

I-333 斜張橋ケーブルの耐風制振に関する実験的研究

住友重機械 正員 宮崎正男
大橋義弘

1. まえがき

斜張橋のケーブルの振動が大きな問題となっていることは、よく知られているところである。このケーブルの振動を、その発生メカニズムから分類すれば、1) ケーブル単体としての渦励振振動 2) パラレルケーブルで上流側ケーブルの後流域に下流側のケーブルが位置することで生じるウエークギャロッピング 3) 降雨に伴ってケーブル単体の上下面に発達する流下水路からの剝離流によって生じるレーンバイブレーションとなる。1), 2) については、これまでもケーブル固有の問題として発生機構の追求や制振対策が研究対象とされてきていたが、3) については、ごく最近になって新しい問題として取り上げられるところとなった。

本研究では、ポリエチレン被覆管(PE管)の採用後頻繁に発生するようになった、これらケーブル振動を、PE管の表面を加工することにより総合的に防止する方法を風洞試験にて検討した。本報告は、これら実験結果を中心に、制振機構と制振対策の効果とについて報告するものである。

2. 制振対策機構

ケーブルに固有なこれら空力不安定振動を防振する対策としては、ケーブルの表面にストライプ状のV字溝(V-ストライプ)を与える方式が考えられる。この溝による制振機構についての基本的な考え方を示すと以下ようになる。

1) 渦励振については、表面のV-ストライプが表面粗度としての効果を発揮し、見掛けのレイノルズ数を極超臨界域にまで高める。この結果、後流渦が縮退しケーブルは制振する。

2) ウエークギャロッピングに対しては、V-ストライプによる見掛けのRe数向上効果により、上流側ケーブルの後流幅が大幅に縮小することによって下流側ケーブルの振動振幅を抑制する。

3) レーンバイブレーションについては、V-ストライプが流下する雨水の流路を規制し、振動が発生する位置に水路を生じさせないことによって制振することが可能となる。

3. 実験

実験は住友重機械平塚研究所の風洞にて、 $\phi 140$ mmの実物PE管を用いて実施した。実験時の模型重量は、 5.78 kgf/m , $\delta s = 0.003 \sim 0.006$, $f = 1.7 \text{ Hz}$ でありスクルートン数は $(2m/\rho D^2) \delta s = 1.4 \sim 2.9$ と実験の場合の約1/20程度であった。V-ストライプと

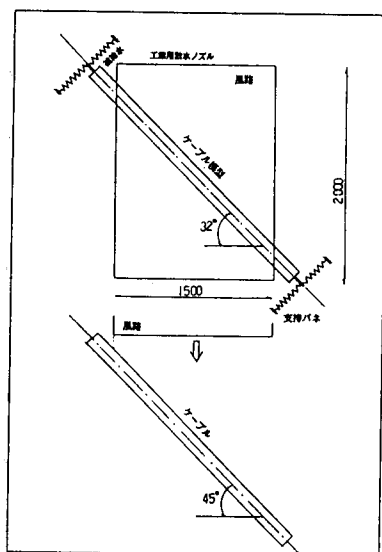


図1 試験装置

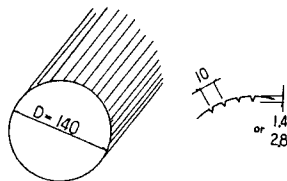


図2 ケーブル断面

しての溝は表面粗度とRe数効果についての予備試験を結果から判断して直径の1%及び2%の2種類について検討した。降雨装置には、複数列の工業用散水ノズルによる降雨と、ケーブル上部よりの補給水とを併用した。また、ケーブルは風軸に対して 45° 、水平軸に対して 32° にセットして実験した。実験装置を図1に、加工されたケーブルの溝を図2に示す。

