

I-468 斜張橋ケーブルに対する粘性せん断型ダンパーの減衰付加効果について

川田工業(株)	正 員	○米田昌弘	建 設 省	飯 名 勇
建 設 省		山本暢人	川田工業(株)	宮本義雄
川田工業(株)		安藤 修	川田工業(株)	正 員
オイレックス工業(株)	正 員	伊関治郎	オイレックス工業(株)	正 員
				前田研一
				下田郁夫

1. まえがき 本研究で対象とする斜張橋は、図-1に示すような1面吊り7段ケーブルの2径間連続鋼斜張橋(190m+190m)である。本橋の各段ケーブルはそれぞれダブルケーブル(ケーブル中心間隔/ケーブル径=4.29~5.36)で構成され、また、ロングラウトタイプのHiAmアンカーケーブル($\phi 140\text{mm} \sim \phi 175\text{mm}$)を使用していることから、当初より、Wake gallopingを始めとした、種々の風による振動が発生する可能性が高いと予想されていた。そこで、著者らは、ケーブルが実際に風で振動した場合にも迅速に対応できるよう、新しいケーブル制振用ダンパーの開発を進めてきた。このダンパーは、粘性体のせん断抵抗を利用した粘性せん断型ダンパーと呼ばれるものであり、従来のオイルダンパー方式に比べ、一つのダンパーで面内と面外の2方向に対処でき、かつ経済性や維持管理上も優れた利点を有する。しかしながら、この粘性せん断型を利用したダンパーは橋梁の耐震用ストッパーとしてすでに利用されているものの、ケーブルの制振用に適用された実績は今までのところ報告されていない。

このような観点から、実橋のケーブルに粘性せん断型ダンパーを設置しない場合と設置した場合についてそれぞれケーブル加振試験を実施し、得られた自由振動波形からそれぞれの構造対数減衰率を算定して粘性せん断型ダンパーの有効性について検討した。本研究は、この実験結果について報告するものである。

2. 対象としたケーブルと実験方法 下から3段目のケーブル(C5ケーブル)が張り渡された架設状態で、粘性せん断型ダンパーの性能確認実験を実施した。対象としたケーブルは和光市側のC5ケーブルである。C5ケーブルの構造諸元を表-1に、ケーブルのサグの影響を無視した場合のC5ケーブルの固有振動数(解析値)を表-2に示す。

ダンパーは、景観上の配慮から設置高さが中央分離帯の自動車防護柵高さと同程度になるように考え、上フランジから0.9mの高さ(ケーブル定着点からの高さは2.5m、ダンパー取り付け位置/ケーブル長さ=0.0471)のケーブル法線方向に取り付けるものとした。なお、実験で使用した粘性せん断型ダンパーの粘性減衰係数は、設計温度30℃、振動振幅0.5cm、振動数0.5Hzで9t/m/sなるものであるが、これは風による振動が最も発現する可能性が高いと予想された、最上段(C1)ケーブルから3段目(C3)ケーブルに設置することを想定して定められたものである。

3. 実験結果と考察 一例として、粘性せん断型ダンパーの設置前後における、面内2次の減衰自由振動波形を図-2に示す。また、ダンパー設置前後における、面内振動の構造対数減衰率をそれぞれ表-3、表-4に示す。なお、本実験時に、C5上流側ケーブルを面内1次振動で加振した場合、共振現象で下流側ケーブルも大きく振動し、良好な減衰自由振動波形を得ることができなかった。そこで、表-4には、サグが若干変化した後日に実施した面内1次振動の値も付記している。これらの結果より、粘性せん断型ダンパーに起因した減衰付加効果は、最大片振幅が1.0mm~2.0mm程度と小さいにもかかわらず、非常に大きいことが理解されよう。

ただし、粘性せん断型ダンパーに起因した減衰付加効果には温度依存性が認められ、今回の実験では、温度が高くなって相対的にダンパーの粘性減衰係数が小さくなるに従ってより大きな減衰付加効果が得られている。これは、実験で使用した粘性減衰係数9t/m/s(設計温度30℃)なる粘性せん断型ダンパーはC5ケーブルにとっては過大なものとなっており、それゆえ、図-3から判るように、温度が高くなって相対的にダンパーの粘性減衰係数が小さくなるほど、より大きな減衰付加効果を示したものと考えられる。

