

境界層乱流中における弾塑性ダンパーを有する高層建築物の
風方向応答挙動に関する風洞実験WIND TUNNEL TEST OF ALONG-WIND OSCILLATIONS FOR A HIGH-RISE BUILDING
MODEL WITH HYSTERETIC DAMPER IN TURBULENT BOUNDARY LAYER

岡田 玲*, 田村哲郎**, 和田 章***

Rei OKADA, Tetsuro TAMURA and Akira WADA

In our former papers^{1),2)}, the mitigation of the across-wind responses of the high-rise building was confirmed. Next, we discuss that the along-wind oscillations have to be considered for the high-rise building with the hysteretic damper.

When we consider the along-wind oscillations of the high-rise building with the hysteretic damper, it is an important point that the external wind forces have the mean component continuously. So we need to discuss the influence of mean and fluctuate components on the responses of the high-rise building with the hysteretic damper.

In this paper, we show the along-wind oscillations of the high-rise building with the hysteretic damper and compare them with the across-wind oscillations.

Keywords: High-rise building, Hysteretic-damping mechanism, Wind-tunnel test,
Turbulent-boundary flow, Along-wind oscillation, Average component

高層建築物、履歴減衰機構、風洞実験、境界層乱流、風方向振動、平均成分

1. 序論

筆者らは「弾塑性ダンパーを有する高層建築物の共振風速近傍での応答挙動に関する風洞実験¹⁾」において弾性ばねに支持された高層建築物モデルに対して履歴型ダンパーを並列に設置し、それを実際に塑性化させて履歴減衰性能を再現する実験方法を構築した。また高層建築物の後流に形成される渦によって発生する空力不安定振動に対する履歴減衰効果を検討するために、一様流中に置かれた正方形柱状構造物を対象とした風洞実験結果を示した。その結果、空力減衰が負減衰として作用することにより著しく応答が増大する条件下で履歴減衰が有効に作用し応答が抑制されることが解った。さらに「境界層乱流中における弾塑性ダンパーを有する高層建築物の風直角方向応答挙動に関する風洞実験²⁾」において、実際に都市部に流入する乱れを有し鉛直方向に乱れ強さ及び平均成分が変化する境界層乱流中で初期剛性を等しくした基準弾性モデルと4種類の弾塑性モデルを用い、強風作用時に支配的となる風直角方向の振動を対象とした実験を行った。その中で一様流中での応答特性との対応を示しながら境界層乱流中における履歴型ダンパーを設置した高層建築物の応答性状を把握し、ダンパーによる応答抑制効果を明らかにした。また静的に得られた履歴型ダンパーの変位-力関係を元に算定した等価減衰・剛性に基づき、応答レベルの定量的な妥当性を確認した。

一方、風方向振動でも共振風速近傍において空力減衰が負になることが解析的に確認されている³⁾。非定常空気を無視できる低風速域では、すでに応答特性も整理されてきており応答予測手法が示されている⁴⁾。

本報は文献2)において風直角方向の振動に対して履歴減衰が有効に作用して応答が低下した場合に風方向振動への配慮が必要となる可能性を考慮し、風方向振動に対して履歴型ダンパーを設置することによる応答抑制効果、また問題点を明らかにすることを目的とする。特に風方向振動の場合、風直角方向振動さらには地震外力による振動と異なり外力に平均成分を有する⁵⁾。このことが、ダンパーの挙動に対してどのような影響を与えるかについても明らかにする。

2. 実験方法

本実験は東京工業大学総合理工学研究科所有の環境流体モデリングシステム(吹き出し式エッフェル型風洞:以下本風洞)で行った。測定部断面は1.0m(w)×0.8m(h)、測定部長は7.0m、縮流比は5:1である。

2.1 風洞実験概要

模型は一辺(B)50mm、高さ(H)300mm、アスペクト比(H/B)6.0の正方形角柱である。振動の自由度は、風直角方向振動を対象とした実験では風方向の自由度を拘束し、風方向振動を対象とした実験では風直角方向の自由度を拘束し、実験を行っている。実験は境界層乱流中(粗度区

* 東京工業大学建築物理研究センター 研究生・博士(工学)

** 東京工業大学大学院総合理工学研究科環境理工学創造専攻 教授・工博

*** 東京工業大学建築物理研究センター 教授・工博

Research Student, Structural Engineering Research Center, Tokyo Institute of Technology, Dr. Eng.

Prof., Dept. of Environmental Science and Technology, Interdisciplinary Graduate School of Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology, Dr. Eng.

Prof., Structural Engineering Research Center, Tokyo Institute of Technology, Dr. Eng.

分IV相当⁶⁾で行っている。弾塑性振動時にもダンパーの損傷集中が生じないとして、建築物の振動モードはロッキングモードとする。また弾性時の構造減衰はシリコンオイルダンパーによって調整する。なお本実験において全ての弾性・弾塑性モデルの弾性時の構造質量減衰パラメータ δ_s は 0.5 [$\delta_s = (\tilde{\rho}_m / \rho) \cdot h_s^7$]、 $\tilde{\rho}_m$: 一般化質量[ロッキングモードを仮定: $\tilde{\rho}_m = \tilde{M} / d^2 H_0$; $\tilde{M} = 1 / H_0^2$]、 ρ : 空気密度、 h_s : 構造減衰定数]とする。また本実験モデルの弾性時の共振風速は $U_H = 8.3\text{m/s}$ ($V_H = 11.3$)である。本研究では、模型後流の渦発生周波数性状を見るために、模型の下流にI型プローブを設置し、高さ150mm(模型高さの半分)においての流速の時系列データを同時に測定している。共振風速は気流の持つ卓越振動数と、模型の固有振動数が交差する風速として定義する²⁾。気流測定時間は32秒である。現在、気象観測では平均風速を算定する基準となっている実時間は10分であり、32秒は実時間10分の6倍である60分に相当する⁸⁾。これはさらに長い周期の変動成分の影響を考慮するためである。論文末尾に本実験の相似条件を付録として示す。

