

## I-427 三成分空気を考慮した長径間箱桁吊橋のガスト応答解析(第一報)

本州四国連絡橋公団 正員 大橋 治一, 正員 角 和夫, 正員 金崎 智樹  
三井造船株式会社 正員 井上 浩男, 正員 萩生田 弘, 砂川 忠仁

**1. まえがき** 橋梁の長大化に伴い、風の乱れ(ガスト)による不規則振動応答特性の把握は、耐風設計の上で非常に重要となってきている。長大橋のガスト応答解析については、「耐風設計基準(1976)<sup>1)</sup>」で抗力を考慮した横たわみ振動についての解析手法が示されており、設計には $\nu_2$ 、 $\nu_4$ を用いて設計風速及び設計風荷重に反映させる手法が示されている。この基準<sup>1)</sup>は主として1000mクラスのトラス桁吊橋を想定して定められたもので、2000mクラスの吊橋である明石海峡大橋を対象として、新たに「明石海峡大橋耐風設計要領(案)<sup>2)</sup>」が示されている。この要領<sup>2)</sup>では、基本風速に対して構造物の高度のみを考慮した設計基準風速と風の変動特性を考慮した $\mu_2$ を用いて設計風荷重を求める手法が示されている。また、三成分の空気を考慮したガスト応答解析を行い、安全性の照査を行うことが義務づけられている。

今回ガスト応答解析を行ったのはスパン長1030mの偏平六角形箱桁を有する単径間吊橋で、これはトラス桁に比べ抗力係数は小さく逆に揚力勾配は大きいという特徴を持っている。本文は、三成分の空気を考慮した要領<sup>2)</sup>に従っての解析を試み、1000mクラスの箱桁吊橋の変動風中での応答特性の推定を行うと共に、基準<sup>1)</sup>及び要領<sup>2)</sup>におけるガスト応答倍率の値等との比較考察を試みたものである。

**2. ガスト応答解析手法** 基本的には要領<sup>2)</sup>に示されている手法に従っているが、風の特性は明石海峡大橋の現地特性を考慮して定められていると思われることから、今回の解析の対象とした現地の特性を評価できるよう基準<sup>1)</sup>を参考に要領<sup>2)</sup>の解析条件を一部変更したものを基本として解析を行った。主な変更(相違)点は、①基本風速( $U_{10}=46\text{m/s} \rightarrow V_{10}=40\text{m/s}$ )、②風速の高度補正(べき指数( $\alpha$ )= $1/8 \rightarrow 1/7$ )、③水平方向ディレイファクタ( $k_{d,x}=8 \rightarrow k_1=7$ )、④スペクトル修正係数( $m$ )= $1 \rightarrow 2$ )の4点である。構造減衰(対数減衰率)については、風洞試験要領(1980)<sup>3)</sup>に従い0.02とした。また、基準<sup>1)</sup>では明記されていない揚力・ねじれ方向の設定条件はすべて要領<sup>2)</sup>を流用して解析した。

**3. 基本断面の空気力特性** 縮尺1/60の基本断面(図1)2次元剛体部分模型を用いて風洞試験を実施し、基本断面の特性を把握すると共にガスト応答解析の入力データとした。図2に $V_{cr}-\alpha$ 特性を図3に三分力特性を示す。一様流中での結果ではあるが、 $+3^\circ$ での限界風速が若干低下しているものの何れも許容限界風速を上回っており、耐風安定性は基本的には問題無い断面である。また、迎角 $0^\circ$ での抗力係数は0.64と小さく、揚力係数勾配は3.65と大きくなっており偏平箱桁断面の特徴を有している。

**4. 解析結果及び考察** 解析結果の一部を図4及び表1に示すとともに主な結果を以下にまとめる。  
(1) 水平方向曲げモーメントでは、高度補正のみを施した設計基準風速による応答値に対する応答倍率は2.0近くなり、従来の基準<sup>1)</sup>で $\nu_2$ 、 $\nu_4$ を用いて求める応答倍率1.69よりもかなり大きい値となった。  
(2) 水平方向平均応答変位が最大約2mでガストによる増分も2mと同じオーダーの大きさとなった。  
(3) 鉛直方向平均応答変位が最大で0.6m、ガスト増分が最大1.2mとガストの方が大きくなった。  
(4) 部材応力については代表点のみ照査を行った。フェアリングを応力部材とするかどうか等の問題は残るが、応力はガストにより大きくなるものの問題となる大きさとはなっていない。

**5. あとがき** 要領<sup>2)</sup>に従うことを第一として具体的なガスト応答解析を実施したが、設計に反映させるに当たって、今後検討が必要と思われる項目の主なものを以下に記す。

- (1) 箱桁を有する吊橋のガスト応答倍率の定義、解釈。
- (2) ハンガー等考慮されていないものの影響の把握。

なお、本解析の実施に当たって、ご意見・ご指導をいただいた横浜国立大学工学部宮田利雄教授、山田均助教授に謝意を表します。

- 参考資料 1) 本州四国連絡橋 耐風設計基準(1976)・同解説：昭和51年3月、本州四国連絡橋公団  
 2) 明石海峡大橋耐風設計要領（案）：平成元年3月、本州四国連絡橋公団  
 3) 本州四国連絡橋 風洞試験要領(1980)・同解説：昭和55年6月、本州四国連絡橋公団

