

## 地盤切削 JES 工法の適用拡大

## ～ 玉石層に対応したガイドパイプ代替工法の開発と施工事例 ～

鶴田夏実\*1・栗栖基彰\*2・西村知晃\*3・岩瀬 隆\*4

## 概 要

地盤切削 JES 工法は、これまでアンダーパス工事で採用してきた HEP&JES 工法をベースに、更なる安全性向上と工期短縮を目的として開発された工法である。本工法は、刃口前方に取り付けた地盤切削ワイヤーで地盤及び支障物を切削することにより、地盤の変状を抑止しながらエレメントを掘進し、低土被り地盤においても軌道への影響を極めて少なくすることができる工法である。

しかしながら、これまで地中に含まれる少量の玉石や支障物の切削は実施しているが、多量の玉石が想定される地盤での適用実績はない。また、本工法の施工にあたり施工設備の配置スペースとして事前にφ300mmの塩化ビニル管(ガイドパイプ)の敷設が必要であるが、玉石等の支障物が多く存在する地盤では標準とされているガイドパイプの推進工法では施工が難しい。そこで、玉石等の支障物が多く存在する地盤でも所要の精度でガイドパイプを敷設することができるガイドパイプ代替工法を考案し、施工性確認試験を実施してその有効性を確認した。

本報では、施工性確認試験の概要と実際の現場に適用した事例を報告する。

キーワード：地盤切削 JES 工法，ガイドパイプ，玉石，支障物，HEP&JES 工法

EXPANSION OF THE APPLICATION OF THE GROUND CUTTING JES METHOD:  
DEVELOPMENT OF AN ALTERNATIVE GUIDE PIPE METHOD SUITED TO  
COBBLE STONE LAYERS AND EXAMPLES OF CONSTRUCTION

Natsumi TSURUTA\*1, Motoaki KURISU\*2, Tomoaki NISHIMURA\*3, Takashi IWASE\*4

## Abstract

The ground cutting JES method was developed for the purpose of improving safety and reducing construction time and is based on the HEP and JES methods which have so far been utilized for construction of underpasses. In this method, elements are introduced by cutting the ground and obstacles with a ground cutting wire attached to the front of the cutting edge, while restraining ground deformation, so that even with shallow soil cover, impact on the track can be kept extremely low.

However, although cutting of ground containing a small amount of cobblestone and obstacles has been done, there is no record of application to ground presumed to contain a large amount of cobblestone. Furthermore, in order to utilize this method, it is necessary to install a vinyl chloride pipe (guide pipe) of φ 300 mm in advance as space for placement of construction equipment, but in ground where there are many obstacles such as cobblestone, construction is difficult with the standard guide pipe excavation method. Therefore, we devised an alternative guide pipe method that is able to place guide pipes with the required precision even in ground with many obstacles such as cobblestone, and confirmed its effectiveness by conducting a workability confirmation test.

In this report, we briefly describe the workability confirmation test and an example of utilization at an actual site.

Key words: ground cutting JES method, guide pipe, cobblestone, obstacles, HEP and JES method

\*1 Underground structure group, Underground / Foundation Department, Civil Engineering Division

\*2 General Manager, Underground / Foundation Department, Civil Engineering Division

\*3 Manager, Underground structure group, Underground / Foundation Department, Civil Engineering Division

\*4 Construction Technology Group, Research & Development Center, Construction Technology General Center

## 地盤切削 JES 工法の適用拡大

### ～ 玉石層に対応したガイドパイプ代替工法の開発と施工事例 ～

鶴田夏実\*1・栗栖基彰\*2・西村知晃\*3・岩瀬 隆\*4

#### 1. はじめに

地盤切削 JES 工法は、非開削によるアンダーパス工事で、HEP&JES 工法をベースに、さらなる安全性向上と工期短縮を目的に開発された工法である。本工法は刃口前方に取り付けた地盤切削ワイヤーで、地盤及び支障物を切削することにより、地盤の変状を抑止しながらエレメントを掘進し、低土被り地盤においても軌道への影響を極めて少なくすることができる工法である（図-1）。

