การออกแบบปรับปรุงความเร็วลมเพื่อภาวะน่าสบายใต้ถุนอาคารสูง

นาย ณรงค์ชัย ประเสริฐศักดา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2550
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DESIGN FOR WIND SPEED IMPROVEMENT IN OPEN SPACE UNDERNEATH TALL BUILDING

Mr.Narongchai Parseartsakda

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Architecture Program in Architecture
Department of Architecture
Faculty of Architecture
Chulalongkorn University
Academic Year 2007

Copyright of Chulalongkorn University

500098

10 ส.ค. 2552

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การออกแบบปรับปรุงความเร็วลมเพื่อภาวะน่าสบายใต้ถุนอาคารสูง
โดย	นายณรงค์ชัย ประเสริฐศักดา
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ธนิต จินดาวณิค
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรจน์ เศรษฐบุตร

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ เลอสม สถาปิตานนท์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ฐานิศวร์ เจริญพงศ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ธนิต จินดาวณิค)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรจน์ เศรษฐบุตร)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พรรณชลัท สุริโยธิน)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เฉลิมวัฒน์ ตันตสวัสดิ์)

นายณรงค์ชัย ประเสริฐศักดา : การออกแบบปรับปรุงความเร็วลมเพื่อภาวะน่าสบายใต้ถุนอาคารสูง. (DESIGN FOR WIND SPEED IMPROVEMENT IN OPEN SPACE UNDERNEATH TALL BUILDING) อ. ที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์ ธนิต จินดาวณิค อ.ที่ปรึกษาร่วม: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรจน์ เศรษฐบุตร 138 หน้า.

วิทยานิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงผลกระทบของกระแสลมต่อผู้ใช้พื้นที่ใต้ถุนอาคารสูง ปัญหาของกระแสลมต่อสภาวะน่าสบายและสร้างแนวทางการออกแบบให้เกิดสภาวะน่าสบายในการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติสำหรับพื้นที่ใต้ถุนอาคาร การศึกษาดำเนินการโดยทำการเก็บข้อมูลความเร็วลมและทิศทางของกระแสลมจากพื้นที่อาคารกรณีศึกษาในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลความเร็วลมในพื้นที่ใต้ถุนอาคารกรณีศึกษา ซึ่งพบว่าอาคารที่มีความสูงมากกว่า 6 ชั้นมีค่าความเร็วลมมากกว่าสภาวะน่าสบายที่กำหนดไว้ 3.0 m/s ซึ่งรบกวนการใช้งานและทำให้วัสดุที่มีน้ำหนักเบาเริ่มปลิว จากการศึกษาอาคารกรณีศึกษาแล้วได้นำมาสร้างเป็นอาคารจำลองในสัดส่วนอาคาร 1:1 , 1:2 , 1:3 และ 1:4 ในระดับความสูง 4 ชั้น 8 ชั้น 12 ชั้น 16 ชั้นและ 20 ชั้น และใช้โปรแกรม Computational Fluid Dynamic หรือ CFD ซึ่งศึกษาผลกระทบต่อผู้ใช้พื้นที่ใต้ถุนอาคารสูงโดยใช้ความเร็วลมเฉลี่ย ของกรุงเทพมหานครที่1.7 m/s จากการจำลองสภาพดังกล่าวค่าความเร็วลมเฉลี่ยในพื้นที่ใต้ถุนอาคารที่มีความสูงตั้งแต่ 6 ชั้นมีค่าความเร็วลมมากกว่าสภาวะน่าสบายที่กำหนด และอาคารที่มีปัญหามากที่สุดคืออาคารที่มีสัดส่วน 1:2 จากข้อมูลดังกล่าวได้นำไปศึกษาแนวทางการออกแบบ 4 แนวทางคือ การใช้แผงดักลม 1 ด้าน และ 2 ด้านที่ขนานกับอาคารตามแนวยาวเพื่อควบคุมทิศทางและความเร็วลม การใช้แนวต้นไม้ที่มีความหนาแน่น 50% และการปรับปรุงภูมิทัศน์ จากการจำลองสภาพกับอาคารจำลองสัดส่วน 1:2 ทำให้ทราบว่าอาคารการใช้แผงดักลมร่วมกับแนวต้นไม้มีประสิทธิภาพในการลดความเร็วลมมากที่สุดคือ 43% จากผลการศึกษาสามารถสร้างแนวทางในการออกแบบดังนี้ อาคารที่มีความสูงตั้งแต่ 6-10 ชั้นควรติดตั้งแผงดักลมความกว้าง1เท่าของความสูงพื้นที่ใต้ถุนอาคารทั้ง2ด้านขนานตามแนวยาวเพื่อปรับให้กระแสลมอยู่ในสภาวะน่าสบาย อาคารความสูง 12 ชั้นจำเป็นต้องใช้แนวต้นไม้ที่ความหนาแน่น 50%เพื่อชะลอความเร็วลมร่วมกับแผงดักลมกว้าง1เท่าของความสูงพื้นที่ใต้ถุนอาคารและอาคารความสูงมากกว่า 12 ชั้นควรติดตั้งแผงดักลมทั้ง 2 ด้านขนานตลอดแนวอาคารเพื่อควบคุมทิศทางและกระแสลมในพื้นที่ใต้ถุนอาคาร โดยสร้างแนวต้นไม้ที่มีระยะห่างจากอาคารไม่เกิน 1.5 เท่าของความสูงใต้ถุนอาคาร และควรสร้างแนวต้นไม้ 2 แนวสลับแถวเพื่อลดความเร็วลมให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา สถาปัตยกรรม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา 2550 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

