

風洞実験における部分模型の有効性に関する考察

徳島大学工学部 正 員 宇都宮 英 彦
 徳島大学工学部 正 員 長 尾 文 明
 徳島大学大学院 学生員 ○ 島 山 圭 司
 寺井建材(株) 寺 井 一 志

1. まえがき

風洞実験による長大橋梁の耐風性の研究においては、通常、部分模型が用いられる。この場合、応答は2次元であり、振動モードや風の空間的変動などの3次元的影响は考慮されないため、実橋の応答を十分に予測し得るとは言い難い。そこで部分模型の有効性について、2次元模型(2D)と3次元模型(3D)を用いて応答を比較検討する。ここでは、箱型断面の渦励振を対象としたが、断面の辺長比によって、2Dと3Dの応答の対応関係が異なることが明らかになったので報告する。

2. 実験

実験には、図1に示すような渦励振の発生原因が異なると考えられる3種類の箱形断面を用いた。応答特性および断面まわりの流れのパターンにより分類すると、1:1断面は、断面の振動に伴って生じる前縁剝離渦とカルマン渦のそれぞれの発生振動数の同期によって、渦励振となる完全剝離型であり、1:2断面は、前縁剝離渦と後縁2次渦の同期による前縁剝離型、そして1:6断面は、後縁剝離渦および後縁2次渦とカルマン渦の同期による付着型と称される⁽¹⁾。3D模型は、

図2に示すような全長を11ブロックに分割し、おのおのを所定の張力をかけたピアノ線に固定したものである。2D模型には、同様のピアノ線の中央部に剛模型を取付けたものを用いた。両模型は同一寸法であり、振動数や減衰率などの動特性も同じにしてある。流れの場は一樣流であり、 Re 数は、 $4000 \sim 1.3 \times 10^5$ である。また空気力係数の測定のために、自由振動法を用いた。

3. 実験の結果と考察

図3～5は、各断面の応答曲線である。また図6は、渦励振最大振幅発現風速における振幅-減衰曲線であり、図7・8は1:2, 1:6断面の空力減衰曲線である。2Dと3Dの応答比較をする際に、2Dの応答に慣性力と外力仕事の等価性のみを考えて、 $4/\pi$ を乗じてモード補正を行った。

1:1:1:2断面では、最大振幅のみに注目すると2Dの応答がより大きくなっている。しかしピーク以前の風速では、逆に3Dの応答が大きいことに注目される。2Dではピーク発現風速付近において不安定なリミットサイクルが見られる。また3Dのピーク発現風速が2Dの場合より低風速側に移行している。これらは図7に見られる2Dのピーク発現風速付近の右に傾いた曲線群、および図6によって示されるような、大振幅では負の減衰、小振幅では正の減衰という空気力の非線形な振幅依存性によるものである。これは3Dではスパン中央付近では励振

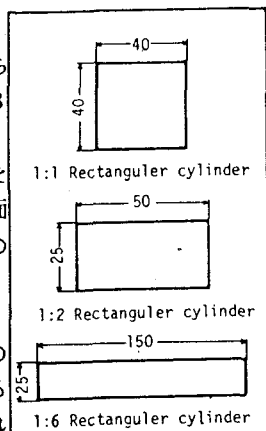


図1 模型断面図

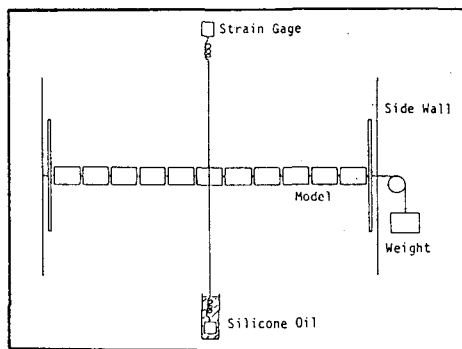


図2 模型支持図

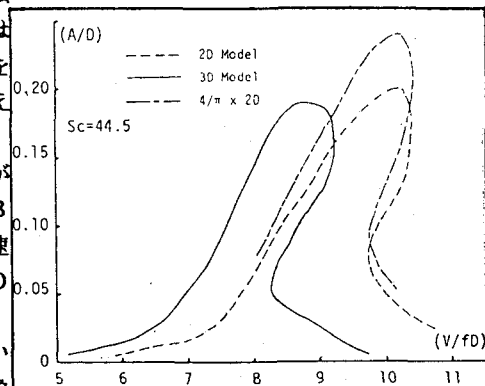


図3 1:1断面渦励振応答曲線

力を受け、両端近くでは減衰力を受けることになる。一方、スパン中央部に当たる2Dは励振力のみを受ける。したがって2Dの応答がより大きくなり、また3Dのピーク発現風速は、支付近で応答は押えられるので、2Dのピーク発現風速より低風速側に移行すると思われる。以上のことは1:1断面でより著しく表れている。このような非線形空気力による不安定なりミットサイクルは、その振幅を境にしてのLocking-in現象の変化を示しており、3Dにおいては中央部と支付近では、作用する空気力成分が異なると思われる。1:1断面⁽²⁾やLongs-creek橋⁽³⁾の2Dを用いた変動揚力や断面回りの変動流速のパワースペクトルによる検討では、大振幅では前縁剥離渦による非定常空気力、小振幅ではストローハル成分の空気力が主に作用していると考えられている。

