



การทดลองสร้าง ปรับปรุง และเพิ่มประสิทธิภาพ

อุโมงค์ลมความเร็วต่ำ



โดย

สัมพันธ์ ไชยเทพ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ปี พ.ศ. 2527

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ค
กิตติกรรมประกาศ	จ
รายการตารางประกอบ	ฉ
รายการภาพประกอบ	ย
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ลักษณะทั่วไปของอุโมงค์ลมความเร็วต่ำ	1
1.2 ชนิดของอุโมงค์ลมความเร็วต่ำ	3
บทที่ 2 การออกแบบและการดำเนินการสร้างอุโมงค์ลม	6
2.1 ลักษณะทั่วไปและรายละเอียดของแบบที่สร้าง	6
2.2 การดำเนินงานสร้าง	24
2.3 การประกอบและติดตั้ง	28
บทที่ 3 การทดลองและปรับปรุง	34
3.1 การแก้การควงของอากาศใน Testing section	34
3.2 การทดสอบการแจกแจงความเร็วใน Testing section	36
3.3 การประเมินผลการทดลอง	42
บทที่ 4 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	45
บรรณานุกรม	49
ประวัติการศึกษาและประสบการณ์	50

- ค -

บทคัดย่อ

การทดลองสร้าง ปรับปรุงและประเมินประสิทธิภาพ

ของ อุโมงค์ลมความเร็วต่ำ

นายสัมพันธ์ ไชยเทพ

รายงานวิจัยนี้ได้กล่าวถึงการออกแบบ สร้าง ปรับปรุงและประเมินประสิทธิภาพของอุโมงค์ลมความเร็วต่ำ โดยอุโมงค์ลมที่สร้างมีขนาดพื้นที่หน้าตัดในล้น Working section เป็น 90×120 ตารางเซนติเมตร เป็นอุโมงค์ลมแบบดูด ไช้ใบพัด 6 กีบ แบบปรับพิทช์(Pitch) ไม่ได้ การขับเคลื่อนใบพัดกระทำโดยโซ่มอเตอร์แบบปรับความเร็วรอบได้ขนาด 2.2 กิโลวัตต์

ได้มีการทดลองตรวจสอบผลของอิทธิพลของการทำงานของพัดลมว่า เกิดการเหนียว นำให้เกิดการควง (Swirl) ของอากาศในช่อง Working section ซึ่งได้ปรับปรุงโดยติดตั้งครีบกั้นควงด้านหลัง Working section จนทำให้การควงของอากาศหมดไป ซึ่งการควงของอากาศใน Working section นี้ ไม่เป็นที่ต้องการในการใช้งานจริง จากนั้นเป็นการทดลองที่ความเร็วลมต่าง ๆ เพื่อหาการแจกแจงความเร็วใน Working section ได้พบว่ามีความเร็วที่สม่ำเสมอตลอด แต่การหาการแจกแจงความเร็ว (velocity profile) ในช่วงชั้นยึดผิว (Boundary Layer) นั้น มีได้กระทำเพราะเครื่องมือวัดไม่ละเอียดพอ

ความเร็วลมสูงสุดที่กระทำได้เป็น 8.1 เมตร/วินาที ที่ความเร็วรอบของใบพัด 717 RPM ซึ่งพบว่าประสิทธิภาพของใบพัดที่ทำงานสูงสุดนี้เป็น 16.13 เปอร์เซ็นต์ ประสิทธิภาพของอุโมงค์ลมที่สร้างนี้ ยังสามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นได้โดยการเพิ่มกำลังขับ หรือออกแบบใบพัดใหม่

ได้เสนอแนวทางการออกแบบระบบวัดแรง โดยการใช Strain gauge ซึ่งจะ เป็นประโยชน์ทำให้การใช้งานอุโมงค์ลมที่สร้าง ขึ้นมานี้เป็นไปได้อย่างสมบูรณ์ต่อไป

- 4 -

Abstract

The Construction, modification and evaluation performances of the low-speed wind-tunnel.

Mr.Sumpun Chaitep

This report describes about the design, construction and evaluation performances of the lowspeed wind-tunnel. The suction type wind-tunnel has a working section of $90 \times 120 \text{ cm}^2$. driven by a 6 blades fixed pitch type propeller and the power source is a 2.2 kW variable speed 1 phase AC motor.

The wind-tunnel has been modified by attaching an anti-swirl fins behind the working section in order to eliminate the swirl air in the working section. The experiment is carried out at various setting RPM of the propeller and show the results that air velocity distributions throughout the working section are uniform at any particular RPM. However, the velocity profile in the region of boundary layer near the surface of the working section cannot be done as the insufficient accuracy of the measuring instrument use in this experiment.

The maximum wind velocity can be developed so far is 8.1 m/s at the propeller speed of 717 RPM and found that the propeller efficiency at this maximum condition is 16.13 percent. The performance of the wind-tunnel can be improved either by increasing the power input or by redesigning of the propeller.

A future design of the forces measuring system for the wind-tunnel has been mentioned.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ก็ด้วยความร่วมมือและช่วยเหลือจากบุคคลหลาย ๆ ฝ่าย ขอขอบคุณ คุณณัฐ ภูพานิช เจริญกุล คุณปรีชา สรรพศรี คุณชุมพล ช่างณรงค์ และคุณ ประพันธ์ หงษ์ศักดิ์ ในการสร้างส่วนประกอบต่าง ๆ ของอุโมงค์ด้วยความวิริยะ อุตสาหะ เป็น อย่างยิ่ง ขอขอบคุณ คุณสัมพันธ์ อริยา ในการประกอบติดตั้งและปรับปรุงแก้ไข นักศึกษาภาค วิชาวิศวกรรมเครื่องกลอีกหลายคนที่ได้ช่วยในการเขียนแบบและการทดลอง คุณสุรีย์ ตียปรีชญา สำหรับงานพิมพ์ และภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำหรับความอนุเคราะห์ในด้านเครื่องมือและ สถานที่ทำการวิจัย ขอขอบคุณคณาจารย์แห่งภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล อาทิเช่น อาจารย์วัสนต์ จอมภักดิ์ ผู้ช่วยคณบดี รศ. สัตยะนันท์ รองคณบดี ดร. เปียะวัตติ บุญ-หลง และ ดร. อภิวัฒน์ พลชัย ที่ช่วยสนับสนุนในด้านข้อคิดเห็นต่าง ๆ และกำลังใจ และขอขอบคุณคณะกรรมการหลายท่านในคณะกรรมการโครงการวิจัยจรวดเพื่อการศึกษาค้นคว้าวิจัยแห่ง ชาติ ที่มีส่วนบันดาลใจให้เกิดความพยายามทำงานวิจัยนี้ขึ้นมา

ท้ายที่สุด งานวิจัยนี้จะไม่สามารถดำเนินการได้เลย หากไม่ได้ความช่วยเหลือจาก ทุนอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2527 ของคณะกรรมการค่าสมัคร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ผู้ดำเนินการวิจัยจึงขอแสดงความขอบคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้

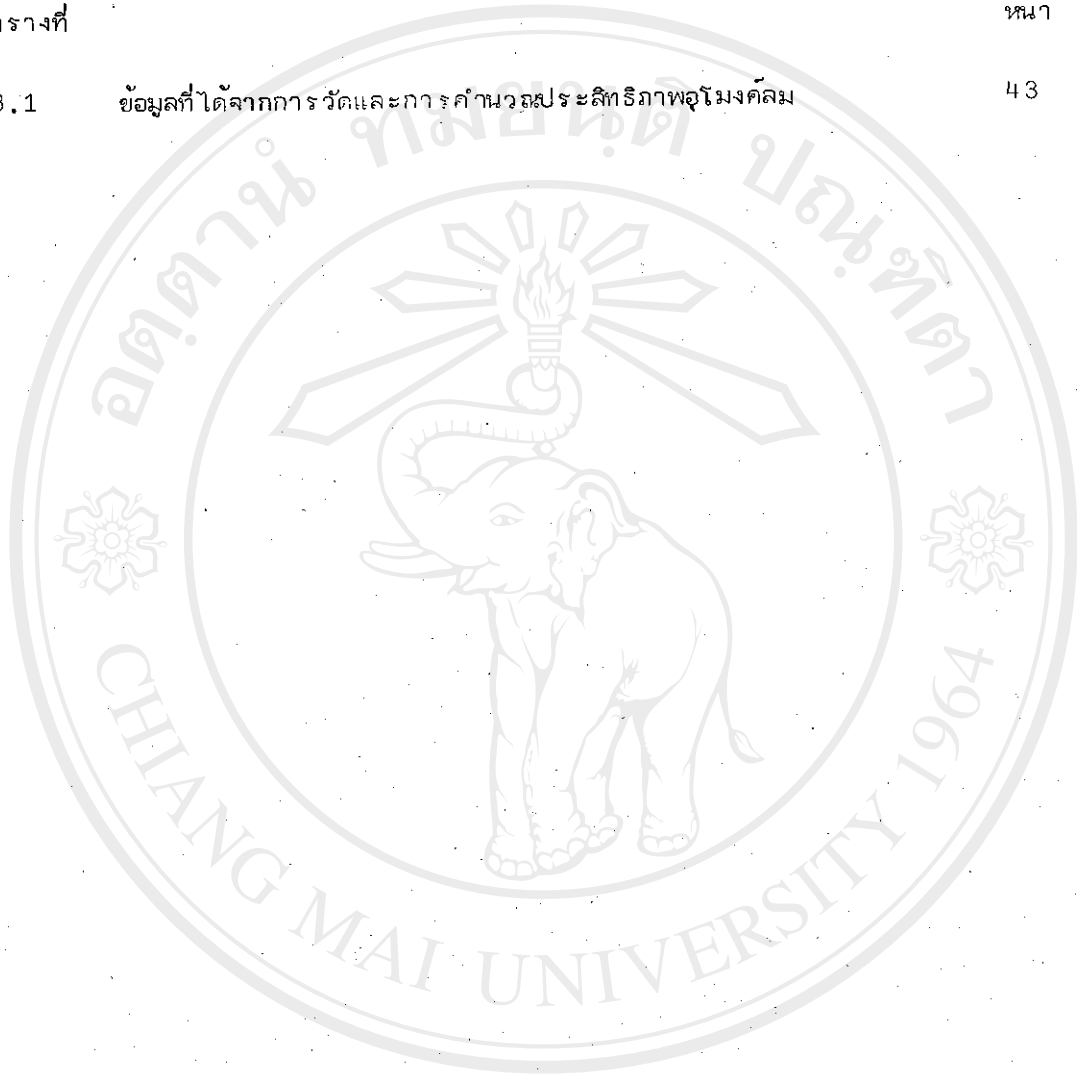
รายการตารางประกอบ

ตารางที่

หน้า

3.1 ข้อมูลที่ได้จากการวัดและการคำนวณประสิทธิภาพอุโมงค์ลม

43



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รายการภาพประกอบ

รูปที่		หน้า
1.1	แสดงการสัดท้าว ไปของอุโมงค์ลม	2
1.2	อุโมงค์ลมแบบเปิดชนิดเป่าอากาศเข้า	4
1.3	อุโมงค์ลมแบบปิดชนิดดูดอากาศออก	5
2.1	แสดงลักษณะการประกอบส่วนต่าง ๆ ของอุโมงค์ลมที่ออกแบบ	8
2.2	รายละเอียดส่วนโครงสร้างเพื่อรับ Mouth Fairing ของปากทางเข้า	9
2.3	แสดงแผ่นค้ำเหล็กแผ่นที่จะประกอบเป็น Mouth Fairing ของปากทางเข้า	10
2.4	แสดงการประกอบโครงสร้างและการบุภายในของ Setting section	11
2.5	รายละเอียดโครงสร้างส่วนที่เป็น Working section	12
2.6	แสดงการบุไม้อัด เข้ากับโครงสร้างของ Working section	13
2.7	รายละเอียดการประกอบพลาสต์ติกของ Working section	14
2.8	รายละเอียดการประกอบพลาสต์ติกของ Working section	15
2.9	รายละเอียดโครงสร้างของส่วนรับ Developing tunnel	16
2.10	แสดงแผ่นค้ำและรายละเอียดการขึ้นรูป Developing tunnel	17
2.11	รายละเอียดแทนรับพัดลมดูดอากาศ	18
2.12	แสดงโครงรับตัวพัดลม	19
2.13	แสดงการประกอบชุดใบพัด เข้ากับตัวโครงรับ	20
2.14	แสดงลักษณะการติดตัวใบพัด เข้ากับตุ้มใบพัด	21
2.15	แสดงรายละเอียดของการขึ้นรูปใบพัด	22
2.16	แสดงการประกอบชุดใบพัด เข้ากับเพลลา, แบริ่ง และพูเลย์	23
2.17	รูปปากทางเข้าที่สร้างเสร็จแล้ว	25
2.18	รูป Developing tunnel ทดลองประกอบเข้ากับ Working section	26
2.19	รูปชุดล้อรับน้ำหนักปากทางเข้าที่ติดตั้งแล้ว	30
2.20	รูปลักษณะปากทางเข้าเมื่อประกอบกับตัวอุโมงค์ลมแล้ว	31
2.21	รูปแสดงการติดตั้งตะแกรงที่ปากทางเข้า	31

รูปที่		หน้า
2.22	รูปแสดงลักษณะการเปิดปิดได้ของโครงสร้างส่วนหน้าของ Working section	32
2.23	ภายในอุโมงค์ลมมองจากปากทาง Working section แสดงให้เห็นการติดตั้งพัดลมและการเปลี่ยนภาคตัดของ Developing tunnel	32
2.24	การติด Catch wire ต้นทางพัดลมเพื่อป้องกันการเสียหายของพัดลม	33
2.25	รูปอุโมงค์ลมที่ประกอบสมบูรณ์พร้อมการทดสอบ มองจากภายนอกอาคาร	33
3.1	ปรากฏการณ์ของการหมุนควงอากาศใน Working section ด้วยอิทธิพลของการทำงานพัดลม	34
3.2	เปลี่ยนพื้นอุโมงค์ลมช่วง Testing section ติดด้วยไหมเพื่อสังเกตผลการหมุนควงของลม	35
3.3	แสดงภาคตัด A-A ของ Working section (จากรูปที่ 2.1) ซึ่งถูกแบ่งเป็นทิวัดต่าง ๆ	36
3.4	อุโมงค์ลมขณะทำการทดลอง	40
3.5	การวัดความเร็วที่ทิวัดต่าง ๆ ขณะทดลอง	41
3.6	Inclined manometer ที่ใช้ในการทดลอง	41
4.1	แนวทางการทำงานของระบบวัดแรงด้วยโซ่โลหะเส้นเดี่ยว ประกอบ Strain gauge	47
4.2	แนวทางการทำงานของระบบวัดแรงด้วยกลไกประกอบ Strain gauge	48

บทที่ 1

บทนำ

อุโมงค์ลม นับว่าเป็นเครื่องมือสำคัญที่นิยมใช้กันมากที่สุดชิ้นหนึ่ง ในการทดลองงานทางด้านต่าง ๆ ในห้องปฏิบัติการ ในประเทศที่เจริญแล้วหรือประเทศที่กำลังพัฒนาหรือสถาบันที่มุ่งในด้านการค้นคว้าวิจัยจะสร้างอุโมงค์ลมเพื่อใช้เป็นแทนหลอดลมสำหรับงานทดลอง ในปัจจุบันกล่าวได้ว่า ในประเทศไทยนี้อุโมงค์ลมยังไม่ได้มีการสร้างใช้ทั่วไปในสถาบันที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยและพัฒนา นอกจากอาจจะมีบางหน่วยงานที่มีใช้ก็เพื่อเป็นอุปกรณ์แสดงการทำงานขนาดเล็กในห้องทดลองเท่านั้น หรือหากยังมีขนาดใหญ่อยู่บ้างก็ล้วนแต่สั่งซื้อจากต่างประเทศเป็นชุดสำเร็จซึ่งมีราคาแพงเป็นต้น ลักษณะงานวิจัยที่จะใช้ประโยชน์ได้จากอุโมงค์ลมนั้น มีมากมายซึ่งพอจะยกมาเป็นตัวอย่างได้ เช่น การใช้ทดสอบลักษณะทางอากาศพลศาสตร์ของเทววัตถุที่ต้องการรูปร่างที่เหมาะสมเพื่อการเคลื่อนที่ไปในอากาศหรือการศึกษารูปแบบของการฉีดกระจายของน้ำที่พุ่งออกจากหัวฉีดน้ำเพื่อการชลประทาน (water sprinkler) โดยมีอิทธิพลของลมมาเกี่ยวข้องหรือใช้ศึกษาผลของลมที่มีต่อการระเหยและศูนย์เสียน้ำของพืชหรือของดิน นอกจากนี้ยังอาจจะใช้ในการศึกษาทดลองประเมินประสิทธิภาพของกังหันลมจำลองชนิดต่าง ๆ หรือศึกษาผลของการแผ่กระจายรังสีความร้อนในอิทธิพลของลม หรือศึกษาเรื่องการระบายอากาศด้วยลมต่อแบบจำลองของอาคารที่อยู่อาศัยเหล่านี้เป็นต้น ความจริงแล้วยังมีประโยชน์อื่น ๆ อีกมากมายในการใช้อุโมงค์เพื่อการทดลองวิจัยหรือพัฒนา

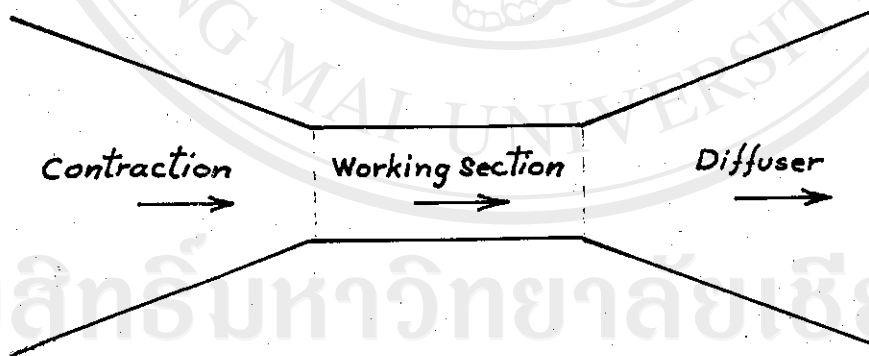
1.1 ลักษณะทั่วไปของอุโมงค์ลมความเร็วต่ำ

อุโมงค์ลมจะเป็นเครื่องมือที่สร้างการไหลของอากาศที่สามารถควบคุมการไหลทั้งความเร็วของการไหลและการบังคับให้การไหลเกิดความราบเรียบมีความเป็น Turbulence น้อยที่สุด การไหลของอากาศที่ถูกสร้างด้วยอุโมงค์ลมนั้นจะสามารถเอาวัตถุรูปทรงจำลองที่ต้องการไปตั้งไว้ ทำให้สามารถศึกษาทั้งพฤติกรรมต่าง ๆ เช่น ลักษณะการไหล แรงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นต่อวัตถุที่สนใจศึกษานั้น ซึ่งการศึกษาพฤติกรรมต่อวัตถุจำลองนั้นก็จะสามารถนำไปวิเคราะห์ถึงพฤติกรรมของอากาศที่ไหลผ่านวัตถุตัวจริงได้ ทั้งนี้ในการแปลความหมายของข้อมูลที่ได้จากการทดลองแบบจำลองในอุโมงค์ลมก็จะต้องมีความหมายสำคัญด้วยขนาดมิติที่ย่อลงไปนั้น (scale effect) เนื่องจากค่า Reynolds number ที่ไหลผ่านแบบจำลองจะมีค่าน้อยกว่าของการไหลที่ผ่านตัวจริง

ดังนั้นลวดมุงหมายหลักจึงต้องการให้มีแบบจำลองที่มีขนาดใหญ่ที่สุดเพื่อให้ Reynolds number มีค่าเข้าใกล้กับการไหลที่ผ่านตัวจริงมากที่สุด ซึ่งนับเป็นเหตุผลทำให้ต้องสร้างอุโมงค์ลมให้มีขนาดใหญ่ที่สุดเท่าที่จะทำได้ รวมทั้งใช้เทคนิคที่ทำให้ความดันในอุโมงค์ลมมีค่าสูงขึ้นซึ่งช่วยในการลดค่า scale effect ลงได้ซึ่งนี่จะเป็นอุโมงค์ลมแบบวงจรถัดซึ่งอัดอากาศได้

ความต้องการพื้นฐานอีกอย่างหนึ่งในการสร้างอุโมงค์ลมก็คือ ต้องการให้มีบริเวณหรือขอบเขตที่มีการไหลที่ Uniform มีความปั่นป่วน (Turbulence) และการควงตัว (swirl) น้อยที่สุด ซึ่งบริเวณหรือขอบเขตนี้จะใช้เป็นที่พักลอบแบบจำลอง บริเวณนี้เรียกว่า Working section ก๊าซที่ต้องการในการขับพัดลมของอุโมงค์ลมก็จะต้องการใช้ให้น้อยที่สุดสำหรับค่าหนึ่ง และที่ขึ้นที่หน้าตัดที่กำหนดไว้ การจัดรูปแบบโดยทั่วไปในลักษณะที่ง่ายที่สุดนั้น จะประกอบด้วยพัดลมอันหนึ่งซึ่งอาจจะติดตั้งให้เป็นแบบดูดหรือเป่าก็ได้เพื่อทำให้อากาศไหลผ่าน Working section ตามปกติก็จะมีส่วนต้นลมที่บานรับอากาศ เข้ามาสู่ Working section ส่วนนี้เรียกว่า Contraction และมีส่วนท้ายลมหลัง Working section เรียกว่า diffuser

รูปที่ 1.1 แสดงการตัดหัวไปของอุโมงค์ลม



รูปที่ 1.1 แสดงการตัดหัวไปของอุโมงค์ลม

ทั้งนี้บทบาทของ Contraction จะทำหน้าที่เร่งความเร็วของการไหลก่อนเข้าสู่ Working section ตัว Contraction ยังจะทำหน้าที่บีบ Streamlines เข้าหากันเป็นการทำให้ลด Turbulent และเพิ่ม Uniformity ส่วนตัว Diffuser จะหน่วงความเร็วของการไหลให้ช้าลงหลังจากไหลออกจาก Working section นั้น ซึ่งมีผลช่วยให้การสูญเสียกำลังน้อยลงได้ ในส่วน Working section นั้น จะมีภาคตัดขวางเป็นรูปใด ๆ ก็ได้แล้ว แต่การออกแบบเช่น อาจจะเป็นวงกลมหรือสี่เหลี่ยม ที่มีการลบมุมด้วยการเติม Fillet เป็นการป้องกันการเกิดอากาศนิ่ง (dead air) ติดอยู่บริเวณนี้

