

Ⅲ-B5 トンネル緩み土圧に対する形状、寸法効果に関する研究

(株)建設技術研究所 正会員 ○宮坂好彦
 東京都立大学 フェロー会員 今田 徹
 東京都立大学 正会員 西村和夫
 東京都立大学 正会員 土門 剛

1. はじめに

近年、大断面トンネルの需要が増している。トンネルの設計、施工は経験的なものによっているところが多い。しかしながら、大断面トンネルの設計、施工の経験は少なく、解決しなければならない数多くの困難な課題がある。特に大断面化の影響が顕著に出てくると思われる緩み土圧について十分な検討が必要である。また、断面の大型化に伴い、経済性の面から余剰空間を減らした扁平な断面の必要性が生じる。そこで、本研究ではトンネル断面の寸法と緩み土圧の関係、トンネル断面の形状と緩み土圧の関係に着目し、二次元落し戸模型実験を行い、上記2点に関する考察をした。

2. 実験概要

図1に実験装置の模式図を示す。土槽部の寸法は1150*500*300であり、その底面には幅50mmの受圧板を敷き詰め、各受圧板の下にロードセルを設置した。また、実験槽中心軸上に幅Dの落し戸を設け、ジャッキで支持した。

トンネル断面モデルは、石膏で作製し、断面幅を $D=150, 100, 50, 30\text{mm}$ とし、形状はそれぞれの断面幅について図2に示す4種類の縦横比 H/D (H : トンネル高さ、 D : トンネル幅)の断面モデルを落し戸上に設置したものと、落し戸上に何も設置しない Flat の5種類とした。

地山材料には長さ10mm、直径1.6mmと3mmの2種類のアلمミ棒を用い、これらを重量比3:2で混合した積層体の地山モデルを作成した。(単位体積重量 2.15gf/cm^3 、内部摩擦角 30° 、粘着力 0gf/cm^2) なお、土被りは天端から $2D$ とした。

計測は、落し戸を手動により約 1.0mm/min の速度で降下中、落し戸荷重と周辺固定床荷重をロードセル、落し戸降下量をダイヤルゲージで計測した。また、地山内に埋設した標点の変位量を画像処理により計測した。

表1に実験ケースを示す。

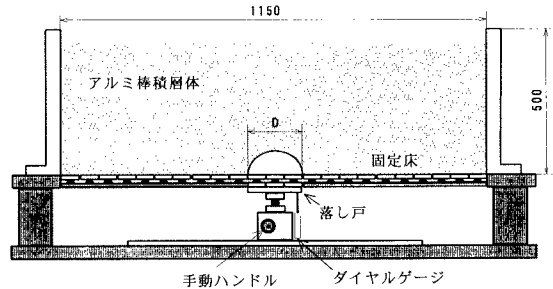


図1 実験装置模式図

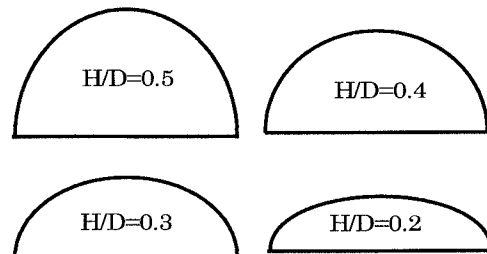


図2 断面形状

表1 実験ケース

	Flat	H/D =0.2	H/D =0.3	H/D =0.4	H/D =0.5
D150	○	○	○	○	○
D100	○	○	○	○	○
D50	○	○	○	○	○
D30	○	—	○	—	○

キーワード：緩み土圧、落し戸実験、形状効果、寸法効果

〒192-0397 東京都八王子市南大沢1-1 東京都立大学大学院工学研究科 TEL: 0426-77-1111 内 4581

3. 実験結果および考察

1) 落し戸に作用する荷重の断面形状による比較

図3に、落し戸に作用する荷重の最小値の断面形状による比較を示す。どの断面幅においても断面の縦横比が大きくなる程、つまり断面形状が扁平なものから半円に近づく程、初期荷重からの荷重低減の割合は大きく、最小荷重はほぼ一定の割合で減小する。また、表2に最小荷重となる降下変位の比較を示す。若干の誤差はあるが断面形状が半円に近づく程、より小さな降下変位で落し戸荷重は最小となる傾向が確認された。これは、断面形状がより半円に近い程断面の形状効果によりスムーズにグランドアーチが形成され、より小さな降下変位で荷重は低減されたためと考えられる。

