パイルスラブ式盛土の模型振動台実験－改良間隔による比較－

鉄道総合技術研究所　正会員　○坂本　寛章，渡辺　健治
鉄道建設・運輸施設整備支援機構　正会員　米澤　豊司，森野　達也
レールウェイエンジニアリング　正会員　青木　一二三

１．はじめに

新幹線のスラブ軌道用盛土では，耐震性の向上や保守の低減のために許容沈下量や施工方法等に制約が多い．通常は良質な材料を十分に転圧して構築されるが建設コストにも影響を与えており，トンネル掘削等による発生土の有効利用が求められている中，経済性の高い盛土構築のためには，盛土材料の適用性を広げる必要がある．そこで，筆者らは地盤改良杭を盛土内に構築しジオテキスタイルで補強した盛土（パイルスラブ式盛土）について研究を行っている．これまで，半断面の模型を用いた振動実験[1)~3)]を実施したが，土槽と接する盛土中央部の挙動に対する評価が困難であった．本稿では，盛土全断面モデルにおける地震時挙動や沈下特性等を明らかにするために実施した振動実験結果について報告する．

２．実験の目的と概要

盛土内の地盤改良杭の配置に関しては，改良率，杭径および杭間隔が構造上のパラメータとなる．ここでは改良率一定（10%）の条件下で，杭径や杭間隔による影響を評価するための実験ケースを設定した．**図 1** に Case1，**図 2** に Case2 の模型の概要図をそれぞれ示す．なお Case2 は杭径，杭配置を除き Case1 と同様の断面である．**図 1** には計測に用いる変位計の配置も示している．盛土高さは 6m として 10 分の 1 スケールで模擬し，盛土材には豊浦砂（ρ_s=2.640g/cm³，最大間隙比 e_{max}=0.977，最小間隙比 e_{min}=0.605）を用い，相対密度 D_r=30%，含水比 w=1% となるよう調整した．また，盛土上部には RC 路盤を模擬したモルタル製スラブ版（t=34mm）を設置し，のり面勾配は 1:1.5 とした．地盤改良杭は目標強度 q_u=300kPa となるよう，豊浦砂にセメントベントナイトを配合して作製した．杭頭上部の構造に関しては，別途実施した実験結果[3)]から，**図 3** で示すように厚さ 30mm の砕石層を補強材及び端部の土のうで拘束した緩衝層を設け，砕石層やスラブ版の沈下を抑制する構造とした．加振には振動台を使用し，入力波は**図 4** で示す不規則波を使用して最大加速度ベースで 100gal から 900gal まで 100gal 刻みの段階加振を行った．

