

III-246 礫混じり軟岩の力学的性質に関する実験的研究(その1) 一変形特性について一

埼玉大学 正会員 吉中龍之進・瀬戸亥一郎
東電設計 正会員○小林 隆志
埼玉大学 長谷川弘忠・橋詰茂

1. はじめに: 近年、礫質軟岩を基礎とする重要構造物の建設が多くなっている。この地盤は、礫の硬軟・粒度組成、マトリックスの性質が様々で、その性質は多様である。しかし、不攪乱試料のサンプリングが困難であること等から、その性質は不明な点が多い。本研究は、人工の礫質軟岩を用いて含礫率及び礫・マトリックスの力学的性質が礫混じり岩の変形・強度特性に及ぼす影響について検討することを目的とした。本文は(その1)として変形特性について報告する。

2. 供試体と試験方法: 人工礫岩のマトリックス部は凝灰岩(大谷石)の粉末にカオリンを配合して結合材に普通セメントを用いた。礫には硬い礫に大理石($q_u=577\text{kgf/cm}^2$)、軟岩の礫に大谷石($q_u=91\text{kgf/cm}^2$)を用い、20mm程度の円礫に調整した。礫の含有率(体積)は最大60%とした。供試体は寸法がD100×H200mm、水中養生である。試験は三軸圧縮(CD、0.005%/min)、一軸圧縮、弾性波速度試験、他である。ただし、三軸圧縮試験に用いた供試体の礫分は40%以下である。供試体の強度-変形関係と、自然の堆積岩の性質の比較を図1に示す。図1¹⁾は世界各地の堆積岩について低・中・高の弾性係数比で区分している。図から供試体は一般的な堆積岩の性質を示すと言える。

3. 実験結果: マトリックスのみ(MAT)および大理石の含礫率40%(M-40)の三軸圧縮試験結果(CD条件)について、側圧毎の軸差応力-軸ひずみ-体積ひずみ関係を図2(a),(b)に示す。これより、①側圧の増大に伴うひずみ軟化からひずみ硬化型への移行、②初期の直線的変形部分の側圧に対する非依存性、③側圧の増大に伴う降伏応力の低下、等が特徴的である。この変形特性はMAT、M-40とも同様であることから、含礫率40%程度までの変形特性はマトリックスに依存すると考えられる。

礫を大理石とした場合、含礫率と一軸圧縮試験による静弾性係数の関係を図3に示す。含礫率と静的せん断弾性 μ の関係を図4に示す。なお、○は一軸、●は三軸試験結果であり、 μ はマトリックスの μ_0 で正規化している。含礫率と超音波速度から求めた動せん断弾性係数の関係を図5に示す。この結果、含礫率の増加に伴い弾性係数が増加する傾向が明らかであるが、静的と動的試験には変化に違いがある。

4. 実験結果の考察: 均質なマトリックス中に異なる弾性の含有物を含む時、全体の平均(等価)弾性係数の推定方法は固体物性の分野で研究され、種々の理論式が提案されている。ここでは、実験結果と数種の理論式²⁾³⁾の関係について検討した。図4、図5には、円礫とマトリックスとの2相系とした場合の理論曲線を5本描いた。礫とマトリックスの弾性係数は図中の通りであり、弾性係数比は静的で84.6、動的で31.2である。これより、静的試験値は理論式の下限線に近く、実験値が理論の下限より小さいものがある。これはデータのばらつきや礫周囲に生じる局所的大変形によるものと考えられる。また、動的試験値と理論値との比較では実験値はHashinらの下限値を与える式かReussの式に近い。

4. まとめ: (1) 礫混じり軟岩の応力-ひずみ曲線は、マトリックスの応力-ひずみ曲線に基本的に支配される。(2) 弾性変形領域から求めた弾性係数は、礫及びマトリックスの弾性係数と含有率に支配される。(3) 礫混じり軟岩の弾性係数は、複合材料の等価弾性係数を求める理論から概略の推定が可能である。実験値は、種々の推定式の下限値に近い。

5. 参考文献: 1) D.E.Deere and R.P.Miller, Engineering classification and index properties for intact rocks, AFWL-TR, 65-116, 1966. 2) Z.Hashin and S.Shtrikman, A variational approach to the theory of the elastic behaviour of multiphase materials, J.Mech.Phys.Solids., vol.11, 127-140, 1963. 3) T.Mura, Micromechanics of defects in solids, 2nd revised ed., 421-439, 1987.

