

低コストで急速施工可能な既設橋りょう拡幅工法の開発 DEVELOPMENT OF THE BRIDGE WIDENING METHOD OF CONSTRUCTION THAT CAN EXECUTE THE WORK WITH LOW COST RAPIDLY

加藤 精亮¹・渡邊 明之²・星野 正³
Seisuke KATO・Akiyuki WATANABE・Tadashi HOSHINO

The construction of an underground space under the railway of the existing bridge constructs the foundation and the abutment with a narrow work space in the state to receive the railway temporarily by the work girder etc., and the girder removal work by being the combination between track possession increases for a short time. Therefore, the increase of the construction cost and the prolongment of construction period are caused. This development trying proposed the structural form to develop the method of constructing a new underground structure that enabled the construction method in a cheaper, shorter term of works, compared the cost with the evaluation by the tractive examination by a basic examination, and verified the effectiveness.

As a result, it was able to propose the construction method in which it was cheaper than a present construction method and construction period is shorter. In addition, to attempt the spread development, the design and construction manual was made.

Key Words :underground space, bridge renewal, JES joint, uniting

1. はじめに

既設橋りょうの架替や線路下での地下空間の建設や駅構内での地下連絡通路等の拡幅工事では、一般的に軌道を工事桁等で仮受けした状態の狭隘な作業空間で基礎、橋台の構築を行ない、短時間の線路閉鎖間合いでの桁架設撤去作業となる。そのため、工事費の増大と工期の長期化を招いており、より低廉で短い工期での地下空間の建設が求められている。本開発では、架道橋の改築、新設において、これらの要求事項を満足する新しい急速架設方法を開発することを目的とし、以下の構造形式を検討した。

- ① 橋台と桁の剛接合による門型ラーメン化
- ② 側壁と上床版の剛接合したボックスラーメン化

本論文では、これらの構造に対して、設計施工法の提案と開発および試設計によるコスト比較の検証を行った。

2. 構造形式の提案

(1) 提案する構造形式

既設の架道橋を改築または拡幅し、新設する場合、一般的に供用しながら同位置に橋台・桁形式の構造が計画される場合が多い。しかし、その構造形式では、構造体が大きくなるだけでなく、線路切廻しや工

キーワード：地下空間、橋りょう改築、JES継手、結合

¹正会員 JR 東日本研究開発センター

²正会員 JR 東日本研究開発センター

³正会員 JR 東日本 東京工事事務所

事桁の架設、撤去など多くの線路閉鎖作業を伴い、工期、工事費とも膨大となる。図-1に一般的な構造形式を示す。

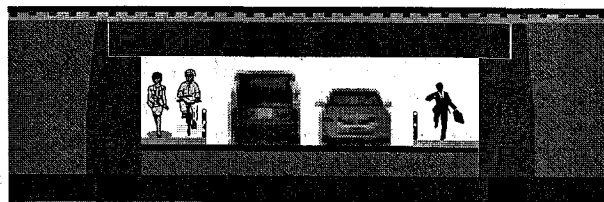


図-1 一般的な構造形式

そこで、構造物をスリム化しコストダウンを図り、既存の桁形式橋りょうを短時間でラーメン構造とできる方法を提案した。図-2 に提案する構造形式を示す。提案する構造形式は、桁形式の橋りょう構造をラーメン構造とし、構造物のスリム化を図ろうとするものである。しかし、工事桁の下でラーメン構造物を構築すると道路空頭が低くなるという問題がある。また、鉄道工事では長時間電車を休止することができないことから、工事桁を撤去した後に時間をかけてラーメン構造物を構築することもできない。そこで、新設桁の横取りと同時に、桁と橋台とを結合しラーメン構造ができる方法として、接合には曲げせん断力を伝達できるJES継手を用いる。JES継手とは、エレメント間の軸直角方向の引張力を伝達できる構造とした継手である。

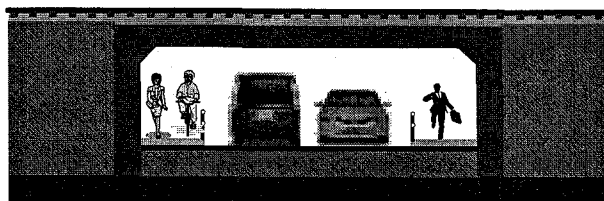


図-2 提案する構造形式

(2) 一般的な構造形式の施工方法

既設橋りょうの改築の場合、一般的な施工方法は下記のとおりである。この方法の場合、線路閉鎖回数が多くなる。

- ① 仮橋台を既設橋台側面に施工する
- ② 工事桁を線路閉鎖にて架設する
- ③ 工事桁の下で既設橋台の撤去、新設橋台の施工を行う。
- ④ あらかじめ線路脇で桁を製作しておき、それを線路閉鎖にて工事桁撤去後、横取り架設する。

