

曲線2主桁橋における斜め配置横桁連結部の有限要素解析

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 学生員 佐藤匡介
 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

鋼橋の製作、架設及び維持管理のコスト縮減を果たすため、2主桁橋の施工例が近年増えてきている¹⁾。この2主桁形式を、ねじりモーメントが大きく作用する曲線橋に適用することは、箱桁形式や格子桁形式よりも不利であり、中心角のある程度小さい範囲に限定されるものと考えられる。曲線2主桁橋のねじり剛性を高める方法として著者らは、通常主桁に直角に配置されている横桁を、約45°の角度で連結し、且つ主桁の下段に配置する方法を提案した²⁾。

この方法によれば、外桁のたわみの減少、ねじり角の減少及び主桁下フランジに生じる垂直応力の減少の効果が見られた。また、省力化の観点からは、部材数の増加はほとんどなく、主桁と横桁を連結するための小型材片が多少増加するだけで、通常の2主桁橋と同程度の省力化が可能となる。

本研究では、横桁の斜め配置構造について更に詳細な検討を行うため、主桁と横桁の連結部に着目し、この箇所における応力分布性状について考察しようとするものである。連結部に関しては、横桁の上下フランジはガセットプレートに直接、高力ボルト接合することによって添接板の省略を図った。上ガセットプレートは主桁腹板に溶接接合し、下ガセットプレートは主桁の下フランジに直接、溶接接合するものとする。連結部はそれほど複雑な構造ではないが、ガセットプレートが溶接されているため応力集中の発生が予想され、且つ斜め横桁には大きな軸力が作用することから、連結部近傍の応力分布を詳細に検討する必要がある。

連結部における応力集中の解析に先立ち、はり要素を用いた橋梁全体モデルによる骨組解析を行い、部材断面力と変位を算出する。次に連結部周辺の部分モデルをシェル要素及び一部ソリッド要素を用いて作成し、有限要素法汎用構造解析プログラムMSC/NASTRANを使用して解析を行う。

2. 曲線2主桁橋の全体解析

全体解析モデルは図-1のような平面形状及び断面を有する曲線2主桁橋とする。横桁は、端横桁以外は下段に斜め配置し、全て同じ断面を有するH鋼を用いている。荷重はねじり変形が大きくなるようにB活荷重を偏心載荷させる。全体解析の結果、横桁に作用する軸力は支間中央の横桁で最小となり、端部の横桁で最大となった。そこで横桁1と横桁2の連結部で大きな応力集中が発生すると考えられるため、点線で囲まれる部分モデルを作成し、詳細な解析を行う。

3. 主桁-横桁連結部の部分モデル

図-2に主桁と横桁の連結方法を示した。横桁の上下フランジはガセットプレートに高力ボルト接合されている。添接板を介せずに、直接ガセットプレートに一面摩擦接合することとしている。上ガセットプレートは主桁腹板に溶接接合し、下ガセットプレートは主桁の下フランジに溶接接合されている。横桁の腹板は、垂直補剛材に溶接された仕口板に添接板を介して高力ボルト接合されている。図-3は連結部付近の応力分布を解析するための詳細なFEMモデルを表したものである。

