

(1) 鋼ポータルラーメン橋の施工と実橋載荷実験

芦塚 憲一郎¹・宮田 弘和¹・江頭 慶三²・木曾 収一郎²・栗田 章光³

¹正会員 西日本高速道路株式会社関西支社建設事業部構造技術グループ（〒530-0003 大阪市北区堂島1丁目6-20）

E-mail: k.ashizuka.aa@w-nexco.co.jp

E-mail: h.miyata.ab@w-nexco.co.jp

²正会員 株式会社 ハルテック 技術グループ 設計部（〒551-0021 大阪市大正区南恩加島6丁目20-34）

E-mail: egashira@haltec.co.jp

E-mail: kiso@haltec.co.jp

³正会員 大阪工業大学工学部都市デザイン工学科 教授（〒535-0002 大阪市旭区大宮5丁目16-1）

E-mail: kurita@civil.oit.ac.jp

阪和自動車道下谷池橋には鋼ポータルラーメン構造が採用されている。本橋の設計および剛結部構造に関する検討、実験は別途報告を行っている^{1)~3)}。この構造形式は、走行性、耐震性、維持管理性に優れているため、今後の普及が望まれている。そのため、橋梁の施工が完了した時点で実橋計測（載荷実験、振動実験）を行い、設計との比較、および今後の維持管理のための初期データを残しておくことが重要である。そこで、完成直後の橋梁に試験車として大型クレーン車を載荷し、有用なデータを得た。本文ではこの結果と今後の継続的な経時挙動に対する計測の計画について述べる。

Key Words : portal rigid frame bridge, field test, natural frequency, logarithmic damping decrement

1. はじめに

近年、建設費、維持管理費の低減と耐震性向上を目的として、鋼主桁が鉄筋コンクリート橋脚または橋台に直接剛結される鋼・コンクリート複合ラーメン橋の建設が増加しつつある^{4)~7)}。これらの優れた点を考慮し、阪和自動車道下谷池橋には橋台に鋼主桁を埋め込んだポータルラーメン橋が採用されている。しかしながら、日本では、本構造における橋台背面の裏込め土の影響を考慮した静的、動的挙動や基礎バネに関する調査の事例が少ない。また、I断面の2主桁構造が採用されている事例も少ない。そこで、著者らは実橋載荷試験を実施し、主要部のひずみ、変位、および固有値と対数減衰率の計測を行った。さらに、年間を通じた温度の変化による橋体の変形量を測定することも計画している。

2. 下谷池橋の概要

本橋は、プレストレストコンクリート床版を有する2主I桁構造のポータルラーメン橋である（写真-1）。側面図、断面図を図-1,2にそれぞれ示す。本橋の橋台基礎

は直接基礎であり、地盤バネを考慮して設計している。さらに主桁端部に直接孔を明ける方法により（図-3）、これをずれ止め（PBL）として主桁と橋台堅壁の剛結部の応力伝達を期待している。そしてこの構造の安全性はモデル実験により確認されている¹⁾。

