

精密水頭差発生装置の開発

菊池智士・古賀 潔

Development of a Precision Hydraulic Head Difference Generator

Satoshi KIKUCHI¹ and Kiyoshi KOGA²

¹ United graduate school of agricultural sciences, Iwate University

² Faculty of Agriculture, Iwate University, 18-8 Ueda 3 chome, Morioka

Abstract

In order to obtain accurate value of coefficient of permeability of soil in laboratory, it is necessary to measure precisely the hydraulic gradient and the flow rate. A new precision hydraulic head difference generator was developed for this purpose.

The new generator is divided into two parts. One is a water supply part which is composed of an outer tank and an inner tank floating on the water of outer tank. The other is a drain tank. When the volume of supply water stored in the inner tank is decreased as a result of percolation, the inner tank becomes light and is elevated by a buoyant force. The dimensions of these tanks were determined in such a way that the hydraulic head difference between the supply and the drain water is kept constant during percolation. The hydraulic head difference and the flow rate are measured by a precision differential pressure transducer and a load cell, respectively. These data are recorded by a computer which also control electric valves so as to enable the automatic operation of percolation test.

In order to evaluate the performance of this apparatus, the change in hydraulic head difference was observed during percolation test. A similar test with an ordinary Mariotto bottle was also carried out. The results showed that the hydraulic head difference of the new apparatus was kept in a range of 0.02 cm, whereas that of the Mariotto type fluctuated in a range of 0.5 cm.

The principle of the new generator can be applied to other kinds of apparatus which require constant hydraulic head difference.

Key words : hydraulic head difference generator

1. はじめに

透水係数を精度良く求めるためには動水勾配と透水量の精密な測定が必要である。その場合、透水係数が動水勾配に依存する可能性がある (Mitchell and Younger, 1967) ことを考えると水頭差を一定に保つ定水位透水試験が望ましい。定水位透水試験ではマリョット給水装置を用いることがあるが、この場合水頭差を精密に一定に保つことが難しい。

著者らは今回圧密にともなう土の間隙構造の変化を透

水性の変化で捉えることを目的として、透水試験装置に使用する精密水頭差発生装置を開発した。

その原理は水頭差を一定に保つ必要のある種々の実験装置にも適用できると考えられるのでここで紹介したい。

2. 定水頭差の原理

この装置の特徴は透水中に水頭差を精度良く一定に保つことである。装置の原理を図-1 に示す。供給部は内容器と外容器からなる。内容器は外径の異なる二つの円筒

¹岩手大学大学院 ²岩手大学農学部 〒020 盛岡市上田 3-18-8

キーワード : 水頭差発生装置

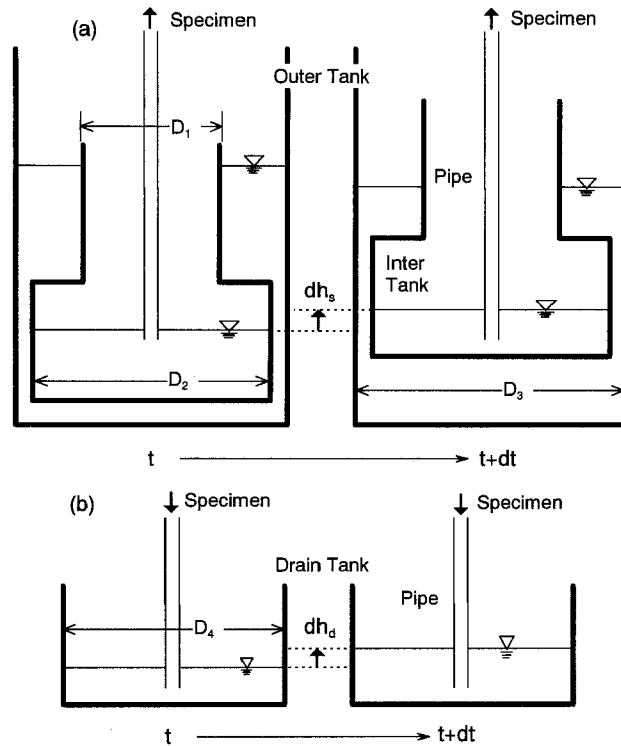


図-1 装置の原理図 (a) 供給部 (b) 排水容器

Fig. 1 Principle of the hydraulic head difference generator (a) supply reservoir (b) drain tank.

