

風速の実測データを用いた海上3径間鋼箱桁橋のガスト応答解析の検討

東京理科大学大学院 学生会員 ○山崎 一真
 東京都(研究当時 東京理科大学) 非会員 伊藤 麻耶
 東京理科大学 フェロー 木村 吉郎

1. 目的

伊良部大橋は現在宮古島と伊良部島の間に建設中の全長 3,540m の橋梁で、その主航路部は主径間長 180m、全長 420m の 3 径間鋼箱桁橋となっている。架橋位置は台風の常襲地帯で強風に見舞われやすい。そのため、主航路部の設計風速は 82.2m/s と非常に高く設定され、耐風性の検討が重要である。

本研究では台風時に実測された平均風速 40.8m/s のデータと、それを設計風速である 82.2m/s に変換した変動風データを用い、時間領域のガスト応答解析により橋梁の応答を求める。ただし、変動風速の測定は 1 点でしか行われていないため、橋梁のスパン方向の空間相関の影響を考慮するために工夫が必要である。もし、橋梁全体に同じ変動風速が作用するとして解析した結果に、周波数領域の解析におけるジョイントモードアクセプタンス(以下、JMA と略す)に対応する補正係数を乗じることにより空間相関を考慮できれば便利である。そうした JMA による空間相関の考慮が妥当であるか、20m 毎の 22 地点で人工的に作成した所要の相関を持つ風速データを用いて求められる応答と比較することで検証する。

2. 研究方法

本研究では、橋桁の鉛直方向のガスト応答を対象とした。モード解析法により 1~6 次の各モード毎にガスト応答解析を行った。22 地点での風速データは岩谷¹⁾の方法に基づき作成した。

また、時間領域での空間相関の補正係数は本研究では以下のように求めて用いた。すなわち、本来は線状構造物の応答を、モード解析法を用いて周波数領域で表す場合に空間相関の影響を補正する関数である JMA を²⁾、時間領域の解析においても同様に用いることができると仮定して、 $JMA(=J_m(f)^2)$ の固有振動数での値の平方根($=J_m(f_m)$)を補正係数として用い、モード解析法におけるモード外力項に掛けた。 $JMA(=J_m(f)^2)$ は以下のように定義される。

$$J_m(f)^2 = \frac{1}{S_{L_w}(f)} \int_0^L \int_0^L S_{L_{wi}L_{wj}}(f, \Delta x) \varphi_i(x_1) \varphi_j(x_2) dx_1 dx_2 \quad \cdots(1)$$

ここで、 $S_{L_{wi}L_{wj}}(f), \varphi_i(x_i)$

はそれぞれクロススペク

トルとモード形であり、

また実際に JMA を求め

る際に用いるコヒーレン

スは $R_u = \exp\left(-\frac{8f_m\Delta x}{U}\right)$ と

した。

なお、解析に用いた各モ

ードの固有振動数とそれ

に対応する JMA の値は表

1 のとおりである。

表 1 固有振動数と各風速における $J_m(f_m)/L$ の値

	1次	2次	3次	4次	5次	6次
固有振動数[Hz]	0.48	0.69	0.88	1.2	1.5	2.3
$J_m(f_m)/L, 40.8[m/s]$	0.11	0.096	0.083	0.065	0.062	0.068
$J_m(f_m)/L, 82.2[m/s]$	0.14	0.13	0.11	0.088	0.084	0.090

表 2 応答の標準偏差と最大値 (単位[m])

	風速データ数 (地点数)	平均風速 [m/s]	σ_1	σ_2	σ_3	σ_4	σ_5	σ_6
			ψ_{1max}	ψ_{2max}	ψ_{3max}	ψ_{4max}	ψ_{5max}	ψ_{6max}
case 1	1	40.8	0.0309	0.0146	0.0086	0.0048	0.0025	0.0011
			0.1311	0.0575	0.0334	0.018	0.0107	0.004
case 2	22		0.0367	0.0197	0.0133	0.0075	0.0046	0.0021
			0.1217	0.0630	0.0515	0.0285	0.0179	0.0098
case 3	1		82.2	0.1045	0.0571	0.0355	0.0212	0.0119
		0.4403		0.2458	0.1390	0.0787	0.0484	0.0204
case 4	22	0.1105		0.0654	0.0468	0.0271	0.0169	0.0080
		0.3629		0.227	0.1799	0.0968	0.0633	0.0339

キーワード 長大橋, ガスト応答, 空間相関, ジョイントモードアクセプタンス, 変動風速

連絡先 〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641 東京理科大学 TEL. 04-7124-1501 (内線 4070)

表3 2つの方法による応答の標準偏差と最大値の比

	σ_1	σ_2	σ_3	σ_4	σ_5	σ_6
	ψ_{1max}	ψ_{2max}	ψ_{3max}	ψ_{4max}	ψ_{5max}	ψ_{6max}
case 1/case 2 (40.8[m/s])	0.84	0.74	0.65	0.64	0.54	0.52
	1.08	0.91	0.65	0.63	0.60	0.41
case 3/case 4 (82.2[m/s])	0.95	0.87	0.76	0.78	0.70	0.66
	1.21	1.08	0.77	0.81	0.76	0.60

