ผลกระทบของอุโมงค์ใต้ดินต่อพฤติกรรมการไหลของน้ำบาดาล ในชั้นอุ้มน้ำที่ราบภาคกลางตอนล่าง

IMPACT OF UNDERGROUND TUNNEL ON GROUNDWATER BEHAVIOR IN THE LOWER CENTRAL PLAIN OF THAILAND

พรรคเษมฎ์ บุญธรรมกุล

ภาณุ ชัยเกียรติยศ

อินทัช อรุณกมลศรี

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2557

ผลกระทบของอุโมงค์ใต้ดินต่อพฤติกรรมการไหลของน้ำบาดาล ในชั้นอุ้มน้ำที่ราบภาคกลางตอนล่าง

IMPACT OF UNDERGROUND TUNNEL ON GROUNDWATER BEHAVIOR IN THE LOWER CENTRAL PLAIN OF THAILAND

พรรคเชษฎ์ บุญธรรมกุล

ภาณุ ชัยเกียรติยศ

อินทัช อรุณกมลศรี

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองโครงงานพิเศษ

หัวข้อโครงงานพิเศษ	ผลกระทบของอุโมงค์ใต้ดินต่อพฤติกรรมการไหลของน้ำบาดาลในชั้นอุ้มน้ำที่ราบภาคกลางตอนล่าง		
นักศึกษา	นายพรรคเชษฎ์	บุญธรรมกุล	รหัสประจำตัว 54010840
	นายภาณุ	ชัยเกียรติยศ	รหัสประจำตัว 54010918
	นายอินทัช	อรุณกมลศรี	รหัสประจำตัว 54011203
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต		สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา		
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร.อุมา สีบุญเรือง		
ปีการศึกษา	2557		

คณะกรรมการสอบโครงงานพิเศษ		ลายมือชื่อ
รศ.ดร.อุมา	สีบุญเรือง	
ผศ.ดร. นันวัฒน์	จรัสโรจน์ธนเดช	
ดร. ชลิดา	อู่ตะเภา	
ดร. ภาสกร	ขันทองทิพย์	
ดร. ชดชนก	อัฑฒพงศ์	

สถานที่สอบ ห้องประชุมภาควิชา วันที่ 28 เมษายน 2558 เวลา 13:00-14:00

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา รับรองแล้ว

(ผศ.ดร. นันวัฒน์ จรัสโรจน์ธนเดช)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

วันที่ 25 เดือน ..... พ.ศ. 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลกระทบของอุโมงค์ใต้ดินต่อพฤติกรรมการไหลของน้ำบาดาลในชั้นอุ้มน้ำที่ราบภาคกลางตอนล่าง

นายพรรคเชษฎ์ บุญธรรมกุล 54010877
นายภาณุ ชัยเกียรติยศ 54010984
นายอินทัช อรุณกมลศรี 54011563
รศ.ดร.อุมา สีบุญเรือง อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2557

บทคัดย่อ

โครงงานพิเศษนี้เป็นการศึกษาผลกระทบของอุโมงค์ใต้ดินต่อพฤติกรรมการไหลของน้ำบาดาลในชั้นอุ้มน้ำที่ราบภาคกลางตอนล่าง โดยศึกษาลักษณะชั้นดินที่แตกต่างกันได้แก่ ตำแหน่งมหาวิทยาลัยเกษตร สวนจตุจักรและสวนรมมณีนาถ เพื่อสร้างแบบจำลองรูปแบบการไหลของน้ำในกรณีต่างๆ โดยจำลองการไหลของน้ำใน 4 กรณี ประกอบด้วย ก) การจำลองการไหลแบบไม่มีอุโมงค์ ข) การจำลองการไหลแบบ1อุโมงค์ ค) การจำลองการไหลแบบ2อุโมงค์ ง) การจำลองการไหลเมื่ออุโมงค์มีการรั่วซึม จากการศึกษานี้ ทำให้เราได้ทราบถึงทิศทางการไหลของน้ำเมื่อมีอุโมงค์ขวางทางน้ำโดยน้ำจะมีการเคลื่อนที่ช้าลงและมีการยกตัวสูงขึ้นกว่ากรณีปกติ นอกจากนี้ปัจจัยที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของน้ำคือในกรณีอุโมงค์รั่วซึม ซึ่งทำให้ทิศทางการไหลของน้ำเปลี่ยนไปจากเดิมโดยน้ำจะไหลเข้าอุโมงค์และบางส่วนจะผ่านไปโดยส่วนที่เข้าอุโมงค์ต้องทำการสูบออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Impact of underground tunnel on groundwater behavior in the lower central plain of Thailand

Mr. Packchet Buttomkul 54010035

Mr. Panu Chaikaittiyos 54010715

Mr. Intouch Aroonkamonsri 54011464

Dr.Uma Seeboonruang Advisor

Academic Year 2014

ABSTRACT

This special project was to study the effects of underground tunnels on the behavior of groundwater flow in the lower Central Plateau The study focuses the layers Three different location; which are Kasetsart University, Chatuchak Weekend Market and Romaneenart Park MODFLOW program is applied to model the flow pattern of water in various cases by simulating the flow of groundwater in 4 cases; of A) flow simulations without tunnel, B) flow simulation with one tunnel, C) flow simulation with two tunnels, D) flow simulation with leaked tunnel. The modal result reveal that when a tunnel or tunnel across the groundwater flowpath groundwater slow down and rise higher than normal cases. In addition, another factor that affects the movement of groundwater is leaking of tunnel the leaks creates groundwater changes and flow into tunnel. The water that seeps into the tunnel must be pumped out.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ทางคณะผู้จัดทำได้กระทำอย่างมุ่งมั่น ตั้งใจอย่างสูง และสำเร็จโดยสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาและอนุเคราะห์ช่วยเหลือเป็นอย่างดีจากหลายฝ่ายซึ่งมิอาจจะนำมากล่าวได้ทั้งหมด ซึ่งผู้มีพระคุณท่านแรกที่คณะผู้จัดทำใคร่ขอกราบพระคุณคือ รศ.ดร.อุมา สีบุญเรือง อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษ ที่ได้มอบทั้งความรู้ ให้คำปรึกษา คำแนะนำ และข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์อย่างมากตลอดจนสละเวลาอันมีค่าเพื่อตรวจทานติดตามความก้าวหน้า รวมทั้งแนะแนวทางการแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ให้โดยเสมอ ด้วยความเอาใจใส่อย่างดีที่สุด เพื่อให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ที่สุด คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณบิดามารดาที่คอยช่วยเหลือและเป็นกำลังใจตลอดจนขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่คอยให้ความช่วยเหลือให้คำแนะนำและเป็นกำลังใจเสมอมาจนปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จลุล่วงไปด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์และบุคลากรภาควิชาวิศวกรรมโยธา อาจารย์ผู้สอนทุกรายวิชาตลอดการเรียน ณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่าน ที่มอบทั้งวิทยาการและประสบการณ์แก่คณะผู้จัดทำตลอดมา และผู้โดยสารทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามเป็นอย่างดี

พรรคเชษฎ์ บุญธรรมกุล
ภาณุ ชัยเกียรติยศ
อินทัช อรุณกมลศรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... II

กิตติกรรมประกาศ..... III

สารบัญ..... IV

สารบัญตาราง..... VI

สารบัญภาพ..... VII

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาและ
ความสำคัญ..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการค้นคว้า..... 2

1.3 สมมุติฐานการค้นคว้า..... 2

1.4 ขอบเขตการศึกษา..... 2

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ..... 3

บทที่ 2 วรรณกรรมปริทัศน์

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง..... 4

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 8

บทที่ 3 พื้นที่การศึกษา

3.1 ข้อมูลอุทกวิทยา..... 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.1 ข้อมูลอุทกวิทยา.....14

บทที่ 4 การสร้างแบบจำลอง

4.1 ชนิดของชั้นดิน.....15

4.2 วิธีการสร้างแบบจำลอง.....20

บทที่ 5 ผลการศึกษา

5.1 ผลการศึกษาค่า iteration และ criterion.....31

5.2 ศึกษาอัตราการไหลและระดับน้ำ.....32

5.3 ศึกษาอัตราการไหลและระดับน้ำ เมื่ออุโมงค์มีการรั่วซึม.....50

บทที่ 6 วิเคราะห์ผลการ run program

6.1 แบบอุโมงค์ไม่มีการรั่ว.....68

6.2 แบบอุมงค์มีการรั่ว.....80

บทที่ 7 สรุปผลการทดลอง.....93

บรรณานุกรม..... 94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง **หน้า**

4.1 แสดงผลError ของการใช้โปรเกรมที่ค่าพารามิเตอร์ที่ 1.....17

4.2 แสดงผลError ของการใช้โปรเกรมที่ค่าพารามิเตอร์ที่ 2.....17

4.3 แสดงผลError ของการใช้โปรเกรมที่ค่าพารามิเตอร์ที่ 3.....18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูป หน้า

3.1แผนที่ธรณีวิทยาของกรุงเทพมหานคร จากกรมทรัพยากรธรณี..... 14

4.1 ชั้นดินบริเวณมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.....15

4.2 ชั้นดินบริเวณสวนรมณีนาถ.....16

4.3 ชั้นดินบริเวณสวนจตุจักร..... 16

4.4 LAYER ชั้นดินบริเวณ ม.เกษตรศาสตร์..... 18

4.5 LAYER ชั้นดินบริเวณ สวนจตุจักร.....19

4.6 LAYER ชั้นดินบริเวณ สวนรมณีนาถ..... 19

4.7 โปรแกรม Visual Modflow เริ่มต้นใช้งาน..... 20

4.8 โปรแกรม Visual Modflow กำหนด Project Outline.....20

4.9 โปรแกรม Visual Modflow รายละเอียด Flow Option..... 21

4.10 โปรแกรม Visual Modflow กำหนด Model Domain.....21

4.11โปรแกรม Visual Modflow กำหนด Model Domain เรียบร้อย..... 22

4.12 โปรแกรม Visual Modflow การเพิ่ม-ลด Grid Line.....23

4.13 โปรแกรม Visual Modflow กำหนดค่า Conductivity (1)..... 23

4.14 โปรแกรม Visual Modflow กำหนดค่า Conductivity (2)..... 24

4.15 โปรแกรม Visual Modflow กำหนดค่า Boundaries>Constant Head.....24

4.16 โปรแกรม Visual Modflow การ Run Program (1).....25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูป หน้า

4.17 โปรแกรม Visual Modflow การ Run Program (2)..... 26

4.18 โปรแกรม Visual Modflow ดูผลลัพธ์การจำลอง Output..... 26

4.19 โปรแกรม Visual Modflow เลือกดูระดับ Head น้ำบาดาล.....27

4.20 โปรแกรม Visual Modflow การสร้างอุโมงค์ (1)..... 27

4.21 โปรแกรม Visual Modflow การสร้างอุโมงค์ (2)..... 28

4.22 โปรแกรม Visual Modflow การสร้างอุโมงค์ (3)..... 28

4.23 โปรแกรม Visual Modflow การสร้างอุโมงค์ (4)..... 29

4.24 ชนิดของดินที่ใช้ในการศึกษา.....30

5.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ ขนาดGrid line กับ %.....31

5.1 ภาพหน้าตัด side view แบบไม่มีอุโมงค์.....32

5.2 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 5เมตร จากด้านล่าง แบบไม่มีอุโมงค์..... 32

5.3 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 7เมตร จากด้านล่าง แบบไม่มีอุโมงค์..... 33

5.4 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 10เมตร จากด้านล่าง แบบไม่มีอุโมงค์..... 33

5.5 ภาพหน้าตัด side view แบบ 1 อุโมงค์.....34

5.6 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 5เมตร จากด้านล่าง แบบ 1 อุโมงค์.....34

5.7 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 7เมตร จากด้านล่าง แบบ 1 อุโมงค์..... 35

5.8 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 10เมตร จากด้านล่าง แบบ 1 อุโมงค์.....35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูป หน้า

5.9 ภาพหน้าตัด side view แบบ 2 อุโมงค์.....36

5.10 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 5เมตร จากด้านล่าง แบบ 2 อุโมงค์.....36

5.11 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 7เมตร จากด้านล่าง แบบ 2 อุโมงค์.....37

5.12 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 10เมตร จากด้านล่าง แบบ 2 อุโมงค์.....37

5.13 ภาพหน้าตัด side view แบบไม่มีอุโมงค์..... 38

5.14 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 5เมตร จากด้านล่าง แบบไม่มีอุโมงค์..... 38

5.15 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 7เมตร จากด้านล่าง แบบไม่มีอุโมงค์..... 39

5.16 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 10เมตร จากด้านล่าง แบบไม่มีอุโมงค์..... 39

5.17 ภาพหน้าตัด side view แบบ 1 อุโมงค์.....40

5.18 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 5เมตร จากด้านล่าง แบบ 1 อุโมงค์..... 40

5.19 ภาพหน้าตัด top vicw ระดับ 7เมตร จากด้านล่าง แบบ 1 อุโมงค์..... 41

5.20 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 10เมตร จากด้านล่าง แบบ 1 อุโมงค์..... 41

5.21 ภาพหน้าตัด side view แบบ 2 อุโมงค์.....42

5.22 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 5เมตร จากด้านล่าง แบบ 2 อุโมงค์.....42

5.23 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 7เมตร จากด้านล่าง แบบ 2 อุโมงค์.....43

5.24 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 10เมตร จากด้านล่าง แบบ 2 อุโมงค์.....43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูป หน้า

5.25 ภาพหน้าตัด side view แบบไม่มีอุโมงค์..... 44

5.26 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 5เมตร จากด้านล่าง แบบไม่มีอุโมงค์..... 44

5.27 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 7เมตร จากด้านล่าง แบบไม่มีอุโมงค์..... 45

5.28 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 10เมตร จากด้านล่าง แบบไม่มีอุโมงค์..... 45

5.29 ภาพหน้าตัด side view แบบ 1 อุโมงค์..... 46

5.30 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 5เมตร จากด้านล่าง แบบ 1 อุโมงค์.....46

5.31 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 7เมตร จากด้านล่าง แบบ 1 อุโมงค์.....47

5.32 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 10เมตร จากด้านล่าง แบบ 1 อุโมงค์.....47

5.33 ภาพหน้าตัด side view แบบ 2 อุโมงค์.....48

5.34 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 5เมตร จากด้านล่าง แบบ 2 อุโมงค์.....48

5.35 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 7เมตร จากด้านล่าง แบบ 2 อุโมงค์.....49

5.36 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 10เมตร จากด้านล่าง แบบ 2 อุโมงค์..... 49

5.37 ภาพหน้าตัด side view แบบไม่มีอุโมงค์..... 50

5.38 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 5เมตร จากด้านล่าง แบบไม่มีอุโมงค์..... 50

5.39 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 7เมตร จากด้านล่าง แบบไม่มีอุโมงค์..... 51

5.40 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 10เมตร จากด้านล่าง แบบไม่มีอุโมงค์..... 51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูป **หน้า**

5.41 ภาพหน้าตัด side view แบบ1อุโมงค์และไม่มีการรั่ว.....52

5.42 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 5เมตร จากด้านล่าง แบบ1อุโมงค์และไม่มีการรั่ว..... 52

5.43 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 7เมตร จากด้านล่าง แบบ1อุโมงค์และไม่มีการรั่ว..... 53

5.44 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 10เมตร จากด้านล่าง แบบ1อุโมงค์และไม่มีการรั่ว..... 53

5.45 ภาพหน้าตัด side view แบบ1อุโมงค์และมีการรั่ว..... 54

5.46 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 5เมตร จากด้านล่าง แบบ1อุโมงค์และมีการรั่ว.....54

5.47 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 7เมตร จากด้านล่าง แบบ1อุโมงค์และมีการรั่ว.....55

5.48 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 10เมตร จากด้านล่าง แบบ1อุโมงค์และมีการรั่ว.....55

5.49 ภาพหน้าตัด side view แบบไม่มีอุโมงค์.....56

5.50 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 5เมตร จากด้านล่าง แบบไม่มีอุโมงค์..... 56

5.51 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 7เมตร จากด้านล่าง แบบไม่มีอุโมงค์..... 57

5.52 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 10เมตร จากด้านล่าง แบบไม่มีอุโมงค์..... 57

5.53 ภาพหน้าตัด side view แบบ1อุโมงค์และไม่มีการรั่ว..... 58

5.54 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 5เมตร จากด้านล่าง แบบ1อุโมงค์และไม่มีการรั่ว..... 58

5.55 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 7เมตร จากด้านล่าง แบบ1อุโมงค์และไม่มีการรั่ว..... 59

5.56 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 10เมตร จากด้านล่าง แบบ1อุโมงค์และไม่มีการรั่ว..... 59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูป **หน้า**

5.57 ภาพหน้าตัด side view แบบ1อุโมงค์และมีการรั่ว..... 60

5.58 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 5เมตร จากด้านล่าง แบบ1อุโมงค์และมีการรั่ว.....60

5.59 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 7เมตร จากด้านล่าง แบบ1อุโมงค์และมีการรั่ว.....61

5.60 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 10เมตร จากด้านล่าง แบบ1อุโมงค์และมีการรั่ว.....61

5.61 ภาพหน้าตัด side view แบบไม่มีอุโมงค์.....62

5.62 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 5เมตร จากด้านล่าง แบบไม่มีอุโมงค์..... 62

5.63 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 7เมตร จากด้านล่าง แบบไม่มีอุโมงค์..... 63

5.64 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 10เมตร จากด้านล่าง แบบไม่มีอุโมงค์..... 63

5.65 ภาพหน้าตัด side view แบบ1อุโมงค์และไม่มีการรั่ว.....64

5.66 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 5เมตร จากด้านล่าง แบบ1อุโมงค์และไม่มีการรั่ว..... 64

5.67 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 7เมตร จากด้านล่าง แบบ1อุโมงค์และไม่มีการรั่ว..... 65

5.68 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 10เมตร จากด้านล่าง แบบ1อุโมงค์และไม่มีการรั่ว..... 65

5.69 ภาพหน้าตัด side view แบบ1อุโมงค์และมีการรั่ว..... 66

5.70 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 5เมตร จากด้านล่าง แบบ1อุโมงค์และมีการรั่ว.....66

5.71 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 7เมตร จากด้านล่าง แบบ1อุโมงค์และมีการรั่ว.....67

5.72 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 10เมตร จากด้านล่าง แบบ1อุโมงค์และมีการรั่ว.....67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูป หน้า

6.1 กราฟแสดง difference head ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ และ 0 อุโมงค์
กับ 2 อุโมงค์ที่ระดับ +5 m.....68
6.2 กราฟแสดง difference head ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ และ 0 อุโมงค์
กับ 2 อุโมงค์ที่ระดับ +7 m.....69
6.3 กราฟแสดง difference head ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ และ 0 อุโมงค์
กับ 2 อุโมงค์ที่ระดับ +10 m.....69
6.4 กราฟแสดง difference velocity ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ และ 0 อุโมงค์
กับ 2 อุโมงค์ที่ระดับ +5 m.....70
6.5 กราฟแสดง difference velocity ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ และ 0 อุโมงค์
กับ 2 อุโมงค์ที่ระดับ +7 m.....71
6.6 กราฟแสดง difference velocity ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ และ 0 อุโมงค์
กับ 2 อุโมงค์ที่ระดับ +10 m.....71
6.7 กราฟแสดง difference head ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ และ 0 อุโมงค์
กับ 2 อุโมงค์ที่ระดับ +5m.....72
6.8 กราฟแสดง difference head ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ และ 0 อุโมงค์
กับ 2 อุโมงค์ที่ระดับ+7m.....73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูป หน้า

6.9 กราฟแสดง difference head ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ และ 0 อุโมงค์
กับ 2 อุโมงค์ที่ระดับ+10m.....73

6.10 กราฟแสดง difference velocity ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ และ 0 อุโมงค์
กับ 2 อุโมงค์ที่ระดับ +5 m.....74

6.11 กราฟแสดง difference velocity ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ และ 0 อุโมงค์
กับ 2 อุโมงค์ที่ระดับ +7 m.....75

6.12 กราฟแสดง difference velocity ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ และ 0 อุโมงค์
กับ 2 อุโมงค์ที่ระดับ +10 m.....76

6.13 กราฟแสดง difference head ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ และ 0 อุโมงค์
กับ 2 อุโมงค์ที่ระดับ+5m..... 76

6.14 กราฟแสดง difference head ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ และ 0 อุโมงค์
กับ 2 อุโมงค์ที่ระดับ+7m..... 77

6.15 กราฟแสดง difference head ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ และ 0 อุโมงค์
กับ 2 อุโมงค์ที่ระดับ+10m.....77

6.16 กราฟแสดง difference velocity ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ และ 0 อุโมงค์
กับ 2 อุโมงค์ที่ระดับ +5 m.....78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูป **หน้า**

6.17 กราฟแสดง difference velocity ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ และ 0 อุโมงค์
กับ 2 อุโมงค์ที่ระดับ +7 m.....79

6.18 กราฟแสดง difference velocity ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ และ 0 อุโมงค์
กับ 2 อุโมงค์ที่ระดับ +10 m.....79

