DOI: 10. 19701/j. jzjg. 2021. 07. 020

粤港荷载规范关于风荷载计算的对比研究

陈学伟¹, 辛展文², 杨 易³, 林 哲¹

(1 WSP 科进香港有限公司,香港 999077; 2 拉瓦尔大学土木与水工程系,魁北克市 G1V 0A6; 3 华南理工大学土木与交通学院,广州 510640)

[摘要] 风荷载计算是建筑结构荷载设计的重要内容之一,不同国家和地区的荷载规范体系不尽相同。目前,广东省风荷载设计规范按照《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2012)实行,香港地区按照 2019 年新修订的荷载规范实行。从计算方法和基本参数两方面比较广东省与香港地区荷载规范的中风荷载取值的异同;通过编程实现粤港地区建筑结构风荷载计算。对一超高层建筑工程案例进行结构设计风荷载的分析,获得了两地顺风向风荷载、横风向风荷载以及基本风压等重要数据。比较计算结果差异,发现香港地区建筑结构在设计过程中采用的风荷载比广东地区更大,引起该差异的其中一个原因是参考风压取值不同。

[关键词] 荷载规范对比; 风荷载设计; 广东荷载规范; 香港荷载规范

中图分类号: TU973⁺. 213 文献标识码: A 文章编号: 1002-848X(2021) 07-0133-06

[引用本文] 陈学伟 辛展文 杨易 等. 粤港荷载规范关于风荷载计算的对比研究[J]. 建筑结构 2021 51(7): 133-138. CHEN Xuewei ,XIN Zhanwen ,YANG Yi ,et al. Comparative research of wind load calculation in Guangdong and Hong Kong load codes [J]. Building Structure 2021 51(7): 133-138.

Comparative research of wind load calculation in Guangdong and Hong Kong load codes

CHEN Xuewei¹, XIN Zhanwen², YANG Yi³, LIN Zhe¹

(1 WSP Hong Kong Ltd., Hong Kong 999077, China;

2 Department of Civil and Water Engineering , Laval University , Quebec , G1V 0A6 , Canada;

3 School of Civil Engineering and Transportation South China University of Technology ,Guangzhou 510640 , China)

Abstract: Calculation of wind load is one of the important steps in the load design of building structures. Wind load codes in different countries and regions are not all the same. At present, the wind load design in Guangdong Province is implemented in accordance with the Load code for the design of building structures (GB 50009—2012), while the wind load code implemented in Hong Kong is a newly revised edition in 2019. The similarities and differences of wind load values in load codes of Guangdong Province and Hong Kong were compared from two aspects of calculation methods and basic parameters. Wind load calculation of building structure in Guangdong and Hong Kong area was realized through programming. The structural design wind load analysis of a super high-rise building engineering case was conducted to obtain important data such as downwind wind load, cross-wind wind load and basic wind pressure in the two places. Comparing the difference in the calculation results, it is found that the wind load used in the design process of the building structure in Hong Kong is greater than that in the Guangdong Province. One of the reasons for the difference is that the reference wind pressures are different.

Keywords: load code comparison; wind load design; Guangdong load code; Hong Kong load code

0 引言

风荷载是建筑结构设计中需要考虑的一项重要内容。对沿海超高层建筑尤其重要。高层建筑抗风设计方法有规范设计、风洞试验、数值风洞模拟仿真。其中规范是基准。目前,广东省参照国家标准《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2012) [1] 编制了广东省标准《建筑结构荷载规范》(DBJ 15—101—2014) [2](简称广东规范),另外有部分抗风细节体现在《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2010) [3] 中。香港地区按照 2019 年新修订的 Code

of practice on wind effects in Hong Kong 2019^[4](简称 香港规范) 实行。

根据 Explanatory notes to the code of practice on wind effects in Hong Kong 2019^[5] (香港风荷载规范注释) 2019 年版香港规范与 2004 年版香港规范^[6] 相比 与国际规范更加接近 特别参考了澳大利亚/新西兰规范 AS/NZS 1170. 2、美国规范 ASCE 7-16和欧洲规范 BS EN 1991-1-4。