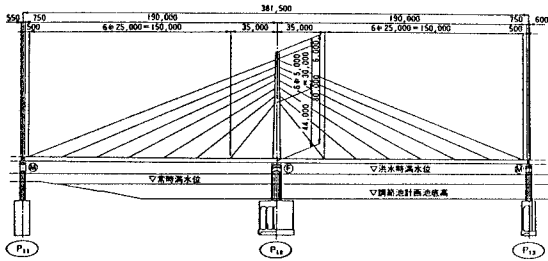


図-1 対象橋梁の一般図

表-1 C5ケーブルの構造諸元

ケーブル名称	ケーブル長さ l (m)	断面積 Ac (mm ²)	重量 w (t/m)	張力 T (t)
C5	100.23	0.01205	0.1007	428.5

表-2 C5ケーブルの固有振動数
（解析値）

次数	固有振動数 (Hz)
1次	1.019
2次	2.038
3次	3.057

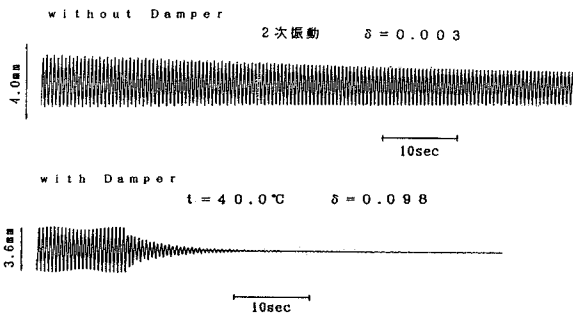


図-2 面内2次の減衰自由振動波形

表-3 C5ケーブルの構造対数減衰率
（面内振動；ダンパーが無い場合）

振動次数	構造対数減衰率
1	—
2	0.003
3	0.003

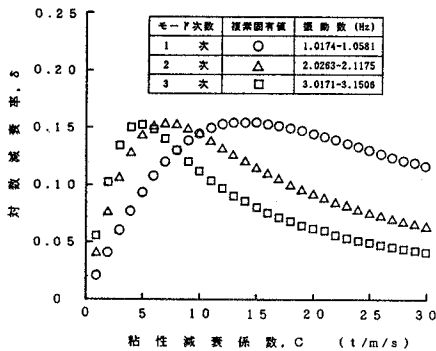


図-3 C5ケーブルに対する複素固有値解析結果

表-4 C5ケーブルの構造対数減衰率
（面内振動；ダンパーが有る場合）

振動次数	温度 (°C)	構造対数減衰率
1	—	—
	18.5	0.083
2	—	—
	-0.2	0.036
	18.5	0.064
3	—	—
	40.0	0.098
	0.5	0.041
	18.5	0.064
	39.8	0.091

また、 $t=40^{\circ}\text{C}$ なる面内2次振動に対して計算した等価粘性減衰係数 C_v は $C_v=4.3t\cdot\text{s/m}$ であり、構造対数減衰率の実測値と複素固有値解析結果の比は0.74程度であった。このように粘性せん断型ダンパーによる実際の減衰付加効果が予想値に比べ幾分小さくなっているのは、減衰の測定域が1~2mm程度の微小振幅であったことにも一因があると考えられる。なお、実験上の問題から、面外振動に対する結果は得られていないが、本ダンパーの機構を考えれば、面外方向にも同様に十分な効果が期待できるものと思われる。それゆえ、ここに報告した粘性せん断型ダンパーは、有効なケーブル制振対策の一つになり得るものと言えよう。

なお、本橋ケーブルは下から3段目ケーブルが張り渡された段階から、Wake gallopingと思われるケーブル振動がしばしば観測されたことから、本橋の竣工直前に、下から3段目以上のケーブルに対してこの粘性せん断型ダンパーを設置したことも述べておきたい。最後に、本研究にあたり、常に適切な御助言をいただきました、建設省土木研究所構造研究室・横山功一室長に心からお礼を申し上げます。