鋼橋送出し架設工法（集中方式）における 反力管理に関する2, 3の考察[†]

STUDY ON REACTION FORCE CONTROL OF LAUNCHING ERECTION METHOD FOR STEEL BRIDGES BY USING CONCENTRATED SYSTEM

前田 研一*・西土 隆幸**・本田 進***

By Ken-ichi MAEDA, Takayuki NISHIDO and Susumu HONDA

The launching erection of steel girders has been taking place much more often at present. There are two major methods of launching. The first uses hydraulic sliding shoes, and the second uses sliding plates and extrusion oil jacks. Both are effective methods and are selected to suit the respective characteristics. The former method was established first and applied even to a sharply curved steel girder some years ago.

However, it is only recently that there has come to be sufficient experience with the latter method. The authors have performed various investigations in order to bring about the establishment, and had an opportunity of the launching erection for a curved steel girder by using concentrated system first in Japan.

This report deals with a few discussion about the reaction force control as a result of many investigations and field measurements. Because the control which assures of the web plate strength is one of the major problems of erection.

Keywords: launching erection, curved girder bridge, reaction force control, web plate strength

1. 緒 言

わが国における鋼橋の送出し架設の起源は明治41年と非常に古く、その後、大正11年にはすでに手延べ式の架設も行われている¹⁾。手延べ式の送出し架設工法は、当初、鉄道橋の架設に主として利用されてきたが、近年では、架設環境の変化もあって、河川橋梁や跨線橋などの工法として鉄道橋、道路橋の別なく積極的に用いられるようになってきている。

本工法の旧来からの送出し設備は、一般に、鋼桁の仮支点上にローラーを設け、ウインチにより牽引するものであった。しかしながら、ローラーでは一種の線支承となつて現在の薄い腹板では座屈に対する安全性が低くなること、および、ウインチでは牽引力の大きさと送出し

量の制御に問題があることなどが欠点とされてきた。

池田、高岡、花村ら^{1), 2)}は、これらの点を解決するために、支点を平板とし、油圧ジャッキによって牽引する図—1に示すような滑り装置を、昭和45年に開発した。滑り台上を滑動する滑り沓には、摩擦係数の非常に小さい四弗化エチレン樹脂で加工されたプレート（いわゆる

図—1 滑り装置の機構

図—2 油圧送り装置の機構

[†] 第39, 43回全国大会年次講演会（昭和59年, 63年度）にて一部発表。

* 正会員 工博 川田工業(株) 技術本部中央研究室長
(〒114 北区西ヶ原3-45-4)

** 正会員 工修 川田工業(株) 技術本部中央研究室(同上)

*** 正会員 栃木県鹿沼工事事務所課長

(〒322 栃木県鹿沼市今宮町1664-1)

テフロン板) が用いられており、牽引用ジャッキによって容易に安全に送り出すことができるようになっている。

滑り装置の開発は、鋼橋の送出し架設の飛躍的な発展をもたらし、本工法の普及に大きく貢献したといえる。その後まもなく、この装置はPC橋の押し出し架設工法にも適用され現在も押し出し装置の一種として、ほぼ原型の状態で定着している。これに対して、鋼橋用の装置はより安全かつ効率的なものを目指して改良が加えられ、現在では図—2に示すような装置が用いられており、テフロン板の替わりに油圧浮上機構により摩擦抵抗を軽減して送出す方法が取られている。

この油圧送り装置の出現は反力管理システムの構築を容易にし、その集大成として急曲線箱桁橋の送出し架設^{3),4)}に適用され、多大な成果を収めるに至っている。したがって、本方式による鋼橋の送出し架設工法は確立された感がある。

他方、上述の方式とは逆に、PC橋の押し出し装置の一種(集中方式)を鋼橋の送出し架設用に転用した別の方式があり、図—3に示すような送出し設備が過去用いられてきた。本方式の場合、テフロン板は四辺形の薄板(滑り板)であり、主桁と仮支点(滑り台)の間隙に緩圧材とともに連続的に挿入され、滑り台表面に貼付けられたステンレス板上を先端まで滑動した後、逐次除去される。また、主桁の送出しは、センターホール型の引出しジャッキを用いて、反力装置ブラケットに一端を定着したゲビンダスタープを引出すことにより行われる。

