

開削工法による近接施工に伴う既設トンネルへの 簡易影響評価に関する研究

早稲田大学 学生会員 ○片山 智裕

早稲田大学 正会員 岩波 基

株式会社熊谷組 正会員 山口 哲司

1. 研究の目的

わが国では、大都市部の過密化による人口集中に伴い超高層複合ビルが多く建設され、計画されている。一方で、数次にわたる全国総合開発計画に沿って進められた社会基盤整備の結果、大都市部の道路下を中心とした地下空間には地下鉄や通信、ガスなどの既設のインフラトンネルが輻輳している。また、幹線道路に面して建設されている超高層ビルでは基礎や地下室の構築における床付けの深度が深い。そのため、これら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な影響を与えないよう細かい配慮が必要であり、施工計画を立てる際にインフラトンネルとの離隔と相対深度により「近接施工」に適合する工事である場合には、インフラトンネル管理者との協議が必要となる。その際、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、工事の施工計画段階で影響評価を行う必要がある。また、地下鉄道の近接施工の実測値から、影響評価のウチリバウンドにおける鉛直方向変位が解析値より大きいケースもある。そこで、本研究ではこのような開削工法による近接施工に伴う既設トンネルの変形について高精度かつ簡易な解析手法を確立し、その提案手法によって適切な予測影響解析のマニュアル作成を目指す。

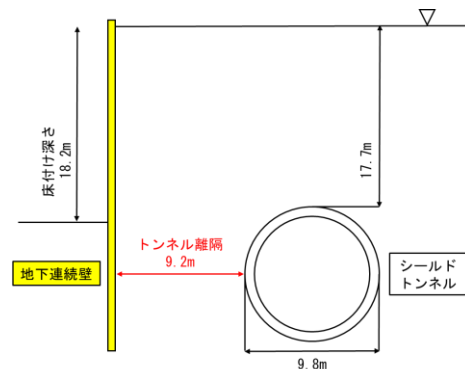


図-1 研究対象断面図

2. 2次元 FEM 解析と土留弾塑性解析による簡易解析手法

本研究では、近接施工における適正な事前解析手法として、2次元 FEM 解析のみで影響評価を行う場合と、土留め背面の変位を考慮した場合を検討した。土留め背面変位を考慮した2次元 FEM 解析では、土留め壁周辺地盤の特性と土留め変位の関係性を評価できる土留めはりーばね解析により求めた土留め壁の水平方向変位を、FEM モデルの土留め壁部に強制変位として作用させる。

3. 解析概要

研究対象は、図-1に示す地下鉄道トンネルにおける掘削工事であり、シールド工法により構築されたトンネルから9.2mの離れに高層ビルディングの基礎を構築するための床付けに伴う近接開削工事である。当該工事では、トンネル変位に関して設計時の事前解析および床付け工事後の実測が行われていた。しかしながら、鉛直方向変位の予測解析の精度としては不十分であった。そこで、東京の洪積地盤の除荷時弾性係数が圧縮時の2～3倍程度であることから、通常の解析モデルに加えて床付け以深の地層の地盤反力係数と弾性係数を2倍および3倍にした場合の解析を行った。検討ケースを表-1に示す。また、本研究に用いる2次元 FEM 解析モデルは図-2に示すとおりである。解析領

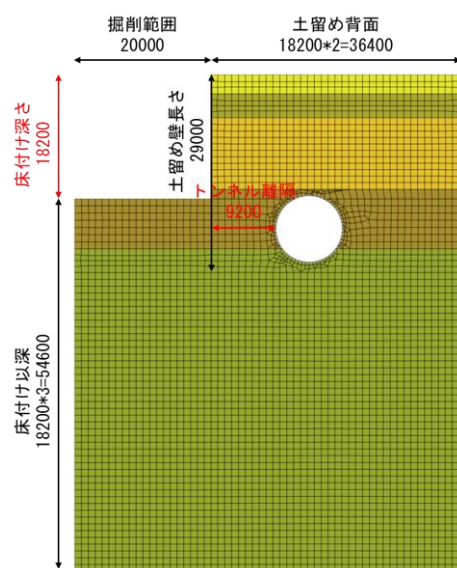


図-2 2次元 FEM モデル (mm)

