

I-A 216

振動特性が橋梁のフラッターに及ぼす影響に関する一実験

東京大学工学系研究科 正会員 木村吉郎
東京大学大学院 学生会員 斉藤史朗
東京大学工学系研究科 フェロー 藤野陽三

1. まえがき

フラッター解析によると、超長大橋においてはフラッター発現風速やフラッター発生時の振動モードなどが構造変化によって変化し、耐風性能が向上するとされている¹⁾。しかし、これに対する実験による検討は行われていないため、本研究ではクロスハンガーなどによるこのように複雑な現象を確認することを目的に風洞実験を行った。模型としては、現象がより単純になると考え、桁のみをモデル化したタウトストリップ模型を用いることにした。

2. 風洞実験方法

タウトストリップ模型は、明石海峡大橋箱桁案のflat断面模型²⁾（縮尺1/350）を使用した。模型は24個のセグメントで構成されており、セグメントは極慣性モーメントを合わせるために外側に張り出したアルミ棒を介してタウトケーブルに取り付けられている。全体のスパンは3.4m、桁幅は12.5cmである。使用した風洞の測定部寸法は幅16m・高さ1.9mで、気流は一様流とした。

実験ケースは、タウトストリップ模型をそのまま用いた「基本形」と、スパン中央点においてタウトストリップ模型のケーブルをそれぞれ風洞の天井からコイルばねを介した直角に交差する針金でクロスしてつり上げた、コイルばねの剛性の高い「クロスハンガー1」、剛性の低い「クロスハンガー2」、スパン中央の2つのセグメントの底面中央に直径2cmの円柱形で質量52.7gの真鍮のおもりと長さ4cmの発泡スチロールの円柱を1セットずつ取り付け、おもりを下にした「おもり1」（極慣性モーメント大）、発泡スチロールを下にした「おもり2」（極慣性モーメント小）、の計5ケースとした。

無風時の模型の振動特性を表1に示す。本研究ではタウトストリップ模型を用いたため、「クロスハンガー」によって模型のケーブルの張力が減少することになり、ねじれ振動数が基本形よりも低下している。クロスハンガー1を除き、ねじれ振動には水平振動がほとんど連成しなかったが、クロスハンガー1においては、ねじれ自由振動をさせると徐々に水平振動に移行し、ねじれと水平振動の強い連成が見られた。

3. 実験結果と考察

各ケースの風速とねじれ応答の関係を図2に示す。振動モード形については、スパン方向7点において測定したが、フラッター発生時の振動モードは無風時の一次モード形とほぼ等しかった。

フラッター発生時のスパン中央付近の桁断面の動きを図3に示す。フラッター発生時の各変位成分の連成の様子は、基本形、クロスハンガー2およびおもり2ではほとんど等しく、支配的なねじれ振動に鉛直振動が連成している（図3(a)）。おもり1も基本的にはねじれ振動に鉛直振動が連成しているが、わずかに水平振動の連成が見られる（図3(c)）。以上のケースとは異なり、クロスハンガー1のフラッター発生時には、水平振動が支配的で鉛直振動も伴って断面全体が回転するような運動となっている（図3(b)）。

フラッター発現風速の実験値と2自由度フラッター解析（固有振動数と質量の違いのみが考慮され、水平振動やモード形の影響は考慮されない）の結果を表2に示す。基本形、クロスハンガー2、おもり2では、実験値は解析値より若干大きいほぼ等しく、比較的整合している。一方、クロスハンガー1では実験値の方が小さくなっており、おもり1では実験値がかなり大きくなっている。この理由としては、解析で仮定しているねじれと鉛直モード以外の寄与がこれらのケースでは大きいことが考えられるが、詳細は明らかではない。

4.まとめ

タウトストリップ模型を用いた今回の風洞実験では、吊橋において提案されているクロスハンガーの効果をもそのまま模擬することは難しかったが、微妙な振動特性の変化により、フラッター発現風速などのフラッター特性が大きく変化することがわかった。ただし詳細な検討のためには、水平振動の影響も考慮した3次元フラッター解析を行い、風洞実験の結果と比較することが必要である。

