

## 鉄道に近接する掘削土留め工が軌道変位に及ぼす影響

JR九州コンサルタンツ株式会社 正会員 ○三宅 温 山下 健二 富永 真生

### 1. はじめに

鉄道の近接範囲で掘削土留め工を行う際、一般的には都市部構造物の近接施工対策マニュアル<sup>1)</sup>(以降、近接マニュアル)に従って、施工方法や構造物との離隔ごとに変位予測を行い、既設構造物に有害な影響が及ぶと判断された場合には、影響度の検討を行う必要がある。本検討では影響度を把握するため、弾塑性解析(土留め弾塑性法)によって仮土留め部材の変位を算出し、その結果を強制変位として有限要素解析(弾性解析)に反映する方法で検討を行った。この結果より、当初の計画では鉄道構造物への影響が大きくなると予想されたため、仮土留め部材に生じる変位に着目し、対策工の検討を実施した。

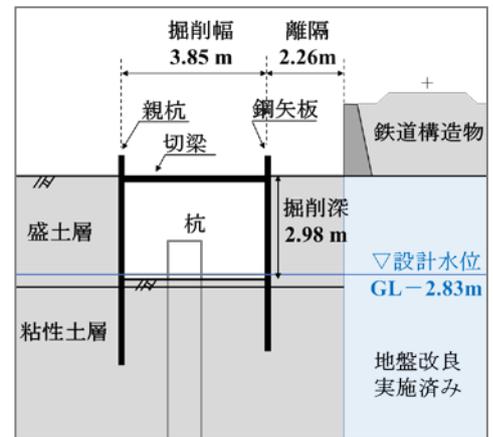


図1-当初計画の検討断面

### 2. 検討概要

当初の仮土留め計画の概要を図1に、施工順序を図2に示す。掘削箇所は鉄道構造物から2.26m程度の離隔である。当地盤は盛土層(平均N値6,  $\gamma=18\text{kN/m}^3$ ,  $\phi=31.0^\circ$ )の下に粘性土層(平均N値1,  $\gamma=15\text{kN/m}^3$ ,  $c=19.7\text{kN/m}^2$ )が約8m分布しており、鉄道構造物直下には深度20mまで地盤改良が実施されている。当条件の下、鉄道側は鋼矢板、他方は親杭による土留めを行い、切梁を一段設置する計画とした。掘削部は幅3.85m、深さ2.98mであり、設計水位は掘削深とほぼ同じ深さである。弾塑性解析では、作用条件として軌きょう荷重、列車荷重及び施工時の重機荷重を考慮した。また、鋼矢板については継手部の強度向上を図り、道路土工仮設構造物工指針<sup>2)</sup>に従って、天端から50cm程度を溶接する場合の条件を見込むものとした。有限要素解析では、鋼矢板及び親杭の強制変位を考慮し、変位予測は軌道及び鉄道構造物の擁壁天端の2点で行った。

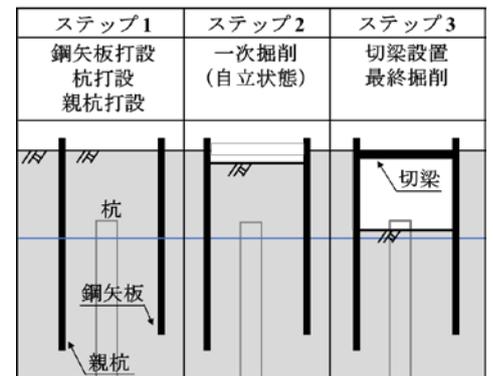


図2-施工手順

表1-当初計画の解析結果

弾塑性解析結果(鋼矢板)				
		最大水平変位(mm)		必要根入れ(m)
		一次掘削(ステップ2)	最終掘削(ステップ3)	
当初計画	天端	3.83	14.81	9.00
	根入れ部	0.41	95.34	
有限要素解析結果				
当初計画		水平変位(mm)	鉛直変位(mm)	
	軌道	50.4	-2.7	
	擁壁天端	48.6	-9.1	

### 3. 当初計画による検討

上記の条件下において、当初計画で施工を行う際の検討を実施した。施工は、鋼矢板、新設構造物の杭、親杭の順に打設後、一次掘削を行い、切梁を設置後に最終掘削を行う順序とした。以上の条件を用いた解析結果を表1に示す。弾塑性解析の結果から、鋼矢板及び親杭の根

入れは9m必要であった。また、親杭に生じた変位は微小であったが、鋼矢板は一次掘削時に天端付近で約15mm、最終掘削時に粘性土層への根入れ部で約95mm変位が生じていることを確認できた。有限要素解析では、最終掘削時に軌道及び擁壁天端に対して水平方向へ約50mmの変位が生じたが、鉛直方向に生じた変位は微小であった。以上の結果から、鋼矢板に生じる水平変位を減少させることにより、軌道変位を抑えることができると考えられる。そこで、弾塑性解析で算出した鋼矢板の水平変位に着目し、一次掘削時の自立状態における天端の変位及び最終掘削時の根入れ部の変位を抑えるための対策工を検討した。

