

PBD群による人孔の浮上り防止効果について

The Surfacing Prevention Effect of Manhole by Group Installation of Plastic Board Drains

溝口 義弘* 浅田 毅*²

要 旨

液状化しやすい地盤中に埋設されている人孔に関して、地震による人孔の浮上りを防止するために、その周辺にPBD（プラスチックボードドレーン）を打設することの効果について振動台模型実験を行って検証した。その結果、無対策地盤に比べ地盤内の過剰間隙水圧の発生が抑制され、人孔の浮上りを大きく抑止できることが分かった。

キーワード：振動台実験／液状化／人孔／プラスチックボードドレーン

1. はじめに

地震発生の都度、地盤の液状化による人孔などの地中構造物の浮上りが起こっている。人孔の浮上りは、ライフラインである上下水道や交通に機能障害を及ぼすため、早急にその対策を講じる必要がある。現在、人孔の浮上り防止対策として、良質な埋戻し材を用いて十分に締固める方法やセメント等の固化材により地盤の耐力を改善する方法、人孔近傍の地下水位を制御し地盤の飽和度を低下させる方法、鋼矢板を打設して地盤の変形を抑制する方法などが用いられている。しかし、良質な埋戻し材の確保が困難であること、地下水位の低下による周辺部への影響などがあり、有効な工法が確立されていない。特に、既設人孔への対策では、決め手となる工法が少ないのが現状である。

筆者らは、これまでPBD群工法を適用した地盤を対象に振動台実験を行い、PBDとジオグリッドによる地盤の変形抑制効果とPBDの排水効果によって、地盤の液状化強度が増加することを検証してきた^{1) 2)}。今回、PBD群打設による人孔の浮上り防止効果を調べるため、液状化しやすい地盤に埋設された人孔を想定した模型地盤の振動台実験を行った。本報は、その実験結果について報告する。

2. 振動台実験

2.1 実験装置の概要

振動台は長さ2.0m、幅1.5mで、水平方向に1G、鉛直方向に0.5Gで加振することができる。振動台に設置する単純せん断土槽は幅60mmのローラー付きアルミフレームを積層した長さ1.2m、幅1.0m、高さ1.036mのもので、止水のために内側にゴムシートを取り付けている。

2.2 模型地盤の作製

模型地盤の概要を図-1に示す。模型地盤では、液状化しやすい地盤をPBD群で改良した領域と改良していない領域に分け、それぞれの領域に人孔A、人孔Bを設置した。

模型地盤は以下の方法で作製した。

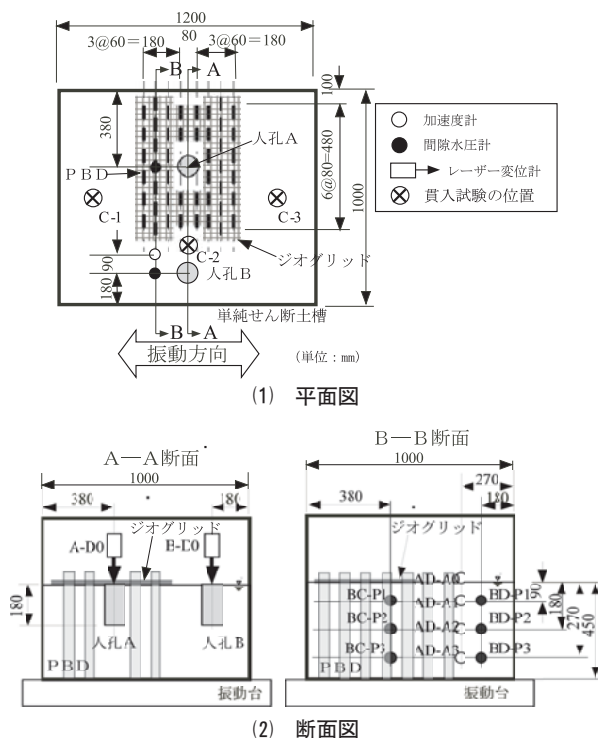
- (1)模型地盤を改良する領域に固定金具でPBD先端部をせん断土槽底面に固定する。
- (2)相対密度が50%の飽和砂地盤になるように、水中落下法を用いて土槽内に珪砂7号を投入しながら、間隙水圧計と加速度計および人孔A・Bを所定の位置に設置する。
- (3)改良域にジオグリッドを敷設し、PBD頭部と連結する。
- (4)人孔A・Bの浮上量を計測するレーザー式変位計を設置する。

