

緊急仮設橋の開発

鈴木 勝・玉越隆史・沢田道彦

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東日本大震災では、宮城県、岩手県、青森県の沿岸部を通る国道45号の橋梁において、津波による上部工の流失など、5橋が被災したが、発災後の道路啓開・復旧は、比較的被害が小さかった東北自動車道、国道4号を主軸とした三陸沿岸部から実施された。

一方、近畿地方では、近い将来に東南海・南海地震の発生が予想されているが、紀伊半島の地域では、主軸となる高規格幹線道路が未整備若しくは存在しない。

特に串本町以東については、事業化に至っていない区間もあり、全線開通にはしばらく時間を要することから、主軸となる幹線道路が国道42号のみで迂回路がないため、橋梁が1橋でも流失すると救出・救援に向かう車両が通行できず、孤立する地域が発生する(図-1)。

このため、巨大地震等の災害に備えて、国道42号の道路啓開・復旧が早期にできるよう準備することが急務である。

2. 緊急仮設橋の開発

現在、国土交通省各地方整備局、及び資材メーカー等では応急組立て橋を保有しているが、構造が大規模で組立て、及び架設には大型クレーンが必要となるとともに、利用できるまでに設置期間として1~2ヶ月の日数を必要とする場合が多い。

これに対し、災害時の人命救助は発生から72時間を目安としていることから、災害により流失した橋梁部の場合、発災後3日以内には緊急車両が通行可能となるよう、仮橋等を準備しておく事が有効となるケースが考えられる。

このような背景から、短期間で架設が可能な「緊急仮設橋」の開発を目指し、2011年11月より、近畿地方整備局、及び有識者から構成される「緊急仮設橋に関する検討委員会」において検討を重



図-1 幹線道路の整備状況と啓開ルート

ね、本年3月に紀南河川国道事務所管内に配備した。

2.1 開発コンセプト

開発に際しては、以下のコンセプトを設定した。

- ① 緊急路構築が最も困難である条件を勘案した橋梁計画
- ② 災害時の緊急車両(救急、消防、最小限の重機)の通行を優先した設計荷重の採用
- ③ 災害時の混乱状況を勘案し、経験の少ない作業員でも組立てが容易に行える構造の選定
- ④ 運搬・作業性に優れ、組立て時間が短縮可能な構造形式
- ⑤ 被災した現地状況に合わせた順応性のある構造と架設工法の採用

2.2 構造形式及び設計条件

(1) 橋長の設定

紀伊半島の国道42号の適用候補地点の一つをモデルとして橋長を最大60m級(可変)に設定し、1スパンの単純形式とした。

(2) 活荷重の設定

災害時の通行が想定される車両のうち、最も重量の大きい25t吊ラフテレーンクレーンの車両重量を設計活荷重とし、総重量270kNとした。

幅員は、工事用道路の標準幅員4.0m以上の確保と床版パネルの製品寸法から4.38mとした。

(3) 主桁形式の選定概要

橋梁形式は、設計、製作が容易で、鋼重が小さ

く、架設が容易な「鉸桁形式」を選定した。

主桁本数は、組立て時間が最小となる2主桁とし、現地盤との高さの擦り付け量が少ない、下路式構造を採用した。

(4) 部材寸法の設定

一般的な車両である10tトラックでの輸送を可能とするため、主桁ブロック長を10m以下とした。

(5) 主桁連結構造の概要

主桁の現場継手は、架設時間短縮のためにボルト本数を大幅に削減したEnd.PLによる高力ボルト引張接合と、緊急時の施工の簡便さと安全性に配慮した新たな接合形式を開発して採用した。

(6) 架設工法の選定概要

多様な現地条件に対応できるように、支間長と架設工法を種々組合せて使用できる構造としている。

以上により、決定した構造諸元を表-1に示す。

3. 上部工の設計

本橋は、下路式の鉸桁橋であることから、主桁の横倒れ座屈に対する安全性の確認が重要であった。このため、図-2に示すように全体モデルによる弾塑性FEM解析により、本橋の座屈耐荷力の確認を行った。

