

日本鋼管（株） 正員 武田 勝昭
 正員 藤澤 伸光
 正員 園部 好洋

1. まえがき

箱桁斜張橋に代表されるような、充腹桁断面を持つ長大橋梁が風的作用を受けるとき、渦励振動、或はギャロッピングと云った、主として鉛直方向の振動現象が観測される場合がある。このような振動現象に対する安全性は、通常、2次元剛体模型を用いたバネ支持風洞実験によって検証されている。しかし、この実験では振動モード等の3次元効果が無視されているので、実験結果から直接（無次元応答振幅が等しいとして）実橋の応答を推定することは本来妥当でない。本研究では、このような点に着目し、2次元実験による実験結果から実橋の応答を精度良く推定する方法を確立するための第一歩として、基本矩形断面の対風応答振幅を2、3次元風洞実験で相互に比較し、振動モード等の3次元効果が応答振幅に及ぼす影響について考察を加えた。

2. 使用模型

断面は、基本的矩形断面として、1：2長方形断面（Model A1）、正方形断面（Model B1）、張出し板付正方形断面（Model B2）の3種類を選んだ。Model B2を選んだ理由は、張出し板を付けることによってギャロッピング振動の発生を抑え、Model B1とは異なったタイプの振動を発生させることを意図したこと、及び断面形状を実際の橋梁断面に近づけたことにある。模型高は、2次元バネ支持実験用模型の場合150mm、3次元模型では50mmとした。また、模型長は、いずれの実験の場合も1600mmとした。

3. 実験方法

実験は、2、3次元実験のいずれも日本鋼管（株）技術研究所所属のゲッチング型風洞を用いて行なった。3次元実験の方法としては、①剛性棒を用いる方法、②タウト・ストリップ法 の2種類があるが、今回は実験の容易なタウト・ストリップ法を用いた（図2）。模型は、壁に沿って発達した境界層の影響を受けないよう、風洞壁から充分に離して設置された。16ピースから成る模型は、2本の平行に張られたピアノ線（0.8mmφ、ピアノ線間隔40mm）で支持され、その振動数はピアノ線の張力を変えることによって調整された。模型の初期加振には小型電磁加振器（減衰器としても使

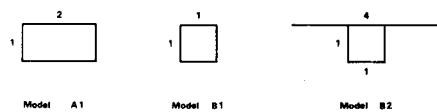


図1 使用模型の断面形状

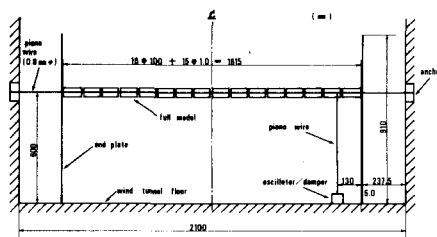


図2 タウト・ストリップ法による
3次元実験

表1 2、3次元実験条件一覧表

		Model A1		Model B1		Model B2	
		mass, m (kg)	structural damping, Δ	mass, m (kg)	structural damping, Δ	mass, m (kg)	structural damping, Δ
full model	observed	0.1337	0.02 0.05	0.1209	0.02 0.05	0.1361	0.02 0.04
	required	1.2213	0.02 0.05	1.0621	0.02 0.05	1.2429	0.02 0.04
analog model	observed	1.2213	0.02 0.05	1.0938	0.02 0.05	1.2411	0.02 0.05

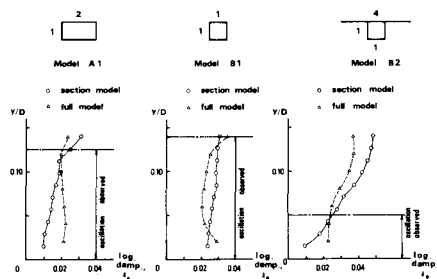


図3 無風時減衰 δ_0 の比較
(2、3次元実験)

