

บทที่ 5

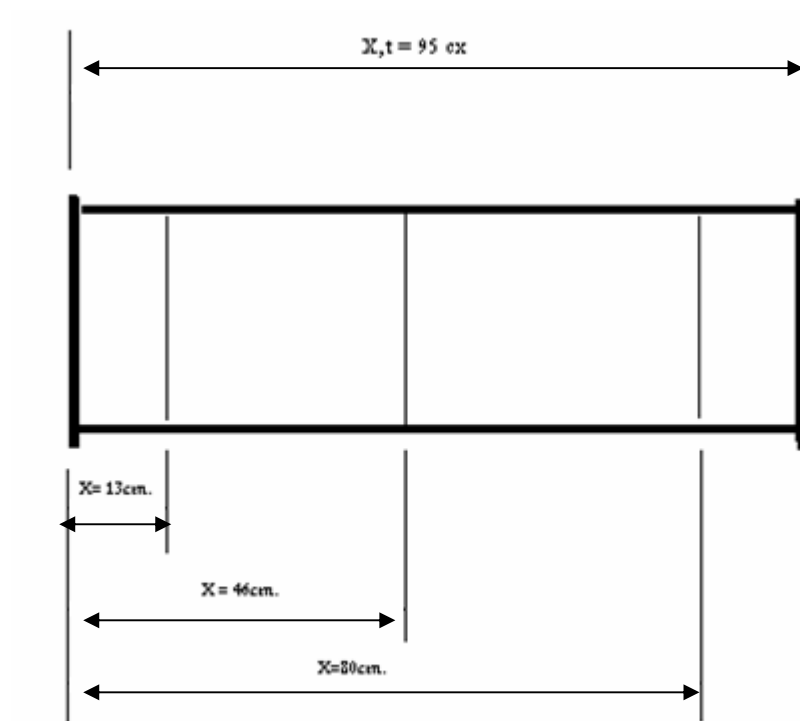
การทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดสอบพื้นฐานการทำงานของอุโมงค์ลมความเร็วต่ำที่เราได้จัดสร้างขึ้น เพื่อหาสมรรถนะต่างๆ ของตัวอุโมงค์ลม โดยจะใช้วิธีการทดสอบที่เป็นพื้นฐานอย่างง่าย และจะใช้ตัวเปรียบเทียบที่ได้จากการผลการจำลองแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์เปรียบเทียบ ซึ่งผลที่ได้จะทำให้เราสามารถวิเคราะห์และสรุปผลได้ในระดับหนึ่ง โดยวิธีและขั้นตอนการทดลองสามารถจัดทำได้ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

5.1 การตรวจสอบสภาพการไหลในห้องทดสอบ (Test Section) โดยวิธีการวัดทางเครื่องมือ

ดังที่ได้กล่าวมาในบทที่ 2 แล้วว่าการไหลของของไหลนั้นเราสามารถพิจารณาของไหลได้ตามสถานะต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นคุณสมบัติทางกายภาพหรือสถานะของจลศาสตร์ของไหล เช่น ความราบเรียบและไม่ราบเรียบของการไหล (Laminar and Turbulent Flow) หรือความสม่ำเสมอและไม่สม่ำเสมอของการไหล เป็นต้น ซึ่งในการทดลองนี้เราจะทดสอบดูว่ามีการไหลที่มีความราบเรียบหรือมีความสม่ำเสมอหรือไม่ โดยพิจารณาการวัดที่ระนาบของหน้าตัดที่ระยะต่าง ๆ ดังรูปที่ 5.1 โดยวิธีการทดสอบจะเป็นดังนี้

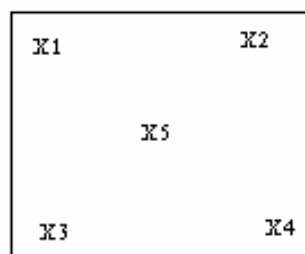
1. กำหนดระยะ X ต่าง ๆ ตามความยาวของระยะความยาวห้องทดสอบ



รูปที่ 5.1 การกำหนดระยะของระนาบหน้าตัดที่จะวัดการไหลของลม

2. ที่ระยะระนาบต่าง ๆ กำหนดจุดที่จะวัดทั่วทั้งระนาบตามรูปที่ 5.2

ที่ระยะ หน้าตัด $X = 13 \text{ cm}$.



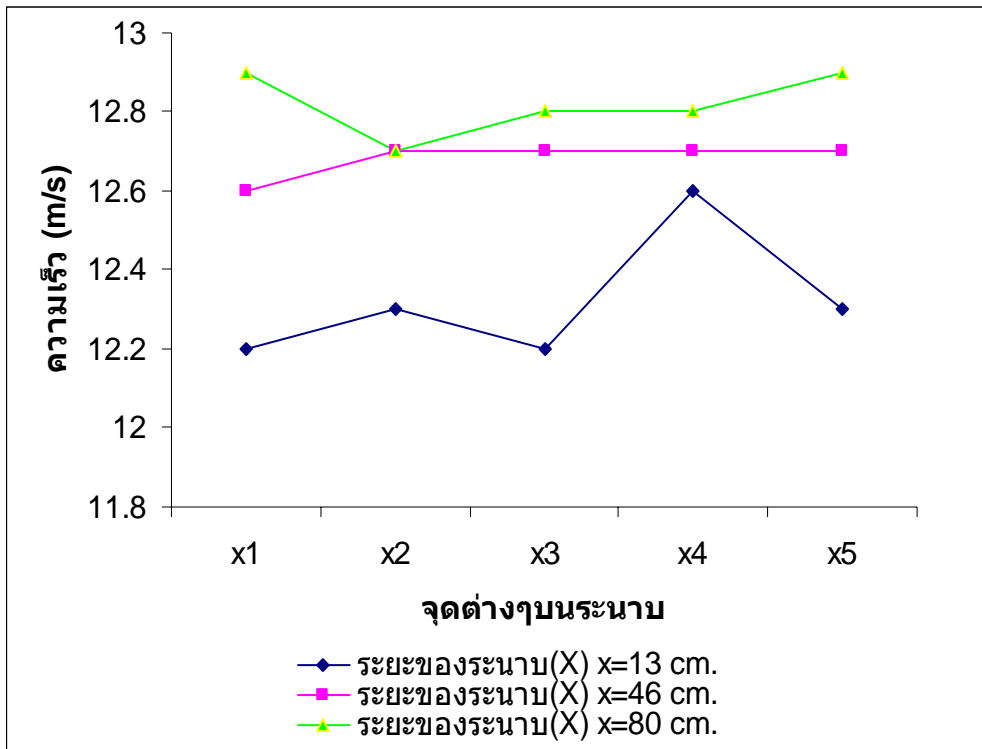
รูปที่ 5.2 การกำหนดจุดที่จะทำการวัดทั่วทั้งระนาบหน้าตัดของพื้นที่

