

撤去が容易な仮設エレメントの開発

入宮 一陽*¹・本柳 亮*²

概 要

JES 工法で多径間のボックスカルバートを構築する場合、仮設エレメントを施工し、函体内掘削を行った後、RC 造の中壁を構築することが多い。仮設エレメントは中壁構築後に撤去するが、継手部のガス切断や、間詰めモルタルの研り作業が必要となるため、撤去作業に多くの時間を要することが課題であった。そこで、撤去が容易な仮設エレメントを開発し、作業量の低減による施工性の向上を目指した。本稿では、実物大模型を製作して実施した施工試験および軸力載荷試験について述べる。

キーワード：JES 工法，仮設エレメント，施工性向上，実物大試験

DEVELOPMENT OF TEMPORARY ELEMENTS THAT ARE EASY TO REMOVE

Kazuharu IRIMIYA *¹, Ryo MOTOYANAGI *²

Abstract

When constructing a multi-span box culvert using the JES method, the approach commonly seen on sites is to install temporary elements, excavate the inside of the box structure, and then construct reinforced concrete intermediate walls. The temporary elements are removed after the construction of the intermediate walls. However, since after that, it is still necessary to gas-cut the joints and chisel the infilled mortar, which constitutes a challenge requiring a considerable amount of time for removal work. Therefore, we developed temporary elements that are easy to remove, aiming to improve construction performance by reducing the workload. This paper reports the building of a full-scale model, and the construction tests and axial-force loading tests conducted by using the model.

Keywords: JES method, Temporary elements, Improved construction performance, Full-scale test

*1 Underground & Foundation Technology Group, Underground & Foundation Technology Department, Civil Engineering Division

*2 Manager, Underground & Foundation Technology Group, Underground & Foundation Technology Department, Civil Engineering Division

撤去が容易な仮設エレメントの開発

入宮 一陽*1・本柳 亮*2

1. はじめに

JES 工法(Jointed Element Structure method)は非開削工法の一つであり、道路や線路下などを横断するアンダーパスなどの地下構造物を構築する工法である¹⁾。その概要図を図-1に示す。

本工法は隣り合う鋼製エレメントの JES 継手を嵌合させて連続的に地中に設置構造物を構築する。継手嵌合部は遊間にグラウト材(セメントミルク)を充填し、最終的にはエレメント内部に中埋めコンクリートを打設する。これにより、軸直角方向に力の伝達が可能な構造部材として箱体構造を形成する。

JES 工法で多径間のボックスカルバートを構築する場合、仮設エレメントを用いて箱体内掘削を行った後、中壁 RC を構築する方法が多い。仮設エレメントは中壁構築後に解体・撤去するが、その際に鋼板のガス切断作業(写真-1)や、間詰めモルタルの研り作業(写真-2)が必要となるため、施工に多くの時間を要していた。そこで、撤去が容易な仮設エレメント(新仮設エレメントという)を開発した。

本稿では、開発にあたって実施した施工試験および軸力載荷試験について報告する。

2. 仮設エレメントの施工

必要となる内空幅や構造条件に応じて、ボックスカルバートに中壁を設けて多径間とする場合には、本設エレメント自体を中壁とすることもある。しかし、本設エレメントの部材厚さの最小値を一般的に 850mm 以上としているため、用地や必要内空の都合により中壁の厚さを小さくする必要がある場合には、本設エレメントとは別に中

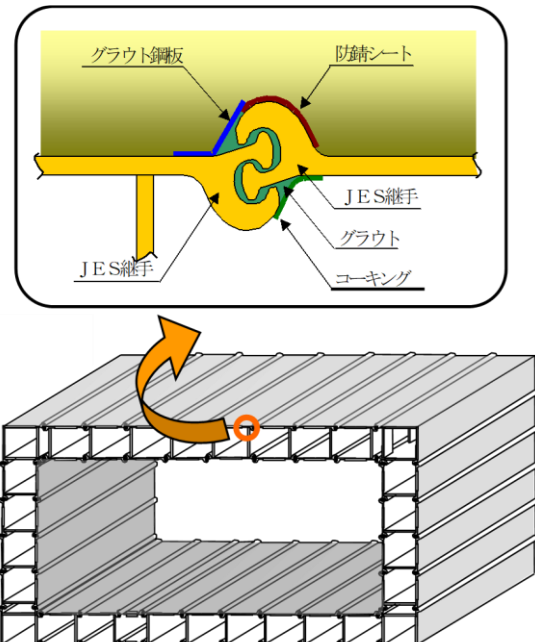


図-1 JES 工法概要図 2)

