

## 少数主桁橋の振動特性評価に関する研究

横浜国立大学大学院環境情報学府 学生会員 市瀬達夫  
横浜国立大学大学院環境情報研究院 フェロー 山田均

横浜国立大学大学院工学研究院 正会員 宮田利雄  
横浜国立大学大学院工学研究院 正会員 勝地弘

### 1. はじめに

近年の産業構造の変化に合わせて、鋼橋建設においても計画、施工、維持管理に至るまでのライフサイクルにおけるコストの最小化が強く求められているが、そのような背景の元で近年になり特に注目されているのが、PC床板を有する少数主桁（2、3主桁）鋼橋である。しかしその構造上の特徴から、以前までの鋼橋形式の主流であったプレートガーダー橋、あるいは箱桁橋などと比較すると非常にねじれ剛性が低く、更に空力特性の点でも劣る事から、ねじれ振動に対する設計には慎重さが要求される。

橋梁の振動モードは、床板の鉛直振動や水平振動、さらに各部材の振動が同時に発生する連成振動などがあるが、本研究では特に橋梁全体がねじれを示すねじれ振動モードに着目し、ねじれ振動モードの特性評価を試みた。

### 2. 研究の概要

ねじれにより生じる断面変形の影響を再現可能な立体FEM解析ソフトにより作成した2主桁橋モデルの固有値解析を行い、種々の補剛材の設置、及び径間の変化が2主桁橋の振動特性に与える影響の検証、併せてねじれ振動モードの固有振動数を上昇させ得る補剛材を模索した。作成したモデルは2車線道路を想定した幅員10.2m、床板厚320mm、桁高3mの主桁を持つ3径間2主桁橋である。床板、舗装、高欄部分がソリッド要素、主桁部分がソリッド、シェル要素で作成されている。基本モデルの透視図を図1に示す。

径間50mで補剛材を一切設置していないモデルを基本モデルとして、様々な補剛材を設置したモデル、部材厚を変更したモデルを製作し固有値解析を行った。そして径間50mモデルで確認された傾向が径間を変更したモデルにおいても引き続き確認できるかを検証するため、径間75m、100mのモデルも同様に製作し固有値解析を行った。

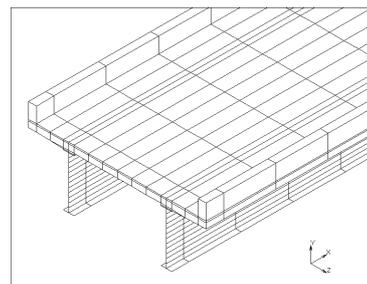


図1 基本モデル透視図

### 3. 種々のモデルを使用した固有値解析結果

径間50m各モデルのねじれ振動1次モード固有振動数を表1に、基本モデルのねじれ振動1次モード図を図2に示す。

表1 径間50mモデル ねじれ振動1次モード固有振動数一覧（モデル"50-基本"は除く）

モデル名	鉛直振動1次固有振動数(Hz)	ねじれ振動1次固有振動数(Hz)	ねじれ/鉛直たわみ振動数比
50-基本	2.13	3.36	1.58

モデル名	設置補剛材	設置間隔(m)	固有振動数(Hz)
50-垂	垂直補剛材	6	3.26
50-水	水平補剛材		3.37
50-垂-水	垂直+水平	6	3.26
50-横桁03	横桁	3	3.37
50-横桁12	横桁	12	3.37
50-ダ03	ダイヤフラム	3	3.29
50-ダ12	ダイヤフラム	12	3.29

モデル名	設置補剛材	設置間隔(m)	固有振動数(Hz)
50-対03	対傾構	3	3.30
50-対12	対傾構	12	3.25
50-箱	箱桁状補剛材		3.34
50-横構	横構		3.31

モデル名	部材厚変更箇所	変更量(mm)	固有振動数(Hz)
50-床	床板	320→600	3.66
50-高	高欄	900→1500	3.24
50-上フラ	上フランジ	50→100	3.36
50-下フラ	下フランジ	50→100	3.59
50-ウェブ	ウェブ	15→30	3.53

キーワード：少数主桁橋、ねじれ振動、立体FEM固有値解析

連絡先：〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台79-5 TEL 045-339-4243 FAX 045-348-4565

一般的な開断面形式鋼橋のねじれ鉛直たわみ固有振動数比は2程度あるが、2主桁橋の場合1.58と低下し、少数主桁形式が空力特性の点で従来形式より劣ることが表1より確認できる。またねじれ振動に関しては種々の補剛材を単独で設置する事、および各部材厚を変化させる事が橋梁全体のねじれ振動モードの固有振動数に有意な影響を与えない事が確認できる。

