

液状化地盤上の盛土に関する模型振動実験

(財)鉄道総合技術研究所 正会員 館山 勝 小島謙一
 同上 正会員 澤田 亮一 山田孝弘
 (株)複合技術研究所 正会員 蔣 関魯

1. はじめに

近年, 土構造物においても大地震動 (L2地震動) に対する耐震設計の必要性が求められている。盛土本体の耐震設計については補強材を配置することによって合理的な設計の目途が得られているが, 特に液状化地盤の対策工については, 十分に検討されていない¹⁾²⁾。そこで, 液状化地盤で合理的に残量変位を軽減する方法として, 低密度の杭状地盤改良による方法に着目, 模型振動実験を実施した。ここでは, 地盤改良の効果と地震後の地盤改良杭の損傷程度を確認したので, その結果について報告する。

2. 実験概要

模型概要図を図-1に示す。模型液状化地盤は, 標準豊浦砂を用いて相対密度が60%程度となるように気乾状態の砂を空中落下法による作成した後で, 飽和させた。飽和度を高めるために, 砂の間にCO₂を充填し, 模型地盤底面より水を注入した。上記の地盤上に同じく空中落下法により相対密度60%程度として盛土を設置した「無対策ケース」, 地盤と盛土の境界面に遮水層としてメンブレンを敷設した「底面遮水対策ケース」(図-1), 盛土下の地盤部に, セメント改良杭を地盤体積比で20%となるように配置し, 盛土との境界面にはネット(ジオテキスタイル)を配置した「地盤改良対策ケース」(図-2)の比較実験とした。ここで, 地盤改良杭の模型(直径50mm, 長さ700mm)は, 相似則を考慮して一軸強度が2kgf/cm²程度となるようにローム, 普通ポルソド, 添加剤フライアッシュを混合して作成した。

加振は5Hz正弦波, 50gal毎のステップ加振で, 1ステップ4秒(20波)とし, 盛土が大きく変形した時点で終了した。

3. 実験結果

図-3に加振加速度と盛土上面の沈下量との関係を示す。どの実験ケースも100gal加振時に変形が生じ始め, 盛土中央部と端部の沈下がほぼ同じであることが確認できる。ただし, 沈下 v が盛土高さ h の20%に達する加速度は, 無対策で220gal, 盛土底面を遮水したケースで280gal, 地盤改良したケースで380galであり, 対策の程度につれて沈下抑制効果が発揮されている。

図4~6に変形が生じ始めた150gal加振時における代表的な計測器の出力状況を示す。図中(a)は加振加速度, (b)~(f)は応答値である。図4の無対策のケースでは, 加振に連れて地盤内の過剰間隙水圧 u が徐々に上昇し, それに連れて盛土沈下 v , のり尻の水平変位 h も徐々に大きくなる。しかし, 地盤や盛土内加速

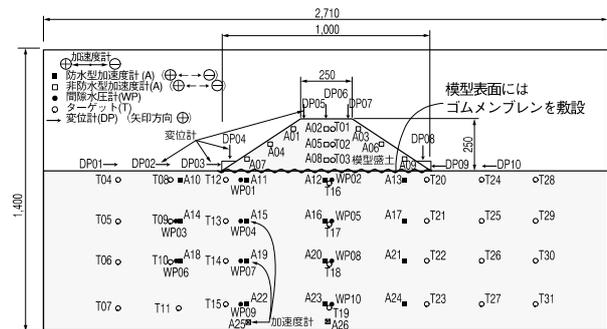


図-1 模型の概要と計測器の配置 (底面遮水対策)

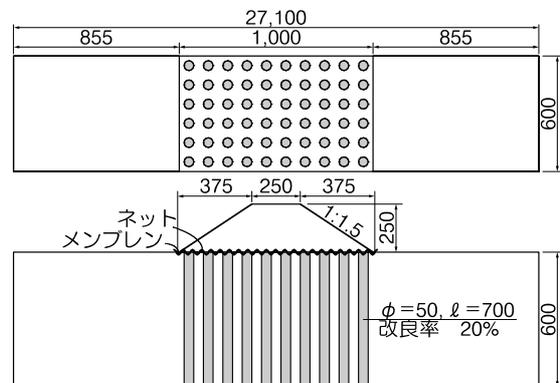


図-2 地盤改良の配置概要

度は基準加速度に対して増幅しており, 加振中の応答加速度の低下も見られないことから, 完全に液状化した状態ではない。

図5は盛土底面をメンブレンで遮水したケースである。図4と比較すると間隙水圧の発生が小さく抑えられており, 盛土の変形 v , h も小さい。実験中の観察では, メンブレンの引張り抵抗が盛土の変形の抑制や地盤の拘束に寄与したように見受けられたが, 今後, 詳細なデータ解析を行う予定である。図6は地盤改良のケースであるが, 間隙水圧の上昇が早く地盤や盛土の応答加速度もその時点で低下していることから, 地盤が液状化していることが確認できる。間隙水圧の絶対値が無対策に比べて低いのは, 地盤改良によって盛土荷重が支持されているため, 地盤の鉛直応力が小さいことによる。ただしそれに関わらず, 盛土の変形 v , h が小さく抑制されているのは, 加振中といえども盛土の鉛直荷重を十分に支持しているためである。

