

不整形地盤の盛土振動実験の詳細データ整理結果

(株) 複合技術研究所

正会員 ○ 鶴田由希, 堀井克己

(財) 鉄道総合技術研究所

正会員 舘山 勝, 小島謙一, 山田孝弘

1. はじめに

盛土の地震被害の多くは、地形・地質的不整形地盤に起因することが過去の研究で明らかになっている¹⁾。基盤が傾斜している(不整形基盤)上に盛土が構築されている場合、水平基盤上と比較して被害が大きいとの報告が多数あるが、不整形の程度や、地盤強度などの要因によって、盛土の変形特性を定量的、定性的に検討することが必要と考えられる。そこで本研究では、不整形地盤における模型振動実験から得られた水平変位データに着目し、基盤の傾斜角度 θ の違いによる盛土の地震時変形特性を検討し、盛土の耐震性能評価への指標を得ることを目的とした。

2. 実験の概要

表-1 に実験条件を示す。実験盛土模型は、実物の 1/40 スケールで、振動台上に固定してある実験土槽(内部寸法:長さ 2710mm 幅 600mm、高さ 1400mm)内に作成した。土槽は、実験の経過が確認できるように側面がガラス張りになっている。図-1 に模型実験の断面図を示す。盛土天端幅 0.25m、表層地盤厚 $h = 0.25\text{m}$ 、基盤の傾斜角度 θ は 0° 、 10° 、 20° 、 30° の 4 ケースとした。基盤は、粒調碎石を締固めて乾燥密度が、 $\gamma_d = 19\text{kN/m}^3$ となる様に調整しながら傾斜基盤を作成した。表層地盤と盛土は、乾燥させた豊浦砂を空中落下法で、相対密度 $Dr = 65\%$ となる様に、均一な非液状化地盤を作成した。なお、不整形基盤上の液状化実験については、文献 2) 3) 4) に詳しい。計測器は、加速度計(鉛直・水平方向 20~28 個)と変位計(鉛直・水平方向 10 個)を表層地盤や盛土を作成する過程において、順次所定の場所に埋め込み、表層地盤や盛土の加速度・変形量を同時サンプリングした。加振振動数は、5Hz で行い 100gal づつ最大 1000gal までステップ加振した。1 ステップの加振時間は 4 秒間であり、崩壊もしくは明確なすべり線が確認されたところで終了した。

3. 実験結果

基盤傾斜角度 $\theta = 10^\circ$ での、加振加速度(A22H)と盛土のり尻の水平変位計(DP03)の関係を図-2 に示す。この全加振段階のデータから、加振段階ごとに水平変位を整理した。変位のとり方は、図-3(第 7 加振)の例の様に、

表-1 実験条件

実験条件	仕様
基盤傾斜角度: θ	$0^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$
表層地盤厚: H	0.25m
盛土天端幅	0.25m
盛土敷幅	1.0m
盛土のり面勾配	1:1.5
基盤材料	粒調碎石
表層地盤材料	豊浦砂(不飽和)
盛土材料	

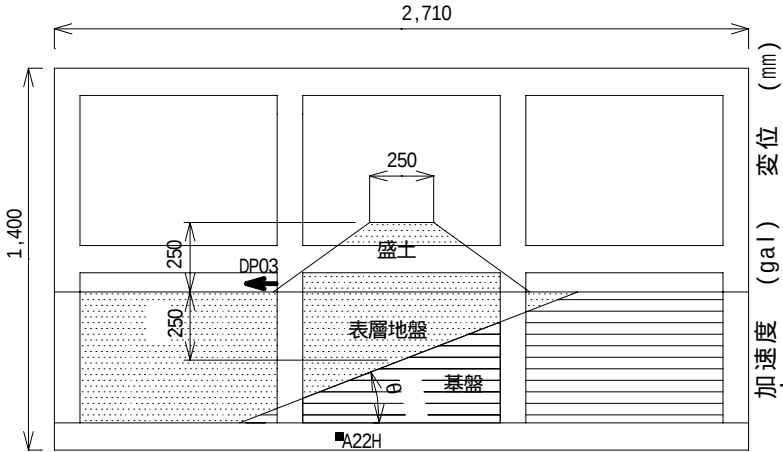


図-1 盛土断面図(傾斜角 $\theta = 20^\circ$ の場合)

