

# 横桁を斜めに配置した曲線2主桁橋のガセット連結部における応力分布性状

Stress distribution of gusset welding in curved twin I-girder bridge with diagonal cross beams

北海道大学大学院 ○学生員 佐藤匡介 (Sato Tadayuki)  
 北海道大学大学院 正員 平沢秀之 (Hirasawa Hideyuki)  
 北海道大学大学院 フェロー 林川俊郎 (Hayashikawa Toshiro)  
 北海道大学大学院 フェロー 佐藤浩一 (Sato Koichi)

## 1. まえがき

2主桁橋は経済性の向上を図るために、部材数を大幅に減少させており、水平補剛材及び垂直補剛材もできる限り省略する設計がなされている。従来のプレートガーダー橋と比較して、2主桁橋はH形鋼による横桁で両主桁を連結した非常に単純な構造となっている。このような構造とすることにより鋼橋の設計、製作、架設及び維持管理の省力化やコスト縮減が可能となっている<sup>1)</sup>。

2主桁形式の曲線橋を対象とした研究報告は、これまであまりなされていないが、曲線橋への適用性に関して、試設計とFEM解析に基づいた研究が見られる<sup>2),3)</sup>。著者らも2主桁橋を曲線橋に適用するために、ねじり剛性の向上に効果的な補剛方法を提案し、その挙動特性について考察した<sup>4),5)</sup>。この方法は、2主桁橋において通常主桁に直角に配置されている横桁を、斜めに配置し、且つ主桁の下段に配置する方法である。このような配置方法を採用することにより、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みられ、ねじりを受ける曲線2主桁橋に有効であると考えられる。

本研究はこのような優れた挙動特性を示す橋梁構造の主桁と横桁の連結部に着目し、この部位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る。更に、斜め横桁には軸力に加えて曲げやそりモーメントが作用することから、連結部近傍の応力分布について詳細な検討を行った。

## 2. 曲線2主桁橋の解析モデル

### 2.1 全体構造

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。断面寸法を表-1に示す。横桁は図に示す通り斜め方向に配置されており、主桁の下段に連結されている。図中の記号CP-1~CP-5は主桁と横桁の連結部を表し、これらの箇所における応力分布を調べることとする。

図-2は橋梁全体のFEM解析モデルであり、要素分割の様子を表している。図(a)のコンクリート床版と図(b)または(c)の鋼桁は、実際には節点を共有させて剛結とし、合成桁と見なしている。図(b)は要素分割が粗いモデルで、橋梁の全体挙動を把握するために作成したものである。図(c)は着目する連結部を細かく要素分割したモデルで、応力集中を調べるためのものである。ここでは一例として、

図-1に示したCP-3の連結部に着目するモデルを示している。モデル化に際しては、コンクリート部材にはソリッド要素(ヤング係数 $E_c = 2.9 \times 10^{10} [N/m^2]$ )を使用し、鋼部材にはシェル要素(ヤング係数 $E_s = 2.0 \times 10^{11} [N/m^2]$ )を使用している。計算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。