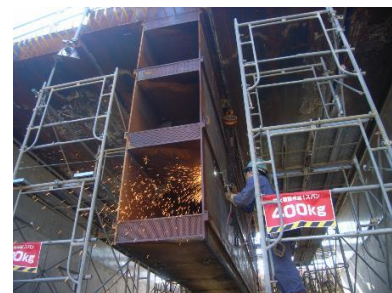


写真-1 エレメント切断作業



写真-2 間詰めモルタルの研り作業

*1 土木本部 地下・基礎技術部 地下・基礎・土構造グループ

*2 土木本部 地下・基礎技術部 地下・基礎・土構造グループ 課長

壁 RC を構築する。この場合の施工は、図-2 に示すように、①本設・仮設エレメントの敷設、②函体内掘削、③中壁 RC 構築、④仮設エレメント解体・撤去という順序で進められる。

3. 新旧仮設エレメントの比較

新仮設エレメントと従来の仮設エレメントとの比較を図-3 に示す。従来の仮設エレメントでは、間詰めモルタルを介して鋼板全体に軸力を分散させて支持する構造であった。一方、新仮設エレメントでは解体を容易にするため、鋼製キャンバーと軸力受部材で支持する構造に変更した。これらの支持部材はエレメント両側の図-4 に示す位置に設置しており、その設置状況を写真-3 に、キャンバーを写真-4 に示す。なお、エレメントの全長は 2m に設定した。

新仮設エレメントと従来の仮設エレメントの継手構造の比較を図-5 に示す。従来は鍵型部材を鋼材から削り出して製作していたが、新仮設エレメントでは鋼材を組み合わせ、それらとエレメント本体をボルトで締結する構造とした。写真-