3. ทำเหมือนขั้นตอนในข้อ 2. แต่เปลี่ยนระยะระนาบ $X = 46$ และ $X = 80$ ตามลำดับ โดยความเร็วรอบของตัวขับจะต้องคงที่เท่ากันตลอดทุกวิธีการทดลอง

4. บันทึกผลที่ได้

ความเร็วที่จุดการวัด ต่างๆ(m/s)	ระยะของระนาบ(X)		
	x=13 cm.	x=46 cm.	x=80 cm.
x1	12.2	12.6	12.9
x2	12.3	12.7	12.7
x3	12.2	12.7	12.8
x4	12.6	12.7	12.8
x5	12.3	12.7	12.9
เฉลี่ย	12.32	12.68	12.82

ตารางที่ 5.1 ผลการทดลองการวัดความเร็วลม ณ ตำแหน่งต่างๆ



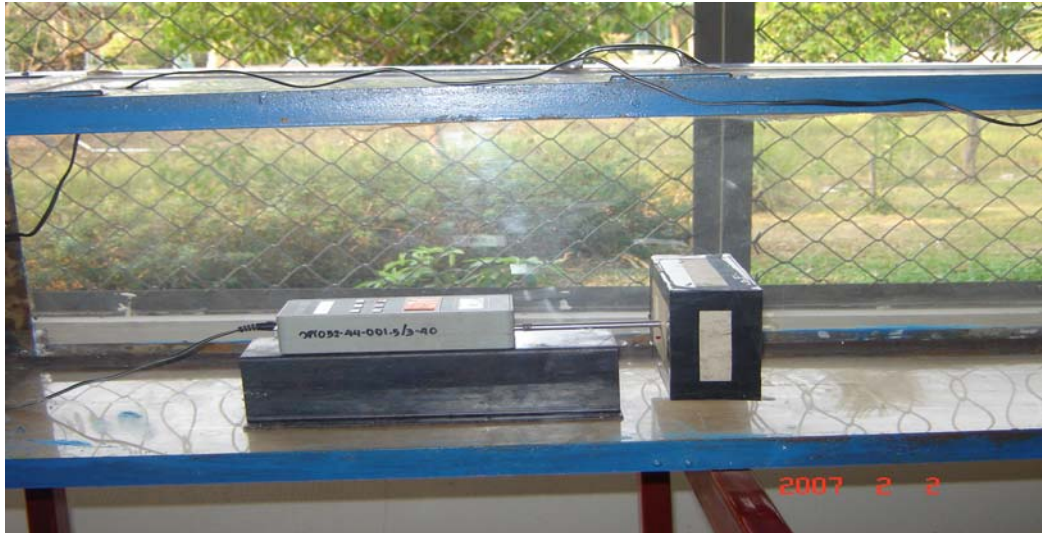
รูปที่ 5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของลมที่ตำแหน่งจุดการวัดบนระยะระนาบหน้าตัดต่างๆ

จากกราฟจะเห็นได้ว่าที่ระนาบหน้าตัดที่ระยะ $x = 46$ นั้นมารูปแบบการไหลที่ราบเรียบมากที่สุด ดังนั้นระยะนี้จึงเหมาะสำหรับการทดลองครั้งนี้ จึงได้ทำการทดลองที่ระยะนี้โดยทำการติดตั้งเครื่องมือวัดแรงที่ระยะนี้

5.2 การทดสอบ Flow Visualization

เป็นการทดสอบเพื่อดูพฤติกรรมต่าง ๆ ของของไหลที่ไหลผ่านแบบจำลองทางรูปทรงเลขาคณิตอย่างง่าย การทดสอบนี้จะทำให้เราเห็นทิศทางการไหล เส้นการไหลที่ไหลภายในห้องทดสอบ ซึ่งมีขั้นตอนและผลการทดสอบดังนี้

1. การทดสอบโดยนำแบบจำลองติดตั้งในห้องทดสอบ



รูปที่ 5.4 การติดตั้งแบบทดสอบ

2. นำสิ่งที่ก่อให้เกิดควัน วางไว้บริเวณด้านปากทางเข้าของลม (Smoke Test)

3. ทำการเดินเครื่องทดสอบ



รูปที่ 5.5 การทดสอบ Smoke Test

5.3 การทดสอบหาสมรรถนะการทำงานของอุโมงค์ลม

การทดสอบนี้เป็นการทดสอบโดยใช้แบบจำลองทางรูปทรงเลขาคณิตอย่างง่าย เพื่อนำเอาผลที่สามารถหาได้ต่างๆ จากการทดลองจริง เช่น ค่าสัมประสิทธิ์แรงต้าน (Drag Coefficient, C_D) ค่า Reynolds Number (Re) เป็นต้น แล้วหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ได้ นำไปเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการจำลองทางโปรแกรมคอมพิวเตอร์ หรือแม้แต่ข้อมูลต่างๆ ที่สามารถอ้างอิงได้ โดยขั้นตอนและวิธีการทดลองต่างๆ รวมถึงผลการทดลอง เป็นดังต่อไปนี้

