

# 細骨材の推定粗粒率の試験方法

ZKT - 110:1983 (制定)

1991 (改正)

2007 (改正)

[全生工組連試験方法]

1. 適用範囲 この規格は、主としてコンクリートの生産工程管理に適用するもので、種類、産地、生産工程、粒度区分が同一のコンクリート用細骨材に対して推定粗粒率を求める方法について規定する。

2. 引用規格 次に掲げる規格は、この規格に引用されることによって、この規格の規定の一部を構成する。これらの引用規格は、その最新版（追補を含む。）を適用する。

JIS A 0203 コンクリート用語

JIS A 1102 骨材のふるい分け試験方法

JIS Z 8801-1 試験用ふるい - 第1部：金属製網ふるい

3. 定義 この規格で用いる主な用語の定義は、JIS A 0203 によるほか、次による。

3.1 推定粗粒率 試験用ふるいは公称目開きが 300 μm, 600 μm, 1.18mm 及び 2.36mm から、対象とする細骨材について、あらかじめ行ったふるい分け試験の結果に基づいて選んだ、最適の二つの試験用ふるいによるふるい分け試験結果から求めた、粗粒率の推定値。

3.2 推定粗粒率算定式 対象とする細骨材について、あらかじめ行ったふるい分け試験によって求めた、粗粒率との重相関係数が最大となるように定めた推定粗粒率の算定式。

4. 試験器具

4.1 はかり はかりは、ひょう量 1kg 以上で、目量が 0.5g 又はこれより小さいものとする。また、その構造は、皿の中心から、直径 3mm 以下の金網線で試料容器又は試験用ふるいを吊し、これを水中に浸すことのできるものとする。

4.2 試料容器 試料容器は、直径約 200mm、高さ約 200mm の金属製又はプラスチック製の容器で、水密なものとする。

4.3 水槽 水槽は、試料容器を水中に入れる適当な大きさのものとする。

4.4 試験用ふるい 試験用ふるいは、JIS Z 8801-1 に示される試験用ふるいのうち、300 μm, 600 μm, 1.18mm 及び 2.36mm のものとする。

5. 試料 試料は、代表的なものを採取し、四分法又は試料分取器によって、ほぼ 500g となるまで縮分する。

6. 推定粗粒率算定式及び使用試験用ふるいの決定

6.1 粗粒率の計算

1) 対象とする細骨材について、3 ヶ月程度の間採取した 30 回以上<sup>(1)</sup>JIS A 1102 によるふるい分け試験を行う。

注<sup>(1)</sup> あらかじめ実施されたふるい分けの試験の結果がある場合には、それを用いてもよい。

2) 6.1 1) のふるい分け試験結果から、次の式によって粗粒率  $Y_i$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, n$  は試料の数) を算出する。

$$Y_i = \sum_{k=1}^6 P_k \times 100$$

ここに、 $Y_i$  :  $i$  番目の試料の粗粒率 ( $i = 1, 2, 3, \dots, n$ )

$P_k$  :  $i$  番目の試料の各試験用ふるいに留まる分率 (%) <sup>(2)</sup> ( $k = 1, 2, 3, \dots, n$ )

すなわち、

$P_1$  : 4.75mm 試験用ふるいに留まる分率 (%)

$P2$  : 2.36mm 試験用ふるいに留まる分率 (%)

$P3$  : 1.18mm 試験用ふるいに留まる分率 (%)

$P4$  : 600  $\mu\text{m}$  試験用ふるいに留まる分率 (%)

$P5$  : 300  $\mu\text{m}$  試験用ふるいに留まる分率 (%)

$P6$  : 150  $\mu\text{m}$  試験用ふるいに留まる分率 (%)

