

Ⅲ-A348

蒸発を用いた土質材料の不飽和パラメータ推定法の一提案

Saitama Univ. 正 Mohamed, A.A.
埼玉大学(大学院) 正 尾崎哲二

埼玉大学 正 渡辺邦夫

1 はじめに

筆者(尾崎)は保水性セラミック建材(以下,保水性建材)を用いて,都市域における熱環境改善に関する研究をおこなっている。これは保水性建材に水を保水させ,夏期,これを日にさらすと表面からの蒸発が長時間続いて建材の表面を冷やし,さらに直上の空気も冷却するというものである。

今回,この保水性建材の不飽和パラメータを室内実験と逆解析により求めたので報告する。

2 既存の不飽和パラメータ推定法

土質材料の不飽和パラメータのうち,水分特性曲線($pF \sim \theta$)を求める方法は土質試験法(JSF T 151-1990)に定められているものの,不飽和透水係数を求める方法については定められておらず,実際には直接的な方法としてRichardsの加圧法などが用いられている。加圧法は試料の両端にフィルター(セラミック製)をあて,これをチャンバーへ入れて加圧状態にし,両端に水頭差を与えて流量を測定する方法である。通常,フィルターには水は通すが空気は侵入させない特性をもつセラミックを準備するが,現在のところ $80\text{cmH}_2\text{O}/\text{cm}^2$ 程度(pF 値1.9)の加圧が限界となっている。一方,間接的に求める方法としては,空隙分布や水分特性曲線を用いて不飽和透水係数を推定する方法がG.S.Campbell¹⁾やVan Genuchtenにより提案されている。以上のことから,不飽和透水係数を求める方法については,より直接的で,かつ高い pF 値での推定方法の開発が望まれている。

3 室内実験

実験は以下の手順でおこなった。まず $150\text{mm} \times 150\text{mm} \times 50\text{mm}$ の大きさに加工した保水性建材を水で飽和させる。その方法は容器に水を張って保水性建材を水没させ,この容器をバキュームチャンバーに入れて真空引きをおこなった。その目安は建材から泡が出なくなるまでとし,使用した水の温度は後述する各条件の温度に設定した。その後,飽和した保水性建材の側面と底部をガムテープで覆って重量計に載せ,その全体を恒温恒湿のチャンバーへ入れて自動計測した。実験は条件を変え2回おこなった。一つは 30°C ,40%(CASE 1),もう一つは 25°C ,40%(CASE 2)の条件とした。

4 解析方法

不飽和土中の等温条件下における鉛直一次元の水と水蒸気の同時移動は(1)式で表される。

$$\rho_w C \partial \psi_m / \partial t = \partial((k + k_v) \partial \psi_m / \partial Z - kg) / \partial Z \quad (1)$$

ここに, ρ_w :水の密度, C :水分容量, k :不飽和透水係数, k_v :水蒸気伝導率, g :重力, Z :鉛直軸, t :時間である。

Campbellは(1)式を節点と線分の要素で連なる一次元鉛直モデルにより近似して,連立非線形方程式としてニュートン・ラプソン法により定式化¹⁾した。これに変更を加え, ψ_e および b を未知数として繰り返し計算による解法を示したものが,図-1のフローチャートである。

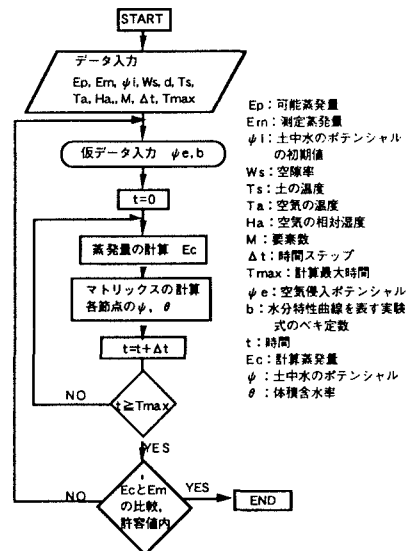


図-1 解析プログラムフローチャート

キーワード: 土質材料, 不飽和パラメータ, 蒸発, 逆解析/連絡先: 埼玉 tel048-858-3571(渡辺)

