

地上発進が可能なシールド工法（ノン・シャフト・シールド工法）の開発（その2）

清水建設(株) 正会員 ○吉田 順, 後藤 茂, 後藤 徹, 阿曾 利光

1. はじめに

地上からのシールド機発進が可能となれば、発進立坑の築造が不要になるなど工期に対するメリットが大きく、例えばアプローチ部に一定の勾配を必要とする道路シールドトンネルでは有効である。このようなシールド機の地上発進で最も大きな課題は、浅深度掘進時の地表面沈下であり、別報^{*)}で示すように本開発ではシールド機のカッタを傾斜可能とする方式により、地表面沈下を抑制している。本報では、このノン・シャフト・シールド工法の地表面近傍における掘削時の有効性を示すために、カッタ傾斜の有無を考慮したモデルに対する3次元FEM解析を実施し、地表面沈下および地盤の安定性について評価した結果を報告する。

2. 解析モデルおよび解析条件

図-1に解析モデルの2次元断面を示す。シールド機の直径 $D=12\text{m}$ と想定し、その先端上部が $0.5D$ の深度にあるときの掘削状況をモデル化している。解析はカッタが垂直な通常のシールド機と今回開発したシールド機（傾斜 30° ）の双方に対して実施し、掘削時の変形および応力分布からノン・シャフト・シールド工法の有効性を示すものである。境界条件は側方境界を水平変位拘束、底部境界を変位固定としている。また、地盤物性は一様と仮定しており、解析に用いた諸元は表-1に示すものである。なお、地盤は $N=10$ 相当と考えており、掘進の勾配を考慮してシールド部分には 6% の傾斜を与えている。

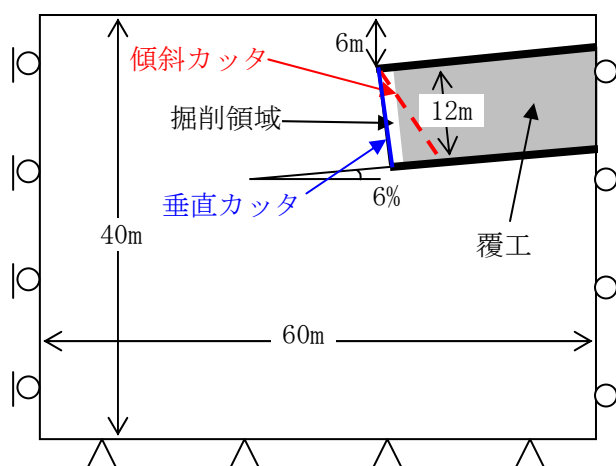


図-1 解析モデル（2次元断面）

3. 解析方法

解析手順としては、まず自重解析により初期応力状態を求め、次にカッタ位置後方の要素を掘削相当領域として除去することにより、垂直カッタおよび傾斜カッタの掘削影響を見た。解析には3次元弾性FEMを用いており、地盤および覆工部分はソリッド要素、シールド機はシェル要素でモデル化している。なお、自重解析では覆工部分の単位体積重量を地盤と同じに設定してできるだけ変形にアンバランスが生じないようにしている。地盤の安定性評価対象とした出力結果は、掘削による増分変位および掘削前後の応力状態の変化である。

表-1 解析に用いた諸元

	物性	数値
地 盤	ヤング率 E_g	7.0 MN/m^2
	ポアソン比 ν_g	0.40
	単位体積重量 γ_g	2000 kg/m^3
覆 工	ヤング率 E_c	35 GN/m^2
	ポアソン比 ν_c	0.20
	単位体積重量 γ_c	2000 kg/m^3
シールド機	ヤング率 E_s	790 GN/m^2
	ポアソン比 ν_s	0.25

4. 解析結果および考察

4.1 垂直カッタによる掘削

図-2に鉛直カッタによる掘削時の鉛直変位分布を示す。掘削の影響により切羽前方 $1.0D$ 前後の範囲に沈下の大きい領域が認められ、地表面に最大で 6mm の沈下が見られる。図-3に切羽前方 $0.0D-1.0D$, 深度 $0.5D$ の位置での応力状

キーワード：地上発進，シールド，傾斜カッタ，有限要素法，沈下，安定性

〒135-8530 東京都江東区越中島 3-4-17, tel:03-3820-8309, fax:03-3820-5959

態から算定された安全率分布（強度定数 $c=0$, $\phi=30^\circ$ を仮定）を図-3 に示す。掘削後に、切羽前方 0.5D 近傍までは大きく低下しており、安全率 1.0 を切る領域が生じている。ただし、切羽直近に関しては初期応力解析時点からシールド部分の剛性が高い影響で乱れがあることを考慮しなければならない。

4.2 傾斜カットによる掘削

図-4 に傾斜カットの変位分布を示す。垂直カットの場合に切羽前方 1.0D 近傍に沈下の顕著な領域が見られたのに対し、傾斜カットの場合には沈下は生じるものの切羽前方の地盤全体で一様な沈下となっている。また、最大沈下量は境界位置に発生しており、その値も 0.4mm と非常に小さい。今回の解析では掘削部分の重量がなくなるような計算（全体に軽くなる）になっていることから、シールド機近傍では隆起を生じる結果となっているが、その部分についても垂直カットと比較して、傾斜カットの影響が小さいことがわかる。図-5 に示した安全率分布は切羽直近以外では安全率が確保されていることが示されており、特に 0.3D 以遠では初期状態からの安全率の変化が非常に小さくなっている。

