

I - B 41

風圧実測による変動揚力の周波数特性と空間相関に関する基礎的検討

鹿島技術研究所 正員 ○新原雄二 林田宏二 中野龍児

1. はじめに

筆者らは、伊唐大橋において橋桁の風圧測定を行い、風洞実験と比較した結果を報告してきた¹⁾²⁾。ここでは、変動圧力に関して、①実測の変動圧力係数は風洞実験よりも大きめであること、②変動圧力の周波数特性が大きく異なっていることなどが示されており、乱れのスケール比の違いが一因と思われた。

伊唐大橋のようなPC斜張橋は、一般に張出し架設工法により建設されるが、その際、主桁のガスト応答が問題となる。ガスト応答を評価する上で、変動圧力や変動空気力の周波数特性は極めて重要である。そこで、本検討は、ガスト応答評価で重要な変動揚力のパワースペクトル特性、空力アドミッタンス、変動圧力の空間相関などについて、乱れのスケール比に着目して、実測結果を基に検討を加えたものである。

2. 圧力積分法による主桁空気力の評価

文献 1)2)では、縮尺 1/20 模型（圧力孔 130 点）の格子乱流中における風洞実験を行ったが、乱れのスケールと桁断面の大きさの比が、実測とは極端に異なる状態となっていた。格子乱流の乱れのスケールを実測に対応する程度まで大きくすることは困難であることから、新たに小型の模型を製作することで、乱れのスケールの比をできる限り実測に近づけて再度実験を行うこととした。模型の大きさを変えて、圧力積分法で主桁の空気力を評価する場合、圧力孔の数の違いによる空気力の評価精度が問題となる。130 点の圧力孔を、適当に間引くことで圧力孔の数を減らし、圧力孔の数と積分して得られる平均揚力との関係を調べたのが図-1 である。圧力孔の数が 30 点程度以上あれば、平均揚力はほぼ同じになっていることがわかる³⁾。そこで、新たに製作する模型は縮尺 1/80、圧力孔数 45 点とした（図-2）。乱れのスケール比を表-1 に示す。

3. 変動揚力のパワースペクトル特性、空力アドミッタンス

$I_u=9.5\%$ 、 $I_w=7.0\%$ 、 $L_w^*=0.10m$ の格子乱流中における 1/20 模型と 1/80 模型の揚力のパワースペクトルと空力アドミッタンスを図-3 に示す。空力アドミッタンスは、模型上流で測定した鉛直変動風速に対して求めた。無次元パワースペクトルのピークは、乱れのスケール比が大きくなるに従い低周波数側へ移行している。空力アドミッタンスも、低周波数域において、乱れのスケール比が大きい 1/80 模型の方が大きくなっている。これらのことから、乱れのスケール比によって、変動揚力の周波数特性が変化することがわかる。

一方、実測では、圧力孔が 24 点（上面に 22 点、下面に 2 点）しかないため、桁全体の空気力を求めることはできない。しかしながら、前節の結果を参考にすれば、桁上面側に 22 点の圧力孔がある実測は、少なくとも桁上面に作用する空気力については、十分な精度で測定できていると考えられる。そこで、迎角が 0° に近く、風速のできるだけ大きい 5 つの実測データ（評価時間 5 分）を選び出し、桁上面にのみ作用する揚力の無次元パワースペクトルを、風洞実験結果と比較したのが図-4 である。実測結果は、パワースペクトルのピークが低周波数側に移行し、広がっていることがわかる。これに対して、実測の空力アドミッタンスは、高周波数側で風洞実験結果よりも大きくなっている。

4. 実測における変動圧力の空間相関

変動空気力の空間相関は変動風速のそれよりも大きいという風洞実験が報告されているが、ガスト解析では両者を同一として扱うことが多く、議論的となっている。そこで、伊唐大橋の風圧測定では、橋軸方向に離れた 2 点の変動圧力、変動風速の同時測定を行い、これらの相関についても検討を行った。圧力孔を橋面全体に配置することができなかったため、図-5 に示した上流側フェアリングの 5 点（圧力孔 4~8）のみの測定となった。この 5 点の圧力孔の圧力に、各圧力孔の支配長さをかけて積分し、フェアリング部に作用

キーワード：風圧、揚力、空力アドミッタンス、空間相関、ガスト応答

〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1, Tel. 0424-89-7077, Fax. 0424-89-7087

する空気力として評価した。超音波風速計は、それぞれの圧力測定点のほぼ直上に設置した。測定点の橋軸方向の距離は 8m と 16m の 2 ケースである。主流風速、鉛直風速ならびにフェアリング部の変動空気力のコ・コヒーレンスを図-6 に示す。この図から、長周期成分において変動空気力の相関が変動風速の相関を下回っているが、概ね、変動空気力の空間相関の方が大きいことがわかる。

