

オンライン地震応答実験による高盛土の応答特性

山口大学大学院 学 河本好広
 山口大学工学部 正 兵動正幸 吉本憲正
 復建調査設計(株) 正 藤井照久
 五洋建設(株) 正 福田賢二郎

1. まえがき

道路橋の建設において、建設残土の有効利用および橋梁工事費削減を目的とし、高盛土部に橋脚を設置する手法が採用されている。このような高盛土で重要性が高い場合には、兵庫県南部地震相当の地震における地震時の挙動を把握し、変形を考慮した設計法の確立が求められる。そこで本研究では盛土高さを種々変化させてオンライン地震応答実験を行い、高盛土の変形の評価を行った。

2. オンライン地震応答実験の概要

オンライン地震応答実験¹⁾は、コンピュータによる応答計算と室内要素実験をオンラインで結合し、地震時の挙動を再現するものである。図-1はオンライン地震応答実験の概念図であり、以下にそのアルゴリズムを示す。まず、解析対象地盤を質点系にモデル化し、基盤面より地震動を入力する。そしてコンピュータにより振動方程式を解き各質点の応答変位を求め、得られた変位に相当するせん断ひずみをコンピュータ制御により供試体に与える。そのとき自動計測されたせん断応力を復元力として次のステップに与え、応答変位を求める。この過程を地震動が継続する間繰り返す。この手法では、時々刻々と変化する地盤の非線形な復元力を要素試験の供試体から直接求め、オンラインで解析に結びつけることで地盤の地震時挙動をシミュレートすることができる。

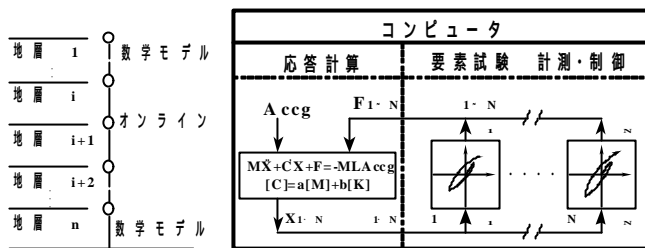


図-1 オンライン地震応答実験の概念図

3. 実験対象モデルおよび実験条件

本研究では盛土高さを15m、20m、25mの3条件で変化させて実験を行った。なお、各層の層厚を5mとし、層数を3、4、5層としている。例として、高さ20mの対象モデルを図-2に示す。対象断面は2次元であるが、法肩を通る断面を1次元の質点系モデルに置き換えている。このため静的FEM解析で求めた初期応力（所定の圧密圧力および初期せん断応力）をあらかじめ供試体に作用させたのち地震波を入力した。また、実験は変形が大きいと予想される

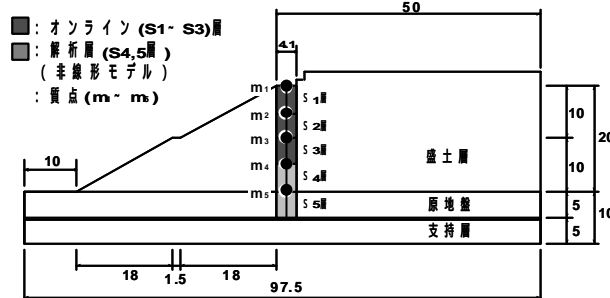


図-2 実験対象モデル

盛土上部のS1～S3層をオンライン層として要素実験を行い、その他の層は修正R-Oモデルを用いた。加振中の地盤変形については非排水状態、つまり体積一定条件で側方及び鉛直方向の両変形を許す変形モード(Shake Downモード²⁾)を想定した(図-3)。入力地震動には、兵庫県南部地震の際にJR鷹取駅周辺で観測された地震波形のうちのN-S成分を使用し、継続時間はその主要動部分10秒としている。実験に用いた試料は実際の盛土施工に用いられた材料(本郷川土)で、2mmふるいを通したものとした。供試体は、突固めによる締固め試験で得られた最大乾燥密度 d_{max} の95%を目標としてプレス機により静的に締固めることで作製し

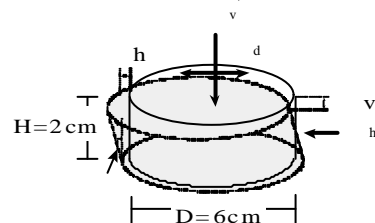


図-3 供試体の変形モード

キーワード：オンライン地震応答実験，盛土高さ，Shake Down URL：<http://geotech.civil.yamaguchi-u.ac.jp/>

連絡先：〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 山口大学工学部 TEL(0836)85-9344 FAX(0836)85-9301