解析の結果、死荷重に加えて「道路橋示方書」のT荷重に準じた荷重を3倍以上载荷しても降伏や座屈に対して安全が確保されていることが確認された。

4. 急速施工を可能にする主桁連結部

4.1 連結部構造概要

従来の添接板と高力ボルトを用いた摩擦接合形式では多数のボルト締付け作業時間を要す。そのため緊急仮設橋では、あくまで緊急時にしか用いない仮橋であることを踏まえて開発した特殊な継ぎ手を採用した。図-3、写真-1に開発した連結部構造を示す。

さらに、主桁連結部は、主桁をL形に切欠きフランジをつけた「載せかけ構造」とした。これは、組立て時の転倒防止用の支えやボルトの仮締めがなくても安定した連結施工が出来ることに加え、大地震発生直後では余震の頻発が想定されるため、ボルトの挿入や締付けが行えなくとも桁を仮置きしてクレーンから解放できることを考慮したものである。

表-1 構造諸元

形 式	下路式鋼単純2主鉸桁橋
設 計 活 荷 重	25t吊ラフテレーンクレーン (総重量270kN) 一方向一台の通行規制
橋 長	61.0m (支間長12~57mに対応)
有 効 幅 員	4.380m
現 場 継 手 構 造	高力ボルト引張接合
架 設 工 法	クレーン一括架設、クレーン・ペント架設、送出し架設

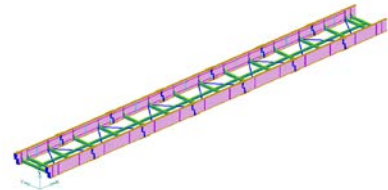


図-2 全体モデルによる座屈解析モデル

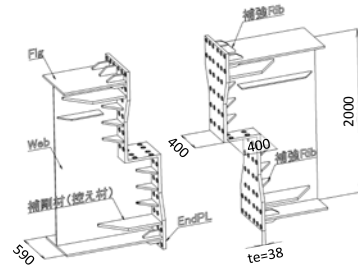


図-3 主桁連結部構造



写真-1 実物大模型実験供試体

高力ボルト引張接合方式としたことで摩擦接合方式に比べ、ボルト本数は約40%に削減された。

本橋は、緊急時の短期での利用に限られることを前提に、応力的に最も厳しい60mでの架橋時には、ボルト本数の増加を抑えるために道路橋ではまだ一般化していない超高力ボルトの S14T の防錆処理ボルトを試験的に採用することとした。なお、全ボルトがなるべく均等に抵抗出来るように End.PL を上下フランジ端から突出させ、フランジの上下両側にボルトを配置した。

4.2 弾塑性FEM解析と実物大模型実験による性能確認

連結部は、新しい多列式引張接合方式であり設計手法は確立されていない。また試験的に S14T の超高力ボルトを採用する場合を設定したことから、連結部の開発にあたっては部材製作や組立て

施工時の精度管理の条件まで詳細に反映した性能検証を解析と実験の両方で行った。

(1) 弾塑性FEM解析による連結部の設計

連結部の設計にあたっては、全橋をモデル化したFEM解析モデルを用いた弾塑性解析を実施した。解析モデルでは、End.PLやボルト、補強リブなどを再現するとともに、着目する引張接合面のボルト導入軸力、鋼板同士および鋼板とボルトとの接触を考慮した(図-4)。

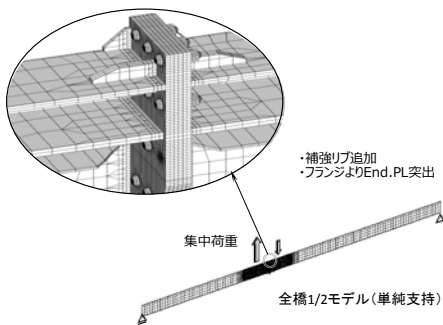


図-4 連結部弾塑性FEM解析モデル

(2) 実物大模型実験

本連結構造のような特殊な構造では、解析では再現が困難な連結部の溶接変形による初期不整なども継手性能に複雑に影響する可能性があると考えられたことから、実物大の模型桁による図-5に示す4点曲げ載荷実験を実施した。

