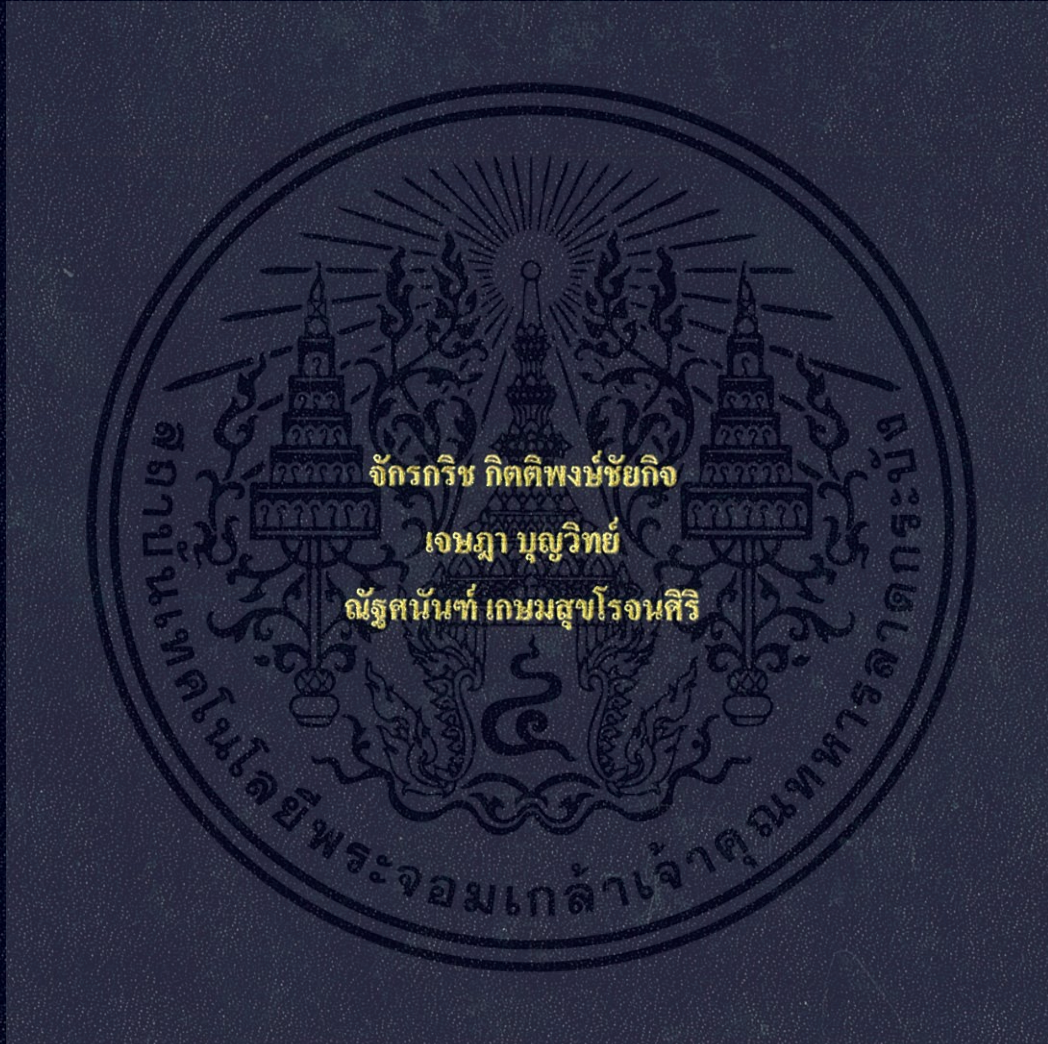


การใช้โปรแกรม AUTODESK SIMULATION CFD 2015 (3D)

เพื่อช่วยในการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาน้ำหลาก

A STUDY OF USING AUTODESK SIMULATION CFD 2015 (3D)

FOR ANALYSIS AND SOLVING GREAT FLOOD PROBLEM



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2557

การใช้โปรแกรม AUTODESK SIMULATION CFD 2015 (3D)

เพื่อช่วยในการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาน้ำหลาก

A STUDY OF USING AUTODESK SIMULATION CFD 2015 (3D)

FOR ANALYSIS AND SOLVING GREAT FLOOD PROBLEM



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปี การศึกษา 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**A STUDY OF USING AUTODESK SIMULATION CFD 2015 (3D)
FOR ANALYSIS AND SOLVING GREAT FLOOD PROBLEM**



A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE

BACHELOR OF CIVIL ENGINEERING

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2014

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้โปรแกรม Autodesk Simulation CFD 2015 (3D) เพื่อช่วยในการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาหน้าหลาก

นายจักรกริช	กิตติพงษ์ชัยกิจ	54010179
นายเจษฎา	บุญวิทย์	54010241
นายณัฐศนันท์	เกษมสุข โรจนศิริ	54010460
ดร.ชลิดา	อุตะเถา	อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2557

บทคัดย่อ

ผลกระทบทางด้านอุทกภัยมีผลต่อชีวิตประจำวัน เนื่องจากในปีที่ผ่านมาเหตุการณ์น้ำหลากได้ทำให้เกิดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินเป็นอย่างมาก เราจึงควรที่จะเฝ้าระวังเกี่ยวกับปัญหานี้ให้มากขึ้น

การศึกษาหัวข้อนี้ใช้โปรแกรม Autodesk Simulation CFD 2015 (3D) เพื่อศึกษาจำลองปัญหาน้ำหลาก ประเมินพื้นที่ที่อาจจะเกิดผลกระทบ ผลที่ได้จากการศึกษาจะสามารถนำมาวิเคราะห์และแก้ไขปัญหที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต โดยการสร้างแบบจำลอง 3 มิติ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงรูปแบบการไหลที่แท้จริงของน้ำ อีกทั้งยังง่ายต่อการเข้าใจ

ผลวิเคราะห์จากแบบจำลองที่สร้างขึ้นโดยอ้างอิงจากภูมิประเทศระดับความสูงต่ำของพื้นที่จริง เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลของอุทกภัยในปี 2554 และแนวทางการแก้ไขปัญหของทางภาครัฐบาลจะพบว่ามีความสอดคล้องจึงกล่าวได้ว่าการสร้างแบบจำลองดังกล่าวเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาต่างๆและช่วยลดเวลาในการทำงานเพราะสามารถเป็นการคาดการณ์เบื้องต้นได้อย่างดี อีกทั้งยังลดค่าใช้จ่ายในการศึกษาได้เป็นอย่างมาก

A STUDY OF USING AUTODESK SIMULATION CFD 2015 (3D) FOR ANALYSIS AND SOLVING GREAT FLOOD PROBLEM

Mr.Jakkrid Kittipongchaikit 54010179

Mr.Jedsada Boonwit 54010241

Mr.Natsanan Kasemsukrojanasiri 54010460

Dr.Chalida U-Tapao Advisor

Academic Year 2014

ABSTRACT





Flood is significant disaster. In past years, floods cause a lot of damage with human lives and assets. This problem should be acknowledged and take action.

Autodesk Simulation CFD 2015 (3D) is used to study the problem and impact that will occur. By simulating 3D model we can analyze and advice solves method. Computing program can produce flow patterns and easier view of the problem

Computing and simulating results from a program can be compared and link with real state, which lead to solve methods. The model can reduce cost and time of works and can be a preliminary prediction.

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองโครงการพิเศษ

หัวข้อโครงการพิเศษ	การใช้โปรแกรม Autodesk Simulation CFD 2015 (3D) เพื่อช่วยในการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาที่หลากหลาย		
นักศึกษา	นายจักรกริช กิตติพงษ์ชัยกิจ	รหัสประจำตัว	54010179
	นายเจษฎา บุญวิทย์	รหัสประจำตัว	54010241
	นายณัฐศนันท์ เกษมสุขโรจนศิริ	รหัสประจำตัว	54010460
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา		
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร. ชลิดา อุตะเกา		

คณะกรรมการสอบโครงการพิเศษ		ลายมือชื่อ
ดร.ชลิดา	อุตะเกา	
รศ.ดร.อุมา	สีบุญเรือง	
ดร.ภาสกร	ขันทองทิพย์	
ดร.ชดชนก	อัฒพงษ์	กนก อัทธพงษ์
ผศ.ดร.นันทวัฒน์	จรัสโรจน์ธนเดช	

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว



(ผศ.ดร.นันทวัฒน์ จรัสโรจน์ธนเดช)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

วันที่ 15 เดือน มค พ.ศ. 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาโทที่สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์ของบุคคลหลายท่าน ซึ่งไม่อาจจะนำมากล่าวได้ทั้งหมด ซึ่งผู้มีพระคุณท่านแรกที่คุณศึกษาใคร่ขอกราบพระคุณคือ ดร. ชลิตา อู่ตะเภา อาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้ความรู้ คำแนะนำ ตรวจสอบ และแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่ทุกขั้นตอนในการศึกษา เพื่อให้ปริญญาโทเล่มนี้ออกมาได้สมบูรณ์ที่สุด

ขอขอบพระคุณ บริษัท Trimber Navigation Limited บริษัท Dassault Systemes SolidWorks Corporation และ บริษัท Autodesk Incorporation ที่เอื้อเพื่อ โปรแกรมสำหรับการทดลองใช้งาน (Trail Version) และ โปรแกรมสำหรับการศึกษา (Education Version)

ขอขอบพระคุณ กรมชลประทาน จังหวัดนครสวรรค์ ที่ได้ให้ข้อมูลในการทำปริญญาโทเล่มนี้ให้มีข้อมูลครบถ้วน สมบูรณ์ และได้ให้คำแนะนำต่างๆ ในด้านการค้นคว้าต่อ

ขอขอบพระคุณ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา ที่ได้มอบความรู้ต่างๆ ในด้านการศึกษาหาข้อมูลต่างๆ และได้นำความรู้ที่ได้มาประยุกต์ใช้กับปริญญาโทเล่มนี้

นายจักรกริช กิตติพงษ์ชัยกิจ

นายเจษฎา บุญวิทย์

นายณัฐชนันท์ เกษมสุขโรจนศิริ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
สารบัญ	V
สารบัญตาราง	VIII
สารบัญรูป	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 กล่าวนำ	1
1.2 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.3 วัตถุประสงค์	2
1.4 ขอบเขต	2
1.6 วิธีการศึกษา	3
1.7 แผนการดำเนินงาน	4
บทที่ 2 วรรณกรรมปริทัศน์	5
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	5
2.1.1 สมการความต่อเนื่อง (Continuity Equations) [4]	5
2.1.2 สมการอนุรักษ์โมเมนตัม (Momentum Equations) [5]	8
2.1.3 สมการอนุรักษ์พลังงาน (Energy Equations) [5]	12
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	14
2.2.1 การศึกษาพฤติกรรมของทางน้ำล้นภายใต้ น้ำท่วมที่สูงขึ้นด้วย CFD	14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.2.2 การศึกษาการบริหารจัดการ กระบวนการการป้องกันภัยน้ำท่วมของชุมชนในเขตบาง กรวย-ไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี กรณีศึกษาหมู่บ้านศิริวรรณ 1	17
--	----

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการศึกษา.....	19
------------------------------------	----

3.1 วิธีการ	19
-------------------	----

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา.....	19
----------------------------------	----

3.3 ขั้นตอนการดาวน์โหลดโปรแกรมและการติดตั้ง	19
---	----

3.3.1 โปรแกรม Autodesk Simulation CFD 2015	19
--	----

3.3.2 โปรแกรม Solid Work 2014	25
-------------------------------------	----

3.3.3 โปรแกรม Google SketchUp 2014	28
--	----

3.4 ขั้นตอนในการดำเนินการศึกษาโมเดลต้นแบบ	32
---	----

3.4.1 ขั้นตอนการสร้างโมเดลต้นแบบ	32
--	----

3.4.2 ขั้นตอนการ Export ไฟล์ .skp เป็นไฟล์นามสกุล .Dwg เพื่อนำเข้าไปใช้ในโปรแกรม SolidWork.....	33
--	----

3.4.3 เข้าโปรแกรม SolidWork เพื่อรันไฟล์ที่ทำการ Export มาจากโปรแกรมSketchUp2014	33
---	----

3.4.4 เมื่อทำการ Active เพื่อให้โมเดลมาประมวลผลในโปรแกรม Autodesk Simulation CFD 2015 (3D) จะมีการตั้งค่า	34
--	----

3.4.5 หลังจากนั้นทำการ Meshsizing โดยการกด Autosize เพื่อกำหนดพื้นที่ขอบเขตที่เรา ต้องการให้เกิดการไหล	35
---	----

3.4.6 ขั้นตอนการตั้งค่าการ Solve ของโปรแกรม.....	36
--	----

3.5 ขั้นตอนในการดำเนินงานศึกษาโมเดลพื้นที่ศึกษา	37
---	----

3.5.1 ทำการสร้างโมเดลจากโปรแกรม SketchUp	37
--	----

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และห้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.5.2 นำโมเดลที่ได้ไป Run ผ่าน โปรแกรม SolidWork.....	41
3.5.3 การตั้งค่าและ Run ผ่าน โปรแกรม Autodesk Simulation CFD 2015 (3D).....	43
บทที่ 4 ผลการศึกษาและการวิเคราะห์ผล	47
4.1. ผลการศึกษาและวิเคราะห์ผล	47
4.1.1. ผลการใช้โปรแกรม Autodesk Simulation CFD (3D) เพื่อจำลองพื้นที่และอาณาเขต ศึกษา.....	47
4.1.2 พื้นที่ที่คาดว่าจะได้รับผลกระทบจากการไหลที่เกิดจากแบบจำลอง	49
4.1.3 การเสนอแนะแนวทางในการแก้ไขปัญหา.....	51
4.2 ผลการวิเคราะห์ที่ได้จากแบบจำลองกับแนวทางในการบรรเทาอุทกภัย ในปี 2554 ของ อาจารย์ วีระชัย ชูพิศาลโยธิน	54
4.3 ผลการวิเคราะห์ที่ได้จากแบบจำลองกับแนวทางการบริหารจัดการน้ำโครงการชลประทาน นครสวรรค์ ในช่วงฤดูน้ำหลาก.....	57
4.4 แนวทางการแก้ไขปัญหาเมื่อเปรียบเทียบผลจากแบบจำลองและผลการวิเคราะห์ของหัวข้อที่ 4.3 และ 4.4.....	59
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงาน	65
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน	65
5.1.1 สรุปผลการดำเนินงานพื้นที่ที่คาดว่าจะได้รับผลกระทบจากโมเดลที่ทำการศึกษา	66
5.1.2 สรุปความเชื่อมโยงระหว่างโมเดลที่ศึกษากับพื้นที่จริงที่มีการก่อสร้าง	67
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	68
บรรณานุกรม	69

สารบัญตาราง

ตาราง

หน้า

ตารางที่ 1. 1 ตารางแสดงระยะเวลาดำเนินงาน	4
--	---



สารบัญรูป

รูป	หน้า
รูปที่ 1. 1 วิธีการศึกษางานวิจัย	3
รูปที่ 2. 1 ส่วนหนึ่งของ flow tube ของของไหลที่กำลังไหล	6
รูปที่ 2. 2 แสดงรูปแบบการไหลต่างๆ	8
รูปที่ 2. 3 (ก) การพุ่งของลำน้ำกระทบกับวัตถุโค้งที่กำลังเคลื่อนที่	9
รูปที่ 2. 4 การวิเคราะห์ผลต่างความเร็วในรูปเวกเตอร์	9
รูปที่ 2. 5 การวิเคราะห์ความเร็วสัมพัทธ์และแรง	10
รูปที่ 2. 6 หัวของอนุภาคของไหลบนหน้าตัดใดๆ ของการไหลในทางน้ำเปิด	12
รูปที่ 2. 7 Head ของหน้าตัดการไหลของการไหลในทางน้ำเปิด	13
รูปที่ 2. 8 เส้นแสดงระดับความดันและทิศทางของความเร็ว at $t=1.5s$ ($H/Hd = 1.33$)	15
รูปที่ 2. 9 โมเดล 3 มิติที่แสดงขึ้นส่วนของน้ำและความเร็ว (m/s) ที่กำลังไหลข้ามทางน้ำสั้น แบบ steady state ($H/Hd = 1.33$)	16
รูปที่ 3. 1 แสดงการสมัครสมาชิกกับ Autodesk โดยคลิกที่ Create account	20
รูปที่ 3. 2 กรอกข้อมูลในช่องต่างๆครบถ้วน	20
รูปที่ 3. 3 เลือก version ของโปรแกรม ภาษา และระบบปฏิบัติการ	21
รูปที่ 3. 4 เลือกเป็น Browser download โปรแกรมจะถูกดาวน์โหลด โดยอัตโนมัติ	21
รูปที่ 3. 5 แสดงการเลือก Destination Folder	22
รูปที่ 3. 6 โปรแกรมจะเริ่มแตกไฟล์และปรากฏหน้าต่าง Install ตั้งรูปแบบบน ให้เลือก Install เพื่อทำการติดตั้งโปรแกรม	22
รูปที่ 3. 7 ทำการเลือก ประเทศ และกดตกลงเกี่ยวกับข้อบังคับของทางโปรแกรม	23
รูปที่ 3. 8 เลือก Stand Alone ในส่วนของ License Type และ ในส่วนของ Product Information เราจะได้ Serial number มาเนื่องจากการสมัครสมาชิกในตอนต้น ซึ่งจะอยู่ใน e-mail ที่เราสมัคร ..	24
รูปที่ 3. 9 ดาวน์โหลดจาก service pack ที่เป็นตัวฟรีซอฟต์แวร์ของทาง Solidworks โดยทำการสมัครสมาชิกและเลือกเวอร์ชันในการติดตั้ง	25
รูปที่ 3. 10 หลังจากกดเริ่มการติดตั้ง ให้เลือก Individual (on this computer) และเลือก next	26
รูปที่ 3. 11 ทำการใส่ Serial number ที่ข้างกล่องลงไป	26

สารบัญรูป(ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 3. 12 การติดตั้งเสร็จสิ้น เราจะสามารถเลือกที่จะเข้า Solidworks Customers Improvement Program หรือ ไม่ก็ได้ ตามต้องการ เป็นการเสร็จสิ้น	27
รูปที่ 3. 13 เมื่อเปิดเว็บไซต์ขึ้นมา ก็จะพบหน้าต่างที่ให้ทำการเลือกลักษณะการใช้งานให้ทำการเลือกเป็น Educational Use.....	28
รูปที่ 3. 14 ทำการเลือก version โปรแกรมทางช่องขวาล่างเป็น Sketchup Make และทำการกรอกข้อมูลเพื่อดาวน์โหลด หลังจากนั้นกด Download เป็นการเสร็จสิ้น	28
รูปที่ 3. 15 หลังจาก download มาแล้วให้ทำการเปิดไฟล์ที่ดาวน์โหลดมา	29
รูปที่ 3. 16 เมื่อ โปรแกรมโชว์หน้าต่างดังในภาพให้กด Next เพื่อเข้าสู่ขั้นตอนต่อไป	29
รูปที่ 3. 17 ในส่วนของ License agreement ทำการตกลงในส่วนของข้อตกลงสำหรับโปรแกรม ...	30
รูปที่ 3. 18 ขั้นตอนที่เราสามารถเลือก Destination ที่เราต้องการจะลงโปรแกรมนี้ได้ เมื่อระบุแล้วทำการกด Next เพื่อเข้าสู่ขั้นตอนถัดไป	30
รูปที่ 3. 19 ถัดมาจะพบกับหน้าต่าง install ให้กดปุ่ม install เพื่อทำการลงโปรแกรม	31
รูปที่ 3. 20 ลงโปรแกรมเสร็จ กดปุ่ม Finish เป็นอันเสร็จสิ้น.....	31
รูปที่ 3. 21 รูปแสดงการสร้างโมเดลจากโปรแกรม Sketchup 2014.....	32
รูปที่ 3. 22 รูปแสดงการ Export เป็นไฟล์ .Dwg	33
รูปที่ 3. 23 รูปแสดงการใช้งานในโปรแกรม Solidwork.....	33
รูปที่ 3. 24 รูปแสดงการตั้งค่า Initial Conditions และ Materials	34
รูปที่ 3. 25 รูปแสดงการ Meshsizing	35
รูปที่ 3. 26 รูปแสดงการ ตั้งค่าที่ Tab Menu Solve	36
รูปที่ 3. 27 รูปแสดงการไหลในรูปแบบสามมิติของโปรแกรม.....	36
รูปที่ 3. 28 แสดงการนำระดับพื้นที่จริงจาก Google Earth.....	37
รูปที่ 3. 29 แสดงการสร้างโมเดลในส่วนแรก.....	38
รูปที่ 3. 30 แสดงการสร้างโมเดลในส่วนพื้นที่รับน้ำ.....	38
รูปที่ 3. 31 แสดงการสร้างโมเดลในส่วนของแม่น้ำเจ้าพระยา.....	39
รูปที่ 3. 32 แสดงการสร้างโมเดลในส่วนของปริมาณน้ำที่ไหลเข้ามา	39
รูปที่ 3. 33 แสดงการ Export 3D Model เพื่อนำไปเข้าสู่โปรแกรม SolidWork	40

สารบัญรูป(ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 3. 34 แสดงการเปิดไฟล์ที่ Export มาจากโปรแกรม SketchUp.....	41
รูปที่ 3. 35 แสดงการ Import ไฟล์โมเดล.....	41
รูปที่ 3. 36 แสดงการ Active Model ผ่านโปรแกรม SolidWork ไป โปรแกรม Autodesk Simulation CFD 2015 (3D)	42
รูปที่ 3. 37 แสดงการกำหนด Materials ให้ทั้งหมดเป็น Water.....	43
รูปที่ 3. 38 แสดงการกำหนด Initial Conditions ให้กำหนดคอลลิ่งน้ำที่ไหลเข้าเป็น Height of fluid	44
รูปที่ 3. 39 แสดงการ Mesh พื้นที่ทั้งหมด.....	44
รูปที่ 3. 40 แสดงการ Solve โดยตั้งค่าในแท็บ Physics ในโหมด Free surface โดยกำหนดค่าตามภาพ.....	45
รูปที่ 3. 41 แสดงการตั้งค่าในแท็บ Control โดยกำหนดค่าตามภาพ.....	45
รูปที่ 3. 42 แสดงผลการ Solve ที่ได้จากโปรแกรม.....	46
รูปที่ 4. 1 พื้นที่สามมิติจากโปรแกรม Google Sketchup แสดงให้เห็นว่าทางทิศตะวันออกของกลุ่มน้ำมีตลิ่งที่อยู่ต่ำกว่าทางทิศตะวันตก.....	47
รูปที่ 4. 2 พื้นที่ที่ได้จากการแสดงผล Simulation ใน โปรแกรม Autodesk Simulation CFD.....	48
รูปที่ 4. 3 พื้นที่ที่ได้จากการแสดงผล Simulation ใน โปรแกรม Autodesk Simulation CFD ด้าน Top View.....	48
รูปที่ 4. 4 พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากน้ำล้นตลิ่งเป็นอันดับแรก.....	49
รูปที่ 4. 5 สถานที่สำคัญที่คาดว่าจะได้รับผลกระทบ	50
รูปที่ 4. 6 แสดงสถานที่สำคัญบริเวณพื้นที่ศึกษาที่คาดว่าจะได้รับผลกระทบ	50
รูปที่ 4. 7 แสดงแนวบริเวณที่สร้างคันกั้นน้ำเลียบลำน้ำเพื่อป้องกันจากน้ำล้นตลิ่ง	51
รูปที่ 4. 8 แสดงแนวบริเวณที่สร้างคันกั้นน้ำเลียบลำน้ำเพื่อป้องกันจากน้ำล้นตลิ่งในรูปแบบ 3 มิติ.....	52
รูปที่ 4. 9 แสดงจุดที่คันกั้นน้ำพังทลายในปี พ.ศ.2554	59
รูปที่ 4. 10 แสดงคันกั้นน้ำที่สร้างแล้วเสร็จบริเวณฝั่งสาละกลาง.....	60
รูปที่ 4. 11 แผนงานโครงการขุดลอกลำเจ้าสร้อย	61
รูปที่ 4. 12 แผนงานโครงการขุดลอกคลองกระดาน	62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ภายนอกการดำเนินการ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และให้อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 4. 13 โครงการระบบผันน้ำแม่น้ำปิงฝั่งตะวันตก (ปิง-เจ้าพระยา)จากตำบลบางแก้ว อำเภอบรรพตพิสัย ถึง ตำบลบางมะฝ่อ อำเภอโกรกพระ จังหวัดนครสวรรค์	64
รูปที่ 5. 1 รูปแสดงการนำแผนที่โดยการ Import ข้อมูลจาก Google Map	65
รูปที่ 5. 2 แสดงแผนที่บริเวณที่ได้รับผลกระทบเป็นอันดับแรกและอันดับต่อมา.....	66
รูปที่ 5. 3 แสดงจุดที่มีการสร้างกำแพงกั้นน้ำแล้วเสร็จ.....	67
รูปที่ 5. 4 แสดงพื้นที่เปรียบเทียบระหว่างจุดที่คาดการณ์จากโมเดลและจุดที่มีการสร้างกำแพงกั้นน้ำแล้วเสร็จ.....	67



บทที่ 1

บทนำ

1.1 กล่าวนำ

การเกิดปัญหาทางด้านอุทกภัยในประเทศไทย ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันยังไม่สามารถแก้ไขได้ทั้งหมดเพียงแค่ มาตรการและลดความเสียหายที่จะเกิดขึ้น เพื่อให้การคาดการณ์เหตุการณ์ต่างๆ แม่นยำมากขึ้นจึงจำเป็นต้องสร้างแบบจำลอง เพื่อวางแผนการแก้ไขปัญหาดังกล่าวทั้งแบบจำลองในรูปแบบสามมิติยังสามารถช่วยให้เข้าใจในสถานการณ์ได้ง่าย และ โครงการพิเศษนี้จึงศึกษาโปรแกรมจำลองเพื่อช่วยในการตัดสินใจ และหนทางกำบังและแก้ไขปัญหาน้ำหลาก โดยการ ใช้โปรแกรมจำลองลักษณะการไหล Autodesk Simulation CFD 2015 (3D) เพื่อจำลองเหตุการณ์ และลักษณะการไหล อีกทั้งยังสามารถจำลองและทดสอบมาตรการการแก้ไข เช่น การจำลองสภาพการเกิดภัยพิบัติจากน้ำหลาก การสร้างฝาย การขุดคลองเพื่อเปลี่ยนเส้นทางน้ำ โดยสามารถศึกษาผลกระทบของวิธีการเหล่านั้นจากแบบจำลองได้

