

I-329

個別要素法による数砂の挙動解析のための解析モデルの検討

日本サミコン(株)
元金沢大学工学部
金沢大学工学部

正員 ○山本満明
正員 吉田 博
正員 榎谷 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 が最も解析に影響すると報告されている。しかし落石覆工上部の数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、適用にあたって個別要素法では、まだ弾性ばねやダッシュポットの特性をいかに定めればよいかについてはまだ明確な指針が得られていない。そこで本研究では、数砂の性質を得るための基礎実験から諸定数を設定し、種々のモデルで基礎実験の解析を行ない、衝撃力の緩和、分散機構に対する検討を行なってみた。

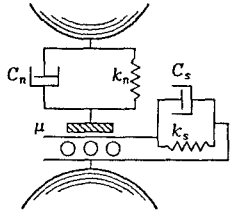


図1 接触点における粘弾性モデル

2. 実験概要

①静的試験 試料は、文献²⁾と同様な山砂を使用した。そこで全面載荷による静的実験として、図2の様に幅15cm、奥行き15cm、層厚20cmとした土槽を作成しそ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。そして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の載荷板を用い、オイルジャッキによって載荷し、荷重、変位および底から4cmと10cmのところに取り付けた土圧計によって、側方の圧力を測定した。次に部分載荷による静的実験として、図3の様に幅100cm、奥行き100cm、層厚30cmとした土槽を作成し、全面載荷による静的実験と同様に単位体積重量を 1.8 tf/m^3 として試料を作成し、幅15cm×奥行き15cmの載荷板を用いサーボバルサーによって変位制御で載荷し荷重、変位および底面に取り付けた土圧計によって土圧を測定した。

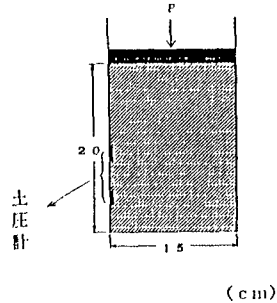


図2 全面載荷試験(静的)

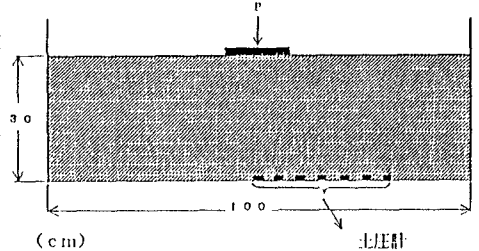


図3 部分載荷試験(静的)

②動の実験 試料は、静的試験と同様な砂を使用し、部分載荷による静的試験と同様な土槽の中に、重量 9.67 kgf の重錘を自由落下させ、衝撃加速度と底面の中心から5cm間隔に7個設置した土圧計より土圧を測定した。

3. 解析モデル

まず全面載荷モデルとして、図4のように球形要素を最下段に N^2 個、その上に $(N-1)^2$ 個、結晶構造の体心立方格子状に配列し、以後この配列を $N-1/N$ 配列と呼ぶことにする。そして、全面載荷による静的実験によって得られた応力-ひずみ曲線の勾配から算出した K を図4の K

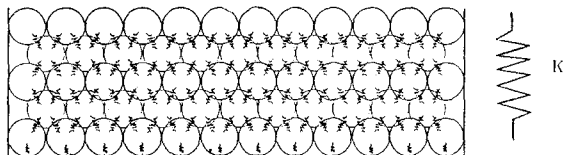


図4 全面載荷モデル

とする．そして全体の鉛直方向のばね定数が K と一致するように，個々の要素間のばね定数 k_n を(1)式で決定する．次に部分载荷モデルとして要素を $N-1/N$ 配列し，部分载荷による静的実験によって得られた応力－ひずみ曲線の勾配から算出した K' を図5の K' とする．鉛直方向の作用力に対してばねが受持つ範囲は，図の斜線部分であるから，ばねが受持つ範囲の全体の鉛直方向のばね定数が K' と一致するように，個々の要素間のばね定数 k_n を(2)式で決定する．

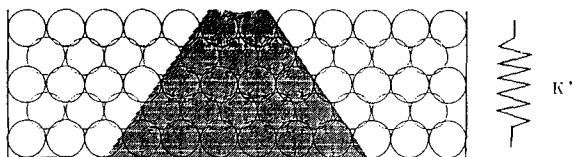


図5 部分载荷モデル

$$k_n = \frac{s-1}{4(w-1)(d-1)\sin\theta} \cdot K \quad \text{----- (1)}$$

ここに s : 段数, w : 幅の個数, d : 奥行きの個数, θ : 要素間の接触角

$$k_n = \left[\sum_{n=1}^{s-1} \frac{1}{4(w_1-n)(d_1-n)\sin\theta_1} + \frac{1}{w_1 d_1} \right] \cdot K \quad \text{----- (2)}$$

ここに, s_1 : 受持つ範囲の段数, w_1 : 受持つ範囲の幅の個数, d_1 : 受持つ範囲の奥行きの個数
 θ_1 : 要素の接触角

4. 実験結果と考察

全面载荷モデルより決定したばね定数を使用した解析結果，および部分载荷モデルより決定したばね定数を使用した解析結果と実験結果を，図6，図7に示した．これより全面载荷モデルでは，要素半径を小さくし，要素数をかなり多くしないと実験結果を近似できないことが分かる．また部分载荷モデルを使用した場合，段数を5段以上にすれば，重錘衝撃力の最大値等が実験結果と合うことがわかった．また土圧分布状態も実験結果と近似していた．全土圧は実験結果と多少異なっているが，これは今後の検討をようすると思われる．

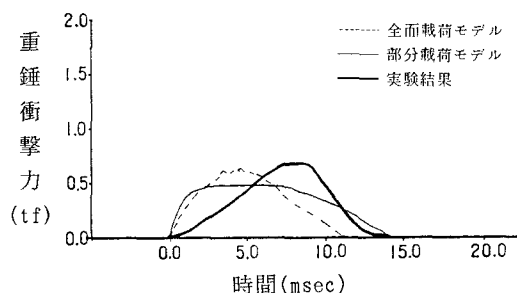


図6 重錘衝撃力の時間的变化

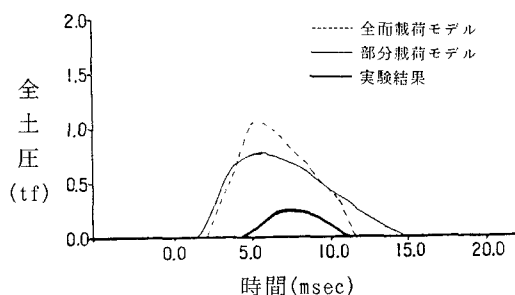


図7 全土圧の時間的变化

5. あとがき

今回は，法線方向のばね定数を線形として扱ったが，今後は非線形とし土粒子の間隙等を考慮出来る解析モデルや複合構造モデル（クッション材）の検討などがさらに必要であると考えている．

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, pp137～146, 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, pp297～306, 1988. 4.