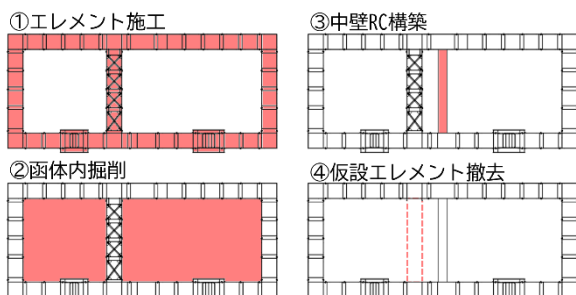


図-2 施工順序

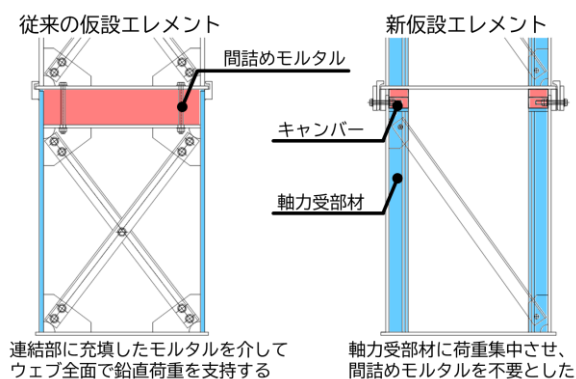


図-3 エレメント構造の比較

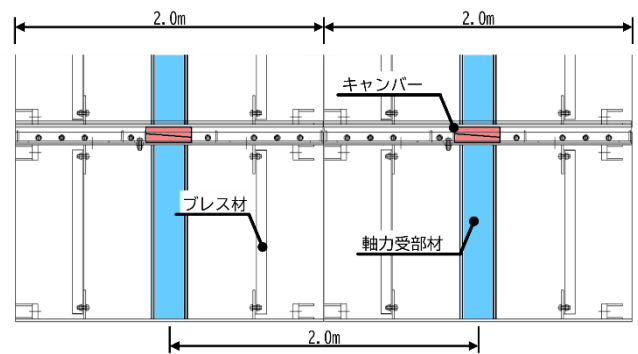


図-4 側面図（新仮設エレメント）



写真-3 キャンバーの設置状況

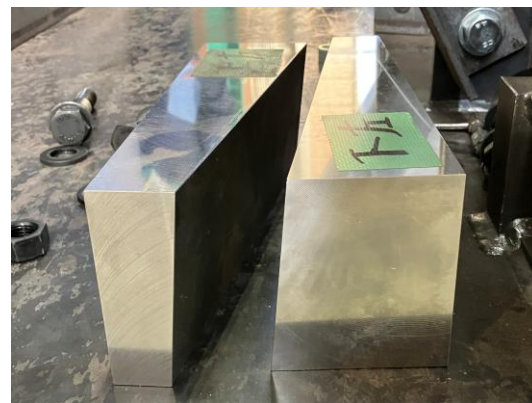


写真-4 鋼製キャンバー

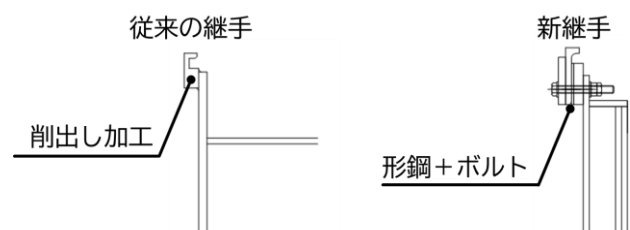


図-5 継手構造の比較

5に示すように、ボルトを緩めることで継手のかみ合わせが外れて容易に解体できるため、施工性にも優れている。また、JIS G3192に規定される圧延鋼板のうち、山形鋼および平鋼を加工して組み合わせて用いるため、削り出し加工を行っていた従来の継手と比較して加工費が安価である。

4. 施工試験

4.1 概要

実物大模型を用いて施工試験を行い、施工上の問題点の有無や施工の容易さを確認した。具体的な確認事項は以下のとおりである。

- ① けん引時の継手の噛み合わせ状況および連結部の通過状況の確認
- ② 設置完了後における上下・左右方向の固定状態の確認
- ③ 組立・解体作業の施工性の確認

4.2 手順

施工試験は以下の手順で実施した。

- ① 架台に吊り下げた上段 3 連のエレメントに、下段 1 連のエレメントを吊り下げる。
- ② 下段 1 連のエレメントを一定の力でけん引する。(写真-6)
- ③ 所定位置までけん引後、エレメント内部にキャンバーとブレス材を設置する。
(写真-7, 写真-8)
- ④ 状況確認後、キャンバーとブレス材を取り外し、フォークリフトで荷重を受けながら継手のボルトを緩め、エレメントを解体する。(写真-9)

4.3 結果

実施工時にエレメント連結部で段差が生じることを想定し、上段エレメントは意図的に数 mm の段差を設けて連結していたが、施工試験では連結部も特に異常なくけん引できることを確認した。また、けん引力はほぼ一定であり、上段エレメントの連結箇所通過時にもけん引力の大きな変動は見られなかった。

