

รายงานฉบับสมบูรณ์

เรื่อง

การพัฒนาระบบระบายอากาศชนิดไหลในแนวตั้งและการศึกษาประสิทธิภาพ
ของไซโคลนสครับเบอร์สำหรับโรงงานผลิตแผ่นกระดานโต้คลื่น
DEVELOPMENT OF VERTICAL UNIFORM-FLOW VENTILATION
SYSTEM AND INVESTIGATION EFFICIENCY OF CYCLONE
SCRUBBER FOR WINDSURF BOARD FACTORY

โดย

ศาสตราจารย์ ดร.วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล และคณะ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายงานวิจัยนี้ได้รับเงินสนับสนุนจากโครงการวิจัยร่วมภาครัฐ-เอกชน
ประจำปีงบประมาณ 2547

รายงานวิจัยฉบับปี2547

การพัฒนาระบบระบายอากาศชนิดไหลในแนวตั้งและการศึกษาประสิทธิภาพของ
ไซโคลนสครับเบอร์สำหรับโรงงานผลิตแผ่นกระดานโต้คลื่น

(DEVELOPMENT OF VERTICAL UNIFORM-FLOW VENTILATION SYSTEM
AND INVESTIGATION EFFICIENCY OF CYCLONE SCRUBBER FOR
WINDSURF BOARD FACTORY)

หัวหน้าโครงการวิจัย

ศาสตราจารย์ ดร. วิวัฒน์ ตันตะพานิชกุล
ภาควิศวกรรมเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รองหัวหน้าโครงการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มานะ อมรกิจบำรุง
สายวิชาเทคโนโลยีคุณภาพ คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

นักวิจัยร่วม

รองศาสตราจารย์ ดร. ธวัชชัย ชรินพานิชกุล

ภาควิศวกรรมเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อาจารย์ ณ์ฐพร โทณานนท์

ภาควิศวกรรมเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นาย ดำรงค์ศักดิ์ เขียวชัยพร

ภาควิศวกรรมเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เลขหมู่

เลขทะเบียน 013604

วัน, เดือน, ปี 20พ.ค. 51

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาระบบระบายอากาศชนิดไหลในแนวตั้งอย่างสม่ำเสมอและประสิทธิภาพของไซโคลนสกรับเบอร์สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม โดยทำการออกแบบและจัดสร้างชุดอุปกรณ์การทดสอบ ศึกษาถึงตัวแปรกระบวนการที่มีอิทธิพลต่อการระบายอากาศ ได้แก่ ความเร็วลมเฉลี่ยในแนวตั้ง ความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง สัดส่วนพื้นที่เปิดของตะแกรง และความสูงของผนังห้อง ศึกษาเบื้องต้นของพฤติกรรมการไหลของอากาศของระบบระบายอากาศชนิดนี้ในลักษณะ 3 มิติ โดยใช้เทคนิค Computational Fluid Dynamics (CFD) นอกจากนี้ศึกษาถึงตัวแปรกระบวนการที่มีอิทธิพลต่อไซโคลนสกรับเบอร์ ได้แก่ ความเร็วลมขาเข้าไซโคลนสกรับเบอร์ ความเข้มข้นฝุ่นขาเข้าไซโคลนสกรับเบอร์ และอัตราการจับน้ำในไซโคลนสกรับเบอร์

ในส่วนของระบบระบายอากาศชนิดนี้ศึกษาอิทธิพลความเร็วลมในแนวตั้ง กรณีพิจารณาความเข้มข้นรวมของอนุภาคทุกขนาดพบว่า เมื่อความเร็วลมในแนวตั้งเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการระบายอากาศจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วนกรณีพิจารณาความเข้มข้นของขนาดอนุภาคแต่ละช่วงพบว่า เมื่อความเร็วลมในแนวตั้งเพิ่มขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคขนาดใหญ่กว่า 1 ไมครอนเมตรที่หนีออกจากด้านบนของห้องจะมีแนวโน้มลดลง แต่ความเข้มข้นของอนุภาคขนาดเล็กกว่า 1 ไมครอนเมตรมีค่าลดลงที่ความเร็วลมในแนวตั้ง 0.3 เมตรต่อวินาที แต่กลับเพิ่มขึ้นที่ความเร็วลมในแนวตั้ง 0.5 เมตรต่อวินาที สำหรับอิทธิพลของความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องกรณีพิจารณาความเข้มข้นรวมของอนุภาคทุกขนาดพบว่า เมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการระบายอากาศจะมีแนวโน้มลดลง ส่วนกรณีพิจารณาความเข้มข้นของขนาดอนุภาคแต่ละช่วง พบว่า เมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องเพิ่มขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคทั้งขนาดใหญ่และเล็กที่หนีออกจากด้านบนของห้องจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น สำหรับการศึกษอิทธิพลของสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงโดยที่ความเร็วลมในแนวตั้งคงที่นั้น พบว่าเมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของตะแกรงลดลง ประสิทธิภาพการระบายอากาศจะลดลง อนึ่งในการจำลองการไหลของอากาศของระบบระบายอากาศ ในกรณีความเร็วขาเข้าของอากาศเท่ากับ 0.1 0.33 และ 0.48 เมตรต่อวินาที ซึ่งภายในห้องมีสิ่งกีดขวางตั้งอยู่บริเวณตรงกลางห้อง พบว่าการกระจายตัวความเร็วของอากาศที่เคลื่อนที่ภายในห้องได้รับผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญแต่มีแนวโน้มเป็นไปในลักษณะเดียวกันกับผลการวัดจริงในเงื่อนไขเดียวกัน

ABSTRACT

The objective of this research is to study the vertical uniform-flow ventilation system and dust collection efficiency of cyclone scrubber for the industry. The apparatus is designed and constructed for investigating the parameters of the ventilation system, namely, the average downflow velocity, the velocity of disturbing air in the room, the opening fraction of floor area and the wall height of the room, which affect the system performance. The CFD (Computational Fluid Dynamics) method is also used to study the behavior of three dimensional air flow in the ventilated room. Furthermore, an investigation into the effects of operational factors on the cyclone scrubber, namely, inlet air velocity, inlet dust concentration and ratio of the water spray to air, is carried out.

In this ventilation system, when the overall concentration of particles is considered, it is found that the overall ventilation efficiency increases with an increase in the vertical air velocity. When the concentration of each particle size range is considered, the investigation of the vertical air velocity revealed that as the vertical air velocity increases, the concentration of large refugee particles (> 1 micrometer) at the top of the room decreases. On the other hand, the concentration of small fugitive particles (< 1 micrometer) decreases when the vertical air velocity is 0.3 m/s but increases slightly at the vertical air velocity of 0.5 m/s. When the overall concentration of particles is considered, it is found that the overall ventilation efficiency decreases with an increase in the velocity of disturbing air. When the concentration of each particle size range is considered, it is found that as the velocity into the disturbing air increased, the concentration of particle refugee at the top of the room increases. Finally, it is found that the ventilation efficiency noticeably decreases as the opening fraction of the room floor area decreases. In the air flow simulation of the ventilation system, for inlet air velocity of 0.1, 0.33 and 0.48 m/s with an obstacle in the middle of the room, the results show that the calculated velocity profiles are significantly affected but are in fair agreement with of the experimental ones.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ณ
หัวข้อ	
1. ชื่อโครงการ.....	1
2. ชื่อผู้วิจัย.....	1
3. อนุมัติ.....	2
4. สถานที่ทำการวิจัย.....	2
5. รายละเอียดเกี่ยวกับผลงานความก้าวหน้างานวิจัย.....	2
5.1 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย(โดยสรุป).....	2
6. วิธีการดำเนินวิจัย.....	3
6.1 ผู้ที่ใช้ในการทดลอง.....	3
6.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	3
6.3 สภาวะในการทดลอง.....	14
6.4 ขั้นตอนการทดลอง.....	15
7. ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล.....	18
7.1 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลองด้านลักษณะสมบัติของฝุ่น	18
7.2 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลองที่สภาวะต่างๆ.....	32
7.2.1 อิทธิพลของความเร็วลมในแนวตั้ง.....	32
7.2.2 อิทธิพลของความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสน้ำอากาศภายในห้อง.....	70
7.2.3 อิทธิพลของสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง.....	106
7.2.4 การออกแบบระบบระบายอากาศในแนวตั้งและระบบกำจัดฝุ่น.....	117
8. การทดลองสำหรับเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากแบบจำลองคณิตศาสตร์.....	134
9. รายละเอียดของข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองคณิตศาสตร์.....	136

หัวข้อ	หน้า
10 การเปรียบเทียบผลการทดลองกับผลของการจำลอง.....	141
11 ประโยชน์ของการทำนายพฤติกรรมการไหลของอากาศ.....	158
12 ผลงานความก้าวหน้าที่ได้ดำเนินการแล้ว.....	159
13 งานที่จะดำเนินต่อไป.....	162
14 การดำเนินงานวิจัยตามที่เสนอไว้ในโครงการวิจัยเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ได้ดำเนินการไปแล้ว.....	163



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายงานสรุปความก้าวหน้า
โครงการวิจัยร่วมภาครัฐ-เอกชน (งบประมาณแผ่นดิน)
ศูนย์เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีอนาคต
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
(ตุลาคม 2545 – กันยายน 2546)

1. ชื่อโครงการวิจัย

ภาษาไทย การพัฒนาระบบระบายอากาศชนิดไหลในแนวตั้งและการศึกษาประสิทธิภาพของไซโคลนสครับเบอร์สำหรับโรงงานผลิตแผ่นกระดานโต้คลื่น

ภาษาอังกฤษ Development of vertical uniform-flow ventilation system and Investigation efficiency of cyclone scrubber for windsurf board factory

2 ชื่อผู้วิจัย

2.1 หัวหน้าโครงการวิจัย : ศาสตราจารย์ ดร. วิวัฒน์ ตันตะพานิชกุล
ที่ทำงาน ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะด้านเทคโนโลยีอนาคต ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
โทร. 02-218-6894 โทรสาร 02-218-6877
e-mail: twiwut@chula.ac.th

2.2 รองหัวหน้าโครงการ : อาจารย์ ดร.มานะ อมรกิจบำรุง
สายวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะพลังงานและวัสดุ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
โทร 02-4708662 โทรสาร 02-4708663
e-mail: mana.amo@kmutt.ac.th

2.3 นักวิจัยร่วม

2.3.1 รองศาสตราจารย์ ดร. ธวัชชัย ชวินพานิชกุล
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถ.พญาไท ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
โทร. 02-218-6894
e-mail: ctawat@pioneer.chula.ac.th

2.3.2 อาจารย์ ณัฐพร โทณานนท์
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถ.พญาไท ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
โทร. 02-218-6865
e-mail: nattaporn.t@chula.ac.th

2.4 ผู้ช่วยวิจัย

2.4.1 นาย ดำรงค์ศักดิ์ เอี้ยวชัยพร
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถ.พญาไท ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
โทร. 02-218-6899
e-mail: maxky_narak@yahoo.com

2.5 องค์กร/ บริษัทที่ให้ความร่วมมือ

บริษัท Cobra International Co., Ltd.
คุณสมบัติ สุภาสุช
700/472 นิคมอุตสาหกรรมบางปะกง เฟส2 หมู่7 ต.คอนหัวฟ่อ อ.เมือง
จ.ชลบุรี 20000
โทร 038-454219-29 โทรสาร 0.38-454218
e-mail: cobra@cobrainter.com

3 ได้รับอนุมัติจัดสรรงบประมาณประจำปี 2546 จำนวนเงิน 350,000 บาท

4 สถานที่ทำการวิจัย

มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี สาขาวิชาพลังงานและวัสดุ

5 รายละเอียดเกี่ยวกับผลงานความก้าวหน้างานวิจัย

5.1 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย(โดยสรุป)

ทำการศึกษา ออกแบบ และทดสอบระบบต้นแบบของระบบระบายอากาศในแนวตั้งและระบบ
กำจัดฝุ่นที่เกิดจากกระบวนการผลิตแผ่นกระดาษได้คลื่น

6 วิธีดำเนินการทดลองวิจัย

6.1 ฝุ่นที่ใช้ในการทดลอง

ฝุ่นที่ใช้ในงานวิจัยนี้ เป็นแคลเซียมคาร์บอเนตแบบเคลือบผิว ซึ่งได้รับการสนับสนุนจาก บริษัท ปูนคุณภาพ จำกัด

6.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองสามารถจำแนกออกได้เป็น 2 กลุ่มคือ อุปกรณ์วิเคราะห์ และ อุปกรณ์การทดลอง

6.2.1 อุปกรณ์วิเคราะห์

อุปกรณ์วิเคราะห์หลักในการทดลองสามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

- อุปกรณ์วิเคราะห์ด้านลักษณะสมบัติของฝุ่น ได้แก่ เครื่องทดสอบลักษณะสมบัติของวัสดุผง (Powder Characteristic Tester)
- อุปกรณ์วิเคราะห์ด้านความเร็วลมและผลต่างความดัน ได้แก่ เครื่องวัดความเร็วลม (Air Velocity Measuring Instrument) และเครื่องวัดผลต่างความดัน (Differential Pressure Measuring Instrument)
- อุปกรณ์วิเคราะห์ความเข้มข้นแบบนับจำนวน ได้แก่ เครื่องวัดความเข้มข้นแบบนับจำนวน (Particle Counter)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.2.1.1 เครื่องทดสอบลักษณะสมบัติของวัสดุผง (Powder Characteristic Tester)

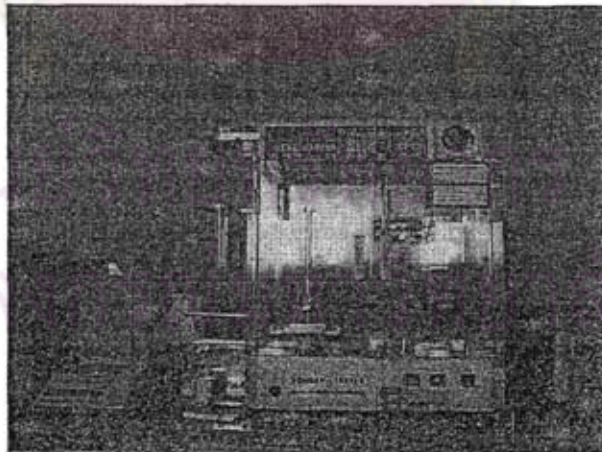
เครื่องทดสอบลักษณะสมบัติของวัสดุผง (Powder Characteristic Tester) รุ่น PT-N ผลิตโดยบริษัท Hosokawa Micron ซึ่งได้สร้างและพัฒนาขึ้นตามหลักการของคาร์ (1969) ในการประเมินค่าดัชนีการไหลและดัชนีการไหลทะลัก (Flowability และ Floodability Index) ของวัสดุผงแห้ง โดยจะวัดค่าลักษณะสมบัติต่างๆ เพื่อนำไปคำนวณค่าดัชนีดังกล่าวจากตารางของคาร์ (ตารางที่ 2.3 และ 2.4) ลักษณะสมบัติต่างๆที่วัด แบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

1. กลุ่มที่วัดลักษณะสมบัติเชิงกล ได้แก่

- มุมขณะสงบ (Angle of Repose)
- มุมหลังตก (Angle of Fall)
- มุมบนพายตัก (Angle of Spatula)
- มุมผลต่าง (Angle of Difference)
- ค่าความอัดตัว (Compressibility)
- ค่าการแผ่กระจาย (Dispersibility)
- ค่าความเกาะกัน (Cohesiveness)

2. กลุ่มที่วัดลักษณะสมบัติสนับสนุน ได้แก่

- ความหนาแน่นปรากฏขณะหลวม (Aerated Bulk Density)
- ความหนาแน่นปรากฏขณะอัด (Packed Bulk Density)
- ค่าความสม่ำเสมอ (Uniformity)



รูปที่ 6.1 ลักษณะของเครื่องทดสอบสมบัติของวัสดุผง

6.2.1.2 เครื่องวัดความเร็วลม (Air Velocity Measuring Instrument)

เครื่องวัดความเร็วลมรุ่น Testo 425 ในงานวิจัยนี้ใช้สำหรับการวัดความเร็วลมภายในห้อง จัดจำหน่ายโดยบริษัท เอ็นเทคเอชโซซิเอต จำกัด (ENTECH ASSOCIATE Co.,Ltd.)ใช้ในการประเมินค่าความเร็วลมที่อยู่ในช่วง 0 - 20 เมตรต่อวินาที โดยอาศัยหลักการของการสูญเสียความร้อนที่เส้นลวด อนึ่งตัวเครื่องยังสามารถวัดความเร็วลมเฉลี่ยในช่วงเวลาหนึ่งๆ และอุณหภูมิของลมได้ โดยมีข้อควรระวังในการใช้งานคือ อุณหภูมิของลมที่วัดควรอยู่ในช่วง -20 ถึง 70 องศาเซลเซียส

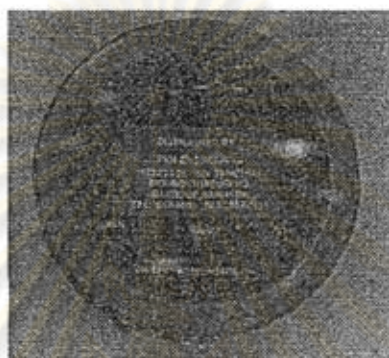


รูปที่ 6.2 ภาพถ่ายของเครื่องวัดความเร็วลมสำหรับวัดความเร็วลมภายในห้อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.2.1.3 เครื่องวัดผลต่างความดัน (Differential Pressure Measuring Instrument)

เครื่องวัดผลต่างความดัน ผลิตโดยบริษัท Dwyer Instruments.,INC. ใช้ในการประเมินค่าผลต่างความดัน โดยอาศัยหลักการวัดความดันของบรูคอง ซึ่งมีส่วนแสดงผลแบบ Digital ส่งสัญญาณแบบมาตรฐาน 4-20 มิลลิแอมแปร์



รูปที่ 6.3 ภาพถ่ายเครื่องวัดผลต่างความดัน

6.2.1.4 เครื่องวัดความเข้มข้นแบบนับจำนวน (Airborne Particle Counter)

เครื่องวัดความเข้มข้นแบบนับจำนวน ผลิตโดยบริษัท RION CO.,LTD ใช้วัดจำนวนอนุภาคในบรรยากาศ โดยสามารถแสดงผลของจำนวนอนุภาคได้ในแต่ละช่วงของขนาดอนุภาค คือ น้อยกว่า 0.3 , 0.3-0.5 , 0.5-0.7 , 0.7-1 , 1-2 และ 2-5 ไมครอน



รูปที่ 6.4 ภาพถ่ายเครื่องวัดความเข้มข้นแบบนับจำนวน (Particle Counter)

6.2.2 อุปกรณ์การทดลอง

อุปกรณ์การทดลองหลักสามารถแบ่งได้เป็น 5 ส่วน ดังนี้

- เครื่องเป่าลม (Blower)
- เครื่องควบคุมความเร็วรอบ (Inverter)
- เครื่องป้อนอนุภาคแบบตั้งโต๊ะ (Table Feeder)
- พัดลมที่เป่าภายในห้อง
- บั๊มสุญญากาศ (Vacuum Pump)
- ชุดอุปกรณ์ระบบระบายอากาศชนิดไหลในแนวตั้งอย่างสม่ำเสมอ

6.2.2.1 เครื่องเป่าลม (Blower)

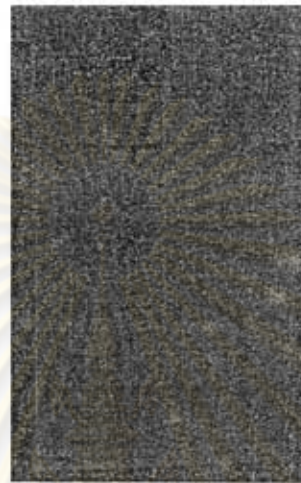
เครื่องเป่าลม ผลิตโดยบริษัท ต.เจริญเทคนิค จำกัด ใช้เป็นแหล่งกำเนิดลมในการทดลอง โครงสร้างภายนอกทำด้วยวัสดุเหล็กแผ่น ส่วนใบพัดเป็นแบบโค้งหลัง เป็นเครื่องเป่าลมแบบใช้สายพาน ขนาด 25 แรงม้า สามารถเป่าลมได้ถึง 6400 ลูกบาศก์ฟุตต่ออนาที ที่ความดันมาตรฐาน 15 นิ้วน้ำ



รูปที่ 6.5 ภาพถ่ายของเครื่องเป่าลม

6.2.2.2. เครื่องควบคุมความเร็วรอบ (Inverter)

เครื่องควบคุมความเร็วรอบ ผลิตโดยบริษัท เอฟ.เอ.เทค.จำกัด ใช้สำหรับปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ ใช้ไฟฟ้า 3 เฟส 380 โวลต์ 15 กิโลวัตต์



รูปที่ 6.6 ภาพถ่ายเครื่องควบคุมความเร็วรอบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.2.2.3 เครื่องป้อนอนุภาคแบบตั้งโต๊ะ (Table Feeder)

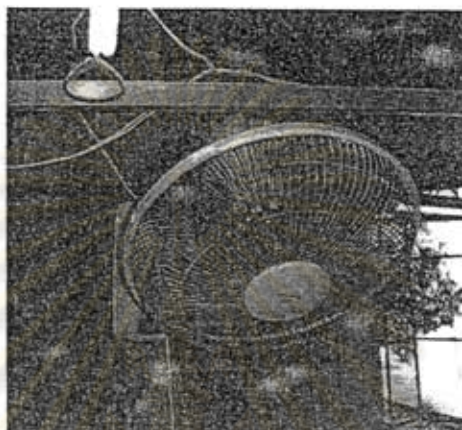
เครื่องป้อนอนุภาคแบบตั้งโต๊ะ ผลิตโดยบริษัท SANKYO PIO-TECH CO.,LTD. ใช้สำหรับป้อนอนุภาคแห้งที่มีลักษณะต่างๆ เช่น แกรนูล, เกล็ด, อนุภาคละเอียด เป็นต้น ใช้หลักการของ table feeder มาประยุกต์ใช้ เพื่อให้ได้อัตราการป้อนที่เที่ยงตรงและคงที่ โดยที่อนุภาคออกจาก hopper gate ลงบนบริเวณรอบๆ จุดกึ่งกลางของจานหมุน ด้านคุณสมบัติการไหลที่อนุภาคนั้นๆ มีอยู่จะถูกเกลี่ยให้เรียบโดย coarse scraping plate ทำให้ได้ชั้นอนุภาคที่มีความหนาสม่ำเสมอที่เหมาะสมตามที่กำหนด จากนั้นชั้นอนุภาคจะถูกกวาดออกตามอัตราการป้อนที่ต้องการด้วยการปรับระยะของ fine scraping plate ที่ปรับได้อย่างละเอียด จากนั้นอนุภาคจะตกลงตามท่อตั้งรูปไปยังบริเวณที่มีพัดลมขนาดเล็กเป่า(50/60 Hz , 11/10 W) ทำให้อนุภาคฟุ้งกระจายทั่วห้อง โดยมีอัตราการป้อนระหว่าง 0.1 - 20 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่ออนาที และสามารถปรับตั้งอัตราการป้อนอนุภาคได้ในสเกลตั้งแต่ 0 - 10 [-]



รูปที่ 6.7 ภาพถ่ายของเครื่องป้อนอนุภาคแบบตั้งโต๊ะ(ภายในกล่องสีเหลี่ยมใต้โต๊ะจะมีพัดลมเล็กเป่าลมไปกระจายฝุ่นที่ตกออกจากท่อ)

6.2.2.4 พัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง

พัดลมที่เป่าภายในห้อง ผลิตโดยบริษัท RION CO.,LTD รุ่น WF-64V มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 นิ้ว แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าเท่ากับ 220 โวลต์ 0.2 แอมแปร์ และ 40 วัตต์ ตามลำดับ มีปริมาณลม 38.61 ลูกบาศก์เมตร/นาที



รูปที่ 6.8 ภาพถ่ายพัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง

6.2.2.5 บีบสูญญากาศ (Vacuum Pump)

บีบสูญญากาศ ผลิตโดยบริษัท MAKASHI SEISAKUSHO .,LTD เป็นอุปกรณ์ประกอบในระบบดึงตัวอย่างฝุ่น เป็นบีบสูญญากาศแบบโรตารีใช้น้ำมันหล่อลื่น มีความเร็วรอบมอเตอร์ 550 รอบต่อนาที สามารถดึงสูญญากาศได้ 50 ลิตรต่อวินาที ที่ 0.6 ปาลคาล

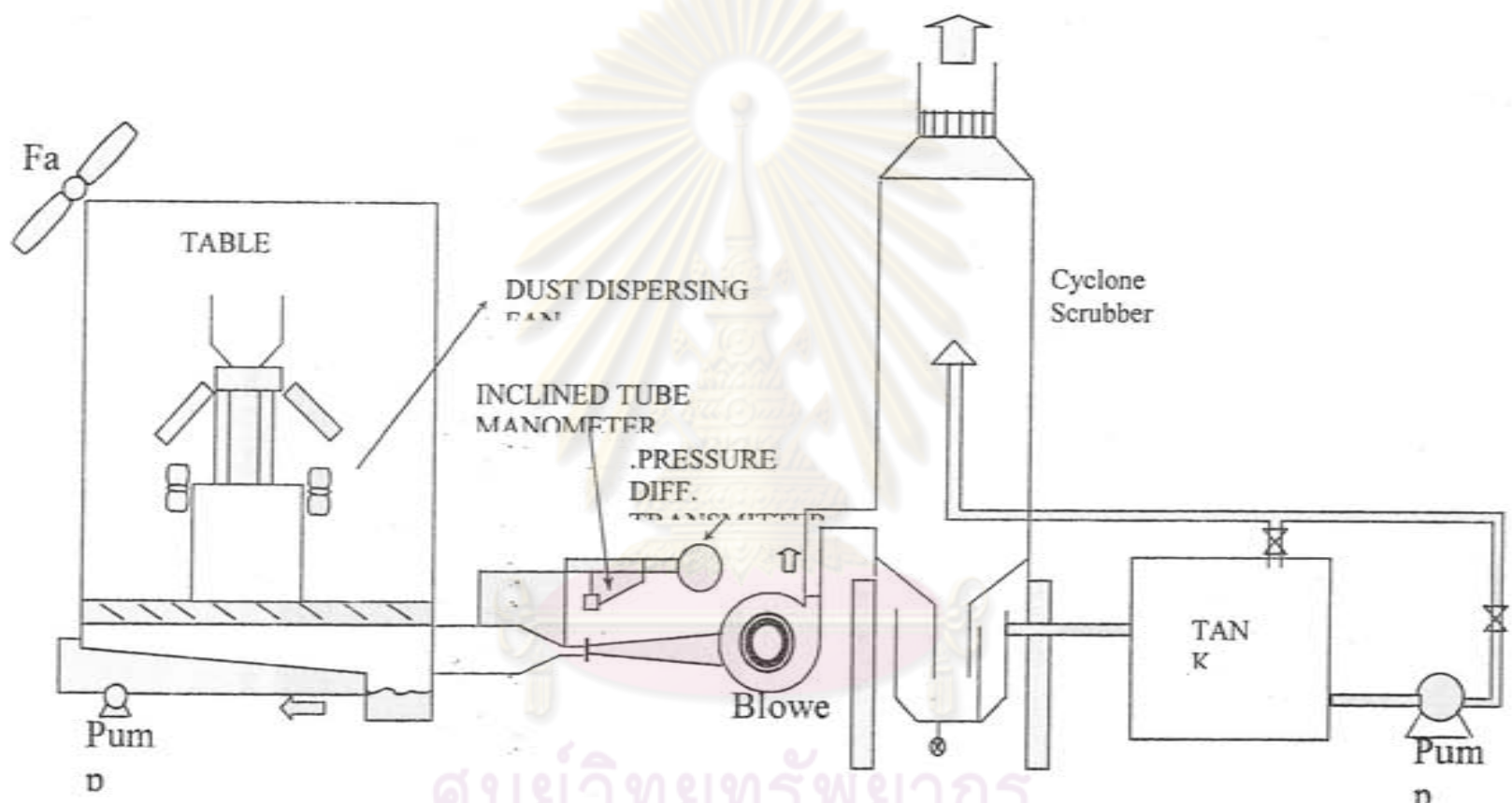


รูปที่ 6.9 ภาพถ่ายของบีบสูญญากาศ

6.2.2.6 ชุดอุปกรณ์ระบบระบายอากาศชนิดไหลในแนวตั้งอย่างสม่ำเสมอ

ชุดอุปกรณ์ดังกล่าวจัดสร้างขึ้น (HVAC System Duct Design, 1990 / วิวัฒน์ และ คานาโอกะ, 2535 / ชิเกะฟูมิ ฟุจิตะ, 2536 / สมศักดิ์ กิรติวุฒิเศรษฐ์, 2540) โดยได้จำลองห้องที่มีลักษณะผนัง 4 ด้าน ด้านบนเพดานเปิดโล่ง ห้องมีขนาด 1.5x2x2 เมตร (กว้าง x ยาว x สูง) สามารถทำการปรับความสูงของห้องได้โดยถอดแผ่นผนังออก ภายในห้องประกอบด้วยเครื่องป้อนอนุภาคแบบตั้งโต๊ะ ซึ่งติดตั้งไว้ตรงกลางห้องโดยตั้งอยู่บนพื้นตะแกรง มีพัดลมที่เป่าภายในห้องติดตั้งด้านบนตรงข้ามกับท่อทางออก (รูปที่ 6.10) เพื่อสร้างกระแสลมรบกวนว่าจะมีผลต่อการระบายอากาศชนิดนี้อย่างไร ซึ่งเป็นการพยายามจำลองสถานการณ์ภายในสถานประกอบการที่ติดตั้งพัดลมเป่าไม่ให้พนักงานร้อน ถัดจากใต้พื้นตะแกรงลงมาเป็นแผ่นบานเกล็ด (จำนวน 8 แผ่น) ที่สามารถปรับมุมเอียงเพื่อให้ความเร็วลมตลอดพื้นที่หน้าตัดของห้องมีความเร็วลมอย่างสม่ำเสมอ จากนั้นจะเป็นพื้นเอียงที่น้ำจะเป็นฟิล์ม เพื่อจับและชะฝุ่นที่มีขนาดใหญ่ไม่ให้กองสะสมบนพื้นเอียงและป้องกันปัญหาการฟุ้งกระจายใหม่ของฝุ่น ถัดจากช่องลมออกที่อยู่ด้านล่างจะมีระบบกำจัดฝุ่นชนิดไซโคลนสกรับเบอร์ เพื่อกำจัดฝุ่นออกให้หมดก่อนที่จะปล่อยลมออกสู่บรรยากาศ

อนึ่งเหตุผลที่ทำการวัดความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้อง เนื่องจากอนุภาคจะสามารถออกจากห้องได้ 2 ทาง คือทางด้านล่างและด้านบนของห้อง (ดูรูป 6.10) ที่ด้านล่างของพื้นตะแกรงของห้อง อนุภาคขนาดใหญ่จะถูกฟิล์มน้ำจับ ส่วนอนุภาคขนาดเล็กที่เหลือจะปลิวไปตามกระแสอากาศ จากการพยายามเก็บตัวอย่างเพื่อวัดความเข้มข้นของอนุภาคขนาดใหญ่ในน้ำหลังจากเสร็จสิ้นการทดลองแต่ละครั้งนั้น ปรากฏว่าเกิดความผิดพลาดได้มากในการวัดปริมาณรวม ทั้งนี้เพราะเมื่อทำการกวนให้อนุภาคกระจายตัวในน้ำจนเป็นเนื้อเดียวกัน ขณะเริ่มทำการเก็บตัวอย่างนั้น อนุภาคจะตกตัวเร็วมาก ทำให้การเก็บตัวอย่างไม่ได้ความเข้มข้นของอนุภาคที่แท้จริง ทั้งนี้เนื่องจากอนุภาคขนาดใหญ่มีความเร็วตกตัวสูง (Terminal Velocity) นอกจากนี้ก็ไม่สามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงตามเวลาของความเข้มข้นหรือปริมาณของอนุภาคที่ถูกน้ำชะ ด้วยเหตุผลเหล่านี้ จึงได้ทำการวัดความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องแทนแล้วไปลบออกด้วยความเข้มข้นเฉลี่ยของอนุภาคที่อยู่ในบรรยากาศ (Blank) ถ้าความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องมาก แสดงว่าการระบายฝุ่นที่มีอยู่ในห้องไม่ดีพอ



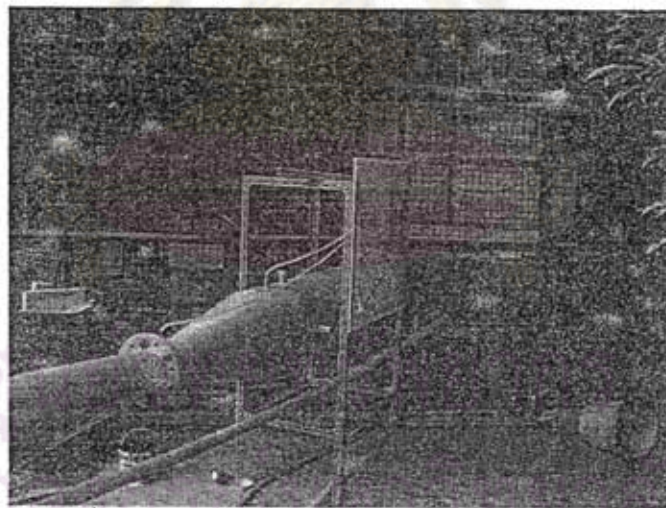
ศูนย์วิทยุทรัพยากร
 รูปที่ 6.10 ไดอะแกรมชุดอุปกรณ์ระบบระบายอากาศในแนวตั้ง
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



(A)

(B)

รูปที่ 6.11 ภาพถ่ายห้องระบายอากาศ : (A) ภาพด้านข้าง (B) ภาพด้านหน้า



รูปที่ 6.12 ภาพถ่ายห้องระบายอากาศและท่อลม



รูปที่ 6.13 ภาพถ่ายระบบกำจัดฝุ่นออกให้หมดก่อนที่จะปล่อยลมออกสู่บรรยากาศ

6.3 สภาวะในการทดลอง

สารที่ใช้ในการทดลอง : แคลเซียมคาร์บอเนตแบบเคลือบผิว

6.3.1 ตัวแปรที่ทำการศึกษา

- ความเร็วลมแนวตั้งภายในห้อง : จะทำการศึกษาโดยเปลี่ยนความเร็วลม 3 ค่า คือ 0.1 , 0.3 และ 0.5 เมตรต่อวินาที
- สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง : จะทำการศึกษาโดยเปลี่ยนพื้นที่ส่วนเปิดของพื้นตะแกรง 4 ค่า คือ 50 , 75 ด้านไกล , 75 ด้านใกล้ และ 100 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด
- ความสูงของห้อง : จะทำการศึกษาโดยเปลี่ยนความสูงของห้อง 2 ค่า คือ 1.5 และ 2 เมตร
- ความเร็วลมที่เป่าภายในห้อง : จะทำการศึกษาโดยเปลี่ยนความเร็วลม 3 ค่า คือ ปิดพัดลม (Fan Off) , 5.36 (Fan High) และ 3.91 เมตรต่อวินาที (Fan Low)

6.4 ขั้นตอนการทดลอง

ในการทดลองสามารถจำแนกขั้นตอนการทดลองหลักออกได้เป็น 2 ส่วน ดังนี้

6.4.1 ขั้นตอนการทดลองด้านลักษณะสมบัติของฝุ่น

- 1) นำตัวอย่างฝุ่นมาหาค่าดัชนีการไหลและดัชนีการไหลทะเล็ก (Flowability and Floodability Index) โดยใช้เครื่องทดสอบลักษณะสมบัติของวัสดุผง (Powder Characteristic Tester) โดยทำการวัดค่ามุมสงบ, มุมหลังตก, มุมบนพายตก, ความหนาแน่นปรากฏขณะหลวม, ความหนาแน่นปรากฏขณะอัด, ค่าความเกาะกัน และค่าการแผ่กระจาย จากนั้น เครื่องจะทำการคำนวณค่า มุมผลต่าง และค่าความอัดตัว แล้วประเมินค่าดัชนีการไหลและดัชนีการไหลทะเล็ก ซึ่งจะแสดงผลออกมาทางหน้าจอของเครื่อง
- 2) ทำการทดลองเพื่อหาค่าดัชนีการไหลและดัชนีการไหลทะเล็กซ้ำอีก 3 ครั้ง แล้วนำผลการทดลองมาหาค่าเฉลี่ย

หนึ่งในการทดลอง จะเลือกใช้ค่าความเกาะกัน (Cohesiveness) แทนการใช้ค่าความสม่ำเสมอ (Uniformity) เนื่องจากฝุ่นที่ใช้มีลักษณะเป็นผงขนาดเล็กไม่ใช่แกรนูล

6.4.2 ขั้นตอนการทดลองด้านการหาความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากห้อง

ในการทดลองได้ทำป้อนอนุภาคที่มีความเข้มข้นของอนุภาคประมาณ 2 g/m^3 ภายในห้อง

- 1) เลือกสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงและความสูงของห้อง
- 2) เติมน้ำในบ่อพักน้ำและทำการเปิดปั๊มเพื่อให้ น้ำไหลเป็นฟิล์มบนพื้นเอียง
- 3) เปิดเครื่องเป่าลม (Blower) ดูดออก
- 4) เปิดอินเวอร์เตอร์เพื่อควบคุมความเร็วลมในแนวตั้ง โดยสังเกตจากความสูงของมาโนมิเตอร์ (ตามกราฟสอบเทียบ)
- 5) ทำการปรับแผ่นบานเกล็ด และวัดความเร็วลมภายในห้อง เพื่อได้ความเร็วลมในแนวตั้งตามต้องการ

- 6) บรรจุฝุ่นในเครื่องป้อนฝุ่น
- 7) ติดตั้งบีมสัญญาณสำหรับเก็บตัวอย่างฝุ่นตรงท่อทางเข้าแหล่งกำเนิดลม
- 8) เก็บข้อมูลบริเวณด้านบนของห้องระบายอากาศทั้ง 4 ด้าน โดยเครื่องวัดความเข้มข้นแบบนับจำนวน
- 9) เปิดสวิตช์เครื่องป้อนฝุ่น
- 10) เมื่อเวลาผ่านไป 5 นาที เริ่มเปิดบีมสัญญาณสำหรับเก็บตัวอย่างฝุ่น
- 11) เก็บข้อมูลด้านบนของห้องทดลองทั้ง 4 ด้าน ที่เวลา 15 , 30 และ 45 นาทีโดยเครื่องวัดความเข้มข้นแบบนับจำนวน
- 12) ทำการทดลองซ้ำ (ข้อ 1-11) โดยเปลี่ยนสภาวะในการทดลอง
- 13) ทำการทดลองซ้ำ (ข้อ 1-11) โดยปรับสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50% , 75% โกลด์ และ 75% โกลด์ และ 100 %
- 14) ทำการทดลองซ้ำ (ข้อ 1-11) โดยเปลี่ยนความสูงของห้อง

หมายเหตุ

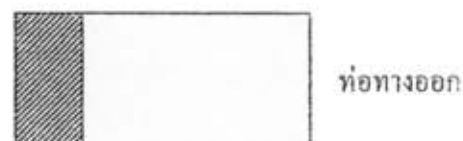
พื้นที่แรเงาคือพื้นที่ปิด ซึ่งเป็นรูปที่มองด้านบนของห้อง



รูปที่ 6.14 สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด(มองด้านบน)



รูปที่ 6.15 สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โกลด์ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด(มองด้านบน)



รูปที่ 6.16 สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โกลักรงพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด(มองด้านบน)



รูปที่ 6.17 สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด(มองด้านบน)

อนึ่งในการศึกษาสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง เพื่อศึกษาว่ามีผลต่อประสิทธิภาพการระบายอากาศอย่างไร ทั้งนี้ในการนำไปใช้งานจริงอาจไม่ได้ใช้พื้นที่ห้องทั้งหมด ดังนั้นจึงยังคงให้ความเร็วลมในแนวตั้งมีค่าเท่าเดิม แต่ใช้พื้นที่ส่วนเปิดของพื้นห้องลดลง ทำให้ประหยัดพลังงาน ทั้งนี้จำเป็นต้องติดตั้ง Inverter ด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล

