

บทที่ 5

วิธีดำเนินการทดลองวิจัย

5.1 ฝุ่นที่ใช้ในการทดลอง

ฝุ่นที่ใช้ในงานวิจัยนี้ เป็นแคลเซียมคาร์บอเนตแบบเคลือบผิว ซึ่งได้รับการสนับสนุนจากบริษัท ปูนคุณภาพ จำกัด

5.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองสามารถจำแนกออกได้เป็น 2 กลุ่มคือ อุปกรณ์วิเคราะห์ และ อุปกรณ์การทดลอง

5.2.1 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)

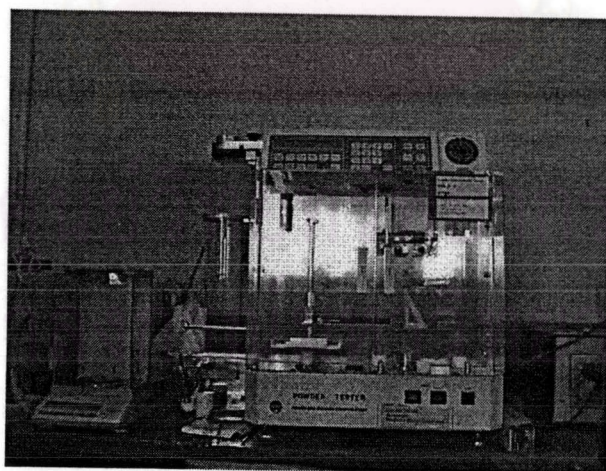
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.2.1.1 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 5.1 ลักษณะของเครื่องทดสอบสมบัติของวัสดุผง

5.2.1.2 เครื่องวัดความเร็วลม (Air Velocity Measuring Instrument)

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



รูปที่ 5.2 ภาพถ่ายของเครื่องวัดความเร็วลมสำหรับวัดความเร็วลมภายในห้อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.2.1.3 เครื่องวัดผลต่างความดัน (Differential Pressure Measuring Instrument)

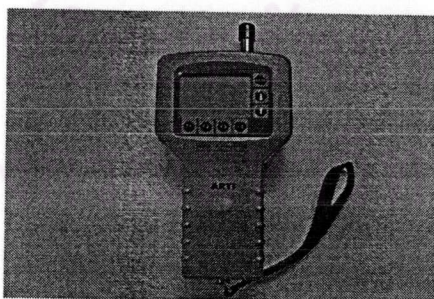
เครื่องวัดผลต่างความดัน ผลิตโดยบริษัท Dwyer Instruments.,INC. ใช้ในการประเมินค่าผลต่างความดัน โดยอาศัยหลักการวัดความดันของบรูตอง ซึ่งมีส่วแสดงผลแบบ Digital ส่งสัญญาณแบบมาตรฐาน 4-20 มิลลิแอมแปร์



รูปที่ 5.3 ภาพถ่ายเครื่องวัดผลต่างความดัน

5.2.1.4 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 5.4 ภาพถ่ายเครื่องวัดความเข้มข้นแบบนับจำนวน (Particle Counter)

5.2.2 อุปกรณ์การทดลอง

อุปกรณ์การทดลองหลักสามารถแบ่งได้เป็น 5 ส่วน ดังนี้

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

5.2.2.1 เครื่องเป่าลม (Blower)

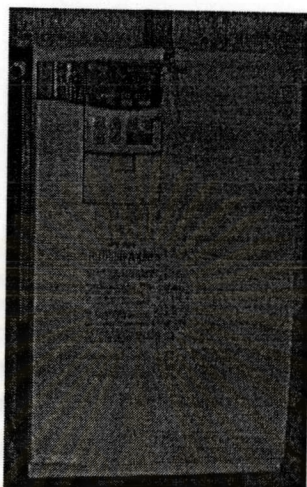
เครื่องเป่าลม ผลิตโดยบริษัท ต.เจริญเทคนิค จำกัด ใช้เป็นแหล่งกำเนิดลมในการทดลอง โครงสร้างภายนอกทำด้วยวัสดุเหล็กแผ่น ส่วนใบพัดเป็นแบบโค้งหลัง เป็นเครื่องเป่าลมแบบใช้สายพาน ขนาด 25 แรงม้า สามารถเป่าลมได้ถึง 6400 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที ที่ความดันมาตรฐาน 15 นิ้วน้ำ



รูปที่ 5.5 ภาพถ่ายของเครื่องเป่าลม

5.2.2.2. เครื่องควบคุมความเร็วรอบ (Inverter)

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

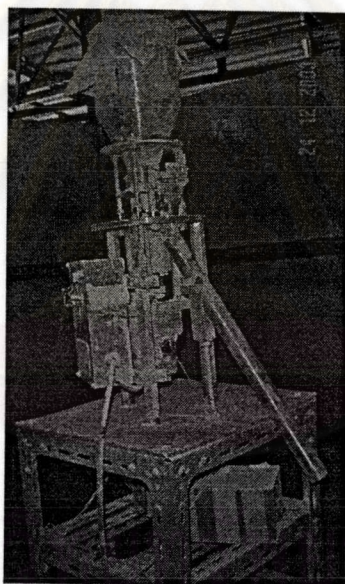


รูปที่ 5.6 ภาพถ่ายเครื่องควบคุมความเร็วรอบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.2.2.3 เครื่องป้อนอนุภาคแบบตั้งโต๊ะ (Table Feeder)

