

供試体作製時の含水比の違いが河川堤防砂の力学特性に及ぼす影響

名城大学	学生会員	○兼松祐志
名城大学大学院	学生会員	森 涼香
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

1. はじめに

東日本大震災において多くの河川堤防が被災し、堤体を含めた堤防の耐震性向上が喫緊の課題となっている。しかし、耐震性照査はもちろん、浸透に対する安定性照査においても、再構成供試体で土質定数を決定する際に、供試体の作製方法、密度、粒度調整の方法等の諸条件は明確に定められておらず、現場の判断に委ねられる。本報では、河川堤防砂礫を用いて再構成供試体で室内試験をする際に、供試体作製時の含水比の違いが力学特性に及ぼす影響について検討する。

2. 試験の概要

試験試料は鳥取県小鴨川の河川堤防で採取しており、図1の黒のプロットに原粒度試料を、赤のプロットに粒度調整試料を示す。本試験の供試体直径は5cmであるため、9.5mm以上の礫を除外した、せん頭粒度試料を用いた。また、突固めによる土の締固め試験(JIS A 1210 A-a 法)により最大乾燥密度が $2.0\text{g}/\text{cm}^3$ 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 $1.8\text{g}/\text{cm}^3$ (それ

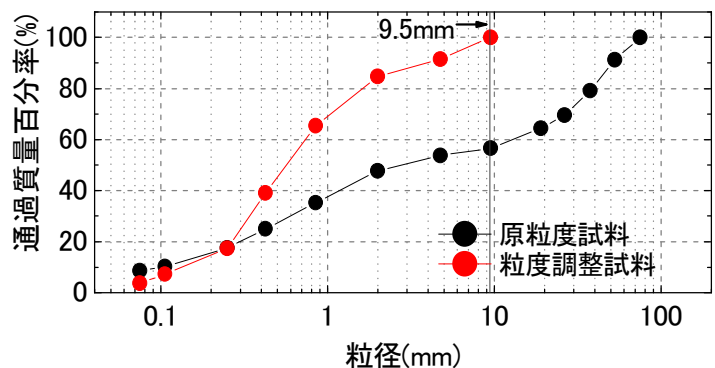


図1 実験試料の粒度分布

ぞれ、締固め度80, 85 および 90%に相当)とした。今回用いた含水比は、0% (自然乾燥状態), 3%, 5%, 10% (最適含水比), 14%である。供試体は、含水比調整したのち、直径5cm, 高さ10cmのモールド内で軽く突き固めて作製した。なお、突固め後に自立できない含水比が低い供試体においては、三軸試験装置に設置した2つ割モールドを用いて作製し、そのまま負圧をかけて自立させた。いずれの初期含水比の供試体も、三軸試験装置に設置後、2重負圧法によって完全飽和化(B値0.95以上)した。

所定の有効拘束圧100kPaで圧密した後に、非排水単調せん断を実施するが、いずれの初期含水比で作製した供試体でも圧密後の間隙比は同一となっている。なお、載荷速度は0.1%/minである。

3. 試験結果

図2に軸差応力～軸ひずみ関係を示す。締固め度80%の場合、供試体作製時の含水比(以下、単に含水比と記す)が14%と10%では、軸差応力が最大値に達した後、ひずみ軟化挙動が見られる。含水比5%では、軸差応力の最大値は14%, 10%に比べて小さくなっているが、ひずみ軟化の度合いが小さいため、最終的な軸差応力は大きくなっている。含水比3%, 0%では、ひずみ軟化がごくわずかに見られた後に硬化に転じて、軸差応力が増加する。応力～ひずみ曲線の初期立ち上がりは、供試体作製時の含水比によらずほぼ同一であるが、せん断後半になるにつれて差が顕著になる。この差は、締固め度が高くなるにつれて一層顕著になる。

図3に有効応力経路を示す。締固め度80%の場合、含水比14%, 10%では、特にゆる詰め傾向を示していることが分かる。含水比5%ではひずみ軟化の程度が小さくなり、さらに含水比3%, 0%となると正のダイレイタンス挙動が見られる。また、最大軸差応力に至るまでの経路を見ると、含水比が高いほどせん断初期の有効応力経路の増加度合いが大きく、弾性挙動が大きいことがわかる。締固め度85%の場合には、さらに上述の傾向が顕著になり、含水比14%, 10%では弾性挙動後に急激な脆性破壊によるひずみ軟化を呈し、

