

III-695

併設シールドトンネル施工によるセグメント断面力に見られる先行トンネルの 長期的な影響

東京理科大学

学生会員 小林 宏基 正会員 松本 嘉司

（財）鉄道総合技術研究所 正会員 小山 幸則・清水 満・佐藤 豊

1. はじめに

併設シールドトンネルで、後行トンネルが通過して、先行トンネルの挙動が安定した後、先行トンネルに残留している長期的な影響を、過去に計測された現場データから、先行トンネルに発生したセグメントの断面力を算定することによって定量的に把握し、さらに2次元連続体支持モデルによるFEM解析を行って、先行トンネルに残留している上記の影響について解析的に表現することを試みた。

2. 現場計測データの検討

今回、検討に用いた現場データは、表-1に示すようなトンネルで計測されたものである。また、先行トンネルを施工し、トンネルの挙動が安定した時点（以後、第一安定時と称す）、後行通過後先行トンネルの挙動が再度安定した時点（以後、第二安定時と称す）での、先行トンネルに発生した曲げモーメント、軸力の分布を図-1、2に示す。なお、参考までに図-1には後行トンネル通過時の値も記載した。これらから以下のことが読み取れる。

曲げモーメント：①Aトンネルのような、泥水式のシールドマシンを用いたときは、後行シールドの推進力などによって先行トンネルが水平方向に押され、その結果、特に後行トンネル側で、第二安定時での曲げモーメントの増加が顕著に現れている。②Bトンネルのような、開放型のシールドマシンを用いたときは、泥水式よりも後行トンネル通過によりトンネル周辺地盤が乱される可能性が高く、さらにBトンネルでは裏込め注入が遅れたことなどから、Aトンネルで見られた後行トンネルの推進力などによる影響を含んだ曲げモーメントの分布モードとは異なったものになっている。

軸力：第二安定時になって、Aトンネルでスプリング部に1.4倍程度の軸力の増加が見られたが、Bトンネルでの特異点を除けば、それ以外ではA、Bトンネルとも併設施工後、長期的における軸力の増加は見られなかった。

3. 解析条件および解析ケース

解析は2次元ひずみ問題として取扱ひ、地盤を三角形または四角形の面要素、セグメントを梁要素で表現し、図-3に示すような連続体支持モデルによる線型弾性のFEM解析とした。解析に必要な入力物性値を

表-1 トンネルの概要

	シールドタイプ 掘注方法	トンネル 外径 (D)	土かぶり 約	トンネル 間隔	地 質
Aトンネル	泥水式 同時注入	7.1m	約1.3m	3.7m 0.52D	沖積層、砂混りシルトの超軟弱粘性土 (N値0~2)
Bトンネル	開放型、圧気 遅れ注入	7.06m	約2.5m	4.0m 0.57D	沖積層、鋭敏性の高い軟弱シルト (N値0~2)

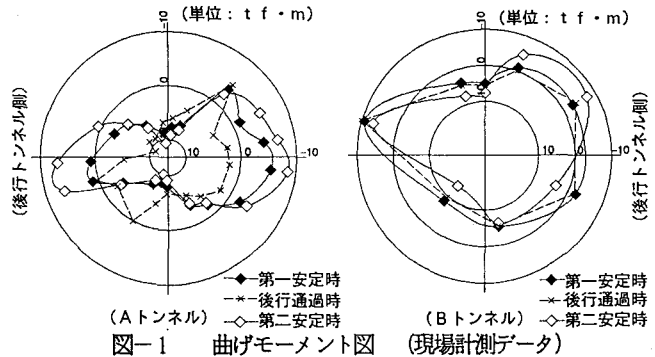


図-1 曲げモーメント図 (現場計測データ)

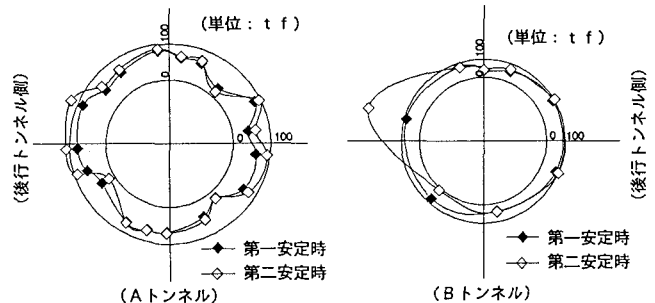


図-2 軸力図 (現場計測データ)

表－2に示す。解析ステップは、先行トンネル、後行トンネルの掘削順序を考慮したものになっている。また、解析ケースは、両トンネルの離間(0.1D, 0.2D, 0.5D, 1.0D, 1.5D)(D: トンネル外径)と掘削相等外力をセグメントに負担させる比率である荷重負担率(30%, 50%, 70%)とをパラメータとして決定した。

