

長大橋のガスト応答に対する安全性の評価について

大阪産業大学工学部 正員 小松定夫 (株)駒井鉄工所 正員 ○木場和義
立命館大学理工学部 正員 小林紘士 大阪産業大学大学院 学生員 横屋 進

1. まえがき 吊橋のような長大橋では、強風によるガスト応答が問題とされることが多い。本研究では、中央スパン300m吊橋のガスト応答に関する実測と数値解析とを実施し、部材力を求め、部材の疲労に対する安全性について検討した。

2. 観測結果 実橋のガスト応答は、加速度計で測定された。観測された加速度データをFFT法を利用して積分し、変位データを求めた。このとき、0.25~10.5(Hz)のバンドパス数値フィルターを用いた。そして、評価時間を150秒として解析を行った。求められた応答変位のパワースペクトルの1例として図1に中央径間中央(L/2点)のたわみ振動の解析結果を示す。0.37、0.79(Hz)に見られるピークは、たわみ1次モードおよびたわみ3次モードである。中央径間のL/4点では、たわみ1、3次モードの他に0.48(Hz)にたわみ2次モードのピークが見られた。またL/2点ねじれ振動については、1.03(Hz)にねじれ1次モードのピークが見られた。これらより、応答変位についてはたわみ1、2、3次モード及びねじれ1次モードが卓越しており、これ以上の高次のモードについての考慮は特に必要ではないと考えられる。これら各測点のパワースペクトルを積分して応答変位のrms.値を求めた。その結果を風速の橋軸直角成分に対してプロットした(図2)。これらが観測されたときの風向は、いずれもほぼ南であった。また風速水平成分の乱れ強さ $I_u=0.10\sim0.30$ 、鉛直成分の乱れ強さ $I_w=0.04\sim0.07$ であった。中央径間L/2点において13mm、L/4点においては10mm前後までのたわみ応答変位のrms.が観測された。たわみ振動の振幅は、風速の橋軸直角成分が大きくなるにつれて大きくなっている。これに対して、ねじれ振動の振幅は、風速によらず一定の値を示している。これはデータのS/N比が悪いことが一つの原因と考えられる。

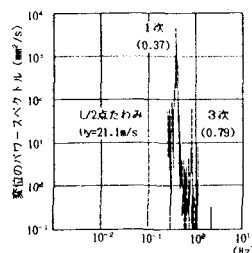


図1 応答変位のパワースペクトル(観測データ)

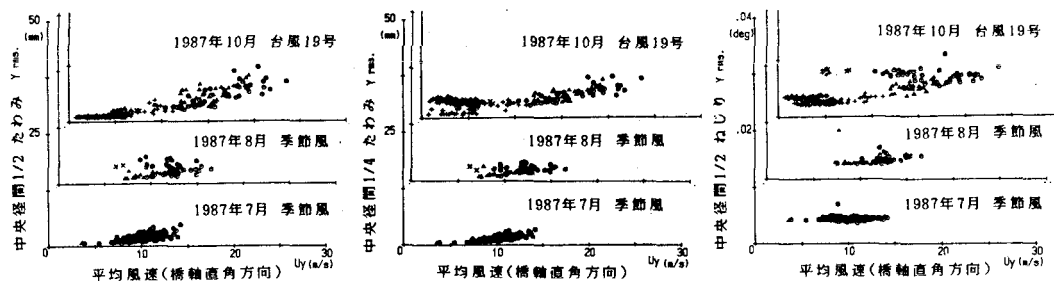


図2 風速と応答変位

3. 応答振幅の推定 1987年10月の台風時の観測結果をもとに、変動風速によるガスト応答の推定を行った。風速の鉛直成分のみ考慮して応答計算をした。この観測結果によると、平均風速の橋軸直角成分が15(m/s)以上の風速鉛直成分の乱れ強さの平均 $I_w=0.052$ であった。また、変動風速の鉛直成分のパワースペクトルは観測データのS/N比が悪く評価できなかったため、Busch & Panofskyの式を利用した。このときパラメータ X_p は、これまでの自然風の観測結果を考慮して $X_p=0.35$ とした。空力アドミッタンスは、応答振幅のrms.を計算するのに必要な周波数範囲(0.25~1.25 Hz)では風洞実験結果と平板の理論値がほぼ同じ

