

I-330

風雨条件下の斜張橋ケーブルの
空力特性に関する考察京都大学大学院
京都大学工学部
KAIST学生員〇辻井正人
正員 白石成人
金 潤石京都大学工学部 正員 松本 勝
阪神高速道路公団 正員 北沢正彦
住友重機械工業 正員 大蔵 健

1. 研究目的: 近年、降雨時の風による斜張橋のケーブル振動(Rain Vibration)が報告されているものの、¹⁾²⁾ 振動発生機構については、未解明な点が多々あり、その制振対策が早急に必要とされているのが現状である。本研究では、風洞実験により、振動応答特性と発生機構について、ケーブルの姿勢、表面粗度、非定常圧力、流れの可視化などの観点から考察を加え、さらに、ケーブルに突起物を設置することにより、制振対策を試みた。

2. 実験概要: 図1のようにケーブル模型を傾斜させた状態における鉛直方向の振動応答を測定した。この場合の模型設置の姿勢は、図2の2種類であり、それぞれ、正姿勢、逆姿勢と呼ぶ。表面粗度を変えるために、ポリエチレン(PE)管、ビニール被膜PE管、メタアクリル酸樹脂管、アルミニウム管を試験した。これらの模型は軽量で実橋の1/8程度(15kg)であり、空力的に非常に敏感となっている。(諸元は表1)降雨方法は、4本のノズルにより、 1.2 t/min の水量を供給した。また、雨水の流れを再現した人工リブレット(水路)をケーブル表面に設置することにより、非定常圧力を測定した。流れの可視化は、ドライアイスの昇華煙を用いて、ビデオ撮影を行った。制振対策では、らせん状のチューブや軸方向の突起(図3)を採用した。次に、模型を水平支持した状態(図4)での風向偏角による無雨時の鉛直振動応答特性の変化を、50mmφアルミニウム管を用いて検討した。

3. 結果と考察: PE管を傾斜させた正姿勢および逆姿勢の応答振幅を図5に示す。正姿勢においては、無雨時に振動発生は認められず、降雨時に発散型の振動が発生した。これに対し、逆姿勢では、雨の有無に関係なく振動が発生し、降雨によって発現風速が低くなっている。以上の傾向は、全模型について水路の形状は変わるものの、定性的に同様であり、Rain Vibrationへの表面粗度による影響は小さいものと考えられる。また、非定常圧力と模型変位の相関より、正姿勢での1周期における単位面積当りの無次元仕事量(図6)を求めた。その結果、上下面の水路付近の仕事量が大き

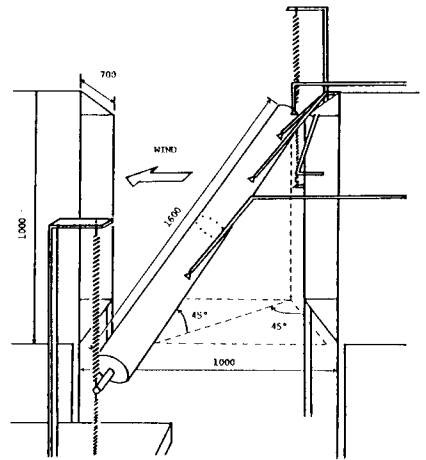


図1 風洞実験装置

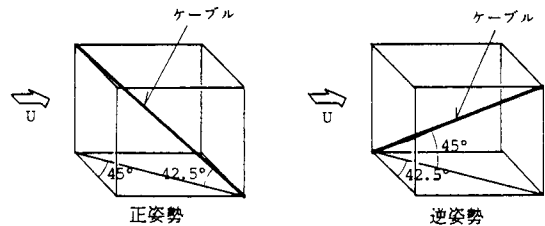


図2 傾斜した模型の姿勢

表1 模型諸元

模型の種類		振動数(Hz)	対数減衰率		
			$\delta:20$	$\delta:30$	$\delta:40$
PE管160mmφ	正姿勢	0.96	0.0032	0.0037	
	逆姿勢	1.01	0.0028	0.0031	0.0028
メタアクリル酸樹脂管140mmφ	正姿勢	0.94	0.0021	0.0023	0.0025
	逆姿勢	0.97		0.0025	0.0028
アルミ管140mmφ	正姿勢	0.98	0.0018	0.0018	0.0017
	逆姿勢	0.99	0.0018	0.0030	0.0030
PE管のビニール巻		0.96	0.0028	0.0040	0.0037

(δ:20=変位20mmでの減衰率)

