

間隙比と相対密度を尺度とした細粒分含有率の異なる砂の力学特性の評価

名城大学

学生会員

○御手洗翔太

名城大学

正会員

小高猛司・崔 瑛

名城大学大学院

学生会員

高木竜二

建設技術研究所

正会員

李 圭太

1. 背景と目的

河川堤防においては基礎地盤のパイピングや堤体の内部侵食による浸透破壊が危惧される。パイピング現象においては、澄んだ水が滲出してくる間の危険性は低いですが、浸出水が濁ってきた場合には危険性が高いと経験的に考えられている。すなわち、基礎地盤や堤体土の土砂が浸出水に混じって流出することによって、堤体の安定性が失われるという考えである。著者らは、浸透過程で細粒分が流出した砂質堤体土の力学特性の変化に着目し、細粒分を人為的に減らした砂質土の三軸試験を実施した。その結果、細粒分の減少に伴い同じ間隙比であれば強度特性が大きく劣化することが示された¹⁾²⁾。本報では、細粒分の減少度に応じて粒度が異なる砂質土の力学特性を評価するために、間隙比と相対密度を尺度として検討した。

2. 試験条件

本試験試料には、三河珪砂4号と6号、およびシルト分に富む野間精配砂を使用し、これらを3:1:3の重量比で配合した。この配合で作製した供試体を基本ケースとする。一方、細粒分流出を模擬した供試体を作製する際には、0.075mmのふるいを用いて、野間精配砂から所定の減少率の細粒分を取り除いてから混合した。そのため、細粒分を減少させたケースにおいては、野間精配砂の混合割合はその減少分だけ低下する。図-1に各混合割合の粒度分布を示す。これらの試料を用いてCUB試験を行った。表-1に各供試体の試験条件を示す。

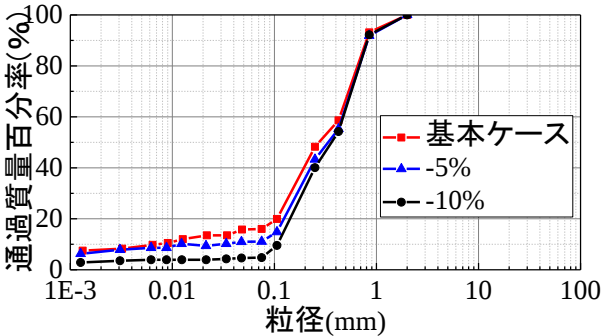


図-1 各ケースの粒度分布

3. 類似した間隙比による三軸試験結果の比較

図-2、3 および 4 に類似した間隙比の同じ拘束圧ごとの試験結果を示す。総じて、基本ケースで最もゆる詰め供試体である間隙比 0.7 の結果より、細粒分を減少させたケースの方が、最大軸差応力大きい。すなわち、細粒分減少後の間隙比が類似していても、細粒分減少前の間隙比が小さい方が、せん断時の最大軸差応力が大きくなる。ただし、ひずみ軟化が卓越した脆性的な破壊を呈する。これは、同じ間隙比の場合には、細粒分が少ない方が大きな粒径の砂粒子による骨格構造が増えるためと考えられる。

次に、3つのケースについて砂の最小密度・最大密度試験を実施したところ、相対密度は表-1に示す結果になった。最大間隙比の差はあまり見られないが、最小間隙比は細粒分の減少につれて大きくなり、それに伴い相対密度が大きくなる。すなわち、間隙比が類似していても、細粒分の減少に伴う粒度の変化によって、相対密度がケースごとに異

表-1 各供試体の試験条件

試験条件	拘束圧 [kPa]	圧密後間隙比	e_{max}	e_{min}	Dr [%]
e=0.7 基本 ケース (0%)	50	0.659	0.943	0.462	61.0
	100 (1)	0.656			
	100 (2)	0.645			
	150	0.638			
e=0.65 細粒分 -5%	50	0.672	0.956	0.489	64.3
	100	0.655			
	150	0.639			
e=0.6 細粒分 -10%	50	0.665	0.942	0.513	66.5
	100	0.660			
	150	0.646			
目標 Dr=61% -5%	50	0.675	0.956	0.489	60.2
	100	0.671			
	150	0.678			

なることがわかった。次に、同じ相対密度の供試体による実験結果により比較を行う。

4. 類似した相対密度による三軸試験結果の比較

前章では基本ケースの結果より、細粒分を減少させたケースの方が、最大軸差応力が大きいことを示した。相対密度で比較すると後者の方が密であることから、最大軸差応力が大きくなることは合理的である。そこで、本章では相対密度をほぼ同じに合わせた供試体で実験を行い、細粒分減少の影響を検討した。

表-1 に示すように、基本ケースの相対密度が 61%であったため、細粒分-5%の試料を用いて相対密度がほぼ 61%に合わせた供試体を作製した。これらの試験結果を図-5 および図-6 に示す。基本ケースに比べて、細粒分-5%の方が全体的にゆる詰め傾向となり、最大軸差応力も小さくなる。また、有効応力経路に着目すると細粒分-5%のケースでは、せん断後半に原点まで向かう静的液状化に近い状態となる。さらに、基本ケースよりも細粒分-5%の結果の方が、最大軸差応力に達した時点における軸ひずみが小さい。ただし、拘束圧 100kPa を除き、途中までの有効応力経路は比較的類似しているが、細粒分-5%の供試体では、正のダイレイタンシーを十分に発現せずに軟化するように見える。