#4774120625 : MAJOR ARCHITECTURE

KEY WORDS: COMFORT / DESIGN / THERMAL / VENTILATION

NARONGCHAI PARSEARTSAKDA : DESIGN FOR WIND SPEED IMPROVEMENT IN OPEN SPACES UNDERNEATH TALL BUILDINGS. THESIS ADVISOR : ASSOC PROF.TANIT JINDAVANIC, THESIS COADVISOR : ASSIST PORF. ATCH SRESHTHAPUTRA, Ph.D., 138 pp.

The main purposes of this study were to investigate the effects of wind speed underneath tall buildings, the effects of wind speed on a comfort zone and a design creating a comfort zone through natural ventilation. The study was conducted by collecting data on wind speed and wind directions of open space underneath the tall buildings in Chulalongkorn University. According to the data analysis, the rate of wind speed underneath buildings of more than 6 stories was higher than the standard rate of wind speed creating a comfort zone (3.0 m/s). This causes problems to those working in such areas and light material can be blown away. Building models were constructed at the aspect ratio of 1:1, 1:2, 1:3 and 1:4. These models were of different stories: 4 stories, 8 stories, 12 stories, 16 stories and 20 stories. Computational Fluid Dynamics (CFD) analysis was used to analyze the effects of average wind speed creating a comfort zone. This average wind speed at 1.7 m/s is determined by the Bangkok weather data. It was found that the average wind speed underneath the buildings of more than 6 stories was higher than standard wind speed for creating a comfort zone. The building with the aspect ratio of 1:2 posed a lot of problems. The obtained results led to 4 designs to control wind direction and wind speed. The 4 designs were 1) using a one-sided windbreaker along the length of the building, 2) using a two-sided windbreaker, 3) using a row of trees with the density of 50% and 4) improving the landscape. When the two-sided windbreaker and a row of trees were used with the building with the ratio of 1:2, the wind speed could be reduced by 43%. It can be concluded that a building of 6 -10 stories should be equipped with a two-sided windbreaker. In this case the windbreaker should be as wide as the height of the open space underneath the building. As for a building of 12 stories, a row of trees and a two-sided windbreaker which is as wide as the height of the open space underneath the building are required. A building of more than 12 stories should be equipped with a two-sided windbreaker, two rows of trees planted away from the building within the range of 1.5 times of the height of the building. These two rows of trees should be planted alternately.

Department.....architecture.....Student's signature.....

Field of study....architecture.....Advisor's signature.....

Academic year 2007.....Co-advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้โดยดี ด้วยความกรุณา อนุเคราะห์ และความช่วยเหลือจากหลายฝ่ายดังรายนามต่อไปนี้

รองศาสตราจารย์ ธนิต จินดาวนิค อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำแนวทางในการศึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อรรจน์ เศรษฐบุตร อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ได้กรุณาให้ความช่วยเหลือด้านข้อมูล และให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือโปรแกรมที่ใช้ในการทดลอง แนะนำแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในการทดลอง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พรรณชลัท สุริโยธิน ที่ช่วยตรวจทานและเพิ่มเติมส่วนที่บกพร่องในวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำในการวิจัยมาตลอด กรรมการและผู้ตรวจวิทยานิพนธ์ทุกท่าน

ขอบคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ให้ความรู้ตลอดหลักสูตรการศึกษา เพื่อนร่วมรุ่นที่ให้กำลังใจและร่วมทำงานกันมาตลอด ท้ายที่สุดคือครอบครัวที่คอยให้กำลังใจคุณพ่อคุณแม่และทุกท่านที่ช่วยเหลือในด้านเอกสารและการพิมพ์จนจบการศึกษามหาบัณฑิตไว้ ณ.ที่นี้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ

กิตติกรรมประกาศ.....ฉ

สารบัญ.....ช

สารบัญตาราง.....ญ

สารบัญรูปภาพ.....ฏ

สารบัญแผนภูมิ.....ณ

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....2

1.3 สมมุติฐานการวิจัย.....2

1.4 ขอบเขตของการวิจัย.....2

1.5 ระเบียบวิธีการศึกษา.....3

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....4

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....5

2.1 หลักพื้นฐานการไหลของกระแสลม.....5

2.2 การคำนวณหาค่ากำลังลมที่กระทบอาคาร.....7

2.3 การไหลเวียนอากาศใกล้พื้นดิน.....7

2.4 การประมาณอัตราการไหลเวียนอากาศ.....9

2.5 สภาวะน่าสบาย (Thermal Comfort).....12

2.6 ลักษณะการไหลเวียนอากาศธรรมชาติในประเทศไทย.....14

2.7 การจำลองการไหลเวียนของอากาศ.....19

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....20

บทที่ 3 วิธีดำเนินกาวิจัย.....23

3.1 การศึกษาทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....23

3.2 การกำหนดอาคารกรณีศึกษา.....23

3.3 การสำรวจเก็บข้อมูลอาคาร.....24

3.3.1 การสำรวจข้อมูลสภาพแวดล้อมของอาคาร.....24

หน้า

3.3.2 การสำรวจปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการระบายอากาศในอาคาร.....24
3.3.3 การเก็บข้อมูลด้านสภาวะน่าสบายในอาคาร.....25
3.4 การประเมินและวิเคราะห์สภาวะน่าสบายของอาคารกรณีศึกษา.....25
3.5 การเสนอแนวทางปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา.....26
3.6 การประเมินแนวทางการปรับปรุงอาคาร.....26
3.7 การสรุปแนวทางการออกแบบปรับปรุง..... 27
3.8 รายละเอียดเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา.....27
3.9 ผลการศึกษาและวิเคราะห์อาคารกรณีศึกษา.....28
3.9.1 ข้อมูลรายละเอียดอาคารกรณีศึกษา.....28
3.9.2 ที่ตั้งอาคารและสภาพแวดล้อม.....28
3.9.3 ความสูงอาคาร.....29
3.9.4 การพิจารณา เลือกอาคาร เพื่อใช้ในการศึกษา.....31
3.9.5 ขอบเขตการศึกษา และวิธีการทดลอง.....31
3.9.5.1 ขอบเขตของการศึกษา.....31
3.9.5.2 วิธีการทดลอง.....32
3.9.6 อาคารกรณีศึกษา.....32
3.10 การการประเมินและวิเคราะห์สภาวะน่าสบายของอาคารกรณีศึกษา.....41
บทที่ 4 ผลการทดลองโดยวิธีการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์.....43
4.1 หุ่นจำลองที่ใช้ในการวิจัย 43
4.1.1 ตัวแปรคงที่ 43
4.1.2 หุ่นจำลองอาคารต้นแบบ 44
4.2 การจำลองสภาวะในอาคารด้านการระบายอากาศด้วยโปรแกรม 3D-CFD 45
4.3 การวัดค่าความเร็วลมเฉลี่ยในอาคารจำลอง.....49
4.3.1 การปรับเทียบเครื่องมือในการทดลอง.....50
4.4 ผลการศึกษาการจำลองสภาพโดยโปรแกรม CFD.....51
4.4.1 ผลการจำลองสภาพแบบอาคารจำลองแบบที่ 1.....52
4.4.2 ผลการจำลองสภาพแบบอาคารจำลองแบบที่ 2.....62
4.4.3 ผลการจำลองสภาพแบบอาคารจำลองแบบที่ 3.....72

หน้า

4.4.4 ผลการจำลองสภาพแบบอาคารจำลองแบบที่ 4.....82
4.5 สรุปผลการศึกษาการจำลองสภาพโดยโปรแกรม CFD.....92
บทที่ 5 แนวทางการออกแบบปรับปรุงอาคารจำลอง.....95
5.1 หลักเกณฑ์การเลือกวิธีการปรับปรุงอาคารจำลอง.....95
5.2 การกำหนดแนวทางในการออกแบบปรับปรุง.....95
5.3 พิจารณาทางเลือกในการออกแบบปรับปรุง (design strategy).....96
5.4 ผลการศึกษาแนวทางการออกแบบปรับปรุงความเร็วลมเพื่อสภาวะน่าสบาย พื้นที่ใต้ถุนอาคารสูง.....96
5.4.1 ผลการจำลองสภาพอาคารแนวทางการออกแบบปรับปรุงแบบที่ 1.....96
5.4.2 ผลการจำลองสภาพอาคารแนวทางการออกแบบปรับปรุงแบบที่ 2.....102
5.4.3 ผลการจำลองสภาพอาคารแนวทางการออกแบบปรับปรุงแบบที่ 3.....107
5.4.4 ผลการจำลองสภาพอาคารแนวทางการออกแบบปรับปรุงแบบที่ 4.....113
5.4.5 สรุปผลการศึกษาแนวทางการออกแบบปรับปรุงความเร็วลมเพื่อสภาวะน่าสบายพื้นที่ใต้ถุนอาคารสูง.....115
5.5 การศึกษาประสิทธิภาพแนวทางการออกแบบปรับปรุง.....116
5.5.1 การศึกษาประสิทธิภาพการออกแบบแผงดักลมเพื่อลดความเร็วลมในพื้นที่ใต้ถุนอาคาร.....117
5.5.2 การศึกษาประสิทธิภาพระยะแนวต้นไม้เพื่อลดความเร็วลมในพื้นที่ใต้ถุนอาคาร.....121
5.5.3 การศึกษาประสิทธิภาพระยะแนวต้นไม้ร่วมกับแผงดักลมเพื่อลดความเร็วลมในพื้นที่ใต้ถุนอาคาร.....125
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....130
6.1 สรุปผลการวิจัย.....130
6.2 สรุปผลการศึกษาประสิทธิภาพแนวทางการออกแบบปรับปรุง.....135
6.3 ข้อเสนอแนะ.....137
รายการอ้างอิง.....138
ภาคผนวก.....141
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....150