そこで、断面保持性補剛材としてダイアフラムと対傾構、ねじれ抵抗性補剛材として箱桁状補剛材と横構をそれぞれ組み合わせたモデルを製作し固有値解析を行った結果、ねじれ振動モードの固有振動数が飛躍的に上昇するモデルが現れた。各モデルのねじれ振動1次モードの固有振動数を表2に示す。対傾構よりダイアフラム、横構より箱桁状補剛材を組み合わせて、なおかつ断面保持性補剛材の設置間隔を狭めたモデルの方が、よりねじれ振動モードの固有振動数が上昇する事を確認できる。しかし、断面保持性補剛材とねじれ抵抗性補剛材を組み合わせたモデルにおいて、それまでの各補剛材を単独で設置していた時には現れなかった、床板水平振動と連成したねじれ振動が新たに現れることが確認された。

組み合わせモデルの床板水平振動連成ねじれ振動1次の固有振動数を表2に、箱桁状補剛材とダイアフラムの組み合わせモデルの床板水平振動連成振動1次モード図を図3に示す。

表2 径間50m組み合わせモデル  
振動モード別固有振動数一覧

モデル名	設置補剛材	設置間隔(m)	ねじれ振動1次モード固有振動数(Hz)	水平振動連成ねじれ振動1次モード固有振動数(Hz)
50-基本			3.36	
50-ダ03-箱	ダイア+箱	3	8.27	4.91
50-ダ12-箱	ダイア+箱	12	8.18	4.43
50-ダ03-横	ダイア+横構	3	4.46	4.25
50-ダ12-横	ダイア+横構	12	4.70	3.94
50-対03-箱	対傾構+箱	3	6.11	2.45
50-対12-箱	対傾構+箱	12	4.69	1.66
50-対03-横	対傾構+横構	3	4.32	1.99
50-対12-横	対傾構+横構	12	3.99	1.50

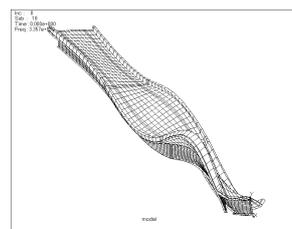


図2 50-基本 ねじれ振動1次モード図

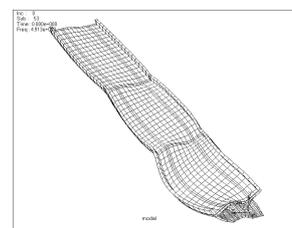


図3 50-ダ03-箱  
床板水平振動連成ねじれ振動1次モード図

表2に示されているように、ダイアフラムを断面保持性補剛材として組み合わせたモデルでは、新たに発現した床板水平振動連成ねじれ振動1次モード固有振動数は、基本モデルのねじれ振動1次モード固有振動数を上回る。しかし、相対的に断面保持性に劣る対傾構を組み合わせたモデルの場合、その固有振動数は基本モデルのねじれ振動1次モード固有振動数を下回り、より空力特性的に不利な構造と言える。表1、2で示されているダイアフラムを設置したモデルでは、ダイアフラム中央部に点検口を想定した開口部が設けられているが、この開口部を広げた変形ダイアフラムと箱桁状補剛材を組み合わせたモデルを使用した固有値解析を行ったところ、開口部面積が大きくなるにつれて床板水平振動連成ねじれ振動モードの固有振動数は低下することが確認された。以上より、相対的に断面保持性が低い断面保持性補剛材とねじれ抵抗性補剛材を組み合わせた場合、本来のねじれ振動モードの固有振動数より低い周波数領域で連成ねじれ振動が現れる可能性がある事が確認された。

#### 4. まとめ

本研究の解析により、以下の事項が確認できた。

- ・ 従来形式と比較して、2主桁橋の鉛直たわみ振動モードとねじれ振動モードの固有振動数比は低い。
- ・ 2主桁橋では補剛材などの部材が設置されることで、各部材の振動が連成することにより基本モデルには無い新たな振動モードが発現することがある。
- ・ 単独で設置された種々の補剛材が2主桁橋のねじれ振動モードの固有振動数に与える影響はほぼ無い。
- ・ 断面保持性補剛材およびねじれ抵抗性補剛材を組み合わせて設置すると、ねじれ振動モードの固有振動数は上昇する。
- ・ その際、断面保持性が高い補剛材を組み合わせるほど固有振動数上昇の効果は大きい。
- ・ 一方、断面保持性が低い補剛材を組み合わせた場合、床板の水平振動と連成したねじれ振動が基本モデルのねじれ振動1次モード固有振動数より低い振動数領域で現れる場合がある。
- ・ 径間を変更しても、以上で述べた傾向は引き続き確認される。