

立命館大学大学院	学生員	○工藤 章弘
(株)駒井鉄工	正会員	細見 雅生
(株)駒井鉄工	正会員	木場 和義
立命館大学理工学部	正会員	小林 紘士

1. はじめに

中央径間 1990m の吊橋である明石海峡大橋をはじめとして、多々羅大橋（中央スパン長 890m）や今後建設が予想されている超長大橋においては、現在では考慮されていないようなより高次の振動モードが混在したガスト応答が問題になることが往々にして予想される。

したがって、本研究においては複数のモードに対して制振効果が得られるようなアクティブコントロールについて検討する。制御の方式は斜張橋の主塔塔頂部付近から張り渡したコントロールケーブルの桁側端部にアクチュエータを組み込むことで減衰付加効果を期待するアクティブテンドン方式¹⁾を考える。

長大斜張橋の場合は制御力が過大となりすぎる恐れがある。その対策として、制御力に上限値を設定するなどの工夫をした制御について検討する。

2. 制御方法

本研究において、中央スパン 900m の 3 径間連続鋼斜張橋の架設時閉合直前におけるガスト応答による桁の鉛直振動に対してアクティブコントロールについて解析的に検討する。

ガスト応答解析については、鉛直たわみ振動 10 次モードまで考慮し、複雑な地形の中に架設される場合を想定して、鉛直成分の乱れ強度を 15% とした。明石海峡大橋耐風設計要領に示されているガスト応答解析に従って行った。そして、非制御時のガスト応答による応力の照査を行った結果を図 2 に示す。

側径間端部付近において 57N/mm^2 と比較的大きな応力が生じた。この応力を低減させるために、制振目標を応答低減率(制御時の応答 R.M.S 値/非制御時の応答 R.M.S 値)60% と設定してコントロールすることを考える。

桁先端部、桁中央部、塔頂部でのそれぞれの変位と速度、計 6 つを状態量とする。フィードバックゲインの算定は最適制御理論²⁾に基づき、3 次モードまでを考慮することとする。特に応力の寄与率が他のモードと比べて格段に大きい 1 次の応答を積極的に制御する。コントロールケーブルの塔への取り付け位置については、最もモード変位が大きい箇所である塔頂部にする。こうすることによって、複数のモードに対して制振効果を期待できる。³⁾

次の 3 ケースのコントロール方法について検討した。case1 は上限値を設定しないで応答低減率が 60% と

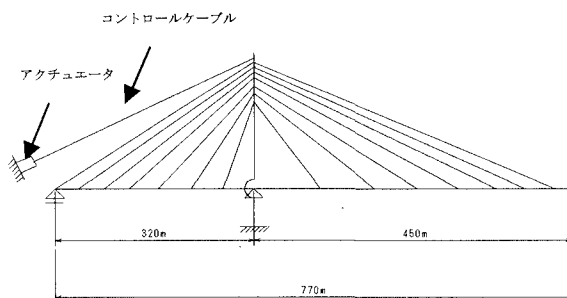


図 1. コントロールシステム

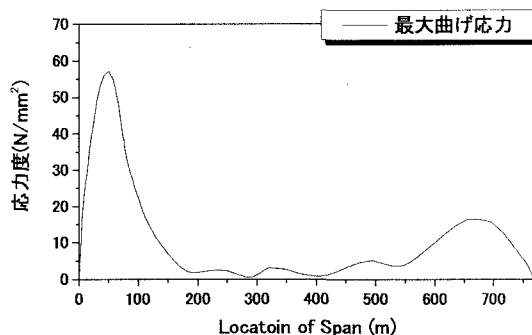


図 2. スパン方向の応力分布

なるようにゲインを決定したケースである。次に、case2 は制御力がある上限値を越えると応答に対する重みをその時点でのみフィードバックゲインを一旦小さくし、制御力が小さくなるようにする。また、case3 は制御力を上限値でカットする方法である。

3. 解析結果

図3にガスト応答の時系列を示す。点線は非制御時、実線はcase1の制御時である。応答のR.M.S値は応答低減率が60%となった。その時の制御力を図4(a)に示す。制御力のR.M.S値は83tf、ピーク値は327tfとなった。

