

単純せん断試験によるプラスチックボードドレーン敷設地盤のせん断特性

Shear Tendency of Ground Reinforced by Per-fabricated Vertical Drain Using Simple Shear Test

溝口 義弘*

浅田 毅*

要 旨

前回、液状化地盤にプラスチックボードドレーン材（以下、PBDとする）を敷設し、その頭部をジオグリッドで拘束した模型地盤の振動台実験を行って、地盤の液状化を抑制できることを確認した。今回、PBDとジオグリッドとの拘束条件を変化させたPBD敷設地盤の定体積せん断試験を行い、PBDとジオグリッドによる拘束効果を調査した。その結果、無処理地盤に比べPBD上下端部をジオグリッドで拘束することにより地盤のせん断剛性が大きくなり、地盤の補強効果が向上することを確認できた。

キーワード：プラスチックボードドレーン／液状化／単純せん断試験装置／定体積せん断試験／拘束効果

1. はじめに

兵庫県南部地震以来、既設構造物の直下や周辺地盤に対する液状化対策の必要性がますます求められるようになっており、年々液状化対策工の施工実績が増加している。その中にはプラスチック性のドレーン材を用いた対策工法もみられるようになってきた。

そのことを踏まえ筆者らは、液状化地盤にプラスチックボードドレーン材（以下、PBDとする）を群状敷設し、PBD下端部を地盤中に固定して、PBD頭部をジオグリッドで拘束する工法を考案した。この工法は、PBDの排水効果およびPBDとジオグリッドとによる地盤の拘束効果によって、地震時の過剰間隙水圧の発生抑制と地盤のせん断変形抑制を兼ね備えており、優れた液状化対策工法であると考えている。

前回、PBDの排水性と敷設本数に着目したPBD敷設地盤の振動台実験を行い、PBD敷設地盤の液状化特性を調べた。その結果、排水性のないPBD敷設地盤に比べ排水性のあるPBD敷設地盤では敷設本数に比例して液状化強度が大きくなり、排水性および拘束性による相乗効果を合わせ持つ補強効果を確認した^{1)~4)}。しかし、PBDとジオグリッドによる地盤の拘束メカニズムを明らかにするまでには至らなかった。

今回、単純せん断試験装置を用いたPBD敷設地盤の定体積せん断試験を行い、地盤の拘束特性について検討を行った。本報は、それらの結果について報告するものである。

2. 単純せん断試験

試験に用いた単純せん断試験装置⁵⁾を写真－1に示す。試験装置のせん断箱は10段の剛なせん断箱要素からなり、斜めガイドローラとガイド板によってせん断箱要素間の相対水平変位が等しく保たれる構造になっている。その寸法は長さ30cm、幅20cm、高さ12cmである。垂直力はせん断箱の底面から垂直力載荷装置で、せん断力はせん断箱の最上段せん断要素をせん断載荷装置で載荷する方式を採用している。

試験のケースを表－1に、PBDとジオグリッドの配置図を図－1に示す。PBDとジオグリッドによる拘束条件は、PBDの上下端部をジオグリッドで固定した場合と、PBDの上端部だけをジオグリッドで固定した場合の2種類とした。なお、モデル0はPBDを敷設していない地盤