2.2. 弾塑性モデルの設定

弾塑性モデルでは弾性コイルバネに並列に弾塑性ダンパーを設置している(図1)。各弾塑性モデルでは、用いる各弾性コイルバネの剛性と弾塑性ダンパーの初期剛性を合わせると弾性モデルの剛性になるようにダンパーの材長(l) (図1参照)で剛性を調整している。弾性バネと弾塑性ダンパーの初期剛性比の比率を変えることにより、弾塑性ダンパーが降伏する応答レベルが変わる。従ってその変化が応答特性に与える影響を明らかにする事が出来る。既報「境界層乱流中における弾塑性ダンパーを有する高層建築物の風直角方向応答挙動に関する風洞実験²⁾」に引き続き、図2及び表1に示すような弾性モデル(M100/0)及び4種類の弾塑性モデル(M90/10、M60/40、M50/50、M25/75)を用いて実験を行った。図2において、横軸は転倒角[応答変位(y)を変位測定部からジンバルの回転中心までの距離(H_0)で除した値](図1参照)、縦軸は剛性調整機構部にかかる力である。弾塑性モデルの初期剛性が弾性モデルとほぼ一致していることを静的試験及び無風時の自由振動試験を行って確認している(表1参照)。なお、弾性モデルの固有振動数は14.8Hzである。

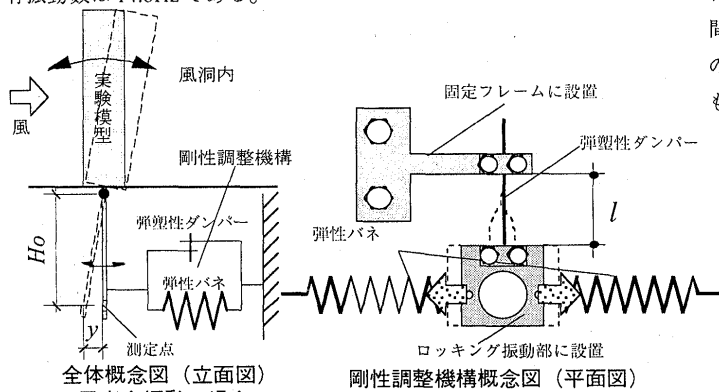


図1 実験装置概略図

3. 高層建築物モデルの風方向弾塑性応答性状

3.1 時系列波形からみた、弾塑性応答性状

本節では、後節(3.2~4.2)で統計的な処理による応答性状を検討する前に、実験で収録された時系列波形から得られる知見を示す。

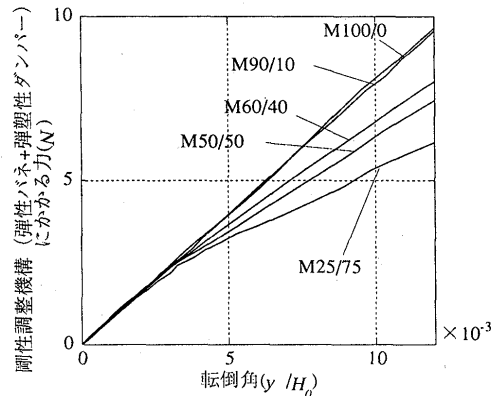


図2 弾性・弾塑性モデルの転倒角-力関係

表1 弾性・各弾塑性モデルの初期剛性及び材長

実験モデル名	弾性バネの初期剛性	ダンパーの材長(l)	ダンパーの初期剛性	モデルの初期剛性
	[N/mm]	[mm]	[N/mm]	[N/mm]
M100/0	8.09	—	—	8.09
M90/10	7.39	45.65	0.65	8.04
M60/40	4.79	22.90	3.06	7.85
M50/50	4.17	21.50	3.68	7.85
M25/75	2.08	18.40	5.96	8.04

3.1.1 平均成分の時間に対する変化への検討

高層建築物の風方向振動に寄与する風外力が与える影響を論じるとき、地震外力や風直角方向振動に寄与する風外力と異なる点は、外力が平均成分を有することである。本節では、それに対する検討結果を示す。ここでは最も弾塑性ダンパーの影響が顕著になるM25/75を対象に、実験で連続して収録した時系列応答波形を示し応答変位の平均成分の経時変化に対する検討を行う。辻田らのシュミレーション結果⁴⁾によれば、降伏する応答レベルが高いダンパーを設置したとき原点付近で振動が推移し、降伏する応答レベルが低いモデルでは原点から風下方向の、ある応答レベルに素早く移動し、その点回りで履歴ループを描くことが解っている。

図3に応答変位時系列波形例を、表2にそれぞれの時系列波形での転倒角の平均値及び標準偏差を併せて示す。Case1からCase5まで、時間を追って連続して収録した。平均値は時間に対して変化していないのがわかる。従って平均成分を有する風方向外力が作用した場合でも、応答は一定の平均成分に有して安定していることが解った。

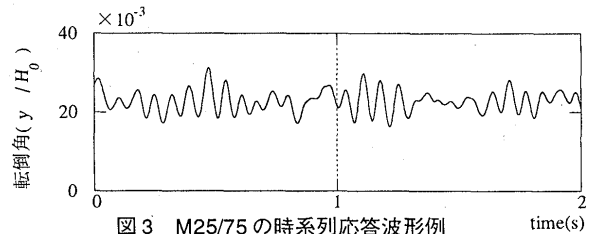


図3 M25/75の時系列応答波形例

表2 連続して収録した時系列応答転倒角の標準偏差・平均値(M25/75)

	標準偏差 ($\times 10^3$)	平均値 ($\times 10^3$)
Case1	2.6	23
Case2	2.4	23
Case3	2.5	23.5
Case4	2.5	23.5
Case5	2.4	23.4

3.1.2 弾性・弾塑性モデルの時系列波形の特徴

ここではM25/75の時系列応答波形を弾性モデルと比較することで、塑性化が応答性状に与える影響を検討する。収録された全体の応答波形を示す(図4: 図4.a; M100/0, 図4.b; M25/75)。風速は低風速域(共振風速以下)として5m/s、中風速域として10m/s(共振風速付近)、高風速域として15m/s(共振風速以上)での波形である。なお図4中の低風速域では見やすくするために縦軸を拡大して示している。