作者简介: 陈学伟 ,博士 ,高级工程师 ,Email: dinochen1983@qq. com。

近年来,有关学者针对各国荷载规范中风荷载的计算进行了一系列的对比研究: 朱凡等^[7] 比较了2004 年版香港规范^[6] 与中国大陆《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2012); 刘刚^[8] 对中美规范中风荷载的计算分析进行了比较; 赵杨等^[9] 从"阵风荷载因子"的角度对中美日加澳五国的荷载规范进行了系统性研究; 夏瑞光^[10] 从平均风荷载和脉动风荷载的角度对比了中澳欧三个国家与地区的荷载规范; 申跃奎等^[11] 对中美英三国荷载规范中风荷载的重要参数进行了比较。

对比广东规范与香港规范中有关风荷载的计算,可为结构抗风设计和相关研究者提供参考,有利于了解广东省、香港地区甚至其他国家与地区的荷载规范中有关风荷载计算的差异,对粤港两地的工程项目尤其重要。

1 粤港荷载规范对比

广东规范与香港规范对建筑主体结构的风荷载 计算不尽相同。本节总结了两套规范风荷载计算参 数与计算公式的差异性 从这两方面进行对比分析。

1.1 计算公式

广东规范与香港规范的基本计算公式对比见表 1。两套规范顺风向风荷载的计算形式相似,但

值得注意的是,广东规范只需要计算两个方向(X,Y) 向 图 1(a))的风荷载,而香港规范需要验算四个方向($\pm X1$, $\pm X2$) 向 图 1(b))风荷载,并且香港规范可以计算任意风向角下的风荷载,适用于更复杂的风环境。

在横风向风荷载计算上,广东规范通过各楼层 风荷载和基底总剪力来衡量风作用,香港规范则通 过基底弯矩来衡量。

在计算得到横风向基底弯矩后,香港规范需要根据横风向基底弯矩对顺风向风荷载进行修正,从而与横风向基底弯矩相匹配,修正后的顺风向风荷载将会增大,结果更为保守。广东规范不需要修正顺风向风荷载。

在计算扭转风荷载时,香港规范采用一个更简单的计算模型,将顺风向风荷载作用点偏移一个水平距离 e 扭转风荷载等于该偏移距离乘以顺风向风荷载,然后取四个方向下扭转风荷载的较大值。相比之下,广东规范扭转风荷载的计算方法较为复杂,涉及更多参数。

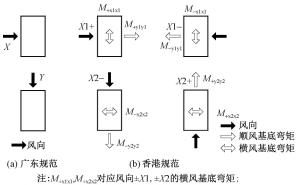
广东规范对顺风向与横风向的风振加速度分别规定了不同的计算公式,香港规范使用一个公式计算风振加速度。

粤港荷载规范基本计算公式

表 1

计算参数	广东规范	香港规范		
顺风向风荷载	$w_{\rm k} = \beta_z \mu_s \mu_z w_0$	$W_z = Q_z C_f S_{q,z} B$		
横风向风荷载	$w_{\rm Lk} = g w_0 \mu_z C_L B_z \sqrt{1 + R_L^2}$			
横风向基底弯矩		$M_{\text{xx,base}} = \pm \frac{G_{\text{ry}}}{\gamma_{\text{w}} \xi_{\text{y}}^{0.5} N_{\text{y}}^{1.3} (BD)} \frac{\rho_{\text{a}}}{\text{b}} \left(\frac{0.215 \sqrt{2\gamma_{\text{w}} Q_{\text{h}} / \rho_{\text{a}}}}{1 + 3.7 I_{\text{y} \text{h}}} \right)^{3.3} \frac{H_{\text{b}}^{2}}{3}$		
顺风向荷载修正	不需修正	需根据横风向基底弯矩进行修正		
扭转风荷载	$w_{\text{Tk}} = 1.8gw_0\mu_{\text{H}}C_{\text{T}}\left(\frac{z}{H}\right)^{0.9}\sqrt{1+R_{\text{T}}^2}$	$\Delta T_z = \max\{ e_1 W_{z,\pm x1} \ e_2 W_{z,\pm x2} \}$		
风振加速度	$a_{\rm D,z} = \frac{2gI_{10}w_{\rm R}\mu_{\rm z}\mu_{\rm z}B_{\rm z}\eta_{\rm a}B}{m} (\ $	$A_{z} = \frac{G_{\text{ry}}\rho_{\text{a}}}{\xi_{y}^{0.5} N_{y}^{1.3} (BD)_{\text{b}}^{0.15}} \left(\frac{0.215 \sqrt{2S_{\text{r}}Q_{\text{h}}/\rho_{\text{a}}}}{1+3.7I_{\text{v},\text{h}}}\right)^{3.3} \frac{H_{\text{b}}}{3M_{\text{h}}} \cdot \frac{2+\eta_{\text{y}}}{3} \cdot \left(\frac{Z}{H_{\text{b}}}\right)^{\eta_{\text{y}}}$		

