

京都大学 工学部 正員 山田 善一
 (株)大林組 正員 ○後藤 洋三*

1, まえがき

長大フリ橋主塔橋脚の耐震性に関する研究の一環として、筆者等は主塔と橋脚間の同調振動の問題と減衰分布の不均一性の問題に着目した模型を製作し実験を行ってきた。その結果、すでに発表した理論的研究結果¹⁾と裏付けることが出来たので、ここにその概要を報告する。

2, 製作した模型について

今回の模型実験の目的は、主塔と橋脚の固有振動数が接近することによる同調振動現象の解析、ならびに、減衰分布の不均一性すなわち橋脚に作用する大きな減衰が全体の振動特性におよぼす影響を解析することにある。従って、次の諸点を配慮して模型の設計と製作を行った。

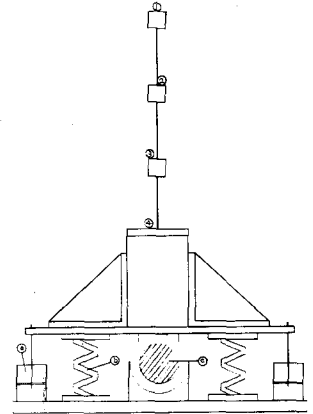
- 1) 模型の形状は実験目的を損ねる範囲で単純化し簡略なものとす。寸法的には、センタースパン1,500 m級のフリ橋の主塔橋脚を対象とし、空間縮尺を約1/200, 時間縮尺を約1/10とする。
- 2) 主塔と橋脚の質量比を1:100程度の大きい比率に取り、主塔と橋脚間の同調振動現象が明瞭に現われるようにする。
- 3) 橋脚部にはオイルダンパーを取り付け、10~30%の大きな減衰が作用するようとする。
- 4) 橋脚部を支持する回転バネの剛性は連続的に可変なものとし、手軽に操作出来る構造にして地盤反力係数をパラメーターに取、た数多くの実験が可能なるものとする。

図-1は製作した模型の概要を示したものである。橋脚部はロッキングを許す1自由度の剛体であり、主塔部は曲げ変形を許す一本のシャフトに小さなマスを取り付けたものである。主塔のみ(橋脚固定状態)の固有振動数は表-1に示す通りであり、減衰定数は約0.6%であった。橋脚の振動数はバネの剛性と偏心距離を変化させることにより1.5 Hz ~ 18.0 Hzと可変である。橋脚部に取付けたダンパーはシリコンオイルを用いてあり、オイルの粘性と内部のグードの間隙を変化させることにより、図-2に示すように10~30%の減衰を発生することが可能である。

実験に用いた振動台は、動電形の加振器とオイルベアリングを用いたテブルを組合せたもので、表-2にその性能を示す。測定は小型の加速度計を用いて行ない、記録はペン書きオシロスコプによる。

3, 実験結果と解析

3.1 まず、橋脚部にダンパーを取り付けない状態で回転バネの剛性を変化させる実験を行なった。その結果が3つまでの固有振動数を求め、回転バネ剛性ととの関係をプロットしたものが図-3である。図中の実線は、



③ オイルダンパー
 ④ バネ
 ⑤ セントラルポイント
 ①-② 加速度計取付位置

図-1 模型全体図

表-1 タワーの固有振動数

	実験値	理論値
1次	2.67 Hz	2.30 Hz
2次	15.6 Hz	15.1 Hz

表-2 振動台の性能

加振力量	120 kg
最大加速度	1 g
使用周波数範囲	1 cps ~ 1,000 cps
最大振幅	±13 mm
振動波形	正弦波形、ランダム波

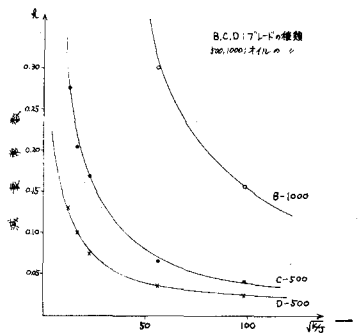


図-2 ダンパーの種類による減衰の差動

*京都大学研究生

模型を多質点系モデルに置き換えた理論計算から求めたもので、両者はよく一致している。また、先に発表した研究結果¹⁾でも指摘した振動数接近現象がこの模型においても明瞭に現われていることがわかる。この振動数接近点に回転バネの剛性をセッティングし、橋脚部に単一の衝撃を与えて自由振動させた結果を測定したものが図-4である。主塔と橋脚の同調振動の結果として主塔と橋脚の間でビート現象が生じていることが明瞭に示されている。振動数接近点で地震応答計算を行なうとむす打ち振動によって主塔に大きな応答が現われるが、その現象をビート現象から説明することも出来る。