3. 解析結果と考察

平均風速 40.8, 82.2[m/s]の2通りで, 前述のような JMA を用いて空間相関を考慮した方法(case 1, case 3)と 22 地点で人工的に作成した風速データを用いる方法(case 2, case 4)で 1~6 次の各モード毎に応答を求めると, 表 2 のようになる. ここで, i 次モードの応答の最大値(ψ_{imax})と標準偏差(σ_i)を比較した. 各モードで 2 つの方法により得られた標準偏差と最大値についてそれぞれ比を求めると(表 3), 風速が低い方が全てのモードにおいて比の値が小さくなっていることがわかる. これは, 風速が低い方が, 固有振動数よりも低振動数域の応答の影響が大きくなるためと考えられる. また, 風速に関わらず 1 次から高次になるにつれ比の値が小さくなる. この原因を考えるべく, 風速 82.2[m/s]において 2 つの方法で得られた 1 次モードと 6 次モードのパワースペクトルを比較する(図 1). 図 1 より, ピークとなる固有振動数($f_1 = 0.4, f_6 = 2.3$ [Hz])以下の部分に着目すると, ごく低振動数域を除いて, JMA を用いた case のスペクトルの方が小さくなっている. こうした差が生じるのは, 本研究の JMA を用いて空間相関を考慮する方法では, 固有振動数の JMA の値のみを用いており, それにより低振動数域の応答に対しては小さ過ぎる補正係数となっているためと考えられる.

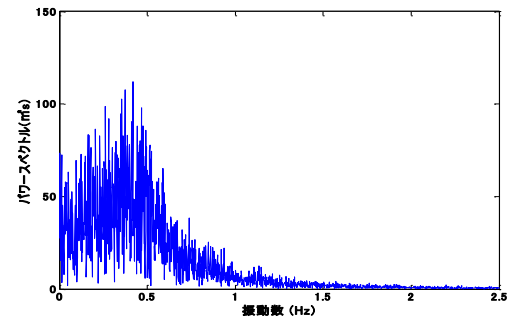
4. まとめと今後の課題

簡易に空間相関の影響を考慮する時間領域のガスト応答解析法について検討した. 低風速や高次モードでは JMA を用いた応答はかなり小さくなった. 今後は, 周波数の関数としての JMA を考慮したフィルターを変動風速に乗じることで, より正確に空間相関を反映する解析手法について検討していく予定である.

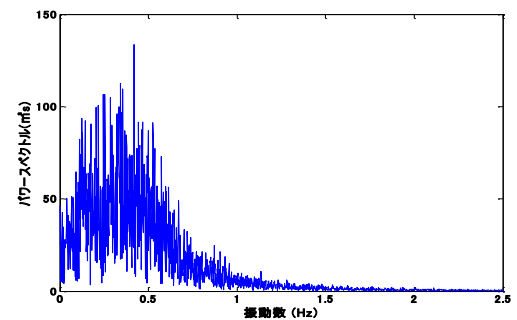
謝辞 実風速データの使用にあたっては, 沖縄県土木建築部宮古土木事務所ならびに(株)風工学研究所の皆様にご多大のお世話になった. ここに記して謝意を表します.

参考文献

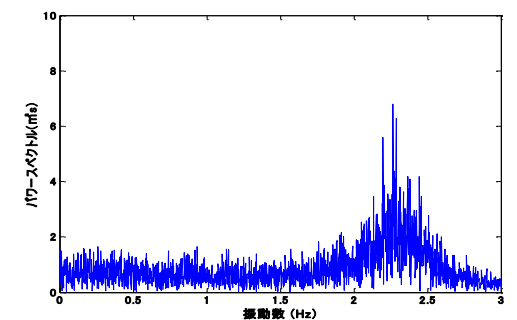
- 1) 岩谷祥美, 任意のパワースペクトルとクロススペクトルをもつ多次元の風速変動のシミュレーション, 日本風工学研究会誌, No.11, pp.5-18, 1982
- 2) 社団法人日本鋼構造協会, 風を知り風と付き合う—耐風設計入門—, p.75, 2011



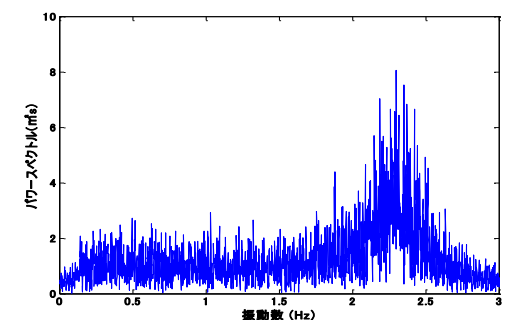
(a)case 3 の 1 次モード



(b)case 4 の 1 次モード



(c)case 3 の 6 次モード



(d)case 4 の 6 次モード

図 1 パワースペクトルの比較(U=82.2[m/s])