

Characteristics of Wind Pressure Distributions on Oval-Shaped High-Rise Structures

Yi Li¹, Huizhen Li²

¹School of Civil Engineering, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan Hunan

²College of Civil Engineering, Hunan University, Changsha Hunan

Email: engineerliyi@163.com

Received: Nov. 4th, 2017; accepted: Nov. 17th, 2017; published: Nov. 21st, 2017

Abstract

Based on the simultaneous pressure measurements of the rigid model of a standard oval-shaped high-rise structure model ($H/\sqrt{BD} = 7.5$, $D/B = 0.75$) in a wind tunnel test, this thesis investigates the effects of wind direction and tests points' position and height on the wind pressure coefficients, coherence functions and the power spectra of wind pressure. The author has obtained the frequency of vortex shedding at long axis wind direction, and defined the boundary points of windward facades, transition facades and leeward facades. The coherence functions of typical test points are fitted using the empirical formulas. The fitting results indicate that oval-shaped high-rise structures have good horizontal coherence at transition facades, and have good vertical coherence at big curvature areas, but have worse coherence than rectangular structures.

Keywords

Wind Tunnel Testing, High-Rise Building, Wind Pressure, Coherence Function

椭圆形高耸结构的风压分布特性

李毅¹, 李慧真²

¹湖南科技大学, 土木工程学院, 湖南 湘潭

²湖南大学, 土木工程学院, 湖南 长沙

Email: engineerliyi@163.com

收稿日期: 2017年11月4日; 录用日期: 2017年11月17日; 发布日期: 2017年11月21日

文章引用: 李毅, 李慧真. 椭圆形高耸结构的风压分布特性[J]. 土木工程, 2017, 6(6): 621-634.

DOI: 10.12677/hjce.2017.66074

摘要

基于标准椭圆形高耸结构模型($H/\sqrt{BD} = 7.5, D/B = 0.75$)的风洞试验结果,研究了风向角、测点位置及测点高度对模型表面的风压系数、风压系数功率谱及相干性的影响,得到了模型在长轴迎风时的漩涡脱落频率,并定义了模型在长轴迎风时迎风面、过渡区和背风面的分界点。利用经验公式拟合了典型测点的相干函数,计算结果表明椭圆形高耸结构在过渡区水平相干性最好,在曲率较大处竖向相干性最好,但水平和竖向相干性都比矩形结构差。

关键词

风洞试验, 高耸结构, 风压, 相干函数

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

高耸结构是一种特殊的结构形式,具有高度高、外形细长、重量轻、阻尼小的特点,广泛应用于电力、通讯、广播电视等领域。我国规范对高耸结构和高层建筑没有划分明显的界限,且二者的研究方法相近,因此下面将前人对高层建筑和高耸结构的研究成果一并进行论述。Jamieson等[1](1992)对带有圆角、凹角、倒角的高层建筑刚性模型进行了风洞试验研究,讨论了不同角沿布置方式的峰值风压。顾明和叶丰[2](2006)对10个超高层建筑模型(包括矩形、方形、三角形和Y型)进行了刚性模型多点同步测压风洞试验,发现建筑物的迎风面风压为正,背风面和侧风面风压为负,不同风场下平均风压相近,脉动风压相差较多,几种截面形式下矩形和方形的风压系数最大。李永贵[3](2012)研究了矩形和不同角沿形式截面模型风压分布规律,发现圆角模型的极小峰值风压比方形的大很多。目前国内外学者对椭圆形高层建筑和高耸结构的研究比较少,对椭圆形高耸结构进行系统性研究的更是缺少。因此,如何精确、有效、系统地椭圆形高耸结构的风压和风荷载进行分析是当前亟待解决的重要问题。

本文对一标准椭圆形截面的高耸结构刚性模型($H/\sqrt{BD} = 7.5, D/B = 0.75$)进行了测压风洞实验,系统地研究了椭圆形高耸结构在长轴迎风时不同风向角下的风压分布、风压谱及风压相关系数和相干函数;定义了模型在长轴迎风时的迎风面、过渡区和背风面的分界点;并利用经验公式拟合了典型测点的相干函数。

2. 风洞实验概况

设计了一长轴和短轴长度分别为88 mm和66 mm(即 $H/\sqrt{BD} = 7.5, D/B = 0.75$)的标准椭圆形截面的高耸结构刚性模型,模型的高度为570 mm,整个模型共布置240个测点,10层测点,从下到上依次为A层~K层,模型的测点分布以及风向角示意图如图1所示。对模型进行多点同步测压风洞试验,实验的参考点高度为570 mm,控制风速为10 m/s,如图2所示。风场模拟严格按照荷载规范B类地貌进行模拟[4]。实验时,每隔10°逆时针转动转盘一次,从0°转到360°。并在90°~106°风向角每隔3°逆时针转动一次,每一个风向采集一组数据。

