

低塔斜張橋のガスト応答特性の検討

横浜国立大学 学生会員 ○石関 圭太
横浜国立大学 フェロー 山田 均

横浜国立大学 正会員 勝地 弘
横浜国立大学 正会員 西尾 真由子

1. 概要

長大橋が計画される際、吊形式である斜張橋が採用されることがあるが、空港近接などの理由から最も経済的と言われている塔高（桁上）支間比 1/5 とする斜張橋が建設できない場合、塔高支間比 1/5 以下とする低塔斜張橋の計画を行う必要がある。しかし、低塔とすることで、ケーブル傾斜角が小さくなることによる鉛直抵抗率の減少等により耐風安定性の低下が懸念される。

低塔斜張橋における耐風安定性の検討としてフラッター発現風速があるが、既往の研究¹⁾により十分に高く問題がないことが確認されている。そこで、本研究では自然風の乱れによるガスト応答に着目し、塔高支間比を 1/10 とした低塔斜張橋のガスト応答特性を解析アプローチにより明らかにすることを目的とした。

2. 橋梁モデル

設計データを参照に中央支間長 575.0m、塔高支間比 1/10 の斜張橋完成時を再現した低塔完成モデルを作製した。低塔完成モデルを元にして、従来用いられてきた塔高支間比を 1/5 とする標準完成モデルについても作製した。この際、ケーブル張力の減少に応じてケーブル断面積を変更した。さらにそれぞれにおいて最も剛性が低くなるとされる架設時（桁最大張出時）の応答についても検討するため、桁中央 20m 及び舗装分の重量を除去した低塔架設モデル及び標準架設モデルについても作製した。これら 4 つのモデルにおいてガスト応答特性を検討することとした。

表-2 4モデルにおける固有値振動数

(Hz)	低塔完成		低塔架設		標準完成		標準架設	
水平1次	1	0.204	1	0.154	1	0.200	1	0.147
鉛直1次	2	0.212	2	0.221	2	0.298	2	0.322
ねじれ1次	7	0.706	5	0.746	9	0.820	6	0.861

3. ガスト応答解析

3.1 解析手法

ガスト応答解析は、既往の研究²⁾においても用いられている振動数領域による解析を用いた。解析の主要な入力条件を表-1に示す。評価した項目は、ガスト応答による振動振幅の二乗平均平方根すなわち RMS 値である。

3.2 固有値解析

表-2にそれぞれのモデルにおける主要な固有振動数を示した。低塔モデルと標準モデルでは、鉛直方向ねじれ振動数に違いがみられ、ケーブル傾斜角の違いにより鉛直抵抗率が異なっていると考えられる。

表-1 解析の入力条件

項目	設定値
設計基準風速	完成系: 52.5m/s 架設系: 40.0m/s
空気密度	$\rho = 1.230\text{kg/m}^3$
ベキ指数	0.12
変動気流のパワースペクトル	【主流方向】 日野の式 【鉛直方向】 Bush & Panofsky
乱れ強さ	【主流方向】 11.0% 【鉛直方向】 5.5%
空力アドミタンス	【抗力成分】 Davenport式 【揚力成分】 Sears関数
3分力係数	主塔: $C_D = 1.2$ ケーブル: $C_D = 0.8$ 主桁: $C_D = 0.1314$ $C_L = -0.1364$ $C_M = -0.0046$ $dC_L/d\alpha = 3.0800$ $dC_M/d\alpha = 0.9155$
主桁の非定常空力係数	準定常理論 $P1^*$ 平板理論 $H_i^*(i=1\sim4)$ $A_i^*(i=1\sim4)$
考慮する振動モード数	30次

キーワード 低塔 斜張橋 ガスト応答 架設時

連絡先 〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5 TEL 045-339-4243 FAX 045-348-4565

4. 解析結果

4.1 変位パワースペクトル

図-1に低塔完成系の鉛直方向における設計基準風速時の変位パワースペクトル密度を示した。ここで、モード間の連成を考慮したマルチモードと考慮していないシングルモードとでほぼ同様な値を示しており、モード間の連成の影響はないと考えられる。そのため、本解析により算出した以降のRMS値はマルチモード解析の結果を用いた。

