

# 土 木 研 究 所 資 料

コンクリート廃材再生プラントのコスト評価  
—建設事業への廃棄物利用技術の開発—

昭和62年12月

建設省土木研究所  
機械施工部機械研究室

Copyright © (1987) 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、土木研究所長の承認を得ずしてこれを行ってはならない。

# コンクリート廃材再生プラントのコスト評価 —建設事業への廃棄物利用技術の開発—

機械研究室 室長 長 健次  
研究員 多田和弘  
豊田 実

**要 旨** コンクリート廃材を破碎し、再生骨材を製造するコンクリート廃材再生プラントのシステム設計を行ない、さらに当該プラントにより再生骨材の製造するに要する費用を、再生骨材の品質別に積算し、コスト評価を実施した。

**キーワード：**コンクリート廃材，再生骨材，コンクリートプラント，コスト評価

## ま え が き

近年、我国の経済成長に伴い、発生する廃棄物は量的に増大し、質的にも複雑化してきている。特に建設工事に伴い発生する残土、コンクリート廃材など建設廃棄物が増大している。これらは従来、埋め立てや宅地造成などで処分されてきたが、最近では埋め立て計画の減少、環境問題等から処分地確保が困難になってきている。また、一方では自然保護、環境破壊防止等から良質の山砂、骨材などの入手も一部に困難となる状況も生じている。このような状況を考えると、建設廃材、各種建設廃棄物を適切に処理することにより、建設事業への有効利用が可能になれば、処分地問題と共に省資源の観点からも有意義である。

本報告は、上記背景の下に実施した「建設省総合技術開発プロジェクト / 建設事業への廃棄物利用技術の開発」の一環として実施した、コンクリート再生骨材を製造するためのコンクリート廃材再生プラントのシステム設計ならびにコスト評価に関する検討結果を報告するものである。

# 目 次

## まえがき

|                                               |    |
|-----------------------------------------------|----|
| 1. 研究の目的 .....                                | 1  |
| 2. 研究の経緯と概要 .....                             | 2  |
| 2.1 研究経緯 .....                                | 2  |
| 2.2 研究概要 .....                                | 2  |
| 3. 評価の前提条件の検討 .....                           | 4  |
| 3.1 骨材の種別、品質および生産計画 .....                     | 4  |
| 3.2 生産規模 .....                                | 5  |
| 3.3 原料コンクリートの種別および性状 .....                    | 5  |
| 3.4 立地条件 .....                                | 6  |
| 4. プラントモデルの計画 .....                           | 7  |
| 4.1 計画の基本条件 .....                             | 7  |
| 4.2 前処理系統 .....                               | 8  |
| 4.3 一次破碎系統 .....                              | 10 |
| 4.4 粗骨材および細骨材生産系統 .....                       | 13 |
| 5. コスト評価 .....                                | 19 |
| 5.1 コストの構成要素 .....                            | 19 |
| 5.2 各構成要素の算定根拠 .....                          | 19 |
| 5.3 コスト算定結果 .....                             | 28 |
| 5.4 コスト評価 .....                               | 29 |
| 6. 考 察 .....                                  | 31 |
| あとがき .....                                    | 32 |
| 巻 末 資 料                                       |    |
| 資料－1 層圧縮型破碎機ならびにミル式破碎機のコンクリート破碎特性に関する試験 ..... | 35 |
| 資料－2 K社が開発したコンクリート再生骨材破碎専用プラントの概要 .....       | 77 |

## 1. 研究の目的

本研究は、コンクリート廃材よりコンクリート用骨材を再生することを目指したコンクリート廃材再生プラントに関して、再生骨材に要求される品質および量に対応したコンクリート廃材再生プラントモデルを計画するとともにそのコスト評価を行ない、生産費まで考慮した最適プラントの設計を行なう際の基礎資料を得ることを目的としている。

## 2. 研究の経緯と概要

### 2.1 研究経緯

本研究は、総合技術開発プロジェクト「建設事業への廃棄物利用技術の開発」（昭和56～60年度）の一環として実施したものである。

建設工事等により発生するコンクリート廃材の処分に関しては、それをめぐる諸般の情勢から、骨材を再生利用することが検討された。そしてここ数年間の研究の結果、コンクリート用骨材としての品質をほぼ満足する粗骨材及び細骨材を再生する技術が開発されている。しかしながら従来の研究は再生技術の開発に主眼が置かれていたことから、再生の経済性に関しては検討されていなかった。

そこで、本プロジェクトでは、昭和57年度に予備検討として汎用破砕機によるコンクリート骨材再生時の破砕特性を文献収集ならびに室内実験により把握（巻末資料－1参照）し、次の結果を得た。

- (1) 多くの破砕機によるコンクリート廃材破砕時の破砕特性（主として粒度分布）は、原石を破砕したときのものと同様の傾向を示す。すなわち、再生骨材の粒度分布は、破砕機自体の機械的特性に依存する。
- (2) 最近開発された粒子層全体を圧壊する方式の“層圧縮型破砕機”によるコンクリート廃材の破砕特性は、コーンクラッシャのものに類似しており、セメント粉のはく離効果も期待できない。
- (3) すり合わせ方式のみ（ロッドミルを想定し、ロサンゼルス試験機で実験）で再生骨材を製造した場合、吸水率は低下するが、粒度分布は、JISによるものから大きくはずれる。
- (4) (1)と(3)を考えると、破砕工程としては、原石からの骨材製造プラントに準じたものとし、その後すり合わせにより吸水率を下げる方式によらざるを得ないと判断される。
- (5) 先にK社で開発されたプラント（巻末資料－2参照）は、上記(4)に近い形式であり、かなり完成されたものであると言える。
- (6) 上記プラントの破砕特性、ならびに原料廃材からの製品の生産割合などが各品質のものにわたって明らかにされた。
- (7) 上記プラントは、試作機であるためバッチ処理であり、各機器のバランスが考慮されていないためさらに合理的なシステム設計の必要がある。

以上のような背景の下に、K社によるプラントをベースにし、製品の各品質レベルに応じた合理的なプラントモデルを机上設計し、コスト評価を行なうこととした。

### 2.2 研究概要

この調査の目的であるコンクリート廃材再生プラントのコスト評価を行うために、大別して以下の三項目について、項目順に検討を進めて行くこととした。

### 1) 評価の前提条件の検討

一般に、骨材プラント等における生産単価の試算を行う際には、設置場所、原料、生産品種、生産規模等がほぼ明示されているのが普通である。これらの前提条件を経済的に満足するようなプラントのモデルを計画し、それによって必要経費を積上げて、生産単価を試算するのが一般的に採られるコスト評価の手法である。

この調査においても、全体としては、この手法にのっとっているのであるが、スタートとなる前提条件が明示されていないため、これらについての検討を行ったものである。検討に当たって考慮した事項は、現在の技術水準、生産規模の実状と立地条件、コンクリート廃材の現状である。

### 2) プラントモデルの計画

コスト評価の第2段階として、第1段階の前提条件に基づいて、プラントモデルのフローを決定し、構成機器の機種、規格および容量等の選定を行った。計画に当たって考慮した事項は、現在の骨材生産機械の技術水準、生産単価の低減、公害発生の防止である。

### 3) コスト評価

第2段階により決定したプラントモデルにより、必要経費を試算し、これらを積上げてコスト評価を行った。評価を行うに当たって参照した事項は、関連法規等の制約、骨材プラント操業の実状、諸材料等の実勢価格、官公庁等における工事費積算の手法である。

なお、既往資料を用いての検討を進めるに当たっては、資料間の関連付けやストーリー展開の必要上から、幾つかの推定または仮定をたてた。これらの推定または仮定の根拠については、具体的な資料の裏付けを持つものもあるが、必ずしも裏付けを持たないものもあり、精粗の差が大きい。これは、コスト評価の全体に占める割合が小さなアイテムについては、ラフな推定をたてても、コスト評価の精度には大きな影響を与えないと判断した結果である。

### 3. 評価の前提条件の検討

#### 3.1 骨材の種別、品質および生産計画

再生骨材の種別毎に満たすべき品質については、表－1 に示す品質規準（案）が提案されている。（「廃棄物の建設事業への利用可能性に関する調査報告書・土木構造物分科会」（（財）国土開発技術研究センター）昭和58年3月，p58参照）

表－1 再生骨材の品質規準(案)

| コンクリートの設計基準強度<br>( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) | 細 骨 材       | 粗 骨 材      | 注 1) $q$ : 吸水率 (%)<br>2) 粗骨材の安定性損失量は<br>20%以下 |
|----------------------------------------------|-------------|------------|-----------------------------------------------|
| 240以上                                        | —           | $q \leq 3$ |                                               |
| 180以上                                        | $q \leq 5$  | $q \leq 5$ |                                               |
| 180未満                                        | $q \leq 10$ | 1次破砕物      |                                               |

現在の技術水準によれば，この品質規準（案）をクリアする再生骨材の生産が可能であることは明らかとなっている。表－2 に，表－1 に相当する再生骨材の記号を示す。以下，この報告書では，この記号を使用する。

表－2 再生骨材の種類

|             | 記 号    | 品 質                                                      |
|-------------|--------|----------------------------------------------------------|
| 粗<br>骨<br>材 | MG－0   | 原料コンクリートを，破砕機で一次破砕しただけのもの。粒径10～40mm。再生骨材MG－1，MG－5の原料となる。 |
|             | MG－1   | $q \leq 5$ ，粒径5～25mm，安定性損失量20%以下                         |
|             | MG－5   | $q \leq 3$ ，粒径5～25mm，同 上                                 |
| 細<br>骨<br>材 | (MS－0) | これはMG－0生産時の副産物（粒径0～10mm）で，再生骨材MS－1，MS－3の原料となる。           |
|             | MS－1   | $q \leq 10$ ，粒径0.15～5mm                                  |
|             | MS－3   | $q \leq 5$ ，粒径0.15～5mm                                   |

生産計画は，コスト評価をより簡明とすることを意図して，表－2の全品種を一括生産する方式とはせず，表－3に示す4ケースを考え，それぞれについてコスト評価を行うこととした。これ以外にも細骨材と粗骨材の種々の組合，細骨材または粗骨材の何れかのみを生産するケースを想定できるが，生産品種間の品質レベルがアンバランスであるか，または経済的でないことなどから，現実性に乏しいと判断し，検討の対象外とした。

表-3 プラントモデル別生産計画

| プラントモデル | I    | II           | III          | IV           |
|---------|------|--------------|--------------|--------------|
| 生産品種    | MG-0 | MS-1<br>MG-1 | MS-3<br>MG-1 | MS-3<br>MG-5 |

### 3.2 生産規模

一般に、骨材プラントの生産規模は、プラントの立地条件、そのプラントがカバーする市場の需要動向、原料の供給可能量、投下可能な資本量等を勘案して決定すべきものである。しかしながら、実際には、砕石業界には中小企業が多いことから、資本量による生産規模が決定される場合が多いのではないと思われる。昭和49年1月刊行の“砕石ハンドブック”によれば、1採石場当りの年間生産量は、表-4のとおりである。

表-4 1採石場の年間生産量

| 採石場のある地域          | 年間生産量 (t) |
|-------------------|-----------|
| 東京地方425社の平均       | 179,000   |
| 名古屋地方177社の平均      | 189,000   |
| 大阪地方192社の平均       | 229,000   |
| 上記794社(全国の49%)の平均 | 193,000   |
| 全国平均              | 135,000   |

いま、砕石プラントの標準的な年間稼働時間を

$$8 \text{ h / 日} \times 25 \text{ 日 / 月} \times 12 \text{ 月} = 2,400 \text{ h}$$

と見ると、794社平均及び全国平均に対する時間当生産量は、

$$193,000 \text{ t} \div 2,400 \text{ h} = 80 \text{ t / h}$$

$$135,000 \text{ t} \div 2,400 \text{ h} = 56 \text{ t / h} \text{ となる。}$$

すなわち、設備容量(処理容量)としては、それぞれ100 t/h及び80 t/h程度になっている。これらの生産規模が適正であるとは、前述の理由から、必ずしも言えないが、少なくとも営業的に成立つ標準的な規模であると見て良い。

従って、コスト評価を行うプラントは都市近郊に設置されることを考慮して、その生産規模を処理容量で100 t/hとした。

### 3.3 原料コンクリートの種別および性状

#### 1) 原料コンクリートの種別

コンクリート廃材の分類に関する定義はないので、ここでは便宜的に以下のような分類を設ける。鉄筋の有無について、

- ① 鉄筋コンクリート      ② 無筋コンクリート

鋼材等の金属片の混入は、砕石機(特にインパクトクラッシャ)の運転に悪影響を与えるので、

鉄筋は前処理の段階で完全に除去する必要がある。すなわち、鉄筋の有無は前処理工程の構成と関連して、再生コストに大きな影響を及ぼす。

コンクリート廃材中の鉄筋コンクリートと無筋コンクリートの比は、1：3程度と言われているが、前処理工程でこれらを選別するのは非常に困難なので、混入比率の如何にかかわらず、鉄筋コンクリートが混入すれば、前処理工程において対策が必要となって来る。

ここでは、鉄筋コンクリートの混入があるものとしてコスト評価を行うこととした。

次に、コンクリートの強度により廃材を分類して、

① 低強度コンクリート      ② 高強度コンクリート

原料コンクリートの強度の相違によって生ずる結果には、製品の品質の相違およびクラッシュ運転動力の相違が考えられる。前者については、ここではコストのみを問題にするので無視することとする。後者については、クラッシュの破壊力の大きさに対し、コンクリートの強度は遥かに小さいので、運転動力の相違も無視できる程度であると考えられる。

すなわち、原料コンクリートには種々の強度のものが含まれているが、それはコスト評価に影響を与えないものとした。

## 2) 原料コンクリートの性状

### (1) 原料コンクリートの大きさ

現在、小数ではあるが、廃材処理プラントが稼働しており、これらのプラントでは何れも、受入を許容する限界寸法を設けているが、これを超える原料も混入して来るのが実状のようである。

ここでは、前処理工程における一次クラッシュの開口寸法を考慮して、受入限界寸法を $1.0 \times 0.5 \times 0.5$  mとする。ただし、これを超えるものが20%混入して来るものとして、対策を講ずることとした。

### (2) 土砂その他の異物の混入

コンクリート構造物は、言うまでもなく土砂と接して設けられているので、その撤去、運搬に際しては当然、土砂が混入して来ると考えなければならない。従って、ここでは土砂混入の多少にかかわらず、原料コンクリートは全て、乾式の土砂分離装置を通過させるものとした。

その他の異物としては、ガラス、木片、金属片等が考えられるが、これらの混入はさほど多くないものと見て、通常の碎石プラントの場合と同様に人力による除去が可能なものとした。

## 3.4 立地条件

原料コンクリートの発生場所は、コンクリート構造物の集中度、都市開発事業等の実施などから都市部に多いものと考えられる。そこで、プラント設置場所としては、運搬費プラス用地費を最小にするような地点として都市近郊を考えた。

都市近郊は平坦地が多いので、プラント機器の配置に当っては斜面の利用は考えないものとした。

## 4. プラントモデルの計画

### 4.1 計画の基本条件

#### 1) プラントの構成（コスト評価の範囲）

プラントの構成は、以下の3系統により成立つものとする。すなわち、この3系統以外で発生する費用は、このコスト評価には含まれない。

- ㊶ 前処理系統
- ㊷ 一次破碎系統
- ㊸ 粗骨材及び細骨材生産系統

#### 2) 骨材再生機の形式とプラントの運転方式

骨材再生機には、骨材の生産に際し従来から使用されて来た汎用の碎石機または製砂機等を使用せずに、K社が開発したコンクリート廃材専用の骨材再生機を用いることとした。これは、昨年度の調査において、その性能および実績が確認されたことによるものである。

これに伴って、これらの再生機が乾式であるところから、プラント全体の運転方式を乾式とすることにした。なお、プラントを構成するその他の機器については、従来の骨材プラントにおいて実績のある汎用機種の中から適宜選択した。

#### 3) プラントの耐用時間、処理量、生産量

プラントを構成する機器の耐用年数は一様ではないので、それらの中で最も耐用年数の長いジョークラッシャならびにインパクトクラッシャの耐用年数8年をもって、プラントの耐用年数とした。この間の供用日数、運転日数、運転時間は、

供用総日数：30日×12月×8年＝2,880日

運転総日数：25日×12月×8年＝2,400日

総運転時間：7h×25日×12月×8年＝16,800h

となる。また、この間の総処理量は、処理能力を100 t/hとしたので、

総処理量：100 t / h × 16,800 h = 1,680,000 t

である。

これら进行处理して得られる各プラントモデル毎の品種別生産量は、前年度調査結果より表－5に示すとおりとなる。

表－５ 品種別生産比率(%)及び生産量(t)

| 生産品種 \ プラントモデル | I                     | II                  | III                 | IV                  |
|----------------|-----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| M G — 0        | ( 65.0 )<br>1,092,000 | —                   | —                   | —                   |
| ( M S — 0 )    | ( 35.0 )<br>588,000   | —                   | —                   | —                   |
| M G — 1        | —                     | ( 44.2 )<br>742,600 | ( 44.2 )<br>742,600 | —                   |
| M G — 5        | —                     | —                   | —                   | ( 27.3 )<br>458,600 |
| M S — 1        | —                     | ( 39.4 )<br>661,900 | —                   | —                   |
| M S — 3        | —                     | —                   | ( 27.7 )<br>465,300 | ( 30.7 )<br>515,800 |
| 廃 棄 物          | —                     | ( 16.4 )<br>275,500 | ( 28.1 )<br>472,100 | ( 42.0 )<br>705,600 |

なお、生産量又は処理量を容量で表示する場合の換算には、1.6 t/m<sup>3</sup>を用いることとした。

## 4.2 前処理系統

前処理系統は、各プラントモデルに共通なもので、その概略フローを図－１に示す。また、構成機器の規格、容量等コスト評価に当って必要な諸元を、表－６に示す。

図－１における各機器の役割、表－６に示す諸元について、若干の補足説明を以下に述べる。

### 1) 原料ストックヤード

搬入されたコンクリート廃材の仮置場である。容量は、プラント運転10日分のストックが可能な広さを考慮したが、油圧ショベル架装の大型ブレーカが小割作業を行うため、通常必要とする広さの3倍程度の余裕を見込んでいる。

### 2) グリズリおよび振動スクリーン

コンクリート廃材に混入した土砂の分離は、原料の全量をグリズリおよび2段ローヘッドスクリーンを通過させることにより行うこととした。

### 3) ジョークラッシャ

ジョークラッシャは、投入される原料の最大寸法 1.0 × 0.5 × 0.5 m の受入が可能な開口寸法を持つものを選んだため、容量的には過大なものとなっており、一次破碎系統以降の運転状況に合わせて間欠運転を行わなければならない。

### 4) 磁選機 (マグネットキャッチャ)

ジョークラッシャから排出された原料を、一次破碎系統の原料ビンに送り込むベルトコンベア上には、マグネットキャッチャを設置して鉄筋の排除を図るものとする。

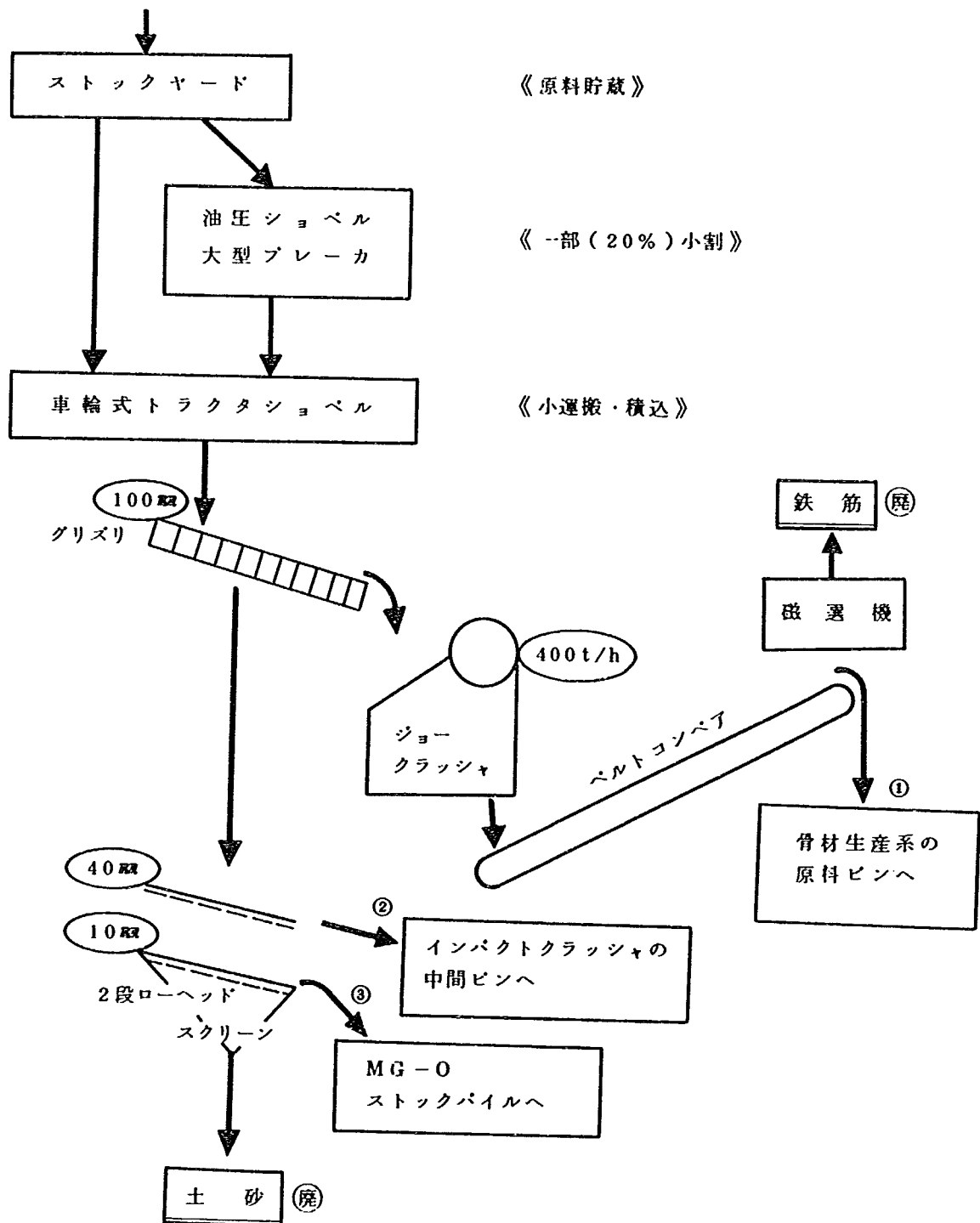


図-1 前処理系統の概略フロー

表－6 前処理系統の構成要素諸元一覧

| №                  | 名 称        | 規 格                                         | 重 量<br>( t )     | 原動機出力<br>( kW )  | 購 入 価 格<br>( 千円 )  |
|--------------------|------------|---------------------------------------------|------------------|------------------|--------------------|
|                    | 原料ストックヤード  |                                             | —                | —                | —                  |
|                    | トラクタショベル   | ホイール式 2.5 m <sup>3</sup> 162 PS             | 14.0             | —                | 16,500             |
|                    | ジャイアントブレーカ | 空気式 600 kg                                  | 2.8<br>(0.7×4)   | —                | 9,000<br>(2,250×4) |
|                    | エアコンプレッサ   | 105 m <sup>3</sup> /min 105 PS              | 2.7              | —                | 3,740              |
|                    | 油圧ショベル     | ジャイアントブレーカ装着<br>0.6 m <sup>3</sup> 級 102 PS | 18.7             | —                | 15,900             |
| (1')               | グリズリ       | 100 mm 目                                    | 5.0              | —                | 5,000              |
| (5')               | 振動スクリーン    | ローヘッド 2床式 40,10 mm                          | 3.0              | 7.5              | 4,000              |
| (B <sub>2</sub> ') | ベルトコンベア    | ポータブル 42 m×350 mm                           | 1.1              | 4.6              | 900                |
| (B <sub>3</sub> ') | 〃          | ポータブル 55 m×350 mm<br>(13+42)                | 1.4<br>(0.3+1.1) | 5.8<br>(1.2+4.6) | 1,150<br>(250+900) |
| (B <sub>4</sub> ') | 〃          | ポータブル 62 m×350 mm<br>(20+42)                | 1.6<br>(0.5+1.1) | 6.6<br>(2.0+4.6) | 1,280<br>(380+900) |
| (3')               | ジョークラッシャ   | 1,000×1,200 mm 400 t/hr                     | 76.0             | 130              | 70,400             |
| (B <sub>1</sub> ') | ベルトコンベア    | 50 m×450 mm                                 | 10.0             | 6.5              | 8,750              |
| (4')               | 磁選機        | 3.5 t/hr                                    | 1.0              | 1.5              | 3,000              |
| (2')               | シュート       |                                             | 1.5              | —                | 300                |
| (5')               | ダストバイル     | —                                           | —                | —                | —                  |
|                    | その他        |                                             | 1.2              | 0.5              | 180                |
|                    | 計          |                                             | 140              | 163              | 140,100            |

### 4.3 一次破碎系統

一般の骨材プラントでは、一次破碎系統、二次破碎系統、製砂系統などのように、製品の種別および数に応じて、必要となる処理および調整を行うための部門を、判然と区別することができる。この再生プラントにおいても、目的とする製品を得るために必要な処理を行うための専用の系統を設けている。

ここで言う一次破碎系統は、前項で述べた前処理系統を一次破碎と見れば、プラントモデルⅡ、Ⅲ、Ⅳに対しては、二次破碎系統とも言うべきものであり、また、プラントモデルⅠそのものでもある。すなわち、プラントモデルⅠは、プラントモデルⅡ、Ⅲ、Ⅳの一次（または二次）破碎系統に相当する。

図－2に、この再生プラントの一次破碎系統（または、プラントモデルⅠ）の概略フローを示す。また、コスト評価に必要な諸元を、表－7に示す。このようなフローを採用した理由および諸元の選定根拠は、以下の通りである。

#### 1) 一次破碎系統構成上の考え方

一次破碎系統は、後段の骨材再生系統に供給する原料の粒度調整を行うことを目的として設けられている。このプラントが範を取った前出のK社の実験用プラントでは、一次破碎系統におい

て、ジョークラッシャによる小割を行った後、インパクトクラッシャによる粒度調整を行って、所定の粒度分布をもつ原料を得ている。本プラントにおいても、基本的にはこの組合せを踏襲し、前処理系統から一次破碎系統を経て、骨材再生系統に至る原料を効率良く処理できる機能を持たせるべく構成を考慮した。

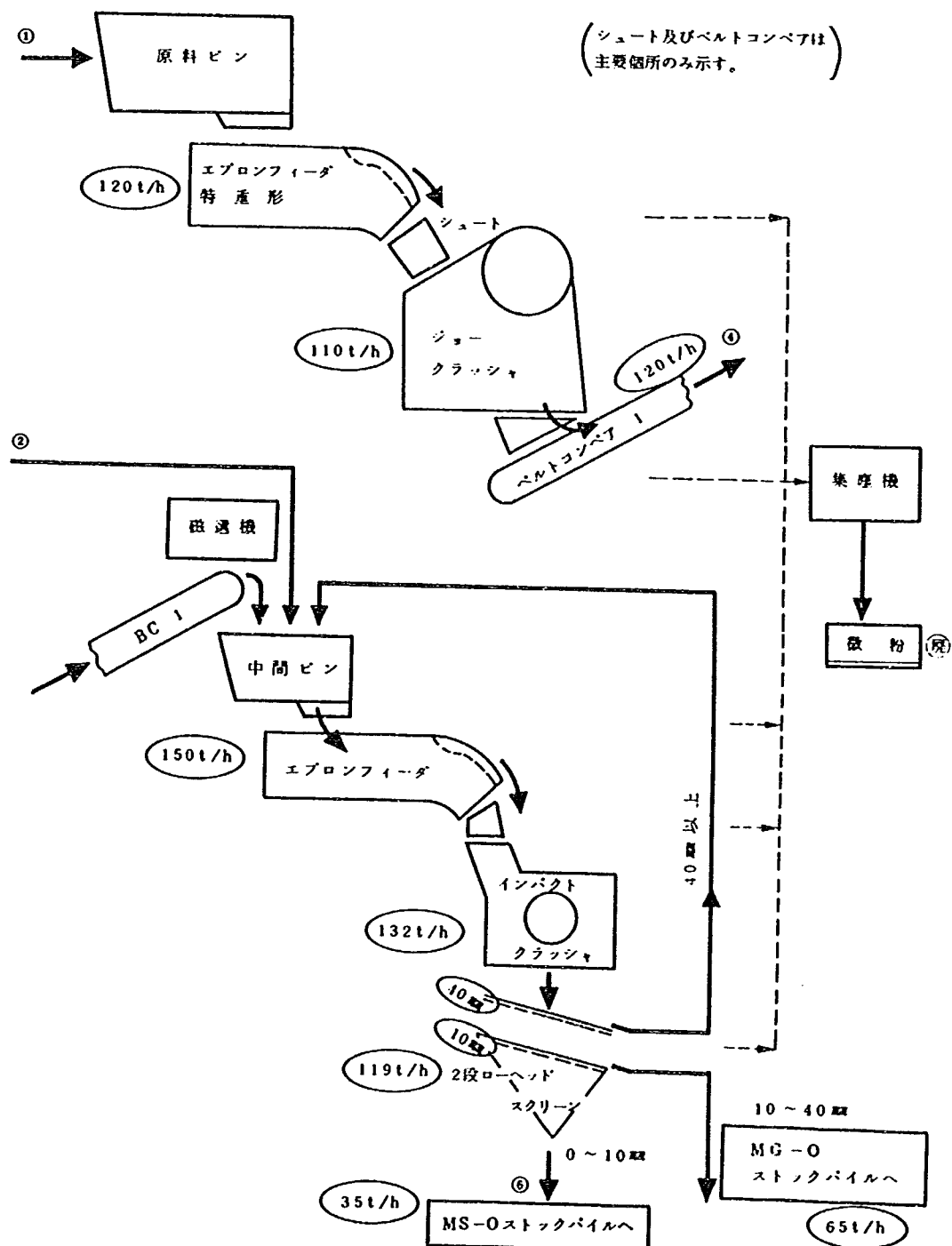


図-2 一次破碎系統の概略フロー

## 2) 破 碎 機

### ① ジョークラッシャ

このプラントの容量を 100 t/h と設定したので、出口すき間を 100 mm にセットした時 110 t/h の能力を有するものを選定した。このクラッシャの供給口寸法は 510 × 860 mm で、最大供給寸法は 400 × 550 × 800 mm である。従って、前処理系統のジョークラッシャが出口セット 200 mm で生産する原料の受入が十分可能である。

また、製品の粒度分布は、100 mm 以上 (20%)、50～100 mm (44%)、25～50mm (19%)、25mm 以下 (19%) となり、インパクトクラッシャの供給原料として問題はない。

#### ⑥ インパクトクラッシャ

インパクトクラッシャは、スクリーンのオーバサイズをリターンする方式を採っているので、リターン分の容量を上乗せしなければならない。ここで、

クラッシャへの供給量  $q = 100 \text{ t/h}$

40mm 網 上 率  $R = 0.2$

スクリーンのふるい分効率  $E = 0.95$  とすると、

$$\text{クラッシャの容量} \quad Q = \frac{q}{(1 - R) E} = 132 \text{ t/h となる。}$$

これに相当するものとして、供給口寸法 400 × 1,520 mm、能力 35～180 t/h のものを選定した。

### 3) 原料の供給

原料の供給をスムーズにし、クッションの役割を果たすものとして、それぞれのクラッシャの前に原料ビンおよび中間ビン进行している。これらは、貯蔵を目的としたものではないので、その容量は必要最小限にとどめた。

原料の引出しには、確実性の高いエブロンフィーダを用いることとし、大塊を扱うジョークラッシャ用は特重形とした。容量は、それぞれのクラッシャの容量により決定した。

### 4) ベルトコンベア

ベルトコンベアの容量  $Q$  ( $\text{m}^3/\text{h}$ )、ベルト幅  $B$  (m)、ベルト速度  $v$  (m/s) の間には、次の関係が成立つ。

$$Q = 60 K (0.9 B - 0.05)^2 v$$

トラフ角  $20^\circ$ 、側角  $20^\circ$  の時は係数  $K = 0.1245$  となる。ベルト速度は 80 m/min を標準として設定し、それぞれの運搬量に見合うベルト幅を求めた。