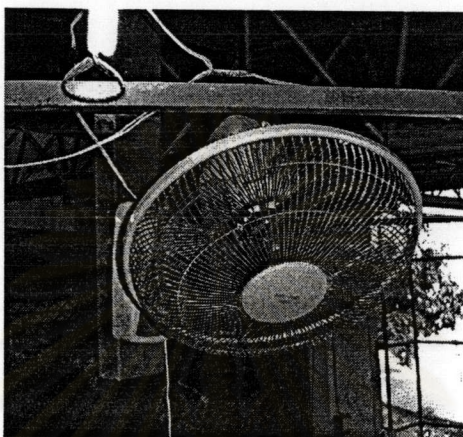
เครื่องป้อนอนุภาคแบบ ผลิตโดยบริษัท SANKYO PIO-TECH CO.,LTD. ใช้สำหรับป้อนอนุภาคแห้งที่มีลักษณะต่างๆ เช่น แกรนูล, เกล็ด, อนุภาคละเอียด เป็นต้น ใช้หลักการของ table feeder มาประยุกต์ใช้ เพื่อให้ได้อัตราการป้อนที่เที่ยงตรงและคงที่ โดยที่อนุภาคออกจาก hopper gate ลงบนบริเวณรอบๆ จุดกึ่งกลางของจานหมุน ด้านคุณสมบัติการไหลที่อนุภาคนั้นๆ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



รูปที่ 5.7 ภาพถ่ายของเครื่องป้อนอนุภาคแบบตั้งโต๊ะ(ภายในกล่องสีเหลืองมีพัดลมเล็กเป่าลมไปกระจายฝุ่นที่ตกออกจากท่อ)

5.2.2.4 พัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง

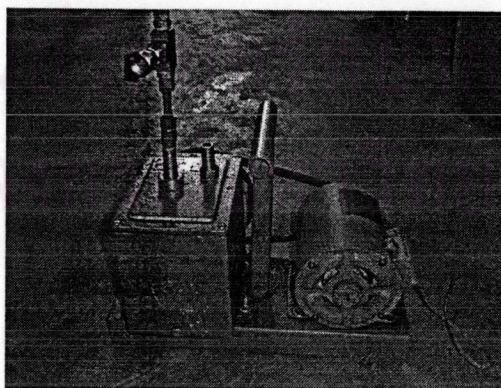
พัดลมที่เป่าภายในห้อง ผลิตโดยบริษัท RION CO.,LTD รุ่น WF-64V มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 นิ้ว แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าเท่ากับ 220 โวลต์ 0.2 แอมแปร์ และ 40 วัตต์ ตามลำดับ มีปริมาณลม 38.61 ลูกบาศก์เมตร/นาที



รูปที่ 5.8 ภาพถ่ายพัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง

5.2.2.5 ปั๊มสุญญากาศ (Vacuum Pump)

ปั๊มสุญญากาศ ผลิตโดยบริษัท MAKASHI SEISAKUSHO .,LTD เป็นอุปกรณ์ประกอบในระบบดึงตัวอย่างฝุ่น เป็นปั๊มสุญญากาศแบบโรตารีใช้น้ำมันหล่อลื่น มีความเร็วรอบมอเตอร์ 550 รอบต่อนาที สามารถดึงสุญญากาศได้ 50 ลิตรต่อวินาที ที่ 0.6 ปาลคาล