地盤切削 JES 工法では、施工設備の配置スペースとしてφ300mm の塩化ビニル管（ガイドパイプ）を敷設するため、事前に水平ボーリングを行う。今回本工法の適用が計画されている水平ボーリング及び上床版の施工範囲は、多量の玉石が想定される地盤であり、今までこのような多量の玉石混じりの地盤に対し地盤切削 JES 工法の適用実績はない。

そこで、玉石等の支障物が多く存在する地盤でも所要の精度でガイドパイプを敷設できるよう代替工法を考案し、その有効性を確認するために施工性確認試験を実施した。本報では、施工性確認試験の概要と実際の現場に適用した事例を報告する。

#### 2. 工事概要

対象となる線路下横断構造物は、高さ 9.1m、幅 12.3m、延長 16m、下り勾配 3.0%、土被り 1.5m である（図-2、図-3）。上床版施工範囲の地盤条件は、N 値 0～3 程度のゆるい盛土層となっていて、盛土内は玉石混じりの地盤と

なっている。

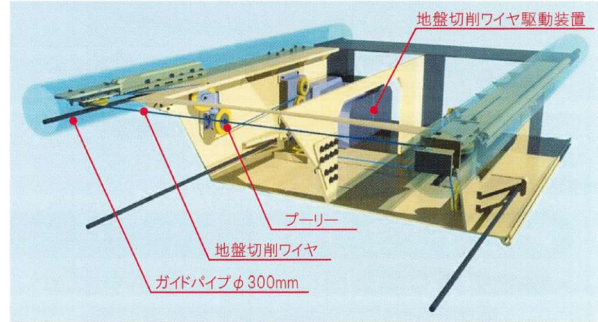


図-1 地盤切削 JES 工法刃口

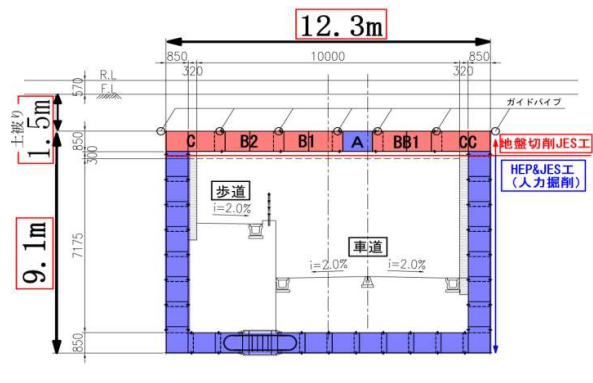


図-2 函体断面図

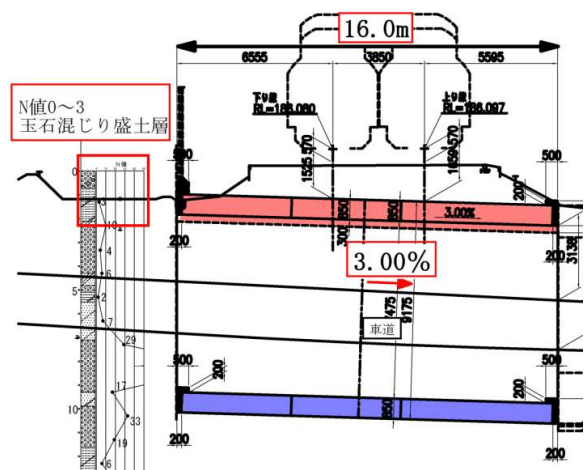


図-3 函体側面図

\*1 土木本部 地下・基礎技術部 地下構造グループ  
 \*2 土木本部 地下・基礎技術部 部長  
 \*3 土木本部 地下・基礎技術部 グループリーダー  
 \*4 建設技術総合センター 研究開発センター 施工技術グループ

