

開削工事の既設トンネルへの簡易影響評価に関する研究

早稲田大学 学生会員 ○倪 婧
 (株)熊谷組 正会員 山口哲司
 早稲田大学 正会員 岩波 基

1. はじめに

近年、大都市の過密化により、大都市への人口集中が激しく増すにつれて超高層複合ビルが多く建設され、また、計画されている。大都市の地下空間の開発は地下鉄、通信、ガスなどのインフラトンネルがすでに設置されている。そのため、超高層ビルは床付けの深度が深いため、インフラトンネルに近接した施工となることが多い。

この床付け工事が既設トンネルの健全供用に大きい影響を与えないよう細かい配慮が必要である。このような配慮しながら施工計画を立てる場合に、「近接施工」という術語が一般に使われるようになった。そのためには床付け工事に伴うトンネルの過大な変位による障害を防ぐため、工事前の影響予測を高精度で、かつ比較的労力が少ない手法で行わなければならない。

本研究は開削工における近接トンネルの変形について簡易解析手法を提案するため、試解析を行った。

2. 影響推定解析の現状

今回の研究対象は、シールド工法により構築したトンネルに2.0m以内に高層ビルディングの基礎を構築するための床付け掘削を行う近接開削工事である。

当該工事で設計時に行った事前解析結果の値と床付け工事を行った後トンネル変位状況を計測した実測値は図2の示した通りになる。解析結果と実測値を比較からみると、事前の解析の方法で得られた水平方向結果は、実測値よりやや大きく安全側になっていたが、両者の差は最大2.3mmがあった。で、これらの結果に基づいた場合には水平方向の対策が不要であると判断され、実際にも対策が不要な計測結果となっている。(ただし、事前解析が他の条件で過大になる可能性もあり、そのような工事では、必要以上の対策をしてしまい、効率的・経済的な設計や施工にはならない。一方、鉛直方向の解析結果は実測値より危険側に

なっていて、解析が工事の事前予測としては問題があると判断される。

そこで本研究では、適正な近接施工における事前解析の手法について検討する。

なお、過去の研究により、掘削時における土留背面地盤の水平方向変形挙動は土留めのはりばね解析によって推定できることが確認されている。しかし、土留壁変位に伴う周辺地盤変形の予測方法としても、FEMを用いた解析がおこなわれることが多い。

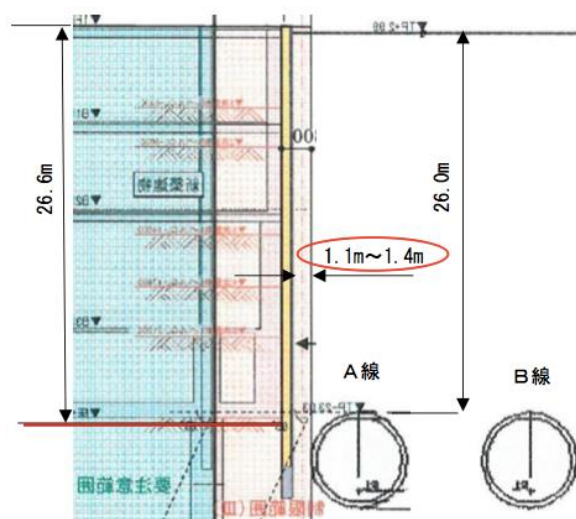
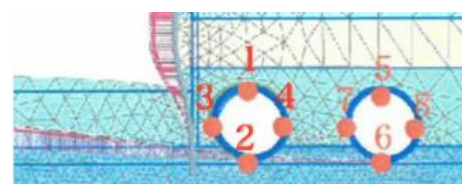


図1 トンネル側断面図



番号	解析値		実績値	
	水平(mm)	鉛直(mm)	水平(mm)	鉛直(mm)
1	-2.7	2.1		
2	-0.9	3.3		
3	-2.3	3.1	0	17.8
4	-1.2	2.2	0	14.0