1.2 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากปัญหาน้ำหลากเกิดขึ้นบ่อยในประเทศไทย[1] โดยมีงานวิจัยศึกษาผลกระทบพบว่า มูลค่าของชีวิตเชิงสถิติของประชาชนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่เสี่ยงคิดได้เฉลี่ย 0.67 – 4.67 ล้านบาทต่อคนต่อปี[2] ทั้งนี้หากมีมาตรการการวางแผนการไหลคอยช่วยในการเฝ้าระวังและแก้ไขปัญหาก็จะช่วยลดความเสี่ยงต่อการสูญเสียทางชีวิตและทรัพย์สินได้

การวางแผนการไหลของน้ำส่วนใหญ่มักจะเป็นการคาดเดาด้วยการคิดว่าน้ำจากจุดหนึ่งจะไหลไปยังอีกจุดหนึ่ง น้ำน่าจะท่วมในบริเวณที่คาดการณ์นั้นๆ แต่การคิดคาดเดาแบบนี้ทำให้มองไม่เห็นสภาพการไหลของน้ำหลากที่แท้จริงว่าถ้าเกิดน้ำหลากขึ้นมาจริง จะมาลักษณะใด ท่วมขนาดไหน และจะท่วมไปถึงบริเวณใด เพราะมีปัจจัยจากตัวแปรอื่นๆ ให้พิจารณา เช่น เชื่อน ฝาย แม่น้ำ คลอง ประตูน้ำ ท่อระบายน้ำ สภาพชั้นความสูงของพื้นที่(terrain) ปริมาณน้ำของฝนที่ตก ปริมาณพื้นที่รับน้ำที่ต้องพิจารณา ยิ่งหากมีพื้นที่รับน้ำมากขึ้นเท่าไร การคาดการณ์ก็ยังมีโอกาสเกิดการคลาดเคลื่อนมากขึ้นเท่านั้น ด้วยเหตุนี้ การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยจะเป็นหนทางที่อาจจะสามารถแก้ไขปัญหาด้านความน่าเชื่อถือและความถูกต้องของข้อมูล จากการทดลองใช้โปรแกรม Autodesk Simulation CFD 2015 (3D) เบื้องต้น พบว่า มีความน่าเชื่อถือของข้อมูลและประสิทธิภาพเพียงพอที่จะนำมาใช้กับงานด้านวิศวกรรมโยธา หรือในเรื่องของน้ำหลากที่ประเทศไทยประสบอยู่

1.3 วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อศึกษาการใช้โปรแกรม Autodesk Simulation CFD 2015 (3D) ในการวิเคราะห์และแก้ไขน้ำหลาก
- 2) เพื่อศึกษาการนำผลจากการวิเคราะห์โดยโปรแกรม Autodesk Simulation CFD 2015 (3D) มาใช้ในการแก้ปัญหาน้ำหลาก

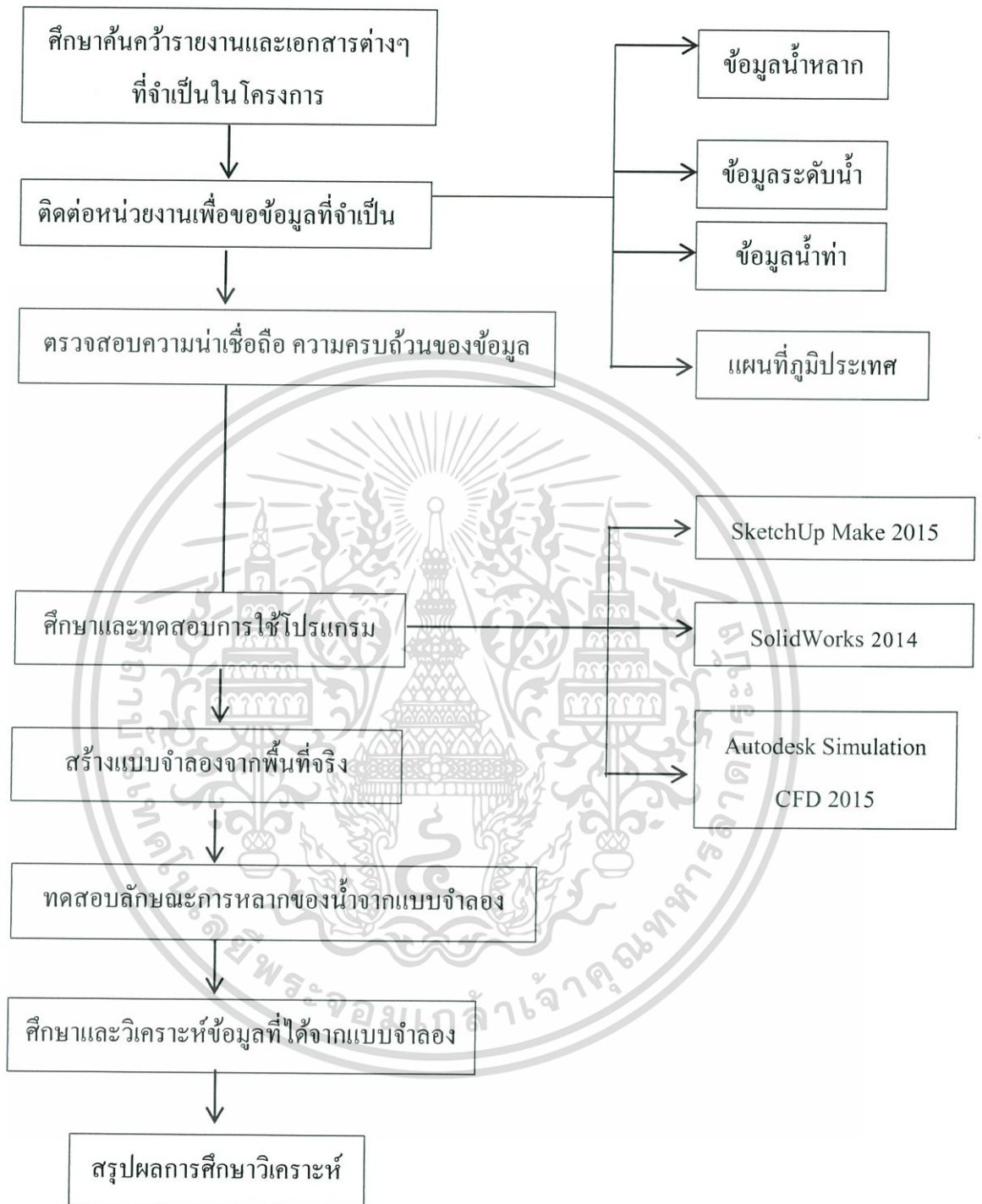
1.4 ขอบเขต

- 1) ศึกษากระบวนการ Simulation โดยโปรแกรม Autodesk Simulation CFD 2015 (3D)
- 2) จำลองพื้นที่ในเขต จังหวัด นครสวรรค์ แม่น้ำเจ้าพระยา บริเวณสถานีวัดน้ำ C.2
- 3) ทำการศึกษาข้อมูลลำน้ำในช่วงเวลาเดือนกันยายน – เดือนพฤศจิกายน
- 4) ศึกษาข้อมูลทุติยภูมิด้านลำน้ำ การป้องกันน้ำหลาก การป้องกันน้ำท่วม และข้อมูลทั่วไปของพื้นที่ศึกษา เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในโปรแกรม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 วิธีการศึกษา



รูปที่ 1.1 วิธีการศึกษานานวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.7 แผนการดำเนินงาน

ลำดับ	ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน	เดือน								
		ส.ค.	ก.ย.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1	ศึกษาโปรแกรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	← →								
2	ออกแบบโมเดลต้นแบบเพื่อนำไปพัฒนา		← →							
3	นำโมเดลเพื่อนำไปประยุกต์ใช้แผนที่จริงและทำการสร้างโมเดลอีกครั้ง		← →			← →				
4	ทำการวิเคราะห์และปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้เกิดความถูกต้อง		← →							
5	ทดสอบ ตรวจสอบ ปรับปรุง และแก้ไข โปรแกรมอีกครั้ง						← →			
6	สรุปผลการทำปริญญานิพนธ์						← →			
7	จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์							← →		

ตารางที่ 1.1 ตารางแสดงระยะเวลาดำเนินงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

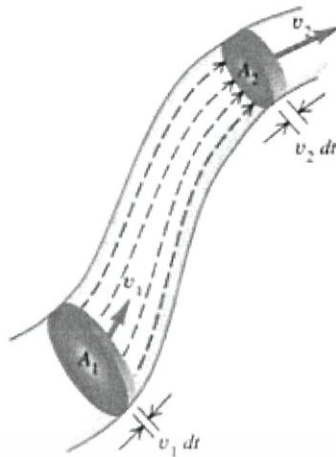
วรรณกรรมปริทัศน์

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

หลักการของ Computational Fluid Dynamics (CFD) ในทางปฏิบัติมักจะหาข้อมูลที่เป็นสำหรับการออกแบบทางวิศวกรรมผ่านการทดลอง (experimental fluid dynamics, EFD) โดยการสร้างแบบจำลองและทดสอบภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดปัจจุบันจึงมีการพัฒนาวิธีการหาคำตอบโดยประมาณ (approximate solution) ของระบบสมการดังกล่าว โดยใช้ระเบียบวิธีเชิงตัวเลข (numerical method) มาช่วยในการคำนวณ (CFD) คือเทคนิคในการสร้างแบบจำลองการไหลโดยใช้ระบบสมการเชิงอนุพันธ์ย่อยและทำการปรับระบบสมการดังกล่าวให้เป็นระบบสมการทางพีชคณิต (algebraic equation) ในช่วงเริ่มต้นนั้น CFD ได้เข้ามามีส่วนเกี่ยวข้องเฉพาะในงานวิศวกรรมด้านการออกแบบสมการหลักที่ใช้ในการคำนวณทางพลศาสตร์ของไหล ได้แก่

2.1.1 สมการความต่อเนื่อง (Continuity Equations) [4]

มวลของของไหลจะไม่เปลี่ยนแปลงในขณะที่มันเคลื่อนที่ นี่เป็นที่มาของสมการของความต่อเนื่อง พิจารณาส่วนหนึ่งของ flow tube ที่อยู่ระหว่างภาคตัดขวาง 2 บริเวณ ดังแสดงในรูปที่ 2.1 ของไหลกำลังเคลื่อนที่จากด้านล่างไปยังด้านบนของ flow tube ภาคตัดขวางด้านล่างมีพื้นที่ A_1 และด้านบนมีพื้นที่ A_2 อัตราเร็วของของไหลที่บริเวณทั้งสองนี้มีค่าเป็น v_1 และ v_2 ตามลำดับ ไม่มีของไหลผ่านเข้าออกระหว่างผนังของ flow tube นี้ เนื่องจากที่ทุกจุดบนผนังของ flow tube เวกเตอร์ความเร็วของของไหลจะขนานกับผนัง ในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ dt ของไหลจากพื้นที่หน้าตัด A_1 จะเคลื่อนที่ได้ระยะทาง $v_1 dt$ ดังนั้น จะได้ของไหลรูปท่อทรงกระบอกที่มีความสูง $v_1 dt$ พื้นที่หน้าตัด A_1 และมีปริมาตรเป็น $dV_1 = A_1 v_1 dt$ ซึ่งกำลังไหลเข้าไปใน flow tube ผ่านพื้นที่หน้าตัด A_1



รูปที่ 2.1 ส่วนหนึ่งของ flow tube ของของไหลที่กำลังไหล

ในช่วงเวลาสั้น ๆ เดียวกันนี้ ของไหลรูปท่อทรงกระบอกที่มีปริมาตรเป็น $dV_1 = A_1 v_1 dt$ ก็กำลังไหลออกจาก flow tube ผ่านพื้นที่หน้าตัด A_2

เราจะพิจารณาสำหรับกรณีของของไหลที่บีบอัดไม่ได้ นั่นคือความหนาแน่น ρ มีค่าคงที่ที่ทุกจุด มวล dm_1 ของของไหลรูปท่อทรงกระบอกที่กำลังไหลเข้าไปใน flow tube ผ่านพื้นที่หน้าตัด A_1 ในช่วงเวลา dt คือ $dm_1 = \rho A_1 v_1 dt$ เช่นเดียวกันสำหรับมวล dm_2 ของของไหล รูปท่อทรงกระบอก ที่กำลังไหลออกจาก flow tube ผ่านพื้นที่หน้าตัด A_2 จะได้ $dm_2 = \rho A_2 v_2 dt$ ใน steady flow มวลรวมภายใน flow tube ต้องมีค่าคงที่ นั่นคือ $dm_1 = dm_2$ จะได้ว่า

$$\rho A_1 v_1 dt = \rho A_2 v_2 dt$$

หรือ $A_1 v_1 = A_2 v_2$ (1)

สมการ 1 นี้เป็น สมการของความต่อเนื่อง (continuity equation) สำหรับของไหลที่บีบอัดไม่ได้ ผลคูณ Av คือ อัตราการไหลเชิงปริมาตร (volume flow rate) $\frac{dV}{dt}$ (หรืออาจเรียกสั้น ๆ ว่า อัตราการไหล) ซึ่งคือปริมาตรของของไหลที่ไหลผ่านพื้นที่ตัดขวางหนึ่งของ flow tube ในหนึ่งหน่วยเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\frac{dV}{dt} = Av \quad (\text{volume flow rate}) \quad (2)$$

เราอาจวัดอัตราการไหลของของไหลโดยใช้ อัตราการไหลเชิงมวล (mass flow rate) ซึ่งหมายถึงมวลของของไหลที่ไหลผ่านพื้นที่ตัดขวางหนึ่งในของ flow tube ในหนึ่งหน่วยเวลา เราสามารถคำนวณได้โดยคูณ ρ ด้วยความหนาแน่นของของไหล ρ ดังนี้

$$\frac{dm}{dt} = \rho \frac{dV}{dt} = \rho Av \quad (\text{mass flow rate}) \quad (3)$$

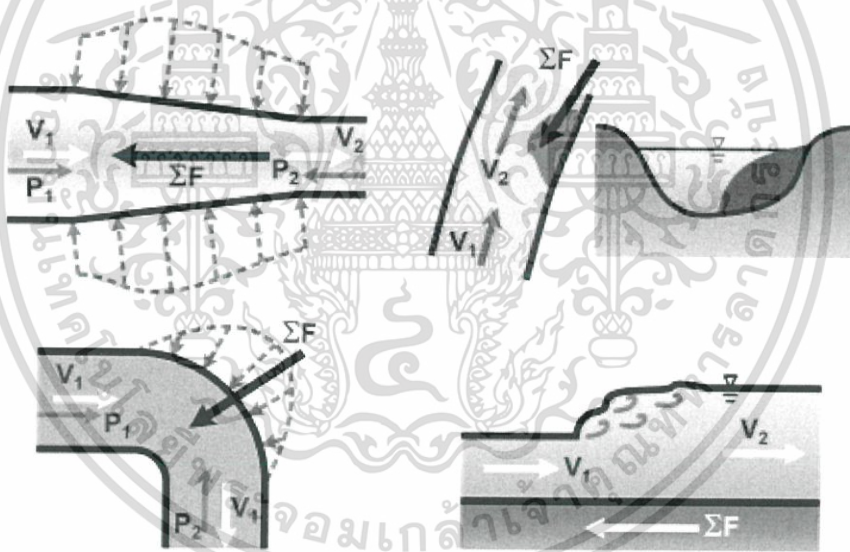
สมการของความต่อเนื่อง $A_1 v_1 = A_2 v_2$ แสดงให้เห็นว่าอัตราการไหลมีค่าคงที่ที่ทุกจุดใน flow tube เมื่อพื้นที่หน้าตัดของ flow tube มีขนาดลดลง ของไหลจะไหลได้เร็วขึ้น (อัตราเร็วของของไหลมากขึ้น) และในทางกลับกัน เมื่อพื้นที่หน้าตัดของ flow tube มีขนาดเพิ่มขึ้น ของไหลจะไหลได้ช้าลง (อัตราเร็วของของไหลน้อยลง) ตัวอย่างที่มีให้เห็นในธรรมชาติคือ อัตราเร็วของน้ำในแม่น้ำ ในบริเวณที่ลึกลงพื้นที่หน้าตัดของแม่น้ำมีขนาดใหญ่ จึงทำให้กระแสน้ำไหลได้ช้ากว่าในบริเวณที่ตื้นกว่าซึ่งมีพื้นที่หน้าตัดเล็กกว่า อีกตัวอย่างหนึ่งคือถ้าเราสังเกตการไหลของน้ำที่ออกมาจากก๊อก เราจะเห็นว่าลำของน้ำจะแคบลงเนื่องจากมันตกลงมาเร็วขึ้น ทั้งนี้ก็เพราะอัตราการไหล $\frac{dV}{dt}$ คงที่ที่ทุกจุดของลำน้ำ ถ้ามีน้ำไหลจากท่อน้ำที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร ไปยังอีกท่อหนึ่งที่ต่อกันอยู่ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร อัตราเร็วของการไหล (flow speed: v) จะเพิ่มขึ้นเป็น 4 เท่าเมื่อมันอยู่ในท่อที่สอง

สำหรับของไหลที่บีบอัดได้ นั่นคือความหนาแน่นของของไหลไม่เท่ากันที่ตำแหน่งต่าง ๆ กัน ถ้า ρ_1 และ ρ_2 คือความหนาแน่นของของไหลที่บริเวณที่ 1 และ 2 ตามลำดับ เราต้องใช้ความสัมพันธ์

$$\rho_1 A_1 v_1 = \rho_2 A_2 v_2 \quad (\text{continuity equation, compressible fluid})$$

2.1.2 สมการอนุรักษ์โมเมนตัม (Momentum Equations) [5]

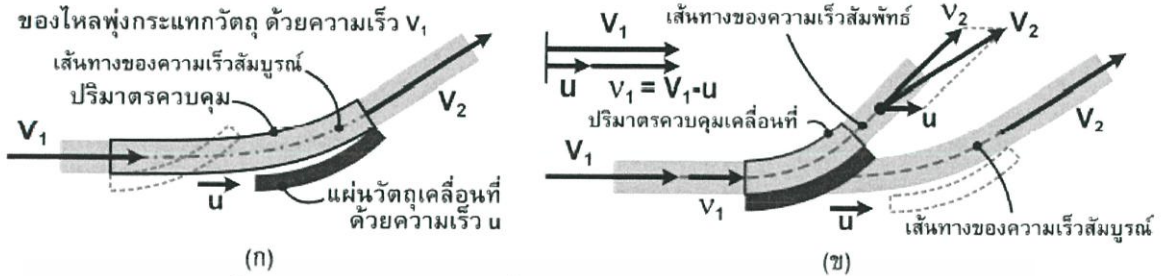
หากพิจารณาวัตถุใดๆที่กำลังเคลื่อนที่ เมื่อแรงภายนอกที่มากระทำไม่สมดุล จะเกิดความเร่งขึ้น ทำให้ขนาด หรือ ทิศทาง ของความเร็วมีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงความเร็วจะเกิดขึ้นอย่างช้าๆ ถ้าวัตถุนั้นมวลมาก หรือแรงที่มากระทำมีค่าน้อย ในทางตรงกันข้ามการเปลี่ยนแปลงจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วถ้าวัตถุนั้นมวลน้อย หรือแรงที่มากระทำมีค่ามากเป็นไปตามกฎอิมพัลส์โมเมนตัม (Impulse momentum) ในของไหลก็เช่นเดียวกัน หากการไหลมีการเปลี่ยนทิศทางหรือขนาดของความเร็ว นั้นเป็นผลมาจากแรงภายนอกที่มากระทำ เช่นในกรณีของการไหลในท่อที่มีการลดขนาดหรือข้ออเนกิตต่างๆ บริเวณผิวของผนังท่อจะส่งแรงกระทำไปยังกับของไหล ทำให้ขนาดและทิศทางของความเร็วเปลี่ยนไป หรือในกรณีการไหลในทางน้ำเปิด แรงเสียดทานที่ผิวของทางน้ำ หรือแรงต้านจากสิ่งกีดขวางจะทำให้ความเร็วของการไหลเปลี่ยนแปลงไปเช่นกัน ดังรูป



รูปที่ 2. 2 แสดงรูปแบบการไหลต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการ โมเมนตัมกับปริมาตรควบคุมแบบเคลื่อนที่ (Momentum equation for moving control volume)



รูปที่ 2.3 (ก) การพุ่งของลำน้ำกระทบกับวัตถุโค้งที่กำลังเคลื่อนที่

รูปที่ 2.3(ข) การพุ่งของลำน้ำในรูปเวกเตอร์

พิจารณาการพุ่งของลำน้ำกระทบกับวัตถุโค้งที่กำลังเคลื่อนที่ ดังรูปที่ 2.3(ก) แรงที่แผ่นวัตถุกระทำกับของไหลทำให้ความเร็วสัมบูรณ์ของของไหลเกิดการเปลี่ยนแปลง หรือมีการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม และเมื่อพิจารณาผลต่างของความเร็วสัมบูรณ์ที่เกิดขึ้นในรูปเวกเตอร์ จะได้ว่า

$$\Delta \vec{V} = \vec{V}_2 - \vec{V}_1 \tag{4}$$



รูปที่ 2.4 การวิเคราะห์ผลต่างความเร็วในรูปเวกเตอร์

ในทางปฏิบัติ เป็นการยากที่จะหาค่าความเร็วสัมบูรณ์ที่ออกจากปริมาตรควบคุม (V_2) ดังนั้นการคำนวณหาแรงที่เกิดขึ้นจึงไม่สามารถทำได้โดยตรง แต่สามารถพิจารณาเปรียบเทียบจากพฤติกรรมของความเร็วสัมพัทธ์ (v) ได้ดังนี้

จากรูปที่ 2.4
$$\vec{V}_1 = \vec{V}_1 - \vec{u} \tag{5}$$

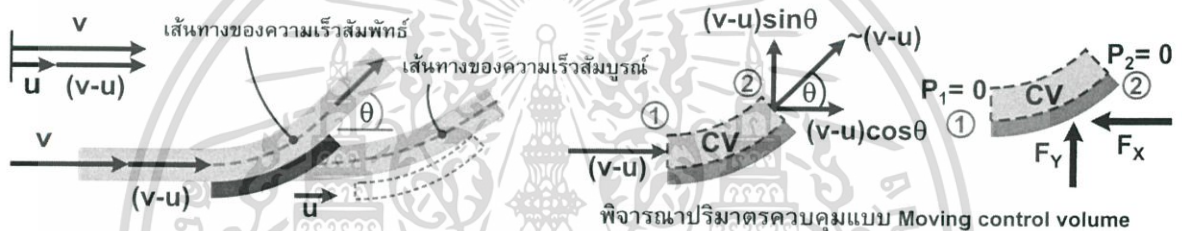
และ
$$\vec{V}_2 = \vec{V}_2 + \vec{u} \tag{6}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำสมการที่ 5 มาบวกกับสมการที่ 6 จะได้

$$\begin{aligned}\overline{V}_2 - \overline{V}_2 &= \overline{V}_2 - \overline{V}_1 \\ \Delta \overline{V} &= \Delta \overline{V}\end{aligned}\quad (7)$$

ความสัมพันธ์ในสมการที่ 7 หมายความว่า ผลต่างของความเร็วสัมบูรณ์จะมีค่าเท่ากับผลต่างของความเร็วสัมพัทธ์ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า เราสามารถวิเคราะห์แรงที่เกิดขึ้นโดยใช้ผลต่างโมเมนตัมของความเร็วสัมพัทธ์ได้ แทนที่จะวิเคราะห์จากผลต่างโมเมนตัมของความเร็วสัมบูรณ์ ซึ่งทำได้ยากกว่า



รูปที่ 2.5 การวิเคราะห์ความเร็วสัมพัทธ์และแรง

ที่เกิดกับกรณีของไหลพุ่งกระทบกับแผ่นวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ในกรณีของไหลพุ่งกระทบกับแผ่นวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ ถ้าการชนไม่มีการสูญเสียพลังงาน และการเปลี่ยนแปลงของหัวระดับมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับหัวอื่นๆ ความเร็วสัมพัทธ์ของการไหลออกจากปริมาตรควบคุม จะใกล้เคียงกับความเร็วสัมพัทธ์ของการไหลเข้าปริมาตรควบคุม ดังนั้นการวิเคราะห์การไหล และแรงที่เกิดขึ้นจึงมีลักษณะดังรูปที่ 2.2

จากรูปที่ 2.3(ก)

$$\begin{aligned}\sum F_x &= -F_x \\ \sum(\rho_{out}Q_{out}\bar{V}_{out})_x &= \rho Q(v-u)\cos\theta \\ \sum(\rho_{in}Q_{in}\bar{V}_{in})_x &= \rho Q(v-u)\end{aligned}$$

แทนค่าในสมการโมเมนตัม

$$\begin{aligned}-F_x &= \rho Q(v-u)\cos\theta - \rho Q(v-u) \\ \therefore F_x &= \rho Q(v-u)(1 - \cos\theta)\end{aligned}\quad (8)$$

$$\begin{aligned}\sum F_y &= +F_y \\ \sum(\rho_{out}Q_{out}\bar{V}_{out})_y &= \rho Q(v-u)\sin\theta \\ \sum(\rho_{in}Q_{in}\bar{V}_{in})_y &= 0\end{aligned}$$

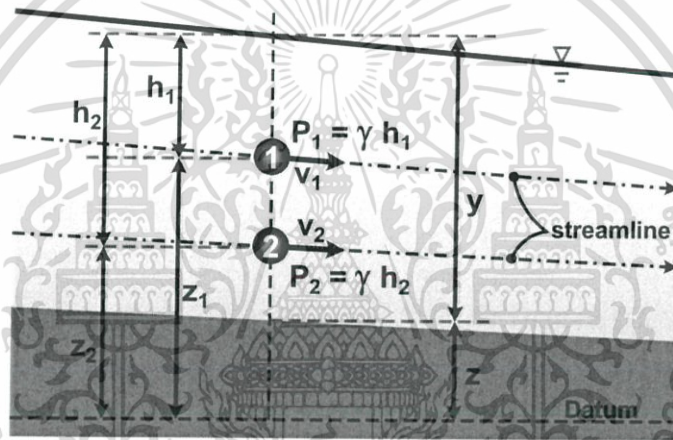
แทนค่าในสมการโมเมนตัม

$$\begin{aligned}+F_y &= \rho Q(v-u)\sin\theta - 0 \\ \therefore F_y &= \rho Q(v-u)\sin\theta\end{aligned}\quad (9)$$

