

シキソトロピー性泥水によるトレンチの安定

“Application of Thixotropic Clay Suspensions for Stability
of Vertical Sides of Deep Trenches without Strutting”

A. PIASKOWSKI, Z. KOWALEWSKI

6th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering.

最近筆者はシキソトロピー性の粘土懸濁液（以下泥水とする）を使用して大規模な掘削実験を行なった。掘削はクラムシェルあるいはドラグラインによって行なわれたが、トレンチの諸元は表一のとおりであり、また地盤の概要は図一のとおりである。

トレンチの安定は泥水による液圧が掘削壁面に作用し、壁面の滑落を防止することによって保たれるが、必

要な泥水密度は壁面に作用する泥水圧と土圧（水圧も含む）とのつり合いから決定できる。

$$P_z - P_w - P_a \geq 0 \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$P_z = \gamma_z (h_x - h_s) \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$P_w = \gamma_w (h_x - h_w) \quad \dots\dots\dots (3)$$

$h_x \leq h_w$ に対して

$$P_a = \gamma K_A h_x \quad \dots\dots\dots (4a)$$

$h_x > h_w$

$$P_a = \gamma K_A [h_w + (h_x - h_w) \cdot \gamma' / \gamma] \quad \dots\dots\dots (4b)$$

ここに、 P_z ：泥水圧 P_a ：主働土圧 P_w ：水圧

γ_w ：水の密度 γ_z ：泥水の密度

γ ：土の単位体積重量 K_A ：主働土圧係数

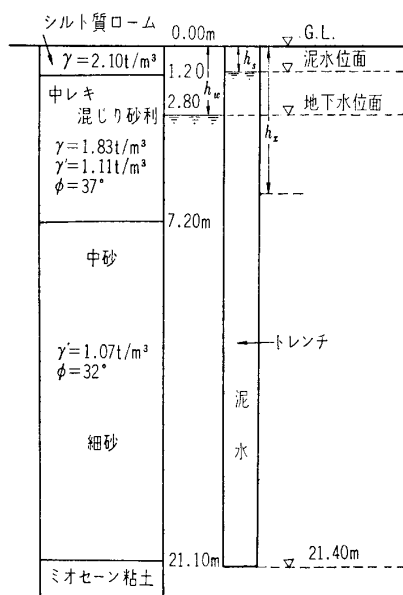
γ' ：土の水中単位体積重量

h_x, h_w, h_s ：図一 参照

主働土圧係数 K_A は、地盤が主として非粘性土によって構成されており、またトレンチの長さが深さに比較して大きい場合、次式で表わすことができる。

$$K_A = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \quad \dots\dots\dots (5)$$

トレンチの長さ L と K_A との関係についてはすでに理論的な研究がなされている (Kowalewski 1964)。すなわち、トンネル頂部に作用する鉛直圧の条件と類似した考え方により、トレンチの長さが短い場合にはアーチの効果が生ずると仮定した。この仮定をクーロンの土ク



図一 トレンチ No. 2b のトレンチ・土質諸元

表一 実験結果一覧表

トレンチ No.	トレンチの規模		混練泥水の 平均密度	Na ₂ CO ₃ の含有量	トレンチ内の泥水密度			
	深 (m)	長 (m)			測定値の幅	平均値	(6)式からの 計算値†	安全率
1	7.3	13.0	1.135	3.8	1.195~1.220	1.207	1.101	1.26
2a*	14.7	28.0	1.150	3.3	1.255~1.322	1.310	1.244	1.17
2a*	14.7	28.0	1.150	3.3	—	1.291	1.244	1.12
2b*	21.4	43.0	1.142	3.5	1.240~1.295	1.281	1.296	0.96
2c*	25.9	44.0	—	—	1.160~1.313	1.277	1.295	0.95
3	7.9	23.0	1.122	3.5	1.135~1.170	1.152	1.067	1.23
4	8.0	23.0	1.124	3.5	1.175~1.210	1.194	1.088	1.27
5	8.0	14.7	1.133	3.5	1.155~1.178	1.166	1.069	1.25
6	8.0	20.0	1.160	3.5	1.198~1.215	1.209	1.095	1.30
7	7.0	8.5	1.145	3.5	1.230~1.272	1.252	1.080	1.43
8	8.0	14.5	1.140	3.5	1.170~1.275	1.251	1.055	1.48
9	16.0	30.0	—	—	1.298~1.512	1.412	1.278	1.36

* 2a, 2b, 2c は同一トレンチで掘削深さが異なる。 † (6) 式による計算は図一 の諸数値にもとづいている。

文献紹介

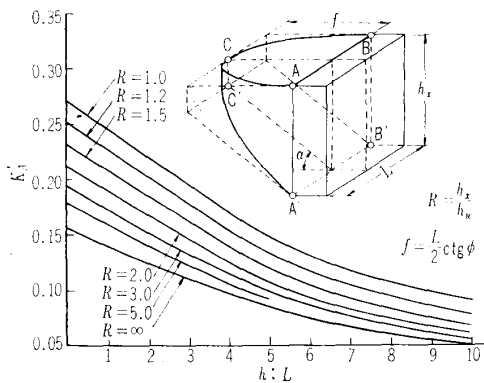
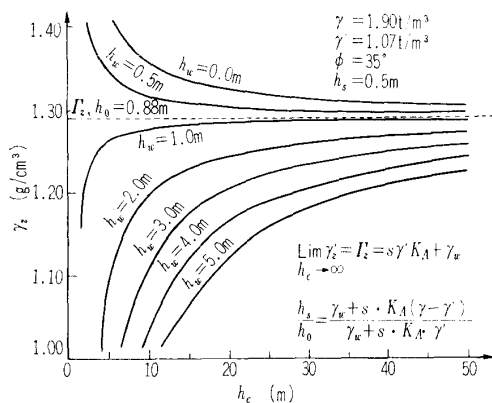


