

I-88

曲線2主桁橋の送り出し架設実験

北海道大学大学院工学研究科○学 生 員 小山 明久
 北海道大学大学院工学研究科 正 員 平沢 秀之
 北海道大学大学院工学研究科 フェロー 林川 俊郎
 北海道大学大学院工学研究科 フェロー 佐藤 浩一
 北海道大学大学院工学研究科 正 員 及川 昭夫

1.はじめに

2主桁橋は近年注目されてきている合理化橋梁形式の一つで、構造の簡略化、施工の機械化、維持補修の容易さ等から、次世代の有力な橋梁形式として期待されており、研究例、施工例も増加傾向にある。この2主桁橋を対象とした研究では、横桁の配置位置や立体挙動に関する研究、主桁の補剛設計法に関する研究、主桁間隔の増大に対応したPC床版に関する研究等^{1), 2), 3)}多数見られる。道内では日本道路公団北海道縦貫自動車道ホロナイ川橋、北海道横断自動車道千鳥の沢川橋等の施工例がある。

一方、送り出し工法は鋼橋架設の際に用いられることが多く、山間部や河川、道路等でベントや重機の設置が困難な場合に適した工法である。この工法は設備の大型化や架設途中の計測に使用される測定機器の高性能化等により、比較的安全に架設できるようになってきている。架設時構造系の2主桁橋を対象とした研究例では、直線2主桁橋の架設時構造系の横ねじれ座屈強度特性に関する研究、施工時の安定性を解析的に検討した研究等^{4), 5)}が見られるが、本格的な曲線桁に2主桁形式を採用した場合の架設時構造系における力学的特性に関する研究例はあまり見られない。曲線桁橋は従来、ねじり剛性の大きい箱桁、並列1桁形式等が用いられてきたが、今後鋼橋の合理化への要求が高まれば、2主桁形式も用いられていく可能性が考えられる。曲線桁橋を送り出す場合、ねじり変形を伴う為桁の挙動や支点反力状態が直線桁橋と比べ複雑となり、実際の適用にあたっては架設時構造系も含めた、曲線2主桁橋の構造特性を把握する必要がある。

そこで本研究では曲線2主桁橋を対象とし、特にその送り出し架設時に注目して、曲線2主桁橋の架設時構造系における構造特性を実験的に把握することを目的とした。実験供試体にはアクリル板を用いて実験室規模の曲線2主桁橋を製作し、主桁の支点位置を移動させて送り出し架設状態を再現した。そして直線橋と異なる力学的特性の内、支点部に作用する反力と、桁先端部の挙動に着目して実験でそれらを調べた。実験パラメータとしては、主桁の張り出し量と支点のジャッキアップ量を用いた。また横桁間隔を変化させたり、横構を配置する等構造が異なる場合についてもその影響を調べた。

2.実験モデル

実験で使用した曲線2主桁橋供試体は実験室規模の2径間連続桁で、全ての断面に板厚2[mm]のアクリル板を用いて製作した。実験供試体を図-1に、その構造諸元及び断面寸法を表-1に示す。アクリル板の弾性係数は材料試験より3000[N/mm²]である。主桁及び横桁断面は全て一定で、横桁は中段配置とした。横桁は取り外し可能で横桁間隔を変えられるようにしてある。また主桁径間端部には、中間横桁よりも桁高の大きい端横桁を設置した。図-2に供試体の平面図と支点位置を示す。桁全体をジャッキあるいは送り出し台車を想定した4つの支点 S_{1R} 、 S_{1L} 、 S_{2R} 、 S_{2L} で支持し、支点には反力を測定できるように計りを設置した。張り出し先端から前方支点 S_{2R} 、 S_{2L} までの距離を張り出し長とし、前

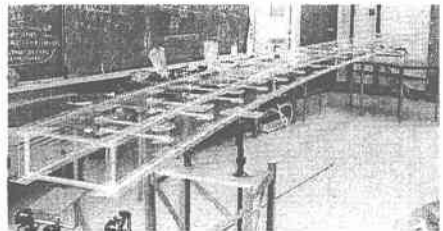


図-1 実験供試体

Construction tests for curved two-girder bridges by launching method

by Akihisa KOYAMA, Hideyuki HIRASAWA, Toshiro HAYASHIKAWA, Koichi SATO and Akio OIKAWA

方支点を移動する事で張り出し長を変化させた。送り出し架設時の際のジャッキアップ・ダウン作業を想定し、前方支点を鉛直方向に強制的に変位させることができるようにした。また、レーザー変位計を桁先端部に設置して変位を測定した。

