

I - B63

2,500m 級超長大箱桁吊橋の連成フラッター特性に及ぼす鉛直クロスステイの効果

ー測定空気力を用いた場合の最適位置についてー

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 著者らは、すでに平板翼の非定常揚力と非定常空力モーメントを用いた連成フラッター解析を実施し、連成フラッター風速が最大となる鉛直クロスステイの最適位置について検討している¹⁾。しかしながら、鉛直クロスステイの最適位置は作用空気力によっても変化すると考えられることから、本研究では中央支間長が 2,500m の超長大箱桁吊橋を対象として、測定空気力を用いた立体骨組みフラッター解析を新たに実施し、鉛直クロスステイの最適位置についてさらに詳細な検討を行うこととした。

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。鉛直クロスステイは抗圧部材（断面積は 0.01m²/本）とし、1 対の鉛直クロスステイを各側径間のみに設置するとした場合および中央径間のみ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、図-1 に示した桁断面に対する測定空気力（水平風を作用させた場合の非定常揚力と非定常空力モーメント、提供：本州四国連絡橋公団）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

(1) 側径間側のみに鉛直クロスステイを設置した場合 構造対数減衰率を $\delta_s=0$ および $\delta_s=0.02$ とした場合に得られた、鉛直クロスステイ位置 x/L_s (x は塔側からの鉛直クロスステイまでの距離、 L_s は側支間長) と連成フラッター風速 V_F の関係を図-3 に示す。

図-3 から、構造対数減衰率を $\delta_s=0.02$ と仮定した場合、 $x/L_s=0.3\sim0.6$ のいずれかの位置に鉛直クロスステイを設置すれば、 $V_F=57\text{m/s}$ であった連成フラッター風速が $V_F=62\text{m/s}$ 程度まで上昇していることがわかる。一方、構造対数減衰率を $\delta_s=0$ とした場合、 $x/L_s=0.2\sim0.6$ の位置に鉛直クロスステイを設置すれば、連成フラッター風速は $V_F=38\text{m/s}$ 程度まで大きく低下する結果となっている。これは図-4 に示した $V-\delta$ 曲線（風速と空力減衰の関係）からわかるように、 $V=38\text{m/s}\sim60\text{m/s}$ 付近の限られた風速域において空力減衰

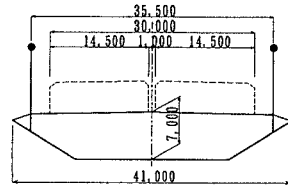


図-1 対象橋梁断面

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
補剛桁	7 m
断面2次モーメント	12 m ⁴ /Br.
純ねじり定数	160 m ⁴ /Br.
純ねじり定数	26 m ⁴ /Br.
死荷重	24 t/m/Br.
ケーブル	11 t/m/Br.
合計	35 t/m/Br.
吊橋造部重量極限値	3,300 t・m/m/Cable
ハンガー断面積	0.03 m ² /125m/Cable

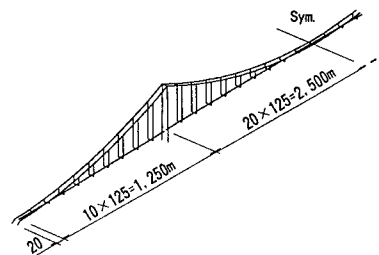


図-2 解析モデル

キーワード：超長大吊橋、クロスステイ、連成フラッター解析

〒114 東京都北区滝野川 1-3-11 TEL 03-3915-3301 FAX 03-3915-3771

が正から負へ変化したためである。これに対し、平板空気力を用いた場合の連成フラッター風速は文献 1) に示したように励振力が非常に強く、構造対数減衰率を $\delta_s=0$ から $\delta_s=0.02$ に増加させても連成フラッター風速は若干しか上昇しない。それゆえ、測定空気力を用いた場合、連成フラッター風速は構造対数減衰率によって大きく変化する可能性があり、実務設計にあたっては構造減衰の設定がきわめて重要であると言える。

