สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การออกแบบและพัฒนาสปริงเกอร์แรงดันสูง

DESIGN AND DEVELOP OF HIGH PRESSURE SPRINKLER

T104138

โดย

ภานุพงษ์ พูนศรี

วราพงษ์ นวลแจ่ม

สุรชาติ ระปัญญา

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.มณฑล ใจกุศล

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 104138
วัน,เดือน,ปี 30 ต.ค. 2552
b.....
j.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2551

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง **การออกแบบและพัฒนาสปริงเกอร์แรงดันสูง**

Design and Develop of High Pressure Sprinkler

ผู้จัดทำ

1. นายภานุพงษ์ พูนศรี รหัสประจำตัว 48010674
2. นายวราพงษ์ นวลแจ่ม รหัสประจำตัว 48010779
3. นายสุรชาติ ระปัญญา รหัสประจำตัว 48011014

_____ อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.มณฑล ใจกุศล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบและพัฒนาสปริงเกอร์แรงดันสูง

นายภานุพงษ์ พูนศรี 48010674
นายวราพงษ์ นวลแจ่ม 48010779
นายสุรชาติ ระปัญญา 48011014
ผศ. มณฑล ใจกุศล อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2551

บทคัดย่อ

ในการทำโครงงานครั้งนี้ เราได้ทำการพัฒนาและออกแบบระบบสปริงเกอร์แรงดันสูง โดยสปริงเกอร์แรงดันสูงในปัจจุบันมีการกระจายน้ำได้ไม่ดีเท่าที่ควรน้ำที่ออกจากหัวฉีดของสปริงเกอร์กระจายออกจากตำแหน่งที่ติดตั้งสปริงเกอร์ได้กระจายตามแนวรัศมีการฉีดในตำแหน่งที่ไกลจากหัวฉีด พื้นที่ที่อยู่ภายในรัศมีในระยะต่างๆจะได้รับน้ำไม่ทั่วถึง เราจึงได้ออกแบบให้มีการติดตั้งใบพัดวางไว้หน้าหัวฉีด ใบพัดจะทำหน้าที่เป็นตัวทำให้น้ำกระจายในตำแหน่งใกล้ไกลได้ โดยมีขนาดมุมของใบพัดที่มีขนาดมุมต่างๆและได้ออกแบบกลไกลภายในชิ้นส่วนต่างๆใบพัดจะมี4ใบเราออกแบบโดยใช้มุม 10,20,30,40/20,30,40,50/30,40,50,60/40,50,60,70/50,60,70,80/...../120,130,140,150 พบว่ามุม 10,20,30,40 มีประสิทธิภาพการกระจายน้ำ(C_U)ดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Design and Develop of High Pressure Sprinkler

Panupong Poonsri

Walapong Nuanjam

Surachat Rapanya

Assis.Prof Montol Jaikusol. Advisor

Abstract

This project developed and designed high pressure sprinkler system. Generally high pressure sprinkler have no good in distribution of water. Outlet water from nozzle was distributed in radial of spray inject. The inside area radial many position receive a few of water. Consequently sprinkler have designed to install Propeller. Injection propeller page will makes function be causes water distributes in position near far by has angle size of propeller at has angle various size. We have selected four angle 10,20,30,40/20,30,40,50/30,40,50,60/40,50,60,70/50,60,70,80/……./120,130,140,150 in Coefficient Uniformity Test. from the result of the experiment. Research findings indicated that 10,20,30,40degree is maximum coefficient Uniformity.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้ ไม่อาจเสร็จได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความช่วยเหลือ และร่วมมือจากหลายๆ ฝ่ายด้วยกัน บุคคลแรกคือ ผศ.มณฑล ใจกุศล อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ที่ต้องกล่าวถึงเพราะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ปริญญานิพนธ์นี้เสร็จลงได้ด้วยดี ที่ให้ความเอาใจใส่ แนะนำ และช่วยเหลือมาโดยตลอด ซึ่งต้องขอบพระคุณเป็นอย่างมาก

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ และบุคลากรของภาควิชาเครื่องกล รวมทั้ง ผศ.ดร ทรงวุฒิ แสงจันทร์ จากภาควิชาวิศวกรรมเกษตร พี่โรจน์และพี่หนึ่ง จากโรงงานศรีวิศาล เกศรา ที่คอยให้คำปรึกษา และความช่วยเหลือมาโดยตลอด ขอขอบคุณสวนพระนครที่คอยให้ความเอื้อเฟื้อสถานที่ในการทดลอง

ขอบคุณเพื่อนๆทุกคนที่ให้คำแนะนำ ติ-ชม ความช่วยเหลือ และกำลังใจให้ผู้จัดทำมาโดยตลอด และท้ายที่สุดนี้ ขอบขอบคุณบิดา มารดา ที่สนับสนุนและเป็นแรงบันดาลใจในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

ภานุพงษ์ พูนศรี
วราพงษ์ นวลแจ่ม
สุรชาติ ระปัญญา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้าที่
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูปภาพ	VI
สารบัญตาราง	VIII
รายการสัญลักษณ์	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา	1
1.3 สมมุติฐานของการศึกษา	1
1.4 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย	1
1.5 ขอบเขตของงานวิจัย	1
1.6 ขั้นตอนในการศึกษา	2
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 หลักการให้น้ำพืช	3
2.2 น้ำในดินและการไหลซึมของน้ำในดิน	5
2.3 การหาจำนวนความชื้นในดิน	8
2.4 การหาสัมประสิทธิ์ของการแผ่กระจายน้ำ	9
2.5 วิธีการให้น้ำแก่พืชปลูก	10
2.6 ชนิดของสปริงเกอร์	13
บทที่ 3 ทฤษฎีของของไหล	17
3.1 ประเภทของการไหล	17
3.2 อัตราไหลและความเร็วเฉลี่ย	17
3.3 สมการความต่อเนื่อง	17
3.4 พลังงานในการไหล	18
3.5 สมการเบอร์นูลีและสมการพลังงาน	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้าที่

3.6 โมเมนตัมและแรงที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของของไหล 22
3.7 แรงจากการเคลื่อนที่ที่กระทำกับท่อที่มีความดัน 24
3.8 แรงจากการเคลื่อนที่ที่ของไหลกระทำกับวัตถุที่กำลังเคลื่อนไหว 27

บทที่ 4 การออกแบบและการคำนวณ 30
4.1 การออกแบบใบพัด 30

บทที่ 5 อุปกรณ์และการทดลอง 33
5.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง 33
5.2 ขั้นตอนการทดลอง 39

บทที่ 6 ผลการทดลองและวิจารณ์ 41
6.1 การทดลองสปริงเกอร์ที่ไม่มีใบพัด 41
6.2 การทดลองสปริงเกอร์ที่มีใบพัด 42
6.3 การหาความชื้นในดิน 56
6.4 อิทธิพลที่มีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์ของการกระจายน้ำ 58

บทที่ 7 สรุปและข้อเสนอแนะ 59
บรรณานุกรม 60
ภาคผนวก 61
ภาคผนวก ก 61
ภาคผนวก ข 68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

	หน้าที่
รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะการให้น้ำพืช	3
รูปที่ 2.2 แสดงวัตถุประสงค์ของการให้น้ำ	4
รูปที่ 2.3 แสดงความสำคัญของการให้น้ำพืช	4
รูปที่ 2.4 แสดงน้ำในดินและระดับความชื้นของดินที่จุดต่างๆ	6
รูปที่ 2.5 หัวสปริงเกอร์หัวหยดน้ำ Drip	13
รูปที่ 2.6 แสดงหัวสปริงเกอร์ RACO	14
รูปที่ 2.7 แสดงหัวมินิสปริงเกอร์ (Mini sprinkler)	14
รูปที่ 2.8 แสดงหัวสปริงเกอร์ แบบป๊อปอัพ	15
รูปที่ 2.9 หัวสปริงเกอร์ แบบหัวพ่นหมอก(Fogger)	16
รูปที่ 2.10 แสดงระบบสปริงเกอร์แบบImpack	16
รูปที่ 3.1 stream tube	18
รูปที่ 3.2 แสดงรูปสำหรับสมการเบอร์นูลีและสมการพลังงาน	19
รูปที่ 3.3 แสดงให้เห็นระบบควมคุมปริมาตร (control volume) ของของไหล	22
รูปที่ 3.4 การไหลในท่อความดัน	24
รูปที่ 3.5 แสดงให้เห็นลักษณะการกระจายความดันภายในข้อต่อลดขนาด	25
รูปที่ 3.6 แรงที่กระทำบนข้องอ	26
รูปที่ 3.7 แสดงให้เห็นเจ็ตที่ใส่ vane ที่กำลังเคลื่อนที่	28
รูปที่ 4.1 แสดงใบพัดที่ออกแบบ	30
รูปที่ 4.2 แสดงแกนของใบพัด	31
รูปที่ 4.3ภาพประกอบของชิ้นส่วนต่างๆที่ทำการออกแบบเพื่อติดตั้งใบพัด	31
รูปที่ 4.4 แสดงการ Simulation ของใบพัด	32
รูปที่ 5.1 ใบพัด	33
รูปที่ 5.2 ปั๊มน้ำ	34
รูปที่ 5.3 กระบอกรับน้ำและตวงน้ำ	34
รูปที่ 5.4 ตลับเมตร	35
รูปที่ 5.5 ไม้ฉากวัดมุม	35
รูปที่ 5.6 กระป๋องเก็บตัวอย่างดิน	36
รูปที่ 5.7 เครื่องมือขุดดิน	36
รูปที่ 5.8 หัวก๊อกสำหรับเสียบสปริงเกอร์	37
รูปที่ 5.9 เครื่องอบดิน	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้าที่
รูปที่ 5.10 เครื่องชั่งดิจิตอล	38
รูปที่ 5.11 การติดตั้งสปริงเกอร์ที่มีใบพัด	39
รูปที่ 5.12 การตั้งกระบอกรับน้ำที่ตำแหน่งต่างๆ	39
รูปที่ 6.1 กราฟแท่งแสดงค่าสัมประสิทธิ์ของการกระจายน้ำ (ที่มีใบพัดติดกับสปริงเกอร์)	55
รูปที่6.2 กราฟแท่งแสดงค่าความชื้นในดินแบบมีใบพัดกับไม่มีใบพัด	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้าที่

ตารางที่ 6.1 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าความชื้นของดินกับมุมต่างๆของใบพัด 54
ตารางที่ 6.2 แสดงน้ำหนักของตัวอย่างดินที่นำมาอบ 56
ตารางที่ 6.3 ค่าความชื้นของดิน 57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการสัญลักษณ์

A	พื้นที่
C_u	สัมประสิทธิ์ของการแผ่กระจายของน้ำเป็นเปอร์เซ็นต์
d	เส้นผ่าศูนย์กลาง
E_p	พลังงานศักย์
E_k	พลังงานจลน์
L	ความยาวท่อ
F	แรง
g	ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก
h	ความสูง
h_f	การสูญเสียร่วมตลอดแนวท่อทั้งหมดมวล
h_l	พลังงานสูญเสียไประหว่างตำแหน่ง 1 และ 2
h_m	พลังงานกลที่ใส่ให้กับของไหลต่อหน่วยน้ำหนัก
h_{mi}	การสูญเสียในท่อย่อย
M	ค่าความลึกของน้ำที่วัดได้แต่ละจุด
n	จำนวนจุดที่วัดความลึกของน้ำหนักทั้งหมด
P	ความดัน
Q	อัตราการไหล
R_e	ค่าเลขเรโนลด์
V	ความเร็ว
W	งาน
X	ผลต่างระหว่างค่าความลึกของน้ำที่วัดได้แต่ละจุดกับค่าเฉลี่ยของความลึกของน้ำทุกๆ
ρ	ความหนาแน่นของน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันการใช้สปริงเกอร์แรงดันสูงนั้นยังมีการติดตั้งสปริงเกอร์ไว้หลายจุดรอบบริเวณสนามฟุตบอลเพื่อให้น้ำกระจายได้ทั่วพื้นที่และให้ได้รับน้ำในปริมาณที่ในปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการของพืชและให้ใช้เวลาน้อยที่สุดในการจ่ายน้ำให้แก่พืช

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

ความมุ่งหมายเพื่อนำความรู้ที่ได้เรียนมาประยุกต์ใช้และพัฒนาสปริงเกอร์แรงดันสูงให้สามารถกระจายน้ำได้ดียิ่งขึ้นเพื่อให้พืชได้รับน้ำในปริมาณที่เพียงพอและใช้เวลาตามที่กำหนด โดยเราจะเพิ่มในส่วนของใบพัดที่ทำหน้าที่กระจายน้ำเพื่อให้น้ำกระจายได้ครอบคลุม

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

เราจะศึกษาส่วนของใบพัดที่ทำหน้าที่กระจายน้ำ โดยที่เราจะดูว่ามุมของใบพัดที่เท่าไรที่สามารถกระจายน้ำได้ดีที่สุดและใช้เวลาตามที่เรากำหนด

1.4 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในส่วนของกลศาสตร์ของไหล (Fluid Mechanics) ได้แก่ สมการความต่อเนื่อง (continuity equation) สมการพลังงาน, สมการเบอร์นูลลี (Bernoulli's equation), สมการ โมเมนตัม (Momentum equation), การสูญเสียแรงดันในท่อปิด (Head Losses in Pipe)

ในส่วนของวิชากลศาสตร์กลศาสตร์ของแข็ง (Mechanics of Material) ได้แก่ stress ,thin wall pressure vessel

ในส่วนของพืชและการให้น้ำของพืชของภาควิชาวิศวกรรมเกษตร

1.5 ขอบเขตของงานวิจัย

เพื่อที่จะเปรียบเทียบการกระจายน้ำของสปริงเกอร์ตัวเก่าเทียบกับสปริงเกอร์ตัวใหม่ที่เราได้ออกแบบและพัฒนาโดยเทียบกับเวลาที่เราได้กำหนดไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 ขั้นตอนในการศึกษา

1.6.1 ศึกษาการทำงานของสปริงเกอร์แบบไม่มีใบพัด

1.6.2 หาข้อด้อยของสปริงเกอร์แบบไม่มีใบพัด แล้วนำข้อด้อยมาพิจารณาเพื่อนำมาแก้ไข

1.6.3 ออกแบบใบพัดโดยมีรายละเอียดดังนี้

1.6.3.1 คำนวณหาแรงดันที่ออกจากหัวฉีดหรือดูตามสเปกของสปริงเกอร์ว่าแรงดันเท่าไหร่

1.6.3.2 ออกแบบใบพัด เลือกวัสดุที่ทนต่อแรงดันได้ และกระจายน้ำได้ดี

1.6.3.3 เขียนแบบใบพัดโดยใช้โปรแกรม Solidworks และนำแบบส่งโรงงานเพื่อนำไปกลึง

1.6.3.4 เมื่อได้ชิ้นงานนำไปประกอบ และแก้ไขเพิ่มเติมในส่วนที่ยังไม่สมบูรณ์

1.6.3.5 ทดสอบสมรรถณะของใบพัดและทำการเปรียบเทียบการกะจายน้ำกับสปริงเกอร์ตัวเดิม

1.6.3.6 สรุปผลและทำการเขียนรายงานการจัดทำโครงงาน พร้อมทั้งนำเสนอผลงาน

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- สามารถนำความรู้ที่ได้เรียนมาประยุกต์ใช้กับการทำงานจริง
- สามารถนำสปริงเกอร์ที่ได้ออกแบบนำไปใช้งานได้จริงและมีการกระจายน้ำได้ดีกว่าสปริงเกอร์ตัวเดิม
- รู้จักการทำงานเป็นทีมคือทุกคนรับผิดชอบในหน้าที่ของตนที่ได้รับมอบหมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

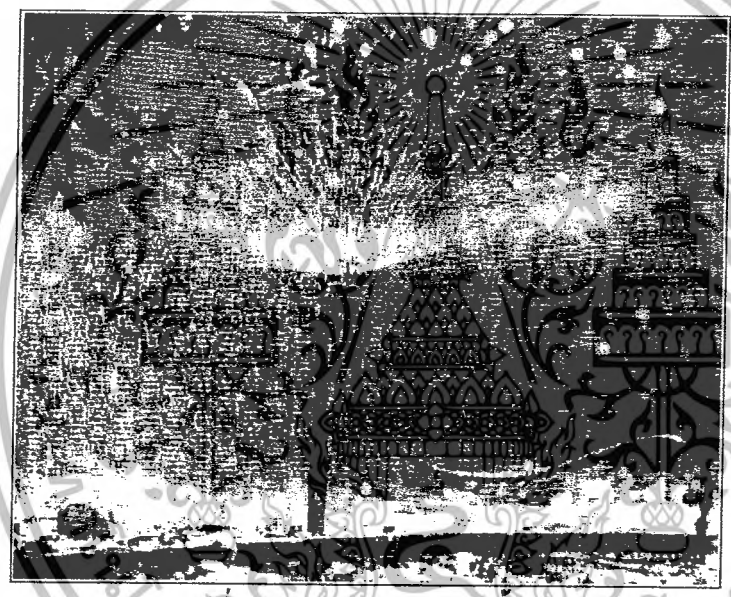
บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 หลักการให้น้ำพืช (Principle of Irrigation)

2.1.1 ความหมายของการให้น้ำพืช

การให้น้ำแก่พืช หมายถึง การเติมน้ำลงในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน เพื่อให้ดินมีความชุ่มชื้นพอเหมาะกับการเจริญเติบโตของพืช น้ำที่เติมลงไปจะต้องไม่มากเกินไปจนเป็นอันตรายต่อรากพืชโดยทั่วไปน้ำที่เติมลงไปจะต้องมีสัดส่วนที่เหมาะสมหรือประมาณร้อยละ 25 ขององค์ประกอบของดินที่ดี



รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะการให้น้ำพืช

2.1.2 วัตถุประสงค์ของการให้น้ำ

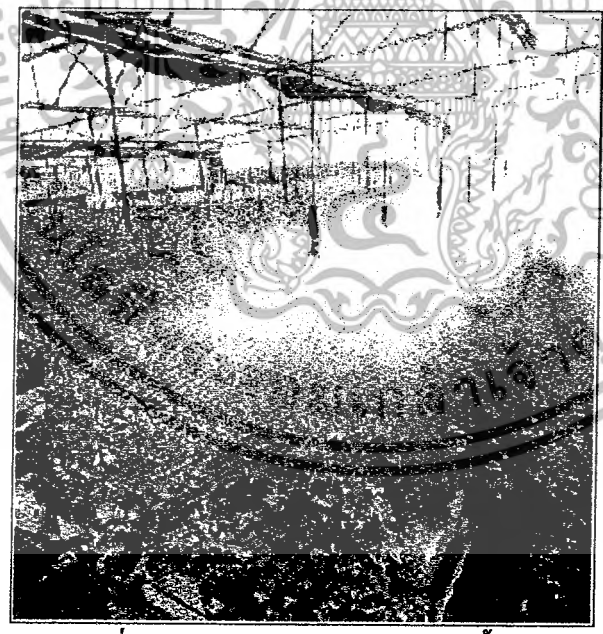
เพื่อให้ดินมีความชุ่มชื้นพอเหมาะกับการเจริญเติบโตของพืชพืชสามารถนำไปใช้ได้ทั้งหมด น้ำยังช่วยชะล้างหรือควบคุมความเข้มข้นของเกลือในดินบริเวณเขตรากพืชไม่ให้มีความเข้มข้นมากเกินไปจนเป็นอันตรายต่อพืช และเพื่อให้ดินอ่อนนุ่มสะดวกต่อการไถเตรียมดินและรากพืชสามารถขยายตัวได้ดีในดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.2 แสดงวัตถุประสงค์ของการให้น้ำ

2.1.3 ความสำคัญของการให้น้ำพืช

เพื่อให้พืชมีน้ำใช้อย่างเพียงพอและทันต่อความต้องการอยู่ตลอดเวลาที่ทำการเพาะปลูก ป้องกันความเสียหายของพืชจากการขาดน้ำและเพิ่มผลผลิต พืชไม่ชะงักการเจริญเติบโตจากการขาดน้ำ และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยของพืช เนื่องจากรากพืชจะดูดซึมแร่ธาตุอาหารในรูปของสารละลาย ซึ่งจำเป็นต้องใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย



รูปที่ 2.3 แสดงความสำคัญของการให้น้ำพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 ความสำคัญและหน้าที่ของดิน

ดินเป็นวัตถุที่ประกอบด้วยสารซึ่งเกิดจากการสลายตัวและผุกร่อนของหินแร่ อินทรียวัตถุจากการเน่าผุพังสลายตัวของซากพืชและซากสัตว์ น้ำและก๊าซ ดินทำหน้าที่เป็นที่ยึดเหนี่ยวของรากพืชเพื่อพยุงลำต้น และนอกจากนี้ยังทำหน้าที่เป็นคลังเก็บอาหารและน้ำไว้ให้พืชใช้สำหรับการเจริญเติบโต ดินที่ดีจะต้องสามารถเก็บกักน้ำหรืออุ้มน้ำไว้ให้พืชใช้ได้เมื่อฝนตกหรือเมื่อมีการให้น้ำ มีการระบายน้ำและถ่ายเทอากาศดี เพื่อให้รากพืชสามารถเจริญเติบโตลงไปในดินได้ และมีแร่ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชอย่างพอเพียง

2.1.5 ส่วนประกอบของดิน

ดินประกอบขึ้นด้วย 4 ส่วน โดยแบ่งตามความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช คือ

1. อนินทรีย์วัตถุ (Inorganic Materials) เป็นส่วนที่เกิดจากการสลายตัวของหินและแร่ต่างๆ มีส่วนประกอบประมาณ 45%
2. อินทรียวัตถุ (Organic Materials) เกิดจากการสลายตัวของเศษซากพืชและซากสัตว์เน่าเปื่อยผุพังทับถมกันเป็นเวลานาน มีส่วนประกอบประมาณ 5%
3. น้ำ (Water) พบอยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน มีส่วนประกอบประมาณ 25%
4. อากาศ (Gas) เป็นที่ว่างในดิน ประกอบด้วยไนโตรเจน ออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ มีส่วนประกอบประมาณ 25%

2.2 น้ำในดินและการไหลซึมของน้ำในดิน

น้ำในดิน (Soil Water) หมายถึง การให้น้ำพืชจะเจริญเติบโตได้อย่างเต็มที่นั้น พืชจะต้องดูดน้ำจากใต้ดินได้ตลอดเวลา ดังนั้นจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องทราบว่าดินหนึ่งๆ นั้นมีความสามารถเก็บน้ำไว้ได้มากน้อยเพียงใดพืชได้นำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างไรตลอดจนต้องทราบว่าน้ำเคลื่อนที่ได้อย่างไร

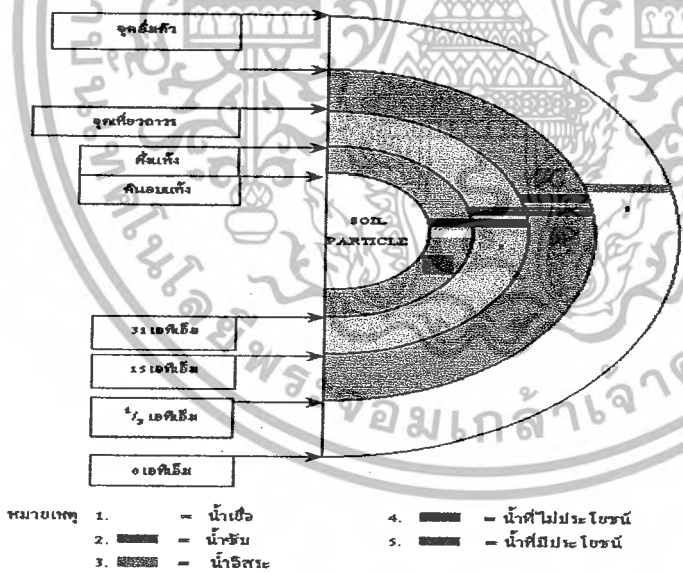
ชนิดของน้ำในดิน

การเรียงตัวของเม็ดดินทำให้เกิดช่องว่างที่มีขนาดและรูปร่างต่างๆ เมื่อฝนตกหรือให้น้ำแก่พืช น้ำจะแทรกเข้าไปอยู่ในช่องว่างเหล่านี้ และเกาะติดกับเม็ดดินด้วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของดินกับโมเลกุลของน้ำ (Adhesive Force) และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของน้ำด้วยกัน (Cohesive Force) ซึ่งรวมเรียกว่าแรงดูดซับ (Capillary Force) ถ้าหากนำเข้าแทนที่อากาศจนเต็มทุกช่องว่างเรากล่าวว่าดินนั้น อิ่มน้ำ (Saturated) และน้ำที่อยู่ในช่องว่างนั้นทั้งหมดจะเป็นปริมาตรสูงสุดที่ดินจะกักเก็บเอาไว้ได้ถ้าไม่มีแรงได้ถ้าไม่มีแรงภายนอกมากระทำ แต่เนื่องจากว่าสารทุกอย่างที่อยู่บนผิวโลกจะถูกแรงดูดของโลกกระทำอยู่ตลอดเวลา รวมทั้งน้ำที่ขังอยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดดินด้วย ในช่องว่างมีรูขนาดเล็กดั้งนั้นเมื่อผลรวมของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างน้ำต่อดินน้อยกว่าแรงดึงดูดของโลกน้ำก็จะๆ ไหลลงสู่ที่ต่ำกว่า น้ำที่ไหลด้วยสาเหตุดังกล่าวนี้ เรียกว่า น้ำอิสระ (Gravitational Water) เมื่อฝนหยุดตกหรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หยุดให้น้ำแก่พืช น้ำที่อยู่ในช่องว่างขนาดใหญ่จะระบายออกมาโดยใช้เวลา 2-3 วัน ในดินที่มีการระบายน้ำได้ดีน้ำอิสระจะถูกระบายออกไปหมดก่อนที่จะเป็นอันตรายต่อพืชและจะมีอากาศเข้ามาแทนที่ ส่วนน้ำในช่องว่างที่มีขนาดเล็กซึ่งไม่ถูกระบายออกด้วยแรงดึงดูดของโลก อาจจะยังมีการเคลื่อนที่อยู่ด้วยแรงดูดซับ (Capillary Force) น้ำซึ่งอยู่ในช่องว่างขนาดเล็กดังกล่าวเรียกว่า น้ำซับ (Capillary Water) ซึ่งมีการเคลื่อนที่ช้ามาก ช้ากว่าน้ำอิสระ และจะมีทิศทางไปทางใดก็ได้ โดยเคลื่อนที่ไปยังจุดที่มีแรงดูดซับมากที่สุดเสมอ

การสูญเสียน้ำโดยการระเหยจากผิวดิน และจากที่พืชดูดเอาไปใช้จะทำให้ปริมาณความชื้นในดินลดลงจนกระทั่งถึงจุดหนึ่งที่น้ำในดินไม่มีการเคลื่อนที่อีก ทั้งนี้เพราะว่าแรงที่น้ำ หรือความชื้นจับยึดติดแน่นเป็นแผ่นบางๆ รอบเมล็ดดินจะมากจนกระทั่งพืชไม่สามารถดูดไปใช้ได้ พืชจะเหี่ยวเฉา และถ้าหากไม่ให้น้ำแก่พืชในตอนนี้แล้วพืชก็จะตาย น้ำซึ่งยึดติดแน่นกับเมล็ดดินและไม่สามารถที่จะทำให้เคลื่อนที่ได้โดยแรงดึงดูดของโลกหรือแรงดูดซับ (Capillary Force) นี้เรียกว่า น้ำเยื่อ (Hygroscopic Water) บรรดาน้ำในดินที่กล่าวมานี้ น้ำที่เกี่ยวกับการชลประทานมากที่สุด คือ น้ำอิสระ (Gravitation water) น้ำซึมซับ (Capillary Water) ส่วนน้ำเนื้อเยื่อ (Hygroscopic Water) นั้นพืชไม่สามารถนำไปใช้ได้จึงไม่ค่อยมีความสำคัญ



รูปที่ 2.4 แสดงน้ำในดินและระดับความชื้นของดินที่จุดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 การเคลื่อนที่ของน้ำในดิน

การหาทิศทางการไหลของน้ำในดินนั้นเป็นเรื่องที่ค่อยข้างยุ่งยาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อดินนั้นไม่อิ่มน้ำ ทั้งนี้เพราะน้ำที่ไหลนั้นอาจอยู่ในสภาพของของไหล หรือไอน้ำ และแรงที่ทำให้เกิดการไหลอาจจะเนื่องมาจากแรงดึงดูดของโลก แรงดูดซับ (Capillary Force) หรือเนื่องมาจากความร้อนก็ได้ กล่าวคือ แรงดึงดูดของโลกจะทำให้น้ำไหลลงในแนวดิ่ง แรงดูดซับทำให้น้ำไหลในช่องว่างระหว่างเม็ดดินในทิศทางใดก็ได้และความร้อนทำให้น้ำกลายเป็นไอน้ำและแพร่กระจายผ่านเข้าไปในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน

