

解説

線路下横断工事の水平ボーリングに採用した礫対応小口径推進工法 HEP&JES工法での小口径推進

小菅 三雄

鉄建建設株式会社東北支店
双葉作業所 現場代理人



藤田 安史

鉄建建設株式会社東北支店
双葉作業所 監理技術者



1. はじめに

近年、鉄道により分断されていた地域を結びつけ、利便性を向上させ地域の活性化を図るため、道路と鉄道の平面交差から立体交差化が進んでいる。通常、地上部に設置されている線路は、防災面から周辺の地盤より僅かながらも高い状態に設けられ、立体交差化させる場合は、この差を考慮し道路を低くするほうが一般的に有利となる。

本工事は、山形市が進める広域都市計画事業のうち十日町双葉町線で、山形駅の東側と西側を連結する駅環状道路として位置づけられ、年々増加する自動車交通需要に対応し、交通処理機能

の強化と駅周辺を中心市街地の活性化を図る役割を担った重要な幹線道路となっている。そのうち線路下横断部分を非開削工法の1つである、HEP&JES工法により構築している。

この報文はHEP&JES工法の概要と、施工過程で必要となる小口径推進工法による、水平ボーリングの施工事例を紹介するものである。

2. 工事の概要

2.1 工事概要

事業主体：山形市

設計・施工監理：東日本旅客鉄道株式会社
東北工事事務所

施工：鉄建建設(株)・第一建設(株)共同企業体

施工場所：山形県山形市双葉町地内(図-2)

工期：H17年6月10日～H21年2月10日

施工数量：

線路下横断部 1層4径間JES函体

(HEP&JES工法)・・・延長L=35.0m

接続部 1層4径間ボックスカルバート

(RC構造)・・・延長L=63.0m



図-1 完成予想図

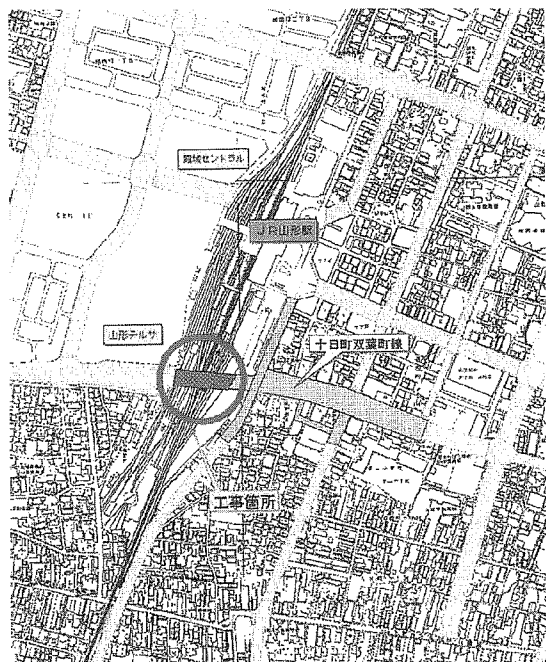


図-2 現場位置図

2.1 工事内容

工事は都市計画道路十日町双葉町線のうち奥羽線87k443m付近（山形駅構内で山形新幹線ホームの南端に位置する。）の線路直下に交差する箇所およびその接続部を含めた98m区間を施工するものである。（写真-1、図-3）

ボックスカルバートは4車線の車道部（8m×2車線）とその両側に3.5m幅の歩道を有する構造となっている。（図-4）

当現場の地質は、転石、玉石が混在する砂礫層が主体となっていることから、HEP&JES工法の構造部材であるエレメントを土中に貫入する掘削方法は、機械掘削が困難であるため、人力による掘削で施工している。

