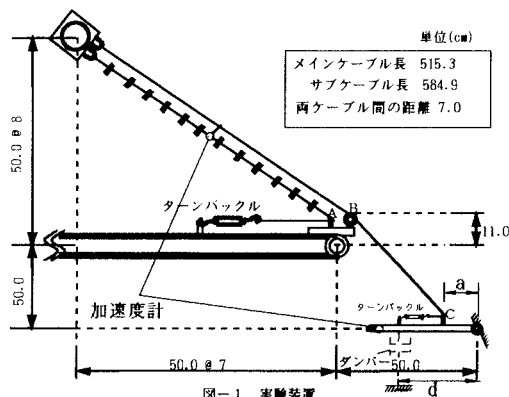


テコを利用した制振装置の振動実験について

熊本大学 学生員 ○西野 公雄 熊本工業大学 正 員 平井 一男
熊本大学 正 員 小林 一郎 九州産業大学 正 員 水田 洋司

1. はじめに 斜張橋のような長周期の構造物は、構造減衰が小さく、風による振動応答が問題となる。斜張橋の制振の1つにケーブルにダンパーを取り付ける方法があるが、本研究ではテコ部材を利用した制振装置を提案すると共に、モデル実験を行いメインケーブルの振動を最も減衰させる時のテコ部材の支点からサブケーブルとテコ部材の定着点までの距離 a の値及びダンパーの大きさ、その取り付け位置を求めることを目的とした動的特性についての検討を行った。本装置は、メインケーブルに平衡してサブケーブルを主桁に取り付けることなく主桁下部に設けたテコ部材に直接取り付け、主桁とテコ部材との間にダンパーを取り付けた構造である。又、メインケーブルとサブケーブルは両ケーブルの中点付近で剛結合した構造とする。

2. 実験装置 モデル実験には図-1のような実験装置を用い、その諸元は表-1に示す通りである。本来、サブケーブルとテコ部材との定着点はサブケーブルの延長線上に設けるのが適当であると思われるが、今回はスペース上の問題により図中Bにおいて定滑車を設けることでサブワイヤの方向を変えることとした。又、メインケーブルとサブケーブル間の連結は両ケーブルの中点において平衡を保持しつつ針金で剛結合した。

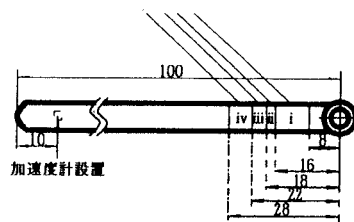


諸量	諸値
メインケーブル長 L_1	515.30cm
メインケーブルの断面積 A_1	$12.10 \times 10^{-2} \text{cm}^2$
メインケーブルの断面2次モーメント I	$11.65 \times 10^{-4} \text{cm}^4$
メインケーブルの張力 T	154.47kgf
サブケーブル長 L_2	584.90cm
サブケーブルの断面積 A_2	$1.93 \times 10^{-2} \text{cm}^2$
メインケーブルとサブケーブルの引張弾性係数 E	$8.10 \times 10^5 \text{kgf/cm}^2$
メインケーブルとサブケーブルの単位体積当たりの質量 ρ	$8.30 \times 10^{-3} \text{kg/cm}^3$
メインケーブルのバネ定数 K_1	193.70kgf/cm
サブケーブルのバネ定数 K_2	30.20kgf/cm
テコ部材の長さ L_3	100.00cm
テコ部材の重量 W_1	6.35kgf
メインケーブルに通した重りの全重量 W_2	3.80kgf

3.1 ダンパーを取り付けない場合の振動実験

〔実験方法〕 両ケーブルとテコ部材を連結しダンパーを取り付けない状態で a を変化させながらメインケーブルとテコ部材の振動波形を測定する。起振方法については手でメインケーブルの中点付近に一定周期外力を与えて起振し、手を離れた直後から自由振動とみなし測定する。ただし、加速度計はメインケーブルの中点とテコ部材の先端から 10cm の2ヶ所に取り付け同時に測定する。

〔結果及び考察〕 この実験より得られた波形を図-3 (a)~(d)に示す。これらの波形の相異から、図-2に示すように区間i ($8\text{cm} \leq a \leq 16\text{cm}$)、区間ii ($17\text{cm} \leq a \leq 18\text{cm}$)、区間iii ($19\text{cm} \leq a \leq 22\text{cm}$)、区間iv ($23\text{cm} \leq a \leq 28\text{cm}$) の4つに分けられる。ただし、それぞれの波形の代表値として $a=11, 17, 22, 27 \text{ cm}$ を用い、図中に示す実線はメインケーブル、破線はサブケーブルの振動を表している。図-3より以下のことが言える。



- 図-3 (a); 区間iではメインケーブルの波形とテコ部材の波形は同位相となり、テコ部材の振幅はメインケーブルの振幅に対して 1/10 程度となる。
- 図-3 (b); 区間iiでは極度に波形は乱れメインケーブルの振幅に対するテコ部材の振幅は、1:1 と大きなものとなる。
- 図-3 (c); 区間iiiではメインケーブルの波形とテコ部材の波形は逆位相となり、テコ部材の振幅はメインケーブルの振幅に対して 1/4 程度となる。
- 図-3 (d); 区間ivではメインケーブル1振幅に対してテコ部材は2振幅する。さらに、テコ部材の振幅はメインケーブルの振幅に対して 1/3 程度となる。