### 3. ガイドパイプ代替工法の開発

#### 3.1 ガイドパイプ施工の課題

地盤切削 JES 工法や COMPASS 工法用のガイドパイプの施工には、小口径推進工法の中でも施工精度が高いスピーダー工法等が標準的に適用されるが、玉石等の支障物が多く存在する場合は施工が難しくなる。また、礫破碎型の面盤を装備した推進機を用いるアイアンモール工法等の方式では、ガイドパイプ敷設のように土被りが 1.0~1.5m 程度と小さい場合、礫破碎に必要な押し付け力が地盤面の隆起を引き起こしてしまう。そこで、今回のガイドパイプの施工にあたっては、図-4 に示す SH 工法 (Seya's Horizontal Method) を選定した。SH 工法は、コアドリリングに近い構造の掘削機構のため、推進管外周部のみを切削刃で切削し、ほぼ同等の大きさの支障物を取り込んで排出することが可能であり、より安全な礫対応の小口径推進工法と言える。SH 工法では、標準で対応可能な管径はφ400mm が最小とされているため、地盤切削用ガイド管に必要な塩化ビニル管φ300mm を敷設するためには、鋼管推進後に置き換えを行う必要がある。そこで、φ400mm の鋼管敷設後に鋼管からガイドパイプへの置き換えを組み合わせた敷設方法を考案した。

#### 3.2 ガイドパイプ代替工法の概要

ガイドパイプ敷設の施工手順は、図-5 に示すように SH 工法にて敷設した鋼管内に、補助鋼材 (H-175、長さ 15m) で形状を保持したガイドパイプを仮固定した後、鋼管を引き抜きながら空隙充填を行うことでガイドパイプを所定の位置に敷設する。

ガイドパイプを設置する一般的な方法としては、ガイドパイプの外側にスペーサーを取り付け、ガイドパイプが所定の位置に来るようにする。しかしながらこの場合、設置精度の補正代がなくなってしまう。そこで、ガイドパイプを所定の位置に設置するために、ガイドパイプの内側にスペーサーを設けた。また、ガイドパイプの中に補強鋼材 H-175 を通して発進到達両

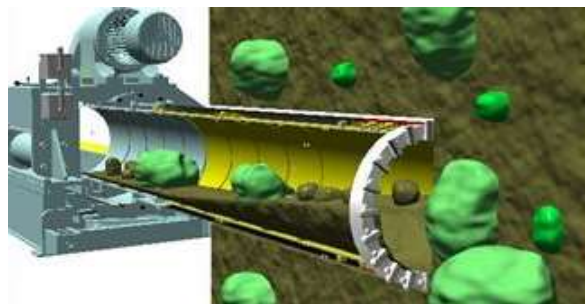


図-4 SH 工法概念図

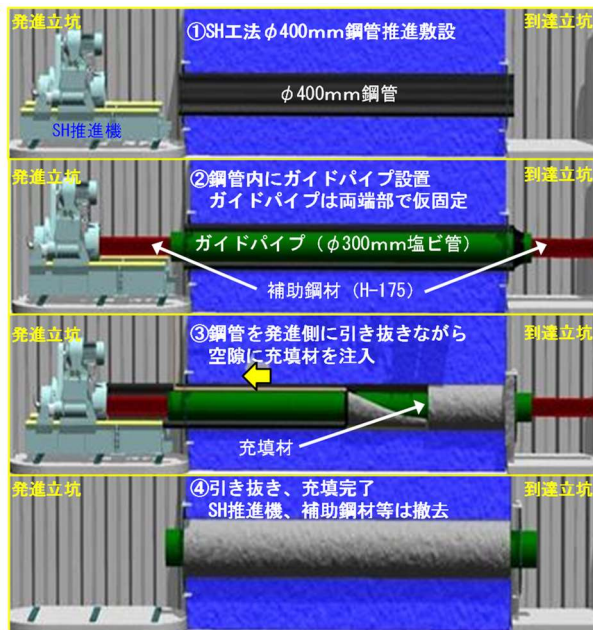


図-5 ガイドパイプ敷設施工手順

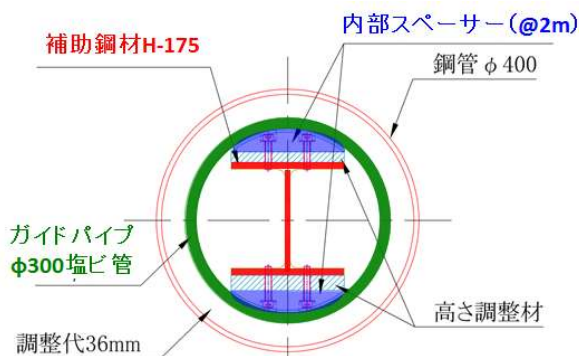


図-6 ガイドパイプ敷設断面図

立坑で支持し、補強鋼材の曲げ剛性を利用してガイドパイプが所定の位置に来るように計画した。補強鋼材にはたわみが発生するため、このたわみを考慮した内部スペーサーを H 形鋼に取り付けておき、ガイドパイプが直線となるようにした (図-6)。

