

I-A 204 2. 500m 級超長大箱桁吊橋の連成フラッター特性に及ぼすクロスステイ設置位置の影響

川田工業 正会員 田巻 嘉彦 川田工業 正会員 米田 昌弘
 川田工業 正会員 木村 公男 川田工業 正会員 大野 克紀

1. まえがき 周知の如く、中央支間長が 2,500m にも達する超長大吊橋を建設するにあたっては、耐風安定性の確保が最も重要な検討課題となっている。それゆえ、連成フラッターの発現風速を上昇させるべく、従来より種々のケーブルシステムについて検討がなされているが、中でも、クロスステイ（クロスハンガー）は超長大吊橋のフラッター発現風速を向上させる非常に有効なケーブルシステムとして認識されつつある¹⁾ しかしながら、従来のクロスステイに関する検討では、車道の建築限界に配慮しているものの、中央支間については 1/4 点付近に漠然と配置されているように思われ、クロスステイの最適設置位置について十分な検討がなされているとはいえない。そこで本研究では、支間長 2,500m の超長大吊橋に対して、クロスステイの設置位置をパラメーターとした立体骨組みフラッター解析を行い、連成フラッターの発現風速に及ぼすクロスステイの最適設置位置について検討したので、ここにその結果を報告する。

2. 対象橋梁と検討条件 本研究では、図-1 に示すような桁断面を有する超長大吊橋（中央支間長 2,500m、側径間長 1,250m）を検討の対象とした。対象橋梁の基本諸元を表-1 に示す。表-1 からわかるように、本橋では鋼重の低減を図るため、ケーブルのサグ比を 1/9 とし、また、ケーブルの許容応力度も明石海峡大橋の 82kgf/mm² から 100kgf/mm² に変更している。

連成フラッター解析にあたっては、図-2 に示すように中央径間を 20 等分、側径間を 10 等分したモデルを使用するものとした。クロスステイは抗圧部材（断面積は 0.01m²/本）と仮定し、中央径間側の 2ヶ所のみに設置するとした場合、中央径間側の 2ヶ所と各側径間側の 1ヶ所に設置するとした場合のそれぞれについて、連成フラッター解析を実施するものとした。

なお、連成フラッター解析にあたっては、平板翼の非定常揚力と非定常空力モーメントのみを補剛桁に作用させるものとした。また、桁とケーブルの横たわみ振動に伴う抗力（桁の抗力係数は $C_D=0.75$ 、ケーブルの抗力係数は $C_{DC}=0.7$ と仮定）ならびにケーブルの鉛直たわみ振動に伴う揚力は考慮するものとしたが、簡単のため、有風時における横たわみの影響については無視するものとした。

3. 解析結果と考察 まず、中央径間側のみにクロスステイを設置する場合について、設置位置 x/L (x は塔側からクロスステイまでの距離、 L は中央支間長) をパラメーターとした連成フラッター解析を実施した。基本諸元（面外断面 2 次モーメントが $I=160\text{m}^4$ ）を有する場合の連成フラッター発現風速とクロスステイの設置位置の関係を図-3（図中の◆記号）にまとめる。この図から、クロスステイの設置によって、フラッター発現風速はクロスステイを設置しない場合の 60m/s ($x/L=0$ での値) から徐々に上昇するものの、 $x/L=0.3\sim 0.35$ なる場合に最大の 71m/s に達した後は、逆に上昇効果が減少していることがわかる。すなわち、クロスステイには連成フラッターの発現風速を最大とする最適設置位置が存在すると言える。ところで、クロスステイを設置した場合には桁とケーブルの面外振動をともなった連成フラッターが発現することから、クロスステイの最適設置は補剛桁の面外剛性によっても変化すると予想される。そこで、補剛桁の面外断面 2 次モーメントを、基本諸元である $I=160\text{m}^4$ から $I=80\text{m}^4$ および $I=240\text{m}^4$ に変更した場合についても連成フラッター解析を実施した。図-3 に併記した結果（ $I=80\text{m}^4$ は図中の▲記号、 $I=240\text{m}^4$ は図中の●記号）からわかるように、補剛桁の面外剛性の差異によって連成フラッターの発現風速は幾分変化するものの、最大の連成フラッターを与えるクロスステイ位置は、いずれも $x/L=0.3\sim 0.35$ 付近にある。よって、対象とした超長大吊橋モデルに対するクロスステイの最適位置は、面外剛性にほとんど依存せず、 $x/L=0.3\sim 0.35$ 付近にあるものと言える。

次に、中央径間側のクロスステイ位置を建築限界を考慮して $x/L=0.3$ に固定することとし、側径間側のクロスステイ設置を $0.4Ls\sim 0.6Ls$ (Ls は側径間長) の範囲で変化させた場合について連成フラッター解析を実

施した。その結果、 $0.4L_s \sim 0.6L_s$ なる範囲では、いずれの設置位置でもフラッター発現風速が 4m/s 程度上昇することがわかった。そこで、側径間側のクロスステイは $0.5L_s$ （側径間中央）に固定し、再び中央径間側のクロスステイ設置位置を変化させた場合について連成フラッターの発現風速を計算した。その結果を図-4に示す。図-4から、中央径間側におけるクロスステイの最適設置位置は、側径間側にクロスステイを設置した場合にも $x/L=0.3 \sim 0.35$ 付近にあること、また、側径間側のクロスステイは中央径間のクロスステイ設置位置によらずフラッター発現風速を 5m/s 程度上昇させていることがわかる。