低風速では弾性モデル・弾塑性モデルとも波形特性に顕著な差異は認められないのに対し、中風速域・高風速域では弾性モデルは波形が

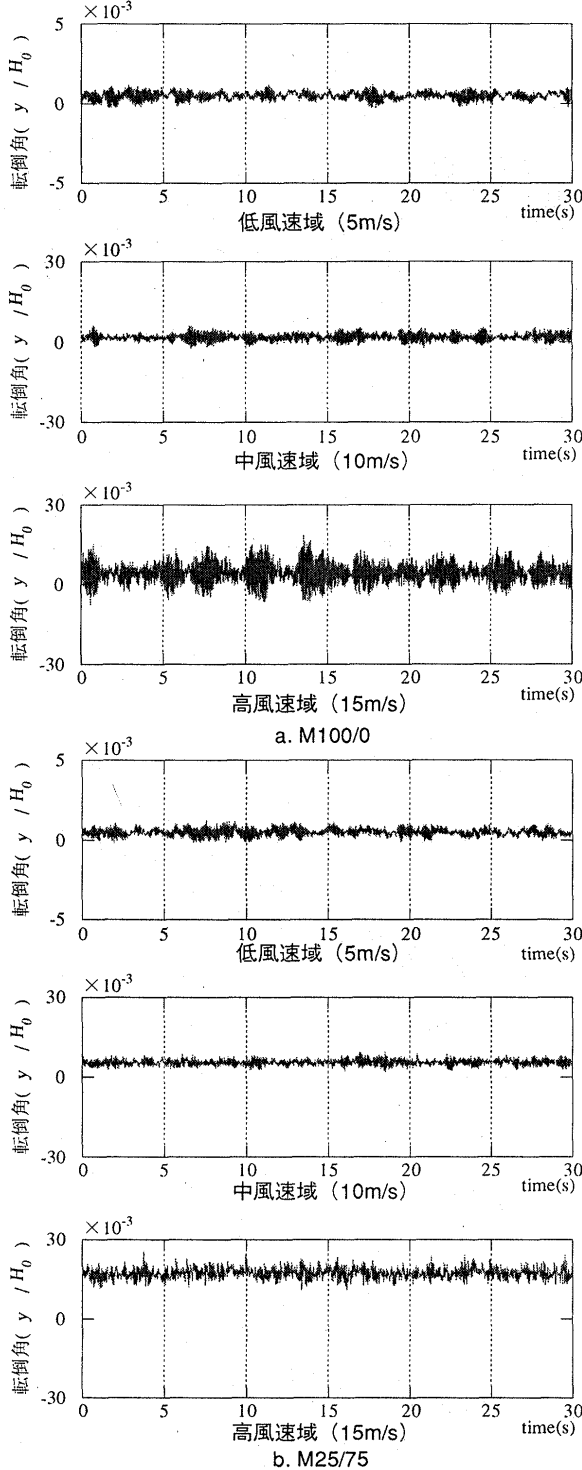


図4 M100/0、M25/75の応答波形性状の風速に対する変化

大きく成長する性状が時折現れるのに対して弾塑性モデルはそのような性状は見られず、不規則な振幅性状が継続していることがわかる。この傾向は、高風速域の方が顕著である。これは低風速域で弾塑性モデルが示す応答レベルにおいて弾塑性ダンパーの塑性化が顕著でないため弾性モデルとほぼ同様の応答性状を示しているのに対して、共振風速以上の応答レベルでは塑性化の影響により不安定な応答振幅性状が生じていると考えられる。

また塑性化により平均成分が大きくなり変動成分が抑制されている。これらの性状は統計的指標(平均値、標準偏差)から見た応答性状に関して3.2節で検討する。

3.2 統計値(平均・標準偏差)から見た応答性状

風方向応答性状を論じるために、平均成分と変動成分を分離して考察を行う。次節においてダンパーを設置したときの風方向応答性状の風直角方向応答性状に対する比較検討を行うが、その前に弾塑性ダンパーを設置したときの風方向応答性状を概観する。なお本節では、変動成分は最大値よりもより安定した統計指標である標準偏差により評価する。

3.2.1 平均応答性状

図5に弾性・各弾塑性モデルの風速に対する応答波形の平均値の変化を示す。横軸は風速、縦軸は転倒角である。

応答レベルが低く、塑性化が明確に生じていないと考えられる低風速域では、全てのモデルにおいて、ほぼ同一の応答性状を示す。しかし風速が高くなると、応答の増加に伴い降伏する応答レベルの低い弾塑性モデルほど低風速から平均値の増大が見られる。また増加の勾配は降伏する応答レベルの低いモデルほどに顕著になっている。

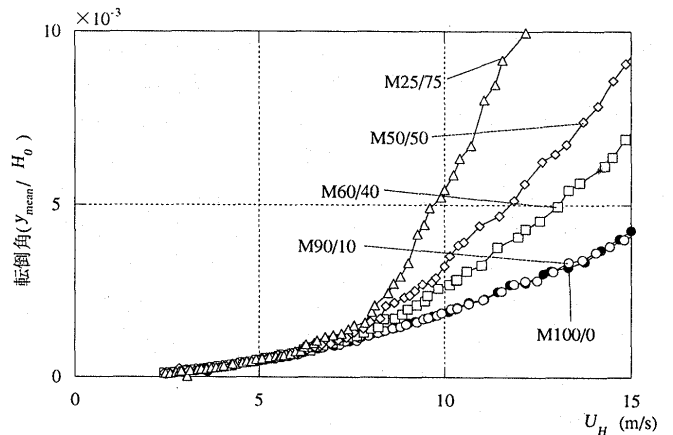


図5 弾性・各弾塑性モデルの風速に対する応答レベルの平均値の変化

3.2.2 変動応答性状

図6に弾性・各弾塑性モデルの風速に対する応答波形の標準偏差の変化を示す。横軸は風速、縦軸は転倒角である。

縦軸のスケールを図5に合わせたものを図6.aに、見やすくするために拡大したものを図6.bに示す。図6.aで見たとき、降伏する応答レベルに対して顕著な応答抑制はみられない。しかし図6.bで詳細に見ると、10m/s以上の風速域で降伏する応答レベルが低いモデルほど若干ながらも応答の変動成分が定性的に抑制される傾向が示されている。この傾向は風直角方向を対象として行った実験結果²⁾ほどには顕著に現れていない。これは弾塑性ダンパーの塑性化があまり進行していないことが考えられる。このことは5章の静的試験結果により検討を進める。

