

## 2 段加圧法による締固め土の封入空気の圧力・体積測定 (2)

### 溶解飽和状態での測定

Evaluation of entrapped air pressure and volume in compacted soil using two steps pressurization method

梅田 直人\*\*\*, 古賀 潔\*\*, 坂本 浩貴\*\*\*

UMEDA Naoto, KOGA Kiyoshi, SAKAMOTO Hirotaka

**1. はじめに** 締固めによって土中に封入された空気の圧力は、締固め直後の高い間隙水圧や土の体積膨張などに影響している(太田ら, 2004)。筆者らは、封入空気圧を測定するため、試料に外部から圧力を加えることによる体積圧縮量を測定し、空気の圧力と体積を求める「2 段加圧法」を考案した。しかし、封入空気は加圧により体積圧縮すると同時に間隙水に溶解するため、解析のためには圧縮と溶解を分離する必要がある。本報では溶解飽和状態での測定により、この分離をおこなった。

**2. 2 段加圧法の測定原理** 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,  $V$ : 封入空気体積,  $n$ : 封入空気モル数,  $R$ : ガス定数,  $T$ : 温度(一定とする)。初期状態を  $P, V$  とし圧力を 1 回目  $P + \Delta P_1$ , 2 回目  $P + \Delta P_2$  とし, 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), (2), (3) 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** (1)準備 岩大付属農場で採取した火山灰心土(VH<sub>2</sub>,  $w_{opt} = 65\%$ ) 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 ( $\rho_d = 0.819 \text{g/cm}^3$ ,  $S_r = 90.8\%$ )。突固めた供試体を毛管上昇飽和し, 底板, 上蓋を取り付けて水を満たし, 図 1 の装置に組み込み恒温水槽 (10 ) に入れた。

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。装置の高精度化(坂本ら, 2008)に加えて, 加圧できる圧力範囲を拡大した。すなわち図 1 のように, 滑車を設置して加圧タンクも上

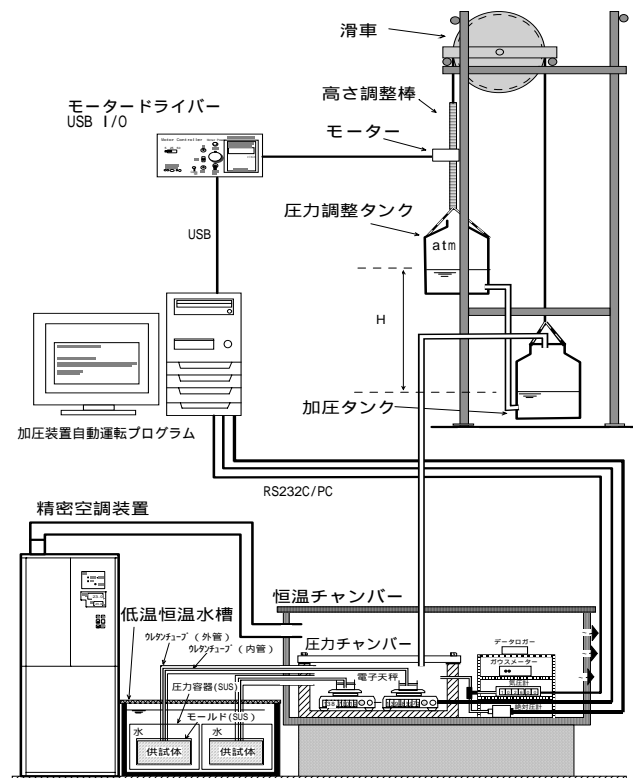


図 1 2 段加圧装置概略図

\* 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

下運動させることにより最大 75hPa の圧力を加えることが可能になった。誤差を減らすためには、圧力の刻み幅はより大きいほうが良いが、ここでは 25hPa 刻みとした。したがって、3 段階の加圧が可能となり従来の 1 組しかできなかった解析が、図 2 のように 4 組の 2 段加圧法として解析できる。