5. まとめ

本報で用いた砂試料においては、細粒分の減少に伴って最小間隙比は大きくなり、密詰めになりづらい。そのため、間隙比が類似していても、細粒分が少ない方が相対密度は大きくなり、結果として密詰め傾向を示すことがわかった。一方、細粒分が異なる試料を用いて、相対密度をほぼ同じに合わせて作製した供試体で実施した三軸試験結果を比較した場合には、細粒分を減少させたケースの方がゆる詰め傾向を示すことがわかった。その場合、特に正のダイレイタンシーの発現が抑制される傾向が見受けられるが、もしそうであるならば、細粒分の減少によってせん断時の砂粒子どうしのかみ合わせの低下が示唆される。今後は、今回とは異なる相対密度の供試体による試験も実施して比較検討を行うとともに、細粒分減少に伴う土の骨格構造の変化を定量的に評価するために、弾塑性構成モデルによる数値解析を用いた検討も行う。

参考文献:1)小高猛司, 崔 瑛, 李 圭太, 御手洗翔太, 高木竜二:

細粒分流出に伴う砂質堤体土の劣化に関する考察, 第 28 回中部地盤工学シンポジウム, 2016. 2) 御手洗翔太, 小高猛司, 崔 瑛, 高木竜二, 李 圭太: 砂質堤体土からの洪水浸透時の細粒分流出を想定した三軸試験, 第 71 回土木学会年次学術講演会, 2016.

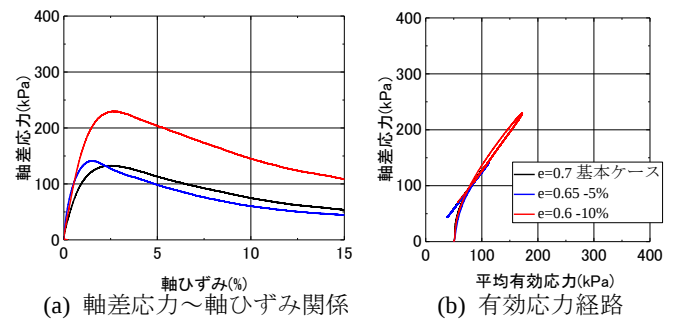


図-2 類似間隙比 50kPa の試験結果の比較

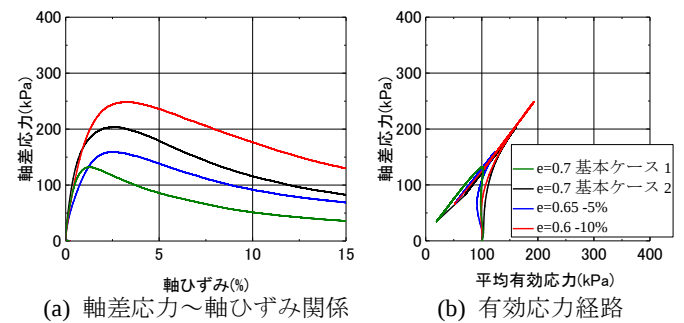


図-3 類似間隙比 100kPa の試験結果の比較

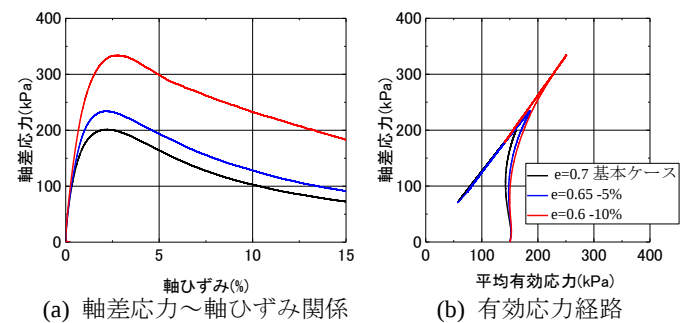


図-4 類似間隙比 150kPa の試験結果の比較

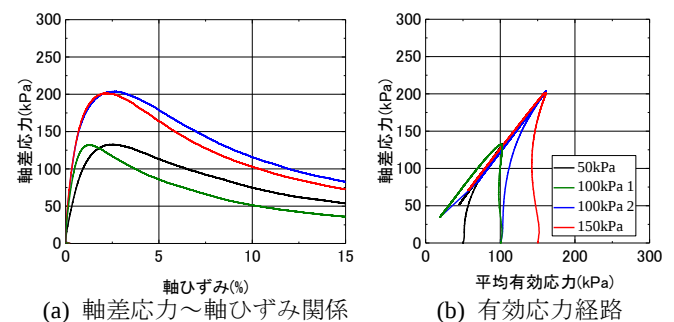


図-5 $Dr=61\%$ 基本ケースの試験結果

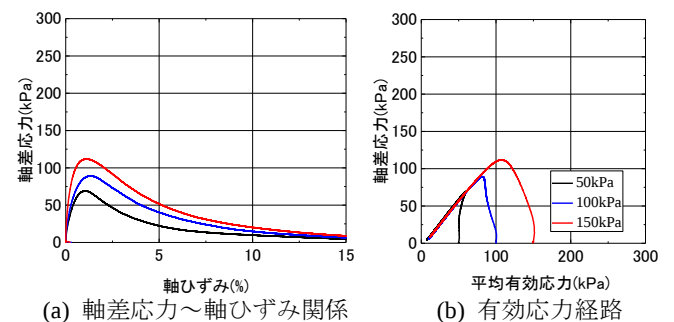


図-6 $Dr=61\%$ 細粒分-5%の試験結果