

Ⅲ - 160

ゴム膜貫入量測定方法の比較・検討

鳥取大学工学部 (正) 清水正喜
川重工事株式会社 (正) ○加藤有恒

1. はじめに

著者らは1次元圧縮タイプのゴム膜貫入量測定装置を開発し、砂やガラスビーズ等の粒状材料のゴム膜貫入特性を調べ、粒径や粒子形状の影響について考察している^{1), 2), 3)}。開発した試験器を用いて、2つの異なった測定原理による3種類の方法によって、ガラスビーズのゴム膜貫入量を測定した。本報告では、それらの方法の適用性について考察する。

2. 方法

装置(図1): 試験器は側方を拘束した1次元圧縮試験容器で、下部モールドに試料を入れ、試料上面にゴム膜を置き全体を上部モールドで密閉するタイプである。上部圧力及び背圧を作用させた状態で、間隙水圧及び体積変化量を測定できる。体積変化量は、上部および下部モールドに二重管ピュレットを接続して測定した。

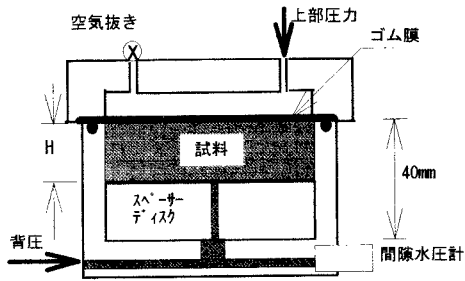


図1: ゴム膜貫入量試験器

試料: 粒径 0.177~0.250mm のガラスビーズを使用した。理論的相対密度約 40% の緩づめにした。

方法: 次の3通りの方法でゴム膜貫入量を求めた。

方法1: 下部モールド内底部にスパーサーディスクを置くことにより供試体高さ(H)を変化させる方法。ゴム膜貫入量は供試体の体積が0のときの測定体積変化量と考えることができるので、異なったHに対して同じ圧力変化を与えることにより、その圧力変化に対応するゴム膜貫入量を求めるという原理である。

方法2: ゴム膜接触面積(A_m)を変化させる方法。ゴム膜貫入量は A_m に比例すると考えることができるので、異なった A_m に対して同じ圧力変化を与えることにより、ゴム膜貫入量を求めるという原理である。 A_m を変えるのに二つの方法を採用した。

方法2a: ドーナツ状のプラスチック薄板(厚さ0.2mm)を供試体の上に置く。外径は試料径と同じで内

径を変えることによって A_m を変化させた。

方法2b: 円形状のプラスチック薄板を供試体の上に置く。直径を変えることによって A_m を変化させた。

試験手順: 下部モールドを脱気水で満たし試料を水中落下させ供試体を作成する。供試体の密度は容器側面を打撃して調整した。試料の上にゴム膜(直径76mm、厚さ0.2mmのラテックスを使用)を置き、上部モールドをセットする。方法2aおよびbでは、ゴム膜を置く前に供試体上面に所定のプラスチック薄板を置く。上部圧力と背圧を調整することによって、軸方向有効応力 σ' を0.2, 1.0, 2.0, 3.0 kgf/cm²と上げ(処女載荷)、その後、 $\sigma'=0.2$ kgf/cm²まで除荷した。このサイクルを3回繰返した。各軸方向応力ごとに体積変化量を測定した。

3. 結果

方法1による結果は、既に報告した^{1), 2), 3)}ので、ここでは方法2aと2bの結果を中心に示す。

図2から4に方法2aの結果を示す。図2は、 σ' と供試体からの総排水量Vの関係である。ただし、Vは処女載荷過程における $\sigma'=0.2$ kgf/cm²のときからの排水量である。図3はゴム膜接触面積 A_m と排水量V'との関係である。ここに、V'は当該載荷過程における $\sigma'=0.2$ kgf/cm²のときからの排水量。各 σ' に対して A_m とV'の関係は直線で近似できる。任意の A_m におけるV'から $A_m=0$ のときの排水量(=この過程における $\sigma'=0.2$ kgf/cm²からその σ' までのゴム膜貫入量を含まない供試体体積変化量)を引けばその A_m によるゴム膜貫入量となる。従って、図3の直線の傾きから単位ゴム膜接触面積当りのゴム膜貫入量を求められる。ここでは、次に述べる方法で傾きを算定した。

図3において $0 < A_m < A$ のデータの延長線上に $A_m=A$ と $A_m=0$ のデータが来ない。これは、方法2a(および2b)では、 $0 < A_m < A$ のときと $A_m=0$ または $A_m=A$ (=試料断面積)のときとで供試体表面の変形機構が異なるためと考えられる(4.考察の節参照)。 $A_m=0$ および $A_m=A$ の場合の結果を除外して線形回帰した。この考え方は、後述の方法2bの結果にも適用した。

