

細粒分の多い土の締固め条件と繰返し非排水強度比の関係に関する検討その2

土木研究所 国際会員 ○石原雅規, 佐々木哲也

土木研究所 正会員 佐々木亨, 富澤彰仁

1. 目的

河川堤防の新設や嵩上げ・拡幅の際には密度による締固め管理を基本としており、その管理値は施工性等を考慮してこれまでの実績等により定められている。そのため、必ずしも材料の力学特性を踏まえて定められたものではない。特に、施工条件により物性値が大きく変わる、細粒分を多く含むような土でも同一の指標・基準値により施工されている。本来は盛土材に必要とされる力学特性を踏まえた管理が必要であるが、細粒分を多く含む土の締固め条件による力学特性の変化に関して十分には明らかとなっていない。

そこで本研究では、実際の河川堤防に用いられていた細粒分を多く含む土（Fc70～80%程度、最大乾燥密度 1.352g/cm^3 ）を用いた。既報¹⁾で用いた土に比べても2倍程度Fcが多い土である。締固め度と飽和度を变化させた供試体を作製し、締固め条件の違いが繰返し三軸強度比に及ぼす影響を調べた。

2. 供試体作製方法

締固め度を90%～105%まで、飽和度を50%～90%まで変化させ合計16種類の供試体を作製した。図-1に今回用いた土の締固め特性と供試体の目標条件（☆印）を示す。飽和度が高く、かつ、密度の低い条件は、供試体が自立せず三軸試験の実施が困難であることが想定されたため、実施しなかった。

まず、目標含水率にするために必要な量の水を加え、十分に攪拌した

後1日以上なじませた。次に、含水調整した土を内径100mmの締固め用モールド内に詰めた。厚さ20mm分の試料を入れ、高さを軽く整えた上で、重錘落下により所定の高さになるまで突き固めた。主には約1kgのランマーを用いたが、目標締固め度105%等の一部の供試体に対しては2.5kgランマーを用いた。この作業を6回繰返し高さ12cmの供試体を作製した。ラン

マーの落下高さと回数を記録し、供試体に与えた締固めエネルギーも確認できるようにした。モールド内に作製した供試体は、表面からの乾燥を防ぐためにラップで密閉した。一方、モールド下面は底板との間に僅かな隙間から余分な水が自然に排水されるようにした。飽和度が高く、密度の低い条件は実施しなかったため、水

キーワード 河川堤防, 締固め, 細粒分, 繰返し三軸強度比

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原1番地6 国立研究開発法人 土木研究所 TEL 029-879-6771

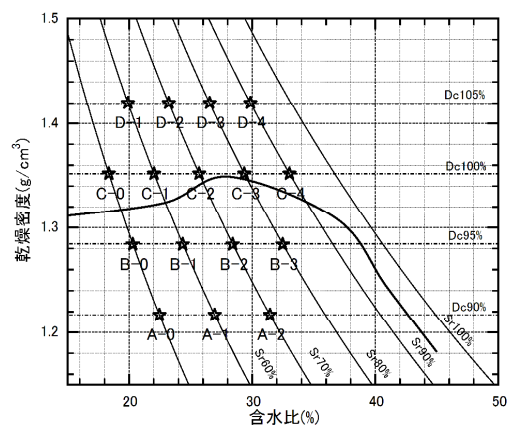


図-1 締固め特性

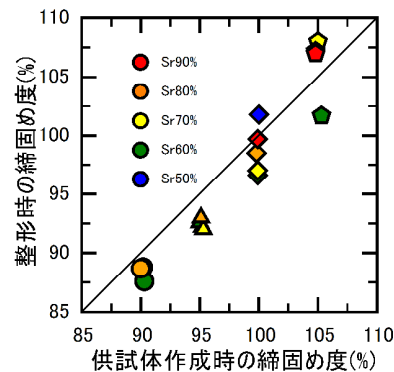


図-2 締固め度の変化

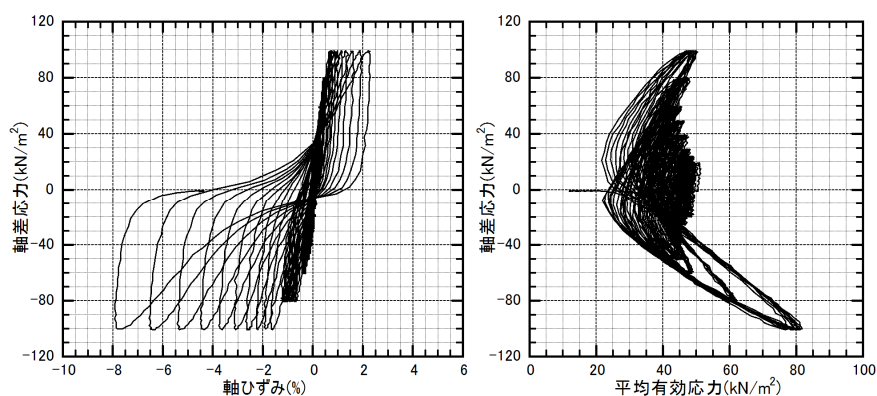


図-3 D-1の応力ひずみ関係と応力経路

がにじみ出ることとはほとんどなかった。このように作製した供試体を概ね 2～3 週間経過した時点で $\phi 50\text{mm} \times H100\text{mm}$ に整形し、試験を行った。

