

17. 広幅断面バケット式掘削機の開発と実施工への適用

高崎線桶川・北本間二ツ家こ道橋新設工事 HEP&JES 工法

鉄建建設(株)
東日本旅客鉄道(株)
(株)ジェイテック

○ 泉 宏 和
中山 泰成
鈴木 英之

1. はじめに

線路下を横断する道路や水路などの構造物を施工する場合、列車運行に支障を与えないために、軌道変状を抑えることが必要である。このような中、軌道影響を抑制した線路下横断工法として、HEP&JES 工法¹⁾を開発し、多くの施工実績を積み重ねてきた。HEP 工法 (Highspeed Element Pull method) とは、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削装置を PC 鋼より線にて到達側に引き込む工法である。JES 工法 (Jointed Element Structure method) とは、軸直角方向に力の伝達可能な継手を有する鋼製エレメントを嵌合させ本体利用することで、線路下横断構造物を短期間に安全に構築する工法である。工法概要図を図-1 に示す。

これまで、施工速度向上、コスト低減を目的とし、施工機械の開発を行い、実施工に導入してきた。写真-1, 2 にオーガー式掘削機、従来のバケット式掘削機を示す。この度、機械化施工による掘進のさらなる高速化および無人化掘削による作業環境の改善を図ることを目的とし、広幅断面バケット式掘削機を開発した。