อุปกรณ์การทดสอบ

1. แบบจำลองเรขาคณิตรูปทรงอย่างง่าย คือ ทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 17.33 ซม. และทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด $10 \times 15 \times 5$ ซม.
2. เครื่องมือวัดแรง (Force Sensor) รุ่น BG 100 (Mark - 10) ที่สามารถวัดแรงได้ในช่วง 0- 10 นิวตัน
3. เครื่องมือวัดความเร็วลม (Flow Meters) รุ่น PVM 100

วิธีการทดสอบ

1. การทดสอบโดยนำแบบจำลองติดตั้งเข้ากับตัวสปริงเพื่อวัดแรง



รูปที่ 5.6 การติดตั้งแบบจำลองเข้ากับเครื่องมือวัดแรง

2. ติดตั้งเครื่องมือวัดความเร็วลม (Flow Meters)



รูปที่ 5.7 การวัดความเร็วลมภายในห้องทดสอบที่ตำแหน่งทดสอบ

การคำนวณหาค่า Drag Coefficient (C_D)

$$C_D = \frac{F_D}{\frac{1}{2} \rho v^2 A} \quad (4.2)$$

โดยที่ F_D คือ ค่า Drag Force สามารถหาได้จากการทดลอง

ρ คือ ค่าความหนาแน่นของอากาศ

v คือ ค่าความเร็วของอากาศ ณ เวลาใด ๆ

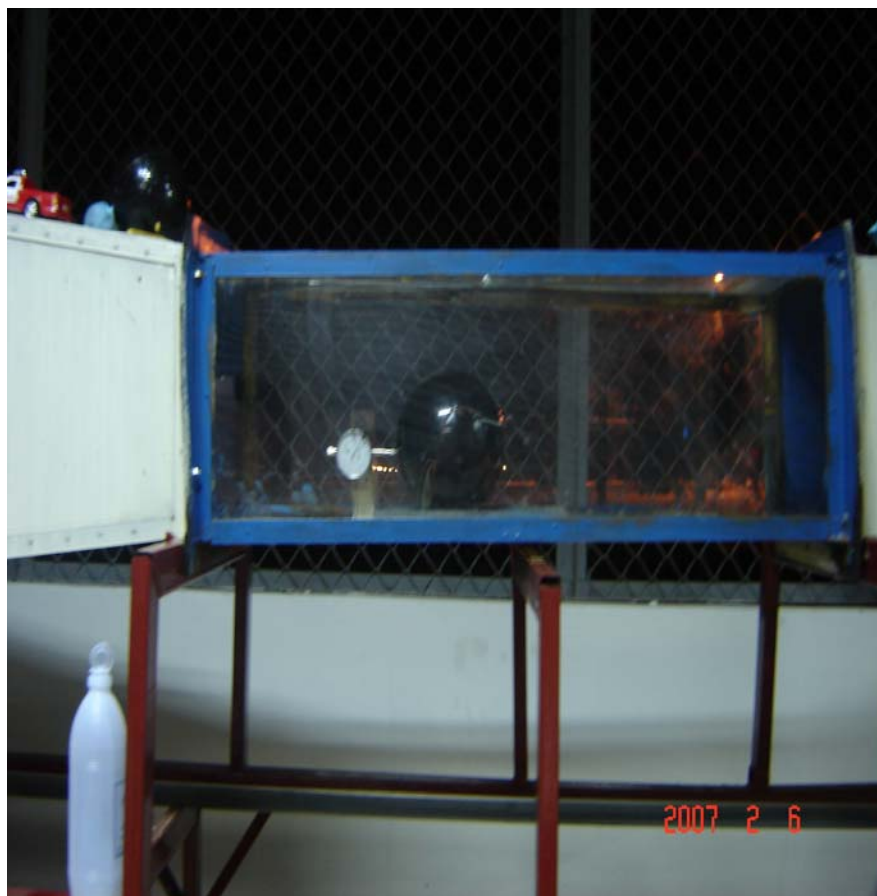
A คือ พื้นที่หน้าตัดของแบบจำลอง

การหาค่า Reynolds Number

$$\text{Re}_D = \frac{\rho v D}{\mu} = \frac{v D}{\nu} \quad (4.3)$$

- เมื่อ ρ คือ ค่าความหนาแน่นของอากาศ
 v คือ ความเร็ว ณ ตำแหน่งใดๆ
 μ คือ ความหนืดของอากาศ
 ν คือ ค่า Kinematics Viscosity

6. ทำการทดลองตามขั้นตอนที่ 1 ถึง 5 แต่เปลี่ยนแบบจำลองเป็นรูปทรงกลมที่เตรียมไว้แทน



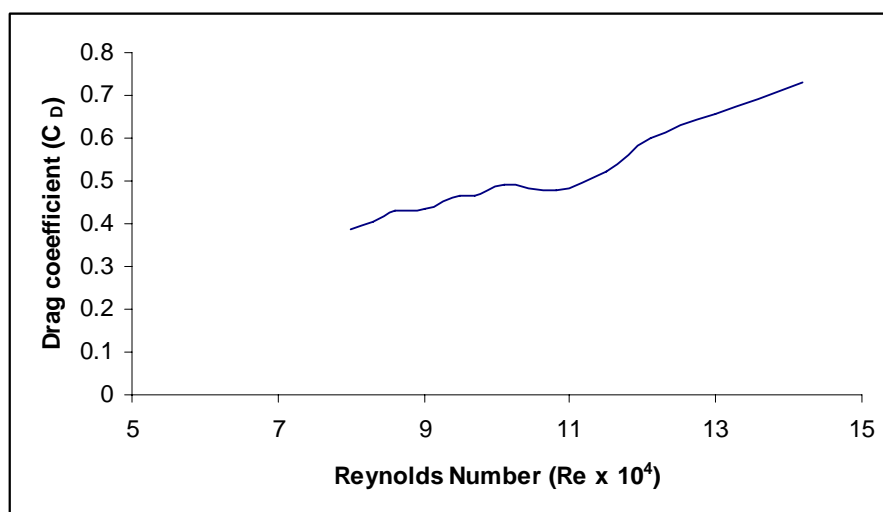
รูปที่ 5.8 การทดสอบโดยใช้รูปทรงกลม

ผลการทดลองจากการทดสอบกับอุโมงค์ลม

1. ผลการทดสอบแบบจำลองเรขาคณิตทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 14 cm.