2) 荷重分布の断面形状による比較

図4にD=150mmにおける10mm降下時の荷重分布の断面形状による比較を示す。但し、H/D=0.5,0.3における落し戸上の分布は落し戸全体に作用する荷重を3等分して表示したため実際の分布と異なる。断面の縦横比が大きい程、つまり断面形状が扁平なものから半円に近づく程、落し戸から離れた位置での荷重増加が生じ、荷重分布の範囲もより幅広くなる。これより、断面形状がより半円に近い程断面の形状効果により、形成されるグランドアーチの足下はより遠方に移動し、周辺部に幅の広いアーチが形成され、荷重はより広い範囲に分散されることがわかる。

3) 断面寸法による比較

図5に、断面幅に対する緩み高さの断面寸法による比較を示す。また、Terzaghiの式とも比較した。縦軸は、落し戸に作用する鉛直土圧 p を緩み高さに換算したものを断面幅で無次元化した。つまり、断面幅に対する緩み高さの割合である。Terzaghiの式では、断面幅に対する緩み高さは常に一定であるのに対して、本実験では断面幅が小さくなると断面幅に対する緩み高さの割合は小さくなることが確認された。これは、断面幅に対して地山の粒径が相対的に大きくなると、粒径の寸法効果によりグランドアーチがより発揮されやすくなることによるものと考えられる。

4. まとめ

本実験により、断面形状により緩み土圧や周辺地山の挙動は異なることが確認された。また、地山の粒径の寸法が断面幅に対してある大きさを有するとき、粒径の寸法が地山の緩み現象に影響を及ぼすことが確認された。

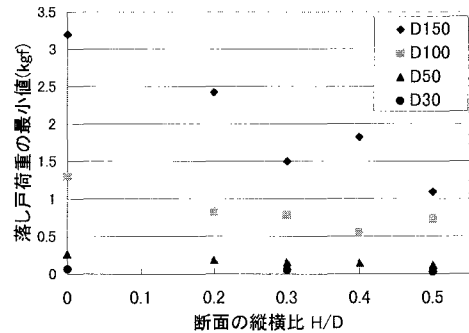


図3 落し戸荷重最小値の比較

表2 最小荷重となる降下変位の比較

	Flat	H/D=0.2	H/D=0.3	H/D=0.4	H/D=0.5
D150	3.85	4.03	3.17	2.42	1.91
D100	2.52	2.67	1.72	2.22	1.22
D50	2.17	1.26	1.97	1.43	1.43
D30	0.66		0.68		0.72

単位：mm

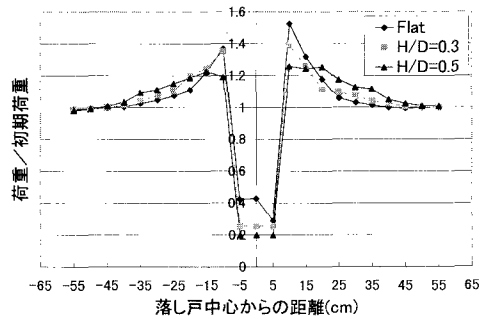


図4 荷重分布の比較
(D150、降下変位 10mm)

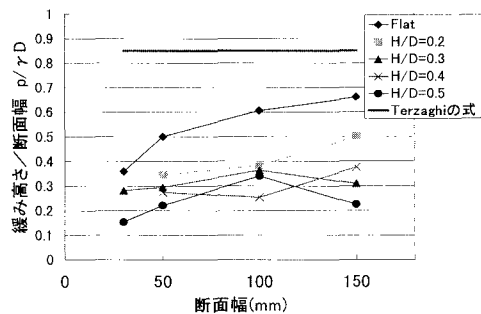


図5 断面寸法による緩み高さ比較