

◆ 特集：動の実験施設を活用した研究開発 ◆

大型せん断土槽を用いた「土のう擁壁」の実大振動台実験

井上波彦* 二木幹夫** 三上和久***

1. はじめに

本実験は、従来から仮設資材として用いられてきた「土のう」を建築基礎地盤、土構造物等に使用することや、建設材のリサイクルを行うために使用することなど、土のうの幅広い利用を計ることを目的とした研究の一環として実施された。実験では(独)建築研究所の所有する大型せん断土槽を使用し、当該土槽内に築造した土のう擁壁を一方に加振することで当該擁壁に作用する土圧、接地圧および変形挙動を調べ、地震時の安定性について検討した。

2. 実験装置および試験体

実験には、せん断フレーム、油圧アクチュエータ、土砂自動搬送装置および計測システムからなる大型せん断土槽を用いた。本装置は、相互に摺動ローラーにより支持された鋼製の積層フレーム内に長さ(加振方向)10m、深さ5m、幅3.6mの地盤を作製し、地震時の地盤の振動や液状化現象を再現することができる。積層フレームは側方へのたわみやねじれを防止するために摺動ローラーによって外部から拘束され、加振中に地盤と一体となって挙動する。この大型せん断土槽は、加振テーブル上に設置されており、せん断土槽積載時総重量(4410kN)の慣性負荷に対して最大速度20kineの加振性能を有する油圧アクチュエータによって加振される。油圧アクチュエータは、コンピュータ指令の油圧自動制御によって、正弦波その他の基本波形および実地震波形の入力が可能である。大型せん断土槽の性能諸元を表-1に、その構成の概要を図-1に示す。

試験体となる擁壁は、土のうにより築造し、擁壁高5.0m(50段)、天端幅1.2m(奥行き方向に3

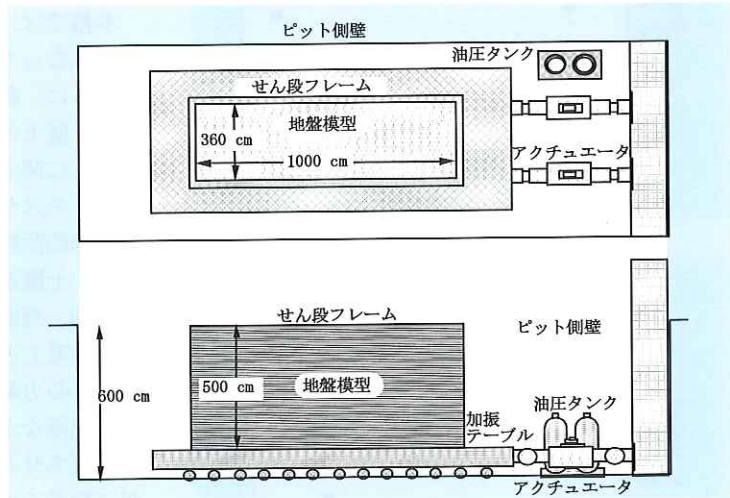


図-1 大型せん断土槽概要

列)とした。

のり勾配は1:0.3(のり面角度73°)とし、その背後には、高さ5.0m、幅3.6m、長さ8.0mの実物大の盛土を築造した。また、擁壁下部の基礎地盤の状態は碎石地盤とした。概要を写真-1に示す。

表-1 大型せん断土槽諸元

せん断土槽	フレーム数	17段(各30cm)
	相対変位量	各段±50mm
	最大せん断ひずみ量	±800mm
油圧 アクチュエータ	定格出力	±4MN
	定格ストローク	±100mm
	最大速度	20kine