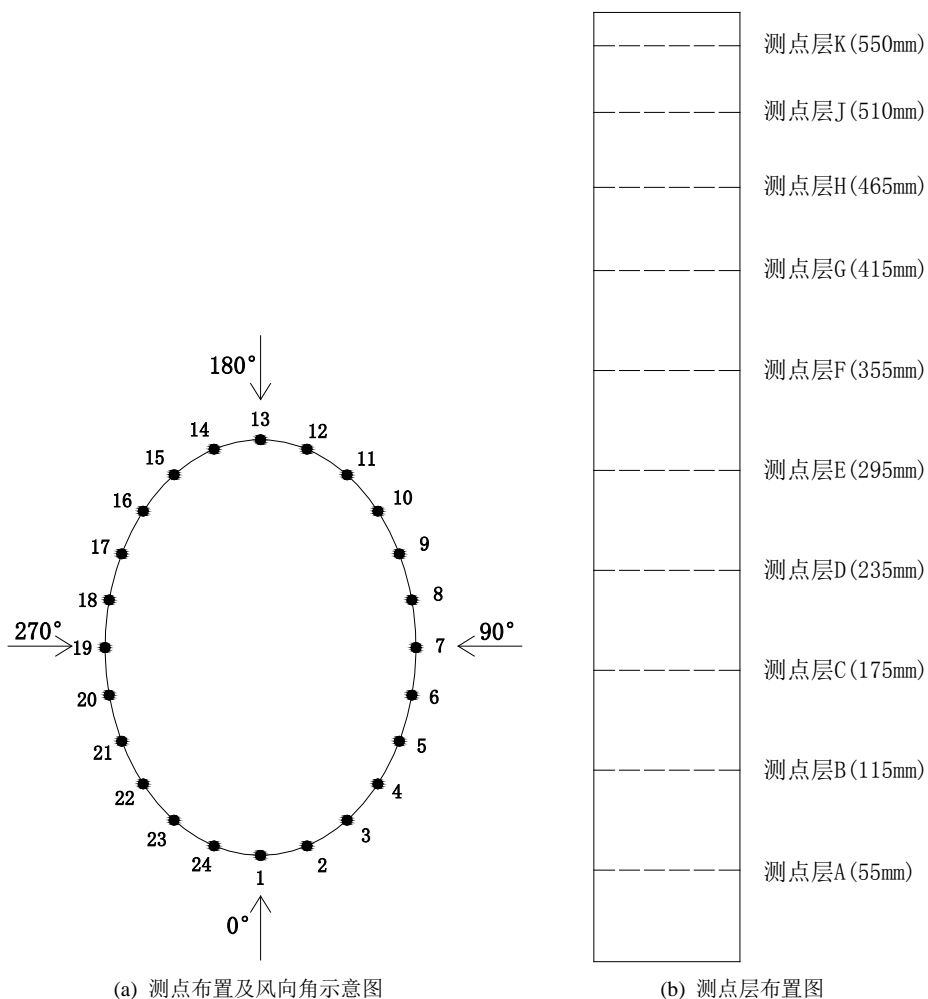


Figure 1. Disposition of test points on the model and definition of wind direction

图 1. 模型的测点分布图以及风向角示意图



Figure 2. Wind tunnel test

图 2. 风洞试验

黄剑和顾明[5]的研究表明对于圆形和椭圆形等具有曲面形式的超高层建筑, 在进行风洞试验时要考虑雷诺数效应。本文的雷诺数为在 6.07×10^4 , 处于亚临界范围内。黄本才[6]在圆柱体二维绕流一节中提到, 在亚临界范围内, 漩涡在圆柱体的截面中心前缘交替脱落, 并在圆柱体背后附近形成带有漩涡的剪切层。

3. 风压系数分布

模型上各测点的风压系数为

$$C_{pi} = \frac{P_i - P_\infty}{1/2 \rho U_H^2} \quad (1)$$

$$\sigma_{C_{pi}} = \frac{\sigma_{P_i}}{1/2 \rho U_H^2} \quad (2)$$

式中, C_{pi} 和 $\sigma_{C_{pi}}$ 表示试验模型上第 i 个测压孔所在位置的平均风压系数和脉动风压系数; P_i 表示该位置上测得的模型表面风压值; P_∞ 表示来流风的静压; $1/2 \rho U_H^2$ 表示模型顶部的风压。

3.1. 不同风向角下的风压系数分布

本小节研究椭圆形高耸结构风压随风向角的变化特性, 由于模型中部测点受到的扰动较小, 故选取 E 测点层的 E1、E7、E13、E19 四个具有典型代表的测点进行分析。这些测点分别位于椭圆结构的对称轴上, 与风向角的位置关系如图 1(a)所示。

图 3 可以看出, 风向角从 90° 变化到 106° 变化过程中,

(1) 测点 E7 处于迎风面上, 其平均风压系数保持为正值, 在风向角增加的过程中, 平均风压系数有所减小; 但脉动风压系数随着风向角的增大略有减小, 这是由于长轴迎风时, 迎风面较大, 在风向角增大的过程中, E7 仍处于迎风面上, 且逐渐偏离迎风面的中心点, 故脉动风压系数呈减小趋势。

(2) E1、E13、E19 在整个风向角变化过程中, 平均风压系数曲线几乎完全重合。E19 位于背风面, 随着风向角的增大, 脉动风压系数有增大趋势, 造成这种现象的原因可能是风向角的增大使 E19 越来越靠近气流分离点。

