

I-339

吊橋のねじれフラッターに及ぼすケーブルの影響に関する実験的研究

東京大学大学院 学生員 森川 謙一

東京大学工学部 正員 藤野 陽三

東京大学工学部 正員 伊藤 學

1. まえがき 吊橋の耐風安定性を議論する際、通常、部分模型を用いた風洞実験により、ストリップ理論¹⁾を用いて振幅予測が行なわれている²⁾。しかしながら、ストリップ理論を適用する際、一般にケーブルの影響、あるいは、断面が変化することや地形により生ずる流れ三次元性の影響等は考慮する事が難しい³⁾。

本研究では、ストリップ理論を用いて二次元系から三次元系の応答予測をする前段階として、吊橋の空力減衰率に及ぼすケーブルの影響がどの程度あるかを調べることを目的として、全橋模型模型を用い、ねじれフラッター振動に着目した実験を行なった。実験は、以下のような諸条件の相連下において行なった。

1) ケーブル抗力の相連（ケーブル直径の異なる模型を使用した実験）

2) ケーブル質量の相連（ケーブル質量の // // ）

2. 実験模型及び実験方法 全橋模型は、図-1に示すようなサイドスパンのない吊橋模型を使用した。また、ねじれフラッターの発生する断面として、断面比1:4の箱型断面を使用した。模型の諸元を表-1に示す。

ケーブルの抗力、及び質量の空力減衰に及ぼす影響を調べるため、以下の3ケースの実験を行なった。表-1に case 1) 模型の諸元を示す。

case 1) ケーブル質量所要値、ケーブル径所要値(11.1mm)

case 2) ケーブル質量を桁へ移動、ケーブル径微小(1.5mm)

case 3) ケーブル質量は桁へ移動、ケーブル径所要値(10.6mm)

3. 実験結果及び考察 表-2に各ケースのねじれ対称一次モード振動数と対数構造減衰率を示す。また、図-2にcase 1)~3)の補剛桁1/4点の応答図を示す。各実験の対数構造減衰率が異なるため、この図だけからケーブルの影響を議論することはできない。そこで、風速 2, 4, 6 m/sec の空力減衰率を倍振幅の関数として表わしたものを図-3に示す。減衰率-倍振幅の関数化には、逐次分割法を改良した手法を用いた。これは、図-4に示す各倍振幅に応じた構造減衰率を引いたものである。

① ケーブル抗力の影響 case 2)とcase 3)を比較することにより、ケーブル抗力の影響を調べた。図-3を見ると、空力減衰の差は、振幅及び風速によって多少異なるものの、全般的に小さく、ケーブル抗力の影響は小さいことがわかった。

② ケーブル質量の影響 次に、case 1)とcase 3)を比較することによりケーブル質量の影響を調べた。図-3を見ると、ケーブル抗力が異なる場合に比べ、高風速領域では空力減衰の差

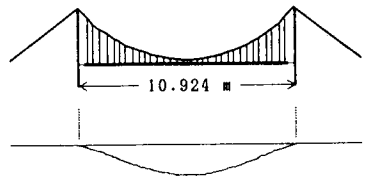


図-1 全橋模型及びモード図
(ねじれ対称一次モード)

表-1 模型の諸元 case 1)

ケーブル支間長	10.924 m
吊橋造部支間長	10.924 m
サグ長	1.18 m
ケーブル間隔	43 cm
ケーブル外径	1.11 cm
ケーブルの伸び剛性	$2.832 \times 10^8 \text{ N/m/Br}$
<質量>	
ケーブル	1.482 Kg/m/Br
吊橋造部	8.272 Kg/m/Br
<慣性モーメント>	
ケーブル	$6.85 \times 10^{-2} \text{ Kg} \cdot \text{m}^2 / \text{m/Br}$
吊橋造部	$9.89 \times 10^{-2} \text{ Kg} \cdot \text{m}^2 / \text{m/Br}$

