

บทที่ 3

การทดลอง

3.1 อุปกรณ์การทดลองและการติดตั้ง

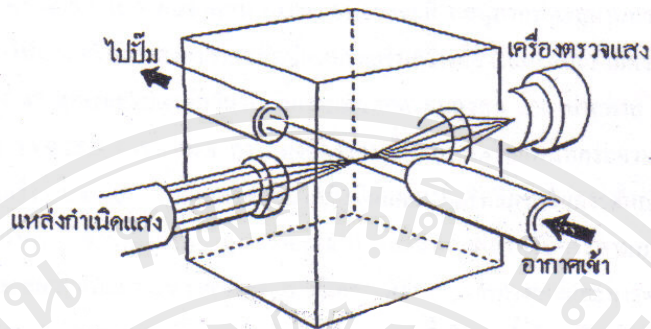
อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย

3.1.1 เครื่องนับจำนวนอนุภาค

เครื่องนับจำนวนอนุภาค Optical Particle Counter (OPC) ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ Met One Particle Counter Model GT 521 ดังแสดงในรูปที่ 3-1 หลักการทำงานของเครื่องมือชนิดนี้ คือ อากาศในบริเวณที่ต้องการวัดจะถูกดูดเข้าไปในห้องวัดของเครื่องนับจำนวนอนุภาคแบบแยกขนาดได้ (Discrete Particle Counter) ปริมาตรของอากาศและอนุภาคในอากาศจะผ่านแสงเลเซอร์ ถ้าอนุภาคมีขนาดใหญ่เพียงพอจะเกิดการสะท้อนแสงเมื่อผ่านเลเซอร์นี้ แสงสะท้อนนี้จะถูกบันทึกโดย Optical Equipment และผ่านไปเครื่องตรวจแสงซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนแสงสะท้อนให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 3-2 โดยที่ความเข้มข้นของแสงสะท้อนจากอนุภาคนี้จะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับขนาดของอนุภาค วิธีการวัดนี้ไม่เพียงแต่จะวัดค่าความเข้มข้นของอนุภาคเท่านั้นยังได้ขนาดของอนุภาคที่ผ่านเข้าเข้ามาในห้องวัดด้วย ขนาดของอนุภาคต่ำสุดที่วัดได้ คือ 0.1 ไมครอน



รูปที่ 3-1 เครื่องนับจำนวนอนุภาค
Met One Particle Counter Model GT 521



รูปที่ 3-2 หลักการทำงานของวิธี Optical Particle Counter (OPC)
ที่มา : Ramstorp (2000)

3.1.2 เครื่องวัดความเร็วลม

เป็นเครื่องวัดความเร็วลมแบบลวดร้อน (Hot Wire) Testo 425 สามารถแสดงผลของความเร็วลมได้ละเอียดถึง 0.01 เมตรต่อวินาที สามารถวัดค่าความเร็วลมได้ในช่วง 0 -20 เมตรต่อวินาที มีช่วงของการควบคุมอุณหภูมิ -20 — 70 องศาเซลเซียส มีความแม่นยำในการวัด ± 5 เปอร์เซ็นต์ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับวัดความเร็วลมภายนอกและภายในอาคารของห้องเรียน ดังแสดงในรูปที่ 3-3



รูปที่ 3-3 เครื่องวัดความเร็วลม

3.1.3 เครื่องวัดอุณหภูมิของอากาศ และความชื้นสัมพัทธ์

เป็นเครื่องวัดอุณหภูมิของอากาศ และความชื้นสัมพัทธ์ แบบลวดร้อน (Hot Wire) Testo 454 สามารถแสดงผลของความชื้นสัมพัทธ์ได้ละเอียดถึง $\pm 0.1\% \text{rF}$ และแสดงผลของอุณหภูมิอากาศได้ละเอียดถึง ± 1.0 องศาเซลเซียส สามารถวัดมีช่วงของการควบคุมอุณหภูมิ $-200.1 - 1,370$ องศาเซลเซียส มีความแม่นยำในการวัด 3 เปอร์เซ็นต์ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับวัดอุณหภูมิของอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ ภายนอกและภายในอาคารของห้องเรียน ดังแสดงในรูปที่ 3-4