集中方式は、テフロン板を挿入、除去するための人員を必要とするが、分散方式の場合のように特殊で複雑な送出し設備は必要でない。したがって、将来は互いに相補い合い、適時、適所で選択されて適用されていくものと思われる。しかしながら、現状では、集中方式はまだ実績も少なく、本方式特有の問題点もあり、十分に確立されているとはいえない状況である。

集中方式の場合、特に問題となるのは仮支点における反力の設計分布幅の決定方法であり、その値を的確に定めるためには実橋送出し時における連続的な反力、反力

分布測定によるデータの蓄積が不可欠であったが、従来の送出し設備やセンサーではこれらのデータの計測が容易ではなかった。また、本方式の場合、仮支点上での反力分布が先端に集中する傾向が強く、分散方式の場合の設計分布幅を下回る可能性さえあり、腹板の補強など経済性の面からも送出し設備の改良が望まれていた。さらに、これらの問題がほぼ解決され、適切な反力管理システムの構築が可能とならない限り、本方式の曲線桁への適用は困難であった。

著者らは、このような観点からテフロン板による集中方式の鋼橋送出し架設工法に着目し、実橋架設^{5),6)}の機会をとらえて、送出し設備の改良、センサー、施工管理システムの開発、および、室内実験、現場管理計画を行ってきた。また、これらの直橋における成果を踏まえて、曲線桁への適用を検討してきたが、さらにその後、わが国で初めて本方式による曲線箱桁橋の実橋送出し架設⁷⁾を行う機会を得て、種々の架設検討、および、施工管理を実施できた。したがって、曲線桁特有のものも含めて、多くの実測データを収集することができた。

本報告は、主に反力管理を対象として、これらの結果について述べ、その比較、考察を行うことにより、集中方式の鋼橋送出し架設工法の確立に有用な資料を得ることを試みたものである。

2. 腹板の座屈照査と送出し設備の改良

鋼橋の送出し架設においては、腹板の座屈に対する照査が必要であり、鋼道路橋施工便覧(道路協会、昭和60年2月)⁸⁾の付録に次のような照査法が示されている。

すなわち、図—4に示すように、曲げ応力度 σ_{xb} 、軸方向応力度 σ_{xc} 、せん断応力度 τ のほかに、仮支点の反力による局所的な垂直方向の応力度 σ_{yc} が腹板に作用することから、次式によって補剛材で囲まれた各区画ごとに合成座屈に対する照査を行って安全性を確認するか、あるいは、文献9)によって所要座屈安全率を照査することが示されている。

$$\left(\frac{\sigma_{xb}}{\sigma_{xbcr}} \right)^2 \cdot F_s^2 + \left(\frac{\pm \sigma_{xc}}{\sigma_{xcrr}} \right) \cdot F_s + \left(\frac{\gamma \cdot \sigma_{yc}}{\sigma_{ycrr}} \right)^2 \cdot F_s^2$$

図—3 テフロン板による集中方式の送出し設備

図-4 腹板の応力

図-5 反力による座屈係数

$$+\left(\frac{\gamma\tau}{\tau_{cr}}\right)^2 \cdot F_s^2 \leq 1.0 \quad \cdots \cdots (1)$$

ここに、

F_s : 合成座屈安全率 (=1.70/1.25)

$\sigma_{bcr} = k_b \cdot \sigma_e$: 曲げによる座屈応力度

$$\left(\sigma_e = \frac{\pi^2 E}{11} \left(\frac{t}{b}\right)^2\right)$$

$\sigma_{xcr} = k_x \cdot \sigma_e$: 軸方向の座屈応力度

$\tau_{cr} = k_\tau \cdot \sigma_e$: せん断による座屈応力度

$\sigma_{ycr} = k_y \cdot \sigma_e$: 反力による垂直方向の座屈応力度

γ : 不均等荷重による割増し係数 (不均等係数)

であり、座屈係数 k_b , k_x , k_τ は、道路橋示方書、DIN あるいは座屈関連の参考書等によって弾性座屈応力度を求め、次に道路橋示方書の基準耐荷力曲線から塑性域の低減を行うことによって計算される。

