長尺鋼管フォアパイリングの 三次元的な効果に関する一考察

佐々木 亨¹・日下 敦²・巽 義知³・砂金 伸治⁴ ・菊地 浩貴⁵・小出 孝明⁶

¹正会員 国立研究開発法人土木研究所 道路技術研究グループ (〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6) E-mail: to-sasaki@pwri.go.jp

²正会員 国立研究開発法人土木研究所 道路技術研究グループ (〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6) E-mail: kusaka@pwri.go.jp

3 正会員 国立研究開発法人土木研究所 道路技術研究グループ (〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6) E-mail: tatsumi-y173bt@pwri.go.jp

> 4 正会員 東京都立大学 都市環境学部 (〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1) E-mail: nisago@tmu.ac.jp

5 正会員 国立研究開発法人土木研究所 道路技術研究グループ (〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6) E-mail: kikuchi-k573ck@pwri.go.jp

6 正会員 国立研究開発法人土木研究所 道路技術研究グループ(〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6)
現 三井住友建設株式会社 土木技術部(〒104-3137 東京都中央区佃二丁目 1 番 6 号)
E-mail: tkoide@smcon.co.jp

山岳工法では、都市部や坑口部などの低土被り部および断層破砕帯等の軟弱な地盤において、天端や鏡 面の安定を目的とした補助工法が用いられることがある.通常、補助工法の設計は現場の条件が類似する 過去の事例を参考にしたり、数値解析によってその効果を確認したりして行われる.これらの方法を用い て設計を行う際には、その補助工法の工学的メカニズムや効果について十分に把握しておくことが必要で ある.本稿では、先受工を打設しているトンネル現場における変位や支保工等に発生する応力の測定結果 および3次元数値解析による再現解析結果を基に、先受工の効果について検討した結果を報告する.

Key Words: forepiling, field measurement, numerical analysis, mountain tunnel

1. はじめに

山岳工法では、都市部や坑口部などの低土被り部およ び断層破砕帯等の軟弱な地盤において、天端や鏡面の安 定を目的とした補助工法が用いられることがある.補助 工法の設計は現場の条件が類似する過去の事例を参考に したり、数値解析によってその効果を確認したりして行 われるのが一般的であるが、これらの方法を用いて設計 を行う際には、その補助工法の工学的メカニズムや効果 について十分に把握しておくことが必要である.しかし、 補助工法の多くは、その効果やメカニズムについて完全 に明らかとなっていない.

例えば、長尺鋼管フォアパイリング(以下、先受工という.)は天端安定や地表面沈下の抑制を目的として用いられるのが一般的であるが、近年では、支保工のラン クダウンや変位抑制を目的に用いられている事例も散見 される.これは、2次元数値解析において、支保工に発 生する応力を軽減したり、天端等の変位を抑制するよう な効果が出力されるため、その結果を参考に補助工法の 選定を行っていることが原因であると考えられる.しか し、先受工にこれらの抑制効果があるかどうかについて は、実際の施工現場における検討事例も少なく、明らか となっていないのが現状である.

筆者らはこれまで、先受工の効果や先受工を数値解析 で評価する際の留意事項等について、2次元および3次 元数値解析を行うことでいくつかの知見を得てきた^{例え} ^{は、1,2,3)}.これらの知見を含め、先受工に関する研究は 多くあるが、実際の施工現場における計測データをもと に先受工がトンネルの変形や支保工の応力状態に与える 影響について整理し、数値解析においてそれらを適切に 表現しようとした例は少ない. 本稿では、先受工を打設しているトンネル現場におけ る変位や支保工等に発生する応力の測定結果を整理し、 三次元数値解析によって再現を試みた.加えて、現地計 測結果と数値解析結果から先受工の効果について検討し た結果を報告する.

2. 現地計測について

(1) 現地計測の概要

対象としたトンネルは、先受工(Φ=114.38mm, t=6.0mm, L=12.5m, 1シフト9m)を打設範囲 180°で実 施している2車線道路トンネルである.掘削方式は補助 ベンチ付き全断面掘削であり、ベンチ長は5m,一次イ ンバートを施工するトンネルである.計測は、土被り約 50m,地山等級Eの図-1の地質縦断図に示す箇所を対象 に、図-2,3に示す断面・位置において、A計測(天端 沈下、内空変位および脚部沈下)とB計測(吹付けコン クリート応力,鋼アーチ支保工および先受鋼管の曲げモ ーメントと軸力)を実施した.A計測と吹付けコンクリ ートおよび鋼アーチ支保工の応力については、先受工1 スパン内の差異を把握するために、先受工の打設位置 (以下、支点部という.)と先受工の打設位置から8m 前方(以下、中間部という.)の2断面で計測した.

