

大型三軸試験による実河川礫質堤防土の強度特性の評価

名城大学大学院 学生会員 ○田村 太郎・武 楊
名城大学大学 正 会 員 小高 猛司・崔 瑛
不動産トラ（元名城大院）正 会 員 小林 芳樹
建設技術研究所 正 会 員 李 圭太

1. はじめに

山間急流域に近い河川の堤防には、基礎地盤はもちろん築堤材料にも大きな礫を含んでいる場合も少なくない。そのような堤防の安定性照査の際には、強度定数の設定に困まっているのが実情である。礫質堤防土は、原粒度のままの大型三軸試験で強度評価するのが理想であるが、実際は試験自体を行わない場合も多く、せいぜい粒度調整試料を用いた小型三軸試験が実施される。本報では河川堤防で採取した礫質土を用いて原粒度に近い試料での大型三軸試験を実施することにより、礫質堤防土の力学特性について検討した。

2. 試験の概要

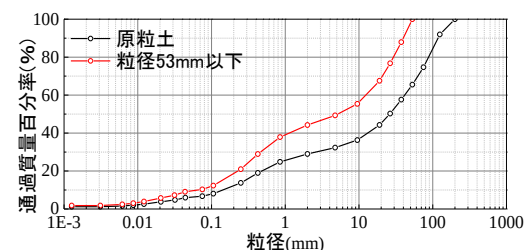
実験には信濃川、仁淀川および紀ノ川の礫質堤防から採取した試料を用いた。試料はバックホウやスコップで原粒度が変わらないように配慮しながら採取した。実験室に搬入後、自然乾燥させてから四分法で均等に小分けした。実施した試験は直径 20cm、高さ 40cm の供試体寸法の大型三軸試験であり、最大粒径 53.0mm に試料を調整した。図 1 に実験試料の粒度分布を示す。また、仁淀川試料は、採取深度から下部と中部の 2 種があるが、粒度分布はほぼ同じであるため区別しない。供試体は、所定の含水比に調整し、5 層に分けて慎重に締固めて作製した。以降で示す各試料の相対密度と含水比は、それぞれを人力で最大限に密詰めにした際の値である。供試体作製後、2 重負圧法による飽和化を行い、所定の有効拘束圧で 1 時間等方圧密した後に、载荷速度 0.1%/min で CUB 試験を行った。

3. 試験結果

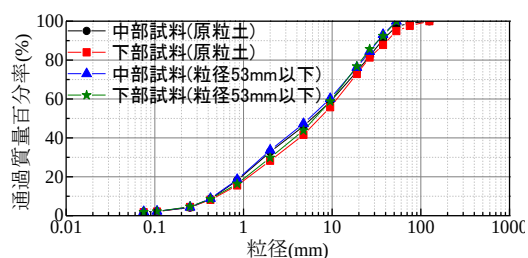
図 2(a)に信濃川試料の試験結果を示す。軸差応力～軸ひずみ関係においては、いずれの有効拘束圧においても軸ひずみ 1%未満までに軸差応力がピークに達し、その後ひずみ軟化の挙動が見られる。有効応力経路においては、低い有効拘束圧 30kPa、50kPa の試験では一旦正のダイレイタンスーが発現した後、軸差応力が最大に到達後に急激に軟化している。一方、高い有効拘束圧 100kPa、150kPa の試験では正のダイレイタンスーは一度も見られないまま、せん断初期からせん断終了時まで一貫して塑性圧縮し続けている。

図 2(b)に仁淀川試料の試験結果を示す。有効拘束圧 50kPa、100kPa のケースでは、有効応力経路で見られるように、正のダイレイタンスーを発現して軸差応力が増加し続けるのに対して、有効拘束圧 150kPa のケースでは、軸差応力が最大に達した後、一旦塑性圧縮を伴うひずみ軟化を示している。