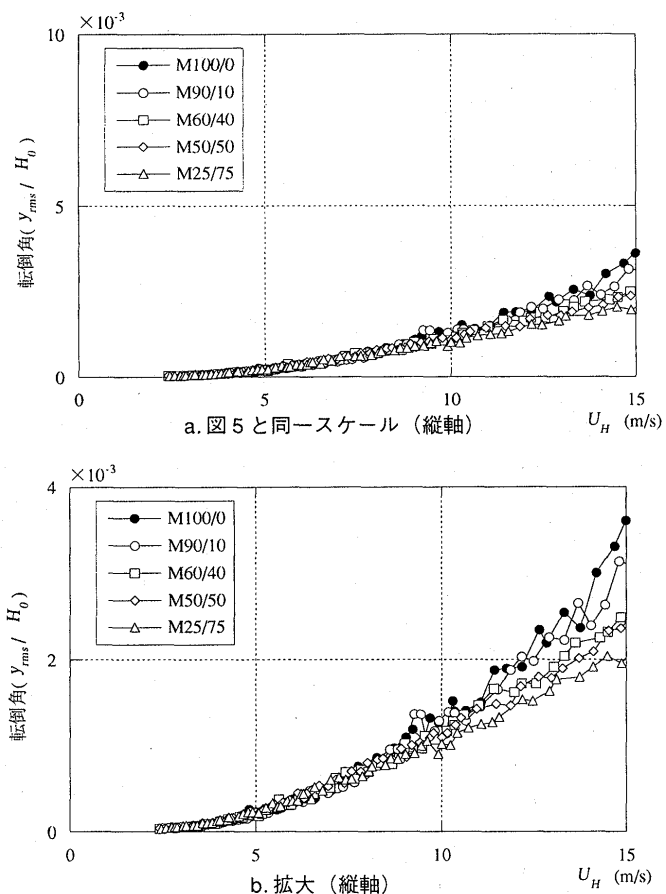


図6 各モデルの風速に対する応答レベルの変化 (標準偏差)

図7に風速に対するピークファクターの変化を風方向振動時のピークファクターの変化と共に示す(図7:図7.a;風方向振動、図7.b;風直角方向)。風直角方向では共振風速域までは固有振動数と物体後流に生成する渦発生振動数の両方の振動数で共振し、ときには両振動数の共振に近い状態で応答が増大するため、値は4.0近辺を示す。それ以上の高風速域ではほぼ3.0近辺を示す。それに対し、風方向では全ての弾性・弾塑性モデルで3.0~4.0近辺を示している。いずれの弾性・弾塑性モデルでも、ピークファクターに顕著な差は見られず、変動成分を評価する際に標準偏差で評価する事が最大値で評価することとはほぼ等価であることがわかる。

3.2.3 平均成分、変動成分に対する考察

塑性化により平均成分・変動成分の性状が変化することに対して考察を加える。弾塑性ダンパーを設置することが応答特性に与える影響を明らかにするために以下の三つのモデルを比較する。

- ◎ M100/0 ($\delta s=0.5$)
- ◎ M60/40 ($\delta s=0.5$)
- ◎ M60/40 で用いた弾性バネのみを用いた弾性モデル ($\delta s=0.5$) (以下 M60E)

3.2.3.a 平均成分

図8に三つのモデルの風速に対する応答波形の平均値の変化を示す。図8.aは横軸を有次元の風速で表している。低風速域では、M60/40はM100/0に近い応答レベルを示すが、風速の増加と共に弾性モデルよりも大きい値を示し徐々にM60Eに漸近し、高風速域ではM60Eと重なっている。これは塑性化が徐々に進行することによりダンパーの剛