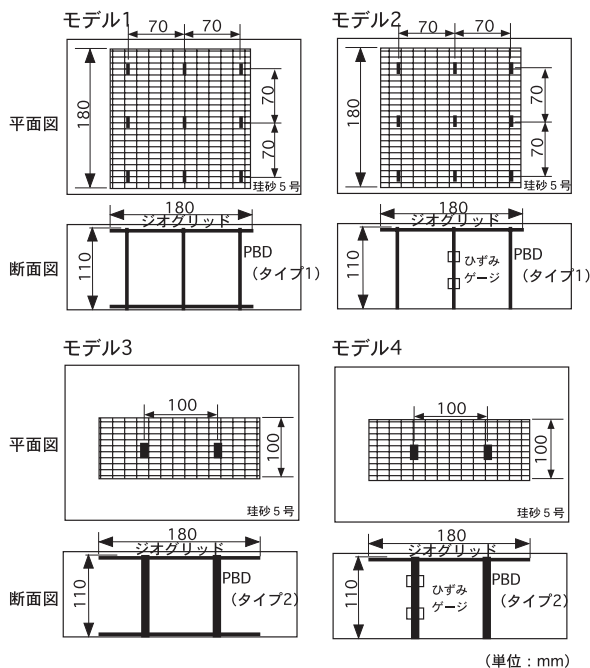
写真－1 単純せん断試験装置

*土木構造研究室

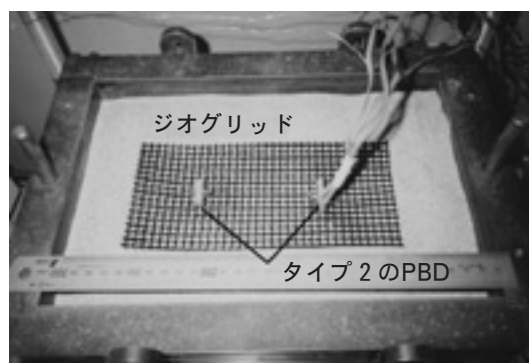
である。試験に用いた地盤の作製は、PBD（あるいはPBDの下端部を固定する場合はPBDとジオグリッド）を設置した後、地盤の相対密度が55%になるよう空中落下法により乾燥した珪砂5号を投入し、それらが完了した時点でジオグリッドを地盤表面に敷きPBDの上端部に固定した。写真－2にモデル4のジオグリッド敷設後の状態を示す。

表－1 試験ケース

ケース	PBDの種類	敷設本数	PBD上端部	PBD下端部
モデル0	なし	なし	なし	なし
モデル1	タイプ1	3×3=9本	固定	固定
モデル2			固定	なし
モデル3	タイプ2	2×1=2本	固定	固定
モデル4			固定	なし



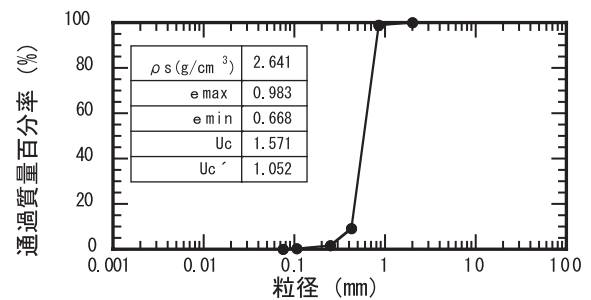
図－1 PBDの配置図



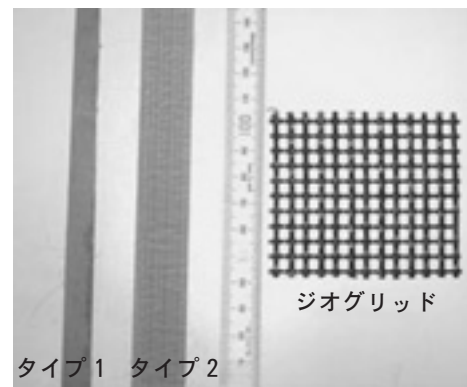
写真－2 地盤作製状況（モデル4）

況を示す。

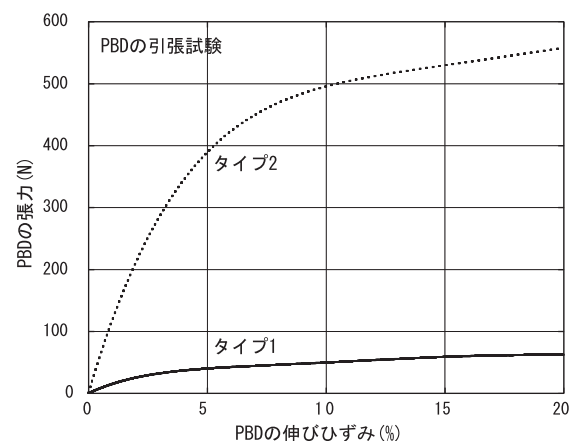
試験に使用した地盤材料は市販されている岐阜県土岐産の珪砂5号で、その粒度分布と物理特性を図－2に示す。PBDとジオグリッドを写真－3に示す。PBDは前回の振動台実験に用いたフィルター材を袋状に加工したタイプ1（幅10mm、厚さ0.8mm）と、実施工に用いられている一体型のタイプ2（幅20mm、厚さ4.4mm）の2種類とした。PBDの引張試験で得られたPBDの伸びひずみと



図－2 珪砂5号の粒度分布と物理特性



写真－3 PBDとジオグリッド



図－3 PBDの引張試験

張力の関係を図-3に示す。タイプ1とタイプ2の引張強度はそれぞれ60Nと560Nである。ジオグリッドは引張強さ98kN/%、伸度25%以下、目合い4mmのものである。

試験方法は、まず垂直圧力 $\sigma_v=19.6\text{kN/m}^2$ で地盤を圧密した後、せん断速度1%/minで定体積せん断試験を行い、せん断ひずみが5%に達するとせん断を終了させた。これは地盤の液状化を対象にしているためである。計測項目は最上段せん断要素の水平変位、せん断力、垂直変位、垂直力である。なお、モデル2と4については図-1に示す位置にPBDの表裏2箇所にはずみゲージを貼付けてその値を計測した。

