

III-B 105 外郭先行掘削シールドトンネルに作用する荷重に関する基礎的研究

建設省土木研究所 正 鈴木 正彦
正 真下 英人

1. まえがき

都市部において大断面トンネルを掘削する工法として、現在、複数の小断面シールドトンネルを組み合わせ大断面トンネルの外周部を構築した後、内部の土砂を取り除いてトンネルを掘削する工法（外郭先行掘削シールド工法）の検討が進められている。この工法によりトンネルを建設する場合には、トンネルの外周部を小断面トンネルにより順次掘削することになるため、トンネル掘削に伴って発生するトンネル周辺地盤の緩みはトンネルを全断面により掘削した場合とは異なることが考えられる。このため、本研究ではトンネルに作用する荷重が緩みの発生の仕方により、どのような影響を受けるかを明らかにすることを目的とした模型実験を実施したのでその結果について報告する。

2. 実験方法

図-1は、実験装置の概要を示したものである。実験には、高さ2150×幅1200×奥行460mmで全面が透明なアクリル板からなる実験土槽を使用し、トンネル模型には幅300mm、高さ100mm、板厚10mmの鋼製の矩形模型を用いた。模型上面の5箇所には幅15mm、長さ300mm、高さ6mmの溝が設けられており、溝に設置した荷重計と受圧板によりトンネル模型に作用する土圧が計測される。実験は、トンネル模型の上部に幅60mm、長さ460mm、厚さ10mmの緩み板を5枚設置した状態で模型地盤を作成した後、緩み板を引き抜くことによりトンネル模型周辺地盤に緩みを発生させてトンネル模型に作用する荷重を計測した。地山材料には気乾状態の標準砂を使用した。実験ケースは、土被り比を $H/D=0.5, 1, 2$ と変化させ、さらに各土被りに対して緩み板の引き抜き順序を表-1に示すように変化した。

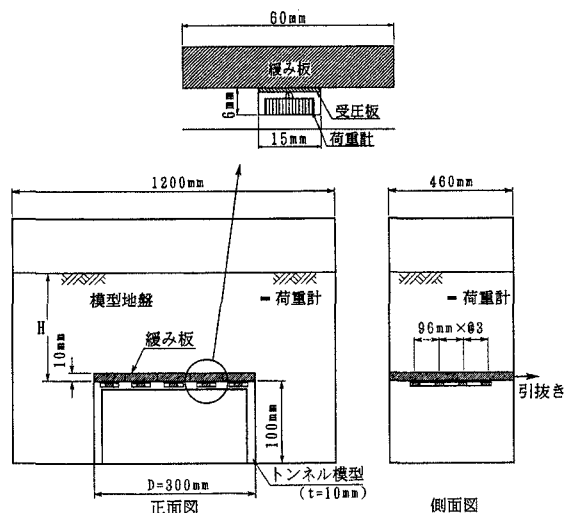


図-1 実験装置概要図

表-1 引き抜き順序表

ケースNO.					
1	1	1	1	1	1
2	1	1	2	1	1
3	2	2	1	2	2
4	3	2	1	2	3
5	1	2	3	4	5

表中の数字は引き抜き順序

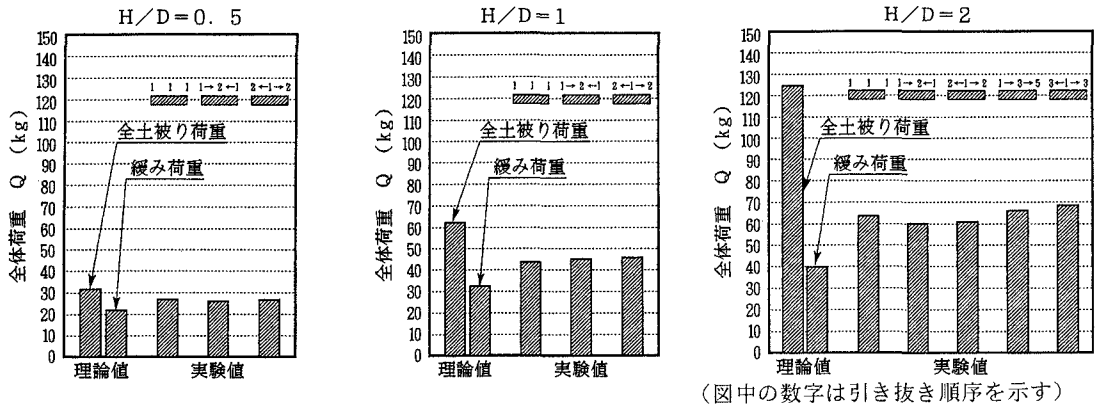
3. 実験結果

図-2は、緩み板を全て引き抜いた段階でのトンネル模型全体に作用する荷重を各土被りに対して示したものである。模型全体に作用する荷重は5箇所における各土圧の値に緩み板1枚の面積(=460×60mm)をそれぞれ乗じ、加算して求めた。また、図中には理論値として全土被り荷重とTerzaghiの緩み荷重を算定する次式において、Bの値にトンネル模型の幅(=30cm)を採用した時の荷重を併せて示した。

$$q = B(\gamma - 2 \cdot c/B) \cdot \left\{ 1 - \exp(-2 \cdot H \cdot K \cdot \tan \phi / B) \right\} / (2 \cdot K \cdot \tan \phi) \cdots (1)$$