(2) 中央径間側のみに鉛直クロスステイを設置した場合 次に、中央径間側の鉛直クロスステイ位置 x/L (x は塔側からの鉛直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。構造対数減衰率を $\delta_s=0$ および $\delta_s=0.02$ とした場合に得られた、鉛直クロスステイ位置 x/L と連成フラッター風速 V_F の関係を図-5 に示す。なお、参考までに、この図には平板空気力を用いた場合の解析結果も併記している。図-5 からわかるように、中央径間側のみに鉛直クロスステイを設置した場合、構造対数減衰率を $\delta_s=0$ とすれば $x/L=0.4$ なる位置で連成フラッター風速の大幅な低下が見られる。しかしながら、その他の位置に鉛直クロスステイを設置した場合には、構造対数減衰率が $\delta_s=0$ であっても連成フラッター風速に大幅な低下は認められない。すなわち、中央径間側における鉛直クロスステイの最適位置は、構造対数減衰率が $\delta_s=0$ および $\delta_s=0.02$ であっても $x/L=0.3$ 付近にあると言え、特に $\delta_s=0.02$ を仮定した場合には設置前に $V_F=57\text{m/s}$ であった連成フラッター風速が $V_F=70\text{m/s}$ まで上昇する結果が得られている。なお、平板空気力を用いた場合の最適位置は、図-5 からわかるように $x/L=0.3\sim 0.35$ 付近にあり、連成フラッター風速は $V_F=71\text{m/s}$ となっている。それゆえ、中央径間側の最適位置については作用空気力が相違（平板空気力と測定空気力）してもさほど変化せず、さらに、中央径間側の最適な位置に鉛直クロスステイを設置すれば測定空気力を作用させても連成フラッター風速はさほど低下しないと考えられる。

4. まとめ 以上より、測定空気力を作用させた場合の抗圧（両効き）鉛直クロスステイについて有用な解析データを提示できたと考えている。今後は、非抗圧（片効き）鉛直クロスステイについても同様の解析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社による共同研究「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。紙面を借りて両先生に厚く御礼申し上げます。

【参考文献】 1) 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 回年次学術講演会，I-A204，1996。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。

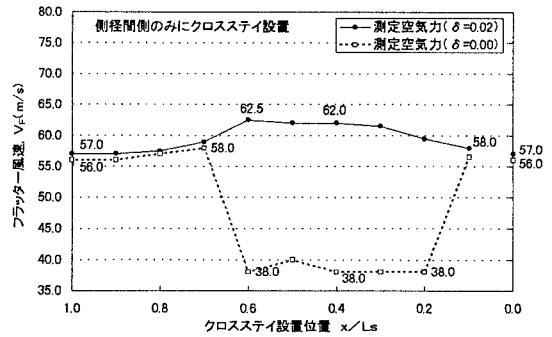


図-3 鉛直クロスステイ位置と連成フラッター風速

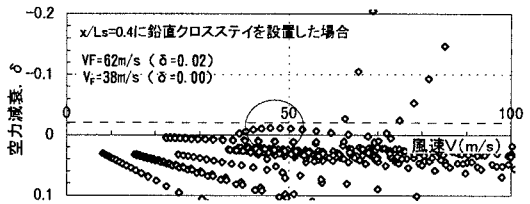


図-4 V- δ 曲線（側径間側）

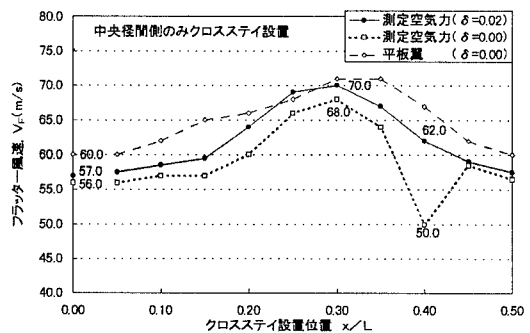


図-5 鉛直クロスステイ位置と連成フラッター風速