

III-90

三次元FEMによる長尺先受工法の施工評価に関する研究

(株)熊谷組 正 手塚 仁
 (株)熊谷組 正 御手洗 良夫
 (株)熊谷組 正 植松 澄夫
 (株)熊谷組 正 西間木 朗
 (株)熊谷組 川本 賢一

1. はじめに

近年、都市部の地下空間利用の推進や社会的ニーズの多様化により、トンネルの役割は一層重要となり、地質条件の善し悪しにかかわらず、大断面化、大深度化、施工の高速化が要求されるようになった。こうしたニーズに応じるために長尺先受工法が注目を集めている。長尺先受工は切羽前方の先行変位を抑制するとともに、切羽安定性を向上させる効果がある。その効果の評価には、三次元的な検討が必要となる。

本研究では先受工をモデル化した三次元掘削シミュレーションを三次元FEMを用いて先行先受工の効果、切羽の安定度を定量的に求める。それぞれの評価は、先行変位の範囲、量と形状弾性ひずみエネルギー法に基づく支保効率の数値で行う。

また、シミュレーションの結果は、現場計測結果と比較し、評価の妥当性を検証する。

2. 三次元FEM解析

2-1 解析モデル

本研究ではトンネル施工時に最も注意を要する坑口部をモデル化し図-1に示す解析モデルを設定した。また、対象とするトンネルはトンネル断面約100 m²の大断面三車線トンネルを想定し、地山は比較的軟弱な地盤を想定した。

支保部材として吹付けコンクリート、長尺先受工を三次元ソリッド要素でモデル化しトンネル周辺に組み込んだ。

また、地山、支保部材の物性値を表-1に示す。

2-2 解析ケース

解析ケースはCASE-1として無支保での掘削、CASE-2として吹付けコンクリートのみでの支保、CASE-

3として長尺先受工と吹付けコンクリートでの支保をそれぞれ解析し長尺先受工の効果の評価を行った。

2-3 解析ステップ

掘削のシミュレーションはトンネル上半のみとしCASE-1、CASE-2、CASE-3とも

に1ステップで坑口より14m掘削し、そ

の後2mずつ7ステップ掘削することとした。CASE-2では、掘削のステップ毎に地山の物性値を吹付けコンクリートの物性値に変更した。CASE-3では掘削の1ステップに18m分の長尺先受工をトンネル周方向120°にセットし2ステップの掘削終了後に3ステップ目で12m分の長尺先受の物性をセットした後、4ステップ～8ステップまで掘削を行った。さらにCASE-3では各ステップ毎に吹付けコンクリートもセットした。

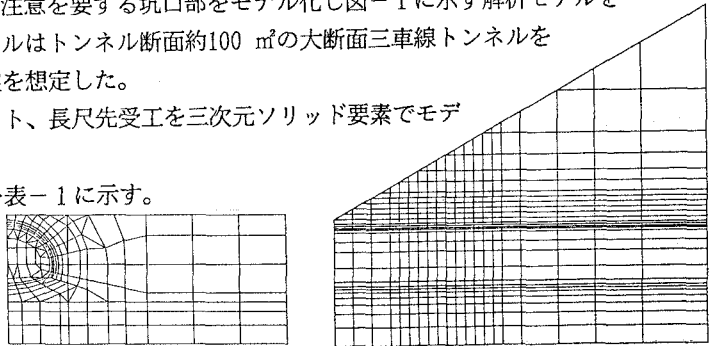


図-1 解析モデル

表-1 物性値

	弾性係数 (kgf/cm ²)	単位体積重量 (tf/m ³)	ポアソン比	粘着力 (kgf/cm ²)	内部摩擦角 (°)
地山	500	1.8	0.4	0.1	35
吹付けコンクリート	10000	2.5	0.35	—	—
長尺先受工	2500	2.5	0.35	—	—

