

I - B72 部材非線形を考慮した長大 PC 斜張橋の時刻歴ガスト応答解析

鹿島技術研究所 正員 ○新原雄二 中野龍児 林田宏二

1. はじめに

張出し架設中の PC 斜張橋は、ヤジロベエのように不安定な状態となるため、風の乱れによるガスト応答が問題となる。これまでに、国内において、3 次元弾性模型を用いた風洞実験により張出し架設時の耐風性が検討された PC 斜張橋は数例あるが、ガスト応答による断面力をガスト応答解析により詳細に検討した例は少ない。しかしながら、今後 PC 斜張橋の長大化を図る上で、架設時のガスト応答の照査や制振対策は現実的に必要になると考えられる。そこで、本研究では長大 PC 斜張橋のモデル橋を設定し、部材の非線形性を考慮した時刻歴応答解析による施工時のガスト応答解析を行い、主塔に発生する断面力について検討する。

2. 長大 PC 斜張橋のモデル橋の設定

現在、国内最長の PC 斜張橋は伊唐大橋（中央スパン 260m）であるが、本研究では、それよりも長いスパン長 330m（架設時最大張出し長 165m）の PC 斜張橋をモデル橋として設定した（図-1）。主桁形状は、幅員 11m の 2 室箱桁断面とした。主塔の断面形状の決定にあたっては、L1 レベルの地震力（I 種地盤、地域別補正係数 $C_z=0.7$ ）による断面力を加速度応答スペクトル法で求め、鉄筋の許容応力を越えないようにした。モデル橋の振動モードを図-2 に示す。部材の履歴特性は、トリリニア型（武藤モデル）としてモデル化した。非線形部材は主塔のみとし、主桁は線形部材とした。

3. ガスト応答の時刻歴解析法

ガスト応答の時刻歴解析では、ターゲットとするパワースペクトルとクロススペクトルをもつ変動空気をシミュレートしなければならない。本研究では、岩谷 みの AR モデルによる方法を用いて、主桁のスパン方向の変動風速をシミュレートした後、空力アドミッタンスとして Sears 関数を仮定して揚力に変換した。ガスト空気力は主桁に作用する揚力のみを考慮し、主桁の抗力、ピッチングモーメントおよび主塔、ケーブルに作用するガスト空気力と自励空気力は考慮していない。動的解析には FEM を使い、シミュレートしたガスト空気力を主桁節点に外力として直接入力した。このような応答解析は一般的な汎用動解ソフトにて行うことが可能である。解析対象とする風速範囲は、基本風速 $U_{10}=35\text{m/s}$ を想定し、主桁高度 30m から高度補正を行って求められる 50m/s までとした。解析条件をまとめると表-1 のようになる。なお、各風速において、5 回ずつ風速をシミュレートして応答解析を行った。

4. 解析結果

まず、本解析の妥当性を示すため、伊唐大橋の時刻歴ガスト応答解析を行った結果を図-3 に示す²⁾。時刻歴解析による主桁応答振幅の RMS 値は周波数解析によるものと同程度であり、また、実橋での観測結果との対応はよい。次に、本モデル橋のガスト応答解析による風速 40m/s での時刻歴波形の一例を図-4 に、また、主塔に発生する最大曲げモーメントの 5 回の計算結果の平均値を図-5 に示す。なお、図-5 にはひび割れ発生モーメント、降伏モーメント、および L1 レベルの地震応答解析による曲げモーメントも合わせて示している。図-5 から、風速 30m/s で完成系の L1 レベルの地震応答解析を越える曲げモーメントが発生し、風速 40m/s 以上でひび割れが生じることがわかる。また解析ケースによっては風速 50m/s で鉄筋の降伏が起こるものもあった。架設時の設計風速は、短期間ゆえ完成時の設計風速以下としてよいことから、風速 50m/s までの検討は必要ないにしても、制振対策を何も施さずに長大 PC 斜張橋を張出し架設工法で建設した場合、台風直撃時のガスト応答による発生断面力はかなりのものになることが予想される。

キーワード：PC 斜張橋、張出し架設、ガスト応答、時刻歴解析、非線形

連絡先：〒182 東京都調布市飛田給 2-19-1 Tel. 0427-89-7077 Fax 0424-89-7087

5. まとめ

本研究では、長大 PC 斜張橋のモデル橋を設定し、張出架設時のガスト応答により発生する断面力を、部材の非線形を考慮した時刻歴応答解析により検討した。その結果、何も制振対策を施していない場合には、完成系の耐震設計よりも大きな断面力が発生する可能性があること、また、部材が非線形領域に達する可能性があることなどが示された。今後、PC 斜張橋の長大化を図る上で、張出し架設時の耐風性の検討はますます重要になるものと考えられ、本研究のような解析的検討も必要になると考えられる。しかしながら、本研究では解析の簡略化のため、空気力の設定などにおいて多くの仮定を用いており、今後はより一層の解析精度の向上を図ることが必要がある。