สมการที่ 8 และ 9 คือแรงที่แผ่นวัตถุกระทำกับของไหล ถ้าต้องการหาค่าของแรงกระทำที่ของไหลกระทำกับแผ่นวัตถุ แรงนั้นก็คือแรงปฏิกิริยาของแรงที่คำนวณได้จากสมการที่ 8 และ 9

2.1.3 สมการอนุรักษ์พลังงาน (Energy Equations) [5]

สมการพลังงานคือสมการความสัมพันธ์ของหัวพลังงาน (Energy head) ของอนุภาคของไหลที่เคลื่อนที่ไปตาม streamline ผ่านจุดต่างๆ ซึ่งหัวที่ว่านั้นจะประกอบด้วย หัวระดับ (Elevation head) หัวความดัน (Pressure head) และหัวความเร็ว (Velocity head) โดยผลรวมของหัวระดับ กับหัวความดันจะเรียกว่า หัวสถิต (Static head) เมื่อพิจารณาเกี่ยวกับการไหลในทางน้ำเปิด ที่หน้าตัดการไหลเดียวกัน หากเราพิจารณาค่าหัวสถิตของอนุภาคของไหลใดๆ บนหน้าตัด ดังรูปที่ 2.6 จะเห็นได้ว่า



รูปที่ 2.6 หัวของอนุภาคของไหลบนหน้าตัดใดๆ ของการไหลในทางน้ำเปิด

จากรูปเมื่อพิจารณา static head ของอนุภาคของไหล 1 และ 2 มีค่าเท่ากับ

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} = Z_1 + \frac{(\gamma h_1)}{\gamma} = Z_1 + h_1 = (Z + y)$$

$$Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} = Z_2 + \frac{(\gamma h_2)}{\gamma} = Z_2 + h_2 = (Z + y)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากข้อพิสูจน์ดังกล่าวจะเห็นได้ว่า ไม่ว่าจะอยู่จุดใดบนหน้าตัดเดียวกัน ค่าของ static head จะมีค่าเท่ากันเสมอ ดังนั้นสมการพลังงานของการไหลในทางน้ำเปิดจึงมีรูปแบบดังต่อไปนี้

$$Z_1 + y_1 + \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + y_2 + \frac{V_2^2}{2g} + h_L \quad (10)$$

เมื่อ h_L = การสูญเสียพลังงาน

y_i = ความลึกที่หน้าตัด i

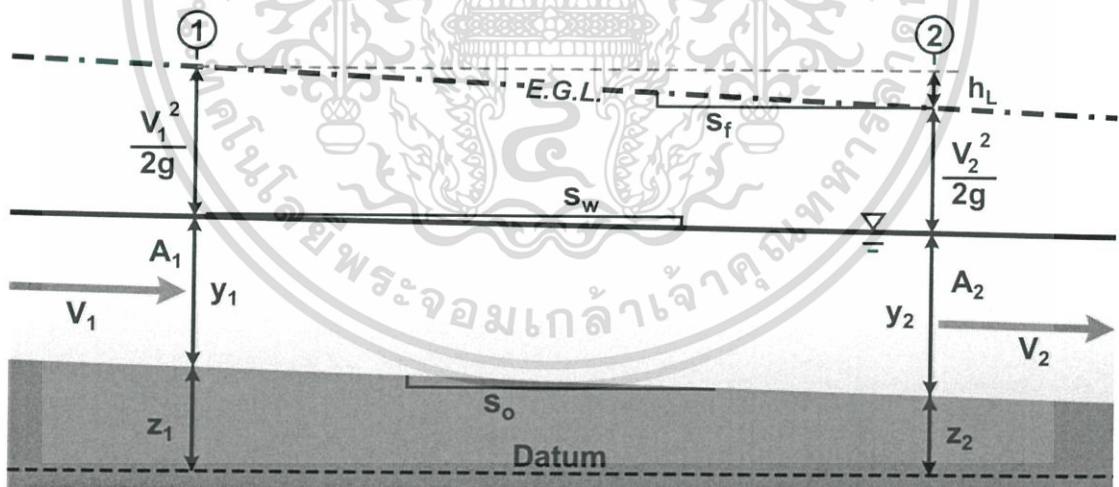
Z_i = ค่าระดับท้องรางน้ำที่หน้าตัด i

V_i = ความเร็วเฉลี่ยของการไหลที่หน้าตัด i

S_f = ความลาดชันของเส้นระดับพลังงานรวม

S_w = ความลาดชันของผิวน้ำ

S_o = ความลาดชันของท้องรางน้ำ



รูปที่ 2.7 Head ของหน้าตัดการไหลของการไหลในทางน้ำเปิด

สำหรับการไหลในทางน้ำเปิด สิ่งที่เราควรระวังคือค่า z ในสมการที่ 10 ไม่ใช่ค่า Head ของอนุภาคของของไหลแต่เป็นค่าระดับของท้องรางน้ำเปิดของหน้าตัดการไหลที่พิจารณา ซึ่งก็คือ Head ของหน้าตัดการไหล ส่วนความลึกของน้ำ (y) จะกลายเป็น Head ความดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 การศึกษาพฤติกรรมของทางน้ำล้นภายใต้น้ำท่วมที่สูงขึ้นด้วย CFD

สมการเชิงอนุพันธ์มีความต่อเนื่องกับสมการโมเมนตัมเป็นสูตรของพื้นที่ (2D) และปริมาตร (3D) ของฟังก์ชันความพรุน สูตรนี้ FAVOR (Fractional Area/Volume Obstacle Representation) จะใช้ในการสร้างแบบจำลองที่ซับซ้อนภูมิภาคเรขาคณิต

ขั้นตอนพื้นฐานในการแก้ปัญหาประกอบด้วยสามขั้นตอนต่อไปนี้

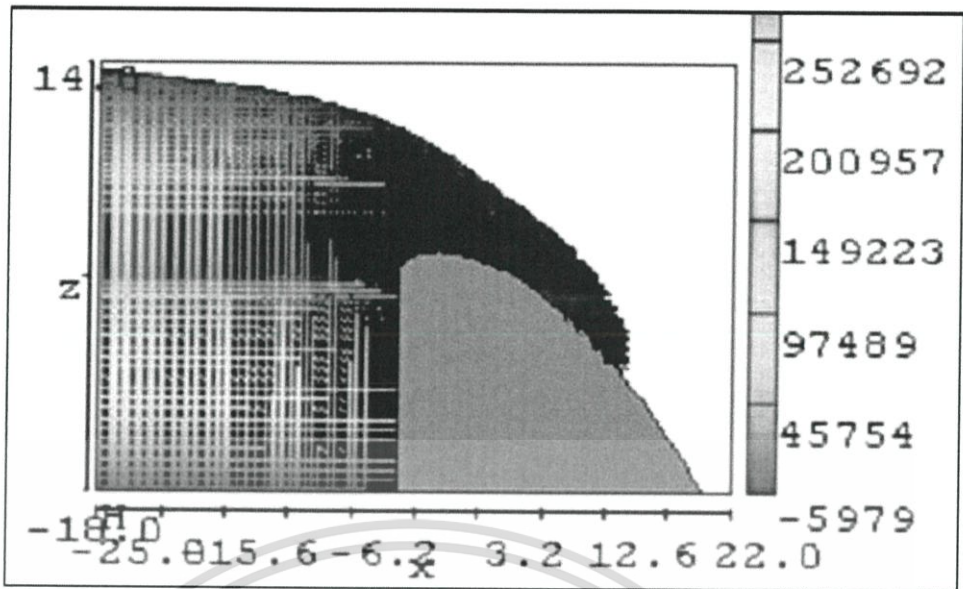
- 1) ขั้นตอนที่ 1: คำนวณความเร็วโดยใช้เงื่อนไขขั้นตอนของเวลาเริ่มต้นเพื่อหาความดันและความเร่งอื่น ๆ ได้อย่างชัดเจนใกล้เคียงกับสมการโมเมนตัม
- 2) ขั้นตอนที่ 2: ปรับแรงกดดันที่จะตอบสนองสมการความต่อเนื่อง
- 3) ขั้นตอนที่ 3: ปรับปรุงพื้นผิวอิสระของของเหลวหรืออินเตอร์เฟซที่จะกำหนดค่าของของเหลวใหม่ที่ขึ้นอยู่กับปริมาณของของเหลว

2.2.1.1 แบบจำลองของทางน้ำล้น 2 มิติ

จากในรูปแบบ 2 มิติ ลักษณะทางกายภาพของทางน้ำล้นแสดงผลใน Hydraulic Design Chart ในทิศทางแนวตั้งด้านเหนือน้ำและเส้นโค้งถูกกำหนดโดยรัศมี (($R=0.04H_d$, $R=0.20H_d$ และ $R=0.50H_d$; H_d เป็นความสูงที่ออกแบบ) ในด้านหน้าสันเขื่อน ในส่วนด้านท้ายน้ำจะถูกกำหนดตามสมการดังนี้

$$\left(\frac{x}{H_d}\right)^{1.85} = 2H_d^{0.85} \left(\frac{y}{H_d}\right) \quad (11)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



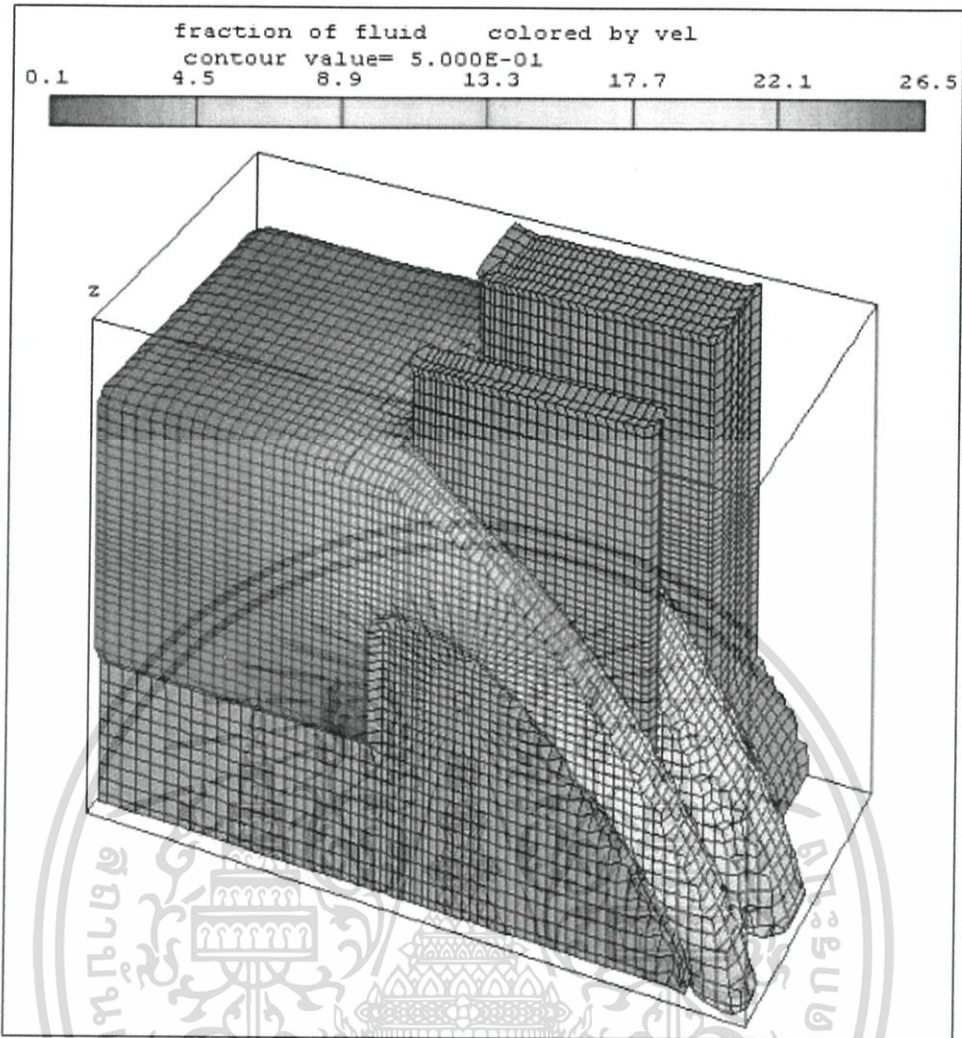
รูปที่ 2. 8 เส้นแสดงระดับความดันและทิศทางของความเร็ว at $t=1.5s$ ($H/Hd = 1.33$)

2.2.1.2 แบบจำลองของทางน้ำสัน 3 มิติ

แบบจำลอง 3 มิติ ขั้นตอนพื้นฐานที่ใช้ในการหาผลลัพธ์ประกอบด้วย 3 ข้อต่อไปนี้

- 1) คำนวณความเร็วโดยใช้ initial conditions หรือ previous time-step values ของค่าในแกนทิศทางต่างๆ เช่น ความดัน หรือความเร่งจากภายนอก ซึ่งมีค่าอยู่บนพื้นฐานของโมเมนตัม ตามสมการ Navier-Stokes
- 2) ปรับแก้ความดัน เพื่อให้เป็นไปตามสมการความต่อเนื่อง
- 3) กำหนดพื้นผิวอิสระ เพื่อเป็นองค์ประกอบใหม่ บนพื้นฐานของ VOF

จากการศึกษา ผลสรุปคือ การใช้ CFD ในการศึกษาพฤติกรรมของน้ำหลากสามารถทำได้ดี อีกทั้งยังสามารถนำไปใช้ร่วมกับงานวิศวกรรมลักษณะอื่นได้อีกด้วย



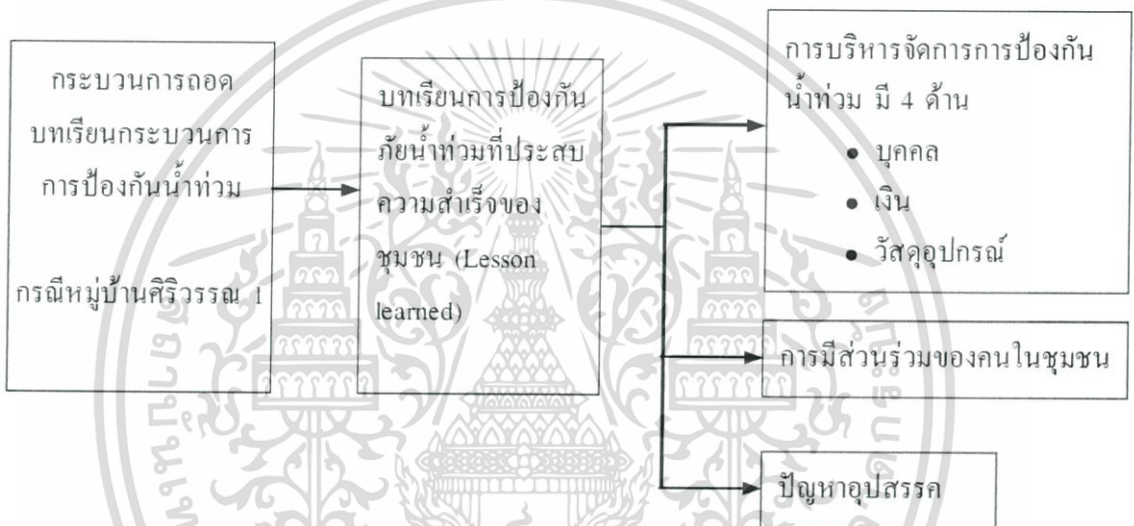
รูปที่ 2. 9 โมเดล 3 มิติที่แสดงชั้นส่วนของน้ำและความเร็ว (m/s) ที่กำลังไหลข้ามทางน้ำสั้น แบบ steady state ($H/H_d = 1.33$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 การศึกษาการบริหารจัดการ กระบวนการการป้องกันภัยน้ำท่วมของชุมชนในเขตบางกรวย-ไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี กรณีศึกษาหมู่บ้านศิริวรรณ 1

การป้องกันภัยน้ำท่วม คือ สภาพที่มีน้ำนองขึ้นมาบนผิวดินเป็นเวลานาน ก่อให้เกิดความยากลำบากในการสัญจร การอยู่อาศัย หรือ ทำให้พื้นที่ไม่สามารถใช้งานได้ตามปกติเมื่อเกิดน้ำท่วมขังในพื้นที่ก็แสดงว่าน้ำฝนไม่สามารถระบายออกจากพื้นที่ได้ทันทั่วทั้งที่ เราสามารถป้องกันการเกิดปัญหานี้ได้โดยการออกแบบสภาพทางกายภาพให้เอื้ออำนวยต่อการระบายน้ำคือออกจากพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.2.2.1 แนวความคิด



2.2.2.2 การบริหารจัดการการป้องกันภัย

1) ด้านบุคคล

ในการป้องกันภัย ได้มีการคัดเลือกคณะกรรมการทำงานผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องขึ้นมาเป็นทีมจำนวน 5 คน ที่มีความสามารถในการบริหารจัดการและประสานงาน โดยแต่งตั้งบุคคลให้เหมาะสมกับงานที่ปฏิบัติโดยแบ่งเป็น ด้านบัญชี การจัดการทั่วไป ประสานงาน ควบคุมดูแลวัสดุอุปกรณ์ ฯลฯ

2) ด้านการเงิน

ในกรณีหมู่บ้านศิริวรรณมีจำนวน 59 หลังคาเรือน เก็บหลังคาเรือนละ 1000 บาทต่อเดือน การเก็บเงินในครั้งนี้นำไปเป็นค่าใช้จ่ายน้ำมัน ทราย ฯลฯ ที่เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ป้องกันน้ำท่วม มีการทำบัญชีรายรับ-รายจ่าย เพื่อเป็นการจัดการที่มีประสิทธิภาพ เพื่อป้องกันการฉวยโอกาส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ด้านวัสดุอุปกรณ์

- เครื่องปั้นน้ำ ได้ขอความร่วมมือไปยังองค์การบริหารส่วนตำบล จึงขอยืมเครื่องปั้นน้ำได้มา จำนวน 2 เครื่อง รวมทั้งยังให้ความรู้ในการใช้งานที่ดีและมีประสิทธิภาพ
- สร้างคันดิน การสร้างคันดินจะสร้างให้สูงพอสมควรเพื่อรองรับน้ำที่จะมาถึง
- อุ้งทราย ได้รับความช่วยเหลือจากองค์การบริหารส่วนตำบล ที่มีการแจกจ่าย แต่ก็ไม่เพียงพอ จึงมีการซื้ออุ้งทรายมาเพิ่ม ให้พอแก่การป้องกันและรองรับได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการศึกษา

3.1 วิธีการ

- 1) ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับน้ำหลากในพื้นที่ศึกษา
- 2) ทำการสร้างโมเดลจาก โปรแกรม SketchUp
- 3) นำไปแปลงนามสกุลไฟล์จากโปรแกรม SolidWork
- 4) นำไป Simulate แบบจำลองด้วยโปรแกรม Autodesk Simulation CFD 2015 (3D)
- 5) นำผลที่ได้ไปวิเคราะห์

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา

- 1) โปรแกรม Autodesk Simulation CFD 2015 (3D)
- 2) โปรแกรม SolidWork 2014
- 3) โปรแกรม Google Sketchp 2014

3.3 ขั้นตอนการดาวน์โหลดโปรแกรมและการติดตั้ง

3.3.1 โปรแกรม Autodesk Simulation CFD 2015

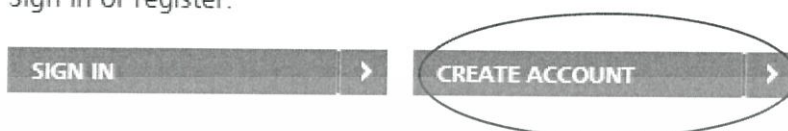
- 1) ดาวน์โหลดโปรแกรม Autodesk simulation CFD 2015

จาก <http://www.autodesk.com/education/free-software/simulation-cfd>

2) วิธีการดาวน์โหลด

ในเวปไซต์ของโปรแกรม Autodesk Simulation CFD จะมีหน้าต่างที่แสดงในการสมัครสมาชิกจำเป็นต้องมีการสมัครก่อน เนื่องจากเป็นโปรแกรมที่มีลิขสิทธิ์จึงต้องสมัครสมาชิกดังรูปที่ 3.1 และรูปที่ 3.2

1.) Sign in or register.



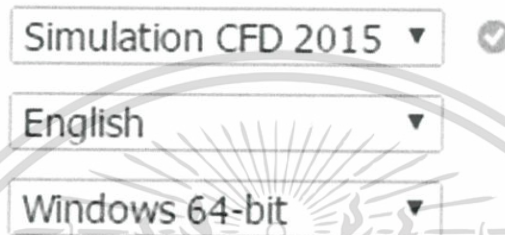
รูปที่ 3. 1 แสดงการสมัครสมาชิกกับ Autodesk โดยคลิกที่ Create account

รูปที่ 3. 2 กรอกข้อมูลในช่องต่างๆครบถ้วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากทำการสมัครสมาชิก ลำดับต่อมาคือการเลือกดาวน์โหลดโปรแกรมตามที่ต้องการ ในที่นี้ให้เลือกเป็น Simulation CFD 2015 > English > Window 64-bit ดังรูปที่ 3.3 และจะมีหน้าต่างใหม่ขึ้นมาดังรูปที่ 3.4

2.) Select the free software you want.



Simulation CFD 2015

English

Windows 64-bit

รูปที่ 3. 3 เลือก version ของโปรแกรม ภาษา และระบบปฏิบัติการ

3.) Review and download.

Simulation CFD 2015 - WIN 64 - EN
Your serial number: 900-39488853
Product key: 812G1

An email containing the license information above has been sent to you.

Important License Information

While the Autodesk Educational Version software incorporates all the functionality of our professional licenses, it may not be used for commercial or for-profit purposes, as more fully described in the License and Services Agreement. Term-based licenses of Autodesk Educational software are not eligible for product upgrade or migration to a commercial license. The licensed software obtained on this site may not be installed or used on institutional computers located in classrooms and laboratories (except for an institutional computer assigned to a faculty member by an educational institution for the faculty member's sole use), and may only be installed and used on the personal computer of the eligible Autodesk Education Community member.

