

透水試験における二、三の問題点について

呉工業高等専門学校 正員 石井義明

1 まえがき

ダム工事における浸透水量の決定、比すべりと起しやすの斜面の問題を考える時にはせん断強さとともに、透水柱を知る必要がある。透水係数の測定は室内実験による方法と現位置で直接求める方法がある。しかし、室内実験による方法は試料と容器の間の漏水の問題や、攪乱土の場合には均一な試料の作成の問題点があり、現位置で直接測定される値のほうが信頼される傾向にある。自然斜面、盛土斜面のような地下水の存在しない場所、フルタイアダムの不透水ゾーンの透水係数を求めるには室内試験に頼らざるを得ない。そこで砂とシルト質粘土と混合した試料を用い、上記問題点や、その他動水傾度が透水係数に及ぼす影響について二、三の実験を行った。

2 試料ならびに実験装置

試料は2mmのフルイと通過した川砂とシルト質粘土と3:1の割合(N_o.1)、1:1の割合(N_o.2)で混合した2種類で、主に前者を用いた。N_o.1の試料の最適含水比は18%、最大乾燥密度は1.58%である。試料を詰める時の含水比は11~14%の範囲で一定とするよう調整し、5層に分け、1層当り10回、均一となるよう注意深く突き棒で突き固めた。突き固める時の含水比が最適含水比より大きいと、必ず含水比の変化が透水係数の大きき差となり、逆に10%以下の乾燥側にあると、真空ポンプによる飽和時に、水の浸透とともに沈下し、高さが減少する。前試料の飽和度は90±2%であった。

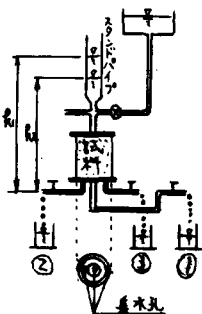


図.1 実験装置の概略

試験方法は、JIS規格に基づく変水型試験であるが、図.1に示す様に、底盤に浸透水量を3ヶ所で測定できるように改良した。試料中心部(内径5cm)と通過水路は①の所で、周辺部(内径10.07~7.54cm)と通過水路は③で、中心部と周辺部に囲まれた部分は(内径7.54~5cm)②の所で透水量を測定し、同時にスタヂオアの水位の変化も測定する。試料高さは4.2cm~3.2cmで5種類ある。

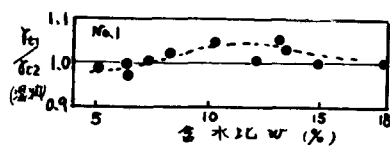


図.2 密度の均一性

3 実験結果と考察

透水係数に及ぼす要素は種々あるが、試料密度を均一なものとすることも問題点の一つである。本実験では突き固め回数、含水比を一定として試料を作成したが、容器と試料の間の摩擦により、試料中心部と周辺部で密度が異なる可能性がある。突き固める時の含水比により中心部の密度 ρ_1 と周辺部の密度 ρ_2 に差があるかどうかを見たものが図.2である。これは突き固めた試料の湿潤密度 ρ_w を測定した後、中心部のみを切り出しその湿潤密度 ρ_1 を測定したもので、 ρ_2 は周辺部からより、全体の密度である。 ρ_1/ρ_2 は $w=7.5\%$ 以下では1.0以下となり中心部の密度のほうが小さい事を示し、結果的には周辺部の密度のほうが大きい事になる。逆に $w=7.5\sim15\%$ では1.0以上となり中心部の密度のほうが大きい。含水比が大きいほど見掛けの力の増大により、試料と容器の間に生ずる閉着力のため締まりにくくなったものと思われる。 ρ_1/ρ_2 が1-0.95=0.05異なること、本実験試料では透水係数が2割増減するから無視できない。

次にダルシーの法則が適用される土中の流れは層流状態にあり、動水傾度と流速は直線的であるが、流速がある限度を越えると乱流状態となり、流速の増加割合は低下し、をも小さくすると示している。そこで流速と動水傾度の関係の一例を示すと図.3のようである。N_o.1は3:1の、N_o.2は1:1の混合のものである。

これは同一試料と飽和させた後、順次水頭を変え、流量の測定としたものである。 $i=1/12$ 以下ではほぼ、直線的で摩擦近くを通り、層流でダルシーの法則が適用できると思われるが $i=1/2$ 以上では流速の増加割合は低下し、乱流状態にある事を示している。N_o.1-①は中心部と通過したもので、N_o.1-③は周辺部と通過したもので、流速を、

つまり、図1の①と③で測定した結果である。(②は省く)

