

I-395 V-ストライプ方式斜張橋ケーブルの制振効果に関する実験的研究

住友重機械 正員 宮崎正男

" 工藤秀彦

1. まえがき

斜張橋のケーブルに発生するレインバイブレーションに対してポリエチレン被覆管（PE管）の表面にV字型の溝をストライプ状に配置すること（V-ストライプ）が制振対策として極めて有効であることは既に報告した¹⁾²⁾。しかしながら、このV-ストライプを表面粗度の効果として見た場合、渦励振振動に対する制振効果は必ずしも十分であるとは言い難い。そこで、V-ストライプの表面粗度としての効果の程度を明らかにする目的で、実物PE管を用いた風洞試験を実施した。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の関連性について報告するものである。

2. V-ストライプの制振効果

レインバイブレーションをはじめとするケーブルに固有な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、図1）を与える方式が有効である。この溝による制振機構についての基本的な考え方 については参考文献1）を参照されたい。

図2には、実験室レベルで実施した実物ケーブルによる降雨を伴う強風時に発生する振動の応答観測結果を示す。 $U_r = 8$ 付近には渦励振が、また $U_r = 40$ 付近よりレインバイブレーションと思われる振動が発生し、風速の増加と共に応答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まとめると、

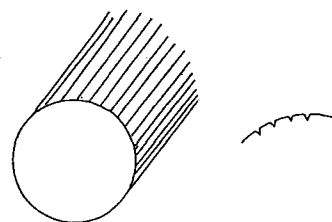


図1 V-ストライプ方式PE管

1) レイ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。

2) 2% V-ストライプにより渦励振振動の振幅は半減できるが、ストライプによる表面粗度が1%では大きな効果は認められない。

3. 実験

V-ストライプ方式ケーブルPE管の表面粗度の効果を確認するために、 $\phi 150$ mmの円柱模型及び $\phi 140$ mmの実物PE管を用いて三分力と圧力の測定を実施した。実験には住友重機械平塚研究所所属の大型回流風洞と水槽風洞を使用した。

表面粗度の添加により実現される高Re数流れの場を確認するために、 $\phi 150$ mm、長さ1630mmの亚克力製円柱模型を用いた。表面は極めて滑らかに仕上げてあり、表面粗度としては、直径2mm及び4mmの発泡スチロール球を表面に貼りつけることとした。この場合表面粗度比 ϵ/D は1.3%及び2.7%程度となる。また、実験結果に対する補正は行っていない。

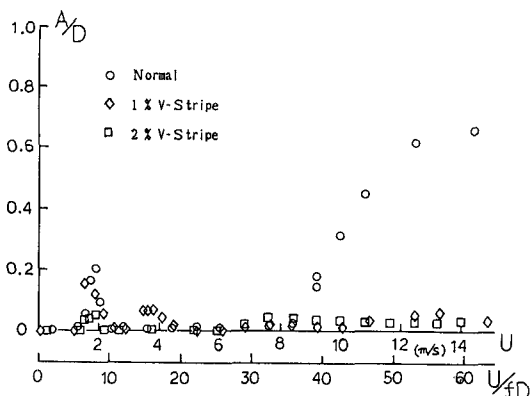


図2 ケーブルの応答特性（降雨時）

4. 実験結果と考察

図3, 4は表面粗度を付加した状態での抗力係数の Re 数に対する変化と、表面圧力分布の測定結果を示す。 CD 値の変化より $\varepsilon/D=0$ 即ち、表面が滑らかな場合には臨界レイノルズ数 Re_{cr} はほぼ 4.0×10^5 付近に存在する。表面粗度を添加すると Re_{cr} は $\varepsilon/D=1.3\%$ で 5.8×10^4 、 2.7% では 4.8×10^4 程度となる。一方、平均圧力係数 C_p の測定結果からは $\varepsilon/D=0$ の場合、亜臨界域では剝離点付近より負圧の増加が認められ、背面では C_p が一定となって完全剝離していることを示している。また、超臨界領域では剝離点付近での圧力降下が著しく、再付着点近傍には圧力回復が認められる。変動圧力係数 C_{prms} の分布からは亜臨界域での剝離、超臨界域での剝離と再付着の様子が読み取れよう。また、後流の変動が超臨界域ではほとんど無くなって、背面側の圧力計測点ではストローハル数成分はまったく観測されない。

