

I-307

照明柱の風による振動とチェーンダンパの制振効果

（その1．現地計測と小型模型振動実験）

本四公団 正会員 山田 勝彦
住友金属工業 正会員 飯田 毅
住友金属工業 正会員 和泉 有祐
住金鋼材 多田 仁志

1. はじめに

大鳴門橋の照明設備として八角テーパー型照明柱（スモール）が採用されたが、設計段階で風によるカマン渦共振の発生が懸念された。そこで、実大の試験柱を大鳴門橋上に設置し風による振動応答を調べた結果、強風時に激しい振動が生じ、部材の疲労、灯具の耐久性の面から防振対策が必要と判断された。対策を種々検討した結果、鋼管内にチェーンを吊し管壁への衝突により振動エネルギーを吸収させるチェーンダンパを取付けることで問題を解消した¹⁾。チェーンダンパは、ロケット打上げ装置の制振用²⁾に開発されたダンパであり、照明柱への適用にあたっては、小型模型振動実験および実大振動実験³⁾により設計条件と減衰性能を検討し、実用面での制振効果を確認している。ここでは、大鳴門橋に設置した試験柱の風による振動応答と小型模型振動実験によるチェーンダンパの制振効果について報告する。

2. 照明柱の風による振動応答の現地計測

2.1 現地計測の概要

試験柱の設置場所を図1に、試験柱の概要を図2に示す。実験は、(a)引綱法による自由振動実験、(b)風による試験柱の振動計測の2種類であり、前者では試験柱の固有振動数と減衰定数を、後者では卓越振動数、振動モード、風向風速との関係などを把握することを目的としている。

計測項目は、図2に示すように、橋軸（照明柱の面外）および橋軸直角（面内）方向の加速度、ひずみ、ならびに試験柱近傍の風向風速である。

2.2 計測結果および考察

自由振動実験により得られた試験柱の固有振動数と減衰定数を表1に、固有値解析（19質点系）により求めた1次～3次の面外の固有振動数と振動モードを図3に示す。また、各種風の条件で得られた試験柱各部の応答値を表2に示す。表2、図3より試験柱の面外方向の振動加速度がピークを示す時の風速は、1.7、5.2、12.7m/sであり、それぞれ1、2、3次モードの振動応答に対応していることがわかる。

試験柱の振動は、その方向が風向とほぼ直交しており、共振時風速と卓越振動数から得られるストローク数が0.16～0.20であることから、カマン渦励振によるものと考えられる。

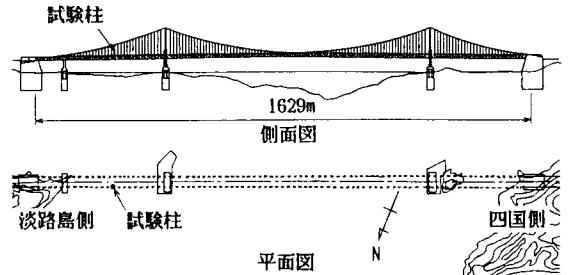


図1 大鳴門橋一般図および試験柱設置場所

表1 試験柱の固有振動数と減衰定数（自由振動実験）

項目	次数	1次	2次	3次
橋軸 (面外)	振動数 f (Hz)	1.60	3.85	9.80
	減衰定数 h (%)	0.25～0.40		
橋軸直角 (面内)	振動数 f (Hz)	1.65	5.30	10.3
	減衰定数 h (%)	0.30～0.40		

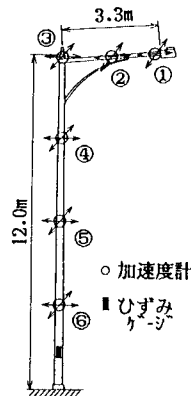


図2 試験柱の概要

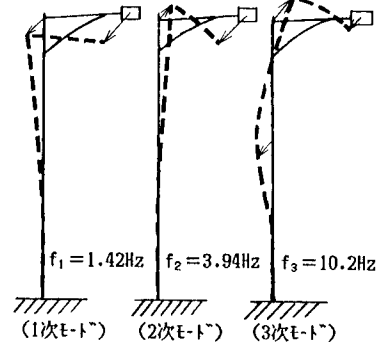


図3 試験柱の面外振動モード（解析）

表2に示すように、試験柱の頂部③の加速度、底部の曲げ応力からみて、3次モードの値が特に大きい。なお、橋軸方向の風に対する試験柱の面内方向の振動についても同様の応答特性を示した。

以上より、ガリ渦励振対策には、1~3次モードの面外・面内振動に効果的な制振装置が必要と判断され、これらの条件を満たす制振装置としてはフェンタツハ°が有望視されたので小型模型振動実験により効果を検討した。