本稿では、広幅断面バケット式掘削機（以下、本掘削機という。）の概要と実施工への適用事例について報告する。

2. 広幅断面バケット式掘削機の概要

2.1 開発の要点

本掘削機の開発要点は以下の3点である。

- ① バケット式掘削機の広幅断面への対応
- ② 掘削機構と排土機構の分離および並行処理による施工速度の向上
- ③ 掘削機の姿勢管理・制御方法

本掘削機イメージを図-2 に示し、特徴を以下に記述する。

2.2 仕様

本掘削機の仕様を表-1 に示す。なお、地盤条件は他掘削機の適用範囲を除外した範囲である。

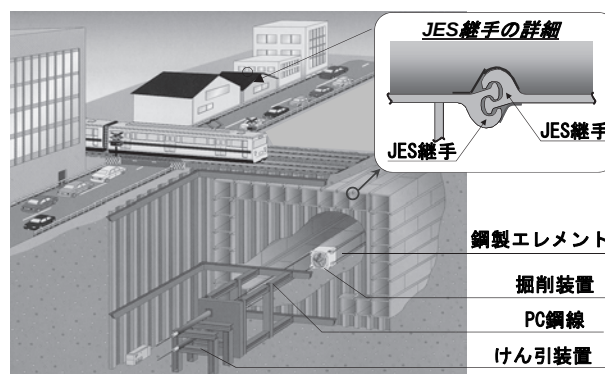


図-1 HEP&JES 工法の概要図

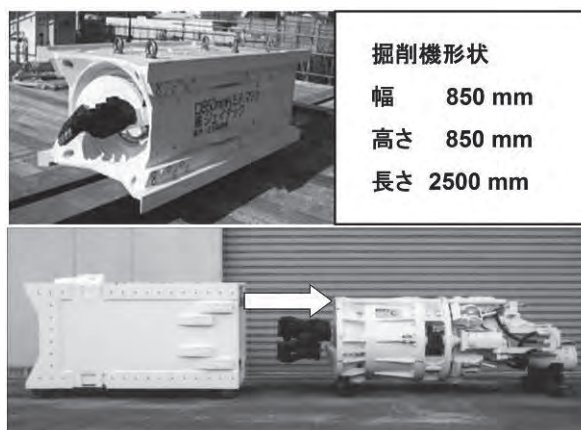


写真-1 オーガー式掘削機

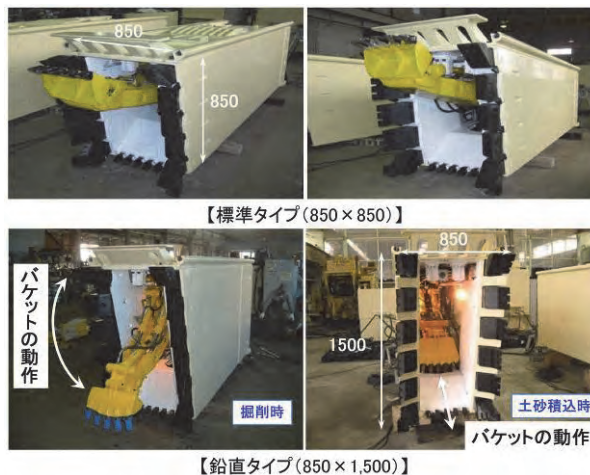


写真-2 従来のバケット式掘削機

表-1 機械仕様

名 称	広幅断面バケット式掘削機
仕 様	油圧バケット式
寸 法	W 2030 mm×L 4650 mm×H 850 mm
能 力	ギャザリング排土機構 11.7 m ³ /h
本体重量	5.85 tf
適用地盤	・玉石混じり地盤 玉石径 200 mm以上 ・N値≧20 砂質土 ・N値≧8 粘性土 ※本掘削機を選定する際の地盤条件

2.2 鋼製エレメント形状

本掘削機でけん引・設置する鋼製エレメントは、標準エレメント（1,035mm）2本分の幅を有する広幅エレメント（1,035mm×2＝2,070mm）を基本とする（図-3）。従来のバケット式掘削機は標準エレメントを使用していたが、広幅エレメントを用いることで、エレメント施工本数を減らすことが可能となり、工期短縮およびコスト低減を可能としている。

2.3 掘削機構と排土機構

従来のバケット式掘削機は、バケットで掘削した土砂を直接後方のベルトコンベアへ積み込む構造であり、掘削と排土を分離していた。本掘削機は、バケットで掘削した土砂を集積し、ギャザリング装置がベルトコンベアに積み込む作業を分担するように改良を加えた。この改良により、掘削と排土を並行して処理することで、施工速度の向上を図っている（図-4）。

広幅断面に対応して、バケットは、スイングおよび旋回機構を搭載し、可動範囲を広くした。また、ギャザリング装置は、油圧モータによる回転運動をリンク機構で、大きな半円状の爪の動きを実現している。そして、バケットとギャザリングの干渉防止として、ギャザリングの自動停止および運転再開ラインを設定することを可能としている（図-5）。

2.4 掘進時の姿勢制御機構

本掘削機は、幅が広いので、掘進に伴い継手が嵌合していない側が沈む（ローリング）ことが懸念された。このため、既往の開発である刃口姿勢制御手法²⁾を採用した。具体的にはアウトケーシングの下面にテーパを設け（図-6）、下面の掘削量の調整を行うことにより姿勢制御を行う。本掘削機の高さ、ローリングは電子レベル、ピッチングは傾斜計により常時計測およびモニタリングを行う。電子レベルは背面の立坑内に設置し、受光部（電子スタッフ）を本掘削機内に設置することで、高さを計測する（図-7）。

2.5 掘削範囲制御機構

本掘削機では、バケット可動範囲を制御することにより、掘削範囲を制限することができる。また、掘削バケットツースの本掘削機端部からの出代は、全範囲（上下左右）遠隔制御が可能であり、切羽の地山状況により中央管理室の制御盤にて変