3. 下谷池橋の施工

(1) 桁架設とコンクリート施工手順



写真-1 阪和自動車道 下谷池橋

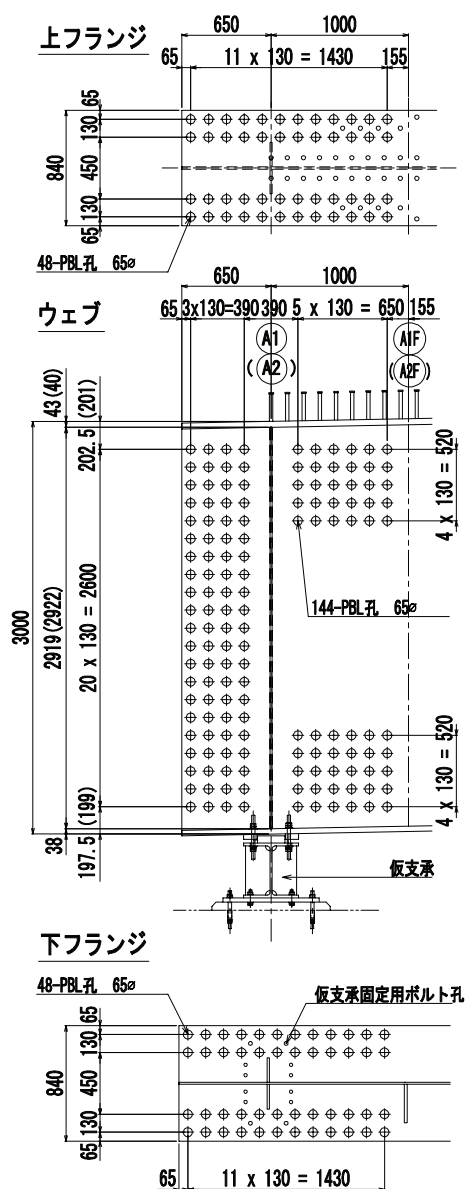
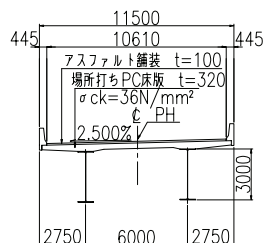
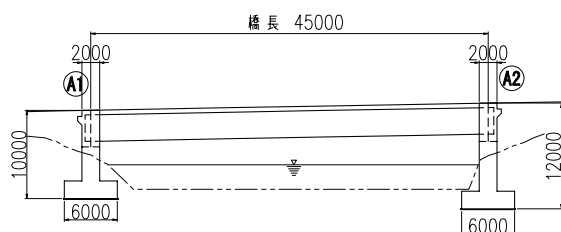
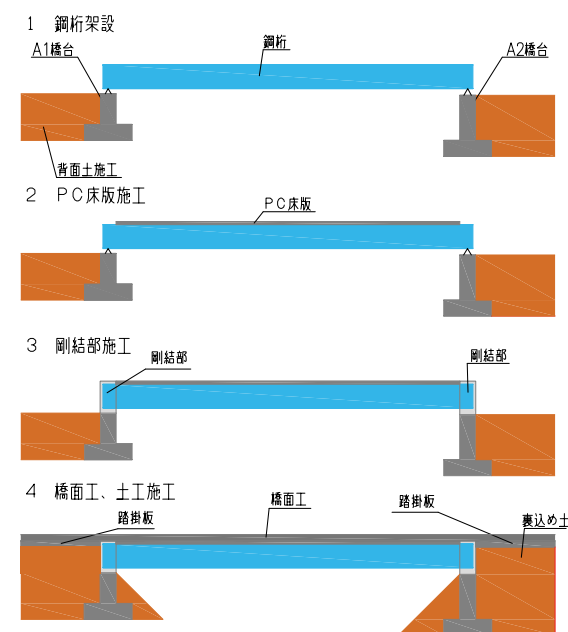


図4に施工手順を示す。本橋では鋼桁を仮に支える支点(写真2)を橋台上に設けて鋼桁全量を架設し、その後プレストレストコンクリート床版の施工を行った。次に剛結部のコンクリートを施工し、ラーメン構造を完成させた。この方法では、施工中の温度変化の影響を回避するために両側の剛結部のコンクリートを施工し、その後鋼桁の閉合を行う方法よりも、施工の合理化と橋台に作用する断面力の低減が可能である。すなわち、両側の剛結部の施工を先行する場合は、鋼桁の最終のブロックを挿入する際に、主桁の温度伸縮を考慮した調整作業が必要となる。さらにその後で床版の施工を行うので剛結部と橋台堅壁基部には床版自重による曲げモーメントが作用することになり、これらの点が回避できるため、有効な施工方法と考えられる。仮支点は主桁の温度変化や床版コンクリート自重によるたわみで生じる水平移動量と桁端部の回転を吸収できる構造としている。ただし、剛結部のコンクリート打ち込み時には、水平移動に対して固定できる構造となっている。



(2) 剛結部コンクリートの施工方法

本橋の床版は橋軸直角方向のみプレストレスを導入する構造であり、コンクリートは早強セメントを用いている。また、床版と橋台の剛結部のコンクリートは一体とすることが必要であり、同時に施工した。この場合、橋台部分のコンクリートはマスコンクリート（壁厚2m）として施工する必要があるため、この部分は普通セメントを使用して発熱を抑えている。設計基準強度はどちらも同じ36N/mm²である。施工は2リフトに分けて段階施工を行った（図-5）。この施工方法は既存コンクリートからの拘束による有害なひび割れの発生を防ぐため、マスコンクリート用の膨張材を用い、3次元温度応力解析による照査を行って決定した（ひび割れ指数1以上）。