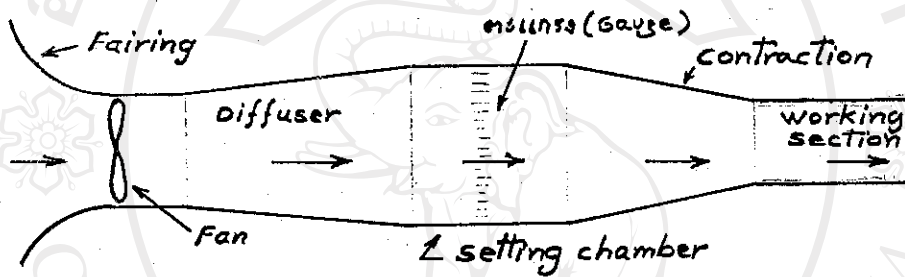
นอกจากนั้น ยังมีส่วนปลีกย่อยที่สำคัญ เช่น การติดตั้งตะแกรงซึ่งอาจจะเป็นตะแกรงตาตารางรังผึ้ง หรือตะแกรงตาตารางสี่เหลี่ยมที่จะช่วยในการบังคับอากาศให้ไหลผ่านออกจากตะแกรงเรียบยิ่งขึ้น ตะแกรงที่ว่านี้จะติดตั้งที่ต้นลมก่อนเข้าสู่ Working section ส่วนทางด้านท้ายลมของ Working section ก่อนออกไปสู่ Diffuser นั้นจะติดตั้งตาข่ายสำหรับดักของ วัตถุ-ประหลักรก็เพื่อที่จะเข้าไปเป็นที่ลึกรับเอาแบบจำลองหรือชิ้นส่วนใด ๆ ที่ใช้ในการทดลองใน Working section ที่เกิดหักหรือหลุดออกจากที่ยึด ช่วยในการป้องกันการเสียหายที่จะมีต่อชิ้นส่วนที่ทดลองหรือมีต่อใบพัด (เมื่ออุโมงค์ลมเป็นแบบดูด)

ส่วนต้นกำลังในการขับเคลื่อนอากาศให้เกิดการไหลนั้น ก็จะต้องมีพัดลม การติดตั้งที่ดีที่สุดจะต้องให้อยู่ไกลที่สุดที่จะไกลได้จาก Working section ทั้งนี้ ก็เพื่อจะลดขนาดของ Turbulence ที่ Working section ให้ได้มากที่สุด ขนาดและชนิดของพัดลมจะเป็นตัวกำหนดความสามารถในการทำความเร็วสูงสุดของอุโมงค์ลม อย่างไรก็ตามการติดตั้งพัดลมให้ไกลมาก ๆ นั้น ก็มีผลถึงการสูญเสียความดัน (Pressure loss) ในท่อลมต้องให้กำลังในการขับเคลื่อนมากขึ้น

1.2 ชนิดของอุโมงค์ลมความเร็วต่ำ

เนื่องจากการออกแบบสร้างอุโมงค์ลมอยู่มากมายหลายชนิดในที่นี้จะกล่าวเฉพาะอุโมงค์ลมแบบเปิดหรือแบบผ่านทะลุ (open type or straight through) ซึ่งก็อาจจะเป็นแบบดูดลมออกหรือพ่นลมเข้าก็ได้ ลักษณะทั่วไปของอุโมงค์ลมแบบพ่นลมเข้านั้น จะแสดงให้เห็นได้ดังรูปที่ 1.2 ซึ่งตามรูปจะแสดงเฉพาะส่วนต้นลมก่อนถึง Working section จะเห็นว่ามีแฟร์ริง (Fairing) ซึ่งบานรับลมอยู่ที่ทางเข้า มีใบพัดดูดอากาศเข้าจากทางแฟร์ริงมาผ่าน Diffuser และมาผ่านตัว Setting chamber ซึ่งทำหน้าที่ปรับลักษณะการไหลให้มีความราบเรียบที่ดีโดยมี

ตะแกรง (gauze) ขวางทางลมอยู่ เมื่อลมออกจาก Setting chamber ก็จะไปเข้าสู่ช่วง Contraction เพื่อส่งต่อไปยัง Working section แล้วพ่นทิ้งสู่บรรยากาศภายนอกในที่สุด การสร้างอุโมงค์ลมแบบนี้จะเป็นแบบที่ง่ายและราคาถูก แต่ก็เหมาะกับงานทดลองที่ต้องการค่าโดยประมาณเพราะสภาพความเป็น Turbulence นั้น ยังมีอยู่มากในกระแสอากาศทำให้ความละเอียดของข้อมูลจะหยาบกว่าและเหมาะกับแบบจำลองขนาดเล็กอีกทั้งความต้องการพลังงานในการขับเคลื่อนอากาศจะสูงเพราะพลังงานจลน์ของอากาศจะถูกพ่นทิ้งไปไม่ได้นำกลับมาใช้ประโยชน์ที่ทางเข้าอีก



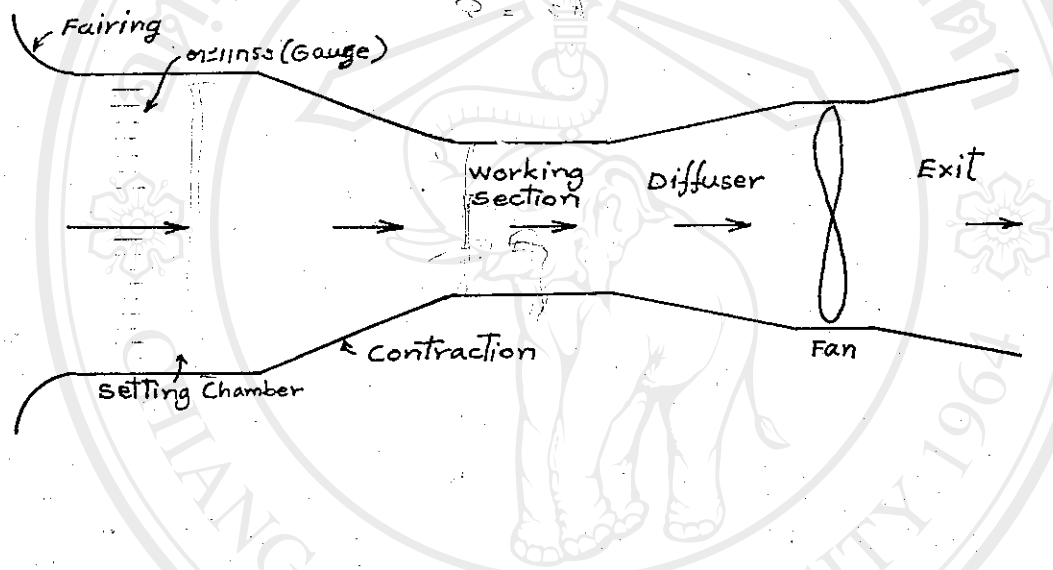
รูปที่ 1.2 อุโมงค์ลมแบบเปิดชนิดเป่าอากาศเข้า

ส่วนอุโมงค์ลมแบบเปิดอีกชนิดหนึ่งคือแบบดูด จะพิจารณาภาพร่างทั่วไปของอุโมงค์ลมแบบนี้ได้ ในรูปที่ 1.3 ตามรูปจะเห็นว่าอากาศถูกดูดผ่านอุโมงค์ลมโดยพัดลมที่ด้านท้ายของ Diffuser ทางเข้าของลมซึ่งเป็นแฟรงนั้น จะต้องไม่มีสิ่งกีดขวางทางลมภายนอกเช่น ฝาผนังเสา เป็นต้น ที่ช่อง Setting chamber ก็จะมีหน้าที่ช่วยลด Turbulent การสัดแบบนี้จะสังเกตเห็นว่ามีภาวะให้อัตราการลด (Contraction) ซึ่งมีส่วนช่วยมากในการลด Turbulent และทำให้เกิด Streamline ที่ดีในกระแสอากาศที่ Working section นอกจากนี้การที่พยายามให้มีทางออก Exit ขนาดใหญ่ช่วยก็เป็นการช่วยลดกำลังในการขับเคลื่อน

อุโมงค์ลมแบบเปิดนี้จะเป็นแบบที่ง่ายกว่าในการสร้าง แม้ว่าจะมีข้อเสียในเรื่องของ

กำลังที่ต้องการขับเคลื่อนเครื่องจักร

วัตถุประสงค์ของโครงการนี้ จะทำการทดลองสร้าง ปรับปรุง และประเมินประสิทธิภาพของ อุโมงค์ลมความเร็วต่ำ โดยใช้วัสดุต่าง ๆ ที่หาได้ในท้องตลาด และจะสร้างเป็นแบบที่ง่ายในการประกอบที่ลด โดยจะเป็นแบบเปิดชนิดดูด



รูปที่ 1.3 อุโมงค์ลมแบบเปิดชนิดดูดอากาศออก

บทที่ 2

การออกแบบและการดำเนินการสร้างอุโมงค์ลม

2.1 ลักษณะทั่วไปและรายละเอียดของแบบที่สร้าง

เนื่องจากวัตถุประสงค์หลักก็คือจะสร้างอุโมงค์ลมที่มีแนวการสร้างที่ง่ายที่สุด วัสดุต่าง ๆ เป็นสิ่งที่หาได้ทั่วไป และให้มีการประหยัดวัสดุให้มากที่สุด ดังนั้น อุโมงค์ลมจะสร้างโดยมีโครงภายนอกเป็นเหล็กฉากชุบด้วยไม้อัด ลักษณะโดยทั่วไปของอุโมงค์ลมจะแสดงได้ดังรูปที่ 2.1 ซึ่งจะเห็นว่ามีส่วนปากทางเข้า (Mouth) ซึ่งเป็นทางที่จะรับอากาศภายนอกเข้าสู่อุโมงค์ลม ปากทางเข้าจะต่อกับโครงสร้างขนาดช่องภายใน 90×120 ตารางเซนติเมตร ด้วยหน้าแปลนและทำการยึดด้วยสลักเกลียว ช่องโครงสร้างก็ต่อกับปากทางเข้าที่ว่านี้ จะทำหน้าที่เป็น Setting section ให้อากาศไหลในลักษณะที่ Uniform ก่อนผ่านเข้าสู่ Test section ตรงช่องต่อระหว่างปากทางเข้ากับ Setting section นั้นจะติดตะแกรง (Gauze) เป็นรูปตารางสี่เหลี่ยมเล็ก ๆ ขนาด 10×10 ตารางเซนติเมตร ขึ้นรูปด้วยไม้อัดขนาด 3 มิลลิเมตร กว้าง 90 มิลลิเมตร เพื่อช่วยบังคับอากาศให้ไหลราบเรียบดีขึ้น ปลายอีกข้างหนึ่งของ Setting section จะต่อเข้ากับส่วนที่เป็น Working section การต่อนั้นจะติดบานหน้าทำให้เปิดปิดได้ รอบต่อระหว่างหน้าแปลนของ Setting section กับ Working section ติดไว้ด้วยยางกันรั่ว เมื่อปิดเข้าที่ สลักจะใช้ C-Clamp ยึดกันการรั่วทำให้ section ทั้งสองนี้ยึดเป็นอันเดียวกัน ในส่วน Working section (หรือ test section) นี้ จะให้ขนาดช่องภายในที่เท่ากับเหลี่ยมกับ Setting section กล่าวคือ 90×120 ตารางเซนติเมตร ทั้งนี้ผนังนั้นสูง 90 เซนติเมตร ในส่วน Working section นี้จะเป็นโครงเหล็กฉากภายในด้วยไม้อัด ผิวในเรียบตลอด เพดานนั้นทำช่องบุด้วยพลาสติกใส เพื่อใช้เป็นช่องไหลช่องว่าง พื้นล่างเจาะช่องขนาด 80×80 ตารางเซนติเมตร แล้วใส่ไม้อัดขนาดเท่ากันกับกับ Working section นั้น เป็นฝาปิดเข้าที่แล้วจะล้อมผิวด้านใน ส่วนที่ใช้เป็น Platform สำหรับติดตั้งการทดสอบแบบจำลองต่าง ๆ ผนังด้านหนึ่งบุพลาสติกใสปิดตาย ผิวเรียบ ล้อมไม้อัดด้านใน ผนังอีกด้านนั้นติดบานหน้าต่างเปิดปิดได้บุด้วยพลาสติกใสเช่นกัน หน้าต่างเมื่อปิดแล้วผิวด้านในก็จะเรียบ ล้อมอกันกับผิวไม้อัด หน้าต่างใช้เมื่อต้องการเข้าออกติดตั้งหรือตรวจลอบแบบจำลอง ส่วน test section นี้ มีความยาวตลอด 240 เซนติเมตร ปลายอีกข้างหนึ่งของ Working section ส่วนที่เป็นโครงเหล็กนั้นจะทำเป็นหน้าแปลนพร้อมทั้ง

มี Supporting bracket เชื่อมอยู่เพื่อรองรับหน้าแปลนของตัวโครง Supporting frame ของชุด Developing tunnel ซึ่งหน้าแปลนที่เข้ามายึดติดกันระหว่างปลาย Working section และ Supporting frame นี้จะเป็นขนาดสี่เหลี่ยมผืนผ้า 90 x 120 ตารางเซนติเมตร ในส่วน Developing tunnel นั้นจะขึ้นรูปด้วยเหล็กแผ่น ทำการเปลี่ยนช่องการไหลที่มีภาคตัดจากรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าตรงที่ต่อจาก Working section ไปเป็นภาคตัดวงกลมที่ปลายทางออกมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับกรอบนอกของ โครงแทนใบพัด ซึ่งเมื่อติดตั้ง โครงแทนใบพัดเข้ายึดกับปลายออกของ Developing tunnel ท่อวงกลมของ โครงสร้างทั้งสอง จะอยู่เสมอกันพอดี การเชื่อมต่อไปจะใช้แผ่นยางรัดโดยรอบกันการรั่วของอากาศและป้องกันการสั่นสะเทือนจากการทำงานของใบพัดให้มีการถ่ายเทออกไปสู่ส่วน Working section ให้น้อยที่สุด

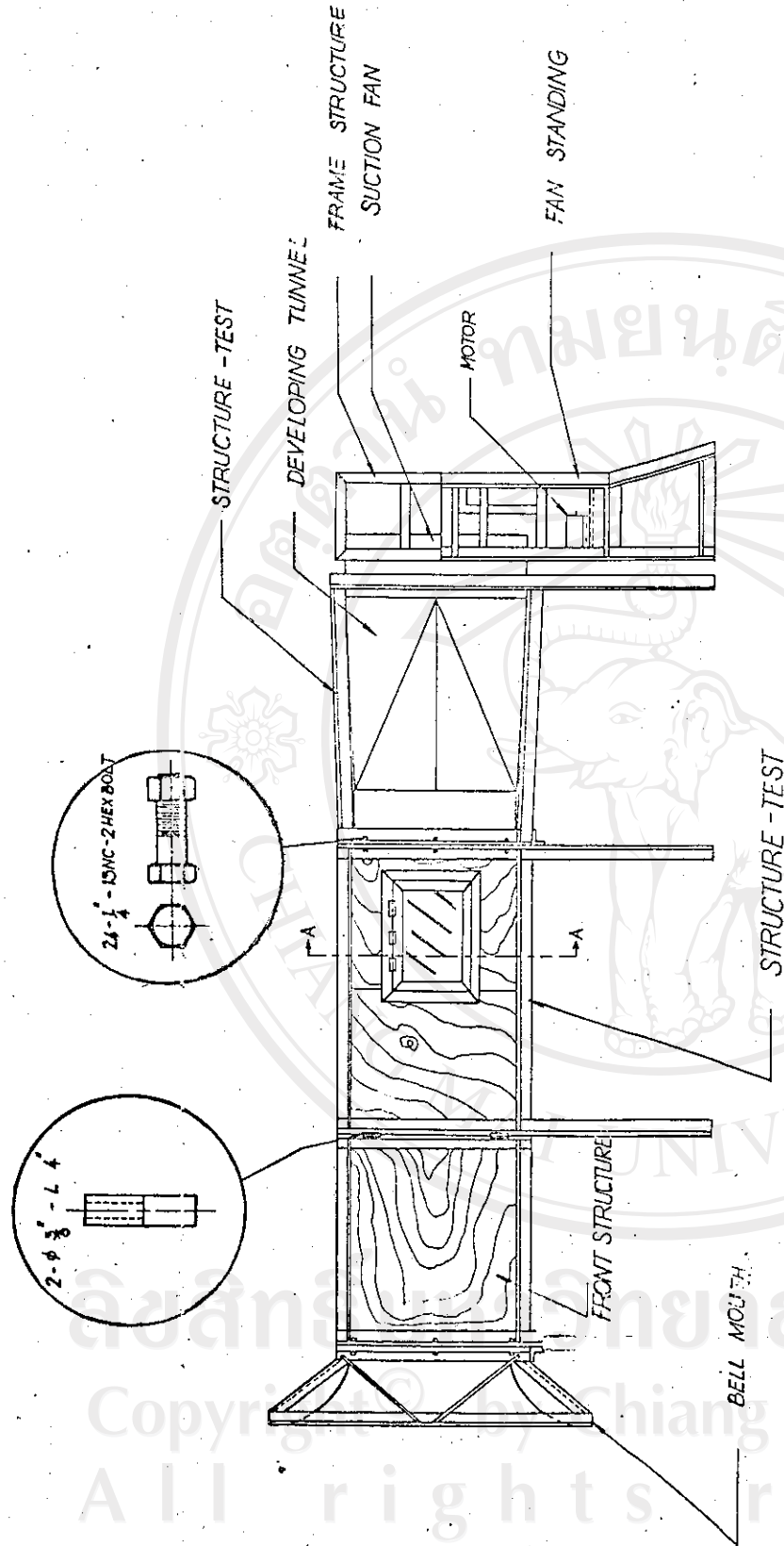
ขนาดใบพัดที่ใช้มี เส้นผ่าศูนย์กลางวงใบพัด 1.00 เมตร ดังนั้นขนาดภายในของท่อวงกลมปลายทางออกของ Developing tunnel จะเป็นประมาณ 1.02 เมตร เท่ากันกับขนาดของวงแหวน (Shroud) ที่ล้อมรอบปลายใบพัดนั้น ใบพัดเป็นแบบ 6 กลีบ ใบเป็นแบบตรึง (fixed blade) ปรับมุมพิทช์ (Pitch) ไม่ได้ ใบพัดจะให้มุมกลับมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ทั้งนี้เพื่อลดการกระชากเป็นหัวง ๆ ของกระแสลมเนื่องจากการทำงานของใบพัด

รายละเอียดของส่วนประกอบต่าง ๆ ที่จะประกอบเป็นอุโมงค์ลมได้แสดงไว้ด้วยแบบตามรูปที่ 2.2 ถึงรูปที่ 2.16

FACULTY OF ENGINEERING
CHIANGMAI UNIVERSITY

LOW SPEED WIND TUNNEL

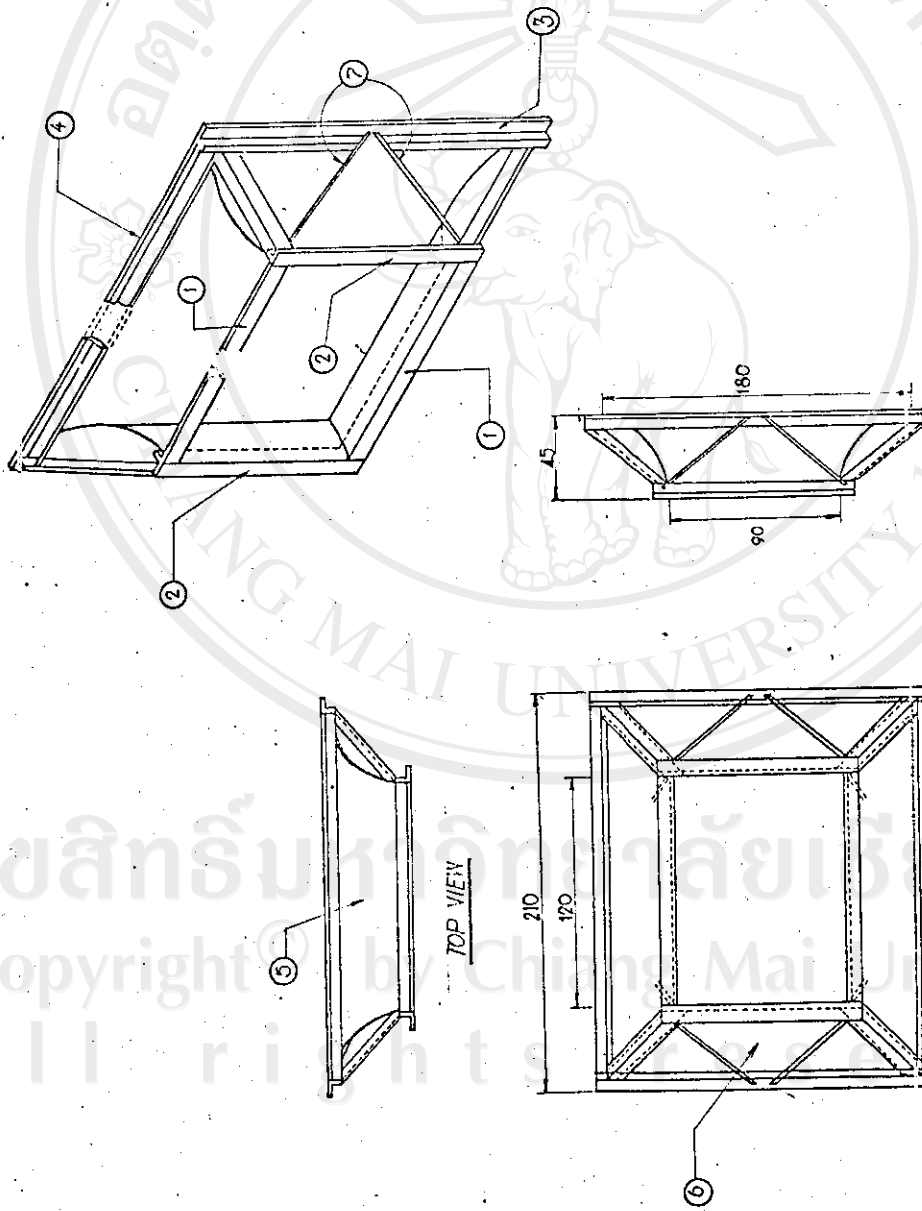
ASSEMBLY	
SCALE 1:20	DIMENSION: CM.
DR. BY: PRAPAT	DATE: 30 SEPT 26
CHECKED BY:	DATE:
	PLATE NO: CF18



LOW SPEED WIND TUNNEL PROJECT

รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะการประกอบส่วนต่าง ๆ ของอุโมงค์ลมที่ออกแบบ

