

I-166 生口橋(マルチプル形式斜張橋)架設系振動実験

本州四国連絡橋公団 正員 藤原 亨 日立造船 正員 植田利夫
 三菱ケレック 正員 小林義和

1. まえがき マルチプル形式の長大な斜張橋の建設が増える傾向にある。このような柔構造物では耐風性の確保が重要な課題であるが、その検討を行なう風洞実験で振動応答を大きく左右する一つの要因である構造減衰の実橋におけるデータは未だ少ない。また、長大斜張橋においては完成系のみならず、張出し架設時の耐風安定性の確保も重要な課題である。本州四国連絡橋・尾道-今治ルートが生口橋は両側径間がPC箱桁(各支間150m)中央径間が鋼箱桁(支間490m)の複合主桁構造を有する斜張橋である。ここでは、図1に示すような閉合直前の架設系を対象に生口橋で実施したクルンを利用した自由減衰振動実験結果について述べる。

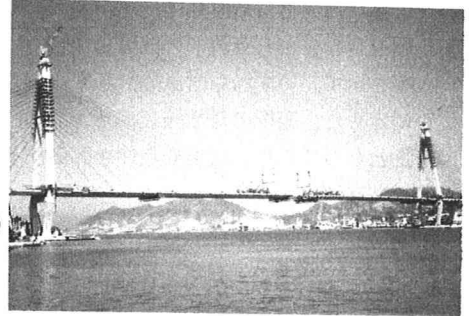
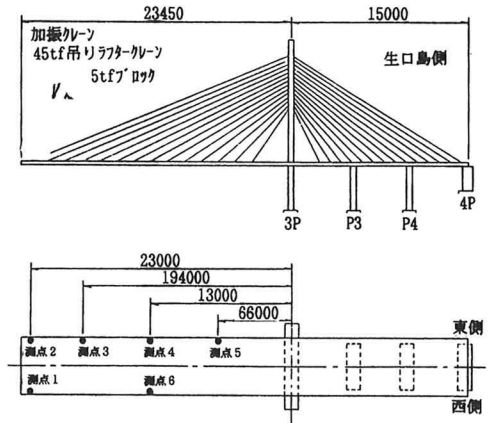


図1 生口橋(閉合直前)

2. 実験要領 構造減衰の調査は風洞実験で検討対象となる低次振動モード(鉛直曲げ1次・2次及びねじれ1次)を対象とした。立体固有振動解析結果は表1のとおりでサーボ型加速度計を図2のように配置して計測した。まず、常時微動測定により各振動モードの振動数を確認した後、45tfラフタークルンを桁の架設先端部に配置し(鉛直曲げ対象時:橋軸中心面、ねじれ対象時:橋軸中心面より4.5m偏心)、ブーム先端フックに取り付けた鋼ブック(5tf)を対象モードの周期に合わせて断続的に落下させ(急速巻下げ)強制加振し、加振後の自由減衰振動波形から構造減衰を求めた。加振力は5tfブックとフックの間に挿入した荷重計により検出した。



- 測点1 船直方向(下から14段目ケーブル定着位置)
- 測点2 船直方向
橋軸直角水平方向
橋軸水平方向
- 測点3 船直方向(下から11段目ケーブル定着位置)
- 測点4 船直方向(下から7段目ケーブル定着位置)
- 測点5 船直方向(下から3段目ケーブル定着位置)
- 測点6 船直方向(下から7段目ケーブル定着位置)

図2 振動測定位置

3. 実験結果 常時微動測定による固有振動数は表1のとおりで計算値とほぼ一致している。加振用トラッククルン(総重量37.6tf)の設置による質量の影響で若干振動数は低下する。各振動モードの加振時から加振後の自由減衰振動波形を加振力と共に図3.1~3.3に示す。これらの波形より全振幅範囲の平均的な対数減衰率は表1に示すとおり、鉛直曲げ1次で0.03、鉛直曲げ2次で0.027, および、ねじれ1次で0.019である。ねじれ1次の振動波形にはうなり現象がみられる。振動数が鉛直曲げ2次のそれとごく接近しており、偏心加振により同時に両モードが発生するためである。なお、ねじれ振動の加振時には安全面から加振位置の橋軸中心からの距離が制約され

表1 固有振動数および構造減衰

| 振動モード | 固有振動数(Hz) | | | 構造減衰 (対数減衰率) |
|--------|-----------|-------|-------|--|
| | 計算値 | 常時微動 | クルン加振 | |
| 鉛直曲げ1次 | 0.339 | 0.347 | 0.342 | 0.0296(7.9~89.0mm) 0.0315(6.7~87.7mm) |
| 鉛直曲げ2次 | 0.639 | 0.630 | 0.615 | 0.0270(1.5~33.6mm) 0.0275(1.0~29.2mm) |
| ねじれ1次 | 0.674 | 0.718 | 0.703 | 0.0189(.001~.016°) 0.0193(.001~.033°) |

