

密打木杭で法尻を強化した堤体の地震時挙動

大阪市立大学大学院工学研究科 正 高田 直俊
同 西田 貴博

はじめに 河川堤防の多くは未改良の緩い砂地盤と転圧不足の古い堤体を内蔵しているため、地震時の変形・破壊が懸念され、耐震性の向上が急がれている。対策工法は法先基礎地盤部の地盤改良を主とし、セメント固化や締め固め砂杭、さらには綱矢板が用いられる。ここでは緩い砂地盤を対象にして、木杭の密打ちによる地盤の密度増加を図る工法を検討する。木杭には間伐材を当て、植林地の植生多様性を回復させ、山地の保全を図ることも目的にしている。この効果を縮尺 1/50 模型を 50G の遠心模型加速度場で、くり返し傾斜による静的震度法によって調べた。遠心加速度場における動的な模型実験では、間隙流体の粘性を縮尺の逆数倍にして間隙水移動の相似則を満たすが、繰り返す傾斜は時間がかかるので、今回の実験は水の約 600 倍の粘性を持つ間隙水を用いて非排水条件を満たしている。

実験方法 図-1 と図-2 に模型の構成を示す。厚さ 8cm の砂地盤（原型換算厚さ 4m）の上に堤体を模擬した 6mm 角のアルミ棒の積層体（原型換算で高さ 3m、法勾配 1:1 の砂堤体応力相当）を置く。砂層は単純せん断型の変形を生じるように、下端がヒンジで上端を互いに繋いだ透水性可動壁を両端に設けている。

砂地盤には乾燥豊浦砂を用いるが、砂が水で飽和すると間隙水の粘性が水の約 600 倍になるように HDMC（商品名メトローズ）粉末を砂に混ぜておく（この粘性液体で砂の直接飽和は困難）。砂地盤は飽和後に相対密度 20% になるように作製した。模型杭には先をとがらせた直径 3mm、長さ 8cm のアルミ棒（原型換算直径 15cm、長さ 4m）を用い、砂地盤作製後に所定の位置に孔をあけたガイド板を用いて手で圧入する。

実験手順は 50G の遠心加速度場で、まず図-1 の水タンクに圧縮空気を送って水を両可動壁の外へ送る。水は壁を透して、また容器下部にはわせたパイプを通して中央からも砂に浸透し、数分で飽和に到る。そのあと図-3 のように、模型を左右に震度（傾斜勾配）0.25 で 5 サイクル繰り返す傾ける（1 サイクル約 85 秒）。その時の地盤変形と標点の移動を写真観測し、堤体天端の沈下量と間隙水圧を電気的に計測する。標点と間隙水圧の計測位置は図-2 に示す。変形はガラス面への色砂線と堤体下の標点で計測する。標点は砂地盤奥行長さの細いパイプに入れたバネでガラス面に標点を軽く押し付ける方式を採った。乾燥状態を初期とするので、間隙水圧は図-4 のように遠心加速度方向に勾配を有するパイプで測定系の飽和状態が維持できる方式を採った。また土中にも小型の水圧計を 1 個を埋めた。表-1 は一面せん断圧試験における間隙水の粘性と強度定数の関係で、間隙水のメトローズ濃度が上がると、潤滑作用のためか ϕ の値

