

Ⅲ-638

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（その2）

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

1. はじめに

前回の報告¹⁾では、併設施工による長期的な影響を、2次元連続体支持モデルによるFEM解析を行うことによって、解析的に表現することを試みた。本報告は、沖積層地盤中における併設施工による長期的な影響について、セグメントに現れるトンネル横断方向の曲げモーメントに着目し、現場計測データを基に全周ばねモデルによる曲げモーメント増加に関する定量的な評価方法について述べる。

2. 検討方法

併設施工による長期的な影響は、現場計測データの傾向からトンネル側方の土圧低減が主要因と判断される²⁾。そこで、併設施工による曲げモーメントの増加をトンネルに作用する側方土圧の減少としてとらえ、地盤とトンネルとの相互作用を比較的良く表現できる全周ばねモデルにより定量的な評価を行う。図-1に全周ばねモデルの概要図を示す。

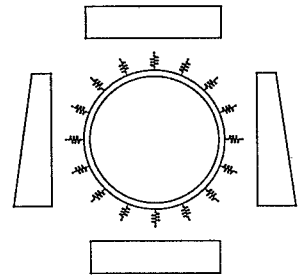


図-1 全周ばねモデル

側方土圧の低減率を決定するパラメータは、①シールド機のタイプ、裏込め注入方式に代表される施工方法、②トンネル離隔、を考慮して、それぞれの影響について評価する。検討は以下の方法により行う。

① 施工方法の異なるトンネルの現場計測データを基に、実測値の傾向を表現するのに適切な側方土圧の低減率を求め、比較検討する。

② 現場計測データの無い離隔の併設トンネルについては、掘削順序を考慮した2次元FEM弾性解析によるシミュレーションを行って側方土圧の低減率を求めた。なお、掘削相当外力をセグメントに負担させる比率であるセグメント荷重負担率は、現場計測データとの比較により適切な値を決定する。また、FEM解析結果から側方土圧の低減率を求める際には、先行トンネルの後行トンネル側における曲げモーメント（以後、最大曲げモーメントと呼ぶ）の増減比¹⁾に基づいて行う。

3. 現場計測データの概要

表-1 トンネルの概要

現場計測データは、トンネル離隔が0.5D（D：トンネル外径）程度で、施工方法の異なる3トンネルで計測されたものである。表-1にトンネルの概要を示す。

4. 施工方法の違いによる側方土圧低減率の違い

(1) 解析条件および解析ケース

全周ばねモデルの荷重に関しては、鉛直荷重をクラウン部の土圧計の計測値とし、インバート部には鉛直土圧と同じ大きさの荷重を作用させた。また、土圧、水圧については、3トンネルとも粘性土地盤中に施工されていることから、土水一体として考えた。地盤ばねの特性、セグメントのモデル化、入力物性値の決定方法については、文献2)での仮定に準じている。

解析ケースは、側方土圧の低減率をパラメータとして決定した。

トンネル		Aトンネル	Bトンネル	Cトンネル
施工	シールドタイプ	密閉型（泥水式）	密閉型（土圧式）	開放型、圧気
	裏込め注入方式	同時注入	同時注入	遅れ注入
トンネル外径（D）		7.1 m	7.2 m	7.06 m
土かぶり		約 13 m	約 12 m	約 25 m
トンネル離隔		3.7m, 0.52D	3.6m, 0.50D	4.0m, 0.57D
地質		沖積層、砂混りシルトの軟弱粘性土 (N値：0～2)	沖積層、軟弱な粘性土 (N値：0～1)	沖積・洪積互層 沖積層は鋭角比の高い軟弱シルト (N値：0～2) 洪積層は土丹 (N値：50以上)

(2) 解析結果

図-2は、全周ばねモデルを用いて、側方土圧を低減した時の曲げモーメントの増加量を示したものである。これらのグラフより、密閉型・同時注入で施工されたトンネルでは10~30%程度、開放型・遅れ注入で施工されたトンネルでは40%程度のトンネル両側の側方土圧の低減により、実測値の曲げモーメント増加の傾向を比較的良く表現できている。このことから、施工方法の違いによって実測値の傾向を表現するのに適切な側方土圧の低減率は異なると考えられる。

