

III-361 DEMによる砂質土の一面せん断試験の解析手法の開発に関する研究

埼玉大学大学院 学生員 ○児島誉之
埼玉大学工学部 正会員 岩下和義

はじめに

現在、地盤の振動解析などの動的解析では土を連続体として扱う場合が多く、亀裂の入った後等に顕著にみられる土の非連続体的な挙動は十分に考慮されていない。中でも砂質土は、粘土に比べて要素間の結合力が小さくその非連続性はさらに明確に現われ、時には流体にも似た挙動を示すこともある。そこでDEM(個別要素法)を改良して用いることにより、このような土質材料の特性までも考慮した動的解析を行なうことを目標に研究を進める。

特に今回の研究では、まず第一にDEMにより表現した砂質土モデルを用いて一面せん断試験を行ない、せん断破壊に至るまでのメカニズムを説明すること、次にモデルの力学特性を実際の土と対比することにより、個別要素法の適用性を検討し改善して行くことを目標とする。

解析の背景とその方法

シミュレーションは、砂質土を対象として行なう。一般に砂質土に対して行なわれる一面せん断試験は完全排水状件のもとでの緩速せん断試験であり、有効応力解析に適用されている。本研究でもせん断条件として基本的にはこれにそった条件を設定し解析を試みる。ここで砂質土が緩速でせん断されるのは、著しい間隙水圧の発生を防ぐためである。しかしDEMでは間隙水の影響を完全に排除することができるためせん断速度として通常の実験の10倍と5倍の値を使用した。DEMを用いて砂のような小さな粒状体の解析を行なう場合、その解析時間の大幅な増加を招いてしまう。これを防ぐ方法として相似則の導入をはじめいくつかの手段が考えられるが、今回は要素の径はできるだけ小さくし、その分要素の個数を減らすことで対処した。この方法では滑らかなせん断力図は得にくいと思われるが、反面要素の挙動とせん断力及びダイレタンシーの関係が明確に現われることも期待できる。

以下、解析に用いる供試体モデルの製作手順、ならびにせん断方法を示す。

- ① ある範囲内でランダムな大きさをもつ円形要素をせん断容器内に自由落下により堆積させる。
- ② 堆積した要素の上部にあわせてせん断箱の上蓋を作成する。(図-1)
(壁・要素間で、好ましい接触力を得るため、せん断箱は動かない円形要素をならべて作成する。)
- ③ 上蓋に一定圧力を加え要素が安定するまで圧密する。
- ④ 圧密の終了と同時に上蓋を一定速度でスライドさせ、せん断を開始する。
(この時、上蓋は内部の圧力により自由に上下動できるよう設定し垂直変位の変動を計測する。また、せん断力は、下蓋の各壁要素に働く水平方向の力の和をもって表現する。)
- ⑤ せん断力が十分非線形領域に入った時点でせん断を終了する。

以下、解析に用いたパラメータを示す。(表-1)

表-1 解析に用いたパラメータ

要素個数	50 個	せん断速度	1 or 0.5 cm/min
要素半径	0.5~1.5mm	動摩擦係数 Q D	0.01~2.0
時間増分 δt	5.0×10^{-5} sec	垂直応力	0 or 0.25 kgf/cm ²

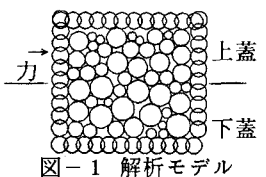


図-1 解析モデル

解析結果

垂直荷重をかけない場合と、0.25 Kgf/cm²の荷重をかけた場合のそれぞれに対し動摩擦係数を 0.01、0.1、0.5、1.0、2.0 と変化させて解析を行なった。荷重をかけない場合 (Fig-1) とかけた場合 (Fig-3) の両方で動摩擦係数が大きくなるほどせん断耐力が大きくなっていることが分かる。上蓋の垂直変位についてもやはり両方 (Fig-2) (Fig-4) で、せん断の進行にともなう変位の増加がうかがえる。次にせん断速度を 1/2 にしたもの (Fig-5) (Fig-6) と比較してみると 1/2 の速度でせん断した方がせん断耐力が小さくなっていることが分かる。これは急速せん断を行なった方が大きなせん断耐力を示すという実際の現象にそった結果と言えよう。せん断耐力と上蓋の垂直変位を同じグラフ上に載せてみると、変位の変動にともなってせん断耐力も変動していることが分かる。また上蓋の変位が大きく変動すると同時に、せん断耐力が顕著に変化している様子も確認できた。