これに対し、座屈係数 k_y は、仮支点的反力の設計分布幅 c が補剛材間隔より小さい場合、図-5、あるいは、前出の文献 9) によって計算される。この図は、局部的な等分布荷重が作用した状態での FEM 解析を実施し、

$$\alpha = \frac{a}{b}, \quad \beta = \frac{c}{a} \quad \cdots \cdots (2)$$

をパラメーターとして座屈係数をまとめたものである。

以上の計算によって式 (1) を満足できない場合には、垂直補剛材あるいは水平補剛材等を取り付けて補強する必要がある。

この照査方法を適用する際に問題となるのが仮支点的反力の設計分布幅 c の値であるが、図-2 に示した油圧送り装置を用いた分散方式の場合には、その構造から容易に決定できる。しかしながら、図-3 に示した送出し

図-6 仮支点的構造詳細

写真-1 ユニバーサルジャッキの検定

設備を用いた集中方式の場合には、曲線桁はもちろんのこと、直橋においても明確ではなく、分散方式と同じ値を用いたり、不均等荷重による割増し係数 (不均等係数) γ の値に余裕をもたせてより安全側の照査を行うことなどで対処してきた。したがって、この問題を解決し、反力の設計分布幅を的確に定めるために、実橋送出し時における連続的な反力、反力分布測定によるデータの蓄積が不可欠であった。

また、この設計分布幅 c の値を拡大できれば、補強箇所が減少するなど、経済性、安全性の面で有効であることは明らかである。集中方式における従来の送出し設備は、PC 橋用のものをそのまま転用したものであり、鋼桁の場合は変形が比較的大きく、特に手延べ桁が次の仮支点到達する直前の状態では、仮支点上での反力分布が先端に集中する傾向が強く、設備の適切な改良が必要であった。

そこで、図-6 に示すような仮支点的の構造を考え、新たに製作した。この仮支点的は、図に示したように、ユニバーサルヘッドを有する鉛直ジャッキ (600 t/台、ストローク 70 mm) を内蔵しており、反力の連続的な管理、および、回転変形の吸収による反力分布の平滑化が可能である。ただし、たわみ角、ねじり角にそれぞれ対応す

の検討が可能となった。

（2）実橋における反力の計測

改良型仮支点を最初に適用した実橋送出し架設⁶⁾の概要を図-10に示す。本橋は2-Box桁 (G_1 , G_2 桁) であり, 1 Box ごとに送出し後, 横取りして正規の位置に設置する方法が採られた。ここでは, G_1 桁に関する計測結果を示すが, 架設完了までのステップ数は43であった。

a) 送出し時の反力測定

送出し時の反力測定は, 前章で触れた圧力変換器, ストレインメータにより, 各ステップで連続的に行った。 P_2 , P_3 橋脚上の上, 下流側腹板位置における仮支点反力の測定結果を図-11に示す。図に示した設計許容値は計算値に不均等係数を乗じたものであり, 連動ジャッキの場合1.2で十分であったが, 改良型仮支点による最初の施工ということもあり, 係数の値としてかなり安全側の1.5を採った。

この図からは, 送出し時にすべてのステップで, 各反

図-11 各ステップにおける反力の測定結果

図-9 最大主応力の測定結果

図-10 改良型仮支点による送出し架設の概要

写真-3 実橋における仮支点の反力分布測定

図-12 改良型仮支点の反力分布の測定結果

力の実測値が設計許容値をはるかに下回っていること、および、上、下流側の反力の実測値がほぼ等しくなっていることがわかる。

b) 反力分布測定

反力分布測定（写真—3参照）は、前述した測定要領に従って、圧力センサー、ストレインメータを用い、送出しを一時中断して静止状態で行った。

図—12に、手延べ桁先端がP₄橋脚上の仮支点到達直前の架設ステップ（ステップ-32）における、P₃橋脚上仮支点の反力分布の測定結果を示す。この図には、各仮支点の反力の計算値、および、圧力センサー挿入時のP₃橋脚上仮支点の反力の実測値を同時に示した。

また、上図には、腹板の座屈安定性の照査時に仮定した設計分布幅 700 mm に対応する反力分布の計算値についても示した。すなわち、ここでは図に示さなかったが、反力分布の設計許容値は、この計算値に不均等係数 1.5 をさらに乗じたものである。

