

III-123 粒状体シミュレーションによる地震時の地盤の挙動の解析

東京大学

清水建設株式会社

正会員

正会員

○ 伯野元彦

植村大輔

1. 序

本研究は、Cundall が開発した個別要素法を応用し、地盤を移動可能な多数の円形要素からなると仮定し、比較的ゆるい地盤が地震力を受けた時どのような挙動を示すかを計算機を用いて解析したものである。

2. 計算方法

図1において、要素が要素jに接触する条件は、

$$\varepsilon = R(i) + R(j) - ((X(i) - X(j))^2 + (Z(i) - Z(j))^2)^{0.5} > 0.0 \quad (1)$$

また、この式が満たされる時、要素が要素jから受ける力(F_x, F_z)は、

$$F_x = K_n * m(i) * \varepsilon * (X(i) - X(j)) / ((X(i) - X(j))^2 + (Z(i) - Z(j))^2)^{0.5}$$

$$F_z = K_n * m(i) * \varepsilon * (Z(i) - Z(j)) / ((X(i) - X(j))^2 + (Z(i) - Z(j))^2)^{0.5} \quad (m(i) \text{ は質量})$$

であたえる。なお、 K_n は、 $R(j)/(R(i) + R(j)) * 6250$ (1/秒)とした。この計算を接触するすべての要素について行ない、それをたしあわせ、摩擦、重力、地震力を加えて各要素の時間ステップ毎の加速度を求める。それを積分し、速度、位置を求める。この計算を、すべての要素につき、各時間ステップ毎に行なう。

3. モデルの構築

本研究では、時間ステップを0.05秒、静止摩擦係数を0.5、動摩擦係数を0.2とした。また、要素の数は3400個、その半径は2.4cm から20cmの乱数で与え、その分布は図2のようになった。これらの要素を剛体壁で囲まれた所の空中から自由落下させ、上の方法に従って充填させ、図3-1のような初期のモデルを構築した。また入力地震動は、水平方向に正弦波で与えた。

4. 計算結果

このモデルに、800gal, 3.6Hzの地震動を25秒間与えてできた地盤のモデルが図3-2である。図3-1に比べて地表面が約50cm下がっていることがわかる。また、各要素の0.1秒後、2秒後、24秒後の速度の分布を示したのが図4である。これらの図から、要素の沈下はまず地表面から起こり、地中深くまで及んでいくことがわかる。また時間の経過とともに、下向き速度が小さくなっていることがわかる。また図5では9個の要素の25秒間の軌跡を示したが、深い所にある要素ほど沈下量が少なくなっていることがわかる。またこの図では、4秒毎に軌跡の上にマルをつけたが、ここでも時間の経過とともに沈下量が減っていることがわかる。さらに図6では、地震動の加速度振幅、振動数をかえた場合の、右側の壁にかかる力の総和の時間的変化を示した。いずれの図でも、10秒後前後で増加が止まっているが、その時の値は最大加速度が違っても変わらないが、振動数が大きいほうが小さな値になっていることがわかる。

5. まとめ

地盤を非連続体として扱ったシミュレーションにより、連続体としてのシミュレーションでは解析できなかった地盤の沈下を解析することができた。また振動実験では計測しえないような沈下の際の要素の細かな挙動をも解析できた。

参考文献

- 伯野元彦, 平尾寿雄; 粒状体のランダムパッキングに関するひとつの試み; 土木学会論文報告集'73.11
- 木山英郎他; Cundallの離散剛要素法を用いた岩質粒状体の重力流動の解析; 土木学会論文報告集'83.5

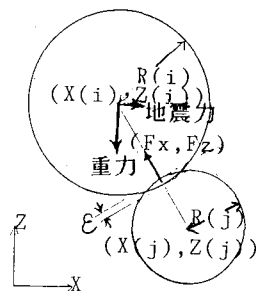


図1 要素に作用する力

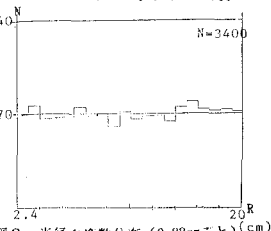


図2 半径の度数分布 (0.88cmごと) (cm)

