

締固め土中の封入空気の影響測定

Determination of air pressure entrapped in compacted soil

太田 好重[†], 古賀 潔^{††}
 OHTA Yoshinobu, KOGA Kiyoshi

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（松田ら，2002）。間隙水圧の測定は可能だが間隙空気圧を直接測定することはできない。本研究では間隙水に圧力を加え、これによって引き起こされる間隙空気の体積変化を測定し、間隙空気の圧力を求めることを目的とした。

2. 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「二段加圧法」を考案した。封入空気を理想気体と仮定し、以下の記号を用いる。 P ：封入空気の圧力（未知）， V ：封入空気の体積（未知）， n ：封入空気のモル数（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_1 ，2 回目は P に対して P_2 増加させ，これによる体積変化をそれぞれ V_1, V_2 とすると，次式が成り立つ。

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

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

3. 実験方法 実験準備 岩手県玉山村藪川で採取した赤色土（ C^H ， $w_L=77\%$ ， $w_p=46\%$ ， $w_{opt}=36\%$ ）を自然含水比 48% で用いた。モールド（高さ 10cm，内径 10cm）に締固め後の体積が 500cm^3

となるように，2.5kg ランマーで 1 層当り 12.5 回，3 層で締固めた。測定装置を Fig.1 に示した。締固め終了後，モールドに水を満たし，蓋をして恒温水槽に入れた。蓋に取り付けたチューブを図のように配管し，分析用天秤で測定される水の質量変化量により，封入空気の体積変化を測定した。また，大気圧と供試体上下の水圧も同時に測定した。

加圧試験 試験は締固めた後

1，2，4，8，11 日に行った。圧力チャンバーに 1 回目 $P_1=25\text{cm}\cdot\text{H}_2\text{O}$ ，1.5～2 時間後に 2 回目 $P_2=50\text{cm}\cdot\text{H}_2\text{O}$ を加え体積変化 V_1, V_2 を測定した。

4. 結果 空気体積の経時変化 Fig.2 に封入空気と大気圧の経時変化を示した。封入空気は締固め直後のみ増加し，その後 4 日まで急激に低下した後，緩やかな低下を続けた。直後の増加は，締固めにより圧縮された封入空気が膨張したためである。その後の低下は土中の空気が水に溶解し空気体積が減少して，土に水が吸い込まれたためである。なお，図中の 5ヶ所のくぼみは加圧試験時の空気圧縮を示している。

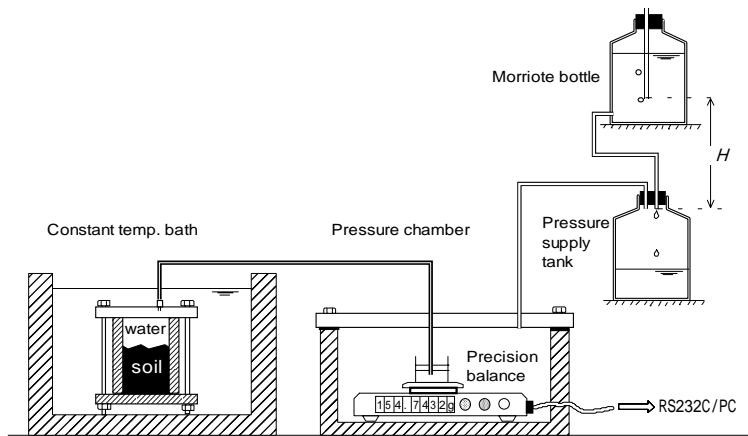


Fig.1 Setup of back pressure test

[†] 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

二段加圧法 試験結果の一例を Fig.3 に示した。1 回目の加圧により封入空気の体積は急激に低下するが、約 1 時間後に安定し、一定速度で緩やかに低下を続けた。この緩やかな低下は空気の溶解が測定中も進行するためである。次に約 2 時間後に 2 回目の加圧を行い、同様に 2 時間放置し、安定したのを確認して、徐々に大気圧へ戻した。 V_1 、 V_2 は図のように求めた。

これらの結果を、式に代入して V 、 P を求めたが、信頼できる結果を得ることができなかった。この主な原因は大気圧の変動が V に少なからず影響してしまうためである。そこで、試験終了後、モールド内の空気体積を測定して、各加圧試験時の空気体積を推定し、以下の方法で空気圧を求めることとした。