また、コンベア最大傾斜を  $20^\circ$  に設定し、水平距離  $L$  (m) および垂直距離  $H$  (m) を仮定して、下式により運搬量  $Q_t$  (t/h) に対する所要動力  $N$  (kw) を求めた。

$$N = 0.06 f \cdot w \cdot v \{ (L + L_0) / 367 \} + f \cdot Q_t \{ (L + L_0) / 367 \} \pm H \cdot Q_t / 367$$

ただし、 $f = 0.03$ 、 $w = 35.5 \text{ kg/m}$ 、 $L_0 = 49 \text{ m}$  としている。

### 5) 振動スクリーン

振動スクリーンは下式により網面有効面積  $F$  ( $\text{m}^2$ ) を求めこれに相当するものを市販品の中から選定した。

$$F = Q / q \cdot \rho \cdot k \cdot \ell \cdot m \cdot n \cdot o \cdot p \cdot r$$

ただし、処理量  $Q$  (t/h)、基礎処理量  $q$  ( $\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ )、見掛比重  $\rho$ 、粒径、形状、水分等による係数…… $k \sim r$ 。

#### 6) シュートその他

シュートは、詳細設計を行っていないので、一式として一括計上した。

ストックパイルは、簡単な仕切枠を設けると共に下部よりベルトコンベアで引出せるよう考慮した。したがって、容量は2日分のみとし、これ以上ストックする必要がある場合は、仮置場への運搬が容易に行える。

磁選機および集塵機は、過去の実績から、この程度の骨材プラントで用いられている平均的なものを選定した。

表-7 一次破碎系統構成要素の諸元一覧（プラントモデルⅠ）

| 順                  | 名 称         | 規 格                                             | 重 量 ( t ) | 出力 ( k w )        | 価 格 ( 千 円 ) |
|--------------------|-------------|-------------------------------------------------|-----------|-------------------|-------------|
| ①                  | 原 料 ビ ン     | 有効貯蔵量 19 t 12 m <sup>3</sup>                    | 2.7       | —                 | 8 3 0       |
| (F <sub>1</sub> )  | エブロンフィーダー   | 120 t (100×1.2)                                 | 3.3       | 3.7               | 6,500       |
| ②                  | ジョークラッシャ    | 120 t ( " )                                     | 9.6       | 45.0              | 9,800       |
| (B <sub>1</sub> )  | ベルトコンベア     | 19.5 m × 450 mm                                 | 3.9       | 4.7               | 2,920       |
| ③                  | 磁 選 機       | 3.5 t/hr                                        | 1.0       | 1.5               | 3,000       |
| ④                  | 中 間 ビ ン     | 有貯量 9.5 t 6 m <sup>3</sup>                      | 1.6       | —                 | 615         |
| (F <sub>2</sub> )  | エブロンフィーダー   | 120 t (100×1.2)                                 | 3.3       | 3.7               | 6,500       |
| ⑤                  | インパクトクラッシャ  | 所要能力 132 t/h                                    | 14.0      | 110.0<br>(75~150) | 18,000      |
| (B <sub>2</sub> )  | ベルトコンベア     | 19.5 m × 450 mm                                 | 3.9       | 4.7               | 2,920       |
| ⑥                  | シ ュ ー ト     |                                                 | 1.5       | —                 | 300         |
| ⑦                  | ス ク リ ー ン   | 2床式 40,10 mm                                    | 3.0       | 7.5               | 4,000       |
| (B <sub>3</sub> )  | ベルトコンベア     | ポータブル 20 m × 350 mm                             | 0.5       | 2.0               | 380         |
| (B <sub>4</sub> )  | "           | " 45 m × 350 mm                                 | 0.2       | 1.0               | 145         |
| (B <sub>5</sub> )  | "           | 32.0 m × 450 mm                                 | 6.4       | 6.0               | 4,800       |
| (B <sub>6</sub> )  | "           | 32.0 m × 450 mm                                 | 6.4       | 6.0               | 4,800       |
| ⑧                  | サ ー ジ パ イ ル | コルゲート6段 φ11.0 m<br>2日分 910 t 570 m <sup>3</sup> | 9.4       | —                 | 4,000       |
| (B <sub>7</sub> )  | ベルトコンベア     | 18.0 m × 450 mm                                 | 3.6       | 3.2               | 2,760       |
| ⑬                  | サ ー ジ パ イ ル | コルゲート6段 φ10.5 m<br>2日分 830 t 520 m <sup>3</sup> | 9.0       | —                 | 3,600       |
| (B <sub>11</sub> ) | ベルトコンベア     | 18.0 m × 450 mm                                 | 3.6       | 3.2               | 2,760       |
| ⑳                  | 集 塵 機       | 10~15 m <sup>3</sup> /min                       | 0.2       | 1.5               | 400         |
|                    | そ の 他       |                                                 | 2.9       | 6.3               | 970         |
| 計                  |             |                                                 | 90        | 210               | 80,000      |

#### 4.4 粗骨材および細骨材生産系統

図-3に示す骨材生産系統の概略フローは、プラントモデルⅡ～Ⅳに共通するものである。粗骨材および細骨材は、K社の実験プラントと同様に、それぞれ専用の再生機により生産される。選別は、粗骨材は振動スクリーンにより、細骨材は風力分級機により、それぞれ行われる。この図では、

表示を簡易化して、理解を容易にすることを意図して、再生機をそれぞれ1台ずつしか記入していないが、実際には製品の種類により複数の再生機で構成されており、規格および容量等も異なっている。詳細は、表－8～10に示す。

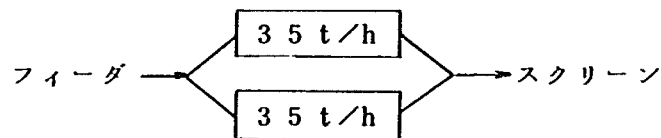
プラントを実際のプラント敷地内に配置する場合には、敷地の形状、広さ、出入口の位置等により種々の形体を採ることが考えられる。図－4は、これらの制約は考慮せず、できるだけコンパクトにまとめたプラントモデルⅣの配置例を示す。借地費および設備費は、この配置を基礎として積算を行っている。

#### 1) 粗骨材および細骨材再生機

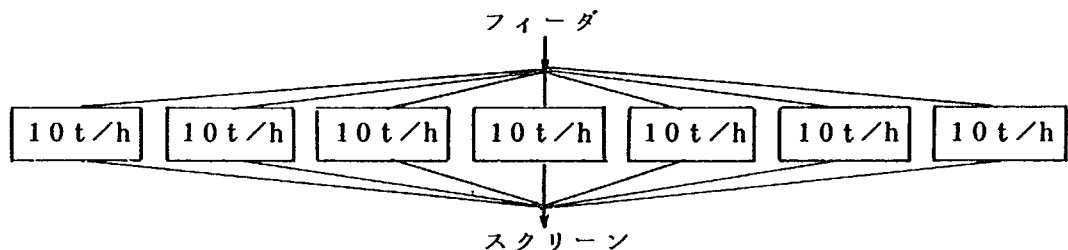
骨材再生機は何れも、基本的には実験プラントにおける再生機をスケールアップしたものである。ただし、機構上の制限から大容量機の製作が不可能であるため、現在の技術で製作可能な最大容量の機械を必要台数だけ直列または並列に配置して、所要容量を処理させることとした。

生産品種別の再生機の配置は、以下の通りである。

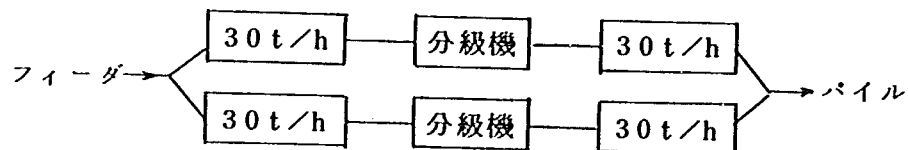
70 t/h MG－1再生機（プラントモデルⅡ及びⅢ）



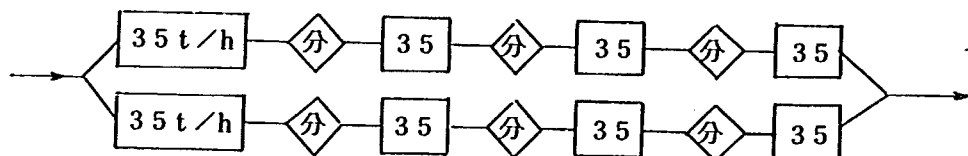
70 t/h MG－5再生機（プラントモデルⅣ）



60 t/h MS－1再生機（プラントモデルⅡ）



70 t/h MS－3再生機（プラントモデルⅢ及びⅣ）



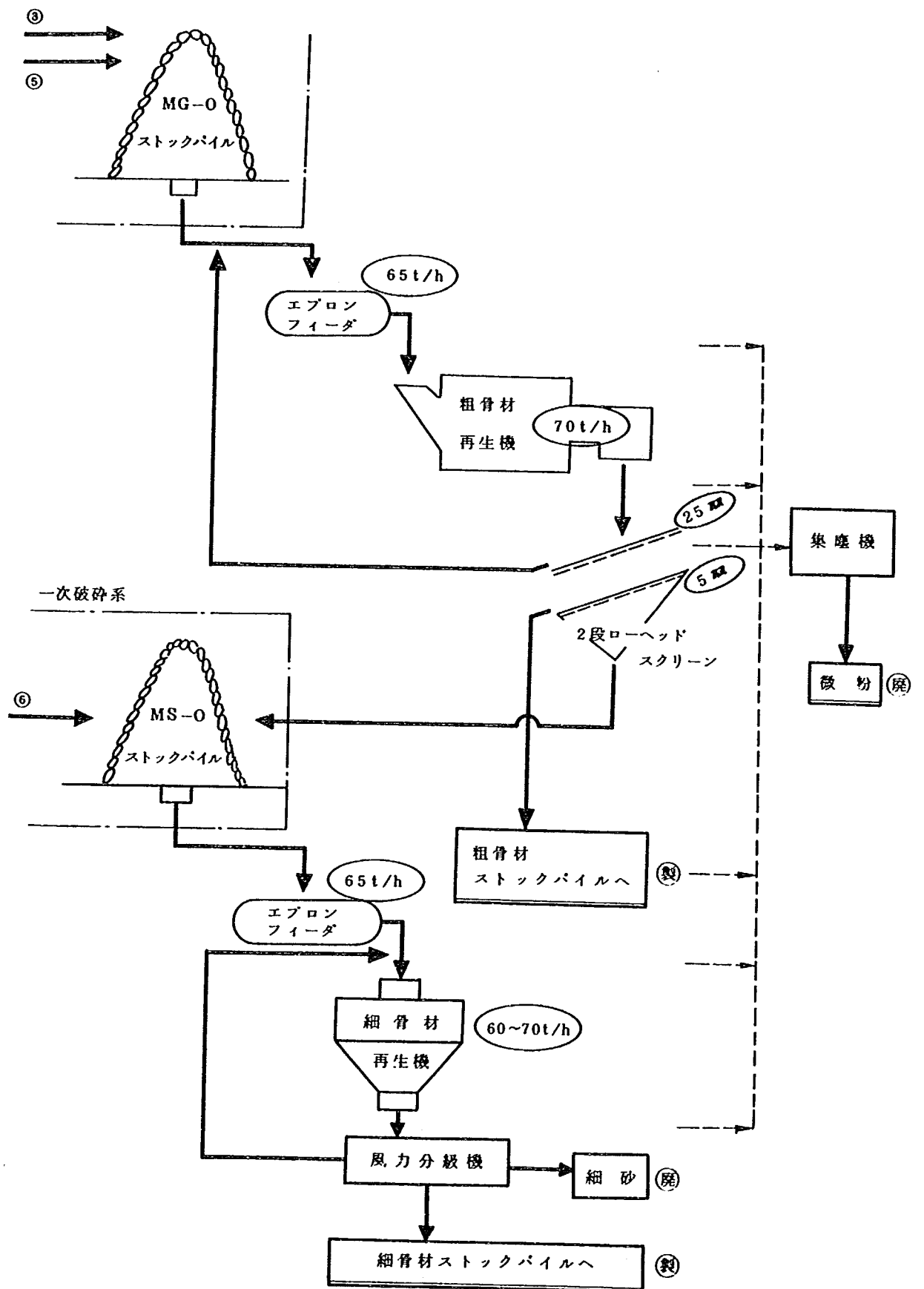


図-3 骨材生産システムの概略フロー

## 2) その他の機器

骨材生産系統に使用されている骨材再生機以外の機器は、一次破碎系統におけるのと同様な考え方で、選定を行っている。なお、風力分級機の容量については、再生機とセットと見て容量が決められている。

表-8 骨材生産系統構成要素の諸元一覧(プラントモデルⅡ)

| №                  | 名 称           | 規 格                                                    | 重量 ( t )       | 出力 ( k w )        | 価格 ( 千円 )            |
|--------------------|---------------|--------------------------------------------------------|----------------|-------------------|----------------------|
| (B <sub>8</sub> )  | ベルトコンベア       | 19.5m×450mm                                            | 1.0            | 4.7               | 2,920                |
| (9)                | 中 間 ビ ン       | 有貯量6.4t 4m <sup>3</sup>                                | 1.1            | —                 | 500                  |
| (F <sub>3</sub> )  | エプロンフィーダー     | 120t(100×1.2)                                          | 3.3            | 3.7               | 6,500                |
| (10)               | 粗 骨 材 再 生 機   | MG-1 35t/h 2台                                          | 40.0<br>(20×2) | 354.0<br>(177×2)  | 54,000<br>(27,000×2) |
| (11)               | ス ク リ ー ン     | 2床式 25.5mm                                             | 2.8            | 7.5               | 3,700                |
| (B <sub>9</sub> )  | ベルトコンベア       | 50.0m×450mm                                            | 10.0           | 6.5               | 8,750                |
| (B <sub>10</sub> ) | ベルトコンベア       | 32.0m×450mm                                            | 6.4            | 6.0               | 4,800                |
| (12)               | 製 品 バ イ ル     | コルゲート 6段 φ10.5m<br>2日分 830t 520m <sup>3</sup>          | 9.4            | —                 | 4,000                |
| (B <sub>12</sub> ) | ベルトコンベア       | 19.5m×450mm                                            | 1.0            | 4.7               | 2,920                |
| (14)               | 中 間 ビ ン       | インターロック付<br>有貯量 11t 7m <sup>3</sup>                    | 1.6            | —                 | 615                  |
| (F <sub>4</sub> )  | 振 動 フ ィ ー ダ ー | 400×550×800<br>1,830×900mm                             | 4.4            | 11.0              | 6,200                |
| (15-1)             | 細 骨 材 再 生 機   | MS-1 30t/h 4台                                          | 24.0<br>(6×4)  | 134.8<br>(33.7×4) | 30,000<br>(7,500×4)  |
| (15-2)             | 風 力 分 級 機     | 2台                                                     | 8.0<br>(4×2)   | 49.4<br>(24.7×2)  | 8,000<br>(4,000×2)   |
| (15-3)             | バックフィルター      | 260m <sup>3</sup> /min                                 | 5.0            | 37.0              | 13,000               |
| (15-4)             | 集 塵 コ ン ベ ア   | 2台                                                     | 2.0<br>(1.0×2) | 7.4<br>(3.7×2)    | 5,000<br>(2,500×2)   |
| (16)               | シ ュ ー ト       | 4台                                                     | 6.0<br>(1.5×4) | —                 | 1,200<br>(300×4)     |
| (B <sub>13</sub> ) | ベルトコンベア       | 32.0m×450mm                                            | 6.4            | 6.0               | 4,800                |
| (18)               | 製 品 バ イ ル     | コルゲート 6段 φ10.5<br>3日分 830t 520m <sup>3</sup>           | 9.0            | —                 | 3,600                |
| (B <sub>14</sub> ) | ベルトコンベア       | ポータブル 13.0m×350mm                                      | 0.3            | 1.2               | 250                  |
| (B <sub>15</sub> ) | ”             | ” 17.0m×350mm                                          | 0.5            | 2.0               | 350                  |
| (B <sub>16</sub> ) | ”             | ” 42.0m×350mm                                          | 1.1            | 4.6               | 900                  |
| (B <sub>17</sub> ) | ”             | ” 22.0m×450mm                                          | 4.4            | 5.8               | 3,340                |
| (19)               | ダ ス ト バ イ ル   | (細砂)コルゲート φ6.0m<br>3日分 290t 180m <sup>3</sup>          | 4.5            | —                 | 1,600                |
| (B <sub>18</sub> ) | ベルトコンベア       | 25.0m×450mm                                            | 5.0            | 4.8               | 3,800                |
| (20)               | 集 塵 機         | 60m <sup>3</sup> /min<br>(10~15m <sup>3</sup> /min) 4台 | 0.6            | 3.7               | 900                  |

| №                 | 名 称           | 規 格                                             | 重量 ( t ) | 出力 ( k w ) | 価格 ( 千円 ) |
|-------------------|---------------|-------------------------------------------------|----------|------------|-----------|
| ⑧ <sub>10</sub>   | ベルトコンベア       | 3 2.0 m × 4 5 0 mm                              | 6.4      | 6.0        | 4,800     |
| ⑨                 | ダストパイル        | コルゲート 6段 φ8.5 m<br>3日分 600 t 370 m <sup>3</sup> | 6.8      | —          | 2,600     |
|                   | 小 計           | (その他含む)                                         | 180.2    | 691.5      | 180,400   |
| ①~⑧ <sub>11</sub> | 表-7 (モデルⅠ)に同じ |                                                 | 89.8     | 208.5      | 79,600    |
|                   | 合 計           | (プラントモデルⅡ)                                      | 270      | 900        | 260,000   |

表-9 骨材生産系統構成要素の諸元一覧(プラントモデルⅢ)

| №                                                   | 名 称           | 規 格                    | 重量 ( t )        | 出力 ( k w )       | 価額 ( 千円 )           |
|-----------------------------------------------------|---------------|------------------------|-----------------|------------------|---------------------|
| ①~⑧ <sub>11</sub>                                   | 表-7 (モデルⅠ)に同じ |                        | 89.8            | 208.5            | 79,600              |
| ⑧ <sub>8</sub> ~⑧ <sub>4</sub> , ⑧ <sub>13</sub> ~⑨ | 表-8 (モデルⅡ)に同じ |                        | 135.2           | 462.9            | 123,200             |
| ⑮ <sub>1</sub>                                      | 細骨材再生機        | MS-3 35t/h × 8台        | 48.0<br>(60×8)  | 2700<br>(337×8)  | 60,000<br>(7,500×8) |
| ⑮ <sub>2</sub>                                      | 風力分級機         | 6台                     | 24.0<br>(4.0×6) | 148.2<br>(247×6) | 24,000<br>(4,000×6) |
| ⑮ <sub>3</sub>                                      | バックフィルター      | 380m <sup>3</sup> /min | 10.0            | 45.0             | 19,000              |
| ⑮ <sub>4</sub>                                      | 集塵コンベア        | 2台                     | 2.0<br>(1.0×2)  | 11.0<br>(5.5×2)  | 10,000<br>(5,000×2) |
| ⑯                                                   | シュート          | 8台                     | 12.0<br>(1.5×8) | —                | 2,400<br>(300×8)    |
|                                                     | 小 計           | (その他含む)                | 105.0           | 488.6            | 116,200             |
|                                                     | 合 計           |                        | 330.0           | 1,160.0          | 319,000             |

表-10 骨材生産系統構成要素の諸元一覧(プラントモデルⅣ)

| №                                                                                                                                    | 名 称        | 規 格                                                   | 重量 ( t )          | 出力 ( k w )         | 価格 ( 千円 )             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------------------------------------------------|-------------------|--------------------|-----------------------|
| ①~⑧ <sub>11</sub>                                                                                                                    | 表-7 (Ⅰ)に同じ |                                                       | 89.8              | 208.5              | 79,600                |
| ⑧ <sub>8</sub> ~⑧ <sub>3</sub> , ⑮ <sub>1</sub> ~⑧ <sub>4</sub> , ⑧ <sub>13</sub> ~⑧ <sub>18</sub> , ⑮ <sub>2</sub> , ⑮ <sub>3</sub> | 表-8 (Ⅱ)に同じ |                                                       | 94.6              | 105.2              | 68,300                |
| ⑮ <sub>4</sub> ~⑮ <sub>5</sub>                                                                                                       | 表-9 (Ⅲ)に同じ |                                                       | 105.0             | 488.6              | 116,200               |
| ⑮ <sub>6</sub>                                                                                                                       | 粗骨材再生機     | MG-5 10t/h × 7台                                       | 168.0<br>(24.0×7) | 1,645.0<br>(235×7) | 238,000<br>(34,000×7) |
| ⑮ <sub>7</sub>                                                                                                                       | 集塵機        | 105m <sup>3</sup> /min<br>(10~15 m <sup>3</sup> × 7台) | 1.0               | 7.5                | 1,300                 |
|                                                                                                                                      | 小 計        | (その他含む)                                               | 180.6             | 1,677.7            | 241,900               |
|                                                                                                                                      | 合 計        |                                                       | 470               | 2,480              | 506,000               |

一次破碎系統

| No                 | 名 称        |
|--------------------|------------|
| (1)                | 原料ビン       |
| (F <sub>1</sub> )  | エプロンフィーダー  |
| (2)                | ジョークラッシャ   |
| (B <sub>1</sub> )  | ベルトコンベア    |
| (3)                | 磁 選 機      |
| (4)                | 中間ビン       |
| (F <sub>2</sub> )  | エプロンフィーダー  |
| (5)                | インパクトクラッシャ |
| (B <sub>2</sub> )  | ベルトコンベア    |
| (6)                | シュート       |
| (7)                | スクリーン      |
| (B <sub>3</sub> )  | ベルトコンベア    |
| (B <sub>4</sub> )  | "          |
| (B <sub>5</sub> )  | "          |
| (B <sub>6</sub> )  | "          |
| (8)                | サージバイル     |
| (B <sub>7</sub> )  | ベルトコンベア    |
| (13)               | サージバイル     |
| (B <sub>10</sub> ) | ベルトコンベア    |
| (20)               | 集 塵 機      |

前処理系統

| No                | 名 称        |
|-------------------|------------|
| ( )               | 原料ストックヤード  |
| ( )               | トラクタショベル   |
| ( )               | ジャイアントブレーカ |
| ( )               | エアコンプレッサ   |
| ( )               | 油圧ショベル     |
| (1')              | グリズリ       |
| (5')              | 振動スクリーン    |
| (B <sub>1</sub> ) | ベルトコンベア    |
| (B <sub>2</sub> ) | "          |
| (B <sub>3</sub> ) | "          |
| (3')              | ジョークラッシャ   |
| (B <sub>1</sub> ) | ベルトコンベア    |
| (4')              | 磁 選 機      |
| (2')              | シュート       |
| (5')              | ダストバイル     |

骨材生産系統

| No                 | 名 称       |
|--------------------|-----------|
| (B <sub>1</sub> )  | ベルトコンベア   |
| (9)                | 中間ビン      |
| (F <sub>3</sub> )  | エプロンフィーダー |
| (10)               | 粗骨材再生機    |
| (11)               | スクリーン     |
| (B <sub>8</sub> )  | ベルトコンベア   |
| (B <sub>9</sub> )  | ベルトコンベア   |
| (12)               | 製品バイル     |
| (B <sub>10</sub> ) | ベルトコンベア   |
| (14)               | 中間ビン      |
| (F <sub>4</sub> )  | 振動フィーダー   |
| (15)               | 細骨材再生機    |

| No                 | 名 称     |
|--------------------|---------|
| (15)               | 風力分級機   |
| (15)               | バグフィルター |
| (15)               | 集塵コンベア  |
| (16)               | シュート    |
| (B <sub>11</sub> ) | ベルトコンベア |
| (18)               | 製品バイル   |
| (B <sub>12</sub> ) | ベルトコンベア |
| (B <sub>13</sub> ) | "       |
| (B <sub>14</sub> ) | "       |
| (B <sub>15</sub> ) | "       |
| (19)               | ダストバイル  |
| (B <sub>16</sub> ) | ベルトコンベア |
| (20)               | 集 塵 機   |
| (B <sub>17</sub> ) | ベルトコンベア |
| (21)               | ダストバイル  |

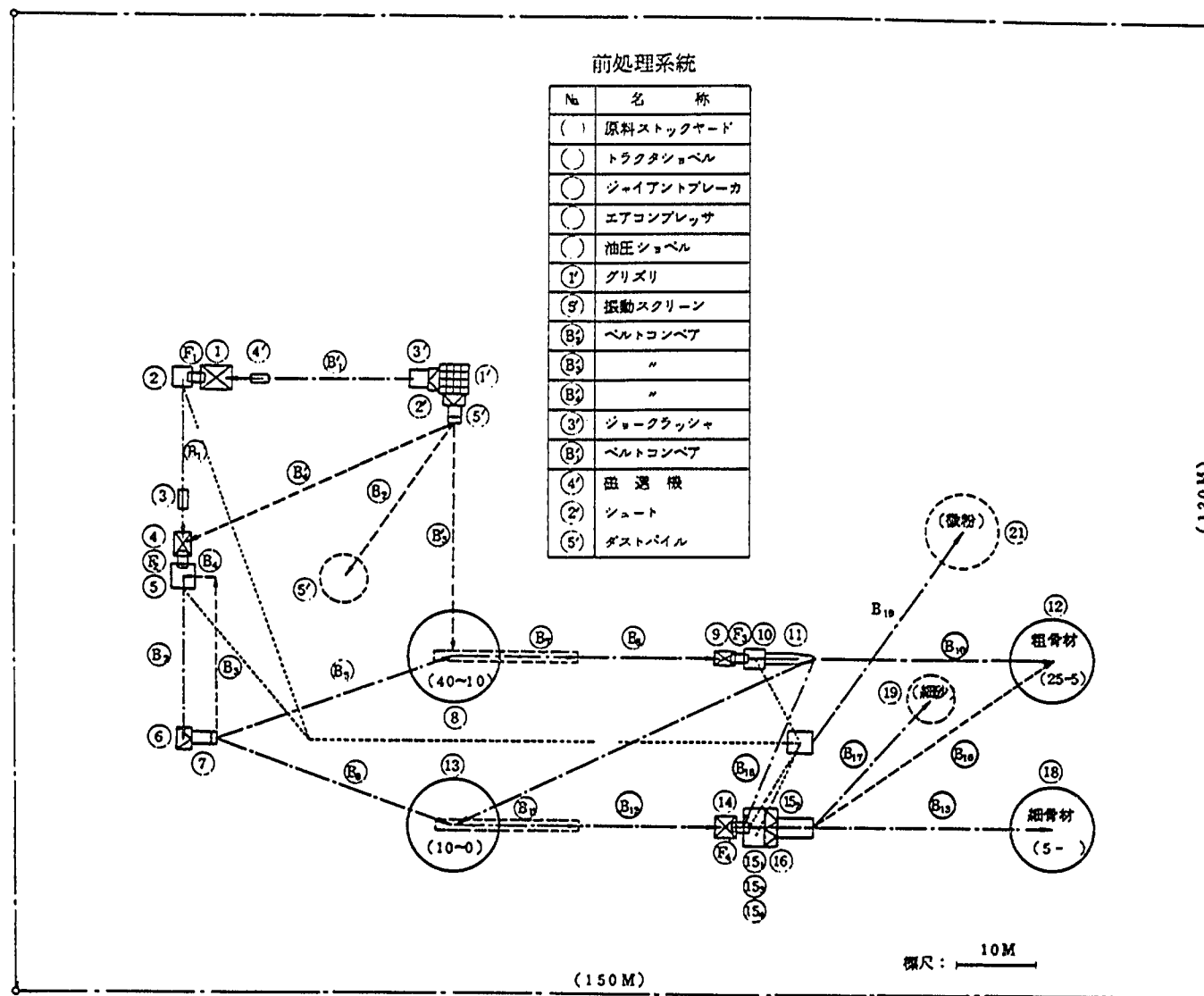


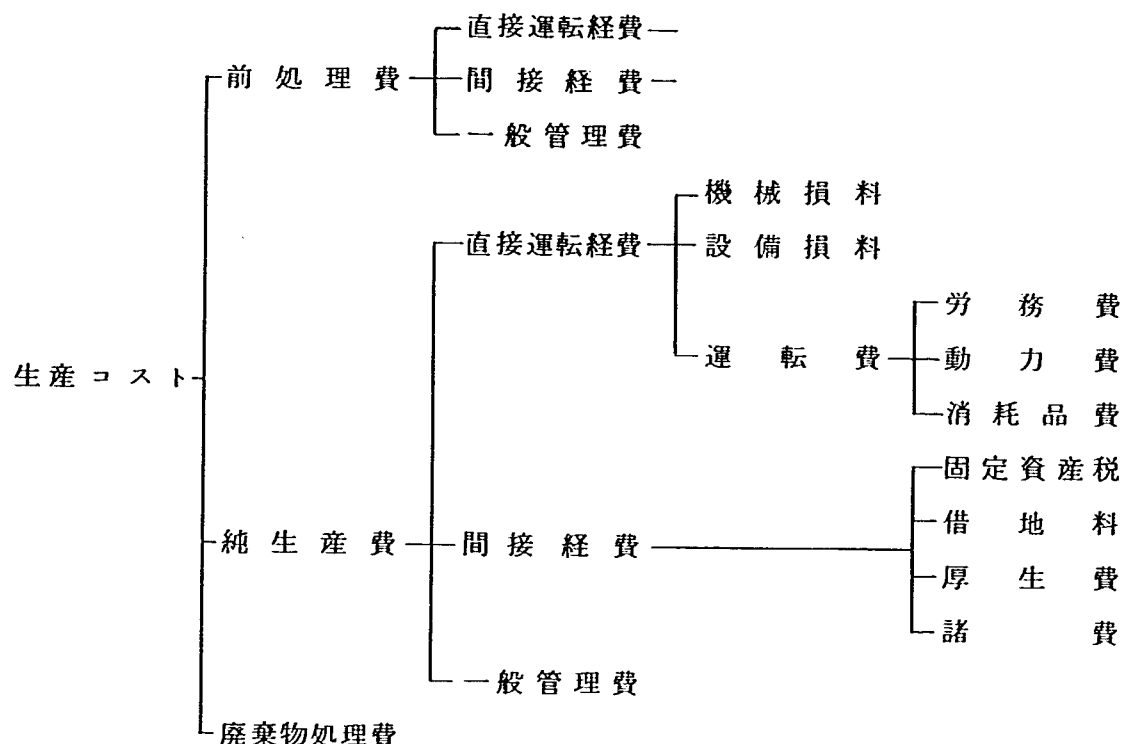
図-4 プラントモデルの配置図(プラントモデルⅣ)

## 5. コスト評価

### 5.1 コストの構成要素

コストの構成要素は表-11に示すとおりとした。

表-11 コストの構成要素



### 5.2 各構成要素の算定根拠

#### 1) 直接運転経費

##### (1) 機械損料

一般に機械損料の算定に際しては，“建設機械等損料算定表”（（社）日本建設機械化協会）が、公的な基準として広く利用されている。しかし、上記損料算定表では、砕石機等骨材生産機械に関しては、ダム工事用仮設備を対象としている（現場間の転用を伴うため、損料は一般機械に比べ割高である。）ため、本課題で対象としているような定置式のプラントに適用することには無理がある。

そこで、今回の検討では、公的な基準ではないが（社）日本建設機械化協会施工部会、骨材生産委員会が数多くの実態調査結果をもとにとりまとめた「砕砂方法および海底採掘に関する調査研究報告（昭和55年7月28日）」による損料算定方式を準用することとした。本方式によれば、

機械損料＝機械設備購入費×{償却費率（0.9）＋修理費率（0.15）}

である。なお、機械の購入価額は“建設機械等損料算定表”記載のものはこれを適用し、他はメーカーへの聞込みによった。上記による機械損料の算定額と算定根拠（内訳）を表－12～表－13に示す。

## (2) 設 備 損 料

設備損料は建家、機械据付、基礎工事、電気設備、機械運搬および公害対策に必要な費用をそれぞれ積上げ算定し、その1.0倍（償却費率＋修理費率）を乗じた額を設備損料とした。

なお各費目ごとの算定根拠（内訳）を次に示す。

表－12 前処理の機械損料

単位：千円

|       | 算 定 額        | 算 定 根 拠（内 訳）                         | 備 考    |
|-------|--------------|--------------------------------------|--------|
| 前 処 理 | 1 4 7, 1 0 0 | 1 4 0, 1 0 0 × 1. 0 5 = 1 4 7, 1 0 0 | 表－6 参照 |

