

解析領域の大きさおよび側方境界条件の違いが土構造物・地盤系の固有振動数および固有振動モードに及ぼす影響

名古屋大学 学生会員 ○清水 亮太

名古屋大学 正 会 員 野田 利弘 山田 正太郎

(財)地震予知総合研究振興会 フェロー会員 浅岡 顕

1. はじめに

地盤の地震応答や地震後の圧密挙動を有限要素解析によって求める際には、地盤をある領域に区切ってモデル化した上で境界条件を与える必要がある。また、対象とする解析領域の大きさや境界条件の与え方によっては解析結果に様々な影響を及ぼすことが考えられる。本報では、水～土骨格連成式を考慮した固有振動解析手法¹⁾を用いて土構造物・地盤系の初期値・境界値問題における解析領域の大きさや地盤側方の境界条件の違いが系全体の固有振動数および固有振動モードに与える影響について調べた結果を示す。具体的には、まず、ある土構造物・地盤系に対して固有振動解析を行い、系全体の固有振動数および固有振動モードを算出する。次に、得られた固有振動モードの中から地盤と土構造物がそれぞれ大きく変形するモードを抽出する。このようにして得られた固有振動数および固有振動モードを基準とし、地盤の幅を変化させた場合や地盤側方に与えた境界条件を変化させた場合を考えることで、系全体の固有振動数および固有振動モードがどのように変化するかを示す。なお、計算は水～土骨格連成有限変形解析コード **GEOASIA**²⁾によって行う。

2. 解析条件

基準となる計算 CASE(以降 CASE 1 とする)について示す。計算は二次元平面ひずみ条件で行った。飽和した水平成層地盤上に盛土を構築した場合を考える。計算に用いた有限要素メッシュと境界条件を図 1 に示す。地盤の境界条件として地盤下端の水平方向に粘性境界($\rho=2.0\text{g/cm}^3, V_s=1000\text{m/s}$)、鉛直方向に速度境界(固定条件)を与え、側方には周期境界を与えた。また、地盤の側面と底面は非排水境界とした。盛土は飽和状態とし、水～土骨格二相系の弾塑性有限要素を図 1 に示す位置に段階的に追加し、圧密が終了するまで計算を行った。地盤下部の砂層には珪砂 6 号の材料定数を、地盤上部の粘土層にはトチクレーの材料定数をそれぞれ使い、盛土材には珪砂 7 号とトチクレーを混ぜた中間土の材料定数を用いた³⁾。以上の条件より、圧密放置後の土構造物・地盤系に対し、固有振動解析を行った。

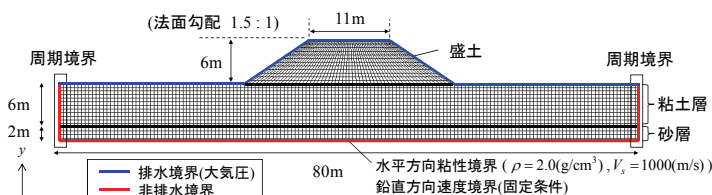


図 1 有限要素メッシュおよび境界条件

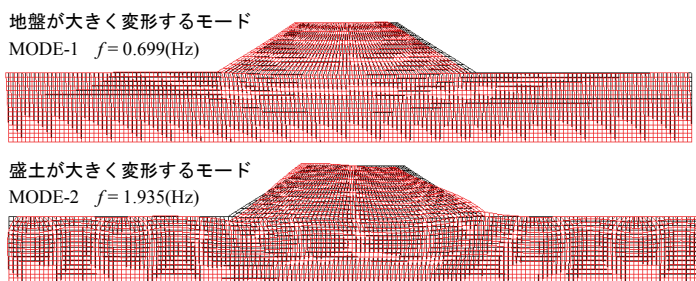


図 2 固有振動数および固有振動モード(虚部)

(CASE 1 : 基本ケース)

3. 基準となる土構造物・地盤系の初期の固有振動数と固有振動モード

計算によって得られた圧密放置後の固有振動モードのうち、地盤が大きく変形するモード(MODE-1)と盛土が大きく変形するモード(MODE-2)を図 2 に示す。なお、本稿では固有振動モードが複素固有ベクトルの実部と虚部の線形結合で表されるが、ここでは、複素固有ベクトルの虚部で表されるモードのみを示している。

4. 地盤の解析領域および境界条件が系全体の固有振動数および固有振動モードに与える影響

前章で得られた CASE 1 を基準として、新たに 3 つの CASE を考える。計算に用いた有限要素メッシュと境界条件の変更点を表 1 に示す。CASE 2 は地盤の幅を倍にした場合、CASE 3 は地盤の幅を半分にした場合、CASE 4 は地盤側方の境界条件を周期境界から側方境界要素単純せん断変形境界⁴⁾へと変えた場合をそれぞれ表している。