地下水位は模型地盤の表面とした。模型地盤作製後の状況を写真-1に示す。

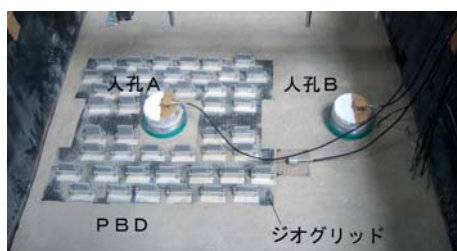
実験に用いた岐阜県土岐産の珪砂7号の粒度分布を図-2に示す。珪砂7号の粒度分布は文献³⁾によると「特に液状化の可能性あり」の範囲に属する。PBDとジオグリッドの形状を図-3に示す。模型地盤における相似率を1/10として、実施工で用いているPBDは幅200mm、厚さ10mmで標準打設間隔80cmに対し、実験に用いたPBDは幅30mm、厚さ3mmで、8cmの打設間隔で千鳥配置とした。ジオグリッドは、引張強さ98kN/m、伸度25%以下、目合い4mmのもので、人孔は内径900mmの1号マンホールを想定し、その大きさは直径100mm、高さ206mmで、比重1.14のものをを用いた。

模型地盤の作製後に行った簡易なコーン貫入試験で得られたコーン指数の深度分布を図-4に示す。貫入試験

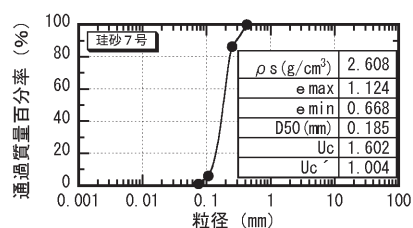
*土木研究グループ *²企画担当



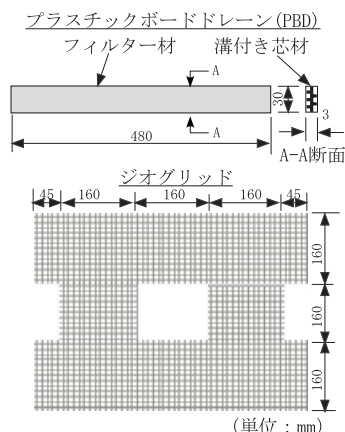
図－１ 模型地盤の概要



写真－１ 模型地盤製作後の状況



図－２ 珪砂 7 号の粒度分布



図－３ PBDとジオグリッドの形状

の位置を図－１に示す。コーン指数は深さとともに直線的に大きくなっており、また、平面的にも均質な基礎地盤であることが分かる。

2.3 加振方法と計測項目

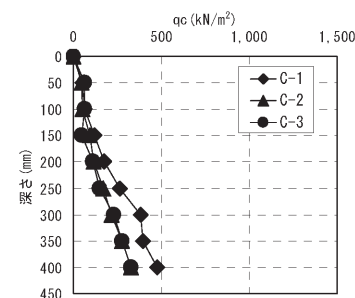
加振は、単純せん断土槽を長手方向に周波数1Hzの正弦波を20波载荷し、地盤が液状化するまで加振加速度を40gal, 80gal, 120galと段階的に増加させる方法を用いた。

