

I-736

周辺地形の風特性を考慮した多々羅大橋全橋模型のガスト応答解析

(財) 海洋架橋調査会 正員 佐伯康二 建設省土木研究所 正員 佐藤弘史
 本州四国連絡橋公団 正員 勝地 弘 日立造船(株) 正員 田中 洋
 (株) ニチゾウテック 正員 畑中章秀

1. まえがき 多々羅大橋の全橋模型試験が、2種類の縮尺模型(1/70, 1/200)を用いて実施された。そして、1/200模型を用いた全橋模型試験は、周辺地形による風特性の変化を考慮するため橋梁本体のみならず周辺地形も再現した模型で実施された。風洞試験及びガスト応答解析は、種々の風向について実施されたが、本稿では、水平偏角 180° (橋軸直角)のケースについての風洞試験値と解析値との対比結果を報告する。

2. 解析方法 解析条件を表1に示す。解析に用いた気流のハワースペクトルとして、中央ハツ(L/2点)の位置で計測されたハワースペクトルに最小2乗法で適合させた値を用いる(図1)。桁位置に沿って、風速及び乱れ強さが変化し、それに応じて模型に作用する気流のハワースペクトル形状も変化する。ここでは、各桁位置で計測された気流のハワースペクトル形状がほぼ相似であることから、中央ハツの風速変動の分散値と各桁位置の分散値との比を求め、中央ハツのハワースペクトル(図1)にそれらの比を乗ずる方法を使用した。

構造減衰には、水平・鉛直たわみならびにねじれ振動の最低次モードの計測値を用いた。

静的空気力係数は、水平偏角 180° のケースについては、桁位置に沿った気流傾斜角の変化が少なく、ほぼ水平に近い気流であることから気流傾斜角 0° の値を用いた。静的空気力係数(縮尺1/45の剛模型を用いて計測)には、一様流中と乱流中のうち風洞試験値と解析値との対応の良い一様流中の値を用いた。

非定常空気力係数については、鉛直たわみ及びねじれ振動の空力減衰に関する H_1^* と A_2^* を用いている。水平たわみ振動に関する $P_i^*(i=1\sim3)$ には、準定常理論を適用している¹⁾。

変動風(主流成分: u , 鉛直成分: w)の相関性については、次式のように指数関数で近似する²⁾。

$$S_{uu}/S_u = \exp[-k \cdot (f + f_{0u}) \cdot \Delta L / U], \quad S_{ww}/S_w = \exp[-k \cdot (f + f_{0w}) \cdot \Delta L / U] \dots\dots\dots(1)$$

ここに、 S : 変動風のハワースペクトル密度関数, k : デイクイフクター, f : 周波数, ΔL : 距離, U : 風速

このうち、デイクイフクター k は、コヒーレンスの計測値を自然対数化して、最小2乗法を適用することにより、算定した。距離 ΔL の異なる数種類の計測値の平均値をとり、橋軸方向については、 $k=5$ 、鉛直方向については、 $k=8$ を採用した。 f_{0u} , f_{0w} は、周波数が0で、コヒーレンスの値が1にならない風洞試験値に合致させる補正量である。ここでは、文献2)にしたがい、Roberts & Surryの提案式と式(1)を等置して導き出される次式に依った。

$$f_{0u} = U / (1.339 \cdot k \cdot L_{y,u}), \quad f_{0w} = U / (1.339 \cdot k \cdot L_{y,w}) \dots\dots\dots(2)$$

ここに、 $L_{y,u}$, $L_{y,w}$ は、変動風の積分スケールである。表2には、風洞試験値の積分スケールならびにそれらによって算定された f_0 の値を示す。

3. 解析結果 図2に、中央ハツ(L/2点)における水平・鉛直及びねじれ変位に関する風洞試験値と解析値(f_0 を考慮)の比較図を示す。なお、ねじれ変位の平均変位については、1/200模型を用いたケースと1/70模型を用いたケースとで差があり、解析値との対応は、1/70模型の方が良好であった。これは、模型の精度あるいは風洞への設置誤差などによる静的空気力係数の相違が原因の一つと考えられる。そこで、表中の値には、解析との対応が比較的良好な1/70模型を用いた場合の風洞試験値を記載している。また、最大変位は、[1/70模型の平均変位] + [1/200模型の最大振幅]としている。

図より、水平変位と鉛直変位については、風洞試験値と解析値とで良好な一致を示している。ねじれ変位については、解析値の方が計測値よりも小さな値となっている。この誤差要因として、模型の縮尺による静的空気力係数の相違、模型が存在することによって気流傾斜角が変化することを考慮していないなどが挙げられる。

4. 結論 本稿では、周辺地形を考慮した多々羅大橋の全橋模型試験結果とガスト応答解析結果の対比を行った。気流特性については、風洞試験値を反映し、特に空間相関の評価については、文献2)の簡易式を導入した。それにより、風洞試験値に比較的良好に対応した解析値が得られた。なお、水平偏角 36° のケースについても、本論文の方法を適用して、良好な結果を得ている。講演時に両ケースの詳細を発表する予定である。

参考文献 1) 田中, 山村, 藤原, 南條: 構造工学論文集, 37A, 1991., pp.1029-1038

2) 畑中, 小笠原, 勝地, 山村: 土木学会第50回年次講演会講演概要集, 1995.