7.1 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลองด้านลักษณะสมบัติของฝุ่น

ฝุ่นที่ใช้ในการทดลองได้ถูกศึกษาการกระจายขนาดอนุภาค (Size Distribution) โดยใช้เครื่อง Mastersizer S long bed Version 2.11 (ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)

สมบัติการไหลของสารทำการวัดโดยใช้เครื่องทดสอบลักษณะสมบัติของวัสดุผง (Powder Characteristic Tester) และได้สรุปค่าสมบัติการไหลต่างๆดัชนีการไหล และดัชนีการไหลทะเล็ก (Flowability and Floodability Index) รวมทั้งค่าเฉลี่ยของขนาดอนุภาคที่ 50% โดยปริมาตร (น้ำหนัก) ดังแสดงไว้ในตารางที่ 7.1-7.4

สำหรับฝุ่นแคลเซียมคาร์บอเนตแบบเคลือบผิวมีค่าดัชนีการไหลตัวต่ำ แต่กลับมีค่าดัชนีการไหลทะเล็กสูงและมีขนาดอนุภาคเฉลี่ยเท่ากับ 4.36 ไมโครเมตร เนื่องจากฝุ่นมีขนาดเล็ก และมีน้ำหนักเบา (ความหนาแน่นปรากฏหวมต่ำ) จึงทำให้มีค่าความเกาะกัน (Cohesiveness) สูง มุมขณะสงบ (Angle of Repose) และมุมบนพาย (Angle of Spatula) สูง ซึ่งนอกจากนี้ยังพุ้งกระจายในอากาศได้ง่าย เป็นผลทำให้ค่าการแพร่กระจาย (Dispersibility) สูง เนื่องจากฝุ่นมีขนาดเล็กและมีช่วงการกระจายขนาดค่อนข้างกว้าง ทำให้มีฝุ่นขนาดเล็กๆปะปนอยู่จำนวนมาก เมื่อได้รับแรงกระแทกจะมีการจัดเรียงตัวได้ดี โดยฝุ่นที่มีขนาดเล็กจะแทรกเข้าไปในช่องว่างระหว่างฝุ่นที่มีขนาดใหญ่ได้ดี ทำให้ค่าความอัดตัวสูง (Compressibility)

สำหรับฝุ่นแคลเซียมคาร์บอเนตแบบไม่เคลือบผิวที่ใช้ในการทดลองมีค่าดัชนีการไหลตัว และมีค่าดัชนีการไหลทะเล็กต่ำ ทำให้มีความสามารถในการฟลูอิดไดซ์และความสามารถในการไหลตัวที่ต่ำ เนื่องจากฝุ่นมีขนาดเล็ก มีน้ำหนักเบา (ความหนาแน่นปรากฏหวมต่ำ) ค่ามุมบนพาย (Angle of Spatula) และค่าความอัดตัว (Compressibility) สูง นอกจากนี้ยังพุ้งกระจายในอากาศได้ไม่ดี เป็นผลทำให้ค่าการแพร่กระจาย (Dispersibility) ต่ำ

สำหรับฝุ่น EVA มีค่าดัชนีการไหลตัวต่ำ แต่กลับมีค่าดัชนีการไหลทะเล็กสูง และมีขนาดอนุภาคเฉลี่ยเท่ากับ 10.66 เมตร เนื่องจากฝุ่นมีขนาดเล็ก และมีน้ำหนักเบา (ความหนาแน่นปรากฏหวมต่ำ) มีค่าความเกาะกัน (Cohesiveness) ต่ำ มุมขณะสงบ (Angle of

Repose) และมุมบนพาย (Angle of Spatula) สูง มีค่าการแผ่กระจายสูงมาก ทำให้เกิดการฟุ้งและแพร่กระจายในอากาศได้ง่าย อนึ่งเนื่องจากฝุ่นมีขนาดเล็กและมีช่วงการกระจายขนาดค่อนข้างกว้าง ทำให้มีฝุ่นขนาดเล็กๆปะปนอยู่จำนวนมาก เมื่อได้รับแรงกระแทกจะมีการจัดเรียงตัวได้ดี โดยฝุ่นที่มีขนาดเล็กจะแทรกเข้าไปในช่องว่างระหว่างฝุ่นที่มีขนาดใหญ่ได้ดี ทำให้ค่าความอัดตัวสูง (Compressibility)

สำหรับฝุ่นแก๊สลอย มีค่าดัชนีการไหลตัวต่ำ แต่กลับมีค่าดัชนีการไหลทะลักสูง และมีขนาดอนุภาคเฉลี่ยเท่ากับ 24.41 เมตร เนื่องจากฝุ่นมีขนาดเล็ก และมีน้ำหนักเบา (ความหนาแน่นปรากฏขณะหลวมต่ำ) มีค่าความเกาะกัน (Cohesiveness) ต่ำ มุมขณะสงบ (Angle of Repose) และมุมบนพาย (Angle of Spatula) สูง มีค่าการแผ่กระจายค่อนข้างสูง ทำให้เกิดการฟุ้งและแพร่กระจายในอากาศได้ง่าย อนึ่งเนื่องจากฝุ่นมีขนาดเล็กและมีช่วงการกระจายขนาดค่อนข้างกว้าง ทำให้มีฝุ่นขนาดเล็กๆปะปนอยู่จำนวนมาก เมื่อได้รับแรงกระแทกจะมีการจัดเรียงตัวได้ดี โดยฝุ่นที่มีขนาดเล็กจะแทรกเข้าไปในช่องว่างระหว่างฝุ่นที่มีขนาดใหญ่ได้ดี ทำให้ค่าความอัดตัวสูง (Compressibility)



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7.1 สมบัติการไหลของฝุ่นแคลเซียมคาร์บอเนตแบบเคลือบผิว และค่าเฉลี่ยของขนาดฝุ่น
ที่ 50 % โดยปริมาตร(น้ำหนัก)

	Dust Sample
Angle of Repose (degree)	46.8
Angle of Spatula (degree)	70.4
Aerated Density (g/cm ³)	0.824
Packed Density (g/cm ³)	1.364
Compressibility (%)	39.5
Cohesiveness (%)	66.9
Flowability Index	Bad
Angle of Fall (degree)	39.1
Angle of Difference (degree)	7.7
Dispersibility (%)	25.87
Floodability Index	Tend to flush
D _{v50} (μ m)	4.36

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7.2 สมบัติการไหลของฝุ่นแคลเซียมคาร์บอเนตแบบไม่เคลือบผิว และค่าเฉลี่ยของขนาด
ฝุ่นที่ 50 % โดยปริมาตร(น้ำหนัก)

	Dust Sample
Angle of Repose (degree)	44.5
Angle of Spatula (degree)	68.6
Aerated Density (g/cm ³)	0.510
Packed Density (g/cm ³)	1.161
Compressibility (%)	51.1
Cohesiveness (%)	42.0
Flowability Index	Bad
Angle of Fall (degree)	35.8
Angle of Difference (degree)	8.5
Dispersibility (%)	2.03
Floodability Index	May flush
D _{v50} (μm)	1.92

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7.3 สมบัติการไหลของฝุ่น EVA และค่าเฉลี่ยของขนาดฝุ่นที่ 50 % โดยปริมาตร(น้ำหนัก)

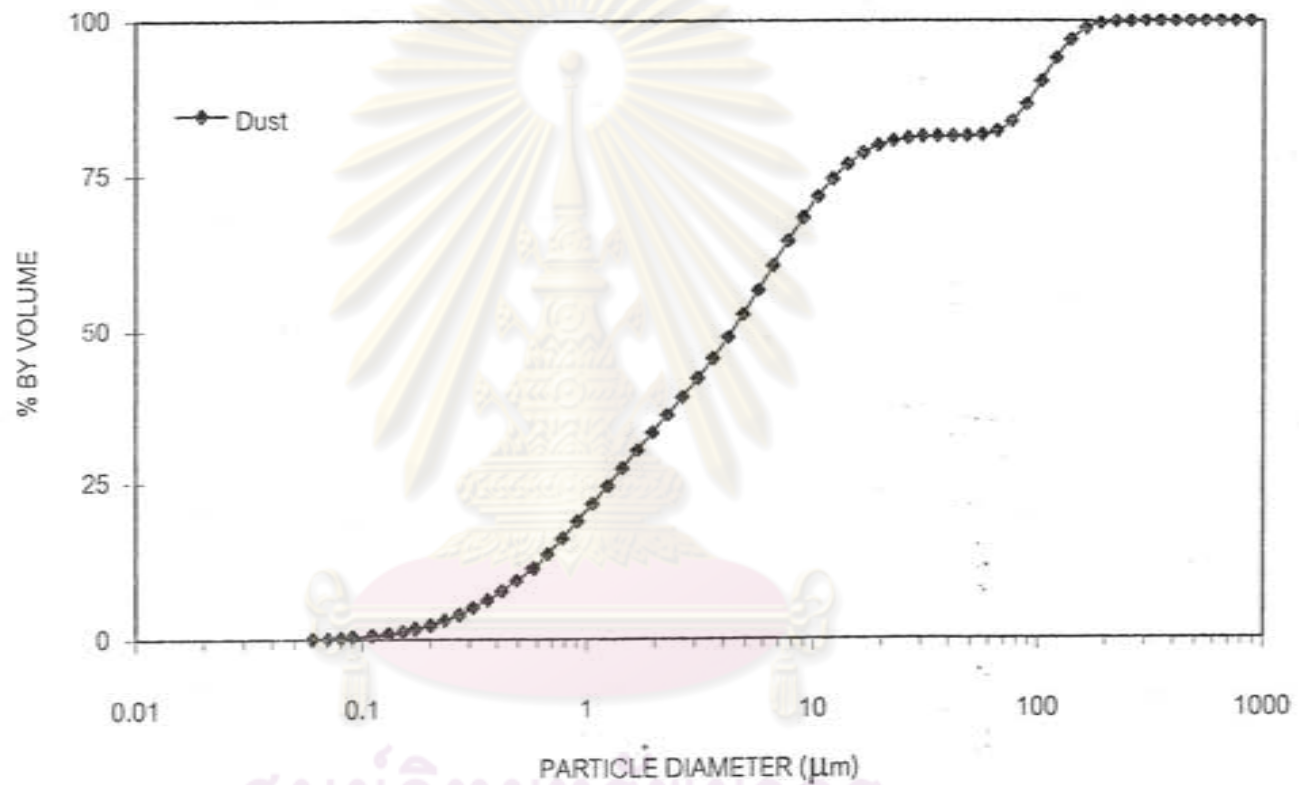
	Dust Sample
Angle of Repose (degree)	50.36
Angle of Spatula (degree)	65.33
Aerated Density (g/cm ³)	0.254
Packed Density (g/cm ³)	0.474
Compressibility (%)	46.3
Cohesiveness (%)	7.8
Flowability Index	Bad
Angle of Fall (degree)	18.6
Angle of Difference (degree)	31.8
Dispersibility (%)	60.83
Floodability Index	Very High
D _{v50} (μ m)	10.66

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

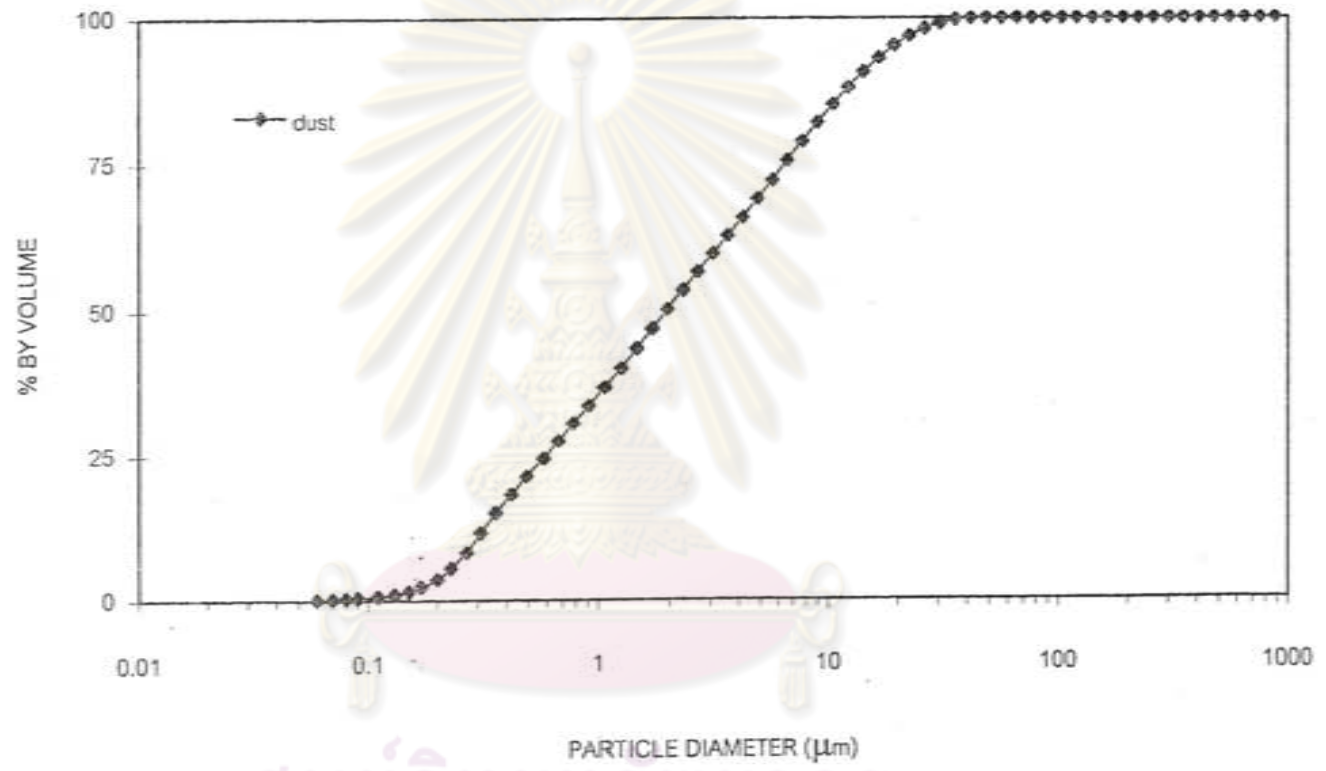
ตารางที่ 7.4 สมบัติการไหลของฝุ่นแก้ลอย และค่าเฉลี่ยของขนาดฝุ่นที่ 50 % โดยปริมาตร (น้ำหนัก)

	Dust Sample
Angle of Repose (degree)	49.57
Angle of Spatula (degree)	67.6
Aerated Density (g/cm ³)	1.074
Packed Density (g/cm ³)	1.452
Compressibility (%)	27.9
Cohesiveness (%)	11.17
Flowability Index	Not Good
Angle of Fall (degree)	35.3
Angle of Difference (degree)	12.93
Dispersibility (%)	18.6
Floodability Index	Tend to flush
D _{v50} (μ m)	24.41

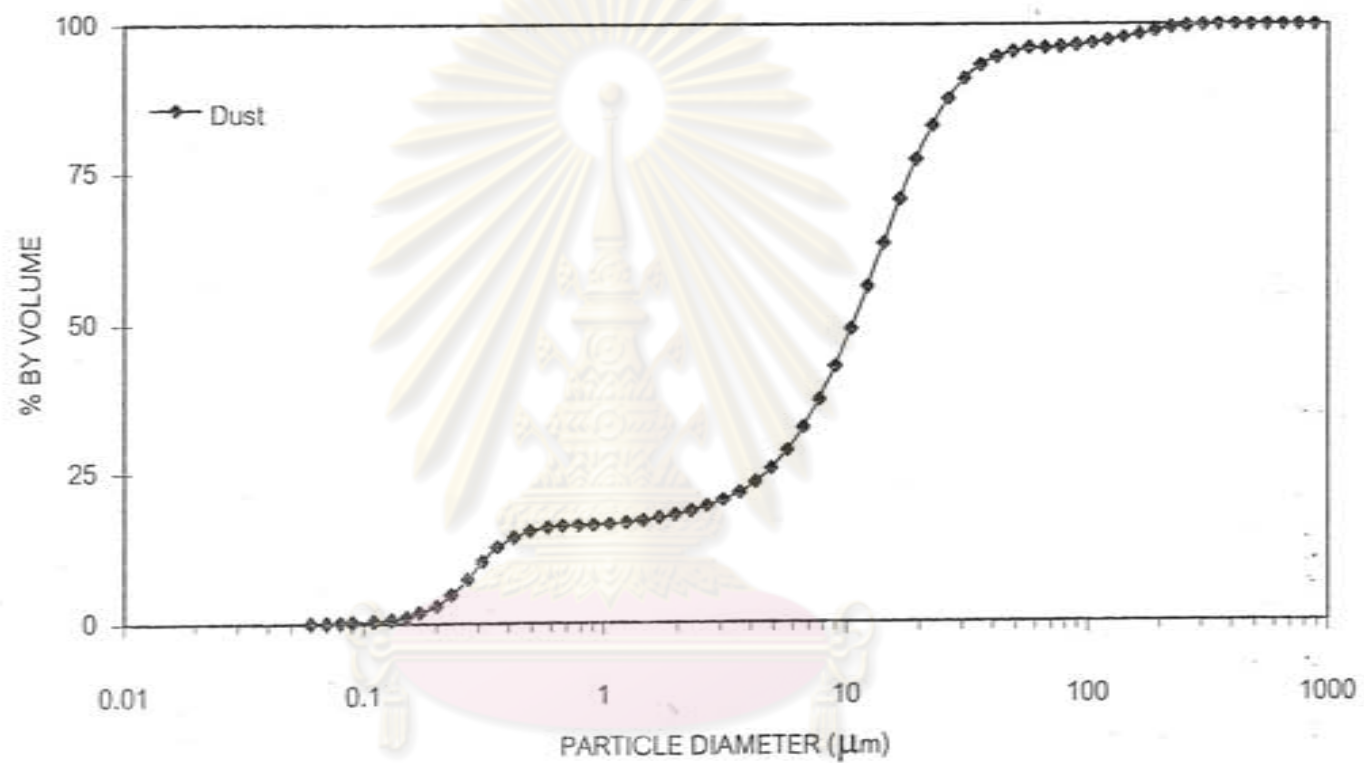
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



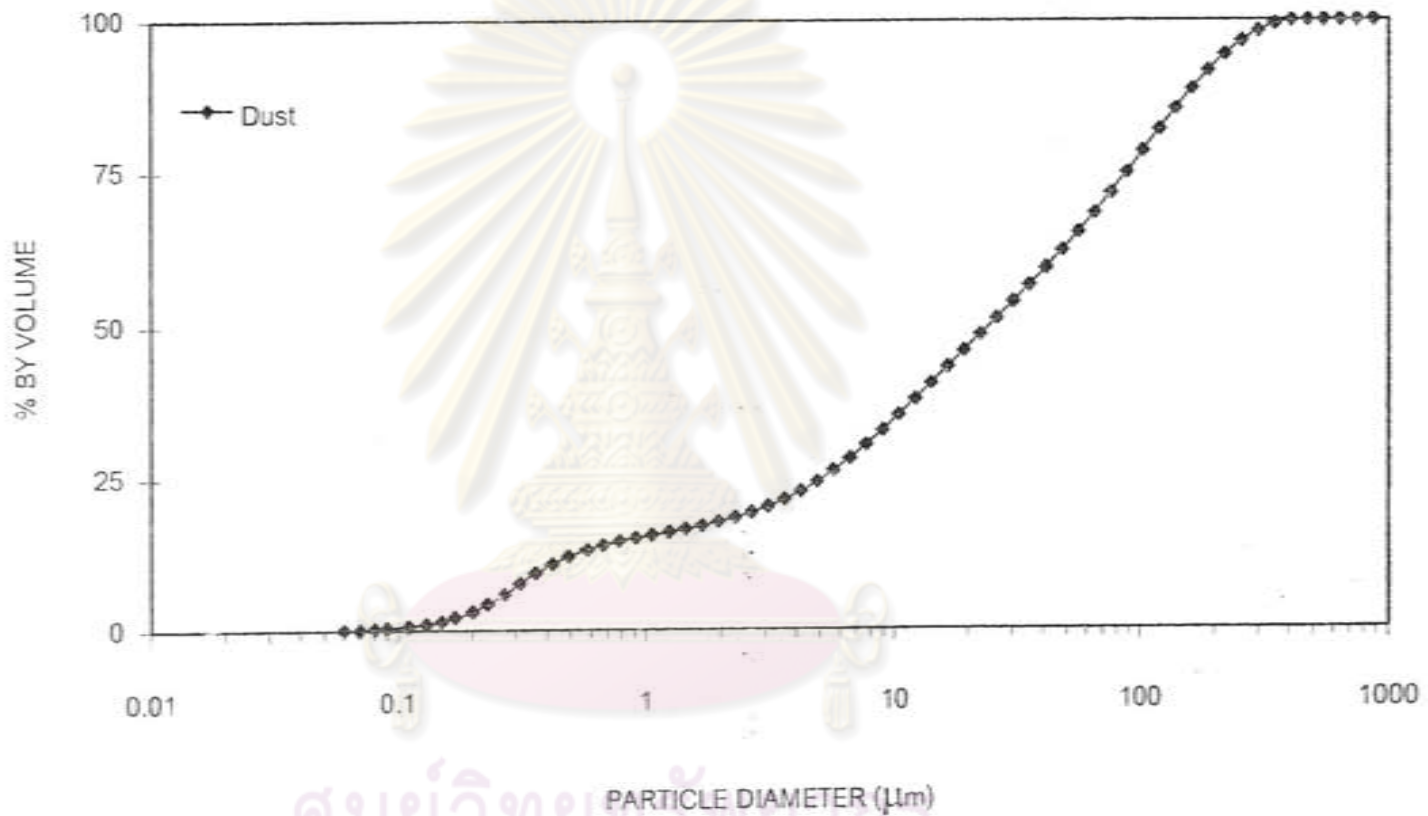
ศูนย์วิทยทรัพยากร
รูปที่ 7.1 การกระจายขนาดของแคลเซียมคาร์บอเนตแบบเคลือบผิว
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ศูนย์วิทยทรัพยากร
รูปที่ 7.2 การกระจายขนาดของแกละเขียมคาร์บอนแบบไม่เคลือบผิว
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 7.3 การกระจายขนาดของฝุ่น EVA จากโรงงานผลิตกระดานโต้คลื่น
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



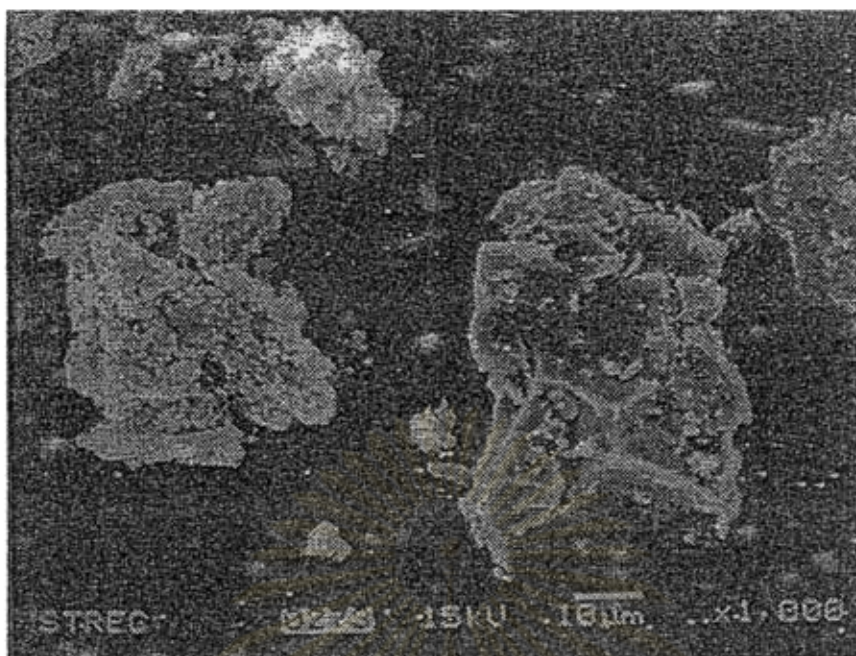
ศูนย์วิทยพัชกร
รูปที่ 7.4 การกระจายขนาดของเก็ดลอย
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 7.5 ลักษณะของฟูลเลอร์คาร์บอนนาโนทิวแบบเกลียว ขยาย 5000 เท่า



รูปที่ 7.6 ลักษณะของฟูลเลอร์คาร์บอนนาโนทิวแบบไม่เกลียว ขยาย 5000 เท่า



รูปที่ 7.7 ลักษณะของฝุ่น EVA จากโรงงานผลิตและขึ้นรูปกระดานโต้คลื่น ขยาย 1000 เท่า



รูปที่ 7.8 ลักษณะของฝุ่นเถ้าลอย ขยาย 1000 เท่า

อนึ่งฝุ่นที่ใช้ในการทดลองคือ แคลเซียมคาร์บอเนตแบบเคลือบผิว เนื่องจากฝุ่น EVA ที่เกิดจากโรงงานผลิตแผ่นกระดานโต้คลื่น โดยเก็บจากด้านล่างไซโคลนนั้นมีปริมาณไม่เพียงพอที่จะทำการทดลอง อีกทั้งทางโรงงานดังกล่าวได้ยกเลิกการใช้ไซโคลน จากนั้นจึงเปลี่ยนเป็นฝุ่นแก้วลอยแต่จะพบว่าฝุ่นแก้วลอยมีขนาดอนุภาคเฉลี่ยมากกว่า 10 ไมครอน (24.41 ไมครอน) ซึ่งในขอบเขตของงานวิจัยนี้ต้องการฝุ่นที่มีขนาดน้อยกว่า 10 ไมครอน จากนั้นเปลี่ยนเป็น แคลเซียมคาร์บอเนตแบบไม่เคลือบผิวจะพบว่ามิตซ์นิกการไหลที่ต่ำ ทำให้ขณะทำการทดลองนั้นฝุ่นไม่ไหลออกจากเครื่องป้อนอนุภาค อีกทั้งฝุ่นดังกล่าวยังฟุ้งกระจายในอากาศได้ไม่ดี ส่วนฝุ่นแคลเซียมคาร์บอเนตแบบเคลือบผิวนั้นฟุ้งกระจายในอากาศได้ง่าย เหมาะกับการทดลอง อีกทั้งมีขนาดอนุภาคเฉลี่ยน้อยกว่า 10 ไมครอน โดยฝุ่นชนิดนี้ได้รับการสนับสนุนจาก บริษัท ปูนคุณภาพ จำกัด



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7.2 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลองที่สภาวะต่างๆ

7.2.1 อิทธิพลของความเร็วลมในแนวดิ่ง

7.2.1.1 กรณีความสูงของผนังห้อง 2 เมตร

7.2.1.1.1 สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100 % ของพื้นที่หน้าต่างทั้งหมด (พิจารณาความเข้มข้นของขนาดอนุภาคแต่ละช่วง)

ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ ในกรณีความสูงของผนังห้อง 2 เมตร สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าต่างทั้งหมด และความเร็วลมในแนวดิ่งอยู่ในช่วง 0.1 – 0.5 เมตรต่อวินาที ในขณะที่ความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องเป็น 0 (Fan Off) 3.91 (Fan Low) และ 5.36 (Fan High) เมตรต่อวินาทีตามลำดับ ปรากฏว่าผลการทดลองเป็นดังนี้

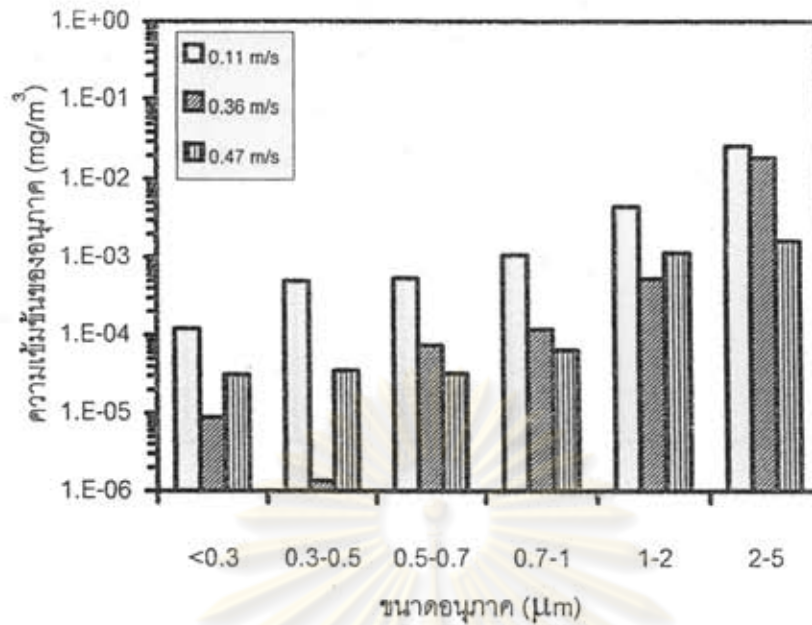
รูปที่ 7.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าต่างทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวดิ่งสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆ มีแนวโน้มลดลง แต่ก็ยังมีขนาดอนุภาค 1-2 , 0.3-0.5 และ น้อยกว่า 3 ไมครอนที่ความเร็วลมในแนวดิ่งเท่ากับ 0.36 เมตรต่อวินาทีที่มีความสามารถในการระบายอนุภาคออกจากห้องได้ดี

รูปที่ 7.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมระดับ LOW ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าต่างทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวดิ่งสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วง 2-5 ไมครอนและน้อยกว่า 3 ไมครอนจะลดลง ส่วนขนาดอนุภาคช่วงอื่นความเร็วลมในแนวดิ่ง 0.36 เมตรต่อวินาทีจะมีความสามารถในการระบายอนุภาคออกจากห้องได้ดี

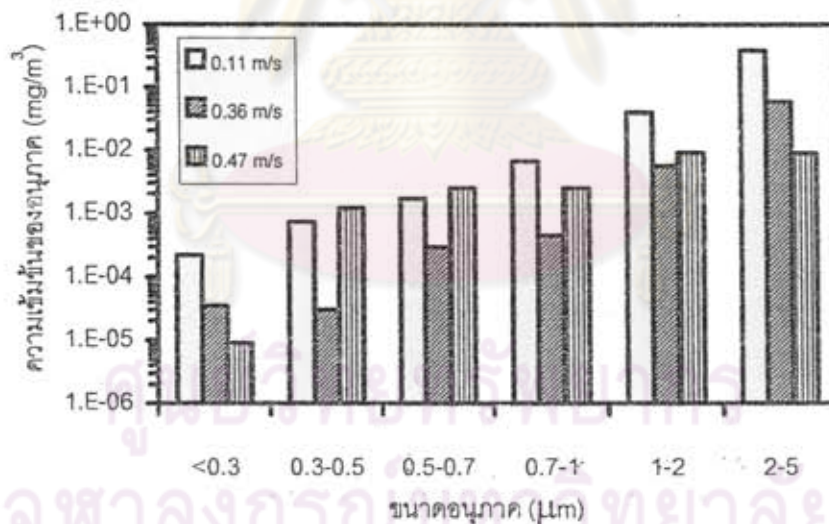
รูปที่ 7.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมระดับ HIGH ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นที่แรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวตั้งสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆมีแนวโน้มลดลง



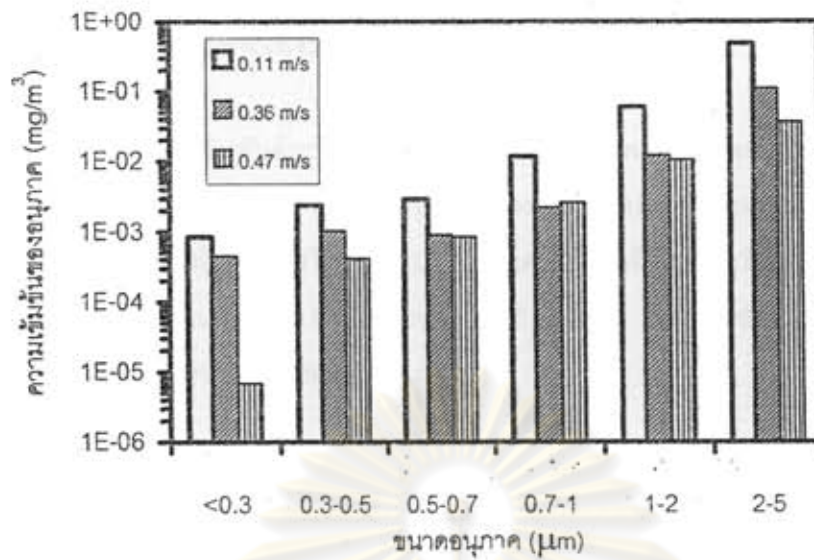
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 7.9 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร



รูปที่ 7.10 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมระดับ LOW ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร



รูปที่ 7.11 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมระดับ HIGH ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

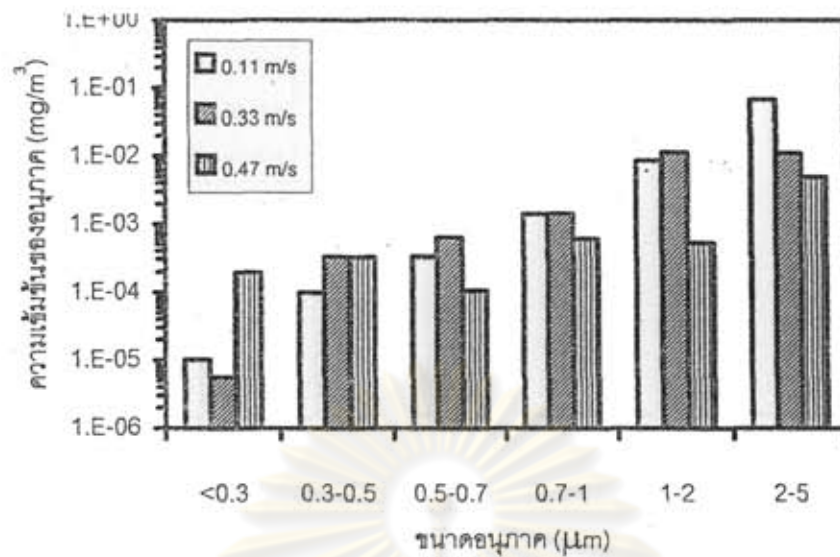
7.2.1.1.2 สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75 % โกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด
(พิจารณาความเข้มข้นของขนาดอนุภาคแต่ละช่วง)

ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ ในกรณีความสูงของผนังห้อง 2 เมตร สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด และความเร็วลมในแนวตั้งอยู่ในช่วง 0.1 – 0.5 เมตรต่อวินาที ในขณะที่ความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องเป็น 0 (Fan Off) 3.91 (Fan Low) และ 5.36 (Fan High) เมตรต่อวินาทีตามลำดับ ปรากฏว่าผลการทดลองเป็นดังนี้

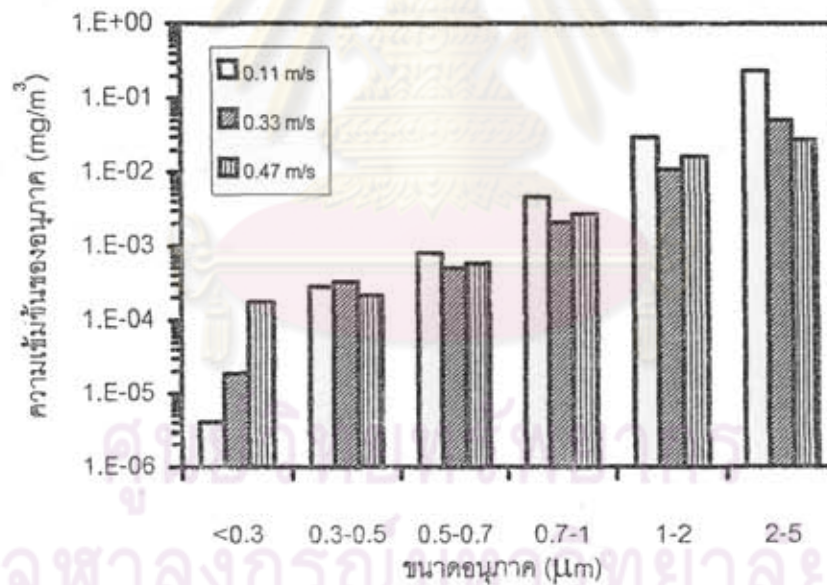
รูปที่ 7.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวตั้งสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆ มีแนวโน้มลดลง

รูปที่ 7.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมระดับ LOW ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวตั้งสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาค 2-5 ไมครอนลดลง ส่วนขนาดอนุภาคช่วงอื่นความเร็วลมในแนวตั้ง 0.33 เมตรต่อวินาทีจะมีความสามารถในการระบายอนุภาคออกจากห้องได้ดี

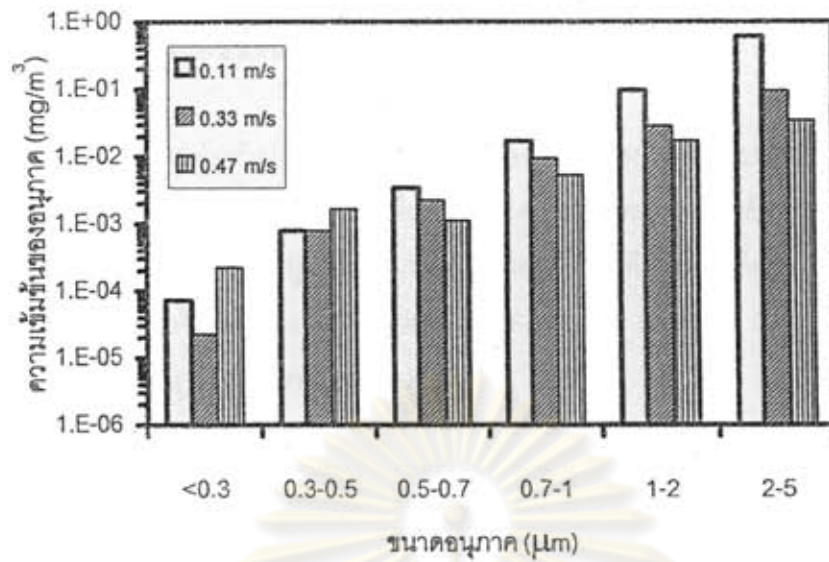
รูปที่ 7.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมระดับ HIGH ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวตั้งสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆ มีแนวโน้มลดลง



รูปที่ 7.12 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร



รูปที่ 7.13 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมระดับ LOW ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร



รูปที่ 7.14 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมระดับ HIGH ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องเมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

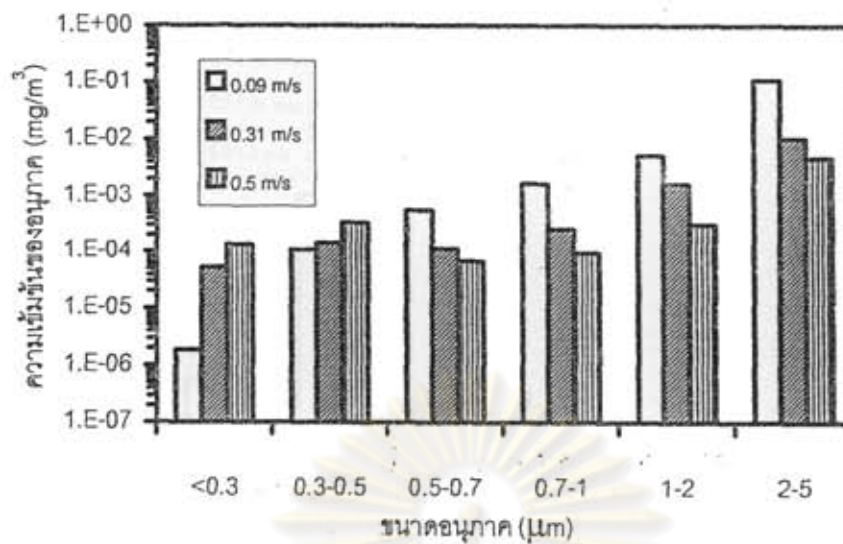
7.2.1.1.3 สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75 % ใกล้เคียงพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด
(พิจารณาความเข้มข้นของขนาดอนุภาคแต่ละช่วง)

ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ ในกรณีความสูงของผนังห้อง 2 เมตร สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% ใกล้เคียงพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด และความเร็วลมในแนวตั้งอยู่ในช่วง 0.1 – 0.5 เมตรต่อวินาที ในขณะที่ความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องเป็น 0 (Fan Off) 3.91 (Fan Low) และ 5.36 (Fan High) เมตรต่อวินาทีตามลำดับ ปรากฏว่าผลการทดลองเป็นดังนี้

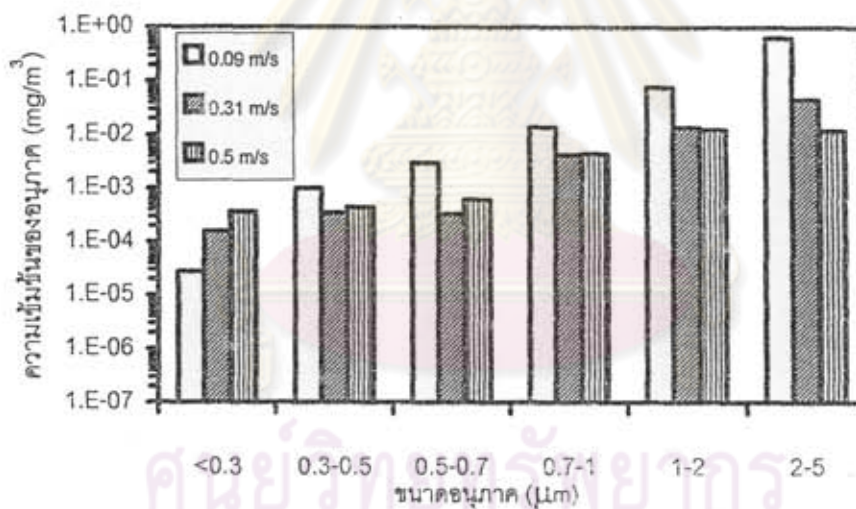
รูปที่ 7.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% ใกล้เคียงพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวตั้งสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงอนุภาคต่างๆ มีแนวโน้มลดลง

รูปที่ 7.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมระดับ LOW ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% ใกล้เคียงพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวตั้งสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆ มีแนวโน้มลดลง ส่วนขนาดอนุภาคช่วง 0.3-0.5 และ 0.5-0.7 ไมครอน ความเร็วลมในแนวตั้ง 0.31 เมตรต่อวินาทีจะมีความสามารถในการระบายอนุภาคออกจากห้องได้ดี

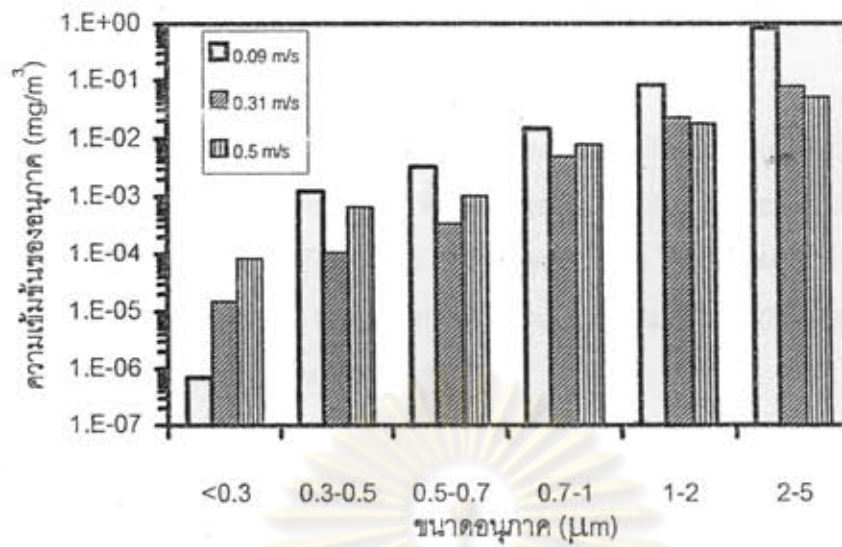
รูปที่ 7.17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมระดับ HIGH ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% ใกล้เคียงพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวตั้งสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วง 1-2 และ 2-5 ไมครอนลดลง ส่วนขนาดอนุภาคที่น้อยกว่า 0.3 ไมครอน และ 0.3-1 ไมครอน ความเร็วลมในแนวตั้ง 0.09 และ 0.31 เมตรต่อวินาทีจะมีความสามารถในการระบายอนุภาคออกจากห้องได้ดีตามลำดับ



รูปที่ 7.15 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โถงของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร



รูปที่ 7.16 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมระดับ LOW ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โถงของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร



รูปที่ 7.17 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมระดับ HIGH ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โถงของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

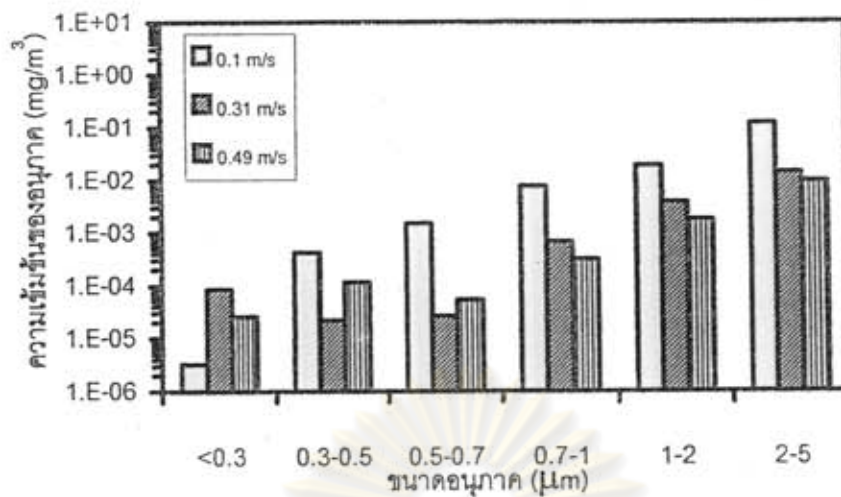
7.2.1.1.4 สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50 % ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด
(พิจารณาความเข้มข้นของขนาดอนุภาคแต่ละช่วง)

ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ ในกรณีความสูงของผนังห้อง 2 เมตร สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด และความเร็วลมในแนวตั้งอยู่ในช่วง 0.1 – 0.5 เมตรต่อวินาที ในขณะที่ความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องเป็น 0 (Fan Off) 3.91 (Fan Low) และ 5.36 (Fan High) เมตรต่อวินาทีตามลำดับ ปรากฏว่าผลการทดลองเป็นดังนี้

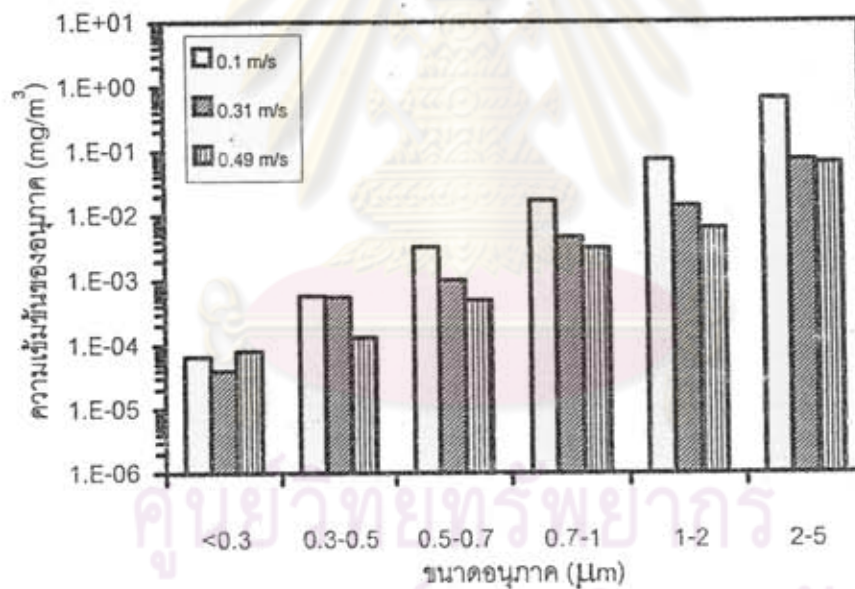
รูปที่ 7.18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวตั้งสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วง 1-2 ไมครอนลดลง ส่วนขนาดอนุภาคที่น้อยกว่า 0.3 ไมครอน และ 0.3-0.7 ไมครอน ความเร็วลมในแนวตั้ง 0.1 และ 0.31 เมตรต่อวินาทีที่มีความสามารถในการระบายอนุภาคออกจากห้องได้ดีตามลำดับ

รูปที่ 7.19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมระดับ LOW ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวตั้งสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆ มีแนวโน้มลดลง

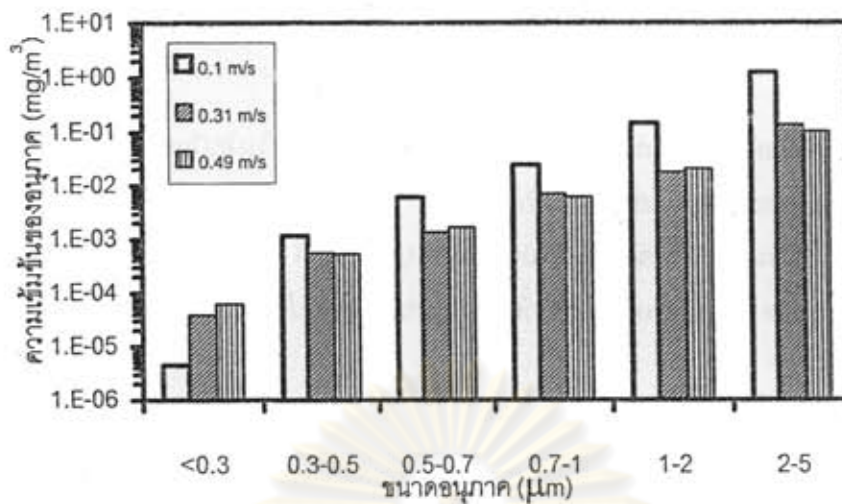
รูปที่ 7.20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมระดับ HIGH ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวตั้งสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆ มีแนวโน้มลดลง



รูปที่ 7.18 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีปิดพัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร



รูปที่ 7.19 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมระดับ LOW ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร



รูปที่ 7.20 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมระดับ HIGH ที่เป่ารบกวนกระแสน้ำอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7.2.1.1.5 พิจารณาความเข้มข้นรวมของอนุภาคทุกขนาด (ประสิทธิภาพการระบายอากาศ)

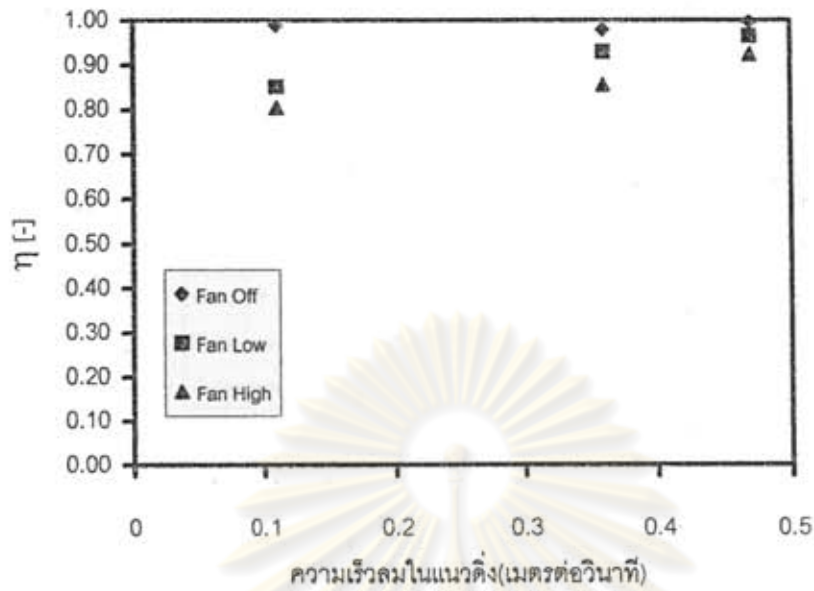
ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมในแนวดิ่ง ในกรณีความสูงของผนังห้อง 2 เมตร และความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องอยู่ในช่วง 0 (Fan Off) ถึง 5.36 (Fan High) เมตรต่อวินาที ในขณะที่สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงเป็น 100% , 75% โกล , 75% โกลล์ และ 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดตามลำดับ ปรากฏว่าผลการทดลองเป็นดังนี้

รูปที่ 7.21 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมในแนวดิ่ง กรณีสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวดิ่งมากขึ้น ประสิทธิภาพการระบายอากาศ โกลล์เดียวกันอยู่ระหว่าง 0.81-0.99 [-]

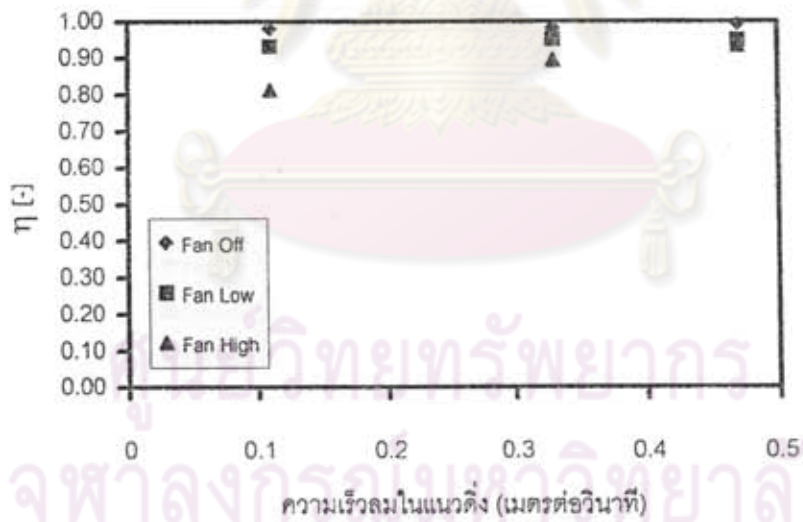
รูปที่ 7.22 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมในแนวดิ่งกรณีสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวดิ่งมากขึ้น ประสิทธิภาพการระบายอากาศจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โกลล์เดียวกันอยู่ระหว่าง 0.81-0.99 [-]

รูปที่ 7.23 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมในแนวดิ่งกรณีสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โกลล์ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวดิ่งมากขึ้น ประสิทธิภาพการระบายอากาศจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โกลล์เดียวกันอยู่ระหว่าง 0.80-0.99 [-]

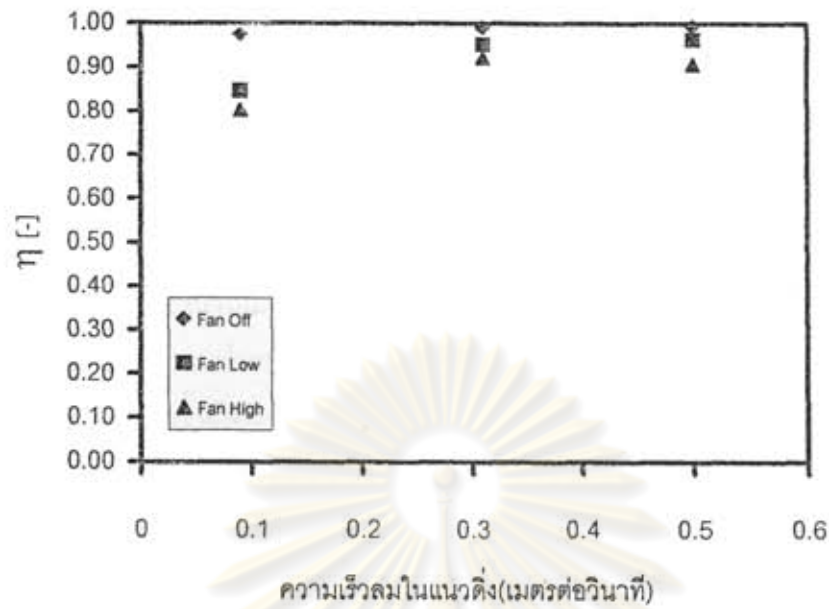
รูปที่ 7.24 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมในแนวดิ่งกรณีสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวดิ่งมากขึ้น ประสิทธิภาพการระบายอากาศจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โกลล์เดียวกันอยู่ระหว่าง 0.78-0.99 [-]



รูปที่ 7.21 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมในแนวตั้ง กรณีสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด เมื่อความสูงของผนังห้อง 2 เมตร



รูปที่ 7.22 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมในแนวตั้งกรณีสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด เมื่อความสูงของผนังห้อง 2 เมตร



รูปที่ 7.23 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมในแนวดิ่งกรณีสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% ใกล้เคียงพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด เมื่อความสูงของผนังห้อง 2 เมตร



รูปที่ 7.24 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมในแนวดิ่งกรณีสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด เมื่อความสูงของผนังห้อง 2 เมตร

จากรูปที่ 7.9-7.20 เมื่อพิจารณาความเข้มข้นของอนุภาคในแต่ละช่วงขนาด กล่าวคือ เมื่อความเร็วลมในแนวตั้งมากขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคขนาดใหญ่กว่า 1 ไมโครเมตรที่หนีออกจากด้านบนห้องจะมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากอากาศสามารถคงทิศทางการเคลื่อนที่ในแนวตั้ง ทำให้อนุภาคไปตามกระแสอากาศ ซึ่งสามารถพาอนุภาคออกจากห้องได้ดี อีกทั้งมีผลจากแรงเฉื่อย (Inertia Effect) และผลจากแรงโน้มถ่วง (Gravity Effect) เสริม ส่งผลให้อนุภาคที่กระจายขึ้นด้านบนได้น้อยลง ในทางตรงกันข้ามความเข้มข้นของอนุภาคขนาดเล็กกว่า 1 ไมโครเมตรที่หนีออกจากด้านบนห้อง จะมีแนวโน้มลดลงที่ความเร็วลมในแนวตั้งประมาณ 0.3 เมตรต่อวินาที และกลับมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นที่ความเร็วลมในแนวตั้งประมาณ 0.5 เมตรต่อวินาที ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อความเร็วลมในแนวตั้งเพิ่มขึ้นถึงระดับหนึ่ง ทำให้ความปั่นป่วนมากขึ้น(ค่าเรย์โนลด์ส์เพิ่มขึ้น) จะส่งผลให้อนุภาคที่กระจายขึ้นเป็นการเพิ่มปริมาณอนุภาคในอากาศ รวมทั้งอนุภาคขนาดเล็กนั้นจะไม่ไหลไปตามกระแสอากาศ เพราะอนุภาคเกิดการเบียดกับโมเลกุลของอากาศรอบๆตัวมัน ทำให้อนุภาคเกิดการเคลื่อนที่แบบบราวเนียนซึ่งเป็นผลมาจากอิทธิพลการแพร่ (Diffusion Effect)

จากรูปที่ 7.21-7.24 เมื่อพิจารณาความเข้มข้นรวมของอนุภาคทุกขนาด เมื่อความเร็วลมในแนวตั้งมากขึ้น ประสิทธิภาพการระบายอากาศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ยกเว้นกรณีปิดพัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง ประสิทธิภาพการระบายอากาศค่อนข้างคงที่ ทั้งนี้เนื่องจากอากาศสามารถคงทิศทางการเคลื่อนที่ในแนวตั้ง ทำให้อนุภาคไปตามกระแสอากาศ ซึ่งสามารถพาอนุภาคออกจากห้องได้ดี โดยอาศัยหลักการอากาศใหม่จะกำจัดอนุภาคที่มีอยู่ในอากาศเก่าภายในห้อง นอกจากนี้ยังพบว่า เมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องเพิ่มขึ้นกรณีความเร็วลมในแนวตั้งคงที่ ประสิทธิภาพการระบายอากาศลดลง เป็นผลเนื่องมาจากความเร็วลมที่เป่าเข้ามาภายในห้อง ทำให้อากาศไหลปั่นป่วนขึ้น ความเร็วลมในแนวตั้งไม่สามารถคงทิศทางการเคลื่อนที่ได้ ทำให้อนุภาคแพร่กระจายออกไปจากทิศทางการไหลของอากาศ ส่งผลให้อนุภาคที่กระจายขึ้น ซึ่งเป็นการเพิ่มปริมาณฝุ่นในอากาศ

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7.2.1.2 กรณีความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร

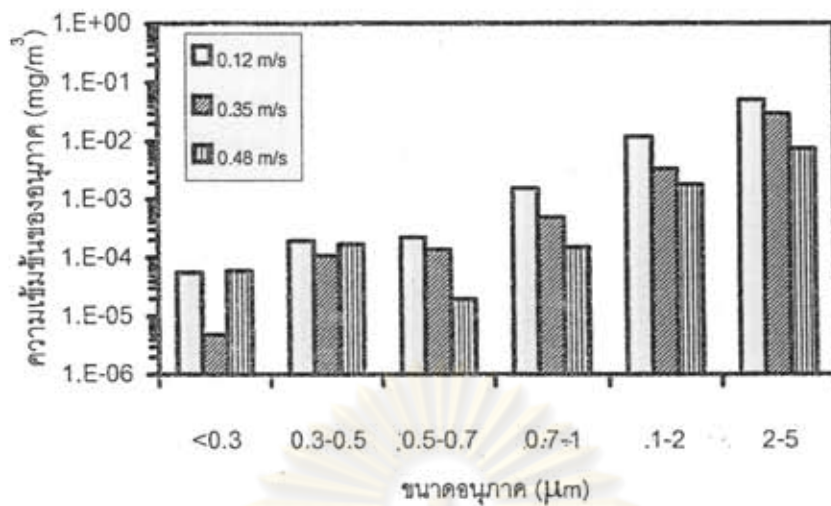
7.2.1.2.1 สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100 % ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด (พิจารณาความเข้มข้นของขนาดอนุภาคแต่ละช่วง)

ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ ในกรณีที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด และความเร็วลมในแนวดิ่งอยู่ในช่วง 0.1 – 0.5 เมตรต่อวินาที ในขณะที่ความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องเป็น 0 (Fan Off) 3.91 (Fan Low) และ 5.36 (Fan High) เมตรต่อวินาทีตามลำดับ ปรากฏว่าผลการทดลองเป็นดังนี้

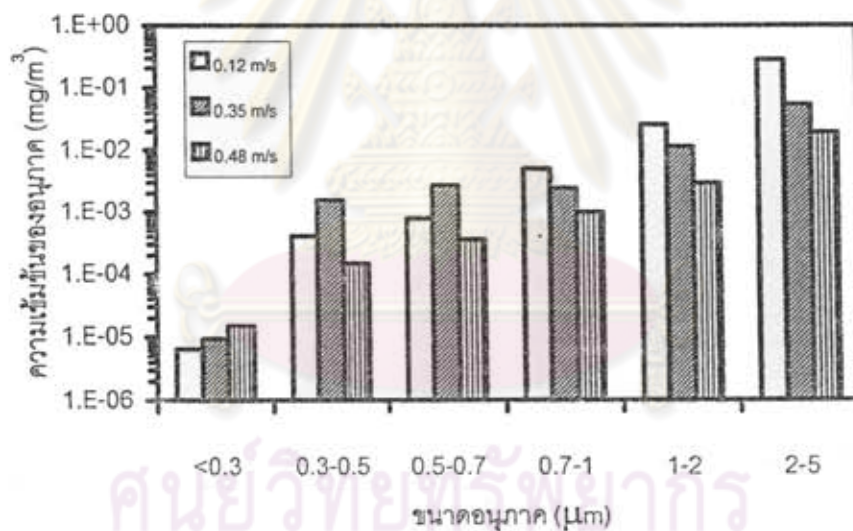
รูปที่ 7.25 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวดิ่งสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆ มีแนวโน้มลดลง แต่ก็มีขนาดอนุภาค 0.3-0.5 และ น้อยกว่า 3 ไมครอนที่ความเร็วลมในแนวดิ่งเท่ากับ 0.35 เมตรต่อวินาทีที่มีความสามารถในการระบายอนุภาคออกจากห้องได้ดี

รูปที่ 7.26 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมระดับ LOW ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวดิ่งสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วง 0.7-5 ไมครอนจะลดลง ส่วนขนาดอนุภาคน้อยกว่า 0.3 ไมครอนความเร็วลมในแนวดิ่ง 0.12 เมตรต่อวินาทีจะมีความสามารถในการระบายอนุภาคออกจากห้องได้ดี

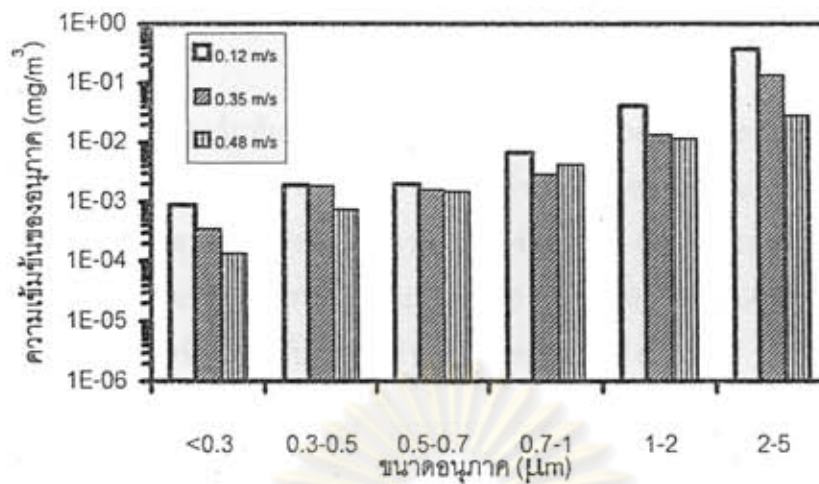
รูปที่ 7.27 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมระดับ HIGH ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวดิ่งสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆ ลดลง



รูปที่ 7.25 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร



รูปที่ 7.26 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมระดับ LOW ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร



รูปที่ 7.27 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมระดับ HIGH ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7.2.1.2.2 สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง %75ไกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด
(พิจารณาความเข้มข้นของขนาดอนุภาคแต่ละช่วง)

ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ ในกรณีที่มีความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75%ไกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด และความเร็วลมในแนวดิ่งอยู่ในช่วง 0.1 – 0.5 เมตรต่อวินาที ในขณะที่ความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องเป็น 0 (Fan Off) 3.91 (Fan Low) และ 5.36 (Fan High) เมตรต่อวินาทีตามลำดับ ปรากฏว่าผลการทดลองเป็นดังนี้

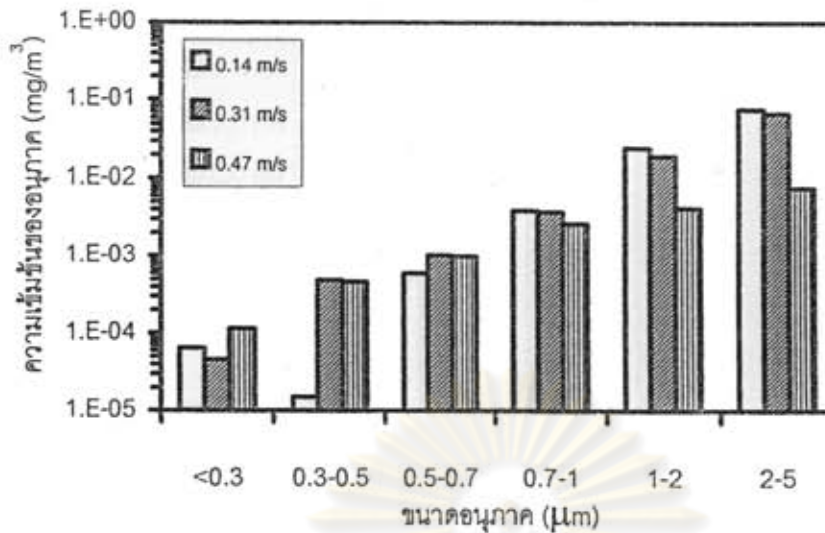
รูปที่ 7.28 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆกรณีเปิดพัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75%ไกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวดิ่งสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วง 0.7-5 ไมครอนลดลง ส่วนขนาดอนุภาค 0.3-0.7 ไมครอนความเร็วลมในแนวดิ่ง 0.14 เมตรต่อวินาทีที่มีความสามารถในการระบายอนุภาคออกจากห้องได้ดี

รูปที่ 7.29 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆกรณีเปิดพัดลมระดับ LOW ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75%ไกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวดิ่งสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาค 1-5 ไมครอนลดลง ขนาดอนุภาคในช่วง 0.3-0.7 ไมครอนความเร็วลมในแนวดิ่ง 0.14 เมตรต่อวินาทีที่มีความสามารถในการระบายอนุภาคออกจากห้องได้ดี และขนาดอนุภาคในช่วงน้อยกว่า 0.3 และ 0.7-1 ไมครอนความเร็วลมในแนวดิ่ง 0.31 เมตรต่อวินาทีที่มีความสามารถในการระบายอนุภาคออกจากห้องได้ดี

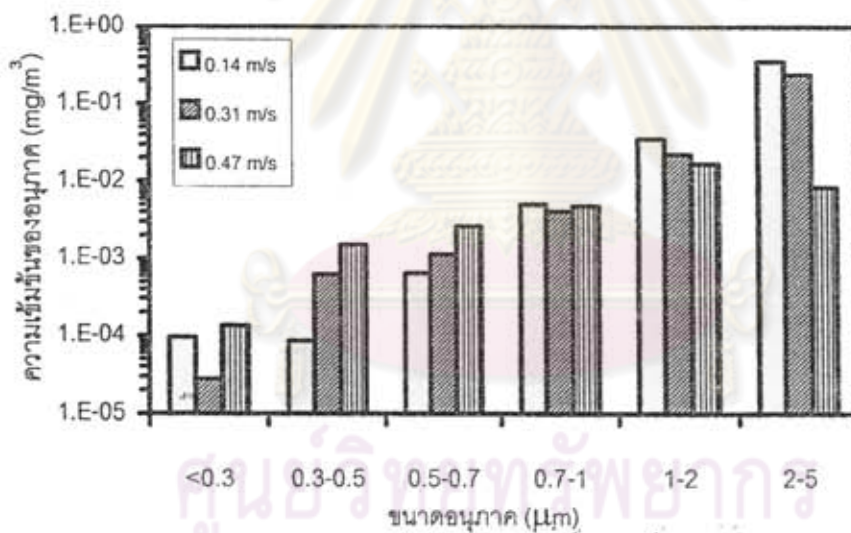
รูปที่ 7.30 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคในช่วงต่าง ๆ กรณีเปิดพัดลมระดับ HIGH ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวตั้งสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาค 0.7-5 ไมครอนมีค่าลดลง ส่วนอนุภาคขนาด 0.3-0.7 ไมครอนความเร็วลมในแนวตั้ง 0.14 เมตรต่อวินาทีที่มีความสามารถในการระบายอนุภาคออกจากห้องได้ดี



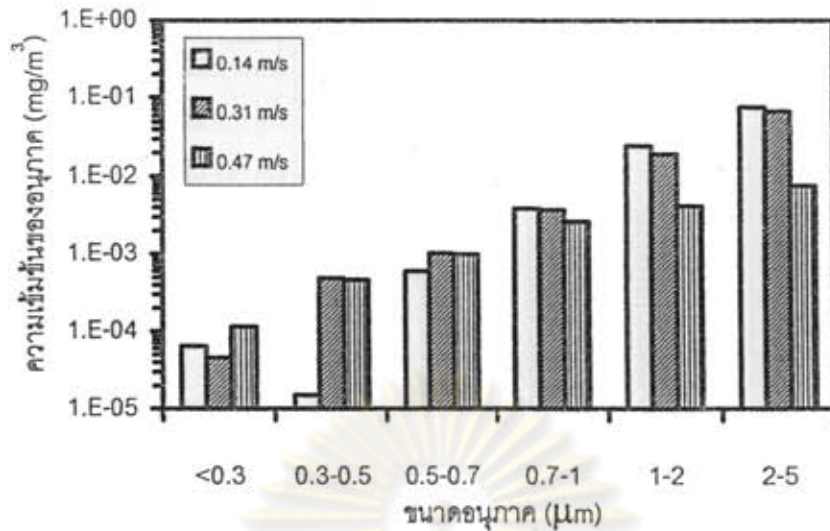
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



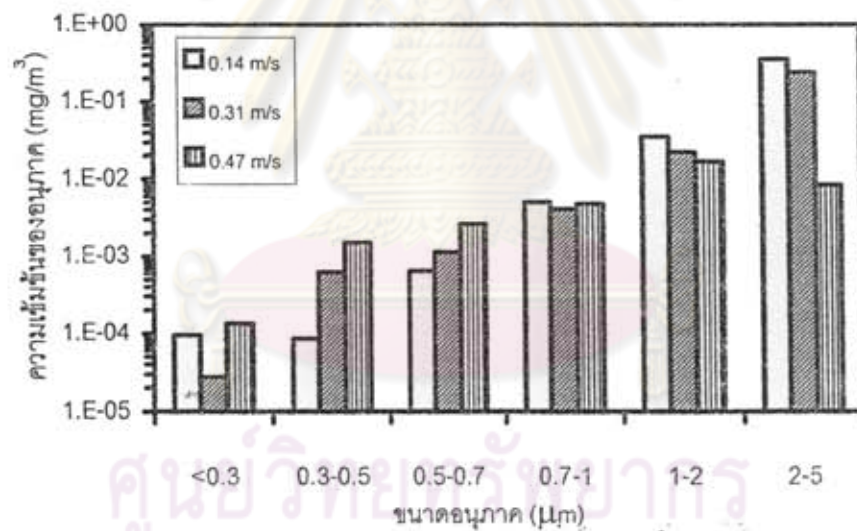
รูปที่ 7.28 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมที่เป่ารอบวงกระแสนอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร



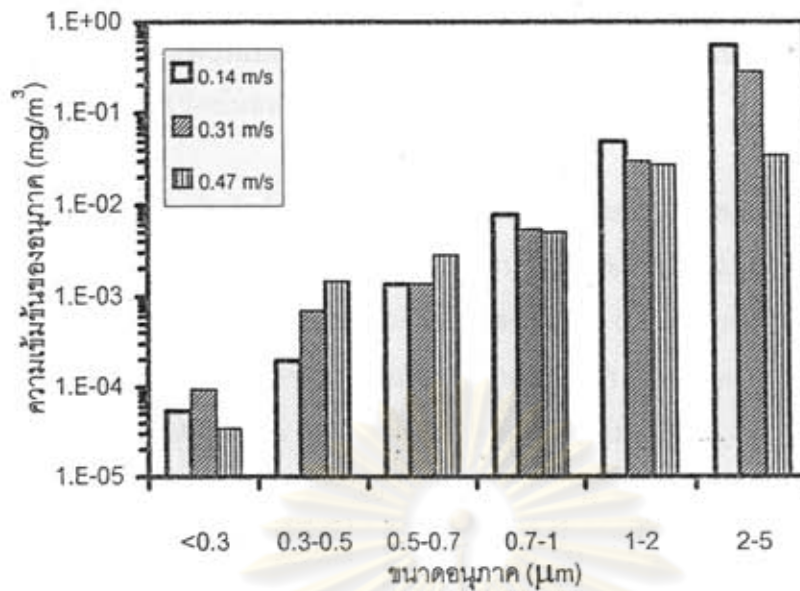
รูปที่ 7.29 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมระดับ LOW ที่เป่ารอบวงกระแสนอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร



รูปที่ 7.28 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร



รูปที่ 7.29 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมระดับ LOW ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร



รูปที่ 7.30 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมระดับ HIGH ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% ไกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

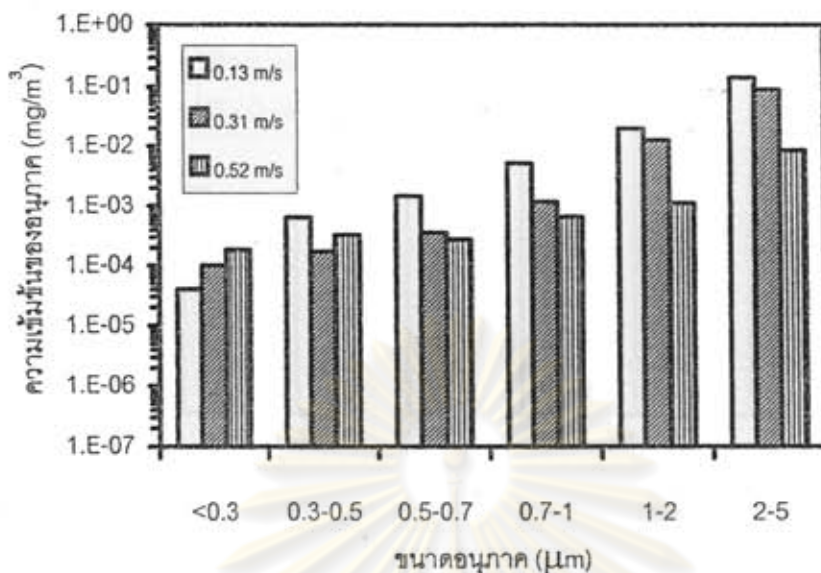
7.2.1.2.3 สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75 % โถงของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด (พิจารณาความเข้มข้นของขนาดอนุภาคแต่ละช่วง)

ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ ในกรณีที่มีความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โถงของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด และความเร็วลมในแนวตั้งอยู่ในช่วง 0.1 – 0.5 เมตรต่อวินาที ในขณะที่ความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องเป็น 0(Fan Off) 3.91(Fan Low) และ 5.36 (Fan High) เมตรต่อวินาทีตามลำดับ ปรากฏว่าผลการทดลองเป็นดังนี้

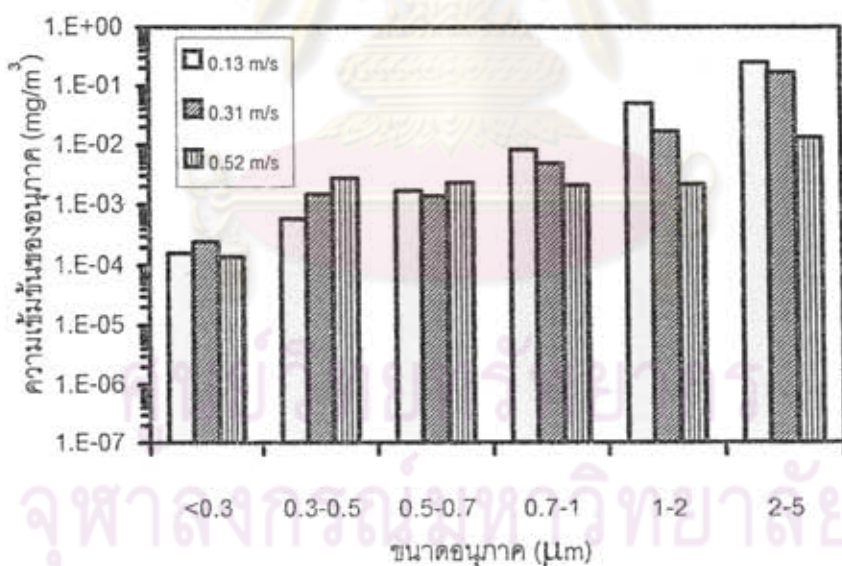
รูปที่ 7.31 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆกรณีเปิดพัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โถงของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวตั้งสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงอนุภาคต่างๆมีแนวโน้มลดลง

รูปที่ 7.32 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆกรณีเปิดพัดลมระดับ LOW ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โถงของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวตั้งสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาค 0.7-2 ไมครอนมีค่าลดลง ส่วนขนาดอนุภาคช่วง 0.5-0.7 ความเร็วลมในแนวตั้ง 0.31 เมตรต่อวินาทีจะมีความสามารถในการระบายอนุภาคออกจากห้องได้ดี