更することができる。バケットの最大可動範囲を図-8に示す。

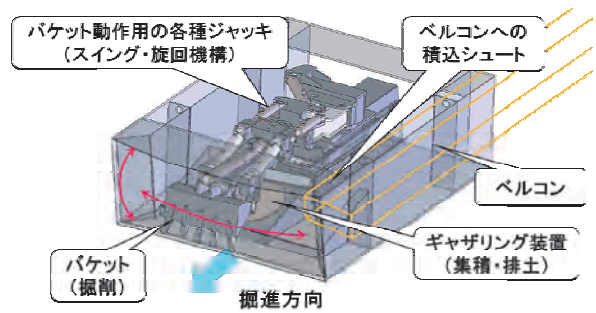


図-2 広幅断面バケット式掘削機の概要図

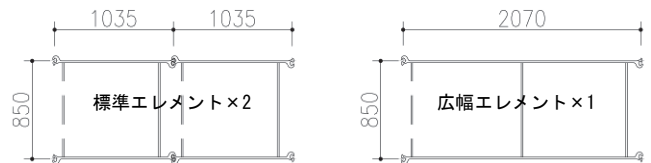


図-3 鋼製エレメント断面図

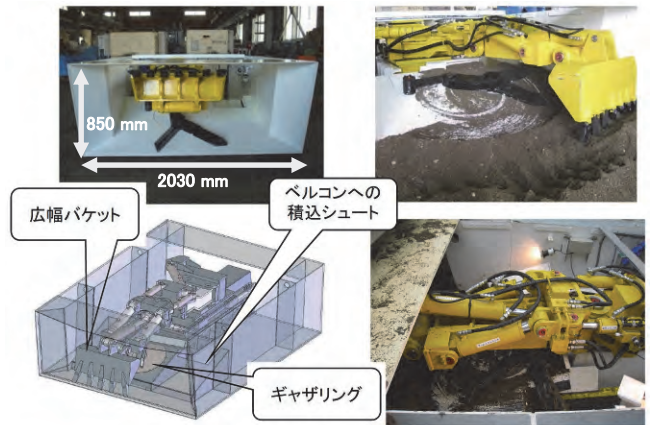


図-4 広幅断面バケット式掘削機

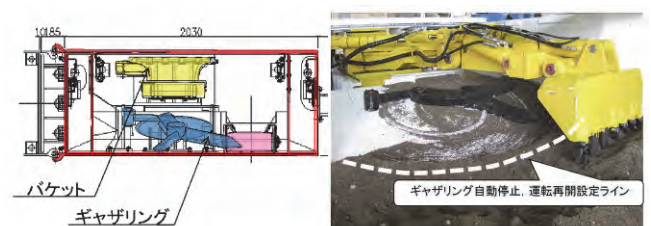


図-5 バケットとギャザリングの干渉防止

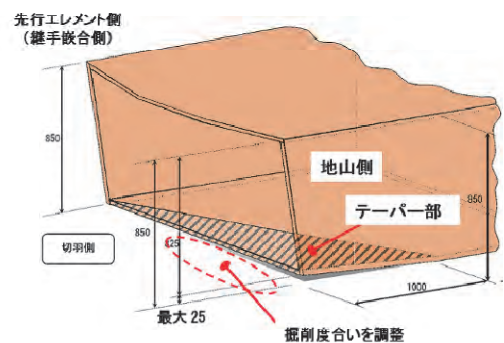


図-6 下面テーパ形状イメージ図

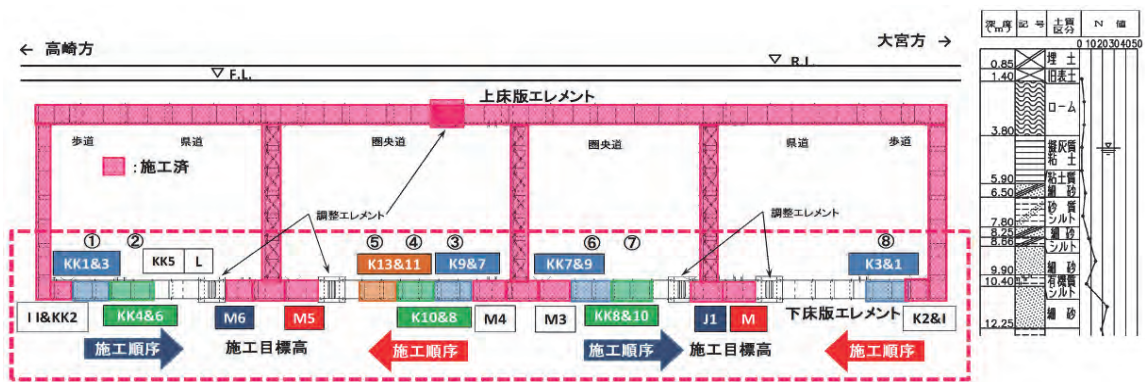


図-11 横断面図（二ツ家 Bv）

高さに向けて徐々に近づくこととした。例えば、高崎方 1 径間では、①KK1&3、②KK4&6、KK5、L の 4 エレメントの施工で施工済の M6 に徐々に近づけるようエレメント毎に施工目標高を設定した。その際の掘進完了後のエレメント高さを図-13 に示す。施工目標高に向けて、徐々に近づけることができており、姿勢制御および掘進管理により、所定の施工精度内でエレメント掘進が完了した。他の径間についても同様な結果であった。

