

## III-690

## 土圧に対する数値解析手法の比較研究

京都大学工学部 土岐憲三  
 京都大学工学部 田村 武  
 三井建設(株) ○斯波明宏

はじめに

土構造物を弾塑性解析する場合において、ヤング率、ポアソン比、静止土圧係数等を決定することは困難であることが多い。特に解析結果がこれらの係数に大きく依存する場合は注意が必要であると考えられる。そこで本研究では、トンネル土圧の基礎的な実験として取り上げられる”落し戸の実験”を通常の弾塑性有限要素法(微小変形)、有限変形理論による弾塑性有限要素法(有限変形)を用いて解析し諸係数の影響を考察する。そして弾性定数を一切必要としない剛塑性有限要素法<sup>[1]</sup>で解析した結果とこれらの結果を比較、考察する。さらに、足立らによるアルミ棒積層体を用いた”落し戸の実験<sup>[2]</sup>”結果とこれらの結果を比較し各解析法の有効性について検討する。

解析方法

図-1に示すように”落し戸の実験”は枠内にアルミ棒を積み上げ、底板の一部(落し戸)を降下、又は上昇させて落し戸にかかる圧力を測定する実験である。この実験は左右対称なので、解析モデルとして、”落し戸の実験”の右半分を対象とし、図-2のように横20、縦15要素に分割する。そして落し戸の半幅をB、モデルの高さをHとし、上面は無応力境界、左端、右面はなめらかな変位境界とする。また降伏関数としてDrucker-Pragerの降伏条件を用いる。なお $\phi = 30$ 度、 $c = 0$ とし、砂のような摩擦性材料を取り扱う。次に解析方法であるが、弾塑性有限要素法についてはヤング率 $E/\gamma B = 2000/3, 100/3$ 、ポアソン比 $\nu = 1/3, 1/5, 0$ 、静止土圧係数 $K_0 = 1.0, 0.5, 1.5, 2.0$ のように変化させた場合の土圧を算定した。ここで $\gamma$ は単位体積重量で $E/\gamma B = 2000/3$ は実験による土圧-変位曲線の初期勾配に見合うように決定されたものである。剛塑性有限要素法とは、弾性変形を無視して塑性変形のみを考慮した剛塑性モデルを有限要素法に適用したもので弾性定数や初期応力の設定が不要であるが、塑性流動に至るまでの変形量を算定できない。また摩擦性材料では関連流れ則に基づく解析によって過大な体積膨張を生じることがしばしば指摘されているので非関連流れ則による解析も行った。そして実験結果と比較するために $H/B = 2/3, 4/3, 6/3, 8/3, 10/3, 12/3, 18/3$ のような場合について解析を行った。

結果と考察

図-3はひずみと土圧の関係を表したものである。ポアソン比については多少の土圧の差は出るもののほとんど変わらなかった。このことは弾性域での体積変化はあまり土圧に影響を及ぼさないことを示している。

次に静止土圧係数についてであるが、図-4より非関連流れ則を用いた場合、静止土圧係数が0.5に近づくにつれ土圧が非常に大きくなるのがわかる(降下の場合)。これは $K_0 = 0.5$ の場合の初期応力状態が非常に降伏曲面に近いところにあるため非関連流れ則のもとではすぐに降伏してしまい、その結果垂直応力が十分に減少しないまま応力変化が止まってしまうためであろうと考えられる。

図-5、6は土圧と被り高さの関係を表したものである。実験結果と比較した場合、上昇させた場合は剛塑性、弾塑性ともに実験結果と定性的に良い一致を示し非関連流れ則を用いれば定量的にも

ほぼ一致している。しかしながら、降下させた場合は土被りが小さければある程度の一致が見られるが、土被りが大きくなるに連れ弾塑性と実験値の差が大きくなる。剛塑性の場合は土被りが大きくなってもある程度一致している。この直接の原因は弾塑性解析では弾性域に引っ張り力が発生し、その影響で土圧が減少するためであると考えられる。

## 結論

弾塑性、剛塑性二つの有限要素法を用いて落し戸土圧の解析を行った結果、弾塑性解析する場合には静止土圧係数の取り扱いに特に注意を要することがわかった。また落し戸を降下させた場合の解析にあたって、弾塑性解析を用いるには引っ張り力の影響を抑える何らかの改良が必要と思われる。そして剛塑性解析は極限状態における落し戸土圧の解析として有効であることがわかった。

## 参考文献

- 1) T.Tamura, S.Kobayashi and T.Sumi :Rigid-Plastic Finite Element Method for Frictional Materials, Soils and Foundations, Vol.27, No.3, pp.1-12,1987.
- 2) 足立 紀尚, 田村 武, 木村 亮, 荒巻 智 : 落とし戸の実験と数値解析, 第28回土質工学研究発表会講演集, 1993

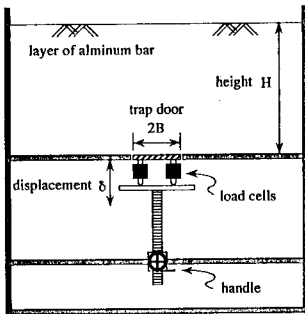


図-1 落とし戸の実験

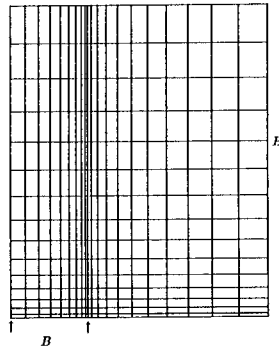


図-2 要素分割

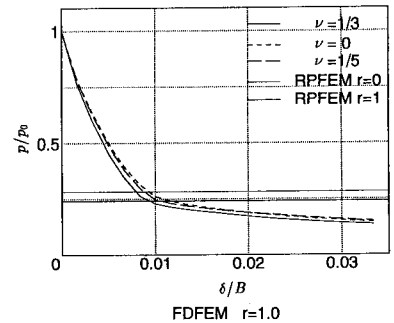


図-3 土圧-変位関係

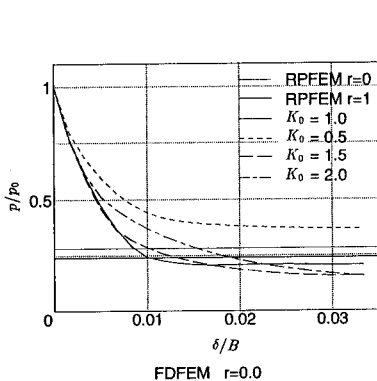


図-4 土圧-変位関係

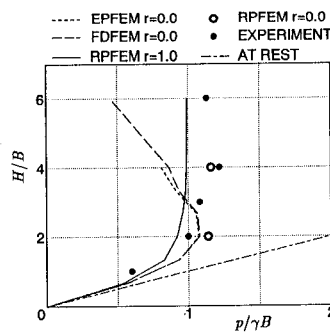


図-5 土圧-被り高さ関係  
(降下)

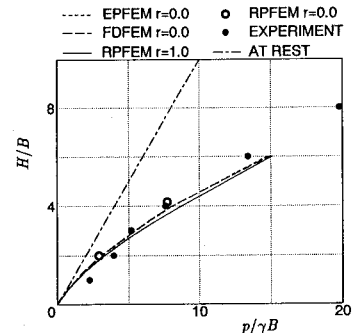


図-6 土圧-被り高さ関係  
(上昇)