3. 小型模型振動実験

3.1 実験の概要

内部にフェンを懸架した供試管の自由振動実験および振動台による正弦波加振実験により、フェンタツハ°の効果を基礎的に検討した。フェンは、長さ0.5m、外径16mm、重量200gの鋼製のジョイントリンクフェンであり、供試管(鋼管sch40)は、表3に示すように、長さを変えた3種類である。また、図4に示すように、供試管は底部が振動台に固定され、上端に取付けられた加速度計により振動応答を測定した。

3.2 実験結果および考察

自由振動波形から得られた波数と加速度振幅との関係の一例を図5に、固有振動数と減衰定数を表4に示す。また、正弦波加振実験(加速度10gal)から求めた共振時の応答倍率と減衰定数を表5に示す。フェンを取付けない場合、図5、表4に示すように、供試管の減衰定数は0.07~0.09%と極めて小さく、また、振幅に関係なくほぼ一定値を示す。フェンを取付けた場合、振幅の大きさにより減衰効果は異なるが、大幅に減衰定数が増加することがわかる。

また、表5より共振時の応答倍率も1/2以下(平均1/9)に減少していることから、フェンタツハ°の制振効果は極めて大きいことが確認された。

4. おわりに

大鳴門橋に設置した試験柱の風による振動応答を現地計測し、振動原因はガリ渦励振であり、1~3次モードの面内・面外両方向の振動に効果的な制振装置が必要と判断された。本条件を満たす制振装置としてフェンタツハ°が極めて有望であることを小型模型振動実験により確認した。実大振動実験によるフェンタツハ°の制振効果については次報で報告する。

最後に、九州産業大学 吉村 健助教授には風洞実験の実施を始め多大の御指導を賜った。ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) 山田、秋元; 大鳴門橋照明用柱の耐風検討、本四技報、N0.36、1985年12月
- 2) W.H.Read III; Hanging-Chain Impact Dampers: A Simple Method for Damping Tall Flexible Structures, NASA Langley Research Center
- 3) 和泉、山田、渡辺; 照明柱の風による振動とフェンタツハ°の制振効果(その2.実大振動実験)、土木学会第43回年次学術講演会、1988年10月

表2 試験柱の風による応答値(現地計測)

項目	Case	1	2	3	4
風向	NNW	SE	NNW	W	
共振時風速(m/s)	1.7	5.2	12.7	12.9	
振動方向	面外	面外	面外	面内	
卓越振動数(Hz)	1.60	3.87	9.76	11.6	
ストローク数	0.20	0.16	0.17	0.20	
最大応答値	①	39	271	(断線)	-1589
	②	33	0	2974	-1523
	③	32	-174	4629	-1580
	④	17	-127	-1737	1582
	⑤	8	-69	-3856	2603
	⑥	7	-27	-1757	1266
	応力(kg/cm ²)	9	19	178	89

表3 供試管の諸元

長さL(m)	1.5	1.8	2.3
重量(kg)	3.86	4.63	5.91
フェンの重量比	1/20	1/23	1/30
f(Hz)	13.9	9.62	5.89

(注) f: 固有振動数(計算値)

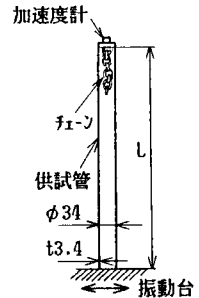


図4 小型模型実験の概要

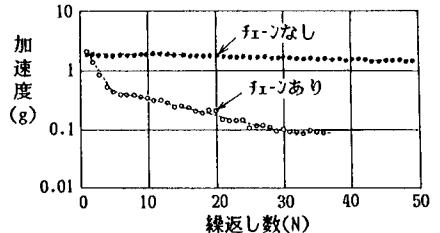


図5 自由振動波形の波数と振幅(L=1.5m)

表4 固有振動数と減衰定数(自由振動実験)

フェン	項目	L(m)	1.5	1.8	2.3
なし	固有振動数(Hz)		13.5	9.69	6.09
	減衰定数(%)		0.08	0.09	0.07
	固有振動数(Hz)		14.9	11.1	6.87
あり	減衰定数(%)		3.10~0.18	5.67~0.97	4.59~0.59

表5 応答倍率と減衰定数(正弦波加振実験)

フェン	項目	L(m)	1.5	1.8	2.3
なし	共振振動数(Hz)		13.3	9.4	5.9
	応答倍率		242	329	183
	減衰定数(%)		0.30	0.21	0.34
あり	共振振動数(Hz)		13.2	9.4	5.9
	応答倍率		12.4	55.1	18.4
	減衰定数(%)		1.14	1.33	3.93