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบค่าความกดอากาศ / ค่าความเร็วลม..... 6
ตารางที่ 2.2 ค่าคงที่ K เปลี่ยนตามอัตราส่วนของช่องเปิดที่เปลี่ยนไป..... 10
ตารางที่ 2.3 ค่า Cp สำหรับลมที่กระทำในทิศทางต่างๆ.....11
ตารางที่ 2.4 แสดงค่าความเร็วลมที่ส่งผลต่อสภาวะน่าสบายในพื้นที่ต่างๆ.....13
ตารางที่ 2.5 แสดงผลกระทบที่เกิดจากความเร็วของกระแสลมที่ต่างกัน.....14
ตารางที่ 3.1 ตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติเครื่องมือการจำลองการระบายอากาศ
ประเภทต่างๆ.....26
ตารางที่ 3.2 แสดงจำนวนและสัดส่วนอาคารจำแนกตามกลุ่มความสูง..... 30
ตารางที่ 3.3 แสดงอาคารกรณีศึกษาความสูงอาคารและความเร็วลม.....33
ตารางที่ 4.1 แสดงความเร็วลมเฉลี่ย (เมตร/วินาที) ของอาคารทดลอง.....93
ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบความเร็วลมภายในพื้นที่ใต้ถุนอาคารก่อนและหลังทำการปรับปรุง
แบบที่1.....101
ตารางที่ 5.2 เปรียบเทียบความเร็วลมภายในพื้นที่ใต้ถุนอาคารก่อนและหลังทำการปรับปรุง
แบบที่ 2.....106
ตารางที่ 5.3 เปรียบเทียบความเร็วลมภายในพื้นที่ใต้ถุนอาคารก่อนและหลังทำการปรับปรุง
แบบที่ 3.....112
ตารางที่ 5.4 แสดงค่าความเร็วลมของแผงดักลมที่มีค่าลดลงคิดเป็นเปอร์เซ็นต์.....121
ตารางที่ 5.5 แสดงค่าความเร็วลมในการปรับปรุงด้วยแนวต้นไม้ที่มีค่าลดลงคิดเป็นเปอร์เซ็นต์
คิดเป็นเปอร์เซ็นต์.....125
ตารางที่ 5.6 แสดงค่าความเร็วลมในการปรับปรุงด้วยแผงดักลมร่วมกับแนวต้นไม้.....128
ตารางที่ 5.7 แสดงค่าความเร็วลมของแนวทางการออกแบบปรับปรุงความเร็วลม.....129

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 ลมที่เข้ามาปะทะอาคารทำให้เกิด Positive pressure (+) และ Negative pressure (-)..... 5

รูปที่ 2.2 ลมที่เข้ามาปะทะอาคารที่มีหลังคาลาดเอียง ,ความกดอากาศที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวอาคารโดยรอบ.....6

รูปที่ 2.3 ความเร็วของลมที่ลดลงตามลักษณะของภูมิประเทศ 8

รูปที่ 2.4 ความเร็วของลมเมื่อเทียบกับระดับความสูงและภูมิประเทศที่แตกต่างกัน.....8

