

## (71) ボーリングコアにおける礫含有率評価手法の検討

応用地質 正会員 ○ 和田 弘  
— “ — 正会員 西田 和範  
— “ — 正会員 亀谷 裕志

### Examination of Gravel Content Rate Evaluation Technique Using Core Sample

Hiroshi WADA, Oyo Corporation  
Kazunori NISHIDA, Oyo Corporation  
Hiroshi KAMEYA, Oyo Corporation

#### ABSTRACT

It is necessary to note the relation between the gravel size and the specimen size when the mechanics characteristic of the ground which contains gravel is evaluated by the indoor rock test, and the form of the gravel included in the specimen be known in detail. In general, the characteristics of rocks contains gravel like gravel content rates etc., are examined by observing the surface of the specimen by our own eyes.

We enabled a quantitative observation of the gravel seen on the surface of the specimen by developing the specimen development picture taking device and combining with the image processing of the specimen development picture. In addition, for evaluating accuracy of the gravel content rate obtained by this method and the application range of this method, some specimens included different size and content rate of gravel were made, and the distributions of gravel in these specimens were known by using X rays CT scans.

As the result of this evaluation, and comparing with the specification of specimen, and the gravel content rate and gravel size seen on the surface of the specimen obtained by using the specimen development picture, the basic data of the accuracy of the method of measuring the gravel content rate by combination the specimen development picture and the image processing of the specimen development picture, and the range of application of this method was able to be obtained.

#### 1. はじめに

礫を含む地盤材料の力学特性を室内岩石試験によって評価する際には、礫のサイズと試験用供試体の寸法との関係に留意すると共に、供試体に含まれる礫の形態を詳細に把握する必要がある。そして、礫含有率等、礫の形態は、現状供試体表面の目視観察によって調べるのが通常である。

筆者らは、供試体展開写真撮影装置を開発し画像処理技術と組み合わせることで、供試体表面に見られる礫の定量的な観察を可能にした。さらに、この方法で求められる礫含有率の精度等とこの方法の適用範囲を調べるために、礫径や礫含有率が異なる模擬供試体を作成しX線CTスキャンを用いて供試体内部での礫の分布状態を把握した。この結果および供試体作成時のデータと供試体展開写真から求めた供試体表面での礫含有率や礫径とを比較することで、供試体展開写真と画像処理との組み合わせによる礫含有率の測定方法の精度やその適用範囲についての基礎的なデータを得ることができた。本論文では、供試体展開写真撮影装置と今回行った実験の概要およびその結果について報告する。

#### 2. 供試体展開写真撮影装置

今回開発した供試体展開写真撮影装置の概要を図-1に示す。本装置は、2000×3000ドットの解像度を持つカラーデジタルカメラと撮影対象となる供試体を一定角度で回転させる撮影台、およびこれらの制御とデータ収録を行うパソコン、画像データ記録用の光磁気ディスク装置から構成される。

展開写真の撮影は次のようにして行う。撮影台に乗せた供試体を所定の角度毎に回転させながら、曲面の影響が見られない程度の幅で供試体側面の分割した画像データをパソコンに取り込み、これをパソコン上でつなぎ合わせることで側面の展開画像を構成する。この画像に、両端面の画像を加えることで供試体すなわ

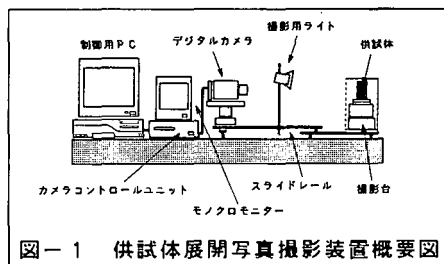


図-1 供試体展開写真撮影装置概要図

ち円柱のカラー展開写真が得られる。本装置で撮影した展開写真の一例を写真-1に示す。

### 3. 展開写真からの礫含有率評価の手順

展開写真からの礫含有率、礫径等の評価は、撮影した画像データを光磁気ディスクを介して画像処理装置に直接読み込ませ、画像処理を施すことによって礫部分を抽出し、その形状を計測することで行う。画像処理の一連の流れを図-2に示す。

画像処理によって得られる礫含有率は、二次元平面上での面積含有率である。すなわち供試体表面積と供試体表面に見られる礫部分の面積との割合であり、体積含有率の近似値である。また、礫径を表示する方法としては、最大径、2軸平均径、等価円直径等があるが、どの値が実際の礫径を反映しているかについては礫の形状等によるところが大きい。これまでの測定事例<sup>3)</sup>からみると2軸平均径が比較的实际のものに近く、ここでも測定された礫径は2軸平均径を用いることとする。

