

Ⅲ-568

プレライニングトンネルの切羽安定性に関する模型実験

日本国土開発(株) 正会員 米山 秀樹
 日本国土開発(株) 正会員 生山 法裕
 (株)フジタ 正会員 香川 和夫
 鉄建建設(株) 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、確実な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を期待できる工法である。筆者らは、プレライニングの合理的な設計手法の確立を最終的な目標として、模型実験や数値解析による先受け・支保機構の解明を試みている。本文では、プレライニングの先受け効果のうち、切羽の安定性に着目して実施した切羽引き抜き実験の結果について述べる。

2. 実験概要

切羽引き抜き実験は、トンネル模型の切羽に設置した鏡止めの板を引き抜くことにより掘削を模擬するもので、図-1に示す装置を用いた。トンネル支保部および先受け部は、厚さ6mmの亚克力パイプである。実験に用いた地山材料は乾燥した浜岡砂で、その物理特性を表-1に示す。模型地盤は、幅5mm、長さ50cmの開口を有するホッパーから、高さ1.2mで砂を自由落下させることにより作製した。鏡止め板にはロードセルを配して切羽引き抜き時の水平土圧合力を計測した。また、切羽引き抜きに伴う崩壊領域の高さを亚克力板からの目視観察で、切羽付近の土圧変化を土中土圧計で計測した。なお、土被りは各ケースとも60cm（ $=2D$ 、 D ：トンネル外径）とした。

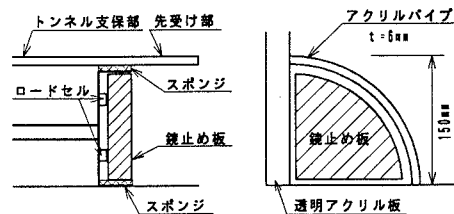


図-1 実験装置

表-1 砂の物理特性

物理特性		空中落下法による	
比重	$G_s=2.667$	作製地盤($H=1.2m$ のとき)の物性	
最大間隙比	$e_{max}=0.864$	相対密度	$D_r=0.471$
最小間隙比	$e_{min}=0.584$	乾燥密度	$\gamma_d=1.540$
均等係数	$U_c=2.0$	間隙比	$e=0.732$
曲率係数	$U_c'=1.2$		

3. 実験結果と考察

ケース1は、先受け長0から20mmの位置まで切羽を引き抜いた場合である。ケース1の地山の崩壊状況を図-2に、鏡止めに作用する水平土圧を図-3に示す。ケース1では、切羽前方におけるすべり線の発生に引き続き、天端付近より地表に向かって崩壊が進行し、崩壊領域の高さは鏡止め板の移動量に比例して増加した。一方、鏡止めの水平土圧は引き抜き量3mm程度で最大値を示し、その後は崩壊の進行に係わらずほぼ一定値に収束した。引き抜き後の水平土圧の最大値は、土被り圧に対して1/50程度と小さく、切羽高さ(15cm)の鉛直壁に作用する主働土圧程度であった。すなわち、切羽の安定性を図-4に示す切羽前方のすべり土塊のつり合いで評価するならば、このすべり土塊上部の鉛直荷重は崩壊高さとは無関係に小さい値となる。これは、切羽天端付近の崩壊部でアーチ効果が生じるためであると考えられる。

