

Florianopolis 形式橋梁の構造特性に関する基礎的検討

岐阜大学大学院 学生会員 ○西宏将
 岐阜大学 正会員 村上茂之
 岐阜大学 藤井孝樹

1. 研究背景と目的

Florianopolis 形式橋梁は、トラスの上弦材と吊橋の主ケーブルが支間中央部で一体化されており、技術的に特異な形式の橋梁である。この形式は、トラス橋と吊橋の複合的な形式であることから、一般形式の吊橋と比べ、耐風・耐震安定性が良好とされる¹⁾。しかし、Florianopolis 形式橋梁は架設事例が少なく、国内で現存するのは岐阜県八百津町にある、旅足橋のみである。そこで、近年、維持管理上の観点から、補修方法が問題となっている吊形式人道橋に対し、その耐風・耐震安定性に着目し、この形式による補修案を検討する。本研究では、旅足橋を対象とし、Florianopolis 形式橋梁の耐風・耐震安定性について、その力学性能を解析的に検討することを目的とした。



図1 旅足橋

表1 旅足橋 諸元

橋長(m)	122.6
有効幅員(m)	4.5
主構間隔(m)	5.3
サグ(m)	11.2
サグ比	1/10
揺動塔高(m)	14.15

2. 解析モデル

解析には汎用型弾塑性変位応答プログラム²⁾を用いた。本研究では、橋梁全体の挙動を検討することが目的であるため、ファイバーモデルによるはり要素でモデル化した。モデルを図2に示す。また、比較対象として、旅足橋のトラス部材を吊材に変更した吊橋のモデルも作成した。さらに、主ケーブルは通常のケーブル要素ではなく、弾性はり要素によってモデル化を行い、解析時には要素に初期張力を与えた。材料は、主ケーブルを JIS G 3502 ピアノ線材とし、桁や主塔、吊材の鋼材を SS400 とした。また、境界条件を表2に示す。図面³⁾や現地調査から構造条件を考慮し、要素の各方向に拘束を与えた。

3. 解析結果

3.1 静的解析

Florianopolis 形式橋梁の耐風性を検討するため、旅足橋の各部材における断面形状から風荷重を算出し⁴⁾、橋軸直角方向に載荷した。下弦材の変位を図3に示す。吊橋と比較すると、橋軸直角方向、橋軸鉛直方向について、桁の変形形状が変化し、変位が抑制されたことが分かる。次に、主ケーブルに作用する軸力について、図4に吊橋、図5に旅足橋の結果を示す。図4では、ケーブルの初期張力に対し、風上側のケーブル張力は減少し、風下側のケーブル張力は増加した。しかし、図5では吊橋での結果と同様の傾向であったが、旅足橋では軸力の変化が大きく、支間中央部にお

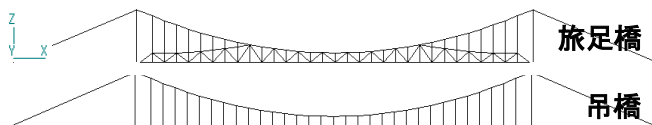


図2 解析モデル

表2 境界条件

	X	Y	Z	RX	RY	RZ	
補剛桁端部	C	C	C	C	F	C	F: フリー
主塔基部	C	C	C	C	F	C	
主塔サドル部	F	F	F	C	F	C	C: 拘束
アンカブロック	C	C	C	C	C	C	

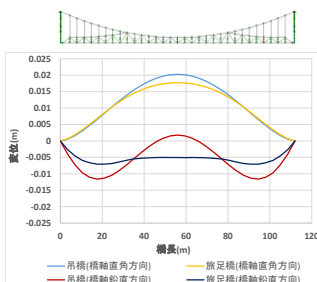


図3 下弦材変位

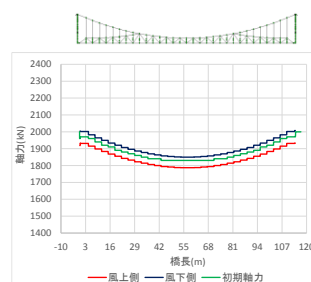


図4 吊橋 主ケーブル軸力

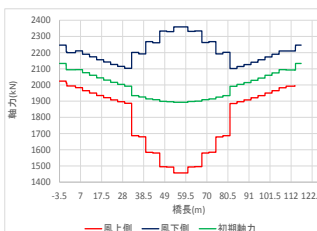


図5 旅足橋 主ケーブル軸力

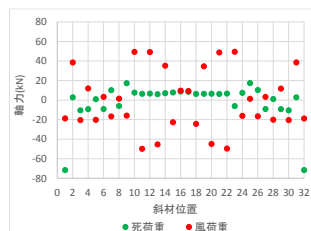


図6 斜材 軸力

キーワード Florianopolis 形式橋梁 旅足橋 耐風性 耐震性 吊形式人道橋

連絡先 〒501-1193 岐阜市柳戸1番1 岐阜大学大学院工学研究科 社会基盤工学専攻 TEL058-293-2468

いて、その増減が大きいことが分かった。また、旅足橋のトラス部材の断面力に着目した。図6に旅足橋の斜材の軸力を示す。死荷重載荷時と比較すると、斜材の軸力が増加しており、特に、支間中央部における斜材の軸力が大きいことが分かった。

3.2 固有値解析

旅足橋と吊橋の振動特性について検討を行った。その結果を表3と図7に示す。吊橋は、モード1は面内一次モード、モード4は全体がねじれる変形が見られた。旅足橋ではモード1は面外一次モード、その後は高次の変形モードになった。しかし、その後はねじれる変形モードは見られなかった。解析結果から、この形式によって桁のねじれ剛性が向上したこと、橋梁の固有振動数に影響を及ぼすことが分かった。

