

施工速度向上を目指したエレメント施工法の開発

中村 征史*1

概 要

線路下に横断構造物を構築する場合の非開削工法の一つとして、HEP&JES 工法がある。HEP&JES 工法は、JES 継手を有する鋼製のエレメントを、1本ずつ継手を嵌合しながら地盤内に挿入しているため、夜間線路閉鎖時間が短い等の場合に、工期の長期化とそれに伴うコストアップが課題となっている。

そこで、複数のエレメントを同時に挿入が可能な施工方法を開発し、工期短縮・コストダウンを図ることとした。

本稿は、その有効性を確認するために実施した施工性確認試験について示すものである。

キーワード：HEP&JES 工法，効率化，施工速度向上

DEVELOPMENT OF A UNIQUE ELEMENT-CONSTRUCTION METHOD
TO IMPROVE CONSTRUCTION SPEED

Seishi NAKAMURA *1

Abstract

The HEP&JES method is a non-open cut method for constructing an underpass running orthogonally to and beneath a railway track. The HEP&JES method, however, involves steel elements with JES joints that must be joined together underground one at a time, and thus has a problem that longer time is required for construction when there is only a short time period at night when traffic can be stopped, and so results in greater cost.

To address this issue, we at Tekken have developed an innovative construction method enabling multiple elements to be introduced simultaneously underground to reduce the construction time and cost.

This paper reports a construction feasibility test we conducted to confirm the validity of the method.

Keywords: HEP&JES method, Streamlining, Speeding up of construction

*1 Construction Technology Group, Research & Development Center, Construction Technology General Center

施工速度向上を目指したエレメント施工法の開発

中村 征史*1

1. はじめに

線路下に横断構造物を構築する場合の非開削工法の一つとして、HEP&JES 工法がある。HEP&JES 工法の課題として、夜間線路閉鎖時間が短い等の理由により、工期の長期化とそれに伴うコストアップが挙げられる。HEP&JES 工法は、JES 継手を有する鋼製のエレメントを、1本ずつ継手を嵌合しながら地盤内に挿入している。これは、先行してけん引したエレメントに、次のエレメントのけん引に使用する PC 鋼より線を併設しているため、先行エレメントを挿入しないと次のエレメントが施工できないことによる。

そこで、複数のエレメントを同時に挿入が可能な施工方法を開発し、工期短縮・コストダウンを図ることとした。本工法は図-1 に示すように先行と後行の刃口間にエレメントけん引の設備を設置し、到達立坑に設備を増やすことなく2~3本のエレメントを同時にけん引するものである。

本稿はその有効性を確認するために実施した施工性確認試験について報告するものである。

2. 施工性確認試験

施工性確認試験は先行・後行の2エレメントを同時にけん引するものとし、事前に気中にて刃口同士の動作に支障がないことを確認したのちに、既設エレメントに嵌合させながら2エレメントを同時に先行エレメントは20m、後行エレメントは18m けん引挿入した(図-2 参照)。試験状況写真を写真1~写真3に示す。なお、切羽(刃口先端)間隔は可動範囲である2.15~3.45mの間で複数設定し、切羽間隔の違いによる影響の有無も併せて確認した。施工性確認試験の確認項目は表-1に示すとおりである。

表-1 確認項目一覧

項目	確認方法
先行・後行刃口間の支障の有無	気中での動作確認
先行・後行刃口のけん引力(土中)	けん引ジャッキ油圧
刃口姿勢とエレメント敷設精度	測量
地表面変位	地表面変位計測 (5点/断面×10断面 =50測点)
サイクルタイム	施工記録