図-2 に供試体作成時と試験を行う直前の整形時の締固め度の関係を示す。供試体作成から整形・せん断を実施する前の間には、2～3 週間の養生期間を設けたが、この間に若干緩んでいる可能性を示す結果が得られた。ただし、目標締固め度 105%の含水比の高い供試体では、若干密実化する結果が得られた。Fc40%の材料を用いて同様の試験を実施²⁾しているが、この時は、供試体作成から整形までの間に大幅に密度が増加していたので、これとは逆の結果となった。

3. 試験方法

繰返し三軸強度比を求めるに当たっては、1 本の供試体に対して、段階的に応力振幅を大きくしながら、繰返し荷重を与える方法²⁾を用いた。液状化強度曲線は得られないものの、1 本の供試体で済むため、供試体のバラツキの影響が出ず、手間がかからないという長所がある。

4. 試験結果

図-3 に目標締固め度 105%、飽和度 60%の応力ひずみ関係及び応力経路を示す。過剰間隙水圧が十分に上がりきらず、有効応力が残った状態であるが、大きな応力振幅が加わることで、ひずみ振幅が大きな値となっている。同じような傾向は、目標締固め度 100%でも見られた。一方、目標締固め度 95%や 90%では、ほぼ過剰間隙水圧比が 1 に達し、ひずみ振幅が大きくなっていた。

図-4 は供試体作成時の締固め度と繰返し三軸強度比の関係である。目標締固め度が 90%や 95%では、供試体作成時の飽和度に依らず、その乾燥密度に応じた繰返し三軸強度比が得られているように見える。その一方、目標締固め度が 100%、105%では、供試体作成時の飽和度によって、繰返し三軸強度比が大幅に変化し、目標締固め度が大きい程、その傾向が顕著であった。一部で逆転するような結果もあるが、飽和度が高いほど、繰返し三軸強度比が小さくなる傾向が見られる。同じ傾向は、Fc40%の材料でも得られており¹⁾、細粒分の量に依らない傾向であると考えられる。

図-5 に締固めエネルギーと繰返し三軸強度比の関係を示す。一部の供試体を除き、小型の 1kg のランマーを用いて突き固めを行っている。全般的には、締固めエネルギーが大きい程、大きな繰返し三軸強度比が得られることが分かる。同じ目標締固め度で見ると（例えば、100%）、飽和度が低い程、大きな締固めエネルギーが必要となるが、大きなエネルギーをかければ繰返し三軸強度比が得られるわけではなく、頭打ちとなる。これより、締固め度を固定すれば、最も効率的に高い繰返し三軸強度比が得られる飽和度が存在することとなる。また、2.5kg のランマーを用いた供試体は、小さな締固めエネルギーで高い繰返し三軸強度比が得られている。この結果からも、土の状態や目標に応じて効率的な締固め方法が存在することが分かる。

5. まとめ

本研究では実際に河川堤防に用いられていた細粒分の多い土（Fc70～80%程度）を用いて、締固め度と飽和度を変化させた供試体を作製し、繰返し三軸強度比を調べた。高い繰返し三軸強度比を効率的に得るには、密度だけでなく、飽和度管理や締固め方法を適切に選定することが重要である。

（参考文献）1) 佐々木，石原，富澤，佐々木：細粒分の多い土の締固め条件と繰返し非排水強度比の関係に関する検討，土木学会第 73 回年次学術講演会，2018，2) 石原，佐々木：繰返し段階載荷による繰返し三軸強度比の推定，土木学会第 73 回年次学術講演会，2018，

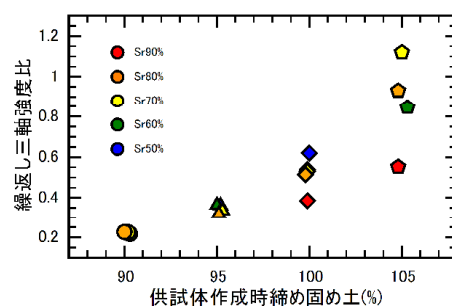


図-4 締固め度と繰返し三軸強度比の関係

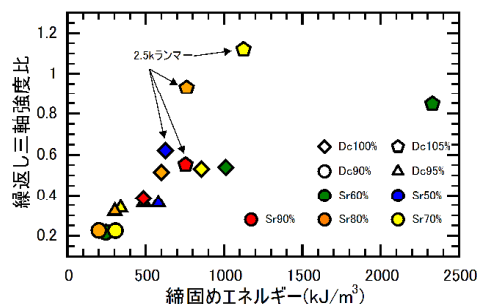


図-5 締固めエネルギーと繰返し三軸強度比の関係