注: w_k 为风荷载标准值 kN/m^2 ; β_z 为高度 z 处的风振系数; μ_s 为风荷载体型系数; μ_z 为风压高度变化系数; w_0 为基本风压 kN/m^2 ; w_{1k} 为横风向风振等效风荷载标准值 kN/m^2 ; g 为峰值因子,可取 2. 5; C_1 为横风向风力系数; B_z 为脉动风荷载的背景分量因子; R_1 为横风向共振因子; w_{Tk} 为扭转风荷载 kN/m^2 ; μ_H 为结构顶部风压高度变化系数; C_T 为风致扭矩系数; R_T 为扭转共振因子; z 为楼层标高,m; H 为建筑总高度,m; a_{D_z} 为高层建筑 z 高度处顺风向风振加速度, m/s^2 ; I_{10} 为 10m 高度名义湍流度 A B C D 四类地面粗糙度分别取值 0. 12 D. 14 D. 23 D. 39; B 为迎风面宽度,m; m 为结构单位高度质量 k/m; η_a 为顺风向风振加速度的脉动系数; w_R 为重现期为 R 年的风压 kN/s^2 ; a_{Lz} 为高层建筑 z 高度处横风向风振加速度 m/s^2 ; S_{FL} 为无量纲横风向广义风力功率谱; C_{sm} 为横风向风力谱的角沿修正系数; $\varphi_{Ll}(z)$ 为结构横风向第 1 阶振型系数; φ_{11} 为结构横风向第 1 阶振型阻尼比; φ_{21} 为结构横风向第 1 阶振型间面记比; φ_{22} 为尺寸和动力系数; φ_{33} φ_{34} φ_{44} φ_{45} φ_{55} φ_{45} φ_{55} φ



注: $M_{\pm x1x1}$, $M_{\pm x2x2}$ 对应风向 $\pm X1$, $\pm X2$ 的横风基底弯矩; $M_{\pm y1y1}$, $M_{\pm y2y2}$ 对应风向 $\pm X1$, $\pm X2$ 的横风基底弯矩。

图 1 风荷载计算方向示意图

1.2 基本参数

广东规范与香港规范的计算参数在取值规定与测量方法上各有差异。部分计算参数命名有区别。但意义相同,比如广东规范中的基本风压和香港规范中的参考风压,计算参数对比见表 2。

2 工程实例计算

2.1 风荷载计算程序编写

为了计算与比较适用粤港两地不同荷载规范体系下的风荷载计算结果,使用面向对象的程序语言 Delphi 编制风荷载计算程序^[12-13]。该计算程序具有检验规范适用条件、进行风荷载分析、生成风荷载计算简图及导出计算结果到 Excel 等功能。程序界面如图 2 所示。

	粤港荷载规范基本计算参数对比表						
计算参数	广东规范	香港规范					
地面 粗糙度	分为 A ,B ,C ,D 四类地面 粗糙度	采取统一的地面粗糙度 通过 地形因子和折减高度考虑周 边地形与建筑群的影响					
风振作用	采用风振系数 eta_z 进行考虑	采用尺寸和动力系数 $S_{\rm qz}$ 合并考虑动力结构与静力结构两大类					
基本风压 w_0	在空旷地面以上 10m 高处 按 50 年的风重现期,10min 内测得的平均风速						
参考风压 <i>Q</i> _{oz}		对应外海上平均风速为59.5m/s的风暴,在500m的参考高度处的测量结果					
阻尼比 <i>ξ</i>	没有给出明确的规定 ,由设计人员决定	根据结构类型与建筑纵横比 给出明确的阻尼比选择规定					

