

# 粗骨材の体積弾性係数の簡易測定に関する基礎的研究

名城大学 学生会員 ○岡田 崇宏、豊橋市役所 正会員 大橋裕成、名城大学 正会員 石川 靖晃

## 1. はじめに

骨材のヤング係数を評価する際、コア抜きによる力学的手法、共振法、超音波による評価法がある。これらの手法によりヤング係数を実際に測定したとき、得られるヤング係数には差が生じることが知られている。原因の一つとしては、コア抜き以外の手法は力学的な視点に立脚していないことが考えられる。言い換えれば、力学的視点に基づいたヤング率の測定方法は数少ないことを意味している。そこで、本研究では、力学的視点に基づき、任意形状の物質の体積弾性係数を簡便に測定できる手法を提案することを目的とし、検討を行った。

## 2. 骨材の体積弾性係数測定の考え方

図-1 に示すような、体積弾性係数  $k_L$  の液体および体積弾性係数  $k_S$  の固体が、ヤング係数が無限である容器の中にある。今、液体部分に外部から体積ひずみ  $\varepsilon_V$  を強制的に与えることを考える。容器は完全に剛であり、液体および固体は共に弾性体であると仮定する。液体および固体全体の体積を  $V$ 、全体の体積に対する固体体積の比を  $\alpha$ 、液体内部に生じる圧力を  $p$  とする。なお圧縮を正とする。変形の適合条件から次式が成立する。

$$\varepsilon_V = (1-\alpha) \frac{p}{k_L} + \alpha \frac{p}{k_S} \quad (1)$$

式(1)を  $k_S$  について変形すると次式が得られる。

$$k_S = \frac{\alpha k_L p}{k_L \varepsilon_V - (1-\alpha)p} \quad (2)$$

式(2)より、前もって、 $\alpha$  および  $k_L$  を評価しておけば、体積ひずみ、内部圧力を測定することにより、固体の体積

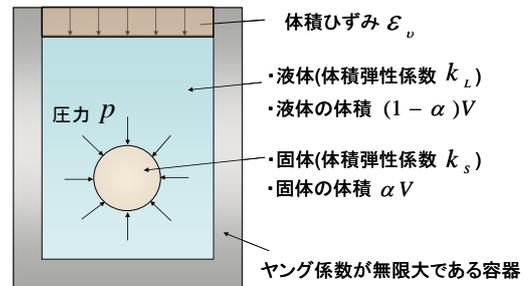


図-1 液体と固体からなる装置の模式図

弾性係数を間接的に算定できる。

## 3. 実験装置概要

実験装置概要を図-2 に示す。実験装置は剛な容器と载荷ピストンから構成されている。容器内部に骨材および圧力を伝達させる液体を入れ、载荷ピストンを設置する。このとき、空気が混入するため、空気抜き孔を開け、再度液体を注入することにより空気抜きを行う。そして、万能試験機に試験装置を設置し、一軸载荷を行う。測定項目は軸変位(2か所)および軸荷重である。

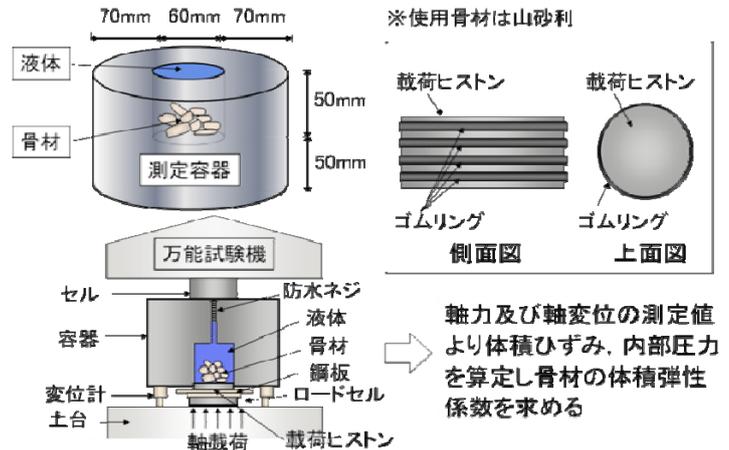


図-2 実験装置概要(イメージ)

## 4. 剛性が既知の材料の体積弾性係数の測定

まず、水自身の体積弾性係数の測定を行った。表-1 に、提案した装置にて測定された体積弾性係数の値を示す。圧力が変位に対して上昇している領域から体積弾性係数を変位

表-1 提案した装置から得られた水の体積弾性係数

回数	1	2	3	4	5
(N/mm <sup>2</sup> )	2091.4	2091.5	1980.6	2021.2	1969.2

計ごとに計算し、得られた 2 つの値を平均したものを表に示している。理科年表<sup>1)</sup>によれば水の体積弾性係数は 2200N/mm<sup>2</sup> 程度であるが、測定された体積弾性係数はほぼ同じ値となっており、水の体積弾性系に関しては十分な精度で測定が可能であることが確認されている。次に剛性が既知である鉄、セメントペースト(W/C=30%)に

