

主流・鉛直風速変動クロススペクトルの解析とガスト応答への影響

横浜国立大学 正会員 勝地 弘 横浜国立大学 正会員 宮田利雄
横浜国立大学 フェロー 山田 均 (株)宮地鉄工所 堀 大佑
本州四国連絡橋公団 正会員 古屋信明

1. はじめに

本研究は、1996年に大鳴門橋で観測された季節風と台風の観測記録をもとに、主流風速変動(u)と鉛直風速変動(w)間のクロススペクトル(以下、 uw クロススペクトルという)を解析したものである。 uw クロススペクトルは、長大橋の耐風設計において、あまり重要視されていないが、Kaimal の提案式に従うと、鉛直とねじれガスト応答変位に10%前後の差をもたらすという報告¹⁾もあることから、本研究の対象とした。

2. 計測と解析の概要

強風の計測は、大鳴門橋の中央径間中央付近の補剛桁上(海面より 73.0m)に設置された超音波風速計(サンプリング間隔 0.05sec)で行われた。データは、他のデータとともに10分間ごとに1ファイルに保存される。表-1に解析を行った強風データ12ケースを日別の3ケースにまとめた諸元を示す(表は、日毎の諸元の範囲を示す)。

解析は、1ファイル(12,000 個の時系列データ)から、2,048 個ずつ、ずらしながら5つの 4,096 個のデータを作り、それぞれを FFT 解析し、5個の平均を取ることで1ファイル(10分間)の解析値とした。

表-1 解析データの諸元

観測年月日 (強風種別)	データ ファイル数	平均風速 (m/s)	最大風速 (m/s)	乱れ強さ	
				主 流 (%)	鉛 直 (%)
3/17, 1996(季節風)	3 × 10 分間	22.3 – 22.9	24.4 – 24.7	1.9 – 2.4	1.1 – 1.2
3/30, 1996(季節風)	3 × 10 分間	20.6 – 22.2	22.9 – 24.9	3.2 – 5.2	1.3 – 1.9
8/14, 1996(台風)	6 × 10 分間	32.7 – 35.3	41.6 – 50.0	6.6 – 9.8	3.7 – 4.5

3. 解析結果

まず、図-1, 2に主流および鉛直成分のパワースペクトル密度(PSD)を示す。それぞれの図は、表-1に示す日毎にさらに平均化を行ったものである。また、図中の点線は本州四国連絡橋での設計値、日野(主流)および Bush&Panofsky(鉛直)のスペクトルを示す。

主流成分 PSD, S_{uu} は、季節風ではピーク振動数付近から低振動数領域でのパワーが設計値よりも低くなっている。また、台風ではピーク振動数が設計値と比べて低振動数側へずれていることがわかる。鉛直成分 PSD, S_{ww} は、季節風では S_{uu} と同様にピークから低振動数領域でパワーが低いが、台風ではわずかにピークが高振動数側へずれているが、ほぼ設計値に近いものとなっている。

次に、 uw クロススペクトルの解析結果を図-3に示す。 S_{uu} , S_{ww} と同様に日毎に平均化を行ったものである。図中の実線は実数成分(コスペクトル)、点線は虚数成分(クオドスペクトル)、鎖線は、次の Kaimal のコスペクトル提案式をそれぞれ示す。

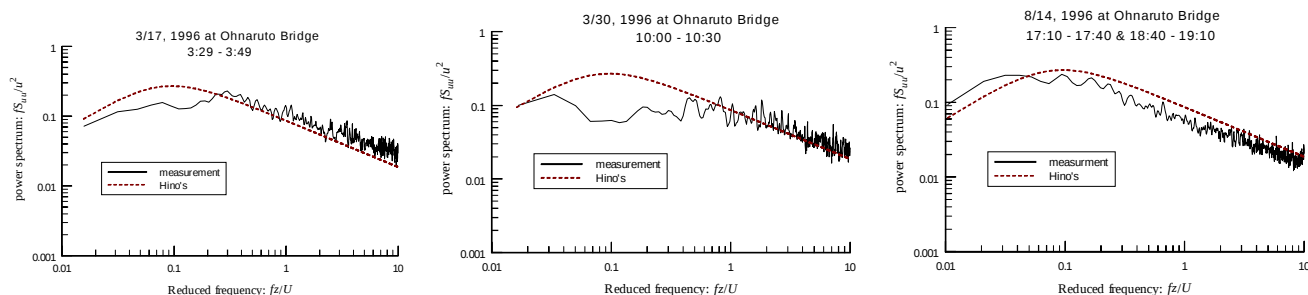
$$C_{uw}(f) = -\frac{14zu_*^3}{U(1+9.6fz/U)^{2.4}} \quad (1)$$