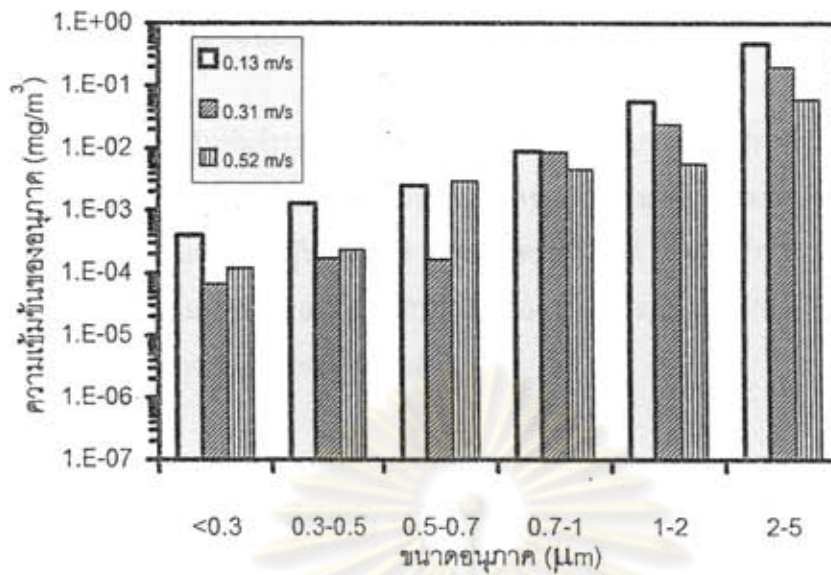
รูปที่ 7.33 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆกรณีเปิดพัดลมระดับ HIGH ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โถงของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวตั้งสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วง 0.7-5 ไมครอนมีค่าลดลง ส่วนขนาดอนุภาคที่น้อยกว่า 0.3 ถึง 0.7 ไมครอน ความเร็วลมในแนวตั้ง 0.31 เมตรต่อวินาทีจะมีความสามารถในการระบายอนุภาคออกจากห้องได้ดี



รูปที่ 7.31 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีปิดพัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% ใกล้เคียงพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร



รูปที่ 7.32 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมระดับ LOW ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% ใกล้เคียงพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร



รูปที่ 7.33 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีเปิดพัดลมระดับ HIGH ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% ไกลซ์ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

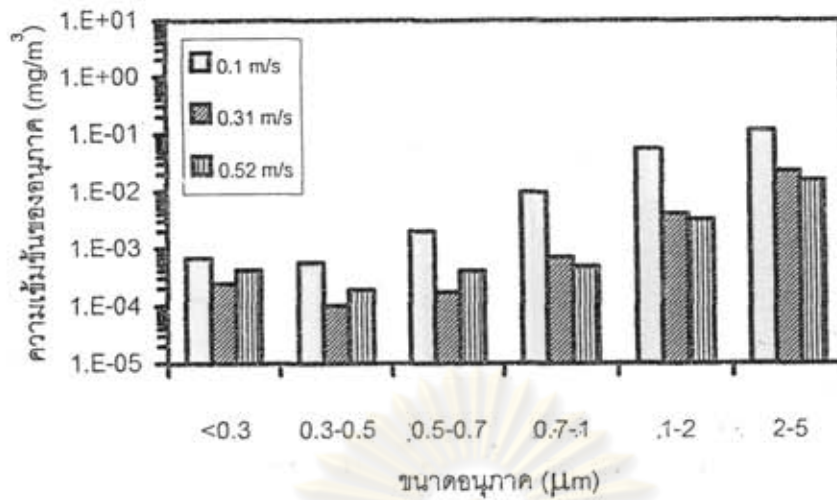
7.2.1.2.4 สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50 %ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด
(พิจารณาความเข้มข้นของขนาดอนุภาคแต่ละช่วง)

ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ ในกรณีที่มีความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50%ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด และความเร็วลมในแนวตั้งอยู่ในช่วง 0.1 – 0.5 เมตรต่อวินาที ในขณะที่ความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องเป็น 0 (Fan Off) 3.91 (Fan Low) และ 5.36 (Fan High) เมตรต่อวินาทีตามลำดับ ปรากฏว่าผลการทดลองเป็นดังนี้

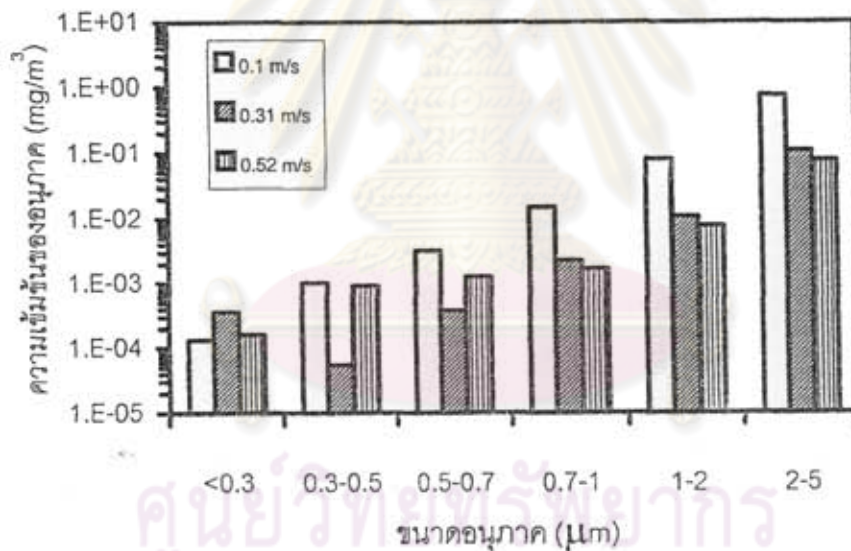
รูปที่ 7.34 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆกรณีเปิดพัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50%ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวตั้งสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วง 0.7-5 ไมครอนมีค่าลดลง ส่วนขนาดอนุภาคที่น้อยกว่า 0.3 ถึง 0.7 ไมครอน ความเร็วลมในแนว 0.31 เมตรต่อวินาทีที่มีความสามารถในการระบายอนุภาคออกจากห้องได้ดี

รูปที่ 7.35 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆกรณีเปิดพัดลมระดับ LOW ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50%ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวตั้งสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาค 0.7- 5 ไมครอนมีค่าลดลง ส่วนขนาดอนุภาค 0.3-0.7 ไมครอนและน้อยกว่า 0.3 ไมครอน ความเร็วลมในแนวตั้ง 0.31 และ 0.1 เมตรต่อวินาทีที่มีความสามารถในการระบายอนุภาคออกจากห้องได้ดีตามลำดับ

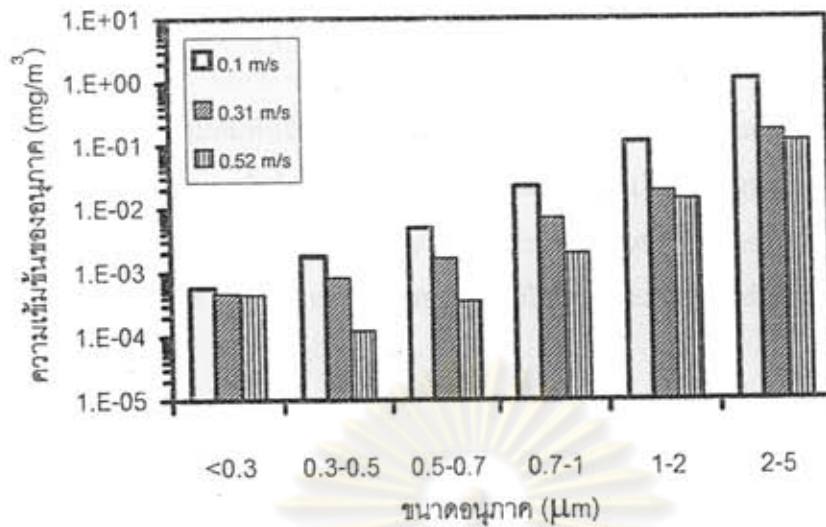
รูปที่ 7.36 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆกรณีเปิดพัดลมระดับ HIGH ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50%ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวตั้งสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆมีแนวโน้มลดลง



รูปที่ 7.34 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆกรณีเปิดพัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร



รูปที่ 7.35 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆกรณีเปิดพัดลมระดับ LOW ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร



รูปที่ 7.36 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆกรณีเปิดพัดลมระดับ HIGH ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7.2.1.2.5 พิจารณาความเข้มข้นรวมของอนุภาคทุกขนาด (ประสิทธิภาพการระบายอากาศ)

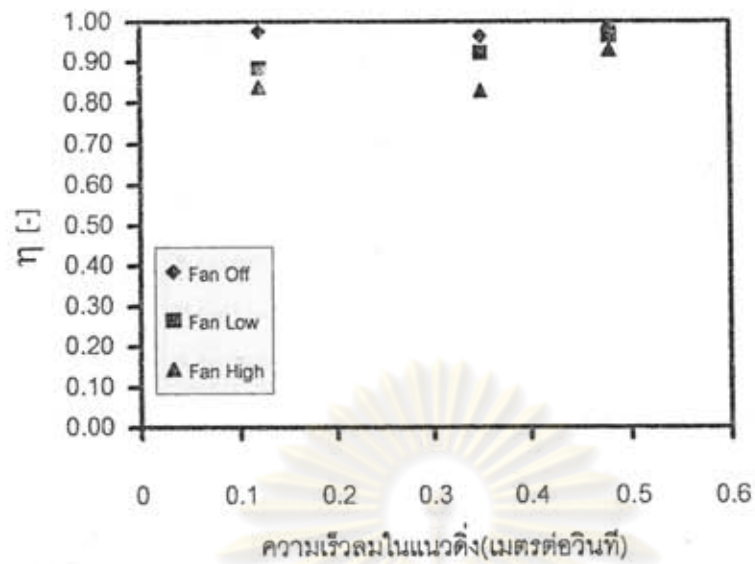
ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมในแนวดิ่ง ในกรณีความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร และความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องอยู่ในช่วง 0 (Fan Off) ถึง 5.36 (Fan High) เมตรต่อวินาที ในขณะที่สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงเป็น 100 , 75 โกล , 75 โกลล์ และ 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดตามลำดับ ปรากฏว่าผลการทดลองเป็นดังนี้

รูปที่ 7.37 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมในแนวดิ่งกรณีสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวดิ่งมากขึ้น ประสิทธิภาพการระบายอากาศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โกลล์เดียวกันอยู่ระหว่าง 0.96-0.99 [-]

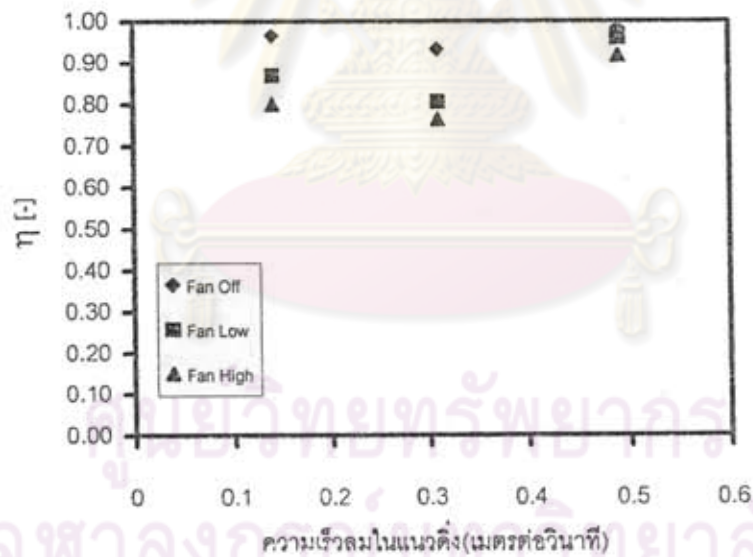
รูปที่ 7.38 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมในแนวดิ่งกรณีสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โกลล์ ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวดิ่งมากขึ้น ประสิทธิภาพการระบายอากาศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โกลล์เดียวกันอยู่ระหว่าง 0.93-0.98 [-]

รูปที่ 7.39 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมในแนวดิ่งกรณีสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โกลล์ ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวดิ่งมากขึ้น ประสิทธิภาพการระบายอากาศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โกลล์เดียวกันอยู่ระหว่าง 0.93-0.99 [-]

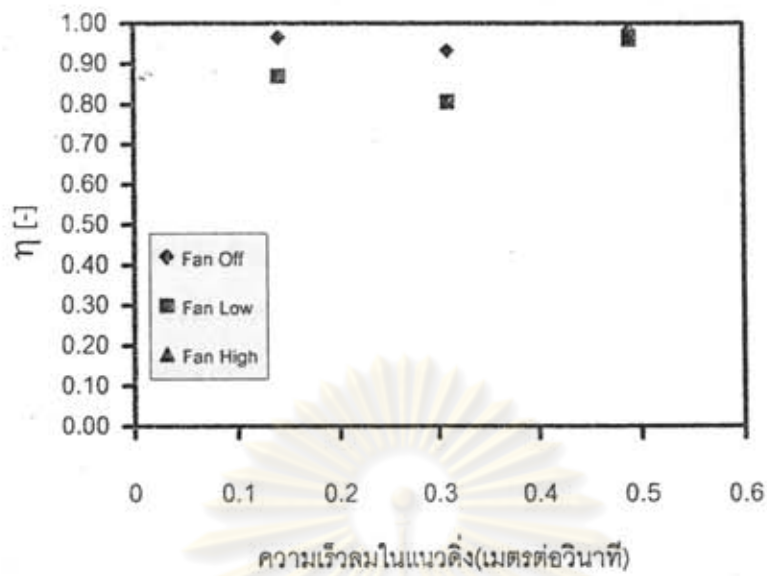
รูปที่ 7.40 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมในแนวดิ่งกรณีสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวดิ่งมากขึ้น ประสิทธิภาพการระบายอากาศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โกลล์เดียวกันอยู่ระหว่าง 0.97-0.99 [-]



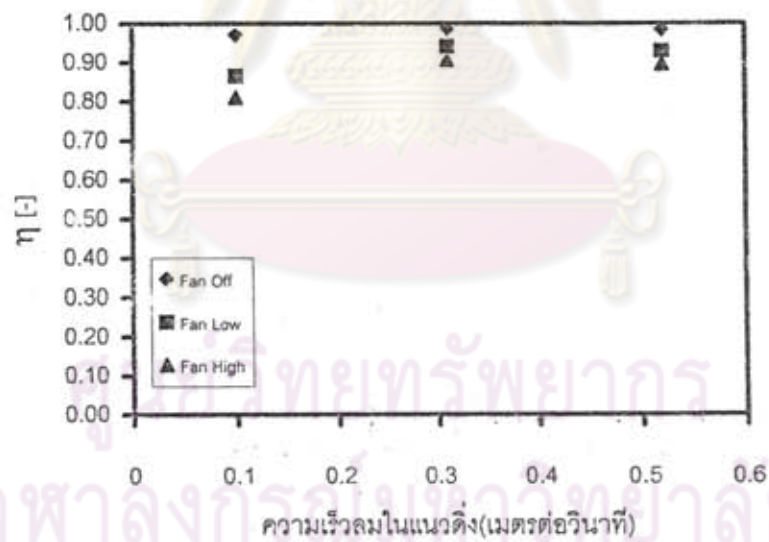
รูปที่ 7.37 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมในแนวตั้งกรณีสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด เมื่อความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร



รูปที่ 7.38 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมในแนวตั้งกรณีสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด เมื่อความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร



รูปที่ 7.39 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมในแนวตั้งกรณีสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% ใกล้ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด เมื่อความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร



รูปที่ 7.40 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมในแนวตั้งกรณีสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด เมื่อความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร

จากรูปที่ 7.25-7.36 เมื่อพิจารณาความเข้มข้นของอนุภาคในแต่ละช่วงขนาดกล่าวคือ เมื่อความเร็วลมในแนวตั้งมากขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่า 1 ไมโครเมตรที่หนีออกจากด้านบนห้องจะมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากอากาศสามารถคงทิศทางการเคลื่อนที่ในแนวตั้ง ทำให้อนุภาคไปตามกระแสอากาศ ซึ่งสามารถพาอนุภาคลงสู่ด้านล่างได้ดี อีกทั้งมีผลจากแรงเฉื่อย (Inertia Effect) และผลจากแรงโน้มถ่วง (Gravity Effect) เสริมส่งผลให้อนุภาคที่กระจายขึ้นด้านบนได้น้อย ในทางตรงกันข้ามความเข้มข้นของอนุภาคขนาดเล็กกว่า 1 ไมโครเมตรที่หนีออกจากด้านบนห้อง จะมีแนวโน้มลดลงที่ความเร็วลมในแนวตั้งประมาณ 0.3 เมตรต่อวินาที และกลับเพิ่มขึ้นที่ความเร็วลมในแนวตั้งประมาณ 0.5 เมตรต่อวินาที ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อความเร็วลมในแนวตั้งเพิ่มขึ้นถึงระดับหนึ่ง ทำให้ความปั่นป่วนมากขึ้น(ค่าเรย์โนลด์ส์เพิ่มขึ้น) จะส่งผลให้อนุภาคที่กระจายขึ้นเป็นการเพิ่มปริมาณอนุภาคในอากาศ รวมทั้งอนุภาคขนาดเล็กนั้นจะไม่ไหลไปตามกระแสอากาศ เพราะอนุภาคเกิดการเบียดกับโมเลกุลของอากาศรอบๆตัวมัน ทำให้อนุภาคเกิดการเคลื่อนที่แบบบราวเนียนซึ่งเป็นผลมาจากอิทธิพลการแพร่(Diffusion Effect)

จากรูปที่ 7.37-7.40 เมื่อพิจารณาความเข้มข้นรวมของอนุภาคทุกขนาด เมื่อความเร็วลมในแนวตั้งมากขึ้น ประสิทธิภาพการระบายอากาศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ยกเว้นกรณีปิดพัดลมที่เป่ารอบวงกระแสอากาศภายในห้อง ประสิทธิภาพการระบายอากาศค่อนข้างคงที่ ทั้งนี้เนื่องจากอากาศสามารถคงทิศทางการเคลื่อนที่ในแนวตั้ง ทำให้อนุภาคไปตามกระแสอากาศซึ่งสามารถพาอนุภาคออกจากห้องได้ดี โดยอาศัยหลักการอากาศใหม่จะกำจัดอนุภาคที่มีอยู่ในอากาศเก่าภายในห้อง นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารอบวงกระแสอากาศภายในห้องเพิ่มขึ้นกรณีความเร็วลมในแนวตั้งคงที่ ประสิทธิภาพการระบายอากาศลดลง เป็นผลเนื่องมาจากความเร็วลมที่เป่าเข้ามาภายในห้องทำให้อากาศไหลปั่นป่วน ส่งผลให้ความเร็วลมในแนวตั้งไม่สามารถคงทิศทางการเคลื่อนที่ได้ อนุภาคจะแพร่กระจายออกไปจากทิศทางการไหลของอากาศส่งผลให้อนุภาคที่กระจายขึ้น ซึ่งเป็นการเพิ่มปริมาณฝุ่นในอากาศ

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7.2.1.3 เปรียบเทียบความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร และ 2 เมตร

การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการระบายอากาศระหว่างความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร และ 2 เมตร ความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องอยู่ในช่วง 0 (Fan Off) ถึง 5.36 (Fan High) เมตรต่อวินาที ในขณะที่สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงเป็น 100 , 75 โกล , 75 โกลล์ และ 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดตามลำดับ ปรากฏว่าผลการทดลองเป็นดังนี้

รูปที่ 7.41 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมในแนวตั้ง กรณีสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวตั้งมากขึ้น ประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตรจะมีแนวโน้มต่ำกว่าประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตรเล็กน้อย (0.98-1.00) ในกรณีปิดพัดลมรบกวนกระแสอากาศภายในห้อง แต่ในกรณีเปิดพัดลมรบกวนกระแสอากาศภายในห้องจะมีแนวโน้มต่ำกว่าชัดเจนมากขึ้น (0.80-0.96)

รูปที่ 7.42 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมในแนวตั้ง กรณีสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โกล ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวตั้งมากขึ้น ประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตรจะมีแนวโน้มต่ำกว่าประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตรเล็กน้อย (0.93-0.99) ในกรณีปิดพัดลมรบกวนกระแสอากาศภายในห้อง แต่ในกรณีเปิดพัดลมรบกวนกระแสอากาศภายในห้องจะมีแนวโน้มต่ำกว่าชัดเจนมากขึ้น (0.77-0.96)

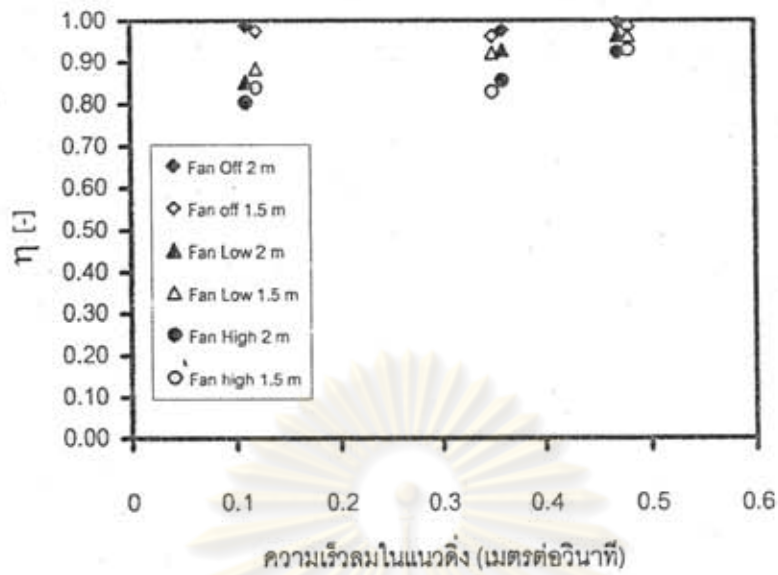
รูปที่ 7.43 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมในแนวตั้งกรณีสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โกลล์ ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวตั้งมากขึ้น ประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตรจะมีแนวโน้มต่ำกว่าประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตรเล็กน้อย (0.93-0.99) ในกรณีปิดพัดลมรบกวนกระแสอากาศภายในห้อง แต่ในกรณีเปิดพัดลมรบกวนกระแสอากาศภายในห้องจะมีแนวโน้มต่ำกว่าชัดเจนมากขึ้น (0.80-0.97)

รูปที่ 7.44 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมในแนวตั้งกรณีสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวตั้งมากขึ้น ประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตรจะมีแนวโน้มต่ำกว่าประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตรเล็กน้อย (0.97-0.99) ในกรณีปิดพัดลมระบายอากาศภายในห้อง แต่ในกรณีเปิดพัดลมระบายอากาศภายในห้องจะมีแนวโน้มต่ำกว่าชัดเจนมากขึ้น (0.78-0.96)

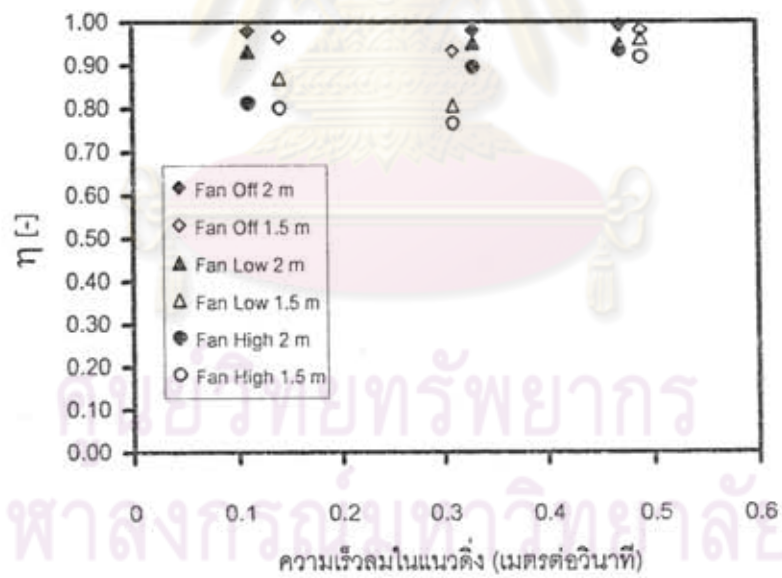
อนึ่งเมื่อความเร็วลมในแนวตั้งมากขึ้น ประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตรจะมีแนวโน้มต่ำกว่าประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร เนื่องจากเมื่อความสูงของผนังห้องน้อยลงโอกาสที่อนุภาคฝุ่นออกจากด้านบนห้องจะมากขึ้น



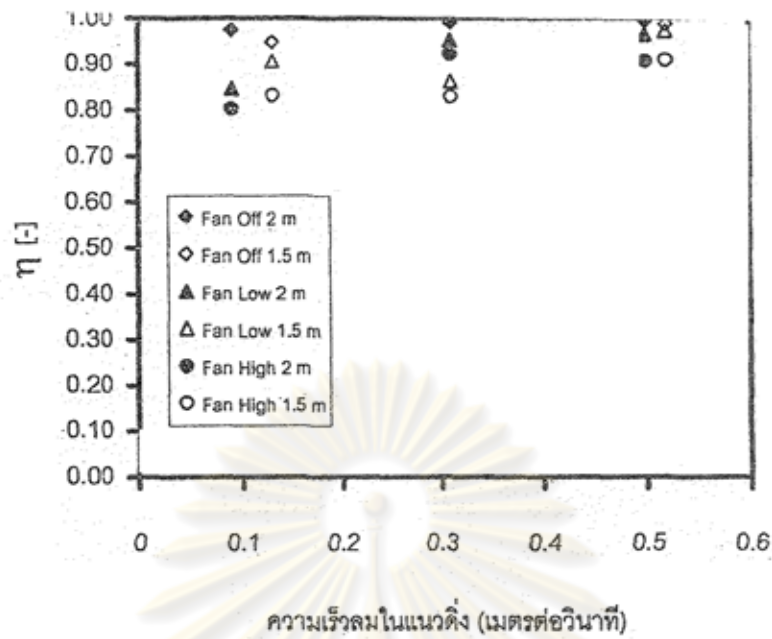
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



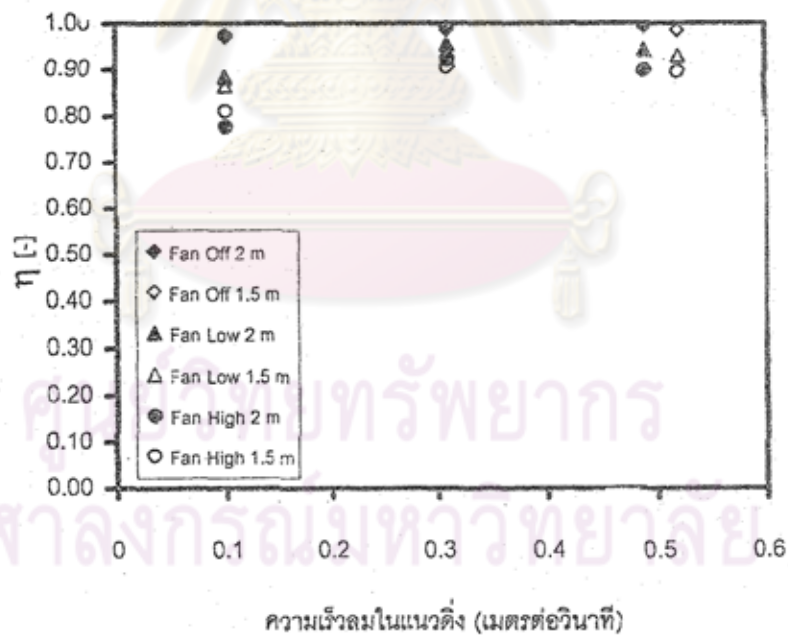
รูปที่ 7.41 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมในแนวตั้ง กรณีสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด



รูปที่ 7.42 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมในแนวตั้ง กรณีสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% ไกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด



รูปที่ 7.43 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมในแนวตั้ง กรณีสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% ใกล้เคียงของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด



รูปที่ 7.44 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมในแนวตั้ง กรณีสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50% ใกล้เคียงของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด

7.2.2 อิทธิพลของความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสน้ำอากาศภายในห้อง

7.2.2.1 กรณีความสูงของผนังห้อง 2 เมตร

7.2.2.1.1 สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100 % ของพื้นที่หน้าต่างทั้งหมด (พิจารณาความเข้มข้นของขนาดอนุภาคแต่ละช่วง)

ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ ในกรณีที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าต่างทั้งหมด และความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสน้ำอากาศภายในห้องอยู่ในช่วง 0 (Fan Off) ถึง 5.36 (Fan High) เมตรต่อวินาที ในขณะที่ความเร็วลมในแนวตั้ง 0.11, 0.36 และ 0.47 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ ปรากฏว่าผลการทดลองเป็นดังนี้

รูปที่ 7.45 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.11 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าต่างทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสน้ำอากาศภายในห้องสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

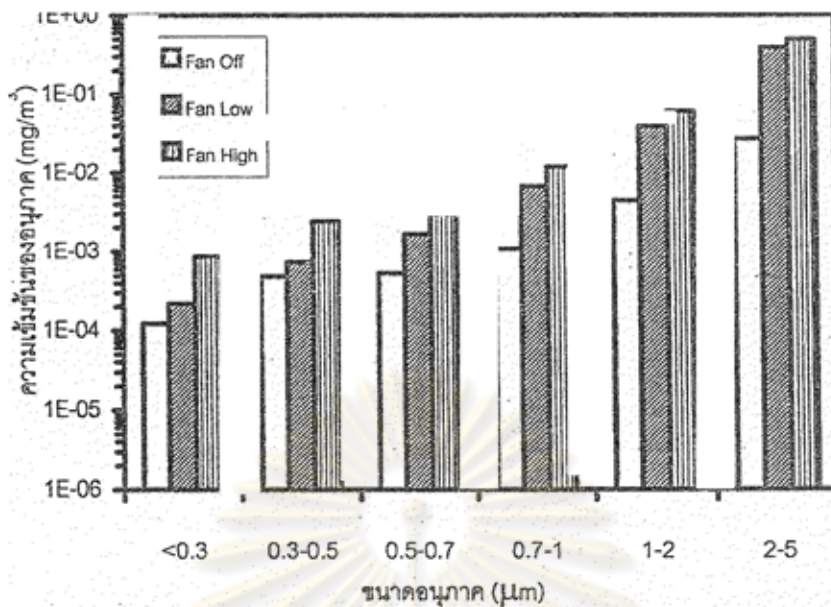
รูปที่ 7.46 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.36 เมตรต่อวินาที ที่สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าต่างทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสน้ำอากาศภายในห้องสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

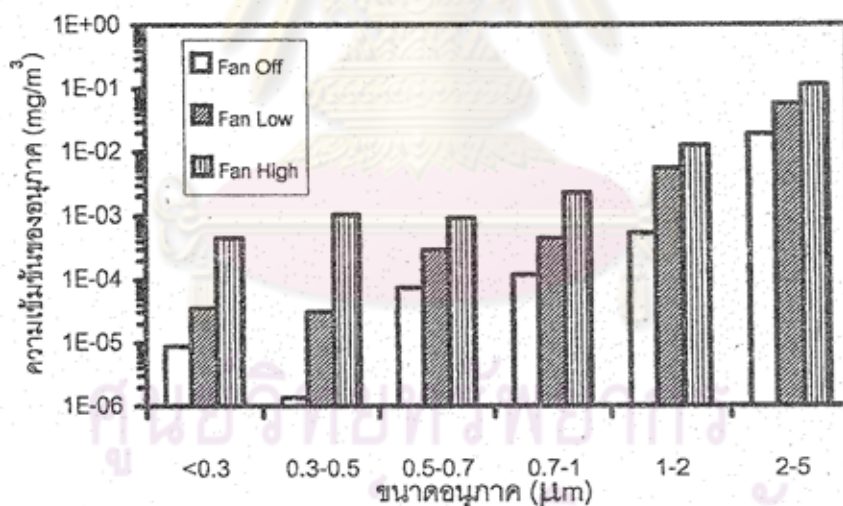
รูปที่ 7.47 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.47 เมตรต่อวินาที ที่สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวน กระแสอากาศภายในห้องสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น



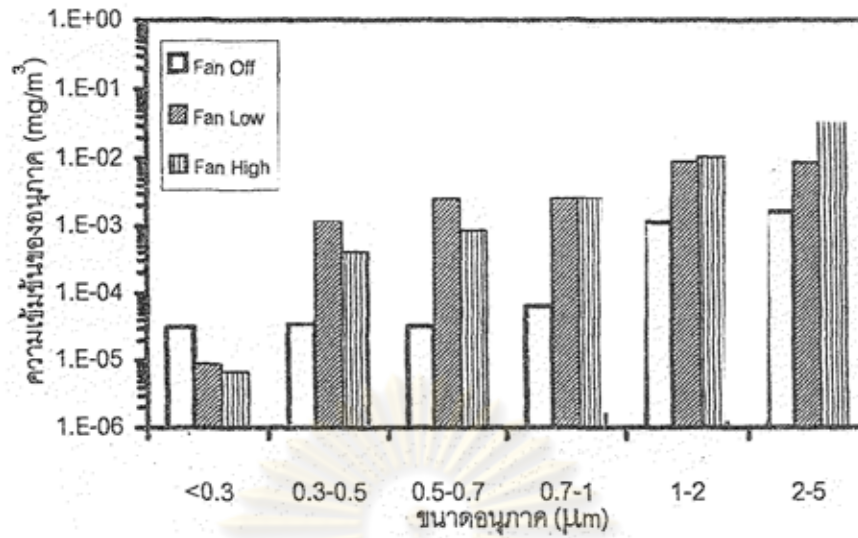
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 7.45 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.11 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร



รูปที่ 7.46 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.36 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร



รูปที่ 7.47 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.47 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

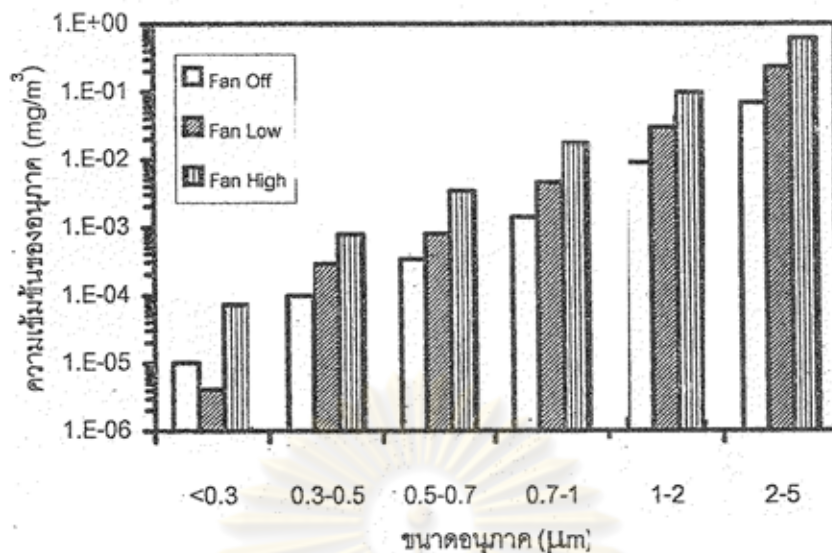
7.2.2.1.2 สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75 % โกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด
(พิจารณาความเข้มข้นของขนาดอนุภาคแต่ละช่วง)

ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ ในกรณีที่มีความสูงของผนังห้อง 2 เมตร สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด และความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องอยู่ในช่วง 0 (Fan Off) ถึง 5.36 (Fan High) เมตรต่อวินาที ในขณะที่ความเร็วลมในแนวตั้ง 0.11, 0.33 และ 0.47 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ ปรากฏว่าผลการทดลองเป็นดังนี้

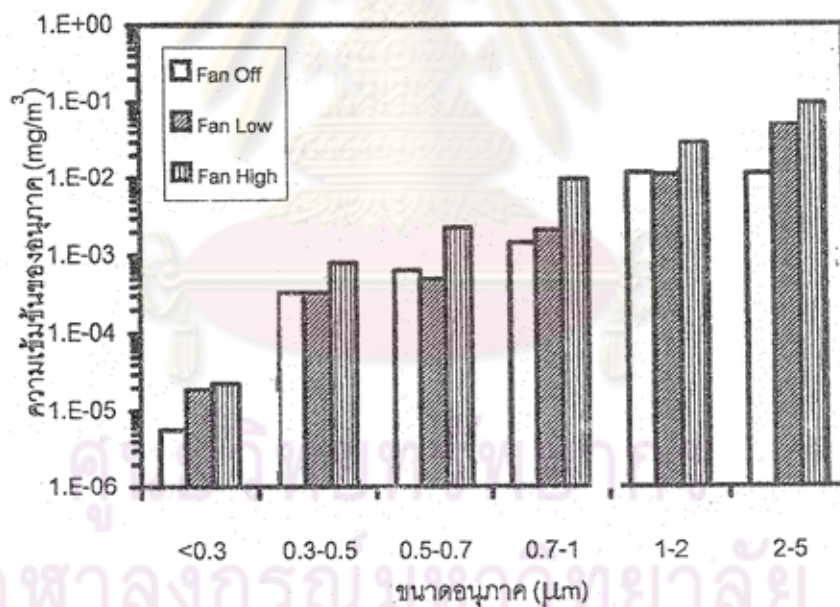
รูปที่ 7.48 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.11 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

รูปที่ 7.49 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.33 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆ เพิ่มขึ้น

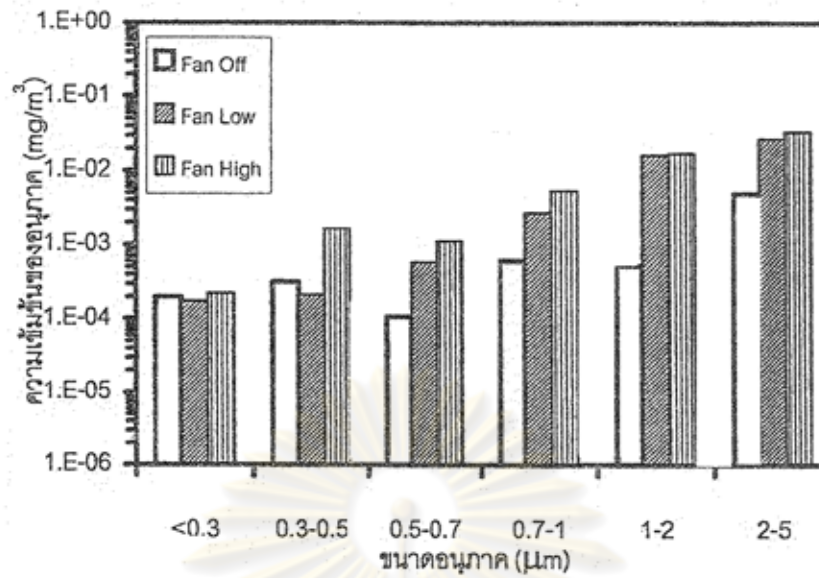
รูปที่ 7.50 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.47 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น



รูปที่ 7.48 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวดิ่ง 0.11 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร



รูปที่ 7.49 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวดิ่ง 0.33 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร



รูปที่ 7.50 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวดิ่ง 0.47 เมตรต่อวินาที เมื่อลดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

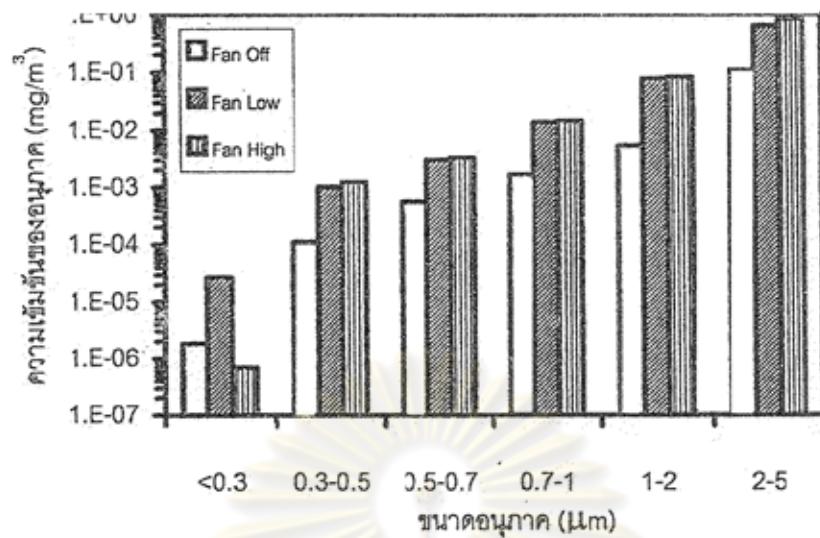
7.2.2.1.3 สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75 % ใกล้เคียงพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด (พิจารณาความเข้มข้นของขนาดอนุภาคแต่ละช่วง)

ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ ในกรณีที่มีความสูงของผนังห้อง 2 เมตร สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% ใกล้เคียงพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด และความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องอยู่ในช่วง 0 (Fan Off) ถึง 5.36 (Fan High) เมตรต่อวินาที ในขณะที่ความเร็วลมในแนวตั้ง 0.09 , 0.31 และ 0.5 เมตรต่อวินาทีตามลำดับ ปรากฏว่าผลการทดลองเป็นดังนี้

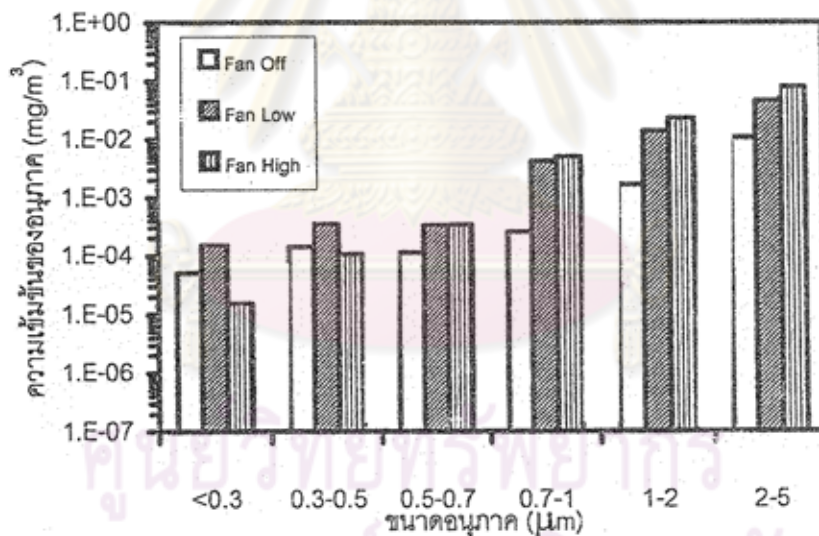
รูปที่ 7.51 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.09 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% ใกล้เคียงพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

รูปที่ 7.52 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.31 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% ใกล้เคียงพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

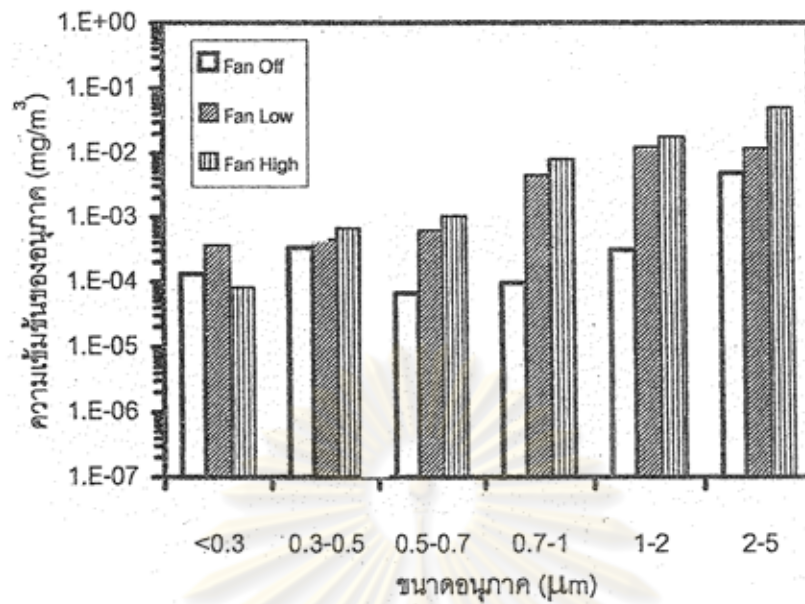
รูปที่ 7.53 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.5 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% ใกล้เคียงพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น



รูปที่ 7.51 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.09 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% ใกล้เคียงของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร



รูปที่ 7.52 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.31 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% ใกล้เคียงของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร



รูปที่ 7.53 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.5 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% ใกล้เคียงของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

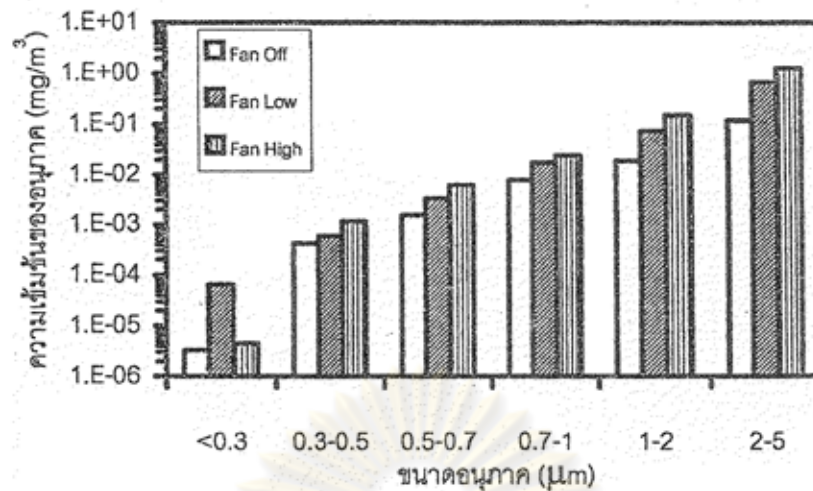
7.2.2.1.4 สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50 %ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด
(พิจารณาความเข้มข้นของขนาดอนุภาคแต่ละช่วง)

ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ ในกรณีที่มีความสูงของผนังห้อง 2 เมตร สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดและความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องอยู่ในช่วง 0 (Fan Off) ถึง 5.36 (Fan High) เมตรต่อวินาที ในขณะที่ความเร็วลมในแนวตั้ง 0.1 , 0.31 และ 0.49 เมตรต่อวินาทีตามลำดับปรากฏว่าผลการทดลองเป็นดังนี้

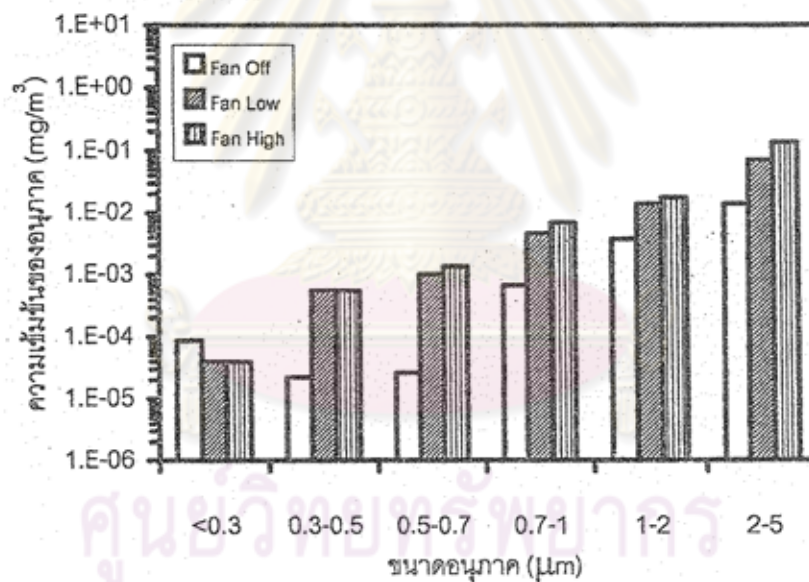
ดังรูปที่ 7.54 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.1 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

รูปที่ 7.55 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.31 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

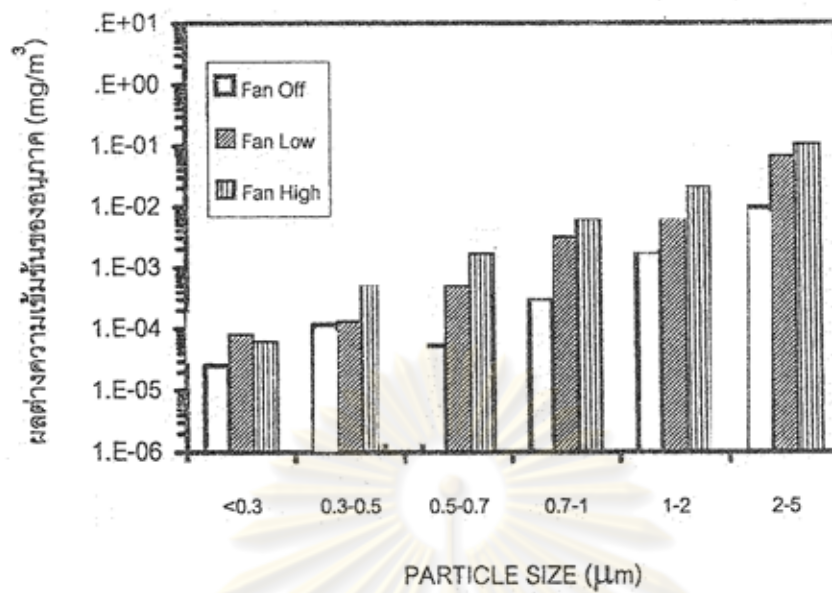
รูปที่ 7.56 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.49 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น



รูปที่ 7.54 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.1 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร



รูปที่ 7.55 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.31 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร



รูปที่ 7.56 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.49 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7.2.2.2.5 พิจารณาความเข้มข้นรวมของอนุภาคทุกขนาด (ประสิทธิภาพการระบายอากาศ)

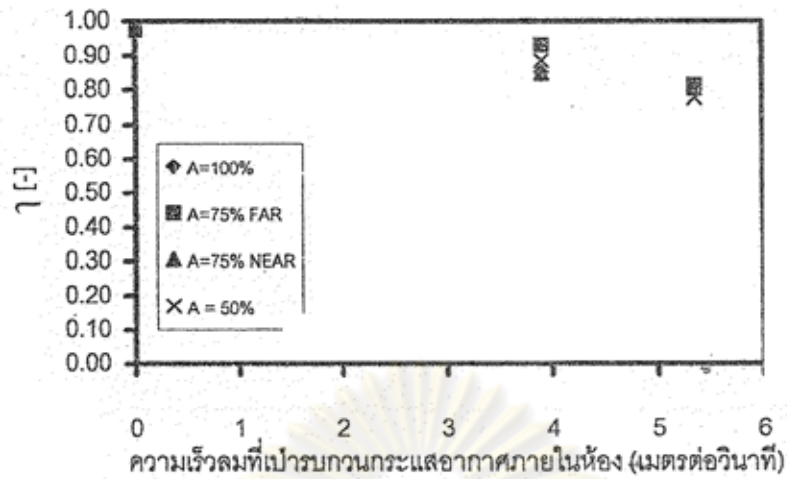
ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสน้ำอากาศภายในห้อง ในกรณีที่มีความสูงของผนังห้อง 2 เมตร และสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงอยู่ในช่วง 50-100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ในขณะที่ความเร็วลมในแนวตั้งประมาณ 0.1 , 0.3 และ 0.5 เมตรต่อวินาทีตามลำดับ ปรากฏว่าผลการทดลองเป็นดังนี้

รูปที่ 7.57 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสน้ำอากาศภายในห้องกรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.1 เมตรต่อวินาทีที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสน้ำอากาศภายในห้องเพิ่มขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพการระบายอากาศมีแนวโน้มลดลง ใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 0.78-0.99 [-]

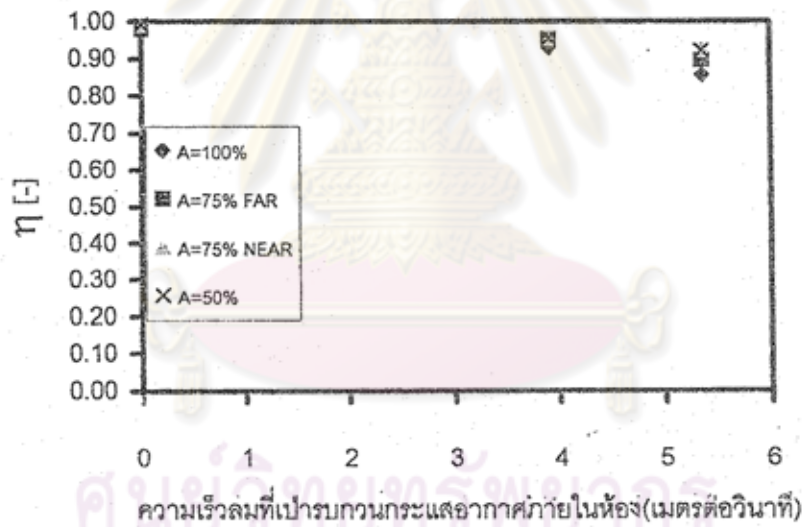
รูปที่ 7.58 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสน้ำอากาศภายในห้องกรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.3 เมตรต่อวินาทีที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสน้ำอากาศภายในห้องเพิ่มขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพการระบายอากาศมีแนวโน้มลดลง ใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 0.86-0.99 [-]

รูปที่ 7.59 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสน้ำอากาศภายในห้องกรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.5 เมตรต่อวินาทีที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสน้ำอากาศภายในห้องเพิ่มขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพการระบายอากาศมีแนวโน้มลดลง ใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 0.90-1.00 [-]

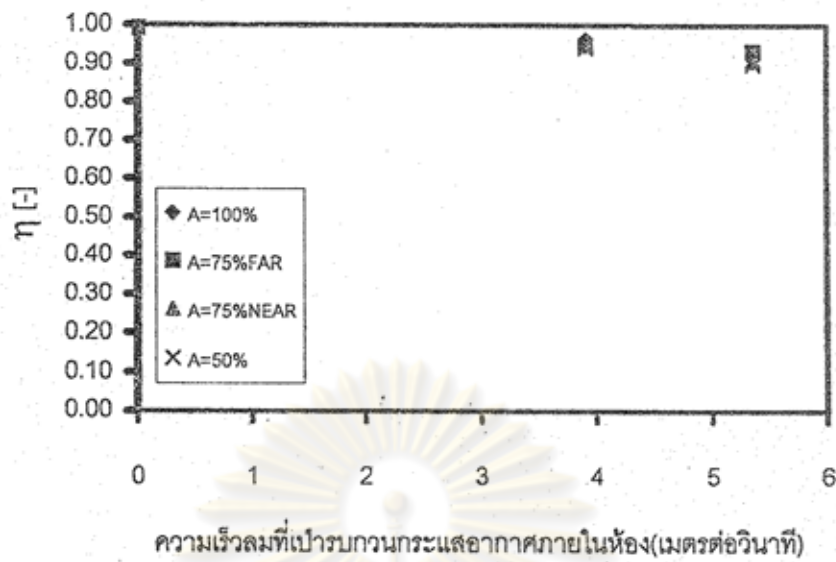
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 7.57 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วมที่เป่ารบกวน กระแสอากาศภายในห้อง กรณีความเร็วมในแนวตั้งประมาณ 0.1 เมตรต่อวินาที เมื่อความสูงของผนังห้อง 2 เมตร



รูปที่ 7.58 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วมที่เป่ารบกวน กระแสอากาศภายในห้องกรณีความเร็วมในแนวตั้งประมาณ 0.3 เมตรต่อวินาที เมื่อความสูงของผนังห้อง 2 เมตร



รูปที่ 7.59 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมที่เป่ารบกวน กระแสอากาศภายในห้องกรณีความเร็วลมในแนวตั้งประมาณ 0.5 เมตรต่อวินาที เมื่อความสูงของ ผังห้อง 2 เมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากรูปที่ 7:45-7.56 เมื่อพิจารณาความเข้มข้นของอนุภาคในแต่ละช่วงขนาดพบว่า เมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคทุกขนาดตั้งแต่ใหญ่จนเล็กที่หนีออกจากด้านบนห้องมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นกรณีที่ความเร็วลมในแนวตั้งคงที่ เนื่องจากมีความปั่นป่วนของกระแสอากาศภายในห้องมากขึ้น ส่งผลให้อากาศไม่สามารถคงทิศทางการเคลื่อนที่ในแนวตั้งอย่างสม่ำเสมอได้ ทำให้อนุภาคหนีออกจากกระแสอากาศ ส่งผลให้อนุภาคฟุ้งกระจายขึ้นด้านบนห้องมากขึ้น โดยเฉพาะอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 1 ไมครอน จะไม่ไหลไปตามกระแสอากาศ เพราะอนุภาคมีน้ำหนักและมวลสารน้อยมาก ทำให้อนุภาคเกิดการเคลื่อนที่แบบบราวเนียน (Brownian Motion) ทั้งนี้เป็นผลมาจากกลไกการแพร่ (Diffusion Effect) อนุภาคจะแพร่กระจายในอากาศเป็นการเพิ่มปริมาณอนุภาคในอากาศ

จากรูปที่ 7.57-7.59 เมื่อพิจารณาความเข้มข้นรวมของอนุภาคทุกขนาด พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องเพิ่มขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพการระบายอากาศมีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้เนื่องมาจากอากาศไม่สามารถคงทิศทางการเคลื่อนที่ในแนวตั้งได้ ทำให้อนุภาคแพร่กระจายออกไปจากทิศทางมากขึ้นส่งผลให้อนุภาคฟุ้งกระจายขึ้น ซึ่งเป็นการเพิ่มปริมาณฝุ่นในอากาศ อีกทั้งเป็นการเพิ่มความปั่นป่วนของอากาศ ซึ่งจะเป็นตัวทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของอนุภาคให้เกิดมากขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อสัดส่วนพื้นที่หน้าตัดของพื้นที่ตะแกรงลดลงกรณีความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องคงที่ ประสิทธิภาพการระบายอากาศมีแนวโน้มลดลง เป็นผลเนื่องมาจากเพดานทำหน้าที่เป็นตัวจ่ายอากาศ และพื้นที่ตะแกรงเป็นทางออกของอากาศ เมื่อพื้นที่ตะแกรงลดลง ทำให้กระแสอากาศเลี้ยวหาทางออก อนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 1 ไมครอน จะไม่ไหลไปตามกระแสอากาศ ทำให้เกิดการฟุ้งกระจายขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7.2.2.2 กรณีความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร

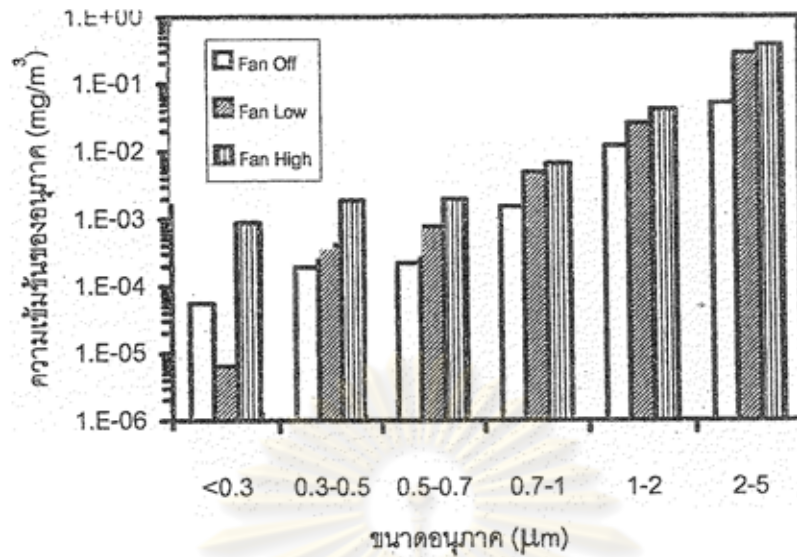
7.2.2.2.1 สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100 % ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด (พิจารณาความเข้มข้นของขนาดอนุภาคแต่ละช่วง)

ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ ในกรณีที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด และความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องอยู่ในช่วง 0 (Fan Off) ถึง 5.36 (Fan High) เมตรต่อวินาที ในขณะที่ความเร็วลมในแนวตั้ง 0.12, 0.35 และ 0.48 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ ปรากฏว่าผลการทดลองเป็นดังนี้

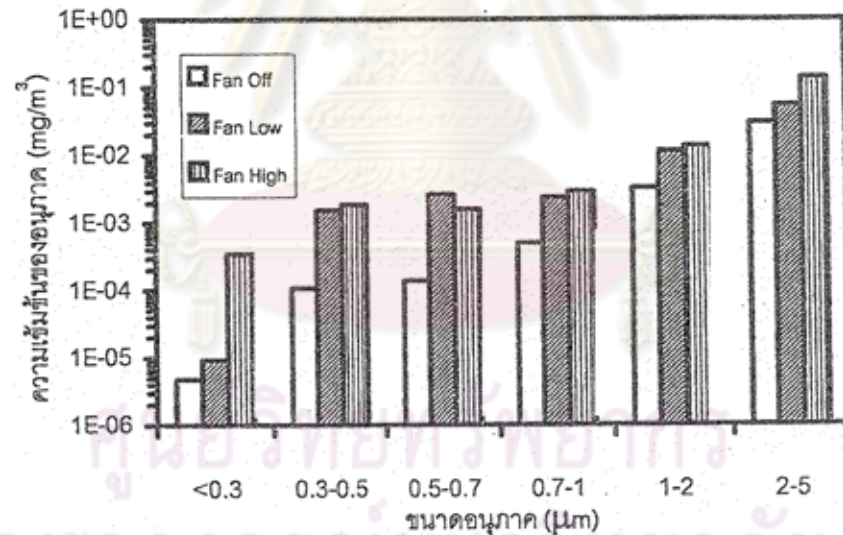
รูปที่ 7.60 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.12 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

รูปที่ 7.61 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.35 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆ เพิ่มขึ้น

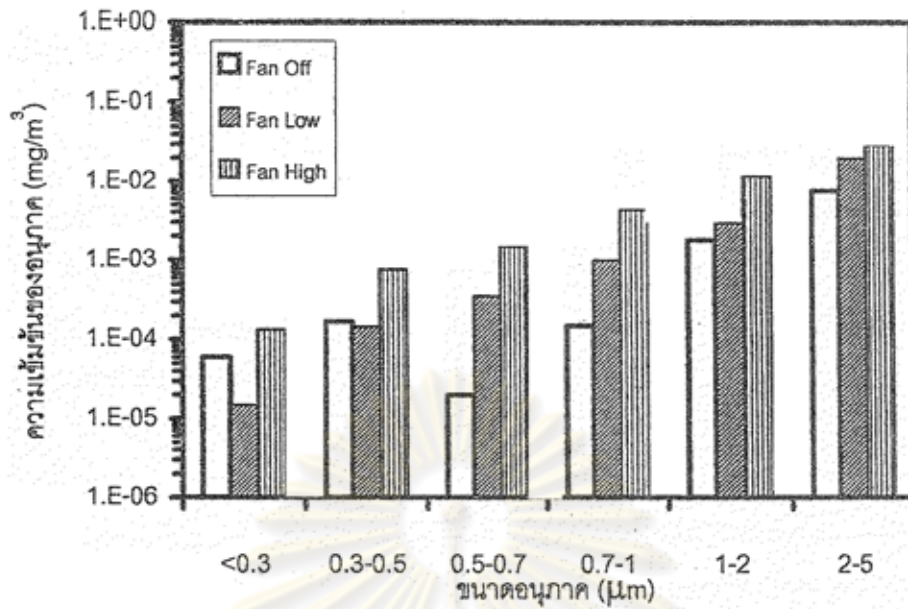
รูปที่ 7.62 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.48 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น



รูปที่ 7.60 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.12 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร



รูปที่ 7.61 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.35 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร



รูปที่ 7.62 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.48 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

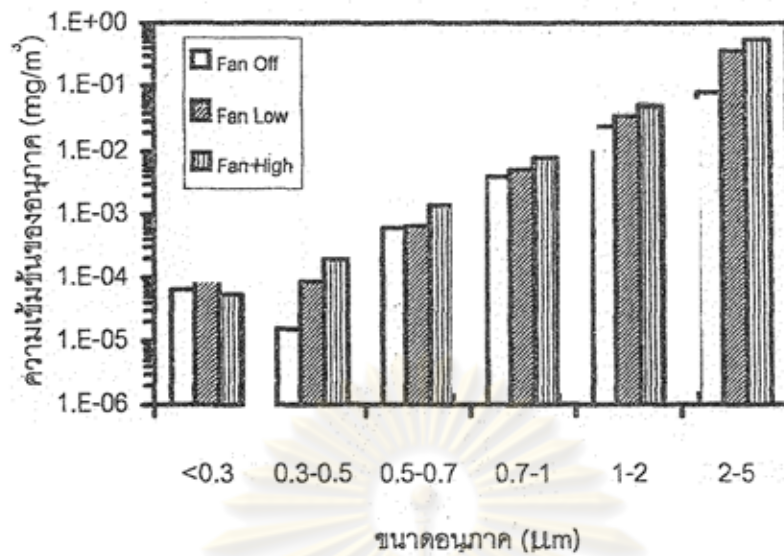
7.2.2.2.2 สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75 % โกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด
(พิจารณาความเข้มข้นของขนาดอนุภาคแต่ละช่วง)

ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ ในกรณีที่มีความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด และความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องอยู่ในช่วง 0 (Fan Off) ถึง 5.36 (Fan High) เมตรต่อวินาที ในขณะที่ความเร็วลมในแนวตั้ง 0.14 , 0.31 และ 0.47 เมตรต่อวินาทีตามลำดับปรากฏว่าผลการทดลองเป็นดังนี้

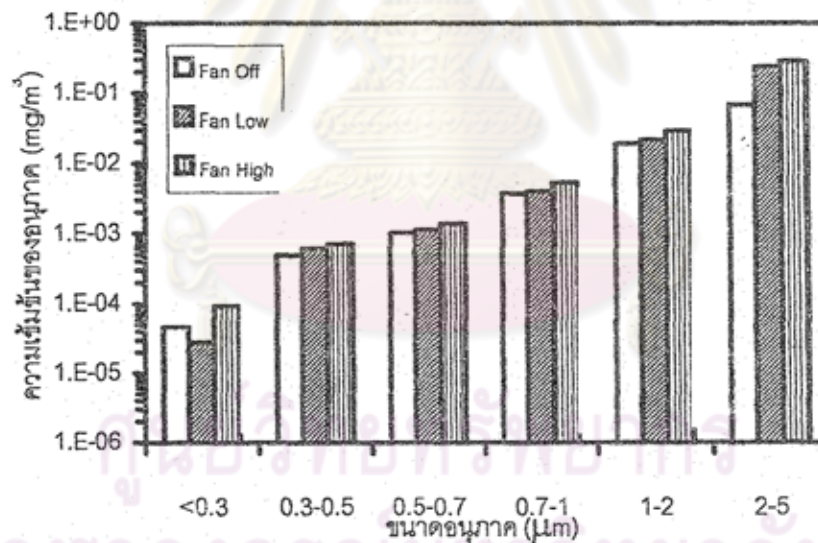
รูปที่ 7.63 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆกรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.14 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

รูปที่ 7.64 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆกรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.31 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

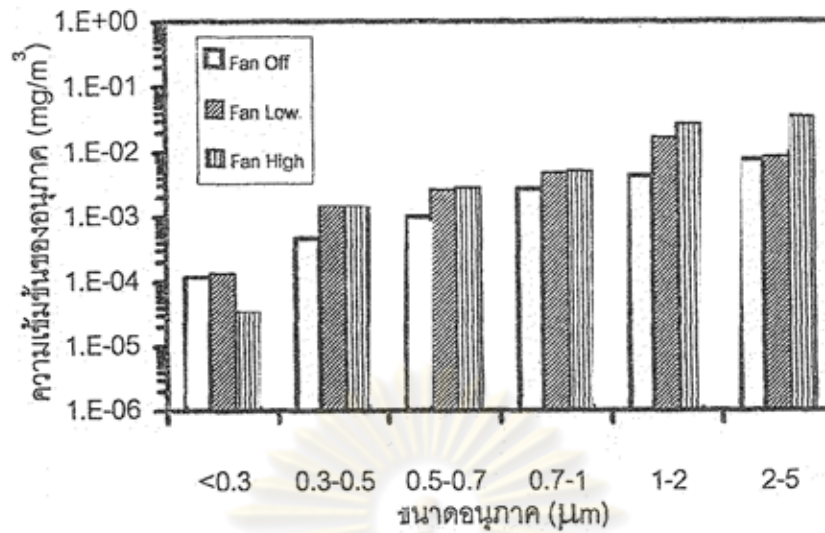
รูปที่ 7.65 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆกรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.47 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น



รูปที่ 7.63 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวดิ่ง 0.14 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร



รูปที่ 7.64 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวดิ่ง 0.31 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร



รูปที่ 7.65 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.47 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โกลของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

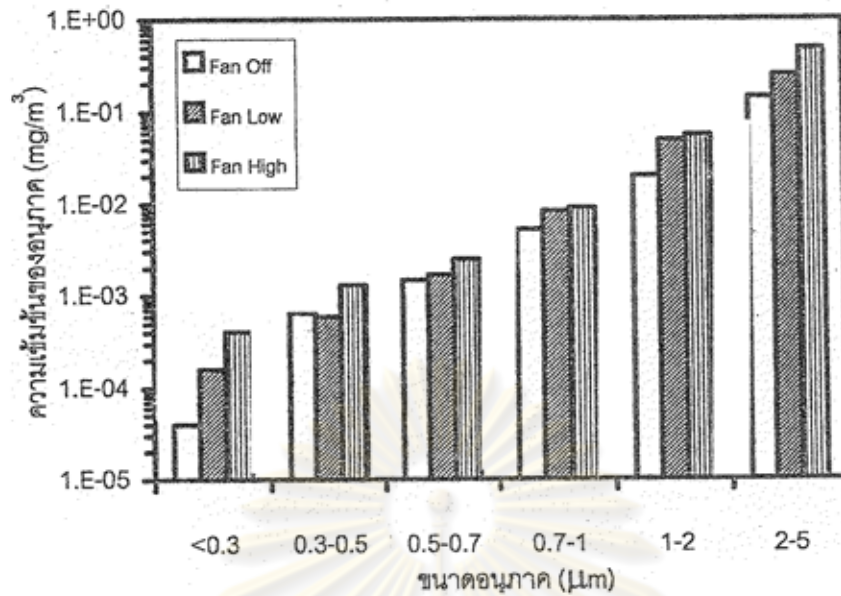
7.2.2.2.3 สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75 % โถงของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด (พิจารณาความเข้มข้นของขนาดอนุภาคแต่ละช่วง)

ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ ในกรณีที่มีความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด และความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องอยู่ในช่วง 0 (Fan Off) ถึง 5.36 (Fan High) เมตรต่อวินาที ในขณะที่ความเร็วลมในแนวตั้ง 0.13 , 0.31 และ 0.52 เมตรต่อวินาทีตามลำดับปรากฏว่าผลการทดลองเป็นดังนี้

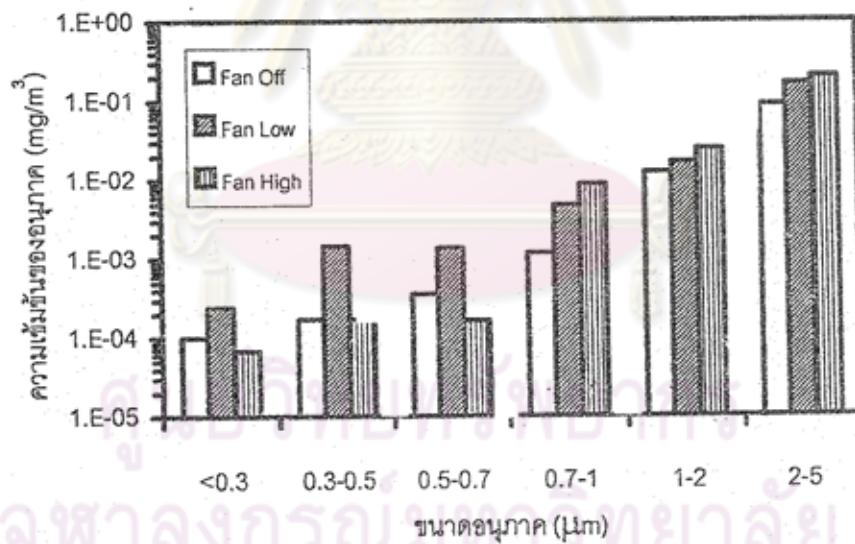
รูปที่ 7.66 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆกรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.13 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โถงของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆเพิ่มขึ้น

รูปที่ 7.67 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆกรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.31 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โถงของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

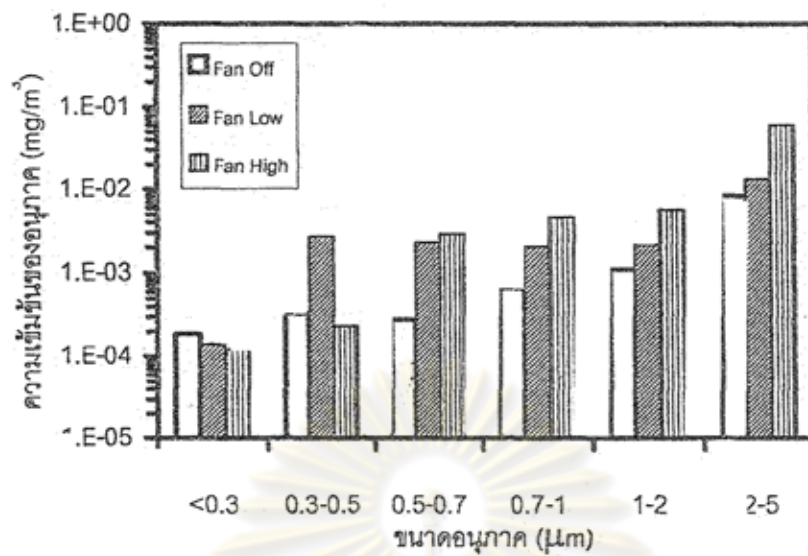
รูปที่ 7.68 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆกรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.52 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% โถงของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น



รูปที่ 7.66 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.13 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% ใกล้เคียงพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร



รูปที่ 7.67 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.31 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% ใกล้เคียงพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร



รูปที่ 7.68 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.52 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% ใกล้เคียงพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

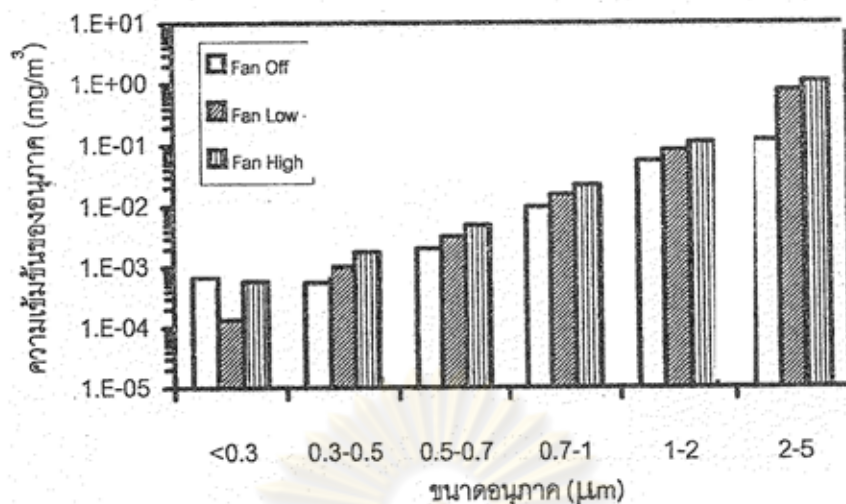
7.2.2.2.4 สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50 %ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด
(พิจารณาความเข้มข้นของขนาดอนุภาคแต่ละช่วง)

ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ ในกรณีที่มีความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด และความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องอยู่ในช่วง 0 (Fan Off) ถึง 5.36 (Fan High) เมตรต่อวินาที ในขณะที่ความเร็วลมในแนวตั้ง 0.1 , 0.31 และ 0.49 เมตรต่อวินาทีตามลำดับปรากฏว่าผลการทดลองเป็นดังนี้

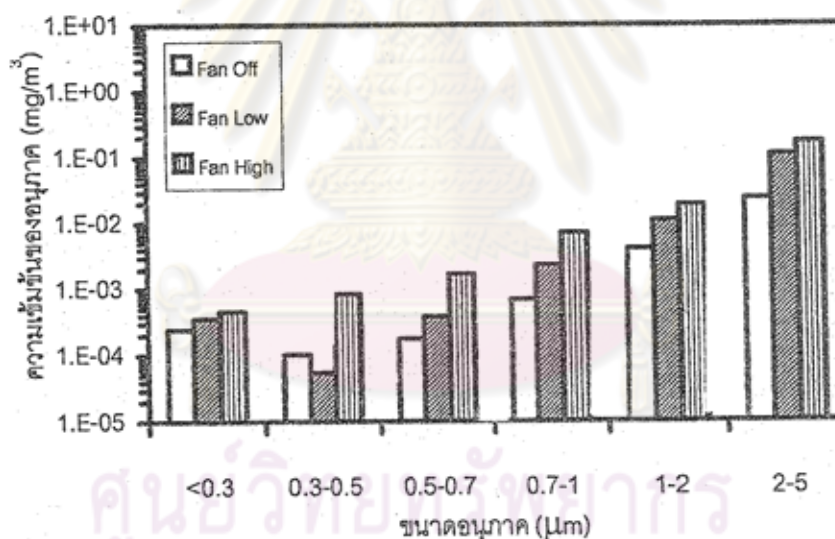
รูปที่ 7.69 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.1 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

รูปที่ 7.70 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.31 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆเพิ่มขึ้น

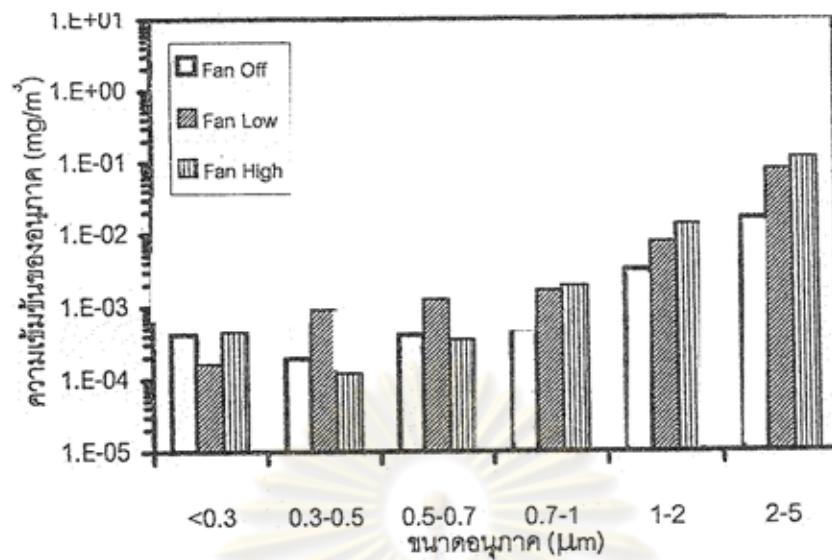
รูปที่ 7.71 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.49 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น



รูปที่ 7.69 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.1 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร



รูปที่ 7.70 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.31 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร



รูปที่ 7.71 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆ กรณีความเร็วลมในแนวตั้ง 0.49 เมตรต่อวินาที เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมดที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7.2.2.2.5 พิจารณาความเข้มข้นรวมของอนุภาคทุกขนาด (ประสิทธิภาพการระบายอากาศ)

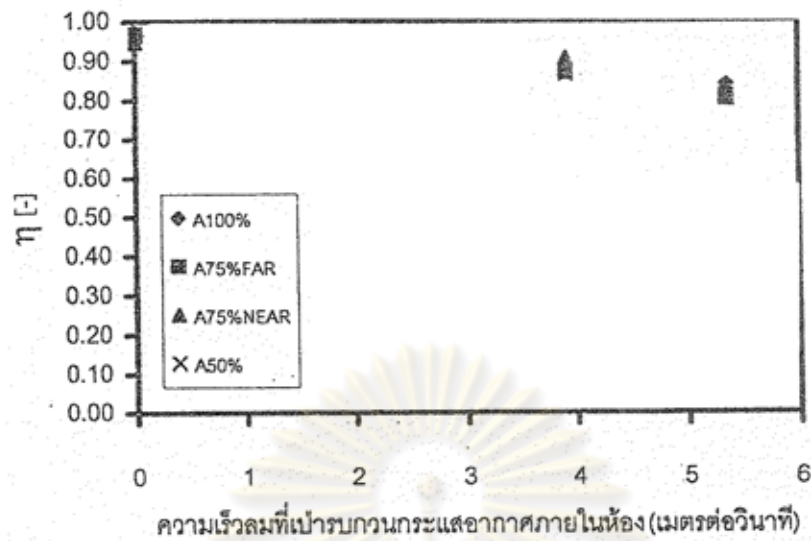
ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสน้ำอากาศภายในห้อง ในกรณีที่มีความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร และสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงอยู่ในช่วง 50-100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ในขณะที่ความเร็วลมในแนวตั้งประมาณ 0.1 , 0.3 และ 0.5 เมตรต่อวินาทีตามลำดับ ปรากฏว่าผลการทดลองเป็นดังนี้

