86.1 | —    | —             | —               | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | — |   |  |  |  |
| II<br>細骨材<br>の影響 | B      | B   | 4.2          | 28                  | 22.8                                | たわみ<br>縦<br>係数比 | 38.1                                  | 89.4                | 86.9 | 86.4 | 84.6 | 83.3 | 82.1 | 80.6 | 79.3 | 76.3 | 75.0 | 75.0 | 0.67 | 0.95          | 1.27            | 1.61 | 1.91 | 2.39 | 2.88 | 3.21 | 3.85 | 4.40 |   |   |  |  |  |
|                  |        |     |              |                     |                                     |                 | 41.1                                  | 94.1                | 91.0 | 89.8 | 89.4 | 88.3 | 87.6 | 86.2 | 84.9 | 84.1 | 82.3 | 82.3 | —    | —             | —               | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | — |   |  |  |  |
|                  | B      | M   | 4.5          | 28                  | 22.2                                | たわみ<br>縦<br>係数比 | 36.2                                  | 88.4                | 87.6 | 87.8 | 86.5 | 85.4 | 84.3 | 83.9 | 83.1 | 82.3 | 78.3 | 78.3 | 0.43 | 0.76          | 1.03            | 1.29 | 1.55 | 1.89 | 2.23 | 2.61 | 3.01 | 3.40 |   |   |  |  |  |
|                  |        |     |              |                     |                                     |                 | 38.4                                  | 90.3                | 91.3 | 91.4 | 90.9 | 91.3 | 89.5 | 88.8 | 88.6 | 88.1 | 86.9 | 86.9 | —    | —             | —               | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | — |   |  |  |  |
|                  | B      | C   | 4.9          | 28                  | 23.5                                | たわみ<br>縦<br>係数比 | 37.1                                  | 92.6                | 89   | 88.4 | 87.8 | 87.2 | 86.4 | 85.1 | 84.1 | 82.8 | 78.4 | 78.4 | 0.45 | 0.78          | 1.19            | 1.48 | 1.76 | 2.24 | 2.73 | 3.16 | 3.68 | 4.08 |   |   |  |  |  |
|                  |        |     |              |                     |                                     |                 | 40.3                                  | 90.7                | 91.5 | 91.5 | 91.8 | 90.6 | 90.4 | 90.3 | 90.1 | 89.7 | 89.2 | 89.2 | —    | —             | —               | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | — |   |  |  |  |
| III<br>骨組<br>の影響 | B      | B   | 4.2          | 28                  | 22.8                                | たわみ<br>縦<br>係数比 | 38.1                                  | 89.4                | 86.9 | 86.4 | 84.6 | 83.3 | 82.1 | 80.6 | 79.3 | 76.3 | 75.0 | 75.0 | 0.67 | 0.95          | 1.27            | 1.61 | 1.91 | 2.39 | 2.88 | 3.21 | 3.85 | 4.40 |   |   |  |  |  |
|                  |        |     |              |                     |                                     |                 | 41.1                                  | 94.1                | 91.0 | 89.8 | 89.4 | 88.3 | 87.6 | 86.2 | 84.9 | 84.1 | 82.3 | 82.3 | —    | —             | —               | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | — |   |  |  |  |
|                  | M      | M   | 4.4          | 28                  | 22.1                                | たわみ<br>縦<br>係数比 | 34.6                                  | 89.3                | 88.7 | 87.9 | 87.5 | 87.5 | 86.9 | 84.1 | 84.2 | 80.6 | 77.9 | 77.9 | 0.40 | 0.76          | 1.03            | 1.25 | 1.52 | 1.79 | 2.04 | 2.42 | 2.73 | 3.06 |   |   |  |  |  |
|                  |        |     |              |                     |                                     |                 | 37.3                                  | 88.8                | 88.3 | 88.5 | 87.8 | 89.0 | 89.5 | 87.9 | 87.4 | 89.3 | 86.2 | 86.2 | —    | —             | —               | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    |   |   |  |  |  |
|                  | C      | C   | 4.8          | 28                  | 22.6                                | たわみ<br>縦<br>係数比 | 32.9                                  | 89.9                | 90.3 | 86.0 | 83.4 | 78.6 | 79.0 | 77.8 | 77.7 | 72.0 | 71.0 | 71.0 | 0.50 | 0.80          | 1.23            | 1.55 | 1.83 | 2.36 | 2.79 | 3.13 | 3.55 | 3.96 |   |   |  |  |  |
|                  |        |     |              |                     |                                     |                 | 35.4                                  | 89.0                | 88.2 | 85.5 | 85.8 | 85.1 | 83.3 | 81.9 | 82.3 | 81.9 | 82.1 | 82.1 | —    | —             | —               | —    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | — |   |  |  |  |

注)たわみ:たわみ振動

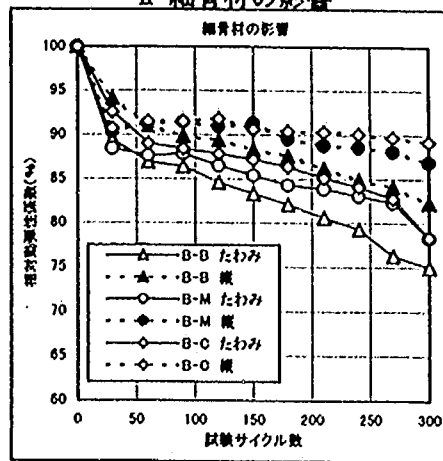
縦:縦振動

係数比:相対動弾性係数の たわみ振動/縦振動 比

### I 粗骨材の影響



### II 細骨材の影響



### III 骨材の組合せの影響

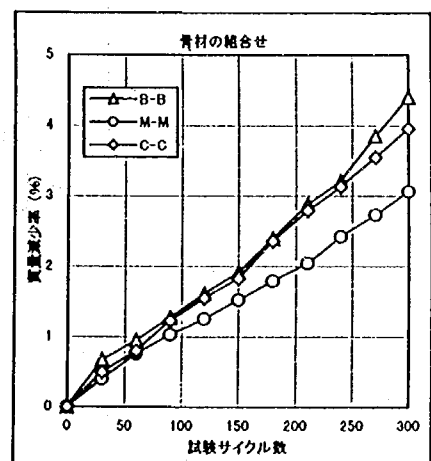
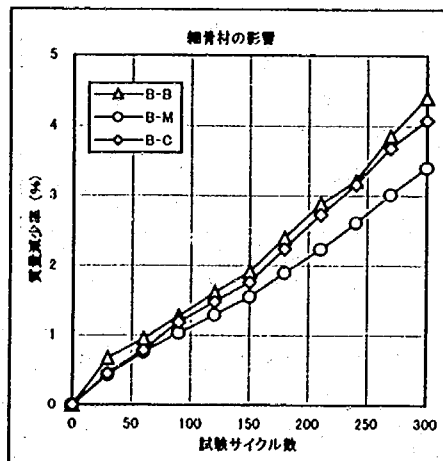
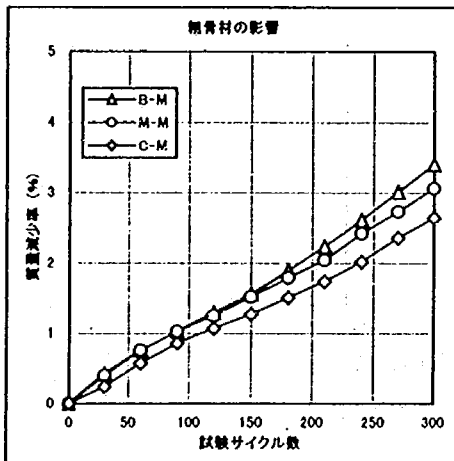
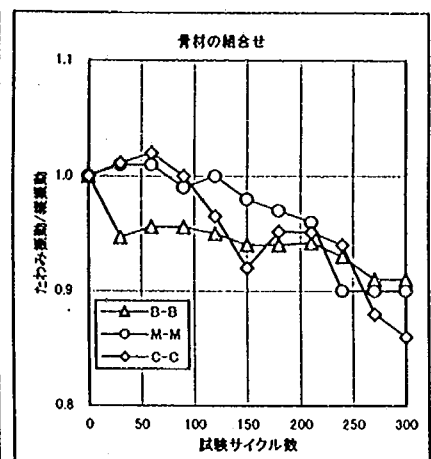
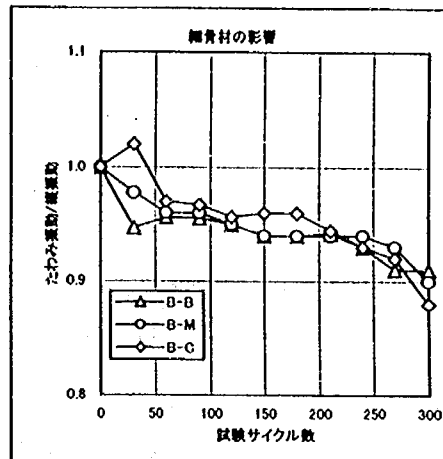
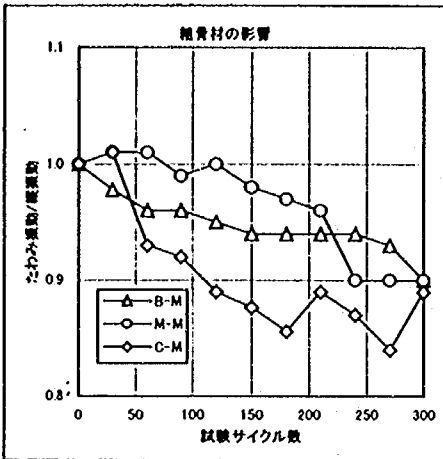
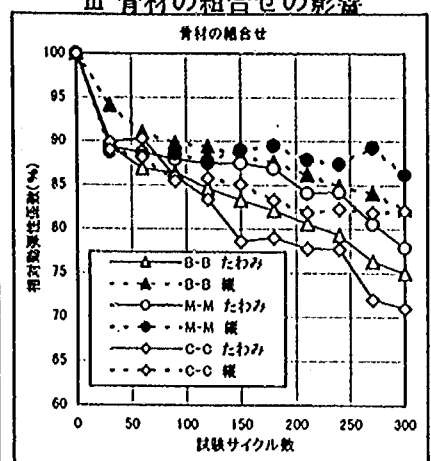


図-6.4.1 凍結融解試験結果

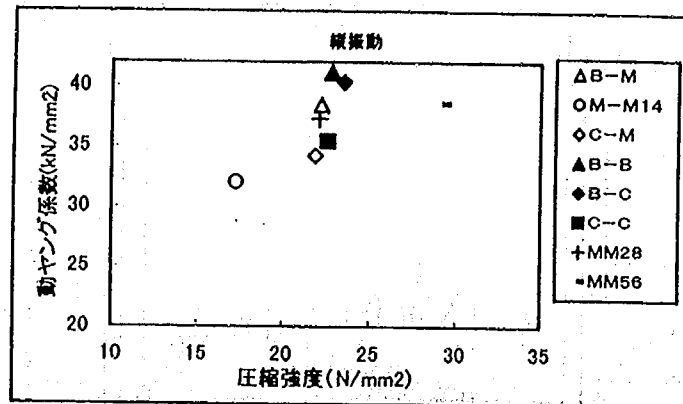
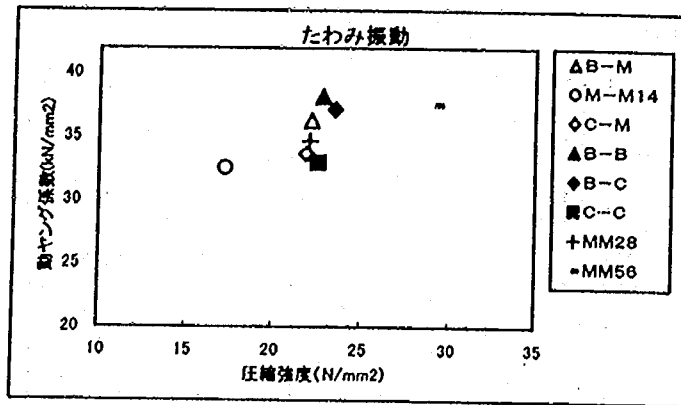


図-6.4.2 圧縮強度と動弾性係数の関係

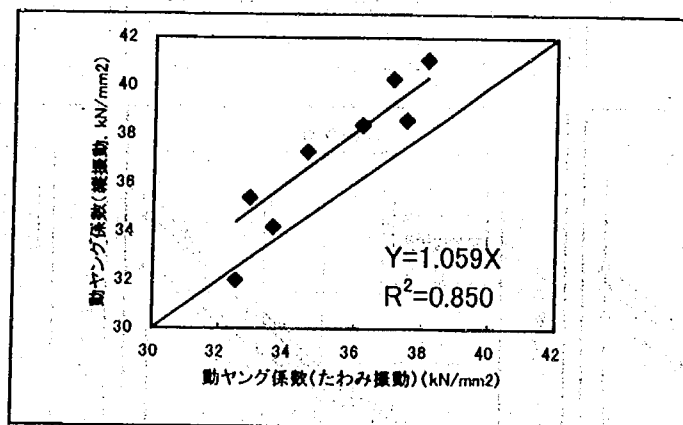


図-6.4.3 たわみ振動と縦振動による動ヤング係数の比較

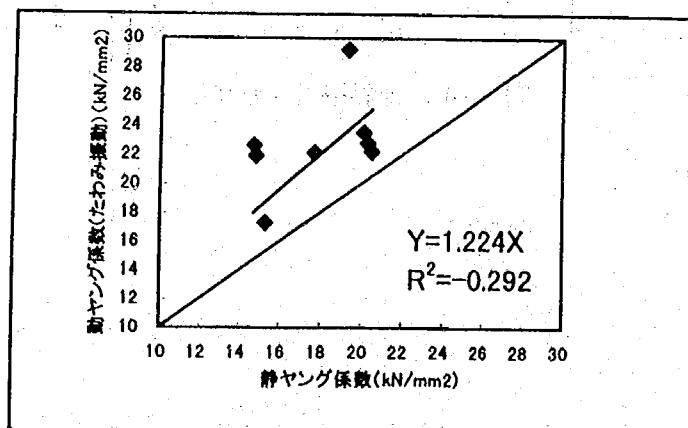


図-6.4.4 静ヤング係数と動ヤング係数(たわみ)係数の比較

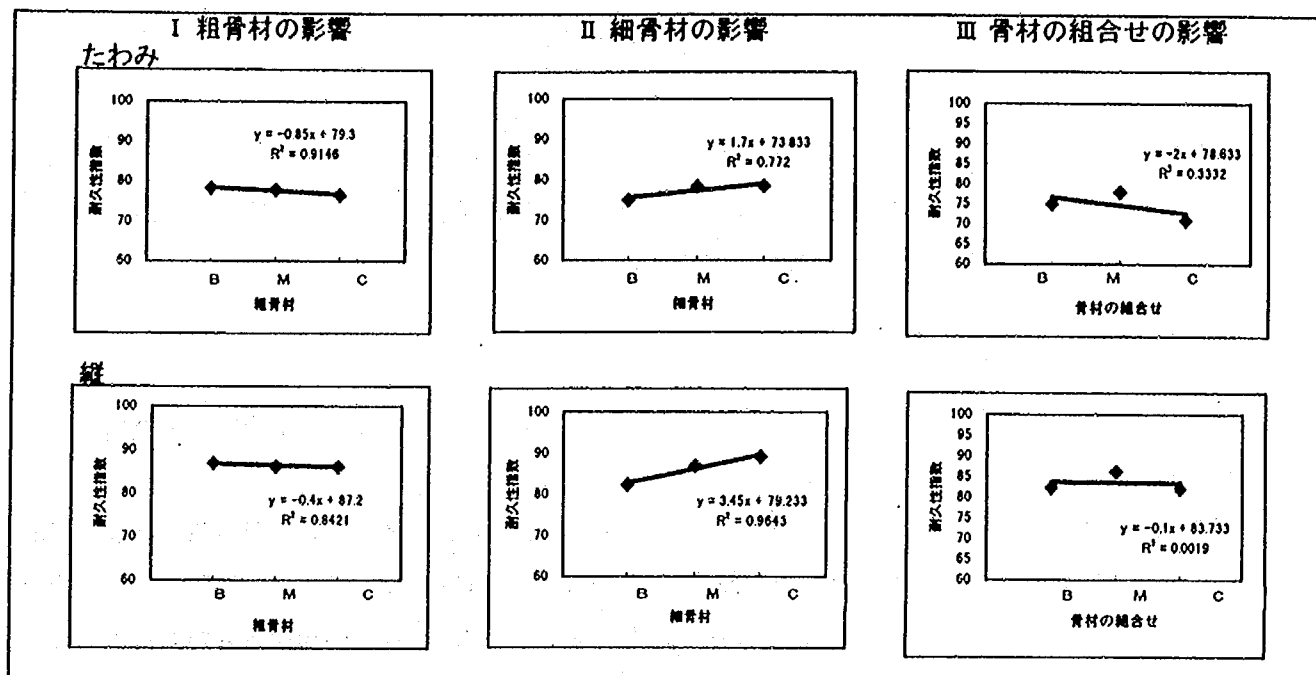


図-6.4.5 骨材の種類と耐久性能指数

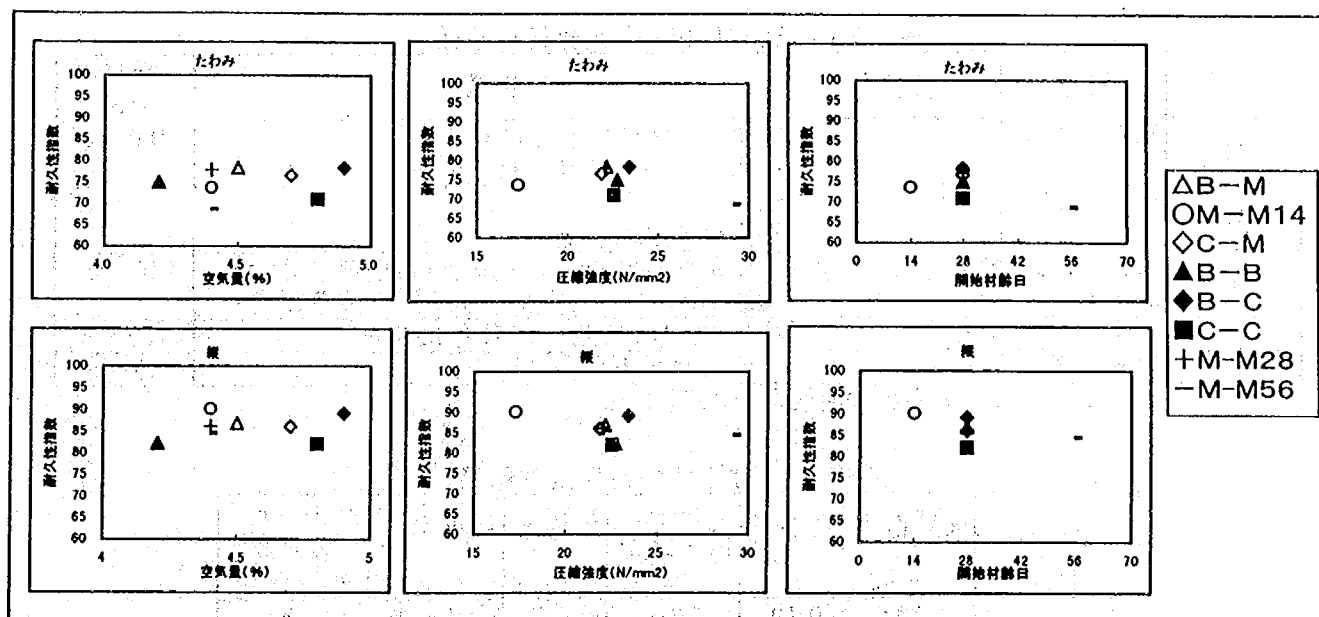


図-6.4.6 空気量、圧縮強度と耐久性能指数の関係

## 7. まとめ

以上の結果をまとめるとともに、嘉瀬川ダム骨材の品質がどの程度のものであり、コンクリートに使用した場合どのような品質のものが得られるのか、さらには提案した破砕試験をどのように適用していくのかを、第1報～第4報の結果と合わせて考察し、まとめたい。

### 7. 1 実験で使用した骨材

実験に使用した骨材は、表-7.1.1に示した5種類である。それぞれの骨材は、風化や熱水変質などによる品質の違いからさらに2～4種類に分類した。

S骨材は良質なものであり、最大寸法（Gmax）40mmである。そのほかはダム用骨材が対象であり、Gmax 150mmまでを対象としているが、Y骨材は節理が発達しており、採取時にすでにGmax40mm程度になってしまうものである。使用した粗骨材の物理試験、強度試験結果は表-7.1.2、細骨材の物理試験結果は表-7.1.3のとおりである。嘉瀬川ダム骨材はKsで示してあり、Ks1は予備試験、Ks2は本試験で用いたものである。

表-7.1.1 実験に使用した骨材の種類

| 骨材 | 岩種           | 分類*             | 特徴                                            | 粒径<br>mm |
|----|--------------|-----------------|-----------------------------------------------|----------|
| G  | 花崗閃緑岩        | I, ~ IV         | 風化、熱水変質を受けている。<br>緑色→変質により白色に変色               | 150～5    |
| K  | 硬質砂岩         | A～D             | 風化の程度により<br>灰色→茶色に変色                          | 150～5    |
| Y  | 砂岩、頁岩<br>の混合 | CM(砂質、泥質)<br>CL | 節理が発達し、最大寸法40mm程度までしか<br>採取できない。風化により灰色→茶色に変色 | 40～5     |
| Ks | 花崗岩          | B, C            | 風化により 灰色→弱茶色に変色                               | 150～5    |
| S  | 硬質砂岩         |                 | 灰色の良質な骨材                                      | 40～5     |

\* 分類は、良質なものから低品質の順である。

表-7.1.3 細骨材の物理試験結果

| 細骨材 | 分類* | 表乾密度              | 吸水率   | 安定性<br>損失質量 | 実積率  | 粗粒率  | コンクリート<br>試験の対象<br>とした粗骨材 |
|-----|-----|-------------------|-------|-------------|------|------|---------------------------|
|     |     | g/cm <sup>3</sup> | %     | %           | %    |      |                           |
| K   | A   | 2.661             | 0.79  | 0.30        | 66.1 | 2.74 | G, K                      |
| Y   | CM  | 2.640             | 1.17  | -           | 67.8 | 2.20 | Y                         |
|     | M   | 2.620             | 1.26  | -           | 67.3 | 2.54 |                           |
|     | CL  | 粗                 | 2.600 | 1.48        | -    | 65.2 |                           |
|     |     | 細                 | 2.610 | 1.20        | -    | 60.5 |                           |
| Ks  | B   | 2.616             | 1.21  | 1.60        | 65.8 | 2.72 | Ks2                       |
|     | M   | 2.612             | 1.09  | -           | 65.2 | 2.71 |                           |
|     | C   | 2.609             | 0.98  | 2.31        | 64.7 | 2.68 |                           |
|     | O   | 2.620             | 1.10  | -           | -    | 2.95 |                           |
|     |     |                   |       |             |      |      | S, Ks1                    |

\* 分類のMは混合したもの

Y-Mは、CM:CL粗:CL細=2:1:1

Ks-Mは、B:C=1:1

表-7.1.2 粗骨材の物理、強度試験結果

| 粗骨材の種類 | 分類           | 粒径     | 表乾密度              | 吸水率  | 安定性<br>損失質量 | 実積率  | 粗粒率   | 修正破砕率* %<br>最大荷重(kN) |              |              | 圧裂強度**<br>N/mm <sup>2</sup> |
|--------|--------------|--------|-------------------|------|-------------|------|-------|----------------------|--------------|--------------|-----------------------------|
|        |              | mm     | g/cm <sup>3</sup> | %    | %           | %    | %     | 400                  | 800          | 1600         |                             |
|        |              |        |                   |      |             |      |       |                      |              |              |                             |
| G      | I            | 150~80 | 2.682             | 0.14 | -           | 51.9 | 9.96  | -                    | -            | -            | 10.7                        |
|        |              | 80~5   | 2.662             | 0.55 | 0.66        | -    | 7.75  | -                    | -            | 17.0         | 22.1                        |
|        |              | 40~5   | 2.664             | 0.61 | 0.86        | 59.7 | 7.30  | -                    | -            | 21.0         | 23.7                        |
|        |              | 20~5   | 2.665             | 0.66 | 1.23        | 57.2 | 6.60  | -                    | -            | 30.5         | 27.1                        |
|        | I'           | 150~80 | 2.658             | 0.23 | 0.23        | -    | -     | -                    | -            | -            | 5.0                         |
|        |              | 80~5   | 2.644             | 1.07 | 3.65        | -    | 7.75  | -                    | -            | 20.2         | 26.3                        |
|        |              | 40~5   | 2.643             | 1.11 | 4.67        | 57.8 | 7.30  | -                    | -            | 21.5         | 30.9                        |
|        |              | 20~5   | 2.644             | 1.12 | 2.32        | 59.6 | 6.60  | -                    | -            | 31.1         | 38.3                        |
|        | II           | 150~80 | 2.666             | 0.58 | -           | 49.9 | 9.98  | -                    | -            | -            | 7.6                         |
|        |              | 80~5   | 2.658             | 0.76 | 3.20        | -    | 7.75  | -                    | -            | 18.5         | 14.3                        |
|        |              | 40~5   | 2.658             | 0.83 | 3.76        | 59.8 | 7.30  | -                    | -            | 22.0         | 13.9                        |
|        |              | 20~5   | 2.657             | 0.94 | 4.52        | 57.5 | 6.60  | -                    | -            | 30.9         | 14.5                        |
|        | III          | 150~80 | 2.639             | 0.85 | -           | 49.7 | 9.98  | -                    | -            | -            | 6.8                         |
|        |              | 80~5   | 2.632             | 1.38 | 8.17        | -    | 7.75  | -                    | -            | 22.0         | 14.0                        |
|        |              | 40~5   | 2.631             | 1.52 | 8.52        | 60.0 | 7.30  | -                    | -            | 26.0         | 15.6                        |
|        |              | 20~5   | 2.627             | 1.73 | 7.00        | 55.4 | 6.60  | -                    | -            | -            | 18.9                        |
|        | IV           | 150~80 | 2.595             | 1.82 | 38.0        | -    | -     | -                    | -            | -            | 2.0                         |
|        |              | 80~5   | 2.605             | 3.01 | 34.7        | -    | 7.75  | -                    | -            | 27.4         | 8.6                         |
|        |              | 40~5   | 2.612             | 2.97 | 32.6        | 55.8 | 7.30  | -                    | -            | 31.0         | 10.8                        |
|        |              | 20~5   | 2.619             | 3.10 | 21.1        | 58.0 | 6.60  | -                    | -            | 43.9         | 13.3                        |
| K      | A            | 150~80 | 2.674             | 0.12 | 0.01        | -    | 10.00 | -                    | -            | -            | 12.3                        |
|        |              | 80~5   | 2.665             | 0.31 | 0.07        | -    | 7.90  | 7.3                  | 11.9         | 20.0         | 25.7                        |
|        |              | 40~5   | 2.662             | 0.39 | 0.10        | 57.9 | 7.36  | -                    | -            | 26.3         | 28.2                        |
|        |              | 20~5   | 2.656             | 0.51 | 0.14        | 56.5 | 6.76  | -                    | -            | 31.5         | 31.0                        |
|        | B            | 150~80 | 2.677             | 0.16 | 0.01        | -    | 10.00 | -                    | -            | -            | 10.2                        |
|        |              | 80~5   | 2.657             | 0.39 | 0.05        | -    | 7.87  | 5.9                  | 11.1         | 19.9         | 24.4                        |
|        |              | 40~5   | 2.652             | 0.48 | 0.06        | 57.9 | 7.33  | -                    | -            | 26.7         | 27.4                        |
|        |              | 20~5   | 2.651             | 0.58 | 0.09        | 56.5 | 6.72  | -                    | -            | 28.6         | 31.6                        |
|        | C            | 150~80 | 2.669             | 0.08 | 0.01        | -    | 9.98  | -                    | -            | -            | 12.1                        |
|        |              | 80~5   | 2.648             | 0.66 | 0.09        | -    | 7.90  | 7.0                  | 13.2         | 22.6         | 20.1                        |
|        |              | 40~5   | 2.641             | 0.87 | 0.11        | 58.2 | 7.36  | -                    | -            | 28.0         | 23.2                        |
|        |              | 20~5   | 2.64              | 0.93 | 0.14        | 56.7 | 6.76  | -                    | -            | 32.6         | 24.7                        |
|        | D            | 150~80 | 2.59              | 1.41 | 0.16        | -    | 10.00 | -                    | -            | -            | 5.3                         |
|        |              | 80~5   | 2.561             | 2.54 | 2.89        | -    | 7.88  | 11.4                 | 17.2         | 25.6         | 10.8                        |
|        |              | 40~5   | 2.55              | 2.89 | 3.78        | 59.6 | 7.35  | -                    | -            | 30.4         | 11.8                        |
|        |              | 20~5   | 2.55              | 2.95 | 3.69        | 57.6 | 6.72  | -                    | -            | 33.9         | 11.8                        |
| Y      | CM<br>砂泥     | 40~5   | 2.62              | 1.28 | -           | -    | 6.81  | -                    | -            | -            | (12.72)8.80                 |
|        |              | 40~5   | 2.69              | 0.91 | -           | -    | 6.75  | -                    | -            | -            | (14.96)10.11                |
|        | M            | 40~5   | 2.64              | 1.07 | -           | 58.5 | 6.76  | 13.1                 | 21.0         | 31.8         | (15.46)10.41                |
|        |              | 40~5   | 2.62              | 1.06 | -           | 61.2 | 6.75  | 11.2<br>9.1          | 19.9<br>17.4 | 34.7<br>29.1 | (16.96)11.31                |
| Ks1    | B<br>B'<br>C | 40~5   | 2.64              | 0.79 | -           | 56.2 | 7.75  | 20.0                 | 29.0         | 47.2         | 12.5                        |
|        |              | 40~5   | -                 | -    | -           | -    | 7.37  | 20.5                 | 27.7         | 35.5         | 13.14                       |
|        |              | 40~5   | 2.60              | 1.64 | -           | 60.4 | 7.37  | 25.9                 | 36.2         | 39.1         | 4.48                        |
| Ks2    | B            | 150~80 | 2.658             | 0.34 | 0.03        | 56.2 | 9.99  | -                    | -            | -            | 3.06                        |
|        |              | 80~5   | 2.664             | 0.68 | 0.96        | 64.3 | 8.16  | -                    | -            | -            | 9.33                        |
|        |              | 40~5   | 2.643             | 1.01 | 2.54        | 59.4 | 7.34  | 22.5                 | 28.2         | 36.2         | 11.21                       |
|        |              | 20~5   | 2.628             | 1.33 | 4.69        | 57   | 6.69  | -                    | -            | -            | 12.33                       |
|        | M            | 80~5   | 2.647             | 0.87 | -           | 64.3 | 8.15  | 15.1                 | 22.9         | 28.6         | 6.39                        |
|        |              | 40~5   | 2.634             | 1.21 | -           | 60.8 | 7.32  | 19.8                 | 27.1         | 36.1         | 8.05                        |
|        |              | 20~5   | 2.617             | 1.51 | -           | -    | 6.55  | 25.8                 | 38.1         | 47.1         | 9.28                        |
|        |              | 150~80 | 2.638             | 0.57 | 0.01        | 56   | 9.93  | -                    | -            | -            | 1.29                        |
|        | C            | 80~5   | 2.630             | 1.06 | 2.78        | 63.3 | 8.14  | -                    | -            | -            | 3.45                        |
|        |              | 40~5   | 2.624             | 1.41 | 6.80        | 61.1 | 7.30  | 21.7                 | 28.9         | 39.5         | 4.88                        |
|        |              | 20~5   | 2.606             | 1.69 | 7.94        | 58.2 | 6.41  | -                    | -            | -            | 6.22                        |
|        |              | 40~5   | 2.67              | 0.54 | -           | 62.2 | 7.29  | 3.4                  | 10.8         | 22.9         | 26.86                       |
| S      |              | 40~5   | 2.67              | 0.54 | -           | 62.2 | 7.29  | 3.4                  | 10.8         | 22.9         | 26.86                       |

