

1. はしがき

本論文では吊橋断面に生ずる2自由度フラッタの発生機構について考察する。周知のように、自由度間の連成作用が本質となって発生するフラッタは曲げ-捩れフラッタとわかれている。曲げ-捩れフラッタでは自由度間の位相差の存在により空気が正の仕事をして自励振動を生ずる。航空機の翼等では、1自由度フラッタの発生はごく特殊な条件下に限られるので、2自由度系に発生するフラッタはすべて曲げ-捩れフラッタである。

しかし、吊橋断面のような非流線型物体においては、曲げと拘束して捩り1自由度系にすると、しばしば捩れフラッタが生ずるので事柄がやや複雑になる。すなわち、吊橋断面の2自由度フラッタの中には、本質的に曲げ-捩れフラッタに属するものほか、本質的に1自由度捩りフラッタと見做されるものがあるであろう。本論文では単純な吊橋断面模型につき、この観点より模型に生ずる2自由度フラッタの分類を試みる。実際の吊橋断面の2自由度フラッタが上記11すの分類に入るかを知ることは興味があり、また、耐風設計上、重要である。二種類フラッタに対する耐風設計指針は自ら異なることを考えられるからである。なお、この問題は第1回耐風国際会議の時話題となり、<sup>1)</sup>その後、折にふれて提出されてきたが、<sup>2)</sup>りまだ問題の論議が明確にされたと言え難い。

2. 吊橋断面の2自由度フラッタの分類

吊橋断面の2自由度フラッタについては、すでに振動性状よりの分類があるが、<sup>3)</sup>ここでは上述の考察よりフラッタの発生機構に着目した分類を試みる。図1の如き吊橋断面について、座標原点を断面中央の1点にとり、その点における上下(曲げ)、回転(捩り)変位をそれぞれ  $h, \theta$  とする。

いま、風速を上げてある風速で2自由度フラッタを生じたとする。簡単のため、定常振動  $h = h_0 e^{i\omega t}$ ,  $\theta = \theta_0 e^{i(\omega t - \phi)}$  と仮定し、 $h-\theta$ 間の位相差  $\phi$  に着目する。このとき、つぎの三つの場合が考えられる。

1)  $\phi = 0$  — 本質的に1自由度捩りフラッタ

もし、 $h-\theta$ 間に位相差がなると、その振幅向は  $h_0 = \alpha_0 \theta_0$  と1次の関係が成立する。このとき、 $\alpha = -\alpha_0$  における曲げ変位は振動の1サイクル中に常に0、すなわち、 $\alpha = -\alpha_0$  は不動点となり、振動は  $\alpha = -\alpha_0$  を中心とする純回転振動となる。よって、発生するフラッタは本質的に1自由度捩れフラッタと見做される。

2)  $\phi \neq 0$  — 本質的に曲げ-捩れフラッタ

もし、 $h-\theta$ 間に位相差  $\phi$  があれば、 $h_0 = \alpha_0 \theta_0 e^{i\phi}$  の関係がある。| $\phi$ |が小さければ  $\alpha = -\alpha_0$  は見做ける不動点となるが真の不動点たり得ない。すなわち、 $h = 0$ なる点は、振動の1サイクル中に  $\alpha = -\alpha_0$  付近で  $x$ 軸上で動くであろう。いま、この見做ける不動点付近の1すの点を固定して振動が正減衰となり、フラッタが発生しなくなるとする。このとき、もとの2自由度フラッタは本質的に曲げ-捩れフラッタである。

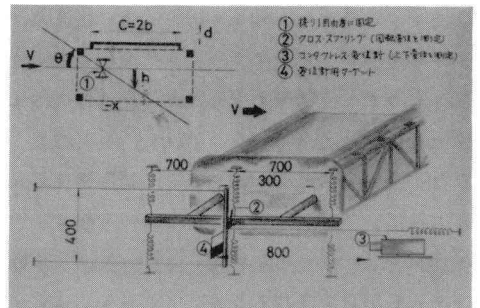


図1 ばね支持式2自由度フラッタ模型

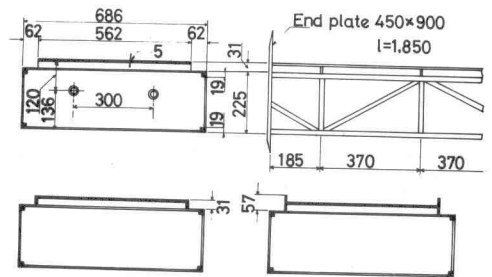


図2 模型諸元

### 3) $\varphi \neq 0$ - 判別困難な場合

最後に、 $\varphi \neq 0$  であるが見做げの不動点を固定して、なお、フラッタが発生する場合があります。この場合、上述の手段でフラッタの発生機構を判別することはできず、運動方程式における空気を、すなわち、direct derivative と cross derivative の効果を定量的に比較することは必要となってくる。たゞし、見做げの不動点を固定して、2自由度フラッタと同様の応答が得られるならば、もとの2自由度フラッタは本質的に1自由度振動のフラッタと見做ることができる。