BROWSER DOWNLOAD

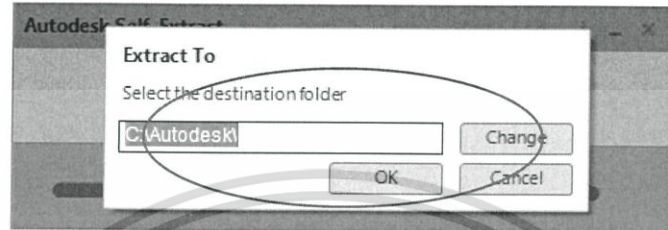
รูปที่ 3. 4 เลือกเป็น Browser download โปรแกรมจะถูกลงมาโดยอัตโนมัติ

โดย Browser ของท่าน

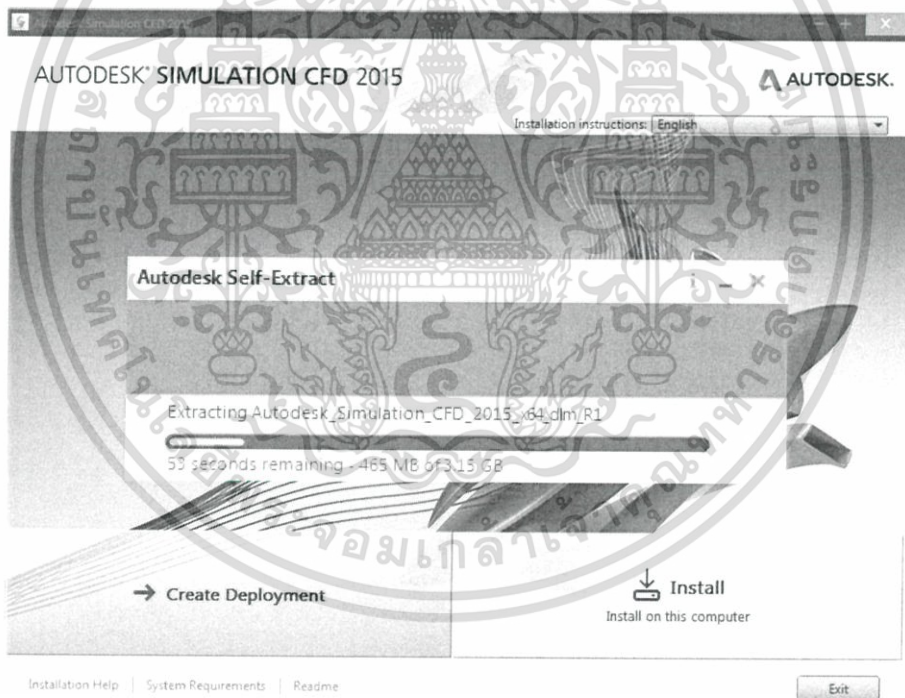
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรม Autodesk simulation CFD 2015

ทำการดาวน์โหลดโปรแกรม Autodesk Simulation CFD จากนั้นเปิดไฟล์เพื่อติดตั้งโปรแกรมลงในคอมพิวเตอร์ ดังในรูปที่ 3.5 แสดงให้เห็นการเลือก Destination folder ที่จะทำการติดตั้ง แล้วกด OK จะมีหน้าต่างใหม่ขึ้นดังรูปที่ 3.6 ให้ทำการเลือก Install เพื่อติดตั้งโปรแกรม



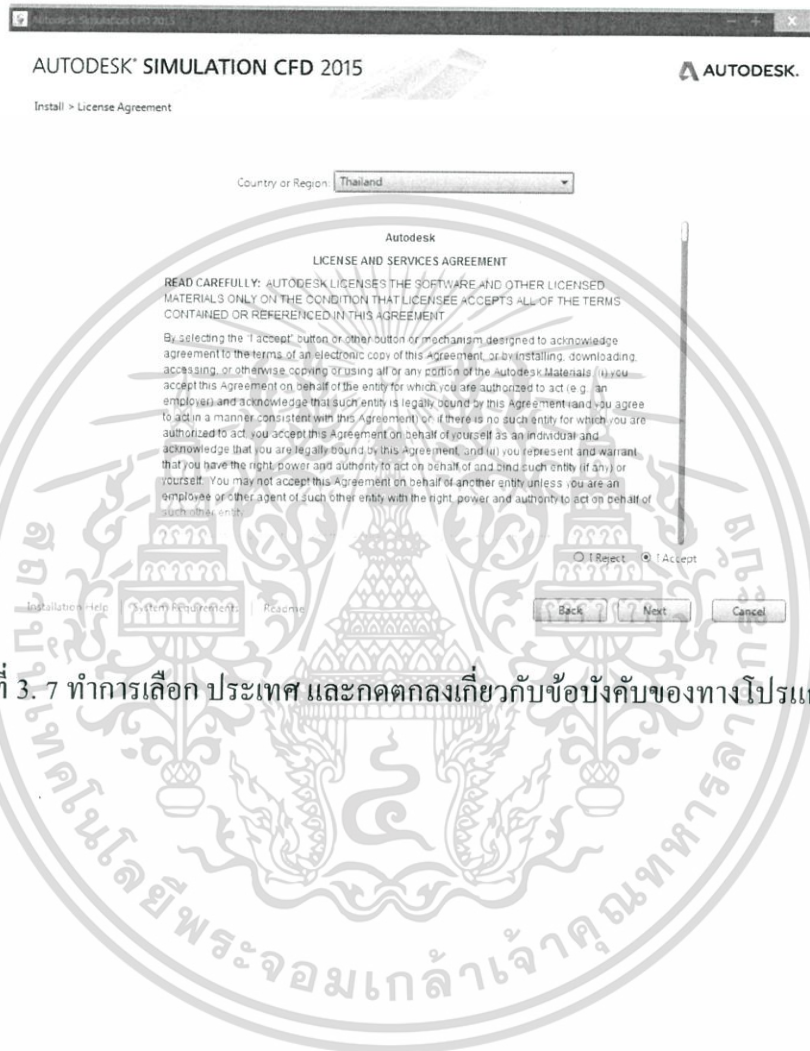
รูปที่ 3.5 แสดงการเลือก Destination Folder



รูปที่ 3.6 โปรแกรมจะเริ่มแตกไฟล์และปรากฏหน้า Install ดังรูปด้านบน ให้เลือก Install เพื่อทำการติดตั้งโปรแกรม

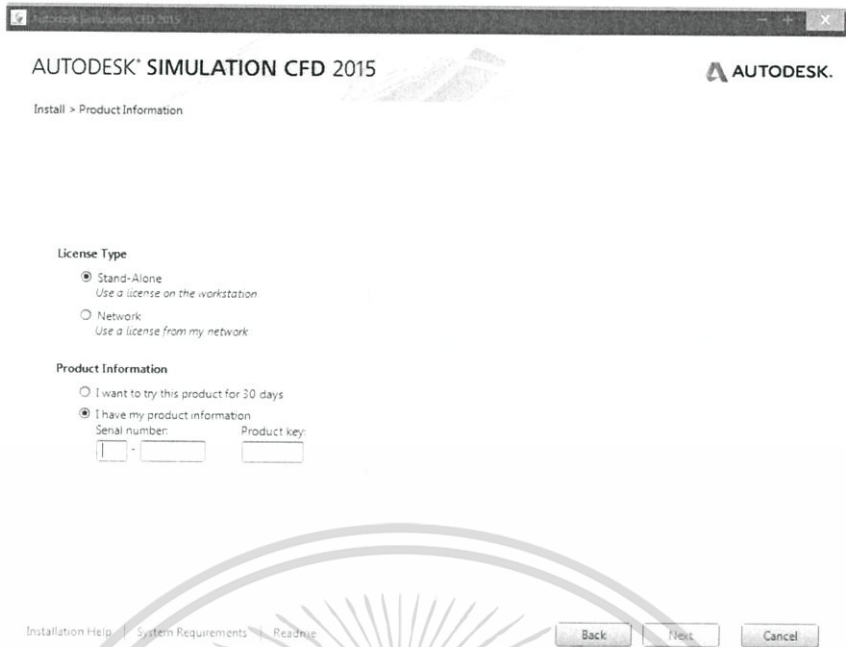
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากทำการเลือก Install แล้วจะมีหน้าต่างใหม่ขึ้นดังรูปที่ 3.7 เพื่อทำการเลือกประเทศและทำการตกลงเกี่ยวกับข้อบังคับของโปรแกรมนี้ เข้าสู่ส่วนต่อไปโดยเลือก Next จะแสดงหน้าต่างดังรูปที่ 3.8 ให้กรอก Serial number ที่ได้จากการสมัครสมาชิก เลือก Next เพื่อทำการติดตั้งจนเสร็จสมบูรณ์



รูปที่ 3.7 ทำการเลือก ประเทศ และกดตกลงเกี่ยวกับข้อบังคับของทางโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3. 8 เลือก Stand Alone ในส่วนของ License Type และ ในส่วนของ Product Information จะได้รับ Serial number มาเนื่องจากการสมัครสมาชิกในตอนต้น ซึ่งอยู่ใน e-mail ที่ทำการสมัคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 โปรแกรม Solid Work 2014

1) ดาวน์โหลดโปรแกรม SolidWorks 2014

จาก http://www.solidworks.com/sw/support/downloads.htm?scid=hp_acrd_dl_products

2) วิธีการดาวน์โหลด

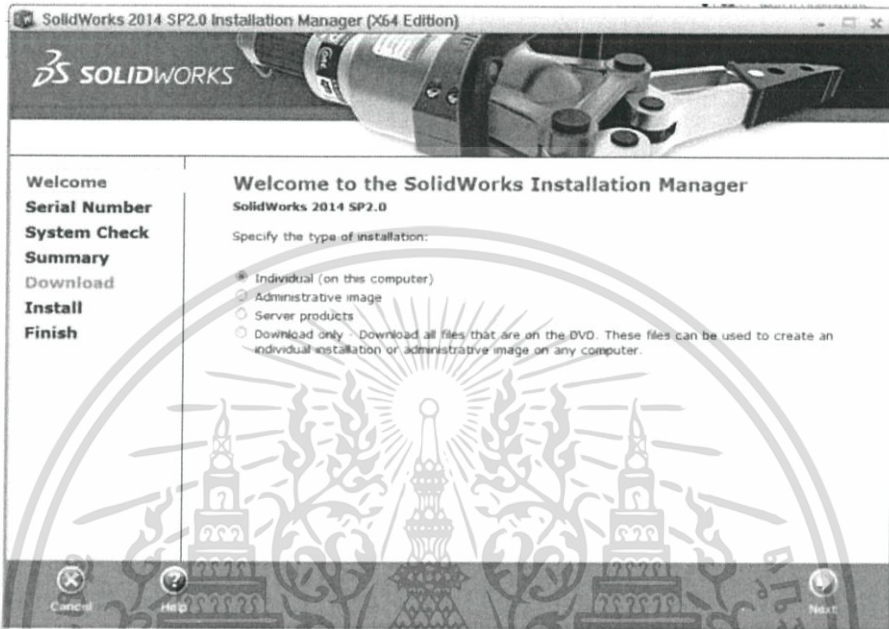
เว็บไซต์ของโปรแกรม SolidWork จะมีหน้าต่างของการซื้อโปรแกรมเมื่อทำการซื้อสำเร็จ จะได้รับ Serial number ขึ้นตอนถัดมาเลือกหน้าต่างการดาวน์โหลดเพื่อทำการดาวน์โหลดโปรแกรมโดยเลือก Version ที่ต้องการดังรูปที่ 3.11



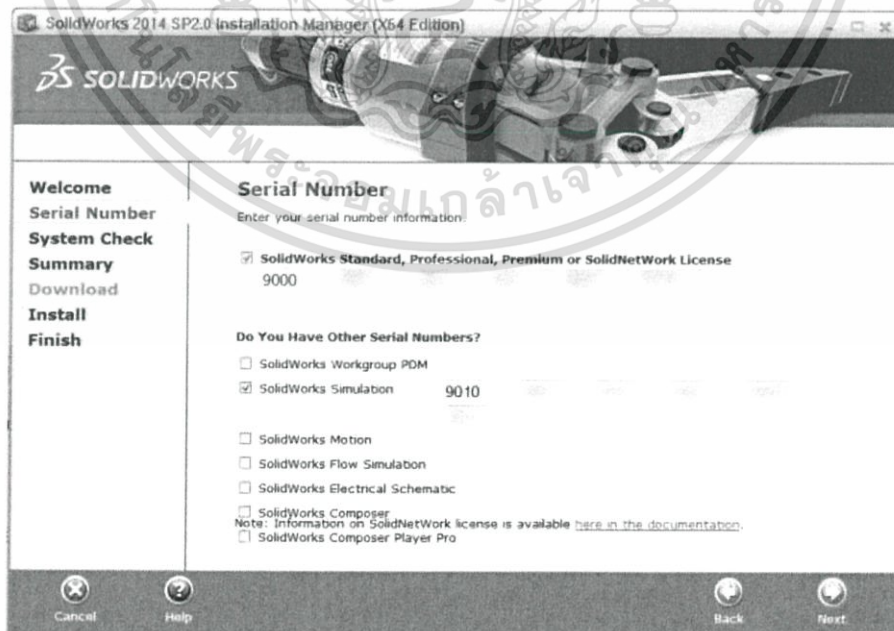
รูปที่ 3.9 ดาวน์โหลดจาก service pack ซึ่งเป็นตัวฟรีซอฟต์แวร์ของทาง Solidworks โดยทำการสมัครสมาชิกและเลือกเวอร์ชันในการติดตั้ง

3) ขั้นตอนการติดตั้ง Solidworks 2014

หลังจากทำการดาวน์โหลดโหลดสำเร็จ เปิดไฟล์เพื่อทำการติดตั้งโปรแกรมดัง รูปที่ 3.10 ทำการกรอก Serial number ที่ได้จากการซื้อ ตามรูปที่ 3.11 เลือก Next จน โปรแกรมติดตั้งสำเร็จดัง รูปที่ 3.12



รูปที่ 3. 10 หลังจากเริ่มการติดตั้ง ให้เลือก Individual (on this computer) และเลือก next



รูปที่ 3. 11 ทำการใส่ Serial number ที่ข้างกล่องลงไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3. 12 การติดตั้งเสร็จสิ้นจะสามารถเลือกที่จะเข้า Solidworks Customers Improvement Program หรือไม่ได้ ตามต้องการ เป็นการเสร็จสิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 โปรแกรม Google SketchUp 2014

1) ดาวน์โหลดโปรแกรม SketchUp

จาก <http://www.sketchup.com/download>

2) วิธีการดาวน์โหลด SketchUp

เว็บไซต์ของโปรแกรม SketchUp จะมีหน้าต่างในส่วนการดาวน์โหลดเพื่อทำการดาวน์โหลดโปรแกรมโดยเลือกชนิดที่ต้องการดังรูปที่ 3.13 ทำการกรอกข้อมูลต่างๆ ดังรูปที่ 3.14

Step 1: Let's choose a product

I plan to use SketchUp for: * Educational Use

รูปที่ 3. 13 เมื่อเปิดเว็บไซต์ขึ้นมา จะแสดงหน้าต่างเพื่อทำการเลือกลักษณะการใช้งาน
ทำการเลือกเป็น Educational Use

SketchUp Make

- Recommended for primary and secondary education
- Free to use for any educational purpose
- Build and share 3D models
- Find and download models from SketchUp's 3D Warehouse
- Work offline when there's no internet connection

SketchUp Pro

- Special license for higher education
- SketchUp's advanced Pro license for educational users
- Extra additional functionality to SketchUp Make
- Exchange CAD files with other programs
- Use LayOut to create documents and presentations
- Print drawings at scale
- Access email tech support

Step 2: Tell us a bit about yourself

Step 3: I want to download:

*Email Address *Profession/interest

*First Name *Last Name

*School Name

Select your operating system: Windows

SketchUp Make

*I agree to SketchUp Make's license agreement

Send me SketchUp news and tips

Download

รูปที่ 3. 14 ทำการเลือก version โปรแกรมทางช่องขวาล่างเป็น Sketchup Make และทำการกรอกข้อมูลเพื่อดาวน์โหลด หลังจากนั้นเลือก Download เป็นการเสร็จสิ้น

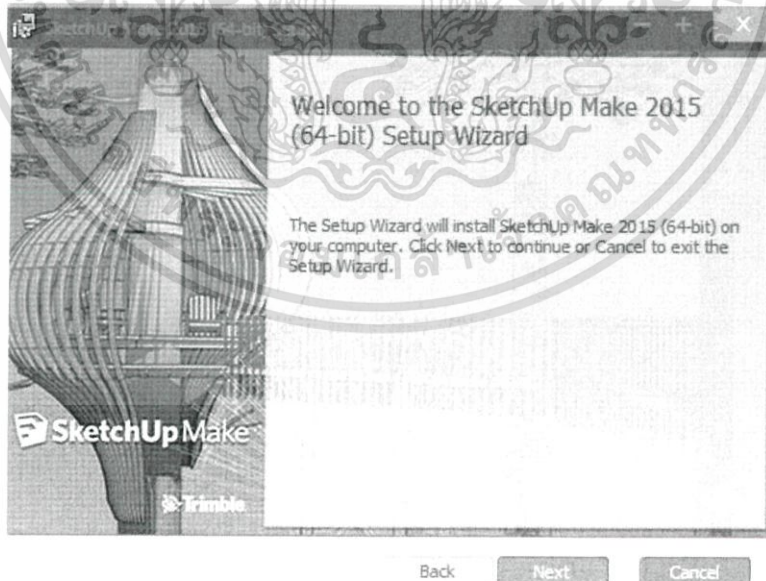
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ขั้นตอนการติดตั้ง SketchUp

เมื่อทำการดาวน์โหลดโปรแกรม SketchUp เสร็จสิ้น ขั้นตอนถัดไปคือการติดตั้งโปรแกรม โดยรูปที่ 3.15 เป็นการเปิดไฟล์ที่ได้ทำการดาวน์โหลด จะพบหน้าต่างใหม่ เพื่อทำการเลือกที่จะยอมรับเกี่ยวกับข้อตกลงของโปรแกรมและเลือก Destination folder ในการติดตั้ง จากนั้นเลือก Next ดังรูปที่ 3.16 ถึงรูปที่ 3.19 ซึ่งเมื่อทำการติดตั้งแล้วเสร็จจะแสดงหน้าต่างดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3. 15 หลังจาก download สำเร็จ ทำการเปิดไฟล์ที่ดาวน์โหลด (SketchUpMake-en-x64.exe) ไฟล์จะเริ่มดำเนินการ install ดังรูป



รูปที่ 3. 16 เพื่อทำการติดตั้งโปรแกรม เลือก next

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Trimble SketchUp Make License

Welcome to Trimble SketchUp Make! By downloading, installing or using Trimble software or any portion thereof ("Trimble Software") you agree to the following terms and conditions (the "Terms and Conditions"). The Trimble Software, and any portion thereof, are referred to herein as the "Software". By agreeing to these Terms and Conditions, you represent that you are 18 years old or older and capable of entering into a legally binding agreement. If you are a business entity, you also represent that you are duly authorized to do business in the country or countries where you operate and that your employees, officers, representatives, and other agents accessing the Service are duly authorized to access the Service and to legally bind you to these Terms and Conditions. In these Terms and Conditions, "Trimble Services" means any of Trimble's products, software, services and web sites.

I accept the terms in the License Agreement

Print

Back

Next

Cancel

รูปที่ 3. 17 License agreement ทำการตกลงในส่วนของข้อตกลงสำหรับโปรแกรม



Install SketchUp Make 2015 (64-bit) to:

C:\Program Files\SketchUp\SketchUp 2015\

Change...

Back

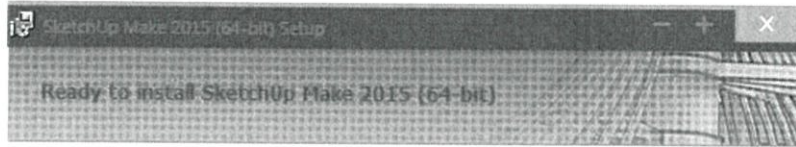
Next

Cancel

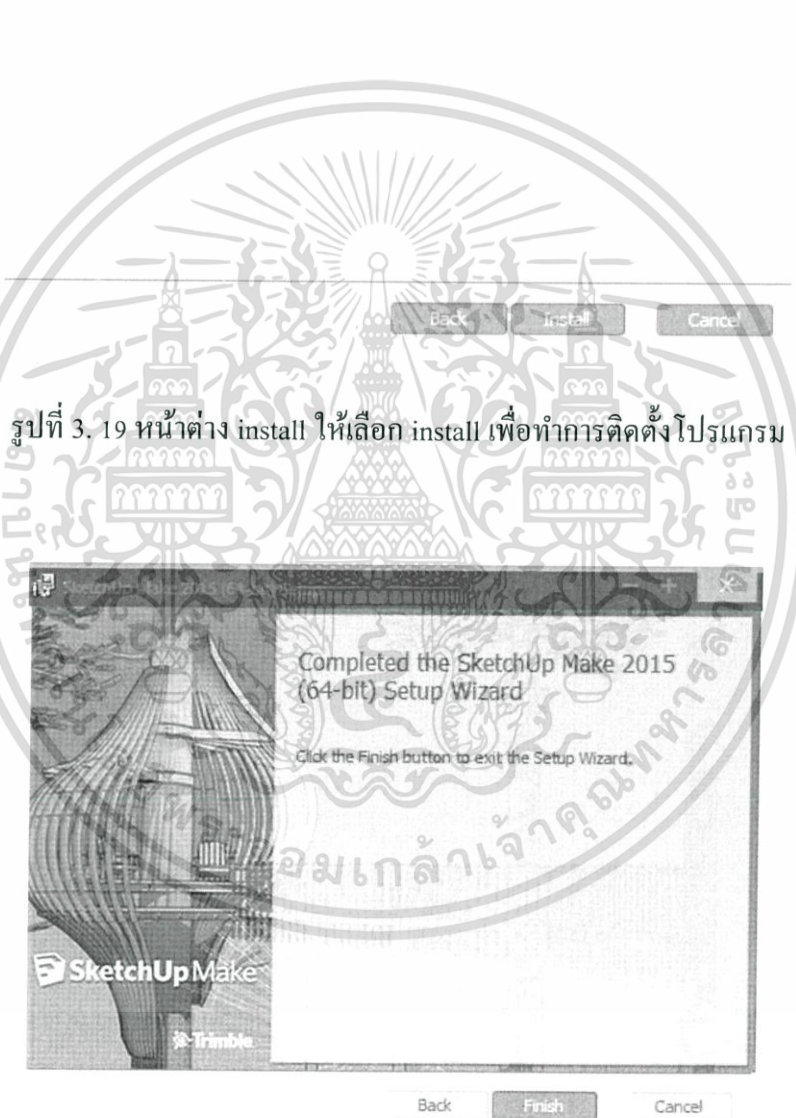
รูปที่ 3. 18 เลือก Destination ที่เราต้องการจะติดตั้งโปรแกรม เมื่อระบุแล้วทำการเลือก Next

เพื่อเข้าสู่ขั้นตอนถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Click Install to begin the installation. Click Back to review or change any of your installation settings. Click Cancel to exit the wizard.



รูปที่ 3. 19 หน้าต่าง install ให้เลือก install เพื่อทำการติดตั้งโปรแกรม

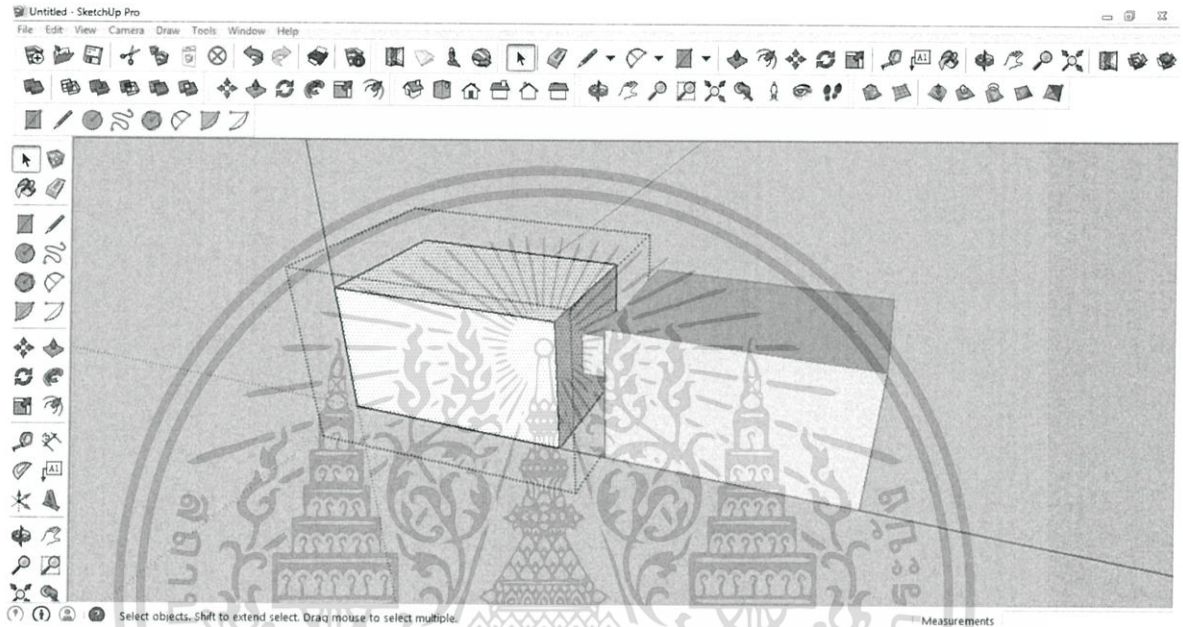
รูปที่ 3. 20 ติดตั้งโปรแกรมสำเร็จ เลือก Finish เป็นอันเสร็จสิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ขั้นตอนในการดำเนินการศึกษาโมเดลต้นแบบ

3.4.1 ขั้นตอนการสร้างโมเดลต้นแบบ

โดยเงื่อนไขในการสร้างโมเดลที่จะนำไปใช้ในโปรแกรม Autodesk Simulation CFD 2015 (3D) จะต้องมียามสกุลไฟล์ จากโปรแกรม SolidWork หรือโปรแกรมในเครือ Autodesk เริ่มต้นจากการสร้างโมเดลในโปรแกรม SketchUp 2014

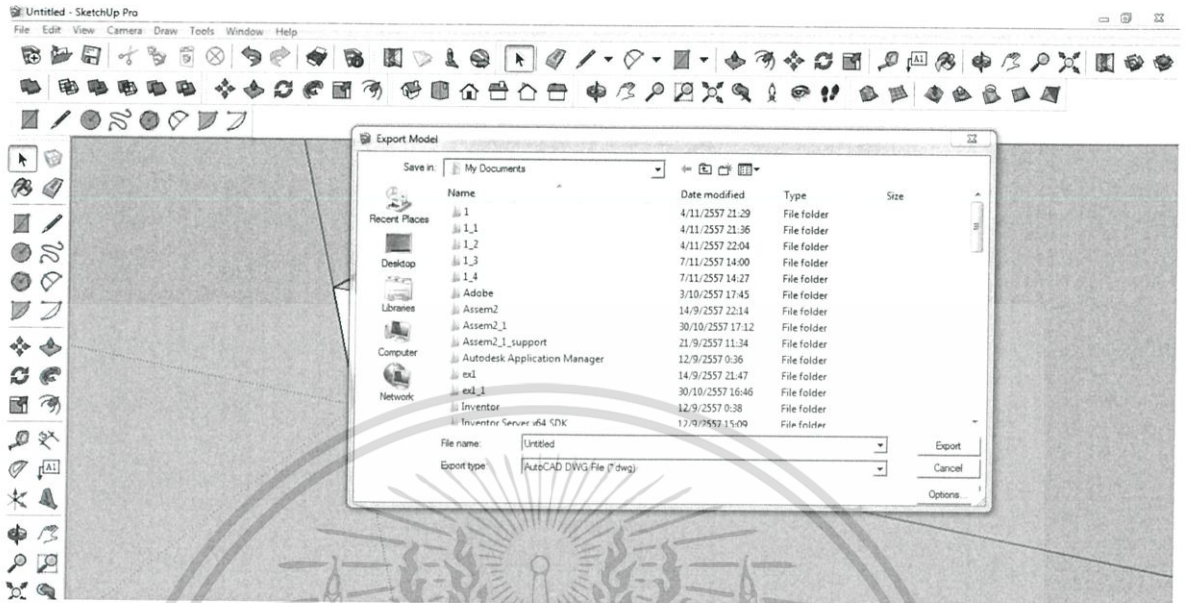


รูปที่ 3. 21 รูปแสดงการสร้างโมเดลจากโปรแกรม SketchUp 2014

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 ขั้นตอนการ Export ไฟล์ .skp เป็นไฟล์นามสกุล .Dwg เพื่อนำเข้าไปใช้ในโปรแกรม

