

曲線2主桁橋及び箱桁橋の固有振動解析

Natural vibration analysis of curved twin I-girder and box-girder bridges

北海道大学大学院工学研究科 ○学生員 市川雅也 (Ichikawa Masaya)
 函館工業高等専門学校 正員 平沢秀之 (Hirasawa Hideyuki)
 北海道大学大学院工学研究科 フェロー 林川俊郎 (Hayashikawa Toshiro)
 北海道大学大学院工学研究科 学生員 Ngo Le Tran-Trong

1. まえがき

合理化・省力化を達成する橋梁形式として2主桁橋の施工例が増えている。2主桁橋では主桁どうしの連結に対傾構や横構ではなく、通常シンプルな横桁が用いられており、この横桁は主桁の中段に配置されることが多い。直線橋の場合は中段配置が有利であるが、曲線橋の場合は著者らによる既往の研究で、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、省力化を妨げる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¹⁾。横桁を下段に斜めに配置するこの方法は、コンクリート床版と併せて擬似箱桁断面を形成することができ、曲線2主桁橋の補剛方法として有効な方法の一つと考えられる。

一般に、鋼桁橋は斜張橋や吊橋よりも風による振動は起きにくい、合成2主桁橋は従来の桁橋に比較して縦長の断面を有しているため、総幅(B)に対する有効高(D)の比(B/D)が3以下となることが多く、空気力学的特性の面で問題となる可能性がある²⁾。また、横構が省略され、基本的に開断面であることから、多主桁橋と比べてねじり剛性が低い構造であると言える。これまで、少数主桁橋は支間長50[m]程度での採用実績があり、最近では80[m]以上の架設事例も見られる³⁾。このような状況の中、今後も少数主桁橋の長スパン化が予想されるが、それに伴って固有振動数が低下するため、ねじり振動に関する十分な検討が

必要であると考えられる。特に、ねじり渦励振については、設計基準風速以下で発生するケースや大きな応答に起因する初通過破壊・疲労破壊、自動車との共振による使用性等の問題が生じる可能性があり、ねじり剛性を向上させることが非常に重要である。

そこで本研究では、このような静的に有利な構造形式に対し、動的にも有利な特性を有しているかを把握するために、固有振動解析を実施し、振動数、振動モードを検討しようとするものである。対象とするモデルは、従来型の横桁直角配置モデル及び提案する斜め配置モデル。また、曲線橋に有利と言われる箱桁断面構造についても解析を行っている。なお、固有振動解析には有限要素汎用構造解析プログラムMSC/ NASTRANを使用した。

2. 解析モデル

図-1は解析対象とする橋梁モデルの断面図である。左半分は横桁を主桁の中段に直角配置させたもの、右半分は下段斜めに配置させたものである。支間長は50[m]、中心角は10°で、主桁と横桁の断面寸法は表-1に示す。主桁の断面は通常の2主桁橋のように、フランジ幅を一定とし、フランジ厚のみを変化させた変断面としている。

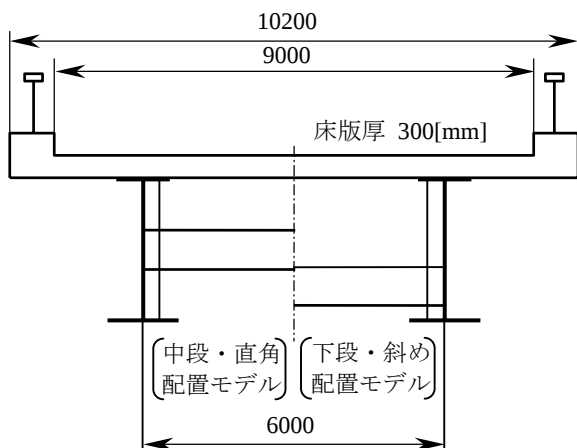


図-1 曲線2主桁橋断面図

表-1 断面寸法 [mm]

	上フランジ幅	上フランジ厚	腹板高	腹板厚	下フランジ幅	下フランジ厚
主桁	500	16~90	3000	24	800	24~100
横桁	300	25	1000	16	300	25