รูปที่ 2.5 ความเร็วลมเฉลี่ยรายชั่วโมงและทิศทางลมเดือนกุมภาพันธ์.....15

รูปที่ 2.6 ความเร็วลมเฉลี่ยรายชั่วโมงและทิศทางลมเดือนเมษายน.....16

รูปที่ 2.7 ความเร็วลมเฉลี่ยรายชั่วโมงและทิศทางลมเดือนตุลาคม.....17

รูปที่ 2.8 ความเร็วลมเฉลี่ยรายชั่วโมงและทิศทางลมเดือนธันวาคม.....18

รูปที่ 2.9 รูปแบบการจำลองและผลการจำลองโดยใช้โปรแกรม CFD 19

รูปที่ 2.10 รูปแบบการทดลองและผลการจำลองสภาพโดยใช้โปรแกรม CFD 20

รูปที่ 2.11 รูปแบบการจำลองและผลการจำลองโดยใช้โปรแกรม STACH – 3 21

รูปที่ 2.12 แสดงผลการจำลองด้วยโปรแกรม PHOENICS 22

รูปที่ 3.1 แสดงตำแหน่งที่ทำการวัดค่าความเร็วลม.....25

รูปที่ 3.2 เครื่องวัดความเร็วลมแบบ digital 27

รูปที่ 3.3 แผนที่ภาพถ่ายทางอากาศจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย..... 28

รูปที่ 3.4 แสดงแผนผังบริบทโดยรอบบริเวณอาคารกรณีศึกษา.....29

รูปที่ 4.1 แสดงสัดส่วนของผังอาคารด้านกว้างและด้านยาว.....44

รูปที่ 4.2 แสดงอาคารจำลองที่ใช้ในการทดลอง 45

รูปที่ 4.3 การกำหนดกรอบอาคารบนตารางบอกแนว 45

รูปที่ 4.4 ตัวอย่าง output error of Heat X simulation ในการประมวลผลในโปรแกรม Heat-X.....46

รูปที่ 4.5 การสร้าง Grid การคำนวณในโปรแกรม CFD 47

รูปที่ 4.6 การสร้าง Grid การคำนวณในโปรแกรม CFD ส่วนสูงของอาคาร.....47

รูปที่ 4.7 แสดงจุดอ้างอิงในการหาค่าเฉลี่ยความเร็วลมในพื้นที่ใต้ถุนอาคาร.....49

รูปที่ 4.8 อาคารกรณีศึกษาที่ทำการวัดค่าความเร็วลมเพื่อใช้ในการปรับเทียบเครื่องมือ 50

รูปที่ 4.9 ผลการจำลองสภาพอาคารกรณีศึกษาเพื่อปรับเทียบเครื่องมือการวิจัย 50

หน้า

รูปที่ 4.10 ผลการจำลองสภาพแบบอาคารจำลองแบบที่ 1 สัดส่วน 1:1 51
รูปที่ 4.11 ผลการจำลองสภาพแบบอาคารจำลองแบบที่ 2 สัดส่วน 1:2 51
รูปที่ 4.12 ผลการจำลองสภาพแบบอาคารจำลองแบบที่ 3 สัดส่วน 1:3 51
รูปที่ 4.13 ผลการจำลองสภาพแบบอาคารจำลองแบบที่ 4 สัดส่วน 1:4 51
รูปที่ 4.14 แสดงความเร็วลมในพื้นที่ใต้ถุนอาคารแบบที่ 1 สูง 4 ชั้น 52
รูปที่ 4.15 แสดงความเร็วลม รูปตัดอาคารแนว A สูง 4 ชั้น 53
รูปที่ 4.16 แสดงความเร็วลม รูปตัดอาคารแนว B สูง 4 ชั้น FD 55
รูปที่ 4.17 แสดงความเร็วลมในพื้นที่ใต้ถุนอาคารแบบที่ 1 สูง 8 ชั้น 54
รูปที่ 4.18 แสดงความเร็วลม รูปตัดอาคารแนว A สูง 8 ชั้น 55
รูปที่ 4.19 แสดงความเร็วลม รูปตัดอาคารแนว B สูง 8 ชั้น 55
รูปที่ 4.20 แสดงความเร็วลมในพื้นที่ใต้ถุนอาคารแบบที่ 1 สูง 12 ชั้น 56
รูปที่ 4.21 แสดงความเร็วลม รูปตัดอาคารแนว A สูง 12 ชั้น 57
รูปที่ 4.22 แสดงความเร็วลม รูปตัดอาคารแนว B สูง 12 ชั้น 57
รูปที่ 4.23 แสดงความเร็วลมในพื้นที่ใต้ถุนอาคารแบบที่ 1 สูง 16 ชั้น 58
รูปที่ 4.24 แสดงความเร็วลม รูปตัดอาคารแนว A สูง 16 ชั้น 59
รูปที่ 4.25 แสดงความเร็วลม รูปตัดอาคารแนว B สูง 16 ชั้น 59
รูปที่ 4.26 แสดงความเร็วลมในพื้นที่ใต้ถุนอาคารแบบที่ 1 สูง 20 ชั้น 60
รูปที่ 4.27 แสดงความเร็วลม รูปตัดอาคารแนว A สูง 20 ชั้น 61
รูปที่ 4.28 แสดงความเร็วลม รูปตัดอาคารแนว B สูง 20 ชั้น 61
รูปที่ 4.29 แสดงความเร็วลมในพื้นที่ใต้ถุนอาคารแบบที่ 2 สูง 4 ชั้น 62
รูปที่ 4.30 แสดงความเร็วลม รูปตัดอาคารแนว A สูง 4 ชั้น 63
รูปที่ 4.31 แสดงความเร็วลม รูปตัดอาคารแนว B สูง 4 ชั้น 63
รูปที่ 4.32 แสดงความเร็วลมในพื้นที่ใต้ถุนอาคารแบบที่ 2 สูง 8 ชั้น 64
รูปที่ 4.33 แสดงความเร็วลม รูปตัดอาคารแนว A สูง 8 ชั้น 65
รูปที่ 4.34 แสดงความเร็วลม รูปตัดอาคารแนว B สูง 8 ชั้น 65
รูปที่ 4.35 แสดงความเร็วลมในพื้นที่ใต้ถุนอาคารแบบที่ 2 สูง 12 ชั้น 66
รูปที่ 4.36 แสดงความเร็วลม รูปตัดอาคารแนว A สูง 12 ชั้น 67
รูปที่ 4.37 แสดงความเร็วลม รูปตัดอาคารแนว B สูง 12 ชั้น 67

