コア材の透水係数に及ぼす粒度の影響

飛島建設　正会員○荒井　幸夫　飛島建設　正会員　沼田　淳紀
飛島建設　門田　哲也　飛島建設　福島　浩人
東京工業大学　ﾌｪﾛｰ会員　太田　秀樹

１．はじめに

フィルダムの長期安定性や初期湛水時の安全性を検討することを目的として，土／水連成圧密解析を適用した動態解析を行い，初期湛水までの挙動をほぼ再現できることを確認してきた[1), 2)]．その際，コアゾーンの間隙水圧や有効応力などの挙動については，計算結果に透水係数が大きな影響を及ぼすことが確認された．しかし，品質管理試験の一環として実施した現場透水試験から得られた透水係数は，別途実施した小型の三軸圧密試験の約 30 倍と大きく違っていた[3)]．現場透水試験については室内透水試験の結果より小さくなることが指摘されているが，その原因は透水性の異方性，現位置の締固めの均質性，重力流・毛管流の影響，対象試料の最大粒径の違い等によるものとされている[4)]．一方，両者は一致するという実験結果もある[5)]．このように，フィルダムコアゾーンの透水係数は，フルダムの挙動を大きく左右する物性の一つであるにもかかわらず，その実態はそれほど明確になっていない．そこでここでは，大型と小型の三軸試験装置を用いた圧密透水試験を実施し，試料の最大粒径がコア材の透水係数におよぼす影響について基礎的実験を行ったので報告する．

２．試験方法

実験に用いた試料は，実際のフィルダムで用いられたものである．表-1 に試料の物理的性質を示す．また，図-1 に試料の粒度組成を示す．試料は，最大粒径 9.5,26.5，37.5㎜の異なる 3 種類の試料を準備した．それぞれの粒度組成は，最大粒径 37.5㎜の粒度組成からそれぞれの粒度組成がせん頭粒度となるように設定した．このような試料を用いて，供試体直径 10㎝と直径 30㎝の小型と大型の三軸試験装置を用いて透水試験を行った．供試体の高さは両者ともに 10㎝である．供試体は，3 層に分け突固めによる締固めにて作製した．供試体密度と締固め含水比は，実際のフィルダムコアゾーンの平均的な値に合わせた．供試体は二重負圧法にて脱気水を通水することで飽和した．その後，まず拘束圧 100kPaで圧密を行い，一次圧密終了後透水試験を行った．さらに 400kPa で圧密後，この拘束圧で透水試験を実施した．図-2 に小型の三軸圧密透水試験装置[6)]の概要を，また，図-3 に大型の三軸試験装置を示す．小型の試験装置は圧密試験用に作製したもので高精度であるが，大型は二重セルを用いていなく，通常の三軸試験装置を転用しているので，若干精度が落ちると考えられる．このように，両者は若干異なる点があるが，基本的な部分について同じである．

表-1　試料の物理的性質

項目			試験条件	9.5mm	26.5mm	37.5mm
土粒子の密度	粒径2㎜以下	ρ_s	g/cm³	2.601		
合成比重		G_b		2.708	2.670	2.658
ｴﾝｼｽﾃﾝｼｰ	液性限界	w_L	%	41.0		
	塑性限界	w_p	%	21.7		
	塑性指数	I_p		19.3		
粒度組成	最大粒径	Dmax	㎜	9.5	26.5	37.5
	礫分含有率	P_g（D=2～75㎜）	%	11	38	42
	砂分含有率	P_s（D=0.075～2㎜）	%	50	41	38
	細粒分含有率	P_f(D=0.075～0.005㎜)	%	25	20	20
	粘土分含有率	P_c(D=0.005㎜～)	%	14	11	11
	60%粒径	D_{60}	㎜	1.27	1.94	2.63
	50%粒径	D_{50}	㎜	0.81	1.36	1.54
	30%粒径	D_{30}	㎜	0.15	0.31	0.37
	10%粒径	D_{10}	㎜	0.0018	0.0033	0.0040
	均等係数	U_c		727	590	660
	曲率係数	$U_{c'}$		11	15	13

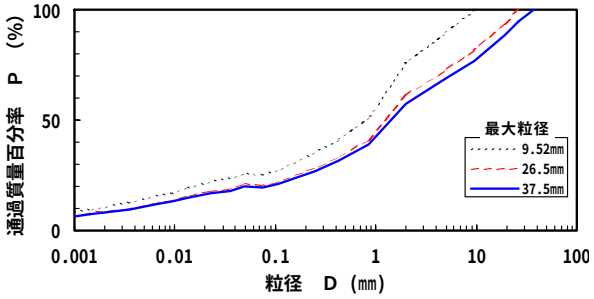

図-1　試料の粒度組成

３．試験結果と考察

図-4 に，拘束圧 100kPa と 400kPa について，小型と大型で求めた透水係数と試料の最大粒径との関係を示す．いずれの結果も粒径 30㎜ 程度以下では同一の透水係数を示すが，それより大きな粒径では急激に透水係数が大きくなることがわかる．これは，次のように考えられる．礫とマトリクスとしての土質との接触部分が

キーワード　ロックフィル，透水係数，粒径，原位置試験，室内試験
連絡先　〒102-8332　東京都千代田区三番町２丁目　飛島建設　土木設計部　ＴＥＬ03-5214-7089