また駅構内で駅構造物の基礎が地中に点在しており、それを避けるため約2.5mの土被りとなっている。



写真-1 現場位置

H18年10月

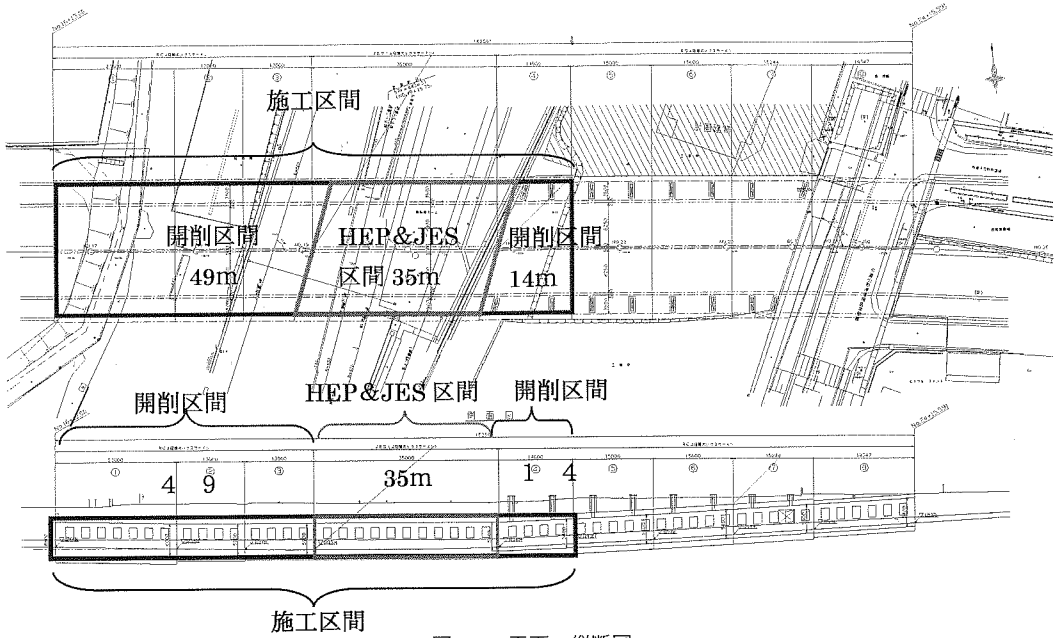


図-3 平面、縦断図

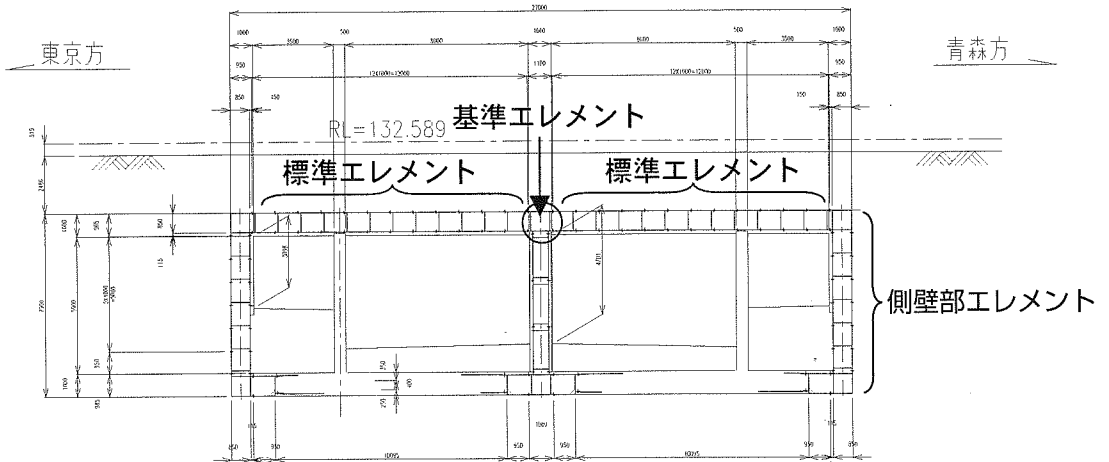


図-4 ボックスカルバート断面図

2.3 HEP (High speed element pull) & JES (Jointed Element Structure) 工法の概要

(1) 施工方法および構造

HEP工法は、PC鋼より線を介し、定着した刃口に直結されたエレメントを到達側のけん引装置で引くことにより、発進側から線路下の所定の位置にけん引掘削する工法である。(図-5)