たため、振動振幅も小さなものとなった。鉛直曲げ1次の加振時の加振力と桁の振動変位の関係を時間軸を拡大して比較すると図4のとおりである。ブロッケットはスローからの発振音に合わせて段階的に落下させたが、図4よりブレーキをかけた瞬間に荷重計には引張力が作用し、桁にはクルン本体を介して下向きの加振力がほぼ同比例的に作用していることがわかる。いま、このときの衝撃応答を計算し、実測値と比較すると表2のようになる。鉛直曲げ1次・2次では実測値は計算値とほぼ一致しているが、ねじれ1次では計算値の約

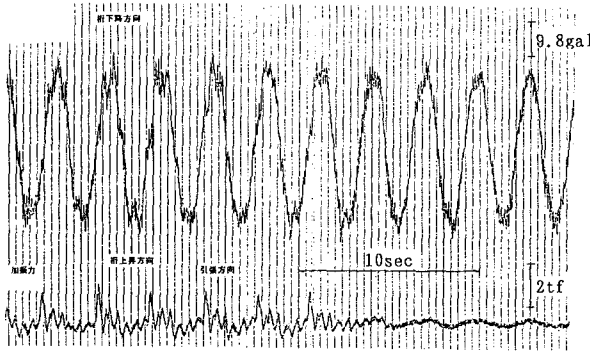


図4 加振力と振動変位の関係

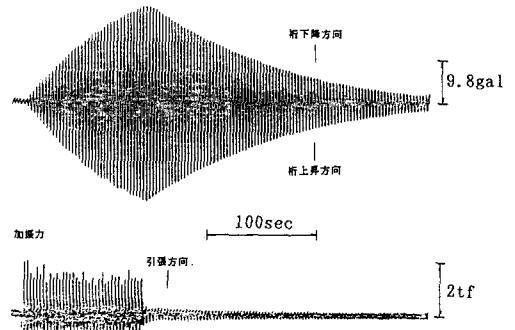


図3.1 自由減衰振動波形(鉛直曲げ1次)

1/5 である。先述した鉛直曲げ2次との連成で加振効率が悪くなっている。今回のようにブレーキ操作による加振の場合、周期が短い程一回当たりのブロッケットの落下量が小さくなり単位衝撃力が減少するため、高次モードの方が加振回数は多くても加振振幅は限定される。

4. あとがき

実験結果から張出し架設系の実橋の構造減衰率は、比較的大きな振幅の得られた鉛直曲げモードでは風洞試験における箱桁形式の対数減衰率 $\delta = 0.02$ を上回る値となっていることが確認された。

今回実施したトラッククルンを利用した加振は大型起振機を設置して実施する場合に比べ簡便で、とくに、架設時には有用であり、しかも、周期の長い振動モードにより適している。今回の実験で加振力もほぼ推定できた。

今後の同様な実験の参考となれば幸いである。

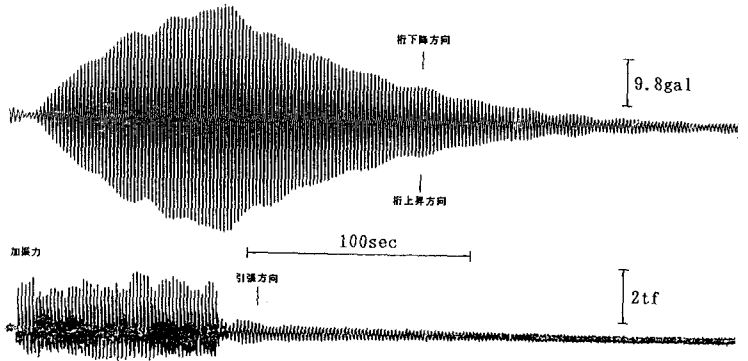


図3.2 自由減衰振動波形(鉛直曲げ2次)

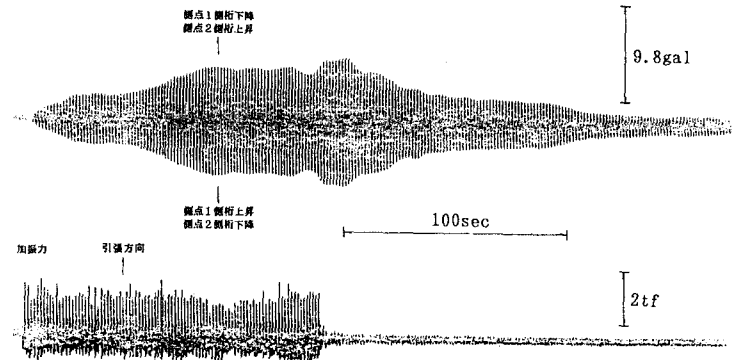


図3.3 自由減衰振動波形(ねじれ1次)

表2 衝撃応答計算値と加振振動変位の比較

| 振動モード | 桁振動片振幅 | | 計算条件 | | | |
|---------|--------|---------|---|---------|-------|------|
| | 実測値 | 計算値 | 一般化質量 | 周波数 | 構造減衰 | 加振回数 |
| 鉛直たわみ1次 | 45 mm | 45.0 mm | 679tf | 0.342Hz | 0.030 | 37 |
| 鉛直たわみ2次 | 18 mm | 15.2 mm | 1441tf | 0.615Hz | 0.027 | 56 |
| ねじれ1次 | 0.016' | 0.099' | $0.76 \times 10^5 \text{tf} \cdot \text{m}$ | 0.703Hz | 0.019 | 95 |