New Hybrid 振動法による高層建物の非定常空力振動シミュレーションに関する研究

ーその2 角柱模型の風直交方向応答についてー

(南)WindStyle ○松山 哲雄 日大生産工(学部) 名波 航 日大生産工(院)平田 和也 日大生産工 神田 亮 日大生産工 丸田 榮藏

1. はじめに

その1¹⁾に引き続き、その2では高層建物を想定 した角柱模型を使用して、空力振動実験を行い、そ の応答性状について考察する。

2. 実験方法

風洞実験は日本大学生産工学部所有のエッフェ ル型境界層風洞を使用した(Fig.1)。

実験気流はラフネスやボルテックス等を設置しない乱れの少ない状態とした。平均風速および乱れ強さの鉛直分布をFig.2を示す。

実験模型は100mm×100mm×500mm(辺長比1:1, アスペクト比5)の角柱状の高層建物を想定し、建 物基部を回転軸とする風直交方向1自由度のロッ キング振動モードとした。風圧測定点は風直交方向 にのみ配置され、片面1層に5点づつ、両面で10 点×6層、計60点とした(Fig.3)。単位体積重量は 1.72kN/m³、固有振動数は5Hz、減衰定数は0.005~ 0.05とした。

計測/解析/制御は自作 DOS/V 機に COTEC 社製の A/D 変換機をインストールし、α法に基づく Step by Step のリアルタイム応答計算シミュレーションプ ログラムを作成して行った。コンピュータの OS に は WindowsXP を使用したが、独自のカスタマイズ により 2msec のリアルタイム計測/解析/制御ループ ¹⁾を実現した。

回転慣性(Nmsec ²)	回転剛性(Nm)	固有振動数(Hz)
0.07272	71.7717632	5
時間スケール	幾何学スケール	風速スケール
1/30	1/600	1/20
減衰定数(%)	サンプリング間隔(msec)	データ数
0.5, 2, 3, 5	2	16384
レイノルズ数R e	基準圧	実験風速(m/sec)
6.7 $\times 10^4$	ピトー管の静圧	$0 \sim 1.5$

3. 実験結果

ここではN.H.V.T によって求まった応答変位について、自由振動法(以後、F.V.T と称す。)および応答変位と模型を静止させた状態で風圧/風力を測定し、その風力を外力とした応答計算(以後、S.T と称す。)により求まった応答変位を比較する。



3.1 応答変位の標準偏差

応答変位の標準偏差を減衰定数別に Fig.4 に示す。 また、参考値として河井氏の実験結果²⁾ についても 示す。

【減衰0.5%】N.H.V.T およびF.V.T ともに換算風速 7~8 付近から徐々に大きく振動し始め、それ以上 の風速では風速増加と共に発散していく。また、発 振風速以上での風速領域ではS.T.による応答変位に 比べ、N.H.V.T およびF.V.T による応答変位が約10 倍程度大きい。尚、N.H.V.T は装置の性能上、換算

New Hybrid Vibration Technique for simulation of unsteady aerodynamic phenomena on high-rise building — Part2 Across-Wind Response of 3D Square Cylinder Model —

Tetsuo MATSUYAMA, Wataru NANAMI, Kazuya HIRATA, Makoto KANDA and Eizo MARUTA

風速 10 以上での大振幅を計測することは不可能で あった。

【減衰 2.0%】N.H.V.T および F.V.T ともに換算風速 8~9 付近から徐々に大きく振動し始め、換算風速 10 付近をピークとし、それ以降は急激に応答が減 少する。渦励振を再現できているようであるが、

N.H.V.T による応答変位の RMS ピーク値は F.V.T に 比べ、若干低かった。S.T による応答変位に比べ、

N.H.V.T および F.V.T による応答変位は約 8~12 倍 程度大きい。また、換算風速 12 を越えた風速領域 では N.H.V.T および F.V.T と静止時の風圧実験より 求めた応答変位は同様の傾向を示した。

【減衰 3.0%】減衰 2.0%の場合と同様に、N.H.V.T およびFV.Tともに換算風速8~9付近から徐々に大 きく振動し始め、換算風速 10 付近をピークとする 渦励振を再現できているようであるが、今度は N.H.V.T による応答変位のRMS ピーク値はF.V.T に 比べ、若干高くなった。S.T による応答変位に比べ、

N.H.V.T および F.V.T による応答変位は約6~7倍程 度大きい。また、換算風速12を越えた風速領域で は N.H.V.T および F.V.T と S.T による応答変位はそ れぞれがほぼ同様の傾向を示した。

【減衰 5.0%】N.H.V.T では換算風速 8~9 付近から

徐々に大きく振動し始め、換算風速 10 付近をピー クとする渦励振を再現できているようであるが、 EVTでは明確な渦励振が見られない。N.H.V.T と河 井の実験結果との比較では渦励振の性状はほぼー 致する。S.T による応答変位に比べ、N.H.V.T によ る応答変位は約 4 倍程度大きい。また、換算風速 12を越えた風速領域ではN.H.V.T と F.V.T およびS.T により求まった応答変位はそれぞれがほぼ同様の 傾向を示した。