(3) E1 在风向角变化过程中, 脉动风压系数变化幅度最小, 说明长轴迎风时风向角变化对较远分离

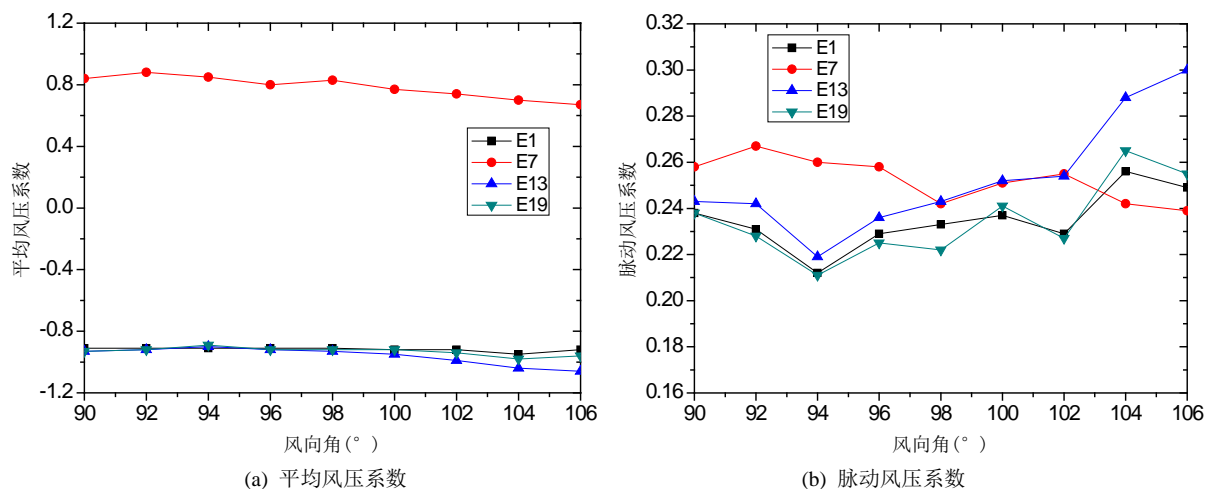


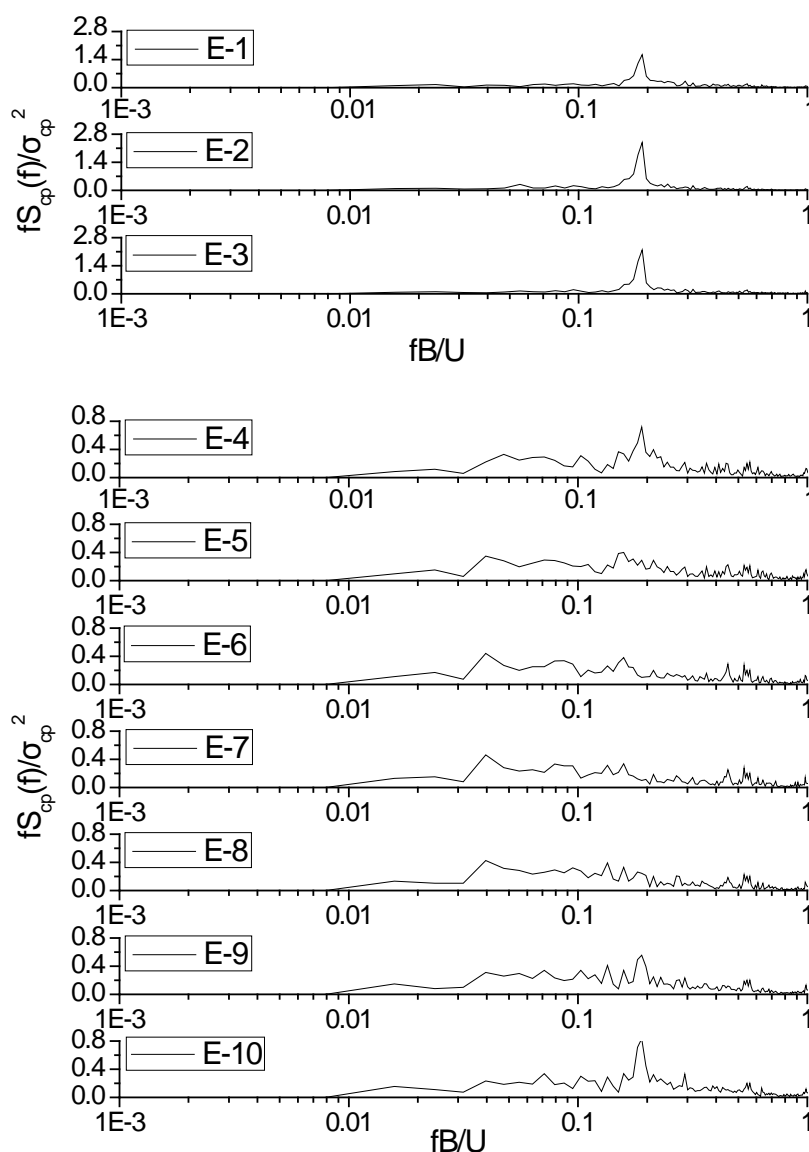
Figure 3. Wind pressure coefficients for long axis wind flow
图 3. 长轴迎风时的风压系数

点的脉动影响较小; 而 E13 测点的脉动风压系数有较大的增长, 在风向角变化过程中, 来流不断地向 E13 靠近, 使 E13 处气流分离更加剧烈, 造成了 E13 测点脉动风压系数的增大。

3.2. 同一风向角下不同测点的风压谱

为了全面的展现椭圆形高耸结构在同一测点层高度下不同测点的风压特性, 本小节从频域的角度来分析其风压特性, 得到了长轴迎风时 E 测点层的归一化的风压谱, 如图 4 所示, 图中横坐标表示折减频率, B 代表迎风面的特征宽度。

图中可以看出, 模型在长轴迎风时, 各测点的风压谱对称性较好, 且测点 E4-E10、E18-E20 风压谱带宽明显比其它测点大。测点 E1-E3、E11-E17、E21-E24 受漩涡脱落影响, 受漩涡脱落的影响, 具有明显的单峰特征, 漩涡脱落频率为 0.190, 这个测点范围属于本椭圆形高耸结构模型的过渡区; 测点 E4-E10 风压是由来流紊流引起的, 两边测点 E4 和 E10 也在折减频率 0.190 处出现峰值, 是由于它们靠过渡区较近, 两侧点同时受到来流湍流和漩涡脱落的影响, 这个测点范围属于模型的迎风面; E18-E20 则属于模