図-2 トレンチの諸元と土圧係数の関係

図-3 トレンチの限界深さ (h_c) と泥水密度の関係

サビに適用すると 図-2 のようになり、 h と L との比から K_A' が求められる。図-2 は $r':r=0.57$, $\phi=35^\circ$ の場合のノモグラフである。図から明らかなように、掘削深さ (h) を一定とすると掘削長さ (L) が短くなるにしたがって土圧係数 K_A' が減少するが、これにともない所要の r_z も小さくなる。いま、土質が一樣で $h=15$ m とした場合の L と r_z との関係を示す次のようになる。

$$L=5.0 \text{ m} \rightarrow r_z=1.174 \text{ g/cm}^3$$

$$L=15 \text{ m} \rightarrow r_z=1.216 \text{ g/cm}^3$$

$$L=\infty \rightarrow r_z=1.266 \text{ g/cm}^3$$

図-3 は r_z と限界深さ (h_c) との関係を h_w をパラメータとして示したもので、同図から次のことがわかる。

(i) $h_w < h_0$ の場合、 h_c の増加にともなって r_z は減少する。また、 $h_w > h_0$ の場合には h_c の増加にともない r_z は増加する。

(ii) 一般に r_z は $r_z=f(h_c)$ なる関数で表わされるが、その曲線は h_c の増加にともない h_c 軸に平行となる。また、地下水位と土質の条件が与えられれば任意の h_c に対して $r_z=\Gamma_z$ —一定なる場合に既知の h_s に対応する h_0 を求めることができる。

図-3 は泥水の満たされているトレンチの安定が地下水位の影響を非常に受けやすいことを示している。

今回実験の行なわれた地盤が互層であったため、所要

の r_z の計算は次式において $h_m=h_c$ として行なわれた。

$$r_z = \frac{K_A}{h_m - h_s} \left[\sum_{i=1}^h \Delta h_i \cdot r + \sum_{i=k+1}^n \Delta h_i \cdot r' \right] + \left[\frac{r_w(h_m - h_w)}{h_m - h_s} \right] \quad \dots\dots\dots (6)$$

また、掘削時に採取した泥水密度 (r_z') は掘削当初の泥水密度 (r_z) よりも大であった。したがって、次式によって安全率 (S) を求めた (Piaskowski 1964)。

$$S = \frac{r_z'(h_m - h_s) - r_w(h_m - h_w)}{r_z(h_m - h_s) - r_w(h_m - h_w)} \quad \dots\dots\dots (7)$$

安全率の使用は地盤状態に関して必要な資料が得にくいことに起因するが、泥水濃度があまりにも高くなると掘削に支障をきたすことがあるので、 r_z' を大きくすることは避けなければならない。表-1 によれば S が 1 に満たない場合においてもトレンチの安定が保たれていることから計算による安全率にはある程度の幅があることは明らかである。

表-1 には 9 種のトレンチの試験掘りの結果が示されているが、9 種ともすべて安定を保っていた。とくに、トレンチ 2a は泥水を満たした状態で 9 カ月間放置されたが何ら異常が認められなかった。原因として泥水の安定性が優れていたことが指摘される。また、砂粒子の沈降による泥水密度の低下もみられなかった。

一般にトレンチ内の泥水密度は掘削中土砂の混入により増加する。この土砂混入量は泥水の性質を変えることで広範囲に調節できる。泥水中への土砂混入率を支配する要因として次の (i)~(iv) があげられる。

(i) 泥水のせん断強さ (τ_s)、(ii) 掘削方法、掘削機種、(iii) 掘削地盤の粒度、(iv) 泥水の処理方法

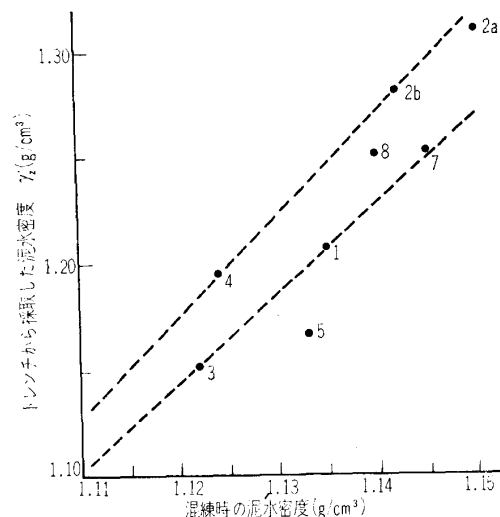


図-4 掘削前後の泥水密度の変化

図-4 に泥水の混練時密度と土砂が混入した際の泥水密度との関係を示した。図中の番号は表-1 のトレンチ番号と一致している。なお、泥水に使用されたのはミオセーン粘土である。

(佐藤 寛：(株)大林組技術研究所)