

การศึกษาผลกระทบของรูปแบบรางน้ำต่ออัตราการไหลของน้ำ

A STUDY OF THE EFFECT OF GUTTER TYPES
ON WATER FLOW RATE



ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคณะศึกษาศาสตร์บัณฑิต

หลักสูตรคณิตศาสตร์ประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

การศึกษาผลกระทบของรูปแบบรางน้ำต่ออัตราการไหลของน้ำ

A STUDY OF THE EFFECT OF GUTTER TYPES
ON WATER FLOW RATE



ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

หลักสูตรคณิตศาสตร์ประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้า ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A STUDY OF THE EFFECT OF GUTTER TYPES
ON WATER FLOW RATE



A SPECIAL PROBLEM SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE
IN APPLIED MATHEMATICS
FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2013

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้า ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ การศึกษาผลกระทบของรูปแบบรางน้ำต่ออัตราการไหลของน้ำ
A Study of the Effect of Gutter Types on Water Flow Rate

ชื่อนักศึกษา นางสาวพรสุดา มากมีทรัพย์ 53050082
นางสาวรวิวรรณ สดางาม 53050098
นายอภิวัฒน์ ศรสงวนสกุล 53050134
ปริญญา วิทยาศาสตร์บัณฑิต
หลักสูตร คณิตศาสตร์ประยุกต์
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ศิริกุล ศิริธีรากล

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้นับ
ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์
ประยุกต์ ประจำปีการศึกษา 2556

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.นพรัตน์ โพธิ์ชัย ประธานกรรมการ	
อ.เทิดขวัญ ช่างเผือก กรรมการ	
อ.ศิริกุล ศิริธีรากล กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	การศึกษาผลกระทบของรูปแบบรางน้ำต่ออัตราการไหลของน้ำ A Study of the Effect of Gutter Types on Water Flow Rate		
ชื่อนักศึกษา	นางสาวพรสุดา มากมีทรัพย์	53050082	
	นางสาวรวีวรรณ สดางาม	53050098	
	นายอภิวัฒน์ ศรสงวนสกุล	53050134	
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต		
หลักสูตร	คณิตศาสตร์ประยุกต์		
อาจารย์ที่ปรึกษา	อ.ศิริกุล ศิริธีรากล		

บทคัดย่อ

ปัญหาพิเศษนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราการไหลของน้ำ โดยแยกพิจารณารางน้ำและท่อส่งน้ำ เป็นรูปทรงเรขาคณิต 4 แบบ ได้แก่ รูปทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก รูปทรงสี่เหลี่ยมคางหมู รูปทรงสามเหลี่ยม และรูปทรงกระบอก เนื่องจากการหาอัตราการไหลของน้ำในช่องเปิด จึงใช้การคำนวณจากสูตรของแมนนิง จากการศึกษาค้นคว้า ทำให้ทราบว่าโปรแกรมที่ใช้คำนวณแมนนิงน้อย และโปรแกรมที่ใช้คำนวณแมนนิงส่วนมีหลายข้อจำกัด เราจึงสร้างโปรแกรมคำนวณแมนนิง ที่ลดข้อจำกัดลง มีความละเอียดของข้อมูลเพิ่มขึ้น สามารถเลือกรูปแบบของรางน้ำค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ และกรอกค่าตามความต้องการ ในส่วนของปัญหาพิเศษนี้จะใช้โปรแกรมช่วยคำนวณอัตราการไหลของน้ำ เมื่อมีการเปลี่ยนระดับความสูงของน้ำ ความยาวรางน้ำหรือท่อ ความลาดเอียง และพื้นที่หน้าตัดของน้ำ เพื่อสังเกตแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของแต่ละรูปทรงของรางน้ำและท่อ ซึ่งผลที่ได้มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณปัญหาพิเศษนี้ จะพิจารณาจากปริมาณน้ำที่ไหลเข้ารางน้ำมีความสม่ำเสมอตลอดการคำนวณ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการคำนวณหรือออกแบบรางน้ำและท่อให้มีประสิทธิภาพและตรงกับความต้องการ

คำสำคัญ อัตราการไหล ,สูตรแมนนิง ,รางน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	A Study of the Effect of Gutter Types on Water Flow Rate	
Students	Miss Pornsuda Makmeesap	53050082
	Miss. Raviwan...Sta-ngam	53050098
	Mr. Apiwat Sonsanguansakul	53050134
Degree	Bachelor of Science	
Major Program	Applied Mathematics	
Academic Year	2013	
Advisor	Teacher Sirikul Siriteerakul	

ABSTRACT

The aim of this special problem is to study water flow rate in gutters. This study examines four different shapes of gutters : rectangular trapezoidal triangular and cylindrical. The results of this special problem is calculated by Manning's formula. Many years ago, few programs which calculate results by Manning's formula are determined by several limitations. Therefore the program of this special problem is more complete than other programs. This program is able to select shape of gutter, coefficient, and enter the appropriate data (length, internal diameter, fluid depth, drop) for the gutter arrangement. The results are finely calculated and are considered differentiation of each gutter, when the appropriate data are changed. The trend of results are shown in the same direction. As the results are calculated in case which define fluid depth is balanced. The program is made for estimate water flow rate. Therefore it is beneficial and help to select the best gutter in this requirement.

Keyword Water flow rate ,Manning's formula ,Gutter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การทำปัญหาพิเศษเรื่อง การศึกษาผลกระทบของรูปแบบรางน้ำต่ออัตราการไหลของน้ำ สามารถสำเร็จจุล่งไปด้วยดี คณะผู้จัดทำต้องขอขอบพระคุณ อาจารย์ศิริกุล ศิริธรากุล อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและเป็นทีปรึกษาในการแก้ปัญหาต่างๆ รวมทั้งตรวจสอบความถูกต้องของปัญหาพิเศษฉบับนี้เป็นอย่างดี

นอกจากนี้คณะผู้จัดทำต้องขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ได้ให้ความสนับสนุนทางด้านกำลังใจ และทุนทรัพย์ในการจัดทำ จนการทำปัญหาพิเศษนี้สำเร็จด้วยดี ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ให้ความรู้ในภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ รวมทั้งเพื่อนๆ ทุกคนที่มีส่วนช่วยเหลือในด้านต่างๆ เกี่ยวกับการทำปัญหาพิเศษไว้ ณ ที่นี้

คณะผู้จัดทำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
สารบัญกราฟ	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญ/ที่มาของปัญหาพิเศษ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการทำ	2
1.3 ขอบเขตของปัญหาพิเศษ	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานของปัญหาพิเศษ	3
1.6 แผนกิจกรรมของปัญหาพิเศษ	3
บทที่ 2 เอกสารที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 รูปแบบของการไหลในท่อ	4
2.1.1 พิจารณาตามความหนืด	4
2.1.2 พิจารณาตามความราบเรียบของการไหล	4
2.1.3 พิจารณาตามความสามารถในการอัดตัว	7
2.1.4 พิจารณาตามขอบเขตของการไหล	7
2.1.5 พิจารณาตามการเปลี่ยนแปลงตามเวลา	7
2.1.6 พิจารณาตามลักษณะพฤติกรรมของการไหลของของไหล	8
2.2 พารามิเตอร์ของวัสดุ	12
2.2.1 นิยามของเหลว	12
2.2.2 ความหนืดของของไหล	12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ 2.2.3 ความหนาแน่น ซึ่งงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ 12 ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

2.3 ทฤษฎีการไหล	16
2.3.1 การไหลทางน้ำเปิด	16
2.3.2 สมการสำหรับคำนวณหาความเร็วเฉลี่ยของการไหล	16
2.3.3 การไหลสมำเสมอ	16
2.3.4 การคำนวณ	22
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน	28
3.1 พิจารณาจากความลึกของน้ำ	29
3.2 พิจารณาจากความยาวของรางน้ำและท่อ	31
3.3 พิจารณาจากความลาดเอียงของรางน้ำและท่อ	33
3.4 พิจารณาที่พื้นที่หน้าตัดของน้ำ	35
บทที่ 4 วิเคราะห์ผลการดำเนินงาน	37
4.1 อัตราการไหลของน้ำเมื่อพิจารณาจากความลึกของน้ำ	37
4.2 อัตราการไหลของน้ำเมื่อพิจารณาจากความยาวของรางน้ำและท่อ	41
4.3 อัตราการไหลของน้ำเมื่อพิจารณาจากความลาดเอียงของรางน้ำและท่อ	45
4.4 อัตราการไหลของน้ำเมื่อพิจารณาจากพื้นที่หน้าตัดของน้ำ	49
บทที่ 5 สรุปผลและอภิปรายผลการดำเนินงาน	53
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน	53
5.1.1 สรุปผลการดำเนินงานเกี่ยวกับความลึกของน้ำ	53
5.1.2 สรุปผลการดำเนินงานเกี่ยวกับความยาวของรางน้ำและท่อ	53
5.1.3 สรุปผลการดำเนินงานเกี่ยวกับความลาดชันของรางน้ำและท่อ	53
5.1.4 สรุปผลการดำเนินงานเกี่ยวกับพื้นที่หน้าตัดของน้ำ	53
5.2 อภิปรายผลการดำเนินงาน	54
5.3 ข้อเสนอแนะ	54
เอกสารอ้างอิง	55

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 แผนกิจกรรมของปัญหาพิเศษ	3
2-1 ค่าความหนืดของวัสดุ	12
2-2 ค่าความหนาแน่นของวัสดุ	13
2-3 ค่าความหนาแน่นของวัสดุ	14
2-4 ค่าความลาดด้านข้างของรูปสี่เหลี่ยมคางหมู	19
4-1 อัตราการไหลของน้ำ เมื่อเปลี่ยนแปลงความลึกในรูปทรงกระบอก	37
4-2 อัตราการไหลของน้ำ เมื่อเปลี่ยนแปลงความลึกในรูปทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก	38
4-3 อัตราการไหลของน้ำ เมื่อเปลี่ยนแปลงความลึกในรูปทรงสามเหลี่ยม	39
4-4 อัตราการไหลของน้ำ เมื่อเปลี่ยนแปลงความลึกในรูปทรงสี่เหลี่ยมคางหมู	40
4-5 อัตราการไหลของน้ำ เมื่อเปลี่ยนแปลงความยาวท่อในรูปทรงกระบอก	41
4-6 อัตราการไหลของน้ำ เมื่อเปลี่ยนแปลงความยาวของรางน้ำในรูปทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก	42
4-7 อัตราการไหลของน้ำ เมื่อเปลี่ยนแปลงความยาวของรางน้ำในรูปทรงสามเหลี่ยม	43
4-8 อัตราการไหลของน้ำ เมื่อเปลี่ยนแปลงความยาวของรางน้ำในรูปทรงสี่เหลี่ยมคางหมู	44
4-9 อัตราการไหลของน้ำ เมื่อเปลี่ยนแปลงความลาดเอียงจากพื้นในรูปทรงกระบอก	45
4-10 อัตราการไหลของน้ำ เมื่อเปลี่ยนแปลงความลาดเอียงจากพื้นในรูปทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก	46
4-11 อัตราการไหลของน้ำ เมื่อเปลี่ยนแปลงความลาดจากพื้นในรูปทรงสามเหลี่ยม	47
4-12 อัตราการไหลของน้ำ เมื่อเปลี่ยนแปลงความลาดจากพื้นรูปทรงสี่เหลี่ยมคางหมู	48
4-13 อัตราการไหลของน้ำ เมื่อเปลี่ยนแปลงพื้นที่หน้าตัดในรูปทรงกระบอก	49
4-14 อัตราการไหลของน้ำ เมื่อเปลี่ยนแปลงพื้นที่หน้าตัดในรูปทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก	50
4-15 อัตราการไหลของน้ำ เมื่อเปลี่ยนแปลงพื้นที่หน้าตัดในรูปทรงสามเหลี่ยม	51
4-16 อัตราการไหลของน้ำ เมื่อเปลี่ยนแปลงพื้นที่หน้าตัดในรูปทรงสี่เหลี่ยมคางหมู	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
2-1 รูปแบบการไหลแบบราบเรียบและแบบปั่นป่วน	5
2-2 ตัวอย่างของไหลแบบซูโดพลาสติก	9
2-3 ตัวอย่างของไหลแบบไดเลแทนท์	9
2-4 ตัวอย่างของไหลแบบบิงแฮมพลาสติก	10
2-5 ตัวอย่างของไหลแบบไอโซทรอปิก	10
2-6 ตัวอย่างของไหลแบบรีโอเพคซิก	11
3-1 หน้าจอหลักของโปรแกรม	28
3-2 ตัวอย่างการกรอกข้อมูลความลึกรูปทรงกระบอก	29
3-3 ตัวอย่างการกรอกข้อมูลความลึกของน้ำ	30
3-4 ตัวอย่างการกรอกข้อมูลความยาวของท่อรูปทรงกระบอก	31
3-5 ตัวอย่างการกรอกข้อมูลความยาวของรางน้ำ	32
3-6 ตัวอย่างการกรอกข้อมูลต่อเอียงจากพื้นรูปทรงกระบอก	33
3-7 ตัวอย่างการกรอกข้อมูลรางน้ำเอียงจากพื้น	34
3-8 ตัวอย่างการกรอกข้อมูลเพื่อหาพื้นที่หน้าตัดรูปทรงกระบอก	35
3-9 ตัวอย่างการกรอกข้อมูลหาพื้นที่หน้าตัด	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญกราฟ

กราฟที่	หน้า
4-1 ความลึกของน้ำต่ออัตราการไหลของน้ำ(รูปทรงกระบอก)	37
4-2 ความลึกของน้ำต่ออัตราการไหลของน้ำ(รูปทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก)	38
4-3 ความลึกของน้ำต่ออัตราการไหลของน้ำ(รูปทรงสามเหลี่ยม)	39
4-4 ความลึกของน้ำต่ออัตราการไหลของน้ำ(รูปทรงสี่เหลี่ยมคางหมู)	40
4-5 ความยาวของท่อต่ออัตราการไหลของน้ำ(รูปทรงกระบอก)	41
4-6 ความยาวของรางน้ำต่ออัตราการไหลของน้ำ(รูปทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก)	42
4-7 ความยาวของรางน้ำต่ออัตราการไหลของน้ำ(รูปทรงสามเหลี่ยม)	43
4-8 ความยาวของรางน้ำต่ออัตราการไหลของน้ำ(รูปทรงสี่เหลี่ยมคางหมู)	44
4-9 ความลาดเอียงจากพื้นที่ต่ออัตราการไหลของน้ำ(รูปทรงกระบอก)	45
4-10 ความลาดเอียงจากพื้นที่ต่ออัตราการไหลของน้ำ(รูปทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก)	46
4-11 ความลาดเอียงจากพื้นที่ต่ออัตราการไหลของน้ำ(รูปทรงสามเหลี่ยม)	47
4-12 ความลาดเอียงจากพื้นที่ต่ออัตราการไหลของน้ำ(รูปทรงสี่เหลี่ยมคางหมู)	48
4-13 พื้นที่หน้าตัดต่ออัตราการไหลของน้ำ(รูปทรงกระบอก)	49
4-14 พื้นที่หน้าตัดต่ออัตราการไหลของน้ำ(รูปทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก)	50
4-15 พื้นที่หน้าตัดต่ออัตราการไหลของน้ำ(รูปทรงสามเหลี่ยม)	51
4-16 พื้นที่หน้าตัดต่ออัตราการไหลของน้ำ(รูปทรงสี่เหลี่ยมคางหมู)	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญ/ที่มาของปัญหาพิเศษ

“น้ำ” เป็นทรัพยากรที่มีพื้นที่ถึง 3 ใน 4 ส่วนของโลก และเป็นทรัพยากรที่สำคัญและก่อให้เกิดประโยชน์แก่การดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด มีการนำน้ำมาใช้ทั้งด้านอุตสาหกรรม ดำรงชีวิตประจำวัน และที่สำคัญน้ำเป็นทรัพยากรที่นำมาใช้เพื่อเกษตรกรรม ตามหมู่บ้านในชนบทที่ห่างไกลจากแหล่งน้ำ ล้วนต้องหาวิธีในการลดค่าใช้จ่ายจากการซื้อน้ำจากพ่อค้าคนกลางเพื่อใช้ในการดำรงชีวิตประจำวัน และทำการเกษตร หลังจากที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงเสด็จพระราชดำเนินเยี่ยมเยียนประชาชนในถิ่นทุรกันดาร เมื่อทราบถึงความต้องการน้ำของประชาชน พระองค์ทรงพระราชทานแนวพระราชดำริ เพื่อให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องแก้ไขการขาดแคลนน้ำของประชาชนอย่างเหมาะสม โดยพระราชทานแนวพระราชดำริให้หลายแนวทาง ซึ่งได้แก่ อ่างเก็บน้ำ สระเก็บน้ำ ฝายทดน้ำ คลองชลประทาน โดยทั่วแล้ว การสร้างอ่างเก็บน้ำ หรือ การขุดสระเก็บน้ำ ล้วนต้องใช้งบประมาณและพื้นที่ในการสร้างมา วิธีที่ได้รับความนิยมจึงเป็นการสร้างคลองชลประทาน หรือการสร้างท่อส่งน้ำ รางน้ำ เพื่อใช้ลำเลียงน้ำเข้าสู่หมู่บ้าน

จากการศึกษาในเรื่องการสร้างท่อส่งน้ำหรือรางน้ำทำให้ค้นพบว่ามีผู้ศึกษามาก่อนหน้านี้แล้ว อาทิเช่น ในปี 2542 บุญชัย ตันตพูนท์ [1] ทำการตรวจสอบค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งในคลองชลประทานที่ส่งผลต่อการไหลของน้ำกรณีการไหลแบบเปลี่ยนแปลงน้อย ต่อมาในปี 2549 ประชุม คำพุ่ม [2] ทำการศึกษาสมบัติของผลิตภัณฑ์วางระบายน้ำสำเร็จรูปสำหรับติดตั้งที่ด้านข้างของถนนให้มีลักษณะหน้าตัดที่สามารถระบายน้ำได้ดี และลดปริมาณการตกตะกอน อีกทั้งทำความสะอาดได้ง่าย ต่อมาในปี 2554 อุดมพร ฐปบุชา [3] ทำการศึกษาผลกระทบของระดับความลาดชันของคลองชลประทานต่อค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่ง (Manning's n) เนื่องจากการเลือกใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งที่ใช้ในการวิเคราะห์หาอัตราการไหลของน้ำในคลองชลประทานจะคำนึงแต่ลักษณะพื้นผิวของคลองชลประทานเท่านั้น และในปีเดียวกัน เลิศ พัดฉวี [4] ทำการออกแบบแก้ไขการระบายน้ำและจัดทิศทางไหลของน้ำด้วยท่อ HDPE ที่มีความแข็งแรงและทนทานกว่าคอนกรีตในพื้นที่ที่มีการทรุดตัวของดิน เพื่อแก้ไขปัญหากล้วยพิบัติจากอุทกภัย

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาส่วนใหญ่มีการมุ่งเน้นในส่วนของความแข็งแรง ความลาดเอียง และค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ สำหรับปัญหาพิเศษนี้จึงมุ่งเน้นในส่วนของการพิจารณาถึงรูปแบบของรางน้ำและท่อส่งน้ำที่มีผลกระทบต่ออัตราการไหลของน้ำโดยจะทำการศึกษารูปทรงของรางน้ำที่แตกต่างกัน 4 รูปแบบ คือ รูปทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก รูปทรงสี่เหลี่ยมคางหมู รูปทรงสามเหลี่ยม และรูปทรงกระบอก

เอกสารนี้โดยศึกษาว่ารูปทรง ความยาว มีผลกระทบต่ออัตราการไหลของรางน้ำและท่อส่งอย่างไร ใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยเราศึกษาสูตรแมนนิ่งและทำการเขียนโปรแกรมจาก Visual c# 2010 express เพื่อนำมาใช้ในการคำนวณหาอัตราการไหลของน้ำและสังเกตแนวโน้มและเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของน้ำ เมื่อปัจจัยต่างๆมีการเปลี่ยนแปลง สำหรับปัญหานี้จะพิจารณาภายใต้สมมติฐานที่ว่าความหนาแน่นของน้ำคงที่ ปริมาณของน้ำที่ไหลเข้ารางน้ำและท่อส่งน้ำมีความสม่ำเสมอ ในปัญหาพิเศษนี้จะคำนวณค่าจากโปรแกรมที่ถูกเขียนขึ้นเองมาช่วยในการคำนวณและ นำผลลัพธ์ที่ได้มาทำการวิเคราะห์ผล เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงซ่อมแซมหรือเลือกรูปแบบของรางน้ำและท่อส่งน้ำในการสร้างกระบวนการส่งน้ำ และยังสามารถนำโปรแกรมที่เขียนขึ้นไปใช้คำนวณในปัญหาอื่นต่อไป