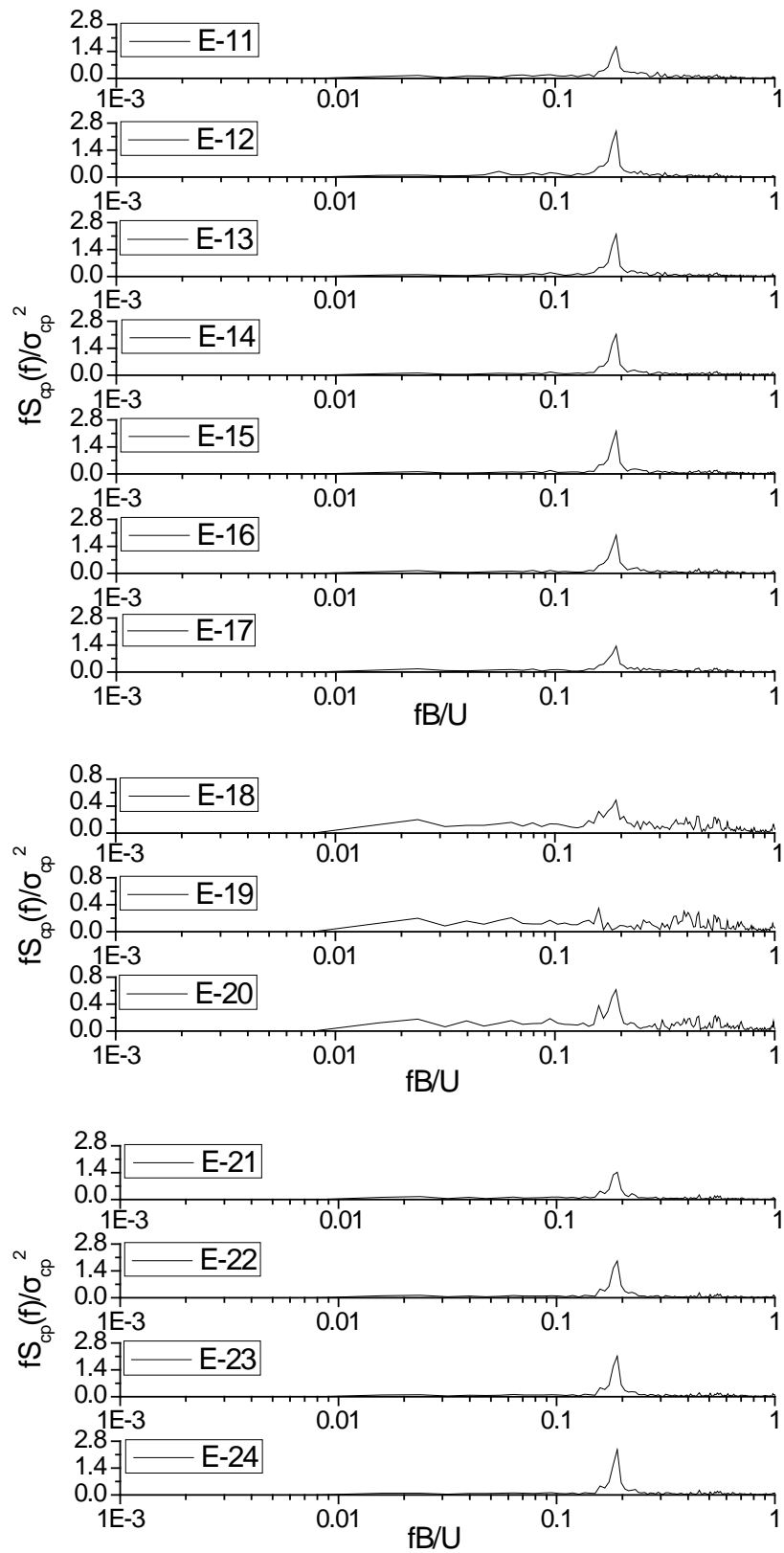


Figure 4. Power spectra of wind pressures for long axis wind flow
图4. 长轴迎风时模型风压谱

型的背风面, 背风面的中间测点的风压能量比两边测点低, 这是由于两边的测点受漩涡脱落的影响, 而中间测点能力只来源于漩涡脱落, 说明尾流漩涡脱产生的能量要低于漩涡脱落的能量。以上分析表明, 本椭圆形高耸结构模型在长轴迎风时区域性较为明显, 由于椭圆形结构没有特别明确的迎风面、过渡区和背风面的分界点, 本文结合 3.1 中分析结果, 采用类似于圆筒建筑的分区方式[7], 定义了模型长轴迎风时各个面的分界点, 如图 5。

3.3. 同一风向角下不同高度测点的风压谱

图 6 列出了 B-G 测点层中典型测点在长轴迎风时的风压谱。图中可以看出, 迎风面和背风面测点风压谱随高度的变化不大, 过渡区测点随着高度的增加, 风压谱带宽增大, 谱峰峰值减小, 且峰值对应的折减频率, 即漩涡脱落频率随着高度而变化, 但变化幅度较小, 这说明来流紊流对过渡区的漩涡脱落频率影响不大。

4. 风压相关性分析

模型表面的水平和竖向相关性是反映模型表面风压分布特性的两个重要因素。本节从时域和频域的角度研究椭圆形高耸结构在长轴迎风时模型表面风压相关性。

4.1. 风压的水平相关性系数

相关系数的计算公式为:

$$Cor = \frac{\sigma_{ij}}{\sigma_i \sigma_j} \quad (3)$$

式中, σ_{ij} 为 i 、 j 两测点脉动风压的协方差, σ_i 和 σ_j 为 i 、 j 两测点脉动风压的根方差。

选取 E 测点层的风压研究椭圆形高耸结构的水平相关性系数, 下表列出了模型在 B 类风场下 E 测点层各测点之间风压的水平相关性系数。

分析表 1 中数据可知: 椭圆形高耸结构在长轴迎风时, 纵向尺寸较大, 横向尺寸较小, 其风压水平相关性特征包括:

(1) 测点之间的水平相关性随着距离的增大而减小;

(2) 分析 E4-E10 的相关系数得知, 迎风面上, 迎风面中心测点与各测点的相关系数为正值(即 E7 与各测点的相关系数为正值), 迎风面中心两侧的各测点相关系数为正值(即 E4-E6、E8-E10 之间的相关系

