

横桁を斜めに配置した曲線2主桁橋の静的挙動特性

北海道大学大学院工学研究科 (株)大林組	正 員	平沢秀之
北海道大学大学院工学研究科	○正 員	田上優介
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

1. まえがき

鋼橋のコスト縮減の要求が近年益々高まる中、2主桁橋は省力化・合理化を進める有効な橋梁形式の一つで積極的に建設されている¹⁾。2主桁橋の実例を見ると曲率半径の小さい曲線橋にはあまり用いられておらず箱桁橋や格子桁橋が一般的である。2主桁橋は断面を大きくすることで曲げ剛性を増大させることができるが、基本的に開断面構造であるためねじり剛性は極めて小さい。そのため曲線橋に2主桁形式を採用するに当たっては、ねじり剛性の確保が重要であると考えられる。ねじり剛性を確保に横構の設置も考えられるが、合理化・省力化に不利な面もある。そこで本研究では、2主桁橋を比較的曲率の大きい曲線橋に適用するために、ねじり剛性を高める新たな方法として、横桁を斜めに配置する構造を提案するものである。横桁を主桁に直角ではなく、斜めに配置することによって、横構と同様な効果、すなわちねじりによる応力や変形を低減させる効果を期待している。更にこの横桁を曲線橋に有利な下段に配置し、床版と併せて疑似箱桁断面としての機能を持たせている²⁾。

2. 曲線2主桁橋モデル

曲線2主桁橋における斜め配置の横桁の効果を調べるため、種々の異なる中心角(5°,10°,15°,20°)を有する曲線橋モデルを作成し、FEM解析を行った。荷重はB活荷重とし、外桁に対して不利になるように偏心載荷させている。数値解析には有限要素法汎用構造解析プログラムMSC/ NASTRANを使用した。

2.1 横桁配置と断面諸元

図-1のような横桁配置を有する2タイプの曲線2主桁橋モデルを用いて解析を行った。Type-Aとして横桁を下段斜めに配置したモデルを考えた。また、横桁を中段とし主桁に直角に配置した従来型の2主桁橋モデルをType-BとしてType-AとBを比較検討する。支間長は50[m]とし、横桁は主桁を10等分する5[m]間隔で主桁と連結している。断面はそれぞれ図-2の通りである。床版はPC等のコンクリート系床版を使用するものとし、鋼桁とは剛に連結された合成桁として機能するものと仮定する。FEM解析のためのモデル化に際し、鋼桁にはシェル要素、床版にはソリッド要素を用いた。また、コンクリートのヤング係数は、 $E_c = 2.857 \times 10^4$ [N/mm²]、ポアソン比は $\nu = 0.2$ を用いた。鋼部材にはシェル要素を用い、ヤング係数は $E_s = 2.0 \times 10^5$ [N/mm²]、ポアソン比は $\nu = 0.3$ を用いた。

2.2 横桁と主桁の連結部

図-3にType-Aにおける横桁と主桁の連結部を示した。横桁の腹板は垂直補剛材に溶接した仕口板に連結し、横桁フランジは主桁の腹板に溶接したガセットプレートに連結している。横桁と主桁との連結は、横桁の腹板、上下フランジ共にスプライスプレートを用いた高力ボルト接合を想定している。横桁が斜め配置であることにより、主桁との連結部が複雑になるため、施工性が問題になると考えられるが、仕口板、ガセットプレートは共に工場溶接、横桁は現場で高力ボルト接合を行うことで省力化を損ねることはそれほどないと思われる。

3. FEM解析結果

3.1 主桁の変位及び応力の中心角による影響

横桁を斜めに配置することで、主桁のたわみや応力、ねじり角がどの程度変化するか調べる。図-4は外桁の鉛直変位をプロットし、中心角15°の場合についてType-A,Bを比較したものである。Type-Aでは支間中央の変位を約3割も低減させる効果がある。

