

模型振動実験における液状化地盤直上の舗装の変状と FWD 試験適用の試み

港湾空港技術研究所 正会員 ○大矢陽介, 小濱英司
 川名太, 高橋英紀, 菅野高弘
 国土交通省関東地方整備局 大橋照美

1. はじめに

空港舗装直下地盤が液状化した際の舗装の変状および荷重支持性能を確認する目的で, 1g 場模型振動実験を実施した. 加振実験前後における荷重支持性能は, 実際の空港舗装の維持管理や地震後の被災程度の確認の際に用いられている FWD 試験により評価した. その結果, 加振後の FWD 試験のたわみは加振前より減少し, 荷重の支持性能が増加したことが確認できた.

2. 実験方法

実験は大型水中振動台に設置した高さ 1.5m, 幅 4.0m, 奥行き 2.8m の鋼製剛土槽に中仕切り板を設置し, 奥行き方向を 2 分割した 1 断面 1.4m の 2 断面同時加振で行った. 模型断面は既往の研究¹⁾を参考にした. 縮尺比は 7.5, 実物スケールに換算すると舗装幅 15m, 液状化を想定した地盤厚は 7.5m とした. 模型寸法と計測センサーの配置を図 1 に示す. 1 断面は液状化対策を実施した断面であり, 本論文では扱わない. 本論文では, 未対策の断面で舗装上に錘 (幅 30cm, 接地圧 22kN/m²) がある断面, ない断面の 2 断面について報告する.

液状化を想定した路床は, 飯豊珪砂 6 号 ($\rho_s=2.641$, $\rho_{dmax}=1.706$, $\rho_{dmin}=1.417$ g/cm³) を空中落下法により相対密度 50% を目標に作成した. 砂の投入量から求めた完成模型の相対密度は, 47% であった. アスファルト部はあらかじめ転圧したものを路盤の上に設置した.

加振は 5Hz20 波の正弦波, 加速度振幅を段階的に増加させた 4 ステップの段階加振を行った. 目標の入力加速度は 50, 200, 300 および 400Gal とした. 振動台で計測された加速度は図 2 に実験結果と共に示した.

FWD 試験は, 錘を人力で持ち上げ任意に落下させて衝撃荷重を発生させる小型 FWD 装置 (東京測器研究所社製 FWD-Light) を用いた. 試験は加振前, 加振直後 (約 1 時間後), 加振 3 日後に行った. FWD 試験は, 錘載荷位置を舗装の中心として, 4 個の変位センサーの配置を変えた 2 パターン実施した. 図 1 に示した変位センサーの配置のように, パターン B では変位センサーを路盤上にも設置したが, 計測結果にばらつきがあり, ピーク変位が出なかったため結果の評価から除外した.

FWD 試験では, 舗装の変形が大きくなるよう錘や落下高さの調整を試みたが, FWD 試験により振動実験の前に緩詰の地盤が密実化し, 舗装が変形することが考えられたため, 試験は錘 10kg, 落下高さ 10cm で行った. この組み合わせの衝撃荷重は 3kN 前後であったが, 振動実験用に設置した加速度計にて地表面で 130Gal, 地盤内で 80Gal 程度の大きな加速度が計測された. FWD 試験結果のたわみは, 3 回の試験結果の平均値とした.

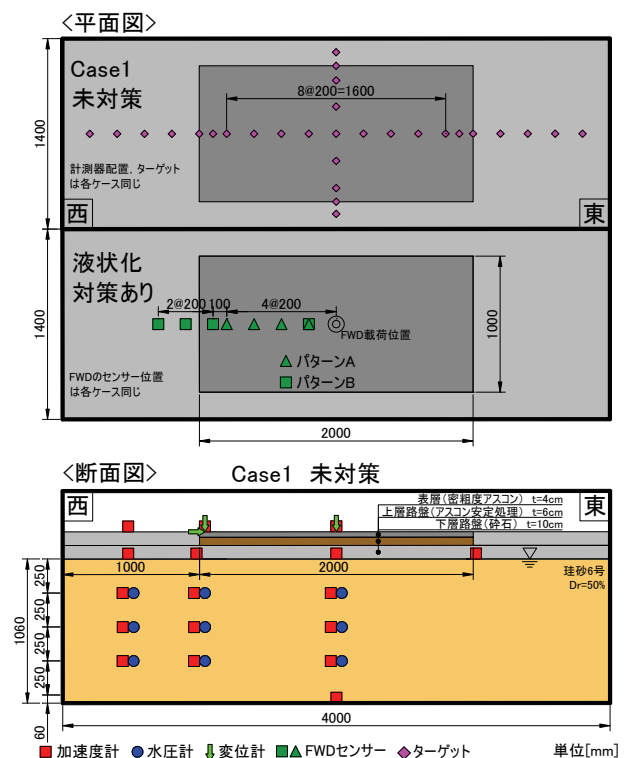


図 1 模型寸法と計測センサー配置

キーワード 液状化, 空港舗装, FWD 試験

連絡先 〒239-0826 横須賀市長瀬 3-1-1 (独) 港湾空港技術研究所 地震防災研究領域 耐震構造研究チーム tel 046-844-5058

3. 実験結果

図 2 にターゲット位置でスタッフにより計測した各ステップの舗装・路盤表面の鉛直変位, 図 3 に Step4 の最大過剰間隙水圧比の分布を示す. 入力加速度が小さい Step1 では舗装は沈下せず, 入力加速度が大きくなるとともに舗装は沈下した. 地盤内の過剰間隙水圧は入力加速度が大きくなるとともに上昇し, 錘なしでは Step3 や Step4 で過剰間隙水圧比は 1 程度になり, 液状化が広範囲で発生した. 一方, 錘がある場合, 上載荷重が大きくなることから, Step4 でも舗装直下地盤で過剰間隙水圧比は 1 に近づかず, 舗装直下から離れたところで 1 以上になり液状化が発生した. 錘がある場合, 地盤が液状化しなくても舗装は大きくたわみながら沈下し, 舗装中心の沈下量は錘なしの場合よりも大きくなった.