計測項目は、(1)地盤の加速度、(2)間隙水圧、(3)人孔の浮上量および(4)加振前後の地盤沈下量である。

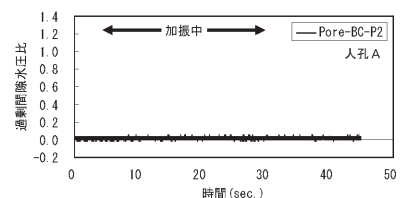
3. 実験結果

3.1 加振加速度40galの場合

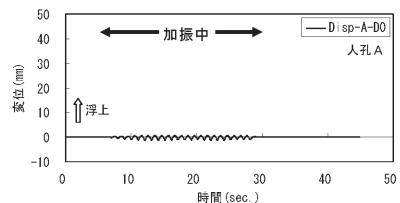
加振加速度40galの時の深さ18cmにおける過剰間隙水圧比と人孔の垂直変位の経時変化を図－５に示す。なお、垂直変位は人孔が浮上した場合を正側で表示する。



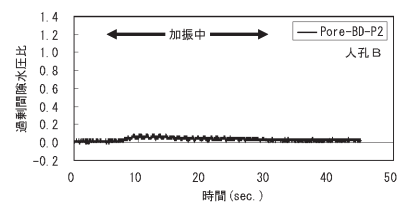
図－４ コーン指数の深度分布



(1) 人孔 A の過剰間隙水圧比 (GL－18cm)

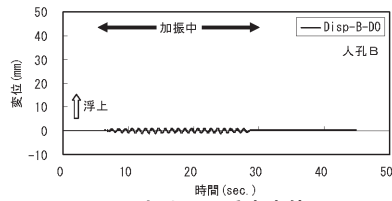


(2) 人孔 A の垂直変位



(3) 人孔 B の過剰間隙水圧比 (GL－18cm)

図－５ 過剰間隙水圧比・人孔の垂直変位の経時変化 (加振加速度40galの場合)



(4) 人孔Bの垂直変位

図－5 過剰間隙水圧比・人孔の垂直変位の経時変化
(加振加速度40galの場合)

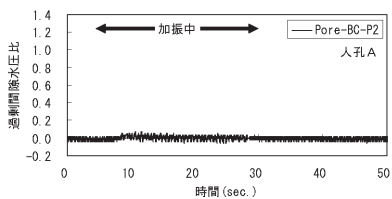
加振中、人孔A周辺の地盤内の過剰間隙水圧は発生せず、人孔Aはほとんど浮上していない。一方、人孔B周辺の地盤内の過剰間隙水圧は若干発生しているが、人孔Bもほとんど浮上していない。

3.2 加振加速度80galの場合

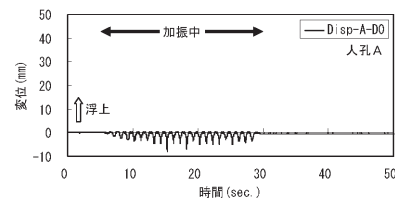
加振加速度80galの時の深さ18cmにおける過剰間隙水圧比と人孔の垂直変位の経時変化を図－6に示す。

加振中、人孔A周辺の地盤内の過剰間隙水圧は発生せず、人孔Aはほとんど浮上していない。

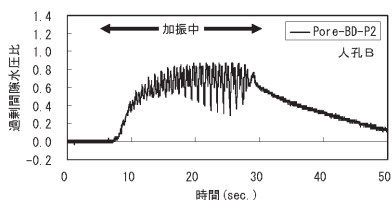
一方、人孔B周辺の地盤内の過剰間隙水圧比は11波目



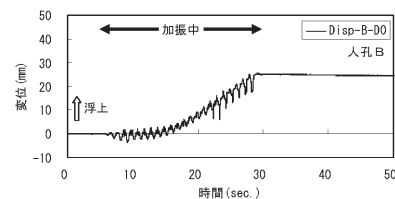
(1) 人孔Aの過剰間隙水圧比 (GL－18cm)



(2) 人孔Aの垂直変位



(3) 人孔Bの過剰間隙水圧比 (GL－18cm)