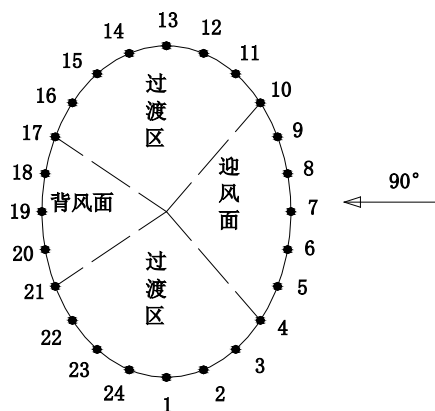


Figure 5. Division of regions

图 5. 各区域的划分

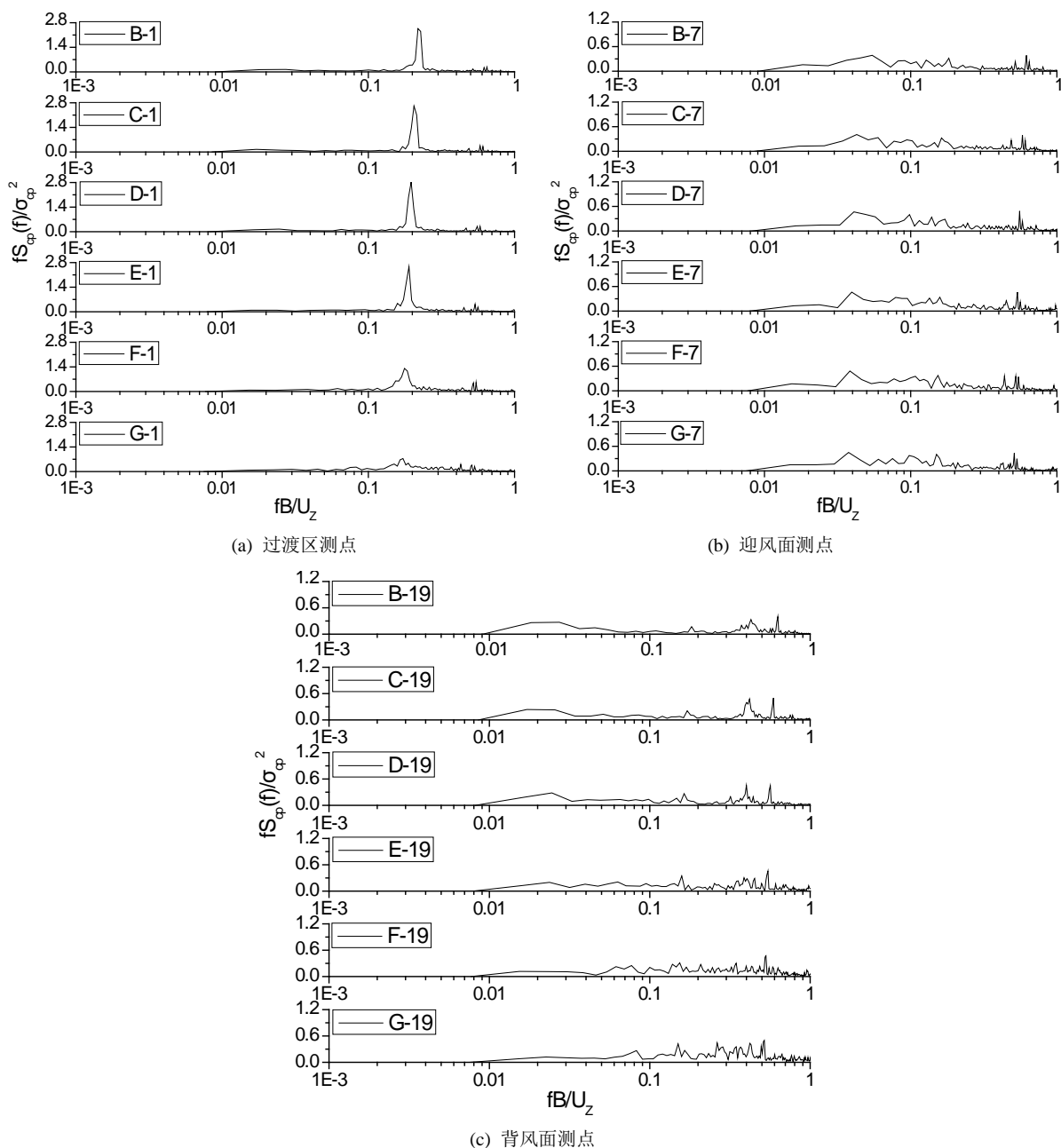


Figure 6. Power spectra of wind pressures for long axis wind flow

图 6. 长轴迎风时的风压谱

数为正值), 对称轴附近测点的相关系数较大, 中心测点两侧距离较远的测点间的相关系数有负值(如 E4 与 E10 测点的相关系数为负值);

(3) 过渡区之间、过渡区与背风面、背风面之间测点的相关系数均为正值, 这与矩形建筑不同, 应引起注意;

(4) 除少数点外, 过渡区测点 E1、E13 与来风后缘部分测点的相关性明显大于与前缘部分测点的相关性;

(5) 过渡区测点间的水平相关性最好, 这是由于漩涡脱落所致;

Table 1. Horizontal correlation coefficients between points for long axis wind flow
表 1. 长边迎风时模型各测点间风压的水平相关系数

测点	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12
E1	1.00	0.96	0.72	0.41	0.26	0.18	0.14	0.17	0.25	0.34	0.44	0.36
E2	0.82	1.00	0.73	0.38	0.19	0.09	0.04	0.08	0.18	0.31	0.44	0.34
E3	0.40	0.68	1.00	0.81	0.54	0.29	0.06	-0.10	-0.14	-0.08	0.16	0.46
E4	0.09	0.26	0.79	1.00	0.89	0.70	0.44	0.16	-0.06	-0.20	-0.10	0.38
E5	-0.05	-0.01	0.44	0.86	1.00	0.92	0.74	0.46	0.17	-0.08	-0.15	0.29
E6	-0.10	-0.19	0.09	0.60	0.89	1.00	0.92	0.71	0.42	0.11	-0.10	0.21
E7	-0.10	-0.29	-0.24	0.25	0.65	0.90	1.00	0.90	0.68	0.36	0.05	0.15
E8	-0.02	-0.28	-0.49	-0.12	0.30	0.65	0.89	1.00	0.90	0.66	0.31	0.16
E9	0.07	-0.19	-0.59	-0.40	-0.04	0.32	0.66	0.90	1.00	0.89	0.59	0.22
E10	0.19	-0.02	-0.55	-0.58	-0.36	-0.06	0.30	0.64	0.89	1.00	0.85	0.35
E11	0.27	0.23	-0.18	-0.45	-0.49	-0.39	-0.18	0.12	0.45	0.76	1.00	0.65
E12	0.17	0.24	0.35	0.19	0.01	-0.14	-0.22	-0.22	-0.12	0.09	0.56	1.00
E13	0.22	0.24	0.24	0.07	-0.06	-0.15	-0.17	-0.11	0.02	0.24	0.63	0.92
E14	0.23	0.25	0.23	0.05	-0.09	-0.17	-0.18	-0.11	0.03	0.25	0.64	0.87
E15	0.23	0.25	0.21	0.03	-0.11	-0.19	-0.20	-0.12	0.03	0.25	0.63	0.83
E16	0.24	0.26	0.22	0.03	-0.11	-0.19	-0.20	-0.13	0.02	0.24	0.62	0.79
E17	0.29	0.29	0.23	0.04	-0.10	-0.18	-0.19	-0.12	0.02	0.23	0.58	0.73
E18	0.43	0.41	0.29	0.07	-0.07	-0.15	-0.17	-0.10	0.02	0.22	0.52	0.65
E19	0.57	0.53	0.34	0.09	-0.06	-0.13	-0.15	-0.09	0.02	0.19	0.43	0.51
E20	0.71	0.67	0.41	0.14	-0.01	-0.10	-0.13	-0.09	0.01	0.14	0.32	0.34
E21	0.78	0.75	0.46	0.16	-0.02	-0.12	-0.16	-0.13	-0.04	0.09	0.25	0.23
E22	0.82	0.80	0.50	0.17	-0.02	-0.12	-0.18	-0.14	-0.06	0.07	0.23	0.21
E23	0.86	0.82	0.50	0.17	-0.03	-0.12	-0.17	-0.14	-0.05	0.07	0.23	0.21
E24	0.91	0.84	0.49	0.16	-0.03	-0.12	-0.16	-0.11	-0.02	0.10	0.26	0.22
测点	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20	E21	E22	E23	E24
E1	0.45	0.44	0.43	0.42	0.43	0.50	0.59	0.66	0.72	0.79	0.86	0.92
E2	0.43	0.42	0.42	0.40	0.41	0.48	0.57	0.64	0.71	0.77	0.84	0.90
E3	0.41	0.41	0.40	0.38	0.38	0.43	0.50	0.55	0.60	0.63	0.67	0.69
E4	0.26	0.25	0.25	0.23	0.23	0.27	0.30	0.34	0.36	0.36	0.37	0.39
E5	0.18	0.17	0.16	0.16	0.15	0.18	0.20	0.22	0.23	0.22	0.22	0.23
E6	0.14	0.13	0.13	0.13	0.12	0.14	0.14	0.16	0.16	0.16	0.15	0.15
E7	0.14	0.13	0.13	0.13	0.12	0.13	0.12	0.12	0.12	0.11	0.10	0.11
E8	0.23	0.22	0.22	0.22	0.20	0.19	0.18	0.16	0.15	0.15	0.14	0.14
E9	0.37	0.36	0.35	0.35	0.32	0.30	0.28	0.24	0.22	0.23	0.22	0.22
E10	0.55	0.53	0.53	0.51	0.47	0.44	0.40	0.34	0.31	0.33	0.32	0.33
E11	0.80	0.78	0.76	0.72	0.66	0.61	0.55	0.46	0.42	0.43	0.44	0.44
E12	0.93	0.88	0.81	0.72	0.66	0.60	0.52	0.42	0.36	0.35	0.35	0.37
E13	1.00	0.93	0.87	0.80	0.74	0.68	0.60	0.49	0.44	0.44	0.44	0.45
E14	0.91	1.00	0.92	0.83	0.77	0.71	0.62	0.50	0.45	0.45	0.45	0.45
E15	0.86	0.91	1.00	0.92	0.83	0.74	0.64	0.52	0.47	0.47	0.46	0.45
E16	0.82	0.84	0.92	1.00	0.89	0.78	0.65	0.54	0.48	0.48	0.46	0.44
E17	0.75	0.76	0.82	0.90	1.00	0.88	0.72	0.55	0.49	0.49	0.48	0.46
E18	0.68	0.69	0.72	0.78	0.87	1.00	0.86	0.66	0.56	0.56	0.54	0.52
E19	0.54	0.56	0.57	0.59	0.65	0.85	1.00	0.83	0.70	0.66	0.64	0.61
E20	0.37	0.39	0.40	0.41	0.44	0.61	0.82	1.00	0.88	0.80	0.75	0.71
E21	0.26	0.29	0.30	0.31	0.33	0.47	0.65	0.88	1.00	0.91	0.82	0.77
E22	0.23	0.26	0.27	0.29	0.32	0.45	0.59	0.78	0.91	1.00	0.92	0.84
E23	0.23	0.25	0.26	0.27	0.32	0.45	0.58	0.73	0.83	0.92	1.00	0.91
E24	0.24	0.26	0.26	0.27	0.32	0.45	0.58	0.73	0.79	0.85	0.91	1.00

