

## 鋼 2 主桁橋の構造特性

中川知和(工博)\*・塙 洋二\*・安田克典\*\*・沼田 克\*\*

\*技術開発本部・機械研究所 \*\*都市環境カンパニー・構造技術部

### Structural Characteristics of Double I-girder Steel Bridge

Dr. Tomokazu Nakagawa・Yoji Hanawa・Katsunori Yasuda・Katsu Numata

A double I-girder bridge has advantages, compared on with standard multiple girder bridges, in that construction costs can be reduced based on structural simplicity. Consequently, this type of bridge has become increasingly popular recently. In this report, the double I-girder bridge, "Gimyogawa Bridge", which was constructed for the Joshinetsu highway of Japan Highway Public Corporation is introduced. The structural characteristics of this bridge, with a focus on stability during erection and behavior under traffic load are discussed.

まきがき = 鋼製の少数主桁橋は、従来の多主桁橋にくらべて経済性の高い橋梁として最近注目され、施工実績も急速に増えつつある。少数主桁橋は、ほとんどが高速道路の高架橋(支間長 40~60m 程度)として使用されており、その特徴は、主桁の本数を従来の 5 本程度から 2 ないし 3 本に減らし、さらに横構や対傾構などの主桁間をつなぐ 2 次部材の数も少なくするなど、全体として構造をきわめて簡素化した点にある。これにより加工工数が大幅に低減され施工性も向上するうえに、疲労クラックの発生しやすい 2 次部材と主桁との接合部が大幅に減少するなどの長所がある。いっぽう、主桁間隔が多主桁橋にくらべて広いので剛性の高い床版が必要となる、桁の架設時には座屈などの不安定現象の危険性が高まる、などいくつか解決しておかねばならない問題がある。

当社では、日本道路公団の上信越自動車道で供用される高速道路橋として、儀明川橋という鋼 2 主桁橋を製作・架設した(1997 年竣工)。本橋は、設計開始時点では他に同種の橋梁の施工実績がほとんどなかったため、各種の新しい工夫や検討をおこなった。本報告では、本橋の特徴を概括するとともに、とくに懸念された架設時の桁座屈に対する安定性について解析した結果を述べる。また、完成後に実施した実橋の載荷実験結果についても報告する。

#### 1. 鋼 2 主桁儀明川橋の概要

儀明川橋は写真 1 および第 1 図に示すような 6 径間連続の非合成鋼 2 主桁プレートガーダー橋であり、全橋長: 251.05m、最大支間長: 48.5m、有効幅員: 11.49m 2 車線、鋼重: 601t となっている。

本橋の特徴は、以下のとおりである。

- ・主桁の高さを 2.95m、主桁間隔を 6.0m とした(従来型 5 主桁橋の場合、それぞれ 2.4m、2.5m)。
- ・主桁同士を連結するために、従来型多主桁橋で多用されていた複雑な横構は一切もちいず、単純な横構をもちいた。
- ・工場で製作する主桁の 1 ブロックの断面は、板継ぎ省略のために軸方向に一定(等フランジ幅、等板厚)と



