

テコを利用した制振装置の開発

熊本大学工学部〇正会員 小林一郎 正会員 平井一男
熊本大学工学部 学生員 西野公雄 学生員 松木達郎

1. はじめに

斜張橋やニールセン系のアーチ橋はケーブルの張力調整によって構造系の応力分布を調整できるという、利点がある。これに、景観上の理由も加わって、近年我国でも多くの施工実績がある。これに伴い、これらの橋梁形式の制振問題やケーブル張力の同定問題が生じた。本研究はメインケーブルに沿ってサブケーブルを設置し、これらを、桁に直接定着せず、桁に設置されたテコに固定し、制振を行う装置を考案し、実用化を目指すものである。本装置は架設時には、張力（つまりは桁の変位）を調整する装置としても使用できる。本装置は次のような機能を兼ねることになる。

1. テコにダンパー C を入れることによって Passive-control ができる。
2. テコにジャッキ J を入れることによって Active-control ができる。
3. メインケーブルに沿ってサブケーブルがあるため対風用の振動制御装置を兼ねる。
4. 重り W を替えることによって張力 T の調整が容易である。
5. 桁と重りの相対位置は容易に測れるので桁の変位を容易に調整出来る。

本報は、その第一段階として 4. 5. の静的解析についてのみを記す。

2. テコのメカニズム

図-1のように、分布荷重 q の作用する構造があるとする。ケーブルにはプレストレス導入後の張力 T が作用している。ただし、 $T = T_p + T_q$ で、 T_p はプレストレス力、 T_q は荷重 q による部材力とする。

通常 T_p の調整や張力 T が所定の値となっているかのチェックは容易ではない。いま図-2の A 点でケーブルを切り、ケーブル軸方向に T で引っ張り同じ力 T を逆方向に A 点に作用させた系を考える。この系は、図-1の与系と全く同一の力学性状を示す。そこで、図-2の一对の力は、ジャッキ等により

一時的に作り出すことは可能であるので、長期的にこの状態を保つことができれば、ケーブル張力 T のチェックやプレストレス力 T_p の調整は容易である。

図-2で示した、一对の力 T に近い力を発生させる装置として、図-3のようなテコを考える。ケーブルと桁との交点を B 点、その近傍 C 点を支点とし、テコとケーブルとの節点 D から C 点、 E 点までの距離をそれぞれ a 、 b とする。さらに、桁とケーブル、テコとのなす角をそれぞれ α 、 θ とすると、付加荷重 W は、

$$W = \frac{a}{a+b} \frac{\sin(\alpha+\theta)}{\cos\theta} T \quad (1)$$

となる。以後 $a:b$ をアーム比と呼ぶ。上式より、張力 T は、アーム比や直接 W を変えることで容易に T を変化させることができる。例として、 $a:b = 1:9$ 、 $\alpha = 25.4^\circ$ 、 $a+b = 200\text{cm}$ 、 $\theta = 15^\circ$ とすると、 $W = 0.067T$ という関係を得る。つまり、 $T = 100\text{tf}$ を生じさせるためには、 $W = 6.7\text{tf}$ の重りが必要となる。そこで、実際には図-4のように張力 T の一部サブケーブル張力 T_1 を上記の方法でテコにより生み出し、残りのメインケーブル張力 T_0 は従来のケーブルプレストレス導入法より調整することとする。必要な張力を T とすると、 $T = T_0 + T_1$ と表される。完成後におけるこの力 T_1 は、active または passive のコントロール装置として使用することが可能である。

3. 桁の変位または外荷重が変動した場合のテコの調整

図-4で外荷重 q_0 に q_1 の等分布荷重が加わり（これは荷重の変動ではなく他ケーブルの張力調整によるもの）、節点 A が変動した場合について考える。この場合メインケーブルの張力 T_0 、サブケーブルの張力 T_1 が共に $T_0 + \Delta T_0$ 、 $T_1 + \Delta T_1$ となる。

いま、重り W を $W + \Delta W$ にかえることによって q_1 によって生じたメインケーブルの増分張力 ΔT_0 をすべてサブケーブルで分担することを考える。仮