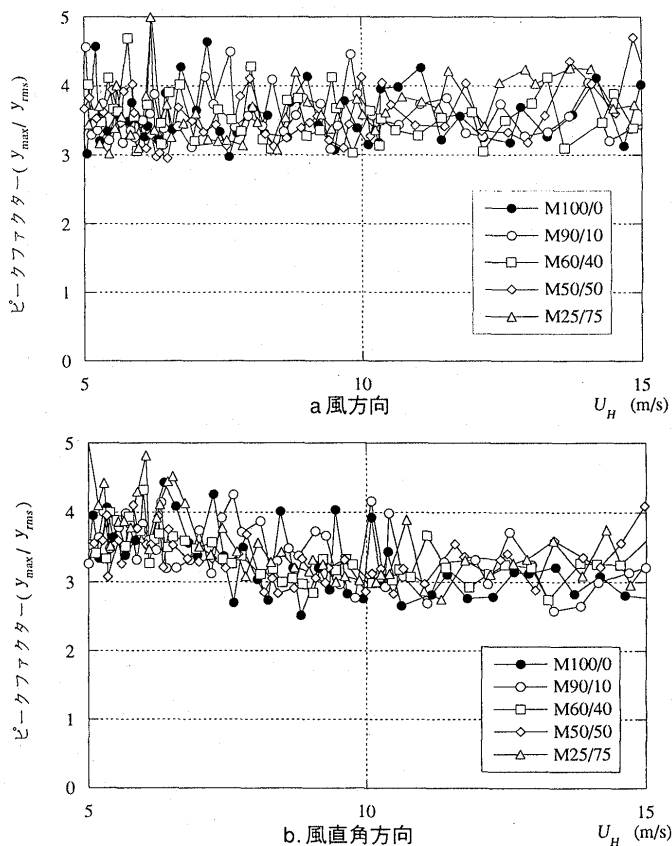


図7 ピークファクターの風速に対する変化

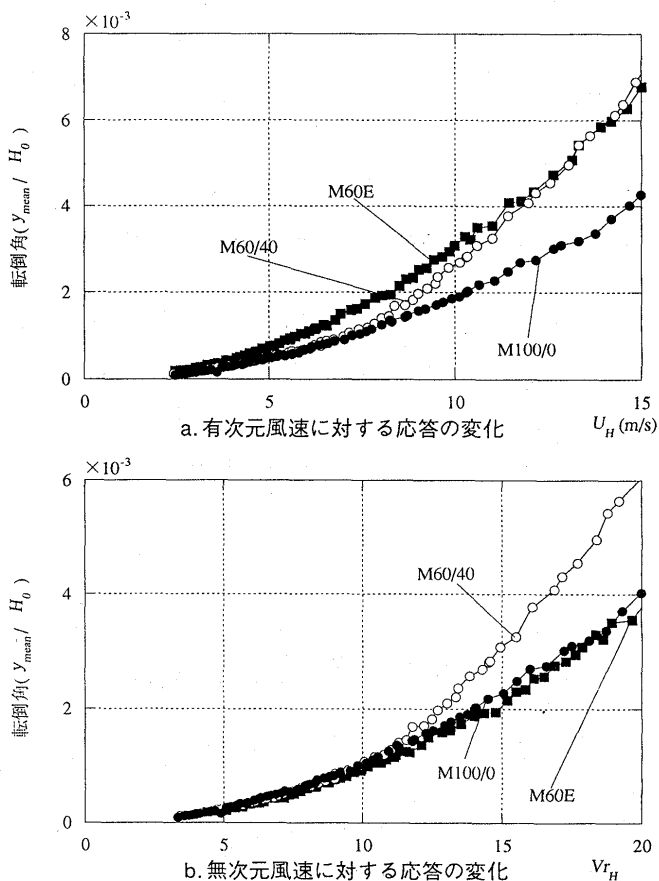


図8 各モデルの応答性状の比較 (平均成分)

性が低くなり、M60Eの剛性に近づいているためと考える。また特に高風速域においてM60E (M60/40が完全に塑性化した場合の状態を表している)に重なっており、応答の平均成分は割線剛性から求められる等価剛性⁹⁾に影響を受けていると考えられる。また図8.bでは横軸は、有次元風速(U_H)を固有振動数(f)と模型見付幅(B)で除した無次元風速(V_{rH})で示す(なお、M60/40は初期剛性によって求められる固有振動数で無次元化している)。弾性モデル、M60Eの応答挙動が重なっているのに対して、M60/40は初期剛性で無次元化しているために、ダンパーの弾塑性挙動による長周期化が生じ、見かけ上、応答が大きめに評価されている。

3.2.3.b 変動成分

図9に3つのモデルの風速に対する応答波形の標準偏差の変化を示す。前節と同じく横軸は、図9.aでは有次元の風速を、図9.bでは無次元風速を表している。図9.aではM100/0とM60/40がほぼ同じ応答挙動をしている。M60Eは高風速域に至るに従い他の二つのモデルより増大していく。横軸を無次元風速で表すと(図9.b)三つのモデルはほぼ同等の挙動を示している。その中で履歴減衰の影響によりM60/40の応答レベルがわずかに抑制されている。図10にM100/0、M60/40の応答変位のパワースペクトルの風速に対する変化を風直角方向のパワースペクトルの変化と併せて示す。M100/0では、両方向振動共に長周期化を生じていない。それに対してM60/40では、風直角方向振動は高風速域で長周期化しているが、風方向振動は長周期化が生じていない。このことは図9.bで3つのモデルの応答レベルがほぼ重なることに対応している。

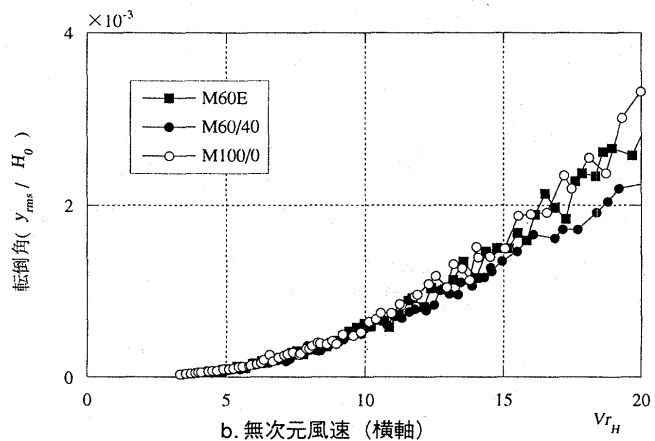
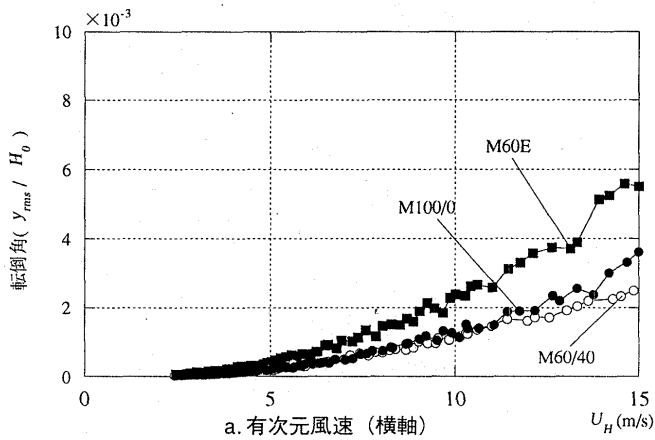


図9 各モデルの応答性状の比較 (標準偏差)