หน้า

รูปที่ 4.38 แสดงความเร็วลมในพื้นที่ใต้ถุนอาคารแบบที่ 2 สูง 16 ชั้น.....68
รูปที่ 4.39 แสดงความเร็วลม รูปตัดอาคารแนว A สูง 16 ชั้น 69
รูปที่ 4.40 แสดงความเร็วลม รูปตัดอาคารแนว B สูง 16 ชั้น.....69
รูปที่ 4.41 แสดงความเร็วลมในพื้นที่ใต้ถุนอาคารแบบที่ 2 สูง 20 ชั้น.....70
รูปที่ 4.42 แสดงความเร็วลม รูปตัดอาคารแนว A สูง 20 ชั้น 71
รูปที่ 4.43 แสดงความเร็วลม รูปตัดอาคารแนว B สูง 20 ชั้น.....71
รูปที่ 4.44 แสดงความเร็วลมในพื้นที่ใต้ถุนอาคารแบบที่ 3 สูง 4 ชั้น.....72
รูปที่ 4.45 แสดงความเร็วลม รูปตัดอาคารแนว A สูง 4 ชั้น 73
รูปที่ 4.46 แสดงความเร็วลม รูปตัดอาคารแนว B สูง 4 ชั้น 73
รูปที่ 4.47 แสดงความเร็วลมในพื้นที่ใต้ถุนอาคารแบบที่ 3 สูง 8 ชั้น.....74
รูปที่ 4.48 แสดงความเร็วลม รูปตัดอาคารแนว A สูง 8 ชั้น 75
รูปที่ 4.49 แสดงความเร็วลม รูปตัดอาคารแนว B สูง 8 ชั้น 75
รูปที่ 4.50 แสดงความเร็วลมในพื้นที่ใต้ถุนอาคารแบบที่ 3 สูง 12 ชั้น.....76
รูปที่ 4.51 แสดงความเร็วลม รูปตัดอาคารแนว A สูง 12 ชั้น 77
รูปที่ 4.52 แสดงความเร็วลม รูปตัดอาคารแนว B สูง 12 ชั้น 77
รูปที่ 4.53 แสดงความเร็วลมในพื้นที่ใต้ถุนอาคารแบบที่ 3 สูง 16 ชั้น.....78
รูปที่ 4.54 แสดงความเร็วลม รูปตัดอาคารแนว A สูง 16 ชั้น 79
รูปที่ 4.55 แสดงความเร็วลม รูปตัดอาคารแนว B สูง 16 ชั้น 79
รูปที่ 4.56 แสดงความเร็วลมในพื้นที่ใต้ถุนอาคารแบบที่ 3 สูง 20 ชั้น.....80
รูปที่ 4.57 แสดงความเร็วลม รูปตัดอาคารแนว A สูง 20 ชั้น 81
รูปที่ 4.58 แสดงความเร็วลม รูปตัดอาคารแนว B สูง 20 ชั้น 81
รูปที่ 4.59 แสดงความเร็วลมในพื้นที่ใต้ถุนอาคารแบบที่ 4 สูง 4 ชั้น.....82
รูปที่ 4.60 แสดงความเร็วลม รูปตัดอาคารแนว A สูง 4 ชั้น 83
รูปที่ 4.61 แสดงความเร็วลม รูปตัดอาคารแนว B สูง 4 ชั้น 83
รูปที่ 4.62 แสดงความเร็วลมในพื้นที่ใต้ถุนอาคารแบบที่ 4 สูง 8 ชั้น.....84
รูปที่ 4.63 แสดงความเร็วลม รูปตัดอาคารแนว A สูง 8 ชั้น 85
รูปที่ 4.64 แสดงความเร็วลม รูปตัดอาคารแนว B สูง 8 ชั้น 85
รูปที่ 4.65 แสดงความเร็วลมในพื้นที่ใต้ถุนอาคารแบบที่ 4 สูง 12 ชั้น.....86

