

建設省 土木研究所 正員 大久保忠良
同上 同上 複波 義幸

概 要

長大吊橋の空力不安定現象の限界風速は、吊橋造部の空力特性と吊橋の振動特性によって支配される。従って、吊橋の耐風安定性を向上させるためには風洞実験で空力特性の優れた吊橋造部断面を追求すると共に、吊橋の剛性を高めて振動数を大きくし更に構造減衰の大きな構造にすることが有効な手段である。このような構造物型式の一例として斜吊材があげられる。ここでは、これに関連して吊橋の構造型式、特に斜吊材が吊橋の振動特性に与える影響を調べるために模型実験を計画した。今回は、すでに多くの人によって確かめられていることではあるが、予備実験として Tower stay と Cable stay について行った実験の一部を報告する。

模型は本州四国連絡道路橋予備設計 (L=1500) を対象としたもので縮尺は 1:100、主ケーブルは $\phi=1.8\text{mm}$ のピアノ線を用いたので各断面はそれに応じて設計した。原型の諸元の概略は、主径間 1500m、側径間 750m、主径間垂距 150m、補剛折断面 2 次モー

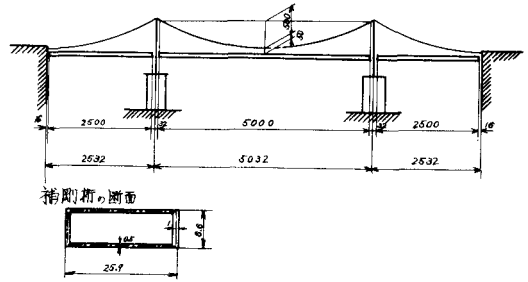


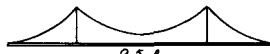
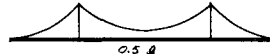
図 - 1

メント $3.09\text{m}^2/\text{cable}$ 、ケーブル断面積 $0.652\text{m}^2/\text{cable}$ 、死荷重 $15.5\text{t}/\text{m}/\text{cable}$ 、主塔塔高 226.6m である。stay としては $\phi=0.25\text{mm}$, 0.3mm の種類のピアノ線を使用し、stay は主塔に対して左右対称にとりつけた。

載荷試験

載荷試験の結果の一部を表-1に示す。表中の b は主塔から stay の取付点までの水平距離を表わ

表 - 1

載荷位置													
		stay なし		tower stay		cable stay		stay なし		tower stay		cable stay	
		実測値	計算値	実測 b=317	実測 b=518	実測 b=463	実測 b=616	実測値	計算値	実測 b=317	実測 b=518	実測 b=463	実測 b=616
側径間	1/4	-11.3	-11.0	-11.0	-10.7	-10.1	-10.5	-8.2	-8.1	-8.3	-8.0	-8.7	-8.4
	3/4	-16.0	-15.0	-14.6	-14.1	-12.7	-12.3	-11.3	-11.3	-11.1	-10.8	-10.7	-10.6
	5/4	-10.7	-11.0	-11.3	-9.2	-4.4	-6.9	-8.5	-8.1	-7.7	-6.5	-6.0	-5.8
主塔		+4.9	+4.7	+4.6	+4.7	+4.0	+4.2	+3.5	+3.5	+3.5	+3.0	+3.5	+3.6
	1/4	+14.0	+14.0	+11.5	+12.5	+11.5	+11.5	+25.1	+27.1	+24.3	+23.8	+21.6	+21.3
	3/4	+26.8	+28.5	+25.7	+26.1	+24.4	+23.5	+15.0	+15.9	+14.5	+14.5	+13.0	+12.0
主径間	1/4	+12.1	+14.2	+12.8	+12.8	+16.7	+10.9	-3.7	-3.3	-3.3	-3.5	-1.2	-1.0
	3/4	+4.5	+4.7	+4.4	+4.5	+4.0	+4.2	+3.4	+3.5	+3.3	+3.3	+2.9	+2.8
	5/4	-11.2	-11.0	-10.0	-10.3	-6.8	-6.8	-8.2	-8.1	-7.0	-7.1	-4.5	-4.1
側径間	1/4	-14.5	-15.0	-14.5	-14.2	-13.3	-12.5	-11.0	-11.3	-10.6	-10.5	-8.8	-8.4
	3/4	-10.8	-11.0	-10.8	-9.5	-10.2	-10.6	-8.2	-8.1	-7.7	-8.0	-7.0	-4.5