注<sup>(2)</sup> ここでいう、試験用ふるいに留まる分率とは、その試験用ふるい及びそれより大きい試験用ふるいに留まる分率の和のことである。

## 6.2 重相関係数の計算

- 1) 各試料について、6.1 1)で求めた各試験用ふるいに留まる試料の質量分率 (%) から公称目開きが 300  $\mu\text{m}$ 、600  $\mu\text{m}$ 、1.18mm 及び 2.36mm 試験用ふるいのうち二つの試験用ふるいにとどまる分率 ( $x_{1i}$ 、 $x_{2i}$ ) (%) を選び出し、6.1 2) で求めた粗粒率 ( $Y_i$ ) を用いて、次の式によって  $a_0$ 、 $a_1$  及び  $a_2$  を計算する<sup>(3)</sup>。

$$a_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i - a_1 \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_{1i} - a_2 \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_{2i}$$

$$a_1 = \frac{S(x_1, y)S(x_2, x_2) - S(x_2, y)S(x_1, x_2)}{S(x_1, x_1)S(x_2, x_2) - \{S(x_1, x_2)\}^2}$$

$$a_2 = \frac{S(x_1, x_1)S(x_2, y) - S(x_1, x_2)S(x_1, y)}{S(x_1, x_1)S(x_2, x_2) - \{S(x_1, x_2)\}^2}$$

ここに、 $Y_i$  : 6.1 2) で求めた粗粒率

$x_{1i}$  : 6.1 1) の結果から選んだ呼び寸法の大きい方の試験用ふるいに留まる分率 (%)

$x_{2i}$  : 6.1 1) の結果から選んだ呼び寸法の小さい方の試験用ふるいに留まる分率 (%)

$n$  : 粗粒率 ( $Y_i$ ) を求めた試料の数

$$S(x_1, x_1) = \sum_{i=1}^n x_{1i}^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n x_{1i}\right)^2}{n}$$

$$S(x_2, x_2) = \sum_{i=1}^n x_{2i}^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n x_{2i}\right)^2}{n}$$

$$S(x_1, x_2) = \sum_{i=1}^n x_{1i}x_{2i} - \frac{\left(\sum_{i=1}^n x_{1i}\right)\left(\sum_{i=1}^n x_{2i}\right)}{n}$$

$$S(x_1, y) = \sum_{i=1}^n x_{1i}Y_i - \frac{\left(\sum_{i=1}^n x_{1i}\right)\left(\sum_{i=1}^n Y_i\right)}{n}$$

$$S(x_2, y) = \sum_{i=1}^n x_{2i}Y_i - \frac{\left(\sum_{i=1}^n x_{2i}\right)\left(\sum_{i=1}^n Y_i\right)}{n}$$

注<sup>(3)</sup> 四つの試験用ふるいから二つの試験用ふるいを選ぶ組合せは、6通りあるから、6.2 1) から 6.2 4) まで計算は、6回繰り返すことになる。

- 2) 次の式に、6.2 1) で求めた  $a_0$ 、 $a_1$  及び  $a_2$  の値を代入し、6.2 1) で選んだ二つの試験用ふるいを用いる場合の粗粒率の推定値を求める式とする。

$$Y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2$$

ここに、 $Y$  : 粗粒率の推定値

$X_1$  : 呼び寸法の大きい方の試験用ふるいに留まる分率 (%)

$X_2$  : 呼び寸法の小さい方の試験用ふるいに留まる分率 (%)

- 3) 6.2.2)で求めた粗粒率の推定値を算定する式の  $X_1, X_2$  にそれぞれ  $x_{1i}, x_{2i}$  を代入し,  $x_{1i}, x_{2i}$  に対する粗粒率の推定値  $Y$  を求める。
- 4) 6.1.2)で求めた粗粒率  $Y_i$  と 6.2.3)で求めた粗粒率の推定値  $\bar{Y}$  の推定値とを用いて, 次の式によって重相関係数を求める。

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})(X_i - \bar{X})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2 \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}}$$

ここに,  $R$  : 重相関係数

$Y_i$  : 粗粒率 ( $i=1, 2, 3, \dots, n$ )

$\bar{Y}$  : 次の式によって計算した粗粒率の平均値

$$\bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n}$$

ここに,  $Y$  : 粗粒率の推定値 ( $i=1, 2, 3, \dots, n$ )