หน้า

รูปที่ 4.66 แสดงความเร็วลม รูปตัดอาคารแนว A สูง 12 ชั้น 87
รูปที่ 4.67 แสดงความเร็วลม รูปตัดอาคารแนว B สูง 12 ชั้น 87
รูปที่ 4.68 แสดงความเร็วลมในพื้นที่ใต้ถุนอาคารแบบที่ 4 สูง 16 ชั้น..... 88
รูปที่ 4.69 แสดงความเร็วลม รูปตัดอาคารแนว A สูง 16 ชั้น 89
รูปที่ 4.70 แสดงความเร็วลม รูปตัดอาคารแนว B สูง 16 ชั้น 89
รูปที่ 4.71 แสดงความเร็วลมในพื้นที่ใต้ถุนอาคารแบบที่ 4 สูง 20 ชั้น..... 90
รูปที่ 4.72 แสดงความเร็วลม รูปตัดอาคารแนว A สูง 20 ชั้น 91
รูปที่ 4.73 แสดงความเร็วลม รูปตัดอาคารแนว B สูง 20 ชั้น 91
รูปที่ 5.1 แสดงลักษณะการปรับปรุงอาคารแบบที่ 1 96
รูปที่ 5.2 แสดงผลการปรับปรุงอาคารแบบที่ 1 ความสูง 20 ชั้น..... 97
รูปที่ 5.3 แสดงผลการปรับปรุงอาคารแบบที่ 1 ความสูง 16 ชั้น..... 98
รูปที่ 5.4 แสดงผลการปรับปรุงอาคารแบบที่ 1 ความสูง 12 ชั้น..... 98
รูปที่ 5.5 แสดงผลการปรับปรุงอาคารแบบที่ 1 ความสูง 8 ชั้น..... 99
รูปที่ 5.6 แสดงผลการปรับปรุงอาคารแบบที่ 1 ความสูง 4 ชั้น 100
รูปที่ 5.7 แสดงลักษณะการปรับปรุงอาคารแบบที่ 2..... 101
รูปที่ 5.8 แสดงผลการปรับปรุงอาคารแบบที่ 2 ความสูง 20 ชั้น..... 103
รูปที่ 5.9 แสดงผลการปรับปรุงอาคารแบบที่ 2 ความสูง 16 ชั้น..... 103
รูปที่ 5.10 แสดงผลการปรับปรุงอาคารแบบที่ 2 ความสูง 12 ชั้น..... 104
รูปที่ 5.11 แสดงผลการปรับปรุงอาคารแบบที่ 2 ความสูง 8 ชั้น..... 105
รูปที่ 5.12 แสดงผลการปรับปรุงอาคารแบบที่ 2 ความสูง 4 ชั้น..... 106
รูปที่ 5.13 แสดงลักษณะการปรับปรุงอาคารแบบที่ 3..... 108
รูปที่ 5.14 แสดงผลการปรับปรุงอาคารแบบที่ 3 ความสูง 20 ชั้น..... 109
รูปที่ 5.15 แสดงผลการปรับปรุงอาคารแบบที่ 3 ความสูง 16 ชั้น..... 109
รูปที่ 5.16 แสดงผลการปรับปรุงอาคารแบบที่ 3 ความสูง 12 ชั้น..... 110
รูปที่ 5.17 แสดงผลการปรับปรุงอาคารแบบที่ 3 ความสูง 8 ชั้น..... 111
รูปที่ 5.18 แสดงผลการปรับปรุงอาคารแบบที่ 3 ความสูง 4 ชั้น..... 112
รูปที่ 5.19 แสดงผลการปรับปรุงอาคารแบบที่ 4 ความสูง 20 ชั้น..... 114
รูปที่ 5.20 แสดงผลการปรับปรุงอาคารด้วยแผงดักลม 0.75 เท่าของความสูงพื้นที่ใต้ถุน

