

I-373 荒津大橋ケーブルのレインバイブレーションの防振対策について

九州産業大学工学部 正員○吉村 健 福岡北九州高速道路公社 正員 田中千秋
 三菱重工工業技術本部 正員 佐々木伸幸 三菱重工工業広島製作所 正員 中谷真二

1. 実橋におけるケーブル振動の概要 文献(1)で報告したように、施工中の荒津大橋のケーブルにレインバイブレーションがしばしば発生した。その概要は次のとおりである。①小雨を伴う風速10～18 m/sの強風時にケーブル振動が発生した。②主として、風下側に下り勾配を持つケーブルが振動した。③振動モードは鉛直面内の1～3次であった。④最大倍振幅は約60cm（ケーブル直径の3～4倍）にも達した。

一時的な制振対策として、各ケーブルを麻ロープで高欄に結び付けた。その結果、一部のケーブルを除き、ケーブル振動は消滅した。麻ロープの張力が不十分であるか、もしくは、振動モードの節に近い位置が麻ロープで結ばれていた一部のケーブルでは、ロープの制振効果はほとんど無かったのである。麻ロープなしとありのケーブルについて、低次モードの対数減衰率を測定したところ、平均値でそれぞれ約0.008 と0.02であった。このことから、ケーブルにもたらされる励振空気力は小さく、系の減衰を少し増せば、ケーブルは雨風の条件下でも安定であることが明かにされた。なお、ケーブル振動に伴って麻ロープが伸縮し、その内部摩擦によって振動エネルギーが散逸しているように見えた。

2. 風洞実験結果 上記の貴重な経験に基づき、オイルダンパーでケーブルの減衰を増して制振することにした。ダンパーの設計に先立ち、振動特性を調べる目的で、風洞による模型実験を実施した。両端がばね支持されたPE管は、鉛直面内の並進運動するように拘束され、数個の園芸用農薬噴霧器を用いて降雨がシミュレートされた。

図-1は得られた風速-応答曲線である。図に見るように、8～20m/sの風速域で振動が認められた。図示していないが、最大空力ダンピングは20m/sで生じ、 δ は0.01であった。これらの結果は、一見、上記の実橋における観測結果と対応しているように見える。しかし、応答特性は噴霧器の配列と噴霧量に強く依存したし、PE管上下面の水路形成を助ける目的で、その上端からホースで給水した。したがって、実橋における小雨がどの程度シミュレートされたのか疑問であり、現在再検討中である。

3. ダンパーの試作と効果 ダンパーを設計するにあたり、まずダンパーの容量Cとケーブル減衰 δ の関係を数値解析により検討した。解析では、各ケーブルの下端に近い位置に速度比例型の一対のダンパーを取り付けるものとし、すべてのケーブルに同一ダンパーを用いて4Hz（5次のモード）以下で振動するものと仮定した。図-2aに得られた結果の一例を示す。C- δ 特性は、振動モード（換算減衰係数、換算ばね定数、および換算質量）に依存することが図よりわかる。図示していないが、C- δ 特性は、当然ながらケーブル長にも依存する。図中に▲印で示される最適減衰係数の場合、全ケーブルの減衰の平均値は $\delta=0.15$ であった。

以上の検討結果に基づき、一対のダンパーが試作され、便宜上高欄を固定端として、ダンパーが実橋ケーブルに取り付けられた。その結果、麻ロープの張力が不十分なケーブルではレインバイブレーションが発生していたのに対し、試作ダンパー付ケーブルは静止していたこと、ならびに、ダンパー付ケーブルの減衰の平均値は0.09であることが明かにされた。

4. 実橋における改良ダンパー付ケーブルの減衰確認実験 試作ダンパーの性能が計算値を下回った原因として、①高欄の剛性がダンパーの固定端としては十分でない ②微小振幅の範囲では、ダンパーの減衰力は速度に比例せず、それより小さい値を示す ③ダンパー取付金具にガタがある などが考えられた。そこで、写真-1に示すように、ダンパーの固定法を変更し、かつ、ダンパーに改良を加えた。そして、開通間際に26本すべてのケーブルに一対のダンパーが取り付けられ、いくつかのケーブルについて、加振機を用いた振動実験が行われた。数値計算の結果によれば、改良ダンパーがケーブルにもたらす δ は、試作ダン

