

スキマを設けて設置した矢板の堤防液状化対策に関する模型実験

東海大学 学生会員 ○渡邊 匠
東海大学 正会員 藤原 寛太 非会員 朝生 凌也

1. 目的

地震に伴う液状化により多数の堤防被害が報告されている。従来から、堤防法尻に矢板を打ち込む工法^{たとえ}ば^りが提案されており実績も多い。著者らは本工法を改変したものとして、矢板の継手同士をすべて嵌合せず、一定のスキマを設けて設置する構造を提案する。並行して進めている数値解析²⁾では、矢板同士にスキマがあっても一定の沈下抑制効果が期待できることを見出した。本研究は、上記構造の液状化対策効果を確認すべく、模型実験を実施したものである。

2. 実験条件

模型寸法図を図1, 2に示す。実験は重力場で行い、スケールの制限から堤防の半断面のみを対象とした。寸法サイズは実構造のおおよそ1/20~1/30を想定した。地盤には豊浦砂を用い、水中落下法で作製した。事前の物性試験により、使用した豊浦砂の諸元は、土粒子密度 $\rho_s=2.64\text{g/cm}^3$ 、最大最小間隙比 $e_{\max}=0.927$, $e_{\min}=0.635$ 、透水係数 $k=1.94\times 10^{-2}\text{cm/s}$ ($Dr=45\%$)、均等係数 $U_c=1.37$ 、50%粒径 $D_{50}=0.325\text{mm}$ である。作製手順として、まずは非液状化層を厚さ200mm作製するため、相対密度95%程度を目標に木の棒で砂を突き固めた。次に、堤防法尻位置(鉄板端付近)に矢板(厚さ5mm、長さ400mm、ヤング率3.2MPaの亚克力板)を非液状化層に190mm挿入し、砂を緩くまくことで液状化層を厚さ200mm作製した。このとき液状化層の相対密度 Dr は28%(ケース1)および35%(ケース2)であり、湿潤単位体積重量 γ_t は 14.0kN/m^3 (ケース1)および 14.2kN/m^3 (ケース2)であった。最後に堤防自体は作製せず、相当重量の鉄板($360\times 290\times 10\text{mm}$ の鉄板を2枚)を置くことでモデル化した。鉄板や矢板は、土槽側壁および底面と接触しないよう1~10mmほどの間隔を設けている。実験ケースは、矢板スキマなし(ケース1)と矢板スキマあり(ケース2)の2ケースである。ケース1では土槽奥行き幅と同程度である360mm幅の矢板模型を使用した。ケース2では土槽奥行きの約半分である180mm幅の矢板とした。対称性を考慮すると矢板間のスキマも180mmとなり、実大換算では約3.6~5.4mである。その他の条件は、ケース1と2は同じである。計測箇所は図1, 2に示す通りで、鉄板の鉛直変位を2か所D1, D2、土中の過剰間隙水圧P、矢板の曲げひずみを経時的に計測した。実験では周波数3Hz、継続時間5秒、最大加速度 3.0m/s^2 の地震動波形を使用した。

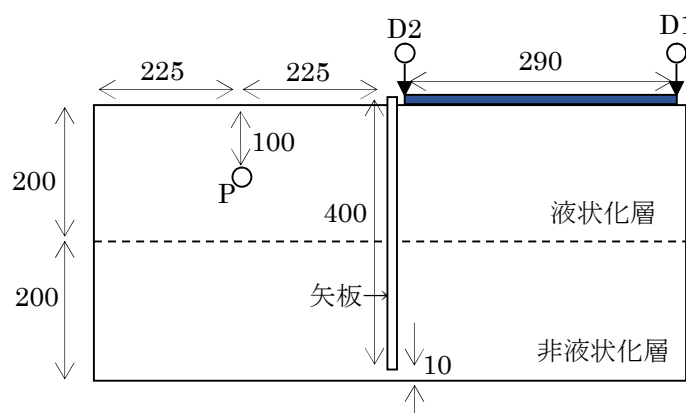


図1 模型寸法(断面図) [mm]

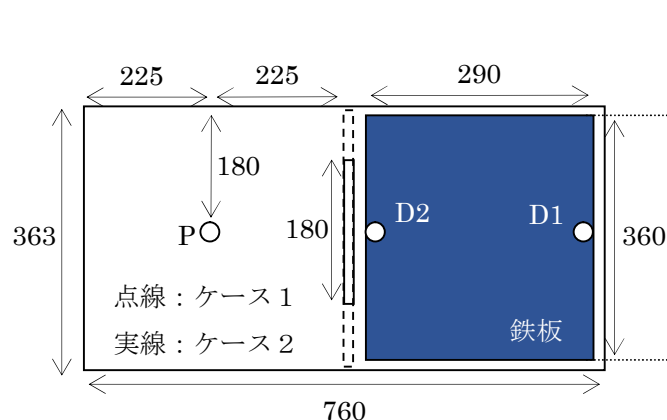


図2 模型寸法(平面図) [mm]

キーワード 模型実験, 液状化対策

連絡先 〒259-1292 神奈川県平塚市北金目4丁目1番1号 東海大学工学部土木工学科 TEL: 0463-58-1211

Email: fujiwara.kakuta.s@tokai.ac.jp

3. 実験結果

実験結果について、P 点での過剰間隙水圧の時刻歴を図 3 に示す。加振後 1 秒で初期上載圧を超えており、地盤が液状化に至ったことを示している。なお大幅に超えた理由として、加振中に計測器自体が地中に沈んだ可能性が考えられる。