また、エレメント内部でのキャンバーとブレス材の設置に要した時間は、1 エレメント 10 分程



写真-5 ボルトを緩めた継手

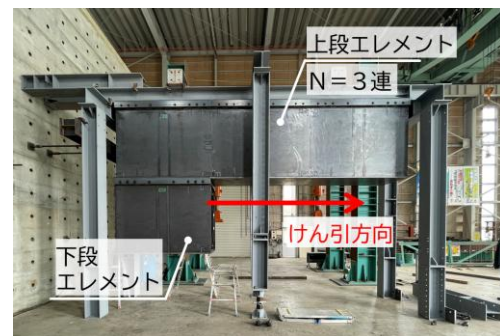


写真-6 けん引状況



写真-7 組立状況



写真-8 組立完了



写真-9 解体状況

度（材料運搬等を除く）であり，従来の仮設エレメントと比較して容易に施工できることを確認した。

また，撤去に要した時間は 1 エレメントあたり約 5 分（片付け等を除く）であり，組立作業と同様に容易に施工できることを確認した。

5. 軸力载荷試験

5.1 試験概要

軸力载荷試験の状況を写真-10 に示す。各エレメントには図-6 に示す位置にひずみゲージを取り付け，状態を確認しながら载荷を行った。計測状況を写真-11 に示す。試験荷重は，図-7 に示す断面形状に基づいて許容応力度に達する際の軸方向力を算出し，これの 1.1 倍程度である 4,000kN とした。

5.2 試験結果

荷重-ひずみ関係図を図-8 に示す。なお，図中の計算値は，式(1)により算出した軸力受部材のひずみの計算値である。

$$\varepsilon = \sigma / E \quad (1)$$

ここに， ε ：ひずみ

σ ：応力

E ：鋼材のヤング係数

内側（i 側）のひずみは上段 110%，中段 89% と計算値に近い結果であった。一方，外側（o 側）のひずみは上段 18%，中段 29% と計算値と比較して小さい結果であった。これは，計算上では図-7 の青枠部分のみを軸力受部材として見込んでいるが，実際はエレメント外側の鋼板も一部荷重を受け持ち，応力が低下したためと考えられる。

下段では内側が 45%，外側が 20% であった。これは，下面全体が床版に接地しているため，荷重を受け持つ範囲が増え，応力が低下したためと考えられる。

いずれの計測点でも異常な変形やひずみは確認されず，許容応力度の範囲内であれば構造上問題ないことを確認した。

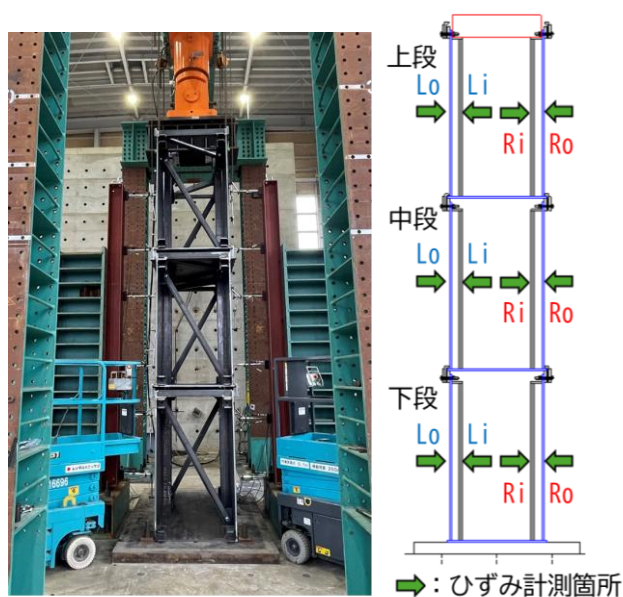


写真-10 载荷試験状況 図-6 ひずみ計測箇所

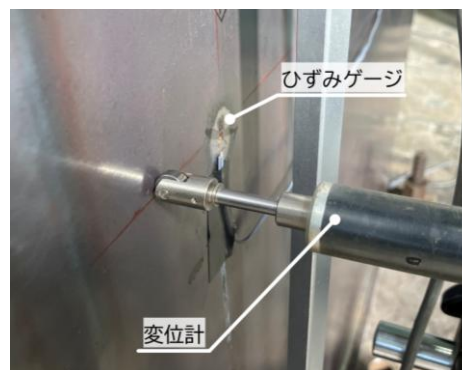
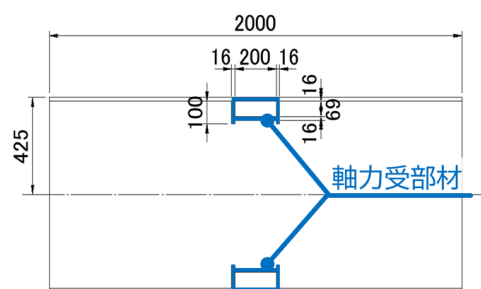


