

細粒分を多く含む被災堤体土の湿潤時の力学特性

名城大学	学生会員	○田中貴之・御手洗翔太
名城大学	正会員	小高猛司・崔 瑛
(株)建設技術研究所	正会員	李 圭太
名城大学大学院	学生会員	高木竜二

1. はじめに

平成 27 年 9 月関東・東北豪雨により、宮城県大崎市内の渋井川左岸堤防が 3 箇所決壊した。決壊箇所周辺では越流痕跡が確認されておらず、多数の法崩れと一部の堤体に噴砂跡が確認されている¹⁾。また、県や国の調査により、堤体はシルト、粘性土を主体とするものの、一部砂質土も確認されることから、破堤の原因は堤体内に介在する砂層からのパイピングと推定されている¹⁾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簡易サンプラーを用いて採取した土質試料⁴⁾を用いて実施した三軸試験⁵⁾及び吸水軟化試験の結果を示し、破堤した堤体土の土質力学特性について考察する。

2. サンプリング方法

試料採取は、渋井川の開削調査現場にて渋井川左岸堤の合流部から 600m から 750m の 150m の範囲で堤体法面 19 箇所のサンプリングを実施した。著者らの研究グループで開発した簡易的な二重管サンプラー⁴⁾を用いてサンプリングを実施しており、1 箇所あたり約 50cm の不覚乱試料を採取した。本報では、合流部からおよそ 600m 上流の堤体で採取した No.1 と No.2 試料、およそ 700m 上流の堤体で採取した No.3 と No.4 試料の 4 箇所の土質試料を用いた。図 1 に三軸試験後の供試体の粒度分布である。図 1 より渋井川堤防土は、砂質シルトの No.3 の 50kPa 供試体を除いてシルト質砂に分類されるが総じて細粒分を多く含んでいる。なお、他

地点でもサンプリングを実施しているが、多くは砂質シルトに分類される細粒土であった。三軸試験には、No.1 と No.3 のサンプルを用い、さらにそれぞれの浸透に伴う力学挙動を検討するために、No.1 とほぼ同位

置の No.2, No.3 とほぼ同位置の No.4 を用いて吸水軟化試験を実施し、それぞれの結果を示す。

3. 渋井川堤防でのサンプリング試料の三軸試験結果

図 2 と図 3 に CUB 試験結果をそれぞれ示す。軸差応力-軸ひずみ関係では、いずれの試料も低拘束圧を除いて塑性圧縮を伴いながら破壊に至っており、ゆる詰めめの砂質土あるいは粘性土に近い挙動が見られる。有効応力経路での関係においては、No.1 と No.3 で高拘束圧下での挙動に違いが見られるが、どちらも $M=1.5$ 程度であることやどちらも粒度分布が似通っていることより本質的な違いはないと考えられる。なお、他地点で採取された試料においても同様の三軸試験を実施しているが、いずれの地点の堤防土試料も細粒分含有率が高く、粘性土やシルトに分類される堤防土もあるが、試験結果は図 2 と図 3 と同様の正規圧密的な挙動を示しており、本質的に大きな違いはないと判断している。



写真 1 試料採取位置³⁾

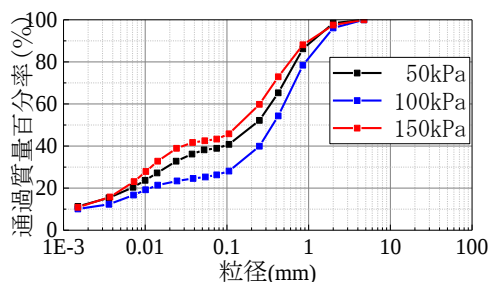


図 1 No.1 試料の粒度分布

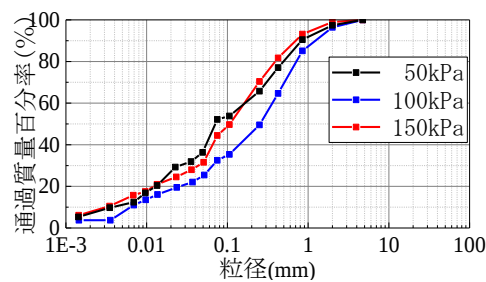


図 2 No.3 試料の粒度分布

4. 吸水軟化試験⁶⁾による粘性土の力学特性

本報では、堤体土の湿潤による破壊時の力学挙動を検討するために次の手順の吸水軟化試験を実施した。所定の初期有効拘束圧で等方圧密を行い、排水条件で軸差応力 q を 25kPa あるいは 50kPa, 75kPa まで上昇させる。その後 q を一定に保ち、供試体への給排水を許したまま間隙水圧を徐々に上昇させることで平均有効応力 p' を低下させ、破壊するまでこの操作を行う。これは堤防の湿潤に伴う不安定化を模擬したものであり、低い有効応力状態での破壊を観察するための試験である。

図 5 および図 6 は、それぞれ No.2 試料ならびに No.4 試料の吸水軟化試験の結果である。参考のため、図 5 と図 6 の有効応力経路にはそれぞれ No.1 と No.3 試料の CUB 試験結果も示している。応力比 q/p' -軸ひずみ関係図より、軸差応力が規定値になるまで排水せん断を行い、所定の軸差応力に達したら、軸差応力を一定値に保ったまま間隙水圧を徐々に上昇させる。 q/p' が小さい間は軸ひずみの増加量は僅かであり、軸差応力が小さいケースでは q/p' は 1.7 程度、軸差応力が 50kPa 以上の大きいケースでは 1.5 程度に達した途端、軸ひずみが急激に増大している。その軸ひずみは最大 4% 程度であり、比較的小さい。この堤防土では q/p' は最大 1.7 程度であり、図 5 と図 6 の応力経路に橙色で示した吸水軟化試験における限界応力比のラインは、CUB 試験で得られる限界状態線に近い。