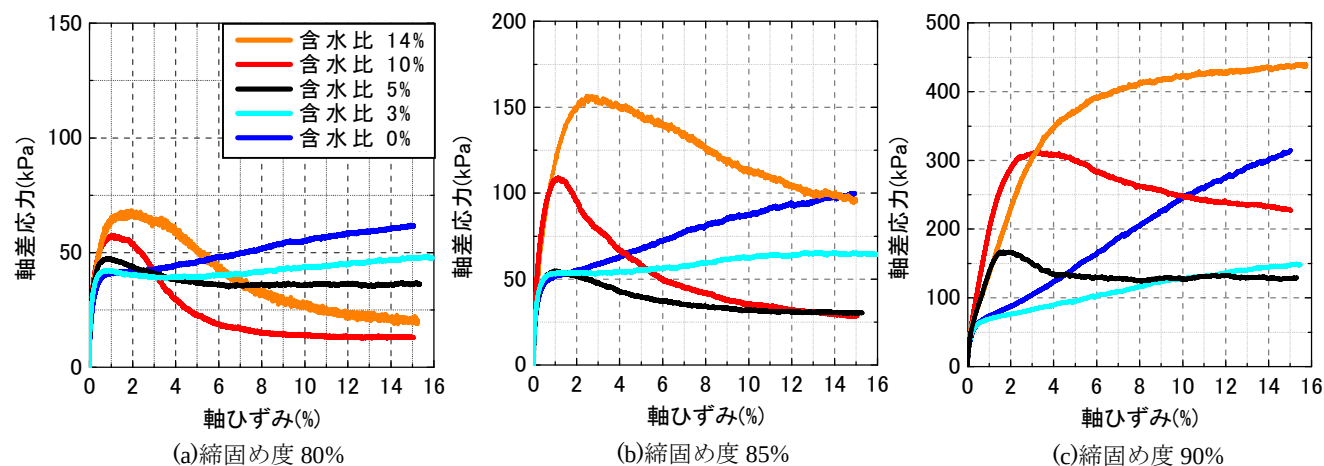


図 2 応力～ひずみ関係

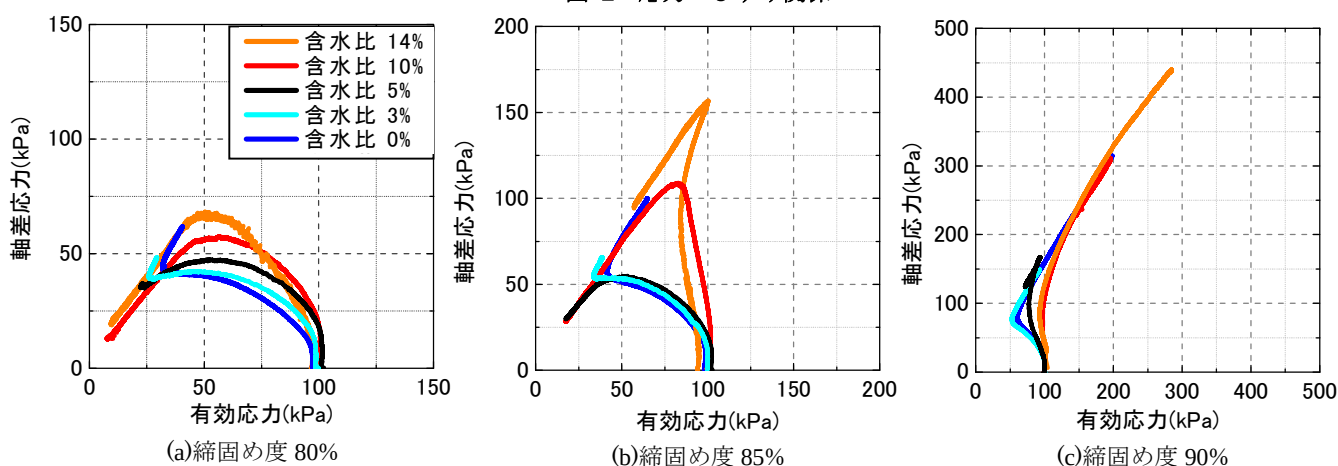


図 3 有効応力経路

含水比 5%以下では、せん断初期から塑性圧縮が顕著に見られ、含水比 3%と 0%では変相後の正のダイレイタンスが発現している。締固め度 90%の場合には、いずれの含水比でも密詰め傾向のせん断挙動を示しているが、やはり含水比の高い 14%と 10%では、せん断初期に弾性挙動を示している。

以上のように、供試体作製時の含水比によってせん断挙動が大きく異なることが明らかとなったが、それには各供試体が有する骨格構造が関係していると考えている。すなわち、供試体作製時の含水比が高い場合には、サクシンの作用によって粗粒分の周りに均一に細粒分が分布することにより、比較的卓越した骨格構造が形成されるものと考えている。一方、供試体作製時の含水比が低い場合には、供試体作製時の突固めによって、細粒分と粗粒分との分級が進み、骨格構造が形成されづらい。骨格構造が卓越した含水比 14%と 10%の供試体では、せん断初期に弾性挙動をする反面、せん断が進行すると急激な脆性破壊を呈する傾向が強いが、顕著な骨格構造を持たない含水比 3%と 0%では、せん断初期から塑性的なせん断特性を示している。なお、せん断特性の傾向が変わるのは、締固め度にかかわらず含水比 5%となっている。

4. まとめ

供試体作製時の含水比の違いによって形成する骨格構造が大きく異なり、しかも完全飽和後もその骨格構造が維持される。そのため試験で得られる力学特性も大きく異なることが示された。不攪乱試料で試験を実施しない限りは、通常は自然乾燥試料を再構成して供試体を作製する。しかし、河川堤防は湿潤状態で築堤されていることも多く、実際の堤防の力学特性を得るためには、供試体作製法によって力学特性が異なることも想定しておく必要がある。今後は、供試体作製時の含水比によって異なる骨格構造が形成される要因を詳細に検討するとともに、動的試験における力学特性の差異についても検討してゆく予定である。

なお、別報にて、本試験のシミュレーションを通して骨格構造の相違について検討した結果を示す¹⁾。

参考文献：1)森ら：異なる構造を有する再構成供試体の三軸試験のシミュレーション，土木学会中部支部，2011.