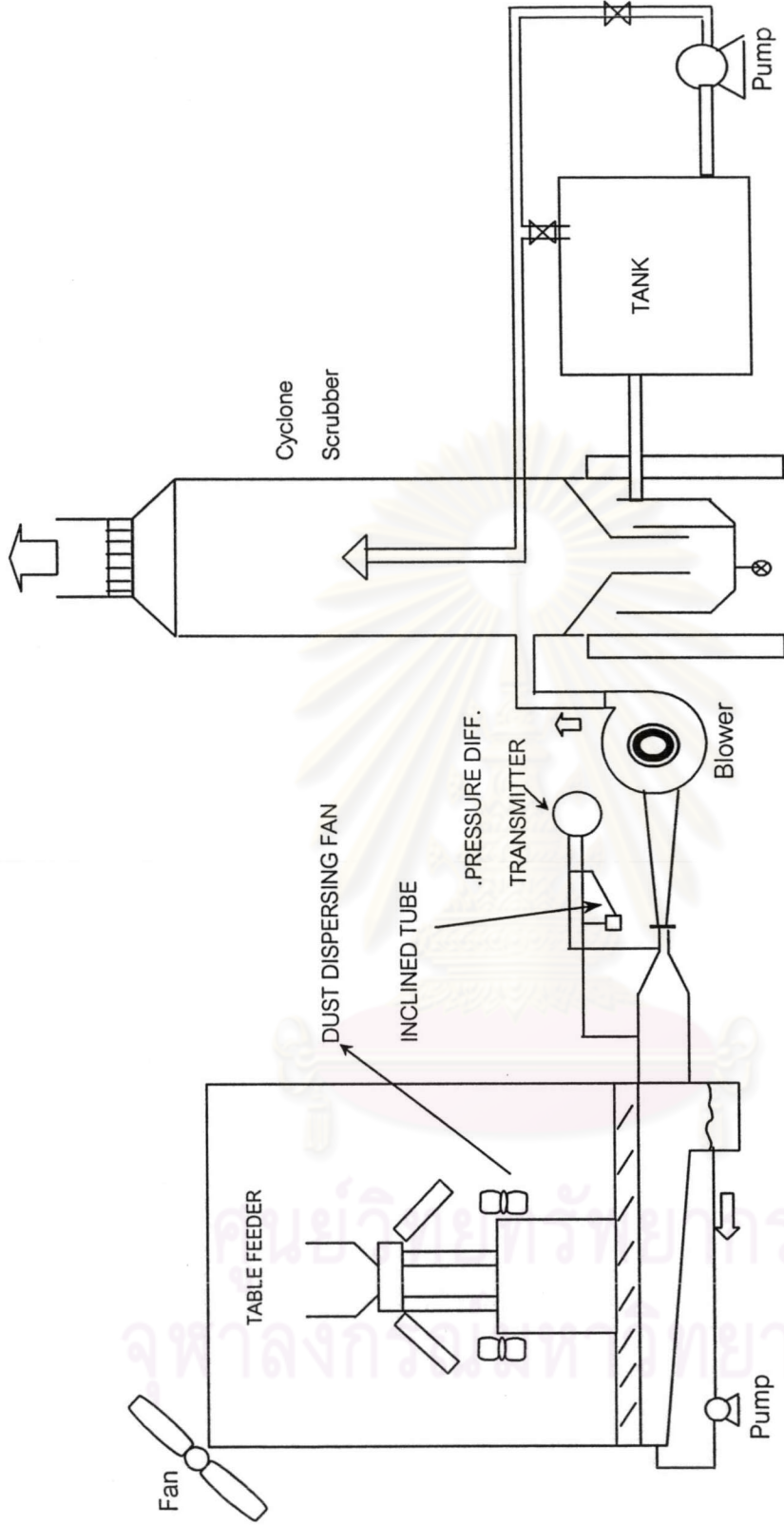


รูปที่ 5.9 ภาพถ่ายของปั๊มสุญญากาศ

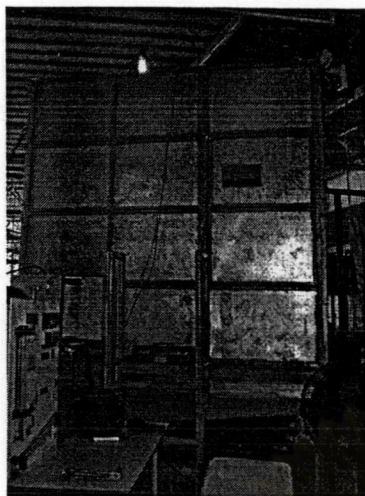
5.2.2.6 ชุดอุปกรณ์ระบบระบายอากาศชนิดไหลในแนวดิ่งอย่างสม่ำเสมอ

ชุดอุปกรณ์ดังกล่าวจัดสร้างขึ้น (HVAC System Duct Design, 1990 / วิวัฒน์ และ คานาโอเกะ, 2535 / ชิเกะฟูมิ ฟุจิตะ, 2536 / สมศักดิ์ กิริตวิฑูมิเศรษฐ์, 2540) โดยได้จำลองห้องที่มีลักษณะผนัง 4 ด้าน ด้านบนเพดานเปิดโล่ง ห้องมีขนาด 1.5x2x2 เมตร (กว้าง x ยาว x สูง) สามารถทำการปรับความสูงของห้องได้โดยถอดแผ่นผนังออก ภายในห้องประกอบด้วยเครื่องปรับอากาศแบบตั้งโต๊ะ ซึ่งติดตั้งไว้ตรงกลางห้องโดยตั้งอยู่บนพื้นตะแกรง มีพัดลมที่เป่าภายในห้องติดตั้งด้านบนตรงข้ามกับท่อทางออก (รูปที่ 5.10) เพื่อสร้างกระแสลมบริเวณว่าจะมีผลต่อการระบายอากาศชนิดนี้อย่างไร ซึ่งเป็นการพยายามจำลองสถานการณ์ภายในสถานประกอบการที่ติดตั้งพัดลมเป่าไม่ให้พนักงานร้อน ถัดจากใต้พื้นตะแกรงลงมาเป็นแผ่นบานเกล็ด(จำนวน 8 แผ่น) ที่สามารถปรับมุมเอียงเพื่อให้ความเร็วลมตลอดพื้นที่หน้าตัดของห้องมีความเร็วลมอย่างสม่ำเสมอ จากนั้นจะเป็นพื้นเอียงที่น้ำจะเป็นฟิล์ม เพื่อจับและชะฝุ่นที่มีขนาดใหญ่ไม่ให้กองสะสมบนพื้นเอียงและป้องกันปัญหาการฟุ้งกระจายใหม่ของฝุ่น ถัดจากช่องลมออกที่อยู่ด้านล่างจะมีระบบกำจัดฝุ่นชนิดไซโคลนสกรับเบอร์ เพื่อกำจัดฝุ่นออกให้หมดก่อนที่จะปล่อยลมออกสู่บรรยากาศ