以上のように、細粒分含有率が高く、シルトや粘性土として評価される可能性もある渋井川堤防土であるが、湿潤時のせん断強度はゆる詰め砂質土として評価するのが妥当と考えられる。

5. まとめ

吸水軟化試験により、湿潤時の堤防土の力学挙動を確認することができた。細粒分が多く、シルトや粘性土に近い堤防土を対象として、湿

潤時に不安定化する堤体を明確に見分けるための試験法の提案などを今後進めていく予定である。

参考文献： 1) 宮城県：平成 27 年 9 月関東・東北豪雨による洪水被害について（一級河川鳴瀬川水系 渋井川）、宮城県 HP, 2016. 2) 佐々木哲也：土木学会全国大会研究討論会・河川堤防の安全性を如何に守るか～今後数百年を見据えて～発表資料、土木学会地盤工学委員会堤防小委員会 HP, 2016. 3) 国土院：大崎地区における渋井川の堤防決壊に伴う浸水状況（撮影日：9 月 12 日）、2016. 4) 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. 5) 高木ら：平成 27 年 9 月関東・東北豪雨で破壊した渋井川堤防土の三軸試験、第 71 回土木学会年講, 2016. 6) 小高ら：弾塑性論と吸水軟化試験による砂質土の強度定数に関する考察、第 70 回土木学会年講, 2015.

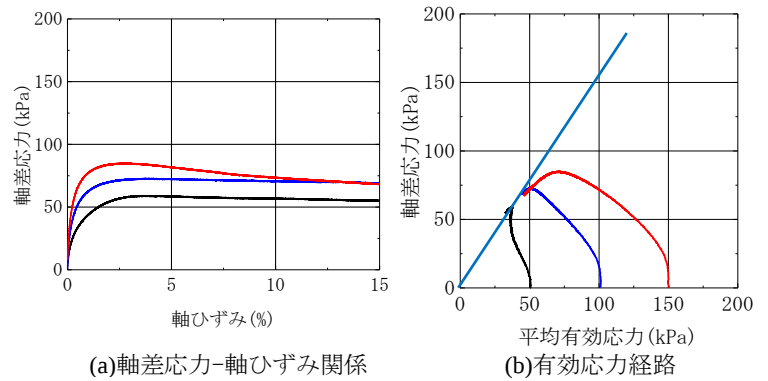


図 3 CUB 試験結果(No.1)

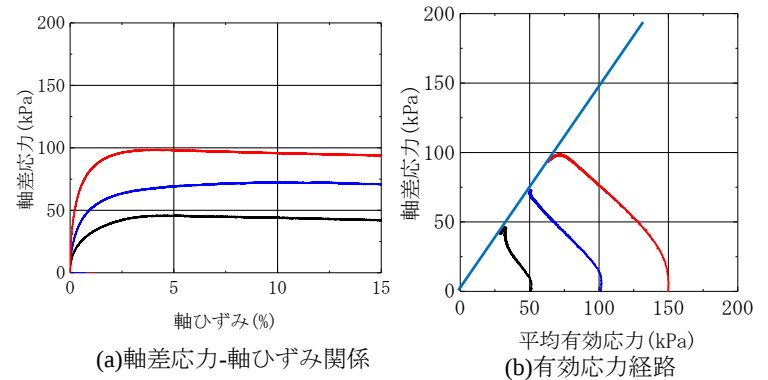


図 4 CUB 試験結果(No.3)

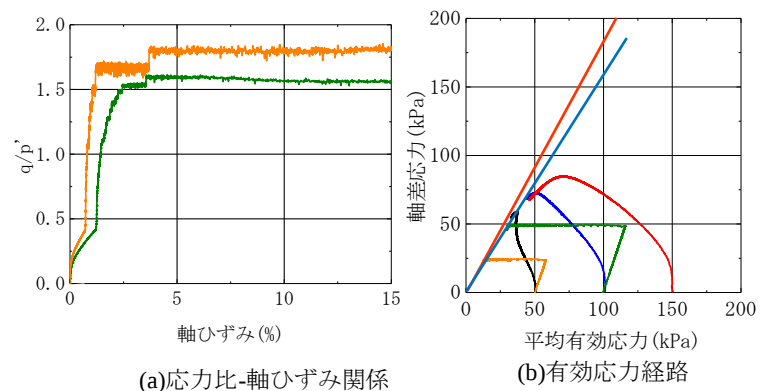


図 5 吸水試験結果(No.2)

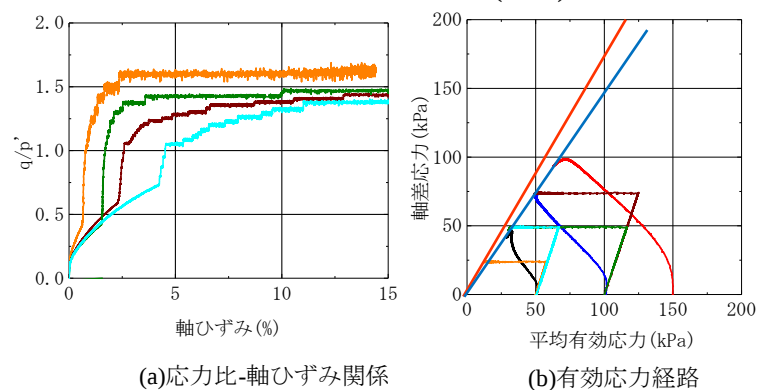


図 6 吸水試験結果(No.4)