

I-734

空間相関特性が長大橋のガスト応答に与える影響の検討

本州四国連絡橋公団 正員 勝地 弘 本州四国連絡橋公団 正員 北川 信
 本州四国連絡橋公団 正員 金崎 智樹 本州四国連絡橋公団 正員 鳥海 隆一
 本州四国連絡橋公団 正員 大谷 康史

1. まえがき: 長大橋の耐風設計において、風荷重の算定は平均風速成分に風のガストの影響を静的に考慮して行っている。静的な考慮とは、ガスト応答解析の結果得られた最大期待値と平均応答値との比を補正係数とし、平均風速成分に乗じることで行っている。近年、橋梁の長大化が進み、風荷重が構造断面を決定する事例も見られるようになってきた。従って、精度の高いガスト応答解析が合理的な耐風設計へつながることとなる。ここでは、橋梁のガスト応答解析を行う際の空間相関関数として、従来から使われている指数関数を最近話題に取り上げられている von Karman スペクトルによる知識スペクトル表示に基づく関数(以下、カルマンタイプという)^[1~4]に変更した場合に、応答値へ与える影響度をいくつかの橋梁を対象に行ったケーススタディの結果を述べる。

2. 検討方法: 本検討におけるガスト応答解析は、変動風のスペクトルを基に空力アトミックス、効力アトミックスなどの変換数を経て応答値のスペクトルを算出する、いわゆる周波数領域での解析手法^[5]を用いた。また、応答値の比較を行った空間相関関数は、指数関数(式(1))とカルマンタイプの関数(式(2))の2つである。

$$R_u(\omega) = \exp(-k \frac{\Delta L \cdot \omega}{2\pi \cdot U}) \cdots (1) \quad R_u(\omega) = \frac{2^{1/6}}{\Gamma(5/6)} [\eta^{5/6} K_{5/6}(\eta) - \frac{\eta^{11/6}}{2} K_{11/6}(\eta)] \cdots (2)$$

$$\eta = \frac{\Delta L}{Lu} B1 \sqrt{1 + (\omega/B1)^2 (Lu/U)^2}, \quad B1 = \sqrt{\Gamma(5/6)} \Gamma(1/3)$$

ここで、 k :デカイファクター、 ΔL :2点間の距離、 U :風速、 Γ :ガンマ関数、 K_n :第2種変形ベッセル関数、 Lu :乱れのスケール。対象とした橋梁は、表-1に示す5橋、南備讃瀬戸大橋、来島第三大橋、明石海峡大橋、2500m級箱桁吊橋、2500m級トラス桁吊橋である。解析は、それぞれの橋梁での設計基準風速時とし、解析諸元はそれぞれの橋梁での設計(想定)諸元とした。変動風スペクトルは、主流方向に対して日野スペクトル、鉛直方向に対して Bush&Panofsky スペクトルを適用した。また、空力アトミックスには、抗力方向に Davenport 式、揚力、空力モーメント方向に Sears 関数を適用した。

3. 解析結果: 図-1に水平変位、鉛直変位およびねじれ変位に関して、空間相関関数を式(1)から式(2)に変更した場合のガスト応答最大振幅値の低減率を示す。なお、横軸は、最低次モードの応答が卓越するため、各橋梁の着目方向の最低次固有振動数とした。図より、基本的に振動数の低下とともに、また着目方向に関わらず低減率が小さくなっていることがわかる。ただし、ねじれ変位に関しては、振動数の低下に伴う応答値の低減はそれほど顕著ではない。このことは、式(1)、(2)の特性から理解される。すなわち、図-2に ΔL を変化させた場合の式(1)、(2)による相関係数を示すが、まず式(2)では振動数がゼロでも相関が1以下となるのが特徴的である。さらに、式(1)よりも式(2)による相関係数の方が全体的に小さいことに加えて、振動数が低くなるほどその傾向が顕著である。このことから、式(2)による応答値が式(1)によるものよりも小さく、かつ振動数の低下に伴って応答値の低減率が大きくなったと考えられる。

次に、図-1と同様に整理した水平曲げモーメント及び水平せん断力に関する低減率を図-3に示す。全体的に応答の低減が認められるが、変位の場合とは異なり、振動数の変化による低減率の変化はほとんど認められない。これは、モーメント、せん断力に対しては高次モードの寄与が大きいため、インデックスとした最低次モード(水平)の振動数が必ずしも適切でないためである。

4. まとめ: 長大橋の風荷重の算定は、ガスト応答解析で得られた水平曲げモーメント、水平せん断力などの応答倍率を平均風速による風荷重に乗じることで行っている。したがって、カルマンタイプの空間相関関数の