4.2. 风压的竖向相关性

选取对称轴上测点的风压研究椭圆形高耸结构的竖向相关性系数, 下表 2, 表 3 列出了模型中 1、7、13 测点在长轴迎风时的风压竖向相关系数。分析表中数据可知:

- (1) 测点之间的竖向相关系数随着高度方向距离的增大而减小;
- (2) 迎风面、过渡区测点的竖向相关系数大小相当, 背风面测点除了模型最底层的相关系数较大以外, 背风面测点的相关系数明显比迎风面和过渡区小得多;
- (3) 左右两侧过渡区的相关系数为正值, 迎风面与背风面的相关系数大部分也为正值, 但比过渡区间的相关系数小, 说明背风面的脉动受来流脉动影响较大。

Table 2. Vertical correlation coefficients between points on transition facades for long axis wind flow

表 2. 长轴迎风时过渡区测点竖向相关系数

测点	B1	D1	F1	H1	K1	B13	D13	F13	H13	K13
B1	1.00	0.72	0.44	0.36	0.31	0.26	0.24	0.26	0.33	0.28
D1	0.72	1.00	0.56	0.40	0.36	0.24	0.27	0.25	0.32	0.33
F1	0.44	0.56	1.00	0.48	0.36	0.25	0.17	0.25	0.36	0.36
H1	0.36	0.40	0.48	1.00	0.61	0.33	0.30	0.29	0.56	0.52
K1	0.31	0.36	0.36	0.61	1.00	0.28	0.32	0.35	0.49	0.76
B13	0.26	0.24	0.25	0.33	0.28	1.00	0.72	0.41	0.34	0.28
D13	0.24	0.27	0.17	0.30	0.32	0.72	1.00	0.60	0.38	0.34
F13	0.26	0.25	0.25	0.29	0.35	0.41	0.60	1.00	0.40	0.38
H13	0.33	0.32	0.36	0.56	0.49	0.34	0.38	0.40	1.00	0.62
K13	0.28	0.33	0.36	0.52	0.76	0.28	0.34	0.38	0.62	1.00

Table 3. Vertical correlation coefficients between points on windward and leeward facades for long axis wind flow

表 3. 长轴迎风时迎风面和背风面测点竖向相关系数

测点	B7	D7	F7	H7	K7	B19	D19	F19	H19	K19
B7	1.00	0.62	0.43	0.36	0.35	0.19	0.21	0.17	0.12	0.12
D7	0.62	1.00	0.59	0.44	0.40	0.17	0.19	0.19	0.10	0.10
F7	0.43	0.59	1.00	0.66	0.50	0.18	0.15	0.10	0.09	0.07
H7	0.36	0.44	0.66	1.00	0.73	0.20	0.19	0.14	0.07	-0.01
K7	0.35	0.40	0.50	0.73	1.00	0.25	0.26	0.23	0.12	0.06
B19	0.19	0.17	0.18	0.20	0.25	1.00	0.74	0.44	0.35	0.31
D19	0.21	0.19	0.15	0.19	0.26	0.74	1.00	0.57	0.36	0.36
F19	0.17	0.19	0.10	0.14	0.23	0.44	0.57	1.00	0.43	0.44
H19	0.12	0.10	0.09	0.07	0.12	0.35	0.36	0.43	1.00	0.59
K19	0.12	0.10	0.07	-0.01	0.06	0.31	0.36	0.44	0.59	1.00

4.3. 风压水平相干性分析

本小节主要研究椭圆形高耸结构在长轴迎风下迎风面和背风面的水平相干函数, 选取 E 测点层, 以来流方向对称轴上中心测点为基准, 分别计算了其两侧测点的风压相干性。并根据下式采用最小二乘法对水平相干函数进行拟合。

$$Coh = \exp(-C_h fd/U) \quad (4)$$

式中, C_h 为无量纲系数, 表示椭圆结构水平相干性系数; f 为频率, 由于高耸结构基频低, 故只需研究低频范围内的相干性, 本节选取 0~40 Hz 进行拟合, 此频段能够反映模型全部的相干特性; d 为两相干测点之间的水平距离, U 为 G 测点层的平均风速, 拟合结果如下图 7 所示。