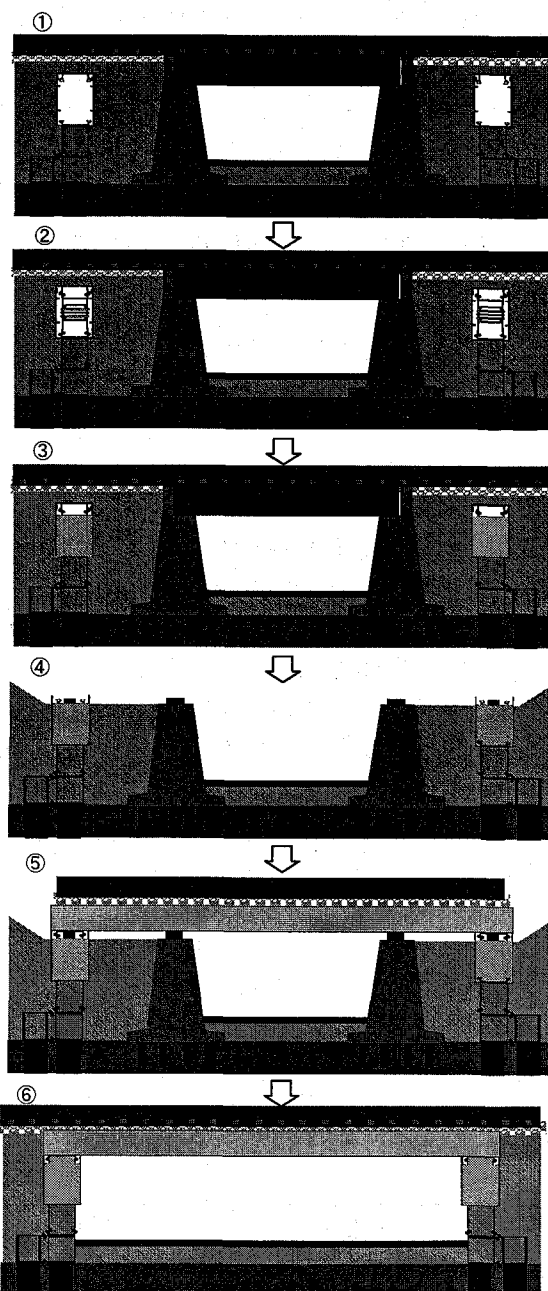


図-3 施工方法

(3) 提案する構造形式の施工方法

提案する施工方法は、線路閉鎖回数を極力減らし、安価にできるものとした。ここでは、橋台（側壁）部分をHEP&JES工法により施工することとした。

提案する構造形式の施工方法（既設橋りょう改築の場合）を以下と図-3に示す。

- ① 既設橋台背面において、HEP&JES工法により、橋台部分の構築を行う。なお、上床版との接合部は、中空のエレメントを推進する。また、地盤条件により必要に応じて基礎杭を構築する。橋台は馬桁形式を考えている。
- ② 中空のエレメント内に調整用の鉄筋かごを牽引挿入し、エレメント上部の爪を設計位置に合わせる。

- ③ 中空のエレメント部コンクリートを打設する。必要により、既設橋台の一部を撤去するなど上床版横取り時の前作業を行う。
- ④ 線路閉鎖にて軌道、路盤、既設橋台一部を撤去する。中空のエレメント蓋を撤去し、仮支承のフラットジャッキを設置する。また、既設橋台にもフラットジャッキを設置する。
- ⑤ 線閉作業にて、JES継手を嵌合させながら、上床版を横取り架設する。架設後に、フラットジャッキを加圧・密着させ、上床版を仮受する。JES継手のかみ合わせ部分にグラウトを注入し、同時に路盤、軌道等を復旧させる。接合部コンクリートを打設し、既設橋台とその背面の土砂を撤去する。

3. JES継手の嵌合試験

(1) 嵌合試験の概要

通常のHEP&JES工法では、1回の牽引に2つのJES継手の噛合せとなることや、牽引時に上載土の荷重しかかからない。しかし、今回提案した工法では、1回の牽引に4つのJES継手の嵌合になることや、上床版重量がJES継手部に作用するため、牽引時にJES継手部の抵抗が増して、牽引ができないことが予想された。そこで、JES継手部に上載荷重を作用させた嵌合試験を行い、問題点の抽出を行った。