表－13 一次、粗・細骨材生産系統のプラントモデル別機械損料

単位：千円

|                    | プ ラ ン ト モ デ ル                       |                                         |                                         |                                         |
|--------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
|                    | I                                   | II                                      | III                                     | IV                                      |
| 一次破碎および<br>粗・細骨材生産 | 8 0, 0 0 0 × 1. 0 5<br>= 8 4, 0 0 0 | 2 6 0, 0 0 0 × 1. 0 5<br>= 2 7 3, 0 0 0 | 3 1 9, 0 0 0 × 1. 0 5<br>= 3 3 5, 0 0 0 | 5 0 6, 0 0 0 × 1. 0 5<br>= 5 3 1, 3 0 0 |
| 備 考                | 表－7 参照                              | 表－8 参照                                  | 表－9 参照                                  | 表－10 参照                                 |

## ① 建 家 費

表－14 建家費の算定根拠

|         | 単 価<br>(千円/3.3㎡) | 建 家 面 積（坪） |          |          |            |            |
|---------|------------------|------------|----------|----------|------------|------------|
|         |                  | 前 処 理      | I        | II       | III        | IV         |
| プラント上屋  | 7 0              | 2 0        | 1 0      | 2 0      | 2 5        | 3 0        |
| 事 務 所   | 1 5 0            | —          | 2 0      | 2 6      | 3 0        | 3 0        |
| 油 脂 倉 庫 | 1 5 0            | —          | 6        | 1 0      | 1 5        | 2 0        |
| モータープール | 1 0 0            | —          | 1 0      | 1 5      | 2 0        | 2 0        |
| 建家費（千円） | —                | 1, 4 0 0   | 5, 6 0 0 | 8, 3 0 0 | 1 0, 5 0 0 | 1 1, 6 0 0 |

## ② 据 付 費

据付費には機械据付費とベルトコンベアの被覆費を計上し前者は機械重量1 t 当り 100 千円、後者は1 m 当り10千円を乗じて算定したもので表－15に示す。

表-15 据付費の算定内訳

|               | 項 目   | 前 処 理                   | I                       | II                             | III                            | IV                             |
|---------------|-------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 据 付 費<br>(千円) | 据 付   | $90 \times 100 = 9,000$ | $90 \times 100 = 9,000$ | $270 \times 100$<br>$= 27,000$ | $330 \times 100$<br>$= 33,000$ | $470 \times 100$<br>$= 47,000$ |
|               | ベルコン  | $210 \times 10 = 2,100$ | $130 \times 10 = 1,300$ | $430 \times 10 = 4,300$        | $430 \times 10 = 4,300$        | $430 \times 10$<br>$= 4,300$   |
|               | そ の 他 | 1 式 = 100               | —                       | —                              | —                              | —                              |
|               | 計     | <u>11,200</u>           | <u>10,300</u>           | <u>31,300</u>                  | <u>37,300</u>                  | <u>51,300</u>                  |

## ③ 基 礎 費

基礎費は機械重量から基礎コンクリート量を想定し、その値に基礎工事単価を乗じて算出した。

(改訂・砕石 著者原真 技報書院による)

V : 基礎コンクリート量 (m<sup>3</sup>)

V = C × W (m<sup>3</sup>)    W : 機械重量 (t)

基礎費 = V × 30 千円/m<sup>3</sup>    C の値

|         |                   |
|---------|-------------------|
| 2 ~ 3   | 低く据付けて振動の少ない機械    |
| 7 ~ 10  | コンプレッサ低い位置のクラッシャ類 |
| 10 ~ 15 | 高い位置に据付けるクラッシャ類   |

基礎工事単価 (30千円/m<sup>3</sup>) には床堀、埋戻し、型枠、コンクリートの材料、および打設費を含めた。算定内訳を表-16に示す。

表-16 基礎費の算定内訳

|                                           | 前 処 理                  | I                     | II                     | III                      | IV                       |
|-------------------------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|
| コンクリート量<br>(m <sup>3</sup> )<br>V = C × W | $4.0 \times 104 = 416$ | $4.0 \times 90 = 360$ | $3.5 \times 270 = 945$ | $3.5 \times 330 = 1,155$ | $3.0 \times 470 = 1,410$ |
| 基 礎 費<br>(千円)                             | <u>12,480</u>          | <u>10,800</u>         | <u>28,400</u>          | <u>34,700</u>            | <u>42,300</u>            |

## ④ 電気設備費

電気設備費は電動機の出力 1 kw につき 50 千円を電動機の総出力に乘じ算定したもので算定内訳を表-17に示す。

表-17 電気設備費の算定内訳

|                   | 前 処 理                               | I                         | II                        | III                         | IV                           |
|-------------------|-------------------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| 電 機 設 備 費<br>(千円) | $163 \text{ kw} \times 50$<br>8,150 | $210 \times 50$<br>10,500 | $900 \times 50$<br>45,000 | $1,160 \times 50$<br>58,000 | $2,480 \times 50$<br>124,000 |

⑤ 機械運搬費

機械運搬費は機械類の重量 1 t 当たり 15 千円を機械総重量に乗じて算定したもので算定内訳を表-18に示す。

表-18 機械運搬費の算定内訳

|                      | 前 処 理             | I              | II              | III             | IV              |
|----------------------|-------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 機 械 運 搬 費<br>( 千 円 ) | 140 t×15<br>2,100 | 90×15<br>1,400 | 270×15<br>4,100 | 330×15<br>5,000 | 470×15<br>7,100 |

⑥ 公害対策費

公害対策費は機械設備購入費に①建家費～⑤機械運搬費を加算した額の 5 兆を計上したもので算定内訳を表-19に示す。

表-19 公害対策費の算定内訳

|                      | 前 処 理                              | I                                 | II                                   | III                                  | IV                                   |
|----------------------|------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 公 害 対 策 費<br>( 千 円 ) | (140,100+35,330)<br>×0.05<br>8,770 | (80,000+38,600)<br>×0.05<br>5,900 | (260,000+117,100)<br>×0.05<br>18,900 | (319,000+145,500)<br>×0.05<br>23,200 | (506,000+236,300)<br>×0.05<br>37,100 |

以上の算定により設備損料の総額を表-20に示す。

表-20 設備損料の総額

| 単位：千円   |        |        |         |         |         |
|---------|--------|--------|---------|---------|---------|
|         | 前 処 理  | I      | II      | III     | IV      |
| 設 備 損 料 | 44,100 | 44,500 | 136,000 | 168,700 | 273,400 |

(3) 運 転 費

運転費は、労務費、動力費、および消耗品費により構成し各費目ごとの算定根拠（内訳）を次に示す。

① 労 務 費

労務費の算定内訳を表-21に示す。

表-21 労務費の算定内訳

|                                 |       | 単 価 (円) | 前 処 理                    | I                        | II                       | III                        | IV                         |
|---------------------------------|-------|---------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 職<br>種<br>別<br>労<br>務<br>構<br>成 | 世 話 役 | 13,200  | —                        | 0.5                      | 1.0                      | 1.0                        | 1.0                        |
|                                 | 運 転 工 | 12,600  | 2.0                      | 1.0                      | 1.5                      | 1.5                        | 2.0                        |
|                                 | 機 械 工 | 13,400  | 0.5                      | 1.0                      | 1.5                      | 2.0                        | 2.0                        |
|                                 | 溶 接 工 | 13,400  | 1.0                      | —                        | —                        | —                          | —                          |
|                                 | 電 工   | 11,300  | —                        | 1.0                      | 1.5                      | 1.5                        | 2.0                        |
|                                 | 普通作業員 | 9,300   | 3.0                      | —                        | —                        | —                          | —                          |
|                                 | 事 務 員 | 9,300   | —                        | 0.5                      | 1.0                      | 1.0                        | 1.0                        |
|                                 | 責 任 者 | 20,000  | —                        | 1.0                      | 1.0                      | 1.0                        | 1.0                        |
|                                 | 計     | —       | 6.5人<br>73,200円          | 5.0人<br>68,600           | 7.5人<br>98,500           | 8.0人<br>105,200            | 9.0人<br>117,100            |
| 労 務 費<br>(千円)                   |       | —       | 732×1.2×2,400<br>210,800 | 686×1.2×2,400<br>197,600 | 985×1.2×2,400<br>283,700 | 105.2×1.2×2,400<br>303,000 | 117.1×1.2×2,400<br>337,300 |

## ② 動 力 費

動力費（電力料金）の算定は下記によった。

- 電力料金＝基本料金＋使用料金＋電気税
- 基本料金：全設備容量（kw）×力率×1,560円/kw/月×12月×8年
- 使用料金：全設備容量×力率×負荷率×20月/kw×日当り使用時間×25日×12月×8年
- 電 気 税：（基本料金＋使用料金）×5%
- 力率，負荷率，日当り運転時間は下表によった。

|       | 力 率<br>% | 負 荷 率<br>% | 運 転 時 間<br>h/日 |
|-------|----------|------------|----------------|
| 電 動 機 | 85       | 60         | (3.5)<br>7.0   |
| 照 明   | 100      | 100        | 2.0            |

( )：前処理

動力費の算定額を表-22に示す。

表-22 動力費の算定額

|              |         | 金額 (千円) |        |         |         |         |
|--------------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|
|              |         | 前 処 理   | I      | II      | III     | IV      |
| 全 設 備<br>容 量 | 電 動 機   | 163kW   | 200    | 885     | 1,140   | 2,455   |
|              | 照 明     | —       | 10     | 15      | 20      | 25      |
| 動 力 費        | 基 本 料 金 | 20,750  | 26,957 | 115,315 | 148,262 | 315,994 |
|              | 使 用 料 金 | 13,967  | 35,232 | 153,094 | 197,270 | 423,090 |
|              | 電 気 税   | 1,783   | 3,111  | 13,491  | 17,268  | 37,016  |
|              | 計       | 36,500  | 65,300 | 281,900 | 362,800 | 776,100 |

### ③ 消耗品費

消耗品費は動力費に一定の率0.5を乗じて算出したほか前処理作業で使用するトラクターショベル等の燃料費を計上した。

$$\text{消耗品費} = \text{動力費} \times 50\%$$

消耗品費の算定内訳を表-23に示す。

表-23 消耗品費の算定内訳

単位：千円

|         | 前 処 理                                                               | I                                     | II                                      | III                                  | IV                                      |
|---------|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------|
| 消 耗 品 費 | $36,500 \times 0.50$<br>$\div 18,300$<br>$\circ 73,000$<br>計 91,300 | $65,300 \times 0.50$<br>$\div 32,700$ | $281,900 \times 0.50$<br>$\div 141,000$ | $362,800 \times 0.50$<br>$= 181,400$ | $776,100 \times 0.50$<br>$\div 388,100$ |

○ 軽油、油脂の算定（油脂～軽油の20%計上）

$$370 \text{ PS} \times 0.12 \ell / \text{PS} \times (16,800 \text{ h} \times 0.8) \times 0.102 \text{ 千円} / \ell \times 1.2 \div 73,000$$

以上の算定により運転費の総額を表-24に示す。

表-24 運転費の総額

単位：千円

|     | 前 処 理   | I       | II      | III     | IV        |
|-----|---------|---------|---------|---------|-----------|
| 労 務 | 210,800 | 197,600 | 283,700 | 303,000 | 337,300   |
| 動 力 | 36,500  | 65,300  | 281,900 | 362,800 | 776,100   |
| 消 耗 | 91,300  | 32,700  | 141,000 | 181,400 | 388,100   |
| 計   | 338,600 | 295,600 | 706,600 | 847,200 | 1,501,500 |

### (4) 直接運転経費の総額

機械損料、設備損料および運転費によって構成する直接運転経費の総額を表-25に示す。

表-25 直接運転経費

単位：千円

|         | 前 処 理   | I       | II        | III       | IV        |
|---------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|
| 機 械 損 料 | 147,100 | 84,000  | 273,000   | 335,000   | 531,300   |
| 設 備 損 料 | 44,100  | 44,500  | 136,000   | 168,700   | 273,400   |
| 運 転 費   | 338,600 | 295,600 | 706,600   | 847,200   | 1,501,500 |
| 計       | 529,800 | 424,100 | 1,115,600 | 1,350,900 | 2,306,200 |

## 2) 間 接 経 費

### (1) 固定資産税

固定資産税の算定は次のごとくおこなった。

- 固定資産税の課税標準：全設備費の50%とした。
- 固定資産税率：年 1.4 %とした。

固定資産税額＝全設備費×50%× 1.4 %× 8 年

- 全設備費：機械設備購入費＋設備（損料）費

上記により算定した内訳を表－26に示す。

表－26 固定資産税の算定内訳

| 単位 千円     |         |         |         |         |         |
|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|
|           | 前 処 理   | I       | II      | III     | IV      |
| 機械設備購入費   | 140,100 | 80,000  | 260,000 | 319,000 | 506,000 |
| 設備（損料）費   | 44,100  | 44,500  | 136,000 | 168,700 | 273,400 |
| 全 設 備 費 計 | 184,200 | 124,500 | 396,000 | 487,700 | 779,400 |
| 固 定 資 産 税 | 10,300  | 7,000   | 22,200  | 27,300  | 43,700  |

### (2) 借 地 料

借地料の算定根拠（内訳）を表－27に示す。

表－27 借地料の算定根拠(内訳)

|           | 前 処 理   | I         | II      | III     | IV      |
|-----------|---------|-----------|---------|---------|---------|
| 借地面積（㎡）   | I～IVに含む | 120m×110m | 120×150 | 120×160 | 120×160 |
|           |         | 13,200    | 18,000  | 19,200  | 19,200  |
| 借 地 料（千円） | —       | 88,700    | 121,000 | 129,000 | 129,000 |

借地料＝面積×借地単価×12月×8年 借地単価70円／㎡／月

### (3) 厚 生 費

厚生費は、労務費の1%を計上した。算定内訳を表－28に示す。

表－28 厚生費の算定内訳

| 単位：千円 |              |              |              |              |              |
|-------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|       | 前 処 理        | I            | II           | III          | IV           |
| 厚 生 費 | 210,800×0.01 | 197,600×0.01 | 283,700×0.01 | 303,000×0.01 | 337,300×0.01 |
|       | 2,100        | 2,000        | 2,800        | 3,000        | 3,400        |

(4) 諸 費

諸費は全設備費（機械設備購入費+設備損料）の2%を計上した。算定内訳を表-29に示す。

表-29 諸費の算定内訳

単位：千円

|     | 前 処 理                          | I                              | II                             | III                            | IV                              |
|-----|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| 諸 費 | $184,200 \times 0.02$<br>3,700 | $124,500 \times 0.02$<br>2,500 | $396,000 \times 0.02$<br>7,900 | $487,700 \times 0.02$<br>9,800 | $779,400 \times 0.02$<br>15,600 |

(5) 間接経費の総額を表-30に示す。

表-30 間接経費の総額

単位：千円

|           | 前 処 理   | I       | II      | III     | IV      |
|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 固 定 資 産 税 | 10,300  | 7,000   | 22,200  | 27,300  | 43,700  |
| 借 地 料     | I～IVに含む | 88,700  | 121,000 | 129,000 | 129,000 |
| 厚 生 費     | 2,100   | 2,000   | 2,800   | 3,000   | 3,400   |
| 諸 費       | 3,700   | 2,500   | 7,900   | 9,800   | 15,600  |
| 計         | 16,100  | 100,200 | 153,900 | 169,100 | 191,700 |

3) 一般管理費

一般管理費は、直接運転経費に間接経費を加算した額の15%を計上した。算定内訳を表-31に示す。

表-31 一般管理費の算定内訳

単位：千円

|           | 前 処 理   | I       | II        | III       | IV        |
|-----------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|
| 直 接 経 費   | 529,800 | 424,100 | 1,115,600 | 1,350,900 | 2,306,200 |
| 間 接 経 費   | 16,100  | 100,200 | 153,900   | 169,100   | 191,700   |
| 計         | 545,900 | 524,300 | 1,269,500 | 1,520,000 | 2,497,900 |
| 一 般 管 理 費 | 81,900  | 78,600  | 190,400   | 228,000   | 374,700   |

4) 廃棄物処理費

再生骨材の生産過程で発生したダストをダンプトラックで場外に搬出する費用の算定をおこなう。

(1) 搬出作業量の算定

① 積み込み作業

廃棄物はストックパイルから直接ダンプトラックに放出するものとし作業員を2名配置する。

- 1日当りの積込み（放出）作業量はケースⅢ（MG-1，MS-3）をベースとすれば  
 $28.1 \text{ t/h} \times 7 \text{ h/日} = 197 \text{ t/日}$

② 運 搬 量

$$Q = \frac{60 \times q \times E}{C_m} (\text{m}^3/\text{h}) \quad q: \text{積載土量} \rightarrow \frac{11.0 \text{ t}}{1.8 \text{ t/m}^3} \div 6.1 \text{ m}^3/\text{台}$$

E: 作業効率  $\rightarrow 0.9$

$$C_m = (5.3 \times 20 \times 0.85) + 10 = 100.1 \quad C_m: \text{サイクルタイム} \rightarrow 5.3 \text{ L} \cdot \beta + \alpha$$

L: 運搬距離  $\rightarrow 20 \text{ km}$  とする

$$Q = \frac{60 \times 6.1 \times 0.9}{100} \div 3.3 \text{ m}^3/\text{hr} \quad \beta: \text{交通混雑度} \rightarrow 0.85$$

$\alpha: \text{積込み待ち排土, シート掛け} \rightarrow 10 \text{ 分}$

$$3.3 \text{ m}^3 \times 1.8 \text{ t/m}^3 = 5.94 \text{ t/hr}$$

(2) 廃棄物の処理単価（t/円）

○ 積込み単価  $\frac{2 \text{ 人} \times 9,300 \times 1.2}{197 \text{ t/円}} \div 113 \text{ 円/t}$

○ ダンプトラック運搬費  $\frac{5,540 \text{ 円/h}}{5.94 \text{ t/h}} \div 933 \text{ 円/t}$

- 直接費に15%の経費を見込むと

$$\text{処理単価} = (113 + 933) \times 1.15 \div 1,200 \text{ 円/t}$$

- ダンプトラック運転費（1時間当たり）11t車

軽 油  $11 \text{ ㍓} \times 102 = 1,122 \text{ 円}$

油 脂 類 1式 224 円

雑 品 1式 2 円

運 転 手  $\frac{0.94}{6.5} \times 12,600 = 1,822 \text{ 円}$

ダンプ損料  $1 \text{ h} \times 2,370 = 2,370 \text{ 円}$

計 5,540 円/h

(3) 処理費の算定

処理費の算定内訳を表-32に示す。

表-32 廃棄物処理費の算定内訳

（単位：千円）

|       | I | II                             | III                            | IV                   |
|-------|---|--------------------------------|--------------------------------|----------------------|
| 廃 棄 物 |   | $275,500 \text{ t} \times 1.2$ | $472,100 \text{ t} \times 1.2$ | $705,600 \times 1.2$ |
| 処 理 費 | — | 330,600                        | 566,500                        | 846,700              |

### 5.3 コスト算定結果

表-33に、算定結果の一覧を示す。この表で前処理費、純生産費、廃棄物処理費の定義は、5.1項に従うものとする。これら各費用の内訳は、純生産費についてのみ示している。これは、純生産費が生産品種の相違により大きく変化するので、その理由が何によるのかを見易くすることを意図したものである。

なお、純生産費以外の費目においても、その構成内訳はほぼ同様である。

この表の最下段のコスト欄において、処理コストとは、受入れた全量に対する単価であるが、コスト評価には重要な意味合はないもので、参考として示したものである。

生産コストは、生産された製品のみを対象とした単価で、コスト評価は、この数値を用いて行うものである。なお、ここで「純」は、純生産費のみを対象とした場合の単価を、「全」は、前処理費および廃棄物処理費も含めて考えた場合の単価をそれぞれ示すものである。

プラントモデルⅠの場合、MG-0の残りをMS-0として利用可能であるので、廃棄物処理費を計上しなかった。

表-33 再生骨材生産コスト算定結果一覧表

| プラントモデル              |           | I              | II              | III             | IV              |
|----------------------|-----------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 項 目                  | 生産品種      | MG-0           | MG-1<br>MS-1    | MG-1<br>MS-3    | MG-5<br>MS-3    |
|                      |           |                |                 |                 |                 |
| 前 処 理 費              |           | 627,800        | 627,800         | 627,800         | 627,800         |
| 純<br>生<br>産<br>費     | 機 械 損 料   | 84,000 (13.9)  | 273,000 (18.7)  | 335,000 (19.2)  | 531,300 (18.5)  |
|                      | 設 備 損 料   | 44,500 (7.4)   | 136,000 (9.3)   | 168,700 (9.7)   | 273,400 (9.5)   |
|                      | 労 務 費     | 197,600 (32.8) | 283,700 (19.4)  | 303,000 (17.3)  | 337,300 (11.7)  |
|                      | 動 力 費     | 65,300 (10.8)  | 281,900 (19.3)  | 362,800 (20.8)  | 776,100 (27.0)  |
|                      | 消 耗 品 費   | 32,700 (5.4)   | 141,000 (9.7)   | 181,400 (10.4)  | 388,100 (13.5)  |
|                      | 固 定 資 産 税 | 7,000 (1.2)    | 22,200 (1.5)    | 27,300 (1.5)    | 43,700 (1.5)    |
|                      | 借 地 料     | 88,700 (14.7)  | 121,000 (8.3)   | 129,000 (7.3)   | 129,000 (4.5)   |
|                      | 厚 生 経 費   | 2,000 (0.3)    | 2,800 (0.2)     | 3,000 (0.2)     | 3,400 (0.2)     |
|                      | 諸 費       | 2,500 (0.4)    | 7,900 (0.5)     | 9,800 (0.6)     | 15,600 (0.6)    |
|                      | 一 般 管 理 費 | 78,600 (13.1)  | 190,400 (13.1)  | 228,000 (13.0)  | 374,700 (13.0)  |
| 計                    |           | 602,900 (100)  | 1,459,900 (100) | 1,748,000 (100) | 2,872,600 (100) |
| 廃 棄 物 処 理 費          |           | —              | 330,600         | 566,500         | 846,700         |
| 合 計                  |           | 1,230,700      | 2,418,300       | 2,942,300       | 4,347,100       |
| 処理コスト/t              | 純         | 359            | 869             | 1,040           | 1,710           |
|                      | 全         | 733            | 1,439           | 1,751           | 2,588           |
| 生産コスト/t              | 純         | 552            | 1,039           | 1,447           | 2,948           |
|                      | 全         | 1,127          | 1,722           | 2,436           | 4,461           |
| 生産コスト/m <sup>3</sup> | 純         | 883            | 1,662           | 2,315           | 4,717           |
|                      | 全         | 1,803          | 2,755           | 3,898           | 7,138           |

注：費目欄の単位は千円。( )はパーセンテージ。コスト欄の単位は円。

## 5.4 コスト評価

### 1) 生産品種と生産価格に対する市販価格

新製品あるいは、それに相当したもののコスト評価を行う際に、先ず第一に採られるのは、それと競合するような在来類似品との価格の比較である。

表-34は、本州中央部の7都市における各種骨材の価格（昭和58年12月、建設物価）を比較したものである。この7都市には、この地域の中で、骨材価格の最高値と最低値を示した都市が含まれている。

この表の備考欄に、再生骨材生産コストの算定結果が記載されているが、これは必ずしも価格を示した骨材の品種と対応するものではない。正確に対照できる品種がないので、参考として記載したものである。ただし、クラッシュランとMG-0は、ほぼ対応していると見て良い。

その他の品種については、同一品質での比較ではないので、妥当性に欠ける所もあるかと思われるが、クラッシュランを除き、再生骨材生産コストの算定結果が、従来の市販骨材の価格を上廻っているものが多い。

表-34 再生骨材と市販骨材の価格比較

| 品 種 \ 場 所                         | 水 戸   | 宇 都 宮 | 東 京   | 横 浜   | 名 古 屋 | 京 都   | 神 戸   | 備 考             |
|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------|
| 道 路 用 砕 石<br>クラッシュラン<br>40~0mm    | 1,850 | 1,700 | 2,500 | 2,600 | 2,100 | 2,100 | 1,850 | MG-0<br>(1,800) |
| コンクリート用砕石<br>20~5mm               | —     | —     | 3,200 | 3,400 | 2,400 | 2,400 | 2,700 | MG-5<br>(7,140) |
| 道 路 用 砕 石<br>単 粒 度 5 号<br>20~13mm | 2,250 | 2,400 | 3,300 | 3,400 | 2,650 | 2,550 | 2,800 | MG-1<br>(2,760) |
| コンクリート用 砂<br>荒 目 ・ 洗 い            | 2,600 | 2,750 | 3,300 | 3,350 | 2,550 | 2,400 | —     | MS-3<br>(3,900) |
| 細 目 ・ 洗 い                         | 2,400 | 2,750 | 3,000 | 3,150 | 2,500 | —     | 2,400 | MS-1<br>(2,760) |

単位：円/㎡ 現場渡し。( )内は、本調査による試算価格。

### 2) 生産価格に占めるコスト構成要素の比率

ここでは、再生コストを押し上げている要因が何であるかについて、簡単に触れて見たい。

図-5は、純生産費について、その構成要素のパーセンテージを示したものである。前処理費および廃棄物処理は、製品の種別による影響が純生産費より少ないこと、および構成要素が若干異なっていることもあり、検討から除外する。

先ず、MG-0を生産する場合は、汎用機のみを用いた一般的な操業方式であるため、当然のこととは思われるが、試算価格と市場価格との間には、そう大きな差はない。

次に、再生品を生産するプラントモデルⅡ~Ⅳの場合は再生機が高価であるため、機械損料、労務費、動力費の占める割合が、製品価格に大きな負担となっている。すなわち、現在の段階で

は、この再生機が高価で生産性の悪いことが、再生価格に大きな影響を与えているといえる。

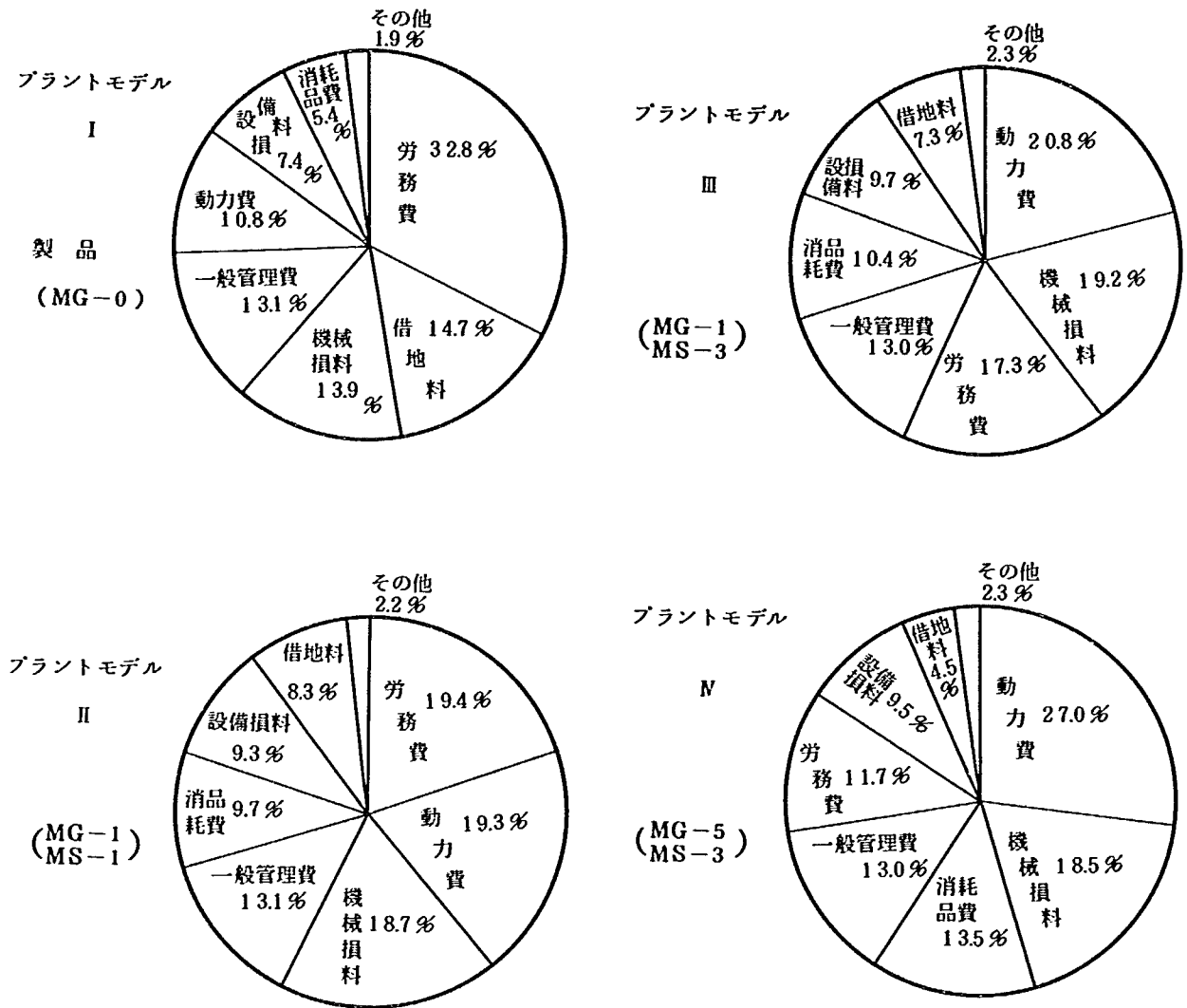


図-5 再生骨材生産コスト構成比率

## 6. 考 察

前節までの検討で、生産能力、生産品質を考慮に入れた、コンクリート廃材再生プラントの計画例が提案され、それらについての再生コストも把握された。さらに再生コストと市販骨材の価格を比較したところMG-0を除き、再生骨材再生コストの方が割高となることが明らかとなった。しかし、再生コストがそのまま再生骨材価格というわけではなく、廃コンクリートの受け入れ時に廃棄物処理料としてある金額を徴収し、販売価格を下げるという方式も考えられる。

そこで、いまMG-0以外の再生骨材をその品質にかかわらず工場渡し $m^3$ 当り2,000円で販売し（市販骨材は現場渡し2,200～3,400円）、その販売価格と生産コストとの差額を、廃コンクリート受入れ料金で補なうと仮定すると、受け入れ料は表-35に示す通りとなる。

表-35 廃コンクリート受入料金と再生骨材販売価格の例

| プラントモデル           | I     | II        | III       | IV        |
|-------------------|-------|-----------|-----------|-----------|
| 生 産 品 種           | MG-0  | MG-1 MS-1 | MG-1 MS-3 | MG-5 MS-3 |
| 受入れ料金 t 当り(円)     | —     | 400       | 860       | 1,870     |
| 価売価格 $m^3$ 当り (円) | 1,800 | 2,000     | 2,000     | 2,000     |

プラントモデルI, II, IIIにおいては、既存の路盤材等再生プラントと価格体系が類似していると考えられるが、IVについては、なお割高となっている。

ここで、さらに再生過程で発生する微粉が地盤改良などで使用され、廃棄物処理費が不要になると仮定すると、再生骨材を $m^3$ 当り2,000円で販売する場合の廃コンクリート受入料金は、プラントII～IVについてそれぞれt当り200円、520円、1,360円となる。ある都市部の路盤材等再生プラントでは、廃コンクリート受入料金t当り800～1,500円、再生路盤材工場渡し価格 $m^3$ 当り約2,600円で営業している例があり、プラントIVの企業化の見通しも立ってくる。

以上より、今後の検討課題としては、骨材再生機の高効率化のみならず、セメント粉などの微粉の有効利用法の開発が大きなポイントとなって来るものと判断される。

## あ と が き

本調査研究では、4種類の異った品質のコンクリート再生骨材を生産するための再生プラントのシステム設計を実施した。さらに、これら4つのタイプのプラント各々に対し再生骨材の製造コストを算出した。

その結果、クラッシャーラン相当の再生骨材製造コストは、1 m<sup>3</sup>当り1,800円、最も品質の高い再生骨材製造コストは、1 m<sup>3</sup>当り7,140円となることがわかった。これらのコストを下げるには、再生機械をさらに高能率にする必要があるが、もう一つのポイントとして再生過程で発生するセメント粉等の廃棄物の有効利用法の開発に期待するところが大きい。すなわち、再生骨材の品質を高くする程廃棄物量は多くなり、原コンクリート重量の40%を上廻る場合もあり、廃棄物処理費がかさんでいるためである。この問題が解決されれば、再生プラントの企業化の見通しは非常に明るくなるものと判断される。

