ลิขสิทธิ์ : บริษัท วิศวกรที่ปรึกษา 535 จำกัด

ปี : 2562

ชื่อเรื่อง : COPACABANA PATTAYA เพื่อทำการศึกษาแรงลม โดยวิธีทดสอบจำลองในอุโมงค์ลม

เมือง : กรุงเทพฯ

ภาษา : ไทย

สถานที่พิมพ์ : สำนักงานศูนย์วิจัยและให้คำปรึกษาแห่งมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

นักวิจัย : รองศาสตราจารย์ ดร. วิโรจน์ บุญญภิญโญ

บทคัดย่อ :

อาคาร Copacabana Pattaya ที่ศึกษาเป็นอาคารสูงเทียบเท่า 184 ม. กว้าง 27.6 ม ลึก 117.13 ม. อาคารตั้งอยู่ริมหาดพัทยา จังหวัดชลบุรี อาคารที่ศึกษาต้องมีการทดสอบต้านทานแรงลม เนื่องจากมีลักษณะดังนี้ 1) อาคารที่มีความสูงและอ่อนตัวมาก 2) อาคารที่มีรูปทรงไม่สม่ำเสมอ ไม่เป็นสี่เหลี่ยม และ 3) สภาพแวดล้อมของอาคารที่ตั้งอยู่ในที่มีอาคารสูงหนาแน่น ลักษณะดังกล่าวข้างต้น ทำให้หน่วยแรงลมที่เกิดขึ้นจริงจะแตกต่างจากการคำนวณโดยใช้มาตรฐานการคำนวณ ดังนั้นการศึกษาแรงลมโดยการทดสอบในอุโมงค์ จึงมีความจำเป็นเพื่อให้ได้อาคารที่แข็งแรง ปลอดภัย และประหยัด เนื่องจากการทดสอบจะได้แรงลมที่กระทำกับรูปทรงอาคารจริงได้อย่างถูกต้อง ภายใต้สภาพแวดล้อมของอาคารจริง รวมถึงการคำนวณการสั่นไหวของอาคารภายใต้แรงลมได้อย่างถูกต้อง เพื่อไม่ให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกไม่สบายหรือเกิดอาการวิงเวียน

การทดสอบอาคารสูงทำโดยการสร้างแบบจำลองอาคารที่ทดสอบให้เหมือนจริง และสร้างแบบจำลองสภาพแวดล้อมอาคารที่เหมือนจริงในรัศมี 400 ม. ในอัตราการย่อส่วน 1 ต่อ 400 แล้วนำแบบจำลองมาวางบนพื้นโต๊ะหมุนในอุโมงค์ลม ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 ม. พื้นโต๊ะหมุนนี้สามารถหมุนได้ 360 องศา หลังจากนั้นเปิดลมแล้ววัดแรงลมที่กระทำกับอาคารโดยรวมที่ฐานอาคาร หรือวัดหน่วยแรงลมเฉพาะที่ที่ผนังอาคาร การทดสอบจะทำการหมุนพื้นโต๊ะหมุนครั้งละ 10 องศา เพื่อศึกษาแรงลมที่กระทำกับอาคารทุกทิศทาง การจำลองลักษณะลมในอุโมงค์ลม ให้เหมือนลักษณะลมในสภาพภูมิประเทศจริง ต้องจำลองลักษณะลมดังนี้ 1. ลักษณะความเร็วลมเฉลี่ยที่แปรเปลี่ยนตามความสูงจากพื้นดิน 2. ลักษณะลมที่แปรปรวน (หรือผันผวน) ในรูปของความเข้มข้นของความแปรปรวน ที่แปรเปลี่ยนตามความสูงจากพื้นดิน และ 3. ค่าสเปกตรัมลมที่แปรปรวน การจำลองลักษณะลมได้อ้างอิงตามมาตรฐาน ASCE 7 ของประเทศสหรัฐอเมริกา