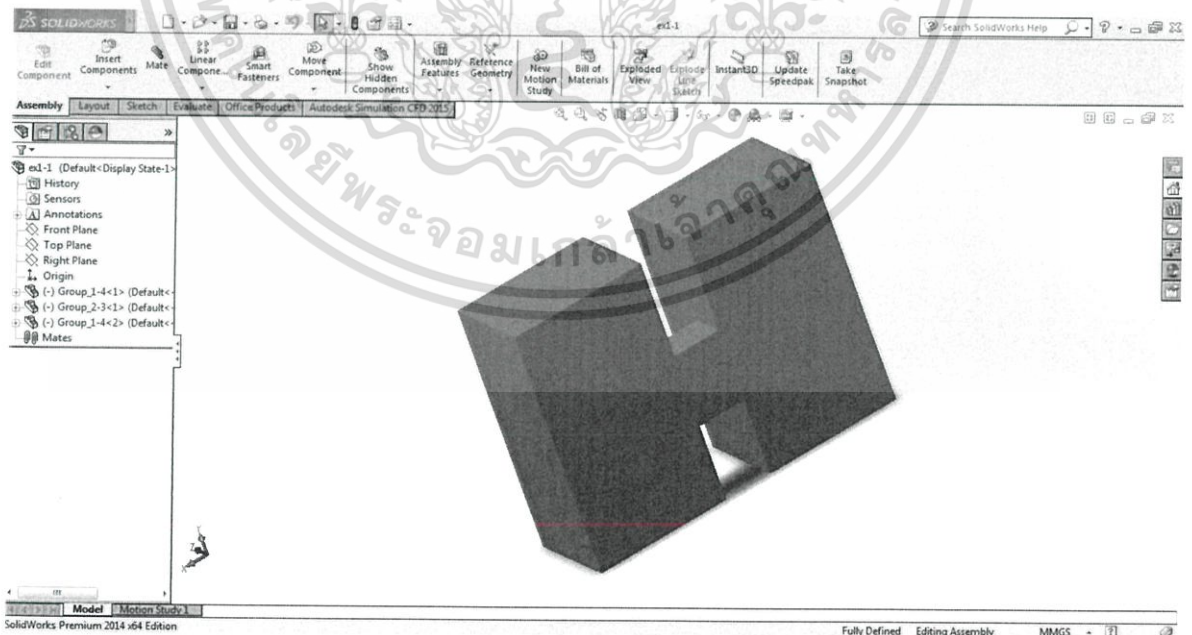
SolidWork



รูปที่ 3. 22 รูปแสดงการExport เป็นไฟล์ .Dwg

3.4.3 เข้าโปรแกรม SolidWork เพื่อรันไฟล์ที่ทำการ Export มาจากโปรแกรม

SketchUp2014

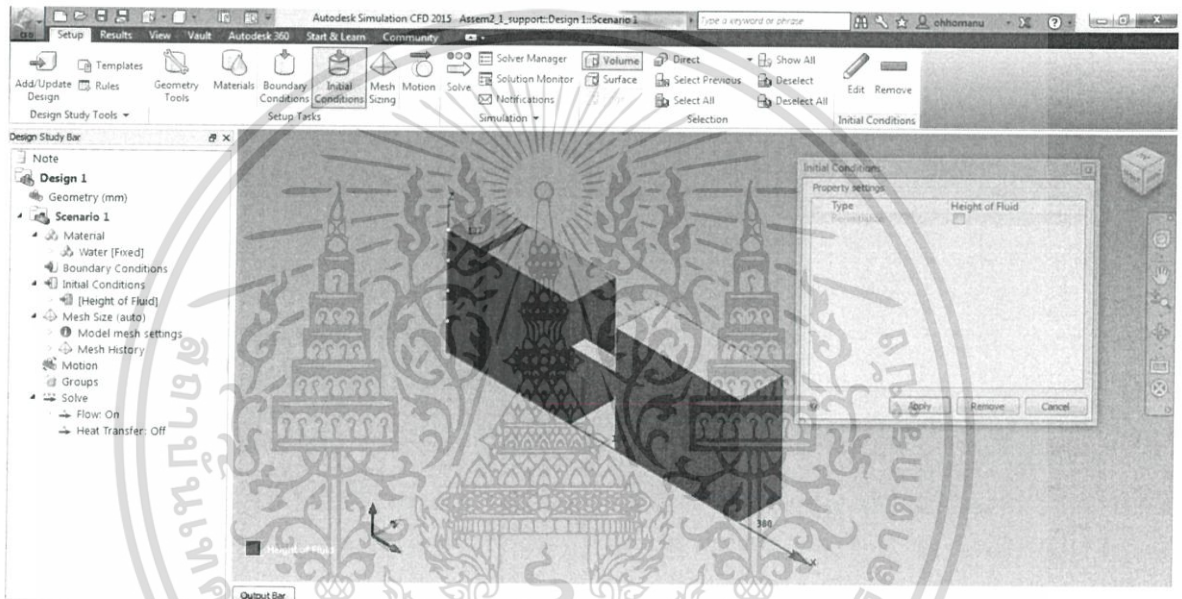


รูปที่ 3. 23 รูปแสดงการใช้งานในโปรแกรม SolidWork

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.4 เมื่อทำการ Active เพื่อให้โมเดลมาประมวลผลในโปรแกรม Autodesk Simulation CFD 2015 (3D) จะมีการตั้งค่า

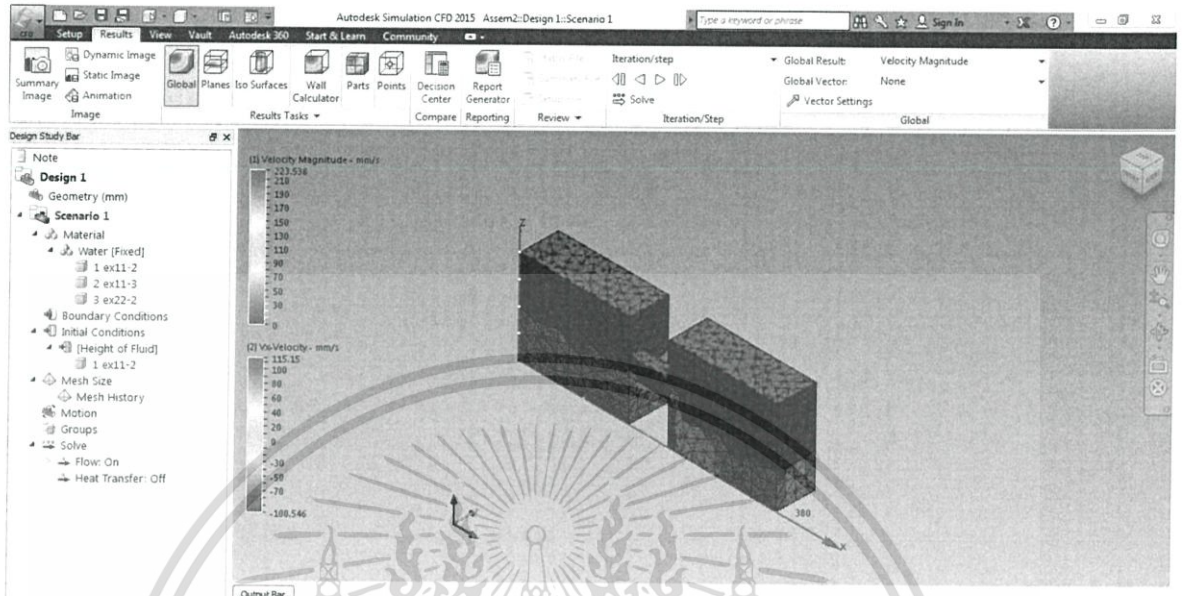
- 1) การกำหนดประเภทวัตถุ(Materials) โดยกำหนดให้ทั้ง 3 ส่วนเป็นน้ำ (water)
- 2) การกำหนด Initial Conditions โดยเปลี่ยนชนิดของ Type ให้เป็นแบบ Height of Fluid ในส่วนประเภทของวัตถุที่กำหนดเป็นน้ำอีกทั้งยังเป็นส่วนเริ่มต้นของการไหล



รูปที่ 3. 24 รูปแสดงการตั้งค่า Initial Conditions และ Materials

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.5 หลังจากนั้นทำการ Meshsizing โดยการกด Autosize เพื่อกำหนดพื้นที่ขอบเขตที่เราต้องการให้เกิดการไหล

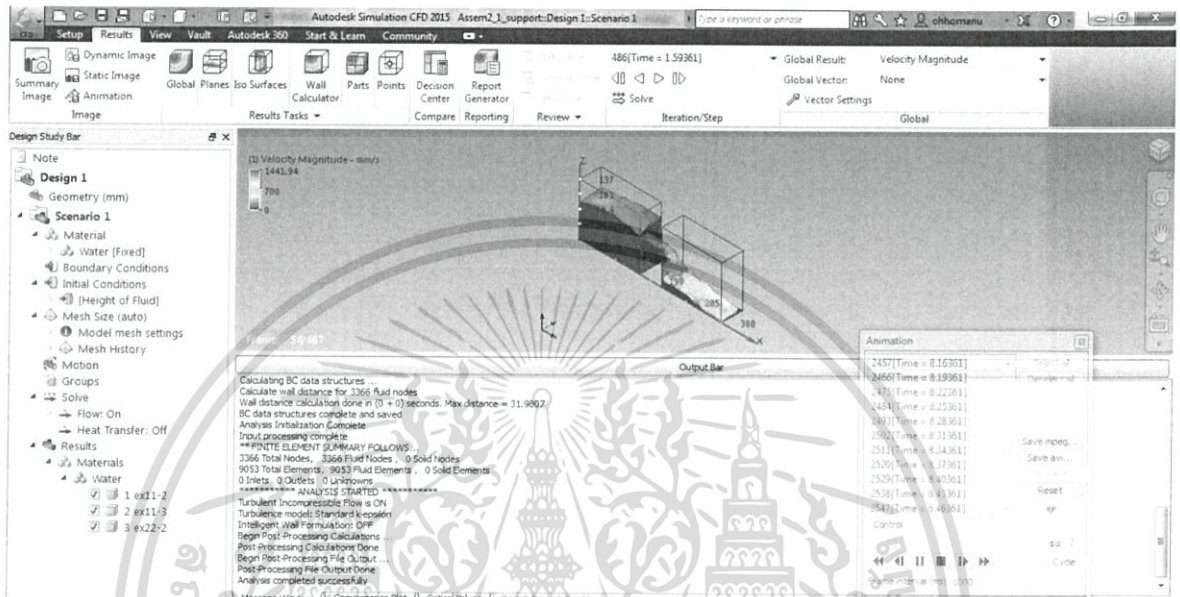


รูปที่ 3. 25 รูปแสดงการ Meshsizing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

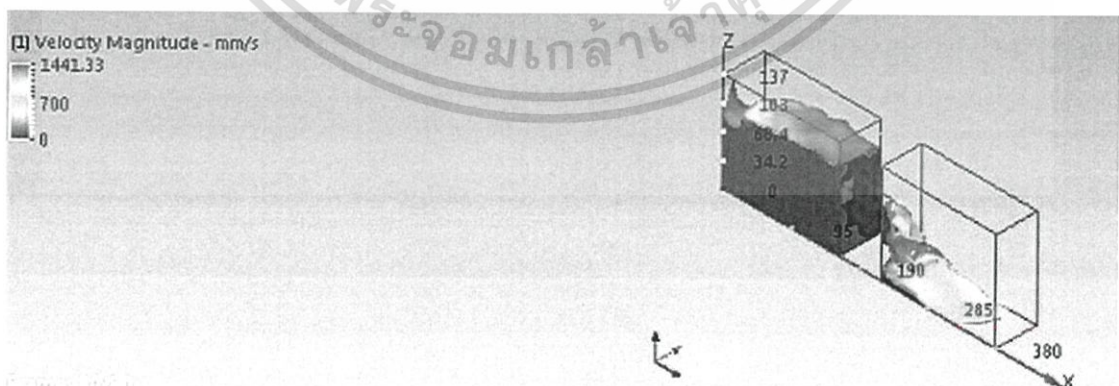
3.4.6 ขั้นตอนการตั้งค่าการ Solve ของโปรแกรม

1) เข้าที่ Tab Menu Solve > Physic > Free surface > ดึงที่ช่อง Enable free surface > ตั้งค่า Earth gravity (0,0,-1)



รูปที่ 3. 26 รูปแสดงการ ตั้งค่าที่ Tab Menu Solve

2) ตั้งค่าที่ Tab control > time step to run > 1000-1400



รูปที่ 3. 27 รูปแสดงการไหลในรูปแบบสามมิติของโปรแกรม

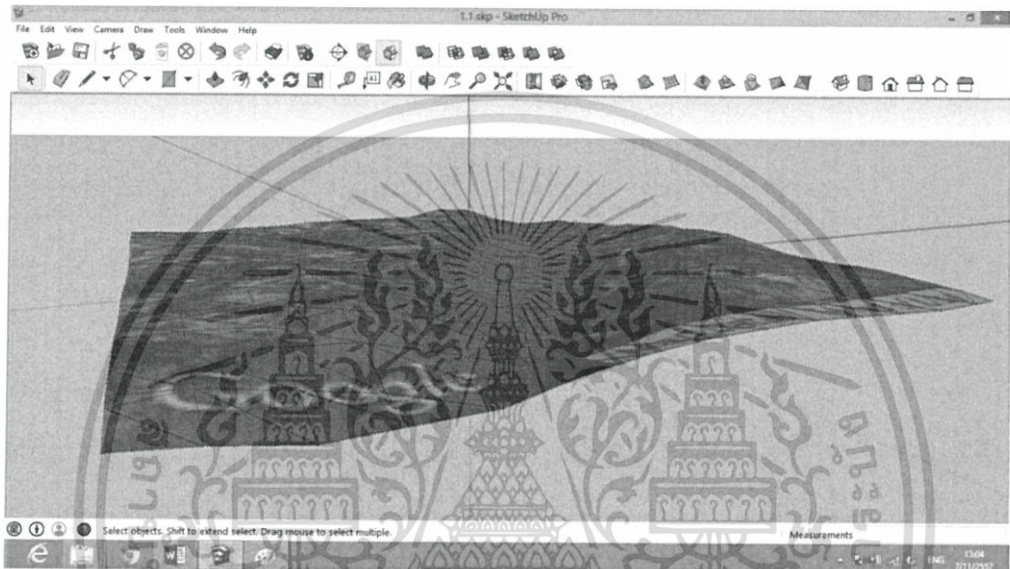
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 ขั้นตอนในการดำเนินงานศึกษาโมเดลพื้นที่ศึกษา

3.5.1 ทำการสร้างโมเดลจากโปรแกรม SketchUp

เมื่อเริ่มทดสอบในพื้นที่ศึกษาโดยการ Import ค่าระดับมาจาก Google Earth เพื่อทำการสร้างโมเดลลงในส่วนต่างๆ ตามลำดับ

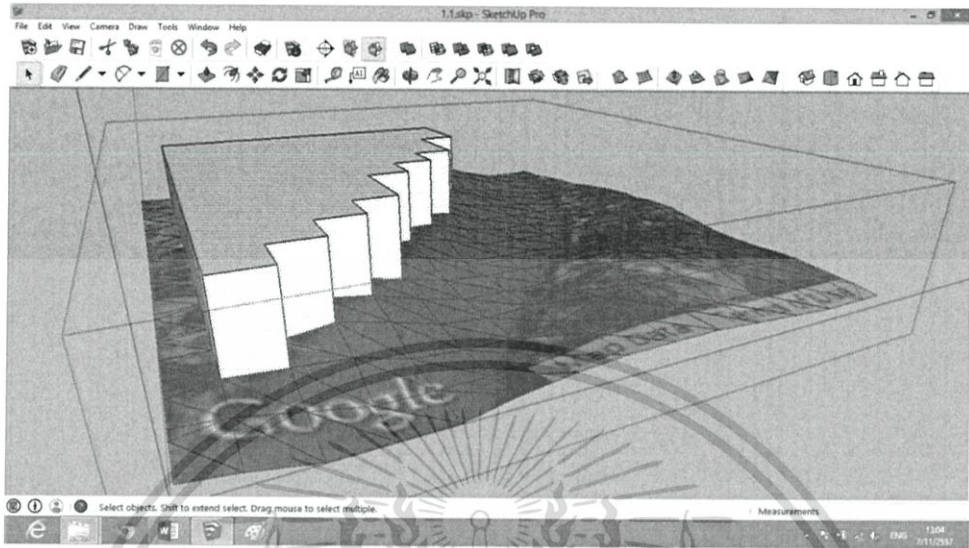
1) การนำเข้า(Import) ค่าระดับที่มาจาก Google Earth โดยเข้าที่คำสั่ง File > Geo-Location > Add Location แล้วทำการเลือกพื้นที่ที่ต้องการศึกษา



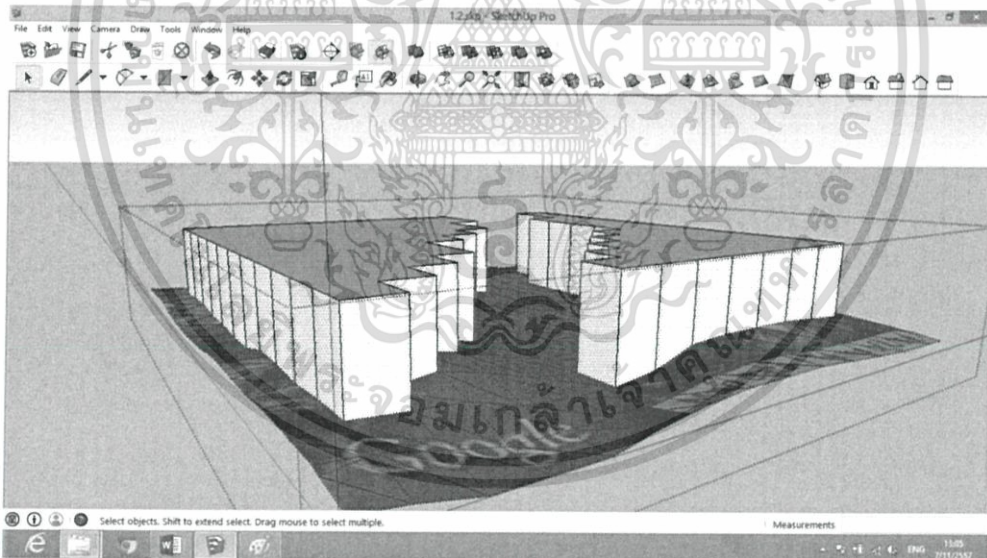
รูปที่ 3.28 แสดงการนำระดับพื้นที่จริงจาก Google Earth

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ทำการสร้างโมเดลลงในส่วนที่เป็นพื้นที่รับน้ำโดยการใช้ คำสั่ง Line ในการสร้างตามตาราง Grid line ที่แสดงในรูปที่ 3.29 ถึงรูปที่ 3.32

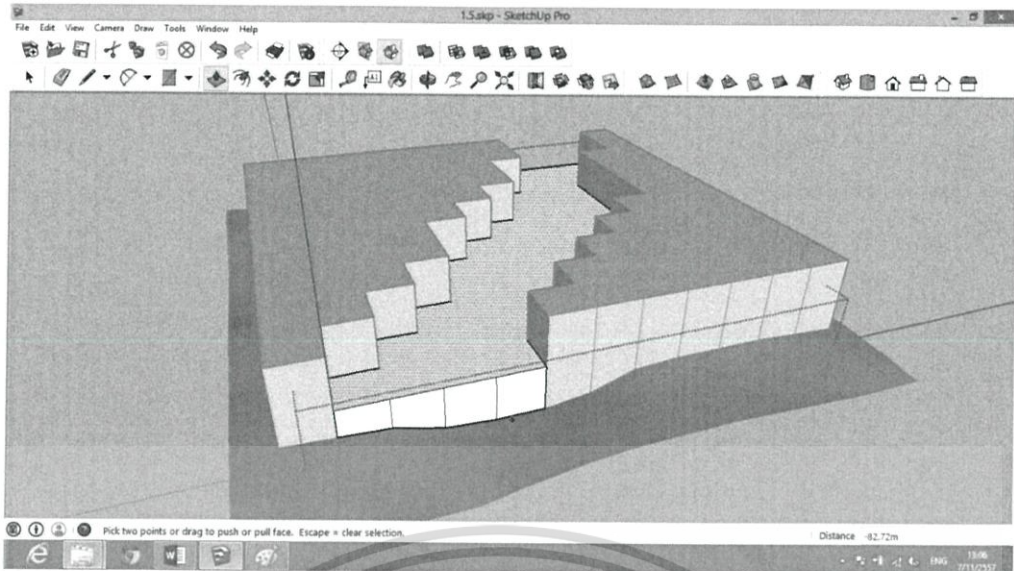


รูปที่ 3. 29 แสดงการสร้างโมเดลในส่วนแรก



รูปที่ 3. 30 แสดงการสร้างโมเดลในส่วนพื้นที่รับน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



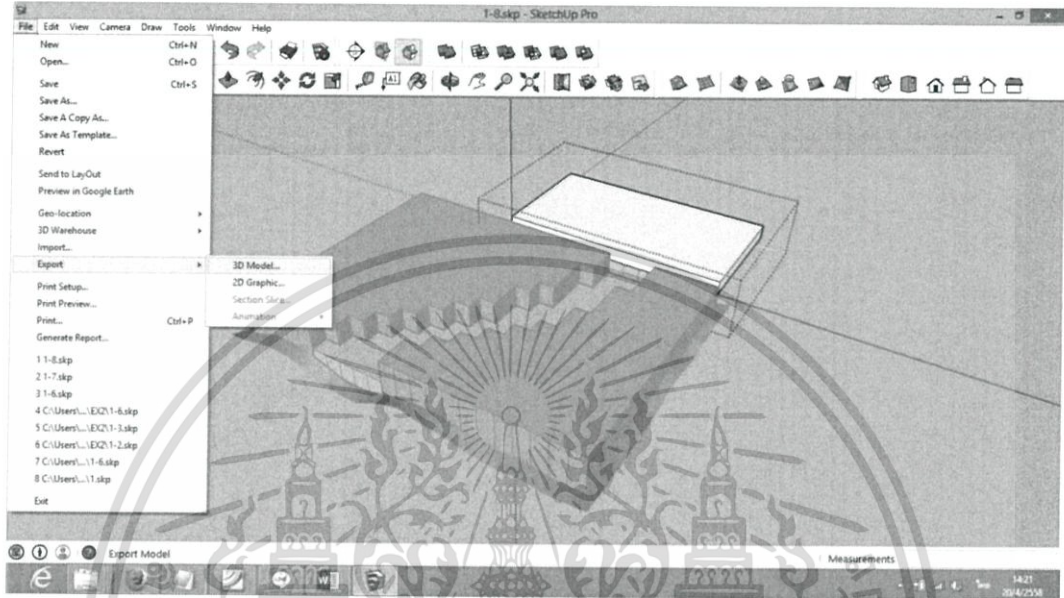
รูปที่ 3. 31 แสดงการสร้างโมเดลในส่วนของแม่น้ำเจ้าพระยา



รูปที่ 3. 32 แสดงการสร้างโมเดลในส่วนของปริมาตรน้ำที่ไหลเข้ามา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ทำการเปลี่ยนแปลงนามสกุลไฟล์หรือ Export file จาก .skp เป็น .dwg เพื่อนำเข้าไปใช้ในโปรแกรม SolidWork เนื่องจากโปรแกรม Autodesk Simulation CFD 2015 ต้องการนำเข้าไฟล์เพื่อทำการประมวลผล (Simulate) โดยผ่านโปรแกรม SolidWork ดังรูปที่ 3.33

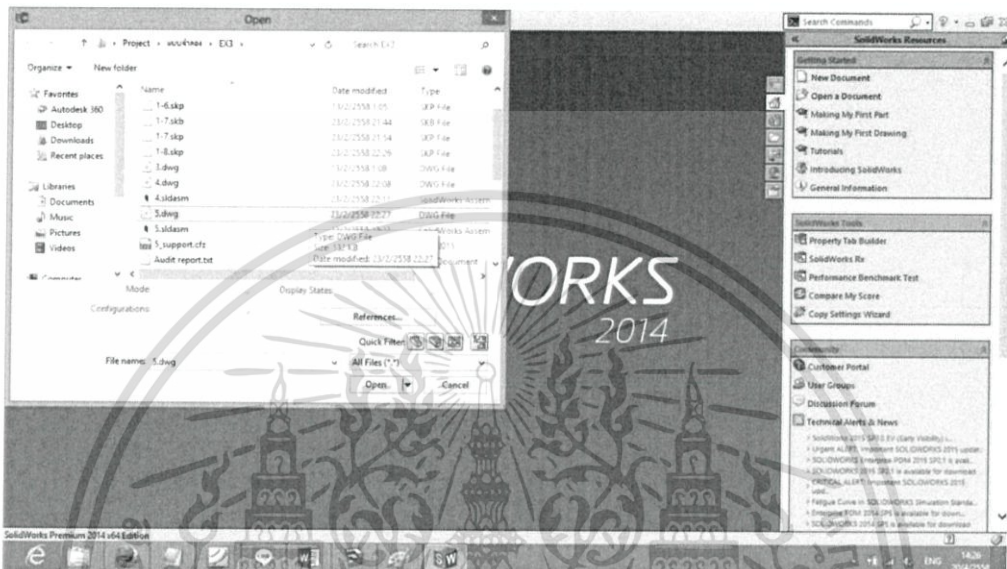


รูปที่ 3. 33 แสดงการ Export 3D Model เพื่อนำไปเข้าสู่โปรแกรม SolidWork

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2 นำโมเดลที่ได้ไป Run ผ่านโปรแกรม SolidWork

เข้าสู่โปรแกรม SolidWork โดยทำการ Open file เพื่อเปิดไฟล์ที่ทำการแปลงนามสกุลไฟล์หรือ Export file มาจากโปรแกรม SketchUp โดยแสดงตามรูปที่ 3.34 และทำการตั้งค่าตัวเลือกเพื่อเปิดไฟล์ตามรูปที่ 3.35



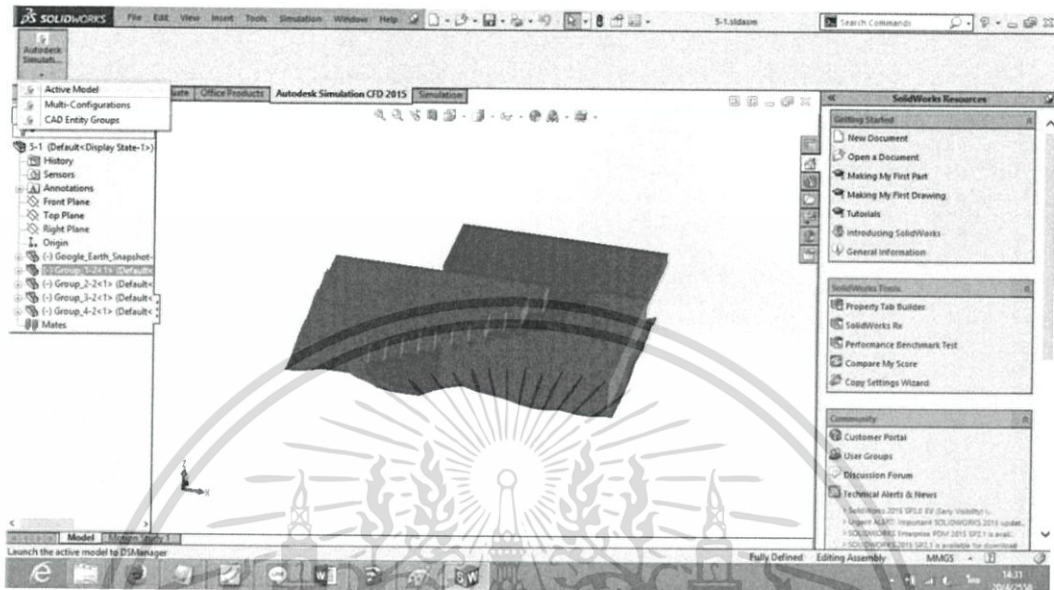
รูปที่ 3. 34 แสดงการเปิดไฟล์ที่ Export มาจากโปรแกรม SketchUp



