

ウイングレット、フラップによる吊橋の風による振動の制御

PHAN DUC HUYNH

将来明石海峡大橋をしのぐ支間長の超長大吊り橋の計画が浮上したときその設計でもっとも大きな問題となるのがいかに経済的に耐風性、耐震性を満足させるかである。この論文はそのうち耐風性の向上対策について一つの試みを提案したものである。

吊橋の振動現象には補剛桁のたわみ、ねじれの2種類が主要なものである。風による振動のうち設計上大きな問題とされるのは風の乱れによる振動（バフェッチング）と曲げねじり2自由度の振動（フラッター）が主要なものである。長大吊り橋の風によるフラッターに対する安全性の確保のためにはねじり剛性を高めるため鋼製箱形断面もしくはトラスの補剛桁が採用される。しかし超長大吊り橋ではそのような補剛桁は経済性を著しく損ねる。この論文ではねじり剛性を期待しない扁平な断面の補剛桁言い換えれば軽量で経済的な補剛桁に小さい翼（ウイングレット）またはフラップを取り付け、風により有害な振動が発生したときそれらを適当に駆動することにより振動を抑制する空気力を生み出し、安定化する方法を提案し、その有効性を数値解析と風洞実験で明らかにする。このような方法はすでに研究がなされているが、乱れの無い風の中での数値解析のみである。この論文では、風の乱れの効果をも考慮して、実験により確かめている。

第1章では長大橋梁の風による振動現象とその抑止対策について概要を述べている。そしてこの論文で提案する振動抑止対策が今後の長大吊橋の経済的設計に有用であろうことを述べている。

第2章では、ウイングレットによるアクティブコントロールについて調べている。補剛桁の風による振動をフィードバックして補剛桁の両側に取り付けたウイングレットにモーターなどにより回転運動を与える。ウイングレットの回転角度に応じて補剛桁に振動を抑制する力を与えることができる。補剛桁の幅の10%の幅のウイングレットを用いたときの数値解析によれば、これによりねじりのバフェッチングを抑制することができた。そしてフラッターの発現風速を約2.5倍に高めることができた。安定化の上限2.5倍はダイバーゼンス風速であることがわかった。ウイングレットの幅を大きくすることによりこの値を向上できる。この結果は模型による風洞実験で確かめられている。

この方法をスパン3000mの吊橋に適用した場合、全長の50%程度の領域にウイングレットを取り付ければ、全長にわたって取り付けられた場合の90%程度の効果があることが計算された。

第3章では、ウイングレットによるパッシブコントロールについて調べている。パッシブコントロールによれば動力、制御システムを必要としないので実際の吊橋への導入が容易である。吊橋がねじり振動を起こすときハンガーケーブルはほぼ垂直のままである。ねじり振動によりハンガーケーブルと補剛桁との間に相対角度変化が生じる。この角度変化をウイングレットの回転運動に変換するメカニズムを導入する。この方法の場合任意の駆動方法は選べない。ウイングレットの運動の位相角は、桁のねじり振動と同相かもしくは $\pm\pi$ に限定される。そしてたわみ振動はウイングレットの回転運動に関与しない。数値解析と実験によりこの手法の効果を調べた。その結果、ここでは約25%のフラッター安定化効果が得られた。

第4章では、フラップによるパッシブコントロールについて調べている。ここで示されるような駆動方法は初めての提案である。前章のウイングレットをフラップに置き換えてコントロールする

方法である。フラップの幅は補剛桁の幅の10%である。2次元模型による風洞実験と数値解析により約2.5倍のフラッター安定化効果が得られた。風の乱れのある中でパッシブフラップの効果を数値的、実験的に確かめたのははじめてである。長大吊橋の耐風設計に有用な方法である。

第5章ではこの研究で得られたウイングレット、フラップによる方法またアクティブおよびパッシブな駆動方法による場合の比較をし、より合理的な制御手法の選択について述べている。

第6章ではこの研究の結論を述べている。