本実験では、実験供試体の横桁間隔を変化させたり、支点部付近に上下横構を配置してそれぞれ構造の異なる場合を再現したが、特に①横桁配置間隔395[mm](L/8間隔)、②横桁配置間隔790[mm](L/4間隔)、③横桁配置間隔395[mm](L/8間隔)で支点部付近に上下横構を配置の3ケースに着目してその影響を調べた。

3. 支点反力

図-3(a)は前方台車を移動させて張り出し長を変化させた時の各支点に生じる支点反力を表している。グラフの横軸は前方支点 S_{2R} 、 S_{2L} の位置で張り出し先端部からの距離を表している。縦軸は各支点における鉛直反力の死荷重に対する割合を表し、4支点の合計で1となる。図より前方支点位置が大きくなるにつれ、すなわち張り出し長が大きくなるにつれて鉛直反力の負担が後方支点から前方支点へと変化していき、特に張り出し長が最大となる付近では、前方左側支点 S_{2L} が単独では60%の死荷重を負担している。これは曲線桁の構造全体の重心が曲率中心側に存在しているためで、その付近にある S_{2L} に負担がかかる。このことから曲線桁では張り出し長が大きくなると、一つの支点への負担が大きくなり構造全体のバランスが悪化していくことが分かる。しかしながら張り出し長が最大になる付近においても4つの支点のうちで鉛直反力が0になる支点はなく、送り出し桁の4点支持状態が保持されており、鉛直反力を失って転倒する状態には至っていない。図-3(b)は2.で述べた①～③の各構造毎のそれぞれの各支点における鉛直反力の死荷重に対する割合を示している。図より横桁配置間隔が支点反力に与える影響はあまり無く、横構を配置したケースでも S_{1L} 、 S_{2R} の鉛直反力が若干増大しているものの、その影響はあまり無いといえる。このことから架設時の2主桁橋の支点反力は横桁間隔、横構の有無にはあまり影響を受けておらず、左右の主桁が比較的独立した状態の構造であるといえる。

4. 桁先端の挙動

桁先端にレーザー変位計を設置し、鉛直方向及び水平方向の変位を測定して桁先端の挙動を調べた。図-4に桁全体に等分布荷重を載荷した時の桁先端下フランジ下部の荷重-鉛直変位曲線を示す。縦軸の鉛直変位は自重のみによる初期変位からの増減を示している。図-4(a)は前方支点の位置が桁先端から1185[mm](3L/16点)、2760[mm](7L/16点)の時の桁先端鉛直変位を示し、張り出し長が異なる場合の影響について示している。支点位置が1185[mm]の時は支点間で桁が正曲げ状態となり、荷重が増大するにつれ桁先端が鉛直上向きに変位していく。2760[mm]の時は逆に負曲げの状態となり、鉛直下向きに変位

表-1 構造諸元及び断面寸法[mm]

支間長	3160×2
曲率半径	18105.5 (中心角10°×2)
主桁間隔	300
横桁間隔	395 (L/8間隔)、790 (L/4間隔)
腹板高	150 (主桁)、38 (横桁)
フランジ幅	60 (主桁)、30 (横桁)

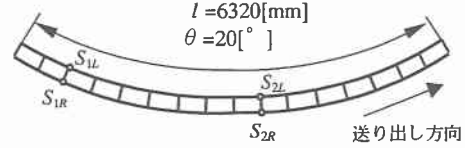
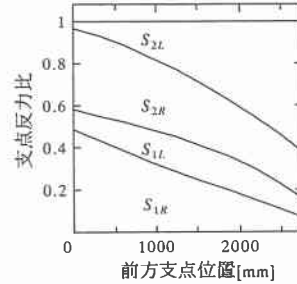


図-2 供試体平面図



(a) 張り出し長の影響

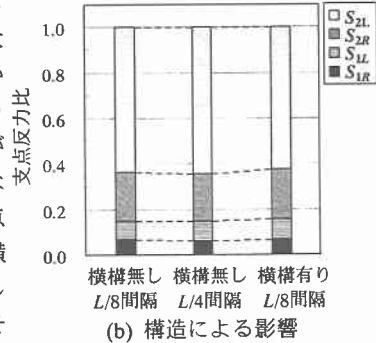


図-3 各支点における鉛直反力の割合

していく。また何れの場合も荷重が増大すると左右の変位差が大きくなる。図-4(b)は2.で示した、①～③の構造について示している。これを見ると横桁間隔が大きい場合は鉛直変位が増大し、左右の桁の変位差も増大している。一方、横構を配置した場合はしない時と比べ鉛直変位はそれ程変わらない。

