

I - B 66

MONO-DUO 形式超長大吊橋の MONO 区間長と耐風安定性に関する研究

東京都	正会員	志水 平	東京都立大学	正会員	前田 研一*
名古屋工業大学	正会員	岩本 政巳	長 大	正会員	森園 康之
長岡技術科学大学	正会員	長井 正嗣	東京大学	正会員	藤野 陽三

1. まえがき

中央径間長 2,000m を越える超長大吊橋の最重要課題である耐風安定性の確保のために、各種ケーブルシステムが研究されている。著者らによる MONO-DUO 形式化や、リジッドハンガー設置の提案に関する研究^{1),2)}もその一つであり、ここでは、MONO-DUO 形式の主ケーブルの MONO 区間長を変化させて、固有振動特性および耐風安定性を検討した。

2. 解析モデルと解析手法

図-1、表-1 に一般図、構造諸元を示す中央径間長 2,500m 超長大箱桁吊橋の試設計例を基に、MONO-DUO 形式の基本モデルと、図-2 の概念図に示すように MONO 区間を片側 10 パネルずつ延長して変化させたモデル、および基本モデルを除くモデルの MONO 区間の中央側終端部 2 カ所にリジッドハンガーを配置したモデル、計 11 種類のモデルを作成した、すなわち、最も長く片側 50 パネルを MONO 区間としたものは MONO 形式と言うことになる。これらのモデルを解析対象として、耐風安定化策に伴う固有振動特性における複数の連成モードの存在を考慮し、マルチモード・フラッター解析^{3),4)}を行って、これまでの基本 2 モードによる解析結果と比較するとともに、連成フラッター特性を検討した。

3. 固有振動特性

たわみ対称 1 次モードは、基本モデルでは 3 次に見え、リジッドハンガーの有無に関わらず、MONO 区間が(0-20、80-100)以上になると 3 次から 2 次へと変化した。ねじれ対称 1 次モードに関しては、基本モデルでは 26 次に見れるが、MONO 区間を延長するにつれて、24-27 次へと変化するとともに、15 次、18-20 次、28-32 次にも現れた。これらのモードには、橋軸直角方向の面外成分などが複雑に連成していた。

4. 連成フラッター特性

平板翼理論に基づく非定常空気を作用させ、たわみとねじれの対称 1 次モードの計 2 モードを考慮した場合および 1~40 次の計 40 モードを考慮した場合について、モード解析法による連成フラッター解析^{3),4)}を行った結果を図-3~6 に示す。

図-3 は、MONO 区間長の変化とフラッター限界風速の関係を示したもので、40 モードの場合、MONO 区間長が増加するにしたがい限界風速は上昇してゆくものの、中央径間全区間を MONO 区間とした MONO 形式モデルでも限界風速が 71.47m/s(40mode 考慮時)となり、MONO-DUO 形式基本モデル(限界風速:75.8m/s)よりもかえって耐風安定性が低下する結果となった。図-4 は、基本モデルを除く 5 モデルの主ケーブル分岐点にリジッドハンガーを配置した際の同様の関係を示したもので、図-3 と比較して、限界風速の値にほとんど変化は認められなかった。

図-3,4 に共通してみられる傾向として、基本 2 モードによる解析結果と、1~40 次モードによる解析結果に大きな差異があり、40 モードを考慮した際の限界風速が大きく低下することが確認された。その理由としては、図-5 に示すように、たわみ対称 3 次の寄与率(エネルギー比)が 30~60%と大きな割合を占めて、限界風速の増減に最も支配的なモードとなっており、このために、たわみとねじれの対称 1 次の基本 2 モードで解析を行うと限界風速が過大になったものと考えられる。

Key Words : 超長大橋、吊橋、耐風安定性、固有振動特性、連成フラッター

連絡先* : 〒192-03 東京都八王子市南大沢 1-1 TEL 0426-77-1111(Ext.4565) FAX 0426-77-2772

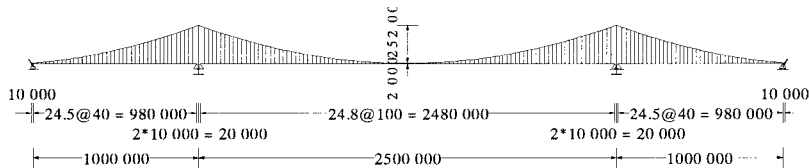


図-1 試設計例（中央径間2,500m）の一般図

表-1 試設計例の諸元

形式	3径間2ヒンジ吊橋
文間長	主ケーブル 1000 + 2500 + 1000 m 補剛桁 980 + 2480 + 980 m
主ケーブル	サジ比 1 / 10 中心間隔 32 m (最大) 断面積 0.5564 m ² / cable 慣性質量 4.575 t / m ÷ g (9.8m/sec ²)
ハンガーケーブル	断面積 0.008 m ² / 吊点 慣性質量 0.05 t / m ÷ g (9.8m/sec ²) 中心間隔 24.8 m 前後間 24.5 m
リジッドハンガー	断面積 0.1910 m ² 鉛直曲げ剛性 0.2655 m ⁴ 水平曲げ剛性 0.0312 m ⁴ ねじり剛性 0.0835 m ⁴
センターステイ	断面積 0.2 m ² (中央径間 11m) / cable 補剛桁 形式 (桁高) 鋼桁桁 (桁高 7m)
補剛桁	断面積 1.3 m ² 鉛直曲げ剛性 11.0 m ⁴ 水平曲げ剛性 132 m ⁴ ねじり剛性 23.7 m ⁴ 慣性質量 23 t / m ÷ g (9.8m/sec ²) 回転慣性 2500 t·m ² / m ÷ g (9.8m/sec ²)
主塔	断面積 2.6~4.2 m ² / 塔柱 塔内剛性 13.5~23.2 m ⁴ / 塔柱 塔外剛性 26.0~85.3 m ⁴ / 塔柱 ねじり剛性 17.6~37.3 m ⁴ / 塔柱