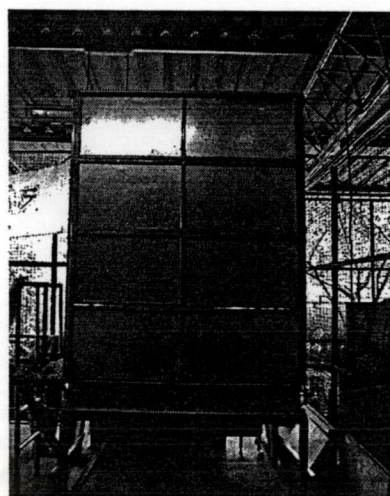
อีกหนึ่งเหตุผลที่ทำให้การวัดความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้อง เนื่องจากอนุภาคจะสามารถออกจากห้องได้ 2 ทาง คือทางด้านล่างและด้านบนของห้อง (ดูรูป 5.10) ที่ด้านล่างของพื้นตะแกรงของห้อง อนุภาคขนาดใหญ่จะถูกฟิล์มน้ำจับ ส่วนอนุภาคขนาดเล็กที่เหลือจะปลิวไปตามกระแสอากาศ จากการพยายามเก็บตัวอย่างเพื่อวัดความเข้มข้นของอนุภาคขนาดใหญ่ในน้ำหลังจากเสร็จสิ้นการทดลองแต่ละครั้งนั้น ปรากฏว่าเกิดความผิดพลาดได้มากในการวัดปริมาณรวม ทั้งนี้เพราะเมื่อทำการกววให้อนุภาคกระจายตัวในน้ำจนเป็นเนื้อเดียวกัน ขณะเริ่มทำการเก็บตัวอย่างนั้น อนุภาคจะตกตัวเร็วมาก ทำให้การเก็บตัวอย่างไม่ได้ความเข้มข้นของอนุภาคที่แท้จริง ทั้งนี้เนื่องจากอนุภาคขนาดใหญ่มีความเร็วตกตัวสูง (Terminal Velocity) นอกจากนี้ก็ไม่สามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงตามเวลาของความเข้มข้นหรือปริมาณของอนุภาคที่ถูกน้ำชะ ด้วยเหตุผลเหล่านี้ จึงได้ทำการวัดความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องแทนแล้วไปลบออกด้วยความเข้มข้นเฉลี่ยของอนุภาคที่อยู่ในบรรยากาศ (Blank) ถ้าความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องมาก แสดงว่าการระบายฝุ่นที่มีอยู่ในห้องไม่ดีพอ



รูปที่ 5.10 โต๊ะแกมชุดอุปกรณ์ระบบระบายอากาศในแนวดิ่ง

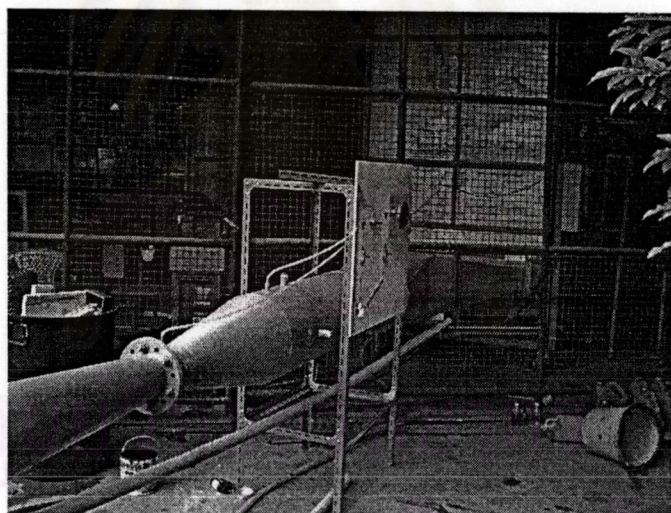


(A)

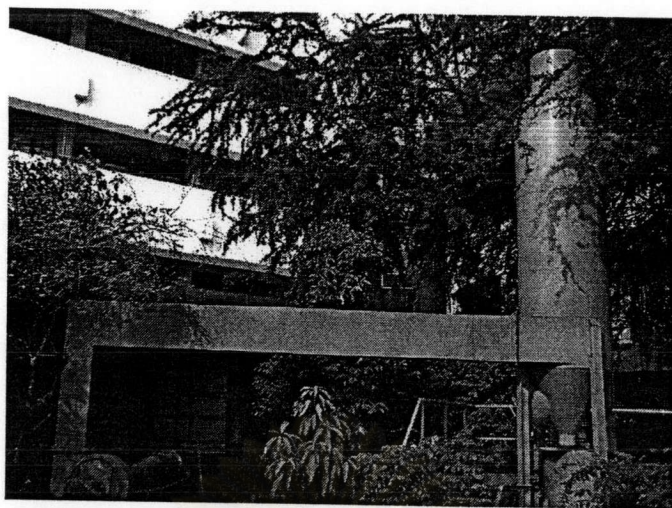


(B)

รูปที่ 5.11 ภาพถ่ายห้องระบายอากาศ : (A) ภาพด้านข้าง (B) ภาพด้านหน้า



รูปที่ 5.12 ภาพถ่ายห้องระบายอากาศและท่อลม



รูปที่ 5.13 ภาพถ่ายระบบกำจัดฝุ่นออกให้หมดก่อนที่จะปล่อยลมออกสู่บรรยากาศ

5.3 สภาวะในการทดลอง

สารที่ใช้ในการทดลอง : แคลเซียมคาร์บอเนตแบบเคลือบผิว

5.3.1 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)

5.4 ขั้นตอนการทดลอง

ในการทดลองสามารถจำแนกขั้นตอนการทดลองหลักออกได้เป็น 2 ส่วน ดังนี้

5.4.1 ขั้นตอนการทดลองด้านลักษณะสมบัติของฝุ่น

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

หนึ่งในการทดลอง จะเลือกใช้ค่าความเกาะกัน (Cohesiveness) แทนการใช้ค่าความสม่ำเสมอ (Uniformity) เนื่องจากฝุ่นที่ใช้มีลักษณะเป็นผงขนาดเล็กไม่ใช่แกรนูล

5.4.2 ขั้นตอนการทดลองด้านการหาความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากห้อง

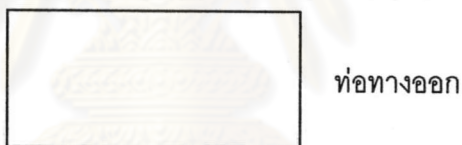
ในการทดลองได้ทำป้อนอนุภาคที่มีความเข้มข้นของอนุภาคประมาณ 2 g/m^3 ภายในห้อง

