

海洋架橋調査会	正会員 佐伯 康二	海洋架橋調査会	村田 守
本州四国連絡橋公団	正会員 北川 信	本州四国連絡橋公団	正会員 金崎 智樹
建設省土木研究所	正会員 日下部 毅明	NKK	正会員 加藤 真志

1. まえがき

多々羅大橋は本州四国連絡橋尾道-今治ルートを生口島と大三島を結ぶ、中央径間 890m の長大斜張橋である。斜張橋はケーブルの振動により橋梁全体の振動特性が複雑になることから、対風挙動に関して十分に検討を行う必要がある。本四公団では本橋の耐風安定性を照査するため、建設省土木研究所構内に設置された大型風洞において、全橋模型風洞試験を実施している。本報告は、この風洞試験によって得られた結果のうち、ガスト応答について報告するものである。なお、一連の試験は建設省土木研究所と本四公団とによる共同研究の一環として行われたものである。

2. 試験概要

大型風洞試験に用いた全橋模型は、実橋の 1/70 の縮尺の 3 次元弾性模型であり(図 1)、完成状態と架設状態の 2 つの系に対して試験を行った。なお、完成系と架設系ではデータ整理の都合で異なる断面形状のデータを使った(図 2)。この 2 つの系に対して、スパイアとラフネス・ブロックを併用して発生させた表 1 に示す特性を持った 3 種類の境界層乱流中でガスト応答を調べた。

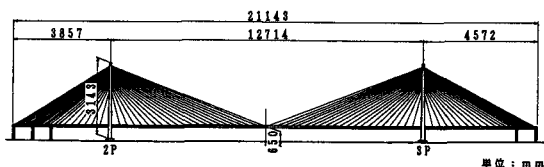
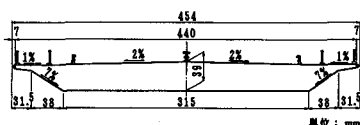
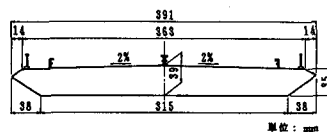


図 1 多々羅大橋全橋模型一般図



完成系(完成供用断面)



架設系(暫定供用断面)

図 2 模型主桁断面

3. 試験結果および考察

(1) 風速と rms との関係

図 3 に水平ガスト応答の rms 値が風速とともにどのように変化するかを示した。rms 値は平均値回りの変動に対する値をとっている。概ね風速の二乗に比例して rms 値も増加していくが、風速の増加とともにその増加率は少しずつ減少してくる。本文では割愛しているが、この傾向は鉛直成分の方が顕著である。この原因は、風速増加に伴う空力減衰の増加、高風速時に顕著になるケーブルの振動に伴う一般化質量の増加、システム・ダンピングの増加によるものと考えられる。

(2) 乱れ強度と rms の関係

図 4 に設計風速における水平ガスト応答の rms 値と乱れ強度の関係を示した。この図から rms 値は、予想される通り気流の乱れ強度に比例していることがわかる。

(3) 風速とガスト・ファクターの関係

図 5 に水平ガスト応答のガスト・ファクターの風速に対する変化を示した。ガスト・ファクター(G)は、次式で定義している。

ガスト・ファクター(G) = 応答の最大値 / 応答の平均値

なお、図に示した値は、実時間で 10 分間に相当する間で観測された G の値の 10 サンプル分のアンサンプル平均である。次項のピーク・ファクターも同様である。

図より、低風速域で多少大きな値を示すが、風速の増加とともに低下し、1.13 ~ 1.17 程度の値に漸近する。この差は乱れ強度(Iu)により、Iu が大きい方が大きな値となっているが、G でみたときは有効数字の 3 桁目が異なる程度である。

(4) 風速とピーク・ファクターの関係

図 6 に水平ガスト応答のピーク・ファクター(g)の風速に対する変化を示した。ピーク・ファクターの定義は、次式による。

ピーク・ファクター(g) = 最大振幅 / rms

表 1 境界層乱流の種類

	主流方向乱れ強度 Iu (%)	鉛直方向乱れ強度 Iw (%)	べき指数 1/n
乱流 I	6.8	5.4	1/20.7
乱流 II	9.6	5.8	1/7.48
乱流 III	18.4	7.6	1/6.22

ピーク・ファクターもガスト・ファクターと同様な傾向を示しており、概ね $g = 3.0$ に漸近している。この値は、参考文献1に述べられている値とほぼ同じ値となっている。

