

## I - B78 斜張橋の鉛直たわみガスト応答のアクティブコントロール

東京大学大学院 学生員 ○貝戸 清之  
 駒井鉄工(株)大阪設計部 正会員 木場 和義  
 立命館大学理工学部 正会員 小林 紘士

## 1. まえがき

気流の乱れによるガスト応答に対しては、特定の振動数に対する振動制御を目的とするパッシブコントロール手法では限界がある。さらに、今後の橋梁構造物の長大化に伴い、渦励振はもとより、ガスト応答のような複数のモードが生ずる振動が問題となることが予想される。したがって、本研究においてはそのような振動に対する制御手法について解析的、実験的に検討を行った。

## 2. 制御手法

図1に示すように、斜張橋の主塔頂部付近から他に設けた固定端にメインケーブルとは別にコントロールケーブルを張り渡す。その桁側端部に設置したアクチュエータに制御力を与えることで、桁の鉛直たわみ振動を制御する。

制御力は、桁先端部、中央部、コントロールケーブルの主塔定着点での変位と速度を状態量として、それらをフィードバックさせアクチュエータに与えた。ゲインの算出は最適制御理論に基づき、評価関数として応答と制御力に対し、QとRの重みを有する次式の形を用いた。

$$J = \int_0^{\infty} [x(t)^T Q x(t) + R \{u(t)\}^2] dt \quad (1)$$

重みの選定にあたり、1次と2次の応答を積極的に制御することを制振指標とした。

## 3. 実橋のガスト応答解析

解析対象は、最大支間長 250m、24 本ケーブル 2 面吊りの斜張橋の張出し架設時で、断面形状を図2、振動特性は表1(case1)に示す。この斜張橋の桁全長に、平均風速 40m/s( $lu=10\%$ ,  $lw=7\%$ )時に生ずる変動揚力を作用させた時の解析結果を図3に示す。図中、(a)は桁先端部の応答の時系列、(b)は応答のパワースペクトルであり、両図において、実線は制御時、破線は非制御時である。また、(c)には制御力の時系列を示す。(a)で非制御時に対する制御時の応答の低減率がR.M.S 値で58%であり、その制振効果が容易に確認できる。さらには、(b)において、1次と2次の各ピークで応答が低減されていることから目標とした制御が行われていることがうかがえる。

## 4. 固有振動数が近接した斜張橋に対するガスト応答制御

表1の case2 に示すような固有振動数が近接した斜張橋に対する制御効果を検討する。case2 において、case1 と2次の固有振動数及び制御ゲインが異なるのみでその他の諸元は同値である。図4は解析結果で

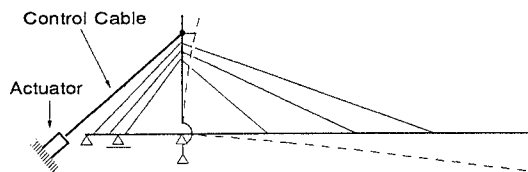


図1. アクティブコントロールシステム



図2. 桁断面形状

 $C_D=0.70$ 
 $C_L=0.45$ 
 $dC_L/d\alpha=5.2$ 

※地覆、高欄有りの場合 1)

表1. 斜張橋の振動数(単位: Hz)

|     | 実橋(case1) | 実橋(case2) | 模型(case1) |
|-----|-----------|-----------|-----------|
| 1 次 | 0.202     | 0.202     | 2.08      |
| 2 次 | 0.487     | 0.250     | 5.37      |
| 3 次 | 0.852     | 0.852     | 9.87      |

減衰はいずれも  $\delta=0.02$ 

キーワード: アクティブコントロール, コントロールケーブル, ガスト応答

滋賀県草津市野路町 1916 Tel: 0775-66-1111 Fax: 0775-61-2667

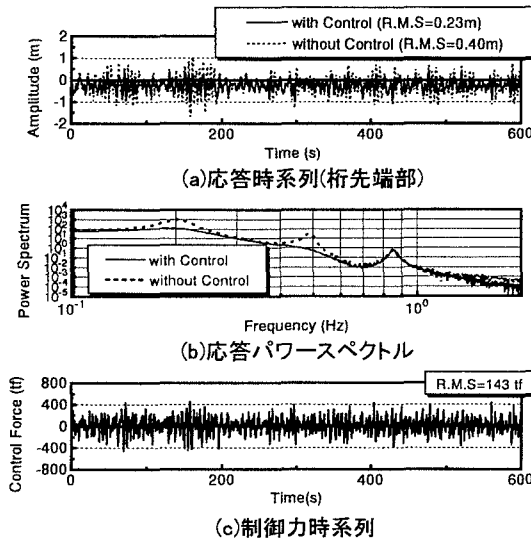


図3. 実橋ガスト応答解析(case1)