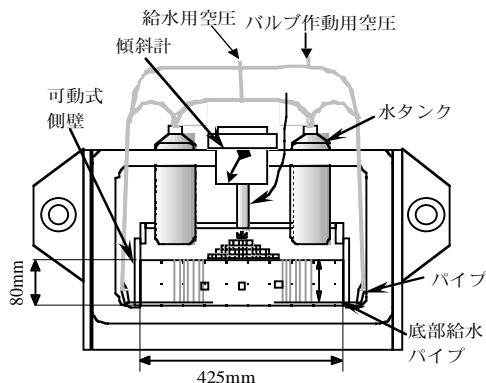


図-1 実験装置と模型の構成

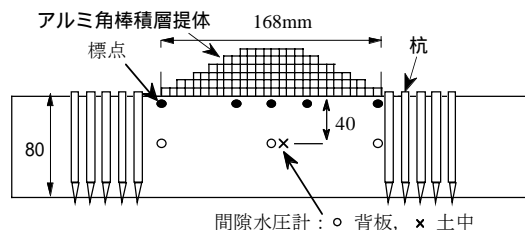


図-2 地盤と堤体の詳細

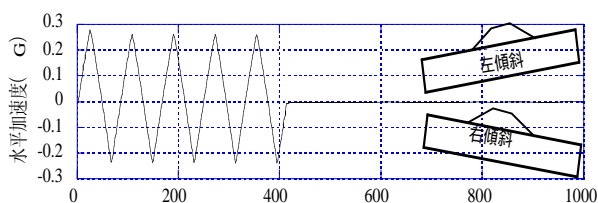


図-3 傾斜による水平震度の載荷

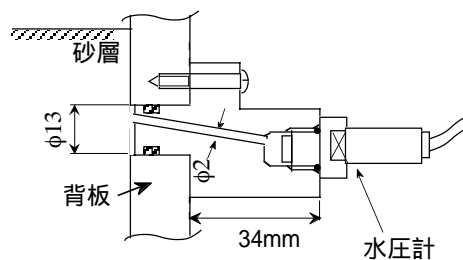


図-4 間隙水圧計の取り付け

Key Words : 遠心模型実験, 耐震性, 静的震度法, 地盤改良, 砂地盤

がやや低下する傾向が見られる。

実験結果 実験条件は表-2 に示す通りである。改良後 Dr は杭体積分だけ砂の体積が減るとしたときの計算相対密度である。図-5 に地盤変形の様子を示す。杭なしの基礎砂層は左右に広がり、最初の左傾斜側に大きな変位を見せ、アルミ提体は偏平化している。杭が $3D \times 9$ の場合は変形が少ない。図-6 と 7 に標点写真観測による提体両法先の水平、鉛直変位と杭列数の関係を示す。水平変位は提体から遠ざかる方向を正としている。杭列数が 5 列程度で両変位とも小さくなっている。最初の左傾斜側の No.1 の変位が大きいが、杭 9 列の水平変位は、むしろ引き込まれて負を示している。図-8 の提体天端の沈下量にも杭の効果が見られる。アルミ提体が大きくずれる場合の計測値には提体の変形量加わる。

図-9 と 10 に間隙水圧挙動を示す。杭なしの場合は第 3 波終了までには液状化に相当する過剰間隙水圧が発生している。土中の間隙水圧計は負側への振れを示している。杭が $3D \times 9$ 列の場合は傾斜側の左法先部 (A) において第 1 波目に液状化相当の水圧を計測しているが、その後は他の間隙水圧計と同じ負側の水圧に変化している。**まとめ** 杭の密打ちによる緩い砂地盤の改良効果を、高粘性間隙水と乾燥状態で準備した供試体へ対応する間隙水圧測定法を用いて、静的震度法相当の実験手法によって調べ、その有効性を明らかにすることができた。