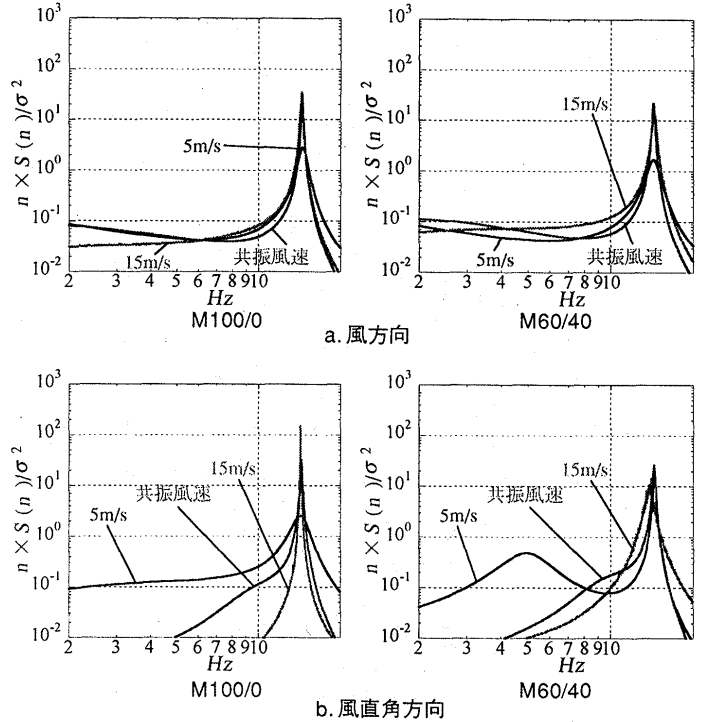


図10 各モデルの周波数応答性状の比較

4. 風直角方向応答との対応

本章では風方向・風直角方向の応答レベルの比較を行う。なお本章では4.2節で平均成分を加味した評価を行う。標準偏差で評価するとダンパーの性能を考えたとき両方向振動の正確な比較が出来ないため最大値で対応を示す。ここで振動中心からの最大値を「変動成分の最大値」、平均成分を加味したダンパーの経験する最大値を「最大値」とする。なお変動成分の最大値は全風速域でピークファクターがほぼ等しいことから標準偏差とほぼ等価である(図7参照)。

4.1 振動中心からの変動成分の最大値による比較

ダンパーの性能に大きく影響を与えると考えられる変動成分の最大値を両方向で比較する。図11a~eに変動成分の最大値の風速に対する変化を示す。M100/0では風直角方向振動が卓越している。一方、弾性構造体の初期剛性分担率が低い弾塑性モデルほど両方向の応答レベルの差は小さくなるが、M25/75の高風速域においては両方向の変動成分の接近が見られるものの、概して風直角方向振動の方が大きくなっている。なお標準偏差で両方向振動を比較すると、M25/75でも風方向振動の卓越は見られない。また、風直角方向振動は弾性モデルでは測定した風速範囲内で漸次的に増大するのに対して、弾塑性モデルでは風速の増加に伴い途中から応答が抑制されているが、風方向応答は全てのモデルで同様の漸増傾向を示している。

4.2 平均成分まで加味したときの比較

図12a~eに、弾性・各弾塑性モデルの風方向応答性状(平均値及び正負両側の最大値)の風速に対する変化を示し、風直角方向振動と比較する。弾性振動時には、5m/sより低風速域では風方向の応答が卓越している。それよりも高風速域では風直角方向の応答が卓越しており、風直角方向の振動が重要になる。

それに対し弾塑性ダンパーを設置した場合、M90/10では、M100/0と同様の傾向を示し風直角方向応答の方が大きくなるものの、それ以外の弾塑性モデル(M60/40、M50/50、M25/75)では弾塑性ダンパーの初