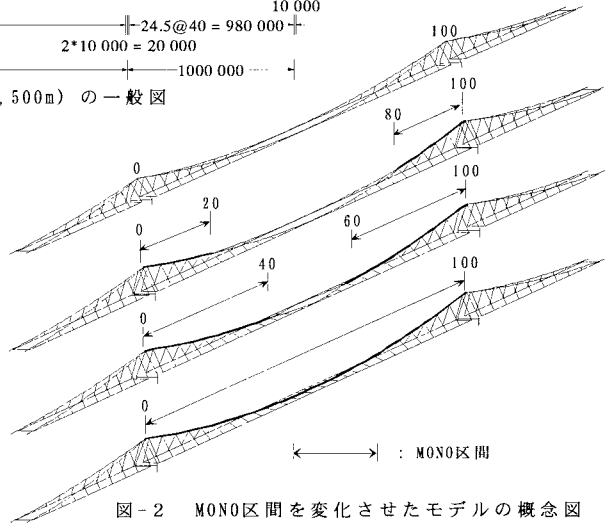


図-2 MONO区間を変化させたモデルの概念図

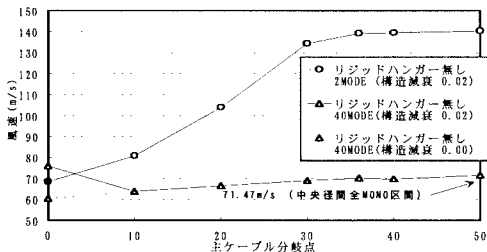


図-3 主ケーブル分岐点とフラッター発振風速 (リジッドハンガー無しモデル)

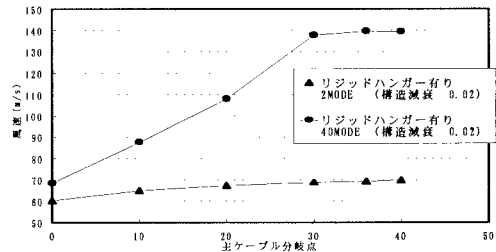


図-4 主ケーブル分岐点とフラッター発振風速 (リジッドハンガー有りモデル)

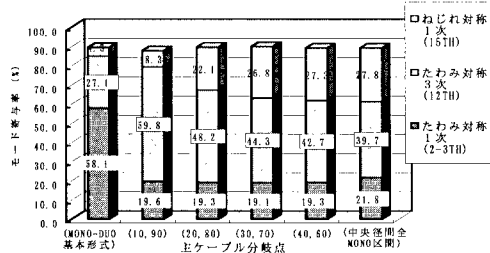


図-5 主ケーブル分岐点とモード寄与率 (リジッドハンガー無しモデル)

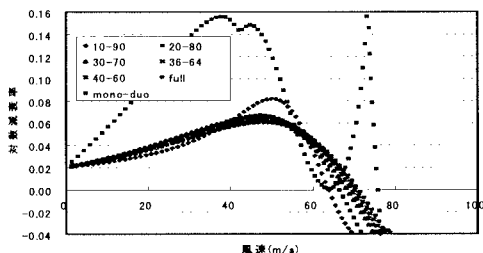


図-6 連成フラッターV-δ曲線 (リジッドハンガー無しモデル)

5. あとがき

これまでの数年にわたる研究を踏まえて、MONO 区間長を変化させて検討してみたが、現状では MONO-DUO 形式の有用な発展型を見いだすには至らなかった。今後は、MONO-DUO 形式の連成フラッター特性を空気力の特性と関連させ、この形式の構造特性を生かすことのできる補剛桁断面の空力特性の検討などが課題であるといえた。

〔参考文献〕

- 1) 前田・岩本・森園・田平・長井・藤野：MONO-DUO 形式とリジッドハンガーによる超長大吊橋の耐風安定化策の実現性、構造工学論文集、Vol. 44A、1998。
- 2) 栗原・志水・前田・岩本・森園・長井・藤野：超長大箱桁吊橋の耐風安定化策の改善に関する研究、第 53 回年次学術講演会講演概要集 (I)、1998。
- 3) 岩本・藤野・長井：三次元モデルによる長大斜張橋のフラッター解析、第 48 回年次学術講演会講演概要集 (I)、1993。
- 4) 宮田・山田・太田：立体骨組解析法による横たわみしたトラス補剛桁吊橋の曲げねじれフラッター解析、土木学会論文集、No. 404/I-11、1989。