一方、図—13は、比較のために、従来型の仮支点を使用した実橋送出し架設時⁵⁾における感圧フィルムによる反力分布の測定結果を示したものである。橋梁の規模、架設状態ともにほぼ同様のものであり、この図にも、反力の実測値のほか、設計分布幅 600 mm に対応する反力分布の計算値を同時に示した。

図—12に示した結果から、ユニバーサルジャッキを用いた改良型仮支点を適用したことによって、図—13の従来型仮支点の場合に比較し、反力分布がかなり平滑化されていることがわかる。また、反力の実測値と計算値とは、大きな差異はみられない。したがって、反力分布の最大値は計算値をかなり下回り、計算値に不均等係数 1.5 を乗じた設計許容値をはるかに下回っていることがわかる。

なお、図—13の従来型仮支点の場合には、設計分布幅を 600 mm と狭くする一方、不均等係数も 2.0 と大きな値を採っており、この場合にも実橋腹板の座屈安定性は十分に確保されていることがわかる。

図—13 従来型仮支点の反力分布の測定結果

c) 測定結果の考察

実橋送出し時の反力、反力分布の測定結果からは、改良型仮支点の効果が非常に大きいといえた。今後、多数の実橋架設に使用され、測定データが十分に蓄積されれば、直橋の場合には、これらの測定を含む特別の施工管理なしに安全な架設を行えることを予測できた。

さらに、腹板の座屈安定性を照査する際に適用される反力の設計分布幅の値を、不均等係数の値とともになり低減できることも予測できた。この低減が可能になれば、補強を必要とする箇所も減じることになり、安全性のみならず経済性にも寄与できることになる。

4. 曲線桁への適用と現場施工管理

前章で述べた反力、反力分布測定を含む、直線桁の実橋架設における施工管理計測結果とそれらの考察を踏まえ、テフロン板を用いた集中方式による送出し架設工法の鋼曲線桁への適用を検討した結果、十分安全な架設が可能と判断され、わが国で初めて「峠大橋（旧名：塩原9号橋）」⁷⁾に適用する機会を得た。

本橋は、尾頭峠（標高 1 142 m）を挟む区間での一般国道 400 号線改良計画に伴い、山肌に沿って平面線形の曲率半径 $R=100\sim 200$ m で計画された橋長 188 m の曲線 2 箱桁橋（単純箱桁橋 + 3 径間連続箱桁橋）である。地形的制約から架設用重機等の桁下への搬入が不可能であったこと、および、急曲線桁の全径間を送出し架設することは困難であったことから、図—14に概要を示すように、トラベラクレーンによる片持ち式架設と、テフロン板による送出し架設とが併用された。

本章では、曲線桁である本橋の送出し架設部分に関して、架設工法の特徴、施工管理システムの構築、および、現場施工管理結果について、主に反力管理に関するもの

図—14 「峠大橋」の架設工法の概要

図—15 A₂橋台、P₃橋脚上仮支点 図—16 P₂橋脚上仮支点

図—17 手延べ桁昇降装置

写真—4 曲線桁の送出し架設状況

を対象に述べ、考察を加える。

(1) 曲線桁架設工法の特徴

まず、曲線桁の架設に特有のものを中心に本橋の送出し架設における仮設設備、および、架設検討の特色について述べる。

a) 仮設設備

本橋の場合、左右の箱桁 (G₁ 桁, G₂ 桁) を横桁により一体化して、架設中の主桁の安定性を高め、2 箱桁を同時に送出すこととした。また、本橋の正規の縦断勾配は 7.6 % であったが、滑動に対する安全性の強化、送出し時の引出し力、および、送出し完了後の主桁の扛下量の低減等を図るため、4.3 % 勾配で送出すこととした。

したがって、仮支点の構造詳細、および、設置高さは、上述の点に配慮して決定した。A₂ 橋台、P₃ 橋脚上の仮支点の構造詳細を図—15 に示す。各箱桁の 2 台の反力管理用ユニバーサルジャッキ (600 t/台、ストローク 70 mm) は、左右の腹板における反力を均等に保てるように、連動させた。また、ステンレス板を表面に貼付けた仮支点の滑り台の幅は、主桁が橋軸直角方向に移動することを考え、直線桁の場合の 500 mm (テフロン板の幅は 400 mm) よりも相当広くし 900 mm とした。

