

III-471 弾塑性有限要素法を用いたシールド切羽掘削安定解析

東急建設(株) 土木技術部 正員 辻 芳 伸
 同上 正員 満 尾 淳
 東急建設(株) 技術研究所 正員 大河内保彦

1. はじめに

筆者らは、模型を用いた砂質地盤でのシールド掘削時の切羽安定に対する泥水圧の影響について実験を行なった¹⁾。今回は、有限要素法を用いて切羽状況の解析をし、実験結果との比較を行なったので報告する。

2. 解析条件およびモデル

解析は、擬平衡要素²⁾を用いた二次元弾塑性解析プログラムを用いて、平面ひずみおよび平面応力状態の両方で行なった。また降伏関数は、Mohr-coulomb条件および塑性ポテンシャルはDrucker-Prager条件を用いる。要素分割図を図-1に示す。

3. 解析物性値

物性値として、土の水中単位体積重量は、実験より $\gamma' = 1.05, 1.02, 0.95(\text{kgf}/\text{cm}^3)$ の3通りとし、また超低圧三軸試験の結果より、粘着力 $C = 0.0(\text{kgf}/\text{cm}^2)$ 、内部摩擦角は γ' に応じて $\phi = 41.7, 40.4, 37.7(^{\circ})$ とした。変形係数は拘束圧に依存するため、解析領域を深さ方向に3層に分割し、それぞれの範囲で拘束圧に応じて決定をした。ダイレタンシー角度 ψ については関連流れ則を仮定し $\psi = \phi$ とし、ポアソン比は $\nu = 0.3$ に統一して用いた。

4. 解析手順

泥水圧载荷解析：自重による初期応力解析を行なった後、シールド部の掘削相当力に等価な外力を与えた後、泥水圧を载荷する。

泥水圧除荷解析：泥水圧载荷解析と同様掘削相当力を付加後、除荷を行なう。

5. 解析結果

切羽変位-泥水圧の関係を図-2(a),(b)、図-3(a),(b)に示す。これより、 γ' の切羽変位に与える影響はかなり大きいことがわかる。また、平面ひずみと平面応力では、結果に大きな違いが見られ、平面応力の場合、非常に小さい泥水圧状態で不安定になっている。また、塑性域の発生状況は、平面歪では切羽より地表面まで連続的に大きく発生していくが、平面応力状態の場合切羽付近のみに集中して発生し、前方への進行は見られない。これは、平面ひずみの場合、最小主応力方

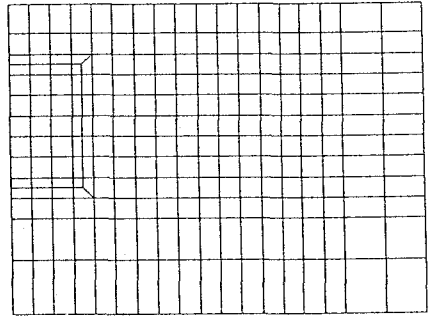
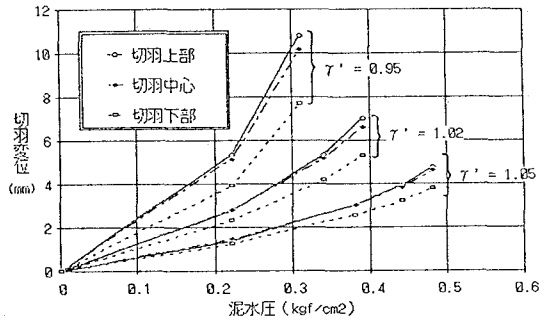
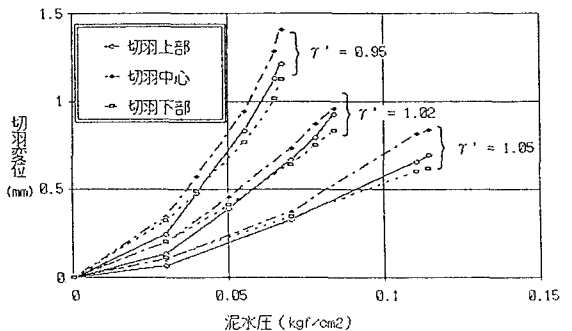


図-1 要素分割図



(a) 平面ひずみ



(b) 平面応力

図-2 切羽変位-泥水圧(加圧時)