1.2. วัตถุประสงค์ของการทำ

- 1.2.1 เพื่อศึกษาทำความเข้าใจอัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านรางน้ำและท่อส่งน้ำ
- 1.2.2 เพื่อศึกษาผลกระทบของรูปทรงของรางน้ำและท่อส่งน้ำ
- 1.2.3 เพื่อพิจารณาแนวโน้มของอัตราการไหลของน้ำ
- 1.2.4 เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบกระบวนการส่งน้ำ
- 1.2.5 เพื่อพัฒนาการสร้างโปรแกรมช่วยคำนวณ

1.3 ขอบเขตของปัญหาพิเศษ

- 1.3.1 ความสัมพันธ์และความแตกต่างของรางน้ำและท่อส่งน้ำที่มีผลต่ออัตราการไหล ในกรณีศึกษาทั้ง 4 รูปแบบ
- 1.3.2 ศึกษารางน้ำที่มีรูปทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก รูปทรงสี่เหลี่ยมคางหมู รูปทรงสามเหลี่ยม และท่อส่งน้ำรูปทรงกระบอก
- 1.3.3 พิจารณาจากปริมาณน้ำที่ไหลผ่านรางน้ำและท่อส่งน้ำเท่ากัน
- 1.3.4 กำหนดให้ความหนาแน่นของน้ำคงที่

1.4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 ให้ผู้วิจัยสามารถนำความรู้จากสูตรแมนนิ่งมาประยุกต์ใช้กับปัญหาในชีวิตประจำวัน
- 1.4.2 เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงหรือเลือกใช้รางน้ำหรือท่อน้ำในกระบวนการต่างๆ
- 1.4.3 ทำให้ทราบความแตกต่างของรางน้ำที่มีผลต่ออัตราการไหลของน้ำ
- 1.4.4 ทำให้ทราบถึงปัจจัยที่มีผลกระทบต่ออัตราการไหลของน้ำ
- 1.4.5 เพื่อให้ผู้วิจัยสามารถนำโปรแกรมคำนวณสูตรแมนนิ่งไปประยุกต์ใช้กับปัญหาอื่นๆ
- 1.4.6 เป็นองค์ความรู้พื้นฐานที่จะนำไปสู่การพัฒนาและแก้ปัญหาที่ซับซ้อนมากยิ่งขึ้นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นว่าเป็นประโยชน์ควรแจ้งคืนการก้ำ
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5. ขั้นตอนการดำเนินงานของปัญหาพิเศษ

1.5.1 เก็บข้อมูลเกี่ยวกับอัตราการไหลของน้ำ จากนั้นนำข้อมูลมากำหนดขอบเขตของปัญหาในปัญหาพิเศษ

1.5.2 ศึกษาความรู้จากสูตรแมนนิ่งที่มีความเกี่ยวข้องในการคำนวณรูปทรงรางน้ำและท่อส่งน้ำที่ต่างกัน

1.5.3 ศึกษา สร้างและทดสอบโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณอัตราการไหลของน้ำในรางน้ำและท่อส่งน้ำทั้ง 4 รูปแบบ

1.5.4 วิเคราะห์และเปรียบเทียบอัตราการไหลของน้ำในรางน้ำและท่อส่งน้ำ

1.6 แผนกิจกรรมของปัญหาพิเศษ

กิจกรรม	ระยะเวลาในการดำเนินงาน										
	มี.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	
ศึกษาอัตราการไหลของน้ำ, รูปทรงของรางน้ำและท่อส่งน้ำและทำการกำหนดขอบเขตปัญหา	←→										
ศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับสูตรแมนนิ่ง (Manning formula)		←→									
ศึกษา สร้าง และทดสอบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่นำมาใช้ในการทดสอบ			←→								
ทดสอบการเปลี่ยนค่าที่มีผลต่ออัตราการไหลของน้ำ							←→				
วิเคราะห์และสรุปผลรวมทั้งจัดทำเอกสารการทำ									←→		

ตารางที่ 1 แสดงแผนกิจกรรมของปัญหาพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

เอกสารที่เกี่ยวข้อง

ในการจัดทำปัญหาพิเศษ การศึกษาผลกระทบของรูปแบบรางน้ำต่ออัตราการไหลของน้ำ ผู้จัดทำปัญหาพิเศษได้ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

2.1 รูปแบบของการไหลในท่อ

2.2 พารามิเตอร์ของวัสดุ

2.3 ทฤษฎีการไหล

2.1 รูปแบบของการไหลในท่อ สามารถแบ่งแยกย่อยได้หลายประเภทดังนี้

2.1.1.พิจารณาตามความหนืด สามารถแบ่งได้เป็น

2.1.1.1 การไหลแบบมีความหนืด (Viscous flow) ความเร็วของการไหลจะขึ้นอยู่กับแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นหรือจะกล่าวว่าการไหลเมื่อความหนืดของของไหลมีผลต่อความเร็วตัวอย่างเช่น การไหลในชั้นของเขต (boundary layer)

2.1.1.2 การไหลแบบไม่มีความหนืด (Inviscid flow) คือความเร็วของการไหลไม่ขึ้นอยู่กับแรงเสียดทานซึ่งในความเป็นจริงแล้วเป็นไปได้การไหลชนิดนี้จึงเป็นการไหลในอุดมคติแต่มีการไหลในบางกรณีที่สามารถประมาณได้ว่าเป็นการไหลแบบไม่มีความหนืดเช่นการไหลนอกเหนือชั้นของเขต

2.1.2.พิจารณาตามความราบเรียบของการไหล สามารถแบ่งได้เป็น

2.1.2.1 การไหลแบบราบเรียบ (Laminar flow) คือการไหลของของไหลชนิดที่อนุภาคของของไหล ไม่ว่าจะอนุภาคที่เล็กหรือใหญ่ เคลื่อนที่ลักษณะตามกันในทิศทางที่แน่นอนไปเป็นแผ่นหรือชั้นเรียบๆ โดยที่แผ่นหนึ่งจะเคลื่อนที่ตัวเหนือแผ่นอื่น เช่นการไหลของน้ำใต้ดิน การไหลของเลือด และการดูดน้ำของต้นไม้ การไหลภายในชั้นขอบเขตการไหลเป็นชั้นนั้น จะมีเส้นของการไหลอย่างเป็นระเบียบเกิดขึ้น และเนื่องมาจากความหนืดที่มีอยู่ในโมเลกุลเล็กของของไหลจะทำให้เกิดแรงเฉือน (Shear) $\tau [Pa]$ ขึ้นในการไหล โดย

$$\tau = \mu \cdot \frac{du}{dy} \quad (1)$$

ในสมการนี้ค่า μ (Viscosity) $[Pa \cdot s]$ เป็นค่าความหนืดของของไหล เป็นค่าที่แสดงถึงการส่งถ่ายปริมาณโมเมนตัมในการไหลอันเนื่องมาจากการเคลื่อนไหวของโมเลกุลของการไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.2 การไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent flow) คือการไหลของของไหลชนิดที่อนุภาคของของไหล ไม่ว่าจะป็นอนุภาคที่เล็กหรือใหญ่ เคลื่อนที่ในลักษณะทิศทางไม่แน่นอน มีการเคลื่อนที่ขึ้นลงและมีการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมจากส่วนหนึ่งของของไหลไปยังส่วนอื่นๆยกตัวอย่างเช่น การไหลของอากาศในท่อลม, การไหลของน้ำตามแม่น้ำลำคลอง เป็นต้นลักษณะของของไหลโดยทั่วไปเกือบจะ 95% เป็นการไหลแบบปั่นป่วน

การไหลภายในชั้นของขอบเขตการไหลแบบปั่นป่วนนั้น จะไม่มีสมการตายตัว การไหลจะเป็นลักษณะที่ไม่มีระเบียบ (Disorder) แรงเฉือนที่เกิดในของไหลจะหาได้จาก

$$\tau = \rho \cdot (v + \epsilon m) \cdot \frac{dU}{dy} \quad (2)$$

โดยค่า μ คือค่าสัมประสิทธิ์ความหนืดเชิงจลนศาสตร์ (Kinematic Viscosity) μ / ρ ส่วนค่า $\epsilon m [m^2 / s]$ เป็นค่าสัมประสิทธิ์เชิงจลนอลวน (หรืออาจจะเรียกว่า ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายปริมาณโมเมนตัมอลวน ระดับความหนืดเชิงจลนศาสตร์) ซึ่งเป็นการแสดงให้เห็นถึงผลลัพธ์ของการขนถ่ายโมเมนตัมอันเนื่องมาจากการไหลแบบปั่นป่วน ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างมากโดยจะขึ้นอยู่กับชนิดของการไหล และชนิดของของไหล



รูปที่ 2-1 รูปแบบการไหลแบบราบเรียบและแบบปั่นป่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พารามิเตอร์ที่ใช้เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดและแรงจากความเฉื่อยที่มาทำให้การไหลเปลี่ยนจากการไหลแบบราบเรียบไปเป็นการไหลแบบปั่นป่วนคือ Reynolds Number

$$Re_x = \frac{\rho v_\infty x}{\mu} = \frac{v_\infty x}{\nu} \quad (3)$$

โดยที่ Re_x คือ Reynolds Number ตรงจุดที่อยู่ห่างจากต้นของไหลเป็นระยะทาง x

μ คือ ความหนืดไดนามิกส์; $N \cdot s / m^2$

v_∞ คือ ความเร็วของของไหลอิสระ; m / s

x คือ ระยะที่วัดจากขอบทางด้านต้นของของไหล; m

ρ คือความหนาแน่นของของไหล; kg / m^3

ν คือความหนืดเนแมติกส์, m^2 / s

การไหลในท่อเป็นการไหลที่สำคัญมากการไหลในท่อจะเป็นการไหลแบบราบเรียบหรือการไหลแบบปั่นป่วนขึ้นกับค่า Reynolds Number

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu} \quad (4)$$

โดยที่ Re คือ Reynolds number ที่หาจากเส้นผ่านศูนย์กลาง D ของท่อ

v คือความเร็วเฉลี่ยของของไหล; m / s

D คือขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อ; m

กรณีการไหลในท่อจะเปลี่ยนจากการไหลแบบราบเรียบเมื่อ $Re_D = 2300$ และเมื่อ $Re_D = 6000$ แล้วการไหลจะเป็นการไหลแบบปั่นป่วนโดยสมบูรณ์และ $2000 < Re_D < 4000$ เป็นช่วง Transition ซึ่งเป็นการไหลในลักษณะที่อนุภาคมีทั้งการเคลื่อนที่ในทิศทางแน่นอนและทิศทางไม่แน่นอนปกติค่า Reynolds Number ขึ้นอยู่กับความเร็วของผิวท่อและระดับความปั่นป่วนของของไหล

ในกรณีที่ไม่ใช่ท่อทรงกระบอก จำเป็นต้องใช้รัศมีไฮดรอลิก R_h (Hydraulic Radius) ในการหาค่า Reynolds Number โดยที่

$$R_h = \frac{A}{P} \quad (5)$$

เมื่อ A คือ พื้นที่หน้าตัดของการไหล

P คือ เส้นขอบเปียก (Wetted Parameter)

ซึ่งเป็นความยาวของเส้นขอบ หน้าตัดที่ของเหลวสัมผัสกับผิวของท่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีท่อทรงกระบอก

$$R_h = \frac{\pi r^2}{2\pi r} = \frac{r}{2} \text{ หรือ } \frac{D}{4} \quad (6)$$

จะสังเกตได้ว่ารัศมีชลศาสตร์ไม่ใช่รัศมีของท่อ ดังนั้นหากไม่เป็นท่อกลมจะคำนวณค่า R โดยแทนค่า D ด้วย $4 R_h$

หรือ $R_h = \frac{D_H}{4}$

หรือ $D_H = 4 \frac{A}{P}$

เมื่อ A คือ พื้นที่หน้าตัด
 P คือ เส้นขอบเปียก

2.1.3 พิจารณาตามความสามารถในการอัดตัว สามารถแบ่งได้เป็น

2.1.3.1 การไหลแบบอัดตัวได้ (Compressible flow) คือของไหลที่มีความหนาแน่นมาก หรือมีความหนาแน่นเปลี่ยนแปลงในขณะเกิดขึ้นอยู่กับตัวแปรหลายตัวเช่นก๊าซอยู่ในภาวะปิดสนิท เมื่อได้รับความร้อนความหนาแน่นของก๊าซก็จะเพิ่มขึ้นตรงกันข้ามถ้าสูญเสียความร้อนความหนาแน่นก็จะลดลง

2.1.3.2 การไหลแบบอัดตัวไม่ได้ (Incompressible flow) ในการไหลแบบอัดตัวไม่ได้นั้นการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นจะมีผลน้อยมากจนสามารถประมาณได้ว่าความหนาแน่นมีค่าคงที่ตลอด การไหลสำหรับของเหลวถือได้ว่าเป็นการไหลแบบอัดตัวไม่ได้ ยกเว้นปรากฏการณ์ค้อนน้ำ (Water hammer) และควิเทชัน (Cavitation)

ค่าอัตราส่วนของความเร็วของของไหล (V) ต่อค่าความเร็วของเสียงในของไหลดังกล่าว (C) จะถูกนิยามเป็นค่าตัวเลขมัค (Mach number) ซึ่งสามารถเขียนได้เป็น

$$M = \frac{V}{C} \quad (7)$$

โดยทั่วไปถ้าก๊าซใดมีการไหลที่ให้ค่าตัวเลขมัค $M < 0.3$ จะถือได้ว่าเป็นของไหลแบบอัดไม่ได้ ส่วนการไหลแบบอัดตัวได้นั้นการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นจะมีผลต่อการไหลซึ่งเกิดขึ้นเมื่อ $M > 0.3$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4. พิจารณาตามขอบเขตของการไหลสามารถแบ่งได้เป็น

2.1.4.1 การไหลภายใน (Internal flow) การไหลภายในปริมาตรหรือภาชนะที่พื้นที่หน้าตัด ถูกล้อมรอบด้วยผิวเปลือกแข็งทั้งหน้าตัด เช่นการไหลในท่อปิด

2.1.4.2 การไหลภายนอก (External flow) การไหลภายในปริมาตรหรือภาชนะที่ พื้นที่หน้าตัดไม่ถูกล้อมรอบด้วยผิวเปลือกแข็งทั้งหน้าตัด เช่นการไหลระหว่างผิวโลหะ เส้นลวด ผิวท่อ

2.1.5. พิจารณาตามการเปลี่ยนแปลงตามเวลาสามารถแบ่งได้เป็น

2.1.5.1 การไหลแบบคงที่ (Steady flow) คือ การไหลของของไหลชนิดที่ความเร็วในการไหล ณ จุดใดจุดหนึ่งไม่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา เช่น เมื่อคำนึงถึงการไหลของของไหลที่ผ่านจุด H ไม่ว่า เป็นเวลาใด ของไหลที่ผ่านจุด H นั้นจะมีความเร็วคงที่เสมอ และเมื่อพิจารณาที่จุด G ความเร็วของการไหลของของไหลที่ผ่านจุด G จะคงที่ด้วย แต่ความเร็วที่จุด H และ G ไม่จำเป็นที่จะมีความเร็วเท่ากัน เนื่องจากเหตุผลดังกล่าวของไหลไม่สามารถที่จะขาดช่วงๆได้ เพราะจะทำให้ความเร็วของของไหล ณ จุดนั้นๆเปลี่ยนแปลง

ทฤษฎีที่ใช้กับการไหลสม่ำเสมอเป็นทฤษฎีเบื้องต้น และการใช้งานวิศวกรรมส่วนใหญ่ จัดการการไหลของของไหลเป็นการไหลสม่ำเสมอนี้

2.1.5.2 การไหลแบบไม่คงที่ (Unsteady flow) คือ การไหลของของไหล ชนิดที่ความเร็วของการไหล ณ จุดใดจุดหนึ่งมีการเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาหรือมีการขาดช่วงได้

ทฤษฎีที่ใช้กับการไหลไม่สม่ำเสมอเป็นทฤษฎีขั้นสูง ซึ่งค่อนข้างจะยุ่งยาก

2.1.6. พิจารณาตามลักษณะพฤติกรรมของการไหลของของไหล สามารถแบ่งได้เป็น

2.1.6.1 ของไหลแบบนิวโตเนียน (Newtonian Fluids) เป็นลักษณะการไหลของของไหลที่เป็นไปตามสันนิษฐานของนิวตันคือที่อุณหภูมิหนึ่งๆของไหลมีความหนืดเป็นค่าคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงขึ้นกับอัตราเฉือนหรือความเร็วในการกวนไม่ว่าจะกวนเร็วหรือกวนช้า ตัวอย่างเช่น น้ำ นมสด กาแฟ หรือน้ำมันพืชถ้าลองใช้ช้อนกวน จะพบว่าจะกวนเร็วหรือกวนช้า ของไหลกลุ่มนี้ก็ยังคงหนืดเท่าเดิม

2.1.6.2 การไหลแบบนอนนิวโตเนียน (Non-Newtonian Fluids) การที่เกิดลักษณะการไหลประเภทนี้เป็นเพราะภายในของไหลมีขนาดของอนุภาคที่มีขนาดและรูปร่างต่างๆ ซึ่งทำให้ในระหว่างช่วงการไหลเกิดลักษณะไม่ราบรื่นจะพบในทางเภสัชกรรมมากกว่าการไหลแบบนิวโตเนียนจึงต้องมีการศึกษาการไหลชนิดนี้สารที่มีการไหลแบบนอนนิวโตเนียนก็คือสารที่มีการไหลไม่เป็นไปตามสมการของนิวตัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเภทของไหลแบบนอนนิวโตเนียน

2.1.6.2.1 ของไหลแบบนอนนิวโตเนียนที่ไม่ขึ้นกับเวลา (Time independent fluid) ค่าความหนืดของของไหลพวกนี้จะขึ้นอยู่กับ ความเค้นเฉือนกับ อัตราเฉือนแต่จะไม่ขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่ของไหลได้รับความเค้นเฉือน แต่อย่างใด นั่นคือความสัมพันธ์ระหว่าง ความเค้นเฉือนและอัตราเฉือนจะมีค่าคงที่ไม่ขึ้นอยู่กับเวลา ตัวอย่างของไหลนอนนิวโตเนียนประเภทนี้ ได้แก่

2.1.6.2.1.1 ของไหลแบบซูโดพลาสติก (Pseudoplastic fluid) เป็น ของไหลประเภทนอนนิวโตเนียนชนิดหนึ่ง ซึ่งมีสมบัติสำคัญคือ เมื่อเพิ่มอัตราเฉือน จะทำให้ความหนืด ของของไหลลดลง เนื่องจากความหนืดของของเหลวประเภทนี้ไม่คงที่จึงเรียกว่าเป็นความหนืดปรากฏขึ้นอยู่กับอัตราการเฉือนอาหารที่พบการไหลแบบนี้ได้ดังรูปที่ 2-2 เป็นต้น



(ก)ไอศกรีม

(ข)โยเกิร์ต

(ค)ซอส

รูปที่ 2-2 ตัวอย่างของไหลแบบซูโดพลาสติก

2.1.6.2.1.2 ของไหลแบบไดเลแทนท์ (Dilatant fluid) เป็นของไหลประเภทนอนนิวโตเนียนชนิดหนึ่ง เมื่อเพิ่มอัตราเฉือน จะทำให้ความหนืดปรากฏเพิ่มขึ้น ตัวอย่างของไหลประเภทนี้ได้ดังรูปที่ 2-3



รูปที่ 2-3 ตัวอย่างของไหลแบบไดเลแทนท์ (น้ำแป้งข้าว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.6.2.1.3 ของไหลแบบบิงแฮมพลาสติก (Bingham plastic fluid) ของไหลแบบนอนนิวตันชนิดหนึ่ง ที่มีสมบัติพิเศษคือ เมื่อไม่มีแรงกระทำ จะมีพฤติกรรมเหมือนของแข็งคือไม่มีการไหล แต่จะเริ่มไหลเมื่อมีแรงค่าหนึ่งมากกว่า ซึ่งแรงดังกล่าวต้องมากกว่าแรงที่เรียกว่า yield value ตัวอย่างของไหลประเภทนี้ ได้ดังรูปที่ 2-4 เป็นต้น



(ก) วิปป์นังครีม



(ข) มายองเนส

รูปที่ 2-4 ตัวอย่างของไหลแบบบิงแฮมพลาสติก

2.1.6.2.2 ของไหลแบบนอนนิวตันโตเนียนพวกที่ขึ้นกับเวลา (Time dependent non-newtonian fluids) ค่าความหนืดของของไหลพวกนี้นอกจากจะขึ้นอยู่กับค่า Shear stress และ Shear rate แล้ว ยังขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่ของไหลได้รับแรงเค้นเฉือนได้รับ ตัวอย่างของไหลประเภทนี้ ได้แก่

2.1.6.2.2.1 ของไหลแบบโรโซทรอปิก (Thixotropic fluids) ของไหลประเภทนี้ค่าความหนืดจะลดลงตามระยะเวลาเมื่อของไหลได้รับแรงเค้นเฉือนในอัตราคงที่ ลักษณะการไหลประเภทนี้พบได้น้อย แต่ก็มีพบบ้างในวัสดุดังรูปที่ 2-5 เป็นต้น



