

PS I -14 荒津大橋の振動特性とケーブルダンパーの制振効果

九州大学 工学部	正員	○ 鳥野 清
福岡北九州高速道路公社	正員	田中 千秋
三菱重工㈱広島製作所	正員	佐々木 伸幸
九州産業大学 工学部	正員	吉村 健

1. まえがき

荒津大橋は福岡市北部を博多湾沿いに延びる福岡市高速1号線に架設された3径間連続斜張橋である。本橋の施工中、小雨を伴った風速10～18m/sの強風時に、風下側のケーブルにおいて、最大振幅 60cm に達するレインバイブレーションが発生した。そこで、その防振対策としてオイルダンパーがケーブルに架設されることになった。本文は荒津大橋の振動試験より得られた主桁、主塔、ケーブルの動特性および主塔のダイナミックダンパーとケーブルのオイルダンパーの制振効果を報告したものである。

2. 試験概要

図-1 に本橋の概略を示す。主桁は逆台形鋼床版桁となっており、主塔下部はPC中空橋脚、他は鋼製ラーメン橋脚である。試験方法としては大型起振機で完成後の主桁を加振し、耐震・耐風設計で重要となる面内、面外および捩れ振動の動特性を求めた。また、主塔に対しては、人力加振、ケーブルでは小型加振機で加振し、自由減衰振動よりダンパーの制振効果を確認した。

3. 試験結果

表-1 に本橋の固有振動数と対数減衰率を示す。表中の理論値は主塔橋脚下端において地盤ばねを考慮し、他の橋脚は固定として有限要素法を用いて解析した値である。主塔の振動である面外1次を除けば実験値と理論値は良く一致している。表中の対数減衰率において、低次振動では起振力が不足していたため、人力加振も併せて行った。面外4次以外では自由減衰および共振曲線から得られた値はほぼ一致している。面外1次振動において、ダンパー作動時と作動していない時の両方に対して人力加振による試験を実施した。その結果対数減衰率は0.009から0.121となり、ダンパーの制振効果が大きい事が確認された。また、各次数のモードにおいては理論値および実験値とも良く一致していた。ただし、面外振動では橋脚部分の影響が大きく、橋脚の剛性を正確に見積らなければならないことを示していた。また、常時微動試験および起振機試験結果が良く一致していることから、測定の容易な常時微動試験より橋梁の固有振動数、変位モードを求める。次に変位振幅に依存する減衰定数については、先に得られた固有振動数において起振機による自由減衰曲線を求める方法が、この種の試験方法として最適であろう。

ケーブルにおいてオイルダンパーを設置するため、まず試作品が製作され、その制振効果の確認試験が実施された。図-2 はダンパーの減衰係数Cとケーブルの対数減衰率の関係を示したもので、各次数ごとに最適減衰係数が異なっていることが判る。そこで試作品の特性としては各次数とも $\delta=0.10$ 以上となるように $C=65\text{kg}\cdot\text{s}/\text{cm}$ を採用した。表-2 中の予備試験がその結果である。ダンパーを設置することにより対数減衰率がかなり大きくなることが確認されたが、目標値である $\delta=0.1$ 以上の値が得られなかった。これらの原因としては、各ケーブルに対して簡単に移設出来る取付金具であったため、ガタが生じていた事や、ケーブルの微小振幅の範囲(ダンパーの最大ストロークの1/10以下)では、減衰力が速度に比例しないこと等が考えられる。以上の結果をふまえ、ダンパー取付台を床版上に固定し、ダンパーの最大ストロークを見直すと共に、本四連絡橋における目標対数減衰率 $\delta=0.05$ 以上になるように、ケーブル用ダンパーを設計し、美観上を考えケーブル下端にセットされた。表-2 の対策後の値がその結果である。各ケーブルとも $\delta=0.05$ 以上の値が得られていることが判る。その後、本橋ケーブルにおいてレインバイブレーションは発生しておらず、オイルダンパーによる防振対策が有効であることが確認された。

