

砂質土の浸透条件下におけるせん断が細粒分の移動・流出に及ぼす影響

名城大学大学院	学生会員	○御手洗翔太
名城大学	正 会 員	小高猛司
建設技術研究所	正 会 員	李 圭太
中部土質試験協同組合	正 会 員	久保裕一

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法尻での内部侵食を伴う浸透破壊の危険性が高まる。いずれの現象も河川水が堤内地に浸出してくる現象であるが、例えば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、浸出する水が濁ってきた場合には堤体変状の危険性が高いと経験的に考えられている。細粒分の流出については、流路となる土の間隙の大きさや流速の議論が中心となり、さらには、細粒分の流失に伴う間隙率の上昇による土のせん断強さの低下が懸念されることが一般的である。しかし、細粒分の流出は、すでに発生し始めたせん断変形に起因する、あるいは促進される現象とも考えられる。本研究では、浸透流場でのせん断過程を土粒子レベルで観察できる一面せん断試験装置を新たに開発し、せん断変形と細粒分の移動、流出との因果関係について検証した結果を示す。

2. 試験機概要

新たに開発した一面せん断試験機の模式図を図 1 に示す。図に示すように上部せん断箱の注水経路から、下部せん断箱の排水経路まで、供試体の左から右へ浸透水を流すことが可能である。通常的一面せん断試験と同様に、せん断時には上下せん断箱間に隙間を設けるが、供試体中の浸透水が外部に漏出しないように、供試体の周囲を O リングでシールし、上部せん断箱を連結する高剛性ボルトに設置したばねで上下せん断箱の O リングを圧着する。また、試験中に供試体中の細粒分の移動を観察するため、せん断箱の側面にあたる部分には透明なアクリル板を設けている。

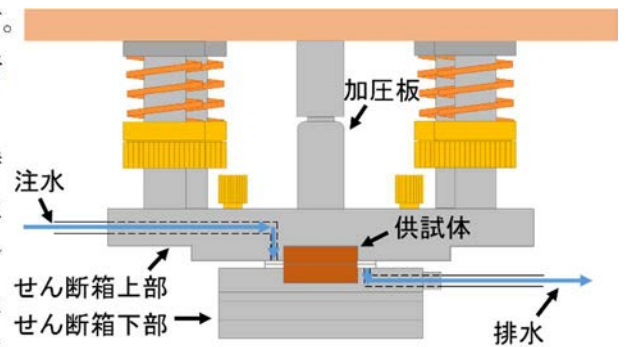


図 1 一面せん断試験機模式図

3. 試験条件

試験試料は、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 3:1:3 の重量比で混合したものである。この混合割合は、実堤防砂（千歳川北島堤防）の粒度に合わせて決めた。図 2 にそれぞれの粒度分布を示す。供試体作製においては、乾燥試料を前述の所定の割合で十分に混合した後に、含水比 10% となるように蒸留水を加水し、均一になるように十分に攪拌混合した。この混合試料を間隙比

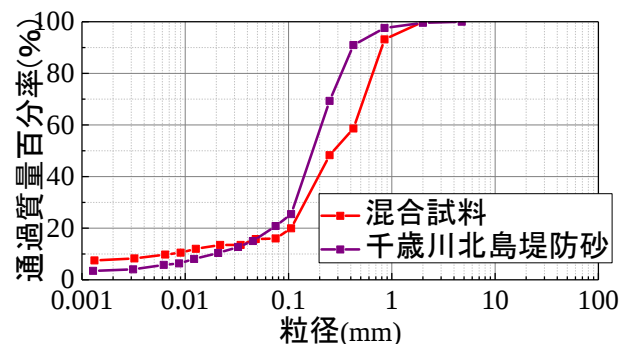


図 2 試験試料と実堤防砂の粒度分布

0.8 となるように締め固めて、高さ 20mm、一辺 50mm の供試体を作製した。図 1 には示していない供試体上下面の注水経路を用いて供試体を飽和後、鉛直応力 20kPa となるまで圧密载荷を行った。圧密終了後、注水槽から 1kPa/min ずつ 5kPa まで水圧を上昇させ 3 分間保つ。その後浸透を継続させながら一面せん断を実施した。せん断速度 0.5mm/min で変位が 6mm に達するまでせん断を実施し、圧密終了後の水圧の上昇からせん断終了までの供試体内の細粒分の移動を、アクリル板を介してマイクロスコープで観察した。