### 3. 実験結果

図2に示す吊橋断面模型につき、大型低速風洞によるフラッタ実験の結果を示す。図3によれば、無次元風速  $\bar{V} = 11.0$  より2自由度フラッタが発生する。見做げの不動点は風速とともに前縁側に大きく移動し、捩れ振幅数の低下、 $h$ - $\theta$ 間の位相差 ( $\varphi \approx 20^\circ$ ) がみられる。そこで、 $x$ 軸上の見做げの不動点を固定すると2自由度フラッタの発生する領域は振動は強い正減衰を示した。よってもとの2自由度フラッタは曲げ-捩れフラッタである。つぎに、模型を變形して橋床端部にフレートガーダを取り付けた ( $d/c = 0.11$ )。この結果、(図4) フラッタは低風速より始ったが、断面中央部の曲げ変位は小振幅、不規則であり、事実上、不動点が断面中央部付近にあるとわかった。さらに、その不動点を固定すると1自由度振動のフラッタが発生したが、もとの2自由度フラッタは本質的に1自由度振動のフラッタである。

つぎに、上面のフレートガーダを除去し、断面をII型に変形すると ( $d/c = 0.055$ )、結果は図5のようになった。すなわち、2自由度フラッタの振動性は一見図3のそれと類似し、見做げの不動点の大きく移動、捩れ振幅数の低下、 $h$ - $\theta$ 間の位相差  $\varphi$  ( $\varphi \approx 20^\circ$ ) の存在等を見たが、見做げの不動点を固定すると1自由度振動のフラッタが発生した。この場合、1自由度フラッタにおける捩れ振幅  $\theta$  は2自由度フラッタのほゞ  $1/2$  となるので、もとの2自由度フラッタのタイプをいかに決めることは難しい。

以上の結果より、吊橋断面のフラッタも、橋床端部の状態によりそのタイプを異にし得ることがわかった。トラス型吊橋の模型実験において、縦通材、地盤等の配置の如何によりフラッタ特性が大きく変化することが従来指摘されてくる。本研究の結果はこのことと密接に関連するものと思われ、研究を続行中である。おわりに、模型製作においてお世話になった東京大学宮田利雄助教授、実験に協力された研究室の諸氏に謝意を表した。

### 文献:

- 1) Scuton, C.: Proc. Wind Effects on Buildings and Structures, Vol. II, HMSO, London, 1965, p.555
- 2) Wardlaw, R.L.: Proc. 3rd Int. Conf. Wind Effects on Buildings and Structures, Tokyo, 1971, p.937
- 3) 宮田利雄, 岡内功: 土木学会論文報告集, 第173号, 1970, p.19

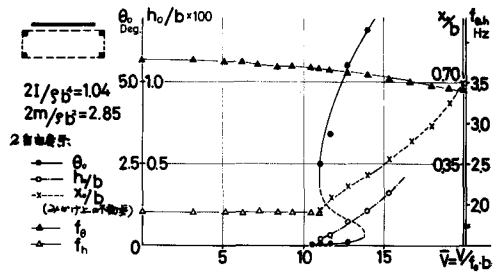


図3 平板状橋床断面模型のフラッタ

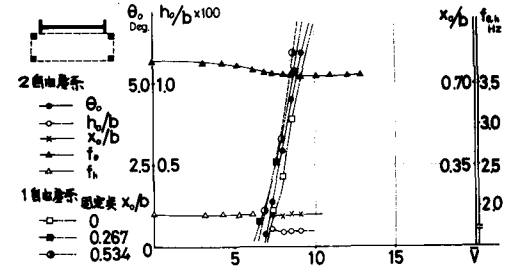


図4 I型橋床断面模型のフラッタ

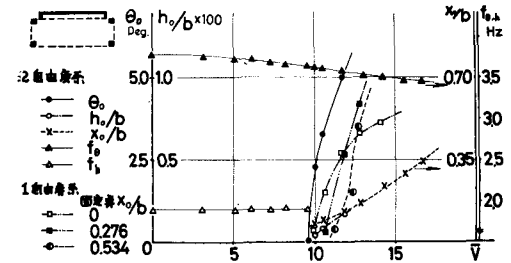


図5 II型橋床断面模型のフラッタ