v (m/s)	F _D (N.)	C _D	Re×10 ⁴
8	0.352	0.38765	7.317
8.3	0.396	0.405151	7.591
8.6	0.453	0.431679	7.866
9.0	0.501	0.435944	8.232
9.5	0.593	0.463111	8.690
9.7	0.622	0.465934	8.872
10.1	0.710	0.490561	9.238
10.8	0.794	0.479789	9.878
11.5	0.983	0.523884	10.518
12.1	1.243	0.598381	11.067
13.0	1.578	0.658109	11.890
14.2	2.085	0.728798	12.988

ตารางที่ 5.2 ค่าการคำนวณต่าง ๆ ที่ได้จากการทดลอง

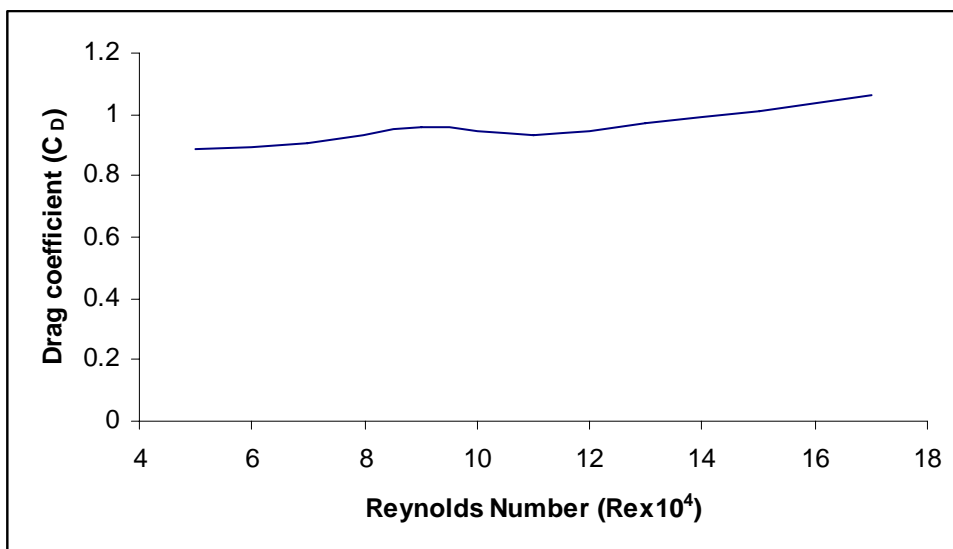


รูปที่ 5.9 ความสัมพันธ์ระหว่าง Drag Coefficient กับค่า Reynolds Number ของแบบจำลองทรงกลม

2. ผลการทดสอบแบบจำลองเรขาคณิตทรงสี่เหลี่ยม

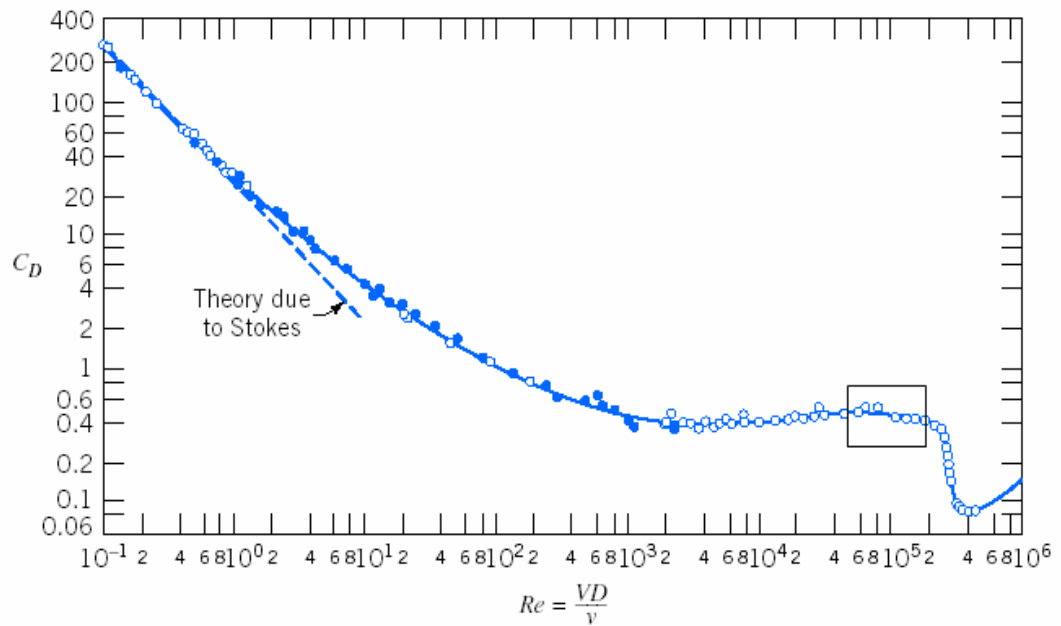
v (m/s)	F_D (N.)	C_D	$Re \cdot 10^{-4}$
8.5	0.945	0.2536	7.7743
9.3	1.488	0.3335	8.507
9.5	1.542	0.3312	8.689
10	2.414	0.4679	10.9756
12	2.951	0.3972	10.9756