用可能)を用い、振動変位の検出には非接触型光学式変位計を用いた。なお、2次元パネ支持実験は、通常の方法に従って行なった。

4. 実験条件

本実験では、まず3次元実験を行ない、その後相似条件を合わせて2次元パネ支持実験を行なって両者の対風応答振幅等を比較した。2、3次元実験の実験条件を表1に示す。表中、3次元実験条件に基づいて計算された2次元実験時の所要値が実際値と比較されている。無風時の減衰 δ_0 には振幅依存性が有るので、両実験でこれを完全に合やすことは不可能に近い。そこで、今回は限定振動の応答振幅のピーク値に重点を置くこととし、図3に示すように、各モデルの応答振幅(限定振動)のピーク値付近で両実験の無風時減衰 δ_0 が十分に合うよう配慮した。

5. 実験結果と考察

Model A1, B1, B2の実験結果を各々図4～図6に示す。図中、横軸は無風時振動数と模型高で無次元化した風速、縦軸は模型高で無次元化した鉛直たわみ応答振幅の平均値を示す。2次元パネ支持実験結果(図中○印)を3次元実験結果(図中△印)と比較することにより、次のことが解った。

(1)ギャロッピング的性質が強いと考えられるModel A1の高風速側振動、及びModel B1の振動では、2、3次元実験の無次元応答振幅はほぼ一致した。〔考察〕ギャロッピング的な性質の強い振動の場合、無風時減衰 δ_0 を0.01～0.05程度の範囲で変化させても、その応答振幅はほとんど変化しなかった。従って、この場合 δ_0 に関する2、3次元実験の実験条件の差(図3)は無視して良いものと考えられる。このことを考慮に入れて実験結果を考察すると、本実験で発生したギャロッピング的振動の場合、振動モード等の3次元効果は、応答振幅の大きさにほとんど影響を与えていないと考えられる。

(2)Model A1の低風速側振動、及びModel B2の振動(限定振動)においても、両者の振幅のピーク値に大きな差異は認められなかった。但し、3次元実験では、2次元実験と比べて振幅のピーク値が若干小さく、振動の発生風速域が狭くなる等、安全側の実験結果を示した。〔考察〕このことから、限定振動の場合には、振動モード等の3次元効果は応答振幅を若干小さくさせる傾向を持つものの、その効果はギャロッピング的振動の場合と同様あまり大きくないということが解った。また、限定振動の応答振幅が無風時減衰 δ_0 の影響を大きく受けたという実験事実から推論すると、ピーク値付近以外の領域における2、3次元実験結果の顕著な差異は、図3に示す実験条件の差(3次元実験の $\delta_0 > 2$ 次元実験の δ_0)に起因するところが大きいと思われる。

以上の結果より、今回対象とした断面の振動に関する限り振動モード等の3次元効果は意外に小さく、2次元パネ支持実験によっても一様流中に於ける3次元応答振幅のピーク値等を或る程度推定可能であるということが明らかとなった。

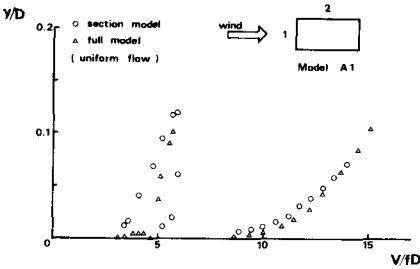


図4 2、3次元応答振幅の相互比較 (Model A1)

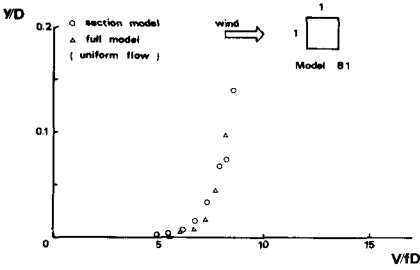


図5 2、3次元応答振幅の相互比較 (Model B1)

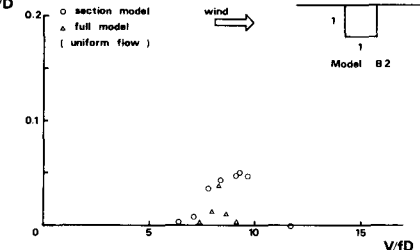


図6 2、3次元応答振幅の相互比較 (Model B2)