从图中可以看出, 迎风面和过渡区测点相干函数拟合较好, 且过渡区测点的相干性比迎风面大, 过渡区中心测点 E13 与其前缘测点 E12 的相干性和其与后缘测点 E14 的相干性大小相当, 这与上节相干系数部分分析结果相吻合, 背风面相干性较小, 且较为散乱, 拟合结果与原数据有一定的偏差, 这是由于背风面脉动风形成机理复杂所致。迎风面的水平相干性系数 C_h 取值在 8~9 之间, 过渡区的水平相干性系数 C_h 取值在 5~6 之间, 背风面的水平相干性系数 C_h 取值在 13~20 之间。

4.4. 椭圆形高耸结构的竖向相干函数

选取 F、G、H 测点层来流方向对称轴上中心测点进行椭圆形高耸结构的竖向相干性分析, 以 G 测点层测点为基准, 分别计算了其上下侧测点的风压相干函数性。并根据以下公式采用最小二乘法进行拟合。

$$Coh = \exp(-C_z fd/\bar{U}) \quad (5)$$

式中, C_h 为无量纲系数, 表示椭圆结构水平相干性系数; f 为脉动风频率(Hz); d 为两相干测点之间的竖向距离; U 为两测点的平均风速。拟合结果如图 8 所示。

图中可以看出, 迎风面的竖向相干性系 C_h 数取值在 6~7 之间, 且迎风面竖向风压相干函数拟合效果最好。过渡区测点的竖向相干性在漩涡脱落频率附近具有明显的增大趋势, 竖向相干性系 C_h 数取值在 6~8 之间, 背风面的竖向相干性系 C_h 数取值在 18~20 之间, 说明模型迎风面的竖向相干性最好。但椭圆形高耸结构的相干性曲线与矩形截面高层建筑[8]相比分布较为散乱, 且相干系数比矩形建筑的相干性系数要大得多, 水平和竖向相干系数大约是矩形结构相干系数的 2~5 倍, 故其相干性比矩形结构相干性要差。

5. 结论

对一标准椭圆形截面的高耸结构刚性模型($H/\sqrt{BD} = 7.5, D/B = 0.75$)长轴迎风时的风压特性进行分析, 分析结果如下:

(1) 迎风面和过渡区测点 E1、E13、E19 在整个风向角变化过程中, 平均风压系曲线几乎完全重合; 随着风向角的增大, 来流不断地向 E13 靠近, 使 E13 处气流分离更加剧烈, 造成了 E13 测点脉动风压系数的增大。模型同一测点层测点出现正值的测点数较少, 即迎风面区域较小。

(2) 绘制出了模型在长轴迎风方向的归一化风压谱图, 定义了模型迎风面、过渡区和背风面的分界点, 并计算得到漩涡脱落频率为 0.190。

(3) 分析了模型的风压相关系数, 发现迎风面中心测点与各测点的水平相关系数为正值, 中心测点两侧距离较远的测点间的水平相关系数有负值; 过渡区之间、过渡区与背风面、背风面之间测点的水平相关系数均为正值, 且过渡区测点间的水平相关性最好; 过渡区中心测点与来风后缘部分测点的水平相关性大于与前缘部分测点的水平相关性。

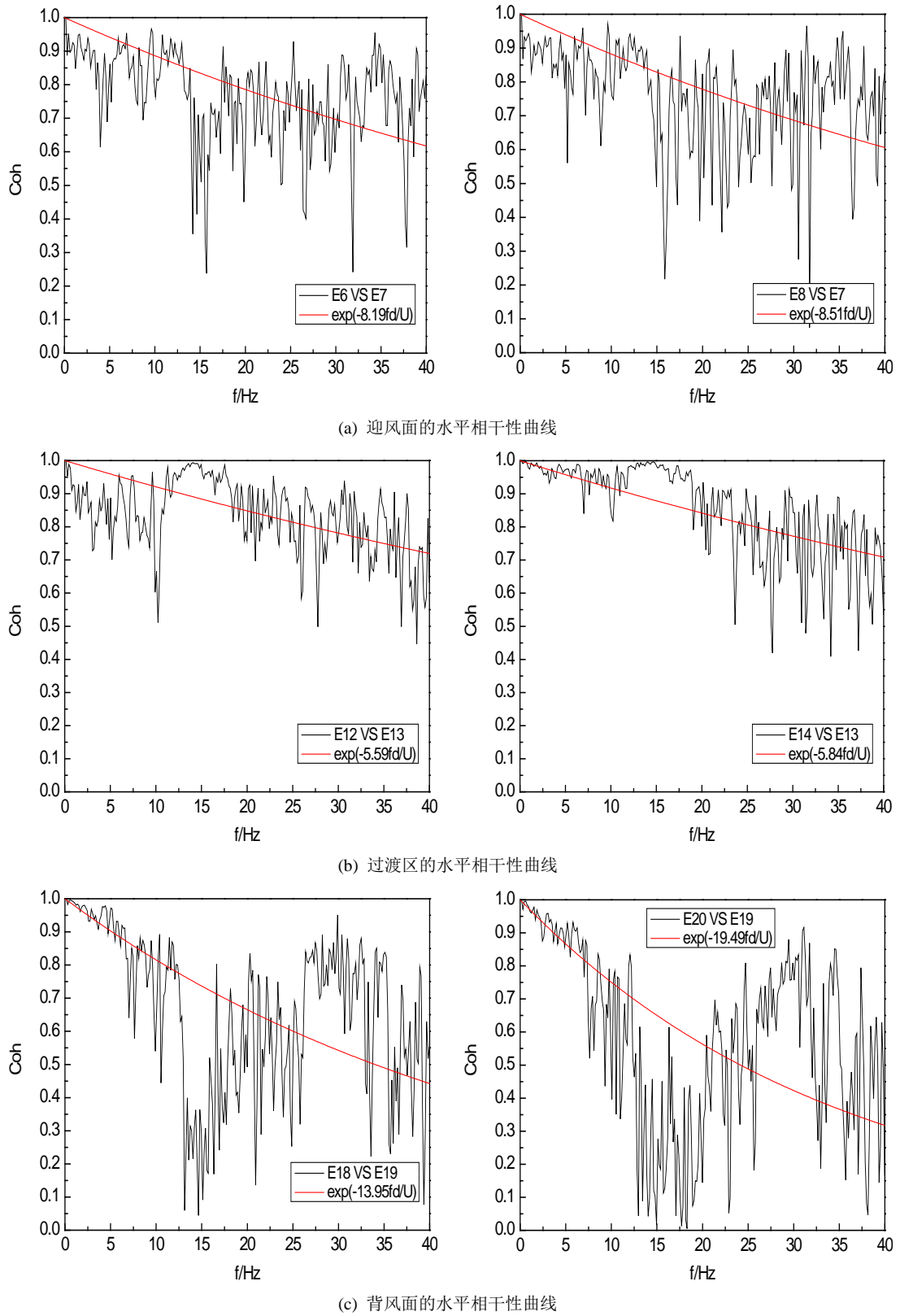


Figure 7. Horizontal coherence curves between points for long axis wind flow
图 7. 长轴迎风下的水平相干函数曲线