JES工法はけん引するエレメントの軸直角方向

の力の伝達が可能な継手を有する鋼製エレメントを用い、線路下に非開削で箱型ラーメン形状または円形状などの構造物を構築する工法である。(図-6)

(2) 施工順序

HEP&JES工法における施工は、主にJES工法に関わる構造物全体の施工とHEP工法に関わるけん引の施工で構成される。

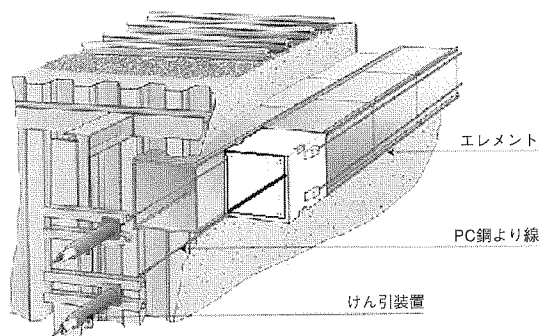


図-5 HEP工法概要図

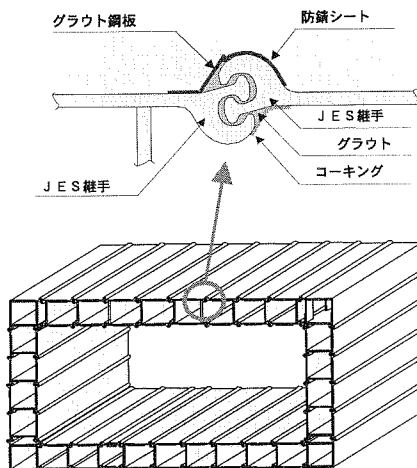


図-6 JES工法概要図

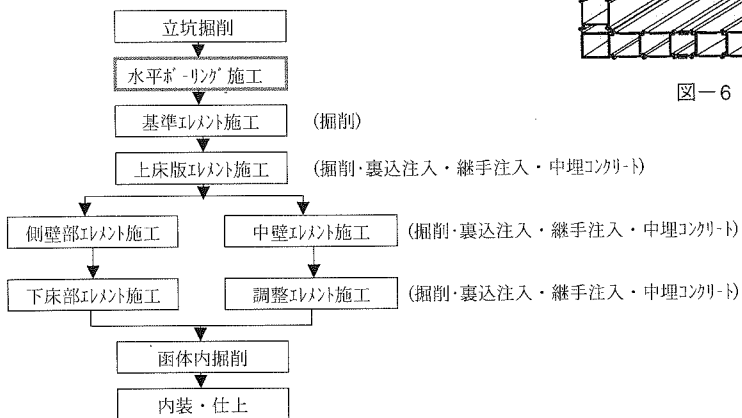


図-7 施工順序図

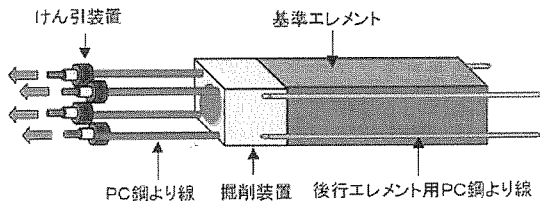


図-8 基準エレメント施工図

構造物全体の施工は、まず上床版の基準エレメントの施工を最初に行う。次に基準エレメントを中心に左右方向に一般部エレメントを隅角部エレメントまで順次施工し上床版を完了する。次に側壁部を施工し、下床版は隅角部エレメントを順次施工する。そして閉合部分の調整エレメントを施工する。その後、函体内部の掘削、内装工を施し構造物が完成する。