- 1) เลือกสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงและความสูงของห้อง
- 2) เติมน้ำในบ่อพักน้ำและทำการเปิดปั๊มเพื่อให้น้ำไหลเป็นฟิล์มบนพื้นเอียง
- 3) เปิดเครื่องเป่าลม (Blower) ดูดออก
- 4) เปิดอินเวอร์เตอร์เพื่อควบคุมความเร็วลมในแนวตั้ง โดยสังเกตจากความสูงของมาโนมิเตอร์ (ตามกราฟสอบเทียบ)
- 5) ทำการปรับแผ่นบานเกล็ด และวัดความเร็วลมภายในห้อง เพื่อได้ความเร็วลมในแนวตั้งตามต้องการ
- 6) บรรจฝุ่นในเครื่องป้อนฝุ่น

- 7) ติดตั้งบีม์สูญญากาศสำหรับเก็บตัวอย่างฝุ่นตรงท่อทางเข้าแหล่งกำเนิดลม
- 8) เก็บข้อมูลบริเวณด้านบนของห้องระบายอากาศทั้ง 4 ด้าน โดยเครื่องวัดความเข้มข้นแบบนับจำนวน
- 9) เปิดสวิทช์เครื่องป้อนฝุ่น
- 10) เมื่อเวลาผ่านไป 5 นาที เริ่มเปิดบีม์สูญญากาศสำหรับเก็บตัวอย่างฝุ่น
- 11) เก็บข้อมูลด้านบนของห้องทดลองทั้ง 4 ด้าน ที่เวลา 15 , 30 และ 45 นาทีโดยเครื่องวัดความเข้มข้นแบบนับจำนวน
- 12) ทำการทดลองซ้ำ (ข้อ 1-11) โดยเปลี่ยนสภาวะในการทดลอง
- 13) ทำการทดลองซ้ำ (ข้อ 1-11) โดยปรับสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50% , 75% ไกล่ และ 75% ไกล่ และ 100 %
- 14) ทำการทดลองซ้ำ (ข้อ 1-11) โดยเปลี่ยนความสูงของห้อง

หมายเหตุ

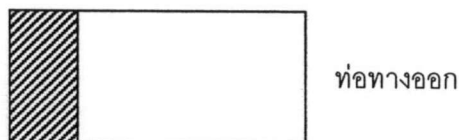
พื้นที่แรเงาคือพื้นที่ปิด ซึ่งเป็นรูปที่มองด้านบนของห้อง



รูปที่ 5.14 สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด(มองด้านบน)



รูปที่ 5.15 สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 75% ไกล่ ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด(มองด้านบน)



รูปที่ 5.16 สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นที่ตะแกรง 75% ใกล้เคียงของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด(มองด้านบน)



รูปที่ 5.17 สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นที่ตะแกรง 50% ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด(มองด้านบน)

อนึ่งในการศึกษาสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นที่ตะแกรง เพื่อศึกษาว่ามีผลต่อประสิทธิภาพการระบายอากาศอย่างไร ทั้งนี้ในการนำไปใช้งานจริงอาจไม่ได้ใช้พื้นที่ห้องทั้งหมด ดังนั้นจึงยังคงให้ความเร็วลมในแนวตั้งมีค่าเท่าเดิม แต่ใช้พื้นที่ส่วนเปิดของพื้นที่ห้องลดลง ทำให้ประหยัดพลังงาน ทั้งนี้จำเป็นต้องติดตั้ง Inverter ด้วย

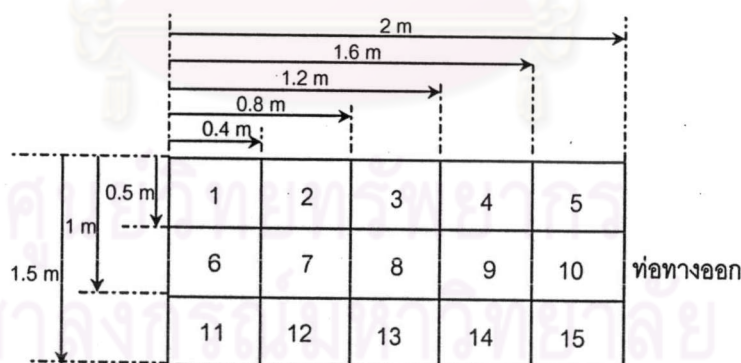
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.5 การทดลองสำหรับเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากแบบจำลองคณิตศาสตร์

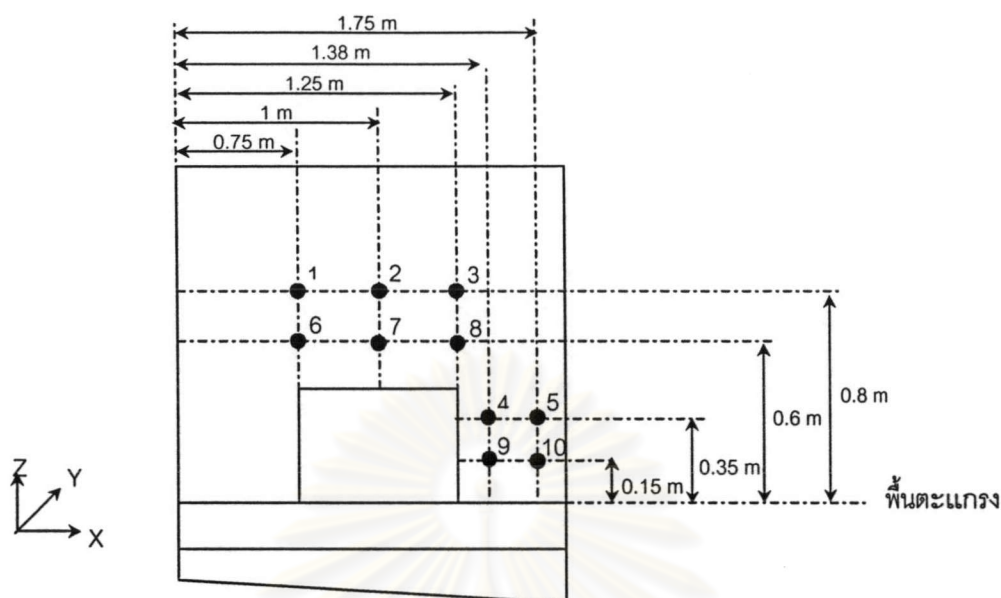
เพื่อทำการตรวจสอบความถูกต้องและความสามารถในการทำนายผลของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ จำเป็นต้องนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในงานวิจัย ดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.5.1 ตำแหน่งที่ใช้ในการวัดการกระจายตัวของความเร็วของอากาศ

