

北海道開発局 正員 高橋守人
北海道開発局 正員 橋本 幸

北海道開発局 正員 西本 聰
NKK 正員 津村直宜

1. はじめに

白鳥大橋は、一般国道37号白鳥新道の主橋梁として室蘭港の湾口部に位置する橋長1,380(330+720+330)mの3径間2ヒンジ補剛箱桁吊橋である。同橋主塔は、図-1に示すようにモノセル断面のラーメン形式であるが、従来の吊橋主塔と比較して塔柱の剛性が小さいことから、塔柱断面の決定にあたって風洞実験による耐風性の検討を行なっている。その結果、塔柱断面に隅切りを施して耐風安定性を向上させる一方、架設時に発生する渦励振に対してアクティブ制振装置を設置して作業性並びに安全性を確保している。

本報告は、耐風性評価の基礎データとなる固有振動特性を測定するとともに制振装置の効果を検証することを目的として塔独立状態において行なった振動実験結果について述べるものである。

2. 実験方法

実験では、常時微動試験、定常加振試験ならびに自由減衰試験を併用して、陣屋側主塔(3P)と祝津側主塔(4P)の固有振動数、振動モード形および構造減衰率を求めた。加振にはアクティブ制振装置を加振機として使用した。加振対象モードは面外曲げ1次、ねじれ1次および面外曲げ2次である。主塔は風速6~8m/s程度の橋軸直角方向風で面外1次の渦励振を生じるため、実験結果に空気力が影響しないよう加振は無風時に行なった。

主塔の振動はサーボ型加速度計によって測定した。ねじれ1次と面外曲げ2次は固有振動数が接近しており加振を行なうと両者の連成振動を生じる。このためデータ解析にあたっては、両塔柱で測定された加速度を加減算して純粋なねじれ成分と曲げ成分に分離したものを用いた。

3. 実験結果と考察

図-2から図-4までに4Pの定常加振試験で得られた周波数応答を示す。図中の実線は実験結果を1自由度系の解析解に曲線適合させた結果である。面外曲げ1次の周波数応答には制振時の結果も示してあるがこれは2台の制振装置を1台は加振機、1台は制振装置として作動させて測定したものである。図-5は、4Pで得られた面外曲げ1次の自由減衰波形である。3P、4Pにおける以上のような測定結果に基づいて白鳥大橋主塔の固有振動数と構造減衰率は、それぞれ、表-1、表-2のように求められた。

表-1より、固有振動数については実験値と計算値が良く一致していることがわかる。表-2の対数減衰率では面外曲げ1次の値が小さいのが特徴的である。この値はこれまでに測定された吊橋や斜張橋に比べても小さい部類に属し、耐風設計時に用いた値(0.01)も下回っていた。しかしながら、制振装置によって付加される減衰が十分大きいため、実際の応答に対する影響はほぼ無視することができる。

制振設計では、溶接時の作業性を確保するために渦励振時の加速度を1.0g/a程度に抑制できるように装置仕様を定めている。塔独立状態においてこのために必要とされた対数減衰率は0.18であり、表-2から両主塔ともに所要値を満足していることがわかる。

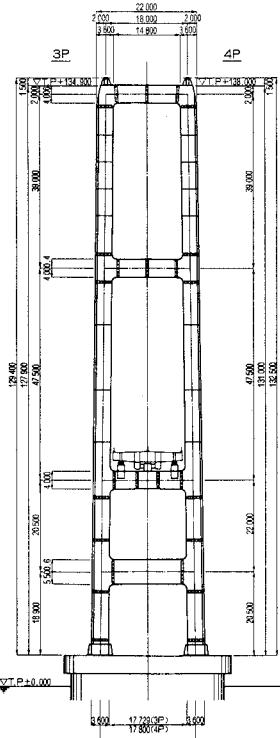


図-1 主塔一般図

4. まとめ

実験結果において、固有振動数は計算値とよく一致しており、耐風設計時に使用した解析モデルは妥当なものであったと判断できる。構造減衰については、耐風設計時の対数減衰率を下回るものが認められたが、これに対しては制振装置により所要の減衰を付加できていることが確認された。本実験で得られた結果が、今後の長大橋建設の一助となれば幸いである。

