

I-A 203 2. 500m級超長大桁吊橋の連成フラッター特性に及ぼす傾斜クロスステイの効果について

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

1. まえがき 超長大吊橋の連成フラッター特性を向上させるケーブルシステムについては各種のものが従来より検討されているが、その中であって、クロスステイは超長大吊橋のフラッター発現風速を確実に向上でき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⁾。そこで著者らは、中央支間長が2,500mにも達する超長大吊橋を実現させるべく、骨組みフラッター解析により、まずクロスステイの最適設置位置について検討をした²⁾。ここではその結果を踏まえて、クロスステイによる耐風安定性向上のメカニズムを考察する。また、鉛直面内に配置した通常のクロスステイを橋軸方向に「傾斜」させることにより、フラッター発現風速をさらに上昇させることができる可能性が見い出されたので、その概要を報告する。

2. 検討条件 検討対象としたモデルは、表-1に示した基本諸元を有する超長大吊橋（中央支間長2,500m、支間長比 0.5の3径間吊橋）である。基本モデル（クロスステイを設置しないモデル）を図-1 aに示す。クロスステイは抗圧部材（断面積は $0.01\text{m}^2/\text{本}$ ）を仮定し、中央径間には塔から $0.3L$ （ L は支間長）の位置に2ヶ所、側径間には中央に1ヶ所それぞれ設置するものとした。「鉛直クロスステイ」モデルを図-1 bに示す。さらに、図-1 cに示したように中央径間には従来のクロスステイを、側径間側には傾斜させた「傾斜クロスステイ」を配慮したモデルについても解析を行った。

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こととした。

3. 解析結果と考察 フラッター解析により得られた、基本モデル、鉛直クロスステイモデル、傾斜クロスステイモデルの $V-\delta$ 曲線（風速 V と空力減衰 δ の関係）を、それぞれ図-2に示す。図-2から、鉛直クロスステイ（ $A=0.01\text{m}^2$ ）や傾斜クロスステイ（ $A=0.1\text{m}^2$ ）の追加により、フラッター発現風速が上昇し、 $V-\delta$ 曲線の傾きもゆるやかになることが判る。なお、鉛直クロスステイモデルでは、その断面積を $A=0.01\text{m}^2$ 以上にしてもフラッター発現風速 V_F は変化しないが、傾斜クロスステイモデルでは、 $A=0.01\text{m}^2$ なる場合に $V_F=76\text{m/s}$ であったフラッター風速が断面積を $A=0.1\text{m}^2$ にすると $V_F=80\text{m/s}$ まで上昇したことを述べておく。

各モデルにおけるフラッターモードを図-3に示す。図-3 bから、クロスステイの設置により、桁のねじれ振動に面外振動が連成している状況が理解されよう。さらに、図-3 cから、側径間のクロスステイを傾斜させると、側径間の鉛直たわみ振動と橋軸方向のいわゆる「遊動円木」振動が連成している様子がうかがえる。すなわち、側径間のクロスステイを傾斜させると、側径間における橋軸方向の質量効果により、対称モードに対してもフラッター発現風速が $V_F=80\text{m/s}$ まで上昇するものと推定される。

4. まとめ クロスステイの設置により、桁のねじれ振動と面外振動が連成してフラッター発現風速が上昇する様子を確認できた。さらに、側径間のクロスステイを傾斜させることにより、桁の鉛直たわみ振動と橋軸方向遊動円木振動が連成してフラッター発現風速がさらに上昇する可能性のあることが判った。すなわち、側径間の鉛直たわみ振動と遊動円木振動を合理的に連成させるシステムを考案すれば、フラッター発現風速を効率良く上昇できる可能性が高いと推察された。

最後に、本検討は、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³⁾を使用させていただいた。紙面を借りて、両先生に厚くお礼申し上げる次第である。

