

第Ⅲ部門

河川堤内地への浸透に寄与する砂層の透水特性に関する基礎的研究

京都大学大学院 学生会員 ○古谷 強
 京都大学大学院 フェロー会員 三村 衛
 地域地盤環境研究所 正会員 北田 奈緒子

1. はじめに

近年、台風や線状降水帯による豪雨によって河川水位が上昇し、越流や浸透、堤防浸食などによって破壊したり、堤内地に浸水したりする災害が多くみられるようになってきている。河川からの漏水や噴砂・噴泥の発生メカニズムの解明と対策に際しては、地盤の透水性を的確に把握することが求められる。本研究では地盤内透水を支配する砂礫層について、詳細な粒径、粒度による分類を行い、定水位透水試験によってそれぞれの透水係数を求め、砂礫土の粒度特性との関係について検討を行った。

2. 地質学的分類

本研究では図1に示した木津川流域で実施されたボーリングコアを用いて実験を行った。まず、土の粒径や粒度の違いが透水性に与える影響について詳細な検討を行うために、ボーリングコアに対して通常の土質区分よりも詳細な地質学的な分類を行った。通常ボーリング柱状図に示される土質区分は円柱状のボーリングコアを円柱状のまま観察して記録するものである。しかし、本研究ではボーリングコアを深さ方向に半割し、その断面を観察することで層の分類を行った。図2に通常のボーリング柱状図を示し、図3には地質学的分類に基づいて作成された地質柱状図を示す。地質柱状図では各層を表す長方形の横の長さがその層の主成分の粒径の大きさと対応しており、横幅が長いほどその層の主成分の粒径が大きいことを示している。また、長方形内部の白丸、黒丸、点線はマトリックスを表しており、それぞれ礫、砂、シルトと対応している。この地質学的分類に基づいて半割後のコアの片側について主に中央部分を採取しサンプリングを行った。各試料の質量は層厚や含有する礫の量などによって様々であるが、300g程度である。



図1 ボーリング地点

3. 粒度試験と透水試験

サンプリング後の試料に対してふるい分けによる粒度分析を行った。試験方法は JGS 0131-2009 (JIS A1204:2009) に従った。なお、本研究では砂礫層を対象としたため、7.42 m から 10.62 m にかけて分布していた粘土層に関しては試験対象からは除外した。29 サンプルに対して試験を実施しており、その結果をもとに粒径や粒度が似通っていたものをまとめたところ6種類に分類できた。各試料に対する粒度試験の結果を①から⑥