ลิขสิทธิ์ © 2014 โดย Chiang Mai University
All rights reserved



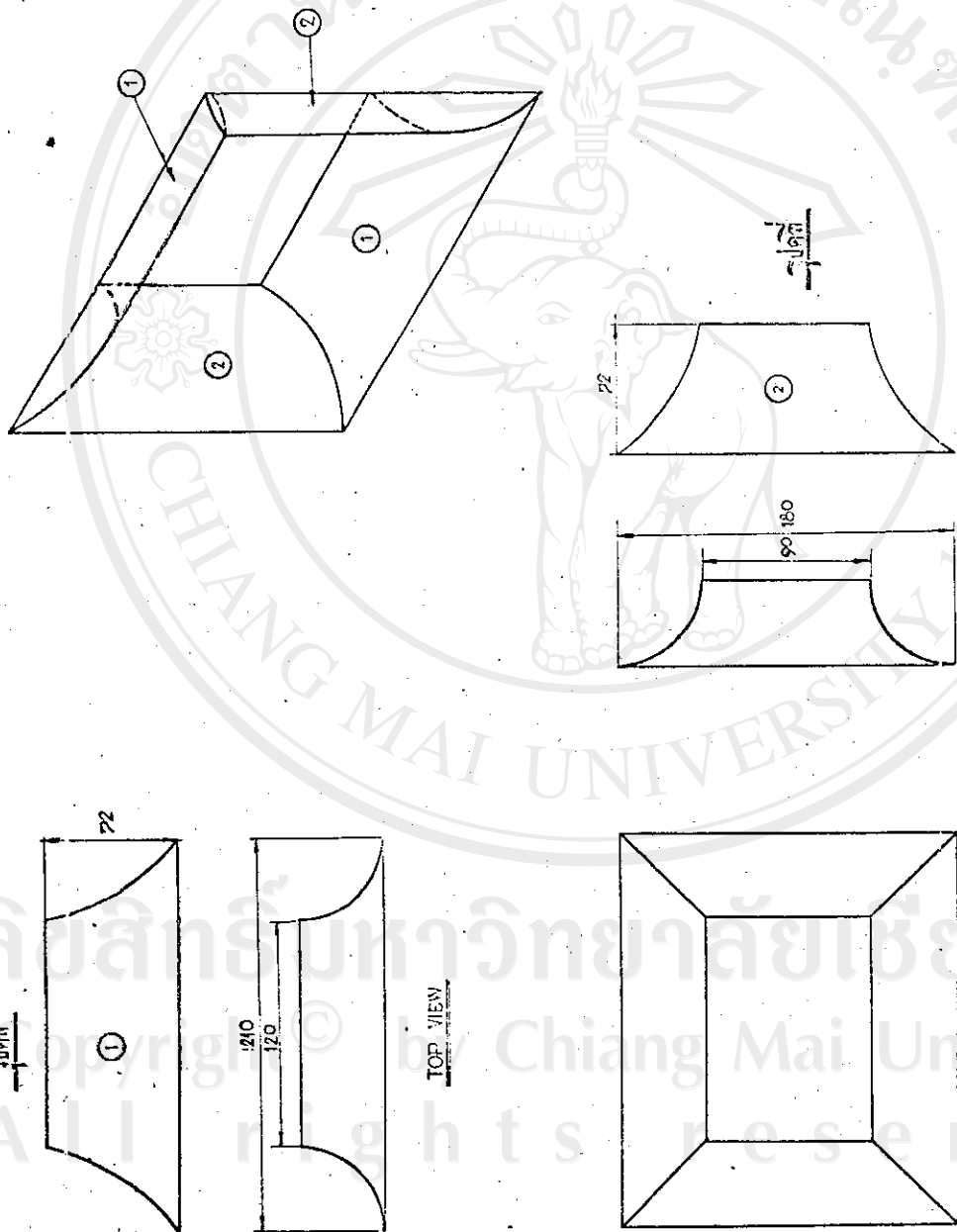
RIGHT-SIDE VIEW

FRONT VIEW

รูปที่ 2.2 รายละเอียดส่วนโครงสร้างสำหรับ Mouth Fairing ของปากทางเข้า

⑦	เหล็กเส้น	45 L	4
⑥	เหล็กเส้น	72 x 210 CM	2
⑤	เหล็กเส้น	72 x 180 CM	2
④	เหล็กเส้น	65 x 65 x 6, 210 L	4
③	เหล็กเส้น	65 x 65 x 6, 180 L	2
②	เหล็กเส้น	65 x 65 x 6, 90 L	2
①	เหล็กเส้น	65 x 65 x 6, 120 L	2
NO	DESCRIPTION		QTY.
FACULTY OF ENGINEERING			
CHIANG MAI UNIVERSITY			
LOW SPEED WIND TUNNEL			
DETAIL OF: BELL MOUTH			
SCALE	1:20	DIMENSION: CM.	
DN. BY:	PRAPAT	DATE: 30 SEPT 28	
CHECKED BY:		DATE:	
			PLATE 20/10

Note
 วิชาช่างเชื่อมอาร์ค

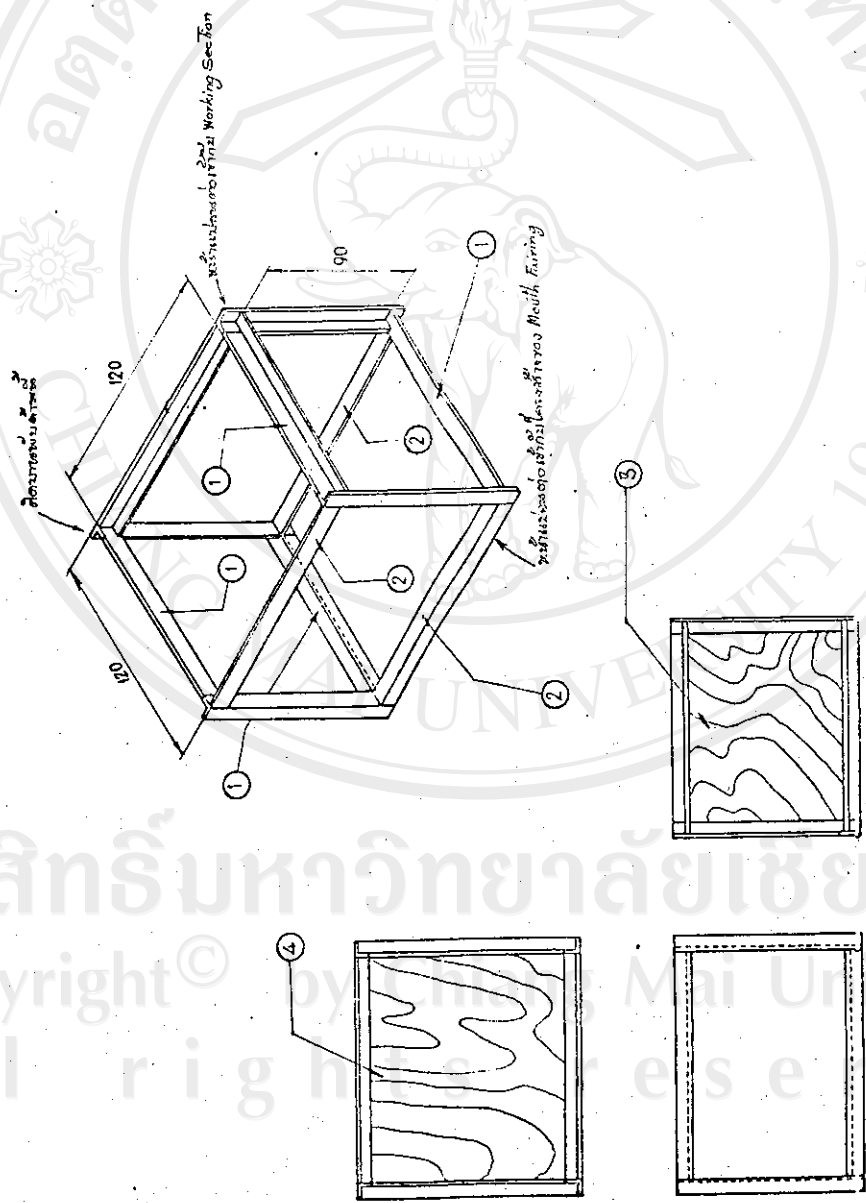


RIGHT-SIDE VIEW

FRONT VIEW

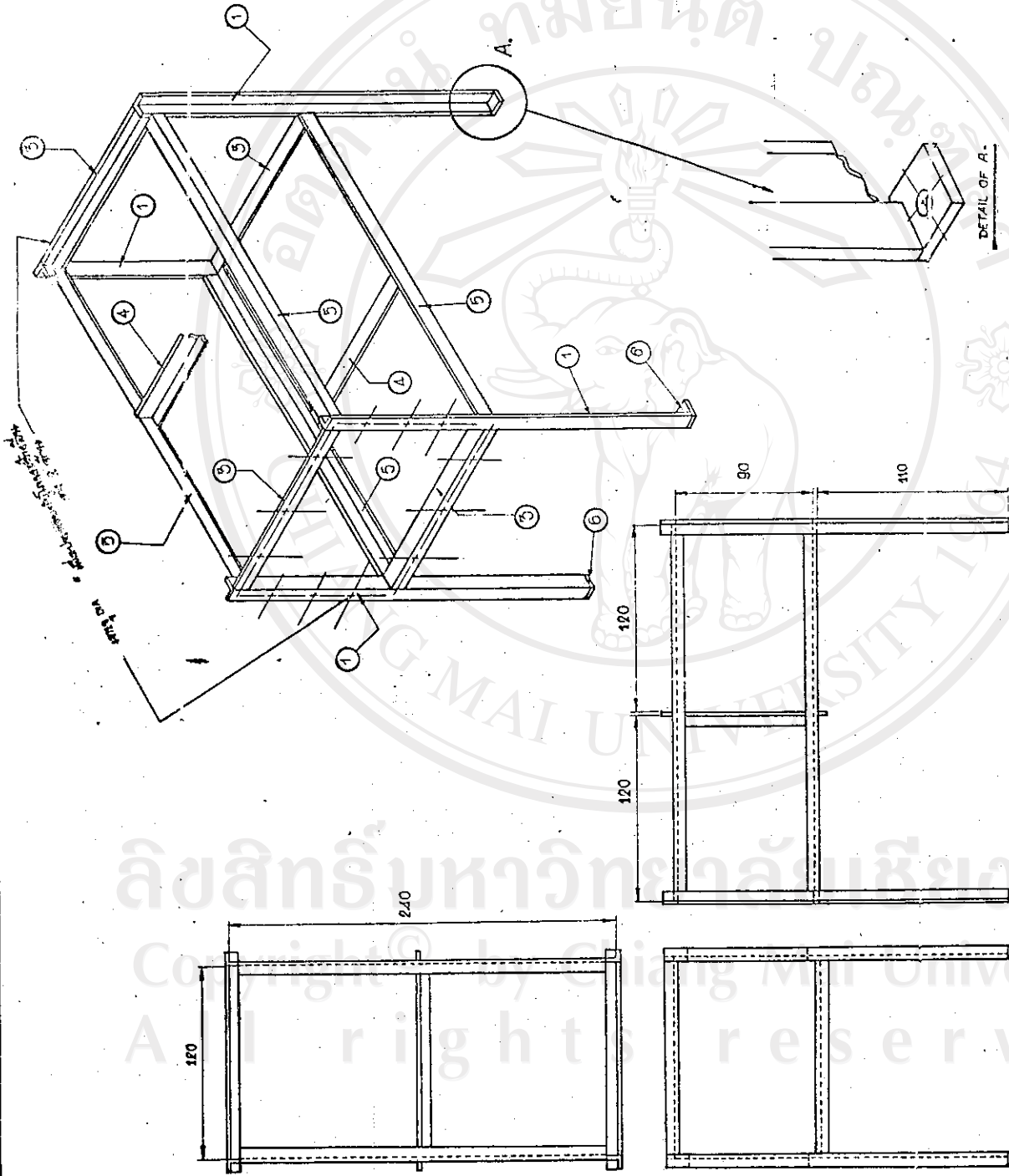
รูปที่ 2.3 แสดงแผ่นคัลท์เหล็กแผ่นที่จะประกอบเป็น Mouth Flairing ของปากทางเข้า

NO	DESCRIPTION	QTY
2	แผ่นเหล็ก 720 x 1800 มม	2
1	แผ่นเหล็ก 720 x 2100 มม	2
FACULTY OF ENGINEERING CHIANG MAI UNIVERSITY		
LOW SPEED WIND TUNNEL		
DETAIL OF BELL MOUTH		
SCALE 1:20	DIMENSION: CM.	
DN BY : PRAPAT	DATE: 30 SEPT 28	
CHECKED BY: ...	DATE: ...	
PLATE		5 of 10



รูปที่ 2.4 แสดงการประกอบโครงสร้างและกายภาพของ Setting section

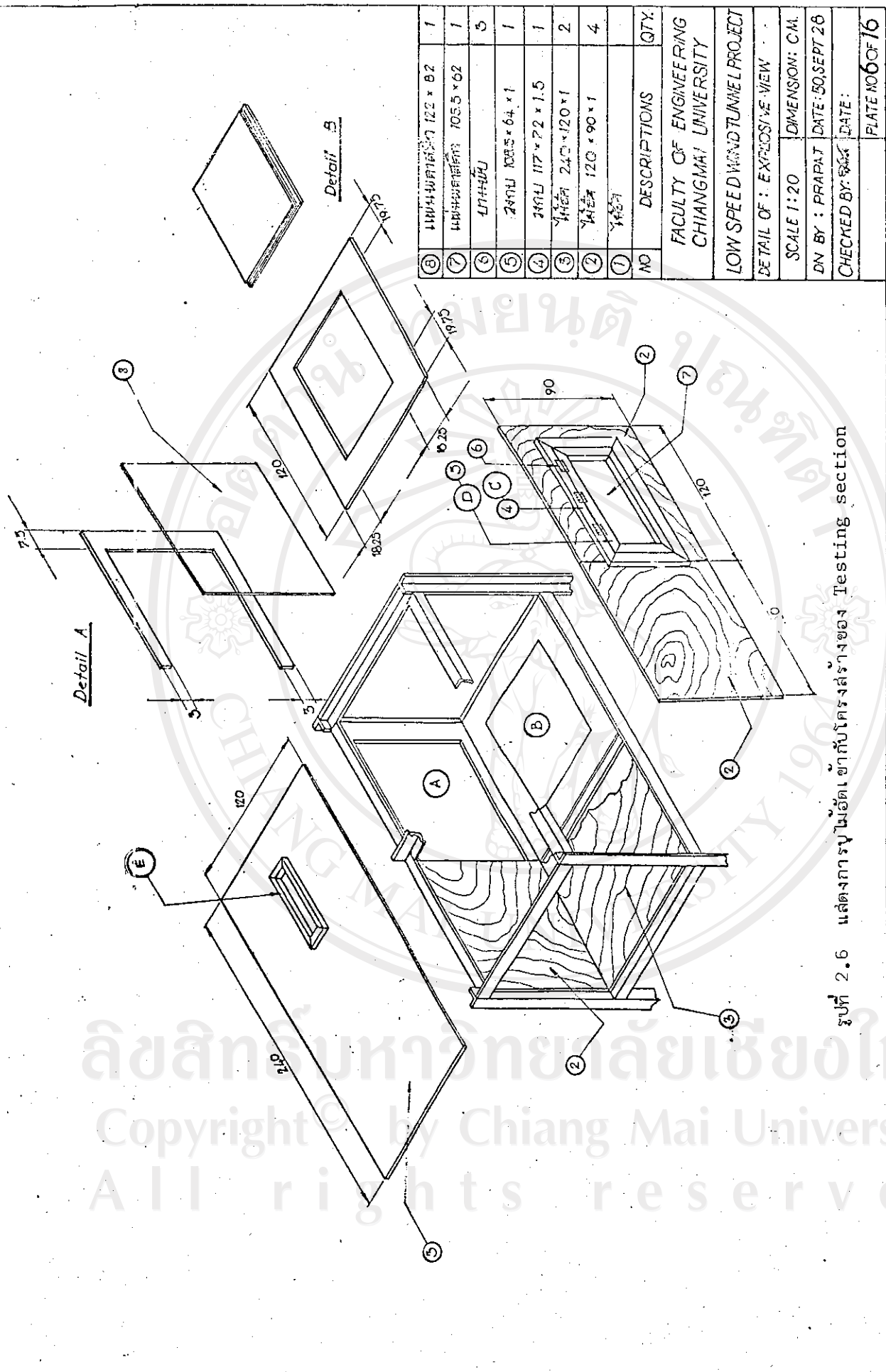
④	วัสดุ	120x120 CM	4
⑤	วัสดุ	90x120 CM	4
②	วัสดุ	65x65 x 6 มม	4
①	วัสดุ	65x65 x 6 มม	4
NO	DISCRIPTION		QTY.
FACULTY OF ENGINEERING			
CHIANG MAI UNIVERSITY			
LOW SPEED WIND TUNNEL			
DETAIL OF FRONT STRUCTURE			
SCALE	1:20	DIMENSION	CM.
DR BY	PRAPAT	DATE	30 SEP 26
CHECKED BY		DATE	
			PLATE 4 OF 16



๕	เหล็กฉาก 65x65x6 มม.	4
๔	เหล็กฉาก 65x65x6 มม. 2.25 ม./คู่	4
๓	เหล็กฉาก 65x65x6 มม. 1.25 ม./คู่	2
๒	เหล็กฉาก 65x65x6 มม. 1.25 ม./คู่	4
๑	เหล็กฉาก 65x65x6 มม. 1.25 ม./คู่	2
๑	เหล็กฉาก 65x65x6 มม. 2.25 ม./คู่	4
NO.	DESCRIPTION	QTY.
FACULTY OF ENGINEERING CHIANGMAI UNIVERSITY		
LOW SPEED WIND TUNNEL PROJECT		
DETAIL OF : STRUCTURE - TEST SECTION		
SCALE	1:20	DIMENSION : CM
DRAWN BY: FRAPAT	DATE : 50, SEPT 28	
CHECKED BY: ...	DATE:	
		PLATE NO. 5 OF 18

รูปที่ 2.5 รายละเอียดโครงสร้างส่วนที่เป็น Working section

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All right reserved



⑧	ไม้ท่อนกลมขนาด 122 x 82	1
⑦	ไม้ท่อนกลมขนาด 105.5 x 62	1
⑥	ไม้ท่อนกลม	5
⑤	ไม้ท่อนกลมขนาด 108.5 x 64 x 1	1
④	ไม้ท่อนกลมขนาด 117 x 72 x 1.5	1
③	ไม้ท่อนกลมขนาด 240 x 120 x 1	2
②	ไม้ท่อนกลมขนาด 120 x 90 x 1	4
①	ไม้ท่อนกลม	
NO	DESCRIPTIONS	QTY.
FACULTY OF ENGINEERING CHIANGMAI UNIVERSITY LOW SPEED WIND TUNNEL PROJECT DETAIL OF : EXPLOSIVE VIEW SCALE 1:20 DIMENSION: CM. DN BY : PRAPAT DATE: 50, SEPT 26 CHECKED BY: DATE: PLATE NO 6 OF 16		

รูปที่ 2.6 แสดงการนำไม้อัดเข้ากับโครงสร้างของ Testing section

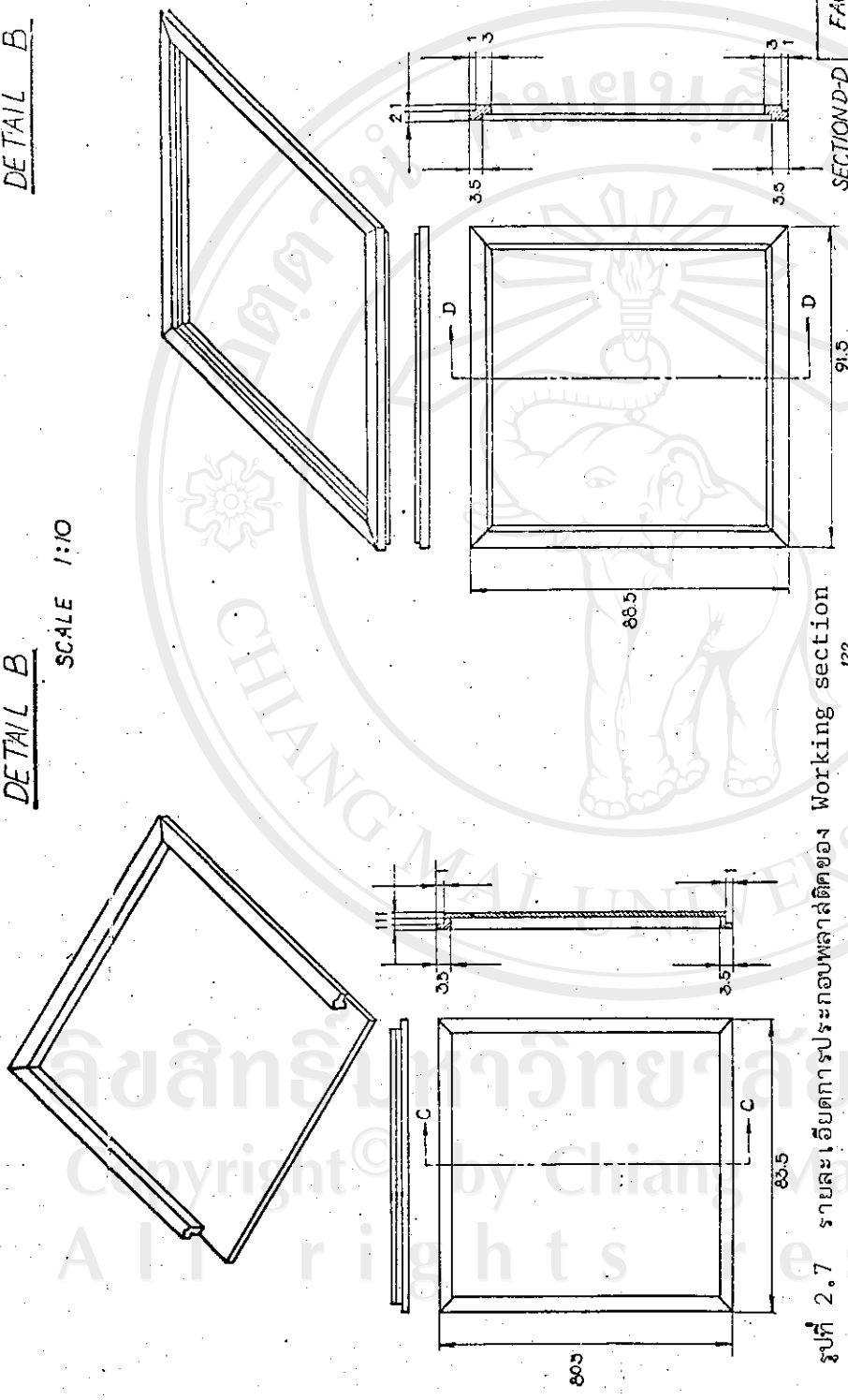
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 Copyright © by Chiang Mai University
 All rights reserved