รูปที่ 3. 35 แสดงการ Import ไฟล์โมเดล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากนั้นจะได้โมเดลดังนี้ ทำการตรวจสอบโมเดลให้มีการแยกส่วนอย่างชัดเจน ดังรูปที่ 3.36 แล้วให้เลือกในหัวข้อ Autodesk Simulation CFD 2015 เพื่อ Active Model



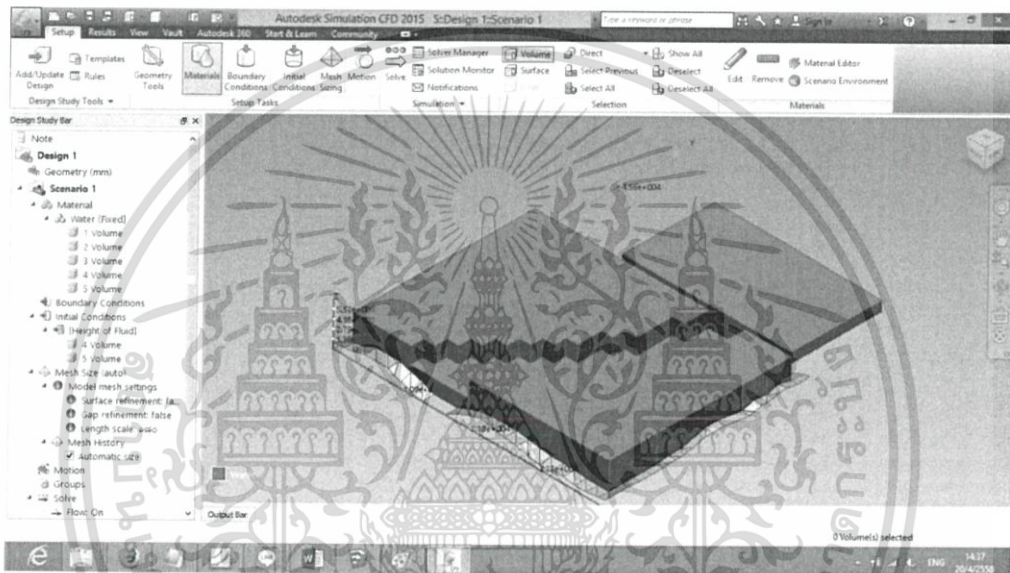
รูปที่ 3. 36 แสดงการ Active Model ผ่านโปรแกรม SolidWork ไป โปรแกรม Autodesk Simulation CFD 2015 (3D)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.3 การตั้งค่าและ Run ผ่านโปรแกรม Autodesk Simulation CFD 2015 (3D)

เมื่อเข้าสู่โปรแกรม Autodesk Simulation CFD 2015 ต้องมีการกำหนดค่าพื้นฐานต่างๆ ดังต่อไปนี้

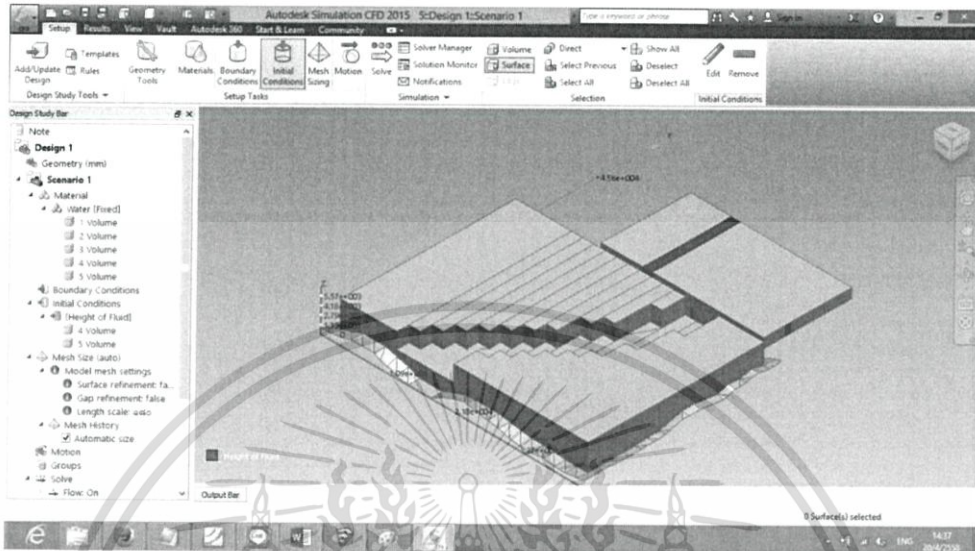
1) กำหนดทุกชิ้นส่วนให้เป็นน้ำ โดยเข้าไปที่คำสั่ง Materials > Water เนื่องจากตัวโปรแกรมมีความสามารถในการกำหนด Materials ได้หลากหลายจึงต้องทำการกำหนดให้เป็นน้ำทั้งหมดเพื่อให้มีความสามารถในการไหลได้ดังรูปที่ 3.37



รูปที่ 3. 37 แสดงการกำหนด Materials ให้ทั้งหมดเป็น Water

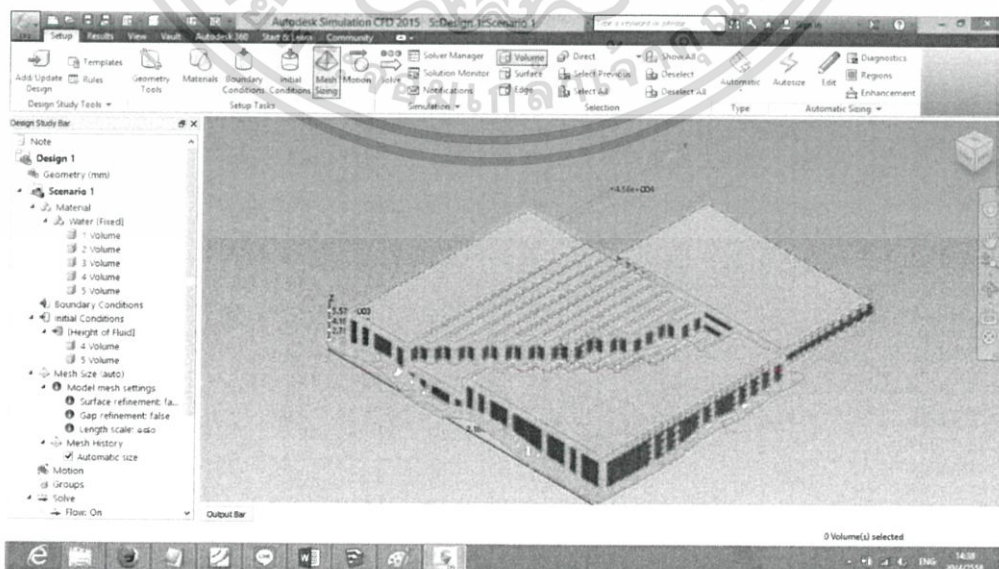
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) กำหนดค่าให้ส่วนที่เป็นการเริ่มต้นการไหลในส่วนแรก โดยการเลือกที่คำสั่ง
Initial Conditions > Type Height of Fluid ดังรูปที่ 3.38



รูปที่ 3.38 แสดงการกำหนด Initial Conditions ให้กำหนดค่าน้ำที่ไหลเข้าเป็น Height of fluid

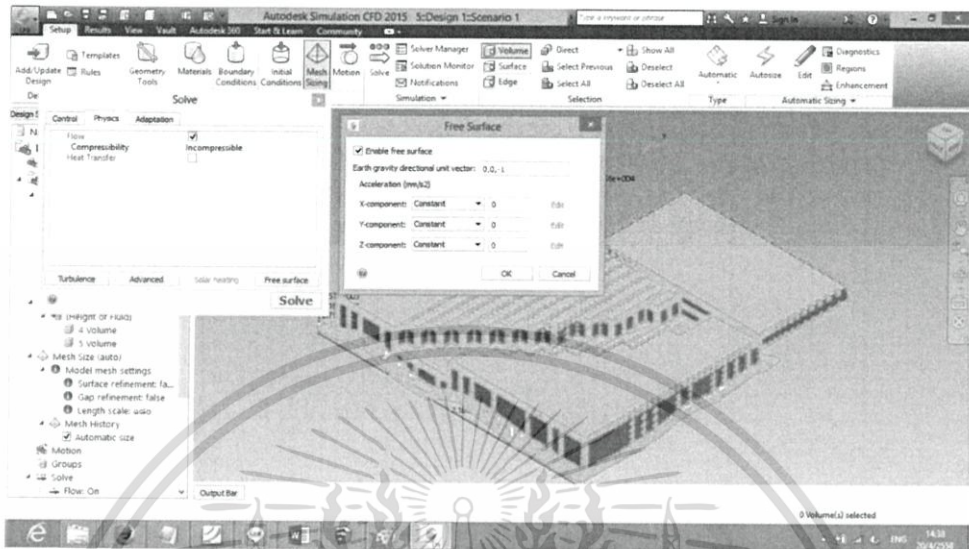
3) เลือกคำสั่ง Mesh sizing > Autosize เพื่อที่จะทำให้โมเดลมีความละเอียดสูงและแสดงผลได้ละเอียดมากขึ้น ขึ้นอยู่กับการแบ่งสัดส่วนย่อยยังมีค่ามากเท่าไรจะทำให้การไหลมีความละเอียดที่สูงขึ้นตามไปด้วย



รูปที่ 3.39 แสดงการ Mesh พื้นที่ทั้งหมด

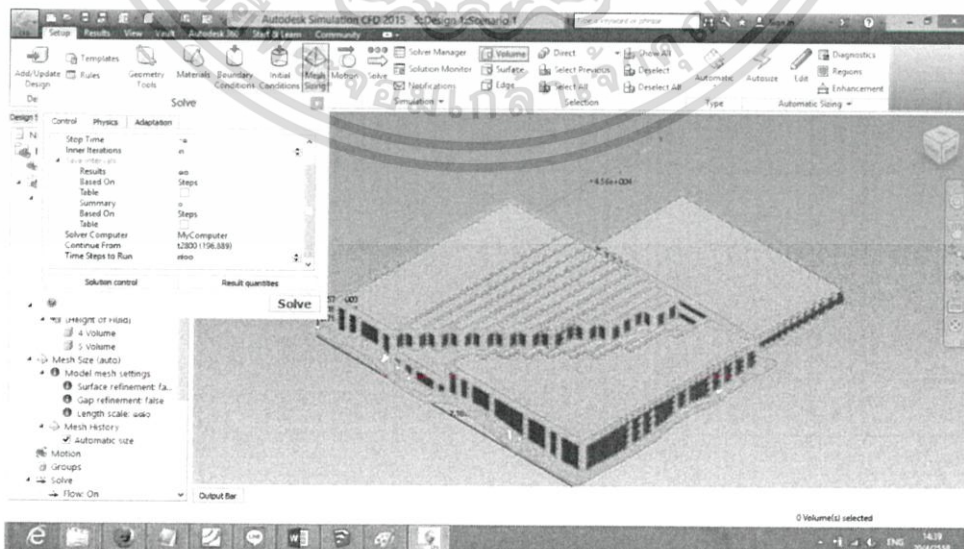
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) เลือกที่คำสั่ง Solve หลังจากนั้นเลือกคำสั่ง Physics > Free surface > กำหนดค่าตามรูปที่ 3.40 เพื่อที่จะกำหนดทิศทางกรไหลให้ไหลตามแรงโน้มถ่วง (Gravity)



รูปที่ 3. 40 แสดงการ Solve โดยตั้งค่าในแท็บ Physics ในโหมด Free surface โดยกำหนดค่าตามภาพ

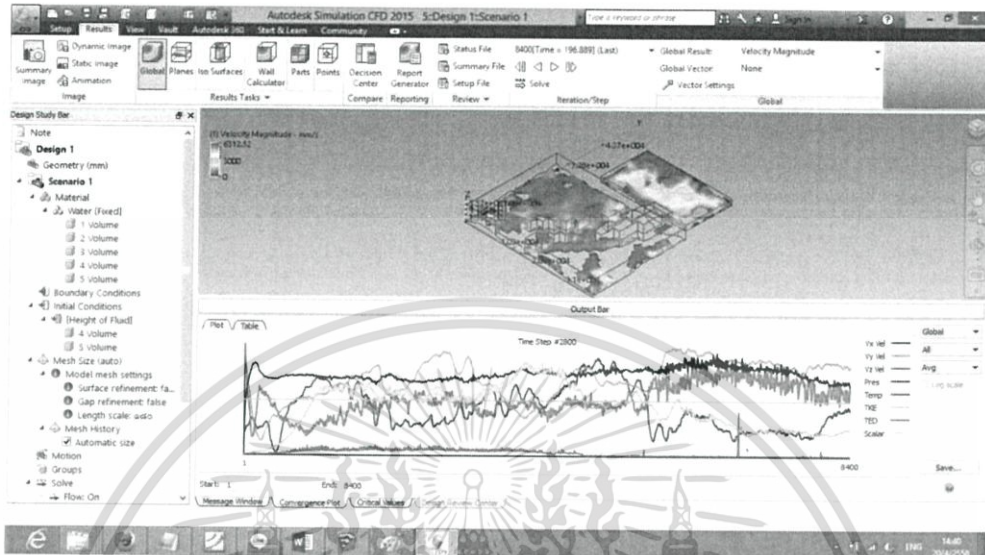
5) เลือกที่คำสั่ง Control กำหนดค่าในส่วนของ Save Intervals ตามรูปที่ 3.41 ถ้าผลข้อมูลที่ได้อาจไม่ละเอียดเพียงพอ สามารถที่จะปรับค่าได้จาก Save Intervals จากรูปที่ 3.41 เป็นค่าที่เหมาะสมแก่การ Run โมเดลนี้แล้ว



รูปที่ 3. 41 แสดงการตั้งค่าในแท็บ Control โดยกำหนดค่าตามภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) โปรแกรมจะแสดงผลที่ได้จากการ Solve ทั้งในรูปแบบของกราฟ และแบบของตาราง ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ผลและสรุปผล



รูปที่ 3. 42 แสดงผลการ Solve ที่ได้จากโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

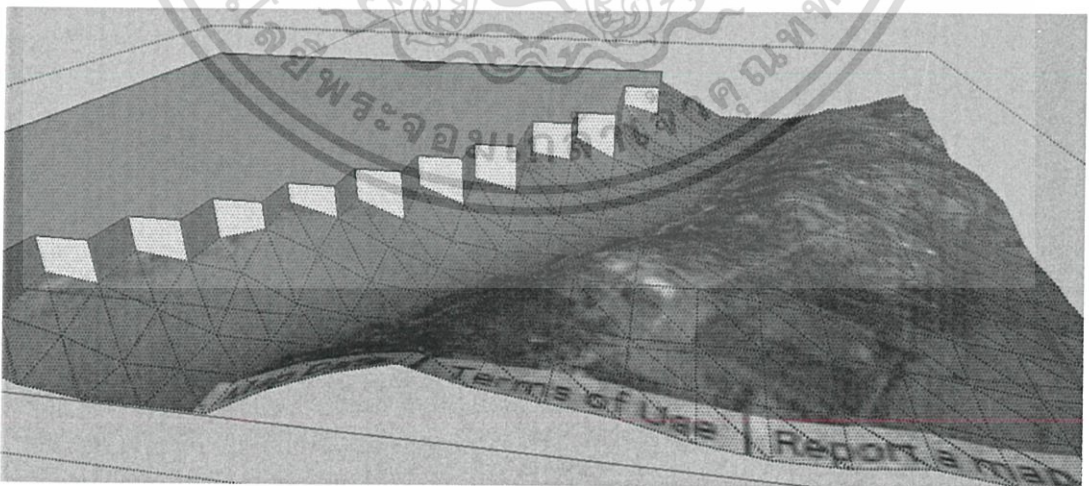
บทที่ 4

ผลการศึกษาและการวิเคราะห์ผล

4.1. ผลการศึกษาและวิเคราะห์ผล

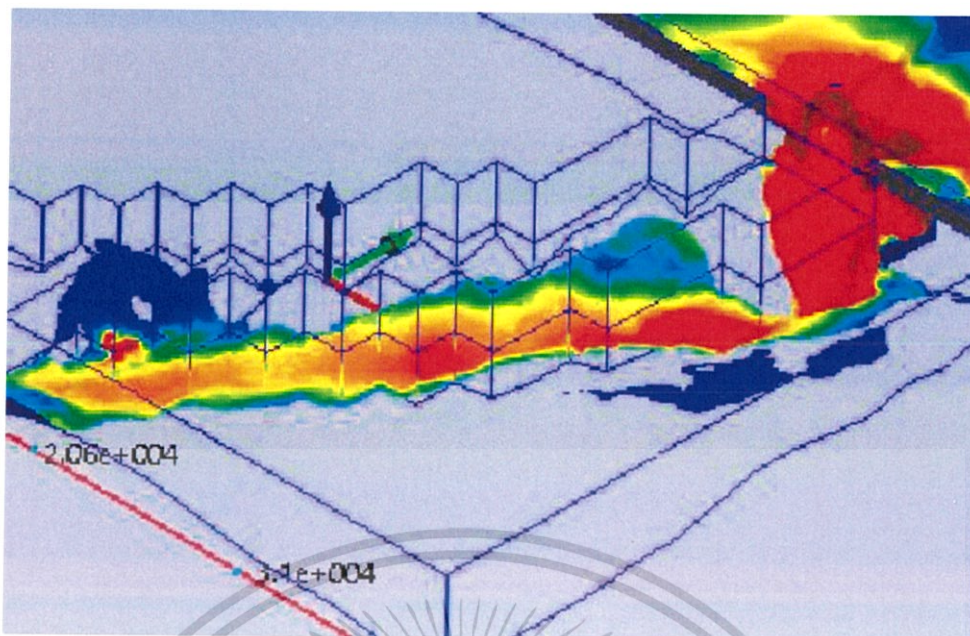
4.1.1. ผลการใช้โปรแกรม Autodesk Simulation CFD (3D) เพื่อจำลองพื้นที่และอาณาเขตศึกษา

บริเวณพื้นที่ศึกษาจะเห็นได้ว่า ทางทิศเหนือของพื้นที่ศึกษาติดกับ ตลาดศรีนคร , บริษัท เสริมสุข จำกัด (มหาชน) โรงงานนครสวรรค์ ทางทิศใต้ติดกับ บริษัท ร่วมทุนคลังสินค้า นครสวรรค์ , พื้นที่การเกษตร ทางทิศตะวันออก สนามกอล์ฟจิระประวัติ , โรงพยาบาลค่ายจิระประวัติ , ท่าอากาศยานนครสวรรค์ , พื้นที่การเกษตร ทางทิศตะวันตกติดกับ หมู่บ้านดีพร้อมและหมู่บ้านการการุณรังษี ขนาดพื้นที่ศึกษา 1.845 km² เมื่อเกิดน้ำหลาก น้ำจะล้นตลิ่งไปทางทิศตะวันออกของพื้นที่ที่ศึกษา ซึ่งมีลักษณะเป็นที่ลุ่มโดยเริ่มสังเกตจาก พื้นที่สามมิติจากโปรแกรม Google Sketchup ดังแสดงในรูปที่ 4.1.1. และเมื่อศึกษาจากการทำแบบจำลองพบว่า จะเห็นได้ว่าน้ำได้ไหลไปทางทิศตะวันออกของแผนที่จริง ดังแสดงในรูปที่ 4.1.2. ในบริเวณริมตลิ่งทางทิศตะวันออกของลำน้ำ มีบ้านเรือนและ โรงงานอุตสาหกรรมจำนวนมาก จะเห็นจากแผนที่ที่แสดงในรูปที่ 4.1.3. เป็นเหตุก่อเกิดความเสียหายได้จากการล้นตลิ่งน้ำในลำน้ำจึงจำเป็นต้องได้รับการแก้ไข

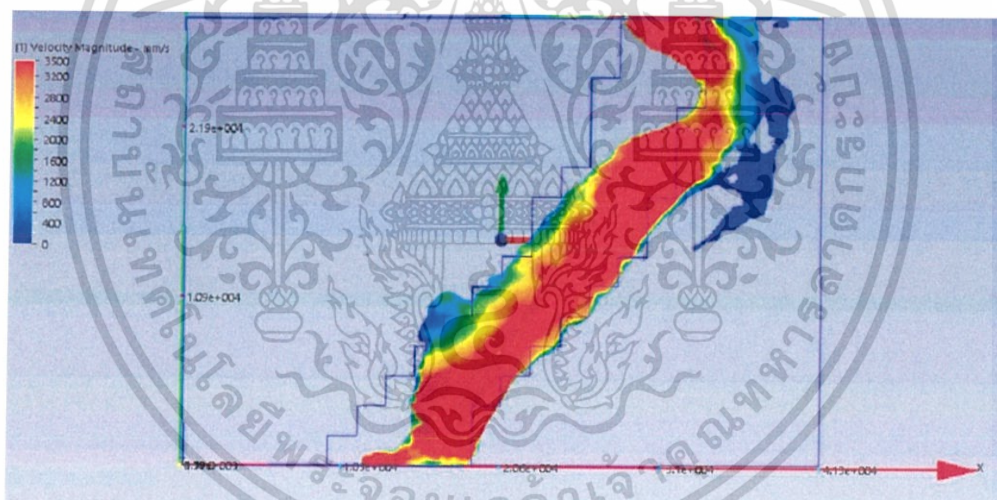


รูปที่ 4. 1 พื้นที่สามมิติจากโปรแกรม Google Sketchup แสดงให้เห็นว่าทางทิศตะวันออกของกลุ่มน้ำมีตลิ่งที่อยู่ต่ำกว่าทางทิศตะวันตก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4. 2 พื้นที่ที่ได้จากการแสดงผล Simulation ในโปรแกรม Autodesk Simulation CFD



รูปที่ 4. 3 พื้นที่ที่ได้จากการแสดงผล Simulation ในโปรแกรม Autodesk Simulation CFD ด้าน Top View

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากน้ำล้นตลิ่งเป็นอันดับแรก

4.1.2 พื้นที่ที่คาดว่าจะได้รับผลกระทบจากการไหลที่เกิดจากแบบจำลอง

พื้นที่ ตำบลนครสวรรค์ออก อำเภอเมืองนครสวรรค์ จังหวัดนครสวรรค์

โดยทั่วไปเป็นที่ราบเรียบบริเวณตอนกลางเป็นลูกคลื่นเล็กน้อย ระดับความสูงของพื้นที่ประมาณ 34 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง ความลาดชันของพื้นที่ไม่เกิน 8 % โดยลาดลงเล็กน้อยจากทิศตะวันออก และทิศใต้ สู่ทิศตะวันตก ซึ่งเป็นบริเวณที่ราบลุ่มริมฝั่งแม่น้ำเจ้าพระยา

- ทิศเหนือ ติดต่อกับ ตำบลปากน้ำโพ อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์
- ทิศใต้ ติดต่อกับ ตำบลกลางแดด อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์
- ทิศตะวันตก ติดต่อกับ ตำบลนครสวรรค์ตก อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์
- ทิศตะวันออก ติดต่อกับ ตำบลหนองปลิง อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์

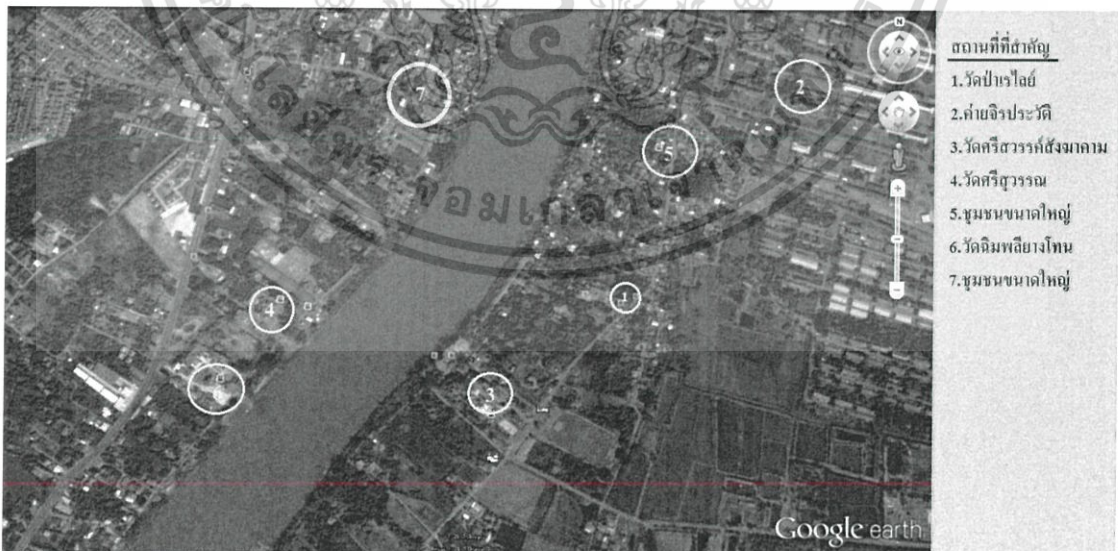
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนประชากรในเขต อบต. 12,665 คน และจำนวนหลังคาเรือน 4,857 หลังคาเรือน

- บริเวณชุมชนทหารมนทลทหารบกที่ 3 และชุมชนใกล้เคียง
- สถานที่สำคัญทางศาสนา เช่น วัดป่าเรไรย์ วัดศรีสวรรค์สังฆาราม
- ย่านธุรกิจใกล้เคียง



