

三菱重工株式会社 正員 ○斎藤 通
神戸市 港務局 正員 岡田重豊
三菱重工株式会社 山川修三

§1. まえがき

最近、斜張橋のケーブルは、アンカーの構造の単純化や、美観上より、従来の大径の単独ケーブルから、小径の複数多段式ケーブルにとがめる傾向にあり、更に、ロックドコイル、PWSケーブル、及びその束ね方によって断面形状が種々様々である。従って、斜張橋ケーブルの耐風性状は複雑かつ多岐にわたり、現状ではほとんど明らかにされていない。なかでも、平行に二本並んだ複数ケーブルの耐風性状については、従来の送電線やプラントタワーに関する研究⁽¹⁾⁽²⁾より Resonant Buffeting や、Wake Galloping が発生する事が想像できるが、上記の研究の場合、2つの構造物の間隔比 $[\lambda/D]$ (図1参照) が、送電線の場合で10~20、プラントタワーの場合で1.5~3であり、斜張橋ケーブルのように4~5付近の耐風性状については定性的にすら明らかにされていない。

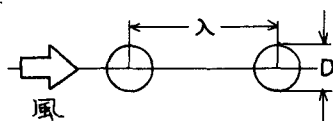


図1 間隔比 λ/D の定義

本研究は、斜張橋ケーブルの耐風安定性を明らかにする第一段階として、主にPWSケーブルを対象に、単独ケーブル及び平行に二本並んだ複数ケーブルの風洞試験を行ない、その耐風性状について実験的に調べたものである。

§2. 風洞試験内容概略

一般にPWSケーブルの場合、耐候性上ケーブルの周囲に合成樹脂製のラッピングが巻かれている。従って、PWSケーブルの断面は、基本的には円形断面であるが、表面がザラ目で、接合部が2~3mm盛り上った複雑な表面状態を有している。(図2参照) そのため、模型は実物ラッピングを1m長さに切り出したものに端板を取りつけ、そのまま2次元部分模型として使用することとし、内部にスティールの棒を通し、付加重量とした。(表1参照) ただし、150mmφ及び350mmφの模型については、支持装置の強度上、実物ケーブルよりも軽い重量の模型を使用している。

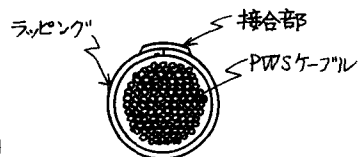


図2 PWSケーブル断面図

表1 模型種類

対象ケーブル	模型材質	直径	重量	
			模型	実物ケーブル
ロックドコイル	実物(スティール)	50 mm	14.1kg	14.1kg
PWSケーブル	実物内形ラッピング (FRP製)	100 mm	49.5kg	49.5kg
		150 mm	48.1kg	111.4kg
		350 mm	52.3kg	606.4kg

模型は、風洞内にスプリングで水平に支持し、上下及び前後の2自由度のたわみ振動系にセットしている。(図3参照) テストでは、上記振動系に風を吹かせ、風速と模型振動振幅の関係を調べるとともに、各風速において模型を強制的に加振し、振動系の減衰率の変化を調べた。(V-A-δテスト)

§3. 風洞試験結果

今回行った風洞試験結果をまとめて次ページの表2及

び表3に示す。また、図4には、後流側ケーブルの上下振

動の(V-A-δ曲線)の例を示す。表2よりわかるように、単独ケーブルの場合350mmφの円形ラッピングを除いて上記試験風速内では振動は発生せず、風速が増大するにつれて振動系の減衰率は増大し安定となる。尚、

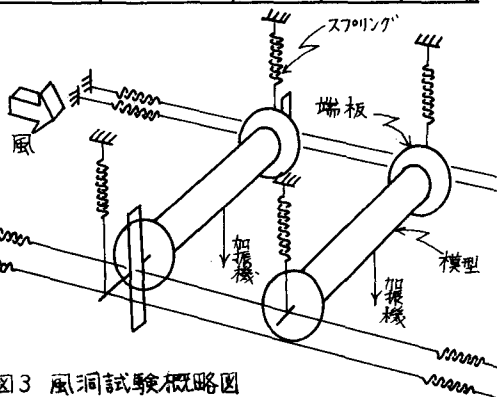


図3 風洞試験概略図

表2. 単独ケーブル風洞試験結果(上下たわみ振動)