参考文献：高田・正木：木杭密打ちによる河川堤防の耐震強化，第 37 回地盤工学会，pp.1093-1094，2002

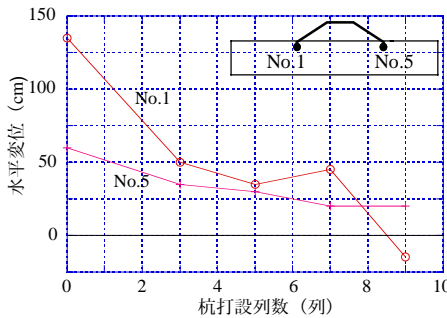


図-6 標点の水平変位

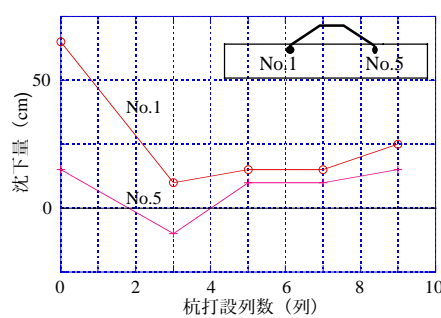


図-7 標点の鉛直変位

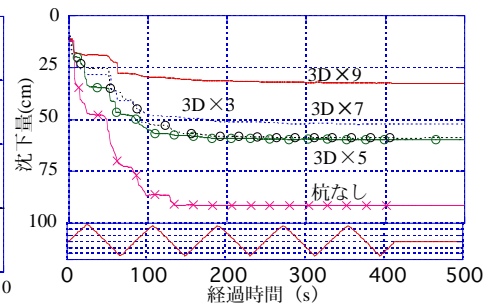


図-8 提体天端の沈下

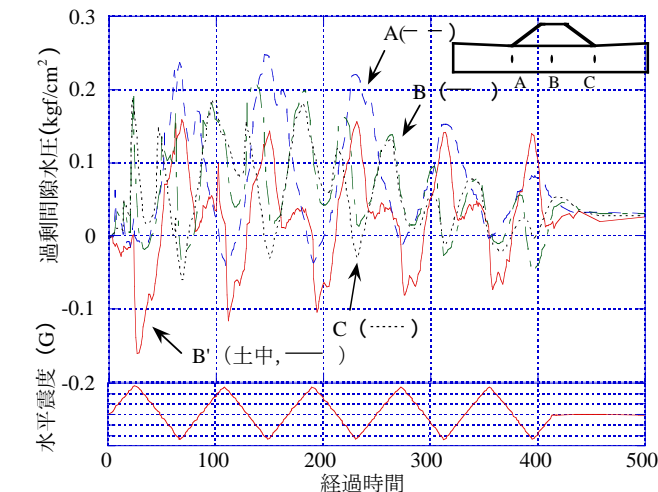


図-9 過剰間隙水圧 杭なし条件

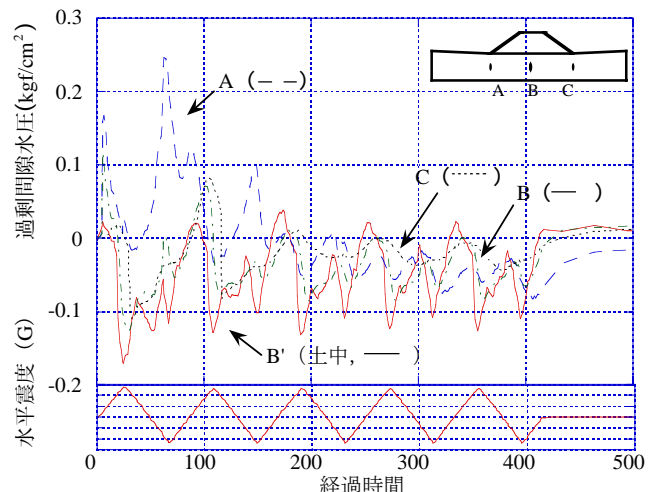


図-10 過剰間隙水圧 杭条件 $3D \times 9$

表-1 せん断試験の条件と結果

間隙水の粘性倍率	c (kgf/cm ²)	ϕ (°)
1 倍 (水)	0.092	32.0
50 倍	0.092	30.8
600 倍	0.092	30.1

表-2 実験条件

杭間隔	列数	改良範囲	改良後 Dr
杭なし	—	—	20
3D	3 列	27	66
3D	5 列	45	66
3D	7 列	63	66
3D	9 列	81	66

D は杭径 3mm

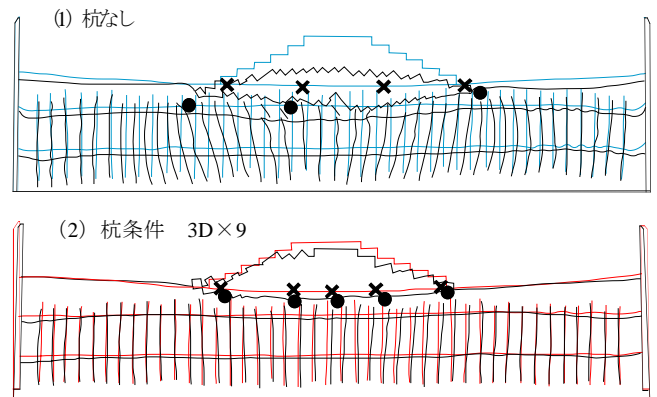


図-5 地盤変形 (x : 傾斜前, o : 最終)