

I - 491

明石海峡大橋全橋模型ガスト応答解析の一検討

本州四国連絡橋公団 正員 北川 信, 正員 勝地 弘

建設省土木研究所 正員 鳥海 隆一, 東京大学 正員 木村 吉郎

三井造船株式会社 正員 井上 浩男, 砂川 忠仁

1. まえがき

明石海峡大橋の境界層乱流による全橋模型風洞試験が大型風洞において実施され、そのガスト応答特性について試験結果と設計要領¹⁾による解析値との比較が試みられている²⁾。本報告では、大型風洞内の境界層乱流での気流特性をより詳しく考慮したガスト応答解析を実施し、設計要領及び風洞試験結果との比較検討を行うものである。具体的には、大型風洞気流の特性をより良く表現できる関数や実際の計測値等を導入して解析を試みたものである。

2. 解析方法

解析に考慮する乱流特性パラメータは、主に気流の空間相関特性に関連したものとし、基本的な解析手法は設計要領に準拠した。解析に用いた諸元を表-1に、大型風洞での乱流特性(中央径間 1/2点, $lu=10\%$, $\bar{U}=6.0\text{m/s}$)を図-1・2に示す。ここで、風洞気流の風速パワースペクトルは日野及び Bush&Panofskyの式を用いた。ただし、計測値を極力近似できるように、修正係数 m ・無次元振動数 f_{max} を設計要領から変更して解析に用いた。また、空間相関については大型風洞気流の計測値を設計要領での Davenport式よりも等方性乱流における von Karman のスペクトル表示に基づいた関数³⁾の方が、風洞内の空間相関特性をより正確に近似・推定できるため、後者を解析に用いた。図-3には大型風洞で計測された空力アドミッタンスを設計要領での理論式と合わせて示す。また、全橋模型で計測されたねじれのモード減衰(構造+空力)を考慮し、 $\delta=0.07$ ⁴⁾として解析を行った。

3. 解析結果

図-4~9に解析結果(中央径間 1/2点)を示す。応答変位スペクトルの比較において、水平・鉛直・ねじれの3方向共に低振動数域で約1桁の低減が見られ、風洞内の空間相関特性による影響が現れている。ただし、水平方向では全体的に減少しているのに対して、鉛直・ねじれ方向では高振動数域で逆転する傾向にある。これは空力アドミッタンスの計測値が理論式と異なり高振動数域でピークを持つため、その影響が現れたものと推測できる。また、ねじれ方向では減衰率によるピークの減少が見られる。風洞試験結果との比較では、平均変位・最大振幅共に概ね一致している。表-2に示した応答変位の比較から、空間相関による最大振幅(ガスト増分)の減少は、特に水平方向で顕著に見られ(約4割)、鉛直・ねじれ方向に比べ2倍の効果となっている。また、ねじれ方向では空間相関よりも減衰率の変化による影響が大きく現れている。

4. まとめ

境界層乱流での気流特性に着目したガスト応答解析を実施した結果、空間相関特性の影響(特に低振動数域の評価)により、水平方向の最大振幅で約5割の低減が確認でき、また風洞試験結果とも比較的良好一致が得られた。今後の検討課題では、実橋の自然風によるガスト応答特性の推定の際の空間相関特性の評価、有風時での変形(固有値・モード・三分力係数等の変化)の影響度の把握等が挙げられる。

なお、本解析は本州四国連絡橋公団耐風委員会風洞試験作業班(主査:建設省土木研究所佐藤弘史構造研究室長)での検討の一環として行われたものである。

参考文献 1)本州四国連絡橋公団:明石海峡大橋耐風設計要領・同解説、平成2年2月

2)勝地ほか:「明石海峡大橋全橋模型風洞試験におけるガスト応答特性」、1993.9、I-350

3)Irwin, H. P. A. H.: Wind tunnel and analytical investigations of the response of Lions' Gate Bridge to a turbulent wind, National Research Council Canada, NAE-LTR-LA-210, 1977

4)本州四国連絡橋公団:大型風洞試験作業班検討報告書、平成4年3月

表-1 ガスト応答解析諸元

		ケース1 本解析ケース	ケース2 設計要領 ¹⁾
風速鉛直べき指数		1/8	
基本風速		4.6 m/s	
風速ハザード		計測近似スペクトル	
空気密度		0.128 kg・s ² /m ⁴	
評価時間		60.0 sec	
空間相関		Karman式	Davenport式
空力	水平	計測値	Davenport関数
7トミナシ	その他	計測値	Sears関数
構造減衰	たわみ	0.03	0.03
	ねじれ	0.07	0.02
三分力係数 ²⁾		C _s =2.0398 C _i =0.0209, dC _i /dα=1.2650 C _a =0.0100, dC _a /dα=0.3345	