- 5) 残りの5通りの試験用ふるいの組合せについて, それぞれ6.2.1)~6.2.4)の計算を繰り返し, 初回のものと併せて六つの算定式と重相関係数を求める。

### 6.3 推定粗粒率算定式の決定

- 1) 6.2で求めた6通りの算定式のうち, 重相関係数が最大を示すものに対し, 次の式によって標準誤差を求める。

$$\sigma_e = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}{n}}$$

ここに,  $\sigma_e$  : 標準誤差

$Y_i$  : 粗粒率 ( $i=1, 2, 3, \dots, n$ )

$\bar{Y}$  : 粗粒率の推定値 ( $i=1, 2, 3, \dots, n$ )

$n$  : 粗粒率( $Y_i$ )を求めた試料の数

- 2) 6.3.1)で求めた標準誤差が0.05以下の場合, この算定式を対象とする細骨材の推定粗粒率算定式として次のように表す。

$$Y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2$$

- 3) 6.3.1)で求めた標準誤差が0.05を超える場合は, 対象とする細骨材の推定粗粒率はこれを求めることができない。

- 6.4 推定粗粒率を求めるための試験用ふるいの決定 6.3.2)で決定した推定粗粒率算定式を定めるにあたって用いた二つの試験用ふるいを対象とする細骨材の推定粗粒率を求めるための試験用ふるいとする。

## 7. 試験方法及び推定粗粒率の計算

- 7.1 ふるい分け ふるい分けは次のとおり行う。

- 1) 試料を試料容器に入れ, 水を適量注いで十分に空気泡を追い出してから試料容器を静かに水中に入れ, 水中質量<sup>(4)</sup>を0.5gまで正確にはかり, あらかじめはかっていた試料容器の水中質量<sup>(4)</sup>を差し引いて( $W$ )とする。
- 2) 試料を6.4で決めた二つの試験用ふるいを用い, 水中又は水をかけながら試料をふるい分ける。1分間に各試験用ふるいに留まる試料質量の1%以上がその試験用ふるいを通過しなくなるまで作業を行う。
- 3) ふるい分けを終わった後, 試料をそれぞれの試験用ふるいに入れたまま水中質量をはかり, あらかじめ求めておいた試験用ふるいの水中質量を差し引いて, 呼び寸法の大きい試験用ふるいに留まる試料の水中質量( $W_1$ )及び呼び寸法の大きい試験用ふるいを通過し, 呼び寸法の小さい試験用ふるいに留まる試料の水中質量( $W_2$ )を求める。

注<sup>(4)</sup> この規格でいう水中質量とは、水中における見掛けの質量をいう。

7.2 試料の各試験用ふるいに留まる量の計算 試料の各試験用ふるいに留まる分率 ( $P_1$  及び  $P_2$ ) を次の式によって算出し、四捨五入を行って整数に丸める。

$$P_1 = \frac{W_1}{W} \times 100$$

$$P_2 = \frac{W_1 + W_2}{W} \times 100$$

ここに、 $P_1$  : 試料全体の水中質量に対する、呼び寸法の大きい試験用ふるいに留まる試料の水中質量の分率 (%)

$P_2$  : 試料全体の水中質量に対する、呼び寸法の小さい試験用ふるいに留まる試料の水中質量の分率 (%)

$W$  : 試料の水中質量 (g)

$W_1$  : 呼び寸法の大きい試験用ふるいに留まる試料の水中質量 (g)

$W_2$  : 呼び寸法の大きい試験用ふるいを通過し、呼び寸法の小さい試験用ふるいに留まる試料の水中質量 (g)

7.3 推定粗粒率の計算 6.3 (2) で定めた推定粗粒率算定式の  $X_1$  及び  $X_2$  に、それぞれ  $P_1$  及び  $P_2$  を代入して推定粗粒率  $Y$  を算出し、四捨五入を行って小数点以下 2 けたに丸める。

8. 報 告 報告は次の項目を記載する。

- 1) 細骨材の種類及び産地
- 2) 試料を採取した場所及び採取日
- 3) 算定式を求めるために行った試験の期間
- 4) 算定式を定めた年月日
- 5) 用いた試験用ふるい、算定式及び標準誤差
- 6) 推定粗粒率

