

III-49 小型シールドトンネル模型荷重実験（その1）—単円型シールド模型実験—

御鉄道総合技術研究所 正員 小山幸則 正員 新井 泰
 (株) 熊 谷 組 正員 井原俊一 正員○大原英史

1. はじめに

一般に単円型シールドトンネルのセグメント設計における地盤反力は、設計計算の簡略性も考慮して、トンネル側方に三角形分布するものとされている。しかし、実際の地盤反力は、トンネルの変形に応じて発生するものであり、現行設計法の妥当性について、検討する必要があると考えられる。そこで小型単円型シールドトンネルの模型を製作し、実験土槽内で地盤条件・側方土圧係数・荷重方法等を変えて荷重実験を行い、トンネルに発生する土圧等を計測し、トンネルに作用する地盤反力を検討することを目的に本実験を行った。

2. 実験装置

土槽および荷重装置の概略を図1に示す。土槽は上蓋、底板および4枚の荷重板から構成されており、任意の方向から油圧ジャッキを用いて地盤に荷重可能な構造になっている。また油圧ジャッキによる制御は縦・横方向の2系統であり、ジャッキに付属するロードセルの出力値を常時計測しながら行われる。なお平面ひずみ状態の確保と写真撮影によるトンネル断面挙動の把握を図るために上蓋には厚さ100mmの亚克力板を用いた。

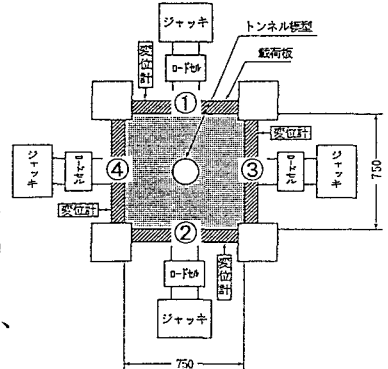


図1 実験土槽概略平面図

トンネル模型は在来型複線シールドトンネルのほぼ1/70の縮尺とし、直径150mm、設計耐力を5 kgf/cm²として製作した。この模型の概略を図2に示す。トンネル模型は一周24箇所の受圧板を有する受圧部および一般部から構成されており、受圧部（図2(c)）ではトンネルに作用する半径・接線各方向土圧を、一般部では曲げモーメントおよび周方向の軸力を計測できる。また計測位置は両者とも周回りに同位置とし、内空変位については図2(b)に示すような治具を模型内部に設置する方法により縦・横2方向の計測を可能としている。

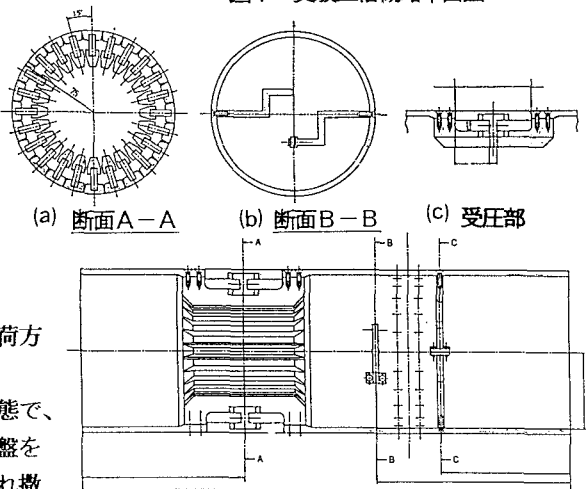


図2 単円型シールドトンネル模型

3. 実験方法

実験パラメータは、側方土圧係数・地盤条件・荷重方法の違いとし、表1に実験ケースの一覧を示す。

【地盤の作成】トンネル模型を土槽中央に立てた状態で、豊浦標準砂を一定の高さから撒き出すことにより地盤を作成した。予備実験の結果から、密・緩地盤それぞれ撒き出し高さを75・25cmとした。荷重板表面にはグリスを塗り、ラテックスメンブレン(0.2mm)を間に入れることにより地盤との摩擦を極力小さくした。

【荷重の方法】荷重のパターンは、(1)荷重板①②③④を用いて同様に荷重する、(2)②を固定し、①③④の3枚で荷重する、(3)②③④を固定し、①のみで荷重する、以上3通りの方法で荷重した。荷重の初めは、荷重板と地盤の馴染みを付ける領域として、極微力レベルから荷重し、①の荷重板が約1 kgf/cm²（荷重量2.88ト）程度までの載

表1 単円型シールドトンネル実験条件

実験 ケース	側方土圧 係数 λ	地 盤 条 件	荷重方法 の 違 い	稼 働 する 載 荷 板
CASE 1	0. 30	密	両 押 し	{ 1 2 3 4 }
CASE 2		緩	両 押 し	{ 1 2 3 4 }
CASE 3		密	両 押 し	{ 1 2 3 4 }
CASE 4	0. 75	密	片 押 し	{ ① ③ ④ }
CASE 5		緩	片 押 し	{ ① ③ ④ }
CASE 6	1. 00	密	両 押 し	{ 1 2 3 4 }
CASE 7		緩	両 押 し	{ 1 2 3 4 }
CASE 8		密	片 押 し	{ ① }