向が $x-y$ 面内にあり、平面応力の場合、 z 方向にあるためと考えられる。実際には三次元状態であるため、切羽付近では平面ひずみ状態に近く、その他では平面応力状態に近いと推定される。除荷解析では最小主応力方向が平面ひずみ・平面応力とも同一面内にあるため、塑性域の発生状態にほとんど相違が見られない。また、実験結果と解析結果の比較を図-4(a),(b)にしめす。この結果、泥水圧载荷時では平面ひずみで解析した場合には塑性域が拡大し、切羽変位が急増すると考えられる圧力は、初期噴発圧力のほぼ60%である。また、平面応力解析結果は、泥水量増加の圧力と良い対応を示している。主動破壊の場合、実験結果のばらつきが多いものの、切羽が不安定となる圧力の傾向の把握は一応可能である。しかし、変位は、実験値と比較し2~3倍程度生じている。三次元解析結果によれば、地盤変位は実験結果と非常に近似しており、この結果については後日発表したい。

6. 結 論

受働破壊の場合

1) 平面ひずみで計算した場合の塑性域が拡大し、切羽変位が急増すると考えられる圧力は、初期噴発圧力のほぼ60%であり解析結果を切羽の噴発圧力とすれば安全側の値を与える。

2) 平面応力解析結果は、泥水量増加の圧力と良い対応を示し切羽が不安定になる圧力と考えられる。
主動破壊の場合

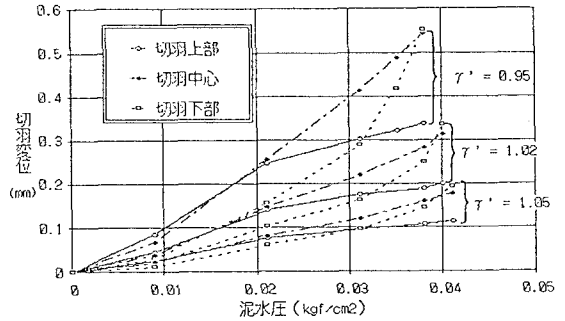
1) 実験結果のばらつきが多いものの、切羽が不安定となる圧力の傾向の把握は一応可能である。

謝 辞

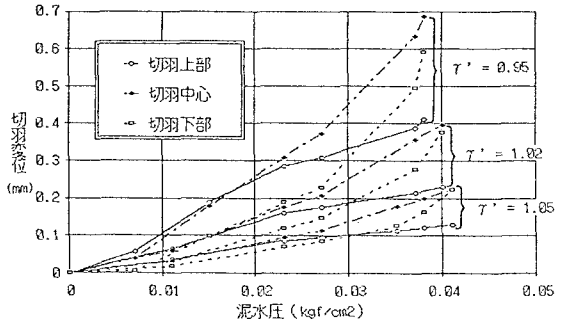
本研究は、東京湾横断道路六社研究会の活動の一環として行なったものです。御指導をいただいた明治大学田中忠次助教授、東京大学龍岡文夫助教授ならびに関係各位に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 大河内、佐籙ら：泥水シールドの切羽模型実験，第23回土質工学研究発表会，1988
- 2) 田中忠次：土構造物の崩壊荷重問題に対する有限要素法の適用性，第20回土質工学研究発表会，1985

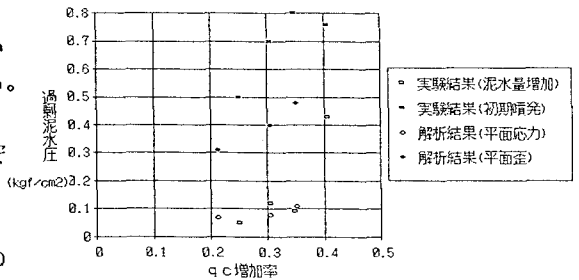


(a) 平面ひずみ

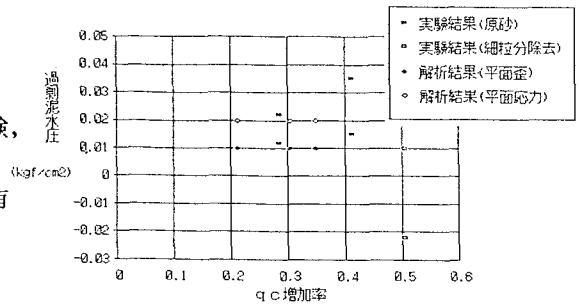


(b) 平面応力

図-3 切羽変位-泥水圧(減圧時)



(a) 受動的破壊



(b) 主動的破壊

図-4 過剰泥水圧-qc増加率