

# ハタボキ谷橋の設計と施工

## DESIGN AND CONSTRUCTION OF HATABOKIDANI BRIDGE

奥原 光<sup>1)</sup>      井澤 達也<sup>2)</sup>  
Akira Okuhara      Tatsuya Izawa

### 1. まえがき

東海北陸自動車道は、名神高速道路一宮 JCT と北陸自動車道小矢部砺波 JCT 間の延長 185km の高速道路で中部地方と北陸地方をつなぐ重要路線である。現在、一部区間を除き暫定 2 車線で供用中となっており、4 車線化事業を進めているところである。

本橋は美並 IC から郡上八幡 IC 間の雛成第 1 トンネルと雛成第 2 トンネル間に位置し、国内ではまだ採用実績の少ない鋼ポータルラーメン構造を採用している。主桁は鋼 2 主桁で、桁端部はコンクリート橋台に剛結され一体化した構造となっている。図-1 に構造一般図を、図-2 に断面図を示す。

### 2. 工事概要

工事名：東海北陸自動車道 深戸橋（鋼上部工）  
 工事箇所：岐阜県郡上市八幡町付近  
 構造形式：鋼ポータルラーメン橋  
 橋長：43.0 m  
 工期：自)平成 18 年 8 月 16 日  
           至)平成 20 年 11 月 22 日  
 主桁間隔：5.5 m  
 鋼材重量：69.2t  
 荷重：B 活荷重  
 平面線形：R=1000 m  
 縦断勾配：1.832%  
 施工主：中日本高速道路株式会社 名古屋支社

### 3. 鋼ポータルラーメン橋の特徴

#### 3.1 構造概要

鋼ポータルラーメン橋は桁端部が鉄筋コンクリートの橋台に埋め込まれた、鋼・コンクリートの複合構造である。従来の単純桁橋と異なる点として、桁端部の支承・伸縮装置・落橋防止装置などの付属物が省略できる。これは初期建設コストを抑えるとともに、将来的な維持管理費用を低減させる効果もある。戦後 60 年あまりが経過し、供用期間が 50 年を超える橋の維持管理が問題となる昨今において、LCC の低減を可能とした効率的な構造として注目されつつある。欧米諸国では比較的小規模な橋長 60m クラスでの施工実績が多く、基礎形式によりインテグラルアバット橋と呼称される場合もある。

#### 3.2 経済性の向上

本構造形式を採用した場合、従来の単純桁橋と比較して 20%程度のコスト低減効果が期待できる。これは上部工だけでなく下部工も含めた期待値である。

下部工には一般的に単列の杭基礎が採用される場合が多い。橋軸方向の拘束を緩和し上下部を含めた全体系で変形を許容することが目的であり、これにより下部構造のコンパクト化が可能というメリットがある。

本橋では上部工を合成桁とするとともに、剛結部における異種材料間での荷重伝達構造については頭付きスタッドジベルと孔あき鋼板ジベルの経済比較を行い、孔あき鋼板ジベルを採用している。