(ก) ไขมันสัตว์

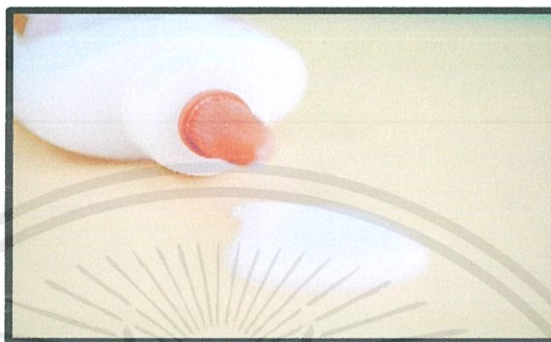


(ข) จาระบี

รูปที่ 2-5 ตัวอย่างของไหลแบบโรโซทรอปิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.6.2.2.2 ของไหลแบบรีโอเพคซิก (Rheopectic fluids) ของไหลประเภทนี้ค่าความหนืดจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลา เมื่อของไหลได้รับแรงเค้นเฉือนในอัตราคงที่ ลักษณะการไหลแบบรีโอเพคซิกนี้ค่อนข้างจะพบได้ยาก ดังในรูปที่



รูปที่ 2-6 ตัวอย่างของไหลแบบรีโอเพคซิก(กาว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 พารามิเตอร์ของวัสดุ (Material Parameter)

2.2.1. นิยามของเหลวมีปริมาตรคงตัว แต่มีรูปร่างเปลี่ยนแปลงตามภาชนะที่บรรจุและมีอุณหภูมิคงตัวหรือเปลี่ยนแปลงไม่มากจะถือว่าปริมาตรคงตัว จึงทำให้ความหนาแน่นของของเหลวจึงมีค่าคงตัว และเนื่องจากสามารถไหลจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งได้ จึงมีการเรียกของเหลวว่าของไหล

2.2.2 ความหนืดของของไหล คือ ค่าบ่งชี้แรงต้านทานการไหลภายในของไหลหรือแรงต้านอันเกิดมาจากการยึดเกาะระหว่างโมเลกุลภายในของเหลว เมื่อของเหลวมีความหนืดมากขึ้นความสามารถในการเปลี่ยนแปลงรูปร่างจะน้อยลง หรือกล่าวได้ว่า ความหนืดแปรผกผันกับการเปลี่ยนรูป

ชนิดวัสดุ	ความหนืด (Pa.s)	ลักษณะเนื้อสาร
อากาศ	10^{-5}	ก๊าซ
น้ำ	10^{-3}	ของเหลว
ลาเทกซ์โพลีเมอร์	$10^{-3} - 10^{-2}$	ของเหลว
สี	$10^{-2} - 10^{-1}$	ครีม
น้ำมันมะกอก	$10^{-2} - 10^{-1}$	ของเหลว
กาลีเซอรอล	10^{-1}	ของเหลวหนืด
อีพอกซีเรซิน	10	หนืดคล้ายน้ำเชื่อม
โพลียูรีเทนเหลว	50	หนืดคล้ายน้ำเชื่อม
พลาสติกเหลว	$10^2 - 10^3$	เหนียวหนืด
	$10^2 - 10^6$	

ตารางที่ 2-1 ค่าความหนืดของวัสดุ

2.2.3 ความหนาแน่น (Density) เป็นสมบัติเฉพาะของวัสดุแต่ละชนิด ที่อาจแปรผันได้ตามปัจจัยต่าง ๆ เช่น ของไหลจะมีความหนาแน่นเปลี่ยนไปเมื่ออุณหภูมิ และความดันเปลี่ยนแปลง ส่วนของแข็งชนิดเดียวกัน จะมีความหนาแน่นต่างกันได้ตามสภาพของโครงสร้าง มลทิน และรูพรุนในเนื้อของวัสดุนั้น หรือความหนาแน่นคือ การวัดมวลต่อปริมาตร กล่าวได้ว่า เมื่อวัสดุมีความหนาแน่นมากขึ้น มวลต่อปริมาตรจะมากขึ้น

หน่วยเอสไอของความหนาแน่นคือ กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร kg/m^3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยความหนาแน่นของวัสดุเป็นดังต่อไปนี้

วัสดุ	ความหนาแน่นของวัสดุ
Aluminum	2643.00 kg / m^3
Bass	8600.00 kg / m^3
Cast Iron	7207.00 kg / m^3
Concrete	2400.00 kg / m^3
Copper	8906.00 kg / m^3
Glass	2600.00 kg / m^3
Gold	19300.00 kg / m^3
Iron	7658.00 kg / m^3
Lead	11370.00 kg / m^3
Neoprene	1230.00 kg / m^3
Polypropylene	970.00 kg / m^3
Reinforced PVC	1500.00 kg / m^3
Rigid PVC	1380.00 kg / m^3
Silver	10510.00 kg / m^3
Stanless steel	10510.00 kg / m^3
Steel	7850.00 kg / m^3
Tin	7352.00 kg / m^3

ตารางที่ 2-2 ค่าความหนาแน่นของวัสดุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และความหนาแน่นของของเหลว

ของเหลว	ความหนาแน่นของของเหลว
Water	10°C (50°F) 1.000000 $kg / m^3 \times 10^{-3}$
Water	20°C (68°F) 0.998000 $kg / m^3 \times 10^{-3}$
Water	30°C (86°F) 0.996000 $kg / m^3 \times 10^{-3}$
Water	40°C (104°F) 0.992000 $kg / m^3 \times 10^{-3}$
Water	50°C (122°F) 0.988000 $kg / m^3 \times 10^{-3}$
Water	60°C (140°F) 0.983000 $kg / m^3 \times 10^{-3}$
Water	70°C (158°F) 0.978000 $kg / m^3 \times 10^{-3}$
Water	80°C (176°F) 0.972000 $kg / m^3 \times 10^{-3}$
Water	90°C (194°F) 0.965000 $kg / m^3 \times 10^{-3}$
Water	100°C (212°F) 0.958000 $kg / m^3 \times 10^{-3}$
Acetaldehyde	20°C (68°F) 0.788000 $kg / m^3 \times 10^{-3}$
Acetic acid	20°C (68°F) 1.048000 $kg / m^3 \times 10^{-3}$
Acetone	20°C (68°F) 0.790000 $kg / m^3 \times 10^{-3}$
Ally alcohol	20°C (68°F) 0.852000 $kg / m^3 \times 10^{-3}$
Ammonia	20°C (68°F) 0.829000 $kg / m^3 \times 10^{-3}$
Aniline	20°C (68°F) 1.021000 $kg / m^3 \times 10^{-3}$
Beer	20°C (68°F) 0.996000 $kg / m^3 \times 10^{-3}$
Benzene	20°C (68°F) 0.879000 $kg / m^3 \times 10^{-3}$
Brine 5%	20°C (68°F) 1.037000 $kg / m^3 \times 10^{-3}$
Bromine	20°C (68°F) 3.120000 $kg / m^3 \times 10^{-3}$
Castor oil	20°C (68°F) 0.960000 $kg / m^3 \times 10^{-3}$
China wood oil	20°C (68°F) 0.993000 $kg / m^3 \times 10^{-3}$
Cotton seed oil	20°C (68°F) 0.926000 $kg / m^3 \times 10^{-3}$
Ethanol	20°C (68°F) 0.789000 $kg / m^3 \times 10^{-3}$
Ethyl alcohol	20°C (68°F) 0.789000 $kg / m^3 \times 10^{-3}$
Formic acid	20°C (68°F) 1.220000 $kg / m^3 \times 10^{-3}$
Gasoline	20°C (68°F) 0.719000 $kg / m^3 \times 10^{-3}$
Glycerin	20°C (68°F) 1.261000 $kg / m^3 \times 10^{-3}$

ตารางที่ 2-3 ค่าความหนาแน่นของวัสดุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2-3 ค่าความหนาแน่นของวัสดุ(ต่อ)

ของเหลว	ความหนาแน่นของของเหลว
Heptane	20°C (68°F) 0.682000 kg / m ³ × 10 ⁻³
Hexane	20°C (68°F) 0.658000 kg / m ³ × 10 ⁻³
Kerosine	20°C (68°F) 0.804000 kg / m ³ × 10 ⁻³
Linseed oil	20°C (68°F) 0.920000 kg / m ³ × 10 ⁻³
Mercury	20°C (68°F) 0.959000 kg / m ³ × 10 ⁻³
Methanol	20°C (68°F) 0.792000 kg / m ³ × 10 ⁻³
Methyl acetate	20°C (68°F) 0.959000 kg / m ³ × 10 ⁻³
Methyl alcohol	20°C (68°F) 0.792000 kg / m ³ × 10 ⁻³
Milk	20°C (68°F) 1.035000 kg / m ³ × 10 ⁻³
Nonane	20°C (68°F) 0.717000 kg / m ³ × 10 ⁻³
Olive oil	20°C (68°F) 0.910000 kg / m ³ × 10 ⁻³
Phenol	20°C (68°F) 1.078000 kg / m ³ × 10 ⁻³
Propanol	20°C (68°F) 0.804000 kg / m ³ × 10 ⁻³
Rapessed oil	20°C (68°F) 0.920000 kg / m ³ × 10 ⁻³
SAE 10 Oil	20°C (68°F) 0.869000 kg / m ³ × 10 ⁻³
SAE 30 Oil	20°C (68°F) 0.888000 kg / m ³ × 10 ⁻³
Sea water	10°C (68°F) 1.028000 kg / m ³ × 10 ⁻³
Sea water	20°C (68°F) 1.025000 kg / m ³ × 10 ⁻³
Soya bean oil	20°C (68°F) 0.926000 kg / m ³ × 10 ⁻³
Toluene	20°C (68°F) 0.867000 kg / m ³ × 10 ⁻³
Trichloroethylene	20°C (68°F) 1.463000 kg / m ³ × 10 ⁻³
Sodium chloride (25% sol)	20°C (68°F) 1.190000 kg / m ³ × 10 ⁻³
Machine oil-light	20°C (68°F) 0.900000 kg / m ³ × 10 ⁻³
Machine oil-medium	20°C (68°F) 0.940000 kg / m ³ × 10 ⁻³
Fuel oil-Heavy	20°C (68°F) 0.908000 kg / m ³ × 10 ⁻³
Fuel oil-Medium	20°C (68°F) 0.854000 kg / m ³ × 10 ⁻³
Calcium chloride(5% sol)	20°C (68°F) 1.037000 kg / m ³ × 10 ⁻³
Carbontetrachloride	20°C (68°F) 1.595000 kg / m ³ × 10 ⁻³

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ทฤษฎีการไหล

2.3.1 การไหลทางน้ำเปิด (Open stream)

การไหลที่มีพื้นที่ผิวอิสระสัมผัสกับอากาศ และปัจจัยในการไหลไม่ได้ขึ้นกับความดันเหมือนการไหลในท่อ แต่ขึ้นอยู่กับความดันบรรยากาศที่พื้นที่ผิวอิสระ เช่น การไหลในร่องน้ำ คลอง แม่น้ำ

2.3.1.1 การกระจายความเร็วในทางน้ำเปิด

อัตราความเร็วของการไหลจะกระจายไม่สม่ำเสมอโดยบริเวณใกล้ๆกับขอบทางน้ำเปิดมีความเร็วช้ากว่าบริเวณกลางหน้าตัดที่เยื้องขึ้นไปทางผิวน้ำเนื่องจากแรงเสียดทานของการไหลระหว่างของไหลกับเส้นขอบเปียก

2.3.2 สมการสำหรับคำนวณหาความเร็วเฉลี่ยของการไหล

สูตรแมนนิง (Manning's formula) เป็นวิธีการใช้หลักพลังงาน (Principle of energy) ในการประมวลผลหาค่าความเร็วเฉลี่ยของลำน้ำการคำนวณจะต้องใช้ข้อมูลหรือวัดความลาดเทของผิวน้ำตามแนวลำน้ำเพื่อใช้เป็นค่าประมาณของความลาดชันของพลังงานหรือ Energy gradient เป็นสูตรที่นิยมใช้คำนวณค่าความเร็วเฉลี่ย

$$\bar{v} = \frac{1.000}{\text{Manning's coefficient}} \times (Hr)^{2/3} \times (Sr)^{1/2} \quad (8)$$

ให้	A	คือพื้นที่หน้าตัดของน้ำ	
	P	คือความยาวเส้นขอบเปียก	
	Hr	คือรัศมีชลศาสตร์ (Hydraulic radius); $Hr = \frac{A}{P}$	(9)
	\bar{v}	คือค่าความเร็วเฉลี่ย	
	Q	คืออัตราการไหลของน้ำ ; $Q = \bar{v} \times A$	
	Sr	คือSlope ratio	

2.3.3 การไหลสม่ำเสมอ (Uniform Flow)

การไหลสม่ำเสมอ (Uniform Flow) หรือการไหลปกติ (Normal flow) คือการไหลในทางน้ำเปิดที่มีหน้าตัดคงที่ตลอดแนวการไหลโดยมีความลึกเท่ากันในช่วงการไหลที่พิจารณา

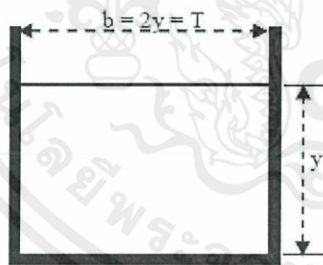
2.3.3.1 หน้าตัดที่ดีที่สุดและหน้าตัดที่เหมาะสมที่สุด (The best hydraulic section and the most efficient cross section)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าตัดที่ดีที่สุดคือหน้าตัดที่มีประสิทธิภาพเชิงชลศาสตร์มากที่สุดซึ่งนี้หากพิจารณาจากสมการของ Manning (จากสมการที่ 8) คือ $Q = \frac{1}{n} A(Hr)^{2/3} (Sr)^{1/2}$ เมื่อกำหนดให้ A, Sr และ n คงที่พบว่าอัตราการไหล(Q) จะมากที่สุดเมื่อรัศมีชลศาสตร์(HR) มีค่ามากที่สุดหรือโดยนัยคือ P จะมีค่าน้อยที่สุดเหตุผลคือเมื่อเกิดความเสียหายที่ผิวสัมผัสน้อยที่สุดจะทำให้เกิดการไหลที่สะดวกที่สุดและประหยัดงบประมาณในการตัดผิวคลองด้วยหน้าตัดคลองรูปครึ่งวงกลมจะมีประสิทธิภาพเชิงชลศาสตร์ที่ดีที่สุดเมื่อเทียบกับหน้าตัดรูปอื่นๆ แต่หน้าตัดที่ดีที่สุดทางชลศาสตร์มิใช่หน้าตัดที่ดีที่สุดในทางปฏิบัติเสมอไปทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความยุ่งยากในการก่อสร้างและวัสดุที่ใช้ตัดเพราะอัตราการไหลที่มากที่สุดก็คือความเร็วเฉลี่ยสูงสุดด้วยดังนั้นในทางปฏิบัติจะต้องมีการตัดแปลงเพื่อให้เหมาะสมกับเงื่อนไขต่างๆ เช่น คลองที่ไม่ได้ตัดผิว (Lining) ความเร็วของน้ำจะถูกจำกัดด้วยชนิดของวัสดุที่เป็นทางน้ำ เพราะถ้าความเร็วสูงเกินไปทางน้ำจะถูกกัดเซาะได้แต่ถ้าเป็นทางน้ำสำเร็จรูปที่สร้างด้วยคอนกรีตก็จะใช้ออกแบบได้ผลดีในทางปฏิบัติแล้วหน้าตัดที่ดีที่สุดทางชลศาสตร์บางกรณีอาจจะไม่ประหยัดที่สุดทั้งนี้ต้องคำนึงถึงปริมาตรของดินขุดและดินถมในปัจจุบันนิยมที่จะออกแบบเป็นคลองลอย (ถมดินขึ้นมาก่อนแล้วค่อยขุดคลองที่หลัง) เพราะการบำรุงรักษาง่ายกว่าคลองขุด (คลองจม) ดังนั้นในทางปฏิบัติจึงควรเลือกใช้หน้าตัดที่เหมาะสมที่สุดแม้จะไม่ใช่น้ำที่ตีที่สุด

ตัวอย่างหน้าตัดที่ดีที่สุดทางชลศาสตร์

- กรณีหน้าตัดสี่เหลี่ยมมุมฉาก



$$A = 1.682 \left[\frac{nQ}{Sr^{1/2}} \right]^{3/4} = 2y^2$$

$$P = 4y$$

$$Hr = \frac{y}{2}$$

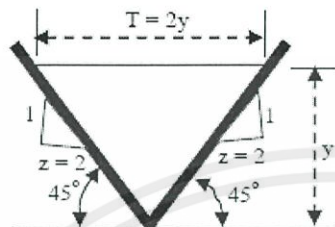
$$D = y$$

$$A(Hr)^{2/3} = 2y^{2.5}$$

$$y = 0.917 \left[\frac{nQ}{Sr^{1/2}} \right]^{3/8}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- กรณีหน้าตัดสามเหลี่ยม



$$A = 1.682 \left[\frac{nQ}{S r^{\frac{1}{2}}} \right]^{\frac{3}{4}} = y^2$$

$$P = 2.83y$$

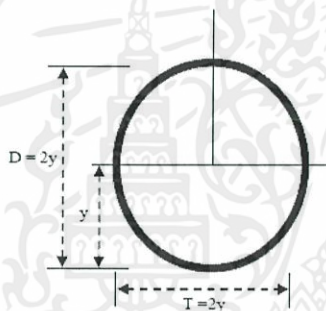
$$Hr = 0.354y$$

$$D = 0.5y$$

$$A(Hr)^{\frac{2}{3}} = 0.707y^{2.5}$$

$$y = 1.297 \left[\frac{nQ}{S r^{\frac{1}{2}}} \right]^{\frac{3}{8}}$$

- กรณีหน้าตัดวงกลม



$$A = 1.583 \left[\frac{nQ}{S^{\frac{1}{2}}} \right]^{\frac{3}{4}} = \frac{1}{2} \pi y^2$$

$$P = \pi y$$

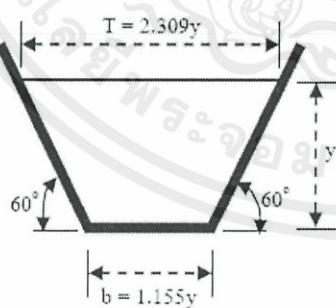
$$R = \frac{y}{2}$$

$$D = 0.786y$$

$$AR^{\frac{2}{3}} = 0.785y^{2.5}$$

$$y = \left[\frac{nQ}{S^{\frac{1}{2}}} \right]^{\frac{3}{8}}$$

- กรณีหน้าตัดสี่เหลี่ยมคางหมู



$$A = 1.622 \left(\frac{nQ}{S^{\frac{1}{2}_0}} \right)^{\frac{3}{4}} = 1.73y^2$$

$$P = 3.46y$$

$$R = \frac{y}{2}$$

$$D = 0.75y$$

$$AR^{\frac{2}{3}} = 1.5y^{2.5}$$

$$y = 0.968 \left(\frac{nQ}{S^{\frac{1}{2}_0}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าตัดการไหลที่ดีที่สุดทางชลศาสตร์ของทางน้ำรูปสี่เหลี่ยมคางหมูเมื่อกำหนดความลาดด้านข้าง (z) ให้ต่าง ๆ กัน

z	$\frac{b}{y}$	$\frac{y}{A^{1/2}}$	$\frac{b}{A^{1/2}}$	$\frac{T}{A^{1/2}}$	$\frac{S_o}{A^{1/2}}$	$\frac{P}{A^{1/2}}$	$\frac{R}{A^{1/2}}$
0.00	2.0000	0.7071	1.4142	1.4142	0.7071	2.8284	0.3536
0.50	1.2361	0.7590	0.9382	1.6972	0.8486	2.6352	0.3795
0.58	1.1521	0.7598	0.8574	1.7567	0.8784	2.6321	0.3799
1.00	0.8284	0.7158	0.6127	2.0919	1.0460	2.7044	0.3698
1.25	0.7016	0.7158	0.5022	2.2917	1.1459	2.7939	0.3579
1.50	0.6056	0.6891	0.4173	2.4646	1.2423	2.9021	0.3446
1.75	0.5309	0.6621	0.3515	2.6689	1.3345	3.0206	0.3311
2.00	0.4721	0.6361	0.3003	2.8444	1.4222	3.1446	0.3180
2.50	0.3852	0.5887	0.2268	3.1702	1.5851	3.3971	0.2944
3.00	0.3246	0.5485	0.1780	3.4690	1.7345	3.6467	0.2742
4.00	0.2462	0.4853	0.1195	4.0019	2.0010	4.1213	0.2426
5.00	0.1979	0.4386	0.0868	4.4728	2.2364	4.5597	0.2193
6.00	0.1654	0.4027	0.0666	4.8990	2.4495	4.9661	0.2013