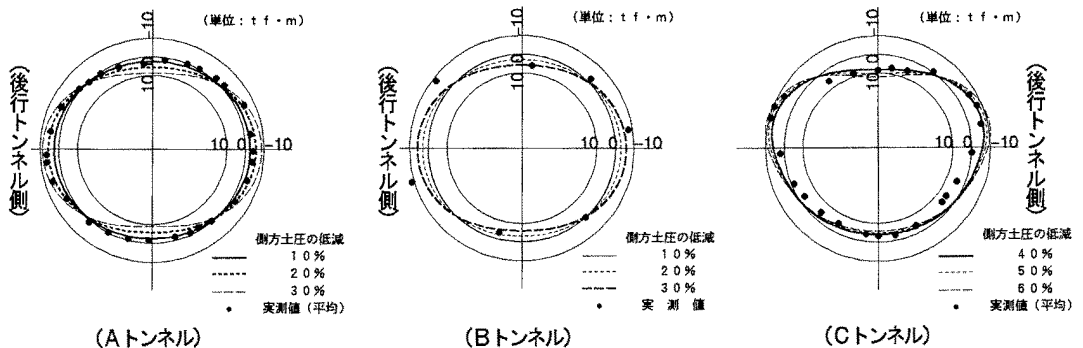


図-2 全周ばねモデルの解析結果(側方土圧の低減, 増加分)

5. トンネル離隔の違いによる側方土圧低減率の違い

(1) 解析条件および解析ケース

FEM解析での土圧, 水圧の取扱いについては、①と同様に土水一体とした。また、シミュレーションは沖積層に密閉型・同時注入で施工されたトンネルを対象とし、Aトンネルの諸元および入力物性値を用いた。

解析ケースは、トンネル離隔(0.1D, 0.3D, 1.0D)をパラメータとして決定した。

(2) 解析結果

解析に適切なセグメント荷重負担率は、現場計測データとの比較から50%となった²⁾。この結果を基に、最大曲げモーメントの増減比を求める。図-3は、縦軸に曲げモーメント増減比、横軸にトンネル離隔をトンネル外径で割った値(=トンネル離隔比)をとり、FEM解析結果のうち、最大曲げモーメントに着目したときの関係を示している。この結果より、曲げモーメントの増減比は0.1Dで2.69, 1.0Dで1.41となった。図-4は、FEM解析の結果を全周ばねモデルの側方土圧の低減率に換算した結果を示している。FEM解析より得られた曲げモーメント増減比に見合うように、全周ばねモデルのトンネル両側の側方土圧を低減した結果、0.1Dで45%程度、1.0Dで10%程度の側方土圧低減率が推定された。

6. おわりに

今回の検討より、トンネル離隔, 施工方法をパラメータとして、側方土圧低減率を決定すれば、併設施工による長期的な曲げモーメントの増加について、ある程度定量的に把握できることが分かった。

7. 参考文献

- 1) 小林宏基, 松本嘉司ほか: 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, 土木学会第49回年次学術講演会Ⅲ- 695, 1994. 9
- 2) 小林宏基, 松本嘉司ほか: 併設シールドが先行トンネル断面力に及ぼす長期的影響の検討, トンネル工学研究発表会第4巻, 1994. 11

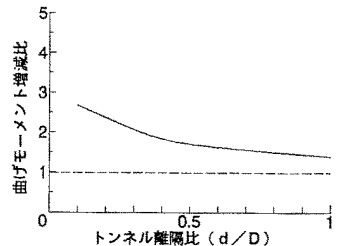


図-3 FEM解析による曲げモーメント増減比(最大曲げモーメント)

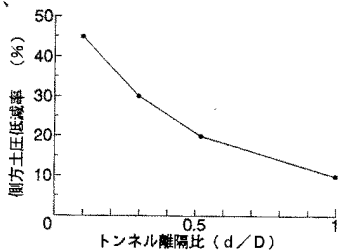


図-4 FEM解析結果を全周ばねモデルの側方土圧低減率に換算した結果