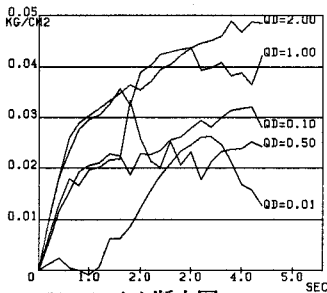


Fig-1 せん断力図

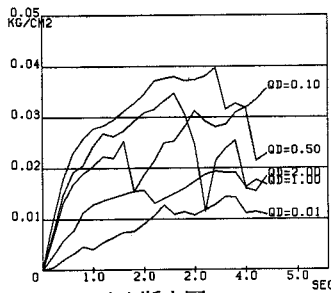
(0 kgf/cm², 1 cm/min)

Fig-3 せん断力図

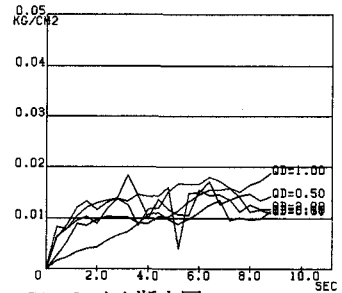
(0.25 kgf/cm², 1 cm/min)

Fig-5 せん断力図

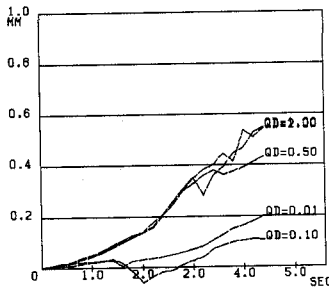
(0.25 kgf/cm², 0.5 cm/min)

Fig-2 上蓋の垂直変位

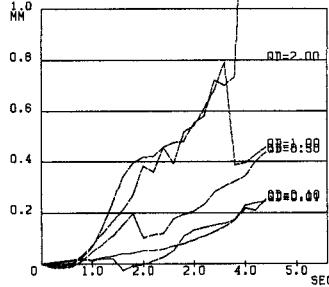
(0 kgf/cm², 1 cm/min)

Fig-4 上蓋の垂直変位

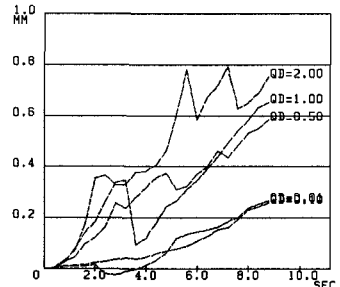
(0.25 kgf/cm², 1 cm/min)

Fig-6 上蓋の垂直変位

(0.25 kgf/cm², 0.5 cm/min)

結論

- I・せん断力図において、線形領域では比較的きれいなせん断耐力の増加がみられたが、非線形領域に入ると耐力の極端な変動がみられた。これは要素数の少なさに起因するものと想われる。
- II・せん断が進むに連れて供試体の体積が増加していく様子（ダイランシー）が確認できた。内でも動摩擦係数の大きいモデルの方がより顕著に体積増加を起こすことが確認できた。
- III・動摩擦係数を大きくするに従い、せん断耐力が増加していく傾向が確認できた。
- IV・動摩擦係数を大きくするに従い、要素の乗り上げが速く進行していく傾向が確認できた。
- V・せん断速度を遅くすると同じ供試体でも小さなせん断耐力しか示さないことが分かった。
- VI・垂直荷重を加えないものに比べ加えた場合の方が小さなせん断耐力を示した。これは実際の実験とはあい反する傾向である。原因としてはモデルが粗いため荷重を十分支持する前にすべりを起こしてしまう等の理由が考えられるので、今後様々なモデルを用いた解析を行ない検討をしていく必要がある。