

立命館大学 大学院 学生員 畑中章秀
立命館大学 理工学部 正員 小林紘士

1. まえがき 吊橋や斜張橋に用いられるトラス補剛桁に顕著に発生するフラッタは、ねじり1自由度のフラッタである。トラス補剛桁のねじりフラッタは、床版部分に作用する非定常な空気力によるものとされている。フラッタの安定化対策として、①床版の断面形状を剝離の少ない翼断面などにする¹⁾、②床版にグレーティングや鉛直スタビライザーなどを取り付ける²⁾などが挙げられる。一方、主構弦材の配置や送電線、検査路などの添加物の設置によりフラッタ限界風速が大きく変化するという報告があり、フラッタの安全性を評価する上において不明な点が少なくない。久保ら³⁾は、主構上弦材からの剝離流とフラッタの関係について詳細な調査を行っている。しかし、下弦材や添加物などの影響については詳細な研究例は少ない。本研究では、下弦材や添加物とねじり1自由度フラッタ特性の関係について調査し、トラス補剛桁のフラッタ特性の基本的な理解を深めることを目標とする。

2. 実験概要 トラス補剛桁を図1に示すように床版、主構上弦材、主構下弦材にモデル化する。弦材には、15X15(mm)の角材を用いた。実験では、図1のトラス補剛桁モデル(ModelA)のほかに床版+上弦材(ModelB)、下弦材のみ(ModelC)のモデルの応答も調査した。

また、添加物の影響を調べるために、トラス補剛桁モデルに15X15mmの角材を設置したケースについても調査した。取り付け位置は、床版の断面中央を原点としてXY座標〔気流方向をX軸、気流直角方向をY軸(下向きを正)〕で示した。モデルは、ねじり1自由度支持とし、回転中心は図1に示すポイントに固定した。無風時の減衰は、 $\delta_0=0.01$ とした。

3. 実験結果および考察 トラス補剛桁のねじりフラッタ特性を把握するために、ModelA,BおよびCの応答を調べた。図2(a)は迎角 0° の応答を示したものである。横軸は、無次元風速 $V/f_T B$ (V :風洞風速, f_T :ねじり固有振動数, B :模型幅)であり、縦軸は、ねじり倍振幅 2ϕ (deg) (数分間の応答振幅の最大値)である。ModelCは、ほかのモデルに比べて小さな応答となっている。また、ModelAとModelBの応答はよく一致しており、トラス補剛桁のねじりフラッタは床版部分に作用する空気力の寄与が大きいことがうかがえる。図2(b)は迎角 $+3^\circ$ の応答を示したものである。迎角 0° の場合と異なり、トラス補剛桁と床版+上弦材の応答にはかなりの違いが認められる。これは、下弦材の影響と考えられる。図2(c)は迎角 -3° の応答を示したものである。ModelAおよびBともに $V_f=5.5$ 付近でフラッタが生じており、迎角 0° の場合と同様に床版部分に作用する空気力の寄与が大きいものと考えられる。また、ModelBでは $V_f=3.0$ 付近で限定的な振動が生じている。

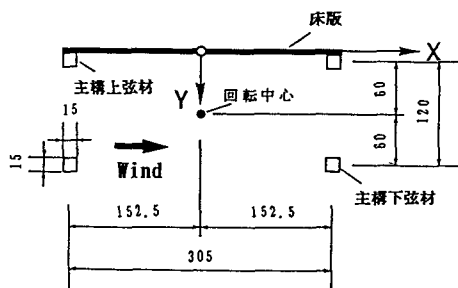


図1 トラス補剛桁のモデル化

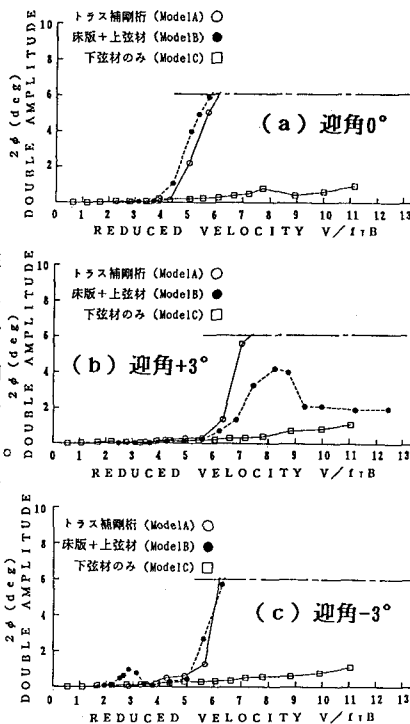


図2 トラス補剛桁のフラッタ特性

上述のケースで、特に迎角 3° を取り上げる。ModelBに上流側および下流側の下弦材を単独に設置した場合の応答を調査した。下弦材は、ModelBに直接取り付けないで、風洞内に固定した。床版部分が振動しても下弦材は静止したままである。図3にその結果を示す。ModelBの応答は、上流側に下弦材がある場合に、ModelAとほぼ同じ応答となっている。これより、迎角 3° における応答は、上流側下弦材の影響を受けていることが分かる。

