

矢板工法による液状化時の盛土沈下抑制効果

広島大学大学院工学研究科 フェロー会員 佐々木康
広島大学大学院工学研究科 学生会員 金井容秀
広島大学工学部 学生会員 ○青田康伸

1. 背景と目的

兵庫県南部地震以降、大規模地震をも視野に入れた耐震設計が求められるようになり、これに対して、被害の発生を抑えることは困難かつ経済的にも合理的でないため、構造物の被害が許容値以内であれば良いとする考え方が主流となりつつある。本研究では、河川堤防の液状化対策として用いられる矢板の有効性を検討するため、模型を用いて矢板を打設した地盤の液状化再現実験を行い、液状化地盤内の土粒子および間隙水圧の挙動を計測し、矢板によって盛土沈下が抑制されるメカニズムを解明することを目的としている。

2. 実験装置及び実験方法

実験は図1に示すような箱型液状化再現装置を用いて、無対策、鉛直に矢板を打設したもの、矢板を10°傾けて打設したものの3ケースを計20回行った。地盤材料には豊浦砂を用い、非液状化層としてフィルター材を敷き詰めた。また液状化層の層厚は14cmとした。模型盛土自体は変形しない剛体であるとみなし、塩化ビニールで作成し、矢板には銅板を用いた。土槽をハンマーによって打撃することにより瞬間的に液状化させ、地盤内の間隙水圧、盛土沈下量及び矢板変位量を測定した。間隙水圧測定箇所は、盛土中央から0cm、4cm、8cm、14cm、18cmの位置における深さ5cm、7cm、9cmの位置であり、同様の箇所でも CCD カメラにより粒子の挙動を撮影した。

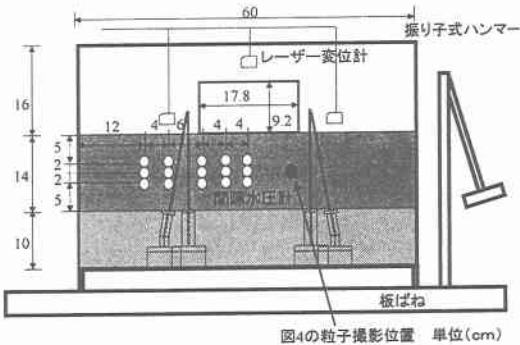


図1 箱型実験装置概要

3. 実験結果及び考察

図2に実験ごとの平均盛土沈下量を地盤の相対密度に対してプロットしたものを示す。この図より同じ地盤条件であれば、盛土沈下量は、無対策、斜め矢板、鉛直矢板の順に小さくなり、矢板による盛土沈下抑制効果があることが分った。また、相対密度が大きくなるほど盛土沈下量は小さくなることが分かる。

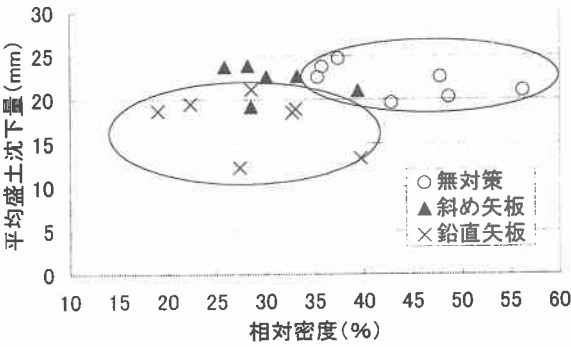


図2 平均盛土沈下量と相対密度の関係

図3に対策ごとの盛土沈下時刻歴から求めた盛土沈下速度時刻歴を示す。図より沈下初速度は無対策が最も大きく、斜め矢板と鉛直矢板はほぼ等しいことが分かる。また沈下速度が0になる、つまり盛土の停止する時間は無対策が最も長くなることが分かった。以上より無対策における盛土沈下量は盛土が沈下し続ける時間が長く、速度が大きい値が長く続いたため大きくなることが分かった。

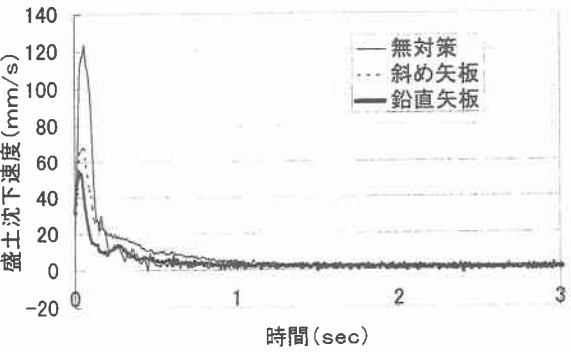


図3 盛土沈下速度時刻歴

CCD カメラで撮影した無対策のケースにおける地盤の地表面からの深さ7cm、盛土中央からの位置が8cmの位置の粒子画像解析結果例を図4に示す。粒子の水平移動量をDmh、鉛直沈下

量を D_{mv} と定義し、粒子が動き始めてから鉛直方向の沈下が完全に停止するまでの時間を粒子移動時間 T_{mv} と定義した。 T_{mv} の模式図を図 5 に示し、表 1 に無対策、鉛直矢板の各地点における T_{mv} を示す。表よりほとんどの地点において、鉛直矢板のほうが T_{mv} は小さくなっている。