3.3 動的解析

耐震性の検討として、直下型地震として濃尾地震、新潟中越地震、海溝型地震として東海地震の仮想データを使用し、動的解析を行った。本稿では、濃尾地震と東海地震の結果を示す。地震動の入力波形を図8、図9に示す。今回は、橋軸直角方向のみに加速度を入力し、その結果を検討した。図10に濃尾地震、図11に東海地震による、支間中央での下弦材の応答変位を示す。濃尾地震、東海地震ともに加速度の大きい時刻での応答は吊橋が大きく、変位が抑制されたことが分かった。また、濃尾地震と比較し、東海地震による結果において、変位の抑制効果が大きかった。これは、東海地震における地震動の周期が長いため、固有周期の大きい吊橋により影響が出たと考えられる。また、地震動に対し、下弦材端部に力が集中したため、その断面力を照査した。図12に東海地震における、下弦材端部の応答軸力を示す。両者を比較すると、加速度の大きい時刻13sから18sにおいて、旅足橋より吊橋の応答が大きいため、旅足橋の応答軸力が低減したことが分かった。さらに、静的解析において軸力が大きい斜材12と軸力が小さい斜材6に着目した。図13に東海地震における、斜材の応答軸力を示す。地震動に対し、支間中央部における斜材12の応答軸力が、斜材6より大きいことが分かった。よって、支間中央部が変形の抑制に影響していることが確認された。

4. 結論

本研究で得られた知見を以下に示す。

- ・ Florianopolis 形式橋梁は、静的な風荷重に対し、ケーブルと補剛トラスが抵抗することで、吊橋と比べ橋軸直角方向、橋軸鉛直方向の変位が小さくなった。
- ・ トラスとケーブルが一体化することで、構造物の剛性が向上し、固有周期や変形モードに影響を及ぼす。
- ・ Florianopolis 形式橋梁は、地震動に対し、吊橋と比べ桁の橋軸直角方向変位の抑制、また、力が集中する桁端部において、軸力を低減できる。

表3 固有値解析結果

吊橋				旅足橋			
モード次数	固有振動数 (Hz)	固有周期 (s)	変形モード	モード次数	固有振動数 (Hz)	固有周期 (s)	変形モード
1	0.881	1.136	面内一次モード	1	1.507	0.664	面外一次モード
2	1.279	0.782	面外一次モード	2	3.692	0.271	面外二次モード
3	1.561	0.641	面内二次モード	3	4.120	0.243	面内一次モード
4	2.354	0.425	ねじり一次モード	4	4.571	0.219	面内二次モード

吊橋

旅足橋

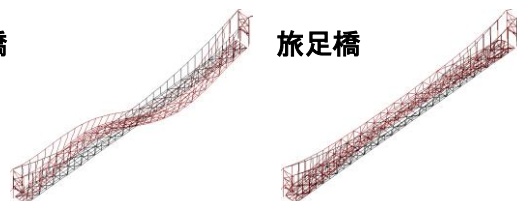


図7 変形モード (モード1)

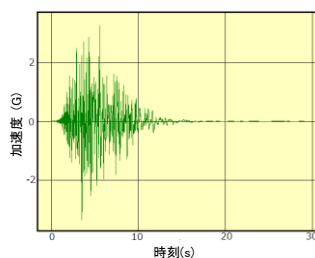


図8 濃尾地震 入力波形

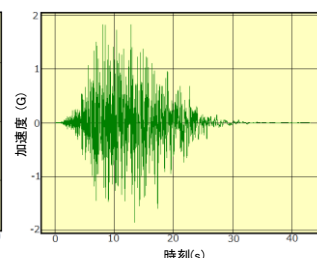


図9 東海地震 入力波形

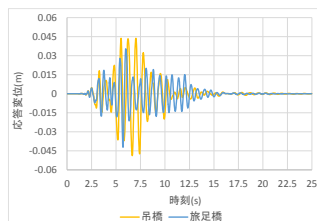


図10 下弦材 応答変位

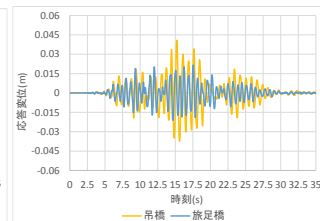


図11 下弦材 応答変位

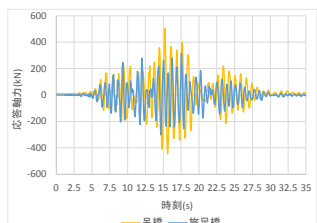


図12 下弦材端部 応答軸力

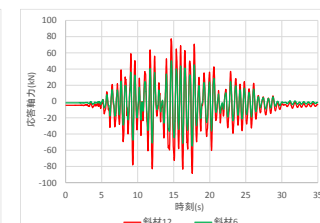


図13 斜材 応答軸力

参考文献

- 1)山根巖 岐阜県八百津町「旅足橋」について 我が国唯一の Florianopolis 橋型の吊橋,pp.1-10, 土木学会 土木史研究,自由投稿論文 1996
- 2)丸善株式会社 野中哲也 吉野廣一 パソコンで解くファイバーモデルによる弾塑性有限要素解析 2010.4
- 3)平井敦 鋼橋 技法堂 1967.9 pp600-630
- 4)社団法人 日本道路協会 道路橋耐風設計便覧(平成 19 年改訂版) pp33-58