5 実験結果と解析

実験結果を、重量および蒸発量の経時変化図として図-2～図-5に示す。図-2および図-3はCASE 1の、図-4および図-5はCASE 2のそれぞれ重量および蒸発量の変化図である。図-3のCASE 1の蒸発量曲線に対し、フィッティングにより求めた蒸発量曲線を実線で示す。この時の空気侵入ポテンシャル ϕ_e は -2.499J/Kg 、 b は 2.0182 である。これらのパラメータを使い、CASE 2をモデルに解析した蒸発量曲線を図-5に実線で示す。また、これらのパラメータから求めた水分特性曲線（ $pF \sim \theta$ ）および不飽和透水係数（比透水係数 $\sim \theta$ ）と、別途加圧法により求めた $pF \sim \theta$ の関係を図-6に示す。

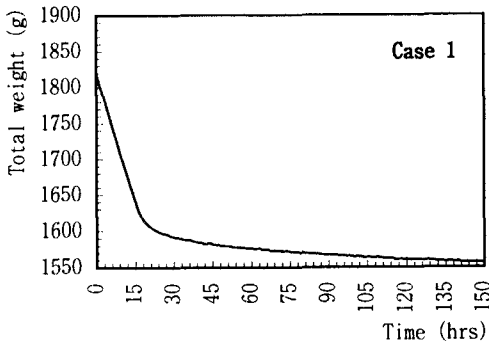


図-2 重量経時変化図 (CASE 1)

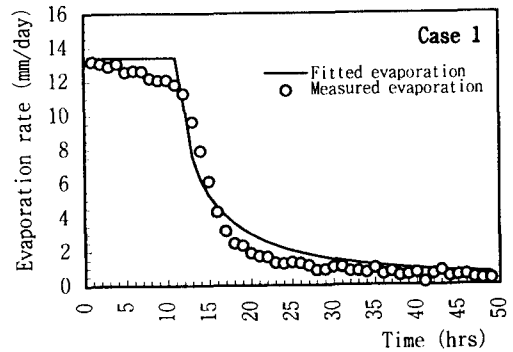


図-3 蒸発量経時変化図 (CASE 1)

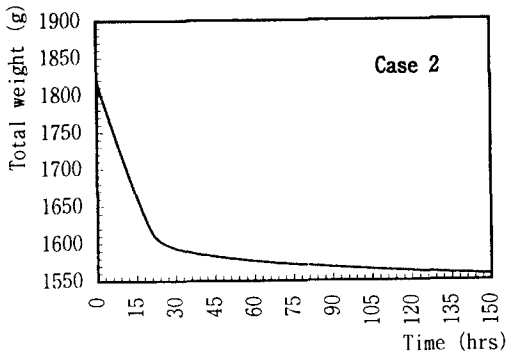


図-4 重量経時変化図 (CASE 2)

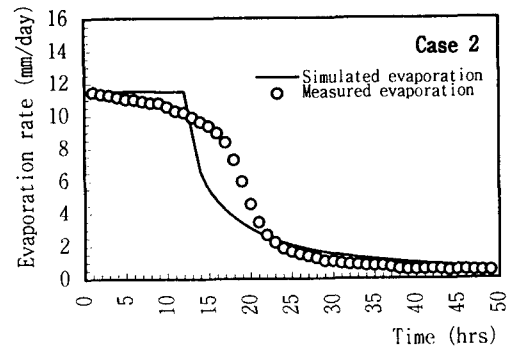


図-5 蒸発量経時変化図 (CASE 2)

図-5より、解析した蒸発量曲線は測定したそれに比べ、恒率乾燥期の終了するあたりにややずれが見られるものの、概ね近い曲線を示している。また図-6より、得られた水分特性曲線は既存の加圧法による $pF \sim \theta$ の結果とも近い曲線を示す。以上の結果より、ここで示した方法、すなわち蒸発を用いた室内実験および逆解析による不飽和パラメータを推定する方法の妥当性は得られたものと考ええる。今後、さらに実験や解析法に検討を加えていく予定である。

参考文献

- 1) G.S.Campbell 著、中野政詩・東山勇監訳、パソコンで学ぶ土の物理学、鹿島出版会

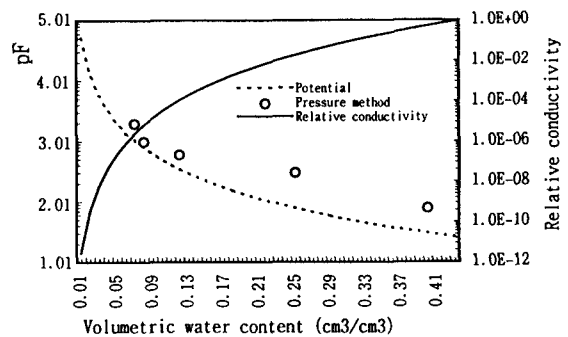


図-6 不飽和パラメータ