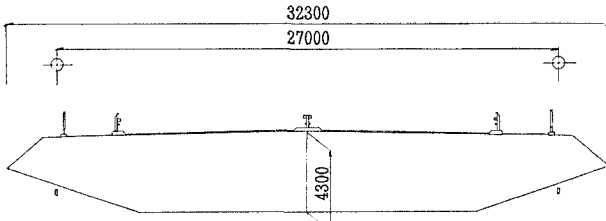


図1 断面図

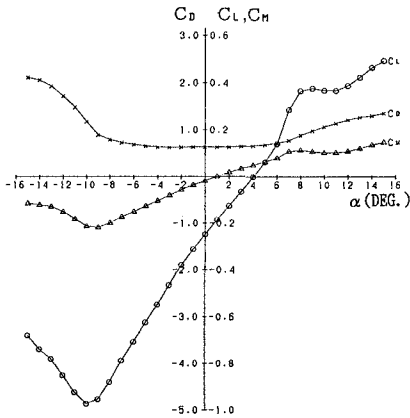


図3 三分力特性

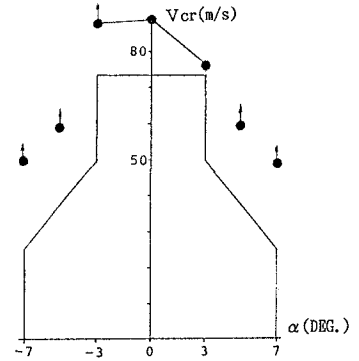


図2 Vcr-α図

|             |         |       | 1 / 2 点   |           | 1 / 4 点   |           |
|-------------|---------|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|             |         |       | 平均応答      | ガスト増分     | 平均応答      | ガスト増分     |
| 水平方向曲げモーメント | ガスト解析   | 抗 力   | 37054 t・m | 41121 t・m | 32073 t・m | 35637 t・m |
|             |         | 揚 力   | -0        | 0         | 0         | 0         |
|             |         | モーメント | -40       | 661       | -215      | 2963      |
|             |         | 応答値の和 |           | 78140     |           | 67618     |
|             | 静的応答解析  |       | 39864     |           | 34537     |           |
|             | 応 答 倍 率 |       | 1.960     |           | 1.958     |           |
|             |         |       |           |           |           |           |

(注) 応答値の和＝平均応答の和＋√ガスト増分の2乗和

表1 解析結果

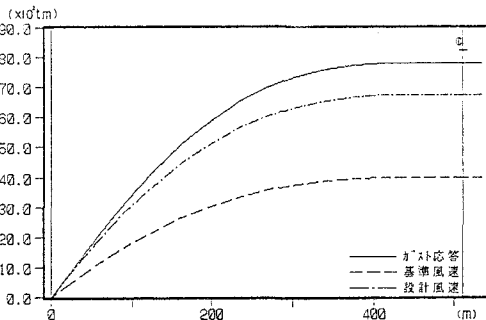


図4-1 曲げモーメント図（水平方向）

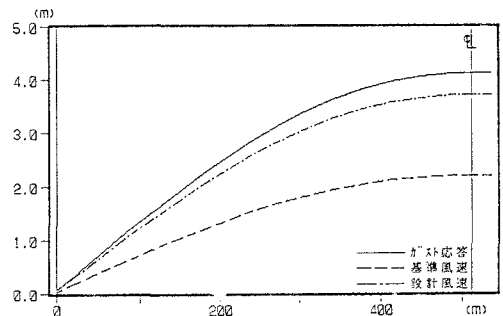


図4-2 水平変位図

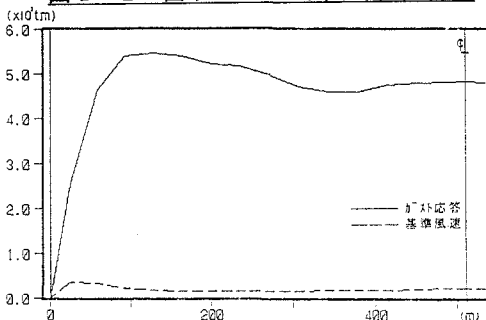


図4-3 曲げモーメント図（上下方向）

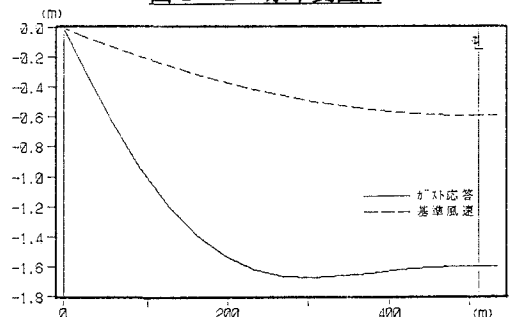


図4-4 鉛直変位図