5. まとめ

本検討から、変動揚力の周波数特性は乱れのスケールによって異なること、変動空気力の空間相関が変動圧力のそれよりも大きいことなどが、実測データからも示されたといえる。乱流特性の評価は、風洞実験やガスト解析で重要であることがあらためて認められた。

伊唐大橋の風圧の実測は、九州工業大学の久保教授と共同で行ったものである。また、変動空気力特性の検討においては、東京大学の藤野教授、木村助教授のご助言を受けた。この場を借りて、謝意を表します。

参考文献

1) 久保ら, 日本風工学会誌, No. 72, 1997. 7, 2) 久保ら, 日本風工学会誌, No. 73, 1997. 10, 3) 森島ら, 第 12 回風工学シンポジウム論文集, 1992.

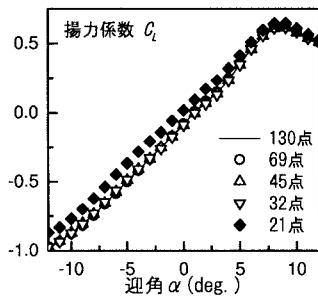


図-1 圧力孔の数による C_L の変化

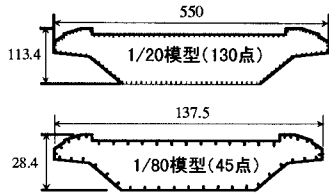


図-2 実験模型

表-1 乱れのスケール比

	I_u [%]	I_w [%]	L_w^* [m]	B [m]	L_w^*/B
1/20 模型	9.5	7.0	0.10	0.55	0.18
1/80 模型	9.5	7.0	0.10	0.138	0.73
実測	13.8	8.2	37	11	3.36

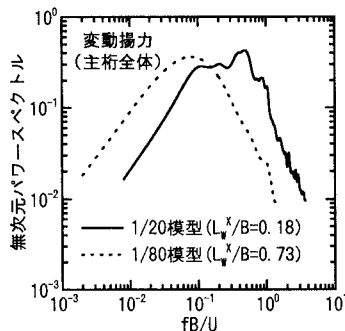


図-3 風洞実験による主桁全体の変動揚力特性

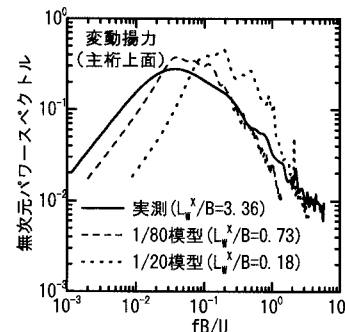
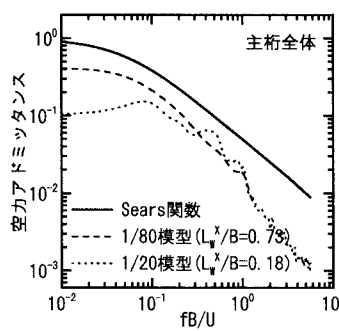


図-4 風洞実験・実測による主桁上面の変動揚力特性

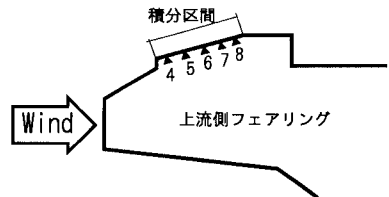
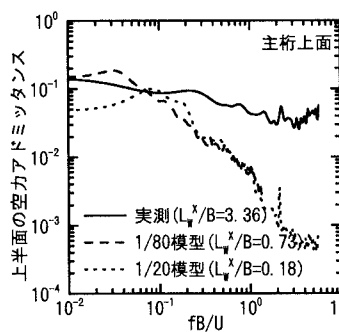


図-5 圧力の空間相関の測定点

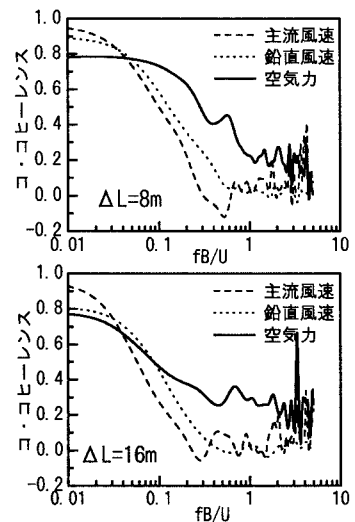


図-6 実測におけるフェアリング部の変動空気力のコ・コヒーレンス