

埼玉大学 工学部
 俣大林組 技術研究所
 俣大林組 技術研究所 (埼玉大学研究生)

正員 佐藤 邦明
 " 西林 清茂
 " ○須藤 賢

はじめに

地盤の乾燥過程や伝熱を考える際には、熱を伴う不飽和浸透の現象を解明することが不可欠である。そこで、本研究は、標準砂に熱を与えた場合の不飽和浸透流の基礎的性質を究明するために二、三の室内実験により実験的に検討したので報告する。

1. 実験装置と実験方法

実験装置は図-1に示すように、透水試料モールド装置本体とガンマー線源と検出装置などから構成されている。

実験装置について図-1により述べると、②は透明アクリル製モールド(縦10cm, 横5cm, 高さ60cm)で、温水浸透の場合は、③の断熱材で周囲を覆う。砂モールドの上下端部には、①の上端水槽、④の下端水槽があり、砂モールドの両側面には、⑤の温度センサー、⑦の圧力変換器が、それぞれ10cm, 5cm間隔に設置できるようにしてある。温度センサーは、⑥の温度自動測定記録装置で、圧力変換器は、⑧のスイッチボックスから⑨の圧力測定記録装置で、経時的な温度、圧力水頭を測定する。圧力変換器の取り付け部の先端には、セラミックディスクを取り付けている。下端水槽④は、⑩の温度調節水槽と接続しており、その圧力水頭は⑬の越流びんの高さにより制御する。温度調節水槽への給水は⑫のマリオットびんで行ない、温度調節水槽内の水温を一樣にするために⑪の攪拌装置を設置した。試料内の体積含水率は低レベルの⑮のガンマー線源を使用し、⑰の検出装置でガンマー線計数率を測定することにより、みかけの密度に変換して求めた。各測定位置において経時的な体積含水率の変化を測定できるように、ガンマー線測定装置の間に砂モールドが上下移動可能な⑱の昇降装置を設置した。

実験に使用した試料は、豊浦標準砂で比重は $G_s = 2.642$, 比熱は $C = 0.1678 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ である。試料の作製方法は、砂モールドに乾燥した標準砂を密度が均質になるように突き棒で突き固めて作製した。作製した試料の乾燥密度は、約 1.58 g/cm^3 で、間隙率は、 $n = 40\%$ である。また、

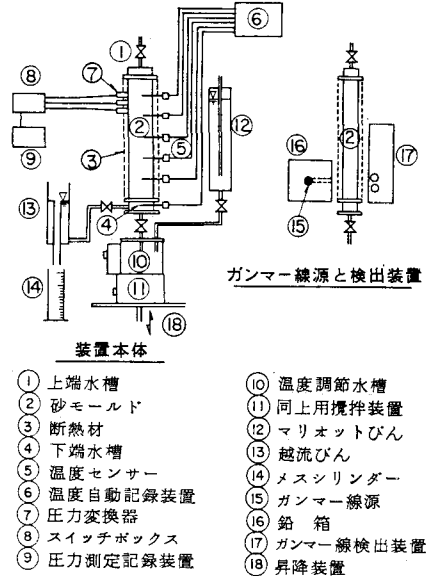


図-1 実験装置の概略図

表-1 実験の種類と実験方法

試験名	常温水状態 (約23℃)		温水 約40℃		温水 約60℃	
	装置模式図	実験方法	装置模式図	実験方法	装置模式図	実験方法
定水位透水試験		飽和砂 $\rho_t = 1.987 \text{ g/cm}^3$ 砂温度 $\approx 23^\circ\text{C}$ 水温 $\approx 23^\circ\text{C}$ 砂試料を飽和させ、透水試験を行なう。 $H = 60 \text{ cm}$		飽和砂 $\rho_t = 1.970 \text{ g/cm}^3$ 砂温度 $\approx 40^\circ\text{C}$ 水温 $\approx 40^\circ\text{C}$ 飽和させた試料に40℃の温水を通水させ、試料が40℃のときに試験		飽和砂 $\rho_t = 1.982 \text{ g/cm}^3$ 砂温度 $\approx 60^\circ\text{C}$ 水温 $\approx 60^\circ\text{C}$ 飽和させた試料に60℃の温水を通水させ、試料が60℃のときに試験
排水試験		飽和砂 $\rho_t = 1.987 \text{ g/cm}^3$ 砂温度 $\approx 23^\circ\text{C}$ 水温 $\approx 23^\circ\text{C}$ 透水試験終了後、上部を大気圧に開放し、排水試験を行なう。		飽和砂 $\rho_t = 1.970 \text{ g/cm}^3$ 砂温度 $\approx 40^\circ\text{C}$ 水温 $\approx 40^\circ\text{C}$ 透水試験終了後、上部を大気圧、室溫に開放し、下部は40℃で試験		飽和砂 $\rho_t = 1.982 \text{ g/cm}^3$ 砂温度 $\approx 60^\circ\text{C}$ 水温 $\approx 60^\circ\text{C}$ 透水試験終了後、上部を大気圧、室溫に開放し、下部は60℃で試験