3. 試験結果と考察

図-4にせん断ひずみとせん断応力の関係を示す。せん断ひずみは供試体の高さに対する最上段せん断要素の水平変位の割合を表したものである。PBDを敷設した全ケースともせん断ひずみが0.3%以上になるとPBDを敷設していないモデル0地盤のせん断応力より大きくなる。タイプ1を用いたモデル1とモデル2を比べると、PBD上下端部を拘束したモデル1のほうがせん断応力は大きくなり、タイプ2を用いたモデル3とモデル4についても同様の傾向がみられる。今回の試験ではタイプ1（引張強度60N×9本）とタイプ2（引張強度560N×2本）の引張強度の違いはあるが、PBDの敷設本数が多いほどせん断応力は大きくなる傾向がみられる。

有効応力経路を図-5に示す。有効応力経路はせん断ひずみが5%に達するまでのものを示す。PBDを敷設していないモデル0ではせん断開始と同時に垂直応力は低

下しているが、PBD敷設地盤ではモデル0に比べ垂直応力の低下は少ない。今回の試験ではPBD上下端部を拘束したモデル1はせん断開始とともに有効応力経路が立上っており、PBD上下端部を拘束する方法が最も補強効果を発揮するものと考えられる。

図-6に前回行った振動台実験における液状化したときの(1)無処理地盤と(2)PBD敷設地盤（PBDの敷設本数が24本の場合）の過剰間隙水圧の経時変化の一例を示す。無処理地盤とPBD敷設地盤では過剰間隙水圧の挙動に明らかに違いが見られる。つまり、無処理地盤は加振とともに過剰間隙水圧が発生し液状化に至っているが、PBD敷設地盤は加振と同時に負の間隙水圧が発生し正のダイレイタンスが生じ、加振中の過剰間隙水圧の上昇と下降の変動が大きくなる傾向がある。この過剰間隙水圧の挙動と定体積せん断試験の有効応力経路から、PBD敷設