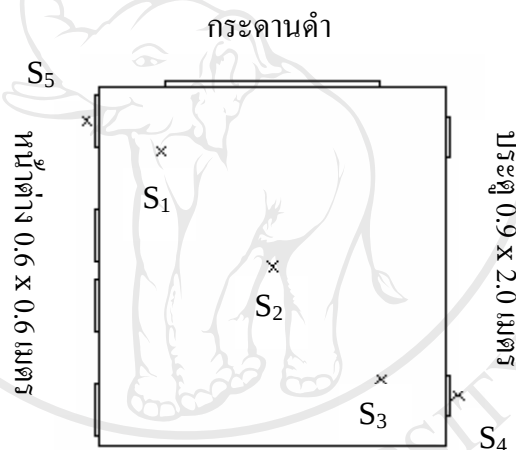
รูปที่ 3-4 เครื่องวัดอุณหภูมิของอากาศและความชื้นสัมพัทธ์

3.1.4 การติดตั้งอุปกรณ์การทดลอง

สำหรับการทดลองในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้เครื่องนับจำนวนอนุภาคตรวจวัดจำนวนอนุภาค เครื่องวัดความเร็วลม และเครื่องวัดอุณหภูมิกับความชื้นสัมพัทธ์ ที่บริเวณประตู หน้าต่าง และภายในห้องเรียน ที่ระดับความสูงภายในห้องเรียน 1.3 เมตรจากพื้นห้อง ส่วนที่ประตูและหน้าต่าง จะทำการวัดที่ระดับความสูงที่กึ่งกลางของประตูและหน้าต่าง ภายในห้องทำการวัด 3 จุด (S_1 , S_2 และ S_3) โดยที่จุด S_1 และ S_3 นั้นจะอยู่ห่างจากผนังห้องด้านละ 1.5 เมตร ส่วนตำแหน่ง S_2 อยู่ที่ตำแหน่งจุดศูนย์กลางห้อง ส่วนที่ประตูและหน้าต่างทำการวัดเพียงที่ละ 1 จุด (S_4 และ S_5 ตามลำดับ) ดังแสดงในรูปที่ 3-5 โดยมีระยะห่างจากประตูและหน้าต่างออกไป 1 เมตร โดยในส่วนของการนับจำนวนอนุภาคนั้น ปริมาตรของอากาศและอนุภาคที่ลอยลอยอยู่ในอากาศนั้นจะผ่านแสงเลเซอร์จากเครื่องนับจำนวนอนุภาค ถ้าอนุภาคมีขนาดที่เพียงพอที่จะเกิดการสะท้อนแสง แสงที่

ถูกสะท้อนจะถูกเก็บเพื่อส่งต่อไปที่เครื่องวัดแสง (Photo Detector) ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนแสงสะท้อนเหล่านี้ให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า และสามารถทราบจำนวนอนุภาคต่อ 1 หน่วยปริมาตร ได้ เพราะรู้อัตราการดูดอากาศของเครื่องนับจำนวนอนุภาค

สำหรับในงานวิจัยนี้ เครื่องวัดจำนวนอนุภาค คือ Met One Particle Counter Model GT 521 ซึ่งมีขนาดกะทัดรัดและมีแหล่งจ่ายไฟในตัว หน้าจอ LCD จะแบ่งออกเป็น 2 ช่องซึ่งแสดงขนาดของอนุภาคพร้อมทั้งจำนวนอนุภาคที่วัดในขณะนั้น โดยที่ในแต่ละช่องจะวัดขนาดของอนุภาคตั้งแต่ขนาดมากกว่า 0.3 ไมครอน จนถึง 5.0 ไมครอน ซึ่งสามารถเพิ่มขนาดได้ที่ละ 0.1 ไมครอน เครื่องนับจำนวนอนุภาคมีอัตราการดูดอากาศ 2.831 ลิตรต่อนาที มีค่าความผิดพลาดประมาณ ± 5 เปอร์เซ็นต์ ใช้เวลาในการสุ่มตัวอย่าง 1 นาทีสำหรับทุก ๆ กรณี

