

## アーチ作用をつける土圧の有限要素法解析

大阪大学工学部 正員 伊藤留雄  
岐阜高専 正員○狩俣恒一

1. まえがき 土のアーチ作用とは、一般に土中のせん断力の流動を伝達する現象であるといわれ、トンネルに作用する上載土圧のようにアーチ作用が鉛直方向に働く場合には、Terzaghi<sup>1)</sup>のせん断面方法-破壊面における土と構造物の境界面に働く鉛直せん断応力-シヤルル破壊時の応力の状態を調べる方法-が最初で、今はお二の種の解析方法の基本になつてゐる。アーチ作用が水平方向に働く場合の問題として、盛り土ぼり式擁壁、深いトレンチの壁面土圧、斜面・地すべり防止杭等があり、土質工学上重要な問題であると思われる。土のアーチ作用によるせん断力の伝達領域が三次元的に広がり、応力場の理論解析が困難に思われるが、このようないくつかの工圧を数值解析するに、三次元の有限要素法解析(FEM)は有効な解析手段であると思われる。

2. 三次元FEMによる工圧の解析 図1のように擁壁(柱)間に上加主働土圧によってすべり落ちる際、土にアーチ作用が発生して、擁壁間のエラー一部は擁壁にもたれかかって土圧を増加する。この現象をFEMで解析するには、まず、擁壁を含む境界全体を下端センジにて回転させて主働土圧を発生させ、ついで2柱は固定、2柱間の境界要素を上端センジにして段階的に回転させる。このようになら(境界要素)の相対変位に対する土要素のひずみ、応力を計算させる。図2は解析に用いたFEM Meshである、薄墨色は境界要素であり、断面に斜線のある部分は擁壁(柱)である。

(1). 工要素の応力-ひずみ 土の応力-ひずみ関係は、土の破壊後の性質を表わすようにしてあり<sup>2)</sup>、<sup>3)</sup>弹性常数Eは非線形として表わし<sup>4)</sup>、土に破壊がおこった場合は非常に小さな値になるとつくした。

(2). 境界要素 土と構造物の相互作用による相対変位からせん断応力が発生する要素としてGoodman等<sup>5)</sup>は2次元の境界要素<sup>5)</sup>を3次元に拡張した。せん断常数は非線形にしてE<sup>6)</sup>。解析に用いた土要素および境界要素のパラメータの値は、各小节に次のとおりである。  
土の内部

まくら角半径  
= 50.0, 土  
と壁のりま  
さつ角θ  
= 30.0°,  
土の単位  
体積重量  
 $\gamma = 1.56$   
( $\text{KN}/\text{cm}^3$ )

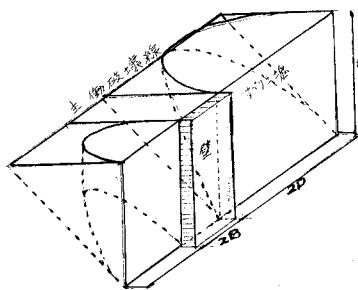


図1 壁間に仮想すべり土塊

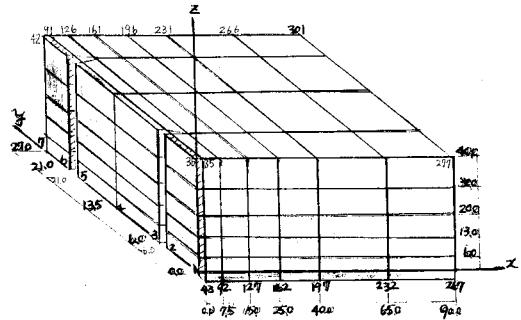


図2 壁と土系のFEMメッシュ (単位 cm)

Tomio ITO, Tsuneichi KARIMATA

土の剛性常数  $K = 600.0$ , 磨の剛性常数  $K_2 = 75000.0$   
指數パラメータは土に付す 0.5, 質量比す 1.0, 静  
ヒト圧係数  $K_0 = 1.5 \text{ kN}$ , 破壊比は 0.8, 境界要素  
の垂直剛性常数  $K_n = 10^3$ , 引張りが生じた場合は  
 $K_n = 0.01$ , 境界面がせん断によつて破壊があつた場合 ( $1 \leq \epsilon / (\epsilon_n \text{ かくご})$ ) はせん断常数  $k_d = 0.01$

3. 解析結果 上、下端回転によつて 1 级階: 水平  
変位を  $0.028 \text{ cm}$  ( $\delta = \alpha / H = 2.7 \times 10^{-3}$ ) にした。  
その結果、3 级階の相対変位が与えられれば十分に、主働土圧かねびアーチ作用による増加土  
圧が一定になつてとか実験的に確かめられた。  
図 3 は壁変位による隣接土応力の変化を  
有様を示したもので、左側 (a, c, e, g) は主働土  
圧発生以前とまでし、右側 (b, d, f, h) は主働土  
圧発生後の応力増加を示したものである。増加  
が一様になつた所では主働土圧 ( $P = \sqrt{G_2 + \sigma_{12}}$ )  
を用いた土圧係数を求めて  $K_{2A} = 0.3531 K_{2B}$  と  
これと同一条件の実験で得た値 (図 4 参照)  
に近いものである。図 4 の実験の結果では、主  
働土圧発生後のアーチ作用による増加土圧は、壁  
変位  $1.25 \text{ mm}$  ( $\delta = \alpha / H = 3.5 \times 10^{-3}$ ) までは次第に増  
加、後一定となつてゐる。有限要素法による解析  
も同様の傾向を示してゐる。図 5 は、柱壁から  
距離  $D$  によって、主働土圧後のせん断応力の変化  
の状況を表したものである。柱に近くで深い所  
にあつてはせん断力が増加し、アーチ作用が生  
じつてゐることを理解することができる。本計算には阪大大型計算機を利用した。

#### 参考文献

- 
- 図 3 壁変位による隣接土の応力変化
- 
- 図 4 主働土圧後の壁変位と土圧増加
- 
- 図 5 主働後の壁後面の応力の変化 (D は壁面からの距離)
- 1) Terzaghi, K.: Theoretical Soil Mechanics, John Wiley and Sons, 1943.
  - 2) Domoshuk, L. and Wade, N. H.; J. of SMFD, ASCE, Vol. 95, NO. SM12, 1969.
  - 3) Clough, R. W. and Woodward, R. J., J. of SMFD, ASCE, Vol. 93, NO. SM4, 1967.
  - 4) Duncan, J. M. and Chang, C. Y., J. of SMFD, ASCE, Vol. 96, NO. SM5, 1970.
  - 5) Goodman, R. E., Taylor, R. I., and Brinkley, T. L., J. of SMFD, ASCE, Vol. 94, NO. SM3, 1968.
  - 6) Clough, R. W. and Duncan, J. M., J. of SMFD, ASCE, Vol. 47, NO. SH12, 1971.