

Ⅲ-18

面積法による礫分含有率の評価精度に関する考察

東京電力㈱ 高橋康裕

〳 西野隆之

〳 ○入谷 剛

応用地質㈱ 亀谷裕志

1. はじめに 礫混じり岩の力学的特性に寄与する要因としては、礫、基質、礫と基質間の性状などが一般に指摘されているが、このうち全体に占める礫の体積比を表す礫分含有率の大きさが40（％）程度以上になると、岩盤の強度・変形特性に礫の効果が発現してくるとの報告¹⁾もされており、礫混じり岩から構成される岩盤の力学的特性の把握には、岩盤全体の礫分含有率分布を知ることが必要である。

礫分含有率を評価する方法は、土質材料では一般に粒度試験によるが、岩石材料の場合には、試料表面の礫部の面積含有率によって評価する手法（ここでは面積法と呼ぶ）が一般的である。この面積法は、試験が非破壊・迅速に行えるという特長があるが、礫の体積比を表す礫分含有率と面積含有率との整合性は明らかでなく、これについての検討は最近幾つかの研究例^{1) 2)}があるだけでほとんどなされていない。

そこで本研究では、面積法により岩盤の礫分含有率をどの程度の精度で求めることが可能であるか、礫を球とした理想条件での礫混じり岩モデルを用い、数値シミュレーションにより検討を行うとともに実際の岩石材料を用いた評価精度の検討を行った。

2. 数値シミュレーションによる面積法の評価精度

数値シミュレーションに用いたモデルの概念図、計算条件を図-1、表-1に示す。ここで調査断面は、実際のボーリングコアに適合するよう円柱体の側面とし、また礫は均一粒径の球として直方体中に発生させた。なお、面積含有率の計算は、1つの条件に対して、直方体中の25ヶ所の位置で行い、設定した礫分含有率に対する誤差率を求めた。以下の図中では、この計算過程を2回行い（25ヶ所×2回）、その平均値を誤差率としてプロットした。

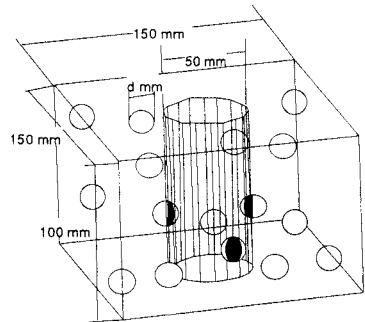


図-1：シミュレーションモデルの概念図

表-1：数値シミュレーションの計算条件

礫径 d(mm)	10, 20, 30, 40, 50
礫分含有率 C(%)	5, 10, 15, 20, 25, 30
供試体サイズ(mm)	直径φ50×高さH100, 500, 1000

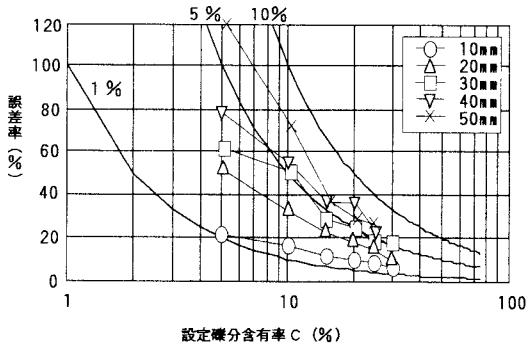


図-2：礫径による面積含有率の誤差率
（直径φ50mm×高さH100mm）

$$\text{誤差率（\%）} = \left| \frac{\text{面積含有率} - \text{設定礫分含有率}}{\text{設定礫分含有率}} \right| \times 100$$

$$\text{評価精度（\%）} = \left| \frac{\text{面積含有率} - \text{設定礫分含有率}}{\text{設定礫分含有率}} \right|$$

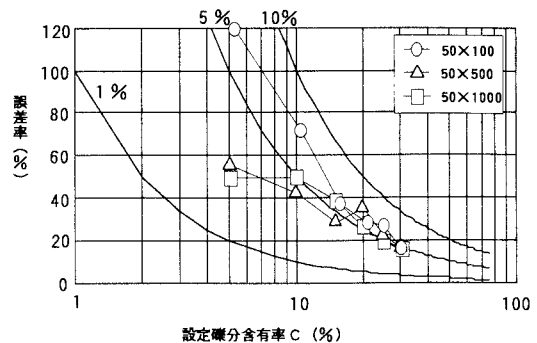


図-3：供試体サイズによる面積含有率の誤差率
（d=50mm）

図-2はφ50mm×H100mmの供試体について礫径を変化させた場合の、また図-3は礫径d=50（mm）の場合に供試体サイズを変化させた場合の面積含有率の誤差率と評価精度（1，5，10％）をそれぞれ示した図である。

