

供用後 30 年以上経過した荒津大橋主塔制振装置の減衰性能

福岡北九州高速道路公社	正会員	○二村	大輔
福岡北九州高速道路公社		中野	慶彦
株式会社ワイ・シー・イー	正会員	松本	健太郎

1. はじめに

荒津大橋は、博多湾に面した福岡高速 1 号線に架橋された鋼斜張橋である。同橋では、架設時及び完成後における主塔の渦励振およびギャロッピングの発生を防止するため、塔頂部内に制振装置（過剰減衰型ダイナミックダンパー。以下、TMD と称す。）が設置されている。TMD は供用後より定期点検に併せて目視点検を実施しているが、減衰性能の経時変化を把握できていない。



写真 1 荒津大橋 TMD 設置位置

本報では、供用後 30 年以上経過した荒津大橋主塔内部に設置された TMD の性能確認を目的に、主塔と TMD の振動を人力加振と常時微動で測定し、減衰性能を確認した結果を報告する。

2. 測定方法

TMD の構造概要を図 1 に、構造諸元および設計時の性能を表 1 に示す。TMD は、おもり、板ばね 2 枚 ($t=10\text{mm}$) およびオイルダンパーから構成されている。板ばねの上端は、梁を介して塔壁に固定されており、板ばねの下端に固定されたおもりが振子運動を行う。固有振動数のチューニングは、おもりの設置高を変化させることにより行う仕組みになっている。

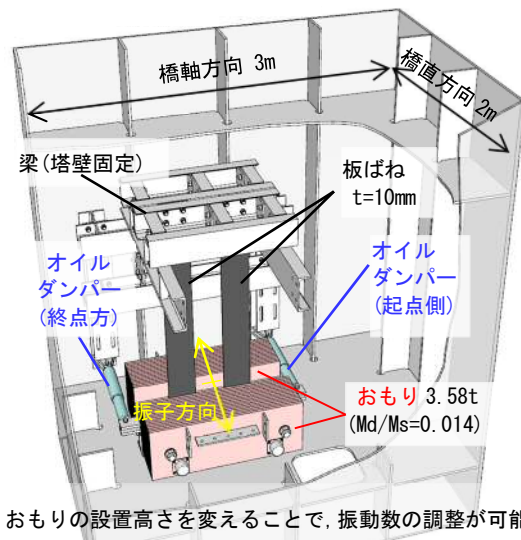


図1 TMD構造概要

TMD の減衰性能試験では、加速度計（容量 10m/s²）を①TMD 上と②主塔ダイヤフラムに取付け、③振子長の計測用に変位計（容量 25mm、感度 1/500mm）を設置し、動ひずみ計を用いて記録した。

TMD のおもりを人力で強制加振した場合と、1 週間程度の常時微動計測した場合の 2 パターンの加速度計測を行うことにより、固有周期と対数減衰率を求めた。計測器の設置状況と人力加振状況を、**写真 2**に示す。

対数減衰率は、指数関数の近似式を用いて算出する。計測した減衰自由振動波形のピーク値を抽出し、指数関数で近似する。近似式を式(1)に示す。式(1)より減衰定数 h を求め、式(2)より定数減衰率 δ を求める。

$$v = \alpha e^{-h\omega t} \quad \dots (1)$$

$$\delta = \frac{2\pi\hbar}{\sqrt{1-h^2}} \quad \dots (2)$$

表 1 TMD の構造諸元および設計時の性能

諸元と振動特性		備 考
振子長(cm)	(153)~135~(121)	
振動数(Hz)	(0.460)~0.500~(0.535)	
対数減衰率 (2 π hD)	(1.17)~1.15~(1.13)	振子幅 10cm の場合のオイルダンパー の規格性能
システム ダンピング (δ_0)	0.123<0.52Hz> 0.104<0.44Hz> 0.107<0.59Hz>	塔の固有振動数が< >内の数値を示す 場合の δ_0

()内はおもりの取付位置による調整範囲



写真 2 減衰性能試験状況

キーワード 斜張橋，耐風安定性，制振装置，TMD，減衰性能
連絡先 〒812-0055 福岡市東区東浜 2 丁目 7-53

福岡北九州高速道路公社 企画部 保全管理課 TEL092-631-3285

3. 測定結果

3. 1 応答波形と周波数

人力加振と常時微動の応答波形と周波数解析結果を、図2に示す。常時微動では測定期間中で最も振子長が大きい時刻の波形を採用している。

人力加振と常時微動の応答波形を比べると、人力加振の方が波形に他成分の振動の影響が小さく、振動が減衰する状況が確認しやすい。両ケースで周波数解析を行うと、人力加振も常時微動も、TMDと主塔の1次の周波数が0.439となる。これらから、TMDと主塔が同調して振動していることがわかる。

3. 2 対数減衰率

主塔の応答波形から減衰自由振動の10周期分のピーク値と近似曲線を併記したグラフを図3に、式(1)、(2)より算出した対数減衰率を表2に示す。

表2より、対数減衰率は人力加振で0.365、常時微動で0.324であり、両者に大きな相違はなかった。これは、常時微動でも大きく揺れた応答波形を使用したため、強制加振と同様にTMDが作動した結果である。表中のTMDの設計諸元では、塔の振動数が0.44Hzの場合、対数減衰率が0.104以上あればギャロッピング現象が生じないとされている。計測結果は対数減衰率が0.324～0.365であり、設計値を十分に満足していた。