写真-1 試験体の状況

A Large Scale Shaking Table Test on the Retaining Wall made with Soilbags

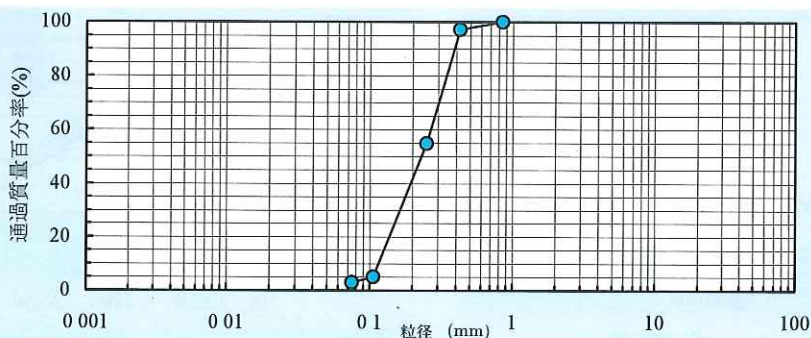


図-2 盛土材料の粒度分布

表-2 盛土材料の物理・力学特性項目

項目	(単位)	数値	備考
自然含水比 w	(%)	4	
最大粒径	(mm)	0.85	
礫分 <2~75mm>	(%)	0	細粒分混じり
砂分 <75 μ m~2mm>	(%)	97	砂
細粒分 <75 μ m未満>	(%)	3	[S-F]
均等係数 U_c		2.3	
粘着力 c'	(kN/m ²)	0	Dr=30%
内部摩擦角 ϕ'	(度)	33	圧密排水条件

3. 盛土材料および盛土施工

盛土材料には、栃木県産の日光硅砂 6 号を使用した。本材料は、細粒分 3%、平均粒径 0.25mm、均等係数 2.3 であり、細粒分まじり砂 S-F に分類される。盛土材料の物理および力学的特性を表-2 に、粒度分布を図-2 に示す。

盛土施工は、撒き出し厚さを概ね 50cm として

均一に敷き均したのち、振動パイプロを用いて所定の密度に締固めた。盛土の密度管理は、コアカッター法を用いて各層毎に密度測定を行うとともに動的平板載荷試験により各層毎に盛土地盤の均一性を確認した。盛土施工時の土の締固め度は最大乾燥密度の 85% であった。また、盛土終了後には盛土地盤の地盤強度を確認するために連続貫入試験を行い、平均 Nd 値は 7 回であった。

4. 計測内容および加振条件

計測機器は、図-3 に示すようにに加振中の挙動を把握するため盛土幅の中央付近に配置した。擁壁直下部に水平・鉛直荷重計、盛土直下に土圧計(接地圧分布)、地盤内にせん断ひずみ計、および潜在的な主働崩壊位置を確認するための帯状の張力計、地盤内・土のう内・加振テーブルに加速度計、せん断土槽フレーム・地表面に変位計を設置した。

