

供試体作製法の違いが砂礫の力学特性に及ぼす影響

名城大学 学生会員 ○森 涼香・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

1. はじめに

著者らは礫から細粒分まで含む河川堤防砂礫を用いて、原粒度試料の大型三軸試験と粒度調整試料の通常の小型三軸試験を実施し、供試体寸法や供試体密度が砂礫の力学特性に及ぼす影響について検討した¹⁾。本報では、供試体作製法によって三軸試験で得られる砂礫の力学特性が大きく異なることを示す。Ishihara²⁾は、供試体作製法を変えることによって、同一の初期有効応力下でも異なる間隙比の砂供試体を作製し、それぞれの非排水せん断挙動が異なることを示した。本実験では、堤体材料として一般的な砂礫を対象とし、異なる作製法ではあるがほぼ同一の間隙比の供試体を再構成し、それぞれの力学特性を考察する。

2. 実験の概要

実験試料は図1に示す河川堤防砂礫であり、今回は9.5mm以下に粒度調整したせん頭粒度試料を用いた。突固め試験により最大乾燥密度が 2.0g/cm^3 と求められたことから、供試体作製時の乾燥密度は1.6, 1.7および 1.8g/cm^3 (それぞれ、締固め度80, 85および90%に相当)とした。供試体の作製方法は、①乾燥試料による空中落下法と②含水比10%に調整した湿潤試料を5層に分けて軽く締め固めて作製する方法(湿潤締固め法)の2種類とした。高さ10cm, 直径5cmの供試体をそれぞれの方法で作製後、いずれも2重負圧法によって飽和化した(B値0.95以上)。

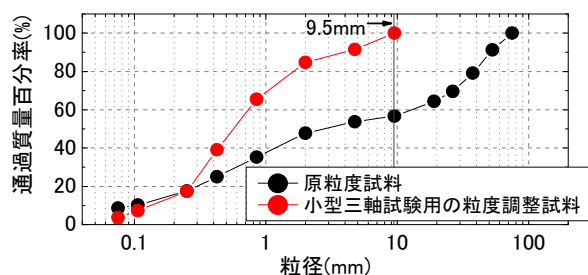
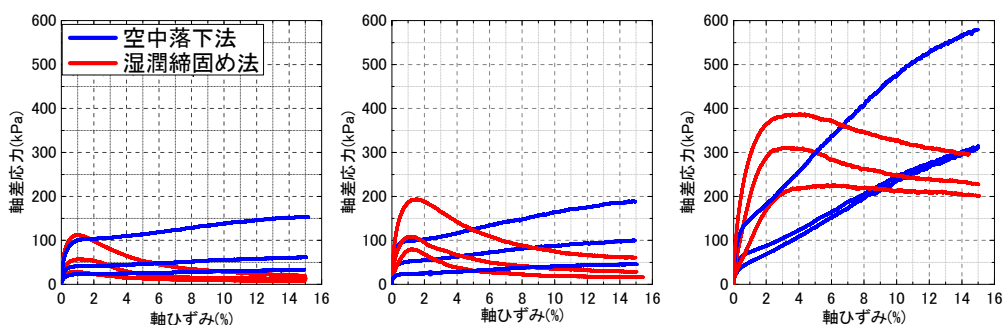


図1 実験試料の粒度分布

単調載荷試験では、初期有効拘束圧50, 100, 200kPaでの $\overline{\text{CU}}$ 試験を載荷速度0.1%/minで実施した。繰返し載荷試験では、乾燥密度 1.6g/cm^3 (締固め度80%)の供試体に対して、初期有効拘束圧100kPa, 周波数0.01Hzの繰返し非排水せん断を行った。



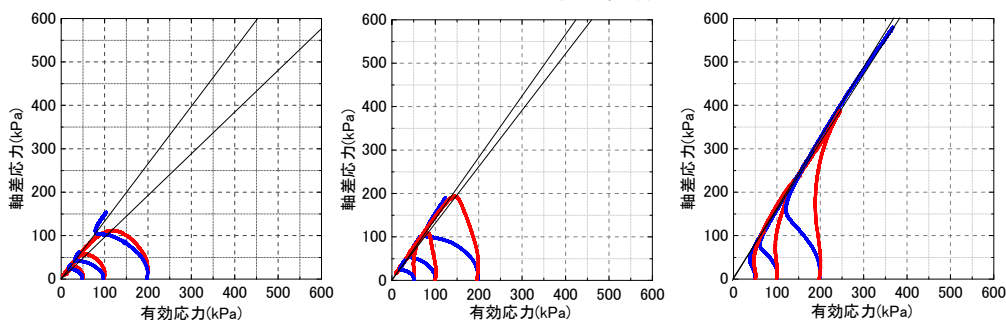
(a) 締固め度 80%

(b) 締固め度 85%

(c) 締固め度 90%

3. 単調載荷試験結果

図2の応力～ひずみ関係を見ると、湿潤締固め法の供試体では、ピーク強度後にひずみ軟化挙動が見られるが、空中落下法による供試体では、一貫して軸差応力は増加し続ける。一方、図3の有効応力経路を見ると、空中落下法の供試体では、いずれの締固め度の供試