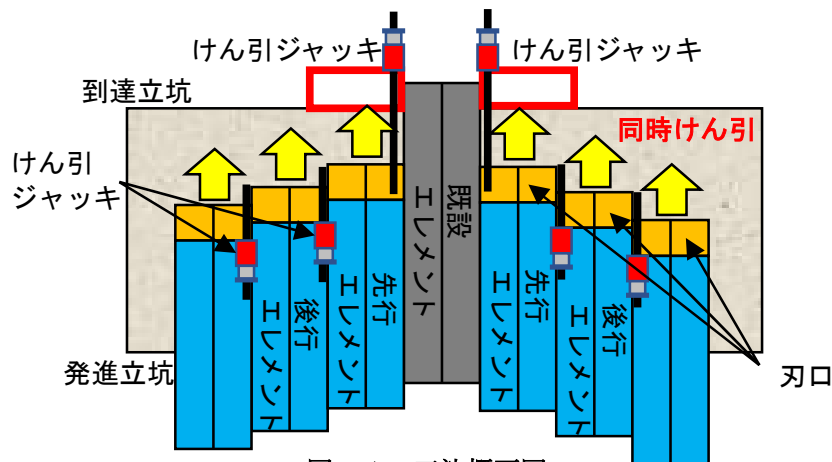


図-1 工法概要図

*1 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

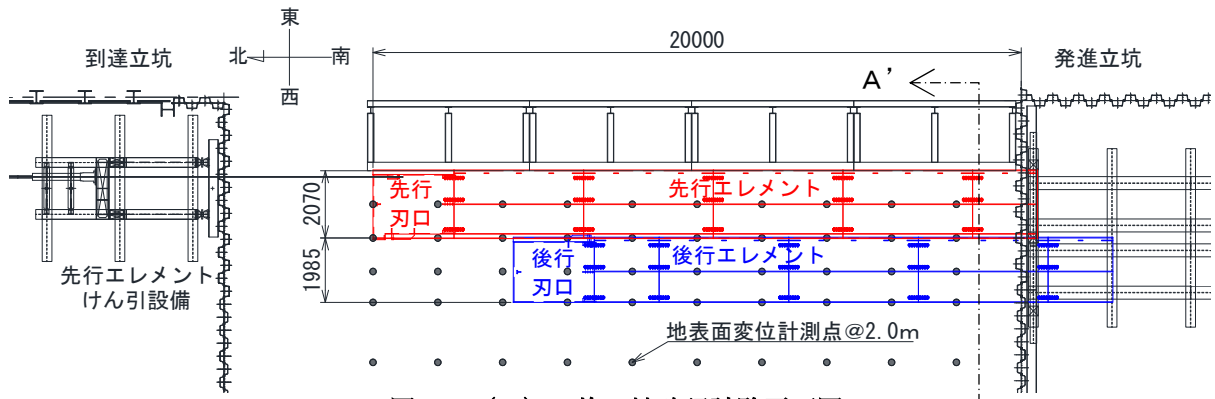


図-2 (1) 施工性確認試験平面図

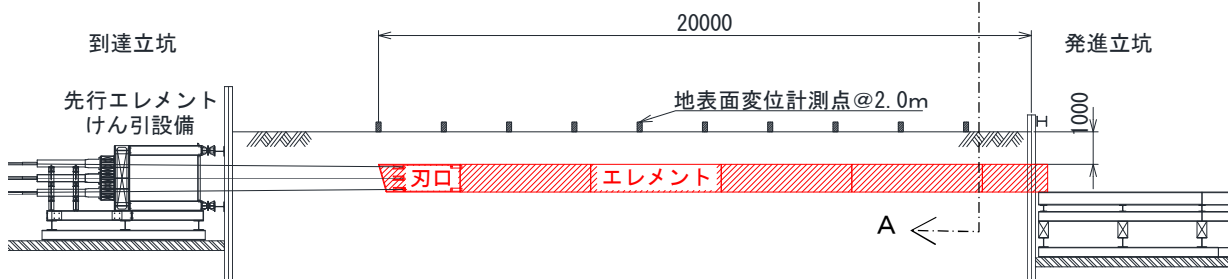


図-2 (2) 施工性確認試験縦断面図

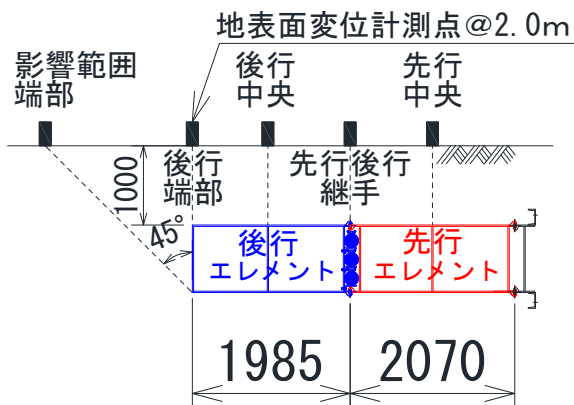


図-2 (3) 施工性確認試験横 A-A'断面図



写真-1 試験状況 (発進立坑)



写真-2 試験状況 (到達立坑)



写真-3 試験状況 (エレメント内部)