図-5は鉛直変位から求めた桁先端部全体のねじり角を示している。縦軸のねじり角は自重のみによる初期ねじり角からの増減を表している。正のねじり角は桁が曲率中心側にねじれている状態を表している。図-5 (a)、(b)はそれぞれ張り出し長と構造の違いが桁先端部のねじり角に与える影響を示している。図-5 (a)を見ると支点位置が1185[mm]の時と比べ、2760[mm]の時のほうが桁先端部のねじり角が増大している。このことから桁の張り出し長が大きいほど鉛直変位もねじり角も大きくなり、桁先端部の挙動が大きいものとなることが分かる。図-5 (b)を見ると

横桁間隔が大きい場合、ねじり角が増大しており、主桁の曲げ剛性、ねじり剛性共に減少していることが分かる。また、支点部付近に横構を配置すると桁先端のねじり角が減少しており、横構を配置する事が桁先端部の挙動を抑える効果があることが分かる。また桁先端部の水平変位を測定してそこから桁一本のねじり角を求めたが、桁先端部全体のねじり角とあまり違いは無く2本の主桁が一体となってねじれている状態であることが分かった。これは中間横桁よりも桁高の大きい端横桁が断面変形を拘束したためである。

図-6は前方支点位置を2760[mm]とし、前方支点を左右同時にジャッキアップした時の桁先端の鉛直変位を表している。この図より外桁及び内桁の両者の変位差はほとんど見られない。これは支点位置を変えて張り出し長を変化させた場合や、桁の構造が異なる場合もほぼ同様の傾向が見られた。

桁の移動中に台車に生じる不等沈下、台車盛替作業時にジャッキアップダウンする際に生じるジャッキの左右不均等で、左右の支点で鉛直変位差が生じた場合の桁先端の挙動に与える影響を図-7、8に示す。実験では一方の支点を固定し、それに対して他方の支点を上下に強制変位させ上記の状態を再現した。図は前方左側支点 S_{2L} を+4[mm]ジャッキアップさせた状態で固定し、前方右側支点 S_{2R} を S_{2L} に対して-4～+4[mm]となるように鉛直方向に変位させた時の張り出し長や構造の違いが鉛直変位やねじり角に与える影響をそれぞれ表している。何れの場合も S_{2R} の位置が負から正に移るにつれ、鉛直変位は内桁が鉛直下向きに、外桁が上向きに変位していき、ねじり角は正から負に変化する。

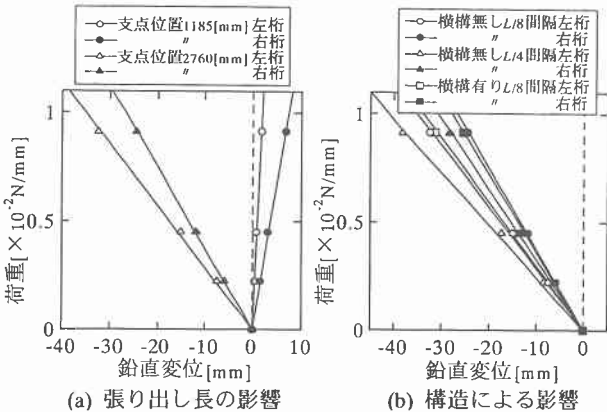


図-4 桁先端鉛直変位

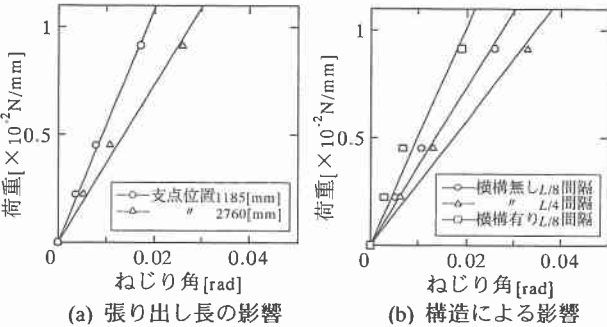


図-5 桁先端ねじり角

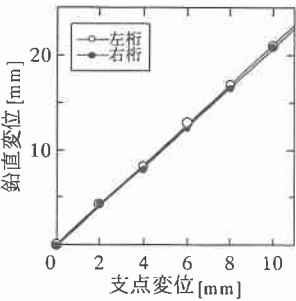


図-6 ジャッキアップの影響

図-7、8(a)より、張り出し長が大きくなると外桁の変位の程度が大きくなり、桁先端のねじり角も増大している。一方、図-7、8(b)より構造の違いによる影響は変位、ねじり各共にほとんど見られなかった。