(a) 締固め度 80%

(b) 締固め度 85%

(c) 締固め度 90%

図2 応力～ひずみ関係

図3 有効応力経路

体であっても、最終的に正のダイレイタンスが発現しているが、せん断のごく初期においては大きく有効応力が減少（すなわち塑性圧縮）している。湿潤締固め試料では、いずれの締固め度であっても、最終的には大きな塑性圧縮を伴う軟化を示しているが、ピーク強度までは空中落下法による供試体ほど有効応力の低下は見られない。特に締固め度の高い供試体においては、ピーク強度までは弾性体に近い挙動を示し、その後一気に脆性的に破壊していることが見て取れる。また、総じて湿潤締固め供試体の方が変相角は小さいが、締固め度が高くなると両者の差は小さくなる。

以上より、供試体作製時の乾燥密度が同じであっても、湿潤締固め法で作製された供試体の方が高位な骨格構造を有しており、小さなひずみレベルであれば、空中落下法での供試体より大きなせん断強度を有する。

4. 繰返し載荷試験結果

締固め度 80% の供試体の応力～ひずみ関係および有効応力経路を図 4 および図 5 にそれぞれ示す。いずれの供試体でも変相線に近づくまでの繰返し過程においては、軸ひずみの発生は非常に小さいが、湿潤締固め法による供試体では、大きなひずみが発生した途端に一気に液状化に至る。一方、空中落下法による供試体では、変相線到達後もサイクリックモビリティによる有効応力の増加・減少を繰返し、徐々にひずみが大きくなる。変相線到達までの挙動に着目すると、湿潤締固め法による供試体の方が、1 回の繰返しに伴う有効応力の低下量は小さく、単調載荷試験で観察された小ひずみレベルでの弾性挙動と調和している。また、一気に液状化に至る点も、単調載荷時に正のダイレイタンスの発現が見られないことと一致している。

図 6 は過剰間隙水圧比 95% で定義した液状化強度曲線である。空中落下法による供試体の方が若干大きいですが、液状化強度曲線にしてしまうと両者に大きな差は見られない。

5. まとめ

供試体作製法の違いによって砂礫供試体の初期の骨格構造の度合いが異なることにより、単調ならびに繰返し載荷時の非排水せん断特性（特にダイレイタンス特性）が大きく異なることがわかった。供試体作製時のサクションが骨格構造の形成に寄与していると推測できるが、いずれの手法で作製した供試体でも、飽和化の過程でサクションは完全に消滅しており、かつ圧密後の間隙比は同一であることから、非排水せん断挙動の違いまでを説明するには、より詳細な検討が必要である。再構成試料で室内試験を実施する場合には、空中落下法による供試体作製が主流であるが、実際の河川堤防は湿潤締固め法に近い状態で構築された可能性が高い。最近では、河川堤防の液状化検討に有効応力解析が用いられる場合も多いが、再構成供試体による室内試験で土質パラメータを決定する際には、供試体作製方法にも注意を払う必要がある。

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)，193-205，2010. 2) Ishihara: Liquefaction and Flow Failure during Earthquakes, Géotechnique, 43(3), 351-451, 1993.

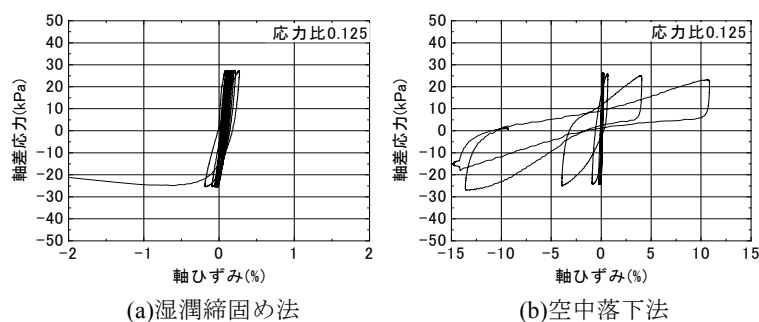


図 4 応力～ひずみ関係

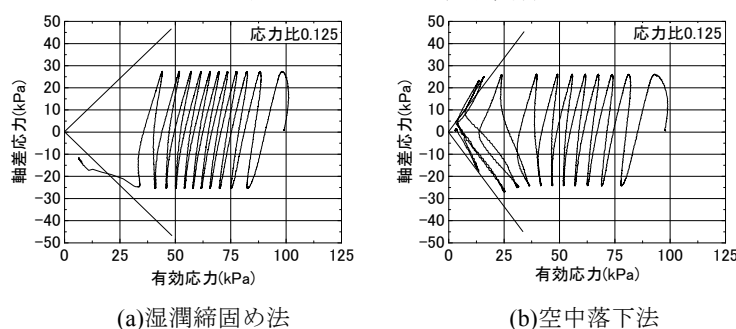


図 5 有効応力経路

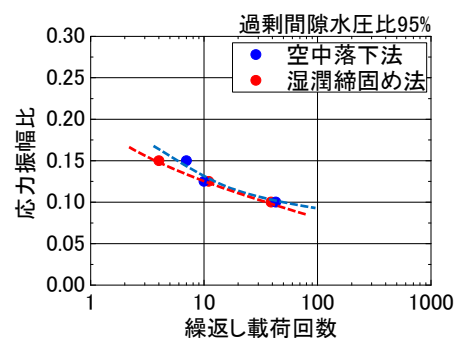


図 6 液状化強度曲線