

日本鋼管(株) 正 津村直宜
 同上 辻 松雄
 同上 加納 勇

1. まえがき 近年、マルチケーブル形式の斜張橋にはシステムダンピングなるものが存在して、吊橋など他の形式の長大橋に比べて、構造減衰が大きいのではないかとされている。⁽¹⁾⁽²⁾ 実際、実橋において対数減衰率 $\delta = 0.065$ の値が測定された例もあり、⁽³⁾ 現行の風洞実験が $\delta = 0.02$ として斜張橋断面の耐風安定性を照査していることを考えると、システムダンピングの有無が斜張橋の設計に及ぼす影響は大きいと言わなければならない。本実験は、この斜張橋のシステムダンピングを簡単な模型実験によって再現して、現象のおおよその特性を把握しようと試みたものである。

2. 実験方法 システムダンピングに関して、現在、必ずしも明瞭な定義が確立されているわけではないが、桁の固有振動数とケーブルの横振動数が近接した場合に生ずる現象と考えられている。そこで本実験では図1に示す模型において、桁のたわみ振動数とケーブルの横振動数が近接するようケーブルの質量と張力を調整して、桁を不平衡型起振器で起振した際の桁とケーブルの共振曲線と自由減衰波形を測定した。この模型では、図2に示すような桁とケーブルの複合振動を生じさせることができる。ここでは便宜上、桁とケーブルの振動があたかも独立して存在するかのように述べているが、厳密に言えば、このような振動状態には図3に示すような桁とケーブルの位相が互いに反転したモードをもつ二つの振動が、近接した固有振動数(一致することはない)をもって存在すると見るべきである。

3. 結果と考察 図2の FA, SB, SA の各モードで模型を起振した時の桁たわみの共振曲線を、それぞれ、図4, 5, 6 に示す(○印)。同図中には比較のために、ケーブルを振動させないケース FZ, SZ の結果もプロットしてある(△印)。図7, 8, 9 には、それぞれ、図4, 5, 6 に対応するケーブル加速度の共振曲線を示す。これらの結果から、桁とケーブルの振動数が近接する場合には、桁の振動に対してケーブルがマスダンパーとして作用して、桁の共振曲線が乱されたり、振幅が抑制されたりすることがわかる。この現象がいわゆる斜張橋のシステムダンピングと考えられる。各ケースについて桁の共振振幅の減衰効果を比較すると、SB において効果が著しい反面、FA ではあまり大きな効果は認められない。このような違いが生じた原因は、マスダンパーの理論から類推するに、おもに桁とケーブルの減衰比と質量比が両ケース間で異なっていたことによると思われる。本実験の範囲では、これらの比率を実験パラメータに設定していないので、システムダンピングの効果を定量的に説明できるまでには至っていないが、表1に示す桁とケーブルの対数減衰率の関係を見る限り、ダンピング効果の著しいケース SB では、相対的に桁の減衰が小さく、ケーブルの減衰が大きい傾向が見られる。SB のようなケースにおいて自由減衰を測定すると、桁、ケーブルを問わず、図10に示すような大きなうねりを伴った波形が観察される。ケース SA は、桁の固有振動数の $1/2$ の値にケーブルの横振動数を調整したもので、ケーブルにはパラメトリック共振と呼ばれる非線形振動を生じる。このケースはケーブルの加速度応答が同振数領域で跳躍して「Lock-in」状態に入ること特徴的なだけでなく、ケーブル振動が桁の共振曲線に及ぼす影響も、他の線形振動のケースとは幾分異なった様子が見られる。

4. あとがき マルチケーブル形式の斜張橋におけるシステムダンピングとは、ケーブルがマスダンパーとして作用して、桁の振動振幅を抑制する現象と考えられる。斜張橋の設計においてシステムダンピングの効果を期待するためには、今後、桁とケーブルの振動数比、減衰比及び質量比をパラメータにした定量的な研究を進めなければならないが、これと同時にケーブルの疲労についても検討していく必要があると考えられる。

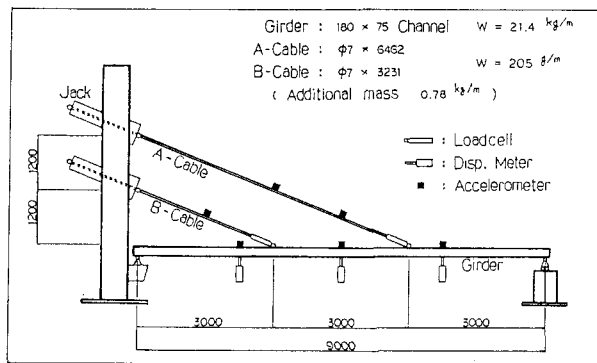


図 1. 実験模型

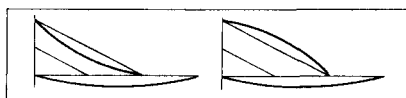


図 3. 真の固有振動モード (FA)