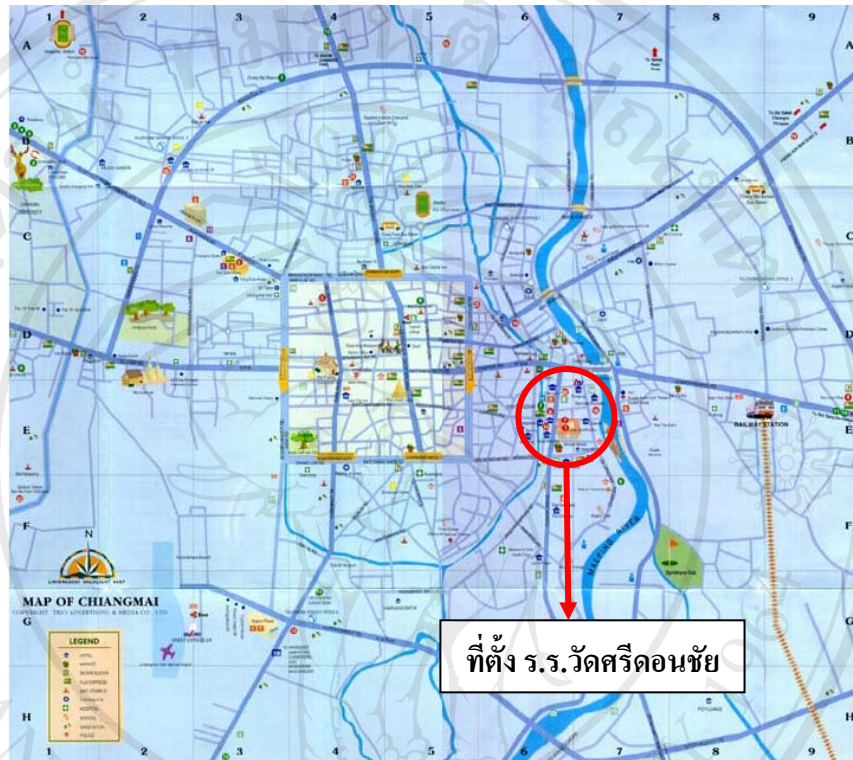


รูปที่ 3-5 ตำแหน่งที่ทำการเก็บข้อมูล

3.2 สภาพและขั้นตอนการทดลองหาความเข้มข้นของอนุภาค

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการเก็บข้อมูลของจำนวนอนุภาค ความเร็วลม อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ภายในและภายนอกอาคารของห้องเรียน โรงเรียนวัดศรีดอนชัย ต. ศรีดอนชัย อ.เมือง จ.เชียงใหม่ ซึ่งตั้งอยู่ในแหล่งที่มีการจราจรคับคั่ง ดังแสดงในรูปที่ 3-6 ภายใต้การระบายอากาศแบบธรรมชาติ ห้องเรียนที่ทำการศึกษายู่บนชั้น 4 ของอาคาร มีขนาด กว้าง 7.9 เมตร ยาว 8.2 เมตร ความสูงจากพื้นถึงเพดาน 3.45 เมตร ลักษณะของห้องเรียนจะแสดงในรูปที่ 3-7 โดยได้ทำการเก็บข้อมูลรายชั่วโมงเป็นเวลา 14 วัน ตั้งแต่วันที่ 23 พฤศจิกายน ถึงวันที่ 7 ธันวาคม พ.ศ. 2548 ในเก็บข้อมูลได้ทำการเก็บค่าต่าง ๆ ทุกชั่วโมง ช่วงเวลาที่ทำการเก็บข้อมูลไม่มีการปิดประตูและหน้าต่าง โดยในการศึกษาครั้งนี้ได้แบ่งช่วงเวลาออกเป็น 4 ช่วงด้วยกันคือ วันทำงานตอน

กลางวัน (07.00 – 19.00 น.) วันทำงานตอนกลางคืน (20.00 – 06.00 น.) วันหยุดตอนกลางวัน (07.00 – 19.00 น.) และวันหยุดตอนกลางคืน (20.00 – 06.00 น.) ขั้นตอนในการทดลองครั้งนี้แบ่งออกเป็น