地盤切削時に支障する鋼管は撤去する必要が

あるが、ガイドパイプと地山の隙間充填後に引き抜くと、鋼管の厚肉+ $\alpha$ の空隙が地表面を沈下させる懸念がある。そこで、鋼管を引き抜きながらガイドパイプと地山の充填を行うように計画した。ただしこの場合、充填材の鋼管内への流入を防止するため、**図-7**に示すように鋼管先端にシールを設置する必要がある。ガイドパイプと鋼管の隙間は、鋼管の引き抜きによって変化するため、自動車の幌等で使用される丈夫なシートを用いることで耐圧と離隔追従性を確保した（**写真-1**）。また、圧力計を設置して注入圧を管理し、地表面変位を抑制した。

### 3.3 施工性確認試験の概要

施工性確認試験は、**図-8**に示す施工現場を模擬した立坑間距離 13.7m の試験ヤードにて、土被り 1.3m、勾配 3.0%のガイドパイプ敷設を行った。試験内容は、鋼管からガイドパイプへの置き換え、鋼管の引き抜き、ガイドパイプと地山の空隙充填である。試験施工時の確認項目は以下の通りである。

- ・ 補助鋼材設置撤去の施工性と精度
- ・ ガイドパイプの鋼管内設置時の施工性と精度
- ・ 鋼管引き抜き、空隙充填時のガイドパイプの変位と地表面変位の有無
- ・ ガイドパイプ最終敷設精度 20mm 以内
- ・ 空隙への充填性

### 3.4 試験結果

補助鋼材は仮固定時に両端支持の単純梁構造となるため、添接部で角度を持たせて上向き弓形になるように作成した（**写真-2**）。その結果、ガイドパイプは鋼管内で概ね線形を保持することができ、良好な結果を得られた。

鋼管引き抜き、空隙充填時のガイドパイプと地表面変位の測定結果を**表-1**に示す。施工前後の最大変位は、ガイドパイプでは+2mmの隆起、地表面では-1mmの沈下から+1mmの隆起とどちらも問題にならない程度の変位であった。