G-I'は、Iに分類されているものであるが、採取時期・場所が異なるものである。

Ks1とKs2は採取時期が異なる。

Ks1-B'は、粒度をCに合わせたB骨材である。

Y-M、Ks2-Mは、CM:CL=1:1、B:C=1:1で混合したもの。

\* 破砕試験のG-I~IVの20~5mm、Y-CLの下段、Ks1、Sは小型容器(φ152mm)で実施、荷重は大型容器の1/4となる。

\*\* Yの圧裂強度の左の( )内は節理に直角な場合、右は節理方向とその直角の平均値。

## 7. 2 試験項目

### 7. 2. 1 骨材試験

骨材の種類ごとの試験項目は表-7. 2. 1のとおりである。試験は、不整形のままの骨材試験と、骨材から抜き取ったコア供試体のコア試験からなる。

骨材試験は、骨材の集合体の状態で試験する一般的な物理試験（密度、吸水率、安定性、ふるい分け、実積率）および破碎試験と、個々の骨材ごとの圧裂試験を行った。コア試験は、 $\phi 50 \times 100\text{mm}$ コアの圧縮試験と $\phi 50 \times 50\text{mm}$ コアの圧裂試験を行った。

表-7.2.1 骨材の試験項目

| 骨材 | 骨材試験 |    |    |      |    | コア試験 |    |
|----|------|----|----|------|----|------|----|
|    | 一般物理 | 圧裂 | 破碎 | すりへり | 衝撃 | 圧縮   | 圧裂 |
| G  | ○    | ○  | ○  | ○    | ○  | ○    | ○  |
| K  | ○    | ○  | ○  | ○    |    | ○    | ○  |
| Y  | ○    | ○  | ○  |      |    |      | ○  |
| Ks | ○    | ○  | ○  | ○    |    | ○    | ○  |
| S  | ○    | ○  | ○  |      |    | ○    | ○  |

各試験方法の詳細については各報告書に譲り、ここでは、今回、破碎性に関する試験として提案する破碎試験方法（以下、提案法）と、骨材の引張強度を求める圧裂試験方法についてその概要と特徴を述べる。

#### （1）破碎試験方法

破碎試験はイギリスに規格がある（BS 812, 以下BSという）。ここではその規格を参考に、以下のように行った。

図-7. 2. 1のように鋼製の大型容器（内径305mm×高さ250mm）に一定量の骨材を詰める。圧縮荷重を加えると図-7. 2. 2のように、破碎前には $S_1 + S_2$ 領域にあった骨材は、破碎して $S_2 + S_3$ 領域に移動する。この粒度変化を式(1)によって示し、これを「修正破碎率 $B_n$ 」と呼ぶ。

$$B_n = \frac{\sum |\Delta f_i|}{2} \dots \dots (1)$$

ここに、 $\Delta f_i$ ：ふるい目が80mm, 40mm, 20mm, ... と1/2になるごとの破碎試験前・後の残留率の差である。

試験した骨材の粒径は、80～5mm, 40～5mm, 20～5mmの3種類であり、最大荷重は400, 800, 1600kNの3段階とした。載荷速度は160kN/分である。一部に粒度の違いや容器の違い（大型容器に対し小型容器（内径152mm×高さ140mm））による比較も行った。ところで、提案法とBSと大きく異なるのは、次の2点である。

①試料の粒度：BSは単粒度（標準は15～10mm）であるが、提案法はコンクリートに使う実際の粒度（連続粒度）である。

②試験結果の表し方：BSは「破碎値」または「10%破碎荷重」で評価する。破碎値は、標準粒度（15～10mm）の場合、小型容器（内径152×高さ140mm）に400kN載荷したとき、全試料質量に対する2.5mmふるいを通過した試料質量の比を百分率で表したものである。10%破碎荷重は、破碎値が10%を超えるような低品質骨材

の場合、試験中に破碎した細粒が骨材粒の間につまるので、破碎値が10%になるときの荷重で示したものである。提案法は、上述したとおり「修正破碎率」で評価する。ただし、標準試験荷重を決めるまでには至っていない。

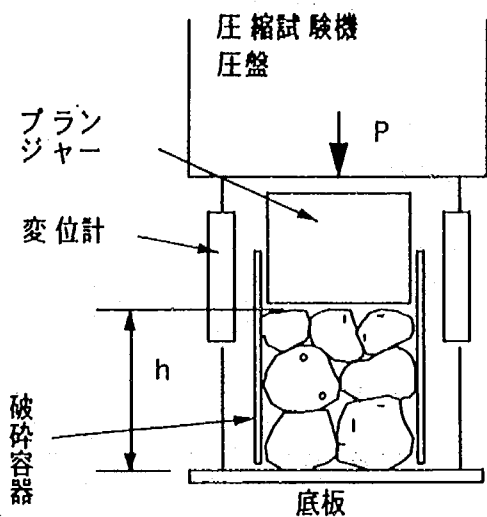


図-7. 2. 1 破碎試験

### (2) 圧裂強度試験方法

圧裂強度試験は、図-7. 2. 3のように2点で骨材試料をはさみ、載荷して試料を破断させ、その時の荷重から強度を算出する。破断は載荷点を結ぶ面で生じ、引張に関連した強度（圧裂強度）が得られることから、破碎試験で求めた修正破碎率を評価するための基準強度とした。

コア供試体の圧裂強度試験は、骨材からφ50×50mmコアを5～10個ずつ採取し、密度、吸水率を測定した後に行った。不整形骨材の場合は、各粒径ごとに30～50個ずつ試験した。圧裂強度を式(2)から求めた。

$$f_{pa}=0.9 \frac{P}{D^2} \quad \cdots \cdots (2)$$

ここに、 $f_{pa}$ ：圧裂強度(N/mm<sup>2</sup>)、 $P$ ：最大荷重(N)、 $D$ ：載荷点距離(mm)である。

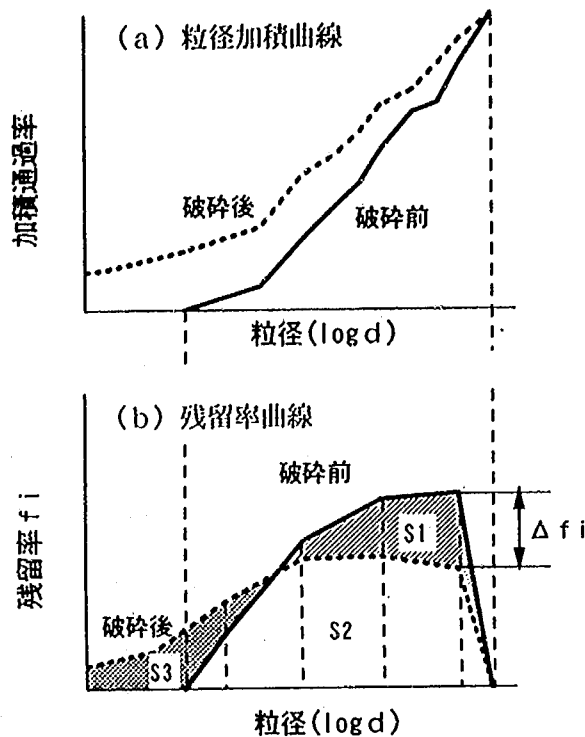


図-7. 2. 2 修正破碎率の概念

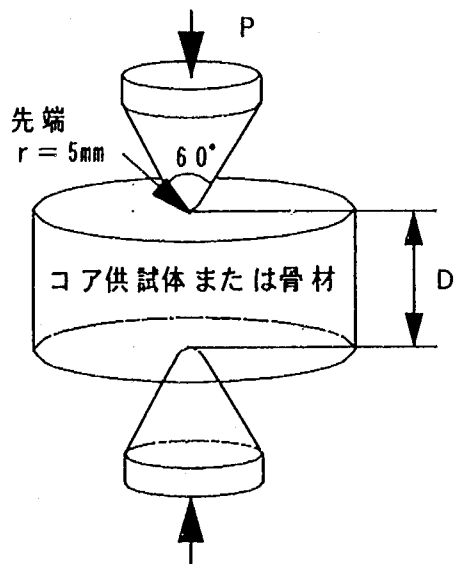


図-7. 2. 3 圧裂強度試験

## 7.2.2 コンクリート試験

コンクリート試験は、RCD用コンクリートおよび有スランブの外部用コンクリートについて、表-7.2.2のような試験を行った。「ワーカビリティ」というのは、品質の異なる骨材ごとに一定の配合で練混ぜたあと、RCD用はVC試験、外部用はスランブ試験を行い、骨材の品質とワーカビリティの関係を求めたものである。「洗い」というのは、練混ぜやフレッシュコンクリートの破碎試験による骨材の破碎量、粒度変化を調べるために、試験後洗い試験を行い、ふるい分け試験を行ったものである。

「破碎」というのは「フレッシュコンクリートの破碎試験」であり、RCD用コンクリートの転圧時の破碎性を評価するために、前述の骨材の破碎容器にフレッシュコンクリートを詰め込み、圧縮荷重を載荷して骨材の粒度変化を調べたものである。

硬化コンクリートで行った試験は、圧縮強度、引張強度、凍結融解試験の3種類である。

表-7.2.2 コンクリートの試験項目

| 骨材 | 対象<br>コンクリート | フレッシュコンクリート |    |    | 凝結、硬化<br>断熱 | 硬化コンクリート |    |      |      |
|----|--------------|-------------|----|----|-------------|----------|----|------|------|
|    |              | ワーカビリティ     | 洗い | 破碎 |             | 圧縮       | 引張 | 凍結融解 | 乾燥収縮 |
| G  | RCD          | ○           | ○  | ○  |             | ○        |    |      |      |
| K  | 普通強度～高強度     | ○           | ○  |    |             | ○        | ○  |      |      |
|    | RCD          | ○           | ○  | ○  |             | ○        |    |      |      |
| Y  | RCD          | ○           | ○  | ○  | (○)         | ○        | ○  |      |      |
|    | 外部           | ○           |    |    |             | ○        | ○  | (○)  |      |
| Ks | RCD          | ○           | ○  | ○  |             | ○        | ○  |      |      |
|    | 外部           | ○           | ○  |    |             | ○        | ○  | ○    | (○)  |
|    | 高流動          | ○           |    |    |             | ○        | ○  | (○)  | (○)  |
| S  | RCD, 外部      | ○           |    |    |             | ○        |    |      |      |
|    |              | ○           |    |    |             | ○        |    |      |      |

\* ( )内は、現在試験実施中

## 7. 3 骨材試験結果

### 7.3.1 コアの圧縮、圧裂強度

コアの圧縮強度と密度の関係を図-7.3.1に、圧縮強度とヤング係数の関係を図-7.3.2に示す。図-7.3.1より、密度のわずかな違いにより圧縮強度は大きく異なることがわかる。骨材G、KとKsを比較すると、異なる骨材間では密度と強度の間に相関関係は見受けられない。骨材Ksの密度は2.65g/cm<sup>3</sup>前後に分布している。その時の圧縮強度は50~100N/mm<sup>2</sup>程度であるが、G、Kは同じ密度範囲では100~300N/mm<sup>2</sup>程度になっている。同じ骨材であれば密度が大きいほど圧縮強度も大きくなるが、異なる骨材同士を密度によって評価することはできない。ところが、圧縮強度とヤング係数の間には、ばらつきは大きいものの、ほぼ相関関係がありそうである(図-7.3.2)。

圧裂強度と密度の関係は、図-7.3.3のように圧縮強度の場合と同様の関係があることがわかる。骨材G、Kの圧裂強度は1~10N/mm<sup>2</sup>程度と広く分布しているが、Ksは1~5N/mm<sup>2</sup>程度である。圧裂強度は圧縮強度の1/30程度であり、コンクリートの1/10程度よりもかなり小さい。

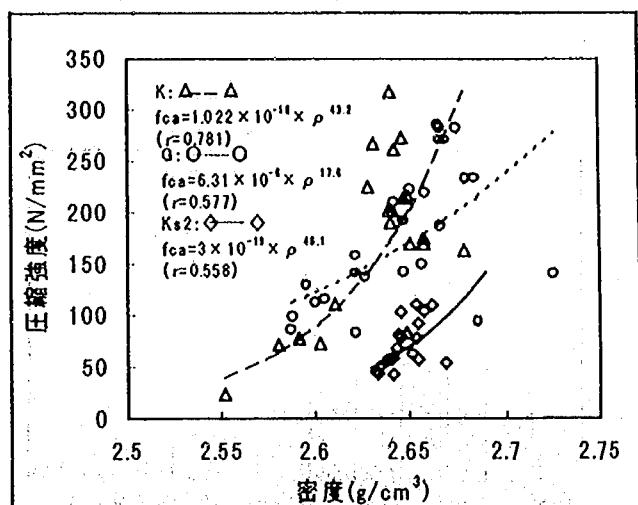


図-7.3.1 コア供試体の密度と圧縮強度の関係

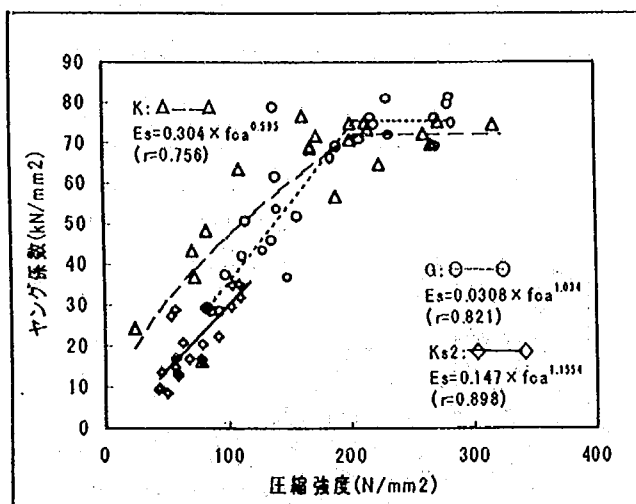


図-7.3.2 コア供試体の圧縮強度とヤング係数の関係

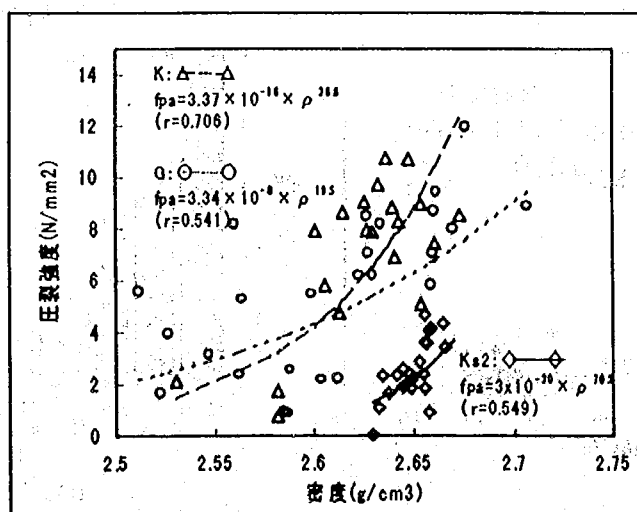


図-7.3.3 コア供試体の密度と圧裂強度の関係

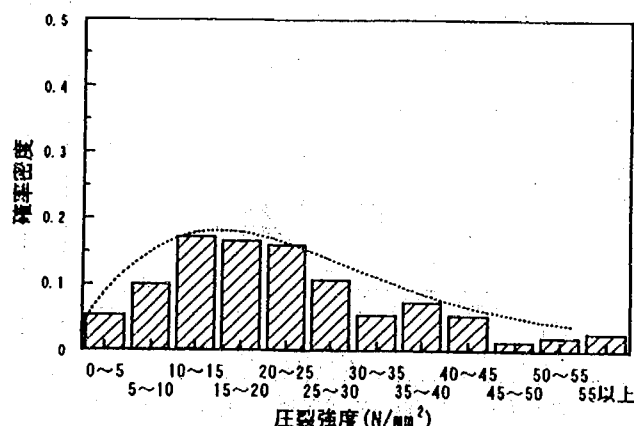
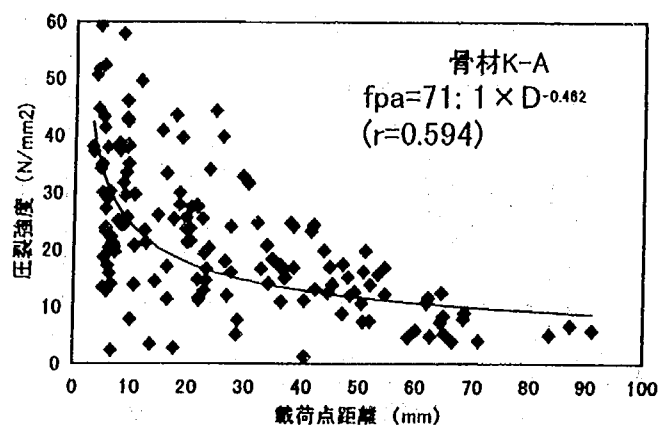
### 7.3.2 骨材の圧裂強度

骨材K s - BとK s - Cの載荷点距離と圧裂強度の関係、圧裂強度のヒストグラムを図-7.3.4および7.3.5に示す。圧裂強度は、載荷点距離すなわち骨材の大きさが大きくなるほど小さくなる。いわゆる寸法効果のあることがわかる。ばらつきもかなり大きくなっており、この原因には図-7.3.3から密度が大きく関与していることが考えられる。そこで骨材Kの150~80mmについて、1個1個の密度と圧裂強度の関係を図-7.3.6に示した。これを、密度と載荷点距離の対数で回帰すると式(3)となった。相関係数は0.87であり、圧裂強度には密度と載荷点距離が大きな影響を及ぼしていることがわかる。

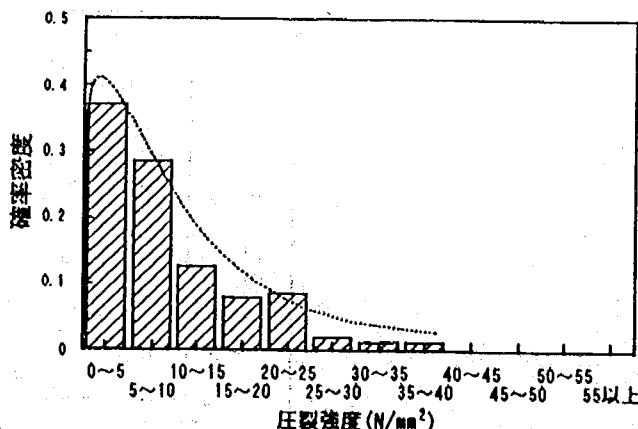
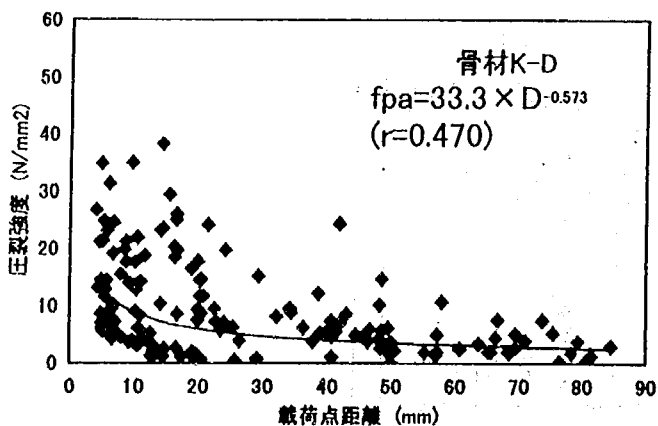
$$\log f_{pa} = 33.19 \log \rho - 1.841 \log D - 9.92 \quad (r=0.87) \dots (3)$$

ここに、 $f_{pa}$  : 圧裂強度 ( $N/mm^2$ )、 $\rho$  : 密度 ( $g/cm^3$ )、 $D$  : 載荷点距離 (mm) である。

圧裂強度のヒストグラムは図-7.3.5のように低品質ほど左による傾向があった。低品質ほど強度は小さくなるので左に寄ることはもちろんであるが、確率密度のピークが左端にあり、低強度のものの含まれている確率がきわめて大きく、破碎しやすい骨材が多いことがわかる。



(1)骨材K-A150~5mmの場合



(2)骨材K-D150~5mmの場合

図-7.3.4 載荷点距離と圧裂強度の関係

図-7.3.5 圧裂強度のヒストグラム

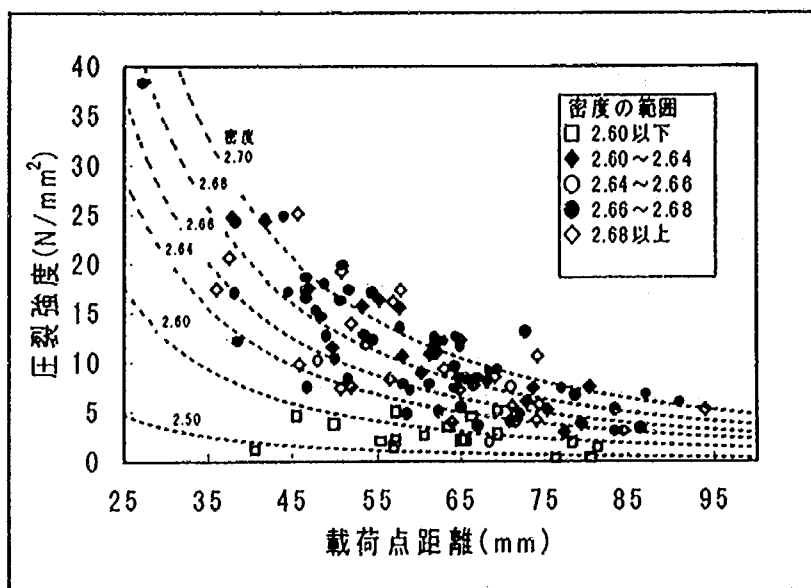


図-7.3.6 荷点距離、密度と圧裂強度の関係

### 7.3.3 修正破砕率

修正破砕率と圧裂強度の関係は図-7.3.7~7.3.9のようになった。K s 骨材は、この中では最も修正破砕率が大きく、圧裂強度は小さくなっている。図-7.3.7は荷重1600kNで粒径が80~5, 40~5, 20~5 mmの場合について示した。粒径が小さくなるほど修正破砕率は大きくなること、いずれも圧裂強度14N/mm²を境にしてそれ以上では修正破砕率の変化は小さいが、それ以下では傾きが大きくなっていることがわかる。これらの関係を回帰すると、以下ようになった。

圧裂強度 14N/mm²以下

$$B_{II}' = -1.398f_{pa} - 1.581d + 70.5 \quad (r=0.85)$$

圧裂強度 14N/mm²以上

・・・(4)

$$B_{II}' = -0.257f_{pa} - 1.378d + 52.3 \quad (r=0.88)$$

ここに、 $B_{II}'$ : 修正破砕率(%),  $f_{pa}$ : 圧裂強度 (N/mm²)  $d$ : 平均粒径 (mm) である。

式(4)の回帰係数より、圧裂強度が14N/mm²以下の場合は、14N/mm²以上の場合よりも傾きが5.5倍も大きくなっており、低品質ほど評価しやすいことを示している。粒径の影響はほぼ同じになっている。

荷重を変化させると、図-7.3.8のように、荷重が大きくなるほど修正破砕率が大きくなる。(a)図では圧裂強度14N/mm²以下が2点しかないので明確ではないが、図-7.3.7と同様に回帰すると、傾きが大きくなる傾向があるようである。

(a) 圧裂強度  $14\text{N/mm}^2$  以下

$$B_{II}' = -0.937f_{pa} + 0.0111P + 17.8 \quad (r=0.98)$$

圧裂強度  $14\text{N/mm}^2$  以上

$$B_{II}' = -0.275f_{pa} + 0.0116P + 8.8 \quad (r=0.99)$$

} . . (5)

(b) 圧裂強度  $14\text{N/mm}^2$  以下

$$B_{II}' = -0.896f_{pa} + 0.0148P + 20.6 \quad (r=0.98) \quad . . . (6)$$

ここに、 $P$  : 荷重 (kN) である。

この場合も圧裂強度が  $14\text{N/mm}^2$  以下の場合には  $14\text{N/mm}^2$  以上の場合よりも傾きが 3.4 倍大きくになっている。荷重の影響は両者ほぼ同じである。粒径が異なる (a) 図、(b) 図の、圧裂強度  $14\text{N/mm}^2$  以下の回帰結果である (5) 式と (6) 式の回帰係数を比較すると、両者は近い値になっている。

後述するコンクリート試験に用いた骨材は  $40 \sim 5\text{mm}$  であり、その修正破砕率は式 (6) より、荷重  $1600\text{kN}$  で、B 骨材 (圧裂強度  $11.2\text{N/mm}^2$ ) は 34.2%，M 骨材 ( $8.05\text{N/mm}^2$ ) は 37.1%，C 骨材 ( $4.88\text{N/mm}^2$ ) は 39.9% となる。

これらの結果は、圧裂強度が  $14\text{N/mm}^2$  程度以上であれば修正破砕率の変化が小さいので破砕性を評価しにくいが、 $14\text{N/mm}^2$  以下の低品質骨材は、提案する破砕試験で評価できる可能性があることを示している。

図-7.3.9には、同じ粒径の骨材で粒度が異なる場合と、大型と小型の破砕容器の比較を示した。粒度の違いは、 $K_{s1} - B$  の粗粒率が 7.75， $B'$  は C と同じ 7.37 であり、B は大きい粒径のものが多く含まれているものである。荷重が 400，800kN のときはそれほどの違いはないが、1600kN のときの修正破砕率は B が 47.2%， $B'$  が 35.5% と大きな違いがある。実積率は B が 56.2%， $B'$  は測定していないが、同じ粒度にした C は 60.4% であった。このことから、 $B'$  の実積率は B よりも大きくなっているものと考えられることから、空隙は B の方が大きくなっている。そのため、B は大きな粒径が破砕する荷重に達すると急に修正破砕率が大きくなったものと考えられる。このことから、粒度はある程度標準的な範囲に設定する必要があるものと考えられる。

容器の大きさの違いでは、小型のほうが修正破砕率はわずかに小さくなっている。容器内面の拘束の影響があるのかもしれない。

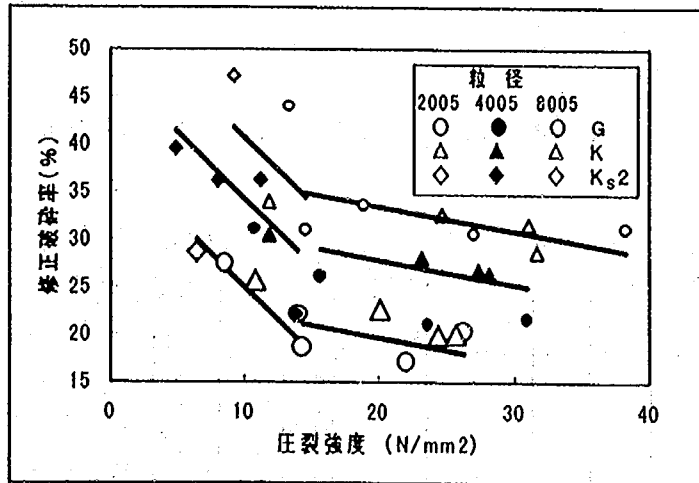


図-7.3.7 修正破砕率と圧裂強度の関係  
(荷重1600kN一定で、粒径の違いを比較)

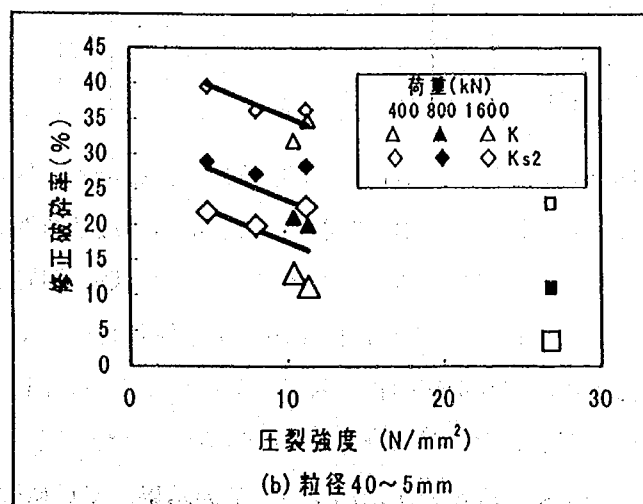
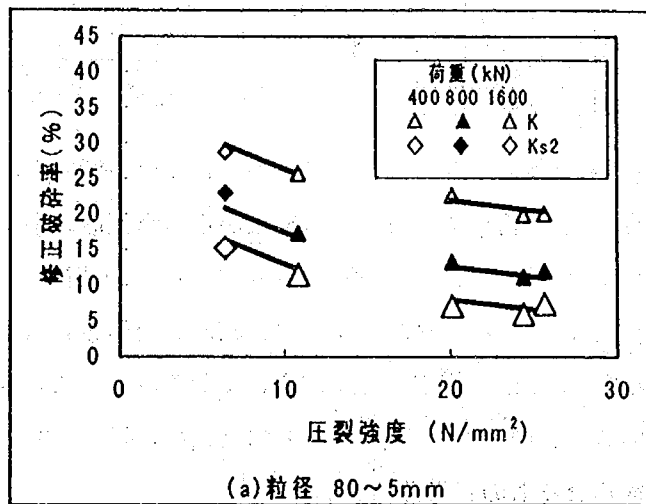


図-7.3.8 修正破砕率と圧裂強度の関係  
(粒径一定で、荷重の違いを比較)