ตามมาตรฐานการคำนวณแรงลมและการตอบสนองของอาคาร ของกรมโยธาธิการและผังเมือง มยผ. 1311-50 ความเร็วลมอ้างอิงสำหรับออกแบบสภาวะจำกัดด้านกำลังของอาคารที่ศึกษา คือค่าความเร็วลมเฉลี่ยในช่วงเวลา 1 ชั่วโมง ที่ความสูง 10 เมตรจากพื้นดิน ในสภาพภูมิประเทศโล่ง สำหรับคาบเวลากลับ 50 ปี มีค่าเท่ากับ 25 เมตรต่อวินาที และค่าประกอบไต้ฝุ่นมีค่าเท่ากับ 1.0 ดังนั้นความเร็วลมอ้างอิงที่ยอดอาคารสูงเทียบเท่า 184 ม. มีค่าเท่ากับ 34.49 เมตรต่อวินาที ในสภาพภูมิประเทศแบบชานเมือง แต่ความเร็วลมอ้างอิงสำหรับออกแบบสภาวะจำกัดด้านการใช้งานของอาคารที่ศึกษา คือค่าความเร็วลมเฉลี่ย สำหรับคาบเวลากลับ 10 ปี มีค่าเท่ากับ 20.25 เมตรต่อวินาที และค่าประกอบไต้ฝุ่นมีค่าเท่ากับ 1.0 ดังนั้นความเร็วลมอ้างอิงที่ยอดอาคารสูงเทียบเท่า 184 ม. มีค่าเท่ากับ 27.94 เมตรต่อวินาที ในสภาพภูมิประเทศแบบชานเมือง

แรงลมสถิตเทียบเท่า ของอาคารที่ศึกษา

ผลการศึกษาการออกแบบสภาวะจำกัดด้านกำลังของอาคารที่ศึกษา พบว่าค่าโมเมนต์ที่ฐานสูงสุดสำหรับลมทุกทิศทาง ความเร็วลมอ้างอิงสำหรับคาบเวลากลับ 50 ปี คุณสมบัติทางพลศาสตร์ 3 ชุด (0.8 f_o, f_o, 1.2 f_o) อัตราส่วนความหน่วงของอาคาร 2 ค่า คือ 0.02 และ 0.01 แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าโมเมนต์ที่ฐานสูงสุด สำหรับลมทุกทิศทาง คุณสมบัติทางพลศาสตร์ 3 ชุด และอัตราส่วนความหน่วงของอาคาร 2 ค่า

Natural Frequency	Damping (ξ)	My (MN-m)		Mx (MN-m)		Mz (MN-m)	
		Peak	Deg.	Peak	Deg.	Peak	Deg.
0.80 f_o	0.020	-802	250	-3,387	260	423	330
	0.010	-1,031	250	-3,970	280	-485	20
f_o	0.020	-760	250	-3,144	260	404	330
	0.010	-968	250	-3,562	260	432	330
1.2 f_o	0.020	697	180	-3,057	270	394	330
	0.010	-843	250	-3,427	270	413	330

การตอบสนองด้านการสั่นไหว (อัตราเร่ง) ของอาคารที่ศึกษา

มาตรฐานการคำนวณแรงลมและการตอบสนองของอาคาร (มยผ. 1311-50) ของกรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย พศ. 2550 กำหนดให้ค่าอัตราเร่งสูงสุดในแนวราบทั้งในทิศทางลมและทิศทางตั้งฉากกับทิศทางลม จะต้องมีค่าไม่เกินกว่า 0.15 เมตรต่อวินาที^{2} (15 mg) ในกรณีของอาคารที่พักอาศัย (residential buildings) หรือ 0.25 เมตรต่อวินาที^{2} (25 mg) ในกรณีของอาคารพาณิชย์ (commercial buildings)

