

早稲田大学
都土木技研
電々公社

正 員
正 員
正 員

森 麟
○ 杉本 隆男
町 清二

1. まえがき

軟弱なちゅう積地盤で深い掘削をする場合、周囲の地盤に有害な変形をおこしたり崩壊する危険が常につきまとう。そこで、根切り山留め工事にあたっては細心の注意が求められるが、周囲の地盤に有害な変形を与えてしまうことが多い。この種の問題に対して、山留めをしたときにはこれを土圧の問題として取扱い、山留めがなければ斜面の問題として取扱うのが従来の方法であった。しかしながら、どちらの場合も掘削することに対する地盤の応答の問題であり、その応答の結果が周囲地盤の変形であり崩壊である。この報告は、根切り山留め工事のうち、山留めをしない素掘りの場合を例にとり、有限要素法を用いて、平面的に、鉛直斜面掘削時の地盤変形と地盤内応力を求め、この種の問題を考えたものである。

2. 土質係数と土の応力ひずみの関係

土構造物の変形解析に有限要素法を用いるとき、土質係数と土の応力ひずみの関係をどのように導入するかは、重要な問題であり、理想的には、現場条件にあわせて土の供試体を選び、試験あることが望ましいが、これらの条件を満たすことは難しい。ここでは、表-1に示すような土に水を加えて練返したあと再圧密してつくった供試体の側圧減少試験から、必要な土質係数、応力ひずみ曲線などを求めた。再圧密試料は、0.8~2.0%の範囲のいろいろな圧密圧力 P_c で圧密したが、圧密終了時の含水比は47.0~51.9%で、LLに近く、 $P_c=2.0\%$ で圧密した場合の含水比は、7.6であった。このうち、 $P_c=0.8\%$ の場合の時間へ応下量・主応力曲線を図-1に示す。この図では、圧密終了時の主応力比 σ_1/σ_3 が0.455となっているが、いろいろな P_c に対する σ_1/σ_3 は、0.377~0.455となった。これらの値とこれまでに提議されている静止土圧係数 K_0 を考慮し、ここでは、 $K_0=0.45$ とした。なお、ポアソン比については、地盤が非排水条件下で変形するものとし、解析の都合上、0.47と仮定した。

また、再圧密試料から $\phi=3.5\text{ cm}$ 、 $h=8.0\text{ cm}$ の供試体を作成し、非排水条件で、軸圧一定の側圧減少試験を行い、土の応力ひずみ曲線を求めた。試料の作成から側圧減少試験までの応力経路図を図-2に示したが、ここで取扱う問題では本来、 $b \rightarrow d$ パスの応力ひずみ曲線によらなければならないけれども、 $c \rightarrow d$ パスのそれと求めた。この試験で求めた曲線を、つぎのようなKondnerの近似式で表わし、係数 a 、 b を求めた。

$$(\sigma_1 - \sigma_3) = E / (a + bE)$$

ここで、 σ_1 、 σ_3 は主応力、 E は軸ひずみである。

これらの結果をもとに、解析上必要な係数の算出方法を、図-3のように定め、深さ10mを瞬間的に掘削したと仮定したときの地盤変形と地盤内応力を荷重増法で求め、最大せん断応力 τ_{max} とせん断強

表-1

採取場所	江東区菊川町
土質名	シルト質粘土
自然含水比	約50%
LL, PL	49%, 32%

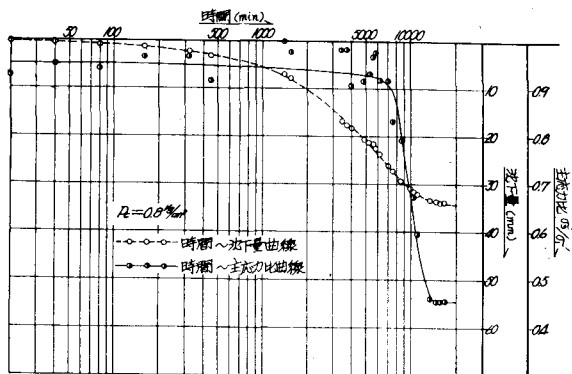


図-1. 再圧密における時間～応下量・主応力比曲線

ささ(のーの)との比から、せん断破壊領域を推定した。

3. 解析結果

図-4は、変位量を表わしたもので、掘削深さの中央で約10mはらみだし、掘削底面で約5cmありあっている。また、背面地盤の

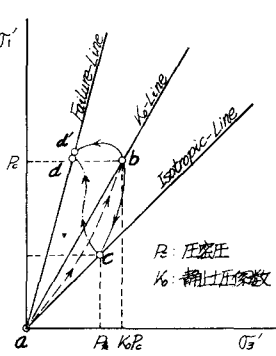


図-2 応力経路図

地表面沈下量は最大8cmで、掘削箇所から離れるに従い少なくなっている。図-2のb→dパスの応力へいおみ曲線からの係数a, bが得られれば、もう少し大きな変位量となるように思われる。