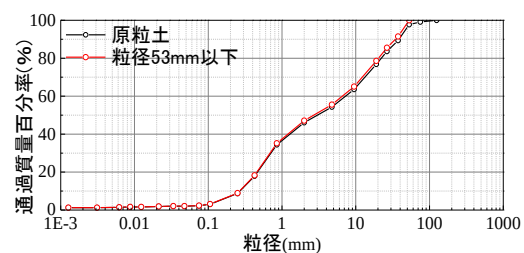
図 2(c)に紀ノ川試料の試験結果を示す。有効拘束圧 50kPa のケースでは軸差応力が急激に増加した後、軸ひずみが 2.5%程度まで若干減少するが、その後せん断終了時まで増加し続けている。有効応力経路ではせん断



(a) 信濃川



(b) 仁淀川



(c) 紀ノ川

図 1 試験試料の粒度分布

キーワード: 河川堤防, 礫質土, 大型三軸試験

連絡先: 〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口 1-501 名城大学理工学部社会基盤デザイン工学科 Tel 052-838-2347

終了まで正のダイレイタンスが発現している。有効拘束圧 100kPa では、軸差応力が軸ひずみ 1%程度まで急激に増加しその後ひずみ軟化の挙動を示している。有効応力経路では、弾性的な挙動を示した後に急激な脆性破壊をしてひずみ軟化を呈している。

いずれの試料においても、低い拘束圧においては、正のダイレイタンスを発現する比較的密詰めの挙動を呈する一方、高い拘束圧条件下では、一旦正のダイレイタンスを発現しかかっても、最終的には塑性圧縮を伴うひずみ軟化挙動が観察され、脆性的に崩壊する。一見、拘束圧が高い方が弱体化している印象を与え、奇異に感じられるかもしれないが、この現象は、今回試験に用いた、ややゆる詰め礫質土特有の骨格構造に起因していると考えられる。低い拘束圧では構造が維持されずにせん断直後に劣化し、その後は過圧密挙動のみが顕著になるが、高い拘束圧では構造がせん断途中まで維持される反面、構造崩壊が一旦発生すると過圧密挙動を呈する間もなく脆性破壊が進行してしまう。

図3に変相時で評価したモール円¹⁾を示す。いずれの試料でも、最大軸差応力での整理では得られない拘束圧に整合したモール円が得られる。変相時は構造劣化が発生する直前で破壊を評価することになり、堤防土固有の強度定数が適正に求められる。