1:6断面は、全渦励振域で3Dの応答がより大きくなっている。2Dにおいて不安定なりミットサイクルはなく、両模型のピーク発現風速は一致している。また1:1, 1:2断面に見られるピーク発現風速より高風速側における急激な振幅の減少はなく、徐々に減少している。これらは、1:1断面などと同期現象が異なることを示している。図6, 8に示されるような空気力の振幅依存性により、3Dではスパンの両端より2Dの応答に相当する部分までは励振力を受けて、それ以上の振幅をもつ中央部では減衰力を受けることになる。

4. むすび

箱形断面では、渦励振の発生原因の相違による固有な非線形空気力より、2Dと3Dの応答の対応関係が異なることを説明した。今後、空間相関の影響などを含め、さらに詳しく検討する必要がある。

参考文献

- (1) 白石・松本 土木学会論文集 第322号 1982年 6月
 (2) 伊藤・宮田 第30回年講義要集 p208 1975年 10月
 (3) 宇都宮 他 第39回年講義要集 p553 1984年 9月

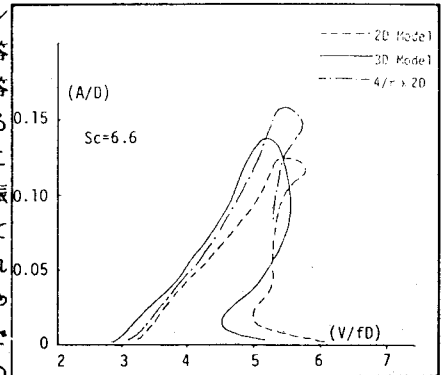


図4 1:2断面渦励振応答曲線

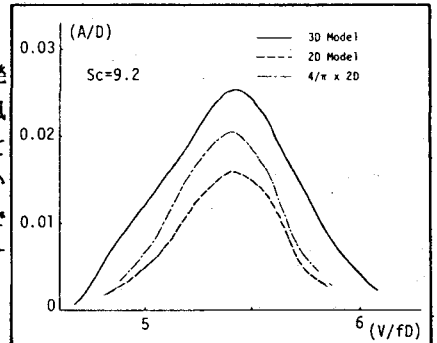


図5 1:6断面渦励振応答曲線

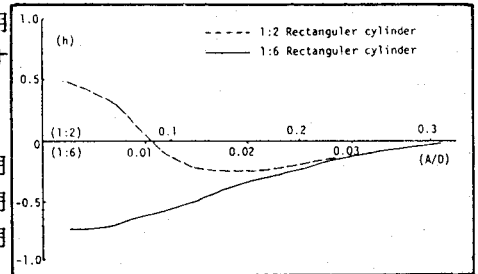


図6 振幅-減衰曲線

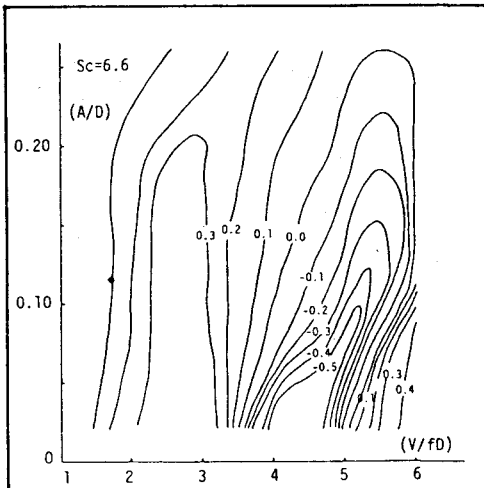


図7 1:2断面空力減衰曲線

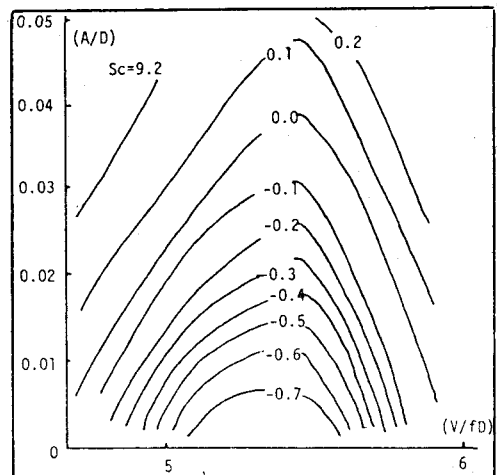


図8 1:6断面空力減衰曲線