รูปที่ 4.5 สถานที่สำคัญที่คาดว่าจะได้รับผลกระทบ



รูปที่ 4.6 แสดงสถานที่สำคัญบริเวณพื้นที่ศึกษาที่คาดว่าจะได้รับผลกระทบ

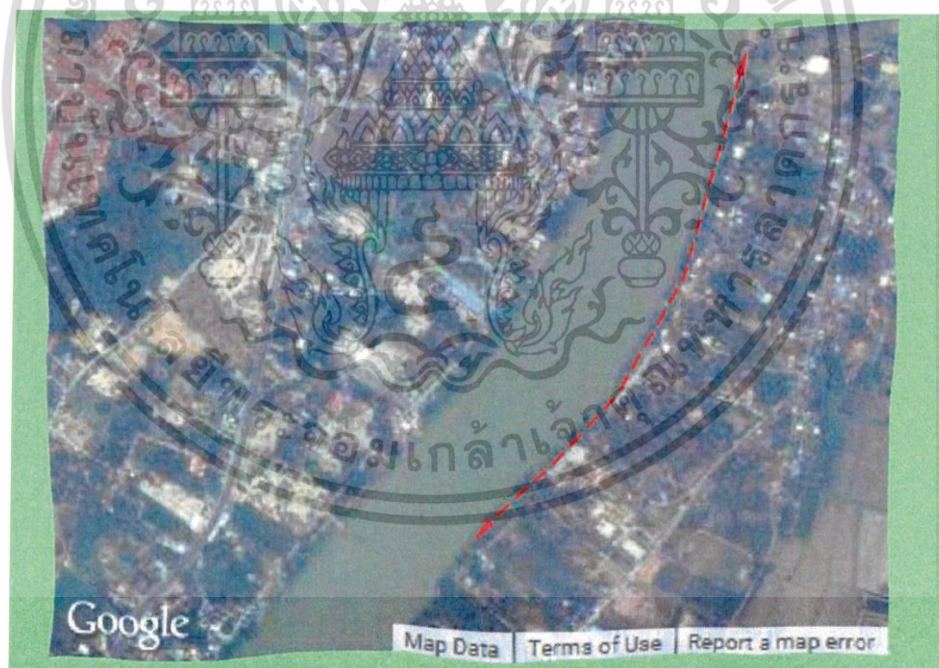
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พื้นที่น้ำล้นตลิ่ง ดังแสดงในรูป 4.1.1-3 ควรได้รับการแก้ไข โดยแก้ไขด้วยวิธีดังต่อไปนี้

4.1.3 การเสนอแนะแนวทางในการแก้ไขปัญหา

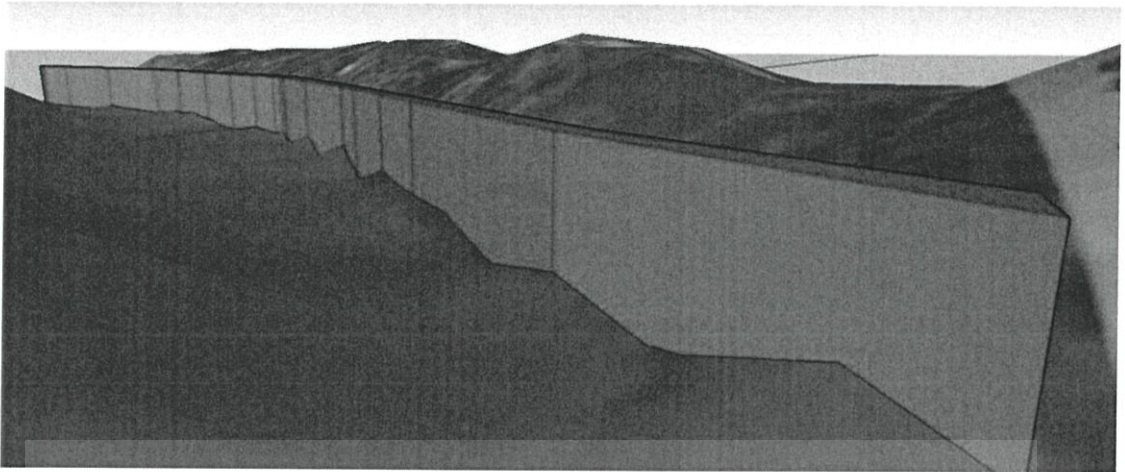
4.1.3.1 การก่อสร้างคันกั้นน้ำเลียบลำน้ำ

เป็นวิธีการป้องกันน้ำท่วมที่นิยมทำกันมาโดยการก่อสร้างคันดินกั้นน้ำขนาดเล็กซึ่งมีขนาดความสูงไม่มากนัก ให้มีแนวขนานกับลำน้ำและอยู่ห่างจากขอบตลิ่งเข้าไปเป็นระยะพอประมาณ เพื่อกั้นน้ำที่มีระดับสูงกว่าตลิ่งไม่ให้ไหลบ่าเข้าไปท่วมพื้นที่ต่างๆ ตามที่ต้องการ การป้องกันน้ำท่วมโดยวิธีการก่อสร้างคันกั้นน้ำเลียบลำน้ำ จึงนับเป็นวิธีการป้องกันน้ำมิให้ไหลล้นตลิ่งออกไปท่วมพื้นที่ที่ได้รับความสะดวกโดยตรง เหมือนกับการเสริมสร้างขอบตลิ่งของลำน้ำ ในบริเวณนั้นให้มีระดับความสูงมากขึ้นกว่าเดิม เพื่อเพิ่มเนื้อที่หน้าตัดของลำน้ำให้มีขนาดใหญ่พอที่จะระบายน้ำไหลหลากจำนวนมาก ให้ไหลผ่านพื้นที่บริเวณนั้นไปโดยไม่ท่วมพื้นที่ดังกล่าวให้ได้รับความเสียหายเช่นแต่ก่อน จากกรณีวิเคราะห์จากโมเดลที่สร้างขึ้นสามารถวางแผนการสร้างคันกั้นน้ำได้ดังรูป



รูปที่ 4. 7 แสดงแนวบริเวณที่สร้างคันกั้นน้ำเลียบลำน้ำเพื่อป้องกันจากน้ำล้นตลิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4. 8 แสดงแนวบริเวณที่สร้างคันกั้นน้ำเลียนลำน้ำเพื่อป้องกันจากน้ำล้นตลิ่งในรูปแบบ 3 มิติ

4.1.3.2 ขยายทางน้ำที่ไหลอยู่ให้กว้างออก

การปรับปรุงทางน้ำไหลให้กว้างออก ทำให้น้ำปริมาณมากไหลได้เร็วขึ้น น้ำจะไม่เอ่อล้นตลิ่ง โดยการเคลื่อนย้ายวัตถุที่มาปิดกั้นทางน้ำไหลออกไป เช่น เศษไม้ กอสวะ สิ่งก่อสร้าง สิ่งปลูกสร้างที่รูกล้าคูคลองไม่ให้กีดขวางทางน้ำเพราะจะช่วยให้การไหลของน้ำรวดเร็วขึ้น

4.1.3.3 การติดบ้าน หรือการยกบ้าน

การติดบ้าน หรือการยกบ้านให้สูงขึ้น หมายถึงการยกตัวโครงสร้างทั้งหมดของบ้านให้มีระดับหน้าทิวบ้าน แต่เป็นวิธีที่มีความเสี่ยงสูง เช่น หากยกบ้านขึ้นแล้วตัวบ้านเอียง หรือบิดเพียงนิดเดียวบ้านก็จะแตกร้าวเสียหายวิบัติได้ และยังมีปัญหาสำคัญที่ต้องพิจารณาเพิ่มเติมในเบื้องต้น ดังนี้คือ

1) ปัญหาเรื่องงานระบบ

เมื่อต้องยกโครงสร้างทั้งหมดของบ้านให้สูงขึ้น งานระบบทุกอย่างไม่ว่าจะเป็น สายไฟฟ้า ท่อร้อยสายไฟฟ้า ท่อประปา ท่อน้ำทิ้ง จะต้องตัดออกทั้งหมด ก่อนจะต้องกลับเข้าไปใหม่หลังจากยกบ้านให้อยู่ในระดับที่ต้องการแล้ว

2) ปัญหาเรื่องภาระค่าใช้จ่าย

สำหรับราคาค่าใช้จ่ายในการติดบ้านนั้นขึ้นอยู่กับทั้งขนาด และน้ำหนักของตัวบ้าน รวมไปถึงระดับความสูงที่จะทำการยก ซึ่งโดยทั่วไปราคาจะอยู่ที่ประมาณ 20% ไปจนถึง 400% ของราคาของตัวบ้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3.4 การก่อสร้างทางผันน้ำ

เพื่อผันน้ำทั้งหมดหรือบางส่วนที่ล้นตลิ่งท่วมท้นให้ออกไป โดยการก่อสร้างทางผันน้ำหรือ ขุดคลองสายใหม่เชื่อมต่อกับลำน้ำที่มีปัญหาน้ำท่วมให้น้ำไหลไปตามทางผันน้ำที่ขุดขึ้นใหม่ไปลงลำน้ำสายอื่น หรือระบายออกสู่ทะเลตาม ความเหมาะสม

4.1.3.5 การปรับปรุงและตกแต่งสภาพลำน้ำ

เพื่อให้ น้ำที่ท่วมทะเล็กสามารถไหลไปตามลำน้ำได้สะดวกหรือช่วยให้กระแสน้ำไหลเร็วยิ่งขึ้น โดยใช้วิธีการขุดลอกลำน้ำคืนเงินให้น้ำไหลสะดวกขึ้น, ตกแต่งดินตามลาดตลิ่ง ให้เรียบ, กำจัดวัชพืช ผักตบชวา และเรือทำลายสิ่งกีดขวางทางน้ำไหล, หากลำน้ำคดโค้ง มากให้หาแนวทางขุดคลองใหม่เป็นลำน้ำสายตรง, การก่อสร้างเขื่อนเก็บกักน้ำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการวิเคราะห์ที่ได้จากแบบจำลองกับแนวทางในการบรรเทาอุทกภัย ในปี 2554 ของ อาจารย์ วีระชัย ชูพิศาลโรจน์

มาตรการในการบรรเทาอุทกภัยเป็นไปตามลักษณะของปัญหาที่เกิดขึ้น จากเหตุการณ์อุทกภัยที่เกิดขึ้นในปี พ.ศ.2554 นี้จะเห็นได้ว่ามีประเด็นปัญหาใหญ่ 2 ประเภทคือปัญหาทางด้านวิศวกรรมและปัญหาที่ไม่ใช่วิศวกรรม ดังนั้น การแก้ปัญหาจึงจำเป็นต้องใช้ทั้งมาตรการทางด้านวิศวกรรม และมาตรการที่ไม่ใช่วิศวกรรมควบคู่กันไป มาตรการทางด้านวิศวกรรม มาตรการทางด้านวิศวกรรมที่ใช้ในการบรรเทาอุทกภัยมี 3 มาตรการหลัก คือ ทำให้มาช้าลง ทำให้ไปไวขึ้น และทำให้ไปทางอื่น การบริหารจัดการน้ำหลากจำเป็นต้องมีเครื่องมือ เครื่องมือ ที่ใช้คืออาคารบังคับน้ำอาคารเหล่านี้ใช้ในการทำให้น้ำไหลช้าลง เร็วขึ้น หรือไปในทิศทางที่ต้องการ การใช้อาคารใดจึงจะเหมาะสมนั้นขึ้นอยู่กับมาตรการที่ใช้ในการ บรรเทาอุทกภัย นอกจากนี้การบริหารจัดการอาคารบังคับน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งได้แก่การใช้ชนิดอาคารที่ถูกต้อง ใน เวลาและขนาดที่เหมาะสม จะสามารถบรรเทาขนาดของอุทกภัยลงไปได้มาก

1) การทำให้มาช้าลง

การทำให้มาช้าลง เป็นการบริหารจัดการบริเวณต้นน้ำก่อนถึงพื้นที่บรรเทาอุทกภัย เพื่อให้ระยะเวลาในการไหลนานขึ้นซึ่งมีผลให้อัตราการไหลสูงสุดลดลง เป้าหมายในการทำให้อัตราการไหลสูงสุดลดลงคือให้อัตราการไหลไม่เกินขีดความสามารถในการระบายน้ำของระบบระบายน้ำในบริเวณพื้นที่บรรเทาอุทกภัย ยกตัวอย่างเช่น พื้นที่บรรเทา อุทกภัยแม่น้ำเจ้าพระยาให้อัตราการระบายน้ำได้สูงสุดประมาณ 3,000 ลบ.ม./วินาที หากมีน้ำไหลในลำน้ำ 4,000 ลบ.ม./ วินาที คาดได้ว่าจะเกิดอุทกภัย ดังนั้น หากสามารถทำให้น้ำไหลช้าลงเป็น 2 เท่า ก็จะสามารถทำให้อัตราการไหลลดลงได้ ประมาณครึ่งหนึ่ง คือ 2,000 ลบ.ม./วินาที ซึ่งแม่น้ำเจ้าพระยาสามารถรับได้ ก็จะไม่เกิดอุทกภัย เครื่องมือที่ใช้ในการทำให้น้ำไหลมาช้าลงคือเขื่อน เขื่อนเป็นอาคารที่สร้างขึ้นเพื่อขัดขวางการไหลของน้ำเพื่อกักเก็บน้ำไว้ในบริเวณอ่างเก็บน้ำหน้า เขื่อน พื้นที่บริเวณนี้เป็นพื้นที่ที่ถูกจัดเตรียมไว้เพื่อให้มีน้ำท่วม ดังนั้นการชะลอน้ำไว้ในบริเวณนี้ จึงไม่ก่อให้เกิดความเสียหายทำลายที่ตั้งเขื่อนนอกจากจะต้องมีความเหมาะสมทางด้านวิศวกรรมแล้ว ยังต้องอยู่ในทำเลที่สามารถบรรเทา อุทกภัยได้ นั่นคือต้องอยู่ทางด้านเหนือน้ำก่อนถึงพื้นที่เป้าหมายในการบรรเทาอุทกภัย และต้องอยู่ในพื้นที่ ที่มีผลกระทบ น้อย สามารถเคลื่อนย้ายผู้คนและทรัพย์สินต่างๆที่มีอยู่ในอ่างเก็บน้ำออกไปได้โดยไม่มีปัญหามากนัก เทคนิคในการ บริหารจัดการเขื่อนเพื่อบรรเทาอุทกภัยมี 2 แบบใหญ่ๆ คือการชะลอน้ำและการสับหลักน้ำ ลักษณะการชะลอน้ำใช้ในกรณีที่มีเขื่อนอยู่ตอนบน และมีฝนตกมากทั้งบริเวณเหนือเขื่อนและท้ายเขื่อน ทำให้มี น้ำท่าไหลเป็นจำนวนมากทั้งตอนบนและตอนล่างของตัวเขื่อน น้ำท่าตอนบนเป็นส่วนที่สามารถบริหารจัดการได้โดยเขื่อน แต่น้ำท่าตอนล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นส่วนที่เชื่อมไม่สามารถบริหารจัดการได้ ในกรณีเช่นนี้ การบริหารจัดการจะต้องตรวจสอบการไหลในพื้นที่บรรเทาอุทกภัยว่าเกินกว่าขีดความสามารถในการระบายน้ำหรือไม่ หากอัตราการไหลของน้ำทำไม่เกินกว่าขีดความสามารถในการระบายน้ำกรณีเช่นนี้ไม่มีความจำเป็นต้องบริหารจัดการเพื่อบรรเทาอุทกภัย แต่ในกรณีที่อัตราการไหลในบริเวณพื้นที่บรรเทาอุทกภัยมากกว่าขีดความสามารถในการระบายน้ำจึงมีความจำเป็นต้องบริหารจัดการเชื่อม โดยการระบายน้ำออกจากเขื่อนให้น้อยลง (น้อยกว่าอัตราการไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำหน้าเขื่อน) เป้าหมายคือการลดอัตราการไหลที่บริเวณพื้นที่บรรเทาอุทกภัยให้ไม่เกินขีดความสามารถในการระบายน้ำในกรณีจำเป็น อาจไม่ระบายน้ำผ่านตัวเขื่อน ลักษณะการสับหลักน้ำใช้ในกรณีที่มีลำน้ำสาขาตั้งแต่ 2 สาขาขึ้นไป โดยในลำน้ำสาขาดังกล่าวมีเขื่อนกักเก็บ น้ำตั้งแต่ 1 แห่งขึ้นไป ในกรณีที่เกิดฝนตกหนักเหนือลำน้ำสาขาต่างๆทำให้เกิดน้ำหลากมาตามสาขาต่างๆในเวลาเดียวกัน ซึ่งจะมีผลให้อัตราการไหลในลำน้ำตอนล่างท้ายจุดบรรจบของลำน้ำสาขามีอัตราสูงมากจนเกินกว่าอัตราการระบายน้ำ ของลำน้ำตอนล่าง ลักษณะเช่นนี้จะทำการกักเก็บน้ำในลำน้ำสาขาใดสาขาหนึ่งไว้ในอ่างเก็บน้ำก่อน โดยให้น้ำจากสาขาอื่นผ่านไปก่อน จนกว่าน้ำในสาขาที่ปล่อยผ่านไปนั้นมีสภาพคลี่คลายแล้ว จึงปล่อยน้ำที่เก็บไว้ในอ่างเก็บน้ำตามในภายหลัง ลักษณะเหมือนสับหลักกรไฟฟ้า ยกตัวอย่างเช่น แม่น้ำเจ้าพระยามีสาขาแม่น้ำปิงซึ่งมีเขื่อนภูมิพล และแม่น้ำวังซึ่งมี เขื่อนกิ่วลม เมื่อมีน้ำมากทั้งแม่น้ำปิงและแม่น้ำวัง ก็จะเก็บน้ำในแม่น้ำปิงไว้ในเขื่อนภูมิพลก่อน ในขณะเดียวกัน จะเร่ง ระบายน้ำจากแม่น้ำวังในอัตราสูงสุดที่แม่น้ำเจ้าพระยาจะสามารถรับได้ จนกว่าสถานการณ์น้ำในแม่น้ำวังคลี่คลายลง จึงจะเร่งระบายน้ำจากเขื่อนภูมิพลตามไป ดังนี้เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การทำให้น้ำไหลได้ไวขึ้น

การทำให้น้ำไหลได้ไวขึ้นเป็นการบริหารจัดการในพื้นที่อุทกภัย เป้าหมายในการดำเนินการคือการเพิ่มขีดความสามารถ ในการระบายน้ำให้ไม่น้อยกว่าอัตราการไหลเข้าสู่พื้นที่บรรเทาอุทกภัย เครื่องมือที่ใช้ในการทำให้น้ำไปไวขึ้นอาจมีได้หลาย ชนิด เช่น การขยายขนาดลำน้ำเพื่อให้ลำน้ำมีพื้นที่การไหลมากขึ้น การเพิ่มคันกั้นน้ำตามแนวตลิ่งเพื่อให้สามารถรับน้ำได้ ในระดับที่สูงขึ้น การขุดช่องลัดเพื่อให้ระยะทางการไหลลดลง การขุดคลองระบายน้ำเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มจำนวนทางระบายน้ำ ให้มากขึ้น ตลอดจนการทำความสะอาดทางระบายน้ำและป้องกันการรुकกล้าหรือกีดขวางทางระบายน้ำ

3) การผันน้ำไปทางอื่น

การทำให้น้ำไปทางอื่นเป็นการเปิดทางระบายน้ำขึ้นใหม่ โดยไม่ให้แนวทางระบายน้ำที่ เปิดใหม่นี้ผ่านพื้นที่บรรเทา อุทกภัย แต่ให้เลี้ยวไปผ่านพื้นที่อื่นซึ่ง สามารถระบายน้ำไปทางด้าน ท้ายน้ำได้โดยง่าย หรือเป็นพื้นที่ที่สามารถรองรับน้ำ ท่วมได้โดยไม่ก่อให้เกิดความเสียหายมากนัก และอยู่ในวิสัยที่สามารถชดเชยความเสียหายได้อย่างคุ้มค่า ยกตัวอย่างเช่น โครงการขุดคลอง เจ้าพระยา 2 เพื่อระบายน้ำไปลงทะเลเป็นต้น

4.3 ผลการวิเคราะห์ที่ได้จากแบบจำลองกับแนวทางการบริหารจัดการน้ำโครงการชลประทาน นครสวรรค์ ในช่วงฤดูน้ำหลาก

1) แผนงานก่อนน้ำมา

การคาดการณ์และติดตามสถานการณ์ต่างๆ ประกอบด้วยสภาพภูมิอากาศ สภาพน้ำฝน สภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำ และสภาพน้ำท่าในลุ่มน้ำต่างๆ อย่างใกล้ชิดตลอดจนเฝ้าระวังปริมาณน้ำในลำน้ำที่สำคัญแจ้งให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องเตือนให้ประชาชนทราบ แผนงานขุดลอกและกำจัดวัชพืชในคลองชลประทานให้แล้วเสร็จก่อนฤดูน้ำหลาก แผนงานพร่องน้ำในอ่างเก็บน้ำและในพื้นที่ (ในทุ่ง) เพื่อรองรับปริมาณน้ำหลากและปริมาณฝนที่ตกในพื้นที่ลุ่ม โดยไม่ให้เกิดผลกระทบต่อการใช้ น้ำ การตรวจสอบความพร้อมของอาคารชลประทานต่างๆ ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานการเตรียมความพร้อมเครื่องจักร เครื่องมือ เช่น เครื่องสูบน้ำ รถยนต์บรรทุก รถยนต์ตรวจการณ์ เป็นต้น การจัดเตรียมกระสอบทรายสำหรับเสริมคันคลอง หรือคันกั้นน้ำในช่วงของลำน้ำต่างๆ ที่มีระดับต่ำ การจัดตั้งศูนย์เฉพาะกิจและแก้ไขปัญหาทั่ววม โครงการชลประทานนครสวรรค์ เพื่อติดตามสถานการณ์อย่างใกล้ชิด ตลอดจนรายงานสถานการณ์และสั่งการให้การช่วยเหลือได้ทันเหตุการณ์

2) แผนงานระหว่างน้ำมา หรือขณะเกิดภัย

การเสริมคันกั้นน้ำที่มีระดับต่ำ การเปิดช่องน้ำหลาก การก่อสร้างทำนบช่วยคร่าวปิดกั้นคลองระบายน้ำเพื่อป้องกันน้ำจากแม่น้ำซึ่งอยู่ด้านนอกไหลเข้าท่วมพื้นที่ชลประทาน การจัดเจ้าหน้าที่อยู่เวร ปฏิบัติหน้าที่ทุกวัน เพื่อรับข้อมูล ข่าวสาร สภาพน้ำ ให้แก่ส่วนราชการและประชาชนในระหว่างน้ำมาหรือขณะเกิดภัย จัดส่งเครื่องสูบน้ำเข้าไปช่วยเหลือ พื้นที่ ตามที่ได้รับ การร้องขอ โดยหมุนเวียนเมื่อหมดภารกิจให้ข้อมูลเรื่องน้ำทาง Internet ที่ Website <http://www.rid.go.th/> ประสานงานและแจ้งข้อมูลแก่ส่วนราชการ ในพื้นที่ที่เกี่ยวข้องให้ทราบ ประชาสัมพันธ์ให้แก่ประชาชนทั่วไปทราบ ถึงสถานการณ์ต่างๆ ทางรายการวิทยุ และข่าวหนังสือพิมพ์ท้องถิ่น

3) แผนงานหลังอุทกภัย

ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษา ที่มีหน้าที่ออกสำรวจและรายงานความเสียหายในแต่ละพื้นที่ การจัดทำกรปรับปรุงซ่อมแซม อาคารชลประทาน คลองส่งน้ำ ประกอบทั้งคันคลอง ที่อยู่ในความรับผิดชอบของแต่ละพื้นที่ รับข้อร้องเรียนของราษฎร และออกตรวจสอบพื้นที่ที่ได้รับ ความเสียหาย เพื่อแก้ไขบรรเทาความเดือดร้อนทั้งหมดที่เกิดขึ้นจริงจากอุทกภัย เพื่อปรับปรุง ซ่อมแซม ในภาพรวมของโครงการชลประทานนครสวรรค์ต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

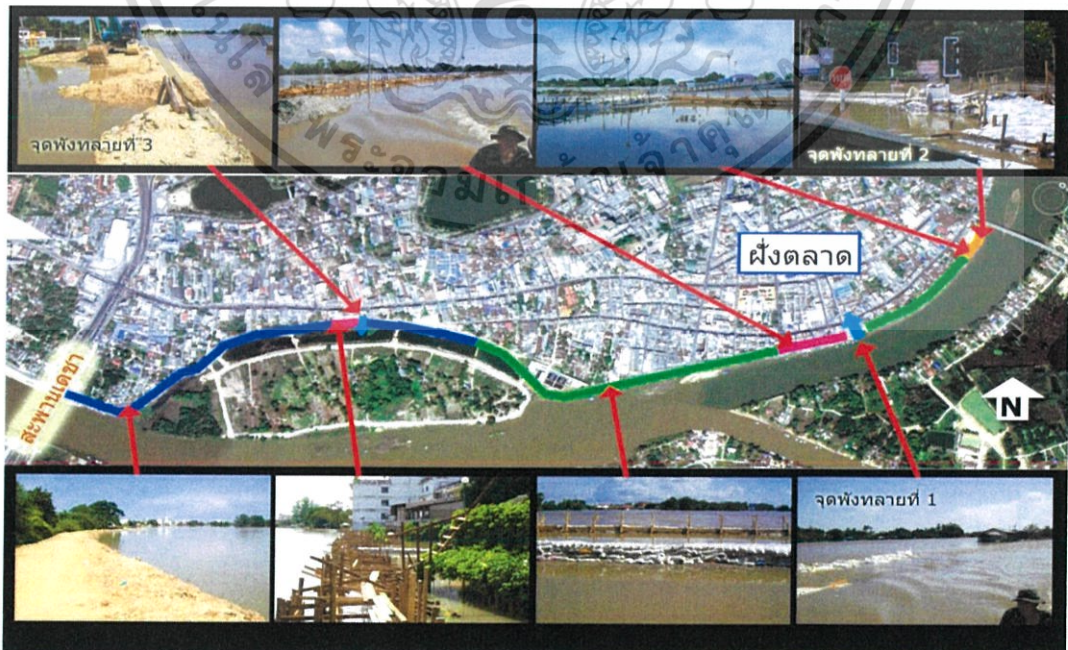
4.4 แนวทางการแก้ไขปัญหาเมื่อเปรียบเทียบผลจากแบบจำลองและผลการวิเคราะห์ของหัวข้อที่ 4.3 และ 4.4