ตารางที่ 2-4 ค่าความลาดด้านข้างของรูปสี่เหลี่ยมคางหมู

สำหรับ Uniform flow กำหนดให้ $S_f = 0$ แต่สำหรับการคำนวณหาความลึกการไหลเปลี่ยนไปตามระยะทางกำหนดให้ $S_f \neq 0$ และมีเงื่อนไขตามข้อกำหนดดังนี้

1. การสูญเสียพลังงานคำนวณได้จากการสูญเสียพลังงานเช่นเดียวกับการไหล

สม่ำเสมอ

$$S_f = \frac{n^2 V^2}{H r^{4/3}} \quad (\text{สำหรับ Manning Equation.}) \quad (10)$$

2. ความลาดชันของทางน้ำเปิดมีค่าน้อยดั่งนั้นความลึกการไหล y ประมาณเท่ากับ ความลึกในการไหลของหน้าตัด (d) นั่นคือ $y \cong d$
3. การไหลไม่มีส่วนผสมของน้ำและอากาศ
4. การกระจายความเร็วในหน้าตัดการไหลคงที่ดั่งนั้นสัมประสิทธิ์พลังงาน (α) คงที่ด้วย
5. สัมประสิทธิ์เสียดทานการไหลไม่ขึ้นอยู่กับความลึกการไหลและมีค่าคงที่ตลอดช่วงลำน้ำที่พิจารณา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3.2 สูตรคำนวณรัศมีชลศาสตร์ของรางน้ำและท่อส่งน้ำ

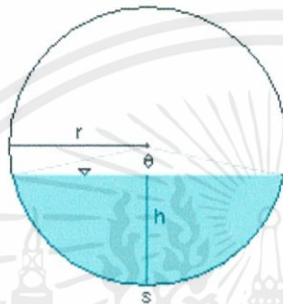
การคำนวณรัศมีชลศาสตร์(Hr) เกิดจากพื้นที่หน้าตัดของท่อส่งน้ำ(A) ต่อรัศมีขอบเปียก(P) หรือ

$Hr = \frac{A}{P}$ ซึ่งสูตรพื้นที่หน้าตัดและรัศมีขอบเปียกของรางน้ำและท่อส่งน้ำในแต่ละรูปทรง จะมีสูตรใน

การคำนวณที่แตกต่างกันดังนี้

- พื้นที่หน้าตัดของท่อรูปทรงกระบอก แบ่งออกเป็น 2 กรณี

- กรณีปริมาณน้ำน้อยกว่าครึ่งท่อ ($y < r$)

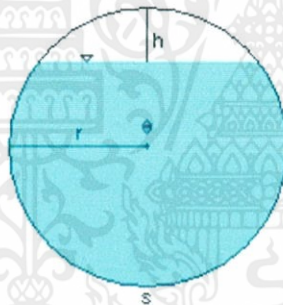


$$\theta = 2 \arccos\left(\frac{r-y}{r}\right) \quad (12)$$

$$A = \frac{r^2(\theta - \sin\theta)}{2} \quad (13)$$

$$P = r\theta \quad (14)$$

- กรณีปริมาณน้ำมากกว่าครึ่งท่อ ($y \geq r$)



$$\theta = 2 \arccos\left(\frac{r-h}{r}\right) \quad (15)$$

$$A = \pi r^2 - \frac{r^2(\theta - \sin\theta)}{2} \quad (16)$$

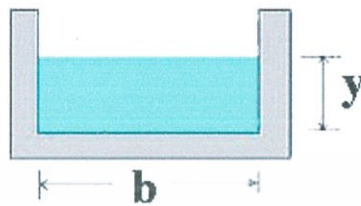
$$P = 2\pi r - r\theta \quad (17)$$

โดยที่	θ	คือมุมที่ใช้ในการหาพื้นที่หน้าตัดของน้ำ
	A	คือพื้นที่หน้าตัดของน้ำ
	P	คือรัศมีขอบเปียก
	r	คือรัศมีของท่อ
	y	คือความลึกของน้ำ
	h	คือความสูงจากผิวน้ำถึงท่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- พื้นที่หน้าตัดของรางน้ำรูปทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก

•

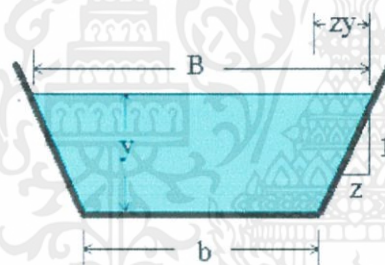


$$A = by \tag{18}$$

$$P = 2y + b \tag{19}$$

- โดยที่ A คือพื้นที่หน้าตัดของน้ำ
 P คือรัศมีขอบเปียก
 b คือความกว้างของน้ำ
 y คือความลึกของน้ำ

- พื้นที่หน้าตัดของรางน้ำรูปทรงสี่เหลี่ยมคางหมู



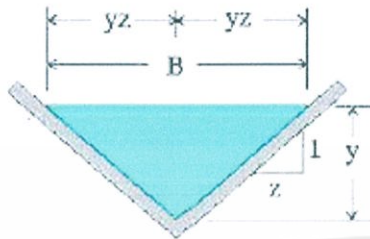
$$A = (b + zy)y \tag{20}$$

$$P = b + 2y(1 + z^2)^{\frac{1}{2}} \tag{21}$$

- โดยที่ A คือพื้นที่หน้าตัดของน้ำ
 P คือรัศมีขอบเปียก
 b คือความกว้างของน้ำ
 y คือความลึกของน้ำ
 z คือความลาดด้านข้างต่อความสูงของรางน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- พื้นที่หน้าตัดของรางน้ำรูปทรงสามเหลี่ยม



$$A = y^2 z \quad (22)$$

$$P = 2[y^2(1+z^2)]^{\frac{1}{2}} \quad (23)$$

โดยที่	A	คือพื้นที่หน้าตัดของน้ำ
	P	คือรัศมีขอบเปียก
	b	คือความกว้างของน้ำ
	y	คือความลึกของน้ำ
	z	คือความลาดด้านข้างต่อความสูงของรางน้ำ

2.3.4 การคำนวณ

2.3.4.1 กรณีท่อรูปทรงกระบอก

ท่อเหล็กกลมยาว 100 เมตร มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อยาว 0.1 เมตร โดยน้ำภายในท่อสูง 0.076 เมตร และมีส่วนลาดเทของท่อ 0.5 เมตร น้ำภายในท่อจะมีความเร็วของน้ำและอัตราการไหลเป็นเท่าใด

วิธีทำ ให้	A	คือพื้นที่หน้าตัดของน้ำ
	P	คือความยาวเส้นขอบเปียก
	Hr	คือรัศมีชลศาสตร์ (Hydraulic radius)
	Sr	คือ Slope ratio

หาพื้นที่หน้าตัดของน้ำ(จากสมการที่ (16))

$$\begin{aligned}
 A &= \pi r^2 - \frac{r^2(\theta - \sin \theta)}{2} \\
 &= (3.14)(0.05)^2 - \frac{(0.05)^2(2.04789 - \sin 2.04789)}{2} \\
 &= 0.006404 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หาความยาวเส้นขอบเปียก(จากสมการที่ (17))

$$\begin{aligned} P &= 2\pi r - r\theta \\ &= 2(3.14)(0.05) - (0.05)(2.04789) \\ &= 0.211764 \text{ m} \end{aligned}$$

ดังนั้น (จากสมการที่ (9))

$$\begin{aligned} Hr &= \frac{A}{P} \\ &= \frac{0.006404}{0.211764} \\ &= 0.030243 \text{ m} \end{aligned}$$

จากสูตร Manning formula(จากสมการที่ (8))

$$\begin{aligned} \text{fluid velocity} &= \frac{1.000}{\text{Manning's coefficient}} \times (Hr)^{2/3} \times (Sr)^{1/2} \\ &= \frac{1.000}{0.012} \times (0.030243)^{2/3} \times (0.005)^{1/2} \\ &= 0.571996 \text{ m/s} \end{aligned}$$

(จากสมการที่ (10))

$$\begin{aligned} \text{flow rate} &= \bar{v} \times A \\ &= 0.571996 \times 0.006404 \\ &= 0.003663 \text{ m}^3 / \text{s} \end{aligned}$$

2.3.4.2 กรณีรางน้ำรูปทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก

น้ำไหลในช่องเปิดทำด้วยเหล็กที่มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีกว้างและลึก ของน้ำ เป็น 0.2 เมตร 0.76 เมตร ตามลำดับ ความยาวของรางน้ำเป็น 100 เมตร ช่องเปิดมีความชัน 0.005 จงหา ความเร็วและอัตราการไหลของน้ำ

วิธีทำ ให้	A	คือพื้นที่หน้าตัดของน้ำ
	P	คือความยาวเส้นขอบเปียก
	Hr	คือรัศมีชลศาสตร์ (Hydraulic radius)
	Sr	คือ Slope ratio

หาพื้นที่หน้าตัดของน้ำ(จากสมการที่ (18))

$$\begin{aligned} A &= b \times y \\ &= 0.2 \times 0.76 \\ &= 0.152 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หาความยาวเส้นขอบเปียก(จากสมการที่ (19))

$$\begin{aligned} P &= 2y + b \\ &= 2(0.76) + 0.2 \\ &= 0.352 \text{ m.} \end{aligned}$$

ดังนั้น(จากสมการที่ (9))

$$\begin{aligned} Hr &= \frac{A}{P} \\ &= \frac{0.0152}{0.352} \\ &= 0.043181 \text{ m.} \end{aligned}$$

จากสูตร Manning formula(จากสมการที่ (8))

$$\begin{aligned} \text{fluid velocity} &= \frac{1.000}{\text{Manning's coefficient}} \times (Hr)^{2/3} \times (Sr)^{1/2} \\ &= \frac{1.000}{0.012} \times (0.043181)^{2/3} \times (0.005)^{1/2} \\ &= 0.725277 \text{ m/s} \end{aligned}$$

(จากสมการที่ (10))

$$\begin{aligned} \text{flow rate} &= \vec{v}A \\ &= 0.725277 \times 0.0152 \\ &= 0.011024 \text{ m}^3 / \text{s} \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4.3 กรณีรางน้ำรูปทรงสี่เหลี่ยมคางหมู

น้ำไหลในช่องเปิดทำด้วยเหล็กที่มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู มีกว้างและสูงของรางน้ำ เป็น 0.6 เมตร 0.6 เมตร ตามลำดับ ความยาวของรางน้ำเป็น 100 เมตร ความลาดชันข้าง 2 ด้าน เป็น 0.3 เมตรช่องเปิดมีความชัน 0.005 และความลึกของน้ำเท่ากับ 0.45 เมตร จงหาความเร็วและ อัตราการไหลของน้ำ

วิธีทำ ให้ A คือพื้นที่หน้าตัดของน้ำ
P คือความยาวเส้นขอบเปียก
Hr คือรัศมีชลศาสตร์ (Hydraulic radius)
Sr คือ Slope ratio

หาพื้นที่หน้าตัดของน้ำ(จากสมการที่ (20))

$$\begin{aligned} A &= (b + zy)y \\ &= (0.6 + 0.5(0.45))(0.45) \\ &= 0.37125 \text{ m}^2. \end{aligned}$$

หาความยาวเส้นขอบเปียก(จากสมการที่ (21))

$$\begin{aligned} P &= b + 2y(1 + z^2)^{\frac{1}{2}} \\ &= 0.6 + 2(0.45)(1 + (0.5)^2)^{\frac{1}{2}} \\ &= 1.60623 \text{ m}. \end{aligned}$$

ดังนั้น(จากสมการที่ (9))

$$\begin{aligned} Hr &= \frac{A}{P} \\ &= \frac{0.37125}{1.60623} \\ &= 0.231131 \text{ m}. \end{aligned}$$

จากสูตร Manning formula(จากสมการที่ (8))

$$\begin{aligned} \text{fluid velocity} &= \frac{1.000}{\text{Manning's coefficient}} \times (Hr)^{\frac{2}{3}} \times (Sr)^{\frac{1}{2}} \\ &= \frac{1.000}{0.012} \times (0.231131)^{\frac{2}{3}} \times (0.005)^{\frac{1}{2}} \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ = 2.219266 km / s เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(จากสมการที่ (10))

$$\begin{aligned} \text{flow rate} &= \bar{v}A \\ &= 2.219266 \times 0.37125 \\ &= 0.823903 \text{ m}^3 / \text{s} \end{aligned}$$

2.3.4.4 กรณีรางน้ำรูปทรงสามเหลี่ยม

น้ำไหลในช่องเปิดทำด้วยเหล็กที่มีหน้าตัดเป็นรูปสามเหลี่ยม มีความสูงของรางน้ำเป็น 0.6 เมตร ความยาวของรางน้ำเป็น 100 เมตร ความลาดด้านข้าง 2 ด้านเป็น 0.3 เมตร ช่องเปิดมีความชัน 0.005 และความลึกของน้ำเท่ากับ 0.45 เมตร จงหาความเร็วและอัตราการไหลของน้ำ

วิธีทำ ให้ A คือพื้นที่หน้าตัดของน้ำ
P คือความยาวเส้นขอบเปียก
Hr คือรัศมีชลศาสตร์ (Hydraulic radius)
Sr คือ Slope ratio

หาพื้นที่หน้าตัดของน้ำ(จากสมการที่ (22))

$$\begin{aligned} A &= y^2 z \\ &= (0.45)^2 (0.5) \\ &= 0.10125 \text{ m}^2. \end{aligned}$$

หาความยาวเส้นขอบเปียก(จากสมการที่ (23))

$$\begin{aligned} P &= 2[y^2(1+z^2)]^{\frac{1}{2}} \\ &= 2[(0.45)^2(1+(0.5)^2)]^{\frac{1}{2}} \\ &= 1.00623 \text{ m}. \end{aligned}$$

ดังนั้น(จากสมการที่ (9))

$$\begin{aligned} Hr &= \frac{A}{P} \\ &= \frac{0.10125}{1.00623} \\ &= 0.100623 \text{ m}. \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสูตร Manning formula(จากสมการที่ (8))

$$\begin{aligned} \text{fluid velocity} &= \frac{1.000}{\text{Manning's coefficient}} \times (Hr)^{\frac{2}{3}} \times (Sr)^{\frac{1}{2}} \\ &= \frac{1.000}{0.012} \times (0.100623)^{\frac{2}{3}} \times (0.005)^{\frac{1}{2}} \\ &= 1.27478 \text{ m / s} \end{aligned}$$

(จากสมการที่ (10))

$$\begin{aligned} \text{flow rate} &= \bar{v}A \\ &= 1.27478 \times 0.10125 \\ &= 0.129071 \text{ m}^3 / \text{s} \end{aligned}$$

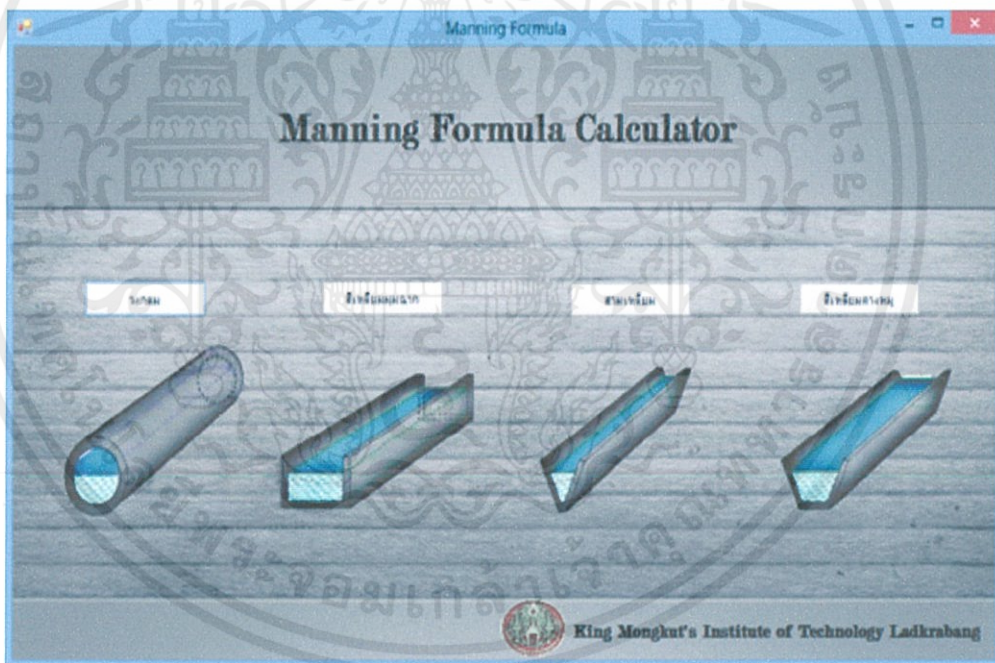


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ขั้นตอนการดำเนินงาน

จากวิธีการคำนวณที่กล่าวไว้ในบทที่ 2 ได้มีการออกแบบและสร้างเป็นโปรแกรมคำนวณสูตรแมนนิ่ง(Manning Formula)เพื่อหาอัตราการไหลน้ำ และมาช่วยในการคำนวณและการวิเคราะห์ผล เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงซ่อมแซมหรือเลือกรูปแบบของรางน้ำและท่อส่งน้ำโดยแยกพิจารณารูปทรงเรขาคณิต 4 แบบได้แก่ ท่อรูปทรงกระบอก รางน้ำรูปทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก รางน้ำรูปทรงสามเหลี่ยม รางน้ำรูปทรงสี่เหลี่ยมคางหมู ในที่นี้แต่ละรูปทรงเราจะพิจารณาที่ความลึกของน้ำ ความยาวรางน้ำและท่อส่งน้ำ ความลาดเอียงและพื้นที่หน้าตัดของน้ำซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการสร้างและออกแบบโปรแกรมคำนวณสูตรแมนนิ่งคือ Visual c# 2010 Express โดยที่โปรแกรมคำนวณสูตรแมนนิ่งของเราจะแบ่งการคำนวณออกเป็น 4 รูปแบบ

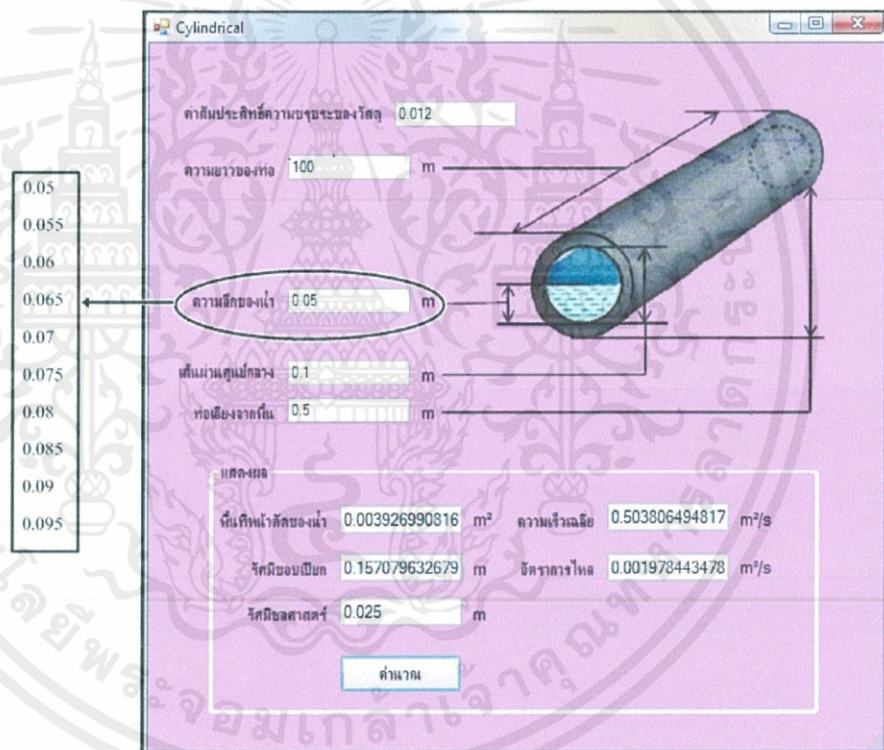


รูปที่ 3-1 หน้าจอหลักของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

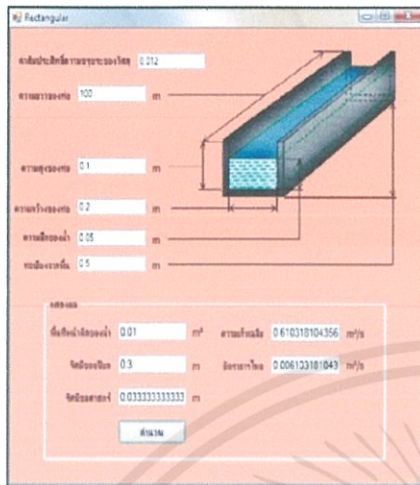
3.1 พิจารณาจากความลึกของน้ำโดยกำหนดความยาวของรางน้ำและท่อส่งน้ำในปัญหานี้คือ 100 เมตรค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระคือ Steel 0.012 ความลาดเอียง 0.5 เมตร ความกว้างของรางน้ำ และท่อส่งน้ำ 0.1 เมตรให้เป็นข้อมูลพื้นฐานในส่วนของความลึกจะเปลี่ยนไปตามลำดับ 0.05, 0.055, 0.06, 0.065, 0.07, 0.075, 0.08, 0.085, 0.09, 0.095 เมตร เมื่อเราป้อนข้อมูลและคำนวณจะแสดงผล อัตราการไหลของน้ำ