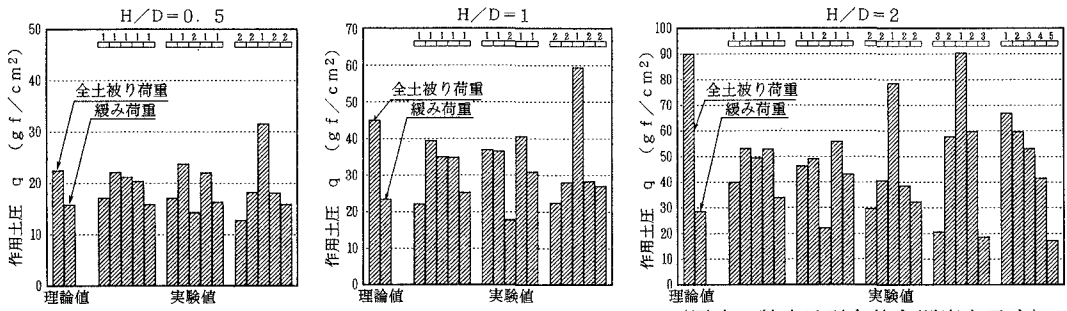
ただし： $K=1$ 、 $\phi=36^\circ$ 、 $C=0$ 、 $\gamma=1.5(\text{gf/cm}^3)$

模型全体に作用する荷重は、どの土被りにおいても引き抜き順序の違いによる大きな差異は認められないことがわかる。また、荷重の値は、土被り比が0.5の場合は全土被り荷重にほぼ等しい値を示しているのに対し、土被り比が1および2の場合、緩み荷重と全土被り荷重の中間の値を示している。これは、アーチが形成されたためと考察される。



（図中の数字は引き抜き順序を示す）

図-2 トンネル模型全体の作用荷重



（図中の数字は引き抜き順序を示す）

図-3 トンネル模型の作用土圧分布

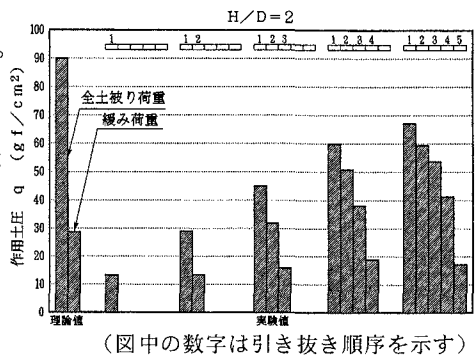
図-3は、緩み板をすべて引き抜いた段階でのトンネル模型に作用する土圧分布を各土被りに対して示したものである。引き抜き順序によって土圧分布形状は異なり、一斉に引き抜いた場合(ケース1)は中央部の土圧が両サイドより大きくなる分布形状を示し、中央部の土圧は土被り比が0.5の場合は全土被り荷重に比較的近い値を示していることがわかる。また、中央部に緩みを与えた後、両サイドに緩みを与えた場合(ケース3)は中央部には全土被り荷重以上の土圧が作用している。このように、緩みの与え方によって、模型に作用する土圧は大きく異なるため、順次掘削を行う場合は施工手順を十分考慮した設計を行う必要があるものと考えられる。

図-4は、 $H/D=2$ の場合のケース5において、各緩み板を引き

抜いた時に発生する土圧分布を各段階毎に示したものである。緩み板を一枚ずつ引き抜いた場合、緩みを与えるごとに周辺の土圧が増加していることがわかる。これは、新たな π - π が形成されて、 π - π の足元に位置する部分の土圧が増加したためであると思われる。また、一枚の緩み板を抜いた時の影響範囲は、右端の緩み板を引き抜いたときにも左端の土圧が増加していることからかなり広範囲に及ぶことがわかる。

4. まとめ

緩み板を全て引き抜いた段階でのトンネル模型全体に作用する荷重は、各土被りとも引き抜き順序に関係なくほぼ一定の値を示すが、土圧分布は引き抜き順序により大きく異なり、場合によっては全土被り荷重を越えることもある。



（図中の数字は引き抜き順序を示す）

図-4 各緩み板の引き抜き直後の土圧分布($H/D=2$ 、ケース5)