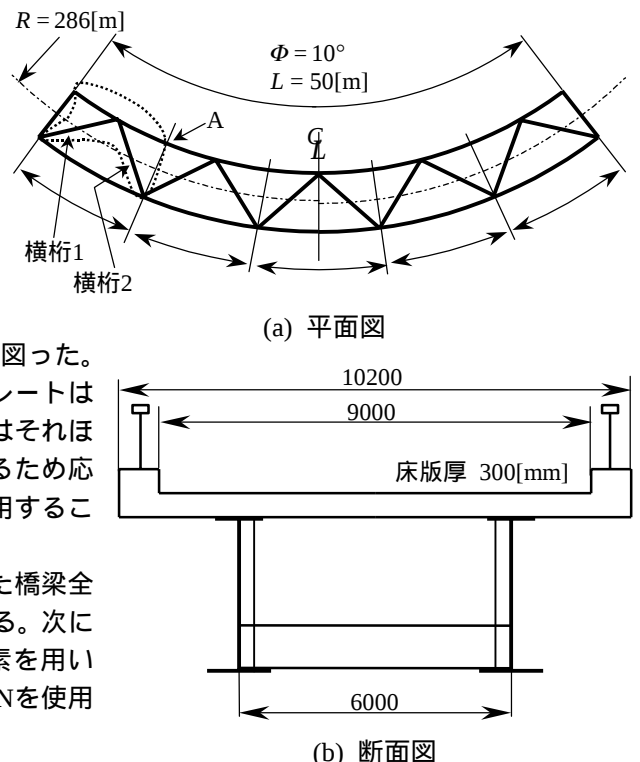


図-1 曲線2主桁橋全体解析モデル

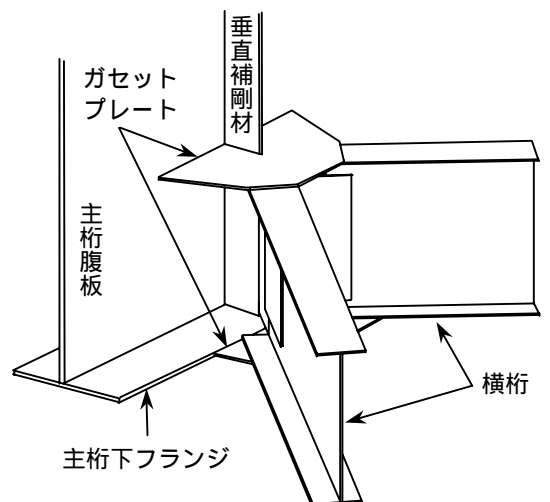


図-2 主桁と横桁の連結部

キーワード : 曲線橋、2主桁橋、横桁、斜め配置、省力化

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

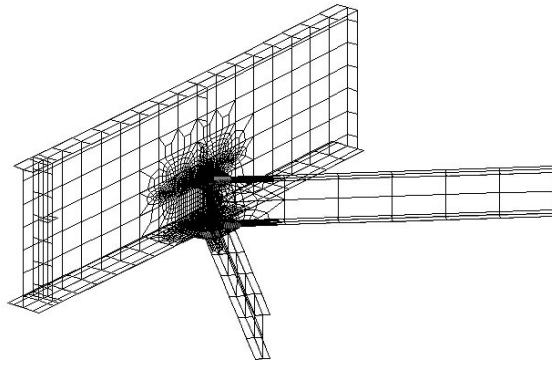


図 - 3 FEM 解析モデル

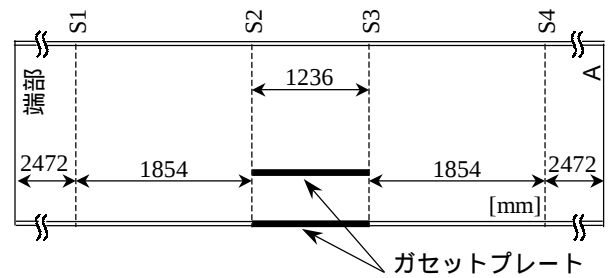


図 - 4 主桁腹板の断面の位置

4. 部分モデルによる解析結果

図 - 4は部分モデルの主桁腹板の側面図である。S1～S4は応力分布を調べる断面の位置を表している。ガセットプレートから十分離れており、応力集中の影響がほとんど無いと考えられるS1、S4の断面における応力分布について、全体解析による結果と部分モデルによる結果がほぼ等しかったため、部分モデルに与えた境界条件は妥当であると判断した。

図 - 5はガセットプレート、垂直補剛材と横桁腹板を連結する仕口板に生じる応力を濃淡で表したものである。応力はvon Misesの応力で表示させている。応力集中は横桁フランジとガセットプレートの重なった部分に生じており、応力の最大値は $83.0 \text{ [N/mm}^2\text{]}$ となっている。この箇所は溶接接合ではなく、高力ボルト接合が用いられるため、疲労破壊が生じる可能性は低いものと考えられる。また、仕口板には際だった応力集中は発生しておらず、応力の最大値は $20.0 \text{ [N/mm}^2\text{]}$ となっている。

