

東京大学 正員 伊藤 学
 日本鋼管 正員 森 国夫
 日本鋼管 正員 ○ 武田 勝昭

1. まえがき

斜張橋は、その力学的、経済的有利性および外観的優美さなどから、今後数多く建設され、スパンも500m前後まで長大化することが予想される。この場合補剛げたは、耐風性、架設工法、上下両床を利用する(ダブルデッキとする)ことから、従来の箱げたに代ってトラスタイプとなる公算が大きい。そこで中央スパン400~500mのトラス斜張橋(ダブルデッキを原型とする)の耐風安定性の問題を提起し、これを風洞実験により検討することとした。本実験では、原型の耐風安定性の検討以外に、(1)完成系と架設系の挙動の差異 (2)ダブルデッキの場合と、上路床(シングルデッキ)の場合の比較 (3)ケーブル座着板の影響を調査することに主眼を置いたので、主として全橋弾性模型による3次元風洞実験を行ない、補足的に2次元部分模型実験を行なった。

2. 実験方法

3次元風洞実験は、東京大学の全径間風洞で行なっているが、供試模型を風路内に置く必要上、縮尺率を1/80程度とした。(図-1)補剛げたの剛性は全て断面中心に設けた剛性棒(鋼製)によるものとし、タワーの剛性は曲げ剛性のみを相似させた。また、ケーブルは2面吊り構造とし、本数は実験の都合上多少間引いたものとした。想定実橋に対する模型の相似性は必ずしも充分ではなく、原型の構造対数減衰率が横曲げモードを除いて大きく、鉛直曲げ0.05、振れ0.09~0.11であり、架設系ではこの値が更に大きくなった。固有振動数については、鉛直曲げ3.67(Hz)、振れ8.24(Hz)と所要値を十分に満足するものであったが、振れの振動数が高いために実験技術上多くの困難を伴った。3次元風洞実験のケースを表-1に示す。なお、2次元部分模型実験は、3次元実験との相関性、剛性棒の影響および制振対策などについて検討することを目的として、日本鋼管技術研究所の風洞において行なわれた。

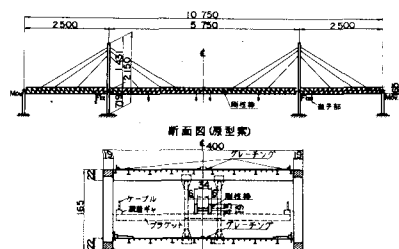


図-1 全橋模型の概要

表-1 3次元風洞実験ケース

実験ケース	備 考	対象モデル
1	S1-C0 完成系 S1-C1 ダブルデッキ S1-C2 座着板	なし C1 C2
2	S2-C1 架設系 ダブルデッキ 座着板 C1	
3	S3-C1 完成系 シングルデッキ 座着板 C1	
4	S4-C1 架設系 シングルデッキ 座着板 C1	

3. 実験結果と考察

(i) 図-2に示すように、従来箱げたで問題となっていた低風速域での渦励振と見られる限定振動が、ダブルデックトラスの原型案(S1-C1)で発生した。この低風速域での振動は鉛直対称一次モードの限定振動であり、実験した迎角 $\alpha = -5^\circ \sim 5^\circ$ 全てに起っており、その振幅は負の迎角で大きく正の迎角で小さくなっている。また、迎角によっては高風速域で鉛直対称2次の限定振動をも生じている。これらの原因は、トラスの充実率が50~60%と大きく、上下路面が空疎率の小さい同じ程度の幅の鋼床版で覆われているため、箱げたに類似した渦が発生し、共振現象を起すものと考えられる。この振動は、3次元模型諸元を再現した2次元実験でも同様に見られ、迎角

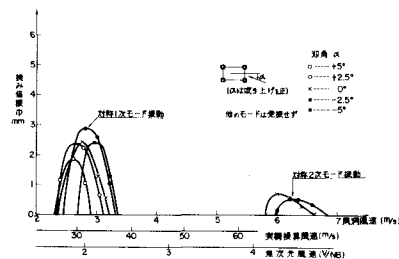


図-2 S1-C1 1/2 鉛直曲げV-A曲線

が0°のときに振幅がピークを示す無次元風速が一致している他、迎角に対する特性や空力減衰の変化の様子も両者でよく類似している。

以上は、剛性棒が有る場合の結果であるが、2次元実験によって、剛性棒がない場合も同様な振動を生じることが明らかにされている。即ち、迎角が0°の場合、振幅は小さいが剛性棒がなくても渦励振が発生し、また迎角が大きい場合には剛性棒の影響はほとんど見られない。このように、迎角によって剛性棒の空力特性に及ぼす影響が変化するのは、迎角が小さいときに限り、風がトラスを吹き抜ける度合が剛性棒の有無に大きく左右されるためであろう。(図-3参照)