### 4. 模擬供試体による実験

供試体展開写真に画像処理を加えることで評価される供試体の礫含有率や礫径がどの程度実際のものを反映しているかを検討するために、模擬供試体を用いた実験を行った。

#### 4-1. 実験概要

実験にあたり礫の体積含有率を一定にして礫径を変化させた供試体（グループA）および礫径を一定にして礫の体積含有率を変化させた供試体（グループB）を作成した。それぞれのグループの供試体数は各々3ヶずつ、供試体サイズは、直径5cm、高さ10cmである。各供試体の仕様を表-1に示す。グループAでは礫の体積含有率を力学特性に影響を与えるとされる40%<sup>4)</sup>とし礫径を供試体直径の1/10、1/5、1/2.5の3種類とした。グループBでは、礫径を供試体直径の1/10(5mm)とし礫の体積含有率を力学特性に影響を与えるとされる40%を中心に、25%（火山砕屑岩において礫質岩と礫岩との境界とされる）、および60%の3種類とした。礫は一般に市販されているものをフルイにより分けたものであり、フルイの目が4.75mm～9.52mmのものを礫径5mm、9.52mm～15.0mmのものを10mm、19.0mm～26.0mmのものを20mmとみなした。また、極端に細長いもの等は除いて出来るだけ円礫～亜円礫を用い礫の形状をそろえるようにした。供試体作成にあたっては、直径10cm、高さ20cmのモールドに礫が均等に混ざるように段階的にセメントモルタルを打設し、硬化後コアドリルでくり抜き直径5cm、高さ10cmの供試体に仕上げた。

実験では、作成された供試体の展開写真を撮影し、3章に述べた手順で画像処理を行い礫の面積含有率および礫径を求めた。さらに、グループAの3供試体についてはX線CTによる断面写真を撮影し供試体内部での礫分布を見ると共に、同様の手順で画像処理を行い供試体内部での礫の面積含有率と礫径の把握を試みた。

#### 4-2. 画像処理による計測結果

展開写真からの画像処理結果を図-3～図-6に示す。それぞれの図においてグラフの縦軸は、計測値と設定値との差が設定値に対してどの位の比率であるか（以下、本論文ではこれを“ばらつき”とする）を示している。図-3は設定礫径の違いが面積含有率にどのように影響するかを設定含有率40%の場合について示したものである。同図からは、設定礫径が大きくなるに従ってばらつきも大きくなっていることが判るが、設定礫径が20mm（供試体直径の1/2.5）の場合でもばらつきは6%程

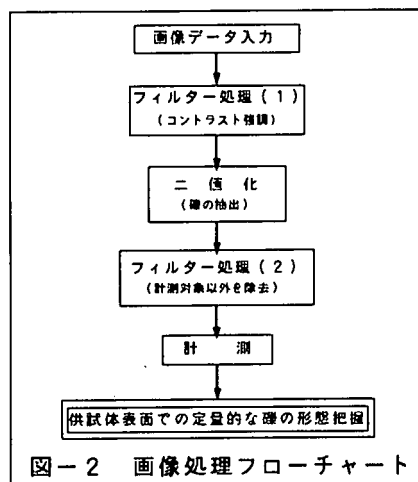
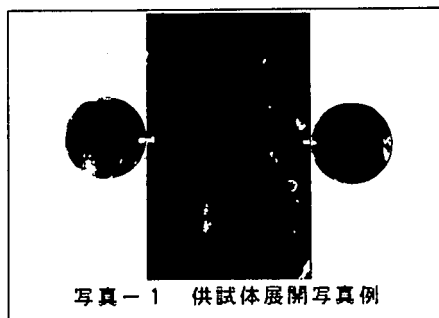


図-2 画像処理フローチャート

表-1 供試体諸元一覧

| グループ | No. | 設定値    |          | 直径(cm) | 高さ(cm) |
|------|-----|--------|----------|--------|--------|
|      |     | 礫径(mm) | 体積含有率(%) |        |        |
| A    | A-1 | 5      | 40       | 4.944  | 10.016 |
|      | A-2 | 10     | 40       | 4.946  | 10.039 |
|      | A-3 | 20     | 40       | 4.946  | 10.011 |
| B    | B-1 | 5      | 25       | 4.939  | 10.017 |
|      | B-2 | 5      | 40       | 4.944  | 10.048 |
|      | B-3 | 5      | 60       | 4.943  | 10.004 |