他方、P₂ 橋脚上の仮支点については、図—16 に示すように、手延べ桁の橋軸直角方向移動量が非常に大きいことから、斜ペントを取り付け、ステンレス板を表面に貼付けた幅 13.2 m の滑り台を送出し方向に直角に設置した。ここに、滑り台の所要幅は、P₂ 橋脚到達直後、および、送出し完了の両者の状態における手延べ桁の位置関係から算出したものに余裕幅を加えて決定した。

さらに、P₂ 橋脚到達直前の状態では、手延べ桁先端がねじれ成分を含む大きな変形を生じ、温度変化の影響も考えられたことから、図—17 に示すような昇降装置を設置し、能力にかなりの余裕をもたせた 30 t 吊りチェーンブロックにより手延べ桁先端を仮支点上に載せることとした。

本橋の送出し架設状況を、写真—4 に示す。

なお、引出しジャッキはストローク 500 mm (能力 200 t) のものを、ゲビンデスタープは径 36 mm のものを使用した。また、これらのほか、引出しジャッキの盛替え時等における下り方向への滑動を防止するため、惜しみワイヤーを各所に配置した。

b) 架設検討

送出し工法による架設をステップ—1~40 のステップに分け、曲線格子桁モデルを用いた計算結果をもとに、種々の架設検討を実施した。

曲線桁である本橋の場合、設計時における支間割りの決定の際のみならず、送出し架設途中においても、支点の負反力に対する適切な処置が必要であった。直線桁の

図—18 仮支点負反力の対処方法

場合にも生じる手延べ桁の張出し長の増加による後方仮支点の負反力に加え、手延べ桁のねじれによる負反力も生じるからである。このため、図—18に示すように、ステップ-18'～23'では、新たに連結されたG₂桁ブロックにG₁桁ブロックを載せた状態で送出し、A₂橋台上仮支点における負反力に対処した。

腹板の座屈安定性の照査は、前々章の式(1)に従って直線桁と同様に行った。反力の設計分布幅については、ねじれ変形の影響も考えられたが、前章に示した直橋における測定結果からはかなりの余裕がみられたため、不均等係数値を1.5として800mmの値を採用した。

さらに、温度変化に伴うねじれ成分を含む送出し桁の変形と、それによる反力をはじめとする各断面力の変動量を把握するために、汎用解析プログラムNASTRANによる温度解析を実施し、安全性を確認した。

なお、テフロン板の設計摩擦係数の値は0.10とし、これによる摩擦抵抗力に、勾配抵抗力、借しめ抵抗力、および、付加抵抗力を加えて算出される引出し力の最大値を、送出し桁の総鋼重344tで除して求めた換算摩擦係数の設計許容値は約0.20であった。

(2) 施工管理システムと管理項目

本橋では、図—19に示すようなパソコンによる施工管理システムを架設現場に構築して、仮支点の反力、回転変形と標高、引出しジャッキの引出し力、および、仮支点の反力分布を集中的に計測し、施工管理を実施した。引出し力の実測値については、その状態での送出し桁鋼重で除して、換算摩擦係数の実測値を同時に求めた。

これらの施工管理項目は、反力分布を除き、各架設ステップで連続的に測定され、設計許容値等とリアルタイムで比較することによって、常に安全性を確認しながら架設を進めた。

特に、反力が設計許容値を超えた場合、反力の実測値とその状態でのせん断力、曲げモーメントの再計算値を用いて、腹板の座屈安定性を再照査できる機能を本システムにはもたせた。これは、各腹板パネルの座屈安定性

図—19 施工管理システム

が3種の断面力の最大、最小値(反力、せん断力の場合には不均等係数を含む)を用いて照査されていることを考えれば、特定の架設状態における反力が設計許容値を仮に上回ったとしても、必ずしも不安定とはならないことを予測できたからである。

それに加え、負反力の発生などの不測の事態に対する備えとして、各仮支点到強制変位を与えて標高を変え、反力の調整を行う場合を想定し、この強制変位の所要量を即座に算出できる機能ももたせた。