6.19 กราฟแสดง difference velocity ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ไม่มีการรั่ว
และ 0 อุโมงค์ กับ 1 อุโมงค์มีการรั่วที่ระดับ+5m..... 80

6.20 กราฟแสดง difference velocity ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ไม่มีการรั่ว
และ 0 อุโมงค์ กับ 1 อุโมงค์มีการรั่วที่ระดับ+7m..... 81

5.21 กราฟแสดง difference velocity ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ไม่มีการรั่ว
และ 0 อุโมงค์ กับ 1 อุโมงค์มีการรั่วที่ระดับ+10m..... 81

6.22 กราฟแสดง difference velocity ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ไม่มีการรั่ว
และ 0 อุโมงค์ กับ 1 อุโมงค์มีการรั่วที่ระดับ+5m..... 82

6.23 กราฟแสดง difference velocity ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ไม่มีการรั่ว
และ 0 อุโมงค์ กับ 1 อุโมงค์มีการรั่วที่ระดับ+7m..... 83

6.24 กราฟแสดง difference velocity ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ไม่มีการรั่ว
และ 0 อุโมงค์ กับ 1 อุโมงค์มีการรั่วที่ระดับ+10m..... 83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูป หน้า

6.25 กราฟแสดง difference velocity ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ไม่มีการรั่ว
และ 0 อุโมงค์ กับ 1 อุโมงค์มีการรั่วที่ระดับ+5m..... 84

6.26 กราฟแสดง difference velocity ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ไม่มีการรั่ว
และ 0 อุโมงค์ กับ 1 อุโมงค์มีการรั่วที่ระดับ+7m..... 85

6.27 กราฟแสดง difference velocity ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ไม่มีการรั่ว
และ 0 อุโมงค์ กับ 1 อุโมงค์มีการรั่วที่ระดับ+10m..... 85

6.28 กราฟแสดง difference head ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ไม่มีการรั่ว
และ 0 อุโมงค์ กับ 1 อุโมงค์มีการรั่วที่ระดับ+5m..... 86

6.29 กราฟแสดง difference head ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ไม่มีการรั่ว
และ 0 อุโมงค์ กับ 1 อุโมงค์มีการรั่วที่ระดับ+7m..... 87

6.30 กราฟแสดง difference head ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ไม่มีการรั่ว
และ 0 อุโมงค์ กับ 1 อุโมงค์มีการรั่วที่ระดับ+10m.....87

6.31 กราฟแสดง difference head ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ไม่มีการรั่ว
และ 0 อุโมงค์ กับ 1 อุโมงค์มีการรั่วที่ระดับ+5m..... 88

6.32 กราฟแสดง difference head ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ไม่มีการรั่ว และ 0 อุโมงค์
กับ 1 อุโมงค์มีการรั่วที่ระดับ+7m.....89

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูป หน้า

6.33 กราฟแสดง difference head ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ไม่มีการรั่ว และ 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์มีการรั่วที่ระดับ+10m.....90

6.34 กราฟแสดง difference head ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ไม่มีการรั่ว และ 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์มีการรั่วที่ระดับ+5m..... 90

6.35 กราฟแสดง difference head ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ไม่มีการรั่ว และ 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์มีการรั่วที่ระดับ+7m..... 91

6.36 กราฟแสดง difference head ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ไม่มีการรั่ว และ 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์มีการรั่วที่ระดับ+10m.....91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันมีการก่อสร้างเพิ่มมากขึ้น ทั้งบนดินและใต้ดิน เมื่อมีการก่อสร้างมักเกิดผลกระทบตามมา ในกรณีการก่อสร้างตึกสูง อาคาร อุโมงค์ ล้วนมีผลต่อการไหลของน้ำบาดาล ในการศึกษาครั้งนี้ได้ศึกษาเกี่ยวกับการไหลของน้ำบาดาลที่มีผลต่ออุโมงค์ในหลายกรณี เช่น เมื่ออุโมงค์เกิดรอยรั่วทิศทางการไหลของน้ำบาดาลจะเป็นอย่างไร หรือในกรณีเมื่ออุโมงค์มีขนาดต่างกันลักษณะการไหลของน้ำบาดาลจะเป็นอย่างไร เนื่องจากปัจจุบันการก่อสร้างอุโมงค์อาจมีผลกระทบอย่างมากต่อทิศทางการไหลของน้ำบาดาลและการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำบาดาลงานก่อสร้างใต้ดิน (Underground Structure) หรือการขุดเจาะอุโมงค์ (Tunnel) ได้มีความนิยมและถูกใช้อย่างแพร่หลายในหลากหลายประเทศทั่วโลกรวมทั้งยังมีการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีและวิธีการก่อสร้างอยู่เสมอ การก่อสร้างงานอุโมงค์ต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญและเทคโนโลยีที่ทันสมัย ปัจจุบันประเทศไทยได้ให้ความสำคัญกับงานอุโมงค์มากขึ้น จะเห็นได้จากโครงการรถไฟฟ้ามหานครที่จะมีส่วนต่อขยายเพิ่มขึ้น เหตุผลที่ต้องมีการก่อสร้างอุโมงค์ เช่น การมีพื้นที่จำกัด เพื่อรักษาสภาพสิ่งแวดล้อม เพื่อคงทัศนียภาพ เพื่ออำนวยความสะดวก งานก่อสร้างอุโมงค์ใต้ดินแบ่งได้ 2 ประเภท คือ Soft Ground Tunneling และ Rock Tunneling ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะ Soft Ground Tunneling ซึ่งมีวิธีการก่อสร้างหลายวิธี เช่น การใช้แรงงานคนในการขุดเจาะอุโมงค์ การก่อสร้างอุโมงค์ที่มีอุปกรณ์สำหรับป้องกันดินถล่มขณะปฏิบัติงาน การขุดจากข้างในทีละส่วนจากนั้นจะทำการเกราท์ (Grouting) และเสริมเหล็กตามรูปแบบขั้นตอน อุโมงค์จะมีลักษณะเป็นรูปเกือกม้า(horse-shoe shape) การทำอุโมงค์กรณีที่มีการขุดผ่านแม่น้ำ โดยใช้การหล่อคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีลักษณะเป็นบล็อก และมีการกักกั้นน้ำเพื่อให้มีพื้นที่ก่อสร้าง น้ำบาดาล หรือน้ำใต้ดิน(Ground water) คือ น้ำที่แทรกซึมอยู่ระหว่างอนุภาคดิน น้ำบาดาลมีต้นกำเนิดจากน้ำฝนและน้ำจากแหล่งน้ำผิวดินไหลซึมผ่านชั้นดินลงไปกักเก็บอยู่ระหว่างอนุภาคของชั้นดินหรือภายในรอยแตกของชั้นหิน โดยการไหลของน้ำบาดาลตามธรรมชาติมีการไหลจากความดันสูงไปสู่ความดันต่ำ การศึกษาครั้งนี้ต้องการศึกษาถึงผลกระทบของอุโมงค์ที่มีผลต่อน้ำบาดาลในพื้นที่ราบลุ่มภาคกลางตอนล่างในปัจจุบัน โดยการจำลองการไหลของน้ำบาดาล (Ground Flow Modeling) โดยใช้โปรแกรม MODFLOW ซึ่งสามารถนำไปใช้คาดการผลกระทบของอุโมงค์ที่มีผลต่อน้ำบาดาลในอนาคตได้ เพื่อประโยชน์ต่อการก่อสร้างอุโมงค์ และศึกษาพฤติกรรมของน้ำบาดาลเมื่อมีอุโมงค์ขัดขวางการไหลของน้ำบาดาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถนำไปใช้คาดการผลกระทบของอุโมงค์ที่มีผลต่อน้ำบาดาลในอนาคตได้ เพื่อประโยชน์ต่อการก่อสร้างอุโมงค์ และศึกษาพฤติกรรมของน้ำบาดาลเมื่อมีอุโมงค์ขัดขวางการไหลของน้ำบาดาล

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาผลกระทบของอุโมงค์ต่อทิศทางการไหลของน้ำบาดาลในพื้นที่เขตกรุงเทพมหานคร

1.2.2 เพื่อศึกษาทิศทางการไหลของน้ำบาดาลในกรณีศึกษา เมื่อเกิดการรั่วซึมเข้าสู่อุโมงค์

1.3 สมมุติฐานการค้นคว้า

1.3.1 ศึกษาทิศทางการไหลของน้ำบาดาล เมื่อก่อสร้างอุโมงค์ขวางทางการไหลของน้ำบาดาล

1.3.2 ศึกษาผลกระทบของการวางตัวของชั้นดินที่แตกต่างกันต่อการไหลของน้ำบาดาล

1.3.3 ศึกษาขนาดของอุโมงค์ที่มีผลกระทบต่อทิศทางการไหลของน้ำบาดาล

1.4 ขอบเขตการศึกษา

1.4.1 ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวกับผลกระทบของอุโมงค์ใต้ดินต่อการไหลของน้ำบาดาล

1.4.2 สร้างแบบจำลองการไหลของน้ำบาดาลเมื่อมีอุโมงค์ใต้ดินสร้างขัดขวางและเมื่อมีการรั่วซึมเข้าอุโมงค์

1.4.3 ใช้โปรแกรม MOD FLOW แบบ 2 dimension ในการจำลองและคาดคะเนการไหลของน้ำบาดาล

1.4.4 กำหนดให้พื้นที่การศึกษามีขนาด ความกว้าง 1000 เมตร ความยาว 1000 เมตร

1.4.5 การไหลของน้ำบาดาลมีลักษณะเป็น steady state

1.4.6 ให้ที่ขอบ 2 ฝั่งของแบบจำลองมีค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.5.1 กำหนดวัตถุประสงค์ของโครงการและศึกษารวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการจัดทำโครงงานพิเศษ เพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินโครงงานพิเศษ

1.5.2 วางแผนการทำงานพร้อมตั้งขอบเขตของงาน โดยสมมติกรณีศึกษาต่างๆ และคัดเลือกแบบจำลองที่จะใช้ในการศึกษา

1.5.3 สร้างแบบจำลองเชิงมโนทัศน์ และจำลองเหตุการณ์ในกรณีศึกษาต่างๆ ตามสมมติฐาน

1.5.4 สร้างแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม และจำลองเหตุการณ์ในกรณีศึกษาต่างๆ ตามสมมติฐาน

1.5.5 รวบรวมข้อมูลจากแบบจำลองทั้ง 2 แบบจำลอง เปรียบเทียบข้อมูลจากแบบจำลองทั้ง 2 แบบจำลอง และวิเคราะห์ผลการทดลอง

1.5.6 สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

1.5.7 เรียบเรียงข้อมูลและจัดทำรูปเล่ม

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ได้ทราบผลกระทบของอุโมงค์ต่อการไหลของน้ำบาดาล

1.6.2 สามารถคาดคะเนการไหลของน้ำบาดาลในกรณีที่มีชั้นดินต่างๆกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

วรรณกรรมปริทัศน์

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงคำจำกัดความที่เกี่ยวข้องกับโครงงาน มีการรวบรวมประเด็นแนวคิด ทฤษฎี หรือเอกสารสิ่งพิมพ์ต่างๆ ที่ผ่านมา เพื่อให้ผู้ศึกษาได้เกิดความเข้าใจในเนื้อหาได้ง่านยิ่งขึ้น

2.1.1 วิธีการก่อสร้างอุโมงค์

งานก่อสร้างใต้ดิน แบ่งได้ 2 ประเภท ได้แก่ Soft Ground tunneling และ Rock Tunneling ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะ Soft Ground Tunneling

2.1.1.1 Hand Excavation

คือ การสร้างแบบใช้แรงงานคนในการขุดเจาะอุโมงค์ เป็นการก่อสร้างอุโมงค์ในยุคแรกที่ยังไม่มีอุปกรณ์สำหรับป้องกันดินถล่ม และใช้คนในการก่อสร้างเป็นจำนวนมาก

2.1.1.2 Shield Tunneling

การก่อสร้างอุโมงค์ที่มีอุปกรณ์สำหรับป้องกันดินถล่มขณะปฏิบัติงาน Marc Isambard Brunel เป็นผู้ริเริ่มประดิษฐ์ เครื่องมือสำหรับเจาะอุโมงค์แบบ Shield Tunneling ขึ้น เรียกว่า “BRUNEL’s Shield” เพื่อใช้ในการเจาะอุโมงค์ลอดใต้แม่น้ำแม่น้ำเทมซ์ในประเทศอังกฤษ นอกจากนี้แล้วยังมีแนวคิดที่จะสร้างหัวเจาะชนิดต่างๆที่เป็นต้นแบบอีกเช่น Marc Brunel “compartment”shield(1818) และ Marc Brunel “screw”shield(1818) จนกระทั่งปี 1869 นาวาเอก Greathead ได้สร้างหัวเจาะที่ชื่อว่า “Greathead Shield-Air Lock” มีลักษณะเป็นทรงกลมขนาดใหญ่ คนสามารถเข้าไปอยู่ในหัวเจาะได้ และมีการปรับความดันภายใน หลังจากนั้นได้มีการพัฒนาหัวเจาะในรูปแบบต่างๆ จนถึงปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.3 Conventional Method (Mining or NATM)

เป็นวิธีการขุดที่มีลักษณะคล้ายกับการขุดเหมืองแร่ โดยการขุดจากข้างในทีละส่วน จากนั้นจะทำการเกราท์(Grouting) และเสริมเหล็กตามรูปแบบขั้นตอนการก่อสร้างอุโมงค์ ซึ่งรูปร่างของอุโมงค์จะมีลักษณะเป็นรูปเกือกม้า(horse-shoe shape) เหมาะสำหรับการทำสถานีใต้ดินเป็นส่วนใหญ่ โดยวิธีนี้เป็นวิธีการที่ไม่ต้องใช้หัวเจาะในการขุดอุโมงค์

2.1.1.4 Immersed Tunnel

เป็นวิธีการทำอุโมงค์กรณีที่มีการขุดน้ำผ่านแม่น้ำ โดยใช้การหล่อคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีลักษณะเป็นบล๊อค และมีการกักน้ำเพื่อให้มีพื้นที่ก่อสร้าง

2.1.2 กฎของดาร์ซี (Darcy's Law)

เมื่อปี ค.ศ.1856 Henry Darcy วิศวกรชาวฝรั่งเศส ได้ทำการศึกษาพฤติกรรมการไหลของน้ำผ่านวัสดุที่มีรูพรุน (Porous media) โดยทำการทดลองในชั้นทราย และได้รายงานผลการศึกษาว่า อัตราการไหลของน้ำผ่านวัสดุที่มีรูพรุน จะแปรผันตรงกับการลดลงของความดันชลศาสตร์ (Head loss) และแปรผกผันกับระยะทางหรือความยาวที่น้ำไหลผ่าน นอกจากนั้น ปริมาฯการไหลของน้ำจะขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์ของการซึมได้ (Hydraulic conductivity, K) ของวัสดุนั้นๆ เครื่องมือทดลองของดาร์ซี แสดงในรูป 2.2 โดยมี Q เป็นอัตราการไหล A เป็นพื้นที่หน้าตัดของกระบอกทรงกลมบรรจุทราย และ L เป็นระยะทางการไหล ซึ่งจากการทดลองดาร์ซีพบว่า

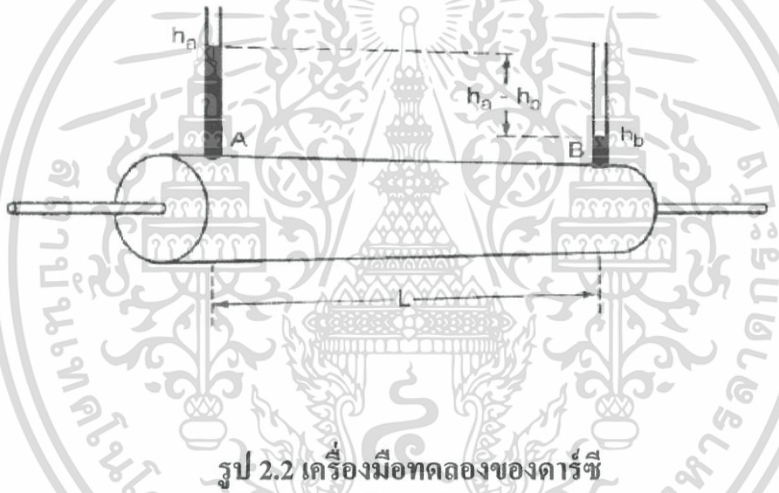
$$Q \propto h_a - h_b \quad \text{และ} \quad Q \propto \frac{1}{L}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งสามารถเขียนในรูปสมการ

$$Q = -KA\left(\frac{h_a - h_b}{L}\right) \quad (2.1)$$

หรือ $$Q = -KA\left(\frac{dh}{dL}\right) \quad (2.2)$$



รูป 2.2 เครื่องมือทดลองของดาร์ซี

โดยมี $\frac{dh}{dL}$ = ลาดชลศาสตร์ (Hydraulic gradient, i)(L/L)

เครื่องหมาย (-) แสดงทิศทางการไหลของน้ำไปตามทิศทางที่ความดันชลศาสตร์ลดลง สมการ (2.2) อาจเขียนในรูปของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$V = \frac{Q}{A} = -K\frac{dh}{dL} = -Ki \qquad (2.3)$$

โดยมี V = ความเร็วของการไหล (L/T)

Q = ปิมาณหรืออัตราการไหล (L^3/T)

A = พื้นที่หน้าตัด (L^2)

ความเร็วของการไหล (V) ตามสมการ (2.3) Darcian velocity (Specific discharge) เนื่องจากเป็นความเร็วของน้ำที่ไหลผ่านพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด โดยไม่คำนึงถึงส่วนที่เป็นของแข็ง (เม็ดทราย) หรือส่วนที่เป็นช่องว่าง (Pores) ซึ่งจริงๆแล้ว น้ำจะไหลผ่านเฉพาะในส่วนของช่องว่างเท่านั้น ดังนั้น Seepage velocity หรือ Average linear (intersticial) velocity (V_a) ซึ่งคำนึงถึงการไหลเฉพาะในส่วนของช่องว่างเท่านั้น จะมีค่าเท่ากับ

$$V_a = \frac{Q}{nA} = -\frac{Kdh}{ndl} \qquad (2.4)$$

โดยมี n = ความพรุน (Porosity)

V_a = Average liner velocity (L/T ; cm/s, ft/s, m/s)

ซึ่งแสดงว่า ในกรณีทรายที่มีความพรุนเท่ากับ 33 % ค่า V_a = 3V การหาค่าความเร็วการไหลจริง (Actual flow velocity) เป็นสิ่งที่ยาก เนื่องจากโครงสร้างที่ยุ่งยากของช่องว่าง หรือรูพรุน ที่มีอยู่ส่งผลให้ความเร็วการไหลแต่ลพตำแหน่งแตกต่างกันออกไปและไม่คงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 แบบจำลอง MODFLOW

แบบจำลอง MODFLOW (Modular Three-Dimensional Finite-Difference Ground Flow Model) เป็นโปรแกรมที่จำลองการเคลื่อนที่ของน้ำใต้ดินแบบ 3 มิติ ผ่านตัวกลางที่เป็นวัสดุพรุนโดยการใช้วิธี Finite difference โปรแกรม MODFLOW สามารถนำมาใช้ประมาณคำตอบของสมการการไหลของน้ำใต้ดิน ซึ่งประกอบด้วยแพ็คเกจ (Package) หรือ Subroutine ต่างๆ มากมายกว่า 40 แพ็คเกจ โดยผู้ใช้สามารถเลือกใช้แพ็คเกจเหล่านี้ได้ตามความเหมาะสม และให้สอดคล้องกับเงื่อนไขของเขต ซึ่งปกติการจำลองการไหลน้ำใต้ดินด้วยวิธี Finite-Difference พื้นที่ที่ศึกษา หรือ เมน (Domain) จะถูกแบ่งออกเป็นส่วนๆ ที่เรียกว่า Finite-Difference Grid และทำการประมาณค่าเฮด (h) ในกริดนั้นๆ

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 ผลกระทบของการขุดเจาะอุโมงค์

การศึกษาด้านการขยายตัวของหินกำมะถันมีจำกัด และเป็นสาเหตุหลักในการทำลายการขุดเจาะ มันเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของแร่ซัลเฟตแอนไฮไดรต์และยิปซั่ม ส่งผลให้น้ำไหลเข้าไปในชั้นที่สะสมสารแอนไฮไดรต์อยู่ หลังจากการขุดอุโมงค์ การศึกษาในปัจจุบันพบว่าการเปลี่ยนแปลงของกรดไฮดรอลิกมีผลทำให้การขุดเจาะอุโมงค์เป็นตัวนำน้ำ ทำให้ไหลเข้าไปในชั้นของสารแอนไฮไดรต์ในพื้นที่อุโมงค์และแบบจำลองน้ำบาดาลเชิงตัวเลขถูกนำมาใช้ในการดำเนินการจำลองสถานการณ์ในการดำเนินงานที่กับความเกี่ยวข้องของสภาพทางธรณีวิยาในการขยายตัวของชั้นหิน จากอิทธิพลของโครงสร้างภูมิประเทศ การขุดเจาะทำลายพื้นที่รอบๆอุโมงค์ผลกระทบของการอุดรอยอุโมงค์ด้านในและภูมิประเทศทางธรณีวิทยาได้ถูกวิเคราะห์แยกออกจากกัน การวิเคราะห์ได้ดำเนินเพื่อการสังเคราะห์สถานการณ์และเป็นผลสำเร็จด้วยกรณีศึกษาจากอุโมงค์ที่สวิตเซอร์แลนด์ ผลแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของข้อมูลทางธรณีวิทยาและไฮดรอลิกเมื่อมีการประเมินความเสี่ยงของการขยายตัวบริเวณที่แท้จริง (Effects of tunneling on groundwater flow and swelling of clay-sulfate rocks, 2554)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี

ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี หมายถึง ปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งโดยเฉลี่ยในรอบปี ซึ่งสามารถใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีในการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินและการจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่ได้ ดังแสดงในตารางที่ 2.1 แหล่งที่มาของข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี

สถิติปริมาณน้ำฝน ณ สถานีอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพมหานคร พ.ศ.2543 2555

STATISTICS OF RAINFALL AT METEOROLOGY STATION, BANGKOK: 2000 – 2012

รายการ	2545 (2002)	2544 (2001)	2543 (2000)	2542 (1999)	2541 (1998)	2540 (1997)	2539 (1996)	2538 (1995)	2537 (1994)	2536 (1993)	2535 (1992)	2534 (1991)	2533 (1990)	Item
สถานีอุตุนิยมวิทยากรุงเทพมหานคร (ศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์) Bangkok Meteorology Station (Queen Sirikit National Convention Center)														
ฝนรวม (มิลลิเมตร)	1,578.5	1,744.5	1,582.5	1,777.0	1,460.4	1,451.4	1,484.7	1,454.5	1,903.4	2,272.0	1,803.7	2,140.2	1,456.9	Total rain (millimeter)
จำนวนวันฝนตก (วัน)	148	131	122	105	101	134	125	124	156	139	142	151	133	Number of rainy days (day)
ฝนสูงสุด (มิลลิเมตร)	89.1	90.4	86.6	87.6	87.9	86.9	102.9	117.9	70.1	210.3	73.0	137.4	87.9	Daily maximum (millimeter)
สถานีอุตุนิยมวิทยาท่าอากาศยานดอนเมือง Don Muang Tool Meteorology Station														
ฝนรวม (มิลลิเมตร)	1,320.6	1,165.6	1,078.1	1,249.6	1,194.1	1,018.6	1,252.0	1,161.0	1,745.1	2,004.1	1,565.0	2,191.1	1,201.1	Total rain (millimeter)
จำนวนวันฝนตก (วัน)	134	131	123	113	129	120	140	142	129	126	130	113	Number of rainy days (day)	
ฝนสูงสุด (มิลลิเมตร)	88.6	91.6	105.0	88.4	94.8	90.1	86.2	139.1	80.4	140.4	98.0	152.2	80.6	Daily maximum (millimeter)
สถานีอุตุนิยมวิทยาสนามบินดอนเมือง กรุงเทพฯ Don Muang Airport Meteorology Station														
ฝนรวม (มิลลิเมตร)	1,190.9	1,091.0	1,077.0	1,474.1	1,100.1	1,009.7	1,471.0	1,140.6	1,761.0	2,014.2	1,935.0	1,937.0	1,188.0	Total rain (millimeter)
จำนวนวันฝนตก (วัน)	132	124	119	104	95	124	120	125	150	135	129	134	125	Number of rainy days (day)
ฝนสูงสุด (มิลลิเมตร)	121.1	93.4	65.0	82.0	101.3	102.9	95.0	89.3	112.0	120.0	94.9	106.9	104.0	Daily maximum (millimeter)

ที่มา : กรมอุตุนิยมวิทยา (ข้อมูลในไฟล์ถูกสำเนาเผยแพร่ทางสื่อต่างๆ)

รวบรวมโดย : สำนักสถิติพยากรณ์ สำนักงานสถิติแห่งชาติ

ตาราง 2.1 ปริมาณน้ำฝนที่เฉลี่ยรายปีโดยนำข้อมูลมาจาก กรมอุตุนิยมวิทยา

2.2.2 ข้อมูลระดับน้ำ

ชั้นน้ำกรุงเทพ (Bangkok Aquifer) สามารถแบ่งออกเป็น 2 ชั้นน้ำย่อย คือ ชั้นน้ำกรุงเทพชั้นบนอยู่ลึกจากผิวดินประมาณ 16 - 30 ม. และชั้นน้ำกรุงเทพชั้นล่าง อยู่ลึกจากผิวดินประมาณ 30 - 40 ม. มีความหนาประมาณ 30 - 50 ม. ซึ่งทั้ง 2 ชั้นน้ำถูกคั่นด้วยชั้นดินเหนียวตะกอนในชั้นน้ำประกอบด้วย ตะกอนทรายละเอียด ทรายหยาบ และกรวด ที่มีการคัดขนาดไม่ดีถึงค่อนข้างดี มีคุณสมบัติในการกักเก็บน้ำมากแต่คุณภาพน้ำไม่เหมาะสมที่จะใช้ในการบริโภคได้ ส่วนใหญ่จะเป็นน้ำกร่อยหรือเค็ม ยกเว้น พื้นที่ด้านตะวันตกเฉียงใต้ของกรุงเทพมหานคร คุณภาพของน้ำพอใช้อุปโภคได้ คือ มีปริมาณคลอไรด์ 250 - 500 มก.ต่อลิตร ชั้นน้ำบาดาลมีค่าสัมประสิทธิ์ของการจ่ายน้ำ (Transmissivity) 3,950 ตารางเมตรต่อวัน และมีค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บน้ำ (Storage Coefficient) 1x10-4

2.2.3 ลักษณะของชั้นดิน

ชั้นน้ำกรุงเทพถูกปิดทับด้วยชั้นดินเหนียวกรุงเทพ (Bangkok Clay) ซึ่งประกอบด้วย ชั้นดินเหนียวอ่อน (Soft Clay) หนาประมาณ 0 - 20 ม. และชั้นดินเหนียวแข็ง (Stiff Clay) หนาประมาณ 3 - 50 ม. ชั้นน้ำกรุงเทพฯ พบอยู่ลึกประมาณ 15 - 30 ม. จากระดับผิวดิน ความหนาของชั้นหินอุ้มน้ำประมาณ 20 – 60 ม. กระจายทั่วทั้งพื้นที่ศึกษา ดินเหนียวที่ปิดกั้นชั้นบนส่วนใหญ่เป็นดินเหนียวสีดำ สีเทาดำ สีเทา หรือ สีน้ำตาลเทา ชั้นหินอุ้มน้ำมีลักษณะเป็นชั้นทรายสีเหลืองถึงน้ำตาล ขนาดละเอียดถึงหยาบ การคัดขนาดเลวถึงปานกลาง มีแร่ประกอบของควอตซ์ เฟลด์สปาร์ บางแห่งพบเชลล์ หรือ ดินลูกรัง ชั้นดินเหนียวแทรกสลับในชั้นน้ำกรุงเทพ ส่วนใหญ่พบเป็นดินเหนียวสีเหลือง-น้ำตาล ถึง สีน้ำตาลเข้ม บางแห่งเป็นชั้นดินเหนียวปนทราย หรือปนทรายแป้ง ชั้นน้ำมีคุณภาพน้ำกร่อยถึงเค็ม

2.2.4 ปริมาณน้ำบาดาลที่มีผลมาจากฝน

ปริมาณน้ำบาดาล จากข้อมูลอัตราการไหลซึมของน้ำฝนลงสู่น้ำบาดาลของกรมทรัพยากรธรณี (ปัจจุบันงานน้ำบาดาลขึ้นอยู่กับกรมน้ำบาดาล ที่วิเคราะห์จำแนกตามชั้นหินประเภทต่างๆ และพื้นที่ของชั้นหินแต่ละชนิดที่รองรับทั้งประเทศ) จะมีปริมาณน้ำฝนที่ไหลซึมลงสู่น้ำบาดาลเฉลี่ยต่อปีทั้งประเทศประมาณ 38,000 ล้านลูกบาศก์เมตร หรือเท่ากับ 4.75 % ของปริมาณน้ำฝนที่ตกทั้งประเทศ (วจี รามณรงค์ และสมชัย วงศ์สวัสดิ์, 2542) โดยแอ่งน้ำบาดาลในพื้นที่ลุ่มน้ำภาคเหนือจะมีปริมาณน้ำฝนที่ไหลซึมลงสู่แหล่งน้ำบาดาลต่อปีมากที่สุด มีประมาณ 11,000 ล้านลูกบาศก์เมตร มีรายละเอียดดังตาราง 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 2.2 ข้อมูลอัตราการไหลซึมของน้ำฝนลงสู่น้ำบาดาลของกรมทรัพยากรธรณี

ภาคลุ่มน้ำ	พื้นที่รับน้ำ(ตร.กม.)	ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (มม.)	ปริมาณน้ำที่เกิดจากฝน 100% (ล้าน ลบ.ม.)	ปริมาณน้ำท่า				ปริมาณน้ำฝนเป็นน้ำบาดาล (ล้าน ลบ.ม.)
				เฉลี่ยรายปี (ล้าน ลบ.ม.)	น้ำฝนเป็นน้ำท่า (%)	ฤดูฝน (%)	ฤดูแล้ง (%)	
ภาคเหนือ	128,450	1,217	156,329.30	39,748.43	25.43	87.43	12.57	11,000
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	176,599	1,325	234,065.74	54,290.46	23.19	93.84	6.61	9,700
ภาคกลาง	98,476	1,223	120,391.83	26,924.19	23.36	90.62	9.38	6,300
ภาคตะวันออก	36,480	1,734	63,244.55	23,435.37	37.06	94.10	5.90	3,000
ภาคใต้	72,102	2,133	1,538,810.9	64,852.84	42.16	92.96	7.04	8,000
รวมทั้งประเทศ	512,107	1,421	727,842.31	209,251.28	28.75	91.96	8.04	38,000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
พื้นที่การศึกษา

3.1 อุทกธรณีวิทยาของกรุงเทพ

อุทกธรณีวิทยาที่ราบลุ่มภาคกลางตอนล่างประกอบด้วย ชั้นน้ำบาดาลในตะกอนหินร่วน และชั้นน้ำบาดาลในหินแข็ง บริเวณในขอบเขตพื้นที่โครงการมีลักษณะอุทกธรณีวิทยาเป็นชั้นน้ำบาดาลตะกอนน้ำพา(Alluvium Aquifers: Qfd) ซึ่งชั้นน้ำบาดาลของตะกอนน้ำหลาก (River Flood Plain) ที่มีการเก็บกักน้ำบาดาลอยู่ในช่องว่างของชั้นกรวด ทราย พบกระจายตัวเป็นแนวยาวตั้งแต่พื้นที่จังหวัดชัยนาท สิงห์บุรี อ่างทองสุพรรณบุรี พระนครศรีอยุธยา นครปฐม ปทุมธานี นนทบุรี ทางทิศตะวันออกของจังหวัดราชบุรี กรุงเทพฯสมุทรสาคร สมุทรสงคราม และสมุทรปราการ น้ำบาดาลส่วนใหญ่เป็นน้ำจืด ยกเว้นในเขตพื้นที่กรุงเทพฯ และปริมณฑล บางส่วนน้ำบาดาลคุณภาพน้ำเป็นน้ำกร่อย และน้ำเค็ม โดยสามารถแบ่งขอบเขตของชั้นน้ำบาดาลได้ ดังนี้

1) ชั้นน้ำกรุงเทพ (Bangkok Aquifer) สามารถแบ่งออกเป็น 2 ชั้นน้ำย่อย คือ ชั้นน้ำกรุงเทพชั้นบนอยู่ลึกจากผิวดินประมาณ 16 - 30 ม. และชั้นน้ำกรุงเทพชั้นล่าง อยู่ลึกจากผิวดินประมาณ 30 - 40 ม. มีความหนาประมาณ 30 - 50 ม. ซึ่งทั้ง 2 ชั้นน้ำถูกคั่นด้วยชั้นดินเหนียว ตะกอนในชั้นน้ำประกอบด้วย ตะกอนทรายละเอียด ทรายหยาบและกรวด ที่มีการคัดขนาดไม่ดีถึงค่อนข้างดี มีคุณสมบัติในการกักเก็บน้ำมากแต่คุณภาพน้ำไม่เหมาะสมที่จะใช้ในการบริโภคได้ ส่วนใหญ่จะเป็นน้ำกร่อยหรือเค็ม ยกเว้น พื้นที่ด้านตะวันตกเฉียงใต้ของกรุงเทพมหานคร คุณภาพของน้ำพอใช้อุปโภคได้ คือ มีปริมาณคลอไรด์ 250 - 500 มก.ต่อลิตร ชั้นน้ำบาดาลมีค่าสัมประสิทธิ์ของการจ่ายน้ำ (Transmissivity) 3,950 ตารางเมตรต่อวัน และมีค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บน้ำ (Storage Coefficient) 1x10-4

2) ชั้นน้ำพระประแดง (Phra Pradang Aquifer) พบที่ความลึกประมาณ 100 ม. มีความหนาเฉลี่ย20 - 50 เมตร คุณสมบัติในการกักเก็บน้ำบาดาลอยู่ในเกณฑ์ดี ให้น้ำในเกณฑ์ 50 - 100 ลบ.ม.ต่อชั่วโมงคุณภาพน้ำมีตั้งแต่จืด กร่อย จนถึงเค็ม มีค่าสัมประสิทธิ์ของการจ่ายน้ำ 1,700 - 3,000 ตร.ม.ต่อวัน และมีค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บน้ำ 1x10-4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ชั้นน้ำนครหลวง (Nakhon Luang Aquifer) พบที่ความลึกประมาณ 150 ม. มีความหนาเฉลี่ย 50 - 70 ม. ประกอบด้วย ตะกอนกรวดทรายที่มีการคัดขนาดปานกลางถึงดี (Moderately to Well Sorted) มีคุณสมบัติในการเก็บกักน้ำดี ให้น้ำในเกณฑ์ 50 - 200 ลบ.ม.ต่อชั่วโมง มีค่าสัมประสิทธิ์ของการจ่ายน้ำ 1,700 -3,000 ตร.ม.ต่อวัน คุณภาพส่วนใหญ่เป็นน้ำจืด ยกเว้นในพื้นที่ฝั่งธนบุรีและตอนใต้ของกรุงเทพมหานครที่มีคุณภาพน้ำกร่อยจนถึงเค็ม

4) ชั้นน้ำนนทบุรี (Nonthaburi Aquifer) พบที่ความลึกประมาณ 200 ม. และความหนาเฉลี่ย 30 -70 ม. คุณสมบัติของการเก็บกักน้ำคล้ายคลึงกับชั้นน้ำนครหลวง

5) ชั้นน้ำสามโคก (Sam Khok Aquifer) พบที่ความลึกประมาณ 250 ม. และมีความหนาเฉลี่ย 40 - 60 ม. ประกอบด้วยกรวดทรายมีการคัดขนาดดีพอใช้ บ่อน้ำบาดาลที่เจาะลึกถึงชั้นน้ำนี้จะอยู่บริเวณตอนเหนือของจังหวัดนนทบุรีถึงจังหวัดปทุมธานี เป็นชั้นน้ำที่ให้น้ำในปริมาณมากอยู่ในเกณฑ์ 50 - 150 ลบ.ม.ต่อชั่วโมง มีค่าสัมประสิทธิ์ของการจ่ายน้ำ 5,000 ตร.ม.ต่อวัน คุณภาพน้ำดียกเว้นในพื้นที่ฝั่งธนบุรีและตอนใต้ของกรุงเทพมหานคร คุณภาพน้ำกร่อยหรือเค็ม

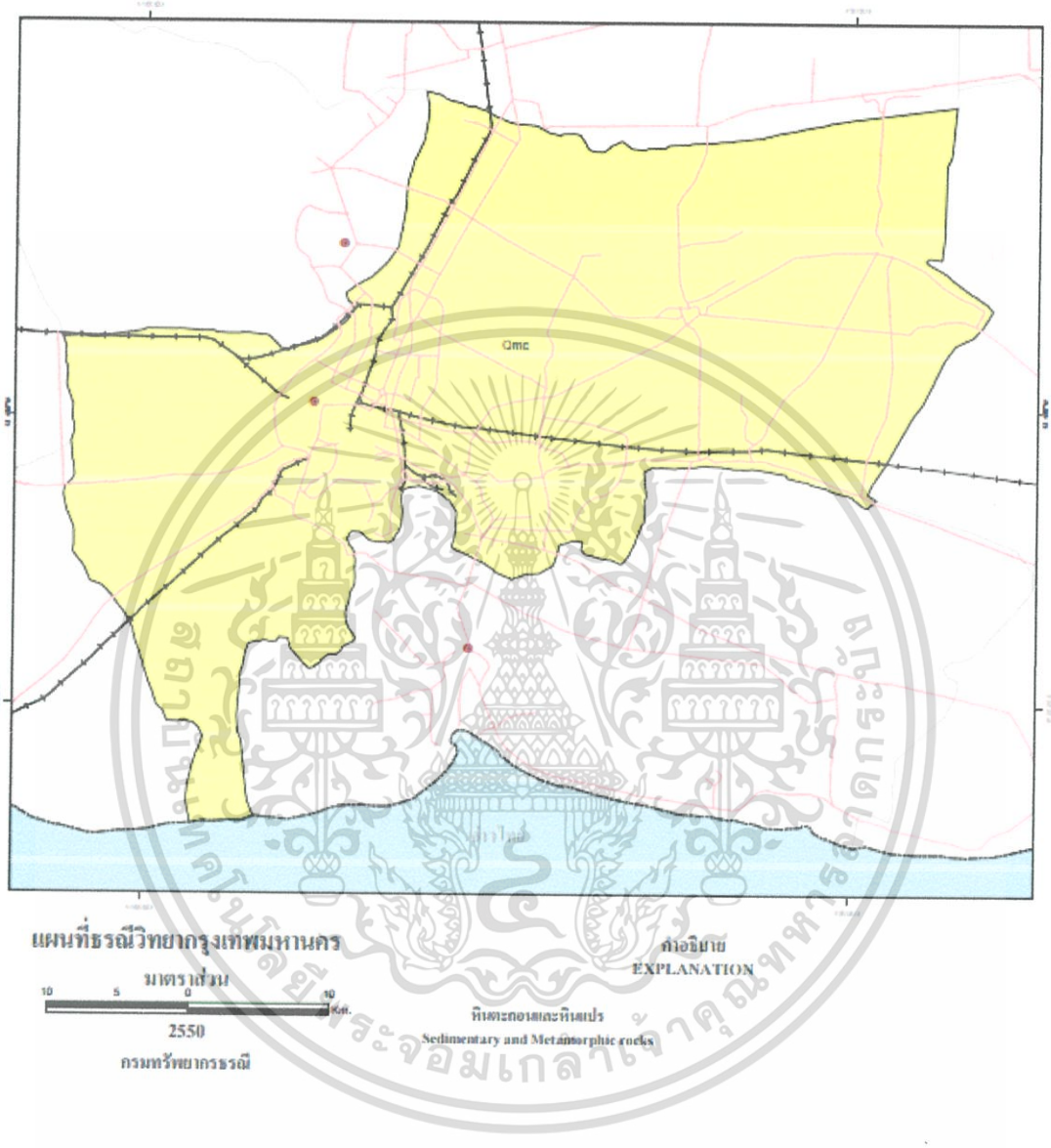
6) ชั้นน้ำพญาไท (Phaya Thai Aquifer) พบที่ความลึกประมาณ 350 ม. และมีความหนาเฉลี่ย 40 - 60 ม. ประกอบด้วยกรวดทราย มีดินเหนียวแทรกสลับ การคัดขนาดดีพอใช้ มีคุณสมบัติการกักเก็บน้ำคล้ายกับชั้นน้ำสามโคก

7) ชั้นน้ำบาดาลธนบุรี (Thonburi Aquifer) พบที่ความลึกประมาณ 450 ม. และมีความหนาเฉลี่ย 50 - 100 ม. ประกอบด้วยกรวดทรายโดยมีดินเหนียวชั้นบางๆ แทรกสลับชั้นกรวดทรายที่มีการคัดขนาดดี คุณสมบัติการกักเก็บน้ำจะด้อยกว่าชั้นอื่นๆ ที่อยู่ข้างบนเนื่องจากมีดินเหนียว แทรกสลับอยู่ คุณภาพน้ำ ส่วนใหญ่คุณภาพดียกเว้นด้านตะวันตกและตะวันตกเฉียงใต้ของฝั่งธนบุรีน้ำจะกร่อยหรือเค็ม