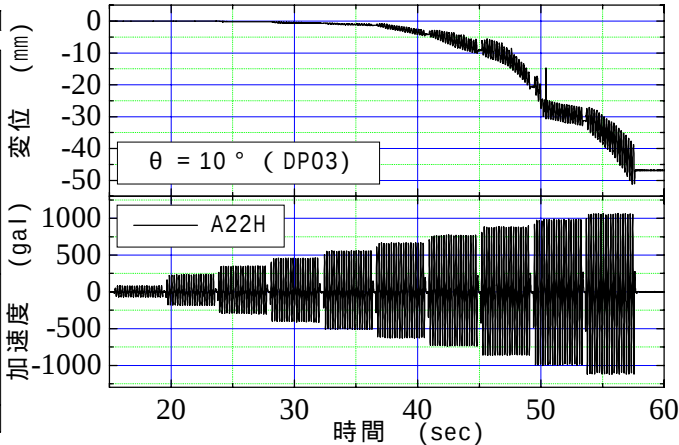


図-2 加速度と水平変位の時刻歴(傾斜角 $\theta = 10^\circ$)

キーワード: 不整形地盤, 盛土, 振動実験, 地震時変形特性, 動的変位, 塑性変位

連絡先: 〒107-0052 東京都港区赤坂 2-15-16

TEL 03-3582-3373 FAX 03-3582-3509

加振加速度の振動による動的 (Dynamic) 変位は、変位振幅が定常になる 10 波目の変位片振幅をとった。また、加振が終了して残留して蓄積する塑性 (Plastic) 変位は、残留変位量の 1 波当たりをとり、 $U_p = (U_{p0} - U_{p1}) / 20$ 波とした。それぞれの変位を第 1 ～ 第 10 加振段階毎に求め、基盤傾斜角度 θ の影響を見た。図-4 に動的変位と加速度の関係を、図-5 に塑性変位と加速度の関係を示す。図-4 の動的変位と加振加速度との関係をみると、加振加速度が 500gal 付近から変形量が生じている。これは、模型盛土の安定計算を行うと、水平震度 $K_h=0.49$ で最小安全率 $F_s=1.0$ となることとよく対応している。また、傾斜角度が 10° より大きくなると、不整形の影響が顕著に現れ、変形量が大きくなっている。これは、地震応答解析でも同様の結果となっている⁵⁾。ただし、基盤傾斜角度 θ の違いによる変形量の差は、あまり見られなかった。この理由は、実験土槽の横方向拘束等の原因で、変形が抑制されたためと思われる。図-5 の塑性変位量と加振加速度の関係も、図-4 と同様の傾向となり、傾斜基盤の場合、加振加速度が 500gal を超えると変形量が急増した。また、基盤傾斜角度 θ の影響もあまり無く、ほぼ同じ変形量となった。図-4、5 のデータから動的変位 : U_d と塑性変位 : U_p をとると、図-6 のような関係となった。図-6 から U_d と U_p は、線形の関係となり、 $U_p=0.07U_d$ の関係式が得られた。

4. まとめ

盛土振動実験の結果から、基盤の傾斜角度 θ と動的変位、塑性変位との関係を検討した結果、基盤傾斜角 $\theta=10^\circ$ を越えると、動的変位、塑性変位ともに増大することが明らかとなった。また、動的変位と塑性変位との関係は、線形であることがわかった。これより、地震応答解析から求まる動的変位に対して、不整形の変形累積性を考慮した残留変形量を推定でき、地震による地盤剛性劣化を考慮した、盛土底面の地盤沈下量の算出への援用も可能と考えられる。しかしながら、本実験では、盛土の地盤強度特性、表層地盤の厚さなどが単一条件であり、一般性のある結果とは言い難く、液状化地盤等の軟弱地盤では塑性変位量が大きくなり、図-6 関係式の傾きが更に急勾配になる可能性もある。今後、地盤条件、表層地盤厚を変化させた条件でのデータも加えて、更に検討を進める必要があると思われる。