5. 傾斜カットの安定性に関する総合評価

3次元 FEM 解析を用いた掘削解析を鉛直カットと傾斜カットを対象として実施し、傾斜カットでは切羽前方の地表面沈下が抑制されることおよび地盤の安定性が保たれることを示した。この要因はカットを傾斜させることにより掘削による応力解放が地表面方向でなく、掘削位置より下方に向かって影響を与えるためと考えられる。今回の検討では、さらに深度の異なる場合の解析やカット部での面圧を考慮した検討なども実施したが、いずれも傾斜カットの優位性を示すものであり、ノン・シャフト・シールド工法の有効性が確認された。

参考文献：地上発進が可能なシールド工法（ノン・シャフト・シールド工法）の開発（その1），第61回土木学会年次学術講演会講演概要集（投稿中）

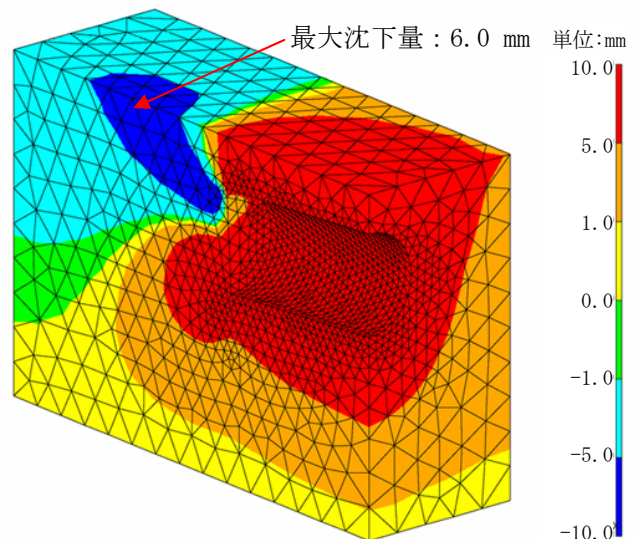


図-2 垂直カットの鉛直変位分布

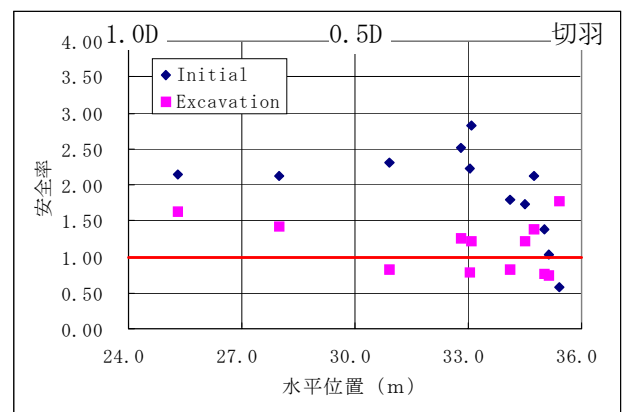


図-3 切羽前方の安全率（垂直カット）

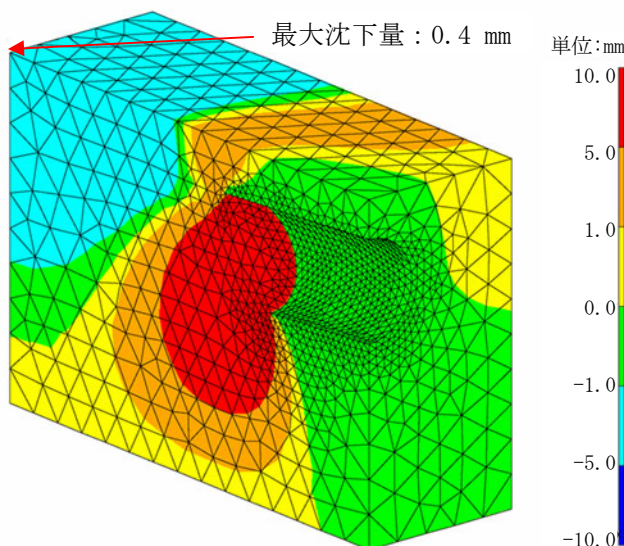


図-4 傾斜カットの鉛直変位分布

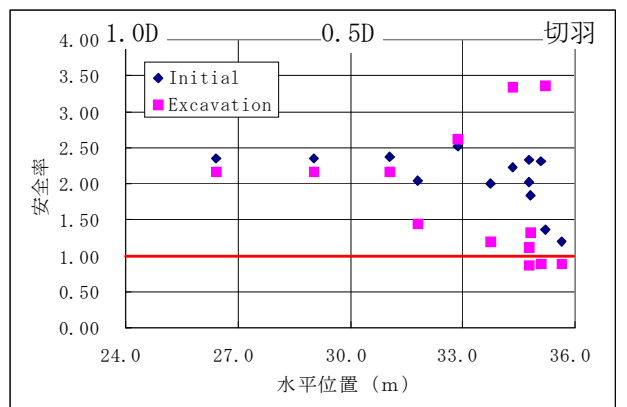


図-5 切羽前方の安全率（傾斜カット）