3.2 応答変位の時刻歴

【減衰0.5%】N.H.V.T およびF.V.T ともに換算風速 7~8 付近から徐々に大きく振動し始め、それ以上 の風速では風速増加と共に発散していく。また、発 振風速以上での風速領域ではS.Tによる応答変位に 比べ、N.H.V.T およびF.V.T による応答変位が約10

倍程度大きい。尚、N.H.V.T は装置の性能上、換算 風速 10 以上での大振幅を計測することは不可能で あった。

【減衰2.0%】N.H.V.T および F.V.T ともに換算風速 8~9 付近から徐々に大きく振動し始め、換算風速 10 付近をピークとし、それ以降は急激に応答が減 少する。渦励振を再現できているようであるが、





Fig.5 応答変位の時刻歴

N.H.V.T による応答変位の RMS ピーク値は F.V.T に 比べ、若干低かった。S.T による応答変位に比べ、 N.H.V.T および F.V.T による応答変位は約 8~12 倍 程度大きい。また、換算風速 12 を越えた風速領域 では N.H.V.T および F.V.T と静止時の風圧実験より 求めた応答変位は同様の傾向を示した。

【減衰 3.0%】減衰 2.0%の場合と同様に、N.H.V.T およびF.V.Tともに換算風速8~9付近から徐々に大 きく振動し始め、換算風速 10 付近をピークとする 渦励振を再現できているようであるが、今度は N.H.V.T による応答変位の RMS ピーク値は F.V.T に 比べ、若干高くなった。S.T による応答変位に比べ、 N.H.V.T および F.V.T による応答変位は約6~7倍程 度大きい。また、換算風速12を越えた風速領域で は N.H.V.T および F.V.T と S.T による応答変位はそ れぞれがほぼ同様の傾向を示した。

【減衰 5.0%】N.H.V.T では換算風速 8~9 付近から 徐々に大きく振動し始め、換算風速 10 付近をピー クとする渦励振を再現できているようであるが、 F.V.T では明確な渦励振が見られない。N.H.V.T と河 井の実験結果との比較では渦励振の性状はほぼ一 致する。S.T による応答変位に比べ、N.H.V.T によ る応答変位は約4倍程度大きい。また、換算風速 12を越えた風速領域ではN.H.V.TとF.V.TおよびS.T により求まった応答変位はそれぞれがほぼ同様の 傾向を示した。

3.2 応答変位の時刻歴

応答変位の時刻歴を減衰定数別に Fig. 00 に示す。 尚、ここでは換算風速: Rv=10 の場合の結果のみを 示す。

【減衰0.5%】S.T の場合、片振幅0.010rad 程度に収まった。それに対しN.H.V.T の場合、振幅は徐々に大きくなり発散していった。

【減衰 2.0%】S.T の場合、片振幅 0.007rad 程度に収 まる。N.H.V.T の場合、振幅は徐々に増大し、片振 幅0.025rad 程度まで大きくなった後はほぼ安定する。

【減衰 3.0%】減衰 2.0%と同様の傾向を示し、S.T の場合、片振幅 0.006 程度。N.H.V.T の場合、 0.020rad 程度でほぼ安定する。

【減衰5.0%】減衰2.0%と同様の傾向を示し、S.Tの 場合、片振幅0.005程度。N.H.V.Tの場合、0.012rad 程度でほぼ安定する。

3.3 応答変位のパワ・スペクトル

応答変位のパワ・スペクトルを減衰定数別に Fig.00に示す。尚、ここでは換算風速: Rv=10の場 合の結果のみを示す。

4. 応答性状

【減衰 0.5%】S.T と N.H.V.T による応答変位のパ ワ・スペクトルはいずれも 5 Hz 付近で卓越してお り、そのピーク値は S.T に比べ N.H.V.T の方が約 100 倍程度大きくなった。

【減衰 2.0%】減衰 0.5%の場合と同様の傾向が見られたが、パワ・スペクトルのピーク値は S.T に比べ N.H.V.T の方が約 110 倍程度大きくなった。

5. まとめ

N.H.V.T による高層建物の空力振動シミュレーションを行い、高い精度で応答性状を再現できることを示した。

[参考文献]

1) 名波等,New Hybrid 振動法による高層建物の非 定常空力振動シミュレーションに関する研究 その 1 制御アルゴリズム,第 37 回日本大学生産工学部学 術講演会(2004)

2) 河井宏允,高層建築物の渦励振、ギャロッピング、 フラッター,第12回風工学シンポジウム(1992)pp267 ~pp272



Fig.6 応答変位のパワ・スペクトル