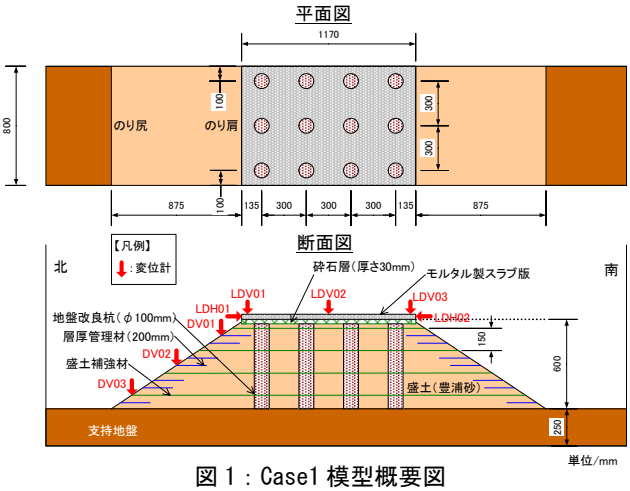


図 1：Case1 模型概要図

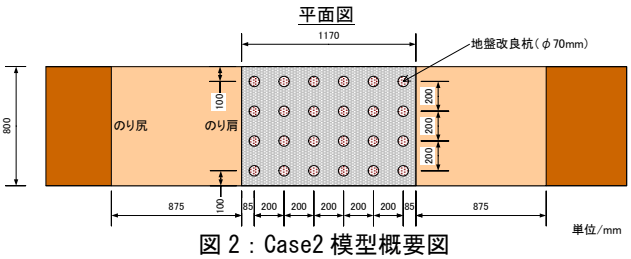


図 2：Case2 模型概要図

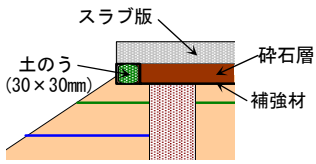


図 3：杭頭部詳細

３．実験結果および考察

図 5 に高速度カメラによる画像解析結果として，100gal から 900gal までで不動点変位が 0 となる時刻の軌跡で整理した Case1，Case2 それぞれの状況を示す．Case1，Case2 とも，特に盛土左半分（北側）は左下へ流れるような変位が確認できたが，明確なすべり面等大変形は生じていない．これは，主に盛土補強材や層厚管理材による補強効果が表れていると考えられる．**図 6** に北側

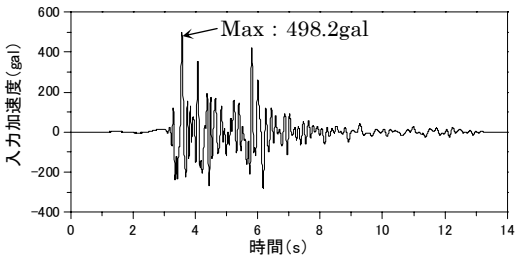


図 4：入力波の一例（500gal 加振時）

キーワード　パイルスラブ式盛土，地盤改良杭，スラブ軌道

連絡先　〒185-8540　東京都国分寺市光町 2-8-38　鉄道総合技術研究所　ＴＥＬ042-573-7261

のり面における各測点の鉛直変位を示す．Case1 では DV01 が 500gal 加振時から大きく沈下し始め，900gal 加振後の累積沈下量も約 12mm と Case2 の 2 倍程度沈下した．これらの計測結果から，Case2 のように細径の杭を分散して配置することで，盛土自体の変形が抑制されたことがわかる．

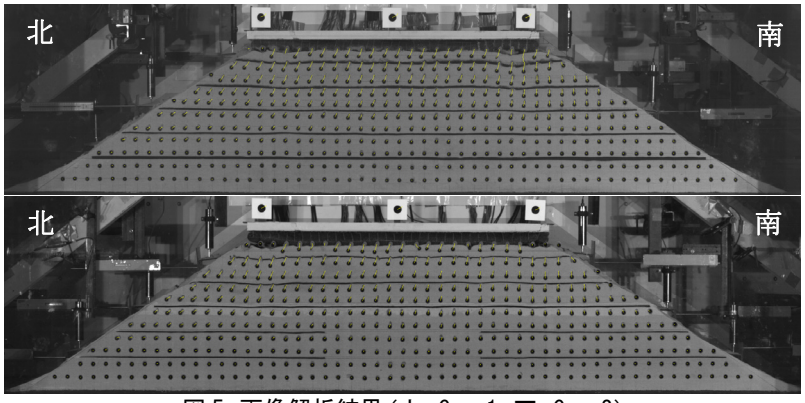


図 5：画像解析結果（上：Case1，下：Case2）

図 7 に，スラブ版上における各測点の鉛直変位を示す．Case2 では，スラブ版上の 3 測点がほぼ同様に沈下したのに対し，Case1 では南側に傾斜するように沈下した．これは，Case2 では地盤改良杭を分散配置することで多点支持となり，スラブ版の鉛直方向に対する安定性が増したことが主な原因と考えられる．また，**図 7** より加振終了後のスラブ版中央の測点 LDV02 の沈下量に関して，Case2 は Case1 の約 80%程度であった．加振後，地盤改良杭には若干のひび割れが生じた程度で両ケースとも大きな損傷は見られなかったことから，スラブ版の沈下の主要因は砕石層の沈下であることを考慮すると，改良間隔の狭い Case2 では盛土沈下時に杭頭部補強材のたわみから生じる砕石層の沈下量が Case1 と比較して小さく，結果的にスラブ版の沈下が抑制されたと考えられる．**図 8** に，500gal 加振時のスラブ版（LDH01）の水平変位時刻歴を示す．動的変位の最大値で比較すると，Case1 は約 5mm 北側へ変位したのに対し，Case2 では約 3.6mm と 70%程度の変位量であった．加振時には両ケースともスラブ版が水平方向にスライドする挙動が確認できたが，応答変位で比較した場合，Case2 のほうが水平方向の挙動に対する抵抗性が高いと考えられる．

