

I - 350

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

本州四国連絡橋公団 正員 勝地 弘、正員 保田雅彦、正員 鈴木周一
建設省土木研究所 正員 佐藤弘史、正員 鳥海隆一

1. まえがき

明石海峡大橋の全橋模型を用いた境界層乱流による風洞試験を実施した。これは、明石海峡大橋の耐風安定性を部分模型風洞試験に加えて、全橋模型風洞試験によって精度よく照査するためと、長大橋の合理的耐風設計法を検討する目的で実施している大型風洞試験の一試験項目であり、これまでに一様流試験について報告している。^{1), 2)} ここでは、境界層乱流による全橋模型風洞試験結果をガスト応答解析値と比較検討した結果について報告する。なお、一連の大型風洞試験は、建設省土木研究所との共同研究で実施しているものである。

2. 試験方法及び解析方法

全橋模型は、明石海峡大橋の縮尺1/100の空力弾性模型を使用し、風洞はつくばの大型風洞施設を使用した。³⁾ また、試験に用いた乱流は、スパイヤとラフネスブロックの併用による2種類の境界層乱流であり⁴⁾、気流諸元を表-1、図-1に示す。図-1の中には、明石海峡大橋耐風設計要領で規定する日野のスペクトル（主流方向）及びBush&Panofskyのスペクトル（鉛直方向）を合わせて示す。また、ガスト応答解析は、乱流試験結果と対比させるため、風洞気流条件及び模型諸元を考慮して行った（表-2参照）。

3. 試験結果

図-2～7に模型の応答変位（中央径間1/2点）とガスト応答解析結果を示す。ここで応答変位の評価時間は1分（実橋での10分に相当）とし、測定変位の評価は15回の測定値をアンサンブル平均して行った。

①ガスト応答特性

まず、模型の応答特性であるが、表-3に明石海峡大橋の設計基準風速 60m/sに対応する風速での各方向の変位応答倍率（最大変位／平均変位）を示す。ここで特徴的なことは水平（抗力）方向の倍率が小さいことがあげられる。図中に示したガスト応答解析値との比較でもわかるように、解析では1.3程度の値が得られているのに対し、測定値はかなり小さくなっている。また、水平方向の測定値と解析値とを比較すると、測定値の平均変位が大きく、最大振幅が小さい（合計の最大変位がほぼ一致する）結果となっている。一方、鉛直、ねじれ変位については、概ね解析値と一致していると言える。この水平方向の挙動が解析値と異なる理由について、ガスト応答解析において、いくつかの入力パラメータを変化させて検討を行った。

②パラメトリック解析

比較解析で着目したパラメータとしては、気流のパワースペクトル、ディクイファクター、解析モード次数とした。表-4にそれぞれのケースの解析結果を示す。パワースペクトルの影響は、低次モード領域で測定値の方がパワーが低いいため、日野のスペクトルを用いたケースの方がむしろ大きな応答となっている。ディクイファクターの影響は、20にすると振幅はかなり低下するが、測定値にまでには至っていない。また、解析次数の影響は、ここではほとんど見られない。さらに、水平方向の平均変位がガスト解析値、さらには一様流応答と異なる原因について、風速のべき指数に着目して検討したが、有意な差は得られなかった。

4. あとがき

明石海峡大橋全橋模型風洞試験結果のうち、乱流試験の主要結果をガスト応答解析値と比較して検討した。特に、水平方向のガスト応答が小さいこと、及びガスト応答解析値と異なることについては、引き続き検討を行っており、最終的にはこれらを含めて実橋の耐風性の評価、長大吊橋のガスト応答特性等を明らかにしていく予定である。なお、本報告は本州四国連絡橋耐風委員会（委員長：宮田横浜国立大教授）及び同風洞試験作業班での審議をもとにとりまとめたものである。

<参考文献>

- 1) 2) いずれも土木学会第47回年次学術講演会講演概要集、1992.9、I-256、257
- 3) 勝地ほか、「超長大橋梁の耐風安全性に関する大型風洞試験」、土木学会構造工学論文集、Vol. 38A、1992.3
- 4) 鈴木ほか、「大型風洞施設における境界層乱流の生成」、1992.9、I-270

表-1 試験に用いた乱流特性

	気流：A	気流：B
乱れ強さ I_u	6.5%	9.5%
乱れ強さ I_v	5.5%	6.8%
べき指数	1/9	1/5
乱れの L_{ux}	0.7 m	1 m
乱れの L_{vy}	0.3 m	0.4 m
ディレイ k_{uy}	5~7	5~8
フッカー k_{uz}	5~7	5~7

