

III-478 中空ねじりせん断挙動の三次元解析

(株)大林組技術研究所 正員○柴田 健司
 同上 正員 西林 清茂
 同上 正員 上野 孝之

1. まえがき

軟弱地盤の応力変形解析に対しては、様々な弾塑性構成モデルが提案されている。その中でも粘性土に対する修正Cam-clay modelは代表的なものである。従来、これらのモデルを用いた地盤の応力変形解析は二次元平面ひずみ問題としてとらえてきたが、実際問題に即した三次元解析の必要性が増加している。そこで土の弾塑性構成モデルに修正Cam-clay modelを用いている解析コードABAQUSの試解析を実施してきた。先ず、非排水三軸圧縮試験結果の検証を軸対称解析で行い、良好な結果を得た。つづいて、同一粘性土を用いて行った中空ねじりせん断試験結果の検証を三次元弾塑性FEM解析で実施した。以下、中空ねじりせん断試験結果の検証について述べる。

2. 三次元弾塑性FEM解析

検証の対象とした供試体は、外径7.0cm、内径3.0cm高さ7.0cmで、拘束圧 1.0kgf/cm^2 で等方圧密した後、せん断ひずみ速度 $\dot{\gamma}=0.176\%/min$ 、非排水条件でねじりせん断を行った。なお、このねじりせん断試験は、体積一定の条件より、軸方向の変位がゼロとなるように σ_z を制御することにより行っている¹⁾。

図-1に解析に用いた有限要素メッシュを示す。要素は20節点の3次元要素で、節点数864、要素数112である。表-1に入力定数を示す。入力定数は三軸圧密試験結果より λ 、 κ 、非排水三軸圧縮試験結果よりMを求めた。モデルの初期応力は等方応力状態とし、内外圧として 1.0kgf/cm^2 の等分布荷重を与えた。せん断はモデル上面のZ方向の変位を拘束し、 θ 方向に強制変位を与えた。

3. 解析結果および考察

図-2~図-5に解析結果を示す。

図-2は、モデル上部に与えた強制変位によって生じるモデル円筒外縁の変位分布 $r/\delta\theta$ を中心軸に平行な面に投影したものである。解析による変位分布はねじりせん断試験結果の変位分布をよくシミュレートしている。さらに、図-3は、図-2の各変形状態に対応する要素のせん断ひずみ分布を示したものである。両図から明らかなように、モデル上部に与えた強制変位が小さい領域では、変位はモデル下部から上部に向かって直線的に増加し、発生したせん断ひずみも与えたせん断ひずみにほぼ等しい。しかし、モデル上部に与える強制変位が大きくなるに従って、発生するせん断ひずみ分布に乱れが生じ、モデル中央部が大きくなり、中央部からしだいに破壊が進行していくことがわかる。なお、破壊が進行するに従って、最上部要素と次の要素間で発生するせん断ひずみに変曲点がみられるが、その原因としては最上部要素が荷重による拘束を受け、解析上の理由によって、その下部要素よりも早く限界状態に達し、応力集中が起ったためと考えられる。

図-4は試験、および解析結果のせん断ひずみ γ と θ 方向のせん断応力 τ 、および過剰間隙水圧 Δu の関係を示したものである。せん断応力は、解析結果のほうが試験結果と比較して初期勾配は緩やかに立ち上がり、終局において若干小さくなっているが、ほぼ試験結果をシミュレートしている。また、過剰間隙水圧

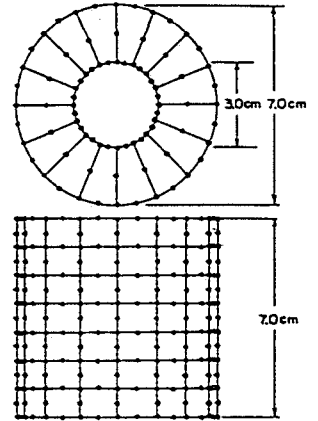


図-1 有限要素メッシュ

表-1 入力定数

| 入力定数 | |
|-----------|--------|
| λ | 0.0804 |
| κ | 0.0081 |
| M | 1.45 |

は、せん断ひずみ約1%までは試験結果をほぼシミュレートしているが、せん断ひずみ1%を越える領域から、解析結果のほうが試験結果よりも大きくなり始め、最終的な過剰間隙水圧は、試験結果の約1.3倍と差が大きい。

図-5は試験、および解析結果の平均有効主応力 p と八面体せん断応力 τ_{oct} の関係を示したものである。解析結果の応力経路は試験結果と比較して初期の勾配が緩やかであり、平均有効主応力に対する八面体せん断応力も若干小さくなっているが、平均有効主応力が約 $p=0.75\text{kgf/cm}^2$ までは試験結果をほぼシミュレートしている。

