

浅層大断面トンネル工法の設計手法

京都大学 フェロー 田村 武
 中央復建コンサルタンツ（株） 正会員 小嶋 勉
 （財）地域地盤環境研究所 正会員 長屋淳一

1、はじめに

浅層大断面トンネル工法は都市内において土被り1D（D：トンネル径）程度の比較的浅い地下において地下空間の構築での適用を念頭においた工法の総称であり、トンネル径の小さなトンネルを順次掘削・覆工し連結することにより施設規模に応じた大きさのトンネル断面を構築する方法である。

工法の概要、ケーススタディについては、他編で発表することとし、本編では覆工の設計手法についての検討内容を報告する。

2、アーチの特性

単アーチのライズ・スパン、剛比、径間数、作用荷重、地盤反力係数に関する特性は既往の文献より下記の傾向が整理されている。¹⁾

- 1) 等分布荷重が作用する場合、ライズが大きい、すなわち真円に近いほど部材厚を薄くできる。
- 2) 偏載荷重が作用する場合、上記と逆にライズが大きいほど厚い部材厚が必要である。
- 3) 地盤反力は大きいほど、覆工厚を薄くできる。

さらに、剛比、スパン、径間数を変動させた検討より、下記の傾向が確認できた。

- 4) 同幅のトンネル断面を構築する際に、14m スパンとするよりも7mの2スパンとするほうがアーチ頂部の変形量や発生断面力を大きく抑制でき経済的であることが分かる。
- 5) 頂部と脚部の剛性を変化させることにより、頂部の変形量および発生断面力を抑制でき経済的な覆工断面とすることができる。
- 6) 7mスパンのアーチの径間数を増やした場合、アーチ頂部の変形量および発生断面力は減少していく傾向にあるが、その変動量は小さく覆工厚に影響を与えない。

作用荷重の形態や地盤条件を適切に把握し、スパン・ライズ比や剛比などのアーチ形状を設定し、小さなスパンのアーチを連結させた構造とすることにより、覆工の変形量も抑制でき、断面力も小さくできるので経済性を向上させることができると考えられる。

3、作用荷重の検討

浅層大断面トンネル工法の覆工は、断面の小さいトンネルを順次掘削・構築しながら連結することにより、施工時に地山と覆工の支保効果による作用荷重の低減を利用できることをねらっている。

中井ら²⁾は、施工段階の荷重変動について弾塑性FEM解析により、図1に示すスパン7mの真円3連アーチモデルで作用荷重についての検討を行っている。

土被り厚、施工順序により、表-1に示すケースについて検討を行った結果、図2に示す作用荷重変動と、

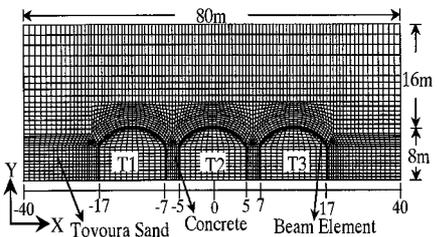


表-1 検討ケース

土被り	施工順序	
	面側先行	中央先行
4m	case2-1	case3-1
8m	case2-2	case3-2
16m	case2-3	case3-3

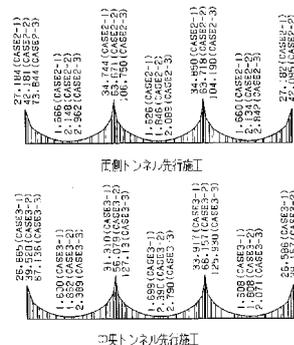


図-3 完成時の荷重

図-1 検討モデル

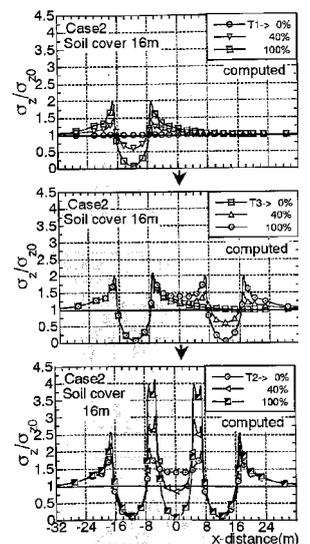


図-2 施工時の荷重変動

キーワード：浅層地下、非開削、NATM、土のアーチアクション、設計、土圧

連絡先：大阪市東淀川区東中島4-11-10・tel、06(6160)2212・FAX、06(6160)1231

図 3 に示す完成直後の作用荷重を得ているが、これによれば、下記の傾向が確認される。

- 1) 完成直後の作用荷重は、頂部では全土被り荷重の 0.2 倍程度中壁および脚部では 5 倍程度となり、地山の支保効果が得られている。
- 2) 両側先行施工の方が中央先行施工に比べて、最大で 2～16%程度発生断面力が大きくなる傾向である。
- 3) いずれのケースも施工途中の覆工作用荷重は完成直後の作用荷重を超えていない。