8) ชั้นน้ำบาดาลปากน้ำ (Pak Nam Aquifer) ลึกประมาณ 450 - 550 ม. มีความหนาของชั้นน้ำ 80 - 120 ม. กรวดทรายมีการคัดขนาดดี และมีดินเหนียวแทรกสลับชั้นอยู่ ให้น้ำอยู่ในเกณฑ์ 50 - 100 ลบ.ม. ต่อชั่วโมง ชั้นทรายที่ระดับลึกตั้งแต่ 550 ม. ลงไปจะให้น้ำคุณภาพดีที่สุดแหล่งน้ำบาดาลในบริเวณตอนเหนือของแอ่งเจ้าพระยา-ท่าจีน ตั้งแต่จังหวัดชัยนาทจนถึงจังหวัดสิงห์บุรี ชั้นน้ำบาดาลอยู่ที่ระดับลึก 20 - 50 ม. ให้น้ำอยู่ในเกณฑ์ 30 - 50 ลบ.ม.ต่อชั่วโมง บางแห่งมากถึง 80 ลบ.ม.ต่อชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ข้อมูลธรณีวิทยาของกรุงเทพ



รูปที่ 3.1 แผนที่ธรณีวิทยาของกรุงเทพมหานคร จากกรมทรัพยากรธรณี

รูปภาพที่3.1 แสดงถึงชนิดของชั้นดินที่อยู่ในภาคกลางจังหวัดกรุงเทพมหานคร โดยในภาพพื้นที่ที่มีสีเนื้อ แสดงถึงพื้นที่ที่มีชั้นดินเหนียวอ่อนอยู่มากเละมีชั้นดินในพื้นที่นี้หลากหลาย ส่วนในพื้นที่สีขาวแสดงถึงมีชั้นดินเหนียวอ่อนอยู่น้อยและมีชั้นดินไม่หลากหลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

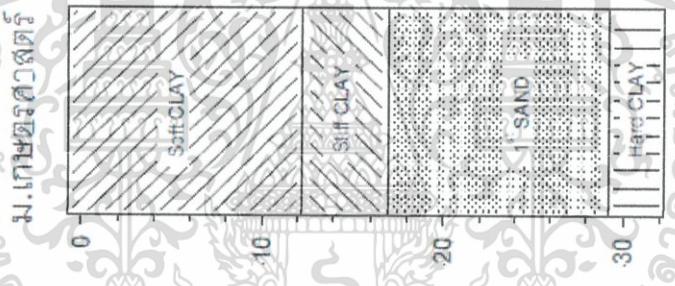
บทที่ 4
การสร้างแบบจำลอง

4.1 การสร้างแบบจำลองเชิงมโนทัศน์

4.1.1 ชนิดของชั้นดิน

ในกรณีศึกษามี3กรณี โดยศึกษาในพื้นที่ต่างๆในจังหวัดกรุงเทพมหานครได้แก่ ชั้นดินบริเวณ ม.เกษตรศาสตร์, สวนรมณีนาถ และ สวนจตุจักร ได้นำค่าดินมาเปรียบเทียบเพื่อหาค่า PARAMETER ต่างๆ

4.1.1.1 ชั้นดินบริเวณ ม.เกษตรศาสตร์

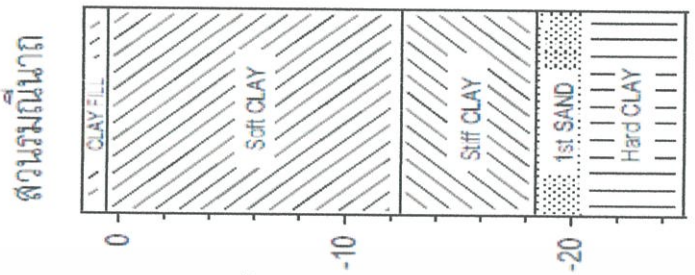


รูป 4.1 ชั้นดินบริเวณมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สภาพการเรียงตัวของชั้นดินบริเวณ ม.เกษตรศาสตร์ ดังรูป 4.1 ที่ผิวดินถึงระดับ -12 เมตร เป็นดินเหนียวอ่อน จากนั้นเป็นดินเหนียวแข็งจนถึงระดับ -17 เมตร และชั้นทรายถึงระดับ -29 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

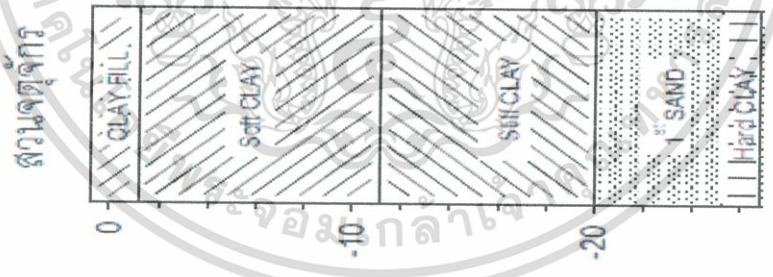
4.1.1.2 ชั้นดินบริเวณ สวนรมณีนาถ



รูป 4.2 ชั้นดินบริเวณสวนรมณีนาถ

สภาพการเรียงตัวของชั้นดินบริเวณสวนรมณีนาถ ดังรูป 4.2 ที่ผิวดินถึงระดับ -12 เมตร เป็นดินเหนียวอ่อน ถัดมาเป็นชั้นดินเหนียวแข็งถึงระดับที่ -18 เมตร และชั้นทรายถึงระดับที่ -20 เมตร

4.1.1.3 ชั้นดินบริเวณ สวนจตุจักร



รูป 4.3 ชั้นดินบริเวณสวนจตุจักร

สภาพการเรียงตัวของชั้นดินบริเวณสวนจตุจักรดังรูป 4.3 ที่ผิวดินถึงระดับ -11 เมตร เป็นชั้นดินเหนียวอ่อน ถัดมาเป็นดินเหนียวแข็งถึงระดับที่ -20 เมตร และเจอชั้นทรายในระดับถัดมา

หมายเหตุ: ค่า K ของแต่ละชั้นดินได้อ้างอิงไว้ในบทที่ 2 และวิธีการใส่ค่า Kอ้างอิงในบทที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 การหาขนาด GRID CELL ที่เหมาะสมต่อการ RUN PROGRAM

ได้ทำการทดลอง (Trial & Error) เพื่อนหาขนาด Grid Cell ที่เหมาะสมต่อการใช้งานที่ค่า interation , criterion ต่างๆ ได้ผลตามตาราง

ตาราง 4.1 การหาค่า ERROR ในค่า PARAMETER ต่างๆ

iteration=500 criterion=0.0000001

type of soil	(x,y,z) ต่อ 1 เซลล์ (m)	Error ไม่มีอุโมงค์
Homo	10	21.97
	15	10.79
	20	12.99

ตาราง 4.2 การหาค่า ERROR ในค่า PARAMETER ต่างๆ

iteration=500 criterion=0.00000001

	(x,y,z) ต่อ 1 เซลล์ (m)	Error ไม่มีอุโมงค์
Homo	10	3.04
	15	0.6
	20	0.81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.3 การหาค่า ERROR ในค่า PARAMETER ต่างๆ

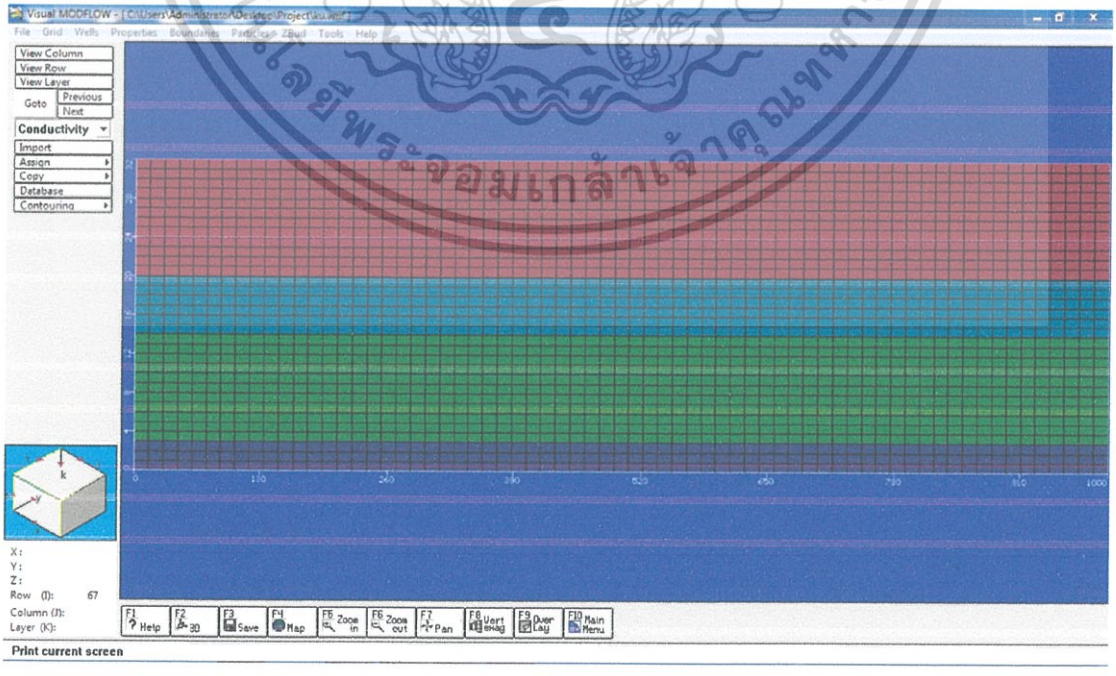
iteration=500 criterion=0.000000001

	(x,y,z) ต่อ 1 เซลล์ (m)	Error
		ไม่มีอุโมงค์
Homo	10	0.2
	15	0.1
	20	0.1

จากตาราง 4.1-4.3 การหาค่า Error เพื่อหาขนาดกริด ที่เหมาะสมสังเกตได้ว่า เมื่อแทนค่า Parameter ต่างๆ ที่ขนาดกริด (x,y,z) ต่อ 1 เซลล์ เท่ากับ 15 เมตร จะให้ค่า Error น้อยที่สุด ในการสร้างแบบจำลอง จึงใช้กริดเซลล์นี้ในการสร้างแบบจำลอง และศึกษา

4.1.3 ค่า K ของแต่ละชั้นดินในโปรแกรม Modflow

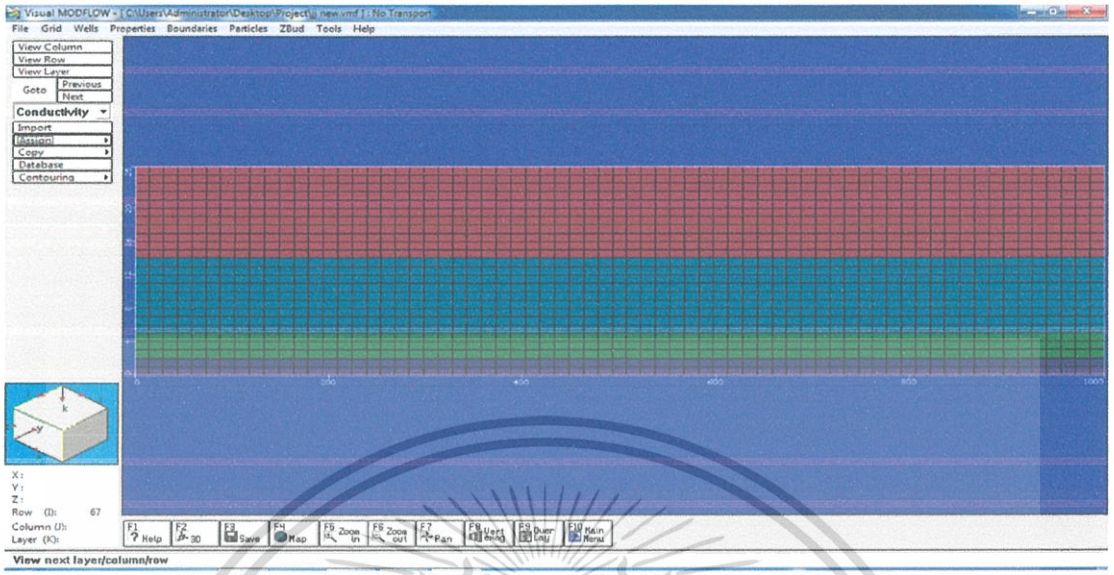
4.1.3.1 ม.เกษตรศาสตร์



รูป 4.4 LAYER ชั้นดินบริเวณ ม.เกษตรศาสตร์

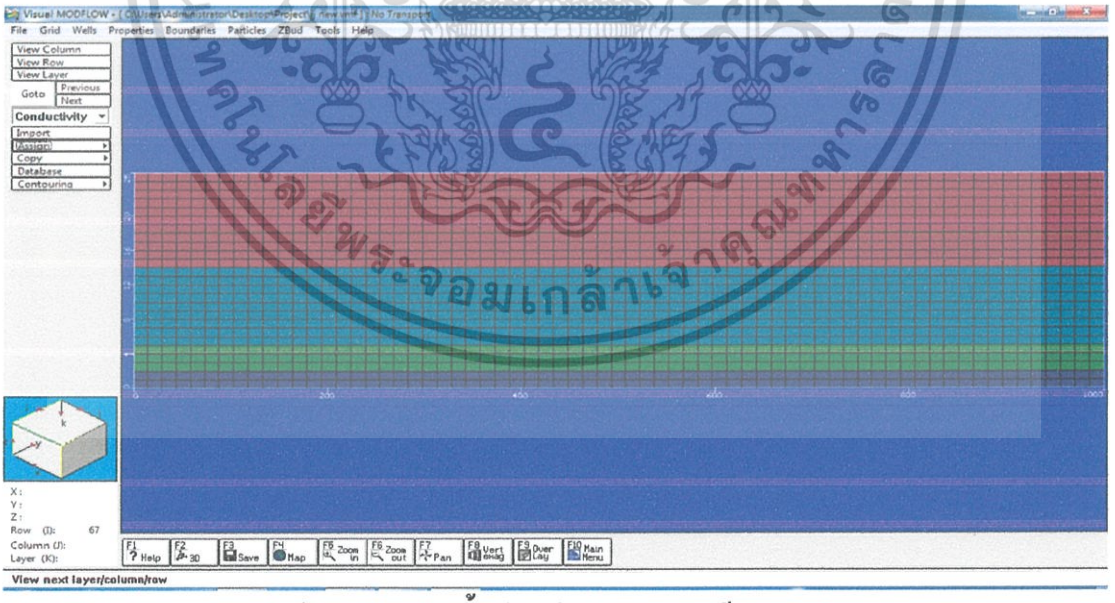
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3.2 สวนจตุจักร



รูป 4.5 LAYER ชั้นดินบริเวณ สวนจตุจักร

4.1.3.3 สวนรมณีนาถ



รูป 4.6 LAYER ชั้นดินบริเวณ สวนรมณีนาถ

จากรูป 4.4-4.6 เป็นการ Input ค่า K ลงในแบบจำลอง เพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลอง

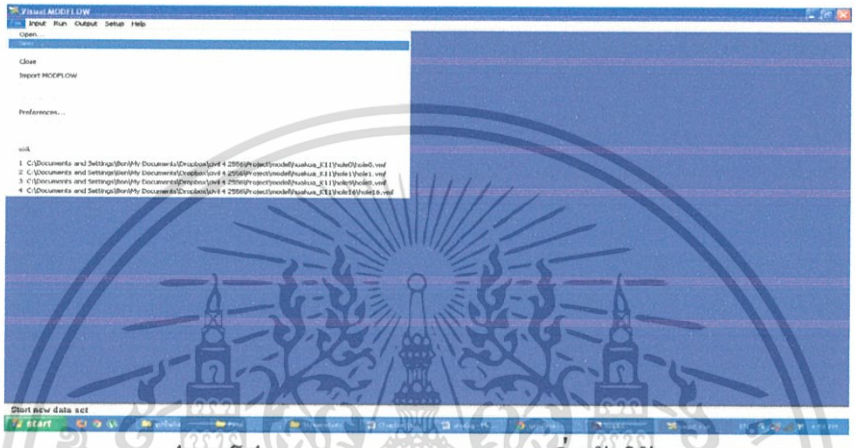
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การสร้างโมเดลแบบจำลองคณิตศาสตร์โดย VISUAL MODFLOW 4.2

4.2.1 เริ่มต้นการสร้างโมเดล

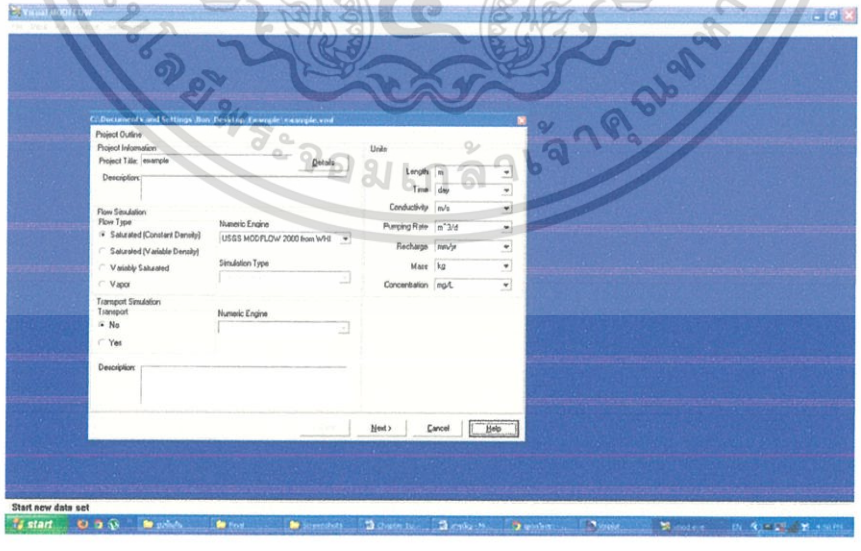
4.2.1.1 เริ่มสร้างโมเดลก่อนโดยเข้าโปรแกรม Visual ModFlow

เลือก File > New (ตั้งชื่อ โมเดล) > save



รูป 4.7 โปรแกรม Visual Modflow เริ่มต้นใช้งาน

4.2.1.2 ต่อมาจะปรากฏหน้าต่าง Project Outline เลือกตั้งค่าต่างเปลี่ยนให้อยู่ในระบบ SI แล้วกด Next

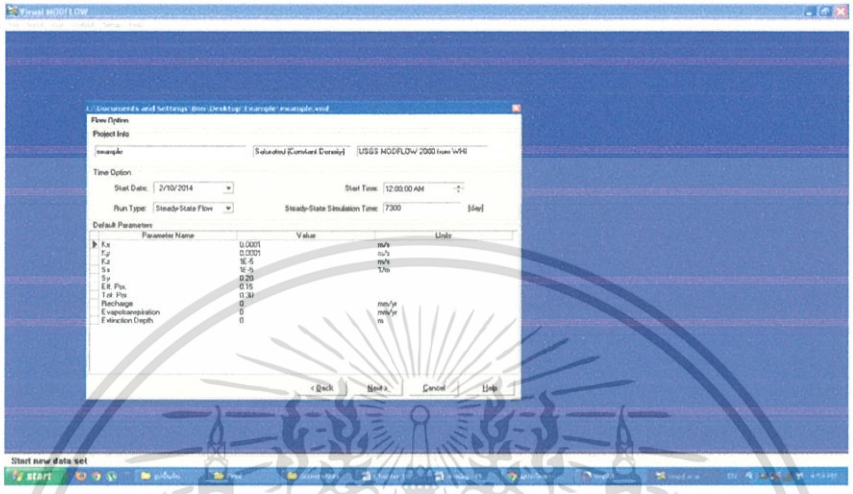


รูป 4.8 โปรแกรม Visual Modflow กำหนด Project Outline

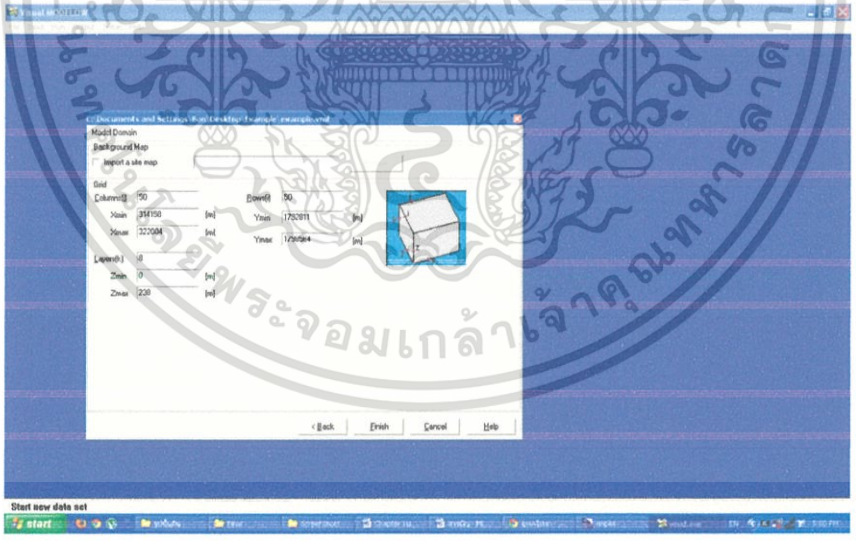
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.3 ต่อมาจะขึ้นหน้าต่าง Flow Option