写真 1 儀明川橋

Photo 1 Gimyogawa Bridge

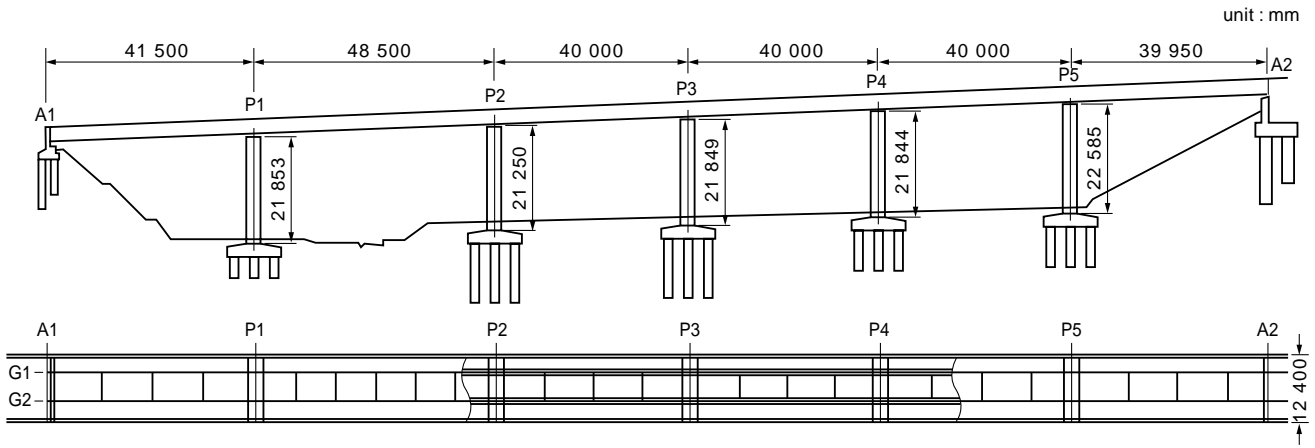
した。

- ・主桁の水平補剛材は、腹板の板厚を厚くする(23mm) ことにより省略した。
- ・広い主桁間隔(6m)に対応して、工場製作の厚さ 300 mm のプレキャスト PC (Pre-stressed Concrete) 床版をもちい、輪荷重に対する剛性を確保した。
- ・景観に配慮して、主桁ブロック間の接合は従来の高力ボルトによらずに現場溶接をもちいた。現場溶接は、鋼桁ブロックをクレーンで懸架した状態で他のブロックと仮ボルト接合した後、特別に開発した専用ロボット溶接システムにより実施した。

本橋を、仮に従来の 5 主桁橋として設計した場合と実際の比較を第 1 表に示す。これより、2 主桁橋では従来型 5 主桁橋にくらべ、鋼重は 93%、大型材片数は 19%、小型材片数は 24%、T 形状の溶接延長距離は 43% にまで減少し、製作コストの低減が可能であることがわかる。

#### 2. 架設時の桁の安定性解析

本橋のような 2 主桁橋は、多主桁橋にくらべて主桁が高く主桁間の連結部材も少ないので、桁を架設する際に座屈に対する安全性が低くなることが予想される。したがって、有限要素法による座屈解析により桁構造の安定

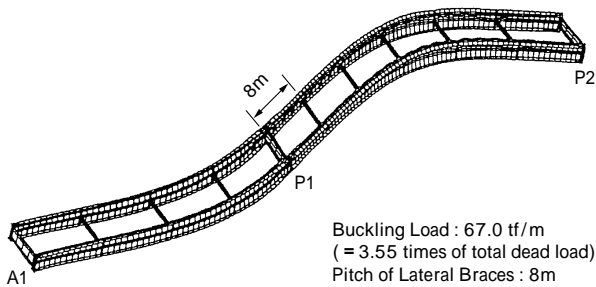
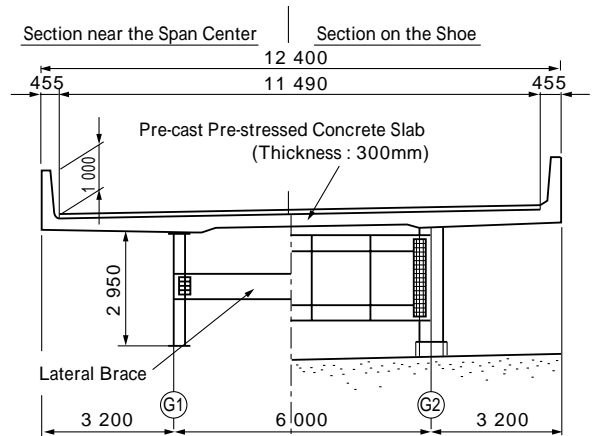