รูปที่ 3-6 ที่ตั้งของโรงเรียนวัดศรีดอนชัย



รูปที่ 3-7 ลักษณะห้องเรียนที่ทำการเก็บข้อมูล

3.2.1 ศึกษาการใช้เครื่องนับจำนวนอนุภาคเพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลการทดลอง โดยเครื่องนับจำนวนอนุภาคที่ใช้คือ Met One Particle Counter Model GT 521 ในการวัดทำการนำเครื่องนับจำนวนอนุภาคไปวัดในตำแหน่งที่ต้องการดังแสดงในรูปที่ 3-8



รูปที่ 3-8 ลักษณะการสุ่มตัวอย่างอนุภาค

3.2.2 เลือกสถานที่ที่ต้องการสุ่มตัวอย่างอนุภาค โดยสถานที่นั้นจะต้องเป็นโรงเรียนที่ตั้งอยู่ในแหล่งที่มีการจราจรคับคั่ง และห้องเรียนต้องมีการระบายอากาศแบบธรรมชาติ ลักษณะโดยรอบบริเวณโรงเรียนดังแสดงในรูปที่ 3-9



(ก)



(ข)

รูปที่ 3-9 ลักษณะแวดล้อมบริเวณโรงเรียนที่ทำการศึกษา (ก) บริเวณหลังอาคารเรียน
(ข) บริเวณหน้าอาคารเรียน

3.2.3 ทำการสุ่มเก็บตัวอย่าง ณ บริเวณต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยทำการเก็บตัวอย่างขณะที่มีการทำกิจกรรมตามปกติของผู้ที่อยู่อาศัยภายในห้องเรียน

3.3 การกระจายตัวของความเร็วของของไหลภายในและภายนอกอาคาร

ในการวัดความเร็วลมในงานวิจัยนี้ ใช้เครื่องวัดความเร็วลมแบบลวดร้อน (Hot Wire) Testo 425 ในการวัดความเร็วลมจะทำการวัดในทุกจุดที่ทำการวัดค่าความเข้มข้นของอนุภาค ในการวัดความเร็วลมแต่ละตำแหน่งจะใช้เวลา 1 นาที จากนั้นนำค่าเฉลี่ยที่ได้มาใช้แทนความเร็วลมที่จุดนั้น ๆ โดยค่าความเร็วลมที่วัดได้จะมีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที จากนั้นนำค่าที่ได้มาทำการเปรียบเทียบกับผลการทดลองของการกระจายตัวของอากาศภายในห้องเรียน ซึ่งได้สร้างแบบจำลองทางพลศาสตร์ของไหล (CFD) โดยขั้นตอนในการวัดความเร็วลม และการสร้างแบบจำลองทางพลศาสตร์ของไหลประกอบด้วย

3.3.1 ขั้นตอนการวัดค่าความเร็วลม

ก. ศึกษาการใช้เครื่องนับจำนวนอนุภาคเพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลการทดลอง โดยเครื่องวัดความเร็วลมที่ใช้ Testo 425

ข. ก่อนทำการวัดความเร็วลมต้องทำการวัดทิศทางลมก่อนเพื่อให้ทราบทิศทางลมที่จะเข้าสู่ภายในอาคาร ซึ่งในการวัดทิศทางลมจะใช้เครื่องมือซึ่งประดิษฐ์ขึ้นเองเป็นตัววัด (ดังแสดงในรูปที่ 3-10)

ค. ทำการสุ่มเก็บตัวอย่าง ณ บริเวณต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยทำการเก็บตัวอย่างขณะที่มีการทำกิจกรรมตามปกติของผู้ที่อยู่อาศัยภายในห้องเรียน



รูปที่ 3-10 อุปกรณ์วัดทิศทางลม

3.3.2 ขั้นตอนในการสร้างแบบจำลองทางพลศาสตร์ของไหล

ในการสร้างแบบจำลองทางพลศาสตร์ของไหล จะประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอนหลักๆ คือ

