

国道 16 号直下における道路下横断構造物の上床版施工について

藤原 直彦¹・高山 真揮²・山田 一弘³

¹正会員 鉄建建設株式会社 土木本部 地下・基礎技術部(〒101-8633 東京都千代田区神田三崎町 2-5-3)
E-mail: naohiko-fujiwara@tekken.co.jp

²正会員 鉄建建設株式会社 土木本部 地下・基礎技術部(〒101-8633 東京都千代田区神田三崎町 2-5-3)
E-mail: masaki-takayama@tekken.co.jp

³正会員 鉄建建設株式会社 東京支店 JV 十余二作業所(〒277-0814 千葉県柏市正連寺 415 番地)
E-mail: kazuhiko-yamada@tekken.co.jp

本工事は、千葉県柏市正連寺における一般国道 16 号直下を横断する都市計画道路十余二船戸線函体を非開削工法により構築するものである。函体の施工延長は約 33.3m, 函体断面は 1 層 2 径間, 内空幅 18.2m, 内空高さ 6.4m のボックスカルバートとなっている。施工方法は HEP&JES 工法を採用し, エレメントの掘削方法はオーガーによる機械掘削を採用した。

本工事の課題として, 函体の土被りが約 2.5m, 主要土質は N=4 程度のローム層であり, エレメント掘進に際し国道 16 号への影響が懸念された。

そのため, 掘進中は機械による地表面全体の計測をし, 切羽直上の地表面を重点監視することとした。また, 地表面変位とエレメントのけん引データを一元管理し, オペレータが常時データを確認しながら掘進管理することにより, 地表面変位を管理基準値内に収め, 安全に掘進を完了させた。

Key Words: HEP&JES method, Crossing under the road, Mechanical excavation, Chemical injection, Ground surface measurement

1. はじめに

(1) 工事概要

本工事は、千葉県柏市正連寺における一般国道 16 号直下を横断する都市計画道路十余二船戸線函体(以降, 函体)を非開削工法により構築するものである。図-1 に施工位置図を示す。函体の施工延長は, 約 33.3m, 函体断面は, 1 層 2 径間, 内空幅 18.2m, 内空高さ 6.4m のボックスカルバートである。発進側からの掘削は, 0.395%の上り勾配となっている。

2. 工法の選定と施工条件

(1) 本工事で採用した工法

一般的にアンダーパス構造物を構築する際, 開削工法と非開削工法の 2 種類がある。開削工法で行う場合, 道路の切り廻しを行いながら, 道路横断方向の土留や中間杭の打設, 覆工板設置がある。今回, 覆工板設置

後, 段差部にすりつけを要する箇所が発生するため, 走行安全性が確保できないといった問題があった。対して, 非開削工法で行う場合, 切り廻しを行わないため, 交通への影響がない。そこで, 各種工法を比較検討の上, 非開削工法の中でも小土被りで施工が可能で, 立坑内に切梁式土留めを使用した場合においても施工可能な HEP&JES 工法を採用した。



図-1 施工位置図

HEP 工法は、到達側に設置したけん引装置で、エレメントとその先端に直結した掘進装置を PC 鋼より線で引き込む工法である。図-2 に HEP 工法の概念図を示す。

JES 工法は、軸直角方向に力の伝達が可能な継手(以降、JES 継手)を有する鋼製エレメントを継手相互で嵌合させ、継手の遊間部はグラウト充填することでエレメントを一体化し、エレメント内にコンクリート充填することで、施工したエレメント函体をそのまま本体構造物として利用する工法である。図-3 に JES 工法の概念図を示す。

各エレメントには「A・B・C」等の割付をしている。図-4 にエレメント平面図、図-5 に断面図、図-6 に縦断面図を示す。中壁については、一時的に仮設エレメントで上床版を支持した状態で函体内掘削を行い、その後鉄筋コンクリートの中壁を構築、仮設エレメントを撤去し受け替えを行う。

