

骨材の体積弾性係数の測定に関する解析的考察

名城大学大学院 学生会員 ○大橋裕成
名城大学 正会員 石川靖晃

1. 序論

近年,乾燥収縮や自己収縮を主要因とするコンクリート構造のひび割れ問題が顕在化している.コンクリートの収縮量が想定値の2倍以上あり,補修補強がなされた事例も実在する.これは,収縮しやすい骨材を使用したことが要因であるといわれている¹⁾.また,骨材の剛性がコンクリートの収縮に及ぼす影響については各所で研究が行われている²⁾.しかしながら,骨材の弾性係数の測定方法については十分な検討がなされていない.特に,任意形状の骨材に対して力学的な視点に立脚した骨材の弾性係数の測定方法は皆無であると思われる.そこで,本研究では,力学的視点に基づいた骨材の体積弾性係数の測定方法の提案を目的とした.

2. 体積弾性係数の測定の考え方

今,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り,液体部分に外部から体積ひずみ ε_v を強制的に与えることを考える.容器には体積ひずみは生じないと仮定する.さらに,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 α ,液体内部に生じる圧力を p とする.なお,本論文では,圧縮を正とする.固体にも圧力 p が生じることおよび,体積変化に関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, α 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,固体の体積弾性係数を間接的に算定できる.

3. 測定方法に関する解析検討

3.1 測定装置の形状が液体圧力に及ぼす影響

図-2に示すように,試験容器に液体のみが存在する場合を考える.容器剛性が無限大であれば,ピストンに作用する圧力から算定された圧力と内部液体に作用する圧力は完全に一致するが,実際の容器では両者は一般的に異なる.その為,容器形状寸法が液体圧力に及ぼす影響について解

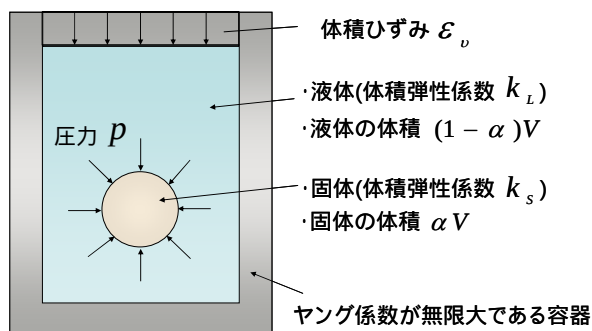


図-1 液体と固体からなる装置の形状

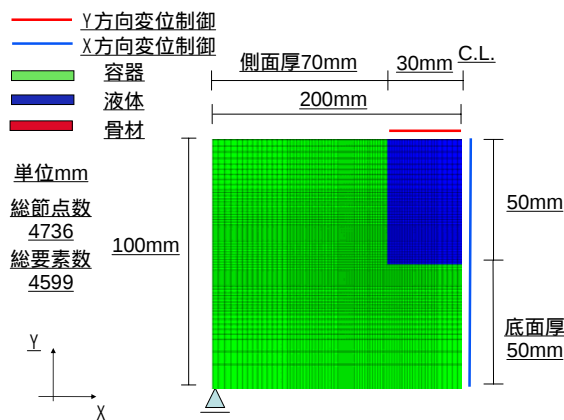


図-2 容器内に液体を用いた解析ケース

表-1 材料パラメータ

材料パラメータ	容器	脱気水
体積弾性係数 (N/mm ²)	175000	2200
ヤング係数 (N/mm ²)	210000	-
せん断剛性	-	0
ポアソン比	0.3	-

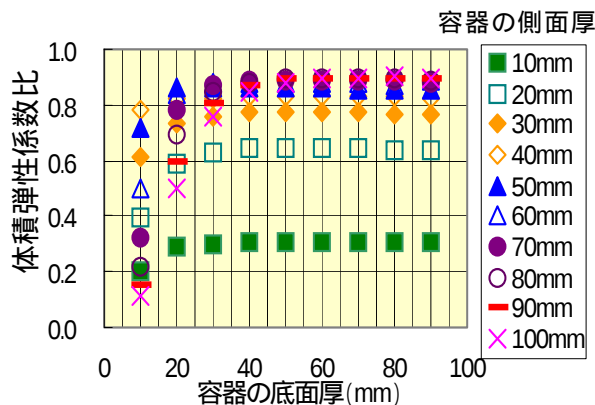


図-3 容器の厚さと体積弾性係数比の関係

析的に検討を行った。解析ケースは側面厚および底面厚を変化させた 90 ケースである。

解析に使用した材料パラメータを表-1 に示す。液体は、脱気水を使用した。一般的な脱気水の体積弾性係数は測定条件により異なるため、現時点では不明である。簡単のため、本研究では脱気水の体積弾性係数を $2.2 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$ と仮定する。

強制変位から体積ひずみを、強制を与えた節点の等価節点力から圧力を算定し、圧力と体積ひずみの比を液体の体積弾性係数と考えた。そして、解析に入力した体積弾性係数との比較を行った。