あり、これらの水路による空気の流れの変化がRain Vibrationの励振作用として働いていると考えられる。無雨時の逆姿勢において可視化した流れの形状を観察した結果、模型の上面を通る流れは、气流方向にほぼ従って速く流れるのに対して、下面を通る流れは、一旦、模型軸に沿って流れ、次に軸に直角に大きく回り込みながら乱れを作り、やがて一様气流に合流している。この複雑な流れが無雨時においても発生する振動機構に関係しているものと思われる。また

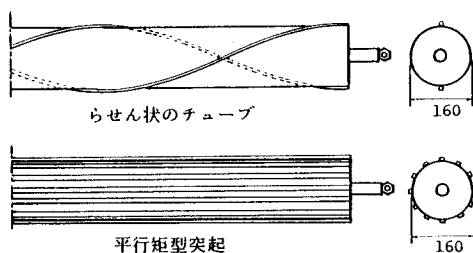


図3 制振対策模型

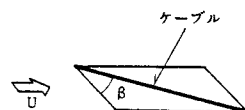


図4 水平支持の模型

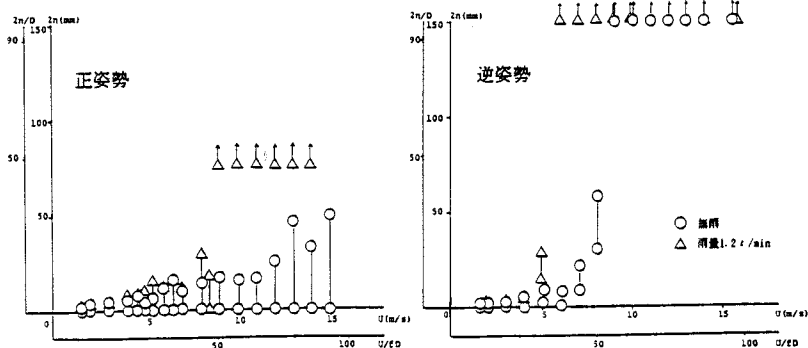


図5 振動応答図（傾斜した模型、160mm φ PE管）

た制振対策においては、ケーブル1600mmで1回転させたらせん状のチューブを8本巻いた場合（正姿勢のみ検討）、またはケーブル軸に平行に矩型突起（5×11mm）を11～12本付設した場合（正、逆姿勢ともに検討）が、安定性を図る上で有効的であった。水平支持した模型（50mmφ）においても偏角 β が 25° 以上で、発散型の振動現象が確認された。（図7は $\beta=45^\circ$ ）この現象はケーブルの本質的な振動特性に示唆を与えるものであり、今後の研究が期待される。また、後に行われた検討によれば、給水ノズルが模型に接近した配置になっているため、それによる気流の影響が空力不安定性に関与している可能性が散見された。種々の模型姿勢におけるこの詳細については、別の発表の機会に譲りたい。

4. 結論：Rain Vibrationは雨水がケーブル表面に水路を形成することにより、ケーブル断面が空力的に不安定化すること起因するものである。水路の形状そのものは振動発生の有無に対してあまり重要ではない。また、風下に向かって上りの勾配のついた（逆姿勢の）姿勢では無雨状態でも振動が発生し、雨によって発生が促進されるが、これにはノズルの配置による影響度の検討が必要である。

1) 樋上瑋一, “斜張橋ケーブルのRain Vibration”, JWE-27号

2) K.Oshima & M.Nanjo, 1987, Aerodynamic stability of the cable stayed bridge subject to rain, US-JNR

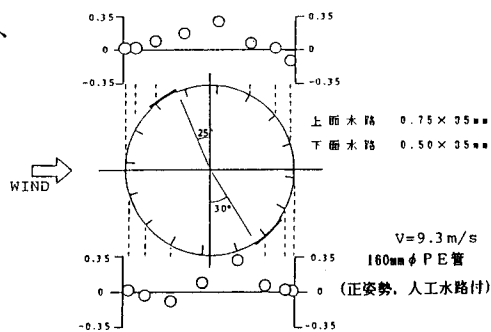
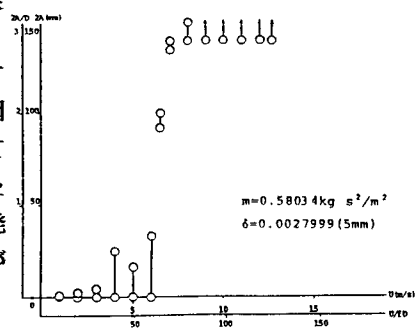


図6 1周期における単位面積当りの無次元仕事量

図7 振動応答図（水平支持、 $\beta=45^\circ$ 、無雨）