

ねじり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補強特性

神戸大学 学生会員 ○溝口 義弘
 神戸大学 正会員 田中 泰雄
 浅沼組 正会員 浅田 毅

1. はじめに

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）を敷設し、その頭部をジオグリッドで拘束することによって、地震時の過剰間隙水圧の発生を抑制するだけでなく、地盤のせん断変形を抑制する効果を合わせ持つことを、PBD 敷設地盤の振動台実験により確認した¹⁾。また、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、PBD とジオグリッドによる地盤の補強効果を確認した²⁾。今回、PBD 敷設地盤の中空ねじり試験と個別要素法³⁾（以下、DEM とする）を用いた数値解析を行い、補強効果について検討を行った。本論文は試験と解析結果について報告するものである。

2. PBD 敷設地盤の中空ねじり試験

図-1 に試験のケースを示す。PBD の敷設間隔は等間隔で、PBD の上下端部はそれぞれ固定した。試験に用いた試料は珪砂 5 号である。供試体は相対密度が 50% になるように空中落下法により作成した。試験は、等方圧 140kPa（背圧 100kPa）で圧密した後、せん断ひずみ速度 1%/min で単調載荷試験を行った。なお、せん断中、非排水状態で供試体の高さが変化しないように軸力を調整しながらせん断を行った。

図-2(a)にせん断応力とせん断ひずみの関係を示す。PBD の敷設本数が増えると、初期曲線の傾きが大きく、せん断剛性が大きい。せん断ひずみが 1% 以上になると、全ケースにおいて、曲線の傾きはほぼ同じである。図-2(b)に平均有効主応力とせん断ひずみの関係を示す。PBD を敷設した Model2-2 ~ 2-4 は Model2-1 の挙動とは異なり、せん断ひずみが 1% 前後で平均有効主応力が減少から増加に転じ、ダイレイタンスーが大きくなる。図-2(c)に有効応力経路を示す。せん断が始まるとすぐに、Model2-1 の有効主応力は低下するが、PBD を敷設した Model2-2 ~ 2-4 は Model2-1 に比べ平均有効主応力の低下は小さく、PBD が 3 本の場合、最も有効主応力の低下は小さい。また、変相点を過ぎると、せん断応力は PBD の敷設本数が増えるほど大きくなる。

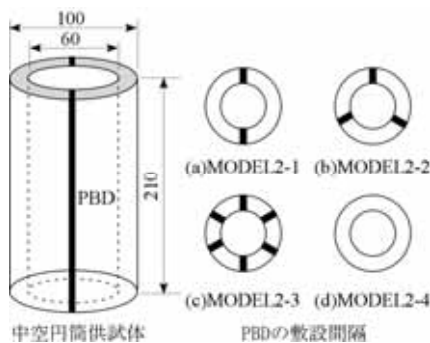


図-1 試験のケース

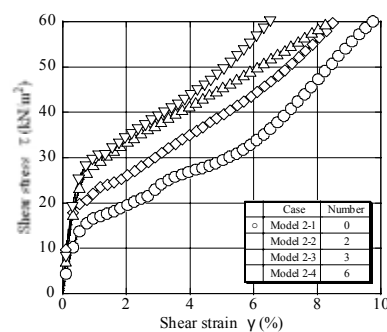


図-2(a) せん断応力とひずみの関係

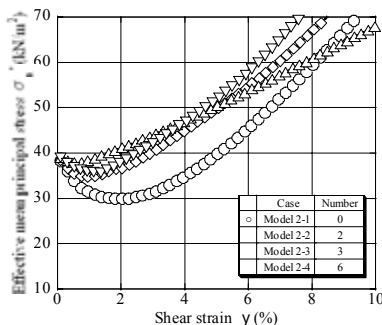


図-2(b) 平均有効主応力とひずみの関係

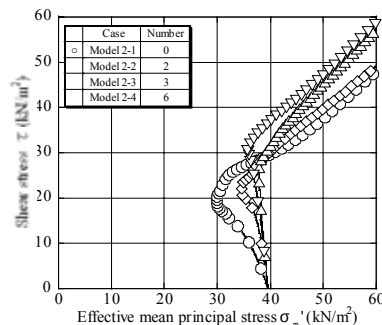


図-2(c) 有効応力経路

3. PBD 敷設地盤の DEM 解析

解析モデルの一例(DM2-4)を図-3 に示す。モデルは乾燥状態である。PBD は円形要素を連結させ、ジオグリッドは目合いを考慮して隙間を設けた。PBD の敷設間隔は等間隔とし、PBD 下端部の要素は回転自由とした。モデルの左側面

キーワード 液状化，中空ねじり試験，個別要素法，プラスチックボードドレーン，補強効果

連絡先 〒569-0034 大阪府高槻市大塚町 3-24-1 TEL 072-661-1620

と右側面は連続した周期境界である。土要素数は約 4000 個で、平均粒径は試験に用いた珪砂 5 号の約 7 倍である。解析ケースと材料定数を表-1、表-2 に示す。なお、DEM2-2 は PBD 頭部をジオグリッドで連結していないケースである。解析は、底面を一定速度でせん断させながら、モデルの高さが一定になるように載荷応力を調整した。

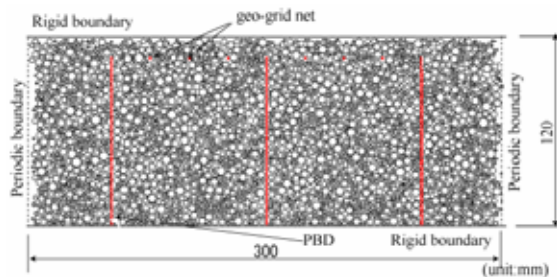


図-3 解析モデル(DEM2-4)