2-4 形状弾性ひずみエネルギーを用いた支保効率¹⁾

支保の効果を評価する手法として形状弾性ひずみエネルギーを用いた支保効率がある。吹付けコンクリートによって改善される形状弾性ひずみエネルギーを $U_s^{(3)}$ 、長尺先受工によって改善される形状弾性ひずみエネルギーを $U_s^{(4)}$ 、無支保の掘削によって発生する形状弾性ひずみエネルギーを $U_s^{(2)}$ とすると支保の効果を示す値として次式が得られる。

$$\text{支保効率} = \sqrt{(U_s^{(3)} + U_s^{(4)}) / U_s^{(2)}}$$

この支保効率を用いて長尺先受工の効果を評価する。

3. 解析結果

3-1 長尺先受工の変位の抑制効果

図-2と図-3にCASE-1、CASE-2、CASE-3の9ステップ掘削時の地表面と天端での変位曲線を示す。図から無支保で掘削したCASE-1に比べ、吹付けコンクリートで支保したCASE-2、長尺先受工と吹付けコンクリートで支保したCASE-3では変位が抑制されていることが確認できる。CASE-2とCASE-3ではCASE-2の方が変位を抑制しており明らかに長尺先受工の効果が現れている。

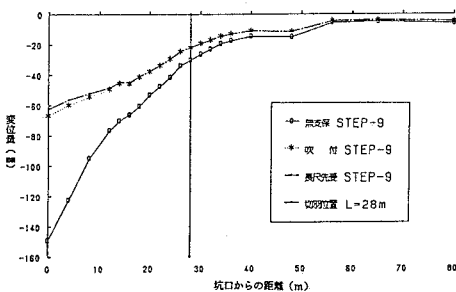


図-2 9ステップ掘削時の地表面沈下量

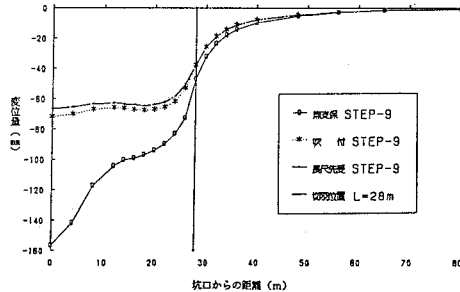


図-3 9ステップ掘削時の天端沈下量

3-2 長尺先受工の支保効率

図-4と図-5にCASE-2、CASE-3の9ステップ掘削時の支保効率図を示す。図からCASE-3の方がCASE-2よりトンネル切羽前方の上方において広い範囲で支保効率が高くなっており長尺先受工の効果を示している。

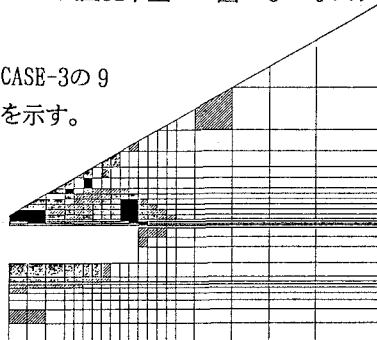


図-4 9ステップ掘削時の支保効率(CASE-2)

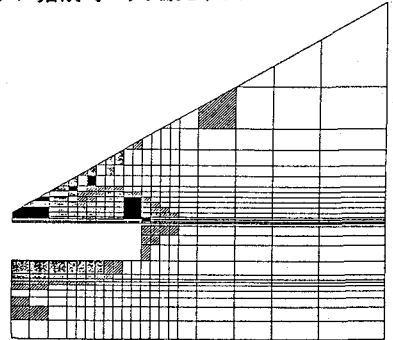


図-5 9ステップ掘削時の支保効率(CASE-3)

4. まとめ

長尺先受工法は、現在、施工実績が増えつつあり、施工効果をあげている。しかし、その効果のメカニズムは十分に解明されていないのが現状である。本研究では、長尺先受工法の効果を定量的に表すために、三次元FEMを用いて数値計算を行った。長尺先受工の効果を表す一つの尺度として形状弾性ひずみエネルギーによる支保効率を用いたが、評価法として有効であることを確認した。

今回の解析では、長尺先受工のモデル化は、地盤改良を主眼において行った。今後多くの解析データに基づく評価を行い適切なモデル化、および物性の取り方について研究を進め、解析的評価が可能となるようにし、現場計測の分析結果ともあわせて長尺先受工法の設計手法の確立をめざす。

参考文献 1) 松本嘉司、西岡 隆 「トンネルの設計理論」 構造計画研究所 1992