図 - 6、図 - 7は主桁腹板におけるS2及びS3の各断面における橋軸方向の垂直応力分布を表したものである。点線は全体モデルから得られる曲げ応力である。S2及びS3断面はガセットプレートの端部を通る断面であり、ガセットプレートの連結部分である桁高方向0[m]と1[m]の位置で応力集中が発生している。S2断面の高さ1[m]の位置における応力の値は $35.1 \text{ [N/mm}^2\text{]}$ である。S3断面の高さ1[m]の位置では圧縮応力が発生しており、応力の値は $-1.75 \text{ [N/mm}^2\text{]}$ である。これは横桁1では引張力、横桁2では圧縮力が作用し、これらの力がガセットプレートを面内に回転させ、その結果ガセットプレートの左端では主桁腹板が外桁側へ向かう力、右端では主桁腹板が中心方向へ向かう力が生じ、主桁腹板の面外変形が起こっているためであると考えられる。

5. あとがき

曲線橋の省力化を目的として、横桁を斜めに配置する2主桁橋を考案し、横桁連結部の応力分布をFEM解析により検討した。その結果、ガセットプレートと横桁フランジの接合部分に応力集中が発生した。しかし、その値は大きいものではなく、疲労破壊が生じる可能性は低いと考えられる。垂直補剛材と横桁腹板を連結する仕口板には際だった応力集中は発生しなかった。主桁の橋軸方向応力は、ガセットプレートが連結した部分で応力集中が発生したものの、それほど顕著な値ではなく、疲労安全性に関しても問題ない範囲であると考えられる。

参考文献

- (1) (社)日本鋼構造協会：合理化桁に関するデザインマニュアル，次世代土木鋼構造研究特別委員会合理化桁の設計法小委員会報告書，2000。
- (2) 平沢秀之，林川俊郎，佐藤浩一，田上優介：横桁を斜めに配置した曲線2主桁橋の静的挙動に関する一考察，構造工学論文集，Vol.48A，pp.1091-1098，2002。

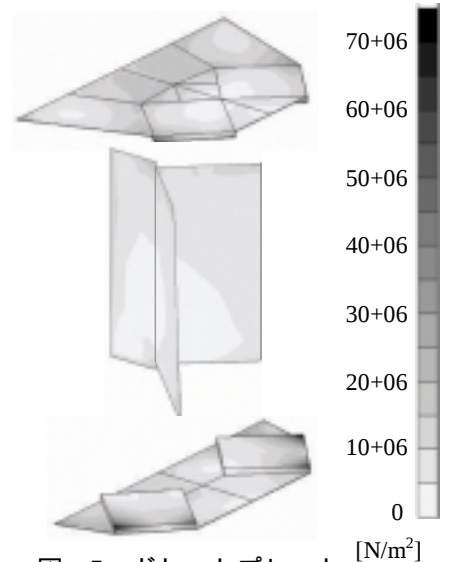


図 - 5 ガセットプレート、仕口板の応力分布

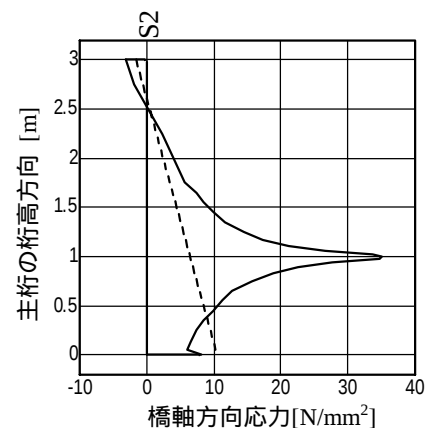


図 - 6 S2 断面の垂直応力分布

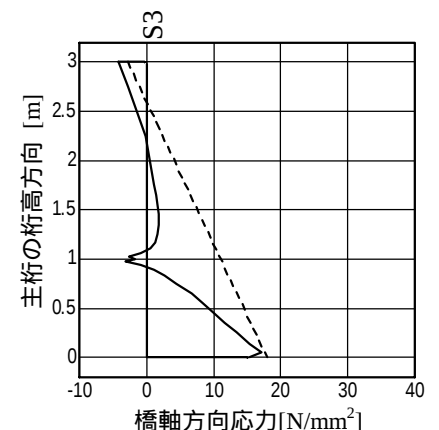


図 - 7 S3 断面の垂直応力分布