

補強砂の中型一面せん断試験におけるせん断領域と発現強度の相関

東京大学工学部 学 ○平岩洋三
運輸省港湾技術研究所 正 水谷崇亮
東京大学工学部 正 東畑郁生

はじめに 1964 年や 1983 年の日本海中部地震では、裏込め地盤の液状化によって、矢板護岸に変状が起きた。本研究では矢板護岸が液状化現象によって破壊される現象について、市販の 2 次元有限要素法ソフトを用いた解析を行い、実際の現象の再現性をチェックした。また矢板と同じヤング率、断面 2 次モーメント、ポアソン比、比重等を持つ固体要素の壁を矢板の近似として用いて解析する方法と、曲げ合成を持つ梁要素を利用して矢板を近似して解析する方法とを比較した。液状化する部分は、内部摩擦角が非常に小さく質量が水中重量であるような土の層で液状化が起こったと仮定して、線形弾性体の要素として変形を計算した。

モデルの概要 矢板護岸のモデルとして、次の 6 つを解析した。中央に矢板 (図 1 A) による護岸があり、地盤は上下 2 層があり、その境界は斜面になっている (図 1 B、C)。

- ・モデル 1 上部の地層 B は軟弱地盤 X、下部の地層 C は硬い地盤 Y、矢板は、剛性は硬い地盤 Y と同じだが強度が非常に高い固体要素 Z とした。矢板は上部の地層までしか入っていない (実物と同じ条件)。
- ・モデル 2 モデル 1 において下部の地層 C も軟弱地盤 X にしたモデル。
- ・モデル 3 モデル 1 において矢板を下部の地層 C まで伸ばしたモデル。
- ・モデル 4 モデル 1 において下部の地層 C を軟弱地盤 X にした上で、矢板を下部の地層まで伸ばしたモデル。
- ・モデル 5 矢板に、剛性の大きな梁要素を用いた。上部の地層 B は軟弱地盤 X、下部の地層 C は硬い地盤 Y で、矢板は上部の地層 B までしか入っていない。さらに、矢板と土との摩擦が切れた状態を模擬するために、矢板両面にスライダーとして非常に軟弱な要素 (厚さ 0.2m) を置いた。
- ・モデル 6 モデル 5 においてスライダーがないモデル。

ただし、上記の各要素の物性は次の通りである。

軟弱地盤 X : $E=3\text{kgf/cm}^2$, $\nu=0.499$, $\gamma'=0.8\text{gf/cm}^3$, $C=30\text{kgf/cm}^2$, $\phi=1^\circ$

硬い地盤 Y : $E=300000\text{kgf/cm}^2$, $\nu=0.499$, $\gamma'=0.8\text{gf/cm}^3$, $C=1\text{kgf/cm}^2$, $\phi=35^\circ$

矢板の要素 Z : $E=300000\text{kgf/cm}^2$, $\nu=0.3$, $\gamma'=7.5\text{gf/cm}^3$, $C=10000\text{kgf/cm}^2$, $\phi=1^\circ$

矢板の梁要素 : $E=2.1\times 10^6\text{kgf/cm}^2$, $\nu=0.3$, $I=3.86\text{m}^4$, $A=0.25\text{m}^2$

スライダー : $E=0.1\text{kgf/cm}^2$, $\nu=0.499$, $\gamma'=0.8\text{gf/cm}^3$, $C=1\text{kgf/cm}^2$, $\phi=1^\circ$

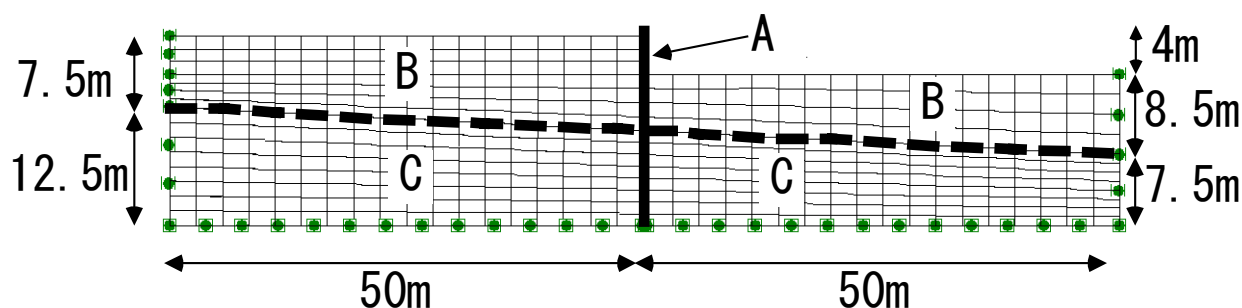


図1 矢板護岸の解析モデル

キーワード：液状化、矢板護岸、側方流動、FEM、弾性解析

連絡先：〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1 東京大学工学部社会基盤工学科 TEL 03-5841-6124 FAX 03-5841-8504