อัตราการไหลของน้ำอิสระ (Free Water) ในดินส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับขนาดและความต่ อเนื่องกันระหว่างช่องว่างระหว่างดิน โดยปกติมักจะไหลในช่องว่างที่มีขนาดใหญ่ได้เร็วกว่าในช่องว่างขนาดเล็ก ทั้งนี้เพราะช่องว่างขนาดเล็กจะมีความเสียดทานต่อการไหลมากกว่า การไหลของน้ำอิสระจะทำให้ถูกช้าลงถ้าหากว่ามีชั้นดินซึ่งมีความสามารถให้น้ำซึ่งผ่านได้ต่ำ (Low Permeability) ขวางอยู่ เช่น มีชั้นดินเหนียวแทรกตัวอยู่ในชั้นดินทราย เป็นต้น ในกรณีที่มีชั้นดินทรายแทรกตัวอยู่ในชั้นดินเหนียว น้ำที่ซึมลงมาจากชั้นดินเหนียวจะหยุดอยู่ตรงผิวสัมผัสระหว่างดินทั้งสองชั่วระยะเวลาหนึ่ง ทั้งนี้เพราะช่องระหว่างเม็ดดินทั้งสองมีขนาดแตกต่างกันจึงทำให้ไม่เกิดความต่อเนื่องในการไหล แต่เมื่อน้ำไหลเข้ามาบรรจุเต็มช่องว่างที่มีขนาดใหญ่แล้วการไหลซึมของน้ำก็จะดำเนินไปตามปกติ

ขณะที่ให้น้ำแก่ดินน้ำจะเคลื่อนตัวแพร่ออกไปเป็นแนว ดินส่วนที่ใกล้จุดที่ให้น้ำ หรือสัมผัสกับน้ำจะอิ่มตัวด้วยน้ำ (Saturated) ส่วนที่อยู่ถัดมาจะมีความชื้นน้อยลง และจะมีการเปลี่ยนแปลงความชื้นอย่างรวดเร็ว คือจากความชื้นใกล้จุดอิ่มตัวด้วยน้ำถึงความชื้นของดินเดิมในแนวที่น้ำแผ่กระจายไปถึงแนวที่น้ำแพร่กระจายออกไปนี้จะเห็นได้ชัดถ้าดินนั้นแห้ง

การเคลื่อนที่ของน้ำซับ (Capillary Water) นั้นเนื่องมาจากความแตกต่างของแรงดึงดูดระหว่างน้ำซึ่งเกาะอยู่รอบๆ เมล็ดดินที่มีความหนาต่างกัน น้ำที่เคลื่อนที่จากเมล็ดดินที่มีน้ำเกาะอยู่หนาไปสู่เมล็ดดินที่มีน้ำเกาะอยู่บางกว่า ถ้าหากแรงที่ทำให้น้ำเคลื่อนที่นี้เป็นแรงดึง น้ำซับก็จะไหลจากจุดที่มีแรงดึงน้อยไปสู่จุดที่มีแรงดึงดูดมากกว่า ในดินที่เปียกหรืออิ่มตัว น้ำจะเคลื่อนที่ในดินทรายได้เร็วกว่าดินเหนียว แต่ในดินแห้งน้ำจะเคลื่อนที่ในดินเหนียวได้เร็วกว่าดินทราย ทั้งนี้เพราะว่าในขณะที่มีน้ำอยู่ในดินเป็นปริมาณมากน้ำย่อมจะ ไหลในดินที่มีช่องว่างขนาดใหญ่ ได้เร็วกว่า แต่เมื่อดินนั้น แห้ง น้ำจะไหลไม่เต็ม ช่องว่างมีขนาดใหญ่ จึงต้องเคลื่อนที่ไปบนผิวของเมล็ดดิน ซึ่งทำให้ไหลช้าสำหรับดินที่มีช่องว่าง ดังนั้น ในดินแห้งน้ำซับจึงเคลื่อนที่ในดินเหนียวได้เร็วกว่าในดินทราย

ความร้อนทำให้น้ำในดินเคลื่อนที่ในรูปของไอน้ำ ขณะที่ไอน้ำแพร่กระจายผ่านดินต่อผิวดินมันอาจจะกลั่นตัวเป็นน้ำและขังอยู่ในดิน หรือไหลออกมาสู่บรรยากาศในรูปของไอน้ำก็ได้ขณะที่ระเหยจากผิวดินดินชั้นบนจะแห้งและก่อให้เกิดแรงดึงความชื้นขึ้น น้ำซับจากดินชั้นที่อยู่ต่ำลงมา ซึ่งมีความชื้นมากกว่าก็จะไหลขึ้นมาแทนที่ การระเหยนี้จะมีต่อไปเรื่อยๆ ยังมีการสูญเสียน้ำจากดินได้อีกในรูปของไอน้ำที่แพร่กระจายผ่านชั้นดินที่แห้งขึ้นมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การหาจำนวนความชื้นในดิน

การหาจำนวนความชื้นในดิน ถึงแม้ว่าจะเป็นงานที่ต้องใช้เวลาและสิ้นเปลืองมากแต่ก็เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในงานชลประทาน การหาจำนวนความชื้นตามปกติจะทำโดยการใช้สว่านเจาะเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึกที่ต้องการและบรรจุในกระป๋องเก็บตัวอย่าง ซึ่งมีฝาปิดมิดชิด นำมาชั่งและอบให้แห้งในเตาอบซึ่งมีอุณหภูมิ 105-110 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 24 ชั่วโมง หรือจนกว่าดินนั้นจะแห้งทั่วถึงกัน ตัวอย่างดินที่เก็บควรจะหนักไม่น้อยกว่า 100 กรัม น้ำหนักที่หายไปหลังจากที่อบให้แห้งแล้ว คือ น้ำหนักของน้ำที่มีอยู่ในดิน

การหาจำนวนความชื้นในดินอาจทำได้ 2 แบบ คือ คำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของดินอบแห้ง และเปอร์เซ็นต์โดยปริมาณ

1) เปอร์เซ็นความชื้นโดยน้ำหนัก เหมาะสำหรับหาความชื้นเมื่อไม่ทราบปริมาตรของตัวอย่างดินที่เก็บมา หรือเมื่อทราบความถ่วงจำเพาะปรากฏ (Apparent Specific Gravity , A_s) ของดินแล้วการคำนวณเปอร์เซ็นความชื้น โดยน้ำหนักทำโดยใช้สมการ

$$P_w = (W_w / W_s) \times 100 \qquad \text{.....(2.1)}$$

ในเมื่อ P = เปอร์เซ็นความชื้นโดยเทียบกับน้ำหนักดินแห้ง

W_w = น้ำหนักของน้ำในดิน

W_s = น้ำหนักของดินที่อบให้แห้งด้วยเตาอบ

การบอกเปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยน้ำหนักนั้น บอกโดยเทียบกับน้ำหนักของดินที่อบแห้งเสมอ

2) เปอร์เซ็นความชื้นโดยปริมาณ การหาจำนวนความชื้นเปอร์เซ็น โดยปริมาตรทำได้ยากกว่าเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของดินอบแห้ง ทั้งนี้เพราะจำเป็นต้องทราบปริมาตรของตัวอย่างดินด้วย ทำให้กระบอกเก็บตัวอย่าง (Soil Core Sample) หรือ หาปริมาตรของก้อนตัวอย่างดินโดยวิธีอื่น อย่างไรก็ตาม การบอกเป็นเปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยปริมาณทำโดยใช้สมการ

$$P_v = (V_w / V) \times 100 \qquad \text{.....(2.2)}$$

โดยที่ P_v = เปอร์เซ็นความชื้นโดยเทียบกับปริมาตรของดินทั้งก้อน

V_w = ปริมาตรของน้ำในดิน

V = ปริมาตรของก้อนดิน

ในกรณีที่ทราบความถ่วงจำเพาะปรากฏ หรือ Bulk Density ของดินแล้วนั้น การหาจำนวนความชื้นของดินเป็นเปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตรจะง่ายขึ้น โดยทำการหาความชื้นเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ซึ่งจะสะดวกกว่าเสียก่อน แล้วใช้สูตร $P_v = P_w \times As$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การหาสัมประสิทธิของการแผ่กระจายน้ำ

การหาสัมประสิทธิของการกระจายน้ำหาได้จากการทดลองวัดผลรวมของผลต่างระหว่างค่าความลึกของน้ำที่วัดได้แต่ละจุดกับค่าเฉลี่ยของความลึกของน้ำทุกๆจุด เทียบผลรวมค่าความลึกของน้ำที่วัดได้ทุกๆจุด โดยมีสูตร การคำนวณคือ

$$C_u = 100\left(1 - \frac{\sum x}{m \cdot n}\right) \qquad \text{.....(2.3)}$$

เมื่อ C_u = สัมประสิทธิของการแผ่กระจายน้ำเป็นเปอร์เซ็นต์

X = ผลต่างระหว่างค่าความลึกของน้ำที่วัดได้แต่ละจุดกับค่าเฉลี่ยของความลึกของน้ำทุกๆจุด เรียกว่า Deviation

m = ค่าความลึกของน้ำที่วัดได้แต่ละจุด เรียกว่า Observation

n = จำนวนจุดที่วัดความลึกของน้ำหนักทั้งหมด เรียกว่า Number of observation

ปริมาณการใช้น้ำของพืช

ปริมาณการใช้น้ำของพืช = การคายน้ำ + การระเหย

1. การคายน้ำ คือปริมาณน้ำที่พืชนำไปใช้จริงๆโดยการดูดไปจากดิน เพื่อนำไปใช้ในกระบวนการต่างๆในพืชแล้วคายออกทางใบสู่บรรยากาศ

2. การระเหย คือปริมาณน้ำที่ระเหยจากผิวดินบริเวณรอบๆต้นพืช จากผิวน้ำจากผิวใบพืชเป็นต้น

หลักของการให้น้ำแก่พืชปลูก

1. ปริมาณน้ำที่พืชต้องการที่ช่วงเวลาต่างๆ ตลอดอายุพืช

2. ความสามารถในการอุ้มน้ำของดินในเขตราก

3. ปริมาณของน้ำที่จะหามาทำการชลประทานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 วิธีการให้น้ำแก่พืชปลูก

1. การให้น้ำแบบฉีดฝอย(Springkler irrigation)

มีองค์ประกอบคือ 1. เครื่องสูบน้ำ 2. ท่อประธาน 3.ท่อแยก 4.หัวจ่ายน้ำ

2.การให้น้ำทางผิวดิน(Surface irrigation)

มี 2 แบบ คือ 1. แบบท่วมผิวดิน(Flooding) 2. ให้ท่วมไปตามร่องคู(Furrow)

มีองค์ประกอบการดำเนินการคือ 1. การปรับระดับพื้นที่ให้มีความลาดเทเหมาะสม 2.แหล่งน้ำที่พอเพียง 3.แรงงานในการจัดการ

3. การให้น้ำทางใต้ผิวดิน(Subsurface irrigation)

4. การให้น้ำแบบหยด(Drip irrigation)

2.5.1.การออกแบบระบบชลประทานแบบฉีดฝอยและแบบหยด(Design of sprinkler and Drip Irrigation System)

วิธีการให้น้ำพืชนั้นปกติสามารถทำได้หลายวิธีนับตั้งแต่การปล่อยให้น้ำไหลท่วมเป็นพื้นยาว(Border)หรือแบบอ่าง(Basin)การให้น้ำแบบร่อง(Furrow)ระบบฉีดฝอย(Sprinkler)จนกระทั่งถึงระบบการให้น้ำแบบหยด สำหรับการให้น้ำแต่ละวิธีนั้น ต่างมีข้อดีข้อเสียและข้อจำกัดที่แตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับสภาพการปลูกในแต่ละพื้นที่ แหล่งน้ำ ปัญหาทางเศรษกิจและวิชาการ แต่อย่างไรก็ตามการให้น้ำพืชแบบฉีดฝอยและแบบหยด สามารถนำไปใช้ได้กับพืชทุกชนิดนับตั้งแต่พืชผัก พืชสวน ไม้ผลขนาดใหญ่ พืชไร่เช่น อ้อย ข้าวโพด ถั่วเหลือง หน่อไม้ฝรั่ง เป็นต้น นอกจากนี้ยังใช้ได้ดีกับเนื้อดินทุกประเภท ตั้งแต่เนื้อดินหยาบ เป็นพวกดินทราย จนกระทั่งเนื้อละเอียดเป็นพวกดินเหนียว และใช้ได้ในพืชที่ทุกลักษณะ ตั้งแน่ที่ราบเรียบจนถึงพื้นที่บนไหล่เขาที่ เช่น ทางภาคเหนือของประเทศไทย โดยเฉพาะที่มีการปลูกพืชเมืองหนาว ที่ปลูกตามเนินเขา ไหล่เขาหรือพื้นที่ชันมากๆ ปกติไม่อาจจะให้น้ำด้วยวิธีอื่น นอกจากนี้การให้น้ำแบบฉีดฝอยและแบบน้ำหยด แต่อย่างไรก็ดี การเลือกใช้ต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมในหลายๆด้าน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง จะต้องดูว่าคุ้มค่าลงทุนหรือไม่ การพิจารณาได้นั้นจะต้องทราบรายละเอียดอีกมากมาย ซึ่งจะได้กล่าวถึงต่อไป

2.5.2 ความหมายของการชลประทานแบบฉีดฝอยและแบบหยด

การชลประทานแบบฉีดฝอยและแบบหยด อาจจะมีผู้ให้คำอธิบายได้หลายอย่าง แต่ก็มีพื้นฐานความหมายเดียวกัน คือ การให้น้ำแก่พืชเป็นปริมาณน้อยๆ อย่างช้าๆ แต่ให้น้ำบ่อยครั้ง ตามความเหมาะสมของพืชและดิน และให้น้ำในเขตรากพืชเท่านั้น จุดหมายสำคัญของการให้น้ำแบบนี้คือ จะรักษาระดับความชื้นของดินบริเวณเขตรากพืชให้อยู่ในระดับที่พืชสามารถดูดความชื้นไปใช้ได้ เพื่อสร้างความเจริญเติบโตได้อย่างสมบูรณ์พอเหมาะกับความต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตลอดเวลา การจะรักษาระดับความชื้นให้พอเหมาะนั้น ระบบนี้จึงมีการควบคุมเวลาและอัตราการให้น้ำในแต่ละจุด เพื่อไม่ให้ดินอิ่มน้ำหรือแห้งจนเกินไป อุปกรณ์สำหรับควบคุมและจ่ายน้ำให้แก่พืชแต่ละต้นก็คือ หัวปล่อยน้ำ ซึ่งจะติดตั้งไว้บนท่อแขนงที่วางไว้ตามแถวต้นพืช และท่อแขนงที่จะไปต่อกับท่อนำน้ำมายังพื้นที่ คือ ท่อแยกประธาน และท่อประธาน เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีอุปกรณ์ต่างๆ

ปัจจุบันการให้น้ำแก่พืชวิธีนี้กำลังเป็นที่นิยมกันมากในหลายประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา อังกฤษ อิสราเอล นิวซีแลนด์ อิตาลี ญี่ปุ่น ออสเตรเลีย เป็นต้น สำหรับในประเทศกำลังมีผู้สนใจ พัฒนาการใช้งานมากขึ้นเรื่อยๆ ถึงแม้ว่าค่าการลงทุนจะยังนับว่าแพง แต่ในอนาคตอันใกล้วิธีการให้น้ำแบบนี้น่าจะมีความจำเป็นและคุ้มค่าในการลงทุน เกษตรมีความรู้ความเข้าใจเพียงพอ และสามารถนำไปใช้กับพืชที่ให้ผลตอบแทนสูง เช่น ผลไม้ พืชเมืองหนาว โดยเฉพาะน่าจะนำไปใช้กับภาคอีสาน เพื่อให้ภาคอีสานมีความเขียวเร็วขึ้น เพราะวิธีนี้เหมาะกับดินที่ไม่ค่อยอุ้มน้ำ

2.5.3. ประวัติและการพัฒนาระบบการชลประทานแบบฉีดฝอยและแบบหยด

การชลประทานแบบฉีดฝอยและแบบหยดได้มีการพัฒนาเริ่มแรก ในรูปของการให้น้ำแบบใต้ผิวดิน การทดลองครั้งแรกเริ่มขึ้นที่ประเทศเยอรมัน ในปี พ.ศ.2403 โดยใช้ระบบการให้น้ำร่วมกับระบบการระบายน้ำแบบฝังท่อในดิน ซึ่งในระยะเริ่มแรกใช้ท่อดิน ซึ่งในระยะเริ่มแรกใช้ท่อดินเผาสั้นๆต่อกันและเปิดรอยต่อไว้เป็นทางสำหรับให้น้ำไหลออกมาเพื่อยกระดับน้ำใต้ดินขึ้นมายังเขตรากพืช การทดลองครั้งนี้ปรากฏว่าผลผลิตเพิ่มขึ้นมากและใช้ได้อยู่หลายปี ต่อจากนั้นมีการพัฒนาและทดลองต่อมาอีกหลายสิบปี พ.ศ. 2463 การให้น้ำจึงมีการเปลี่ยนรูปแบบมาเป็นแบบท่อเจาะรูให้น้ำไหลออกตามแนวท่อ และเริ่มมีการใช้อย่างแพร่หลายมากขึ้นในประเทศเยอรมัน

สำหรับการทดลองครั้งแรกที่ถือว่าเป็นการให้น้ำแบบหยดตามคำจำกัดความที่ให้ไว้นั้น ได้มีการทดลองครั้งแรกที่ประเทศสหรัฐอเมริกา ในปี พ.ศ. 2465 โดยใช้วิธีการฝังท่อจ่ายน้ำใต้ดินเช่นเดียวกัน แต่ให้น้ำเฉพาะเขตรากพืช ไม่มีการยกระดับน้ำใต้ดิน ผลสรุปว่ามีราคาต้นทุนแพงเกินกว่าที่จะนำไปใช้เป็นการค้าได้จริง และหลังจากนั้นอีก 20ปี ที่สหรัฐอเมริกาเช่นกัน ได้มีการพัฒนาท่อพรุนที่ทำด้วยวัสดุคล้ายๆผ้าใบ ซึ่งนับว่าใช้ได้ผลดีในขณะนั้น

จากนั้นในปี พ.ศ. 2478 เป็นต้นมา อีกหลายๆประเทศ เช่น รัสเซีย ฝรั่งเศส เนเธอร์แลนด์ อังกฤษ ได้มีการทดลองโดยเน้นหนักในด้านการพัฒนาระบบท่อพรุน ซึ่งทำจากวัสดุต่างๆ หลายชนิดด้วยกัน

การพัฒนาเข้าสู่ระบบซึ่งคล้ายกับระบบการให้น้ำแบบหยดในปัจจุบัน เกิดขึ้นพร้อมกับการพัฒนาท่อแบบพรุนที่ทำด้วยท่อพลาสติกซึ่งราคาไม่แพงมากนัก และการเจาะรูที่ผนังท่อสามารถทำได้ง่ายแต่ยังเกิดปัญหาสำคัญขึ้นสองประการที่ทำให้การใช้ระบบท่อพลาสติกดังกล่าวไม่เป็นที่แพร่หลายเท่าที่ควร ปัญหาแรกคือ มีการอุดตันรูเล็กๆที่เจาะนั้น ทั้งๆที่น้ำได้ผ่านการกรองมาแล้วก็ตาม ปัญหาที่สองก็คือ ความไม่สม่ำเสมอเท่าที่ควรของปริมาณน้ำที่ไหลออกมาตามแนวยาวของท่อ ทั้งๆที่ไม่มีการอุดตัน อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าจะมีข้อเสียสองประการดังกล่าว ผลผลิตของพืชที่ปลูกโดยวิธีนี้ก็เพิ่มมากขึ้นและเป็นสิ่งกระตุ้นให้เกิดการพัฒนาหัวปล่อยน้ำแบบต่างๆขึ้น ดังที่มีใช้และพัฒนากันในปัจจุบัน แทนที่จะเป็นแบบรูเล็กๆหรือเจาะช่องเปิดเล็กๆที่ผนังท่อดังสมัยแรก ก็หันมานิยมใช้หัวปล่อยน้ำที่ผลิตขึ้นหลากหลายรูปแบบและต่อกับท่อแขนงในลักษณะต่างๆกันแทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบการให้น้ำแบบฉีดฝอยและแบบหยดที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน เป็นการให้น้ำแบบบนผิวดินซึ่งประเทศอังกฤษได้เริ่มต้นนำมาใช้ในปี พ.ศ. 2483 ซึ่งชุดหัวปล่อยน้ำชุดแรกเป็นแบบใช้ท่อขนาดจิ๋ว (Microtube) พันรอบเป็นรูปทรงกระบอกเพื่อให้ได้ความยาวของท่อขนาดจิ๋วมากๆ เป็นการช่วยลดความดันของน้ำ และเพื่อให้มีความสะดวกในการใช้งานสำหรับเส้นผ่าศูนย์กลางท่อขนาดจิ๋วดังกล่าวที่ใช้ มีขนาดประมาณ 0.8-1.2 มม.ซึ่งนับได้ว่ามีขนาดใหญ่พอที่จะช่วยลดปัญหาการอุดตันได้ ระบบนี้ในสมัยนั้นได้มีการพัฒนากันอย่างแพร่หลายในโรงเรือนกระจก (Green House) โดยรวมเอาทั้งการให้น้ำและการให้ปุ๋ยอยู่ในระบบเดียวกัน ซึ่งในปัจจุบันการให้น้ำผสมกับการให้ปุ๋ยกำลังเป็นที่นิยมใช้กันมากและด้วยสาเหตุของการพัฒนาวัสดุพลาสติก ในระหว่างหลังสงครามโลกครั้งที่สองเป็นต้นมา การให้น้ำแบบฉีดฝอยและแบบหยดเป็นวิธีที่ง่ายที่สุดและคุ้มค่า เพราะอุปกรณ์ต่างๆผลิตด้วยพลาสติกทั้งสิ้น

การพัฒนาระบบการชลประทานแบบฉีดฝอยและแบบหยดนับว่าสำคัญมากที่สุด ซึ่งเกิดขึ้นในประเทศอิสราเอล ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2493 เป็นต้นมา หลังจากที่โรงงานผลิตท่อพลาสติกได้ราคาถูก และหัวปล่อยน้ำก็ใช้ท่อขนาดจิ๋วที่ผลิตได้และมีคุณภาพดีขึ้น โดยถือว่าหัวปล่อยน้ำชนิดนี้สามารถควบคุมปริมาณการไหลได้อย่างมีประสิทธิภาพเป็นแบบแรก และจากปี พ.ศ. 2503 เป็นต้นมาระบบการให้น้ำแบบฉีดฝอยและแบบหยดก็ได้มีการพัฒนาการให้น้ำแบบใหม่ที่สำคัญ จนกระทั่งถึงในปัจจุบันก็ยังมีการพัฒนาอยู่เรื่อยๆ และนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายทั้งในสวนผลไม้และพืชผักตลอดจนแปลงเพาะชำในหลายๆประเทศ ในปี พ.ศ. 2523 จากการสำรวจมีพื้นที่ที่ใช้ระบบการให้น้ำแบบฉีดฝอยและแบบหยดทั่วโลก ประมาณ 2 ล้าน 2 แสนไร่ คาดว่าจะมีพื้นที่ที่ใช้ระบบนี้ถึง 8,250,000ไร่ และในการประชุมเรื่องเกี่ยวกับการใช้น้ำระดับโลก ที่ประเทศอาร์เจนจินา เมื่อ พ.ศ. 2520 ได้มีการกล่าวถึงประสิทธิภาพของการใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำ ที่ประชุมแนะนำว่า การชลประทานแบบฉีดฝอยและแบบหยดเป็นเทคนิคอันหนึ่งที่สำคัญที่ช่วยแก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำ และเพิ่มผลผลิตจากแผ่นดินได้เป็นอย่างดี

สำหรับประเทศไทยได้มีการใช้ระบบการให้น้ำพืชแบบฉีดฝอยและแบบหยด เริ่มทดลองใช้กับแปลงผัก เมื่อ พ.ศ.2518 ที่โครงการหลวง ดอยอ่างข่าง จ. เชียงใหม่ ส่วนการทดลองใช้กับผลไม้นั้นทำในปี พ.ศ. 2521 ที่อำเภอขลุง จ. จันทบุรี ปัจจุบันเริ่มมีผู้สนใจหันมาใช้ระบบนี้มากขึ้นพร้อมกับการพัฒนาระบบอยู่เรื่อยๆเพราะอนาคตอันใกล้นี้การชลประทานแบบฉีดฝอยและแบบหยดจะช่วยแก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำ ปัญหาแรงงานที่หายากและมีราคาแพงตลอดจนการเพิ่มคุณภาพและเพิ่มผลผลิตได้ดี

2.5.4 การให้น้ำแบบฉีดฝอย (Sprinkler Irrigation)

คือการให้น้ำโดยการฉีดน้ำออกจากหัวขึ้นไปบนอากาศแล้วให้เมล็ดน้ำ ตกลงมาบนแปลงเพาะปลูก โดยมีรูปทรงการแผ่กระจายของเมล็ดน้ำสม่ำเสมอ

โดยมีลักษณะเช่นเดียวกับฝน บางครั้งเรียกว่า การให้น้ำแบบฝนโปรย

ความเหมาะสม

- เหมาะกับพืชทุกชนิด ยกเว้น ข้าว
- เหมาะกับดินทุกชนิดที่มีอัตราการดูดึม สูงกว่า อัตราที่ทำการให้น้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เหมาะพิเศษสำหรับดินทรายที่มีการดูดซึมสูง
- พื้นที่ลาดชัน ไม่สม่ำเสมอ ปรับพื้นที่ไม่ได้

ลักษณะที่สำคัญ
- ให้ปุ๋ย ยาปราบศัตรูพืช ยารักษาโรคพร้อมให้น้ำได้
- ป้องกันความเสียหายของพืชที่เกิดจากความเย็นและความร้อน
- ใช้แรงงานน้อยกว่าวิธีอื่น

ข้อจำกัด
- กระแสลมที่พัดจะทำให้ฝอยน้ำที่พ่นออกมาไม่สม่ำเสมอ
- น้ำจะต้องสะอาด มีระบบกรองอย่างดี
- ท่อประธานและท่อแยกที่ไม่ได้ฝังดินนั้นอาจกีดขวางการไถพรวน

2.6 ชนิดของสปริงเกอร์

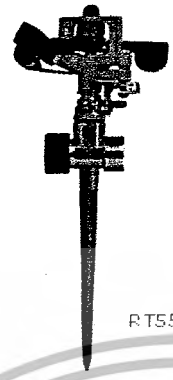
หัวสปริงเกอร์หัวหยดน้ำ Drip

รูปที่ 2.5 หัวสปริงเกอร์หัวหยดน้ำ Drip

ระบบหยดน้ำ ยังถือเป็นเรื่องใหม่สำหรับเกษตรกรไทย ซึ่งระบบนี้ได้รับความนิยมในต่างประเทศมานานแล้ว โดยเฉพาะในประเทศอิสราเอล ได้คิดค้นและเริ่มใช้มาตั้งแต่ ปี ค.ศ. 1940 โดยวิศวกรชื่อ Symcha Blass และได้แพร่หลายออกไปทั่วโลก สำหรับประเทศไทย ได้นำอุปกรณ์นำเข้า และเกษตรกรยังพึ่งน้ำฝนอยู่ สำหรับอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องในการชลประทานน้ำหยด ปัจจุบันนี้ไทยเรายังผลิตเองไม่ได้ทั้งหมด บางอย่างต้องนำเข้าจากต่างประเทศ เช่น อุปกรณ์จ่ายปุ๋ย วาล์วไฟฟ้า และระบบหม้อกรอง เป็นต้น ระบบน้ำหยด เป็นเทคโนโลยีการชลประทานวิธีหนึ่งในหลายวิธี เป็นการให้น้ำแก่พืช โดยการส่งน้ำผ่านระบบท่อและปล่อยน้ำออกทางหัวน้ำหยด ซึ่งติดตั้งไว้บริเวณโคนต้นพืช น้ำจะหยดซึมลงมาบริเวณรากช้าๆสม่ำเสมอในอัตรา 4-10 ลิตร ต่อชั่วโมง ที่แรงดัน 5-25 PSI ขึ้นอยู่กับระบบ ชนิดของพืช ขนาดของพื้นที่ และชนิดของดิน ทำให้ดินมีความชื้นคงที่ในระดับที่พืชต้องการและเหมาะสมตลอดเวลา ส่งผลให้พืชเจริญเติบโตอย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

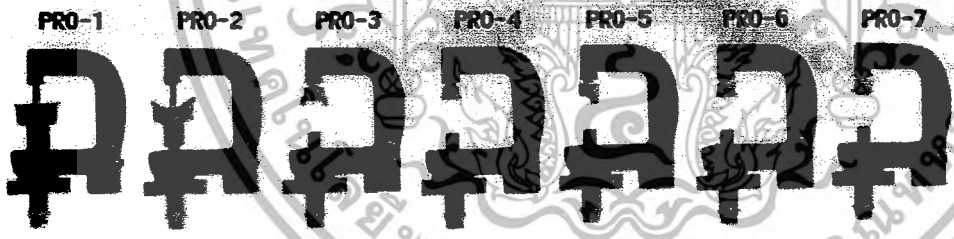
หัวสปริงเกอร์ RACO



รูปที่ 2.6 แสดงหัวสปริงเกอร์ RACO

หัวสปริงเกอร์ RACO สำหรับใช้ในงานบ้านเรือนส่วนตัว หรือโรงงาน ใช้งานและติดตั้งอุปกรณ์ง่ายสามารถต่อใช้งานได้ทันที ไม่ต้องเดินระบบอะไรให้ยุ่งยาก สามารถตั้งองศาได้ ช่วยให้จ่ายน้ำในพื้นที่ที่เราต้องการ ไม่ไปเปียกในพื้นที่ที่เราไม่ต้องการได้ แรงดันใช้งานเริ่มต้นแค่ 10 psi ก็ใช้งานได้แล้ว รัศมีการส่งส่งได้ถึง 3- 12.5 เมตร (การส่งไกลขึ้นอยู่กับปั๊มและจำนวนหัวด้วย)