4、簡便な設計手法の検討

トンネル完成直後の作用荷重を弾塑性 FEM 解析によりもとめたが、浅層地下では、長期的な作用荷重の変動も考慮する必要があるため、ここでは、比較的簡便な等分布荷重を全周梁バネモデルに載荷する方法について検討する。

既往文献によれば、土被りが 0.5D 以下の場合には、施工時・完成時とも全土被り荷重が作用する。

また 0.5D～1.0D の間にグランドアーチ形成の境界があり 1.0D 以上ではグランドアーチが確実に期待できる。3) 4)

図-4 に弾塑性 FEM 解析により求めた作用荷重と全土被り荷重の比較を示し、完成直後の作用荷重から想定したゆるみ高さを図 - 5 に示すが土被り 4 m では、ほぼ全土被り厚と等しく、土被り 16m ではトータル作用荷重の大きさは、ほぼ 1 径間のゆるみ高さに近い 9 m の土被り等分布荷重と等しくなっている。

図-6 に全周梁バネモデルに土被り厚 16m の完成直後の作用荷重とゆるみ高さ 9m の等分布荷重を載荷させたケースを比較した。

検討結果を図-7 に示すが、下記の傾向がある。

- 1) 等分布荷重の場合、完成直後の作用荷重よりもアーチ部材の応力が若干きびしくなる傾向があることから、長期的な作用荷重の変動に対しては、アーチ部材の設計にこの点を留意する必要がある。
- 2) スパン7mに高さ9mの土被り荷重を作用させた場合では、アーチ部材の断面力は、曲げモーメントが 10tfm、せん断力が 15tf 程度の増加であり、いずれも部材厚に対する影響は少ない。

上記より、設計荷重としては、土被り厚が1D 以下の場合には全土被り厚、1D 以上の場合には単アーチスパンに対するゆるみ高さ相当の土被り等分布荷重を考慮すれば、長期的な作用荷重の変動に対しても安全側の部材設計ができるものと考えられる。

但し、本検討結果は地盤条件やトンネル断面などの条件次第では、適用できないケースも考えられるため注意が必要であるが、簡便的な手法として、設計条件を適切に把握しながら、弾塑性 FEM 解析と併用し活用することがのぞましい。

（参考文献）

1) 田村・小嶋・長屋(2001)：浅層大断面トンネルに関する調査研究(その2) 土木学会第 56 回年次学術講演会 2) T. Nakai & H. M. Shahin・T. Tamura・T. Hashimoto & J. Nagaya(2002) Analysis of three abreast shallow tunnels considering construction sequence and ground depths: Proc. of Int. Sym. on Geotechnical Aspects of Underground Construction in Soft Ground, Toulouse 3) 石村・真下・真弓(1998)：土被りが浅い砂質地山のトンネルに作用する荷重に関する模型実験 土木学会第 53 回年次学術講演会 4) 神谷・足立(1995)：双設トンネルの力学挙動に関する研究 京都大学卒業論文、平成 7 年 2 月

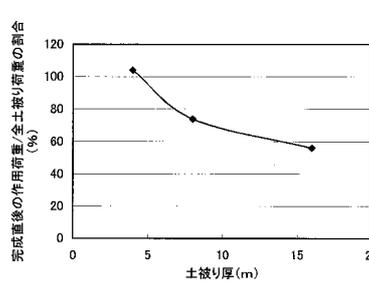


図 - 4 完成直後の作用荷重

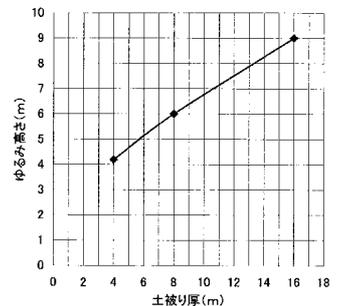


図 - 5 土被り厚とゆるみ高さ

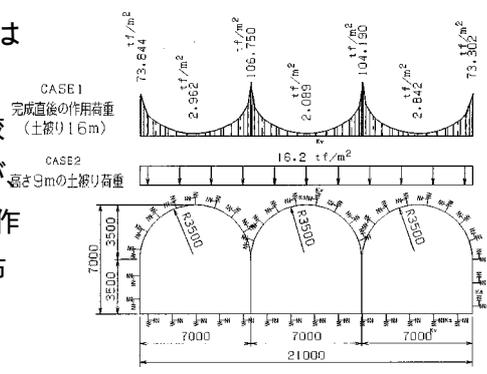


図 - 6 全周梁バネモデル

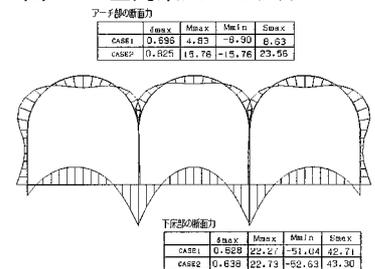


図 - 7 2つの荷重の検討結果