これに対して、表面粗度を添加した場合には超臨界域以上の高 Re 数領域でも亜臨界域に比べて C_p 分布に大きな変化は認められない。また、 C_{prms} 分布は亜臨界域と超臨界域の中間的な傾向を示している。

図5はV-ストライプ方式のケーブルPE管について、同様の観点から Re 数に対する CD の変化を計測したものである。V-ストライプを付加しないPE管(NC)は図3の円柱とほぼ同様の傾向を示すが、直径の1%相当の深さのストライプをつけたPE管(VSC1)では Re_{cr} は 1.6×10^5 程度、2%(VSC2)ではこれよりやや低下している。結果より明らかなように、V-ストライプによる表面粗度の効果は発泡スチロール球による粗度効果に比べて弱いが、遷移領域の Re 数範囲が拡大することが特徴である。

ケーブルに発生する渦励振やウェークギャロップの制振対策としてV-ストライプによる表面粗度効果を高めるためには、ストライプの高密度化を図る等の工夫が必要となる。

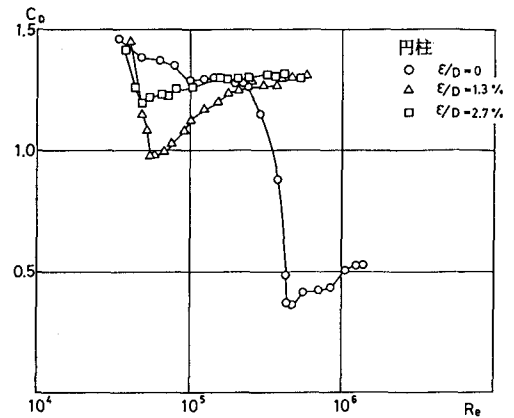


図3 表面粗度による CD の変化

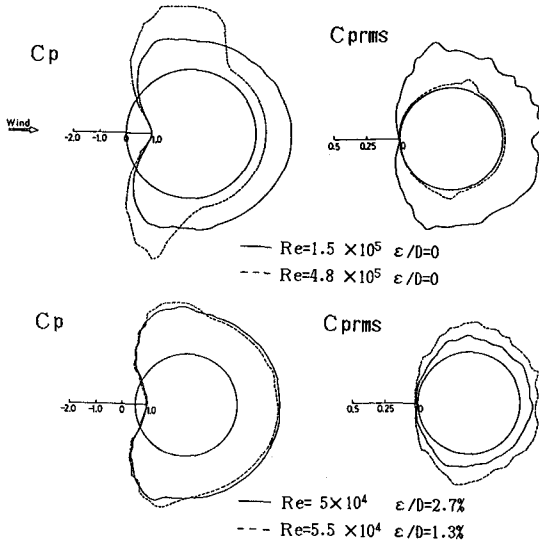


図4 表面粗度の効果と圧力分布

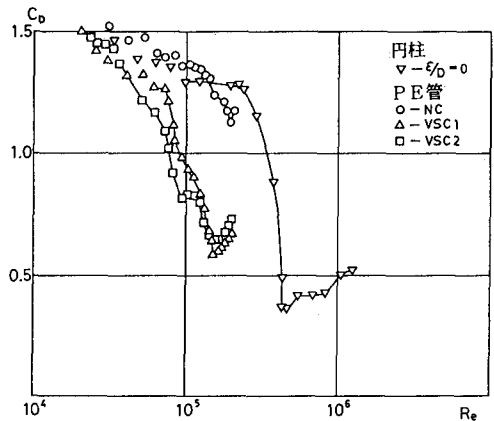


図5 V-ストライプによる CD の変化

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) 宮崎, 大橋, 「斜張橋ケーブルの耐風制振に関する実験的研究」 土木学会年次大会 S63.10