

I - B60

超長大吊橋の耐風安定化対策と連成フラッター特性

	鹿兒島県	正会員	中津川 宏和
NKK	正会員	田平 秀和	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を超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。著者らによるリジッドハンガーフレームの設置や、MONO-DUO形式化の提案に関する研究^{1), 2)} もその一つであり、ここでは、これらの耐風安定化対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、同じ中央径間長2,500mの箱桁吊橋を対象に多モード・フラッター解析を行って、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。

2. 解析モデル 図-1、表-1に一般図、構造諸元を示す試設計例を基に、従来形式、MONO-DUO形式の基本モデル(PARA, MONO)と、これらの中央径間(径間長:L)の0.36L, 0.64Lの位置にリジッドハンガーフレームを設置したモデル(PARA-RIGID, MONO-RIGID 図-2参照)、計4種類の解析モデルを対象とした。

3. 固有振動特性 たわみ対称1次モードは、PARA, MONOではともに3次に現れ、PARA-RIGID, MONO-RIGIDではともに次数が3次から2次が変わったが、モデルによる振動数などの差異はなかった。また、全てのモデルで11, 12次に対称2, 3次モードが現れた。ねじり対称1次モードは、PARAでは17次に、PARA-RIGIDでは、振動数が増加し17次から15次になるとともに、26, 31次にも現れた。MONOでは26次に、MONO-RIGIDでは、振動数は増加するが次数は変わらず同じ26次とともに、15, 22, 30次にも現れた。PARA-RIGID, MONO-RIGIDの全てのねじり対称1次モードには橋軸直角方向成分が大きく連成しており、そのうち新たに現れたものは、PARAまたはMONOでは橋軸直角方向成分のみ卓越していたものが変化し振動数も増加したものであることが解った。

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、考慮する固有振動モードの組み合わせを変えて、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。なお、前章の固有振動特性では触れなかったPARA-RIGIDの8次, 10次, および, 17, 18次は、それぞれ側径間の遊動円木モード、橋軸直角方向成分卓越モード、および、ともにたわみ対称4次と橋軸直角方向成分の連成モードである。

これらの図から、これまでの基本2モードの結果と1~40次モードによる結果には大きな差異があり、フラッター限界風速が、微増のPARAを除いて、かなり減少することが解った。限界風速の増減に最も支配的なモードはたわみ対称3次の12次で、たわみ対称2次の11次がこれに続き、PARAを除く3モデルで著しい限界風速の減少をもたらしている。ねじり対称1次モードの寄与については、PARA-RIGIDにおいて、30次までで変化の兆しをみせていたU- δ 曲線の形状がさらに31次の考慮によって急激に変化し、40次まで考慮すると限界風速が10m/s余増加することが解ったが、その他のモードは大小はあるものの減少側に寄与しているようであった。

MONOの場合、U- δ 曲線の形状から、構造減衰として対数減衰率0.02を考慮した解析も行った結果、図に付記したようにU- δ 曲線は上方にほぼ平行移動して、限界風速が15m/s余増加することが解った。また、ここでは省略したが、全てのモデルについて、空気力として準定常理論に基づく抗力成分を加えた解析も行った結果、全体的に δ が増加傾向にはあったものの、図に付記したようにPARA-RIGIDに生じていた低風速発振モードが消滅した他は、限界風速などの変化はほとんどみられなかった。50次までの解析も変化はみられなかった。

多モード解析による最終的なPARA, PARA-RIGID, MONO, および, MONO-RIGIDのフラッター限界風速の予測値は、それぞれ61m/s, 76m/s, および, 76m/s, 65m/sとなり、耐風安定化対策の効果はこれまでの基本2モード解析結果に比べかなり低下したが、有用性は未だ十分にあり、今後のより詳細な検討に値することが解った。

キーワード : 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 八王子市南大沢 1-1 TEL 0426-77-1111(Ext. 4565) FAX 0426-77-2772

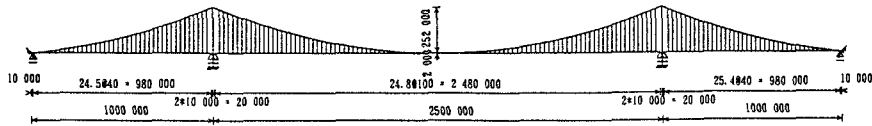


図-1 試設計例（中央径間長2,500m）の一般図

表-1 試設計例の諸元

形	式	3径間2ヒンジ吊橋
支間長	主ケーブル	1000 + 2500 + 1000 m
	補剛桁	980 + 2480 + 980 m
主ケーブル	サグ比	1 / 10
	中心間隔	32 m (最大)
	断面積	0.5584 m ² / cable
	慣性質量	4.575 tf / m + g (9.8m/sec ²)
ハンガーケーブル	断面積	0.006 m ² / 橋点
	慣性質量	0.05 tf / m + g (9.8m/sec ²)
	中心間隔	中央径間 24.8 m 側径間 24.5 m
センタースティ	断面積	0.2 m ² (中央径間 1山) / cable
補剛桁	形式 (桁高)	鋼桁橋 (桁高 7m)
	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 tf / m + g (9.8m/sec ²)
	回転慣性	2500 tf·m ² / m + g (9.8m/sec ²)
主塔	断面積	2.6~4.2 m ² / 塔柱
	塔面内剛性	13.5~23.2 m ⁴ / 塔柱
	塔面外剛性	26.0~85.3 m ⁴ / 塔柱
	ねじり剛性	17.5~37.9 m ⁴ / 塔柱

