

建設省工本研究所 正員 佐藤 弘史

建設省工本研究所 正員 成田 信之

建設省工本研究所 野村 一夫

1. まえがき

長大橋梁において検討すべき風の動的な作用としては、自励振動、渦励振、およびバフティングがある。これらの現象に対して自然風の乱れがおよぼす影響については、現在のところ不明点が多いが、境界層風洞により自然風を相似させた次元モデルを用いて行われたいくつかの研究結果⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾によれば、乱流の効果として定性的に次の点が挙げられる。a. フラッター限界風速を高める。b. 渦励振振幅を抑制する。c. バフティングが増加する。このような乱流の効果は乱流の特性と無関係ではなく、乱れの強さが小さく乱れのスケールが考えている構造物の大きさに比べて大きいときは、上記の効果は小さいと考えられている⁽⁴⁾。

今回の実験は、構造物の自励振動および渦励振と密接な関係にある、振動中の構造物に作用する非定常空気力におよぼす乱流の影響を把握することを目的とした。対象とした構造物は、逆台形および2箱形の橋桁であり、一様気流および特性の異なる3種の乱流の中で非定常空気力を測定し、乱流の影響を調べた。

2. 風洞内に発生させた乱流の特性

使用した風洞は、 $1,000^W \times 2,000^H \times 3,000^L$ の測定胴を有するゲッチェンゲン型風洞であり、本風洞に付属している格子、突風発生装置、変動風発生装置により風洞内に乱流を発生させた。装置の概略は以下のとおりである。

- 格子；メッシュサイズ250 mm，バーサイズ50 mmで測定胴より若干上流側に位置している。
- 突風発生装置；10枚の翼列を測定胴上流端に設置し、油圧により全ての翼列を同位相でピッチング運動させ、主として鉛直方向の乱れを付加するものである。翼列の振幅および振動数は電氣的に制御される。
- 変動風発生装置；12枚の翼列を測定胴下流端に設置し、油圧により各翼と交互に逆位相でピッチング運動させ、主として主流方向の乱れを付加するものである。翼列の振幅および振動数は電氣的に制御される。

突風および変動風については、装置への入力信号を変化することにより異なる特性をもつ乱流を発生させることができるが、今回は、突風としては鉛直方向変動風速(w)の主流方向の乱れのスケール(L_x^w)が大きいもの、変動風としては主流方向変動風速(u)の主流方向の乱れのスケール(L_x^u)が大きいものを用いた。格子乱流の L_x^g , L_x^w , 突風の L_x^u , および変動風の L_x^w はこれらに比べ小さいものとなっている。

一方乱れの強さについては、主流方向平均風速(V)が1 m/s以下のような低い風速のとき大きな値をとることを除けば、 u の乱れの強さ(I_u)は格子乱流の場合7~8%，突風の場合4~5%，変動風の場合6~8%， w の乱れの強さ($I_w = \sigma_w/V$)は格子乱流の場合6%，突風の場合 V が1 m/sから20 m/sへ増大する間8%から2%へゆるやかに減少し、変動風の場合1~2%である。

3. 一様気流中において充腹断面橋桁に作用する非定常空気力

非定常空気力は強制振動法により測定された。実験結果の1例として、逆台形断面橋桁のねじれ加振時の速度と同位相の空力モーメント係数(C_{HT}^I)と無次元風速(V/NB , V ；試験風速, N ；加振振動数, B ；模型幅)の関係を図1に示す。鉛直たわみモードとねじれモードの振動の連成が無視できるような場合には、 C_{HT}^I が正であることはねじれ振動に増減衰を与える空気力が作用すること、負であることは正減衰を与える空気力が作用することを意味するが、この観点から図1を見ると、迎角0°および-5°においては無次元風速1.2付近で渦励振の発生