มินิสปริงเกอร์ (Mini sprinkler)



รูปที่ 2.7 แสดงหัวมินิสปริงเกอร์ (Mini sprinkler)

หัวมินิสปริงเกอร์ หัวแบบนี้ส่วนใหญ่ทำมาจากพลาสติก จ่ายน้ำปริมาณไม่มากนัก รัศมีการจ่ายก็แคบประมาณแค่ 0.4-5 เมตร ขึ้นอยู่กับหัวจ่ายและรูของหัวฉีด เหมาะกับไม้พุ่ม สวนดอกไม้ สวนหย่อม ภายในบ้าน หรือภายในสวน หรือภายในสวนผัก ที่ต้องการรัศมีจ่ายน้ำไม่มาก สามารถติดตั้งเข้ากับท่อพีวีซี ท่อพีอี เลยก็ได้ หรือจะใส่ออฟชั่น เพิ่มขาปักต่อสายยางยกหัวฉีดสปริงเกอร์ให้สูงขึ้นเพื่อจ่ายลงมาก็ได้ตามความต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวสปริงเกอร์ แบบป๊อปอัพ (POP UP)

รูปที่ 2.8 แสดงหัวสปริงเกอร์ แบบป๊อปอัพ

หัวสปริงเกอร์แบบป๊อบอัพ นิยมใช้งานมากในการตกแต่งสวน สนามหญ้า เมื่อยังไม่ได้ใช้งานจะหดตัวลงมาในระดับพื้นดิน เมื่อเปิดน้ำแรงดันน้ำจะยกตัวให้หัวฉีด โผล่พ้นพื้นหญ้าขึ้นมา หัวสปริงเกอร์ แบบป๊อบอัพ มีให้เลือกหลายขนาด ให้ดูจากพื้นที่เป็นหลักเพื่อเลือกสปริงเกอร์ให้เหมาะสมกับการใช้งาน หัวสปริงเกอร์แบบป๊อปอัพ Mini star จาก Naandan อิสราเอล สปริงเกลอร์แบบนี้เป็นสปริงเกลอร์ ขนาดเล็ก แบบที่นิยมใช้ตกแต่งสวนมาก เนื่องจากสวยงามติดตั้งไม่ยากแล้วยังใช้งานได้หลากหลายไม่จำเป็นต้องฝังดินก็ได้ สามารถนำมาใช้งานเหมือนสปริงเกลอร์แบบทั่วไปก็ได้ เนื่องจากราคาไม่แพง สามารถปรับองศาการฉีดได้ เมื่อไม่ได้ใช้งานตัวสปริงเกอร์จะซ่อนตัวอยู่เมื่อได้รับแรงดันจากน้ำก็จะยกตัวขึ้นแล้วฉีดจ่ายน้ำ เมื่อเวลาทำงานจะดูสวยงานและแปลกตาดี เหมาะสำหรับสนามหญ้า รัศมีการฉีดอยู่ประมาณ 2-5 ม. สำหรับรุ่นนี้หัวจะไม่หมุน แต่จะสเปรย์น้ำออกรอบตัว

หัวสปริงเกอร์ แบบหัวพ่นหมอก(Fogger)

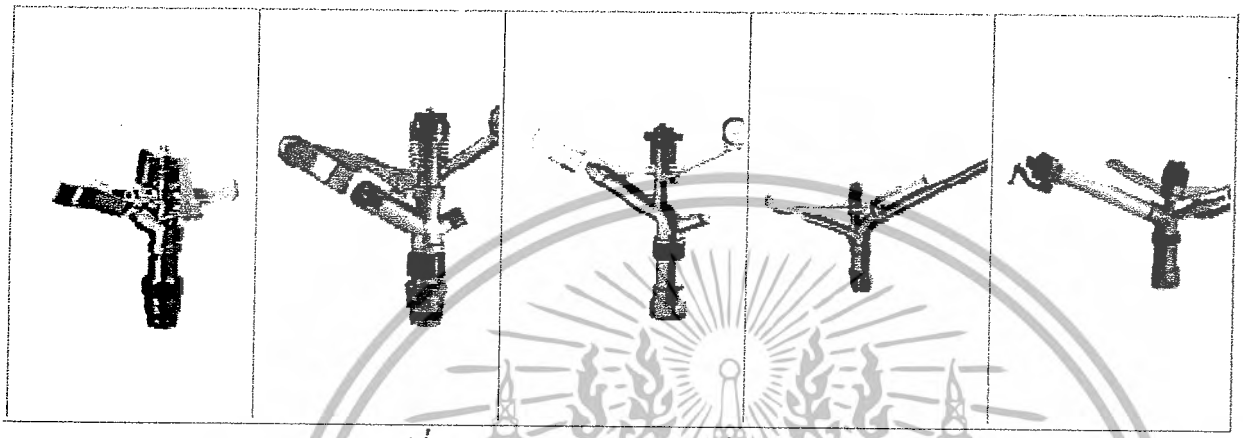
รูปที่ 2.9 หัวสปริงเกอร์ แบบหัวพ่นหมอก(Fogger)

หัวพ่นหมอก พ่นละอองน้ำ ใช้ในการรดน้ำต้นไม้ใช้โรงเรือนเพาะชำ ละอองน้ำที่พ่นออกมาช่วยระบายความร้อนในโรงเรือนเลี้ยงสัตว์หรือในโรงงานอุตสาหกรรม หัวพ่นหมอกใช้ปั๊มแรงดันสูง ทำจากโลหะระบายความร้อน (เหมือนใบพัดลมไอหมอก) specification ใช้แรงดัน 20-70 psi ปริมาณน้ำ 46-136 ลิตรต่อนาที รัศมี 3-7 เมตร แล้วแต่แรงดันปั๊มกับจำนวนสปริงเกอร์ ทำจากโลหะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบสปริงเกอร์แบบImpack

ระบบสปริงเกอร์แบบ Impack เป็นระบบการให้น้ำแบบฉีดฝอยที่ใช้ในสนามฟุตบอลและสวนที่มีขนาดใหญ่ใช้ความดันสูงประมาณ 2-5 บาร์ ทำให้สามารถฉีดน้ำไปได้ไกลระยะประมาณ 15-20 เมตร อัตราการไหลที่ใช้ประมาณ 60-85 ลิตร มีตัวImpack เป็นตัวทำให้สปริงเกอร์หมุนได้รอบ 360 องศา



รูปที่ 2.10 แสดงระบบสปริงเกอร์แบบImpack

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

บทที่ 3

ทฤษฎีของของไหล

ของไหลประกอบไปด้วยอนุภาคของของไหลจำนวนมากเคลื่อนในทิศทางที่ของไหลเคลื่อนทีอนุภาคต่างๆเหล่านี้ไม่ได้เคลื่อนที่ขนานกันไปตลอดแต่เคลื่อนที่ไปอย่างอิสระ ความเร็วของอนุภาคเป็นปริมาณเวกเตอร์มีทั้งขนาดและทิศทางซึ่งเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา

3.1 ประเภทของการไหล

การไหลของของไหลแบ่งออกเป็นสองประเภทคือ

1. การไหลแบบเทอร์บิวเลนท์ (turbulent flow) เป็นการไหลที่อนุภาคของของไหลเคลื่อนที่อย่างไม่เป็นระเบียบ

2. การไหลแบบลามินาร์ (laminar flow) เป็นการไหลที่อนุภาคของของไหลเคลื่อนที่อย่างเป็นระเบียบ

นอกจากนี้ยังมีคำที่เกี่ยวข้องกับการไหลของของไหลอีก คือ

(ก) uniform flow เป็นการไหลซึ่งขนาดและทิศทางของความเร็วของของไหลมีค่าเท่ากันทุกๆหน้าตัดของการไหล

(ข) non uniform flow เป็นการไหลของความเร็ว ความดัน เปลี่ยนแปลงไปทุกๆหน้าตัดของการไหล

(ค) steady flow เป็นการไหลซึ่งความเร็วของของไหลไม่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาแต่อาจเปลี่ยนแปลงได้ทุกๆหน้าตัดของการไหล

(ง) non-steady flow เป็นการไหลซึ่งความเร็วของของไหลเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา

3.2 อัตราไหลและความเร็วเฉลี่ย

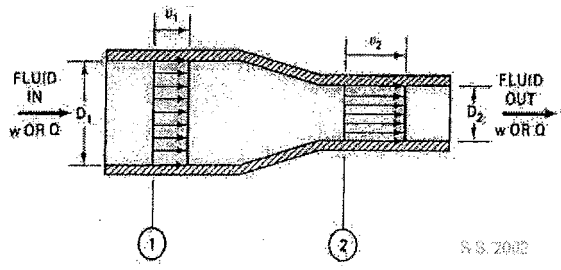
อัตราการไหล (flow rate) ของของไหล คือปริมาณของของไหลที่ไหลผ่านพื้นที่หน้าตัดที่กำหนดในหนึ่งหน่วยเวลาความเร็วเฉลี่ย (mean velocity) บนหน้าตัดที่กำหนดคือ ค่าอัตราการไหลผ่านพื้นที่หน้าตัดหารด้วยพื้นที่หน้าตัด ถ้าให้ V เป็นความเร็วเฉลี่ย Q เป็นอัตราการไหล และ A เป็นพื้นที่หน้าตัด ดังนั้น

$$Q=v/A \qquad \text{.....(3.1)}$$

3.3 สมการความต่อเนื่อง

สมการความต่อเนื่อง (equation of continuity) พิจารณา stream tube ดังภาพที่ 3.1 จากคุณสมบัติของ stream tube ทราบว่าของไหลไม่สามารถไหลข้ามออกมาจาก stream tube ได้
ดังนั้นของไหลที่ไหล เข้าทาง หน้าตัดจะไหลออกมาทางหน้าตัด ด้วยมวลเท่าเดิมเมื่อเป็นการไหลแบบ steady flow มวลของของไหลไม่มีการ เปลี่ยนแปลงไปตามกาลเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
104138



รูปที่ 3.1 stream tube

ดังนั้นจึงเขียนสมการได้เป็น

$$\rho_1 A_1 V_1 = \rho_2 A_2 V_2 = \text{ค่าคงที่} \quad \text{.....(3.2)}$$

หรือ

$$\gamma_1 A_1 V_1 = \gamma_1 A_1 V_1 \quad \text{.....(3.3)}$$

ถ้าเป็นของไหลชนิดที่อัดตัวไม่ได้ นั่นคือ $\rho_1 = \rho_2$ สมการ 3.2 อาจเขียนได้ใหม่เป็น

$$A_1 V_1 = A_2 V_2 = Q \quad \text{..... (3.4)}$$

สมการ 3.2 ถึง 3.4 นี้มีชื่อเรียกว่าสมการความต่อเนื่อง

3.4 พลังงานในการไหล

ในที่นี้จะพิจารณาถึงพลังงานที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนที่ของของไหลซึ่งอยู่ในรูปต่างๆกัน

3.4.1 พลังงานจลน์ วัตถุมวล m เมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว V จะมีพลังงานจลน์ $E_k = 1/2mv^2$ ดังนั้นถ้าของไหล เคลื่อนที่โดยที่อนุภาคของของไหลมีความเร็วเท่ากันพลังงานจลน์ของของไหลจะมีค่า $1/2mv^2$ ซึ่งเขียนเป็นสมการได้ว่า

3.4.2 พลังงานศักย์

อนุภาคของไหลน้ำหนัก W ที่อยู่เหนือระนาบอ้างอิงเป็นระยะ z มีพลังงานศักย์ $E_p = W_z$ ดังนั้นเมื่อคิดพลังงานศักย์ต่อหน่วยน้ำหนักเขียนสมการได้ว่า

$$E_p/\text{น้ำหนัก} = W_z/w = Z$$

เมื่อ Z เป็นระยะที่วัดจากระนาบอ้างอิง m

3.4.3 พลังงานความดัน

ถ้าของไหลมีพื้นที่หน้าตัดการไหล A แรงบนพื้นที่หน้าตัดซึ่งเกิดจากความดัน p ในของไหลคือ pA

ถ้าของไหลที่เคลื่อนที่ผ่านหน้าตัดนี้น้ำหนัก W ปริมาตรของของไหลที่เคลื่อนที่ผ่านหน้าตัด $= \frac{W}{\gamma}$

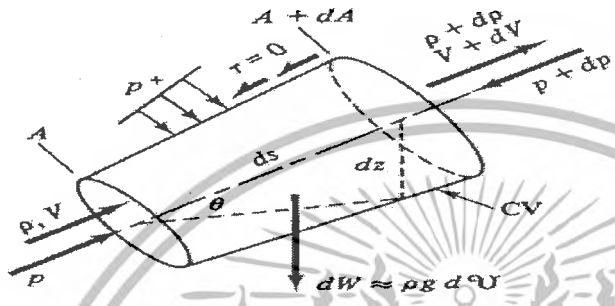
ระยะทางที่ของไหลเคลื่อนที่ $= \frac{W}{\gamma A}$

งานที่เกิดจากของไหล = แรง x ระยะทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 สมการเบอร์นูลีและสมการพลังงาน

สมการเบอร์นูลี (Bernoulli Equation)ในศตวรรษที่ 18 Daniel Bernoulli ได้เสนอสมการที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Pressure ,velocity และระยะทางที่วัดตามแนวดิ่ง ซึ่งต่อมาเรียกสมการนี้ว่า Bernoulli Equation ในกรณีสมการ Bernoulli จะมีสมมติฐานว่า properties ต่างๆ อันได้แก่ ρ , V , P และ A มีค่าแปรตามระยะทางที่วัดตามแนวการไหล (Stream Line)



รูปที่ 3.2 แสดงรูปสำหรับสมการเบอร์นูลีและสมการพลังงาน

จากภาพเขียนสมการ Conservation of linear momentum ตามแนว stream line ได้

$$\Sigma s F = \frac{d}{dt}\left(\iiint_{c.v.} Vs \, dm \right) + \iint_{c.s.} Vs \; d\dot{m}$$

โดย $\Sigma s F$ = ผลรวมของแรงที่กระทำต่อ Fluid element ตามแนว Stream line

$s V$ = ความเร็วที่มีทิศทางตามแนว Stream line

dm = มวลที่อยู่ใน System

$d\dot{m}$ = อัตราที่มวลไหลผ่าน C.V

พิจารณา $\Sigma s F$ จะพบว่าแรงที่กระทำต่อ Fluid element ประกอบด้วยแรง 2 ส่วน คือ

(1) Component ของน้ำหนักของ Fluid element ตามแนว Stream line ซึ่งจากรูปมีค่าเท่ากับ

$$-dw\sin\theta \cong -\rho g A d \sin\theta = -\rho g A dz$$

(2) แรงเนื่องจาก Pressure

$$= PA - (P + dP)(A + dA)$$

$$= PA - (PA + AdP + PdA + dPdA) \qquad \text{สมมุติ } dA \text{ มีน้อยมาก}$$

$\therefore$ แรงเนื่องจาก Pressure $= -AdP \quad \therefore \Sigma F = -\rho g A dz - AdP \; s$

พิจารณา เทอม $\left(\frac{d}{dt}\left(\iiint_{c.v.} Vs \, dm\right) \cong \frac{d}{dt}(Vs \cdot \rho ds) \cong \frac{d}{dt}(\rho v) A ds\right.$ พิจารณา เทอม

$$\iint_{c.s.} Vs \; d\dot{m} \cong (V + ds)\,(\dot{m} + dm) - (v\,\dot{m}) \cong m.dv + Vd\,\dot{m}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนค่าต่าง ๆ ลงในสมการ ได้ว่า $-\rho gAdz - AdP = \frac{d}{dt}(v)Ads + \dot{m}dV + Vd\dot{m}$

$\frac{d}{dt}(\rho v)$ ได้ว่า $\frac{d}{dt}(\rho v) = \rho\frac{dv}{dt} + \frac{dp}{dt}v$ พิจารณา $\frac{dp}{dt}$ โดยใช้สมการ Continuity

จะได้ว่า $\frac{dp}{\partial t} = -\frac{dm}{Ads}$

[อัตราการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่น = อัตราที่มวลตกค้างใน C.V. หารด้วยปริมาตร]

แทนค่า $\frac{dp}{dt}$ จะได้ $\frac{d}{dt}(pv) = p\frac{dv}{\partial t} - V\frac{dm}{Ads}$

จะได้ว่า $-AdP - \rho gAdz = \frac{dv}{dt}\rho Ads + pAVdV$

$$\frac{dv}{dt}ds + \frac{dp}{\rho} + VdV + gdz = 0$$

เมื่อIntegrate ระหว่างจุดเปรียบเทียบใด ๆตามแนว Stream line ได้ว่า

$$\int_1^2 \frac{dv}{dt}ds + \int_1^2 \frac{dp}{\rho} + \frac{1}{2}(V_2^2 + V_1^2) + g(z_2 - z_1) = 0$$

สมการนี้เรียกว่า Bernoulli equation for unsteady friction flow ตามแนว stream line

สำหรับในกรณี Steady และ Incompressible flow : $\frac{dv}{dt} = 0$ และ ρ มีค่าคงที่ ดังนั้นจะได้ว่า

$$\frac{p}{\rho g} + \frac{V}{2g} + Z_1 = \frac{p}{\rho g} + \frac{V}{2g} + Z_2 = \text{cont} \quad \text{.....(3.5)}$$

สมการนี้เรียกว่า Bernoulli equation for steady frictionless incompressible flow ตามแนว stream line ในกรณีมี shaft work และมี friction จะได้สมการดังนี้

$$\frac{p}{\rho g} + \frac{V}{2g} + Z_1 = \left(\frac{p}{\rho g} + \frac{V}{2g} + Z_2\right) + h_s + h_f \quad \text{.....(3.6)}$$

โดย h_s = energy per Unit weight มีหน่วยเป็น fit หรือ m (ในกรณีเป็นกังหันน้ำ จะมีค่าเป็นบวกและ pump มีค่าเป็นลบ)

h_f = friction head loss มีหน่วยเช่นเดียวกับ h_s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.1 The Energy Equation

ในกรณี Energy : B = *energy* แทนด้วย E

$\frac{dB}{dm}$ = *energy per unit* mass แทนด้วย e

เมื่อแทนลงในสมการ Reynold Transport ได้ว่า

$$\frac{dE}{dt} = \frac{d}{dt}\left(\iiint_{c.v} e\rho d\forall\right) + \iint_{c.s.} e\rho(v.n.)dA$$

จาก Conservation of energy ได้ว่า E = Q – W

เมื่อ Q คือ ความร้อน (heat)

- +Q คือ ความร้อนที่ใส่เข้าไปในระบบ
- -Q คือ ความร้อนระบบถ่ายเทออกสู่สิ่งแวดล้อม

W คือ งาน (Work)

- +W คือ งานที่ระบบให้ออกมา
- -W คือ งานที่ใส่ให้ระบบ

จะได้ว่า $\frac{dE}{dt} = \frac{dQ}{dt} - \frac{dW}{dt}$ หรือ $\dot{E} = \dot{Q} - \dot{W}$

energy per unit mass , e ประกอบด้วย

1. internal energy ; $\bar{u}$ 2. kinetic energy ; $\frac{1}{2}v^2$ 3. potential energy ; gZ

$$\therefore \quad e = \bar{u} + \frac{1}{2}V^2 + gz$$

จากงาน W ประกอบด้วย

1. งานที่ได้จากการหมุนของเพลา ; Ws
2. งานเนื่องจากความดัน ; Wp
3. งานเนื่องจากแรงเสียดทาน ; Wf

$$\therefore W = W_s + W_p + W_f \text{ หรือ } \dot{w} = \dot{w}_s + \dot{w}_p + \dot{w}_f$$

แต่ $\dot{w}_p = \iint_{c.s.} P(V.n.)dA$

$$\therefore \dot{w} = \dot{w}_s + \iint_{c.s.} p(V.n.)dA + \dot{w}_f$$

ได้ว่า $\dot{Q} - \dot{w}_s - \dot{w}_f = \frac{d}{dt}\left(\iiint_{c.v}\left(\bar{u} + \frac{1}{2}V^2 + gz\right)\rho d\forall + \iint_{c.s.}\left(\bar{u} + \frac{1}{2}V^2 gz + \frac{p}{\rho}\right)\rho(v.n)dA\right.$

สมการที่ได้นี้เรียกว่า energy equation

Steady One – Dimensional Flow Energy Equation

ในกรณี Steady flow. $\frac{d}{dt}\left(\iiint_{c.v}\left(\bar{u} + \frac{1}{2}V^2 + gz\right)\rho d\forall = 0\right.$

สมการข้างล่างนี้เรียกว่า "Steady One – dimensional flow energy equation" ถ้าพิจารณาในเทอมของHead

จะได้ว่า ; $\frac{p_1}{\rho g} + \frac{\bar{u}_1}{g} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 = \left(\frac{p_2}{\rho g} + \frac{\bar{u}_2}{g} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2\right) - h_g - h_s - h_f$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 โมเมนตัมและแรงที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของของไหล (Momentum And Dynamic Forces In Fluid Flow)

แรงที่เกิดจากการเคลื่อนที่ (Dynamic Force)ในกรณีที่ต้องการเปลี่ยนความเร็วหรือทิศทางของการไหล ก็จะต้องมีแรงจากภายนอกมากระทำกับของไหลก้อนนั้น จากกฎของแรงกริยาและแรงปฏิกริยา ของไหลก้อนนั้นก็จะต้องส่งแรงไปกระทำกับวัตถุที่จะมาเปลี่ยนความเร็วและทิศทางของมันด้วยแรงที่มีขนาดเท่าๆกัน แต่มีทิศทางตรงกันข้าม แรงดังกล่าวนี้เรียกว่า แรงที่เกิดจากการเคลื่อนที่ แรงที่เกิดจากการเคลื่อนที่นี้จะแตกต่างจากแรงที่เกิดจากความดัน

วิวัฒนาการของกฎอิมพัลส์โมเมนตัม (Development Of The Impulse Momentum Principle)

กฎข้อที่สองของนิวตันมีใจความว่า อัตราการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมเชิงเส้น (linear momentum) เป็นสัดส่วนโดยตรงกับแรงที่กระทำกับวัตถุนั้น และการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมเชิงเส้นนั้นจะต้องอยู่ในทิศทางที่แรงกระทำ กฎข้อที่สองของนิวตันนี้สามารถเขียนได้เป็นสมการได้ว่า

$$F = m\vec{a}$$
$$= m\frac{d\vec{V}}{dt}$$

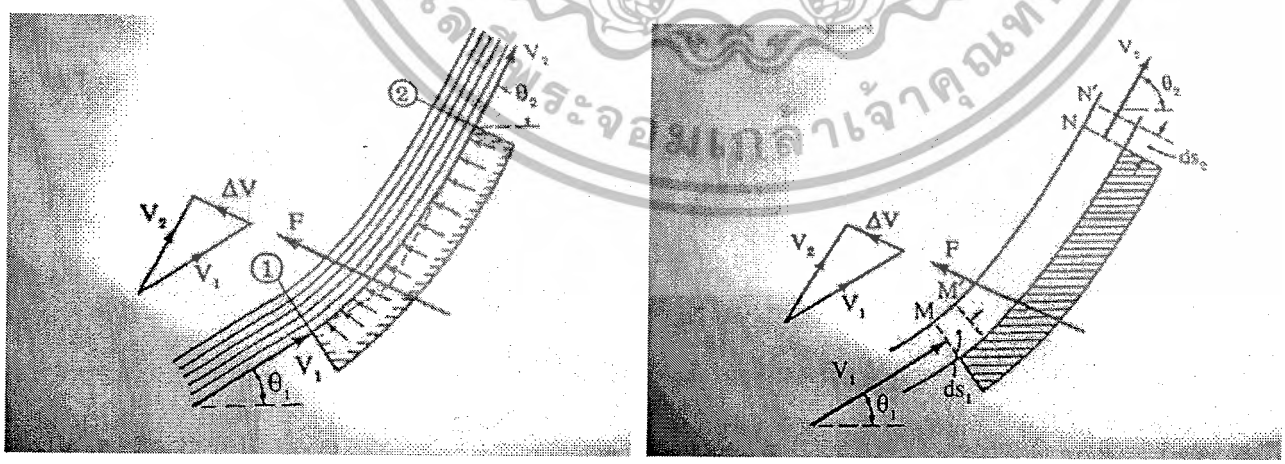
หรือเขียนใหม่ได้ว่า

$$F = m\,d\vec{V}$$

เทอม $\vec{F}\,dt$ มีชื่อเรียกว่า อิมพัลส์ (Impulse)

$m\,d\vec{V}$ คือค่า โมเมนตัมที่เปลี่ยนแปลงไป

ในกรณีทีของไหลไหลผ่านแผ่นวัสดุที่มีผิวเป็นส่วนโค้งของวงกลมที่เรียกว่า Vane ด้วย ความเร็วคงที่และต่อเนื่องอย่าง (Steady) ดังรูปนั้น แรงลัพธ์ $\vec{F}$ ที่แผ่นวัตถุกระทำกับของไหลจะต้องเท่ากับผลรวมของแรงย่อยทั้งหมดบนผิวของแผ่นวัตถุ ผลรวมของแรงย่อยเหล่านี้สามารถหาได้ด้วยการนำเอาปีโซมิเตอร์มาวัดที่จุดต่างๆ บนผิวของแผ่นวัตถุนั้น



รูปที่ 3.3 แสดงให้เห็นระบบควบคุมปริมาตร (control volume) ของของไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่3.3 แสดงให้เห็นระบบควมคุมปริมาตร (control volume) ของของไหลในช่วงที่สัมผัสกับแผ่นวัตถุ (ของไหลที่อยู่ในระหว่างหน้าตัด 1 และหน้าตัด 2) ของไหลในระบบควบคุมปริมาตรนี้จะเคลื่อนที่จากตำแหน่ง MN ไปยัง $\acute{M}\acute{N}$ ในช่วงเวลา dt ซึ่งในช่วงเวลา dt นี้อนุภาคของของไหลที่หน้าตัด M จะเคลื่อนที่ได้ในระยะทาง ds_1 ส่วนอนุภาคของของไหลที่หน้าตัด N ก็จะเคลื่อนที่ได้ในระยะทาง ds_2

ในกรณีที่เป็นการไหลแบบ steady flow นั้น มวลและความเร็วของของไหลในระหว่างหน้าตัดที่ 1 และ 2 จะคงที่ ด้วยเหตุนี้โมเมนตัมของก้อนของไหลก็จะคงที่ด้วย ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมของอนุภาคของของไหลที่อยู่ภายใน control volume ก็จะต้องเป็นความแตกต่างระหว่างโมเมนตัมของก้อนของไหลที่ไหลเข้ากับก้อนที่ไหลออกจาก control volume

โมเมนตัมของก้อนของไหลที่ไหลเข้าระบบ $= (\rho_1 A_1 ds_1) V_1$

โมเมนตัมของก้อนของไหลที่ไหลออกจากระบบ $= (\rho_2 A_2 ds_2) V_2$

ในกรณที่เป็นการไหลแบบ steady flow นั้นมวลของก้อนไหลที่ไหลเข้าทางหน้าตัด 1 จะต้องเท่ากับมวลของก้อนที่ออกจากหน้าตัด 2 ดังนั้น

$$(\rho_1 A_1 ds_1) V_1 = (\rho_2 A_2 ds_2) V_2$$

เมื่อหารด้วย dt ตลอดจะได้

$$(\rho_1 A_1 \frac{ds_1}{dt}) = (\rho_2 A_2 \frac{ds_2}{dt})$$

$$\rho_1 A_1 V_1 = \rho_2 A_2 V_2$$

ฉะนั้นในช่วงเวลา dt ก็จะมีโมเมนตัมไหลเข้า control volume เป็น $\rho A V_1 dt$ และมีโมเมนตัมไหลออกจาก control volume เป็น $\rho A V_2 dt$

เนื่องจาก $\vec{V}$, $\Delta\vec{V}$, และ $\vec{F}$

การเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมในแกน x $= \rho Q dt (V_2 \cos\theta_1 - V_1 \cos\theta_1)$

การเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมในแกน x นี้จะเท่ากับอิมพัลส์ , $F_x dt$ ในแกน x

$$\therefore F_x dt = \rho Q dt (V_2 \cos\theta_1 - V_1 \cos\theta_1)$$

$$F_x = \rho Q (V_2 \cos\theta_2 - V_1 \cos\theta_1) = \rho Q \Delta V_x$$

ในทำนองเดียวกันก็สามารถพิสูจน์ได้ว่า

$$F_y = \rho Q (V_2 \sin\theta_2 - V_1 \sin\theta_1) = \rho Q \Delta V_y$$

เนื่องจาก $\vec{F} = \sqrt{F_x^2 - F_y^2}$ และ $\Delta\vec{V} = \sqrt{\Delta V_x^2 - \Delta V_y^2}$