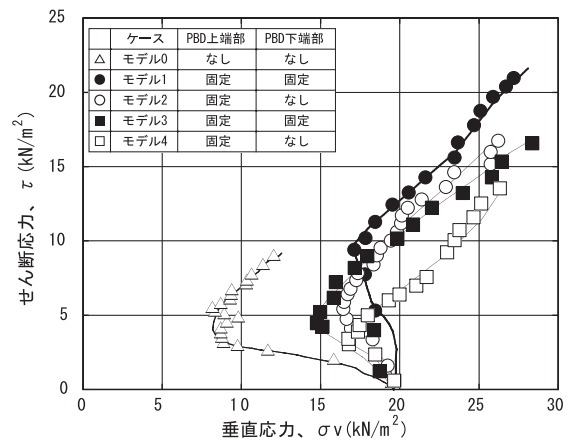


図-5 有効応力経路

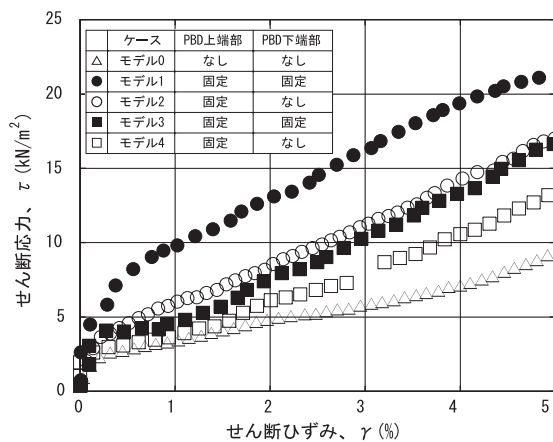


図-4 せん断ひずみとせん断応力の関係

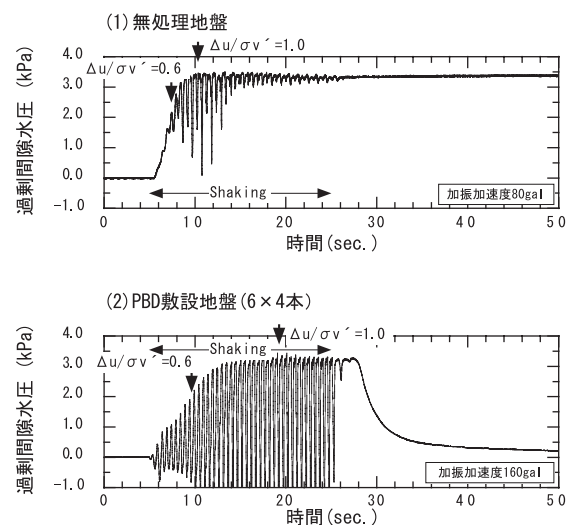


図-6 過剰間隙水圧の時系列

地盤では加振直後、ダイレイタンス特性により有効応力の低下が生じにくいということが分かる。

次に、PBDの張力に着目したPBDとジオグリッドによる地盤の拘束効果について検討する。張力 T_p は、図-3に示したPBDの伸びひずみと張力の関係を用い、PBDに貼付けたひずみゲージの値から導いた。求めたPBDの張力を図-7に示すようにせん断方向 T_{ph} と垂直方向 T_{pv} に分け、地盤全体のせん断応力 τ_{vh} および垂直応力 σ_v に対する割合 T_{ph}/τ_{vh} と T_{pv}/σ_v の経時変化を図-8に示す。図よりPBDのひずみを計測したモデル2とモデル4に限られるが、 T_{pv}/σ_v は T_{ph}/τ_{vh} に比べて大きくなるが、それでも張力は垂直応力の6%程度である。したがって、PBDとジオグリッドによる地盤の補強効果にはPBDによる張力以外にPBDとジオグリッドによる地盤の抱き込み等の拘束効果があるものと考えられる。

4. まとめ

PBD敷設地盤における定体積せん断試験の結果から、PBD上下端部をジオグリッドで拘束することにより地盤のせん断剛性が大きくなることが明らかになった。また、地盤の補強効果にはPBDによる張力以外にPBDとジオグ

リッドによる地盤の抱き込み等の拘束効果があるものと考えられ、振動台実験におけるPBDの補強効果を静的な単純せん断試験でも確認することができた。

最後に、単純せん断試験装置等の実験施設を提供して頂いた関西大学工学部土木工学科西形達明助教授、さらにこの研究を行うにあたり御指導頂いた神戸大学都市安全研究センター田中泰雄教授、実験を共同で行った青木マリーン(株)、錦城護謨(株)、(財)地域地盤環境研究所の方々に感謝の意を表します。

[参考文献]

- 1) 田中泰雄、溝口義弘、浅田毅、窪嶋章伍、今澤義朗、野村忠明、大寺正志、本郷隆夫：振動台実験によるプラスチックボードドレーン敷設地盤の液状化特性（その1）、第36回地盤工学研究発表会講演集、pp.729～730、2001
- 2) 田中泰雄、村上譲二、浅田毅、窪嶋章伍、野村忠明、田中誠、長屋淳一、福田光治：振動台実験によるプラスチックボードドレーン敷設地盤の液状化特性（その2）、第36回地盤工学研究発表会講演集、pp.731～732、2001
- 3) 田中泰雄、溝口義弘、浅田毅、窪嶋章伍、今澤義朗、野村忠明、大寺正志、本郷隆夫、福田光治：プラスチックボードドレーン敷設地盤の液状化強度と拘束効果（その1）、第56回土木学会年次学術講演会、pp.504～505、2001
- 4) 田中泰雄、村上譲二、浅田毅、窪嶋章伍、野村忠明、田中誠、長屋淳一、福田光治：プラスチックボードドレーン敷設地盤の液状化強度と拘束効果（その2）、第56回土木学会年次学術講演会、pp.506～507、2001
- 5) 大島、他：繰返し定体積単純せん断試験機の試作、第35回地盤工学研究発表会講演集、pp.763～764、2000.

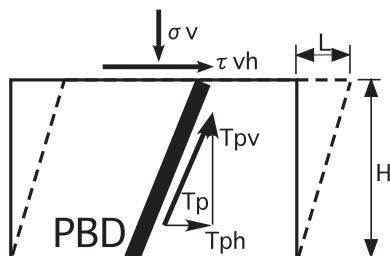


図-7 PBDの T_{pv}/σ_v と T_{ph}/τ_{vh} の関係

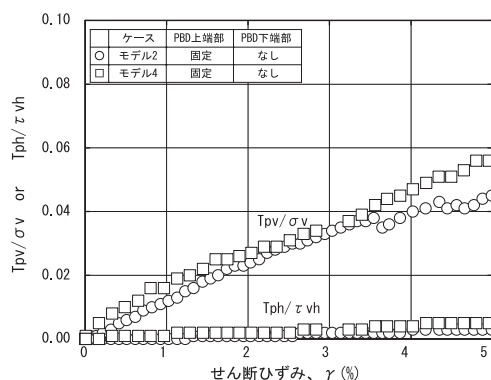


図-8 せん断中の T_{pv}/σ_v と T_{ph}/τ_{vh} の変化