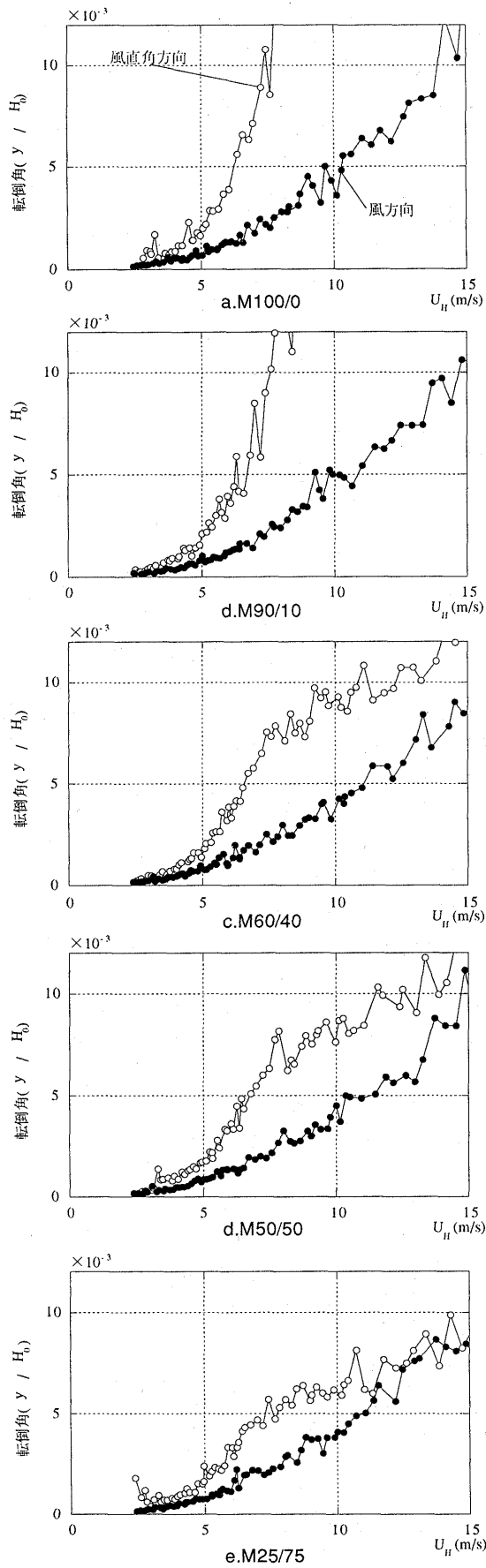


図 11 変動成分の最大値の振動方向による比較

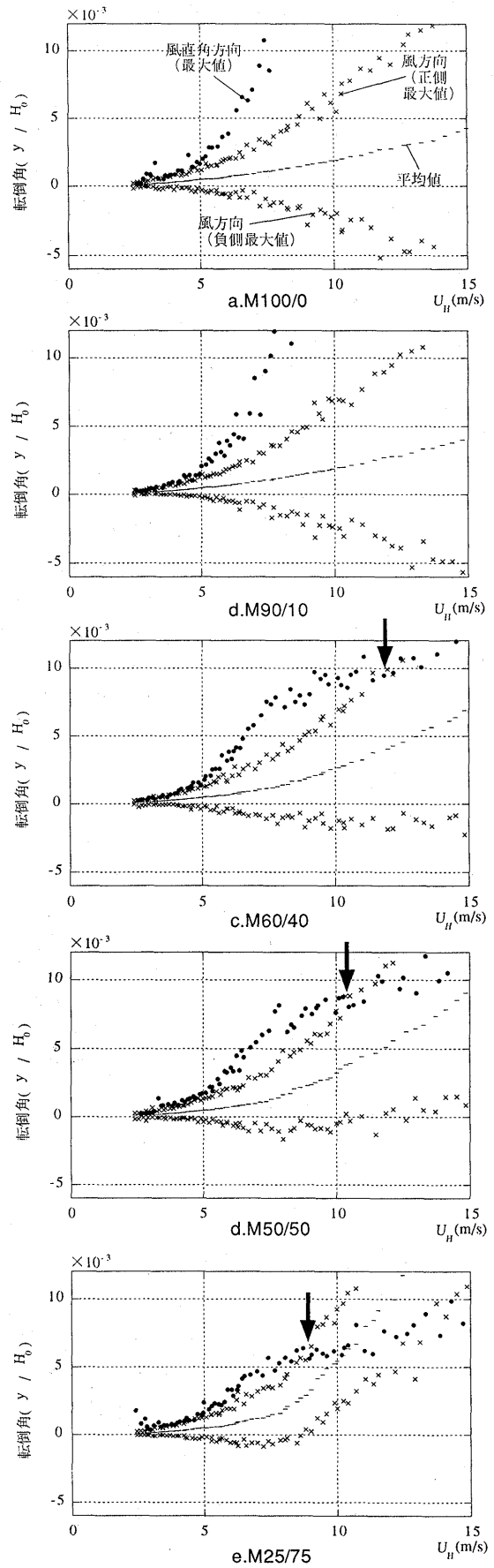


図 12 最大値・平均値の振動方向による比較
(图中矢印以上の風速で風方向振動が卓越する。)

期剛性分担率の増加にともない風方向振動が卓越する風速(図12中矢印)が低下する事が示されている。

4.1節、4.2節をまとめると、変形の最大値は極めてダンパーの剛性分担率が高い場合(M25/75)において高風速域で値が接近する場合を除き、対象とした風速範囲では風直角方向が卓越するものの、静的な平均成分まで加味すると、弾性モデルで風直角方向振動が卓越するのに対し弾塑性ダンパーを設置した場合は平均成分の影響が大きく風方向振動が卓越することがわかった。

本報ではダンパーの疲労損傷まで論じることは出来ないが、それに対する一定の傾向を示すことが出来た。

5. 弾塑性応答特性の静的ループによる検討

風直角応答の応答周波数スペクトルでは、長周期化が起きていたのに対し、風方向応答の応答周波数スペクトルでは、長周期化は見られなかった(3.2.3.b節)。また一方で、応答の平均成分は履歴ループの割線剛性から求めた等価剛性に関連していることが考えられる。さらには風速-応答レベル関係をみると、風直角方向は弾性モデルでは途中まで漸次的に増大していたのに対して、弾塑性モデルでは途中からその傾向が抑制されている。それに対して風方向では弾性モデルと弾塑性モデルともに変動成分に対する降伏する応答レベルの与える顕著な影響はなかった。

これらの応答性状を、静的に得られる履歴ループをもとに検証する。図13にM60/40の例に実際に加力計画を示す。加力は3,6,9,12,15m/s各風速で示した正側最大値(図13中max.)と負側最大値(図13中min.) (図14参照)まで行った。

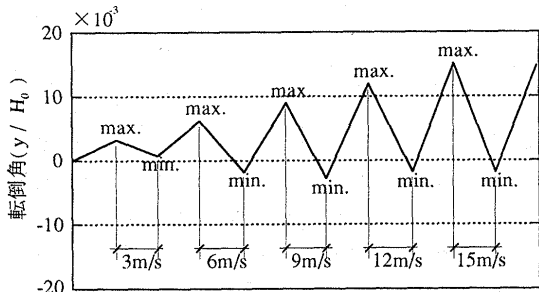


図13 加力計画 (M60/40)

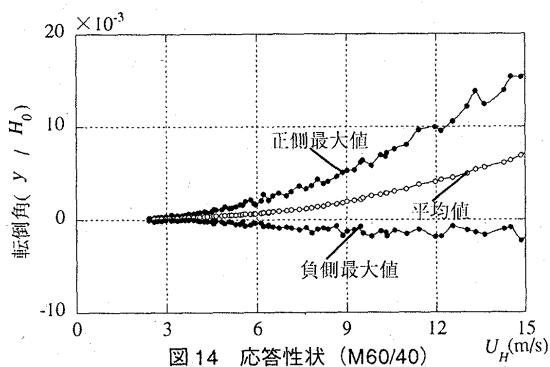
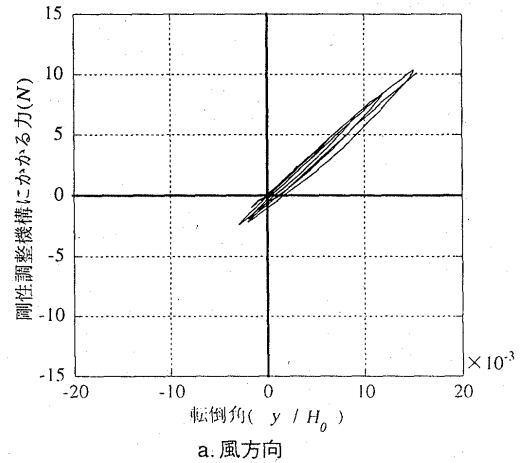


図14 応答性状 (M60/40)