荷について実験を実施した。この間、载荷のステップごとに、トンネルに取り付けた歪みゲージおよびジャッキロードセル値等のデータを計測した。

4. 実験結果

【内空変位】

図3に側圧係数 λ の違いによる内空変位を示した。横軸は载荷板①の荷重を示し、図中のY方向の変位をY軸正、X方向の変位をY軸負として示している。Y・X方向ともほぼ同じ傾きで変形しているが、 λ の小さいケースの方が大きな変形を示していることがわかる。また、 $\lambda=1.0$ については、ほとんど変形が発生していない。

【半径・接線方向土圧】

図4に半径・接線方向土圧を側圧係数 $\lambda=0.5$ 、 1.0 について示した。実線が $\lambda=1.0$ 、破線が $\lambda=0.5$ である。半径方向力は側圧係数が大きくなるにつれて、側方の土圧が大きくなり、 $\lambda=1.0$ の場合にはほぼ均等に作用している。また、接線方向力については、 λ の小さい方が大きく作用していることがわかる。これら2つの土圧から求めた、トンネル外周に作用する力のベクトルと上下および側方の土圧の形状を図5に示した。側方土圧は λ の違いで大きさは異なるが、概ね長方形の形状を示している。これについては地盤に対する相対剛性が大きいと考えると考えられる。

【曲げモーメント・軸力】

図6に半断面の曲げモーメント・軸力を側圧係数 $\lambda=0.5$ 、 1.0 の場合について示した。曲げモーメントについては、 $\lambda=0.5$ の場合に顕著に表れ、 $\lambda=1.0$ の場合については、ほとんど発生しなかった。また軸力については、 $\lambda=0.5$ の場合は、クラウン・インバート部に比べて、スプリングライン部に大きな力が発生しているが、 $\lambda=1.0$ については、全周にわたってほぼ均一な形状を示す結果となった。

5. まとめ

今回の実験では、側方土圧に関しては概ね長方形分布を示し、 λ の小さい場合には凹型に近い分布となった。これは地盤作成時にトンネルの周囲数cmに十分な落下高さを確保できずに、土層の緩い層が存在したためとも考えられる。その結果トンネルの変形の発生にともなう、周囲の土層も一体となって地盤反力が得られなかったものとも考えられる。今後、解析等を通し、土圧等の発生についてさらに解明していきたい。

参考文献：東田 淳：遠心模型によるたわみ性の大きな埋設管の土圧測定と精度、第25回土質工学研究発表会、平成2年6月。

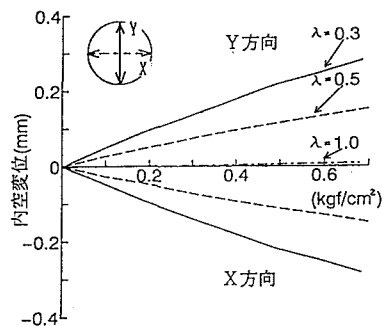


図3 側方土圧の違いと内空変位量

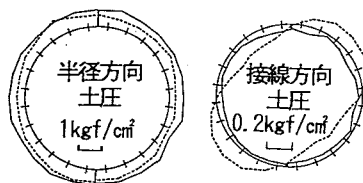


図4 半径・接線方向土圧

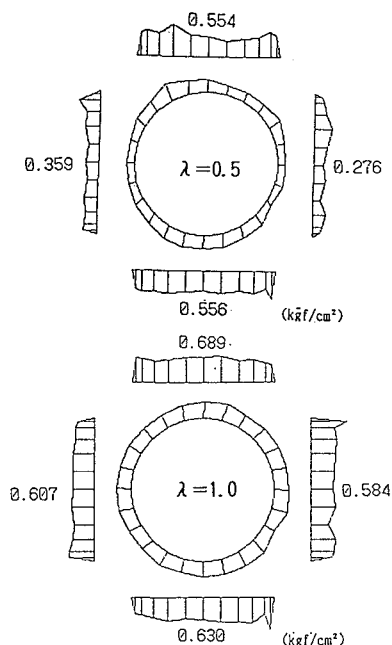


図5 半径・接線方向力合力

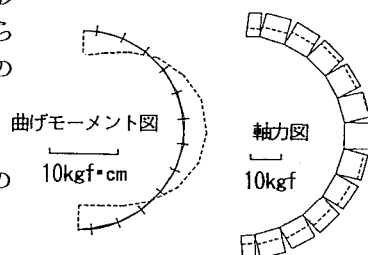


図6 曲げモーメント・軸力