表-2 応答変位比較（中央径間1/2点）

		平均変位	最大振幅	最大変位
水平方向	本解析ケース		38.4	218.8
	設計要領	180.4	83.1	263.5
	比較計算 ³⁾		46.2	226.5
鉛直方向	本解析ケース		11.1	12.0
	設計要領	0.9	13.0	13.9
	比較計算 ³⁾		10.0	10.9
ねじれ方向	本解析ケース		1.5	-3.8
	設計要領	-2.3	2.9	-5.2
	比較計算 ³⁾		2.5	-4.8

注) 1):設計要領に準拠した解析（表-1）

2):全構模型諸元での値（表-1）

3):空間相関だけを変更したケース（表-2）

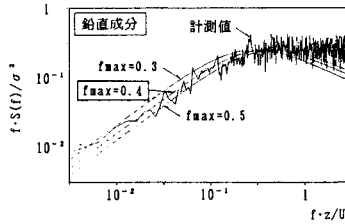
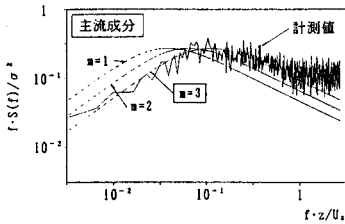


図-1 風速ハザード

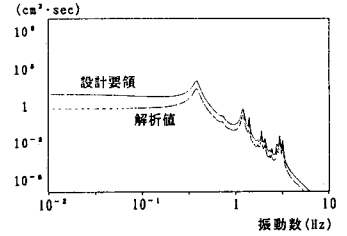


図-4 応答変位スペクトル(水平方向)

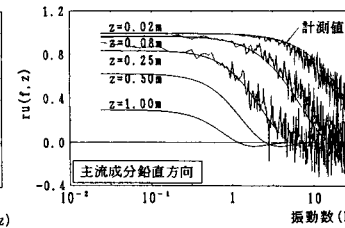
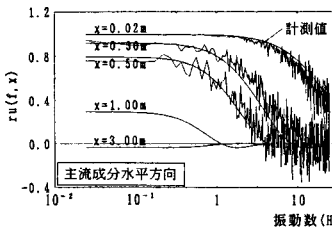


図-2 空間相関特性

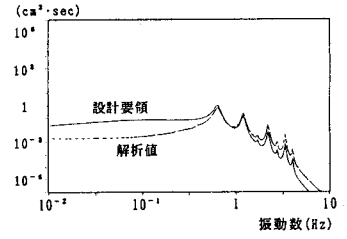


図-5 応答変位スペクトル(鉛直方向)

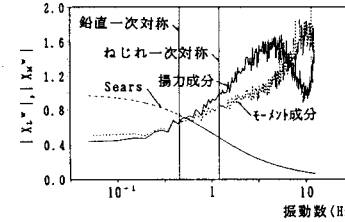
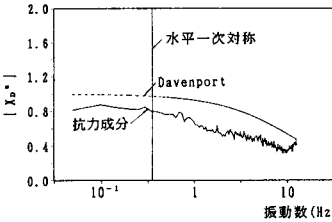


図-3 空力7トミナシ

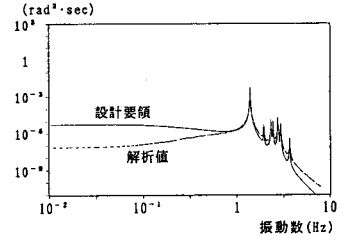


図-6 応答変位スペクトル(ねじれ方向)

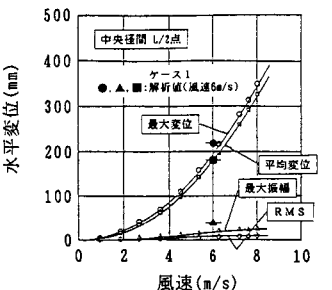


図-7 応答変位(水平方向)

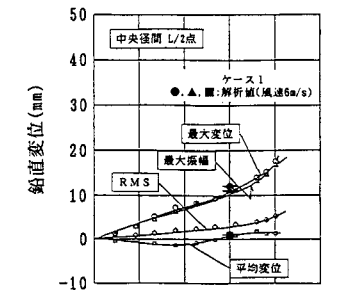


図-8 応答変位(鉛直方向)

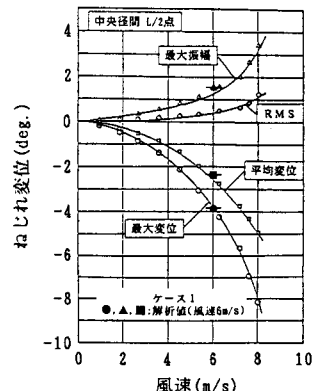


図-9 応答変位(ねじれ方向)