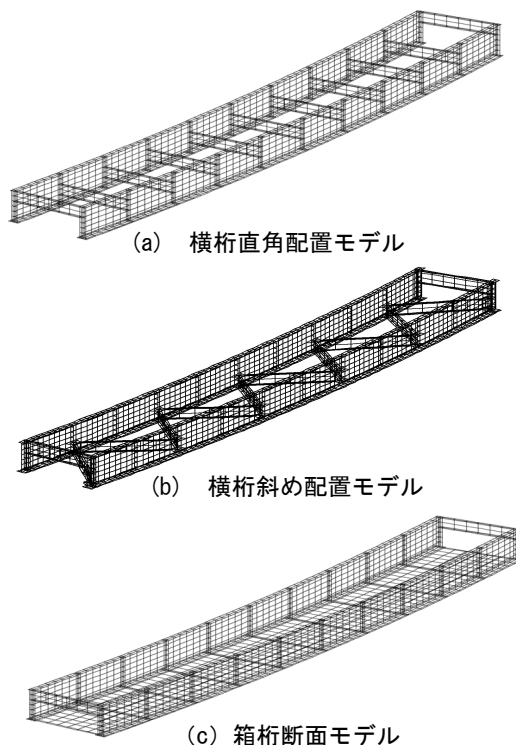


図-2 FEM 解析モデル

図-2は解析対象橋梁モデルのFEM解析で用いたメッシュ分割図を示している。ここでは、横桁形式の違い、箱桁であることを見やすくするために床版を省略した状態で表示している。

3. 固有振動解析結果

3つの解析モデルに対して弾性固有振動解析を実施した。直角配置横桁モデルと斜め配置横桁モデルの結果を図-3(a)に示す。グラフ中のV1は鉛直1次固有振動を、T1はねじり1次固有振動を表している。グラフより鉛直1次振動に関しては、横桁を斜め配置にすることで若干ではあるが上昇している。これは、横桁を直角に配置すると曲げ変形が生じて横桁に軸力がほとんど働かないが、斜めに配置することで横桁に軸力が働いて抵抗し、曲げ剛性が高まったためと考えられる。ねじり1次振動に関しては、斜めに配置する効果が顕著に現れている。これは、下段に配置された斜め横桁が床版と併せて擬似箱桁断面を形成したため、ねじりに対して剛性が高まったためと考えられる。

直角配置横桁モデルと箱桁断面モデルの結果を図-3(b)に示す。グラフより箱桁断面では、横桁を直角に配置する場合よりも鉛直1次固有振動数、ねじり1次固有振動数ともに上昇している。この結果より、箱桁断面は曲線橋に適した構造形式であると言える。

また、図-3(c)に斜め配置横桁モデルと箱桁断面モデルの解析結果を示す。鉛直1次固有振動数、ねじり1次固有振動数ともに、箱桁断面モデルの方が大きい値となっている。しかし、斜め配置横桁モデルにおいてもねじり振動では、箱桁断面モデルと同程度の効果があることがわかる。

図-4は固有振動モードで、(a)は横桁直角配置モデル、(b)は横桁斜め配置モデル、(c)は箱桁断面モデルであり、それぞれの鉛直1次、ねじり1次振動モード図が示されている。(a)、(b)では、曲線橋であるため純粋な鉛直振動のみではなく、ややねじりを伴ったモードが鉛直1次モードとして現れている。ねじり1次モードも水平振動をやや含