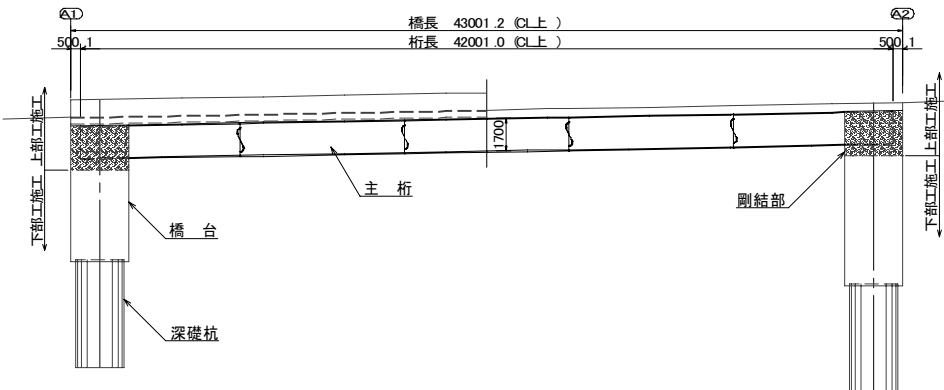


図-1 全体側面図

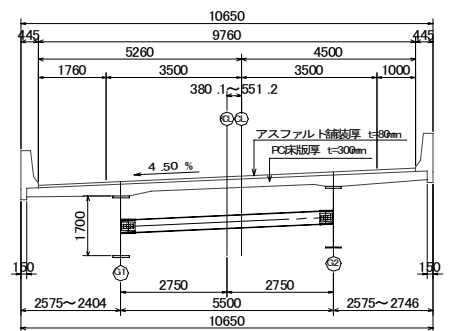


図-2 一般断面図

1) 工事グループ 工事部 大阪チーム  
 2) 技術グループ 設計部 大阪チーム

### 3.3 耐震性能について

鋼ポータルラーメン橋は施工実績が少なく、また設計手法についても一般的に適用可能な図書・基準は今のところ定まっていないのが現状である。

耐震性能について道示V(H14.3)では、ラーメン橋の場合は挙動が複雑な橋としてレベル2地震時に対する動的照査の実施が定められている。ただし、コンクリート橋台背面の裏込め土を考慮した動的解析には不明瞭な部分が多い。よって、本橋では文献1)を参照し、下記の理由により耐震性能の照査はレベル1までとしている。

- ・構造が単純であり卓越する振動モードが特定される。(1次モードの卓越)
- ・塑性化の生じる箇所が明確である。(剛結部直下の塑性化)

これにより鋼桁部・コンクリート橋台部に各々静的な地震力を作用させ、それらの組合せにより生じる断面力をもって耐震性能を照査した。なお、死荷重条件の変更により、コンクリート橋台に作用する常時の断面力が基本設計から大きく変動したため、詳細設計後の断面力にてコンクリート橋台の照査を実施し、安全性を確認した。

### 3.4 環境への配慮

前述したように、従来の単純桁橋に必要とされた伸縮装置が省略できるため、鋼桁とコンクリート橋台の境界が無くなり、路面の平坦性を確保することが可能となった。これにより、車両の走行性が向上するとともに、騒音・振動などの公害も抑制することが可能であり、また、伸縮装置の損傷、およびこれに伴う漏水などによる錆も発生しない。

## 4. 構造詳細

### 4.1 剛結部の構造

剛結部は鋼桁とコンクリート橋台の異種材料間で荷重の伝達を行う重要な部位であり、これらについては幾つかの実験結果が報告<sup>2),3)</sup>されている。

従来より異種材料間のずれ止め構造としては、大別すると鋼とコンクリートの接合部に用いられている頭付きスタッドジベルと、レオンハルトら<sup>4)</sup>によって提案された孔あき鋼板ジベルが採用されている。表-1は各々の構造における荷重伝達機構を示したものである。

なお、コンクリート橋台とPC床版では使用するコンクリートの設計基準強度が異なるため、これらの境界部近傍は何れの仕様とするかを明確にする必要があった。これについては、剛結部コンクリートの施工ステップを踏まえた温度応力解析を実施し、施工回数と設計基準強度を決定したが、ずれ止め構造の検討段階では決定されていなかった。ずれ止め構造の耐力は設計基準強度の影響を受けるため、上記を踏まえ2種類の設計基準強度について比較を行い、表-2に示すように何れの仕様においても経済的となる孔あき鋼板ジベルを採用した。