表-1 解析のケース

Case	Number of PBD
DEM 2-1	0
DEM 2-2	1
DEM 2-3	2
DEM 2-4	3
DEM 2-5	6

表-2 材料定数

	Sand	PBD, Geo-grid net
Density (kg/cm ³)	2640	1000
Normal spring coefficient Kn (N/m)	4.00E+07	2.00E+08
Shear spring coefficient Ks (N/m)	3.00E+07	1.50E+08
Normal damping coefficient η_n (N · s/m)	2.60E+02	8.00E+02
Shear damping coefficient η_s (N · s/m)	7.00E-03	8.00E+02
Cohesion C (N)	0.0	
Friction angle ϕ (degrees)	24.0	

図-4(a)にせん断応力とせん断ひずみの関係を示す。DEM2-2を除いて、PBD の敷設本数が多くなるほどせん断応力は大きくなる。ねじり試験と同じ傾向を示している。図-4(b)にせん断ひずみと垂直応力の関係を示す。PBD の敷設本数が多くなるほど、膨張しやすくなる。ねじり試験の結果と比べると、DEM の方がダイレイタンスを過大に評価した結果となっている。有効応力経路を図-4(c)に示す。PBD が 3 本の場合、最も有効応力の低下が小さい。ねじり試験と同じ傾向を示し、PBD を密に敷設しても有効応力の低下度合いには限界があり、地盤の補強効果を発揮する最適な本数があるものと考えられる。

図-5(a)(b)に PBD 要素ごとの接触力分布を示す。X軸の値は PBD 1 本当たりの引張応力である。PBD 頭部をジオグリッドで連結した場合(DEM2-3 ~ 2-5)、PBD 1 本当たりの引張応力はほぼ同じで、PBD 頭部付近の値はジオグリッドの影響により大きな値を示す。また、せん断ひずみが大きくなるとその値は大きくなる。一方、DEM2-2 の場合、PBD 頭部付近にはほとんど引張応力は働いていない。

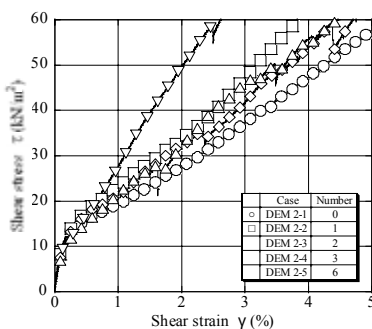


図-4(a) せん断応力とひずみの関係

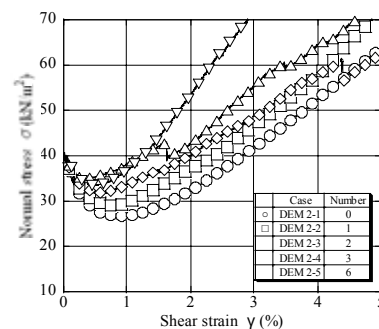


図-4(b) 垂直応力とひずみの関係

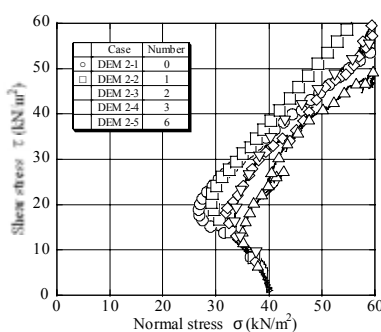


図-4(c) 有効応力経路

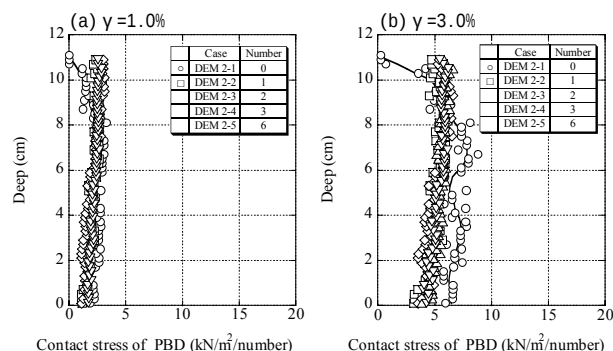


図-5 PBD 要素ごとの接触力分布

4. まとめ

DEM を用いたシミュレーション解析の結果は、室内試験の結果を定量的には再現していないが、定性的には同じ挙動を示し、PBD 敷設地盤では有効応力の低下が小さく、低下度合いが小さくなる最適な本数があることが分かった。

また、PBD 頭部をジオグリッドで連結すると、PBD には深さ方向にほぼ様な引張応力が作用するものと考えられる。今後、PBD の排水特性についても検討していきたいと考えている。

- 【参考文献】1)溝口義弘 浅田毅 田中泰雄他：プラスチックボードドレーン敷設地盤の液状化特性 第11回日本地震工学シンポジウム, pp. 721-726, 2002
2)溝口義弘 田中泰雄 原典：個別要素法によるプラスチックボードドレーン敷設地盤の単純せん断試験 第38回地盤工学研究発表会, pp. 1783-1784, 2003
3)中瀬仁 本田中 西野隆之：個別要素法パラメータを決定するためのねじりせん断シミュレーション, 第36回地盤工学研究発表会, pp. 503-504, 2001