

I-424 境界層乱流中の1/350縮尺吊橋全橋模型風洞実験 —その2 ガスト応答評価—

NKK 正会員 加藤 真志
同 上 正会員 武田 勝昭

1. まえがき 全橋模型風洞実験によって長大吊橋のガスト応答評価を行う際には、全橋模型の構造特性と、接近流の乱流特性を相似させる必要がある。しかしながら、全橋模型を設置し、十分な吹送距離によって理想的な境界層乱流を作成するためには、幅が広く、長い測定胴が必要になる。本研究では、ガスト応答を、極力正しく評価するため、21.5mの吹送距離で、ベキ指数、乱れ強度を相似させた境界層乱流を作成し、また、桁幅に対する乱れスケール比を相似させ、かつ4m幅測定胴に全橋模型を設置するため、1/350という大縮尺で構造特性を相似させた模型を用いた。この条件下で、明石要領¹⁾のガスト応答計算法の妥当性を検討するため、実験値と解析値の比較を行った。

2. 実験の概要と解析手法 境界層乱流中における全橋模型の応答を測定した。桁の応答は、中央径間桁中央位置に設置した非接触型変位計により測定した。この時、桁水平、桁鉛直、振れの各応答変位について、時系列データを得た。全橋模型の桁の振動特性、乱流特性については、文献2)に譲る。

準定常理論によるガスト応答計算による実験値の検証を行った。計算手法は、主に明石要領に準ずる3成分独立の評価法を用いており、従って、空力減衰の評価法もそれに準ずる。ただし、境界層乱流に関する主なパラメータは、風洞気流の測定値を忠実に用いた。抗力ガスト評価に用いる空力アドミッタンスは、明石要領と同じく、Davenportが用いた式を、また、揚力、振れガスト評価には、Holms が用いた式³⁾を用いた。なお、静的3分力係数は、1/35の部分模型を用いて、一様流中、および、格子乱流中($I_u = 6\%$ 、 $I_w = 4\%$)で得られた双方を用い、比較を行った。

3. 実験結果と解析結果 図1(a)～(c)は、抗力、揚力、振れガストの応答変位R.M.S.と、桁位置の実橋風速の関係を示したものである。●が全橋模型による実験値、□が一様流中3分力係数を、△が格子乱流中3分力係数を用いた解析値である。計算に用いた3分力係数の代表値は、表1に示した。抗力ガストは、一様流中、格子乱流中の C_D に差が無いと、両解析値の間にも差は無い。なお、実験値は何れの解析値よりもやや下回っているが、解析値と実験値は概ね一致していると言えよう。揚力ガストの解析値は、一様流中の $(C_D + dC_L/d\alpha)$ を用いた解析値が、格子乱流による解析値よりも、応答が15%程度高い。実験値は、風速70m/sあたりまで、両解析値の中間的な値を示し、解析値との良好な一致がみられるが、それ以上の風速では、実験値が解析値を上回る傾向がみられる。この断面は高風速で曲げ振れフラッターが生ずるため²⁾、70m/sの風速付近から次第に自動空力が付加され、準定常理論による解析値を上回ったものと考えられる。振れガストは、一様流、格子乱流中、何れの $dC_H/d\alpha$ を用いた解析値も、実験値を大きく上回った。これは、明石要領で、振れの空力減衰を考慮していないことが、一因であると考えられる。

図2(a)～(c)は、設計風速約55m/sにおける抗力、揚力、振れガストの応答変位パワースペクトルについて、格子乱流中で得られた3分力係数を用いた解析値と、実験値を比較したものである(周波数軸は模型値)。なお、実験値のスペクトルの計算には、MEM法を用いた。抗力ガストのスペクトルでは、1次振動のピークが卓越し、実験値と解析値で良好な一致がみられる。10Hzのところに、もう1つピークがみられるが、これは振れ振動成分が、抗力方向の変位測定で検出されてしまうためのものである。揚力ガストのスペクトルは、空力減衰が大きいために、なだらかな形状を示した。また、スペクトルの形状は、実験値と解析値の間ではほぼ等しい。ただ、解析値の応答ピーク周波数が、やや高周波数領域によっているが、これと逆の傾向が、振れガストにも認められる。これは、高風速におけるスペクトルであるために、振動がやや鉛直曲げと振れの連成的な挙動を示し、両者の振動数が互いに近づいたためであると考えられる。振れのスペクトルは、解析値が実験値よりも鋭いピークを示している。これは、解析値が空力減衰を考慮していないことを示す1例であると言えよう。