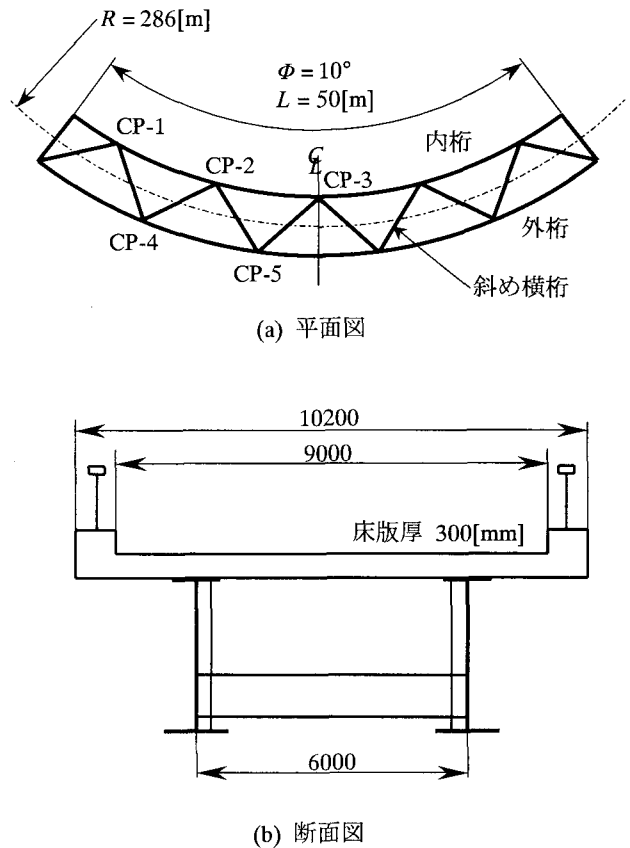


図-1 曲線2主桁橋解析モデル

表-1 断面寸法[mm]

	主桁	横桁
$B_u$	500	300
$t_u$	16~50	25
$H$	3000	1000
$t_w$	24	16
$B_l$	800	300
$t_l$	24~61	25

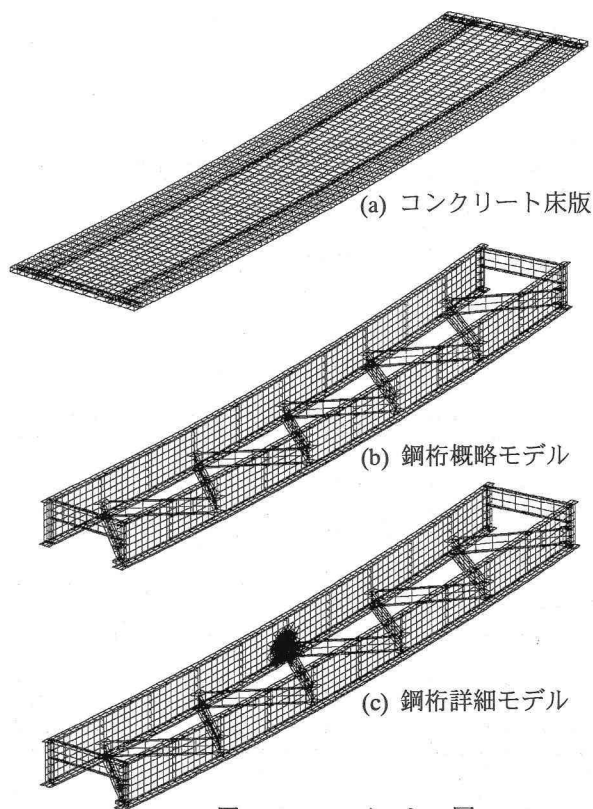


図-2 FEM メッシュ図

## 2.2 主桁と横桁の連結部

図-3に主桁と横桁の連結方法を示す。ガセットプレートは主桁の腹板に溶接接合されている。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おり、添接板を介せず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。横桁の腹板は、垂直補剛材に溶接された仕口板に高力ボルトによる一面摩擦接合がなされている。

溶接接合は工場で行われ、高力ボルト接合は現場で行われることを想定している。このような接合方法を用いれば、添接板が不要となり、合理化・省力化を損ねることはそれほどないものと考えられる。

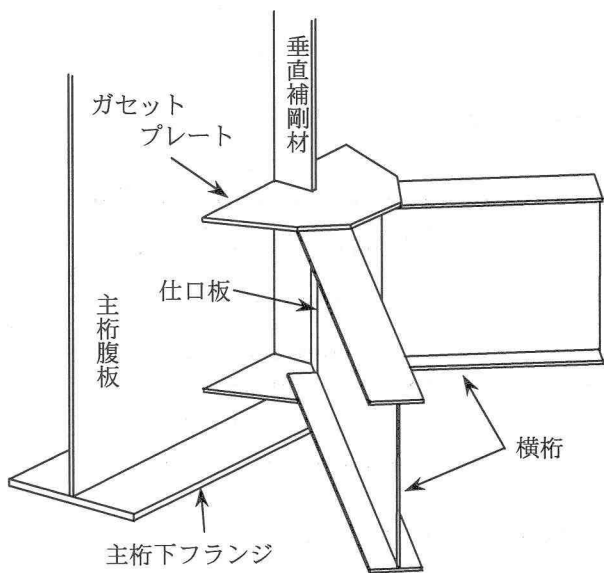


図-3 主桁と横桁の連結

活荷重載荷時は、高力ボルトの破損や摩擦接合の接合面における滑りは生じないものと仮定し、仕口板と横桁腹板及びガセットプレートと横桁フランジは一体となって挙動するものとする。従って、有限要素モデルを作成する際は、ボルトやボルト孔、摩擦面等は考慮せず、プレートのみを要素分割の対象とした。