计算程序可以在不建模的情况下,通过读取建筑尺寸、结构动力特性、风气候特征等参数信息,计算出建筑结构的顺风向风荷载、横风向风荷载、扭转风荷载与风振加速度。风荷载计算程序结果输出界面见图3。

2.2 程序计算结果准确性检验

利用编写得到的计算程序 对某地上 67 层的超高层建筑进行风荷载计算。该超高层建筑结构总高度 295. 1m ,建筑长度 46. 9m ,宽度 46. 9m ,建筑平面体型为方形 ,结构总质量为 131 220t 顺风向基本

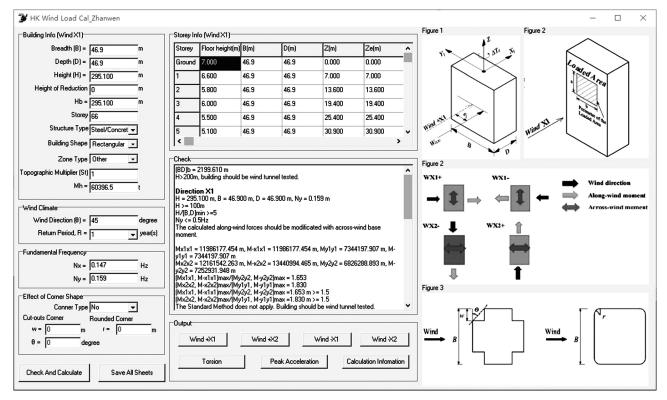
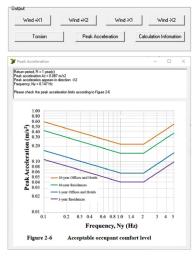


图 2 风荷载计算程序运行界面



136

Storey	Floor height(m)	B(m)	D(m)	Z(m)	Ze(m)	Qoz(kPa)	Qz(kPa)	Sqz	Wz,+x1(kN/	Fz,+x1(kN)	Load dia	744.04
Ground	7.000	46.9	46.9	0.000	0.000	1.585	1.331	0.491	74.619	261.167		1602.45 (141.05)
1	6.600	46.9	46.9	7.000	7.000	1.869	1.570	0.510	91.337	562.580		
2	5.800	46.9	46.9	13.600	13.600	2.078	1.746	0.527	105.093	606.183		
3	6.000	46.9	46.9	19.400	19.400	2.200	1.848	0.543	114.510	648.299		16.490.00
4	5.500	46.9	46.9	25.400	25.400	2.297	1.929	0.559	123.087	682.018		1043.00 1407.34 1419.01
5	5.100	46.9	46.9	30.900	30.900	2.370	1.991	0.574	130.349	670.880		1 (1 (1 (1 (1 (1 (1 (1 (1 (1 (
6	4.200	46.9	46.9	36.000	36.000	2.429	2.040	0.587	136.749	619.564		
7	4.200	46.9	46.9	40.200	40.200	2.472	2.076	0.599	141.846	585.050		
8	4.200	46.9	46.9	44.400	44.400	2.512	2.110	0.610	146.823	606.206		
9	4.200	46.9	46.9	48.600	48.600	2.548	2.140	0.621	151.705	626.909		1070.30
10	4.200	46.9	46.9	52.800	52.800	2.582	2.169	0.632	156.510	647.251		379.00
11	4.200	46.9	46.9	57.000	57.000	2.614	2.196	0.643	161.252	667.301		535.10 535.10
12	4.200	46.9	46.9	61.200	61.200	2.644	2.221	0.655	165.943	687.111		500.22 902.00 911.04
13	4.200	46.9	46.9	65.400	65.400	2.672	2.245	0.666	170.592	706.723		103.10
14	4.200	46.9	46.9	69.600	69.600	2.699	2.267	0.677	175.204	726.171		/40.40 /20.72 /00.72
15	4.200	46.9	46.9	73.800	73.800	2.724	2.288	0.688	179.787	745.482		041.20
16	4.200	46.9	46.9	78.000	78.000	2.749	2.309	0.700	184.345	764.678	~	670.88