ดังนั้นแรงลัพธ์ที่เกิดจากการเคลื่อนที่ที่วัตถุกระทำกับของไหลก็จะมีค่าเป็น

$$\vec{F} = \rho Q \Delta\vec{V}$$

ทิศทางของแรง $\vec{F}$ ซึ่งเป็นแรงที่วัตถุกระทำกับของไหลนี้จะเหมือนกับทิศทางของ $\Delta\vec{V}$ ดังรูปที่ 1 และ 2 ส่วนทิศทางที่ของไหลกระทำกับวัตถุจะตรงกันข้ามกับแรง $\vec{F}$ ดังกล่าว และสามารถแทนค่าแรงที่ของไหลกระทำกับวัตถุด้วย

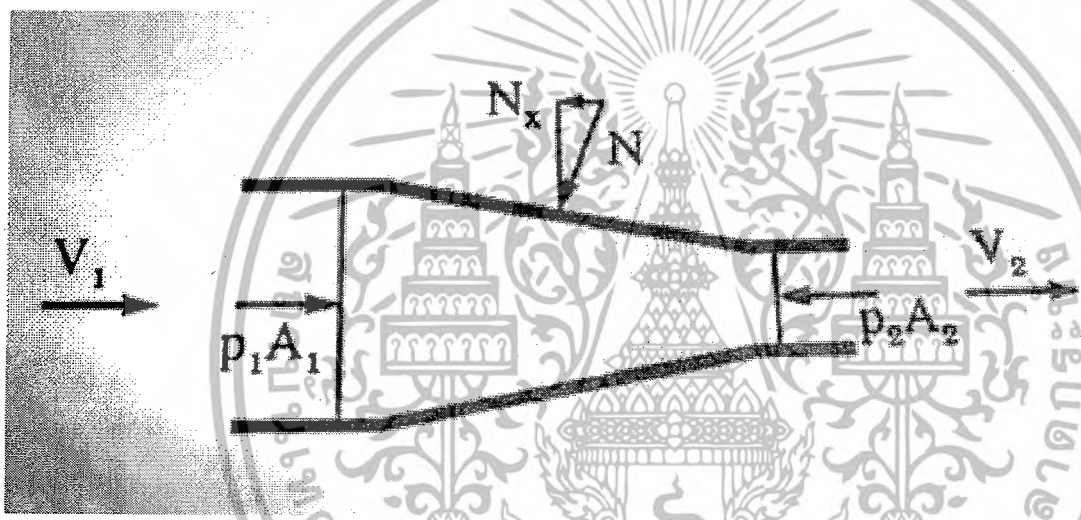
$$\vec{F} = -\rho Q \Delta\vec{V} \qquad \text{.....(3.7)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าแรงลัพธ์ในรูป นั้นเป็นผลบวกของแรงเล็กๆ ตลอดผิวของ vane แต่จากหลักการของ impulse momentum นั้น ปรากฏว่าแรงลัพธ์ดังกล่าวนี้ขึ้นอยู่กับสภาวะของก้อนของไหลที่ทางเข้าและทางออกของระบบควบคุมปริมาตรเท่านั้น ดังนั้นเราจึงสามารถหลีกเลี่ยงรายละเอียดที่ซับซ้อนของสภาวะของของไหลที่อยู่ภายในระบบควบคุมปริมาตรนั้นได้ อย่างไรก็ตามองค์ประกอบภายในระบบควบคุมปริมาตรตามเส้นทางการไหล เช่น ความเสียดทานก็ยังคงมีผลกระทบต่อค่าต่างๆ ของก้อนของไหลที่ไหลออกจากระบบควบคุมปริมาตร ในกรณีมีทางเข้าออกหลายทางก็อาจจะรวมค่าทางเวกเตอร์ของ $\rho Q\Delta\vec{V}$ เข้าด้วยกัน

3.7 แรงจากการเคลื่อนที่ที่กระทำกับท่อที่มีความดัน (Dynamic Force Exerted On Pressure Conduits)

เมื่อของไหลถูกอัดตัวให้ไหลในภาชนะปิด เช่น ในท่อก็จะมีแรงมากระทำกับท่อหลายแรงด้วยกัน เช่น แรงจากความดันสถิต (static pressure) และแรงที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของของไหล



รูปที่ 3.4 การไหลในท่อความดัน

ให้พิจารณาของไหลที่กำลังไหลตามแนวแกนของท่อจากซ้ายไปขวาดังในรูป จะเห็นได้ว่าแรงรวมที่กระทำกับก้อนของไหลในท่อนั้น คือ

$$F = \rho Q (V_2 - V_1)$$

แรงรวม F นี้เป็นผลบวกของแรงต่างๆ ที่กระทำกับก้อนของไหล ซึ่งก็ได้แก่แรงจากความดันสถิตที่กระทำกับปลายทั้งสองของท่อกับแรงย่อยที่ผนังของท่อกระทำกับของไหล

ความดันที่ผนังของท่อนี้จะลดน้อยลงเมื่อท่อมีขนาดเล็กลง ทั้งนี้เพราะมี velocity head เพิ่มขึ้นและถ้าหากตัดแรงดึงดูดของโลกทิ้งโดยถือว่ามีความสำคัญน้อยแล้ว ผลบวกของแรงที่ตั้งฉากกับแกนของท่อก็จะต้องมีค่าเป็นศูนย์ ทั้งนี้เนื่องจากความสมมาตรของท่อนั่นเอง

ให้ N_x เป็นแรงลัพธ์ที่ผนังท่อกระทำกับของไหลตามแกน x และเนื่องจากความเสียดทานของของไหลจึงทำให้แรง N_x นี้มีค่ามากขึ้นเมื่อของไหลไหลจากซ้ายไปขวาแต่ถ้าของไหลจากขวาไปซ้าย แรง N_x นี้จะมีค่าน้อยลงและอาจจะมีทิศทางไปทางขวา (มีค่าติดลบ) ก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าสมมุติว่าของไหลในท่อเป็นของไหลในจินตนาการ และแรง N_x มีทิศทางหันไปทางด้านซ้ายมือดังรูปแล้ว เมื่อเอาผลบวกของแรงทั้งหมดมาเท่ากับอัตราการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมก็จะได้

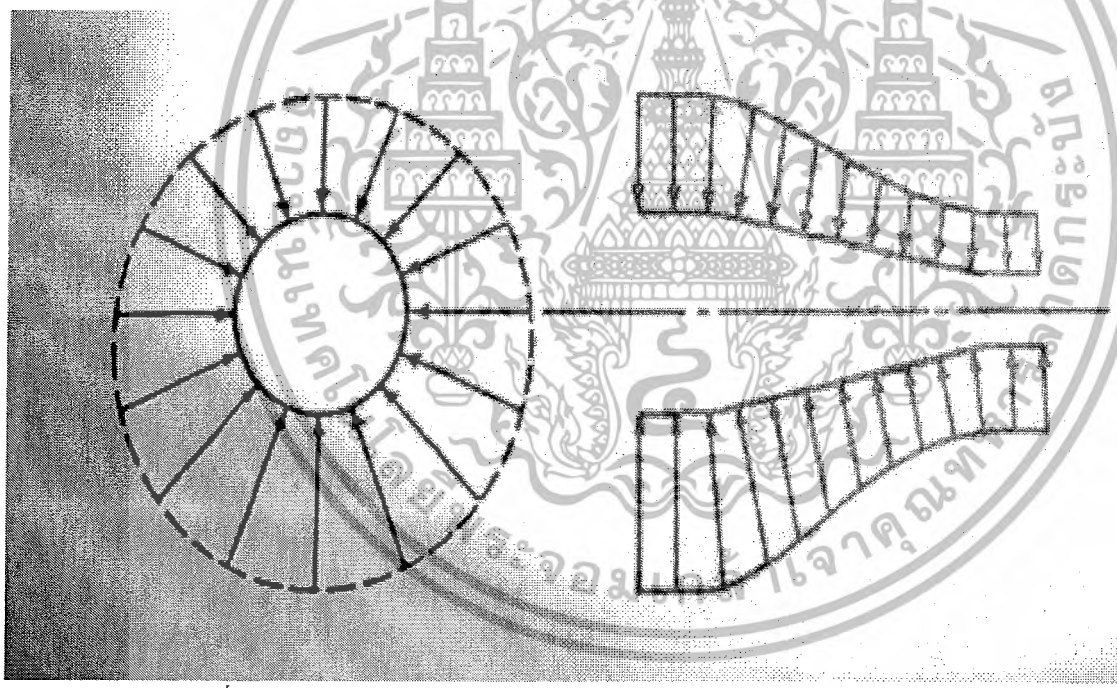
$$p_2A_1 - p_2A_2 - Nx = \rho Q\,(V_2 - V_1)$$

เทอมต่างๆในสมการ (1) นี้สามารถแยกหาได้ทีละเทอม ยกเว้น N_x ซึ่งเป็นค่าที่ต้องการหาเมื่อจะจัดเทอมต่างๆในสมการ (3.4) เสียใหม่แล้วก็จะได้

$$N_x = p_1A_1 - p_2A_2 - \rho Q\,(V_2 - V_1) \qquad \text{.....(3.8)}$$

แรง N_x เป็นแรงรวมจากการเคลื่อนที่ที่ข้อต่อลดขนาด (reducer) กระทำกับก้อนของไหล ส่วนแรงที่ก้อนของไหลกระทำกับก้อนข้อต่อลดขนาดนั้นมีทิศทางตรงกันข้ามกับ N_x นี้

ถ้าหากน้ำหนักของก้อนของไหลในช่วงหน้าตัด 1 และ 2 ในรูปที่ 3.4 เข้ามาเกี่ยวข้องด้วยแล้ว ก็จะทำให้ความดันทางด้านล่างมีค่าสูงกว่าความดันทางด้านบน และจะต้องนำเอาสภาวะที่หน้าตัดทางปลายระบบควบคุมปริมาตรใช้ในการวิเคราะห์ด้วย ส่วนการหาแรงที่เกิดจากการเคลื่อนที่นั้นก็เช่นกัน ไม่จำเป็นที่จะต้องทราบว่าภายในหน้าตัด 1 และ 2 นั้นมีการเปลี่ยนแปลงอะไร

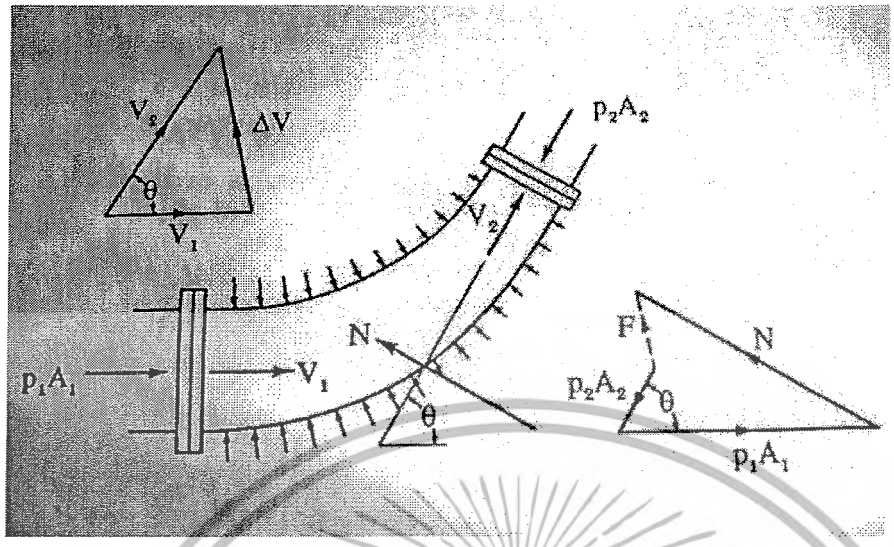


รูปที่ 3.5 แสดงให้เห็นลักษณะการกระจายความดันภายในข้อต่อลดขนาด

รูปที่ 3.5 แสดงให้เห็นลักษณะการกระจายความดันภายในข้อต่อลดขนาด ผลกระทบรวมของความดันทั้งหมดในแกน x นี้จะเท่ากับ N_x ส่วนแรงในแกน y นั้นจะเท่ากับน้ำหนักของของไหลที่อยู่ในระหว่างหน้าตัด 1 และ 2ถ้าหากของไหลเปลี่ยนแปลงความเร็วและทิศทาง เช่น ในข้องอลดขนาด ดังรูป แล้วก็จะสามารถใช้วิธีการวิเคราะห์แบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เดียวกับกรณีที่ผ่านมานั้น แต่แรงย่อยที่เกี่ยวข้องนั้นหาได้สะดวกกว่า



รูปที่ 3.6 แรงที่กระทำบนข้องอ

ในกรณีไม่คิดน้ำหนักของก้อนของไหลนั้นเมื่อรวมแรงที่กระทำกับก้อนของของไหลในแกน x ตามสมการ $\vec{F} = \rho Q \Delta \vec{V}$ แล้วให้เท่ากับอัตราการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมในแกน x ของของไหล ก็จะได้

$$F_x = \rho Q \Delta V_x$$

$$p_1A_1 - p_2A_2\cos\theta - N_x = \rho Q\,(V_2\cos\theta_2 - V_1\cos\theta_1)$$

$$= \rho Q\,(V_2\cos\theta - V_1\cos 0)$$

$$\therefore \quad N_x = p_1A_1 - p_2A_2\cos\theta - \rho Q\,(V_2\cos\theta - V_1)$$

ในทำนองเดียวกันในแกน y ก็จะได้

$$F_y = \rho Q \Delta V_y$$

$$N_y - p_2A_2\sin\theta = \rho Q\,(V_2\sin\theta - 0)$$

$$N_y = p_2A_2\sin\theta + \rho Q\,(V_2\sin\theta) \qquad \text{.....(3.9)}$$

ในกรณีดังกล่าวนี้ถ้าหากค่า N_x และ N_y ที่หาได้นี้มีค่าเป็นบวก ก็แสดงว่าทิศทางที่สมมุติขึ้นตามรูปนั้นถูกต้อง แต่ถ้าค่าที่ได้นั้นเป็นลบ ก็แสดงว่าทิศทางของแรงนั้นตรงข้ามกับทิศทางที่สมมุติขึ้น

จะเห็นได้ว่าแรง $\vec{F} = \rho Q \Delta \vec{V}$ นี้เป็นแรงลัพธ์ทั้งหมดที่กระทำกับของไหลซึ่งจะมีค่าเท่ากับแรงจากความดันที่ปลายท่อทั้งสอง ส่วนแรง $\vec{N}$ เป็นแรงที่ข้องอกระทำกับของไหลแรง $\vec{N}$ นี้จะมีค่าเท่ากับ $\sqrt{N_x^2 + N_y^2}$ ดังแสดงด้วยเส้นทึบในรูป แรงทั้งหมดที่ของไหลกระทำกับข้องอนั้นจะมีค่าเท่ากับ N แต่มีทิศทางตรงกันข้ามกับทิศทางที่อยู่ในรูป จะเห็นได้ว่าแรงดังกล่าวนี้พยายามทำให้ข้องอลดขนาดเคลื่อนที่ ดังนั้นไม่ว่าจุดใดที่มีการเปลี่ยนแปลงความเร็วหรือทิศทางการไหล (เป็นท่อขนาดใหญ่) ก็จะต้องยึดท่อดังกล่าวไว้เพื่อป้องกันการเคลื่อนที่ของท่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8 แรงจากการเคลื่อนที่ที่ของไหลกระทำกับวัตถุที่กำลังเคลื่อนไหว (Dynamic Force Upon Body In Translation)

ถ้าหากของไหลที่ไหลไปบนวัตถุนั้นเป็นการไหลแบบ steady flow และวัตถุนั้นมีทิศทางการเคลื่อนที่ไปในทางเดียวกับทิศทางเดิมของก้อนของไหลแล้ว ก็จะสามารถหาแรงจากการเคลื่อนที่ที่ก้อนของไหลกระทำกับวัตถุชิ้นนั้นได้โดยง่ายจากสมการ $\vec{F} = \rho Q \Delta \vec{V}$ แต่ถ้าหากทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุไม่ได้อยู่ในทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่เดิมของก้อนของไหลแล้ว การหาแรงก็จะยุ่งยากยิ่งขึ้น

ข้อแตกต่างที่สำคัญระหว่างแรงที่กระทำกับวัตถุที่อยู่นิ่งกับที่กับวัตถุที่มีการเคลื่อนที่ก็คือ

1 จะต้องพิจารณาทั้งความเร็วสัมบูรณ์และความเร็วสัมพัทธ์ซึ่งจะทำให้การหา $\Delta \vec{V}$ ยากยิ่งขึ้น

2 ต้องคิดถึงปริมาณของก้อนของไหลที่วิ่งชนวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ (ชิ้นเดียวโดดๆ) ในช่วงเวลาต่างๆ

ให้ A_1 = พื้นที่หน้าตัดของก้อนของของไหล

V_1 = ความเร็วของก้อนของของไหล

γ = น้ำหนักจำเพาะของก้อนของของไหล

G = อัตราการไหลโดยน้ำหนักของก้อนของของไหลที่ฉีดจากหัวฉีด = $\gamma A_1 v_1$

ถ้าหากวัตถุเคลื่อนที่หนีไปออกจากหัวฉีด ก็จะทำให้ปริมาตรของก้อนของไหลที่วิ่งเข้าชนวัตถุในหนึ่งช่วงของเวลาน้อยกว่าค่าที่คำนวณได้จากความสัมพันธ์ที่ผ่านมานั้น ถ้าวัตถุเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกับเจ็ตด้วยความเร็วที่เท่าหรือมากกว่าเจ็ตแล้วก็จะไม่มีของไหลวิ่งเข้าชนวัตถุนั้น แต่ถ้าหากวัตถุมีความเร็วต่ำกว่าเจ็ตและเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกับเจ็ตแล้วปริมาณของก้อนของไหลที่วิ่งเข้าชนวัตถุก็จะเป็นสัดส่วนกับความแตกต่างระหว่างความเร็วของเจ็ตกับวัตถุ นั้นก็คือเป็นสัดส่วนกับความเร็วสัมพัทธ์ $v_1 = V_1 - u$

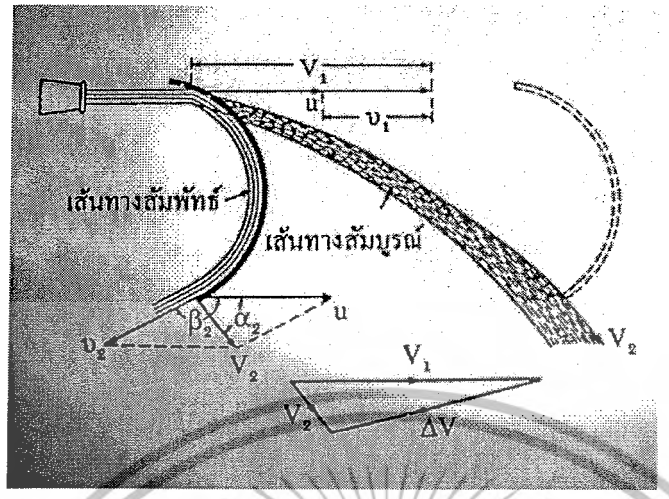
ให้

$\dot{G}$ = อัตราการไหลโดยน้ำหนักที่ของไหลชนกับวัตถุที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว u ไปในทิศทางเดียวกับเจ็ตที่มีความเร็วเป็น V_1 ดังนั้น

$$\begin{aligned} \dot{G} &= \gamma \dot{Q} \\ &= \gamma A_1 V_1 (V_1 - u) \\ &= \gamma A_1 v_1 \end{aligned} \qquad \text{.....(3.10)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความแตกต่างระหว่าง G กับ $\dot{G}$ สามารถอธิบายจากรูป



รูปที่ 3.7 แสดงให้เห็นเจ็ตที่ใส่ vane ที่กำลังเคลื่อนที่

จากรูป หัวฉีดจะฉีดของไหลออกมาเป็นจำนวน $G = \gamma A_1 v_1$ ในหนึ่งหน่วยเวลา แต่ในช่วงเวลาเดียวกันนี้แผ่นวัตถุจะเคลื่อนที่หนีออกจากหัวฉีดเป็นระยะทาง u จะเห็นได้ว่าของไหลที่จะต้องเพิ่มเข้าไปในระหว่างตำแหน่งทั้งสองนี้มีจำนวนถึง A_1u

ดังนั้นในกรณีที่วัตถุชิ้นเดียวเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดิมของก้อนของไหลแล้ว แรงย่อยในทิศทางการเคลื่อนที่ที่ก้อนของไหลกระทำกับวัตถุก็จะเป็น $F_u = \frac{\dot{G}}{g} \cdot \Delta V_u = \frac{\gamma A1 v1}{g} \cdot \Delta V_u = \rho A1\ v\,1 \Delta V_u$

อักษร u ที่ห้อยท้ายนั้นหมายถึงความเร็วย่อยที่อยู่ในทิศทางเดียวกับความเร็ว u

เราสามารถพิสูจน์ได้ว่า $\Delta V_u = \Delta v_u$ ซึ่งสามารถพิสูจน์ให้เห็นได้ จากรูป จะได้ว่า

$$V_{2u} = V_2 \cos \alpha_2$$

และ $$V_{1u} = V_1 \cos \alpha_1 = V_1$$

$$\therefore \quad \Delta V_u = V_{2u} - V_{1u} = V_2 \cos \alpha_2 - V_1$$

แต่ (จากรูป) : $V_1 = u + v\,1$

ดังนั้น : $$\Delta V_u = V_2 \cos \alpha_2 - (u + v\,1) \qquad \text{.....(3.11)}$$

เมื่อพิจารณาจาก v 2 แล้วก็จะเห็นได้ว่า :

$$v\,2u = v\,2 \cos \beta_2$$

และ $$v\,1u = v\,1 \cos \beta_1 = v\,1$$

$$\therefore \quad \Delta v\,u = v\,2u - v\,1u = v\,2 \cos \beta_2 - v\,1$$

จาก : $$v\,2 \cos \beta_2 = V_2 \cos \alpha_2 - u \qquad \text{..... (3.12)}$$

เมื่อแทนค่านี้ลงไปจะได้ : $\Delta v\,u = V_2 \cos \alpha_2 - u - v\,1$

จะเห็นได้ว่าส่วนที่อยู่ทางด้านขวามือของสมการ (3.11) และ (3.12) นั้นมีค่าเท่าๆกัน

$$\therefore \quad \Delta V_u = \Delta v_u$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อแทนค่า ΔV_u นี้ลงในสมการ (1) แล้วก็จะได้ :

$$F_u = \frac{\dot{G}}{g} \cdot \Delta V_u = \frac{\gamma A_1 v_1}{g} \cdot \Delta V_u = \rho A_1 v_1 \Delta v_u \qquad \text{.....(3.13)}$$

ตำแหน่งของแผ่นวัตถุที่เห็นเป็นเส้นทึบในรูปที่ 3.7 นั้นเป็นตำแหน่งที่อนุภาคของก้อนของไหลกำลังจะไหลเข้าสู่แผ่นวัตถุ ส่วนตำแหน่งของแผ่นวัตถุที่เห็นเป็นเส้นไข่ปลาเป็นตำแหน่งที่อนุภาคของก้อนของไหลกำลังจะไหลออกจากแผ่นวัตถุพอดี ดังนั้นเราจึงสามารถเขียนเส้นทางการเคลื่อนที่ของก้อนของไหลได้สองเส้นทางด้วยกัน คือ เส้นทางหนึ่งเป็นเส้นทางที่สัมพัทธ์กับแผ่นวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ ส่วนอีกเส้นทางหนึ่งเป็นเส้นทางที่สัมพัทธ์กับผิวโลกซึ่งเรียกว่า เส้นทางสัมบูรณ์ (absolute path) เส้นทางหลังนี้เป็นเส้นทางที่มองเห็นจากคนที่อยู่นิ่งบนผิวโลก จากการศึกษาจากรูปที่ 3.7 ก็จะเห็นได้ว่า ทิศทางของความเร็วสัมพัทธ์ของก้อนของไหลขณะที่จะไหลออกจากแผ่นวัตถุนั้นหาได้จากรูปร่างของแผ่นวัตถุนั้นเอง แต่ความเร็วสัมพัทธ์ที่ทางเข้าในขณะที่ของไหลจะวิ่งเข้าชนแผ่นวัตถุนั้นหาได้คร่าวๆ จากความสัมพันธ์ระหว่าง V_1 และ u แต่ภายหลังจากที่ก้อนของไหลวิ่งชนแผ่นวัตถุแล้ว ความเร็วสัมพัทธ์ก็จะอยู่ในแนวเส้นสัมผัสกับผิวของแผ่นวัตถุ และเพื่อไม่ให้เกิดความสูญเสียพลังงานมากเกินไป จึงควรให้ทิศทางทั้งสองนี้อยู่ในทิศทางเดียงกันมิฉะนั้นแล้วก็จะทำให้ของไหลเปลี่ยนขนาดความเร็วและทิศทางโดยฉับพลัน ในการใช้งานนั้นจะมีเพียงบางกรณีเท่านั้นที่ของไหลจะวิ่งเข้าชนแผ่นวัตถุที่อยู่เพียงชิ้นเดียวโดดๆ ส่วนใหญ่แล้วเจ็ตของไหลจะฉีดใส่แผ่นวัตถุที่อยู่กันเป็นชุด เช่น ครีบของกังหันน้ำแบบเพลตัน (pelton wheel) ในกรณีดังกล่าวนี้อัตราการไหลของของไหลที่วิ่งเข้าชนครีบแต่ละครีบก็จะเป็น $Q = A_1V_1$ ทั้งนี้เนื่องจากของไหลที่พลาดจากการชนครีบ (bucket) อันหน้าจะวิ่งเข้าชนครีบอันต่อไป ดังนั้นแรงที่กระทำกับครีบทั้งชุดก็จะมีค่าเป็น

$$F_u = \frac{\dot{G}}{g} \cdot \Delta V_u = \frac{\gamma A_1 V_1}{g} \cdot \Delta V_u = \frac{\gamma A_1 V_1}{g} \cdot \Delta v_u \qquad \text{.....(3.14)}$$

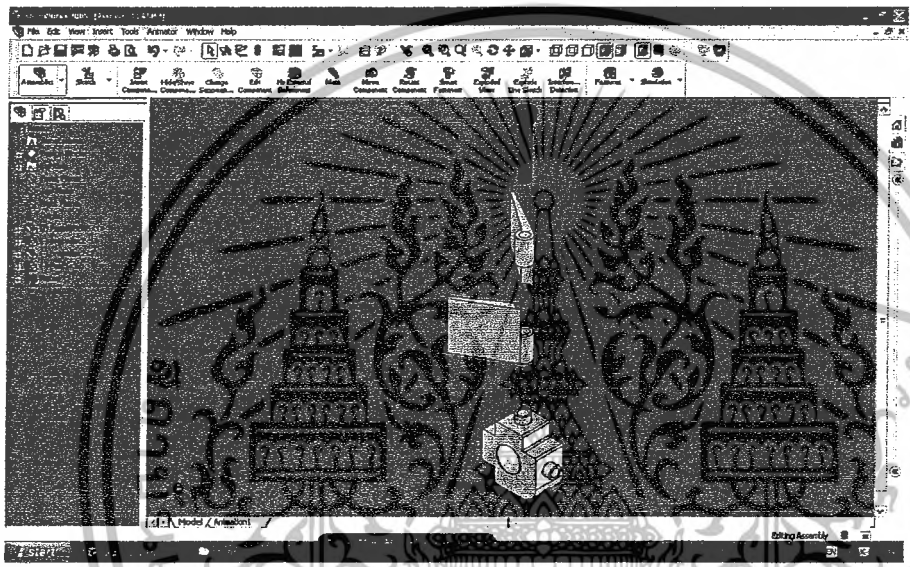
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่4

การออกแบบและการคำนวณ

4.1*การออกแบบใบพัด*

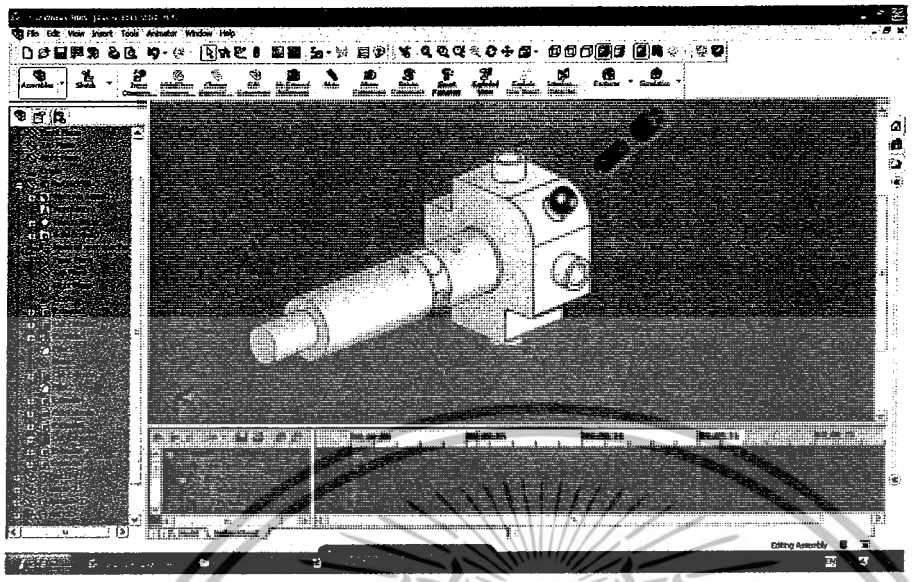
ใบพัดแต่ละใบจะประกอบด้วยอะลูมิเนียม 2 แผ่นประกอบกันคล้ายบานพับ สามารถปรับมุมได้10-160องศา ทำให้สามารถทำให้น้ำกระจายในหลายทิศทาง