4. 実験結果と考察

実験結果のうち、降雨なしの場合と降雨有の場合の結果を図3及び図4にそれぞれ示す。降雨なしの場合には、 $U_r = 8$ 付近に渦励振の発生が認められるが、高風速域では僅かにパフティングが生じている程度で、特に大きな振動の発生はない。これに対して、降雨時には、渦励振の外に $U_r = 40$ 付近より、レーンバイブレーションと思われる振動が発生し、風速の増加と共に振幅は急激に増大している。これらの振動に対するV-ストライプの効果をもとめると次のようになる。

1) 雨なし状態で2%V-ストライプにより渦励振の振幅は半減できる。しかしながら、表面粗度が1%では大きな効果は認められない。

2) 降雨時にもケーブルに渦励振は発生するが振幅は雨なし時の1/2程度である。V-ストライプ効果は降雨時にも制振効果を発揮し、振動振幅をさらに半減させる。このことは、ウェークギャロッピングに対する制振効果も期待できることを示している。

3) レーンバイブレーションに対しては1%、2%V-ストライプのいずれも十分な効果を発揮する。

図5には通常ケーブルでレーンバイブレーションが発生している風速域での減衰率の振幅に対する変化を示す。通常ケーブルでは実験時の対数構造減衰 $\delta = 0.003 \sim 0.006$ に対して、空力減衰はほぼ-0.02程度のオーダーである。これに対して1%V-ストライプでは空力減衰は正減衰で0.10と極めて大きな減衰力が得られたことを結果は示しており、制振対策としてのV-ストライプがケーブル固有の渦励振やウェークギャロッピング、あるいはレーンバイブレーションに極めて有効な方法であると言えよう。

参考文献) 1) 樋上, 「斜張橋ケーブルの Rain Vibration」 日本風工学会 S61.3

2) 中林、芳野, 「斜張橋ケーブルの振動に関する風洞実験研究」 土木学会 S62.9

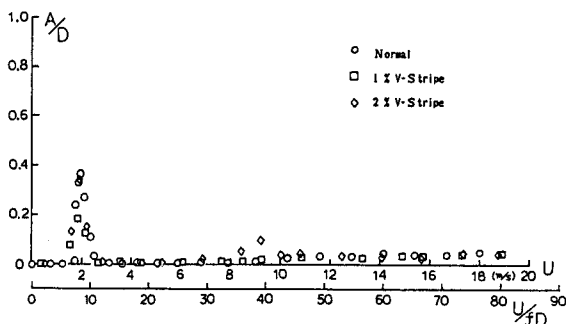


図3 ケーブルの応答特性(降雨なし)

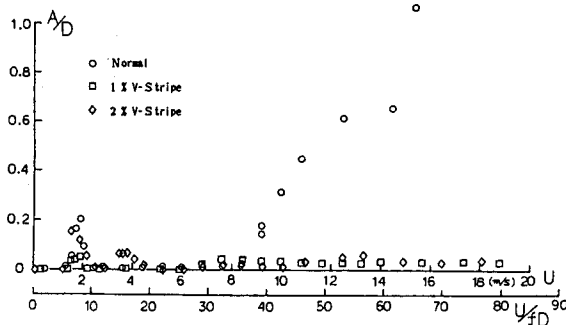


図4 ケーブルの応答特性(降雨時)

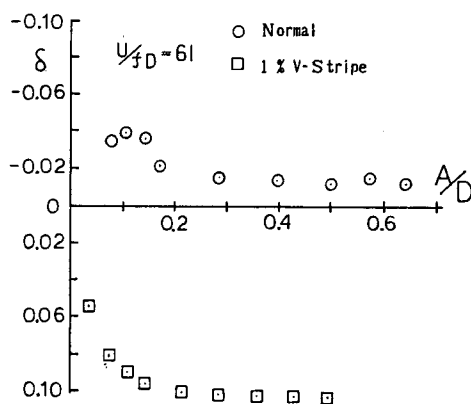


図5 レーンバイブレーション領域の減衰特性