- 3.1.1 ลักษณะรูปทรงกระบอก
- 3.1.2 ลักษณะรูปทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก
- 3.1.3 ลักษณะรูปทรงสามเหลี่ยม
- 3.1.4 ลักษณะรูปทรงสี่เหลี่ยมคางหมู

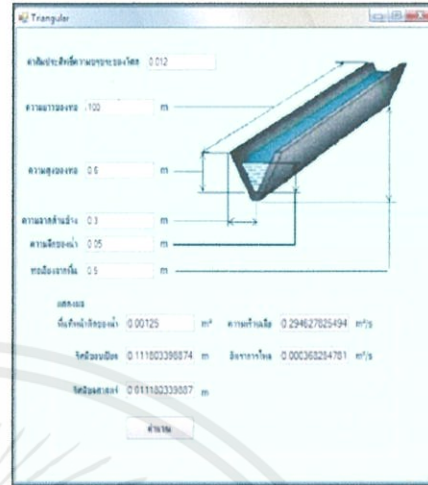


รูปที่ 3-2 ตัวอย่างการกรอกข้อมูลความลึกรูปทรงกระบอก

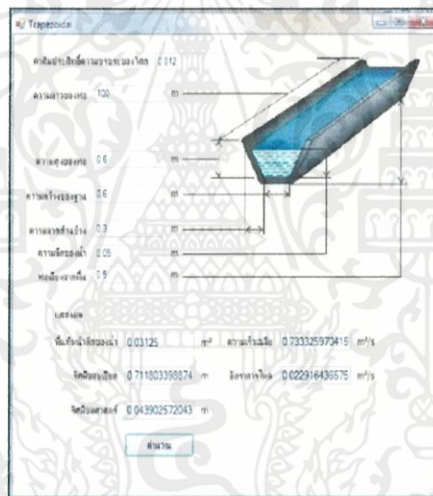
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) ทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก



(ข) ทรงสามเหลี่ยม



(ค) ทรงสี่เหลี่ยมคางหมู

รูปที่ 3-3 ตัวอย่างการกรอกข้อมูลความลึกของน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

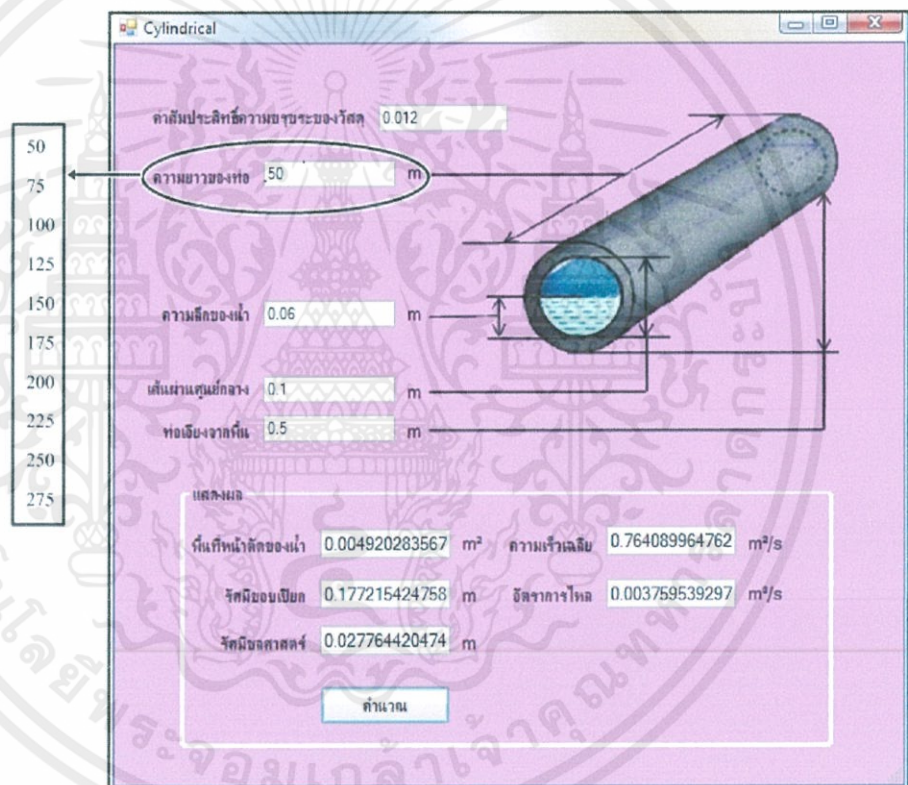
3.2 พิจารณาจากความยาวของรางน้ำและท่อส่งน้ำ โดยกำหนดค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระในปัญหานี้คือคือ Steel 0.012 ความลาดเอียง 0.5 เมตร พื้นที่หน้าตัดของน้ำคือ 0.004920 เมตร² ให้เป็นข้อมูลพื้นฐานในส่วนของความยาวรางน้ำและท่อส่งน้ำจะเปลี่ยนไปตามลำดับ 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 275 เมตร เมื่อเราป้อนข้อมูลและจะแสดงผลอัตราการไหลของน้ำ

3.2.1 ลักษณะรูปทรงกระบอก

3.2.2 ลักษณะรูปทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก

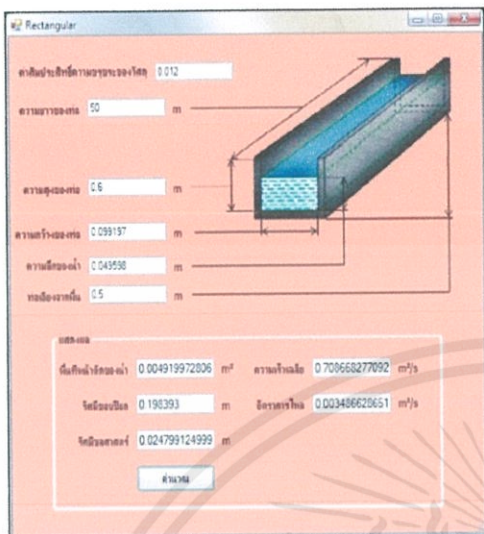
3.2.3 ลักษณะรูปทรงสามเหลี่ยม

3.2.4 ลักษณะรูปทรงสี่เหลี่ยมคางหมู

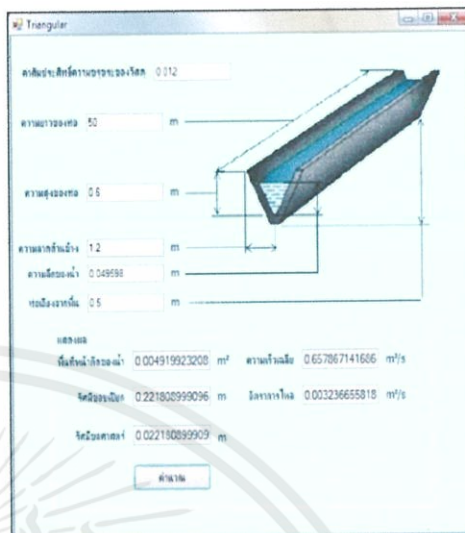


รูปที่ 3-4 ตัวอย่างการกรอกข้อมูลความยาวของท่อรูปทรงกระบอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) ทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก



(ข) ทรงสามเหลี่ยม



(ค) ทรงสี่เหลี่ยมคางหมู

รูปที่ 3-5 ตัวอย่างการกรอกข้อมูลความยาวของรางน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

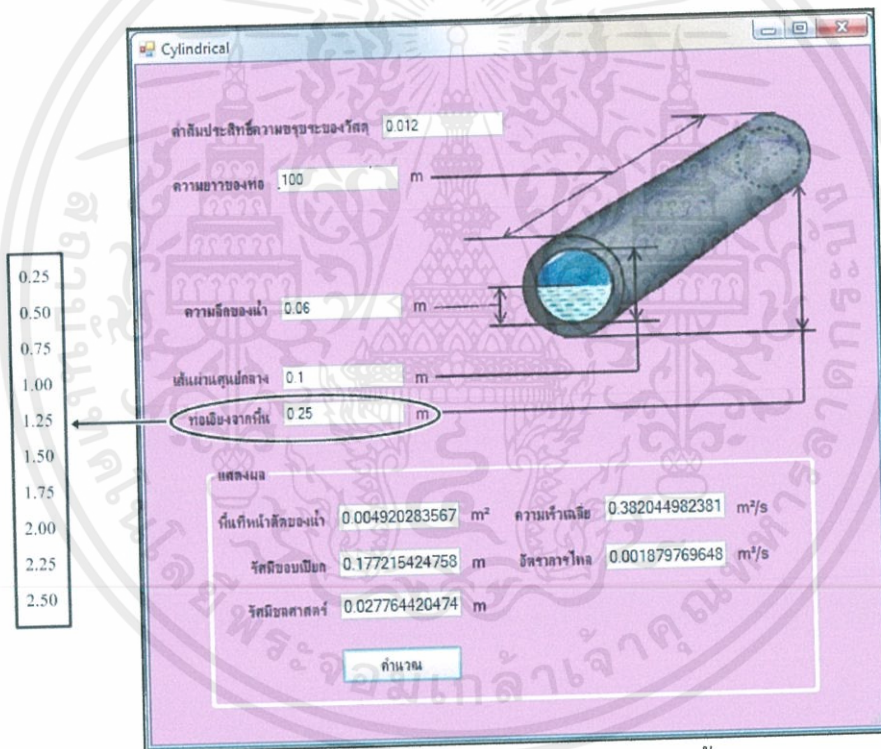
3.3 พิจารณาจากความลาดเอียงของรางน้ำและท่อส่งน้ำโดยกำหนดความยาวของรางน้ำและท่อส่งน้ำ ในปัญหานี้คือ 100 เมตรค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระคือ Steel0.012 พื้นที่หน้าตัดของน้ำคือ 0.004920 เมตร² ให้เป็นข้อมูลพื้นฐาน ในส่วนของความลาดเอียงจะเปลี่ยนไปตามลำดับ 0.25,0.50,0.75,1.00,1.25,1.50,1.75,2.00,2.25,2.50เมตร เมื่อเราป้อนข้อมูลและคำนวณจะแสดงผล อัตราการไหลของน้ำ

3.3.1 ลักษณะรูปทรงกระบอก

3.3.2 ลักษณะรูปทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก

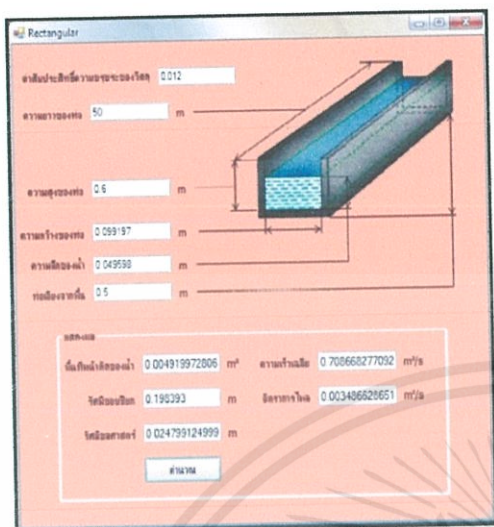
3.3.3 ลักษณะรูปทรงสามเหลี่ยม

3.3.4 ลักษณะรูปทรงสี่เหลี่ยมคางหมู

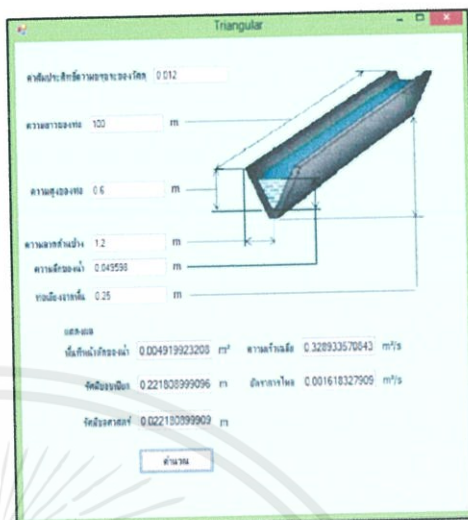


รูปที่ 3-6 ตัวอย่างการกรอกข้อมูลท่อเอียงจากพื้นรูปทรงกระบอก

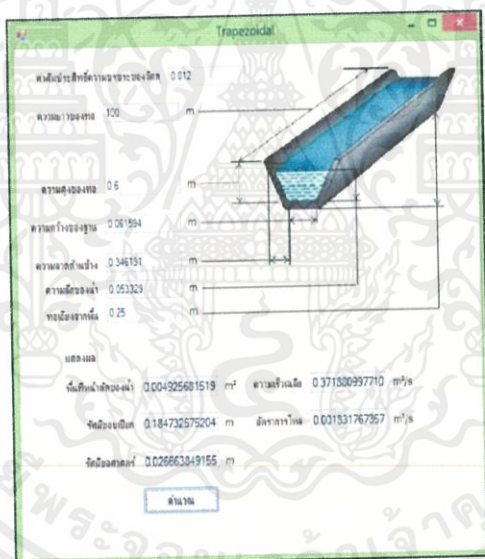
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) ทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก



(ข) ทรงสามเหลี่ยม



(ค) ทรงสี่เหลี่ยมคางหมู

รูปที่ 3-7 ตัวอย่างการกรอกข้อมูลรางน้ำเอียงจากพื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 พิจารณาที่พื้นที่หน้าตัดของน้ำ โดยกำหนดความยาวของท่อในปัญหานี้คือ 100 เมตรค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระคือ Steel0.012 ความลาดเอียง 0.5 เมตร ให้เป็นข้อมูลพื้นฐาน ในส่วนของพื้นที่หน้าตัดจะเปลี่ยนไปตามลำดับ คือ 0.001118, 0.001982, 0.002933, 0.003927, 0.00492, 0.005872, 0.006735, 0.007445 เมื่อเราป้อนข้อมูลและคำนวณจะแสดงผลอัตราการไหลของน้ำ

3.4.1 ลักษณะรูปทรงกระบอก

3.4.2 ลักษณะรูปทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก

3.4.3 ลักษณะรูปทรงสามเหลี่ยม

3.4.4 ลักษณะรูปทรงสี่เหลี่ยมคางหมู

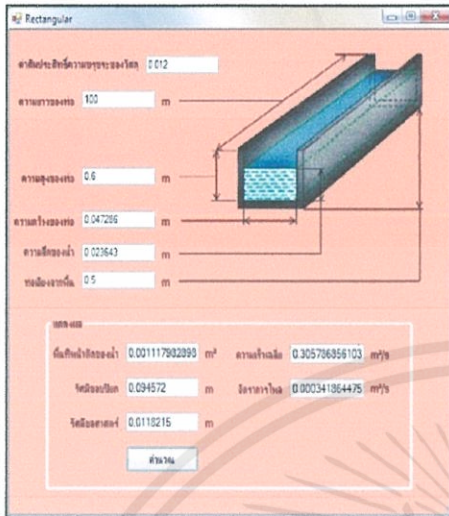
The screenshot shows a software window titled "Cylindrical" with the following data:

Parameter	Value	Unit
ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของวัสดุ	0.012	
ความยาวของท่อ	100	m
ความลึกของน้ำ	0.02	m
เส้นแนวศูนย์กลาง	0.1	m
ท่อเอียงจากพื้น	0.5	m
แสดงผล		
พื้นที่หน้าตัดของน้ำ	0.001118238045	m ²
ความเร็วเฉลี่ย	0.309871227066	m/s
ปริมาตรของเปียก	0.092729521800	m
อัตราการไหล	0.000346509795	m ³ /s
ปริมาตรของอากาศ	0.012059137406	m
คำนวณ		

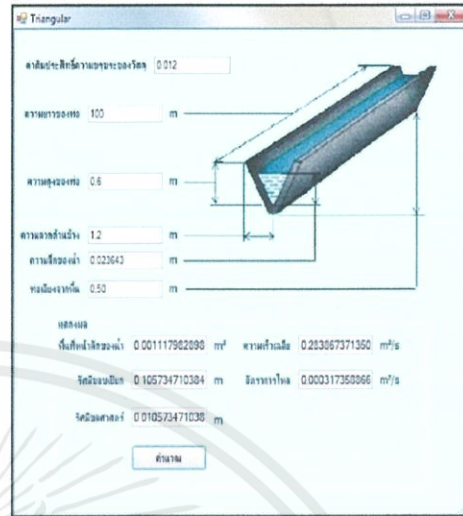
On the left side, a list of area values is shown: 0.001118, 0.001982, 0.002933, 0.003927, 0.004920, 0.005872, 0.006735, 0.007445. An arrow points from the value 0.005872 in this list to the "พื้นที่หน้าตัดของน้ำ" field in the software interface.

รูปที่ 3-8 ตัวอย่างการกรอกข้อมูลเพื่อหาพื้นที่หน้าตัดรูปทรงกระบอก

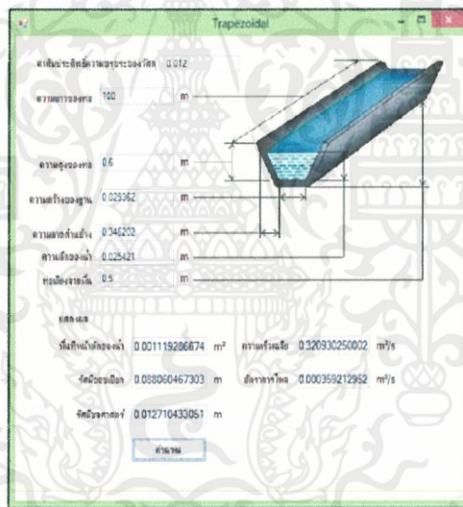
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) ทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก



(ข) ทรงสามเหลี่ยม



(ค) ทรงสี่เหลี่ยมคางหมู

รูปที่ 3-9 ตัวอย่างการกรอกข้อมูลหาพื้นที่หน้าตัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

วิเคราะห์ผลการดำเนินงาน

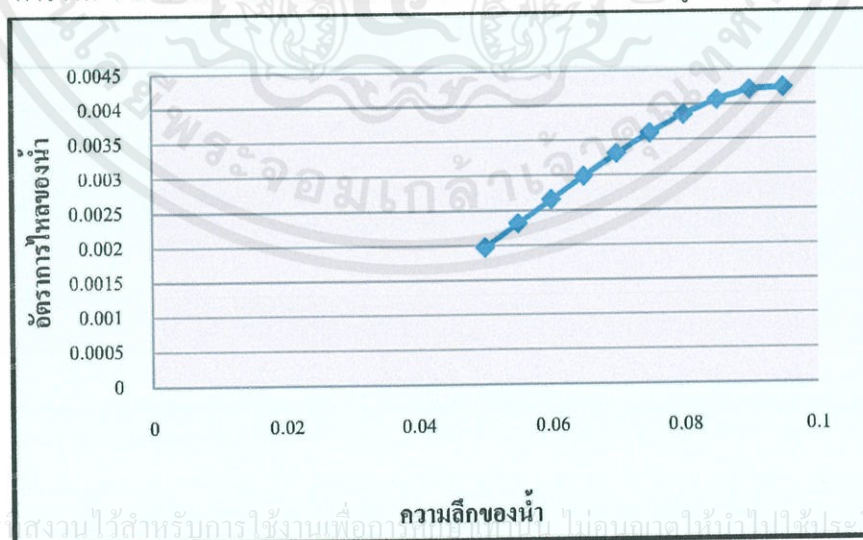
4.1 อัตราการไหลของน้ำเมื่อพิจารณาจากความลึกของน้ำ

สำหรับหัวข้อนี้จะทำการวิเคราะห์อัตราการไหลของน้ำจากการเปลี่ยนระดับความลึกของน้ำที่ต่างกัน สามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้

จาก 3.1.1 อัตราการไหลของน้ำลักษณะรูปทรงกระบอก

ความลึกของน้ำ(เมตร)	อัตราการไหลของน้ำ(เมตร ³ /วินาที)
0.050	0.001978
0.055	0.002317
0.060	0.002658
0.065	0.002993
0.070	0.003312
0.075	0.003608
0.080	0.003867
0.085	0.004077
0.090	0.004217
0.095	0.004251