4. 解析値との比較

明石耐風要領²に基づき、設計風速時（完成時 5.42m/s、架設時 4.24m/s）のガスト応答解析を行った。ただし、大型風洞の測定値に基づいた乱流特性（乱流スペクトル、風速・乱れ分布）を用いた点が要領と異なる。結果を表2の基本解析として示すが、この基本解析値は実験値を大きく上回る結果となったため、その要因を調べるため目的で、いくつかのパラメータを変え、その影響を調べた。これらの結果も表2に併せ示した。考慮したパラメータは、1)コヒーレンス：大型風洞の空間相関特性をより正確に表現可能な von Karman スペクトル表示に基づく式³を要領の Davenport 式に替え使用、2)乱流空力係数：3分力係数を乱流中のものとした、3)ケーブル：桁の空力アドミッタンスにケーブルの空間的広がりを考慮、である。このなかでは、コヒーレンスの影響が最も大きく、3パラメータ全てを考慮すると、完成系で少し差が見られるが、おおむね実験値と同程度の値となる。なお、鉛直、ねじれガストについても同様な結果が得られている。

5. まとめ

- 1) 水平ガスト・ファクターは 1.15、ピーク・ファクターは 3.0 程度である。
- 2) 明石耐風要領によるガスト応答推定値は実験値より大きな値となったが、実験条件を考慮するとおおむね一致する結果となった。
- 3) 今後は、本検討をふまえた実橋でのガスト応答特性の検討が必要と考える。

参考文献 1) 岡内 功、他：耐風構造、p.314、丸善、昭和 52 2) 明石海峡大橋耐風設計要領・同解説、本四公団、平成 2 年 2 月 3) H.P.A.H. Irwin: Wind Tunnel and Analytical Investigations of the Response of Lions' Gate Bridge to a Turbulent Wind, NRC Report LTR-LA-210, 1977

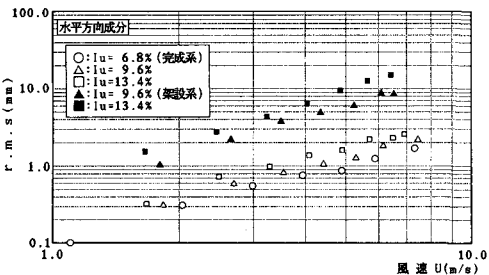


図3 風速と r.m.s. の関係

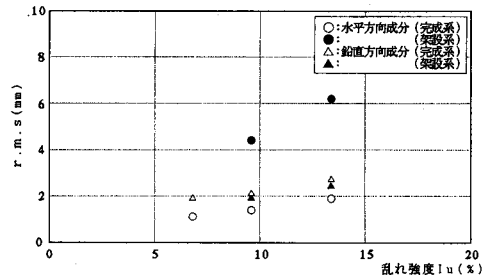


図4 乱れ強度と r.m.s. の関係

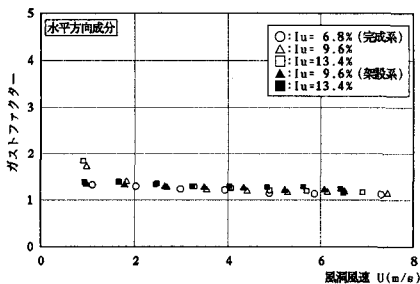


図5 風速とガスト・ファクターの関係

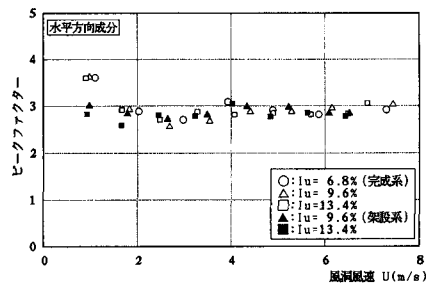


図6 風速とピーク・ファクターの関係

表2 解析値との比較（水平ガスト応答）

完成系			架設系		
	r.m.s. (mm)	最大振幅 (mm)		r.m.s. (mm)	最大振幅 (mm)
実験値	1.35	3.90	実験値	4.70	13.92
基本解析	6.44	19.27	基本解析	13.21	37.30
コヒーレンス	2.41	7.22	コヒーレンス	5.26	14.90
乱流空力係数	6.02	18.00	乱流空力係数	12.08	34.15
ケーブル	5.90	17.62	ケーブル	12.23	34.53
全て考慮	2.03	6.08	全て考慮	4.38	12.42