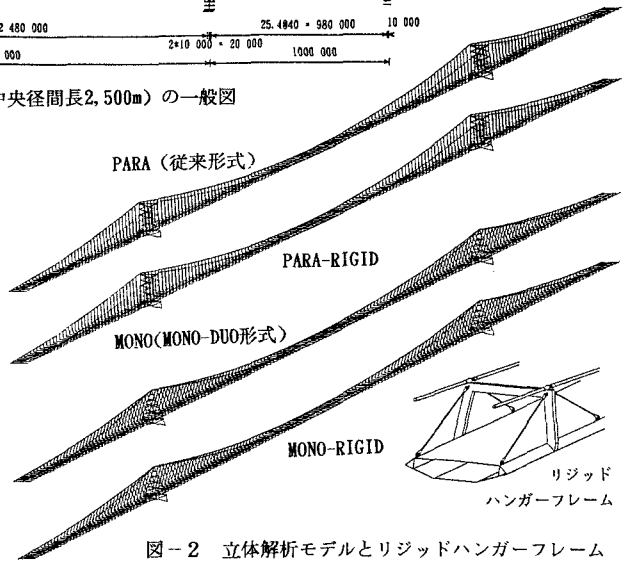


図-2 立体解析モデルとリジッドハンガーフレーム

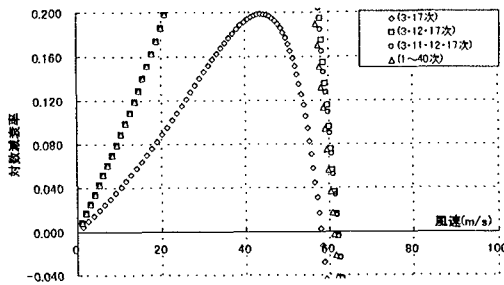


図-3 連成フラッターU-δ曲線 (PARA)

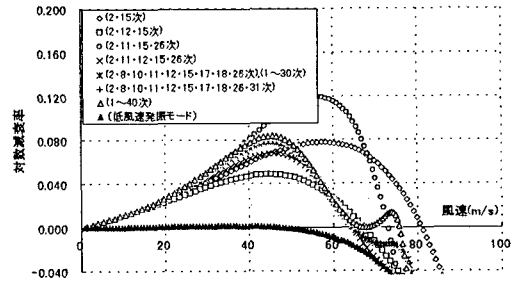


図-4 連成フラッターU-δ曲線 (PARA-RIGID)

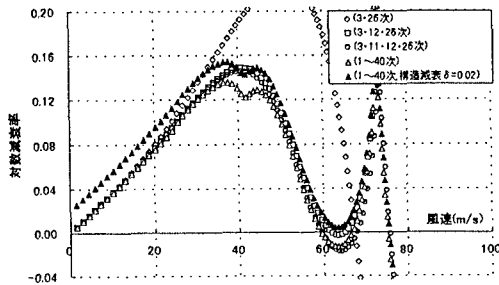


図-5 連成フラッターU-δ曲線 (MONO)

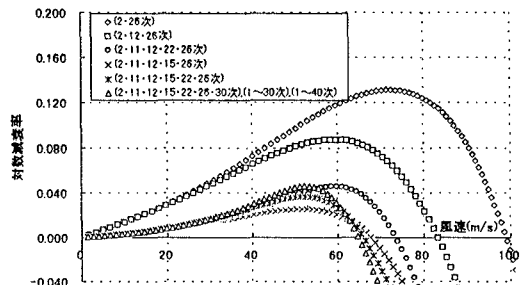


図-6 連成フラッターU-δ曲線 (MONO-RIGID)

5. あとがき 検討の結果，基本2モード解析結果と多モード解析結果には大きな差異がみられ，連成フラッター限界風速の増減を左右する支配的なモードの存在が明らかになった．その結果，提案してきた耐風安定化対策の効果は，これまでに比較してかなり低くなったが，未だ十分に有用であることを確認できた．

【参考文献】 1)前田・岩本・森園・長井・藤野：MONO-DUO形式超長大吊橋の耐風安定性に及ぼすリジッドハンガーの効果，構造工学論文集，Vol.43A，1997． 2)田平・志水・前田・岩本・森園・長井・藤野：超長大吊橋の耐風安定化対策と暴風時における静的不安定問題，第52回年次学術講演会講演概要集(I)，1997． 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：立体骨組解析法におけ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．