(4) 人孔Bの垂直変位

図－6 過剰間隙水圧比・人孔の垂直変位の経時変化
(加振加速度80galの場合)

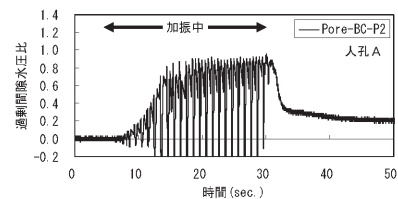
で0.8程度に達し、地盤は液状化している。人孔Bは過剰間隙水圧比が0.6に達すると浮上しはじめ、過剰間隙水圧比が0.8以上になると急激に浮上量が大きくなるが、加振が終了すると浮上は一定値に収束している。

3.3 加振加速度120galの場合

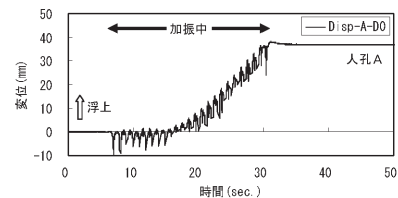
加振加速度120galの時の深さ18cmにおける過剰間隙水圧比と人孔の垂直変位の経時変化を図－7に示す。

人孔A周辺の地盤内の過剰間隙水圧比は10波目で0.8以上となり、地盤は液状化している。人孔Aは過剰間隙水圧比が0.6に達すると浮上しはじめ、過剰間隙水圧比が0.8以上になると急激に浮上量が大きくなる。加振が終了すると浮上は一定値に収束している。加振終了後の過剰間隙水圧の消散は、PBDの排水効果によって、人孔Bの無処理領域に比べて早い。

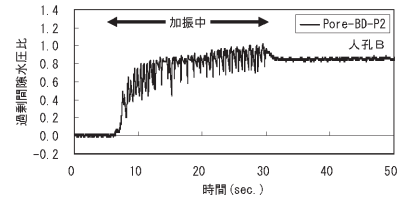
一方、人孔B周辺の地盤内の過剰間隙水圧比は、加速度80galの時と同様に、7波目で0.8以上となり、人孔B付近の地盤は液状化している。人孔Bは過剰間隙水圧比が0.6に達すると浮上しはじめ、11波目で人孔Bがバラ



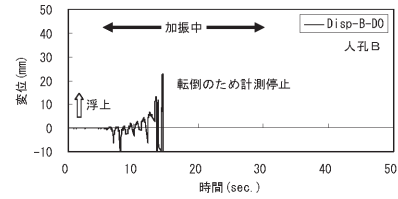
(1) 人孔Aの過剰間隙水圧比 (GL－18cm)



(2) 人孔Aの垂直変位



(3) 人孔Bの過剰間隙水圧比 (GL－18cm)



(4) 人孔Bの垂直変位

図－7 過剰間隙水圧比・人孔の垂直変位の経時変化
(加振加速度120galの場合)

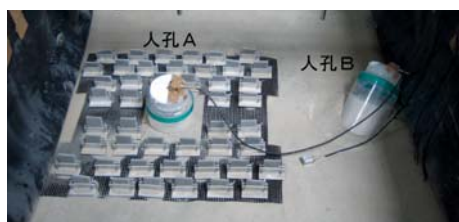


写真-2 加振加速度120gal後の模型地盤の状況

ンスを失い転倒し、計測不能となった。写真-2に加振終了後の状況を示す。人孔Aは浮上し、人孔Bはバランスを失い転倒したことが分かる。

3.4 人孔の浮上りと地盤変位

各加速度の加振終了後における人孔と地盤の相対変位の関係を図-8に示す。図中の点線は、人孔の重量と地盤密度から推定される液状化時の人孔の最大浮上量(70mm)を示す。人孔A(○印)は80galではほとんど浮上せず、120galで45mm程度浮上している。一方、人孔B(●印)は80galで40mm程度浮上し、120galでほぼ推定値まで浮上し、それ以上浮上することができずに転倒している。PBD群で改良した地盤では無処理地盤に比べ人孔が浮上するのを抑制されていることが分かる。