(2) 変位計測結果

図4,5 に天端沈下・上半内空変位の計測結果を示す. 横軸は計測位置からの切羽離れを,縦軸は変位量を示している.図4より,天端沈下については,先受工の支点部と中間部で沈下量に大きな差はないことがわかる.また,図-5より,内空変位についても,支点部と中間部における変位量がほぼ同じであり,一次インバート通過後10m程度の範囲において,どちらの断面も内空が拡大する方向に変位する傾向が読み取れる.

図-6 に下半脚部沈下の計測結果を示す.図-6 より,下 半脚部の沈下量は,支点部で最大 10mm 程度であるのに 対し,中間部では-2,-5mm 程度であり,中間部にくら べ支点部での沈下量が大きくなっている.これは,支点 付近では先受工によって前方の荷重が支点部に伝達され, アーチの端部である脚部に集中するためであると推測さ れる.

(3) 支保工応力に関する計測結果

図-7に吹付けコンクリートに発生する応力を,図-8に 鋼アーチ支保工に発生する軸力を示す.本稿では、圧縮 軸力を負,引張軸力を正と定義する.

図-7より、吹付けコンクリートに発生する応力は、支 点部よりも、中間部のほうが大きくなっていることがわ



図-3 測定断面図

かる.特に先受工の打設範囲である-90°~90°では顕 著な差がみられる.

図-8より、鋼アーチ支保工に発生する軸力は、中間部 よりも、支点部のほうが大きくなっていることがわかる.

吹付けコンクリートと鋼アーチ支保工で発生する応力 の大小が支点部と中間部で逆転する結果となったが、こ れは、支点部では先受工が鋼アーチ支保工に直接接して いるため、前方の荷重が鋼管を伝わって鋼アーチ支保工 に作用し、中間部に比べ鋼アーチ支保工が多く荷重を負 担しているためと考えられる.

吹付けコンクリート,鋼アーチ支保工ともに,天端お よび一次インバートでは応力が小さく,側部で卓越する 特徴がみられる.

また、図-9に支保全体(鋼アーチ支保工と吹付けコン クリート)に発生する軸力の合計を示す.図-9より、天 端から右上半に作用する軸力に若干の差はあるものの、 支保全体に発生する軸力は支点部と中間部で大きな差が ないことがわかった.



(4) 先受鋼管に関する計測結果

前述の図-2に示す通り,先受鋼管に作用する応力は天端および側部の4本の鋼管において,鋼管の口元から前方に1.5m,4.5m,6.5m,8.5m,10.5mの計5か所で測定している.図-10に天端および側部の鋼管について,各計測点からの切羽離れと鋼管に作用する曲げモーメントの変化量の関係を,図-11に各計測点からの切羽離れと鋼

管に作用する軸力の関係を示す.曲げモーメントは内空 側に凸となる方向を負,地山側に凸となる方向を正とし, 軸力は圧縮を負,引張を正として示す.また,曲げモー メントおよび軸力は,天端,側部ともに2本の平均を示 している.

図-10 a)より,天端に打設した先受鋼管では,切羽後 方-3m~0mの範囲では地山方向の曲げモーメントが発生 し,切羽が計測位置を超えた直後に曲げモーメントの極

性が逆転し、内空方向へ最大の曲げモーメントが発生す ることがわかる.また、切羽の位置が 2m 程度離れると 鋼管に発生する曲げモーメントの変化は小さくなり, 5m 以上離れると変化しなくなることがわかる. この傾 向は、既往の計測結果とも一致する傾向であり4,先受 鋼管が切羽周辺の荷重に対し抵抗していると考えられる. トンネルの変位が切羽離れ50m以上でも継続しているの に対し、切羽が離れると鋼管に発生する曲げモーメント が変化していないことから、先受工が荷重を受け持つ効 果は切羽のごく近傍(前後 5m 以内)に限定されるもの と推測され、切羽が先受工からある程度離れるとその効 果は小さくなり、トンネルの変形に寄与しないと考えら れる.図-10b)より、側部に打設した先受鋼管では、局 所的に曲げモーメントは発生しているものの、その大き さは天端部の先受鋼管に作用する曲げモーメントにくら ベ小さく、切羽離れに対する顕著な傾向は見られない. このことから、側部の先受鋼管は天端部の先受鋼管にく らべ, 先受効果が小さいことが考えられる. また, 側部 のトンネル周方向(鉛直方向)の曲げモーメントも、天 端の内空方向の曲げモーメントに比べ小さく沈下に対し 抵抗していないと考えられる.