DETAIL B

SCALE 1:10

DETAIL B

SCALE 1:10

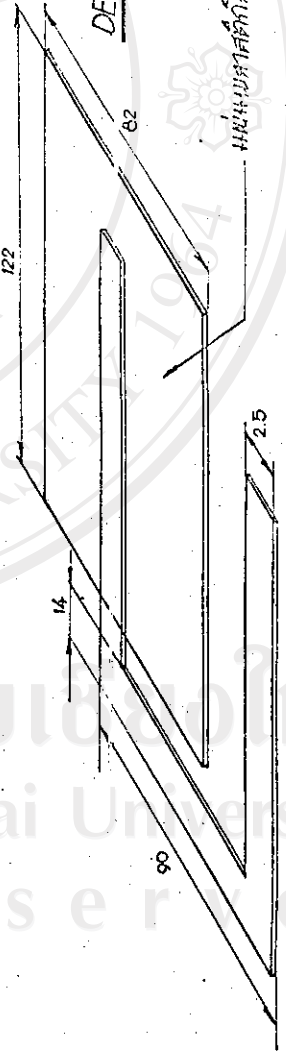


รูปที่ 2.7 รายละเอียดการประกอบพลาสติกของ Working section

SECTION D-D

DETAIL A

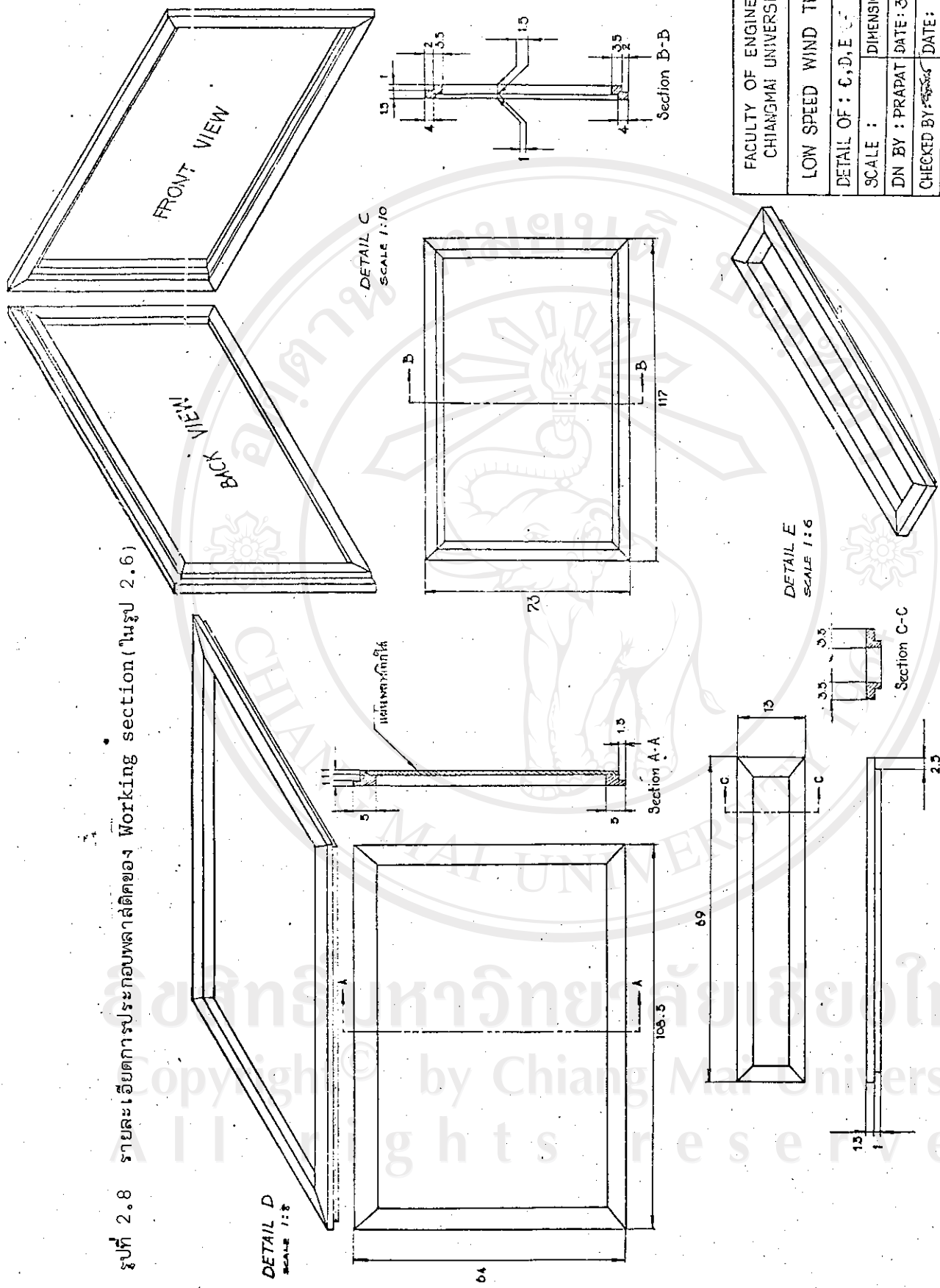
SCALE 1:10



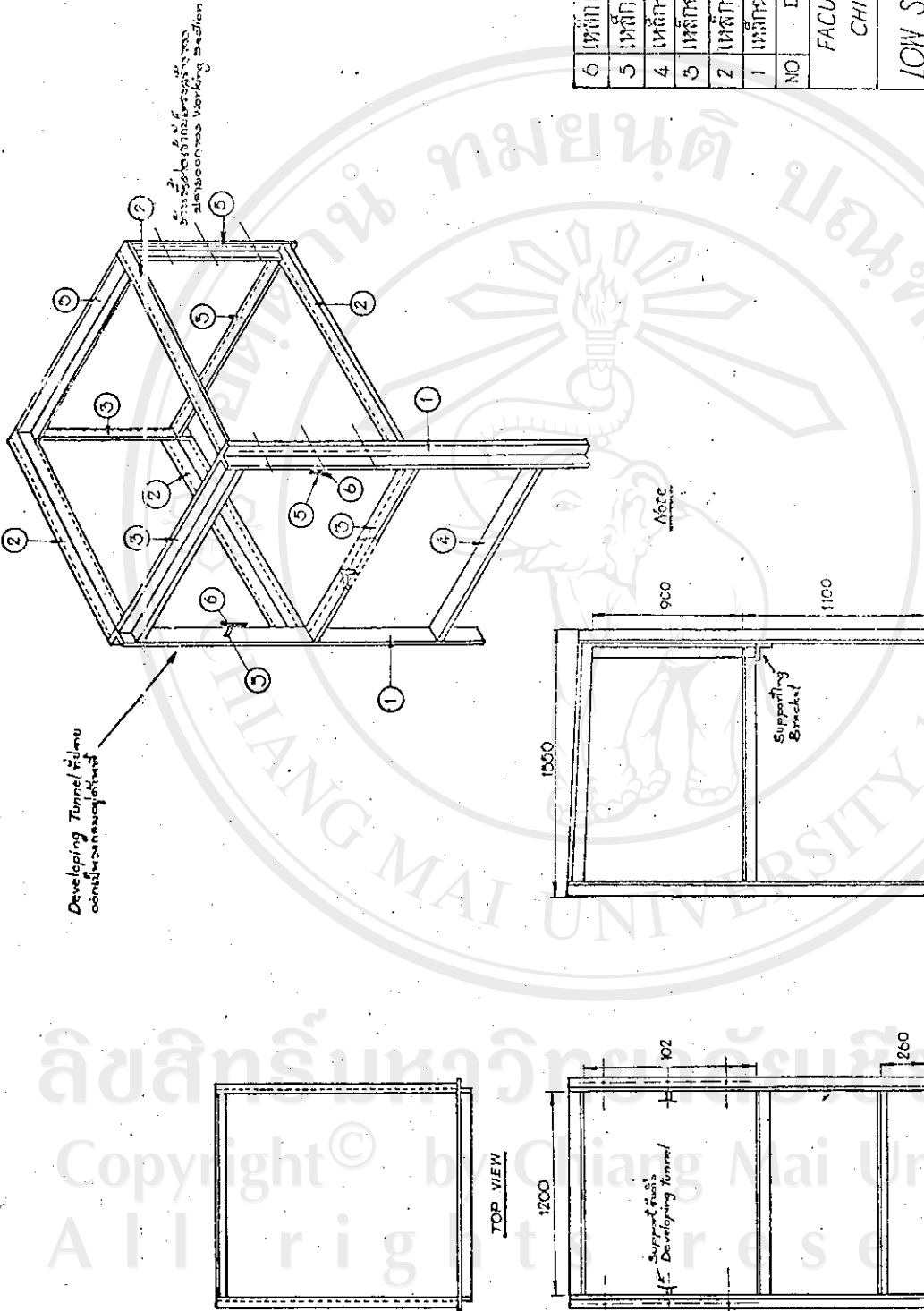
FACULTY OF ENGINEERING CHIANGMAI UNIVERSITY	
LOW SPEED WIND TUNNEL	
DET# / LOF - A 8 B	
SCALE: 1:10	DIMENSION: C/M
DN BY: PRAPAT	DATE: 30/SEP/28
CHECKED BY:	DATE:
	PLATE NO 7 OF 10

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

รูปที่ 2.8 รายละเอียดการประกอบพลาสดึง Working section (รูป 2.6)



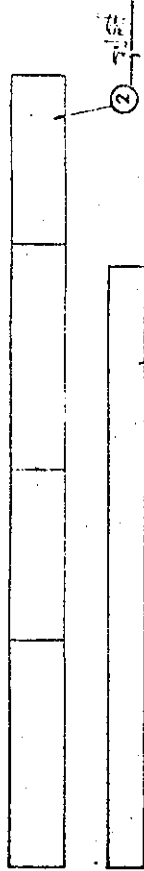
FACULTY OF ENGINEERING CHIANGMAI UNIVERSITY	
LOW SPEED WIND TUNNEL	
DETAIL OF : C, D, E	
SCALE :	DIMENSION : CH.
DN BY : PRAPAT	DATE : 30, SEPT 28
CHECKED BY :	DATE :
PLATE NO 8 CF 16	



6	เหล็กเส้น	30 x 150 มม.	2
5	เหล็กฉาก	L 100 มม.	2
4	เหล็กฉาก	35 x 55 x 6 มม. L 1200	1
3	เหล็กฉาก	65 x 65 x 6 มม. L 1200	4
2	เหล็กฉาก	35 x 35 x 6 มม. L 1400	4
1	เหล็กฉาก	65 x 65 x 6 มม. L 2155	2
NO	DESCRIPTION		QTY
FACULTY OF ENGINEERING CHIANG MAI UNIVERSITY			
LOW SPEED WIND TUNNEL			
DETAIL OF STRUCTURE TEST SECTION			
SCALE : 1:20		DIMENSION : มม.	
DRAWN BY : P.P.P.P.		DATE : 30 SEPT 20	
CHECKED BY : S.S.S.		DATE :	
			PLATE 9CF16

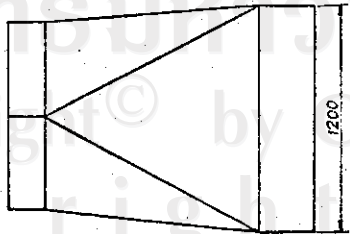
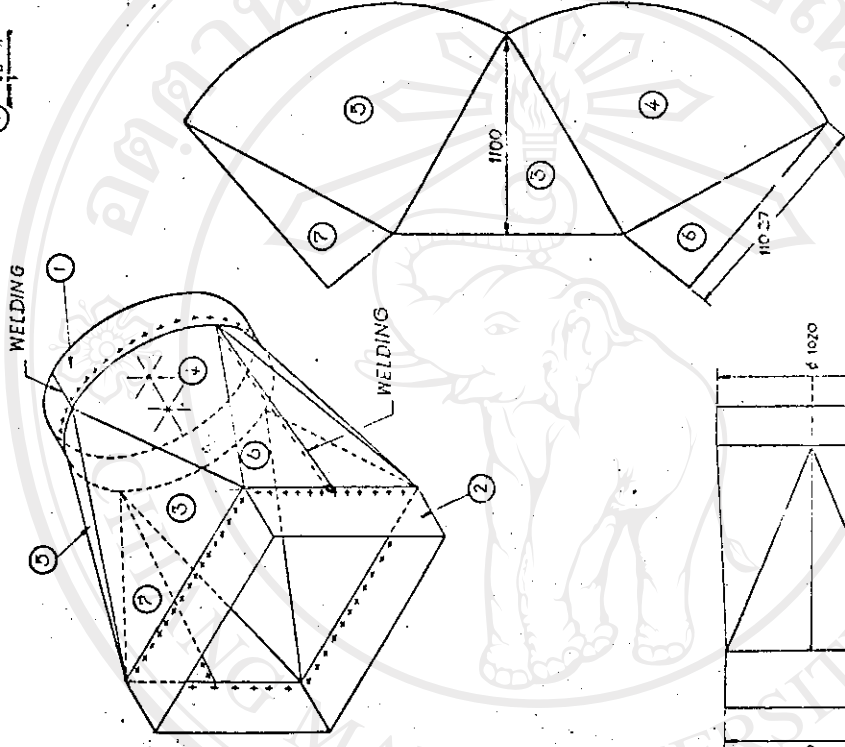
รูปที่ 2.9 รายละเอียดโครงสร้างของส่วนรับ Developing tunnel

ลิขสิทธิ์ในหัวข้อนี้สงวนลิขสิทธิ์ไว้
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

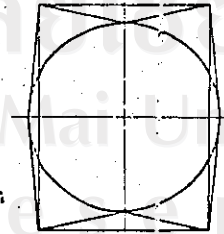


NOTE:

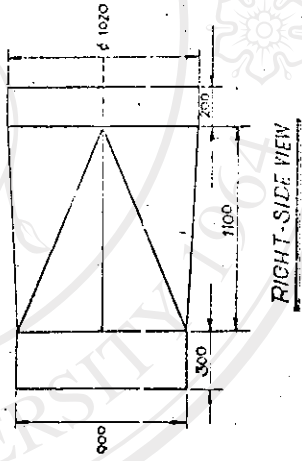
ใช้ตะปูหัวกลม 1400 มม. ฐานที่กลม Rivet
 ใช้ตะปูหัวกลม 300 มม. ฐานที่กลม Rivet
 ใช้ตะปูหัวกลม 200 มม. ฐานที่กลม Rivet
 Rivet มีหัวกลม Pan Head DIA. = 3 mm.



TOP VIEW



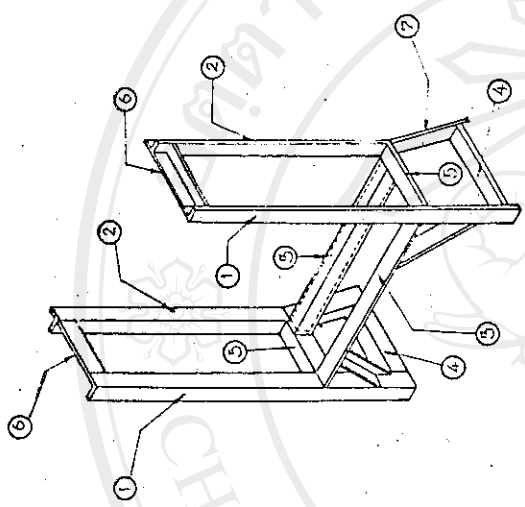
FRONT VIEW



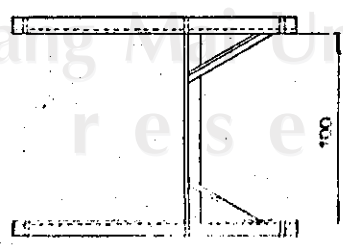
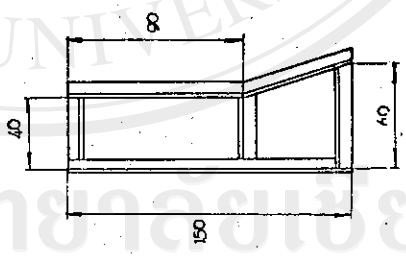
RIGHT-SIDE VIEW

3	แผ่นเหล็ก	1400 x 3400 มม	2
2	แผ่นเหล็ก	300 x 4200 มม	1
1	ตะปูหัวกลม	200 x 3205 มม	1
R	RIVET		200
	DESCRIPTION	QTY.	
FACULTY OF ENGINEERING			
CHIANG MAI UNIVERSITY			
LOW SPEED WIND TUNNEL			
DEVELOPING TUNNEL			
SCALE	1:20	DIMENSION	mm
DN.BY:	FRUIT	DATE	30 SEPT 28
CHECKED BY:		DATE	
			PLATE 100/F16

รูปที่ 2.10 แสดงแผนผังและรายละเอียดการเขียนรูป Developing tunnel

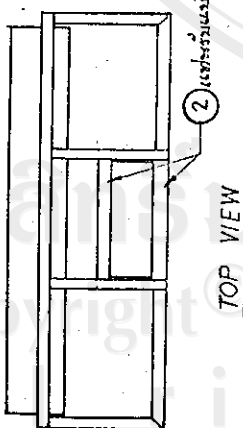
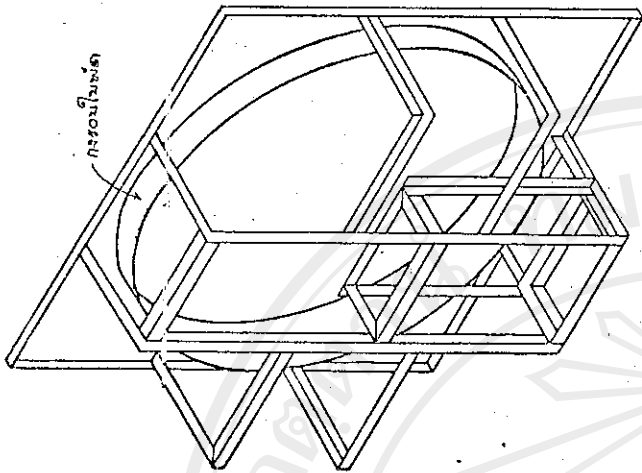


7	ไม้ฉากขนาด	65x65x6, 60L	2
6	ไม้ฉากขนาด	65x65x6, 40L	2
5	ไม้ฉากขนาด	65x65x6, 40L	2
4	ไม้ฉากขนาด	65x65x6, 60L	2
3	ไม้ฉากขนาด	65x65x6, 100L	2
2	ไม้ฉากขนาด	65x65x6, 90L	2
1	ไม้ฉากขนาด	65x65x6, 150L	2
ITEM NO.	DESCRIPTION		QTY
FACULTY OF ENGINEERING			
CHIANG MAI UNIVERSITY			
LOW SPEED WIND TUNNEL			
DETAIL OF: FAN STANDING			
SCALE	1:20	DIMENSION:	CM
DN BY:	PRAPAT	DATE:	30 SEPT 28
CHECKED BY:		DATE:	
			PLATE NO 11 OF 16

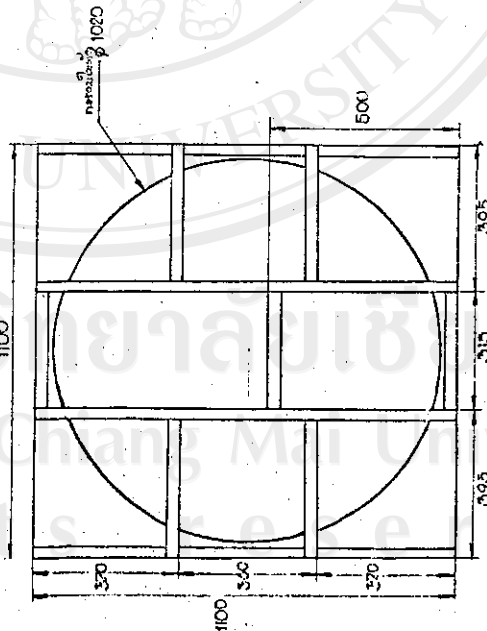


รูปที่ 2.11 รายละเอียดฐานรับพัดลมดูดอากาศ

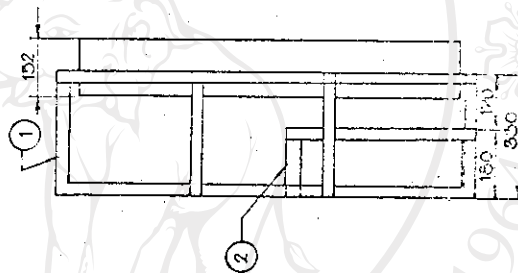
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 Copyright © by Chiang Mai University
 All rights reserved



TOP VIEW



FRONT VIEW

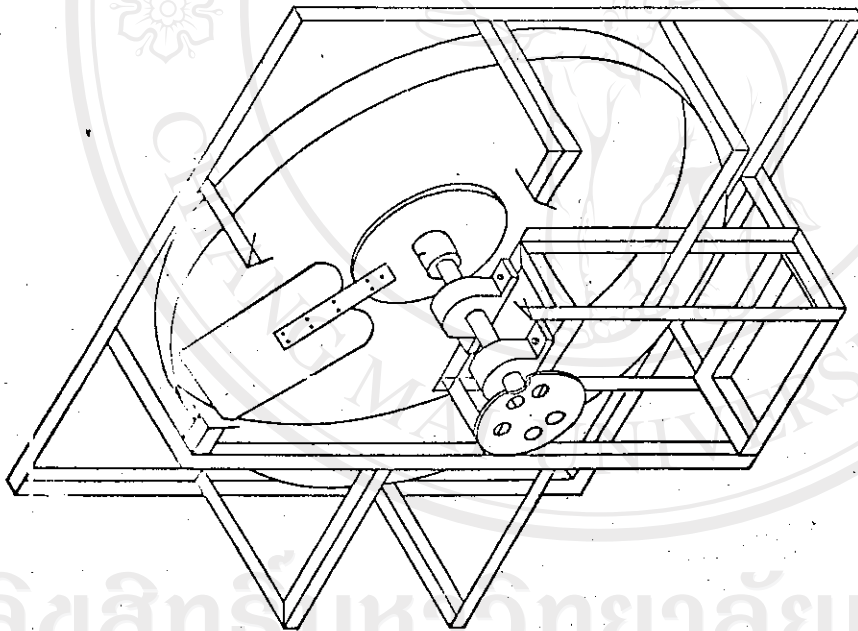


RIGHT-SIDE VIEW

รูปที่ 2.12 แสดงโครงรับตัวพัดลม

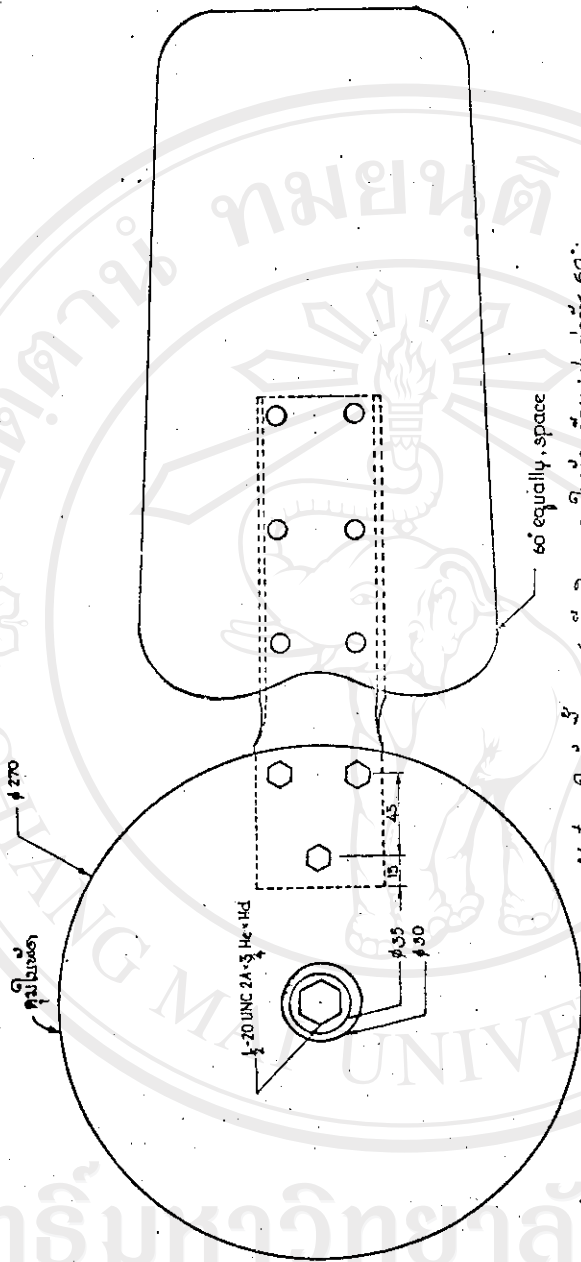
2	L 37x37 x 3	2.5 m.
1	L 30x30 x 2.5	12.5 m.
NO	Description	Qty.
FACULTY OF ENGINEERING CHIANG MAI UNIVERSITY		
SUCTION FAN		
FRAME STRUCTURE		
SCALE 1:10	DIMENSION: mm.	
DN BY : PRAPAT	DATE: 30, SEPT 28	
CHECKED BY:	DATE:	
		PLATE NO 12 OF 16

FACULTY OF ENGINEERING CHIANG MAI UNIVERSITY	
SUCTION FAN	
FRAME STRUCTURE	
SCALE 1:75	DIMENSION:MM
DRAWN BY: PAT	DATE: 30 SEPT 28
CHECKED BY: 8844	DATE:
REF: 2-5, 3-5	PLATE NO: 3 of 11



รูปที่ 2.13 แสดงการประกอบชุดใบพัดเข้าตัวโครงสร้าง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 Copyright © by Chiang Mai University
 All rights reserved