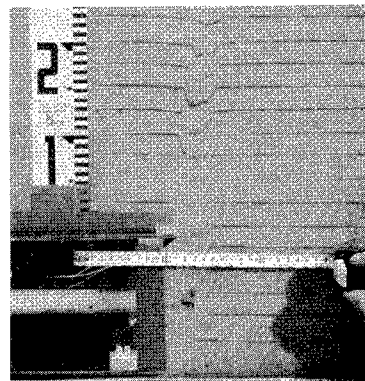


図-2 地山の崩壊状況（ケース1）

ケース2は、先受け長80mmから100mmの位置まで切羽を引き抜いた場合である。ケース2の地山の崩壊状況を図-5に示す。同図より、長尺の先受けは、切羽のすべり破壊に引き続いてトンネル上方に進行する地山の崩壊をくい止めることから、沈下抑制効果が高いことがわかる。一方、ケース2の鏡止めに作用する水平土圧は、図-3に示したように引き抜き量3mm程度で最大となり、その最大値はケース1と同様の小さい値であった。したがって、切羽のすべり破壊に対しては、短い先受けも長尺先受けと同程度の有効性をもつと考えられる。すなわち、トンネル横断方向にアーチ構造を有するプレイニングでは、切羽にすべりを生じた後については長尺先受けが有効であるが、すべり破壊に達するまでの切羽の力学的安定性自体は先受け長の影響は小さいものと考えられる。

土圧計測の一例を図-6に示す。同図に示すように、プレイニング先端の崩壊領域に近い箇所では鉛直土圧は減少するが、その外側では土圧の減少は見られず、切羽後方では鉛直土圧が増加している。このような変化は切羽の引き抜き量2mm程度までが大きく、その後は収束する傾向にある。これは、トンネル切羽付近にグラウンドアーチが形成されるためであると考えられる。

以上の計測結果および目視観察の結果から、鏡止め板の引き抜きに伴う切羽付近の現象は、図-7に示す模式図の様であると推察される。

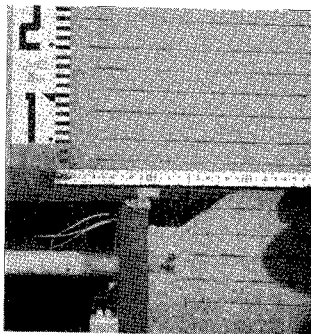


図-5 地山の崩壊状況
(ケース2)

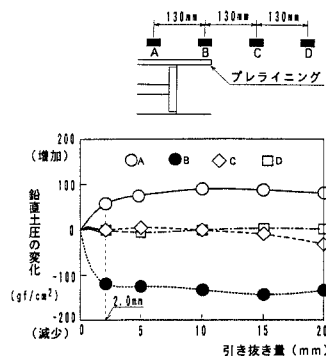


図-6 土圧の変化量

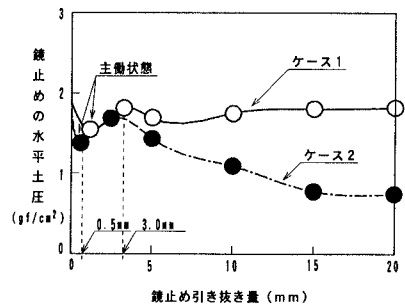


図-3 鏡止めに作用する水平土圧

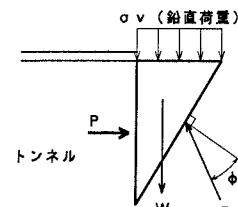


図-4 すべり土塊のつり合い

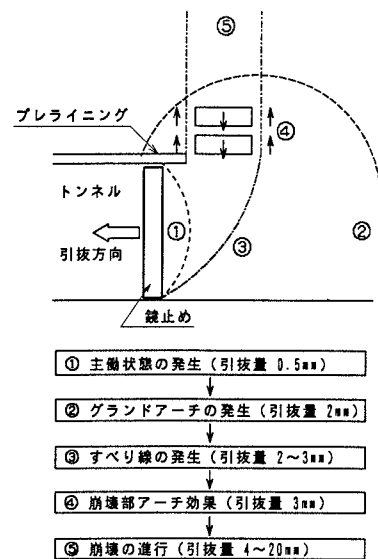


図-7 切羽付近の模式図

4. おわりに

切羽の引き抜き実験によって、プレイニングの先受け効果と引き抜き時の周辺地山におけるおおよその現象を把握した。今後、プレイニングの先受け機構の解明をさらに進めるため、アーチシェル状のプレイニングと梁状先受け工の比較や周辺地山の土圧分布を把握するための実験を行う予定である。なお、本研究は、プレ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。