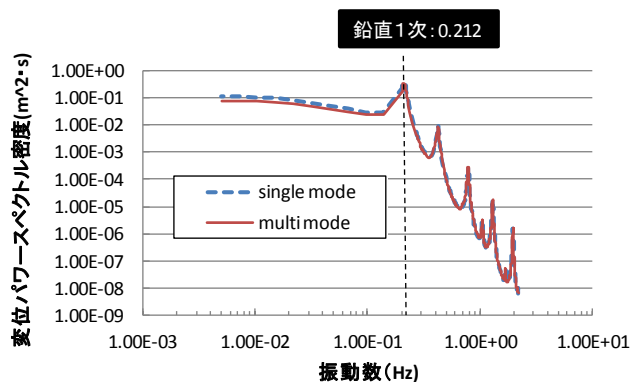


図-1 変位パワースペクトル密度

4.2 RMS 値

図-2は、横軸を桁位置として設計基準風速時（完成時 52.5m/s, 架設時 40.3m/s）における鉛直方向 RMS 値を示したものである。どのモデルも桁中央点で最大値となっている。標準完成より低塔完成の方が大きな値を示している。また標準架設より低塔架設の方が大きな値を示している。これらより、低塔斜張橋は標準斜張橋より鉛直ガスト応答が大きくなることが分かる。

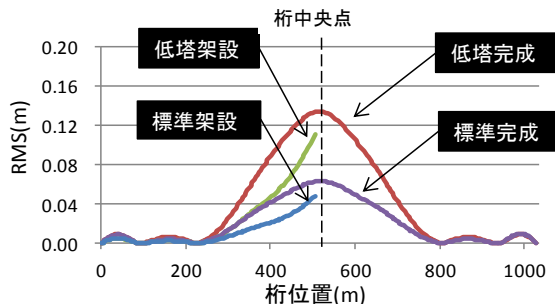


図-2 鉛直方向 RMS 値

図-3も同様に水平方向のRMS値を示したものである。標準完成より低塔完成の方が大きな値を示している。一方、架設時は低塔架設より標準架設の方が大きな値を示しており、水平ガスト応答に関しては、低塔斜張橋の方が安定であることがわかる。

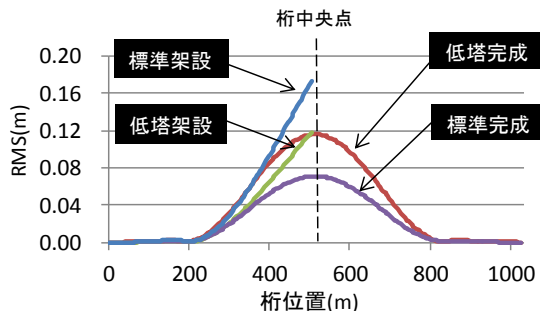


図-3 水平方向 RMS 値

図-4に、設計基準風速付近での挙動を把握するため、桁位置風速を10～60m/sまで10m/sごとに变化させたときの水平方向RMS値を示した。この図より、風速が高くなるにつれ、ガスト応答も比例して大きくなることが分かる。

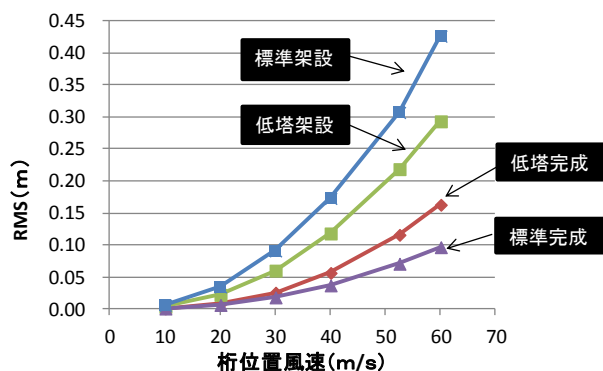


図-4 桁位置風速変化時の水平方向 RMS 値

5. 結論

作製した4つのモデルに対して振動数領域でのガスト応答解析を行い、RMS値の比較からガスト応答特性の評価を行った。

低塔斜張橋では、鉛直方向の応答が大きく留意する必要があることが分かった。また、鉛直方向に関しては、架設系より完成系の方が問題となることが示された。一方、水平方向では、標準斜張橋より大きな応答が示されるものの、架設時は低塔斜張橋の方が安定であることが示された。

本研究により、今後低塔斜張橋を設計する際の有用な知見の一つになるとと思われる。

参考文献

- 1) 伊藤真太郎, 塔高の低い斜張橋の耐風性に関する検討, 横浜国立大学卒業論文, 2011年3月
- 2) 勝地弘, 長大橋耐風設計における風速変動効果の合理的評価に関する研究, 横浜国立大学博士論文, 1999年6月