รูปที่ 7.72 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสน้ำอากาศภายในห้องกรณีความเร็วลมในแนวตั้งประมาณ 0.1 เมตรต่อวินาทีที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสน้ำอากาศภายในห้องเพิ่มขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพการระบายอากาศลดลง ใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 0.80-0.98 [-]

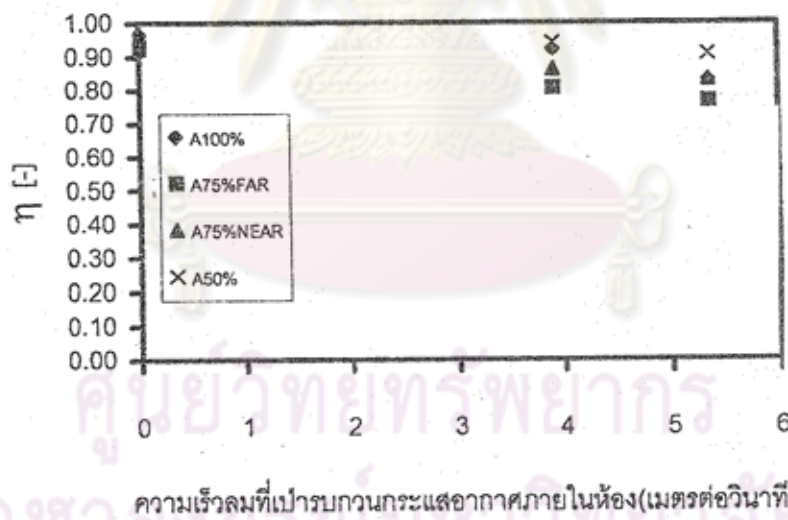
รูปที่ 7.73 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสน้ำอากาศภายในห้องกรณีความเร็วลมในแนวตั้งประมาณ 0.3 เมตรต่อวินาทีที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสน้ำอากาศภายในห้องเพิ่มขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพการระบายอากาศลดลง ใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 0.77-0.99 [-]

รูปที่ 7.74 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสน้ำอากาศภายในห้องกรณีความเร็วลมในแนวตั้งประมาณ 0.5 เมตรต่อวินาทีที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสน้ำอากาศภายในห้องเพิ่มขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพการระบายอากาศลดลง ใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 0.90-0.99 [-]

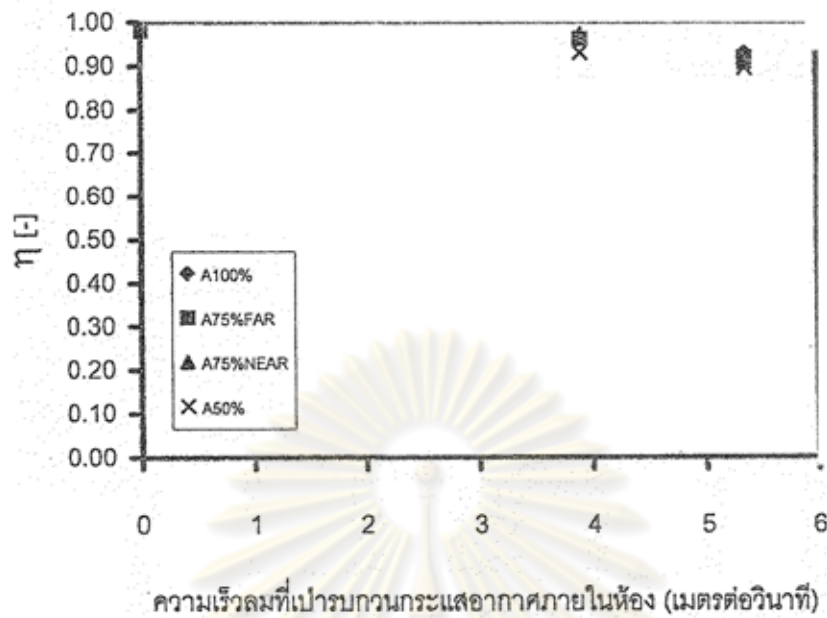
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 7.72 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมที่เป่ารบกวน กระแสอากาศภายในห้องกรณีความเร็วลมในแนวตั้งประมาณ 0.10 เมตรต่อวินาที เมื่อความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร



รูปที่ 7.73 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมที่เป่ารบกวน กระแสอากาศภายในห้อง กรณีความเร็วลมในแนวตั้งประมาณ 0.3 เมตรต่อวินาที เมื่อความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร



รูปที่ 7.74 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วมที่เป่ารบกวน กระแสอากาศภายในห้องกรณีความเร็วมในแนวตั้งประมาณ 0.5 เมตรต่อวินาที เมื่อความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากรูปที่ 7.60-7.71 เมื่อพิจารณาความเข้มข้นอนุภาคในแต่ละช่วงขนาดกล่าวคือ เมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องเพิ่มขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคทุกขนาดตั้งแต่ใหญ่จนเล็กที่หนีออกจากด้านบนห้องมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นกรณีความเร็วลมในแนวตั้งคงที่ เนื่องจากมีความปั่นป่วนของกระแสอากาศภายในห้องมากขึ้น เพราะความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องสูงขึ้น อากาศไม่สามารถคงทิศทางการเคลื่อนที่ในแนวตั้ง ทำให้อนุภาคหนีออกจากกระแสอากาศ ส่งผลให้อนุภาคฟุ้งกระจายขึ้นด้านบนมากขึ้น โดยเฉพาะอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 1 ไมโครเมตร จะไม่ไหลไปตามกระแสอากาศ เพราะอนุภาคมีน้ำหนักและมวลสารน้อยมาก ทำให้อนุภาคเกิดการเคลื่อนที่แบบบราวเนียน (Brownian Motion) ทั้งนี้เป็นผลมาจากกลไกการแพร่ (Diffusion Effect) อนุภาคจะแพร่กระจายในอากาศเป็นการเพิ่มปริมาณอนุภาคในอากาศ

จากรูปที่ 7.72-7.74 เมื่อพิจารณาความเข้มข้นรวมของอนุภาคทุกขนาด พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการระบายอากาศมีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้เนื่องมาจากอากาศไม่สามารถคงทิศทางการเคลื่อนที่ในแนวตั้งได้ ทำให้อนุภาคแพร่กระจายออกไปจากทิศทางมากขึ้น ส่งผลให้อนุภาคฟุ้งกระจายขึ้น ซึ่งเป็นการเพิ่มปริมาณฝุ่นในอากาศ อีกทั้งความเร็วลมที่เป่าเข้าไปภายในห้องเป็นการเพิ่มการปั่นป่วนของอากาศ ซึ่งจะเป็นตัวที่ทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของอนุภาคมากขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อสัดส่วนพื้นที่หน้าตัดของพื้นที่ตะแกรงลดลงกรณีที่มีความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องคงที่ ประสิทธิภาพการระบายอากาศมีแนวโน้มลดลง เป็นผลเนื่องมาจากเพดานทำหน้าที่เป็นตัวจ่ายอากาศ และพื้นที่ตะแกรงเป็นทางออกของอากาศ เมื่อพื้นที่ตะแกรงลดลง ทำให้กระแสอากาศเลี้ยวหาทางออก อนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 1 ไมโครเมตร จะไม่ไหลไปตามกระแสอากาศ ทำให้เกิดการฟุ้งกระจายขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7.2.2.3 เปรียบเทียบความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร และ 2 เมตร

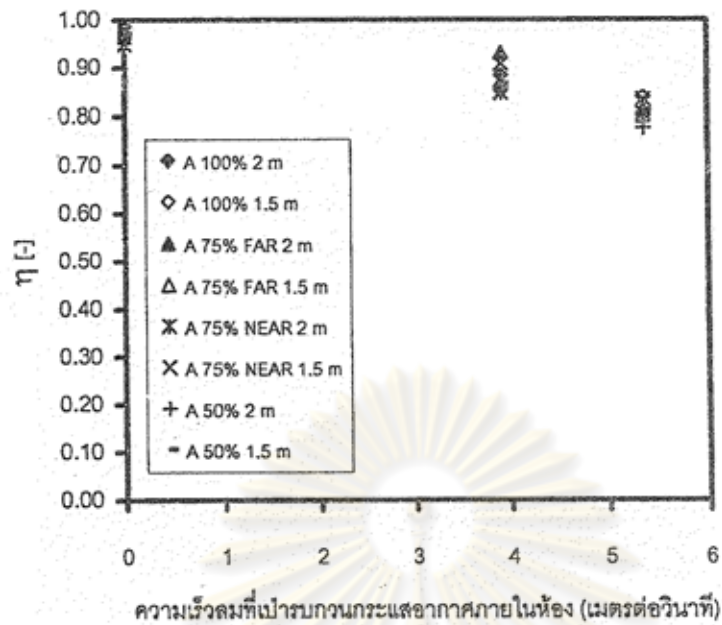
ในการศึกษาเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร และ 2 เมตร กรณีสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงอยู่ในช่วง 50-100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ในขณะที่ความเร็วลมในแนวตั้งประมาณ 0.1 , 0.3 และ 0.5 เมตรต่อวินาทีตามลำดับ ปรากฏว่าผลการทดลองเป็นดังนี้

รูปที่ 7.75 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสน้ำอากาศภายในห้องกรณีความเร็วลมในแนวตั้งประมาณ 0.1 เมตรต่อวินาที พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสน้ำอากาศภายในห้องเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตรมีแนวโน้มต่ำกว่าประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตรอยู่ใกล้เคียงกันในช่วง 0.80-0.99 [-]

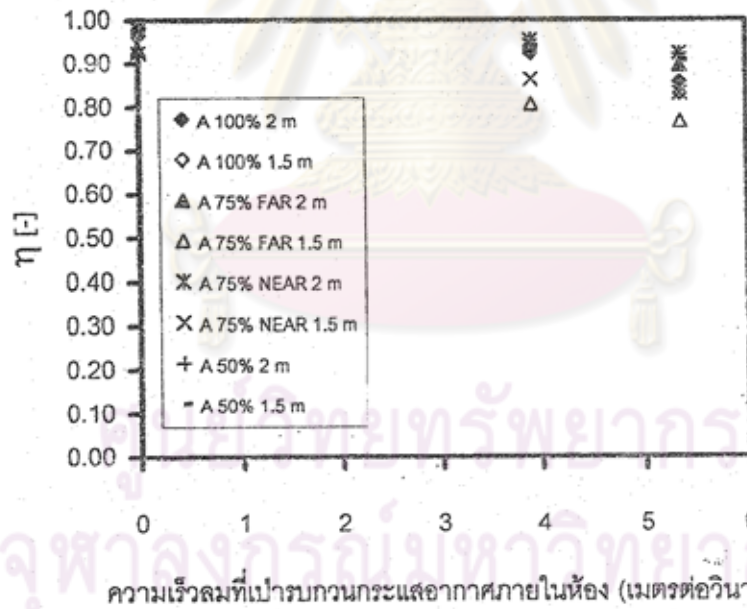
รูปที่ 7.76 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสน้ำอากาศภายในห้องกรณีความเร็วลมในแนวตั้งประมาณ 0.3 เมตรต่อวินาที พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสน้ำอากาศภายในห้องเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตรมีแนวโน้มต่ำกว่าประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร อยู่ใกล้เคียงกันในช่วง 0.77-0.99 [-]

รูปที่ 7.77 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสน้ำอากาศภายในห้องกรณีความเร็วลมในแนวตั้งประมาณ 0.5 เมตรต่อวินาที พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสน้ำอากาศภายในห้องเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตรมีแนวโน้มต่ำกว่าประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร อยู่ใกล้เคียงกันในช่วง 0.90-1.00 [-]

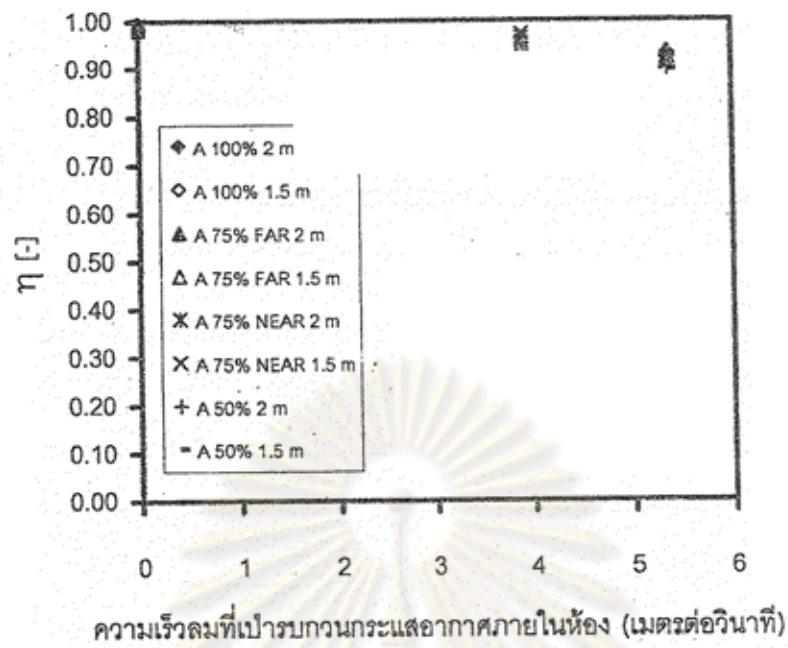
อนึ่งเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสน้ำอากาศภายในห้องเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตรมีแนวโน้มต่ำกว่าประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร เนื่องจากเมื่อความสูงของผนังห้องน้อยลงโอกาสที่อนุภาคที่พุ่งออกจากด้านบนห้องจะมากขึ้น



รูปที่ 7.75 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วมที่เป่ารบกวนกระแสนอากาศภายในห้องกรณีความเร็วมในแนวตั้งประมาณ 0.1 เมตรต่อวินาที



รูปที่ 7.76 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วมที่เป่ารบกวนกระแสนอากาศภายในห้องกรณีความเร็วมในแนวตั้งประมาณ 0.3 เมตรต่อวินาที



รูปที่ 7.77 เปรียบเทียบความเหมาะสมระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความเร็วมที่เป่ารอบวงกระแสดวงอากาศภายในห้องกรณีความเร็วมในแนวตั้งประมาณ 0.5 เมตรต่อวินาที

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7.2.3 อิทธิพลของสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง

7.2.3.1 กรณีความสูงของผนังห้อง 2 เมตร

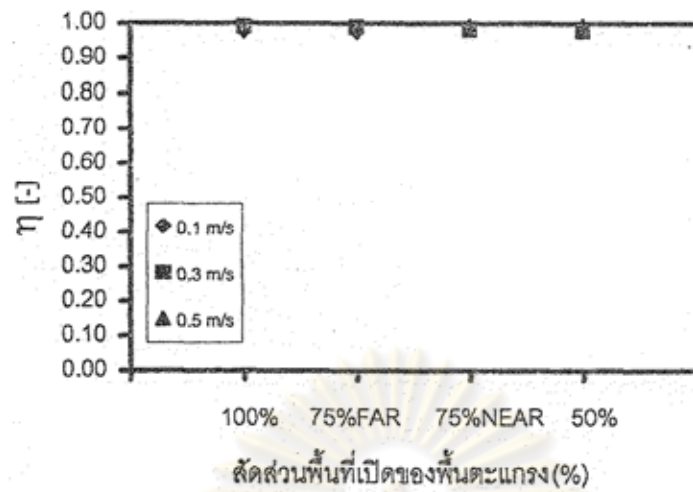
7.2.3.1.1 พิจารณาความเข้มข้นรวมของอนุภาคทุกขนาด (ประสิทธิภาพการระบายอากาศ)

ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง ในกรณีความสูงของผนังห้อง 2 เมตร และความเร็วลมในแนวตั้งอยู่ในช่วง 0.1-0.5 เมตรต่อวินาที ในขณะที่ความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องเป็น 0 (Fan Off) , 3.91 (Fan Low) และ 5.36 (Fan High) เมตรต่อวินาทีตามลำดับ ปรากฏว่าผลการทดลองเป็นดังนี้

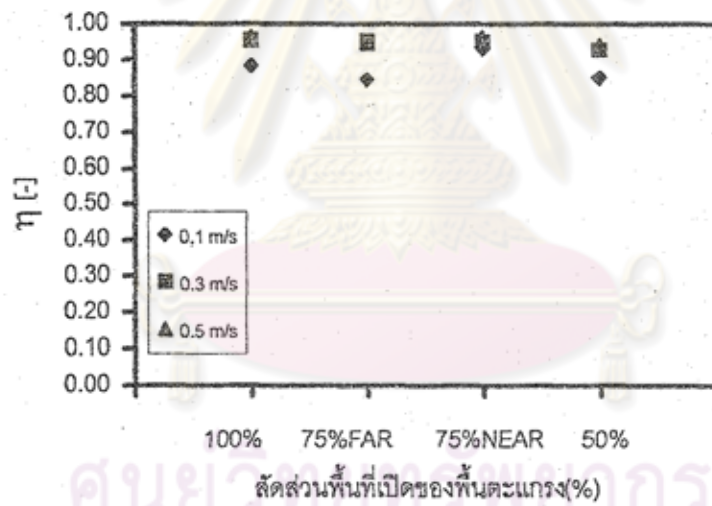
ดังรูปที่ 7.78 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง กรณีเปิดพัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง พบว่าสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงลดลง ทำให้ประสิทธิภาพการระบายอากาศมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ ใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 0.98 -1.00 [-]

ดังรูปที่ 7.79 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงกรณีเปิดพัดลมระดับ LOW ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง พบว่าสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงลดลง ทำให้ประสิทธิภาพการระบายอากาศมีแนวโน้มลดลง ใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 0.85-0.96 [-]

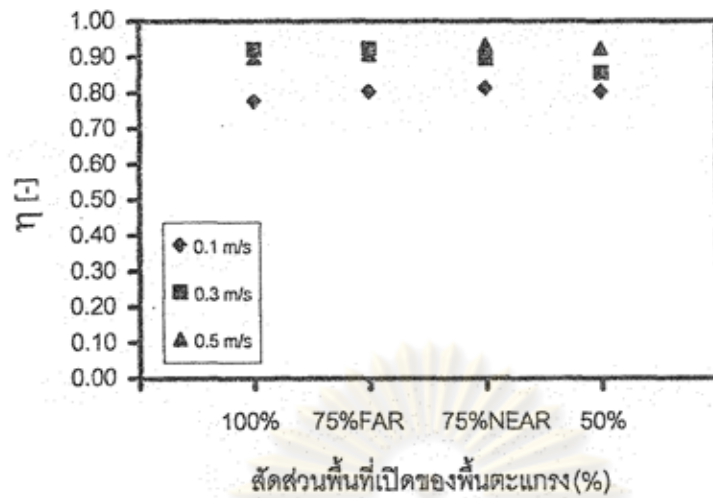
ดังรูปที่ 7.80 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงกรณีเปิดพัดลมระดับ HIGH ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง พบว่าสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงเพิ่มขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพการระบายอากาศมีแนวโน้มลดลง ใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 0.78 -0.93 [-]



รูปที่ 7.78 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับสัดส่วนพื้นที่เปิดของหน้าต่าง กรณีเปิดพัดลมที่เป่ารอบกวนกระแสอากาศภายในห้องเมื่อความสูงของผนังห้อง 2 เมตร



รูปที่ 7.79 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับสัดส่วนพื้นที่เปิดของหน้าต่าง กรณีเปิดพัดลมระดับ LOW ที่เป่ารอบกวนกระแสอากาศภายในห้องเมื่อความสูงของผนังห้อง 2 เมตร



รูปที่ 7.80 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง กรณีเปิดพัดลมระดับ HIGH ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องเมื่อความสูงของผนังห้อง 2 เมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากรูปที่ 7.79-7.80 เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงลดลง ประสิทธิภาพการระบายอากาศลดลง (ยกเว้นกรณีเปิดพัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง ประสิทธิภาพการระบายอากาศค่อนข้างคงที่)กรณีความเร็วลมในแนวตั้งคงที่ เนื่องจากพัดลมทำหน้าที่เป็นตัวจ่ายอากาศ และพื้นที่ตะแกรงเป็นทางออกของอากาศ เมื่อพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงลดลง ทำให้กระแสอากาศเลี้ยววกหาทางออกมากขึ้น คืออากาศมีลักษณะการไหลแนวตั้งน้อยลง โอกาสที่อนุภาคจะไม่ไหลไปตามกระแสอากาศและฟุ้งกระจายขึ้นด้านบนจึงเพิ่มขึ้น ส่วนเมื่อความเร็วลมในแนวตั้งเพิ่มขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพการระบายอากาศเพิ่มขึ้นกรณีสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงคงที่ เนื่องจากอากาศสามารถคงทิศทางการเคลื่อนที่ในแนวตั้ง ทำให้อนุภาคไปตามกระแสอากาศ ซึ่งสามารถพาอนุภาคออกสู่ด้านล่างของห้องได้ดี โดยอาศัยหลักการอากาศใหม่จะกำจัดอนุภาคที่มีอยู่ในอากาศเก่าภายในห้องและกรณีเปิดพัดลมเป็นผลจากการที่ความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง ทำให้อากาศปั่นป่วนขึ้น อนุภาคแพร่กระจายออกไปจากทิศทางการไหลของอากาศส่งผลอนุภาคให้ฟุ้งกระจายขึ้น



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7.2.3.2 กรณีความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร

7.2.3.2.1 พิจารณาความเข้มข้นรวมของอนุภาคทุกขนาด (ประสิทธิภาพการระบายอากาศ)

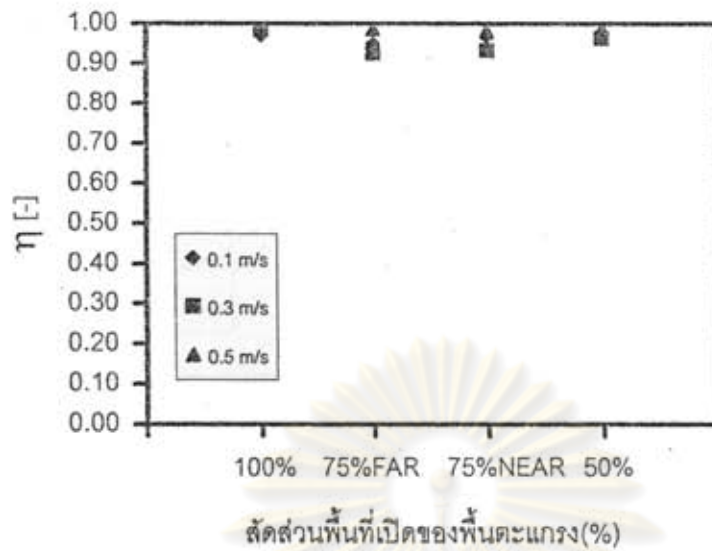
ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง ในกรณีที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร และความเร็วลมในแนวตั้งอยู่ในช่วง 0.1-0.5 เมตรต่อวินาที ในขณะที่ความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องเป็น 0 (Fan Off) , 3.91 (Fan Low) และ 5.36 (Fan High) เมตรต่อวินาทีตามลำดับ ปรากฏว่าผลการทดลองเป็นดังนี้

รูปที่ 7.81 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงกรณีเปิดพัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง พบว่าสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงลดลง ทำให้ประสิทธิภาพการระบายอากาศมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 0.93 – 0.99 [-]

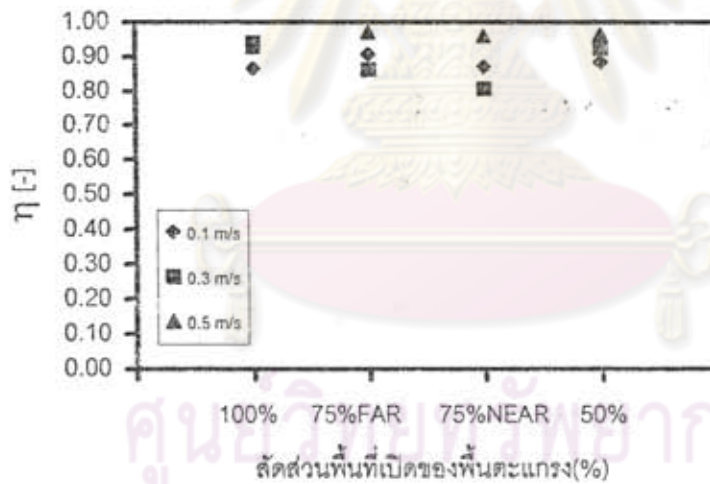
รูปที่ 7.82 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงกรณีเปิดพัดลมระดับ LOW ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง พบว่าสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงลดลง ทำให้ประสิทธิภาพการระบายอากาศมีแนวโน้มลดลงใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 0.86 – 0.97 [-]

รูปที่ 7.83 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงกรณีเปิดพัดลมระดับ HIGH ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง พบว่าสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงเพิ่มขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพการระบายอากาศมีแนวโน้มลดลงใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 0.77 – 0.93 [-]

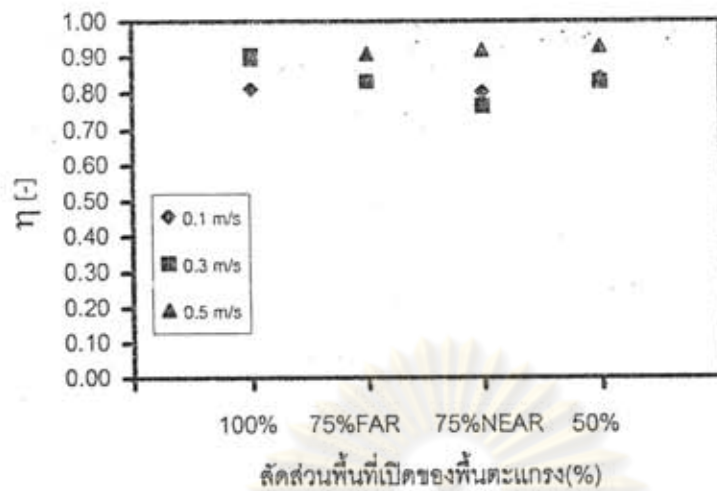
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 7.81 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้น
ตะแกรงกรณีเปิดพัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องเมื่อความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร



รูปที่ 7.82 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้น
ตะแกรงกรณีเปิดพัดลมระดับ LOW ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องเมื่อความสูงของผนัง
ห้อง 1.5 เมตร



รูปที่ 7.83 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงกรณีเปิดพัดลมระดับ HIGH ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องเมื่อความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากรูปที่ 7.81-7.83 เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงลดลง ประสิทธิภาพการระบายอากาศมีแนวโน้มลดลงกรณีความเร็วลมในแนวตั้งคงที่ เนื่องจากเพดานทำหน้าที่เป็นตัวจ่ายอากาศ และพื้นตะแกรงเป็นทางออกของอากาศ เมื่อพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงลดลง ทำให้กระแสอากาศเลี้ยววนหาทางออกมากขึ้น คืออากาศมีลักษณะการไหลแนวตั้งน้อยลง โอกาสอนุภาคจะไม่ไหลไปตามกระแสอากาศและฟุ้งกระจายมากขึ้นด้านบนจึงเพิ่มขึ้น ส่วนเมื่อความเร็วลมในแนวตั้งเพิ่มขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพการระบายอากาศเพิ่มขึ้นกรณีสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงคงที่ เนื่องจากอากาศสามารถคงทิศทางการเคลื่อนที่ในแนวตั้ง ทำให้อนุภาคไปตามกระแสอากาศซึ่งสามารถพาอนุภาคออกสู่ด้านล่างของห้องได้ดี โดยอาศัยหลักการอากาศใหม่จะกำจัดอนุภาคที่มีอยู่ในอากาศเก่าภายในห้องและกรณีที่เปิดพัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องเป็นผลจากการที่ความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องอากาศปั่นป่วนขึ้น ทำให้อนุภาคแพร่กระจายออกไปจากทิศทางการไหลของอากาศส่งผลอนุภาคให้ฟุ้งกระจายขึ้น



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7.2.2.3 เปรียบเทียบความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร และ 2 เมตร

ในการศึกษาเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร และ 2 เมตร กรณีความเร็วลมในแนวตั้งอยู่ในช่วง 0.1-0.5 เมตรต่อวินาที ในขณะที่ความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องเป็น 0 (Fan Off) , 3.91 (Fan Low) และ 5.36 (Fan High) เมตรต่อวินาทีตามลำดับ ปรากฏว่าผลการทดลองเป็นดังนี้

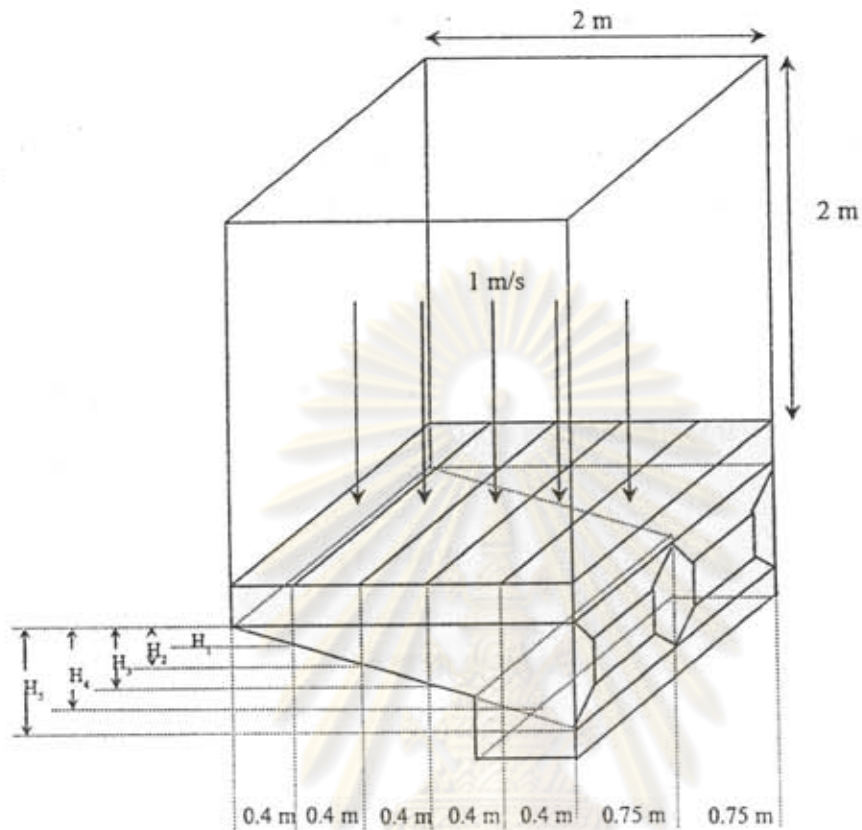
รูปที่ 7.84 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง กรณีเปิดพัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง พบว่าเมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงลดลง ประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร จะมีแนวโน้มต่ำกว่าประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร

รูปที่ 7.85 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงกรณีเปิดพัดลมระดับ LOW ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง พบว่าเมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงลดลง ประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตรจะมีแนวโน้มต่ำกว่าประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร

รูปที่ 7.86 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระบายอากาศกับสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงกรณีเปิดพัดลมระดับ HIGH ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง พบว่าเมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงลดลง ประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตรจะมีแนวโน้มต่ำกว่าประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร

อนึ่งเมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงลดลง ประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตรจะมีแนวโน้มต่ำกว่าประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตรเนื่องจากเมื่อความสูงของผนังห้องน้อยลงโอกาสที่อนุภาคฝุ่นจะออกจากด้านบนห้องจะมากขึ้น

7.2.4 การออกแบบระบบระบายอากาศในแนวตั้งและระบบกำจัดฝุ่น



รูปที่ 1 โครงสร้างและสัดส่วนของห้องทำงานที่ติดตั้งระบบดูดฝุ่น

แบ่งเป็น 5 ส่วน ซึ่งแต่ละช่วงกว้าง 1 เมตร

Basis ความเร็วที่ผ่านตะแกรง 1 m/s

continuity equation

$$U_1 A_1 = U_2 A_2$$

$$U_1 W X = U_2 W H$$

$$H = \frac{U_1 X}{U_2}$$

$$H_1 = \frac{1 \times 0.4}{10} = 0.04 \text{ m}$$

$$H_2 = \frac{1 \times 0.8}{10} = 0.08 \text{ m}$$

$$H_3 = \frac{1 \times 1.2}{10} = 0.12 \text{ m}$$

$$H_4 = \frac{1 \times 1.6}{10} = 0.16 \text{ m}$$

$$H_5 = \frac{1 \times 2}{10} = 0.2 \text{ m}$$

กำหนดให้ความเร็วขาออกจาก hood เท่ากับ 20 m/s และท่อเป็นสี่เหลี่ยม

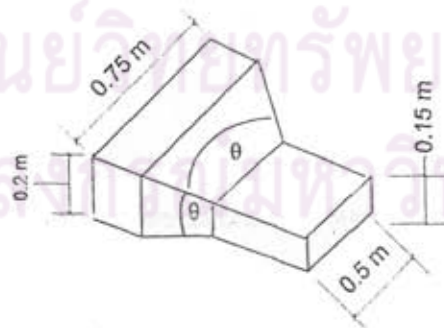
$$U_2 A_2 = U_3 A_3$$

$$10 \times 0.75 \times 0.2 = 20 A_3$$

$$A_3 = 0.075 \text{ m}^2$$

กว้าง 0.5 m สูง 0.15 m

สมการจาก HVAC System Duct Design หน้า 14.27 กำหนดให้ $\theta = 60^\circ$



รูปที่ 2 สัดส่วนท่อทางเข้าของลม

หา velocity pressure (VP) of downstream ของ hood , ρ อากาศที่ 25°C เท่ากับ 1.1665 kg/m^3

$$VP = \frac{1}{2} \rho U^2$$

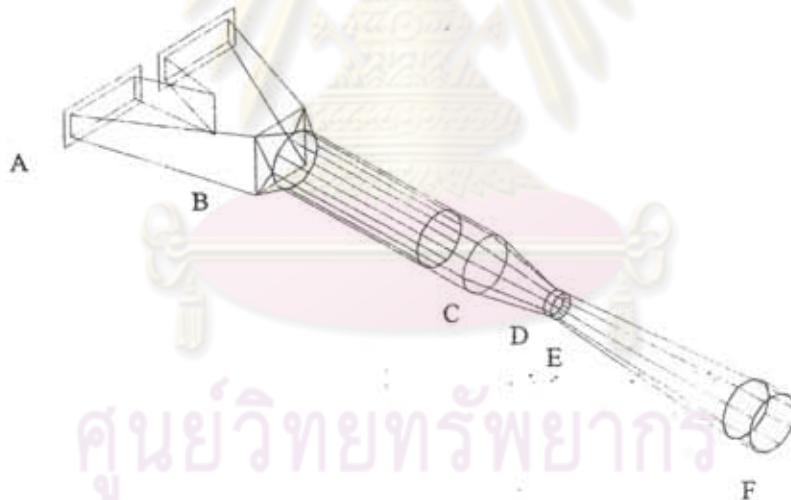
$$VP = \frac{1}{2} \times 1.1665 \times 20^2 = 233.3 \text{ Pa} \times \frac{4.015 \times 10^{-3} \text{ inH}_2\text{O}}{1 \text{ Pa}} = 0.937 \text{ inH}_2\text{O}$$

$$\frac{A_2}{A_3} = \frac{0.15}{0.075} = 2$$

จากตารางได้ค่า $C=0.06$

แฟกเตอร์ความสูญเสียที่ปากทางเข้า $0.06VP=0.0562 \text{ inH}_2\text{O}$

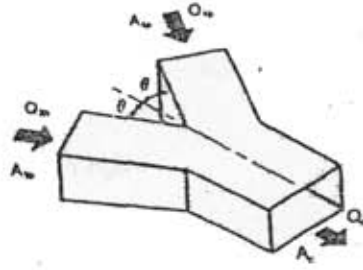
แฟกเตอร์ความเร่งลมของแต่ละตัวใช้ $1.0 VP=0.937 \text{ inH}_2\text{O}$



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
รูปที่ 3 ระบบท่อลมก่อนเข้าเครื่องเป่าลม (Blower)

ช่วง A-B

สมการจาก HVAC System Duct Design หน้า 14.32



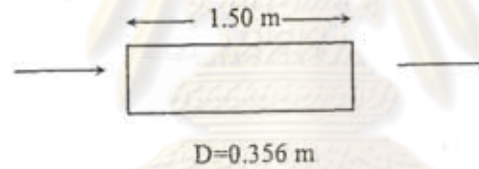
รูปที่ 4 ระบบท่อในช่อง A-B

VP of downstream ที่ 20 m/s ได้ VP=0.937 inH₂O

$Q_1/Q_2 = 1.5/3 = 0.5$ กำหนด $\theta = 15^\circ$ ได้ $C = 0.10$

$$VP = 0.10 \times 0.937 = 0.0937 \text{ inH}_2\text{O}$$

ดังนั้น VP ช่วง A-B เท่ากับ 0.0937 in.H₂O
ช่วง B-C



รูปที่ 5 ระบบท่อในช่อง B-C

$$h_L = \frac{fLV^2}{2gD}$$

$$Re = \frac{\rho VD}{\mu} = \frac{1.1665 \times 20 \times 0.356}{1.86 \times 10^{-5}} = 4.5 \times 10^5$$

ϵ เหล็ก = 0.010 in = 0.0002 m

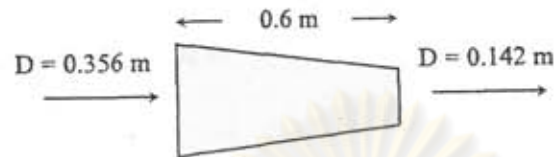
$$\frac{\epsilon}{D} = \frac{0.0002}{0.356} = 0.0006$$

จาก moody diagram ได้ค่า $f = 0.016$

$$h_L = \frac{0.016 \times 1.5 \times 20^2}{0.356 \times 2 \times 9.8} = 1.3758 \text{ m Air} \times \frac{\text{ft}}{0.3048 \text{ m}} \times \frac{\text{in.H}_2\text{O}}{69.2 \text{ ft Air}} = 0.0652 \text{ in.H}_2\text{O}$$

ดังนั้น h_L ช่วง B-C เท่ากับ 0.0652 in.H₂O

ช่วง C-D



รูปที่ 6 ระบบท่อในช่วง C-D

$$V_1 A_1 = V_2 A_2$$

$$V_1 D_1^2 = V_2 D_2^2$$

$$20 \times 0.356^2 = V_2 \times 0.142^2$$

$$V_2 = 125.7052 \text{ m/s}$$

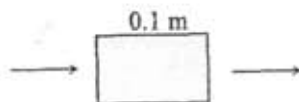
$$h_L = K_L \frac{V_2^2}{2g}$$

จากหนังสือ Fluid Mechanics , ชัยสวัสดิ์ เทียนวิบูลย์ หน้า 127 $K_L = 0.04$

$$h_L = \frac{0.04 \times 125.7052^2}{2 \times 9.8} = 32.2486 \text{ m Air} = 1.5289 \text{ in.H}_2\text{O}$$

ดังนั้น h_L ช่วง C-D เท่ากับ 1.5289 in.H₂O

ช่วง D-E



รูปที่ 7 ระบบท่อในช่วง D-E

$$h_L = \frac{fLV^2}{2gD}$$

$$Re = \frac{\rho VD}{\mu} = \frac{1.1665 \times 20 \times 0.142}{1.86 \times 10^{-5}} = 1.8 \times 10^5$$

$$\varepsilon \text{ เหล็ก} = 0.010 \text{ in} = 0.0002 \text{ m}$$

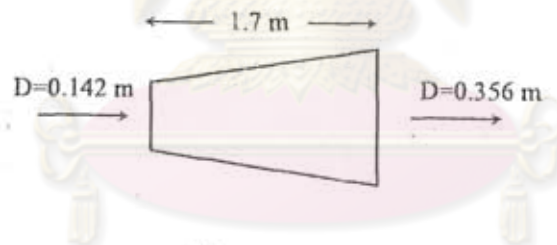
$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0.0002}{0.142} = 0.0014$$

