## 鮎の瀬大橋ケーブルの振動試験

瓜生正樹 住友建設(株) 正員 九州産業大学 正員 水田洋司 九州産業大学学生員山田顕彦 九州産業大学正員 吉村 健

1. 序論

鮎の瀬大橋心では計画段階から、レインバイブレーションを制振する目的で、粘性ダンパーの設置が予定 されていた。ダンパーの設計条件は以下のとおりである。 ケーブル自身が有する構造減衰を = 0.005 と 仮定する。すべてのケーブルにダンパーを取り付ける。ダンパーの付加減衰により、 0.030 となる ことを目標とする。 ダンパーの取り付け位置は、高欄と同じ高さの1mとする。以上の設計条件を考慮し て、図-1のように粘性ダンパーが設置された。そのダンパーの効果を調べるために、ダンパー取り付け前 後のケーブルの固有振動数と減衰定数を計測した。本論文ではその結果と二、三の考察について記す。 2.斜めケーブルの状況と諸元

減衰効果を増すためにケーブル自体にも緩衝材を設けてあり、その位置はケーブル定着点から 60cm、 70cm、100cm の3種類がある。センタースパン側のケーブルについて言及すると、60cm のケーブルは塔か ら4本目(C4)、6本目(C6)、70cmのケーブルは塔から5本目(C5)、100cmのケーブルは同じ表記でC1~C3、 C7 ~ C12 である。粘性ダンパーの構造図を図-2 に、アクチュエータ加振によるケーブル振動の測定位置を 図-3 にそれぞれ示す。ケーブル振動はレーザ変位計を用いて計測した。レーザ変位計のケーブルへの取り 付けは図-1のようである。計測データはレーザ変位計から直接データレコーダに取り込み、同時にコンピ ュータを用いて波形解析を実施した。表-1にはケーブルの諸元を表している。



ケーブル番号	全長(m)	ダンパー位置(m)	張力(tf)	単位長さ重量(tf/m)	高さ(cm)			
C1	47.529	0.727	121.0	0.043	7.Ò			
C2	56.217	0.813	61.2	0.043	7.0			
C3	64.138	0.906	142.5	0.043	7.0			
C4	72.063	1.002	89.4	0.043	9.0			
C5	80.042	1.101	203.7	0.049	9.0			
C6	88.351	1.203	96.7	0.043	9.0			
C7	96.883	1.304	84.8	0.043	9.0			
C8	105.619	1.414	183.6	0.049	9.0			
C9	114.529	1.502	151.8	0.049	9.0			
C10	123.599	1.600	232.1	0.049	9.0			
C11	132.797	1.693	223.8	0.049	9.0			
C12	142.097	1.801	150.7	0.043	9.0			
S1	47.990	0.743	123.3	0.043	7.0			
S2	56.918	0.820	109.1	0.043	7.0			
S3	65.040	0.926	152.4	0.043	7.0			
S4	73.107	1.025	149.3	0.043	9.0			
S5	81.260	1.125	149.2	0.043	9.0			
S6	89.689	1.227	111.6	0.043	9.0			
S7	98.333	1.328	230.4	0.049	9.0			
S8	106.939	1.217	179.8	0.049	9.0			
S9	109.110	1.217	188.0	0.049	9.0			
S10	111.280	1.217	207.0	0.049	9.0			
S11	113.451	1.217	115.5	0.043	9.0			
S12	115.622	1.217	129.7	0.043	9.0			

ケーブルの固右振動数と減音 ≢ /

-1-	/ ///		JICENSY	
ケーブル	ダンパーの有無	振動数	減衰	
		(Hz)		h
C12		0.68	0.031	0.0050
	有	1.37	0.030	0.0048
		2.05	0.027	0.0043
		0.68	0.016	0.0025
	無	1.37	0.014	0.0023
		2.00	0.003	0.0005
C11		0.83	0.019	0.0030
	有	1.66	0.021	0.0033
		2.49	0.011	0.0018
		0.83	0.011	0.0017
	無	1.66	0.010	0.0015
		2.44	0.004	0.0006
Сэ		0.83	0.022	0.0035
	有	1.66	0.034	0.0054
		2.49	0.025	0.0040
		0.83	0.005	0.0008
	無	1.61	0.005	0.0008
		2.44	0.002	0.0003
C7		0.93	0.022	0.0035
	有	1.81	0.034	0.0054
		0.93	0.004	0.0007
	無	1.81	0.004	0.0007
C6		1.03	0.028	0.0044
	有	2.05	0.031	0.0049
		1.03	0.002	0.0003
	無	2.05	0.002	0.0003

Cは中央径間、Sは側径間、高さはダンパー内部の粘性液の高さを表す。

キーワード:ケーブル、レインバイブレーション、制振、粘性ダンパー

連絡先(〒813-8503 福岡市東区松香台2丁目3の1 九州産業大学

092-673-5671 FAX092-673-5093)