けん引の施工は水平ボーリングによって削孔したボーリング孔にPC鋼より線を挿入した後、こ

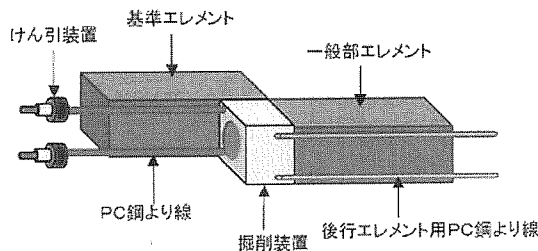


図-9 一般部エレメント施工図

のPC鋼より線を到達立坑のけん引装置でけん引し、このけん引力を反力として掘進を行い、発進立坑よりエレメントをけん引掘進する手順で行う。(図-7)

なお、PC鋼より線を挿入するための水平ボーリングは、基準エレメントの施工時のみ行う。(図-8) 一般部エレメントは、先行エレメントの外側に装着したPC鋼より線を用いてけん引掘削を行う。(図-9)

このようにHEP&JES工法には水平ボーリングが必要になる。

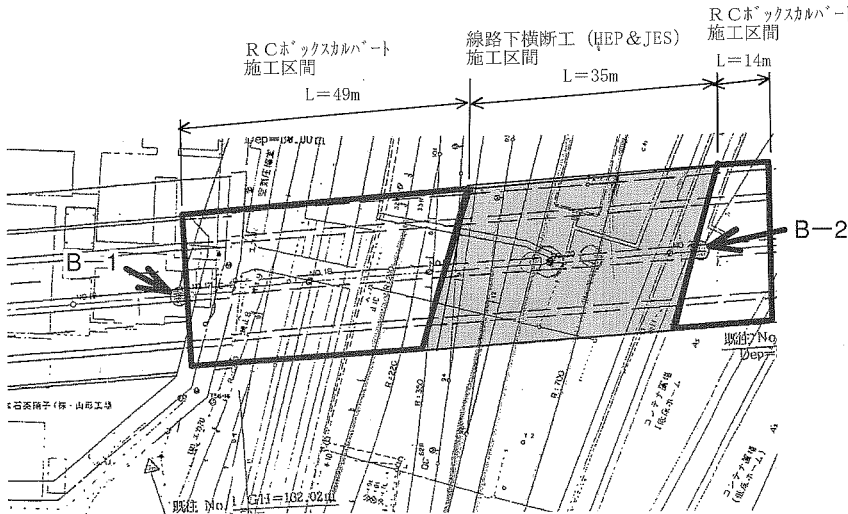


図-10 地質平面図

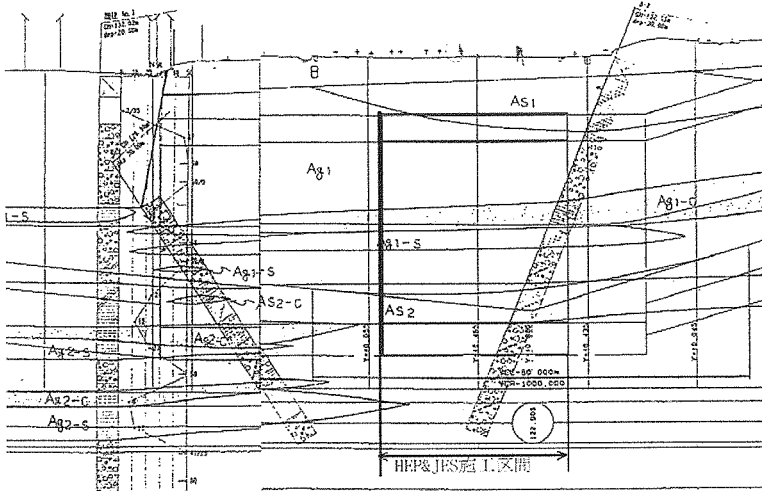


図-11 地質縦断面図

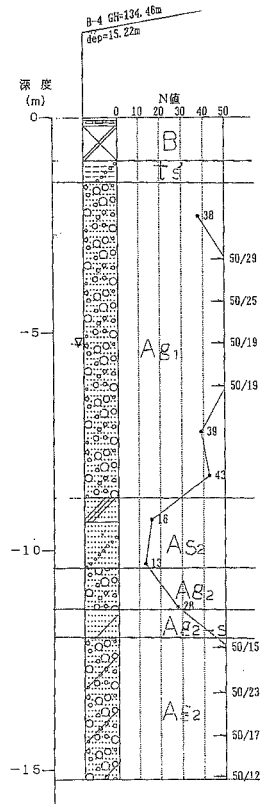


図-12 地質柱状図

3. 水平ボーリングの計画および施工実績

3.1 地質概要

当地の地質はボーリング調査結果によると0.5～1.5m程度の粘土層、砂層が挟在するものの砂礫層が卓越している。(図-10～12)

GL-1～3mは盛土又は旧表土及び砂層、GL-3～-9mは第1砂礫層でφ10～50mmの礫が主体で所々にφ120～200mm程度の大礫が混在している。

GL-9～-10.5mは中間砂層であり、GL-約10.5m以下は第2砂礫層でφ10～50mmの礫が主体で所々にφ120～200mm程度の大礫が混在している。

立坑の掘削途中においても、砂礫層は確認されており、最大で1m程度におよぶ巨礫が存在する。

立坑および開削部を掘削し地質を確認した結果、最大φ600mm超の巨礫が発生した(写真-2)。上床エレメントおよび水平ボーリングの施工はこの巨礫を混入する層が対象となる。



写真-2 礫発生状況（開削箇所）

