# 流れ解析を利用した橋桁のガスト応答評価

(株) IHI 正会員 〇上島秀作,黒田眞一,山内邦博 立命館大学 正会員 小林紘士

# 1. はじめに

筆者らは2次元 RANS に基づく流れ解析 (CFD) を用いた 空力アドミッタンスの推定法を検討してきた<sup>1)</sup>. 今回, その 手法で推定された空力アドミッタンスを入力としたガスト 応答解析で,片持ち梁モデルの鉛直ガスト応答の推定を試み た.また,風洞試験結果と比較して妥当性の検討を行った.

## 2. 片持ち梁モデルのガスト応答評価

本検討は図-1に示す片持ち支持された角柱(辺長比 B/D=5)の鉛直方向ガスト応答を対象とする.解析による評 価では,流れ解析で鉛直風速変動による揚力の空力アドミッ タンス | X<sup>w</sup>L(f) | を評価し,これを周波数領域でのガス ト応答解析<sup>2)</sup>に入力してガスト応答振幅を求めた.

一方,図-1の弾性模型を製作し,風洞試験で格子 乱流中における鉛直方向のガスト応答振幅(片持ち 梁先端)を計測した.ここで,弾性模型の先端には 端板を設置して気流の回り込みによる3次元効果を 低減させる工夫を行った.解析による評価は,2次 元の流れ解析に基づく評価であるため,先端の3次 元効果は解析と試験結果の偏差に繋がると考えられ る.本検討ではその偏差を極力排除することとした.

風洞試験とガスト応答解析の条件を表-1に総括 して示す.気流変動のパワースペクトルと空間相関は格子乱流の 実測値に基づいて設定し,揚力係数勾配(dC<sub>L</sub>/dα+C<sub>d</sub>=5.91)およ び空力アドミッタンス(図-5)は流れ解析で得られたものを用い た.

# 3. 流れ解析による空力アドミッタンスの評価<sup>1)</sup>

図-2に示す解析領域の流入境界から鉛直流速変動を含む気流 を流入させ、静止断面に作用する非定常揚力を算出した.このと き、流速の主流方向成分は一定とした.CFDの解析手法に関して は、既報<sup>11</sup>のとおりの2次元非圧縮 RANS を用いた.解析格子は 図-2に示すような H型の背景格子と物体近傍の O型格子を組み 合わせる複合格子法を用いた.

#### 4. 風洞試験結果と流れ解析結果との比較

図-3に風洞試験と解析の両方で得られたガスト応答振幅の比較を示す.図には比較のため,Sears 関数を空力アドミッタンス

キーワード 流れ解析, RANS, ガスト応答

連絡先 〒235-0004 横浜市磯子区新中原町1 (株) IHI 基盤技術研究所 構造研究部 TEL 045-759-2866



図−1 片持ち梁モデル

表-1 風洞試験および解析条件

風,洞記、販	寸法(幅 B×高さ D×長さ L)	300mm × 60mm × 4000mm
	固有振動数(鉛直曲げ1次モード)	$f_{\eta 1} = 1.43 Hz$
	減衰(鉛直曲げ1次モード)	$\delta = 0.011$
	質量	m = 2.45 (kg/m)
	乱れ強さ	Iu=6.9%, Iw=5.4%
	乱れスケール	$L_{u}^{x}/B = 1.8$ , $L_{w}^{x}/B = 0.69$
		$L^y_{\ u}/B=0.81$ , $L^y_{\ w}/B=1.0$
カスト解析	揚力係数勾配,空力アドミッタンス	流れ解析による評価
	軸方向の空間相関	変動風速実測値を指数関数近似
	気流パワースペクトル	風洞気流の実測結果



図-2 解析方法

として用いた場合の解析結果も併記した.風洞試験結果に比べて CFD による空力アドミッタンスを用いた解 析結果の方が,ガスト応答を大きく評価する傾向にある.風速=4.9m/s の場合,CFD 結果を用いたガスト解析 結果は風洞試験結果に対して 50%程度大きい値を与えた.一方,Sears 関数を用いた解析結果の場合は風洞試 験結果を下回った.風洞試験で観察されたガスト応答は鉛直曲げ1次モードが卓越する特性を有し,図-4に 示した応答振幅のパワースペクトルでも,その特性を確認することが出来る.また,鉛直曲げ1次モードに相 当するピークの大きさの順序が図-3の応答振幅値の関係と対応している.応答振幅の周波数特性については, CFD を用いた場合の解析結果の方が風洞試験結果と近い特性であると言える.



## 5. 空力アドミッタンスの実測

ガスト応答解析結果が風洞試験結果と整合しなかった原因追求 を目的として,空力アドミッタンスの実測を行った.図-1と同じ 断面(B=300mm, D=60mm)を持つ長さ1500mmの圧力計測用の 模型を別途製作し,応答試験と同じ乱流中で断面まわりの非定常 圧力計測を行った.図-5は非定常圧力を用いて導出した B/D=5 断面の空力アドミッタンス(赤細線)である.図には流れ解析で 得た値(太線),井原ら<sup>3)</sup>が翼列等を用いた2次元乱流中での実測 値(点線)を併記した.流れ解析で得られた空力アドミッタンス は2次元乱流中での実測値を良く一致している.換算振動数 ωb/U=2(ω:角振動数, b=B/2, U:平均風速)付近のピークはスト ローハル数に相当するものである.また,それより低周波領域に おいてなだらかなピークが存在する.格子乱流中では2次元乱流



図-5 格子乱流中の空力アドミッタンス

中に比べてこのなだらかなピークの大きさが低減する傾向にあり、この領域で流れ解析結果と乖離しているこ とが分かる.図-5に矢印で示した鉛直曲げ1次モードの固有振動数に相当する周波数は、このなだらかなピ ークの領域に位置しており、空力アドミッタンスの気流による差異がガスト応答解析結果と風洞試験値との乖 離の要因の一つであると考えられる.

#### 6. まとめ

2次元流れ解析で計算された断面固有のガスト空気力特性(空力アドミッタンス)を用いた応答評価法について,片持ち梁モデルを例に風洞試験との比較を実施した.本手法で通常の3次元乱流中のガスト応答を評価する場合,応答振幅を大きめに評価する場合があることが分かった.

[参考文献] 1)上島ら: CFD による橋桁基本断面のガスト空気力の検討,第65回土木学会年次学術講演会,2007.9. 2)本州四国連絡橋耐風設計基準(2001)・同解説,3)井原ら:2次元鉛直変動気流中の角柱の揚力変動に及ぼす負圧の影響,平成18年度土木学会関西支部年講,2006