このように、解析の変位分布、せん断ひずみ分布、せん断応力、応力経路は試験結果をほぼシミュレートしていると考えられるが、過剰間隙水圧の最終的な値は試験結果よりも大きくなった。

4. あとがき

解析コードABAQUSの適用性を検討するために中空ねじりせん断試験のシミュレーション解析を行った結果、解析は試験結果を比較的よくシミュレートしており、今後の地盤の変形問題に対する三次元弾塑性FEM解析の有効な解析コードとなるものと考えられる。なお、計算にはNEC SX-1EAを使用し、CPU timeは約11分であった。

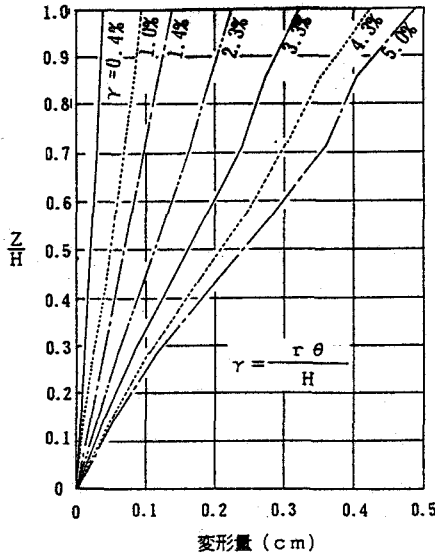


図-2 変位分布図

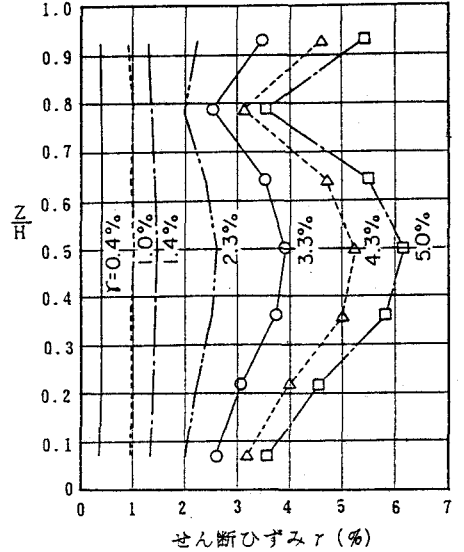


図-3 せん断ひずみ分布図

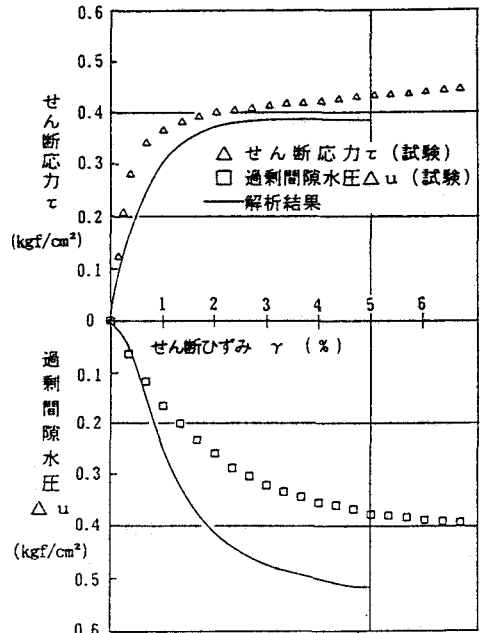


図-4 $\tau, u-\gamma$ 関係

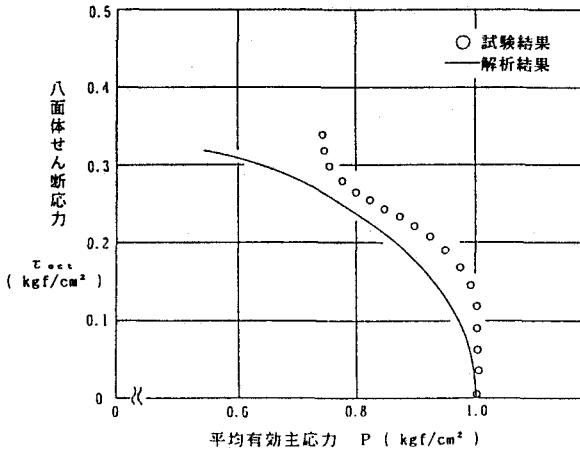


図-5 応力経路

参考文献：1) 平間、鳥井原、山本 大林組技術研究所報N o. 32 1986 pp.17 ~pp.21