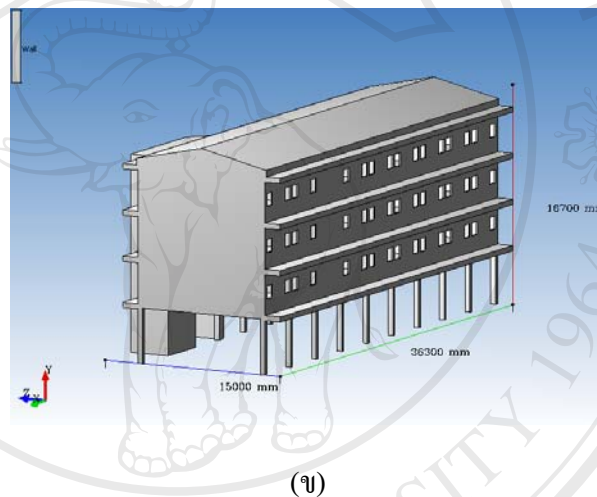
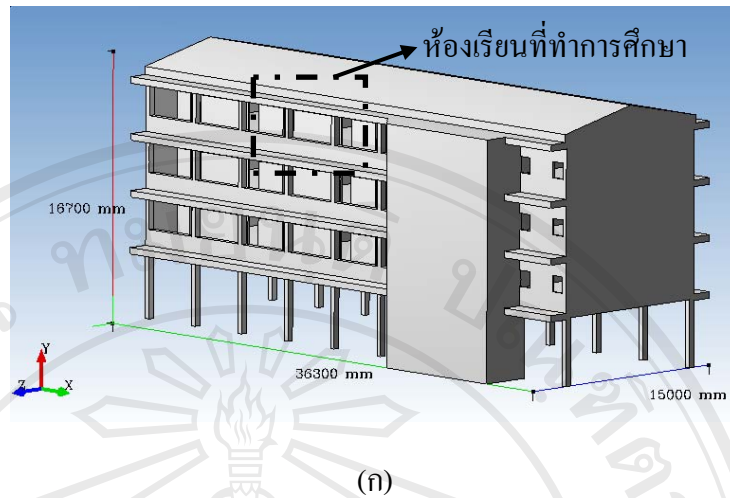
1. ขั้นตอนก่อนการประมวลผล (Pre-Processing) 2. ขั้นตอนการประมวลผล (Processing) และ
3. ขั้นตอนหลังการประมวลผล (Post-Processing)

ก. ขั้นตอนก่อนการประมวลผล (Pre-processing)

ในขั้นตอนการสร้างแบบจำลองหรือรูปร่างของปัญหา จะสร้างแบบจำลองที่มีลักษณะเป็นแบบจำลองเชิงตัวเลข 3 มิติของอาคารเรียนที่ทำการศึกษาดังรูปที่ 3.11 โดยอาคารเรียนเป็นอาคาร 4 ชั้น ห้องเรียนที่ทำการศึกษายู่บนชั้น 4 ของอาคาร ระดับความสูงจากพื้นถึงระดับที่ทำการศึกษามีความสูง 13.0 เมตร โดยห้องเรียนที่ทำการศึกษามีการระบายอากาศแบบธรรมชาติ ขนาดของประตูหน้าต่าง และช่องเปิดอื่น ๆ แสดงดังตารางที่ 3.1

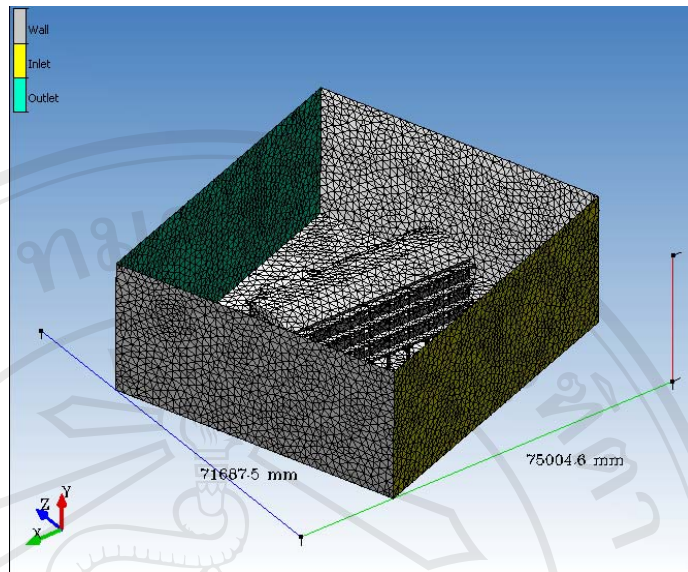
ตารางที่ 3.1 ขนาดและจำนวนของช่องเปิดภายในห้องเรียนที่ทำการศึกษา