4.まとめ

実験より得られた本橋の固有振動数および変位モードは理論解析結果と良く一致しており、本橋は所定値の剛性を有していることが確認された。耐風安定性を確保するために、主塔およびケーブルに設置されたダンパーの制振効果が十分であることが確認された。斜張橋においてはケーブルの振動が常に問題となることから、設計当初よりケーブル用ダンパーの設置を検討しておけば施工等が容易になるものと思われる。

参考文献

(1)Yoshimura,T. etal. : Rain-Wind Induced Vibration of the Cables of the Aratsu Bridge,
第10回風工学シンポジウム、1988

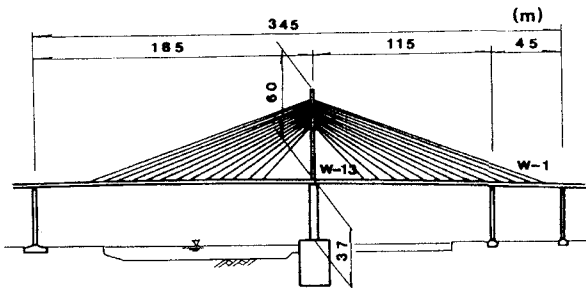


図-1 荒津大橋概略図

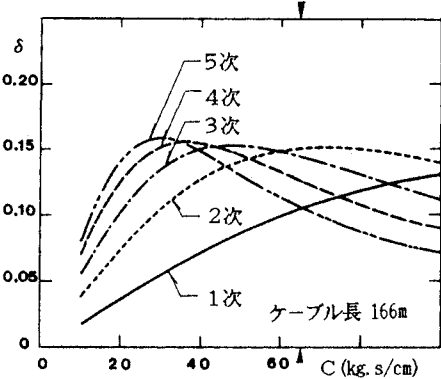


図-2 対数減衰率と減衰係数の関係

表-2 ケーブルの振動実験結果

ケーブル 番 号	次 数	振動数 (Hz)	対数減衰率(δ)		
			ダンパー (無)	ダンパー有 予備試験	ダンパー有 対策後
W-1	1	0.64	0.014	0.067	0.070
	2	1.26	0.0065	0.088	0.075
	3	1.90	0.0076	0.097	0.063
	4	2.55	0.0038	0.070	0.065
	5	3.16	0.006	0.079	0.061
W-4	1	0.76	0.0087	0.081	0.108
	2	1.50	0.0039	0.085	0.115
	3	2.25	0.0056	0.079	0.104
	4	3.0	0.0039	0.078	0.081
	5	3.77	0.0027	0.075	0.069
W-7	1	0.97	0.023	0.093	0.101
	2	1.93	0.0077	0.116	0.076
	3	2.90	0.0048	0.099	0.094
	4	3.91	0.011	0.076	0.052
W-13	1	2.07	0.0070	0.088	0.144
	2	4.17	0.0068	0.087	0.089
E-6	1	0.90	0.013	0.106	----
	2	1.81	0.0076	0.124	----
	3	2.70	0.0081	0.095	----
	4	3.64	0.0074	0.092	----

表-1. 荒津大橋の固有振動数および対数減衰率

種 類	次 数	固有振動数(Hz)			対数減衰率	
		理論値	試験1	試験2	自由減衰	共振曲線
面 内	1	0.47	0.47	0.46	0.068 0.064#	0.088
	2	0.85	0.89	0.83	—	0.062
	3	1.20	1.23	1.22	0.048	0.075
	4	1.68	1.74	1.73	0.031	0.041
	5	2.20	—	2.12	—	—
	6	2.68	—	2.69	—	—
面 外	1	0.50	0.44	0.44	0.009# 0.121##	—
	2	0.64	0.69	0.68	0.071	0.046
	3	0.78	0.78	0.78	0.040	0.069
	4	1.24	1.34	1.39	0.128	0.046
	5	1.31	1.39	1.39	0.073	0.070
	6	1.20	1.44	1.44	—	—
	7	—	1.93	—	—	—
振 れ	1	1.33	1.38	1.39	0.092 0.101#	0.075
	2	2.08	2.09	2.15	0.090	0.082

試験1：起振機試験、試験2：常時微動試験
#：人力加振、##：タワーのダンパー作動時