

支持ケーブルの局部振動を考慮した斜張橋の動的応答解析に関する研究

長崎大学大学院 学生会員 ○木村 剛 長崎県土木部 正会員 北原雄一
中国福州大学 非会員 呉 慶雄 長崎大学工学部 フェロー 高橋和雄
長崎大学工学部 正会員 中村聖三

1. まえがき

斜張橋全体の支持ケーブルの局部振動を含めた応答を評価する際には一般的に TDAP¹⁾等の汎用ソフトにおいて支持ケーブルを弦要素(幾何学非線形を考慮したトラス要素)として解析を行っている。しかし、支持ケーブルの支点変位、係数励振振動、サグの影響などを評価した厳密な解析を行えない。そこで、これまでに支持ケーブルの応答評価を行える有限要素プログラムを作成し、支持ケーブルをモデル化するためのケーブル要素の適用可能性及び既存の弦要素との動的解析結果の比較²⁾をおこなった。その結果、ケーブル要素を使って支持ケーブルをモデル化することの有効性を確認した。本論文では、さらに支持ケーブルを分割することで支持ケーブルのサグを考慮するモデルを提案する。

2. 解析対象と解析モデル

2.1 女神大橋の概要

解析対象の女神大橋は、長崎港によって分断されている長崎市南部・西部を最短距離で結ぶことで市内中心部の慢性化した交通混雑を緩和し、地域全体の産業・経済・文化の活性化を目的として建設され、平成 17 年 12 月 11 日開通した 3 径間連続鋼斜張橋である。図-1 に側面図を示す。中央径間 480m、側径間 200m、全幅員 28.3m である。また、主塔形状は H 型で高さ 170m である。

2.2 FEM モデル

本研究では、女神大橋全体モデルにおいて、支持ケーブルをサグを考慮した 8 分割するモデル及び分割しないモデルの二つを用いる。主塔及び主桁は共に 3 次元はり要素とし、支持ケーブルはケーブル要素とする。図-2 に解析モデルを示す。図-2(a)は支持ケーブル分割無しモデル、図-2(b)は支持ケーブル 8 分割モデルである。

3. 固有値解析結果

両モデルによる固有値解析結果を表-1 に示す。表-1 には鉛直 1 次、ねじれ 1 次及び面外 1 次の結果のみを示す。他の次数の固有振動数及び振動モードは当日示す。表-1 より固有振動数の差は、鉛直 1 次で 0.004%、ねじれ 1 次で 0.006%及び面外 1 次で 0.004%となった。よって、固有値解析結果は両モデルによって差が非常に小さくほぼ一致する。

4. 正弦波加振

起振機実験を想定して斜張橋を正弦波加振する場合の応答を求める。

鉛直正弦波加振は表-1 に示す鉛直 1 次振動数と同一の加振振動数および加振力の振幅 50kN で行う。また、ねじれ正弦波加振も表-1 に示すねじれ 1 次振動数と同一の加振振動数および加振力 5000kN・m で行う。

4.1 鉛直正弦波加振による応答

図-3 に鉛直正弦波加振による結果を示す。図-3(a)には主桁軸力、図-3(b)には主塔軸力を示す。主桁及び主塔の軸力において応答はほぼ一致しており、概ね同様の形状を示している。また、それぞれが最大となる点において差を

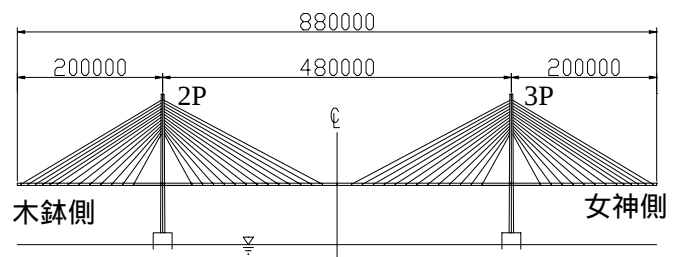
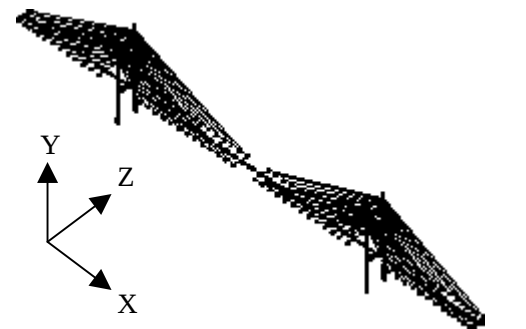
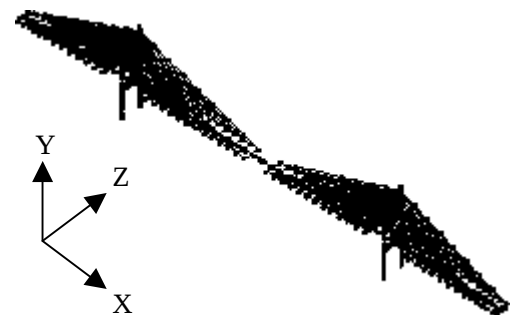