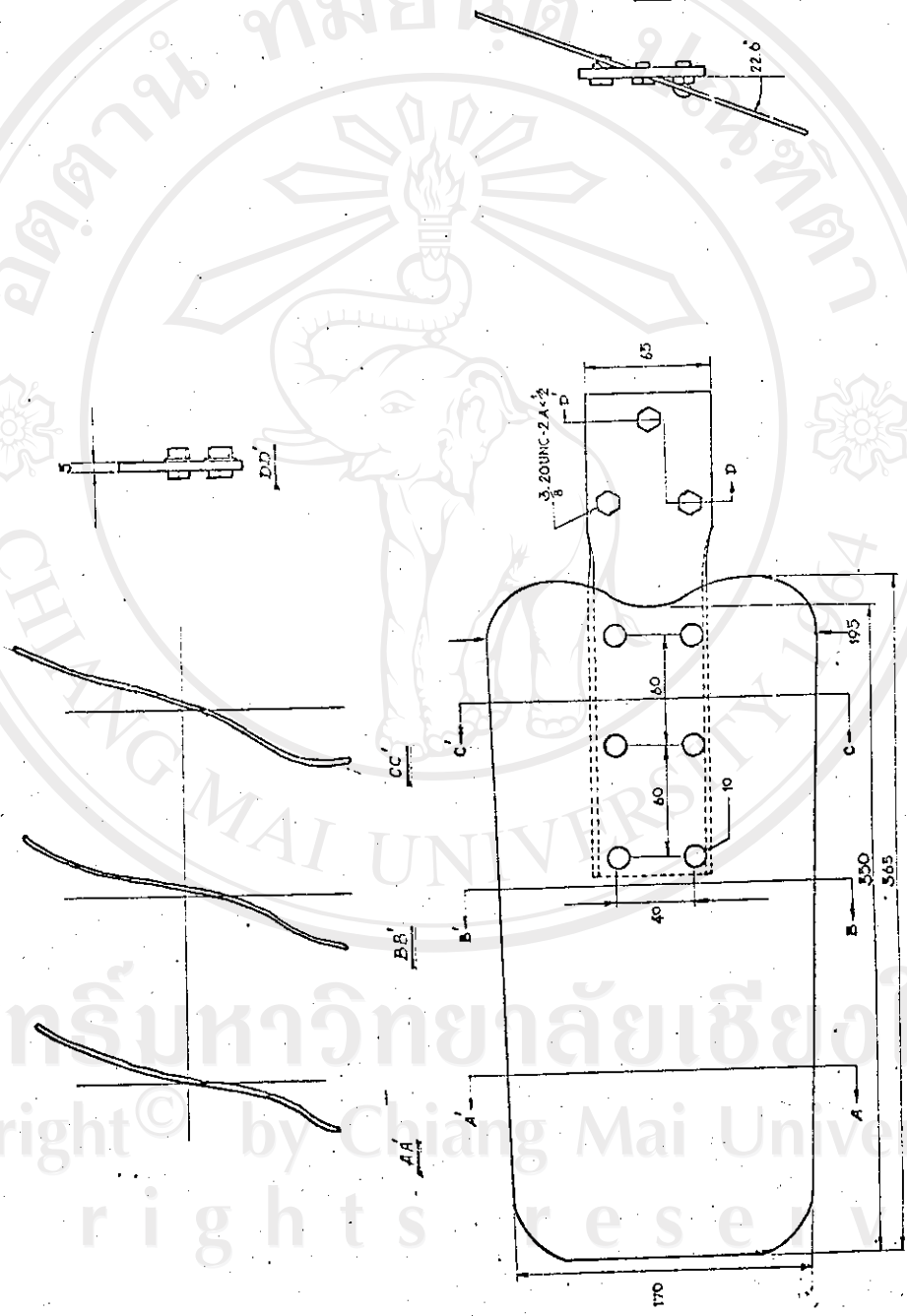


Note : ใบพัดจะมีรู 6 รู มี สเปกของรูในใบพัด มีขนาด ดังต่อไปนี้ 60

รูปที่ 2.14 แสดงลักษณะการ ติดตัว ใบพัด เข้ากับตุ้มใบพัด

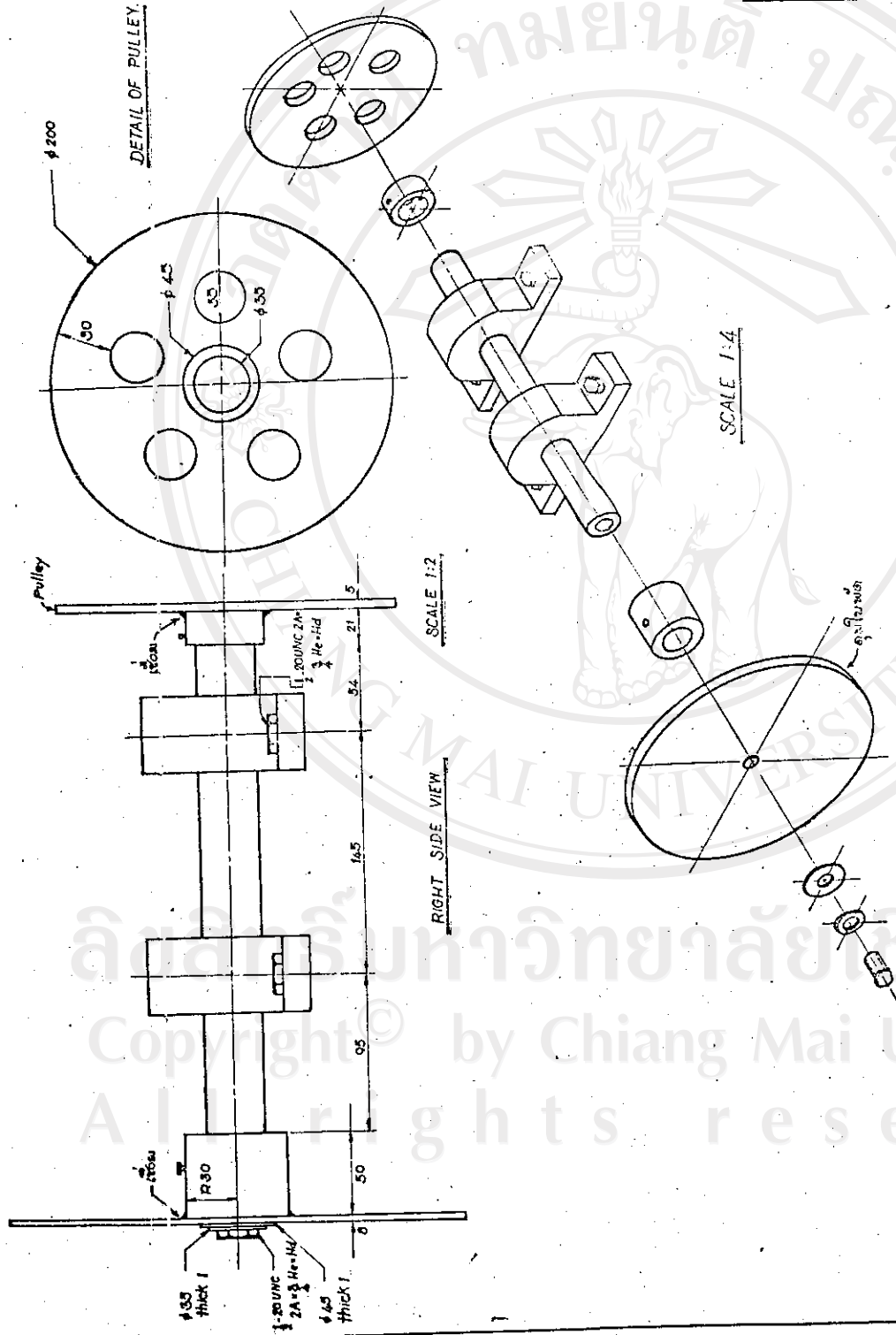
FACULTY OF ENGINEERING	
CHIANG MAI UNIVERSITY	
SUCTION FAN	
BLADE DETAIL	
SCALE 1:2	DIMENSIONS:MM.
DRAWN BY: PAT	DATE :50 SEPT 85
CHECKED BY: SST	DATE
	DRAWING NO: 1119

รูปที่ 2.15 แสดงรายละเอียดของการขึ้นรูปสลิปใบพัด



FACULTY OF ENGINEERING CHIANG MAI UNIVERSITY	
SUCTION FAN	
FAN DETAIL	
SCALE 1:2	DIMENSION: MM
DN BY : FRAPAT	DATE : 30 SEPT 28
CHECKED BY : <i>[Signature]</i>	DATE :
	PLATE 10 of 10

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 Copyright © by Chiang Mai University
 All rights reserved



รูปที่ 2.16 แสดงการประกอบชุดใบพัดเข้ากับเพลา, แบริ่ง และชุดสาย

2	SKF# 525572 or equivalent	2 ea.
1	V-Belt type B pulley φ200 mm	1 ea.
NO	Description	Qty
FACULTY OF ENGINEERING		
CHIANG MAI UNIVERSITY		
SUCTION FAN		
ASSEMBLY DETAIL OF SHAFT		
SCALE 1:2 1:4 DIMENSION:MM.		
DRAWN BY FRAP DATE: 50, SEPT 28		
CHECKED BY: <i>[Signature]</i>		DATE:
PLATENO: <i>[Signature]</i>		

2.2 การดำเนินงานสร้าง

เนื่องจากการสร้าง จะเป็นส่วนสำคัญที่สุดส่วนหนึ่งของงานวิจัยนี้ ซึ่งต้องการความละเอียดที่ละเอียดกว่าจะสร้างขึ้นส่วนแต่ละส่วนให้มีขนาดแม่นยำ เพราะชิ้นส่วนแต่ละส่วนนั้นจะต้องนำมาประกอบเป็นจูนโมดูลต่อไป ในตอนนี้จะแยกอธิบายถึงขั้นตอนของการสร้างแต่ละส่วนเป็นลำดับโดยสรุปได้ดังต่อไปนี้

การสร้างส่วนปากทางเข้า(Mouth) (พิจารณารูปที่ 2.2 และ 2.3 ประกอบ)

มีลำดับการสร้างก่อนหลัง ดังนี้

- ก. ตัดเหล็กฉาก 65 x 65 x 6 มิลลิเมตร ตามจำนวนดังแสดงไว้ในแบบ (รูปที่ 2.2)
- ข. ประกอบเหล็กฉากที่ตัดตามข้อ ก. ด้วยการเชื่อมไฟแก๊ตามแบบ พิงระวางใน ส่วนหน้าแปลนที่ประกอบด้วยเหล็กหมายเลข 1 และ 2 นั้น หน้าแปลนต้องไม่คดงอและได้ขนาดถูกต้อง เพราะจะนำไปติดกับส่วนอื่นของจูนโมดูลต่อไปและหน้าแปลนส่วนนี้จะต้องเจาะให้เรียบร้อยก่อนเพื่อเตรียมการยึดกับหน้าแปลนของส่วนอื่นของจูนโมดูล. ด้วยขนาด $\varnothing 6$ มิลลิเมตร
- ค. เพื่อไม่ให้มีการโยนโครงสร้าง ด้วยแรงถ่วงของน้ำหนักตัวมันเองนั้น จะเชื่อมทะแยงด้วยเหล็กเส้นขนาด $\varnothing 20$ มิลลิเมตร (เหล็กหมายเลข 7) ช่วยดึงเพื่อป้องกันเกิดการล้าในภายหลังของโครงสร้าง
- ง. ใช้เหล็กแผ่นขนาดหนา 1 มิลลิเมตร มาตัดตามแม่เหล็กที่ปรากฏแสดงไว้ในแบบ (รูป 2.3) เหล็กแผ่นดังกล่าวจะถูกใช้ขึ้นรูปเป็นปากทางเข้า
- จ. นำเหล็กแผ่นที่ตัดแล้วมาประกอบเข้ากับโครงที่สร้างไว้แล้วตามข้อ ข. โดยตัดโค้งให้ส่วนพอดีกับภายในโครงสร้าง ด้านกว้างสุดของเหล็กแผ่น เชื่อมติดกับโครงสร้างและด้านแคบจะเชื่อมติดกับเหล็กโครงสร้างด้านใน เหล็กแผ่นเมื่อนำมาประกอบกับโครงแล้วทุก ๆ ด้านจะโค้งโดยมีผิวข้างชนกันพอดี จากนั้นทำการเชื่อมตะเข็บต่อระหว่างผิวโค้งด้านข้าง
- ฉ. ทำการลบมุมรอยตะเข็บต่อด้วยการใช้สิ่วขัดแต่งให้ผิวเรียบกลมกลืน แล้วทาสีกันสนิมรองพื้น ทาสีน้ำมันให้ผิวเรียบเป็นเงา เมื่อถึงขั้นนี้ ส่วนปากทางเข้า(Mouth) ก็เสร็จพร้อมรอการนำไปประกอบเข้ากับ Setting section ที่จะสร้างต่อไป รูปที่ 2.17 แสดงส่วนปากทางเข้าที่สร้างเสร็จแล้ว



รูปที่ 2.17 รูปปากทางเข้าที่สร้างเสร็จแล้ว

การสร้างส่วน Setting section (พิจารณา รูปที่ 2.4 ประกอบ)

มีลำดับการสร้างดังนี้

ก. ตัดเหล็กจากขนาด 65 x 65 x 6 มิลลิเมตร ตามจำนวนในแบบ

ข. เชื่อมส่วนหน้าแปลนที่จะประกอบเข้ากับหน้าแปลนของปากทางเข้าและที่จะต่อเข้ากับส่วน Working section ซึ่งหน้าแปลนทั้งสองต้องไม่คดงอ และมีขนาดที่ถูกต้องแน่นอน เจาะรูที่หน้าแปลน \varnothing 6 มิลลิเมตร เพื่อการร้อยสลักเกลียวให้ตรงกันกับรูที่เจาะไว้กับที่หน้าแปลนของปากทางเข้า หน้าแปลนด้านที่จะต่อกับหน้าแปลนของ Working section จะเชื่อมสลักบานทับรอไว้

ค. บุไม้อัดขนาด 10 มิลลิเมตร ด้านใน เป็นผนังท่อกังสี่ด้านและมุมของท่อกังที่ได้ขึ้นมา ทั้ง 4 มุม ใส่ Fillet ขนาด 5 x 5 เซนติเมตร โดยใช้ไม้ฉากหน้าตัดเป็นสามเหลี่ยมมุมฉาก ด้านเท่ากันสองด้านเป็นการลดมุมแล้วทาสีน้ำมัน โครมเหล็กทั้งหมดทาสีกันสนิม

ส่วน Setting section ก็พร้อมที่จะร่อนไปประกอบกับส่วนอื่น ๆ ต่อไป

การสร้างส่วน Working section (พิจารณา รูปที่ 2.5 ถึง 2.8 ประกอบ)

ก. ตัดเหล็ก 65 x 65 x 6 มิลลิเมตร และเชื่อมตามรูป 2.5 โดยที่ทางออกและเข้าซึ่งจะเป็นหน้าแปลนทั้งสองด้าน ด้านที่จะติดด้วย Setting section ไม่ต้องมีการเจาะรู

เพื่อร้อยสลักยึด แต่ด้านออกซึ่งจะเป็นด้านที่ต่อกับ Developing tunnel จะเจาะรู 0.6 มิลลิเมตร เพื่อเตรียมไว้ร้อยสลักเกลียวยึด เมื่อเชื่อมเล็กรูทาสีรองพื้นกันสนิม

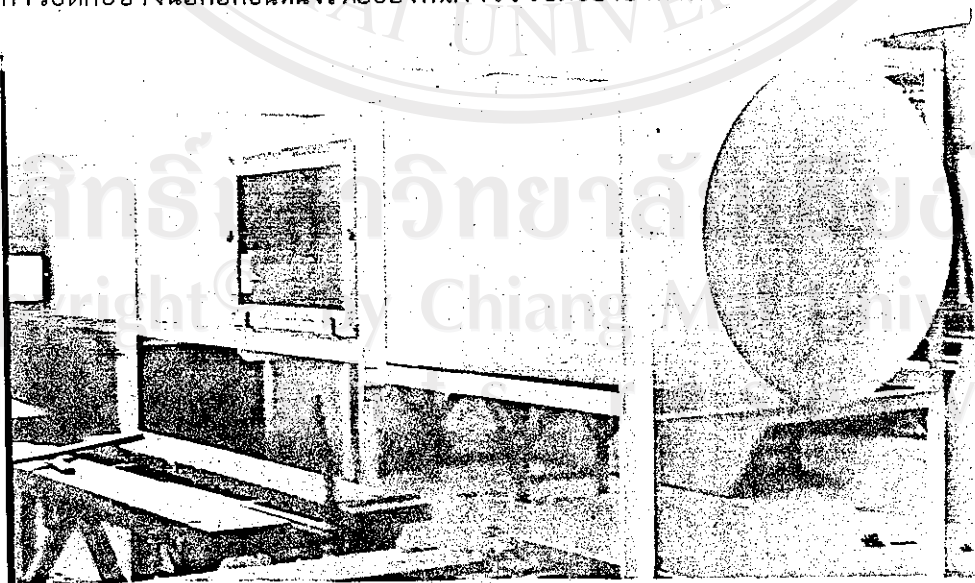
ข. บูมไม้ัดขนาด 10 มิลลิเมตร ตัดช่องต่าง ๆ เพื่อใส่แผ่นพลาสติกใส่หรือใส่บานหน้าต่างตามแบบ ทั้งนี้จะต้องเมื่อประกอบพลาสติกติดหรือหน้าต่างหรือ platform เข้าที่แล้วนั้น ต้องเข้าที่อย่างสนิทเสมอผิวในของผนัง ไม้ัดไม่มีการรั่วซึมของอากาศ มุมทั้ง 4 ของผนังอุโมงค์ที่ได้จะทำ Fillet เช่นเดียวกันกับการทำส่วน Setting section

ค. ส่วนประกอบที่ทำกรอบหน้าต่างและกรอบช่องแสงของไฟส่องสว่างจะใช้ไม้เนื้ออ่อนทำลึนให้พอดี และแต่งให้ เมื่อประกอบเข้ากับที่แล้วผิวในเสมอกับผิวของผนังภายในอุโมงค์ลม ทาสีให้เรียบร้อย เพื่อรอประกอบเข้ากับส่วนอื่น ๆ ของอุโมงค์ลมต่อไป

การสร้างส่วน Developing tunnel (พิจารณารูปที่ 2.9 และ 2.10 ประกอบ)

ก. เริ่มแรกทำการสร้างโครง Supporting Structure ตามรูปที่ 2.9 ก่อน โดยใช้เหล็กฉากขนาดต่าง ๆ ตามที่โต๊ะระบุไว้ ส่วนที่จะเป็นหน้าแปลนต่อเข้ากับทางออกของ Working section นั้นต้องเจาะรู 0.6 มิลลิเมตร เพื่อเตรียมไว้ร้อยสลักเกลียวยึดให้เรียบร้อยเสียก่อน เมื่อประกอบโดยการเชื่อมโครงส่วนนี้เรียบร้อยแล้ว ทาสีกันสนิม เพื่อรอประกอบตัว Developing tunnel เข้าต่อไป

ข. ทำการตัดเหล็กแผ่นหนา 1 มิลลิเมตร ตามแผ่นคี่ในรูปที่ 2.10 แล้วนำมาประกอบเข้ากับโครงตามข้อ ก โดยการยึดเข้ากับภายในโครง เชื่อมแนวต่อต่าง ๆ ให้สนิท แล้วใช้เทปกาวปิดทับข้างนอกอีกชั้นหนึ่งเพื่อป้องกันการรั่วซึมของอากาศ ทาสี



รูปที่ 2.18 รูป Developing tunnel ทดลองประกอบเข้ากับ Working section

ถึงขั้นนี้ส่วน Developing tunnel พร้อมจะนำไปประกอบกับส่วนอื่นต่อไป รูปที่ 2.18 แสดงภาพของ Developing tunnel โดยทดลองประกอบเข้ากับส่วนหน้าซึ่งเป็น Working section ซึ่งยังแสดงให้เห็นการประกอบส่วน Setting section ด้วย

การสร้างส่วนโครงสร้างรองรับพัฒนา (พิจารณา รูปที่ 2.11 และ 2.12 ประกอบ)

มีลำดับการสร้างก่อนหลังดังนี้

ก. สร้างโครงสร้างรับตัวพัฒนาตามรูปที่ 2.12 ขนาดกึ่งรอบใบพัดให้มีเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่กว่าวงใบพัดประมาณ 2 เซนติเมตร ส่วนตำแหน่งหมายเลข 2 (ในรูปที่ 1.12) ซึ่งเป็นแท่นรับแบริ่งเพลลาใบพัดให้ ฉาบ รูเพื่อเตรียมยึดแบริ่งด้วยสลักเกลียว สำหรับประกอบชุดใบพัดเข้าที่

ข. สร้างแท่นรับชุดพัฒนา ตามรูปที่ 2.11

ค. ประกอบโครงสร้างรับตัวพัฒนา ตามข้อ ก เข้ากับแท่นรับชุดพัฒนาตามข้อ ข แล้วขยับขึ้นลงให้กึ่งรอบใบพัดอยู่ในระดับเดียวกับปลายทางออกของ Developing tunnel แล้วเชื่อมแท่นรับชุดใบพัดเข้ากับโครงสร้างรับตัวพัฒนา ทาสีกันสนิม พร้อมรอเพื่อประกอบเข้ากับส่วนอื่น ๆ ของอุโมงค์ลมต่อไป

การสร้างส่วนใบพัด (พิจารณา รูปที่ 2.13 ถึง รูปที่ 2.16 ประกอบ)

เนื่องจากได้ทดลองสร้างใบพัดเองในโรงฝึกงาน แต่ขาดความชำนาญในการสร้างใบพัดที่ได้ไม่สามารถใช้งานได้เพราะขาดการถ่วงดุลย์ มีความสั่นสะเทือน เมื่อหมุนที่ความเร็วรอบสูง จึงใช้ใบพัดสำเร็จรูปที่ประกอบขึ้นจากผลิตภัณฑ์ทั่วไปในท้องตลาดเป็นชุดใบพัดสำเร็จรูปที่มีมุมใบพัดพร้อมที่จะนำมาประกอบกับเพลลาและมีใบพัดอยู่ 6 กีบ ซึ่งลักษณะของใบพัดแสดงได้ดังรูปที่ 2.14 และรูปที่ 2.15 ลำดับต่อไปนี้เป็นการสร้างส่วนประกอบอื่นเพื่อติดเข้ากับใบพัด

ก. สร้างเพลลาด้วยเหล็กเพลลาขาวขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตร ตามแบบแสดงในรูปที่ 2.16

ข. ประกอบแบริ่งก่อนเข้ากับเพลลา ยังไม่ถอดน็อตยึดเพลลาเข้ากับของแบริ่ง

ค. ประกอบชุดใบพัดสำเร็จรูปเข้ากับปลายหนึ่งให้เรียบร้อย เช็ดให้วงใบพัดอยู่ในระนาบที่ตั้งฉากกับเพลลาให้ดีที่สุด

ง. ประกอบพูลเลย์เข้ากับอีกปลายให้เรียบร้อย

จ. นำเอาชุดใบพัดพร้อมเพลลา พูเลย์ และแบร์ริง ตามรูปที่ 2.16 ไปประกอบเข้ากับโครงรับตัวพัดลม ตามรูปที่ 2.13 หมุนแบร์ริงด้วยแผ่นรอง (shim plate) เท่าที่จำเป็น ขยับให้วงใบพัดอยู่ในกรอบใบพัดพอดีแล้วถอดสลักเกลียวยึดแบร์ริง เข้ากับแท่น ขยับเพลลาให้วงใบพัดอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม แล้วกวดน็อตยึดเพลลาให้ติดกับ inner ring