最後に、本研究の実施に際しては、(財)国土開発技術研究センター「建設事業への廃棄物利用技術開発委員会・土木構造物分科会」(分科会長/柳田 力氏)の委員、幹事諸氏から貴重な助言、提言を賜ると共に、(社)日本建設機械化協会建設機械化研究所の多大な協力を得た。ここに感謝の意を表する。

# 巻 末 資 料

## 資料－１

層圧縮型破碎機ならびにミル式破碎機の  
コンクリート破碎特性に関する試験

## 資料－２

K社が開発したコンクリート再生骨材破  
碎専用プラントの概要



## 資料－ Ⅰ

### 層圧縮型破砕機ならびにミル式破砕機のコン クリート破砕特性に関する試験

1. コンクリート廃材破砕試験の方法
2. 層圧縮型破砕機による試験
3. ロサンゼルス試験機による試験



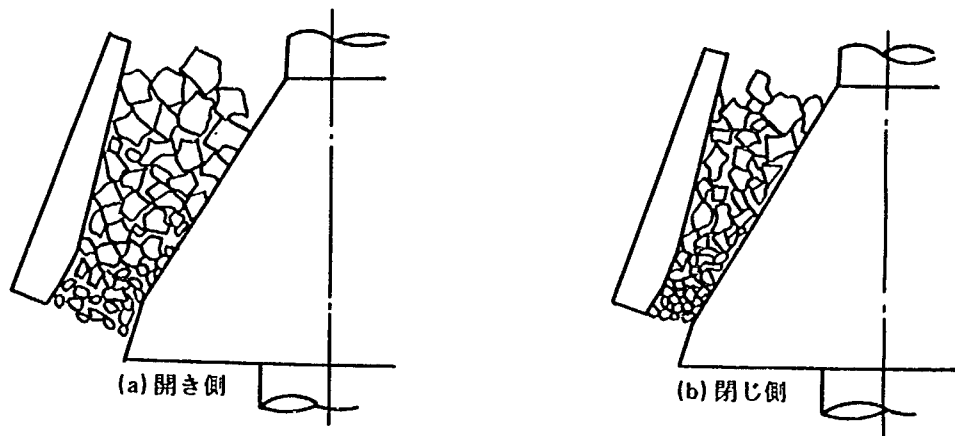
## 1. コンクリート廃材破碎試験の方法

### 1.1 破碎機種および試験条件

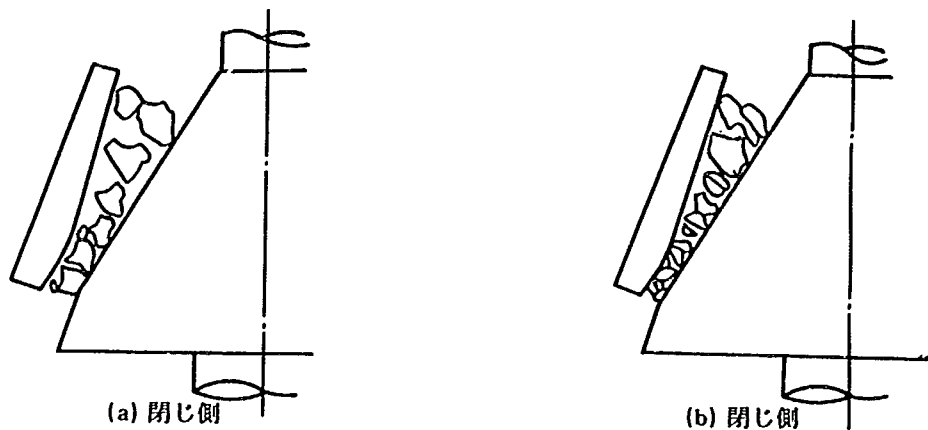
#### 1.1.1 破碎機種

##### 1) 層圧縮型碎石機（オートファインクラッシャ）

層圧縮破碎方式は、大きい出口すき間で多数の粒子を層状にして圧縮するため（図－1 圧縮機構参照）粒形の悪い偏平，偏長な石から先に破碎される傾向を示し，この操作が破碎室内で繰り返すことにより，粒形の悪い石が減少し良好な石が生産される。このようにオートファインクラッシャは粒形の優れた製品を生産することができると言われている機種である。



粒子層圧縮を行っている状態



図－1 層圧縮型碎石機の圧縮機構

なお，本試験では少量の供給原料で試験が可能なオートファインテスターを使用することとした。

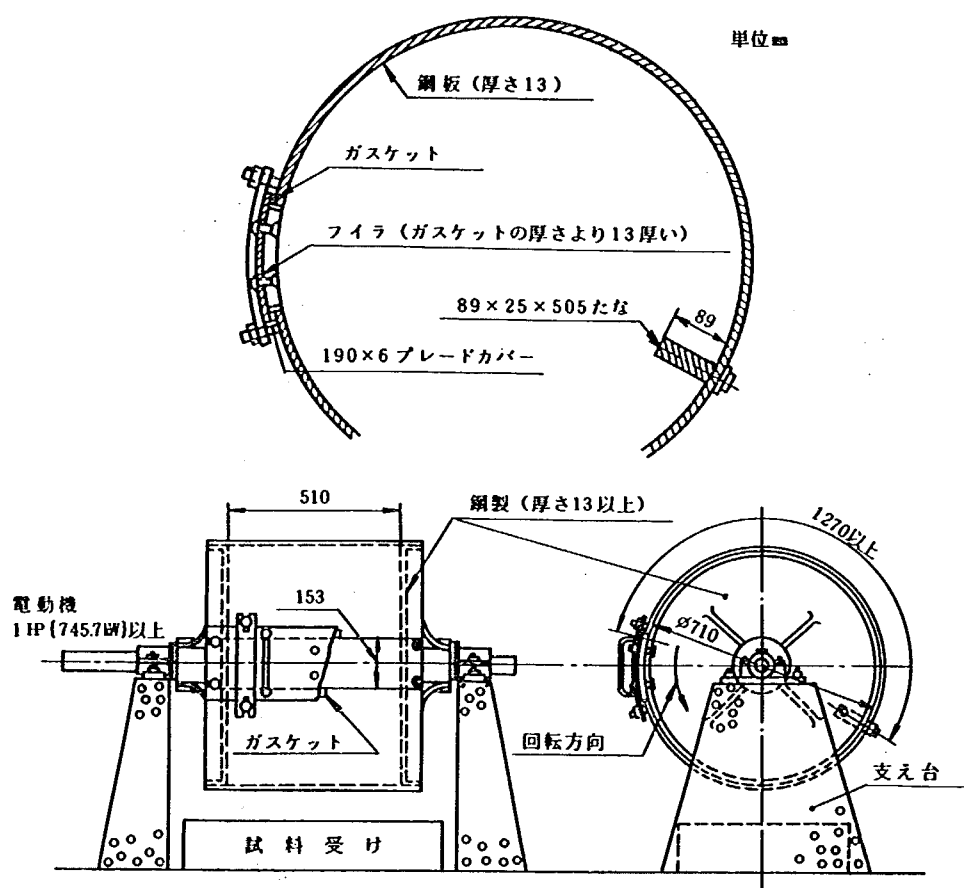
その主な仕様は，表－1 に示すとおりである。

表－１ オートファインテスターの仕様

| 最大供給寸法(mm) | 出口セット(mm) |         | 電動機出力(kw) | 軸回転数(r. p. m) |
|------------|-----------|---------|-----------|---------------|
|            | 開き側       | 閉じ側     |           |               |
| 60         | 30 ～ 60   | 15 ～ 30 | 7.5       | 500           |

## 2) ロサンゼルスすりへり試験機

ミル式による破碎試験を骨材のすりへり試験方法（J I S A 1121）に規定する試験用器具の「ロサンゼルス試験機」を利用して行うこととした，試験機の形状寸法等は図－2に示すとおりである。



図－2 ロサンゼルスすりへり試験機

### 1.1.2 破碎試験条件

#### 1) オートファインテスター

オートファインテスターによる破碎試験条件は表－2に示すとおりである。

表－2 破碎試験条件

| 試験<br>ケース No. | 破 碎 試 験 条 件 |          |        |      | 備 考                             |
|---------------|-------------|----------|--------|------|---------------------------------|
|               | 軸回転数        | 出口セット    | ストローク  | 破碎回数 |                                 |
| 1             | 500 rpm     | CSS30 mm | 6.5 mm | 1 回  |                                 |
| 2             | "           | "        | 17.9   | 1    |                                 |
| 3             | "           | "        | 33.0   | 1    |                                 |
| 4             | "           | "        | "      | 2    | ケース1, 2, 3の試験結果からストローク 33.0 を選定 |
| 5             | "           | "        | "      | 4    |                                 |

## 2) ロサンゼルス試験

ロサンゼルス試験機による破碎試験条件は、表－3 に示すとおりである。

表－3 破碎試験条件

| 試験<br>ケース No. | 試 験 条 件 |                                   |                          |        | 備 考 |
|---------------|---------|-----------------------------------|--------------------------|--------|-----|
|               | 試料重量    | 鋼 球 の 種 類                         | ドラムの総回転数<br>(30 r. p. m) | 破碎時間   |     |
| 1             | 15 kg   | 公称 75 mm 球 1,886 kg/個×8 個÷15.1 kg | 200 回                    | 6.67 分 |     |
| 2             | "       | "                                 | 400                      | 13.33  |     |
| 3             | "       | "                                 | 600                      | 20.00  |     |
| 4             | "       | 公称 90 mm 球 3,328 kg/個×5 個÷16.6 kg | 200                      | 6.67   |     |
| 5             | "       | "                                 | 400                      | 13.33  |     |
| 6             | "       | "                                 | 600                      | 20.00  |     |

## 3) そ の 他

破碎試験時は消費電力の記録も行った。

## 1.2 破碎骨材の性状試験

## 1.2.1 破碎骨材の性状試験の種別は次に示すとおりとした

## 1) フライ分け試験 (J I S A 1102)

フライ分け試験に使用したフライは次のとおりである。

60, 50, 40, 30, 25, 20, 15, 10, 5, 2.5, 1.2, 0.6, 0.3, 0.15 mm

## 2) 単位容積重量試験 (J I S A 1104)

単位容積重量試験は40～5 mm と 5 mm 以下の2種類について棒突き方法により行った。

なお、5 mm 以下の試料については0.15 mm フライ通過(微粉)の含有量を全体粒度(60mm 以下)の2%程度とするよう試料調整を行ったものである。

## 3) 比重および吸水率試験 (J I S A 1109 1110)

比重および吸水率試験は40～20mm，20～5mm および5mm 以下の3種類について行った。  
なお，5mm 以下の試料については前2) 項と同様の試料調整を行った。

### 1.3 コンクリートの廃材の品質

破碎試験で使用したコンクリート廃材はダム用コンクリート（最大骨材寸法150mm）の配合設定を行った際に強度試験用として作成した供試体（ $\phi 15 \times 30$  cm）である。

①供試体のコンクリートは40mmフルイでウェットスクリーニングしたものであること。②破碎試験に必要な供試本数が60本であり，その品質（配合条件）は数種類の異なったものが混合されている。

よって，①，②の理由からコンクリート廃材（供試体コンクリート）の品質を明確に示すことは困難である。ただし，破碎試験においてコンクリート廃材から骨材とセメントモルタルをどの程度分離できたかを判定するための基準値として品質性状を知ることが必要であると考えられるので，本破碎試験に使用した供試体の品質性状は以下に示す手順によって算出したものである。

#### 1.3.1 標準配合表による品質，性状

##### 1) 骨材の品質

使用した骨材は河床堆積物を採取し，天然砂利と天然砂に分級したものと，300～150mm程度の玉石は破碎し粗骨材（80～5mm）と破碎砂を生産し混合したものである。

- ① 岩質は砂岩と粘板岩が，ほぼ8：2の割合で混入したものである。
- ② 天然骨材と破碎骨材を混合使用した。標準混合割合は表－4に示すとおりである。

表－4 標準混合割合

| 骨材の区分    | 細 骨 材 |    | 粗 骨 材 |    |       |    |       |    |        |  |
|----------|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|--------|--|
|          |       |    | 20～5  |    | 40～20 |    | 80～40 |    | 150～80 |  |
|          | 天然    | 破碎 | 天然    | 破碎 | 天然    | 破碎 | 天然    | 破碎 | 天 然    |  |
| 粒径別の混合割合 | —     |    | 27    |    | 25    |    | 26    |    | 22     |  |
| 粒径毎の “ ” | 20    | 80 | 70    | 30 | 50    | 50 | 60    | 40 | 100    |  |

- ③ 骨材の一般材料試験値は表－5に示すとおりである。

表－5 骨材の一般材料試験値

| 試 験 項 目              | 細 骨 材 |      | 粗 骨 材 mm |      |       |      |       |      |        |  |
|----------------------|-------|------|----------|------|-------|------|-------|------|--------|--|
|                      |       |      | 5～20     |      | 20～40 |      | 40～80 |      | 80～150 |  |
|                      | 天然    | 破碎   | 天然       | 破碎   | 天然    | 破碎   | 天然    | 破碎   | 天 然    |  |
| 比 重                  | 2.62  | 2.63 | 2.65     | 2.66 | 2.64  | 2.66 | 2.67  | 2.66 | 2.68   |  |
| 吸水量 %                | 1.65  | 0.45 | 1.01     | 0.42 | 1.02  | 0.34 | 0.50  | 0.20 | 0.27   |  |
| 単重 kg/m <sup>3</sup> | 1680  | 1650 | 1670     | 1470 | 1600  | 1440 | 1690  | 1590 | 1730   |  |
| 洗 い %                | 1.45  | 3.55 | —        | —    | —     | —    | —     | —    | —      |  |
| 粗 粒 率                | 3.54  | 2.68 | 6.47     | 6.61 | 8.03  | 7.87 | 9.20  | 9.06 | 9.94   |  |

## 2) コンクリートの配合

破碎試験用として使用したコンクリート供試体の打設時の標準配合を表-6に示した。

表-6においてA欄は使用した供試体(60個)の配合割合の範囲を示したものである。

B欄は加重平均により算出した値である。

表-6 コンクリートの配合

| 区分 | セメント | 混和剤                                 | 粗骨材<br>の最大<br>寸法mm | スラン<br>プの範<br>囲 cm | 空気量<br>の範囲<br>% | 水セメ<br>ント比<br>W/C%   | 細骨材<br>率<br>s/a%     | 単 位 量 kg/m <sup>3</sup> |            |            |               |              |              | 圧縮<br>強度    | 備 考                 |                     |
|----|------|-------------------------------------|--------------------|--------------------|-----------------|----------------------|----------------------|-------------------------|------------|------------|---------------|--------------|--------------|-------------|---------------------|---------------------|
|    |      |                                     |                    |                    |                 |                      |                      | 水                       | セメント       | 粗骨材        | 粗 骨 材         |              |              |             |                     |                     |
|    |      |                                     |                    |                    |                 |                      |                      |                         |            |            | 150mm<br>～ 80 | 80mm<br>～ 40 | 40mm<br>～ 20 | 20mm<br>～ 5 |                     |                     |
| A欄 | 中熱熟  | ポゾリス<br>No8 #202<br>ヴィンゾル<br>80R VR | 150                | 4±1                | 3±1             | 50.0<br>55.5<br>62.5 | 24.0<br>24.5<br>25.0 | 105<br>107              | 171<br>214 | 502<br>532 | 1.610～1.619   |              |              |             | 材令91日<br>357<br>534 | φ15×30cm<br>骨材 40～0 |
|    |      |                                     |                    |                    |                 |                      |                      |                         |            |            | 354<br>355    | 419<br>421   | 403<br>405   | 435<br>437  |                     |                     |
|    |      |                                     |                    |                    |                 |                      |                      |                         |            |            | 1.615         |              |              |             |                     |                     |
| B欄 | "    | "                                   | "                  | "                  | "               | "                    | "                    | 106.4                   | 190.0      | 518.6      | 1.615         |              |              |             |                     |                     |
|    |      |                                     |                    |                    |                 |                      |                      |                         |            |            | 355.2         | 419.8        | 403.8        | 436.2       |                     |                     |

### 1.3.2 破碎試験に使用した供試体の品質性状

破碎試験に使用した供試体の品質性状は、前 1.3.1 項の標準配合表に示した値を用いて加重平均によって算出したものであるため、単位容積重量は除外しフルイ分け、比重、吸水率について述べている。

#### 1) フルイ分析

- ① 表-6に示した標準配合表(B欄)の単位量から40mm以下の骨材についての混入割合は表-7に示す値となる。

表-7 40mm以下の骨材混入割合

|                          | 粒 径 区 分 (mm) |        |       | 計    |
|--------------------------|--------------|--------|-------|------|
|                          | 40 ~ 20      | 20 ~ 5 | 5 以下  |      |
| 重 量 (kg/m <sup>3</sup> ) | 403.8        | 436.2  | 518.6 | 1358 |
| 混合割合 (%)                 | 29.7         | 32.1   | 38.2  | 100  |

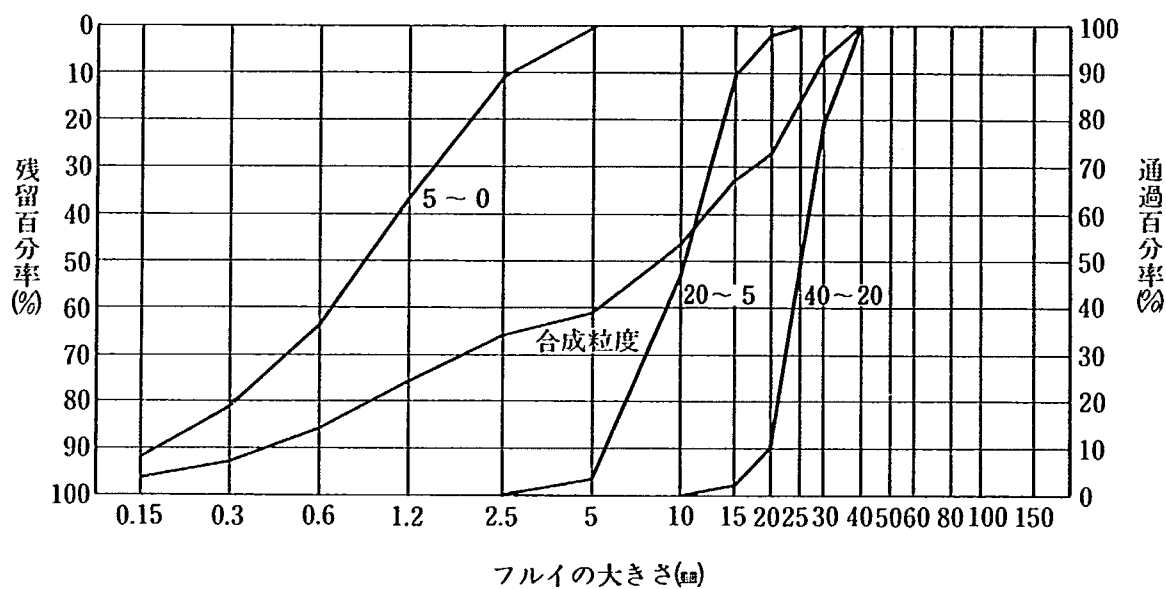
#### ② 合成粒度

合成粒度は40~20, 20~5, 5~0 mmの各粒度区分毎のフルイ分析と表-7に示した混入割合から合成粒度分析を行い表-8を得た。

表-8から合成粒度曲線を作成し図-3に示した。

表－8 合成粒度分析

| 粒径区分(mm)<br>フルイ目(mm) | 40 ～ 20 | 20 ～ 5 | 5 ～ 0 | 合 成 粒 度<br>(残留百分率)% | 備 考 |
|----------------------|---------|--------|-------|---------------------|-----|
| 40                   | 0       |        |       |                     |     |
| 30                   | 21.2    |        |       | 6.3                 |     |
| 25                   | 54.3    | 0      |       | 16.1                |     |
| 20                   | 89.7    | 1.5    |       | 27.1                |     |
| 15                   | 98.2    | 10.7   |       | 32.6                |     |
| 10                   | 100.0   | 52.9   | 0     | 46.7                |     |
| 5                    | 〃       | 96.9   | 0.5   | 61.0                |     |
| 2.5                  | 〃       | 100.0  | 10.6  | 65.8                |     |
| 1.2                  | 〃       | 〃      | 36.8  | 75.9                |     |
| 0.6                  | 〃       | 〃      | 63.7  | 86.1                |     |
| 0.3                  | 〃       | 〃      | 81.7  | 93.0                |     |
| 0.15                 | 〃       | 〃      | 92.4  | 97.1                |     |
| 以 下                  |         |        |       | 100.0               |     |



図－3 粒 度 曲 線

## 2) 比重, 吸水率

比重, 吸水率の算定値は表－9に示すとおりである。

表－9 比重, 吸水率の算定値

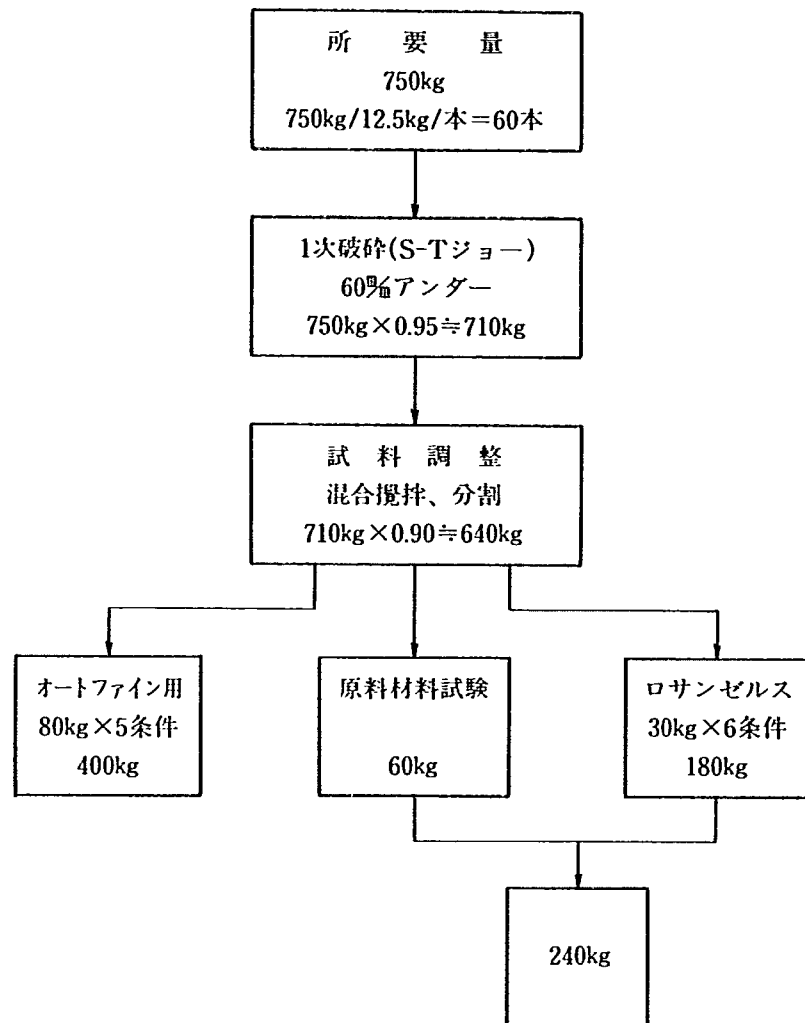
| 項 目    | 粒 径 区 分 (mm) |        |      | 備 考   |
|--------|--------------|--------|------|-------|
|        | 40 ～ 20      | 20 ～ 5 | 5 以下 |       |
| 比 重    | 2.65         | 2.65   | 2.63 | 加重平均値 |
| 吸水率(%) | 0.68         | 0.84   | 0.69 | 〃     |

## 1.4 供試原料の一次破碎

破碎試験用供試原料の所要量 750 kg は, テストピース60本を一次破碎により小割して製造することとした。

### 1.4.1 所要量の算定

所要量は破碎試験の条件数, 破碎骨材の性状試験の必要量等により算定した。その概略フローを図－4に示す。



図－4 所要量算定の概略フロー

#### 1.4.2 1次破碎

オートファインテスターの供給算大寸法は60mm なので、 $\phi 150 \times 300$  mm のテストピースは S-Tジョークラッシャ（OSS, 55mm セット）で1次破碎を行った。

#### 1.4.3 試料調整

1次破碎により生産した試験用供試原料はトラクタショベルで混合、攪拌を数回繰り返した後、更に人力で切り返して試料調整を行った。試料は四分法により8個の容器に収め、各々の重量を測定した。

## 2. 層圧縮型碎石機による試験

### 2.1 破碎試験の手順等

#### 2.1.1 破碎条件の確認

- 1) オートファインテスターのストロークは3段階（6.5， 17.9， 33.0 mm）に切換可能である。よって破碎試験は先ず骨材が割れずにセメントモルタルの分離に適したストロークを見い出すため，ケース1， 2， 3の条件で破碎試験を行った。（破碎回数1回）
- 2) ケース1， 2， 3の破碎骨材について性状試験を行った結果，ストローク33mm（ケース3）の吸水率が最も良かったのでストロークを33mmに設定し，破碎回数を2回（ケース4）， 4回（ケース5）の試験を引続き行った。（表－2参照）

#### 2.1.2 破碎試験の作業と試料の採取

- 1) 1ケース当りの試料（80 kg 程度）をホッパ（ストッパ付）に投入する。
- 2) 指揮者は電流メーター計測ホッパ，破碎骨材の吐出し口等に作業員を配置する。
- 3) 指揮者の合図によりストッパーを引抜き，破碎作業が行われる。
- 4) 投入した骨材は破碎室に満杯になった状態で正常な破碎作業が行われるので，連続して吐き出される骨材は速やかに前，中，後と三回容器に受け，そのうち性状試験用の試料として中間に採取した材料を使用した。

### 2.2 試験結果

#### 2.2.1 フルイ分け試験結果

供給原料（1次破碎）と5ケースによる破碎骨材のフルイ分け試験の結果は次のとおりである。

##### 1) フルイ分析

フルイ分析は全体粒度（60～0 mm）と粗骨材，細骨材について算出し表－10に示した。

表-10 フルイ分析

(残留百分率)

| 区分mm       | 1次破砕            | ケ ー ス No        |                 |                 |                  |                 | 備 考 |
|------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|-----|
|            |                 | 1               | 2               | 3               | 4                | 5               |     |
| 60 ~ 50    | 3.4<br>( 4.1)   | 0<br>( 0 )      | 0<br>( 0 )      | 0<br>( 0 )      | 0<br>( 0 )       | 0<br>( 0 )      |     |
| 50 ~ 40    | 14.5<br>( 17.4) | 1.4<br>( 1.8)   | 0<br>( 0 )      | 0<br>( 0 )      | 0<br>( 0 )       | 0<br>( 0 )      |     |
| 40 ~ 30    | 7.9<br>( 9.5)   | 7.9<br>( 10.3)  | 3.5<br>( 5.1)   | 2.9<br>( 4.2)   | 1.0<br>( 1.4)    | 1.2<br>( 1.9)   |     |
| 30 ~ 25    | 11.8<br>( 14.1) | 10.0<br>( 13.0) | 10.2<br>( 14.9) | 8.3<br>( 11.9)  | 3.8<br>( 5.4)    | 3.3<br>( 5.2)   |     |
| 25 ~ 20    | 10.9<br>( 13.1) | 17.1<br>( 22.2) | 17.8<br>( 26.0) | 14.9<br>( 21.4) | 16.8<br>( 23.7)  | 11.2<br>( 17.6) |     |
| 20 ~ 15    | 7.0<br>( 8.4)   | 7.1<br>( 9.2)   | 7.2<br>( 10.5)  | 7.2<br>( 10.4)  | 7.7<br>( 10.8)   | 7.0<br>( 11.0)  |     |
| 15 ~ 10    | 15.3<br>( 18.4) | 17.9<br>( 23.3) | 15.6<br>( 22.8) | 19.2<br>( 27.6) | 20.9<br>( 29.4)  | 21.0<br>( 32.9) |     |
| 10 ~ 5     | 12.5<br>( 15.0) | 15.5<br>( 20.2) | 14.1<br>( 20.6) | 17.1<br>( 24.6) | 20.8<br>( 29.3 ) | 20.1<br>( 31.5) |     |
| 小 計        | 83.3<br>( 100 ) | 76.9<br>( 100 ) | 68.4<br>( 100 ) | 69.5<br>( 100 ) | 71.0<br>( 100 )  | 63.8<br>( 100 ) |     |
| 5 ~ 2.5    | 6.5<br>( 38.9)  | 9.1<br>( 39.4)  | 13.1<br>( 41.5) | 10.9<br>( 35.7) | 12.0<br>( 41.4 ) | 12.3<br>( 34.0) |     |
| 2.5 ~ 1.2  | 4.5<br>( 27.0)  | 4.6<br>( 19.9)  | 7.6<br>( 24.1)  | 7.7<br>( 25.2)  | 8.1<br>( 27.9 )  | 10.0<br>( 27.6) |     |
| 1.2 ~ 0.6  | 2.5<br>( 14.9)  | 3.8<br>( 16.5)  | 4.8<br>( 15.2)  | 5.2<br>( 17.0)  | 3.0<br>( 10.3 )  | 5.9<br>( 16.3)  |     |
| 0.6 ~ 0.3  | 1.5<br>( 9.0)   | 2.3<br>( 10.0)  | 2.5<br>( 7.9)   | 2.8<br>( 9.2)   | 2.3<br>( 7.9 )   | 3.3<br>( 9.1)   |     |
| 0.3 ~ 0.15 | 0.8<br>( 4.8)   | 1.7<br>( 7.4)   | 1.7<br>( 5.4)   | 1.9<br>( 6.2)   | 1.7<br>( 5.9 )   | 2.1<br>( 5.8)   |     |
| 0.15 ~ 0   | 0.9<br>( 5.4)   | 1.6<br>( 6.9)   | 1.9<br>( 6.0)   | 2.0<br>( 6.6)   | 1.9<br>( 6.6 )   | 2.6<br>( 7.2)   |     |
| 小 計        | 16.7<br>( 100 ) | 23.1<br>( 100 ) | 31.6<br>( 100 ) | 30.5<br>( 100 ) | 29.0<br>( 100 )  | 36.2<br>( 100 ) |     |
| 合 計        | 100             | 100             | 100             | 100             | 100              | 100             |     |