ตารางที่ 4-1 อัตราการไหลของน้ำ เมื่อเปลี่ยนแปลงความลึกในรูปทรงกระบอก



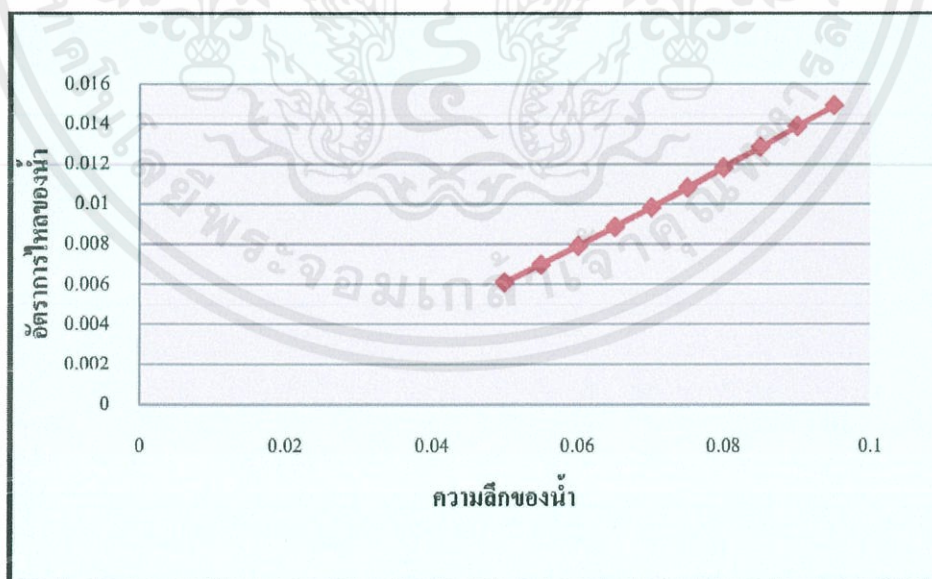
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามทำซ้ำหรือดัดแปลงในเนื้อหาสาระของเอกสารนี้โดยเด็ดขาด หากมีการนำไปใช้

จากกราฟที่ 4-1 จะทราบได้ว่าเมื่อความลึกของน้ำเพิ่มขึ้นครั้งละ 0.005 เมตร ทำให้อัตราการไหลของน้ำเพิ่มขึ้น และทราบได้ว่าเมื่อความลึกของน้ำเพิ่มขึ้น(ในช่วง 0.050-0.070) อัตราการไหลของน้ำเพิ่มขึ้นในอัตราที่เพิ่ม-ลดสลับกัน และความลึกของน้ำเพิ่มขึ้น(ในช่วง 0.075-0.095) อัตราการไหลของน้ำเพิ่มขึ้นในอัตราที่ลดลงอย่างต่อเนื่อง

จาก 3.1.2 อัตราการไหลของน้ำลักษณะรูปทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก

ความลึกของน้ำ(เมตร)	อัตราการไหลของน้ำ(เมตร ³ /วินาที)
0.050	0.006103
0.055	0.006999
0.060	0.007922
0.065	0.008869
0.070	0.009837
0.075	0.010824
0.080	0.011830
0.085	0.012850
0.090	0.013886
0.095	0.014934

ตารางที่ 4-2 อัตราการไหลของน้ำ เมื่อเปลี่ยนแปลงความลึกในรูปทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก



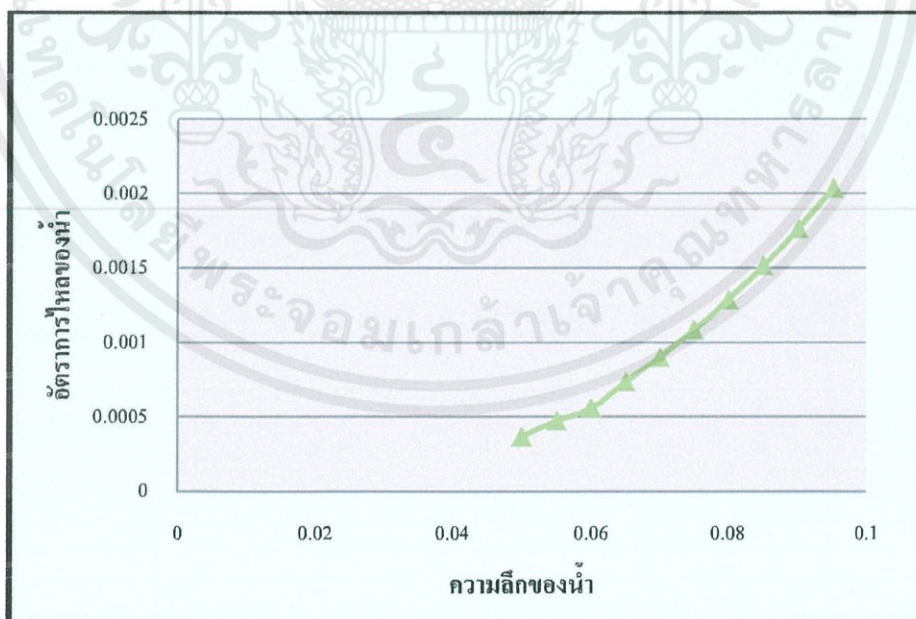
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ กราฟที่ 4-2 ความลึกของน้ำต่ออัตราการไหลของน้ำ(รูปทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก) โฆษณาด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟที่ 4-2 จะทราบได้ว่าเมื่อความลึกของน้ำเพิ่มขึ้นครั้งละ 0.005 เมตร ทำให้อัตราการไหลของน้ำเพิ่มขึ้น และทราบได้ว่าเมื่อความลึกของน้ำเพิ่มขึ้น อัตราการไหลของน้ำเพิ่มขึ้นในอัตราที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

จาก 3.1.3 อัตราการไหลของน้ำลักษณะรูปทรงสามเหลี่ยม

ความลึกของน้ำ(เมตร)	อัตราการไหลของน้ำ(เมตร ³ /วินาที)
0.050	0.000368
0.055	0.000475
0.060	0.000560
0.065	0.000741
0.070	0.000903
0.075	0.001086
0.080	0.001290
0.085	0.001516
0.090	0.001766
0.095	0.002040

ตารางที่ 4-3 อัตราการไหลของน้ำ เมื่อเปลี่ยนแปลงความลึกในรูปทรงสามเหลี่ยม



กราฟที่ 4-3 ความลึกของน้ำต่ออัตราการไหลของน้ำ(รูปทรงสามเหลี่ยม)

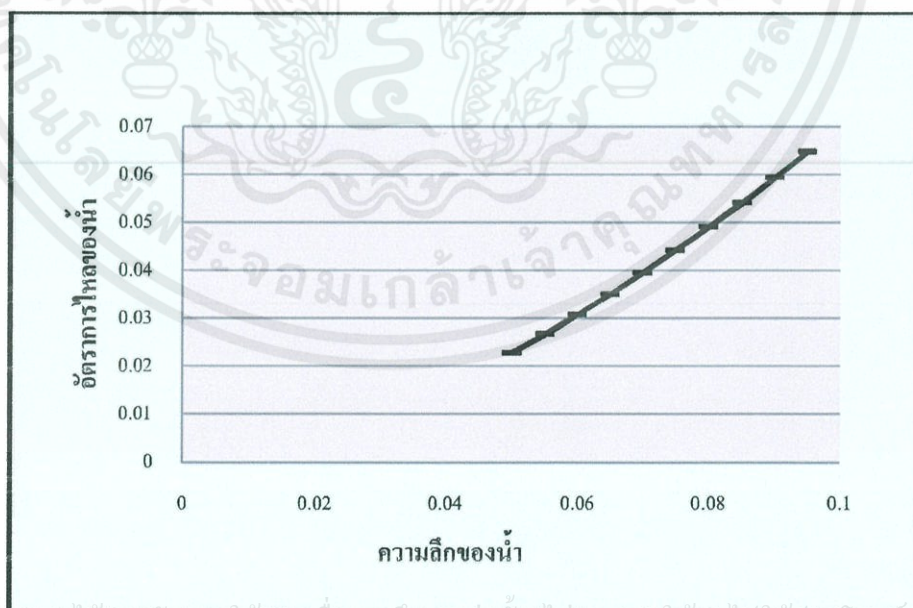
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟที่ 4-3 จะทราบได้ว่าเมื่อความลึกของน้ำเพิ่มขึ้นครั้งละ 0.005 เมตร ทำให้อัตราการไหลของน้ำเพิ่มขึ้น และทราบได้ว่าเมื่อความลึกของน้ำเพิ่มขึ้น(ในช่วง 0.050-0.070) อัตราการไหลของน้ำเพิ่มขึ้นในอัตราที่เพิ่ม-ลดสลับกัน และความลึกของน้ำเพิ่มขึ้น(ในช่วง 0.075-0.095) อัตราการไหลของน้ำเพิ่มขึ้นในอัตราที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

จาก 3.1.4 อัตราการไหลของน้ำลักษณะรูปทรงสี่เหลี่ยมคางหมู

ความลึกของน้ำ(เมตร)	อัตราการไหลของน้ำ(เมตร ³ /วินาที)
0.050	0.022916
0.055	0.026762
0.060	0.030827
0.065	0.035104
0.070	0.039586
0.075	0.044267
0.080	0.049140
0.085	0.054202
0.090	0.059447
0.095	0.064871

ตารางที่ 4-4 อัตราการไหลของน้ำ เมื่อเปลี่ยนแปลงความลึกในรูปทรงสี่เหลี่ยมคางหมู



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ถึงขั้นต้นฉบับที่มอบให้ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำเอกสารนี้ไปใช้ในการค้า
 กราฟที่ 4-4 ความลึกของน้ำต่ออัตราการไหลของน้ำ(รูปทรงสี่เหลี่ยมคางหมู)
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟที่ 4-4 จะทราบได้ว่าเมื่อความลึกของน้ำเพิ่มขึ้นครั้งละ 0.005 เมตร ทำให้อัตราการไหลของน้ำเพิ่มขึ้น และทราบได้ว่าเมื่อความลึกของน้ำเพิ่มขึ้น อัตราการไหลของน้ำเพิ่มขึ้นในอัตราที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

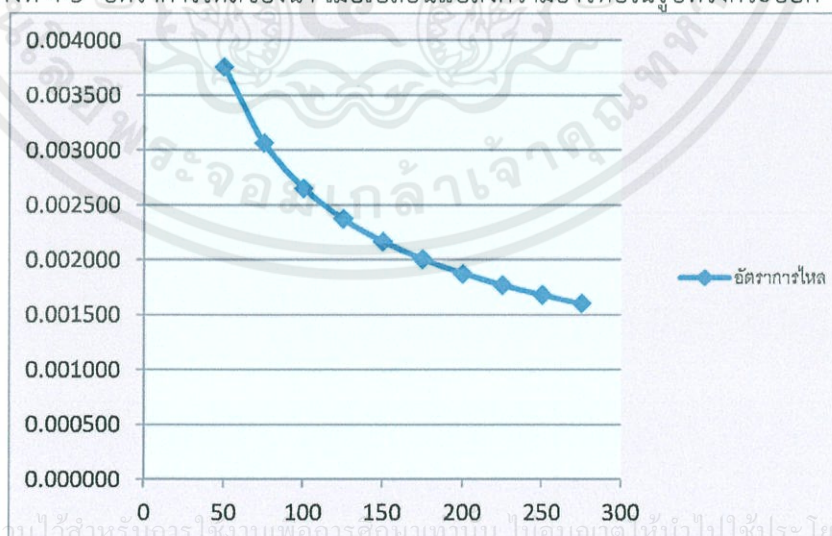
4.2 อัตราการไหลของน้ำเมื่อพิจารณาจากความยาวของรางน้ำและท่อส่งน้ำ

สำหรับหัวข้อนี้จะทำการวิเคราะห์อัตราการไหลของน้ำจากความยาวของรางน้ำและท่อ โดยพิจารณาจากอัตราการไหลซึ่งได้จากการเปลี่ยนความยาวของรางน้ำและท่อส่งน้ำที่ต่างกัน สามารถวิเคราะห์ได้

จาก 3.2.1 อัตราการไหลของน้ำลักษณะรูปทรงกระบอก

ความยาวท่อส่งน้ำ(เมตร)	อัตราการไหลของน้ำ(เมตร ³ /วินาที)
50	0.003759
75	0.003069
100	0.002658
125	0.002377
150	0.002171
175	0.002009
200	0.001879
225	0.001772
250	0.001681
275	0.001603

ตารางที่ 4-5 อัตราการไหลของน้ำ เมื่อเปลี่ยนแปลงความยาวท่อในรูปทรงกระบอก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการในงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 กราฟที่ 4-5 ความยาวของท่อต่ออัตราการไหลของน้ำ(รูปทรงกระบอก)
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและข้อมูลของเอกสารนี้ไปใช้หรือเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

จากกราฟที่ 4-5 จะทราบได้ว่าเมื่อความยาวของท่อเพิ่มขึ้นครั้งละ 25 เมตร ทำให้อัตราการไหลของน้ำลดลง และทราบได้ว่าเมื่อความยาวของท่อเพิ่มขึ้น อัตราการไหลของน้ำลดลงในอัตราที่ลดลงอย่างต่อเนื่อง

จาก 3.2.2 อัตราการไหลของน้ำลักษณะรูปทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก

ความยาวรางน้ำ(เมตร)	อัตราการไหลของน้ำ(เมตร ³ /วินาที)
50	0.003486
75	0.002846
100	0.002465
125	0.002205
150	0.002013
175	0.001863
200	0.001743
225	0.001643
250	0.001559
275	0.001466

ตารางที่ 4-6 อัตราการไหลของน้ำ เมื่อเปลี่ยนแปลงความยาวรางน้ำในรูปทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก



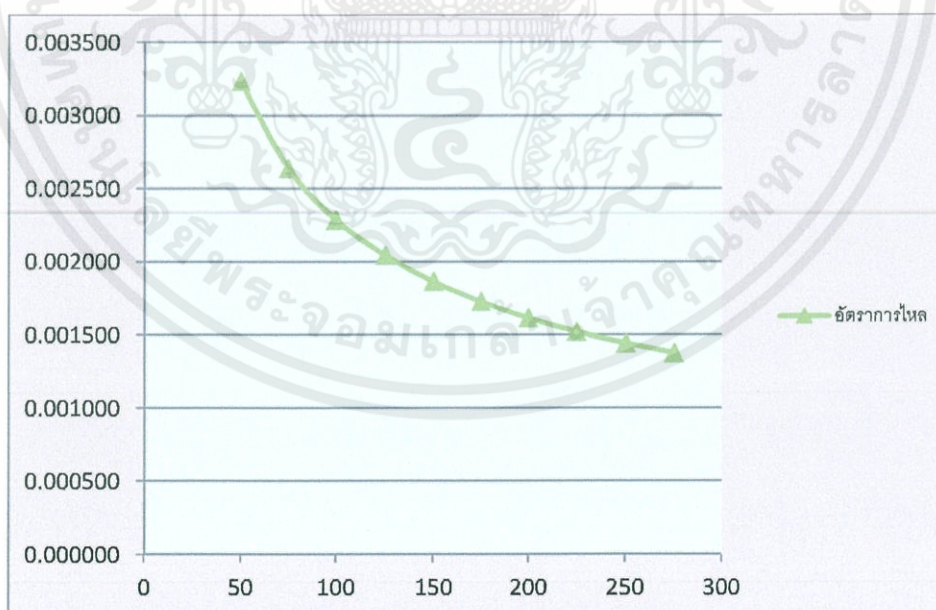
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่กราฟที่ 4-6 ความยาวของรางน้ำต่ออัตราการไหลของน้ำ(รูปทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก)จะโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟที่ 4-6 จะทราบได้ว่าเมื่อความยาวของรางน้ำเพิ่มขึ้นครั้งละ 25 เมตร ทำให้อัตราการไหลของน้ำลดลง และทราบได้ว่าเมื่อความยาวของรางน้ำเพิ่มขึ้น อัตราการไหลของน้ำลดลงในอัตราที่ลดลงอย่างต่อเนื่อง

จาก 3.2.3 อัตราการไหลของน้ำลักษณะรูปทรงสามเหลี่ยม

ความยาวรางน้ำ(เมตร)	อัตราการไหลของน้ำ(เมตร ³ /วินาที)
50	0.003236
75	0.002642
100	0.002288
125	0.002047
150	0.001868
175	0.001730
200	0.001618
225	0.001525
250	0.001447
275	0.001380

ตารางที่ 4-7 อัตราการไหลของน้ำ เมื่อเปลี่ยนแปลงความยาวรางน้ำในรูปทรงสามเหลี่ยม



กราฟที่ 4-7 ความยาวของรางน้ำต่ออัตราการไหลของน้ำ(รูปทรงสามเหลี่ยม)

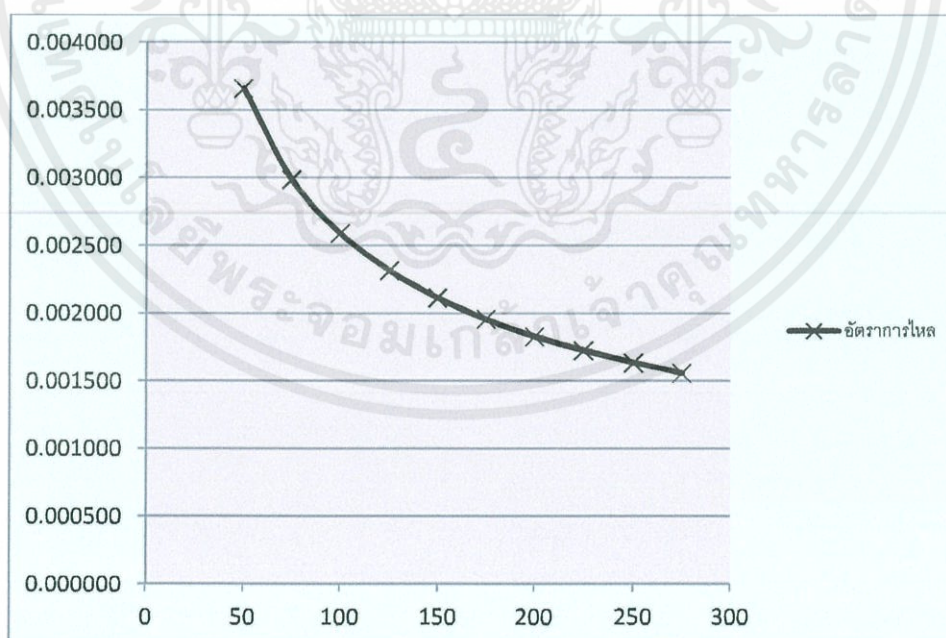
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟที่ 4-7 จะทราบได้ว่าเมื่อความยาวของรางน้ำเพิ่มขึ้นครั้งละ 25 เมตร ทำให้อัตราการไหลของน้ำลดลง และทราบได้ว่าเมื่อความยาวของรางน้ำเพิ่มขึ้น อัตราการไหลของน้ำลดลงในอัตราที่ลดลงอย่างต่อเนื่อง

จาก 3.2.4 อัตราการไหลของน้ำลักษณะรูปทรงสี่เหลี่ยมคางหมู

ความยาวรางน้ำ(เมตร)	อัตราการไหลของน้ำ(เมตร ³ /วินาที)
50	0.003663
75	0.002991
100	0.002590
125	0.002317
150	0.002115
175	0.001958
200	0.001831
225	0.001727
250	0.001638
275	0.001562

ตารางที่ 4-8 อัตราการไหลของน้ำ เมื่อเปลี่ยนแปลงความยาวรางน้ำในรูปทรงสี่เหลี่ยมคางหมู



เอกสารนี้เป็นเอกสารกราฟที่ 4-8 ความยาวของรางน้ำต่ออัตราการไหลของน้ำ(รูปทรงสี่เหลี่ยมคางหมู) โฆษณาด้านการก้ำ
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟที่ 4-8 จะทราบได้ว่าเมื่อความยาวของรางน้ำเพิ่มขึ้นครั้งละ 25 เมตร ทำให้อัตราการไหลของน้ำลดลง และทราบได้ว่าเมื่อความยาวของรางน้ำเพิ่มขึ้น อัตราการไหลของน้ำลดลงในอัตราที่ลดลงอย่างต่อเนื่อง

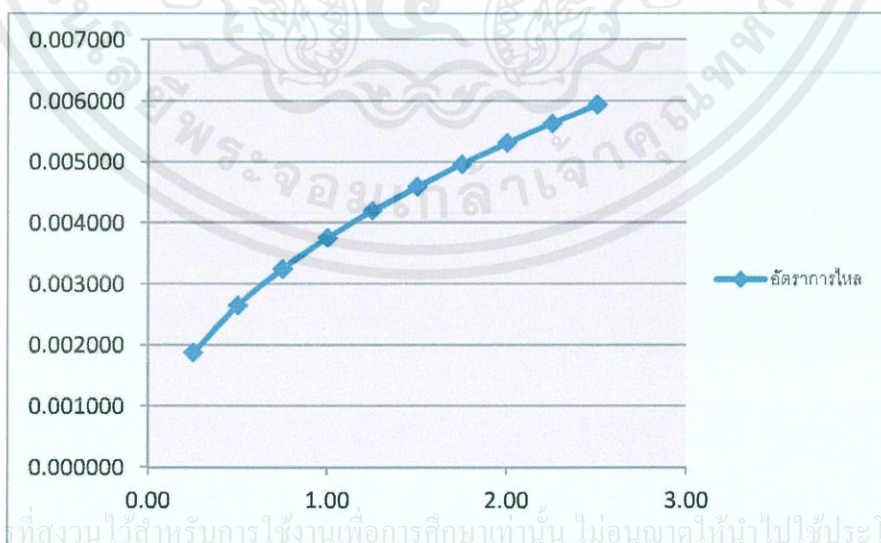
4.3 อัตราการไหลของน้ำเมื่อพิจารณาจากความลาดเอียงของรางน้ำและท่อส่งน้ำ