2.3 การประกอบและติดตั้ง

เมื่อสร้างส่วนต่าง ๆ ที่จะประกอบเป็นอุโมงค์ลม ตามที่ได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อ 2.2 ลำดับต่อมา ก็จะเป็นการเอามาประกอบติดตั้ง ได้พิจารณาสถานที่ที่จะติดตั้งโดยใช้ห้องปฏิบัติการแมคคาณิกส์ของตึกแมคคาณิกส์ เนื่องจากมีความเหมาะสม คือมีพื้นที่ห้องเรียบแข็งแรง มีบานประตูเลื่อนที่เปิดออกสู่ภายนอกอาคารที่กว้างพอทั้งขนาดห้องอบบรรจุตัวอุโมงค์ลมทั้งระบบได้ และอยู่ในระดับใกล้เคียงดินสะดวกในการเคลื่อนย้ายชิ้นส่วนต่าง ๆ จากโรงฝึกงานมาติดตั้ง

การติดตั้งจะลำดับก่อนหลังได้ดังนี้

ก. เริ่มแรกเอาล้วน Testing section เข้าไปติดตั้งก่อนโดยพิจารณาเป็นพื้นที่ให้พอสำหรับส่วนประกอบอื่น ๆ กล่าวคือ ด้านรับลมเข้าจะอยู่ในห้องปฏิบัติการ ส่วนด้านลมออกจะหันออกนอกอาคารค่าทางด้านบานประตูเลื่อน ตรงขาของ Testing section กับที่ โดยใส่สลักเกลียวและขลุคคอนกรีต

ข. ยกส่วน Supporting frame ที่มี Developing tunnel ประกอบด้วย แล้วนั้น เข้าติดตั้งกับส่วนทางออกของ Testing section ซึ่งหน้าแปลนจะประกบเข้ากันพอดี โดยหน้าแปลนของ frame ของ Developing tunnel จะขยับอยู่บน Supporting bracket ที่เชื่อมไว้กับขาของ Testing section ทั้งนี้ก่อนยกหน้าแปลนเข้าประกบกันได้ ทาพุดตีกันรื้อไว้แล้ว จากนั้นยึดหน้าแปลนทั้งสอง เข้าด้วยสลักเกลียว โดยรอบ เมื่อเรียบร้อยแล้ว เจาะฐานตรึงด้วยสลักเกลียวและขลุคคอนกรีต ติดลวดทรงไก่ขนาดตาราง 1 x 1 ตารางเซ็นต์เมตร ขวางทางลมตรงแนวต่อระหว่าง Testing section และ Developing Tunnel เพื่อใช้เป็น Catch wire กันสิ่งของที่หลุดไปทำอันตรายให้แก่พัดลม

ค. นำส่วนโครงสร้างรองรับพัดลมมาติดตั้ง โดยวางกับพื้นแล้วขยับตำแหน่งให้กรอบพัดลมไม่ชนกับปลายออกของ Developing tunnel ให้อยู่ห่างกันประมาณ 5 - 10 เซนติเมตร เมื่อได้ที่แล้ว เจาะพื้นฐานของโครงสร้างส่วนนั้น เข้ากับพื้นโดยใส่สลักเกลียวและขลุคคอนกรีต จากนั้น ตัดยางแผ่นขนาดหน้า 3 มิลลิเมตร ให้มีหน้ากว้าง 20 เซนติเมตร มาติดเชื่อม

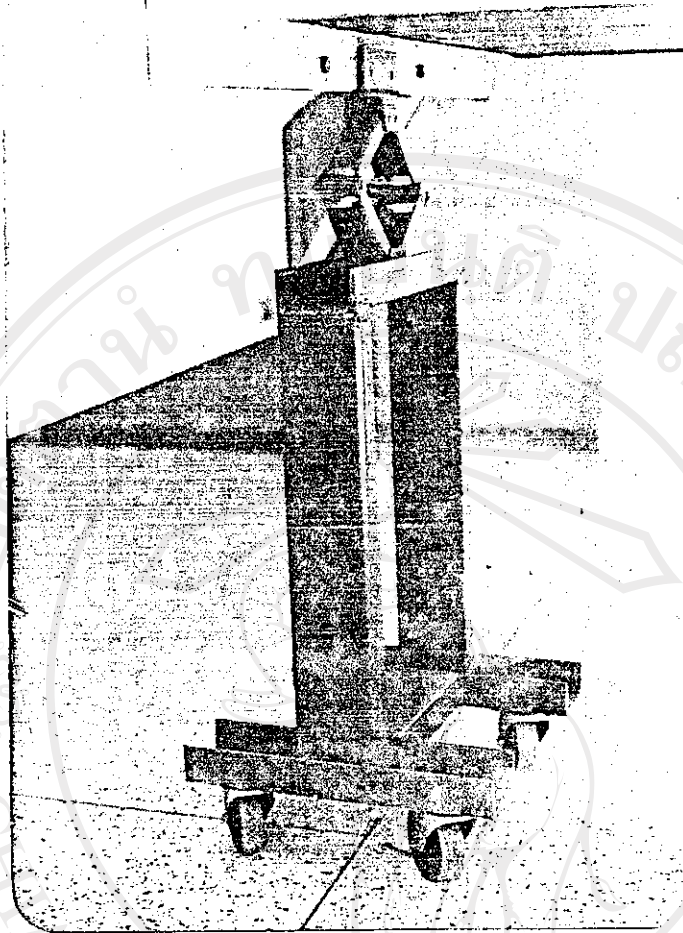
ด้วยยาง โดยรอบเป็นรอยต่อระหว่างท่อออกของ Developing tunnel กับกงรอบใบพัดแผ่น ยางที่ติดจะช่วยป้องกันการสั่นสะเทือนจากการทำงานของพัดลมไม่ให้ไปที่ Working section และแผ่นยางนี้จะทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้ลมรั่วจากข้างนอกอุโมงค์ลมผ่านรอยต่อระหว่างกงรอบ พัดลมกับท่อออกของ

จ. ประกอบตะแกรง (gauze) เข้ากับปากทางเข้าของ Setting section โดยให้อยู่ภายในไม้ลำออกจากกระดานของหน้าแปลน จากนั้นติดพุดติดกันรั้วที่หน้าแปลน นำเอา ปากทางเข้า (Mouth) มาประกอบให้หน้าแปลนชนกันแล้วยึดด้วยสลักเกลียวโดยรอบ ทำการยก ทั้งชุดซึ่งมีปากทางเข้าและ Setting section นี้ เข้าประกอบกับสลักบานพับที่ติดเตรียมไว้แล้ว ที่หน้าแปลนทางเข้าของ Working section หน้าแปลนส่วนนี้จะให้เปิดปิดได้ เพื่อสะดวกใน การที่จะใช้งานในการปรับแต่งลักษณะการไหลของลมในส่วน Working section ต่อไป ดังนั้น เพื่อป้องกันการรั่วของลมที่จะไหลเข้าระหว่างรอยต่อของหน้าแปลนจึงจะติดปะเก็นทำด้วยแผ่นยางหนา 3 มิลลิเมตร โดยรอบโดยใช้กาวยางช่วยในการยึด เมื่ออยู่ในตำแหน่งปิดจะใช้ C-clamp หนีบหน้าแปลนไว้ให้แน่นไม่ให้แยกออกจากกัน

ฉ. ทำการประกอบชุดพัดลมแบบรีંગ เข้าที่ปรับให้เรียบร้อย จากนั้นใช้มอเตอร์ที่มี พูเลย์ติดอยู่ด้วย ติดตั้งบนแท่นทดสอบ ตรวจสอบให้ระนาบการหมุนของพูเลย์สายพานที่ติดกับมอเตอร์ และที่ติดกับเพลาใบพัดให้อยู่ในระนาบเดียวกัน ทำการติดตั้งสายพานและตัวเร่งสายพานให้ตั้งปรับ สายพานให้ตั้งพอดี ทำการถอดน็อตฐานมอเตอร์ และน็อตยึดตัวเร่งสายพานให้เรียบร้อย

ช. ทำการตกแต่งชั้นสุดท้ายใน เรื่องของผิวโดยทาสีน้ำมันภายในของอุโมงค์ลมให้ เรียบร้อย เพราะความเรียบมันของผิวมีผลต่อลักษณะการไหลของลมได้ ทำการเชื่อมต่อสายไฟ เข้ามอเตอร์ให้เรียบร้อย

ซ. เนื่องจากความหนักของปากทางเข้าและ Setting section อาจจะทำให้ เกิดการล้าที่สุดหนุมนของบานพับเปิดปิดระหว่าง Setting section และ Working section จึงพิจารณาติดชุดรับน้ำหนักนี้โดยใช้เป็นชุดพวงล้อแบบมี castor 4 ล้อ พร้อมกับมีแม่แรงยก แบบใช้เกลียว ประกอบรองรับน้ำหนัก โดยติดที่ส่วนต่อระหว่างปากทางเข้ากับ Setting section ชุดล้อน้ำหนักทำให้การปิดเปิดของส่วน Setting section กับ Working section ทำได้ง่ายและรวดเร็ว ซึ่งชุดรับน้ำหนักนี้จะหมุนไปบนพื้นห้องที่ใช้ติดตั้งอุโมงค์ลม รูป ที่ 2.19 แสดงภาพของชุดล้อน้ำหนักปากทางเข้าที่ติดตั้งแล้ว



รูปที่ 2.19 รูปชุดล้อรับน้ำหนักปากทางเข้าที่ติดตั้งแล้ว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

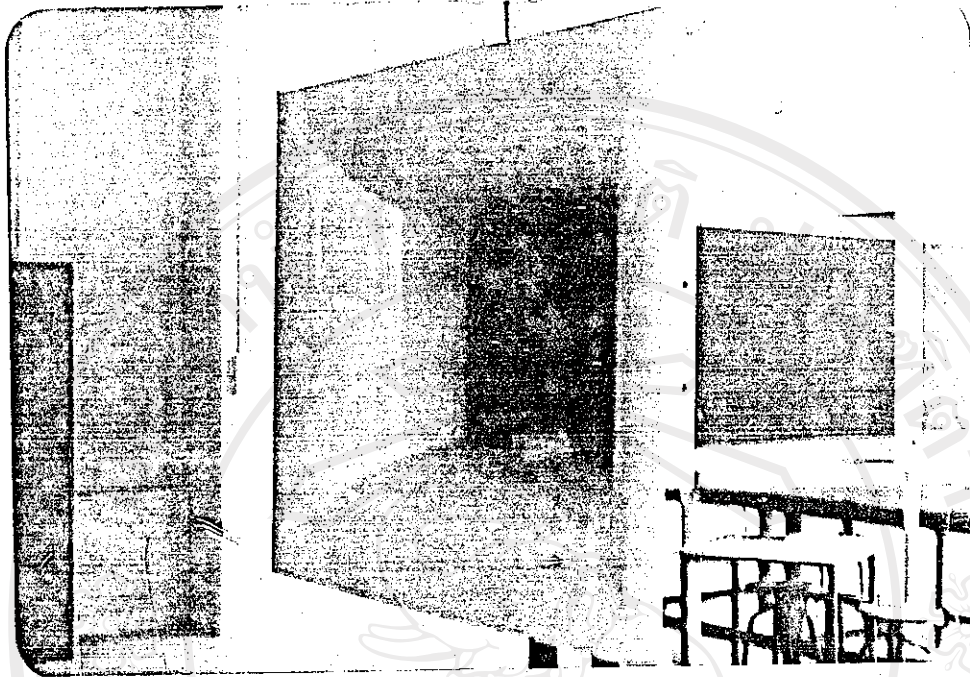
Copyright © by Chiang Mai University

All rights reserved

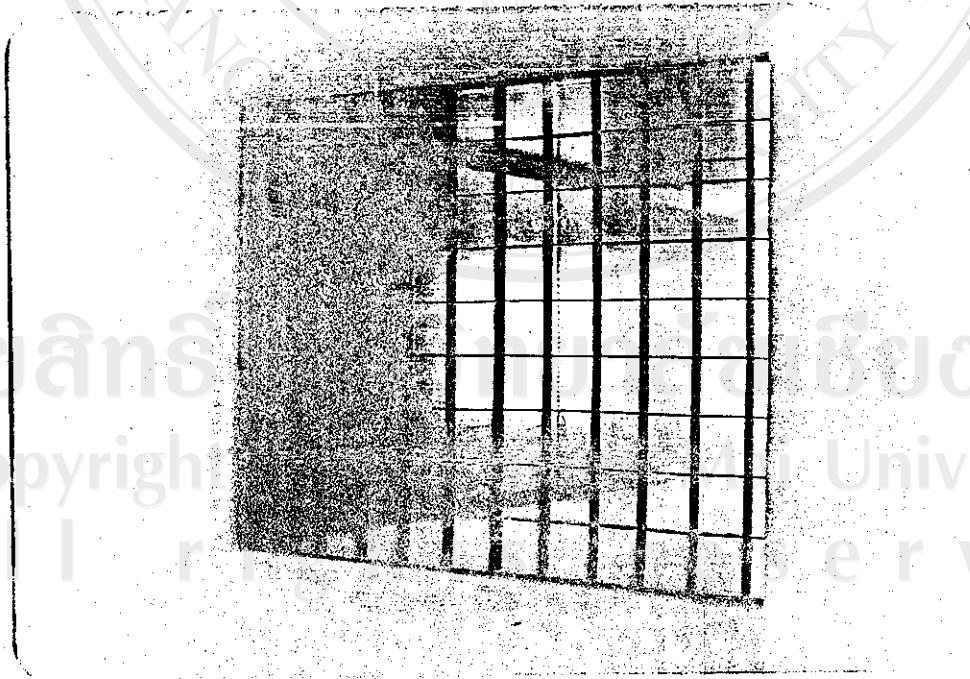
เมื่อถึงขั้นนี้แล้ว อุโมงค์ลมก็เสร็จพร้อมรอการทดสอบต่อไป

ในลำดับต่อไปนี้จะแสดงด้วยภาพถึงการติดตั้งและลักษณะส่วนประกอบต่างๆ ของ

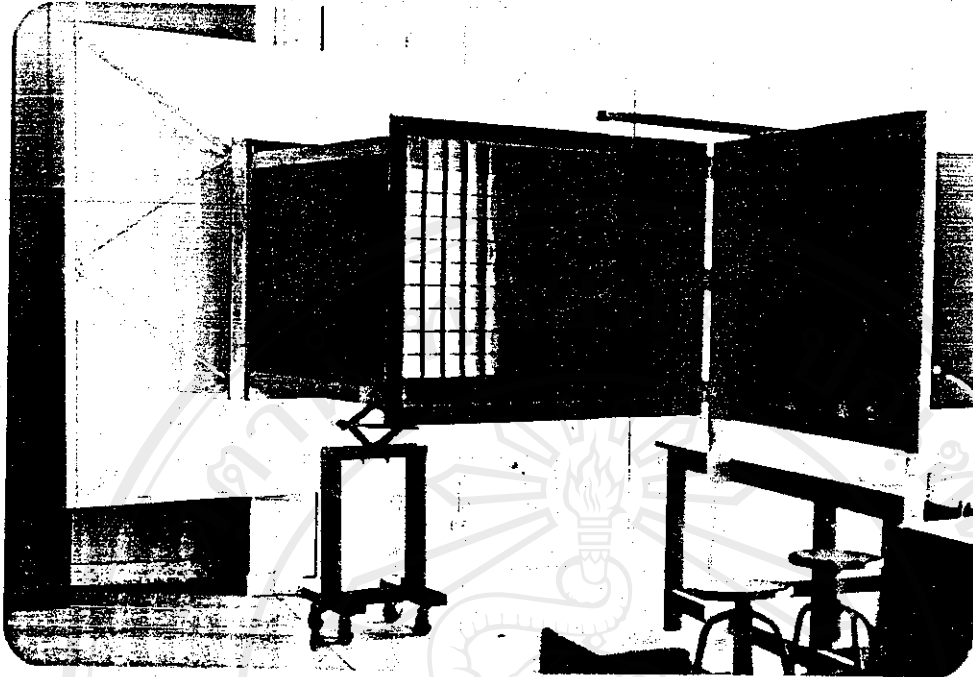
อุโมงค์ลมที่ได้ประกอบขึ้นมา



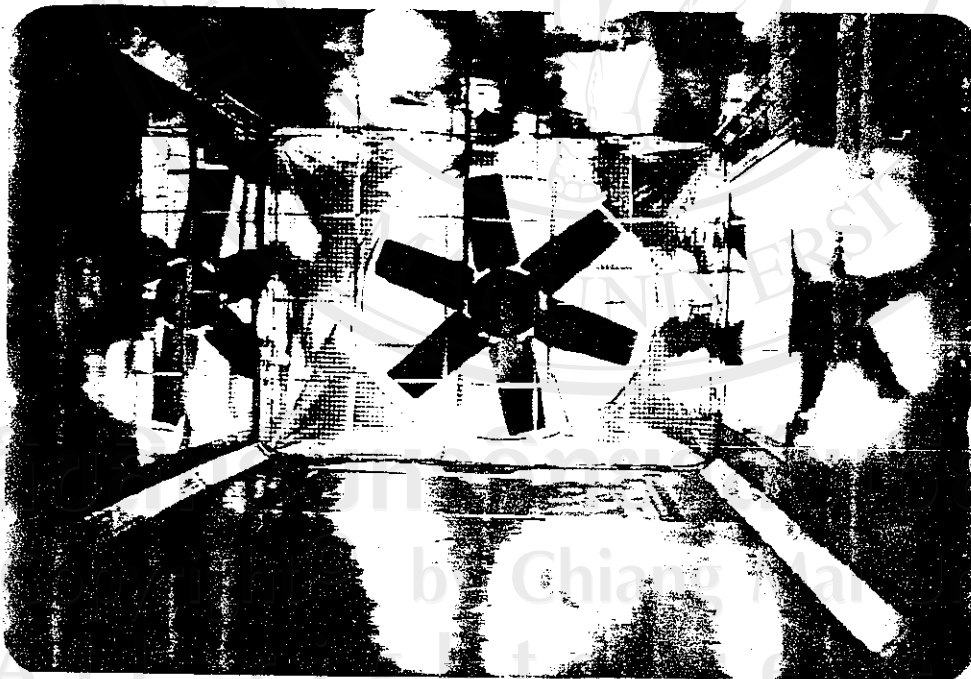
รูปที่ 2.20 แสดงลักษณะปากทางเข้าเมื่อประกอบกับอุโมงค์ลม



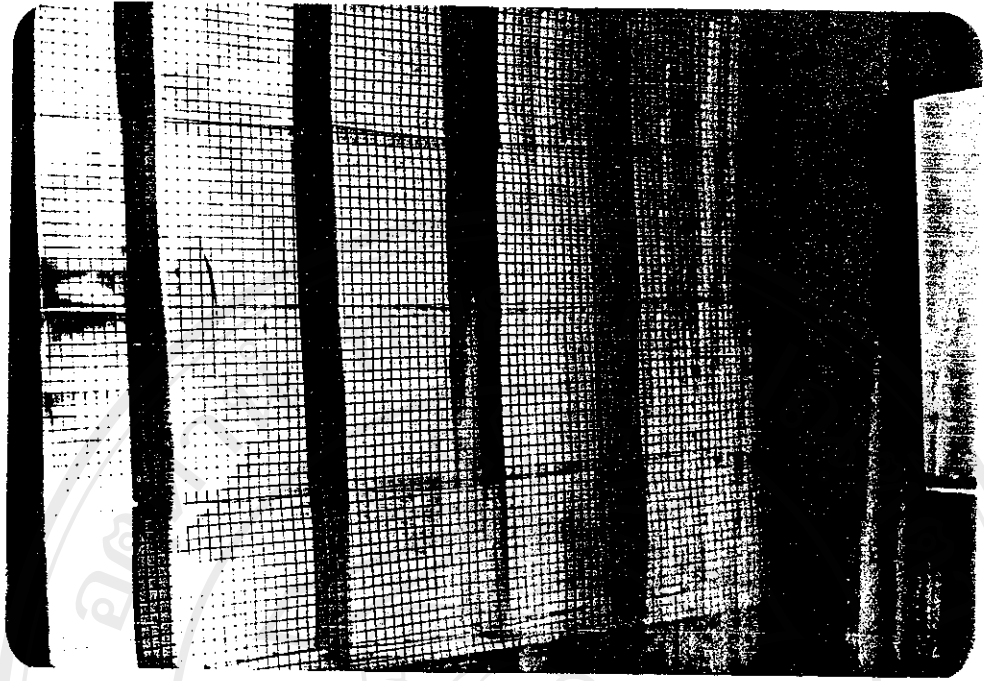
รูปที่ 2.21 แสดงการติดตั้งตะแกรงที่ปากทางเข้า



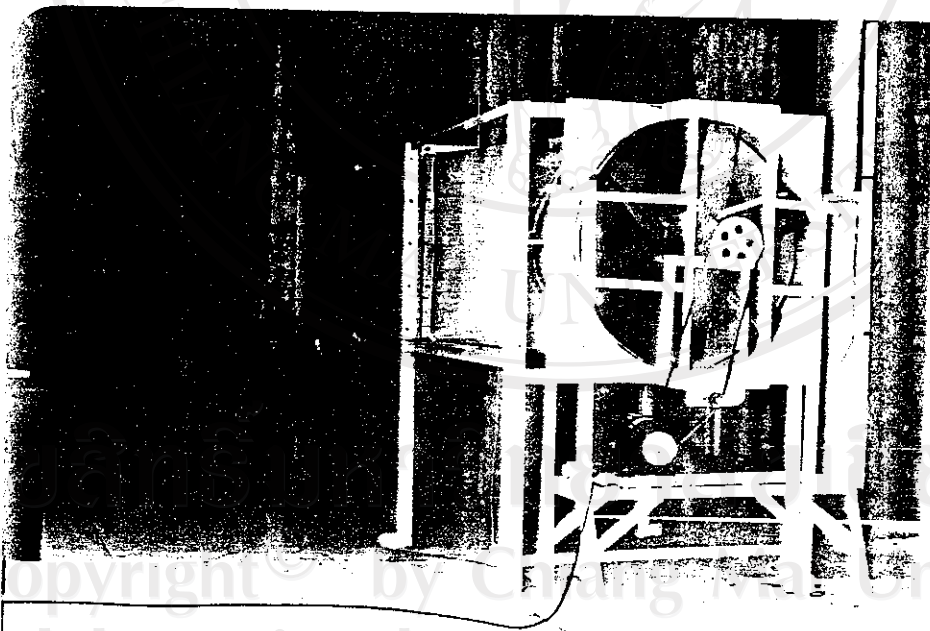
รูปที่ 2.22 แสดงลักษณะการเปิดปิดได้ของส่วนโครงสร้างปากทางเข้า Working section



รูปที่ 2.23 ลักษณะภายในมองจากปากทาง Working section แสดงให้เห็นการติดตั้งพัดลมและการเปลี่ยนภาคตัดของ Developing tunnel



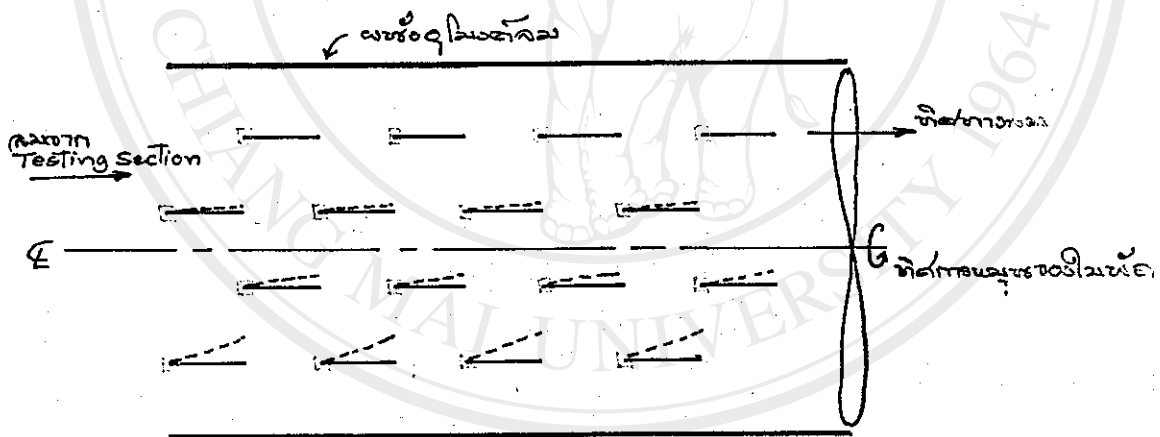
รูปที่ 2.24 แสดงการติดตั้ง Catch wire ต้นทางเข้าสู่จุดลม
ที่ตำแหน่งของ Developing tunnel เพื่อกัน
การเสียหายของพัดลม