写真1は実験終了後の地盤改良杭の掘起し状況を示す。地盤改良杭は中段付近で折れ, 杭群が全体的に同じ方向に横倒れするような変形状況(せん断変形モード)を呈していた。これは, 図3において400galを超えた加振で変形が大きくなった時点で生じたものであるが, 許容される損傷程度以内と考えられる。非対称地盤では改良杭の破壊やせん断変形が更に顕著に生じることになるが, これらについては今後の検討課題である。

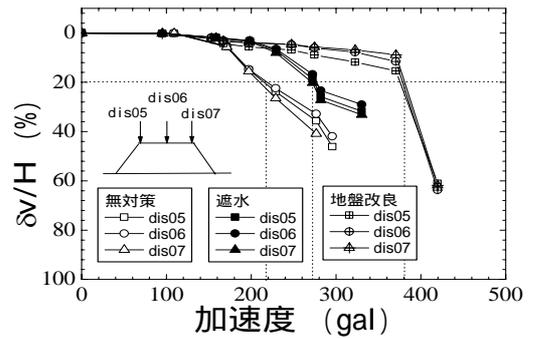


図-3 加振加速度と盛土沈下率の関係

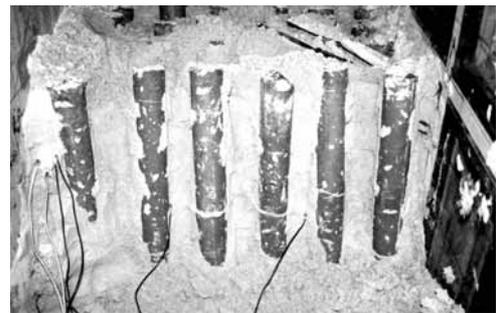


写真1 地盤改良の掘起し状況

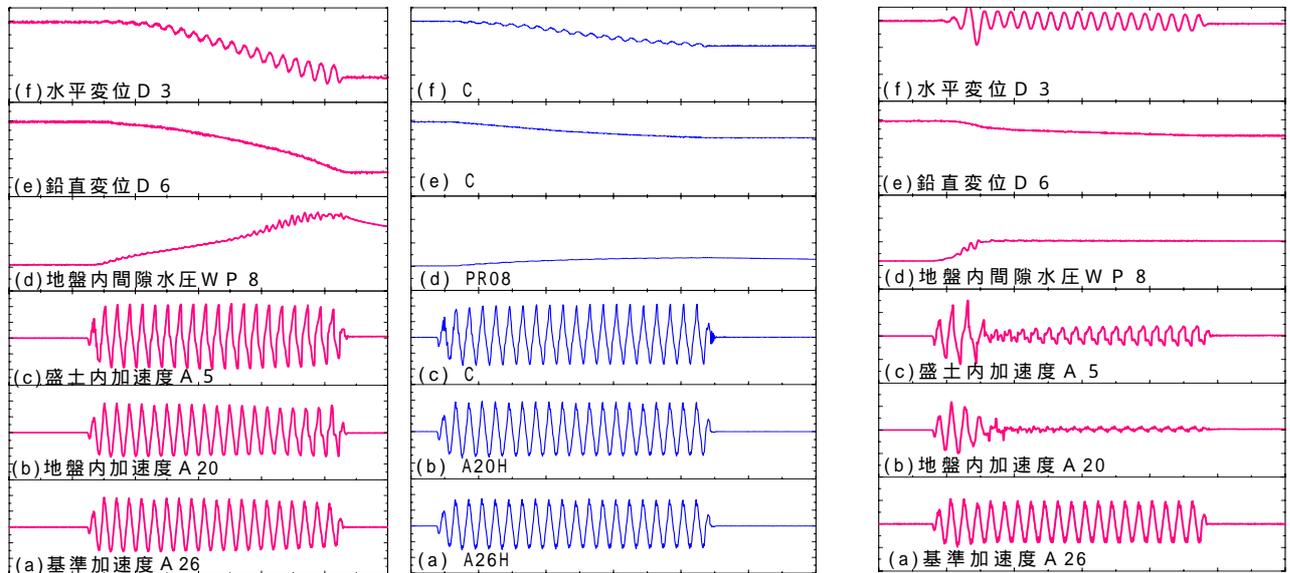


図4 無対策ケース

図5 底版遮水対策ケース

図6 地盤改良対策ケース

< 参考文献 >

- 1) 館山勝, 堀井克己, 小島謙一: 盛土の耐震性能と耐震設計, 鉄道総研報告, Vol.13, No.3, pp.43-48, 1999.3
- 2) 鉄道総合技術研究所: 鉄道構造物等設計標準・同解説, 丸善, p.135, 1999.3