ガイドパイプの最終敷設精度を**表-2**に示す。最終敷設精度は、鉛直、水平ともに 5mm

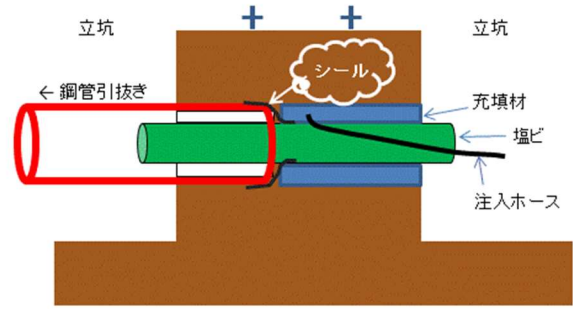


図-7 ガイドパイプ敷設側面図



写真-1 鋼管への充填材流入防止シート

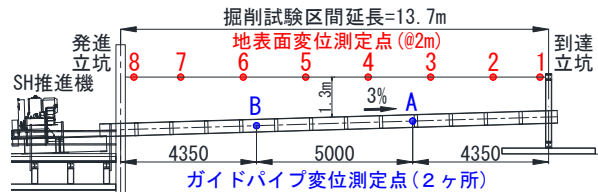


図-8 施工性確認試験概要図



写真-2 補強鋼材（上向き弓形）

表-1 ガイドパイプ、地表面変位測定結果

鋼管引抜き距離	ガイドパイプ		地表面						
	測点 A	測点 B	測点 1	測点 2	測点 3	測点 4	測点 5	測点 6	測点 7
0.86m	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.46m	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.46m	0	+1	0	0	0	0	0	0	-1
3.46m	0	0	+1	0	0	0	0	0	-1
5.86m	+1	0	0	0	+1	0	0	0	0
6.46m	+1	0	0	0	+1	0	0	0	0
7.46m	+2	-1	0	0	0	0	0	0	0
8.46m	+1	-1	0	0	0	0	0	0	0
9.46m	+1	-1	0	0	-1	-1	0	0	0
10.46m	0	-1	0	0	-1	0	+1	+1	0
11.46m	-1	-1	0	0	-1	0	+1	+1	0
12.46m	-1	-1	0	0	-1	0	+1	+1	+1
13.06m	-1	-1	0	0	-1	0	+1	+1	+1

単位: mm +は隆起, -は沈下

表-2 ガイドパイプ最終敷設精度

到達側からの距離	鉛直(V) +:上 -:下	水平(H) +:右 -:左	合成(S) $\sqrt{V^2+H^2}$	到達側からの距離	鉛直(V) +:上 -:下	水平(H) +:右 -:左	合成(S) $\sqrt{V^2+H^2}$
0m	0	0	0.0	8m	+1	-4	4.1
1m	-4	+1	4.1	9m	+2	-5	5.4
2m	-5	-1	5.1	10m	+3	-4	5.0
3m	-5	-2	5.4	11m	+3	-3	4.2
4m	-5	-3	5.8	12m	+3	-2	3.6
5m	-2	-3	3.6	13m	+1	-1	1.4
6m	-1	-2	2.2	14m	0	+2	2.0
7m	+1	-3	3.2				

単位: mm



写真-3 ガイドパイプ空隙充填状況

以内の誤差であり、20mmの目標精度を満足していることを確認することができた。

また、空隙の充填は、鋼管内部に充填材が流入しないように流入防止シートを用いることで、鋼管の引き抜き距離に応じた充填量の管理ができるようになった。充填材硬化後にガイドパイプを掘り出して確認したところ、写真-3に示すようにガイドパイプの全周に渡って充填ができていた。

### 3.5 施工結果

施工性確認試験で得られた知見をもとに、現場で7本のガイドパイプ敷設を行った(写真-4)。鋼管の鉛直方向と水平方向の施工精度を図-9に示す。鋼管の施工精度は、鉛直、水平の両方向ともに目標管理値の50mm以内に納まっている。また、ガイドパイプの鉛直方向と水平方向の精度を図-10に示す。ガイドパイプの施工精度も、鉛直、水平の両方向ともに目標管理値の20mm以内に納まっている。今回のガイドパイプの施工では、軌道に影響を与えることなく、目標精度内で敷設を行うことができた。



