

曲線 2 主 I 桁橋の立体的挙動と設計に関する検討

佐藤鉄工株式会社 正 会 員 中田知志
佐藤鉄工株式会社 正 会 員 勝俣 徹

1. はじめに

著者らは先に 2 主桁橋の曲線橋への適用に関して支間長 50m の単純桁を想定し、数種類の中心角を対象に試設計および FEM 解析を行い、従来の多主 I 桁橋の適用限界といわれる中心角 15° （曲率半径 200m）程度までは曲線 2 主 I 桁として設計可能であることを確認した¹⁾。本研究ではさらに、I 桁橋の一般的な適用範囲内にあるモデル橋を想定して、曲率に起因する床版挙動の分析、横桁取付け部の詳細検討、立体 FEM 動的解析による地震時動特性の検討を行った。

2. 検討モデルおよび解析方法

曲率半径 200m を有する支間長 50m の単純曲線 I 桁橋を検討に用いた¹⁾。対象モデルの断面図、平面図、FEM 解析モデルと L 荷重載荷位置を図 1 ～ 図 3 に示す。

3. 平面曲率に起因する床版挙動の分析

図 4 ～ 図 6 に床版上面の死荷重による応力分布を示す。幅員方向応力 σ_x は、横桁取付け位置以外は橋軸に沿ってほぼ一様な分布傾向を示し、橋軸方向応力 σ_z は、主桁の曲げモーメント形状に対応するように支間中央付近で最大値を示し、かつ幅員方向へは曲線の外側に向かって絶対値が増大する傾向が見られる。図 5 より横桁位置では床版・主桁・横桁の間の相互作用による、床版の幅員方向の応力が主桁連結部に大きく生じていることがわかる。ただし、一般的な活荷重合成桁において活荷重の占める割合が小さい場合、この応力は問題とならない。図 6 より幅員方向の曲線外側に向かって σ_z の絶対値が大きくなっている。これは、 π 断面としてのそり応力が幅員方向の応力分布に勾配をもたらすためであり、そりモーメントの分布形状に対応して支間中央に向かって顕著に表れると解釈できる。

4. 横桁取付け位置の詳細検討

床版、横桁およびニーブレース（垂直補剛材）により構成されるフレームについて図 7 の検討モデルで、床版との剛結による横桁位置の影響を調べた。検討モデルの骨組解析と FEM 解析の結果を応力度レベルに換算して図 8 に示す。横桁の応力度はここで提案した検討モデルによりほぼ安全側に評価できると考えられる。しかし、ニーブレースのフランジ側の上端では G1, G2 桁とも FEM 解の方が設計モデルの計算値を 40 ～ 60% 程度上回る。この現象はここでの骨組モデルでは説明しきれっていないので、さらに詳細な検討を要する。

5. 立体 FEM 解析による地震時動的特性

固有値解析より得られた 3 次までの振動モードを図 9 に示す。3 つの振動モードとも横断面方向の振幅が大きく、橋軸方向への動きは微小である。これらはそれぞれ 1 次の鉛直曲げ、ねじり、水平曲げの振動モードと考えられる。

最大応答変位時（9.67 秒）の応力分布を図 10 に示す。端支点上補剛材の上下端で引張側最大 655MPa、圧縮側最大 659MPa の局部応力が発生している。支点から一つ目の中間横桁(C2)位置ではニーブレース下端に最大 200MPa 程度の局部応力が発生するものの、他部位には目立った応力の発生は認められなかった。これは、ねじり振動が卓越することから、支点に近づくにつれ部材応力が大きくなっていると考えられる。したがって、地震力に対しては、下部工との接点となる支点付近には入念な構造検討や照査が必要であると考えられる。

キーワード：鋼橋、曲線 2 主 I 桁橋、動的解析、立体 FEM 解析、床版応力

連絡先：〒103-0011 中央区日本橋大伝馬町 2 番 7 号日本橋第一ビル 5F

TEL 03-3669-3156 FAX 03-3669-1015 E-mail nakada@satotekko.co.jp

6. まとめ

曲線2主1桁橋の立体的な挙動を解明し、実務設計に反映させるため諸検討を行った結果、次のことがいえる。

- 1) 平面曲率による床版の挙動は直線橋と異なり、全橋断面が π 形を形成していることから、ねじりに対してそりモーメントの影響が大きくなり、場合によってはこれを考慮する必要が出てくることも考えられる。
- 2) 横桁取付け部は平面骨組モデルに置換し、断面力を算出したところ FEM 解とほぼ一致したことから、易なモデルで応力レベルの評価は可能である。
- 3) 立体 FEM 動的解析より、橋軸直角方向地震入力時には2次振動モードが卓越し、桁端部に大きな力が集中する。また、支間中央部で床版縁端に大きな引張応力が発生するため実設計時には検討を要する。

今後の課題としては、さらに詳細な耐震性の照査、架設時鉛直・水平荷重に対する検討、座屈解析による架設時の安定照査、連続化した場合の中間支点上の検討などが考えられる。

最後に、本文をまとめるにあたり、ご指導を賜った長岡技術科学大学の長井正嗣教授に深く感謝の意を表します。

参考文献：1) 中田知志・勝俣徹：2主1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回年次学術講演会概要集I，(2000.9)