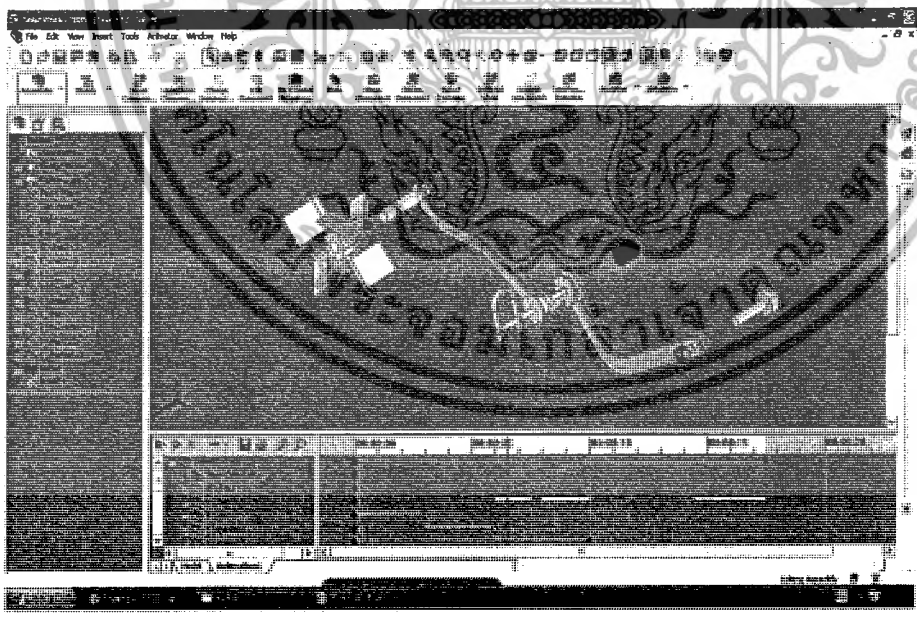
รูป 4.1 แสดงใบพัดที่ออกแบบ

ระหว่างฐานของใบพัดกับแกนของใบพัด ที่แกนของใบพัดจะกัดเป็นร่องทางเดินของลูกปืน โดยร่องทางเดินของลูกปืนจะเซาะเป็นรูปครึ่งทรงกลมไว้เป็นที่พักของลูกปืนในการหมุนของใบพัดในแต่ละจังหวะลูกปืนจะถูกอัดด้วยสปริง น็อตตัวหนอนจะเป็นตัวอัดสปริงเข้าไปอีกครั้งหนึ่งสปริงสามารถของอัด-คลาย ด้วยการหมุนน็อตตัวหนอนเข้า ออกได้ โดยใช้หกเหลี่ยมขนาด4 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



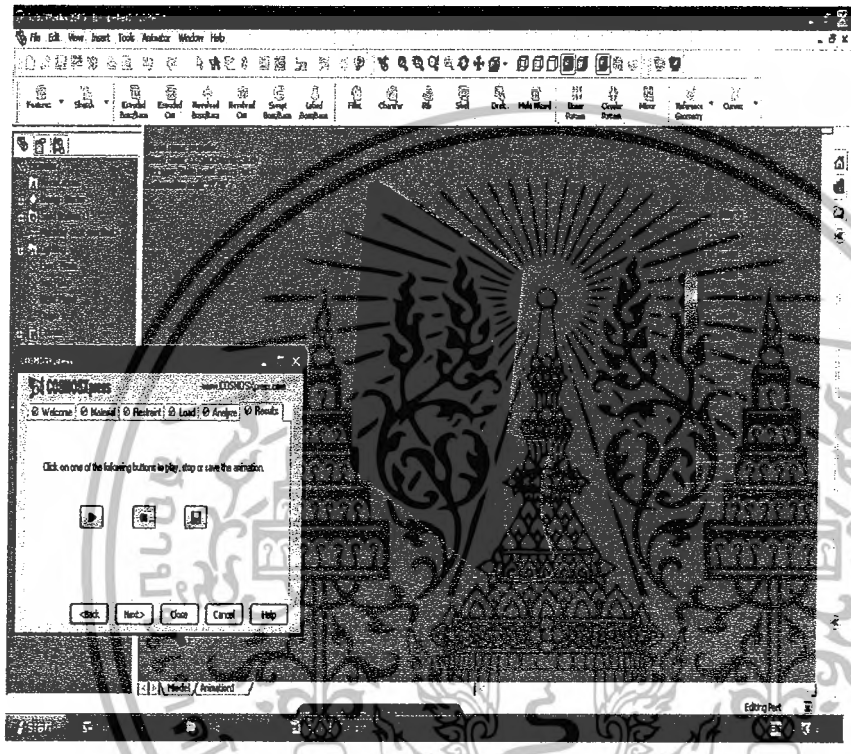
รูป 4.2 แสดงแกนของใบพัด



4.3ภาพประกอบของชิ้นส่วนต่างๆที่ทำการออกแบบพื่อติดตั้งใบพัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การSimulation ดูแนวโน้มว่าใบพัดจะสามารถทนแรงดันที่มากระแทกได้หรือไม่ โดยออกแบบใบพัดให้มีการเสียหายโดยมีค่าไม่เกินค่า yield strength ของวัสดุที่นำมาใช้ คือ อะลูมิเนียม



รูป 4,4 แสดงการ Simulation ของใบพัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

อุปกรณ์และการทดลอง

5.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองสปริงเกอร์ประกอบด้วยส่วนต่างๆดังนี้

5.1.1 สปริงเกอร์ Impack รุ่น NAAS

มีลักษณะเป็นหัวฉีด โดยมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหัวฉีดเท่ากับ 9 มิลลิเมตร โดยด้านบนมีตัวอิมแพคค่อยเป็นตัวทำให้สปริงเกอร์หมุนได้รอบตัวเมื่อน้ำมากระทบ มีความดันที่ใช้ 2-5 บาร์ มีอัตราการไหลเท่ากับ 60- 85 ลิตรต่อชั่วโมง รัศมีในการกระจายน้ำประมาณ 15–18 เมตร ขึ้นอยู่กับแรงดันปั๊มและการวางระบบของท่อน้ำที่ได้วางระบบท่อไว้ ทำมาจากอะลูมิเนียมแล้วชุบด้วยทองแดง

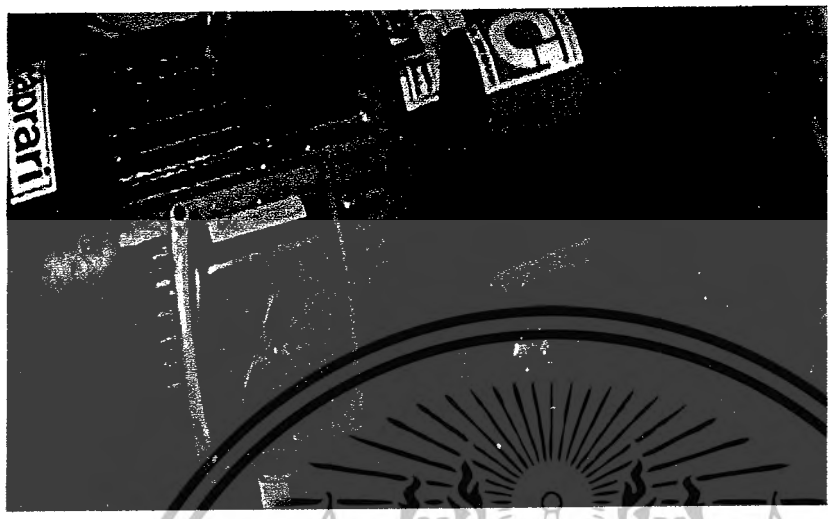
5.1.2 ใบพัดที่ทำการออกแบบ

ประกอบด้วยแกนใบพัดซึ่งออกแบบมาให้ภายในมีร่องให้ลูกปืนหมุนได้และมีรูสำหรับพักลูกปืนให้ลูกปืนหมุนเป็นจังหวะไปที่เจาะรูพักลูกปืนไว้ ใบพัดประกอบด้วยใบพัดสองใบประกอบกันโดยมีน็อตหกเหลี่ยมเป็นตัวยึดทำให้สามารถปรับมุมของใบพัดได้ตั้งแต่มุม 10-160องศา ดอยเป็นตัวกระจายน้ำทำให้น้ำกระจายได้ไกลใกล้ ซึ่งขึ้นกับการตั้งค่าของมุม

รูป5.1 ใบพัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.3 ปั๊มส่งน้ำ



รูป 5.2 ปั๊มน้ำ

5.1.4 กระป๋องรับน้ำ

ทำจากพลาสติกทำหน้าที่ค่อยรับน้ำที่ตกจากสปริงเกอร์

5.1.5 กระบอกตวงวัดระดับความสูง

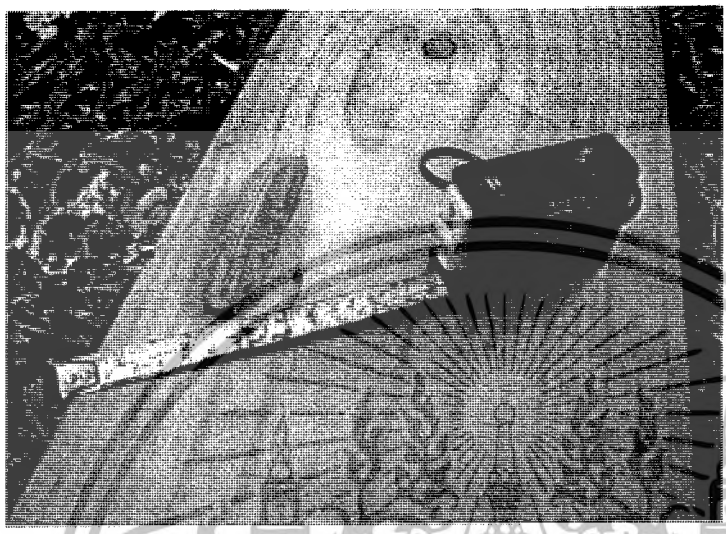
ใช้วัดความสูงของน้ำที่ได้จากกระป๋องรับน้ำ เป็นแก้วใสมีสเกลบอกความสูง

รูป5.3 กระบอกรับน้ำและตวงน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.6 ตลับเมตร

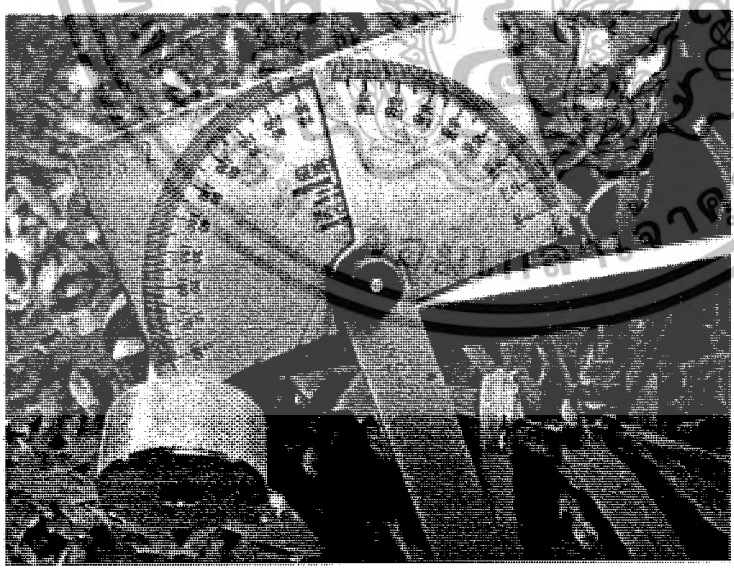
ใช้วัดระยะกระบอกตวงน้ำถึงตำแหน่งที่ติดตั้งสปริงเกอร์



รูป 5.4 ตลับเมตร

5.1.7 ไม้ฉากวัดมุม

ใช้วัดขนาดมุมของใบพัด

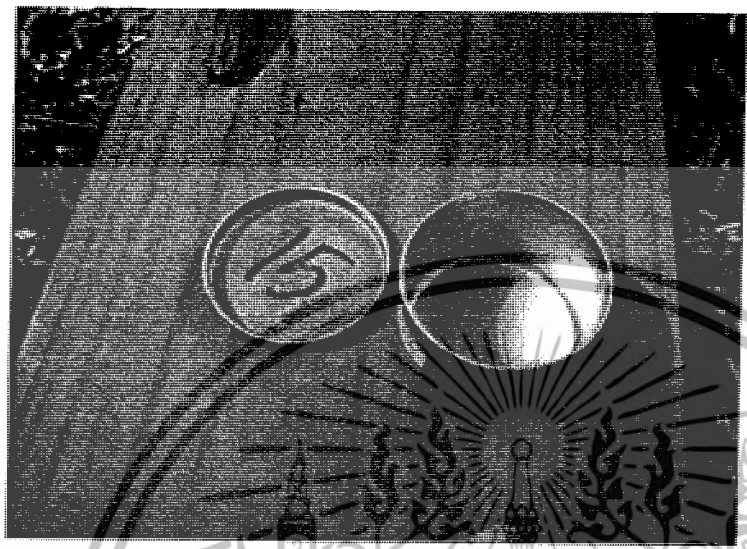


รูป 5.5 ไม้ฉากวัดมุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.8 กระป๋องเก็บตัวอย่างดิน

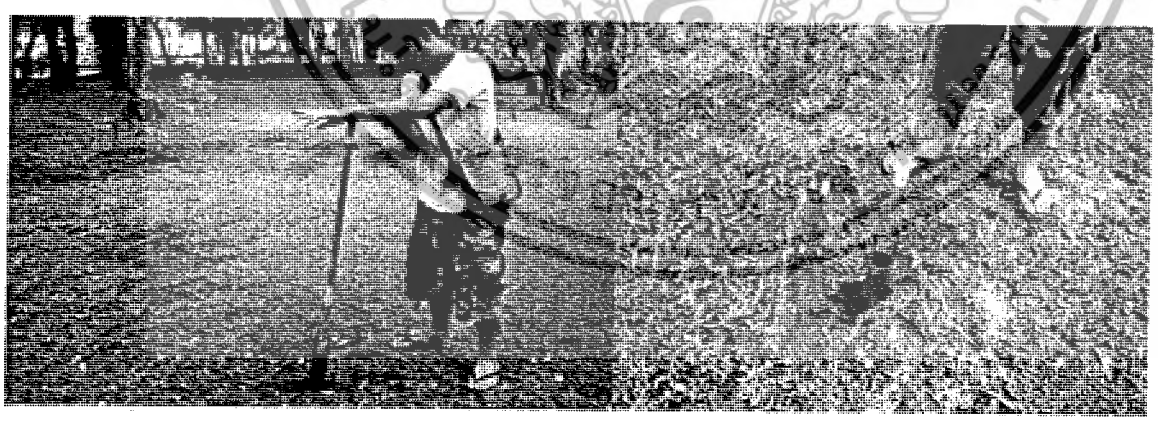
ใช้เก็บตัวอย่างดินเพื่อนำดินไปวัดความชื้น และนำเข้าไปอบในตู้อบดิน



รูป 5.6 กระป๋องเก็บตัวอย่างดิน

5.1.9 เครื่องมือขุดดิน

เพื่อขุดดินใส่กระป๋องเก็บตัวอย่างดิน



รูป 5.7 เครื่องมือขุดดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.10) หัวก้อกสำหรับเสียบหัวสปริงเกอร์

รูป 5.8 หัวก้อกสำหรับเสียบหัวสปริงเกอร์

5.1.11 เครื่องอบดิน

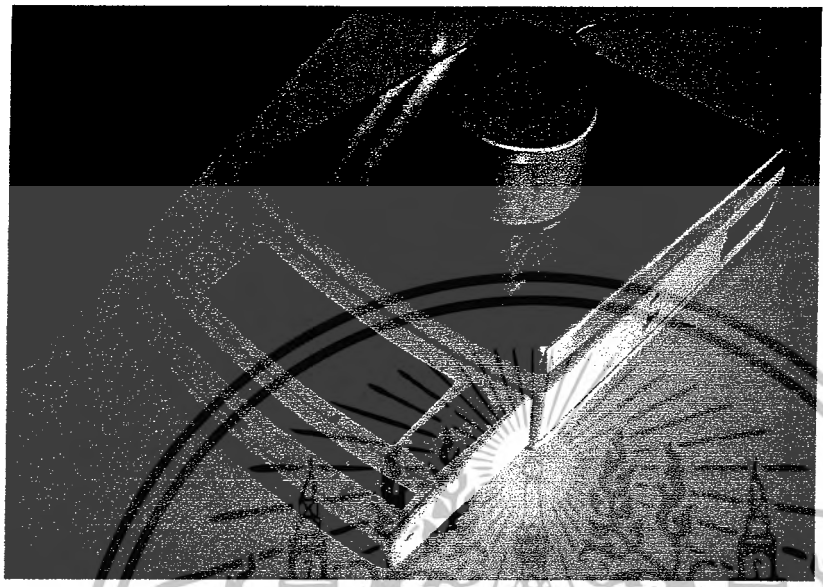
ใช้อบดินหาความชื้นที่หายไป ใช้อุณหภูมิ105-110 องศาเซลเซียส ใช้เวลาอบ1วัน

รูป5.9 เครื่องอบดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.12 เครื่องชั่งดิจิตอล

ใช้ชั่งดินก่อนอบและหลังอบเสร็จ หาความชื้นที่หายไป

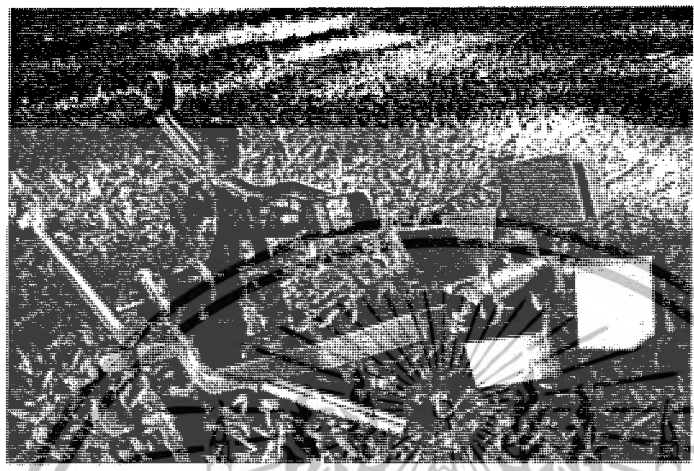


รูป5.10 เครื่องชั่งดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

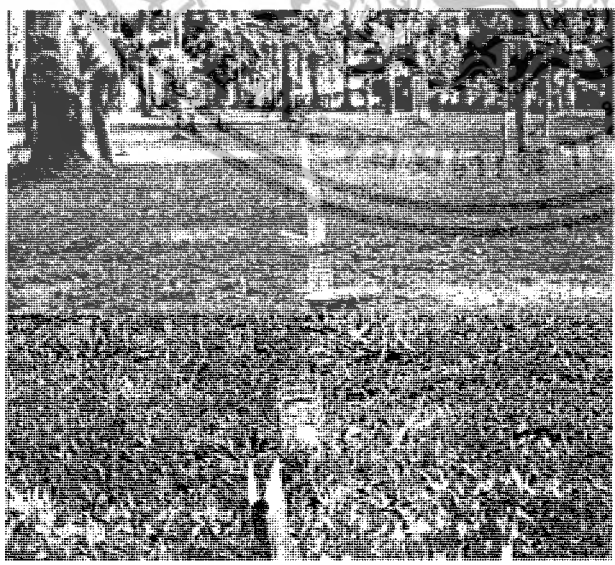
5.2) ขั้นตอนการทดลอง

1) ทำการติดตั้งสปริงเกอร์ให้อยู่ในแนวระดับที่ 30 องศา เพื่อให้สามารถหมุนได้ภายในมุม30 องศาที่ทำการควบคุม และสามารถกระจายน้ำในพื้นที่ที่ต้องการได้



รูป 5.11 การติดตั้งสปริงเกอร์ที่มีใบพัด

2) วัดระยะห่างของกระป๋องที่รับน้ำห่างกันระยะ 1.5 เมตรทำใช้เวลาในการฉีดน้ำจากสปริงเกอร์โดยทำการจับเวลาเพื่อทดลองที่ระยะเวลา10นาทีในการทำการทดลองนำค่าที่ไปบันทึกผลและทำการเก็บค่าโดยในการทดลองทำการทดลอง 2 ครั้ง เพื่อนำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยและนำค่าที่ได้ไปพล็อตกราฟ



รูป5.12 การตั้งกระบอกรับน้ำที่ตำแหน่งต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ทำการติดตั้งสปริงเกอร์ตัวใหม่ที่มีใบพัดและทำการทดลองเหมือนข้อที่ 2 แต่ทำการปรับมุมของใบพัดเพื่อวัดวัดค่าของการกระจายน้ำแต่ละมุม โดยการปรับมุมใบพัดดังนี้ มุมที่1 ของใบพัด10 องศา มุมที่ 2 ของใบพัด 20 องศา มุมที่ 3 ของใบพัด 30 องศา มุมที่ 4 ของใบพัด 40 องศา และทำการเพิ่มมุมของใบพัดทุกใบเพิ่มขึ้น 10 องศาทำการทดลองจนกระทั่งถึงมุมที่ 180 องศา

4) เก็บค่าของการกระจายน้ำที่ได้บันทึกผลและคำนวณเพื่อทำการเปรียบเทียบโดยหาค่าสัมประสิทธิ์การกระจายน้ำจากสมการ (2.3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

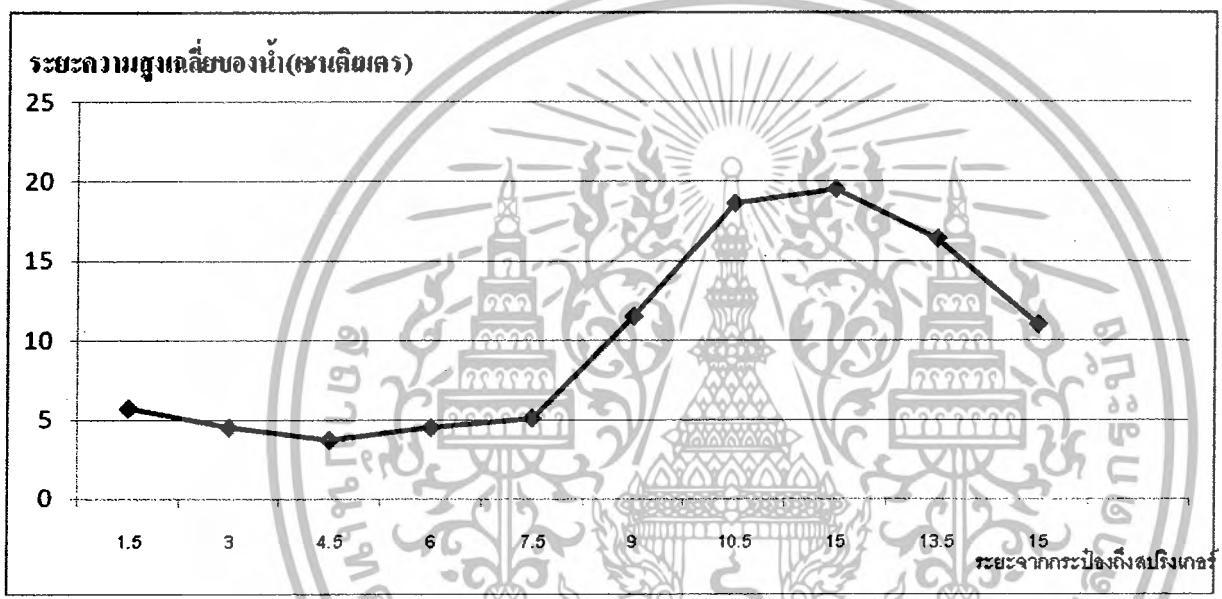
บทที่ 6

ผลการทดลองและวิจารณ์

6.1 การทดลองสปริงเกอร์ที่ไม่มีใบพัด

จากการทดลองโดยทดลองกับสปริงเกอร์ที่ไม่มีใบพัด

โดยการหาค่าความสูงของน้ำเพื่อไปคำนวณหาค่าสัมประสิทธิของการแพร่กระจายน้ำ (Cu) โดยกำหนดการทดลองให้ใช้เวลาที่ 10นาที ฉีดน้ำผ่านหัวสปริงเกอร์ ได้ผลการทดลองดังกราฟ



การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิการกระจายน้ำ

$C_u = (1-(\sum x/M*n))*100$

$C_u = (1-((10.05-6.3)+(10.05-5.2)+...+(17-10.05)+(12.1-10.05)))*100$

$=(1-(48.6/100.5))*100 = 51.64\%$

วิเคราะห์ผลการทดลองจากกราฟเราจะสังเกตเห็นว่าค่าความสูงของน้ำจะน้อยในช่วงแรกตั้งแต่ระยะ 1.5 เมตรถึง 9 เมตรและจะมีค่ามากขึ้นตั้งแต่ 10 เมตรจนกระทั่ง ถึง 15 เมตร แสดงให้เห็นว่าน้ำจะไปตกอยู่เฉพาะบริเวณดังกล่าว ทำให้พืชได้รับน้ำในบริเวณนี้มากเกินไป เมื่อคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ของการกระจายน้ำจะได้ค่าออกมาน้อย เนื่องจากน้ำกระจายได้ไม่สม่ำเสมอเท่าที่ควร

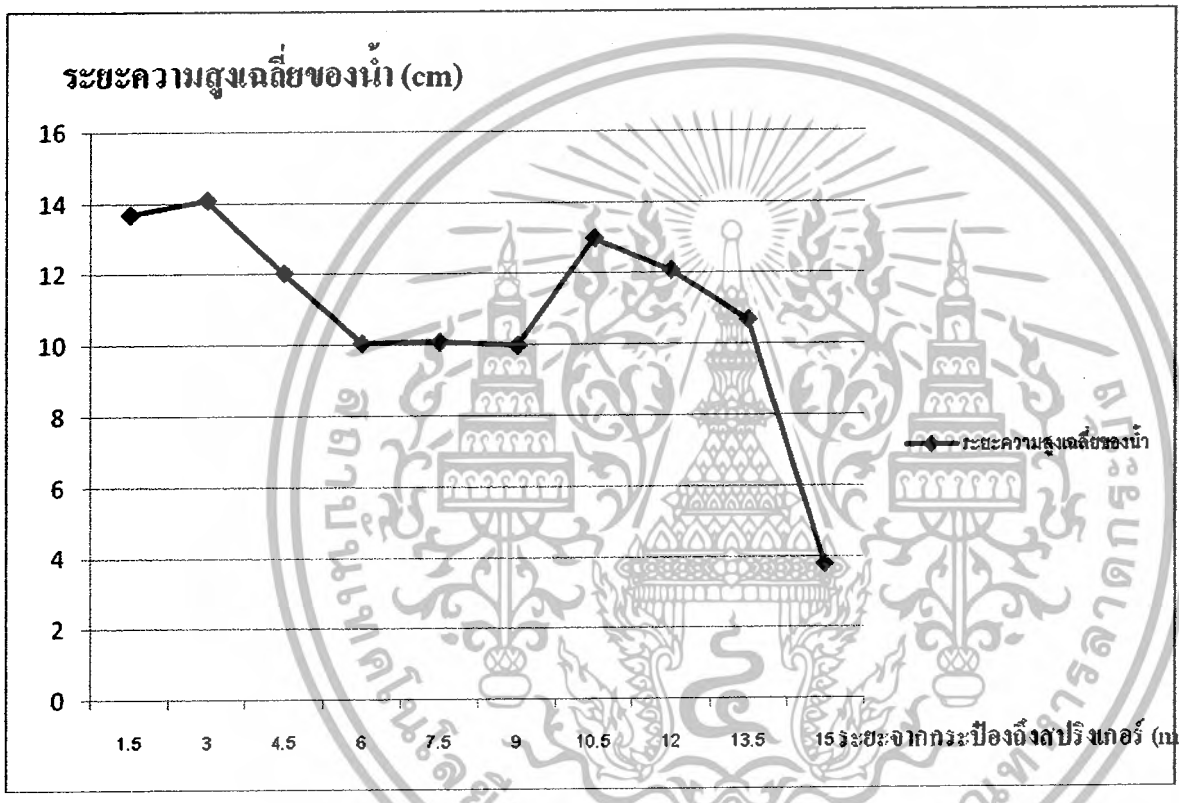
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 การทดลองสปริงเกอร์ที่มีใบพัด

จากการทดลองโดยทดลองกับสปริงเกอร์ที่มีใบพัด

โดยการทดลองกับมุมต่างๆของใบพัดได้ผลการทดลองดังนี้

1) ผลระดับความสูงของน้ำ (ใบพัดมีมุมเท่ากับ 10, 20, 30, 40)



การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิการกระจายน้ำ

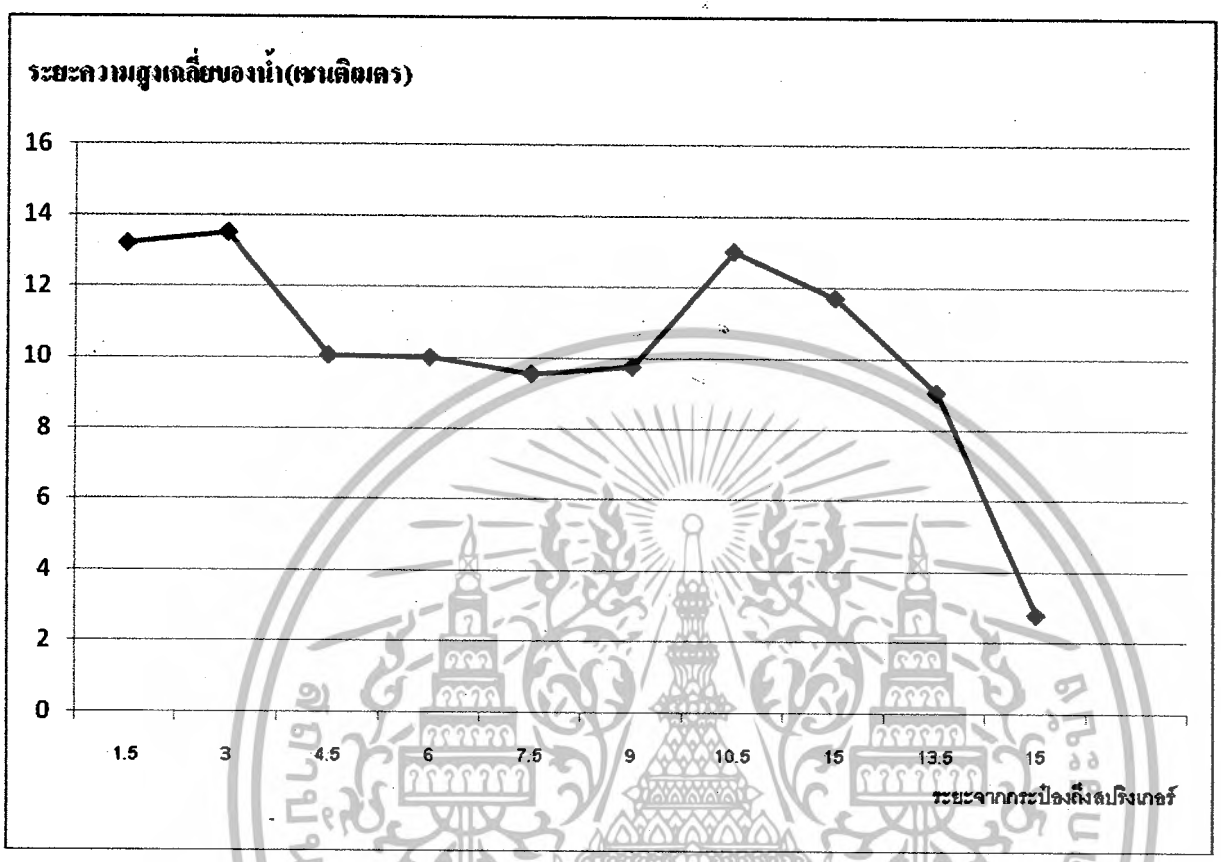
$C_u = (1-(\sum x/M*n))*100$

$C_u = (1-((13.70-10.96)+(14.1-10.96)+....+(10.96-10.00)+(10.96-3.8)))*100$

$= (1-(20.28/109.62))*100 = 81.5\ \%$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) บันทึกผลระดับความสูงของน้ำ(ใบพัดมีมุมเท่ากับ 20,30,40,50)



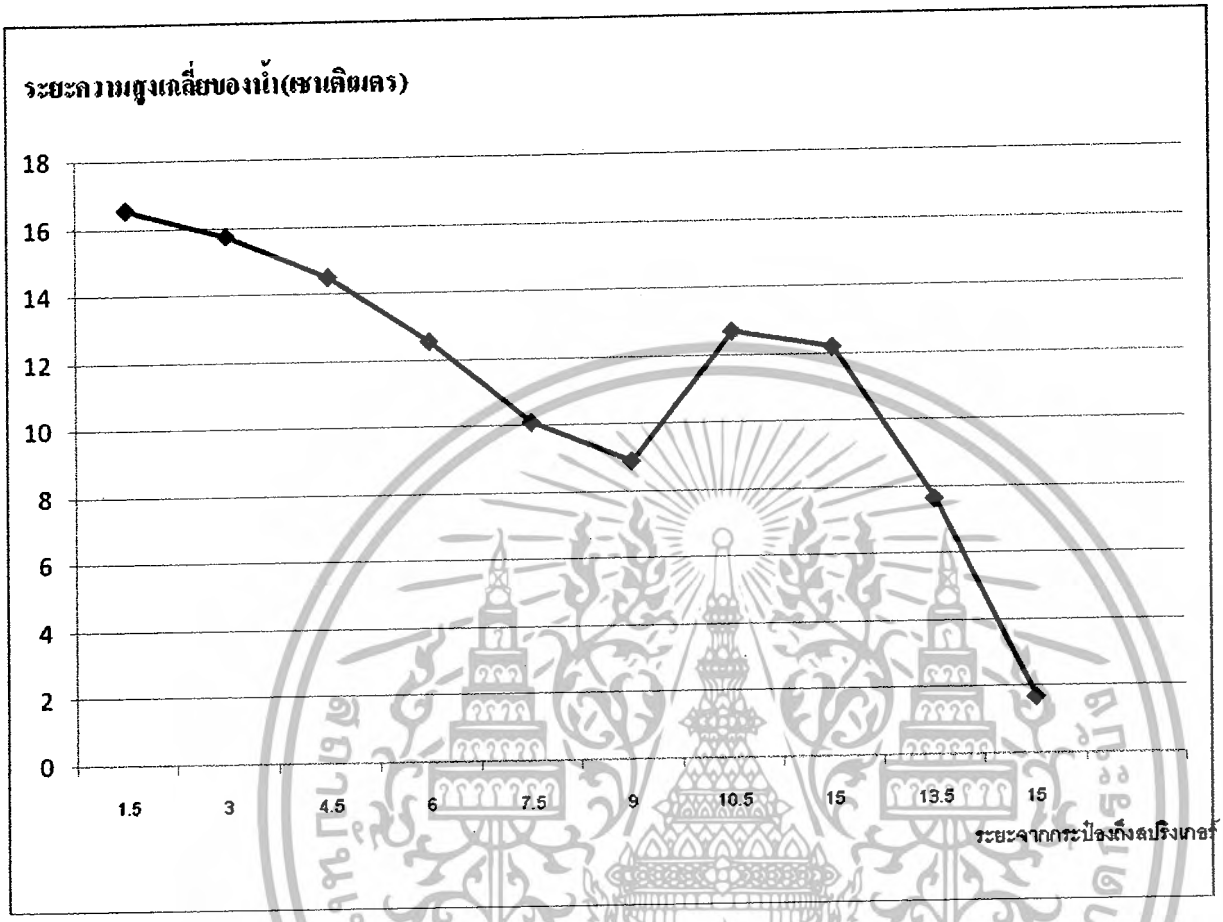
$C_u = (1-(\sum x/M*n))*100$

$C_u = (1-((13.2-10.26)+(13.5-10.26)+...+(10.26-10.05)+(10.26-2.8)))*100$

$=(1-(20.72/102.6))*100 = 79.81\%$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) บันทึกผลระดับความสูงของน้ำ(ใบพัดมีมุมเท่ากับ 30,40,50,60)



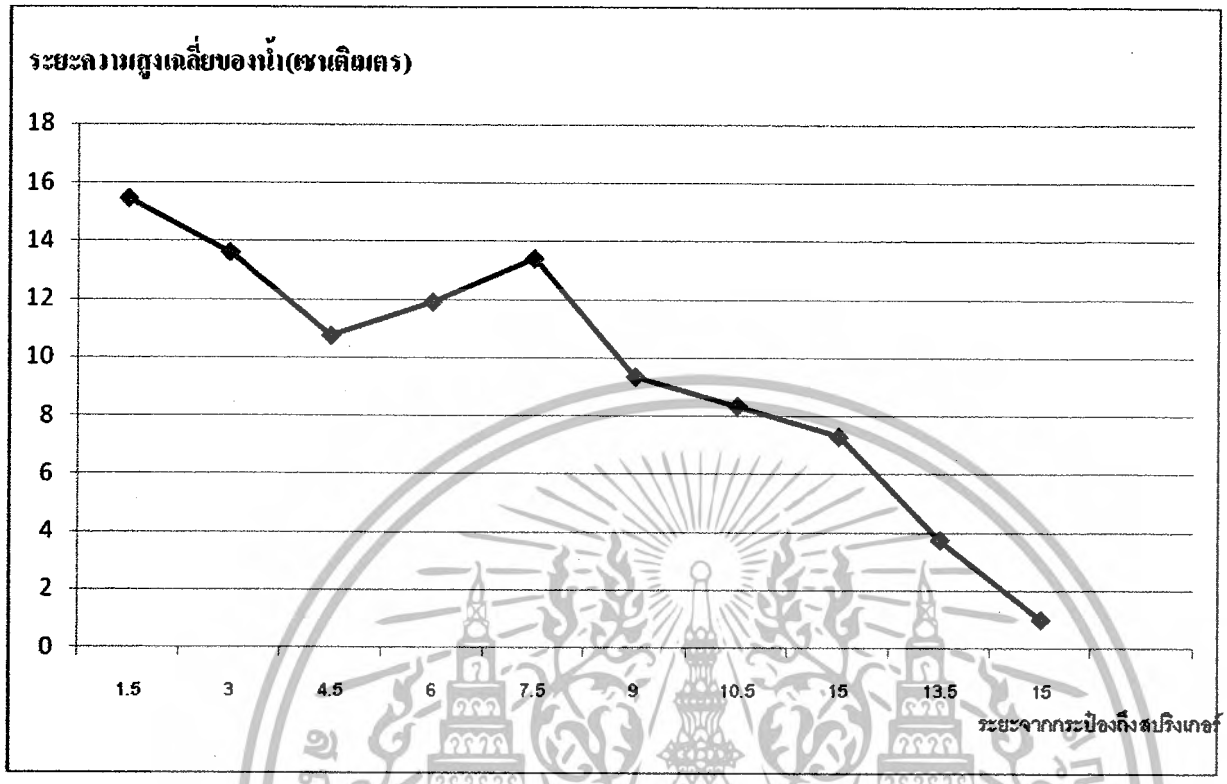
$C_u = (1-(\sum x/M*n))*100$

$C_u = (1-((16.55-11.26)+(15.75-11.26)+...+(11.26-10.1)+(11.26-1.7)))*100$

$= (1-(16.05/140.3))*100 = 76.11\%$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) บันทึกผลระดับความสูงของน้ำ(ใบพัดมีมุมเท่ากับ 40,50,60,70)



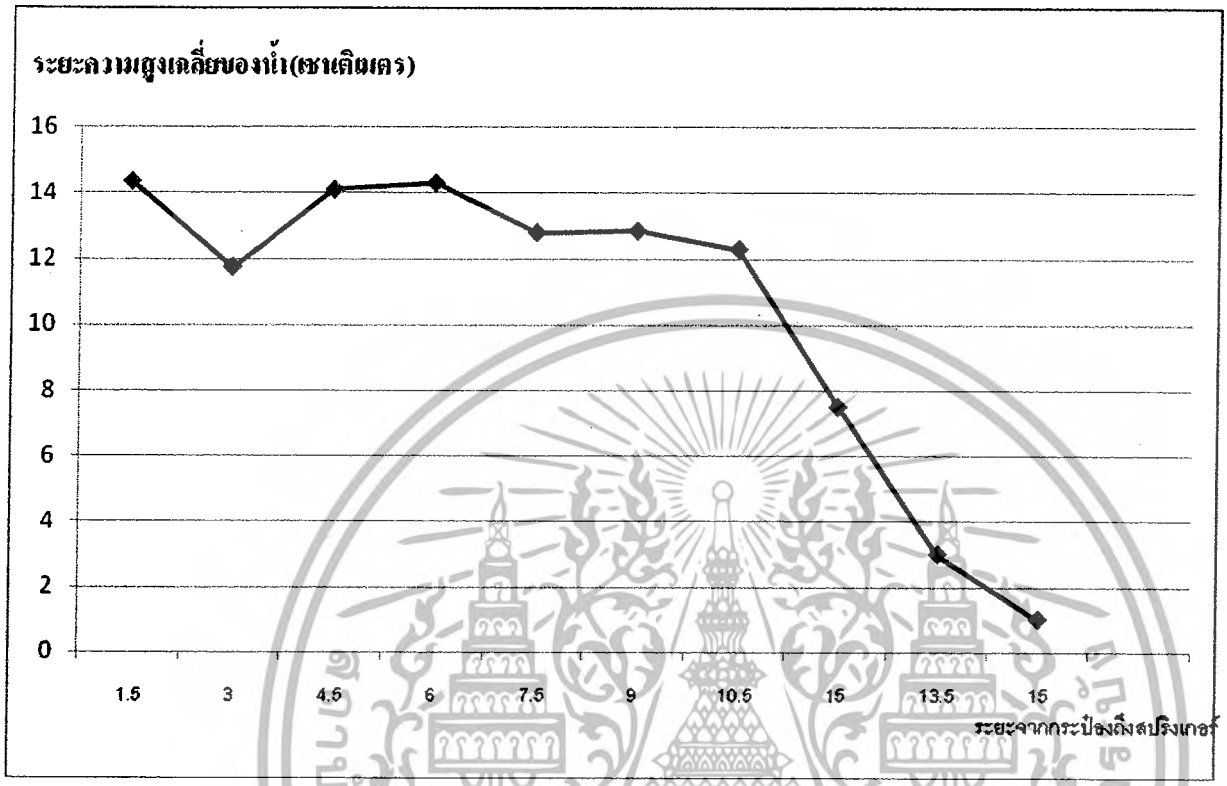
$C_u = (1-(\sum x/M*n))*100$

$C_u = (1-((15.45-9.385)+(13.6-9.385)+...+(9.385-9.35)+(9.385-1)))*100$

$=(1-(26.235/94.85))*100 = 72.34\%$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) บันทึกผลระดับความสูงของน้ำ(ใบพัดมีมุมเท่ากับ 50,60,70,80)



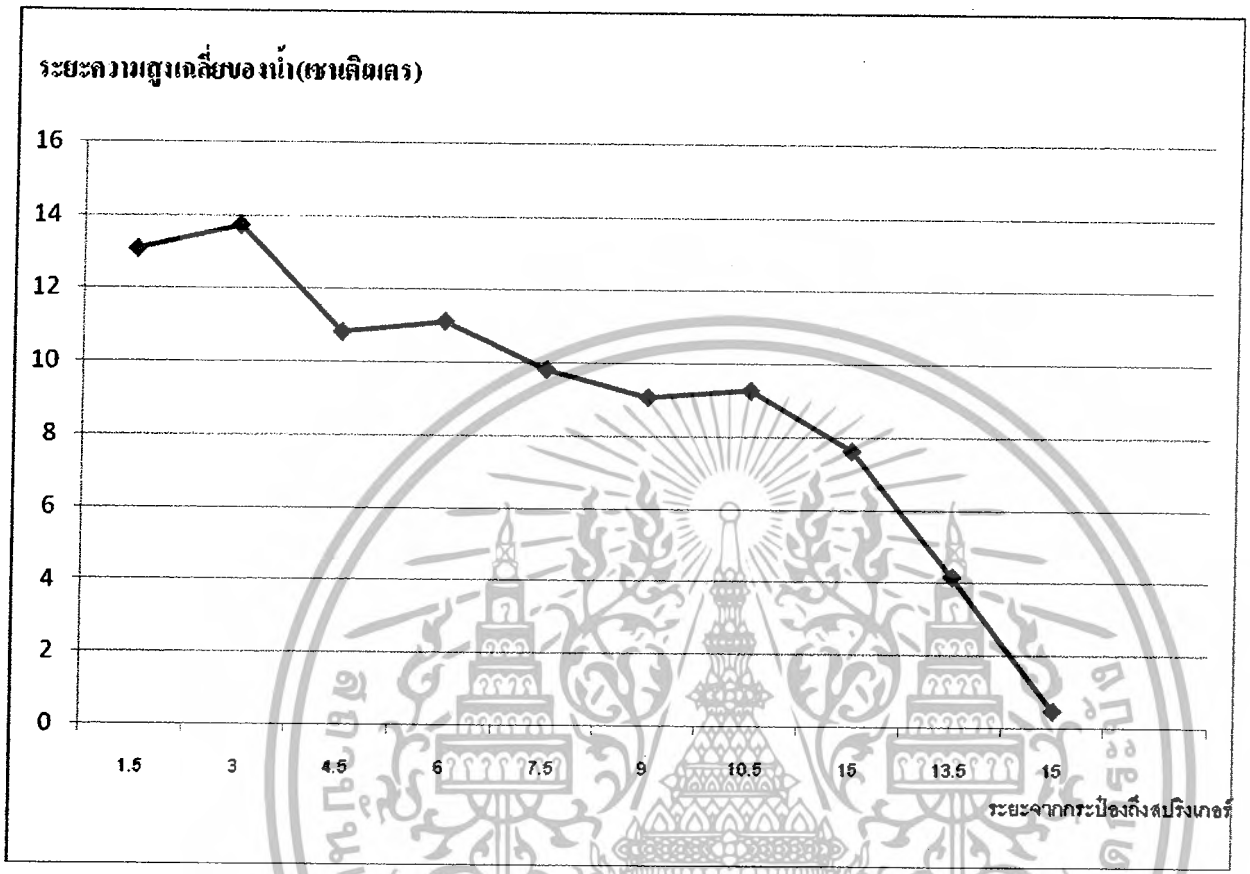
$C_u = (1-(\sum x/M*n))*100$

$C_u = (1-((14.35-10.315)+(11.75-10.315)+...+(10.315-7.5)+(10.315-1)))*100$

$=(1-(29.375/104.15))*100 = 71.8\%$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6)บันทึกผลระดับความสูงของน้ำ(ใบพัดมีมุมเท่ากับ 60,70,80,90)



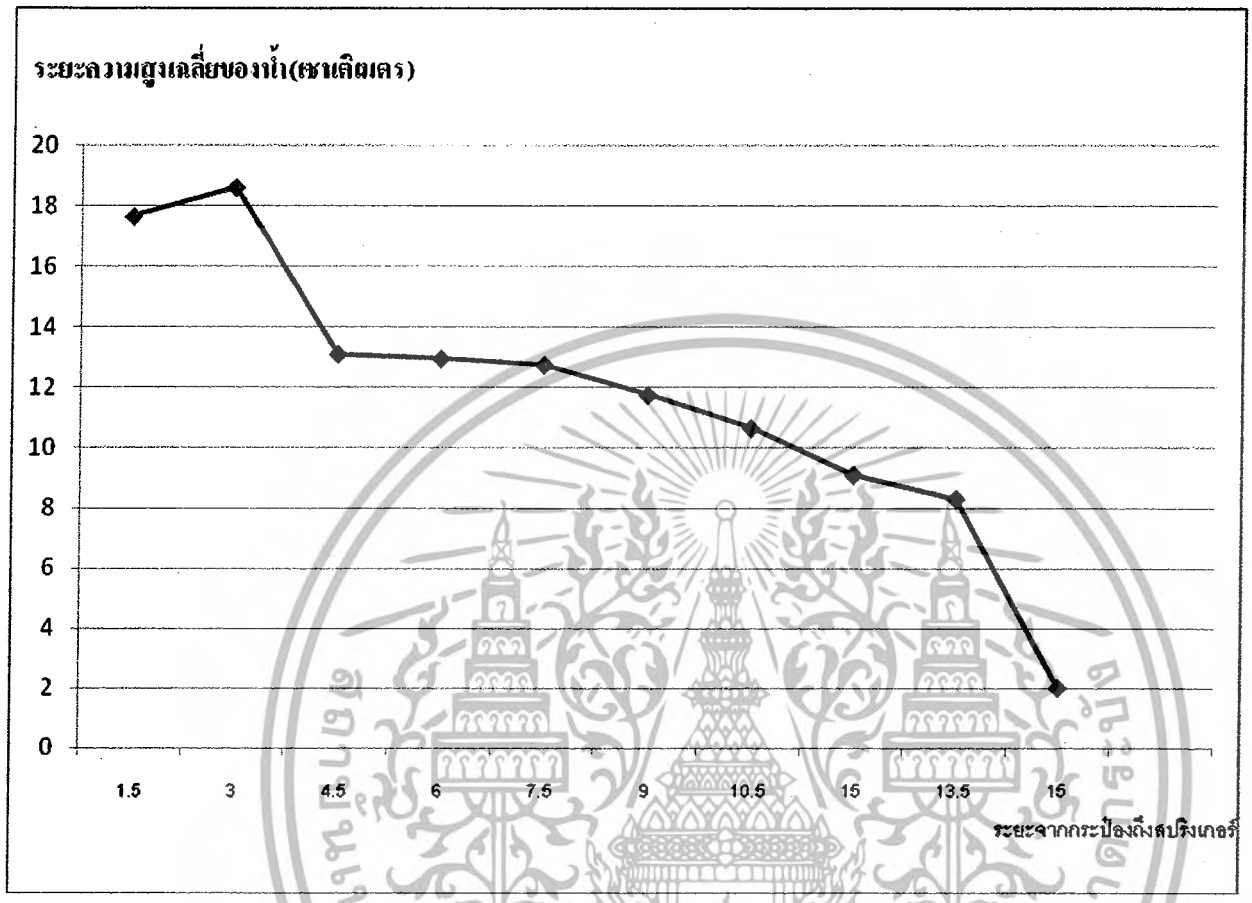
$C_u = (1-(\sum x/M*n))*100$

$C_u = (1-((13.1-9.925)+(13.75-9.925)+..+(9.925-9.85)+(9.925-0.5)))*100$

$=(1-(28.1/99.25))*100 = 71.68\%$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7) บันทึกผลระดับความสูงของน้ำ(ใบพัดมีมุมเท่ากับ 70,80,90,100)



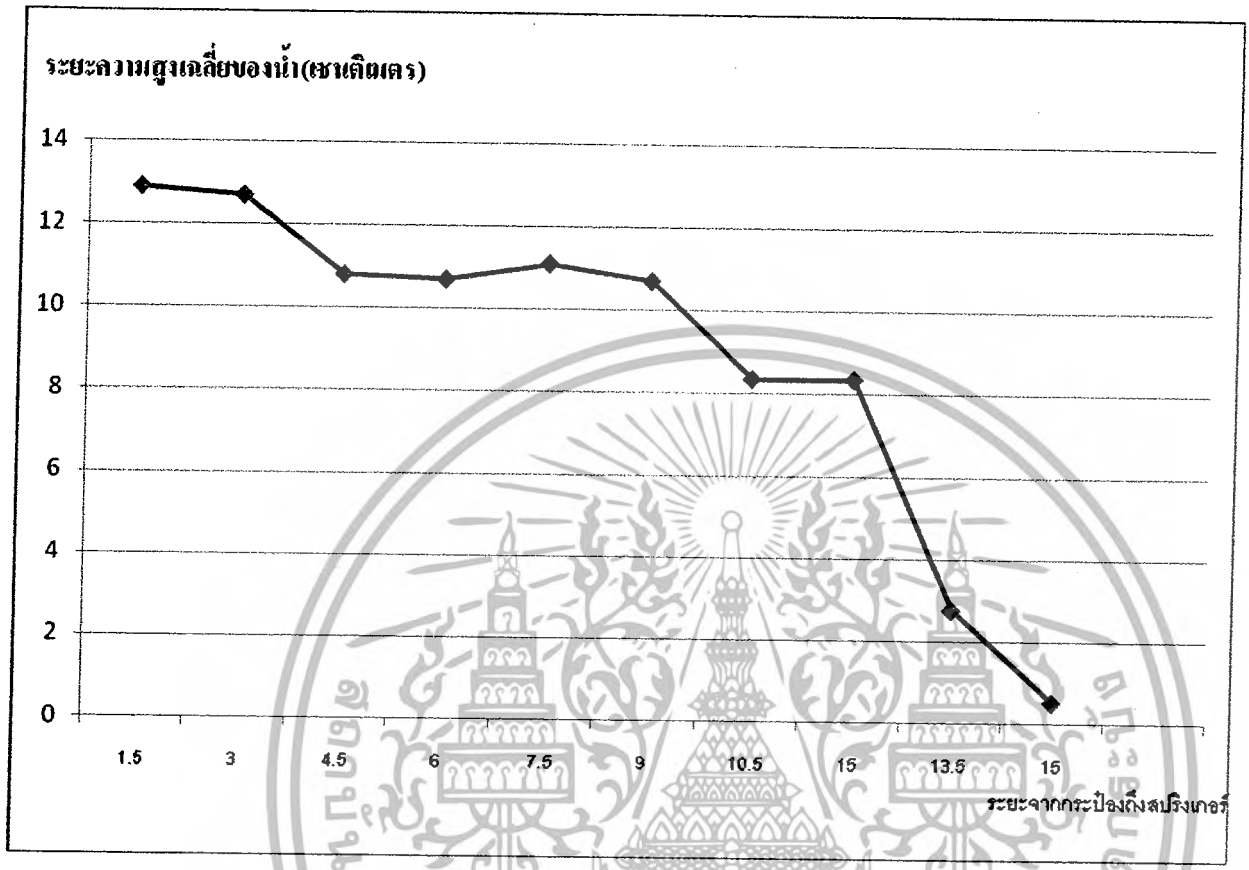
$C_u = (1-(\sum x/M*n))*100$

$C_u = (1-((17.65-11.685)+(18.6-11.685)+...+(11.685-10.65)+(11.685-2)))*100$

$=(1-(33.38/116.85))*100 = 71.43\%$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8) บันทึกผลระดับความสูงของน้ำ(ใบพัดมีมุมเท่ากับ 80,90,100,110)



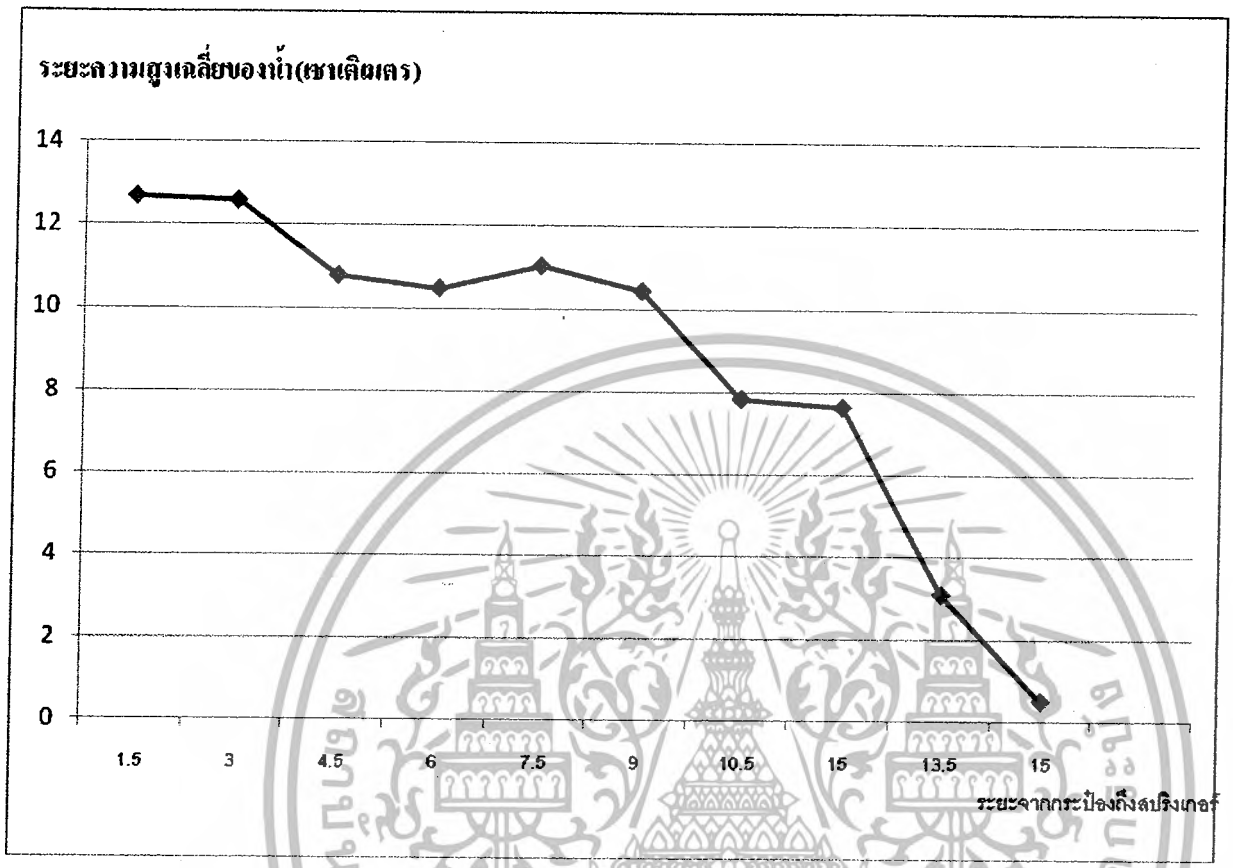
$C_u = (1-(\sum x/M*n))*100$

$C_u = (1-((12.9-9.95)+(12.7-9.95)+...+(9.95-8.35)+(9.95-0.5)))*100$

$=(1-(28.75/98.5))*100 = 70.81\%$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9) บันทึกผลระดับความสูงของน้ำ(ใบพัดมีมุมเท่ากับ 90,100,110,120)



