

個別要素法における敷砂のばね定数の検討について

金沢大学大学院 学生員 ○山本 満明
 金沢大学工学部 正 員 吉田 博
 金沢大学工学部 正 員 樹谷 浩

1. まえがき

個別要素法では、粒状体などの運動のように要素が相対的に大きく移動する場合や、要素間の相対的位置関係が変わる場合などもシミュレーションが可能であり、その有効性が確認されてきた¹⁾。そして球形要素の解析モデルは図1のようになり、法線方向のばね定数 K_n が一番解析に影響し、接線方向のばね定数は、 K_n の0.25倍、法線、及び接線方向の減衰定数は、それぞれ1.0、0.5ぐらいがよいと報告されている²⁾。そこで、落石による衝撃力を緩和し分散させることを目的とした落石覆工上部の敷砂の緩衝メカニズムを個別要素法を用いて解析する場合、剛体とみなした球形要素の接触によって生ずる弾性力と接触点における相対変位とを結ぶ係数 K (ばね定数)の決定法は、落石時の敷砂のように大きい変形を伴う場合Hertzなどの弾性体の接触理論解を適用するのは困難と思われる。そこで、本研究では砂の基礎的実験で敷砂の法線方向のばね定数の求め方を検討しようとするものである。

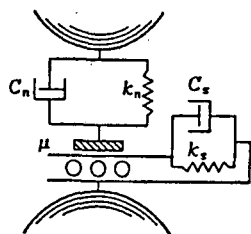


図1 接触点における粘弾性モデル

表1 試料の特性値

10%粒径	30%粒径	60%粒径	均等係数
$D_{10}(\text{mm})$	$D_{30}(\text{mm})$	$D_{60}(\text{mm})$	U_c
0.095	0.125	0.145	1.53

2. 実験概要

① 静的試験 試料は表1のような特性をもつ山砂を使用した。そして高さ65cm、奥行き、幅を15cmとした型枠の中に単位体積重量 1.8 tf/m^3 となるように試料を作成した。また、試料は側方の変位を拘束し、壁面には潤滑油をぬり壁面との摩擦を低減させ、幅15cm×奥行き15cmの載荷板(鋼製)を用い、オイルジャッキにて載荷し、荷重、変位、および底から4cmと10cmのところにとりつけた土圧計によって側方の圧力を測定した。また試料の高さは10, 20cmの2種類について行った。

② 動的試験 試料は静的試験と同様な砂を使用し、高さ65cm、奥行き、幅を100cmとした型枠の中に単位体積重量 1.8 tf/m^3 となるように試料を作成した。また、底面には図2のように中心から5cm 間隔に土圧計を7個配置し、土圧を測定した。測定した土圧は、動ひずみ測定器を介してマイクロコンピュータに入力しサンプリング数2000/秒で2秒間A/D変換を行った。

また、重錘は半径10cm、重量9.67kgのコンクリート製のものを製作し、高さ50, 100, 150, 200cmのところから自由落下させ、重錘内に固定した加速度計によって衝撃加速度を測定した。測定した衝撃加速度は、土圧と同様にマイクロコンピュータに入力し、A/D変換を行った。

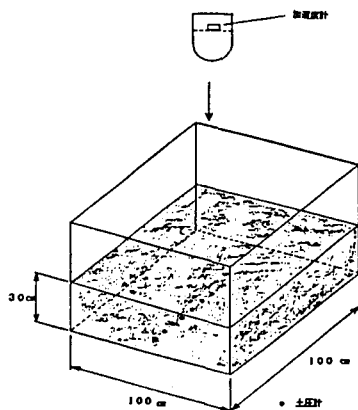


図2 動的の実験装置

3. 解析モデル 静的試験によって得られた荷重-変位曲線は、図4のようにほぼ線形と考えられるので、その勾配を図3-aの K とする。そして、図3-b, 3-cのような3次元球形要素の静的モデルで、配列、粒径などを変化させても全体の鉛直方向のばね定数は K と一致するように個々の要素間の k を決定

する。静的の解析では Δt 時間毎に一定荷重を与えて収束するまで計算を行う。動的の解析では、静的モデルで決定した要素の k を使用し、重錘は最上段の中心要素4個の中心に落下させる。