写真-4 推進時の玉石状況

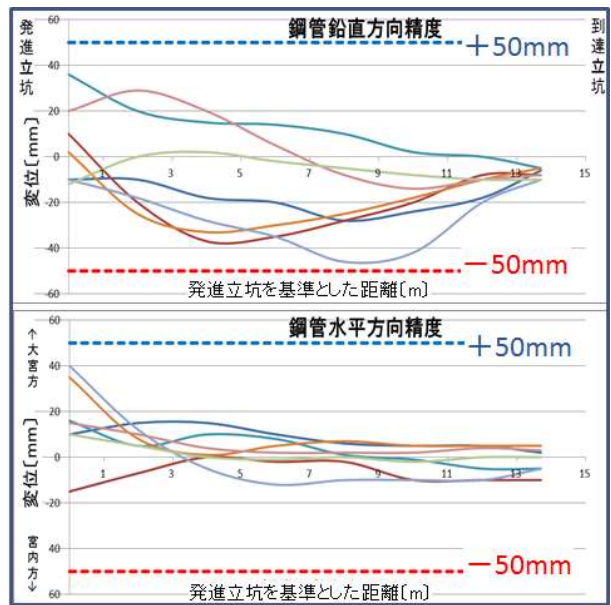


図-9 鋼管の施工精度

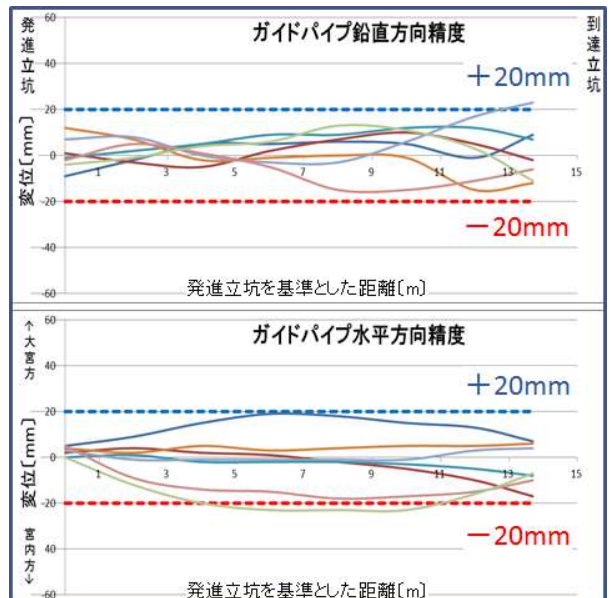


図-10 ガイドパイプの施工精度

#### 4. 地盤切削 JES 工法の現場施工状況

##### 4. 1 施工結果

B1 エレメントの刃口内の地山状況を写真-5に示す。大きいもので1m程度の玉石が出現し、想定していた以上に玉石が多数出現する地盤であった。



写真-5 刃口内の地山状況

B1 エレメントの切削装置運転データを図-11~図-13に示す。図-11の上段の図は、プーリーを回す抵抗の目安となり、管理値を超えないようにけん引速度をコントロールしている。中段の図はエアシリンダのストロークを示し、玉石を切削することによりワイヤーに生じる遅れ量を監視する。ワイヤーが遅れると、ワイヤーと刃口が干渉してしまうため、干渉しないようにけん引速度をコントロールすることになる。その結果、下段に示すけん引速度は、地盤切削 JES 工法適用の平均けん引速度 10mm/min を下回る 6mm/min 程度に低下した。

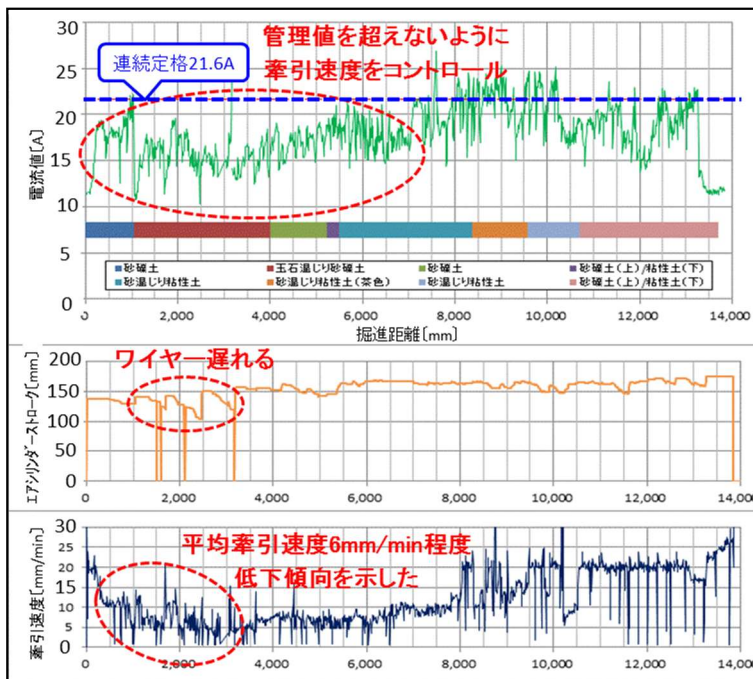


図-11 切削装置運転データ：初期

そこで、図-12の上段に示すようにワイヤーの張力を表すエア圧力を上げて切削効率を増すことにした。エア圧力を上げたことにより、ワイヤーの遅れ量は少なくなり(図-12中段),けん引速度をある程度上昇させることができた(図-12下段)。