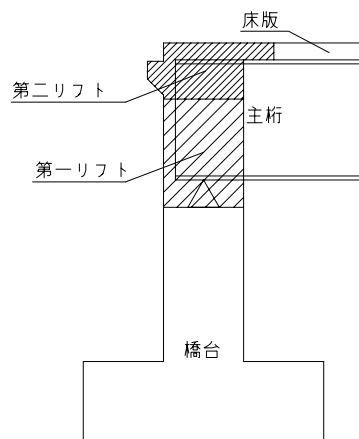


図-5 剛結部コンクリートの施工ステップ

4. 実橋載荷実験

(1) 本実験の目的

本実験の目的は以下のとおりである。

- ①本橋の橋台はフーチング下面に地盤バネをモデル化して設計を行っているため、実構造におけるバネの値を計測して、設計値と比較しておく必要がある。
- ②主桁間隔が6mの2主桁橋のポータルラーメン橋の実績が少ないので、剛結部の主桁断面に著しいせん断遅れが生じていないか確認する。
- ③固有周期、対数減衰率の計測により、本構造の供用前の初期値を把握し、今後の維持管理のためのデータとして活用する。また、他の2主桁橋との比較を通して本橋の振動特性を把握する。
- ④今後の温度変化などの経時挙動計測を光波測量により行う予定であるため、静的載荷実験時に変位計から得られたデータと、同時に実施した測量の結果を比較し、誤差を把握しておく必要がある。

(2) 静的載荷実験

重量が約400kNの試験車（50tonラフタークレーン車）を2台床版上に載荷し、ひずみと変位を測定した。この重量は設計活荷重の45%に相当する。載荷実験は図-6に示すとおり、橋梁の中心部に配置する中心載荷とG2桁に最大の曲げモーメントが作用するように配置する偏心載荷の2ケースについて実施した。変位は主桁の支間中央、1/4、1/8点で計測し、橋台縦壁にも高感度傾斜計を設置して橋台の変位測定を行った。さらに剛結部と支間中央部で主桁と床版のひずみを測定した。変位計とひずみゲージの設置箇所を図-7に示す。変位とひずみの測定結果と計算値を図-8,9にそれぞれ示す。計算値には床版、壁高欄（コンクリート断面有効）の剛性が考慮されている。

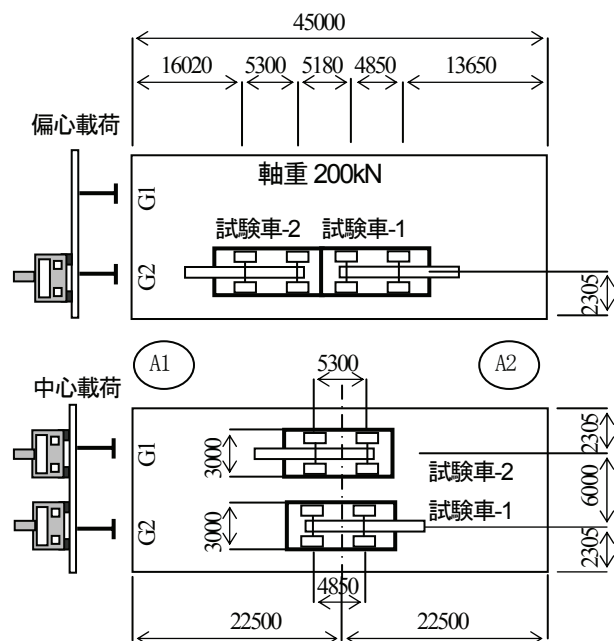


図-6 試験車配置

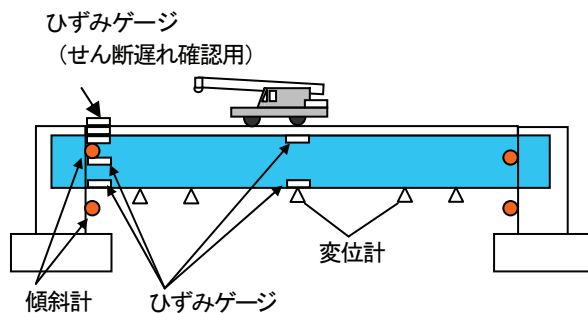


図-7 計測器設置箇所

変位の測定結果から、橋台基部に考慮した地盤バネが計算結果より大きく、ほぼ固定に近い挙動をしていると考えられる。ひずみの結果は、ほぼ同様の傾向を示しているものの、橋台のバネが大きいため、支間中央でわずかに実験値が計算値を上回り、剛結部で下回る結果となっている。また、図-10に示すとおり、剛結部上の床版の