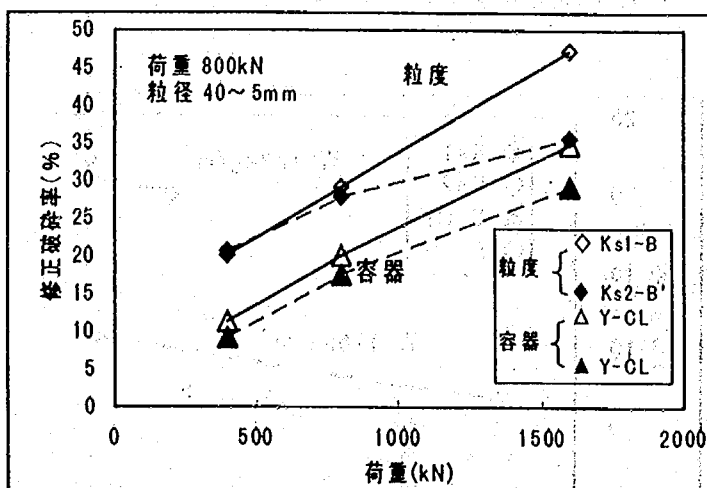


図-7.3.9 修正破砕率に及ぼす粒度、容器の大きさの影響

## 7. 4 RCD用コンクリート試験結果

### 7. 4. 1 修正破砕率とVC値の関係

表-7.4.1にRCD用コンクリートの配合と、フレッシュ性状、材齢91日の強度結果を示す。

表-7.4.1 RCD用コンクリートの配合表とフレッシュ性状、強度

| 粗骨材 |     | 細骨材 |   | セメントの<br>種類 | W/B  | B/W  | F/B | s/a | 単位量(kg/m <sup>3</sup> ) |            |     |      | VC値(秒)   |    |      |                           | 圧縮試験                        |                           | 引張試験 |      |
|-----|-----|-----|---|-------------|------|------|-----|-----|-------------------------|------------|-----|------|----------|----|------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|------|------|
| 分類  |     | 分類  |   |             | %    |      | %   | %   | W                       | B<br>(C+F) | S   | G    | 練混ぜ時間(分) |    |      | 圧縮強度<br>N/mm <sup>2</sup> | ヤング係数<br>kN/mm <sup>2</sup> | 引張強度<br>N/mm <sup>2</sup> |      |      |
| G   | I   | K   | A | 中庸熱         | 66.9 | 1.50 | 30  | 42  | 105                     | 157        | 918 | 1266 | 50       | 51 | 70   | 32.8                      | 38.5                        |                           |      |      |
|     | I'  |     |   |             |      |      |     |     |                         |            | 918 | 1257 | 45       | 62 | 74   |                           |                             |                           | 33.2 | 35.2 |
|     | III |     |   |             |      |      |     |     |                         |            | 918 | 1252 | 64       | 78 | 85   |                           |                             |                           | 31.4 | 36.8 |
|     | IV  |     |   |             |      |      |     |     |                         |            | 915 | 1247 | 49       | 82 | -    |                           |                             |                           | 19.5 | 33.0 |
| K   | A   |     |   |             |      |      |     |     |                         |            | 918 | 1266 | 62       | 92 | 85   | 35.9                      | 41.3                        |                           |      |      |
|     | D   |     |   |             |      |      |     |     |                         |            | 918 | 1214 | 53       | 73 | 93   | 28.6                      | 29.6                        |                           |      |      |
| Y   | M   | Y   | M | 中庸熱         | 70.6 | 1.42 | 30  | 38  | 113                     | 160        | 829 | 1361 | 47.5     |    |      | 24.5                      | 30.6                        | 1.85                      |      |      |
| Ks1 | B   | O   |   | 中庸熱         | 72.5 | 1.38 | 30  | 38  | 116                     | 160        | 825 | 1372 | 7.0      |    |      | 26.5                      | 21.5                        |                           |      |      |
|     | C   |     |   |             |      |      |     |     |                         |            |     |      | 10.5     |    |      | 22.0                      | 16.8                        |                           |      |      |
|     | CL  |     |   |             |      |      |     |     |                         |            |     |      | 12.0     |    |      | 23.6                      | 20.7                        |                           |      |      |
| S   |     |     |   |             |      |      |     |     |                         |            |     |      | 6.7      |    |      | 28.5                      | 36.2                        |                           |      |      |
| Ks2 | B   | Ks2 | M | 中庸熱         | 76.2 | 1.31 | 30  | 40  | 122                     | 160        | 844 | 1278 | 19.8     |    |      | 17.2                      | 22.8                        | 1.93                      |      |      |
|     | M   |     |   |             |      |      |     |     |                         |            |     | 1278 | 19.0     |    | 15.5 | 19.6                      | 1.90                        |                           |      |      |
|     | C   |     |   |             |      |      |     |     |                         |            |     | 1273 | 22.0     |    | 16.4 | 16.0                      | 1.74                        |                           |      |      |

図-7.4.1に修正破砕率とVC値の関係を示す。修正破砕率が大きくなるほどVC値が大きくなる傾向を示している。図-7.4.2は骨材GとKを用い練混ぜ時間を変化させた結果である。この結果からも修正破砕率が大きいほどVC値は大きくなること、また練混ぜ時間が長くなるほど大きくなることからわかる。この理由として、図-7.4.3のように修正破砕率と粗骨材減少率の関係を示す。粗骨材減少率とは、練混ぜ前の粗骨材量に対する練混ぜ前後の粗骨材量の差の比である。図-7.4.3のように、修正破砕率が大きくなるほど、また練混ぜ時間が大きくなるほど粗骨材減少率は大きくなっている。このことから破砕しやすい骨材は練混ぜ中に割れやすく、細粒分が増加する。その結果、VC値は大きくなるものと考えられる。

修正破砕率とVC値の間に直線関係があるということは、粒度が同じであれば、修正破砕率によって増加する単位水量を予測できる可能性があることを示している。

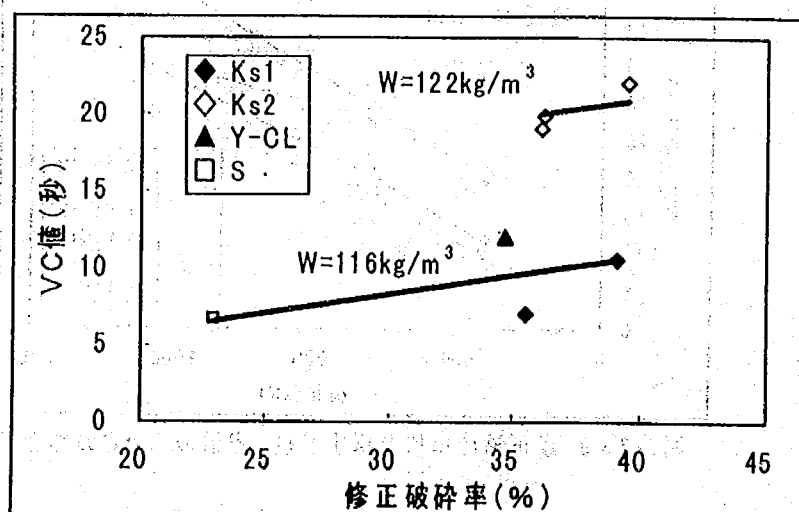


図-7.4.1 修正破砕率とVC値の関係(骨材 Ks1,Y-CL,S,Ks2)

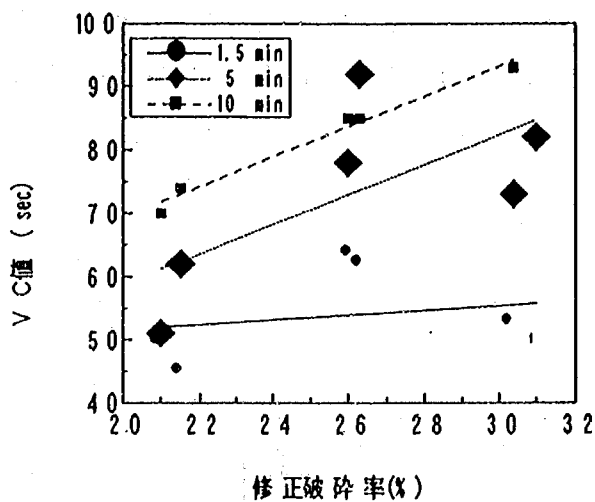


図 - 7.4.2 修正破砕率とV C 値の関係

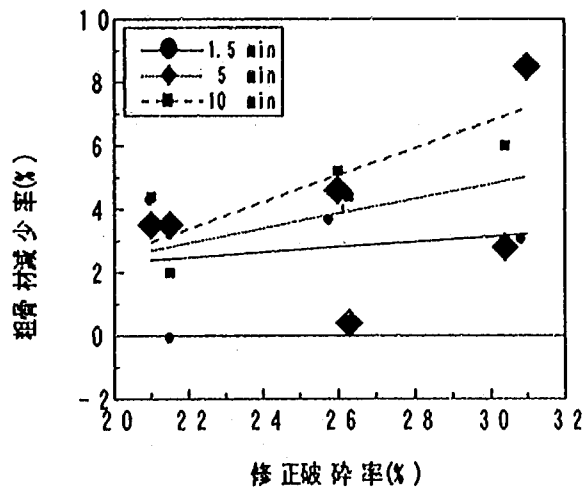


図 - 7.4.3 修正破砕率と粗骨材減少率の関係

#### 7.4.2 修正破砕率と強度の関係

修正破砕率と圧縮強度の関係を図-7.4.4に示す。修正破砕率、結合材水比B/Wと圧縮強度の関係は式(7)のように、よい相関関係がある。

$$f'c = -0.537B_w + 35.3 \frac{B}{W} - 8.0 \quad (r=0.86) \quad \dots (7)$$

ここに、 $f'c$  : 圧縮強度(N/mm<sup>2</sup>)、 $B/W$  : 結合材水比である。

RCD用コンクリートに要求される強度は、材齢91日のとき20N/mm<sup>2</sup>程度とすると、水結合材比を70%とすると、修正破砕率は式(7)より42%となる。この条件であれば、今回使用したKs-C骨材単独でも修正破砕率は39.5%であり、コンクリート強度は満足することがわかる。このように、骨材の品質によってコンクリートの配合(水結合材比)をどの程度に設定する必要があるのかの目安をつけることができるものと考えられる。

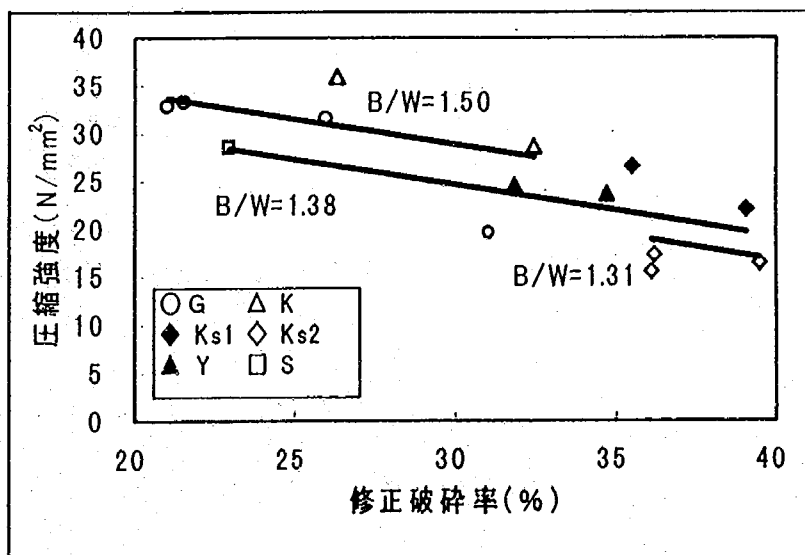


図 - 7.4.4 修正破砕率と圧縮強度の関係

修正破砕率とヤング係数の関係を図-7.4.5に示す。修正破砕率25%程度以下ではヤング係数40kN/mm<sup>2</sup>程度で頭打ちになっている。これは通常の傾向であり、修正破砕率25%以下について回帰すると式(8)のように高い相関関係がある。水結合材比の範囲は66.9~76.2%と狭いので、その影響はここでは明確ではない。

$$E_c = -1.562 B_{II}^* + 17.0 B/W + 54.6 \quad (r=0.98) \quad \dots (8)$$

ここに、 $E_c$ ：ヤング係数(kN/mm<sup>2</sup>)である。

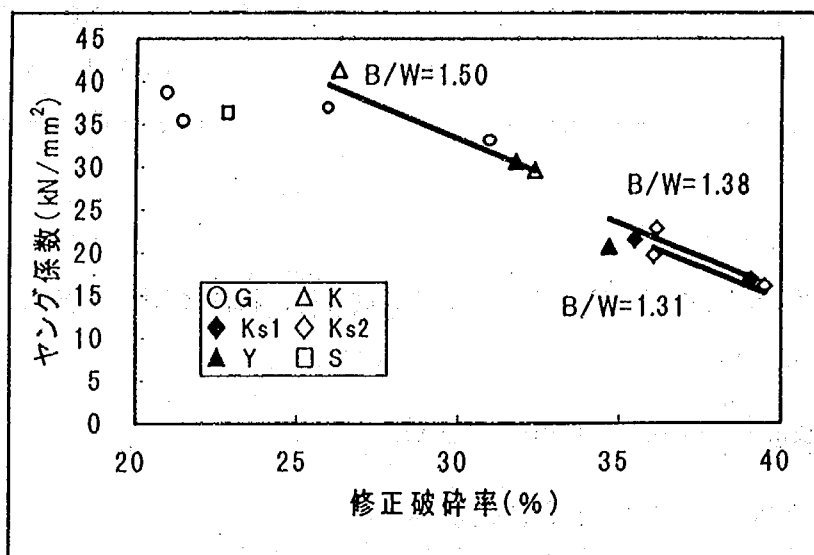


図-7.4.5 修正破砕率とヤング係数の関係

## 7. 5 外部用コンクリート試験結果

表-7.5.1に外部用コンクリートの配合，フレッシュ性状，材齢91日の強度結果を示す。

表-7.5.1 外部用コンクリートの配合表とフレッシュ性状，強度

| 粗骨材 |     | 細骨材 |     | セメント<br>の種類 | W/B  | B/W  | F/B  | s/a  | 粗骨材<br>絶対容積<br>l/m <sup>3</sup> | 単位量(kg/m <sup>3</sup> ) |     |      |      | 空気量<br>% | スランプ<br>cm | 圧縮試験              |                             | 引張試験                      |                 |
|-----|-----|-----|-----|-------------|------|------|------|------|---------------------------------|-------------------------|-----|------|------|----------|------------|-------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------|
| 分類  |     | 分類  |     |             | %    |      | %    | %    |                                 | W                       | B   | S    | G    |          |            | N/mm <sup>2</sup> | ヤング係数<br>kN/mm <sup>2</sup> | 引張強度<br>N/mm <sup>2</sup> | 骨材の割裂<br>面積率(%) |
| K   | A   | K   | A   | 普通          | 66.7 | 1.50 | 0    | 42.5 | 409                             | 167                     | 250 | 803  | 1088 | 4.8      | 8.0        | 29.2              | 35.5                        | 3.09                      | 20.1            |
|     |     |     |     |             | 40.0 | 2.50 |      | 38.0 |                                 | 165                     | 413 | 665  |      | 5.0      | 8.2        | 61.3              | 40.7                        | 4.79                      | 24.9            |
|     |     |     |     |             | 32.6 | 3.50 |      | 32.6 |                                 | 165                     | 577 | 527  |      | 2.8      | 7.0        | 84.6              | 44.1                        | 5.29                      | 31.6            |
|     |     |     |     |             | 66.7 | 1.50 |      | 42.5 |                                 | 167                     | 250 | 803  |      | 4.9      | 7.8        | 33.1              | 36.2                        | 3.05                      | 18.6            |
|     | B   |     |     |             | 40.0 | 2.50 |      | 38.0 | 409                             | 165                     | 413 | 665  | 1088 | 4.6      | 7.2        | 60.0              | 41.9                        | 4.77                      | 26.9            |
|     |     |     |     |             | 32.6 | 3.50 |      | 32.6 |                                 | 165                     | 577 | 527  |      | 2.6      | 6.3        | 86.3              | 44.2                        | 5.80                      | 30.9            |
|     |     |     |     |             | 66.7 | 1.50 |      | 42.5 |                                 | 167                     | 250 | 803  |      | 4.2      | 7.3        | 37.4              | 34.5                        | 3.36                      | 24.2            |
|     |     |     |     |             | 40.0 | 2.50 |      | 38.0 |                                 | 165                     | 413 | 665  |      | 4.4      | 6.5        | 65.9              | 38.6                        | 4.87                      | 25.1            |
|     | C   |     |     |             | 32.6 | 3.50 |      | 32.6 | 409                             | 165                     | 577 | 527  | 1080 | 2.8      | 6.5        | 87.0              | 39.9                        | 5.38                      | 28.9            |
|     |     |     |     |             | 66.7 | 1.50 |      | 42.5 |                                 | 167                     | 250 | 803  |      | 4.6      | 6.9        | 32.3              | 25.4                        | 3.19                      | 43.3            |
|     |     |     |     |             | 40.0 | 2.50 |      | 38.0 |                                 | 165                     | 413 | 665  |      | 4.5      | 6.0        | 56.0              | 27.5                        | 4.36                      | 50.8            |
|     |     |     |     |             | 32.6 | 3.50 |      | 32.6 |                                 | 165                     | 577 | 527  |      | 2.5      | 4.9        | 72.5              | 31.5                        | 5.04                      | 53.2            |
| Ks1 | B   | O   | 普通  | 50.0        | 2.00 | 0    | 38.7 | 436  | 150.7                           | 301.4                   | 721 | 1163 | 3.9  | 5.4      | 54.5       | 23.8              |                             |                           |                 |
| C   | 3.7 |     |     |             |      |      |      |      |                                 |                         |     |      | 4.0  | 46.9     | 18.6       |                   |                             |                           |                 |
| Y   | CL  |     |     |             |      |      |      |      |                                 |                         |     |      | 3.4  | 4.0      | 46.0       | 32.9              |                             |                           |                 |
| S   |     |     |     |             |      |      |      |      |                                 |                         |     |      | 3.4  | 6.0      | 52.0       | 37.6              |                             |                           |                 |
| Ks2 | B   | Ks2 | M   | 中麻熟         | 51.7 | 1.94 | 30   | 40.0 | 414                             | 155.0                   | 300 | 723  | 1090 | 4.5      | 5.1        | 36.5              | 24.2                        | 2.85                      |                 |
|     | M   |     |     |             |      |      |      |      |                                 |                         |     |      | 1090 | 4.4      | 4.4        | 35.6              | 22.1                        | 2.79                      |                 |
|     | C   |     |     |             |      |      |      |      |                                 |                         |     |      | 1086 | 4.7      | 5.0        | 35.9              | 18.3                        | 2.58                      |                 |
|     | Ks2 | B   | 723 |             |      |      |      |      |                                 |                         |     |      | 1090 | 4.2      | 5.1        | 37.4              | 24.9                        | 2.87                      |                 |
|     |     | C   | 720 |             |      |      |      |      |                                 |                         |     |      | 1086 | 4.8      | 4.9        | 36.7              | 19.3                        | 2.44                      |                 |
|     |     |     |     |             |      |      |      |      |                                 |                         |     |      |      |          |            |                   |                             |                           |                 |

### 7.5.1 修正破砕率とスランプの関係

修正破砕率とスランプの関係は図-7.5.1のように負の相関関係がある。単位水量も考慮したときの回帰結果は式(9)のとおりである。

$$S_l = 0.118W - 0.070B_H - 10.7 \quad (r=0.84) \quad \dots (9)$$

ここに、 $S_l$ ：スランプ(cm)、 $W$ ：単位水量(kg/m<sup>3</sup>)である。

骨材KのW/B=40%のものについて粗骨材減少率を取ってみると図-7.5.2のように修正破砕率と線形関係がある。粗骨材の減少分は細骨材率の増分と考え、それとスランプの関係を示すと図-7.5.3のようになった。細骨材率が増加するほどスランプは低下する。その程度は、細骨材率が1%増加するとスランプは0.5cm低下することを示している。この関係はコンクリート標準示方書の補正値の約1/2であった。

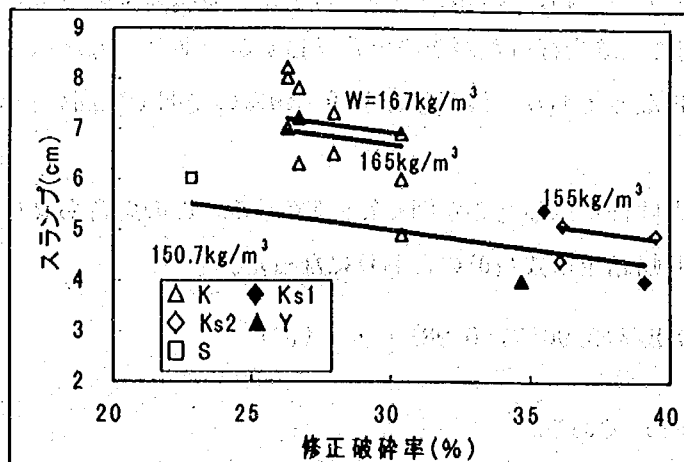


図-7.5.1 修正破砕率とスランプの関係

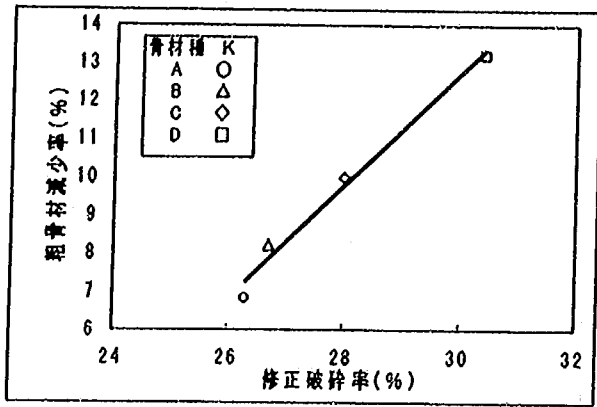


図-7.5.2 修正破砕率と粗骨材減少率の関係

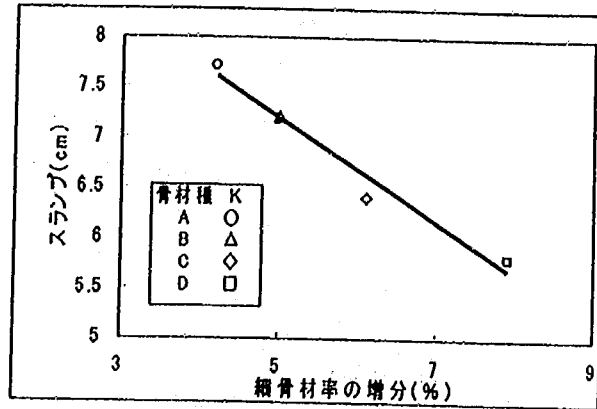


図-7.5.3 スランプと細骨材率の増分の関係

## 7.5.2 修正破砕率と強度の関係

修正破砕率と圧縮強度，ヤング係数，引張強度の関係は図-7.5.4～7.5.6のとおりである。

圧縮強度を修正破砕率と結合材水比によって直線回帰した結果が式(10)であり，図中に回帰直線を示す。ただし，骨材Ks2は中庸熱セメントを使ってフライアッシュを30%置換しているのので，フライアッシュの反応性を考慮し，50%程度効果があるものとして，見かけの水結合材比を60%として計算してある。ただし，中庸熱セメントの影響については，材齢91日にもなると普通セメントの強度発現とほぼ同じになるので，考慮していない。

$$f_c' = -0.220B_n^* + 24.4B/W + 4.8 \quad (r=0.98) \quad \dots (10)$$

これらの結果から，使用を検討している骨材の修正破砕率がわかっていれば，必要な圧縮強度を得るための水結合材比がどの程度になるかを推定することができるものと考えられる。

修正破砕率とヤング係数の関係は図-7.5.5のとおりである。回帰結果は式(11)のとおりである。

$$E_c = -1.417B_n^* + 2.93B/W + 69.4 \quad (r=0.94) \quad \dots (11)$$

図中にはRCD用コンクリートの水結合比70%のときの回帰結果も破線で示した。外部用コンクリートの水結合比は28.6～66.7%と広範囲に試験を行ったがその影響はわずかであり，外部用コンクリート，RCD用コンクリートともほぼ同じ傾向になっており，修正破砕率20～40%の範囲では高い相関関係があることがわかる。

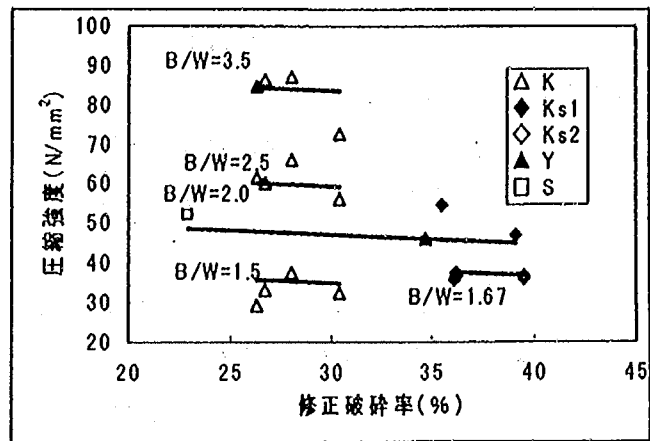
引張強度の関係も圧縮強度と同様に示したのが図-7.5.6である。この場合もRCD用コンクリートを含め修正破砕率，水結合材比との回帰結果は式(10)のとおりになった。

$$f_t = -0.081B_n^* + 1.106B/W + 3.90 \quad (r=0.98) \quad \dots (12)$$

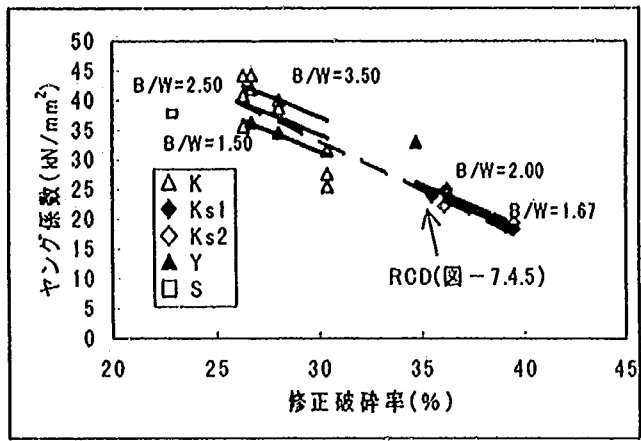
ここに， $f_t$ ：引張強度 (N/mm<sup>2</sup>) である。

割裂面の粗骨材の割裂面積に対するコンクリート中に占める粗骨材(ここでは，粗骨材絶対容積(m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>)としている)面積の比を割裂面積率とすると，それと修正破砕率の関係は図-7.5.7のようになった。修正破

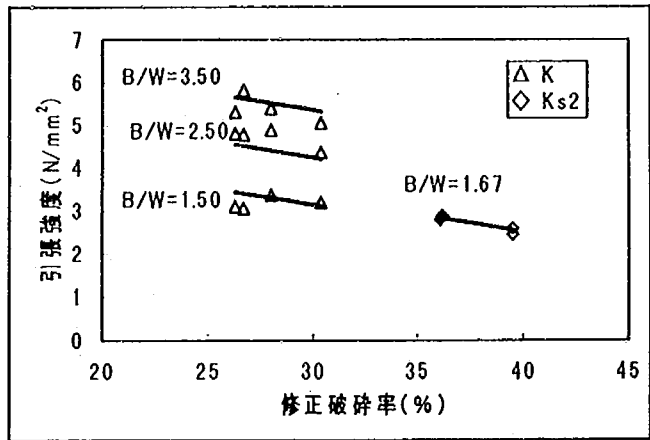
砕率が大きくなるほど、また水セメント比が小さくなるほど、割裂面積率は大きくなっている。骨材の強度が小さいほど、引張破壊面は骨材内に生じやすいこと、ペーストの強度が大きくなるほど、引張面は骨材内に生じやすいことを示している。



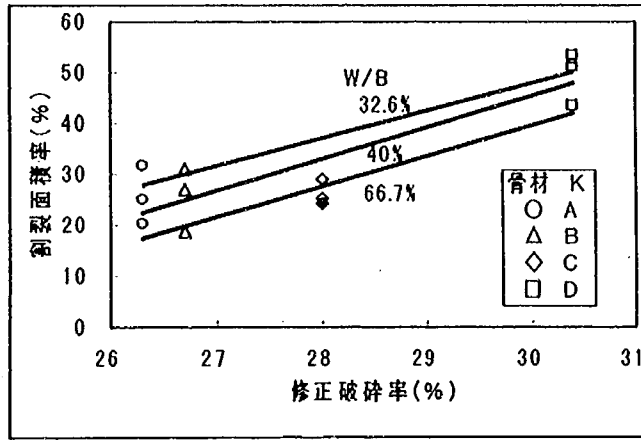
図－7.5.4 修正破砕率と圧縮強度の関係



図－7.5.5 修正破砕率とヤング係数の関係



図－7.5.6 修正破砕率と引張強度の関係



図－7.5.7 修正破砕率と粗骨材割裂面積率の関係

### 7. 5. 3 凍結融解試験結果

粗骨材と細骨材の6種類の組合せ、一部には試験開始材齢の影響について凍結融解試験を行い、いずれも70%台の耐久性指数を示し、基準値である60%を満足した。

## 7. 6 まとめと今後の課題

骨材の破碎性を評価するために、破碎試験結果を用い修正破碎率を求めることを提案した。

RCD用コンクリートおよび外部用コンクリートのフレッシュ性状、強度と修正破碎率の関係を求め、両者の間には直線関係があることがわかった。この結果より、修正破碎率は骨材の破碎性の評価指標として有効であり、コンクリート用の骨材として使用可能かの判断基準とすることができる。骨材選定の判断材料として、また施工時には図-7.4.4を利用して骨材の品質管理用としての利用などが考えられる。

ウェットスクリーニングを考慮した外部用コンクリートは、配合から分かるように通常のコンクリートとほぼ同様のものである。この結果は、通常のコンクリートのフレッシュ性状、強度特性の評価にも適用できるものと考えられる。

今後、破碎試験方法を確立するためには、さらに粒径と容器の大きさの関係、粒度の影響、標準的な試験荷重の設定、修正破碎率の基準値、試験法の簡易化などについて検討する必要がある。また、コンクリート試験では通常、ウェットスクリーニングしたものが使われている。今回はそれを考慮した配合とはいえ、RCD用コンクリートの配合試験からも明らかなように、ウェットスクリーニングしたものと同一というわけではないので、ウェットスクリーニングしたコンクリートの品質と修正破碎率の関係の確認が必要である。

