

遠心力載荷模型実験における火山灰質粘性土を用いた
盛土に関する動的特性の再現と数値計算との比較による検証

長崎大学大学院 学生会員 ○真田伸行 長崎大学大学院 フェロー 棚橋由彦
長崎大学工学部 フェロー 蔣 宇静 長崎大学工学部 正会員 杉本知史
長崎大学工学部 学生会員 劉 野 長崎大学大学院 学生会員 東 幸宏

1.研究の背景と目的

近年日本では大地震が多数発生しており、その地震によって土木施設が被害を受けている。駿河湾震源地震において、東名高速道路でのり面が崩壊しており交通機能が大きく被災した。この被災経験を踏まえて、盛土等の耐震設計の重要性が見直されている。また近年、建設発生土の増加に伴い、社会的要請として、低品質土の有効利用促進が求められ、従来盛土材として用いられることの無かった黒ぼくのような高含水比火山灰質粘性土でさえ、盛土材として使用する必要に迫られている。補強材に加え、排水機能等を付加することで、低品質土でも高盛土の築造が可能となることが期待できる。

本研究では、遠心力載荷模型装置において新たに加振装置の開発を行い、最初の試みとして動的状態における粘性土盛土の力学的安定性を評価する手法について検討し、数値計算の結果との比較を行った。

2.実験及び解析概要

2.1 加振装置の開発

加振装置を制御する油圧系統の模式図を図-1 に示す。加振装置の構造として、ガスをアキュムレータに蓄圧させることにより積層型試料容器を振動させる。アキュムレータには高压側と低压側の二つがあり、ポンプユニットから高压側にガスを蓄圧させ、電磁弁を開くことにより振動を加える。積層型試料容器の概要を図-2 に示す。遠心力載荷模型装置に積層型試料容器を付加することにより、動的状態における力学的安定性の評価を行う。構造物の耐震性を評価するうえで、模型に地震動に相当する振動を与える必要があるが、遠心力載荷装置に加振装置を設置し、これに模型を作製することで、遠心力載荷中に地震動の再現を可能とすることができる。積層壁は両側とも 20 段で、容器内の試料を液体で飽和させても漏れない構造とした。また、積層型試料容器から試料を取り出して観察するための底板をアクリル板で作成した。

2.2 実験ケース

本研究では、火山灰質粘性土である黒ぼく土を用いた。その物性値を表-1 に示す。これらは 2mm ふるいで粒度を調整している。盛土の形状と寸法を図-3 に示す。なお、遠心加速度を 40G(盛土高 6.0m 相当)で固定し、表-2 に示す条件で加振させた。

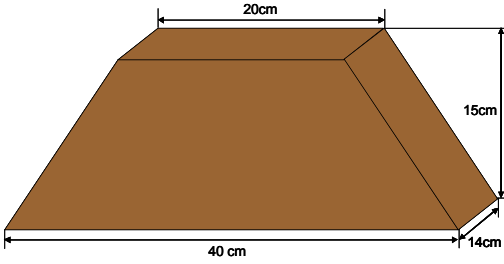


図-3 盛土の形状

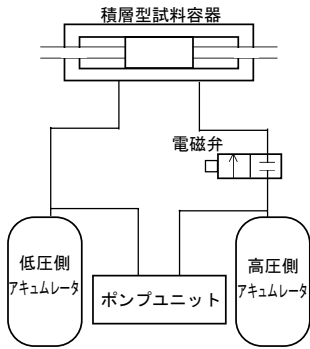


図-1 加振制御装置の模式図

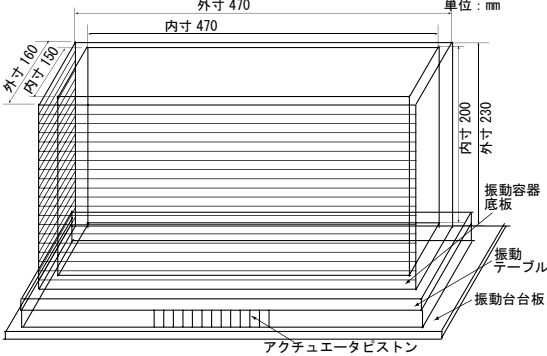


図-2 積層型試料容器の概要

表-1 盛土材の物性値

自然含水比	w_I	(%)	115
土粒子の密度	ρ_s	(g/cm ³)	2.4
液性限界	w_L	(%)	177
塑性限界	w_P	(%)	113
最大乾燥密度	$\rho_{d\max}$	(g/cm ³)	0.66
最適含水比	w_{opt}	(%)	44.8
透水係数	k	(cm/s)	3.38×10^6
盛土作成時			
含水比	w	(%)	100