写真-11 計測状況



軸力受部材（青枠部分）

- ・断面諸元
 - A：断面積 = 20,224mm²
 - I：断面二次モーメント = 2,826,852,181mm⁴
 - r：断面二次半径 = 373.9mm
- ・座屈許容応力度³⁾ $9 < l/r \leq 130$

$$\sigma_{ca} = 140 - 8.0 \times (l/r - 9) = 137.3 \text{ N/mm}^2$$
 （仮設割増） $\sigma_{ca} = 137.3 \times 1.3 = 178.5 \text{ N/mm}^2$
- ・軸方向力

$$N = \sigma_{ca} \times A = 3610.0 \text{ kN}$$
- ・試験荷重

$$3610.0 \times 1.1 \div 4000 \text{ kN}$$

図-7 各種条件

6 まとめ

今回は、新仮設エレメントを製作して各種試験を実施した。得られた知見を以下に示す。

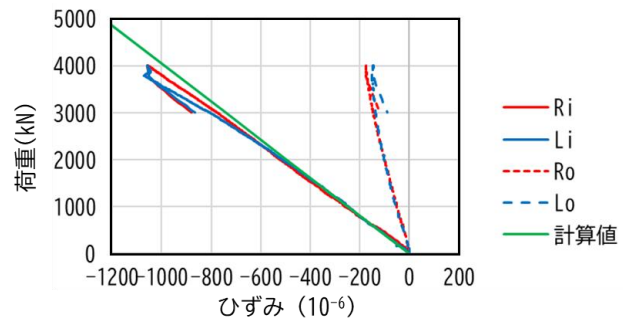
- 1) 施工試験では、けん引・組立・解体の一連作業を行い、従来工法と比較して容易に施工できることを確認した。
- 2) 軸力載荷試験では、異常な変形や応力状態は確認されず、許容応力度の範囲内であれば問題ないことを確認した。

今後は、現場条件に適した施工計画の立案や、現場での施工を見据えた検討を深度化する予定である。また、新仮設エレメントの転用に関する管理方法やコストメリット等の検討を進める。

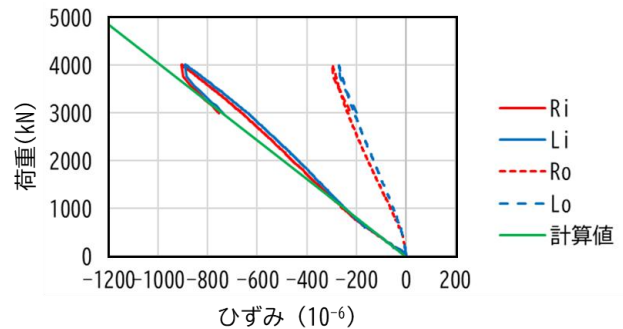
現場適用時には、今回の検討結果を踏まえた最適な施工計画を立案したいと考える。

参考文献

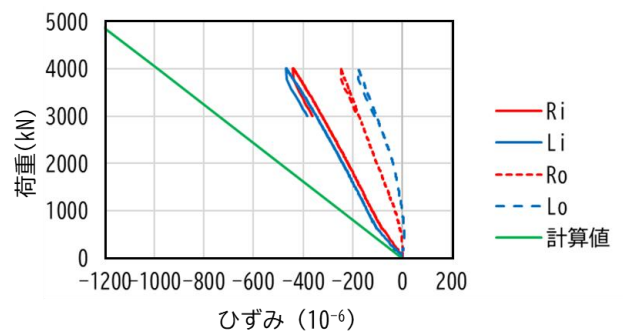
- 1) 土木学会：特殊トンネル工法—道路や鉄道との立体交差トンネル—，トンネル・ライブラリー31，p.II-40，2019.1
- 2) 鉄道ACT研究会：HEP&JES工法技術資料，p.共通-11，2020.3
- 3) 鉄道ACT研究会：HEP&JES工法技術資料，p.付-57，2020.3



(a)上段エレメント



(b)中段エレメント



(c)下段エレメント

図-8 軸力伝達部材の荷重—ひずみ関係図