

I - B66

鉛直スタビライザー付偏平箱桁を有する超長大吊橋のフラッター特性

日立造船(株) 正会員 植田利夫 正会員 田中 洋 正会員 松下泰弘

1. まえがき 中央支間2500m, 全長5000mの超長大吊橋の偏平箱桁の空力特性を改善することを目的として図1に示すように桁の中央部に風抜き用の空間部を設け, その中央に鉛直スタビライザーなる耐風対策を設置することを提案⁽¹⁾してきた。そして, 桁高5mの偏平箱桁で空間部Sを3, 5, 7, 9mに変化させ, 上下突出高 $h_u = h_l = 1.5$ mの鉛直スタビライザー(以下, V.Sと称す)を設置する場合

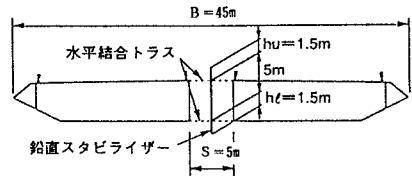


図1 鉛直スタビライザー付断面(Model A)

には, S=5mの結果がフラッター発生風速が大きく比較的良好な断面であることがわかった(Model Aと称す)。このModel Aに関してマルチモード連成フラッター解析を実施して耐風性を評価することを目的として, まず, 三分力試験を行い, 風荷重による静的変形解析結果から桁のねじれ変形を求めた。つぎに, このねじれ変形に相当する迎角状態について非定常空気力測定を行った。本稿では, この非定常空気力の特性を基本断面(V.Sなし, 空間部閉塞: Model B)および平板翼に関するTheodorsenの理論に基づく空気力と比較するとともに, ばね支持試験結果と比較するため実施した2次元フラッター解析結果を述べる。

2. 有風時の静的変形特性 図2にModel A, Bの三分力係数曲線を示す。両モデルの抗力係数 C_d は, いずれも同じ桁高で無次元化している。このため, V.Sの突出による投影面積増により $\alpha = 0^\circ$ ではModel AはModel Bに比べて C_d は大きくなっている。一方, 揚力 C_L および空力モーメント C_m は, 正負の迎角がついたときにはModel AはModel Bに比べて絶対値が大幅に低減している。水平の風($\alpha = 0^\circ$)に対して C_L および C_m はわずかに負の値を示すが, $dC_L/d\alpha$ および $dC_m/d\alpha$ は小さくなっている。風の作用による桁の静的ねじれ変形は, 中央支間中央では図3(a)のようになり, 水平の風に対しては80m/sでは -2° 程度で比較的小さい。このときの桁全体のねじれ変形は図3(b)のとおりである。全径間にわたり相対的に負の迎角が作用することになる。

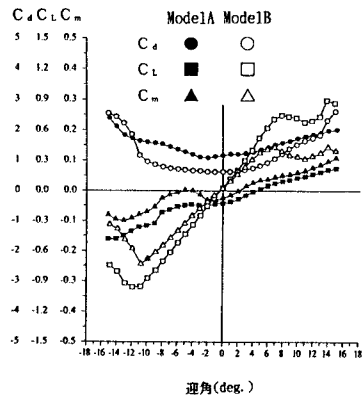
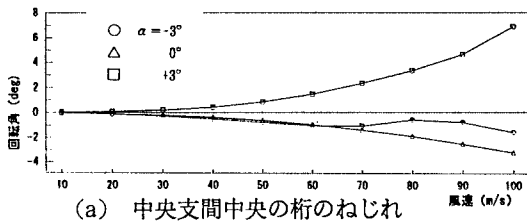
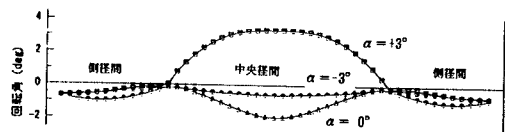


図2 三分力係数曲線



(a) 中央支間中央の桁のねじれ



(b) 80m/sでの桁全体のねじれ

図3 有風時の桁の静的ねじれ変形

3. 非定常空気力特性 100m/sまでの風が作用したときの桁の静的ねじれ変形による相対迎角を考慮して, $\alpha = -3^\circ \sim +7^\circ$ の上下・回転・水平方向の各単独加振時の非定常空気力(揚力・モーメント・抗力)を測定し, (1)式で定義するFlutter Derivatives H_j^* , A_j^* , P_j^* ($j=0 \sim 5$)を求めた。

$$\begin{aligned} L_{\alpha\alpha} &= 1/2\rho U^2 B \{k \cdot H_0^* \cdot \dot{S}/U + k \cdot H_1^* \cdot \dot{h}/U + k \cdot H_2^* \cdot B \dot{\alpha}/U + k^2 \cdot H_3^* \cdot \alpha + k^2 \cdot H_4^* \cdot h/B + k^2 \cdot H_5^* \cdot S/B\} \\ M_{\alpha\alpha} &= 1/2\rho U^2 B^2 \{k \cdot A_0^* \cdot \dot{S}/U + k \cdot A_1^* \cdot \dot{h}/U + k \cdot A_2^* \cdot B \dot{\alpha}/U + k^2 \cdot A_3^* \cdot \alpha + k^2 \cdot A_4^* \cdot h/B + k^2 \cdot A_5^* \cdot S/B\} \text{ --- (1)} \\ D_{\alpha\alpha} &= 1/2\rho U^2 A \{k \cdot P_0^* \cdot \dot{h}/U + k \cdot P_1^* \cdot \dot{S}/U + k \cdot P_2^* \cdot B \dot{\alpha}/U + k^2 \cdot P_3^* \cdot \alpha + k^2 \cdot P_4^* \cdot h/B + k^2 \cdot P_5^* \cdot S/B\} \end{aligned}$$