を上下に接着し、図-1 (a) に示す形状とした。内容器を外容器中の水に浮かせる。浸透水は内容器に貯留し、パイプで取り出す。土を浸透した水は排水容器にパイプで導く。パイプの先端は水没させておく。なお透水量は排水容器の重さを計量器で計測することにより測定する。

透水が始り、内容器の水が吸い込まれると内容器全体の重量が軽くなるので内容器は浮き上がる。同時に外容器の水位は低下する。この時、内容器内の水面の外容器に対する上昇量は次式で表される。

$$dh_s = \left(\frac{1}{D_1^2} - \frac{1}{D_2^2} - \frac{1}{D_3^2} \right) \frac{4 \cdot dW}{\pi \cdot \gamma_w} \dots\dots\dots(1)$$

dh_s : 内容器内の水面の外容器に対する上昇量

D_1 : 内容器の小さい円筒部の外径

D_2 : 内容器の大きい円筒部の内径

D_3 : 外容器の内径

dW : 浸透水の重量

γ_w : 水の単位体積重量

一方、排水容器の水面（下流部水面）は供試体からの排水で上がり、その時の上昇量は次式で表される。（図-1 (b) 参照）

$$dh_d = \frac{4 \cdot dW}{\pi \cdot D_4^2 \cdot \gamma_w} \dots\dots\dots(2)$$

dh_d : 排水容器の水面の上昇量

D_4 : 排水容器の内径

水頭差を透水中一定に保つためには式(1)と式(2)が等しく ($dh_s = dh_d$)、次式が成り立つことが必要である。

$$\frac{1}{D_1^2} = \frac{1}{D_2^2} + \frac{1}{D_3^2} + \frac{1}{D_4^2} \dots\dots\dots(3)$$

なお、下流側の水頭を一定に保つ構造とする場合には、 $dh_s = 0$ のみの条件となる。また、外容器にたたえる水を比重の異なる液体に置き換え、式(1)に相当する式を誘導することも可能である。

3. 精密透水試験装置の作製

以上の原理に基づき、装置を作製した。内容器、外容器の材質はアクリルで、各部の寸法は $D_1 = 7.7$ cm, $D_2 = 13.0$ cm, $D_3 = 15.0$ cm, $D_4 = 12.4$ cm とした。なお内容器の高さは、噴水線が内容器の小さい円筒部に保たれるように決定した。装置の製作図を図-2 に示す。

製作にあたり内容器には次のような改良を加えてあ

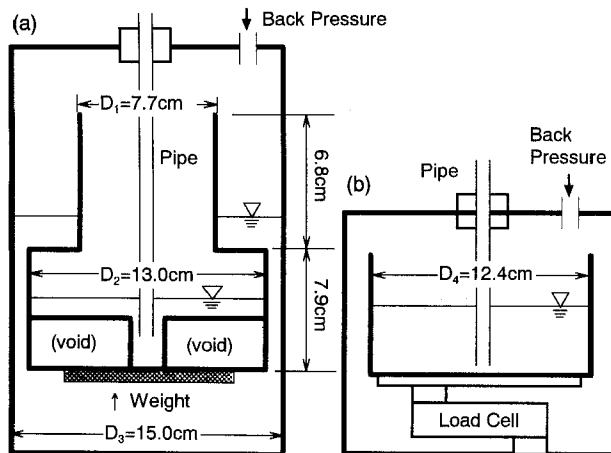


図-2 装置の設計図 (a) 供給部 (b) 排水部

Fig. 2 Design of the hydraulic head difference generator (a) supply reservoir (b) drain tank.