(2) 試験方法

図-4, 5に試験装置の平面図、断面図、また、試験状況を図-6に示す。引込側と固定側のJES継手の長さ（けん引する延長）は、単線分の上床版を想定して、JES継手の長さを4mとした。なお、0.2mを嵌合させた状態とし、牽引距離は3.8mとした。また左右下部工中心の離れを3.95mとした。ウエイトは単線架設の場合での荷重（桁荷重、軌道荷重、桁スパン10m）に相当する約100tの敷鉄板を載荷した。試験ケースを表-1に示す。表中の縦方向誤差とは下部工側の片側に傾斜を与えたものをいい、横方向誤差とは下部工側の片側端部を外側に張出したものである。潤滑剤は、比較的手に入りやすい、業務用の合成洗剤をJES形鋼の下部工側に刷毛で塗布した。

(3) 試験結果

表-1に各ケースでの牽引力の結果（最大値）を示す。なお、case-1は牽引力が低く、圧力計のゲージでは測定ができず記載していない。

case-2の潤滑材なしではウエイトの71%にあたる最大20tの牽引力であったが、case-3の潤滑材を塗布したものは、case-2の1/4の4tと小さい値となった。このことから潤滑材が牽引力に及ぼす影響が大きい

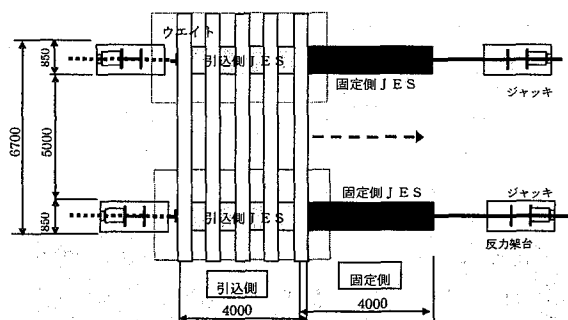


図-4 試験装置平面図

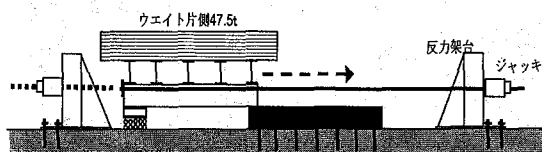


図-5 試験装置断面図



図-6 試験状況（牽引前）

ことがわかった。

case-4 では、case-3 同様に最大牽引力はウエイトの 14%である 14t で牽引したのに対して、case-5 はその倍の 29t の牽引力を必要とした。

case-6 では、片側の J E S 継手に縦方向のみに 8mm の誤差（傾斜）を与え牽引を行ったが、case-5 と同様の牽引力となり、その差は見られなかった。

case-7 では、固定側の J E S 継手が鉄板ごと下床コンクリートからずれてしまい正確な計測ができなかった。case-8 では、ウエイトの約 35%である 35t の最大牽引力となった。

case-9 では、牽引速度をさらに倍の 600mm/min で行った。なお、縦横の誤差は 0 で設定する予定であったが、case-8 終了後、若干下部工側の J E S 継手に変形しており、縦に 2mm、横に 1mm の誤差を与えた状態となった。その結果、最大牽引力はウエイトの 31%である 31t となった。

(4) 試験結果のまとめ

今回の牽引試験において、以下のことがわかった。

- ・ J E S 継手の設置誤差がない場合、上床版荷重の 14～30%で牽引が可能であった。
- ・ J E S 継手の設置誤差（8mm程度まで）がある場合、上床版荷重の 30～35%以上の牽引力が必要であった。

潤滑剤を J E S 継手部に塗布した方が小さい牽引力で牽引することができた。

4. 試設計によるコスト比較

(1) コスト比較の概要

HEP & J E S 工法により設計済みの件名（ある架道橋改築工事，L=15m，H=4.7m，B=13.4m）を基に比較設計を行った。施工前の状況を図-7に、線路下工事終了後の状況を図-8に示す。なお、比較設計は今回提案した工法（J E S 結合カルバート），通常採用されている工事桁工法（桁式橋りょう），実際に設計された HEP & J E S 工法（HEP & J E S カルバート）の 3 工法で行った。

(2) コスト比較の結果

桁式橋りょうは、コストが一番安価となり、工期も HEP & J E S 工法ボックスカルバートに比べると短縮される。しかし、工事桁施工に伴う線路閉鎖が多く、徐行期間が長くなる。さらに支承構造となることから、メンテナンスが必要となる。