# 資料編

予備試験に用いた骨材試験結果

粗骨材のふるい分け試験結果

破碎試験結果

圧裂強度試験結果

本試験に用いた骨材試験結果

粗骨材・細骨材のふるい分け試験結果

破碎試験前後の粒度分布

圧裂強度試験結果

凍結融解試験結果

セメント試験成績表

フライアッシュ試験成績表

# 予備試験に用いた骨材試験結果

## 笠間破碎試験

| 粗骨材のふるい分け試験結果      |              |         |       |         |
|--------------------|--------------|---------|-------|---------|
| 骨材の種類              | Ks1-B        | Ks1-C   | Y     | S       |
| ふるいの<br>呼び寸法<br>mm | 残留累加百分率<br>% |         |       |         |
| 40                 | 0.0%         | 0.0%    | 1.4%  | 0.5%    |
| 30                 | 46.5%        | 18.0%   | 9.2%  | 10.7%   |
| 25                 | 66.9%        | 34.8%   | 25.4% | 23.9%   |
| 20                 | 79.7%        | 53.9%   | 49.0% | 46.9%   |
| 15                 | 86.8%        | 67.4%   | 57.1% | 59.6%   |
| 10                 | 95.7%        | 86.8%   | 73.1% | 82.7%   |
| 5                  | 99.3%        | 97.1%   | 95.3% | 98.7%   |
| 2.5                | 0.0%         | 98.9%   | 99.6% |         |
| 受皿                 | 15251.7      | 15140.5 | 8000  | 15114.8 |
| 合計                 |              |         |       |         |
| 粗粒率                | 7.75         | 7.37    | 7.18  | 7.29    |

| ふるい  | original | 破碎前   | 破碎10t  | 破碎20t  | 破碎40t  | original | 破碎前   | 破碎10t | 破碎20t | 破碎40t |
|------|----------|-------|--------|--------|--------|----------|-------|-------|-------|-------|
| 40   | 72.6     |       |        |        |        | 0.5      | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   |
| 30   | 1542.7   | 363.0 | 220.8  | 188.3  | 180.5  | 10.2     | 11.0  | 6.7   | 5.7   | 5.5   |
| 25   | 1993.7   | 429.0 | 558.9  | 501    | 438.1  | 13.2     | 13.0  | 16.9  | 15.2  | 13.3  |
| 20   | 3474.0   | 759.0 | 674.3  | 587.3  | 416    | 23.0     | 23.0  | 20.3  | 17.8  | 12.6  |
| 15   | 1931.5   | 429.0 | 405.0  | 397.3  | 351.8  | 12.8     | 13.0  | 12.2  | 12.0  | 10.6  |
| 10   | 3492.9   | 792.0 | 844.3  | 741.7  | 615.8  | 23.1     | 24.0  | 25.5  | 22.4  | 18.6  |
| 5    | 2418.3   | 528.0 | 535.1  | 647.9  | 749.2  | 16.0     | 16.0  | 16.1  | 19.6  | 22.7  |
| 2.5  |          |       | 48.7   | 139.1  | 271.7  | 0.0      | 0.0   | 1.5   | 4.2   | 8.2   |
| 1.2  |          |       | 12.2   | 44     | 109.1  | 0.0      | 0.0   | 0.4   | 1.3   | 3.3   |
| 0.6  |          |       | 5.9    | 22.2   | 63.2   | 0.0      | 0.0   | 0.2   | 0.7   | 1.9   |
| 0.3  |          |       | 3.5    | 12.9   | 37     | 0.0      | 0.0   | 0.1   | 0.4   | 1.1   |
| 0.15 |          |       | 3.0    | 10.7   | 32.9   | 0.0      | 0.0   | 0.1   | 0.3   | 1.0   |
| 受皿   | 189.1    |       | 4.7    | 14.4   | 40.1   | 1.3      | 0.0   | 0.1   | 0.4   | 1.2   |
| 合計   | 15114.8  | 3300  | 3316.4 | 3306.8 | 3305.4 | 100.0    | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |

## 実際に用意した試料

| ふるい  | 試料1    | 試料2    | 試料3    | 試料1   | 試料2   | 試料3   | 破碎10t | 破碎20t | 破碎40t |
|------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 30   | 371.8  | 361.3  | 363.9  | 11.2  | 10.9  | 11.0  | -4.5  | -5.2  | -5.5  |
| 25   | 437.6  | 437.4  | 436.4  | 13.2  | 13.2  | 13.2  | 3.7   | 1.9   | 0.1   |
| 20   | 758.6  | 760.9  | 760.8  | 22.9  | 23.0  | 23.0  | -2.5  | -5.2  | -10.4 |
| 15   | 429.0  | 429.4  | 429.2  | 12.9  | 13.0  | 13.0  | -0.7  | -1.0  | -2.3  |
| 10   | 792.5  | 792.1  | 792.2  | 23.9  | 23.9  | 23.9  | 1.6   | -1.5  | -5.3  |
| 5    | 528.0  | 528.0  | 528.0  | 15.9  | 16.0  | 15.9  | 0.2   | 3.6   | 6.7   |
| 2.5  |        |        |        | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 1.5   | 4.2   | 8.2   |
| 1.2  |        |        |        | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.4   | 1.3   | 3.3   |
| 0.6  |        |        |        | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.2   | 0.7   | 1.9   |
| 0.3  |        |        |        | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.1   | 0.4   | 1.1   |
| 0.15 |        |        |        | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.1   | 0.3   | 1.0   |
| 受皿   |        |        |        | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.1   | 0.4   | 1.2   |
| 合計   | 3317.5 | 3309.1 | 3310.5 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |       |       |       |

## 各ふるい残留

|      | 試料1  | 試料2  | 試料3  | 破碎10t | 破碎20t | 破碎40t |
|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| 20   | 47.3 | 47.1 | 47.2 | 43.8  | 38.6  | 31.3  |
| 10   | 36.8 | 36.9 | 36.9 | 37.7  | 34.4  | 29.3  |
| 5    | 15.9 | 16.0 | 15.9 | 16.1  | 19.6  | 22.7  |
| 2.5  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 1.5   | 4.2   | 8.2   |
| 1.2  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.4   | 1.3   | 3.3   |
| 0.6  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.2   | 0.7   | 1.9   |
| 0.3  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.1   | 0.4   | 1.1   |
| 0.15 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.1   | 0.3   | 1.0   |
| FM   | 7.31 | 7.31 | 7.31 | 7.21  | 6.97  | 6.55  |

## 修正破碎率

| 破碎10t | 破碎20t | 破碎40t |
|-------|-------|-------|
| 3.4   | 10.8  | 22.9  |
| 破碎値   |       |       |
| 破碎10t | 破碎20t | 破碎40t |
| 2.2   | 6.9   | 15.5  |
| FM減少  |       |       |
| 破碎10t | 破碎20t | 破碎40t |
| 0.10  | 0.34  | 0.77  |

## 高瀬川B破砕試験

| ふるい  | original | 破砕前    | 破砕10t  | 破砕20t  | 破砕40t  | original | 破砕前   | 破砕10t | 破砕20t | 破砕40t |
|------|----------|--------|--------|--------|--------|----------|-------|-------|-------|-------|
| 40   |          |        |        |        | 0.0    | 0.0      |       | 0.0   | 0.0   | 0.0   |
| 30   | 7094.8   | 1381.8 | 762.7  | 782.6  | 380.3  | 46.5     | 47.0  | 26.0  | 26.6  | 12.9  |
| 25   | 3104.7   | 617.4  | 606.3  | 257.7  | 185.1  | 20.4     | 21.0  | 20.6  | 8.8   | 6.3   |
| 20   | 1962.1   | 382.2  | 413.0  | 466.7  | 384.5  | 12.9     | 13.0  | 14.1  | 15.9  | 13.1  |
| 15   | 1084.4   | 205.8  | 153.8  | 194.4  | 258.7  | 7.1      | 7.0   | 5.2   | 6.6   | 8.8   |
| 10   | 1346.5   | 264.6  | 376.8  | 366.0  | 400.1  | 8.8      | 9.0   | 12.8  | 12.4  | 13.6  |
| 5    | 553.2    | 88.2   | 305.6  | 334.4  | 423.6  | 3.6      | 3.0   | 10.4  | 11.4  | 14.4  |
| 2.5  |          |        | 136.7  | 195.2  | 295.5  | 0.0      | 0.0   | 4.7   | 6.6   | 10.0  |
| 1.2  |          |        | 66.3   | 117.4  | 183.0  | 0.0      | 0.0   | 2.3   | 4.0   | 6.2   |
| 0.6  |          |        | 44.7   | 80.3   | 146.0  | 0.0      | 0.0   | 1.5   | 2.7   | 5.0   |
| 0.3  |          |        | 29.8   | 54.4   | 104.0  | 0.0      | 0.0   | 1.0   | 1.8   | 3.5   |
| 0.15 |          |        | 21.6   | 44.9   | 86.5   | 0.0      | 0.0   | 0.7   | 1.5   | 2.9   |
| 受皿   | 106      |        | 21.1   | 47.2   | 97.6   | 0.7      | 0.0   | 0.7   | 1.6   | 3.3   |
| 合計   | 15251.7  | 2940   | 2938.4 | 2941.2 | 2944.9 | 100.0    | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |

| ふるい  | 試験1    | 試験2    | 試験3    | 試験1   | 試験2   | 試験3   | 破砕10t | 破砕20t | 破砕40t |
|------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 30   | 1380.3 | 1385.9 | 1389.6 | 46.9  | 47.0  | 47.1  | -21.0 | -20.4 | -34.2 |
| 25   | 618.8  | 617.3  | 618.0  | 21.0  | 21.0  | 21.0  | -0.4  | -12.2 | -14.7 |
| 20   | 384.8  | 384.9  | 383.3  | 13.1  | 13.1  | 13.0  | 1.0   | 2.8   | 0.1   |
| 15   | 205.8  | 205.5  | 205.9  | 7.0   | 7.0   | 7.0   | -1.8  | -0.4  | 1.8   |
| 10   | 264.3  | 264.2  | 264.5  | 9.0   | 9.0   | 9.0   | 3.8   | 3.5   | 4.6   |
| 5    | 88.2   | 88.2   | 88.2   | 3.0   | 3.0   | 3.0   | 7.4   | 8.4   | 11.4  |
| 2.5  |        |        |        | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 4.7   | 6.6   | 10.0  |
| 1.2  |        |        |        | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 2.3   | 4.0   | 6.2   |
| 0.6  |        |        |        | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 1.5   | 2.7   | 5.0   |
| 0.3  |        |        |        | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 1.0   | 1.8   | 3.5   |
| 0.15 |        |        |        | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.7   | 1.5   | 2.9   |
| 受皿   |        |        |        | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.7   | 1.6   | 3.3   |
| 合計   | 2942.2 | 2946.0 | 2949.5 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |       |       |       |

## 各ふるい残留

| ふるい  | 試験1  | 試験2  | 試験3  | 破砕10t | 破砕20t | 破砕40t |
|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| 20   | 81.0 | 81.1 | 81.1 | 60.6  | 51.2  | 32.3  |
| 10   | 16.0 | 15.9 | 15.9 | 18.1  | 19.1  | 22.4  |
| 5    | 3.0  | 3.0  | 3.0  | 10.4  | 11.4  | 14.4  |
| 2.5  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 4.7   | 6.6   | 10.0  |
| 1.2  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 2.3   | 4.0   | 6.2   |
| 0.6  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 1.5   | 2.7   | 5.0   |
| 0.3  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 1.0   | 1.8   | 3.5   |
| 0.15 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.7   | 1.5   | 2.9   |
| FM   | 7.78 | 7.78 | 7.78 | 7.14  | 6.74  | 6.01  |

## 修正破砕率

|       |       |       |
|-------|-------|-------|
| 破砕10t | 破砕20t | 破砕40t |
| 20.0  | 29.0  | 47.1  |
| 破砕値   |       |       |
| 破砕10t | 破砕20t | 破砕40t |
| 10.2  | 16.7  | 27.7  |
| FM減少  |       |       |
| 破砕10t | 破砕20t | 破砕40t |
| 0.64  | 1.04  | 1.77  |

## 高瀬川C破砕試験

| ふるい  | original | 破砕前   | 破砕10t  | 破砕20t  | 破砕40t  | original | 破砕前   | 破砕10t | 破砕20t | 破砕40t |
|------|----------|-------|--------|--------|--------|----------|-------|-------|-------|-------|
| 40   |          |       |        |        | 0.0    | 0.0      |       | 0.0   | 0.0   | 0.0   |
| 30   | 2719.1   | 589.0 | 513.2  | 197.2  | 274.1  | 18.0     | 19.0  | 16.5  | 6.4   | 8.8   |
| 25   | 2543.6   | 527.0 | 363.2  | 360.3  | 447.3  | 16.8     | 17.0  | 11.7  | 11.6  | 14.4  |
| 20   | 2899.5   | 620.0 | 423.9  | 446.7  | 371.3  | 19.2     | 20.0  | 13.6  | 14.4  | 12.0  |
| 15   | 2043.2   | 403.0 | 175.7  | 133.8  | 85.7   | 13.5     | 13.0  | 5.6   | 4.3   | 2.8   |
| 10   | 2942.3   | 651.0 | 499.4  | 495.9  | 349.4  | 19.4     | 21.0  | 16.0  | 16.0  | 11.2  |
| 5    | 1511.7   | 310.0 | 432.8  | 475.4  | 422.1  | 10.0     | 10.0  | 15.5  | 15.3  | 13.6  |
| 2.5  | 321.9    |       | 288.7  | 391.6  | 374.9  | 2.1      | 0.0   | 9.3   | 12.6  | 12.1  |
| 1.2  |          |       | 140.3  | 212.3  | 254.7  | 0.0      | 0.0   | 4.5   | 6.8   | 8.2   |
| 0.6  |          |       | 89.2   | 146.1  | 188.1  | 0.0      | 0.0   | 2.9   | 4.7   | 6.1   |
| 0.3  |          |       | 53.8   | 98.6   | 128.5  | 0.0      | 0.0   | 1.7   | 3.2   | 4.1   |
| 0.15 |          |       | 41.3   | 69.2   | 97.4   | 0.0      | 0.0   | 1.3   | 2.2   | 3.1   |
| 受皿   | 159.2    |       | 40.2   | 76.7   | 112.9  | 1.1      | 0.0   | 1.3   | 2.5   | 3.6   |
| 合計   | 15140.5  | 3100  | 3111.7 | 3103.8 | 3106.4 | 100.0    | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |

## 実際に用意した試料

| ふるい  | 試験1    | 試験2    | 試験3    | 試験1   | 試験2   | 試験3   | 破砕10t | 破砕20t | 破砕40t |
|------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 30   | 596.2  | 585.0  | 592.4  | 19.2  | 18.8  | 19.1  | -2.7  | -12.5 | -10.2 |
| 25   | 529.0  | 532.7  | 530.1  | 17.0  | 17.2  | 17.0  | -5.3  | -5.6  | -2.6  |
| 20   | 622.4  | 622.0  | 622.9  | 20.0  | 20.0  | 20.0  | -6.4  | -5.6  | -8.1  |
| 15   | 401.6  | 403.0  | 402.9  | 12.9  | 13.0  | 13.0  | -7.3  | -8.7  | -10.2 |
| 10   | 650.6  | 651.6  | 651.0  | 20.9  | 21.0  | 20.9  | -4.9  | -5.0  | -9.7  |
| 5    | 310.2  | 309.6  | 310.0  | 10.0  | 10.0  | 10.0  | 5.5   | 5.3   | 3.6   |
| 2.5  |        |        |        | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 9.3   | 12.6  | 12.1  |
| 1.2  |        |        |        | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 4.5   | 6.8   | 8.2   |
| 0.6  |        |        |        | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 2.9   | 4.7   | 6.1   |
| 0.3  |        |        |        | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 1.7   | 3.2   | 4.1   |
| 0.15 |        |        |        | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 1.3   | 2.2   | 3.1   |
| 受皿   |        |        |        | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 1.3   | 2.5   | 3.6   |
| 合計   | 3110.0 | 3103.9 | 3109.3 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |       |       |       |

## 各ふるい残留

| ふるい  | 試験1  | 試験2  | 試験3  | 破砕10t | 破砕20t | 破砕40t |
|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| 20   | 56.2 | 56.0 | 56.1 | 41.8  | 32.4  | 35.2  |
| 10   | 33.8 | 34.0 | 33.9 | 21.7  | 20.3  | 14.0  |
| 5    | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 15.5  | 15.3  | 13.6  |
| 2.5  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 9.3   | 12.6  | 12.1  |
| 1.2  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 4.5   | 6.8   | 8.2   |
| 0.6  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 2.9   | 4.7   | 6.1   |
| 0.3  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 1.7   | 3.2   | 4.1   |
| 0.15 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 1.3   | 2.2   | 3.1   |
| FM   | 7.46 | 7.46 | 7.46 | 6.57  | 6.06  | 5.84  |

## 修正破砕率

|       |       |       |
|-------|-------|-------|
| 破砕10t | 破砕20t | 破砕40t |
| 25.9  | 36.1  | 39.0  |
| 破砕値   |       |       |
| 破砕10t | 破砕20t | 破砕40t |
| 19.7  | 29.6  | 33.6  |
| FM減少  |       |       |
| 破砕10t | 破砕20t | 破砕40t |
| 0.89  | 1.40  | 1.62  |

| ふるい  | original | 破砕前    | 破砕10t  | 破砕20t  | 破砕40t  | original | 破砕前   | 破砕10t | 破砕20t | 破砕40t |
|------|----------|--------|--------|--------|--------|----------|-------|-------|-------|-------|
| 40   | 112.4    |        |        |        |        | 1.4      | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   |
| 30   | 623.7    | 159.0  | 122.6  | 124.8  | 70.7   | 7.8      | 5.0   | 3.8   | 3.9   | 2.2   |
| 25   | 1294.9   | 286.2  | 266.3  | 168.1  | 197.3  | 16.2     | 9.0   | 8.3   | 5.3   | 6.2   |
| 20   | 1890.3   | 445.2  | 423.1  | 349.6  | 315.2  | 23.6     | 14.0  | 13.2  | 11.0  | 9.9   |
| 15   | 649.2    | 222.6  | 158.0  | 141.9  | 159.1  | 8.1      | 7.0   | 4.9   | 4.5   | 5.0   |
| 10   | 1275.9   | 826.8  | 714.8  | 659.8  | 499.0  | 15.9     | 26.0  | 22.3  | 20.8  | 15.7  |
| 5    | 1779.5   | 1240.2 | 1220.2 | 1168.5 | 996.4  | 22.2     | 39.0  | 38.1  | 36.8  | 31.3  |
| 2.5  | 338.2    |        | 256.6  | 334.7  | 560.7  | 4.2      | 0.0   | 8.0   | 10.5  | 17.6  |
| 1.2  | 25.7     |        | 0.9    | 126.9  | 188.8  | 0.3      | 0.0   | 0.0   | 4.0   | 5.9   |
| 0.6  | 5.1      |        | 18.5   | 48.5   | 91.4   | 0.1      | 0.0   | 0.6   | 1.5   | 2.9   |
| 0.3  | 2.1      |        | 7.8    | 21.0   | 40.0   | 0.0      | 0.0   | 0.2   | 0.7   | 1.3   |
| 0.15 | 1.3      |        | 4.1    | 10.9   | 24.0   | 0.0      | 0.0   | 0.1   | 0.3   | 0.8   |
| 受皿   | 1.7      |        | 7.7    | 18.5   | 38.6   | 0.0      | 0.0   | 0.2   | 0.6   | 1.2   |
| 合計   | 8000     | 3180   | 3200.6 | 3173.2 | 3181.2 | 100.0    | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |

実際に用意した試料

| ふるい  | 試料1    | 試料2    | 試料3    | 試料1   | 試料2   | 試料3   | 破砕10t | 破砕20t | 破砕40t |
|------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 30   | 171.4  | 157.0  | 157.3  | 5.4   | 4.9   | 4.9   | -1.5  | -1.0  | -2.7  |
| 25   | 292.7  | 278.5  | 284.3  | 9.1   | 8.8   | 8.9   | -0.8  | -3.5  | -2.7  |
| 20   | 444.7  | 447.2  | 448.9  | 13.9  | 14.1  | 14.1  | -0.7  | -3.1  | -4.2  |
| 15   | 223.1  | 222.6  | 221.6  | 7.0   | 7.0   | 7.0   | -2.0  | -2.5  | -2.0  |
| 10   | 826.9  | 827.3  | 827.6  | 25.8  | 26.1  | 26.0  | -3.5  | -5.3  | -10.3 |
| 5    | 1240.2 | 1240.2 | 1240.3 | 38.8  | 39.1  | 39.0  | -0.6  | -2.3  | -7.7  |
| 2.5  |        |        |        | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 8.0   | 10.5  | 17.6  |
| 1.2  |        |        |        | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 4.0   | 5.9   |
| 0.6  |        |        |        | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.6   | 1.5   | 2.9   |
| 0.3  |        |        |        | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.2   | 0.7   | 1.3   |
| 0.15 |        |        |        | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.1   | 0.3   | 0.8   |
| 受皿   |        |        |        | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.2   | 0.6   | 1.2   |
| 合計   | 3199.0 | 3172.8 | 3180.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |       |       |       |

各ふるい残留

| ふるい  | 試料1  | 試料2  | 試料3  | 破砕10t | 破砕20t | 破砕40t | 修正破砕率             |
|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------------------|
| 20   | 28.4 | 27.8 | 28.0 | 25.4  | 20.2  | 18.3  | 破砕10t 破砕20t 破砕40t |
| 10   | 32.8 | 33.1 | 33.0 | 27.3  | 25.3  | 20.7  | 9.1 17.4 29.1     |
| 5    | 38.8 | 39.1 | 39.0 | 38.1  | 36.8  | 31.3  | 破砕値               |
| 2.5  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 8.0   | 10.5  | 17.6  | 破砕10t 破砕20t 破砕40t |
| 1.2  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0   | 4.0   | 5.9   | 9.0 17.1 28.4     |
| 0.6  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.6   | 1.5   | 2.9   | FM減少              |
| 0.3  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.2   | 0.7   | 1.3   | 破砕10t 破砕20t 破砕40t |
| 0.15 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.1   | 0.3   | 0.8   | 0.24 0.54 0.86    |
| FM   | 6.90 | 6.89 | 6.89 | 6.65  | 6.35  | 6.03  |                   |

| ふるい  | original | 破砕前  | 破砕10t  | 破砕20t  | 破砕40t  | original | 破砕前   | 破砕10t | 破砕20t | 破砕40t |
|------|----------|------|--------|--------|--------|----------|-------|-------|-------|-------|
| 40   |          |      |        |        |        | 0.0      | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   |
| 30   | 2719.1   | 559  | 349.9  | 434.6  | 150.9  | 18.0     | 19.0  | 11.9  | 14.8  | 5.1   |
| 25   | 2543.6   | 500  | 415.9  | 262.9  | 317.4  | 16.8     | 17.0  | 14.1  | 8.9   | 10.8  |
| 20   | 2899.5   | 588  | 421.0  | 406.0  | 457.0  | 19.2     | 20.0  | 14.3  | 13.8  | 15.6  |
| 15   | 2043.2   | 382  | 273.1  | 193.4  | 171.7  | 13.5     | 13.0  | 9.3   | 6.6   | 5.8   |
| 10   | 2942.3   | 617  | 571.8  | 510.4  | 456.9  | 19.4     | 21.0  | 19.5  | 17.3  | 15.6  |
| 5    | 1511.7   | 294  | 510.1  | 493.5  | 489.4  | 10.0     | 10.0  | 17.4  | 16.8  | 16.7  |
| 2.5  | 321.9    |      | 170.2  | 229.6  | 293.5  | 2.1      | 0.0   | 5.8   | 7.8   | 10.0  |
| 1.2  |          |      | 87.6   | 147.8  | 190.4  | 0.0      | 0.0   | 3.0   | 5.0   | 6.5   |
| 0.6  |          |      | 56.4   | 97.5   | 140.4  | 0.0      | 0.0   | 1.9   | 3.3   | 4.8   |
| 0.3  |          |      | 35.2   | 65.2   | 98.7   | 0.0      | 0.0   | 1.2   | 2.2   | 3.4   |
| 0.15 |          |      | 22.9   | 47.8   | 77.8   | 0.0      | 0.0   | 0.8   | 1.6   | 2.6   |
| 受皿   | 159.2    |      | 25.3   | 55.7   | 92.5   | 1.1      | 0.0   | 0.9   | 1.9   | 3.1   |
| 合計   | 15140.5  | 2940 | 2939.4 | 2944.4 | 2936.6 | 100.0    | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |

実際に用意した試料

| ふるい  | 試料1    | 試料2    | 試料3    | 試料1   | 試料2   | 試料3   | 破砕10t | 破砕20t | 破砕40t |
|------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 30   | 564.4  | 561.4  | 561    | 19.2  | 19.0  | 19.1  | -7.3  | -4.3  | -13.9 |
| 25   | 497.5  | 502.7  | 498.9  | 16.9  | 17.1  | 17.0  | -2.8  | -8.1  | -6.2  |
| 20   | 586.8  | 590    | 587.3  | 19.9  | 20.0  | 20.0  | -5.6  | -6.2  | -4.4  |
| 15   | 382.8  | 382.6  | 381.8  | 13.0  | 13.0  | 13.0  | -3.7  | -6.4  | -7.1  |
| 10   | 616.8  | 616.9  | 617.1  | 21.0  | 20.9  | 21.0  | -1.5  | -3.6  | -5.4  |
| 5    | 294.2  | 293.9  | 294.2  | 10.0  | 10.0  | 10.0  | 7.4   | 6.8   | 6.7   |
| 2.5  |        |        |        | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 5.8   | 7.8   | 10.0  |
| 1.2  |        |        |        | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 3.0   | 5.0   | 6.5   |
| 0.6  |        |        |        | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 1.9   | 3.3   | 4.8   |
| 0.3  |        |        |        | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 1.2   | 2.2   | 3.4   |
| 0.15 |        |        |        | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.8   | 1.6   | 2.6   |
| 受皿   |        |        |        | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.9   | 1.9   | 3.1   |
| 合計   | 2942.3 | 2947.5 | 2940.3 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |       |       |       |

各ふるい残留

| ふるい  | 試料1  | 試料2  | 試料3  | 破砕10t | 破砕20t | 破砕40t | 修正破砕率             |
|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------------------|
| 20   | 56.0 | 56.1 | 56.0 | 40.4  | 37.5  | 31.5  | 破砕10t 破砕20t 破砕40t |
| 10   | 34.0 | 33.9 | 34.0 | 28.7  | 23.9  | 21.4  | 20.5 27.7 35.5    |
| 5    | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 17.4  | 16.8  | 16.7  | 破砕値               |
| 2.5  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 5.8   | 7.8   | 10.0  | 破砕10t 破砕20t 破砕40t |
| 1.2  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 3.0   | 5.0   | 6.5   | 12.7 20.0 27.3    |
| 0.6  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 1.9   | 3.3   | 4.8   | FM減少              |
| 0.3  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 1.2   | 2.2   | 3.4   | 破砕10t 破砕20t 破砕40t |
| 0.15 | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.8   | 1.6   | 2.6   | 0.68 1.03 1.44    |
| FM   | 7.46 | 7.46 | 7.46 | 6.78  | 6.43  | 6.02  |                   |

圧裂強度試験結果（笠間）

| 試料<br>番号 | 粒径 10-5mm         |                  |                              | 粒径 15-10mm        |                  |                              | 粒径 20-15mm        |                  |                              | 粒径 30-20mm        |                  |                              | 粒径 40-30mm        |                  |                              |
|----------|-------------------|------------------|------------------------------|-------------------|------------------|------------------------------|-------------------|------------------|------------------------------|-------------------|------------------|------------------------------|-------------------|------------------|------------------------------|
|          | 載荷点<br>距離<br>(mm) | 破壊<br>荷重<br>(kN) | 圧裂強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 載荷点<br>距離<br>(mm) | 破壊<br>荷重<br>(kN) | 圧裂強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 載荷点<br>距離<br>(mm) | 破壊<br>荷重<br>(kN) | 圧裂強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 載荷点<br>距離<br>(mm) | 破壊<br>荷重<br>(kN) | 圧裂強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 載荷点<br>距離<br>(mm) | 破壊<br>荷重<br>(kN) | 圧裂強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |
| 1        | 5.38              | 1.192            | 37.06                        | 5.83              | 1.992            | 52.75                        | 10.40             | 1.616            | 13.45                        | 11.77             | 5.137            | 33.37                        | 27.90             | 13.030           | 15.07                        |
| 2        | 4.15              | 1.266            | 66.16                        | 9.35              | 3.535            | 36.39                        | 6.72              | 1.648            | 32.84                        | 15.40             | 8.187            | 31.07                        | 26.79             | 14.950           | 18.75                        |
| 3        | 5.32              | 1.197            | 38.06                        | 6.94              | 2.607            | 48.72                        | 9.09              | 2.832            | 30.85                        | 18.01             | 6.493            | 18.02                        | 20.09             | 8.612            | 19.20                        |
| 4        | 4.61              | 1.171            | 49.59                        | 5.96              | 2.017            | 51.10                        | 9.34              | 2.972            | 30.66                        | 15.79             | 7.043            | 25.42                        | 19.35             | 11.006           | 26.46                        |
| 5        | 7.03              | 1.058            | 19.27                        | 8.73              | 2.520            | 29.76                        | 6.59              | 2.280            | 47.25                        | 23.54             | 3.172            | 5.15                         | 25.92             | 6.925            | 9.28                         |
| 6        | 8.59              | 1.178            | 14.37                        | 8.53              | 0.390            | 4.82                         | 9.66              | 1.962            | 18.92                        | 17.67             | 4.662            | 13.44                        | 19.08             | 4.265            | 10.54                        |
| 7        | 8.06              | 2.263            | 31.35                        | 8.67              | 2.687            | 32.17                        | 5.74              | 2.353            | 64.27                        | 16.80             | 3.932            | 12.54                        | 20.78             | 7.256            | 15.12                        |
| 8        | 6.86              | 1.972            | 37.71                        | 5.84              | 0.225            | 5.94                         | 10.53             | 2.852            | 23.15                        | 18.00             | 5.937            | 16.49                        | 20.40             | 7.137            | 15.43                        |
| 9        | 5.22              | 1.396            | 46.11                        | 11.12             | 4.022            | 29.27                        | 16.51             | 2.455            | 8.11                         | 14.02             | 6.056            | 27.73                        | 14.76             | 4.630            | 19.13                        |
| 10       | 5.58              | 1.001            | 28.93                        | 6.43              | 2.077            | 45.21                        | 15.09             | 4.392            | 17.36                        | 12.43             | 4.490            | 26.15                        | 34.82             | 10.368           | 7.70                         |
| 11       | 5.19              | 0.927            | 30.97                        | 9.11              | 0.865            | 9.38                         | 12.85             | 2.655            | 14.47                        | 17.27             | 3.695            | 11.15                        | 27.84             | 7.631            | 8.86                         |
| 12       | 5.24              | 1.058            | 34.68                        | 7.70              | 1.800            | 27.32                        | 10.21             | 2.273            | 19.62                        | 11.52             | 4.727            | 32.06                        | 35.49             | 12.660           | 9.05                         |
| 13       | 8.12              | 1.808            | 24.62                        | 6.85              | 1.982            | 38.02                        | 12.62             | 4.282            | 24.20                        | 9.41              | 3.912            | 39.76                        | 28.79             | 12.230           | 13.28                        |
| 14       | 5.25              | 1.802            | 58.84                        | 7.98              | 1.153            | 16.30                        | 13.37             | 5.275            | 26.56                        | 13.92             | 5.393            | 25.05                        | 17.44             | 4.937            | 14.61                        |
| 15       | 2.92              | 0.541            | 57.10                        | 10.78             | 2.298            | 17.80                        | 13.97             | 3.057            | 14.10                        | 14.89             | 1.978            | 8.03                         | 20.76             | 18.550           | 38.74                        |
| 16       | 3.67              | 0.908            | 60.67                        | 7.84              | 2.052            | 30.05                        | 15.94             | 2.850            | 10.10                        | 15.01             | 6.775            | 27.06                        | 25.29             | 9.400            | 13.23                        |
| 17       | 4.55              | 1.525            | 66.30                        | 8.39              | 1.906            | 24.37                        | 18.32             | 3.397            | 9.11                         | 17.23             | 5.362            | 16.26                        | 19.99             | 8.050            | 18.13                        |
| 18       | 6.66              | 0.811            | 16.46                        | 8.13              | 1.352            | 18.41                        | 16.92             | 1.822            | 5.73                         | 19.57             | 6.706            | 15.76                        | 16.19             | 12.230           | 41.99                        |
| 19       | 5.25              | 1.015            | 33.14                        | 7.48              | 3.057            | 49.17                        | 9.17              | 1.615            | 17.29                        | 12.20             | 5.581            | 33.75                        | 20.21             | 9.468            | 20.86                        |
| 20       | 4.44              | 0.891            | 40.68                        | 7.87              | 1.870            | 27.17                        | 11.48             | 2.323            | 15.86                        | 14.00             | 5.206            | 23.91                        | 18.44             | 9.125            | 24.15                        |
| 21       | 6.03              | 1.876            | 46.43                        | 7.58              | 2.100            | 32.89                        | 8.69              | 3.502            | 41.74                        | 9.93              | 4.912            | 44.83                        | 19.53             | 11.537           | 27.22                        |
| 22       | 3.75              | 0.981            | 62.78                        | 6.33              | 1.112            | 24.98                        | 13.23             | 2.610            | 13.42                        | 14.58             | 3.232            | 13.68                        | 20.48             | 11.218           | 24.07                        |
| 23       | 6.29              | 1.016            | 23.11                        | 9.24              | 1.535            | 16.18                        | 12.29             | 2.750            | 16.39                        | 16.26             | 4.472            | 15.22                        | 24.52             | 4.675            | 7.00                         |
| 24       | 5.15              | 1.193            | 40.48                        | 9.04              | 2.702            | 29.76                        | 15.29             | 3.290            | 12.67                        | 22.01             | 5.762            | 10.70                        | 29.71             | 9.081            | 9.26                         |
| 25       | 5.03              | 0.795            | 28.28                        | 13.23             | 1.760            | 9.05                         | 6.74              | 2.562            | 50.76                        | 22.77             | 3.957            | 6.87                         | 28.28             | 14.170           | 15.95                        |
| 26       | 2.42              | 0.767            | 117.87                       | 8.44              | 2.782            | 35.15                        | 12.61             | 1.998            | 11.31                        | 15.46             | 3.772            | 14.20                        | 27.43             | 7.025            | 8.40                         |
| 27       | 7.43              | 1.461            | 23.82                        | 6.13              | 0.886            | 21.22                        | 9.51              | 3.245            | 32.29                        | 17.23             | 6.637            | 20.12                        | 28.45             | 10.250           | 11.40                        |
| 28       | 4.84              | 1.147            | 44.07                        | 6.50              | 2.192            | 46.69                        | 6.94              | 2.265            | 42.32                        | 13.78             | 6.781            | 32.14                        | 17.60             | 10.262           | 29.82                        |
| 29       | 3.82              | 1.277            | 78.76                        | 10.35             | 2.303            | 19.35                        | 17.84             | 4.937            | 13.96                        | 11.81             | 5.550            | 35.81                        | 25.48             | 9.587            | 13.29                        |
| 30       | 4.58              | 1.026            | 44.02                        | 6.98              | 1.721            | 31.79                        | 9.44              | 1.943            | 19.62                        | 16.03             | 4.407            | 15.44                        | 24.51             | 6.158            | 9.23                         |