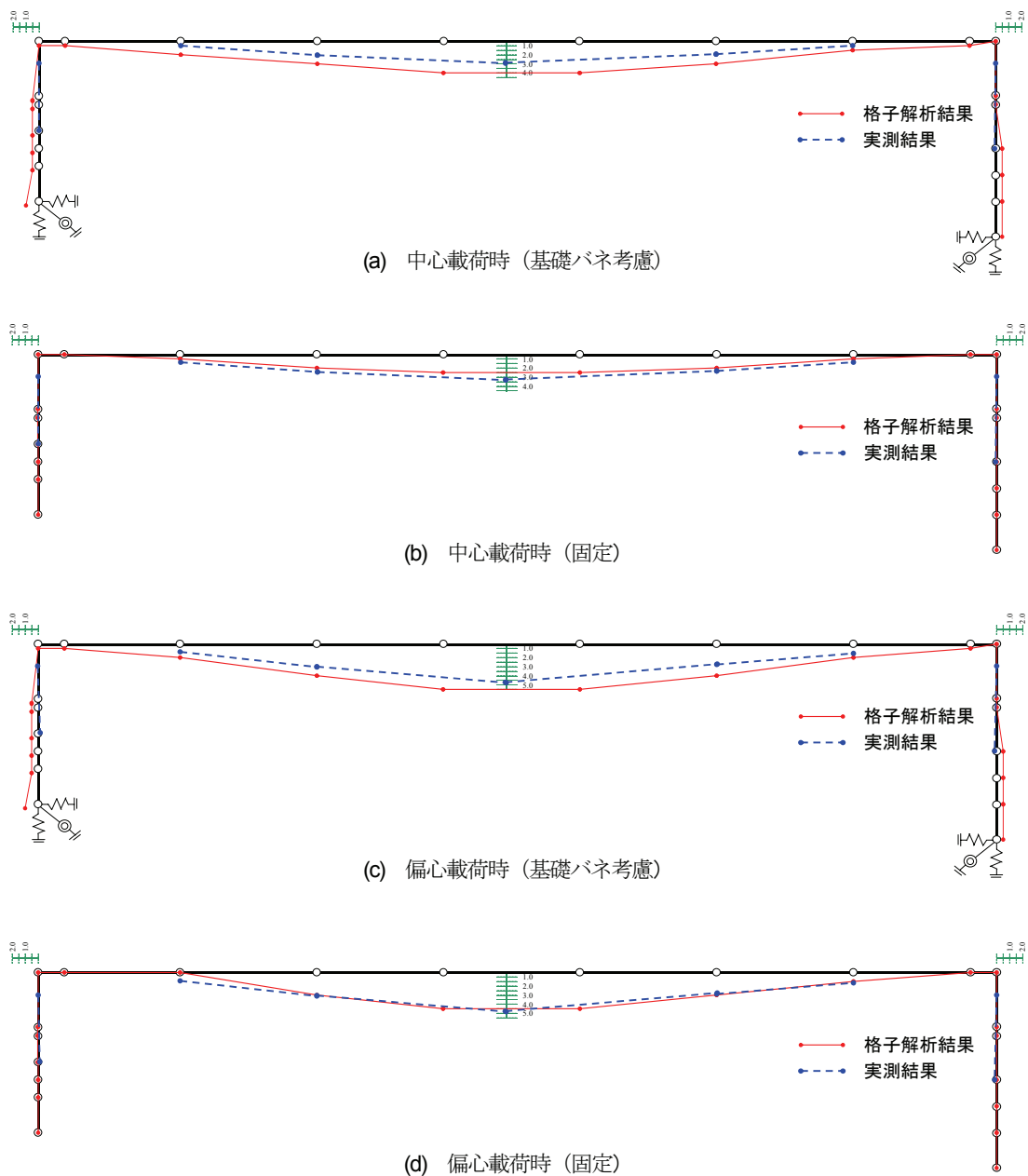


図-8 試験車静的载荷時の変位 (G2 桁)

