

ケーブルに付設したダンパーの減衰係数推定について

住友建設株式会社 正会員 ○ 瓜生正樹
九州産業大学 正会員 水田洋司
九州産業大学 正会員 吉村 健

1. 序論

1998年に完成した鮎の瀬大橋は、片面24本の斜材ケーブルから構成された2面吊り構造のPC斜張橋で、ケーブルのレインパイブレイションによる振動を制振する装置として粘性せん断ダンパーが取り付けられている。構造は、図-1に示すように粘性体と呼ばれる液体の中に振動子というせん断プレートが挿入されたもので、図-2に示す解析モデルのように粘性体の粘着力およびバネ剛性によりケーブルの振動を制御するものとなっている。当論文は、ダンパーの効果を検証する目的で行った振動試験⁽¹⁾をもとにダンパーの減衰係数の推定方法について検証するものである。

2. 振動試験

振動試験では、中央径間側の5本のケーブルについて、アクチュエータを用いて強制加振し、十分成長した時点で自由振動させ、固有振動数と減衰定数を求めた。表-1にケーブル諸元、表-2に試験結果を示す。ケーブルの減衰は、ケーブル自体が有している減衰とダンパーを取り付けることにより得られる減衰により構成されており、ダンパー無しでの試験結果がケーブル自体の減衰、ダンパー有りから無しを差し引いた試験結果がダンパーのみによる減衰に値する。

1. 解析値と試験値との比較

ケーブルの減衰効果を解析する手法としては、複素固有値解析による方法、また実務的な方法として米田の提案式⁽²⁾がある。図-3にC-12ケーブルにおける解析値と試験値との結果を示す。複素固有値解析においてバネ剛性を考慮した場合と考慮しない場合とについて解析を行ったが、バネ剛性を考慮しない方が高い減衰効果が得られているのがわかる。また、米田の提案式では、バネ剛性を考慮した場合について複素固有値解析結果とよく一致しており、実測値とも近似している。

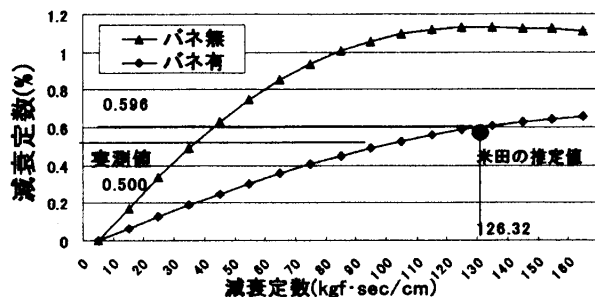


図-3 解析値と試験値（1次モード）

キーワード：斜張橋ケーブル、減衰係数、粘性ダンパー

連絡先（〒810-8623 福岡市中央区港1丁目3番1号 TEL 092-761-1443 FAX 092-761-9514）

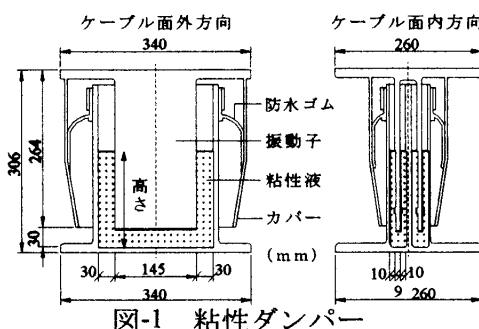


図-1 粘性ダンパー

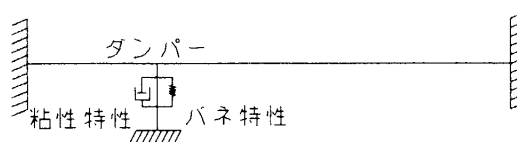


図-2 Voigt モデル

表-1 ケーブル諸元

番号	システム	全長 (m)	張力 (tf)	単位重量 (tf/m)
C-12	19H15.2	143.840	167.9	0.043
C-11	27H15.2	134.449	249.1	0.049
C-9	27H15.2	116.004	185.4	0.049
C-7	19H15.2	98.194	146.4	0.043
C-6	19H15.2	89.991	150.8	0.043

表-2 試験結果

ケーブル	ダンパー 有・無	モード	振動数 (Hz)	減衰定数 (%)	ダンパーによる 減衰効果(%)
C-12	有	1次	0.68	0.5	0.25
		2次	1.37	0.48	0.25
		3次	2.05	0.43	0.38
	無	1次	0.68	0.25	
		2次	1.37	0.23	
		3次	2.05	0.05	
C-11	有	1次	0.83	0.3	0.13
		2次	1.66	0.33	0.18
		3次	2.49	0.18	0.12
	無	1次	0.83	0.17	
		2次	1.66	0.15	
		3次	2.44	0.06	
C-9	有	1次	0.83	0.35	0.27
		2次	1.66	0.54	0.46
		3次	2.49	0.4	0.37
	無	1次	0.83	0.08	
		2次	1.61	0.08	
		3次	2.44	0.03	
C-7	有	1次	0.93	0.35	0.28
		2次	1.81	0.54	0.1
		3次	2.64	0.07	
	無	1次	0.93	0.07	
		2次	1.81	0.07	
		3次	2.64	0.03	
C-6	有	1次	1.03	0.44	0.41
		2次	2.05	0.49	0.49
		3次	3.07	0.03	
	無	1次	1.03	0.03	
		2次	2.05	0.03	
		3次	3.07	0.03	

