

I-718

並列ケーブルのウェイク・ロッピングに対する構造的制振対策

—風洞実験による減衰機能付きスパーの有効性に関する検討—

(株)大林組 野村 敏雄 (株)大林組 藤原 章博
(株)大林組 伊藤 雅保 (株)住友建設 松元 香保里

1. はじめに

並列ケーブルで発現するウェイク・ロッピングの制振対策として、これまでに種々の方法が提案^{1),2)}されているが、現状では完全にこれを制御することは困難である。

筆者らは並列ケーブル相互間に減衰機能を持つスパーを設置する制振方法について検討を行っているが、実大模型実験^{3),4)}により、無風時では対数減衰率を0.1程度まで高めることが可能であることが確認されたので、さらに風洞実験によりその有効性を調査した。

2. 実験方法

実験は(株)大林組技術研究所所有の単回路回流式密閉型風洞(高さ:3.0m, 幅:3.0m, 測定部長さ:9.0m)内に実験装置を設置して実施した。今回使用したバネ支持試験装置は上流及び下流側のケーブル模型ともに、それぞれ4本のバネによって支持され、鉛直方向の振動に対して自由度を有する構造となっている。ケーブル中心軸の水平間隔は3D(D:直径)である。また、ケーブル模型は直径50mmのアルミ製円柱パイプで特別な加工や処理は施していない。表-1にケーブルの諸元を示す。

実験に用いたスパーはせん断型及び摩擦型の2種類で、スパーの減衰性能、ケーブルの構造減衰、自由度などを変化させて実験を行った。表-2に各スパーの減衰性能を示す。また、図-1に示すようにせん断型と摩擦型では減衰性状が異なるのでせん断型では対数減衰率、摩擦型では減衰比によってスパーの減衰性能を表示した。ここで、振幅はケーブル間の中央を回転中心とした時のねじれ成分の片振幅(以後も同様)を示している。

3. 実験結果

図-2, 3はスパーの減衰性能を変化させた場合の風速とねじれ振幅成分の関係を示している。

スパーの有無に関わらず、不安定なリミットサイクルを持つハート型のウェイク・ロッピングが発現した。スパーがない場合には風速5.9m/s(換算風速:Vr=44)で振動が発現した後、風速30m/s(Vr=224)以上の振幅の大きい領域でも不安定なリミットサイクルが存在した。

一方、スパーが有る場合はせん断型、摩擦型ともに、ウェイク・ロッピングのquench点がそれぞれの減衰性能にほぼ比例して高くなった。また、スパーなしでは風速7.4m/sであったself starting点が実験風速域では観測されなくなる傾向を示した。実大模型実験で得られた0.1程度の減衰率で16m/s前後まで発現しなくなり、もっとも良好な場合で21m/s(Vr=157)まで上昇した。

表-1 ケーブル諸元

項目	実橋	模型
ケーブル長(模型長)	100m	0.860m
ケーブル径	0.096m	0.050m
単位重量	24.62kgf/m	6.68kgf/m
振動数	1.34Hz	2.68Hz
縮尺	—	1.92

表-2 スパー性能

スパー番号	せん断型(減衰率)	摩擦型(減衰比)
1	0.06	0.84
2	0.15	1.47
3	0.20	1.59

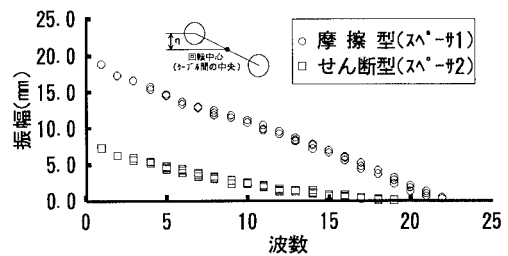


図-1 振幅～波数関係

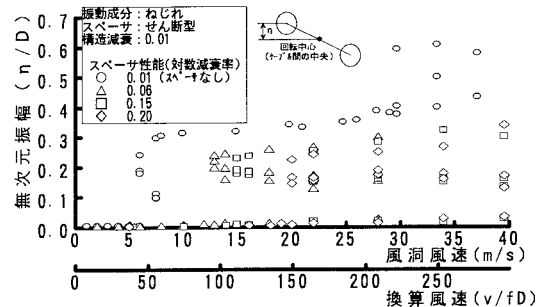


図-2 スパーの減衰性能(せん断型)

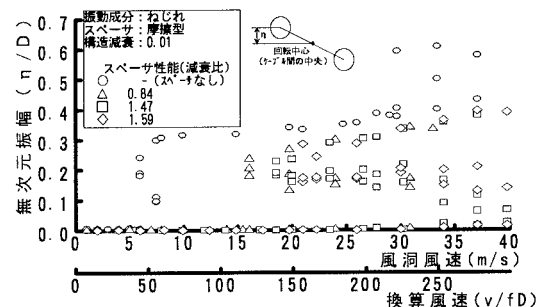


図-3 スパーの減衰性能(摩擦型)

図-4, 5はケーブルの構造減衰の影響による性状の変化を比較したものである。

$\Delta\theta$ -サがない場合はquench点が構造減衰にほぼ比例して高くなるが、構造減衰0.1でも風速16m/s($V_r=119$)程度であった。また、この場合でもself starting点は風速25m/s($V_r=186$)程度であった。なお、佐藤等¹⁾の3次元弾性模型実験によると発現風速は構造減衰0.1で約14m/s($V_r=110$ 程度)となっている。