## 2) 粒度曲線

フルイ分析によって粒度曲線を作成したものを、図-5、図-6に示す。

- ① 図-5は適正と考えられるストロークを選定する目的で試験したケース1, 2, 3による粒度曲線を示した。

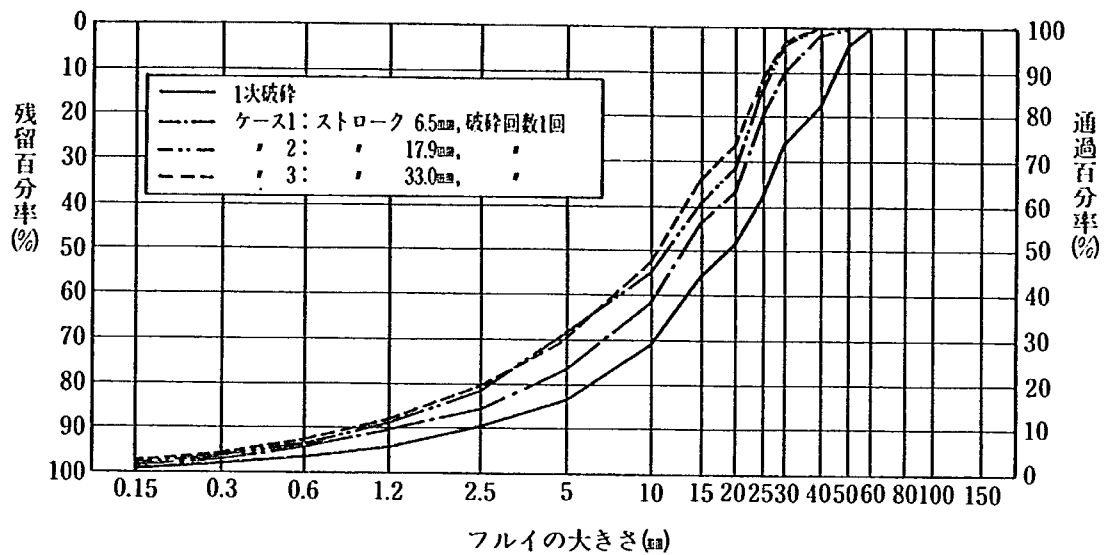


図-5 粒度曲線

② 図-6 はストロークを33mm に選定し、破碎回数を1, 2, 4回で試験したケース3, 4, 5による粒度曲線を示した。

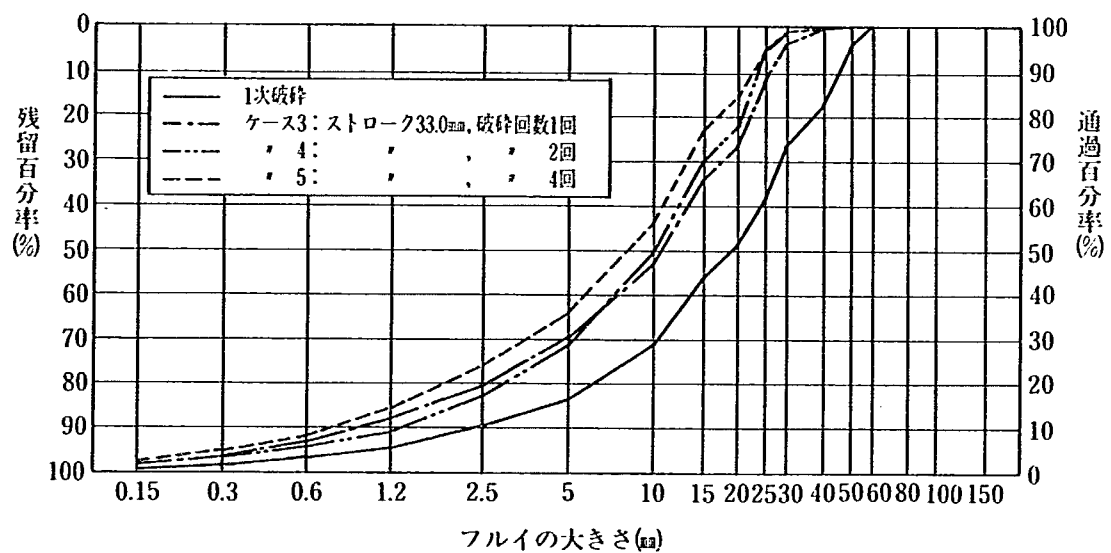


図-6 粒度曲線

### 3) 粒径別破碎量 (百分率)

各粒径別破碎量を図-7～10に示す。

① 図-7 は全フルイ目の各粒径別百分率をケース1, 2, 4について示したものである。

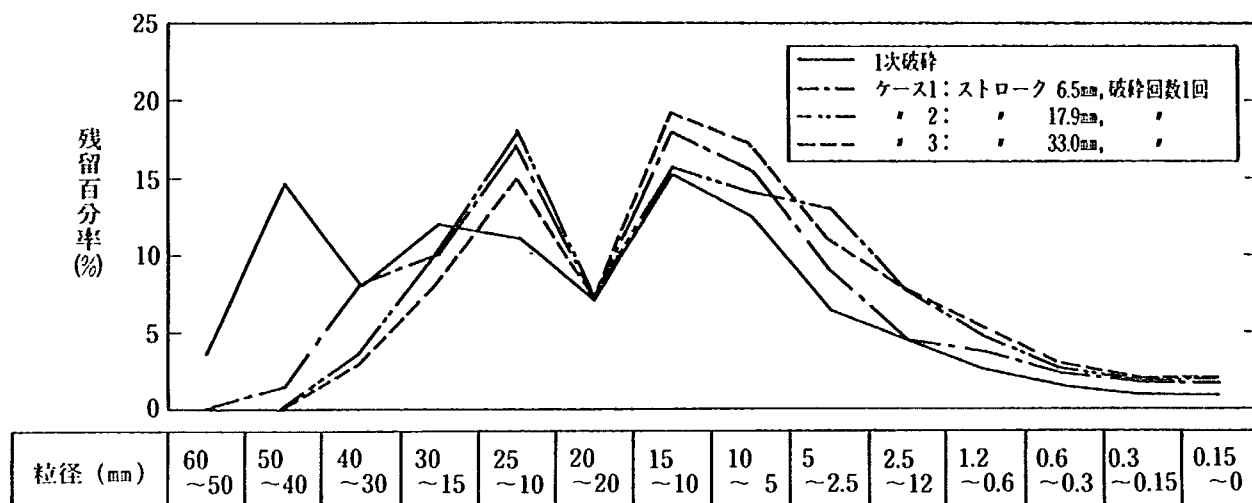


図-7 粒径別破碎量

② 図-8 は全フルイ目の各粒径別百分率をケース3, 4, 5について示したものである。

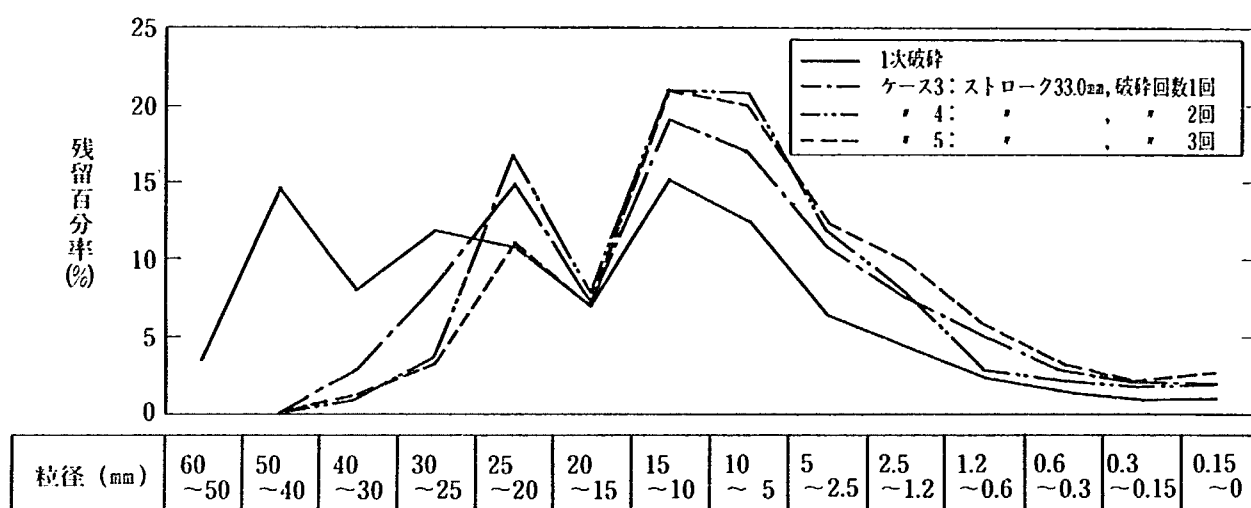


図-8 粒径別破碎量

③ 図-9 は粒径を60~40, 40~20, 20~5 mm および 5~0 mm の4段階に区分し, 各々の百分率をケース1, 2, 3について示したものである。

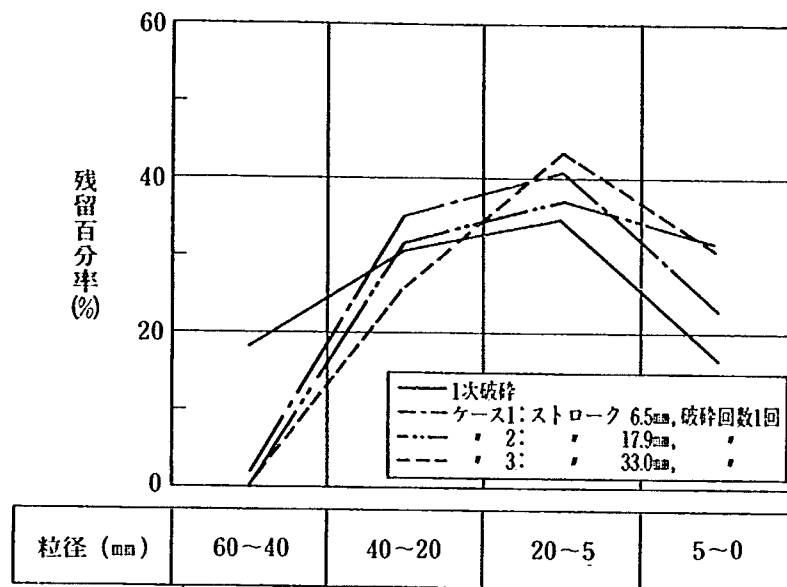


図-9 粒径別破砕量

④ 図-10は③と同じくケース3, 4, 5について示したものである。

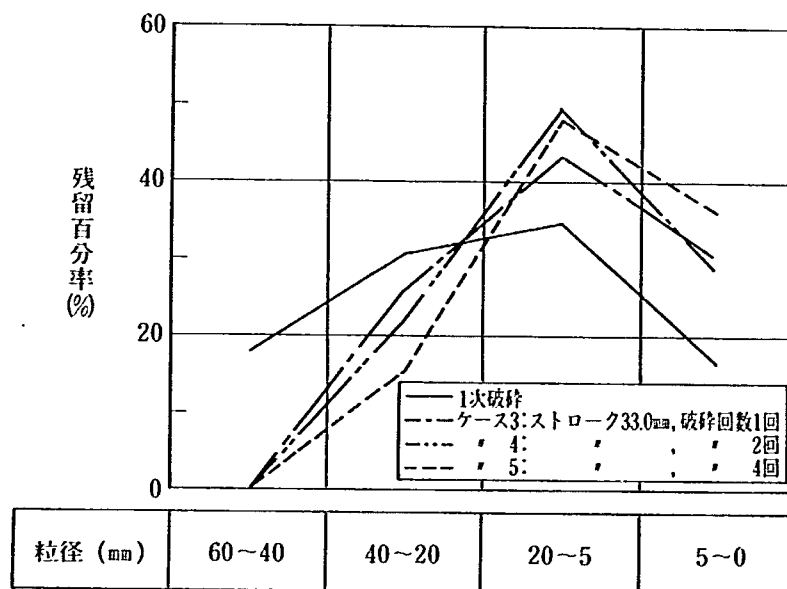


図-10 粒径別破砕量

## 2.2.2 比重, 吸水率, 単位容積重量等の試験結果

### 1) 骨材試験結果

比重, 吸水率, 単位容積重量等の試験結果を一括まとめ骨材試験結果として表-11に示した。

表-11 骨材試験結果

(層圧縮型碎石機)

| 試験項目                            | 区分mm    | 1次破碎           | 試験 ケ ー ス       |                |                |                |                | 備 考           |
|---------------------------------|---------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|
|                                 |         |                | 1              | 2              | 3              | 4              | 5              |               |
| 比 重                             | 40 ~ 20 | 2.46           | 2.48           | 2.49           | 2.51           | 2.51           | 2.54           |               |
|                                 | 20 ~ 5  | 2.46           | 2.47           | 2.47           | 2.47           | 2.48           | 2.49           |               |
|                                 | 5 ~ 0   | 2.35           | 2.37           | 2.36           | 2.37           | 2.38           | 2.37           |               |
| 吸水率<br>%                        | 40 ~ 20 | 4.58           | 4.16           | 3.93           | 3.34           | 3.31           | 3.06           |               |
|                                 | 20 ~ 5  | 5.10           | 4.65           | 4.63           | 4.35           | 4.28           | 4.00           |               |
|                                 | 5 ~ 0   | 8.42           | 7.32           | 7.52           | 8.40           | 7.12           | 7.08           |               |
| 単位容<br>積重量<br>kg/m <sup>3</sup> | 40 ~ 5  | 1380<br>(58.8) | 1439<br>(60.5) | 1440<br>(60.6) | 1460<br>(61.1) | 1470<br>(61.4) | 1510<br>(62.6) | ( )内は実積率<br>% |
|                                 | 5 ~ 0   | 1390<br>(64.1) | 1470<br>(66.6) | 1490<br>(67.9) | 1490<br>(68.2) | 1500<br>(67.5) | 1520<br>(68.7) |               |
|                                 |         |                |                |                |                |                |                |               |
| FM                              | 60 ~ 0  | 6.99           | 6.42           | 6.13           | 6.05           | 6.06           | 5.70           |               |
|                                 | 60 ~ 5  | 7.65           | 7.29           | 7.25           | 7.13           | 7.01           | 6.93           |               |
|                                 | 5 ~ 0   | 3.70           | 3.54           | 3.70           | 3.56           | 3.71           | 3.54           |               |

## 2) 比重試験

試験条件と比重の関係を図-11に示す。

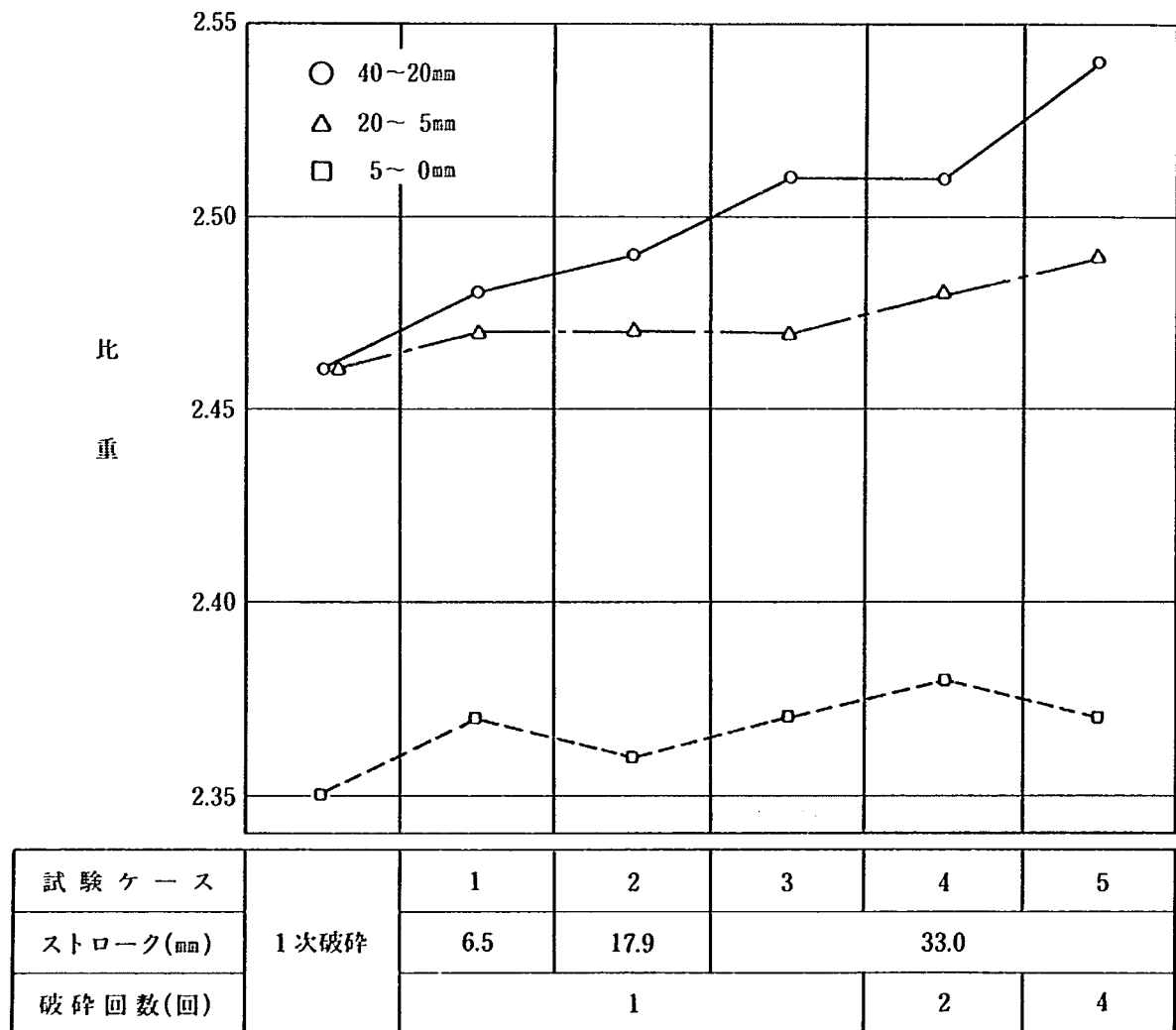


図-11 試験条件(ストローク, 破碎回数)と比重

### 3) 吸水率試験

試験条件と吸水率の関係を図-12に示す。

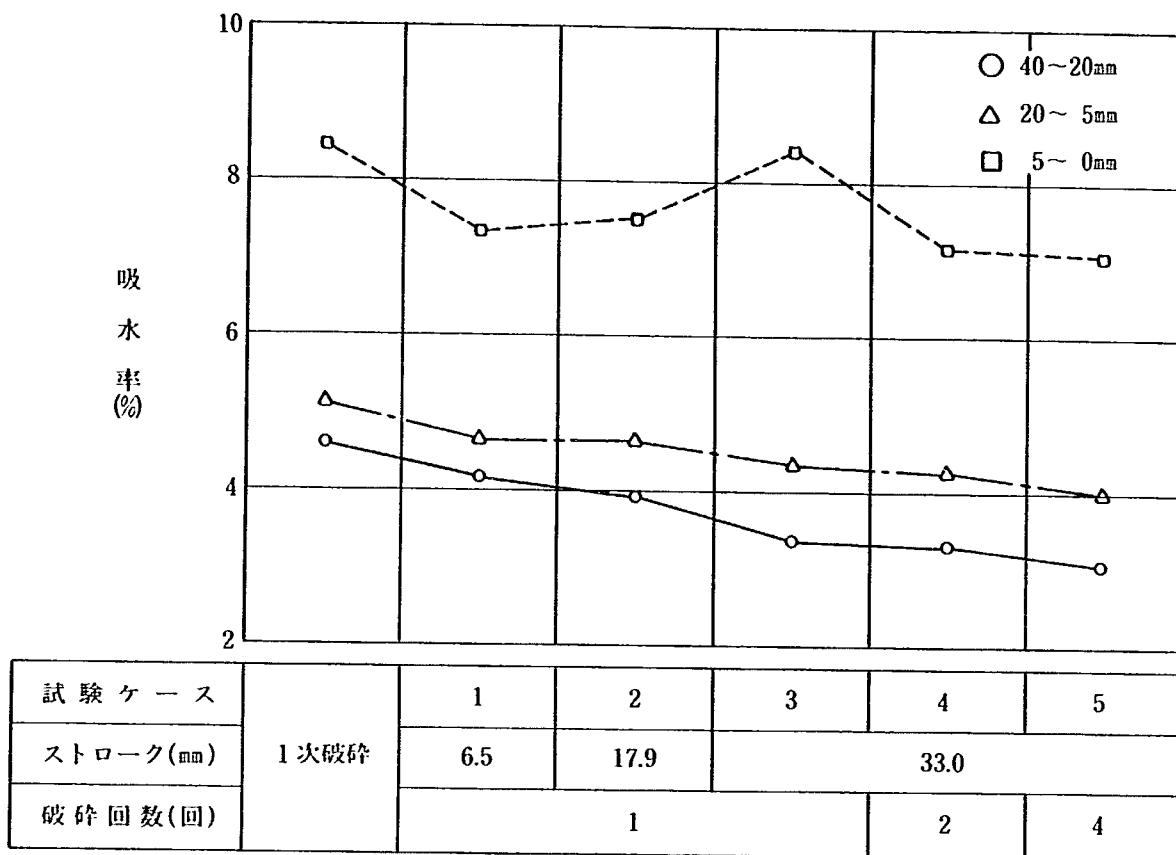


図-12 試験条件(ストローク, 破碎回数)と吸水率

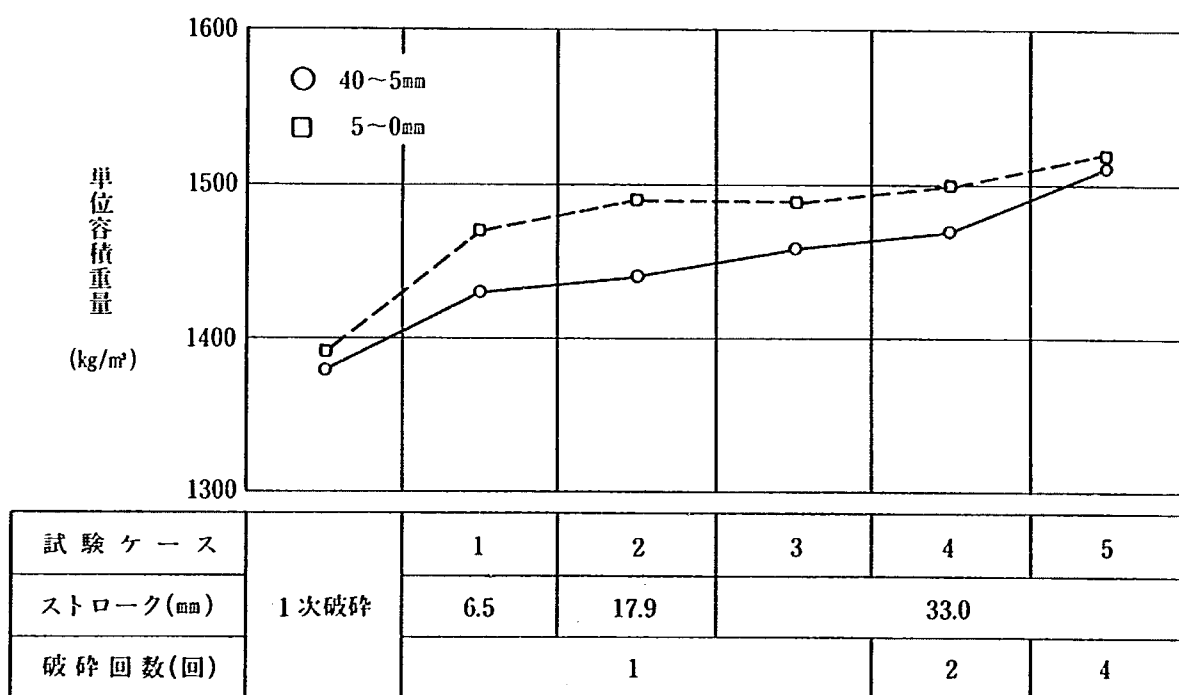


図-13 試験条件(ストローク, 破碎回数)と単位容積重量

#### 4) 単位容積重量

試験条件と単位容積重量の関係を図-13に示す。

#### 5) 実 積 率

試験条件と実積率の関係を図-14に示す。

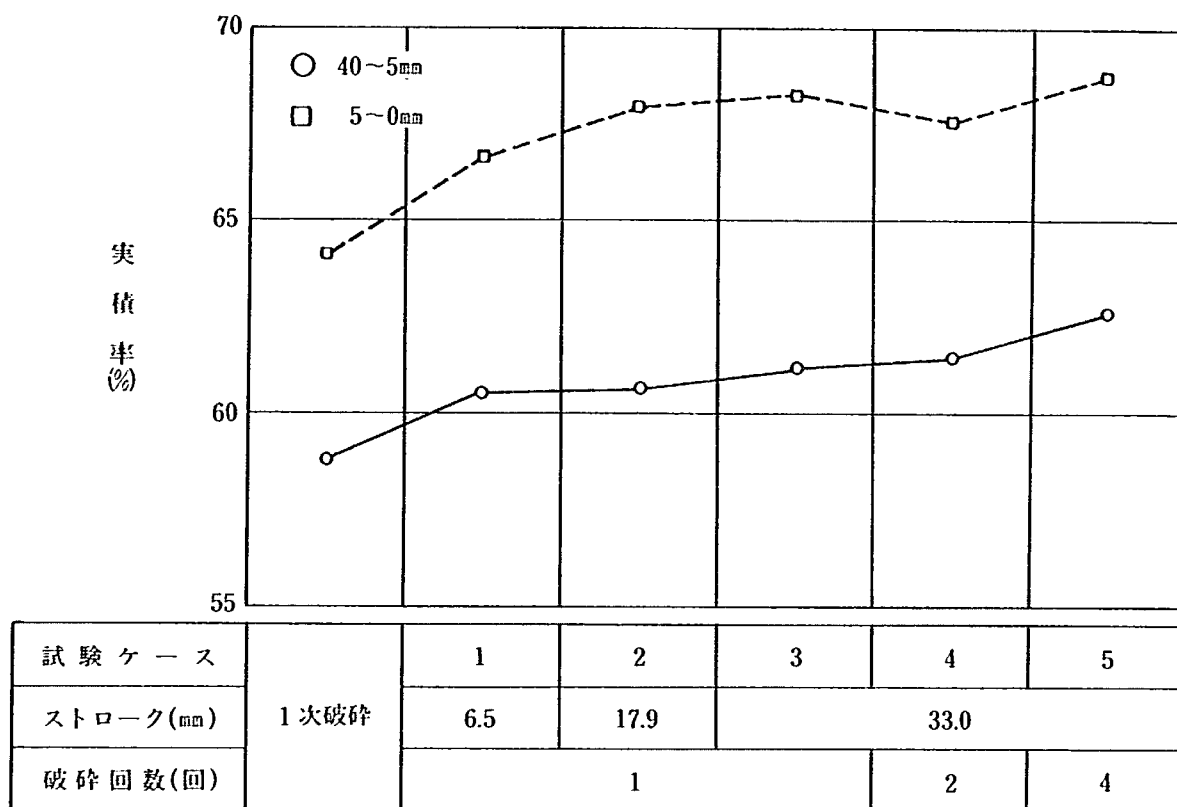


図-14 試験条件(ストローク, 破碎回数)と実積率

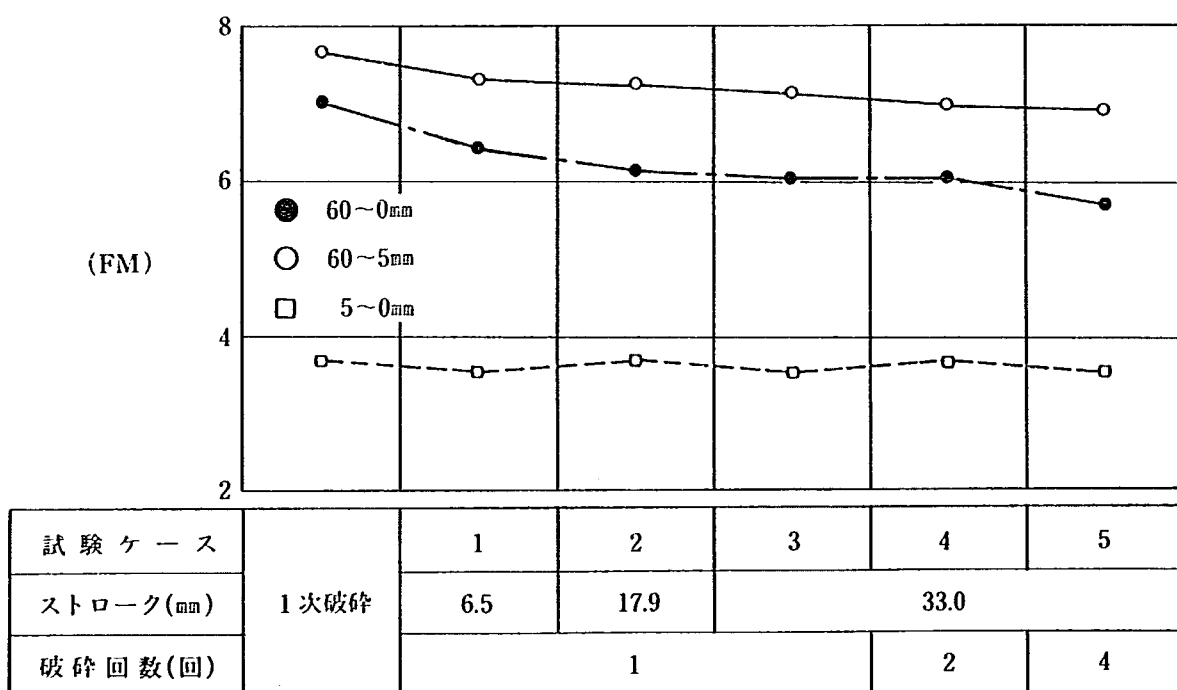


図-15 試験条件(ストローク, 破碎回数)とFM

## 6) 粗粒率 (F.M)

試験条件と粗粒率 (F.M) の関係を図-15に示す。

## 2.3 試験結果の考察

### 2.3.1 フルイ分け試験

ストロークを33mmに設定し、破碎(通過)回数を1, 2, 4回で破碎試験を行ったケース3, 4, 5について考察する。

1) 粒度曲線図(図-6)から破碎効果を見ると破碎回数が多いほど効果があらわれており、その順位は①ケース5, ②ケース4, ③ケース3でケース5(回数4)が最も良く破碎されている。

2) 粒径を60~40, 40~20, 20~5 mm及び5~0 mmの4段階に区分し、供給原料の量と破碎後の骨材量を残留百分率で示した図(図-10)から破碎効果を見ると

① 60~40 mmの供給原料(約18%)はケース3, 4, 5とも全量が破碎されている。(C S S 30 mm)

② 次に40~20 mmは破碎回数が増える毎に供給原料に対し破碎量が少なく、反対に20~5 mmでは増加する傾向にある。

③ 5~0 mmは20~5 mmと同じように、破碎回数が増加する毎に供給原料に対し破碎量が増加する傾向にある。

3) コンクリート練り混ぜに使用した骨材は、天然砂利と碎石とを混合した材料であるため、破碎骨材が原形のままかまたは再破碎されたものであるかの目視判定は非常に困難であったが、若干の再破碎は観察された。