นอกจากนี้ มาตรฐาน ISO 10137 ปี คศ 1992 กำหนดให้ค่าอัตราเร่งสูงสุดในแนวราบ จะต้องมีค่าไม่เกินกว่า $0.928f^{-0.412}$ (ใน % ของ g) สำหรับคาบเวลากลับ 5 ปี โดยที่ f คือ ความถี่ธรรมชาติของอาคารที่น้อยสุดในหน่วย *Hz*. ดังนั้นจะมีค่าเท่ากับ 20.06 mg และ 24.70 mg สำหรับคาบเวลากลับ 5 ปี และ 10 ปี ตามลำดับ

การศึกษาการออกแบบสภาวะจำกัดด้านการใช้งานของอาคารที่ศึกษา พบว่าค่าอัตราเร่งสูงสุดในแนวราบ สำหรับลมทุกทิศทาง ความเร็วลมอ้างอิงสำหรับคาบเวลากลับ 10 ปี (V_{10} and $0.85V_{10}$) คุณสมบัติทางพลศาสตร์ 3 ชุด (0.8 f_o, f_o, 1.2 f_o) และอัตราส่วนความหน่วงของอาคาร 2 ค่า คือ 0.005 และ 0.01 แสดงในตารางที่ 2

การออกแบบที่ประหยัดควรพิจารณาค่าตัวประกอบทิศทางลม เพื่อพิจารณาลดแรงลมในการออกแบบ ซึ่งเกิดมาจาก 2 โอกาส คือ 1. โอกาสในการลดความน่าจะเป็นของการเกิดความเร็วลมสูงสุดในแต่ละทิศทาง และ 2. โอกาสในการลดความน่าจะเป็นของการเกิดหน่วยแรงลมสูงสุดที่กระทำกับอาคารในแต่ละ

ทิศทาง มาตรฐาน ASCE-7 ปี คศ 2005 แนะนำค่าตัวประกอบทิศทางลม สำหรับการออกแบบโครงสร้างหลักต้านทานแรงลม มีค่า 0.85 ดังนั้นค่าตัวประกอบทิศทางลมดังกล่าวจะนำไปใช้ สำหรับการออกแบบสภาวะจำกัดด้านการใช้งานของอาคาร

ผลการศึกษาการออกแบบสภาวะจำกัดด้านการใช้งานของอาคารที่ศึกษา พบว่าค่าอัตราเร่งสูงสุดในแนวราบ สำหรับความเร็วลมอ้างอิงสำหรับคาบเวลากลับ 10 ปี ค่าตัวประกอบทิศทางลม 0.85 ($0.85V_{10}$) คุณสมบัติทางพลศาสตร์ f_o และอัตราส่วนความหน่วงของอาคาร 0.01 มีค่าเท่ากับ 9.39 mg. ค่าดังกล่าวต่ำกว่าพอสมควร เมื่อเทียบกับค่าที่กำหนด ตามมาตรฐาน มยผ. 1311-50 (คือ 15 mg ในกรณีของอาคารที่พักอาศัย) และค่าดังกล่าว ต่ำกว่าเป็นอย่างมาก เมื่อเทียบกับค่าที่กำหนด ตามมาตรฐาน ISO 10137 (คือ 24.70 mg) ดังนั้น อาคารที่ศึกษาผ่านข้อกำหนดการออกแบบสภาวะจำกัดด้านการใช้งานตามมาตรฐาน มยผ. 1311-50 และมาตรฐาน ISO 10137

ตารางที่ 2 ค่าอัตราเร่งสูงสุดในแนวราบ สำหรับลมทุกทิศทาง คุณสมบัติทางพลศาสตร์ 3 ชุด (0.8 f_o, f_o, 1.2 f_o) และอัตราส่วนความหน่วงของอาคาร 2

Natural Freq.	Wind Speed	Damping	Total acc, (mg)	
		(ξ)	Peak	Deg.
0.8*fo*	V_{10}	0.01	17.39	100
	V_{10}	0.005	24.60	100
	$0.85V_{10}$	0.01	11.00	270
	$0.85V_{10}$	0.005	15.56	270
1.0*fo*	V_{10}	0.01	14.53	270
	V_{10}	0.005	20.54	270
	$0.85V_{10}$	0.01	9.39	260
	$0.85V_{10}$	0.005	13.28	260
1.2*fo*	V_{10}	0.01	12.80	270
	V_{10}	0.01	18.10	270
	$0.85V_{10}$	0.01	8.52	100
	$0.85V_{10}$	0.01	12.06	100