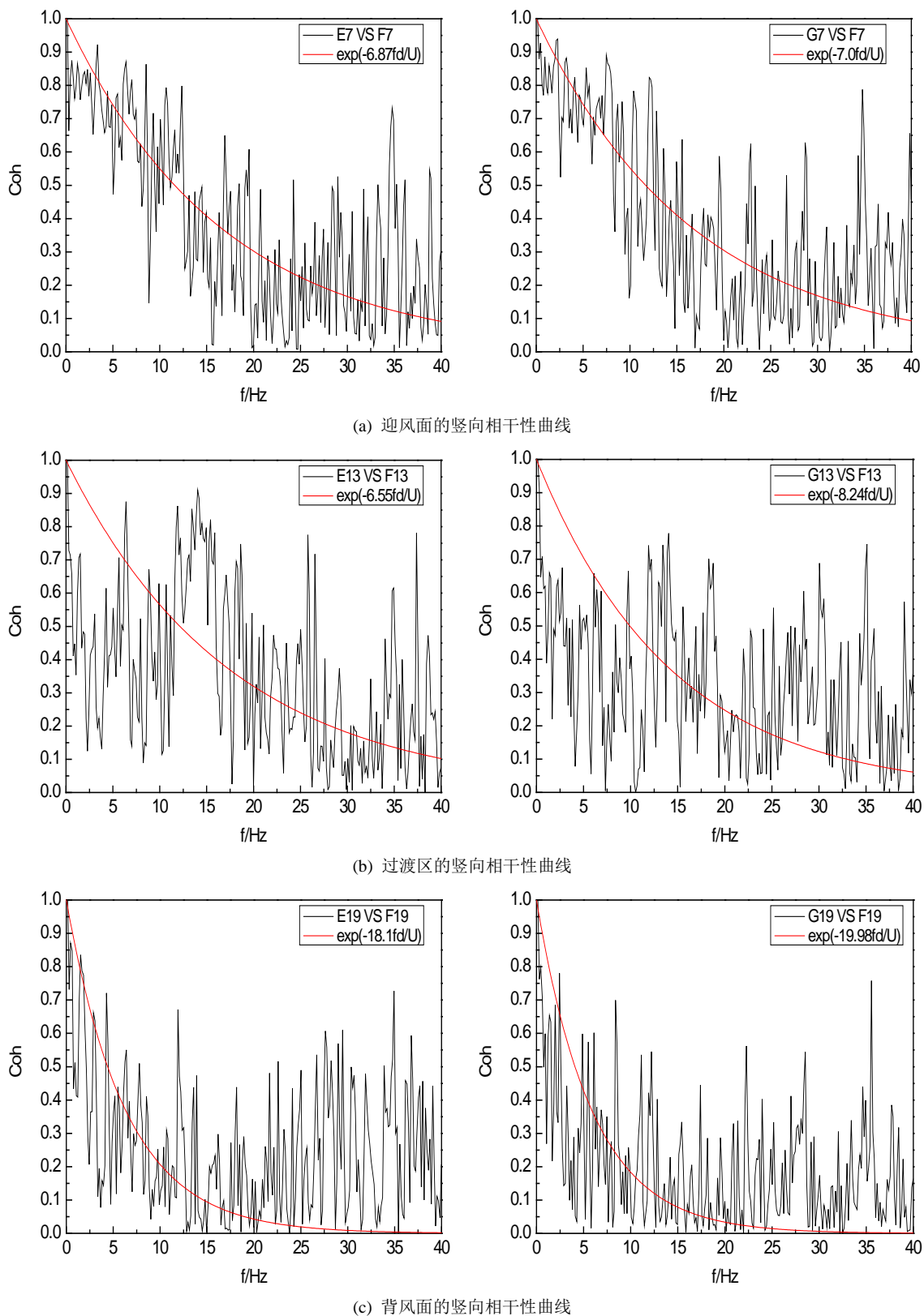


Figure 8. Vertical coherence curves between points for long axis wind flow

图 8. 长轴迎风下的竖向相干函数曲线

(4) 背风面的竖向相关性比迎风面和过渡区小得多, 左右两侧过渡区的竖向相关系数为正值, 迎风面与背风面的竖向相关系数也大部分为正值, 但比过渡区测点的相关性小。迎风面、过渡区的竖向相关系数大小相当, 背风面的竖向相关系数与二者相比略有减小。

(5) 选取了典型测点绘制模型的相干函数曲线, 并进行拟合。结果发现, 迎风面和过渡区测点水平相干函数拟合较好, 背风面水平相干性较小, 且较为散乱, 拟合结果与原数据有一定的偏差; 迎风面的竖向相干性最好, 过渡区测点的竖向相干性在漩涡脱落频率附近具有明显的增大趋势。但模型的水平和竖向相干性都比矩形结构差。

基金项目

国家自然科学基金资助项目(51708207)。

参考文献 (References)

- [1] Jamieson, N.J., Carpenter, P. and Cenek, P.D. (1992) Wind Induced External Pressure on a Tall Building with Various Corner Configurations. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, **44**, 2401-2412. [https://doi.org/10.1016/0167-6105\(92\)90032-6](https://doi.org/10.1016/0167-6105(92)90032-6)
- [2] 顾明, 叶丰. 超高层建筑风压的幅值特性[J]. 同济大学学报, 2006, 34(2): 143-149.
- [3] 李永贵. 高层建筑风荷载与风致弯扭耦合响应研究[D]: [博士学位论文]. 长沙: 湖南大学, 2012.
- [4] 李慧真. 椭圆形高耸结构风荷载及风致响应研究[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 湖南大学, 2015.
- [5] 黄剑, 顾明. 超高层建筑风荷载和效应控制的研究及应用进展[J]. 振动与冲击, 2013, 32 (10): 167-174.
- [6] 黄本才. 结构抗风分析原理及应用[M]. 上海: 同济大学出版社, 2001: 82-83.
- [7] 楼文娟, 孙炳楠, 傅国宏, 等. 复杂体型高层建筑表面风压分布的特征[J]. 建筑结构学报, 1995, 16 (6): 38-44.
- [8] 叶丰, 顾明. 超高层建筑风压的频域特性[J]. 同济大学学报, 2006, 34(3): 285-290.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2326-3458, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: hjce@hanspub.org