(2) 道路下での施工

函体の土被りは約 2.5m、主要土質は N=4 程度のローム層であり、エレメント掘進に際し国道 16 号への影響が懸念された。掘進により周辺地盤が緩み、路面沈下、陥没が生じた場合、または、掘進時、支障物により路盤を隆起させた場合、路面を調整する必要があった。

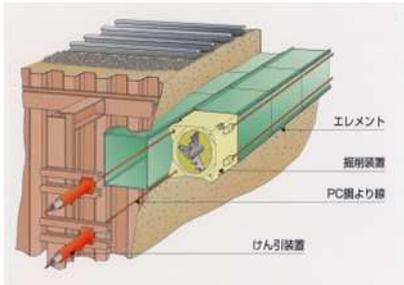


図-2 HEP 工法の概念図

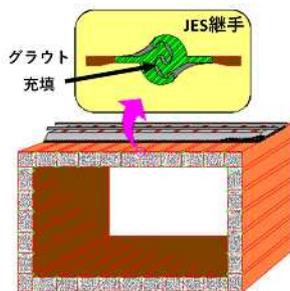


図-3 JES 工法の概念図

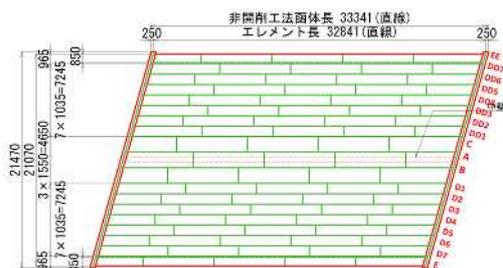


図-4 エレメント平面図

3. 施工計画

(1) 機械掘削時の施工管理

本工事は機械掘削と 1 本目のエレメント(以降、基準管)は地山状況の確認を行うため人力掘削での施工を行った。機械掘削は、刃口先端にオーガーを設置して掘削を行うため、地山の状況を直接確認することが困難である。そのため排土状況をテレビカメラ等で確認し、けん引力、ジャッキスピード、カッタートルクをモニターで監視し状況を判断した。図-7 にオーガータイプ掘削装置を示す。

(2) 補助工法

エレメントを掘進する際、国道 16 号への影響を最小限に抑えるため、エレメント施工位置を薬液注入による地盤改良を施した。本工事は、低土被りでの地盤改良となるため、注入量が管理しやすく、地盤隆起などの国道への影響が少ない、低圧浸透圧入工法を採用し、低速注入を実施した。注入目的は、地下水位より上は刃口防護、地下水位以下は刃口防護および止水対策と設定した。薬液注入範囲を図-8 に示す。



図-5 エレメント断面図

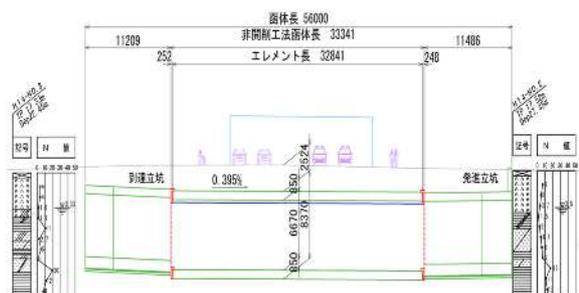


図-6 エレメント縦断面図



図-7 オーガータイプ掘削装置

(3) 計測管理体制

a) トータルステーションによる地表面沈下計測

本工事の工事箇所直上が一般国道 16 号ということもあり、路面の隆起・陥没という事象が起きた場合、大事故または甚大な交通規制につながる恐れがある。したがって路面変状の早期把握と第三者の安全確保のため、影響範囲全体の路面計測を行っている。監視手段として、トータルステーションを国道の上り線、下り線の両側に各 1 台ずつ設置し、24 時間作動させ 1 時間ごとに計測を行った。図-9 に地表面計測範囲、図-10 にトータルステーションの設置状況を示す。

b) 刃口上部監視

掘削時については、影響範囲全体の路面計測のほかに、施工中のエレメント切羽直上の重点監視を行った。重点監視を行う目的は、施工中のエレメント直上上の路面変状を計測・把握することで早期対策と掘進工による路面沈下を抑制することとし、計測間隔は 0.9m とし計測を行った。図-11 に、切羽直上の計測方法を示す。