Copyright : 535 Engineering Consultant Co., LTD

Year : 2019

Title : WIND LOAD STUDY FOR COPACABANA PATTAYA PROJECT BY WIND TUNNEL TEST

City : Bangkok

Language : Thai

Publisher : Thammasat University Research and Consultancy Institute

Researcher : Associate Professor Dr. Virote Boonyapinyo

Abstract :

The Copacabana Pattaya project is the high-rise buildings. The project is developed along Pattaya Beach in Bangkok. The Copacabana Pattaya has 184 m roof high, 27.6 m equivalent width and 117.13 m equivalent depth. This building has the following special characteristics: a) the very flexible and high-rise buildings, b) the irregular geometry of the floor area, and c) close spacing of many high-rise buildings. These special characteristics result in pressure distributions significantly different from those specified in the building codes. Accordingly, the wind-tunnel tests are essential to achieve structural designs that are not overly costly and for which the risk of wind damage is realized at the lever chosen for the design.

The studied building was specially constructed by a light-weight rigid model, such as balsa wood model, and the studied model was mounted on a high-frequency base balance. The 1:400 scale models of studied building and its surrounding buildings within 400 m radius from the studied building were mounted on a 2-m diameter turntable, allowing any wind direction to be simulated by rotating the model to the appropriate angle in the wind tunnel. The studied building model and its surroundings were tested in a boundary layer wind tunnel where the mean wind velocity profile, turbulence intensity profile, and turbulence spectrum density function of the winds approaching the study site are simulated. In this study, overall wind load obtained from a wind tunnel test were measured on a direction-by-direction basis for 36 directions at 10-degree intervals, on the 1:400 scale model of the building exposed to an approaching wind.

According to the DPT Standard 1311-50, the reference velocity pressure, *q*, for the design of main structure and cladding shall be based on a probability of being exceeded in any one year of 1 in 50 (50-year return period) corresponding to reference wind speed of 25 m/s at the height of 10 m in open terrain**.** Because the proposed building is located in the suburban terrain, the exposure C was applied in this study, and the typhoon factor = 1.0 Then, design wind speed is $\bar{V} = T_F V_{50}$ = 1.0 * 25 = 25 m/s, and corresponding to design

wind speed of 34.49 m/s at the 184 m equivalent roof height in the exposure B. For the serviceability design, the reference velocity pressure, q, shall be based on 10-year return period corresponding to reference wind speed of 20.25 m/s at the height of 10 m in open terrain. Therefore, corresponding design wind speed is 27.94 m/s at the 184 m equivalent roof height in the exposure B.

Equivalent Static Wind Loads of Studied Building

For strength consideration with three natural frequencies ($0.8f_o$, f_o, $1.2f_o$), two damping ratio ξ (0.02, 0.01), and V50, the results are shown in Table 1 and can be summarized as follows.

Table 1 Comparisons of the expected peak base moments and torques from all wind-direction for three sets of dynamic properties, and two values of damping ratios.

Natural Frequency	Damping (ξ)	My (MN-m)		Mx (MN-m)		Mz (MN-m)	
		Peak	Deg.	Peak	Deg.	Peak	Deg.
$0.80f_o$	0.020	-802	250	-3,387	260	423	330
	0.010	-1,031	250	-3,970	280	-485	20
f_o	0.020	-760	250	-3,144	260	404	330
	0.010	-968	250	-3,562	260	432	330
$1.2f_o$	0.020	697	180	-3,057	270	394	330
	0.010	-843	250	-3,427	270	413	330

Acceleration Response of Studied Building

According to the DPT Standard 1311-50 [DPT 2007] and NBCC code [NBCC 2005], the recommended serviceability design for human comfort criteria for the studied building is that the peak acceleration under a 10 years return period should be less than 15 mg and 25 mg for residential buildings and commercial buildings, respectively.