一段加圧法 式と、式より次の式が得られる。

$$P = -V \frac{\Delta P_i}{\Delta V_i} - \Delta P_i, i = 1, 2 \dots$$

[P_1 , V_1], [P_2 , V_2] を 式に適用して、 P を求めた (Fig.4)。空気圧はおよそ 500 ~ 600cm で間隙水圧の 1000cm より低く、負圧を示している。また、時間経過に伴い空気体積と平行して空気圧は減少している。なお、 P_1 、 P_2 より計算された空気圧の値は、完全には一致せず、 P_1 の結果は P_2 の結果より高い傾向を示した。

5. おわりに 今回の実験では二段加圧法による土中の空気体積と空気圧の同時測定は不調であったが、

一段加圧法に切り替えることにより封入空気の圧力を決定することができた。今後は、測定精度をさらに向上させることで、二段加圧法の可能性を検討していきたい。

[参考文献] 松田ら：室内締固め土に発生する過剰間隙水圧の経時変化とその原因 ,H14 農工大大会講要集 ,pp.212-213

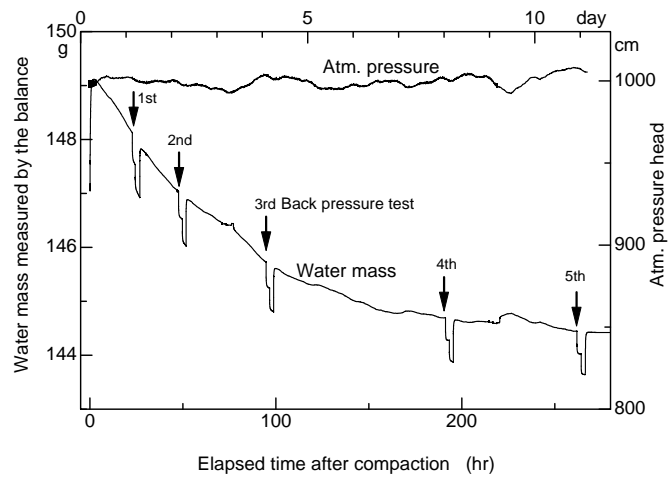


Fig.2 Change in water mass and atmospheric pressure

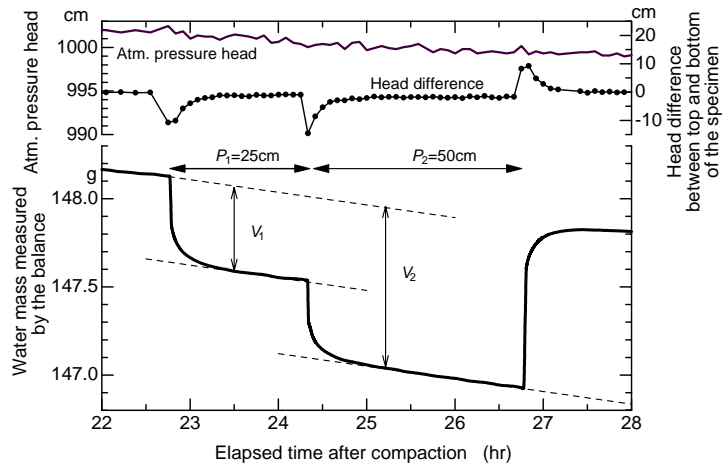


Fig.3 Results of back pressure test

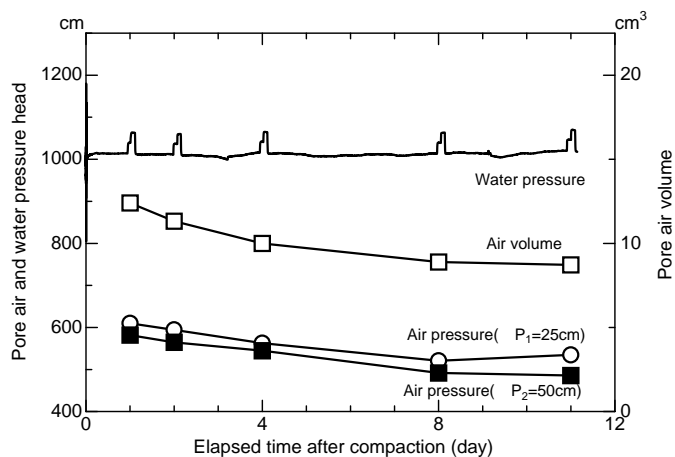


Fig.4 Change in pressure and volume of entrapped air