結果と考察 それぞれのモデルにおける矢板上端部の x 方向の変形が大きかった順は、モデル 2 (86cm) > モデル 4 (82cm) > モデル 5 (73cm) > モデル 6 (56cm) > モデル 3 (32cm) > モデル 1 (31cm) である。実際の矢板護岸と同じように、上部の層が軟弱地盤、下部の層が硬い地盤で、矢板が上部の層だけに入っているケース（モデル 1、モデル 5、モデル 6）について比較すると、梁要素を用いた方が大きな変形を示した。固体要素を用いた方が、梁として機能する以外にも余分な強度があり、液状化に対して抵抗している。

モデル 5 とモデル 6 において矢板表面でのすべりを考慮するためのスライダーの有無が解析結果に与える影響を比較すると、スライダーがあることによって矢板上端部の周囲の土に極端な引張り応力がかかることが防がれた。この効果は x 方向においても y 方向においても確認できた。またスライダーがあることによって矢板と周囲の土との変形のずれができ、矢板上端部が土から突き出るなど、よりリアルな変形が再現できた。

以上の考察により、固体要素によって矢板を近似する方法は、梁要素を用いた方法に比べれば現状をうまく再現できていないように思われる。しかし、固体要素により矢板を近似する方法を用いていろいろと条件が変わった場合の解析結果の違いについて考察することは意味があると思われるので以下に考察する。

モデル 2 において矢板の下端よりもさらに下層の土が軟弱地盤であった場合には、矢板自体はあまり変形せず、液状化した土の中で流されてしまっている。モデル 1 の場合は、矢板下端部に応力集中が見られたが、モデル 2 ではこの応力集中が解消されていた。また、スライダーが無いために矢板表面で滑ることができず、矢板周囲の土の変形がかなり不自然である。

モデル 3 において矢板が下部の硬い地盤の層までささっている場合は、モデル 1 との間に大きな差はなかった。これは、モデル 1 でも、矢板がほとんど動かないで下部の層に接していたためだと考えられる。

モデル 4 は、下部の層が軟弱地盤で、そこまで矢板を伸ばしたモデルであるが、モデル 2 のように矢板が液状化した土の中で流されることは起こらない。モデル 1 の矢板下端部と同様に、解析領域の下端を固定端としているので、そこに接する矢板の下端部に応力集中が起きてしまった。しかし、軟弱地盤の層が厚くなり矢板が長くなったことにより、モデル 1 とは違って矢板の変形が逆 S 字型になっている。

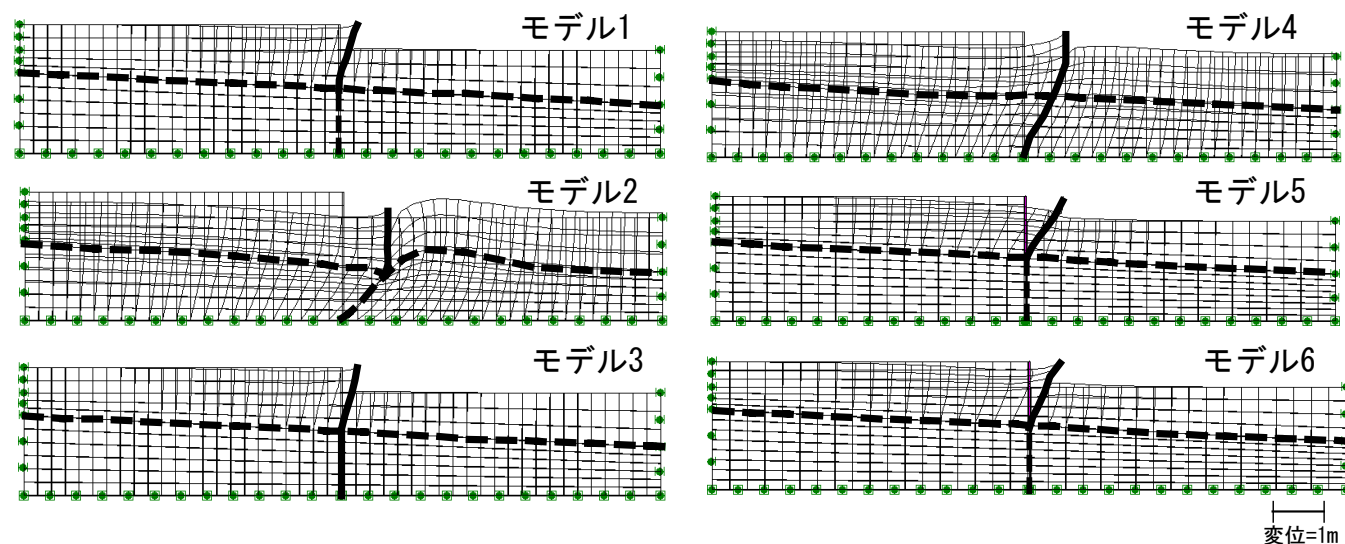


図2 矢板護岸の解析結果

まとめ 線形弾性体の有限要素解析ソフトを用いて、矢板護岸の液状化時の変位について解析を行った。矢板を強度が非常に高い固体要素として近似すると、曲げ剛性を持つ梁要素の場合よりも変形を過小評価した。また、矢板表面にスライダーとして非常に軟弱な土層を配置することによって、矢板と周囲の土との相互作用をより自然に再現できた。