

東北大学工学部 正員 倉西 茂
 東北工業大学 正員 高橋 龍夫
 東北大学大学院 学生員 越後 滋

1. はじめに

近年、長大吊橋を鉄道橋として用いようとする気運が高まって来ているが、その際、支点付近の桁の折れ角と列車という走行荷重によって引き起される振動とが、列車の走行性に与える影響が大きな問題となるであろう。

このような問題に対し、連続補剛桁を用い、さらに、機械的に振動系の減衰容量を増加させることによって、その解決を得ようとしたのがこの研究である。

ここでは、減衰容量を増大させるものとして当研究室で数年来研究されてきたダンパーを、その適用の可能性と効果が大きいと思われるケーブルステイダンパーとして用い、走行荷重による吊橋の振動に対するその効果と、模型実験により定性的に調べ、単純支持補剛桁を有する吊橋の場合と比較している。

2. 実験装置

実験に使用した模型吊橋は図1に示されるような諸元を持った、センタータイを有する吊橋であり、その補剛桁はタワー支点で結合され、連続桁とすることができる。ダンパーはダッシュポット機構を持つ速度比例型ダンパーであり、図1のようにケーブルステイダンパーとして用いられ、ステイケーブルはタワーより $l/10=520\text{mm}$ の点に取り付けた。これは著者らの研究により、タワーより $1/10 \sim 1/5$ の点にステイケーブルを取り付けた場合、対称及

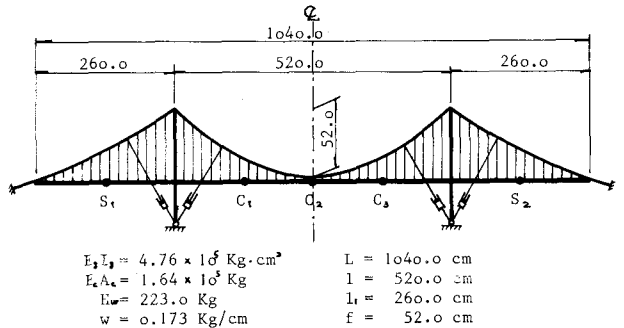


Fig.1 Suspension Bridge Model with Cable Stay Dampers and Measuring Bents.

対称振動に対し大きな効果が得られることが知られたためである(文献2)。走行荷重としては、二軸の車輪をもつ総重量4Kgの荷重車を、振動系とは隔離された牽引装置により、補剛桁の横桁上にヒリつけたレール上を走行させた。たわみは、図1に示される5つの測定点で測定し、ペン書きオシログラフ上に記録させ、また走行荷重の速度は、全スパンを5等分する点に取り付けたマイクロスイッチに接続されたエレクトリックカウンタで測定した。

3. 実験結果

ペン書きオシログラフ上に記録されたたわみ変位は、走行荷重の速度が非常に小さいときは、たわみの影響線を表わすと言える。これを見ると、支点付近の桁の折れ角が、補剛桁を連続とすることにより抑制されていることがわかる。

荷重が吊橋上にある間は、桁は振動を伴ってたわみ、荷重が退出した後は自由振動が残る。荷重が吊橋を通過している間の各点の最大たわみ (η_{max}) と荷重の速度の関係の一つの例を図2に示す。ここで横軸には、Zimmermann効果に関する無次元パラメータ (η_i) を取っており、それらは次のように定義される。

$$\eta_1 = \frac{2 \cdot t_1}{T}, \quad \eta_2 = \frac{2 \cdot t_2}{T}, \quad \eta_3 = \frac{2 \cdot t_3}{T}, \quad \eta_4 = \frac{2 \cdot t_4}{T}$$

ここに、 t_1 は荷重の側径間通過時間

t_2 は荷重の中央径間通過時間

T は対称一次振動の固有周期

T は逆対称一次振動の固有周期

この関係を見ると、単純支持補剛桁の場合も連続補剛桁の場合も同様の傾向を示しているが、最大たわみは S_1 において約10%、 S_2 において約15%、連続の場合に減少している。

次にダンパーを取り付けると、最大たわみは、連続補剛桁の場合、曲線の山の部分で約10%減少し、曲線は全体に滑らかになっている。単純支持補剛桁の場合、ダンパーの効果は連続の場合程大きくはなく、逆にダンパー無しの場合より大きな最大たわみが S_1 と C_2 において記録された。