キーワード 土構造物・地盤系, 固有振動解析, 解析領域, 境界条件, 水～土連成有限変形解析

連絡先 〒464-8603 名古屋市千種区不老町 名古屋大学大学院 工学研究科 社会基盤工学専攻 TEL 052-789-4621

側方境界要素単純せん断変形境界とは解析領域側面の境界上の節点とその節点と水平方向に隣り合う節点間に等変位条件を設けるものであり、解析領域が左右非対称である場合に適用できる。計算に用いた材料定数および初期値、施工過程や境界条件(CASE 4 の地盤側方を除く)は全て CASE 1 と同じとした。以上の条件より、各 CASE の圧密放置後の土構造物・地盤系に対し、固有振動解析を行った。各 CASE において、得られた圧密放置後の固有振動モードのうち、地盤が大きく変形するモード(MODE-1)と盛土が大きく変形するモード(MODE-2)を図 3 にそれぞれ示す。CASE 2 の固有振動数の値に着目すると、CASE 1 の場合よりも僅かに大きくなるもののほとんど変わらないことが分かる。一方で、CASE 3 の固有振動数の値に着目すると、CASE 1 よりも明らかに小さくなっていることが分かる。このように、水平成層地盤上に盛土のような土構造物がある系では、土構造物の幅に比べある程度広い解析領域を確保すると、解析領域の幅は系全体の主要な振動特性に大きな影響を与えなくなる。次に、CASE 4 に着目すると、CASE 1 とほぼ同様な固有振動モードおよび固有振動数が得られていることが分かる。このように、解析領域の幅をある程度確保しておけば、周期境界を与えた場合と側方境界要素単純せん断境界を与えた場合では、主要な振動特性はほぼ等しくなることが分かる。

表 1 計算 CASE のまとめ

	地盤の幅(m)	地盤側方の境界条件
CASE 1	80	周期境界
CASE 2	160	周期境界
CASE 3	40	周期境界
CASE 4	80	側方境界要素単純せん断変形境界

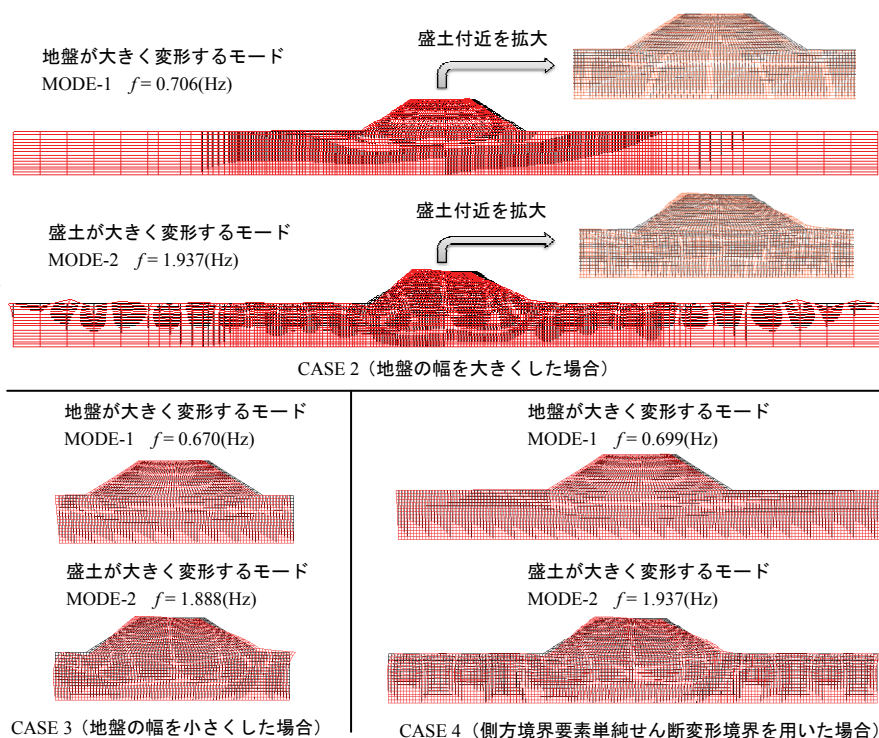


図 3 固有振動数および固有振動モード(虚部)
(CASE 2, CASE 3, CASE 4)

5. おわりに

以下に水平成層地盤上に土構造物を有する系を対象に、解析領域や地盤側方の境界条件の違いが系全体の固有振動数および固有振動モードに与える影響について調べた結果を示した。①土構造物の幅に比べある程度広い解析領域を確保すると、解析領域の幅が系全体の主要な振動特性に大きな影響を与えないこと、および、②解析領域の幅をある程度確保しておけば、周期境界を与えた場合と側方境界要素単純せん断境界を与えた場合とで、主要な振動特性に大きな違いが生じないことを示した。別報⁵⁾では、本稿で扱ったのと同様な CASE に対し地震応答解析を行い、解析領域の幅や側方境界条件の違いが土構造物・地盤系の地震中・地震後に生じる変形破壊挙動に与える影響について示す。

参考文献

- 1) 清水亮太他(2011): 固有振動解析による土構造物・地盤系の地震応答特性の把握, 第 23 回中部地盤工学シンポジウム論文集, 51-56.
- 2) Noda, T. et al.(2008): Soil-water coupled finite deformation analysis ..., S&F, 48(6), 771-790.
- 3) Noda, T. et al.(2008): Delayed failure of a clay foundation-embankment system ..., Theoretical and applied mechanics JAPAN, 57, 41-47.
- 4) 吉見吉昭他(2005): 地盤液状化の物理と評価・対策技術, 技報堂出版.
- 5) 野田利弘他(2012): 解析領域の幅および側方境界条件の違いが土構造物・地盤系の地震中・地震後に生じる変形破壊挙動に与える影響, 土木学会 第 67 回年次学術講演会概要集(本概要集).