に、サブケーブルに $\Delta T_0 + \Delta T_1$ の張力変化による伸び Δl が生じないとすると、桁と重りの相対位置 s を元の状態に戻せば、メインとサブのケーブルの張力分担率のみがかわる系を作り出せる。ただし、実際には調整後にサブケーブルは、 $\Delta l = \frac{(\Delta T_0 + \Delta T_1) l_1}{EA_1}$ の伸びが生ずるため点 D は点 D' に移ることとなる。このため、調整荷重 ΔW は、正しくは $\Delta W'$ となる。従って、1つのテコの場合、重り W の位置をもとにもどすだけ（つまり S' から S へ）ではサブケーブルの張力を $T_1 + \Delta T_1 + \Delta T_0$ にすることができない。よって、上記の問題の解決をはかる方法として図-5のように2つのテコを設置することとし、サブケーブル1には張力 T_1 、サブケーブル2には張力 T_2 が作用しているとする。図-5に外力の変動 q_1 があつた場合のそれぞれの張力の変化は、

$$\begin{aligned} T_0 &\rightarrow T_0 + \Delta T_0 \\ T_1 &\rightarrow T_1 + \Delta T_1 \\ T_2 &\rightarrow T_2 + \Delta T_2 \end{aligned}$$

となる。ここで、テコ1は張力調整用としテコ2はベンチマーク用とする。さらに、テコ1の重りを $W_1 \rightarrow W_1 + \Delta W_1'$ に変更して

$$\begin{aligned} T_0 + \Delta T_0 &\rightarrow T_0 \\ T_1 + \Delta T_1 &\rightarrow T_1 + \Delta T_1 + \Delta T_1' \\ T_2 + \Delta T_2 &\rightarrow T_2 \end{aligned}$$

のような調整を行うとする。このときテコ1は、 $S_1' S_1''$ の順に桁と重りの相対位置を変動させ、テコ2

においては、 W_2 はそのまま $S_2 S_2'$ S_2 と変動させれば、調整後は変形前の状態に戻ると考えられる。

4. おわりに

本装置が完成にいたれば、メインケーブルの張力調整用のジャッキや、メインケーブルの張力測定装置といったものは一切不要であり、張力の微調整も容易となる。また、本装置は箱桁の場合には箱内

に納めることが出来るため、維持管理上や景観上も問題ないと思われる。なお、制振機能（動的解析）については、講演時に発表する予定である。

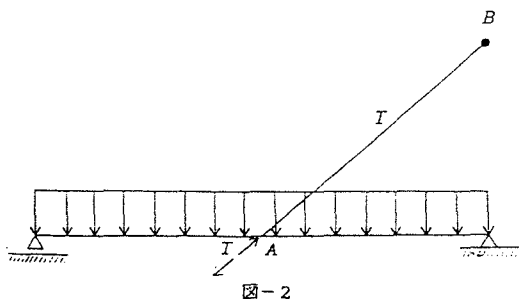


図-2

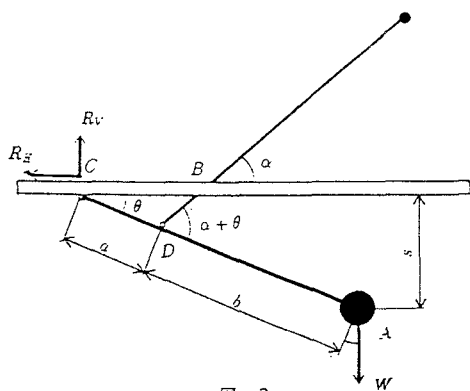


図-3

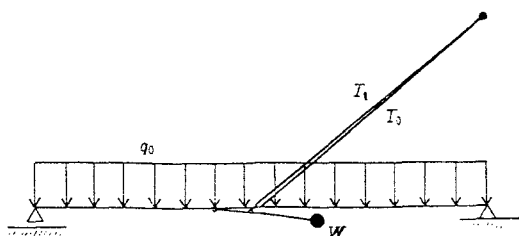


図-4

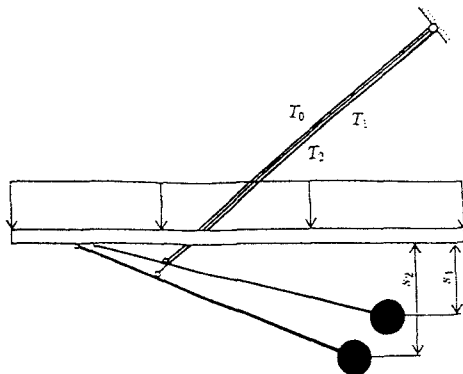


図-5

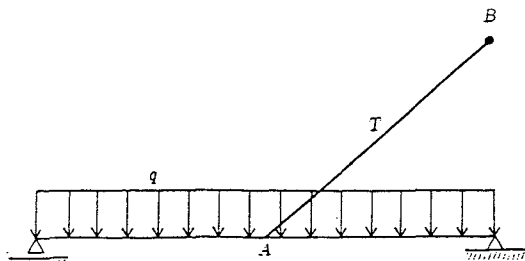


図-1