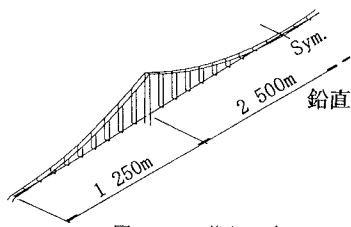


図-1 a 基本モデル

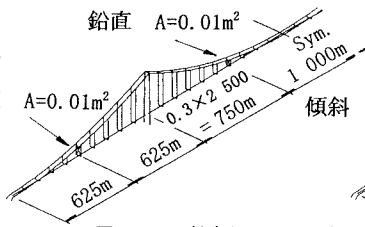


図-1 b 鉛直クロスステイモデル

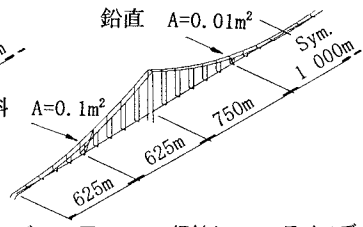


図-1 c 傾斜クロスステイモデル

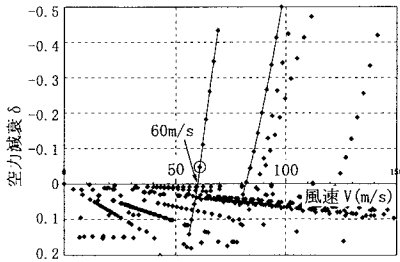


図-2 a 基本モデルのV-δ曲線

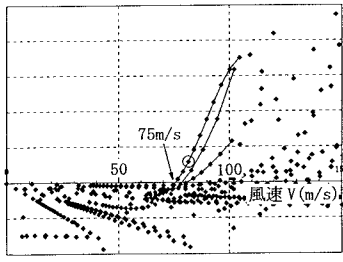


図-2 b 鉛直クロスステイモデルのV-δ曲線

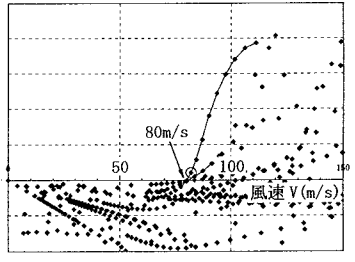


図-2 c 傾斜クロスステイモデルのV-δ曲線

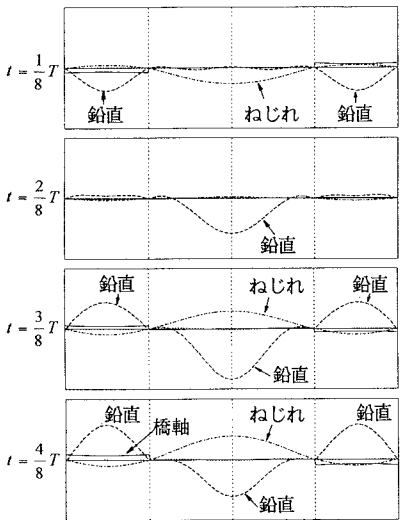


図-3 a 基本モデルのフラッターモード

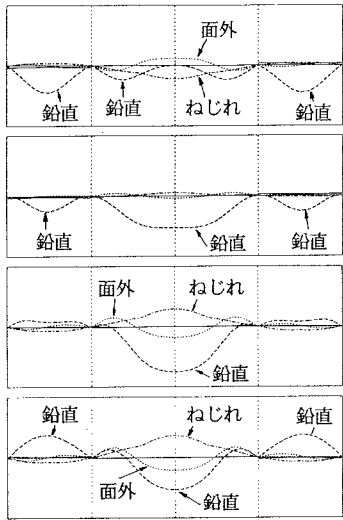


図-3 b 鉛直クロスステイモデルのフラッターモード

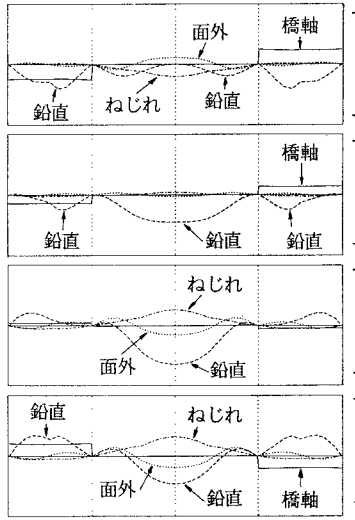
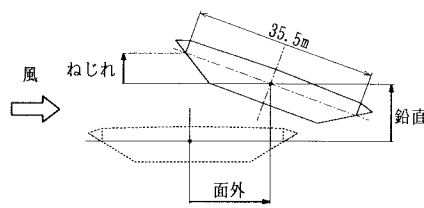


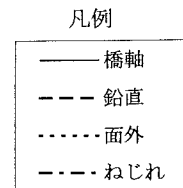
図-3 c 傾斜クロスステイモデルのフラッターモード

表-1 基本諸元

項目	構造諸元
支間長	1,250m + 2,500m + 1,250m
サグ比	1/9
間隔	35.5 m
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
総幅	41 m
桁高	7 m
断面2次鉛直モメント	12 m ⁴ /Br.
断面2次水平モメント	160 m ⁴ /Br.
純ねじり定数	26 m ⁴ /Br.
吊構造部重量	24 t/m/Br.
ケーブル重量	11 t/m/Br.
合計重量	35 t/m/Br.
吊構造部重量慣性	3,300 t·m ² /a/Br.
ハンガー断面積	0.03 m ² /125m/Cable.



フラッターモードの変位成分と正方向



凡例

【参考文献】 1) 米田 他：3,000m級吊橋の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) 田巻 他：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，土木学会第51回年次講演会，平成8年9月 3) 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れフラッター解析，土木学会論文集，第404号/I-11，1989年3月