加振加速度80galの時の地盤表面の水平変位と人孔の垂直変位の関係を図-9に示す。地盤表面の水平変位は地盤表面に設置した加速度波形を2回積分して求めた変位⁴⁾である。地盤表面の水平変位が20mm以上になると、急激に人孔が浮上していることが分かる。

加振前後の間隙水圧計の位置を図-10に示す。人孔A周辺の深さ25cmに設置した間隙水圧計は2cmほど沈下しているが、人孔B周辺の深さ25cmに設置した間隙水圧計は2cmほど浮上している。このことは、人孔Bの下側に周辺から砂が回り込んで浮上したものと考えられる。

4. まとめ

PBD群工法による人孔の浮上り防止効果を検討するためにに行った振動台実験より得られた結論を以下に示す。

- ① 人孔周辺部にPBD群打設を行うことにより、地盤が液状化しにくく、人孔の浮上を抑制することができる。
- ② 地盤の過剰間隙水圧比が0.8以上になると、人孔が急激に浮上する。また、地盤の水平変位が20mm以上になると急激に人孔は浮上し始める。
- ③ 人孔の下側に周辺から砂が回り込むことによって人孔は浮上するが、加振終了とともに浮上しなくなる。

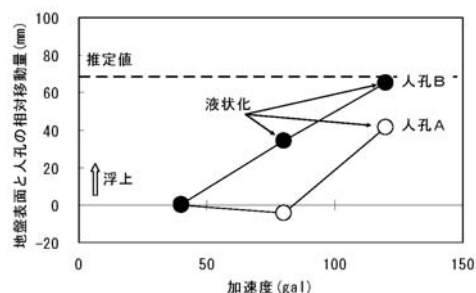
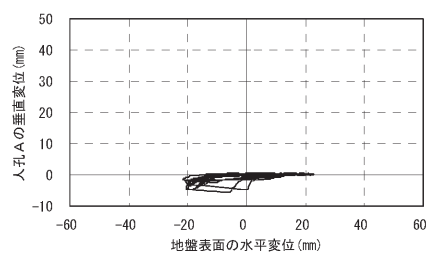
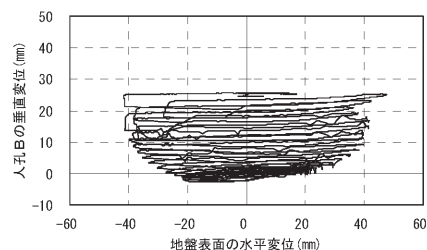


図-8 地盤と人孔の相対変位と加速度の関係



(1) 人孔Aの場合 (80gal)



(2) 人孔Bの場合 (80gal)

図-9 人孔の垂直変位と地盤表面の水平変位

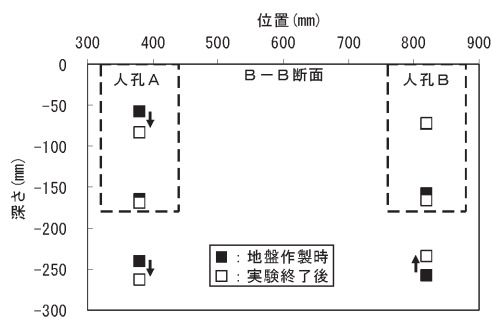


図-10 間隙水圧計の位置

[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、2002.11.
- 2) 溝口義弘、浅田毅：PBD群による盛土の変形抑制効果について、浅沼組技術研究所報、No.18、pp.51～56、2006.
- 3) 沿岸開発技術研究センター：埋立地の液状化対策ハンドブック(改訂版)、1997.
- 4) 日本建築学会：地震動と地盤—地盤震動シンポジウム10年の歩み—、pp.205～224、1983.