図-3は荷重が退出した直後、桁に残る振動の最大振幅 (A_{max}) と速度パラメータ V_i の関係の一例を示したものである。この関係より、連続桁の場合、 C_2 を除いて各点とも最大振幅は、単純支持の場合より減少していることがわかる。各点における最大振幅の値を比較してみると、単純支持の場合には、 C_2 に大きな振幅が生じ、連続の場合には側径間に大きな振幅を生じている。これは、補剛桁を連続とすると、側径間の振幅が増大することを示している。

速度パラメータ V_i と最大振幅との関係を見ると、 V_i が整数の時に振幅がピークとなっており、単純梁に対する Zimmermann 効果が吊橋に対しても明瞭に現われている。このことから、この実験に用いた吊橋では、中央径間において対称一次振動が卓越していることがわかる。

また、ダンパーを取り付けると、吊橋の荷重退出後の振動に対する減衰特性は大きく改善され、曲線のピークはかなり小さくなっている。特に連続補剛桁の場合、その効果は非常に大きく、 $S_1 \cdot C_3 \cdot S_2$ においては約45%、 $C_1 \cdot C_2$ においては約30%の減少が見られる。

次に、荷重退出後の振動の最大振幅と対数減衰率の関係を図-4に示す。これを見ると、対数減衰率は、振幅によらずば一定であり、ダンパー無しの場合、単純支持補剛桁、連続補剛桁の間にそれ程の差はないが、ダンパーを取り付けると、前者の場合は約4倍、後者の場合で約7倍と、かなり増大している。

4. 結論

以上のことから、吊橋に取り付けられたケーブルスティダンパーは、その振動をかなりよく減少させると言える。特に補剛桁が連続の場合、その効果は大きい。

最後に、本実験を行うにあたり、当研究室の伊藤俊久技官の御協力を得たことを附記する。

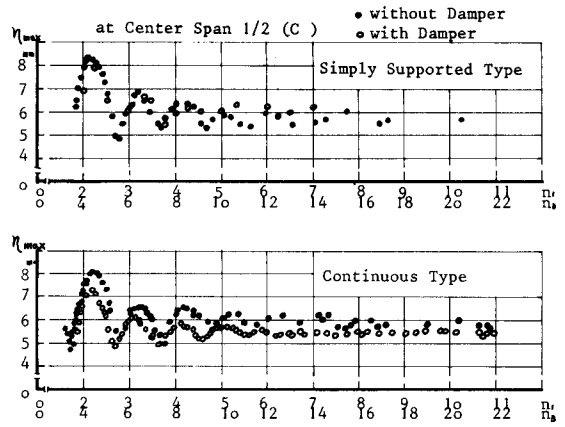


Fig.2 Relationship between Speed and Maximum Deflection

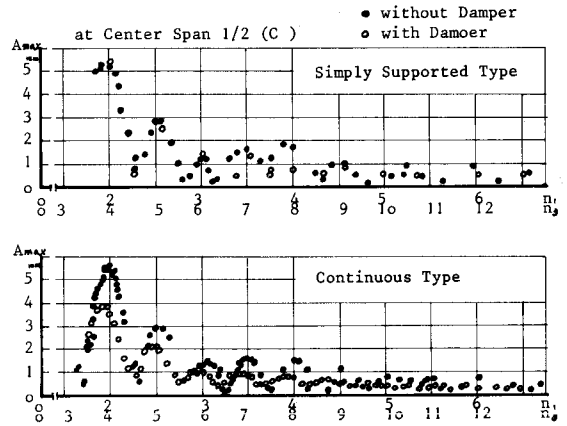


Fig.3 Relationship between Speed and Maximum Amplitude

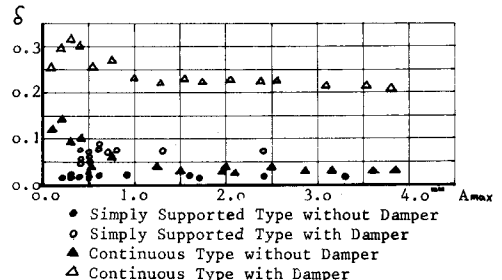


Fig.4 Relationship between Logarithmic Decrement and Maximum Amplitude at C_2

参考文献

1. Bleich 他 「吊橋の振動解析」
2. 倉西・高橋 「ケーブルスティダンパーによる吊橋の振動制御について」
3. 伊藤 「走行荷重に対する吊橋の動的応答と衝撃」