第1図 鋼2主桁儀明川橋

Fig. 1 Double I-girder steel bridge - Gimiyogawa Bridge -

性を検討した。なお、もっとも危険な状態は鋼桁の上にプレキャスト床版を全橋にわたって設置した直後、すなわち床版と主桁の連結が終了しておらず床版による主桁の横倒れ防止効果が期待できない状態なので、この時点を想定して解析をおこなった。また、解析対象支間としては、最長の支間を含む A1~P2 の 2 径間とした。

第2図に、弾性座屈解析の結果えられた座屈モードを示す。P1~P2間で全体横倒れ座屈が発生していることがわかる。このときの座屈荷重は、全死荷重(床版と鋼桁)の3.55倍であった。さらに、初期不整を考慮した弾塑性耐荷力解析をも実施したところ耐荷力は全死荷



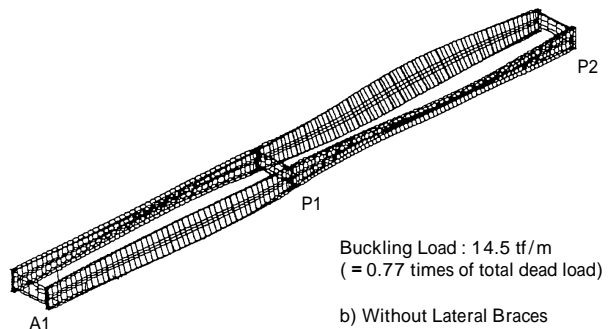
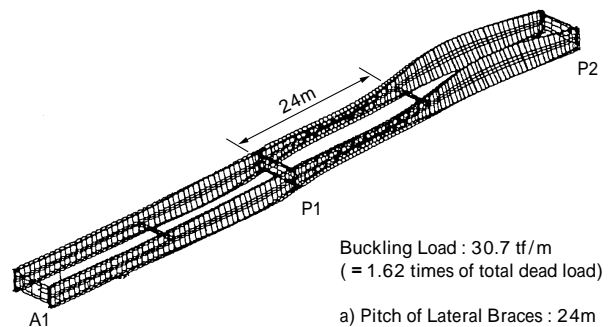
第2図 架設時の弾性座屈モード

Fig. 2 Elastic buckling mode during the erection stage

重の2.3倍となり、安全上問題ないと判断した。

いっぽう、中間横桁間隔の座屈荷重に対する影響を調べるために、間隔を拡げて24mにした場合、およびこれらをまったく設置しない場合について同様の弾性座屈解析を実施したところ、第3図の結果をえた。同図より、中間横桁間隔24mの場合は、第2図の実橋の座屈モードと相違して、中間横桁結合点を節とする主桁単体の横倒れ座屈が発生しており、座屈荷重は全死荷重の1.62倍と実橋の46%にまで低下することがわかる。さらに、中間横桁がない場合には、座屈荷重は同0.77倍ときわめて危険な状態となっている。

中間横桁は、耐疲労破壊の観点からはないほうが望ま



第3図 中間横桁間隔の弾性座屈モードへの影響

Fig. 3 Influence of pitch of lateral braces to elastic buckling modes

第1表 2主桁橋と従来型5主桁橋の比較

Table 1 Comparison between 2-Girder Bridge and 5-Girder Bridge

	Steel Weight ton	Number of Small Members	Number of Large Members	Total Length of T-shaped Weld Line m
2-Girder	540	1 106	159	2 144
5-Girder	580	4 663	819	5 015

しい（応力集中部が少なくなる）ものの、以上の結果から、架設時の安定性を考慮して10m程度の間隔にとどめておく必要がある。

### 3. 実橋載荷実験

#### 3.1 静的載荷実験

まず、第4図に床版設置により主桁に発生する橋軸方向の応力分布を示す。同図には実測値と有限要素法による解析値の両者を示した。床版の重量は橋軸方向単位長さ当たり6.2tであり、解析においてはこれを鉛直方向荷重として主桁の上フランジに等分布載荷した。このとき、床版は主桁との連結が不完全（コンクリートが未乾燥）と考えてその剛性は考慮しなかった。また、実測においては、床版設置前の状態で主桁に歪みゲージを貼付して初期抵抗を測定し、約2カ月後に床版設置状態で再測定をおこなった。

