

京都大学工学部 正員 小西 一郎
 京都大学工学部 正員 白石 成人
 熊 谷 組 正員 藤本 公博

1° はえがき

長大つり橋の振動性状は、その安全性を評価する上で極めて重要なものであるが、最近注目されている、いわゆる斜めに張ったハンガーをもつつり橋の振動性状などのようなものであるかはまだ十分に解析されていない。このため、模型つり橋 ($3.250 + 6.500 + 3.250$ m) を作成し、ハンガーの形式が異なる場合について、自由振動ならびに強制振動の実験を行なったので、その結果の一部を報告する。

2° 模型の作成と静的載荷実験

この実験に用いられた模型は、スパン ($3.250 + 6.500 + 3.250$ m) の三径間つり橋で、単純支持の補剛トラスをもち、ケーブルは $\phi 2.6$ mm、ハンガーは $\phi 0.4$ mm のピアノ線が用いられており、これまで本研究室において、しばしば研究対象としてきた、明石海峡連絡つり橋が 1 次案の $1/200$ 模型である。つり橋の剛性を検討するため、分布荷重による静的たわみを測定したが、この場合、まずハンガーは鉛直にし、引続いて、ダブルフレントラス状の斜めハンガーにした場合について実験を行なった。

この結果を 2, 3 図示すれば、図-1、図-2 のようになる。一般に斜めハンガーを用いた場合のときのたわみは、鉛直ハンガーの場合より 10~20% 小さくなるが、中央スパン・側スパンともに満載等分布としたときは、両者の差は極めて小さく数パーセントであった。一方中央スパンの半分、あるいは部分的な載荷状態については、両者の差は極めて顕著である。

3° 振動実験とその結果

振動実験としては、鉛直ハンガー、斜めハンガー (ダブルフレントラス状) の場合について、それぞれ自由振動、強制振動の実験を行なったが、強制振動の実験には国際機械振動研究所製 VS-VVE-320 ZAS 型加振装置による Frequency Sweep Test を行い、図-3、4、5 のような共振曲線図を得た。これらは、いずれも斜めハンガーを持つ場合であるが、鉛直ハンガーの場合とその結果を比較すれば、表-1 のようである。自由振動の振動型としては、やゝ模型の剛性が大きいので、低次の対称、非対称のみしかえられなかったが、その振動型は、鉛直ハンガー、斜めハンガーのいずれの場合とも、極めて類似のものが、たわみ測定の結果から、求められた。鉛直ハンガーの場合について、理論値を求めれば、表-1 のようであるが、この値は、実験値よりやや小さく、これは、模型が当初計画設計されたものより全体的に剛なものに工作されたためと考えられる。この相違は約 6% 前後である。斜めハンガーの場合には、鉛直ハンガーに比べて対称一次の振動型の振動数は約 18% 増加しており、明らかに相違が認められる。また、必ずみに関する共振曲線図より、対称三次では、ケーブルの必ずみは著しく増加しており、その傾向は、加振加速度レベルを一定とした振動数掃引実験で、高次になるにつれてかなり顕著に表われるようである。最低次の対称振動型について対数減衰率-振中図をえがくと、図-6 のようであるが、ばらつきが大きく、その傾向を適確に把握することは困難があるが、

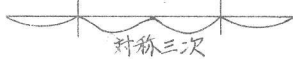
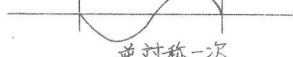
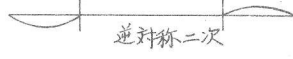
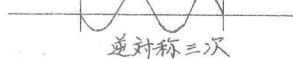
斜めハンガーの場合、鉛直ハンガーの場合より、減衰効果が大きいことが結論されるようである。

