

III-B 169

上向きシールド掘削における切羽周辺地盤の安定解析

大成建設 正会員 加納 宏一
 大成建設 正会員 亀村 勝美
 大成建設 正会員 金子 研一
 五洋建設 正会員 佐藤 慎

1. はじめに

上向きシールドは、図-1のように地中の既設構造物から重力の作用方向と反対方向に地盤を掘削する。上向きシールドの切羽安定解析として、地盤の破壊状態を想定した極限解析¹⁾を実施し、切羽周辺地盤の全体安全率を算定した。このとき、土被り厚や地盤の種類などの掘削条件をパラメータにした解析を実施し、上向きシールドの掘削時における切羽安定に対する検討を行った。

2. 解析内容

解析はシールドトンネルの中心軸を回転軸とした軸対称問題として扱う（図-2）。地盤はMohr-Coulomb降伏条件による完全弾塑性材料、セグメントは剛な弾性材料、そして地盤とセグメント間は摩擦係数0.5の滑り挙動を考慮した材料として考える。

有限要素法による弾塑性解析において、地盤の強度定数（ C 、 $\tan \phi$ ）を一様に低減していった場合、切羽前面の周辺地盤の降伏領域が拡大し周辺地盤が構造系として成り立たなくなる限界の状態が存在する。このとき、低減された地盤の強度定数 C' と $\tan \phi'$ を解が収束する限界の値であるとすれば、切羽周辺地盤の安全率 SF は次のように定義される²⁾。

$$SF = C / C' = \tan \phi / \tan \phi'$$

3. 解析パラメータ

想定した均一地盤の材料定数の値を表-1に、掘削条件パラメータの内容を表-2に示す。切羽面に作用する荷重を表す係数 α は、切羽前方の土圧状態を表す定数であり、鉛直下向きの掘削解放力 P_v と切羽面に鉛直上向きに作用するシールドマシンの推進力等の大小関係から決まる²⁾。

4. 解析結果

求められた地盤の安全率に対して次のことが言える。

(1) 切羽面に作用する荷重をパラメータとして算定した地盤の全体安全率は、主働および受働土圧側とも、 α が

1.0 から離れるにしたがって急激に低下する（図-3）。

(2) 掘削径をパラメータとして算定された地盤の全体安全率は、粘性土および砂質土地盤とも掘削径が大きくなるほど、低下する傾向がある。しかし、低下の割合が最も大きい土被り厚は、それぞれの地盤において異なる。粘性土地盤では、土被りの浅い10mの場合が掘削径の増大による地盤の全体安全率の低下の割合が最も大きい（図-4(a)左図）。これに対して、砂質土地盤では、土被りの深い40mの場合が掘削径の増大による地盤の全体安全率の低下の割合が最も大きい（図-4(b)左図）。

3) 土被り厚をパラメータとして算定された地盤の全体安全率は、粘性土および砂質土地盤とも土被りが深いほど

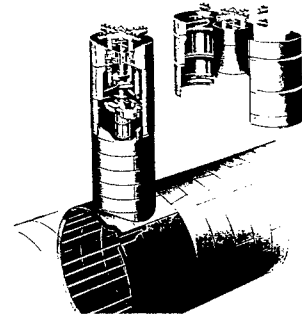


図-1 上向きシールドの概念図

（使用プログラム：NAPG-2D）

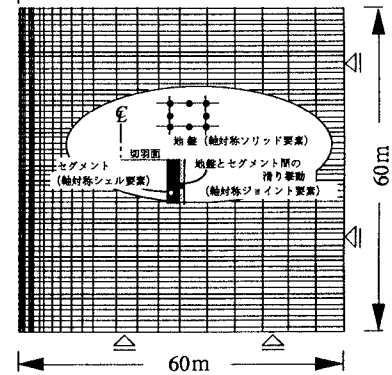


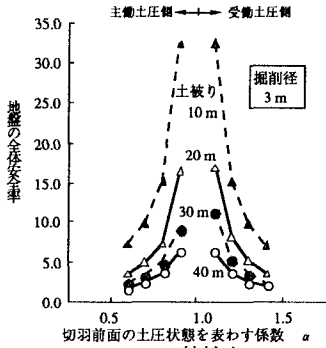
図-2 解析モデルの概要

表-1 地盤の材料定数

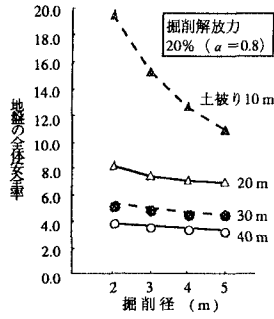
種類	変形係数 E (kgf/cm ²)	ポアソン比 ν	単位体積重量 γ (kgf/cm ³)	粘着力 C (kgf/cm ²)	内部摩擦角 ϕ (度)
粘性土	20	0.4	1.8×10^{-3}	0.5	0
砂質土	20	0.35	2.2×10^{-3}	0.1	30