3. 3 オイルダンパーの状況

オイルダンパーの外観状況を、写真3に示す。外観状況として固定ピンに軽度の発錆が確認された。一方で、橋軸直角方向に人力加振すると、起点側ダンパーの可動性が低く、斜め方向に自由振動するなど片効きしている傾向が確認された。なお、板バネやウエイトなど他部位については、損傷や劣化は見られなかった。

4. おわりに

測定結果から、荒津大橋の主塔内部に設置されたTMDの減衰性能は、設計時の想定を十分に満足していることが確認できた。一方で、オイルダンパーに片効き傾向があることから、経過観察を継続するとともに今後、オイルダンパーの交換も視野に入れることとした。

参考文献 1) 日本道路橋協会:道路橋耐風設計便覧(平成19年改訂版), 丸善出版, pp.192-194, 2008.1.

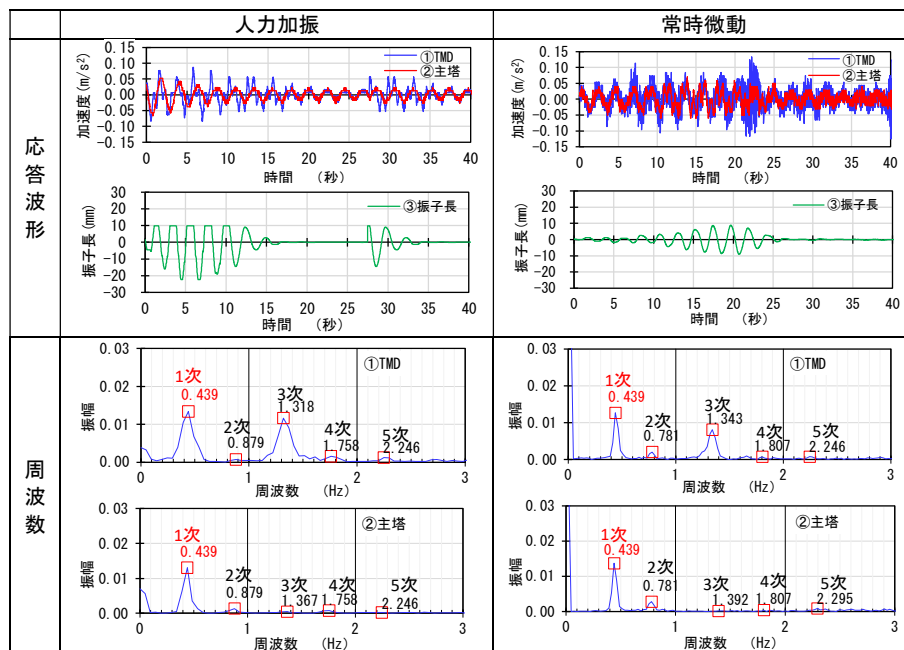


図2 応答波形と周波数

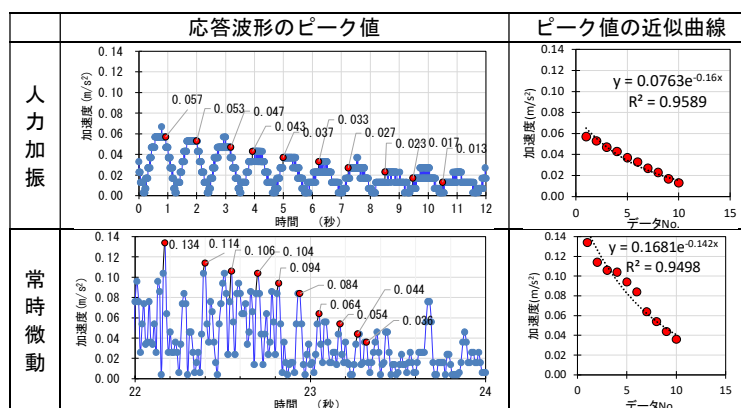


図3 減衰自由振動波形のピーク値と近似曲線

表2 対数減衰率

	人力加振	常時微動	設計諸元
振動数(Hz) f	0.439	0.439	0.460～0.535
円振動数 $\omega(=2\pi f)$	2.761	2.761	
定数 h ω	0.160	0.142	
減衰定数 h	0.058	0.051	
対数減衰率 δc	0.365	0.324	$80 : 0.104 < 0.44\text{Hz} >$

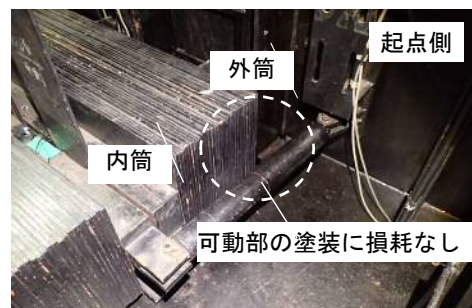


写真3 オイルダンパーの外観状況