振れ振動については、ストールフラッターが発生する傾向が認められたものの、けたの振れ剛性が極めて大きいため実験風速内では発振に至っていない。なお、振れ振動に関しても剛性棒は不安定側に作用していることから2次元実験で確認された。本実験で観測された渦励振は、図-4に示すように、下路面の歩道の位置を下げ、グレーチングを設けることによって完全に抑えることができた。

(ii) ダブルデッキ 架設系の場合(S2-C1)も、完成系と同様に鉛直対称一次の渦励振が発生した。(図-5参照) 振幅は、完成系よりも小さくなっているが、架設系の場合、構造減衰が極めて大きくなっているのも実橋での振幅の大小は一概には言えない。架設系においても完成系とほぼ同様な風速で渦励振が発生するのは、斜張橋では架設時にそれ程剛性が低下しないことによるものと思われる。一方、振れについては、完成系と異なって振動減衰性(δ)の変動が大きく、風洞風速4.5 m/sec付近で渦によると思われる急激な低下が認められるが発振には至っていない。また、シングルデッキタイプでは前記のような渦励振は見られず(図-5)、極めて良好な安定化傾向が見られた。

(iii) 迎角が0°のとき、完成系で碇着板の影響を検討すると、渦励振の鉛直曲げ振幅は、C0(碇着板なし) > C1 > C2となり、曝露面積の大きさC0 < C1 < C2と並になる。これは、碇着板が橋軸方向に不連続に位置していることが一因と考えられ、興味のある点である。(図-6参照) 一方、2次元実験では、逆に碇着板がC2のときはC1のときよりも振幅が大きくなっている。このことは、碇着板のような橋軸方向に分布が一様でない部材が存在する場合の2次元実験の難しさと、3次元実験の有効性を示唆するものであろう。また、2次元実験では、剛性棒の場合と同様に迎角が大きいときは、碇着板による差があまりないことが確認されている。振れ振動については、3次元実験、2次元実験のいずれの場合も碇着板C2を用いたときの方がC1のときよりも不安定となった。

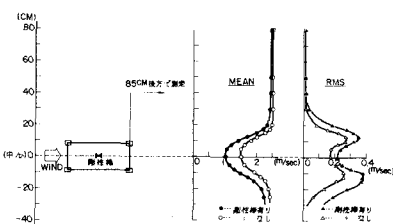


図-3 後流の平均風速と変動分の分布

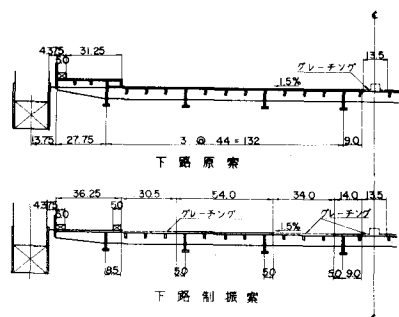


図-4 制振案断面図

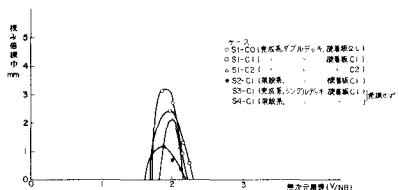


図-5 $\alpha=0^\circ$ の $\frac{1}{2}$ 鉛直曲げV-A曲線 (2次元)

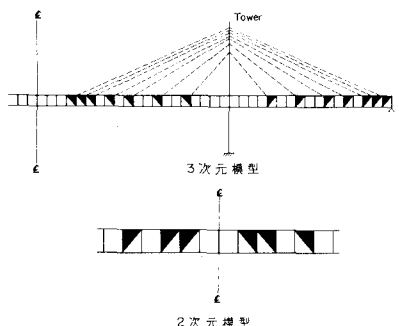


図-6 ケーブル碇着板(C2)の配置