図-11a)より、天端に打設した先受鋼管では、切羽が 後方 5m から 2m 範囲では引張方向の軸力が発生し、切 羽後方 2m から前方 4m 付近に到達するまで圧縮方向に 軸力が増加する傾向が読み取れる.また、切羽が 5m 以 上離れると軸力は圧縮力が作用した状態で収束している ことがわかる.図-11b)より、側部に打設した先受鋼管 では、天端に打設した先受鋼管にくらべ、発生する軸力 は小さいものの、切羽離れにかかわらず引張方向の軸力 が作用していることがわかる.天端部では切羽の掘進に 伴い鋼管が切羽面の押出しに抵抗していることが推測さ れるが、側部では天端にくらべその効果は小さいことが 推測される.側部に引張方向の軸力が発生している理由 としては、内空変位が地山方向に変位していることが影 響していると考えられる.

(5) 現地計測結果に関するまとめ

3. (2)~(4)に示した計測結果より得られた知見を以下 に示す.

①先受工の支点部では、中間部にくらべ脚部沈下量が増加する傾向がある。

- ②支点部の鋼アーチ支保工に発生する軸力は中間部に比 べ大きくなる傾向がある.
- ③支保工全体(吹付けコンクリートと鋼アーチ支保工)

に発生する軸力の合計は支点部と中間部で概ね同じで ある.

⑤天端に打設された先受工は、切羽が先受工の前後約 5m以内にある場合は、先受鋼管に圧縮方向の軸力お よび曲げモーメントが発生しており,直近の切羽掘削 直後に効果を最も発揮していると考えられる.しかし, 切羽が 5m 以上離れるとその効果は小さく,切羽から 相応に離れた場合には効果があまり見られない.

⑥側部に打設した先受工は、天端部に打設した先受工に くらべ鋼管に発生する軸力と曲げモーメントが小さく、 先受効果は小さい.また、側部の周方向(鉛直方向) の曲げモーメントは内空方向の曲げモーメントに比べ 小さく、沈下に対して抵抗していないと考えられる.

3. 数値解析について

ここでは、局所的なデータである現地計測結果を補完 することを目的に、三次元有限差分法を用いた数値解析 により、現場における結果の再現を試みた.また、同条 件で先受工のない場合の変位や応力を数値解析により把 握し、先受工の有無による結果の違いから、先受工の効 果について検討した.

(1) 解析の諸条件

図-12 に解析モデルを示す.トンネルの形状は図-3 に 示す計測現場の断面を再現した形状とした.

トンネル断面から側方境界および下方境界は、境界面 の影響がトンネル断面の挙動に影響をおよぼさないよう に 5D (トンネル直径 D=15.6m)確保することとし、土 被りは実際に計測した地点に合わせて約50mとした.奥 行きに関しても十分な距離を確保するために 100m とし た.境界条件は、底面については完全固定、側部は境界 面に対し直行する方向のみ固定したローラー支点、上面 は完全自由とした.



図-12 解析モデル図 表-1 解析ケース一覧

	地山物性値	先受工のモデル化手法
Case1	変位が合う ように調整	ビーム要素のみ
Case2	同上	なし

解析は 1m ごとの逐次掘削解析とし, 掘削方式は計測 現場と同じく, ベンチ長 5m の補助ベンチ付き全断面掘 削とした.

(2) 解析ケースおよびモデル化

解析は表-1 に示す全 2 ケース行った. Casel は、変位 量および支保工応力等の現地計測結果を再現したケース、 Case2はCaselと同じ地山条件で、先受工を打設しないケ ースとした.

Casel における先受工の打設範囲や打設ピッチ等の条件は 2. (1)に示す実際に現場で打設された条件と同様とした. なお,解析における先受工法のモデル化は,先受鋼管のみをビーム要素でモデル化する手法とした. 注入材による地山改良効果が,地山の弾性係数や強度定数にどの程度影響するかは不明であり,数値解析において注入材の効果をモデル化しても実現象との比較が困難である. そのため,今回の解析においては先受鋼管の効果のみに着目することとし,注入材の効果は考慮しないこととした. その他,支保工の物性値は実際に現場で用いられた設計をもとに,表-2に示す値を採用した.