最も高透水領域になりやすいと考えられ，このような高透水領域が透水方向に連続すると透水係数が急激に大きくなると考えられる．最大粒径が，30㎜となると供試体高さは100㎜なので，供試体高さに対する最大粒径の割合が大きくなるとともに，面的にもそのような高透水領域が多くなり透水係数が大きくなると考えられる．したがって，最大粒径が大きくなると透水係数が急激に大きくなるのは，試料の特性と言うよりは試験上の問題だと考えられ，実際のコアゾーンの透水係数は，粒径 30㎜以下の透水係数に近いものと推察される．このように考えると，この密度に相当するコアゾーンの透水係数は，拘束圧 100kPaの場合で 8～10×10^{-8}cm/sec程度，拘束圧 400kPaの場合で 2～4×10^{-8}cm/sec程度とかなり低い値であると推測される．この値は，前回三軸圧密透水試験で求めた値と同程度であり，この土質をコア材として用いた場合には実際のコアゾーンもこのようにかなり低い透水係数である可能性が高い．

また，今回の結果では小型と大型の透水係数はほぼ同じだが，拘束圧 100kP と 400kPa の両者ともに大型の方が僅かに大きな透水係数となった．全く同じ供試体であれば，両者は本来同じ値を示すべきである．したがって，両者の違いは単なるばらつきや，供試体の作製方法，大型試験装置の精度上の問題などによるものと考えられるが，詳細については今後さらに検討する必要がある．

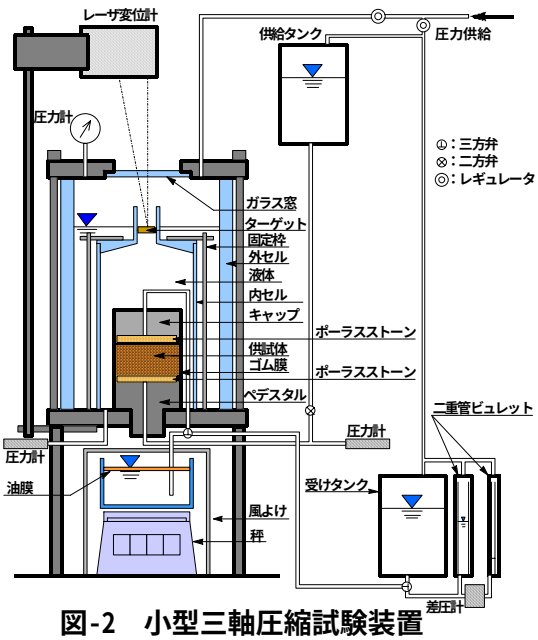

図-2　小型三軸圧縮試験装置

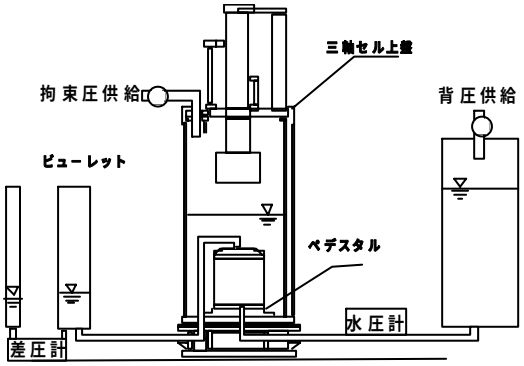

図-3　大型三軸圧縮試験装置

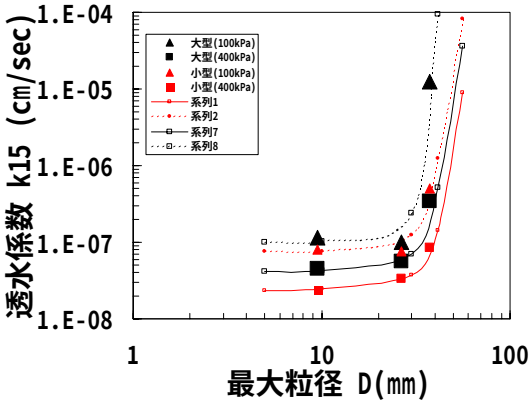

図-4　最大粒径と透水係数の関係

4．おわりに

小型と大型の三軸試験装置を用いてフィルダムのコア材の透水係数について最大粒径を変化させた実験を行った．この結果，コアゾーンの透水係数は，用いた土質については，現場透水試験結果と比較して 1/30 程度小さな透水係数である可能性があることがわかった．

謝辞：実験の実施にあたっては(有)ＴＮＳの染谷昇氏の助力を得た．ここに謝意を表します．

参考文献

1)荒井幸夫・三浦清志・武氣士郎・福島浩人・太田秀樹：ロックフィルダムの築堤時動態解析，第 40 回地盤工学研究発表会，pp.1351-1352，2005.

2)荒井幸夫・木内良春・武氣士郎・沼田淳紀・太田秀樹：ロックフィルダムの水理破砕現象に対する安定性検討，第 41 回地盤工学研究発表会(投稿中)．

3)荒井幸夫，木内良春，武氣士郎，沼田淳紀，福島浩人，太田秀樹：ロックフィルダムの動態解析に用いる物性値（室内試験より求めた場合），土木学会第 60 回年次学術講演会概要集，第 3 部，pp.969-970，2005.9.

4)フィルダム遮水材料の透水係数の規格値，ダム技術 pp.59-61，No.101，1995.

5)石黒健，清水英樹，幸村秀樹，太田秀樹：締固め地盤における現場透水試験法の妥当性に関する一考察，第 34 回地盤工学研究発表会，pp.1345-1346，1999.7.

6)筒井雅行，沼田淳紀，松崎達也，染谷昇：三軸圧密透水試験装置，第 40 回地盤工学研究発表会発表講演集，pp.2521-2522，2005.7.