ปรับ Steady State Simulation Time เป็น 20 ปีหรือ 7300 วัน นอกจากค่าที่ปรับตรงนี้แล้วนอกนั้นปล่อยไว้ก่อนเพราะสามารถมาตั้งค่าที่หลังได้ แล้วกด Next



4.2.1.4 ต่อมาจะปรากฏหน้าต่าง Model Domain



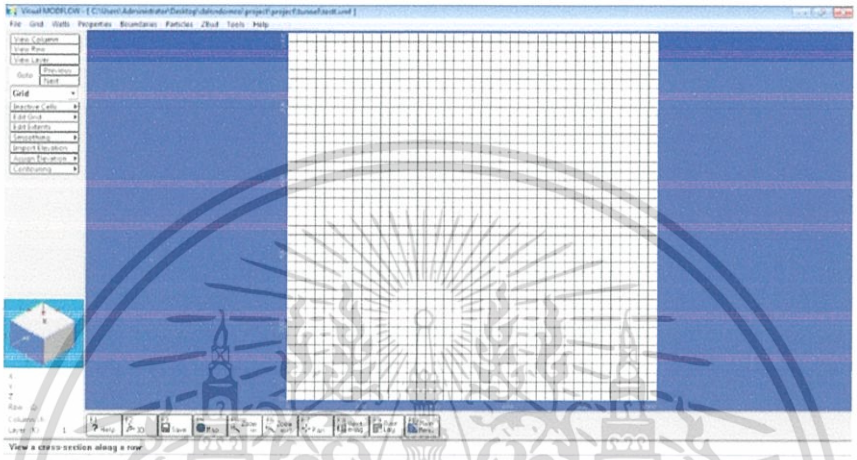
รูป 4.10 โปรแกรม Visual Modflow กำหนด Model Domain

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้เราตั้งค่าตามที่ออกแบบไว้ ยกตัวอย่าง

Columns: 40	Xmax: 1000	Xmin: 0
Rows: 50	Ymax: 1000	Ymin: 0
Layer: 8	Zmax: 32	Zmin: 0

หลังจากนั้นกด Finish เป็นอันเสร็จเรียบร้อย



รูป 4.11 โปรแกรม Visual Modflow กำหนด Model Domain เรียบร้อย

4.2.2 การกำหนด Grid Line

4.2.2.1 อธิบายเกี่ยวกับคำสั่งในหน้าจอด้านซ้าย

View Column	>	การดูแถวในแนวตั้งของ Layers
View Row	>	การดูแถวในแนวนอนของ Layers
View Layer	>	การดูทีละชั้น

4.2.2.2 คำสั่ง Inactive Cells

เป็นคำสั่งที่ใช้คิดว่า จะนำ Cell มาใช้บ้างหรือไม่นำมาใช้เลย เป็นการเลือกดูเฉพาะจุดจะได้เป็นการเจาะจงลงไปได้มากกว่าเดิมว่าจะดูที่ไหน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.3 คำสั่ง Edit Grid

เป็นคำสั่งที่ไว้ใช้แบ่งช่อง ลบช่อง เพิ่มช่อง รวมอยู่ในนี้หมดทุกคำสั่ง

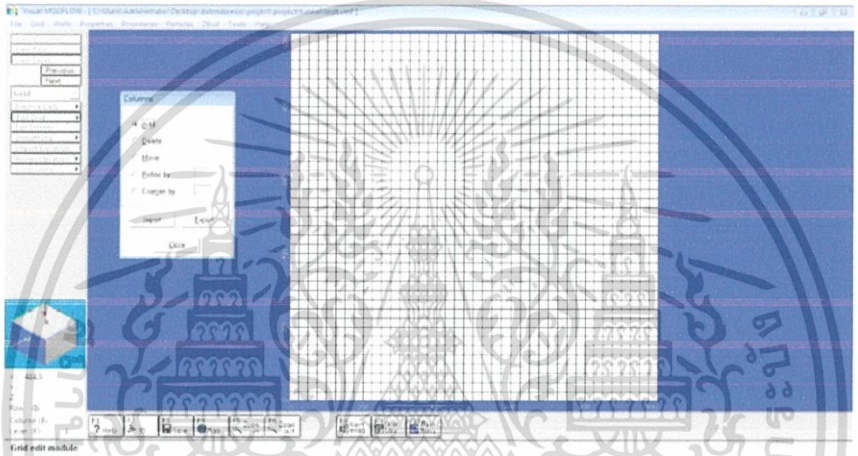
Add > เพิ่ม

Delete > ลบ

Move > ย้ายที่

Reline by > แบ่งช่องว่างระหว่างเส้นสองเส้นให้มีกี่ช่องใส่ลงไปได้เลย

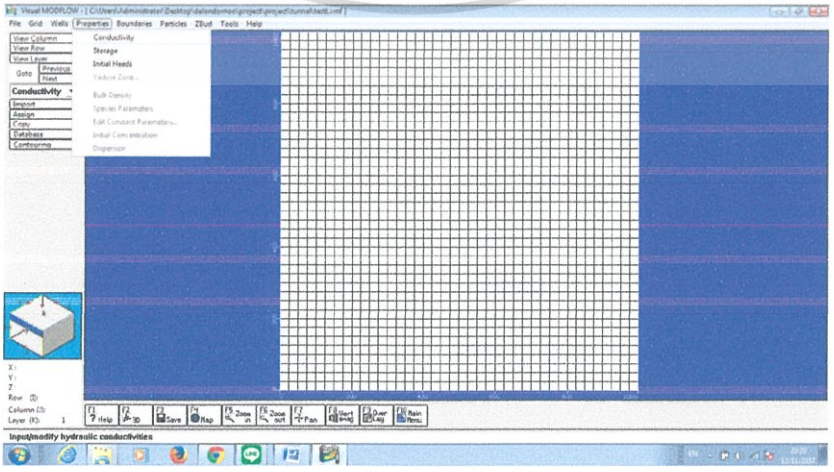
Coarsen by > เป็นการลบช่องระหว่างเส้นสองเส้น



รูป 4.12 โปรแกรม Visual Modflow การเพิ่ม-ลด Grid Line

4.2.3 การกำหนดค่า Conductivity

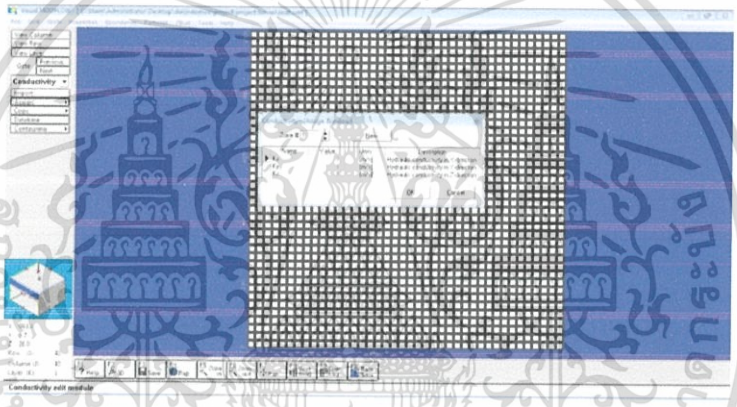
4.2.3.1 เลือก Properties > Conductivity > Yes



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 4.13 โปรแกรม Visual Modflow กำหนดค่า Conductivity

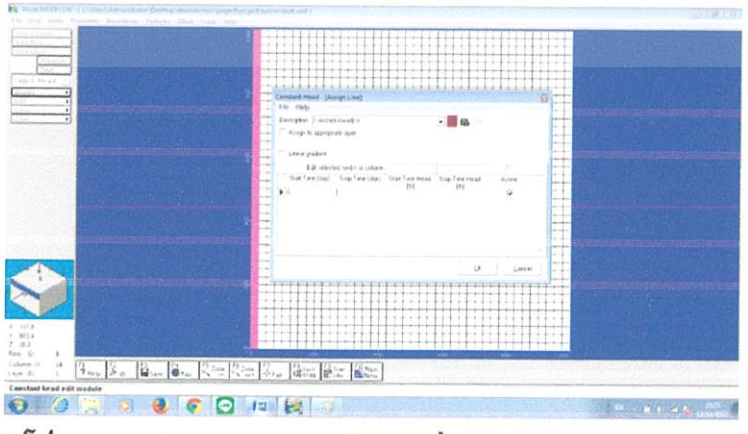
เนื่องจากในช่วงแรก ของการสร้างโมเดลนั้น จะมีการกำหนดค่าต่างๆ รวมถึงค่า Conductivity ด้วย แต่เราไม่ได้ทำการตั้งค่าดังนั้นเราจึงเข้าคำสั่ง Database > กำหนดค่า Kx,Ky,Kz > OK ใน ชั้นแรก หลังจากนั้นจะเป็นการกำหนดค่า Conductivity ในชั้นต่างๆ โดยใช้คำสั่งต่อไปนี้ ก่อนอื่นเลือก Layer ชั้นอื่นใช้คำสั่ง Assign > Window กดครอบให้หมดทั้ง Layer ก็จะขึ้นหน้าต่าง Conductivity-Assign Window กดNew แล้วกำหนดค่า Kx,Ky,Kz ตามความเป็นจริงเพราะดินแต่ละชั้นมีค่า Conductivity ที่ไม่เหมือนกัน แล้วทำแบบนี้ไปทุกชั้นดิน ชั้นไหนเหมือนกันสามารถใช้คำสั่ง Copy ได้



รูป 4.14 โปรแกรม Visual Modflow กำหนดค่า Conductivity (2)

4.2.4 การกำหนดค่า constant head

4.2.4.1 เลือก Boundaries > Constant head > Yes



รูป 4.15 โปรแกรม Visual Modflow กำหนดค่า Boundaries>Constant Head

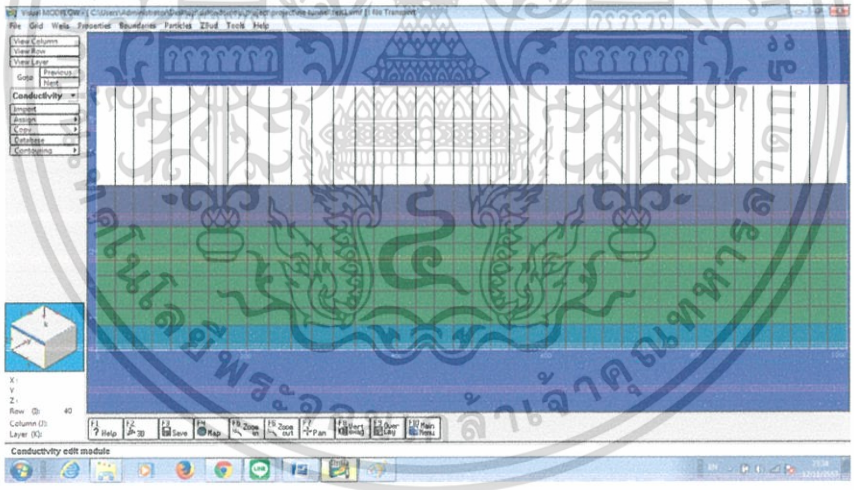
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นการกำหนดการไหลของน้ำบาดาลโดยการกำหนดลงไปเป็นรูปแบบของระดับความสูงต่ำของระดับน้ำบาดาล ทำให้เกิดการไหลจากสูงมาต่ำ โดยมีขั้นตอนดังนี้ กด Assign > line ทำการลากเส้นตาม grid line เมื่อได้แล้วให้ทำการกำหนดค่าต่างๆตามตัวอย่าง แล้วกด OK โดยเราต้องทำการกำหนดอย่างน้อยสองเส้นเพื่อให้เกิดการไหล) จะปรากฏเส้นสีแดงมา ตามรูปตัวอย่าง

Start time	0
Stop time	7300 (เป็นจำนวนของวันที่ใช้ในการคำนวณคือ 20 ปี)
Start time head	อ้างอิงจากระดับน้ำบาดาล
Stop time head	อ้างอิงจากระดับน้ำบาดาล

4.2.4 การ Run Program

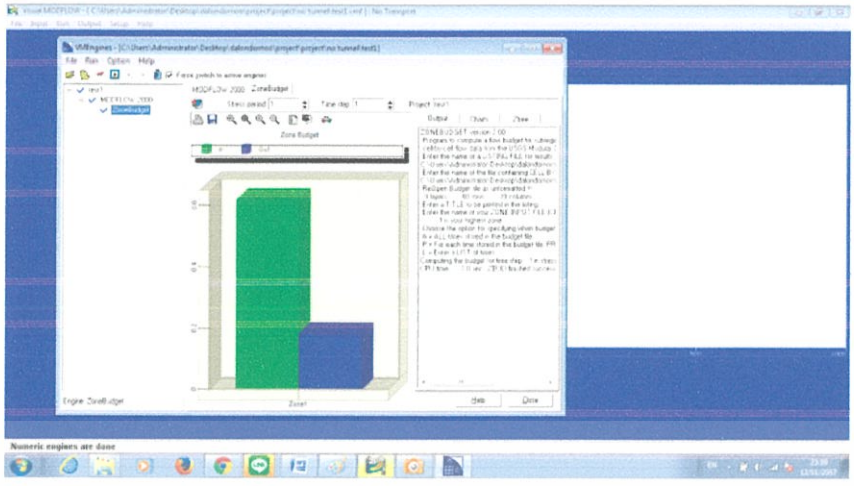
4.2.4.1 กด Main Manu (บริเวณด้านล่าง หรือ F10) > Yes



รูป 4.16 โปรแกรม Visual Modflow การ Run Program

เลือกคำสั่ง Run จาก Top bar > เลือก Run จะปรากฏหน้าตาของ Engines to Run ให้เราทำการเลือก คำสั่งว่าจะ Run ในหัวข้อไหนบ้างโดยในที่นี้เรามาเลือก Run คือ MODFLOW 2000 และ Zone budget หลังจากนั้นเลือกคำสั่ง Translate & Run หลังจานั้นเครื่องจะทำการประมวลผลตามโปรแกรมที่เราเลือกแล้วตรวจสอบดู กด Close

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.17 โปรแกรม Visual Modflow การ Run Program

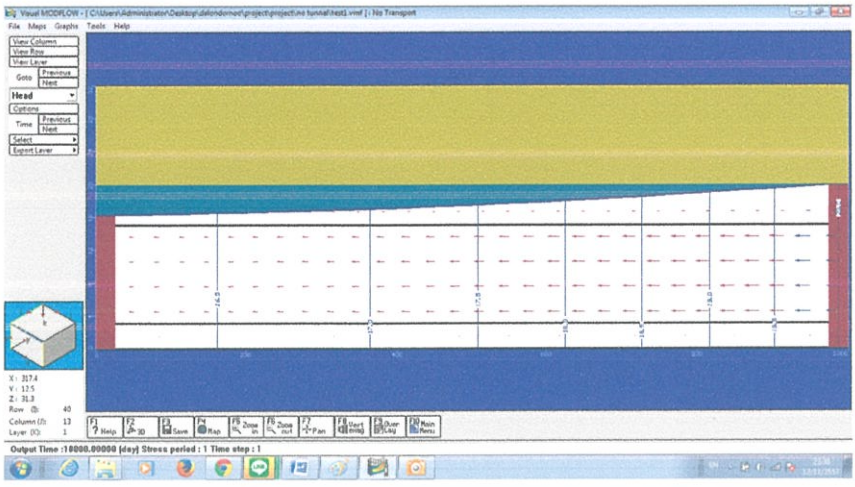
4.2.5 แสดงผลการ Run Program

4.2.5.1 เลือกคำสั่ง Output บริเวณ Top bar

รูป 4.18 โปรแกรม Visual Modflow ดูผลลัพธ์การจำลอง Output

จะเกิดขึ้นมาเป็นรูปโมเดลตามที่เราได้กำหนดค่าต่างๆไปรวมถึงแสดงเส้นทางการไหลต่างๆของน้ำใต้ดินและเราสามารถเลือกดูสิ่งต่างๆได้เพิ่มมากขึ้นจาก Left bar ตรงคำสั่ง Head เราสามารถกดดูได้หลายอย่างจากการเปลี่ยน Head เป็นคำสั่งอย่างอื่น

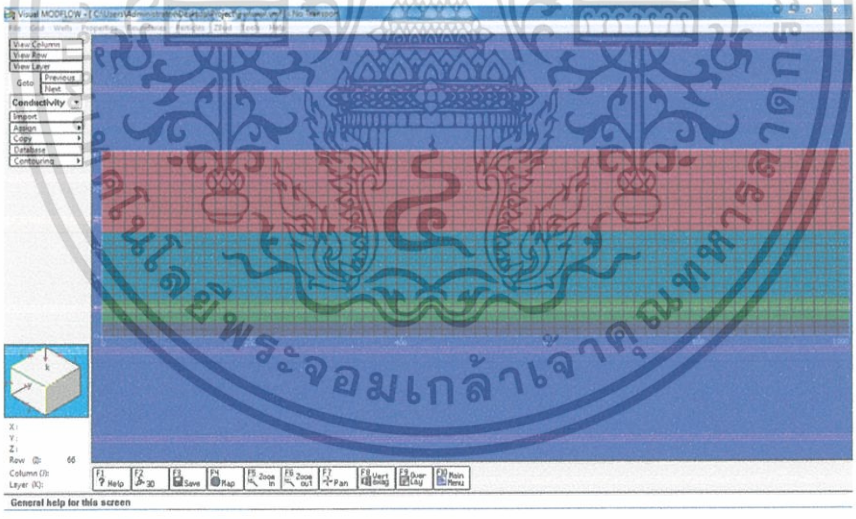
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.19 โปรแกรม Visual Modflow เลือกดูระดับ Head น้ำบาดาล

4.2.6 วิธีการใส่อุโมงค์

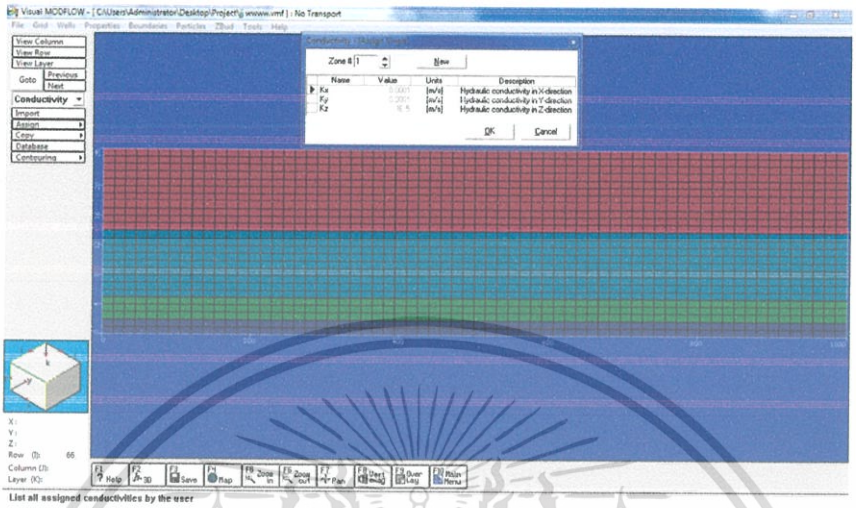
4.2.6.1 เลือก Properties > Conductivity > Yes



รูป 4.20 โปรแกรม Visual Modflow การสร้างอุโมงค์ (1)

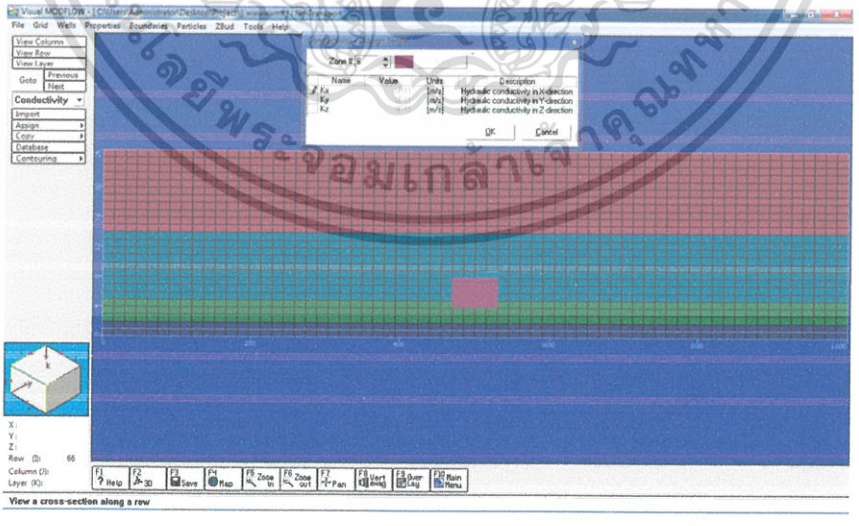
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.6.2 เลือก assign > single



รูป 4.21 โปรแกรม Visual Modflow การสร้างอุโมงค์ (2)