$\Delta\theta$ -サが有る場合は摩擦型(減衰比:0.84)の結果である。この場合、構造減衰0.01でもquench点は16m/s程度あり、実験風速域では前述のようにself starting点はなくなり、振動発現が抑制されている。構造減衰0.1でquench点は約22m/s($V_r=166$)となった。

図-6, 7は上流側ケーブルを固定して実験を行い、ケーブルの自由度の影響を比較したものである。

$\Delta\theta$ -サがない場合は上流側が固定されているかどうかに関わらず、ほぼ同一の挙動を示しており、 $\Delta\theta$ -サが発現時に上流側ケーブルは非常に安定な状態にあると考えられる。

一方、 $\Delta\theta$ -サが有る場合は上流側を固定すると $\Delta\theta$ -サの発現風速がやや低くなるが、振幅(ねじれ成分)には大きな相違はない。この時、上流側ケーブルが $\Delta\theta$ -サの影響により振動している場合には、下流側の振幅は相対的に小さくなっている。なお、図-7はせん断型の結果であるが摩擦型でも同様の傾向を示した。

4. まとめ

減衰機能を有する $\Delta\theta$ -サを設置することにより、 $\Delta\theta$ -サの発現風速は高まり、また、他の方法と組み合わせることによっても効果を高めることが可能であることがわかった。しかし、 $\Delta\theta$ -サの数やケーブル間隔、振動数の影響などについては今回調査しておらず、実用化に向けてさらに検討していく必要がある。

5. 謝辞

本研究を実施するに当たりご指導を頂いた東京大学工学部土木工学科の藤野陽三教授に深謝いたします。

なお、本実験は建設省土木研究所、(財)土木研究センター並びに民間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(株)大林組、清水建設(株)、住友建設(株)、飛鳥建設(株)、(株)E・Iの担当で実施したものである。

参考文献

- 1) 佐藤、鳥海他、 $\Delta\theta$ -サに対する減衰付加の制振効果、土木学会第48回年次学術講演会、1993
- 2) 鹿島、宮崎他、斜張橋ケーブルの空力制振対策、土木学会第49回年次学術講演会、1994
- 3) 藤原、樋口他、並列ケーブルの $\Delta\theta$ -サに対する構造的制振対策-実大ケーブル実験による減衰機能付き $\Delta\theta$ -サの有効性に関する検討-、土木学会第50回年次学術講演会、1995

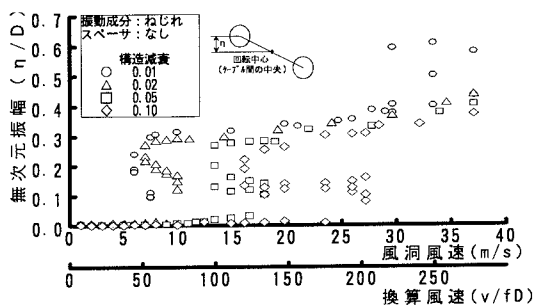


図-4 構造減衰の影響($\Delta\theta$ -サなし)

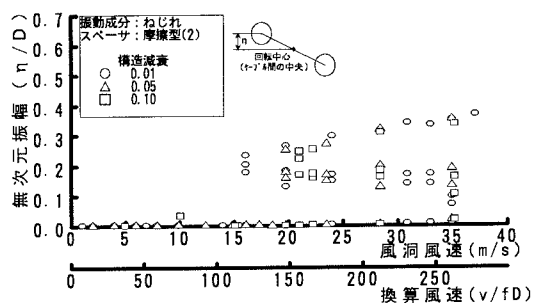


図-5 構造減衰の影響($\Delta\theta$ -サ有り)

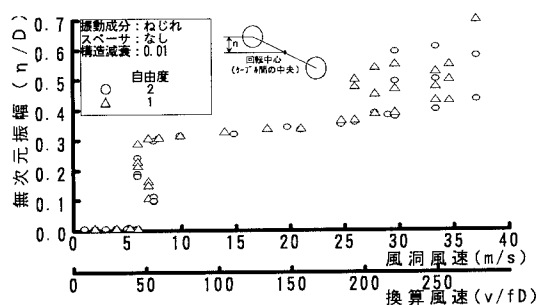


図-6 自由度の影響($\Delta\theta$ -サなし)

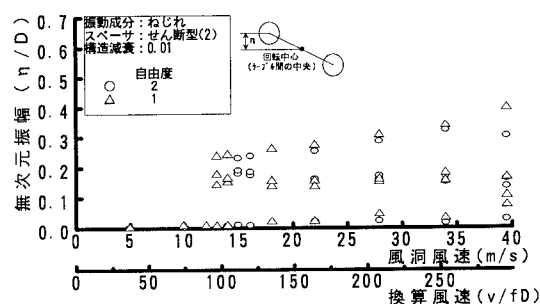


図-7 自由度の影響($\Delta\theta$ -サ有り)

- 4) 松元、中井他、並列ケーブルの減衰 $\Delta\theta$ -サに関する研究、土木学会第49回年次学術講演会、1994