## 3. 解析結果

### 3.1 ガセットプレート・仕口板の応力分布

連結部CP-1～CP-5をそれぞれ詳細に要素分割した計5通りのFEMモデルを解析し、ガセットプレート、仕口板、主桁の腹板に生じる応力分布について検討する。ガセットプレートと仕口板については、応力が最も大きい値となったCP-2部に関して述べる。

図-4はCP-2の位置におけるガセットプレート、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。応力は最大主応力で表示させている。応力集中は下ガセットプレートの右側端部に発生している。応力の最大値は $53.6[\text{N}/\text{mm}^2]$ であり、その方向は図中に示した矢印の方向である。ガセットプレートのその他の部分では応力集中は発生していない。また、仕口板や垂直補剛材にも際だった応力集中は発生していない。これらより、ガセットプレートと仕口板を用いて横桁と連結する構造に特に問題は無いものと考えられる。

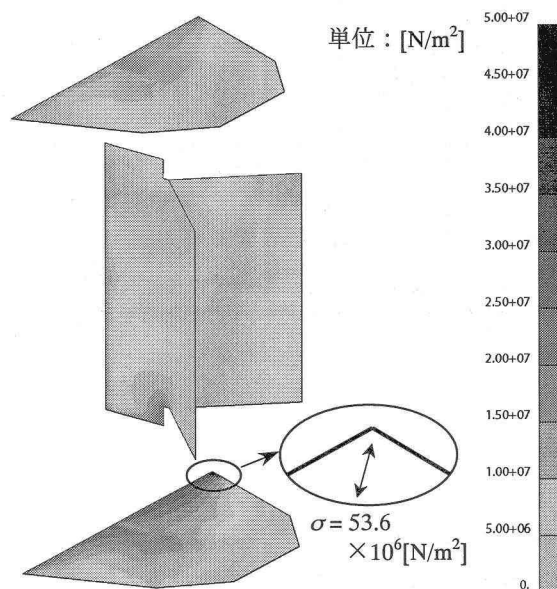


図-4 ガセットプレート・仕口板の応力分布

### 3.2 主桁腹板の応力分布

主桁腹板の応力分布について検討する。応力は図-5のように腹板の両面、すなわち1と2の面の値を調べる。添字のI、Oはそれぞれ内桁、外桁を表す。連結箇所CP-1～CP-5を解析した結果、応力集中の最大値はいずれも下ガセットプレートの端部、すなわち図-6に示された黒丸の位置で