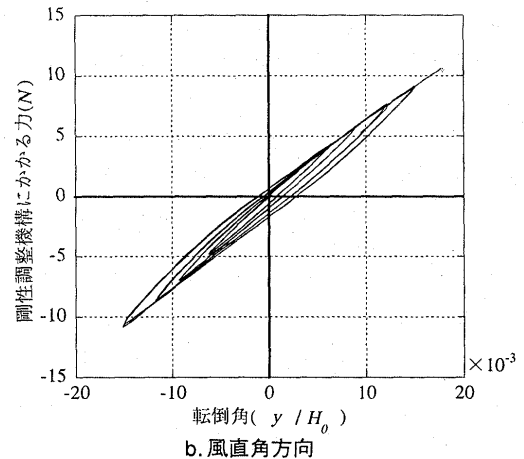
図15.a)に加力計画に基づいて行った静的試験によって得られた変位-力関係を、同じM60/40の風直角方向の変位-力関係(図15.b)とともに示す。風直角方向振動を対象とした静的試験では正負繰り返しの漸増荷重を行っている(転倒角: 3×10^{-3} ~ 15×10^{-3} でピッチを 3×10^{-3} で行った。)²⁾

風方向の変位-力関係は、風直角方向に比べて高風速の履歴ループ

の面積は小さく明確には現れていない。詳細に検討すると高風速時のループは振動中心からずれているものの各サイクルでの履歴ループの割線剛性の傾きはほとんど変わっていない。これがパワースペクトルで長周期化の傾向が現れなかった点、及び応答の平均成分が弾性モデルよりも大きくなった点の原因と考えられる。



a. 風方向



b. 風直角方向

図15 静的な変位-力関係 (M60/40)

6. 結論

本報では風外力固有の問題点である「外力が平均成分を有する風方向応答挙動」に関する検討を行った。まず風方向応答性状を明かにし、次に風直角方向の応答特性との対比を主に行った。以下に、得られた主要な知見をまとめる。

1) 平均成分を有する外力が弾塑性ダンパーに継続して作用した場合、弾塑性ダンパーにおいて平均成分は、時間の経過とともに増加することがなくほぼ一定の平均成分を有して安定する。

2) 低風速域(5m/s)では、弾性モデルと弾塑性モデルの波形特性に顕著な差異は認められない。これに対し中風速域(10m/s)・高風速域(15m/s)では弾性振動時は波形が大きく成長する性状が時折現れるのが弾塑性振動時にそのような性状は見られず、不規則な振幅性状が継続しているのがわかる。この傾向は、高風速域においての方が顕著である。

3) 風応答の平均値は、応答レベルの低い低風速域ではほぼ同一の応答性状を示す。風速が上昇し応答が漸増するに従い、降伏する応答

レベルの低い弾塑性モデルほど低風速から平均値の増大が見られる。漸増の傾向は、降伏レベルの低い弾塑性モデルほどに顕著になっている。設置したダンパーの降伏レベルが低いほど、応答の平均成分が大きくなることが示された。

4) 風応答成分の変動成分は風直角方向を対象として行った実験結果ほど抑制されていないものの、降伏する応答レベルが低いモデルほど履歴減衰の影響によって応答が抑制されている。風方向振動の方がその傾向が顕著でないのは弾塑性ダンパーの塑性化が風直角方向振動時よりも進行しないためである。

5) 風方向に弾塑性ダンパーを設置したとき、平均成分まで考慮して評価すると風方向応答の方により大変形が生じる可能性がある。しかし弾塑性ダンパーの大変形に対する変形性能を考慮に入れた設計をすれば、変動成分に関しては風直角方向に対してのみ考慮すれば良いという傾向が得られた。

6) 静的な加力試験によって得られた変位-力関係をみると履歴ループの割線は原点からスライドするが、勾配は弾性モデルとほぼ同一である。これは応答性状が弾性モデルに比べて平均成分は異なるが(結論第3項)、変動成分はほとんど同一であること(結論第4項)に対応していると考えられる。また、この風方向振動での変動成分の応答性状はパワースペクトルで見たとき長周期化が生じていないことに対応している。

参考文献

- 1) 田村哲郎、岡田玲、和田章：弾塑性ダンパーを有する高層建築物の共振風速近傍での応答挙動に関する風洞実験、日本建築学会構造系論文集、第537号、pp.35～41、2000.11
- 2) 田村哲郎、岡田玲、和田章：境界層乱流中における弾塑性ダンパーを有する高層建築物の風直角方向応答挙動に関する風洞実験、日本建築学会構造系論文集、第547号、pp.51～58、2001.09
- 3) 谷口徹郎、谷池義人：角柱に作用する非定常風力に関する実測および風洞実験、第16回風工学シンポジウム論文集、pp.297～302、2000.12

- 4) 辻田 修、早部安弘、大熊武司、和田 章：弾塑性構造物の風応答性状ならびにその予測に関する研究 その2 風方向振動の場合、日本建築学会構造系論文集、第485号、pp.25～34、1996.7
- 5) 大熊武司、神田順、田村幸雄：建築物の耐風設計、鹿島出版会、1996.3
- 6) 日本建築学会：建築物荷重指針・同解説、日本建築学会、1993
- 7) 天野輝久：一様流中における三次元正方形角柱の渦励振およびギャロッピングに及ぼす隅欠き、隅切りの効果、日本建築学会構造系論文集、第478号、pp.63～69、1995.12
- 8) 日本建築センター：実務者のための建築物風洞実験ガイドブック、日本建築センター出版部、1994.5
- 9) 柴田明徳：最新 耐震構造解析、森北出版株式会社、1981

付録

一相似則について

本実験で想定した高層建築物モデル及び振動実験で満足すべき風洞実験の相似条件を以下に示す。

高さ300M平面一辺50Mアスペクト比6.0の高層建築物を想定している。高層建築物の固有周期は建築物荷重指針・同解説⁶⁾による式を用いると9.0秒となる。

実験の固有振動数は14.8Hzであり、時間の縮尺率は133.2である。実験模型高さ0.3M、一辺0.05Mのモデルを用いている。従って、長さの縮尺は0.001となる。これにより質量の相似則は 1×10^9 となる。また、長さ及び時間の縮尺から算出した風速の縮尺率は0.13となる。

以上をまとめて本実験における縮尺率一覧を下表に示す。

本研究における相似パラメータの縮尺率

縮尺対象	記号		縮尺率
固有振動数	λ_n		133.2
時間	λ_t	$1/\lambda_n$	0.00751
長さ	λ_l		0.001
風速	λ_v	λ_l / λ_t	0.13
質量	λ_d	$\lambda_l \times \lambda_l \times \lambda_l$	1×10^9

(2001年7月10日原稿受理、2001年12月19日採用決定)