

I-507

構造物の振動減衰特性に関する実験的研究

○ 中央大学理工学部 学生員 丹野博之
 (株) 一条工務店 神野篤史
 中央大学理工学部 正員 岡内 功

1. はじめに

構造物に振動減衰作用をもたらす要因を、空気抵抗による空力減衰と、支持点における摩擦や材料の内部摩擦などによる構造減衰に大別し、これらを空気圧が変化できる減圧箱中の小型模型の振動測定結果により検討した。

2. 実験方法

空力減衰と構造減衰の両者の影響を分離して測定できるように減圧箱中に小型模型を設置して、その模型の自由振動及び強制振動状況を測定したが、その際、振動応答に大きく影響する因子として、空気抵抗を生ずる面積、及びその形状、振動数、自由度などを取り上げ、これらを各種変化させた条件のもとで、振動状況が気圧の変化に対して如何に変化するかを調べた。図1は模型の形状の変化を示す。

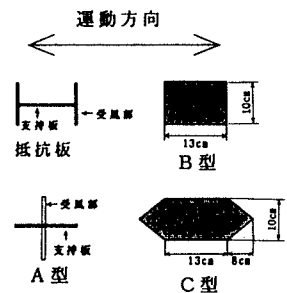


図1 模型形状

3. 実験結果とその考察

(1) 1自由度系自由振動

気圧と減衰定数の関係 図2は各模型の一定振幅における減衰定数(減衰係数/臨界減衰係数)と気圧の関係を示したものである。ここで、抵抗板なしの場合には、減衰定数の気圧による変化はほとんど見られない。つまり、空力減衰の影響はごく小さいものであり、ほぼすべてが構造減衰からなっていることが知られる。一方、抵抗板がある場合には、0.08気圧の時は抵抗板なしの値に近く、このときにはほぼ構造減衰のみが作用しているといえるが、気圧の上昇とともに減衰定数は大きくなり、したがって、空力減衰による影響が大幅に増加することがわかる。そして、気圧と減衰定数の間にはほぼ比例関係があり、更に、抵抗板の鉛直投影面積にも比例していることが知られている。

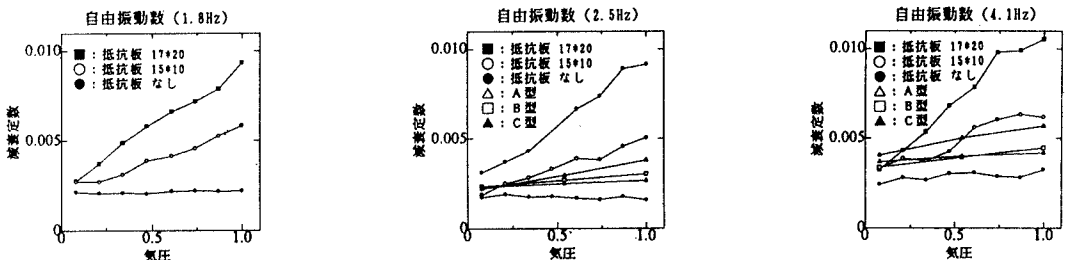


図2 気圧と減衰定数の関係

振幅と減衰定数の関係 図3は、0.08気圧の場合と、1気圧の場合において、減衰定数が振幅とともに如何に変化するかを示したものである。ここでは、減衰定数がほぼ直線的に変化しているので実験値を最小2乗法により直線に近似している。図3より空力減衰を大きく受ける場合の減衰定数は振幅に比例して大きくなり、したがって振幅の大きさによって減衰定数の大きさが変わる、つまり非線形性を示すことが先ず知られる。一方、構造減衰が支配的になる場合、すなわち0.08気圧と抵抗板なしの場合には振幅の大きさの変化による影響はあまり見られず、そこで大体において線形性を示すと考えられる。

振幅の時間的变化 図4

は自由振動の振幅の減少の様子を時間的に表したものであるが、構造減衰が支配的な場合には、粘性減衰を受けると考えて計算される振幅変化の曲線にほぼ沿って振幅が減少している。しかし、空力減衰を大きく受ける場合は、振幅が大きいくほど振幅の減少の割合が大きい。そこで、局所的に粘性減衰と等価となるようにして修正した減衰定数を用いて振幅変化を計算したところ、その計算値は図4にみられるように、実験値とほぼ一致する結果を得た。

