

二種混合体の圧縮特性に関する解析的検討
— 礫岩の強度評価へのアプローチ —

(株)フジタ 正 中本 崇 ○鳥取大学工学部 正 西村 強
鳥取大学工学部 正 木山 英郎 大阪大学大学院 正 川崎 了

1. まえがき

本文は、2 種の材料で構成される混合体の応力-ひずみ関係に関する数値解析についてまとめたものである。著者らが、すでに報告している流動要素-個別要素結合解析法¹⁾を用いて、均質な基質中に複数の剛体円要素が規則的に混入したときの二種混合体の圧縮特性を解析した。それは、礫岩のような複合体材料の力学的性質の表現を目的としたものである。

混合体の応力-ひずみ関係に関する研究は、古くから複合体材料の分野で実施されており、基質と介在物の弾性係数に基づいて、混合体の等価弾性係数を推定する式が提案されている。推定式個々に関しては、適用限界があるといわれているが、混合体の弾性係数の上・下限値は求め得るものと思われる^{2) 3)}。

礫岩のような材料においても、その圧縮特性を評価する際、混合体の理論が基本となる事は言うまでもない。しかしながら、礫岩の場合、基質と礫の弾性係数比のみならず、礫と基質の付着状態や礫の配置など、様々の因子が影響するといわれている⁴⁾。原位置試験や室内試験で、それらの影響を把握していくことがもっとも有効な手段と成り得るが、礫径が大きい場合などでは、それも困難となることが想像される。そのような場合、数値解析を利用することも一つの選択と考えられる。

2. 解析モデルの設定

図-1 は、連続体（基質）中に剛体円要素（礫）を千鳥状および方眼状に混入させた混合体モデルを示している。これは、1. に述べた事項を勘案して、礫の配置の影響を表現しようとしたものである。剛体円要素の含有率は、解析断面積 A_0 に対する円要素面積 $A(=\pi r^2)$ の比 A/A_0 (本文中の表示は百分率) で表わす。円要素中心座標及び混入個数を両配置ごとに一定としているので、この A/A_0 は、円要素の半径 r のみに依存する値となる。図-1 中の陰影部の左辺ならびに下辺を法線方向固定・接線方向可動として、2 軸圧縮状態を解析する。右上上の等分布圧は、 $\sigma_x = 9.8 \text{ kPa}$ 、 y 軸方向の圧縮速度は、 $\dot{y} \Delta t = 0.00001 \text{ cm}$ 、 $(\Delta t = 1.0 \times 10^{-5} \text{ (sec)})$ また、連続体部分には平面ひずみ条件を課した。

基質-礫境界は、個別要素法と同様のバネ-ダッシュポット系でモデル化する。礫は剛体円要素としてモデル化しているが、便宜的に、弾性係数 E_R 、ポアソン比 ν_R を与えて、接触剛性係数等の算定に用いた¹⁾。連続体部分に仮定した弾性係数 E_M 、ポアソン比 ν_M とともに、解析に用いた定数を表-1 にまとめた。これ

表-1 解析定数および条件

物 性 値	弾 性 係 数	ポアソン比
基 質	$E_M = 60 \text{ MPa}$	$\nu_M = 0.3$
礫 要 素	$E_R/E_M = 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128$ (弾性係数比で表示)	$\nu_R = 0.3$
礫要素含有率 A/A_0 : 9, 20, 35 (%)		境界面摩擦角 ϕ : 30°

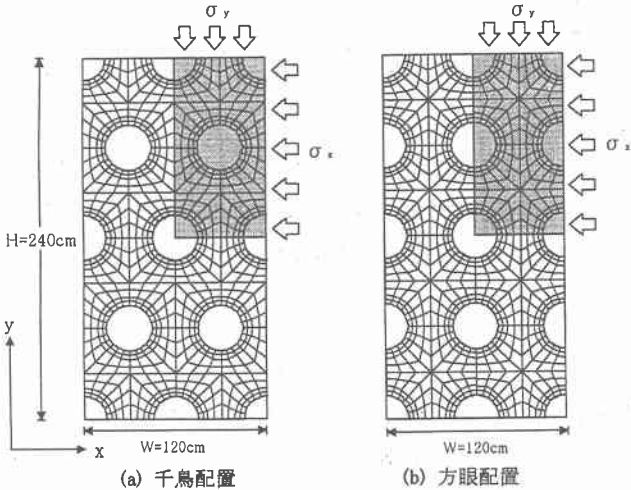


図-1 解析モデル

らの値は、実験結果によるものではなく、本解析のために仮に用いたものである。また、連続体-剛体要素境界には、引張り力を認めるか、摩擦角 ϕ を与えて滑りを認めるかの2点を解析条件として導入することができる。これらによって、薬-基質の付着状態の変化を表現しようとした。