本研究を遂行するにあたり、東京大学の藤野教授、木村助教授のご指導を頂いたことを記し、ここに謝意を表すものである。

（参考文献）1）岩谷，日本風工学会誌，第11号，昭和57年1月。2）新原，中野；第14回風工学シンポジウム論文集，平成8年12月。

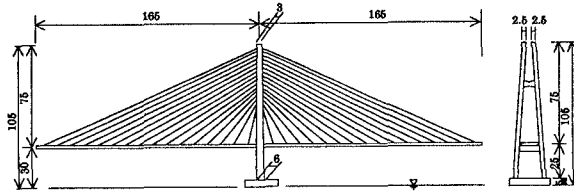


図-1 設定したモデル橋

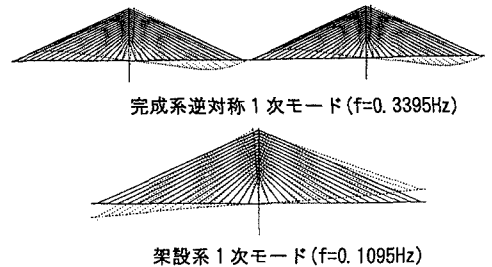


図-2 モデル橋のモード図

表-1 解析条件

気流特性	乱れ強さ I_w	8.5%
	パワースペクトル	カルマン型 ($L^w_x = 30m$)
	コヒーレンス	カルマン型 ($L^w_x = 30m$)
主桁断面の 空力特性	空力アドミタンス	Sears関数
	静的空気力係数	$C_D=0.508$, $dC_L/d\alpha=4.80rad.^{-1}$
構造特性	張出し長	165m
	減衰	構造減衰($\eta=0.008$) + 空力減衰(準定常)

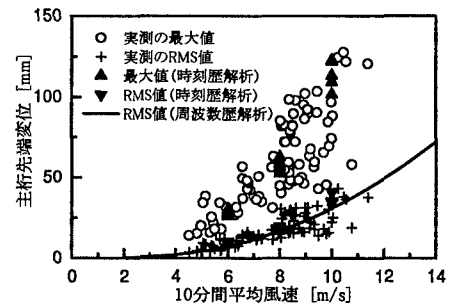


図-3 伊唐大橋のガスト解析結果

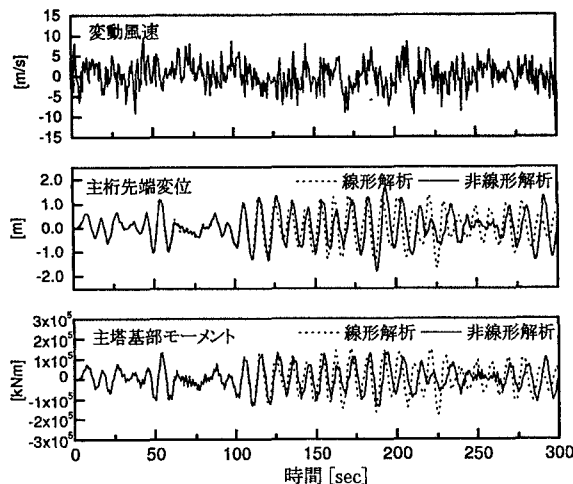


図-4 時刻歴波形例 ($U=40m/s$)

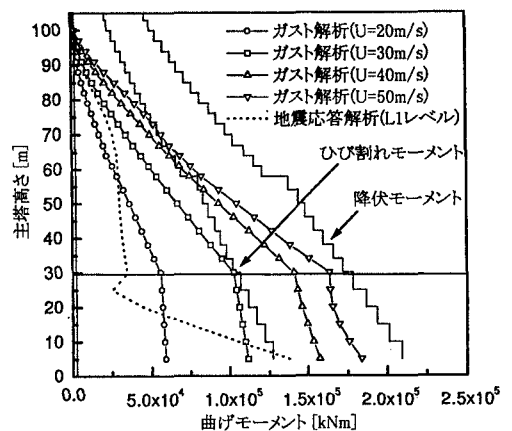


図-5 ガスト応答による主塔の最大曲げモーメント