この制御力のピーク値を小さくするためcase2の方法を試みた。すなわち、制御力の絶対値が200tfをこえた時点でフィードバックゲインを約50%(応答低減率が60%になるまで試行錯誤して決定)として、その時刻における制御力を決める。解析結果の制御力の時系列を図4(b)に示す。制御力のR.M.S値、ピーク値ともにやや減っている。

次にcase3の方法でコントロールを行った。すなわち、制御力が250tfをこえた時、系に与える制御力は250tfとする。この値は応答低減率が60%になるように試行錯誤で決定した。この時の制御力の時系列を図4(c)に示す。制御力を上限値250tfでカットしたため制御力のR.M.S値は大きくなっている。

表1に各ケースの制御力と応答のR.M.S値、ピーク値を示す。case1、2は制御力、応答ともに大差ない。しかし、case3の制御力のピーク値は抑えられるもののR.M.S値は大きい。応答のピーク値はcase1、2に比べて大きい。これは、制御力のピーク値を小さく抑えたことによるものと推定される。

ここで、case2とcase3のフィードバックゲインの決定については上限値を200tfでカットした時に、応答低減率が限界値64%となるゲインにした。

4. 結論

アクティブテンドンコントロールのガスト応答に対する制振効果は有効であった。また、制御力を抑える工夫をした制御を試み、その有効性が確認できた。

謝辞本研究の遂行にあたり、学部学生の上田政信君に多大なるご協力を頂き深く感謝いたします。

【参考文献】1) Hiroshi Kobayashi, Masao Hosomi, Kazuyoshi Koba : Tendon Control for Cable Stayed Bridge Vibration, First World Conference on Structural Control, 1994

2)振動制御小委員会：振動制御コロキウム Part A, 1991

3)貝戸清之、木場和義、小林紘士：斜張橋架設時における鉛直たわみガスト応答のパッシブ及びアクティブテンドンコントロール,構造工学論文集, Vol.44A, 1998.3

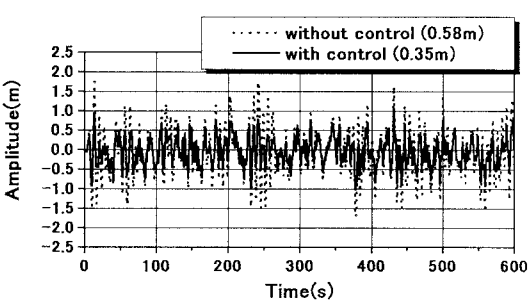
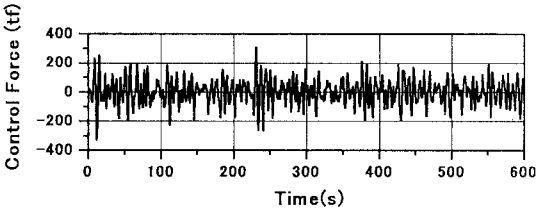
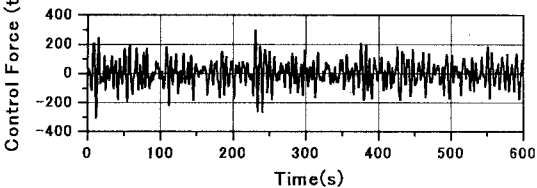


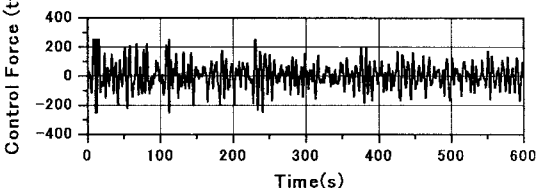
図3. 桁先端部ガスト応答時系列(U=30m/s・Iw=15%)



(a) case1(RMS=83tf,MAX=327tf)



(b) case2(RMS=81tf,MAX=305tf)



(c) case3(RMS=84tf,MAX=250tf)

図4. 各ケースの制御力時系列

表1. 各ケースの制御力と制御効果

case No.	actuator power (tf)	control force (tf)		with control amplitude (m)		
		RMS	MAX	RMS	*	MAX
1	unlimited	83	327	0.35	60	1.10
2	check (200tf)	81	305	0.35		1.11
3	limit (250tf)	84	250	0.35		1.23
without control				0.58m		1.75m

* reduction factor (%)