### 2.3.2 比重, 吸水率試験

破碎骨材の性状試験として比重, 吸水率, 単位容積, 重量, 実積率, 粗粒率等の各種試験を実施したが、ここでは比重, 吸水率について考察を述べる。

#### 1) 比重試験

各粒径区分別の比重を図-16に示す。

コンクリート配合時の骨材試験結果による比重も併記して5ケースの破碎効果を見た。

① 比重が最も高いのは40~20 mmで、以下20~5, 5~0 mmと低下している。

② 40~20 mmの比重はストローク、又は破碎回数に比例して増加する傾向にある。又20~5, 5~0 mmは40~20 mmに比べてその割合は少ない。

③ 原骨材の比重に近づくほど破碎効果があるものと考えれば、ケース5が最も良いことがわかる。

#### 2) 吸水率

各粒径区分別の吸水率を図-17に示す。

① 大局的には比重の場合と同様な傾向にある。

② 各粒径区分での最も良い吸水率(低い値)は全てケース5で、その値は40~20 mmは約3.1

層圧縮型碎石機

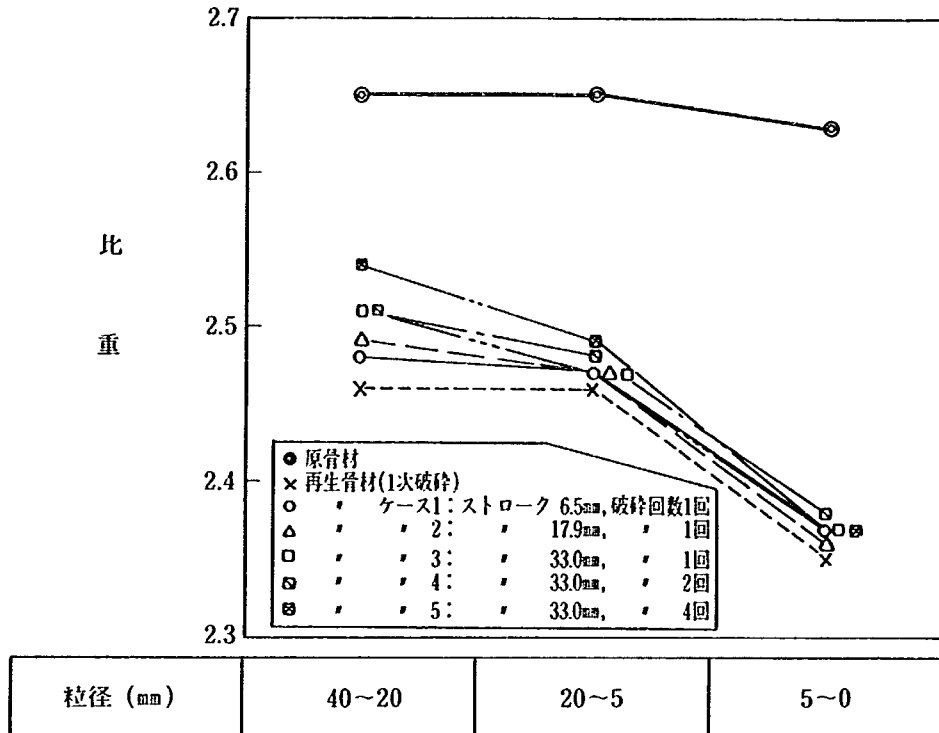


図-16 粒径区分別の比重

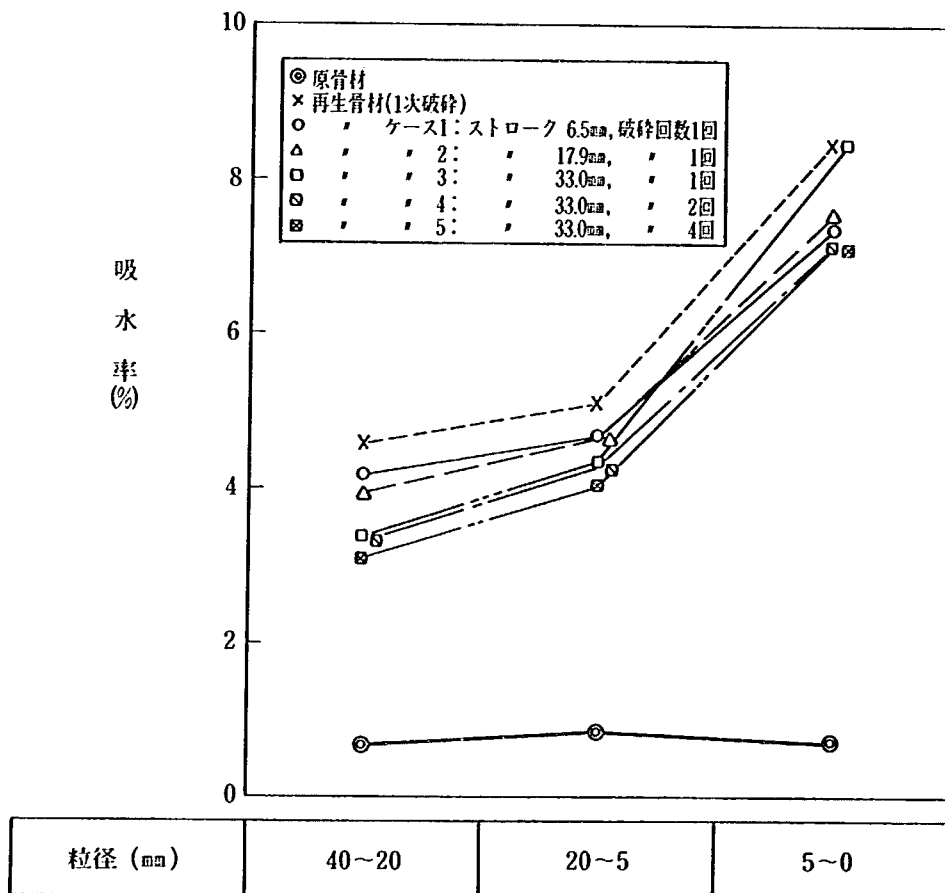


図-17 粒径区分別の吸水率

層圧縮型砕石

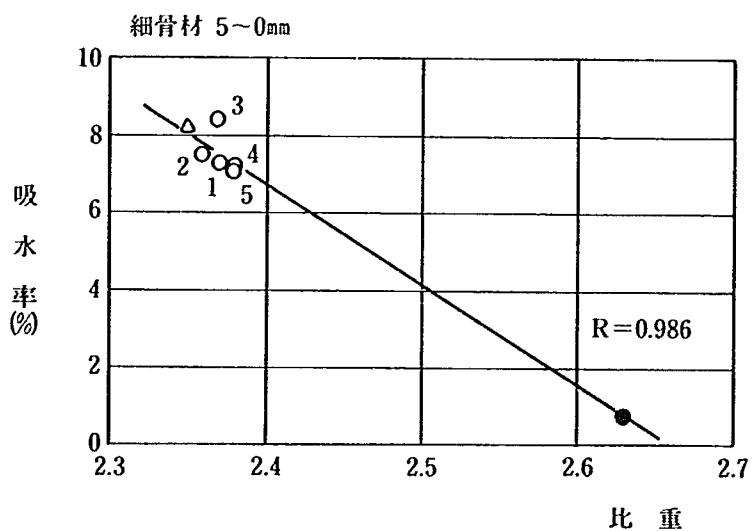
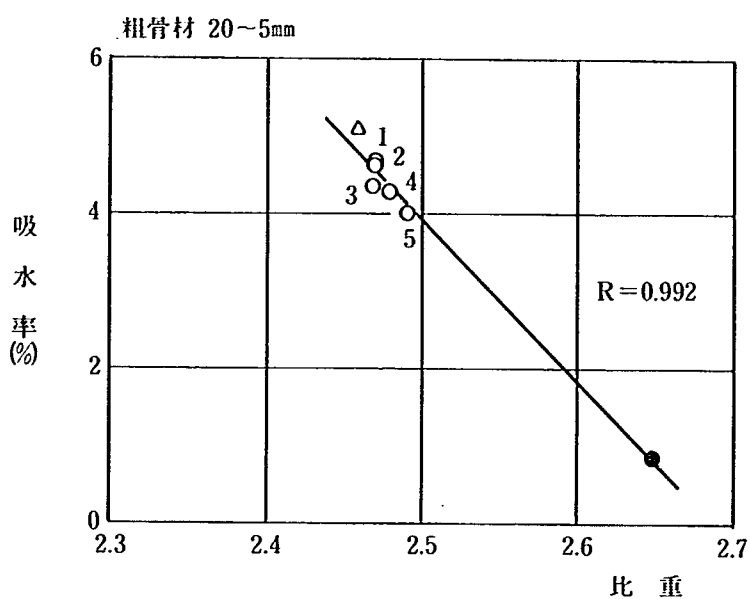
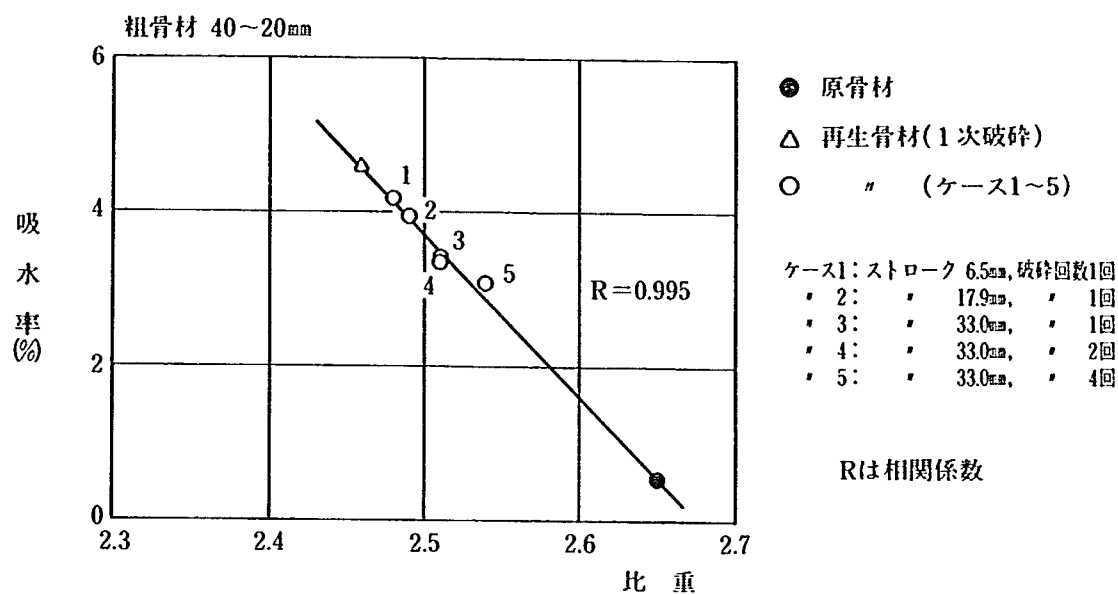


図-18 比重と吸水率

％，20～5 mm は 4.0 ٪であるが，5～0 mm は約 7.1 で原骨材の約 0.7 ٪の10倍にも達している。

- ③ 粗骨材の吸水率に比べ，細骨材の吸水率が高くなっているのは，粗骨材からセメントモルタル分が破碎されて細骨材量が増加したことが考えられる。

### 3) 比重と吸水率の相関関係

比重，吸水率の相関関係を見るため図－18を作成した。

いずれの粒径区分に対しても比重と吸水率との間には強い相関性が見られる。

また，供給原料（△記号）と原骨材（・記号）の値から，各試験ケースの破碎効果を読みとることができ，1) で述べたように破碎回数の多いほど原骨材に近い値を示している。

### 2.3.3 消費電力量の算定

破碎試験ケース（1～5）の消費電力（kwh/t）を算定するため，電力記録計を接続し記録を行った。

#### 1) 電力量の測定

破碎作業が行われた時間中の電力量の測定値は表－12に示すとおりである。

表－12 電力量の測定値

|          | 無荷重 | 試 験 ケ ー ス No |     |     |     |     | 備 考       |
|----------|-----|--------------|-----|-----|-----|-----|-----------|
|          |     | 1            | 2   | 3   | 4   | 5   |           |
| 電 力 量 kw | 1.6 | 2.0          | 2.5 | 3.2 | 3.2 | 3.2 | ケース1～5は負荷 |

#### 2) 消費電力量の算定

表－12の測定値と破碎量（試料の採取量）と破碎時間から，ケース1～5についての消費電力量を算定し表－13に示した。

表-13 消費電力量の算定値

| 試験ケース<br>No | 試験条件      |      | 試料重量<br>(kg) | 破碎時間<br>(sec) | 破碎動力<br>(kg)            | 単位作業量<br>(t/h)                                             | 消費電力量<br>(kwh/t)                             |
|-------------|-----------|------|--------------|---------------|-------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
|             | ストローク(mm) | 破碎回数 |              |               |                         |                                                            |                                              |
| 1           | 6.5       | 1    | 55.3         | 50            | $\frac{0.4}{(2.0-1.6)}$ | $\frac{3.98}{\left(\frac{0.0553}{50} \times 3,600\right)}$ | $\frac{0.10}{\left(\frac{0.4}{3.98}\right)}$ |
| 2           | 17.9      | 1    | 46.0         | 33            | $\frac{0.9}{(2.5-1.6)}$ | $\frac{5.02}{\left(\frac{0.0460}{33} \times 3,600\right)}$ | $\frac{0.18}{\left(\frac{0.9}{5.02}\right)}$ |
| 3           | 33.0      | 1    | 68.9         | 30            | $\frac{1.6}{(3.2-1.6)}$ | $\frac{8.27}{\left(\frac{0.0689}{30} \times 3,600\right)}$ | $\frac{0.19}{\left(\frac{1.6}{8.27}\right)}$ |
| 4           | 33.0      | 2    | 43.2         | 40            | $\frac{1.6}{(3.2-1.6)}$ | $\frac{3.89}{\left(\frac{0.0432}{40} \times 3,600\right)}$ | $\frac{0.41}{\left(\frac{1.6}{3.89}\right)}$ |
| 5           | 33.0      | 4    | 43.0         | 80            | $\frac{1.6}{(3.2-1.6)}$ | $\frac{1.94}{\left(\frac{0.0430}{80} \times 3,600\right)}$ | $\frac{0.82}{\left(\frac{1.6}{1.94}\right)}$ |

#### 2.3.4 消費電力量と比重，吸水率

破碎骨材の各種性状試験の結果から，各試験条件（5 ケース）に対する破碎効果について述べてきた（2.3.1， 2.3.2 項）が，再生骨材としての品質に大きな影響を与えると思われる比重と吸水率について，消費電力量（表-13）と対比し，これを図-19に示す。

図より，比重，吸水率とも消費電力量の大きいもの程，良い値を示す傾向にある。

ケース1: ストローク 6.5mm, 破碎回数1回  
 " 2: " 17.9mm, " 1回  
 " 3: " 33.0mm, " 1回  
 " 4: " 33.0mm, " 2回  
 " 5: " 33.0mm, " 4回

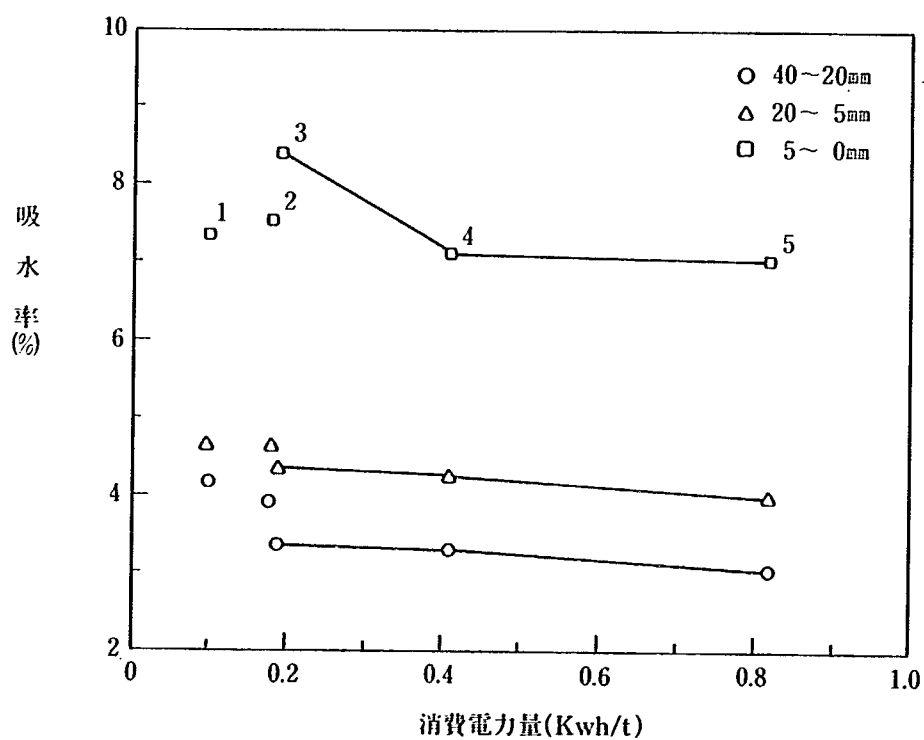
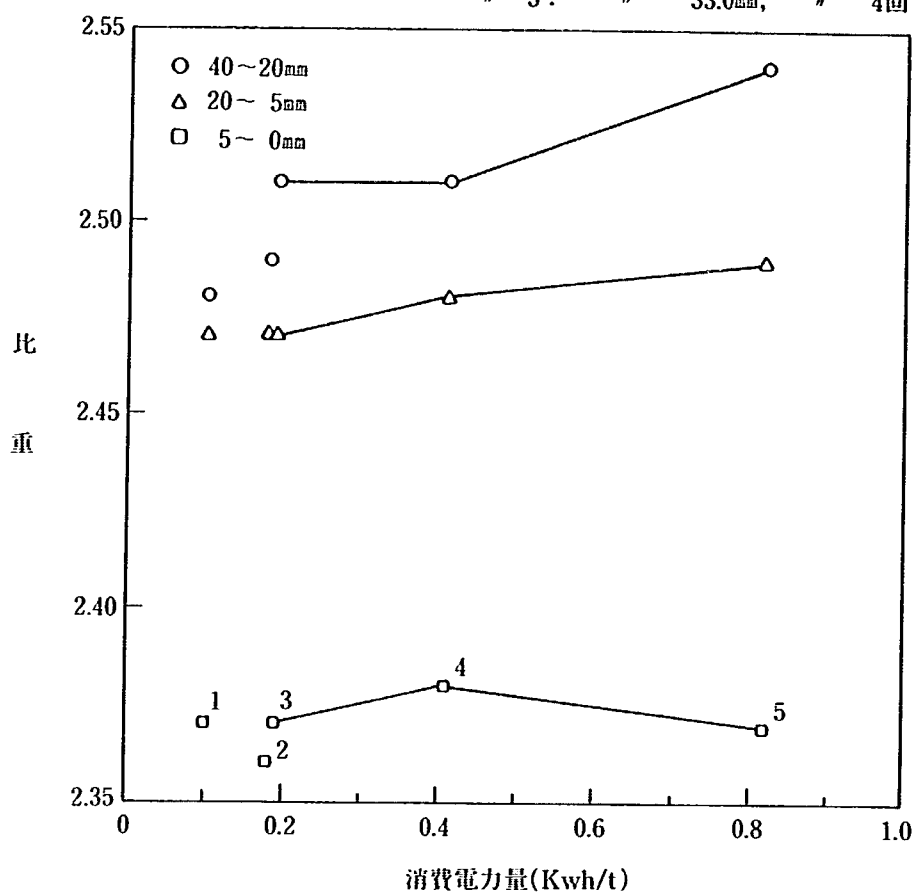


図-19 消費電力量と比重, 吸水率(層圧縮型碎石機)

### 3. ロサンゼルス試験機による試験

#### 3.1 破碎試験の手順

##### 3.1.1 試料の分割

ロサンゼルス試験機に投入する材料の適量は 15 kg であること、また、材料試験には 30 kg 程度必要である。これらの理由から、供給原料 ( 210 kg ) は 15 kg 単位で 14 の試料に分割することとした。14 の試料は原料の材料試験に 2 試料、破碎試験用として 12 試料 (  $2 \times 6$  条件 ) に夫々使用される。

なお、なるべく均一な状態で 14 の試料に分割するための作業は次の方法によった。

- 1) 全試料重量を計った後、40, 20, 5mm のフルイを用いフルイ分析を行った。
- 2) 40mm 以上、40 ~ 20, 20 ~ 5, 5 mm 以下の 4 つのブロックに分割した試料は夫々容器に入れ均質になるよう掻き混ぜた。
- 3) 粒度百分率から分級した各ブロック毎の混入割合を求め、1 試料が 15 kg となるよう計量を行い 14 試料 (  $15 \text{ kg} \times 14 = 210 \text{ kg}$  ) に分割した。

##### 3.1.2 破碎試験の作業

- 1) ロサンゼルス試験機に電力記録計と交流電流計を接続した。
- 2) 試験機 ( ドラム内 ) に試料 ( 15 kg ) と鋼球を入れ、蓋を取付け所定の総回転数に達するまで回転させる。( 30 回転/分 )
- 3) 蓋を外して鋼球を取出した後、ドラム内の破碎骨材を静かに容器に移し換える。
- 4) 上記 2) ~ 3) の作業の繰返し ( 12 回 ) により 6 条件の破碎試験を実施したが、鋼球の重さ、個数 ( 2 条件 ) 並びに総回転数 ( 200, 400, 600 回 ) の選定条件の妥当性について、各試験の都度破碎物の観察等を行うことにより対処した。

##### 3.1.3 破碎骨材の性状試験用の試料調整

各種の性状試験を行うための試料調整は図-20 のフローに示す方法によった。

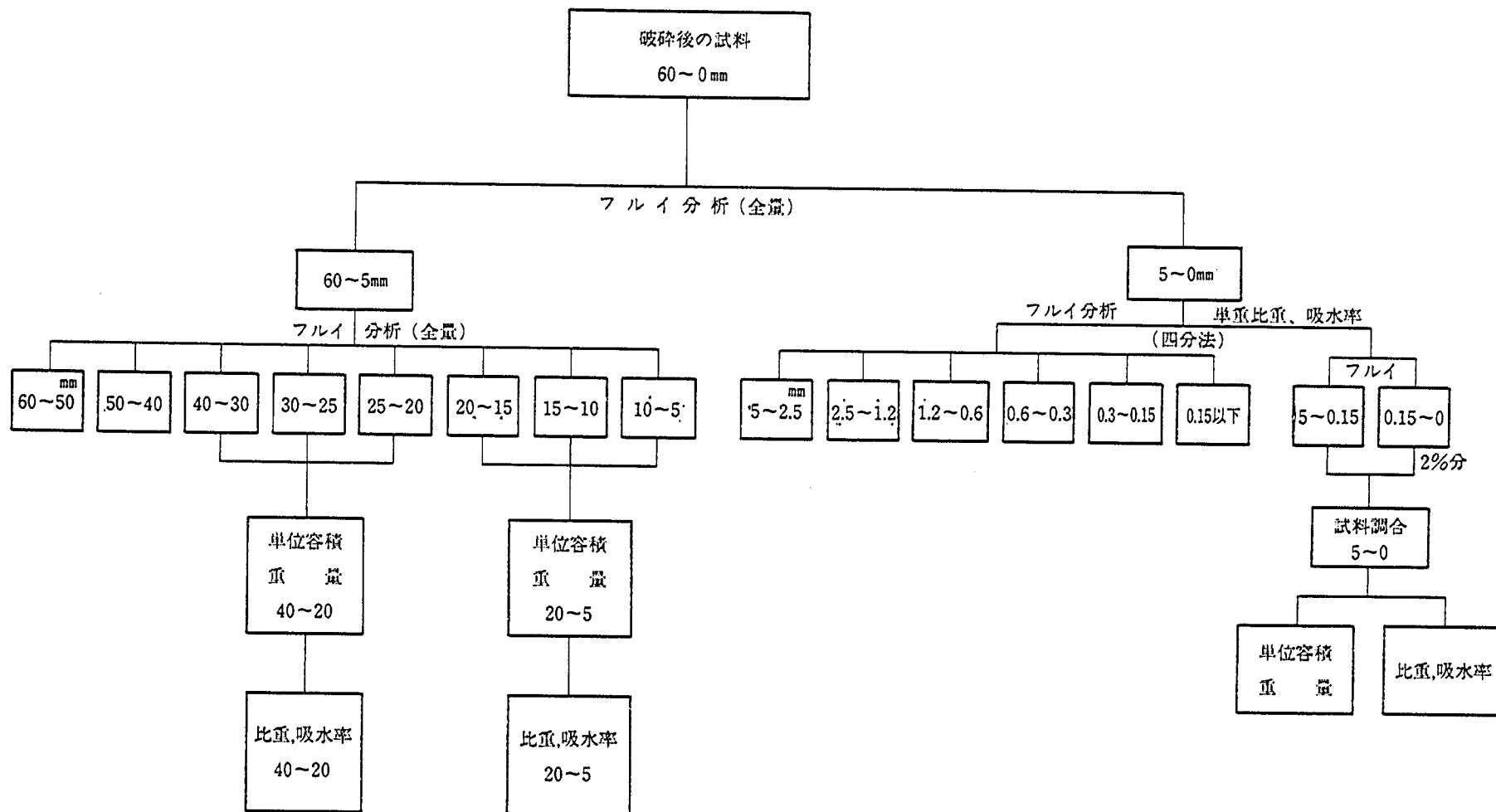


図-20 破碎骨材の性状試験用試料調整のフロー

### 3.2 試験結果

#### 3.2.1 フライ分け試験結果

供給原料（1次破碎）と6ケースによる破碎骨材のフライ分け試験の結果は次のとおりである。

##### 1) フライ分析

フライ分析は全体粒度（60～0 mm）と粗骨材，細骨材について算出し，表-14に示した。

表-14 フライ分析（残留百分率）

| 区 分<br>mm     | 1 次<br>破 碎     | ケ ー ス N o      |                |                |                |                |                | 備 考 |
|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----|
|               |                | 1              | 2              | 3              | 4              | 5              | 6              |     |
| 60<br>～ 50    | 3.4<br>( 4.1)  | 2.8<br>( 4.4)  | 4.3<br>( 7.6)  | 1.4<br>( 3.1)  | 3.8<br>( 6.0)  | 3.2<br>( 6.5)  | 4.5<br>(11.7)  |     |
| 50<br>～ 40    | 14.5<br>(17.4) | 9.1<br>(14.1)  | 6.4<br>(11.2)  | 5.5<br>(12.2)  | 4.2<br>( 6.6)  | 5.1<br>(10.4)  | 1.8<br>( 4.7)  |     |
| 40<br>～ 30    | 7.9<br>( 9.5)  | 4.8<br>( 7.5)  | 3.6<br>( 6.3)  | 3.6<br>( 8.0)  | 6.2<br>( 9.7)  | 3.6<br>( 7.3)  | 2.2<br>( 5.7)  |     |
| 30<br>～ 25    | 11.8<br>(14.1) | 8.6<br>(13.3)  | 6.3<br>(11.1)  | 4.0<br>( 8.9)  | 6.8<br>(10.7)  | 3.3<br>( 6.7)  | 3.1<br>( 8.1)  |     |
| 25<br>～ 20    | 10.9<br>(13.1) | 7.3<br>(11.4)  | 6.3<br>(11.1)  | 4.4<br>( 9.8)  | 6.9<br>(10.8)  | 3.9<br>( 7.9)  | 2.9<br>( 7.6)  |     |
| 20<br>～ 15    | 7.0<br>( 8.4)  | 4.5<br>( 7.0)  | 3.9<br>( 6.8)  | 3.6<br>( 8.0)  | 4.9<br>( 7.7)  | 2.5<br>( 5.1)  | 1.5<br>( 3.9)  |     |
| 15<br>～ 10    | 15.3<br>(18.4) | 12.5<br>(19.4) | 9.5<br>(16.7)  | 8.5<br>(18.9)  | 15.0<br>(23.5) | 10.9<br>(22.2) | 7.1<br>(18.5)  |     |
| 10<br>～ 5     | 12.5<br>(15.0) | 14.7<br>(22.9) | 16.6<br>(29.2) | 14.0<br>(31.1) | 15.9<br>(25.0) | 16.7<br>(33.9) | 15.3<br>(39.8) |     |
| 小 計           | 83.3<br>(100)  | 64.3<br>(100)  | 56.9<br>(100)  | 45.0<br>(100)  | 63.7<br>(100)  | 49.2<br>(100)  | 38.4<br>(100)  |     |
| 5<br>～ 2.5    | 6.5<br>(38.9)  | 9.7<br>(27.2)  | 10.7<br>(24.8) | 12.4<br>(22.5) | 11.2<br>(30.9) | 13.7<br>(27.0) | 14.7<br>(23.9) |     |
| 2.5<br>～ 1.2  | 4.5<br>(27.0)  | 8.3<br>(23.2)  | 10.5<br>(24.4) | 12.7<br>(23.1) | 9.1<br>(25.0)  | 12.2<br>(24.0) | 14.2<br>(23.0) |     |
| 1.2<br>～ 0.6  | 2.5<br>(14.9)  | 6.1<br>(17.1)  | 7.5<br>(17.4)  | 9.1<br>(16.6)  | 6.1<br>(16.8)  | 8.6<br>(16.9)  | 10.7<br>(17.4) |     |
| 0.6<br>～ 0.3  | 1.5<br>( 9.0)  | 4.2<br>(11.8)  | 5.1<br>(11.8)  | 6.4<br>(11.6)  | 4.0<br>(11.0)  | 5.8<br>(11.4)  | 7.4<br>(12.0)  |     |
| 0.3<br>～ 0.15 | 0.8<br>( 4.8)  | 2.7<br>( 7.5)  | 3.4<br>( 7.9)  | 4.4<br>( 8.0)  | 2.3<br>( 6.4)  | 4.1<br>( 8.1)  | 5.6<br>( 9.1)  |     |
| 0.15<br>～ 0   | 0.9<br>( 5.4)  | 4.7<br>(13.2)  | 5.9<br>(13.7)  | 10.0<br>(18.2) | 3.6<br>( 9.9)  | 6.4<br>(12.6)  | 9.0<br>(14.6)  |     |
| 小 計           | 16.7<br>(100)  | 35.7<br>(100)  | 43.1<br>(100)  | 55.0<br>(100)  | 36.3<br>(100)  | 50.8<br>(100)  | 61.6<br>(100)  |     |
| 合 計           | 100            | 100            | 100            | 100            | 100            | 100            | 100            |     |

