

## III-B 79

## プレライニングの先受け・支保機構に関する考察

日本国土開発 正会員 ○米山秀樹 指田健次  
フ ジ タ 正会員 香川和夫  
鉄 建 建設 正会員 笹尾春夫

## 1. はじめに

プレライニング工法は、トンネル掘削に先立ち切羽前方地山内にアーチシェルを構築する先受け工法の一つで、先受け効果とともに、トンネル横断方向のアーチによる支保効果が期待される工法である。筆者らは、プレライニングの合理的な設計手法の確立を目標として、プレライニングの先受け・支保機構を解明するための実験的な研究を行っている。このうち、本報告では、乾燥砂を用いた土槽実験の結果、およびその結果をもとに行ったプレライニングの先受け・支保機構に関する考察について述べる。

## 2. 実験概要

土槽実験は、プレライニングの先受け効果を確認する掘削模擬実験（実験1）と、支保効果を確認する掘削模擬実験（実験2）の2種類を行った。

実験1は、外径 $D=300\text{mm}$ で半円形断面（切羽高さ $h=150\text{mm}$ ）をもつトンネル模型を乾燥砂に埋設し、図-1に示すように、切羽の掘進による鉛直応力の解放を先受け部の降下で、水平応力の解放を切羽の鏡止め板の引抜きで模擬するものである。なお、実験1の詳細については、参考文献1）を参照されたい。

実験2は、直径 $125\text{mm}$ の円筒状の断面をもつ薄紙を乾燥砂中に鉛直方向に埋設し、その後、内部の乾燥砂を下部より抜き取ることで掘削を模擬するものである。実験2では、円筒状の薄紙は立坑の土留めのような状態となるが、片側の土被りを厚くするなどして偏土圧を与えることにより薄紙をトンネル支保と見立て、プレライニングの支保機構について考察した。

## 3. 実験1の結果と先受け機構に関する考察

先受け効果には、沈下抑制と切羽安定性向上効果があるが、ここでは後者のメカニズムについて考察する。

切羽の安定性を、図-2に示すように、切羽前方土塊のつり合いによるものとすれば、プレライニングによる切羽安定性の向上は、切羽前方土塊に作用する鉛直土圧 $p$ の減少や、プレライニングと土塊間の摩擦により得られるものと考えられる。

実験1において、土被りを $1D$ とし、プレライニングの先受け残長を変化させた場合の切羽前方（ $h/3$ ）の鉛直土圧の増減率を図-3に示す。ここで、プレライニング‘なし’は先受け部の天端を水平に $3\text{mm}$ 降下させており、‘あり’の3ケースは脚部と切羽前方土塊

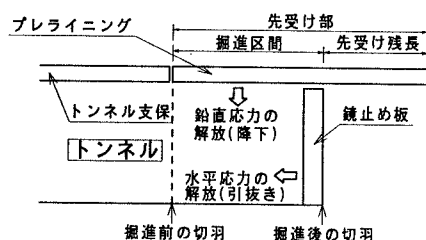


図-1 トンネル縦断の概念図（切羽掘進の模擬）

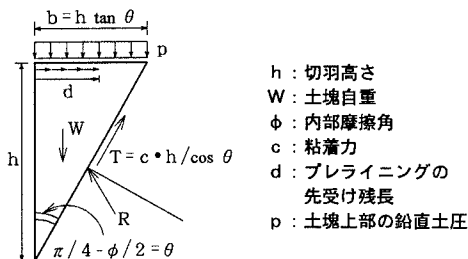
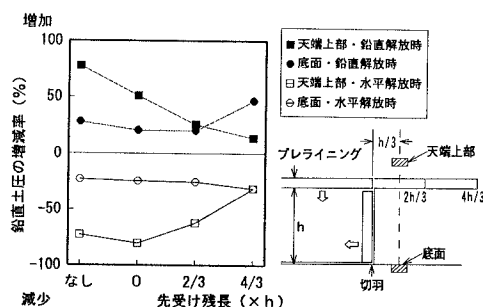


図-2 切羽前方土塊のつり合い

図-3 切羽前方 $h/3$ における鉛直土圧の初期土圧からの増減率（初期鉛直土圧を100%とする）

から反力をとり、天端の傾斜を許容して1mm降下させている。図-3より、切羽前方の鉛直土圧は常に、切羽の水平応力解放時に減少し、鉛直応力解放時に増加することがわかる。これを図-4の地山特性曲線に示せば、水平応力の解放で切羽前方に先行沈下を生じて切羽鉛直土圧が $p_1$ に減少し、鉛直応力の解放で後続変位区間に切羽の内圧効果 $p_2$ が生じて切羽鉛直土圧が $\alpha \cdot p_2$ 増加する（ $\alpha$ は係数）状態と考えることができる。実際の掘削では両者が同時に生じ、切羽前方の鉛直土圧 $p$ は、 $p = p_1 + \alpha \cdot p_2$ となる。