4. 結論 本研究により、抗力、揚力ガストのR.M.S. 値、および応答スペクトルが、明石要領のガスト計算法で、ほぼ正しく評価できることが確かめられた。しかし、振れガストについては、解析値のR.M.S. が実験値を大きく上回り、応答スペクトルも両者の間に違いが認められた。今後、振れガストについては、空力減衰、さらには空力アドミッタンスについて、何らかの検討が必要であると考えている。

参考文献 1) 本州四国連絡橋公団：明石海峡大橋耐風設計要領（案），1989

2) 武田、加藤：“境界層乱流中の1/350縮尺吊橋全橋模型風洞実験—その1 実験の方法と相似度—”，1990土木学会年講

3) 横山、佐藤、東久保：“名港西大橋における自然風および対風応答の観測について”，風工学シンポジウム論文集，1988

表1 解析に用いた基本空気力係数

	一様流中	格子乱流中
C_D	0.783	0.760
$dC_L/d\alpha$	5.10	3.93
$dC_M/d\alpha$	1.73	1.23

- 全橋模型実験値
- 解析値（一様流中3分力係数）
- △ 解析値（格子乱流中3分力係数）

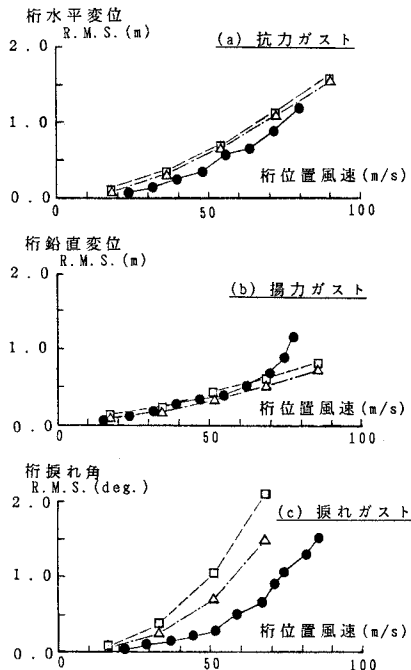


図1 桁中央位置風速 vs 桁中央位置変位 R.M.S.

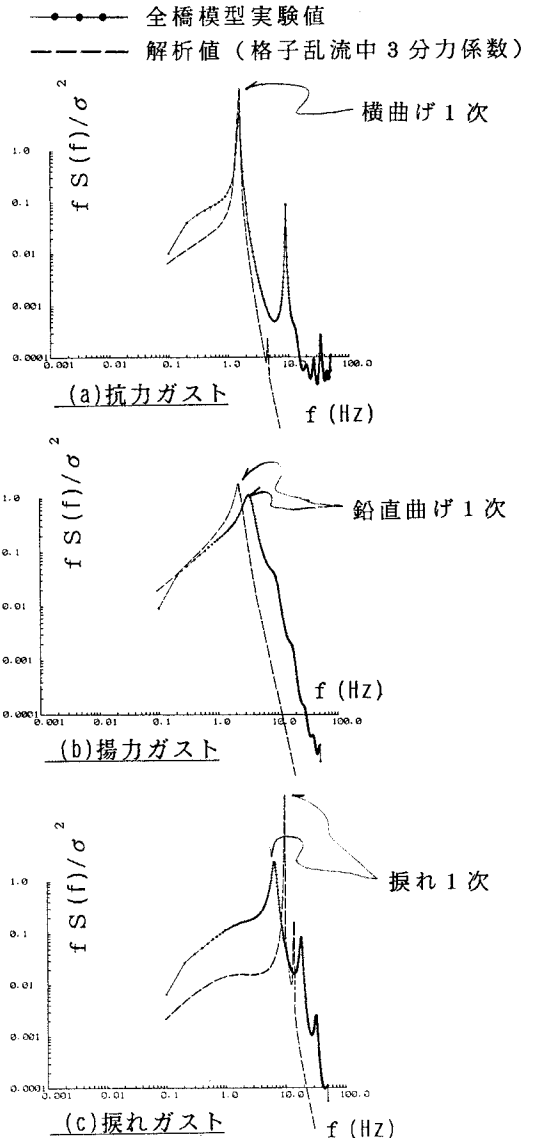


図2 ガスト応答パワースペクトル各成分の比較