

文献紹介

非粘性土中におけるスラリートレンチの安定

“The Stability of a Slurry Trench in Cohesionless Soils.”

N. MORGENSTERN and L. AMIR-TAHMASSEB

“Geotechnique” Vol. 15, No. 4, 1965. 12

泥水（一般にベントナイト泥水）を使用して掘削すると、泥水と、これに接する土との境界面に不透水性の膜が形成され、この膜を介して泥水圧が作用し、トレンチの安定が保たれる。しかし、泥水圧のみがトレンチの安定のための唯一の重要な要素かどうかは断言しがたい。

泥水を満たしたトレンチの安定理論として、泥水圧と土クサビのスベリを抑制するに必要な力とのつり合いのもとついた理論が Nash, Jones によって提案された。著者は非粘性土地盤中におけるこの理論を拡張し、地下水位および泥水位を任意としたときのトレンチの安定について解析を行ない、さらに、Nash などが考慮しなかった要素についても検討を行なった。

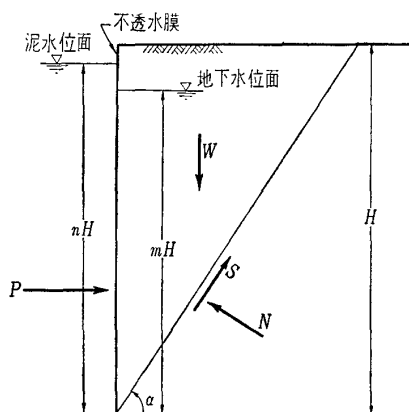


図-1

いま、非粘性土地盤（単位体積重量を r 、せん断抵抗角を ϕ' とする）中において泥水掘削を行なった際に図-1 のようなスベリ面が発生したと仮定する。この土クサビの高さを H 、土中の地下水位を mH とし、土クサビと泥水との間には薄い不透水膜が介在しているとす。また、トレンチ中の泥水位を nH 、泥水密度を r_s とする。図中において、 S はスベリ面に沿って作用するせん断抵抗を、 N はスベリ面に直角方向の反力を、 W は土クサビ重量を、 P は土クサビがスベリ面上をすべり落ちないために必要な水平力をそれぞれ表わしている。

図-1 から土クサビの水平方向のつり合い式は

$$P + S \cos \alpha = N \sin \alpha \quad \dots\dots\dots (1)$$

同様に鉛直方向のつり合い式は

$$W = S \sin \alpha + N \cos \alpha \quad \dots\dots\dots (2)$$

またせん断抵抗 S は次式によって与えられる。

$$S = N' \tan \phi' = (N - U) \tan \phi' \quad \dots\dots\dots (3)$$

ここに N' : スベリ面に直角な有効圧

U : スベリ面に作用する水圧

式 (1), (2), (3) より

$$P = \frac{W(\sin \alpha - \cos \alpha \tan \phi') + U \tan \phi'}{\cos \alpha + \sin \alpha \tan \phi'} \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$W = \frac{1}{2} r H^2 \cot \alpha \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$U = \frac{1}{2} r_w (mH)^2 \operatorname{cosec} \alpha \quad \dots\dots\dots (6)$$

ここに r_w は水の密度である。

また、不透水膜に作用する泥水圧 P_s は

$$P_s = \frac{1}{2} r_s (nH)^2 \quad \dots\dots\dots (7)$$

で表わされる。したがって、トレンチが安定を保つためには

$$P = P_s \quad \dots\dots\dots (8)$$

ゆえに土クサビがすべり落ちないために必要な泥水密度は

$$n^2 \frac{r_s}{r_w} = \frac{\frac{r}{2} \cot \alpha (\sin \alpha - \cos \alpha \tan \phi') + m^2 \operatorname{cosec} \alpha \tan \phi'}{\cos \alpha + \sin \alpha \tan \phi'} \quad \dots\dots\dots (9)$$

によって求められる。なお、実用上 $\alpha = 45^\circ + \frac{\phi'}{2}$ が使用される。

この方法をワナパムダムの施工報告 (La Russo, 1963) に適用して検討した結果、本方法によって得られたトレンチ安定のために必要な泥水密度が、実際にワナパムダムで使用された泥水の密度よりもかなり大きいことが判明した。この差は泥水自体のせん断強さを考慮に入れてもカバーできない大きさのもので、また Nash も言及しているように泥水の強さをトレンチの安定計算に入れることは好ましくないと考えられる。

