

間隙水を考慮した DEM による粒子間接触力に関する研究

(株)大成ロテック

鳥取大学

正会員

○角谷 剛

藤村 尚

1.はじめに

実地盤ではその内部に地下水や雨水による間隙水などが存在しており、液相、固相、気相からなる混相体とみることができる。したがって地盤を解析するに際して、水の存在は特に無視できない因子となる。液状化現象や斜面崩壊の問題では間隙水が重要な要因の 1 つとみなされている。そこで、本研究では、個別要素法(DEM)の基本特性をそこのなわずに間隙水の挙動を連成させることによって、円形要素で構成される積層体内が水で満たされている飽和状態下にある場合と、水で満たされていない気乾状態下にある場合について、粒子間接触力を比較し検討することを目的としている。ここでは鉛直方向の外力として上載荷重および水平方向の外力として地震力(以下水平加速度と呼ぶ)を作用させて、粒子間接触力を検討した。

2.解析モデルの設定

解析するに当たり本研究では図-1 に示した円形要素15個で構成される積層体を解析モデルとした。最下段の要素を地盤、上部を盛土としてこの形状を用いている。また間隙水の外部への排水を防ぐために最下部に平板を設けた。モデルに水の存在を考慮する場合は完全飽和状態とし、間隙間の浸透は考えるが外部への排水はなく非排水とした。また、今回、図-1 に示すように最上部の要素と間隙を注目要素、注目間隙とし、モデル全体の接触力の変化と共に、注目要素間の接触力、注目間隙の水圧の変化もあわせて検討した。

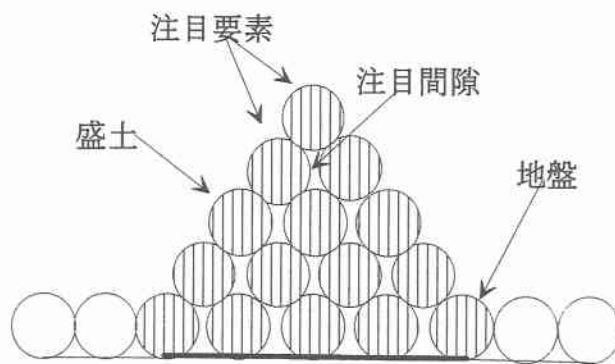


図-1 積層体 解析モデル

3.解析手順の概略

本研究では上載荷重の解析と地震解析を行う。どちらの解析においても外力を作用させるまえに重力の作用下での静止状態を作る。この状態から外力を作用することになる。荷重は最上部の要素(注目要素)に対して載荷を行う。又、水平加速度は最下層の要素(基盤要素)に直接入力するという方法をとる。この時、基盤要素に入力される振動波形に位相差はなく、同一の変位を取るものとする。

4.解析結果と考察

まず外力として荷重を与えた場合の解析結果を図-2 に示す。この図は荷重として要素 3 個分を載荷した時の結果である。気乾状態下と飽和状態下において接触力に大きな違いが生じているのがわかる。これは飽和状態下では浮力とともに圧縮されることによって生じた過剰間隙水圧のために気乾状態下よりも粒子間接触力が著しく低下しているのである。荷重を与えた時の注目要素間の接触力変化を図-3 に、注目間隙の水圧変化を図-4 に示す。初期静止状態($t=0.0s$)において気乾状態と飽和状態の接触力の差は浮力の影響だけであったが、荷重載荷後($t=0.009$)では、発生した間隙水圧の影響により接触力の差は大きくなる。(図-3 参照)。また、間隙水圧は荷重重量を増すと過剰水圧が大きく発生した(図-4 参照)。

次に外力として水平加速度を与えた場合の解析結果を図-5 に示す。この図は水平加速度に 150gal を用いた、その最大加速度入力時の接触力分布である。また、その時、飽和状態下で発生した間隙水圧の分布を図-6 に示す。気乾状態下と飽和状態下では粒子間接触力が異なることが分かる。両状態とも左半分の接触力が慣性力の影響で大きくなっているが、飽和状態においては図-6 に示すように慣性力によって間隙水圧が発生している。その間隙水圧と浮力によって接触力の低下が生じて、両状態の接触力の大きさに差がみられた。また、間隙水圧は水平加速度を大