表1 解析条件

	解析条件
空気密度	$\rho = 0.131 (\text{kg} \cdot \text{s}^2 / \text{m}^4)$
べき指数	1/7
気流のハースベクトル	計測値 桁ならびに塔位置に沿った乱れの変化を考慮
ディレイファクター	橋軸方向 $\rightarrow 5$ 鉛直方向 $\rightarrow 8$
空力アドミタンス	抵抗力成分 $\rightarrow$ Davenport 揚力成分 $\rightarrow$ 横風Sears関数
構造減衰 (対数減衰率)	水平たわみ $\delta = 0.0114$ 鉛直たわみ $\delta = 0.0281$ ねじれ $\delta = 0.0354$
静的空気力係数	主塔: $C_D = 1.2, 0.6$ ケーブ: $C_D = 1.2$ 主桁: $C_D = 0.939$ $C_L = 0.0265$ $C_M = -0.0073$ $dC_D/d\alpha = 0.029$ $dC_L/d\alpha = 6.217$ $dC_M/d\alpha = 1.303$
非定常空気力係数	計測値 (H_1^* , A_2^*)
考慮する振動次数	30次

表2 積分スケールと f_0 (いずれも実橋換算値)

	気流成分	積分スケール(m)	f_0 (Hz)
橋軸方向	主流	$L_x, u = 34.6$	0.1918
	鉛直	$L_y, w = 15.2$	0.4366
鉛直方向	主流	$L_z, u = 37.9$	0.1094
	鉛直	$L_z, w = 46.6$	0.0890

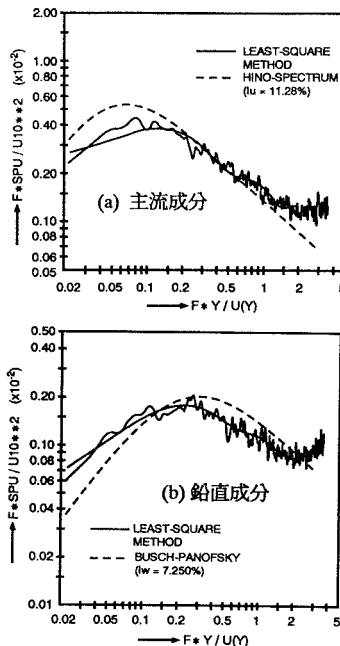


図1 気流変動のパワースペクトル

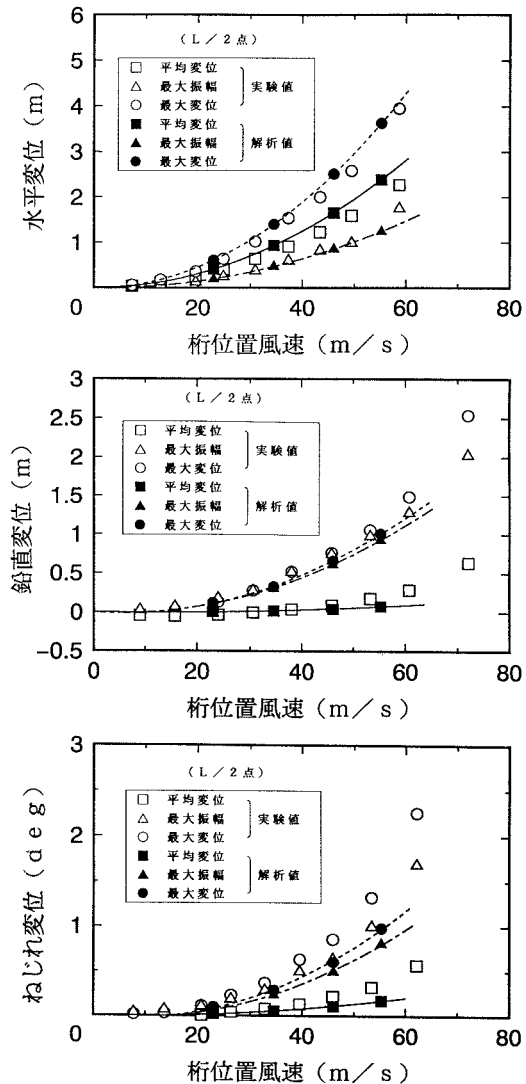


図2 風洞試験値と解析値の比較