た。なお、含水比は現場の含水比を参考に、最適含水比よりやや湿潤側とした。

4. 結果および考察

図-4~7に盛土高さ20mの実験結果を示す。図-4は入力加速度および各質点における応答加速度の時刻歴である。各質点の応答加速度は入力加速度の波形の傾向に類似しているが、質点3において一度減衰し、上層にいくにつれ再び増幅している。また、上層にいくにつれて長周期化しており、位相がずれていることがわかる。図-5、6はオンライン層で最も変形が大きく現れたS3層におけるせん断応力-せん断ひずみ関係およびせん断応力-鉛直ひずみ関係を示している。図-5では、非線型のループを描き、合成がやや低下しており、せん断応力の作用によりせん断ひずみが初期せん断応力の作用方向（盛土法先方向）に残留していることがわかる。図-6では、盛土が初期応力および境界条件の影響を受けるために鉛直ひずみは徐々に蓄積し、最終的に約1.7%発生している。図-7に盛土天端(m1)における応答水平変位の時刻歴を示す。この図より、入力加速度の絶対値が大きくなり始める6秒を過ぎたあたりから応答水平変位は急激に増加して最大値を迎え、入力加速度の絶対値の減少とともに変位もやや減少した後に残留しているのが見て取れる。次にそれぞれの盛土高さ(15m, 20m, 25m)における応答水平変位の結果を示す。図-8の(a)は各盛土高さに対する質点m1の最大応答水平変位を、(b)は残留応答水平変位をプロットしたものである。両図より、盛土高さが大きいほど最大、残留応答水平変位とも大きく現れており、盛土高さ25mにおいては最大応答水平変位は122cmにも達していることがわかる。また、残留応答水平変位において、盛土高さ25mでは変位が顕著に現れていることがわかる。

5. まとめ

本研究では盛土高さを変化させた対象モデルにおいてオンライン地震応答実験を行った。その結果、せん断ひずみが初期せん断応力の作用方向に残留するがゆえに変位が生じるが、盛土高さが大きいほど変形量は大きく生じることが確認できた。このため、建設時には変形を考慮した盛土高さの設定が求められるといえる。

[参考文献]

- 1) 日下部伸, 森尾敏, 有本勝二: オンライン地震応答実験による2層系砂地盤の液状化挙動, 土質工学論文報告集, vol.30, No.3, pp174-184, 1990
- 2) 田中邦安, 関口秀雄: 飽和砂の非排水繰返しせん断における鉛直ひずみの蓄積, 第31回地盤工学会研究発表会, pp1015-1016, 1996

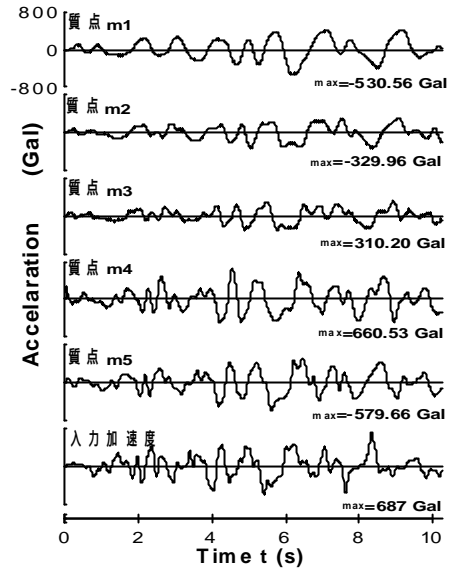


図-4 加速度時刻歴

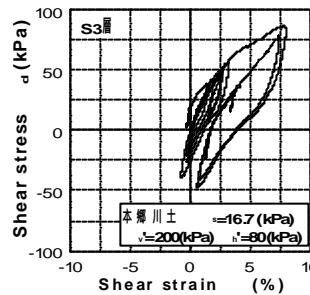


図-5 せん断応力-せん断ひずみ関係

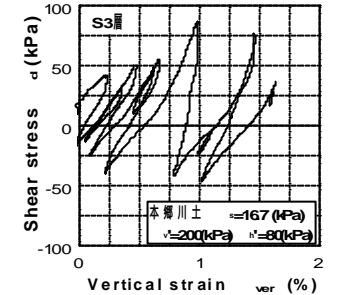


図-6 せん断応力-鉛直ひずみ関係

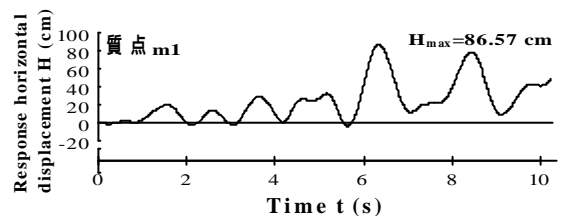


図-7 応答水平変位の時刻歴

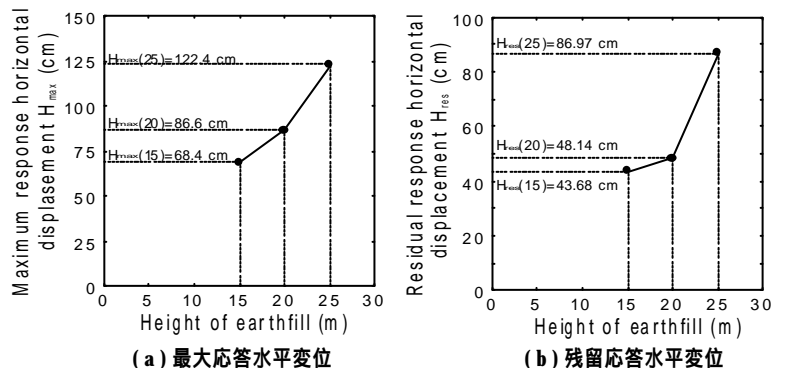


図-8 盛土高さ最大応答水平変位および残留応答水平変位の関係