

ブレイニング工法の効果に関する数値解析

大日本コンサルタント(株) (正) 〇志鹿達哉
 (株) 間組(正) 寺内伸 (正) 前田信行
 山口大学(学) 岡部正 (正) 中川浩二

1. はじめに

通常のトンネル掘削では、トンネル掘削後、早期に吹付けコンクリートを掘削部周辺に施工することによってトンネルを安定させる。一方、ブレイニング工法は、トンネル掘削前に掘削部周辺にコンクリートを施工し、トンネル掘削に伴う地山崩壊を抑制する工法である¹⁾。しかし

ながら、ブレイニング工法による先受け効果は現在あまり把握されていない。そこで、本研究ではブレイニング工法により施工されるトンネル周辺の地山の安定性を評価することを目的として2次元の数値解析を行った。なお、本研究では数値解析手法として有限差分法に基づく連続体の解析コード“FLAC (Fast Lagrangian Analysis of Continua, ITASCA 社製)²⁾”を利用した。

2. 解析条件

本研究では素掘り、トンネル掘削後のライニング施工（吹付けコンクリートをイメージ）、およびトンネル掘削前にライニングを構築するブレイニング施工の3ケースについて地山挙動の比較を行った。解析は弾性解析とした。解析モデルは横断モデルであり、解析領域は対称性を考慮して右側半分のみとした。またブレイニング工法の採用が予想される都市部のトンネルを想定し、トンネル直径 $D=16\text{m}$ の大断面とし、土被りは $1/2D$ (8m) とした。解析対象断面を図-1に示す。地山の挙動は図中に示す天端、天端真上の地表面の沈下量で比較を行うものとする。地山の物性値を表-1に示す。またブレイニング工の先受け長は2m、厚さは40cmとした。ライニング工についてはブレイニングと比較しやすいように簡素化し、厚さはブレイニング工と等しく40cm、切羽通過2m後に施工するものとした。コンクリートライニングの物性値は2ケースともに同じとし、その値を表-1に示す。

解析手法³⁾として、本研究では3次元素掘り解析から切羽の進行と変位の関係を求め、図-2に示すように対象断面の切羽からの距離と解放率の関係を求めた。解放率とは切羽が $-2D$ のときの対象断面の変位を最小、 $+2D$ のときの変位を最大とした時の各切羽距離における変位を百分率で示し、これを切羽における地山応力の解放割合とした。ブレイニング工法の施工過程を図-3に示す。本研究では、切羽の進行を3次元的に考慮するために、解析ステップを図-2のように分割し、各解析ステップにおける解放率を求めた。2次元解析における応力解放率については次式により表さ

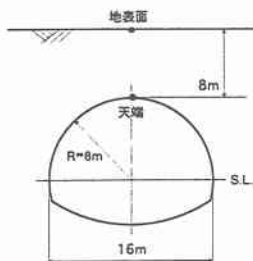


図-1 解析断面

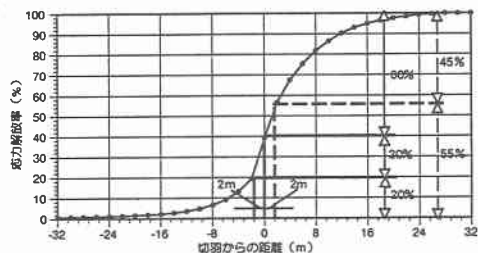


図-2 切羽からの距離と解放率の関係

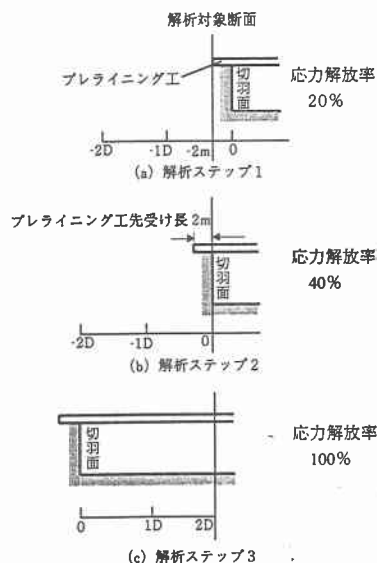


図-3 ブレイニングの施工過程

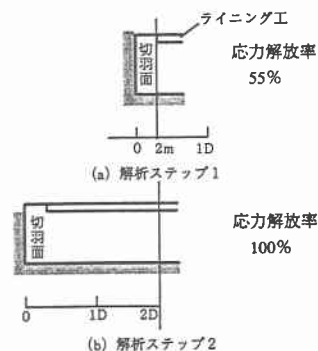


図-4 ライニングの施工過程

れる。

$P = P_0 \cdot \alpha$ (ただし P : 解放荷重, P_0 : 全解放荷重, α : 応力解放率)