図-1 側面図(mm)



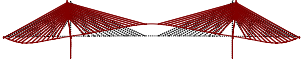
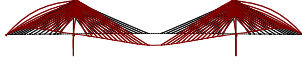
(a) 支持ケーブル分割無し



(b) 支持ケーブル分割有り

図-2 解析モデル

表-1 固有値解析結果

	分割無し		分割有り	
	振動数	振動モード	振動数	振動モード
鉛直 1 次	0.267Hz		0.266Hz	
ねじれ 1 次	0.674Hz		0.670Hz	
面外 1 次	0.269Hz		0.268Hz	

比較したところ、主桁軸力において差は約 1.3%、主塔軸力において差は、約 3% となった。

4.2 ねじれ正弦波加振による応答

図-4 に鉛直正弦波加振による結果を示す。図-4(a)には主桁軸力、図-4(b)には主塔軸力を示す。主桁軸力は、分割有りモデルに比べて分割無しモデルの値が非常に小さくなっている。主塔軸力は、概ね同様の分布形状を示している。また、それぞれが最大となる点において差を比較したところ、主塔軸力において差は約 1.7% となった。しかし、主桁の軸力においては、支間中央部で最大の差を示し、分割有りモデルが 1129kN であったのに対して分割無しモデルでは 22kN となった。

4.3 考察

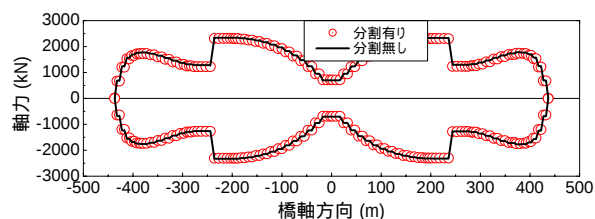
分割無しモデルでは、支持ケーブルを一本のケーブル要素としてモデル化している為、支持ケーブルのサグの変化に伴う張力の変動を考慮できない。鉛直正弦波加振では、左右の支持ケーブルが同じ方向に動くので、支持ケーブルに作用する張力は同じである。このため、支持ケーブルの変動張力の影響は少ない。しかし、ねじれ正弦波加振では、左右の支持ケーブルの動きが逆のために支持ケーブルの張力の差が効いてくる。よって、サグが小さくても橋梁全体の応答の差が大きくなったと考えられる。

5. まとめ

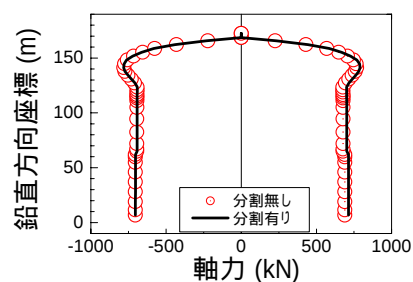
分割無しモデルでは、支持ケーブルのサグの変化に伴う張力の変動を考慮できない。そのため、ねじれ正弦波加振のように左右の支持ケーブルの動きが逆になる場合、分割無しモデルでは、支持ケーブルの振動を正確に考慮できない。よって、斜張橋の動的応答解析を行う際には、支持ケーブルをサグを考慮して分割すべきである。

参考文献

- 1) (株) アーク情報システム：TDAP 機能説明書、2003.9.
- 2) 木村剛、呉慶雄、高橋和雄、中村聖三：ケーブル要素と弦要素を用いた斜張橋の応答の比較、第 61 回土木学会年次学術講演会講演概要集第一部門、2005.

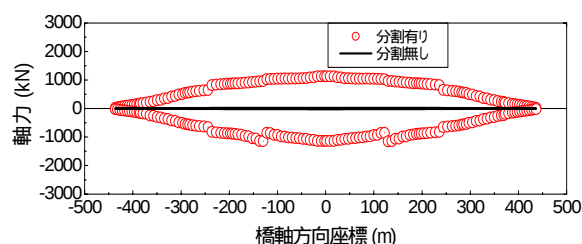


(a) 主桁軸力

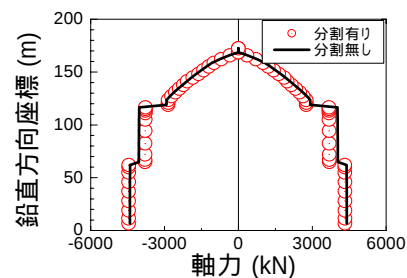


(b) 主塔軸力

図-3 鉛直正弦波加振結果



(a) 主桁軸力



(b) 主塔軸力

図-4 ねじれ正弦波加振結果