

河川堤防砂礫の液状化強度特性の評価

名城大学大学院

学生会員

○牧田祐輝

名城大学

正会員

小高猛司・板橋一雄

建設技術研究所

正会員

李 圭太・上村俊英

ジオ・ラボ中部

正会員

坪田邦治・加藤雅也

1. はじめに

河川堤防は礫分から細粒分までの広範な粒度の土で構成されており、わずかな締固め度の違いによって力学特性は大きく変わる¹⁾。また、せん頭粒度で評価した砂礫の締固め特性や力学特性では、大きな礫を含む現地堤防を過大評価する可能性が高いことから、実際には多くのゆる詰め堤防が存在すると考えられる¹⁾。基礎地盤についても同様である。一方、近年では豪雨と地震のニアミスが続いており、河川堤防の耐震性強化が重要課題となっている。本報では、実際の河川堤防で採取した砂礫を用いて大型・小型の三軸試験を実施し、静的な力学特性を示した後に、繰返し非排水三軸試験を実施し、河川堤防砂礫の液状化強度特性について示す。

2. 試験手順

実験に用いた試料は、実際に詳細点検がなされた河川堤防で採取したものであり、図1にその粒度分布を示す。大型三軸試験では原粒度試料を用い、小型三軸試験では図1に示す粒径9.5mmを超える礫を除外した粒度調整試料を用いて、供試体を作製した。大型、小型ともに、単調載荷試験では、有効拘束圧(50, 100, 200kPa)で等方圧密し、載荷速度0.1%/minでCU三軸試験を実施した。繰返し載荷試験では、応力振幅比(0.125, 0.15, 0.175)の条件下で非排水三軸試験を実施した。表1に各実験の試験条件を示す。

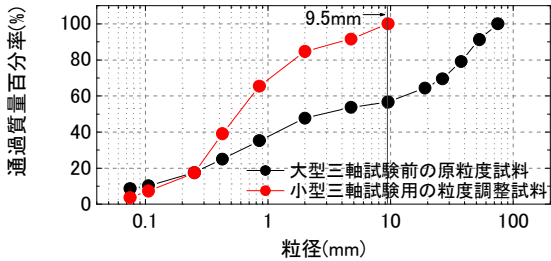


図1 実験試料の粒度分布

表1 各実験の試験条件

	大型三軸		小型三軸		
直径(cm)	30		5		
高さ(cm)	60		10		
載荷条件	単調載荷		単調載荷		繰返し載荷
乾燥密度(g/cm ³)	1.80	1.70	1.70	1.60	1.60
締固め度(%)	(90)	(85)	(85)	(80)	(80)

3. 単調載荷試験結果

図2(a)および図2(b)はそれぞれ、大型三軸の単調載荷試験の応力～ひずみ関係および有効応力経路を示す。図2(b)の有効応力経路に着目すると、締固め度90%では、せん断初期に塑性圧縮を示し、変相後の正のダイラテンシーの発現が見られる。一方、締固め度85%では、せん断初期に塑性圧縮を示すのみで、変相後の軸差応力の増加は見られない。

図3(a)および図3(b)はそれぞれ、小型三軸の単調載荷試験の応力～ひずみ関係および有効応力経路を示す。図3(b)の有効応力経路に着目すると、締固め度85%では、せん断初期に塑性圧縮を示し、その後正のダイラテンシーの発現により軸差応力が増加している。一方、締固め度80%では、塑性圧縮を伴うひずみ軟化を示す。

以上の結果より、同じ乾燥密度で供試体を作製しても、小型三軸試験で得られる力学挙動は、大型三軸試験よりも密詰め傾向となる。また、締固め度85%の大型供試体と締固め度80%の小型供試体は、比較的似たような傾向が見られ、ともに緩詰め砂の挙動を示した。したがって、供試体寸法による効果は、締固め度5%程度の差がある。この理由は、礫粒子の乾燥密度がシルトや砂で構成されるマトリックス部分の乾燥密度よりも高いために、礫を除外した粒度調整試料を用いる小型三軸試験の方が、相対的にマトリックス部分の乾燥密度が高くなるために、土全体としての挙動は小型三軸試験の方が密詰め傾向が強くなると考えている。

キーワード：河川堤防，砂礫，液状化

連絡先：〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口1-501 名城大学理工学部建設システム工学科 (Tel: 052-838-2347)

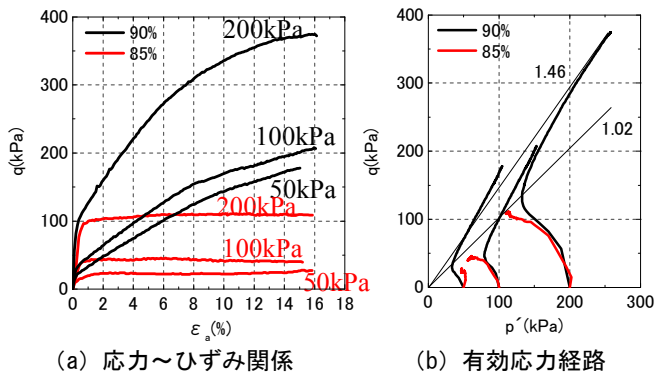


図2 大型三軸試験結果 (CU試験)