以上の結果より、面積法は定性的には、

- ①同一礫径の場合には、礫分含有率が大きくなるほど誤差率は減少する。
- ②礫分含有率が同じ場合には、礫径が小さいほど誤差率は減少する。
- ③同一礫径、礫分含有率の場合には、調査面積を大きくすることにより誤差率は減少する。

定量的には、

- ④礫分含有率が25%以下で、供試体の高さ h と直径 ϕ の比 (h/ϕ) が2の場合、礫径 d が $0.6 \cdot \phi$ 程度以下であれば、5（%）の評価精度以上で礫分含有率の推定が可能である。
- ⑤礫分含有率が25%以下で、供試体の高さ h と直径 ϕ の比 (h/ϕ) が5以上の場合、礫径 d が ϕ 程度以下であれば、5（%）の評価精度以上で礫分含有率の推定が可能である。

3. ボーリングコア供試体を用いた面積法の評価精度

2. のシミュレーション結果の妥当性を確認するため、実際のボーリングコアを用い面積法の評価精度について検討を行った。なお、礫分含有率については粒度試験から得られる礫分含有率（コア試料を炉乾燥させた後に木槌・棒等を用いて礫部と基質部とを分離したものをふるい、得られた粒径加積曲線と礫の重量、比重とから算出）を用い、また、面積含有率は、供試体側面の展開写真を撮影し、画像処理を行い定量的に求めた。

画像処理は、図-4に示す装置を用い、コア供試体を撮影台の上で5度づつの角度で回転させながら側面の展開写真を撮影し、これを画像処理することにより礫部と基質部を白黒に二値化し、礫部を抽出する手法をとった。なお、礫は4mm以上の岩片とした。

表-2に粒度試験から求めた礫分含有率、画像処理による面積含有率、及び礫分含有率に対する面積含有率の誤差率を示す。また、数値シミュレーションによりこの時の礫分含有率に対する計算上の面積含有率の誤差率（礫径を粒度試験から得られた最大礫径の均一粒径モデルとして計算した誤差率）を併記している。

同表より、実際の岩石コアに面積法を適用した結果、礫分含有率に対する面積含有率の誤差率は、数値シミュレーションの誤差率程度以下となっており、面積法は岩石コアに対しても、ほぼ計算上の精度で適用できることが確認できた。

4. 今後の課題 今回は、岩石の礫分含有率の一般的な評価手法として用いられている面積法の評価精度に着目し、理想条件として礫を均一粒径の球と仮定した数値シミュレーションにより礫分含有率の評価精度の把握を行い、実際のボーリングコアに対しても面積含有率を定量的に評価することにより、ほぼ計算上の評価精度以上で推定が可能であることが確認できた。

実際の岩石コアに対する誤差率が、数値シミュレーションの誤差率よりも全般的に小さく、より精度よく礫分含有率の推定ができたのは、数値シミュレーションでは、礫径として最大礫径を用いたが、実際の礫はある粒度分布を持っており、より小さな礫径のものが混入しているためと考えられる。したがって面積法では、礫径を最大礫径の均一粒径のモデルとして計算した誤差率以下の精度で岩石の礫分含有率の推定が可能であると考えられるが、混合粒径の場合の誤差率についても今後定量的に調べておく必要がある。

また、画像処理を用いた方法では、礫と基質の間に色調のコントラストがあまりない場合や、礫と基質の界面が溶着したりして不明瞭な礫混じり岩に対しては、期待される精度で礫分含有率の評価が出来ない場合も考えられ、今後認識精度の向上を図っていく必要があると思われる。

- 参考文献**
- 1) 小林隆志・吉中龍之進：礫混じり岩の強度・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
 - 2) ボーリングコアにおける礫含有率評価手法の検討：和田弘・西田和範・亀谷裕志，第26回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集，pp.341～345，1995.1

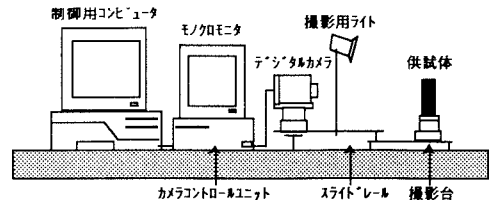


図-4：供試体展開写真撮影装置

表-2：面積法の岩石コアへの適用結果（単位：%）

供試体 番号	礫分含有率 (粒度試験)	面積含有率 (画像処理)	誤差率	誤差率 (シミュレーション)
1	8.28	5.17	37.6	37
2	16.50	15.04	8.8	16
3	16.58	15.12	8.8	16
4	16.88	16.42	2.7	16
5	16.81	15.85	5.7	16
6	18.95	17.91	5.5	18
7	17.77	10.68	39.9	15