ตำแหน่ง	ชนิดของช่องเปิด	จำนวน (ชิ้น)	ขนาด (กว้าง x สูง)
ด้านที่ประตู	ประตู	2	0.90 ม. x 2.00 ม.
	ช่องเปิดใหญ่	4	0.90 ม. x 0.60 ม.
	ช่องเปิดเล็ก	6	0.54 ม. x 0.60 ม.
	บานเกร็ดติดตาย	6	0.54 ม. x 0.50 ม.
ด้านที่มีหน้าต่าง	หน้าต่างบานเลื่อน	4	0.83 ม. x 1.00 ม.
	บานเกร็ดติดตาย	8	0.43 ม. x 0.85 ม.



รูปที่ 3-11 ลักษณะของอาคารเรียนที่ทำการศึกษา (ก) ลักษณะหน้าอาคารเรียน
(ข) ลักษณะหลังอาคารเรียน

ในการสร้างแบบจำลองสิ่งที่มีความสำคัญอีกประการ คือการสร้างเซลล์ (Grid) ที่จะใช้ในการคำนวณ โดยในงานวิจัยนี้จะได้ใช้เซลล์แบบ Unstructured Grid มีจำนวนเซลล์ทั้งหมด 373,713 เซลล์ ลักษณะเซลล์แสดงดังรูปที่ 3-12



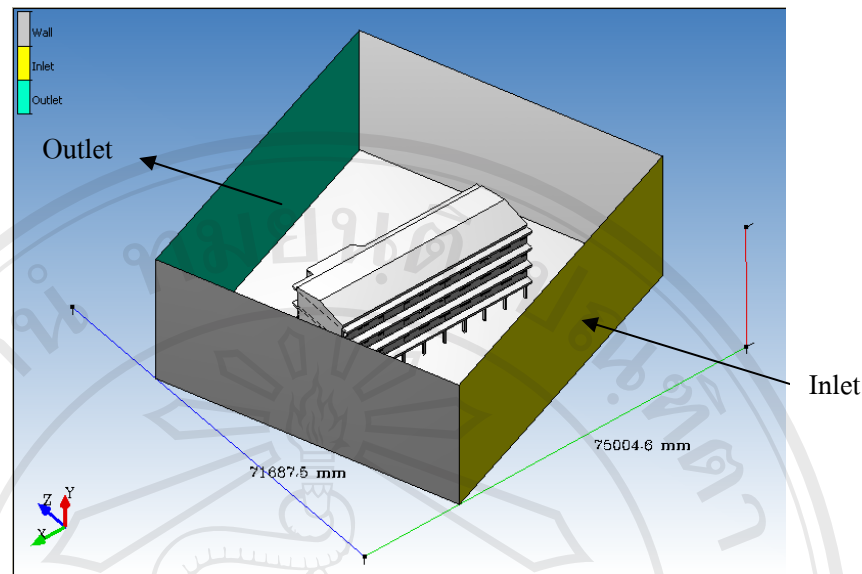
รูปที่ 3-12 การสร้างเซลล์ในแบบจำลองทางพลศาสตร์ของไหล

ข. ขั้นตอนการประมวลผล (Processing)

เมื่อสร้างแบบจำลองและเซลล์ที่จะใช้ในการคำนวณเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปของขั้นตอนนี้คือ การกำหนดค่าคุณสมบัติต่างๆ และเงื่อนไขขอบเริ่มต้นของการคำนวณ ในการกำหนดคุณสมบัติแบบจำลองของห้องเรียน ในที่นี้ได้ทำการกำหนดลักษณะการไหลให้เป็นการไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent Flow) โดยที่การกำหนดเงื่อนไขขอบนั้นจะต้องกำหนดให้มีค่าเหมาะสมจึงจะให้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องและใช้เวลาในการคำนวณน้อย เพราะหากเงื่อนไขที่กำหนดมีค่าไม่เหมาะสมหรือห่างไกลกับลักษณะของพฤติกรรมที่น่าจะเกิดขึ้นจริง การคำนวณอาจจะไม่ลู่เข้าโดยง่าย หรือถ้าหากการคำนวณลู่เข้าผลลัพธ์ที่ได้อาจมีความคลาดเคลื่อนสูง โดยในงานวิจัยนี้ได้กำหนดเงื่อนไขขอบให้ใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงของการไหลของอากาศมากที่สุดโดยจะแบ่งเงื่อนไขขอบสำหรับการไหล และกำหนดค่าต่างๆ มีรายละเอียดดังแสดงในรูปที่ 3-12