รูปที่ 2.25 แสดงลักษณะของจูนิงค์ที่ประกอบด้วย
รอกการทดสอบโดยมองจากภายนอกอาคาร

ลิขสิทธิ์ของใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เพื่อที่จะตรวจสภาพการเหนียวทำให้หมุนควงของอากาศที่ไหลในช่วง Working section จะใช้วัสดุเส้นที่เบาซึ่งในที่สุดเส้นไหมเล็กมาติดตามพื้นภายในอุโมงค์ลมส่วน Working section โดยจะตัดไหมยาว 6 เซนติเมตร หลาย ๆ เส้น แต่ละเส้นเอามาแปะติดพื้ด้วยเทปที่ปลายด้านหนึ่งทางต้นลม ให้ปลายอีกด้านปลอยเป็นอิสระไปตามกระแสลม แนวทางของไหมจะติดยาวไปตามแนวเส้น Centre line ของอุโมงค์ลมซึ่งจะเป็นแนวของกระแสลมที่ต้องการให้เป็นตามทฤษฎี เมื่อมีกระแสลมเกิดขึ้นเพราะการทำงานของพัดลมแนวเส้นไหม จะเกิดเบี่ยงเบนบอกให้รู้แนวการไหลที่เป็นจริงเพราะอิทธิพลของการเหนียวทำให้พัดลม รูปที่ 3.2 แสดงการติดตั้งไหมบนพื้นในส่วน Testing section ซึ่งเส้นไหมแสดงแนวตาม Centre line ของอุโมงค์ลมซึ่งต้องการให้กระแสลมเป็นไปตามทฤษฎี ส่วนเส้นประแสดงปรากฏการเบี่ยงเบนของการไหลจริง เพราะอิทธิพลของการหมุนของพัดลม การไหลที่เกิดขึ้นแสดงด้วยการเบี่ยงเบนของเส้นไหม แสดงว่า เกิดการหมุนควงของกระแสลมในช่วง Testing section จริง



รูปที่ 3.2 แผนพื้นอุโมงค์ลมของ Testing section ติดด้วยไหม เพื่อสังเกตผลการหมุนควงของลม

การแก้ไข ทำการติดครีบกั้นการควงที่หลังลวดกรงไก่ (catch wire) ที่พัดลมโดยติดเป็นครีบทำจากเหล็กแผ่นหนา 1 มิลลิเมตร ซึ่งถ้าย้อนกลับไปได้ รูปที่ 2.24 จะเห็นการติดตั้งครีบกั้นควงดังกล่าวอยู่ด้วย เมื่อติดตั้งครีบกั้นควงแล้ว ก็ยังจะทดสอบโดยการงานจริงที่ความเร็ว

รอบใบพัดต่าง ๆ หากยังมีอาการเบี่ยงเบนของไหมอยู่ก็จะตัดแก้มของครีบกันควง ซึ่งก็เป็นวิธีการ Trial and error จนพบว่าไม่เกิดการเบี่ยงเบนของไหมที่เด่นชัด แสดงว่า การควงของอากาศในช่วง Testing section นั้นได้ถูกลดขนาดลงไปมากแล้ว และจะถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยจากการควงของอากาศในช่วงทดสอบนี้

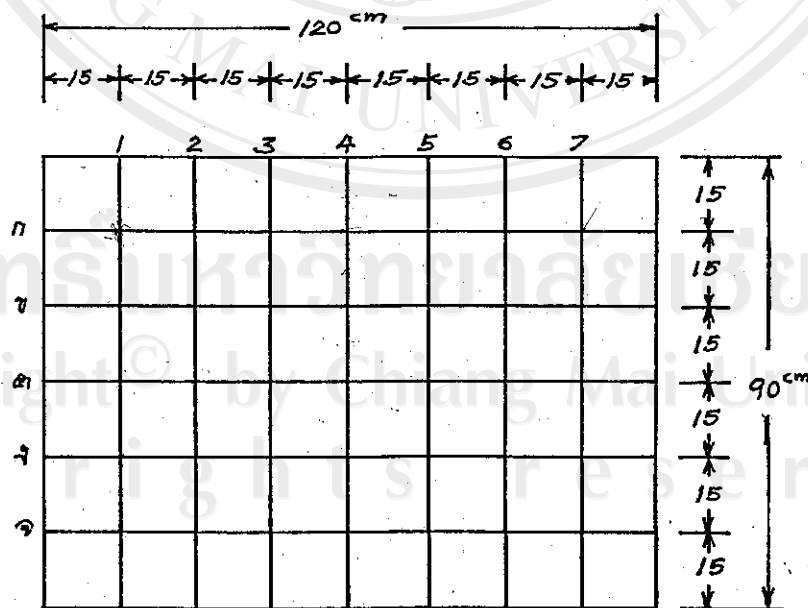
3.2 การทดสอบการแลกเปลี่ยนความเร็วใน Testing section

ในลำดับต่อไป หลังจากการแก้การควงของอากาศได้แล้ว ก็จะดำเนินการทดสอบในเรื่องของการแลกเปลี่ยนความเร็วใน Testing section

ในการทดสอบส่วนนี้ มีเป้าหมายเพียงเพื่อจะหาความเร็วลมที่พิกัดต่าง ๆ ในระนาบภาคตัดขวางอันเดียวกัน เพื่อจะดูว่าความเร็วใน Testing section นั้น มีความเท่ากันตลอดมากน้อยเพียงใด

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองจะใช้ Inclined manometer สำหรับวัดความเร็วลม โดยมีท่อปีโต-สแตติก ที่มีก้านยาวเป็นตัวรับสัญญาณผลต่างความดันที่ตำแหน่งต่าง ๆ ตามพิกัดมาโยนให้ Inclined manometer วิธีการทดลองจะกล่าวเป็นลำดับดังต่อไปนี้

เริ่มแรกจะพิจารณาแบ่งที่ภาคตัด A-A ตามรูปที่ 2.1 ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของ Working section (หรือ Testing section) ภายในของอุโมงค์ลม โดยภาคตัดดังกล่าวจะถูกละเอียดไว้เป็นดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แสดงภาคตัด A-A ของ Working section (จากรูปที่ 2.1) ซึ่งถูกแบ่งเป็นพิกัดต่าง ๆ

ดังนั้น ที่เพดานของอุโมงค์ลมตรงระนาบของภาคตัด A-A จะเจาะรูทะลุเพดาน
ขนาดรูกว้างพอที่จะลอดท่อปีโต-สแตติกเข้าไปได้ รูดังกล่าวจะเจาะที่ตำแหน่ง 1 ถึง 7 ตามรูป
ที่ 3.3 รูเหล่านี้เมื่อไม่ใช่สล็อตท่อปีโต-สแตติก จะอุดไว้ด้วยดินน้ำมันทางด้านนอกท่อปีโต-สแตติก
เมื่อลอดเข้าไปในรูใดรูหนึ่ง ก็จะสามารถขยับ ขึ้นลงให้ไปอยู่ในตำแหน่งพิกัดที่จะวัดตัวอย่างเช่น
ถ้าสล็อตที่หมายเลข 1 ก็จะขยับหัวท่อไปอยู่ที่ตำแหน่งพิกัด 1ก, 1ข, 1ค, 1ง และ 1จ ตามลำดับ
ขบวนการสล็อตเพื่อวัดก็จะทำเช่นนี้ต่อไปที่หมายเลขอื่น ๆ จนครบหมด ค่าความเร็วที่พิกัด
ต่าง ๆ ก็จะเป็นทึ่กไว้ ทำให้เห็นการแจกแจงความเร็วที่ต่างไปตามพิกัดต่าง ๆ ในอุโมงค์ลมตรง
Working section นั้นได้

การวัดความเร็วที่พิกัดต่าง ๆ แต่ละจุดนั้น จะปรับความเร็วรอบของพัดลมไว้ที่ค่า
คงที่ค่าหนึ่ง ซึ่งก็คือการทดลองวัดที่ค่าอัตราการไหลของมวลอากาศในอุโมงค์ลมที่ค่าหนึ่งนั้น
เอง

ความเร็วรอบของพัดลม จะตั้งไว้คงที่ใดที่ค่าใด ๆ ก็โดยการปรับที่มอเตอร์ขนาด
2.2 กิโลวัตต์ ซึ่งเป็นแบบปรับความเร็วรอบได้ และส่งกำลังไปหมุนพัดลมด้วยสายพานร่องวีและ
พูลเลย์

การทดลองได้กระทำอย่างต่อเนื่อง มีสภาพบรรยากาศโดยเฉลี่ยของห้องทดลองมี
ดังนี้

$$\text{อุณหภูมิบรรยากาศ} = 25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{ความดันบรรยากาศ} = 0.952 \text{ bars (95.2 kPa)}$$

และที่พิกัด 4ค จะเป็นแกนศูนย์กลางของอุโมงค์

ความเร็วที่วัดได้ที่พิกัดต่าง ๆ หนึ่งจะเป็น เมตร/วินาที ซึ่งผลการทดลองแต่ละครั้ง

จะมีคัมม่อออกมาดังลำดับต่อไปนี้

การทดลองครั้งที่ 1

$$\text{ความเร็วรอบพัดลม} = 160 \text{ RPM}$$

$$\text{Pressure loss ที่ Working section, } \Delta P = 1.0 \text{ Pa}$$

การทดลองครั้งที่ 4

ความเร็วรอบของพัดลม = 590 RPM

Pressure loss ที่ Working section, ΔP = 28.5 Pa

พิกัด	1	2	3	4	5	6	7
ก	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8
ข	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8
ค	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8
ง	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8
จ	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8

การทดลองครั้งที่ 5

ความเร็วรอบของพัดลม = 669 RPM

Pressure loss ที่ Working section, ΔP = 37.5 Pa

พิกัด	1	2	3	4	5	6	7
ก	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
ข	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
ค	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
ง	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
จ	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5

การทดลองครั้งที่ 6

ความเร็วรอบของพัดลม = 717 RPM

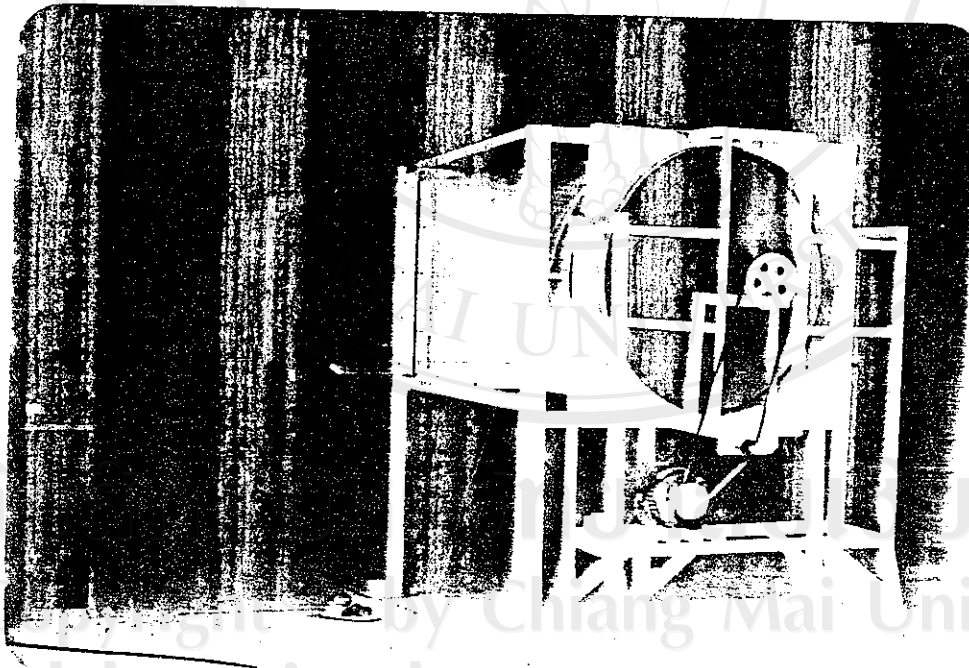
Pressure loss ที่ Working section, ΔP = 43.5 Pa

พิกัด	1	2	3	4	5	6	7
ก	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1
ข	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1
ค	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1
ง	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1
จ	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1

จากการทดลองทั้งหมด 6 ครั้งนั้น เป็นการทดลองต่อเนื่อง ซึ่งต้องใช้เวลานานเพราะแต่ละพิกัดที่จะวัดความเร็วนั้น ต้องให้หัวปีโต-สแตตครออยู่เป็นเวลานานไม่ต่ำกว่า 2 นาที ทั้งนี้เนื่องจากระบบ Inclined manometer ตรวจรับสัญญาณความดันได้ช้า และมีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ ดังนั้นค่าแต่ละพิกัดไม่ว่าการทดลองใด จะเป็นค่าโดยเฉลี่ยที่ผ่านออกมาได้ จะเห็นว่าที่การทดลองแต่ละครั้งนั้น การแจกแจงความเร็วมีค่าลุ่มๆ ลมอดตลอดหน้าตัด ยกเว้นระยะ 15 เซนติเมตร จากผนังไม่ได้ทำการวัด ซึ่งส่วนที่ติดชิดกับผนังดังกล่าวนี้จะมีการแจกแจงความเร็วที่เปลี่ยนแปลงมากเป็น Boundary layer ของการไหลชั้นขีดยาว

เท่าที่การทดลองวัดจะกล่าวได้ว่า พื้นที่หน้าตัดที่จะให้ความเร็วลมที่เท่ากันตลอดหน้าตัดนั้นจะมีขนาดประมาณ 60 x 90 เซนติเมตร ซึ่งจะเป็น Effective area ที่การทดลองแบบจำลองใด ๆ ควรจะติดตั้งอยู่ในย่านนี้ กล่าวคือ ควรจะอยู่ห่างจากผนังไม่ว่าด้านใดของอุโมงค์ลมไม่น้อยกว่า 15 เซนติเมตร

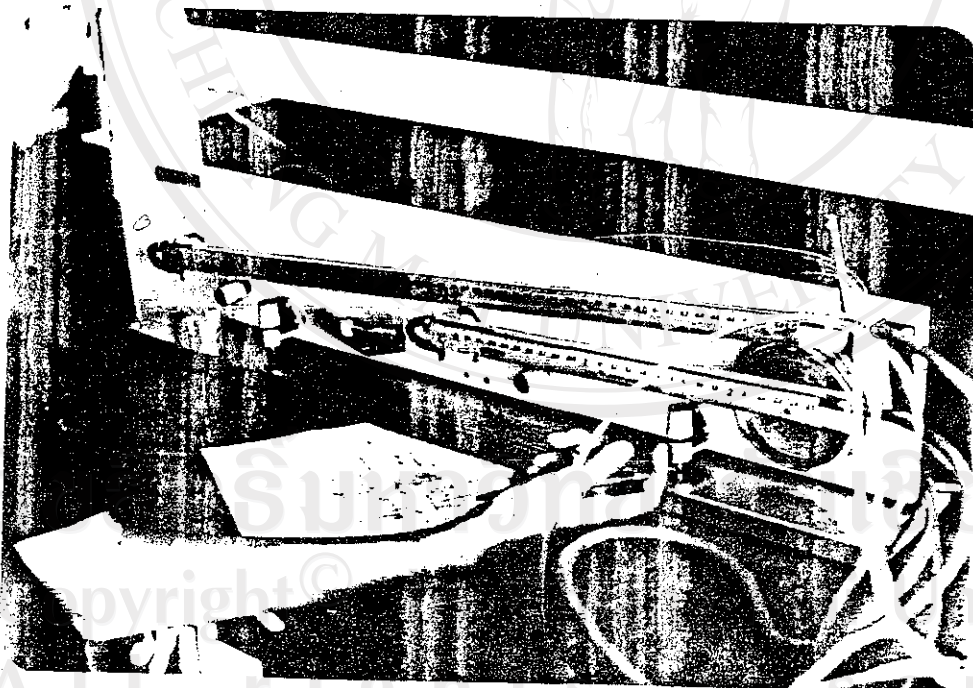
การทดลองได้กระทำถึงครั้งที่ 6 ที่ความเร็วรอบสูงสุดของพัดลม 717 RPM เพราะกำลังในการขับเคลื่อนของมอเตอร์ไม่พอที่จะทำได้ดีกว่านี้ รูปที่ 3.4 ถึงรูป 3.6 แสดงการดำเนินการทดลองหาความเร็วลมของอุโมงค์ลม



รูปที่ 3.4 อุโมงค์ลมขณะทำการทดลอง



รูปที่ 3.5 การวัดความเร็วที่กีดต่าง ๆ ขณะทดลอง



รูปที่ 3.6 Inclined manometer ที่ใช้ในการทดลอง

3.3 การประเมินผลการทดลอง

จากข้อมูลที่ได้จากการทดลองที่ความเร็วรอบใบพัดต่าง ๆ จะนำมาประเมินผลการทดลองได้ ดังนี้

ถ้าให้ ρ = ความหนาแน่นของบรรยากาศใน Working section, $\frac{kg}{m^3}$

A = พื้นที่หน้าตัดของ Working section, m^2
 $= 0.9 \times 1.2 \quad m^2$

V = ความเร็วลมเฉลี่ยที่ Working section, $\frac{m}{s}$

ดังนั้น อัตราการไหลของมวล \dot{m} ที่ผ่าน Working section จะเป็น

$$\dot{m} = \rho AV \quad kg/s \quad (3.1)$$

อัตราการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์ของมวลอากาศ \dot{m} พิจารณาที่ Working section ให้เป็น P_a จะได้เป็น

$$P_a = \frac{1}{2} \dot{m} V^2 \quad (3.2)$$

แทนค่า \dot{m} จากสมการ (3.1) ลงในสมการ (3.2) จะได้

$$P_a = \frac{1}{2} \rho AV^3 \quad Watt \quad (3.3)$$

ซึ่งค่า P_a เป็นกำลังที่เป็นประโยชน์ เกิดการขับเคลื่อนมวลอากาศให้ไหลใน Working section ในอัตรา \dot{m} kg/s ด้วยความเร็ว V m/s ถ้าให้ P_s เป็นกำลังที่ต้องป้อนให้แก่พัดลมที่เพลาลแล้ว ก็จะได้ค่าประสิทธิภาพกำลังพัดลม (Fan power efficiency, η_f) เป็น

$$\eta_f = \frac{P_a}{P_s} \times 100 \quad percent \quad (3.4)$$

$$\text{หรือ } P_s = \eta_f P_a \quad (3.5)$$

เนื่องจากประสิทธิภาพกำลังพัดลม η_f ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายอย่างเช่นลักษณะกลีบใบพัด ความเร็วรอบ, Tip losses ฯลฯ ซึ่งต้องการการทดลองพิเศษเฉพาะอย่างในการจะหา η_f ได้ ในที่นี้จะละไว้ไม่พิจารณา ค่า η_f จะน้อยกว่า 100% เสมอและพัดลมแบบทั่วไปที่ออกแบบมาไม่ถูกต้องตามหลักอากาศพลศาสตร์ อาจจะมีค่า $\eta_f < 50\%$ ทั้งค่า η_f จะแปรเปลี่ยนไปตามความเร็วสัมพันธ์ของลมที่เข้าสู่วงใบพัด และความเร็วรอบของพัดลมด้วย

ในที่มีค่าที่นำล้นใจ คือ กำลังที่เป็นประโยชน์ P_a ที่ทำให้เกิดการขับเคลื่อนอากาศ
ใน Working section เพราะจะเป็นตัวบ่งชี้ถึงขีดความสามารถของอุโมงค์ลมนี้ต่อไปได้

ถ้าสมมุติว่า อากาศเป็น perfect gas แล้วพบว่ามีค่า molecular weight
= 28.97

ดังนั้น gas constant, $R = \frac{8314.3}{28.97} = 287 \text{ N.m/kg.K}$

ทราบแล้วว่าสำหรับ perfect gas ใด ๆ $\rho = \frac{P}{RT}$

ถ้าให้ P เป็นความดันในอุโมงค์ลมของ Working section จะได้ว่าที่ความเร็วลมในการ
ทำงานใด $P = 95,200 - \Delta P \text{ N/m}^2 \quad (3.6)$

และ $T = 25 + 273 = 298 \text{ K}$

ดังนั้น $\rho = \frac{95,200 - \Delta P}{287 \times 298} \text{ kg/m}^3 \quad (3.7)$

ผลของข้อมูลที่ได้จากการวัดและการคำนวณจะแสดงได้ ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1

ข้อมูลที่ได้จากการวัดและการคำนวณประสิทธิภาพอุโมงค์ลม

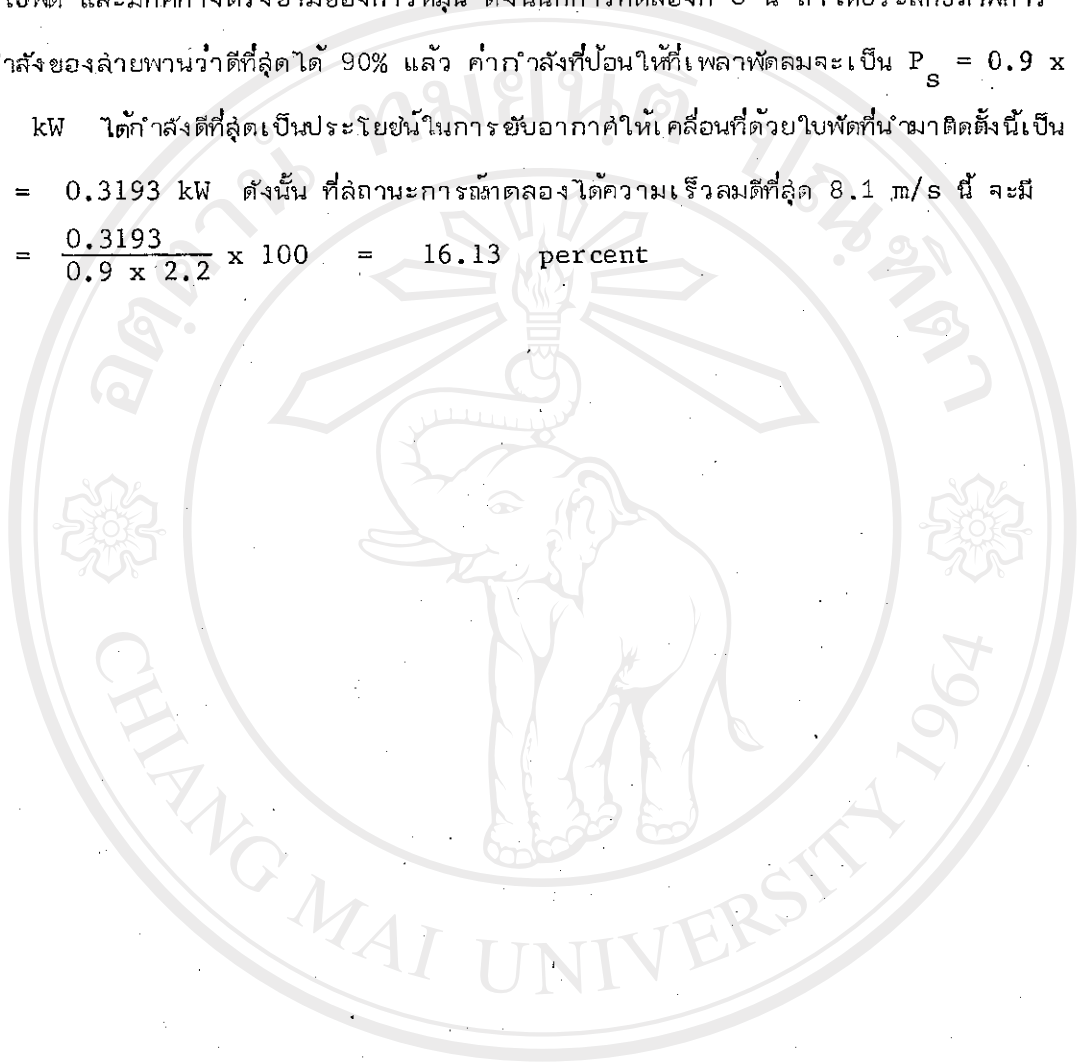
ข้อมูลจากการทดลอง				ข้อมูลจากการคำนวณ	
(1) การทดลอง ครั้งที่	(2) RPM ของพัดลม	(3) ΔP (N/m^2)	(4) V (m/s)	(5) ρ (kg/m^3)	(6) P_a (kW)
1	160	1.0	1.3	1.1131	0.0013
2	285 ✓	6.0	3.2 ✓	1.1130	0.0197
3	489 ✓	21.0	5.7 ✓	1.1129	0.1113
4	590 ✓	28.5	6.8 ✓	1.1128	0.1889
5	669	37.5	7.5	1.1127	0.2535
6	717	43.5	8.1	1.1126	0.3193

