

曲線2主桁橋ガセットプレート連結部のホットスポット応力について

Hot Spot Stress of gusset plate welding in curved twin I-girder bridge

函館工業高等専門学校 正員 平沢秀之 (Hirasawa Hideyuki)
 北海道大学工学部 ○学生員 小畑潤平 (Kobata Junpei)
 北海道大学大学院工学研究科 フェロー 林川俊郎 (Hayashikawa Toshiro)

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。2主桁橋は主桁どうしの連結にシンプルな横桁が用いられており、横桁は曲線橋の場合、著者らの既往の研究で下段配置とすることが主桁のたわみ及び応力の面から有利であること、また横桁を斜めに設置することで、省力化を防ぐことなくねじり剛性を高めることが可能であることを明らかにした。

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^{1), 2)}。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^{3), 4)}。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、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、外桁のたわみや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。

本研究ではこのように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集中について考察しようとするものである。

2. 応力集中とホットスポット応力

部材どうしの連結部など、構造が単純ではない箇所での応力を算定するには、解析的な方法では困難な場合が多く、FEM等の数値計算的手法が有効である。FEMの精度を上げるためには、メッシュ分割を細かくすればよいが、本研究で扱うような溶接部等においては、応力の値が分割数に依存することがある。そこで本研究では溶接部の応力を評価する方法としてホットスポット応力を用いることとした。JSSC指針(案)⁵⁾では疲労損傷の生じる位置の局部応力をホットスポット応力と定義し、ホットスポット応力は

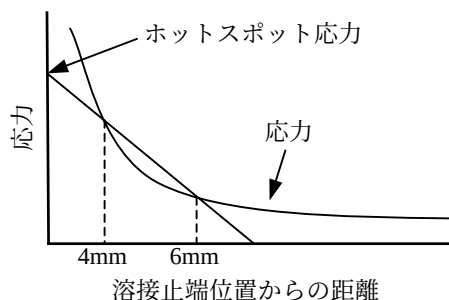


図-1 ホットスポット応力の直線外挿

連結止端近傍の2点の応力から止端部位置へ直線外挿して求めることとしている。しかし指針(案)では具体的な外挿点が規定されていない。よってどの点の応力で外挿するかが問題となる。これまでに提案されている外挿点の中から本研究では文献6)を参考にして、図-1のような4[mm]、6[mm]の2点を外挿点とすることとした。

3. 曲線2主桁橋解析モデル

3.1 全体構造

解析モデルは図-2に示すような平面形状を有する曲線2主桁橋とする。横桁は図に示す通り斜め方向に配置しており、主桁の下段に連結されている。横桁の断面は、軸力のみ作用する一般的な横構とは異なり、せん断力、曲げモーメント、軸力、そりモーメントを負担するH型断面とする。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集中を調べることとする。

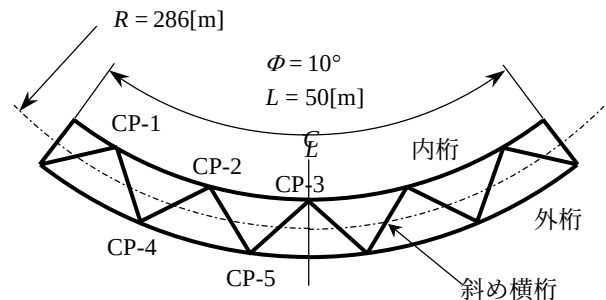


図-2 曲線2主桁橋解析モデル

また、このモデルはコンクリート床版と鋼桁の節点を共有させて剛結とし、合成桁としてモデル化している。着目する連結部付近のメッシュを細かくし、それぞれの連結部の応力を調べる。モデル化に際して、鋼部材にはシェル要素を使用し、ヤング係数は $E_s = 2.0 \times 10^{11}$ [N/m²]とする。コンクリート部材にはソリッド要素を使用し、ヤング係数を $E_c = 2.9 \times 10^{10}$ [N/m²]とする。

3.2 荷重条件

荷重は車線中央にT荷重を1組載荷させるものとする⁷⁾。また衝撃係数を0.1とし、主桁横桁連結部の応力分布を調べるために、その箇所においてもっとも不利になるような位置に荷重を載荷する。それぞれの連結部で応力が最大となるT荷重載荷位置は既往の研究より、それぞれ着目点上部の床版上である。しかしCP-1のみ応力が最大となる載荷位置はCP-5の上部の床版上である。