キーワード 近接施工, 土留め (山留め), 土留め壁 (山留め壁)

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学理工学術院 岩波研究室 TEL 03-3204-1894

域は、床付け中心で対称とし、土留め背面側に掘削深さの2倍、床付け以深は掘削深さの3倍を考慮した。境界条件は左右端で水平方向固定、鉛直方向自由として、下端では水平方向および鉛直方向固定とした。地盤は平面ひずみ要素、セグメントおよび土留め壁ははり要素でモデル化した。

4. 検討結果

図-1 のトンネル変位の解析値と実測値を表-2 に示す。

表-1 検討ケース

	床付け以深の 地層の弾性係数	土留はりーばね解析 結果の考慮
Case 1	通常	なし
Case 2		あり
Case 3	2 倍	なし
Case 4		あり
Case 5	3 倍	なし
Case 6		あり

表-2 トンネル変位解析結果

検討ケース	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	Case 6	実測値
水平方向変位 (mm)	6.3	4.0	3.2	2.6	2.1	2.1	0
鉛直方向変位 (mm)	5.3	7.4	2.7	5.4	1.8	4.7	2.3

(1) 土留はりーばね解析結果の考慮の有無による影響

表-2 の Case 1 と Case 2 を比較すると、まず水平方向変位に関して土留はりーばね解析結果を考慮することで解析値が小さくなり、実測値の 0mm に対しても同等程度となった。鉛直方向変位に関しては、土留はりーばね解析を考慮することで、FEM 解析のみの値より大きくなった。Case 3 と Case 4、Case 5 と Case 6 を比較しても同様の傾向が確認できた。

(2) 床付け以深の地盤の弾性係数による影響

表-2 から Case 1 と Case 3、Case 5 を比較すると、水平方向変位および鉛直方向変位に関して、床付け以深の地盤の弾性係数を2倍、3倍にすることで解析値が小さくなった。また、床付け以深の弾性係数を2倍にすると解析結果は実測値よりもやや大きな値となった。さらに、弾性係数に3倍の値を用いると、解析値と実測値はほぼ同程度の値となったが、鉛直方向変位が実測値より小さな値となった。Case 2 と Case 4、Case 6 の値は実測値の約2倍から3倍程度となったが、実測値が小さいことからほぼ一致していると思える。

5. 考察

以上の結果から、土留はりーばね解析を考慮した2次元 FEM 解析を行うことにより、水平方向変位の解析精度向上の可能性があると考えられる。鉛直方向変位に関しても、土留はりーばね解析を考慮することで確実に安全側の影響評価ができた。また、本地盤条件では床付け以深の弾性係数を2倍にすることで安全側かつ妥当な影響評価ができた。このように、床付け以深の弾性係数を適切に設定することで予測解析の精度向上が図れると考えられる。しかしながら、計測結果を予測解析の精度向上のためにフィードバックした研究実績が少ないのが現状である。そのため、今後も地盤条件やトンネルとの離隔、相対深度がトンネル変位予測解析の影響因子として着目し、本報告の解析手法の適用性について検討する必要があると考えられる。

6. まとめ

本研究では、開削工法による近接施工に伴う既設トンネルの変形について、(1)土留はりーばね解析考慮の有無、(2)床付け以深の弾性係数が予測解析に及ぼす影響について、2次元 FEM モデルを用いて比較検討を行った。これら比較検討により得られた知見を以下に述べる。

- ・土留のはりーばね解析を考慮することで、解析精度向上の可能性があると考えられる。
- ・床付け以深の弾性係数を適切に設定することで、解析精度向上の可能性があると考えられる。

参考文献

- ・土質工学会：近接施工,土質基礎工学ライブラリ-34,1989.9