## 2) 粒度曲線

フルイ分析によって粒度曲線を作成したものを図-21～22に示す。

① 図-21は公称75 mmの鋼球を使用したケース 1. 2. 3 による粒度曲線を示した。

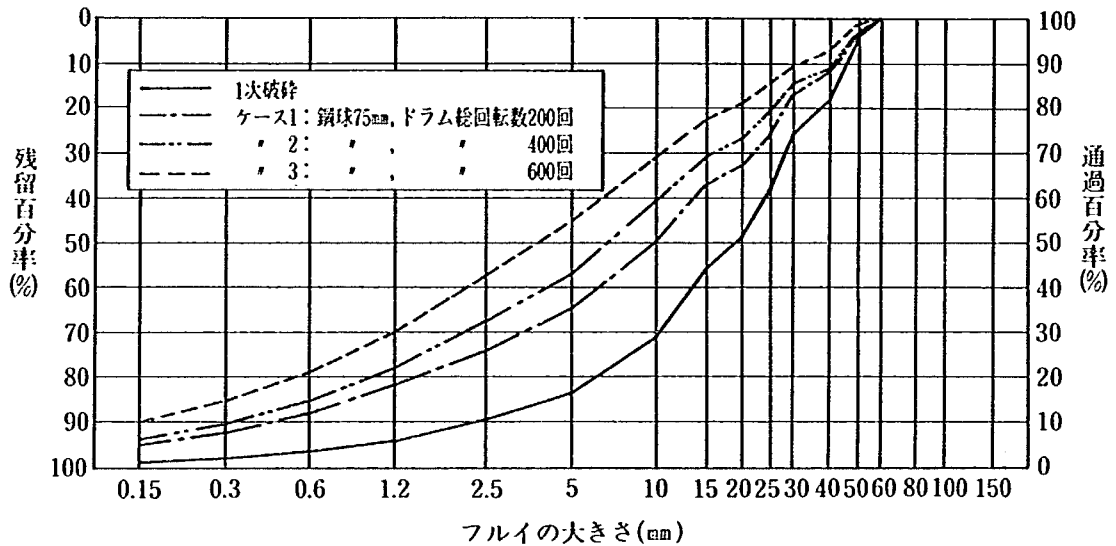


図-21 粒度曲線

② 図-22は公称90 mmの鋼球を使用したケース 4. 5. 6 による粒度曲線を示した。

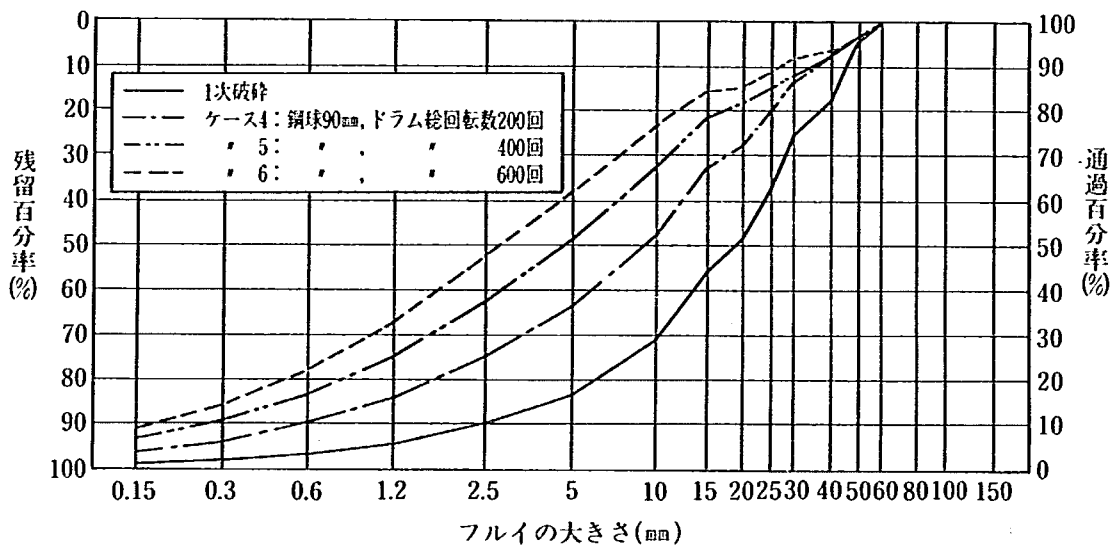


図-22 粒度曲線

③ 図-23は鋼球2種類の粒度曲線を比較するため、ケース 1～6 の粒度曲線を示した。

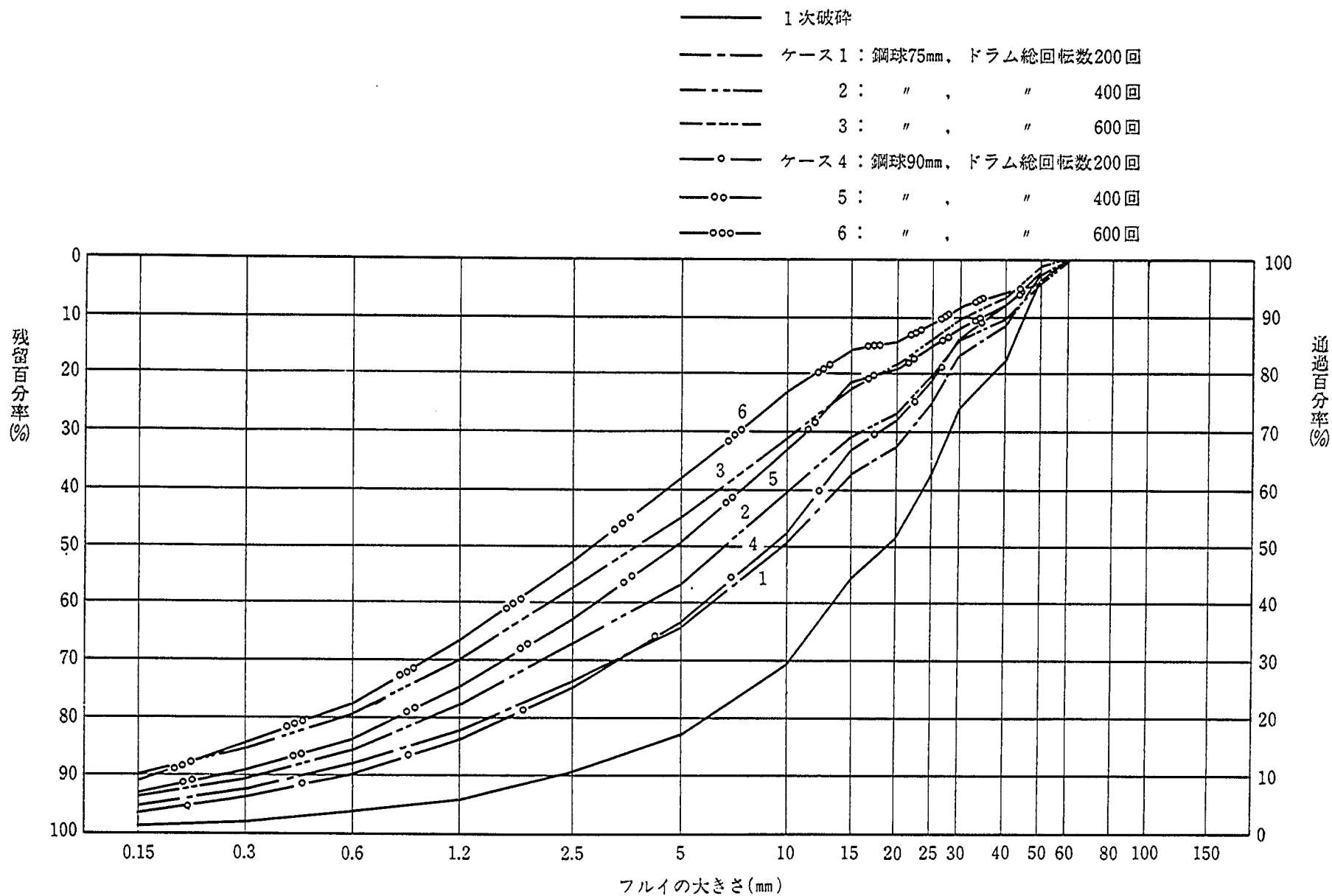


図-23 粒度曲線

### 3) 粒径別破砕量(百分率)

各粒径別破砕量を図-24～29に示す。

- ① 図-24は全フルイ目の各粒径別百分率を公称75 mmの鋼球を使用したケース1, 2, 3について示したものである。

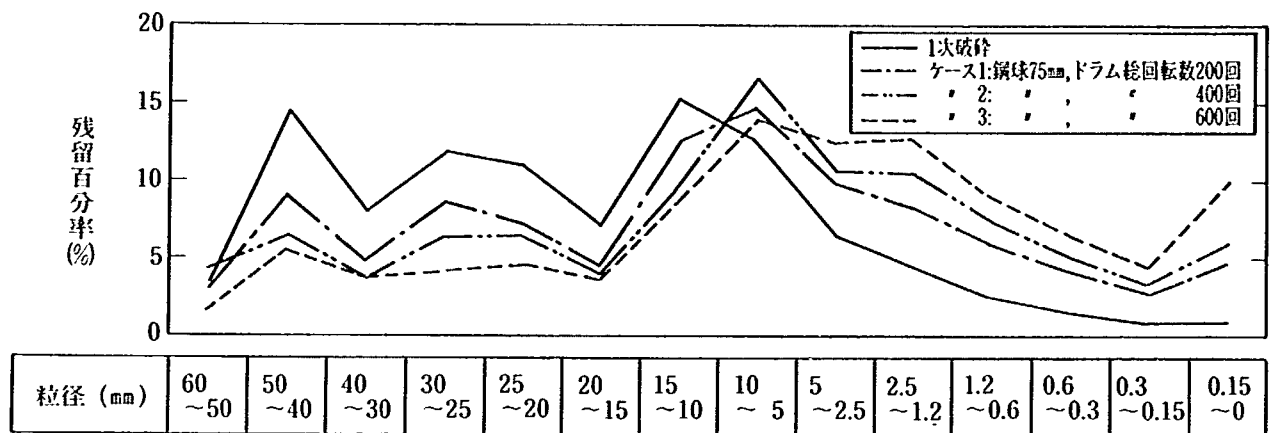


図-24 粒径別破砕量

- ② 図-25は全フルイ目の各粒径別百分率を公称90 mmの鋼球を使用したケース4, 5, 6について示したものである。

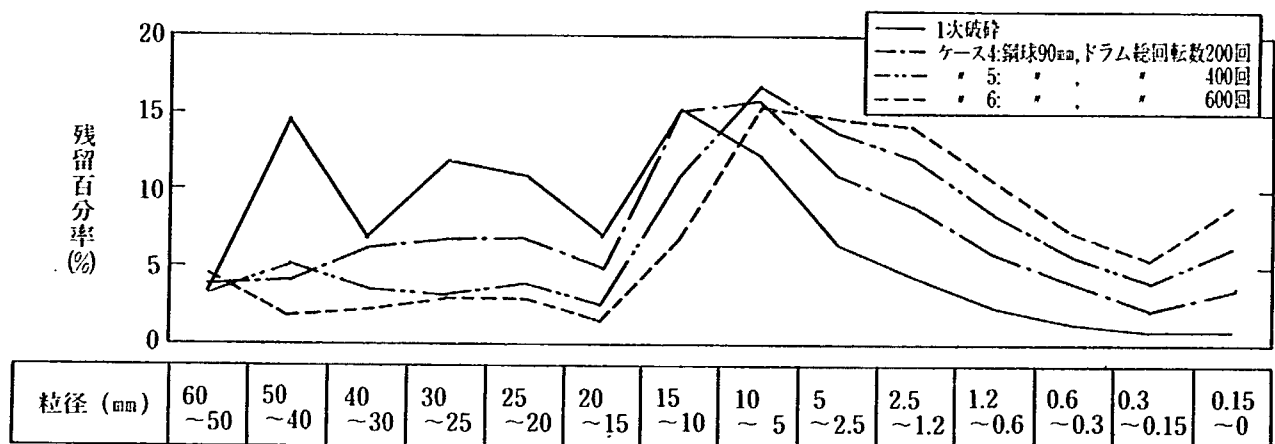


図-25 粒径別破砕量

- ③ 図-26は鋼球2種類の粒径別破砕量(%)を比較するため、総回転数600回のケース3, 6について示したものである。

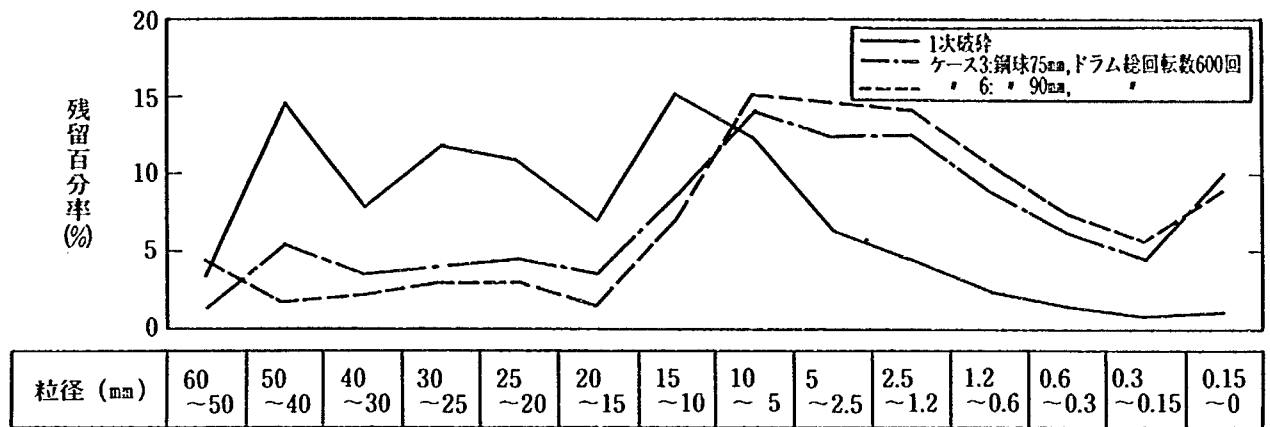


図-26 粒径別破砕量

- ④ 図-27は粒径を60~40, 40~20, 20~5 m/mおよび5~0 mmの4段階に区分し、各々の百分率を①と同じくケース1, 2, 3について示したものである。

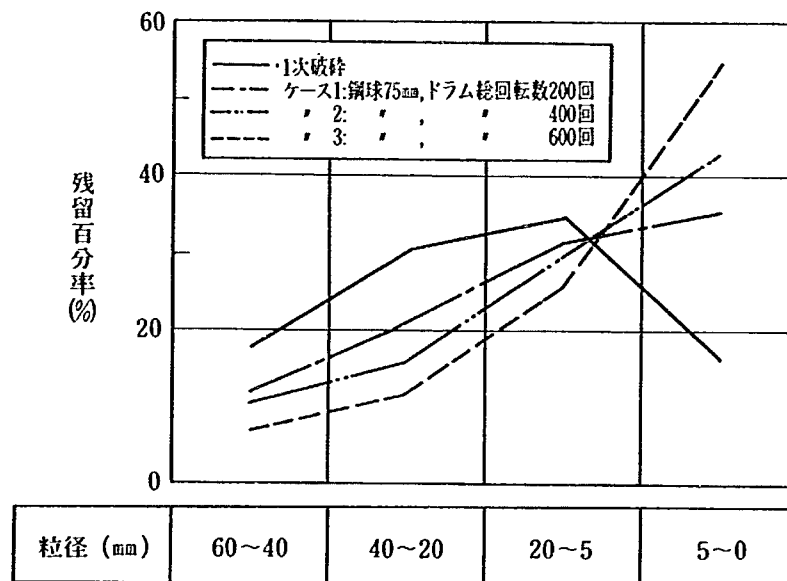


図-27 粒径別破砕量

⑥ 図-28は同じくケース4, 5, 6について示したものである。

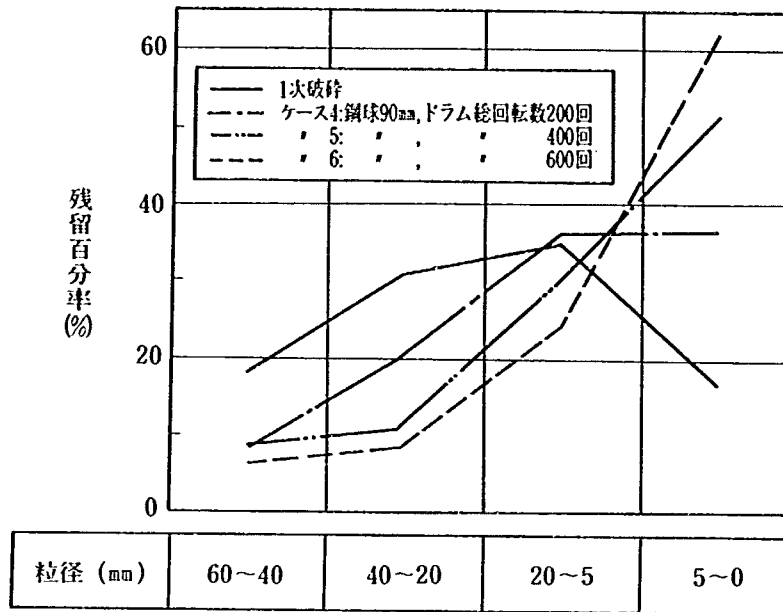


図-28 粒径別破碎量

⑥ 図-29は同じく鋼球2種類を比較するため、総回転数600回のケース3, 6について示したものである。

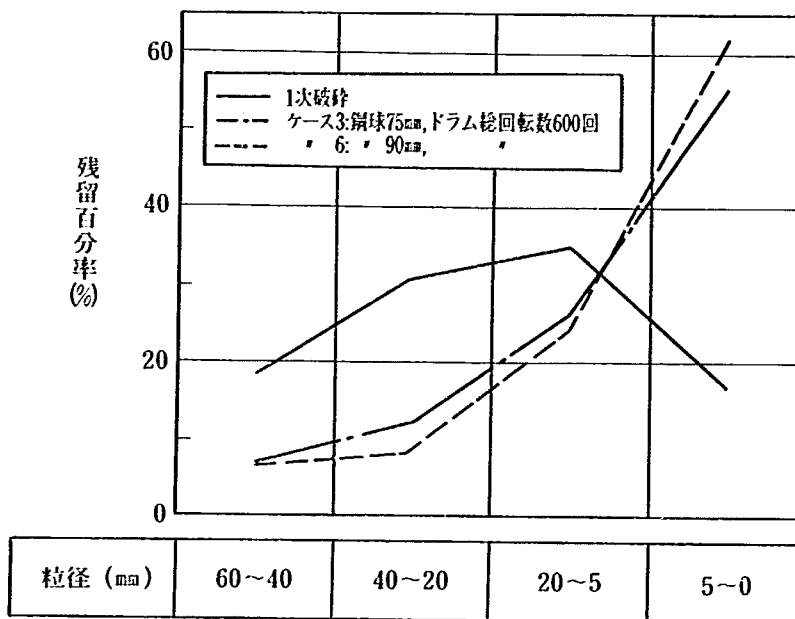


図-29 粒径別破碎量

### 3.2.2 比重，吸水率，単位容積重量等の試験結果

#### 1) 骨材試験結果

比重，吸水率，単位容積重量等の試験結果を一括まとめ骨材試験結果として表-15に示した。

表-15 骨 材 試 験 結 果

(ロサンゼルス試験機)

| 試験項目                            | 区 分<br>mm | 1 次<br>破 碎     | 試 験 ケ ー ス      |                |                |                |                |                | 備 考                |
|---------------------------------|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------------|
|                                 |           |                | 1              | 2              | 3              | 4              | 5              | 6              |                    |
| 比重                              | 40～20     | 2.46           | 2.49           | 2.52           | 2.54           | 2.51           | 2.52           | 2.57           |                    |
|                                 | 20～5      | 2.46           | 2.50           | 2.52           | 2.55           | 2.50           | 2.53           | 2.56           |                    |
|                                 | 5～0       | 2.35           | 2.37           | 2.40           | 2.44           | 2.39           | 2.41           | 2.44           |                    |
| 吸水率<br>%                        | 40～20     | 4.58           | 3.63           | 2.90           | 2.86           | 3.38           | 2.92           | 1.95           |                    |
|                                 | 20～5      | 5.10           | 4.09           | 3.47           | 2.90           | 3.98           | 3.20           | 2.54           |                    |
|                                 | 5～0       | 8.42           | 8.18           | 6.76           | 6.09           | 7.23           | 6.77           | 6.14           |                    |
| 単位容<br>積重量<br>kg/m <sup>3</sup> | 40～5      | 1380<br>(58.8) | 1450<br>(60.4) | 1460<br>(59.8) | 1540<br>(62.2) | 1450<br>(60.1) | 1500<br>(61.2) | 1550<br>(61.9) | ( )内<br>は実績<br>率 % |
|                                 | 5～0       | 1390<br>(64.1) | 1490<br>(68.0) | 1470<br>(65.4) | 1550<br>(67.4) | 1470<br>(66.0) | 1520<br>(67.3) | 1540<br>(67.0) |                    |
| F M                             | 60～0      | 6.99           | 5.91           | 5.51           | 4.84           | 5.87           | 5.14           | 4.57           |                    |
|                                 | 60～5      | 7.65           | 7.46           | 7.37           | 7.26           | 7.31           | 7.22           | 7.14           |                    |
|                                 | 5～0       | 3.70           | 3.11           | 3.05           | 2.86           | 3.33           | 3.13           | 2.97           |                    |

注)

試験ケース1～6の5～0 mmの骨材試験(比重，吸水率，単位容積重量)は，0.15 mm以下の混入量を全体粒度(60～0 mm)の2%で実施した。

## 2) 比重試験

ドラムの総回転数と比重の関係を図-30に示す。

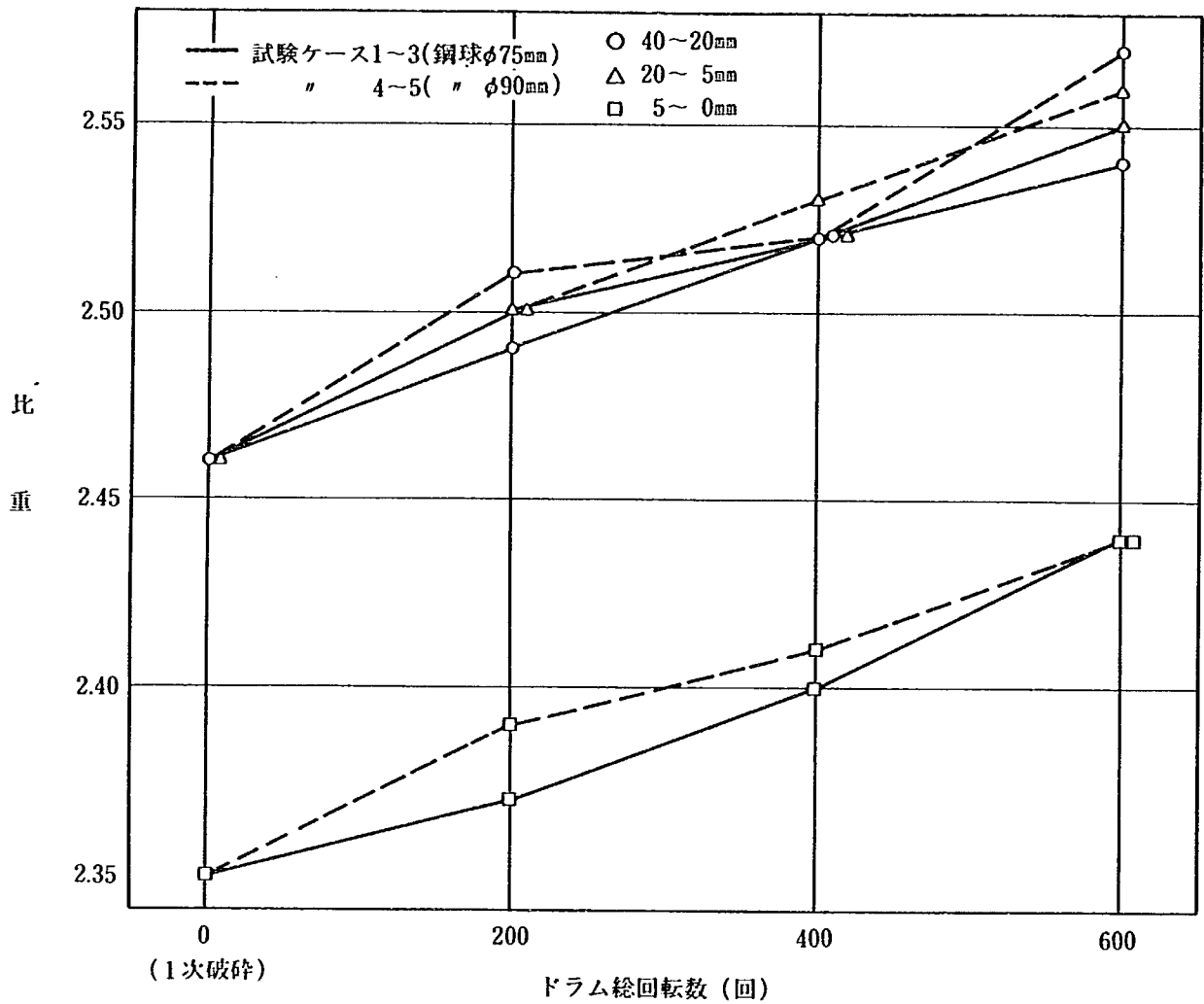


図-30 ドラムの総回転数と比重

### 3.2.3 消費電力量の算定

破碎試験ケース（1～6）の消費電力（kwh/t）を算定するため、電力記録計（横河 KRB-P 3 W 12 H 形）を接続し記録を行った。

#### 1) 電力量の測定値

破碎作業が行われた時間中の電力量の測定値は表-16に示すとおりである。

表-16 電力量の測定値

| ケース No      | (kg)<br>試料重量 | (kg)<br>鋼球重量 | 測定値                 | 備考 |
|-------------|--------------|--------------|---------------------|----|
|             |              |              | 電力 kw               |    |
| 無負荷         | —            | —            | 0.38                |    |
| ケース 1, 2, 3 | 15.0         | 15.1         | 0.42<br>(0.40～0.44) |    |
| ケース 4, 5, 6 | 〃            | 16.6         | 0.45<br>(0.40～0.50) |    |

#### 2) 消費電力量の算定

表-16の電力量の測定値（平均値）と試験条件から1～6ケースについての消費電力量を算定し、表-17に示した。

表-17 消費電力量（kwh/t）

| 試験ケース<br>No | 試験条件       |            |                              |           | kw<br>破碎動力          | t/h<br>単位作業量                                          | kwh/t<br>消費電力量                            |
|-------------|------------|------------|------------------------------|-----------|---------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
|             | 試料重量<br>kg | 鋼球重量<br>kg | ドラム総回転数<br>(30 r. p. m)<br>回 | 破碎時間<br>分 |                     |                                                       |                                           |
| 1           | 15.0       | 15.1       | 200                          | 6.67      | 0.04<br>(0.42-0.38) | 0.135<br>$\left(\frac{0.015}{6.67} \times 60\right)$  | 0.30<br>$\left(\frac{0.04}{0.135}\right)$ |
| 2           | 〃          | 〃          | 400                          | 13.33     | 〃                   | 0.068<br>$\left(\frac{0.015}{13.33} \times 60\right)$ | 0.59<br>$\left(\frac{0.04}{0.068}\right)$ |
| 3           | 〃          | 〃          | 600                          | 20.00     | 〃                   | 0.045<br>$\left(\frac{0.015}{20.0} \times 60\right)$  | 0.89<br>$\left(\frac{0.04}{0.045}\right)$ |
| 4           | 〃          | 16.6       | 200                          | 6.67      | 0.07<br>(0.45-0.38) | 0.135<br>(1に同じ)                                       | 0.52<br>$\left(\frac{0.07}{0.135}\right)$ |
| 5           | 〃          | 〃          | 400                          | 13.33     | 〃                   | 0.068<br>(2に同じ)                                       | 1.03<br>$\left(\frac{0.07}{0.068}\right)$ |
| 6           | 〃          | 〃          | 600                          | 20.00     | 〃                   | 0.045<br>(3に同じ)                                       | 1.56<br>$\left(\frac{0.07}{0.045}\right)$ |

なお、破碎動力（kw）の計算は機械効率を考慮しなかった。

### 3) 吸水率試験

ドラムの総回転数と吸水率の関係を図-31に示す。

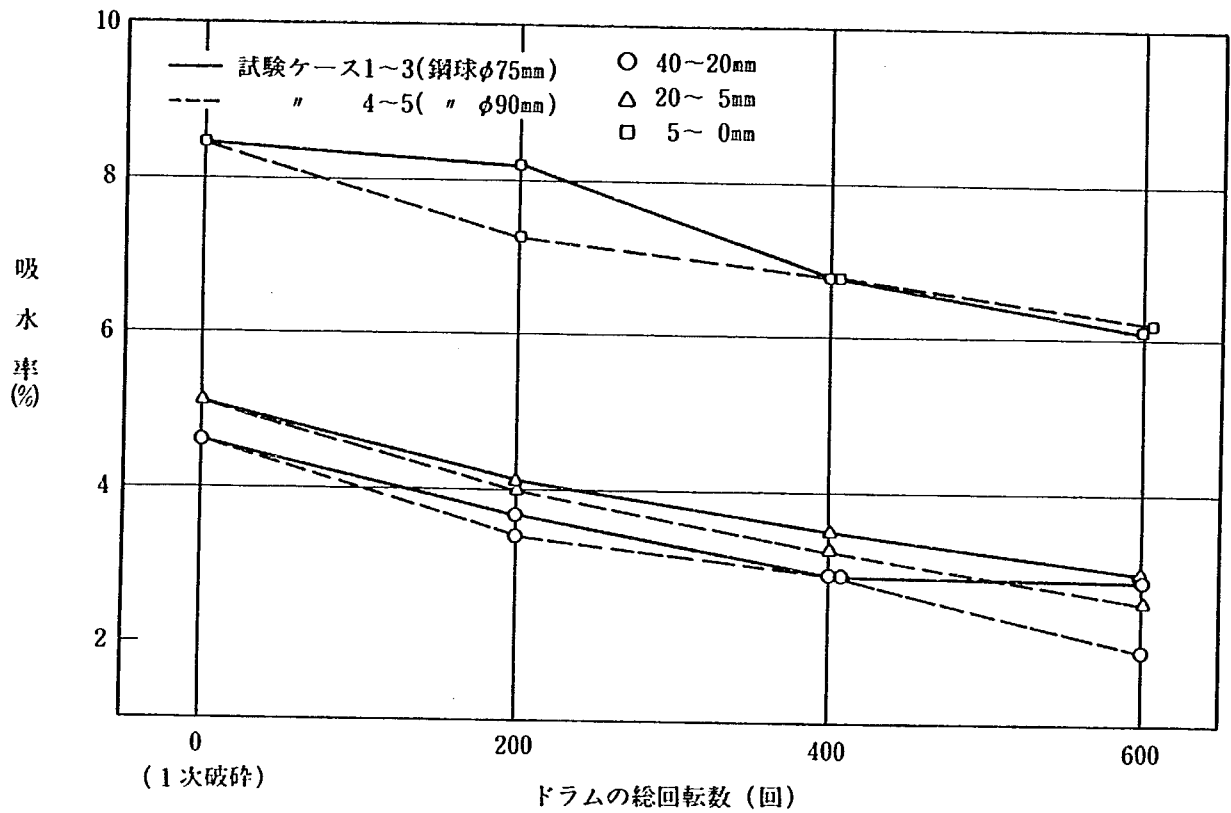


図-31 ドラムの総回転数と吸水率

### 4) 単位容積重量

ドラムの総回転数と単位容積重量の関係を図-32に示す。

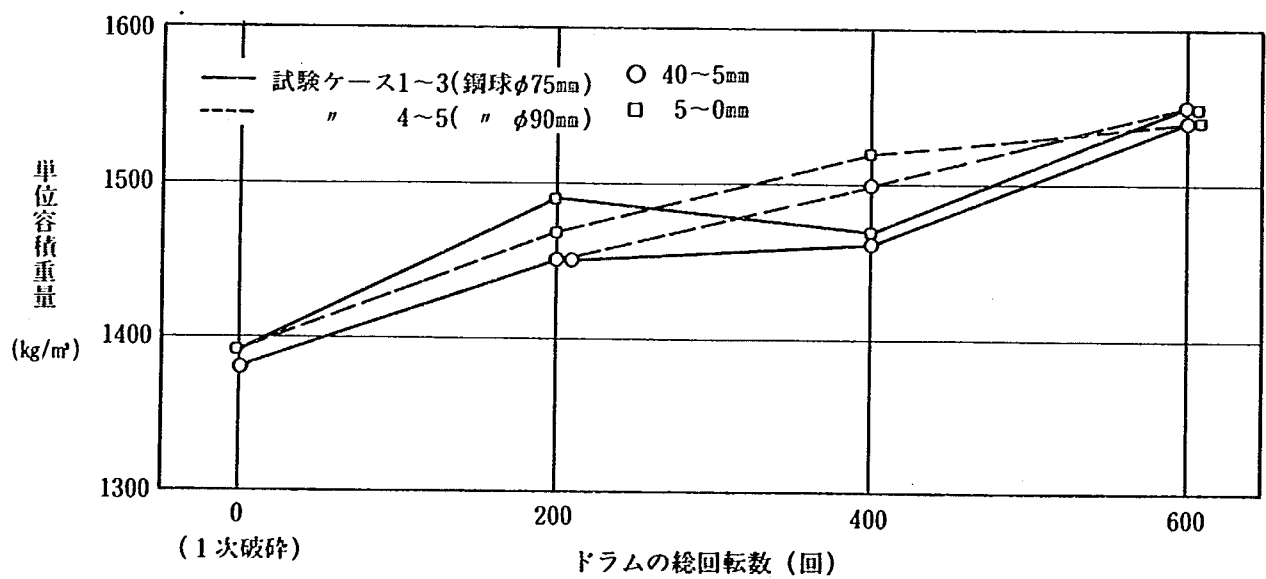


図-32 ドラムの総回転数と単位容積重量

### 5) 実 積 率

ドラムの総回転数と実積率の関係を図-33に示す。

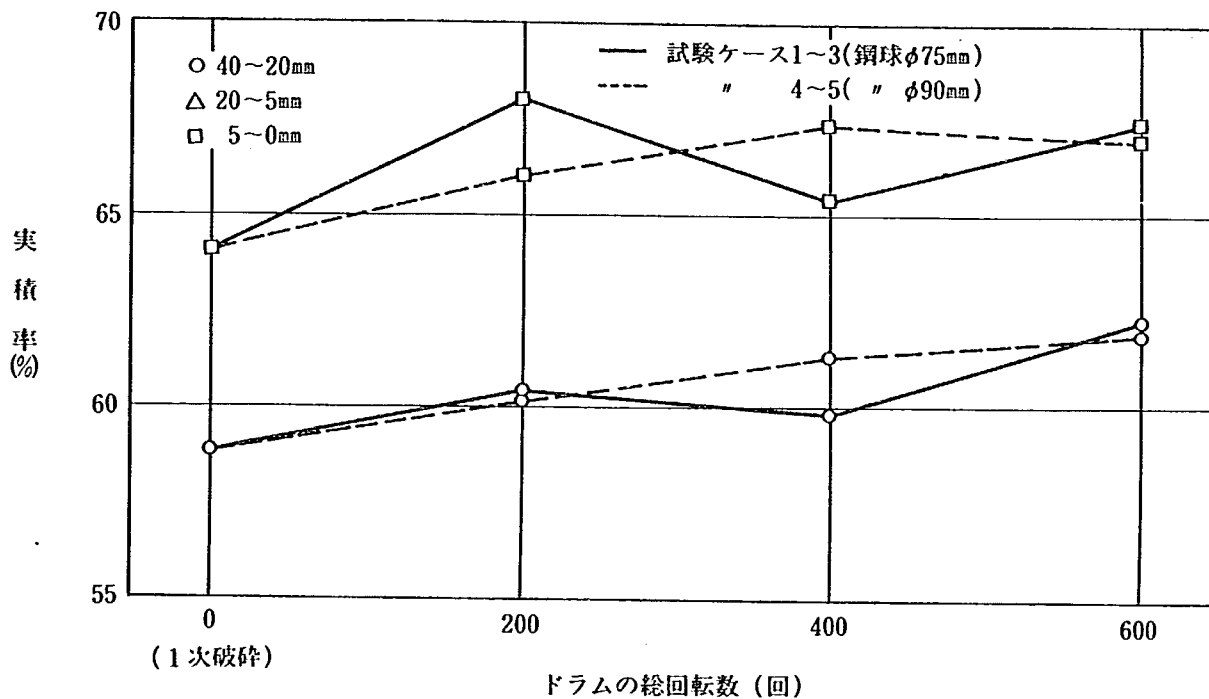


図-33 ドラムの総回転数と実積率

### 6) 粗粒率 (FM)

ドラムの総回転数と粗粒率 (FM) の関係を図-34に示す。

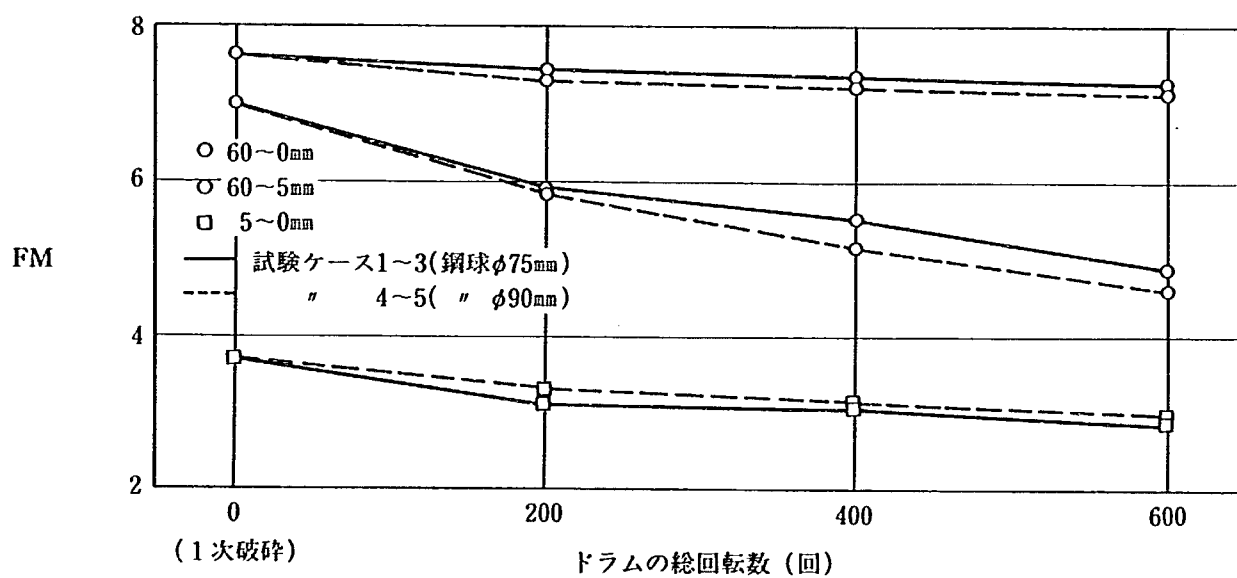


図-34 ドラムの総回転数と FM

### 3.3 試験結果の考察

#### 3.3.1 フルイ分け試験

- 1) 粒度分析(表-14)および粒度曲線図(図-23)から破碎効果を6ケースについて見れば、①ケース6、②ケース3、③ケース5、④ケース2、⑤、⑥ケース4、1の順位となり、ケース6(鋼球90mm、総回転数600回)が最も良く破碎されている。
- 2) 鋼球の種類毎で、総回転数の最も多いケース3とケース6について破碎効果を見れば  
① 図-27および図-28から、総回転数が多い程破碎効果が大きくなっている。  
② 図-29から粗骨材では両ケース共40~20mmの破碎効果が最も多く、鋼球90mmは75mmよりも効果が大きい傾向を示し、次いで60~40mmと20~5mmの順となっている。  
③ 細骨材では供給原料に対し、ケース6は3.7倍、ケース3では3.3倍にも増加している。  
これは骨材からセメントモルタル分が粉碎された結果と考えられる。
- 3) セメントモルタルの分離が完全に行われたとするならば40mmフルイの残留量は皆無となるはずであるが、最も破碎効果のあったケース6でも供給原料の17.9%に対し、11.6%が破碎されずに残っている。この原因として、  
① コンクリート廃材が硬い。  
② 破碎力が弱い。(鋼球重量の増加、または落下高等)  
③ 破碎効率の低下(微粉量の増大が起因)  
等が考えられる。
- 4) コンクリート練り混ぜに使用した骨材は、天然砂利と碎石とを混合した材料であるため、破碎骨材が原形のままか、または再破碎されたものであるかの判定は非常に困難であるが、目視による観察では再破碎は行われていないと判断された。