圧裂強度試験結果 (嘉瀬川B)

| 試料<br>番号 | 粒径 10-5mm         |                  |                              | 粒径 15-10mm        |                  |                              | 粒径 20-15mm        |                  |                              | 粒径 30-20mm        |                  |                              | 粒径 40-30mm        |                  |                              |
|----------|-------------------|------------------|------------------------------|-------------------|------------------|------------------------------|-------------------|------------------|------------------------------|-------------------|------------------|------------------------------|-------------------|------------------|------------------------------|
|          | 載荷点<br>距離<br>(mm) | 破壊<br>荷重<br>(kN) | 圧裂強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 載荷点<br>距離<br>(mm) | 破壊<br>荷重<br>(kN) | 圧裂強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 載荷点<br>距離<br>(mm) | 破壊<br>荷重<br>(kN) | 圧裂強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 載荷点<br>距離<br>(mm) | 破壊<br>荷重<br>(kN) | 圧裂強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 載荷点<br>距離<br>(mm) | 破壊<br>荷重<br>(kN) | 圧裂強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |
| 1        | 4.29              | 0.202            | 9.88                         | 7.13              | 0.855            | 15.14                        | 7.38              | 1.000            | 16.52                        | 19.66             | 4.705            | 10.96                        | 19.64             | 6.168            | 14.39                        |
| 2        | 5.30              | 0.268            | 8.59                         | 8.60              | 0.960            | 11.68                        | 10.81             | 1.281            | 9.87                         | 18.07             | 2.705            | 7.46                         | 17.82             | 3.262            | 9.25                         |
| 3        | 3.64              | 0.310            | 21.06                        | 11.13             | 1.060            | 7.70                         | 9.31              | 1.731            | 17.97                        | 18.62             | 3.830            | 9.94                         | 15.70             | 2.706            | 9.88                         |
| 4        | 3.99              | 0.250            | 14.13                        | 7.18              | 1.095            | 19.12                        | 9.36              | 1.356            | 13.93                        | 9.95              | 1.050            | 9.55                         | 30.09             | 5.387            | 5.35                         |
| 5        | 3.41              | 0.218            | 16.87                        | 5.88              | 0.513            | 13.35                        | 8.72              | 2.131            | 25.22                        | 11.89             | 1.462            | 9.31                         | 31.16             | 5.643            | 5.23                         |
| 6        | 3.55              | 0.460            | 32.85                        | 6.21              | 0.377            | 8.80                         | 9.66              | 1.300            | 12.54                        | 8.70              | 1.102            | 13.10                        | 29.20             | 5.375            | 5.67                         |
| 7        | 5.93              | 0.337            | 8.63                         | 6.94              | 0.538            | 10.05                        | 10.79             | 1.797            | 13.89                        | 10.57             | 2.515            | 20.26                        | 21.08             | 5.956            | 12.06                        |
| 8        | 6.44              | 0.215            | 4.67                         | 7.47              | 0.540            | 8.71                         | 13.00             | 2.028            | 10.80                        | 11.82             | 2.990            | 19.26                        | 20.58             | 3.350            | 7.12                         |
| 9        | 4.94              | 0.730            | 26.92                        | 6.31              | 0.515            | 11.64                        | 8.33              | 0.671            | 8.70                         | 8.23              | 0.955            | 12.69                        | 20.66             | 3.468            | 7.31                         |
| 10       | 5.00              | 0.315            | 11.34                        | 4.48              | 0.658            | 29.51                        | 7.77              | 0.465            | 6.93                         | 9.64              | 1.022            | 9.90                         | 17.50             | 5.962            | 17.52                        |
| 11       | 4.36              | 0.332            | 15.72                        | 7.43              | 1.072            | 17.48                        | 7.12              | 1.030            | 18.29                        | 13.23             | 2.700            | 13.88                        | 16.27             | 2.187            | 7.44                         |
| 12       | 3.85              | 0.350            | 21.25                        | 6.47              | 0.631            | 13.57                        | 7.54              | 0.581            | 9.20                         | 23.08             | 3.915            | 6.61                         | 16.56             | 5.743            | 18.85                        |
| 13       | 4.45              | 0.328            | 14.91                        | 7.08              | 0.648            | 11.63                        | 5.84              | 0.591            | 15.60                        | 15.04             | 3.481            | 13.85                        | 14.96             | 4.887            | 19.65                        |
| 14       | 4.77              | 0.196            | 7.75                         | 7.72              | 0.667            | 10.07                        | 4.27              | 0.281            | 13.87                        | 11.13             | 1.918            | 13.93                        | 13.75             | 2.368            | 11.27                        |
| 15       | 4.65              | 0.382            | 15.90                        | 4.87              | 0.311            | 11.80                        | 10.32             | 1.077            | 9.10                         | 7.58              | 1.206            | 18.89                        | 13.78             | 2.550            | 12.09                        |
| 16       | 3.90              | 0.250            | 14.79                        | 4.37              | 0.220            | 10.37                        | 9.84              | 0.878            | 8.16                         | 9.01              | 2.731            | 30.28                        | 12.15             | 2.218            | 13.52                        |
| 17       | 3.24              | 0.373            | 31.92                        | 3.66              | 0.372            | 24.99                        | 14.55             | 1.782            | 7.58                         | 13.81             | 2.168            | 10.23                        | 24.38             | 5.812            | 8.80                         |
| 18       | 6.44              | 0.215            | 4.67                         | 4.72              | 0.395            | 15.96                        | 13.16             | 2.250            | 11.69                        | 11.12             | 2.881            | 20.97                        | 19.78             | 2.556            | 5.88                         |
| 19       | 3.13              | 0.332            | 30.50                        | 5.88              | 0.696            | 18.12                        | 12.44             | 1.731            | 10.07                        | 15.28             | 3.400            | 13.11                        | 22.82             | 3.868            | 6.68                         |
| 20       | 5.20              | 0.247            | 8.22                         | 7.04              | 0.590            | 10.71                        | 13.10             | 1.480            | 7.76                         | 21.04             | 4.643            | 9.44                         | 26.51             | 5.187            | 6.64                         |
| 21       | 5.75              | 0.357            | 9.72                         | 9.37              | 0.442            | 4.53                         | 8.95              | 0.697            | 7.83                         | 15.86             | 3.487            | 12.48                        | 22.54             | 3.318            | 5.88                         |
| 22       | 3.87              | 0.226            | 13.58                        | 6.59              | 0.500            | 10.36                        | 4.67              | 0.457            | 18.86                        | 16.92             | 3.231            | 10.16                        | 23.91             | 3.600            | 5.67                         |
| 23       | 3.31              | 0.366            | 30.07                        | 5.39              | 0.593            | 18.37                        | 5.99              | 0.477            | 11.96                        | 20.45             | 1.550            | 3.34                         | 21.93             | 4.206            | 7.87                         |
| 24       | 4.76              | 0.268            | 10.65                        | 3.30              | 0.283            | 23.39                        | 6.72              | 0.641            | 12.78                        | 13.52             | 2.750            | 13.54                        | 22.87             | 1.875            | 3.23                         |
| 25       | 6.31              | 0.316            | 7.14                         | 7.02              | 0.635            | 11.60                        | 7.01              | 0.897            | 16.43                        | 28.89             | 2.056            | 2.22                         | 24.72             | 1.912            | 2.82                         |
| 26       | 5.07              | 0.805            | 28.19                        | 7.04              | 0.458            | 8.32                         | 7.26              | 1.566            | 26.74                        | 3.55              | 0.725            | 51.78                        | 12.23             | 5.350            | 32.19                        |
| 27       | 6.76              | 0.376            | 7.41                         | 9.09              | 0.346            | 3.77                         | 8.11              | 0.282            | 3.86                         | 11.36             | 0.887            | 6.19                         | 10.75             | 3.756            | 29.25                        |
| 28       | 5.93              | 0.191            | 4.89                         | 9.03              | 0.318            | 3.51                         | 17.04             | 0.540            | 1.67                         | 20.25             | 6.312            | 13.85                        | 18.34             | 7.340            | 19.64                        |
| 29       | 6.47              | 0.301            | 6.47                         | 7.15              | 0.240            | 4.23                         | 15.98             | 1.088            | 3.83                         | 16.44             | 5.493            | 18.29                        | 22.90             | 8.810            | 15.12                        |
| 30       | 7.11              | 0.901            | 16.04                        | 10.16             | 0.451            | 3.93                         | 3.83              | 0.486            | 29.82                        | 16.36             | 2.468            | 8.30                         | 29.37             | 9.060            | 9.45                         |

圧裂強度試験結果（嘉瀬川C）

| 試料<br>番号 | 粒径 10-5mm         |                  |                              | 粒径 15-10mm        |                  |                              | 粒径 20-15mm        |                  |                              | 粒径 30-20mm        |                  |                              | 粒径 40-30mm        |                  |                              |
|----------|-------------------|------------------|------------------------------|-------------------|------------------|------------------------------|-------------------|------------------|------------------------------|-------------------|------------------|------------------------------|-------------------|------------------|------------------------------|
|          | 載荷点<br>距離<br>(mm) | 破壊<br>荷重<br>(kN) | 圧裂強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 載荷点<br>距離<br>(mm) | 破壊<br>荷重<br>(kN) | 圧裂強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 載荷点<br>距離<br>(mm) | 破壊<br>荷重<br>(kN) | 圧裂強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 載荷点<br>距離<br>(mm) | 破壊<br>荷重<br>(kN) | 圧裂強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 載荷点<br>距離<br>(mm) | 破壊<br>荷重<br>(kN) | 圧裂強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |
| 1        | 5.03              | 0.220            | 7.83                         | 7.81              | 0.193            | 2.85                         | 8.28              | 0.595            | 7.81                         | 11.14             | 0.477            | 3.46                         | 19.21             | 2.187            | 5.33                         |
| 2        | 5.52              | 0.193            | 5.70                         | 10.17             | 0.543            | 4.72                         | 9.57              | 0.702            | 6.90                         | 14.96             | 0.773            | 3.11                         | 15.80             | 1.010            | 3.64                         |
| 3        | 5.75              | 0.313            | 8.52                         | 5.55              | 0.202            | 5.90                         | 10.45             | 0.575            | 4.74                         | 13.67             | 0.751            | 3.62                         | 15.28             | 1.491            | 5.75                         |
| 4        | 7.00              | 0.365            | 6.70                         | 9.76              | 0.475            | 4.49                         | 10.87             | 0.412            | 3.14                         | 16.32             | 0.748            | 2.53                         | 18.00             | 2.537            | 7.05                         |
| 5        | 7.11              | 0.123            | 2.19                         | 10.91             | 0.455            | 3.44                         | 9.46              | 0.456            | 4.59                         | 19.68             | 0.952            | 2.21                         | 16.43             | 1.527            | 5.09                         |
| 6        | 5.76              | 0.206            | 5.59                         | 7.41              | 0.210            | 3.44                         | 9.40              | 0.377            | 3.84                         | 22.84             | 1.235            | 2.13                         | 26.15             | 4.500            | 5.92                         |
| 7        | 6.79              | 0.116            | 2.26                         | 5.78              | 0.193            | 5.20                         | 9.48              | 0.436            | 4.37                         | 22.68             | 1.202            | 2.10                         | 23.88             | 2.797            | 4.41                         |
| 8        | 7.83              | 0.142            | 2.08                         | 7.53              | 0.611            | 9.70                         | 8.29              | 0.597            | 7.82                         | 8.25              | 0.551            | 7.29                         | 22.00             | 1.298            | 2.41                         |
| 9        | 5.97              | 0.203            | 5.13                         | 8.40              | 0.306            | 3.90                         | 9.30              | 0.597            | 6.21                         | 22.20             | 1.030            | 1.88                         | 18.40             | 1.861            | 4.95                         |
| 10       | 5.99              | 0.192            | 4.82                         | 7.74              | 0.558            | 8.38                         | 13.39             | 0.772            | 3.88                         | 9.98              | 0.492            | 4.45                         | 24.04             | 1.677            | 2.61                         |
| 11       | 7.72              | 0.280            | 4.23                         | 6.99              | 0.305            | 5.62                         | 10.58             | 0.768            | 6.17                         | 13.26             | 0.536            | 2.74                         | 24.29             | 2.127            | 3.24                         |
| 12       | 6.18              | 0.109            | 2.57                         | 8.93              | 0.283            | 3.19                         | 12.13             | 0.535            | 3.27                         | 10.17             | 0.277            | 2.41                         | 18.26             | 1.470            | 3.97                         |
| 13       | 6.20              | 0.247            | 5.78                         | 5.26              | 0.248            | 8.07                         | 9.94              | 0.730            | 6.65                         | 12.71             | 1.550            | 8.64                         | 27.35             | 2.163            | 2.60                         |
| 14       | 4.41              | 0.152            | 7.03                         | 8.69              | 0.301            | 3.59                         | 7.51              | 0.340            | 5.43                         | 8.78              | 0.868            | 10.13                        | 11.75             | 1.221            | 7.96                         |
| 15       | 6.96              | 0.116            | 2.16                         | 10.63             | 0.395            | 3.15                         | 12.35             | 0.650            | 3.84                         | 17.54             | 1.322            | 3.87                         | 30.09             | 4.312            | 4.29                         |
| 16       | 5.45              | 0.268            | 8.12                         | 11.10             | 0.732            | 5.35                         | 10.75             | 0.386            | 3.01                         | 9.49              | 0.401            | 4.01                         | 28.17             | 1.410            | 1.60                         |
| 17       | 6.56              | 0.131            | 2.74                         | 8.02              | 0.202            | 2.83                         | 8.84              | 0.298            | 3.43                         | 8.11              | 0.240            | 3.28                         | 25.99             | 1.811            | 2.41                         |
| 18       | 5.67              | 0.131            | 3.67                         | 8.27              | 0.273            | 3.59                         | 4.97              | 0.252            | 9.18                         | 12.66             | 0.433            | 2.43                         | 15.93             | 1.235            | 4.38                         |
| 19       | 8.12              | 0.308            | 4.20                         | 10.79             | 0.671            | 5.19                         | 12.00             | 0.635            | 3.97                         | 18.90             | 1.466            | 3.69                         | 19.53             | 2.233            | 5.27                         |
| 20       | 7.11              | 0.327            | 5.82                         | 5.70              | 0.288            | 7.98                         | 9.44              | 0.615            | 6.21                         | 13.29             | 0.407            | 2.07                         | 29.38             | 1.900            | 1.98                         |
| 21       | 7.52              | 0.153            | 2.43                         | 4.99              | 0.246            | 8.89                         | 9.39              | 0.502            | 5.12                         | 11.93             | 0.628            | 3.97                         | 15.63             | 0.976            | 3.60                         |
| 22       | 5.41              | 0.110            | 3.38                         | 5.31              | 0.337            | 10.76                        | 8.04              | 0.310            | 4.32                         | 17.16             | 1.007            | 3.08                         | 31.64             | 2.382            | 2.14                         |
| 23       | 6.04              | 0.338            | 8.34                         | 7.17              | 0.351            | 6.14                         | 12.48             | 0.980            | 5.66                         | 14.19             | 0.802            | 3.58                         | 27.10             | 1.450            | 1.78                         |
| 24       | 6.96              | 0.345            | 6.41                         | 7.06              | 0.318            | 5.74                         | 9.67              | 0.691            | 6.65                         | 14.80             | 0.466            | 1.91                         | 12.87             | 1.131            | 6.15                         |
| 25       | 4.07              | 0.181            | 9.83                         | 8.26              | 0.362            | 4.78                         | 9.29              | 0.501            | 5.22                         | 14.15             | 0.716            | 3.22                         | 16.56             | 0.940            | 3.08                         |
| 26       | 4.11              | 0.276            | 14.71                        | 7.23              | 0.308            | 5.30                         | 9.75              | 0.406            | 3.84                         | 24.54             | 0.586            | 0.88                         | 20.51             | 0.901            | 1.93                         |
| 27       | 5.02              | 1.810            | 64.64                        | 8.40              | 0.201            | 2.56                         | 5.73              | 0.523            | 14.34                        | 20.13             | 0.651            | 1.45                         | 25.48             | 1.818            | 2.52                         |
| 28       | 4.80              | 0.372            | 14.53                        | 12.34             | 0.271            | 1.60                         | 9.32              | 0.918            | 9.51                         | 15.00             | 0.333            | 1.33                         | 24.73             | 1.006            | 1.48                         |
| 29       | 2.83              | 0.103            | 11.57                        | 7.41              | 0.368            | 6.03                         | 9.27              | 0.283            | 2.96                         | 19.38             | 0.562            | 1.35                         | 20.51             | 0.737            | 1.58                         |
| 30       | 9.46              | 0.122            | 1.23                         | 10.12             | 0.971            | 8.53                         | 8.89              | 0.208            | 2.37                         | 15.49             | 0.305            | 1.14                         | 29.92             | 1.420            | 1.43                         |

圧裂強度試験結果（横川：節理直角方向）

| 試料<br>番号 | 粒径 10-5mm         |                  |                              | 粒径 15-10mm        |                  |                              | 粒径 20-15mm        |                  |                              | 粒径 20-40mm        |                  |                              |
|----------|-------------------|------------------|------------------------------|-------------------|------------------|------------------------------|-------------------|------------------|------------------------------|-------------------|------------------|------------------------------|
|          | 載荷点<br>距離<br>(mm) | 破壊<br>荷重<br>(kN) | 圧裂強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 載荷点<br>距離<br>(mm) | 破壊<br>荷重<br>(kN) | 圧裂強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 載荷点<br>距離<br>(mm) | 破壊<br>荷重<br>(kN) | 圧裂強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 載荷点<br>距離<br>(mm) | 破壊<br>荷重<br>(kN) | 圧裂強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |
| 1        | 9.78              | 1.475            | 13.88                        | 10.63             | 1.537            | 12.24                        | 16.36             | 4.707            | 15.83                        | 27.82             | 4.875            | 5.67                         |
| 2        | 9.58              | 1.912            | 18.75                        | 11.05             | 1.631            | 12.02                        | 18.32             | 1.798            | 4.82                         | 27.46             | 4.825            | 5.76                         |
| 3        | 9.13              | 2.206            | 23.82                        | 14.93             | 2.543            | 10.27                        | 19.18             | 4.108            | 10.05                        | 22.05             | 6.662            | 12.33                        |
| 4        | 9.37              | 2.537            | 26.01                        | 10.25             | 3.693            | 31.64                        | 18.99             | 4.102            | 10.24                        | 22.69             | 10.250           | 17.92                        |
| 5        | 6.87              | 1.218            | 23.23                        | 12.91             | 1.575            | 8.50                         | 17.61             | 3.360            | 9.75                         | 30.18             | 4.820            | 4.76                         |
| 6        | 9.98              | 2.400            | 21.69                        | 10.35             | 1.593            | 13.38                        | 15.04             | 2.770            | 11.02                        | 19.48             | 8.525            | 20.22                        |
| 7        | 9.83              | 1.818            | 16.93                        | 10.12             | 3.312            | 29.11                        | 17.60             | 3.942            | 11.45                        | 27.51             | 5.850            | 6.96                         |
| 8        | 9.22              | 2.962            | 31.36                        | 10.05             | 1.043            | 9.29                         | 16.67             | 1.752            | 5.67                         | 29.92             | 7.700            | 7.74                         |
| 9        | 7.48              | 1.893            | 30.45                        | 10.08             | 2.592            | 22.96                        | 17.85             | 4.210            | 11.89                        | 29.33             | 6.081            | 6.36                         |
| 10       | 8.52              | 2.993            | 37.11                        | 12.75             | 2.131            | 11.80                        | 18.62             | 8.475            | 22.00                        | 20.05             | 10.150           | 22.72                        |
| 11       | 7.52              | 1.625            | 25.86                        | 12.40             | 2.406            | 14.08                        | 15.63             | 3.637            | 13.40                        | 22.45             | 4.632            | 8.27                         |
| 12       | 7.16              | 2.756            | 48.38                        | 14.57             | 3.643            | 15.44                        | 18.96             | 5.987            | 14.99                        | 28.71             | 6.706            | 7.32                         |
| 13       | 8.91              | 3.462            | 39.25                        | 14.49             | 3.062            | 13.13                        | 18.25             | 2.970            | 8.03                         | 25.34             | 8.306            | 11.64                        |
| 14       | 5.56              | 1.987            | 57.85                        | 10.25             | 2.743            | 23.50                        | 16.20             | 2.160            | 7.41                         | 22.76             | 3.702            | 6.43                         |
| 15       | 7.53              | 1.700            | 26.98                        | 13.51             | 3.756            | 18.52                        | 18.57             | 2.827            | 7.38                         | 21.09             | 4.986            | 10.09                        |
| 16       | 6.40              | 1.718            | 37.75                        | 13.48             | 2.150            | 10.65                        | 16.28             | 1.798            | 6.11                         | 23.03             | 4.615            | 7.83                         |
| 17       | 6.70              | 1.256            | 25.18                        | 14.84             | 4.418            | 18.06                        | 17.63             | 6.256            | 18.11                        | 23.35             | 3.751            | 6.19                         |
| 18       |                   |                  |                              | 12.11             | 1.575            | 9.67                         | 18.30             | 5.881            | 15.80                        | 23.98             | 6.987            | 10.94                        |
| 19       |                   |                  |                              | 11.89             | 4.118            | 26.22                        | 16.82             | 2.790            | 8.88                         | 23.08             | 4.800            | 8.11                         |
| 20       |                   |                  |                              | 12.51             | 1.031            | 5.93                         | 18.19             | 2.378            | 6.47                         | 24.97             | 10.050           | 14.51                        |
| 21       |                   |                  |                              | 14.16             | 1.981            | 8.89                         | 17.41             | 4.160            | 12.35                        | 20.42             | 11.443           | 24.70                        |
| 22       |                   |                  |                              | 11.50             | 2.212            | 15.05                        | 19.10             | 4.102            | 10.12                        | 28.80             | 6.842            | 7.42                         |
| 23       |                   |                  |                              | 12.81             | 2.018            | 11.07                        | 19.41             | 3.577            | 8.54                         | 20.81             | 8.400            | 17.46                        |
| 24       |                   |                  |                              | 11.97             | 3.618            | 22.73                        | 17.16             | 2.680            | 8.19                         | 21.83             | 3.557            | 6.72                         |
| 25       |                   |                  |                              | 12.80             | 1.656            | 9.10                         | 15.05             | 3.315            | 13.17                        | 22.01             | 3.451            | 6.41                         |
| 26       |                   |                  |                              | 12.32             | 4.562            | 27.05                        | 15.88             | 4.765            | 17.01                        | 25.04             | 4.937            | 7.09                         |
| 27       |                   |                  |                              | 14.85             | 2.312            | 9.44                         | 15.55             | 3.857            | 14.36                        | 28.12             | 5.031            | 5.73                         |
| 28       |                   |                  |                              | 12.29             | 2.600            | 15.49                        | 17.83             | 4.770            | 13.50                        | 27.33             | 6.117            | 7.37                         |
| 29       |                   |                  |                              | 14.84             | 2.150            | 8.79                         | 15.21             | 4.180            | 16.26                        | 28.81             | 4.998            | 5.42                         |
| 30       |                   |                  |                              | 14.25             | 3.418            | 15.15                        | 15.32             | 2.680            | 10.28                        | 25.47             | 5.089            | 7.06                         |

圧裂強度試験結果 (横川: 節理方向)

| 試料<br>番号 | 粒径 10-5mm         |                  |                              | 粒径 15-10mm        |                  |                              | 粒径 20-15mm        |                  |                              | 粒径 20-40mm        |                  |                              |
|----------|-------------------|------------------|------------------------------|-------------------|------------------|------------------------------|-------------------|------------------|------------------------------|-------------------|------------------|------------------------------|
|          | 載荷点<br>距離<br>(mm) | 破壊<br>荷重<br>(kN) | 圧裂強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 載荷点<br>距離<br>(mm) | 破壊<br>荷重<br>(kN) | 圧裂強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 載荷点<br>距離<br>(mm) | 破壊<br>荷重<br>(kN) | 圧裂強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 載荷点<br>距離<br>(mm) | 破壊<br>荷重<br>(kN) | 圧裂強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |
| 1        | 8.96              | 1.106            | 12.40                        | 10.55             | 1.231            | 9.95                         | 17.23             | 0.591            | 1.79                         | 26.14             | 1.823            | 2.40                         |
| 2        | 8.02              | 0.206            | 2.88                         | 10.06             | 1.125            | 10.00                        | 17.45             | 0.471            | 1.39                         | 21.10             | 1.625            | 3.28                         |
| 3        | 9.95              | 0.457            | 4.15                         | 13.27             | 1.200            | 6.13                         | 15.88             | 0.789            | 2.82                         | 24.55             | 0.983            | 1.47                         |
| 4        | 8.24              | 0.610            | 8.09                         | 11.20             | 0.906            | 6.50                         | 16.25             | 2.114            | 7.21                         | 24.73             | 2.397            | 3.53                         |
| 5        | 8.08              | 0.775            | 10.68                        | 12.28             | 0.305            | 1.82                         | 16.48             | 3.104            | 10.29                        | 30.71             | 1.958            | 1.87                         |
| 6        | 7.70              | 0.449            | 6.82                         | 14.82             | 1.125            | 4.61                         | 16.93             | 0.277            | 0.87                         | 24.31             | 1.732            | 2.64                         |
| 7        | 7.07              | 0.325            | 5.85                         | 13.10             | 1.018            | 5.34                         | 15.62             | 1.081            | 3.99                         | 28.73             | 4.065            | 4.43                         |
| 8        | 9.52              | 0.158            | 1.57                         | 14.10             | 0.256            | 1.16                         | 18.59             | 0.372            | 0.97                         | 37.88             | 4.805            | 3.01                         |
| 9        | 9.88              | 0.137            | 1.26                         | 14.59             | 0.881            | 3.72                         | 17.01             | 2.950            | 9.18                         | 26.00             | 2.542            | 3.38                         |
| 10       | 9.93              | 0.635            | 5.80                         | 12.29             | 0.906            | 5.40                         | 15.71             | 0.471            | 1.72                         | 30.62             | 2.181            | 2.09                         |
| 11       | 7.85              | 0.797            | 11.64                        | 14.88             | 0.906            | 3.68                         | 15.02             | 1.227            | 4.89                         | 28.59             | 1.417            | 1.56                         |
| 12       | 7.49              | 0.441            | 7.07                         | 14.32             | 1.018            | 4.47                         | 18.48             | 0.476            | 1.25                         | 24.75             | 2.348            | 3.45                         |
| 13       | 8.33              | 0.550            | 7.13                         | 14.28             | 0.658            | 2.90                         | 15.47             | 1.296            | 4.87                         | 25.82             | 2.411            | 3.25                         |
| 14       | 6.89              | 0.643            | 12.19                        | 14.18             | 0.893            | 4.00                         | 15.94             | 0.533            | 1.89                         | 30.09             | 4.115            | 4.09                         |
| 15       | 9.20              | 0.931            | 9.90                         | 12.77             | 1.100            | 6.07                         | 18.65             | 0.681            | 1.76                         | 22.00             | 0.829            | 1.54                         |
| 16       | 6.98              | 0.912            | 16.85                        | 12.68             | 1.187            | 6.64                         | 17.21             | 1.475            | 4.48                         | 24.56             | 0.821            | 1.22                         |
| 17       |                   |                  |                              | 13.47             | 0.437            | 2.17                         | 17.56             | 1.748            | 5.10                         | 27.06             | 2.315            | 2.85                         |
| 18       |                   |                  |                              | 12.32             | 1.075            | 6.37                         | 16.10             | 1.490            | 5.17                         | 25.16             | 2.412            | 3.43                         |
| 19       |                   |                  |                              | 14.98             | 1.156            | 4.64                         | 17.87             | 0.500            | 1.41                         | 23.96             | 1.800            | 2.82                         |
| 20       |                   |                  |                              | 11.31             | 1.437            | 10.11                        | 17.98             | 0.297            | 0.83                         | 28.52             | 0.431            | 0.48                         |
| 21       |                   |                  |                              | 14.97             | 0.180            | 0.72                         | 17.68             | 2.268            | 6.53                         | 29.70             | 1.125            | 1.15                         |
| 22       |                   |                  |                              | 10.47             | 0.349            | 2.87                         | 18.05             | 0.519            | 1.43                         | 23.71             | 0.451            | 0.72                         |
| 23       |                   |                  |                              | 12.67             | 1.550            | 8.69                         | 17.03             | 0.287            | 0.89                         | 23.35             | 2.378            | 3.93                         |
| 24       |                   |                  |                              | 12.50             | 0.714            | 4.11                         | 16.94             | 2.398            | 7.52                         | 24.69             | 1.342            | 1.98                         |
| 25       |                   |                  |                              | 12.18             | 0.985            | 5.98                         | 19.45             | 0.395            | 0.94                         | 20.05             | 2.935            | 6.57                         |
| 26       |                   |                  |                              | 12.36             | 0.906            | 5.34                         | 18.29             | 3.442            | 9.26                         | 26.31             | 1.735            | 2.26                         |
| 27       |                   |                  |                              | 13.74             | 1.010            | 4.81                         | 17.2              | 0.273            | 0.83                         | 30.54             | 2.710            | 2.62                         |
| 28       |                   |                  |                              | 11.87             | 0.891            | 5.69                         | 18.3              | 1.370            | 3.68                         | 27.91             | 1.730            | 2.00                         |
| 29       |                   |                  |                              | 14.10             | 1.153            | 5.22                         | 19.87             | 1.561            | 3.56                         | 23.72             | 0.486            | 0.78                         |
| 30       |                   |                  |                              | 11.52             | 0.430            | 2.92                         | 16.25             | 1.998            | 6.81                         | 21.51             | 1.128            | 2.19                         |