実験模型の使用に関しては本州四国連絡橋公団ならびに日本鋼管（株）の関係者の方々に、またフラッター解析に関しては名古屋工業大学の岩本政巳助手にご協力いただきました。ここに記して感謝いたします。

- 参考文献 1) 宮田他：土木学会論文集No.525/I-33, pp.191～200, 1995
2) 藤野他：日本風工学会誌No.46, pp.1～17, 1991

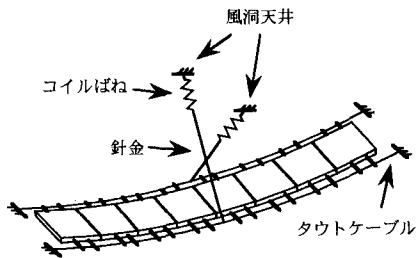


図1 「クロスハンガー」

表1 模型の振動特性

	振動モード	固有振動数	対数減衰率
基本形	一次鉛直	3.54Hz	0.027
	一次ねじれ	8.06Hz	0.026
クロスハンガー 1	一次鉛直	3.67Hz	0.023
	一次ねじれ	7.72Hz	0.022
	一次水平	4.07Hz	0.0067
クロスハンガー 2	一次鉛直	3.22Hz	0.023
	一次ねじれ	6.86Hz	0.026
	一次水平	3.78Hz	0.0073
おもり 1	一次鉛直	3.37Hz	0.022
	一次ねじれ	6.94Hz	0.022
	一次水平	3.60Hz	0.0095
おもり 2	一次鉛直	3.37Hz	0.019
	一次ねじれ	8.09Hz	0.013
	一次水平	3.63Hz	0.0054

表2 フラッター発現風速 (m/s)

	実験結果	2自由度フラッター解析
基本形	7.2	6.9
クロスハンガー 1	4.8	6.3
クロスハンガー 2	6.3	5.7
おもり 1	7.3	6.2
おもり 2	7.6	7.6

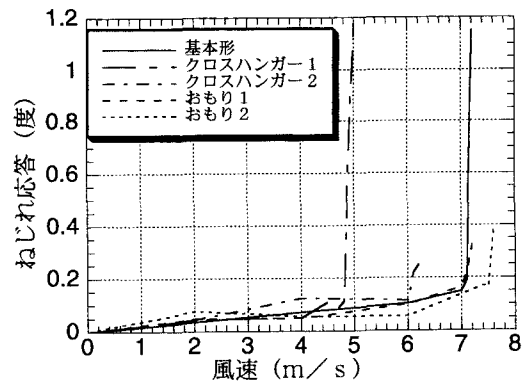


図2 各ケースの風速とねじれ応答の関係

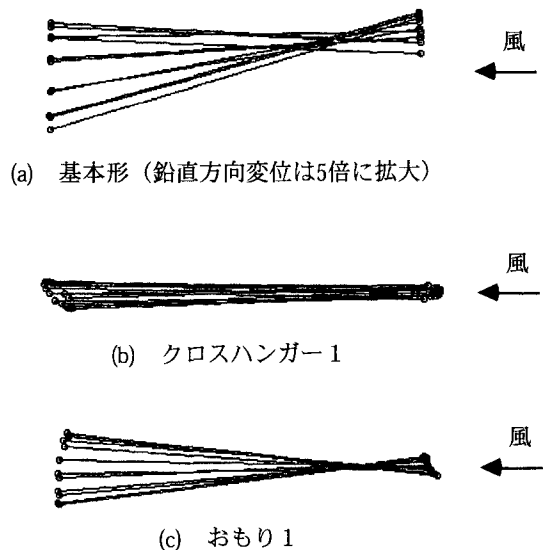


図3 フラッター発生時の桁断面の動き