次に、上流側下弦材の大きさおよび形状を変化させた場合の応答を調査した。図4(a)および(b)にその結果を示す。これより、上流側下弦材の大きさや形状により、応答にかなりの違いが認められ、上流側下弦材に非常に敏感に影響されることが分かる。なお、上述の迎角 3° で $V_r=3.0$ 付近で限定的な振動がみられたが、上流側および下流側に下弦材を設置すると限定的な振動はみられなかった。

下弦材と同じ角材を1本のみModelBに追加して応答を調べた。角材をフラッタが安定化する傾向がみられた $X=-75$ の位置に設置して、高さ Y を変化させた。迎角は 0° とした。 Y の値が小さくなると、フラッタが安定化する傾向が認められた(図5)。これは、角材の存在により床版周りの流況が変化するためであると考えられる。

同様に、トラス補剛桁(ModelA)に角材(添加物)を設置した場合にも、フラッタが安定化することが予想される。角材の取り付け位置を、 $(X, Y)=(-75, 115), (0, 115), (+75, 115)$ と変化させて応答特性を調べた。上述の実験と異なり、角材はモデル本体に取り付けられている。図6にその結果を示す。 $X=-75, 0$ の位置で特にフラッタが安定化している。 $X=+75$ の位置でもフラッタの発現風速が高風速側に移行している。 $X=-75$ に角材を設置したケースについては、図5に示した結果と比べてフラッタがかなり安定化している(図5, 6の□印)。図5のケースでは角材は静止した状態であるが、図6のケースでは角材はモデルとともに上下方向に運動する。角材が運動する場合の後流幅は、静止した場合よりも大きくなり、床版周りの流れに対する影響が異なることが原因のひとつと考えられる。

4. 結論 トラス補剛桁の回転中心を固定したときのねじれフラッタ特性について主構下弦材と添加物の影響について調査した。その結果、以下の結論を得た。①トラス補剛桁のねじりフラッタ特性は主構下弦材に影響される。②下弦材や添加物の設置位置によって、フラッタが安定化する。今後の課題として、下弦材および添加物の最適配置の検討、フラッタの安定化メカニズムの解明等が挙げられる。

参考文献 1) 秋山, 樋上, 第32回全国年構, 2) T. Ueda et. al., JWE, No. 37

, 1988, 3) 久保ほか, 第5回構造物の耐風性に関するソフゾウム, 1978 謝辞 本研究は、本学4回生小川芳寛君、酒井三千流君の貢献によるところが大きい。記して謝意を表す次第である。

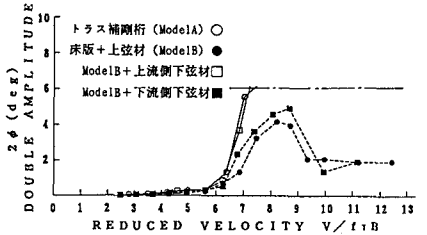
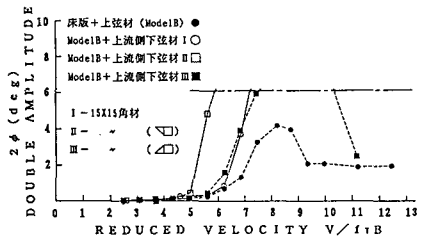
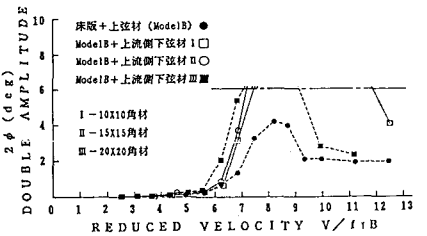


図3 下弦材の影響(迎角 3°)



(a) 下弦材にフェアリングを設置



(b) 下弦材の断面積を変化

図4 下弦材形状および大きさによる影響

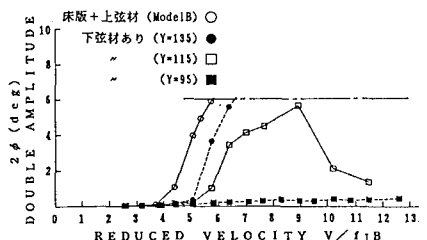


図5 下弦材の影響(迎角 0° , $X=-75$)

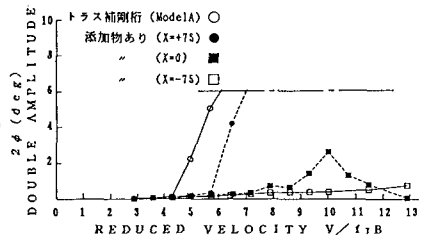


図6 添加物の影響(迎角 0° , $Y=115$)