# 細骨材の推定粗粒率の試験方法

## 解 説

この解説は、本体に規定した事柄及びこれらに関連した事柄を説明するもので、規格の一部ではない。

コンクリート生産工程における日常管理試験項目の一つに細骨材の粗粒率がある。粗粒率はJIS A 1102（骨材のふるい分け試験方法）によるふるい分け試験結果から計算によって求められるが、この試験では試料を100～110で恒量となるまで乾燥する必要があること、および多くの試験用ふるいによるふるい分け作業を必要とすることなどにより、検査データの生産工程への迅速なフィードバックを必要とする場合には必ずしも適切な試験方法とは言えない。このため、工程管理において細骨材の粗粒率を簡易かつ迅速に求めるための試験方法の制定が望まれていた。

1. 適用範囲について この規格の適用範囲を、主としてコンクリートの生産工程管理用試験とし、種類、産地、生産工程および粒度及び粒度区分が同一のコンクリート用細骨材の粗粒率の推定に適用することとした。

レディーミクストコンクリート工場で用いられている各種の細骨材について、JIS A 1102（骨材のふるい分け試験方法）による粗粒率とこの規格による推定粗粒率との関係を調査した結果、両者の間に強い相関関係が認められた。このように、細骨材の種類、産地、生産工程および粒度区分が同一で、その骨材の粒度分布がほぼ安定している場合、本規格を適用して粗粒率を推定することが可能となる。しかし、本規格により求めた推定粗粒率は、JIS A 1102（骨材のふるい分け試験方法）による結果から計算した粗粒率と同一でないことは明らかである。また、この規格では過去のデータを用いて推定式を作成するため、長期間経過すると推定式作成時の細骨材と生産工程で使用中の細骨材がほぼ同一の粒度分布を示しているとは見なせない場合も生じ、推定式の見直しも必要になる。

このようなことから、本規格をコンクリートの生産工程管理用試験として位置付けたのであり、JIS A 1102（骨材のふるい分け試験方法）による粗粒率との関係を確認しながら、この規格の適用を図っていく必要がある。

2. 試験器具について この規格では、水中で質量測定およびふるい分け操作を行うため、これに適した試験用器具を選定すればよい。

なお、推定式を作成する場合には、粗粒率を求めておく必要があるので、本体に示した試験用ふるいのほかに、公称目開きが150 $\mu$ m及び4.75mmの試験用ふるいが必要である。本体に示した試験用ふるいは、推定式が作成されたのちに必要となるものである。規格制定のために行った調査研究では、公称目開きが150 $\mu$ m及び4.75mmの試験用ふるいを除いても、推定の精度にはほとんど影響しないことが確認されている。そのうえ、これらを除くと作業性が相当に向上する。

3. 試料について 試料は、工程中の細骨材を代表するように採取し、また、縮分、計量時に分離させないように注意する。

4. 試験方法について

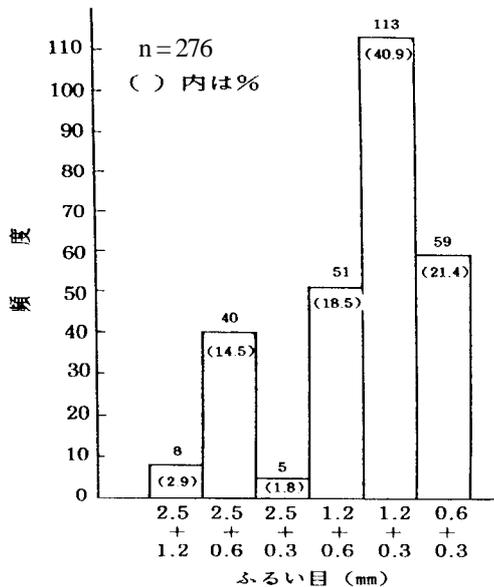
4.1 推定粗粒率の算定式の決定 算定式の決定に際しては、生産工程中の粗粒率の分布を的確にとらえる必要があり、このためには3ヶ月程度の間採取した30回以上の試料のふるい分け試験結果を必要とする。