3.ケーブル減衰の検討

表-2

米田の提案式<sup>(2)</sup>を用い、20°Cにおけるケーブル減衰を推算した。その結果は表-2に示すとおりであり、 いずれのケーブルも目標値を下まわることが判った(L=1.20 ~ 1.80m)。そこで、緩衝材とダンパー取り付け 位置の間の距離を増して(L=2.84 ~ 3.54m)、ダンパーの効果を向上させることにした。この場合の減衰は表-3 に示すとおりであり、目標値(0.030)の1.4 ~ 1.7倍(1次振動)の減衰が得られることが推算された。

ケーブル 固有振動数(Hz) 構造減衰率 1 \ 2次 2次 60 0.849 1.698 2.546 0.0220 0 0230 0 0229 0.717 1.435 2.152 0.0220 0.0225 0.0221 C7 C8 0.907 1.814 2.721 0.0195 0.0217 0.0226 C9 0.761 1.521 2.282 0.0199 0.0217 0.0222 0.0203 C10 0.872 1.743 2.615 0.0179 0.0214 C11 0.797 593 390 0.0179 0 0202 C12 1.956 0.652 1.304 0.0197 0.0211

ダンパー位置変更前の固有振動数と減衰 表-3 ダンパー位置変更後の固有振動数と減衰

ケーブル	固有振動数(Hz)			対数減衰率				
	1次	2次	, 3次	1次	2 次	3次		
C6	0.833	1.667	2.500	0.0508	0.0453	0.0410		
C7	0.708	1.416	2.124	0.0423	0.0378	0.0343		
C8	0.895	1.791	2.686	0.0446	0.0446	0.0432		
C9	0.751	1.502	2.253	0.0436	0.0423	0.0403		
C10	0.861	1.721	2.582	0.0426	0.0436	0.0429		
C11	0.787	1.574	2.360	0.0420	0.0426	0.0417		
C12	0.644	1,288	1,933	0.0412	0.0392	0.0369		

4.アクチュエータによる加振試験

図-3 に示すように、計測対象は上流側5本のケーブルに限定した。ケーブル鉛直面内の軸直角方向にア クチュエータの加振方向を一致させて、共振振動数で加振した。振動振幅が十分に成長した時点で、アクチ ュエータの加振力を零にして、ケーブルを自由振動させ、固有振動数と減衰定数を求めた。表-4 は自由振 動の波形解析から得られた結果である。また、風雨の中で実験を実施し、ダンパーを取り付けた場合はレイ ンバイブレーションが発生せず、十分な容量の粘性ダンパーであることが確認された。

5.人力加振

アクチュエータを移設する間、作業用麻ロープで人力加振によるケーブル振動試験も実施し、データを補 間した。人力加振はケーブルにロープを巻き、ロープを人力で引っ張ることにより、ケーブルに加振力を与 える加振方法である。ケーブルの固有振動数に合わせて、ロープを引っ張り、ケーブルを自由振動させ、そ のときの波形から、固有振動数、減衰定数を算定した。この方法では2次以上の高次モードの振動数に共振 させることは難しく、最低次振動数のみに共振させた。減衰はアクチュエータ加振より高めの値が得られた。 6.試験結果と考察

得られた試験結果と二,三の考察について述べる。

ダンパーなしケーブルの (対数減衰率): ダンパーなしケーブルの減衰は表-4 に示したとおりである。 5 本のケーブルの 1 次振動の平均値は = 0.008 であり、これは仮定の = 0.005 に近い値を示している。

ダンパーの効果: 5本のケーブルのダンパーを取り付けた1次振動の対数減衰率の平均値は = 0.024 であり、目標値( = 0.030)に近い値を示した。

加振法の差異と : ダンパーを取り付けたケーブルの人力加振による計測値の平均値は = 0.030 となった。この値はアクチュエータ加振時の平均値の 1.25 倍である。その原因は麻ロープによる振動エネルギーの散逸によるものと考えられる。この麻ロープは計測前に降った雨水を十分に含んでいて、高欄に巻き付けられたロープ下端と高欄との摩擦やケーブルとロープとの摩擦が大きくなったこと、雨水によって重くなったロープ自身も付加減衰効果を持っていたこと等のために、減衰が大きくなったと考えられる。

固有振動数: 表-4 に示した固有振動数の計測値を表-3 の推算値と比較すると、前者の方が後者より大 きいことが判る。その差異は短いケーブルほど大きい。その原因については複素固有値解析を実施し、更に 検討する必要がある。

参考文献

(1)水田洋司他:鮎の瀬大橋の振動試験、土木学会構造工学論文集 Vol.46A、pp.461 ~ 468、2000 年 3 月。

(2)米田昌弘他:ケーブル制振用粘性せん断形ダンパーの開発、日本機械学会論文集(C編) 58巻 555、1992 年 11 月。