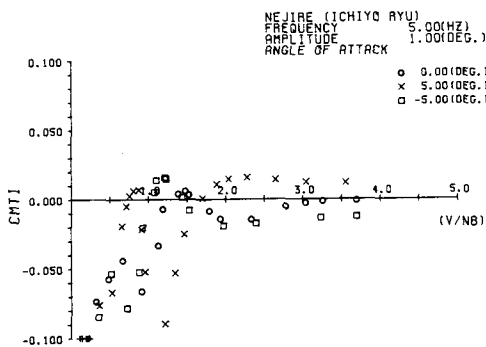


図1. 一様気流中での非定常空気力

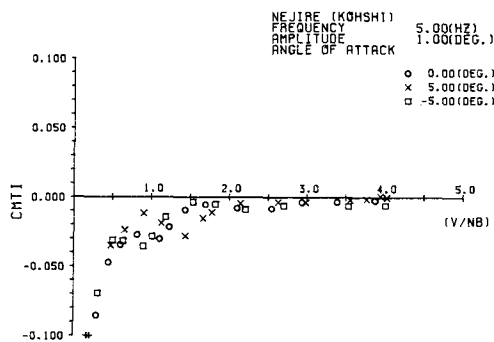


図2. 格子乱流中での非定常空気力

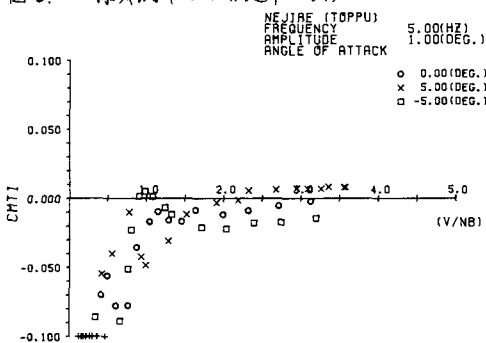


図3. 突風中での非定常空気力

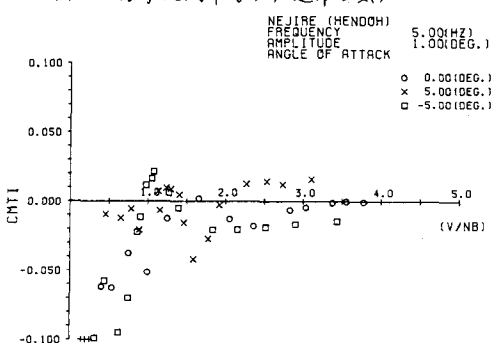


図4. 変動風中での非定常空気力

が予想される。また迎角 α においては無次元風速 U の付近で渦励振の発生が、無次元風速1.7以上でねじれフラッターの発生が予想される。同断面の鉛直たわみモードの非定常空気力係数、および z 箱形断面の非定常空気力係数について同様の考察をすれば、これらは鉛直たわみモードおよびねじれモードの渦励振と発生させるような空気力特性をもっていること、ギャロップングあるいはねじれフラッターを発生させるような空気力特性は見られないこと、などがその特徴として挙げられる。

4. 箱形断面橋桁に作用する非定常空気力におよぶ乱流の影響

次にここで述べたような特性をもつ乱流中において、 z と同様に非定常空気力を測定し、図1に対比する実験結果を図2～図4に示す。これらの図を比較すると、格子乱流中の測定では、一様気流中において見られた不安定現象を引き起こす空気力すべてが安定の方向へ変化している。これに代り変動風中における非定常空気力特性は一様気流中で見られたものとほとんど変化しておらず、突風中でのものは一様気流中でのものを若干安定の方向へ変化させている。今回測定した他の非定常空気力についても、鉛直たわみ加振時の非定常空気力を突風が大きく安定の方向へ変化させることを除けば、乱流の影響が同様に見られる。これらの乱流の影響と乱流特性とをあわせて考えれば、今回の実験に用いた模型形状および乱流に限ると、鉛直方向変動風速の乱れ強さ I_w が大きく主流方向変動風速の主流方向の乱れのスケール L_u が小さい乱流ほど自励振動および渦励振を抑制しやすい、ということが下まよう。

参考文献

- 1) D.A.G. Davenport, N. Isyumov, and T. Miyata; Proc. 3rd Int. Conf. on Wind Effects on Bldgs. and Strs.,
- 2) W.H. Melbourne; West Gate Bridge wind tunnel tests,
- 3) H.P. A.H. Irwin and G.D. Schuyler; Experiments on a full aeroelastic model of Lions' Gate Bridge in smooth and turbulent flow,
- 4) 岡内・伊藤・宮田; 耐風構造