图 3 风荷载计算软件结果输出示意图

自振周期为 6.786s 横风向基本自振周期为 6.3s,阻尼比取 0.05 舒适度阻尼比为 0.02。

广东规范与香港规范对部分风荷载计算参数的取值与规定不尽相同,这些参数包括基本风压和地面粗糙度。在本算例中,根据广东规范进行计算时,基本风压取 0.75kN/m²,地面粗糙度为 B 类地貌。根据香港规范进行计算时,参考风压按表 3^[4] 采用,该参数在香港规范风荷载分析中所起的作用,相当于广东规范中基本风压与风压高度变化系数的乘积,此参数在两套规范中的取值对比可见 3.5 节。

	参考风	压 $Q_{ m oz}^{[4]}$	表 3	
有效高度	参考风压	有效高度	参考风压	
$Z_{ m e}$ /m	Q₀z /kPa	$Z_{ m e}$ /m	Q₀z /kPa	
€2.5	1. 59	150	3. 05	
5	1. 77	200	3. 20	
10	1. 98	250	3. 31	
20	2. 21	300	3. 41	
30	2. 36	400	3. 57	
50	2. 56	500	3. 70	
75	2. 73	>500	参考专家意见	
100	2.86			

香港规范在香港全地区采取统一的地面粗糙度 对周边地形与周围建筑群的考虑体现在地形因子和折减高度两个参数上,在本算例中,对应广东规范中对 B 类地貌的定义(田野、乡村、丛林、丘陵以及房屋比较稀疏的乡镇),折减高度可取 0,地形因子取 1。建筑结构整体模型如图 4 所示。

使用 PKPM 对基于广东规范自编的风荷载计算程序的电算结果进行检验^[14],对比结果显示 PKPM 与自编软件计算得到的顺风向基底总剪力相差 1.86% 横风向基底总剪力只相差 0.34%。各层风荷载计算结果对比见图 5。

两个软件风荷载计算结果在 层高变化的楼层有差别,PKPM 比 自编程序计算结果稍大,其中首层 和顶层的计算结果误差最大,其余 结果接近。差异出现的原因可能 是 PKPM 软件在计算风荷载时, 考虑了其他效应的影响,这个效应 与层高的变化和边界条件的改变 有关。

基于香港规范自编的风荷载 计算软件的准确性 通过手算屋面 层的顺风向风荷载、横风向基底弯 矩、扭矩、风振加速度进行校核 ,最 后得到的计算结果和程序运行结 果相吻合 ,见表 4。

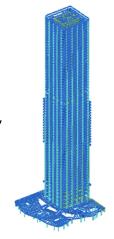


图 4 工程实例 分析模型

3 计算结果对比分析

3.1 顺风向风荷载结果对比

两套规范的顺风向风荷载计算结果对比见图 6 香港规范中规定的+X1 ,+X2 向相当于广东规

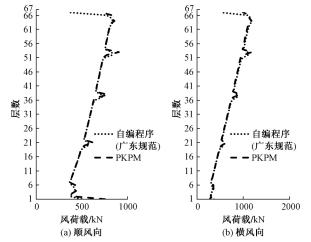


图 5 自编程序与 PKPM 风荷载计算结果对比

	表 4				
计算参数		顺风向 横风向 风荷载 基底弯矩 /(kN/m) /(kN·m)		扭转风荷 载/(kN/m)	风加速度 /(m/s ²)
	+X1 向	744. 05	1. 12×10 ⁷	978. 59	
中等	-X1 向	658. 62	1. 22×10 ⁷	866. 04	0.319
电算	+X2 向	744. 05	1. 12×10 ⁷	978. 59	(最大值)
	-X2 向	658. 62	1. 34×10 ⁷	866. 04	
	+X1 向	744. 05	1. 12×10 ⁷	978. 59	
手算	-X1 向	658. 62	1. 22×10 ⁷	866. 04	0. 319
	+X2 向	744. 05	1. 12×10 ⁷	978. 59	(最大值)
	-X2 向	658. 62	1. 34×10 ⁷	866. 04	
平均误差		0%	0%	0%	0%