このふるい分け試験結果を用い、公称目開き300 $\mu$ mから2.36mmまでの4つの各試験用ふるいとどまる分率（以下ふるい残分と略す）のうち2つのふるい残分を選び出し、これと計算によって求められた粗粒率との重回帰分析を行い、重回帰式と重相関係数を求める。この計算手順は規格本体にも示してあるが、相当に煩雑であることは否定できない。これを容易にするためには、最近完備されてきているコンピュータソフトを利用するのが良策である。2つのふるい残分の組合せは6通りあるので、算定式の決定にあたって合計6組の重回帰式と重相関係数を求めることになる。そのなかの最大相関係数を示す重回帰式が推定粗粒率の算定式として、またそれに使用されている試験用ふるいの組合せが、推定粗粒率を求める試験に用いられるものとして決定される。

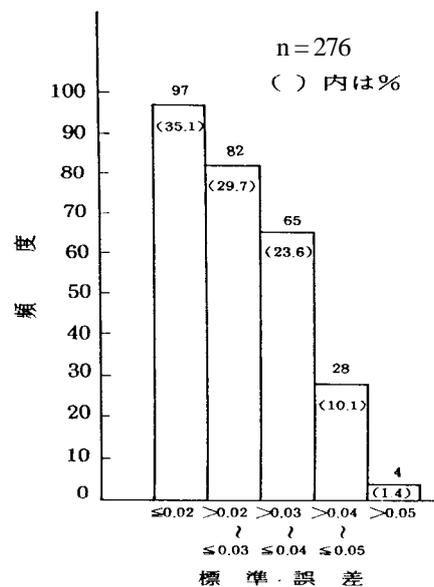
なお、2つの試験用ふるいの決定には、推定誤差すなわち粗粒率と推定粗粒率の差の標準偏差が最小となるように2つの試験用ふるいを選定すべきであるが、最大重相関係数を用いる方法と一致することが確認されたので、上記の方法とした。また、重相関係数が最大となる試験用ふるいの組合せを決定する手順を省き、これを固定してしまえば、より簡素化が図られるが、解説図1に示すように、最大重相関係数を示す2つの試験用ふるいの組合せは一定でない。したがって、対象とする細骨材について最適な試験用ふるいの組合せを求める必要がある。

解説図2は、推定粗粒率算定式の精度を確認するため、276種の細骨材について、30回の試験用ふるい分け試験結果から推定粗粒率の算定式を決定し、その標準誤差（粗粒率と推定粗粒率の差の標準偏差）を求めた結果である。これによれば、標準誤差の大半が0.05以下となっていることがわかる。一方、コンクリートの生産工程管理においては、通常粗粒率が $\pm 0.2$ 以上変化した場合に配合修正を行う。これを考慮すると標準誤差は0.05以下であることが望まれる。したがって標準誤差が0.05を超える場合にはその算定式は適用できないものとし、算定式の見直し等を行うこととしたのである。

また、工程管理試験に適用後1回/月程度粗粒率と推定粗粒率との比較を行い、その差が0.05を超えた場合には推定精度に注意する必要がある。このような場合には、引き続いて2回の同様な比較を行い、その結果がいずれも0.05を超えるようであれば、算定式の見直しを行うのがよい。