実験に使用した水は、蒸留水を脱気したものである。

実験は、表-1に示すように、温度が室温状態（約23℃）と約40℃、約60℃の3ケースで、試験は砂試料を完全に飽和させた定水位透水試験と、透水試験終了後、上部を大気圧に開放した鉛直一次元排水の不飽和浸透試験である。

2. 実験結果および考察

図-2は、温水60℃の温度と時間の関係を示したもので、初期温度60℃から時間とともに低下していく傾向にあるが、排水の現象が短時間であるため、温度条件はほぼ保たれていると思われる。

図-3は、各温度条件における水分特性曲線を示した。水分特性曲線は、温度が高いものほど下部にあり、限界毛管水頭 ψ_{cr} の値も若干小さい。また、試験後の試料の最小含水量は、温度による差は見られなかった。

図-4に、各温度条件の θ と $k(\theta)$ の関係を示す。図より、温度の高いものほど、同一の θ において、 $k(\theta)$ は大きくなる。これは、主に温度によって水の動粘性係数が変化することが原因として考えられる。

図-5は、実験で得られた温度40℃の $\theta-Z$ の分布と、図-3、図-4で得られた値を用いて、一次元鉛直浸透のRichardsの式(1)を差分化して数値解析した結果を示した。

$$C(\psi) \frac{\partial \psi}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial Z} \left(k(\psi) \frac{\partial (\psi + Z)}{\partial Z} \right) \quad \dots\dots(1)$$

ここで、 ψ ：圧力、 $C(\psi)$ ：比水分容量、 $k(\psi)$ ：透水係数。

図-5より、計算値は、実験値に比べて、初期の θ の低下は早いのが、全体の傾向として同様の分布を示している。当然のことであるが、従来いわれているように、圧力水頭とか水分分布が急変するところは、誤差が生じやすい。

最後に、この計算に協力してくれた佛大林組技術研究所、村上孝司研究員、高橋真一研究員に感謝する次第である。

参考文献 1) 佐藤，西林，須藤：熱を伴う不飽和浸透流の基礎的研究，第29回水講論文集，1985. 2

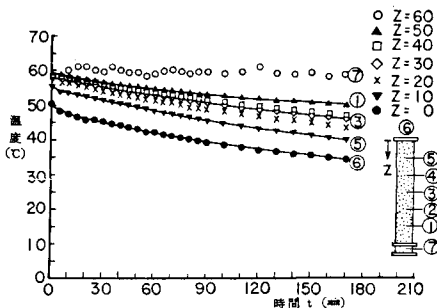


図-2 温水60℃ 温度と時間の関係

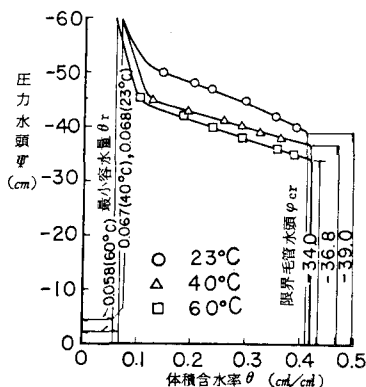


図-3 各温度における排水時の水分特性曲線

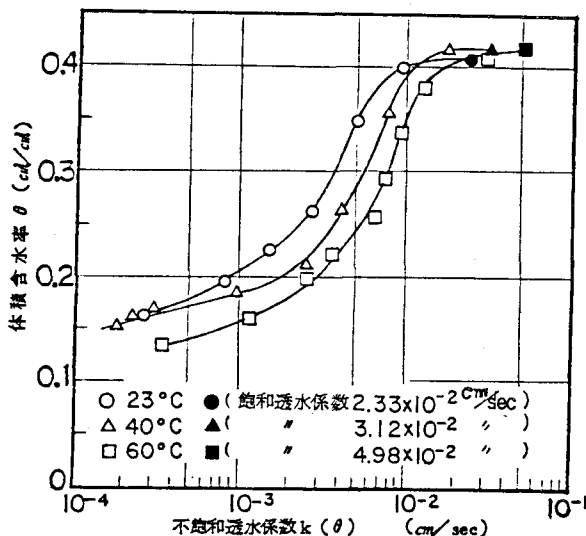


図-4 体積含水率と不飽和透水係数の関係

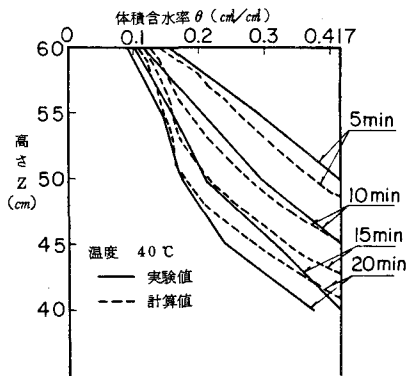


図-5 排水過程における体積含水率の分布