ในการทดลองวัดความเร็วของอากาศสำหรับนำไปเปรียบเทียบกับผลการจำลอง เริ่มแรก จะทำการวัดความเร็วเฉลี่ยขาเข้าของอากาศที่ด้านบนของห้อง(สูงจากพื้นตะแกรง 2 เมตร) ซึ่งคือความเร็วขาเข้าของอากาศของแบบจำลอง โดยทำการแบ่งพื้นที่ดังรูปที่ 5.18 ซึ่งแต่ละจุดใช้ค่าเฉลี่ยของความเร็วของอากาศในช่วง 1 นาที ถัดจากตำแหน่งด้านบนของห้องจะเป็นบริเวณที่ถูกจัดเตรียมไว้ เพื่อทำการวัดการกระจายตัวของความเร็วของอากาศดังรูปที่ 5.19 ในการวัดการกระจายตัวของความเร็วของอากาศจะใช้เครื่องวัดความเร็วลมรุ่น Testo 425 รายละเอียดเครื่องมือที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 5.2.1.2



รูปที่ 5.18 ตำแหน่งของจุดวัดบนห้องมองด้านบน(วัดที่ใจกลางของสี่เหลี่ยม)



รูปที่ 5.19 ตำแหน่งของจุดวัดภายในห้อง

เมื่อ ● แทนตำแหน่งของจุดที่ทำกรวัดความเร็วของอากาศ

หมายเลข 1-10 แทนตำแหน่งของจุดวัดเพื่อใช้ในการอ้างอิงในการแสดงผลการทดลอง

5.5.2 การทดลอง

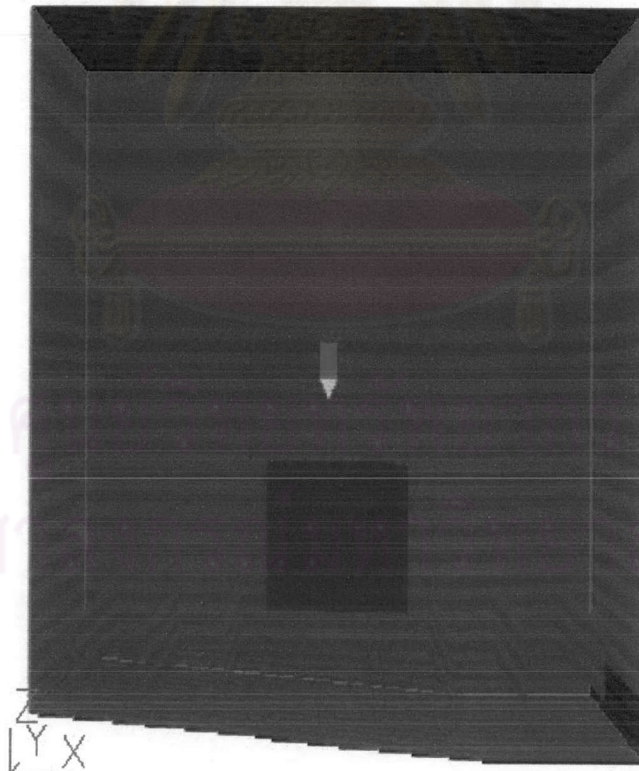
ในการศึกษาจะแบ่งการทดลองออกเป็น 3 กรณี คือ กรณีความเร็วขาเข้าของอากาศเท่ากับ 0.1 , 0.33 และ 0.48 เมตรต่อวินาที

5.6 รายละเอียดของข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลองคณิตศาสตร์

ในการจำลองจะอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีชื่อว่า PHOENICS ซึ่งเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้หลักการของเทคนิค CFD ในการคำนวณผล

5.5.1 ลักษณะรูปร่าง (Geometry)