② 掘進速度

掘進速度については、本掘削機による 1 方（作業時間 420 分）の最大掘進量は 4.4m/方であり、1 エレメント（14m）を 3 日程度で掘進した。同時期に施工した人力掘削では、標準サイズエレメントの最大掘進量が 3.7m/方であったことから、エレメントサイズが広幅になり、1 回のけん引で標準エレメント 2 本分の掘削が可能となることから、本掘削機の適用は非常に有効であったと言える。なお、施工体制は、人力施工の 1 班 6 人に対し、機械施工により 1 班 4 人で実施した。

③ けん引力

図-14 に①KK1&3、②KK4&6 のけん引力管理図を示す。縦軸は PC 鋼より線 3 本のけん引力および後方からの補助推進力の和を表している。

掘削機高さを修正するため、姿勢制御を実施した②KK4&6 は二次管理値付近と高い値であったが、けん引力と補助推進力の和は、全エレメントにおいて所定の管理値内であった。

4. まとめ

広幅断面バケット式掘削機を開発し、試験ヤードでの施工試験を経て、実施工へ適用した。実施工により、本掘削機が N 値 30 以上の硬質砂質土に対して有効であることを確認した。

本掘削機の採用により、従来のバケット掘削機や人力掘削と比較して、施工速度の向上による工程短縮、および作業人員削減によるコスト縮減に繋がると考える。定量的な評価については、今後、同様のプロジェクトへの展開を図り、施工実績を積み重ねて整理していく。

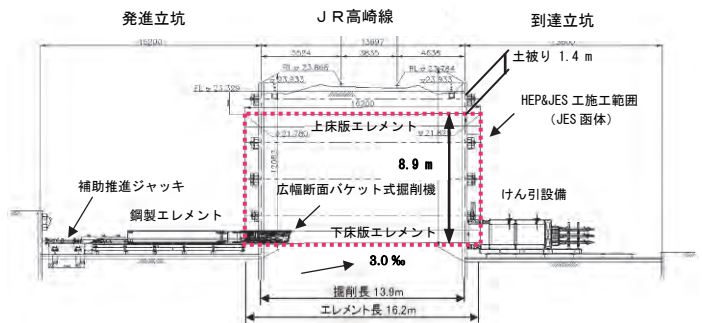


図-12 縦断面図（二ツ家 Bv）

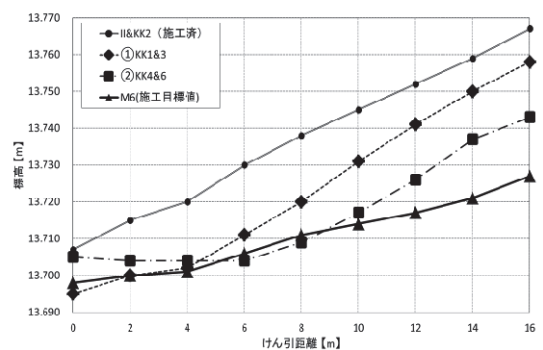


図-13 施工目標高とエレメント高さ

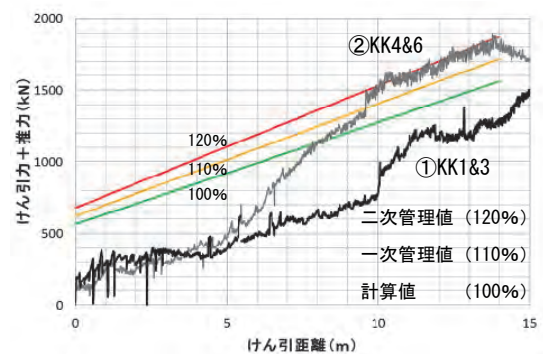


図-14 けん引力管理図

参考文献

- 1) (財) 先端建設技術センター：先端建設技術・技術審査証明 報告書 HEP&JES 工法（更新），2005.11
- 2) 泉宏和，岩瀬隆，中井寛，齋藤貴，藤本幸夫：地盤切削 JES 工法における刃口姿勢制御手法の施工確認試験，第 48 回地盤工学研究発表会，pp.1489-1490，2013
- 3) 西村知晃，中山泰成，尾関聡司：地盤切削 JES 工法による立体交差工事—高崎線桶川・北本間二ツ家こ道橋新設工事—，土木施工，vol.54，No.8，pp.32-35，2013.8