4. ダンパーの減衰係数の推定

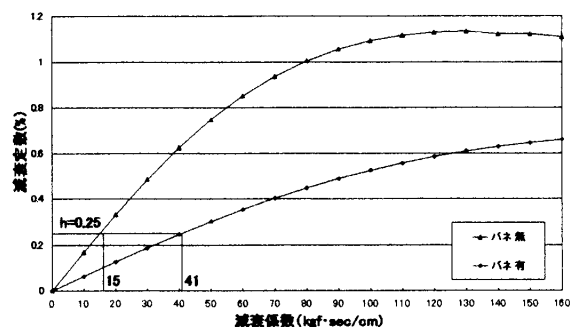
ダンパーのみによる減衰に着目し、減衰係数を推定する。米田の提案式では、バネ剛性および減衰係数を定義し、複素固有値解析とよく一致した結果が得られているが、ここでは、実測された減衰定数から、ばね剛性を考慮する場合と考慮しない場合の範囲の中で減衰係数値を推定する。表-3 に米田の提案式による試算値、図-4 に C-12 ケーブルにおける減衰係数の推定例を示す。実測された減衰定数 1 次モード ($h=0.0025$)、2 次モード ($h=0.0025$)、3 次モード ($h=0.0038$) に対して、1 次モードでは、図-4 (複素固有値解析) から、15 ~ 41 kgf·sec/cm、2 次モードで 7 ~ 19 kgf·sec/cm、3 次モードで 8 ~ 21 kgf·sec/cm の値が推定される。ダンパーのバネ剛性は、実測できないものの、少なくとも上記の範囲に減衰係数は存在することは言える。表-4 は、各ケーブルの推定結果である。推定値は、概ね 20 ~ 40 kgf·sec/cm の範囲にあり米田の提案式による試算値に比べ、低い値を示す。これは、米田の提案式がケーブル自体の減衰とダンパーでの減衰を同時に評価しているのに対し、当推定値は、ダンパーのみの減衰に着目し低い減衰定数に該当する減衰係数を求めたことによる。これによりダンパーの材料特性としては、それほど高い粘性を必要とせず、低い粘性材料でも十分な減衰効果が期待できる。

表-3 米田の提案式による試算

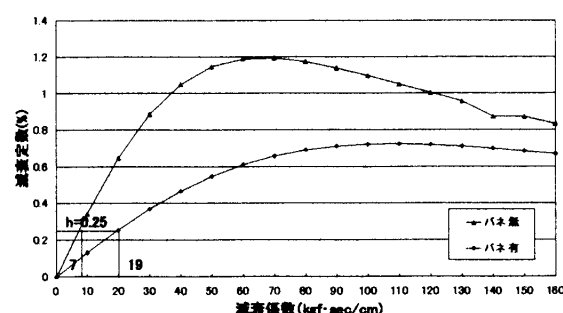
番号	減衰係数 (kgf·sec/cm)	バネ係数 (kgf/cm)	減衰定数 (%)
C-12	126.32	370.6	0.596
C-11	114.31	405.4	0.624
C-9	117.00	397.0	0.635
C-7	120.52	386.6	0.598
C-6	111.07	416.1	0.719

表-4 減衰係数推定結果

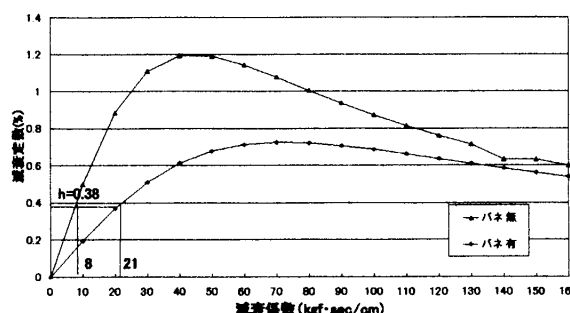
ケーブル	モード	ダンパーのみの減衰定数 (%)	減衰係数の範囲 (kgf·sec/cm)									
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
C12	1	0.25	~	41								
	2	0.25	7	~	19							
	3	0.38	8	~	21							
C11	1	0.13	10	~	21							
	2	0.18	6	~	14							
	3	0.12	3	~	6							
C9	1	0.27	16	~	44							
	2	0.46	14	~	36							
	3	0.37	7	~	20							
C7	1	0.28	17	~	46							
	2	0.47	14	~	40							
C6	1	0.41	25	~	70							
	2	0.46	14	~	40							



(a) 1 次モード



(b) 2 次モード



(c) 3 次モード

図-4 減衰係数の推定 (C12 ケーブル)

5. まとめ

ケーブルに採用される粘性ダンパーの特性として、以下の事項が考えられる。①バネ剛性を考慮しない方が高い減衰効果が得られる。②ダンパーのみの減衰係数を推定すると概ね 20 ~ 40 kgf·sec/cm の範囲にあり、それほど高い粘性特性を必要としない。以上より、ダンパーの粘性体の材料としては、粘性の高い物性を有するものではなく、もっと水に近いようなさらさらとした物質でも十分な効果が発揮できるものと思われる。粘性体は、温度に対する影響が大きく、また金額も安価なものとはいえない。よって低粘性の物質の採用が可能となればこの点についても改良できるものと考えられる。

参考文献

- (1) 瓜生正樹他：鮎の瀬大橋ケーブルの振動実験、土木学会第 55 回年次講演、I-B101
- (2) 米田昌弘他：ケーブル制振用粘性せん断ダンパーの開発、日本機械学論文集 (C 編)、58 巻 555、1992 年、11 月