プレライニングの効果について図-3を見ると、天端上部の鉛直土圧の増減率は、先受け残長が大きいほど減少する傾向にある。これは、先受け部が上部地山の初期応力状態を保持する効果を発揮しているためと考えられる。一方、底面鉛直土圧に対する先受け残長の影響は小さいが、これは降下量を一定(1mm)にしているためと考えられる。図-5は、降下量と底面鉛直土圧の増加率（ $\alpha \cdot p_2$ に相当）の関係を示しているが、 $p_2$ を小さくして切羽の安定性を向上させるためには、降下量を小さく、すなわち掘進区間の鉛直応力の解放を抑制することが重要であるといえる。

#### 4. 実験2の結果と支保機構に関する考察

柔なたわみ性覆工では、土圧の再分配によって反力が適当に分布し、覆工内には曲げモーメントが生じない<sup>2)</sup>ことを実験-2により確認した。写真-1は、直径125mmの円形立坑形状で、厚さ0.040mmの紙（40g/m<sup>2</sup>のトレーシングペーパー）が深度20cmの側圧に抵抗してる状態を示す。写真-2は、長径155mm、短径105mm（扁平率67.7%）の小判型立坑形状で、厚さ0.089mmの紙（67g/m<sup>2</sup>の上質紙）が深度30cmの側圧と片側地表面に12cm盛土した偏圧に抵抗している状態を示す。このように先行覆工された状態で内部を掘削する場合には、扁平な断面であってもほとんど曲げモーメントは生じず、柔なたわみ性のプレライニングが支保としては望ましいことを示しているものと考えられる。

#### 5. おわりに

乾燥砂を用いた土槽実験により、プレライニングの先受け・支保機構について以下の知見を得た。①プレライニング適用時の切羽安定性は、掘進区間の鉛直応力解放がプレライニングによって抑制され、切羽前方土塊の鉛直土圧が低減することで向上する。②プレライニングのように先行覆工された状態で内部掘削を行うと、扁平な断面であっても、土圧の再分配によって柔なたわみ性の覆工内には曲げモーメントはほとんど発生しない。なお、本報告はプレライニング工法検討委員会（委員長 足立紀尚 京都大学教授）での成果の一部をまとめたものであり、ご指導を頂いた関係各位に感謝の意を表します。

【参考文献】1) 米山、生山、香川、笹尾：プレライニング工法の先受け効果に関する模型実験、地盤工学会 第31回地盤工学研究発表会、1996年（投稿中） 2) 足立、田村、八嶋：薄肉柔構造（吹付けコンクリート、ロックボルト）の支保機構に関する研究、土木学会論文集 第358号/Ⅲ-3、1985年6月

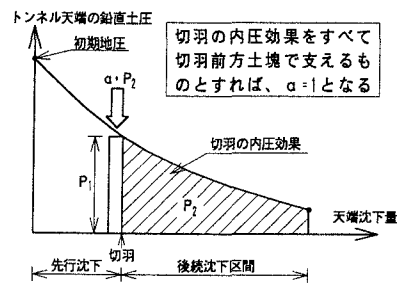


図-4 特性曲線と切羽前方鉛直土圧

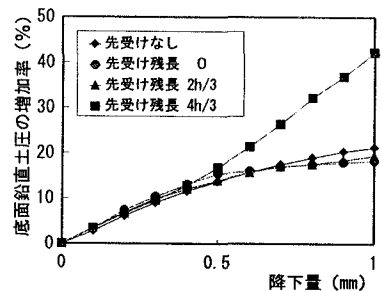


図-5 降下量と底面鉛直土圧の増加率（初期鉛直土圧を100%とする）

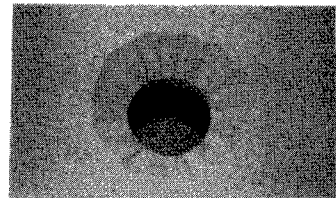


写真-1 円形断面の支保（厚さ0.040mm）

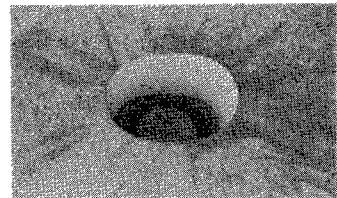


写真-2 扁平断面の支保（厚さ0.089mm）