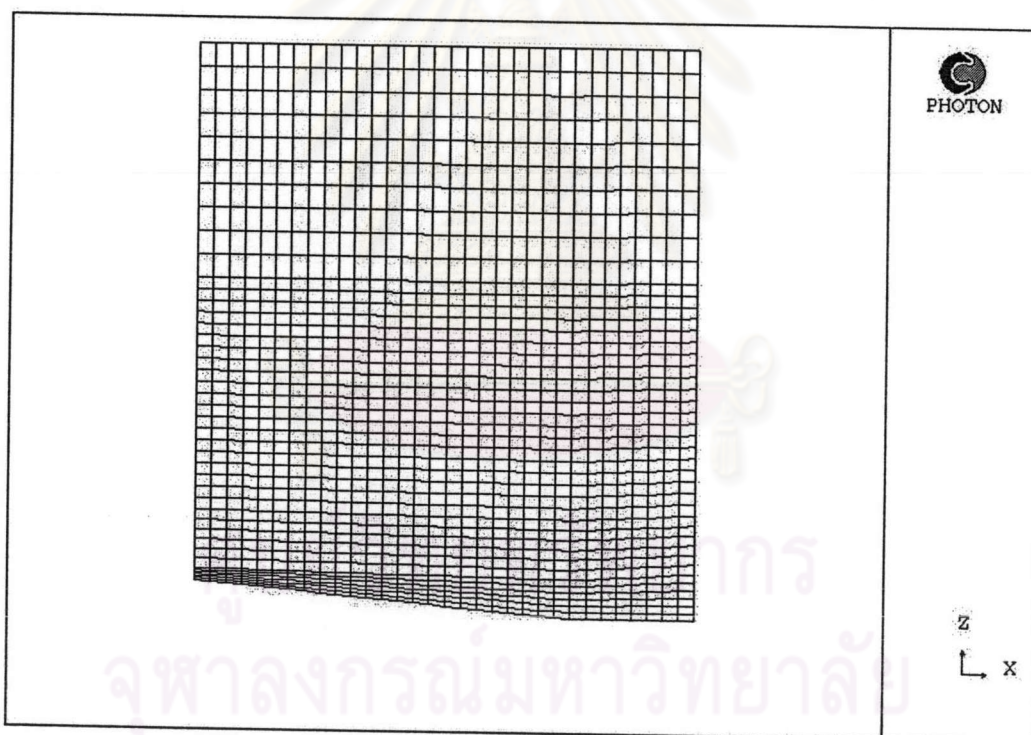
ห้องมีขนาดความกว้าง 1.5 เมตร (แกน Y) ความยาว 2 เมตร (แกน X) และความสูง 2 เมตร (แกน Z) ด้านบนของห้องเป็นทางเข้าของอากาศ(สีม่วง) ภายในห้องมีสิ่งกีดขวางที่มีขนาดความกว้าง 0.40 เมตร ยาว 0.50 เมตร และความสูง 0.5 เมตร ซึ่งตั้งอยู่บนพื้นห้อง ถัดลงมาจะมีแผ่นบานเกล็ด 8 แผ่นอยู่ในแนวตั้ง (แกน Z) โดยแต่ละแผ่นห่างกัน 0.25 เมตร จากนั้นจะมีลักษณะเป็นพื้นเอียง และทางออกของอากาศ (สีฟ้า) ดังรูป 5.20



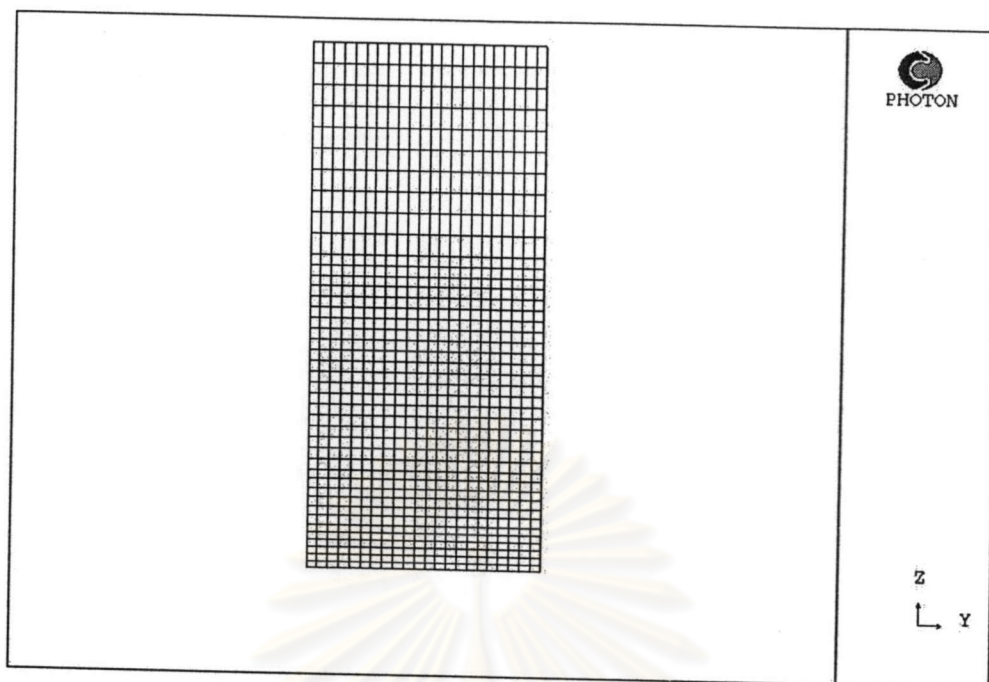
รูปที่ 5.20 ลักษณะรูปร่างที่ใช้ในเทคนิค CFD

5.5.2 การกำหนดกริด (Grids)