についても測定を行うことで本測定法の検証を行った。鉄については、直径 10mm の軟鉄を使用した。ヤング係数は 210000N/mm<sup>2</sup>、ポアソン比は 0.33 である。セメントペーストについては、材齢 1 日および 28 日の 2 種類を設定し、骨材を模擬した形状の供試体を作成した。さらに、同配合で供試体を作成し、別途一軸圧縮試験によりヤング係数およびポアソン比を測定した。その結果、ヤング係数は、材齢 1 日では 2.27×10<sup>4</sup>N/mm<sup>2</sup>、材齢 28 日では 2.91×10<sup>4</sup>N/mm<sup>2</sup> となり、ポアソン比は材齢に依らず 0.2 程度であった。鉄、セメントペーストいずれにおいても、同条件にて 10 回測定を行い、式(3)により体積弾性係数  $k$  を算出した。以後、式(3)により算出した体積弾性係数を真の体積弾性係数と呼ぶ。

$$k = \frac{E}{3(1 - 2\nu)} \quad (3)$$

ただし、 $E$  はヤング率、 $\nu$  はポアソン比である。図-3 に鉄、セメントペーストの真の体積弾性係数の平均値および簡易法により測定された体積弾性係数の平均値を示す。真の体積弾性係数が高いほど、簡易法により測定された体積弾性係数も高く算出される傾向があることが確認された。簡易法の体積弾性係数が、真の体積弾性係数に比べかなり小さくなる原因は、測定容器の容器剛性の影響のためである。このことは、容器に対して別途 FEM 応力解析をすることにより確認されている。そこで、この結果から、式(2)にて算定された体積弾性係数  $k_0$  と、簡易法により評価される体積弾性係数  $k$  の関係を次式にて評価し直すことにした。

$$k = 505.12 \exp(0.0013k_0) \quad (4)$$

ただし、相関係数  $R^2$  は 0.9752 である。

### 5. 実際の骨材における体積弾性係数の比較

実際の骨材にて、前述の簡易法により体積弾性係数の測定を行った。全ての骨材について、同条件で 10 回測定を行った。図-4 および表-2 に骨材の真の体積弾性係数および簡易法により推定された体積弾性係数の平均値を示す。ただし、真の体積弾性係数は、コア抜きによるヤング係数実測結果から式(3)にて求められており、一方、簡易法による骨材の体積弾性係数は本装置および式(4)から求められている。なお、ポアソン比は 0.2 と仮定した。

HS1,HS2,DR,GN については、簡易法では体積弾性係数を過大評価しているものの、他の骨材については概ね、簡易法は真の体積弾性係数を比較的良好に評価していると思われる。

### 6. まとめ

以上より、本提案手法にて、任意形状の物質に対する体積弾性係数を測定することが可能であることが確認されたが、今後さらに多くの実験を行い、統計的な視点からも本測定手法に対する検証を行いたいと考えている。

### 参考文献

1) 理科年表：丸善出版株式会社,2001

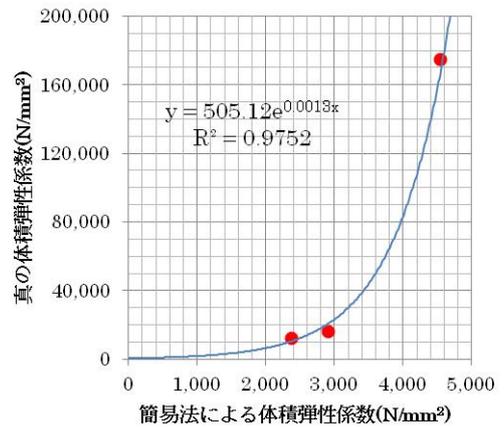


図-3 鉄およびセメントにおける簡易法と真の体積弾性係数との比較

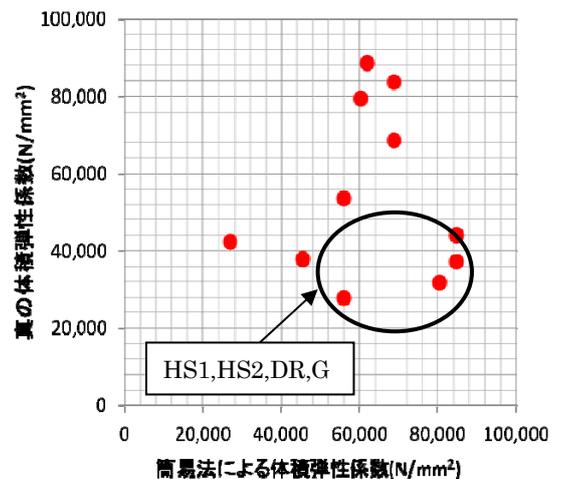


図-4 骨材における簡易法と真の体積弾性係数との比較

表-2 骨材における簡易法と真の体積弾性係数との比較

記号(岩種)	簡易法 (N/mm <sup>2</sup> )	真の値 (N/mm <sup>2</sup> )
AS(安山岩)	5.59E+04	5.34E+04
DB(輝緑岩)	6.20E+04	8.85E+04
DR(閃緑岩)	8.04E+04	3.19E+04
GN(花崗岩)	5.59E+04	2.78E+04
HS1(硬質砂岩)	8.47E+04	4.41E+04
HS2(硬質砂岩)	8.47E+04	4.40E+04
LS1(石灰岩)	6.88E+04	8.35E+04
LS2(石灰岩)	6.88E+04	6.86E+04
SS(砂岩)	8.47E+04	3.72E+04
ST(粘板岩)	4.54E+04	3.79E+04
PT(橄欖岩)	6.04E+04	7.93E+04
RS(川砂利)	2.70E+04	4.22E+04