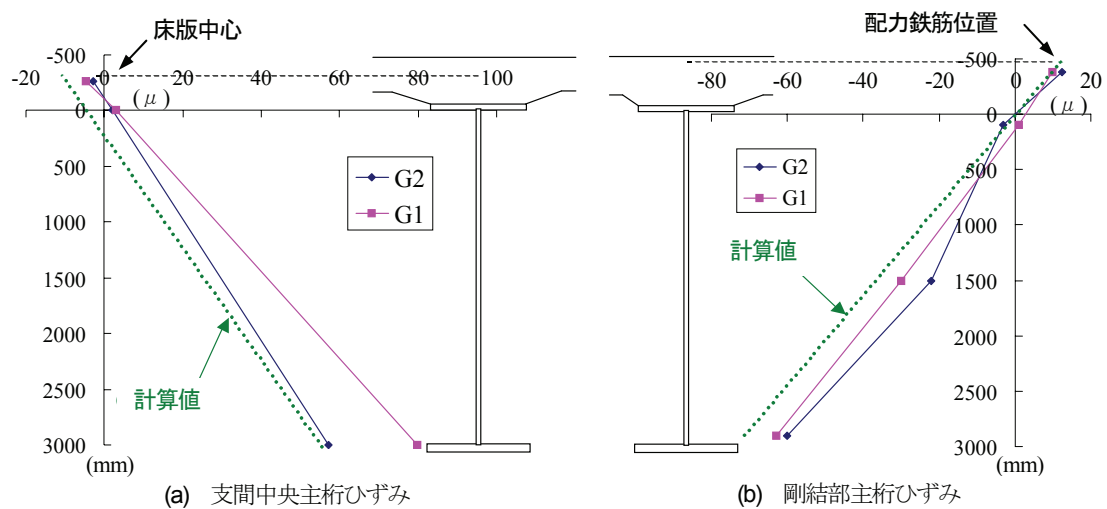


図-9 中心载荷時 G2 桁ひずみ分布

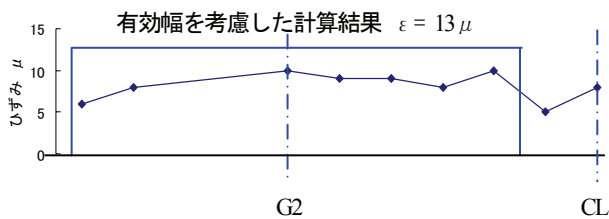


図-10 剛結部床版上面ひずみ分布

ひずみを計測し、顕著なせん断遅れが生じていないことを確認した。

(3) 動的載荷実験（固有値，対数減衰率）

人力による加振（予め解析で得られた固有値に合わせて橋梁上で連続してジャンプする）や、試験車の後輪を枕木から落下させる方法により（写真-3），強制的に橋梁を振動させて固有値と対数減衰率の計測を行った。加振は橋梁の中央部とG2桁の支間中央部にて行った。加速度計は図-11に示すとおり，支間中央と1/4点，1/8点に設置し，加振直前から振動が止まるまで計測した。表-1に固有値の計測結果と計算値を示す。この値は人力加振の値を示しているが，クレーン車加振による計測結果との差は僅か0.8%程度である。計算値は橋台背面の裏込め土の影響を考慮していないため誤差が大きくなっているが，鉛直たわみ振動に対する固有値は，基礎のパネを考慮したラーメン構造の解析値と両端固定ばりとして求めた計算結果の間にある。しかし，ねじり振動に対する固有値については，どちらの計算結果と比較しても小さい値を示している。

次に対数減衰率の結果を表-2に示す。どちら値も0.03前後であり，比較的減衰しにくい振動特性を持つことが明らかとなった。なお，過去に測定された連続2主1桁橋と比較すると，固有値で2～3倍程度の値となっているが，対数減衰率はほとんど同じである⁸⁾。

5. 経時挙動計測

今後，気温の変化に伴う主桁と橋台の変位を計測し，その挙動と長期安全性を確認する予定である。計測は2年以上，四季を通じて行い，橋梁の変位に影響を受けない不動点からの測量（光波測距儀）により変位量を把握する。図-12に光波測量用のターゲット設置位置を示す。橋台の変位は常設されている傾斜計でも同時に計測し，精度の向上を図る。さらに，主桁，床版内部に設置されているひずみゲージによりひずみの計測も行っている。なお，測量精度は，静的載荷時に同時に行った測量結果と変位計の測定値を比較したが，水平で2mm，

鉛直で1mm程度の誤差が生じることが分かった。



(a) 人力による加振



(b) クレーン車による加振

写真-3 振動実験状況

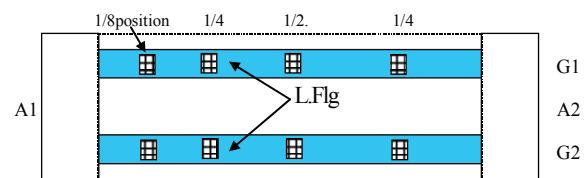


図-11 加速度計設置箇所

表-1 固有値の計測結果 (Hz)