表-2 掘削条件パラメータの値

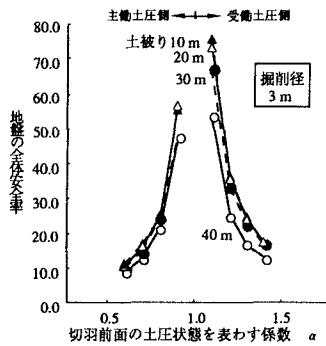
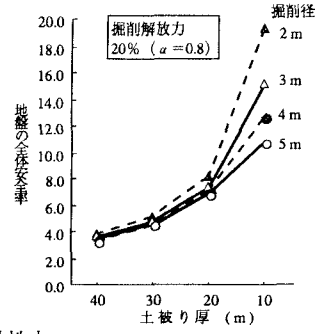
掘削径 (m)	土被り厚 (m)	切羽面に作用する荷重を表す係数 α			
		主働土圧側		受働土圧側	
2, 3, 4, 5	40, 30, 20, 10	0.6, 0.7, 0.8, 0.9		1.1, 1.2, 1.3, 1.4	



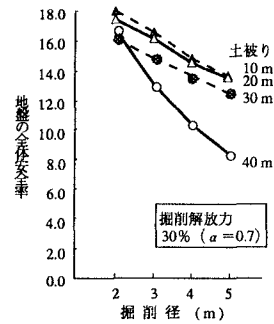
(a) 粘性土



(a) 粘性土



(b) 砂質土



(b) 砂質土

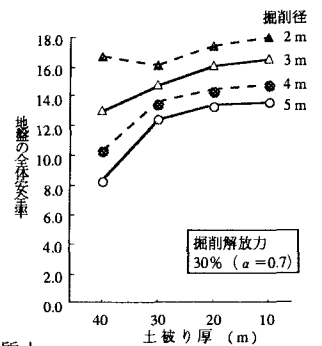


図-3 土被り厚と α をパラメータにした解析

図-4 掘削径と土被り厚をパラメータにした解析

ど、低下する傾向がある。しかし、粘性土と砂質土地盤を比べた場合、低下の傾向は異なる。すなわち、粘性土地盤の方が土被り厚の変化に対する地盤の全体安全率の変化の割合が大きく、土被りが浅くなるにしたがって地盤の全体安全率の値も急激に大きくなる（図-4(a)右図）。これに対して、砂質土地盤では、土被り厚の変化に対する地盤の全体安全率の変化の割合は相対的に粘性土地盤ほど小さく、土被りが浅くなるにしたがって地盤の全体安全率の変化する割合は小さくなる（図-4(b)右図）。

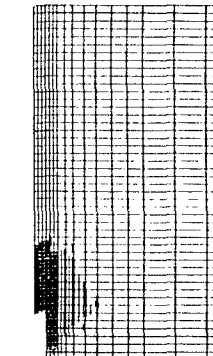
(4)地盤の安全率算定時における降伏点分布を、それぞれの土被り厚の場合について図-5に示す。

5. まとめ

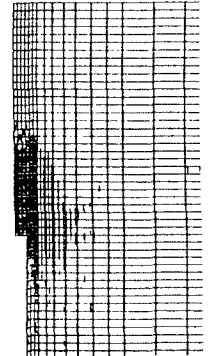
上向きシールドに対して、地盤の破壊状態を想定した極限解析による切羽周辺地盤の全体安全率SFを算定することにより、様々な掘削条件における切羽安定に対する定性的な傾向を求めることが可能と思われる。特に地盤が複雑な場合や近接構造物との影響を考慮する必要がある場合に、切羽の安定検討の一つの方法として有効と考える。

（参考文献）

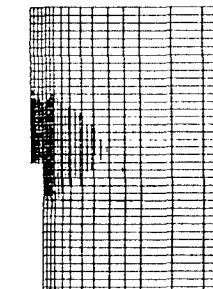
- 1) 小林正樹. “有限要素法による地盤の安定解析”. 港湾技術報告. 第23巻第1号 PP.83-101 (1984.3)
- 2) 加納宏一ほか. “上向きシールドにおける切羽の安定解析”. 土木学会第50回年次学術講演会. PP.756-757 (1995)



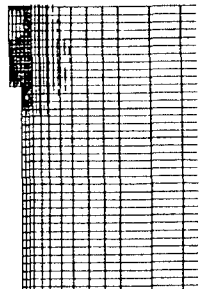
(a)土被り40m (SF=3.7)



(b)土被り30m (SF=5.1)



(c)土被り20m (SF=7.4)



(d)土被り10m (SF=15.2)

(粘性土, 掘削解放力20% ($\alpha=0.8$), 掘削径3m)

図-5 安全率算定時の降伏点分布図