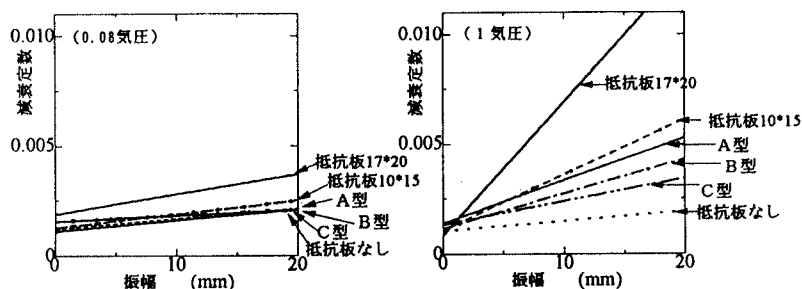


図3 振幅と減衰定数の関係

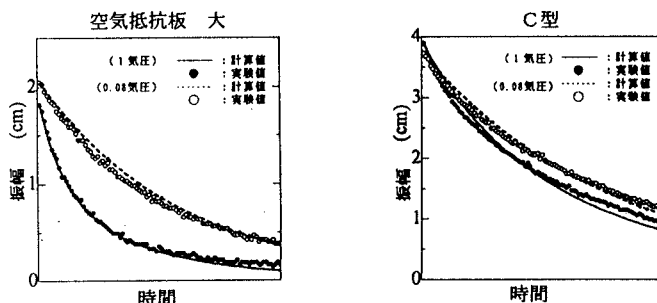


図4 振幅の時間的变化

(2) 1自由度系強制振動 図5は強制振動実験の実験値と、先に示した減衰定数の修正値を用いて線形加速度法により求めた変位の計算値との関係を、加振振動数に応じて比較したものである。ここでも、実験値と計算値はおおむね一致していると認められた。

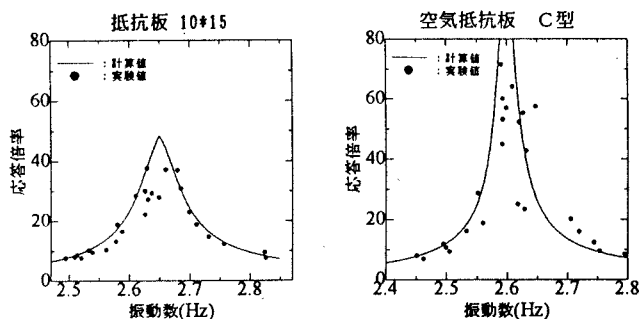


図5 1自由度系強制振動

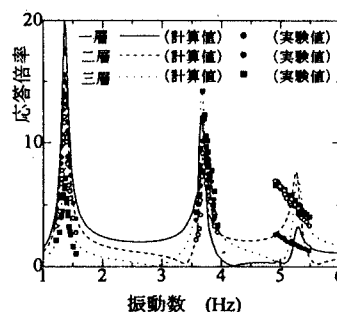


図6 3自由度系強制振動

(3) 3自由度系強制振動 3自由度系の実験においては、空力減衰の影響が大きくなるよう模型を軽くしたが、そのため加振振動数を大きくすると安定が悪くなり実験精度はあまり良くなかった。一応その結果の一部を示したのが図6である。これより、3次モードの実験値と計算値の一致は良くないことがわかるが、振動数が低い1、2次モードにおいてはほぼ一致していると考えられる。

4. まとめ

本研究の結果、空力減衰は速度の2乗に比例し、振幅の大きさにより局所的減衰定数に変化するという非線形性を持つことが見出された。また、空力減衰に大きく影響を与える要素としては、気圧（空気の密度）、断面積、物体形状が取り上げられることが知られた。さらに、自由振動実験により得られた修正減衰定数を用いて強制振動実験結果の解析を行い、その計算値は実験値に近い値となることが認められた。