度である。図-4は設定含有率の違いが面積含有率にどのように影響するかを設定礫径5mmの場合について示したものである。同図からは、設定含有率が高いほどばらつきが小さくなっていることが判り、設定含有率25%でばらつきは13%程度、設定含有率40%でばらつきは10%程度である。図-5は設定礫径の違いが礫径の計測値にどのように影響するかを設定含有率40%の場合について示したものである。同図からは、設定礫径が大きくなるに従ってばらつきも大きくなっていることが判り、設定礫径5mmでばらつきは10%程度、設定礫径20mmでばらつきは27%程度となっている。図-6は、設定含有率の違いが面積含有率にどのように影響するかを設定礫径5mmの場合について示したものである。同図からは、設定含有率が高いほどばらつきが小さくなっていることが判り、設定含有率25%でばらつきは23%程度、設定含有率40%でばらつきは8%程度である。

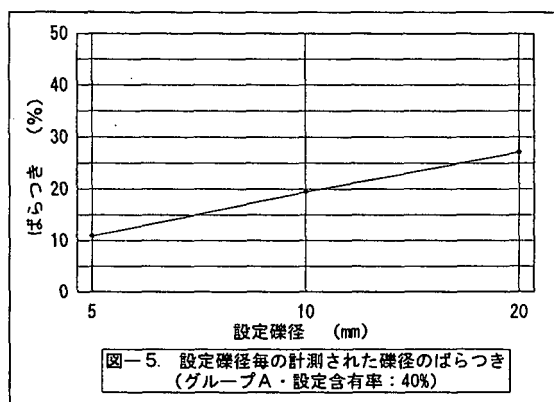
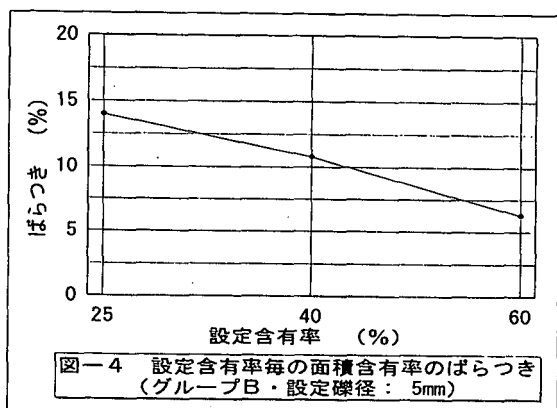
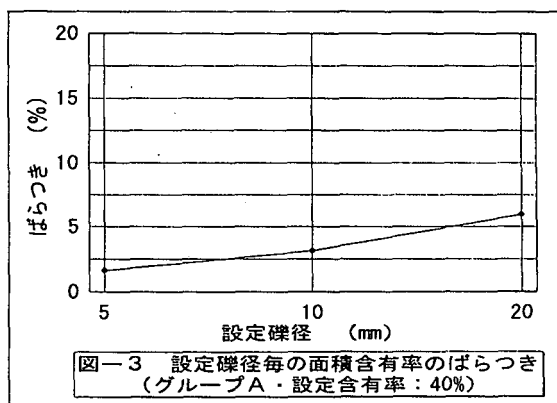
また、図-3と図-5、図-4と図-6とを比べるとばらつきは、礫径におけるものよりは礫含有率におけるものの方が小さくなっている。これは、設定礫径において、フルイの目の幅によるばらつきが含まれているためと思われる。図-7は設定礫径毎に計測された個々の礫径のばらつきを変動係数で示したものであり、図-8は設定含有率毎に計測された個々の礫径のばらつきを変動係数で示したものである。いずれの場合も計測された個々の礫径は、計測値の平均に対して30%~40%の範囲でばらついていることが判る。

#### 4-3. X線CTスキャンによる計測結果

X線CTによる断面写真の例を写真-2に示す。写真-2は、供試体の高さ方向50%位置での水平断面および端面に直交する軸方向断面の画像である。写真から供試体内部での礫の分布の様子が読みとれ、表面に見られるのと同様に内部においても礫が一様に分布していることが判る。

図-9、図-10には、高さ方向で25%、50%、75%の各位置での水平断面画像および両端面の画像から計測された面積含有率、礫径のばらつきを示した。図-9からは、断面位置毎での値の大小はあるものの、面積含有率について、展開写真からの計測結果と同様に礫径が小さいほどばらつきが小さいという