4. 実験結果と考察

静的の解析では図4に示すように N/N 配列では実験値とほぼ一致するが、 $N-1/N$ 配列では粒径(R)をある程度小さく、つまり段数がある程度増やさなければならぬことがわかる。しかし、 N/N 配列では接線方向の作用力がないため、壁面に力がかからないが、実験では壁面に力が働いており、また土圧分布を調べると N/N 配列では、重錘が落下する中心近辺しか力が伝わっていないため、やはり $N-1/N$ 配列の方がよいと思われる。図5は、実験値と $N-1/N$ 配列の比較であるが、衝撃力は、ほぼ似たような波形といえる。全土圧は立ち上がり時間と最大値をうまくとらえていないが、これはまだ要素半径が大きすぎるのと、動的実験で作成した試料の締め固め具合が静的実験よりも多少すなかったためと思われる。

5. あとがき

今回の基礎的実験によって法線方向のばね定数の検討を行ったが、接線方向のばね定数も今後検討する予定である。また実際は静的試験の荷重-変位曲線は単純な線形ではなく非線形であるのでそれを考慮したばね定数の検討及び、解析要素の接触角は Δt 時間ごとに変化するなどまだ検討の余地があると思われる。

参考文献

- 1) 木山英郎・藤村 尚：カンドル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，NO.333, pp.137~146, 1983.5.
- 2) 吉田 博・榎谷 浩・今井和昭：個別要素法による敷砂上への落石の衝撃特性に関する解析，土木学会論文報告集，NO.392, pp.297~306, 1988.4.

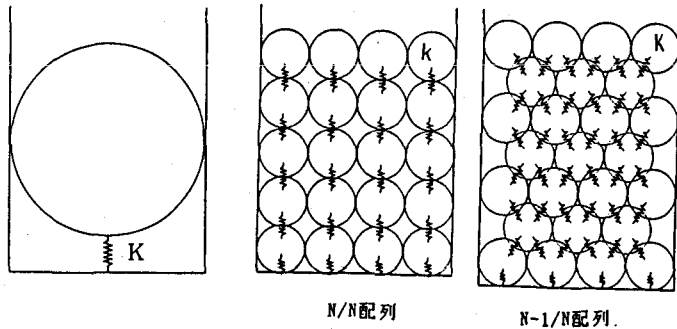


図 3-a 静的実験のモデル

図 3-b kn を求める
為のモデル

図 3-c kn を求める
為のモデル

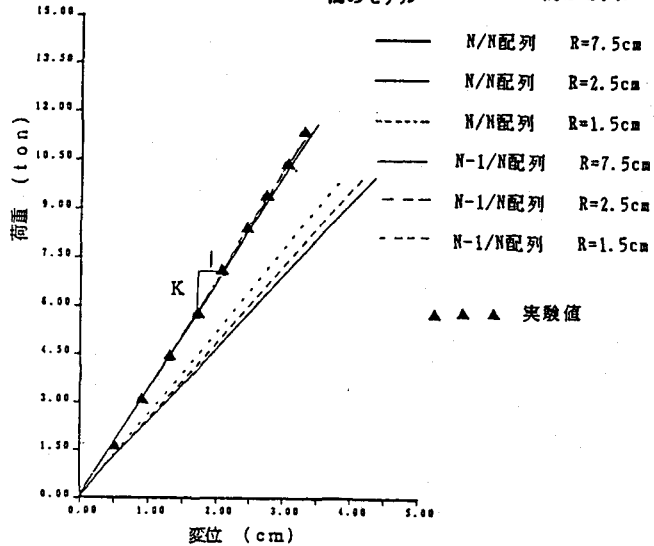


図 4 静的の実験結果、および解析結果

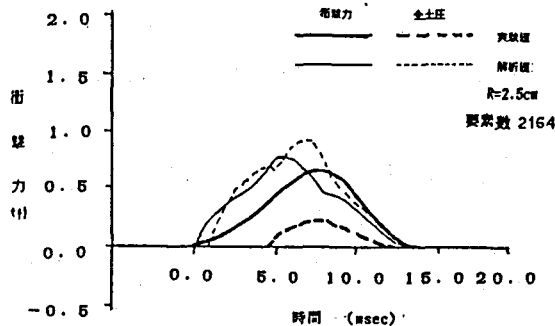


図 5 動的の実験結果、および解析結果