

小型締固め機械で転圧した試験盛土から採取した土の三軸等方圧密特性

東京大学 正会員 ○富田 佑一 フェロー会員 古関 潤一

1. はじめに

締固め機械の大型化や ICT を利用した施工技術の向上により、近年では設計で定めた盛土構造物の要求性能と盛土の締固め管理方法の関連を持たせて合理化する検討が進められている¹⁾。締固めた土の変形強度特性に関する研究は室内の拘束されたモールド内で突固めて作製した供試体を用いたものが多く、締固め機械を用いた盛土から採取した供試体を対象にした研究例は少ない。そこで筆者らは鋼製土槽内に小型締固め機械を用いて作製した試験盛土から採取した供試体と室内突固め供試体との変形強度特性の違いについて三軸圧縮試験装置を用いて調べている²⁾。本論文はこれら三軸圧縮試験の等方圧密過程における変形特性に着目し、圧縮試験時の変形強度特性と比較した。

2. 試験盛土概要と供試体採取および室内供試体作製方法

試験盛土は幅 2.2m×延長 3.2m×高さ 0.6m の鋼製土槽内に十分に締め固めた干涉層とその上部の供試体採取層で構成される。供試体採取層は最適含水比付近に含水調整した盛土材を転圧後に 20cm 厚となるように 1 層で撒き出し、締固め機械を通過させて作製する。締固め機械は起振力 11.8kN、質量 605kg、幅 0.7m のハンドガイドタイプの振動ローラーである。盛土材は最大粒径 $D_{\max}=2.0\text{mm}$ 、平均粒径 $D_{50}=0.25\text{mm}$ 、細粒分含有率 $F_c=6.0\%$ の洪積砂質土(稲城砂)である。当試料の締固め曲線を図 1 に示す。

三軸圧縮試験の供試体は押切式ブロックサンプリング (JGS1231)により試験盛土から採取した $\phi 100\text{mm}\times h 200\text{mm}$ の試験盛土採取供試体と、最適含水比付近に含水調整した盛土材を鋼製型枠内に 5 層に分けて投入して突固めた室内突固め供試体である。供試体の乾燥密度と含水比の関係を図 1 内に示す。5 つの代表供試体 A～E の供試体作製条件と物性を図 1 内に示す。A,B,C は試験盛土採取供試体で乾燥密度が異なる。また, D,E は室内 5 層突固め供試体であり乾燥密度が異なる。

3. 試験方法

三軸圧縮試験は供試体を不飽和状態で自立させ、基底応力 $p_{\text{net}}=(\sigma_v \text{ net}+2\sigma_h \text{ net})/3=10\text{ kPa}$ から 50 kPa まで 1 kPa/min 以下で等方圧密し、 $\sigma_h \text{ net}$ を保持したまま、载荷速度 $\varepsilon_v \text{ rate}=0.02\%/ \text{min}$ で排气・排水条件で単調鉛直载荷した。鉛直ひずみ ε_v の測定は供試体を挟んだ 2 つの LDT により、供試体の水平軸ひずみ ε_h はクリップゲージによる上中下 3 か所平均により測定した。