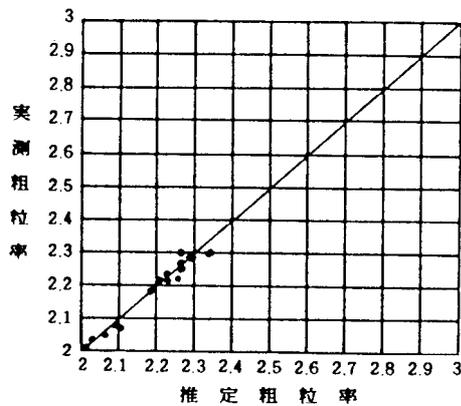
解説図1 最大相関係数を示す公称目開きのヒストグラム



解説図2 標準誤差のヒストグラム

各種の細骨材について本規格に基づく回帰式と推定粗粒率との関係式の例を解説図3に示した。

(a) 川砂の例



〔実測粗粒率〕

n : 30 平均 : 2.15 最大 : 2.30 最小 : 2.00

〔推定粗粒率を求めるための重回帰式〕

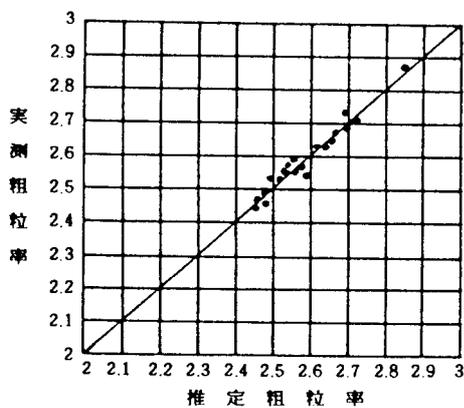
$X_1 = 0.6$   $X_2 = 300\mu m$  試験用ふるい

$Y = 0.0146X_1 + 0.0125X_2 + 0.8231$

相関係数 = 0.9798

標準誤差  $e = 0.0209 < 0.05$

(b) 山砂の例



〔実測粗粒率〕

n : 30 平均 : 2.57 最大 : 2.88 最小 : 2.44

〔推定粗粒率を求めるための重回帰式〕

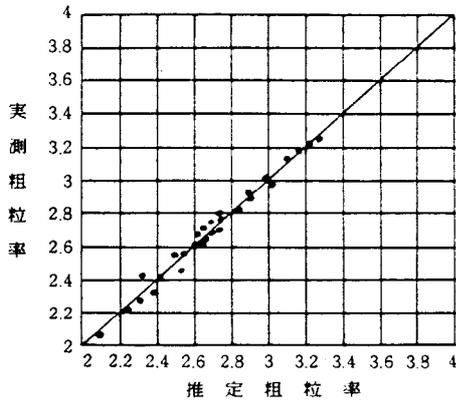
$X_1 = 1.2$   $X_2 = 300\mu m$  試験用ふるい

$Y = 0.0295X_1 + 0.0066X_2 + 1.2883$

相関係数 = 0.9747

標準誤差  $e = 0.0169 < 0.05$

(c) 海砂の例



〔実測粗粒率〕

n : 30 平均 : 2.71 最大 : 3.24 最小 : 2.04

〔推定粗粒率を求めるための重回帰式〕

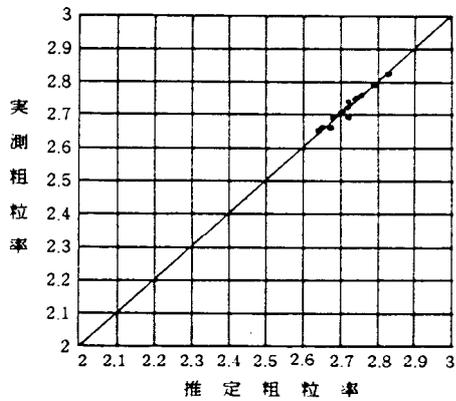
$X_1 : 1.2 \quad X_2 : 300 \mu\text{m}$  試験用ふるい

$$Y = 0.0241X_1 + 0.0202X_2 + 0.4168$$

相関係数 = 0.9883

標準誤差  $\sigma_e = 0.0435 < 0.05$

(d) 砕砂の例



〔実測粗粒率〕

n : 30 平均 : 2.71 最大 : 2.82 最小 : 2.65

〔推定粗粒率を求めるための重回帰式〕

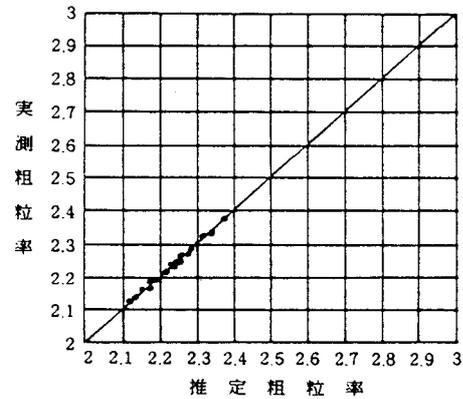
$X_1 = 2.5 \quad X_2 = 300 \mu\text{m}$  試験用ふるい

