

スキマを開けて設置した矢板の堤防液状化対策に関する実験的研究

東海大学 正会員 ○藤原 寛太

東海大学 学生会員 Enayat Mayller

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。著者らは本工法に着目し、矢板の継手同士をすべて嵌合せず、一定のスキマを開けて設置する構造を提案する。スキマがあると施工性や経済性の合理化が期待できるものの、対策効果への影響が懸念される。本研究は、本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、寸法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。実験ケースは、無対策(ケース1)、矢板対策スキマなし(ケース2)、矢板対策スキマあり(ケース3)の3ケースである。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 $k=1.94\times 10^{-2}\text{cm/s}$ ($Dr=45\%$ のとき), 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41%(ケース1)、44%(ケース2)、38%(ケース3)であり、飽和単位体積重量 γ_{sat} は 18.7kN/m^3 (ケース1)、 18.7kN/m^3 (ケース2)、 18.6kN/m^3 (ケース3)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枚重ね)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、鉄板と側壁の間には、摩擦が働かない程度かつ実験時に地盤が隆起しないように油粘土を詰めた。ケース2では土槽奥行き幅と同程度になるよう180mm幅の亚克力板を2枚使用し、ケース3では90mm幅の矢板を2枚使用した。ケース3での矢板間のスキマは90mmとなり、実大換算では約3.6~5.4m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P1, P2、矢板の曲げひずみを経時的に計測した。加振には周波数3Hz, 継続時間5秒、最大加速度 3.0 m/s^2 の地震動波形を使用した。

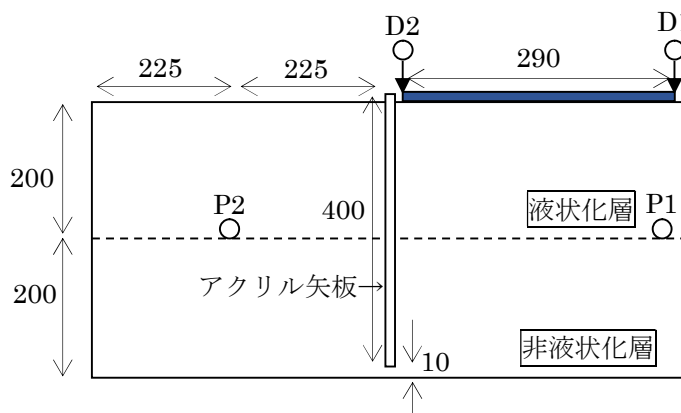


図1 模型寸法(断面図) [mm]

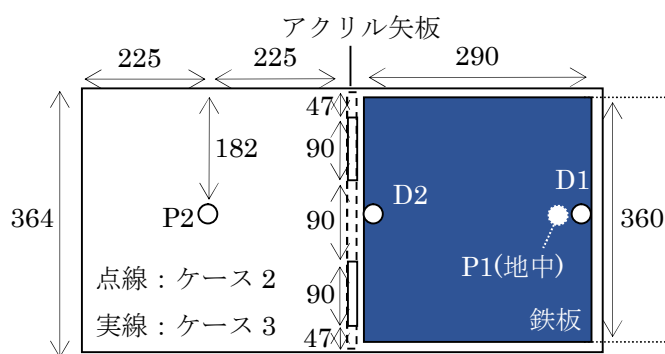


図2 模型寸法(平面図) [mm]

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、P1, P2 点での過剰間隙水圧の時刻歴を図 3 に示す。加振後直後には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。10 秒付近に小さな水圧の山があるが、これは加振装置の仕様上、加振後に微振動するためであり、次に議論する沈下への影響はないことから無視できるとする。

次に D1, D2 の沈下時刻歴を図 4 に示す。いずれのケースでも地盤の液状化に伴い沈下が生じた。D1 と D2 では沈下量が異なり、鉄板には不等沈下が生じたことを示している。D1 と D2 の平均値で見ると、ケース 1(56mm)、ケース 2(45mm)、ケース 3(34mm)であり、スキマがある矢板対策構造でも一定の沈下抑制効果が発揮されることを確認した。またケース 1 では D2 の方が大きく、ケース 2, 3 では D1 の方が大きく沈下した。ケース 2, 3 では、矢板が付近の地盤の変形を抑えたため D2 の沈下が抑えられたと考えられる。

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、液状化した鉄板下の地盤が鉄板の重み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 3 はケース 2 に比べて大きい。すなわちケース 3 よりケース 2 の方が、単位幅あたりに大きな領域の土圧を受け持ったと考えられる。このことから、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、法尻矢板の簾合部のスキマあり／なしに着目して模型実験を実施した。

- ・地盤の液状化に伴い、鉄板（堤防）は不等沈下した。沈下の平均値で見ると、無対策、矢板対策（スキマあり）、矢板対策（スキマなし）の順に大きく、スキマを開けて矢板を設置しても一定の沈下抑制効果があることを確認した。
- ・曲げひずみの計測結果より、矢板同士にスキマがある方が、矢板 1 枚あたり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。

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

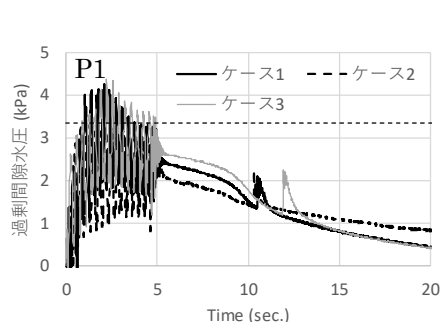


図 3 過剰間隙水圧の時刻歴

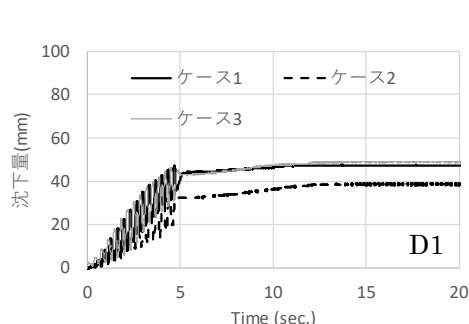


図 4 鉄板の沈下時刻歴

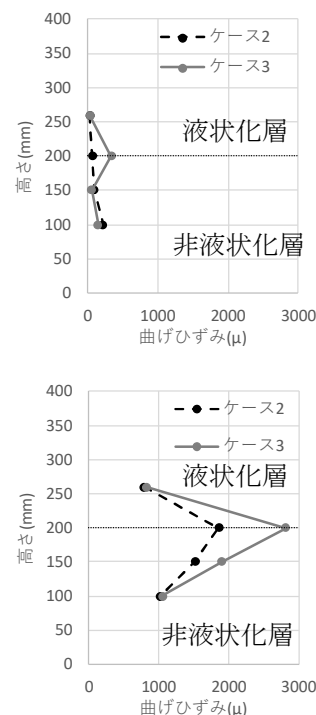


図 5 曲げひずみの深度分布
(上：残留値、下：最大値)