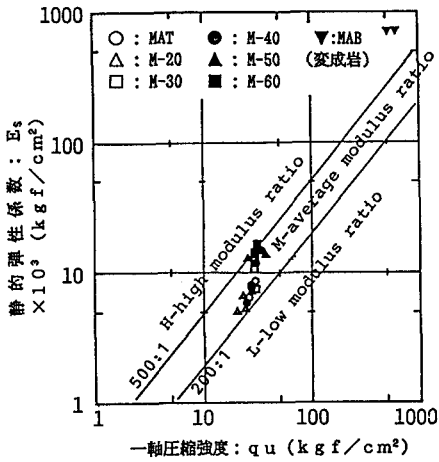


図1 一軸圧縮強度と静的弾性係数との関係

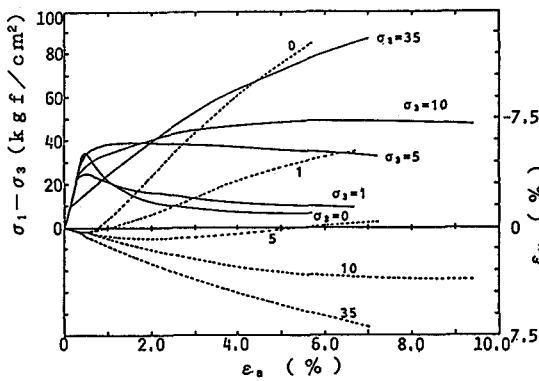


図2(a) 応力-ひずみ-体積ひずみ曲線(MATシリーズ)

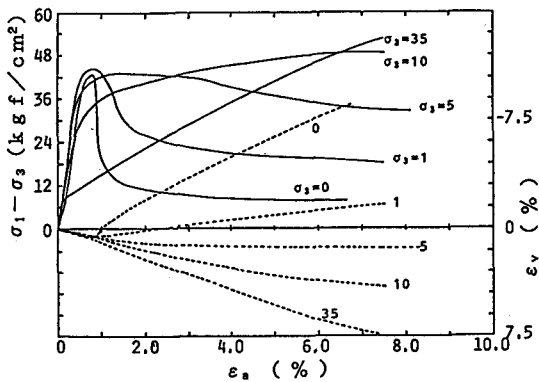


図2(b) 応力-ひずみ-体積ひずみ曲線(M-40シリーズ)

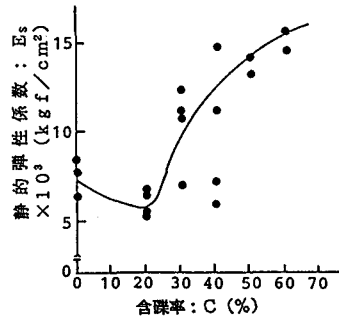


図3 含礫率と静的弾性係数との関係

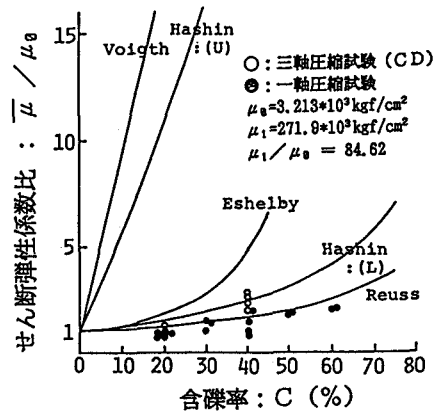


図4 含礫率とせん断弾性係数との関係(静的・大理石)

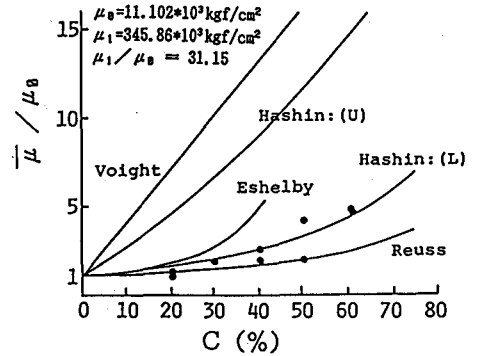


図5 含礫率とせん断弾性係数との関係(動的・大理石)