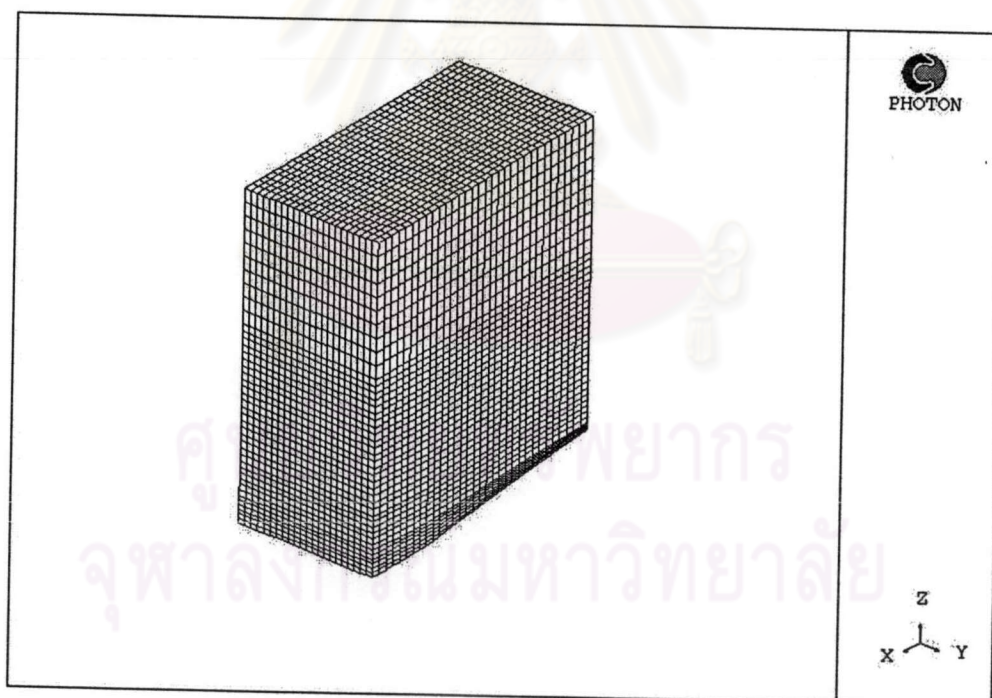
การจำลองในกรณีที่ของไหลไหลผ่านสิ่งกีดขวางจะแบ่งออกเป็น 3 การทดลองดังตารางที่ 5.1 โดยกำหนดให้โดเมนที่ใช้ในการจำลองมีขนาด กว้าง 1.5 เมตร ยาว 2 เมตร และสูง 2.45 เมตร ซึ่งในการกำหนดกริดที่ใช้ในการคำนวณจะกำหนดให้จำนวนและระยะห่างของเส้นกริดมีค่าเท่ากันทั้งสามการทดลองคือ กำหนดให้จำนวนกริดตามความยาว (IX), จำนวนกริดตามความกว้าง (IY) และจำนวนกริดตามความสูง (IZ) มีค่าเท่ากับ 32, 22 และ 42 ตามลำดับ โดยกำหนดให้ระยะห่างของกริดมีขนาดเล็กในบริเวณสิ่งกีดขวางและพื้นเอียง จากนั้นระยะห่างของกริดจะมีขนาดมากขึ้นเรื่อยๆเมื่อไกลจากบริเวณดังกล่าว ดังแสดงได้ดังรูปที่ 5.20-5.22 การสร้างกริดในลักษณะนี้สามารถทำได้โดยการกำหนดให้ระยะห่างของกริดมีค่าเพิ่มขึ้นในอัตราที่ไม่เท่ากันตลอดระยะทางที่กำหนด (non-uniform grids) ทำให้สามารถลดจำนวนกริดที่ต้องการใช้ลงและลดเวลาที่ใช้ในการคำนวณให้น้อยลง



รูปที่ 5.21 ลักษณะของกริดในระนาบ XZ



รูปที่ 5.22 ลักษณะของกริดในระนาบ YZ



รูปที่ 5.23 ลักษณะของกริด ในระนาบ XYZ

5.5.2 สภาวะขอบเขต (Boundary condition)

5.5.2.1 บริเวณทางเข้าของอากาศ

1 ความเร็วของอากาศที่เข้าทางด้านบนห้องมีลักษณะเป็นแบบ Uniform Flow โดยที่ความเร็วจะมีเฉพาะในแกน Z เท่านั้น และมีค่า Intensity (I) เท่ากับ 5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 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

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

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

$$L = 0.1H$$

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

5.5.2.2 บริเวณผนัง

ที่บริเวณผนังทุกด้านจะกำหนดให้องค์ประกอบของความเร็วทุกทิศทางที่ผนังมีค่าเป็นศูนย์ (no-slip condition)

5.5.2.3 คุณสมบัติทางกายภาพเฉลี่ยของอากาศในระบบ ดังตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 คุณสมบัติทางกายภาพของอากาศที่ใช้ในการจำลอง

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

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.2.1.2.4 สัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50 %ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด (พิจารณาความเข้มข้นของขนาดอนุภาคแต่ละช่วง)

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

รูปที่ 6.34 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆกรณีเปิดพัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50%ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวดิ่งสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วง 0.7-5 ไมครอนมีค่าลดลง ส่วนขนาดอนุภาคที่น้อยกว่า 0.3 ถึง 0.7 ไมครอน ความเร็วลมในแนว 0.31 เมตรต่อวินาทีที่มีความสามารถในการระบายอนุภาคออกจากห้องได้ดี

รูปที่ 6.35 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆกรณีเปิดพัดลมระดับ LOW ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50%ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวดิ่งสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาค 0.7- 5 ไมครอนมีค่าลดลง ส่วนขนาดอนุภาค 0.3-0.7 ไมครอนและน้อยกว่า 0.3 ไมครอน ความเร็วลมในแนวดิ่ง 0.31 และ 0.1 เมตรต่อวินาทีที่มีความสามารถในการระบายอนุภาคออกจากห้องได้ดีตามลำดับ

รูปที่ 6.36 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคกับขนาดอนุภาคที่ช่วงต่างๆกรณีเปิดพัดลมระดับ HIGH ที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 50%ของพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด ที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวดิ่งสูงขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคที่หนีออกจากด้านบนห้องในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆมีแนวโน้มลดลง