実測値と解析値にはやや差が見られるものの、おおむね一致しているといえる。両者の差は、測定誤差や床版の剛性が一部寄与したことによるものと思われる。また、中立軸の位置は腹板中央にあり、主桁は純曲げ（軸力が発生しない）状態になっていることがわかる。

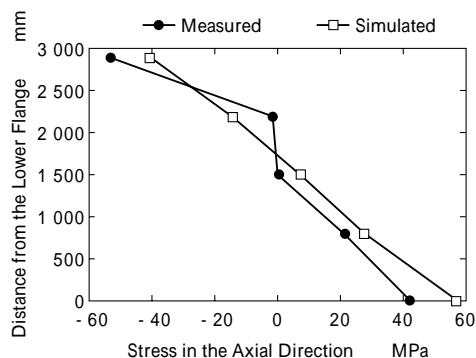
次に、第5図に完成状態で37tのクレーン車をP1～P2支間の中央に載荷した場合の応力分布を示す（床版による応力は除く）。同図には、実測値と解析値を示したが両者はよく一致している。

なおこの場合、解析においては、床版と主桁は完全に結合しているものとして床版の剛性も考慮したが、実測値と一致していることから類推して、本橋は合成桁として挙動していると考えられる。すなわち、本橋は非合成桁（床版剛性は無視する）として設計され、ズレ止めの本数が少ないにもかかわらず、実際には合成桁になっているものである。このような、実際と設計値との相違は安全側に作用しているので問題はないものの、より合理的な設計を考える上では今後の課題といえる。なお、この問題は2主桁橋特有のものではなく、従来の多主桁橋においても同様にあると思われる。

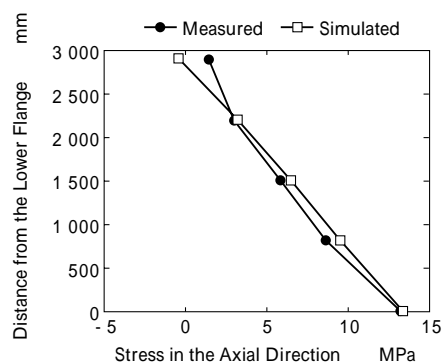
#### 3.2 加振実験

本橋の振動特性を調べるために、加振実験を実施した。加振には、前記のクレーン車の後輪をP1～P2支間において高さ100mmの鋼板の上に乗せた後、前にわずかに移動させて落下させる方法をとった。

実験の結果えられた固有振動数および対数減衰率はおのおの、曲げ1次モードで2.6Hzおよび0.057、ねじれ1次モードで3.9Hzおよび0.066となり、従来の多主桁橋と同程度であることがわかった。



第4図 床版死荷重により主桁に発生する応力  
Fig. 4 Stresses in the main girder induced by the slab dead load



第5図 活荷重により主桁に発生する応力  
Fig. 5 Stresses in the main girder induced by the live load

むすび = 最近注目されている鋼2主桁橋は、従来の多主桁橋にくらべて材片数や溶接延長距離が少なくなり、製作コストが低減可能であることを示した。また、架設時には横桁間隔を10m程度にしておけば座屈を十分に防止できること、2主桁橋特有の現象ではないが、桁は合成桁として挙動すること、および振動特性は多主桁橋と同程度であること、などが解析と実橋試験により明らかになった。

今後も2主桁橋は高速道路の高架橋を中心にその使用が広がるものと思われるが、本報告が設計・架設手法を考える上での参考になれば幸いである。なお、詳細については文献<sup>1)</sup>を参照されたい。

最後に、本報告執筆に当たりご指導いただいた大阪大学西村宣男教授、ならびに日本道路公団菅浩一氏、斎藤正司氏に感謝の意を表します。

#### 参考文献

1) 堀 洋二ほか：橋梁と基礎，Vol.33 No.1 (1999)，p.15.