これより中心部が周辺部の流速より速い事がわかる。そして図12
以上では流速の増加割合が減少し、No.2の1:1割合混合土も同様な傾向にある。容器と試料との間の漏水の影響を考慮すると、③の周辺の流速、或いは流量のほうが大ききと考えられるが、中心部のほうが大きき。図2との関係からしても中心部の密度が大きき、中心部の流速のほうが小さき事と逆の結果となった理由は明確でないが、管路内を流れる流体の流速が壁面の摩擦抵抗により、壁面近くで小さき、中心部ほど大きき流速分布とする事と同様な現象が生じているためではないかと思われる。また中心部の含水比 w_c と周辺部の含水比 w_p と実験終了後に測定し、供試体高さとの関係にプロットすると図4とする。低い供試体では1.0よりやや小さき中心部の含水比が小さき事を示し、高い場合は平均で1.0で、中心部と周辺部で含水比に差が有り事を示している。

図5動水傾度の影響とみたもので、 $i=10$ 以下ですその増大とともに透水係数は増大し、 $i=10$ 以上ではそれが減少する傾向にある。図3からみれば $i=10 \sim 12$ 以下では片流状態にあるからとゆうが、動水傾度によりそれが影響を受けるため、その決定には動水傾度と規定されるのが望ましいのではないだろうか。

中心の w_c と周辺部の w_p の比 w_c/w_p と動水傾度の関係は図6である。その増大とともに w_c/w_p は減少する傾向にあり1.0に近づく。つまり動水傾度が大ききほど中心部と周辺部の流速に差がなくなる。特に粘土分の多いNo.2の場合、その差が大きき。これは図2との関係から考えれば、粘土分の多い試料ほど見掛け粘着力が大きき、試料と容器の間の附着力の増大により、中心部の密度 ρ_c がより大きき、それが小さきことと逆の結果である。これは図3の考察でも述べた様に、管路内の流速分布が中心部ほど大きき、粘着性の強いものは容器と試料の間の摩擦による水頭の損失が大ききと思われる。

三回²⁾は現場透水試験と室内試験で得られる w_c と比較し、室内試験で得られるものがノータテ低い結果を得、その原因は室内試験では木の鉛直方向のみに流れ、現場のものには鉛直と水平方向に流れるためとしている。確かにそれも一つの理由であろうが、上記実験結果からみれば、室内試験では容器周辺のマツ抵抗により流速が低下し、小さき w_c が得られる事も一つの理由と思われる。

図7は供試体高さの影響とみたもので①、③とともにHの増大とともに、木と土粒子の間の摩擦による水頭損失のため、 w_c は減少する。尚今回の実験ではガレーの法則が適用されるのは $i=2.40$ 以下であったため(図3参照)、 $i=9 \sim 11$ の範囲のものについてののみプロットしたため、データの数は少ない。

4. まとめ a) 中心部の w_c が周辺部より大きき。 b) このことより、従来より言われている試料と容器の間の漏水は比較的小さい。 c) 突き詰め混合比により、中心部と周辺部と密度差が生じ不均一試料となる。

参考文献 1) 土質試験法編集委員会(1977年):土質試験法、建設省265。 2) 土質試験法編集委員会(1977年):土質試験法の解説、通称、土質学会、pp.305。

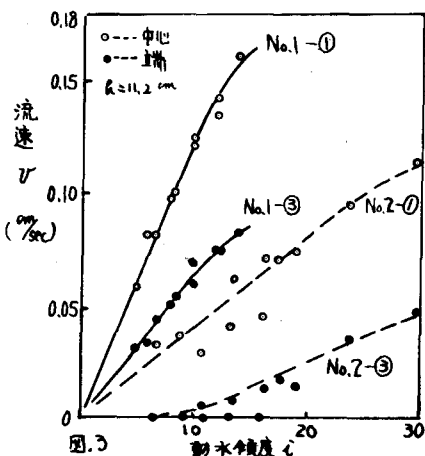


図3

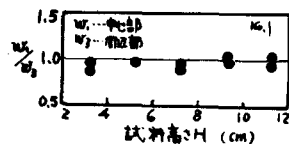


図4 含水比の分布

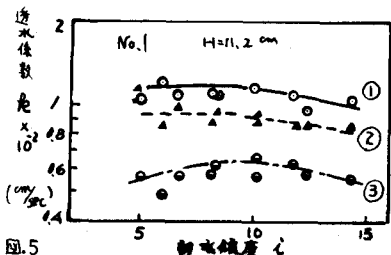


図5

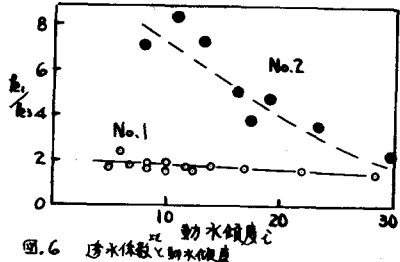


図6

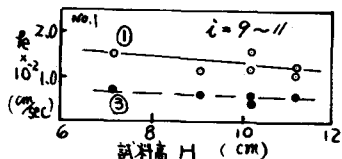


図7 高さの影響