4. 解析結果および現場計測データとの比較

図－4に離間0.5D、荷重負担率50%における先行トンネルのセグメントに発生した曲げモーメントを図示するが、解析結果から以下のことが読み取れる。なお、第二安定時の第一安定時に対する断面力の増減を増減比(＝第二安定時の断面力/第一安定時の断面力)によって表すこととする。①どのケースにおいても、曲げモーメントの増減比が最も大きいのは後行トンネル側であったが、他の位置でも2つのトンネルの離間が0.5Dよりも離れるケースでは、増減比が後行トンネル側の値に近い値を示すものもあった。②軸力の増減比は、トンネルのクラウン、インバート、スプリング部を問わずトンネル離間が0.2Dよりも大きくなるケースでは、増減比が1に近い値を示した。

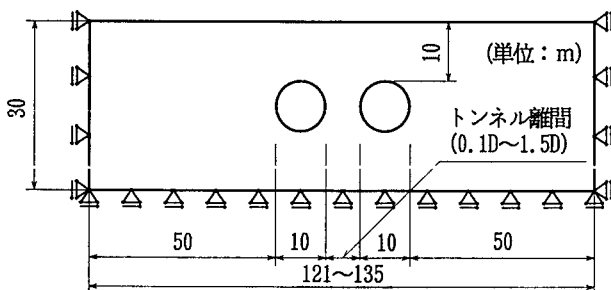
図－5は縦軸に曲げモーメント、軸力の増減比を、横軸にトンネル離間(d)をトンネル外径で割った値を取り、先行トンネルの後行トンネル側における関係を表したグラフであり、A、Bトンネルにおける負の最大曲げモーメントの増減比も併せて記載したが、解析結果と現場計測データとを比較すると以下のことがいえる。①曲げモーメントについては、荷重負担率を変えることにより解析値がA、Bトンネルの現場計測データに近づくことがわかる。また、Bトンネルの方が、Aトンネルよりもトンネル離間比が大きいのに増減比が大きくなっていることから、Bトンネルの周辺地盤は併設施工によってかなり乱されていることが推定される。②軸力については、Aトンネルのスプリング部を除いて、現場計測データ、解析結果ともに増減比が1に近い値を示し、おおむね傾向の一致を見た。

5. おわりに

今回の解析は、地盤を弾性体に仮定した理想的な条件下で行ったので、現場計測データの傾向を表現できなかった点がいくつか見られたが、そのなかでAトンネルの現場計測データと解析結果との傾向がおおむね一致したことから、併設施工により地盤があまり乱されていないケースに関しては、今回のような解析でも現場の挙動をある程度表現することが可能である。

6. 参考文献

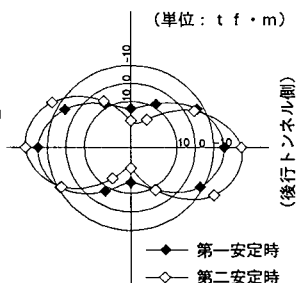
- (1)建設省土木研究所：軟弱地盤中のシールドトンネルの現場計測，平成元年12月
- (2)東京第一工事局：地下構造物の設計施工法の研究その1セグメントの現地応力試験総合報告書，昭和49年3月



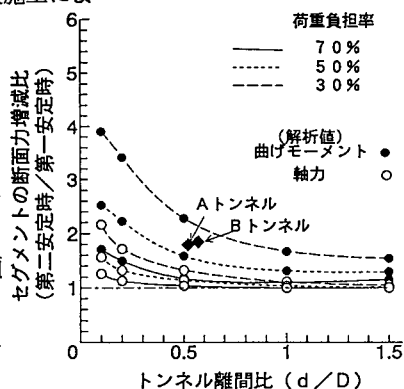
図－3 解析モデル図

表－2 解析に必要な入力物性値

(土質物性値)		(セグメントの諸元)	
土の単位体積重量	1.8 [tf/m ³]	セグメント厚	0.3 [m]
水の単位体積重量	1.0 [tf/m ³]	セグメント幅	1.0 [m]
粘着力	0 [tf/m ²]	ファイバ(セグメント)の弾性係数	3.5 × 10 ⁶ [kgf/cm ²]
内部摩擦角	24°	ファイバ(セグメント)のポアソン比	0.167
ポアソン比	0.40		
変形係数	227 [tf/m ²]		



図－4 曲げモーメント図 (解析結果)



図－5 トンネル離間比と増減比 (スカグ部、後行側)