$$Y = 0.0214X_1 + 0.0264X_2 + 0.5480$$

相関係数 = 0.9726

標準誤差  $\sigma_e = 0.0111 < 0.05$

(e) 水滓スラグの例



〔実測粗粒率〕

n : 30 平均 : 2.23 最大 : 2.38 最小 : 2.12

〔推定粗粒率を求めるための重回帰式〕

$X_1 = 0.6 \quad X_2 = 300 \mu\text{m}$  試験用ふるい

$$Y = 0.0166X_1 + 0.0109X_2 + 0.6314$$

相関係数 = 0.9946

標準誤差  $\sigma_e = 0.0055 < 0.05$

解説図3 推定粗粒率と実測粗粒率との関係

4.2 ふるい分け

1) 試料の入った試料容器を水中に入れ、水中質量を測定する場合、微粉が水中に懸濁するが、その量はわずかであり、試験結果への影響も少ないので、微粉の沈降を待たずに水中質量を測定してよい。ただし、微粉の容器外への逸散を少なくするため、容器を静かに沈める必要がある。

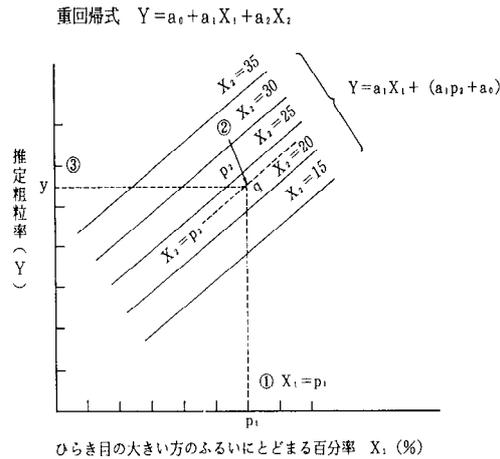
2) ふるい分けの終点の決め方は、JIS A 1102 (骨材のふるい分け試験方法) に準じて 1%以上が試験用ふるいを通過しなくなるまで作業を行うとした。

なお、推定粗粒率の算定式を求める際のふるい分けは乾式であり、本手順でも乾式にすべきであるとの考え方も

あるが、両者の間には実用上問題となるような差がないことが確かめられたので、試験の簡便さを考えて本体のように定めた。

5. 結果の計算について 試料の2つのふるい残分をそれぞれ計算し、その値を算定式（重回帰式）に代入して推定粗粒率を求めるが、算定式で計算する代わりに、図表で求める方法も便利であるので、参考までに付記する。

あらかじめ一定の値ごとに区切った  $p_2$  を  $X_2$  に代入して回帰式を  $Y = a_1 X_1 + (a_2 p_2 + a_0)$  としてプロットし、計算図を作成する。  $X_1$  軸上の  $p_1$  より  $Y$  軸に平行な線を引く、計算図の回帰直線に平行に  $p_2$  に応じた回帰直線を引く、その交点  $q$  から  $X_1$  軸に平行な線を引き、軸との交点の値を読み取れば、それが求める推定粗粒率( $Y$ )である。



解説図4 推定粗粒率の計算図

6. 報 告 推定粗粒率試験結果の報告の例を示せば、解説表1のようである。

解説表1 報告書の例

試料採取月日		試験場所	
産地又は名称		試 験 者	
細骨材の種類		算定式	公 称 目 開 き 式
採取場所			標準誤差
試 験 日			試験期間
推定粗粒率			作成月日
備 考			
			300 $\mu$ m , 600 $\mu$ m , 1.18mm , 2.36mm