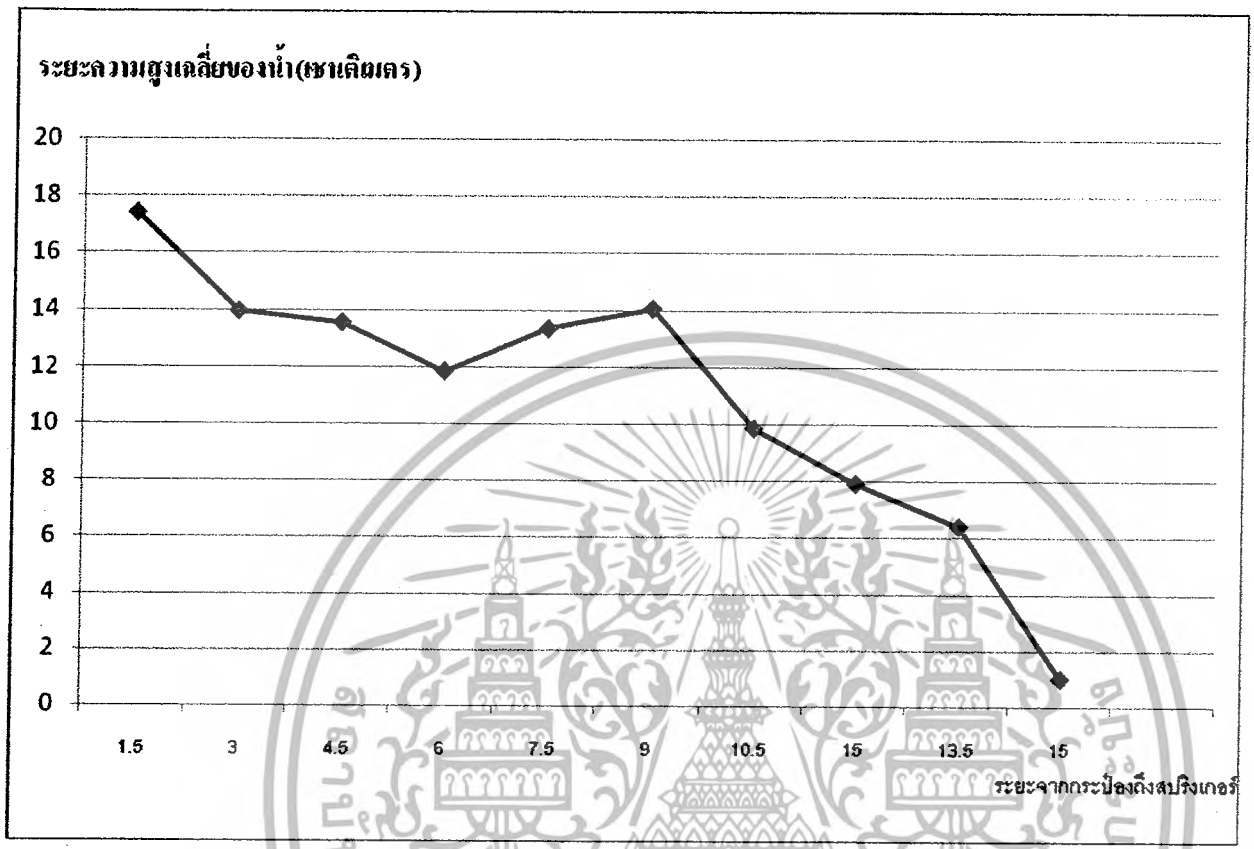
$C_u = (1-(\sum x/M*n))*100$

$C_u = (1-((12.7-9.795)+(12.6-9.795)+...+(9.795-7.85)+(9.795-0.5)))*100$

$=(1-(31.1/97.5))*100 = 68.1\%$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10) บันทึกผลระดับความสูงของน้ำ (ใบพัดมีมุมเท่ากับ 100,110,120,130)



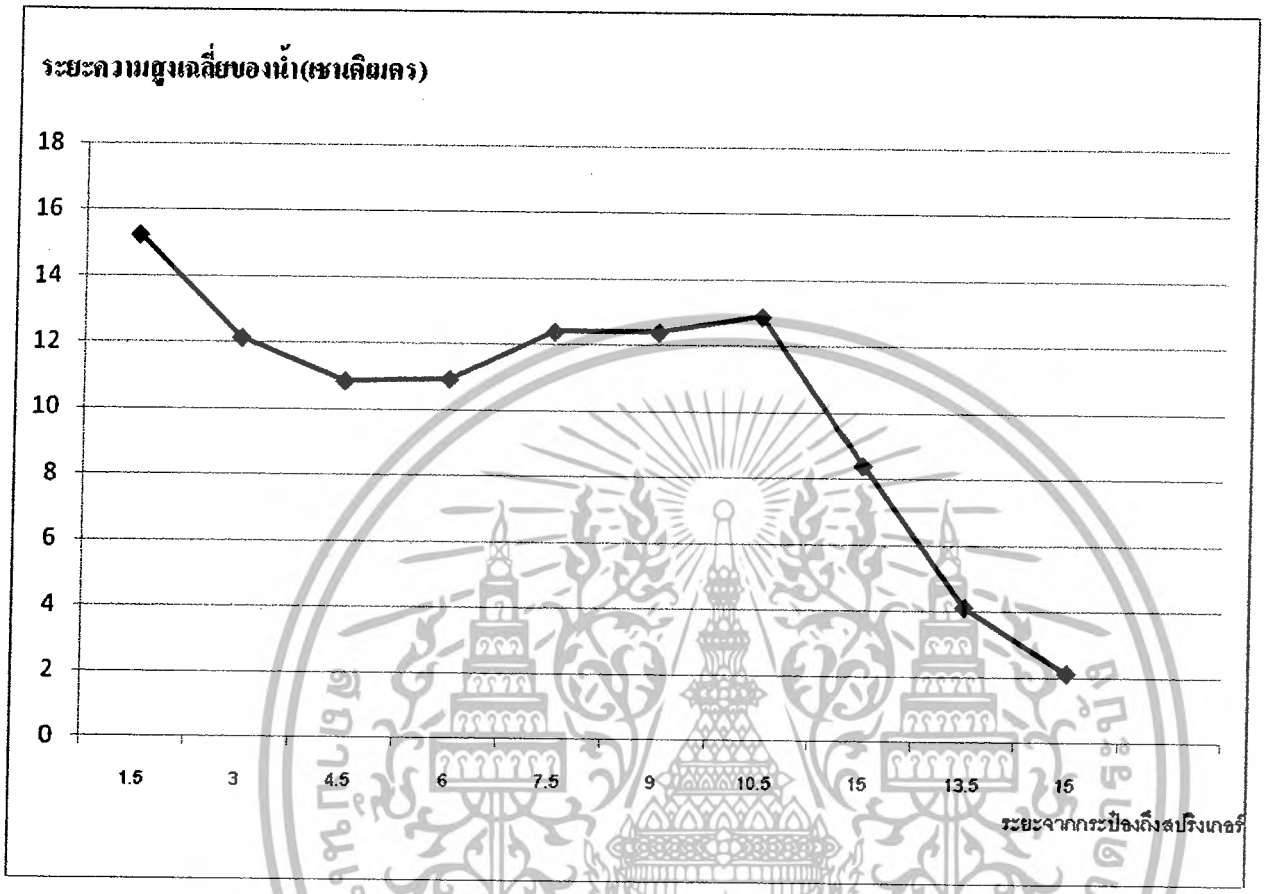
$C_u = (1-(\sum x/M*n))*100$

$C_u = (1-((17.4-10.95)+(13.95-10.95)+...+(10.95-8.8)+(10.95-1)))*100$

$=(1-(38.3/109.5))*100 = 65.02\%$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11) บันทึกผลระดับความสูงของน้ำ(ใบพัดมีมุมเท่ากับ 110,120,130,140)



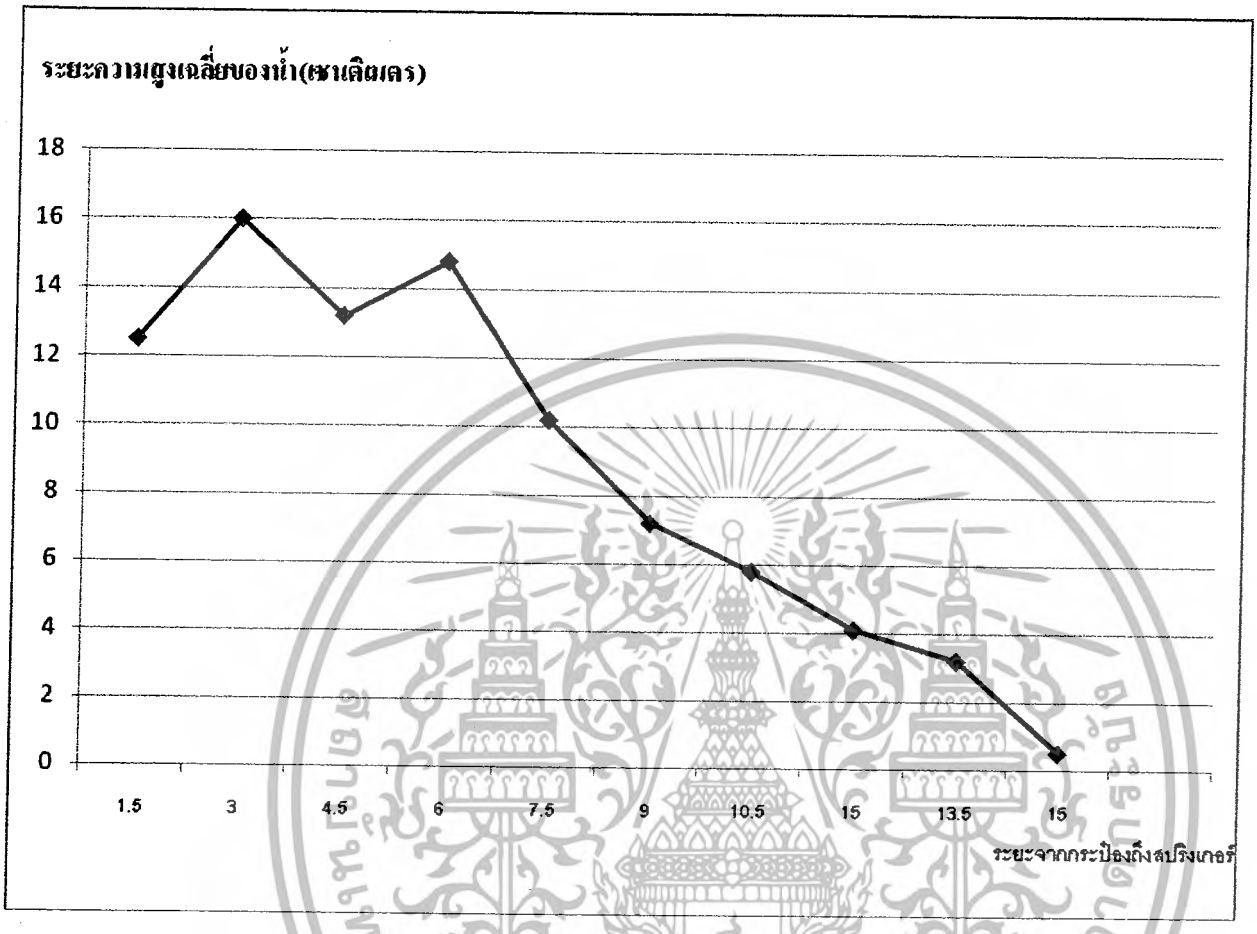
$C_u = (1-(\sum x/M*n))*100$

$C_u = (1-((15.25-9.55)+(12.15-9.55)+....+(9.55-8.4)+(9.55-2.1)))*100$

$=(1-(34.1/116.85))*100 = 64.29\%$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12)บันทึกผลระดับความสูงของน้ำ(ใบพัดมีมุมเท่ากับ 120,130,140,150)



$C_u = (1-(\sum x/M*n))*100$

$C_u = (1-((12.5-8.585)+(15.15-8.585)+...+(8.585-8.1)+(8.585-0.5)))*100$

$=(1-(43.9/90.4))*100 = 51.44\%$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.1แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าความชื้นของดินกับมุมต่างๆของใบพัด

มุมของใบพัด(องศา)	ค่าCu (%)
10,20,30,40	81.5
20,30,40,50	79.81
30,40,50,60	76.11
40,50,60,70	72.34
50,60,70,80	71.80
60,70,80,90	71.68
70,80,90,100	71.43
80,90,100,110	70.81
90,100,110,120	68.1
100,110,120,130	65.02
110,120,130,140	64.29
120,130,140,150	51.44

จากการวิเคราะห์ผลการทดลองโดยการทดสอบกับใบพัดที่มุมต่างๆกันได้ผลการทดลองเป็นดังที่ได้แสดงในกราฟ จะสังเกตได้ค่าสัมประสิทธิของการกระจายน้ำมีค่าเพิ่มมากขึ้นกว่าตัวสปริงเกอร์ที่ไม่ติดใบพัดอยู่ประมาณ10- 30 % ซึ่งเราจะพบว่าทุกกราฟที่มีการเพิ่มใบพัดค่าความสูงของน้ำจะมากกว่าสปริงเกอร์ที่ไม่ติดใบพัด และค่าความสูงของน้ำมีค่ามากในช่วงแรกๆ ตั้งแต่ 1.5 ถึง ประมาณ 10.5 เมตรและจะเริ่มลดลงเนื่องจากน้ำที่ออกจากสปริงเกอร์กระทบใบพัดทำให้ในระยะไกลๆได้รับน้ำน้อยลง

วิจารณ์ผลการทดลอง

บางค่าของกราฟมีค่าสูงต่ำไม่ลดลงสม่ำเสมอเนื่องจากในขณทำการทดลองเราได้กำหนดมุมในแนวระดับของสปริงเกอร์ไว้ที่ 30องศาเท่ากันแต่ในจังหวะที่สปริงเกอร์ตีกลับการตีกลับของสปริงเกอร์ไม่คงที่ทำให้กราฟที่ได้มีลักษณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขึ้นๆลงๆบางค่า และการที่ค่า C_u เพิ่มขึ้นเมื่อทำการปรับมุมมากขึ้นเพราะว่า น้ำที่ออกจากหัวฉีดมากระทบมุมที่กางออกมากน้ำจะตกในระยะใกล้มากขึ้น ในระยะที่ไกลน้ำก็จะตกได้น้อยทำให้ค่าC_uลดลง

รูปที่ 6.1กราฟแท่งแสดงค่าสัมประสิทธิของการกระจายน้ำ (ที่มีใบพัดติดกับสปริงเกอร์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3 การหาความชื้นในดิน

ตารางที่ 6.2 แสดงน้ำหนักของตัวอย่างดินที่นำมาอบ (น้ำหนักกระป๋อง = 32 g)

ระยะห่างจากสปริงเกอร์(m)	แบบมีใบพัด(10,20,30,40)		แบบไม่มีใบพัด	
	น้ำหนักก่อน(g)	น้ำหนักหลัง(g)	น้ำหนักก่อน(g)	น้ำหนักหลัง(g)
3	120	102	120	105
6	120	101.8	120	105.5
9	120	100.4	120	103
12	120	103	120	100
15	120	105	120	101.8

เก็บตัวอย่างดินที่ต้องการวัดค่าความชื้นบรรจุในกระป๋องซึ่งมีฝาปิดมิดชิด นำมาชั่งและอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จนกว่าดินจะแห้งทั่วถึงกัน น้ำหนักที่หายไปหลังจากอบแห้งแล้วคือน้ำหนักของน้ำที่อยู่ในดิน

สูตรการคำนวณความชื้นโดยน้ำหนัก

$$P_W = (W_W/W_S)*100$$

เมื่อ P_W = เปอร์เซนต์ความชื้นโดยเทียบกับน้ำหนักของดินแห้ง

W_W = น้ำหนักของน้ำในดิน

W_S = น้ำหนักของดินที่อบให้แห้งด้วยเตาอบ

ตัวอย่างการคำนวณ

แบบไม่มีใบพัด

น้ำหนักของน้ำในดิน W_W = 120-105 = 15 กรัม

น้ำหนักของดินแห้ง W_S = 120-32 = 88 กรัม

ดังนั้น $P_W = (W_W/W_S)*100$

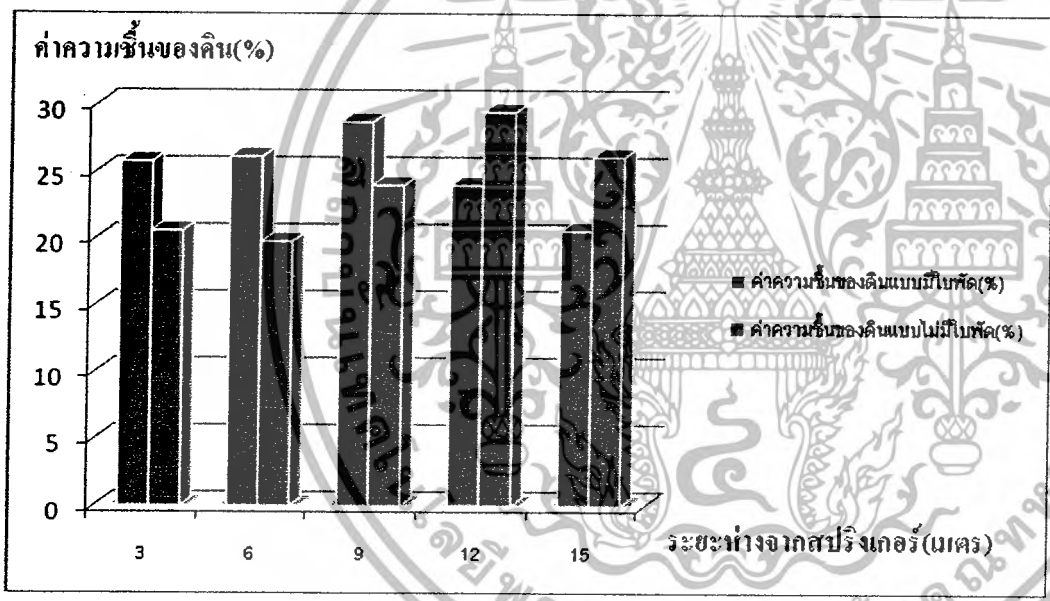
= (15/88)*100 = 20.54 % โดย น.น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.3ค่าความชื้นของดิน

ระยะห่างจากสปริงเกอร์(m)	ค่าความชื้นของดิน(แบบมีใบพัด)	ค่าความชื้นของดินแบบ(ไม่มีใบพัด)
3	25.71%	20.54%
6	26.07%	19.73%
9	28.65%	23.94%
12	23.94%	29.41%
15	20.54%	26.07%

กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าความชื้นของดิน



รูป 6.2 กราฟแท่งแสดงค่าความชื้นในดินแบบมีใบพัดกับไม่มีใบพัด

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากตารางการทดลองและกราฟแท่งแสดงค่าความชื้นของดินแบบไม่มีใบพัดเปรียบเทียบกับแบบมีใบพัดที่วัดจากสปริงเกอร์เป็นระยะ 3, 6, 9, 12, 15 เมตร พบว่าค่าความชื้นของแบบมีใบพัดที่ระยะ3-9 เมตรมีค่ามากกว่าแสดงว่าที่ระยะดังกล่าวมีการได้รับน้ำมากกว่าและที่ระยะ 12-15 เมตรนั้นแบบไม่มีใบพัดจะได้รับค่าความชื้นในดินมากกว่าเพราะน้ำจะตกบริเวณดังกล่าวมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อีกทั้งค่าความชื้นที่ออกมาแตกต่างกันไม่มากเพราะเป็นค่าน้ำหนักของน้ำที่หายไปนั้นมีค่าใกล้กันเนื่องมาจากดินบริเวณนั้นได้รับการรดน้ำทุกวันทำให้ได้ค่าความชื้นออกมาไม่ต่างกันมากนัก เพราะดินสามารถกักเก็บน้ำได้

6.3 อิทธิพลที่มีผลต่อค่าสัมประสิทธิของการกระจายน้ำ ประกอบด้วยปัจจัยดังนี้

1) มุมของใบพัด

เนื่องจากใบพัดเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ค่าสัมประสิทธิมีค่ามากน้อยแตกต่างกันขึ้นอยู่กับการเลือกปรับมุมของใบพัดจากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าค่าของสัมประสิทธิของการกระจายน้ำมีมากที่มุมน้อยๆและเริ่มลดลงเมื่อมุมมีค่ามากขึ้นตามกราฟที่ได้แสดงให้เห็นดังผลการทดลอง จะสังเกตได้ว่าที่มุมของ 10องศามีความของการกระจายน้ำมากที่สุดมีค่าเท่ากับ 88.56 และลดลงไปเรื่อยจนถึงค่าสัมประสิทธิที่น้อยสุดซึ่งอยู่ที่มุม 110 องศา แต่ค่าที่ได้ของสัมประสิทธิของการกระจายน้ำมีค่าน้อยสุดมีค่าเท่ากับ 51.44

2) จำนวนหัวของสปริงเกอร์

จำนวนหัวของสปริงเกอร์ก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งในการทำให้ค่าสัมประสิทธิของการกระจายน้ำมีค่ามากและน้อย เนื่องจากถ้าการติดตั้งหัวสปริงเกอร์มากค่าสัมประสิทธิของการกระจายน้ำจะคำนวณได้น้อยเนื่องจากความดันที่ออกจากหัวสปริงเกอร์มีแรงดันน้อยทำให้การกระจายของน้ำออกไปได้ในระยะที่ไม่ไกล เช่นเดียวกัน ถ้าหัวสปริงเกอร์มีการติดตั้งน้อยค่าสัมประสิทธิของการกระจายน้ำจะคำนวณได้ค่าที่มากเพราะสามารถกระจายน้ำได้ในระยะไกล โดยการใช้ปั๊มตัวเดียวกัน

3) ลม

ลมเป็นปัจจัยหนึ่งในการทำให้ค่าสัมประสิทธิการกระจายน้ำมีค่าลดลงเนื่องจาก เมื่อลมแรงทำให้น้ำที่ถูกฉีดออกมาจากสปริงเกอร์ไม่สามารถที่จะตกลงกระป๋องได้อย่างเต็มที่ แต่ก็สามารถได้โดยการให้หัวสปริงเกอร์หมุนขณะทำการทดลองทำให้ค่าสัมประสิทธิของการกระจายน้ำมีค่าคลาดเคลื่อนน้อยลง

4) การปรับมุมในแนวระดับของตัวสปริงเกอร์ว่าจะให้สปริงเกอร์หมุนไปได้รอบตัวเท่าไหร่ เพราะจังหวะที่สปริงเกอร์ตีกลับจะเคลื่อนที่ได้ไม่ค่อยดีเท่าที่ควร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7
สรุปและข้อเสนอแนะ

ปริญญานิพนธ์นี้ได้ทำการออกแบบ สร้างและทำการทดลองสปริงเกอร์แรงดันสูงโดยการติดตั้งใบพัดไว้ที่หน้าหัวฉีดของสปริงเกอร์เพื่อพัฒนาสปริงเกอร์ให้มีประสิทธิภาพในการกระจายน้ำสูงขึ้นทำให้ลดจำนวนสปริงเกอร์ในการติดตั้ง จากการทดลองสรุปได้ดังต่อไปนี้

การศึกษาถึงค่าการกระจายน้ำ (C_U) ของสปริงเกอร์แบบมีใบพัด, ไม่มีใบพัดและหามุมของใบพัดทั้ง 4 ที่ได้ค่า (C_U) มากที่สุดโดยทำการทดลองที่มุม = 10,20,30,40 / 20,30,40,50 / 30,40,50,60 / 40,50,60,70 / 50,60,70,80 / 60,70,80,90 / 70,80,90,100 / 80,90,100,110 / 90,100,110,120 / 100,110,120,130 / 110,120,130,140 / 120,130,140,150 / จาก ผลการทดลองพบว่าสปริงเกอร์แบบมีใบพัดได้ค่า C_U มากกว่าสปริงเกอร์แบบไม่มีใบพัด(แบบเดิม) กรณีที่ได้ค่า C_U มากที่สุด คือสปริงเกอร์แบบมีใบพัดซึ่งปรับมุมของใบพัดไว้ที่ 10,20,30,40 และน้อยลงมาคือมุม 20,30,40,50 / 30,40,50,60 จนถึงมุม 120,130,140,150 ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากสปริงเกอร์ที่ใช้ทำการทดลองต้องใช้แรงดันสูงดังนั้นควรจะมีการศึกษาตัวแปรชนิดอื่นๆ เช่น
1.ศึกษาวัสดุที่ใช้ในการทำใบพัดที่ทนต่อแรงดันน้ำและคำนวนความเสียหายไม่เกินค่า yield strength ของวัสดุนั้น
2.ศึกษามุมใบพัดขนาดต่างๆมุมใดที่นอกเหนือจากการทดลองให้ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายน้ำได้ดีที่สุด
3.เวลาในการฉีด, จำนวนหัวฉีดที่ต่อกับปั๊ม, แรงดันปั๊ม ควรควบคุมให้มีค่าเท่ากันในแต่ละการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. ร.ศ.ดร. วินัย กล้าจริง ,การออกแบบระบบชลประทานฉีดฝอยและแบบหยด

2. M.Olsen and Steven J. Wright , Essentials of Engineering Fluid Mechanic .

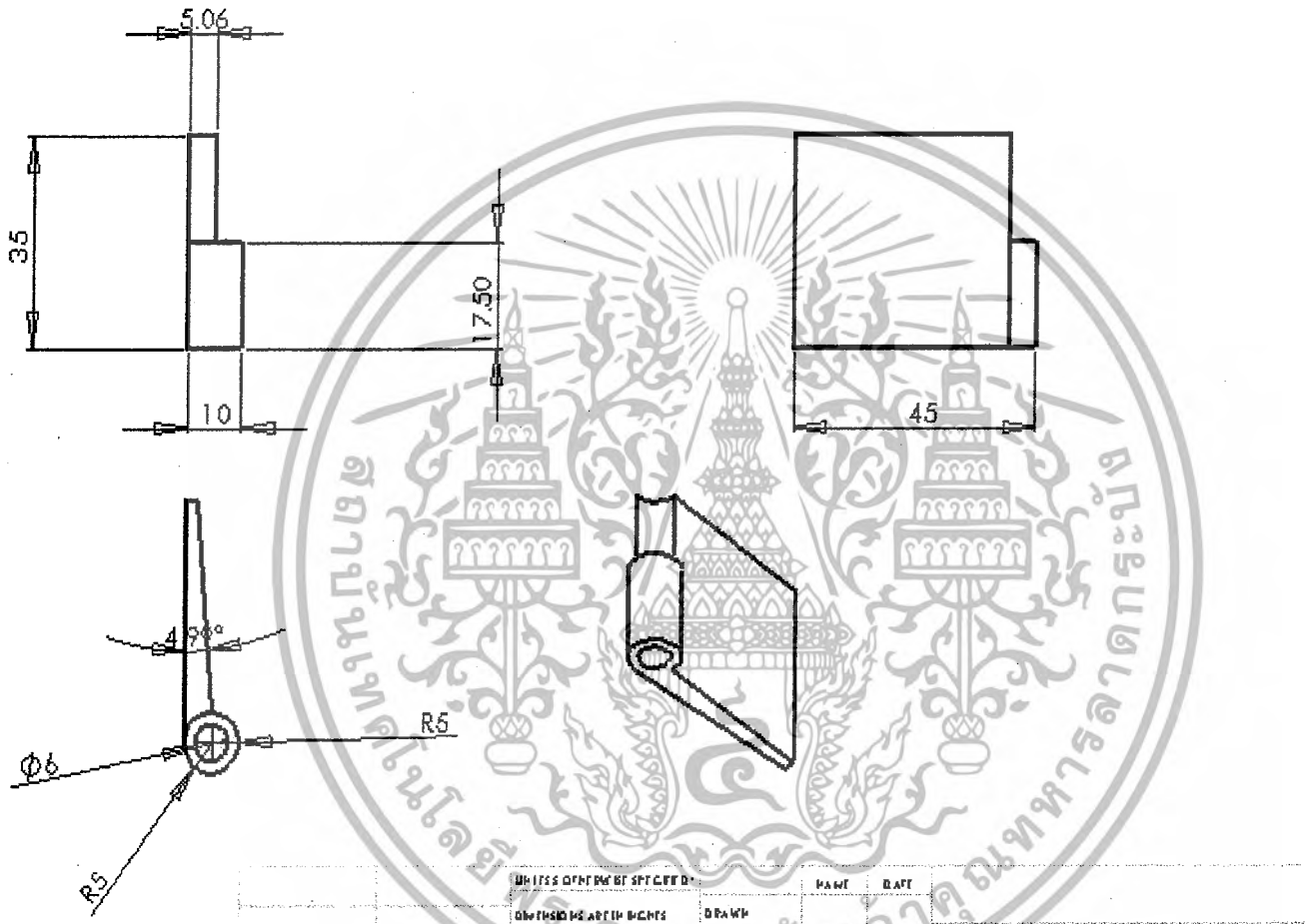
3. E.John Finnemore and Joseph B.Franzini Fluid Mechanic with Engineering Application .