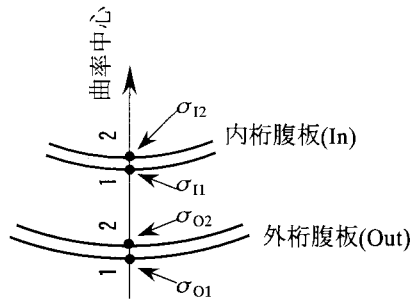


図-5 垂直応力の記号と位置

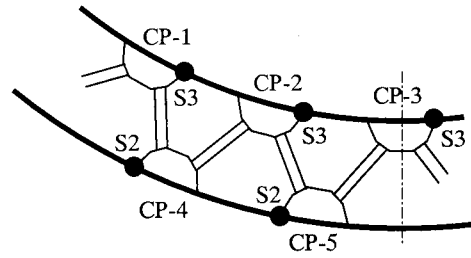


図-6 最大応力の発生箇所

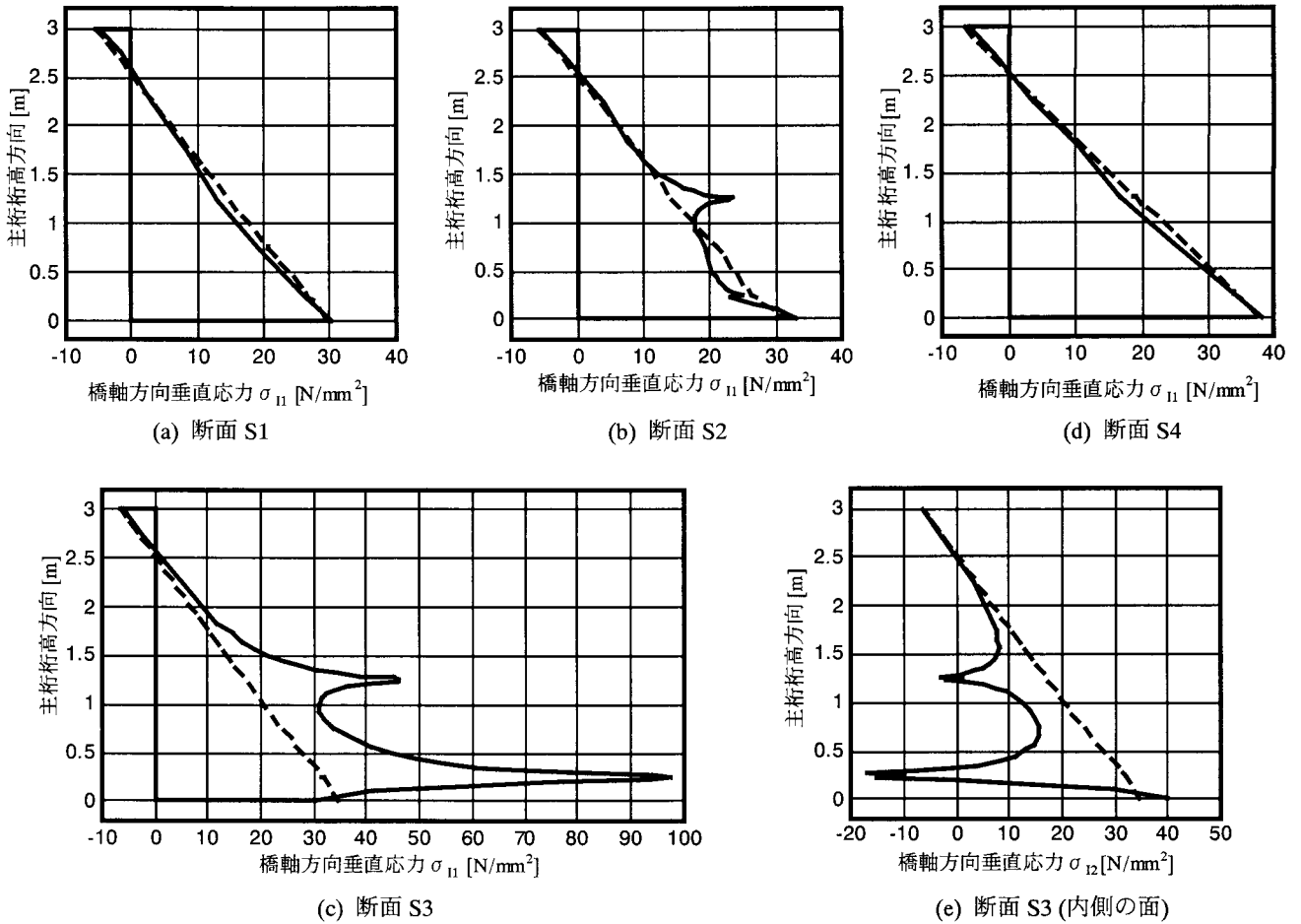


図-7 連結部 CP-2 の応力分布

発生した。

図-7はCP-1~CP-5のうち最も大きな応力が発生したCP-2の橋軸方向垂直応力を示したものである。点線は図-2(b)で表されたメッシュの大きいFEM解析モデルより算出した応力分布であり、公称応力とほぼ等しい。ガセットプレート溶接部から少し離れたS1、S4断面(図-8参照)では、図-7(a)、(d)で表されるように公称応力とほぼ等しく、応力集中は生じていない。一方、ガセットプレートの両端を通る断面であるS2、S3では応力の集中が見られ(図-7(b)、(c))、特にS3断面の下ガセット連結部で大きな応力集中が発生している。図-7(e)は最も大きな応力集中が発生したS3断面(図-7(c)の裏面、すなわち曲率中心側の