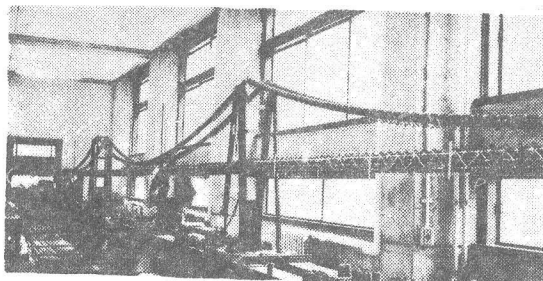
以上の実験では三径間つり橋模型についてであったが、さらに塔頂を固定した状態で、主径間についての自由振動実験を行なった。鉛直ハンガー、斜めハンガーの双方の場合、対称一次、逆対称一次の振動型をそれぞれ励起することができたが、対称一次の振動型では、鉛直ハンガーの場合、振動数は2.15 cps、斜めハンガーの場合2.34 cpsで後者は約9%増加している。逆対称一次振動型では、それぞれ3.48 cps、3.82 cpsで斜めハンガーの場合が約10%増加している。

次にタワーも橋軸方向、アンカー側にそれぞれ3mm移動させた状態で自由振動数を測定した結果は、対称一次振動型で振動数は1.41 cps、逆対称一次で1.92 cps、これは斜めハンガーの場合であるため振動数は僅かに減少しているが、振動型はほとんど変化していない。

これらの実験的考察により、長大つり橋のハンガーを斜めにした場合の動的性質の概要は次のようである。斜めハンガーのつり橋の静的荷重に対するたわみは、非対称、あるいは部分的載荷状態に対して、かなり減少しており、全スパン満載状態に対しては鉛直ハンガーの場合とほとんど変わりがないため、荷重の分配効果は極めて顕著である。動的性状も上の自由振動実験より判断すれば、対称モードで振動数は約20%、逆対称モードで約30%増加し、また、振動時の減衰効果も斜めハンガーの場合、鉛直ハンガーの場合よりも、多少増加していることが認められた。主径間のみを対象とした実験では、振動数の変化は、三径間の場合より顕著ではなく、約10%の変化が斜めハンガーと鉛直ハンガーの場合とで認められた。

表-1. 自由振動数(cps) およびモード

次数	鉛直ハンガーの場合		斜めハンガーの場合	振動モード(鉛直ハンガー)
	計算値 (cps)	実験値 (cps)	実験値 (cps)	
対称一次	1.17	1.23	1.45	 対称一次
“ 二次	2.30	2.38	3.05	 対称二次
“ 三次	3.33	—	4.00	 対称三次
“ 四次	—	—	5.50	 対称四次
逆対称一次	1.54	1.58	2.00	 逆対称一次
“ 二次	—	—	2.30	 逆対称二次
“ 三次	3.29	—	—	 逆対称三次