Other criteria have also been published that depend on the building's lowest natural frequency (not depend on types of buildings). The ISO criteria [ISO 1992] can be expressed as a peak acceleration not exceeding $0.928f^{-0.412}$ (in % of g) once every 5 years, where f is the lowest natural frequency in Hz. This results in a 5-year criteria of 2.40 % of g (or 24.00 mg) when natural frequencies of studied building = f_o (see section 4.1). Then, based on the above various standards, the recommendation for human comfort criteria of the studied building should be below 20.06 mg and 24.70 mg ((0.81/0.73)^2*20.06) for 5- and 10-year return periods, respectively.

For serviceability consideration, three natural frequencies ($0.8f_o$, f_o, and $1.2f_o$), two damping ratios ξ (0.010 and 0.005), and two wind speeds (V10 and 0.85V10), the results are shown in Table 2 and can be summarized as follows.

1. For studied building, the peak accelerations are significantly reduced when damping ratio is increased from 0.005) to (0.010 This is because the peak acceleration responses are mainly caused by the resonant parts of acrosswind and alongwind loads.

2. For studied building, the peak accelerations are moderately reduced when building natural frequencies are increased from f_o to $1.2f_o$. In contrast, the peak accelerations are moderately increased when building natural frequencies are reduced from f_o to $0.8f_o$.

Table 2 Comparisons of the predicted peak accelerations from all wind-direction for three sets of dynamic properties, and two values of damping ratios.

Natural Freq.	Wind Speed	Damping	Total acc, (mg)	
		(ξ)	Peak	Deg.
0.8*fo*	V_{10}	0.01	17.39	100
	V_{10}	0.005	24.60	100
	$0.85V_{10}$	0.01	11.00	270
	$0.85V_{10}$	0.005	15.56	270
1.0*fo*	V_{10}	0.01	14.53	270
	V_{10}	0.005	20.54	270
	$0.85V_{10}$	0.01	9.39	260
	$0.85V_{10}$	0.005	13.28	260
1.2*fo*	V_{10}	0.01	12.80	270
	V_{10}	0.01	18.10	270
	$0.85V_{10}$	0.01	8.52	100
	$0.85V_{10}$	0.01	12.06	100

The acceleration responses are calculated at LME floor (184.60). Details of RMS and peak acceleration responses are shown in Tables 4.11-4.12 and Figs. 4.6 without wind directionality factor and Figs. 4.7 with wind directionality factor. The predicted peak accelerations calculated with V10 and damping ratio of 0.01 (without considering wind directionality factor) indicates that the predicted peak accelerations of 14.53 mg occur at wind direction 270 degree. This value is slightly lower than the recommended criteria of 15

mg [NBCC 2005; DPT 2007] but significantly lower than the recommended criteria of 24.70 mg [ISO 1992], respectively.

For serviceability consideration with economic design, the acceleration response of the studied building shall consider the wind directionality factor. This factor accounts for two effects: (1) The reduced probability of maximum winds coming from any given direction and (2) the reduced probability of the maximum pressure coefficient occurring for any given direction. ASCE-7 Standard [2005] recommends a value of 0.85 for main wind force resisting system of buildings. Therefore, this value is adopted only for calculation of acceleration response with V10.

When considering damping ratio of .010 and wind directionality factor of 0.85 with V10, the predicted peak accelerations of 9.39 mg occur at wind direction 260 degree. This value is moderately lower than the recommended criteria of 15 mg [NBCC 2005; DPT 2007] but extremely lower than the recommended criteria of 29.55 mg [ISO 1992]. Therefore, the studied building is acceptable for human comfort criteria of DPT [DPT 2007], NBCC [NBCC 2005] and ISO [ISO 1992].