จาก Moody diagram ได้ค่า $f = 0.017$

$$h_L = \frac{0.017 \times 0.1 \times 125.7052^2}{0.142 \times 2 \times 9.8} = 9.6519 \text{ m Air} = 0.4576 \text{ in.H}_2\text{O}$$

ดังนั้น h_L ช่วง D-E เท่ากับ 0.4576 in.H₂O

ช่วง E-F



รูปที่ 8 ระบบท่อในช่วง E-F

$$\frac{A_2}{A_1} = \frac{D_2^2}{D_1^2} = \frac{0.356^2}{0.142^2} = 6.28$$

$$K_L = 0.04$$

$$h_L = \frac{K_L (V_1 - V_2)^2}{2 \times 9.8}$$

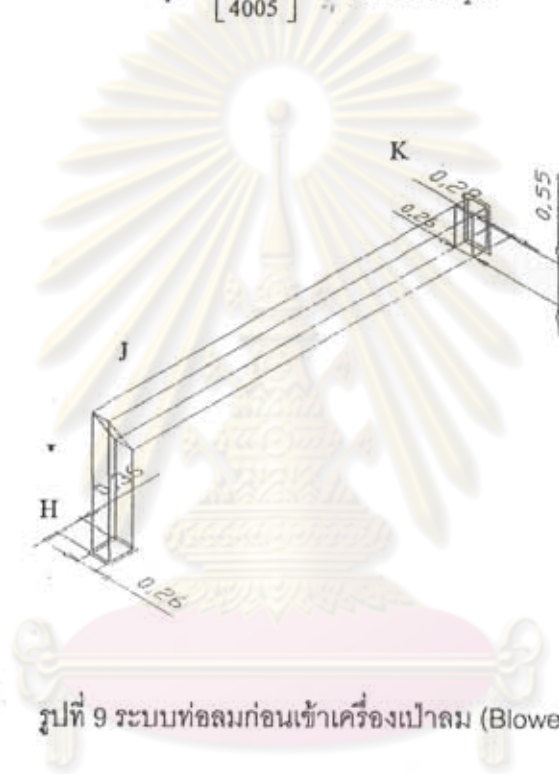
$$h_L = \frac{0.04 \times (125.7052 - 20)^2}{2 \times 9.8} = 22.8032 \text{ m Air} = 1.0811 \text{ in.H}_2\text{O}$$

ดังนั้น h_i ช่วง D-E เท่ากับ 1.0811 in.H₂O

ดังนั้น $SP_{in} = 0.0562 + 0.937 + 0.0937 + 0.0652 + 1.5289 + 0.4576 = 3.1386$ inH₂O

ความดันสูญเสียเนื่องจากความเร็วลมที่เข้าเครื่องเป่าลม (Blower) (VP_u)

$$vp = \left[\frac{3937}{4005} \right]^2 = 0.9663 \text{ inH}_2\text{O}$$



รูปที่ 9 ระบบท่อลมก่อนเข้าเครื่องเป่าลม (Blower)

ช่วง H-I



รูปที่ 10 ระบบท่อในช่อง F-G

พื้นที่หน้าตัด 0.26X0.36 m

$$h_L = \frac{fLV^2}{2gD}$$

$$R = \frac{0.26 \times 0.36}{2 \times (0.26 + 0.36)} = 0.0755 \text{ m}$$

$$D = 4R = 4 \times 0.0755 = 0.3020 \text{ m}$$

$$Re = \frac{\rho VD}{\mu} = \frac{1.1665 \times 20 \times 0.3020}{1.86 \times 10^{-5}} = 3.8 \times 10^5$$

$$\varepsilon \text{ เหล็ก} = 0.010 \text{ in} = 0.0002 \text{ m}$$

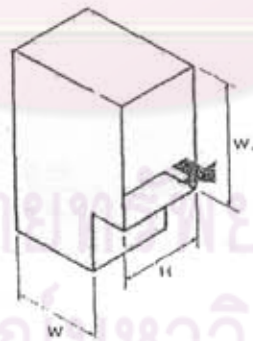
$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0.0002}{0.3020} = 0.0007$$

จาก Moody diagram ได้ค่า $f = 0.017$

$$h_L = \frac{0.017 \times 1.5 \times 20^2}{0.3020 \times 2 \times 9.8} = 1.7232 \text{ m Air} = 0.0817 \text{ in.H}_2\text{O}$$

ดังนั้น h_c ช่วง H-I เท่ากับ 0.0817 in.H₂O

ช่วง I-J



รูปที่ 11 ระบบท่อในช่อง I-J

จากหนังสือ HVAC System Duct design หน้า 14.32

$$W = 0.36 \text{ m}, H = 0.26 \text{ m}, W_1 = 0.55 \text{ m}$$

$$\frac{H}{W} = 0.72, \quad \frac{W_1}{W} = 1.52$$

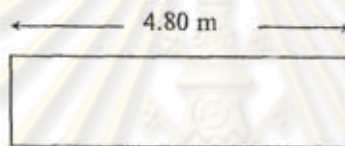
จากตาราง ได้ค่า $C = 0.9$

VP of downstream ที่ 20 m/s ได้ VP=0.937

$$VP = 0.9 \times 0.937 = 0.8433 \text{ in } H_2O$$

ดังนั้น VP ช่วง I-J เท่ากับ 0.8433 in.H₂O

ช่วง J-K



รูปที่ 12 ระบบท่อในช่วง J-K

พื้นที่หน้าตัด 0.26*0.55 m

$$h_l = \frac{fLV^2}{2gD}$$

$$R = \frac{0.26 \times 0.55}{2 \times (0.26 + 0.55)} = 0.0883 \text{ m}$$

$$D = 4R = 4 \times 0.0883 = 0.3532 \text{ m}$$

$$Re = \frac{\rho VD}{\mu} = \frac{1.1665 \times 20 \times 0.3532}{1.86 \times 10^{-5}} = 4.4 \times 10^5$$

ϵ เหล็ก = 0.010 in = 0.0002 m

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0.0002}{0.3532} = 0.0007$$

จาก moody diagram ได้ค่า $f = 0.017$

$$h_L = \frac{0.017 \times 4.80 \times 20^2}{0.3532 \times 2 \times 9.8} = 4.7149 \text{ m Air} = 0.2235 \text{ in.H}_2\text{O}$$

ดังนั้น h_L ช่วง H-I เท่ากับ 0.2235 in.H₂O

การออกแบบไซโคลนสครับเบอร์

ต่อขนานกันดังนั้นอัตราการไหลจะเท่ากับผลรวมของอัตราการไหลในแต่ละสายและกำหนดความเร็วเท่ากับ 20m/sec

$$Q = 1.5 \times 2 = 3 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$Q = U_4 A_4$$

$$3 = 20 A_4$$

$$A_4 = 0.15 \text{ m}^2$$

กำหนดความเร็วของก๊าซสกปรกที่ทางเข้าไซโคลนสครับเบอร์เท่ากับ 20 m/sec และท่อทางเข้ามาตรฐาน ความสูงเท่ากับ 1.0d และความกว้างเท่ากับ 0.5d เพราะฉะนั้น

$$3 \frac{\text{m}^3}{\text{sec}} \times \frac{1}{20 \frac{\text{m}}{\text{sec}}} = 1.0d \times 0.5d$$

$$d = 0.548 \text{ m}$$

บริเวณปากทางออกของก๊าซสะอาด กำหนดให้ความเร็วของก๊าซสะอาดไม่เกิน 10 m/s ปรับ d ให้เหมาะสม

$$Q = 3 = \frac{\pi d^2}{4} \times 10$$

$$d^* = 0.618 \text{ m}$$

ความกว้างเท่ากับ $0.5d=0.274 \text{ m}$ ความสูงเท่ากับ $1.0d=0.548 \text{ m}$

กำหนดให้ $D=2d$

เส้นผ่านศูนย์กลางของไซโคลน $D = 1.1 \text{ m}$

เส้นผ่านศูนย์กลางท่อทางออก $d = 0.618 \text{ m}$

ความยาวของกระบอกลูกไซโคลน $L = 5 \times 0.548 = 2.74 \text{ m}$

ความยาวของกรวยด้านบน $H = 0.6 \times 0.548 = 0.33 \text{ m}$

ความดันสูญเสียของไซโคลนสกรับเบอร์

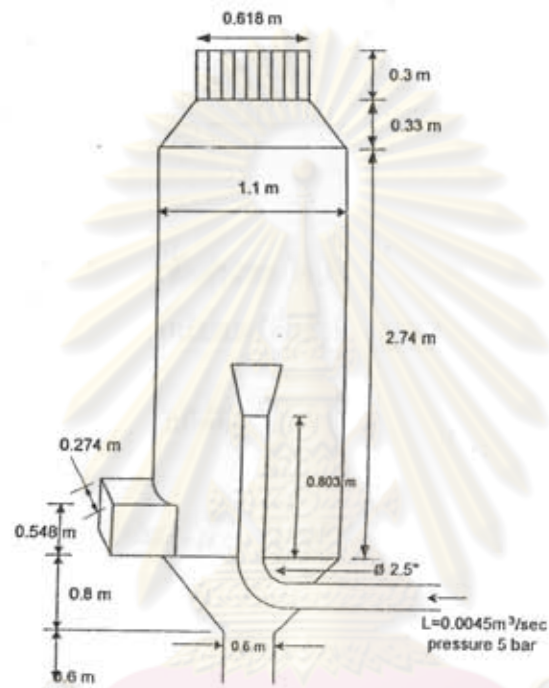
$\Delta P'$ ของไซโคลนสกรับเบอร์ในกรณีที่ไม่ได้ฉีดน้ำ

$$\Delta P' = \frac{30a\sqrt{D}}{d^2\sqrt{L+H}} \left(\frac{1}{2} \rho \frac{U^2}{g_c} \right)$$

$$\Delta P' = \frac{30 \times 0.274 \times 0.548 \times \sqrt{1.1}}{0.618^2 \sqrt{2.74 + 0.33}} \left(\frac{1}{2} \times 1.1665 \times \frac{20^2}{9.8} \right) = 168.1 \text{ mmH}_2\text{O}$$

กรณีที่ฉีดน้ำให้ $\Delta P = 2\Delta P' = 2 \times 168.1 = 336.2 \text{ mmH}_2\text{O} = 13.24 \text{ inH}_2\text{O}$

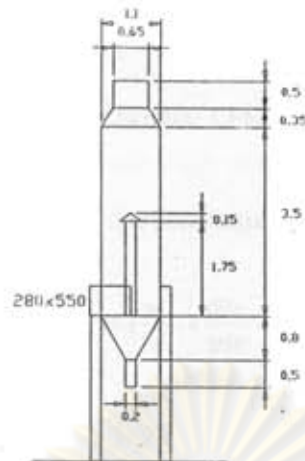
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 13 โครงสร้างและสัดส่วนของไซโคลนสควิบเบอร์

ซึ่งทำการจัดสร้างไซโคลนสควิบเบอร์ขนาดที่แท้จริงดังรูปที่ 14

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 14. โครงสร้างและสัดส่วนของไซโคลนสกรับเบอร์ที่ทำการจัดสร้าง
 คำนึงความดันสูญเสียของไซโคลนสกรับเบอร์ที่แท้จริง

$\Delta P'$ ของไซโคลนสกรับเบอร์ในกรณีที่ไม่ได้ฉีดน้ำ

$$\Delta P' = \frac{30a\sqrt{D}}{d^2\sqrt{L+H}} \left(\frac{1}{2} \rho \frac{U^2}{g_c} \right)$$

$$\Delta P' = \frac{30 \times 0.28 \times 0.55 \times \sqrt{1.1}}{0.65^2 \sqrt{3.5 + 0.35}} \left(\frac{1}{2} \times 1.1665 \times \frac{20^2}{9.8} \right) = 139.1457 \text{ mmH}_2\text{O}$$

กรณีที่ฉีดน้ำให้

$$\Delta P = 2\Delta P' = 2 \times 139.1457 = 278.2914 \text{ mmH}_2\text{O} = 10.9564 \text{ in.H}_2\text{O}$$

ความดันสูญเสียของไซโคลนสกรับเบอร์ 10.9564 in.H₂O

$$SP_{out} = 0.0817 + 0.8433 + 0.2235 + 10.9564 = 12.1049 \text{ in.H}_2\text{O}$$

ดังนั้น

$$FSP = SP_{out} - SP_{in} - VP_{in}$$

$$FSP = 12.1049 - (-3.1386) - 0.9663 = 14.2772 \text{ inH}_2\text{O}$$

ดังนั้นคุณสมบัติของพัดลมคือ $3 \text{ m}^3/\text{s}$ (6400 CFM) , 15 inH₂O

การออกแบบเฮดเดอร์

$$Q = 3 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times \frac{60 \text{ s}}{\text{min}} = 180 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$$

อัตราการฉีดละอองน้ำ (L/Q) ประมาณ 1-2 ลิตรน้ำต่อลบ.ม อากาศสกปรก

$$\frac{L}{Q} = 1$$

$$L = 1 \times 180 = 180 \frac{\text{l}}{\text{min}}$$

q คืออัตราการฉีดน้ำต่อหัวฉีด q(l/min) ที่ติดตั้งข้างของท่อ header

$$q = \frac{L}{N}$$

จากคุณสมบัติของหัวฉีด อัตราการฉีดน้ำต่อหัว เท่ากับ 10 l/min

$$10 = \frac{180}{N}$$

$$N = 18$$

$$N \approx 20$$

ทำการคำนวณซ้ำ

$$L = qN = 10 \times 20 = 200 \text{ l / min}$$

$$\frac{L}{Q} = \frac{200}{180} = 1.11$$

$$L = 200 \frac{l}{\text{min}} \times \frac{\text{min}}{60 \text{ sec}} \times \frac{10^{-3} m^3}{l} = 3.33 \times 10^{-3} \frac{m^3}{\text{sec}}$$

กำหนดให้ความเร็วของน้ำในท่อ header เท่ากับ 2 เมตรต่อวินาที

$$A = \frac{3.33 \times 10^{-3}}{2} = 1.67 \times 10^{-3} m^2$$

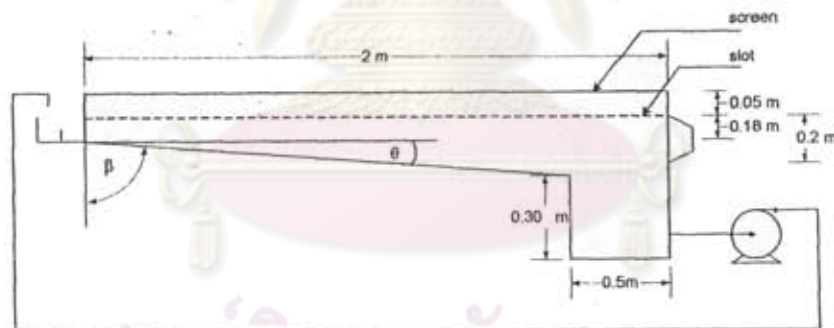
$$D_h = 0.0461 m$$

ความสูงของท่อ header (H_h) = $\frac{L}{2} = \frac{3.50}{2} = 1.75 m$

กำหนดให้มีหัวฉีด 5 แถวและ 1 แถวมี 4 หัวฉีด โดยใช้หัวฉีดชนิด Full-cone ที่มุมฉีด(โคน)กว้างเท่ากับ 90 องศา

คำนวณขนาด pump สำหรับห้องทดลอง

กำหนดระยะห่างระหว่างตะแกรงกับบานเกล็ดประมาณ 5 cm



รูปที่ 15 โครงสร้างและสัดส่วนของพื้นเอียง
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$\tan \theta = \frac{0.2 - 0.18}{2}$$

$$\theta = 0.57^\circ$$

transport phenomena หน้า 40

$$V_z = \frac{\rho g \delta^2 \cos \beta}{3\mu}$$

กำหนด ฟิล์มของน้ำหนา 4 mm

$$V_z = \frac{1000 \times 9.8 \times (4 \times 10^{-3})^2 \cos(90 - 0.57)}{3 \times 10^{-3}}$$

$$V_z = 0.52 \text{ m/s}$$

$$\text{Re} = \frac{4\delta V_z \rho}{\mu} = \frac{4 \times 4 \times 10^{-3} \times 0.52 \times 1000}{10^{-3}} = 8320$$

$$Q = 1.5 \times 4 \times 10^{-3} \times 0.52 = 3.12 \times 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s}$$

กำหนดความเร็วในท่อ 2 m/s

$$\text{พื้นที่หน้าตัดของท่อ} = \frac{3.12 \times 10^{-3}}{2} = 1.56 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$d = 0.0446 \text{ m} = 1.75 \text{ in} \text{ เพราะฉะนั้นเลือกท่อขนาด 1.75 in}$$

$$\text{Re} = \frac{\rho V D}{\mu} = \frac{1000 \times 2 \times 0.0446}{10^{-3}} = 8.92 \times 10^4$$

จากหนังสืออุปกรณ์การผลิตในอุตสาหกรรมเคมี หน้า 19 จะได้ $f = 0.0047$

กำหนดให้ $\sum L = 3 \text{ m}$

$$\Delta P = 4f \left(\frac{L}{D} \right) \left(\frac{\rho U^2}{2g_c} \right)$$

$$\Delta P = 4 \times 0.0047 \times \frac{3}{0.0446} \times \frac{1000 \times 2^2}{2 \times 9.8} = 258 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = 258 \text{ mmH}_2\text{O}$$

velocity pressure (VP) กรณีมุมทางเข้าแหลม C=0.5

$$VP = \frac{1}{2} C \rho U^2 = \frac{1}{2} \times 0.5 \times 1000 \times 2^2 = 1000 \text{ Pa} \times \frac{0.102 \text{ mmH}_2\text{O}}{\text{Pa}} = 102 \text{ mmH}_2\text{O}$$

$$\Delta P_t = 258 + 102 + 1000 = 1360 \text{ mmH}_2\text{O}$$

$$HP = \frac{1360 \times 3.12 \times 10^{-3}}{102 \times 0.6} = 0.0693 \text{ KW} \times 1.2 = 0.0832 \text{ KW} \times \frac{HP}{0.7457 \text{ KW}} = 0.112 \text{ HP}$$

การออกแบบบ่อพักน้ำ

กำหนดให้มีน้ำพอใช้เป็นเวลา 60 วินาที

$$A = 3.12 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{sec}} \times \frac{60 \text{ sec}}{\text{length } 1.5 \text{ m}} = 0.125 \text{ m}^2$$

บ่อตกตะกอน กว้าง 0.5 เมตร ลึก 0.25 เมตร ดังรูปที่ 5

กำหนดให้ระยะความสูงเหนือผิวน้ำ 5 cm

ดังนั้นบ่อตกตะกอน กว้าง 0.5 เมตร ลึก 0.30 เมตร ดังรูปที่ 5.15

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

8 การทดลองสำหรับเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากแบบจำลองคณิตศาสตร์

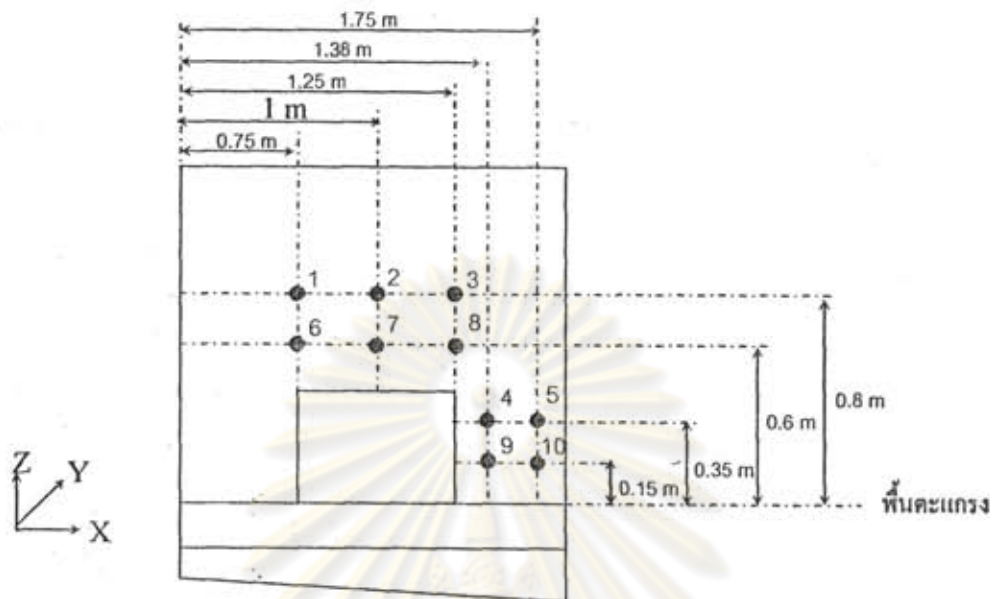
เพื่อทำการตรวจสอบความถูกต้องและความสามารถในการทำนายผลของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ จำเป็นต้องนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในงานวิจัย ดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

8.1 ตำแหน่งที่ใช้ในการวัดการกระจายตัวของความเร็วของอากาศ

ในการทดลองวัดความเร็วของอากาศสำหรับนำไปเปรียบเทียบกับผลการจำลอง เริ่มแรกจะทำการวัดความเร็วเฉลี่ยขาเข้าของอากาศที่ด้านบนของห้อง(สูงจากพื้นตะแกรง 2 เมตร) ซึ่งคือความเร็วขาเข้าของอากาศของแบบจำลอง โดยทำการแบ่งพื้นที่ดังรูปที่ 8.1 ซึ่งแต่ละจุดใช้ค่าเฉลี่ยของความเร็วของอากาศในช่วง 1 นาที ถัดจากตำแหน่งด้านบนของห้องจะเป็นบริเวณที่ถูกจัดเตรียมไว้ เพื่อทำการวัดการกระจายตัวของความเร็วของอากาศดังรูปที่ 8.2 ในการวัดการกระจายตัวของความเร็วของอากาศจะใช้เครื่องวัดความเร็วลมรุ่น Testo 425



รูปที่ 8.1 ตำแหน่งของจุดวัดบนห้องมองด้านบน(วัดที่ใจกลางของสี่เหลี่ยม)



รูปที่ 8.2 ตำแหน่งของจุดวัดภายในห้อง

- เมื่อ แทนตำแหน่งของจุดที่ทำการวัดความเร็วของอากาศ
หมายเลข 1-10 แทนตำแหน่งของจุดวัดเพื่อใช้ในการอ้างอิงในการแสดงผลการทดลอง

8.2 การทดลอง

ในการศึกษาจะแบ่งการทดลองออกเป็น 3 กรณี คือ กรณีความเร็วขาเข้าของอากาศ
เท่ากับ 0.1 ,0.33 และ 0.48 เมตรต่อวินาที

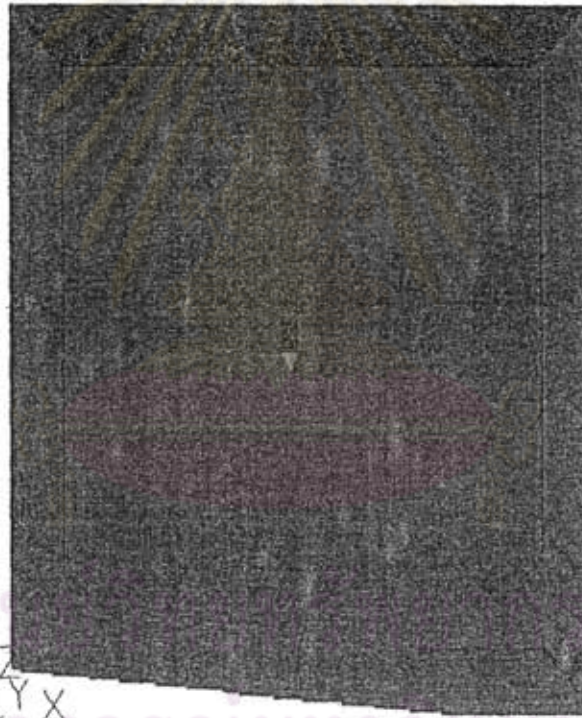
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

9 รายละเอียดของข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองคณิตศาสตร์

ในการจำลองจะอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีชื่อว่า PHOENICS ซึ่งเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้หลักการของเทคนิค CFD ในการคำนวณผล

9.1 ลักษณะรูปร่าง (Geometry)

ห้องมีขนาดความกว้าง 1.5 เมตร (แกน Y) ความยาว 2 เมตร (แกน X) และความสูง 2 เมตร (แกน Z) ด้านบนของห้องเป็นทางเข้าของอากาศ(สีม่วง) ภายในห้องมีสิ่งกีดขวางที่มีขนาดความกว้าง 0.40 เมตร ยาว 0.50 เมตร และความสูง 0.5 เมตร ซึ่งตั้งอยู่บนพื้นห้อง ถัดลงมาจะมีแผ่นบานเกล็ด 8 แผ่นอยู่ในแนวตั้ง (แกน Z) โดยแต่ละแผ่นห่างกัน 0.25 เมตร จากนั้นจะมีลักษณะเป็นพื้นเฉียง และทางออกของอากาศ (สีฟ้า) ดังรูป 9.1



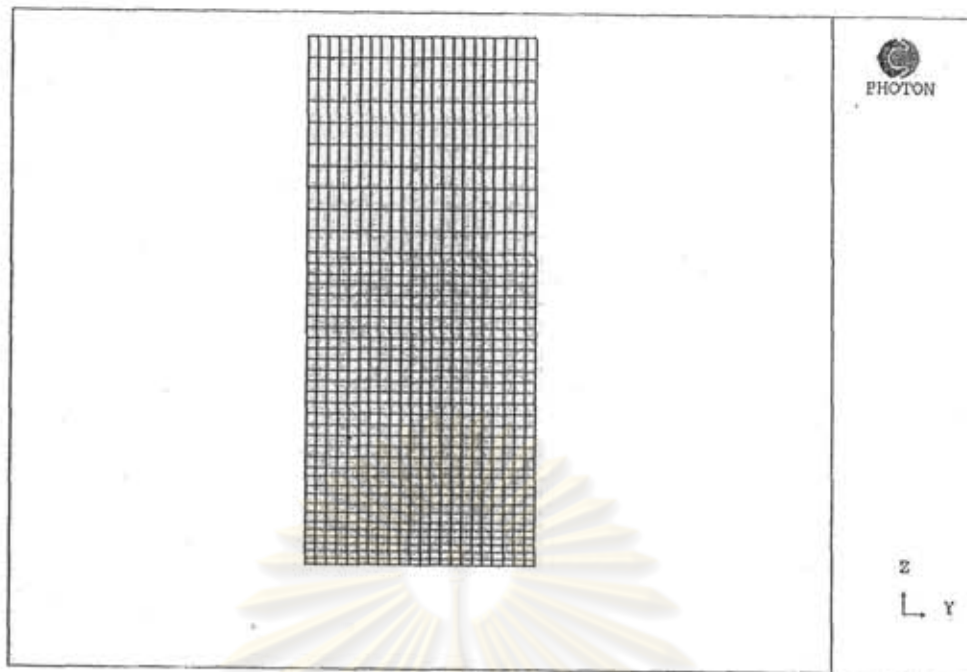
รูปที่ 9.1 ลักษณะรูปร่างที่ใช้ในเทคนิค CFD

9.2 การกำหนดกริด (Grids)

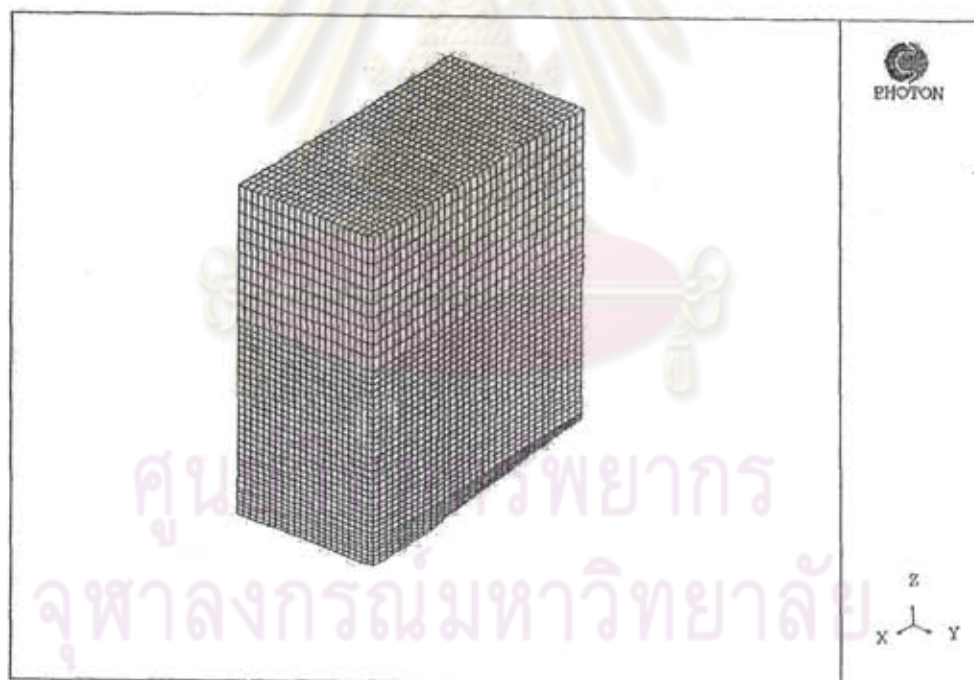
การจำลองในกรณีที่ของไหลไหลผ่านสิ่งกีดขวางจะแบ่งออกเป็น 3 การทดลองดังตารางที่ 9.1 โดยกำหนดให้โดเมนที่ใช้ในการจำลองมีขนาด กว้าง 1.5 เมตร ยาว 2 เมตร และสูง 2.45 เมตร ซึ่งในการกำหนดกริดที่ใช้ในการคำนวณจะกำหนดให้จำนวนและระยะห่างของเส้นกริดมีค่าเท่ากันทั้งสามการทดลองคือ กำหนดให้จำนวนกริดตามความยาว (IX), จำนวนกริดตามความกว้าง (IY) และจำนวนกริดตามความสูง (IZ) มีค่าเท่ากับ 32, 22 และ 42 ตามลำดับ โดยกำหนดให้ระยะห่างของกริดมีขนาดเล็กในบริเวณสิ่งกีดขวางและพื้นเชิง จากนั้นระยะห่างของกริดจะมีขนาดมากขึ้นเรื่อยๆเมื่อไกลจากบริเวณดังกล่าว ดังแสดงได้ดังรูปที่ 9.1-9.3 การสร้างกริดในลักษณะนี้สามารถทำได้โดยการกำหนดให้ระยะห่างของกริดมีค่าเพิ่มขึ้นในอัตราที่ไม่เท่ากันตลอดระยะทางที่กำหนด (non-uniform grids) ทำให้สามารถลดจำนวนกริดที่ต้องการใช้ลงและลดเวลาที่ใช้ในการคำนวณให้น้อยลง



รูปที่ 9.1 ลักษณะของกริดในระนาบ XZ



รูปที่ 9.2 ลักษณะของกริดในระนาบ YZ



รูปที่ 9.3 ลักษณะของกริด ในระนาบ XYZ

9.3 สภาวะขอบเขต (Boundary condition)

9.3.1 บริเวณทางเข้าของอากาศ

1 ความเร็วของอากาศที่เข้าทางด้านบนห้องมีลักษณะเป็นแบบ Uniform Flow โดยที่ความเร็วจะมีเฉพาะในแกน Z เท่านั้น และมีค่า Intensity (I) เท่ากับ 5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าดังตารางที่ 9.1

ตารางที่ 9.1 ความเร็วของอากาศที่ไหลเข้าระบบในแต่ละการทดลอง

การทดลองที่	แนวแกน x m/s	แนวแกน y (\bar{v}) m/s	แนวแกน z (\bar{w}) m/s
1	0	0	0.10
2	0	0	0.33
3	0	0	0.48

2 ส่วนพลังงานจลน์ที่เกิดขึ้นเนื่องจากความปั่นป่วน, k และค่าอัตราการกระจายตัวของพลังงานจลน์ที่เกิดขึ้นเนื่องจากความปั่นป่วน, ε สามารถประมาณค่าได้จากสมการต่อไปนี้ตามลำดับ

$$k = (I\bar{w})^2 = (0.05\bar{w})^2$$

$$\varepsilon = \frac{C_{\mu}^{0.75} k^{1.5}}{L}$$

$$L = 0.1H$$

เมื่อ H คือ รัศมีเชิงไฮดรอลิก (Hydraulic Radius) ของช่องทางเข้า ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.4286 เมตร

9.3.2 บริเวณผนัง

ที่บริเวณผนังทุกด้านจะกำหนดให้องค์ประกอบของความเร็วทุกทิศทางที่ผนังมีค่าเป็นศูนย์ (no-slip condition)

9.3.3 คุณสมบัติทางกายภาพเฉลี่ยของอากาศในระบบ ดังตารางที่ 9.2

ตารางที่ 9.2 คุณสมบัติทางกายภาพของอากาศที่ใช้ในการจำลอง

อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	ρ (kg/m^3)	μ (kg/ms)
30 $^{\circ}\text{C}$	1.1678	1.8661×10^{-5}

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

10 การเปรียบเทียบผลการทดลองกับผลของการจำลอง

10.1 ผลการทดลองสำหรับเปรียบเทียบผลของการจำลอง

ค่าเฉลี่ยของความเร็วของอากาศในช่วง 1 นาที ในตำแหน่งที่ทำการวัดความเร็วของอากาศของการทดลองจะแสดงในตารางที่ 10.1-10.4 โดยตำแหน่งวัดหมายเลข 1-10 จะวัด 2 ระบายในแกน Y คือ ระยะ 0.62 เมตรและ 0.82 เมตร

ตารางที่ 10.1 ผลการทดลองวัดความเร็วของอากาศที่ด้านบนห้อง

ตำแหน่ง	ความเร็วของอากาศ (m/s)		
	การทดลองที่1	การทดลองที่2	การทดลองที่3
1	0.07	0.27	0.42
2	0.08	0.28	0.44
3	0.09	0.30	0.45
4	0.08	0.28	0.44
5	0.11	0.29	0.46
6	0.11	0.36	0.50
7	0.14	0.42	0.58
8	0.14	0.42	0.56
9	0.09	0.35	0.52
10	0.13	0.36	0.48
11	0.07	0.27	0.44
12	0.08	0.35	0.50
13	0.09	0.38	0.48
14	0.10	0.38	0.49
15	0.12	0.24	0.44
เฉลี่ย	0.10	0.33	0.48

ตารางที่ 10.2 ผลการทดลองของกรณีความเร็วขาเข้าของอากาศเท่ากับ 0.1 เมตรต่อวินาที

ตำแหน่งวัด	ความเร็วของอากาศ (เมตรต่อวินาที)							
	IY=9(0.62 m)				IY=12(0.82 m)			
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย
1 (IX=12,IZ=28)	0.09	0.08	0.09	0.0867	0.09	0.08	0.09	0.0867
2 (IX=16,IZ=28)	0.10	0.10	0.12	0.1067	0.11	0.11	0.10	0.1067
3 (IX=20,IZ=28)	0.14	0.13	0.16	0.1433	0.16	0.14	0.11	0.1367
4 (IX=22,IZ=19)	0.14	0.12	0.11	0.1233	0.13	0.11	0.12	0.1200
5 (IX=28,IZ=19)	0.22	0.18	0.21	0.2033	0.20	0.22	0.24	0.2200
6 (IX=12,IZ=24)	0.08	0.07	0.07	0.0733	0.08	0.06	0.06	0.0667
7 (IX=16,IZ=24)	0.08	0.08	0.09	0.0833	0.07	0.07	0.07	0.0700
8 (IX=20,IZ=24)	0.16	0.11	0.12	0.1300	0.12	0.13	0.14	0.1300
9 (IX=22,IZ=15)	0.12	0.10	0.11	0.1100	0.09	0.10	0.10	0.0967
10 (IX=28,IZ=15)	0.28	0.30	0.32	0.3000	0.29	0.28	0.27	0.2800

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 10.3 ผลการทดลองของกรณีความเร็วขาเข้าของอากาศเท่ากับ 0.33 เมตรต่อวินาที

ตำแหน่งวัด	ความเร็วของอากาศ (เมตรต่อวินาที)							
	IY=9(0.62 m)				IY=12(0.82 m)			
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย
1 (IX=12,IZ=28)	0.39	0.33	0.28	0.3333	0.38	0.31	0.32	0.3367
2 (IX=16,IZ=28)	0.40	0.38	0.35	0.3767	0.43	0.35	0.38	0.3867
3 (IX=20,IZ=28)	0.56	0.55	0.43	0.5133	0.45	0.48	0.439	0.4563
4 (IX=22,IZ=19)	0.50	0.42	0.45	0.4567	0.47	0.49	0.46	0.4733
5 (IX=28,IZ=19)	0.68	0.73	0.70	0.7033	0.68	0.73	0.65	0.6867
6 (IX=12,IZ=24)	0.27	0.31	0.28	0.2867	0.23	0.20	0.31	0.2467
7 (IX=16,IZ=24)	0.28	0.31	0.28	0.2900	0.31	0.24	0.27	0.2733
8 (IX=20,IZ=24)	0.43	0.42	0.46	0.4367	0.47	0.41	0.49	0.4567
9 (IX=22,IZ=15)	0.49	0.47	0.45	0.4700	0.35	0.37	0.45	0.3900
10 (IX=28,IZ=15)	0.93	0.85	1.05	0.9433	0.84	0.86	0.89	0.8633

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 10.4 ผลการทดลองของกรณีความเร็วขาเข้าของอากาศเท่ากับ 0.48 เมตรต่อวินาที

ตำแหน่งวัด	ความเร็วของอากาศ (เมตรต่อวินาที)							
	Y=9(0.62 m)				Y=12(0.82 m)			
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย
1 (IX=12,IZ=28)	0.48	0.42	0.45	0.4500	0.48	0.42	0.50	0.4667
2 (IX=16,IZ=28)	0.52	0.60	0.62	0.5800	0.61	0.59	0.50	0.5667
3 (IX=20,IZ=28)	0.67	0.67	0.65	0.6633	0.76	0.71	0.59	0.6867
4 (IX=22,IZ=19)	0.73	0.71	0.66	0.7000	0.69	0.61	0.63	0.6433
5 (IX=28,IZ=19)	0.94	0.9	0.95	0.9300	0.98	1.12	0.93	1.0100
6 (IX=12,IZ=24)	0.39	0.40	0.30	0.3633	0.42	0.38	0.35	0.3833
7 (IX=16,IZ=24)	0.45	0.36	0.40	0.4033	0.42	0.36	0.34	0.3733
8 (IX=20,IZ=24)	0.65	0.59	0.59	0.6100	0.62	0.58	0.64	0.6133
9 (IX=22,IZ=15)	0.75	0.71	0.66	0.7067	0.59	0.58	0.63	0.6000
10 (IX=28,IZ=15)	1.17	1.25	1.18	1.2000	1.10	1.10	1.11	1.1033

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

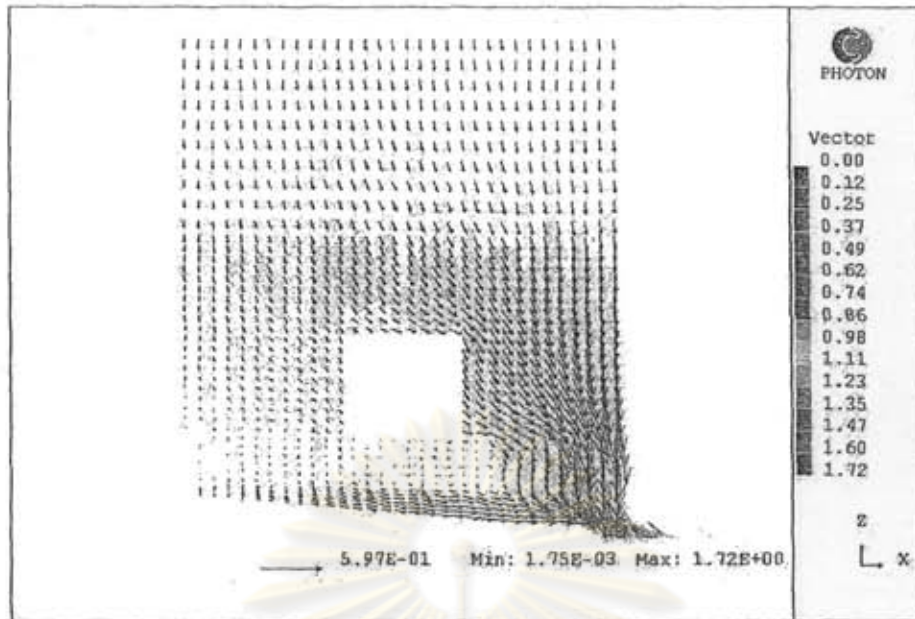
10.2 ผลที่ได้จากการจำลองด้วยเทคนิคCFD

10.2.1 การกระจายตัวของความเร็ว

การกระจายตัวของความเร็วใน 3 มิติ แสดงในรูปแบบของเวกเตอร์ โดยที่ค่าของเวกเตอร์จะมีค่าแตกต่างกันไปตามเขตสี่ที่ปรากฏทางด้านข้างของรูปที่แสดง ซึ่งค่าที่อ่านได้จะมีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที