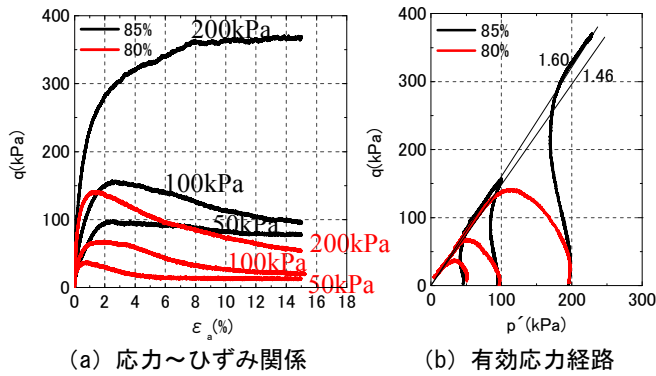


図3 小型三軸試験結果 (CU試験)

4. 繰返し载荷試験結果

以上の検討により、締固め度 80%の緩詰め供試体を用いて、小型三軸試験により、河川堤防砂礫の液状化強度特性の評価を試みる。図 4 および図 5 にそれぞれ、応力～ひずみ関係および有効応力経路を示す。有効応力経路に示した直線は、締固め度 80%、有効拘束圧 200kPa の小型三軸の単調载荷試験より得られた変相線である。図 4 の応力～ひずみ関係に着目すると、せん断初期にせん断ひずみはほとんど発生しないが、急激にひずみが増加した途端に液状化に至る。図 5 の有効応力経路に着目すると、全ての実験ケースにおいて、変相線に近付いたところで一気に破壊に至ることがわかる。図 6 に応力振幅比と過剰間隙水圧比が 95%に達した時点の繰返し载荷回数の関係を示す。広範な粒度の砂礫であっても砂質材料と同様に液状化強度が求められる。

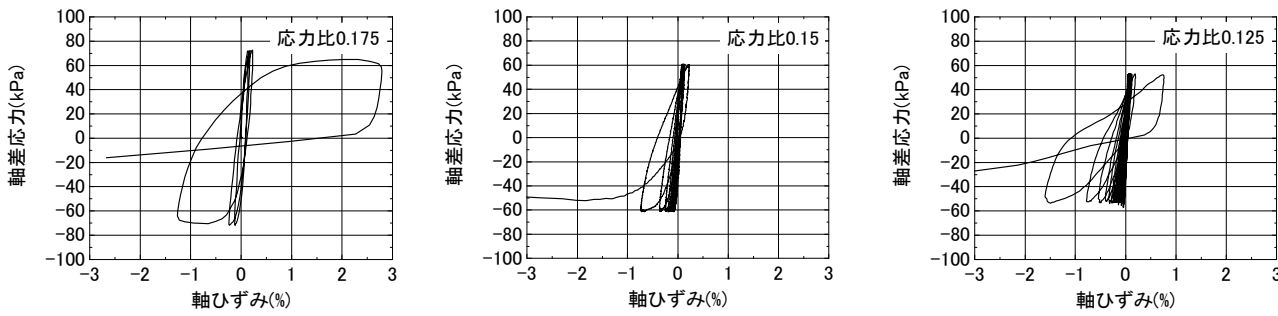


図4 応力～ひずみ関係 (繰返し非排水三軸試験)

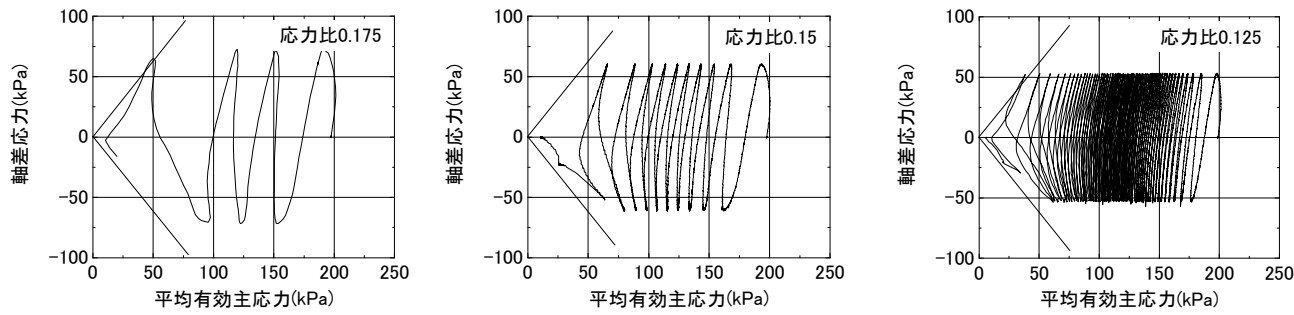


図5 有効応力経路 (繰返し非排水三軸試験)

5. まとめ

広範な粒度で構成される河川堤防土は、その力学特性や締固め特性を評価する際には、粒度調整方法や締固め管理には十分に注意する必要がある。実際の河川堤防やその基礎地盤は、予想以上にゆる詰め状態におかれている可能性もあり、その場合には本報で示すように、簡単に液状化する危険性があることから、河川堤防の耐震性強化を十分に検討しておく必要がある。

参考文献：1) 小高ら：河川堤防砂礫の変形・強度特性の評価手法に関する考察，地盤工学ジャーナル，5(2)，2010。

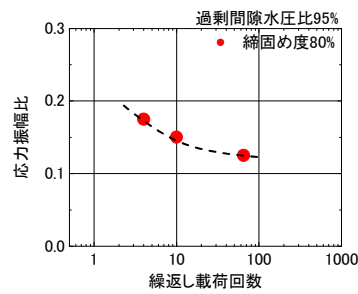


図6 液状化強度曲線