ตารางที่ 5.3 ค่าการคำนวณต่าง ๆ ที่ได้จากการทดลอง



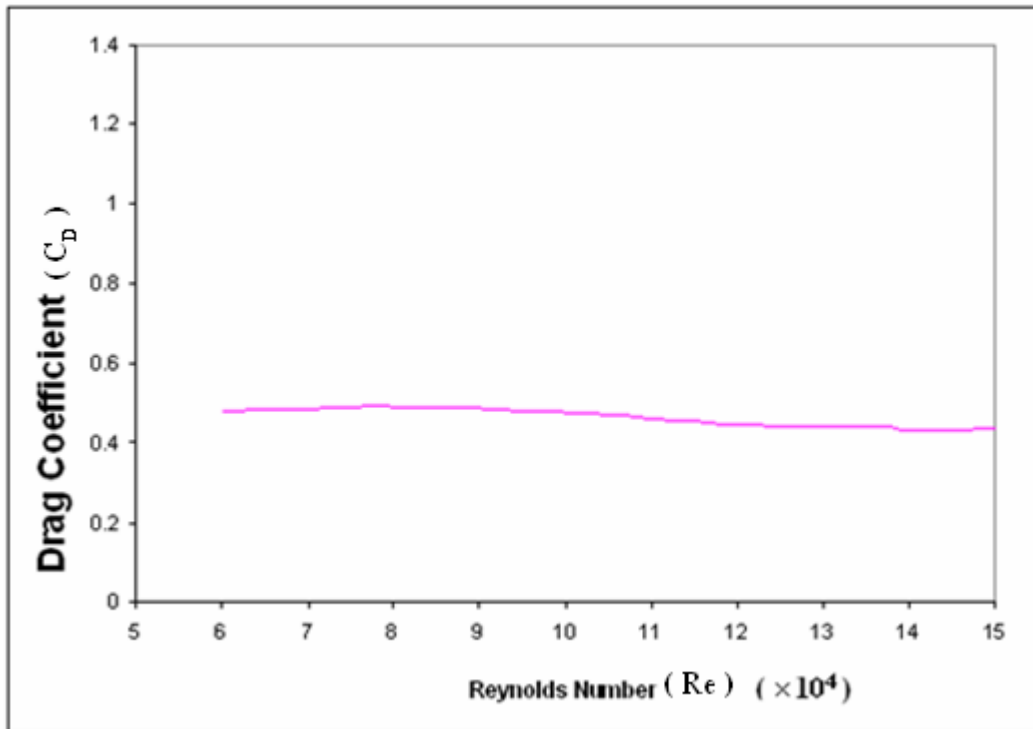
รูปที่ 5.10 ความสัมพันธ์ระหว่าง Drag Coefficient กับค่า Reynolds Number ของแบบจำลองทรงสี่เหลี่ยม

จากกราฟความสัมพันธ์จะเห็นได้ว่าค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านนั้นจะเพิ่มขึ้นเรื่อยตามค่าของค่า Reynolds Number นั่นก็คือเมื่อค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านจะแปรผันตรงกับค่าของ Reynolds Number



รูปที่ 5.11 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Drag Coefficient กับค่า Reynolds Number ที่นำมาใช้ในการเปรียบเทียบกับผลของการทดลอง[4]

เมื่อเราพิจารณาช่วงของค่า Reynolds Number ที่มีค่าช่วงเดียวกันกับการทดลองคือช่วงระหว่างประมาณ $5 \times 10^4 - 2 \times 10^5$ และสามารถนำข้อมูลมาเทียบวัดโดยแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลเทียบวัดได้ดังรูปที่ 5.12



รูปที่ 5.12 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Drag Coefficient กับค่า Reynolds Number ของค่ามาตรฐานของทรงกลม ในช่วงที่นำมาใช้ในการเปรียบเทียบกับผลของการทดลอง[3]

เมื่อเราทำการตัดกราฟช่วงที่มีค่า Reynolds Number ใกล้เคียงกันมาเพื่อทำการเปรียบเทียบ โดยข้อมูลดังกล่าวจะถูกใช้เพื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองจริงของแบบจำลองกับตัวอุโมงค์ลม แล้วจะนำมาวิเคราะห์เพื่อสรุปผลต่อไป

บทที่ 6

สรุปผลการทดลอง

ในเนื้อหาบทนี้จะกล่าวถึงการนำเอาผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับข้อมูลมาตรฐานหรือข้อมูลที่สามารถยอมรับได้ โดยการวิเคราะห์ผลการทดลองจะทำการวิเคราะห์และสรุปผลตามแต่ละหัวข้อของการทดลองเป็นข้อ ๆ ดังนี้

6.1 สรุปผลการตรวจสภาพการไหลโดยวิธีการวัดทางเครื่องมือ

1) จากตารางที่ 5.1 ผลการทดลองการวัดการไหลที่ตำแหน่งหน้าต่างๆ ที่ระยะความยาวของห้องทดสอบใดๆ (Test Section) จะเห็นว่าที่ระยะความยาวของห้องทดสอบ (Test Section) $X = 46$ cm. และ $X = 80$ cm จะมีความเร็วลมเฉลี่ยทั่วหน้าตัดทั้งสองบริเวณใกล้เคียงกัน ดังนั้นสรุปได้ว่า ที่บริเวณ $X = 46$ cm. และ $X = 80$ cm นี้ เป็นระยะที่ความเร็วลมมีขนาดที่คงที่มากกว่าบริเวณระยะอื่น ๆ