ここで、区間iと区間iiiでは位相が逆転していることが分かる。また、メインケーブルのみの振動数、サブケーブルとテコ部材のみのテコ部材の振動数が一致するのは区間iiである。この2つの理由から、区間iiにメインケーブルとテコ部材の共振点が存在すると考えられる。

さらに、区間iiにおいては、他の区間に対して対数減衰率（以下、L. D. Fと記すこととする）が8～10倍程度と大きな値となり、次に大きくなるのは区間ivである。これらのことから、ケーブルの振幅に対するテコ部材の応答が大きくなる場所である区間iiや区間ivではL. D. Fは大きくなると考えられる。ここで代表値として用いた $a = 17\text{cm}$ の点は、メインケーブルとテコ部材の位相が逆になりかつ応答が最大となる点であると考えられる。このことから、2つの振動系は互いに力を打ち消し合う結果となり波形は乱れ減衰効果は増大すると思われる。

また、荒津大橋を例にとるとダンパーを取り付けケーブルのL. D. Fが0.07～0.09程度の値となるとところで制振を行っている。本装置を適用した場合、ケース2の場合でケーブルのL. D. Fは0.08～0.11程度となり、この状態を実橋において作り出すことができれば十分に実用性があると考えられる。

3.2 ダンパーを取り付けた場合の振動実験

【実験方法】 実験1の状態のテコ部材にダンパーを取り付けダンパーを取り付けない場合の振動実験と同様の測定を行う。その際、ダンパーには水とオイルの2種類、ピストンの円盤直径5cmと8cmの2種類の組み合わせより4種類を使用し、その取り付け位置 d はテコ部材の支点から $d = 50, 65, 80, 95\text{cm}$ の4ヶ所とする。また、 a の値は実験1と同じ代表値 $a = 11, 17, 22, 27\text{cm}$ を用いそれぞれの場合をケース1～ケース4と表すこととする。

【結果及び考察】 ケース1とケース2は、ダンパーを取り付けてもメインケーブル及びテコ部材のL. D. Fは実験1の場合と殆ど変化は見られない。この場合、ケース1においては、メインケーブルの振幅に対するテコ部材の応答が小さいためと考えられ、ケース2においては実験1で示したように構造系自身の持つ減衰がかなり大きいいためダンパーによる影響は微小であると考えられる。ケース3、ケース4では、ピストンの円盤直径が8cmのオイルダンパーを使用した場合のみ d の値を増加させるにつれある値までL. D. Fが増加するという現象が見られ、その他は多少の増加といった程度であった。ケース3、ケース4におけるピストンの円盤直径が8cmのオイルダンパーを使用した場合のL. D. Fの変化を表したものが図-4である。

共に言えることは、テコ部材のL. D. Fはダンパーの取り付け位置をテコ部材の先端に近づけるにつれ大きくなることである。一方メインケーブルのL. D. Fは、ケース3では70cm付近で最大になるのに対し、ケース4では95cmの時最大となることが判った。それぞれの場合におけるL. D. Fが最大となるダンパーの取付位置がピストンの円盤直径が8cmのオイルダンパーを使用した場合の有効なダンパーの取付位置と考えられる。

5. まとめ

- [1] メインケーブルとテコ部材のそれぞれの振動波形は、 a の値によって同位相と逆位相のものがありその変換点が共振点であることを示した。
- [2] 振動系にダンパーをつけなくても、共振点付近のL. D. Fが最も大きくなることを示した。
- [3] ダンパーを取り付けなくてもメインケーブルとテコ部材の位相が逆になりかつ応答が最大となる点を見つけることができれば実橋に適用しても十分に制振効果が得られることを示した。
- [4] a 及び d の値に対して最適なダンパーの大きさが存在することを示した。

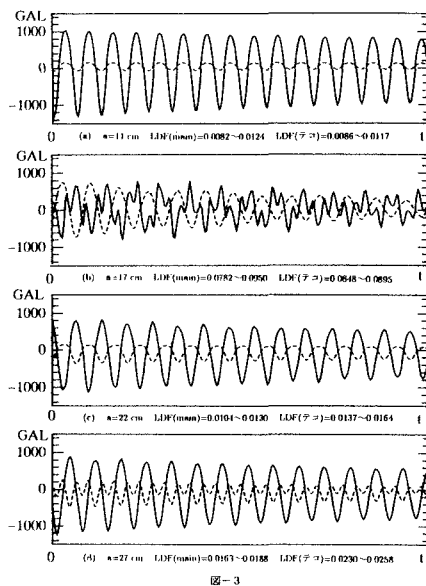


図-3

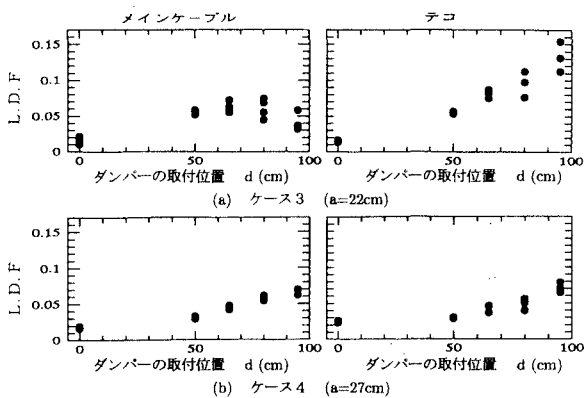


図-4 ダンパーの取付位置 d と L. D. F の関係