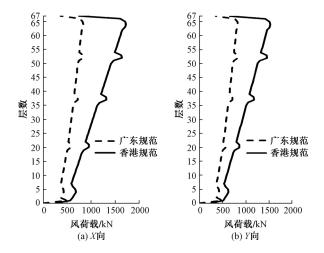


图 6 粤港荷载规范顺风向风荷载对比

范中的 X X 向。

从计算结果对比分析可得: 1) 两套规范计算得到的顺风向风荷载沿层高变化趋势一致,但在层高变化的楼层,香港规范的风荷载变化比广东规范显著; 2) 广东规范计算得到的 X 向顺风向风荷载作用下的基底总剪力比香港规范小 64.98%,Y 向顺风向风荷载作用风荷载作用下的基底总剪力比香港规范小 51.64%; 3) X 向顺风向风荷载偏差比 10.61.64%; 3) 10.61.64%; 3) 10.61.64%; 3) 10.61.64%; 3) 10.61.64%; 3) 10.61.64%; 3) 10.61.64%; 3) 10.61.64%; 3) 10.61.64%; 3) 10.61.64%; 3) 10.61.64%; 3) 10.61.61

3.2 横风向风荷载结果对比

在分析建筑结构的横风向风荷载时,广东规范给出了各楼层横风向风力的计算公式,利用该公式,可计算得横风向基底剪力、横风向基底弯矩。然而,香港规范只给出了横风向基底弯矩的计算公式。要对比分析两套规范的横风向风荷载效应,需要先根据广东规范计算出各楼层横风向风力,在此基础上算得横风向基底弯矩,再与根据香港规范算得的横风向基底弯矩进行对比。

根据广东规范计算而得的各层横风向风荷载 如图 7 所示。

通过各楼层的横风向风荷载,计算得广东规范下X,Y向横风向基底弯矩分别为 8.8×10^6 ,

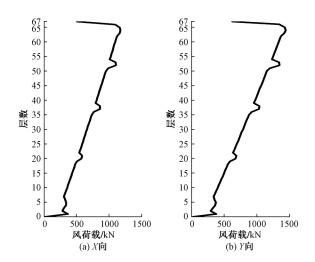


图 7 广东规范横风向风荷载计算结果

 $1.07 \times 10^7 \, \mathrm{kN \cdot m}$ 。根据香港规范公式计算的横风向基底弯矩 X Y 向分别为 1.20×10^7 $1.34 \times 10^7 \, \mathrm{kN \cdot m}$ 。广东规范横风向基底弯矩与香港规范相比 X 向减小 25.94% Y 向减小 20.13%。

由此可知: 1) 两套规范衡量横风向风效应的计算参数和公式不同,广东规范给出计算各层横风向风荷载的公式,香港规范给出横风向基底弯矩的公式; 2) 广东规范计算得到的横风向基底弯矩比香港规范小,在本算例中 X, Y向分别减小 25.94% 和20.13%; 3) 从本算例可知两套规范下 X向的横风向基底弯矩偏差比 Y向大。

3.3 扭转风荷载结果对比

香港规范在计算扭转风荷载时,取四个方向上计算得到的扭转风荷载的较大值;广东规范采用一个公式进行计算。根据两套规范计算的扭转风荷载结果如图 8 所示。

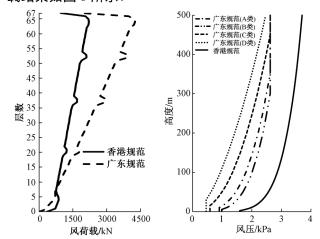


图 8 粤港荷载规范扭转风荷载对比

图 9 粤港荷载规范采用 风压值对比

在8层以下,香港规范计算得到的扭转风荷载比广东规范大;在8层及以上,香港规范扭转风荷载

的计算结果比广东规范小,两者之间的偏差随着层高的增加而增大,最大偏差出现在顶层,香港规范下的扭转风荷载比广东规范小48.54%。可见在低楼层香港规范考虑的扭转风荷载比广东规范大,而在高楼层广东规范下的扭转风荷载更大。