(3) 地山物性値について

本稿では実際の計測結果と数値解析結果が概ね一致す るように地山物性値の推定を行った.推定物性値は,ボ ーリング等の地質調査結果から算出された物性値をもと に,各地質の変形係数,粘着力を変化させ,解析結果が 実際に支点部で計測された変位量(天端沈下,内空変位 および脚部沈下)と支保工および先受鋼管に発生する応 力を再現できる物性値を採用した.切羽面における各地 質の分布を図-13 に,本解析で用いた物性値と地質調査 結果から算出した物性値を表-3 に示す.実際の計測結果 を再現するためには,ボーリング等の地質調査結果から 算出した物性値よりも 10~20 倍程度,変形係数と粘着 力を大きく設定する結果となった.実際の地山等級が E 等級であるのに対し,推定された地山の物性値は地山等 級 DI~DII 相当の値である.

(4) 解析結果

a) 変位量について

図-14, 15 に計測結果および解析結果における天端沈下,脚部沈下および上半内空変位の推移を示す. 全グラフとも横軸は計測断面からの上半切羽離れを示している. また,解析において先受工をモデル化した Casel については,支点部と中間部の結果を示す.

まず,計測結果と現場の再現を試みた Casel の結果に 着目する.図-14,16より,Casel における天端沈下量お よび上下半脚部の沈下量はおおむね計測結果を再現でき ている.一方,図-15より,解析における上半・下半の 内空変位は計測結果と比較し,内空方向への変位がやや 大きくなっている.しかし,計測結果および解析結果と

表-2 解析に用いた支保工の物性値

	規格	変形係数 (MPa)	ポアソン比	断面積 (mm ²)	断面2次 モーメント Iy (mm ⁴)	断面2次 モーメント Iz (mm ⁴)
鋼アーチ支保工	HH-200	21,000	0.3	63,000	47.20	16.00
吹付けコンクリート	高強度 (36kN/mm ²) t = 25	4,000	0.2	-	-	-
鋼管	TSK-400	21,000	0.3	2,030	2.98	2.98



図-13 地質横断図(解析代表地点) 表-3 地山物性値一覧

	抽唇々	変形係数	ポマンンド	粘着力	内部摩擦角
	地具石	(MPa)	小ノノンル	(kN/m2)	(°)
初期値 (地質調査結 果から算出)	A-4	28		40	30
	A-4/3	22.5	0.25	19.8	25
	A-4/3b	18.95	0.55	18.8	25
	A-3	300		250	35
計測結果から 推定した値	A-4	600		800	30
	A-4/3	200	0.25	200	25
	A-4/3b	200	0.50	200	25
	A-3	1000		800	35





もに上半掘削からインバート掘削までは内空方向へ,イ ンバート掘削後は地山方向へ変位する傾向は一致してい る.計測と解析で上半内空変位量の差異が生じた原因と して,注入材による地山改良効果の影響や解析における 側圧係数の設定等が考えられるが、どちらも不確定な要 素であり、実際の状況を確認することは困難である.ま た、今回の解析において、地山の変形係数は鋼管の変形 係数に対し1/35~1/100倍程度であるが、地山と鋼管の剛 性の差がより大きくなれば鋼管が地山の変位に与える影 響は大きくなると考えられる.

天端沈下,上半内空変位および下半脚部沈下すべてで 支点部と中間部で変位量に差は見られない結果となった. また,現地計測結果で見られた支点部における下半脚部 沈下の増加は,今回の解析では確認できなかった.

次に,先受工の有無による各変位量の違いに着目する. 図-14~16 より,天端沈下量,下半脚部沈下量,および 上半内空変位について, Casel と Case2 では変位量に明確 な差は見られない.

これらのことから,先受鋼管を打設することによる内 空変位を抑制する効果はないと考えられる.また,解析 において,計測結果にみられた支点部に荷重が集中し, 脚部沈下量が増加するような傾向は確認できない.

b) 支保工に発生する応力について

図-17 に吹付けコンクリートに発生する応力について, 図-18 に鋼アーチ支保工に発生する軸力について,図-19 に支保工全体に作用する軸力の合計についての現地計測 結果と解析結果を示す.変位同様に,先受工をモデル化 した Casel では,支点部と中間部の結果を示す.