<参考文献> 1) 上沢, 那須他: 大型振動台による盛土の耐震性に関する実験的研究, 鉄道技術研究報告, 1972 2) 山田, 館山他: 不整形基盤上の無対策盛土の液状化実験, 第 35 回地盤工学研究発表会, 2000 3) 館山, 小島, 他: 液状化地盤上の盛土の振動実験, 土木学会第 55 回年次学術講演会, 2000 4) 蔣, 館山他: 不整形地盤の液状化対策工実験, 土木学会第 55 回年次学術講演会, 2000 5) 浦川, 堀井他: 不整形地盤の応答解析, 土木学会第 55 回年次学術講演会, 2000

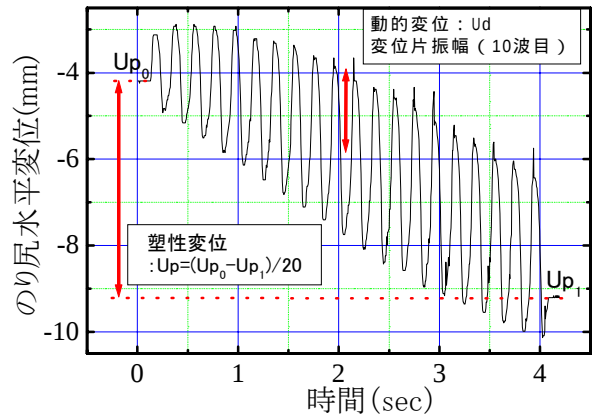


図-3 のり尻水平変位振幅 (第 7 加振)

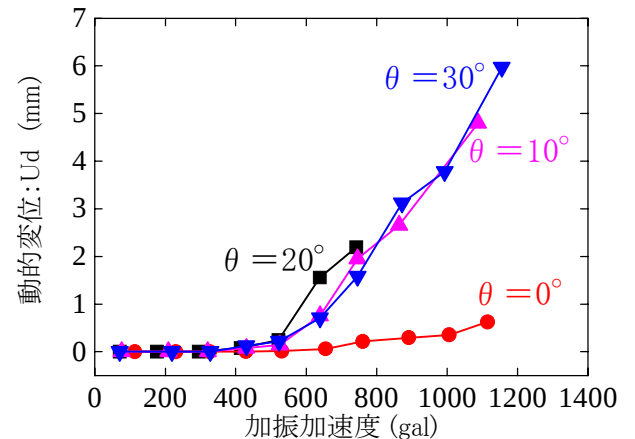


図-4 加振加速度と動的変位の関係

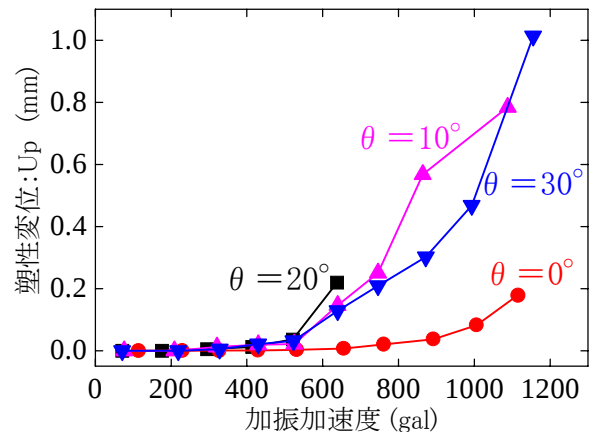


図-5 加振加速度と塑性変位の関係

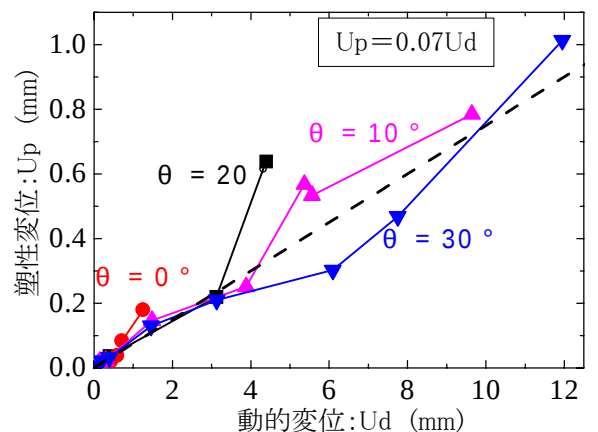


図-6 動的変位と塑性変位の関係