図4は単位ゴム膜接触面積当たりの貫入量 v_m と σ' との関係である。各載荷過程に対して、ほぼ直線的な関係が得られる。式で表わすと、

$$v_m = K \log \left(\frac{\sigma'}{\sigma'_0} \right) \quad (1)$$

ここに、 σ'_0 は基準の圧力(0.2kgf/cm²)、 K は図における傾き。

図5、図6に方法2bの結果の一例を示す。先の方法2aの結果と同様の結果が得られている。

図7は、 K の値の範囲を方法別に比べたものである。方法1と方法2aは同じ範囲の K の値を与えているが、方法2bの結果は、値が小さく、かつ、範囲が大きい。

4. 考察

ゴム膜貫入量は、実際の試験(例えば、三軸圧縮試験)の条件で行うべきである。採用した方法において、実際の試験条件に反する問題点として：

- ①砂の変形状態が1次元的である。
 - ②容器内面の摩擦のため、試料周縁部で圧縮しにくい。
 - ③プラスチック板を介して圧力をかけると応力集中が起こる。
 - ④ゴム膜の張力によって、プラスチック板周縁部で試料が圧縮しにくい。また、ゴム膜貫入量も小さい。(図8参照)
 - ⑤④と同じことが容器内周面部において起る。
- 等を挙げることができる。①、②、⑤はすべての方法に共通しているが、③、④は方法2aおよび2bで起こる。図7において、方法2aと2bで結果が異なっ

たのは、主として③の影響度が両方法で異なるためだろう。

5. 結論

1次元圧縮タイプの試験器を用いて、2つの異なった測定原理による3種類の方法によって、ガラスビーズのゴム膜貫入量を測定した。供試体高さを変える方法とドーナツ型プラスチック板によってゴム膜接触面積を

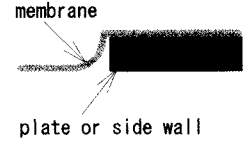


図8：試料表面模式図
ナツ型プラスチック板によってゴム膜接触面積を変える方法によって、同じ結果が得られた。円形プラスチック板によってゴム膜接触面積を変える方法では、ゴム膜貫入量が小さくなった。

参考文献

- 1) 清水, 岩成, 木内(1993): 砂のゴム膜貫入量試験器の開発, 土木学会第48回年次学術講演会, III-470.
- 2) Shimizu et al. (1993): A simple apparatus for the measurement of membrane penetration, 鳥取大学工学部研究報告, Vol.24, No.1, pp.163~174.
- 3) 加藤, 清水 (1995): 種々の砂のゴム膜貫入特性—粒径および粒子形状の関係—土木学会中国支部研究発表会(投稿中)

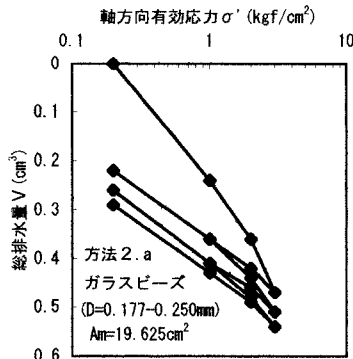


図2：Vと σ' の関係(H=40mm;方法2a)

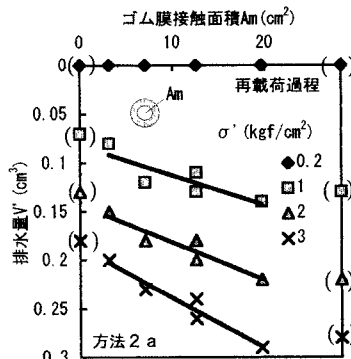


図3：V'と A_m の関係(方法2a)

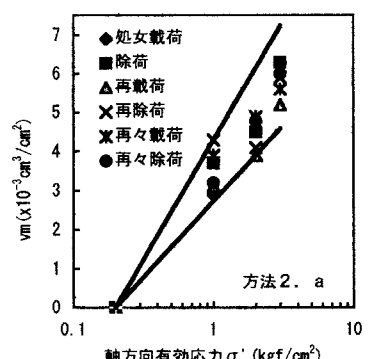


図4：vmと σ' の関係(方法2a)

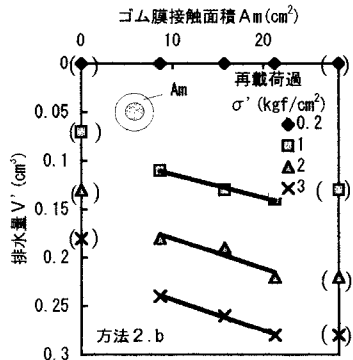


図5：V'と A_m の関係(方法2b)

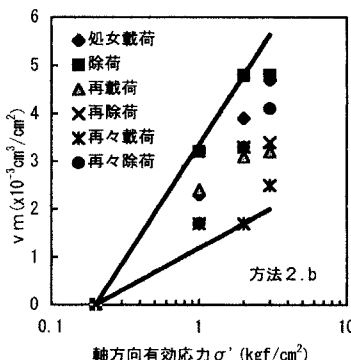


図6：vmと σ' の関係(方法2b)

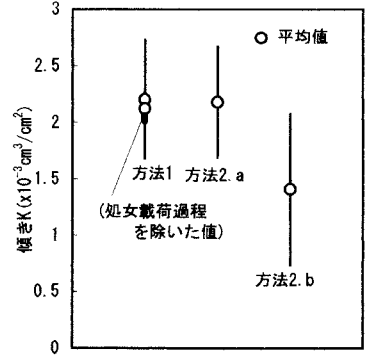


図7：各種方法による K の値