3. 試験結果

3.1 先行・後行刃口間の支障の有無

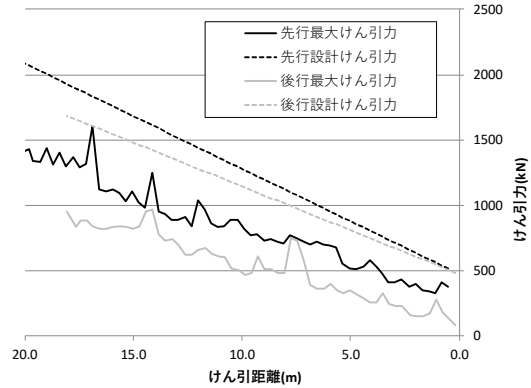
刃口製作後、気中にて先行・後行刃口をけん引装置で接続し、けん引完了時の状態である後行刃口が先行刃口と並ぶまでの動作確認を行った（写真－4参照）。各種機器類の動作やけん引作業に支障はなかった。



写真－4 動作確認状況（気中）

3.2 先行・後行刃口のけん引力

土中でのエレメントけん引力の変化図を図－3に示す。先行・後行エレメントともに設計けん引力を超えることなくけん引を完了した。これは従来の単体けん引と比較しても大きく変わらない結果であり、現場導入にあたって、けん引機器の能力増強は不要であることを確認した。

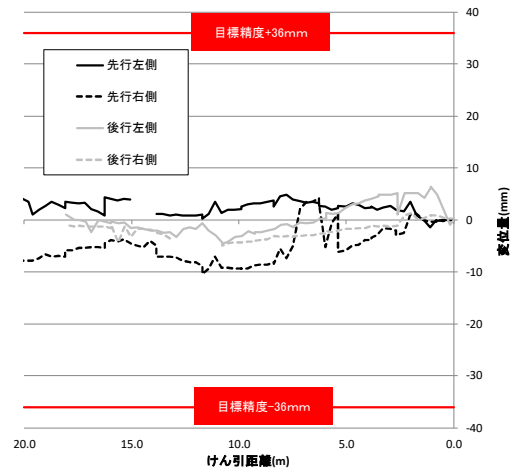


図－3 けん引力変化図

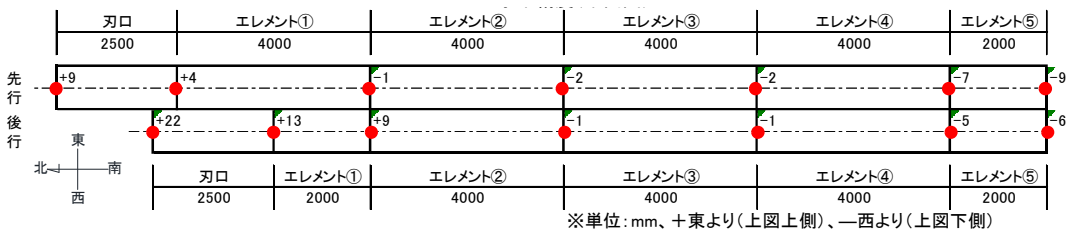
3.3 刃口姿勢とエレメント敷設精度

HEP&JES 工法の施工精度はけん引距離の1/500を標準としている。本試験ではけん引長が18mと短い後行エレメントの施工精度 $\pm 36\text{mm}$ （ $18,000 / 500 = 36$ ）を目標精度とした。

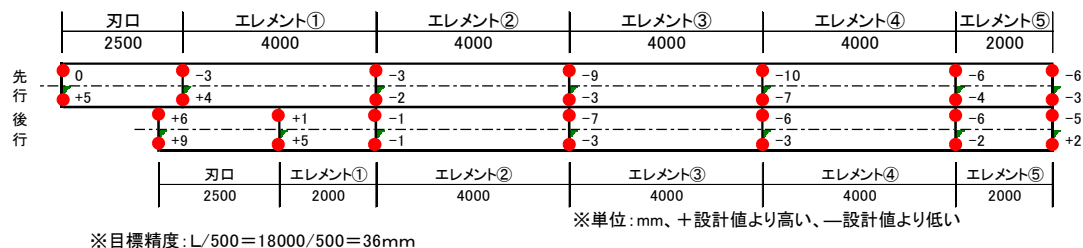
刃口の姿勢はけん引中に継続して計測を行った。計測結果を図－4に示す。けん引中の刃口の姿勢は目標精度である $\pm 36\text{mm}$ 内に収まっており、問題のないことを確認した。また、エレメントけん引完了後にエレメントの水平と鉛直の敷設精度を測量して確認した結果を図－5に示す。測量の結果、敷設精度も刃口の姿勢と同様に目標精度 $\pm 36\text{mm}$ 以内に収まっていることを確認した。