キーワード: 超長大吊橋, 偏平箱桁, 鉛直スタビライザー, 非定常空気力, フラッター解析

〒592 堺市築港新町1-5-1 TEL 0722-43-6807 FAX 0722-43-6834

ここに, L_{aa} , M_{aa} , D_{aa} : 非定常揚力, モーメント, 抗力 ρ : 空気密度 $k: \omega B/U$ ($\omega = 2\pi N$)

h, α, s : 上下, 回転, 水平加振変位 U : 測定風速 B : 全幅 N : 振動数

Model A について得られた結果の中, 迎角 $\alpha = 0^\circ \sim 3^\circ$ の H_1^* , A_1^* , P_1^* ($j=1\sim 3$) を図4に示す. 図中, Model B の $\alpha = 0^\circ$ の結果を●印で併記している. また, H_1^* , A_1^* ($j=1\sim 3$) については Theodorsen 理論による空気力を実線で比較している. さらに, P_1^* ($j=1\sim 3$) については (2) 式の準定常理論空気力と比較 (Model B の $\alpha = 0^\circ$ については実線, Model A の $\alpha = 0^\circ$ については1点鎖線) している.

$$P_1^* = -2/k \cdot C_d \quad P_2^* = -1/2k \cdot (dC_d/da - C_L \cdot B/A) \quad P_3^* = 1/k^2 \cdot dC_d/da \quad \text{----- (2)}$$

Model B の $\alpha = 0^\circ$ の H_1^* , A_1^* ($j=1\sim 3$) は Theodorsen 理論による空気力にほぼ近い. これは Model B のばね支持試験によるフラッター発生風速 V_F が Selberg 式による算定値 V_{Fs} とほぼ一致していたことと対応⁽¹⁾している. また, Model A, Model B の各 $\alpha = 0^\circ$ の P_1^* ($j=1\sim 3$) は準定常理論空気力とほぼ類似の傾向である.

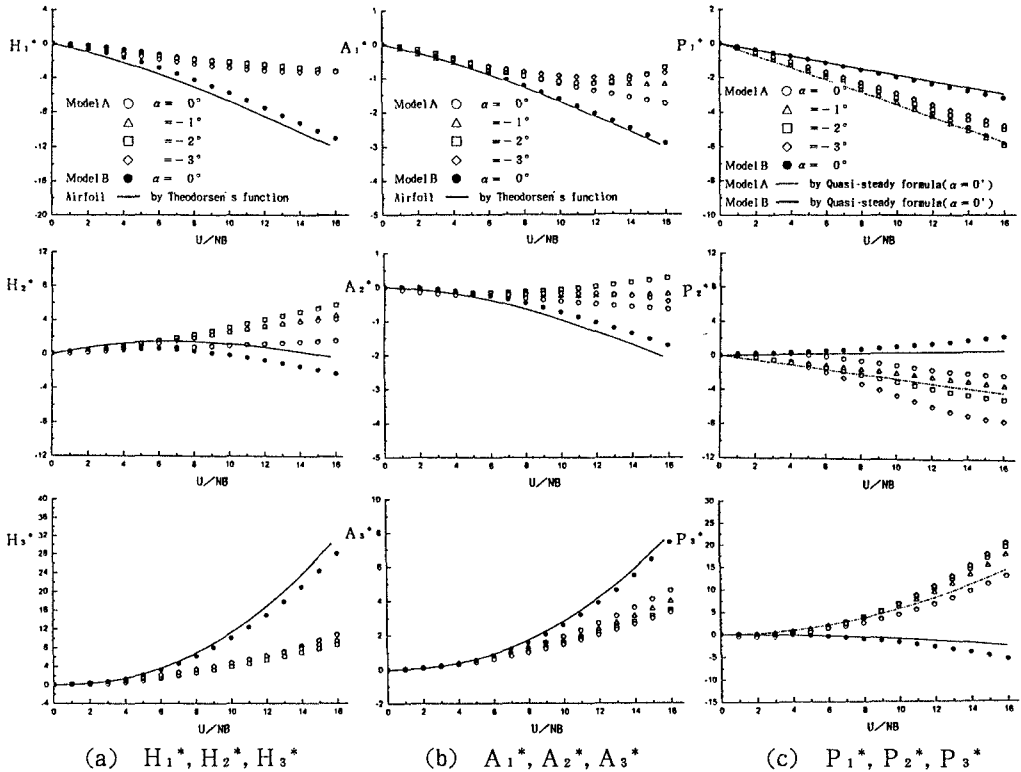


図4 Flutter Derivatives

4. 2次元フラッター解析結果 図5に $\alpha = 0^\circ, \pm 3^\circ$ のばね支持試験結果(●印)とその試験条件と同一の振動条件に対する2次元フラッター解析結果(○印)を比較して示す. 両者はほぼ一致している.

5. あとがき 今回, 初めて18個のFlutter Derivativesを測定した. 現在, これらを考慮したマルチモード連成フラッター解析を実施中である. 結果については当日発表する予定である. なお, 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」の一環として実施したものである.

参考文献 (1) 植田, 田中, 松下: 超長大吊橋の偏平箱桁の耐風性改善策, 土木学会第51回年次学術講演会概要集, I-A208, 平成8年9月

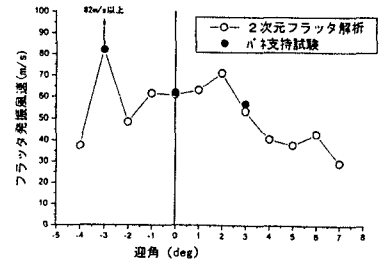


図5 2次元フラッター解析結果