c) 管理基準値の設定と連絡体制構築

表-1 に管理基準を示す。路面管理基準²⁾に加え、自主管理基準にて「警戒体制 準備段階」を設けて管理体制を強化し、地表面沈下の観測を行った。

4) 施工時における管理項目

a) けん引力

設計けん引力は、技術資料²⁾にもとづき、計算上のけん引力に割増を考慮した値とした。設計けん引力 P_d は次の式で表す(1a)(1b)。

$$P = (P_1 + P_2 + P_3) \quad (1a)$$

$$P_d = P \times 1.2 \quad (1b)$$

ここで、 P はけん引力、 P_1 は先端抵抗、 P_2 はエレメント全周摩擦による抵抗、 P_3 は継手部の摩擦抵抗を示し、(1a)で求めた P に安全を考慮して 20% の割増した値を設計けん引力 P_d である。

自主管理値としてけん引力 P をもとに 10% 割増した値を 1 次管理値(警戒値)、20% 割増した値を 2 次管理値(工事中止値)とした。施工中のけん引力 P が 2 次管理値を超える場合や管理値の勾配を大きく上回る急激な上昇が生じた場合は、けん引力を中止し原因の確認及び、対策を講じることとした。

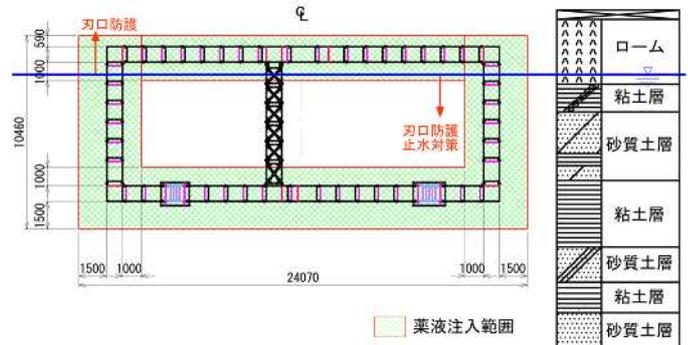


図-8 薬液注入範囲

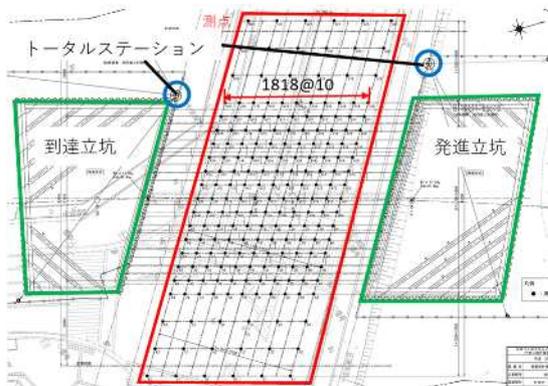


図-9 地表面計測範囲

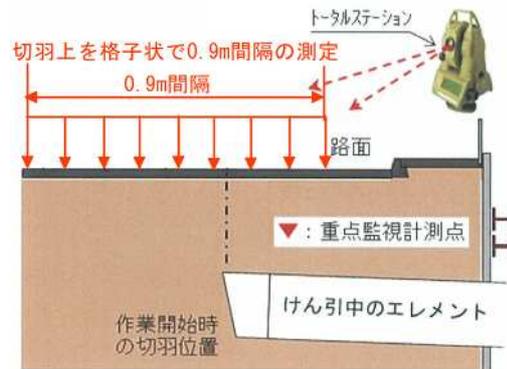


図-11 切羽直上の計測方法



図-10 トータルステーションの設置状況

表-1 管理基準表

段	管理体制	管理値	対応
1	通常体制	±8mm未満	・計測管理の実施
2	警戒体制 準備段階	±8mm以上	・計測工の強化と作業員への注意強化 ・原因の推定および変状予測 ・必要に応じ対策の検討
3	警戒体制	±10mm以上	・計測工の強化と作業員への注意強化 ・千葉県柏区画整理事務所へ計測値を毎日報告 ・原因の推定および変状予測による対応協議 ・場合により対策
		±24mm以上	・さらなる変状状況の確認 ・路面補修・補強対策についての協議
4	緊急体制	±30mm以上	・直ちに工事を中断 ・さらなる変状状況の確認 ・交通規制による路面補修・補強対策実施