孔あき鋼板ジベルを用いた上下部複合部材の剛結構造には特許が認められている。表-2はこれによる特許料も考慮した上での数値となっている。

表-2 経済比較結果

設計基準強度 N/mm <sup>2</sup>	頭付き スタッドジベル	孔あき 鋼板ジベル
30	1.000	0.871
40	0.970	0.870

表-1 荷重伝達機構

頭付きスタッドジベル		孔あき鋼板ジベル	
軸力	解析値によるN1を上下フランジおよびウェブに配置された頭付きスタッドジベルにて伝達させる。	軸力	解析値によるN1を上下フランジに配置された孔あき鋼板ジベルにて伝達させる。
せん断力	解析値：SはS1とS2の経路にて伝達され、S1は下フランジの支圧により、S2はウェブに配置された頭付きスタッドジベルにて伝達させる。	せん断力	解析値によるS1を下フランジの支圧により伝達させる。
曲げモーメント	解析値：MはN2とS3の経路にて伝達され、N2はMを上下フランジ間隔：Hで偶力換算した値となり、S3は埋込部の支圧により伝達させる。 ・軸力に対しては、埋込部に配置された頭付きスタッドジベルに均等に荷重が作用すると考える。	曲げモーメント	解析値：MはN2とS2の経路にて伝達され、N2はMを孔あき鋼板ジベルの中心間隔：Hで偶力換算した値、S2は埋込部の支圧により伝達させる。 ・軸力に対しては、埋込部に配置された孔あき鋼板ジベルに均等に荷重が作用すると考える。
設計方針	・せん断力に対しては、下フランジからの支圧による荷重伝達を期待できるが、安全側に配慮して、ウェブに設置される頭付きスタッドジベルで全てを負担できる配置とする。 ・曲げモーメントに対してもせん断力と同様に、全て頭付きスタッドジベルにて負担できる配置としておく。	設計方針	・せん断力に対しては、下フランジからの支圧のみによる荷重伝達を考える。 ・曲げモーメントに対しては、下フランジからの支圧による荷重伝達を期待できるが、安全側に配慮して、上下フランジに配置される孔あき鋼板ジベルで全てを負担できることとする。

4.2 仮支承の構造

鋼ポータルラーメン橋は剛結部のコンクリートを施工して初めて自立した構造となるが、架設時には鋼桁が単純支持状態となる。このため、架設時には鋼桁を支持する仮支承が必要となる。(5.1 施工ステップ参照)

仮支承は最終的には剛結部コンクリートに埋め込まれる一時的なものであるため、簡易な構造が望ましい。単純桁橋の支承に要求される性能は下記の通りであり、仮支承においても同様の要求性能を設定した。

- ① 死活荷重により生じる鉛直力・水平力を下部工に伝達すること。

※下線部は単純桁橋の場合であり、本橋では前死荷重(鋼重・床版・型枠)となる。

- ② 前死荷重や温度伸縮による変形にともなう支点変位(水平・回転)を吸収できること。

仮支承は鋼製の簡易な架台を製作し、一端固定・一端可動の支持条件となる構造とした。可動側の構造は鋼製支承と同様にテフロン板とステンレス板で滑動面を構成した。

次に単純支持状態からラーメン構造に移行する際に着目する。すなわち、剛結部コンクリートの打設以降から橋面工を施工する期間であり、この間、コンクリートは徐々に硬化することになる。ここで問題となるのは鋼桁の温度変化による伸縮である。コンクリート硬化時に鋼桁が伸縮することにより、コンクリート内部に有害なひび割れや空隙が発生する恐れがある。そこで、仮支承独自の要求性能として下記を設定した。

- ③ 剛結部コンクリート打設時に支点部が変位を生じないこと。

これは、コンクリート打設直前に支持条件を両端固定に変更することであり、温度変化による鋼桁の伸縮を拘束することが目的である。写真-1は可動側の仮支承で、この遊間(赤枠部)に間詰め材を設置することで両端固定とした。なお、鋼桁の伸縮を拘束するためアンカーボルトには温度変化による大きな水平力が作用することになる。アンカーボルトについてはこの状態での荷重を用いて断面・配置を決定した。