試験に用いた骨材試験結果

粗骨材の粒度分布

| 骨材の種類       | 粒度     | 粒度分布 (残留%) |      |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 粗粒率  |
|-------------|--------|------------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
|             |        | 150        | 120  | 100  | 80   | 60   | 50    | 40    | 30    | 25    | 20    | 15    | 10    | 5     | 2.5   |      |
| 粗骨材<br>B    | a 1580 | 0.0        | 31.6 | 68.4 | 99.3 | 99.8 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 9.99 |
|             | b 8040 | 0.0        | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 39.6 | 80.4  | 98.6  | 99.8  | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 8.99 |
|             | c 4020 | 0.0        | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0   | 3.2   | 21.2  | 55.3  | 94.5  | 99.8  | 99.9  | 100.0 | 100.0 | 7.97 |
|             | d 2005 | 0.0        | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 1.3   | 22.4  | 69.4  | 98.8  | 99.7  | 6.69 |
| 粗骨材<br>C    | e 1580 | 0.0        | 30.5 | 63.5 | 93.1 | 98.6 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 9.93 |
|             | f 8040 | 0.0        | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 31.6 | 72.9  | 97.6  | 99.4  | 99.7  | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 8.98 |
|             | g 4020 | 0.0        | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0   | 3.2   | 13.4  | 65.6  | 88.2  | 97.6  | 99.0  | 99.7  | 100.0 | 7.90 |
|             | h 2005 | 0.0        | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.8   | 9.0   | 42.6  | 97.4  | 99.7  | 6.41 |
| 連続粒度<br>B   | 15005  | 0.0        | 9.5  | 20.5 | 29.8 | 37.9 | 46.1  | 50.5  | 55.3  | 63.8  | 74.0  | 80.6  | 92.3  | 99.7  | 99.9  | 8.46 |
|             | 8005   | 0.0        | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 19.8 | 40.2  | 50.1  | 55.2  | 63.8  | 74.0  | 80.6  | 92.3  | 99.7  | 99.9  | 8.16 |
|             | 4005   | 0.0        | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0   | 1.6   | 10.6  | 27.6  | 47.9  | 61.1  | 84.6  | 99.4  | 99.8  | 7.34 |
| 連続粒度<br>C   | 15005  | 0.0        | 9.2  | 19.0 | 27.9 | 35.9 | 44.6  | 50.5  | 53.9  | 69.6  | 76.6  | 81.1  | 88.2  | 99.4  | 99.9  | 8.42 |
|             | 8005   | 0.0        | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 15.8 | 36.4  | 49.8  | 53.7  | 69.5  | 76.6  | 81.1  | 88.2  | 99.4  | 99.9  | 8.14 |
|             | 4005   | 0.0        | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0   | 1.9   | 8.0   | 39.4  | 53.2  | 62.2  | 76.4  | 98.8  | 99.9  | 7.30 |
| 連続粒度<br>混合M | 15005  | 0.0        | 9.4  | 19.8 | 28.9 | 36.9 | 45.4  | 50.5  | 54.6  | 66.7  | 75.3  | 80.9  | 90.3  | 99.6  | 99.9  | 8.44 |
|             | 8005   | 0.0        | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 17.8 | 38.3  | 50.0  | 54.5  | 66.7  | 75.3  | 80.9  | 90.3  | 99.6  | 99.9  | 8.15 |
|             | 4005   | 0.0        | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0   | 1.8   | 9.3   | 33.5  | 50.6  | 61.7  | 80.5  | 99.1  | 99.9  | 7.32 |

混合比

B 15005 a:b:c:d=30:20:25:25  
 B 8005 a:b:c:d=0:50:25:25  
 B 4005 a:b:c:d=0:0:50:50  
 C 15005 e:f:g:h=30:20:30:20  
 C 8005 e:f:g:h=0:50:30:20  
 C 4005 e:f:g:h=0:0:60:40  
 混合M B骨材:C骨材=50:50

細骨材の粒度分布

| 骨材の種類 | 粒度分布 (残留 %) |     |      |      |      |      |      | 粗粒率  |
|-------|-------------|-----|------|------|------|------|------|------|
|       | 10          | 5   | 2.5  | 1.2  | 0.6  | 0.3  | 0.15 |      |
| B     | 0.0         | 0.1 | 16.4 | 30.2 | 57.9 | 77.0 | 90.7 | 2.72 |
| C     | 0.0         | 0.0 | 13.4 | 29.4 | 57.0 | 78.2 | 90.8 | 2.68 |
| 混合M   | 0.0         | 0.0 | 14.9 | 29.8 | 57.4 | 77.6 | 90.8 | 2.71 |

破碎試験前後の粒度分布

| 骨材の種類 | 粒度   | 荷重<br>(kN) | 破碎試験 | 粒 度 分 布 (通過%) |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |       | 粗粒率  |
|-------|------|------------|------|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
|       |      |            |      | 80            | 60   | 50   | 40   | 30   | 25   | 20   | 15   | 10   | 5    | 2.5   | 1.2   | 0.6   | 0.3   | 0.15  |      |
| B     | 4005 | 400        | 試験前  | 0.0           | 0.0  | 0.0  | 1.6  | 10.6 | 27.7 | 48.0 | 61.2 | 84.8 | 99.6 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 7.35 |
|       |      |            | 破碎後  | 0.0           | 0.0  | 0.0  | 1.4  | 9.7  | 16.5 | 30.2 | 39.8 | 62.3 | 82.8 | 91.2  | 95.0  | 96.7  | 97.7  | 98.7  | 6.56 |
|       |      | 800        | 試験前  | 0.0           | 0.0  | 0.0  | 1.6  | 10.6 | 27.7 | 48.0 | 61.2 | 84.8 | 99.6 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 7.35 |
|       |      |            | 破碎後  | 0.0           | 0.0  | 0.0  | 1.4  | 10.9 | 14.1 | 27.4 | 36.1 | 56.6 | 75.8 | 85.9  | 91.6  | 94.6  | 96.4  | 98.1  | 6.28 |
|       |      | 1600       | 試験前  | 0.0           | 0.0  | 0.0  | 1.6  | 10.6 | 27.7 | 48.0 | 61.2 | 84.8 | 99.6 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 7.35 |
|       |      |            | 破碎後  | 0.0           | 0.0  | 0.0  | 1.3  | 9.2  | 12.3 | 22.0 | 29.2 | 48.6 | 65.9 | 77.7  | 85.8  | 90.7  | 93.5  | 96.7  | 5.84 |
| C     | 4005 | 400        | 試験前  | 0.0           | 0.0  | 0.0  | 1.9  | 8.0  | 39.4 | 53.3 | 62.3 | 76.5 | 98.9 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 7.30 |
|       |      |            | 破碎後  | 0.0           | 0.0  | 0.0  | 1.8  | 4.3  | 19.6 | 34.6 | 41.8 | 57.2 | 77.2 | 86.3  | 90.3  | 92.5  | 95.6  | 97.1  | 6.32 |
|       |      | 800        | 試験前  | 0.0           | 0.0  | 0.0  | 1.9  | 8.0  | 39.4 | 53.3 | 62.3 | 76.5 | 98.9 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 7.30 |
|       |      |            | 破碎後  | 0.0           | 0.0  | 0.0  | 1.5  | 4.1  | 17.3 | 32.6 | 38.9 | 53.2 | 70.0 | 80.1  | 85.8  | 89.6  | 93.9  | 96.3  | 6.04 |
|       |      | 1600       | 試験前  | 0.0           | 0.0  | 0.0  | 1.9  | 8.0  | 39.4 | 53.3 | 62.3 | 76.5 | 98.9 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 7.30 |
|       |      |            | 破碎後  | 0.0           | 0.0  | 0.0  | 0.5  | 3.2  | 13.8 | 25.1 | 31.1 | 45.2 | 59.4 | 69.9  | 78.6  | 84.7  | 89.2  | 93.7  | 5.46 |
| BC混合  | 2005 | 400        | 試験前  | 0.0           | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 1.0  | 15.7 | 56.2 | 98.4 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 6.55 |
|       |      |            | 破碎後  | 0.0           | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.7  | 8.1  | 37.0 | 72.6 | 87.6  | 92.7  | 94.9  | 96.2  | 97.9  | 5.81 |
|       |      | 800        | 試験前  | 0.0           | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 1.0  | 15.7 | 56.2 | 98.4 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 6.55 |
|       |      |            | 破碎後  | 0.0           | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.7  | 7.3  | 31.1 | 60.3 | 77.6  | 86.6  | 90.9  | 93.8  | 96.5  | 5.38 |
|       |      | 1600       | 試験前  | 0.0           | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 1.0  | 15.7 | 56.2 | 98.4 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 6.55 |
|       |      |            | 破碎後  | 0.0           | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.6  | 6.2  | 27.3 | 51.3 | 69.1  | 80.8  | 86.6  | 90.9  | 95.1  | 5.02 |
| BC混合  | 4005 | 400        | 試験前  | 0.0           | 0.0  | 0.0  | 1.8  | 9.3  | 33.5 | 50.7 | 61.8 | 80.6 | 99.2 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 7.33 |
|       |      |            | 破碎後  | 0.0           | 0.0  | 0.0  | 1.5  | 8.4  | 21.3 | 35.6 | 43.3 | 60.8 | 80.8 | 90.1  | 94.1  | 95.6  | 97.0  | 98.3  | 6.55 |
|       |      | 800        | 試験前  | 0.0           | 0.0  | 0.0  | 1.8  | 9.3  | 33.5 | 50.7 | 61.8 | 80.6 | 99.2 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 7.33 |
|       |      |            | 破碎後  | 0.0           | 0.0  | 0.0  | 1.4  | 7.5  | 16.7 | 30.2 | 38.5 | 53.9 | 72.1 | 83.6  | 89.5  | 93.2  | 95.5  | 97.3  | 6.17 |
|       |      | 1600       | 試験前  | 0.0           | 0.0  | 0.0  | 1.8  | 9.3  | 33.5 | 50.7 | 61.8 | 80.6 | 99.2 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 7.33 |
|       |      |            | 破碎後  | 0.0           | 0.0  | 0.0  | 1.2  | 4.6  | 14.5 | 25.2 | 31.2 | 46.3 | 63.0 | 75.6  | 84.2  | 91.5  | 92.5  | 95.8  | 5.75 |
| BC混合  | 8005 | 400        | 試験前  | 0.0           | 17.8 | 38.3 | 50.1 | 54.6 | 66.8 | 75.4 | 81.0 | 90.4 | 99.7 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 8.15 |
|       |      |            | 破碎後  | 0.0           | 12.7 | 34.7 | 40.0 | 45.4 | 52.6 | 60.3 | 65.2 | 75.9 | 87.6 | 93.4  | 96.0  | 97.1  | 97.9  | 98.8  | 7.47 |
|       |      | 800        | 試験前  | 0.0           | 17.8 | 38.3 | 50.1 | 54.6 | 66.8 | 75.4 | 81.0 | 90.4 | 99.7 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 8.15 |
|       |      |            | 破碎後  | 0.0           | 10.5 | 22.5 | 35.1 | 38.7 | 44.6 | 52.5 | 56.3 | 68.4 | 80.5 | 88.2  | 92.3  | 94.8  | 96.5  | 97.9  | 7.04 |
|       |      | 1600       | 試験前  | 0.0           | 17.8 | 38.3 | 50.1 | 54.6 | 66.8 | 75.4 | 81.0 | 90.4 | 99.7 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 8.15 |
|       |      |            | 破碎後  | 0.0           | 7.5  | 17.3 | 27.5 | 32.7 | 37.6 | 47.0 | 50.5 | 61.8 | 73.3 | 82.6  | 88.1  | 91.7  | 94.1  | 96.5  | 6.63 |

骨材の点荷圧裂強度

| No | 15080        |             |                              | 8040         |             |                              | 4020         |             |                              | 2005         |             |                              |
|----|--------------|-------------|------------------------------|--------------|-------------|------------------------------|--------------|-------------|------------------------------|--------------|-------------|------------------------------|
|    | 点荷距離<br>(mm) | 最大荷重<br>(N) | 圧裂強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 点荷距離<br>(mm) | 最大荷重<br>(N) | 圧裂強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 点荷距離<br>(mm) | 最大荷重<br>(N) | 圧裂強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 点荷距離<br>(mm) | 最大荷重<br>(N) | 圧裂強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |
| 1  | 54.14        | 19680.0     | 6.043                        | 31.85        | 5971.9      | 5.298                        | 23.77        | 15491.6     | 24.676                       | 24.55        | 3047.3      | 4.550                        |
| 2  | 86.11        | 19148.5     | 2.324                        | 47.74        | 22924.0     | 9.053                        | 37.60        | 6625.6      | 4.218                        | 15.30        | 2906.7      | 11.175                       |
| 3  | 95.61        | 20456.7     | 2.014                        | 46.58        | 30473.2     | 12.640                       | 48.00        | 19482.9     | 7.610                        | 39.26        | 4305.6      | 2.514                        |
| 4  | 161.48       | 10754.0     | 0.371                        | 33.77        | 17300.9     | 13.654                       | 30.68        | 13133.1     | 12.557                       | 42.07        | 4482.5      | 2.279                        |
| 5  | 85.59        | 35820.8     | 4.401                        | 62.09        | 22668.1     | 5.292                        | 39.14        | 11628.7     | 6.832                        | 24.54        | 3214.4      | 4.804                        |
| 6  | 93.11        | 2732.7      | 0.284                        | 52.92        | 17556.8     | 5.642                        | 38.58        | 9024.1      | 5.457                        | 23.70        | 5500.0      | 8.813                        |
| 7  | 61.00        | 15708.3     | 3.799                        | 43.61        | 22471.9     | 10.634                       | 32.82        | 12129.8     | 10.135                       | 19.27        | 4458.0      | 10.805                       |
| 8  | 87.38        | 19601.5     | 2.311                        | 58.39        | 13446.9     | 3.550                        | 51.54        | 19987.9     | 6.772                        | 25.03        | 5937.4      | 8.529                        |
| 9  | 86.08        | 5269.0      | 0.640                        | 59.29        | 13348.8     | 3.418                        | 31.88        | 15422.9     | 13.658                       | 15.31        | 2496.9      | 9.587                        |
| 10 | 84.11        | 22648.5     | 2.881                        | 23.98        | 12346.6     | 19.324                       | 44.59        | 21822.7     | 9.878                        | 13.11        | 4133.6      | 21.645                       |
| 11 | 67.73        | 25833.7     | 5.068                        | 39.26        | 12926.1     | 7.548                        | 35.00        | 19531.9     | 14.350                       | 17.32        | 2840.9      | 8.523                        |
| 12 | 121.30       | 20997.0     | 1.284                        | 46.89        | 14616.8     | 5.983                        | 49.28        | 12965.4     | 4.805                        | 18.58        | 2816.3      | 7.342                        |
| 13 | 100.70       | 12327.0     | 1.094                        | 60.15        | 2447.6      | 0.609                        | 52.33        | 13368.4     | 4.394                        | 17.30        | 5096.9      | 15.327                       |
| 14 | 82.63        | 13074.2     | 1.723                        | 59.43        | 5131.3      | 1.308                        | 49.20        | 17654.9     | 6.564                        | 15.08        | 7028.6      | 27.817                       |
| 15 | 66.10        | 19089.6     | 3.932                        | 45.18        | 12837.9     | 5.660                        | 36.74        | 7657.7      | 5.106                        | 32.79        | 2831.1      | 2.370                        |
| 16 | 116.06       | 15845.6     | 1.059                        | 47.71        | 19257.3     | 7.614                        | 64.84        | 11117.8     | 2.380                        | 24.05        | 2246.2      | 3.495                        |
| 17 | 80.99        | 17969.7     | 2.466                        | 42.33        | 24162.6     | 12.136                       | 33.39        | 20790.1     | 16.783                       | 22.13        | 6660.0      | 12.239                       |
| 18 | 106.93       | 28193.1     | 2.219                        | 58.90        | 11402.2     | 2.958                        | 30.67        | 7854.3      | 7.515                        | 22.52        | 8173.8      | 14.505                       |
| 19 | 105.75       | 7333.3      | 0.590                        | 57.16        | 6684.5      | 1.841                        | 46.25        | 14459.9     | 6.084                        | 16.02        | 7092.5      | 24.872                       |
| 20 | 99.42        | 25990.6     | 2.367                        | 43.54        | 18461.0     | 8.764                        | 28.15        | 14499.3     | 16.456                       | 20.18        | 8626.0      | 19.064                       |
| 21 | 88.19        | 40874.1     | 4.730                        | 30.92        | 15875.0     | 14.944                       | 24.11        | 14856.0     | 22.692                       | 24.89        | 8788.2      | 12.767                       |
| 22 | 100.02       | 4954.4      | 0.446                        | 33.02        | 10380.3     | 8.568                        | 35.74        | 21852.2     | 15.397                       | 16.07        | 3391.4      | 11.819                       |
| 23 | 66.56        | 25302.1     | 5.140                        | 50.20        | 7048.2      | 2.517                        | 40.81        | 18362.0     | 9.923                        | 15.05        | 7151.5      | 28.416                       |
| 24 | 142.11       | 11953.3     | 0.533                        | 52.16        | 8395.0      | 2.777                        | 42.49        | 20053.6     | 9.997                        | 13.72        | 4133.6      | 19.763                       |
| 25 | 96.89        | 19797.7     | 1.898                        | 45.38        | 19856.5     | 8.678                        | 36.63        | 17664.7     | 11.849                       | 19.32        | 1941.4      | 4.681                        |
| 26 | 93.92        | 44550.6     | 4.545                        | 24.10        | 6537.1      | 10.130                       | 43.49        | 14508.9     | 6.904                        | 31.50        | 3676.5      | 3.335                        |
| 27 | 87.95        | 19306.4     | 2.246                        | 30.98        | 2123.3      | 1.991                        | 40.27        | 12739.8     | 7.070                        | 12.31        | 1022.3      | 6.072                        |
| 28 | 91.52        | 21901.2     | 2.353                        | 36.08        | 11442.4     | 7.911                        | 55.84        | 12651.6     | 3.652                        | 9.87         | 1838.3      | 16.983                       |
| 29 | 129.25       | 14804.1     | 0.798                        | 47.77        | 9073.3      | 3.578                        | 30.37        | 9692.6      | 9.458                        | 14.78        | 1586.5      | 6.536                        |
| 30 | 95.35        | 19482.9     | 1.929                        | 17.56        | 3037.5      | 8.866                        | 40.04        | 12828.1     | 7.201                        | 10.42        | 1380.1      | 11.440                       |
| 31 | 77.94        | 9987.1      | 1.480                        | 13.25        | 5750.6      | 29.480                       | 74.98        | 8483.4      | 1.358                        | 11.17        | 2139.0      | 15.430                       |
| 32 | 78.56        | 9063.4      | 1.322                        | 48.46        | 13319.4     | 5.105                        | 45.68        | 14293.2     | 6.165                        | 15.47        | 572.1       | 2.152                        |
| 33 | 64.53        | 22924.0     | 4.955                        | 75.51        | 16377.1     | 2.585                        | 38.38        | 16170.2     | 9.880                        | 8.42         | 2361.1      | 29.974                       |
| 34 | 51.10        | 18063.8     | 6.226                        | 47.51        | 6979.4      | 2.783                        | 45.42        | 17025.3     | 7.428                        | 7.83         | 2257.0      | 33.132                       |
| 35 | 122.32       | 21685.4     | 1.304                        | 51.54        | 9466.5      | 3.207                        | 37.01        | 15059.1     | 9.895                        | 6.00         | 830.3       | 20.758                       |
| 36 | 60.02        | 16966.5     | 4.239                        | 63.72        | 11098.2     | 2.460                        | 33.83        | 27642.0     | 21.737                       | 8.09         | 1828.4      | 25.142                       |
| 37 | 40.20        | 26364.2     | 14.683                       | 44.72        | 8021.4      | 3.610                        | 20.18        | 12581.9     | 27.807                       | 17.19        | 1392.0      | 4.240                        |
| 38 | 63.29        | 19935.0     | 4.479                        | 23.97        | 9987.1      | 15.644                       | 32.72        | 10871.7     | 9.139                        | 8.13         | 509.2       | 6.933                        |
| 39 | 45.95        | 6900.7      | 2.941                        | 34.77        | 13800.9     | 10.274                       | 49.24        | 19954.6     | 7.407                        | 8.70         | 1181.5      | 14.049                       |
| 40 | 50.91        | 15236.6     | 5.291                        | 26.18        | 7824.8      | 10.275                       | 41.21        | 12366.2     | 6.553                        | 6.21         | 1161.9      | 27.116                       |
| 41 | 63.63        | 11088.4     | 2.465                        | 34.66        | 4059.9      | 3.042                        | 28.19        | 12798.7     | 14.495                       | 11.64        | 772.7       | 5.132                        |
| 42 | 49.42        | 13172.3     | 4.854                        | 56.84        | 2378.9      | 0.663                        | 32.36        | 18834.7     | 16.188                       | 14.71        | 2170.5      | 9.028                        |
| 43 | 88.81        | 9908.6      | 1.131                        | 40.58        | 4276.1      | 2.337                        | 43.11        | 12542.7     | 6.074                        | 9.04         | 521.0       | 5.738                        |
| 44 | 51.92        | 17163.6     | 5.730                        | 23.05        | 9220.7      | 15.619                       | 50.08        | 14312.8     | 5.136                        | 6.70         | 534.8       | 10.721                       |
| 45 | 57.58        | 20623.4     | 5.598                        | 30.68        | 13074.2     | 12.501                       | 32.74        | 11677.8     | 9.805                        | 7.36         | 992.8       | 16.495                       |
| 46 | 90.21        | 20151.7     | 2.229                        | 22.77        | 4846.3      | 8.412                        | 26.72        | 10439.2     | 13.159                       | 5.98         | 287.0       | 7.224                        |
| 47 | 78.12        | 21292.2     | 3.140                        | 41.99        | 9201.1      | 4.697                        | 52.93        | 19443.6     | 6.246                        | 6.54         | 255.1       | 5.367                        |
| 48 | 72.25        | 18421.8     | 3.176                        | 47.07        | 17900.1     | 7.271                        | 51.56        | 13663.6     | 4.626                        | 6.45         | 886.7       | 19.183                       |
| 49 | 96.04        | 14745.3     | 1.439                        | 25.81        | 9938.1      | 13.427                       | 26.77        | 17320.5     | 21.752                       | 6.58         | 519.0       | 10.789                       |
| 50 | 67.68        | 20034.0     | 3.936                        | 75.58        | 20721.5     | 3.265                        | 50.05        | 24810.8     | 8.914                        | 8.47         | 410.9       | 5.155                        |
| 平均 | 84.09        | -           | 3.04                         | 43.15        | -           | 7.39                         | 40.15        | -           | 10.08                        | 15.93        | -           | 12.32                        |

骨材の点荷圧強度

| No | 15080        |             |                              | 8040         |             |                              | 4020         |             |                              | 2005         |             |                              |
|----|--------------|-------------|------------------------------|--------------|-------------|------------------------------|--------------|-------------|------------------------------|--------------|-------------|------------------------------|
|    | 点荷距離<br>(mm) | 最大荷重<br>(N) | 圧裂強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 点荷距離<br>(mm) | 最大荷重<br>(N) | 圧裂強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 点荷距離<br>(mm) | 最大荷重<br>(N) | 圧裂強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 点荷距離<br>(mm) | 最大荷重<br>(N) | 圧裂強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |
| 1  | 52.11        | 4983.9      | 1.652                        | 55.06        | 11039.3     | 3.277                        | 58.04        | 6832.0      | 1.825                        | 22.24        | 1897.2      | 3.452                        |
| 2  | 86.33        | 5426.2      | 0.655                        | 61.67        | 2772.0      | 0.656                        | 32.47        | 4408.8      | 3.764                        | 26.74        | 2590.2      | 3.260                        |
| 3  | 102.36       | 12238.7     | 1.051                        | 45.63        | 3012.9      | 1.302                        | 34.02        | 10198.9     | 7.931                        | 30.45        | 2046.6      | 1.987                        |
| 4  | 94.37        | 7765.9      | 0.785                        | 36.72        | 3720.7      | 2.484                        | 42.00        | 9225.6      | 4.707                        | 17.75        | 1346.7      | 3.847                        |
| 5  | 86.37        | 18195.3     | 2.195                        | 48.63        | 5534.4      | 2.106                        | 41.32        | 8178.7      | 4.311                        | 25.59        | 3755.1      | 5.161                        |
| 6  | 56.14        | 5917.7      | 1.690                        | 50.12        | 1263.1      | 0.453                        | 34.51        | 5475.4      | 4.138                        | 15.69        | 992.8       | 3.630                        |
| 7  | 161.31       | 4669.3      | 0.162                        | 40.46        | 1405.7      | 0.773                        | 40.98        | 10729.5     | 5.750                        | 22.99        | 3389.4      | 5.771                        |
| 8  | 115.43       | 3184.9      | 0.215                        | 35.35        | 1341.7      | 0.966                        | 28.62        | 7023.6      | 7.717                        | 15.38        | 1201.2      | 4.570                        |
| 9  | 72.45        | 4512.0      | 0.774                        | 36.71        | 3631.7      | 2.425                        | 24.08        | 4546.5      | 7.057                        | 18.07        | 3061.0      | 8.437                        |
| 10 | 148.94       | 7097.4      | 0.288                        | 36.10        | 5141.1      | 3.550                        | 31.01        | 1892.3      | 1.771                        | 23.60        | 3029.7      | 4.896                        |
| 11 | 178.48       | 10561.8     | 0.298                        | 37.34        | 9893.9      | 6.386                        | 45.77        | 10238.1     | 4.398                        | 21.91        | 2742.6      | 5.142                        |
| 12 | 67.62        | 10724.6     | 2.111                        | 34.08        | 2290.4      | 1.775                        | 39.66        | 2526.3      | 1.446                        | 19.48        | 3041.4      | 7.213                        |
| 13 | 127.37       | 6517.4      | 0.362                        | 38.11        | 776.6       | 0.481                        | 23.33        | 3302.9      | 5.461                        | 7.72         | 654.7       | 9.887                        |
| 14 | 124.74       | 10468.6     | 0.606                        | 35.99        | 2029.9      | 1.410                        | 45.86        | 4384.3      | 1.876                        | 28.38        | 1006.6      | 1.125                        |
| 15 | 109.86       | 9127.3      | 0.681                        | 29.29        | 2737.7      | 2.872                        | 48.71        | 9368.2      | 3.554                        | 17.32        | 1502.0      | 4.506                        |
| 16 | 151.17       | 3760.1      | 0.148                        | 66.22        | 3966.5      | 0.814                        | 67.92        | 8173.8      | 1.595                        | 19.32        | 1043.9      | 2.517                        |
| 17 | 146.69       | 7136.6      | 0.298                        | 51.38        | 8109.9      | 2.765                        | 40.12        | 7623.3      | 4.262                        | 8.45         | 392.3       | 4.944                        |
| 18 | 77.75        | 14145.1     | 2.106                        | 53.65        | 4079.5      | 1.276                        | 46.21        | 4276.1      | 1.802                        | 19.80        | 2949.1      | 6.770                        |
| 19 | 57.94        | 5903.0      | 1.583                        | 57.98        | 5450.8      | 1.459                        | 37.34        | 7313.7      | 4.721                        | 17.06        | 1352.6      | 4.183                        |
| 20 | 96.99        | 7338.2      | 0.702                        | 54.40        | 4861.1      | 1.478                        | 43.31        | 5077.3      | 2.436                        | 12.85        | 1496.1      | 8.155                        |
| 21 | 56.55        | 5460.6      | 1.537                        | 26.85        | 5957.0      | 7.437                        | 49.44        | 4330.2      | 1.594                        | 19.10        | 1277.9      | 3.153                        |
| 22 | 66.99        | 12129.8     | 2.433                        | 55.78        | 9058.5      | 2.620                        | 26.83        | 4625.1      | 5.783                        | 11.48        | 723.5       | 4.941                        |
| 23 | 71.36        | 6773.0      | 1.197                        | 86.63        | 3976.3      | 0.477                        | 44.91        | 4139.1      | 1.847                        | 11.69        | 1393.9      | 9.180                        |
| 24 | 74.15        | 5603.2      | 0.917                        | 60.29        | 6620.7      | 1.639                        | 35.32        | 1764.5      | 1.273                        | 15.71        | 2105.6      | 7.678                        |
| 25 | 130.79       | 16455.6     | 0.866                        | 82.04        | 2108.5      | 0.282                        | 28.87        | 2133.1      | 2.303                        | 13.27        | 2137.1      | 10.922                       |
| 26 | 128.54       | 17703.9     | 0.964                        | 56.93        | 4089.4      | 1.136                        | 36.14        | 7672.4      | 5.287                        | 13.65        | 1226.8      | 5.926                        |
| 27 | 71.70        | 17163.6     | 3.005                        | 58.11        | 5706.4      | 1.521                        | 66.22        | 4050.0      | 0.831                        | 5.82         | 326.4       | 8.672                        |
| 28 | 68.71        | 10940.3     | 2.086                        | 35.66        | 2801.6      | 1.983                        | 37.58        | 6836.9      | 4.357                        | 7.65         | 516.1       | 7.937                        |
| 29 | 92.73        | 9731.9      | 1.019                        | 22.86        | 1803.8      | 3.107                        | 46.84        | 7726.6      | 3.170                        | 6.00         | 547.5       | 13.688                       |
| 30 | 77.74        | 11313.9     | 1.685                        | 79.06        | 3853.4      | 0.555                        | 109.21       | 1823.4      | 0.138                        | 5.62         | 317.5       | 9.048                        |
| 31 | 68.10        | 2673.8      | 0.519                        | 39.00        | 5868.6      | 3.473                        | 104.30       | 1823.4      | 0.151                        | 6.97         | 155.3       | 2.878                        |
| 32 | 67.09        | 9771.2      | 1.954                        | 58.21        | 4197.4      | 1.115                        | 32.29        | 6723.8      | 5.804                        | 5.05         | 264.4       | 9.330                        |
| 33 | 103.88       | 11599.3     | 0.967                        | 69.25        | 1523.7      | 0.286                        | 42.75        | 3209.5      | 1.581                        | 10.17        | 757.9       | 6.595                        |
| 34 | 79.45        | 5731.0      | 0.817                        | 59.72        | 5588.4      | 1.410                        | 66.40        | 2973.6      | 0.607                        | 11.65        | 824.1       | 5.464                        |
| 35 | 130.11       | 8178.7      | 0.435                        | 83.24        | 2221.6      | 0.289                        | 65.46        | 3234.1      | 0.679                        | 9.39         | 125.8       | 1.284                        |
| 36 | 83.44        | 15688.7     | 2.028                        | 28.07        | 3091.5      | 3.531                        | 65.46        | 3234.1      | 0.679                        | 6.46         | 271.4       | 5.852                        |
| 37 | 111.78       | 8994.7      | 0.648                        | 47.05        | 2894.9      | 1.177                        | 36.72        | 5853.9      | 3.907                        | 6.64         | 297.8       | 6.080                        |
| 38 | 175.93       | 14233.4     | 0.414                        | 30.84        | 8227.9      | 7.786                        | 46.56        | 6871.3      | 2.853                        | 7.10         | 440.4       | 7.863                        |
| 39 | 86.41        | 13467.5     | 1.623                        | 41.97        | 1779.2      | 0.909                        | 36.28        | 10045.9     | 6.869                        | 5.01         | 333.2       | 11.948                       |
| 40 | 57.88        | 16150.6     | 4.339                        | 55.35        | 4384.3      | 1.288                        | 32.42        | 5519.7      | 4.726                        | 7.42         | 202.5       | 3.310                        |
| 41 | 86.26        | 1710.4      | 0.207                        | 34.22        | 4276.1      | 3.286                        | 30.77        | 1366.4      | 1.299                        | 7.65         | 602.6       | 9.267                        |
| 42 | 74.24        | 5662.2      | 0.925                        | 63.79        | 4261.4      | 0.943                        | 36.62        | 3209.5      | 2.154                        | 8.15         | 184.8       | 2.503                        |
| 43 | 98.11        | 6104.5      | 0.571                        | 61.55        | 3627.3      | 0.862                        | 29.36        | 7338.2      | 7.662                        | 7.17         | 298.8       | 5.231                        |
| 44 | 152.33       | 8788.2      | 0.341                        | 76.64        | 4689.0      | 0.718                        | 49.68        | 16042.7     | 5.850                        | 8.09         | 266.3       | 3.663                        |
| 45 | 70.20        | 13506.7     | 2.467                        | 28.47        | 4118.8      | 4.573                        | 42.87        | 3558.5      | 1.743                        | 6.54         | 378.4       | 7.963                        |
| 46 | 55.06        | 10311.7     | 3.061                        | 48.97        | 3946.8      | 1.481                        | 31.66        | 8778.3      | 7.882                        | 5.78         | 372.6       | 10.036                       |
| 47 | 97.59        | 10832.4     | 1.024                        | 23.98        | 1607.2      | 2.515                        | 24.71        | 3342.2      | 4.926                        | 6.61         | 397.2       | 8.181                        |
| 48 | 81.57        | 21390.3     | 2.893                        | 79.90        | 1730.1      | 0.244                        | 18.15        | 4335.1      | 11.844                       | 16.54        | 1859.8      | 6.119                        |
| 49 | 49.36        | 11824.9     | 4.368                        | 36.61        | 3140.7      | 2.109                        | 26.43        | 4433.4      | 5.712                        | 9.97         | 799.2       | 7.237                        |
| 50 | 98.23        | 8847.2      | 0.825                        | 25.48        | 3642.1      | 5.049                        | 29.84        | 2192.1      | 2.216                        | 9.28         | 635.1       | 6.637                        |
| 平均 | 95.61        | -           | 1.29                         | 49.23        | -           | 2.05                         | 42.71        | -           | 3.72                         | 13.25        | -           | 6.16                         |

