

I - 318

斜張橋ケーブルの空力制振対策

住友重機械	正員	宮崎	正男
同	正員	斉藤	善昭
同		鈴木	義光

1. はじめに

斜張橋のケーブルに発生する空力不安定振動のうち、レインバイブレーションについては、発生が予測され、制振対策を施された例も多い。これら対策の多くは、ダンパー等を使用した、いわゆる構造力学的な制振方法である。著者らは、空気力学的制振対策として、ポリエチレン被覆の表面にV字形の溝をケーブル軸方向にストライプ状に配置することが耐風性上有効であることを確認した。¹⁾

本研究では、既往の実験結果との整合性を確認しつつ、ストライプ方式としてV字溝及び改良型としてのU字溝の持つ空力特性を評価するとともに、本方式による制振メカニズムをRe数影響を考慮した三分力試験の結果と定常圧力測定結果とから考察した。

2. 試験方法

空力制振対策として、V-ストライプ方式では、外径140mmのポリエチレン被覆管の表面に、深さ1.4mmのV字形の溝を円周方向に10°ピッチでケーブル軸方向にストライプ状に配置している。また、U-ストライプ方式では溝の形状を耐候性を考慮してU字型とした。この場合、溝の深さは2.0mmである。

レインバイブレーションの実験には、住友重機械工業平塚研究所所属の水槽風洞と回流風洞を使用した。3次元ばね支持試験では、外径140mm、長さ3000mmのポリエチレン被覆管をアルミパイプで補強した実機相当模型を使用し、降雨時の正姿勢状態では水平偏角 $\alpha=45^\circ$ 、鉛直角 $\beta=45^\circ$ で、また、非降雨時の逆姿勢状態では、 $\alpha=45^\circ$ 、 $\beta=135^\circ$ でそれぞれ1自由度で支持した。発生する不安定振動の空気力を評価する目的で、設定系の構造減衰は出来る限り小さくした。この時、Scruton数は約2.0程度である。三分力試験では、出来るだけ高いRe数までを実験対象に含めた。一方、定常圧力試験では、円周方向に10°ピッチで断面周りの圧力を測定した。

3. 試験結果と考察

図-1及び2には無対策のケーブルに発生するレインバイブレーションの空力応答特性を示す。V-A- δ 図からも明らかなように、 $Ur=40\sim60$ 付近に限定的な振動領域²⁾が存在することが読み取れよう。図-2の減衰特性は、ちょうどこの限定領域の高風速側で計測したものである。従って、この限定的領域における空力負減衰の大きさは、 $Ur=50$ 付近の小振幅では少なくとも-0.06程度はあるものと期待される。

図-3には各ケーブルの抗力係数とRe数の関係を示す。レインバイブレーションの発生には、ケーブル上面で水路に作用する重力と風圧力、それに水の表面張力やケーブル表面の撥水性等が釣り合う必要がある。発生風速10m/s $\sim$ 17m/sは無対策ケーブルでは亜臨界域となっている。空力制振対策を施したケーブルでは、ストライプによる表面粗度効果で見かけのRe数が上昇し、この風速域が遷移領域以上となっている。

ケーブルの表面圧力に及ぼすRe数影響を示したものが、図-4及び5である。図より明らかなように、亜臨界域では、完全剥離しており背面圧は一定となっている。遷移領域では、流れの遮断効果で剥離点付近に負圧ピークが形成され、背面圧力は回復している。臨界Re数付近では負圧ピークは最も大きくなり背面圧の回復も著しい。超臨界域では負圧ピークは維持されたまま、背圧は徐々に回復している。この負圧ピークに代表される流れの遮断効果が、水路の所定位置への形成を阻害していると考えられる。図-6及び7に示すように、対策ケーブルでは降雨時及び逆姿勢の非降雨時のいずれの場合も十分な耐風性が確保されている。