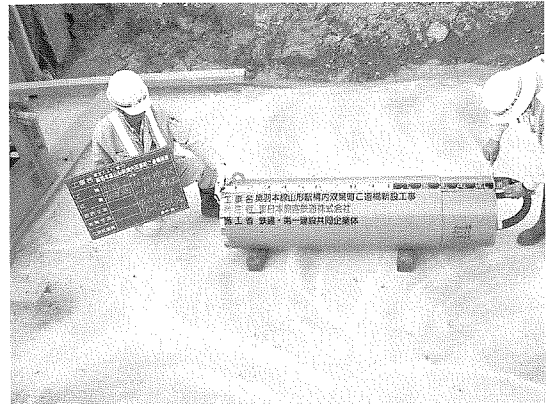


写真-3 先導体

3.2 水平ボーリング工法の選定経緯

水平ボーリングは、基準エレメントをけん引するPC鋼より線を挿入するために施工するものである。水平ボーリングの施工精度により基準エレメントの施工精度が決定され、また、構造物全体の精度に影響を与えるため、適切な工法を選択する必要がある。

水平ボーリングの使用機種は実績、地質および使用機械の能力を十分に検討して選定しなければならない。

今回の工法選定にあたり、考慮した項目は、以下の通りである。

- ①エレメントけん引距離が33mと比較的長距離である。
- ②所定の施工精度（50mm）を確保できる工法であること。
- ③軌道直下の施工となるため、軌道に与える影響の少ない工法であること。
- ④施工対象地山である転石・玉石層に対応可能であること。

これらの条件を考慮して、今回ハードロック（以下HR）工法を採用した。以下にHR工法の概要および工法の特徴を示す。

3.3 HR工法の概要

HR工法は水平ボーリング工法に属する一重管推進工法を応用したものである。先導体に特殊ビット及び大小2台のダウンザホール型ハンマーを内蔵させ、パークッションによる破碎を行いな



写真-4 面盤

がら推進管をHR型推進機で回転させ硬質又は玉石、転石混り土を削孔すると同時に、推進管を圧入する工法である。（写真-3、4）

3.4 HR工法の特徴

- ①従来から困難とされていた硬質地盤（岩盤、玉石、転石混じり砂礫）を打撃力による破碎のみで掘削推進するので、困難とされていた地盤に対応できる。
- ②発進立坑は支圧壁を必要とせず、発進立坑は最小円型2.5m、到達立坑も最小2.0m円形ライナープレートで施工可能である。
- ③独自の修正機能と、正逆の回転掘削機能、スライム取り込み防止機能、ハンマービットの首折れ防止機能等により、玉石、転石混り土においては注入等の地盤改良を必要とせず、岩盤においては、正確な長距離推進が可能である。