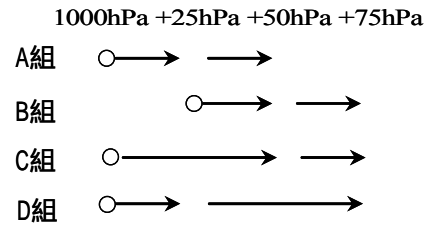


図 2 2 段加圧法の組み合わせ

(2) 加圧試験 恒温水槽に入れた供試体は、1000hPa のもとで 20 日間放置し、溶解飽和させた。加圧試験は、封入空気を周辺の間隙水へ完全に溶解飽和させてから次の加圧へと移行する長時間加圧方式とした。この場合、加圧するとヘンリーの法則により新たな溶解が生じるが、4 日後には十分溶解飽和に達すると考え、加圧時間は 1025hPa, 1050hPa, 1075hPa 各々 4 日間とした。

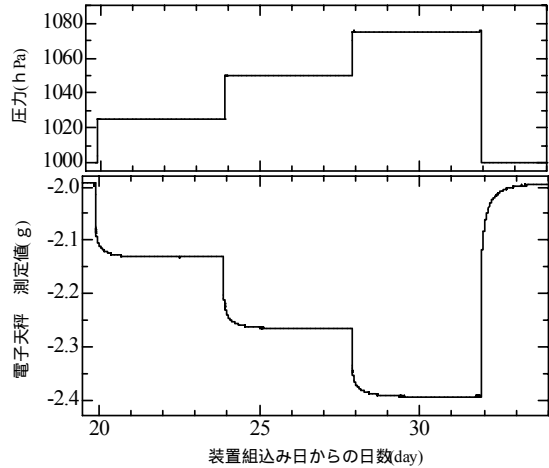


図 3 加圧試験結果

(3) 実測体積 実験終了後、供試体を別の容器に移して質量をはかり、続いて 0.7MPa の高圧を加えて水を注入し、封入空気を周辺の間隙水に完全に溶解させたのち質量を測定し、差を実測体積とした。

**4. 結果** 図 3 の天秤測定値は圧縮量と溶解量の和である。溶解量はヘンリーの法則より求める。天秤の測定値から溶解量を差引いて圧縮量 ( $\Delta V_n$ ) を求め、これを用いて封入空気の圧力と体積を計算した。この場合 (4), (5) 式にかえて、加圧による空気の溶解を考慮した式を用いた。A 組の場合は、第 1 段加圧中の溶解体積を  $\Delta V_s$  とすると次式になる。

$$P = \frac{\Delta P_1 \Delta P_2 (\Delta V_1 - \Delta V_2) + \Delta P_1 (\Delta P_2 - \Delta P_1) \cdot \Delta V_s}{\Delta P_1 \Delta V_2 - \Delta P_2 \Delta V_1} \dots (6) \quad V = \frac{\Delta V_1 \Delta V_2 (\Delta P_2 - \Delta P_1) - \Delta V_1 (\Delta P_2 - \Delta P_1) \cdot \Delta V_s}{\Delta P_1 \Delta V_2 - \Delta P_2 \Delta V_1} \dots (7)$$

求めた結果と実測体積を表 1 に示す。各々の計算結果にはばらつきがあるものの、体積を平均すると  $3.4\text{cm}^3$  となり、実測値  $3.66\text{cm}^3$  に近い値となった。なお、加圧前の圧力は 1130hPa と計算されたが、加圧前の圧力チャンパー内圧力 1000hPa に高低差による静水圧 57hPa を加えた 1057hPa よりもやや高い値となった。

表 1 解析結果と実測値

	P (hPa)	V (cm <sup>3</sup> )	V (実測) (cm <sup>3</sup> )
A組	1080	3.2	3.66
B組	1190	3.5	
C組	1100	3.3	
D組	1150	3.4	
平均	1130	3.4	

**5. おわりに** 今後は、溶解が急激に起こっている締固め直後の測定を短時間におこなう方法を検討していきたい。

本研究の一部は科学研究費補助金 (19580274) の助成を受けて行われたものである。

[参考文献]

太田ら(2004): 封入空気の挙動からみた締固め土中の間隙水圧変化について. 農土論集 231, pp.55-61.  
坂本ら(2008): 2 段加圧法による締固め土の封入空気の圧力・体積測定. H20 農業農村工学会大会講演集