きくするとより過剰に発生することがわかった。さらに、加速度を上げていくと気乾状態下では安定しているが、飽和状態下では崩壊が起こった。

5.まとめ

- ・外力として荷重と水平加速度を作用させた両方の場合において、飽和状態では浮力と発生した間隙水圧により気乾状態よりも粒子間接触力が低下し、不安定な状態にある。
- ・間隙水圧は荷重重量、水平加速度が大きくなるほど過剰に発生した。そのためより荷重重量、水平加速度を大きくしていくと気乾状態下では安定しているが、飽和状態下では崩壊が起こる。

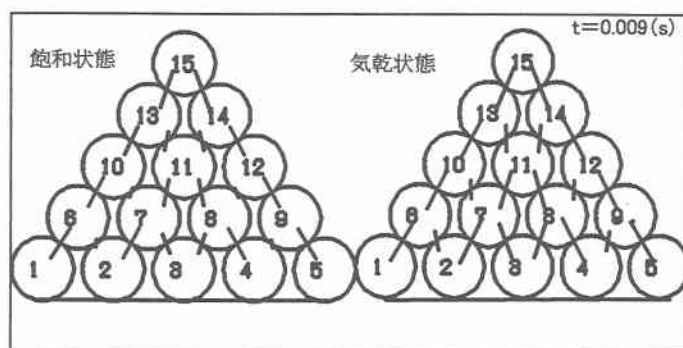


図-2 荷重(要素3個分)による接触力の変化

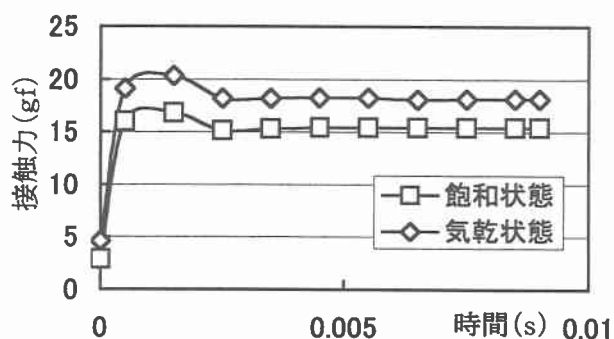


図-3 荷重(要素3個分)による注目要素間の接触力変化

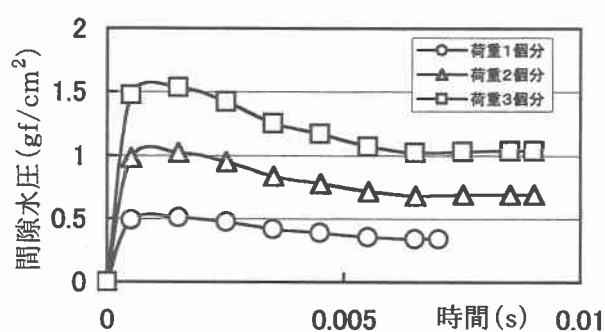


図-4 荷重(要素3個分)による注目間隙の水圧変化

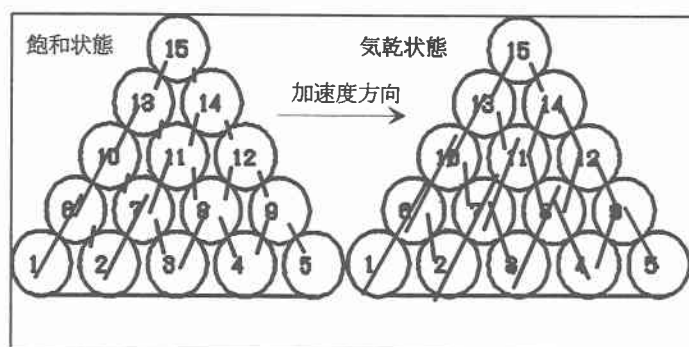


図-5 150gal,5Hz での最大加速度入力時の接触力

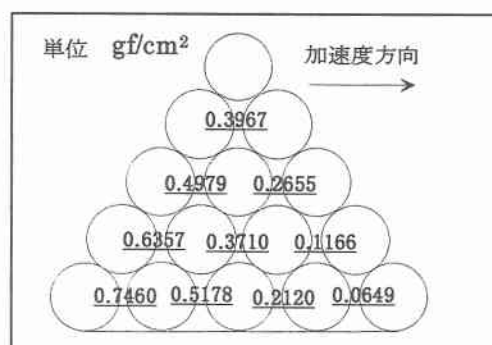


図-6 最大加速度入力時の間隙水圧分布