次に D1, D2 の沈下時刻歴を図 4 に示す。両ケースとも D1 と D2 の差が 20~30mm 程度あり、鉄板は傾きながら沈下したことを示している。ケース 1 とケース 2 では傾き方向が異なり、ケース 1 では矢板側が深く、ケース 2 では土槽側壁側が深く沈下した。傾き方向が異なるので比較しにくい、平均的にみてケース 1 の方が大きく沈下した。原因として、ケース 1 の方が相対密度が小さいことや、鉄板が傾きをもって地面にめり込んだためと考えられる。ケース 1 では矢板の変形が小さく、液状化した地盤が矢板周囲に隆起し傾斜を持ったためである。鉄板のような剛体ゆえの挙動であり実際の堤防では起こりえない。堤防を鉄板に見立てて実験するには、地盤が傾斜しても鉄板が剛体的にめり込む挙動を緩和する工夫が必要である。

最後に矢板の曲げひずみ（加振後残留値、加振中最大値）を図 5 に示す。曲げ方向は左回りであり、液状化した地盤が堤防自重により紙面左方向に押し出されるも、それを矢板が自身の剛性で抵抗したことが分かる。残留値・最大値ともにケース 2 はケース 1 に比べて大きい。ケース 1 よりケース 2 の方が、大きな領域の土圧を受け持ったと考えられる。適切なスキマ間隔を見出すことで、最小の枚数で最大限の曲げ抵抗を発揮するような、最適構造を提案できる可能性がある。

4. 結論

堤防の液状化対策構造を対象に、法尻矢板の簀合部のスキマあり／なしに着目した、模型実験を実施した。

- ・矢板同士にスキマがある方が、矢板 1 枚が受け持つ土圧荷重は相対的に大きくなった。適切なスキマ間隔を見出すことで、最小の枚数で最大限の曲げ抵抗を発揮するような、最適構造を提案できる可能性がある。
- ・堤防の沈下量については、傾きが異なることや、平均値ではスキマがある方が、堤防の沈下が抑制されるなど、解釈が困難な結果となった。堤防を鉄板でモデル化することの妥当性を含め、再考が必要である。

参考文献

- 1) Kakuta Fujiwara, et. al: Quantitative evaluation of PFS (Partial Floating Sheet-pile) Method under liquefaction, Geotechnics for Sustainable Infrastructure Development, pp.467-472, 2019
- 2) 藤原寛太ら：スキマを設けて設置した矢板の堤防液状化対策に関する数値解析，第 46 回土木学会関東支部技術研究発表会，2020(投稿済)

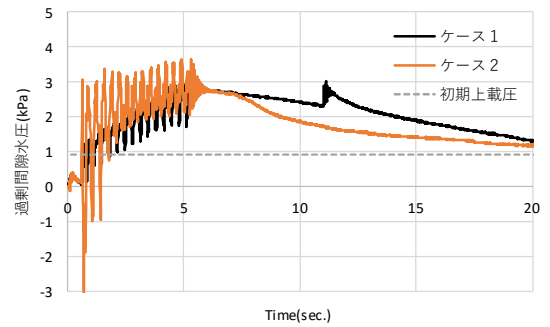


図 3 過剰間隙水圧の時刻歴

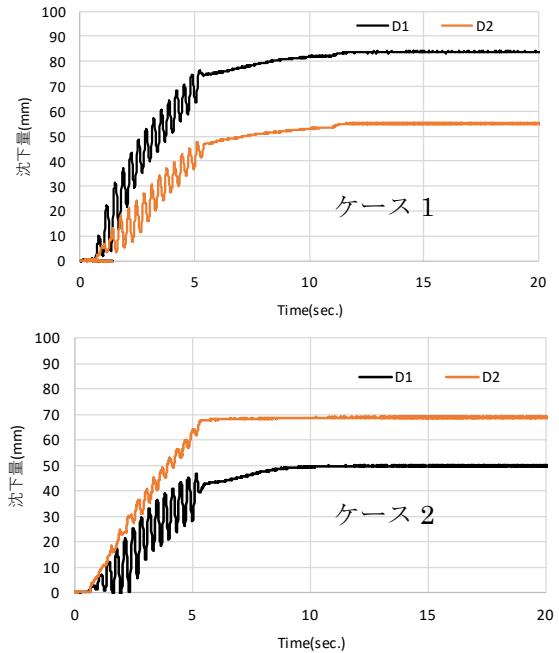


図 4 沈下の時刻歴

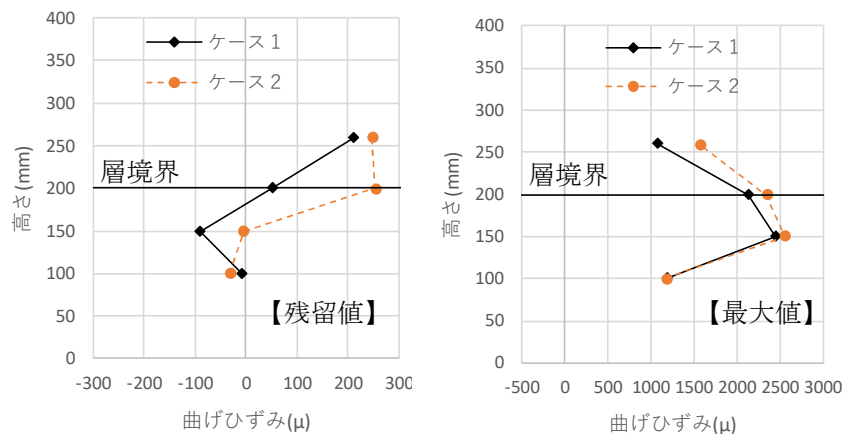


図 5 曲げひずみ