3.4 风振加速度计算结果对比

在本算例中,根据广东规范计算风振加速度时,10年重现期风压取 $0.45 kN/m^2$,计算得风振加速度为 $0.119 m/s^2$ (顺风向)和 $0.337 m/s^2$ (横风向)。根据香港规范,回归周期取 10年,计算得风振加速度为 $0.319 m/s^2$,对应的方向为横风向,该值与广东规范计算得到的横风向风振加速度($0.337 m/s^2$)接近,两套规范的风振加速度计算结果相似。

3.5 不同高度处参考风压对比

为了进一步了解风荷载计算结果的差异由来,本文对计算过程中涉及的参数、不同高度处的风压值进行计算分析。根据香港规范,全香港地区采取统一的地面粗糙度。广东规范部分取沿海城市深圳所采用的基本风压 0.90kN/m² 进行对比,对应回归周期 100 年。这一基本风压比广东省其他大部分城市的基本风压大。计算结果对比见图 9。

由图 9 可见: 1) 两套规范采用的风压值沿层高变化趋势大致相同; 2) 广东规范所采用的基本风压值比香港规范的小; 3) 广东规范中沿海地区 A 类地面粗糙度下的风压值与香港地区采用的风压值最接近。

香港规范下的顺风向风荷载和风压值均比广东规范大,由此可见两套规范下顺风向风荷载的其中一部分差异是由风压值的不同引起的,风压值的取值差别来自于测量方法的差异(表2)。

4 结论

风荷载是建筑结构抗风设计的重要基准,涉及建筑结构的安全和经济。本文在深入研究和详细对比粤港荷载规范基础上,依据规范中的风荷载计算模型,使用面向对象的程序语言 Delphi 成功编制了两款风荷载计算程序。通过对一栋超高层建筑

工程实例的风荷载分析,验证了风荷载计算程序的准确性,计算精度达到商用软件 PKPM 标准,对比了两套规范下顺风向风荷载、横风向风荷载、扭转风荷载、风振加速度和不同高度处参考风压的计算结果。通过规范对比和工程算例发现,粤港两地荷载规范的计算模型、基本参数、计算公式存在差异,由此导致粤港邻近地区的建筑,即使建筑体型和结构动力特性相似,但风荷载取值存在显著差异。

参 考 文 献

- [1] 建筑结构荷载规范: GB 50009—2012 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社 2012.
- [2] 建筑结构荷载规范: DBJ 15—101—2014 [S]. 北京: 中国城市出版社, 2014.
- [3] 高层建筑混凝土结构技术规程: JGJ 3—2010 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社 2011.
- [4] Code of practice on wind effects in Hong Kong 2019 [S]. Hong Kong: Building Department of Hong Kong, 2019.
- [5] Explanatory notes to the code of practice on wind effects in Hong Kong 2019 [S]. Hong Kong: Building Department of Hong Kong, 2019.
- [6] Code of practice on wind effects in Hong Kong 2004 [S]. Hong Kong: Building Department of Hong Kong, 2004.
- [7] 朱凡, 魏德敏. 中国大陆与香港地区风荷载规范比较研究[J]. 科技情报开发与经济 2007(10): 146-148.
- [8] 刘刚. 中国与美国规范风荷载计算分析比较 [J]. 钢结构 2010 25(12): 47-52 79.
- [9] 赵杨 段忠东,YUKIO TAMURA,等. 多国荷载规范中 阵风荷载因子的比较研究[J]. 哈尔滨工程大学学报, 2010,31(11):1465-1471.
- [10] 夏瑞光. 风荷载规范中若干问题的研究 [D]. 苏州: 苏州科技学院 2012.
- [11] 申跃奎 方圆 高宝中 ,等. 中、美、英三国风荷载规范 重要参数的比较 [J]. 钢结构 2014 29(1): 40-43 ,7.
- [12] 何光渝 a 群. Delphi 常用数值算法集 [M]. 北京: 科学 出版社 2001.
- [13] 何浩. Delphi 4.0 多媒体实用编程技术 [M]. 北京: 中国水利水电出版社,1999.
- [14] 王小红 ,罗建阳. 建筑结构 CAD-PKPM 软件应用 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社 2004.