そこで、著者はスラリートレンチの安定のための要素として考えられる諸要素のうち、とくに掘削中泥水に混入する固形物による泥水密度増加を考慮することを提案する。すなわち、掘削中に非常に多量の固形物（掘クズ）が泥水中に混入し、泥水がわずかでもイールドスト

レングスをもっていれば、これらの固形物は泥水中に懸濁された状態で保持され、それにとまって泥水密度が非常に大きくなる。ワナダムの場合を例にとると、当初 1.08~1.09 であった泥水密度が掘削後には 1.28 にまで増加した。この増加後の泥水密度は先に述べた安定計算の結果得られた泥水密度よりも大きいものである。

Schneebeli (1964) は掘削幅を考慮に入れたアーチ作用を非粘性土の場合のスラリートレンチ安定のための重要な要素として提案している。彼の理論はサイロの圧力に関する Caquot の理論 (Caquot and k  risel, 1956) を応用したものであるが、その考え方の根拠として Rhine の Gestheim においてチュウ積層中で泥水掘削を行なった際に、掘削幅が 5 m を越したときスベリが生じ、そしてこのときの掘削幅 (5 m) が計算上のアーチ作用の限界値であったことを指摘している。

しかしながら、著者の経験によれば Pierre-B  nite においては土質と地下水位の条件が Gestheim によく似ていたにもかかわらず、9~25 m の幅の掘削が容易にできたところから、このアーチ作用の考え方には同意できない点がある。

Pierre-Bénite では発電所の建設にともない泥水工法によって止水壁の構築が行なわれた (Berthier, 1964)。この現場は Rhône 河の堤防にあるため施工中洪水の影響による地下水位上昇によって掘削孔のスベリ破壊が発生した。地盤は玉石を含むチュウ積層によって構成されており、施工のためにさらに 3.5 m ほどかさ上げされてルーズな層が形成されていた。スベリはこのルーズな盛土層において発生したが、従来のチュウ積層も多少乱されたことがわかった。掘削幅は 9~25 m で、4% ベントナイト泥水が使用され、その密度は 1.025 であった。また、泥水位はトレンチテンパより 10~20 cm 下で維持され、マッドケーキの厚みは 5 cm にも達することがあった。施工中の泥水密度は掘削による土砂の混入

により 1.15~1.25 まで増加したが、掘削を止めてもこれら土砂の沈殿はみられず泥水は良好な懸濁状態にあったといえる。このような条件下で施工が行なわれていたが、先に述べたように洪水の影響による地下水位の上昇によってスベリが発生した。このことから、地下水位がスラリートレンチの安定に必要な泥水密度に与える影響は非常に大きいといえることができる。

いままで述べてきたことの結論として、スラリートレンチの安定を論ずる場合、掘削中における泥水密度の増加を安定要素として考慮すべきであると指摘したい。泥水掘削中に泥水がわずかでもイールドストレングスをもっていれば掘削が泥水中に懸濁状態で保持され、泥水密度が増加する。Cardwell ('41) は泥水によって保持される粒子の径を次式で表わした。

$$D = \frac{6 C_s}{(r - r_s) g} \dots\dots\dots (10)$$

ここに D : 粒径 r : 粒子の密度
 r_s : 泥水の密度 g : 重力の加速度
 C_s : 泥水のセン断強さ

この式でもわかるように、泥水自体のセン断強さはトレンチの安定のための重要な要因とはなりえないとしても、ベントナイトを泥水に追加しないで泥水密度を増加させる根拠とはなり得る。したがって、泥水にベントナイトを使用することは、泥水と土との境界面に不透水性膜を形成することおよび泥水にイールドストレングスをもつことの二つの理由のために有効であるといえよう。ただし、カルシウムベントナイトよりもナトリウムベントナイトの方が有効である。

いままで述べたことのほかに、たとえば土クサビ端部のセン断抵抗、あるいは砂中に浸透してゲル化した泥水のセン断抵抗などもトレンチの安定要因として考慮した方が好ましいが、これらの影響は一般に小さく、それよりも適正な泥水密度をもつような計画を行なうことがたいせつであろう。

(佐藤 寛: (株) 大林組技術研究所)

外国文献抄録集 (1964 年度) 発行のお知らせ

1964 年に発行された土質工学関係の外国雑誌およびプロシーディングスから 31 種類を選び、その中から 454 枚の整理カードを作成し、整理・編集したものである。

本書ではとくに、Author Index (著者別索引) および各機関の原本所蔵状態も掲載している。

定 価: 900 円
 会 員 特 価: 750 円
 ペ ー ジ 数: 165 ページ

抄 録 雑 誌: 31
 抄 録 数: 454