3.3 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。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。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 FEM 解析モデルを作成する際、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にした。図中にはホットスポット応力着目点と腹板の橋軸方向垂直応力分布が示されている。

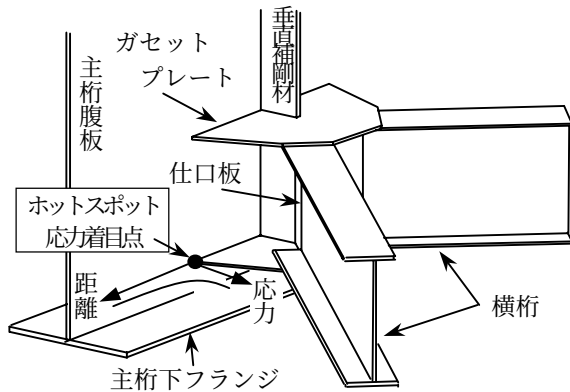


図-3 主桁と横桁の連結部

4. ガセットプレート連結部付近の応力分布

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、主桁の腹板に生じる応力分布について検討する。応力は腹板の両面で調べた。応力集中の最大値はいずれも下ガセットプレート端部で発生し、最も大きな応力集中が見られた箇所は CP-1 の支間中央側における内桁腹板の曲率中心側の面であった。また CP-2、CP-3 ではその逆側の面で、CP-4、CP-5 では外桁腹板の曲率中心側の面でそれぞれ支点側に応力集中が発生した。図-4 に応力集中とホットスポット応力のグラフを示す。図のように連結端部に近づくにつれ応力は増大してしまうので、ホットスポット応力を用いた。それらの結果を表-1に示す。

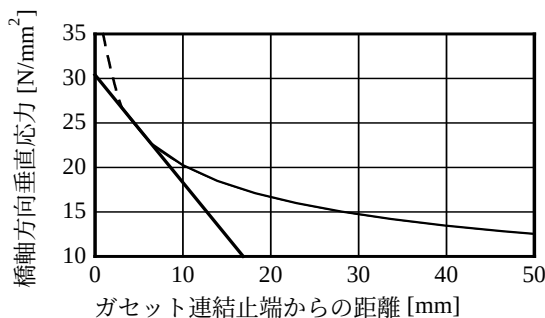


図-4 応力集中とホットスポット応力

CP-1 で値が最大となったのは、CP-1 が支端に最も近く斜め横桁の影響を強く受け、正の面外変形、すなわち外桁側に変位するからであると考えられる。また CP-5 で値が少し大きくなったことに関しては、最も支間中央側にあることによって主桁から曲げモーメント等の影響を受けるためと考えられる。

表-1 ホットスポット応力と各外挿点

	4[mm]の点 [N/mm ²]	6[mm]の点 [N/mm ²]	ホットスポット 応力 [N/mm ²]
CP-1	29.9	26.5	36.7
CP-2	25.1	22.7	30.0
CP-3	25.6	23.1	30.4
CP-4	16.0	15.3	17.2
CP-5	18.6	17.2	21.3

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の高い横桁斜め配置構造を適用することを考え、横桁連結部に発生する応力集中を調べるため FEM による数値解析とホットスポット応力を用いた。構造モデルは全体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を細かくメッシュするものとした。

解析の結果、各連結部で局所的な応力集中が発生し、その値は CP-1 で最大となり、残りの連結部では内桁、外桁それぞれにおいて支間中央に近い箇所ほど値が大きくなった。またそれぞれの値を用いてホットスポット応力を算出した。

参考文献

- 1) 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
- 2) 中田知志、勝股徹：2主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.
- 3) 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.
- 4) 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
- 5) (社)日本道路協会：疲労設計指針(案)、平成元年11月.
- 6) 三木千尋、館石和雄、山本美博、宮内政信：局部応力を基準とした疲労評価手法に関する一考察、構造工学論文集、Vol.38A、pp1055-1062、1992
- 7) (社)日本道路協会：鋼道路橋の疲労設計指針、丸善、2002