図－4 刃口姿勢計測結果



図－5 (1) エレメント水平敷設精度測量結果



図－5 (2) エレメント鉛直敷設精度測量結果

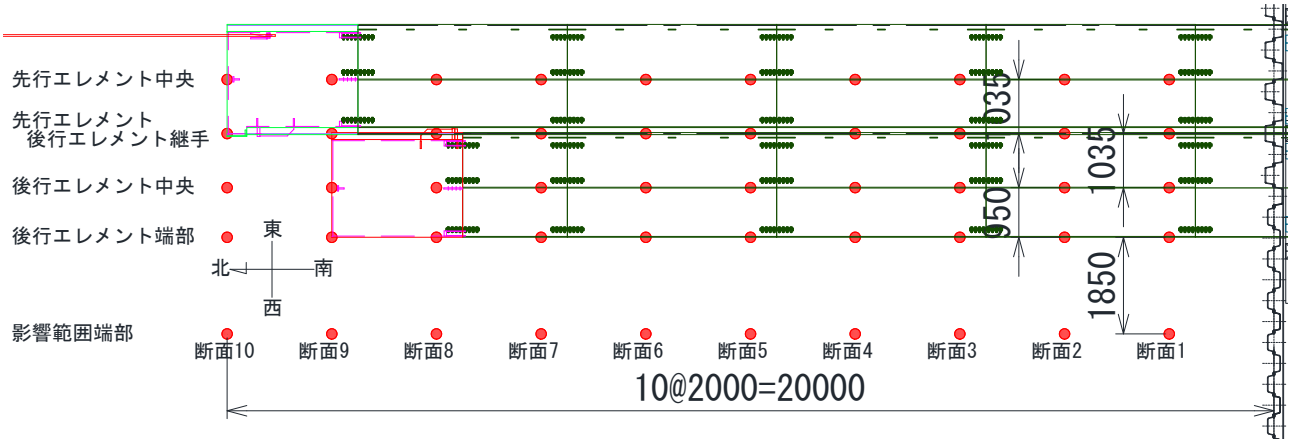


図-6 (1) 地表面計測測点配置平面図

3.4 地表面変位

地表面計測は、図-6に示すようにエレメントけん引軸方向に発進より2m間隔で20mまで10断面、各断面エレメント横断方向に5測点を対象に行った。変位の発生傾向はどの断面においても同じであり、けん引の進捗に伴う地表面変位の経時変化図の一例を図-7に示す。エレメント横断方向の5測点の沈下傾向をまとめると次のとおりである。

- ・ 先行エレメント中央の測点は先行エレメント切羽通過後から沈下を生じ、けん引1mあたりの沈下量は通過後に小さくなるが最後まで沈下を生じた。
- ・ 先行・後行エレメント継手の測点は先行エレメント切羽通過後から沈下を生じ、後行エレメントの切羽通過に伴いさらに沈下した。けん引1mあたりの沈下量は、通過後に小さくなるが最後まで沈下を生じた。先行エレメント中央より累計沈下量は大きくなった。
- ・ 後行エレメント中央の測点は後行エレメント切羽通過直前から沈下を生じ、けん引1mあたりの沈下量は通過後に小さくなるが最後まで沈下を生じた。
- ・ 後行エレメント端部の測点は後行エレメント切羽直後に沈下を生じたが沈下量は最大2mm程度で影響は小さかった。
- ・ 影響範囲端部の測点は影響を受けなかった。