FWD 試験結果を図 4 に示す. いずれの実験ケースにおいても加振前より加振直後や 3 日後のたわみは小さくなった. これは, 加振によって舗装直下地盤が密実化し, 加振後のたわみが小さくなったと考えられる. 錘ありとなしのケースを比較すると, 錘があった方が加振前後のたわみの差は大きく, 地盤の密実化の程度が大きいと言える.

実大実験では, 地震前の支持力回復までに数日かかることが報告されている²⁾. 本実験では細粒分が無い砂を用いたため, 透水係数は実地盤より大きく, 加振により液状化が発生しても数分後には過剰間隙水圧は消散した. それゆえ, 1 時間後の FWD 試験時には加振前より大きな支持性能を発揮したと考えられる.

模型実験において, 従来の平板載荷試験と比較して, より簡易な方法で地震前後の荷重支持性能を確認することができた. 今後, 地盤の剛性など定量的評価を行うため, 逆解析等による検討を行う予定である.

参考文献

1) 山田和弘, 中澤博志, 菅野高弘, 藤井照久: アスファルト舗装直下における液状化地盤の支持力に関する基礎的実験, 第 31 回土木学会地震工学研究発表会講演論文集, 2-145, 12pp., 2011.

2) 前川亮太, 坪川将丈, 菅野高弘, 中澤博志, 水上純一: 液状化現場実験における空港舗装の変形及び FWD たわみ測定結果, 土木学会舗装工学論文集, 第 13 巻, pp.157-162, 2008.

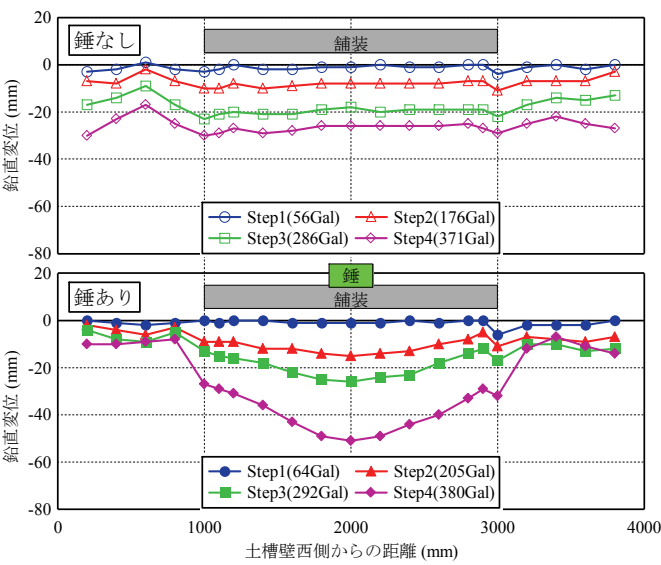


図 2 舗装・路盤表面の鉛直変位

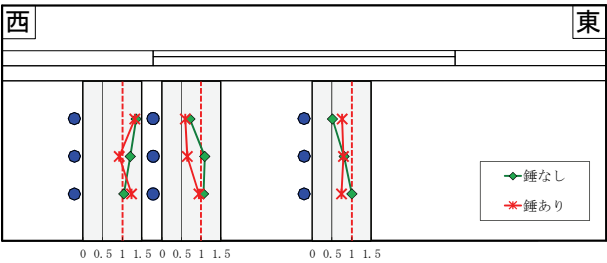


図 3 最大過剰間隙水圧比分布
(Step4 の結果, 錘なし : 371Gal, 錘あり : 380Gal)

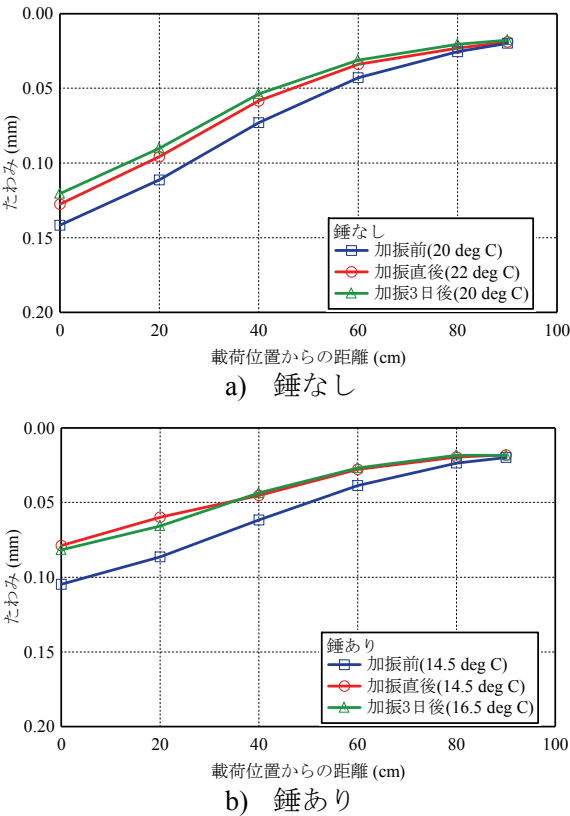


図 4 FWD 試験結果