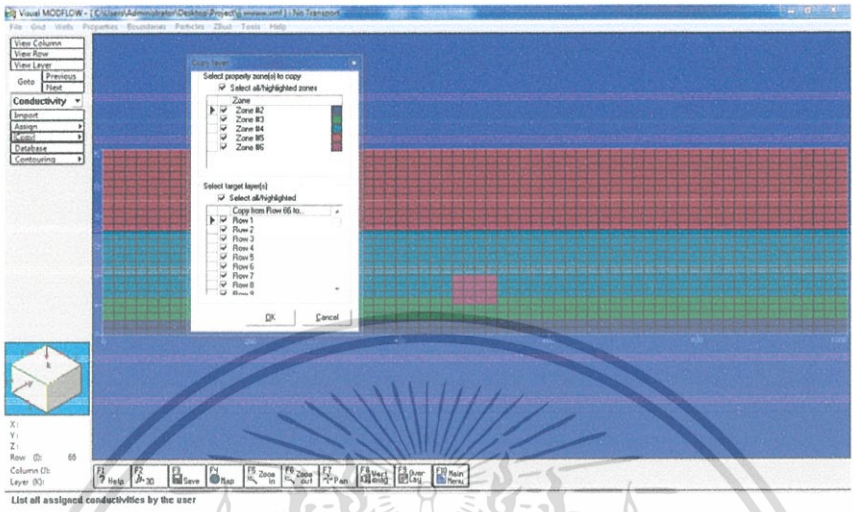
4.2.6.3 เลือก new > ใส่ค่า Kx,Ky,Kz = 1e-11 > Ok



รูป 4.22 โปรแกรม Visual Modflow การสร้างอุโมงค์ (3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.6.4 เลือกcopy > row > คลิก select all ทั้งด้านบนและล่าง> ok



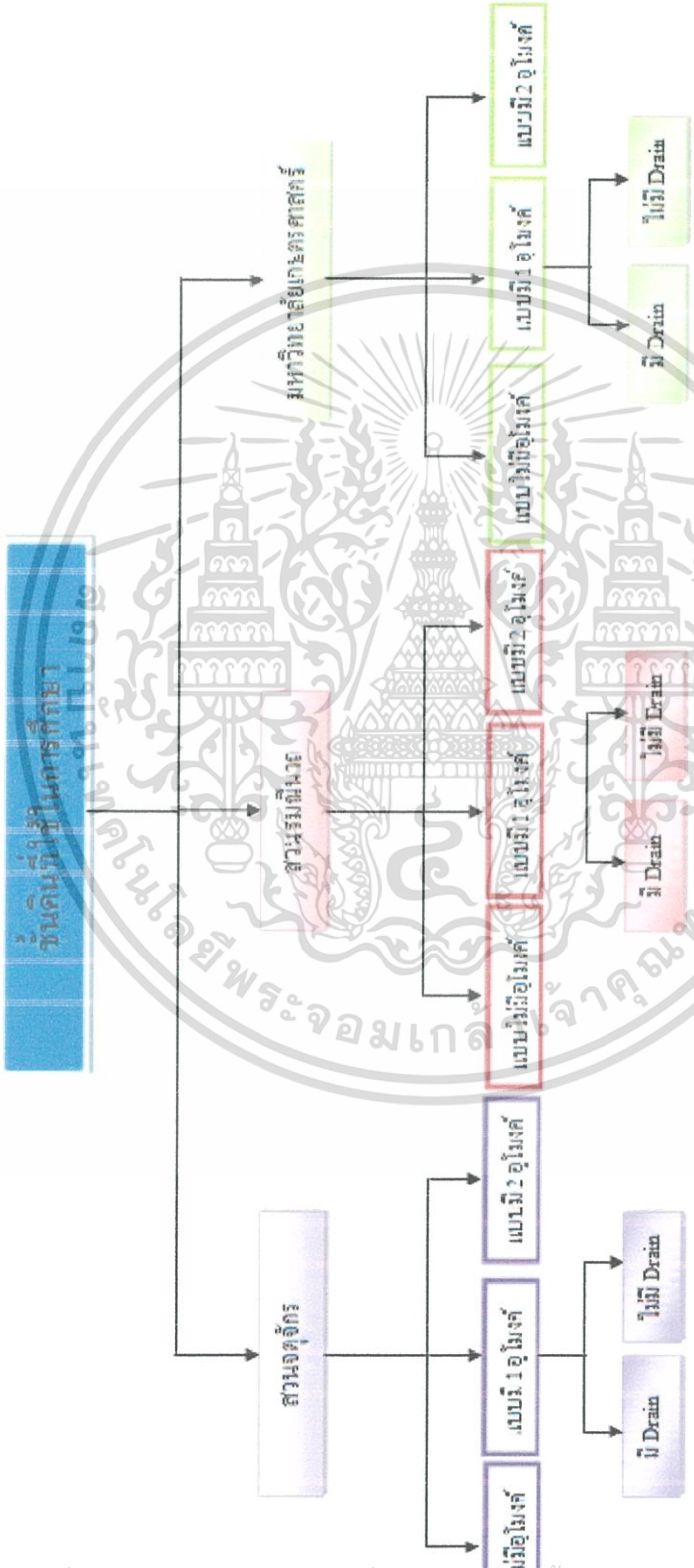
รูป 4.23 โปรแกรม Visual Modflow การสร้างอุโมงค์ (4)

4.2.6.5 เข้าสู่การ run program ในหัวข้อ 4.6 และอ่านค่าในหัวข้อ 4.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 วิธีการทำแบบจำลอง

ในการสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ในการศึกษา ได้แบ่งการจำลองออกเป็น 4 แบบ ต่อ 1 พื้นที่การศึกษา



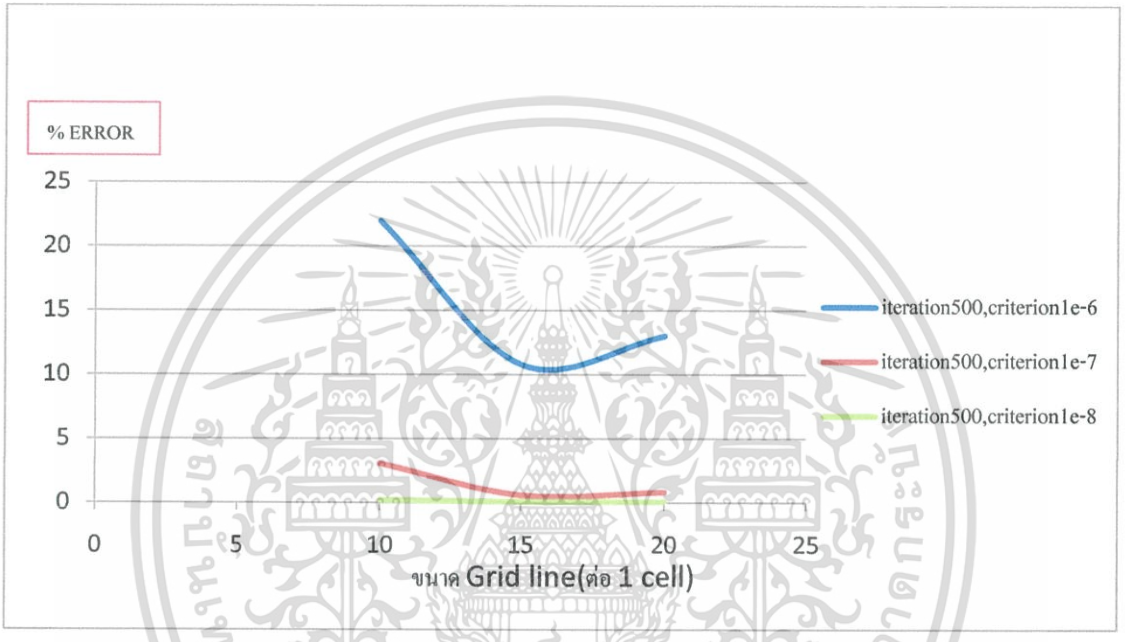
รูป 4.24 ชั้นดินที่ใช้ในการศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

ผลการศึกษา

5.1 ผลการศึกษาค่า iteration และ criterion



รูป 5.1.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ขนาด GRID LINE (ต่อ 1 cell) กับ % ERROR

เพราะฉะนั้นขนาด grid ที่เหมาะสมที่ใช้ในการทดลอง คือ ขนาด (x,y,z) = (15*15*1) m เนื่องจากเป็นขนาดกริดที่มีค่า error น้อยที่สุด

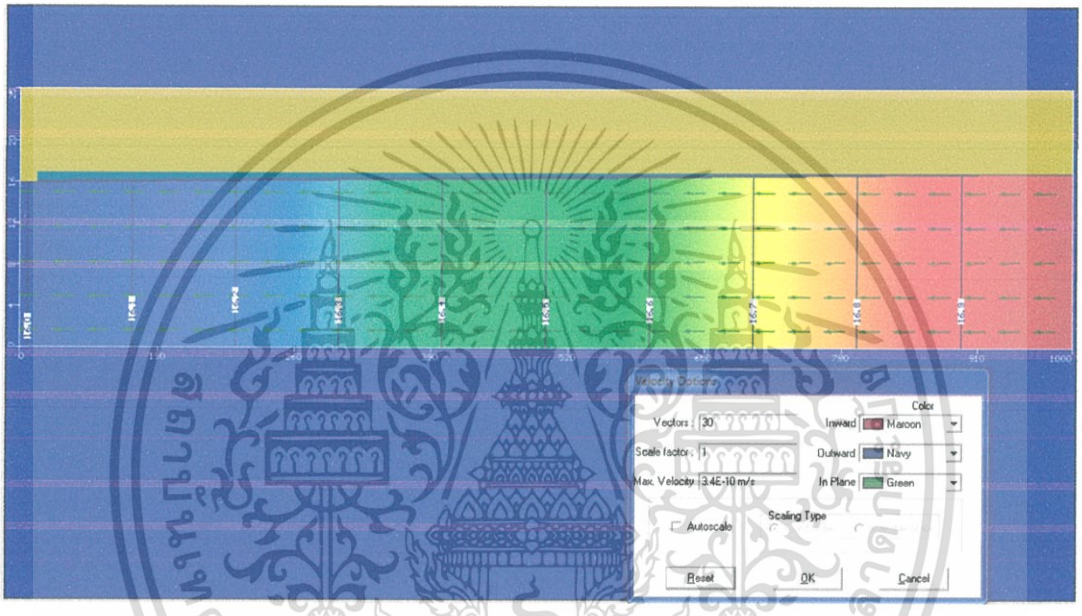
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ศึกษาอัตราการไหลและระดับน้ำ

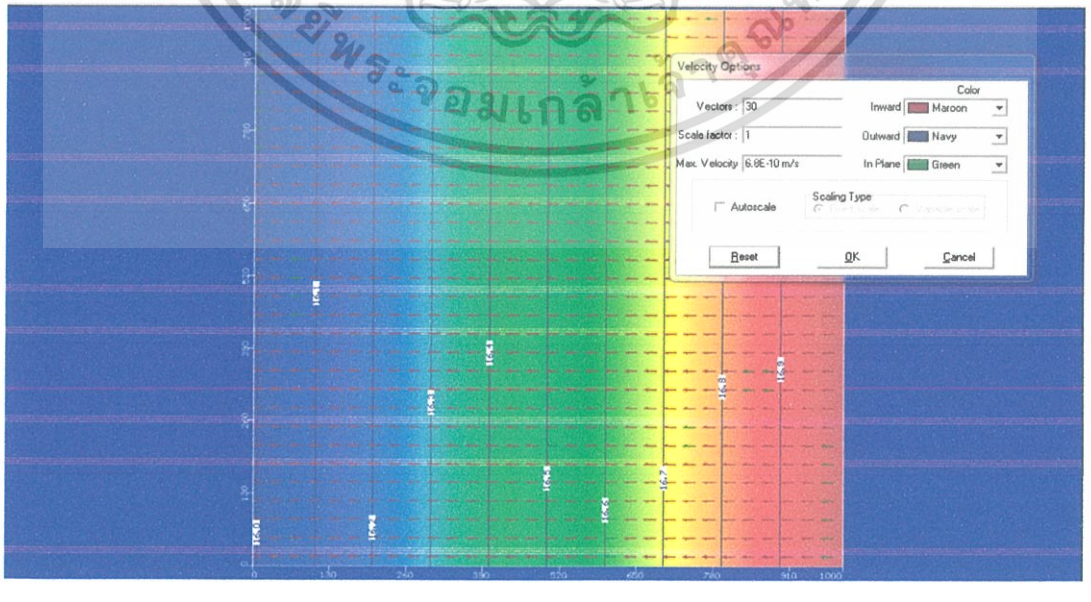
โดยเปรียบเทียบระหว่างแบบไม่มีอุโมงค์ แบบ 1 อุโมงค์ และแบบ 2 อุโมงค์ โดยระดับที่เลือกใช้ระดับ 5,7,10 เมตร เนื่องจากเป็นชั้นที่มีการเปลี่ยนแปลงจากผลของการทดลองมาก

ชั้นดินแบบจตุจักร

- แบบไม่มีอุโมงค์

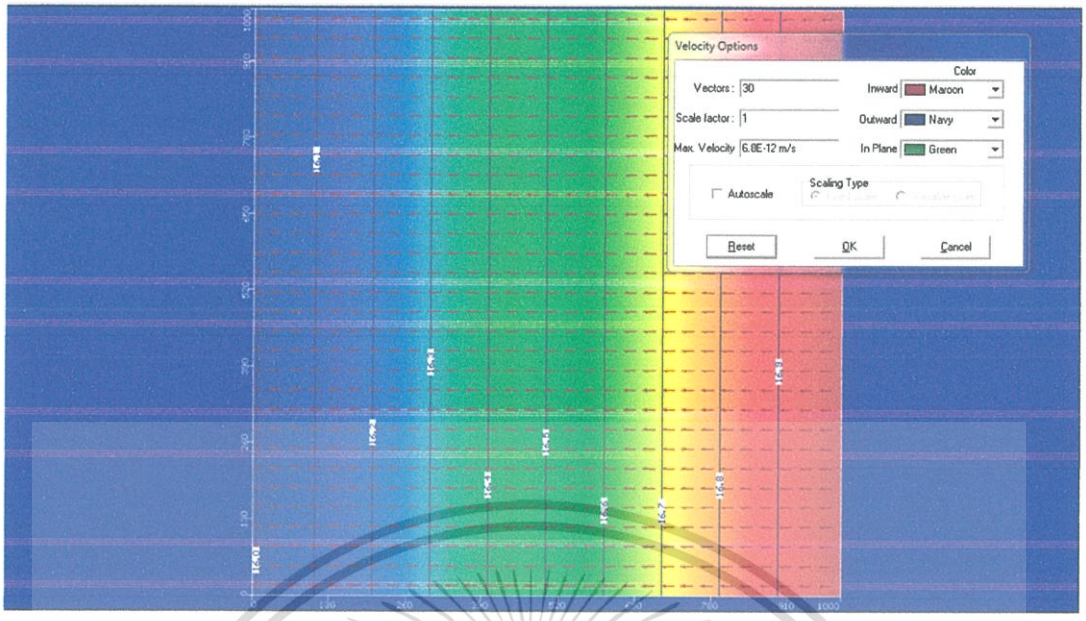


รูป 5.1 ภาพหน้าตัด side view แบบไม่มีอุโมงค์

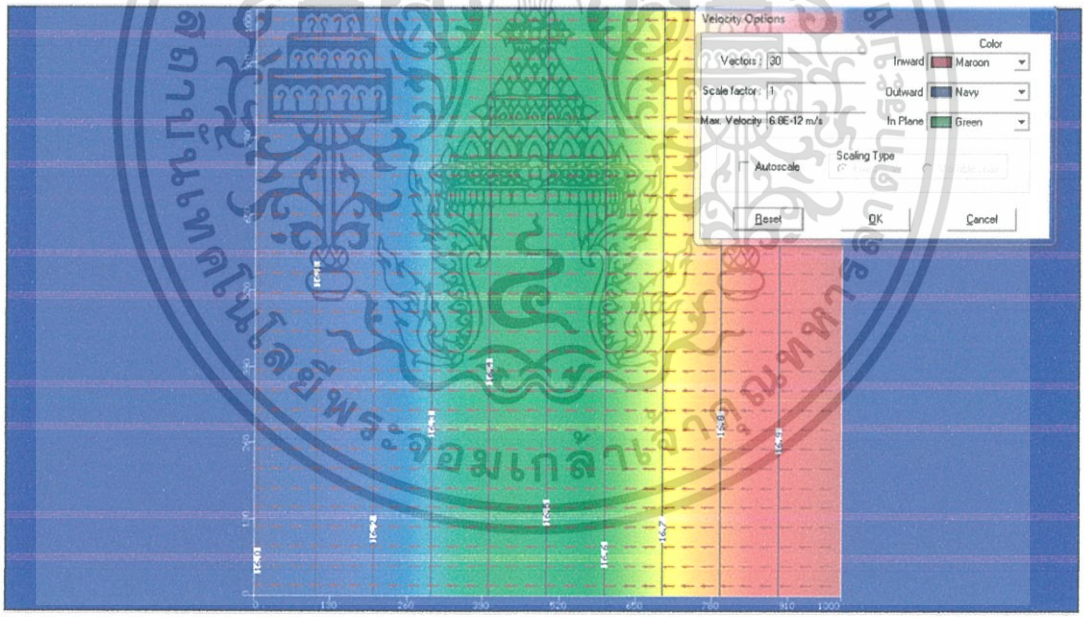


รูป 5.2 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 5 เมตร จากด้านล่าง แบบไม่มีอุโมงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 5.3 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 7 เมตร จากด้านล่าง แบบไม่มีอุโมงค์

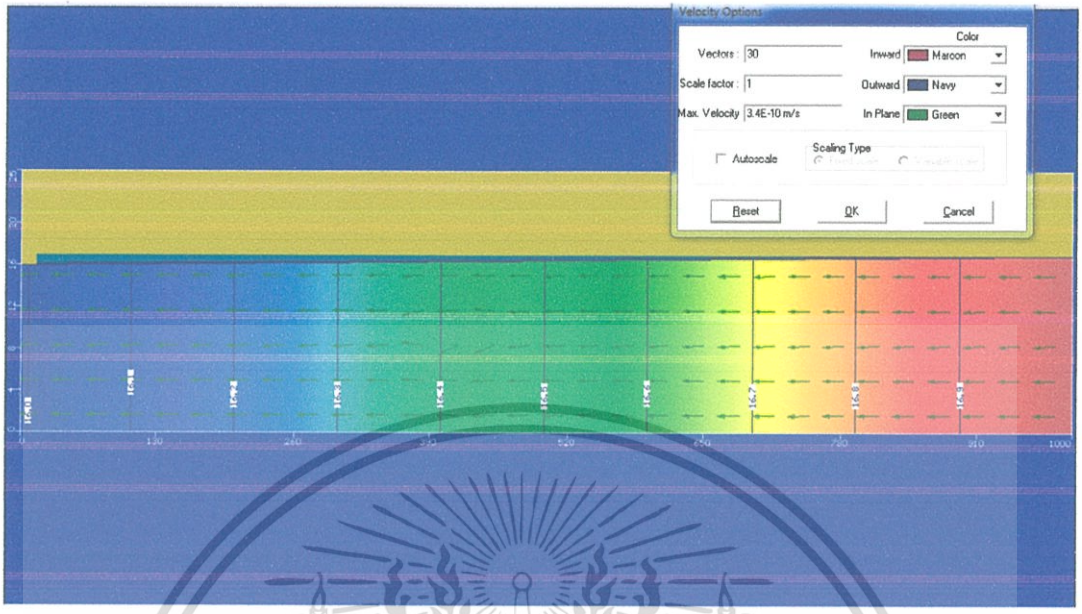


รูป 5.4 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 10 เมตร จากด้านล่าง แบบไม่มีอุโมงค์