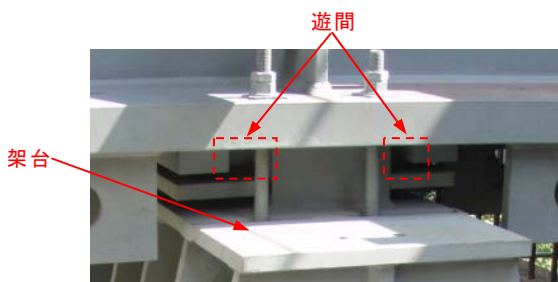


写真-1 仮支承

5. 施工の特徴と留意点

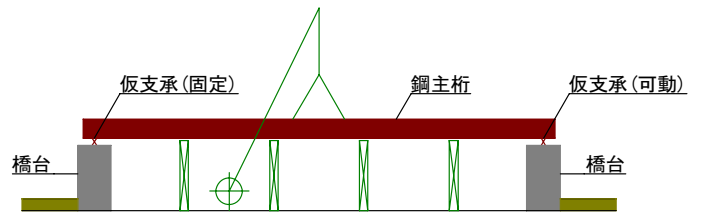
5.1 施工ステップ

施工時には前述の仮支承を設けて PC 床版を先行施工した後に、剛結部コンクリートの施工を行った。施工ステップの決定にあたっては、剛結部構造のコンパクト化を重要視することとした。

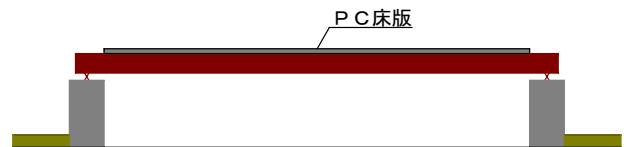
すなわち、剛結部に作用する断面力が大きくなるにしがたい、ずれ止め構造の配置や鉄筋量も大きくなり、経済性・施工性に劣るという問題があるため、作用断面力が小さくなるように施工ステップを決定した。

① 鋼桁架設

- ・鋼桁をトラッククレーンベント工法で架設し、仮支承で支持。
- ・鋼桁は、全断面溶接にて連結。



② PC 床版施工



③ 仮支承固定、剛結部コンクリート施工

- ・可動側仮支承の固定。
- ・剛結部コンクリートの打設。



④ 壁高欄、裏込め土、舗装等施工

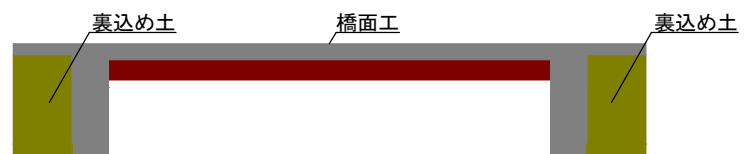


図-3 施工ステップ図

## 6. あとがき

鋼ポータルラーメン橋は施工実績が少なく、基準類についても整備されているとは言い難い。これまでの施工実績を調べると、設計・施工に際しては実験を実施している例がほとんどであり、実験により剛結部の耐力確認などを行っている。

本橋は既往の研究・実験例を参照し設計・施工を実施した。これについては中日本高速道路株式会社をはじめとする関係者の方々からのご指導・ご協力によるものであり、この場を借りて厚くお礼申し上げます。

## 参考文献

- 1) (財) 土木研究センター・新日鐵(株)：インテグラル橋の計画ガイドライン(案)(鋼桁編)，2004.3.
- 2) 塩永，河野，川辺，上田：鋼ポータルラーメン橋「色太第三橋」の実験と施行，石川島播磨技報 Vol.44 No.2, 2004.3.
- 3) 芦塚，宮田，坂手，木曾，栗田：直接基礎を有する鋼ポータルラーメン橋の設計と剛結部構造の合理化，構造工学論文集 Vol.53A, 2007.3.
- 4) Leonhardt Fritz, et.al. : Neues, vorteilhaftes Verbundmittel für Stahlverbund-Tragwerke mit hoher Dauerfestigkeit, Beton-und Stahlbetonbau, 1987.12.



写真-2 鋼桁端部



写真-4 剛結部



写真-3 仮支承



写真-5 施工完了