適用によって応答値が低減することは風荷重の低減につながり、合理的な設計への可能性も示唆される。

以上の結果は、変動風の空間相関が、式(1)よりも式(2)によってより正確に表現できるという仮定の基に成り立っている。図-4に大鳴門橋で計測した空間相関特性の一例を示すが、図より自然風に対しても式(2)によるカルマンタイプの空間相関関数の方がよい近似を与えることがわかる。今後は、自然風のより詳細な空間相関特性を調査することが必要である。

【参考文献】

- [1] John B. Roberts and David Surry, "Coherence of Grid-Generated Turbulence", *Journal of the Engineering Mechanics Division*, 1973
- [2] H.P.A.H. Irwin, "Wind Tunnel and Analytical Investigations of the Response of Lions' Gate Bridge to a Turbulent Wind", *Laboratory Technical Report*, NRCC, June, 1977
- [3] 金崎、宮田、北川、鳥海、井上：明石海峡大橋全橋模型ガスト応答特性の一検討、第13回風工学シンポジウム論文集、1994.12
- [4] 勝地、北川、佐藤、加藤：長大斜張橋に対するガスト応答解析手法に関する検討、構造工學論文集Ⅱ、Vol.41A、1995.3
- [5] 明石海峡大橋耐風設計要領：本州四国連絡橋公団、1990.2

表-1 対象橋梁の主要諸元及び解析諸元

	南備讃瀬戸	来島第3	明石海峡	2500m箱桁	2500mトラス
中央スパン長	1100m	1030m	1990m	2500m	2500m
水平1次	0.076Hz	0.068Hz	0.038Hz	0.034Hz	0.033Hz
鉛直1次	0.166Hz	0.158Hz	0.064Hz	0.056Hz	0.053Hz
ねじれ1次	0.329Hz	0.367Hz	0.140Hz	0.151Hz	0.133Hz
設計基準風速	58m/s	53m/s	60m/s	65m/s	66m/s
べき指数	1/7	1/7	1/8	1/8	1/8
テイラーファクター	7	8	8	8	8
L _y =L _z	(乱れのスケール)		60m		
L _{yw} =L _{zw}	(乱れのスケール)		40m		
解析モード	水平:100次		鉛直・ねじれ:200次		

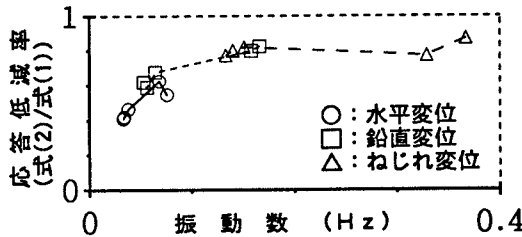


図-1 ガスト応答値の低減率(1)

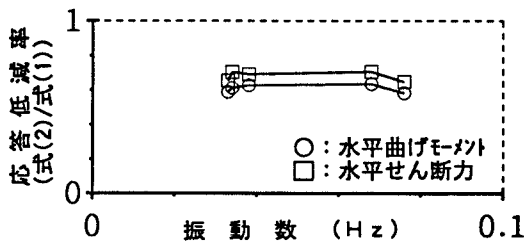


図-3 ガスト応答値の低減率(2)

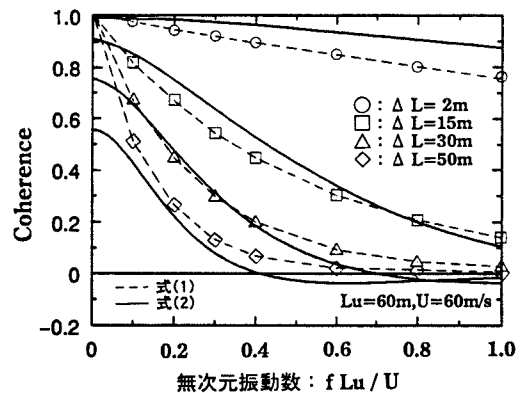


図-2 空間相関特性の比較

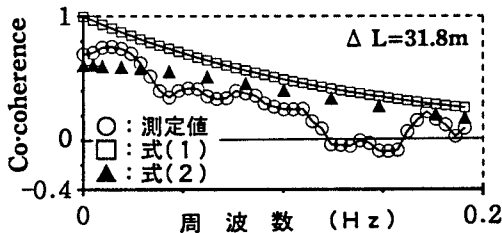


図-4 (1) 自然風の空間相関特性

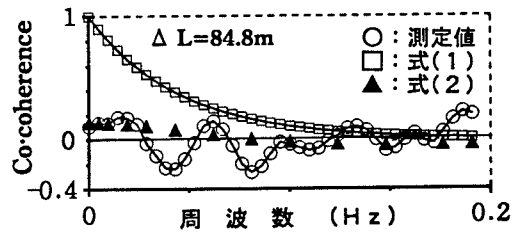


図-4 (2) 自然風の空間相関特性