ข.1 เงื่อนไขขอบเขตที่ทางเข้า (Inlet)

ที่บริเวณขาเข้าของแบบจำลองของสนามการไหล แบบ Conventional จะมีทางเข้าอยู่ตรงขวาของแบบจำลอง ดังรูปที่ 3-13 โดยจะกำหนดให้ความเร็วขาเข้ามีค่าคงที่ มีค่า 0.25 เมตรต่อวินาที ส่วนอุณหภูมิอากาศขาเข้ามีค่า 22 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นค่าจริงที่วัดได้จากการทดลองเมื่อค่าความเร็วและอุณหภูมิอยู่ในสภาวะคงที่



รูปที่ 3-13 ทางเข้าและทางออกของลมในอาคารเรียน

ข.2 เงื่อนไขขอบเขตที่ผนัง (Wall)

เงื่อนไขขอบส่วนนี้จะเป็นผิวของแข็งที่ของไหลไม่สามารถไหลผ่านทะลุได้ โดยกำหนดให้ความเร็วที่ผิวมีค่าเป็นศูนย์ (ไม่มีการลื่นไถล) และอุณหภูมิที่ผิวมีค่าคงที่ โดยอุณหภูมิที่ผิวจะกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 22 องศาเซลเซียส

ข.3 เงื่อนไขขอบเขตที่ทางออก (Outlet)

การกำหนดเงื่อนไขขอบของตัวแปรที่ด้านทางออก กำหนดให้การไหลที่ทางออกจะ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงความดันและอุณหภูมิ และมีค่าเท่ากับความดันบรรยากาศ และอุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส มีค่าพลังงานจลน์ (Kinetic Energy, K) $0.00779 \text{ m}^2/\text{s}^2$ มีอัตราการสลายตัวแบบปั่นป่วน (Dissipation Rate) $35.3439 \text{ m}.$

เมื่อทำการกำหนดค่าคุณสมบัติต่างๆ และเงื่อนไขขอบเริ่มต้นของการคำนวณเสร็จเรียบร้อยแล้ว ในขั้นต่อไปจะเป็นขั้นตอนของการประมวลผล เพื่อให้โปรแกรมคำนวณคำตอบต่างๆ ที่ต้องการ และสุดท้ายขั้นตอนหลังการประมวลผล จะเป็นขั้นตอนของการนำคำตอบที่ได้ นำไปวิเคราะห์ และแสดงผลของคำตอบที่ได้

3.4 การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของความเข้มข้นของอนุภาคภายในอาคาร

3.4.1 พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของความเข้มข้นของอนุภาคภายในอาคารโดยแบบจำลองที่ทำการสร้างเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการหาค่าความเข้มข้นของอนุภาคภายในอาคาร ภายใต้การสมมุติให้ความเข้มข้นของอนุภาคอยู่ในสภาวะคงที่ โดยในการคำนวณค่าความเข้มข้นของอนุภาคภายในอาคารจะขึ้นอยู่กับค่าความเข้มข้นของอนุภาคที่วัดได้ภายนอกอาคาร อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ อัตราการฟุ้งกระจายของอนุภาค เป็นต้น โดยในแบบจำลองนี้จะกำหนดให้อัตราการสูญหายของอนุภาคมีน้อยมาก

3.4.2 ค่าของความเข้มข้นของอนุภาคที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เป็นค่าเฉลี่ยของอนุภาคในช่วงที่ทำการทดลองของอนุภาคแต่ละช่วงขนาดในแต่ละชั่วโมง

3.4.3 ขนาดของอนุภาคที่ทำการศึกษา คือช่วงขนาดระหว่าง 0.3-0.5, 0.5-1.0, 1.0-2.5, 2.5-3.5 และ 3.5-5.0 ไมครอน

3.4.4 ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองเทียบกับกราฟที่ได้จากแบบจำลองที่สร้างขึ้น