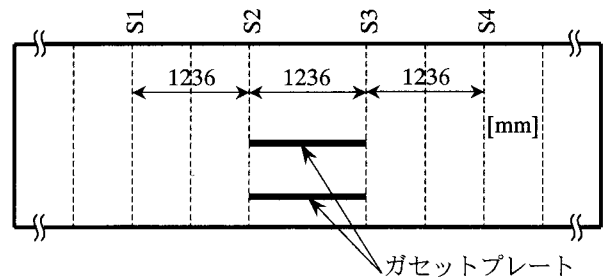


図-8 主桁腹板の断面の位置

面の応力を示したものである。この面にはガセットプレート溶接部付近で圧縮応力が生じている。

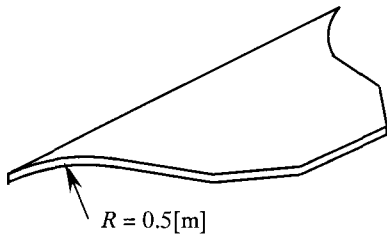


図9 フィレットを有するガセットプレート

### 3.3 フィレットによる応力集中の緩和

主桁とガセットプレートの連結部に発生する応力集中を緩和させるため、図-9に示すフィレットをガセットプレートに設けて解析を行った。連結箇所CP-1～CP-5における応力集中に関して、フィレットが有る場合と無い場合の比較を表-2に示す。

表-2 フィレットの有無による最大応力の比較

	フィレット無 [N/mm <sup>2</sup> ]	フィレット有 [N/mm <sup>2</sup> ]
CP-1	85.6	69.5
CP-2	97.7	83.6
CP-3	69.9	67.0
CP-4	68.2	55.4
CP-5	66.8	58.6

比較対象とした箇所は、最大応力が発生する下ガセット連結部であり、腹板の橋軸方向垂直応力の値を比較している。いずれの箇所においても、フィレットを設けることにより、応力が減少していることが分かる。

また、文献6)にはガセット継手の疲労強度等級が示されている。これによると、フィレットの無い場合は強度等級がFまたはGであるのに対し、フィレットを有する場合は強度等級がEに上がる。以上より、ガセットプレートの溶接部における疲労耐久性を高めるためにフィレットを設けることは、本研究のような横桁を斜めに配置する構造においても有効な方法であると考えられる。

## 5. あとがき

曲線2主桁橋において、ねじりに対する補剛効果が高い横桁斜め配置構造を適用することを考え、横桁連結部の応力分布性状を把握するためにFEMによる数値解析を行った。構造のモデル化は、全体構造を比較的粗いメッシュを用いて要素分割し、横桁連結部付近のみ細かくするものとした。連結部では、ガセットプレートと横桁フランジ、及び仕口板と横桁腹板が添接板を介せず一面摩擦接合されることを想定した。

解析の結果、主桁の腹板に応力集中が発生した。ガセットプレート溶接部周辺では腹板の公称応力に加えて面外変形による板曲げ応力が生じ、更にガセットプレート先端部近傍では局所的な応力集中となった。この応力集中を緩和させるために、ガセットプレートにフィレットを設けたところ、応力の値を減少させることができた。

曲線2主桁橋の横桁を斜めに配置する新しい構造に関し、横桁連結部近傍の応力分布性状を検討したが、今後は実用化に向けたより詳細な検討、すなわち製作性、施工性、疲労設計の観点からの検討が必要と考えられる。

## 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) 村瀬孝典, 小澤一誠, 戸田利秋, 山田尚之, 王慶雲: 少数主桁橋の曲線橋への適用可能性に関する研究, 鋼構造年次論文報告集, 第7巻, pp541-548, 1999.
- 3) 中田知志, 勝股徹: 2主I桁橋の設計における曲線橋への適用性に関する検討, 土木学会第55回年次学術講演会講演概要集CD-ROM, 2000.
- 4) 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.
- 5) Hideyuki HIRASAWA, Atsusi FUKUSHIMA, Toshiro HAYASHIKAWA, Koichi SATO: Development of torsional strength of curved twin I-girder bridge with composite slab and diagonal cross beams Proceedings of 5th Japanese-German Joint Symposium on Steel and Composite Bridges, September 9-12, pp.205-210, 2003.
- 6) (社)日本道路協会: 鋼道路橋の疲労設計指針, 丸善, 2002.