加振は、スウィープ加振およびステップ加振を

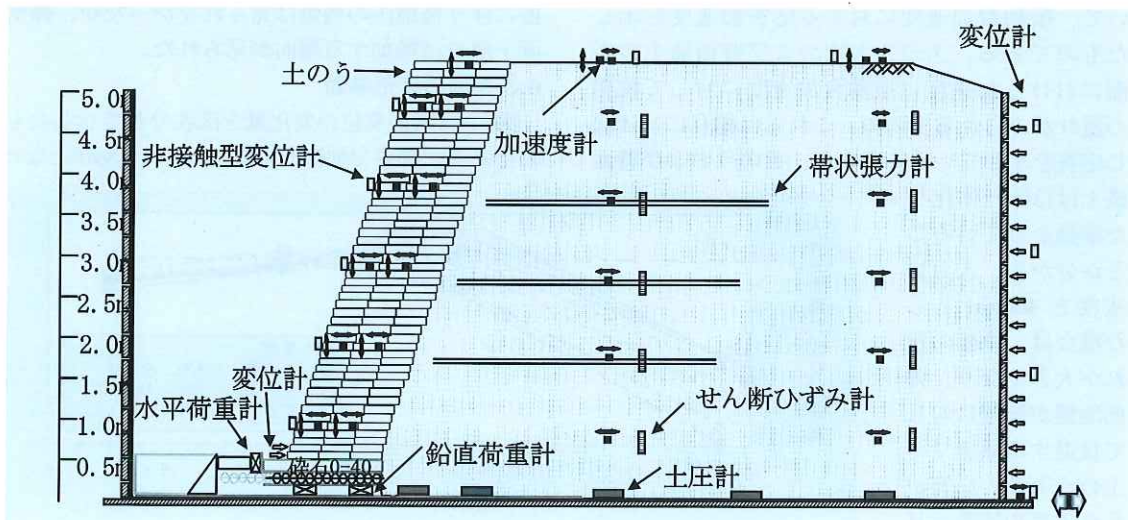


図-3 計測内容及び計測位置

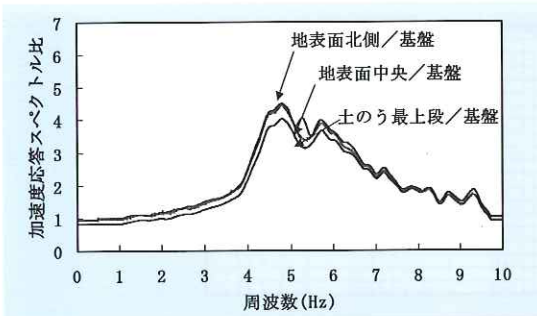


図-4 スウィープ加振結果

行った。スウィープ加振では、試験体の共振振動数を求めるために 20gal 程度の振幅一定の正弦波を 0.1Hz~10Hz に変化させて加振テーブルに入力し、応答加速度を確認した。またステップ加振は、入力加速度振幅の大きさを増加させる段階加振とし、正弦波 (125, 180, 400gal) および地震波 (TAFT1952 EW 360gal) を入力した。

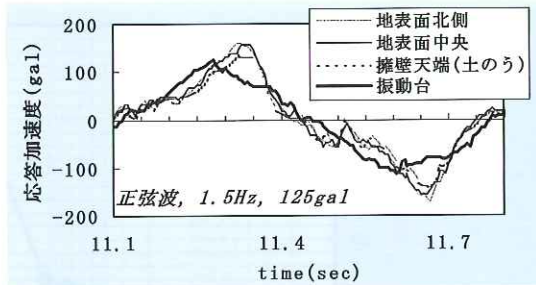
5. 予備実験 (スウィープ加振) 結果

本加振に先立ち、試験体及び盛土の基本的な動特性を把握するためのスウィープ加振を実施した。図-4 に、加振テーブルにおける入力に対する地表面各部位の応答のスペクトル比を示す。試験体の共振周波数は 4.9Hz 程度に認められる。また、振動台に対する背面盛土および土のう擁壁 (最上段) の応答特性はほとんど合致している。

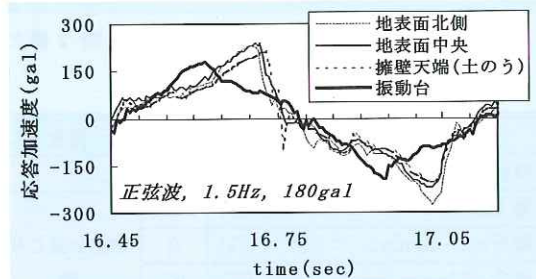
6. 実験結果

6.1 応答加速度

図-5 は土のう天端および背面盛土の表面について、振動台加速度に対する応答加速度を示したものである。土のう天端および背面盛土の表面における加速度は振動台加速度に対して位相の遅れがみられるものの、これらは相互にほぼ同じ応答を示していることから、土のうおよび背面盛土はほぼ一体化した挙動をしていることが分かる。入力加速度を 400gal とした場合は、位相の遅れが大きくなり、背面地盤が擁壁に対して後退する領域での土のう天端の応答が乱れる等の特徴が見られたが、擁壁中段



(a) 正弦波、1.5Hz、125gal



(b) 正弦波、1.5Hz、180gal

図-5 各部分の応答加速度

より下部では図-5 と同じく一体化した挙動を示しており、実験の条件として擁壁の上載荷重が極端に小さいことの影響と考えられる。地震波入力 (Taft1952 EW 360gal) に対してもほぼ同様の結果が得られている。

6.2 基礎部に作用する接地圧

図-6 は加振時の基礎部の接地圧分布を示したものである。基礎に働く接地圧は、加振方向の擁壁背面からの距離により増減する傾向を示している。加振終了後の接地圧の大きさは、盛土直下では加振前の常時接地圧の大きさとほぼ等しく、加振に伴う接地圧の残留は見られなかったが、擁壁直下部では増加する傾向が見られた。