プレライニング施工時の応力解放率の配分を図-2 より導くと, 解析ステップ1は20%, 解析ステップ2は40%, 解析ステップ3は100%となる。この結果を用いて2次元解析を行った。また, トンネル掘削後にライニングを施工した場合の施工過程を図-4 に示す。ここでもプレライニング工法と同様に各施工過程における解放率を図-2 から求めた。

ライニング施工時の応力解放率の配分を図-2 より導くと, 解析ステップ1は55%, 解析ステップ2は100%となる。この結果を用いて2次元解析を行った。

3. 解析結果と考察

表-2 はそれぞれのケースにおける天端沈下量, 地表面沈下量を示したものである。天端沈下についてみると素掘りでは2.99cmの沈下量であるが, ライニング施工では2.02cmと変位量は約2/3に抑制され, プレライニング施工では1.04と変位量は1/3とさらに抑制されている。地表面についても同様である。

図-5 は素掘り, ライニング施工, プレライニング施工の地山のトンネル掘削後の変形図である。破線は掘削前, 実線は掘削後の変形図を表す。天端沈下, 地表面沈下ともに素掘りに比べ, ライニングでは沈下量は抑制され, プレライニングを施工することにより更に抑制されている。

図-6 は変位からみたライニング施工とプレライニング施工の天端, 地表面における効果率をグラフ化したものである。効果率とは, 変位の抑制効果を表すもので, 次式のように定義した。

$$\text{効果率} = (\delta_2 - \delta_1) \div \delta_2 \times 100$$

δ_2 : 素掘り時の最大変位量

δ_1 : ライニング施工およびプレライニング施工の最大変位量

図-6 によると, 天端, 地表面ともにライニング施工よりプレライニング施工の方が2倍程度, 効果率が高いことが分かる。

4. 結論

本研究により, プレライニング工法は土被りの浅いトンネルの地表面沈下の抑制, トンネル天端崩落の防止が期待できることが分かった。また, ライニング施工と比較して, 天端, 地表面の沈下の抑制効果に優れていることが分かった。これらは, いずれも掘削に先行して施工されるプレライニング工法の先受け効果によるものと思われる。今後は弾塑性解析を行い, 破壊の起こる地山に対するプレライニング工法の効果の検討, プレライニングの先受け長, 厚さ等を変えた場合の解析を行う予定である。

参考文献

- 1) 亀岡美友, 指田健次: New PLS 工法の開発 (新プレライニングサポート工法), 土木学会誌, 第77巻9号, pp.20~22, 1992.9.
- 2) FLAC ver3.3 マニュアル Vol.IV, ITASCA, 1995.
- 3) 米山秀樹, 指田健次: トンネルプレライニングの設計法に関する一考察, 土木学会論文集, No.534/VI-30, pp.55~67, 1996.3.

表-1 物性値

	地山	ライニング
単位体積重量 γ (kgf/cm ³)	2.1×10^3	2.3×10^3
弾性係数 E (kgf/cm ²)	1500	200000
ポアソン比 ν	0.35	0.17
粘着力 C (kgf/cm ²)	0.7	
内部摩擦角 ϕ (°)	30	

表-2 変位量 (cm)

	天端	地表面
素掘り時	2.99	2.39
ライニング施工時	2.02	1.61
プレライニング施工時	1.04	0.84

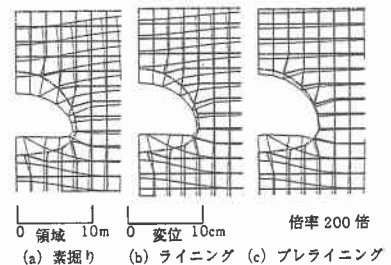


図-5 変形図

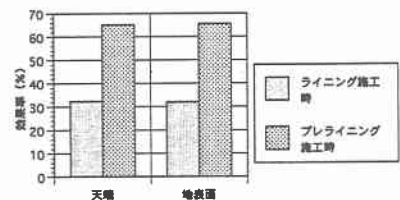


図-6 効果率