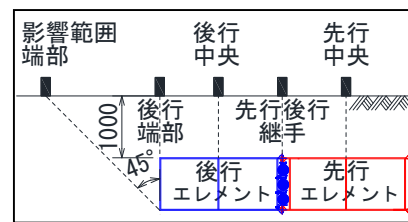


図-6 (2) 地表面計測測点配置横断面

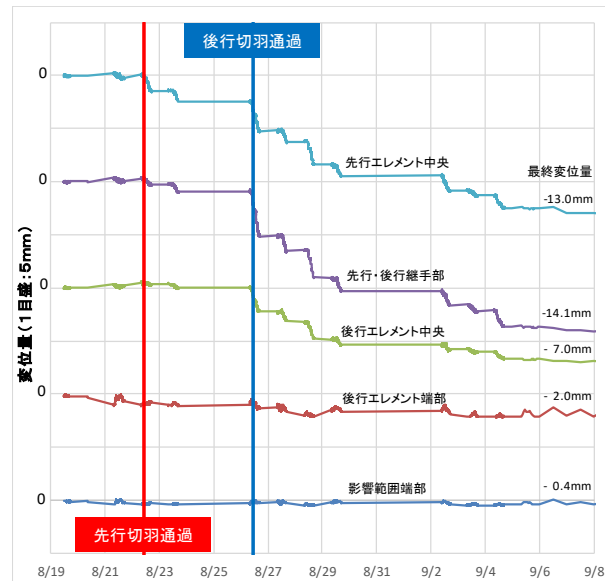


図-7 地表面変位経時変化図(断面2)

最大沈下量は15mm程度であり、20mのけん引を考慮するとけん引1mあたり1mm未満となり、実施工において有害な影響を与えるようなものではなかった。

なお、切羽間隔の違いによる差異は見られず、2m以上の離隔があれば同時施工による影響はないと考えられる。

3. 5 サイクルタイム

各種サイクルタイムの一覧を表-2に示す。掘削作業とけん引作業はばらつきが少なく、合わせて概ね 30 分程度で施工可能である。掘削・けん引作業は先行・後行エレメントで同時施工が可能であるため、従来の単体けん引と比較すると 2 倍の施工量となる。

エレメント接続作業は後行エレメントが先行エレメントに対して 20 分ほど時間を要した。これは、先行エレメントは揚重装置で直接設置できるが、後行エレメントは先行継手に 2m 程嵌合させる作業に要した時間である。実現場では嵌合距離が長くなることも想定されるため、油圧ジャッキ等を使用し効率的に嵌合させる方法を検討する必要がある。

表-2 サイクルタイム一覧

	先行エレメント		後行エレメント	
	回数	平均	回数	平均
掘削	67 回	23 分	60 回	22 分
けん引	67 回	5 分	60 回	5 分
エレメント接続	4 回	100 分	4 回	120 分

4. まとめ

本試験を通して、以下の知見が得られた。

- ・ 2 エレメントを交互にけん引する作業については問題なく施工することができた
- ・ 各種作業については通常の HEP&JES 工法と差異はなかった
- ・ 先行エレメントのけん引力は後行エレメントの継手がある分大きめであった
- ・ 後行エレメントのけん引力は通常の HEP&JES 工法と同等であった
- ・ 地表面変位は計測点直下を切羽が通過した際に沈下が生じた

- ・ 先行・後行継手直上の測点の沈下量が両エレメントの影響を受けて最も大きかった

(最大で 15.7mm 沈下)

- ・ 先行中央の測点は先行エレメントの影響を大きく受けて沈下した (最大で 13.7mm 沈下)
- ・ 後行中央の測点は後行エレメントの影響を大きく受けて沈下した (最大で 8.0mm 沈下)
- ・ 後行端部の測点は後行エレメントの影響を受けたが沈下量は小さかった

(最大で 2.0mm 沈下)

- ・ 影響範囲端部の測点は影響を受けなかった
- ・ けん引による地表面沈下は切羽通過後に漸減するがゼロにはならなかった
- ・ エレメントをけん引していない時間帯では沈下は生じなかった
- ・ けん引中の刃口姿勢やエレメント出来形は所定の精度 ($\pm 36\text{mm}$) 以内に収まった
- ・ 掘削のサイクルタイムは掘削 25 分、先行けん引 5 分、後行けん引 5 分となった
- ・ けん引中にけん引を行っていないエレメントで掘削作業を行うと 30 分サイクルとなる
- ・ 先行エレメント接続作業は 100 分/回となった
- ・ 後行エレメント接続作業は 120 分/回となった
- ・ 後行エレメントは気中で先行エレメントに嵌合させる分作業時間が長くなる

今回の性能確認試験の結果より、複数のエレメントを同時に挿入することは可能であり、けん引力や地表面への影響は従来の単体けん引と同等となり、掘削・けん引作業の施工効率は 2 倍になることがわかった。本工法は、現在、1 件の現場導入を果たした。今後も実績を積み重ね、課題があれば改良をし、安定した工法に発展させる方針である。