テスト No.	模 型		試 験 条 件				振動発生状況	
	断面	接合部の有無	振動数	減衰率	迎え角	試験風速	発生風速	発生振動倍振幅
1	ロケットコイル 50mmφ	—	1.39 Hz	0.005	0°	2~15 m/s	発生せず	—
2	円形ラッピング 100mmφ	有リ	1.45	0.002	0	2~15	発生せず	—
3	円形ラッピング 100mmφ	無し	1.37	0.003	0	2~15	発生せず	—
4	円形ラッピング 150mmφ	有リ	1.48	0.002	0	2~15	発生せず	—
5	円形ラッピング 350mmφ	有リ	1.40	0.002	0	1~11	1.5~2.2 m/s	55mm以上

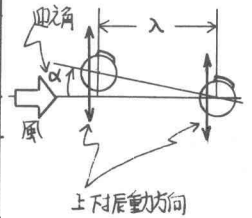


表3. 複数ケーブル風洞試験結果(後流ケーブル, 上下たわみ振動)

テスト No.	模 型		試 験 条 件				振動発生状況(後流)		
	断面	接合部の有無	間 隔	前流側ケーブル 振動数 減衰率	後流側ケーブル 振動数 減衰率	迎え角	試験風速	発生風速	発生振動倍振幅
6	円形ラッピング 100mmφ	有リ	5D	1.43 Hz 0.0019	1.45 Hz 0.0016	0°	2~15 m/s	14 m/s以上	15 mm
7	"	有リ	5D	1.44	1.46	-2	2~15	8~11 m/s 14 m/s以上	40 mm以上
8	"	有リ	5D	1.44	1.45	-5	2~15	発生せず	—
9	円形ラッピング 100mmφ	無し	4D	1.41	1.45	0	2~15	3.5~8 m/s	50 mm以上
10	"	無し	4D	1.41	1.45	-2	2~15	3.7~11 m/s	50 mm以上
11	"	無し	4D	1.41	1.45	-5	2~15	6.2 m/s以上	50 mm以上
12	円形ラッピング 150mmφ	有リ	4D	1.45	1.48	0	2~15	発生せず	—

前記の350mmφの円形ラッピングに発生した振動は、振動の発生した風速のストローハル数が円柱のストローハル数($St=0.2$)に近い事から渦励振振動であると考えられる。

一方複数ケーブルの場合には、わずかの迎え角の変化及び接合部の有無により応答性状が大きく変化する傾向にある。又、発生した振動は、その発生する毎次元風速($V/4D=25\sim100$)から考えて、Resonant Buffetingではなく、Wake Galloping又は、Flutterと考えられるが、本振動原因の検討については現在解析中であり、当日報告させていただきます。以上の結果より、斜張橋ケーブルは、単独ケーブルの場合直径が大きくなると渦励振振動の起こる可能性が出てくる。又、平行に2本並んだケーブルの場合には、断面のいかにかわらず後流側ケーブルに振動の発生する可能性があるが、実橋のケーブルの減衰率は $\delta \approx 0.005 \sim 0.01$ であり、(風洞テストでは $\delta \approx 0.002$)はたして実橋のケーブルでも本振動が発生するか否かについては、今回の結果からだけでは結論することはできず、今後検討する必要があるものと思われる。

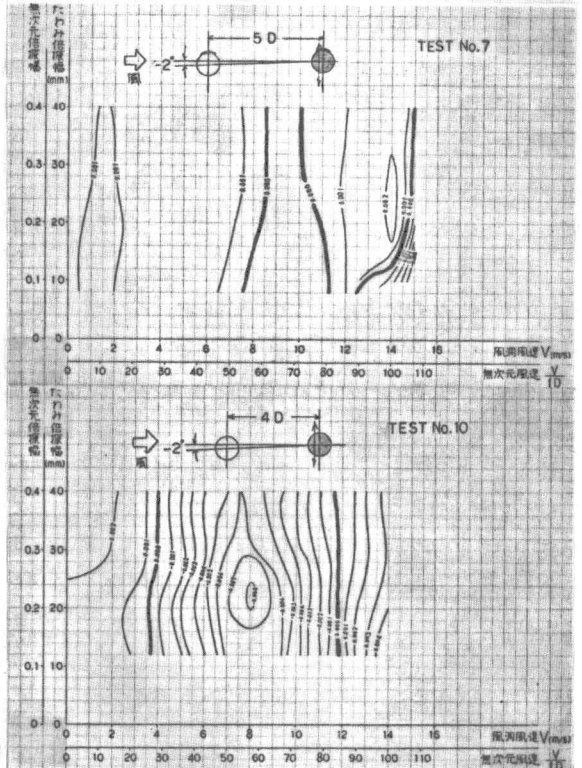


図4 V-A- δ テスト結果

[参考文献] (1) Alan Simpson, On the Flutter of a Smooth Circular Cylinder in a wake, The Aeronautical Quarterly Feb. 1971, (2) K.R.Cooper, Aeroelastic Instabilities in Wakes, Proc. of Wind Effects on Buildings and Structures, 1971