

## 2 段加圧法による締固め土の封入空気の圧力・体積測定 Evaluation of entrapped air pressure and volume in compacted soil using two steps pressurization method

坂本 浩貴\*, 古賀 潔\*\*, 梅田 直人\*\*  
SAKAMOTO Hirotaka, KOGA Kiyoshi, UMEDA Naoto

1. はじめに 太田ら(2004)は締固め土中の封入空気に外部から圧力を加え,これによる体積変化を測定し,封入空気の圧力と体積を計算する「2段加圧法」を考案し,測定を行ったが十分な精度は得られなかった。本研究では測定装置を改良,高精度化し測定を行ったので報告する。

2. 2段加圧法の測定原理 外部で測定可能な量をもとに封入空気の圧力と体積を計算する「2段加圧法」の測定原理を示す。封入空気を理想気体と仮定し以下の記号を用いる。 $P$ : 封入空気圧力(未知),  $V$ : 封入空気体積(未知),  $n$ : 封入空気モル数(未知),  $R$ : ガス定数,  $T$ : 温度(測定可能,一定とする)。初期状態を  $P, V$  とし圧力を1回目は  $P$  に対して  $\Delta P_1$ , 2回目は  $P$  に対して  $\Delta P_2$  増加させこれによる体積変化をそれぞれ  $\Delta V_1, \Delta V_2$  とすると次式が成り立つ。

$$PV=nRT\dots(1), (P+\Delta P_1)(V+\Delta V_1)=nRT\dots(2), (P+\Delta P_2)(V+\Delta V_2)=nRT\dots(3)$$

$$(1)\sim(3)\text{より次式を得る。 } P = \frac{\Delta P_1 \Delta P_2 (\Delta V_1 - \Delta V_2)}{\Delta P_1 \Delta V_2 - \Delta P_2 \Delta V_1} \dots(4), V = \frac{\Delta V_1 \Delta V_2 (\Delta P_2 - \Delta P_1)}{\Delta P_1 \Delta V_2 - \Delta P_2 \Delta V_1} \dots(5)$$

3. 実験方法 実験装置 装置は図1に示すように圧力発生装置(上半)と加圧装置(下半)からなる。圧力はチューブで結ばれた2つのタンク中の水面の高低差  $\Delta H$  により発生する。発生した空気圧力を絶対圧計によりPCに取り込み,制御プログラムにより,所定の圧力を保つようモーターを上下させる自動制御とした。調整した圧力は圧力チャンバーに加えられる。一方,供試体の入ったモールドと圧力チャンバー内の天秤上の容器をチューブで繋ぐ。これによりチャンバーに加えられた圧力は供試体に伝わり,圧縮された封入空気の体積が天秤上の水の重量変化として測定される。なお,モールドと圧力チャンバーの温度は各々  $\pm 0.05$   $\pm 0.2$  に保った。

試料準備 岩手大学附属滝沢農場で採取した火山灰土( $VH_2, w_{opt}=65\%$ )を自然含水比76%で内径100mm,高さ20mmのモールドにJIS標準エネルギーで締固めた( $\rho_d=0.819\text{g/cm}^3, S_r=90.8\%$ )。モールドに底板,上蓋を取り付けて水を満たした。組み立てたモールドをさらに別の圧力容器に組み込んだ(図2)。また,モールド

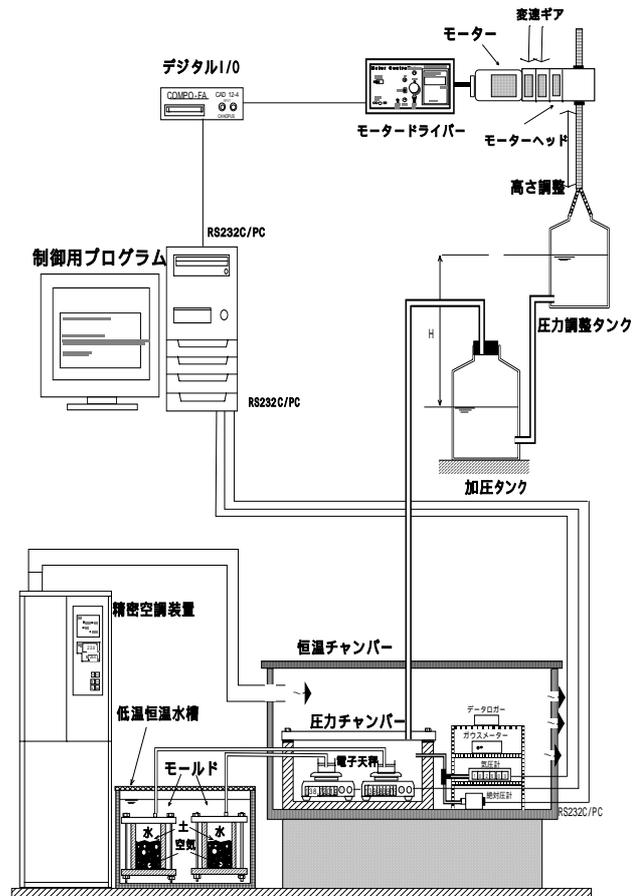


図1 2段加圧装置概略図

\* 岩手大学大学院農学研究科, Graduate School of Agriculture, Iwate University

\*\* 岩手大学農学部, Faculty of Agriculture, Iwate University キーワード: 締固め土, 間隙空気体積, 間隙空気圧