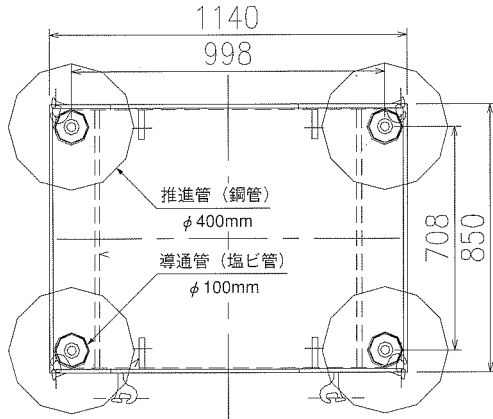


図-13 ボーリング孔配置断面図

- ④長距離推進や極硬岩でも、ハンマービットの磨耗も少なく、推進速度も早くハンマービットの交換も容易で経済的である。
- ⑤先導体の構造はシンプルで強固であるため、中硬岩以上の岩盤層においては、ダウンザホールハンマービットの交換により最大推進長150mの施工が可能である。
- ⑥先導体の構造はシンプルで故障も少ない。また推進途中のトラブルがなく、線路下においても安全に施工ができる。

3.5 施工経過

(1) 配置の計画

HR工法で施工できる最小径は400mmであり、PC鋼より線挿入するための必要径(φ100～150mm)を大きく上回る。このためφ400mmの

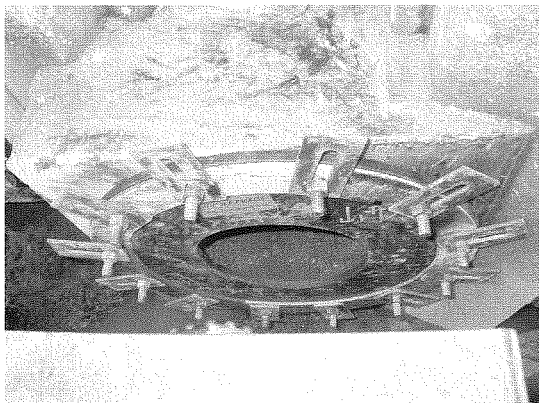


写真-5 エントランス

ケーシング内に必要とされる口径の導通管(塩ビ管φ100mm)を治具で固定し配管した後、ケーシングと導通管との隙間を瞬結系の注入材で充填しながらケーシングを引抜くこととした。

基準エレメントとケーシングおよび導通管の位置を図-13に示す。

ケーシングを引き抜く際、ケーシングを回転させ揺動を与えなければならない。

導通管の中心と、ケーシングパイプの中心が偏心していると回転させた際、導通管の中心がずれてしまうこととなる。このため中心を同一に配置しなければならない。

その結果、ケーシングの誤差が導通管のズレとなってしまったため、HR工法による水平ボーリングの施工精度の向上が要求された。

(2) 施工条件の特殊性

HR工法は、岩盤若しくは転石玉石層などで威力を発揮する工法であり、地質条件上の問題はなかった。しかし、軌道直下での掘削作業であるため、掘削時の地山の取り込みすぎによる沈下や陥没の影響が懸念された。そのため掘削速度、推進力を監視し慎重に施工するとともに軌道監視員を配置し、軌道の変位及びその周辺の陥没の有無を確認しながら施工した。

(3) 施工経過

水平ボーリングは1本(33m)当り6～7日を要したが、大きなトラブルもなく、4本のボーリングを完了した。(写真5～9)