し、又表中に掲げてある stay のない吊橋についての計算値は Stainman の厳密解を用いた。なお
 載荷荷重は、100 g/cm/bridge である。実験結果を比較すると、今までに確認されているとおり、tower
 stay は挽みの抑制に対しては効果的ではない。又、取付位置の移動も挽み量に対しては影響を与え
 ない。従って、tower stay は静的には局部的な挽み角に対してのみ有効と思われる。一方、
 cable stay は載荷長があまり大きくならない範囲では 11~15% 程度最大挽みを減少させる。特に
 cable stay の動きが cable の水平移動の拘束にあることから明らかなように cable の水平変位を
 伴う非対称な荷重状態の場合に有効である。

取付位置も挽み特性に影響を与え、実験の範囲 ($b_{max}=766\text{ mm}$) では b が大きいほど挽みの抑制に効
 果がある。

振動実験

換型の振動実験の結果を表-2に示す。stay を有しない吊橋について Ritg の方法で計算した

表-2

stayの有無	stayの取付位置	stayの重量	次数	振動数(%)	対称減衰率
stayなし			1	1.255	0.0034
			2	1.623	0.00036
			3	2.420	0.0004
			1	1.353	0.0105
			2	1.793	0.0107
			3	2.820	0.0174
			1	1.375	0.0174
			2	1.824	0.0129
			3	2.890	—
Cable stay	$b=766$	$\phi=0.25$	1	1.351	0.0083
			2	1.785	0.0070
			3	2.820	0.0153
		$\phi=0.3$	1	1.348	0.0087
			2	1.779	0.0080
			3	2.810	0.0152
	$b=666$	$\phi=0.25$	1	1.360	0.0065
			2	1.800	0.0073
			3	2.870	0.0137
		$\phi=0.3$	1	1.337	0.0060
			2	1.760	0.0047
			3	2.750	0.0112
	$b=566$	$\phi=0.25$	1	1.325	0.0070
			2	1.735	0.0051
			3	2.700	0.0097
		$\phi=0.3$	1	1.320	0.0067
			2	1.730	—
			3	2.710	0.0141
tower stay	$b=766$	$\phi=0.3$	1	1.280	0.0173
			2	1.695	0.0183
			3	2.750	0.0209
	$b=666$	$\phi=0.3$	1	1.277	0.0104
			2	1.630	0.0228
			3	2.800	0.0215
	$b=566$	$\phi=0.3$	1	1.272	0.0171
			2	1.625	0.0448
			3	2.666	0.0132

一次、二次及び三次の固有振動数は、それぞれ 1.2239%,
 1.591%, 2.371% で実験値と非常によく一致している。

振動実験の結果から判談しても、tower stay は吊橋の
 剛性向上にはほとんど寄与しない。一方、cable stay は
 振動数を大きくするのに効果がある。取付点の位置の変
 化の影響は静的の場合と同様に取付長 b が大きいほど効果
 的であり、又、当然のことながら stay の断面積が大きい
 ほど振動数も大きくなるがその差は顕著ではない。

又、stay の減衰効果の定性的な傾向としては、cable
 stay よりも tower stay の構造減衰を大きくしている。

tower stay の減衰効果については同様な結果の報告も
 あったが、本実験では stay の取付け方法の両者で異なり
 、従って、ここに示した実験結果がそのまま両者の減衰
 効果の差を表わすかどうかは今後の実験で確かめる必要が
 あろう。しかし一般的に低次振動よりも高次振動が、逆
 対称振動よりも対称振動の減衰が大きい。

むしろ

本実験では tower stay と cable stay の特性を調べ
 るために簡単な実験を行いその結果を上記の b が吊橋の
 耐風安全性を向上させるために cable stay が有効に作
 用することが明らかになった、なお、cable stay が吊橋
 の構造設計に与える影響等の実験結果及び解析計算の詳細
 については当日報告する。