

有限要素解析による管内土の応力と変形に関する研究

鳥取大学工学部 正会員 勝見 雅
 若築建設(株) 正会員 牛房 昌久
 鳥取大学大学院 学生員 ○辻北 智志

1. まえがき

開端鋼管杭の押し上げ実験を3次元軸対称問題としてモデル化し、管内土と鋼管との不連続面にジョイント要素を組み込んだ、有限要素法を用いて管内土の応力ならびに変形についての考察を行ったので以下に報告する。

2. 解析方法

管内土を図1に示すような三角形要素に分割し、管内土と管内壁との間にはジョイント要素を加えて有限要素解析を行った。

2. 1 土質材料モデル

土質材料の応力～ひずみモデルとして弾・完全塑性モデルを用いた。降伏するまではヤング率 E 、ポアソン比 ν_e の線型弾性体とし、降伏後は E_e 、 ν_e を降伏後の係数 E_r 、 ν_r におきかえた。 $(E_r < E_e, \nu_r > \nu_e)$ 破壊基準はモール・クーロン則とした。

2. 2 ジョイントの力学モデル

垂直剛性は次に述べるようなモデルを考えた。引張方向に力が加わるときには、垂直応力は0でありジョイントは開口する。一方、圧縮応力が加わればジョイントは互いに接近して、垂直応力は最大閉合度を示す線へ漸近するようになる。鋼管杭の壁面では管が変形したりしないものとして、垂直剛性を大きな値を用いた。

せん断特性は次に述べるようなモデルを考えた。不連続面に働く垂直応力が一定のもとで、せん断応力とせん断変位 W_s は、直線的であると仮定した。その傾きをせん断剛性 k_s とする。滑る時のせん断応力 τ_y は垂直応力の関数で以下のようにあらわせる。

$$\tau_y = c_s + \sigma_n \tan \delta \quad (\sigma_n \geq 0) \text{ 圧縮}$$

δ : 壁面摩擦角 c_s : 砂と管壁の粘着力

すべてのジョイント要素が滑ると解析を終了する。

引張が生じた場合には、

$$\tau_y = 0 \quad (\sigma_n < 0) \text{ 引張 とする。}$$

3. 砂と鉄板との一面せん断試験

砂と鉄板との一面せん断試験によって、不連続面でのせん断剛性 k_s と壁面摩擦角 δ を決定した。そのときの実験の条件を簡単に述べると、

- 1) 砂と鉄板の境界面が丁度せん断面になるように試験をした。
- 2) 垂直応力は 1.0 2.0 3.0 4.0 (kgf/cm²) の4種類の場合について行った。
- 3) 砂の単位体積重量は、数値計算に使用する1.6gf/cm³とした。

図2はせん断変位 W_s とせん断応力 τ の関係を示している。この図より各垂直応力に対する不連続面でのせん断剛性 k_s を決定した。解析ではせん断剛性 k_s は、一定として $k_s = 30 \text{ kgf/cm}^3$ となった。図4で特に垂直応力が1.0 2.0 kgf/cm²のときは、仮定したモデル図とよく似ていることが認められる。

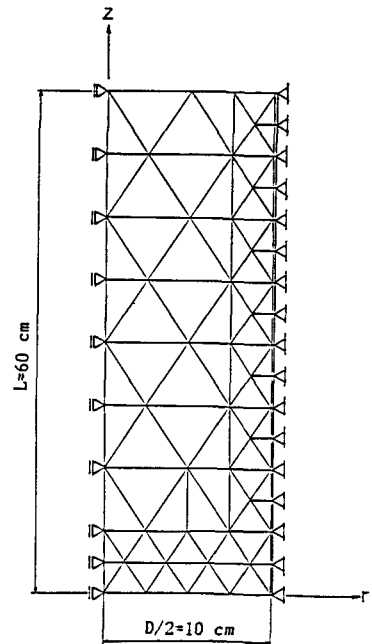


図1 解析要素の形状

図3は、降伏せん断応力と垂直応力の関係を示している。この図より壁面摩擦角 δ を決定した。その結果 $\delta=30^\circ$ となった。壁面摩擦角は一般に鉄板の凹凸度に大きく影響される¹⁾。一面せん断試験に使用した鉄板は、押し上げ実験に使用した鋼管と異なった材質ではあるが、凹凸度はさほど違わないものを使用したので得られた結果 $\delta=30^\circ$ という値は、資料¹⁾より妥当な値だと思われる。

