

クロスハンガーケーブルを導入した超長大吊橋のフラッター解析

九州工業大学 学生員○前島 稔

九州工業大学 正 員 久保 喜延

九州工業大学 正 員 山口 栄輝

九州工業大学 学生員 河村 進一

1. はじめに

世界最長のスパンを持つ明石海峡大橋は、平成 10 年の春に完成予定である。その一方で、中央支間長が 2,000m を超えるような超長大吊橋がすでに国内外において、計画されている。柔軟化構造となる超長大吊橋の場合、支間長の増大に伴い固有振動数が低下することで、フラッター現象が起きやすくなる。よって、耐フラッター性がきわめて重要な検討項目となる。

そこで本解析は、フラッター発振風速を向上させる新ケーブルシステム手法として考案されている、クロスハンガーケーブルを超長大吊橋に導入して、フラッター解析を行い、その効果と最適設置位置を検討した。また、クロスハンガーケーブルに張力を導入した場合についても検討した。

2. 解析について

解析に用いる吊橋は、支間長 3,000m の超長大吊橋である(図-1)。超長大吊橋を設計するにあたっては補剛桁に作用する風荷重の低減を図ることも重要であることから、ここでは明石海峡大橋の箱桁検討案を参考にして、図-2に示すような桁高 7m の流線形箱桁¹⁾を想定した。構造諸元を表-1に示す。クロスハンガーケーブルについては、ハンガーケーブルと同じ諸元のものを用いた。ところで、吊橋の構造特性は、タワー剛性やサグ比あるいは支間長比などによっても変化することが知られているが、これらをすべてパラメータとした場合にはきわめて多くの解析を実施する必要が生じる。そこで、本解析の主目的をクロスハンガーケーブルの設置位置による効果に置き、クロスハンガー位置をパラメータとした解析を行った。クロスハンガーを設置しないものを基本形とし、支承から径間の中央に向けて、対称になるようにクロスハンガーケーブルの設置位置を移動させる。また、サグ比については既往の実績から 1/10 に固定する。

フラッター解析における非定常空気力については、平板翼理論による非定常空気力を立体骨組みに適用した。また、抗力については、準定常的に作用させた。

3. 解析結果および考察

クロスハンガーケーブルの設置位置と発振風速の関係を、図-3に示す。この結果より、クロスハンガーケーブルの設置位置に関わらず、発振風速は基本形を上回ることがわかる。2,500m 級の吊橋において、クロスハンガーケーブルの最適設置位置は、 $X/L=0.3\sim0.35$ 付近にあるとの報告²⁾がある(X :塔側からクロスハンガーまでの距離、 L :中央支間長)。しかし、本解析に用いた 3,000m 級の吊橋では、推移曲線形状の傾向はよく一致しているものの、最適設置位置は、 $X/L=0.375$ という結果になった(図-3の実線)。クロスハンガーケーブルに、張力を導入した場合では、 $X/L=0.25$ 付近での推移に変化が見られ、 $X/L=0.167$ と $X/L=0.375$ でピークを示したが、結果的に最適設置位置は、張力なしと同じ、 $X/L=0.375$ という結果になった(図-3の破線)。張力を導入した場合に、2つのピークを示したため、さらに発振風速が上昇することを推測して、この2つの位置に、クロスハンガーケーブルを設置して解析したが、発振風速は 58.56m/s で、期待した結果は得られなかった。

$X/L=0.25$ 付近で、推移曲線が著しい低下傾向を示したことを考察するため、設置位置と振動数の関係を図-4に示した。ねじれ振動数、フラッター振動数ともに、 $X/L=0.2\sim0.4$ 付近で減少しており、その値はほぼ一定であった。クロスハンガーケーブルの設置は、ねじれ剛性を上げることで、振動数の増加を意図しているが、逆に振動数が下がる結果となった。図-3と図-4を比較してわかるように、基本形の振動数を下回っても発振風速は減少していないが、 $X/L=0.25$ 付近での振動数の低下は、 $X/L=0.25$ 付近での発振風速の低下に関係が深いといえる。