ドに接続するウレタンチューブ(内管)をより太いウレタンチューブ(外管)に通し外管を圧力容器に接続した。さらに外管の一方を圧力チャンバーに接続した。これによりモールドの内外、チューブの内外の圧力が常と同じとなるので、モールド、チューブ自体の体積変化による誤差はほとんど生じない。

加圧試験 試験は初期状態 1000hPa とし、1 回目を 1025hPa( $\Delta P_1=25\text{hPa}$ 、約 3 時間)、2 回目を 1050hPa( $\Delta P_2=50\text{hPa}$ 、約 3 時間)とした。実験は供試体 A、B の 2 連で行った。

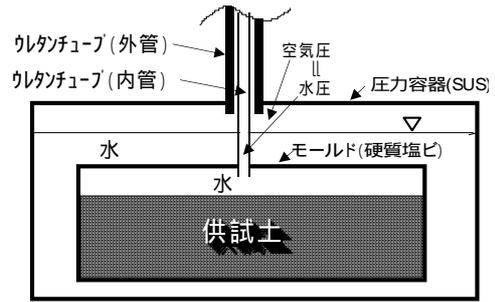


図2 2重圧力容器

4. 測定結果 加圧試験は締固め後 6 日目から 10 日目まで 3 回実施した。この期間の前後に、供試体と接続しない状態で天秤上の容器からの蒸発量を測定し、測定値から蒸発量を補正した。加圧試験の結果より圧縮量を求める一例を図 3 に示す。加圧直後は電子天秤の測定値は急激に減少し、その後約 1.5 時間程度までは体積圧縮と空気の間隙水への溶解が同時進行し、やがて溶解のみの過程となる。溶解量は初期において経過時間の平方根に対し直線となるので、図 3 の後半部の直線区間を用いて時間 0 に外挿し、溶解量=0 の低下量すなわち圧縮量  $\Delta V_1$  を求めた。同様にして  $V_2$  も求め、これらの値を(4)、(5)式に代入して  $P$ 、 $V$  を求めた。2 段加圧法により求めた供試体 A と供試体 B の封入空気の圧力・体積の結果を図 4 に示す。A、B 供試体の空気圧力はいずれも負圧となった。また、時間の経過に伴って A、B の圧力と体積は減少し、その減少傾向は比較的一致している。なお、実験終了後に水中置換法により供試体中の空気体積を測定したところ、A は  $1.6\text{cm}^3$ 、B は  $2.5\text{cm}^3$  と概ね計算結果と一致した。

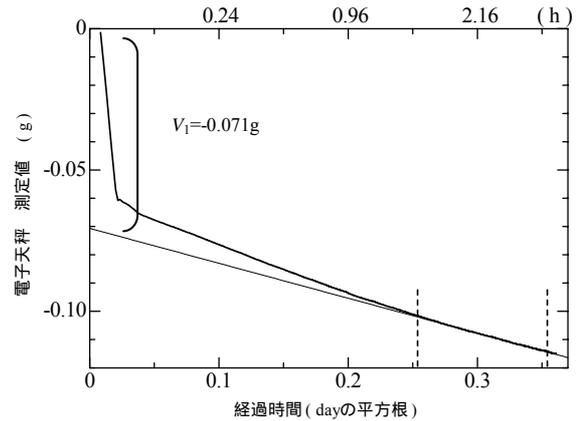


図3 圧縮量の求め方

封入空気が大気圧 1000hPa より低い負圧であるのは、空気の形態が間隙水に対して凹な形状をしているものが多いためと考えられる。

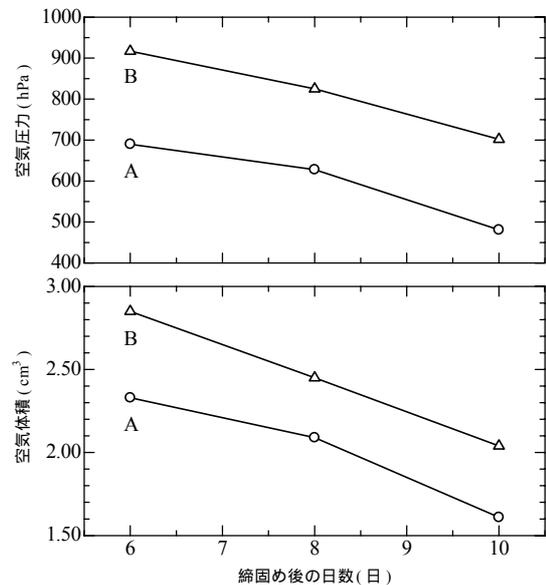


図4 2段加圧法による空気圧力・体積測定結果

5. おわりに 装置の高精度化により、2 段加圧法による封入空気圧力、体積の測定が可能となった。今後の課題として、天秤上容器からの蒸発特性や、封入空気の間隙水への溶解特性を検討し、これらを除いた純粋な空気圧縮量をより正確に求めること、また含水比や試料を変えての測定や、締固め後の経時変化などについてさらに検討していきたい。

本研究の一部は科研費 (19580274) の助成を受けて行われたものである。