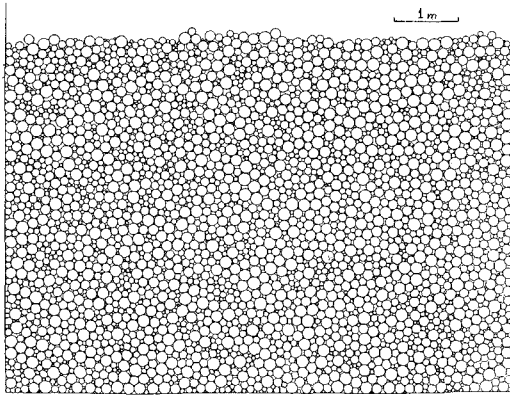


図3-1 粒子の分布（初期）

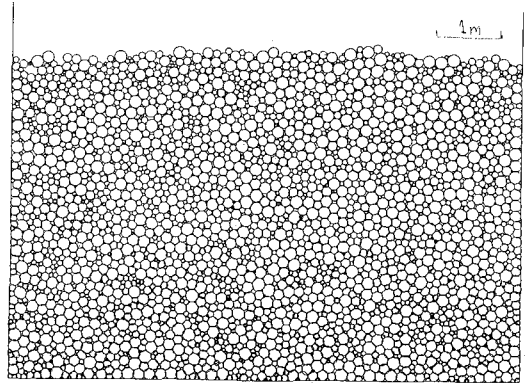


図3-2 粒子の分布（2.5秒後）

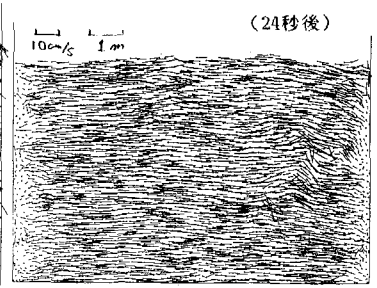
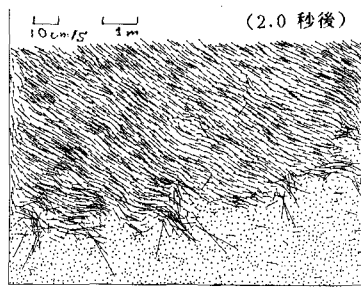
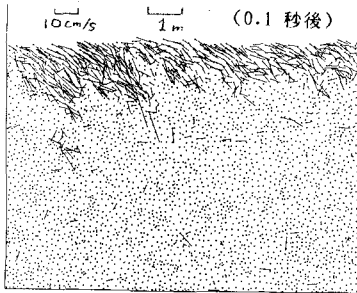


図4 速度分布

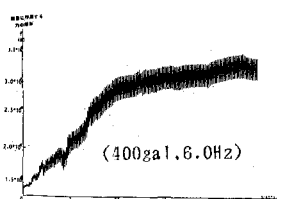
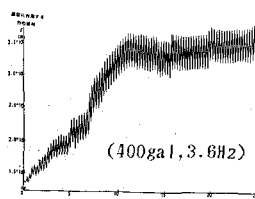
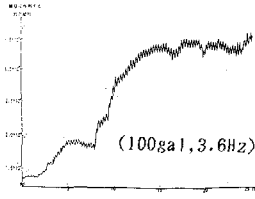
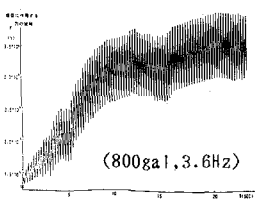


図5 壁に作用する力の変化

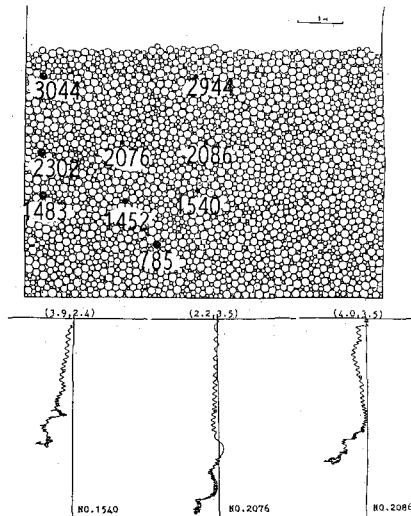


図6 要素の軌跡