連結部の製作・施工誤差、ボルト強度に着目し、表-2に示す3ケースの載荷実験を実施した。なお溶接施工方法の違いで差が生じる板の変形が主原因のEnd.PLの平坦性を溶接方法で工夫することで2ケース設定した。表中の荷重倍率は設計死活荷重に対する載荷荷重の比率である。

実橋で連結部に作用する曲げモーメントとせん断力の比率を再現するため、2台のジャッキ荷重比率を維持した状態で所定の荷重まで増大させる単調載荷を繰り返し、変位、ボルト軸力、鋼ひずみなどの諸量を各センサにより計測した。なお載荷前後の軸力の差は各ケースとも最大で10kN以下と僅かであり、実験が弾性範囲内で行われたことを確認している。

図-6に載荷時に軸力増が最大のボルトの軸力変動の例を示すが、FEM解析と実験では差がみられ、FEM解析では挙動を十分には再現できていない。Case2、3とCase1では軸力増加傾向に差がみられ、継手構造の特徴からは平坦性レベルの相違も影響している可能性も否定出来ない。その

ため製作時に平坦性についても十分な精度管理が必要である。

なお、本接合構造の特性については、データ数も少なくボルト配置、補強リブ配置、載せかけ構造の幾何形状などについては合理化できる可能性もあると考えられ、今後の課題である。また、通常の橋梁で採用するためには基準の整備が必要であり、現時点ではそこまでは至っていない。

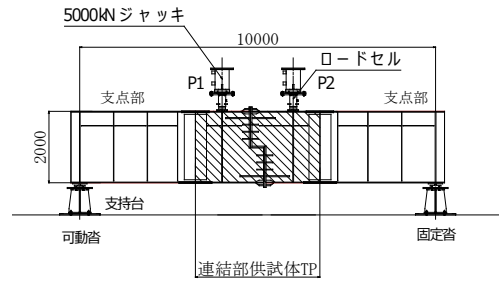


図-5 載荷実験概要図

表-2 載荷実験ケース

ケース	供試体	End.PL 平坦性	連結部 高力ボルト	P1荷重kN (荷重倍率)	単調 載荷数
Case-1	TP-1	0.5mm以下	M24S14T	3323 (1.9)	1
Case-2	TP-2	0.9mm以下	M24S10T	2404 (1.4)	3
Case-3	TP-2		M24S14T	2500 (1.4)	4

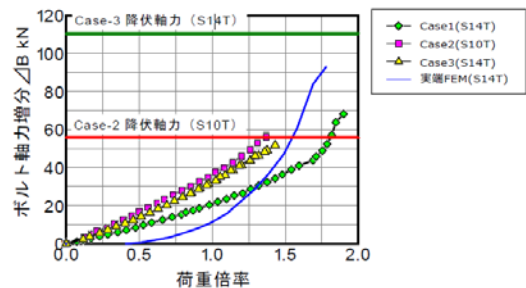


図-6 ボルト軸力変化の例

5. 緊急仮設橋の架設概要

架設工法の選定は、以下に留意して進めた。

- ①多様な支間長に対応できる構造の選定
- ②作業の特殊性が低く、時間が短い工法の選定
- ③多様な架設工法・順序に対応した構造への配慮

5.1 多様な支間長に対応できる構造の選定

主桁は断面と連結部構造を共通化し、基本ブロック長も9.0mに統一した。これにより、中間ブロックの数を変えて12.0~57.0mの間で9.0m単位に支間長を変えることができる(図-7)。

5.2 作業の特殊性が低く、時間が短い工法の選定

汎用性が高く、現地での施工が想定される、クレーン一括架設、クレーン・ベント架設、送出し

架設、の3工法を採用した。

5.3 多様な架設工法・順序に対応した構造詳細

現場連結部を切欠き構造としたことで、新規架設ブロックを架設済みブロックの切欠き部に載せかけることができるため、1方向からのクレーン架設と送出し架設においては、施工時間の短縮と施工の容易性を確保することができた(図-8)。

