

I-607

並列ケーブルの振動特性に及ぼすスペーサの効果

川崎重工業	正 員	小川一志
川崎重工業	正 員	野上千秋
川崎重工業	正 員	斎藤敏雄

1. まえがき ダブルデッキ鋼斜張橋やPC斜張橋では、ケーブル荷重の増加とケーブル施工の制約から、2本以上のケーブルを並列配置するケースが多くなっている。並列ケーブルでは、上流側ケーブルと下流側ケーブルの空力干渉による風による振動（ウェイクギャロッピング）が発生することがある。並列ケーブルの耐風制振対策の一つとして、ケーブル間をスペーサで連結する方法がよく用いられるが、その拘束効果や制振機構については必ずしも明確になっているとはいえない。本稿では、並列ケーブルの振動特性に及ぼすスペーサの効果に関して振動解析した結果を報告する。

2. 振動解析 解析対象としたケーブルは瀬戸大橋（岩黒島橋）クラスの2本並列ケーブルとする。ケーブルの構造諸元を表1に示す。ケーブルは張力を受けた梁部材としてモデル化し、張力だけでなく曲げとねじりにも抵抗するものとした。ケーブルの断面2次モーメントの算定にはケーブル充実断面の値の15%を採用し¹⁾、ねじり定数についてもとりあえず同様の低減率（充実断面の15%）を適用した。

3. 振動解析結果

- (1) スペーサとケーブルの結合条件の影響： スペーサと並列ケーブルとの結合条件として①6自由度固定、②ケーブル軸回りの回転のみ解放の各ケースについて振動解析した結果を表2に示す（スペーサ3個を等間隔配置）。ケーブル軸回りの回転を解放したケースでは、振動数が面外逆位相モードと面外同位相モードで同一となっている。並列ケーブルの同位相モードはスペーサ設置の影響を受けないモードであることから、この場合、並列ケーブルの逆位相モードにおいてもスペーサによる拘束の影響は無いと見なされる。それに対して、ケーブル軸回りの回転を拘束した6自由度固定のケースにおける面外逆位相モードの振動数は、他のケースにおける振動数の約2倍と高くなり、スペーサ設置の影響が明確に認められる。すなわち、スペーサによるケーブル振動拘束効果はケーブル軸回りの回転を固定して初めて発揮される。
- (2) スペーサの設置数の影響： スペーサ配置を等間隔にして設置数を1、3、5個としたときのケーブル振動数を表3に示す。スペーサの設置数を増やすと、面外逆位相モードの振動数は高くなり、特に低次振動のとき程顕著に認められる。
- (3) ケーブルねじり定数の影響： 以上の検討ではケーブルねじり定数を仮にケーブル充実断面積の15%に低減しているが、ケーブルねじり定数によってスペーサの拘束効果は影響を受ける。スペーサ設置数を5個として、ケーブルねじり定数を充実断面積の5、15、30%としたときの面外逆位相モードの振動数を表4に示す。ケーブルねじり定数が小さくなると当然のことながらスペーサの拘束効果は低下するが、充実断面の5%のときでも振動数はスペーサの効果無しの状態より確実に高くなっている。

4. 減衰機能付きスペーサ スペーサとケーブルの間の回転を固定するとき、並列ケーブルの面外逆位相振動数が高くなることが確認されたが、その際、スペーサとケーブル間の固定部には回転すべり力に抵抗するせん断力が作用している。したがって、図1に示すように、ケーブルとスペーサ取付部の間に高減衰ゴムを挟む構造を工夫すれば、ケーブルの面外逆位相振動に対する構造減衰の増加、さらには、ウェイクギャロッピングの制振を図ることができる可能性があると思われる。

なお、本研究は建設省土木研究所、土木研究センター、民間15社による「斜張橋並列ケーブルの耐風制振に関する共同研究」の一環として実施したものである。

参考文献 1)坂本・北條・江口・矢野：“斜張橋用プレ防食型ケーブルの二次応力および曲げ疲労強度に関する検討”，土木学会論文集，No. 446/I-19，1992. 4

表1 ケーブルの構造諸元

本 数	2	本
ケーブル長	168	m
ケーブル間隔	0.48	m
ケーブル径	0.16	m
ケーブル重量	69	Kgf/m
ケーブル張力	268	tf
ケーブル断面積	0.0201	m ²
断面2次モーメント	4.83×10^{-6}	m ⁴
ねじり定数	9.65×10^{-6}	m ⁴
ヤング率	2.01×10^7	tf/m ²

表3 スペーサ設置数とケーブル振動数の関係

ケーブル面外 逆位相モード 振 動 次 数	スペーサ個数			
	0 個	1 個	3 個	5 個
1 次	0.605	1.011	1.278	1.350
2 次	1.210	1.210	2.032	2.398
3 次	1.816	2.088	2.356	3.063
4 次	2.422	2.422	2.423	3.430
5 次	3.028	3.223	4.100	3.616

単位 (H z)

表2 スペーサとケーブルの結合条件の違いによるケーブル振動の比較

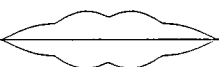
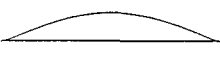
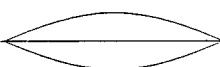
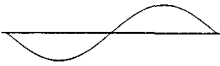
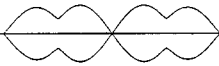
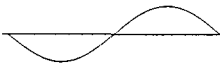
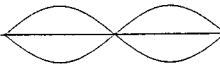
振動次数	結合条件：6自由度固定		結合条件：ケーブル軸回りの回転のみ解放	
	面外同位相モード	面外逆位相モード	面外同位相モード	面外逆位相モード
1 次	 $f = 0.605 \text{ Hz}$	 $f = 1.278 \text{ Hz}$	 $f = 0.605 \text{ Hz}$	 $f = 0.605 \text{ Hz}$
2 次	 $f = 1.210 \text{ Hz}$	 $f = 2.032 \text{ Hz}$	 $f = 1.210 \text{ Hz}$	 $f = 1.210 \text{ Hz}$

表4 ケーブルねじり定数（充実断面値との比）とケーブル振動数の関係

ケーブル面外 逆位相モード 振 動 次 数	ケーブルねじり定数		
	5 %	15 %	30 %
1 次	0.939	1.350	1.744
2 次	1.799	2.398	2.831
3 次	2.527	3.063	3.336
4 次	3.103	3.430	3.544
5 次	3.509	3.616	3.647

単位 (H z)

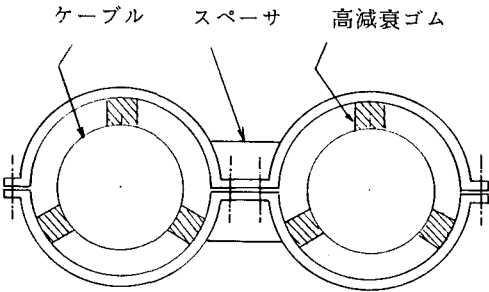


図1 高減衰ゴムによるケーブル制振装置