ในการทดลองครั้งที่ 6 นั้น เป็นการเร่งรอบให้มอเตอร์ได้สูงที่สุดที่จะทำได้ ทำให้ได้
รอบของใบพัดสูงที่สุดที่เพียงที่ 717 RPM ซึ่งหมายถึงว่ากำลังสูงที่สุดที่มอเตอร์ทำได้ถูกนำไปใช้
เต็มที่แล้วในการเอาชนะแรงต้านต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นต่อพัดลม ที่ความเร็วรอบพัดลมสูงที่สุดที่ทำได้

การหมุนของใบพัดจะมีกำลังต้านที่เกิดจากแรงต้าน (Drag) กระทำต่อใบพัดในระนาบการหมุนของใบพัด และมีทิศทางตรงข้ามของการหมุน ดังนั้นการทดลองที่ 6 นี้ ถ้าให้ประสิทธิภาพการส่งกำลังของสายพานว่าดีที่่สุดได้ 90% แล้ว ค่ากำลังที่ป้อนให้เพลาพัดลมจะเป็น $P_s = 0.9 \times 2.2 \text{ kW}$ ได้กำลังที่่สุดเป็นประโยชน์ในการขับอากาศให้เคลื่อนที่ด้วยใบพัดที่่่นำมาติดตั้งนี้ เป็น

$P_a = 0.3193 \text{ kW}$ ดังนั้น ที่่ล่ถานะการล่ดล่องได้ความเร็วลมที่่ล่สุด 8.1 m/s นี้ จะมี

$$\eta_f = \frac{0.3193}{0.9 \times 2.2} \times 100 = 16.13 \text{ percent}$$



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บทที่ 4

บทสรุปและ ข้อเสนอแนะ

วัตถุประสงค์เบื้องต้นแรกของการสร้างอุโมงค์ลมความเร็วต่ำ ก็จะเป็นการทดลองสร้างโดยใช้วัสดุที่ทำได้ทั่วไปในห้องทดลองและมีแบบการสร้างที่ง่ายที่สุดไม่ลึกลับซับซ้อนเกินไป อุโมงค์ลมที่ได้สร้างขึ้นมานี้ยังพบว่า ไม่ยุ่งยากในการปรับปรุงแก้ไข และผลการทดลองก็ได้ผลเป็นที่พอใจ ซึ่งจากการทดลองที่ได้กระทำมา มีผลการศึกษาและข้อเสนอแนะที่จะสรุปได้ดังนี้

อุโมงค์ลมที่ได้สร้างขึ้นมา แม้จะใช้ตัวใบพัดเป็นแบบที่สร้างขึ้นโดยทั่วไปผลิตขายในห้องทดลอง แต่ก็ให้ผลของการไหลของลมที่ดีกล่าวคือมีการแจกแจงความเร็วลมสม่ำเสมอ ตลอดภาคตัดของการทดลองไม่ว่าที่ความเร็วที่ตั้งไว้ที่ค่าใด อย่างไรก็ตามภาคตัดที่จะใช้จริงยังมีข้อที่พึงจะต้องเข้าใจอยู่ว่าเป็นขนาดที่นับเฉพาะเขตที่หัวท่อปีโต-สแตติกอยู่ห่างจากผนังท่อตรงส่วน Working section นั้น โดยใกล้ที่สุดแล้วเป็น 15 เซนติเมตร ซึ่งความจริงในส่วนชั้นยึดผิวของผนังนับแต่ตำแหน่งผิวท่อจนถึงความสูง 15 เซนติเมตร จากผิวท่อนั้นจะมีลักษณะการไหลชั้นยึดผิว (Boundary layer) ซึ่งจะมีกระส่วนการไหล (velocity profile) ที่มีความเร็วเปลี่ยนแปลงเทียบกับความสูงจากผิวขึ้นมาเป็นลำดับในส่วนนี้มิได้ทำการทดลองวัด ทั้งนี้เพราะขีดจำกัดของเครื่องมือวัดความเร็วคือ Inclined manometer และท่อปีโต-สแตติกซึ่งให้ความละเอียดในการวัดไม่เพียงพอโดยเฉพาะอย่างยิ่งในการหา velocity profile อย่างไรก็ตามในการใช้เครื่องมือวัดความเร็วดังกล่าวสำหรับการหาการแจกแจงความเร็วในภาคตัดของ Working section เฉพาะส่วนที่จะใช้งานจริง (effective working section) คือ 60×90 ตารางเซนติเมตร นั้นก็นับว่าเพียงพอเพราะเป็นการหาความเร็วเฉลี่ยค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือวัดความเร็วนี้ยังอาจมีความผิดพลาดอยู่บ้าง เพราะเป็นการอ่านค่าด้วยสายตาจากหลอดแก้วซึ่งบรรจุของเหลว เครื่องมือวัดความเร็วนี้ยังมีการตอบสนองช้าต่อสัญญาณความดันที่รับจากท่อปีโต-สแตติก ดังนั้นขบวนการวัดจึงต้องใช้เวลาเป็นอย่างมาก ซึ่งแต่ละจุดพิกัดต้องปล่อยให้ของเหลวค่อย ๆ ปรับระดับในหลอดแก้วอย่างช้า ๆ จนถึงสมดุลย์ซึ่งพบว่าใช้เวลาประมาณ 2 นาทีจึงจะสามารถอ่านค่าออกมาได้ ดังนั้นพบว่าในการทดลองแต่ละครั้งซึ่งมี 35 จุดพิกัด จะต้องใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง

อย่างไรก็ตามเครื่องมือวัดความเร็วที่ใช้ก็เป็นแบบที่จัดหาได้ง่ายราคาถูกและให้ความละเอียดของค่าที่อ่านได้สำหรับงานทั่วไป นอกจากงานละเอียดเช่น การหากระส่วนการไหลที่บริเวณ

ชั้นขีดผิวซึ่งกรณีนี้ควรที่จะใช้เครื่องมือที่ละเอียดกว่านี้เช่น ใช้ Hot wire anemometer เป็นต้น

เนื่องจากมอเตอร์ที่ใช้ในการขับเคลื่อนซึ่งแบบปรับความเร็วรอบได้มีขนาดกำลังที่จำกัดคือ 2.2 กิโลวัตต์เท่านั้น ประกอบกับนำมาใช้ขับเคลื่อนใบพัดขนาดใหญ่ซึ่งมีการออกแบบไม่ได้ถูกต้องทางอากาศพลศาสตร์ จึงทำให้สามารถทำงานที่สภาวะใช้งานสูงสุดได้ความเร็วลมใน Working section สูงสุดเพียง 8.1 เมตร/วินาที เท่านั้น และยังพบว่าที่สถานะการดำเนินงานนี้จะมีประสิทธิภาพในการใช้กำลังให้เป็นประโยชน์ในการขับเคลื่อนอากาศเพียง 16.13 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งการที่จะปรับปรุงประสิทธิภาพของใบพัดที่ใช้อยู่นี้ให้ดีกว่านี้ ก็เป็นไปได้ยากเพราะใบพัดแบบนี้เป็นแบบ fixed pitch และตัวใบพัดก็มีลักษณะเป็นคล้ายแผ่นเรียบทำมุมปะทะอันหนึ่งกับกระแสลมลัพธ์ (effective angle of attack) กลับใบพัดแบบนี้จะมีแรงต้าน (drag) ซึ่งส่วนทางกับแนวทิศการหมุนของใบพัดที่มาก จึงเกิดการต้องการกำลังขับเคลื่อนสูง นอกจากนี้อีกประการหนึ่งก็คือเมื่อความเร็วรอบสูงขึ้นมาเรื่อยๆ มุมปะทะลัพธ์ของกระแสลมทำกับกลับใบพัดก็สูงขึ้นมาจนเกิดการร่วงหล่น (stall) ของใบพัดเกิดแรงต้านขึ้นอย่างมากและเกิดการสูญเสียความสามารถในการดูดลมลงไปในที่สุด

ในที่นี้สิ่งใคร่จะเสนอแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพของอุโมงค์ลมในแง่การเพิ่มขีดความสามารถที่จะให้ได้ความเร็วลมสูงขึ้นดังนี้ เป็น 2 กรณีว่า

1. โดยยังใช้ใบพัดเดิมนี้อยู่ แต่เพิ่มกำลังขับเคลื่อนให้ใหญ่ขึ้น ซึ่งมีความเป็นไปได้แต่ขีดจำกัดซึ่งก็คือว่าอาจจะทำให้มุมปะทะลัพธ์เพิ่มขึ้นเกินไปจนเกิดการร่วงหล่นซึ่งวิธีการนี้ก็จะเป็นวิธีการที่จะเพิ่มความเร็วลมได้บ้างแต่ก็จำกัด อีกทั้งสิ้นเปลืองกำลังที่จะต้องใช้เป็นอย่างมาก แม้ว่าวิธีการนี้จะง่ายในการปรับปรุงแต่ประสิทธิภาพใบพัดจะต่ำ

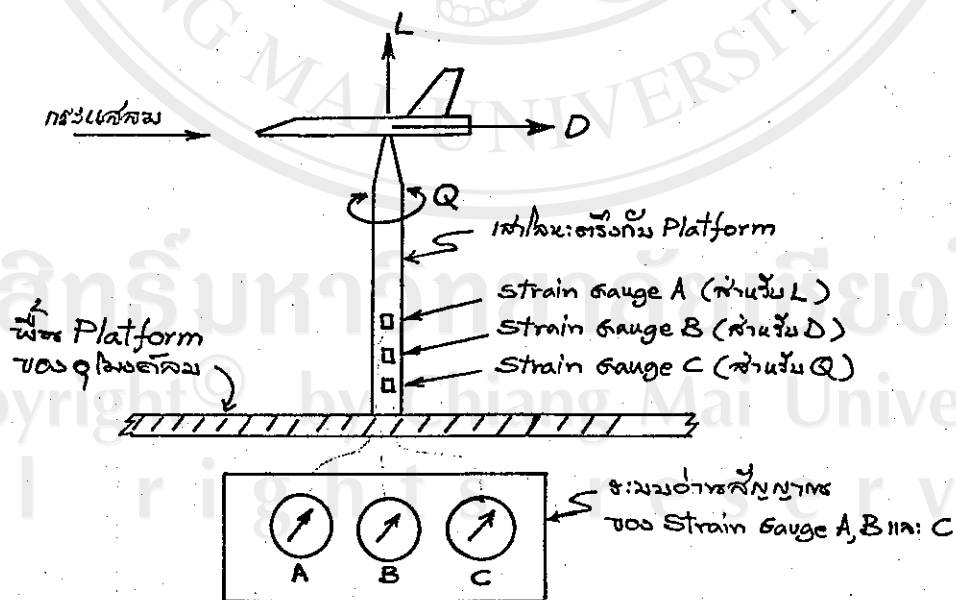
2. โดยการออกแบบกลับใบพัดใหม่ให้มีภาคตัดเป็นรูปเพนอากาศและสร้างกลไกให้สามารถปรับมุมปัด (pitch) ได้เพื่อให้ได้มุมปะทะลัพธ์ที่ดีที่สุด วิธีการนี้จะราคาแพง ต้องการความละเอียดและมีฝีมือในการสร้าง ความเร็วลมจะได้ดีขึ้นมากและยังได้ใบพัดที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นมากอีกด้วย การเลือกใช้ภาคตัดแผ่นอากาศที่เหมาะสมในการเอามาขึ้นรูปเป็นกลับใบพัดจะทำให้เกิดแรงต้านตามแนวส่วนทางกับทิศทาง การหมุนของใบพัดที่น้อย

อย่างไรก็ดีอุโมงค์ลมที่ได้ประสบความสำเร็จในการสร้างขึ้นมาโดยใช้ใบพัดแบบนี้ไปที่ติดตั้งนี้ก็เพียงพอสำหรับการทดลองที่ความเร็วไม่สูงมากนัก ซึ่งประโยชน์ของอุโมงค์ลมที่สร้างขึ้นมานี้สามารถใช้เป็นแทนทดลองที่สำคัญในงานทดลองต่าง ๆ ต่อไป ที่ต้องการการไหลของอากาศ

ความเร็วต่ำ เช่น การศึกษาถึงแรงต่าง ๆ ต่อวัตถุรูปทรงต่าง ๆ อันได้แก่ แรงยกแรงต้านและแรงบิดเป็นต้น นอกจากนี้ เนื่องจากเป็นอุโมงค์แบบเปิดยังจะสามารถใช้กับงานทดลองด้านอื่น ๆ เช่น การศึกษารูปแบบของการฉีดน้ำในสภาพที่มีลมหรือใช้เครื่องกำเนิดควันศึกษาถึงรูปแบบการไหลของลมผ่านเทวดุ ทั้งนี้เพราะอากาศที่มีควันหรือน้ำลมนั้นจะถูกพ่นทั่วไป ซึ่งนับว่าเป็นส่วนได้เปรียบของอุโมงค์ลมแบบเปิดที่เหนือกว่าอุโมงค์ลมแบบปิด ดังนี้เป็นต้น

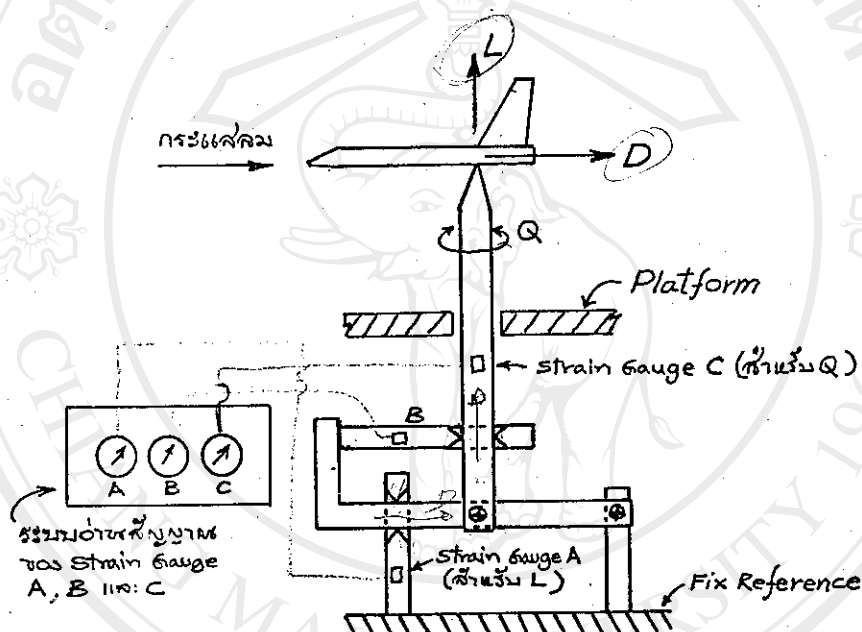
ในส่วนเครื่องมือวัดแรงต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้น เนื่องจากกระแสลมกระทำต่อวัตถุต่าง ๆ ที่จะใช้ทดสอบในอุโมงค์ลมนั้น เนื่องจากอุปกรณ์ประกอบต่าง ๆ มีราคาแพง และยังไม่สามารถจัดหาได้จึงจำเป็นต้องละไว้ก่อน แต่ใครที่จะขอมาเสนอแนวทางในการจัดสร้างเครื่องมือวัดแรงต่าง ๆ ดังกล่าวไว้ในที่นี้อันจะเป็นงานต่อเนื่องงานวิจัยนี้ เพื่อนำไปสู่การพัฒนาอุโมงค์ลมความเร็วต่ำให้สมบูรณ์ดังต่อไปนี้

1. โดยใช้แท่งโลหะตั้งเป็นเสาเดี่ยวตรงกับผิวของ platform ที่พื้นของ Working section แล้วการติด Strain gauge ที่เหมาะสมจะทำให้สามารถวัดแรงต่าง ๆ ที่กระแสลมกระทำต่อแบบจำลองที่จะทดสอบได้ ซึ่งแรงต่าง ๆ จะได้แก่ แรงยก (Lift, L) แรงต้าน (Drag, D) และแรงบิด (Torque, Q) ซึ่งสัญญาณจาก Strain gauge จะอ่านออกมาได้ด้วยเครื่องมือวัดต่อไปแล้วนำมาแปรเป็นค่าแรงต่าง ๆ โดยเทียบกับค่าที่ได้ Calibrate ไว้ก่อนแล้ว รูปที่ 4.1 แสดงแนวทางการทำงานของระบบวัดแรง



รูปที่ 4.1 แนวทางการทำงานของระบบวัดแรงด้วยใช้แท่งโลหะเสาเดี่ยวประกอบ Strain gauge

2. โดยลํ้ารางกลไก ดังรูปที่ 4.2 ซึ่งจะทำให้ลํ้าสามารถวัดแรงต่าง ๆ ได้โดยตรง เป็นการลด Interference ของแรงในแนวอื่นที่กระทำต่อ Strain gauge กล่าวคือ ตัว Strain gauge A จะรับเฉพาะสัญญาณของ D ซึ่งเป็นแรงดัน ตัว Strain gauge B จะรับเฉพาะสัญญาณของ L ซึ่งเป็นแรงยกและการติดตั้งที่เหมาะสมของ Strain gauge C จะรับสัญญาณเฉพาะของ Q ซึ่งเป็นแรงบิด ทั้งนี้แม้ขณะการทำการทดลองจะมีทั้งแรง D, L และ Q เกิดขึ้นพร้อม ๆ กัน



รูปที่ 4.2 แนวทางการทำงานของระบบวัดแรงด้วยกลไก ประกอบ Strain gauge

บรรณานุกรม

1. Ashley, H. Engineering Analysis of Flight Vehicle. Massachusetts : Addison - Wesley, 1974.
2. Bertin, J.J., and Smith, M.L. Aerodynamics for Engineer. London : Prentice-Hall, 1979.
3. Clancy, L.J. Aerodynamics. London : Pitman, 1975.
4. Houghton, E.L., and Brock, A.E. Aerodynamics for Engineering Students. London : Edward Arnold, 1970.
5. Krasnov, N.F. Aerodinamika. Moskow : Vysshaya Shkola, 1971.
6. Perkins, C.D., and Hage, R.E. Airplane Performance Stability and Control. New York : John Wileys & Sons, 1949.
7. Pope, A., and Harper, J.J. Low Speed Wind-Tunnel Testing. New York : John Wileys & Sons, 1966.
8. Sexton, D.E. "A Simple Wind Tunnel for Studying Air-flow Round Building", The Architect and Building News, (June, 1968), 983 - 985.

ลิขสิทธิ์ทางวิทยาศาสตร์
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์

ประวัติการศึกษาและประสบการณ์

นายสัมพันธ์ ไชยเทพ

สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษา จาก โรงเรียนปิ่นสักซอยเบลล์วิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ. 2512 ได้รับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (เครื่องกล) จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เมื่อ พ.ศ. 2516 ได้ Diploma in Agricultural Engineering จาก Lincoln College ประเทศนิวซีแลนด์ พ.ศ. 2520 และปริญญาโททางวิศวกรรมเกษตร จาก University of Canterbury ประเทศนิวซีแลนด์ เมื่อ พ.ศ. 2522 ในช่วงที่ศึกษาอยู่ ณ ประเทศนิวซีแลนด์ ได้มีโอกาสศึกษาร่วมวิจัยทางด้านอากาศพลศาสตร์ เริ่มทำงานตำแหน่งวิศวกรโครงการ ณ โรงกลั่นน้ำมันเอสโซ่ ศรีราชา เมื่อ พ.ศ. 2516 ได้เริ่มรับราชการในตำแหน่งอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2517 ดำรงตำแหน่งผู้ช่วยคณบดีตั้งแต่ปี พ.ศ. 2525 จนถึงปัจจุบัน เข้าร่วมโครงการวิจัย เรื่อง การไหลมาจรวดเพื่อการศึกษาค่าลัด ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524 จนถึงปัจจุบัน ได้ร่วมพัฒนากับคณาจารย์แห่งสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าวิทยาเขตเจ้าคุณทหาร ในการทดลองสร้างจรวดเชื้อเพลิงแข็งแบบ Composite โดยใช้วัสดุที่หาได้ในท้องตลาด เมื่อปี พ.ศ. 2524 อันเป็นที่เริ่มต้นของโครงการจรวดดังกล่าว และได้รับการแต่งตั้งให้เป็นพี่เลี้ยงคณาจารย์โครงการสร้างอาวุธกองทัพบก ได้เข้าร่วมเป็นกรรมการวิชาการของโครงการพัฒนาและสนับสนุนการผลิตเครื่องจักรกลเกษตรของ UNDP/FAO/กระทรวงเกษตรฯ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2525 มีประสบการณ์ฝึกอบรมทางการทดลองประเมินผลเครื่องจักรกลเกษตร ณ ประเทศอิสราเอล เป็นเวลา 4 เดือน เมื่อปี พ.ศ. 2526 และฝึกอบรมทางด้านอุตสาหกรรมเหล็กซึ่งได้ใช้โอกาสนี้ขอทุนทางอุตสาหกรรมรถยนต์และการผลิตรถยนต์อากาศยานที่โรงงาน Alfa Romeo ทั้งได้ขอทุนอุตสาหกรรมอากาศยานเบาที่โรงงาน Partenavia Aeritalia ด้วย ณ ประเทศอิตาลี เป็นเวลา 4 เดือน เมื่อปี พ.ศ. 2528 มีประสบการณ์ด้านการเรียนการสอนทางด้านพลวัตความร้อนกลศาสตร์ของไหล การทำความเป็นและการเขียนแบบวิศวกรรม ปัจจุบันมีความสนใจทางวิชาการด้านวิศวกรรมการบิน และสนใจทางด้านเครื่องจักรกลเกษตร ได้เป็นผู้ริเริ่มเปิดสอนวิชาทางด้านวิศวกรรมการบินเป็นวิชาเลือกในหลักสูตรปริญญาตรีของภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2527 จนถึงปัจจุบัน