5	非常体制	著しい段差があり、交通の支障となっているか、その恐れがあるとき	・直ちに工事を中断 ・事前協議に従い、交通規制と復旧工事の実施

b) エレメントの出来形管理

エレメント施工が完了した後、各エレメントのセンターを 5m 間隔で高さを測定し出来形を測定した。

c) その他(土量管理)

機械掘削で施工を行う場合、刃口先端の状況が目視で確認できないので、土量管理を行い設計数量と乖離が無いことを確認しながら掘進した。土量の確認方法は、バケットの搬出回数にて行った。

4. 施工結果

(1) 路面計測結果

掘進方法による路面変位の違いを確認するため、人力掘削の A エレメントと機械掘削の D6 エレメントを示す。今回、機械掘削を行ったエレメントはほぼ値が変わらなかったため代表して D6 エレメントを選定した。A エレメントが測点 C を通過する際、最大 5mm 程度の沈下が見られた。また、全体的に沈下傾向が見られたが、沈下は 5mm 以下で路面へ

の影響は少なく、1 次管理値±8mm 以内で推進することができた。また、人力掘削と機械掘削で大きな違いは見られなかった。図-12 に測点位置図、図-13 に掘進時の路面変位とけん引距離の関係を示す。

(2) 施工データ結果

a) けん引力

人力掘削の A エレメントのけん引力は、設計値の約 40% となったが、機械掘削で進めた D6 エレメントは、おおむね設計値通りのけん引力となった。人力掘削は、刃口前面の土砂をすべて掘削でき、先端抵抗が小さくなるため、けん引力も小さくなると考えられた。機械掘削は、オーガーで円形に掘って矩形のエレメントを推進するため、人力掘削と比較して、けん引力が上がりやすいと考えられた。急激なけん引力の増加が発生した場合は、玉石や支障物に接触したなどのトラブルが想定されるが、今回の施工ではそのような事象が見られなかった。図-14 に A エレメントと図-15 に D6 エレメントのけん引力管理図を示す。

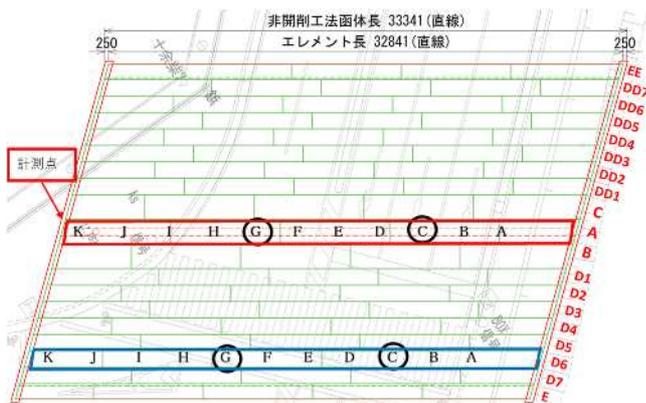


図-12 測点位置図

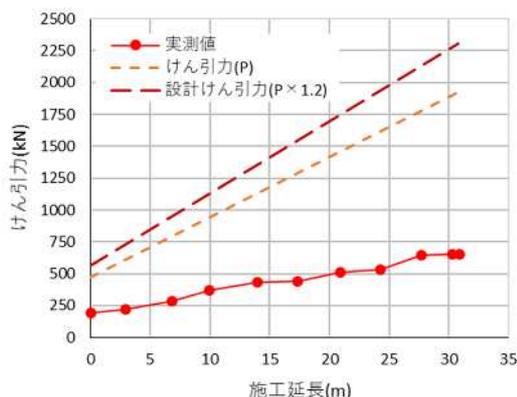


図-14 けん引力管理図(Aエレメント)