2.3 解析概要

本解析では、盛土のモデル化を行い、有限差分法解析コード FLAC3Dにより解析を行う。解析の流れとして、実験ケースと同じ形状のモデルを作成し、安定させた後、加振させる。メッシュ構成は縦に 40 分割、横に 60 分割とする。入力波形は速度で入力することから正弦波 $y=A\sin(2\pi ft)$ を時間で微分した、 $v=2\pi f A\cos(2\pi ft)$ とする。また、遠心力载荷模型装置で遠心加速度を 40Gとしていることから、実物換算として長さや時間は 40 倍、振動数は 1/40 倍としたもので解析を行う。入力パラメータを表-3 に示す。

3.実験と解析の結果の比較と考察

実験による振動時間と水平変位の関係を図-4 に示す。実験結果では入力数値の通り振幅 1mm の範囲で加振しており加振制御が終わるとゆっくりと減衰していることがわかる。次に、遠心力载荷実験による加振後の崩壊状況を図-5 に示す。天端において沈下及び亀裂が発生しており、法面がふくれていることがわかる。解析による変位ベクトルを図-6 に示す。変位ベクトルから、盛土下部への流れるような変位の進行があり、また法面方向に向かって変位が見られる。これらの結果は、加振後の実験ケースと比較するとほぼ一致している。次に、解析による破壊状況を図-7 に示す。天端と盛土下部において引張破壊が発生している。これは、実験の結果である天端の亀裂や法面がふくれていることと一致しており、実験結果と解析結果は比較的よい相関関係にあることがわかる。

4.おわりに

今回は、遠心力载荷模型装置による振動実験と有限差分法解析コードによる比較検討を行った。この結果から、双方は比較的一致していることが明らかとなった。今後さらに色々な条件下での検証を行っていくために、豊浦標準砂やジオグリッド模型補強材(ネトロン Z-28-200)を敷設したサンドイッチ工法等を実施していく。また、土圧による実験結果と解析結果についても比較検討していく。

【参考文献】

- 1) 玉野智世, 棚橋由彦, 蔭 宇静, 杉本知史: 遠心模型によるサンドイッチ補強盛土の排水・補強効果の実験的評価, 土木学会第 64 回次学術講演会概要集(CD-ROM), 3-311, pp.621-622, 福岡(2009.9)
- 2) 河東立, 棚橋由彦, 蔭 宇静, 日高公大: 粘性土を用いたジオシンセティック補強盛土の補強効果と安定性に関する解析的評価, 土木学会第 59 回次学術講演会講演概要集(CD-ROM), 3-060, pp.621-622, 愛知(2004.9)

表-2 加振条件

波形	振幅 (mm)	周波数 (Hz)	回数
正弦波	1	50	250

表-3 入力パラメータ

変形係数	E	(kN/m ²)	105
ポアソン比	ν		0.3
粘着力	C	(kN/m ²)	85.39
摩擦角	ϕ	(deg)	6.8
振幅	A	(mm)	40
振動数	f	(Hz)	1.25

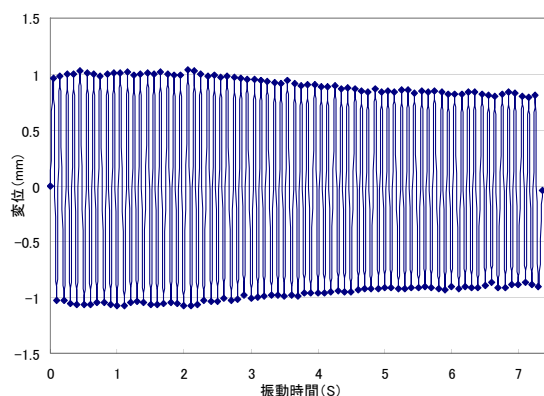


図-4 実験による時間と水平変位



図-5 加振後の崩壊状況

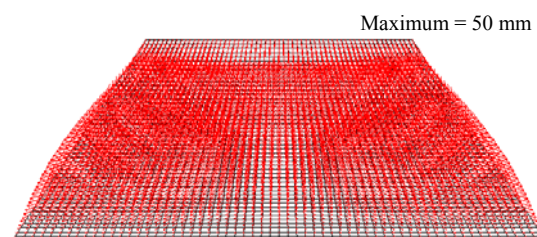


図-6 解析による変位ベクトル(加振 5 分後)

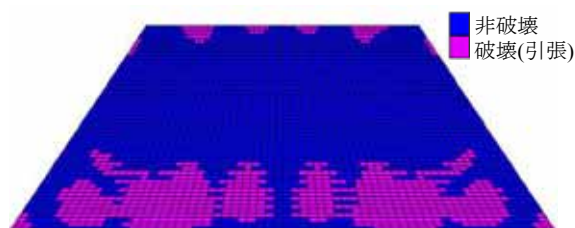


図-7 解析による破壊状況(加振 5 分後)