パーのそれより約2割小さい値を示したにもかかわらず（図-2b），振動試験で得られた δ は，上記試作ダンパー付ケーブルの δ とほぼ同じであることがわかった。

いずれにしても，これらのダンパーは，ケーブル振動の防止には十分有効と思われる。また，写真-1に見たように，ダンパーは中央分離帯内の高欄の上端付近でケーブルと結合されている。したがって，ダンパーはドライバーの目にはほとんどとまらず，美観上も問題ない。写真-2に示すとおりである。

5. むすび 架設中の荒津大橋のケーブルに生じたレインバイブレーションを防振するため，実橋における計測，数値計算および風洞実験により一連の検討を行った。その結果，一対のオイルダンパーがケーブルの下端付近に取り付けられた。その後，ケーブル振動は発生していない。

本研究を行うにあたり，福岡北九州高速道路公社，三菱重工業および九州産大の関係者の援助を受けた。ここに記して謝意を表します。

参考文献 (1) Yoshimura, T. et al. : Rain-Wind Induced Vibration of the Cables of the Aratsu Bridge, 第10回風工学シンポジウム論文集, pp.127~132. 1988.

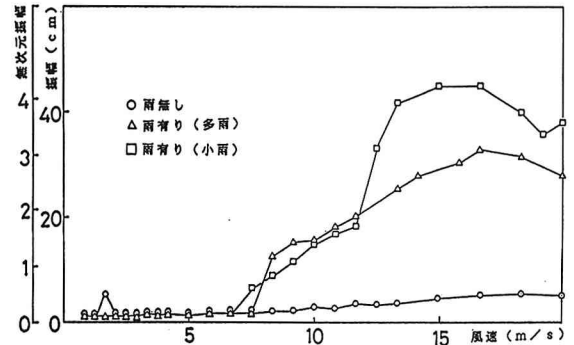


図-1 風洞実験結果

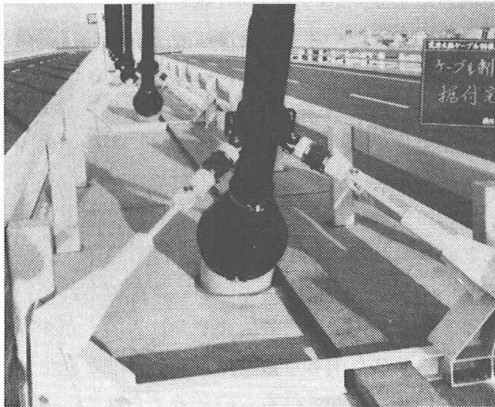
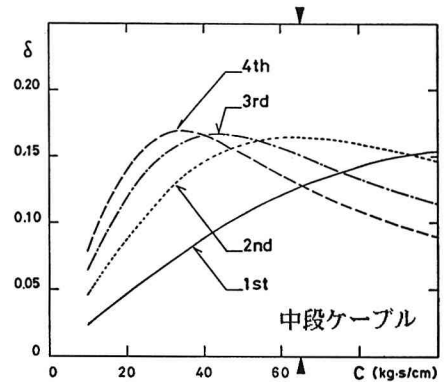


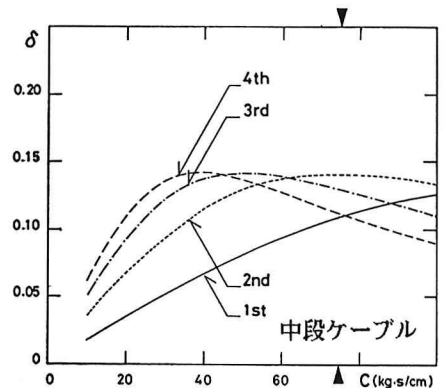
写真-1
オイルダンパーの
取付状態



(a) 試作ダンパー



写真-2
ドライバーから
見た中央分離帯
内のダンパー



(b) 採用ダンパー

図-2 C- δ 特性の数値計算結果