る。パイプを外容器に固定しているので、パイプが内容器的の上昇で内容器的の底面に接触するおそれがある。これを回避するため内容器的底部に余分な空間が必要になる。そこで図-2 (a) に示すように内容器的底部をアクリル板で仕切って空洞をつくり、その重量相当の鉛を底板下面に取り付けた。これにより死水を減らすとともに内容器的の重心をさげ安定を図っている。

透水量と水頭差はそれぞれロードセル (MINEBEA 社製, C2G1-B, 0.01 g まで計測可能) と微差圧計 (クローネ社製, 差圧トランスデューサ DP 15, 0.01 cm H₂O まで計測可能) により計測し, パーソナルコンピュータで自動記録する。また装置内の水面にはシリコンオイルの膜を張り, 水の蒸発を防止する。

今回作製した装置には, 試料の飽和度を高めるため背圧がかけられるようにした。また, コンピュータによりバルブの開閉を行い, 自動化された透水試験が可能である。この他, 供試体の圧密にかかわる応力やひずみの計測・制御機能も持つが, これについては省略する。

4. 性能の評価

精密透水試験装置の性能を確認するために水頭差の変動を経時的に計測した。水頭差を約 28 cm に設定し, 3.0 cm³/h で浸透させながら, コンピュータで 1 分ごとに水頭差を記録した。

また比較のためマリョット給水装置の水頭差の変動も微差圧計で測定した。使用したマリョット給水装置はアクリル製で, 浸透水貯留管 (外径 2.5 cm, 内径 1.9 cm) と通気管が分離しているもので, 気泡侵入部の内径は

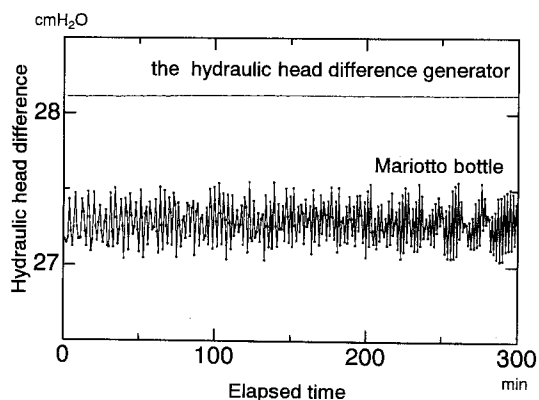


図-3 各装置の水頭差の変動

Fig. 3 Change in hydraulic head difference of the hydraulic head difference generator and Mariotto bottle.

0.46 cm である (占賀, 1987)。水頭差は精密透水試験装置と同程度にし, 浸透速度は 4.3 cm³/h であった。結果を図-3 に示した。

開発した装置では透水中水頭差はほぼ一定で, 変化幅は最大で 0.02 cm (0.02 cm/28.25 cm, 0.1%) となりきわめて微小であった。一方, マリョット給水装置の水頭差は平均的には 27.4 cm 付近で一定に保たれているものの, 小刻みに脈動し, 水頭差の変化幅は最大 0.5 cm であった。これは水頭差の約 2% にあたり通常の透水試験では問題はないと思われるが, 低水頭差で短時間の測定から精密な透水係数を求めようとする場合には注意が必

要であることがわかる。

開発した装置は水頭差が一定ではあるが、供試体の上流面と下流面の水頭はわずかであるが並行して変化する。従って、不飽和の供試体を扱う場合には注意が必要である。

5. おわりに

今回、透水試験装置に使用する精密水頭差発生装置を開発した。装置の原理は単純であり、水頭差を一定に保ち、かつ脈動も非常に小さいという特徴がある。各方面で応用いただければ幸いである。

引用文献

古賀 (1987) : 透水係数の長期変動について一締固めの透水性に関する研究 (I) 一, 農土論集, **130** : 61~67.

Mitchell, J.K. and Younger, J.S. (1967) : Abnormalities in hydraulic flow through fine-grained soils, ASTM STP **417** : 106~139.

受稿年月日 : 1996年9月12日

受理年月日 : 1996年11月18日