2) จากรูปที่ 5.1 จะเห็นว่าค่าความเร็วลมที่บริเวณหน้าตัด $X = 46$ cm. และ $X = 80$ cm จะมีค่าการกระจายตัวของค่าความเร็วลมที่น้อยที่สุด ดังนั้นบริเวณที่เริ่มจาก $X = 46$ cm. ถึง $X = 80$ cm จึงมีความสม่ำเสมอของการไหลที่มากที่สุด

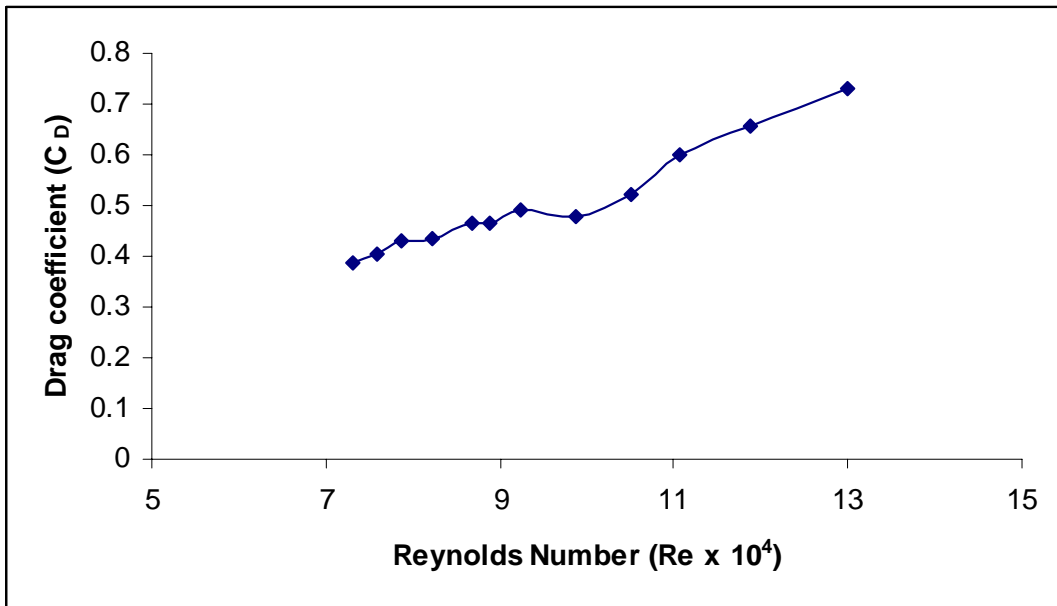
สรุป จากข้อกล่าวข้างต้นทั้งสองข้อนี้เราจึงสรุปว่า บริเวณ $X = 46$ cm. เหมาะแก่การเป็นบริเวณที่เหมาะสมสำหรับการติดตั้งอุปกรณ์สำหรับทำการทดลองมากที่สุด

6.2 สรุปผลการทดสอบ Flow Visualization

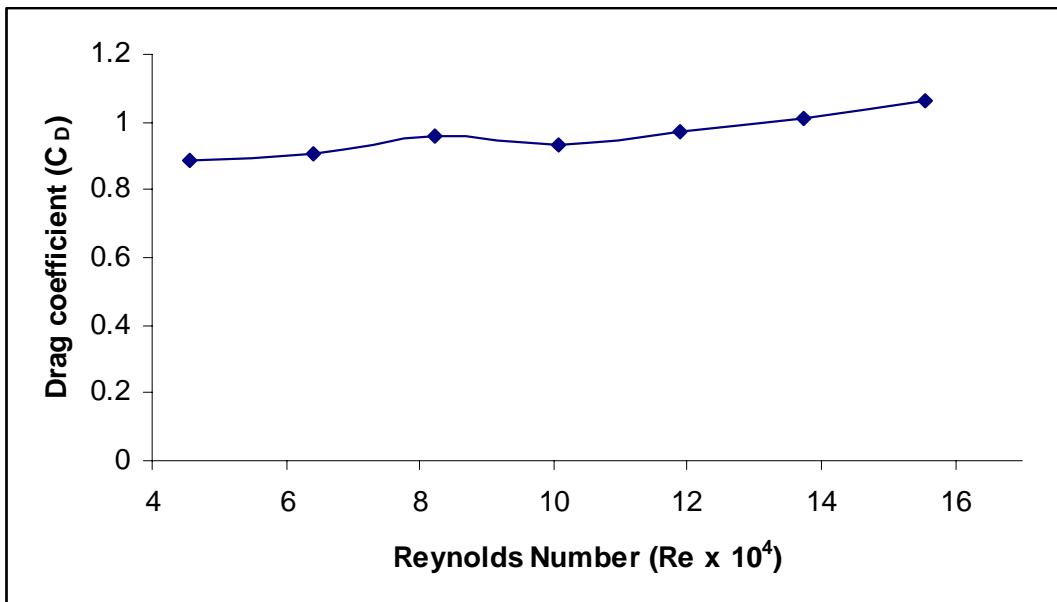
การทดสอบดังกล่าวเป็นการทำให้เห็นถึงเส้นทางการไหลและสภาพการไหลในเบื้องต้น ดังรูปที่ 5.5 จะเห็นว่าบริเวณส่วนด้านหลังของสี่เหลี่ยมและลูกบอลจะมีเส้นการไหลที่ราบเรียบคือเมื่อลำการไหลของลมนั้นมาปะทะกับแบบทดลองที่ขวางทางอยู่นั้นก็จะมีการกระจายตัวออกแล้วไหลไปสู่ทางออกของอุโมงค์ลมโดยที่ไม่มีการปั่นป่วนของลำการไหลแต่อย่างใด

เส้นการไหลที่ปรากฏเวลา ณ ที่เพิ่มความเร็วรอบของชุดขับ จะเห็นว่าเส้นการไหลภายในห้องทดสอบ (Test Section) จะเป็นเส้นที่ไม่ตรง ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า เมื่อความเร็วการไหลเพิ่มที่ขึ้นจะมีผลทำให้เกิดการไหลที่ไม่สม่ำเสมอ (Non-uniform Flow) และมีความไม่ราบเรียบ