6. 緊急仮設橋の試験施工

試験施工は、60m級緊急仮設橋の送出し架設の主桁組合せとし、災害時の緊急施工を想定した架設手順で主桁ボルトの本締めまで行った。

桁架設完了後、床版パネル、及び両側の仮設スロープを設置し、載荷(走行)試験を実施した。

6.1 桁のたわみ及び走行試験の結果

支点支持状態における死荷重たわみ、及び25t吊ラフテレーンクレーン支間中央載荷時の死荷重+活荷重たわみを計測した結果、設計たわみ量の90%程度であった。また、クレーンの載荷中に橋梁の状態を注意深く監視したが、主桁継手部における隙間の発生や異音等は確認されなかった。

6.2 試験施工のまとめ

本試験施工にて桁組立ての手順や所要時間について検証した結果、ほぼ計画通りの成果を得ることができた。また、車両載荷試験によって目標とした仮橋の機能を保有していることを確認した。

7. まとめ

現在、緊急仮設橋は国土交通省近畿地方整備局の紀南河川国道事務所に配備が完了し、緊急時に備えている。近畿地方整備局としては、更なる合理化を目指し、発展させて行きたいと考えている。

謝 辞

最後に本橋の開発にご尽力いただいた、「緊急

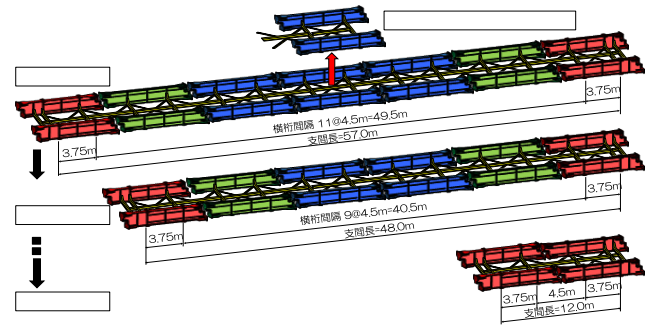


図-7 支間長のバリエーション

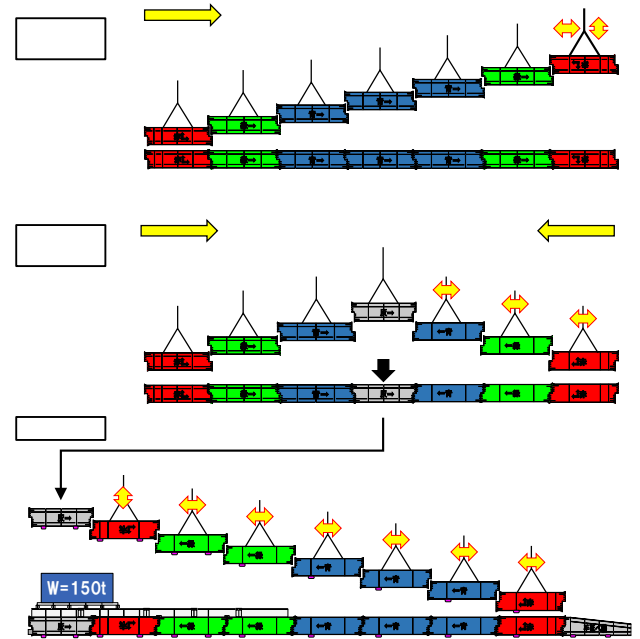


図-8 工法別主桁ブロック組合せ図

仮設橋に関する検討委員会」委員各位、並びに関係各位に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 玉越隆史、石尾真理ほか：超高力ボルトの橋梁分野への適用に向けた各要因の影響、土木技術資料、第55巻、第5号、pp.34~37、2013
- 2) 日本鋼構造協会：橋梁用高力ボルト引張接合設計指針、2004.8
- 3) 茅野牧夫：道路行政におけるアセットマネジメント・システム適用の実践的研究、2015

鈴木 勝



研究当時 国土交通省近畿地方整備局近畿技術事務所長、現国土交通省関東地方整備局関東技術事務所長
Masaru SUZUKI

玉越隆史



国土交通省国土技術政策総合研究所道路構造物研究部橋梁研究室長
Takashi TAMAKOSHI

沢田道彦



研究当時 国土交通省近畿地方整備局道路部道路調査官、現国土交通省近畿地方整備局広報広聴対策官
Michihiko SAWADA