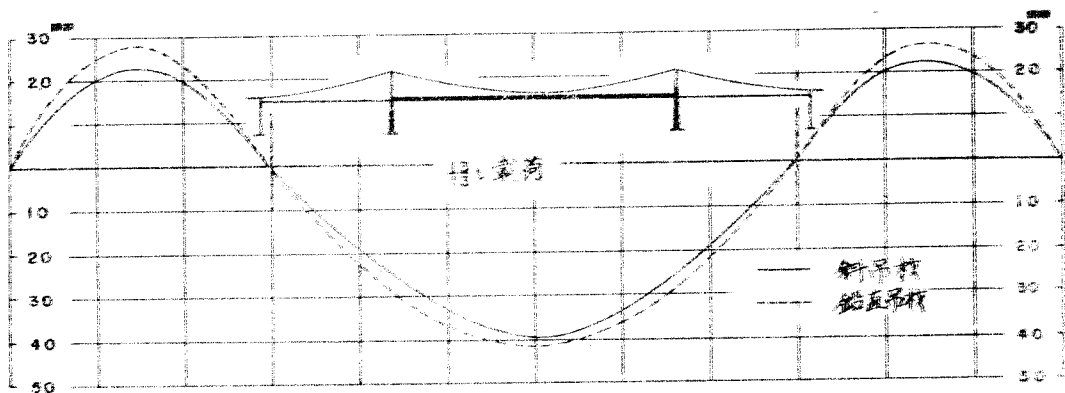


圖-1 靜的天わみ圖

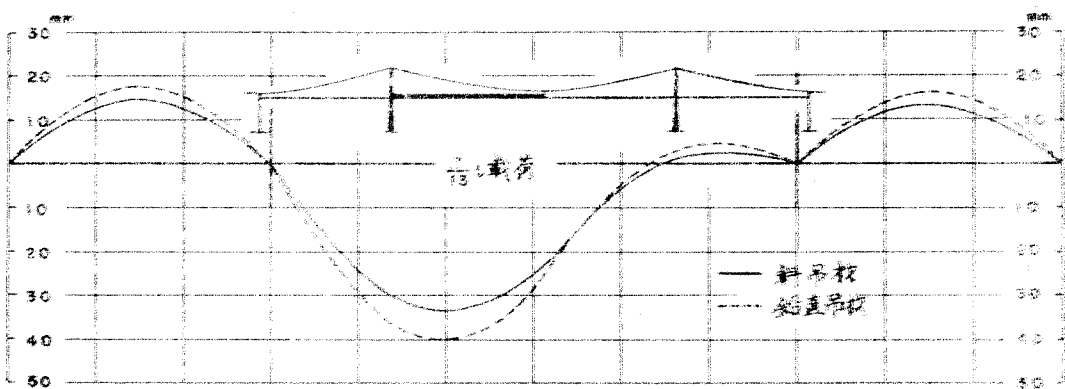


圖-2 靜的天わみ圖

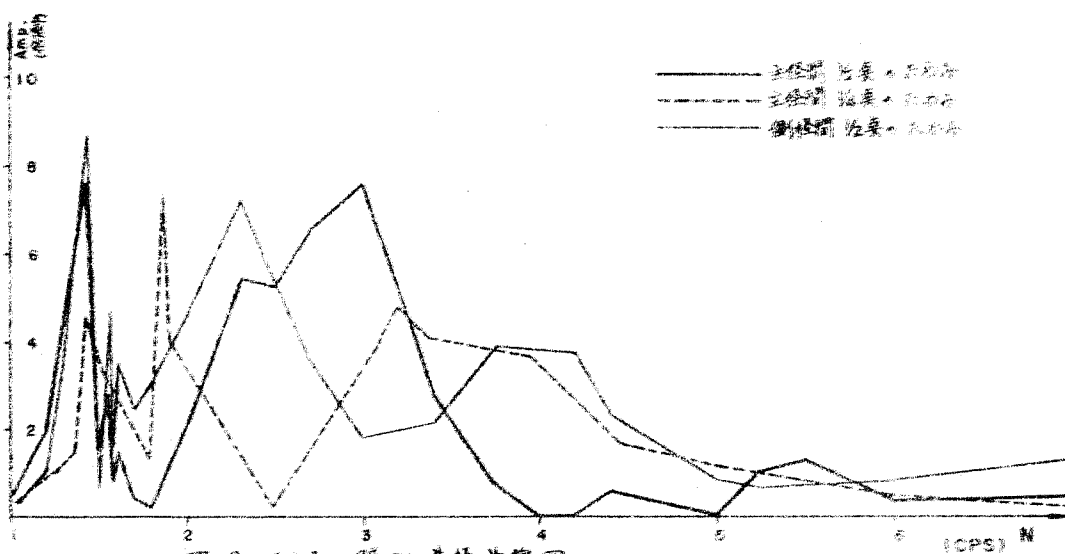


圖-3 天わみに關する共振曲線圖