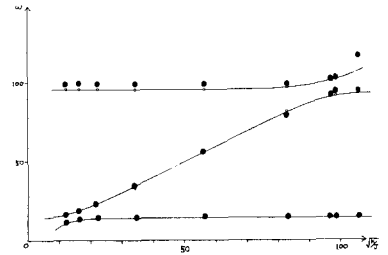


図-3 回転バネ剛性-振動数曲線

3.2 次に、橋脚にダンパーを取り付け、橋脚の減衰が常に10%となる様調節しながら回転バネ剛性を変化させる実験を行なった。各回転バネ剛性に対応する共振曲線から減衰定数を求めプロットしたものが図-5である。図中実線は多質点系モデルについて複素固有値計算も行なっており、理論的に求められた減衰定数を示している。ダンパーの減衰特性が振動数によって変化するものと減衰の作用によってモード間に連成が生じること等から実験値にはばらつきがみられる。しかし、回転バネの剛性が大きくなるに従って橋脚の大きな減衰の影響を取り込むモードが1次、2次、3次と遷移する状態は実験値からも確かめられる。すなわち、橋脚部に大きな減衰が作用する場合その影響は次数の高低にかかわらず、橋脚部が大きく振れるモードに現われることが実験結果からも明らかになった。

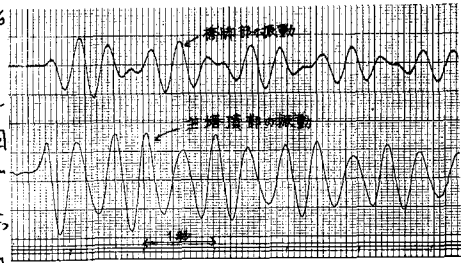


図-4 主塔橋脚のビート現象

3.3 図-6は2次と3次の接近点に回転バネ剛性をセッティングし、橋脚部に大きな減衰を与えた場合の橋脚部と主塔頂部の共振曲線を示したものである。この図より、橋脚部に大きな減衰を与えると、タワーでは1つのピークしか現われず、その時橋脚部では逆に値が小さくなっている。これは2次と3次の固有振動数が、減衰の影響を受けることにより互いに接近し、連成した挙動をしていることを示している。この場合、2次と3次のモードの減衰定数を求めることは困難である。

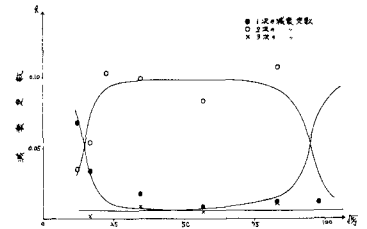


図-5 減衰定数の変動

4. 結語

本研究は本州四国架橋公団の委託により行なってきたものである。今回の研究においては、先に筆者等が発表した理論的研究結果¹⁾の一部である主塔橋脚の同調振動の問題ならびに、橋脚部の減衰の影響と各次固有振動の減衰との関係を実験的に裏付けることが出来た。

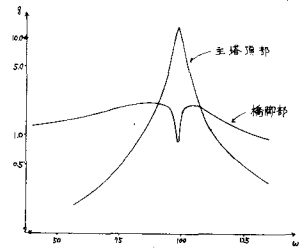


図-6 共振曲線 (入力1g)

本研究の実験とその解析の実施において、京都大学院生の塚原君、太田君ならびに西巻君の多大な協力を得たことここに附記し、謝意を表する次第である。

参考文献

- 1) 山田, 後藤 「長大フリ橋主塔橋脚の振動特性と地震応答解析に関する諸考察」