#### 3.3.2 比重、吸水率試験

破碎骨材の性状試験として比重、吸水率、単位容積重量、実積率、粗粒率等の各種試験を実施したが、ここでは比重、吸水率について考察を述べる。

##### 1) 比重試験

- ① 各粒径区分別の比重を図-35に示し、これをもとに表-16に示す消費電力量と対比したものを図-36に示す。図より与えたエネルギー(kwh/t)の大きいものほど比重が高くなる。
- ② 細骨材はオートファインと同様に原骨材の比重に比べ、非常に低い値を示している。

##### 2) 吸水率

- ① 各粒径区分別の吸水率を図-37に示し、これをもとに表-16に示す消費電力量と対比したものを図-38に示す。図より比重と同じように与えたエネルギー(kwh/t)の大きいものほど吸水率が低くなる。
- ② 各粒径区分での最も良い吸水率(低い値)は総てケース6が占めており、その値は40~

20mmは約20%，20～5mmは2.5%であるが，5～0mmでは約6.1%で原骨材の約0.7%の9倍にも達している。

- ③ 粗骨材の吸水率に比べ，細骨材の吸水率が高くなっているのは，粗骨材からセメントモルタル分が破碎されて，細骨材量が増加したことが考えられる。

### 3) 比重と吸水率の相関関係

比重，吸水率の相関関係を見るため図－39を作成した。

いずれの粒径区分に対しても比重と吸水率の間には強い相関性が見られる。

また，供給原料（△記号）と原骨材（●記号）の値から，各試験ケースの破碎効果を読みとることができ，1)で述べたように破碎回数の多いほど原骨材に近い値を示している。

### 3.3.3 消費電力量と比重，吸水率

破碎骨材の各種性状試験の結果から，各試験条件（6ケース）に対する破碎効果について述べてきた（3.3.1，3.3.2章）が再生骨材としての品質に大きな影響を与えると思われる比重と吸水率について，消費電力量（表－17）と対比し，これを図－36，図－38に示す。

図より，一般的に消費電力量の多いほど，比重，吸水率ともに良くなを傾向を示している。

しかし，鋼球1個当りの重量別毎に比較すると，投入した鋼球の全重量が同じ場合，軽い鋼球が数多く入ったケース1,2,3が，重い鋼球が数少ないケース4,5,6より効果的である。これは比重，吸水率とも言えることで，粒径が小さい程より効果があらわれている。

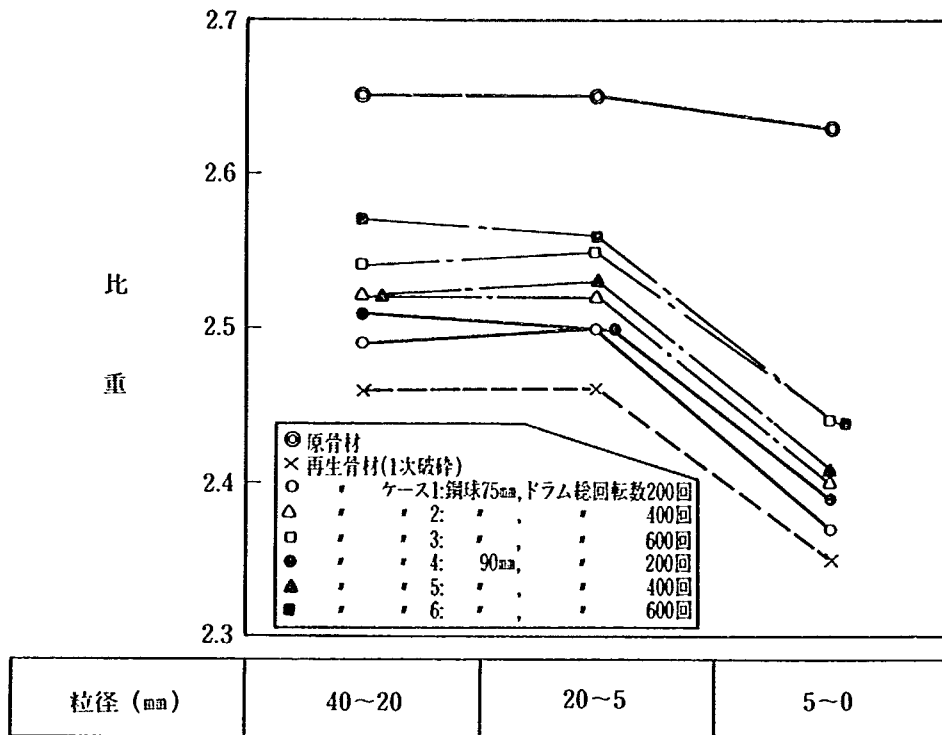


図- 3 5 粒径区分別の比重

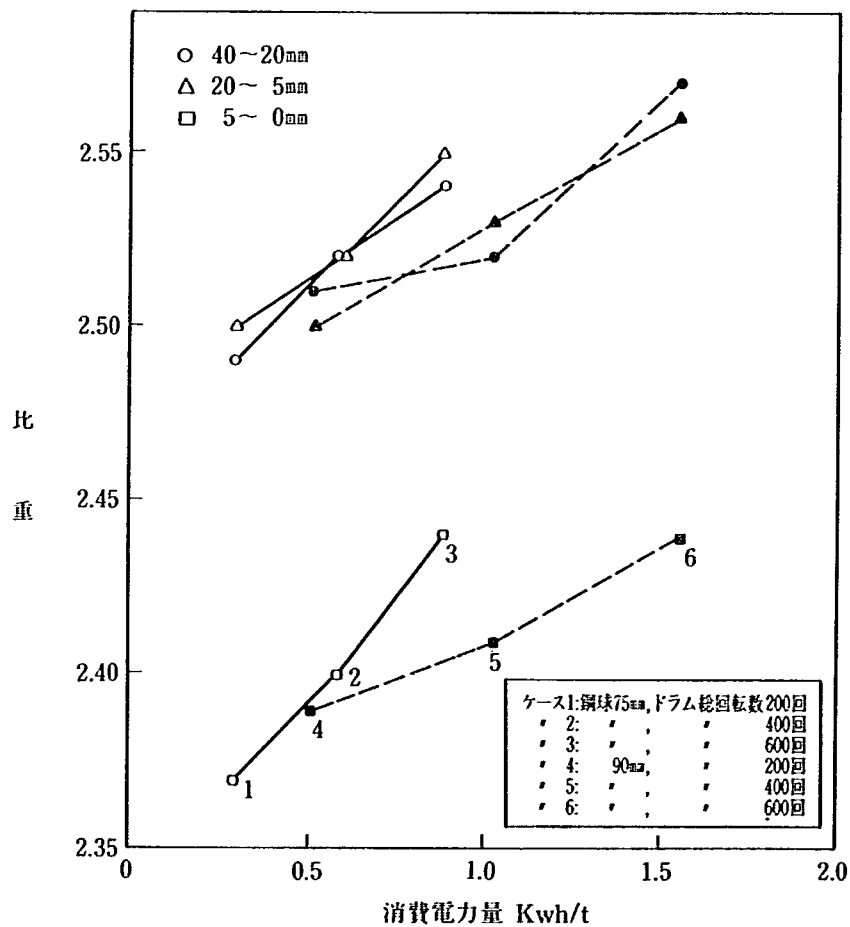


図- 3 6 消費電力量と比重

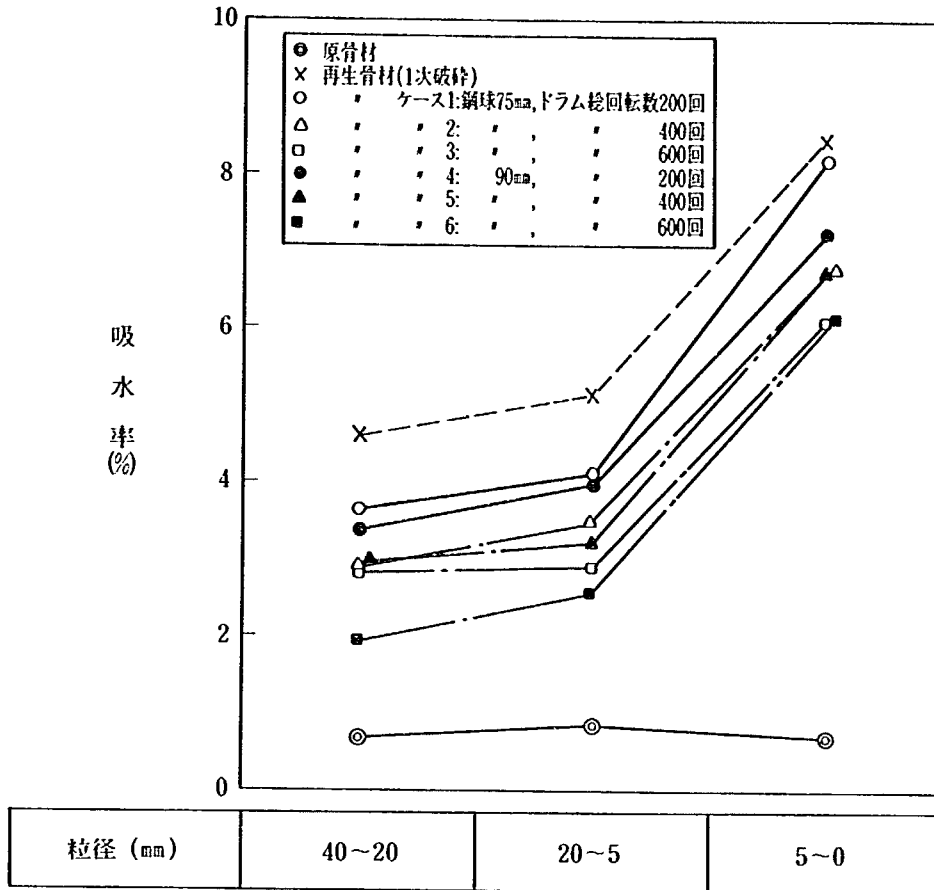


図- 3 7 粒径区分別の吸水率

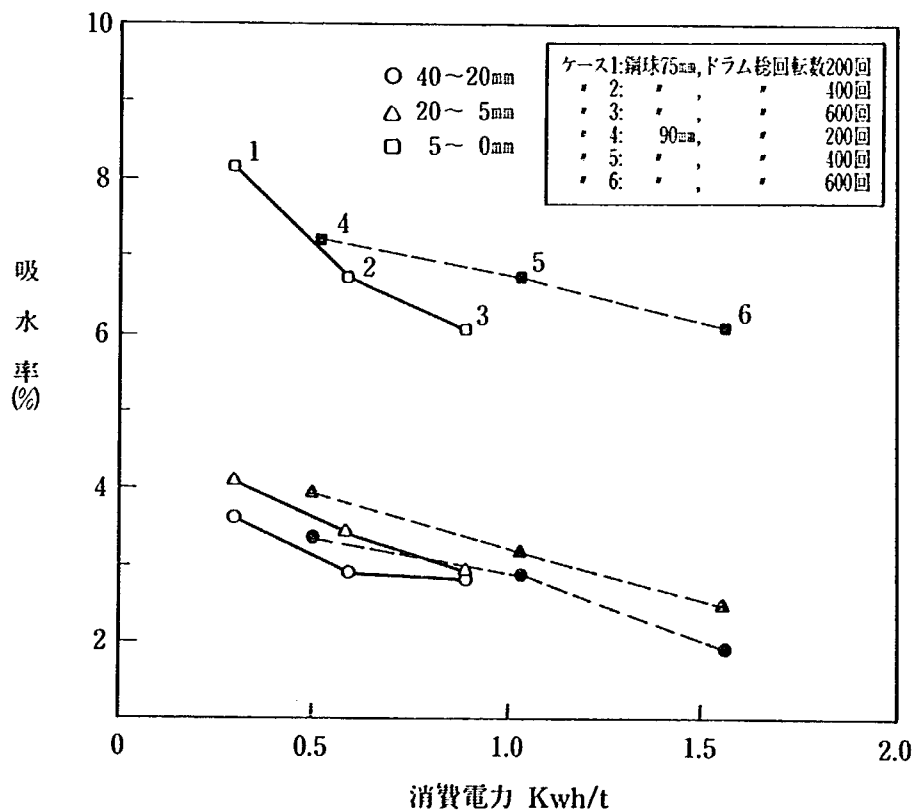


図- 3 8 消費電力量と吸水率

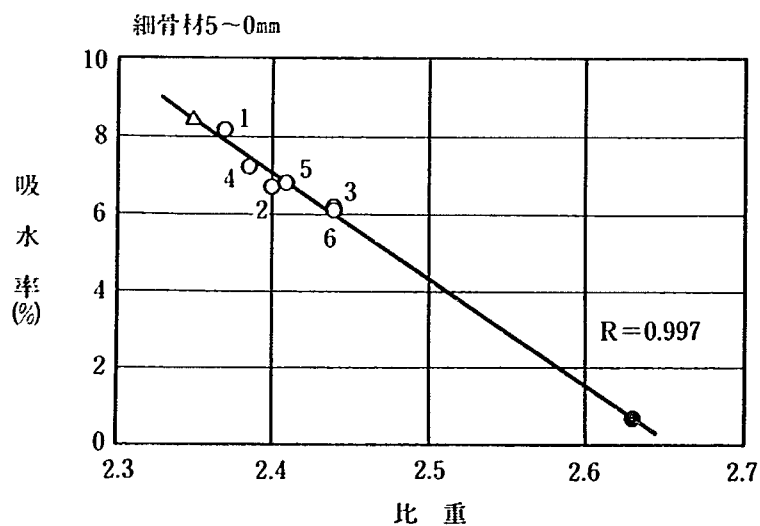
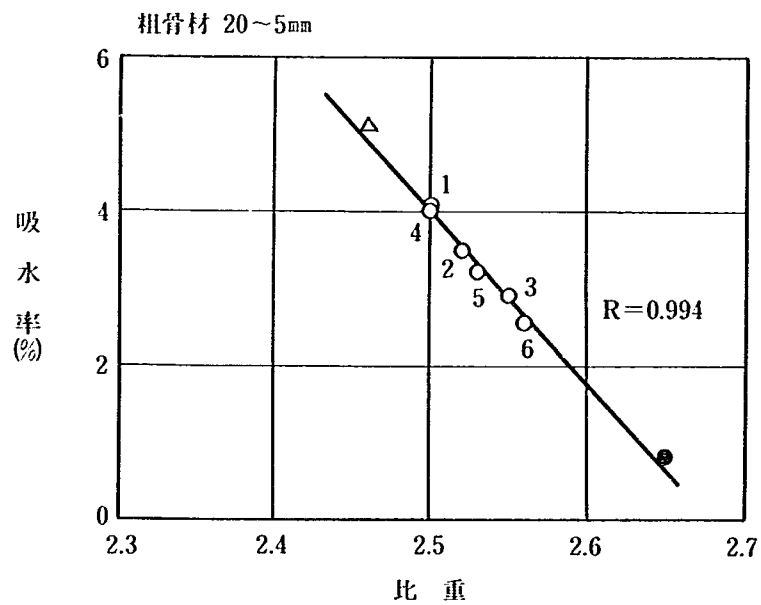
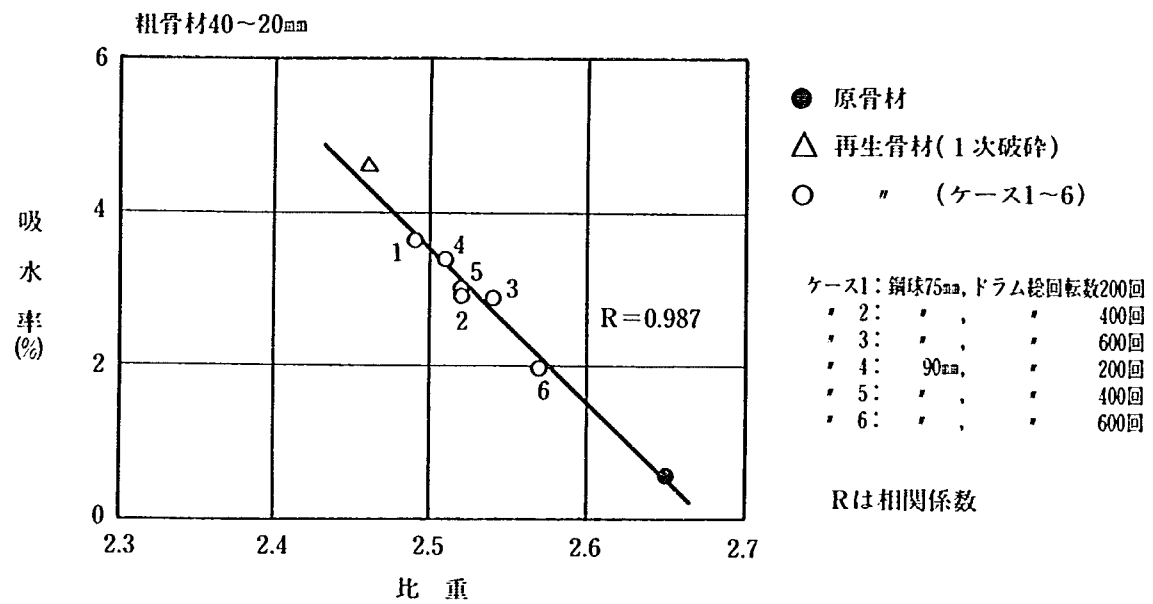


図-39 比重と吸水率

## 資料－ 2

### K社が開発したコンクリート再生骨材破碎専用プラントの概要

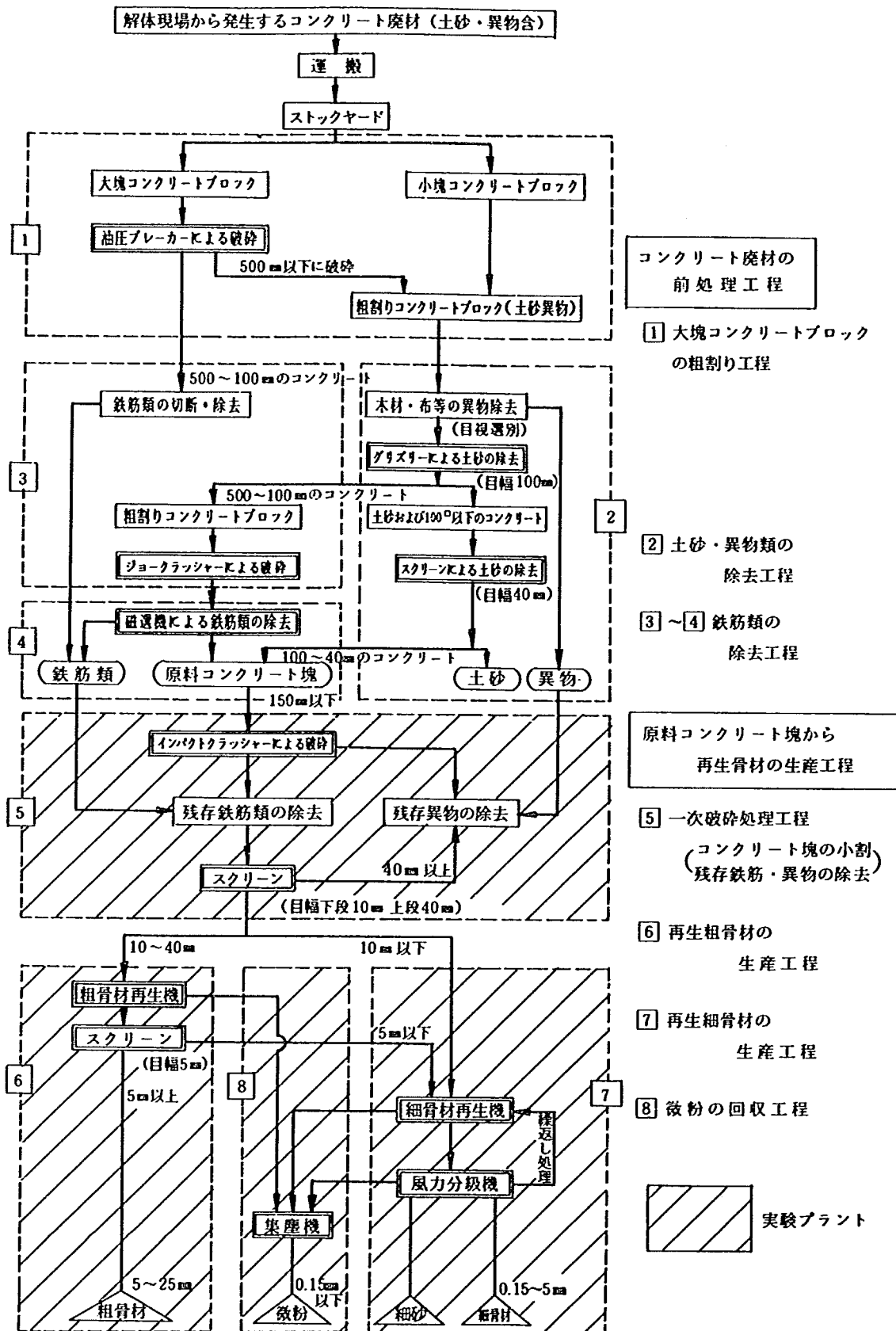
1. 再生骨材破碎専用プラント
2. 再生骨材の種類



## 1. 再生骨材破碎専用プラント

K社が開発した再生骨材破碎専用プラントの生産工程を説明する。

まず、構造物解体工事などの現場から骨材再生段階までのフローは図－1，図－2に示す通りである。ステップ①は、構造物体などの工事現場に相当し、ステップ②は、コンクリート塊に混入した土砂等をグリズリフィーダ等で除去する工程である。ステップ③では、ジョークラッシャー等でコンクリート塊を小割りにし鉄筋とコンクリートを剥離させ、ステップ⑤において、磁選機により剥離された鉄筋を除去する。以上が、当プラントへ搬入するまでに必要な措置であり、以下、ステップ⑤～⑧が当プラントの機能となる。



図ー1 コンクリート再生骨材製造のフロー

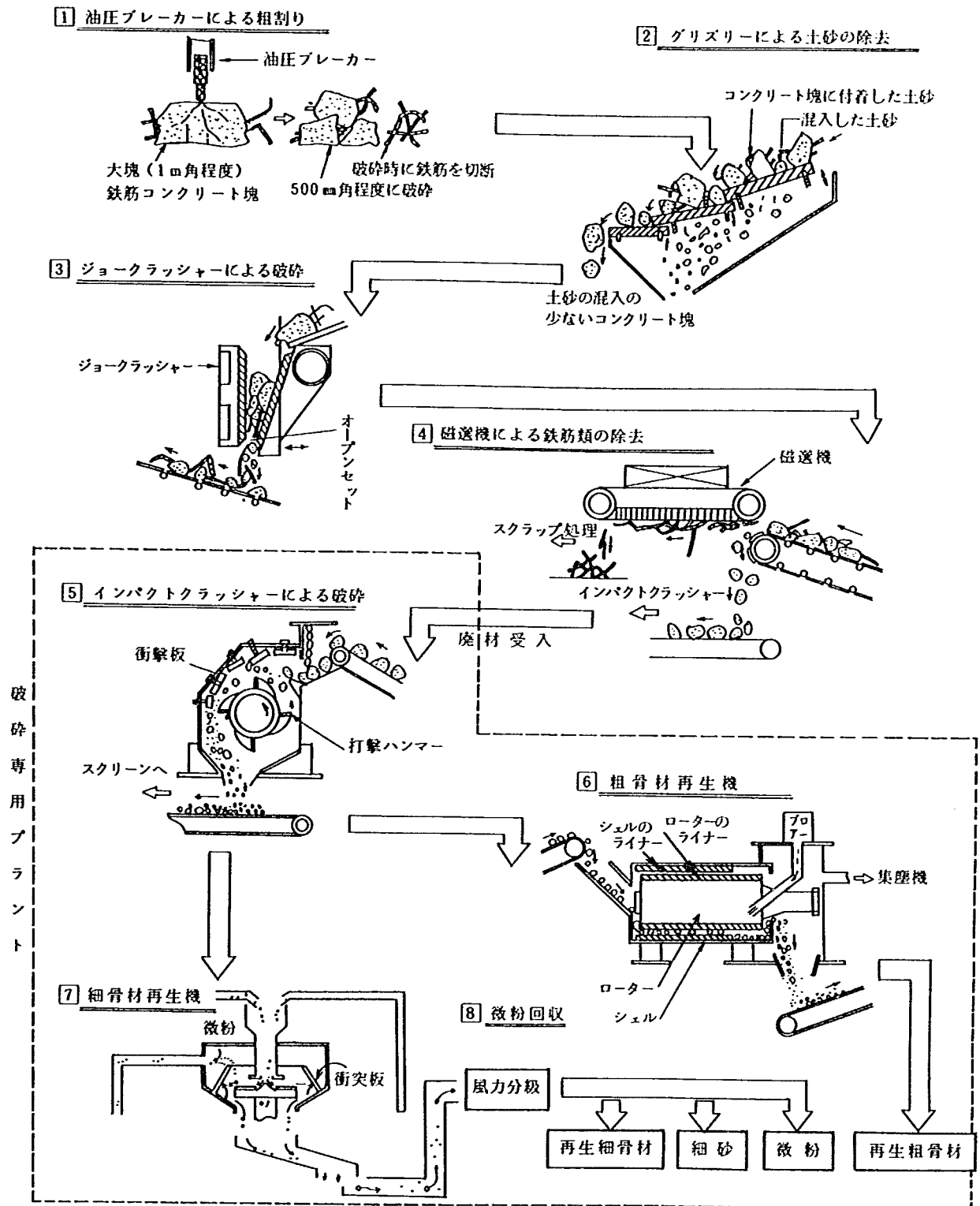
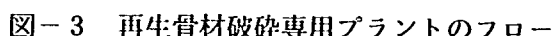


図-2 主な処理機械の概要

次に、ステップ⑤～⑧内で材料のフローを、図-3に示す。



まず、原料コンクリートを№1ホッパーに投入する。B.C.1によって運ばれ、破砕機（インパクト・クラッシャー）で破砕されスクリーンで3種類にふるいが分けられる。すなわち、B.C.4には0～10mm程度の粒、B.C.5には10～40mm程度の粒、そしてB.C.3には、40mm以上の粒が出て再び破砕機へまわり、最終的には、0～10mmの粒と10～40mmの粒を得る。

一次破碎工程で得られた 10 ～ 40 mm の粒を原料とし、№ 2 ホッパーに投入する。B.C.6 ～ B.C.7 を通り粗骨材再生機に入る。所定のセットで処理し、B.C.8 を通り、スクリーンでふるい分けられ B.C.5 から再生骨材を得る。

一次破碎工程で得られた 0 ～ 10 mm の粒を原料とし、No. 2 ホッパーに投入する。B.C.6 から B.C.9 を通り、細骨材再生機に入る。風力分級機を併用し、所定の回数処理をし、B.C.10 から再生細骨材を得る。

#### 4) 主要機械一覽

プラントを構成する主要機械の性能諸元を表－1に示す

表－1 プラントを構成する主要機械

| 機 械 名                                   | 主 な 原 動 機 出 力 (kw)               | 定 格 電 流 値 (A)           | そ の 他                          |
|-----------------------------------------|----------------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| 破 砕 機<br>(インパクトクラッシャー)                  | 55 kw                            | 180 A                   | 碎石破碎能力<br>20～80 t/h            |
| 粗 骨 材<br>再 生 機                          | シェ ル 22 kw<br>ローター 55 kw         | 76 A<br>170 A           | 通常使用能力<br>15～40 t/h            |
| 細 骨 材<br>再 生 機                          | ローター 30 kw                       | 105 A                   | 通常使用能力<br>1パス当り<br>30 t/h      |
| 集 塵 機                                   | 15.75 kw                         | 52 A                    | 最 大<br>130 m <sup>3</sup> /min |
| ベルトコンベアー<br>スクリーン<br>ホッパー, フィーダー<br>その他 | 1.0 ～ 1.5 kw<br>3.7 kw<br>1.5 kw | _____<br>_____<br>_____ | _____<br>5 t/h<br>_____        |

## 2. 再生骨材の種類

従来の実験結果より、当プリントによる再生骨材の各種生産方法と品質の関係は得られている。今回の調査で生産することとした粗骨材タイプ、細骨材タイプの品質程度を表-2に、その代表記号と共に示す。

表-2 再生骨材の種類

|             | 記 号       | 品 質                                                          |
|-------------|-----------|--------------------------------------------------------------|
| 粗<br>骨<br>材 | M G - 0   | 原料コンクリートを破砕機で、一次破砕しただけのもの。再生骨材MG-1, MG-5の原料となる。              |
|             | M G - 1   | 粗骨材再生機による最も簡単な生産方法で、処理量が多いもの。衝撃力による破砕が主である。                  |
|             | M G - 5   | 粗骨材再生機による最も処理程度の高い生産方法で従来の骨材規格をすべて満足するもの。衝撃力、圧壊力、すりへり力による破砕。 |
| 細<br>骨<br>材 | ※ M S - 0 | 原料コンクリートを一次破砕したもののうち10mm以下の粒。再生骨材MS-1, MS-3の原料となる。           |
|             | M S - 1   | 細骨材再生機による最も簡単な生産方法で、処理量の多いもの。MS-0を2回細骨材再生機に通したもの。            |
|             | M S - 3   | MS-0を4回細骨材再生機に通したもの。                                         |

※製品ではないが、処理工程の都合で記載した。



土木研究所資料第2495号      部

上記のとおり受領しました。

所 属（住所）

氏 名                      印