

平成 27 年 9 月関東・東北豪雨で破堤した渋井川堤防土の三軸試験

名城大学大学院	学生会員	○高木竜二
名城大学	正会員	小高猛司・崔 瑛
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. はじめに

平成 27 年 9 月関東・東北豪雨により、鬼怒川堤防の決壊をはじめとして、各地で堤防が被災した。そのひとつとして、宮城県大崎市内の渋井川左岸堤防が 3 箇所決壊した。決壊箇所は多田川との合流部からおよそ 1km の範囲にあり、その被災した区間内には越流痕跡は確認されておらず、一方で裏法すべりの痕跡は多数確認されている¹⁾²⁾。そのため、渋井川の洪水流に加えて、多田川合流部からのバックウォーターによって長時間の高水位が継続したことにより、堤防が浸透破壊したと考えられている²⁾。本報では、平成 27 年 11 月に土木研究所が渋井川で実施した開削調査の際に、破堤箇所近傍の堤体で採取した土質試料を用いて実施した三軸試験を通して、堤体土の力学特性について検討した結果を示す。

2. サンプルングと室内試験の概要

試料採取は、渋井川左岸堤の合流部から 600m から 750m の 150m の範囲において、我々の研究グループで開発した特製のハンディ式打ち込み式サンプラー³⁾（写真 1）を用いて堤体法面 19 箇所にてサンプルングを実施した（写真 2）。1 箇所あたり、およそ 50cm の不攪乱試料の採取が可能である³⁾。本報では、合流部から 600m 付近の堤体で採取した No.1 試料と、700m 付近の堤体で採取した No.3 の 2 箇所の土質試料を用いた試験結果を示す。サンプラーのシュー先端の土質試料を用いて各種物理試験を実施した。図 1 の粒度分布に示すように、いずれの位置においても細粒分 20%程度を含む細粒分質砂であった。また、物理試験より、この試料の細粒分は NP であることが確認されている。ただし、他の箇所で採取した堤体試料は、高塑性の細粒分含有率が高い砂質シルトも確認されている。さらに、基礎地盤は高塑性シルトの沖積層であることも確認されている。



写真 1 特製打ち込み式サンプラー



写真 2 試料採取状況

三軸試験にはインナーチューブで採取した不攪乱試料を用いるが、採取した自然状態では無拘束時の形状維持が困難と判断し、一旦凍結した後に直径 5cm、高さ 10cm に凍結したまま成型した。供試体成型後に三軸試験装置に設置し、2 重負圧法による飽和化後、凍結供試体を完全融解し、背圧 200kPa で所定の拘束圧をかけて 1 時間の圧密後、CUB 試験を実施した。

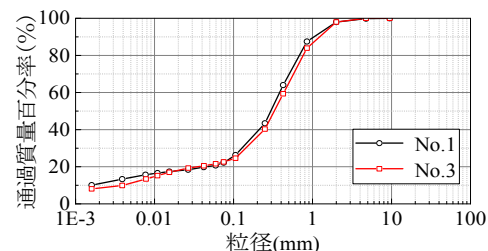


図 1 粒度分布

3. 三軸試験結果

表 1 に試験試料の間隙比を示す。同じサンプルングチューブで採取された不攪乱試料であるが、多少のばらつきが見られる。同様のサンプルングは複数の他河川でも実施しており、また通常のボーリングによるサンドサンプルングも他河川で多数実施しているが、今回採取した堤防土の間隙比は、細粒分含有率が高いことを勘案しても、砂質堤体土としては、比較的大きいと思われる。

キーワード 河川堤防 三軸試験 力学特性

連絡先 〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口 1-501 名城大学理工学部 TEL: 052-838-2347

図 2 および 3 に、No.1 試料および No.3 試料の CUB 試験結果をそれぞれ示す。軸差応力-軸ひずみ関係に着目すると、いずれの試料も低拘束圧を除いて塑性圧縮を大きく伴いながら破壊に至っており、ゆる詰め砂質土あるいは粘性土に近いせん断挙動を示している。

No.1 試料の有効応力経路図（図 2(b)）に着目すると、せん断前の間

隙比がほぼ等しい拘束圧 100 と 150kPa の供試体において、最終状態はほぼ同一の有効応力状態になっている。これは、骨格構造を有する粘性土の力学特性がやや強く現れていると考えられる。一方、No.3 試料の有効応力経路（図 3(b)）は各拘束圧の経路が相似形に近く、正規圧密粘性土のであり、また骨格構造をほとんど有さないと考えられる。ただし、いずれも $M=1.5$ 程度であること、粒度の違いや別途実施した物理試験によって細粒分は NP と判断されていることなどから、両者の土質に本質的な違いはないと考えられる。

図 4 に全応力と有効応力で整理したモールの応力円を示す。いずれも No.1 試料では粘着力があるように評価されるが、特に低拘束圧においては、比較的大きなせん断応力を有する評価となることが予想できる。一方、有効応力で整理した場合にも、No.1 試料には粘着力が認められる。この No.1 試料の粘着力は、低拘束圧における過圧密的なせん断挙動と高拘束圧における軟化挙動によるものであるが、これは No.3 試料と比べて粘土分がわずかに多いことが起因している可能性もある。一方、No.3 試料は粘着力がないが、内部摩擦角が比較的大きく、一見良質な砂質土のようにみえる。有効応力で得られる強度定数からは、いずれの堤体試料も特