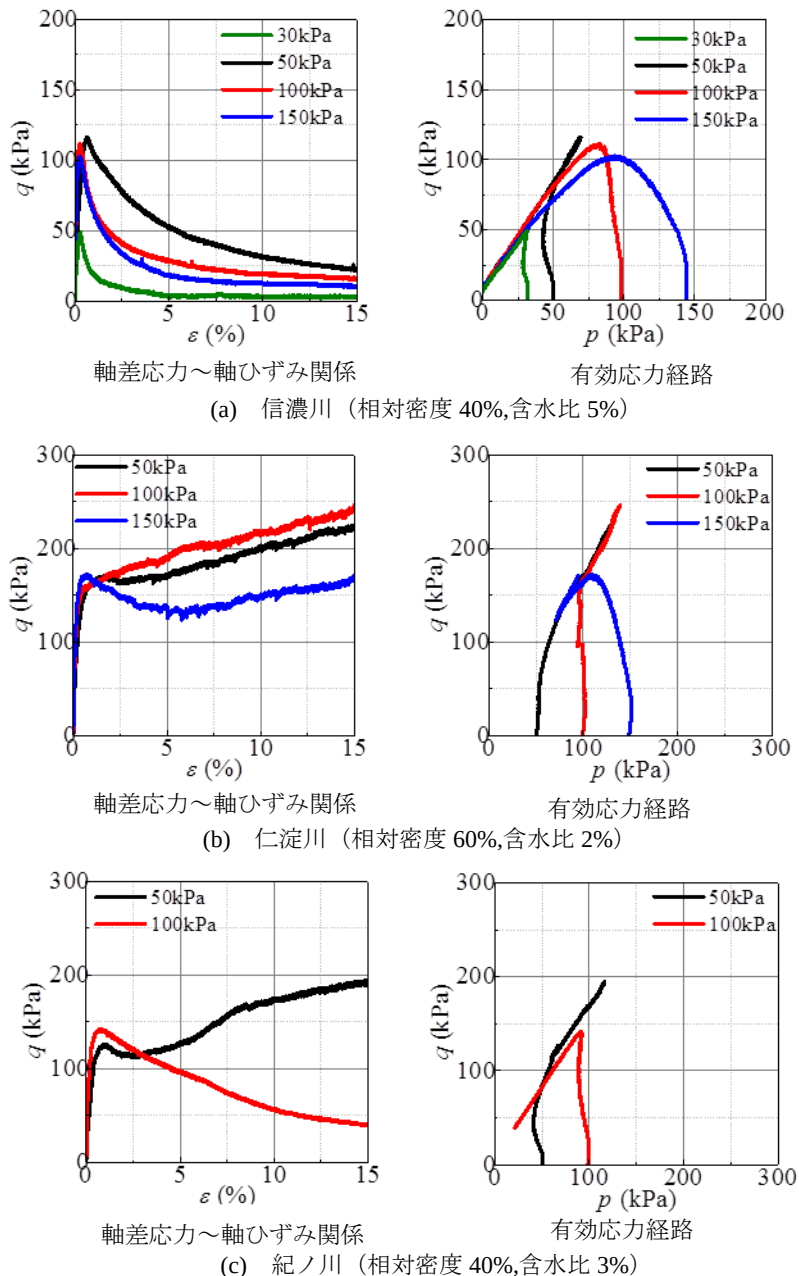


図2 CUB 試験結果

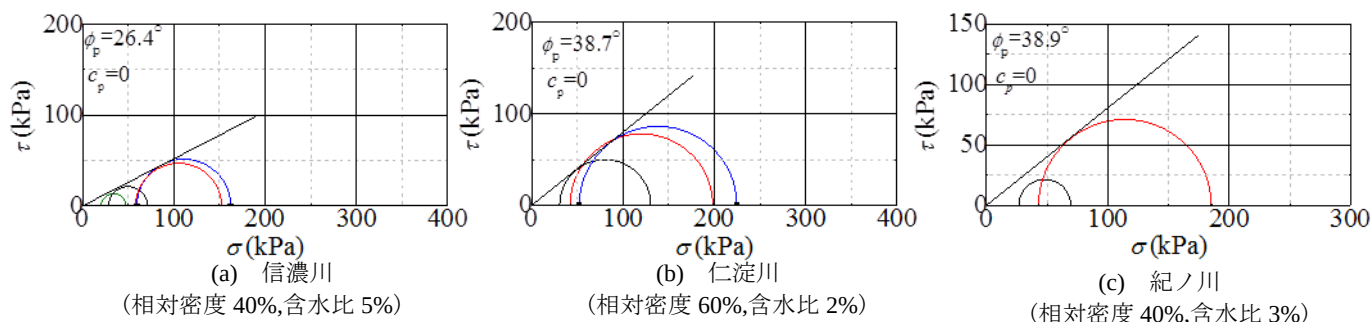


図3 変相時のモールの応力円 (CUB 試験)

4. まとめ

現場の築堤状況は十分に把握できていないが、今回の試験で採用した供試体密度が現場と比較して小さかったとは考えていない。信濃川試料の ϕ_p が小さいが、広い粒径分布と試験時の粒度調整が結果に影響を及ぼしている可能性もあり、今後の検討課題である。なお、試料採取にあたって、国総研の森啓年氏、土木研究所の石原雅則氏、ならびに北陸、四国、近畿の各地方整備局様にお世話になりました。記して謝意を表します。

参考文献：1) 小高ら：河川堤防の安定性照査に用いる適切な強度定数の検討，第59回地盤工学シンポジウム論文集，2014。