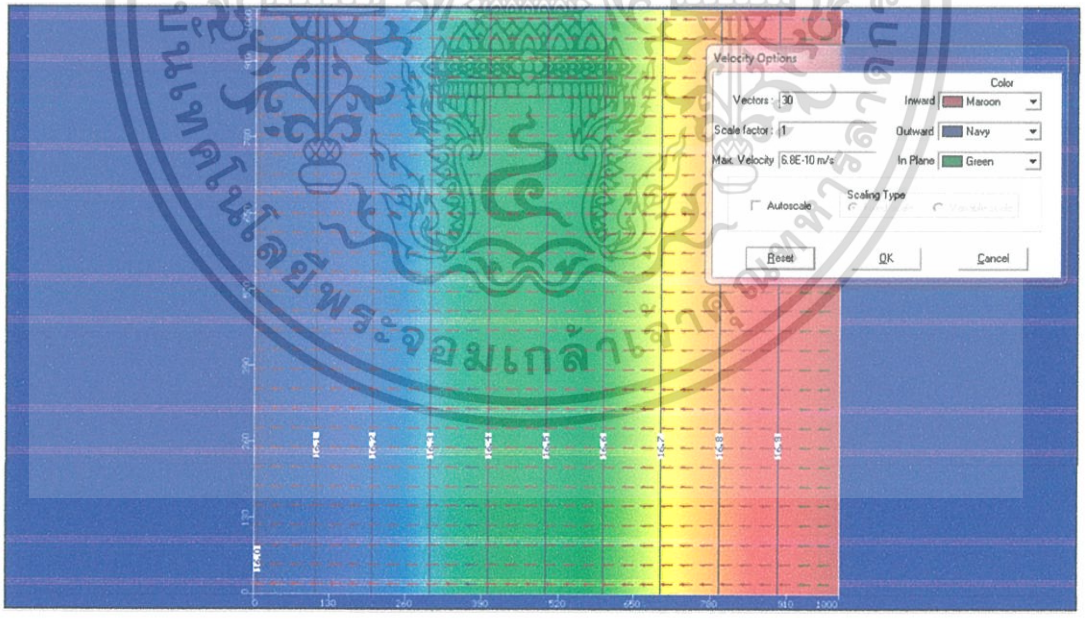
จากรูป 5.2-5.4 ทิศทางการไหลของน้ำไหลปกติ โดยมีการไหลจาก head น้ำฝั่งสูงกว่าไปฝั่งต่ำกว่า และมีความเร็วในแต่ละชั้นต่างกันตามชนิดของชั้นดินดังที่แสดงในภาพ 5.2-5.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แบบ 1 อุโมงค์

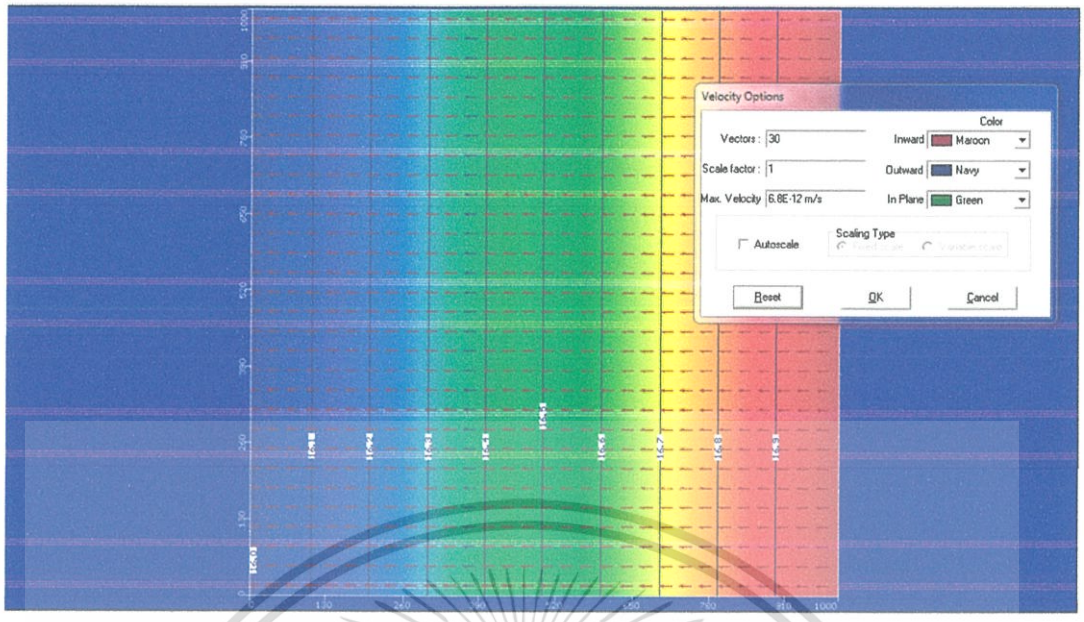


รูป 5.5 ภาพหน้าตัด side view แบบ 1 อุโมงค์

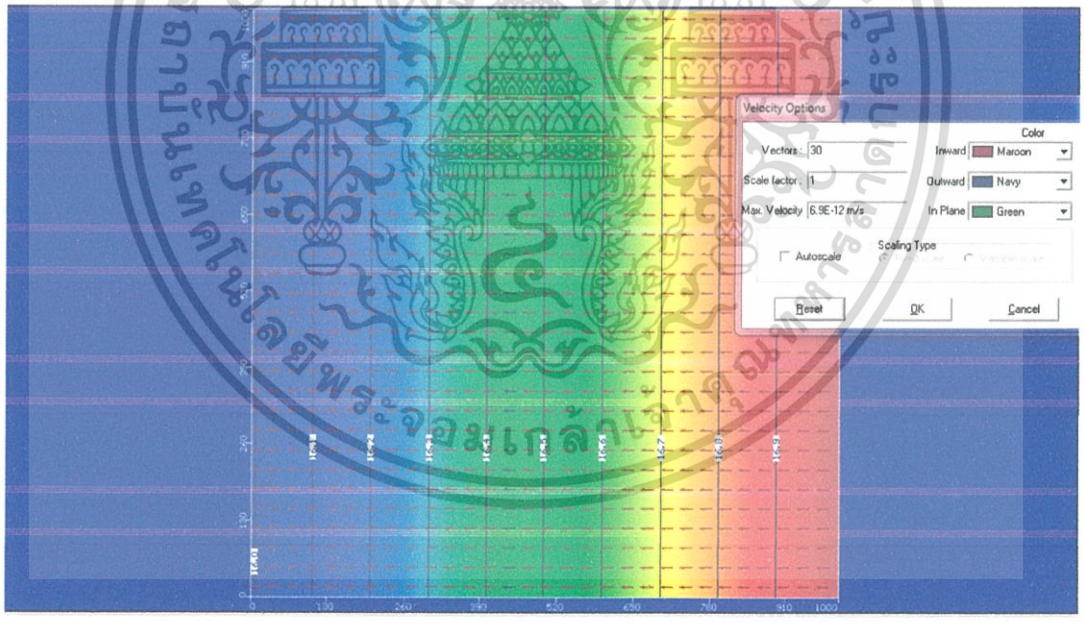


รูป 5.6 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 5 เมตร จากด้านล่าง แบบ 1 อุโมงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 5.7 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 7 เมตร จากด้านล่าง แบบ 1 อุโมงค์

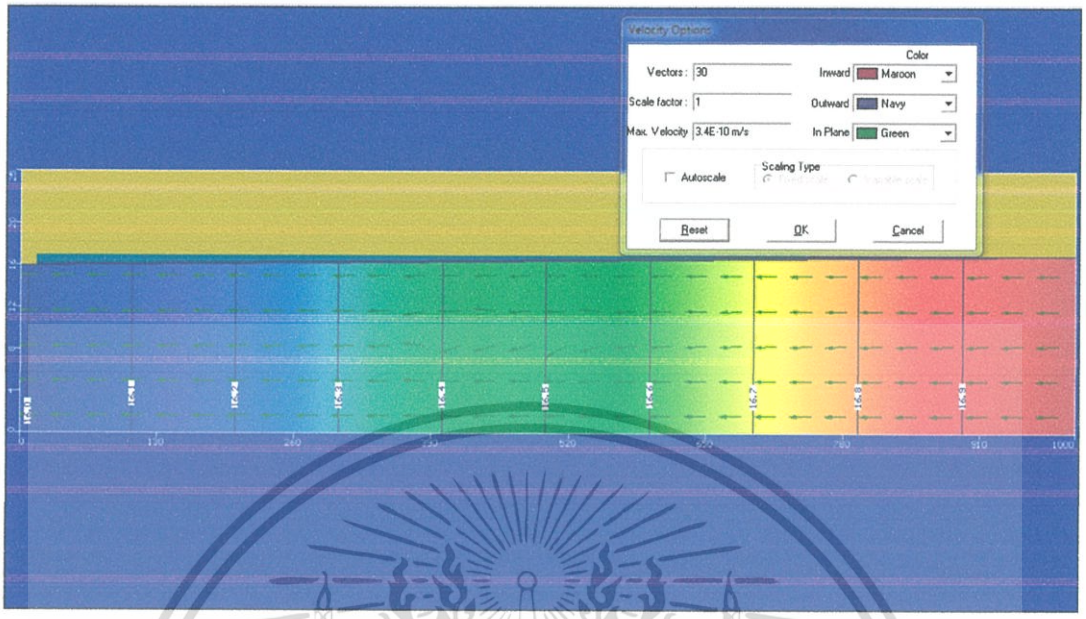


รูป 5.8 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 10 เมตร จากด้านล่าง แบบ 1 อุโมงค์

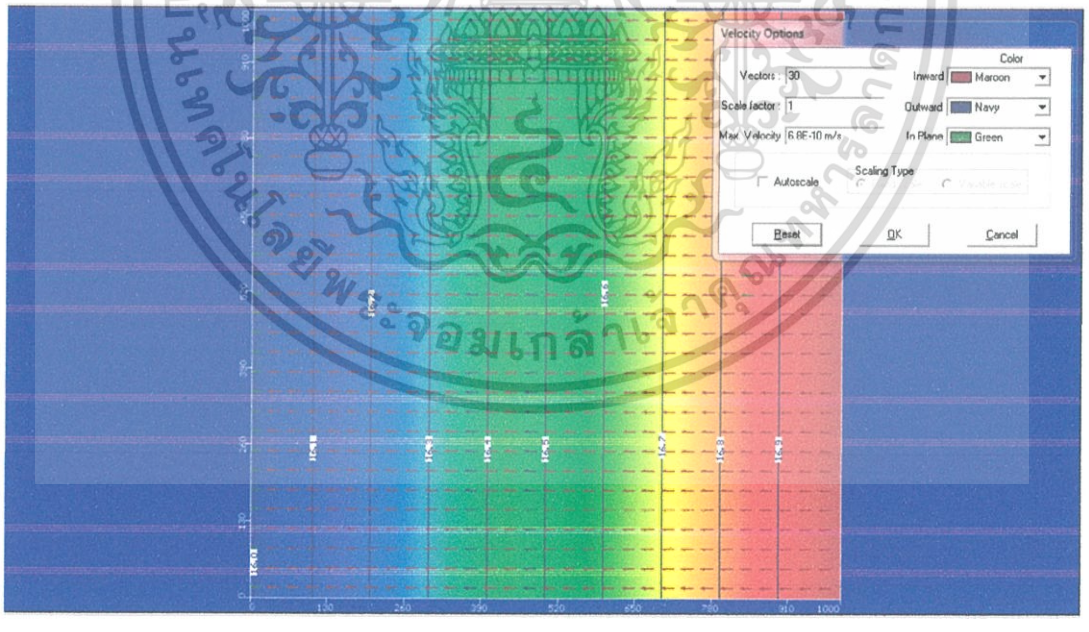
จากรูป 5.3-5.8 ทิศทางการไหลของน้ำไหลยกตัวขึ้นและลดต่ำในจุดที่มีอุโมงค์ โดยมีการไหลจาก head น้ำฝั่งสูงกว่าไปฝั่งต่ำกว่า และมีความเร็วในแต่ล่ะชั้นต่างกันตามชนิดของชั้นดินดังที่แสดงในภาพ 5.3-5.8 โดยในจุดที่มีอุโมงค์ความเร็วการไหลจะลดลงกว่าจุดที่ไม่มีอุโมงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แบบ 2 อุโมงค์

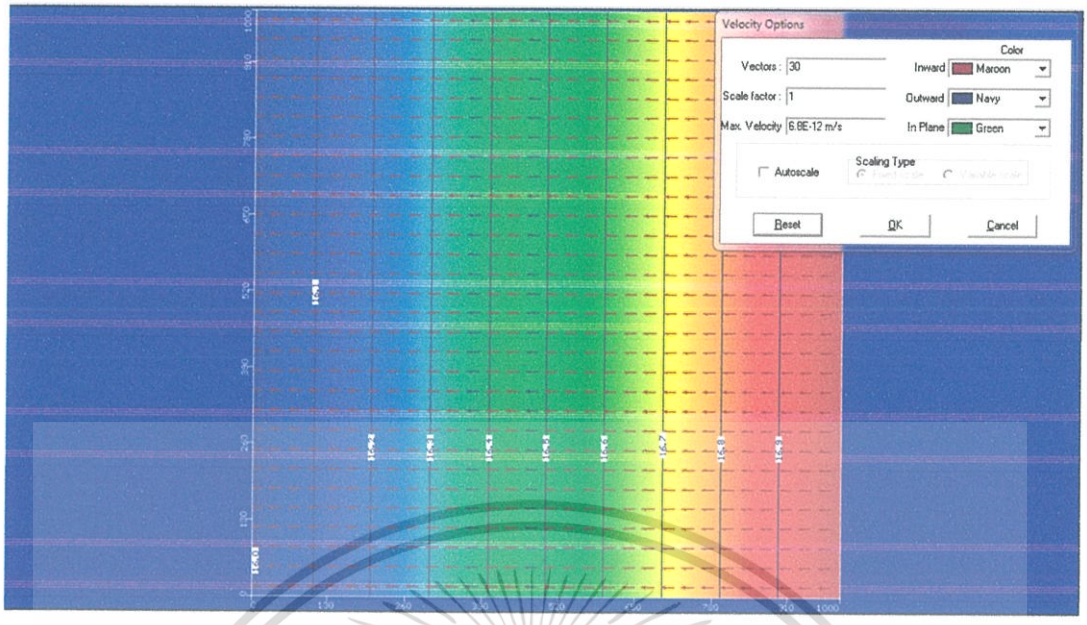


รูป 5.9 ภาพหน้าตัด side view แบบ 2 อุโมงค์

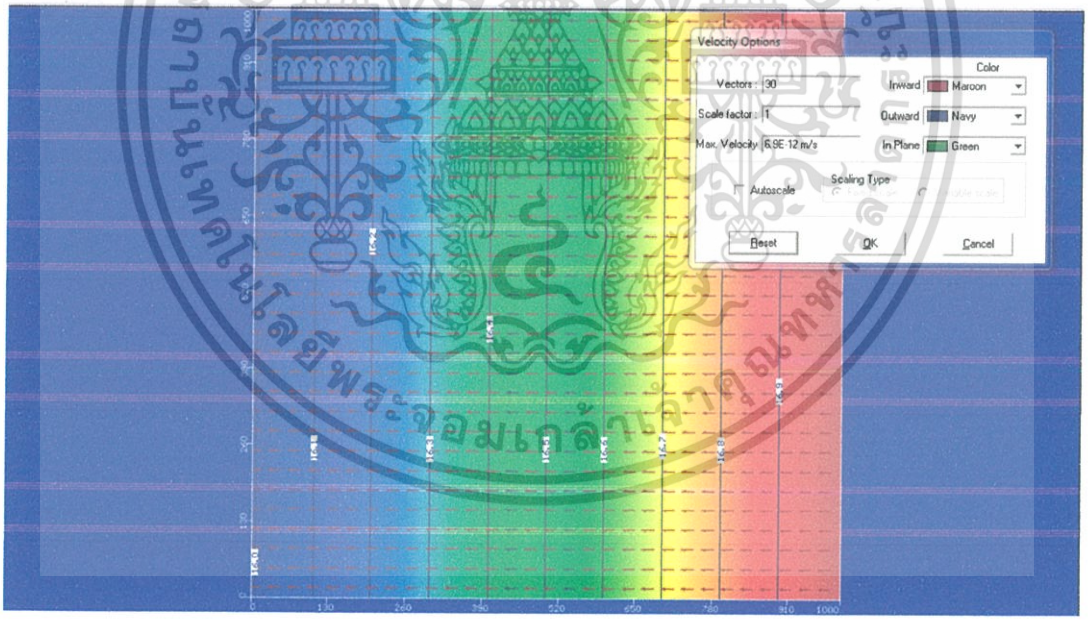


รูป 5.10 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 5 เมตร จากด้านล่าง แบบ 2 อุโมงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 5.11 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 7 เมตร จากด้านล่าง แบบ 2 อุโมงค์



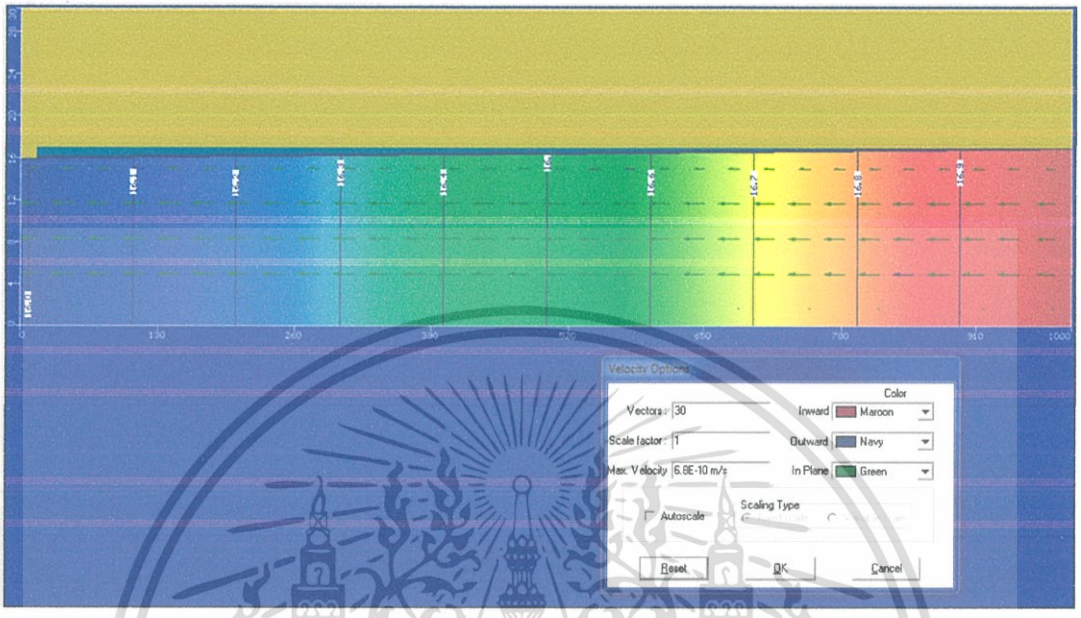
รูป 5.12 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 10 เมตร จากด้านล่าง แบบ 2 อุโมงค์

จากรูป 5.9-5.12 ทิศทางการไหลของน้ำไหลยกตัวขึ้นและลดต่ำในจุดที่มีอุโมงค์ โดยมีการไหลจาก head น้ำฝั่งสูงกว่าไปฝั่งต่ำกว่า และมีความเร็วในแต่ล่ะชั้นต่างกันตามชนิดของชั้นดินดังที่แสดงในภาพ 5.9-5.12 โดยในจุดที่มีอุโมงค์ความเร็วการไหลจะลดลงกว่าจุดที่ไม่มีอุโมงค์

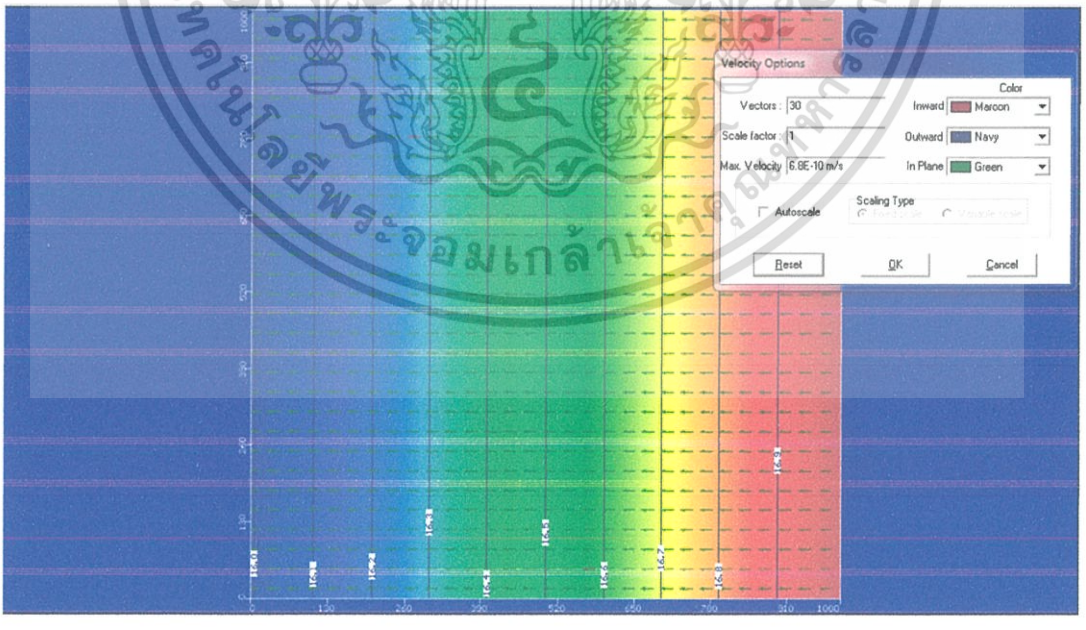
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั้นดินแบบ ม.เกษตร