*中央径間補剛桁位置の平均的な値

表-2 ガスト応答解析諸元

風速鉛直べき指数	1/8
基本風速	4.6 m/s
気流ハラスメント	測定システム
空気密度	0.12 kg・s ³ /m ⁴
評価時間	60.0 sec
ディレイファクター	Kx=Ky=8
空力係数	水平：タペーン・ポート関数 70°ミックス その他：70°ポート関数
構造減衰	たわみ $\delta=0.03$ ねじれ $\delta=0.02$
三分力係数	$C_D=1.828$ $C_L=0.0942$, $dC_L/d\alpha=1.905$ $C_M=0.0104$, $dC_M/d\alpha=0.2717$
解析モード次数	25次

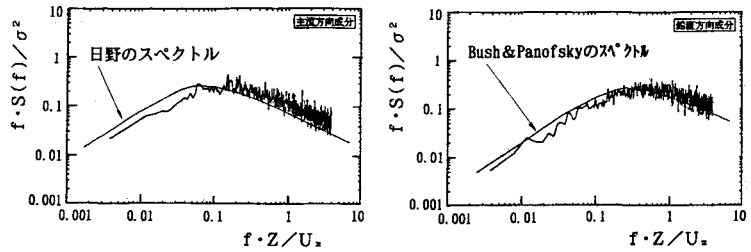


図-1 風洞気流ハラスメント

表-3 ガスト応答倍率

	水平	鉛直	ねじれ
基本断面			
気流A 中央L/2	1.06	4.31	1.55
側L/2	1.14	2.10	3.04
気流B 中央L/2	1.10	5.07	1.65
側L/2	1.22	2.21	3.22
改良断面			
気流A 中央L/2	1.05	3.19	1.38
側L/2	1.13	2.14	2.86
気流B 中央L/2	1.10	3.66	1.55
側L/2	1.22	2.41	2.95

*測定風速 気流A：5.7m/s、気流B：6.3m/s

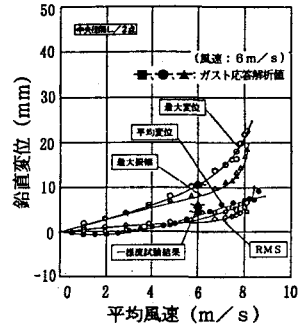


図-4 応答変位(気流A、鉛直変位)

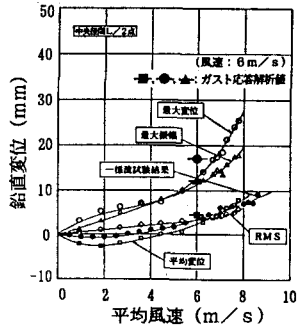


図-5 応答変位(気流B、鉛直変位)

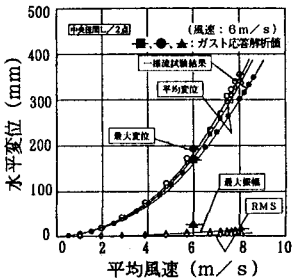


図-2 応答変位(気流A、水平変位)

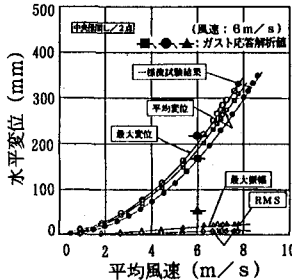


図-3 応答変位(気流B、水平変位)

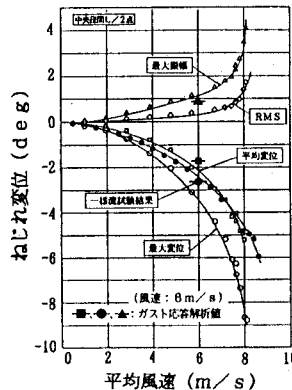


図-6 応答変位(気流A、ねじれ変位)

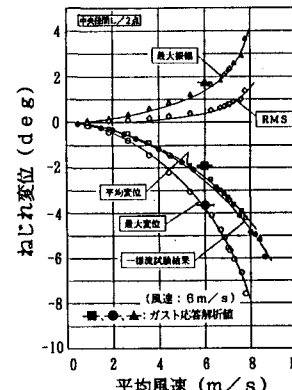


図-7 応答変位(気流B、ねじれ変位)

表-4 パラメトリック解析結果(気流B)

着目パラメータ	平均応答	最大振幅	最大応答
基本ケース	167.5	51.9	219.5
気流ハラスメント →日野システム	167.3	61.1	228.4
ディレイファクター →Kx=Ky=20	167.5	34.5	202.0
解析モード次数 →50次	168.1	51.6	219.7
静的解析 →べき指数:1/5	170.6		

(単位:mm)