เมื่อพิจารณาลักษณะการกระจายความเร็วของอากาศในกรณีความเร็วขาเข้าของอากาศเท่ากับ 0.1 , 0.33 และ 0.48 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ จะพบว่าลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศภายในห้องทั้ง 3 กรณีจะมีลักษณะการไหลผ่านสิ่งกีดขวางที่คล้ายคลึงกัน ดังรูปที่ 10.5-10.6 แต่จะมีค่าความเร็วที่สูงกว่าตามลำดับ เมื่ออากาศไหลจะเริ่มถูกเร่งให้มีความเร็วสูงบริเวณใกล้ (IX=28, IZ=35)สำหรับกรณีความเร็วขาเข้าของอากาศเท่ากับ 0.1 เมตรต่อวินาที และเมื่ออากาศผ่านสิ่งกีดขวาง อากาศจะถูกเร่งให้มีความเร็วเพิ่มขึ้น เนื่องจากขนาดของพื้นที่หน้าตัดที่ตั้งฉากกับการไหลของอากาศลดลง สำหรับกรณีความเร็วขาเข้าของอากาศเท่ากับ 0.1 เมตรต่อวินาที พบว่ามีบริเวณที่อับลมมากกว่ากรณีความเร็วขาเข้าของอากาศ 0.33 และ 0.48 เมตรต่อวินาทีตามลำดับ คือบริเวณด้านหลังของสิ่งกีดขวางซึ่งห่างจากท่อทางออก ทำให้อากาศกระจายไม่สม่ำเสมอทั่วทั้งห้องและจะมีความเร็วที่น้อยที่สุดที่บริเวณใกล้ๆกับผนังด้านที่อยู่ห่างจากฮูดทั้งนี้เนื่องจากการกำหนดให้ความเร็วที่บริเวณผนังมีค่าเป็นศูนย์ จึงทำให้ความเร็วในบริเวณที่ใกล้ๆกับผนังห้องมีค่าน้อย อีกทั้งกระแสการไหลที่อยู่ติดกับผนังจะมีทิศทางกับผนังห้อง เหตุที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากผนังห้องจัดเป็นขอบเขต (Boundary) ที่ของไหลไม่สามารถไหลผ่าน ดังนั้นเวกเตอร์ความเร็วของการไหลที่ติดกับขอบเขตจึงต้องขนานไปตามขอบเขตนั้น

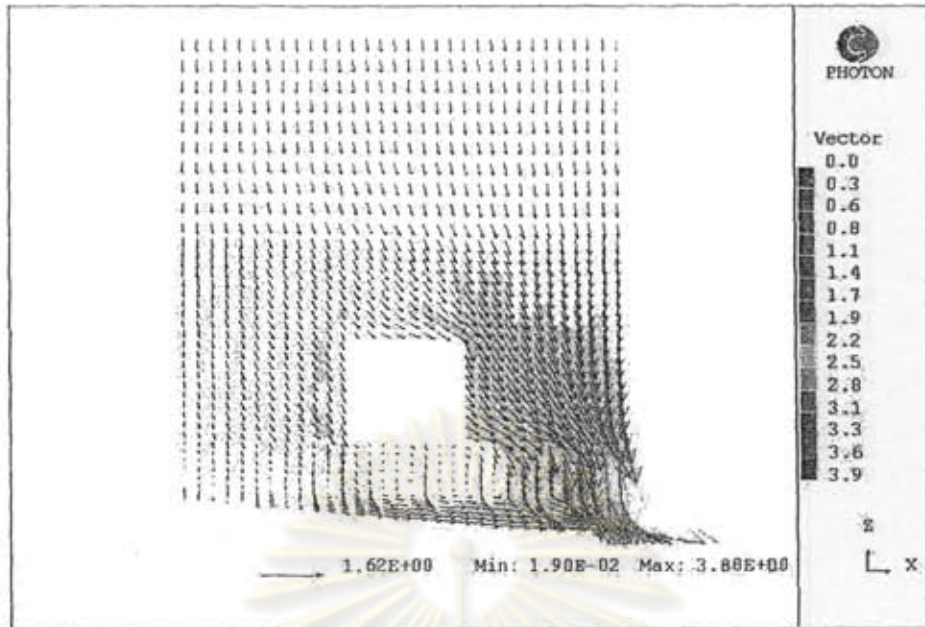
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 10.1 ลักษณะการกระจายตัวของความเร็วในระนาบที่ $Y=9$ ของกรณีที่มีความเร็วขาเข้าของอากาศเท่ากับ 0.10 เมตรต่อวินาที



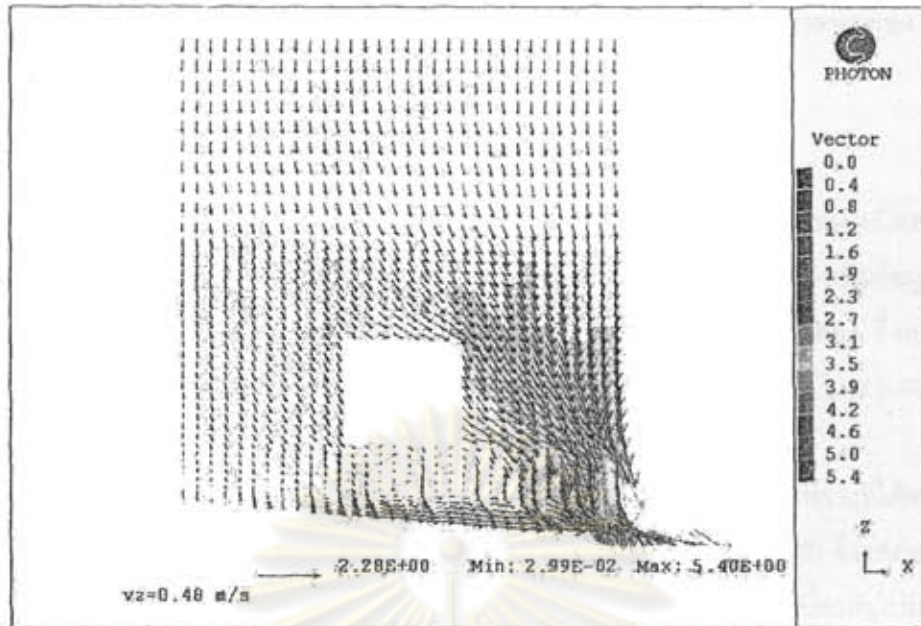
รูปที่ 10.2 ลักษณะการกระจายตัวของความเร็วในระนาบที่ $IX=16$ ของกรณีที่มีความเร็วขาเข้าของอากาศเท่ากับ 0.10 เมตรต่อวินาที



รูปที่ 10.3 ลักษณะการกระจายตัวของความเร็วในระนาบที่ $IX=9$ กรณีที่ความเร็วขาเข้าของอากาศเท่ากับ 0.33 เมตรต่อวินาที



รูปที่ 10.4 ลักษณะการกระจายตัวของความเร็วในระนาบที่ $IX=16$ กรณีที่ความเร็วขาเข้าของอากาศเท่ากับ 0.33 เมตรต่อวินาที



รูปที่ 10.5 ลักษณะการกระจายตัวของความเร็วในระนาบที่ $Y=9$ กรณีที่ความเร็วขาเข้าของอากาศเท่ากับ 0.48 เมตรต่อวินาที



รูปที่ 10.6 ลักษณะการกระจายตัวของความเร็วในระนาบที่ $X=16$ กรณีที่ความเร็วขาเข้าของอากาศเท่ากับ 0.48 เมตรต่อวินาที

10.2.2 เปรียบเทียบความถูกต้องของผลการจำลองกับข้อมูลการทดลอง

10.2.2.1 ผลจากการจำลอง

เพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้จากการคำนวณโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ กับผลที่วัดได้จากการทดลอง ข้อมูลของความเร็วของอากาศที่ได้จากการคำนวณจึงเป็นข้อมูลที่อยู่ในตำแหน่งเดียวกันกับค่าความเร็วของอากาศที่วัดได้ในตำแหน่งต่างๆในการทดลอง ซึ่งตารางที่ 10.5-10.7 เป็นผลการจำลองในกรณีความเร็วขาเข้าของอากาศเท่ากับ 0.1 , 0.33 และ 0.48 เมตรต่อวินาที

การเปรียบเทียบการกระจายตัวของความเร็วของอากาศระหว่างที่ได้จากการทดลองกับค่าที่ได้จากแบบจำลอง จะแสดงในลักษณะของกราฟ (รูปที่ 10.7-10.9) ซึ่งแสดงค่าของความเร็วของอากาศในจุดต่างๆในบริเวณที่ทำการศึกษาจำนวน 20 จุดต่อเนื่องกันไปโดยแบ่งบริเวณของกราฟออกเป็น 2 ช่วง คือ $Y=9$ และ $Y=12$ ตามลำดับ ซึ่งในแต่ละช่วงจะประกอบด้วยตำแหน่งวัดทั้งหมด 10 จุด

อนึ่งตารางที่ 10.9-10.11 จะแสดงเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนแต่ละจุดวัด และเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยทุกๆจุดแต่ละกรณี

เมื่อพิจารณาแนวโน้มของการกระจายตัวของความเร็วของอากาศจากกราฟ แสดงการเปรียบเทียบลักษณะการกระจายตัวของความเร็วระหว่างผลที่ได้จากการทดลองกับผลที่ได้จากแบบจำลอง พบว่าลักษณะการกระจายตัวของความเร็วที่เกิดขึ้นมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันถึงแม้ว่าจะมีบางช่วงที่มีผลที่คลาดเคลื่อนแต่พบว่ามีไม่เกิน 13.51% ดังนั้นจึงสามารถประมาณได้ว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 10.5 ผลการจำลองกรณีความเร็วขาเข้าของอากาศเท่ากับ 0.1 เมตรต่อวินาที

ตำแหน่งวัด	ความเร็วของอากาศ (เมตรต่อวินาที)	
	IY=9	IY=12
1 (IX=12,IZ=28)	0.0805	0.0794
2 (IX=16,IZ=28)	0.0975	0.0959
3 (IX=20,IZ=28)	0.1229	0.1221
4 (IX=22,IZ=19)	0.1462	0.1366
5 (IX=28,IZ=19)	0.2466	0.2468
6 (IX=12,IZ=24)	0.0672	0.0593
7 (IX=16,IZ=24)	0.0907	0.0810
8 (IX=20,IZ=24)	0.1452	0.1470
9 (IX=22,IZ=15)	0.1353	0.1140
10 (IX=28,IZ=15)	0.3179	0.3165

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 10.6 ผลการจำลองกรณีความเร็วขาเข้าของอากาศเท่ากับ 0.33 เมตรต่อวินาที

ตำแหน่งวัด	ความเร็วของอากาศ (เมตรต่อวินาที)	
	IY=9	IY=12
1 (IX=12,IZ=28)	0.2894	0.2861
2 (IX=16,IZ=28)	0.3379	0.3329
3 (IX=20,IZ=28)	0.4124	0.4108
4 (IX=22,IZ=19)	0.5355	0.4873
5 (IX=28,IZ=19)	0.7879	0.7902
6 (IX=12,IZ=24)	0.2495	0.2239
7 (IX=16,IZ=24)	0.3189	0.2857
8 (IX=20,IZ=24)	0.4895	0.4957
9 (IX=22,IZ=15)	0.5329	0.4371
10 (IX=28,IZ=15)	1.0155	1.0171

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 10.7 ผลการจำลองกรณีความเร็วขาเข้าของอากาศเท่ากับ 0.48 เมตรต่อวินาที

ตำแหน่งวัด	ความเร็วของอากาศ (เมตรต่อวินาที)	
	IY=9	IY=12
1 (IX=12,IZ=28)	0.4193	0.4146
2 (IX=16,IZ=28)	0.4903	0.483
3 (IX=20,IZ=28)	0.5990	0.5964
4 (IX=22,IZ=19)	0.7746	0.704
5 (IX=28,IZ=19)	1.1446	1.105
6 (IX=12,IZ=24)	0.3608	0.3236
7 (IX=16,IZ=24)	0.4626	0.4144
8 (IX=20,IZ=24)	0.7099	0.7188
9 (IX=22,IZ=15)	0.7698	0.6313
10 (IX=28,IZ=15)	1.4761	1.4780

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 10.9 ตารางการเปรียบเทียบผลการทดลองกับผลการจำลองกรณีความเร็วขาเข้าของ
อากาศเท่ากับ 0.10 เมตรต่อวินาที

ตำแหน่งวัด	ความเร็วของอากาศ (เมตรต่อวินาที)					
	IY=9			IY=12		
	ผลการจำลอง	ผลการทดลอง	% ความคลาดเคลื่อน	ผลการจำลอง	ผลการทดลอง	% ความคลาดเคลื่อน
1 (IX=12,IZ=28)	0.0805	0.0867	7.12	0.0794	0.0867	8.38
2 (IX=16,IZ=28)	0.0975	0.1067	8.59	0.0959	0.1067	10.09
3 (IX=20,IZ=28)	0.1229	0.1433	14.26	0.1221	0.1367	10.66
4 (IX=22,IZ=19)	0.1462	0.1233	18.54	0.1366	0.1200	13.83
5 (IX=28,IZ=19)	0.2466	0.2033	21.28	0.2468	0.2200	12.18
6 (IX=12,IZ=24)	0.0672	0.0733	8.36	0.0593	0.0667	11.05
7 (IX=16,IZ=24)	0.0907	0.0833	8.84	0.081	0.0700	15.71
8 (IX=20,IZ=24)	0.1452	0.1300	11.69	0.147	0.1300	13.08
9 (IX=22,IZ=15)	0.1353	0.1100	23.00	0.114	0.0967	17.93
10 (IX=28,IZ=15)	0.3179	0.3000	5.97	0.3165	0.2800	13.04
ค่าเฉลี่ย%ความคลาดเคลื่อนทุกจุด						12.68

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 10.10 ตารางการเปรียบเทียบผลการทดลองกับผลการจำลองกรณีความเร็วขาเข้าของ
อากาศเท่ากับ 0.33 เมตรต่อวินาที

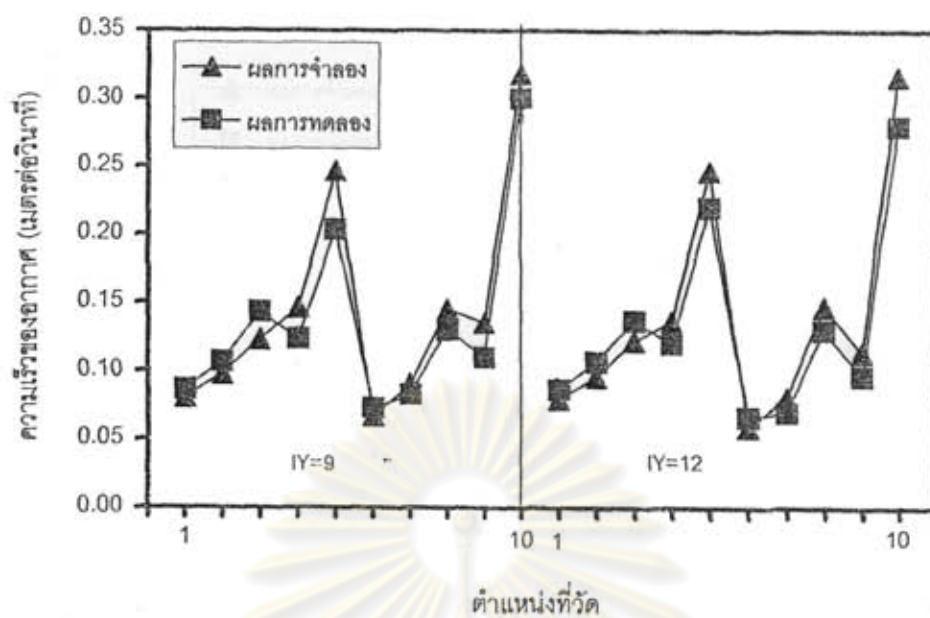
ตำแหน่งวัด	ความเร็วของอากาศ (เมตรต่อวินาที)					
	IY=9			IY=12		
	ผลการจำลอง	ผลการทดลอง	% ความคลาดเคลื่อน	ผลการจำลอง	ผลการทดลอง	% ความคลาดเคลื่อน
1 (IX=12,IZ=28)	0.2894	0.3333	13.18	0.2861	0.3367	15.02
2 (IX=16,IZ=28)	0.3379	0.3767	10.29	0.3329	0.3867	13.91
3 (IX=20,IZ=28)	0.4124	0.5133	19.66	0.4108	0.4563	9.98
4 (IX=22,IZ=19)	0.5355	0.4567	17.26	0.4873	0.4733	2.95
5 (IX=28,IZ=19)	0.7879	0.7033	12.02	0.7902	0.6867	15.08
6 (IX=12,IZ=24)	0.2495	0.2867	12.97	0.2239	0.2467	9.23
7 (IX=16,IZ=24)	0.3189	0.2900	9.97	0.2857	0.2733	4.52
8 (IX=20,IZ=24)	0.4895	0.4367	12.10	0.4957	0.4567	8.55
9 (IX=22,IZ=15)	0.5329	0.4700	13.38	0.4371	0.3900	12.08
10 (IX=28,IZ=15)	1.0155	0.9433	7.65	1.0171	0.8633	17.81
ค่าเฉลี่ย%ความคลาดเคลื่อนทุกๆจุด						11.88

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

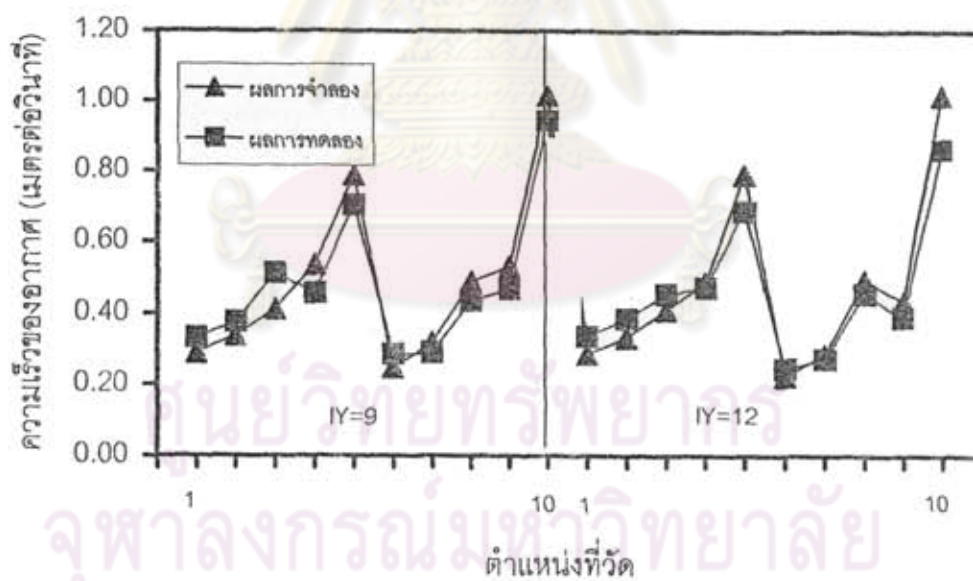
ตารางที่ 10.11 ตารางการเปรียบเทียบผลการทดลองกับผลการจำลองกรณีความเร็วขาเข้าของ
อากาศเท่ากับ 0.48 เมตรต่อวินาที

ตำแหน่งวัด	ความเร็วของอากาศ (เมตรต่อวินาที)					
	IY=9			IY=12		
	ผลการจำลอง	ผลการทดลอง	% ความคลาดเคลื่อน	ผลการจำลอง	ผลการทดลอง	% ความคลาดเคลื่อน
1 (IX=12,IZ=28)	0.4193	0.4500	6.82	0.4146	0.4667	11.16
2 (IX=16,IZ=28)	0.4903	0.5800	15.47	0.483	0.5667	14.76
3 (IX=20,IZ=28)	0.599	0.6633	9.70	0.5964	0.6867	13.15
4 (IX=22,IZ=19)	0.7746	0.7000	10.66	0.704	0.6433	9.43
5 (IX=28,IZ=19)	1.1446	0.9300	23.08	1.105	1.0100	9.41
6 (IX=12,IZ=24)	0.3608	0.3633	0.70	0.3236	0.3833	15.58
7 (IX=16,IZ=24)	0.4626	0.4033	14.69	0.4144	0.3733	11.00
8 (IX=20,IZ=24)	0.7099	0.6100	16.38	0.7188	0.6133	17.20
9 (IX=22,IZ=15)	0.7698	0.7067	8.93	0.6313	0.6000	5.22
10 (IX=28,IZ=15)	1.4761	1.2000	23.01	1.478	1.1033	33.9577
ค่าเฉลี่ย%ความคลาดเคลื่อนทุกจุด						13.51

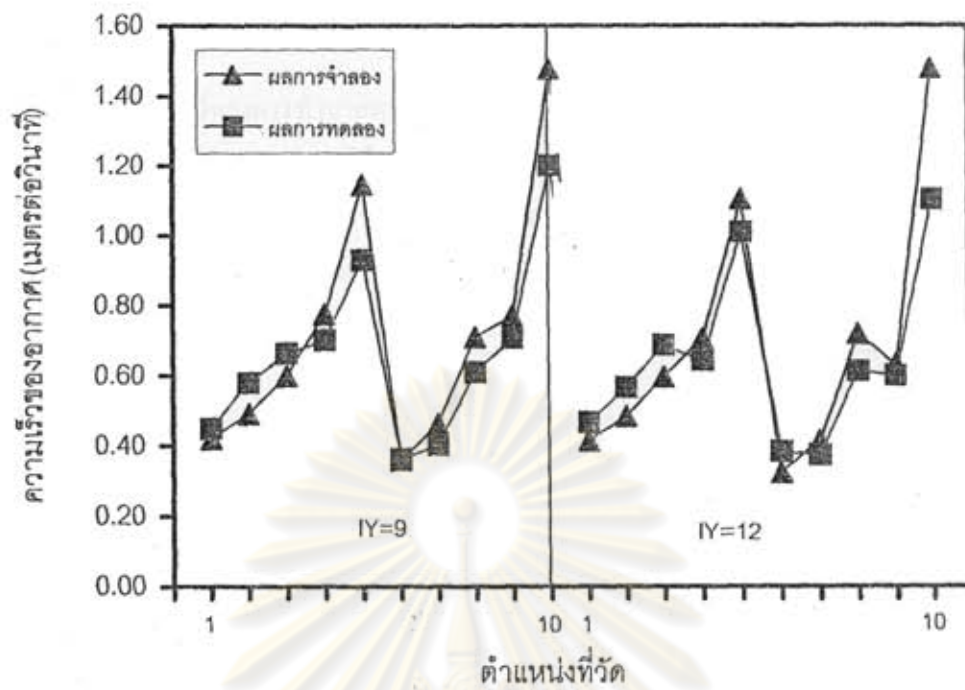
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 10.7 การเปรียบเทียบการกระจายตัวความเร็วของอากาศระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลองกับค่าที่ได้จากการทดลองกรณีความเร็วขาเข้าของอากาศเท่ากับ 0.1 เมตรต่อวินาที



รูปที่ 10.8 การเปรียบเทียบการกระจายตัวความเร็วของอากาศระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลองกับค่าที่ได้จากการทดลองกรณีความเร็วขาเข้าของอากาศเท่ากับ 0.33 เมตรต่อวินาที

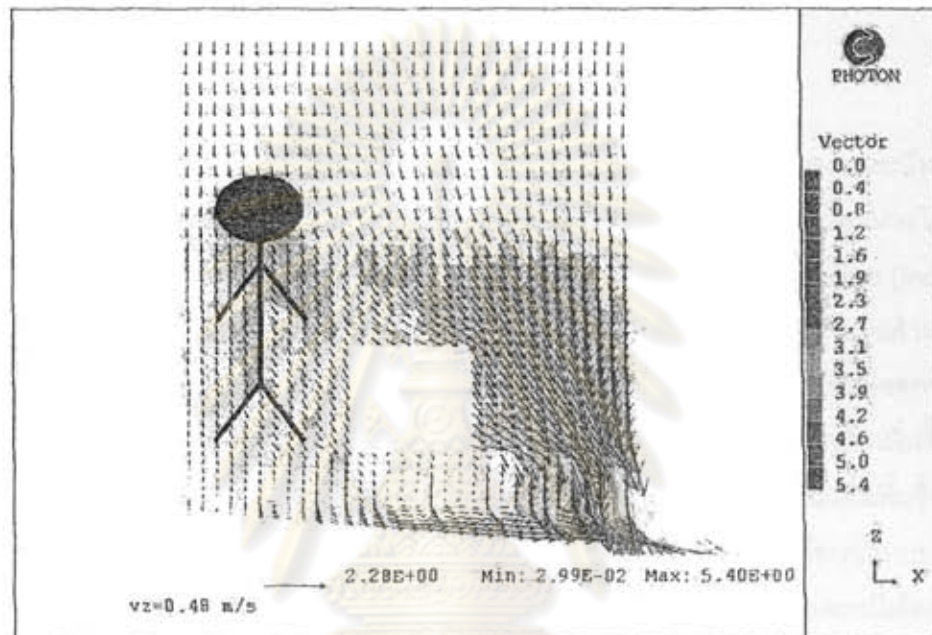


รูปที่ 10.9 การเปรียบเทียบการกระจายตัวความเร็วของอากาศระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลองกับค่าที่ได้จากการทดลองกรณีความเร็วขาเข้าของอากาศเท่ากับ 0.48 เมตรต่อวินาที

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

11 ประโยชน์ของการทำนายพฤติกรรมการไหลของอากาศ

อนึ่งประโยชน์ของการทำนายพฤติกรรมการไหลของอากาศ คือในการทดลองนั้นไม่สามารถมองเห็นการไหลของอากาศได้ แต่การจำลองนั้นทำให้เห็นเวกเตอร์การไหลของอากาศ ทำให้สามารถทราบถึงตำแหน่งคนงานควรจะทำงานอยู่ตำแหน่งใดภายในห้อง เพื่อให้ได้รับมลพิษที่น้อยที่สุด ซึ่งจากผลการจำลองควรยืนอยู่ตำแหน่งเหนือลมของแหล่งกำเนิดฝุ่น (รูปที่ 11.1)



รูปที่ 11.1 ตำแหน่งที่คนงานควรจะยืนปฏิบัติงานภายในห้อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

12 ผลงานความก้าวหน้าที่ได้ดำเนินการแล้ว

ทำการทดลองในส่วนขอระบบระบายอากาศชนิดไหลในแนวดิ่งและศึกษาเบื้องต้นของพฤติกรรมการไหลของอากาศขอระบบระบายอากาศชนิดไหลในแนวดิ่ง โดยใช้เทคนิค Computational Fluid Dynamics (CFD) เสร็จเรียบร้อยแล้ว ซึ่งมีผลสรุปดังนี้

การศึกษาระบบระบายอากาศชนิดไหลในแนวดิ่ง

1.อิทธิพลของความเร็วมในแนวดิ่ง

ก. เมื่อพิจารณาความเข้มข้นของอนุภาคในแต่ละช่วงขนาด ในกรณีของความสูงของผนังห้อง 2 เมตร และ 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วมในแนวดิ่งเพิ่มขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคขนาดใหญ่กว่า 1 ไมโครเมตรที่หนีออกจากด้านบนห้องมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากผลจากแรงเฉื่อย (Inertia Effect) และผลจากแรงโน้มถ่วง (Gravity Effect) เสริมกัน ส่งผลให้อนุภาคฟุ้งกระจายขึ้นด้านบนได้น้อยลง ในทางตรงกันข้ามความเข้มข้นของอนุภาคขนาดเล็กกว่า 1 ไมโครเมตรที่หนีออกจากด้านบนห้องมีค่าลดลงที่ความเร็วมในแนวดิ่งประมาณ 0.3 เมตรต่อวินาทีและกลับเพิ่มขึ้นที่ความเร็วมในแนวดิ่งประมาณ 0.5 เมตรต่อวินาที เนื่องจากเมื่อความเร็วมในแนวดิ่งเพิ่มขึ้นถึงระดับหนึ่ง ทำให้ความปั่นป่วนมากขึ้น(ค่าเรย์โนลด์ส์เพิ่มขึ้น) อีกทั้งผลจากการเคลื่อนที่แบบบราวเนียน (Brownian Motion) ทำให้อนุภาคขนาดเล็กกว่าไมโครเมตรฟุ้งกระจายขึ้นและหนีเล็ดลอดออกไปได้มากขึ้น

ข. เมื่อพิจารณาความเข้มข้นรวมของอนุภาคทุกขนาด ในกรณีของความสูงของผนังห้อง 2 เมตร และ 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วมในแนวดิ่งเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการระบายอากาศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากอนุภาคขนาดใหญ่มีมวลมากกว่าอนุภาคขนาดเล็กหลายสิบหลายร้อยเท่า ดังนั้นแนวโน้มที่เห็นจึงเหมือนกับกรณีของอนุภาคขนาดใหญ่

ค. เปรียบเทียบกรณีผนังสูง 1.5 เมตร และ 2 เมตร เมื่อความเร็วมในแนวดิ่งเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตรจะมีแนวโน้มต่ำกว่าประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตรเล็กน้อย(ประมาณ 0.97-1.00 [-]) ในกรณีเปิดพัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง แต่ในกรณีเปิดพัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องจะมีแนวโน้มต่ำกว่าชัดเจนมากขึ้น (ประมาณ 0.77-0.97 [-]) เนื่องจากเมื่อความสูงของผนังห้องน้อยลงโอกาสที่อนุภาคฟุ้งออกจากด้านบนห้องจะมากขึ้น

2. อิทธิพลของความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง

ก. เมื่อพิจารณาความเข้มข้นของอนุภาคแต่ละช่วงขนาดที่ความสูงของห้อง 2 เมตร และ 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องเพิ่มขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคทุกขนาดตั้งแต่ใหญ่จนเล็กที่หนีออกจากด้านบนของห้องจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีความปั่นป่วนของกระแสอากาศมากขึ้น ส่งผลให้อากาศไม่สามารถคงทิศทางเคลื่อนที่ในแนวตั้งอย่างสม่ำเสมอได้ ดังนั้นทำให้อนุภาคที่กระจายขึ้นด้านบนมากขึ้น

ข. เมื่อพิจารณาความเข้มข้นรวมของอนุภาคทุกขนาด ที่ความสูงของห้อง 2 เมตร และ 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการระบายอากาศมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง ทำให้อากาศภายในห้องปั่นป่วนมากขึ้น

ค. เปรียบเทียบความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร และ 2 เมตร เมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร จะมีแนวโน้มต่ำกว่าประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร เนื่องจากเมื่อความสูงของผนังห้องน้อยลงโอกาสที่อนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องจะมากขึ้น

3. อิทธิพลของสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง

ก. ในกรณีความสูงของผนังห้อง 2 เมตร และ 1.5 เมตร พบว่าเมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงลดลง ทำให้ประสิทธิภาพการระบายอากาศลดลง เนื่องจากการลดพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง ทำให้กระแสอากาศมีการเลี้ยววกหาทางออกมากขึ้น ดังนั้นอากาศมีการไหลในแนวตั้งน้อยลง โอกาสที่อนุภาคจะไม่ไหลไปตามกระแสอากาศและที่กระจายขึ้นด้านบนจึงเพิ่มขึ้น

ข. เปรียบเทียบความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร และ 2 เมตร เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงลดลง ประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตรจะมีแนวโน้มต่ำกว่าประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร เนื่องจากเมื่อความสูงของผนังห้องน้อยลงโอกาสที่อนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องจะมากขึ้น

อนึ่งในการทดลองได้ตั้งสมมุติฐานคือ การกระจายขนาดอนุภาคแต่ละการทดลองคงที่ ซึ่งในความเป็นจริงแล้วเป็นไปได้ บางการทดลองอาจจะมีอนุภาคขนาดเล็กมากกว่าปกติในแง่จำนวน แต่บางการทดลองอาจจะมีอนุภาคขนาดใหญ่มากกว่าปกติ รวมทั้งขณะทำการทดลองอาจมีลมภายนอกพัดเข้ามา ซึ่งเป็นแฟกเตอร์ที่ไม่สามารถควบคุมได้ ถือว่าเป็นสิ่งรบกวนในการทดลอง แต่ทั้งนี้เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของการทดลองได้ทำการทดลองซ้ำในกรณีสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100 % ของพื้นที่ด้านล่างทั้งหมด ที่ความเร็วลมในแนวตั้ง 0.1 , 0.3 และ 0.5 เมตรต่อวินาที เมื่อความเร็วลมที่เป่าภายในห้อง เท่ากับ 0 (Fan Off) , 3.91 (Fan Low) และ 5.36 (Fan High) เมตรต่อวินาทีตามลำดับ ปรากฏว่ามีแนวโน้มใกล้เคียงกัน ดังนั้นในการทดลองแต่ละครั้งจึงนำเชื่อถือ อีกทั้งระบบระบายอากาศในแนวตั้งได้ทำการวัดความเข้มข้นของอนุภาคภายในห้องที่ระดับจมูกของคน (สูงจากพื้น 1.5 เมตร) โดยอ้างอิงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจากสันติ ปิยลาภ และเกรียงไกร ซึ่งได้ใช้ชุดทดลองเดียวกัน แต่ทว่าภายในห้องได้ทำการป้องกันความเข้มข้นของอนุภาคประมาณ 15 g/m^3 (Total dust) ซึ่งเมื่อเทียบกับแหล่งกำเนิดอนุภาคภายในโรงงานเท่ากับ 15.85 mg/m^3 (Total dust) :จะเข้มข้นกว่าประมาณ 1000 เท่า พบว่า ความเข้มข้นของอนุภาคภายในห้องก็ยังมีค่าไม่เกินมาตรฐานที่กฎหมายกำหนดดังที่กล่าวไว้ในหมายเหตุ

หมายเหตุ

สันติ , ปิยลาภ และ เกรียงไกร [2002] ศึกษาวิจัยการจัดการมลพิษทางอากาศที่เป็นอนุภาค เพื่อแก้ไขปัญหามลพิษจากฝุ่นที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตกระดานโต้คลื่นของบริษัทคอบบร้า ลินเดอร์เนชั่นแนล จำกัด นิคมอุตสาหกรรมอมตะนคร จังหวัดชลบุรี โดยศึกษาถึงปัจจัยต่างๆที่มีผลกระทบต่อสมรรถนะของระบบระบายอากาศแนวตั้ง (Vertical Downflow Ventilation System) การตรวจวัดความเข้มข้นของอนุภาค แขนกซ์ดแต่งมิวมันในอาคาร 1 A6 ที่บริษัท พบว่า ความเข้มข้นของอนุภาคที่เล็กกว่า 10 ไมโครเมตร (Respirable dust) เท่ากับ 7.9 mg/m^3 (ค่ามาตรฐาน 5 mg/m^3) และความเข้มข้นของอนุภาคทั้งหมด (Total dust) เท่ากับ 15.85 mg/m^3 (ค่ามาตรฐาน 15 mg/m^3) ซึ่งความเข้มข้นของทั้งสองแบบเกินค่ามาตรฐานที่กฎหมายกำหนด จากนั้นได้ทำการทดลองโดยใช้ระบบระบายอากาศในแนวตั้ง(ที่มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี) ที่สภาวะการทดลองต่างๆมีแหล่งกำเนิดอนุภาค 15 g/m^3 พบว่าในสภาวะความเร็วลมภายในห้องเท่ากับ 0.3 เมตร/วินาที โดยปิดพัดลม (เส้นผ่านศูนย์กลาง 12 นิ้ว กำลังไฟฟ้า 40 วัตต์) ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง ความเข้มข้นของอนุภาคทั้งหมดที่วัดได้บริเวณกลางห้อง (ระดับความสูง 1.5

เมตรจากพื้นตะแกรง) มีค่าเท่ากับ 3.9 mg/m^3 ซึ่งมีค่าไม่เกินมาตรฐาน แต่ในสภาวะเดียวกันแต่เปิดพัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง พบว่าความเข้มข้นของอนุภาคทั้งหมดที่วัด ณ ตำแหน่งเดียวกันภายในห้องมีค่าเท่ากับ 38.3 mg/m^3 ซึ่งมีค่าเกินมาตรฐานควบคุม ทั้งนี้เนื่องจากพัดลมที่เป่าภายในห้องจะรบกวนกระแสอากาศในแนวตั้งนั่นเอง

การศึกษาพฤติกรรมการไหลของอากาศของระบบระบายอากาศชนิดนี้โดยใช้เทคนิค Computational Fluid Dynamics (CFD)

ในการศึกษาการกระจายตัวของความเร็วของอากาศที่เกิดขึ้นในระบบระบายอากาศชนิดนี้โดยใช้เทคนิค CFD ซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์การไหลของของไหลในระบบที่ต้องการศึกษาโดยใช้วิธีการคำนวณเชิงตัวเลข (Numerical) เพื่อแก้ชุดสมการที่เป็นตัวแทนของระบบที่ทำการศึกษา คือ สมการอนุพันธ์มวล สมการอนุพันธ์โมเมนตัม และแบบจำลองการไหลแบบปั่นป่วน ซึ่งกรณีความเร็วเข้าของอากาศเท่ากับ 0.1 เมตรต่อวินาที ($Re = 11,059$) ใช้ Low $k-\epsilon$ model ส่วนกรณีความเร็วเข้าของอากาศเท่ากับ 0.33 ($Re = 36,497$) และ 0.48 ($Re = 53,087$) เมตรต่อวินาทีใช้ $k-\epsilon$ model เนื่องจากค่าเรย์โนลด์ส์นัมเบอร์ (Re) ที่เหมาะสมของ Low $k-\epsilon$ model และ $k-\epsilon$ model เท่ากับ 5,000 ถึง 30,000 และ มากกว่า 30,000 ตามลำดับ (Lauder และ Spalding) เมื่อนำผลที่ได้จากการทดลองมาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อทำการตรวจสอบความถูกต้องและความแม่นยำในการทำนายผล พบว่าความเร็วของอากาศมีแนวโน้มของการกระจายตัวในทิศทางเดียวกันกับผลการทดลอง

ข้อหนึ่งประโยชน์ของการทำนายพฤติกรรมการไหลของอากาศ คือ ในการทดลองนั้นไม่สามารถมองเห็นการไหลของอากาศได้ แต่การจำลองนั้นทำให้เห็นเวกเตอร์การไหลของอากาศ ทำให้สามารถทราบถึงตำแหน่งคนงานควรจะทำนายอยู่ตำแหน่งใดภายในห้อง เพื่อให้ได้รับมลพิษที่น้อยที่สุด ซึ่งจากผลการจำลองควรยืนอยู่ตำแหน่งเหนือลมของแหล่งกำเนิดฝุ่น

13 งานที่จะดำเนินการต่อไป

ศึกษาอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่นของไซโคลนสกรับเบอร์

จนถึงปัจจุบันความก้าวหน้าคิดเป็นร้อยละ 80 ของโครงการ

ผู้จัดทำรายงาน

ดำรงศักดิ์ ธีระชัยพร

(นาย ดำรงศักดิ์ ธีระชัยพร)

หัวหน้าโครงการ

ดร. วิวัฒน์ ตันตะพานิชกุล

(ศ.ดร.วิวัฒน์ ตันตะพานิชกุล)



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย