

PS I - 14 長大橋主塔の機械的制振装置の変遷

N K K 正会員 加納 勇
日本道路公団 正会員 川人 達男
本 四 公 団 正会員 金沢 克義

1. まえがき

瀬戸大橋がこの4月に開通したが、この建設をとうして多くの橋梁技術が開発され、あるいはより高度に改良されてきた。主塔の耐風制振装置もその1つと考えられる。制振装置は1970年に関門大橋で使われたが、その後も長大橋の主塔の架設には欠かすことのできない装置として開発・改良がなされてきた。

本報告では、機械的耐風制振装置の効果比較などにふれて、その変遷を述べ、制振技術の発展の過程をふりかえってみる。

2. 装置の方式と変遷

これまでの装置を概略的に分類すると表. 1 のようになる。表. 2 は代表的な橋梁の装置の方式と諸元および架設年をあらわしている。フォース道路橋から関門橋に引きつがれたSB方式は、装置構造が単純であることもあって、その後もよく使われているが、次のような制振効果にかかわる欠点を持ち合わせている。

a. 最適値をもつマサツ係数がコントロールできない。b. 静マサツのためにブロックが固着し装置が作動しない。

SB方式の欠点を改良した方式がDW方式であり、1979年因島大橋2P塔に使われた。マサツ減衰を粘性減衰に置き換えたもので、油圧ダンパーを使用した装置である。これによって制振効果への信頼性は一歩前進した。そして2年後大鳴門橋ではテコ作用により油圧ダンパーのストロークを縮小させた機構のDW方式が使われた。おもりの重量も20t×2基へと規模が大きくなった。これは油圧ダンパーの係数調整を不要とするメリットも生んだ。その後、下津井、北備讃、南備讃の瀬戸大橋でもDW方式が使われ、現在最も一般的な制振方式と言える。

SB方式にしろ、DW方式にしろワイヤーロープを張らなくてはならない。立地条件が悪ければ成立しなくなる。減衰力の伝達材であるロープ自信の振動も問題となる。それにもましてロープの盛り替え作業は繁雑であり、避けたい作業である。ロープを不要とするTMS方式が1983年名港西大橋2P塔で使われ、TMDが主塔の制振に使える装置であることが分った。TMDは振動系のとり方、減衰器のとり方に自由度があり、装置として様々な形態が考えられ、その後、岩黒島橋、櫃石島橋で使われたTMDは三者三様の装置となった。又、この時TMD装置の製作費用がDW装置と比較されたが、むしろ低目の値であった。尚、櫃石島橋の塔面内振動用の装置は、供用時の耐風性を向上させる目的で永久装置として塔内に残されることになり、制振装置をもつ橋梁として我国ではめずらしいケースとなった。

3. 制振効果の比較

これまでによく使われたSB方式、DW方式、TMD方式の制振効果を、同一塔を使って実測比較することが名港西大橋で行われた。表. 3 が概略の結果である。作動性、制振効果ともにTMD方式が最も優れていることが分る。SB方式は作動性、すなわち作動開始時の塔頂振幅を検討した上で使用する必要がある。トラワイヤー方式は、最低でも $\delta = 0.02$ 程度を確保できることから、使用方法を考える価値はある。

4. あとがき

主塔の機械的制振装置の変遷をみたが、この10年間で相当の進歩がみられる。そして、10年先の制振装置、制振方法はどのようなのか、次のような点で興味あるところである。

- ① 風洞実験方法と関連して、制振方法の考え方、許容限界振動レベルのとり方、空力ダンパーとの関係
- ② アクティブな制振装置の活用 ③ 永久装置として、あるいは桁の制振装置としての活用

5. 参考文献

1) 成井, 金崎;

「吊橋主塔架設時の制振対策」

本四技報 No.21 1982-7

2) 辻;

「構造力学的耐風制振対策」

日本風工学会誌, 第20号

1984-6

3) 岡, 辻, 加納, 津村;