※実績値は軌道面なので近似する位置の3、4点にて比較した。

図2 事前解析結果と実測値の比較

そこで、本研究ではFEM解析のみで影響予測を行

キーワード 近接施工、影響推定解析、土留、地盤変位、シールドトンネル

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学創造理工学部社会環境工学科 構造研究室

う場合と土留め壁のはりーばね解析で求めた水平変位を FEM 解析で考慮した場合を検討する。

3. 解析方法

今回の解析は、当該工事の事前解析に使われた地盤構造 FEM 解析ソフト「Soilplus」を用いる。

解析モデルおよび解析領域を図 3 に示す。

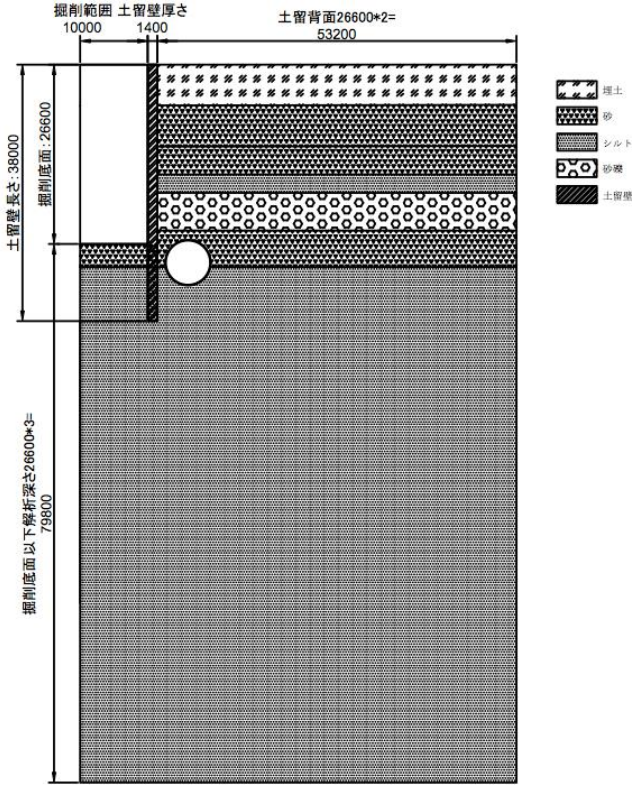


図 3 解析モデルおよび解析領域

土留め壁のはりーばね解析を考慮する FEM 解析でははりーばね解析で求めた施工ステップごとの変形を強制変位として、FEM モデルに対応する施工段階に強制変位として入力し、最後に施工完了した近接なシールドトンネルの変形量を算出する。

なお、鉛直方向変位推定は、詳細な地盤の試験結果すること精度を上げることが可能であるが、通常の工事では標準貫入試験だけで的確に推定することは困難である。今回の解析条件では、リバウンドの実測量が解析値の 6 倍程度になっていることと東京の洪積地盤の除荷時弾性係数が圧縮時の 2～3 倍程度である実績から解析モデルの床付け以深の地層（底面地層）の弾性係数・地盤反力係数を 3 倍にした場合の解析を行う解析は、表 1 に示した 4 つのケースを行う。

表 1 解析ケース

	底面地盤反力係数 1 倍		底面地盤反力係数 3 倍	
土留強	×なし	○あり	×なし	○あり
制変位	Case1	Case2	Case3	Case4

4. 解析結果

4 つのケースごとの解析結果は表 2 に示す。ただし、各番号の節点位置は図 2 の通りになる。

表 2 解析結果と実測値

番号		Case1	Case2	Case3	Case4	実測値
1	水平変位	1.0	3.6	-0.9	3.2	—
	鉛直変位	32.9	32.6	10.8	10.8	—
2	水平変位	-4.6	-3.2	-1.0	-0.3	—
	鉛直変位	32.7	32.2	10.8	11.3	—
3	水平変位	-1.6	0.6	-0.2	1.0	0
	鉛直変位	39.6	39.1	13.5	14.1	17.8
4	水平変位	-2.1	-0.3	-0.5	1.5	0
	鉛直変位	27.0	26.6	8.7	8.6	14

解析結果からみると、まず水平方向の変位の検討について、Case2 の水平変位は Case1 及び図 2-2 に示した過去の解析結果より、実測値と近くなっている。したがって、土留め弾塑性解析と FEM 併用する方法は、今回のケースにおいて予測解析として妥当な方法であると考えられる。なお、鉛直変位の検討について、Case4 の数値は危険側になるが、結論として、モデル一番下地盤の地盤反力係数を 2～3 倍の間に設定すると鉛直変位の予測解析の精度が向上すると考えられる。

5. 結論

以上の結果から下記の結論を得た。

- 1) 今回の研究対象のような仮設工事については情報が不足していることが一般的であり、地盤の特性の把握が工事前に行われていないことが近接施工による影響予測を難しくしている。
- 2) 近接施工工事は、3 次元問題であるが、2 次元モデルで解析することが一般的である。2 次元解析によっても、リバウンド時に対象となる地盤の弾性係数を 2～3 倍にすることで、妥当な開削工事の影響予測解析が行える可能性があることが分かった。

なお、今後の課題は、地盤特性と構造特性を正確的把握することで解析正解率の上昇が期待される。また他対象においても同様の手法で解析を行うことで、解析方法の一般性について検討する必要がある。

参考文献

1) 社団法人 土質工学会(1989) 『土質基礎工学ライブラリー 3 4 近接施工』土質工学会。