段問題ある試料とは解釈できない。しかし、本質的にはゆる詰め低塑性細粒分質砂であることを考慮すれば、長期浸水によってせん断強度が大きく低下した可能性が考えられる。

4. まとめ

20%程度の細粒分の含有によって、砂質堤体土全体の力学挙動が粘性土になるのは、元々の間隙比が大きくゆる詰め構造であることが主因と思われる。このような砂質堤体土が、吸水軟化によってせん断強度が低下する過程について今後詳細に検討し、当該堤防の浸透破壊のメカニズムを土質力学的に解明する予定である。

参考文献：1) 森口：堤防破壊被害調査報告，東北大学災害科学国際研究所災害速報 HP，2015. 2) 呉ら：平成 27 年 9 月鳴瀬川水系渋井川・渋川・名蓋川豪雨災害調査報告（第 2 報），東北大学災害科学国際研究所災害速報 HP，2015. 3) 小高ら：砂質堤体土の簡易サンプリングとその強度特性の評価，第 3 回 地盤工学から見た堤防技術シンポジウム，2015.

表 1 試験試料の各パラメータ

試料番号	拘束圧 (kPa)	初期間隙比	せん断前間隙比
No.1	50	1.35	1.34
	100	1.21	1.14
	150	1.36	1.16
No.3	50	1.31	1.27
	100	1.29	1.19
	150	1.38	1.22

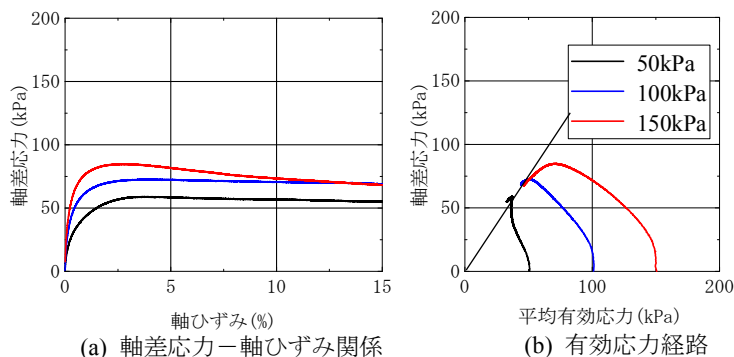


図 2 CUB 試験結果 (No.1)

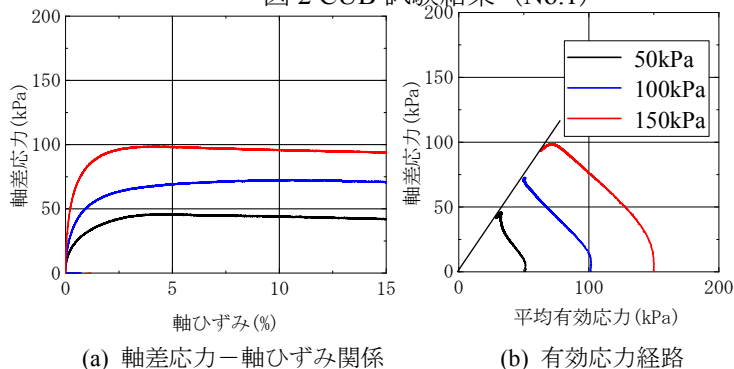


図 3 CUB 試験結果 (No.3)

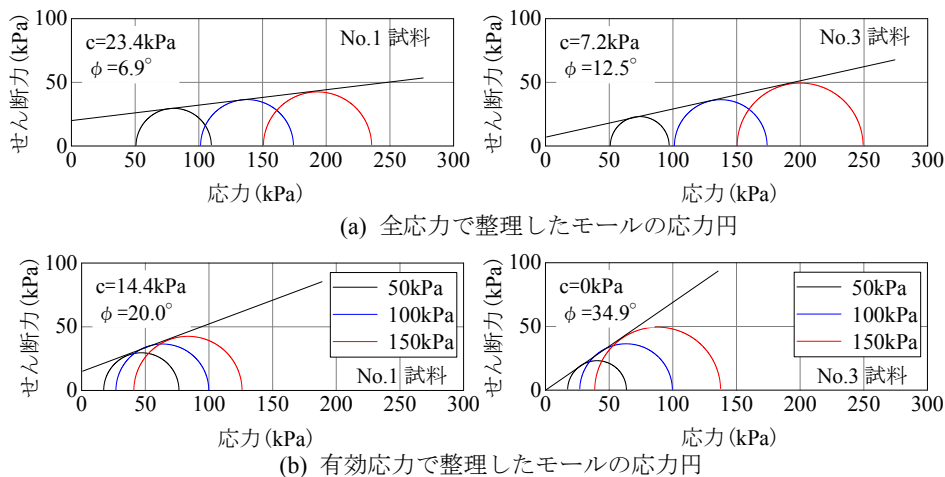


図 4 モールの応力円