よって、クロスハンガーケーブルに、張力を導入した場合、2つのピークを示すという表現より、 $X/L=0.25$ 付近でのクロスハンガーへの張力導入効果は、期待できないと表現する方が適切であると思われる。

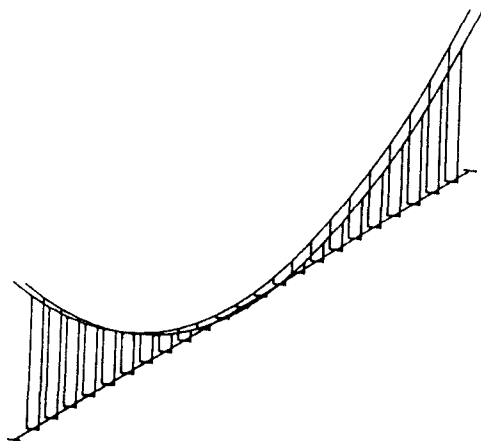


図-1 解析対象魚骨モデル(基本形)

表-1 基本系の構造諸元 ($/Br.$)¹⁾

重 量	補剛桁	tf/m	19.5
	メインケーブル	tf/m	18.0
	ハンガーケーブル	tf/m	0.15
ヤング率	補剛桁	tf/m^2	2.1×10^7
	メインケーブル	tf/m^2	2.1×10^7
	ハンガーケーブル	tf/m^2	1.4×10^7
桁剛性	面内断面 2 次モーメント	m^4	11.0
	面外断面 2 次モーメント	m^4	110.0
	ねじれ定数	m^4	22.0
断面積	メインケーブル	m^2	2.0
	ハンガーケーブル	m^2	0.019

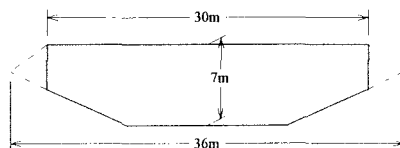


図-2 補剛桁断面

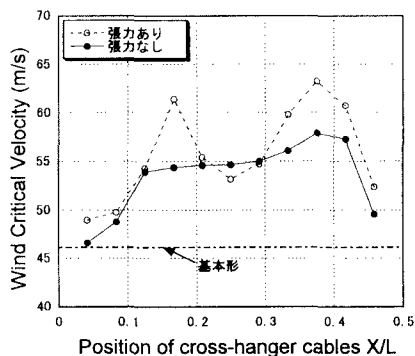


図-3 設置位置と発振風速の関係

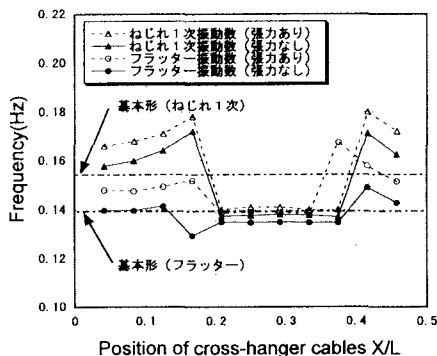


図-4 設置位置と振動数の関係

4. おわりに

- 1) クロスハンガーケーブルの設置位置について、最適位置の存在が確認できた。また、その位置においても、クロスハンガーの張力により、フラッター発振風速が変化することがわかった。
- 2) クロスハンガーケーブルを導入した解析では、 $X/L = 0.25$ 付近に漠然と配置されている例が多いが、この付近では、フラッター発振風速の増加に対する効果が、期待できないことが明らかとなった。

謝辞：本研究の一部は、ウエスコ土木技術振興基金の助成（平成8年度 代表：山口栄輝）を受けて行った。ここに記して感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) 米田 他：3,000m級吊橋の静的特性と連成フラッター特性に及ぼす各種ケーブルシステムの効果について、構造工学論文集, Vol. 40A, 1994. 3
- 2) 田巻 他：2,500m級超長大箱桁吊橋の連成フラッター特性に及ぼすクロスステイ設置位置の影響，土木学会第51回年次学術講演会, 1996. 9