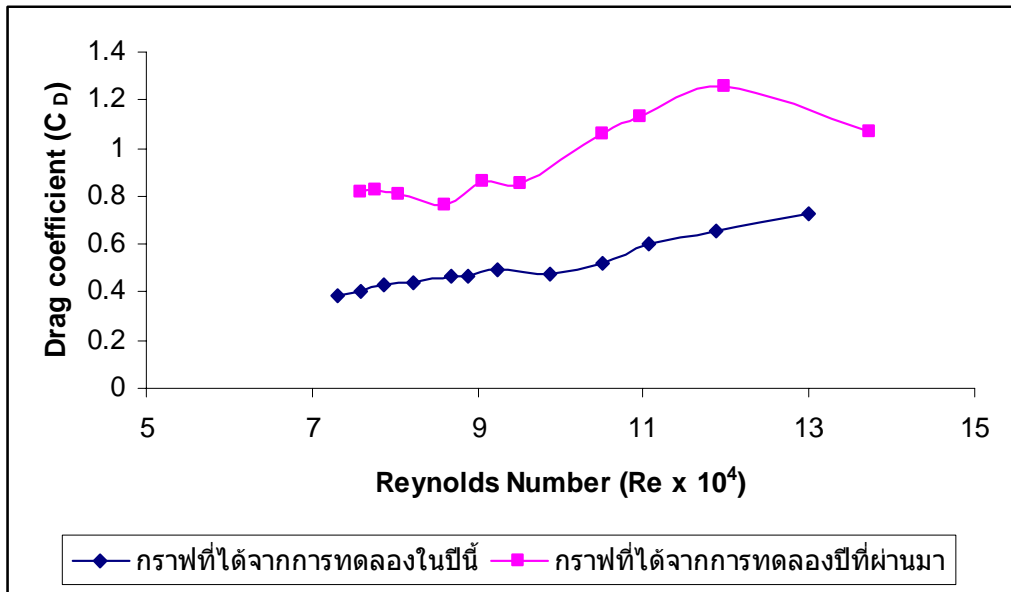
(Turbulent flow) เพิ่มขึ้นไปด้วย



รูปที่ 6.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Reynolds Number กับค่าสัมประสิทธิ์แรงต้าน (Drag coefficient) ของทรงกลมที่ได้จากการทดลอง



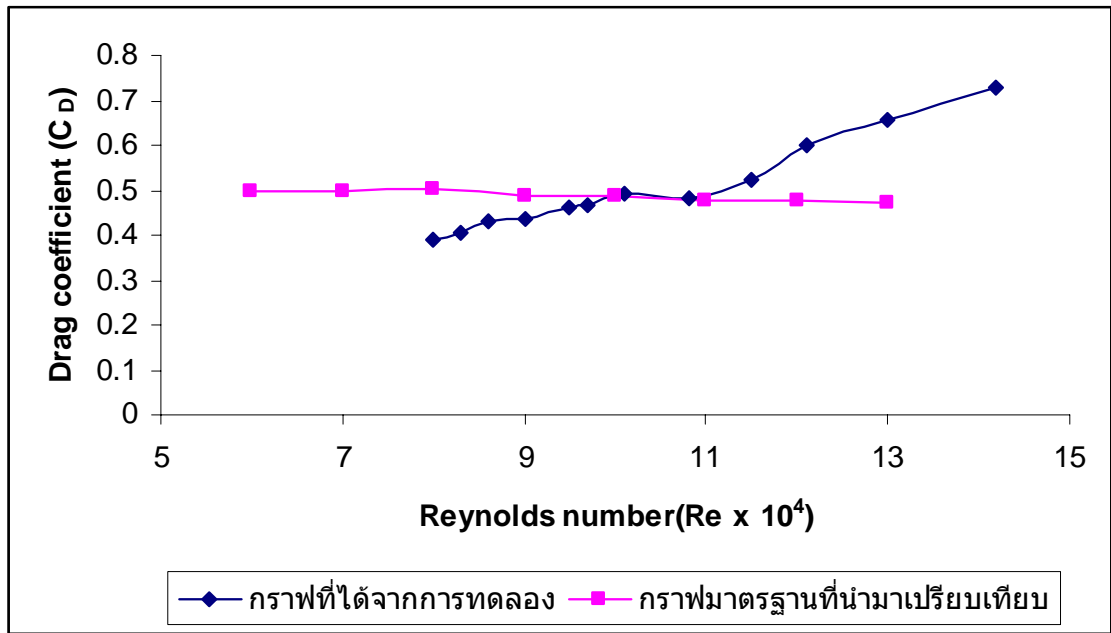
รูปที่ 6.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Reynolds Number กับค่าสัมประสิทธิ์แรงต้าน (Drag coefficient) ของสี่เหลี่ยมที่ได้จากการทดลอง