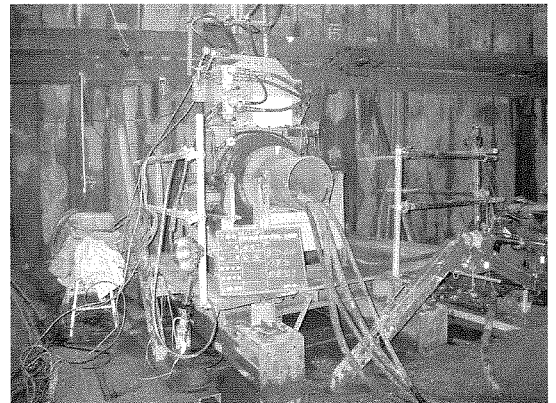


写真-6 推進機全景

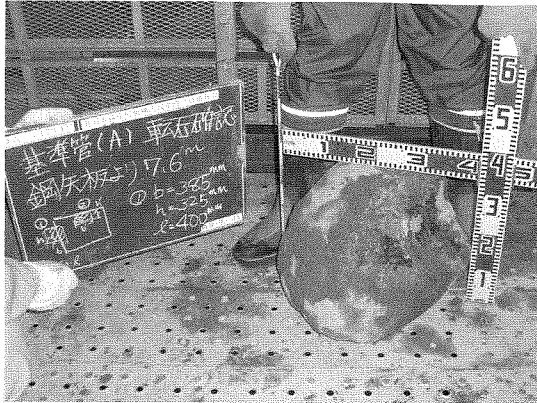


写真-7 転石削孔状況



写真-8 先導体到達



写真-9 塩ビ管布設、充填完了

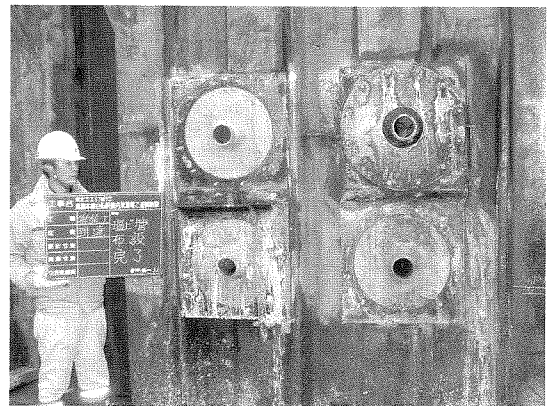


写真-10 本管精度測定記録(挿入)

また施工順序として下段の2本を先行して塩ビ管との空隙充填を完了させた後、段取り替えし、上段2本削孔と配管および空隙充填を行った。

水平ボーリングの施工精度は、4本とも30mm以内の精度で施工できたため、その中心に挿入している導通管である塩ビ管の精度も30mm以内という結果となった。(写真-10)

以下に、その推進記録を添付する。(図-14)

3.6 問題点と今後の課題

今回の施工では地質、施工延長等の条件から、水平ボーリングを必要以上に大きい径で施工せざるを得なかった。このためケーシングを引き抜いた後に発生する空隙を充填するという施工を行った。今後、推進技術が更に進歩し、このような地質条件において小口径でも精度が確保できる推進(ボーリング)工法が開発されれば、余分な充填

注入等が不要になり、効率的で経済的なPC鋼より線挿入孔の施工が実現できる。

また、今回は土被りが2.5mとHEP&JES工法の施工においては比較的好条件であったが、土被り1.0m以下での施工も多く、低土被りでも安全に施工が可能な推進(ボーリング)工法の開発を期待するものである。