図 6、7 に無対策のケースと鉛直矢板を打設したケースの深さ 9cm における、盛土中央から 0cm と 18cm の位置の過剰間隙水圧時刻歴をそれぞれ示す。図より無対策における盛土中央から 0cm の間隙水圧は一瞬有効上載圧の値まで上昇した後、盛土外である 18cm の間隙水圧とほぼ同じ挙動を示す。一方、鉛直矢板の場合には、0cm の過剰間隙水圧は一瞬有効上載圧まで上昇した後、ゆるやかに消散している。これは矢板を打設したため排水面が小さくなり、水が排出するのに時間がかかるためだと思われる。

次に、上述の T_{mv} と間隙水圧挙動の関係を吟味する。矢板無しの場合と、盛土外に関しては、過剰間隙水圧の計測値が盛土外の場合の初期有効上載圧と同等の値を保っている時間を高間隙水圧継続時間 T_d と定義する。矢板を打設した場合の盛土下に関しては水圧消散勾配が同じ深さにおける上載荷重のかからない地点の水圧消散勾配と同等の勾配になった時刻までの時間を盛土沈下に関する過剰間隙水圧継続時間 T_{ed} と定義した。そして、間隙水圧挙動と粒子挙動の関係を調べるために、各測定箇所における T_{mv} を T_d または T_{ed} で除したものを R_1 と定義した。無対策、鉛直矢板における R_1 を比較するとその値に大きな違いは見られない。これは、鉛直矢板では粒子移動時間、間隙水圧が高い時間ともに短いことを示しており、盛土沈下量が小さくなったと考えられる。

粒子移動時間 T_{mv} に関しては、間隙水圧が排出する領域が狭くなるため粒子が移動できる領域もせまくなり、粒子の移動速度が大きくなる。その結果、粒子同士が早く接触する、すなわち粒子移動時間 T_{mv} が短くなり地盤の有効応力が早く回復するため、盛土沈下量が小さくなると考えられる。

4. 結論

- 1) 模型盛土を用いた実験より、鉛直矢板を打設することによって、盛土の沈下が抑制されることが分かった。
- 2) 矢板を打設した場合、無対策の場合に比べ、盛土停止時間が短くなることが分かった。しかし、斜め矢板の場合、盛土沈下速度の低下が少なく、その結果、沈下量が無対策とほぼ等しくなることが分かった。
- 3) 矢板を打設すると、高間隙水圧継続時間が短くなり、排水面の減少によって、粒子が早く接触し地盤の有効応力が回復するため盛土の沈下量が小さくなる。

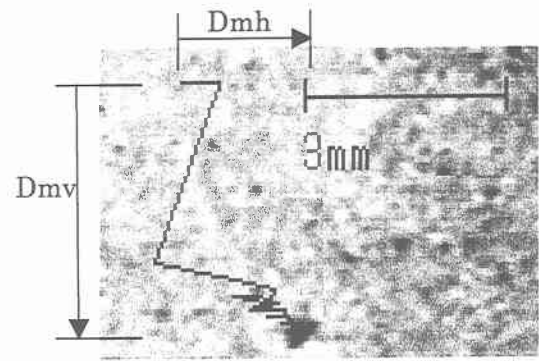


図 4 画像解析結果例

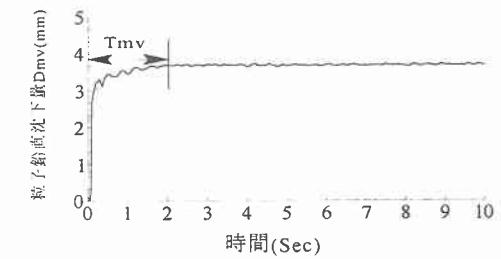


図 5 T_{mv} の模式図

表 1 各地点における T_{mv}
単位 (sec)

位置 (cm)	0	4	8	14	18
深さ (cm)					
5	1.464	2.832	2.864	8.960	10.200
7	2.896	2.640	2.600	4.936	7.536
9	2.600	2.896	2.136	4.046	7.896

(a) 無対策

位置 (cm)	0	4	8	14	18
深さ (cm)					
5	2.200	2.464	2.464	8.800	9.304
7	0.768	1.504	2.064	2.136	7.032
9	1.504	2.000	1.864	3.316	5.768

(b) 鉛直矢板

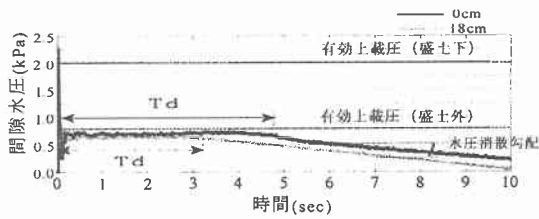


図 6 無対策における
過剰間隙水圧時刻歴

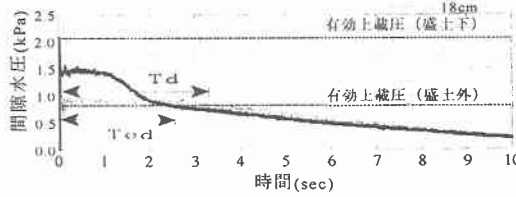


図 7 鉛直矢板における
過剰間隙水圧時刻歴