4. 数値計算結果と考察

図4は半径方向 r/D に沿った鉛直変位の関係を示している。この図より管内土の鉛直変位は中心から壁面に向かうにつれて減少しており、管内土の盛り上がり現象が認められる。これは不連続面での砂と管内壁との摩擦によるものだと考えられる。図5は最大主応力の大きさとその方向を示している。この図より最大主応力は、最初鉛直方向を向いていたが底板から変位を与えることにより壁面の方を向き、根入れの深い所で大きくなっている。図6は極限押し上げ荷重 P_z と根入れ比 L/D の関係を示している。図7は押し上げ変位と押し上げ荷重の関係を示している。これら図6、図7より一般的に考えられているように根入れ比が大きくなるにつれて、その極限押し上げ荷重も大きくなっていることがわかる。

5. おわりに

ジョイント要素を加えることによって不連続面での挙動をうまく表現することができた。ダイレータンスーを考慮していないことが問題点として上げられる。

参考文献

- 1) Uesugi, M. and Kisida, H. (1986): Infuential factors of friction between steel and dry sands, Soils and Foundations, Vol. 26, No. 2, pp. 33~46

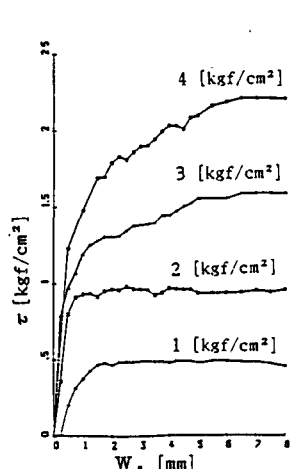


図2 せん断応力～せん断変位

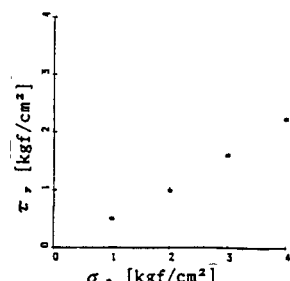


図3 垂直応力～降伏せん断応力

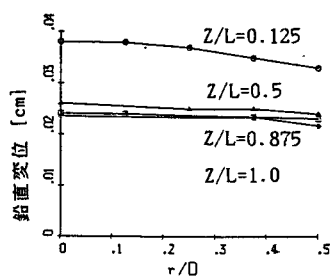


図4 半径方向に沿った深さ方向の変位

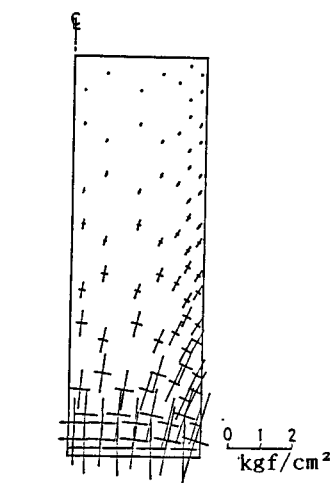


図5 主応力の大きさと方向

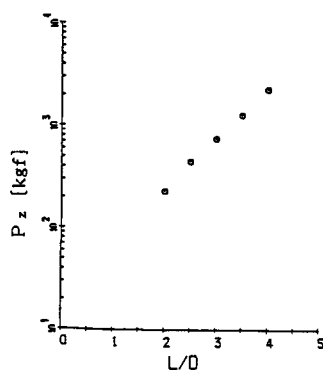


図6 根入れ比に対するPzの変化

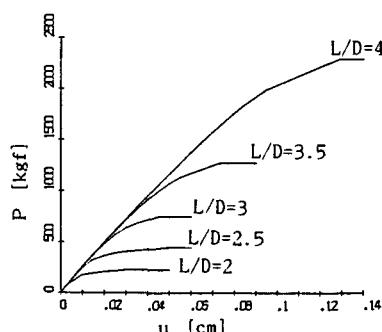


図7 押し上げ変位～押し上げ荷重