点荷圧強度=0.9×最大荷重/(高さ×高さ)

凍結融解試験結果

| 配合    | 開始<br>材齢 | 供試体寸法 mm                       |     | サイクルごとの振動数(Hz)および質量(kg) |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
|-------|----------|--------------------------------|-----|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
|       |          | L                              | T   |                         | 0     | 30    | 60    | 90    | 120   | 150   | 180   | 210   | 240   | 270   | 300   |  |
| B + M | 28日      | 400                            | 100 | たわみ                     | 2156  | 2003  | 1997  | 1994  | 1979  | 1968  | 1952  | 1948  | 1937  | 1922  | 1844  |  |
|       |          | 400                            | 100 |                         | 2116  | 2003  | 1992  | 1999  | 1972  | 1956  | 1942  | 1940  | 1924  | 1930  | 1869  |  |
|       |          | 400                            | 100 | 振 動                     | 2119  | 2001  | 1993  | 1996  | 1992  | 1981  | 1973  | 1966  | 1965  | 1946  | 1938  |  |
|       |          | 400                            | 100 |                         | 5049  | 4783  | 4817  | 4821  | 4798  | 4834  | 4755  | 4724  | 4718  | 4716  | 4658  |  |
|       |          | 400                            | 100 | 縦振動                     | 5009  | 4784  | 4806  | 4792  | 4780  | 4803  | 4749  | 4735  | 4733  | 4712  | 4674  |  |
|       |          | 400                            | 100 |                         | 5013  | 4751  | 4775  | 4792  | 4787  | 4761  | 4753  | 4745  | 4738  | 4717  | 4713  |  |
|       |          | 400                            | 100 |                         | 9.583 | 9.545 | 9.514 | 9.489 | 9.465 | 9.440 | 9.409 | 9.376 | 9.336 | 9.287 | 9.247 |  |
|       |          | 400                            | 100 | 質量                      | 9.508 | 9.463 | 9.438 | 9.409 | 9.388 | 9.362 | 9.331 | 9.295 | 9.265 | 9.230 | 9.190 |  |
|       |          | 400                            | 100 |                         | 9.467 | 9.427 | 9.389 | 9.365 | 9.337 | 9.313 | 9.279 | 9.250 | 9.211 | 9.181 | 9.151 |  |
|       |          | 動弾性係数<br>(kN/mm <sup>2</sup> ) |     | たわみ                     | 37.3  | 32.1  | 31.8  | 31.6  | 31.1  | 30.6  | 30.0  | 29.8  | 29.3  | 28.7  | 26.3  |  |
|       |          |                                |     | 振 動                     | 35.7  | 31.8  | 31.4  | 31.5  | 30.6  | 30.0  | 29.5  | 29.3  | 28.7  | 28.8  | 26.9  |  |
|       |          |                                |     |                         | 35.6  | 31.6  | 31.2  | 31.3  | 31.0  | 30.6  | 30.3  | 30.0  | 29.8  | 29.1  | 28.8  |  |
|       |          |                                |     | 平均                      | 36.2  | 31.8  | 31.5  | 31.5  | 30.9  | 30.4  | 29.9  | 29.7  | 29.3  | 28.9  | 27.3  |  |
|       |          |                                |     | 縦振動                     | 39.1  | 34.9  | 35.3  | 35.3  | 34.9  | 35.3  | 34.0  | 33.5  | 33.3  | 33.0  | 32.1  |  |
|       |          |                                |     |                         | 38.2  | 34.7  | 34.9  | 34.6  | 34.3  | 34.6  | 33.7  | 33.3  | 33.2  | 32.8  | 32.1  |  |
|       |          |                                |     |                         | 38.1  | 34.0  | 34.3  | 34.4  | 34.2  | 33.8  | 33.5  | 33.3  | 33.1  | 32.7  | 32.5  |  |
|       |          |                                |     | 平均                      | 38.4  | 34.5  | 34.8  | 34.8  | 34.5  | 34.5  | 33.7  | 33.4  | 33.2  | 32.8  | 32.2  |  |
|       |          | 相対動弾性係数<br>(%)                 |     | たわみ                     | 100.0 | 86.3  | 85.8  | 85.5  | 84.3  | 83.3  | 82.0  | 81.6  | 80.7  | 79.5  | 73.2  |  |
|       |          |                                |     | 振 動                     | 100.0 | 89.6  | 88.6  | 89.2  | 86.9  | 85.4  | 84.2  | 84.1  | 82.7  | 83.2  | 78.0  |  |
|       |          |                                |     |                         | 100.0 | 89.2  | 88.5  | 88.7  | 88.4  | 87.4  | 86.7  | 86.1  | 86.0  | 84.3  | 83.6  |  |
|       |          |                                |     | 平均                      | 100.0 | 88.4  | 87.6  | 87.8  | 86.5  | 85.4  | 84.3  | 83.9  | 83.1  | 82.3  | 78.3  |  |
|       |          |                                |     | 縦振動                     | 100.0 | 89.7  | 91.0  | 91.2  | 90.3  | 91.7  | 88.7  | 87.5  | 87.3  | 87.2  | 85.1  |  |
|       |          |                                |     |                         | 100.0 | 91.2  | 92.1  | 91.5  | 91.1  | 91.9  | 89.9  | 89.4  | 89.3  | 88.5  | 87.1  |  |
|       |          |                                |     |                         | 100.0 | 89.8  | 90.7  | 91.4  | 91.2  | 90.2  | 89.9  | 89.6  | 89.3  | 88.5  | 88.4  |  |
|       |          |                                |     | 平均                      | 100.0 | 90.3  | 91.3  | 91.4  | 90.9  | 91.3  | 89.5  | 88.8  | 88.6  | 88.1  | 86.9  |  |
|       |          | 相対動弾性係数比<br>たわみ／縦              |     |                         | 1.00  | 0.96  | 0.94  | 0.94  | 0.93  | 0.91  | 0.92  | 0.93  | 0.92  | 0.91  | 0.86  |  |
|       |          |                                |     |                         | 1.00  | 0.98  | 0.96  | 0.98  | 0.95  | 0.93  | 0.94  | 0.94  | 0.93  | 0.94  | 0.90  |  |
|       |          |                                |     |                         | 1.00  | 0.99  | 0.97  | 0.97  | 0.97  | 0.97  | 0.96  | 0.96  | 0.96  | 0.95  | 0.95  |  |
|       |          |                                |     | 平均                      | 1.00  | 0.98  | 0.96  | 0.96  | 0.95  | 0.94  | 0.94  | 0.94  | 0.94  | 0.93  | 0.90  |  |
|       |          | 質量減少率<br>(%)                   |     | 質量                      | 0.00  | 0.40  | 0.72  | 0.98  | 1.23  | 1.49  | 1.82  | 2.16  | 2.58  | 3.09  | 3.51  |  |
|       |          |                                |     |                         | 0.00  | 0.47  | 0.74  | 1.04  | 1.26  | 1.54  | 1.86  | 2.24  | 2.56  | 2.92  | 3.34  |  |
|       |          |                                |     |                         | 0.00  | 0.42  | 0.82  | 1.08  | 1.37  | 1.63  | 1.99  | 2.29  | 2.70  | 3.02  | 3.34  |  |
|       |          |                                |     | 平均                      | 0.00  | 0.43  | 0.76  | 1.03  | 1.29  | 1.55  | 1.89  | 2.23  | 2.61  | 3.01  | 3.40  |  |

| 配合    | 開始<br>材齢 | 供試体寸法 mm                       |     | サイクルごとの振動数(Hz)および質量(kg) |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
|-------|----------|--------------------------------|-----|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
|       |          | L                              | T   |                         | 0     | 30    | 60    | 90    | 120   | 150   | 180   | 210   | 240   | 270   | 300   |  |
| M + M | 14日      | 400                            | 100 | たわみ                     | 2108  | 1967  | 1959  | 1948  | 1811  | 1810  | 1782  | 1791  | 1793  | 1789  | 1713  |  |
|       |          | 400                            | 100 |                         | 1970  | 1952  | 1943  | 1845  | 1848  | 1824  | 1787  | 1794  | 1780  | 1718  | 1695  |  |
|       |          | 400                            | 100 | 振 動                     | 1990  | 1954  | 1938  | 1899  | 1877  | 1851  | 1848  | 1840  | 1842  | 1830  | 1793  |  |
|       |          | 400                            | 100 |                         | 4544  | 4540  | 4540  | 4512  | 4542  | 4524  | 4522  | 4501  | 4466  | 4377  | 4281  |  |
|       |          | 400                            | 100 | 縦振動                     | 4692  | 4526  | 4467  | 4436  | 4465  | 4456  | 4454  | 4423  | 4409  | 4366  | 4343  |  |
|       |          | 400                            | 100 |                         | 4540  | 4538  | 4539  | 4536  | 4561  | 4548  | 4533  | 4534  | 4517  | 4514  | 4454  |  |
|       |          | 400                            | 100 |                         | 9.499 | 9.454 | 9.405 | 9.361 | 9.327 | 9.264 | 9.187 | 9.115 | 9.047 | 8.989 | 8.925 |  |
|       |          | 400                            | 100 | 質量                      | 9.449 | 9.406 | 9.354 | 9.313 | 9.282 | 9.236 | 9.183 | 9.133 | 9.070 | 8.986 | 8.930 |  |
|       |          | 400                            | 100 |                         | 9.492 | 9.448 | 9.389 | 9.344 | 9.316 | 9.262 | 9.207 | 9.164 | 9.111 | 9.041 | 8.989 |  |
|       |          | 動弾性係数<br>(kN/mm <sup>2</sup> ) |     | たわみ                     | 35.4  | 30.6  | 30.2  | 29.8  | 25.6  | 25.4  | 24.4  | 24.5  | 24.4  | 24.1  | 21.9  |  |
|       |          |                                |     | 振 動                     | 30.7  | 30.0  | 29.6  | 26.6  | 26.6  | 25.7  | 24.6  | 24.6  | 24.1  | 22.2  | 21.5  |  |
|       |          |                                |     |                         | 31.5  | 30.2  | 29.5  | 28.2  | 27.5  | 26.6  | 26.3  | 26.0  | 25.9  | 25.4  | 24.2  |  |
|       |          |                                |     | 平均                      | 32.5  | 30.3  | 29.8  | 28.2  | 26.6  | 25.9  | 25.1  | 25.0  | 24.8  | 23.9  | 22.5  |  |
|       |          |                                |     | 縦振動                     | 31.4  | 31.2  | 31.0  | 30.5  | 30.8  | 30.3  | 30.1  | 29.5  | 28.9  | 27.6  | 26.2  |  |
|       |          | 相対動弾性係数<br>(%)                 |     |                         | 33.3  | 30.8  | 29.9  | 29.3  | 29.6  | 29.3  | 29.1  | 28.6  | 28.2  | 27.4  | 26.9  |  |
|       |          |                                |     |                         | 31.3  | 31.1  | 30.9  | 30.8  | 31.0  | 30.7  | 30.3  | 30.1  | 29.7  | 29.5  | 28.5  |  |
|       |          |                                |     | 平均                      | 32.0  | 31.0  | 30.6  | 30.2  | 30.5  | 30.1  | 29.8  | 29.4  | 28.9  | 28.1  | 27.2  |  |
|       |          |                                |     | たわみ                     | 100.0 | 87.1  | 86.4  | 85.4  | 73.8  | 73.7  | 71.5  | 72.2  | 72.3  | 72.0  | 66.0  |  |
|       |          |                                |     | 振 動                     | 100.0 | 98.2  | 97.3  | 87.7  | 88.0  | 85.7  | 82.3  | 82.9  | 81.6  | 76.1  | 74.0  |  |
|       |          | 相対動弾性係数比<br>たわみ/縦              |     |                         | 100.0 | 98.4  | 94.8  | 91.1  | 89.0  | 86.5  | 86.2  | 85.5  | 85.7  | 84.6  | 81.2  |  |
|       |          |                                |     | 平均                      | 100.0 | 93.9  | 92.8  | 88.1  | 83.6  | 82.0  | 80.0  | 80.2  | 79.9  | 77.5  | 73.7  |  |
|       |          |                                |     | 縦振動                     | 100.0 | 99.8  | 99.8  | 98.6  | 99.9  | 99.1  | 99.0  | 98.1  | 96.6  | 92.8  | 88.8  |  |
|       |          |                                |     |                         | 100.0 | 93.0  | 90.6  | 89.4  | 90.6  | 90.2  | 90.1  | 88.9  | 88.3  | 86.6  | 85.7  |  |
|       |          |                                |     |                         | 100.0 | 99.9  | 100.0 | 99.8  | 100.9 | 100.4 | 99.7  | 99.7  | 99.0  | 98.9  | 96.2  |  |
|       |          | 質量減少率<br>(%)                   |     | 平均                      | 100.0 | 97.6  | 96.8  | 95.9  | 97.1  | 96.6  | 96.3  | 95.6  | 94.6  | 92.7  | 90.2  |  |
|       |          |                                |     |                         | 1.00  | 0.87  | 0.87  | 0.87  | 0.74  | 0.74  | 0.72  | 0.74  | 0.75  | 0.78  | 0.74  |  |
|       |          |                                |     |                         | 1.00  | 1.06  | 1.07  | 0.98  | 0.97  | 0.95  | 0.91  | 0.93  | 0.92  | 0.88  | 0.86  |  |
|       |          |                                |     |                         | 1.00  | 0.96  | 0.95  | 0.91  | 0.88  | 0.86  | 0.87  | 0.86  | 0.87  | 0.86  | 0.84  |  |
|       |          |                                |     | 平均                      | 1.00  | 0.96  | 0.96  | 0.92  | 0.86  | 0.85  | 0.83  | 0.84  | 0.85  | 0.84  | 0.82  |  |
|       |          | 質量減少率<br>(%)                   |     | 質量                      | 0.00  | 0.47  | 0.99  | 1.45  | 1.81  | 2.47  | 3.28  | 4.04  | 4.76  | 5.37  | 6.04  |  |
|       |          |                                |     |                         | 0.00  | 0.46  | 1.01  | 1.44  | 1.77  | 2.25  | 2.82  | 3.34  | 4.01  | 4.90  | 5.49  |  |
|       |          |                                |     |                         | 0.00  | 0.46  | 1.09  | 1.56  | 1.85  | 2.42  | 3.00  | 3.46  | 4.01  | 4.75  | 5.30  |  |
|       |          |                                |     | 平均                      | 0.00  | 0.46  | 1.03  | 1.48  | 1.81  | 2.38  | 3.03  | 3.61  | 4.26  | 5.01  | 5.61  |  |

| 配合    | 開始<br>材齢 | 供試体寸法 mm                       |     | サイクルごとの振動数(Hz)および質量(kg) |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|----------|--------------------------------|-----|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       |          | L                              | T   |                         | 0     | 30    | 60    | 90    | 120   | 150   | 180   | 210   | 240   | 270   | 300   |
| M + M | 28日      | 400                            | 100 | たわみ                     | 2124  | 1990  | 1986  | 1971  | 1962  | 1956  | 1946  | 1925  | 1937  | 1870  | 1830  |
|       |          | 401                            | 100 |                         | 2066  | 1964  | 1952  | 1943  | 1945  | 1939  | 1934  | 1927  | 1926  | 1892  | 1843  |
|       |          | 401                            | 100 | 振 動                     | 2050  | 1941  | 1939  | 1934  | 1930  | 1941  | 1934  | 1869  | 1863  | 1840  | 1834  |
|       |          | 400                            | 100 |                         | 5000  | 4725  | 4695  | 4698  | 4654  | 4705  | 4700  | 4662  | 4663  | 4657  | 4587  |
|       |          | 401                            | 100 | 縦振動                     | 4981  | 4641  | 4614  | 4615  | 4621  | 4624  | 4659  | 4603  | 4595  | 4656  | 4615  |
|       |          | 401                            | 100 |                         | 4853  | 4614  | 4626  | 4639  | 4625  | 4665  | 4671  | 4635  | 4609  | 4702  | 4567  |
|       |          | 400                            | 100 |                         | 9.638 | 9.609 | 9.570 | 9.542 | 9.521 | 9.491 | 9.463 | 9.435 | 9.386 | 9.359 | 9.334 |
|       |          | 401                            | 100 | 質量                      | 9.420 | 9.387 | 9.360 | 9.342 | 9.325 | 9.306 | 9.285 | 9.265 | 9.240 | 9.213 | 9.183 |
|       |          | 401                            | 100 |                         | 9.465 | 9.414 | 9.375 | 9.344 | 9.319 | 9.291 | 9.265 | 9.242 | 9.206 | 9.171 | 9.132 |
|       |          | 動弾性係数<br>(kN/mm <sup>2</sup> ) |     | たわみ                     | 36.4  | 31.9  | 31.6  | 31.1  | 30.7  | 30.4  | 30.0  | 29.3  | 29.5  | 27.4  | 26.2  |
|       |          |                                |     | 振 動                     | 33.9  | 30.6  | 30.1  | 29.8  | 29.8  | 29.5  | 29.3  | 29.0  | 28.9  | 27.8  | 26.3  |
|       |          |                                |     | 平均                      | 33.6  | 29.9  | 29.7  | 29.5  | 29.3  | 29.5  | 29.2  | 27.2  | 27.0  | 26.2  | 25.9  |
|       |          |                                |     |                         | 34.6  | 30.8  | 30.5  | 30.1  | 29.9  | 29.8  | 29.5  | 28.5  | 28.5  | 27.1  | 26.1  |
|       |          |                                |     | 縦振動                     | 38.6  | 34.3  | 33.8  | 33.7  | 33.0  | 33.6  | 33.4  | 32.8  | 32.7  | 32.5  | 31.4  |
|       |          |                                |     | 平均                      | 37.5  | 32.4  | 32.0  | 31.9  | 31.9  | 31.9  | 32.3  | 31.5  | 31.3  | 32.0  | 31.4  |
| M + M | 28日      | 相対動弾性係数<br>(%)                 |     | たわみ                     | 100.0 | 87.8  | 87.4  | 86.1  | 85.3  | 84.8  | 83.9  | 82.1  | 83.2  | 77.5  | 74.2  |
|       |          |                                |     | 振 動                     | 100.0 | 90.4  | 89.3  | 88.4  | 88.6  | 88.1  | 87.6  | 87.0  | 86.9  | 83.9  | 79.6  |
|       |          |                                |     | 平均                      | 100.0 | 89.6  | 89.5  | 89.0  | 88.6  | 89.6  | 89.0  | 83.1  | 82.6  | 80.6  | 80.0  |
|       |          |                                |     |                         | 100.0 | 89.3  | 88.7  | 87.9  | 87.5  | 87.5  | 86.9  | 84.1  | 84.2  | 80.6  | 77.9  |
|       |          |                                |     | 縦振動                     | 100.0 | 89.3  | 88.2  | 88.3  | 86.6  | 88.5  | 88.4  | 86.9  | 87.0  | 86.8  | 84.2  |
|       |          |                                |     | 平均                      | 100.0 | 86.8  | 85.8  | 85.8  | 86.1  | 86.2  | 87.5  | 85.4  | 85.1  | 87.4  | 85.8  |
|       |          | 相対動弾性係数比<br>たわみ/縦              |     |                         | 100.0 | 90.4  | 90.9  | 91.4  | 90.8  | 92.4  | 92.6  | 91.2  | 90.2  | 93.9  | 88.6  |
|       |          |                                |     | 平均                      | 100.0 | 88.8  | 88.3  | 88.5  | 87.8  | 89.0  | 89.5  | 87.9  | 87.4  | 89.3  | 86.2  |
|       |          |                                |     |                         | 1.00  | 0.98  | 0.99  | 0.98  | 0.98  | 0.96  | 0.95  | 0.94  | 0.96  | 0.89  | 0.88  |
|       |          |                                |     |                         | 1.00  | 1.04  | 1.04  | 1.03  | 1.03  | 1.02  | 1.00  | 1.02  | 1.02  | 0.96  | 0.93  |
|       |          |                                |     | 平均                      | 1.00  | 0.99  | 0.98  | 0.97  | 0.98  | 0.97  | 0.96  | 0.91  | 0.92  | 0.86  | 0.90  |
|       |          |                                |     |                         | 1.00  | 1.01  | 1.01  | 0.99  | 1.00  | 0.98  | 0.97  | 0.96  | 0.96  | 0.90  | 0.90  |
|       |          | 質量減少率<br>(%)                   |     |                         | 0.00  | 0.30  | 0.71  | 1.00  | 1.21  | 1.53  | 1.82  | 2.11  | 2.61  | 2.89  | 3.15  |
|       |          |                                |     | 質量                      | 0.00  | 0.35  | 0.64  | 0.83  | 1.01  | 1.21  | 1.43  | 1.65  | 1.91  | 2.20  | 2.52  |
|       |          |                                |     |                         | 0.00  | 0.54  | 0.95  | 1.28  | 1.54  | 1.84  | 2.11  | 2.36  | 2.74  | 3.11  | 3.52  |
|       |          |                                |     | 平均                      | 0.00  | 0.40  | 0.76  | 1.03  | 1.25  | 1.52  | 1.79  | 2.04  | 2.42  | 2.73  | 3.06  |

| 配合    | 開始<br>材齢 | 供試体寸法 mm                       |     | サイクルごとの振動数(Hz)および質量(kg) |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|----------|--------------------------------|-----|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       |          | L                              | T   |                         | 0     | 30    | 60    | 90    | 120   | 150   | 180   | 210   | 240   | 270   | 300   |
| M + M | 56日      | 401                            | 100 | たわみ                     | 2172  | 1999  | 1994  | 1978  | 1975  | 1964  | 1962  | 1934  | 1929  | 1815  | 1799  |
|       |          | 400                            | 100 |                         | 2148  | 1959  | 1962  | 1950  | 1929  | 1934  | 1929  | 1930  | 1930  | 1820  | 1783  |
|       |          | 400                            | 100 | 振 動                     | 2192  | 1971  | 1965  | 1961  | 1944  | 1929  | 1933  | 1929  | 1929  | 1806  | 1815  |
|       |          | 401                            | 100 |                         | 5067  | 4714  | 4715  | 4715  | 4677  | 4688  | 4656  | 4669  | 4669  | 4619  | 4758  |
|       |          | 400                            | 100 | 縦振動                     | 5018  | 4672  | 4671  | 4643  | 4624  | 4673  | 4653  | 4647  | 4647  | 4586  | 4576  |
|       |          | 400                            | 100 |                         | 5041  | 4755  | 4737  | 4719  | 4696  | 4709  | 4696  | 4666  | 4666  | 4583  | 4576  |
|       |          | 401                            | 100 |                         | 9.580 | 9.561 | 9.532 | 9.509 | 9.490 | 9.470 | 9.450 | 9.413 | 9.413 | 9.398 | 9.371 |
|       |          | 400                            | 100 | 質量                      | 9.365 | 9.330 | 9.306 | 9.277 | 9.264 | 9.250 | 9.231 | 9.201 | 9.201 | 9.181 | 9.162 |
|       |          | 400                            | 100 |                         | 9.500 | 9.481 | 9.443 | 9.421 | 9.405 | 9.386 | 9.366 | 9.335 | 9.335 | 9.312 | 9.291 |
|       |          | 動弾性係数<br>(kN/mm <sup>2</sup> ) |     | たわみ                     | 38.1  | 32.2  | 32.0  | 31.4  | 31.2  | 30.8  | 30.7  | 29.7  | 29.6  | 26.1  | 25.6  |
|       |          |                                |     | 振 動                     | 36.2  | 30.0  | 30.0  | 29.6  | 28.9  | 29.0  | 28.8  | 28.7  | 28.7  | 25.5  | 24.4  |
|       |          |                                |     | 平均                      | 38.2  | 30.9  | 30.5  | 30.3  | 29.8  | 29.3  | 29.3  | 29.1  | 29.1  | 25.4  | 25.6  |
|       |          |                                |     |                         | 37.5  | 31.0  | 30.8  | 30.4  | 30.0  | 29.7  | 29.6  | 29.2  | 29.1  | 25.7  | 25.2  |
|       |          |                                |     | 縦振動                     | 39.5  | 34.1  | 34.0  | 33.9  | 33.3  | 33.4  | 32.9  | 32.9  | 32.9  | 32.2  | 34.0  |
|       |          |                                |     | 平均                      | 37.7  | 32.6  | 32.5  | 32.0  | 31.7  | 32.3  | 32.0  | 31.8  | 31.8  | 30.9  | 30.7  |
| M + M | 56日      | 相対動弾性係数<br>(%)                 |     | たわみ                     | 100.0 | 84.7  | 84.3  | 82.9  | 82.7  | 81.8  | 81.6  | 79.3  | 78.9  | 69.8  | 68.6  |
|       |          |                                |     | 振 動                     | 100.0 | 83.2  | 83.4  | 82.4  | 80.6  | 81.1  | 80.6  | 80.7  | 80.7  | 71.8  | 68.9  |
|       |          |                                |     | 平均                      | 100.0 | 80.9  | 80.4  | 80.0  | 78.7  | 77.4  | 77.8  | 77.4  | 77.4  | 67.9  | 68.6  |
|       |          |                                |     |                         | 100.0 | 82.9  | 82.7  | 81.8  | 80.7  | 80.1  | 80.0  | 79.2  | 79.0  | 69.8  | 68.7  |
|       |          |                                |     | 縦振動                     | 100.0 | 86.6  | 86.6  | 86.6  | 85.2  | 85.6  | 84.4  | 84.9  | 84.9  | 83.1  | 88.2  |
|       |          |                                |     | 平均                      | 100.0 | 86.7  | 86.6  | 85.6  | 84.9  | 86.7  | 86.0  | 85.8  | 85.8  | 83.5  | 83.2  |
|       |          | 相対動弾性係数比<br>たわみ/縦              |     |                         | 100.0 | 89.0  | 88.3  | 87.6  | 86.8  | 87.3  | 86.8  | 85.7  | 85.7  | 82.7  | 82.4  |
|       |          |                                |     | 平均                      | 100.0 | 87.4  | 87.2  | 86.6  | 85.6  | 85.5  | 85.7  | 85.4  | 85.4  | 83.1  | 84.6  |
|       |          |                                |     |                         | 1.00  | 0.98  | 0.97  | 0.96  | 0.97  | 0.96  | 0.97  | 0.93  | 0.93  | 0.84  | 0.78  |
|       |          |                                |     |                         | 1.00  | 0.96  | 0.96  | 0.96  | 0.95  | 0.93  | 0.94  | 0.94  | 0.94  | 0.86  | 0.83  |
|       |          |                                |     |                         | 1.00  | 0.91  | 0.91  | 0.91  | 0.91  | 0.89  | 0.90  | 0.90  | 0.90  | 0.82  | 0.83  |
|       |          |                                |     | 平均                      | 1.00  | 0.95  | 0.95  | 0.94  | 0.94  | 0.93  | 0.93  | 0.93  | 0.92  | 0.84  | 0.81  |
|       |          | 質量減少率<br>(%)                   |     |                         | 0.00  | 0.20  | 0.50  | 0.74  | 0.94  | 1.15  | 1.36  | 1.74  | 1.74  | 1.90  | 2.18  |
|       |          |                                |     | 質量                      | 0.00  | 0.37  | 0.63  | 0.94  | 1.08  | 1.23  | 1.43  | 1.75  | 1.75  | 1.96  | 2.17  |
|       |          |                                |     |                         | 0.00  | 0.20  | 0.60  | 0.83  | 1.00  | 1.20  | 1.41  | 1.74  | 1.74  | 1.98  | 2.20  |
|       |          |                                |     | 平均                      | 0.00  | 0.26  | 0.58  | 0.84  | 1.01  | 1.19  | 1.40  | 1.74  | 1.74  | 1.95  | 2.18  |