รูปที่ 6.3 กราฟเปรียบเทียบผลการทดลองระหว่างปีที่ผ่านมา กับในปีนี้

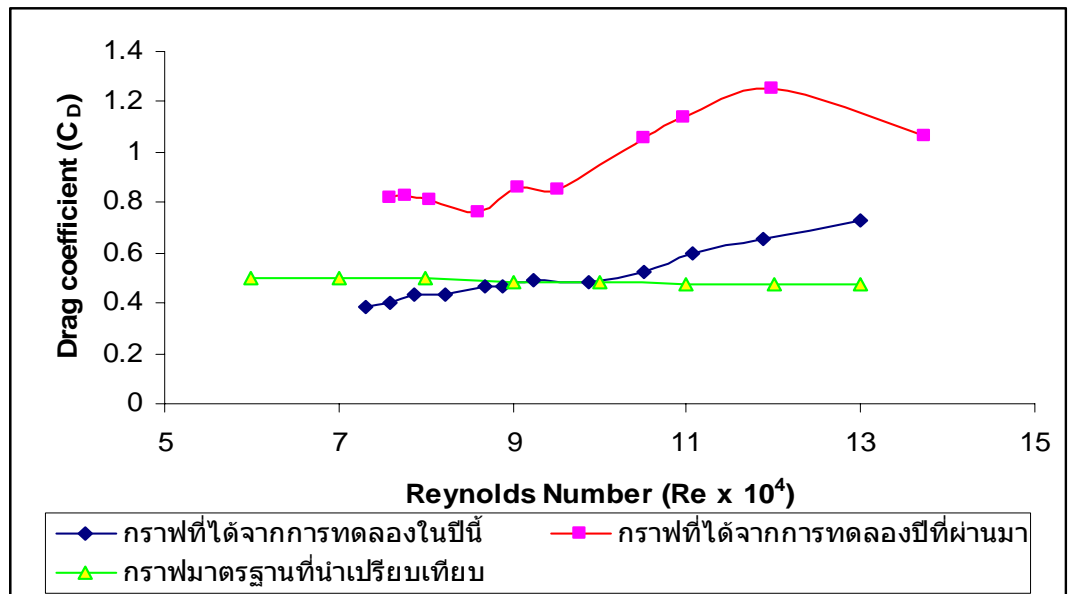
6.3 วิเคราะห์และสรุปผลการทดสอบแบบจำลองเพื่อหาสมรรถนะการทำงานของ
อุโมงค์ลม

จากผลการทดลองและรูปที่ 5.9 และรูปที่ 5.12 สามารถนำเอาข้อมูลมาเพื่อหาความสัมพันธ์
และเปรียบเทียบได้ดังนี้



ค่ามาตรฐานของทรงกลม
ค่าที่ได้จากการทดลอง

รูปที่ 6.4 แสดงความสัมพันธ์ในการเปรียบเทียบข้อมูลจากการทดลอง และข้อมูล
เปรียบเทียบมาตรฐาน



รูปที่ 6.5 แสดงความสัมพันธ์ในการเปรียบเทียบข้อมูลจากการทดลอง ข้อมูลจากการทดลองในปีที่ผ่านมา และข้อมูลเปรียบเทียบมาตรฐาน

การรูปที่ 6.1 – 6.5 สามารถวิเคราะห์ผลได้ดังนี้

1. ผลจากการหาค่าความสัมพันธ์ระหว่าง Drag coefficient กับค่า Reynolds Number โดยค่าจากการทดลองของทรงกลม ยังมีความคลาดเคลื่อนจากข้อมูลเปรียบเทียบมาตรฐานแต่เมื่อมีการเปรียบเทียบกับปีที่ผ่านมาจะเห็นได้ว่าเมื่อเรามีการปรับปรุงโครงสร้างทำให้ผลนั้นมีค่าที่ใกล้เคียงกับค่าของกราฟมาตรฐานที่เรานำมาเปรียบเทียบ
2. ผลการทดลองจากรูปที่ 5.10 ทิศทางเส้นกราฟของแบบจำลองทรงสี่เหลี่ยมมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นเหมือนกับแบบจำลองทรงกลม คือ มีค่า Drag coefficient เพิ่มขึ้นเมื่อมีค่า Reynolds Number ที่มากขึ้นด้วย

สรุป

อุโมงค์ลมความเร็วต่ำที่เราทำการปรับปรุงนั้นทำให้ได้ผลจากการทดลองเข้าใกล้กับค่ามาตรฐานเพิ่มมากขึ้น และสามารถให้อัตราการไหลที่มีความราบเรียบเพิ่มมากขึ้นกว่าเดิมอีกด้วย ทำให้มีความคลาดเคลื่อนลดลงได้ถึง 94.77 % เมื่อเปรียบเทียบกับปีที่ผ่านมา สามารถใช้ประโยชน์ในการทดลองแบบจำลองได้ตามวัตถุประสงค์ได้ดีในอีกระดับหนึ่งแล้ว แต่ผลที่ได้อาจมี

ความคลาดเคลื่อนอยู่บ้าง ซึ่งเราสามารถลดความคลาดเคลื่อนนี้ได้จากวิธีการทดลอง โดยเพิ่มความละเอียดในขบวนการและวิธีการทดลองให้ละเอียดขึ้น ทั้งในส่วนของเครื่องมือวัดทาง การทดลอง หรือความแม่นยำเองของผู้ทำการทดลอง ซึ่งส่วนที่กล่าวมานี้จะเป็นการเพิ่มผล การทดลองที่ได้ให้มีความแม่นยำมากขึ้นด้วย

ข้อเสนอแนะ

1. ในส่วนของห้องทดสอบเป็นส่วนที่เราต้องการความสม่ำเสมอของอากาศที่ไหลผ่านเข้ามา เพื่อให้ได้ผลการทดลองที่ดี ดังนั้นในการออกแบบควรทำการต่อในส่วนนี้ออกไปอีกเพื่อเป็นการเพิ่มความยาวให้ส่วนนี้มีขนาดที่ยาวขึ้น ซึ่งจะสามารถช่วยลดความปั่นป่วนของลมก่อนที่จะไหลเข้ามาปะทะกับชิ้นงานทดสอบ

2. ส่วนของต้นกำลังขับใบพัดนั้น เราต้องมีการออกแบบใบพัด และการคำนวณหาความต้องการด้านกำลังให้ดี และควรมีชุดควบคุมส่วนของต้นกำลังด้วย เนื่องจากการทำงานของใบพัด ในอุโมงค์ลมนั้น ตัวขับต้นกำลังเช่น มอเตอร์จะทำงานที่สภาวะโหลดที่สูงกว่าปกติ ดังนั้นควรมี การป้องกันที่ดีในส่วน of ต้นกำลังนี้