4. R.C Hibberler Fourth Edition, Mechanics of Material .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN INCHES
TOLERANCES
FRACTIONAL ±
ANGULAR: MACH ± BEND ±
TWO PLACE DECIMAL ±
THREE PLACE DECIMAL ±
INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:
MATERIAL
FINISH
NEXT ASSY
USED ON
APPLICATION
DO NOT SCALE DRAWING

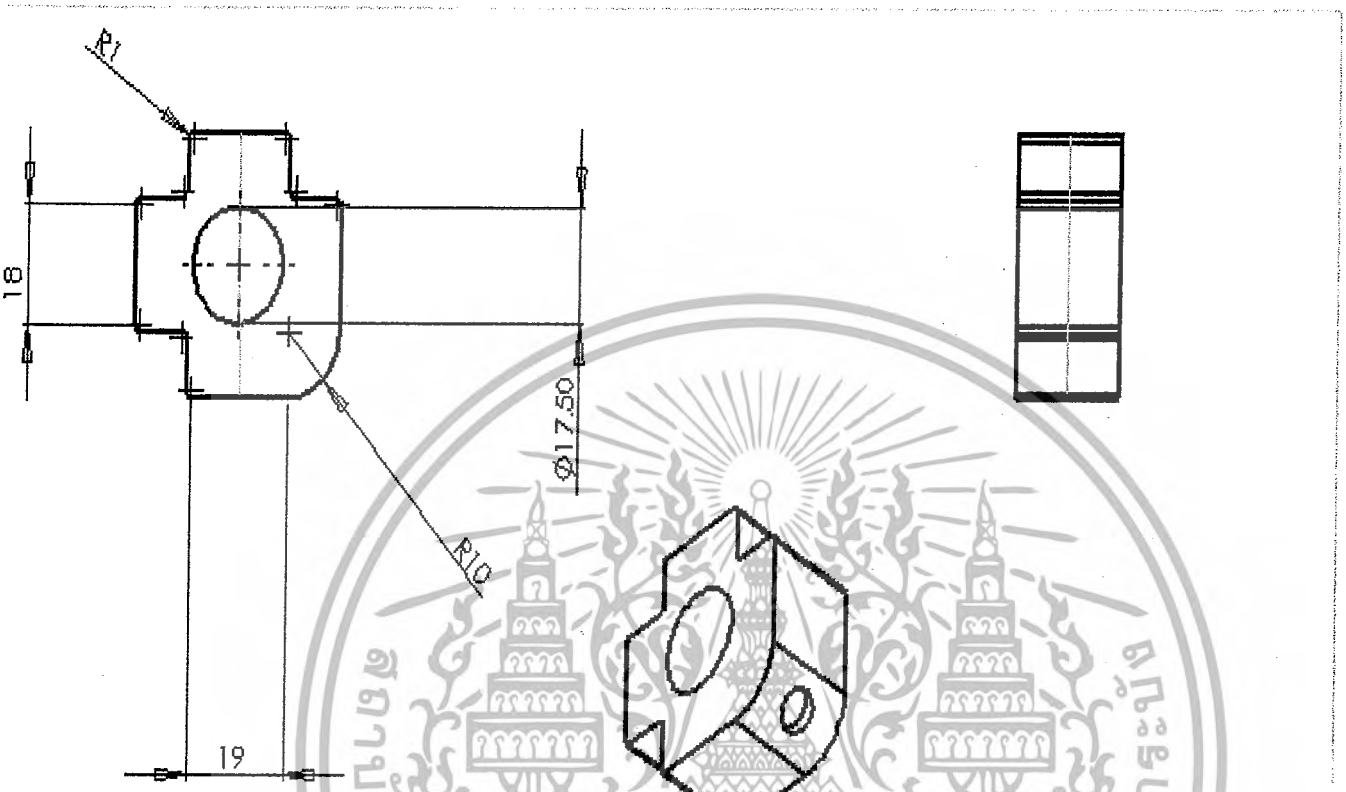
	NAME	DATE
DRAWN		
CHECKED		
ENG APPR.		
MFG APPR.		
Q.A.		
COMMENTS:		

TITLE:

PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL
THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DRAWING IS THE SOLE PROPERTY OF <INSERT COMPANY NAME HERE>. ANY REPRODUCTION IN PART OR AS A WHOLE WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF <INSERT COMPANY NAME HERE> IS PROHIBITED.

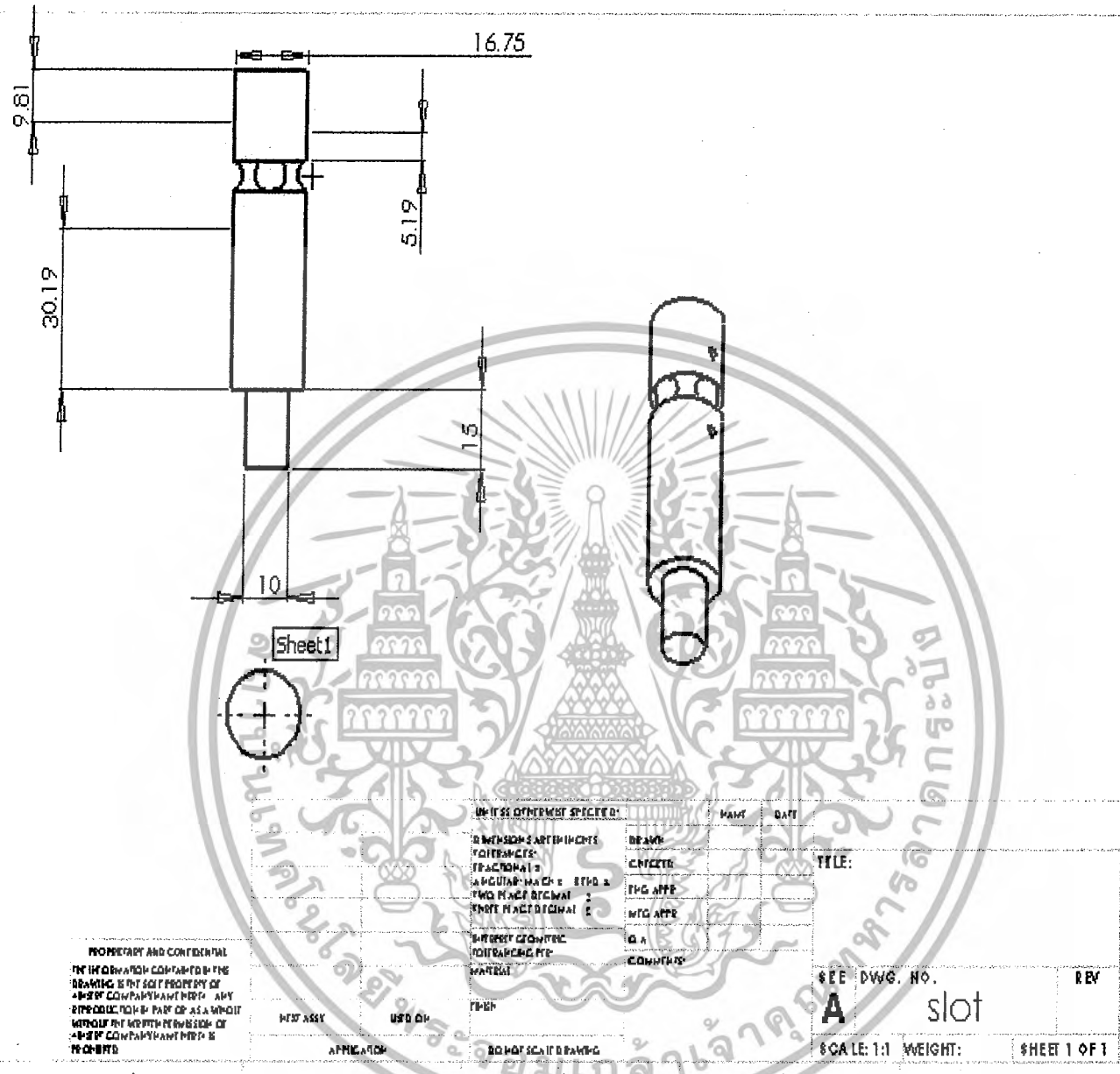
SIZE	DWG. NO.	REV
A	propeller2	
SCALE: 1:1	WEIGHT:	SHEET 1 OF 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

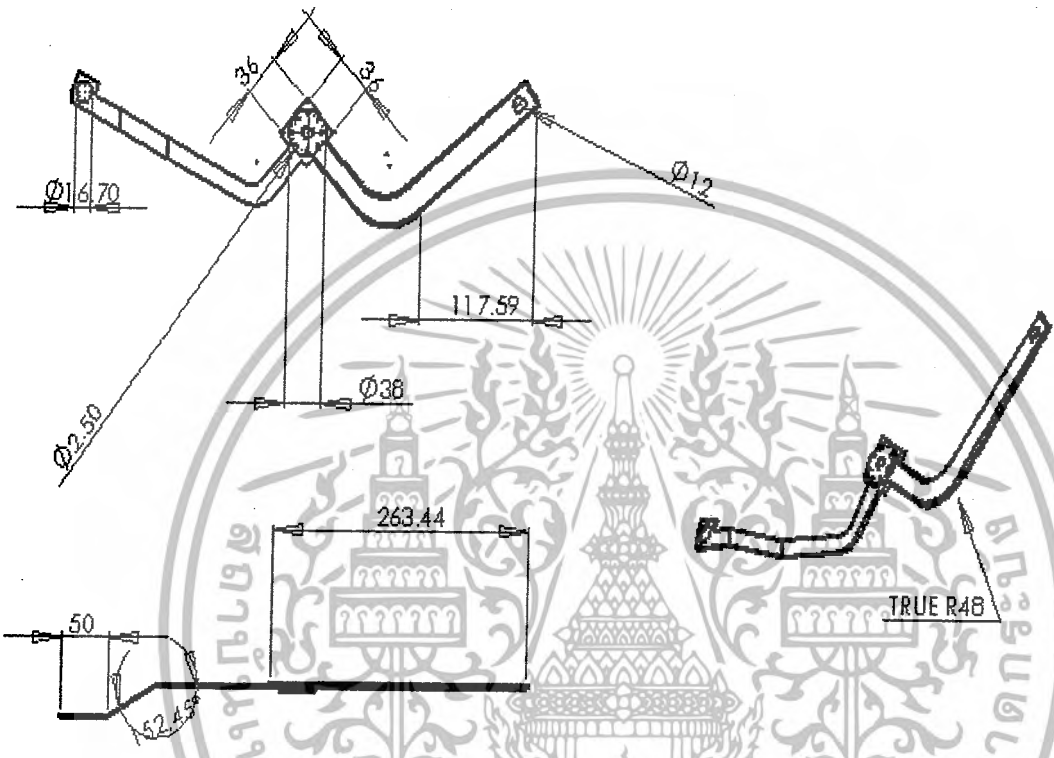


		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE		
		DIMENSIONS ARE IN INCHES TOLERANCES: FRACTIONAL ± ANGULAR: MACH ± BEND ± TWO PLACE DECIMAL ± THREE PLACE DECIMAL ±	DRAWN			TITLE:	
			CHECKED				
			ENG APPR.				
			MFG APPR.				
			Q.A.				
		INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:	COMMENTS:				
PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DRAWING IS THE SOLE PROPERTY OF <INSERT COMPANY NAME HERE>. ANY REPRODUCTION IN PART OR AS A WHOLE WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF <INSERT COMPANY NAME HERE> IS PROHIBITED.		MATERIAL				SIZE	DWG. NO.	REV
NEXT ASSY	USED ON	FINISH				A	Part1	
APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING				SCALE: 1:1	WEIGHT:	SHEET 1 OF 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



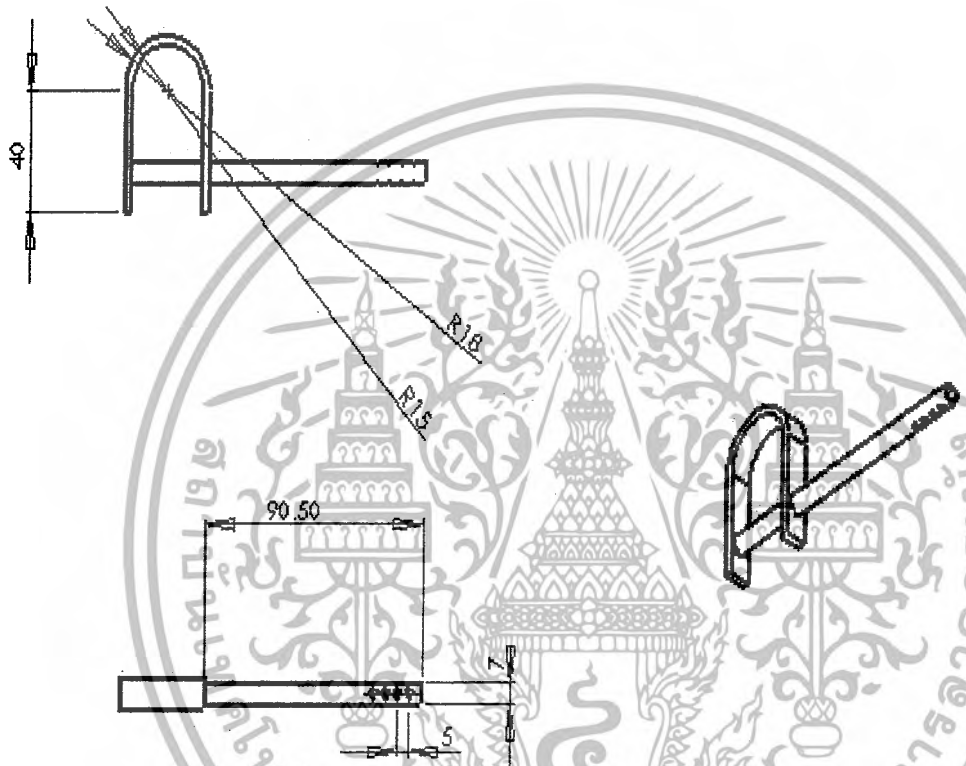
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



heet1

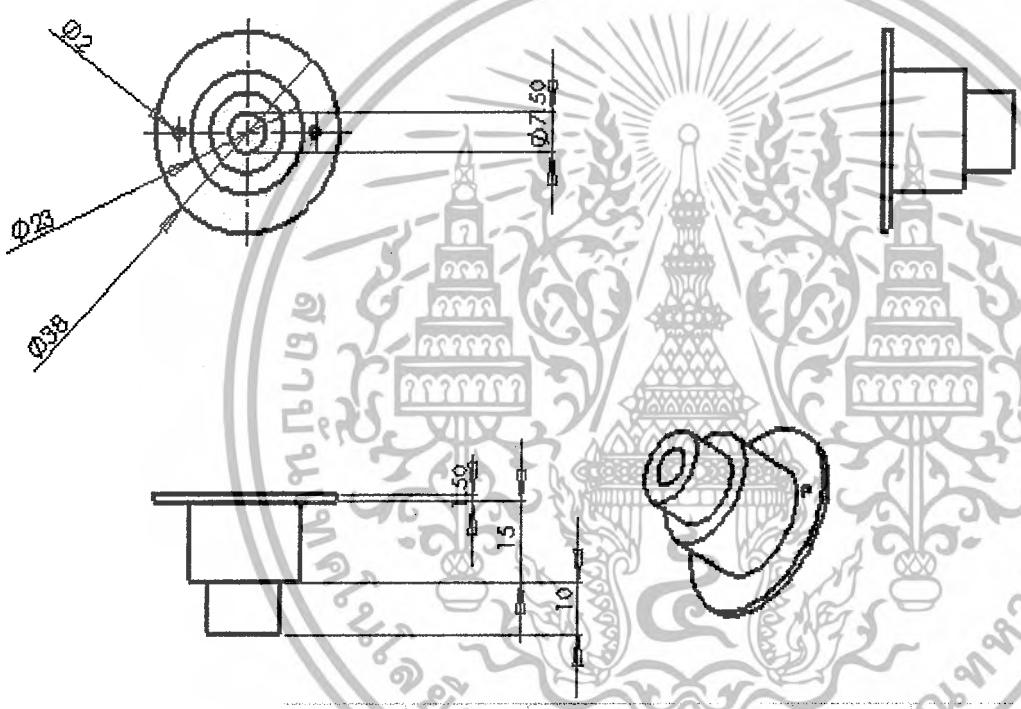
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MM
TOLERANCES:
FRACTIONAL ±
ANGULAR: MACH ± BEND ±
TWO PLACE DECIMAL ±
THREE PLACE DECIMAL ±
INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:
MATERIAL
NEXT ASSY
USED ON
APPLICATION
DO NOT SCALE DRAWING
NAME
DATE
DRAWN
CHECKED
ENG APPR.
MFG APPR.
Q.A.
COMMENTS:
TITLE:
PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL
THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DRAWING IS THE SOLE PROPERTY OF <INSERT COMPANY NAME HERE>. ANY REPRODUCTION IN PART OR AS A WHOLE WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF <INSERT COMPANY NAME HERE> IS PROHIBITED.
SIZE
A
DWG. NO.
กาน1
REV
SCALE: 1:5 WEIGHT:
SHEET 1 OF 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE	
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS TOLERANCES: FRACTIONAL ± ANGULAR: MACH ± BEND ± TWO PLACE DECIMAL ± THREE PLACE DECIMAL ±	DRAWN			TITLE:
	CHECKED			
	ENG APPR.			
	MFG APPR.			
INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:	QA			
	COMMENTS:			
MATERIAL				SIZE: A — DWG. NO.: ครอบ — REV:
NEXT ASSY	USED ON			
APPLICATION	DO NOT SCALE DRAWING			SCALE: 1:2 WEIGHT: — SHEET 1 OF 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:	NAME	DATE
		DRAWN		
		CHECKED	TITLE:	
		ENG APPR.		
		MFG APPR.		
		Q.A.		
		COMMENTS:		
		FINISH		
MATERIAL	DEF DWG	NEXT ASSY		
APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING	SIZE A	DWG. NO. Part2 REV
			SCALE: 1:1 WEIGHT:	SHEET 1 OF 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 ระดับความสูงของน้ำ(แบบไม่มีใบพัด)

ระยะห่างจากกระป๋องถึงสปริงเกอร์	ระดับความสูงของน้ำ (เมื่อทดลองครั้งที่1)	ระดับความสุงของน้ำ (เมื่อทดลองครั้งที่2)	ระดับความสูงเฉลี่ยของน้ำ
1.5	6.3	5.1	5.7
3	5.2	3.8	4.5
4.5	3.5	3.9	3.7
6	5.2	3.8	4.5
7.5	5	5.2	5.1
9	10.1	12.9	11.5
10.5	17	20.2	18.6
12	18.5	20.5	19.5
13.5	16.2	16.8	16.4
15	12.1	9.9	11
รวม	100.9	100.1	100.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ระดับความสูงของน้ำ(ใบพัดมีมุมเท่ากับ 10,20,30,40)

ระยะห่างจากกระป๋องถึงสปริงเกอร์	ระดับความสูงของน้ำ (เมื่อทดลองครั้งที่1)	ระดับความสุงของน้ำ (เมื่อทดลองครั้งที่2)	ระดับความสูงเฉลี่ยของน้ำ
1.5	13.8	13.6	13.7
3	14.0	14.2	14.1
4.5	12.1	12.0	12.05
6	10.2	10.0	10.1
7.5	11.1	9.1	10.1
9	10.5	9.5	10.0
10.5	13.1	12.9	13.0
12	12.5	11.7	12.1
13.5	11.0	10.4	10.7
15	4.0	3.6	3.80
รวม	112.3	107.0	109.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 ระดับความสูงของน้ำ(ใบพัดมีมุมเท่ากับ 20,30,40,50)

ระยะห่างจากกระป๋องถึงสปริงเกอร์	ระดับความสูงของน้ำ (เมื่อทดลองครั้งที่1)	ระดับความสุงของน้ำ (เมื่อทดลองครั้งที่2)	ระดับความสูงเฉลี่ยของน้ำ
1.5	13.6	12.8	13.20
3	14.0	13.0	13.50
4.5	10.1	10.0	10.05
6	10.2	9.8	10.00
7.5	9.6	9.5	9.55
9	10.0	9.5	9.75
10.5	13.0	13.0	13.00
12	11.6	11.8	11.70
13.5	8.9	9.2	9.05
15	2.6	3.0	2.80
รวม	103.6	101.6	102.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 ระดับความสูงของน้ำ(ใบพัดมีมุมเท่ากับ 30,40,50,60)

ระยะห่างจากกระป๋องถึงสปริงเกอร์	ระดับความสูงของน้ำ (เมื่อทดลองครั้งที่1)	ระดับความสุงของน้ำ (เมื่อทดลองครั้งที่2)	ระดับความสูงเฉลี่ยของน้ำ
1.5	16.1	17.0	16.55
3	15.0	16.5	15.75
4.5	13.0	16.0	14.50
6	12.1	13.0	12.55
7.5	10.0	10.2	10.10
9	8.8	9.0	8.90
10.5	12.4	13.0	12.70
12	13.4	11.0	12.20
13.5	7.3	8.0	7.65
15	1.4	2.0	1.70
รวม	109.5	115.7	112.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 ระดับความสูงของน้ำ(ใบพัดมีมุมเท่ากับ 40,50,60,70

ระยะห่างจากกระป๋องถึงสปริงเกอร์	ระดับความสูงของน้ำ (เมื่อทดลองครั้งที่1)	ระดับความสุงของน้ำ (เมื่อทดลองครั้งที่2)	ระดับความสูงเฉลี่ยของน้ำ
1.5	15.1	15.8	15.45
3	13.2	14.0	13.60
4.5	10.5	11.0	10.75
6	11.6	12.2	11.90
7.5	12.8	14.0	13.40
9	10.2	8.5	9.35
10.5	8.7	8.0	8.35
12	6.6	8.0	7.30
13.5	4.0	3.5	3.75
15	1.0	1.0	1.0
รวม	93.7	96.0	94.85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 ระดับความสูงของน้ำ(ใบพัดมีมุมเท่ากับ 50,60,70,80

ระยะห่างจากกระป๋องถึงสปริงเกอร์	ระดับความสูงของน้ำ (เมื่อทดลองครั้งที่1)	ระดับความสูงของน้ำ (เมื่อทดลองครั้งที่2)	ระดับความสูงเฉลี่ยของน้ำ
1.5	14.2	14.5	14.35
3	11.5	12.0	11.75
4.5	14.0	14.2	14.10
6	14.0	14.6	14.30
7.5	12.8	12.8	12.80
9	12.5	12.85	12.85
10.5	12.1	12.3	12.30
12	7.0	7.5	7.50
13.5	3.0	3.0	3.0
15	1.0	1.0	1.0
รวม	102.5	105.8	104.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 ระดับความสูงของน้ำ(ใบพัดมีมุมเท่ากับ 60,70,80,90

ระยะห่างจากกระป๋องถึงสปริงเกอร์	ระดับความสูงของน้ำ (เมื่อทดลองครั้งที่1)	ระดับความสุงของน้ำ (เมื่อทดลองครั้งที่2)	ระดับความสูงเฉลี่ยของน้ำ
1.5	13.0	13.2	13.10
3	13.5	14.0	13.75
4.5	11.2	10.5	10.85
6	11.5	10.8	11.15
7.5	93.4	10.3	9.85
9	9.0	9.2	9.10
10.5	9.8	8.8	9.30
12	7.0	8.3	7.65
13.5	5.4	3.0	4.20
15	0.5	0.5	0.5
รวม	99.7	98.8	99.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 ระดับความสูงของน้ำ(ใบพัดมีมุมเท่ากับ 70,80,90,100

ระยะห่างจากกระป๋องถึงสปริงเกอร์	ระดับความสูงของน้ำ (เมื่อทดลองครั้งที่1)	ระดับความสุงของน้ำ (เมื่อทดลองครั้งที่2)	ระดับความสูงเฉลี่ยของน้ำ
1.5	17.5	17.8	17.65
3	19.0	18.2	18.60
4.5	13.2	13.0	13.10
6	13.0	12.9	12.95
7.5	12.8	12.7	12.75
9	11.5	12.0	11.75
10.5	10.8	10.5	10.65
12	9.2	9.0	9.10
13.5	8.0	8.6	8.30
15	2.0	2.0	2.00
รวม	117.0	116.7	116.85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 ระดับความสูงของน้ำ(ใบพัดมีมุมเท่ากับ 80,90,100,110

ระยะห่างจากกระป๋องถึงสปริงเกอร์	ระดับความสูงของน้ำ (เมื่อทดลองครั้งที่1)	ระดับความสุงของน้ำ (เมื่อทดลองครั้งที่2)	ระดับความสูงเฉลี่ยของน้ำ
1.5	12.4	13.4	12.90
3	12.2	13.2	12.70
4.5	10.8	10.8	10.80
6	10.9	10.8	10.70
7.5	10.8	11.4	11.10
9	10.2	11.2	10.7
10.5	8.2	8.5	8.35
12	8.4	8.3	8.35
13.5	3.0	2.5	2.75
15	0.5	0.5	0.5
รวม	98.2	100.7	99.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 10 ระดับความสูงของน้ำ(ใบพัดมีมุมเท่ากับ 90,100,110,120

ระยะห่างจากกระป๋องถึงสปริงเกอร์	ระดับความสูงของน้ำ (เมื่อทดลองครั้งที่1)	ระดับความสุงของน้ำ (เมื่อทดลองครั้งที่2)	ระดับความสูงเฉลี่ยของน้ำ
1.5	12.4	13.0	12.70
3	13.2	12.0	12.60
4.5	11.8	9.8	10.80
6	11.5	9.5	10.50
7.5	11.3	10.8	11.05
9	10.4	10.5	10.45
10.5	8.7	7.0	7.85
12	8.5	6.8	7.65
13.5	3.2	3.0	3.10
15	0.5	0.5	0.50
รวม	103.2	92.7	97.95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 11 ระดับความสูงของน้ำ(ใบพัดมีมุมเท่ากับ 100,110,120,130

ระยะห่างจากกระป๋องถึงสปริงเกอร์	ระดับความสูงของน้ำ (เมื่อทดลองครั้งที่1)	ระดับความสุงของน้ำ (เมื่อทดลองครั้งที่2)	ระดับความสูงเฉลี่ยของน้ำ
1.5	18.0	16.8	17.40
3	12.5	15.4	13.95
4.5	12.3	14.8	13.55
6	12.1	11.6	11.85
7.5	13.2	13.5	13.35
9	13.3	14.8	14.05
10.5	10.9	8.8	9.85
12	7.8	8.0	7.90
13.5	6.3	6.5	6.40
15	1.0	1.0	1.0
รวม	107.8	111.2	109.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 12 ระดับความสูงของน้ำ(ใบพัดมีมุมเท่ากับ 110,120,130,140

ระยะห่างจากกระป๋องถึงสปริงเกอร์	ระดับความสูงของน้ำ (เมื่อทดลองครั้งที่1)	ระดับความสุงของน้ำ (เมื่อทดลองครั้งที่2)	ระดับความสูงเฉลี่ยของน้ำ
1.5	15.0	15.5	15.25
3	11.1	13.2	12.15
4.5	10.0	11.7	10.85
6	10.0	11.9	10.93
7.5	12.0	12.8	12.4
9	12.0	12.8	12.4
10.5	12.9	12.9	12.9
12	8.3	8.5	8.4
13.5	3.7	4.5	4.1
15	2.0	2.2	2.1
รวม	85.0	106.0	99.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 13 ระดับความสูงของน้ำ(ใบพัดมีมุมเท่ากับ 120,130,140,150

ระยะห่างจากกระป๋องถึงสปริงเกอร์	ระดับความสูงของน้ำ (เมื่อทดลองครั้งที่1)	ระดับความสุงของน้ำ (เมื่อทดลองครั้งที่2)	ระดับความสูงเฉลี่ยของน้ำ
1.5	12.8	12.2	12.5
3	16.0	14.3	16.0
4.5	13.2	12.6	13.2
6	14.8	13.4	14.8
7.5	10.2	10.0	10.2
9	7.2	9.0	7.2
10.5	5.8	4.2	5.8
12	4.1	4.2	4.1
13.5	3.2	3.0	3.2
15	0.5	0.5	0.5
รวม	88.3	83.4	85.85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีทำ

จากสูตรการคำนวณหาสัมประสิทธิ์การกระจายน้ำ(C_u)

$$\text{Deviation} = \frac{5.7+4.5+3.7+4.5+5.1+11.5+18.6+19.5+16.4+11}{10}$$

$$= 10.05$$

$$X = (|5.7-10.05| + |4.5-10.05| + |3.7-10.05| + |4.5-10.05| + |5.1-10.05| + |11.5-10.05| + |18.6-10.05| + |19.5-10.05 + |16.4-10.05| - |11-10.05|) / 10.05$$

$$= 53.5$$

$$M = 10.05$$

$$n = 10$$

แทนค่าทุกตัวแปรลงในสมการ4.1 ได้เป็น

$$C_u = (1-(53.5/100.5)) \times 100$$

$$= 46.77\% \quad \text{answer}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้