キーワード 盛土, 締固め, 転圧, 振動ローラー, 等方圧密

連絡先〒252-0244 神奈川県相模原市中央区田名 3062-1 東急建設(株) 技術研究所土木材料グループ TEL 042-763-9507



写真 1 試験盛土作製状況

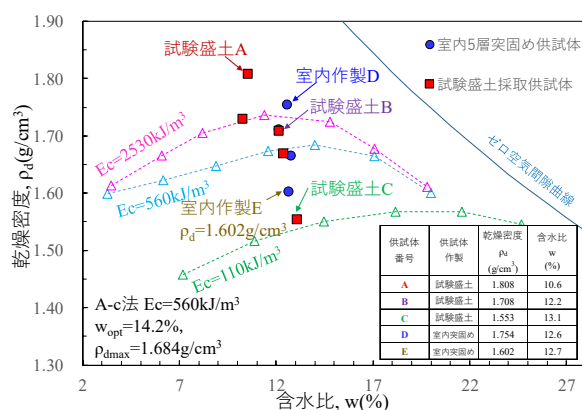


図 1 締固め曲線

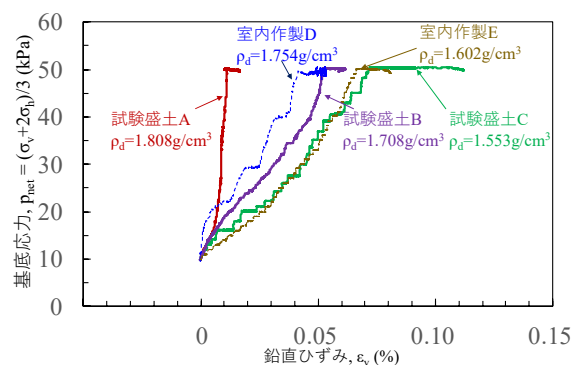


図 2 基底応力と鉛直ひずみの関係

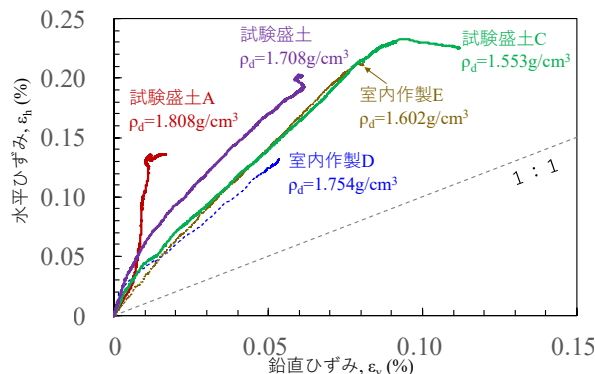


図 3 水平ひずみと鉛直ひずみの関係

4. 試験結果

試験盛土採取供試体(A～C)と室内5層突固め供試体(D,E)について、等方圧密過程における基底応力 p_{net} と鉛直ひずみ ε_v の関係を図2に示す。基底応力の増加に伴って鉛直ひずみが増加しているが、A～Eの全ての供試体において乾燥密度の小さい供試体は残留鉛直ひずみが大きく生じることが確認された。また、供試体Dのような比較的乾燥密度が大きい室内5層突固め供試体は基底応力が $p_{net}=20\text{ kPa}$ 付近まで鉛直ひずみがほとんど発生しなかった。

試験盛土採取供試体(A～C)と室内5層突固め供試体(D,E)について、等方圧密過程における水平ひずみ ε_h と鉛直ひずみ ε_v の関係を図3に示す。等方圧密条件下でも圧密初期から水平ひずみが鉛直ひずみに比べて大きく、ひずみの進行とともに、鉛直ひずみも徐々に増加するが、残留水平ひずみ $\varepsilon_{h, res}$ が残留鉛直ひずみ $\varepsilon_{v, res}$ より大きい傾向が確認された。

図1内の全てのケースにおける、等方圧密後($p_{net}=50\text{ kPa}$)の残留水平ひずみと残留鉛直ひずみの関係を図4に示す。 $\rho_d=1.55\sim 1.81\text{ g/cm}^3$ の範囲において、試験盛土採取供試体と室内5層突固め供試体は等方圧密により、残留水平ひずみ($\varepsilon_{h, res}=0.13\sim 0.31\%$)が残留鉛直ひずみ($\varepsilon_{v, res}=0.02\sim 0.11\%$)よりも大きい。これは試験盛土採取供試体と室内5層突固め供試体が構造異方性を持っている事を意味するが、両者の構造異方性の違いは明確には現れなかった。

等方圧密後の残留鉛直ひずみと残留水平ひずみと乾燥密度関係を図5に示す。構造異方性による鉛直方向と水平方向での残留ひずみ量の違いは認められるが、両者ともに乾燥密度が大きくなると残留ひずみが低下する傾向にあり、乾燥密度への依存性が確認された。試験盛土採取供試体と室内5層突固め供試体間の傾向に大きな差異は見られなかった。