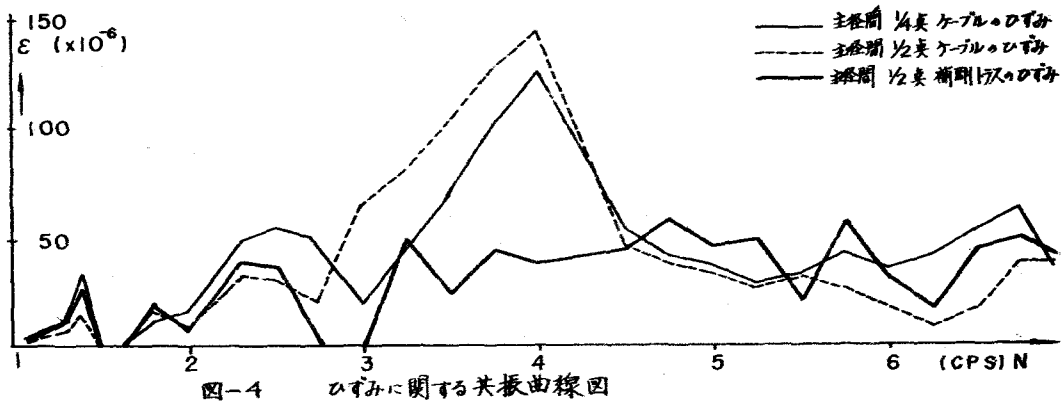


図-4 ひずみに関する共振曲線図

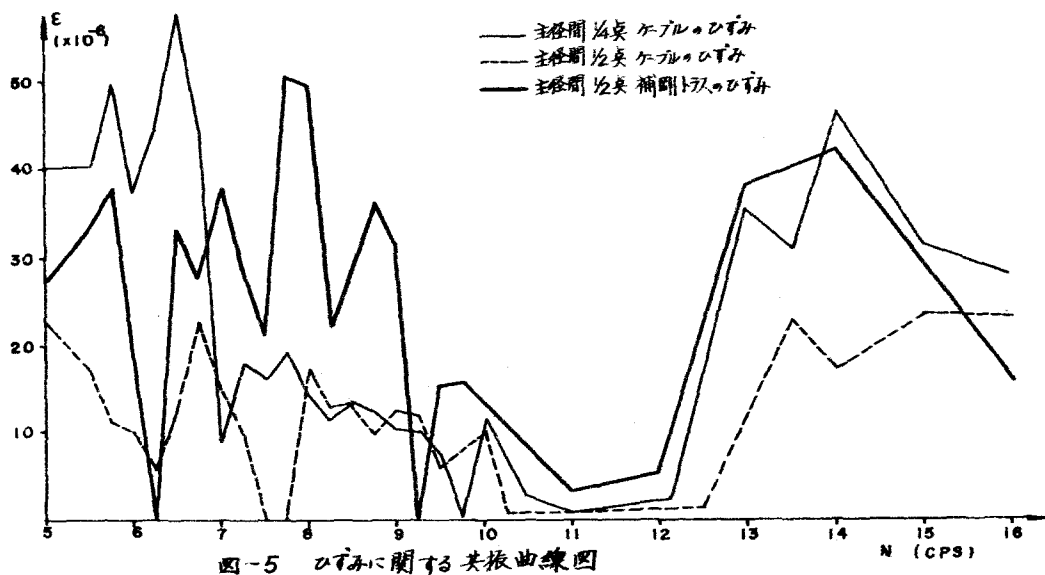


図-5 ひずみに関する共振曲線図

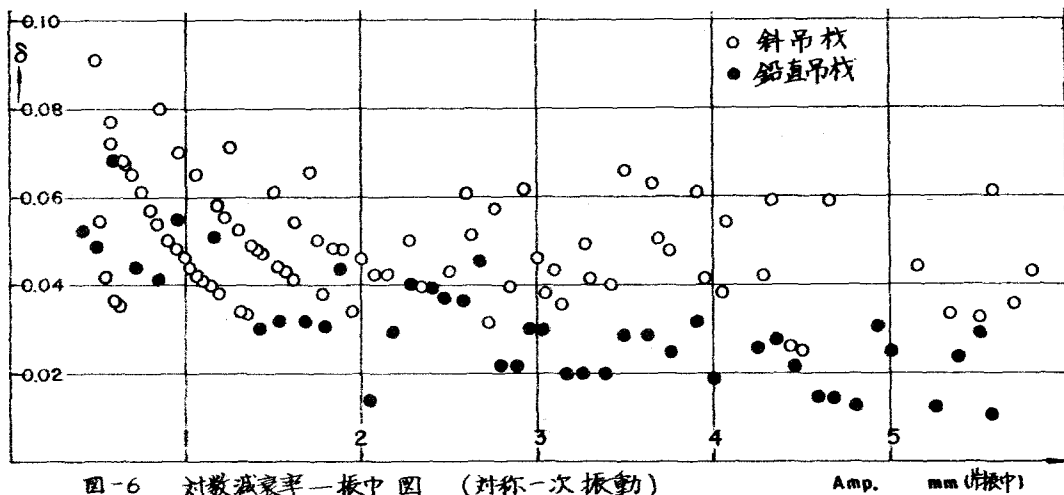


図-6 対数減衰率—振幅図 (対称一次振動)