あるが、応答の低減率が49%となっており、case1よりも高い値を示す。これは、1次と2次のピークが近接しているために、それぞれに対する制御力がもう一方に対しても応答を低減するように作用する相乗効果によるものと考えられる(図4-b)。

#### 4. 模型実験と解析

上記の case1 と相似な 1/100 スケールの 3 次元弾性模型による風洞実験を行った。模型の振動特性は表 1 に示したとおりである。乱れ強度は、実橋の計算値で用いた  $I_u=10\%$ 、 $I_w=7\%$  となるように格子を選定して実現した。その実験結果と解析結果を図 5 に示す。ここで、横軸が平均風速、縦軸が桁先端部でのガスト応答の R.M.S 値である。図中の線が解析値、プロットが実験値であり、破線及び○印が非制御時、実線及び●印が制御時を表す。解析値と実験値での両者の一致はみられないが、傾向的には一致していると考えられる。応答の低減率を、例えば 4.8m/s 時(実橋の 40m/s に相当)の R.M.S 値で比較すると、解析では 73%であったのに対して、実験では 53%となった。その他の風速域においても全般的に実験の方が高い制振性能を示した。この主要因としては、解析において空力減衰の影響を高く見積もりすぎたためであると考えられる。ちなみに、上述の計算で用いた空力減衰の 70%の値を用いると、その時の低減率は実験による低減率とほぼ同じとなった。

#### 5. 結論

斜張橋の鉛直たわみガスト応答に対して有効な制振効果が得られた。また、解析及び風洞実験より検討した両者の一致は整合的であった。

**謝辞：**本研究を遂行するにあたり、東京大学の藤野陽三教授、阿部雅人講師から貴重なコメントを頂き、実験器材をお借りしたことを深く感謝致します。

**【参考文献】** 1) 芦原, 林田他: 常吉連絡橋(仮称)の部分模型風洞実験, 第 13 回風工学論文集, 1994, 2) H. Koopayashi, et al: Tendon Control for Cable Stayed Bridge Vibration, First World Conference on Structural Control, 1994

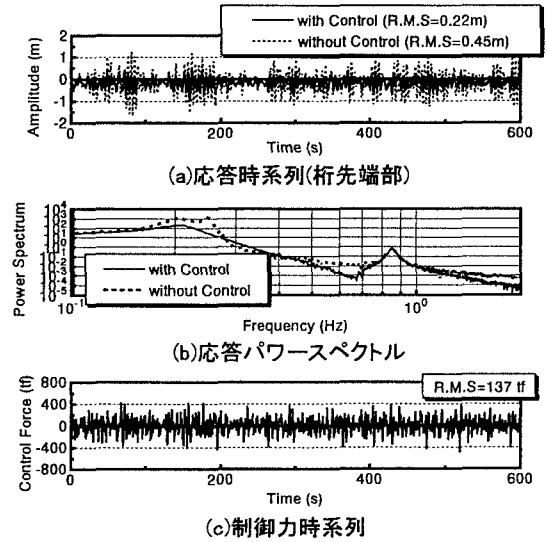


図4. 実橋ガスト応答解析(case2)

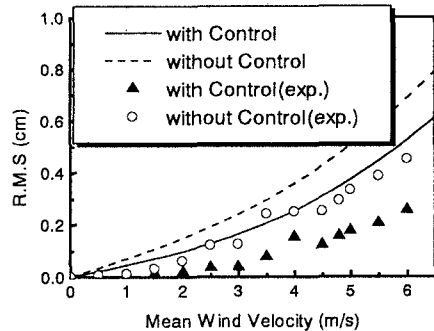


図5. ガスト応答に対する制御効果 (模型: 桁先端部)