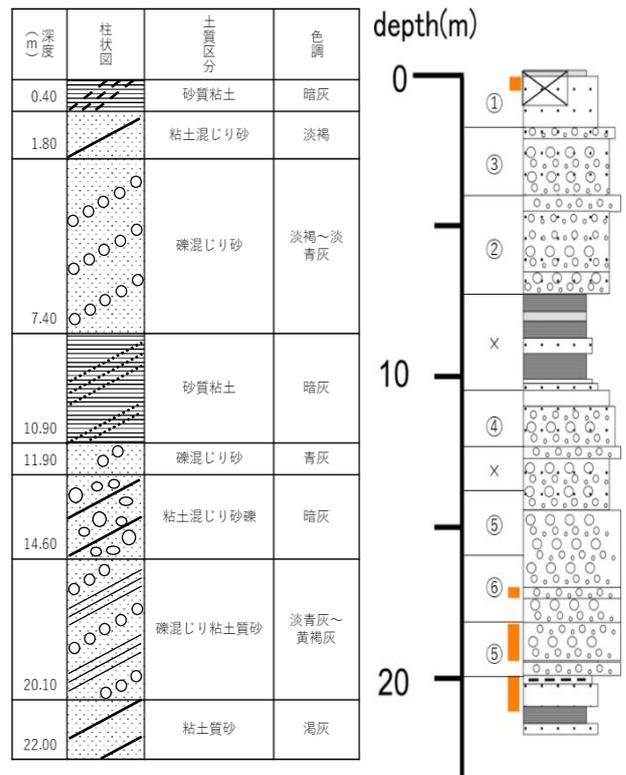


図2 ボーリング柱状図

図3 地質柱状図

の分類ごとにまとめてそれぞれのふるいの残留試料質量を足し合わせることで図4のような粒径加積曲線を得た。なお、①～⑥はそれぞれ図3中に示した各深度と対応しており、①が細砂、②～④が粗砂、⑤と⑥が礫である。さらに、①～⑥それぞれに対して定水位透水試験を行い、透水係数を求めた。試験方法はJGS 0311-2009 (JIS A1218:2009) に従い、供試体の密度に関しては現地で実施された原位置孔内挿入型 RI 密度検層の結果を参考にして現地地盤に近い密度で供試体を作成した。粒度試験の結果から得られた粒径や均等係数、曲率係数と透水試験で得られた透水係数をまとめて表1に示す。ここで、透水試験では10分間での透水量の計測を各3回ずつ行ったが、連続して試験を実施していると、越流水槽内の水が徐々に濁っていく様子が認められ、この現象は①で顕著であったが、②～⑥でも確認することができた。水が濁るのは供試体内の細粒分が流出することが原因だと考えられるが、供試体に通水させ続けることで細粒分が移動、集積することで試験中に透水性が低下したり、逆に水みちが形成されて透水性が上昇したりすることが懸念される。そこで、表1では供試体の構造に対する透水性を示すと考えられる1回目の計測で得られた透水量から求めた透水係数を示している。まず、①から⑥を比較した際の大きな違いとして、①に関してのみ透水係数が一桁小さく、②～⑥に関しては透水係数のオーダーが同じであったことが挙げられる。透水係数はcm/sの単位で、①は 10^{-4} 、②～⑥は 10^{-3} のオーダーであった。これは粒径加積曲線や表1から分かるように、細粒分および細粒砂の含有率が①とそれ以外とで大きく異なることが原因であると考えられる。また、②～④の粗砂で比較すると、②が最も透水係数が大きく、④が最も小さかった。粒径だけに着目すると、 D_{10} から D_{60} までの全てにおいて④が最も大きくなっており、粒径の大きさと透水係数の大きさは対応しておらず、他の要素に着目すると粗粒砂の含有率の高さと透水係数の大きさが対応していた。さらに、最も均等係数の小さかった②が最も透水係数が大きくなっており、粒度が悪いほど透水係数は大きくなる傾向があると考えられる。逆に、主成分が礫である⑤と⑥を比較した際には、均等係数は⑥のほうが小さくなっているが、全体的な粒径としては⑤の方が大きく、透水係数も⑤の方が大きいという結果であった。したがって、礫では、透水係数に与える影響は粒度よりも粒径によるものの方が大きいと考えられる。ただし、礫に関しては試験に用いたモールドの内径が10cmという制限があったためこの条件では実地盤の再現が難しく、今後さらに大型の装置を用いた実験などによる検討を加える必要がある。

4. まとめ

層を構成する主成分による分類では、細砂よりも粗砂、礫の方が透水係数は大きくなることが確認出来た。また、主成分が同じ場合について、粗砂に関しては全体的な粒径の大きさが透水係数の大きさと対応しておらず、粗粒砂の含有率の高さと透水係数の大きさが対応していた。また、粒度が悪い砂ほど透水係数は大きくなる考えられる。逆に、礫に関しては、全体的な粒径の大きさと透水係数の大きさが対応しており、粒度よりも粒径による影響の方が大きいと考えられる。

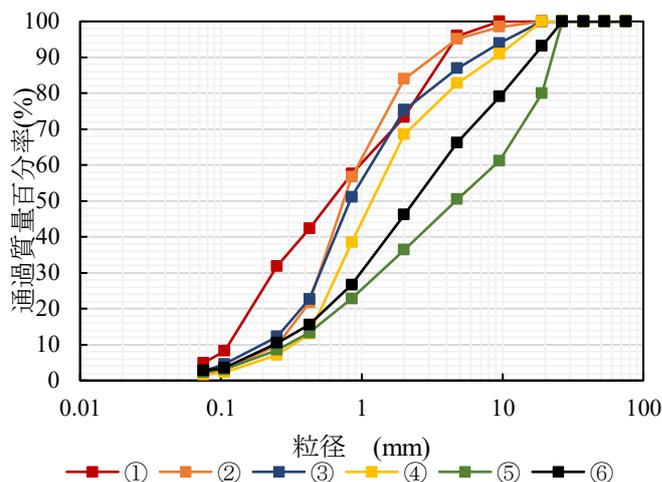


図4 粒径加積曲線

表1 各試料の粒度分布および透水係数

	①	②	③	④	⑤	⑥
D_{60}	0.972	0.945	1.165	1.570	8.819	3.633
D_{50}	0.603	0.745	0.828	1.181	4.632	2.360
D_{30}	0.234	0.501	0.508	0.676	1.339	0.985
D_{20}	0.163	0.394	0.371	0.515	0.692	0.562
D_{10}	0.113	0.252	0.196	0.325	0.295	0.237
細粒分含有率	4.88	2.12	2.56	1.54	2.25	2.69
U_c	8.595	3.751	5.952	4.826	29.942	15.304
U_c'	0.497	1.055	1.133	0.894	0.690	1.125
透水係数	5.48×10^{-4}	3.97×10^{-3}	3.00×10^{-3}	2.59×10^{-3}	3.43×10^{-3}	1.22×10^{-3}

$D_{10} \sim D_{60}$: (mm), 細粒分含有率 : (%), 透水係数 : (cm/s)