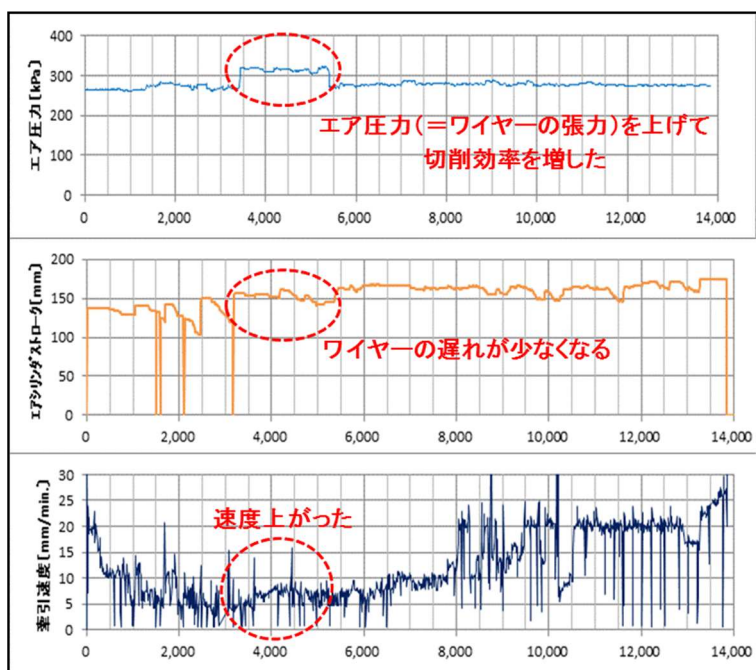


図-12 切削装置運転データ：エア圧力調整時

さらに、図-13の上段に示すように電流値の管理値を実際の稼働状況を踏まえて見直した結果、けん引速度は14mm/minと向上し、進捗を伸ばすことができた(図-13中段)。また、下段の図より、けん引速度を上げて総けん引力は計算値の80%以下に納まっていることを確認した。