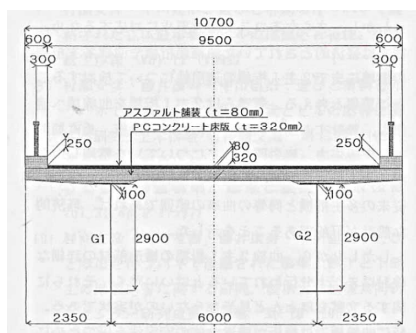


図1 検討モデルの断面図

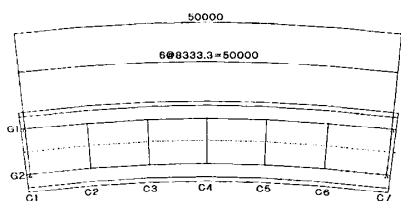


図2 検討モデルの平面図

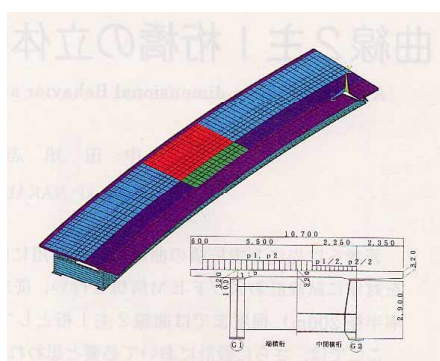


図3 FEM解析モデル

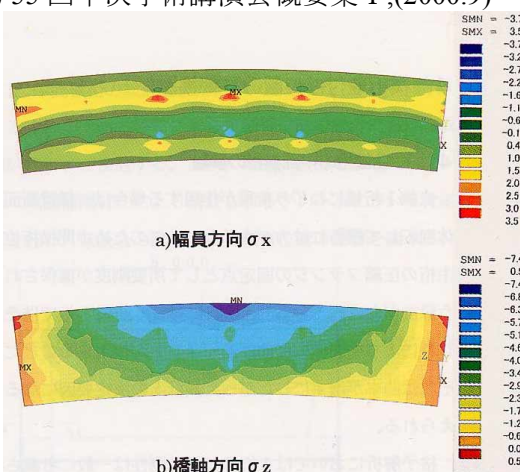


図4 床版応力(死荷重)

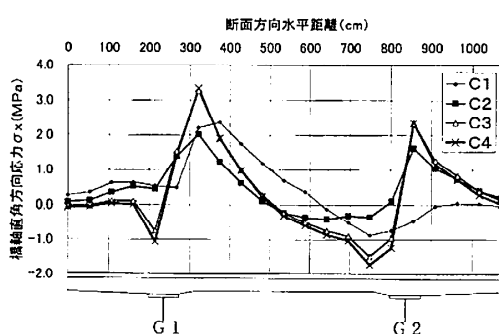


図5 床版 σ_x (横桁位置・死荷重)

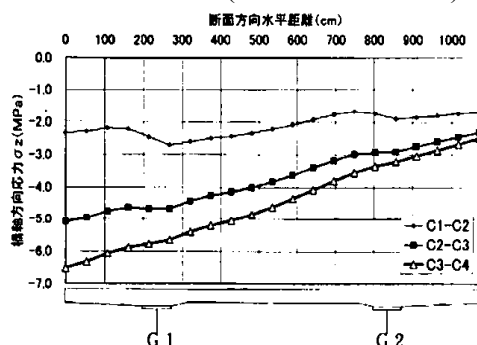


図6 床版 σ_z (横桁間・死荷重)

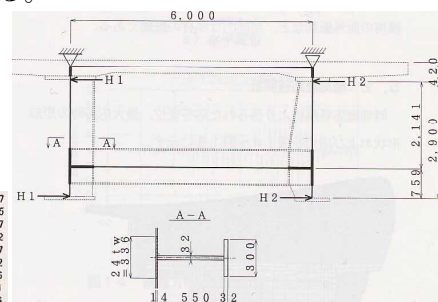


図7 横桁取付け部の検討モデル

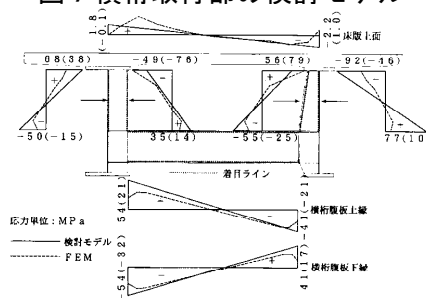


図8 FEMとの比較

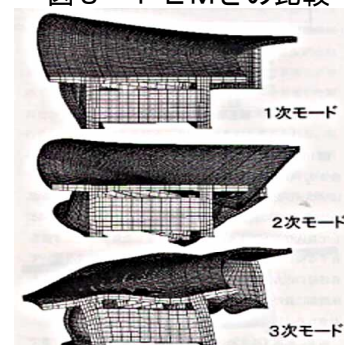


図9 振動モード

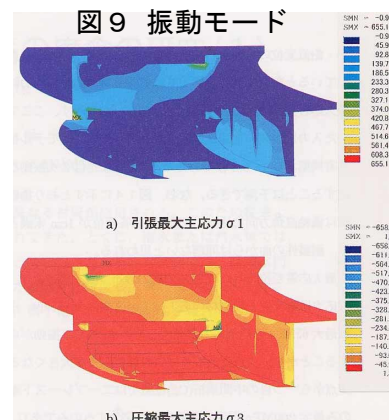


図10 最大応答変位時の主応力