Sadao KOMATU, Hiroshi KOBAYASHI, Kazuyoshi Koba, Susumu YOKOYA

であることから、Sears関数を用いた。空間相関を表すDecay係数は $k=8$ とし、構造減衰率は $\delta=0.02$ とした。また、振動モードはたわみ1次、2次、3次モードのみとし、応答振幅は各モードの変位のパワースペクトルを0.25~1.25(Hz)の範囲で積分し、重ね合わせて求めた。

以上のような条件のもとで、風速10~60(m/s)の範囲でL/2点及びL/4点について解析を行った。図3に求められた応答変位のパワースペクトルの1例を示す。図1と比較して、スペクトルのピークの大きさが、実測結果の方が大きいものの全体的にはほぼ一致している。このピークの差は、空力減衰の評価に問題があったためでないかと思われる。図4に、応答振幅のrms.値の計算値と観測値及び風洞実験(全径間模型)結果との比較を示す。計算値は、観測値に比べ小さい値を示している。この点については今後さらに検討を要する。

4. 部材の疲労に関する検討 計算値は実測値の約1/2であったので安全側として、計算された各風速における応答振幅の2倍の値を用い、また、rms.値を1/0.702倍して振幅値に換算して耐用期間100年間の疲労破壊に対する安全性について調べた。自然風の確率特性はこれまでの観測結果¹⁾を用いた。風向の発生確率は全風速域について北風が0.3、南風が0.03、平均風速の確率分布は、ワイブル分布に当てはめた。主桁L/2点のフランジのウェブのすみ肉溶接部分に着目し、振動はたわみ1次モードのみと仮定して計算を行った。結果を表1に示す。各振幅レベルの疲労損傷度は、 10^{-5} のオーダー以下と、十分小さくまた累積損傷度も1を越えない。1次モードの振動に対しては着目点の疲労に対する安全性は確保されている。

5. まとめ ガスト応答の推定値は、観測値に比べて小さかった。計算式のパラメータなどをさらに検討する必要がある。この推定結果をもとに、各振動モードを考慮して部材の安全性を評価することが今後の課題である。

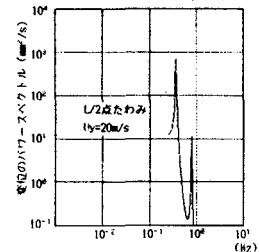


図3 応答変位のパワースペクトル(計算データ)

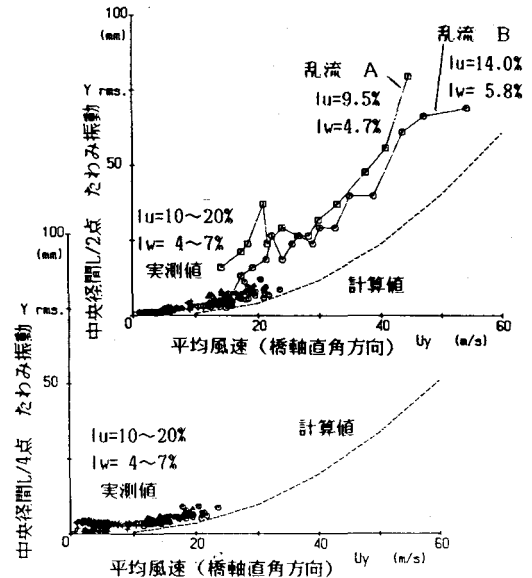


図4 変位の計算値と実測値の比較

表1 疲労損傷度

風速域 (m/s)	振幅 (mm)	100年間の振動回数 n_i	材料の疲労回数 N_i	損傷度 n_i/N_i
0~10	1.91	3.46×10^7	8.43×10^{14}	4.10×10^{-8}
10~20	11.57	3.47×10^7	1.56×10^{12}	2.22×10^{-5}
20~30	32.79	3.05×10^4	4.14×10^{10}	7.37×10^{-7}
30~40	66.75	1.01×10^2	3.46×10^6	2.92×10^{-8}
40~50	113.08	1.92×10^{-1}	5.50×10^6	3.49×10^{-10}
50~60	170.60	2.15×10^{-4}	1.31×10^8	1.64×10^{-12}

累積損傷度: $\Sigma = 2.30 \times 10^{-5}$

参考文献 1)小松:災害科学研究所受託研究成果報告書、大阪北港連絡橋架設地域における強風特性に関する調査研究、昭和61年3月