3. 解析結果とその検討

図-2 は、応力-ひずみ曲線の一例である。このような解析より、図-1 のようなモデルが示す弾性係数 E_C を求め、表-1 の条件下で実施した結果をまとめたものが、図-3 である。これによると、 E_C/E_M に関して、① E_R/E_M が 40 程度までは、増大傾向にあるが、それ以上の E_R/E_M に対しては、大きな変化を示さない、② 同一の E_R/E_M に対し、 A/A_0 が大きくなれば、大きくなる、③ 千鳥配置に比べ、方眼配置の方が大きい、などの傾向が見られる。図-4 は、解析モデルのポアソン比 ν_C に関する結果を示している。

一方、図-5, 6 は、引張り力の発生を認め、かつ、境界面上で滑りを認めない（解析上は、 ϕ を 90° 程度に大きくした）とした場合である。この条件変更によって、同一の E_R/E_M の値に対して、図-3 に比べ、図-5 では、 E_C/E_M が大きくなること、また、図-4 に比べ、図-6 では、 ν_C/ν_M は、小さくなることからわかる。いずれにしても、限られた条件下での結果であり、このようなモデル化の妥当性については、さらなる検討が必要である。

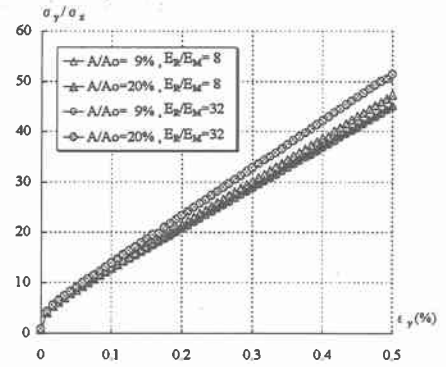


図-2 応力-ひずみ曲線の一例

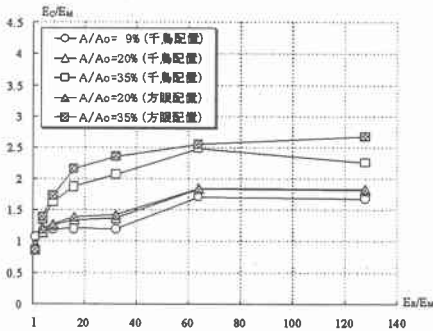


図-3 $E_R/E_M - E_C/E_M$ 関係

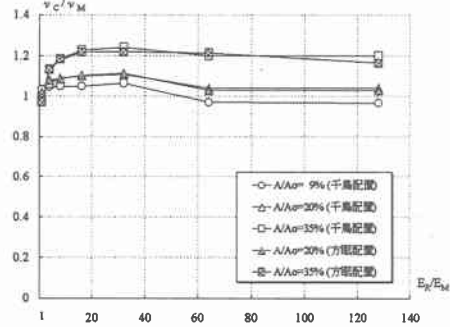


図-4 $\nu_R/\nu_M - \nu_C/\nu_M$ 関係

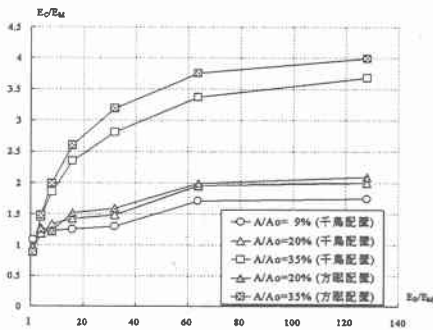


図-5 $E_R/E_M - E_C/E_M$ 関係

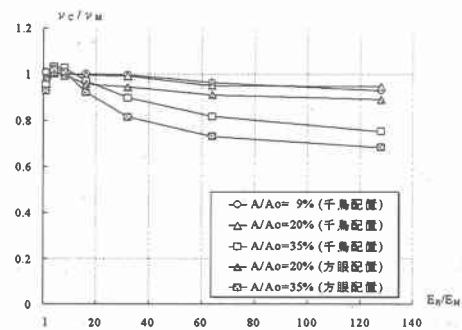


図-6 $\nu_R/\nu_M - \nu_C/\nu_M$ 関係

参考文献

- 1) 木山英郎・西村 強・長谷川 誠・淵本正樹：材料, 第 47 巻, 第 5 号, pp. 495~500, 1998.
- 2) 大嶺 聖・落合英俊：土木学会論文集, No448/III-19, pp. 121-130, 1992.
- 3) 小林隆志・吉中龍之進：土木学会論文集; No487/III-26, pp. 31-40, 1994.
- 4) 川崎了：学位請求論文（鳥取大学）, 1999.