สำหรับหัวข้อนี้จะทำการวิเคราะห์อัตราการไหลของน้ำจากความลาดเอียงของรางน้ำและท่อโดยพิจารณาจากอัตราการไหลซึ่งได้จากการเปลี่ยนความลาดเอียงของท่อที่ต่างกัน สามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้

จาก 3.3.1 อัตราการไหลของน้ำลักษณะรูปทรงกระบอก

ความลาดเอียง	อัตราการไหลของน้ำ(เมตร ³ /วินาที)
0.25	0.001879
0.50	0.002658
0.75	0.003255
1.00	0.003759
1.25	0.004203
1.50	0.004604
1.75	0.004973
2.00	0.005316
2.25	0.005639
2.50	0.005944

ตารางที่ 4-9 อัตราการไหลของน้ำ เมื่อเปลี่ยนแปลงความลาดเอียงจากพื้นในรูปทรงกระบอก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 กราฟที่ 4-9 ความลาดเอียงจากพื้นต่ออัตราการไหลของน้ำ(รูปทรงกระบอก)

จากกราฟที่ 4-9 จะทราบได้ว่าเมื่อความลาดเอียงของท่อเพิ่มขึ้นครั้งละ 0.25 เมตร ทำให้อัตราการไหลของน้ำเพิ่มขึ้น และทราบได้ว่าเมื่อความลาดเอียงของท่อเพิ่มขึ้น อัตราการไหลของน้ำเพิ่มขึ้นในอัตราที่ลดลงอย่างต่อเนื่อง

จาก 3.3.2 อัตราการไหลของน้ำลักษณะรูปทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก

ความลาดเอียง	อัตราการไหลของน้ำ(เมตร ³ /วินาที)
0.25	0.001743
0.50	0.002465
0.75	0.003019
1.00	0.003486
1.25	0.003898
1.50	0.004270
1.75	0.004612
2.00	0.004930
2.25	0.005229
2.50	0.005512

ตารางที่ 4-10 อัตราการไหลของน้ำ เมื่อเปลี่ยนแปลงความลาดเอียงจากพื้นที่ในรูปทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก



กราฟที่ 4-10 ความลาดเอียงจากพื้นที่ต่ออัตราการไหลของน้ำ(รูปทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก)

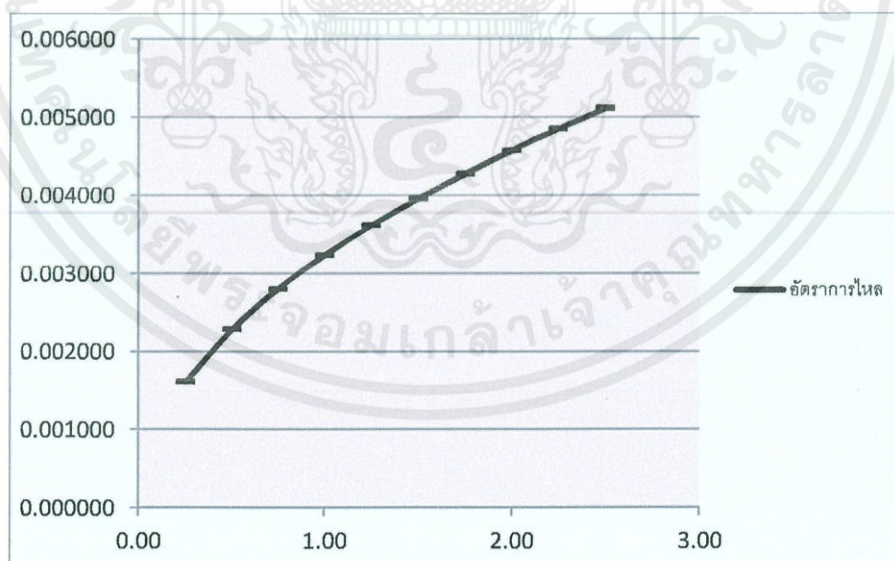
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟที่ 4-10 จะทราบได้ว่าเมื่อความลาดเอียงของรางน้ำเพิ่มขึ้นครั้งละ 0.25 เมตร ทำให้ อัตราการไหลของน้ำเพิ่มขึ้น และทราบได้ว่าเมื่อความลาดเอียงของรางน้ำเพิ่มขึ้น อัตราการไหลของน้ำเพิ่มขึ้นในอัตราที่ลดลงอย่างต่อเนื่อง

จาก 3.3.3 อัตราการไหลของน้ำลักษณะรูปทรงสามเหลี่ยม

ความลาดเอียง	อัตราการไหลของน้ำ(เมตร ³ /วินาที)
0.25	0.001618
0.50	0.002286
0.75	0.002803
1.00	0.003236
1.25	0.003618
1.50	0.003964
1.75	0.004281
2.00	0.004577
2.25	0.004854
2.50	0.005117

ตารางที่ 4-11 อัตราการไหลของน้ำ เมื่อเปลี่ยนแปลงความลาดจากพื้นในรูปทรงสามเหลี่ยม



กราฟที่ 4-11 ความลาดเอียงจากพื้นต่ออัตราการไหลของน้ำ(รูปทรงสามเหลี่ยม)

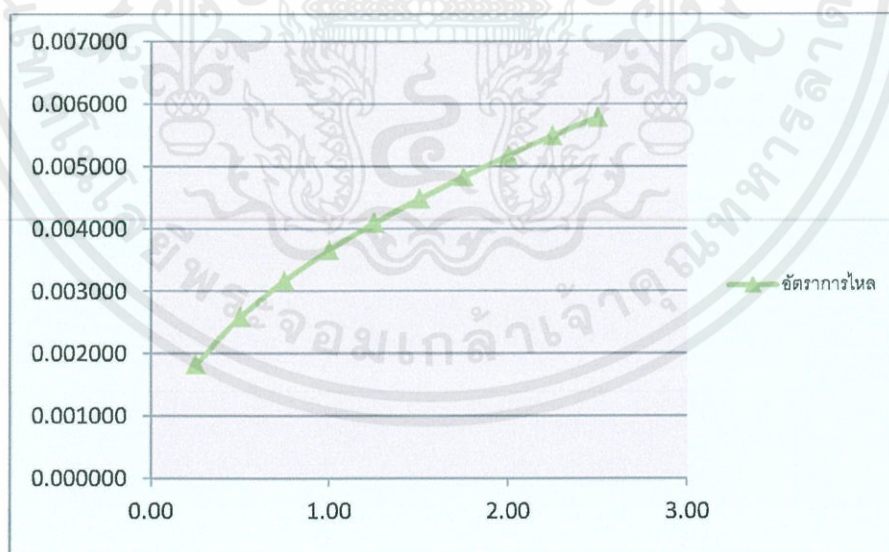
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟที่ 4-11 จะทราบได้ว่าเมื่อความลาดเอียงของรางน้ำเพิ่มขึ้นครั้งละ 0.25 เมตร ทำให้ อัตราการไหลของน้ำเพิ่มขึ้น และทราบได้ว่าเมื่อความลาดเอียงของรางน้ำเพิ่มขึ้น อัตราการไหลของน้ำเพิ่มขึ้นในอัตราที่ลดลงอย่างต่อเนื่อง

จาก 3.3.4 อัตราการไหลของน้ำลักษณะรูปทรงสี่เหลี่ยมคางหมู

ความลาดเอียง	อัตราการไหลของน้ำ(เมตร ³ /วินาที)
0.25	0.001831
0.50	0.002590
0.75	0.003172
1.00	0.003663
1.25	0.004096
1.50	0.004486
1.75	0.004846
2.00	0.005181
2.25	0.005495
2.50	0.005792

ตารางที่ 4-12 อัตราการไหลของน้ำ เมื่อเปลี่ยนแปลงความลาดจากพื้นรูปทรงสี่เหลี่ยมคางหมู



กราฟที่ 4-12 ความลาดเอียงจากพื้นต่ออัตราการไหลของน้ำ(รูปทรงสี่เหลี่ยมคางหมู)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟที่ 4-12 จะทราบได้ว่าเมื่อความลาดเอียงของรางน้ำเพิ่มขึ้นครั้งละ 0.25 เมตร ทำให้ อัตราการไหลของน้ำเพิ่มขึ้น และทราบได้ว่าเมื่อความลาดเอียงของรางน้ำเพิ่มขึ้น อัตราการไหลของน้ำเพิ่มขึ้นในอัตราที่ลดลงอย่างต่อเนื่อง

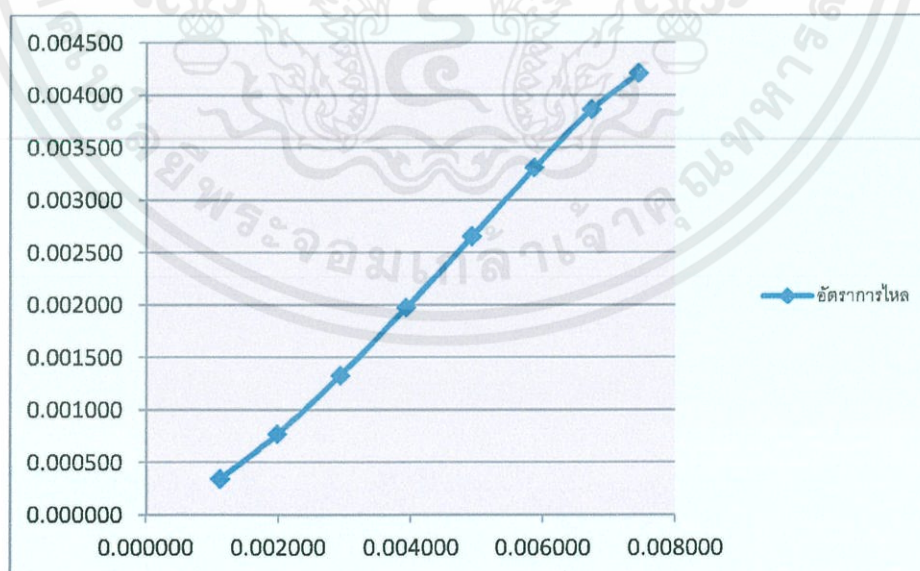
4.4 อัตราการไหลของน้ำเมื่อพิจารณาจากพื้นที่หน้าตัดของน้ำ

สำหรับหัวข้อนี้จะทำการวิเคราะห์อัตราการไหลของน้ำจากการเปลี่ยนพื้นที่หน้าตัดของน้ำที่ต่างกัน สามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้

จาก 3.4.1 อัตราการไหลของน้ำลักษณะรูปทรงกระบอก

พื้นที่หน้าตัดของน้ำ(เมตร ²)	อัตราการไหลของน้ำ(เมตร ³ /วินาที)
0.001118	0.000346
0.001982	0.000774
0.002933	0.001333
0.003927	0.001978
0.004920	0.002658
0.005872	0.003313
0.006735	0.003867
0.007445	0.004217

ตารางที่ 4-13 อัตราการไหลของน้ำ เมื่อเปลี่ยนแปลงพื้นที่หน้าตัดในรูปทรงกระบอก



กราฟที่ 4-13 พื้นที่หน้าตัดต่ออัตราการไหลของน้ำ(รูปทรงกระบอก)

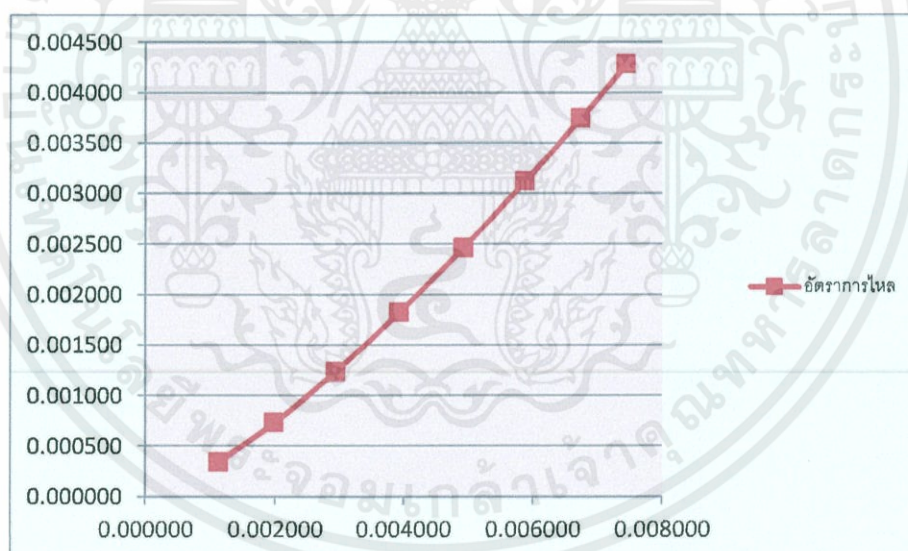
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟที่ 4-13 จะทราบได้ว่าเมื่อพื้นที่หน้าตัดเพิ่มขึ้น ทำให้อัตราการไหลของน้ำเพิ่มขึ้น และทราบได้ว่าเมื่อพื้นที่หน้าตัดเพิ่มขึ้น อัตราการไหลของน้ำเพิ่มขึ้นในอัตราที่เพิ่มขึ้นช่วงแรกและค่อยๆลดลง

จาก 3.4.2 อัตราการไหลของน้ำลักษณะรูปทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก

พื้นที่หน้าตัดของน้ำ(เมตร ²)	อัตราการไหลของน้ำ(เมตร ³ /วินาที)
0.001118	0.000341
0.001982	0.000734
0.002933	0.001237
0.003927	0.001825
0.004920	0.002465
0.005872	0.003121
0.006735	0.003747
0.007445	0.004283

ตารางที่ 4-14 อัตราการไหลของน้ำ เมื่อเปลี่ยนแปลงพื้นที่หน้าตัดในรูปทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก



กราฟที่ 4-14 พื้นที่หน้าตัดต่ออัตราการไหลของน้ำ(รูปทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก)

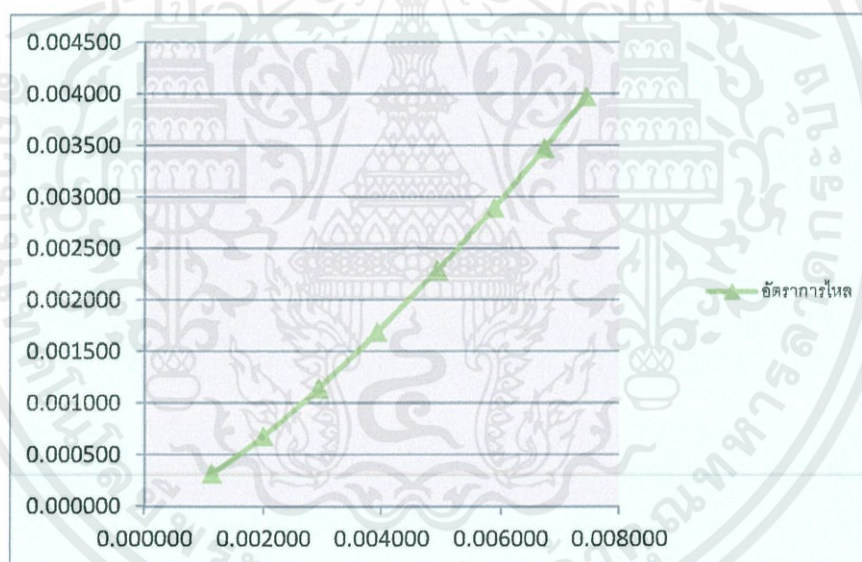
จากกราฟที่ 4-14 จะทราบได้ว่าเมื่อพื้นที่หน้าตัดเพิ่มขึ้น ทำให้อัตราการไหลของน้ำเพิ่มขึ้น และทราบได้ว่าเมื่อพื้นที่หน้าตัดเพิ่มขึ้น อัตราการไหลของน้ำเพิ่มขึ้นในอัตราที่เพิ่มขึ้นช่วงแรกและค่อยๆลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จาก 3.4.2 อัตราการไหลของน้ำลักษณะรูปทรงสามเหลี่ยม

พื้นที่หน้าตัดของน้ำ(เมตร ²)	อัตราการไหลของน้ำ(เมตร ³ /วินาที)
0.001118	0.000317
0.001982	0.000680
0.002933	0.001148
0.003927	0.001694
0.004920	0.002288
0.005872	0.002897
0.006735	0.003478
0.007445	0.003976

ตารางที่ 4-15 อัตราการไหลของน้ำ เมื่อเปลี่ยนแปลงพื้นที่หน้าตัดในรูปทรงสามเหลี่ยม



กราฟที่ 4-15 พื้นที่หน้าตัดต่ออัตราการไหลของน้ำ(รูปทรงสามเหลี่ยม)

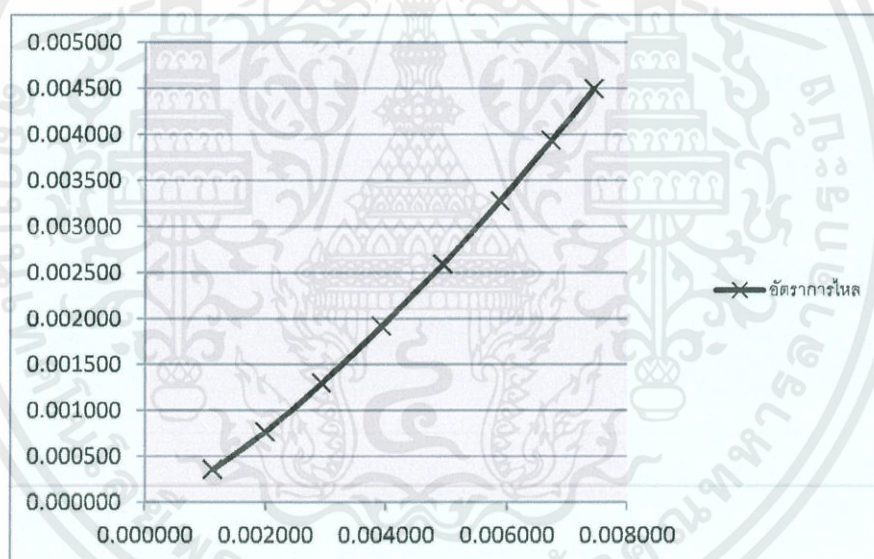
จากกราฟที่ 4-15 จะทราบได้ว่าเมื่อพื้นที่หน้าตัดเพิ่มขึ้น ทำให้อัตราการไหลของน้ำเพิ่มขึ้น และทราบได้ว่าเมื่อพื้นที่หน้าตัดเพิ่มขึ้น อัตราการไหลของน้ำเพิ่มขึ้นในอัตราที่เพิ่มขึ้นช่วงแรกและค่อยๆลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จาก 3.4.2 อัตราการไหลของน้ำลักษณะสี่เหลี่ยมคางหมู

พื้นที่หน้าตัดของน้ำ(เมตร ²)	อัตราการไหลของน้ำ(เมตร ³ /วินาที)
0.001118	0.000359
0.001982	0.000770
0.002933	0.001299
0.003927	0.001918
0.004920	0.002591
0.005872	0.003279
0.006735	0.003937
0.007445	0.004500

ตารางที่ 4-16 อัตราการไหลของน้ำ เมื่อเปลี่ยนแปลงพื้นที่หน้าตัดในรูปทรงสี่เหลี่ยมคางหมู



กราฟที่ 4-16 พื้นที่หน้าตัดของน้ำต่ออัตราการไหลของน้ำ(รูปทรงสี่เหลี่ยมคางหมู)

จากกราฟที่ 4-6 จะทราบได้ว่าเมื่อพื้นที่หน้าตัดเพิ่มขึ้น ทำให้อัตราการไหลของน้ำเพิ่มขึ้น และทราบได้ว่าเมื่อพื้นที่หน้าตัดเพิ่มขึ้น อัตราการไหลของน้ำเพิ่มขึ้นในอัตราที่เพิ่มขึ้นช่วงแรกและค่อยๆลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและอภิปรายผลการดำเนินงาน

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

5.1.1 สรุปผลการดำเนินงานเกี่ยวกับความลึกของน้ำ เมื่อความลึกของน้ำเพิ่มขึ้น ทำให้อัตราการไหลเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในรูปทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก รูปทรงสี่เหลี่ยมคางหมู และ รูปทรงสามเหลี่ยม แต่ในส่วนของรูปทรงกระบอกจะมีอัตราการเพิ่มขึ้นที่ลดลง

