

作製時含水比と乾燥密度の違いが透水試験結果に及ぼす影響

中部土質試験協同組合 ○竹内 啓介, 坪田 邦治, 岩田 暁, 清水 亮太, 石原 聖子

1. はじめに

当組合で透水試験を実施した際、供試体作製時の条件として乾燥密度を一定にし、含水比のみを変化させた供試体を用いて試験を実施したところ、試験モールド内が同じ乾燥密度であるにもかかわらず、透水係数が大きく異なるという結果を得た¹⁾。

本報では典型的な砂と粘土を3パターンの割合で混合した試料を用意し、それらに対して透水試験を実施した。その結果から供試体作製時の含水比が与える透水係数の影響や傾向を確認し、今後の透水試験業務を実施する際の基礎資料とするため検討することとした。

2. 試験試料および締固め試験

試験試料には三河珪砂6号および青粘土を混合した試料 A(砂:粘土=9:1)、試料 B(砂:粘土=5:5)、試料 C(砂:粘土=1:9)の3種類を用いた。混合試料の粒度分布を図-1に示す。それぞれ極端な混合比にすることで可能な限り広範な粒度分布を有する試料となるように調整した。混合した試料のうち、試料 B は粒径加積曲線がなだらかな傾きを有しており、3種類の中で最も締め固まりやすい試料となっている。試料 A、試料 C は粒度に偏りがあるため締め固まりにくい試料となっている。

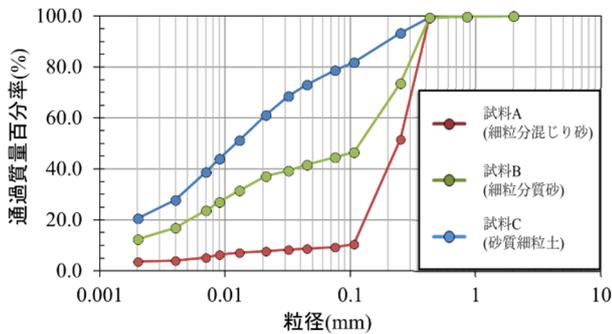


図-1 混合試料の粒径加積曲線

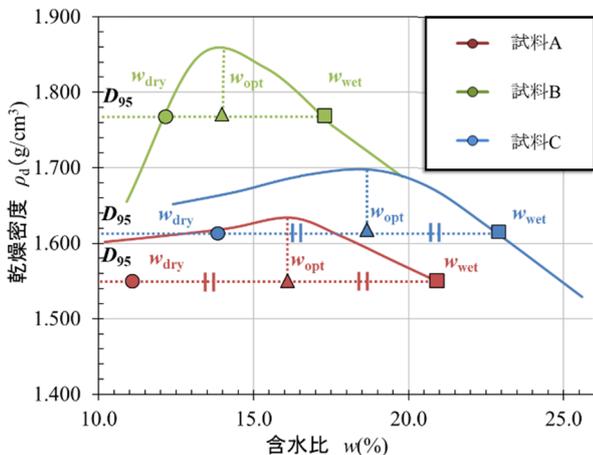


図-2 混合試料の締固め曲線

表-1 各供試体の作製条件

		w_{dry}	w_{opt}	w_{wet}
試料 A	含水比(%)	11.2	16.0	20.8
	乾燥密度(g/cm ³)	1.552		
試料 B	含水比(%)	12.4	14.0	17.1
	乾燥密度(g/cm ³)	1.756		
試料 C	含水比(%)	13.8	18.3	22.8
	乾燥密度(g/cm ³)	1.614		

透水試験を行うにあたり、事前準備として突固めによる土の締固め試験(A-c 法)²⁾を実施した。それぞれの締固め曲線を図-2に示す。

今回の試験では、締固め度95%の点線と締固め曲線が交わる2点の内、乾燥側を w_{dry} 、湿潤側を w_{wet} とし、最適含水比の点を w_{opt} とした。また、乾燥側で曲線と交わらない場合は、 w_{opt} と w_{wet} の含水比の差分だけ w_{opt} から乾燥側に含水比をずらした点を w_{dry} としている。各供試体の含水比および乾燥密度をまとめたものを表-1に示す。

3. 供試体作製方法および透水試験の概要

今回実施した透水試験は地盤工学会が定める変水位透水試験法³⁾に基づいて行った。供試体寸法は直径100mm、高さ128 mm とし、混合試料の含水比を調整し、含水状態ごとの所定の量を湿潤重量比で三層に分けて作製した。締め固める際は、油圧ポンプを用いて静的に締め固めを行った。その後、供試体を飽和させるため、真空ポンプを用いた水浸脱気法によって十分に飽和度を高めてから透水試験を実施した。

4. 透水試験結果

各供試体に対し、透水試験を実施した結果を表-2に示す。また、透水係数と含水比の関係を表したグラフを図-3に示す。

(1) 試料 A(砂:粘土=9:1)

珪砂6号を多く混合しているこの試料は最も透水性が高い試料となっている。透水係数は以下の結果となった。

- 最大 $k(w_{dry}) = 6.14 \times 10^{-5} \text{ m/s}$
- 最小 $k(w_{wet}) = 9.68 \times 10^{-6} \text{ m/s}$