まず,計測結果と再現を試みた Casel の結果に着目する.図-17 より,吹付けコンクリートに発生する応力は,現地計測結果にくらべ Casel で発生する応力のほうが,平均的に lN/mm²程度,天端部で最大 2N/mm²程度小さい結果となった.図-18 より,鋼アーチ支保工に発生する軸力は計測結果にくらべ,Casel では天端を除き全体的に 200kN 程度大きくなっている.図-19 より,支保工全体に発生する軸力の合計は,インバートおよび側部において,数値解析により現地計測結果を数値・傾向ともに

再現できている結果となった.しかし,吹付けコンクリート,鋼アーチ支保工に発生する応力ともに,天端において,発生する軸力が現地計測よりも小さい値を示す結 果となった.

両側部の応力が卓越し,天端部およびインバートで応 力が小さくなるという現地計測における支保工に発生す る応力の特徴および支保工全体に発生する軸力の合計が 再現できていることから,実際の地山条件を適切に再現 できていると考えられる.天端において支保工に発生す る応力が計測結果とくらべ小さくなる原因については, 解析モデルの境界条件や側圧係数,注入材による改良効 果等の影響が考えられるが,数値解析モデルの精巧さに は限界があると同時に,実現場におけるこれらの詳細に ついては不明であり,今後の課題である.

また, Casel の支点部と中間部に発生する応力はほぼ 同じであり, 差は生じていない. 現地計測により確認さ れた支点部での鋼アーチ支保工に発生する軸力の増加は 解析結果では確認できない.

次に,先受工の有無による影響に着目する.図-17~ 19より,吹付けコンクリートに発生する応力,鋼アー チ支保工に発生する軸力,支保工全体の軸力すべてにお いて, Casel と Case2 でほぼ同じであり,先受工の有無に よる差は見られない結果となった.

今回の解析において,先受工を打設することにより支 保工に発生する応力を抑制する効果は確認できない.

c) 先受鋼管に発生する応力について

図-20 に先受鋼管に発生する曲げモーメントの変化量 を、図-21 に先受鋼管に発生する軸力を示す.両図とも 横軸は応力測定位置からの切羽離れを示している.

計測結果と再現を試みた Casel の結果について比較す る.図-20より,天端の先受鋼管に発生する曲げモーメ ントの傾向は,計測結果と一致し,切羽が計測位置の後 方 3m~lm の範囲では地山側に凸となる曲げモーメント が,切羽が前方 0m~5m の範囲では内空側に凸となる曲 げモーメントが発生している.また,切羽が計測位置か ら 5m 以上離れた場合は,曲げモーメントに変化がなく なる点も計測結果と一致している.側部の鋼管に発生す る曲げモーメントは、計測結果と同様に、天端の鋼管に 発生する曲げモーメントにくらべ小さい結果となった.

図-21 より、天端の先受鋼管に作用する軸力に関して も、計測結果と類似しており、切羽が後方3mから0mの 範囲では引張方向の軸力が発生し、切羽が3m後方から 4m前方に位置する場合は圧縮方向の軸力が増加してい る.また、切羽が前方4m以上離れると軸力は0に近づ きながら圧縮側で収束する.側部の鋼管に作用する軸力 は、計測結果と同様に、引張方向の軸力が生じている. しかし、側部の鋼管に発生する軸力は計測結果が最大 50kN程度であるの対し、解析結果が250kNと大きい.

これらのことから、鋼管に発生する曲げモーメント, 軸力ともに数値解析により現地計測結果を概ね再現可能 であることが分かった.ただし、発生する曲げモーメン トおよび軸力の大きさは、実計測結果にくらべやや大き くなる結果となった.これは注入材による地山改良効果 を反映することで解決できると考えられるが、実際の注 入材の効果についての検証が不十分であるため、今後の 課題である.

先受工の効果は、切羽が前後 5m 以内にある場合には、 先受鋼管に発生する曲げモーメントおよび軸力ともに変 化していることから、切羽周辺では先受工が切羽面の押 出しに対して抵抗していると考えられる.一方、上半切 羽が前後 5m の範囲外になると、曲げモーメントおよび 軸力が変化していないことから、先受工の変位抑制効果 はないと考えられる.