4. おわりに

今回の水平ボーリングの精度が30mm以内であったため、その後に施工した基準要素の施工精度は、これに準じ最大で26mmの誤差でけん引することができた。

HEP&JES工法においては、基準要素用の水平ボーリングの精度が、構造物全体の精度を

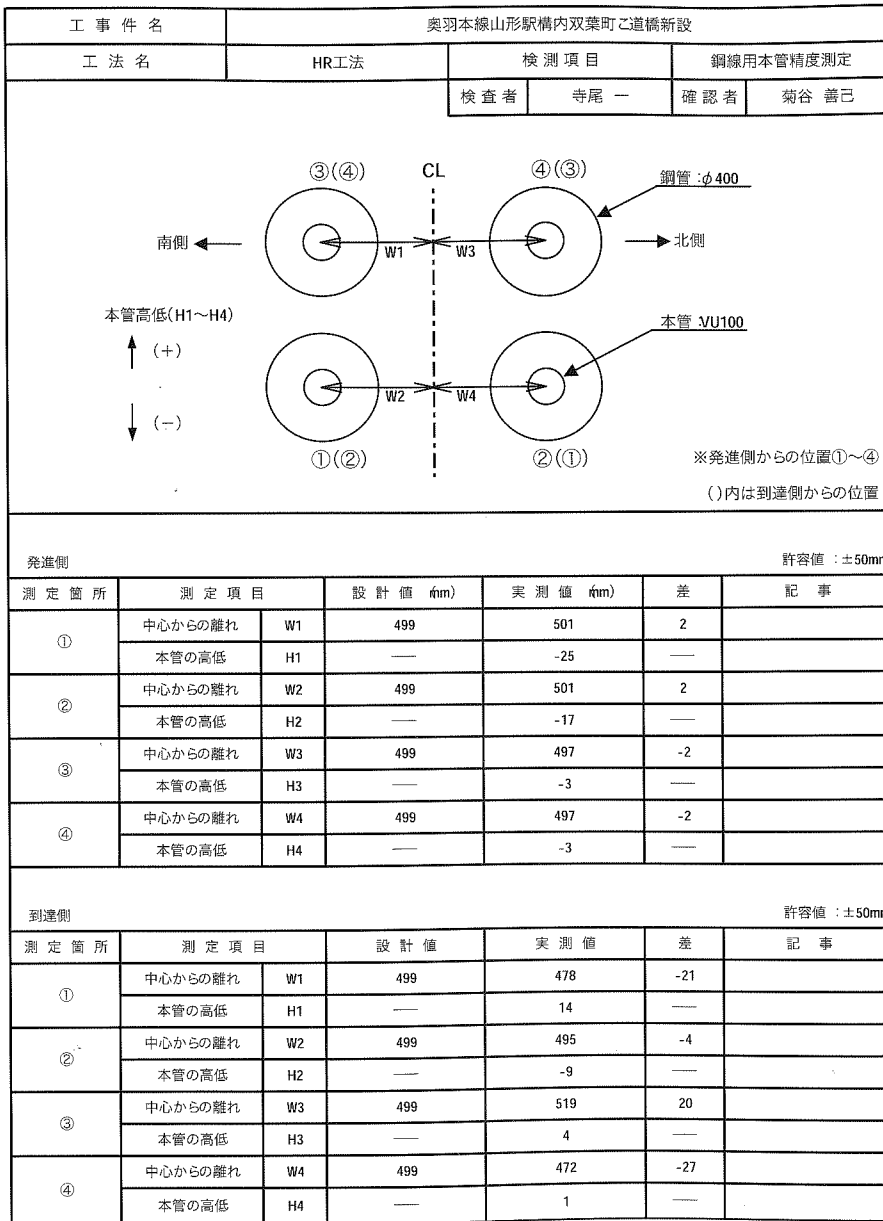


図-14 施工精度測定結果

左右すると言っても過言でないほど重要な工程なので、水平ボーリング工法の選定においては、地質、土被り等の現場条件を十分把握した上で、適切な工法を選択することが肝要である。

最後に、今回採用したHR工法をはじめとする推進技術の更なる発展と進歩を祈念して、結びと致します。

○お問い合わせ先

鉄建建設株式会社

土木本部土木部新工法推進グループ

〒01-8366 東京都千代田区三崎町2-5-3

Tel : 03-3221-2166

Fax : 03-3265-3776

URL : <http://www.tekken.co.jp>