傾向が見られる。図-10からは礫径についても、図-9同様に断面位置毎での値の大小はあるもの



の、展開写真からの計測結果と同様に  
 礫径が小さいほどばらつきが小さいと  
 いう傾向が見られる。

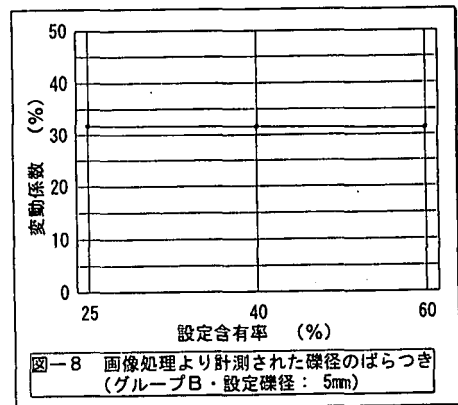
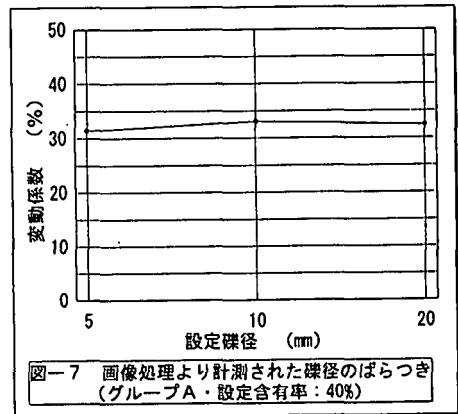
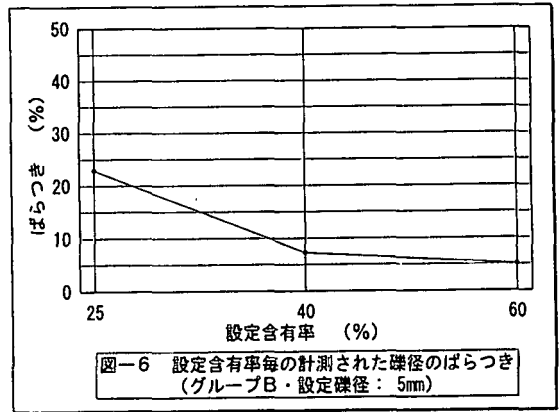
各断面位置での値の大小については、  
 断面で見られる礫の個数が展開写真の  
 ものに比べて少ないことに起因してい  
 ると考えられる。これについては、図  
 ー11に今回撮影した展開写真および  
 X線CTから得られた各断面画像全て  
 において、含まれる礫の個数と面積含  
 有率のばらつきとの相関を、図ー12  
 には同じく含まれる礫の個数と礫径の  
 ばらつきとの相関をそれぞれ示した。  
 図ー11からは、計測される礫の個数  
 が100個程度であれば面積含有率は約1  
 0%以下のばらつきに収まることが読み  
 とれる。図ー12からは、礫の個数が  
 やはり100個程度であれば礫径につい  
 て10%以下のばらつきに収まることが  
 が読みとれる。

### 5. まとめ

岩石試験用供試体に含まれる礫の含  
 有率や径の評価方法としての展開写真  
 と画像処理の組み合わせおよびX線C  
 Tの利用について模擬供試体を用いた  
 実験を行った結果、少ないデータなが  
 ら次のような知見を得ることが出来た。

- (1) 礫の体積含有率が同じであれば、  
 含まれる礫径が小さいほど面積  
 含有率および計測される礫径は、  
 実際の値に近い値を示す。
- (2) 礫径が同じであれば、体積含有率  
 が大きいほど面積含有率および  
 計測される礫径は、実際の値に  
 近い値を示す。
- (3) 計測される面積含有率や礫径のば  
 らつきは計測対象となる礫の個  
 数に影響され、100個程度以上  
 であれば10%以下のばらつきに  
 収まるようである。

これらをまとめると概ね次のようなこ  
 とになる。礫を含む岩石供試体の礫含  
 有率や礫径は、礫が一様に分布してお  
 り、体積含有率40%程度、平均礫径が  
 供試体直径の1/5程度であれば供試体  
 表面に見られる礫の計測による面積含  
 有率や礫径から比較的精度よく評価出  
 来そうである。また、礫含有率40%程  
 度以下、平均礫径が供試体直径の1/5  
 以上であっても同様の手法でおおよそ  
 の値を把握することは出来そうである。  
 さらに、X線CTの利用では、供試体  
 内部の断面画像から同様にして礫の含  
 有率や礫径を把握することが可能であ  
 り、計測断面を多く取ればよりその精



度向上が期待できる。また、X線CTでは供試体内部の礫の分布状態を合わせて把握することもできることから、内部での礫の分布が不明な場合においてより有効な手法となりうる。

これまで、主として目視観察に頼っていた岩石試験供試体に含まれる礫の形態把握が、展開写真、画像処理、X線CTといった手法を組み合わせることで定量的に行える見通しが得られた。今後は、様々な径の礫を含む場合や、礫の形状にも注目した評価等も考慮し、実際の岩石供試体においてより精度の良い評価が行えるよう考えていきたい。