(5) 再現解析のまとめ

三次元有限差分法による数値解析において,先受工を ビーム要素でモデル化し,地山条件を適切に設定するこ とによって,先受工を打設したトンネルの挙動を概ね再 現可能であることがわかった.また,数値解析により先 受工の有無による結果の差異を比較することにより,先 受工の効果について以下の知見が得られた.

- ①数値解析において、先受工を打設することによる変位 抑制効果は確認できない
- ②先受工を打設することによる、支点部の下半脚部沈下の増加や鋼アーチ支保工に発生する応力の増加は確認できない。
- ③天端に打設された先受工は、切羽が先受工の前後約 5m以内にある場合は、先受鋼管に圧縮方向の軸力お よび曲げモーメントが発生しており、地山の荷重を負 担していると考えられる.しかし、切羽が5m以上離 れるとその効果は小さく、先受工の効果は切羽周辺の みに限定される.
- ④側部に打設した先受工は、天端部に打設した先受工に くらべ鋼管に発生する曲げモーメントが小さく、先受 工による効果は小さい







ただし、今回得られたこれらの知見は、いくつかの制 約条件のもとで行った解析により得られた結果であるこ とに注意が必要である.

4. まとめ

本稿では、先受工を180°打設しているトンネル現場に て先受鋼管に作用する応力や、先受工打設区間における 変位や支保工応力について計測を行い、その結果を整理 した.また、三次元有限差分法により現地計測結果と調 和的な解析モデルを作成し、同モデルを用いて先受鋼管 の効果について検討した.

得られた主な知見を現地計測と数値解析の両方からわ かる傾向と、先受工の有無を比較した解析結果からわか る傾向に分類し、以下に示す.ただし、今回得られた解 析結果はいくつかの仮定を設けたうえでの結果であり、

あくまで限定的なものであることに注意が必要である.

計測結果と数値解析の両方からわかる傾向は次の2点である.

- ①切羽の進行に伴い天端の先受鋼管に応力が発生する範囲は切羽前後 5m の範囲であり、この範囲内では切羽周辺で支保工に作用する荷重に対して抵抗する効果があると考えられる。
- ②トンネル側部に打設した先受鋼管に発生する応力は天端に打設した鋼管に発生する応力に比べ小さく、先受工が支保工に作用する荷重に抵抗すると想定した場合における効果は小さいと考えられる。

また,先受工の有無を比較した解析結果からわかる傾向は次の1点である.

③先受工を打設することによる変位抑制効果および支保 工に発生する応力の抑制効果は本検討において適用し た数値解析モデルにおいては確認できない.

なお、本検討で適用した数値解析モデルにおいては、 地山への注入材の効果は見込んでいない. 今後は注入材 の地山改良効果等についても試験施工等を行い、検討し ていきたいと考えている.

参考文献

- 北川洋平,岸田展明,日下敦,砂金伸治:数値解析に基 づく先受工の施工範囲に関する一考察,第72回年次学術 講演会,2017.9
- 2) 北川洋平,日下敦,岸田展明,砂金伸治:3次元数値解析による先受工の打設範囲に関する一考察,トンネル工学報告集,第27巻,1-38,2017,11
- 3) 佐々木亨,日下敦,巽義知:長尺鋼管先受工の三次元解 析におけるモデル化手法に関する一考察,トンネル工学 論文集,第29巻, I-15, 2019.11
- ジェオフロンテ研究会;;注入式長尺先受工法(AGF工法) 技術資料(四訂版)-AGF工法の考え方とその適用), 2002.11.27

(2020.8.7 受付)

A STADY OF 3D EFFECT OF FOREPILING DURING COVENTIONAL TUNNELING

Toru SASAKI, Atsushi KUSAKA, Yoshitomo TATSUMI, Nobuharu ISAGO, Koki KIKUCHI and Takaaki KOIDE

Auxiliary support methods are frequently used during conventional tunneling in order to stabilize the weak ground. Especially, forepiling is widely used to secure the stability around crown of the face in Japan. These methods are designed through empirical knowledge and by confirming its effect with numerical analysis. To comprehend the mechanisms and effects of the methods and verifying its validity enough is needed in design phase. However, they have not fully understood and various purposes as in displacement restriction have been proposed.

In this report, the authors have conducted the field measurements and 3D numerical analysis about forepiling, and have examined its mechanisms and effects by analyzing the stress of support members and displacement of the tunnel. Major conclusions include that the steel pipes of forepiling are almost ineffective to reduce the displacements during tunneling under the numerical model in this paper.