反力分布の測定は代表的な架設ステップのみで実施し、設計許容値との比較により、設計分布幅の妥当性を確認することとした。

さらに、直接の施工管理項目とはしなかったが、前節で述べたように、温度変化に伴う変形と、それによる各断面力の変動量の把握のために実施した温度解析の妥当性、および、安全性を確認することを目的として、手延べ桁先端がP₂橋脚上仮支点到到達前の架設ステップで熱電対、レベル、および、トランシットにより、手延べ桁を含む送出し桁の表面温度、温度変化に伴う変形の測定なども行った。

(3) 現場施工管理結果とその評価

前々節、および、前節に示した仮設設備、および、施工管理システムを使用し、本橋の送出し架設を実施した結果、ほぼ予定どおりの工期で無事完了できた。

本橋の現場施工管理結果とその考察、および、それらに対する総合的な評価について、以下に述べる。

a) 送出し設備の挙動

仮支点の回転変形と標高の測定結果からは、送出し途中における仮支点の過度の変形はみられなかった。

また、目測によってではあるが、送出し中における桁の橋軸直角方向移動量は後述するように温度変化に伴う変形が小さかったことから、幾何学的な位置関係のみによって求めた計算予測値とほぼ一致し、P₂橋脚上仮支点の滑り台の幅13.2mが適切であったといえた。

なお、反力管理には直接関係しないが、引出し力の実測値から求めた換算摩擦係数の測定結果は、図—15に示した横移動防止装置と送出し桁との接触によって、ほとんどの架設ステップでテフロン板の設計摩擦係数を上回ったものの、設計許容値にはかなりの余裕があり、ゲ

ピンデスターブの断面等も十分余裕があった。

b) 仮支点の反力

A₂ 橋台上、および、P₃ 橋脚上仮支点の反力について、A₂ 橋台上を手延べ桁が通過直前のステップ-10 から実施した管理結果を図-20 に示す。

これらの図から、A₂ 橋台上仮支点（G₂ 桁）の反力の実測値がほとんどの架設ステップにおいて設計許容値を超えていることがわかるが、この仮支点では反力の値そのものがかなり小さく、前節に述べた要領で腹板の座屈安定性の再照査を行った結果からは問題なく、送出しを中断することなく進めることができた。

これに対し、P₃ 橋脚上仮支点では、反力値が比較的大きい G₁ 桁のみならず、それが小さい G₂ 桁においても、実測値が一部の架設ステップで計算値を上回っているものの、設計許容値よりはかなり小さかったことがわかる。

図-20 A₂ 橋台上、P₃ 橋脚上仮支点の反力管理結果

さらに、負反力が発生するような不測の事態も起こらず、仮支点に強制変位を与えて反力を緊急に調整するようなことはなかった。ただし、負反力の発生を継続的に監視することの重要性は現場において非常に感じられ、この面からも施工管理システムは力を発揮できた。

c) 仮支点の反力分布

代表的な架設ステップで実施した反力分布の測定結果の一例として、仮支点負反力の対処方法の項で図-18 に同時に状態図を示したステップ-18 で実施した P₃ 橋脚上仮支点における測定結果を図-21 に示す。

この図から、G₁ 桁では、反力分布の実測値の最大値が計算値をわずかに上回る箇所があるものの、計算値に不均等係数 1.5 を乗じた設計許容値に対しては十分余裕のあることがわかる。他方、G₂ 桁では、前出の図-20 に対する考察でも触れたように、このステップは反力の値そのものが小さく実測値が計算値を若干上回った状態にあり、反力分布の実測値も計算値を一部の箇所上で上回っているが、設計許容値を超えるほどのものはみられない。

他の測定ステップでもほぼ同様であり、したがって、架設検討時の設計分布幅が、実橋架設時において十分に確保されているといえた。

d) 温度変化に伴う変形の影響

温度変化に伴う送出し桁の変形の測定は、図-18 に状態図を示したステップ-18' で実施したが、橋軸直角方向の変形については最大実測値 35 mm と小さかったことから、鉛直変位の測定結果について、AM 7:11 ~ 10:40 の時間における温度変化に対応するものを一例として図-22 に示す。