図-5は、主応力の向きとその方向を示したもので、鉛直掘削面背後の最大主応力は、右側境界付近のそれと差は少ないが、最小主応力は小さくなり、地表面付近では引張応力が生じ、掘削底面は無応力状態に近い。また、主応力方向は、掘削境界面付近で大きく変化し、最大30近く傾いている。主応力方向の変化は、粘土の非排水せん断強さに影響すると考えられるので、今後はこのことも考慮が必要である。

図-6は、 $T_{max}/\frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_3)$ との比の等値線図である。比が1以上の領域から掘削背面のせん断破壊領域が推定でき、比が1.2のコンターは、鉛直斜面のおり線に近い。地表面付近では、比が1以下だが、引張応力が生じ、実際の現場で観察されるき裂をうづめる結果となっている。なお、Taylorの安定数から求めた限界高さが約6mとなり、比が最大値を示す深さと一致していることは興味深い。

4. あとがき

今回は、掘削を断片的に行ったときの挙動を考えたが、実際の場合とは異なり多くの問題点が残されたようである。今後は、実際の地盤に近い条件を考え、段階的に掘削したときの挙動について考えてゆくつもりである。最後に、多くの助言をいただいた早稲田大学古藤田教授に感謝の意を表します。また、土質実験は、秋場俊一君の功によるもので、ここに謝意を表します。

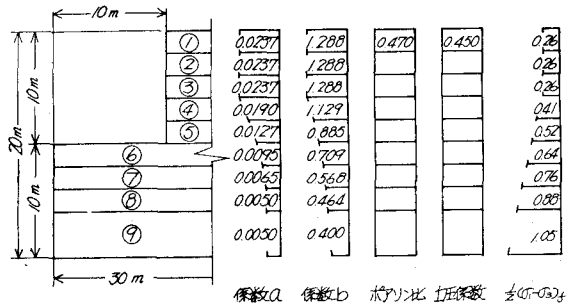


図-3 各係数の深度分布

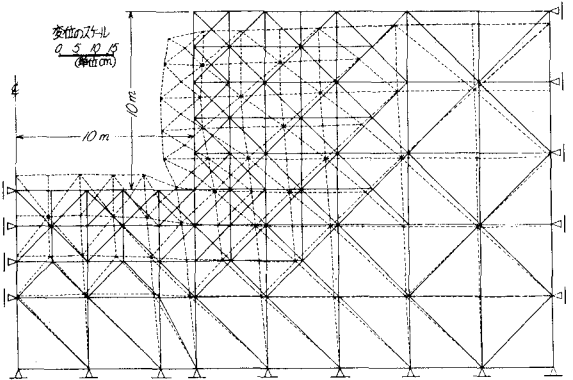


図-4 変位量

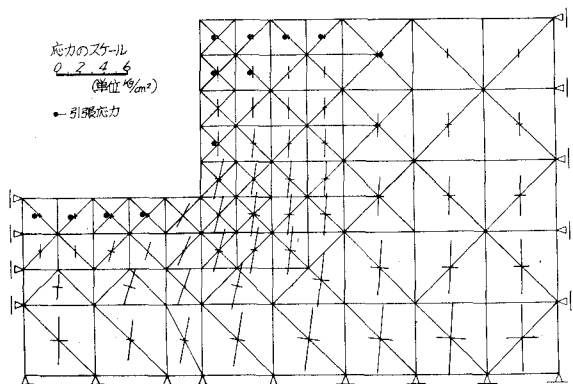


図-5 主応力の向きとその方向

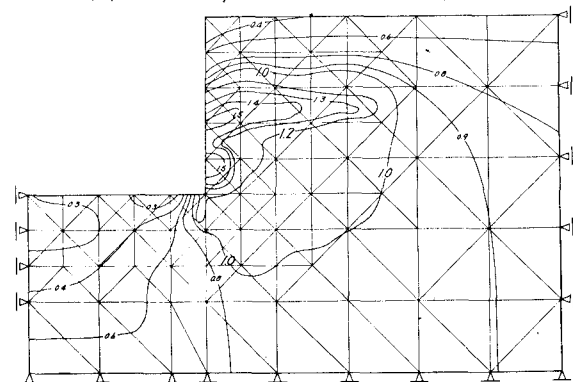


図-6 $T_{max}/\frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_3)$ の等値線