キーワード 近接施工, 鉄道, 掘削土留め工, 弾塑性解析

連絡先 〒812-0014 福岡県福岡市博多区博多駅東1-1-14 JR九州コンサルタンツ(株) [TEL:092-413-1035](tel:092-413-1035)

#### 4. 対策工の検討

検討を実施した対策工2案の概要図をそれぞれ図3、図4に示す。掘削時に鋼矢板の根入れ部に生じる変位を抑える策として、親杭を打設後、掘削深以下に改良強度  $q_u = 600\text{kN/m}^2$  の地盤改良工を実施する計画とした。改良深さは検討を進める中で、案1で掘削面から上側を2.0m、下側を2.5m、案2で掘削面以下1.5mの範囲に設定した。また、自立状態で鋼矢板天端に生じる変位への対策として、案1では掘削深より上側に地盤改良工を実施、案2は掘削前に予め切梁を地上に設置して鋼矢板の自立状態をなくす計画とした。以上の条件より、最終掘削時の水平変位に着目し、対策工の検討を実施した。

#### 5. 効果の検証

上記の対策工2案を実施した場合について、弾塑性解析による鋼矢板の水平変位及び必要根入れ長の算出結果と、有限要素解析による軌道及び擁壁天端の水平変位結果を表2に示す。弾塑性解析の結果から、鋼矢板の天端に生じる変位は、当初計画に比べ、一次掘削時、最終掘削時ともに案1では5mm以上、案2では10mm以上減少している。この結果から、案1では、地盤改良により掘削面以上の鋼矢板を広範囲に支持した点、案2では、切梁の設置位置を変更することにより鋼矢板の自立状態をなくした点が効果的であったと考えられる。また、根入れ部に地盤改良を実施したことにより、掘削面以下の地盤の受動抵抗が増したため、鋼矢板の必要根入れが案1では5.0m、案2では3.0mに縮小されており、最終掘削時根入れ部に生じる変位が両案で約90mm減少していることが確認できる。有限要素解析の結果では、当初計画の際、軌道及び擁壁天端に約50mm生じていた変位が両案ともに2mm以下まで減少していることから、鋼矢板の変形を抑えることが軌道変位の抑制に繋がることを確認できた。以上の結果より、対策工の2案はいずれも軌道変位を抑制することができ、掘削を行う際に生じる鉄道構造物への影響を低減するための方法として有効であることが確認できた。

#### 6. おわりに

掘削土留め工を行う際、近接した構造物への影響を変位によって評価する場合には、仮土留め部材の変形に着目し、鉄道構造物に生じる変位を抑制できることを確認した。検討によって算出した変位の結果から、両対策工は同程度に鉄道構造物への影響を抑制できるため、本件では施工性及び経済性を考慮し、案2による施工を実施した。本検討にて算出した変位値は今後実際の測定値と比較し、評価する必要がある。また、両者に差が生じる場合には、複数の解析方法を併用する際の工夫や、各解析に用いるモデルにおいて実際の変状の再現精度を向上させる等、近接した構造物への評価をより正確に行うための検討方法を考える必要がある。

#### 参考文献

- 1) (財) 鉄道総合技術研究所：都市部鉄道構造物の近接施工対策マニュアル，2007。
- 2) (社) 日本道路協会：道路土工 仮設構造物工指針，1999。

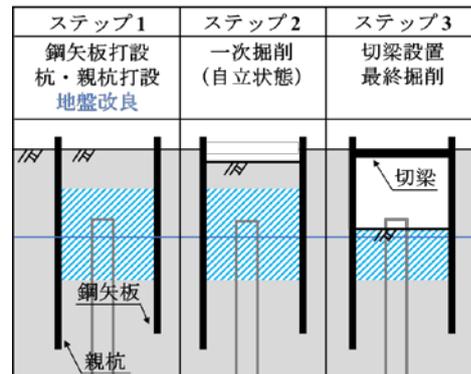


図3—案1の施工手順

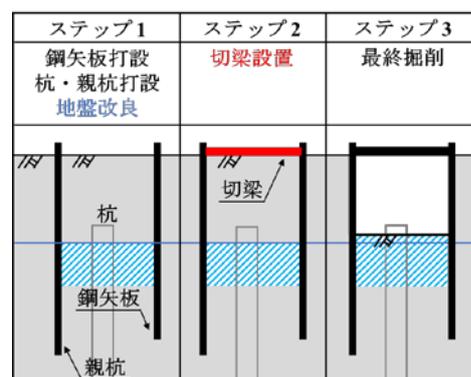


図4—案2の施工手順

表2—当初及び対策工の解析結果

弾塑性解析結果			
		最大水平変位(mm)	
		一次掘削 (ステップ2)	最終掘削 (ステップ3)
鋼矢板 天端	当初計画	17.39	14.81
	案1	9.12	9.12
	案2	0.29	0.48
鋼矢板 根入れ	当初計画	7.29	95.34
	案1	2.34	4.89
	案2	5.91	5.91
根入れ長	当初計画	9000	
	案1	5000	
	案2	3000	
有限要素解析結果			
		最大水平変位(mm)	
		軌道	擁壁天端
鉄道 構造物	当初計画	50.4	48.6
	案1	1.87	1.78
	案2	1.92	1.79