図-9は S_{2L} を固定して S_{2R} を変位させたものと、逆に S_{2R} を固定して S_{2L} を変位させたものとの比較を表している。図-9(a)より S_{2L} の位置が変化した場合の方が大きく変位し、より不安定な状態となる。図-9(b)より左側支点を固定させ右側支点を変位させた場合はねじり角は負から正へ、その逆の場合では正から負へと変化していく。

5. おわりに

本研究では曲線2主桁橋の架設時の構造特性を把握するために、アクリル板供試体を用いた送り出し実験を行い支点反力や桁先端の挙動を調べた。その結果、張り出し長が大きい状態では前方左側支点の支点反力が増大し、桁先端の鉛直変位やねじり角等の挙動も大きくなり構造的に不安定な状態となることが分かった。また構造の違いによる影響では、横桁間隔を大きくすると桁先端がより不安定な挙動を示す一方で、支点部付近に横構を配置すると桁のねじれを低減させる効果があり、架設時構造に横構を配置するのは構造を安定させるのに有効であることが分かった。

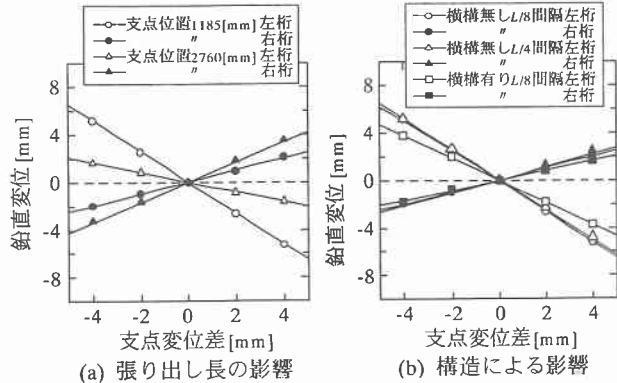


図-7 桁先端鉛直変位

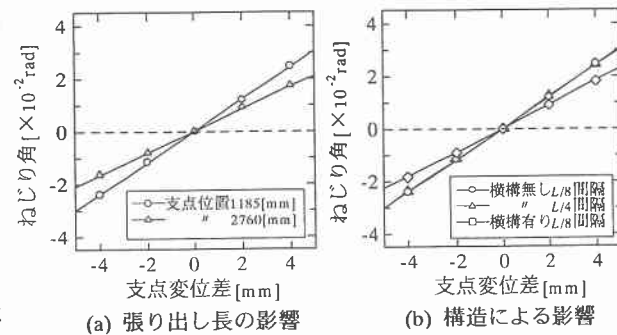


図-8 桁先端ねじり角

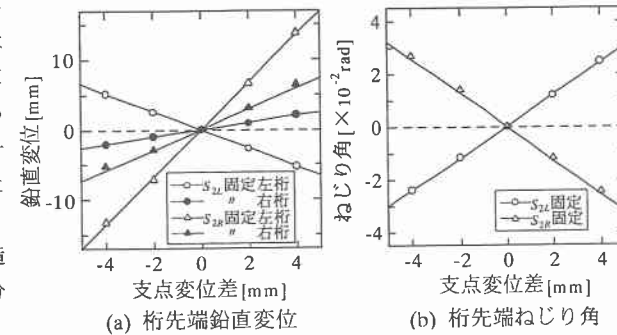


図-9 支点変位と桁先端の変位

<参考文献>

- 1) 坂井藤一、八部純一、大垣賀津雄、橋本靖智、友田富雄：合成2主桁橋の立体挙動に関する研究、構造工学論文集、Vol.41A、pp.945-954、1995。
- 2) 大垣賀津雄、川口喜史、磯江暁、高橋昭一、川尻克利、長井正嗣：合成2主桁橋の鋼主桁補剛設計に関する実験的研究、構造工学論文集、Vol.44A、pp.1229-1239、1998。
- 3) 坂井藤一、八部純一、大垣賀津雄、伊藤敦、友田富雄、作川孝一：広幅員PC床版の耐荷力に関する実験的研究、土木学会第50回年次学術講演会、pp.338-339、1996。
- 4) 堀田毅、内藤純也、西村宣男：鋼2主桁橋梁架設系の横ねじれ座屈強度特性、土木学会論文集、No.612、pp.287-296、1999。
- 5) 太田哲司、川尻克利、長井正嗣、大垣賀津雄、磯江暁、作川孝一：少補剛設計した合成2主桁橋の施工時安定性に関する解析的研究、構造工学論文集、Vol.45A、pp.1263-1272、1999。