表-2 ねじれ対称一次モードの振動数及び対数構造減衰率

実験ケース	振動数 (Hz)	対数構造減衰率
case 1)	3.68	0.020
case 2)	3.68	0.030
case 3)	3.68	0.042

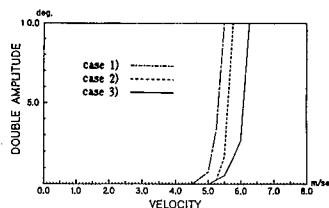


図-2 全橋模型応答図

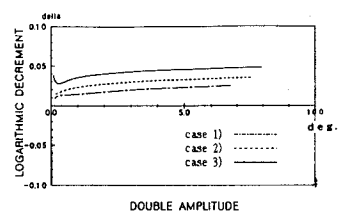


図-4 ケーブルの影響による対数構造減衰率

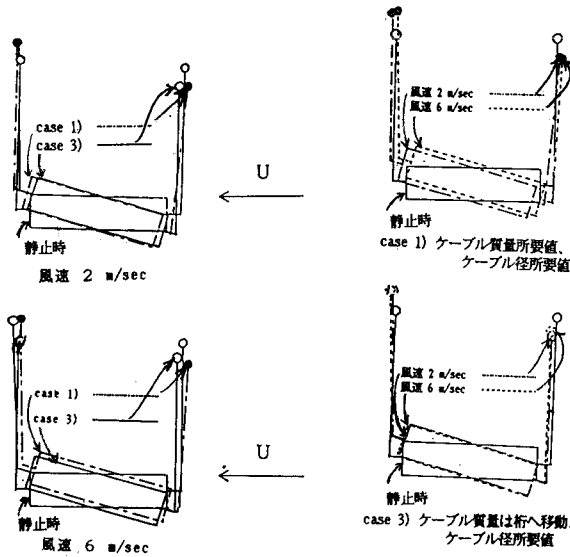


図-5 ケーブル質量相連時の
桁1/4点ねじれ対称一次振動モード

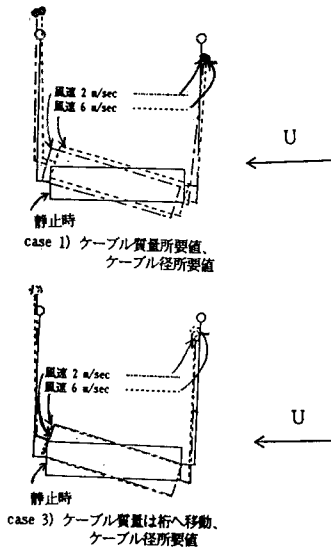


図-6 風速相連時の
桁1/4点ねじれ対称一次振動モード

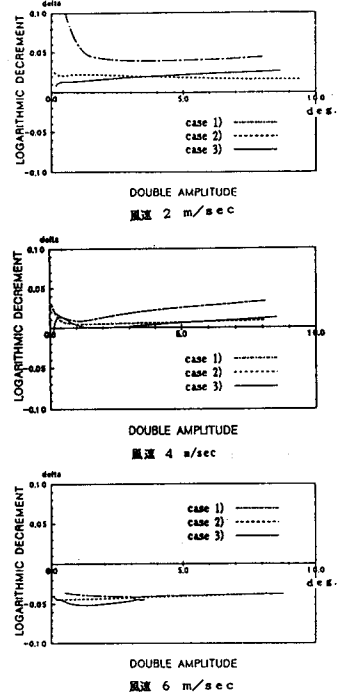


図-3 ケーブルの影響による空力減衰の変化
(横軸は倍振幅)

がほとんどなくなるのに対し、低風速領域では空力減衰の差が非常に大きく、ケーブル質量相連の影響は無視し得ないことがわかる。

原因として考えられるのは、ケーブル質量の桁への移動による振動モードの変化である。そこで、ケーブルの質量移動の振動モードに及ぼす影響を見るため、図-5に同一風速におけるcase 1) (ケーブル質量所要値)とcase 3) (ケーブル質量は桁へ移動)の比較を、図-6に同一caseにおける風速 2 及び 6 m/secの比較を示した。図-5のように、ケーブルの質量を桁に移動することにより、明らかに振動モードが変化している。しかしながら、その変化は、風速により異なる様相を呈している。そこで、図-6において、風速による振動モードの変化をcase 1), 3)について比較すると、case 3) (ケーブル質量は桁へ移動)のケースは、風速が変化しても振動モードはほとんど変化しないのに対し、case 1) (ケーブル質量所要値)の方は、風速による振動モードの変化が大きい。つまり、ケーブル質量の桁への移動は、単に振動モードを変化させただけでなく、風速による振動モード変化を引きにくくさせる効果があるようである。これらから、図-3において、高風速領域の空力減衰の差がほとんどなくなるのは、振動モードが一致した訳ではなく、ケーブル質量所要値の模型の振動モードのみが風速に大きく影響されるために起こった現象であることがわかった。この現象により、偶然、空力減衰の差が小さくなったのか、それとも、高風速になると必然的にケーブル質量移動の影響が小さくなる要因があるのかについては、今後、さらに詳細に検討していく必要がある。

4. あとがき 本実験に使用した模型は、明石海峡大橋などに比べると、吊構造部の極慣性に対するケーブルの極慣性の比率が1/3程度と非常に小さい⁴⁾にも関わらず、低風速領域では、空力減衰に対するケーブルの質量移動の影響は大きい。このことから、本実験に用いた吊橋の場合、三次元系の応答を推定する際、渦励振などの比較的低風速でおこる振動現象では、ケーブル質量の移動による振動モード変化が空力減衰に及ぼす影響は無視し得ないことがわかった。今後、高風速領域における空力減衰差の減少の原因を明確にするとともに、振動モード変化が空力減衰に及ぼす影響を数値計算も含め、定量的に解析し、最終的には、二次元系から三次元系の応答推定を行なう場合に、ケーブルの影響を導入する方法について検討していく予定である。

- [参考文献] 1) R. H. Scanlan : Proc. 4th Int. Conf. on Wind Effects on Buildings and Structures, Heathrow, Gt. Britain (1975)
2) 山田、田中 : 土木学会論文集 第380号 / 1-7, 1987年4月
3) 宮田、宮崎、勝俣、伊藤 : 構造物の耐風性に関するシンポジウム (1978)
4) 山口、松本 : 構造工学論文集 Vol. 34A (1988年3月)