

荒津大橋のレインバイブレーションとその防振対策

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(株)広島製作所 正員 中谷真二 九州産業大学 大学院 木元晶大

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にも達し、ケーブル直径の3~4倍に相当する。

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、ロープの効果が無かったのである。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、ケーブル振動に伴う麻ロープの伸縮により、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。その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直径10.5cmの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、 $\delta_a \approx 0.01$ 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、再検討を要する。

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とケーブル減衰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對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-2に得られた結果の一例を示す。最大減衰力をケーブルにもたらす減衰係数は、振動モードとケーブル長(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。図中に▲印で示される最適減衰係数 $C=65\text{kg}\cdot\text{s}/\text{cm}$ の場合、ケーブル減衰の平均値は $\delta=0.15$ であった。

以上の検討結果に基づき、一對のダンパーが試作され、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であることが明らかにされた。

4. 実橋におけるケーブル減衰の確認実験 以上の結果に基づき、開通間際に26本すべてのケーブルに一對のダンパーが取り付けられた。そして、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、上記と同じ減衰を示すことが確認された。減衰が計算値0.15より小さい原因として、①ダンパー取付金具のガタの影響 ②微小振幅(タンパーの最大ストロークの1/10以下)の範囲では、減衰力は速度に比例しないの二つが考えられる。

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に示すように、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に、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、道路公社、三菱重工および九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, 1988.

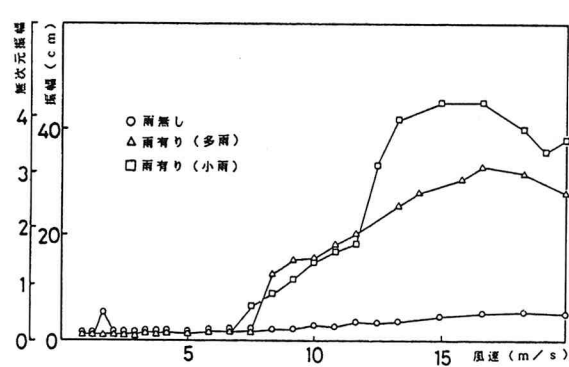


図-1 風洞実験結果

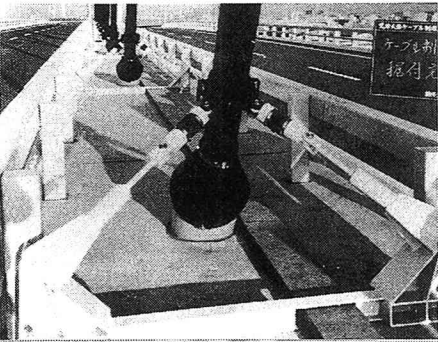


写真-1
オイルダンパー
の取付状態

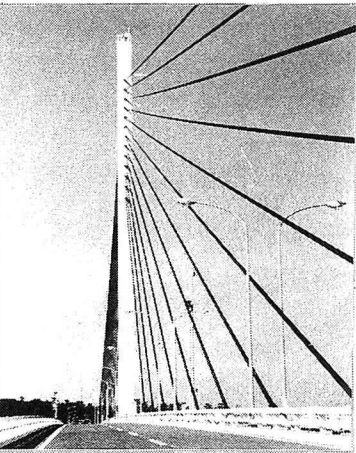


写真-2
ドライバーから
見た中央分離帯
内のダンパー

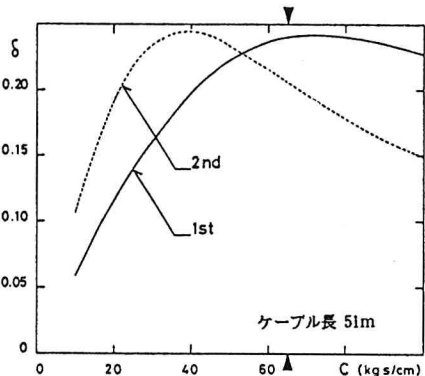
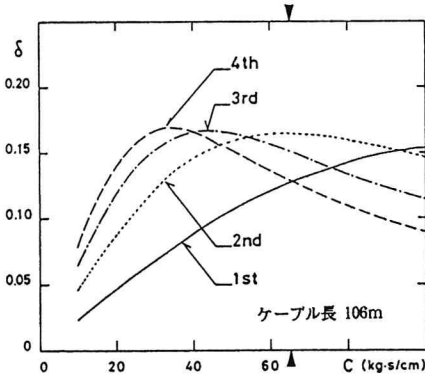
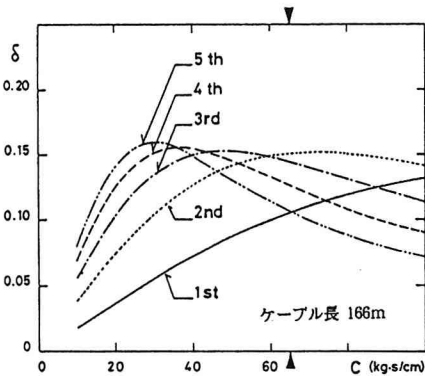


図-2 数値計算結果