จากการศึกษาการแก้ไขปัญหาที่นำท่วมด้วยโปรแกรม Autodesk Simulation CFD 2015 (3D) พบแนวทางการแก้ไขปัญหาดังนี้

1) การสร้างคันกั้นน้ำ

จากการวิเคราะห์และศึกษาข้อมูลที่ได้ ปัญหาน้ำท่วมตลิ่งจะพบว่าถ้าสร้างคันกั้นน้ำจำเป็นต้องสร้างในเขตตำบลปากน้ำโพ (ทิศตะวันออกของแม่น้ำเจ้าพระยา) และตำบลกลางแดด อำเภอเมืองนครสวรรค์ จังหวัดนครสวรรค์ ก่อน เนื่องจากโมเดลแสดงให้เห็นผลกระทบว่าความเร็วของน้ำ ในช่วงตำบลปากน้ำโพ (ทิศตะวันออกของแม่น้ำเจ้าพระยา) นี้มีความเร็วสูงกว่าส่วนอื่นๆ เป็นระยะทาง 1.75 กิโลเมตร จึงมีความสำคัญเป็นอันดับแรก ซึ่งมีความสอดคล้องกับข้อมูลการวิเคราะห์ผลจากอาจารย์วีระชัย ชูพิศาลยโรจน์ ในหัวข้อทำให้น้ำไหลได้ไวขึ้นที่กล่าว “ การเพิ่มคันกั้นน้ำตามแนวตลิ่งเพื่อให้สามารถรับน้ำได้ในระดับที่สูงขึ้น” และกรมชลประทาน จังหวัดนครสวรรค์ ที่มีแผนการก่อสร้างคันกั้นน้ำก่อนหน้าบริเวณที่ศึกษาในแผนก่อนน้ำมา ซึ่งสอดคล้องกับแบบจำลองที่ทำการศึกษาซึ่งเป็นส่วนต่อเนื่องของแผนการ กรมชลประทาน จังหวัดนครสวรรค์

คันกั้นน้ำเดิมที่ก่อสร้างกำลังก่อสร้างและดำเนินการเสร็จไปแล้วบางส่วน 3.7 กิโลเมตร บริเวณต้นแม่น้ำเจ้าพระยา (ปากน้ำโพ)



รูปที่ 4.9 แสดงจุดที่คันกั้นน้ำพังกาลายในปี พ.ศ.2554

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คันกันน้ำเดิมที่ก่อสร้างกำลังก่อสร้างและดำเนินการเสร็จไปแล้วบางส่วน 2.3 กิโลเมตร บริเวณฝั่งศาลากลาง



รูปที่ 4.10 แสดงคันกันน้ำที่สร้างแล้วเสร็จบริเวณฝั่งศาลากลาง

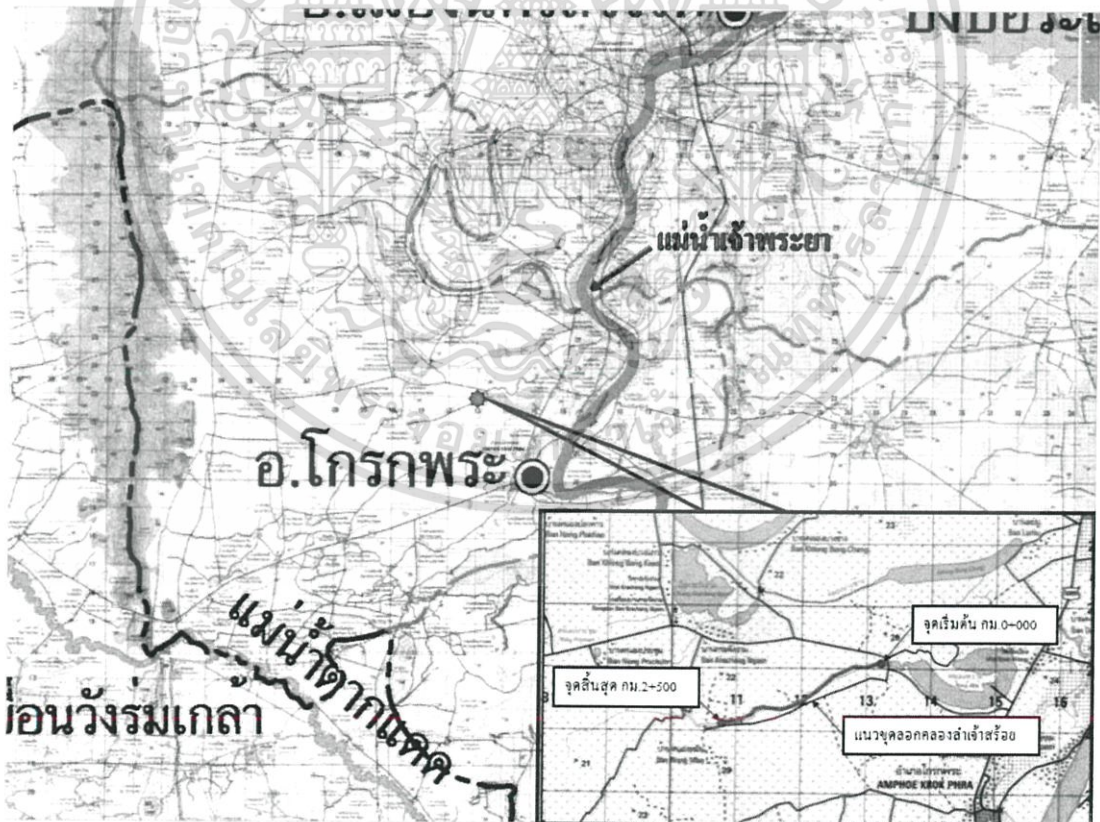
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การปรับปรุงและตกแต่งสภาพลำน้ำ

จากการวิเคราะห์และศึกษาข้อมูลที่ได้การปรับปรุงและตกแต่งสภาพลำน้ำจะช่วยเพื่อให้ น้ำที่ท่วมทะลักสามารถไหลไปตามลำน้ำได้สะดวกหรือช่วยให้กระแสน้ำไหลเร็วยิ่งขึ้น โดยใช้วิธีการขุดลอกลำน้ำตื้นเขินให้น้ำไหลสะดวกขึ้น, ตกแต่งดินตามลาดตลิ่ง ให้เรียบ, กำจัดวัชพืช ผักตบชวา และเรือทำลายสิ่งกีดขวางทางน้ำไหล, หากลำน้ำคดโค้ง มากให้หาแนวทางขุดคลองใหม่ เป็นลำน้ำสายตรง, การก่อสร้างเขื่อนเก็บกักน้ำ ซึ่งมีความสอดคล้องกับข้อมูลการวิเคราะห์ผลของ อาจารย์วีระชัย ฐุพิศาลโรจน์ ในหัวข้อการทำให้ลำน้ำไหลได้ไวขึ้นที่กล่าวว่า “การขยายขนาดลำน้ำ เพื่อให้ลำน้ำมีพื้นที่การไหลมากขึ้น” อีกทั้งยังสอดคล้องกับแผนการของกรมชลประทาน จังหวัด นครสวรรค์ ที่จะปรับปรุงและตกแต่งสภาพลำน้ำ ในแผนการก่อนน้ำมาซึ่งแสดงในรูปที่ 4.11 และ รูปที่ 4.12

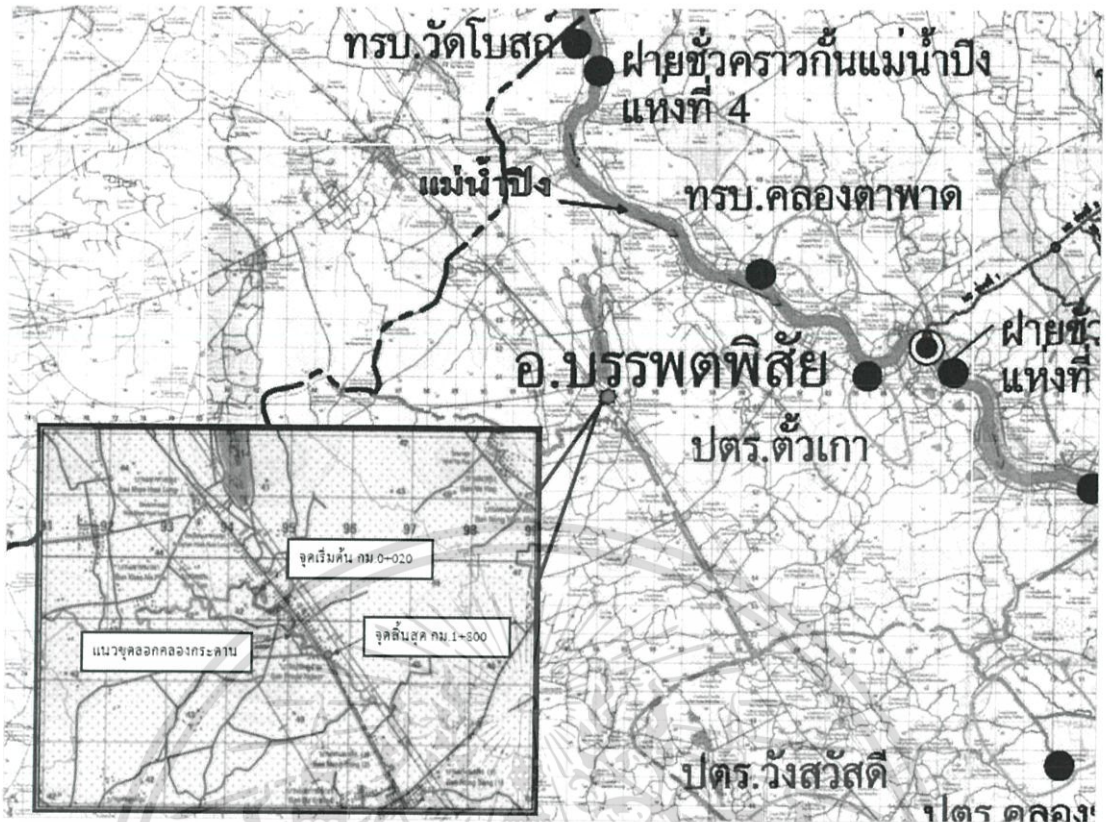
แผนการปัจจุบันของจังหวัดที่เกี่ยวข้องกับวิธีแก้ไขปัญหา

- 1) โครงการขุดลอกลำเจ้าสร้อย
- 2) โครงการขุดลอกคลองกระดาน



รูปที่ 4. 11 แผนงานโครงการขุดลอกลำเจ้าสร้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4. 12 แผนงาน โครงการขุดลอกคลองกระดาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) การก่อสร้างทางผันน้ำ

จากการศึกษาข้อมูลจากแบบจำลองพบว่าจำเป็นต้องมีการผันน้ำที่แม่น้ำสองสายด้านเหนือน้ำ ควรให้ความสำคัญและปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เพราะการผันน้ำมีความสำคัญมาก เนื่องจากความสามารถในการผันน้ำยังมีประสิทธิภาพมากเท่าไรจะช่วยลดผลกระทบจากน้ำที่ท่วมในพื้นที่ศึกษาได้มากเท่านั้นจึงจำเป็นต้องผันน้ำเลี้ยงเมือง

แผนการปัจจุบันของจังหวัดนครสวรรค์ที่เกี่ยวข้องและสอดคล้องกับการก่อสร้างทางผันน้ำคือโครงการระบบผันน้ำแม่น้ำปิงฝั่งตะวันตก (ปิง-เจ้าพระยา) ผันน้ำเลี้ยงเมือง 21 ล้าน ลบ.ม./วัน (ผันน้ำ 250 ลบ.ม./วินาที) จากตำบลบางแก้ว อำเภอบรรพตพิสัย ถึง ตำบลบางมะฝ่อ อำเภอโกรกพระ จังหวัดนครสวรรค์ การบริหารจัดการน้ำของ จังหวัดนครสวรรค์ โดย โครงการชลประทานนครสวรรค์ อีกทั้งยังสอดคล้องกับข้อมูลวิเคราะห์ที่ได้จากอาจารย์วีระชัย ชูพิศาลโรจน์ ที่กล่าวในหัวข้อการผันน้ำไปทางอื่นพบว่า “การทำ”ให้ไปทางอื่นเป็นการเปิดทางระบายน้ำขึ้นมาใหม่ โดยไม่ให้แนวทางระบายน้ำที่เปิดใหม่นี้ผ่านพื้นที่อุทกภัย แต่ให้เลี้ยง ไปผ่านพื้นที่อื่นซึ่ง สามารถระบายน้ำไปทางด้านท้ายน้ำได้โดยง่าย”



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4. 13 โครงการระบบผันน้ำแม่น้ำปิงฝั่งตะวันตก (ปึง-เจ้าพระยา) จากตำบลบางแก้ว อำเภอบรรพตพิสัย ถึง ตำบลบางมะฝ่อ อำเภอโกรกพระ จังหวัดนครสวรรค์

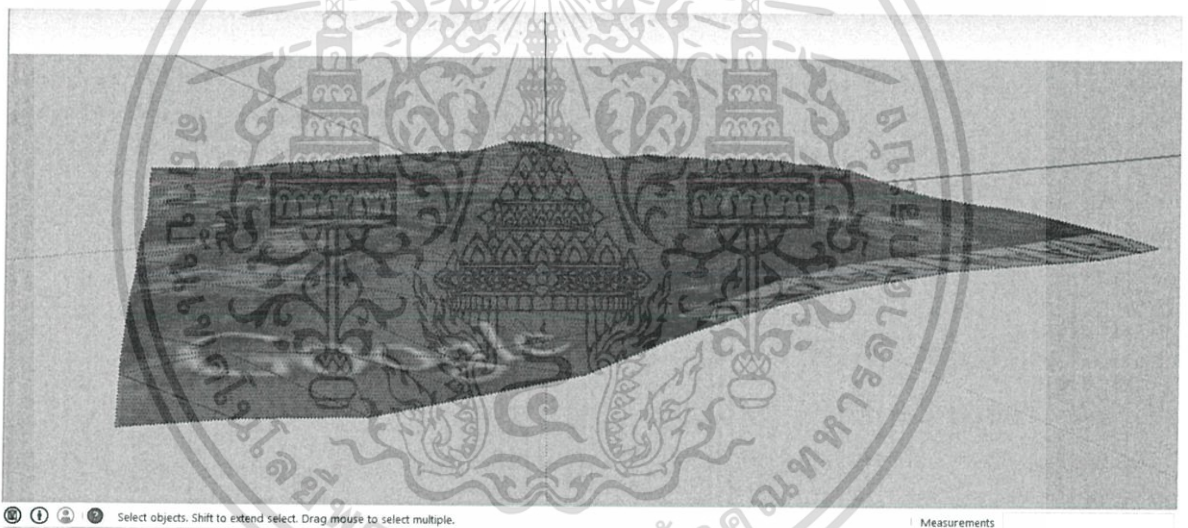
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินงาน

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

จากการดำเนินการศึกษาด้วยโปรแกรม Autodesk Simulation CFD 2015 (3D) แสดงให้เห็นการพัฒนาของมุมมอง 3 มิติ เพื่อช่วยให้ง่ายต่อการศึกษาและทำความเข้าใจ อีกทั้งยังเป็นทางเลือกและแนวทางในการประกอบการตัดสินใจของภาครัฐในการบริหารและจัดการพื้นที่ เพื่อลดค่าใช้จ่ายด้านงบประมาณในการศึกษาพื้นที่ เนื่องจากโปรแกรมที่ใช้ในการศึกษาสามารถระบุค่าระดับและตำแหน่งได้ใกล้เคียงความเป็นจริงและสะดวกต่อการใช้งาน

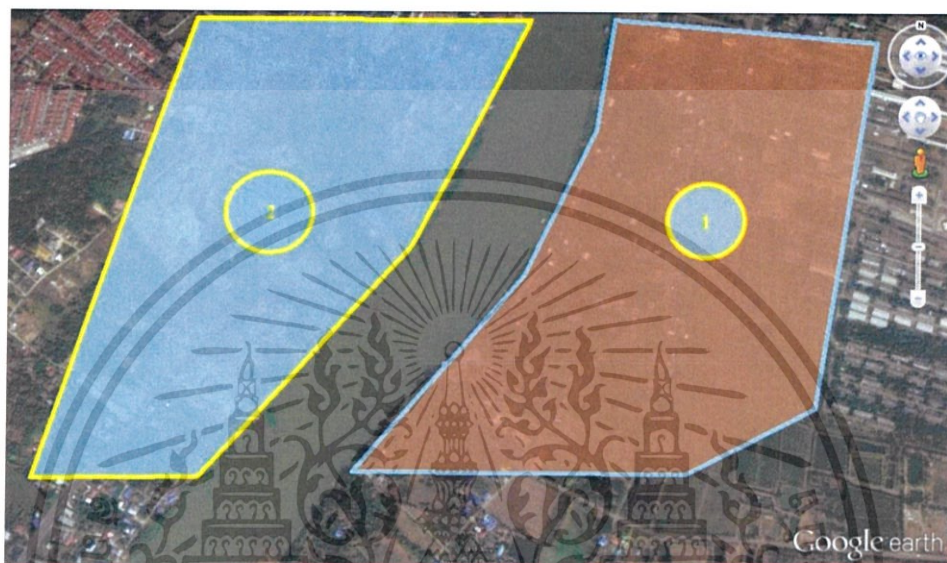


รูปที่ 5. 1 รูปแสดงการนำแผนที่โดยการ Import ข้อมูลจาก Google Map

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.1 สรุปผลการดำเนินงานพื้นที่ที่คาดว่าจะได้รับผลกระทบจากโมเดลที่ทำการศึกษา

จากการดำเนินงานศึกษา พื้นที่บริเวณเขตเทศบาลเมืองนครสวรรค์ มีพื้นที่ 1.845km² ด้วยโปรแกรม Autodesk Simulation CFD 2015 (3D) จะเห็นได้ว่าการท่วมตามแบบจำลอง จะแบ่งออกเป็น 2 กรณี



รูปที่ 5.2 แสดงแผนที่บริเวณที่ได้รับผลกระทบเป็นอันดับแรกและอันดับต่อมา

- 1) พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบเป็นอันดับแรก ได้แก่ ตำบลปากน้ำโพ อำเภอเมืองนครสวรรค์ จังหวัดนครสวรรค์ (ทิศตะวันออกของแม่น้ำเจ้าพระยา) และตำบลกลางแดด อำเภอเมืองนครสวรรค์ จังหวัดนครสวรรค์ ซึ่งจะเห็นได้ว่ายังไม่มีการสร้างคันกันน้ำ
- 2) พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบเป็นอันดับต่อมา ได้แก่ ตำบลปากน้ำโพ อำเภอเมืองนครสวรรค์ จังหวัดนครสวรรค์ (ทิศตะวันตกของแม่น้ำเจ้าพระยา) และตำบลนครสวรรค์ตก อำเภอเมืองนครสวรรค์ จังหวัดนครสวรรค์ ในทางฝั่งตะวันตกของแม่น้ำเจ้าพระยาได้มีการสร้างคันกันน้ำเป็นบางส่วนแล้ว แต่ยังไม่ครอบคลุมกับพื้นที่ที่คาดว่าจะได้รับผลกระทบ

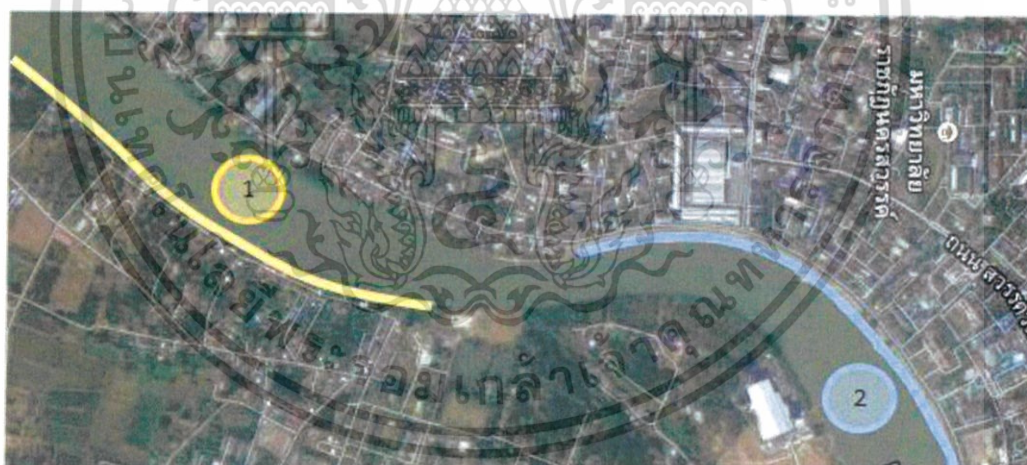
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.2 สรุปความเชื่อมโยงระหว่างโมเดลที่ศึกษากับพื้นที่จริงที่มีการก่อสร้าง

พบว่าพื้นที่ๆทำการสร้าง โมเดลและมีการคาดคะเนพื้นที่ๆจะได้รับผลกระทบหากมีการเกิดน้ำท่วมใหญ่ขึ้นดังในปี พ.ศ.2554 ดังแสดงในรูปที่ 4.1.3-1 นั้นเป็นส่วนที่ต่อมาจากจุดที่มีการสร้างกำแพงกันน้ำแล้วเสร็จ ซึ่ง โครงการนั้นยังมีแผนงานการก่อสร้างต่อไปยังจุดที่โมเดลแสดงจุดเสี่ยงอีกด้วย แสดงให้เห็นว่าโมเดลนั้นมีประสิทธิภาพพอที่จะคาดคะเนจุดเสี่ยงจากน้ำหลากได้



รูปที่ 5.3 แสดงจุดที่มีการสร้างกำแพงกันน้ำแล้วเสร็จ



รูปที่ 5.4 แสดงพื้นที่เปรียบเทียบระหว่างจุดที่คาดการณ์จากโมเดลและจุดที่มีการสร้างกำแพงกันน้ำแล้วเสร็จ

หมายเหตุ : หมายเลข 1 แสดง ส่วนที่ทำการคาดการณ์จากโมเดลว่าจะเกิดผลกระทบรุนแรงได้

หมายเลข 2 แสดง ส่วนที่มีการสร้างกำแพงกันน้ำแล้วเสร็จ

จากรูปที่ 5.4 จะเห็นได้ว่ามีความสอดคล้องกันกับพื้นที่จริงที่ทำการก่อสร้าง อีกทั้งยังพบว่าการคาดการณ์จากโมเดล นั้นเป็นส่วนต่อของพื้นที่จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

- 1) จากการศึกษาพบว่า การข้อจำกัดของการใช้โปรแกรมคือ การใช้ระยะเวลาในการประมวลผลเป็นเวลานานสำหรับพื้นที่ศึกษาที่มีขนาดใหญ่
- 2) ขั้นตอนการเปลี่ยนไฟล์เพื่อที่จะทำการประมวลผลของโปรแกรมค่อนข้างซับซ้อนอีกทั้งนี้เนื่องจากการสร้างโมเดลจำเป็นต้องทำการ นำเข้าไฟล์แผนที่จากโปรแกรม Sketch up
- 3) งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม Autodesk Simulation CFD 2015 (3D) ค่อนข้างน้อยจึงเข้าถึงการโปรแกรมก่อนข้างยาก
- 4) เนื่องจากการกำหนดค่า boundary condition และ initial condition ยังมีข้อจำกัดในการศึกษาอย่างเช่น ค่าแรงเสียดทาน อัตราการไหล อีกทั้ง ค่าของเวลา จำเป็นต้องกำหนดให้สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงของพื้นที่
- 5) โปรแกรมที่นำมาใช้เป็นรุ่นสำหรับการทดลองใช้งานและศึกษา อาจมีข้อจำกัดทางด้านเวลาในการใช้งานอีกทั้ง ทำให้ไม่สามารถเข้าถึงฟังก์ชันการใช้งานได้อย่างเต็มที่ และตัวโปรแกรมมีราคาค่อนข้างสูง จึงจำเป็นต้องใช้รุ่นสำหรับการทดลองใช้งานและศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

K.M.Boyes and S.M.Donohoo D.K.H.Ho. (2001). Investigation of Spillway Behaviour under Increased Maximum Flood by Computational Fluid Dynamics Technique. *Australasian Fluid Mechanics Conference*.

Ohayo. (20 April 2009). *Geographic Information System CFD*. เข้าถึงได้จาก MGIS Board:
<http://www.mgis.mut.ac.th/smf/index.php?topic=283.0>

Untong Akarapong. (2013). มูลค่าความเสี่ยงของชีวิตประชาชนในพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำป่าไหลหลากและดินโคลนถล่ม. *Applied Economics Journal* 17.1, 113-131.

ชโลธร กุลถาวรกร. (2014). การศึกษาการบริหารจัดการ กระบวนการการป้องกันภัยน้ำท่วมของชุมชนในเขตบางกรวย-ไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี กรณีศึกษาหมู่บ้านศิริวรรณ 1.

ชัยธร ออกะลา. (2010). *Fluid Mechanics*. นครปฐม: ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน มหาวิทยาลัยกำแพงแสน. เข้าถึงได้จาก
<http://irre.ku.ac.th/HomepageDoc/BooksOnline/Thandon/FluidMechanics.pdf>

มหาวิทยาลัยมหิดล. (ม.ป.ป.). *กลศาสตร์ของไหล2*. เข้าถึงได้จาก http://www.il.mahidol.ac.th/e-media/ap-physics2/lesson8_2.html

วีระชัย ชูพิศาลยโรจน์. (2011). *แนวทางในการบรรเทาอุทกภัย*.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศูนย์แก้ปัญหาการบริหารจัดการน้ำในภาวะวิกฤตศูนย์ภาคเหนือตอนล่าง. (2014). การจัดการน้ำทั้งระบบนครสวรรค์. นครสวรรค์.

สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร. (10 July 2012). เข้าถึงได้จาก

<http://www.haii.or.th/wiki/index.php?title=ไฟล์:T5-สถิติน้ำหลากฉบับปล้น-ปัง.jpg&limit=20>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้