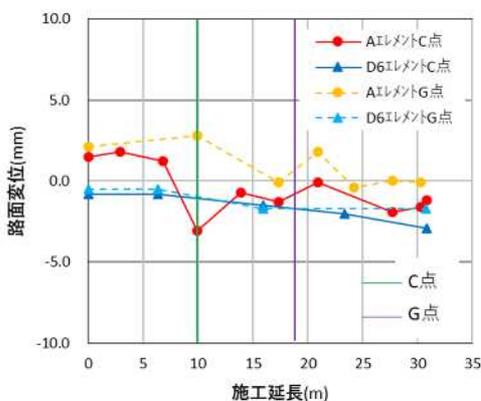


図-13 路面変位とけん引距離の関係

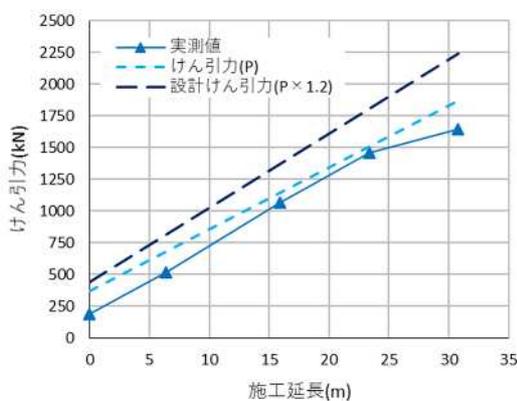


図-15 けん引力管理図(D6エレメント)

b) エレメントの出来形管理

図-16・17 に、エレメント出来形の計測結果を示す。合わせて設計値および技術資料²⁾に示すエレメント精度の管理値 $\pm L/500(=66\text{mm})$ を示す。人力掘削の A エレメント、機械掘削の D6 エレメントともに許容値に収まる精度であった。

c) その他(土量管理)

図-18・19 にエレメント掘削時の発生土量を示す。人力掘削の A エレメントは、設計数量に対し約 6% 少ない結果となり、機械掘削の D6 エレメントは、約 2% 多い結果となった。機械掘削は、人力掘削と比較し、設計土量に対し発生土量が多くなる傾向が見られた。これは、オーガー削孔によって土がほぐされたものと考えられた。掘削土量の管理をしながら掘削を行った結果、先行掘削を防止し急激な路面の変状を防ぐことができた。

5. まとめ

今回、国道 16 号直下において函体を非開削工法を用いて、上床版の施工を実施した。施工結果より

得られた知見を以下に示す。

- 掘削時の路面変位の計測および施工管理を行うことで、国道に大きな影響を与えることなく掘削を行うことができた。
- 人力掘削は、刃口前面の土砂をすべて掘削できるため刃口の先端抵抗が小さくなり、けん引力も下がる。対して機械掘削は、オーガーで円形に掘って矩形のエレメントを推進するため人力掘削と比較してけん引力が大きくなったと考えられる。
- エレメントの出来形については、施工完了後計測し人力・機械掘削ともに許容値内に収めることができた。
- 土量管理を行うことで土砂の過剰な取り込みを防止し、急激な路面変状を防ぐことができた。また人力・機械掘削ともに掘削土量は設計値とほぼ変わらない値であることを確認できた。

図-20 に機械掘削による刃口到達状況、図-21 に上床版施工完了を示す。

現在、側壁・下床版を施工中であり、引き続き路面計測および施工管理を行い安全に施工に取り組んでいく所存である。

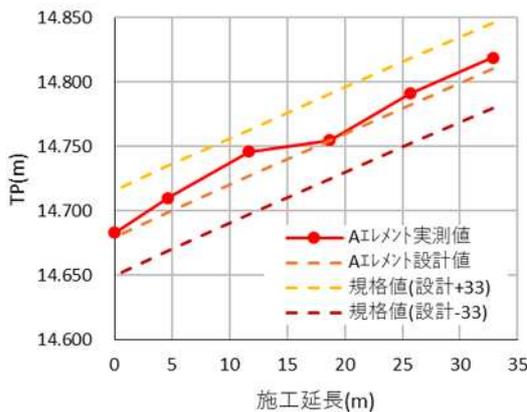


図-16 エレメント出来形計測図(Aエレメント)