4. まとめ 超長大吊橋の連成フラッター特性は非常に敏感であることから、クロスステイの寄与は支間長比によっては幾分異なることも考えられる。今後は、支間長比を変化させた場合などについても詳細な検討を実施する所存である。

最後に、本研究は、建設省土木研究所、本州四国連絡橋公団、（財）土木研究センターおよび民間企業 8 社からなる共同研究「耐風性および経済性に優れた超長大橋の開発」の一環として行われたことを付記しておく。また、本検討での連成フラッター解析にあたっては、横浜国立大学の宮田利雄教授と山田均助教授が開発されたプログラム²⁾を使用させていただきました。紙面を借りて両先生に厚くお礼を申し上げます。

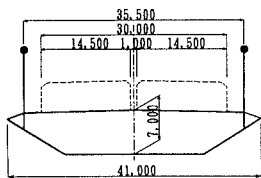


図-1 対象橋梁の断面図

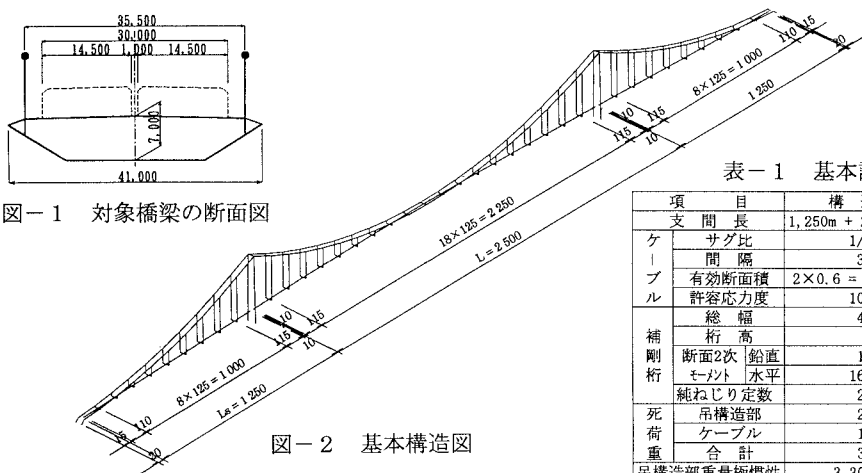


図-2 基本構造図

表-1 基本諸元

項目	構造諸元
支間長	1,250m + 2,500m + 1,250m
ケイ	サグ比 1/9
間	間隔 35.5 m
ブル	有効断面積 $2 \times 0.6 = 1.2 \text{ m}^2/\text{Br.}$
	許容応力度 100 kg/mm^2
補	総幅 41 m
剛	桁高 7 m
桁	断面2次 鉛直 $12 \text{ m}^4/\text{Br.}$
	モーメント 水平 $160 \text{ m}^4/\text{Br.}$
純ねじり定数	26 $\text{m}^4/\text{Br.}$
死	吊構造部 24 $\text{t}/\text{m}/\text{Br.}$
荷	ケーブル 11 $\text{t}/\text{m}/\text{Br.}$
重	合計 35 $\text{t}/\text{m}/\text{Br.}$
吊構造部重量極慣性	3,300 $\text{t} \cdot \text{m}^2/\text{m}/\text{Br.}$
ハンガー断面積	$0.03 \text{ m}^2/125\text{m}/\text{Cable.}$

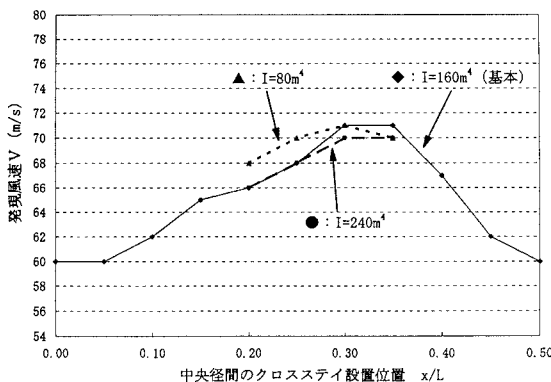


図-3 中央径間のみクロスステイを設置した場合のフラッター発現風速

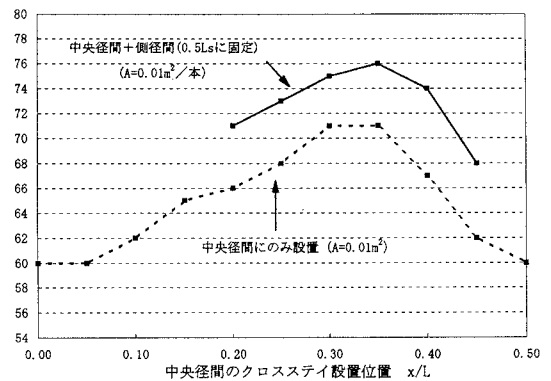


図-4 中央径間と側径間にクロスステイを設置した場合のフラッター発現風速

【参考文献】 1) 米田 他：3,000 級吊橋の静的特性と連成フラッター特性に及ぼす各種ケーブルシステムの効果について、構造工学論文集, Vol. 40A, 1994 年 3 月。 2) 宮田・山田・太田：立体骨組み解析法による横たわみしたトラス補剛桁の曲げねじりフラッター解析, 土木学会論文集, 第 404 号/I-11, 1989 年 3 月。