6.3 壁面の変形挙動

図-7 は壁面変位の変化量を深度分布で示したものである。図中で加振波のレベルが 180gal となっ

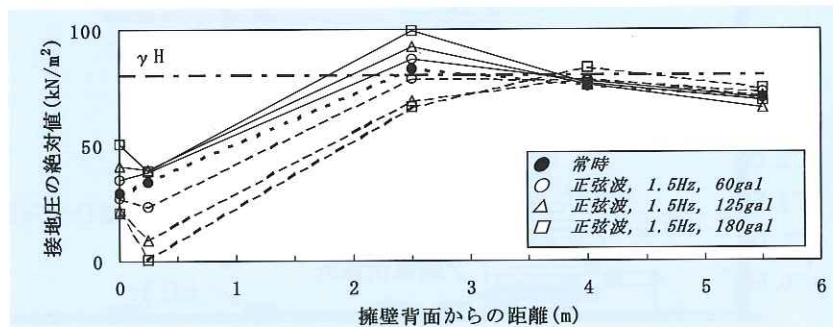


図-6 接地圧分布

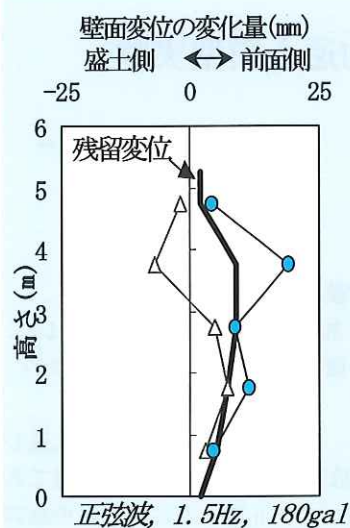


図-7 壁面変位分布

ているが、地表面において観測された加速度は約250galであった。○印及び△印は、それぞれ加振中の最大及び最小の変位である。加振中の変位量は20mm程度であり、加振後の壁面残留変位は約10mmであった。今回の実験では土の相互の連結等を行っておらず、有効な措置を講ずることによって中程度の地震に対して変形の生じ難い擁壁の建設も可能であると考えられる。

6.4 地震時主働崩壊線

図-8は帯状の張力計に作用する張力分布を示したものである。常時(加振前)および加振時における張力分布の最大位置はほとんど変わらないことから、地震時においても主働崩壊線が背面側に移行しないと考えられる。

7. まとめと今後の課題

土のうを用いて築造した高さ5mの実物大の擁

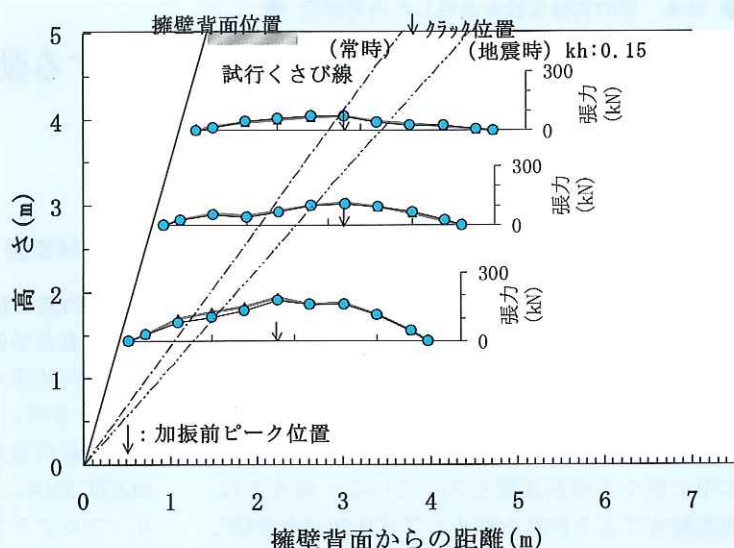


図-8 主働崩壊位置

壁の地震時の安定性の確認試験を実施した結果、以下のことが明らかとなった。

- (1) 正弦波加振(最大入力加速度400gal以下)時には、擁壁本体及び背面盛土はほぼ一体となって挙動する。
- (2) 加振終了後も擁壁本体の安定性に変化は見られなかった。

今後は、土のう単体の構造性能として摩擦およびせん断特性・荷重～変形特性の検討、さらに、動的特性についての検討が必要と考えられる。

参考文献

- 1) 社団法人日本道路協会：道路土工擁壁工指針, 平成11年3月
- 2) 二木、井上、三上他：大型せん断土槽を用いた「土のう擁壁」の実大振動台実験, 土木学会, 第57回年次学術講演会講演概要集(CD-ROM DISC1), 平成14年9月

井上波彦*



独立行政法人建築研究所構造研究グループ主任研究員, 工修
Namihiko INOUE

二木幹夫**



独立行政法人建築研究所構造研究グループ客員研究員, 工博
(前 国土交通省国土技術政策総合研究所建築研究部長)
Dr.Mikio FUTAKI

三上和久***



(株) テクノソール
Dr.Kazuhisa MIKAMI