

I - 345

超長大吊橋の耐風安定化構造の検討

本州四国連絡橋公団 正員 鈴木 周一

本州四国連絡橋公団 正員 保田 雅彦

1. まえがき

中央支間長が 2,000m を超えるような超長大吊橋では、所要のフラッター限界風速を満足するために補剛桁の剛性を増加する必要がある。このため、中央支間の増大により死荷重の増大は著しくなり、経済性が損なわれることが課題となる。ここでは、クロスハンガーを採用することによる桁剛性の補剛の効果および死荷重の軽減効果の検討結果を示す。

2. 検討条件

表一に示す中央支間長 2,500m の補剛トラス形式吊橋を対象に検討する。また、クロスハンガー形式吊橋では、図一に示すように中央径間において建築限界をおかさない範囲にクロスハンガーを想定し、設置区間をいくつか変化させてクロスハンガーの効果を検討する。なお、ここではクロスハンガーを設けない吊橋を基本吊橋とよぶ。

トラス部材の断面設定は次のとおりとしている。

①弦材は風荷重で決定する。

②横構および斜材は、基本吊橋では、所要のフラッター限界風速を満足するために必要なねじり剛性が得られる断面とする。クロスハンガー吊橋では風荷重で定まる断面または架設時荷重で定まる断面（明石海峡大橋での実績）とする。

③垂直材および主横トラスは明石海峡大橋の断面を用いる。

なお、断面は全スパンを通して一定としている。

また、主ケーブルは、基本吊橋およびクロスハンガー吊橋ともに同一のものとしている。

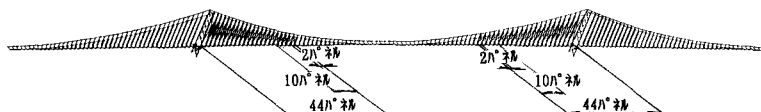
以上から、基本吊橋およびクロスハンガー吊橋の解析諸元は、表二のとおりとなる。死荷重（質量）を比較すると、クロスハンガー吊橋は、基本吊橋に比較しトラス部材の断面の軽量化に伴う吊構造の値の減少が見られる。一方、ケーブルは、クロスハンガーによる増加（全長に設置すると仮定）がある。合計死荷重ではややクロスハンガー吊橋が軽量となっている。桁剛性では、基本吊橋のねじり剛性が大きくなっている。

表一 構造諸元

項	目	数	量
ケーブル支間 (m)	中央径間	2,500	
	側径間	1,250	
サゲ比		1/10	
ケーブル中心間隔 (m)		35.5	
ケーブル本数 (本/Br)		2	
主構幅 (m)		35.5	
主構高 (m)		14.0	

表二 解析諸元

項	目	単位	基本吊橋	クロスハンガー吊橋
質量	ケーブル	tf/m	19.67	20.39
	吊構造	tf/m	30.57	29.17
	計	tf/m	50.24	49.56
極慣性モーメント		tf・m/m	12,410	12,454
ケーブル断面		(m ² /本)	1.104	1.104
桁剛性	鉛直曲げ I _v	m ⁴ /Br	36.02	36.02
	水平曲げ I _H	m ⁴ /Br	231.63	231.63
	ねじれ J	m ⁴ /Br	39.84	23.63



図一 解析モデル（クロスハンガー）

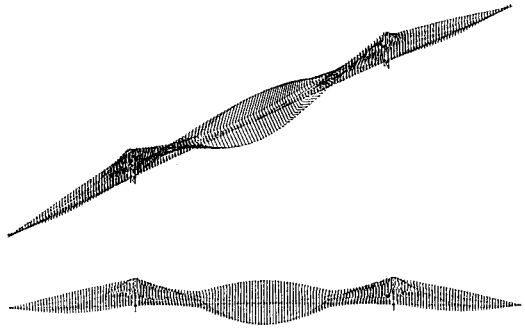
3. 解析結果

(1) 振動解析

振動解析の結果を表一3に、ねじれ対称1次振動モードを図一2に示す。

表一3 振動数の比較

		対称1次振動数 (Hz)	
		たわみ	ねじれ
基本吊橋		0.055	0.144
クロスハンガー	44パネル設置	0.056	0.158
	10パネル設置	0.056	0.158
	2パネル設置	0.056	0.156
	初期軸力考慮 (44パネル)	0.056	0.159



図一2 ねじれ振動モード (クロスハンガー-44パネル初)

(2) フラッター限界風速の検討

クロスハンガー吊橋（44パネル区間設置）と基本吊橋についてフラッター限界風速の検討を行う。

限界風速は、中央径間の諸元を用いた Selberg 式による算定とともに、明石海峡大橋のトラス断面について求めた非定常空気力を用いた2自由度フラッター解析により算定する。

解析した結果を表一4に示す。Selberg 式により求めた結果では、クロスハンガー吊橋の限界風速は基本吊橋に比べ、11%の向上が見られる。2自由度のフラッター解析では、モード形を考慮しない場合、クロスハンガー吊橋は基本吊橋に比べ、10%のフラッター限界風速の向上がみられる。また、モードを考慮した解析ではモードを考慮しない場合に比べ、数%のフラッター限界風速の向上が見られる。

表一4 フラッター限界風速 (単位: m/sec)

		クロスハンガー吊橋 (44パネル)	基本吊橋	クロスハンガー / 基本吊橋
Selberg 式の値		75.2	67.9	[1.11]
2自由度 フラッター 解析	モード無視	116.3	105.4	[1.10]
	モード考慮*	122.8	114.2	[1.08]

*空気力および質量についてモードを考慮している。

4. まとめ

以上のように、クロスハンガーを用いることにより、ねじれ振動数を効率的に高めることができ、超長大吊橋の経済化に有益な構造といえる。一方、クロスハンガー形式では、クロスハンガーの取付構造、その断面設計法・架設法、自動車の走行性に与える影響など今後の検討課題も残っている。なお、超長大吊橋のフラッター限界風速の評価法については、明石海峡大橋の大型風洞試験結果をふまえた検討を実施中であり、ここに示した限界風速は相対的評価値と考えている。

[参考文献]

- 1) M. A. Astiz, E. Y. Andersen; On wind stability of very long spans in connection with a bridge across the Strait of Gibraltar; ジブラルタル海峡固定連絡路第三回国際会議; 1990. 5. 18
- 2) 保田雅彦、鈴木周一; 超長大吊橋の構造特性と耐風安定化構造の一考察、土木学会第47回年次学術講演会、平成4年9月