หน้า

อาคาร.....117
รูปที่ 5.21 แสดงผลการปรับปรุงอาคารด้วยแผงดักลม 1.00 เท่าของความสูงพื้นที่ใต้ถุน อาคาร.....118
รูปที่ 5.22 แสดงผลการปรับปรุงอาคารด้วยแผงดักลม 1.25 เท่าของความสูงพื้นที่ใต้ถุน อาคาร.....119
รูปที่ 5.23 แสดงผลการปรับปรุงอาคารด้วยแผงดักลม 1.50 เท่าของความสูงพื้นที่ใต้ถุน อาคาร.....119
รูปที่ 5.24 แสดงผลการจำลองสภาพโดยการปรับปรุงด้วยแนวต้นไม้ระยะ1.0 เท่าของความสูง พื้นที่ใต้ถุนอาคาร.....122
รูปที่ 5.25 แสดงผลการจำลองสภาพโดยการปรับปรุงด้วยแนวต้นไม้ระยะ1.5 เท่าของความสูง พื้นที่ใต้ถุนอาคาร.....122
รูปที่ 5.26 แสดงผลการจำลองสภาพโดยการปรับปรุงด้วยแนวต้นไม้ระยะ2.0 เท่าของความสูง พื้นที่ใต้ถุนอาคาร.....123
รูปที่ 5.27 แสดงผลการจำลองสภาพแผงดักลมร่วมกับแนวต้นไม้ระยะ 1.0เท่า.....126
รูปที่ 5.28 แสดงผลการจำลองสภาพแผงดักลมร่วมกับแนวต้นไม้ระยะ 1.5 เท่า.....126
รูปที่ 5.29 แสดงผลการจำลองสภาพแผงดักลมร่วมกับแนวต้นไม้ระยะ 2.0 เท่า.....127
รูปที่ 6.1 แสดงแนวทางการออกแบบปรับปรุงอาคาร ความสูงไม่เกิน 6 ชั้น.....132
รูปที่ 6.2 แสดงแนวทางการออกแบบปรับปรุงอาคาร ความสูง 6-10 ชั้น.....133
รูปที่ 6.3 แสดงแนวทางการออกแบบปรับปรุงอาคาร ความสูง 12 ชั้น.....133
รูปที่ 6.4 แสดงแนวทางการออกแบบปรับปรุงอาคาร ความสูงมากกว่า 12 ชั้น.....134

สารบัญแผนภูมิ

หน้า

แผนภูมิที่ 3.1 แสดงสัดส่วนอาคารจำแนกตามกลุ่มความสูง.....31
แผนภูมิที่ 3.2 แสดงสัดส่วนความสูงอาคารและความเร็วลม.....41
แผนภูมิที่ 4.1 ตัวอย่าง output error ในการประมวลผลในโปรแกรม Heat-X 48
แผนภูมิที่ 4.2 ตัวอย่าง output error ในการประมวลผลในโปรแกรม Heat-X 48
แผนภูมิที่ 4.3 ตัวอย่าง output error ในการประมวลผลในโปรแกรม Heat-X 48
แผนภูมิที่ 4.4 ตัวอย่าง output error ในการประมวลผลในโปรแกรม Heat-X 49
แผนภูมิที่ 4.5 แผนภูมิเปรียบเทียบความเร็วลมเฉลี่ย (เมตร/วินาที) ของอาคารจำลอง.....93
แผนภูมิที่ 4.6 แผนภูมิเปรียบเทียบความเร็วลมสูงสุดของอาคารจำลอง.....94
แผนภูมิที่ 5.1 แผนภูมิเปรียบเทียบความเร็วลมเฉลี่ยก่อนและหลังทำการปรับปรุงอาคาร.....101
แผนภูมิที่ 5.2 แผนภูมิเปรียบเทียบความเร็วลมเฉลี่ยก่อนและหลังทำการปรับปรุง อาคารแบบที่ 2.....107
แผนภูมิที่ 5.3 แผนภูมิเปรียบเทียบความเร็วลมเฉลี่ยก่อนและหลังทำการปรับปรุง อาคารแบบที่ 3.....113
แผนภูมิที่ 5.4 แผนภูมิเปรียบเทียบความเร็วลมเฉลี่ยของอาคารปรับปรุงแบบต่างๆ.....115
แผนภูมิที่ 5.5 แผนภูมิเปรียบเทียบสัดส่วนความกว้างแผงดักลมกับความเร็วลม 120
แผนภูมิที่ 5.6 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของสัดส่วนความกว้างแผงดักลมกับ ความเร็วลม.....120
แผนภูมิที่ 5.7 แผนภูมิเปรียบเทียบระยะห่างของแนวต้นไม้และความเร็วลม 124
แผนภูมิที่ 5.8 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของระยะห่างของแนวต้นไม้ความเร็วลม 124
แผนภูมิที่ 5.9 แผนภูมิเปรียบเทียบความเร็วลมของแผงดักลมร่วมกับแนวต้นไม้.....128
แผนภูมิที่ 5.10 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ความเร็วลมของแผงดักลมร่วมกับแนวต้นไม้..... 128
แผนภูมิที่ 5.11 แผนภูมิเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแนวทางการออกแบบ..... 129
แผนภูมิที่ 6.1 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าความเร็วลมเฉลี่ยของอาคารก่อนและ หลังการปรับปรุง.....135