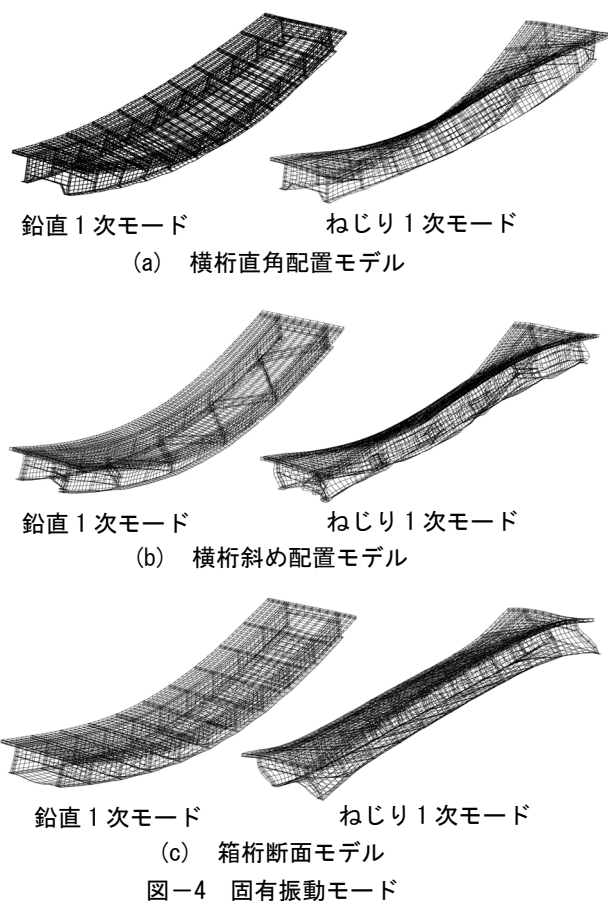


図-4 固有振動モード

んだ連成振動が現れている。一方、(c)の箱桁断面では、鉛直、ねじり共、連成振動はほとんど見られない。

4. おわりに

本研究では、曲線2主桁橋の完成時における横桁の配置方法、箱桁断面のねじり剛性への効果を固有振動特性の面から検討することを目的として解析を行った。

その結果、箱桁断面は曲線橋に対して、やはり有効な構造形式であることが確認できた。しかし、横桁を斜めに配置する構造は、鉛直1次固有振動数においては箱桁断面の方が大きな値を得ているが、ねじり1次固有振動数においては、斜め配置横桁でも同程度の値を得ており、斜め配置横桁はねじり振動に対して効果的であることが明らかとなった。

また本橋梁形式は、従来型の2主桁形式と比較して同程度の省力化を達成することができ、且つ曲率の比較的大きな曲線橋にも有効であるため、橋梁建設のコストダウンに寄与できると考えられる。

【参考文献】

- 1) 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.
- 2) 山田均, 上島秀作, 枝元勝哉, 台原直, 澤田繁樹, 篠原修二: 少数主桁橋梁の耐風性、橋梁と基礎Vol. 36, No. 2, pp. 37-42, 2002.
- 3) 中村元, 宮越信, 藤波紀雄, 橋吉宏, 畠中真一, 枝元勝哉: 利別川第一橋(PC 床版連続合成 2 主桁橋)の実橋振動実験, 土木学会第 55 回年次学術講演会講演概要集, I-B108, 2000.

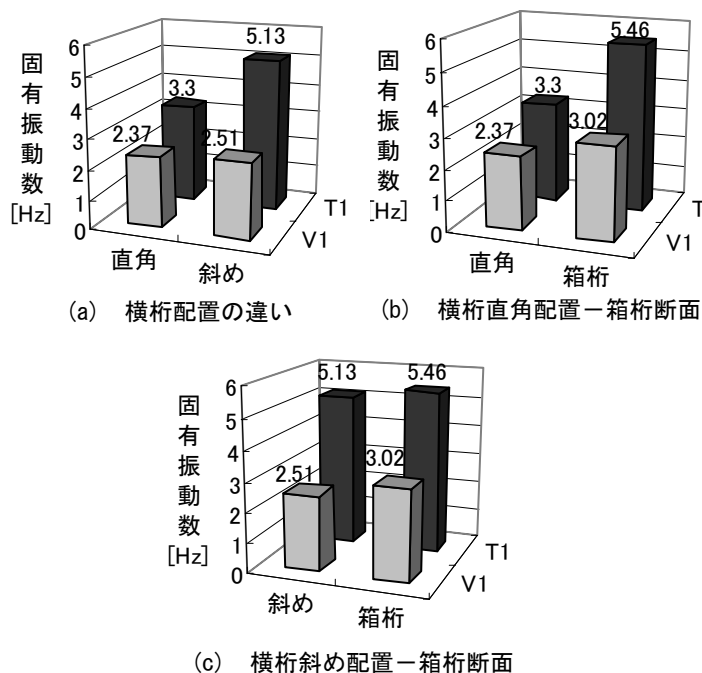


図-3 横桁配置、箱桁断面での比較