HEP & J E S 工法は、他の 2 工法と比べるとコスト、工期ともに劣ってしまう。また、上床部のエ

表-1 牽引試験ケース及び結果

ケース	ウエイト	潤滑材	牽引速度	縦方向誤差	横方向誤差	備考	けん引力結果
case-1	4 t	なし	150mm/分	0mm		基礎的データ採取のため 0tではけん引力算出できなかったため30tで一次試験を行った。	—
case-2	30 t	なし					20t (67%)
case-3	30 t	あり					4t (5%)
case-4	100 t	あり					14t (15%)
case-5	100 t	あり	300mm/分	8mm 0mm		固定側継ぎ手がコンクリート右側から移動	29t (30%)
case-6	100 t	あり					27t (30%)
case-7	100 t	あり					39t (40%)
case-8	100 t	あり					35t (35%)
case-9	100 t	あり	600mm/分	2mm	1mm		31t (30%)



図-7 工事前状況

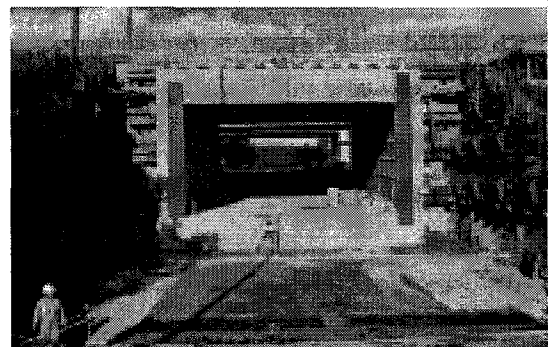


図-8 線路下工事終了状況

以上の結果より、ある程度の間合いが取れる現場であれば、今回提案した J E S 結合カルバート工法が最良な工法と考えられる。

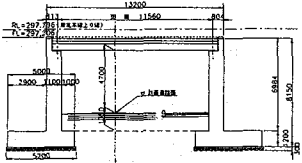
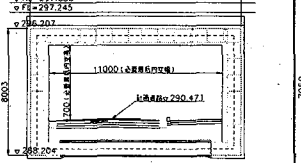
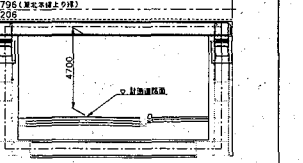
今回作成したマニュアルは H18 年 12 月改訂の HEP & JES 工法設計施工マニュアル(JR 東日本社内技術資料)に掲載されている。詳細についてはマニュアルを参照していただき、ここでは、2.2 設計の原則、2.16 調整部の検討、2.18 調整部の疲労に対する安全性の検討、2.19 調整部の構造細目について述べる。なお、マニュアルの目次を図-9 に示す。

検討項目

- (1) 施工時の安全性に関する検討.
- (2) 安定に関する検討.
- (3) 部材の断面力に関する検討.
- (4) 変位・変形に関する検討.

また、本検討には、調整部の検討を含む。

- (1) 上床施工前の調整部として、施工誤差を吸収できる機能を備える。調整部の位置図を図10に示す。
- (2) 構造体として、十分な断面性能、変形性能を有する。
- (3) 調整部の証査に対しては、その構造に応じたモデル化を行う。
- (4) 断面力の抽出は、調整部の両端の継手中心間で最も不利な値に対して行う。

工法	折式橋りょう (工事折工法)	HEP&JESカルバート (従来設計 HEP&JES工法)	JES結合カルバート (新提案工法)
断面図			
コスト	◎	△	○
工期	○	△	◎
線路閉鎖	×(長時間)	○(必要の都度)	◎(数日)
メンテ	×	◎	◎
利点 欠点	・長期間の徐行が必要な場合がある	・上床部エレメントの関係で土被りが必要となり、アプローチが長くなる	・土被りを少なくできアプローチ長を短くできる ・上床版架設時にある程度の間合いが必要となる ・施工できる場所が限られる
総合評価	×	△	○

2.18 調整部の疲労に対する安全性の検討

調整部の疲労に対する安全性を検討するため、JES継手部、フレア溶接部、閉合継手鉄筋部の3箇所について、疲労試験を行った。図-11に調整部の疲労検討箇所を示す。試験体はJES継手の直線部を模擬した鋼板(SM400A)に異径鉄筋(材質SD345、径D22、D25)をフレア溶接継手にて接合したものを使用した。

試験結果から得られた応力振幅と繰返し回数の関係(S-N曲線)を図-12に示す。図中のA~Hは疲労強度等級を表す。実験結果のばらつきは比較的小さく、鉄筋径の違いによる優位な差は見られなかった。また、S-N曲線の勾配はほぼ1/3であり、鋼板の溶接継手の強度等級の勾配によく一致していた。