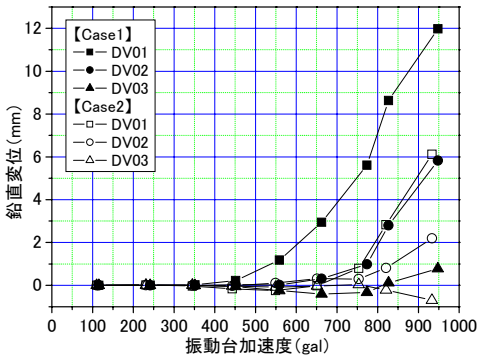


図 6：のり面（北側）の鉛直変位

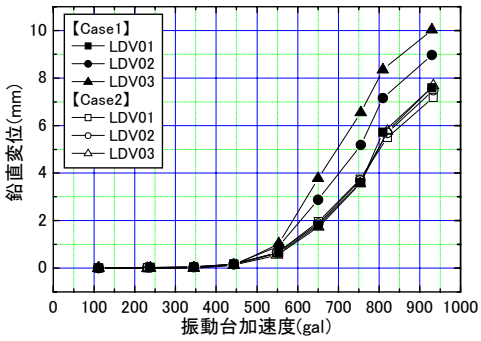
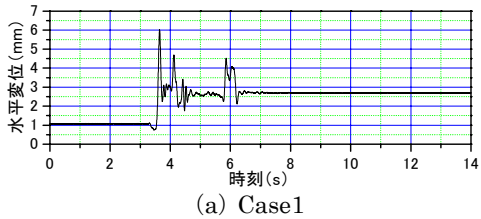
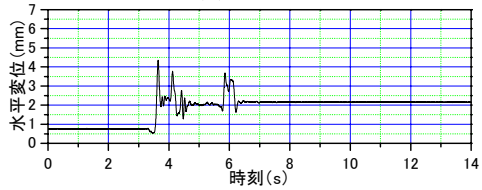


図 7：スラブ版の鉛直変位



(a) Case1



(b) Case2

図 8：スラブ版水平変位時刻歴（500gal）

4．まとめ

パイルスラブ式盛土に関する模型振動実験を全断面モデルで 2 ケース実施した．以下に得られた知見を示す．

1)最大加速度で約 900gal まで加振を行った結果，盛土体には致命的な損傷は発生せず，またスラブ版上の測点における累積沈下量も最大 10mm 程度に抑制され，提案構造の高い耐震性能を確認した．

2)スラブ版の変位に関しては，地盤改良杭の本数が多い Case2 のほうが抑制された．これより，地盤改良杭を分散配置することで鉛直方向の挙動に関してはスラブ版の安定性が増し，水平方向の挙動に関しては抵抗力が増加したと考えられる．このように改良率一定の条件では，地盤改良杭に大きな損傷が生じない程度の改良強度を有している限り，地盤改良杭を細径とし密に配置した方が，耐震性能は向上すると考えられる．

今後は，これまでに実施した実験結果等をふまえ，設計法や施工法に関する検討をすすめることにより，提案工法の確立に向けて取り組んでいく予定である．

参考文献

1)米澤,丸山,森野,武田,小島,坂本:パイルスラブ式盛土の模型振動台振動実験－地盤改良杭の効果－,第 65 回土木学会年次学術講演会,2010.9
2)森野,丸山,米澤,武田,青木,小島,坂本:パイルスラブ式盛土の模型振動台実験－粘性土盛土－,第 46 回地盤工学研究発表会,2011.7(投稿中)
3)坂本,渡辺,丸山,米澤,森野,清田,青木:パイルスラブ式盛土の模型振動台実験－杭頭部の構造比較－,第 46 回地盤工学研究発表会,2011.7(投稿中)