4. 試験結果

浸透条件下におけるせん断変形が、細粒分の移動、流出に及ぼす影響を一面せん断試験により検証した。図3と図4は、一定時間通水して定常浸透場を作ったあとのせん断直前ならびにせん断中の供試体を観察した写真である。写真中央の水平線は、上下のせん断箱の界面である。図3のせん断直前の写真に着目すると、移動する細粒分が少なく、移動距離も僅かである。図4のせん断中の供試体写真に着目すると、せん断前とは異なり、移動する細粒分が多く、移動距離も大きい。加えてアクリル表面の微細な気泡が消失していることから、せん断に伴い土粒子間の浸透が促進されると考えられる。また、下部せん断箱の変動によってせん断面上部の砂粒子が巻き込まれる形となり、せん断面下部よりも上部の方が細粒分の移動が活発であった。

せん断の有無にかかわらず、細粒分が移動した先で目詰まりを起こして留まることも確認された。そのため、せん断の後半では細粒分の移動が顕著に観察できなくなった。

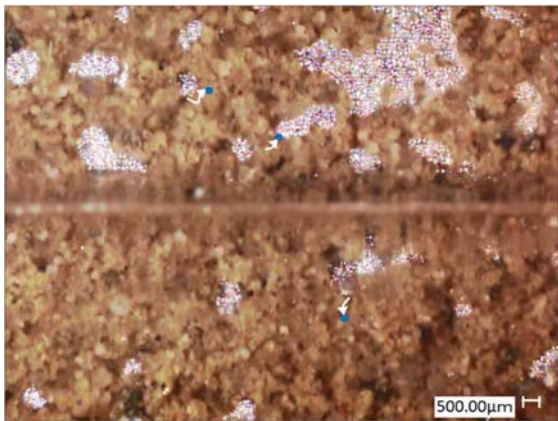


図3 せん断前の供試体写真

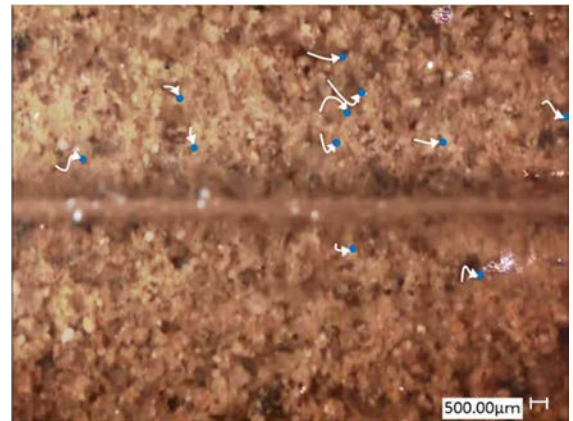


図4 せん断中の供試体写真

5. 流出した細粒分の確認

細粒分の流出量を定量的に計測するため、せん断前後における供試体からの排水に含まれる細粒分の採取を試みた。注水槽の水圧を5kPaと一定にして注水を行い、せん断前とせん断中それぞれの5分間の排水に含まれる細粒分を採取した。図5および図6は、それぞれの排水であるが、せん断中の排水のほうが濁っており、細粒分の流出がよく確認できる。それぞれの排水から濾紙で細粒分を抽出した質量は、せん断前で0.13g、せん断中で0.21gとせん断中の排水に含まれる細粒分の方が多いことがわかった。



図5 せん断前の排水



図6 せん断中の排水

6. まとめ

浸透条件下におけるせん断時の供試体撮影や細粒分の採取から、せん断変形を伴う場合に細粒分が大きく移動、流出することが確認できた。その反面、移動をしない粒子や移動をしても目詰まりする粒子も存在する。また、本実験では実現象と比べて大きな動水勾配を作用させていることにも注意が必要であり、今後、間隙径や限界流速も含めて評価を行う。さらに、細粒分の移動や流出が、細粒分の流路となる間隙を形成する土骨格の変形と密接に関連していることが本実験から示されたが、今後は浸透現象を力学特性と合わせて検証してゆく予定である。