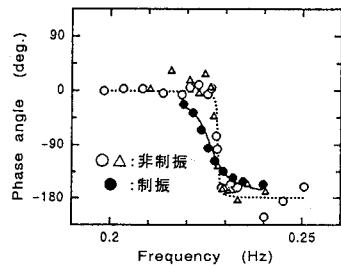
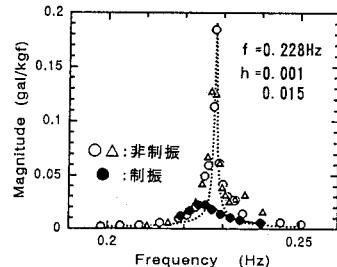
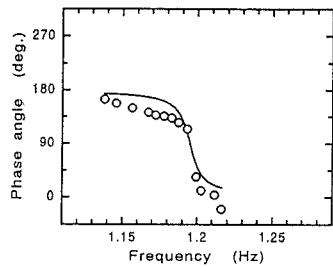
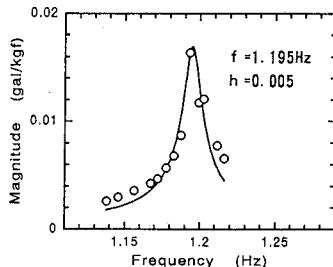
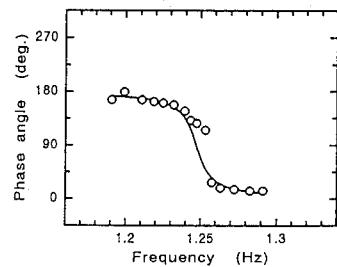
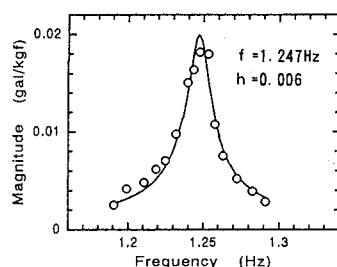
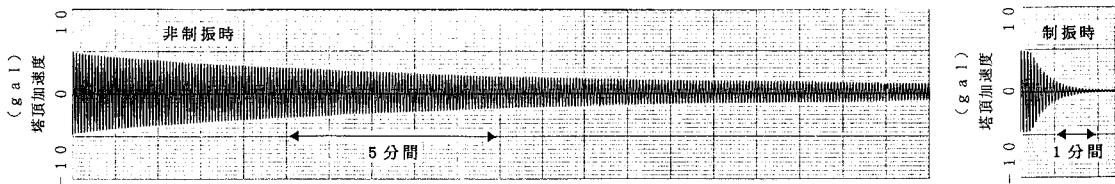
図-2 周波数応答
(面外曲げ1次)図-3 周波数応答
(ねじれ1次)図-4 周波数応答
(面外曲げ2次)

図-5 制振時と非制振時の自由減衰波形

表-1 固有振動数 単位: Hz

	3 P		4 P	
	計算値	実験値	計算値	実験値
面外曲げ1次	0. 229	0. 235	0. 227	0. 228
ねじれ1次	1. 178	1. 220	1. 139	1. 195
面外曲げ2次	1. 263	1. 290	1. 219	1. 247
ねじれ2次	3. 164	3. 275	3. 043	3. 209
面内曲げ1次	0. 774	0. 700	0. 757	0. 697
面内曲げ2次	----	----	2. 570	2. 406

注1) 加振対象モード以外は常時微動測定の結果

注2) 3 P の面内曲げ1次とねじれ2次は、足場を撤去する前の測定値

表-2 対数減衰率

	3 P		4 P	
	非制振時	制振時	非制振時	制振時
面外曲げ1次	0. 005	0. 210	0. 005	0. 182
ねじれ1次	0. 013	----	0. 018	----
面外曲げ2次	0. 052	----	0. 029	----

注1) 対数減衰率は自由減衰実験における値

注2) 4 P のねじれ1次では振幅依存性が認められため、最小値を表記