等方圧密後に実施した三軸圧縮試験²⁾の最大軸差応力 q_{max} と等方圧密後(載荷初期)の微小ひずみの繰返し載荷による等価線形剛性 E_{eq} および残留鉛直ひずみの関係を図6に示す。試験盛土採取供試体は等方圧密時の残留鉛直ひずみの増加に伴い、最大軸差応力と等価線形剛性がほぼ線形的に低下する傾向であった。室内5層突固め供試体は残留鉛直ひずみの増加に伴う最大軸差応力と等価線形剛性は試験盛土採取供試体に比べて低下傾向が大きい結果であった。

5. まとめ

- 1) 等方圧密過程において、基底応力が増加すると、試験盛土採取供試体と室内5層突固め供試体ともに鉛直ひずみと水平ひずみが増加するが、水平ひずみが生じやすく両供試体の構造異方性が確認された。
- 2) 等方圧密後の残留鉛直ひずみと残留水平ひずみは両供試体ともに乾燥密度への依存性が確認されたが、供試体作製方法による密度依存傾向の差異は明確には現れなかった。
- 3) 残留鉛直ひずみと三軸圧縮試験による強度変形特性の関係には供試体作製方法の違いによる差異が認められた。

参考文献

- 1) 龍岡ら: 土構造物の要求性能の実現を目指した盛土締固め管理の合理化に関する研究委員会活動報告, 第15回地盤工学会関東支部発表会, 2018
- 2) 富田ら: 小型締固め機械で転圧した試験盛土から採取した土の変形強度特性, 第54回地盤工学研究発表会, 2019 投稿中

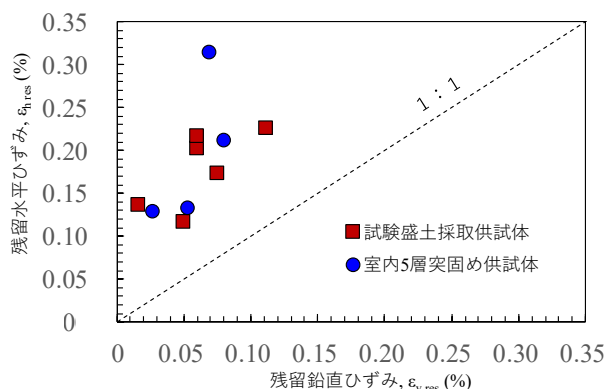


図4 残留水平ひずみと残留鉛直ひずみの関係

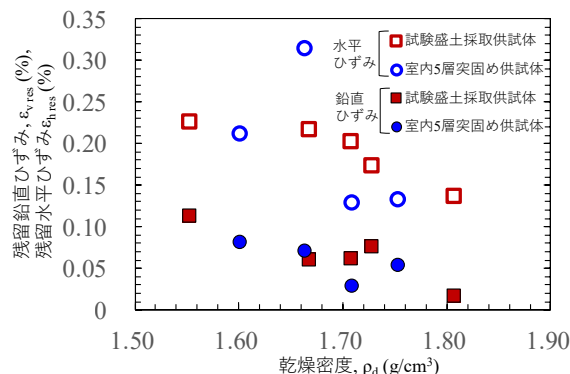


図5 残留ひずみと乾燥密度の関係

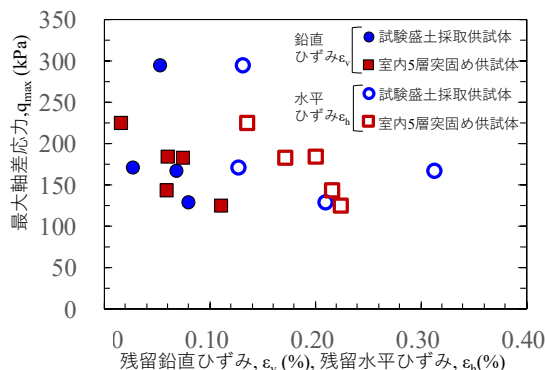


図6 q_{max} および E_{eq} と残留鉛直ひずみの関係