| 配合    | 開始<br>材齢 | 供試体寸法 mm                       |     | サイクルごとの振動数(Hz)および質量(kg) |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|----------|--------------------------------|-----|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       |          | L                              | T   |                         | 0     | 30    | 60    | 90    | 120   | 150   | 180   | 210   | 240   | 270   | 300   |
| C + M | 28日      | 401                            | 100 | たわみ                     | 2116  | 1903  | 1843  | 1835  | 1822  | 1808  | 1768  | 1790  | 1783  | 1785  | 1785  |
|       |          | 400                            | 100 |                         | 2030  | 1998  | 1864  | 1868  | 1827  | 1809  | 1807  | 1790  | 1780  | 1785  | 1789  |
|       |          | 400                            | 100 | 振動                      | 2002  | 1912  | 1893  | 1869  | 1859  | 1826  | 1822  | 1808  | 1798  | 1785  | 1803  |
|       |          | 401                            | 100 |                         | 4720  | 4362  | 4454  | 4442  | 4522  | 4492  | 4513  | 4352  | 4442  | 4650  | 4346  |
|       |          | 400                            | 100 | 縦振動                     | 4769  | 4572  | 4524  | 4519  | 4491  | 4458  | 4464  | 4397  | 4410  | 4399  | 4440  |
|       |          | 400                            | 100 |                         | 4705  | 4425  | 4464  | 4460  | 4460  | 4450  | 4453  | 4446  | 4440  | 4482  | 4386  |
|       |          | 401                            | 100 | 質量                      | 9.565 | 9.542 | 9.508 | 9.471 | 9.449 | 9.429 | 9.404 | 9.375 | 9.346 | 9.307 | 9.277 |
|       |          | 400                            | 100 |                         | 9.529 | 9.508 | 9.483 | 9.464 | 9.450 | 9.431 | 9.410 | 9.390 | 9.363 | 9.336 | 9.309 |
|       |          | 400                            | 100 |                         | 9.501 | 9.476 | 9.438 | 9.413 | 9.390 | 9.372 | 9.349 | 9.332 | 9.307 | 9.278 | 9.253 |
|       |          | 動弾性係数<br>(kN/mm <sup>2</sup> ) |     | たわみ                     | 36.1  | 29.2  | 27.3  | 26.9  | 26.5  | 26.0  | 24.8  | 25.3  | 25.1  | 25.0  | 24.9  |
|       |          |                                |     | 振動                      | 32.9  | 31.8  | 27.6  | 27.7  | 26.4  | 25.9  | 25.7  | 25.2  | 24.9  | 24.9  | 25.0  |
|       |          |                                |     | 平均                      | 31.9  | 29.0  | 28.3  | 27.5  | 27.2  | 26.2  | 26.0  | 25.6  | 25.2  | 24.8  | 25.2  |
|       |          |                                |     |                         | 33.6  | 30.0  | 27.7  | 27.4  | 26.7  | 26.0  | 25.5  | 25.4  | 25.0  | 24.9  | 25.0  |
|       |          |                                |     | 縦振動                     | 34.2  | 29.1  | 30.3  | 30.0  | 31.0  | 30.5  | 30.7  | 28.5  | 29.6  | 32.3  | 28.1  |
|       |          |                                |     |                         | 34.7  | 31.8  | 31.1  | 30.9  | 30.5  | 30.0  | 30.0  | 29.0  | 29.1  | 28.9  | 29.4  |
|       |          |                                |     |                         | 33.7  | 29.7  | 30.1  | 30.0  | 29.9  | 29.7  | 29.7  | 29.5  | 29.4  | 29.8  | 28.5  |
|       |          |                                |     | 平均                      | 34.2  | 30.2  | 30.5  | 30.3  | 30.5  | 30.1  | 30.1  | 29.0  | 29.4  | 30.3  | 28.6  |
|       |          | 相対動弾性係数<br>(%)                 |     | たわみ                     | 100.0 | 80.9  | 75.9  | 75.2  | 74.1  | 73.0  | 69.8  | 71.6  | 71.0  | 71.2  | 71.2  |
|       |          |                                |     | 振動                      | 100.0 | 96.9  | 84.3  | 84.7  | 81.0  | 79.4  | 79.2  | 77.8  | 76.9  | 77.3  | 77.7  |
|       |          |                                |     |                         | 100.0 | 91.2  | 89.4  | 87.2  | 86.2  | 83.2  | 82.8  | 81.6  | 80.7  | 79.5  | 81.1  |
|       |          |                                |     | 平均                      | 100.0 | 89.7  | 83.2  | 82.3  | 80.5  | 78.5  | 77.3  | 77.0  | 76.2  | 76.0  | 76.6  |
|       |          |                                |     | 縦振動                     | 100.0 | 85.4  | 89.0  | 88.6  | 91.8  | 90.6  | 91.4  | 85.0  | 88.6  | 97.1  | 84.8  |
|       |          |                                |     |                         | 100.0 | 91.9  | 90.0  | 89.8  | 88.7  | 87.4  | 87.6  | 85.0  | 85.5  | 85.1  | 86.7  |
|       |          |                                |     |                         | 100.0 | 88.5  | 90.0  | 89.9  | 89.9  | 89.5  | 89.6  | 89.3  | 89.1  | 90.7  | 86.9  |
|       |          |                                |     | 平均                      | 100.0 | 88.6  | 89.7  | 89.4  | 90.1  | 89.1  | 89.5  | 86.4  | 87.7  | 91.0  | 86.1  |
|       |          | 相対動弾性係数比<br>たわみ/縦              |     |                         | 1.00  | 0.95  | 0.85  | 0.85  | 0.81  | 0.81  | 0.76  | 0.84  | 0.80  | 0.73  | 0.84  |
|       |          |                                |     |                         | 1.00  | 1.05  | 0.94  | 0.94  | 0.91  | 0.91  | 0.90  | 0.91  | 0.90  | 0.91  | 0.90  |
|       |          |                                |     |                         | 1.00  | 1.03  | 0.99  | 0.97  | 0.96  | 0.93  | 0.92  | 0.91  | 0.91  | 0.88  | 0.93  |
|       |          |                                |     | 平均                      | 1.00  | 1.01  | 0.93  | 0.92  | 0.89  | 0.88  | 0.86  | 0.89  | 0.87  | 0.84  | 0.89  |
|       |          | 質量減少率<br>(%)                   |     | 質量                      | 0.00  | 0.24  | 0.60  | 0.98  | 1.21  | 1.42  | 1.68  | 1.99  | 2.29  | 2.70  | 3.01  |
|       |          |                                |     |                         | 0.00  | 0.22  | 0.48  | 0.68  | 0.83  | 1.03  | 1.25  | 1.46  | 1.74  | 2.03  | 2.31  |
|       |          |                                |     |                         | 0.00  | 0.26  | 0.66  | 0.93  | 1.17  | 1.36  | 1.60  | 1.78  | 2.04  | 2.35  | 2.61  |
|       |          |                                |     | 平均                      | 0.00  | 0.24  | 0.58  | 0.86  | 1.07  | 1.27  | 1.51  | 1.74  | 2.02  | 2.36  | 2.64  |

| 配合    | 開始<br>材齢 | 供試体寸法 mm                       |     | サイクルごとの振動数(Hz)および質量(kg) |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|----------|--------------------------------|-----|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       |          | L                              | T   |                         | 0     | 30    | 60    | 90    | 120   | 150   | 180   | 210   | 240   | 270   | 300   |
| B + B | 28日      | 400                            | 100 | たわみ                     | 2172  | 2073  | 2030  | 2026  | 2016  | 2002  | 1980  | 1965  | 1945  | 1941  | 1927  |
|       |          | 398                            | 100 |                         | 2180  | 2038  | 2025  | 2012  | 1991  | 1967  | 1955  | 1932  | 1911  | 1818  | 1784  |
|       |          | 400                            | 100 | 振動                      | 2165  | 2052  | 2021  | 2018  | 1988  | 1980  | 1968  | 1953  | 1946  | 1930  | 1927  |
|       |          | 400                            | 100 |                         | 5220  | 5126  | 4997  | 4928  | 4924  | 4908  | 4896  | 4835  | 4793  | 4793  | 4748  |
|       |          | 398                            | 100 | 縦振動                     | 5149  | 4900  | 4910  | 4892  | 4883  | 4828  | 4790  | 4734  | 4687  | 4640  | 4573  |
|       |          | 400                            | 100 |                         | 5107  | 4982  | 4857  | 4842  | 4823  | 4805  | 4799  | 4797  | 4781  | 4759  | 4717  |
|       |          | 400                            | 100 | 質量                      | 9.770 | 9.647 | 9.622 | 9.593 | 9.560 | 9.529 | 9.489 | 9.450 | 9.422 | 9.310 | 9.264 |
|       |          | 398                            | 100 |                         | 9.690 | 9.663 | 9.627 | 9.592 | 9.561 | 9.536 | 9.498 | 9.452 | 9.418 | 9.384 | 9.318 |
|       |          | 400                            | 100 |                         | 9.568 | 9.524 | 9.502 | 9.474 | 9.439 | 9.407 | 9.347 | 9.289 | 9.256 | 9.215 | 9.169 |
|       |          | 動弾性係数<br>(kN/mm <sup>2</sup> ) |     | たわみ                     | 38.6  | 34.7  | 33.2  | 33.0  | 32.5  | 32.0  | 31.2  | 30.6  | 29.9  | 29.4  | 28.8  |
|       |          |                                |     | 振動                      | 38.0  | 33.1  | 32.6  | 32.1  | 31.3  | 30.5  | 30.0  | 29.1  | 28.4  | 25.6  | 24.5  |
|       |          |                                |     |                         | 37.6  | 33.6  | 32.5  | 32.3  | 31.3  | 30.9  | 30.3  | 29.7  | 29.4  | 28.8  | 28.5  |
|       |          |                                |     | 平均                      | 38.1  | 33.8  | 32.8  | 32.5  | 31.7  | 31.1  | 30.5  | 29.8  | 29.2  | 27.9  | 27.3  |
|       |          |                                |     | 縦振動                     | 42.6  | 40.6  | 38.4  | 37.3  | 37.1  | 36.7  | 36.4  | 35.3  | 34.6  | 34.2  | 33.4  |
|       |          |                                |     |                         | 40.9  | 36.9  | 36.9  | 36.5  | 36.3  | 35.4  | 34.7  | 33.7  | 32.9  | 32.2  | 31.0  |
|       |          |                                |     |                         | 39.9  | 37.8  | 35.9  | 35.5  | 35.1  | 34.8  | 34.4  | 34.2  | 33.9  | 33.4  | 32.6  |
|       |          |                                |     | 平均                      | 41.1  | 38.4  | 37.1  | 36.5  | 36.2  | 35.6  | 35.2  | 34.4  | 33.8  | 33.3  | 32.4  |
|       |          | 相対動弾性係数<br>(%)                 |     | たわみ                     | 100.0 | 91.1  | 87.4  | 87.0  | 86.2  | 85.0  | 83.1  | 81.8  | 80.2  | 79.9  | 78.7  |
|       |          |                                |     | 振動                      | 100.0 | 87.4  | 86.3  | 85.2  | 83.4  | 81.4  | 80.4  | 78.5  | 76.8  | 69.5  | 67.0  |
|       |          |                                |     |                         | 100.0 | 89.8  | 87.1  | 86.9  | 84.3  | 83.6  | 82.6  | 81.4  | 80.8  | 79.5  | 79.2  |
|       |          |                                |     | 平均                      | 100.0 | 89.4  | 86.9  | 86.4  | 84.6  | 83.3  | 82.1  | 80.6  | 79.3  | 76.3  | 75.0  |
|       |          |                                |     | 縦振動                     | 100.0 | 96.4  | 91.6  | 89.1  | 89.0  | 88.4  | 88.0  | 85.8  | 84.3  | 84.3  | 82.7  |
|       |          |                                |     |                         | 100.0 | 90.6  | 90.9  | 90.3  | 89.9  | 87.9  | 86.5  | 84.5  | 82.9  | 81.2  | 78.9  |
|       |          |                                |     |                         | 100.0 | 95.2  | 90.4  | 89.9  | 89.2  | 88.5  | 88.3  | 88.2  | 87.6  | 86.8  | 85.3  |
|       |          |                                |     | 平均                      | 100.0 | 94.1  | 91.0  | 89.8  | 89.4  | 88.3  | 87.6  | 86.2  | 84.9  | 84.1  | 82.3  |
|       |          | 相対動弾性係数比<br>たわみ/縦              |     |                         | 1.00  | 0.94  | 0.95  | 0.98  | 0.97  | 0.96  | 0.94  | 0.95  | 0.95  | 0.95  | 0.95  |
|       |          |                                |     |                         | 1.00  | 0.97  | 0.95  | 0.94  | 0.93  | 0.93  | 0.93  | 0.93  | 0.93  | 0.86  | 0.85  |
|       |          |                                |     |                         | 1.00  | 0.94  | 0.96  | 0.97  | 0.95  | 0.94  | 0.94  | 0.92  | 0.92  | 0.92  | 0.93  |
|       |          |                                |     | 平均                      | 1.00  | 0.95  | 0.96  | 0.96  | 0.95  | 0.94  | 0.94  | 0.94  | 0.93  | 0.91  | 0.91  |
|       |          | 質量減少率<br>(%)                   |     | 質量                      | 0.00  | 1.26  | 1.51  | 1.81  | 2.15  | 2.47  | 2.88  | 3.28  | 3.56  | 4.71  | 5.18  |
|       |          |                                |     |                         | 0.00  | 0.28  | 0.65  | 1.01  | 1.33  | 1.59  | 1.98  | 2.46  | 2.81  | 3.16  | 3.84  |
|       |          |                                |     |                         | 0.00  | 0.46  | 0.69  | 0.98  | 1.35  | 1.68  | 2.31  | 2.92  | 3.26  | 3.69  | 4.17  |
|       |          |                                |     | 平均                      | 0.00  | 0.67  | 0.95  | 1.27  | 1.61  | 1.91  | 2.39  | 2.88  | 3.21  | 3.85  | 4.40  |

| 配合    | 開始材齢 | 供試体寸法 mm                       |       | サイクルごとの振動数(Hz)および質量(kg) |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |
|-------|------|--------------------------------|-------|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
|       |      | L                              | T     |                         | 0     | 30    | 60    | 90    | 120   | 150   | 180   | 210   | 240   | 270   | 300   |      |
| B + C | 28日  | 403                            | 100   | たわみ                     | 2114  | 2018  | 1983  | 1978  | 1970  | 1962  | 1955  | 1950  | 1922  | 1929  | 1782  |      |
|       |      | 400                            | 100   |                         | 2124  | 2042  | 2026  | 2016  | 2009  | 2002  | 1991  | 1974  | 1971  | 1951  | 1944  |      |
|       |      | 400                            | 100   | 振 動                     | 2171  | 2109  | 2037  | 2030  | 2027  | 2021  | 2012  | 1988  | 1985  | 1950  | 1946  |      |
|       |      | 403                            | 100   |                         | 5104  | 4859  | 4954  | 4868  | 4865  | 4825  | 4831  | 4829  | 4818  | 4818  | 4782  |      |
|       |      | 400                            | 100   | 縦振動                     | 5066  | 4905  | 4872  | 4864  | 4894  | 4854  | 4861  | 4868  | 4851  | 4836  | 4845  |      |
|       |      | 400                            | 100   |                         | 5155  | 4828  | 4829  | 4931  | 4927  | 4909  | 4876  | 4866  | 4873  | 4858  | 4849  |      |
|       |      | 403                            | 100   |                         | 9.595 | 9.533 | 9.507 | 9.471 | 9.436 | 9.411 | 9.368 | 9.321 | 9.281 | 9.212 | 9.172 |      |
|       |      | 400                            | 100   | 質量                      | 9.592 | 9.554 | 9.517 | 9.483 | 9.455 | 9.432 | 9.377 | 9.337 | 9.313 | 9.270 | 9.235 |      |
|       |      | 400                            | 100   |                         | 9.675 | 9.645 | 9.614 | 9.566 | 9.543 | 9.512 | 9.470 | 9.417 | 9.355 | 9.317 | 9.277 |      |
|       |      | 動弾性係数<br>(kN/mm <sup>2</sup> ) |       | たわみ                     | 36.7  | 33.2  | 32.0  | 31.7  | 31.4  | 31.0  | 30.7  | 30.4  | 29.4  | 29.4  | 24.9  |      |
|       |      |                                |       | 振 動                     | 36.3  | 33.4  | 32.7  | 32.3  | 32.0  | 31.7  | 31.1  | 30.5  | 30.3  | 29.6  | 29.2  |      |
|       |      |                                |       | 平均                      | 37.1  | 34.2  | 32.7  | 32.3  | 32.1  | 31.7  | 31.3  | 30.7  | 30.2  | 29.5  | 27.9  |      |
|       |      |                                |       | 縦振動                     | 40.3  | 36.3  | 37.6  | 36.2  | 36.0  | 35.3  | 35.2  | 35.0  | 34.7  | 34.5  | 33.8  |      |
|       |      |                                |       |                         | 39.4  | 36.8  | 36.1  | 35.9  | 36.2  | 35.6  | 35.5  | 35.4  | 35.1  | 34.7  | 34.7  |      |
|       |      |                                |       |                         | 41.1  | 36.0  | 35.9  | 37.2  | 37.1  | 36.7  | 36.0  | 35.7  | 35.5  | 35.2  | 34.9  |      |
|       |      |                                |       | 平均                      | 40.3  | 36.3  | 36.5  | 36.4  | 36.4  | 35.9  | 35.6  | 35.4  | 35.1  | 34.8  | 34.5  |      |
|       |      |                                |       | 相対動弾性係数<br>(%)          |       | たわみ   | 100.0 | 91.1  | 88.0  | 87.5  | 86.8  | 86.1  | 85.5  | 85.1  | 82.7  | 83.3 |
|       |      | 振 動                            | 100.0 |                         |       | 92.4  | 91.0  | 90.1  | 89.5  | 88.8  | 87.9  | 86.4  | 86.1  | 84.4  | 83.8  |      |
|       |      | 平均                             | 100.0 |                         |       | 92.6  | 89.0  | 88.4  | 87.8  | 87.2  | 86.4  | 85.1  | 84.1  | 82.8  | 78.4  |      |
|       |      | 縦振動                            | 100.0 |                         |       | 90.6  | 94.2  | 91.0  | 90.9  | 89.4  | 89.6  | 89.5  | 89.1  | 89.1  | 87.8  |      |
|       |      |                                | 100.0 |                         |       | 93.7  | 92.5  | 92.2  | 93.3  | 91.8  | 92.1  | 92.3  | 91.7  | 91.1  | 91.5  |      |
|       |      |                                | 100.0 |                         |       | 87.7  | 87.8  | 91.5  | 91.3  | 90.7  | 89.5  | 89.1  | 89.4  | 88.8  | 88.5  |      |
|       |      | 平均                             | 100.0 |                         |       | 90.7  | 91.5  | 91.5  | 91.8  | 90.6  | 90.4  | 90.3  | 90.1  | 89.7  | 89.2  |      |
|       |      | 相対動弾性係数比<br>たわみ／縦              |       |                         |       |       | 1.00  | 1.01  | 0.93  | 0.96  | 0.96  | 0.96  | 0.95  | 0.95  | 0.93  | 0.93 |
|       |      |                                |       |                         | 1.00  | 0.99  | 0.98  | 0.98  | 0.96  | 0.97  | 0.95  | 0.94  | 0.94  | 0.93  | 0.92  |      |
|       |      |                                |       |                         | 1.00  | 1.08  | 1.00  | 0.96  | 0.95  | 0.96  | 0.96  | 0.94  | 0.94  | 0.91  | 0.91  |      |
|       |      |                                |       | 平均                      | 1.00  | 1.02  | 0.97  | 0.97  | 0.96  | 0.96  | 0.96  | 0.94  | 0.93  | 0.92  | 0.88  |      |
|       |      | 質量減少率<br>(%)                   |       |                         | 0.00  | 0.65  | 0.92  | 1.29  | 1.66  | 1.92  | 2.37  | 2.86  | 3.27  | 3.99  | 4.41  |      |
|       |      |                                |       | 質量                      | 0.00  | 0.40  | 0.78  | 1.14  | 1.43  | 1.67  | 2.24  | 2.66  | 2.91  | 3.36  | 3.72  |      |
|       |      |                                |       |                         | 0.00  | 0.31  | 0.63  | 1.13  | 1.36  | 1.68  | 2.12  | 2.67  | 3.31  | 3.70  | 4.11  |      |
| 平均    | 0.00 |                                |       | 0.45                    | 0.78  | 1.19  | 1.48  | 1.76  | 2.24  | 2.73  | 3.16  | 3.68  | 4.08  |       |       |      |

| 配合    | 開始<br>材齢 | 供試体寸法 mm                       |     | サイクルごとの振動数(Hz)および質量(kg) |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
|-------|----------|--------------------------------|-----|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
|       |          | L                              | T   |                         | 0     | 30    | 60    | 90    | 120   | 150   | 180   | 210   | 240   | 270   | 300   |  |
|       |          |                                |     |                         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
| C + C | 28日      | 401                            | 100 | たわみ                     | 2021  | 1954  | 1934  | 1925  | 1875  | 1808  | 1804  | 1787  | 1787  | 1728  | 1705  |  |
|       |          | 400                            | 100 |                         | 2001  | 1918  | 1967  | 1851  | 1822  | 1780  | 1793  | 1781  | 1779  | 1710  | 1696  |  |
|       |          | 400                            | 100 | 振 動                     | 2045  | 1879  | 1860  | 1847  | 1842  | 1791  | 1796  | 1784  | 1782  | 1711  | 1709  |  |
|       |          | 401                            | 100 |                         | 4759  | 4432  | 4441  | 4440  | 4403  | 4389  | 4371  | 4333  | 4347  | 4356  | 4356  |  |
|       |          | 400                            | 100 | 縦振動                     | 4780  | 4573  | 4551  | 4452  | 4492  | 4456  | 4381  | 4361  | 4374  | 4340  | 4356  |  |
|       |          | 400                            | 100 |                         | 4865  | 4582  | 4536  | 4426  | 4445  | 4438  | 4393  | 4342  | 4342  | 4340  | 4334  |  |
|       |          | 401                            | 100 |                         | 9.567 | 9.532 | 9.512 | 9.485 | 9.457 | 9.433 | 9.369 | 9.361 | 9.333 | 9.299 | 9.263 |  |
|       |          | 400                            | 100 | 質量                      | 9.505 | 9.446 | 9.406 | 9.348 | 9.315 | 9.281 | 9.237 | 9.173 | 9.137 | 9.100 | 9.060 |  |
|       |          | 400                            | 100 |                         | 9.674 | 9.624 | 9.599 | 9.559 | 9.530 | 9.505 | 9.462 | 9.410 | 9.377 | 9.328 | 9.286 |  |
|       |          | 動弾性係数<br>(kN/mm <sup>2</sup> ) |     | たわみ                     | 33.0  | 30.7  | 30.0  | 29.7  | 28.1  | 26.0  | 25.7  | 25.2  | 25.2  | 23.4  | 22.7  |  |
|       |          |                                |     | 振 動                     | 31.9  | 29.1  | 30.5  | 26.8  | 25.9  | 24.6  | 24.9  | 24.4  | 24.2  | 22.3  | 21.8  |  |
|       |          |                                |     |                         | 33.9  | 28.5  | 27.8  | 27.3  | 27.1  | 25.5  | 25.6  | 25.1  | 24.9  | 22.9  | 22.7  |  |
|       |          |                                |     | 平均                      | 32.9  | 29.4  | 29.4  | 27.9  | 27.0  | 25.4  | 25.4  | 24.9  | 24.8  | 22.9  | 22.4  |  |
|       |          |                                |     | 縦振動                     | 34.8  | 30.0  | 30.1  | 30.0  | 29.4  | 29.1  | 28.7  | 28.2  | 28.3  | 28.3  | 28.2  |  |
|       |          |                                |     |                         | 34.7  | 31.6  | 31.2  | 29.6  | 30.1  | 29.5  | 28.4  | 27.9  | 28.0  | 27.4  | 27.5  |  |
|       |          |                                |     |                         | 36.6  | 32.3  | 31.6  | 30.0  | 30.1  | 30.0  | 29.2  | 28.4  | 28.3  | 28.1  | 27.9  |  |
|       |          |                                |     | 平均                      | 35.4  | 31.3  | 31.0  | 29.9  | 29.9  | 29.5  | 28.8  | 28.2  | 28.2  | 27.9  | 27.9  |  |
|       |          | 相対動弾性係数<br>(%)                 |     | たわみ                     | 100.0 | 93.5  | 91.6  | 90.7  | 86.1  | 80.0  | 79.7  | 78.2  | 78.2  | 73.1  | 71.2  |  |
|       |          |                                |     | 振 動                     | 100.0 | 91.9  | 96.6  | 85.6  | 82.9  | 79.1  | 80.3  | 79.2  | 79.0  | 73.0  | 71.8  |  |
|       |          |                                |     |                         | 100.0 | 84.4  | 82.7  | 81.6  | 81.1  | 76.7  | 77.1  | 76.1  | 75.9  | 70.0  | 69.8  |  |
|       |          |                                |     | 平均                      | 100.0 | 89.9  | 90.3  | 86.0  | 83.4  | 78.6  | 79.0  | 77.8  | 77.7  | 72.0  | 71.0  |  |
|       |          |                                |     | 縦振動                     | 100.0 | 86.7  | 87.1  | 87.0  | 85.6  | 85.1  | 84.4  | 82.9  | 83.4  | 83.8  | 83.8  |  |
|       |          |                                |     |                         | 100.0 | 91.5  | 90.6  | 86.7  | 88.3  | 86.9  | 84.0  | 83.2  | 83.7  | 82.4  | 83.0  |  |
|       |          |                                |     |                         | 100.0 | 88.7  | 86.9  | 82.8  | 83.5  | 83.2  | 81.5  | 79.7  | 79.7  | 79.6  | 79.4  |  |
|       |          |                                |     | 平均                      | 100.0 | 89.0  | 88.2  | 85.5  | 85.8  | 85.1  | 83.3  | 81.9  | 82.3  | 81.9  | 82.1  |  |
|       |          | 相対動弾性係数比<br>たわみ／縦              |     |                         | 1.00  | 1.08  | 1.05  | 1.04  | 1.01  | 0.94  | 0.94  | 0.94  | 0.94  | 0.87  | 0.85  |  |
|       |          |                                |     |                         | 1.00  | 1.00  | 1.07  | 0.99  | 0.94  | 0.91  | 0.96  | 0.95  | 0.94  | 0.89  | 0.87  |  |
|       |          |                                |     |                         | 1.00  | 0.95  | 0.95  | 0.99  | 0.97  | 0.92  | 0.95  | 0.96  | 0.95  | 0.88  | 0.88  |  |
|       |          |                                |     | 平均                      | 1.00  | 1.01  | 1.02  | 1.00  | 0.97  | 0.92  | 0.95  | 0.95  | 0.94  | 0.88  | 0.86  |  |
|       |          | 質量減少率<br>(%)                   |     |                         | 0.00  | 0.37  | 0.57  | 0.86  | 1.15  | 1.40  | 2.07  | 2.15  | 2.45  | 2.80  | 3.18  |  |
|       |          |                                |     | 質量                      | 0.00  | 0.62  | 1.04  | 1.65  | 2.00  | 2.36  | 2.82  | 3.49  | 3.87  | 4.26  | 4.68  |  |
|       | 0.00     |                                |     | 0.52                    | 0.78  | 1.19  | 1.49  | 1.75  | 2.19  | 2.73  | 3.07  | 3.58  | 4.01  |       |       |  |
| 平均    | 0.00     |                                |     | 0.50                    | 0.80  | 1.23  | 1.55  | 1.83  | 2.36  | 2.79  | 3.13  | 3.55  | 3.96  |       |       |  |

平成 10 年 3 月 18 日

# セメント試験成績表

住友大阪セメント  
伊



| 項 目                          |                      | 種 類   |  | 中庸熟ポルトランドセメント   |  |
|------------------------------|----------------------|-------|--|-----------------|--|
|                              |                      | 試験成績  |  | J I S R 5 2 1 3 |  |
| 密 度                          | (g/cm <sup>3</sup> ) | 3.21  |  | —               |  |
| 比表面積                         | (cm <sup>2</sup> /g) | 3,420 |  | 2500 以上         |  |
| 凝 結                          | 水量 (%)               | 26.8  |  | —               |  |
|                              | 始発 (h-m)             | 2-20  |  | 1-00 以上         |  |
|                              | 終結 (h-m)             | 3-25  |  | 10-00 以下        |  |
| 安 定 性                        |                      | 良     |  | 良               |  |
| 圧縮強さ<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 3 日                  | 20.9  |  | 7.5 以上          |  |
|                              | 7 日                  | 33.4  |  | 15.0 以上         |  |
|                              | 28 日                 | 試験中   |  | 32.5 以上         |  |
| 水和熱<br>(J/g)                 | 7 日                  | 279   |  | 290 以下          |  |
|                              | 28 日                 | 試験中   |  | 340 以下          |  |
| 酸化マグネシウム (%)                 |                      | 1.3   |  | 5.0 以下          |  |
| 三酸化硫黄 (%)                    |                      | 1.9   |  | 3.0 以下          |  |
| 強熱減量 (%)                     |                      | 0.7   |  | 3.0 以下          |  |
| 全アルカリ (%)                    |                      | 0.60  |  | 0.75 以下         |  |
| 塩化物イオン (%)                   |                      | 0.007 |  | 0.02 以下         |  |
| けい酸三カルシウム (%)                |                      | 45    |  | 50 以下           |  |
| アルミン酸三カルシウム (%)              |                      | 5     |  | 8 以下            |  |

## 備 考

・平成10年3月10日出荷1050kg (42袋) 品

# フライアッシュ試験成績報告書

平成 9 年 1 1 月 2 6 日

常磐火力産業株式会社

試 料 名 : フライアッシュ

試 験 番 号 : K - 3 2 (7号)

採 取 年 月 日 : H 9 . 8 1

製 造 工 場 : 常磐共同火力(株)勿来発電所

| 試 験 項 目                          |                  | J I S 規 格 | 試 験 結 果   |
|----------------------------------|------------------|-----------|-----------|
| 化学成分                             | 湿 分 (%)          | 1 以下      | 0 . 1 3   |
|                                  | 強 熱 減 量 (%)      | 5 以下      | 0 . 3 1   |
|                                  | 二酸化けい素 (%)       | 45 以上     | 5 6 . 4 8 |
|                                  | メチルブルー吸着量 (mg/g) | —         | 0 . 2 0   |
| 比 重                              |                  | 1.95 以上   | 2 . 1 1   |
| 粉末度 比 表 面 積 (cm <sup>2</sup> /g) |                  | 2,400 以上  | 2 , 8 9 0 |
| 単 位 水 量 比                        |                  | 102 以下    | 9 7       |
| 圧縮強度比                            | 2 8 日            | 60 以上     | 6 9       |
|                                  | 9 1 日            | 70 以上     | 7 9       |
| 曲げ強度比                            | 2 8 日            | —         | 7 6       |
|                                  | 9 1 日            | —         | 8 1       |
| 〔 備 考 〕                          |                  |           |           |
| 試験方法・・・JIS A 6201-1991 に基づく      |                  |           |           |