なお、今回の実験にあたっては、特にX線CT撮影および断面画像の作成ではシーメンス旭メディテック㈱の関係者各位に多大なる御尽力、御協力を頂いた。ここに深謝の意を表します。

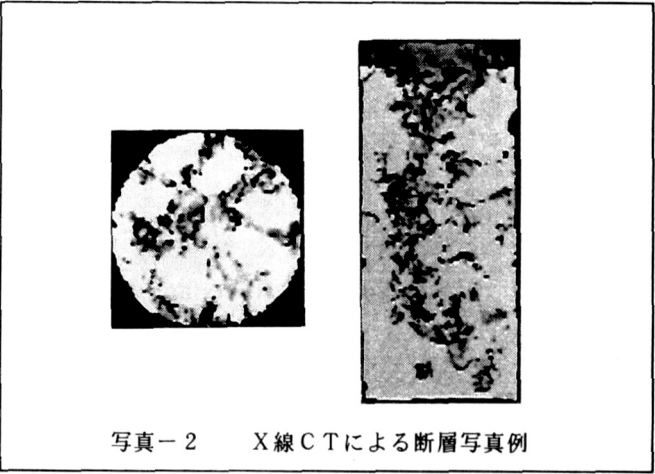


写真-2 X線CTによる断面写真例

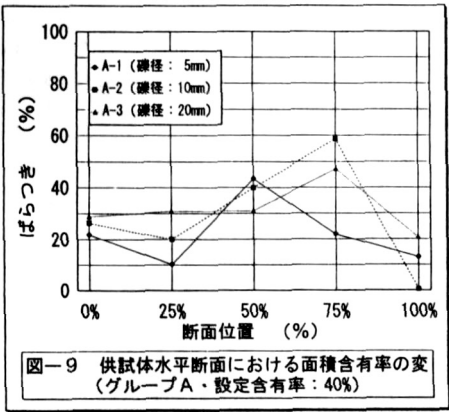


図-9 供試体水平断面における面積含有率の変（グループA・設定含有率：40%）

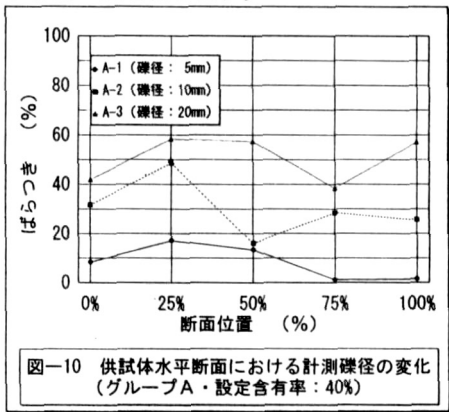


図-10 供試体水平断面における計測礫径の変化（グループA・設定含有率：40%）

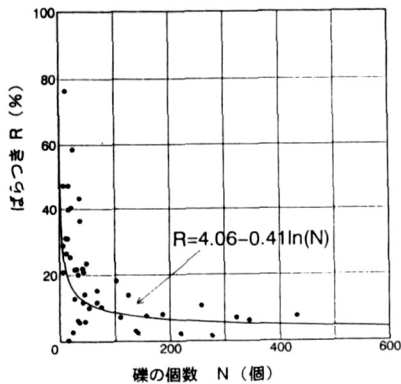


図-11 礫の個数と礫含有率のばらつき

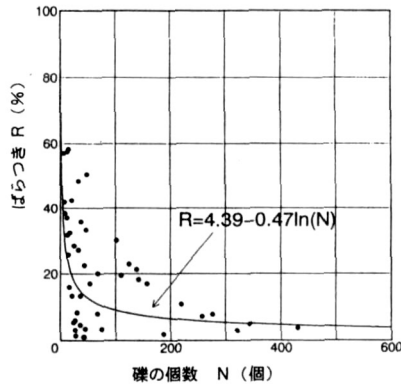


図-12 礫の個数と礫径のばらつき

（参考文献）

- 1) 土質工学会編：堆積軟岩の工学的性質とその応用（土質基礎工学ライブラリー30）、土質工学会、1987.5.
- 2) 高橋信次・佐久間貞行：コンピュータ断層法、秀潤社、1992.9.
- 3) 園部保典・小宮山茂樹・和田弘：画像処理手法を用いた粒度解析の試み、第25回岩盤力学に関するシンポジウム、pp6~10、1993.2.
- 4) 小林隆志・吉中龍之進：礫混じり軟岩の強度・変形特性に関する研究、土木学会論文集、No.487/Ⅲ-26、pp.31~40、1994.3