上図には、手延べ桁の温度勾配を零とし、主桁の温度勾配には実測値から求められた値を用いて NASTRAN による温度解析を実施した結果も実線で示したが、実測

図-21 P₃ 橋脚上仮支点の反力分布

図-22 温度変化に伴う送出し桁の鉛直変位

値とよく合致していることがわかる。

そこで、ステップ-18'のみではなく、手延べ桁先端がP₂橋脚上仮支点到達後のステップ-23'についても同じ温度勾配を与えて温度解析を実施した。温度解析の結果から得られた、両ステップにおける各仮支点の反力の変動量を表-1に示す。

この表からわかるように、反力の変動量は大きくなく、ここでは省略したが、他の断面力についても大きな変動はみられなかった。与えた温度勾配は上下フランジの温度差で最大約20℃であり、過去にわが国で測定された最大値40℃を想定したとしても、対処できないほどの過大な変動は起こさないことがわかる。

これらの結果は、架設検討時に温度解析により安全性を確認した結果と一致しており、したがって、温度変化に伴う送出し桁の変形の影響は、温度解析、現場計測等により十分な配慮を払いさえすれば、特に重大な問題ではないといえた。

え) 曲線桁送出し架設の総合評価

本節で示した現場施工管理結果とその考察からは、唯一橋の施工例ではあるが、集中方式による送出し架設工法によっても鋼曲線桁橋を十分に架設できることが確かめられた。

すなわち、本橋の場合のように、腹板の座屈照査時に適切な構造解析モデル、反力の設計分布幅、および、不均等係数を取り、温度の影響や負反力に対する配慮を怠らずに、架設現場において適切な仮設設備、および、施工管理システムを設置すれば、十分安全な架設が可能であるといえた。

5. 結 言

本報告で述べた結果からは、直線桁のみならず、曲線桁に対しても反力管理に関する有用なデータを得ることができ、集中方式による鋼橋送出し架設工法を確立し、適用範囲を拡大するうえでの有用な一資料を提供するこ

表-1 温度変化に伴う反力の変動量

(単位：t)

		ステップ-18'	ステップ-23'
P ₂ 仮支点	G ₁ 桁	—	0.88
	G ₂ 桁	—	0.18
P ₃ 仮支点	G ₁ 桁	-4.14	-5.23
	G ₂ 桁	4.05	2.44
A ₂ 仮支点	G ₁ 桁	4.12	1.44
	G ₂ 桁	-4.03	0.29

とができたとしてもよいと思われる。

今後も、実橋、特に曲線桁の施工管理データをさらに蓄積していく予定である。本報告が本工法のより急速な発展に寄与できれば幸いである。

最後に、圧力センサーの開発にあたり多大なご協力をいただいた(株)東京測器研究所、ならびに、東京ファブリック工業(株)の関係各位に対し、心より謝意を表したい。

参 考 文 献

1) 池田 肇：鋼橋の送出し架設工法——滑り装置による実績と今後の課題——，土木学会誌，Vol. 66，No. 2，1981。

2) 高岡司郎・花村慎之助：「滑り装置」による引出工法について，橋梁，Vol. 11，No. 7，1974。

3) 佐藤章次・飯田字朗・長谷川進：黄金高架橋の設計——曲線箱桁橋の送出し架設——，橋梁と基礎，Vol. 19，No. 9，1985。

4) 徳永眞一・浅野勝博・佐野健司・松村則孝：黄金跨線道路橋の架設工事——急曲線箱桁の送出し架設——，土木施工，Vol. 27，No. 10，1986。

5) 永井重光・生原 勲・前田研一・西土隆幸・松野和夫：テフロン板使用の鋼桁引出し工法における問題点とマイコンによる施工管理プログラム，橋梁，Vol. 20，No. 2，1984。

6) 岡田 勝・服部育夫・松田哲二・渡辺 潔・西土隆幸：テフロン板による鋼桁送出し架設工法——新揖斐川橋——，橋梁と基礎，Vol. 20，No. 12，1986。

7) 本田 進・小島輝久・間島謙一・西土隆幸：塩原9号橋の架設——テフロン板による曲線桁送出し架設——，橋梁と基礎，Vol. 22，No. 9，1988。

8) 日本道路協会：鋼道路橋施工便覧，pp.408～411，昭和60年2月。

9) 伊藤敏一：鉛直局部荷重を受けるプレートガーダー腹板のDASt指針012による座屈照査例，橋梁と基礎，Vol. 18，No. 3，1984。

(1989. 11. 28・受付)