2.19 調整部の構造細目

- (1) 重ね継手長は、10Φ以上とする。
- (2) 主鉄筋と補強鉄筋は指定された組合せとする。
- (3) 主鉄筋のJES継手への溶接は、「鉄筋フレア溶接継手設計マニュアル」による。
- (4) 継手部の可動余裕は50mm以上とする。
- (5) 鉄筋に必要なかぶりを確保する。
- (6) 土留めプレートは、掘削時に十分な耐力を有するものとする。
- (7) 調整部の鉄筋籠は施工性を考慮した寸法とする。
- (8) JES継手部の化粧及び防錆用のコンクリートは剥落しやすいので配慮する。

5. まとめ

嵌合試験および比較設計の結果より、下記のことになった。

- ・ JES継手を使用した上床版と下部工の結合は、JES継手の設置位置誤差が8mm程度、牽引距離4m程度の牽引が可能である。
- ・ 間合いがある程度確保できる場合、今回提案したJES結合カルバート工法を使用することにより、通常のHEP&JES工法に比べて、工期を約1割、工事費を約2割削減できる。

このことから、現在の施工方法に比べて、より低廉で短い工期での施工を可能にする工法の有用性を確認することができた。

今後は、本工法の適用に際しての技術支援を行っていく予定である。

第1章 総則

- 1.1 適用範囲
- 1.2 関連規定類
- 1.3 用語の定義
- 1.4 構造形式一般
- 1.5 施工手順
- 1.6 工法の特徴

第2章 設計

- 2.1 設計の基本
- 2.2 設計の原則
- 2.3 安全係数
- 2.4 荷重
- 2.5 地震の影響
- 2.6 設計荷重の組合せ
- 2.7 材料および設計用値
- 2.8 構造解析
- 2.9 終局限界状態の検討
- 2.10 側置基礎の安定計算
- 2.11 使用限界状態の検討
- 2.12 疲労限界状態の検討
- 2.13 耐震に関する検討
- 2.14 構造細目
- 2.15 調整部の検討
- 2.16 調整部の曲げモーメントおよび軸方向力に対する安全性の検討
- 2.17 調整部のせん断力に対する安全性の検討
- 2.18 調整部の疲労に対する安全性の検討
- 2.19 調整部の構造細目

第3章 施工

- 3.1 エレメントの施工
- 3.2 調整部の施工
- 3.3 上床(=桁)の施工

付属資料1 鉄筋フレア溶接継手の疲労耐力

付属資料2 JES継手接合された上床版の梁殻に関する基礎試験

図-9 設計施工マニュアル目次

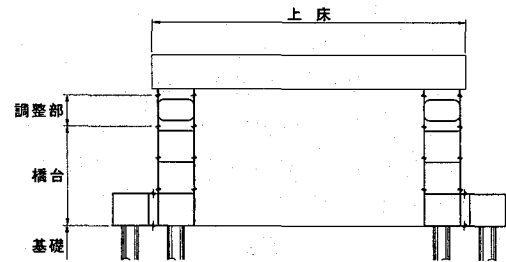


図-10 調整部位置図

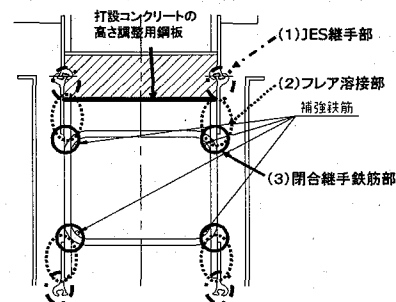


図-11 調整部疲労検討箇所

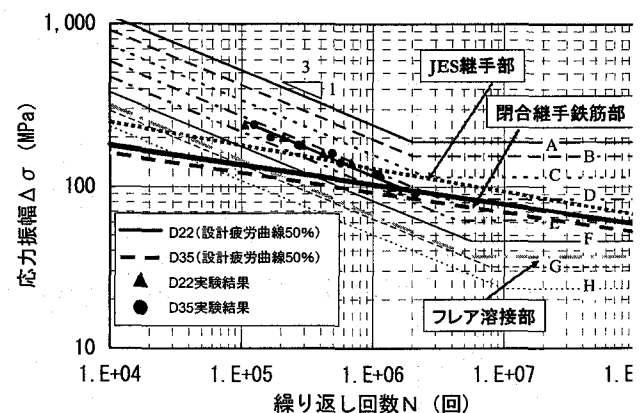


図-12 調整部疲労検討箇所