図-3 に変形解析から算定した体積弾性係数(以降、液体の評価体積弾性係数と称する)と入力に用いた体積弾性係数(以降、液体の真の体積弾性係数)の比(以降、体積弾性係数比と称する)、および底面厚、側面厚との関係を示す。図-3 より、側面厚に拘わらず、底面厚が大きくなるほど体積弾性係数比が大きくなり、底面厚が 50 mm 以上では、ほぼ一定となることが伺える。一方、側面厚が 70 mm 付近で体積弾性係数比は概ね最大となることがわかる。よって、底面厚が 50 mm、かつ側面厚が 70 mm の形状が尤も適切であると思われる。このときの体積弾性係数比は 0.89 である。

以上のことから、実際の容器を使用した場合、容器剛性の影響のため、評価される体積弾性係数は、真の値に比べ 1~2 割ほど小さくなることが確認された。

以上のことを踏まえたうえで、骨材の液体に対する比(以降、体積比と称する)および測定される骨材の体積弾性係数と真の値との比較検討を行う。

3.2 骨材の剛性と体積比が測定結果に及ぼす影響

解析ケースは骨材の体積比 α を変化させた 35 ケースである。

図-4 に体積比 0.3 の解析ケースの一例を示す。また、試験容器に内部液体ごと脱気水の骨材の評価体積弾性係数と入力に用いた骨材の体積弾性係数(以降、骨材の真の体積弾性係数)、および体積比 α との関係を図-5 に示す。図-5 より、液体の種類および体積比 α に拘わらず、骨材の剛性が低いほど骨材の評価体積弾性係数は真の体積弾性係数に接近することがわかる。理由として、骨材の体積弾性係数が小さいほど、液体内部に作用する体積ひずみは、骨材に集中するためであることが考えられる。また、骨材の剛性にかかわらず、体積比 α が大きいほど骨材の評価体積弾性係数が大きくなることもわかる。骨材の体積比が小さいほど、全体の変形に対して骨材に生じる変形割

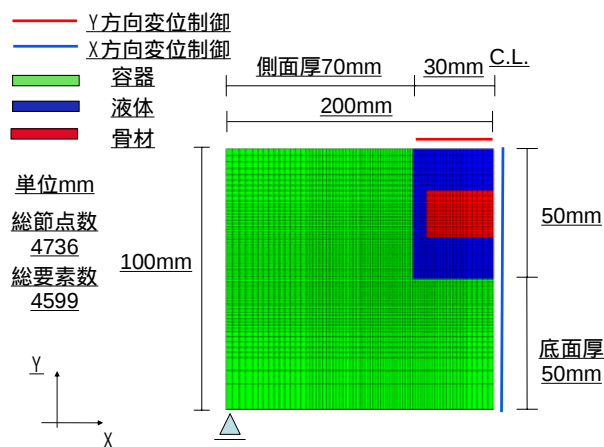


図-4 容器内に液体と骨材を用いた解析ケースの一例

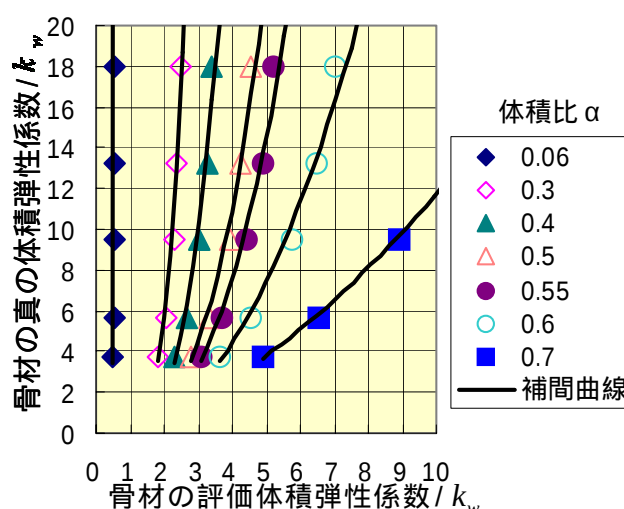


図-5 骨材の体積比および体積弾性係数の関係

合は小さくなる。よって、骨材自身の体積ひずみは容器剛性の体積変化を強く受け、その影響は骨材の体積比 α が小さいほど顕著である事がわかる。

4. 結論

以上より、液体を介して一軸載荷することにより骨材の体積弾性係数を推定する方法の検討を行った。その結果、本測定方法を採用した場合には容器剛性のみならず、骨材の容器に対する体積比 α が骨材の体積弾性係数に影響を及ぼすことが解析的に確認された。今後の課題として、実際に測定を行い、本提案手法の妥当性を実証する必要がある。

参考文献

- 1) 土木学会：垂井高架橋損傷対策特別委員会，中間報告書，005.9.12.
- 2) 浅本晋吾，石田哲也，前川宏一：骨材特性との連関を考慮した複合構成モデルによるコンクリートの収縮解析，土木学会論文集，No.63，No.2，pp.327-340，2007.6.