乾燥側から湿潤側に向けて含水比が高くなるに伴って透水係数が小さくなる傾向にあり、その差は最大で約5倍となっている。

表-2 透水試験結果一覧

		含水比(%)		透水係数(m/s)	
		1回	2回	1回	2回
試料 A	W _{dry}	10.7	11.9	3.64×10^{-5}	6.14×10^{-5}
	W _{opt}	16.3	16.8	2.50×10^{-5}	2.36×10^{-5}
	W _{wet}	20.9	21.5	1.85×10^{-5}	9.68×10^{-6}
試料 B	W _{dry}	12.4	13.0	2.30×10^{-7}	1.48×10^{-7}
	W _{opt}	14.1	15.0	8.18×10^{-8}	9.91×10^{-8}
	W _{wet}	17.1	18.7	9.25×10^{-9}	1.22×10^{-8}
試料 C	W _{dry}	13.7	13.8	1.31×10^{-8}	1.40×10^{-8}
	W _{opt}	17.8	17.8	1.92×10^{-9}	7.58×10^{-9}
	W _{wet}	22.5	22.2	2.06×10^{-9}	2.86×10^{-9}

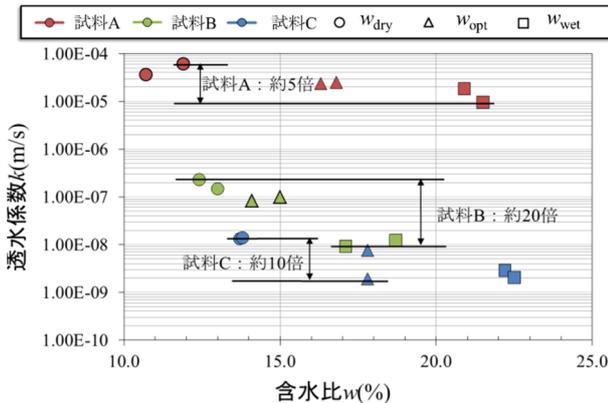


図-3 含水比と透水係数の関係

(2) 試料 B(砂:粘土=5:5)

最も高い乾燥密度が得られた試料 B は以下の結果となった。

- ・最大 $k(W_{dry}) = 2.30 \times 10^{-7} \text{ m/s}$
- ・最小 $k(W_{wet}) = 9.25 \times 10^{-9} \text{ m/s}$

この試料についても作製時の含水比が高くなるにつれて透水係数が小さくなっていることが判る。透水係数の差は大きく、最大で約20倍の差が見られる。

(3) 試料 C(砂:粘土=1:9)

青粘土を多く混合しているこの試料は細粒分の割合が高く、透水係数は最大で約10倍の差がある。透水係数は以下のようなになった。

- ・最大 $k(W_{dry}) = 1.40 \times 10^{-8} \text{ m/s}$
- ・最小 $k(W_{wet}) = 2.06 \times 10^{-9} \text{ m/s}$

これら3種類の試料の透水試験の結果から得られた透水係数は程度の差はあるものの作製時の含水比の影響を受けていることが判った。

5. 各試料への影響の考察

供試体作製時の含水比が透水係数に及ぼす影響は試料毎に異なっている。砂分が多いものは透水性への影響が小さく、細粒分を含む試料は透水係数への影響が大きい傾向が見られる。

しかし、これらの試料はそれぞれ基準としている乾燥密度が異なるばかりか、締固め曲線の形状によっては供

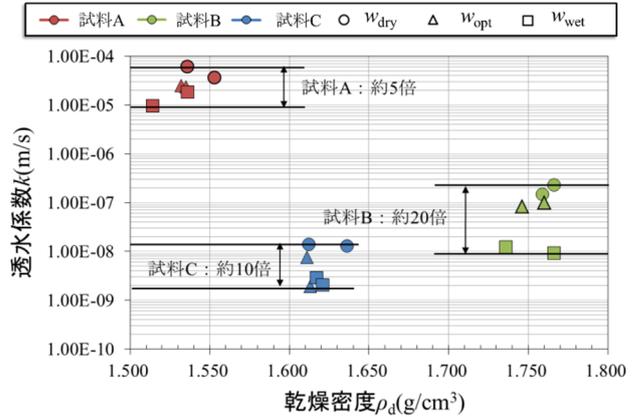


図-4 乾燥密度と透水係数の関係

試体を締め固めて作製する際に与えられるエネルギーの大きさも異なっている。そこで、透水係数と乾燥密度の関係を表したグラフを図-4に示す。

グラフの傾向を見ると、乾燥密度が大きいほど透水係数の差が大きいたるが見取れる。このことから最大乾燥密度の大きいものは作製時含水比による影響を受けやすくなっていることが判る。一般的に締固め曲線上の透水係数は最適含水比よりやや湿潤側で最小になることが知られているが、今回の乾燥密度を一定とした場合では、透水係数は作製時含水比が高くなるほど単調に小さくなると思われる。

6. まとめ

典型的な砂と粘土を混合した試料を用いて砂から粘土までの試料に対し、乾燥密度を一定にし、供試体作製時の含水比を変えて透水試験を実施した。これらの結果から以下のことが判った。

- ① 供試体作製時の含水比が高くなるほど透水係数が小さくなる。
- ② 透水係数への影響の度合いは試料毎に異なっており、試料 B が最も大きく影響を受けていた。
- ③ 最大乾燥密度が大きいものほど透水係数に差が発生していた。

透水係数は細粒分を含む締め固まりやすいものほど影響を受けやすい可能性があるため、今回の試料 B や試料 C のような試料に対しては留意が必要である。今後は、締固め特性の異なる様々な試料を用いて比較検討を行いたいと考えている。

《引用・参考文献》

- 1) 竹内啓介ほか: 供試体作製時の含水比が透水係数と密度の分布に及ぼす影響、中部ミニフォーラム2017
- 2) 地盤工学会: 土質試験の方法と解説-二分冊の1-、pp373-383、2009
- 3) 地盤工学会: 土質試験の方法と解説-二分冊の1-、pp449-457、2009
- 4) 地盤工学会: 土質試験の方法と解説-二分冊の1-、pp458-459、2009