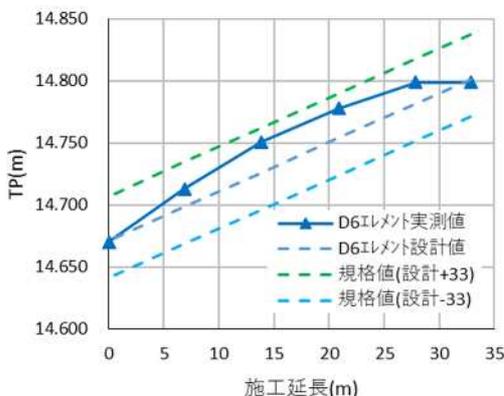


図-17 エレメント出来形計測図(D6エレメント)

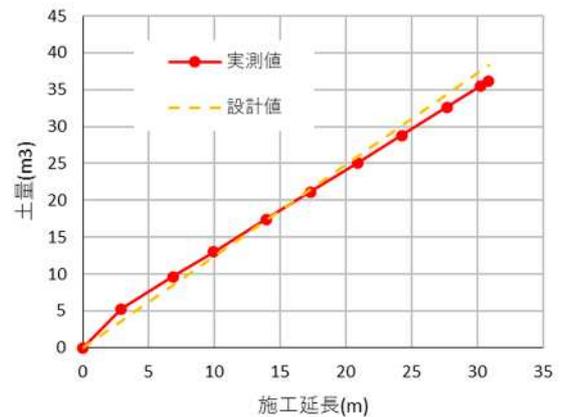


図-18 土量管理図(Aエレメント)

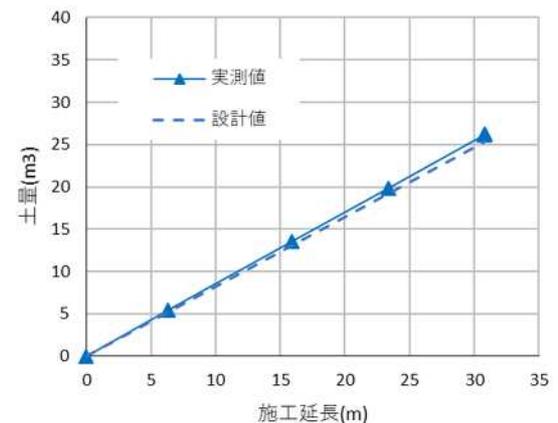


図-19 土量管理図(D6エレメント)



図-20 機械掘削による刃口到達状況



図-21 上床版施工完了

参考文献

- 1) JH 日本道路公団(財)先端建設技術センター：高速道路の交差施設に関する技術基準検討業務
- 2) 鉄道 ACT 研究会：HEP&JES 工法 技術資料.

UNDER-ROAD CROSSING STRUCTURE DIRECTLY UNDER NATIONAL HIGHWAY No. 16 ABOUT UPPER FLOOR CONSTRUCTION

Naohiko FUJIWARA, Masaki TAKAYAMA, Kazuhiro YAMADA

This project is to construct a box-shaped culvert that crosses directly under the national highway by the non-excavation method. The HEP & JES method was adopted as the construction method, and mechanical excavation by an auger was adopted. The problem with this work was that the overburden was about 2.5 m and the soil quality was about $N = 4$, which was a loam layer, and there was concern about the impact on the road during excavation. Therefore, it was decided to measure and monitor the ground surface with a total station during excavation. In addition, by managing the ground surface displacement and construction data and managing the excavation while the operator constantly checking the data, the ground surface displacement was kept within the management standard value and the excavation was completed safely.