ここで、 f , z , U はそれぞれ振動数、高さ、平均風速を表し、 u_*^2 は摩擦速度($=6\overline{u'^2}$ を仮定)を表す。

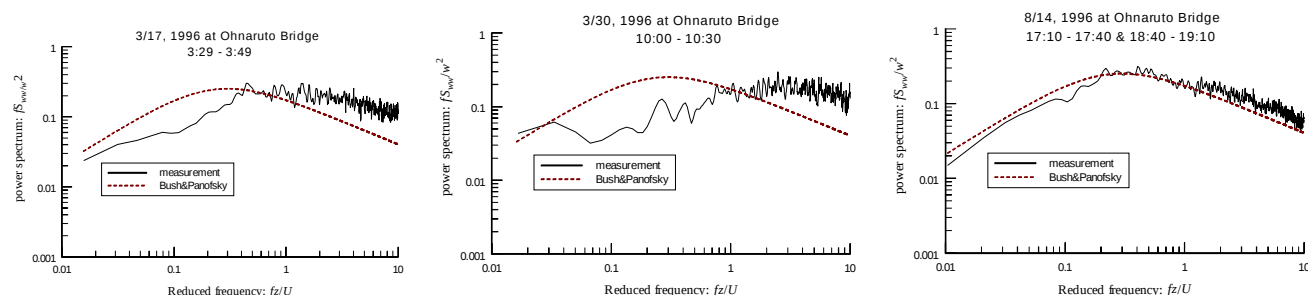
図-3より、季節風(3/17)では無次元振動数 0.3 あたりから、また季節風(3/30)では同 0.5 あたりから低い振動数領域でパワーが落ち、Kaimal の提案式との差が大きくなることがわかる。これは、 S_{uu} , S_{ww} のパワーが低下し、設計値との差が大きくなる振動数領域とほぼ一致していると言える。また、台風(8/14)では、無次元振動数 0.2 あたりの振動数からパワーが落ち、Kaimal の提案式との差が大きくなる。これは、見方によっては、 S_{ww} (および S_{uu}) が設計値より小さくなる振動数とほぼ同じであると言える。

キーワード: uw クロススペクトル, ガスト応答, 長大橋

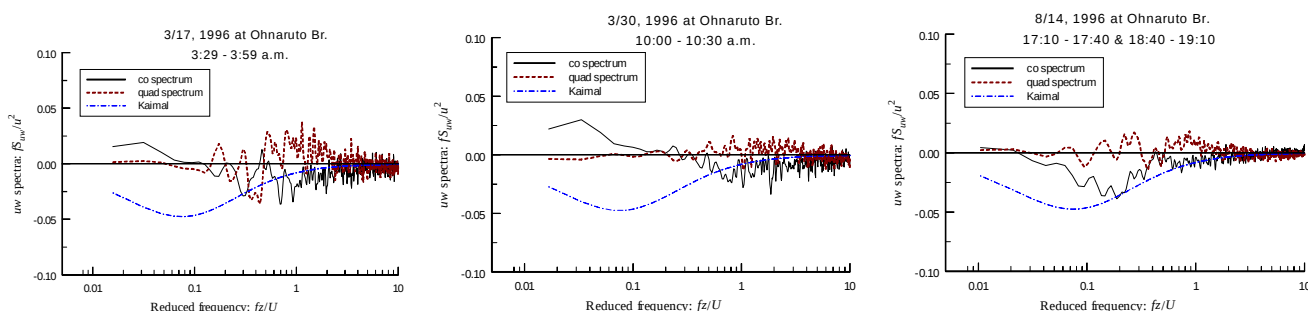
連絡先: 〒240-8501 横浜市長谷区常盤台79-5 TEL 045-339-4040, FAX 045-331-1707



図－1 主流成分パワースペクトル密度



図－2 鉛直成分パワースペクトル密度



図－3 主流・鉛直成分間クロススペクトル密度

次に、 uw クロススペクトル(C_{uw})が長大吊橋のガスト応答に与える影響について調査した。ここでは、文献1での明石海峡大橋を対象として、図－3の結果を基に表－2に示す4ケースの解析を行った。表－2に鉛直、水平、ねじれのガスト応答変位を、 $C_{uw} = 0$ のケースを1として比較した。表－2より、 uw クロススペクトル(C_{uw})は、文献1にも示されているように鉛直変位を低減させ、ねじれを増大させる。さらに、[3]、[4]から、ガスト応答変位を支配する鉛直とねじれの最低次固有振動数で C_{uw} を考慮するか、しないかが、結局は応答の違いとなって現れると考えられる。

表－2 C_{uw} がガスト応答変位に与える影響

	鉛直変位	水平変位	ねじれ
[1] C_{uw} by Eq.(1)	0.89	1.0	1.07
[2] $C_{uw} = 0$	1.0	1.0	1.0
[3] $C_{uw} = 0$ for $fz/U < 0.5$	1.0	1.0	1.05
[4] $C_{uw} = 0$ for $fz/U < 0.1$	0.92	1.0	1.07

4. おわりに

本研究では、大鳴門橋で計測された強風データを基に、 uw クロススペクトルの解析を行い、長大橋のガスト応答への影響についても検討した。その結果、 uw クロススペクトル(C_{uw})は、低振動数領域でパワーが低下し、Kaimal の提案式からずれること、ずれる振動数は季節風と台風で少し異なること、さらにその振動数如何では長大橋のガスト応答が異なることが判った。今後、さらにデータの積み重ねを行い、現象の把握に努めることが必要と思われる。

参考文献

1) 勝地弘, 北川信, 山田均: 長大橋パフエティング解析の精緻化のための2, 3の要点, 構造工学論文集, 土木学会, Vol.45A, pp.1067-1074, 1999.