次に、各エレメントの地山側の鉛直精度を図-14に、軌道の高低変位を図-15に示す。各エレメントの地

山側の鉛直精度は、管理値の31mm以内に納り、軌道の高低変位も大きな変動なく施工することができた。

## 5. まとめ

### 5.1 ガイドパイプ代替工法の開発

ガイドパイプ代替工法の開発により以下の事項を確認した。

① SH 工法の採用により、推進管の管径以上の大きさの支障物に対応が可能となり、地表面に影響を与えることなく施工することができた。

② ガイドパイプ内に補強鋼材を通し、内部スペーサーを取り付けたことで、ガイドパイプを所定の位置に設置することができた。

③ 流入防止シートを用いることで、鋼管の引き抜きと同時にガイドパイプと地山の隙間を充填することができた。

### 5.2 地盤切削 JES 工法の現場施工

地盤切削 JES 工法の現場施工によって以下の事項を確認した。

① ワイヤの張力を上げて切削効率を増し、さらにワイヤの回転力を示す電流値の管理値を見直した結果、けん引速度が向上し、進捗を伸ばすことができた。

② 軌道に大きな影響を与えることなく、管理精度内で施工ができることを確認した。

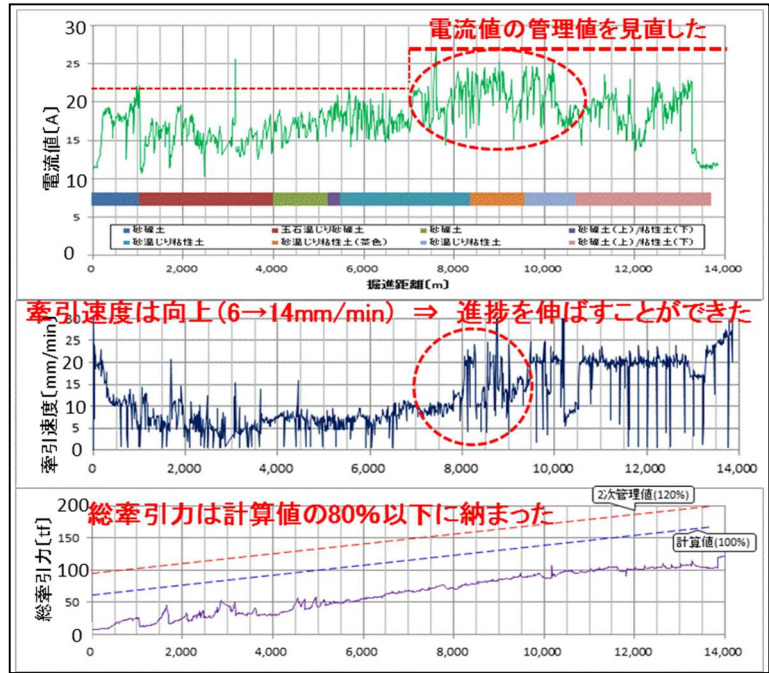


図-13 切削装置運転データ：電流値見直し時

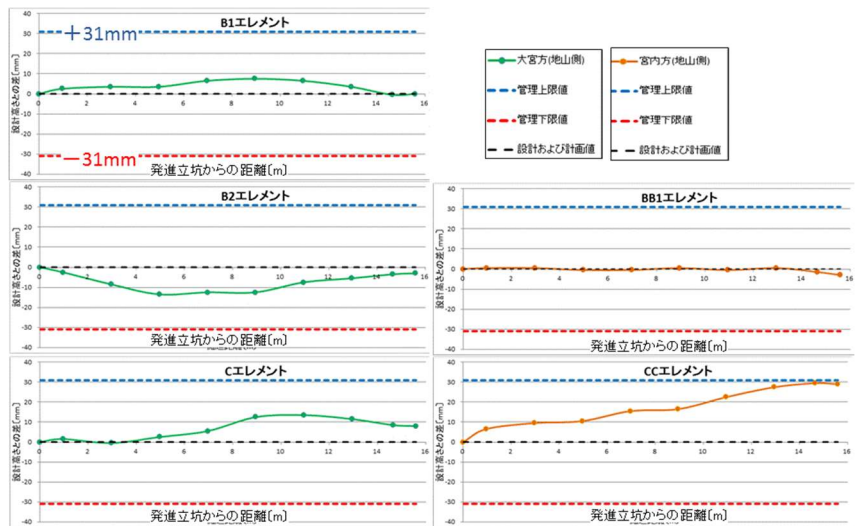


図-14 各エレメントの地山側の鉛直精度

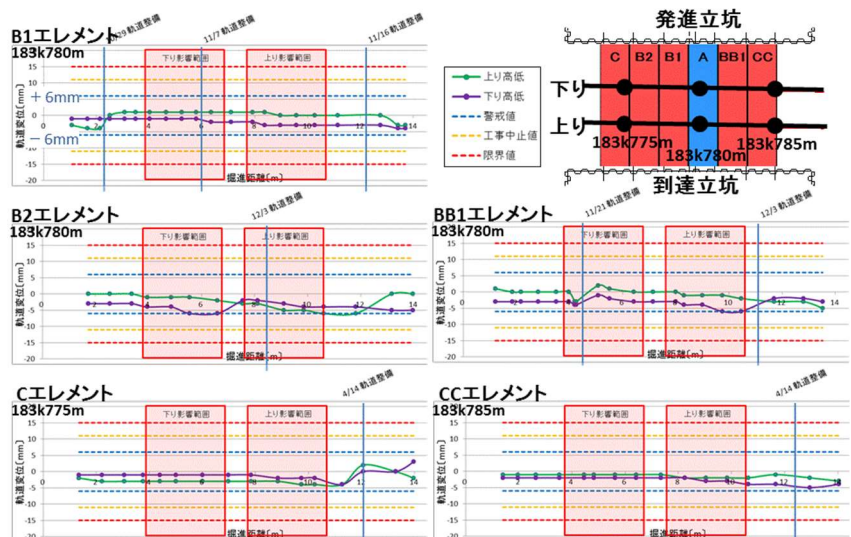


図-15 各エレメントの軌道の高低変位