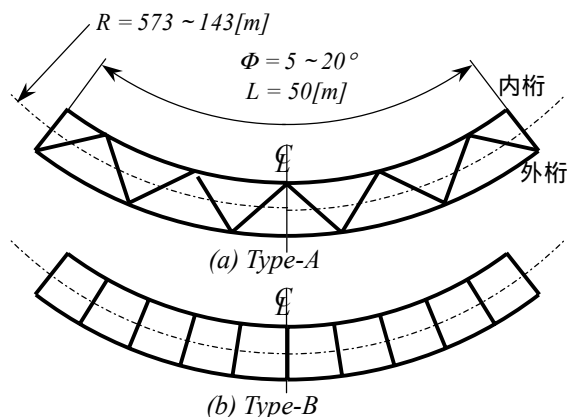


図-1 曲線2主桁橋平面図

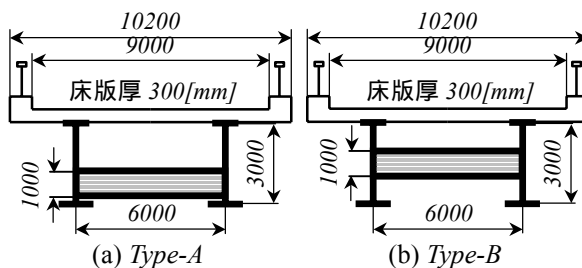


図-2 曲線2主桁橋断面図

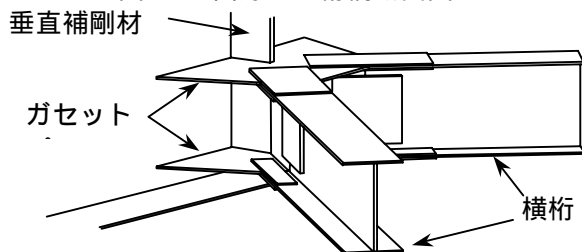


図-3 横桁連結部

キーワード: 曲線橋、2主桁橋、斜め横桁

連絡先 : 〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目 TEL/FAX 011-706-6172

次に、支間中央のねじり角をType-A,Bで中心角毎に比較したものを図-5に示す。ねじり角は内桁と外桁の鉛直方向の相対変位から算出したものである。この図から横桁を斜めに設置することで、ねじり角を大幅に減少させることが可能であることが分かる。これは、横桁を下段斜めに配置することにより擬似箱桁断面としての効果が高まり、ねじり剛性が向上したためと考えられる。

応力については外桁下フランジ内側縁部の応力値と応力分布を調べ図-6,7に示した。図-6は中心角ごとの最大応力値をプロットし、モデルごとに結んだものである。中心角の増加と共に応力の低減効果が確認された。図-7は支間中央部外桁下フランジの応力分布を示したものである。斜め横桁により内側縁部に集中していた応力が分散し、全体的に値も小さくなっていることが分かる。これは斜め横桁により横構と同じような働きが作用し、断面変形が抑えられ横桁の荷重の分配効果が高まっているためであると考えられる。

3.2 横桁の荷重分配効果

横桁の荷重分配の効果がどの程度あるかを調べるため主桁に関する影響面を作成し、荷重分配性能を定量的に把握することとした。まず、図-8の床版上の○印の各点に単位荷重を載荷させ、着目断面を点線で示した内桁及び外桁の各断面として曲げモーメントを算出する。曲げモーメントは、図中に示した応力分布を断面内で積分することにより得る。次に横桁をすべて撤去し、荷重分配が全くない曲線2主桁橋モデルを別途作成し、支間中央の外桁または内桁に単位荷重を載荷させたときの曲げモーメントを算出した。図-9は、Type-A及びBについて得られた曲げモーメントを、荷重分配がないモデルの曲げモーメントで除して得られた無次元化量で表した影響面である。この図より、載荷点が外桁上の場合、Type-Bでは曲げモーメントの値は小さい(0.2以下)のに対し、Type-Aでは比較的大きく、内桁への荷重分配効果が高いことが示されている。また、着目断面が外桁の場合においても計算を行い、Type-Aのモデルでは外桁に曲げモーメントが集中することがなく、荷重が良好に分配されていることを確認している。2主桁橋では、通常横桁による荷重分配はほとんど期待されていないが、本解析により一般的な形式のType-Bでも多少の分配効果はあり、Type-Aの配置方法を用いると荷重分配性能が高まることが明らかとなった。