参考文献1)宮崎, 斜張橋ケーブルの空力不安定振動と制振対策, 第10回風工学シンポジウム, 1988.12

2)松本他, 斜張橋ケーブルのレインバイブレーションの振動性状とそれに及ぼす乱流及びスクルトン数の影響, 第11回風工学シンポジウム, 1990.12

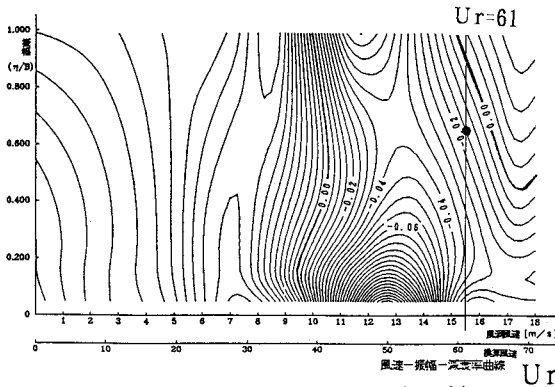


図-1 無対策ケーブルの応答特性（降雨時）

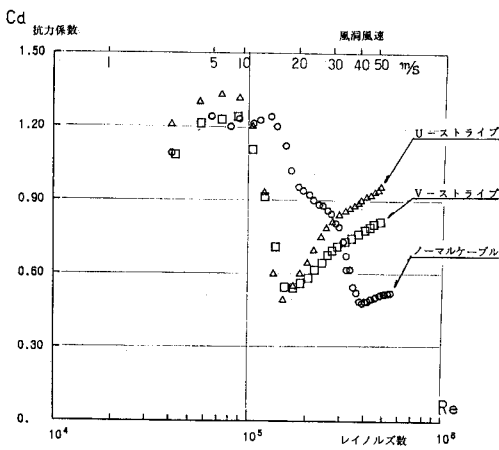
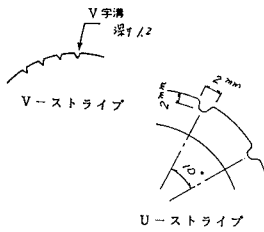


図-3 Re 数に対する抗力係数の変化

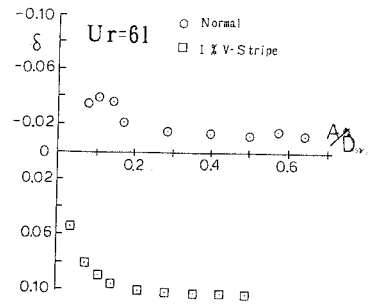


図-2 レインハイドレーション領域の減衰特性¹⁾

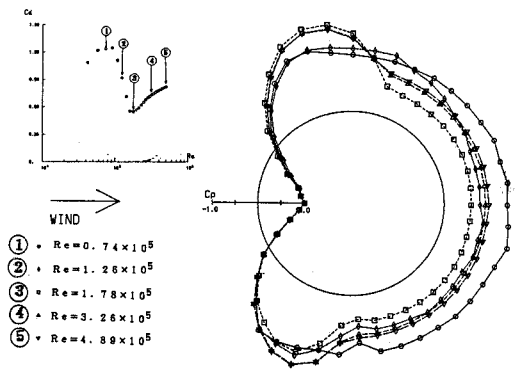


図-4 V-ストライプケーブルの表面圧力分布

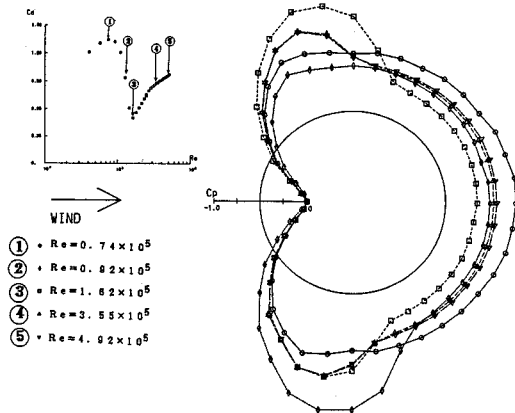


図-5 U-ストライプケーブルの表面圧力分布

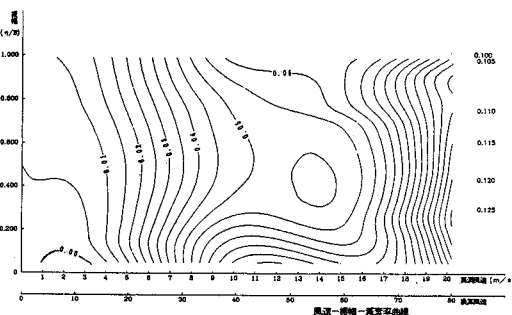


図-6 V-ストライプケーブルの応答特性（降雨時）

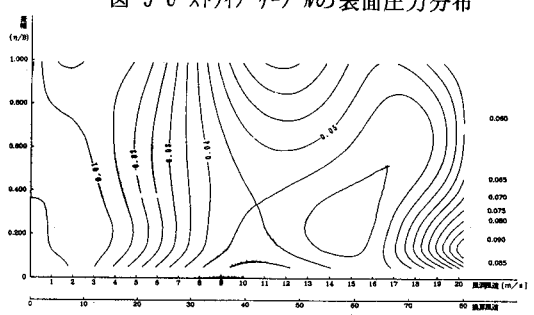


図-7 V-ストライプケーブルの応答特性（非降雨時、逆姿勢）