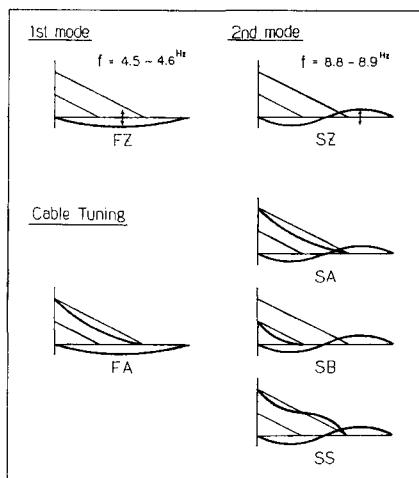


図 2. 模型の振動モード

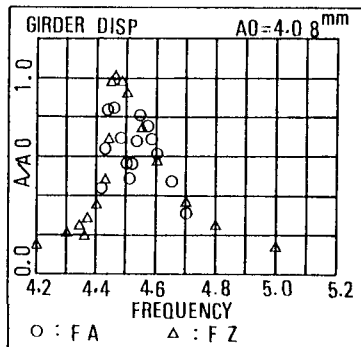


図 4. 桁の共振曲線 (FA)

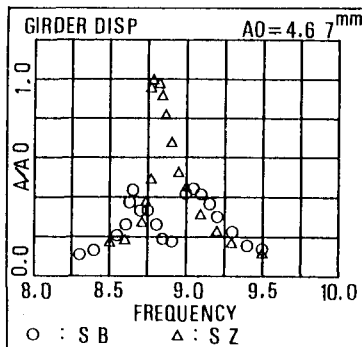


図 5. 桁の共振曲線 (SB)

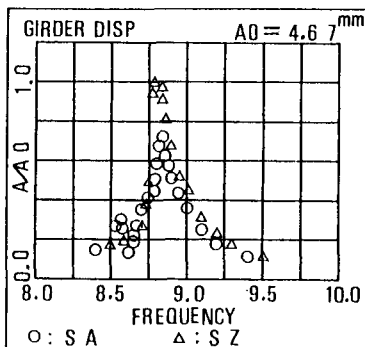


図 6. 桁の共振曲線 (SA)

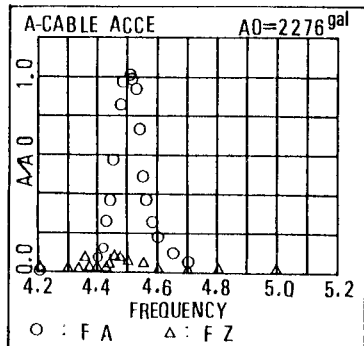


図 7. ケーブルの共振曲線 (FA)

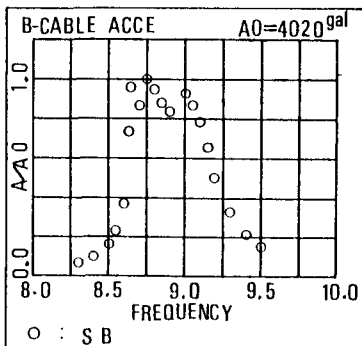


図 8. ケーブルの共振曲線 (SB)

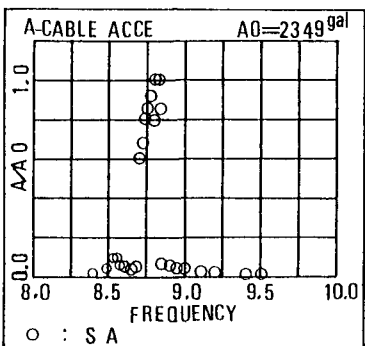


図 9. ケーブルの共振曲線 (SA)

(参考文献)

- (1). F. Leonhardt et al. (成井他訳) 「Paraná 川に架かる Zárate - Brazo Largo 斜張橋の模型実験」 橋梁と基礎 82-2
- (2). 前田他 「斜張橋の System Damping 効果に関する 2, 3 の考察」 土木学会関西支部年次講演会概要集 昭和 57 年
- (3). 得能他 「やすらぎ橋の設計と施工」 橋梁と基礎 82-5
- (4). Den Hartog : Mechanical Vibration, McGRAW-HILL, 1947

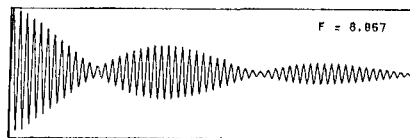


図 10. 自由減衰波形 (SB)

表 1. 対数減衰率

	FA	SB
Girder	0.07 ~ 0.08	0.03 ~ 0.04
Cable	0.01	0.03