4. あとがき

直線橋や曲率半径の大きい曲線橋に採用実績の多い2主桁橋を、比較的曲率半径の小さい曲線橋にも適用させることを目的として、横桁を斜めに配置する新しい構造を提案した。その結果、主桁のたわみ及びねじり角については、横桁を斜めに配置することによって大幅に減少し、中心角が大きいほど従来型の構造との差が顕著に現れた。主桁に発生する応力についても、最大となる支間中央付近の下フランジ橋軸方向応力を大幅に低減する効果が確認できた。これらより、斜めに配置された横桁は曲線2主桁構造のねじり剛性を高めるのに非常に効果的であると考えられる。また、横桁の配置方法による荷重分配性能に関しては、曲げモーメント影響面を作成して検討した。横桁を斜めに配置したモデルでは、直角に配置したモデルよりもバランス良く曲げモーメントが生じ、荷重分配効果の優れていることが示された。

参考文献

- 1) 鈴木裕二、池田博之、水口和之：鋼少数鉸桁橋の設計と施工、第1回鋼構造と橋に関するシンポジウム論文報告集、pp.39-46、1998。
- 2) 平沢秀之、小山明久、林川俊郎、佐藤浩一：曲線2主桁橋の力学的特性に及ぼす横桁配置の影響、鋼構造年次論文報告集、第6巻、pp.349-356、1998。

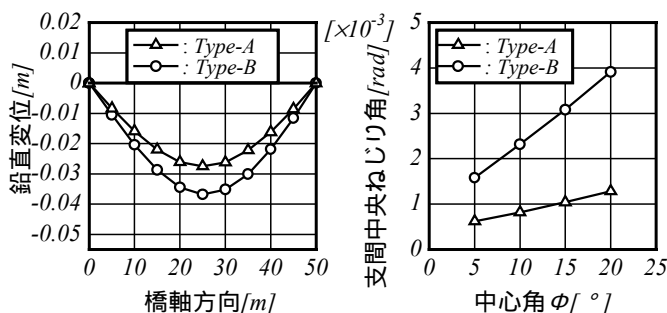


図-4 外桁のたわみ($\Phi=15^\circ$)

図-5 ねじり角

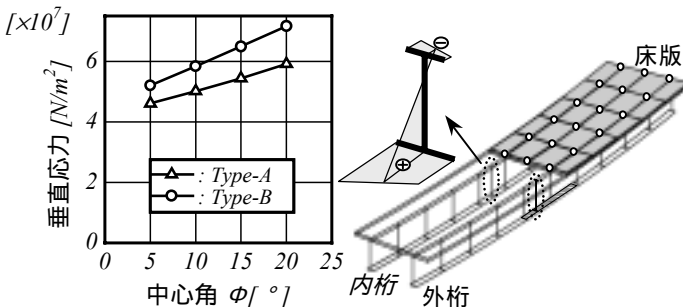


図-6 下フランジ応力

図-8 2主桁橋概略図

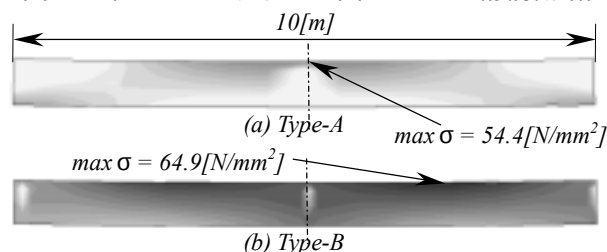


図-7 外桁下フランジ中央部の橋軸方向垂直応力

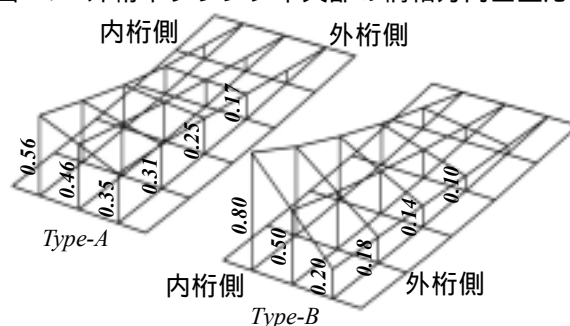


図-9 曲げモーメント影響面