5.1.2 สรุปผลการดำเนินงานเกี่ยวกับความยาวของรางน้ำและท่อ เมื่อความยาวของรางน้ำและท่อ เพิ่มขึ้น ทำให้อัตราการไหลลดลงอย่างต่อเนื่อง ในทั้ง 4 รูปทรง และเมื่อทำการเปรียบเทียบ ทราบได้ว่าอัตราการไหลของน้ำที่ดีที่สุดคือรูปทรงกระบอก รองมาเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมคางหมู รูปทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก และรูปทรงสามเหลี่ยม ตามลำดับ

5.1.3 สรุปผลการดำเนินงานเกี่ยวกับความลาดชันของรางน้ำและท่อ เมื่อความลาดชันของรางน้ำและท่อเพิ่มขึ้น ทำให้อัตราการไหลเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในทั้ง 4 รูปทรง และเมื่อทำการเปรียบเทียบ ทราบได้ว่าอัตราการไหลของน้ำที่ดีที่สุดคือรูปทรงกระบอก รองมาเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมคางหมู รูปทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก และรูปทรงสามเหลี่ยม ตามลำดับ

5.1.4 สรุปผลการดำเนินงานเกี่ยวกับพื้นที่หน้าตัดของน้ำ เมื่อพื้นที่หน้าตัดของน้ำเพิ่มขึ้น ทำให้อัตราการไหลเพิ่มขึ้น ในทั้ง 4 รูปทรง และเมื่อทำการเปรียบเทียบ ทราบได้ว่าในสภาวะที่พื้นที่หน้าตัดของน้ำน้อย รูปทรงกระบอกจะให้อัตราการไหลของน้ำที่ดีที่สุด รองมาเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมคางหมู รูปทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก และรูปทรงสามเหลี่ยม ตามลำดับ แต่ถ้าในสภาวะที่พื้นที่หน้าตัดน้ำสูงขึ้นจนเกือบเต็ม รูปทรงสี่เหลี่ยมคางหมูจะให้อัตราการไหลของน้ำที่ดีที่สุด รองมาเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก รูปทรงกระบอก และรูปทรงสามเหลี่ยม ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 อภิปรายผลการดำเนินงาน

จากโปรแกรมสำเร็จรูปที่สร้างขึ้น สามารถคำนวณอัตราการไหลและความเร็วเฉลี่ยของน้ำจากสูตรแมนนิง ซึ่งผู้ใช้สามารถเลือกรูปทรงของรางน้ำและท่อส่งน้ำที่ต้องการคำนวณได้ 4 รูปทรง ได้แก่ รูปทรงกระบอก รูปทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก รูปทรงสี่เหลี่ยมคางหมู รูปทรงสามเหลี่ยม โดยมีการแสดงส่วนที่โปรแกรมต้องการใช้ในการคำนวณเพื่อสะดวกต่อการทำความเข้าใจและการใช้งานของผู้ที่สนใจ ซึ่งโปรแกรมจะแสดงผลลัพธ์ทั้ง ความเร็วเฉลี่ยของน้ำ อัตราการไหลของน้ำ รัศมีชลศาสตร์ รัศมีขอบเปียก และพื้นที่หน้าตัดของน้ำ ด้วยทศนิยม 6 ตำแหน่ง ซึ่งจากการวิเคราะห์ เมื่อเปลี่ยนความลึกของน้ำ ความลาดชันของรางน้ำและท่อ และ พื้นที่หน้าตัดของน้ำ จะทำให้อัตราการไหลของน้ำ ในแต่ละรูปทรงมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นไปในทิศทางเดียวกัน แต่ความยาวของรางน้ำและท่อจะทำให้อัตราการไหลของน้ำในแต่ละรูปทรงมีการเปลี่ยนแปลงลดลง

5.3 ข้อเสนอแนะ

- 5.3.1 ควรพัฒนาให้มีความหลากหลายของรูปทรงและรูปแบบการไหลอื่นๆ
- 5.3.2 ควรพัฒนาให้มีการคำนวณในสถานะที่ปริมาณน้ำไหลเข้ารางน้ำและท่อไม่เท่ากัน
- 5.3.3 ควรพัฒนาให้มีการนำความดันอากาศ และการรั่วซึมของรางน้ำและท่อส่งน้ำ มาคำนวณให้เกิดความแม่นยำมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

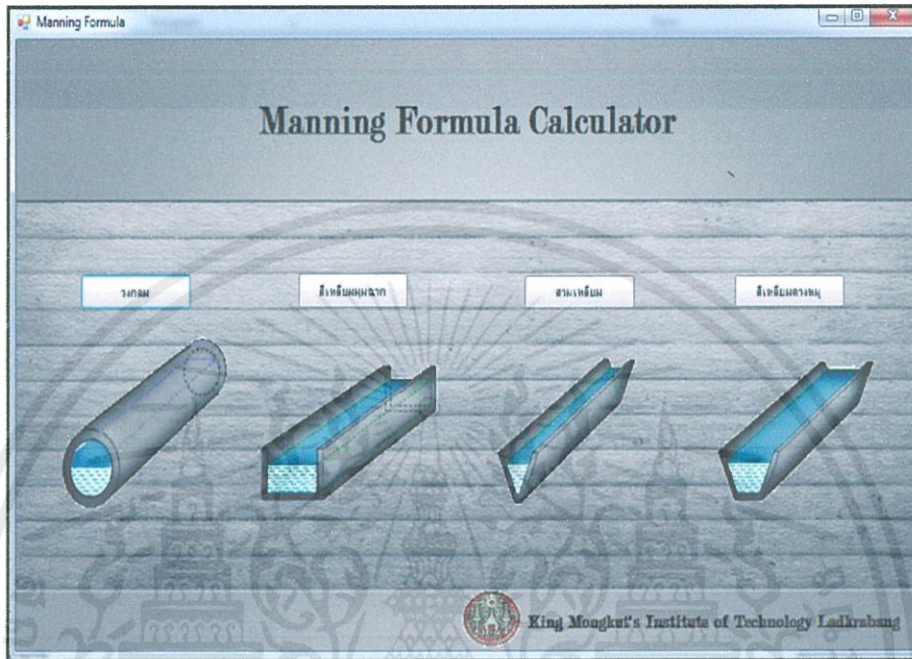
เอกสารอ้างอิง

- [1] บุญชัย ตันตขุณห,2542,การตรวจสอบสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่ง กรณีการไหลแบบเปลี่ยนแปลงน้อย,วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- [2] ประชุม คำพุ่ม, 2549,รายงานน้ำสำเร็จรูปหน้าตัดประสิทธิภาพสูง,งานวิจัย,ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
- [3] อุดมพร รูปบุชา,2554, การศึกษาผลกระทบของความลาดชันของคลองชลประทานต่อค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่ง,โครงการ,วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- [4] เลิศ พัตถวี ,2554,การออกแบบแก้ไขการระบายน้ำและจัดทิศทางกรไหลของน้ำด้วยท่อ HDPE ในพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง,สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
- [5] วีระพล ลิ้มศรีธา,2554,เริ่มต้นเขียนโปรแกรมC# ด้วย VisualC#2010Express,นนทบุรี ไอทีซีๆ
- [6] กิตินันท์ พลสวัสดิ์,2554,คู่มือการพัฒนาแอปพลิเคชันด้วยVisual C# 2010,กรุงเทพฯ ชิมพลีฟาย
- [7] Lindeburg, Michael R. 1992, Engineer In Training Reference Manual. Professional Publication, Inc. 8th Edition.
- [8] Akgiray, 2005,Explicit solutions of the Manning Equation for Partially Filled Circular Pipes, Canadian J. of Civil Eng., 32:490-499
- [9] Chow, V. T., 1959, Open Channel Hydraulics, New York: McGraw-Hill.
- [10] Camp,T.R,1946,Design of Sewers to Facilitate Flow.Sewage Works Journal,18:3-16.

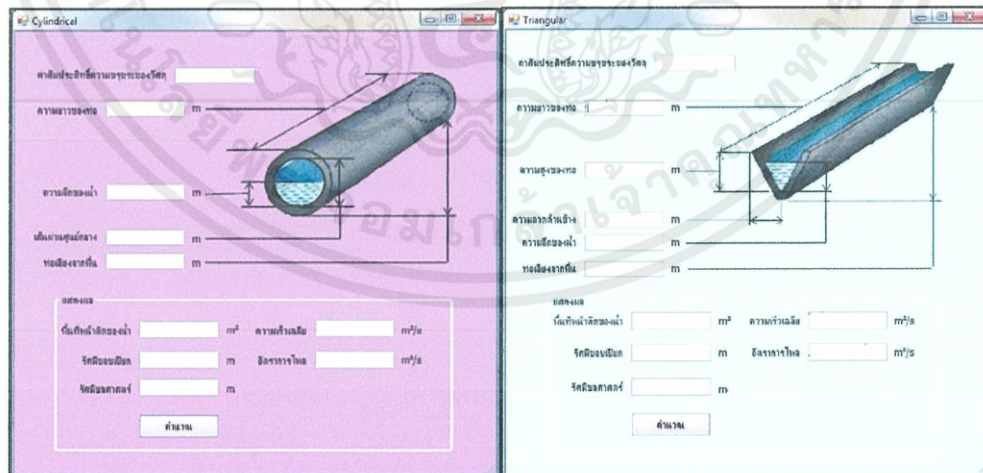
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

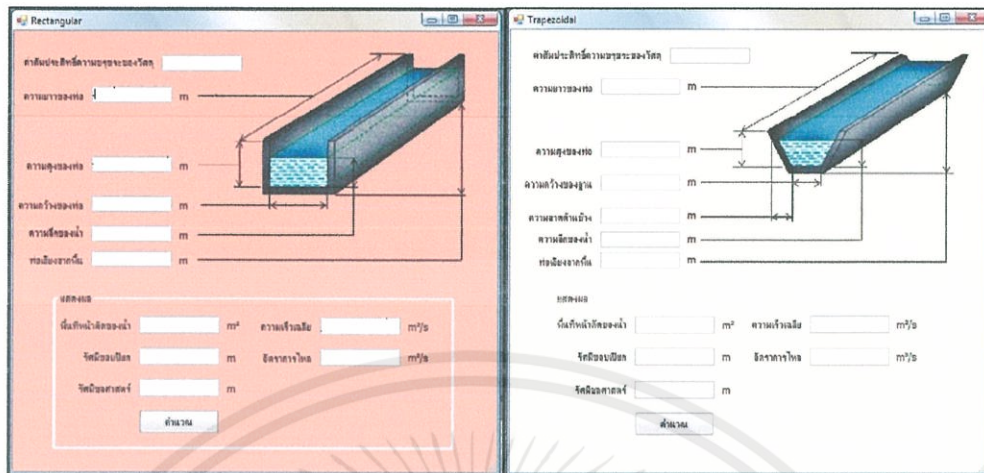
ขั้นตอนวิธีการใช้โปรแกรม



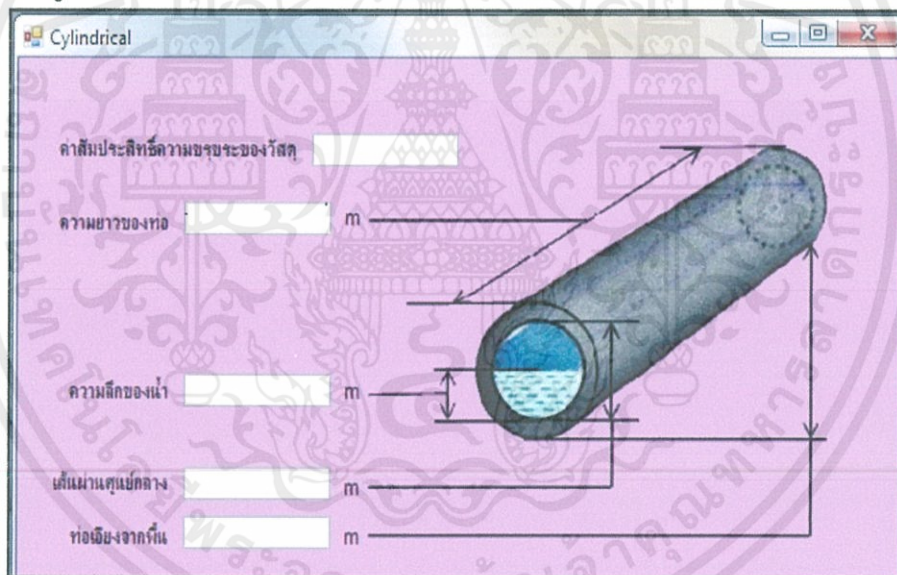
- ขั้นตอนที่ 1 หลังจากเปิดโปรแกรม Manning Formula Calculator จะขึ้นหน้าต่างรูปแบบของท่อและรางน้ำทั้ง 4 รูปแบบ คลิกเลือกรูปแบบของรางน้ำหรือท่อรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งจะแสดงผลหน้าต่างการคำนวณ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



- ขั้นตอนที่ 2 กรอกค่าลงในแต่ละรูปแบบเพื่อคำนวณรูปแบบท่อทรงกระบอก

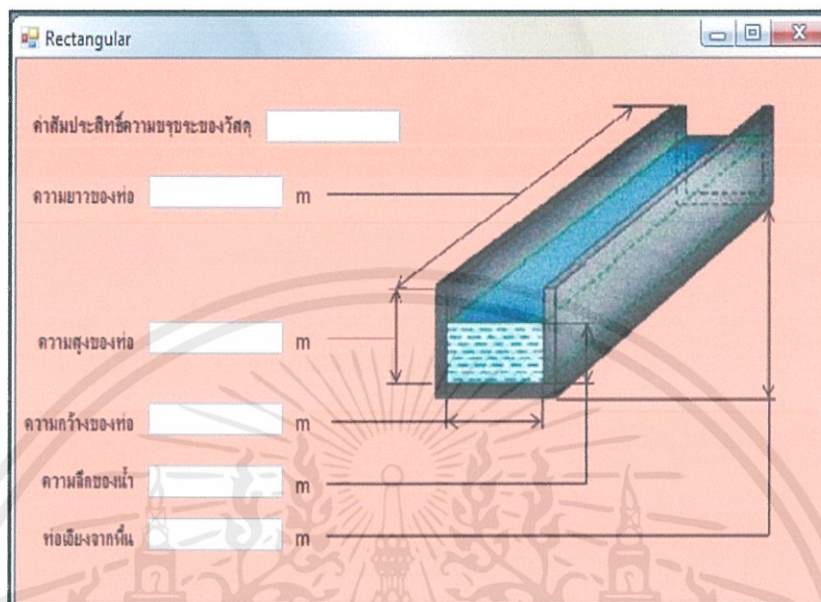


ค่าที่โปรแกรมต้องการใช้ในการคำนวณ

- ค่าสัมประสิทธิ์
- ความยาวท่อ (เมตร)
- ความลึก (เมตร)
- เส้นผ่านศูนย์กลาง (เมตร)
- ท่อเอียงจากพื้น (เมตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับครู ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบรางน้ำทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก

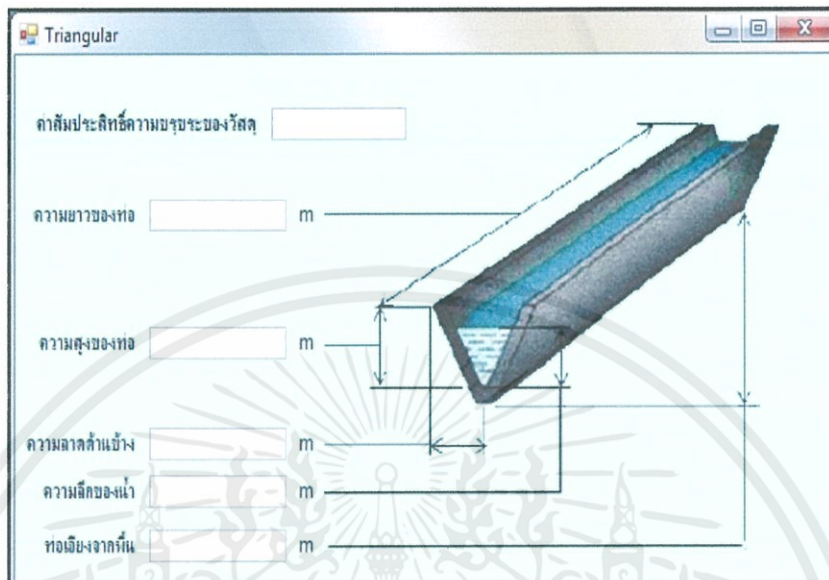


ค่าที่โปรแกรมต้องการใช้ในการคำนวณ

- ค่าสัมประสิทธิ์
- ความยาวรางน้ำ (เมตร)
- ความสูงของรางน้ำ(เมตร)
- ความกว้างของรางน้ำ(เมตร)
- ความลึก (เมตร)
- ท่อเอียงจากพื้น(เมตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบรางน้ำทรงสามเหลี่ยม

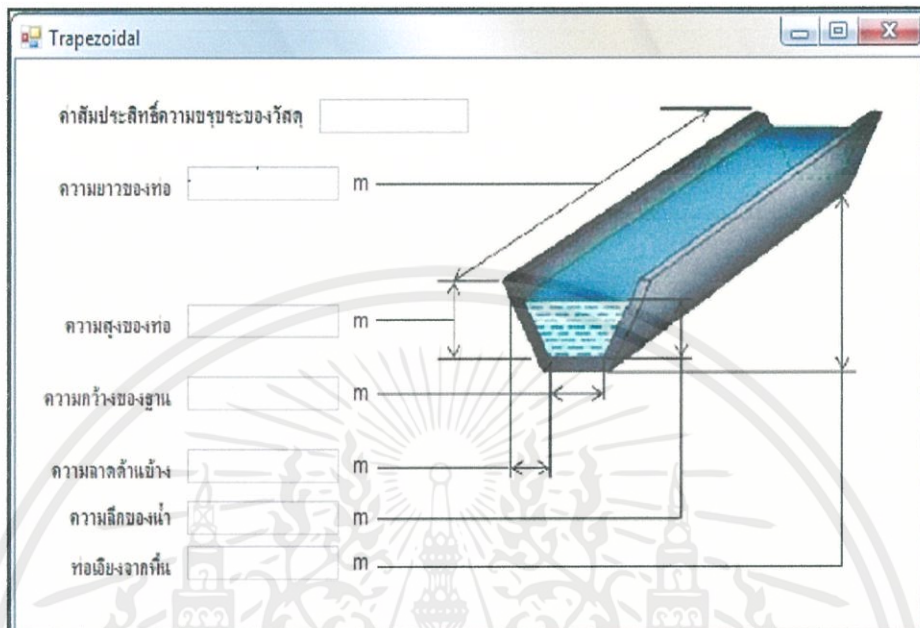


ค่าที่โปรแกรมต้องการใช้ในการคำนวณ

- ค่าสัมประสิทธิ์
- ความยาวรางน้ำ (เมตร)
- ความสูงของรางน้ำ (เมตร)
- ความลาดด้านข้าง (เมตร)
- ความลึก (เมตร)
- ท่อเอียงจากพื้น (เมตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบรางน้ำทรงสี่เหลี่ยมคางหมู



ค่าที่โปรแกรมต้องการใช้ในการคำนวณ

- ค่าสัมประสิทธิ์
- ความยาวท่อ (เมตร)
- ความสูงของท่อ (เมตร)
- ความกว้างของฐาน (เมตร)
- ความลาดด้านข้าง (เมตร)
- ความลึก (เมตร)
- ท่อเอียงจากพื้น (เมตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ขั้นตอนที่ 3 ส่วนของการแสดงผล

แสดงผล

พื้นที่หน้าตัดของน้ำ m² ความเร็วเฉลี่ย m²/s

รัศมีขอบเปียก m อัตราการไหล m³/s

รัศมีชลศาสตร์ m

ในการแสดงผลนั้นเมื่อกรอกค่านวณต่อและวางน้ำทั้งสี่รูปแบบจะแสดงค่ามาในลักษณะเดียวกันคือ

- พื้นที่หน้าตัดน้ำ (เมตร²)
- รัศมีขอบเปียก (เมตร)
- รัศมีชลศาสตร์ (เมตร)
- ความเร็วเฉลี่ย (เมตร²/วินาที)
- อัตราการไหล(เมตร³/วินาที)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระในสมการ Manning's formula

ชนิดของวัสดุ	ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ
Aluminium	0.011
Asphalt	0.016
Brass	0.011
Brick work	0.015
Canals	0.023
Cast Iron	0.013
Cement rubble	0.020
Clay sewer	0.013
Concrete	0.013
Copper	0.011
Corrugated metal pipe	0.025
Ditch	0.019
Glass	0.010
Gold	0.011
Iron	0.012
Lead	0.013
Neoprene	0.015
Polypropylene	0.014
Reinforced PVC	0.011
Rigid PVC	0.011
Rivers (good Cond.)	0.030
Silver	0.011
Stream	0.033
Tin	0.012
Wood	0.012

ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระใน Manning's formula ยังมีอีกมากมายโปรแกรมไม่ได้กำหนดค่าเฉพาะ สามารถเลือกกรอกได้ตามความต้องการ (ที่มา: <http://www.engineeringtoolbox.com>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้