「橋梁の架設時耐風制振法」

NKK技報, No.109, 1985-10

表. 1 主塔の制振方式

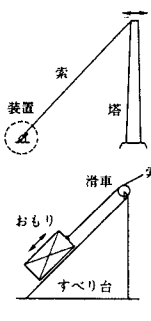
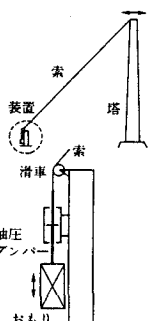
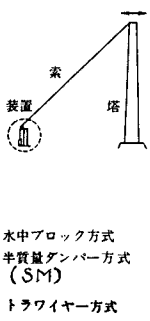
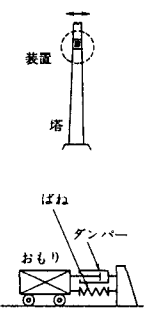
方式	索を張る方式			索を張らない方式
	スライディング ブロック(SB)方式	油圧ダンパー 重錘(DW)方式	その他の方式	動吸振器 (TMD)方式
装置				
装置	おもり すべり台	油圧 ダンパー おもり	水中ブロック方式 半質量ダンパー方式 (SM) トラワイヤー方式	ばね おもり

表. 2 制振装置の変遷

架設年	橋 名	塔				制振装置		参考文献
		塔 名	高 さ (m)	重 量 (t)	固有周期 (sec)	方 式	おもり重量 (t)	
1961	フオース 道 路 橋	北側塔 南側塔	150 150	1250 1250		SB方式 SB方式	16 16	Proc. ICE Vol. 32 1965
1970	関 門 橋	下関側塔 門司側塔	134 134	2925 2927	3.4 3.4	SB方式 SB方式	3.5 3.5	日立技報 1971-9 IHI技報 1970-7
1979	因島大橋	2 P 塔 3 P 塔	136 136	2953 2953	4.3 4.3	DW方式 SB方式	5 8	第6回風工学 シンポジウム 1982-7
1981	大鳴門橋	3 P 塔 4 P 塔	126 126	4294 4294	3.4 3.4	DW方式 DW方式	20×2 基 20×2 基	本四技報 Vol.6, No21 1982-7
1983	名港西大橋	P 2 塔 3 P 塔	122 122	1575 1575	3.1 3.1	DW方式 TMD方式 SB方式	5 3.2 2.7	第8回風工学 シンポジウム 1984-12
1984	下津井瀬戸大橋	2 P 塔 3 P 塔	138 133	6594 6448	3.2 3.1	DW方式 DW方式	35×2 基 20×2 基	本四技報 Vol.10, No37 1986-1
1984	北備瀬戸大橋	2 P 3 P	161 169	7719 8066	4.3	SB方式 DW方式	25×2 基	本四技報 Vol.9, No.35 1985-10
1984	南備瀬戸大橋	5 P 6 P	180 171	9500 9000		DW方式 SB方式	20×2 基	本四技報 Vol.10, No.39 1986-7
1985	岩黒島橋	2 P 塔 3 P 塔	148 152		4.8	SM方式 TMD方式		
1986	檀石島橋	2 P 塔 3 P 塔	139 143	3900 4100	面外 3.7 面内 1.5 面外 3.1 面内 1.5	TMD方式 TMD方式 TMD方式 TMD方式	17.8 5 17.8 5	本四技報 Vol.11, No.41 1987-1

表. 3 制振効果の比較

	SB 方式	DW 方式	TMD方式	トラワイヤー方式	塔 の み
装置	おもり ワイヤーロープ 減 衰 器 φ24mm $\times$ 200m 傾斜37°鋼・鋼マサツ (目標 $\mu=0.1$)	5.0t(テコ無) φ33.5mm $\times$ 225m φ190油圧ダンパー ($C_{D2}=10ts^2/m^2$)	3.2t(振り子式) 不 要 粘弾性体 10^4cm^3 ($\delta d=0.30$)	張力約 5t φ33.5mm $\times$ 225m —	— — —
塔の対数減衰率 実 測 値 (理 論 値)	滑動せず (0.05)	$\delta_T=0.080$ (0.10)	$\delta_T=0.17$ (0.16)	$\delta_T=0.023$ (0.032)	無制振状態 $\delta_T=0.0078$
作動開始時の 塔頂加速度 (変位片振幅)	静マサツが大き いため, かなり 大	15gal (4cm)	4gal (1cm)	≒ 0gal (0cm)	—
評 価	・静マサツのため 作動性が悪い。 ・マサツ力が不安 定。	・効果が推定しや すい。 ・作動性はTMD に比べ劣る。	・効果が推定しや すい。 ・作動性がよい。	・索切断の検討。 ・特別な装置は不 要。	—