	解析値	計測値	解析 / 実測
たわみ1次	4.35 (6.50)	5.18	0.840 (1.255)
ねじり1次	5.88 (6.50)	5.03	1.169 (1.292)

()内は固定ばりとしての計算結果

表-2 対数減衰率

	G1	G2	平均値
たわみ1次	0.027	0.031	0.029
ねじり1次	0.033	0.030	0.032

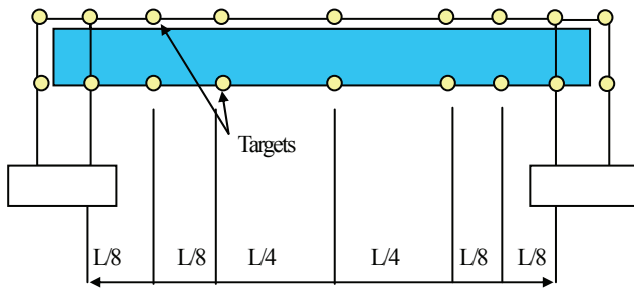


図-12 光波測量のためのターゲット設置箇所

6. まとめ

橋台と2本の鋼 I 桁からなる剛結部および橋梁全体の挙動は設計値に近い挙動を示した。しかし地盤バネは設計値より大きな値を示しているため、設計時のバネ値の算定精度の向上が今後の課題と考えられる。

また、本橋の構造減衰は他の2主 I 桁橋梁と同様に大きくないので、振動に関する観察を継続することが重要である。さらに今回の初期データと、年間を通じた橋体の経時挙動計測から特性を把握し、維持管理の方針を構築することが重要であると考えられる。

謝辞：計測にあたり、株式会社フジエンジニアリングの協力を得た。ここに記して深謝する。

参考文献

- 1) 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, pp936-945, 2007.3.
- 2) Wada W. and Yasukawa Y., “A Design of Portal Ramen Bridge That Has Steel Girders Embedded in RC Abutments by Using Perfobond Rib Shear Connector Placed Web and Upper/Lower Flanges”, *Proceedings of The 6th Japanese-German Bridge Symposium*, 2005.
- 3) Ashizuka K. Sakate M. Kiso S. and Kurita A., “Proposal for Rationalization of Connection Detail between steel Girder and RC Abutment for a Portal Rigid Frame Bridge”, *Proceedings of The 7th German -Japanese Bridge Symposium*, 2007.
- 4) 大久保, 村田, 広江：小針岸川橋の設計と施工, 片山技報 16, 1996.12.
- 5) 塩永, 河野, 川辺, 上田：鋼ポータルラーメン橋「色太第三橋」の実験と施工, 石川島播磨技報, Vol.44, No2, 2004.3.
- 6) 道下, 本間, 平田, 櫻井, 渡部, 藤川：インテグラル複合ラーメン橋(西浜陸橋)の設計と施工, 橋梁と基礎, Vol.35, No.2, pp.11-18, 2001.2.
- 7) 野村, 土橋, 長田, 中島：鋼コンクリート複合ポータルラーメン橋の設計・施工—北関東自動車道江川橋—, 第6回複合構造の活用に関するシンポジウム, pp7-1~7-6, 2005.11.
- 8) 村越, 麓, 芦塚, 清田, 宮崎：鋼少数主桁橋の耐風安定性と振動特性に関する実験的検討, 橋梁振動コロキウム'03 論文集, 2003.9.

CONSTRUCTION AND FIELD TESTS OF PORTAL RIGID FRAME BRIDGE APPLIED STEEL COMPOSITE GIRDERS

Kenichiro ASHIZUKA, Hirokazu MIYATA, Keizo EGASHIRA,
Shuichiro KISO and Akimitsu KURITA

The Shimotaniike Bridge in Hanwa Expressway is a portal rigid frame bridge applied steel composite girder. The design method of this bridge and the rational connection detail between steel girder and RC abutment has already been reported. The popularization of this type is expected because of the substantial advantages, which are, for example, comfortable driving, high earthquake resistance and low maintenance costs. Therefore, it is important to carry out loading and vibration tests when the construction of this bridge was completed and to compare with the data between analytical and experimental values for the bridge management. Then, we obtained useful data by loading tests using the heavy truck cranes after completion. In this paper, we report these results and also the measurement plan for time dependent behavior of this bridge