- แบบไม่มีอุโมงค์

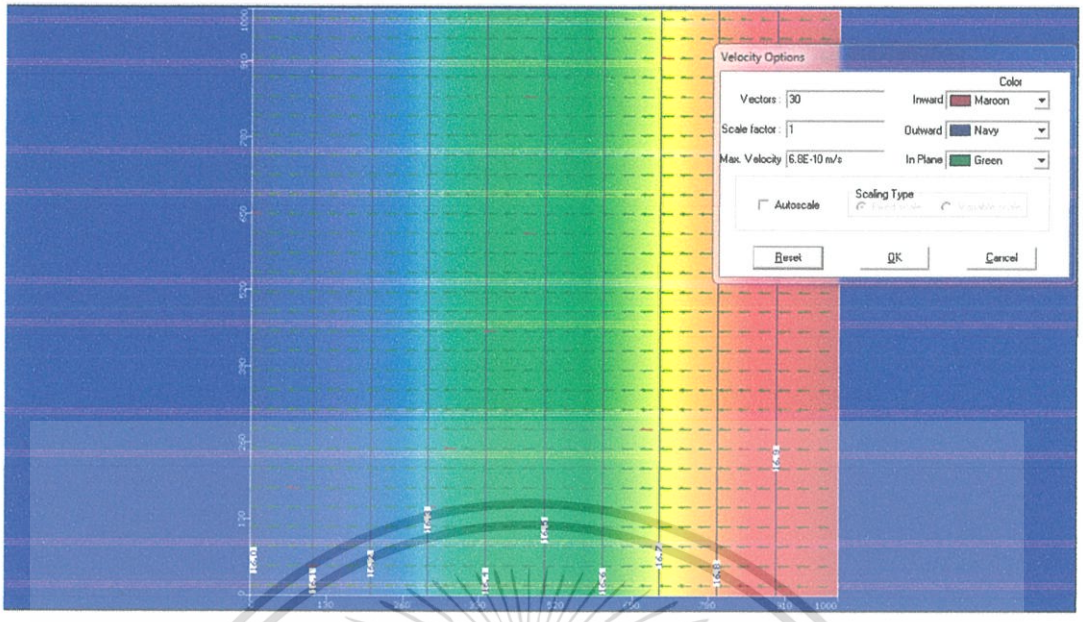


รูป 5.13 ภาพหน้าตัด side view แบบไม่มีอุโมงค์

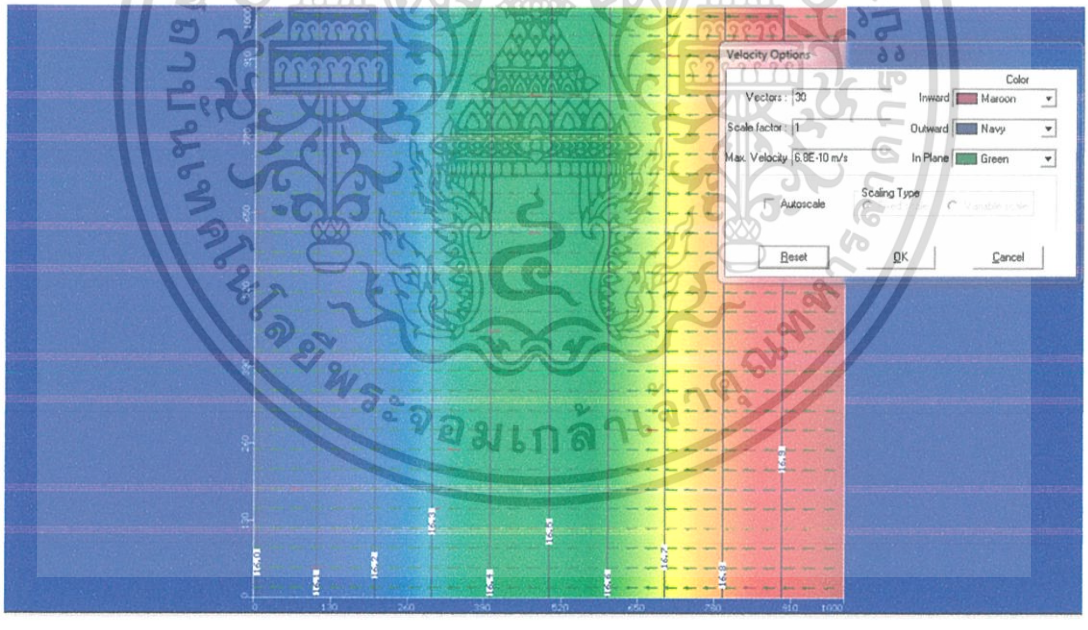


รูป 5.14 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 5 เมตร จากด้านล่าง แบบไม่มีอุโมงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 5.15 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 7 เมตร จากด้านล่าง แบบไม่มีอุโมงค์

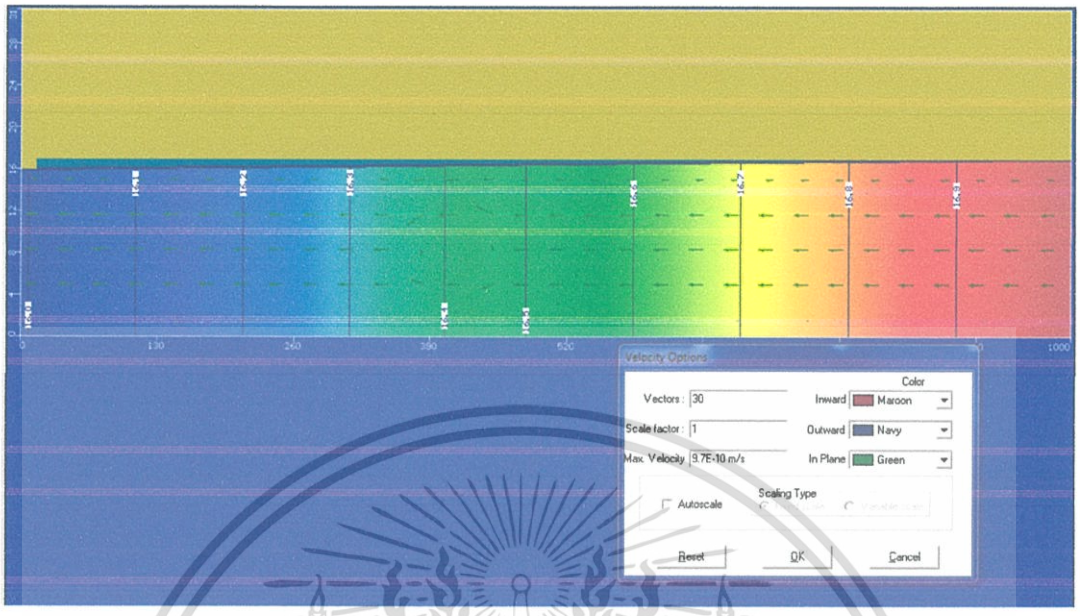


รูป 5.16 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 10 เมตร จากด้านล่าง แบบไม่มีอุโมงค์

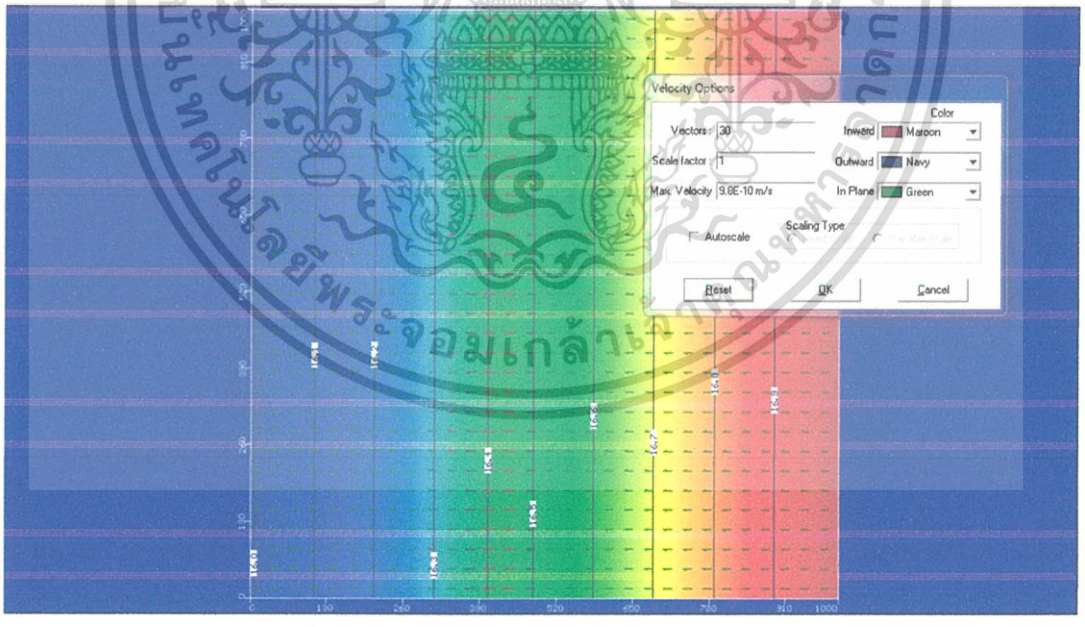
จากรูป 5.13-5.16 ทิศทางการไหลของน้ำไหลปกติ โดยมีการไหลจาก head น้ำฝั่งสูงกว่าไปฝั่งต่ำกว่า และมีความเร็วในแต่ละชั้นต่างกันตามชนิดของชั้นดินดังที่แสดงในภาพ 5.2-5.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แบบ 1 อุโมงค์

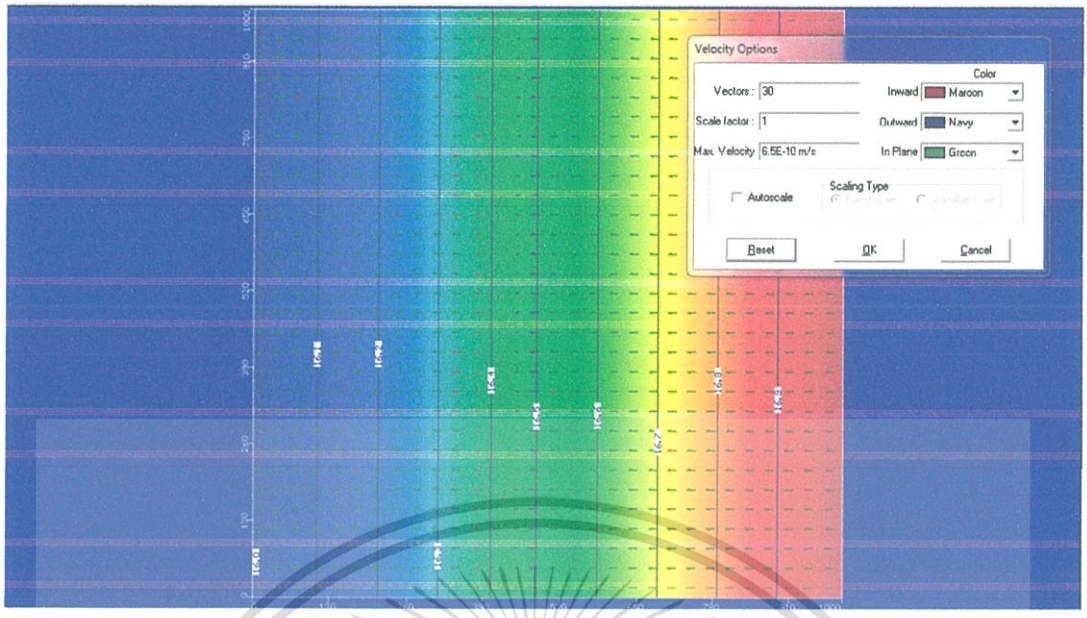


รูป 5.17 ภาพหน้าตัด side view แบบ 1 อุโมงค์

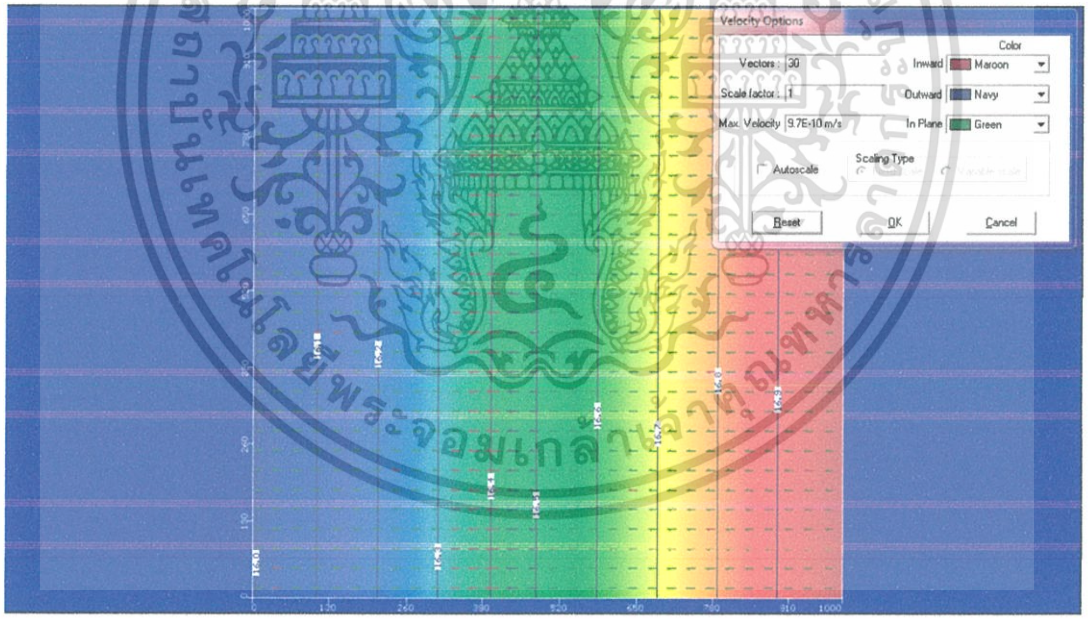


รูป 5.18 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 5 เมตร จากด้านล่าง แบบ 1 อุโมงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 5.19 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 7 เมตร จากด้านล่าง แบบ 1 อุโมงค์

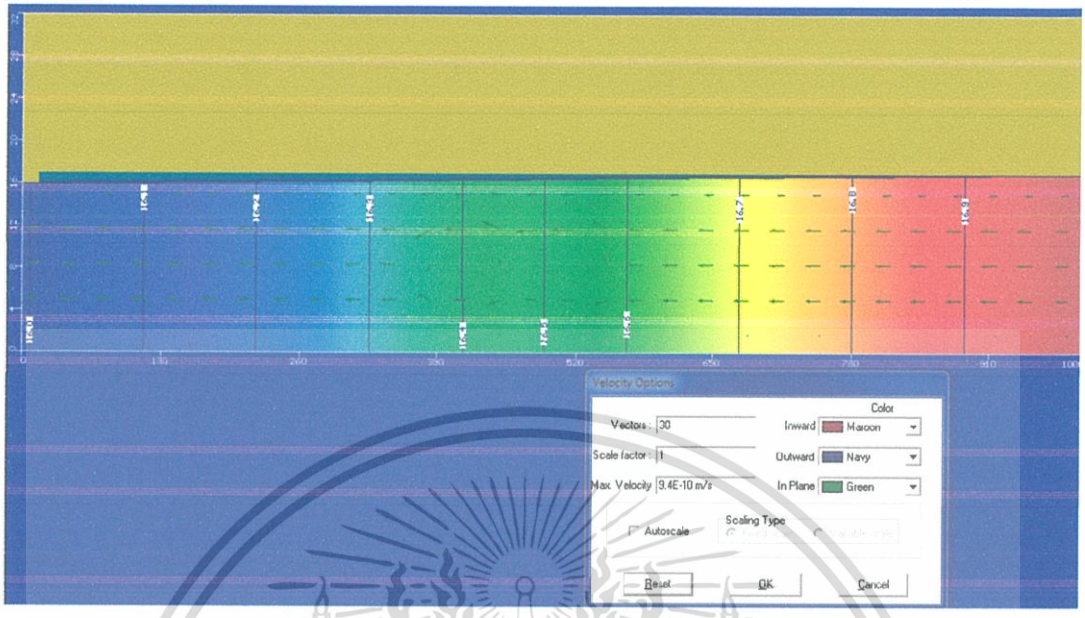


รูป 5.20 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 10 เมตร จากด้านล่าง แบบ 1 อุโมงค์

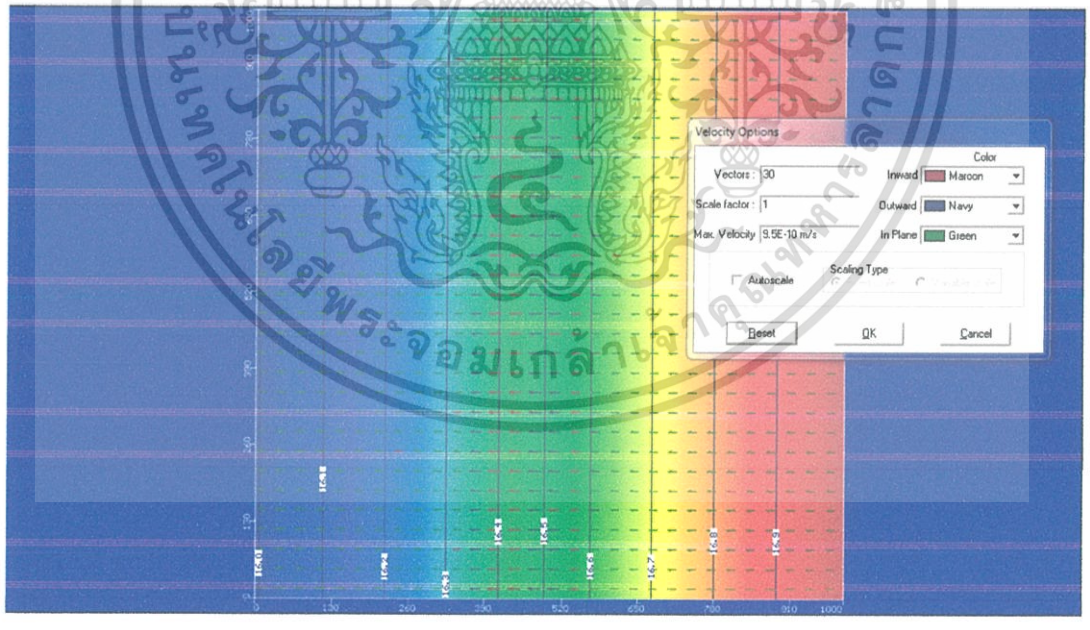
จากรูป 5.17-5.20 ทิศทางการไหลของน้ำไหลยกตัวขึ้นและลดต่ำในจุดที่มีอุโมงค์ โดยมีการไหลจาก head น้ำฝั่งสูงกว่าไปฝั่งต่ำกว่า และมีความเร็วในแต่ละชั้นต่างกันตามชนิดของชั้นดิน ดังที่แสดงในภาพ 5.17-5.20 โดยในจุดที่มีอุโมงค์ความเร็วการไหลจะลดลงกว่าจุดที่ไม่มีอุโมงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แบบ 2 อุโมงค์

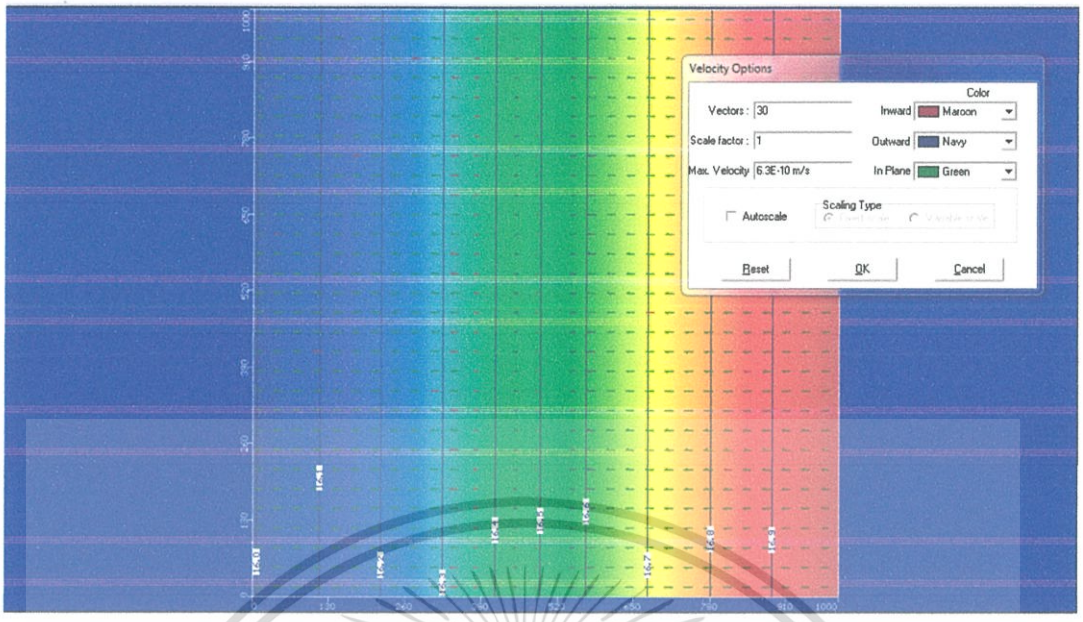


รูป 5.21 ภาพหน้าตัด side view แบบ 2 อุโมงค์

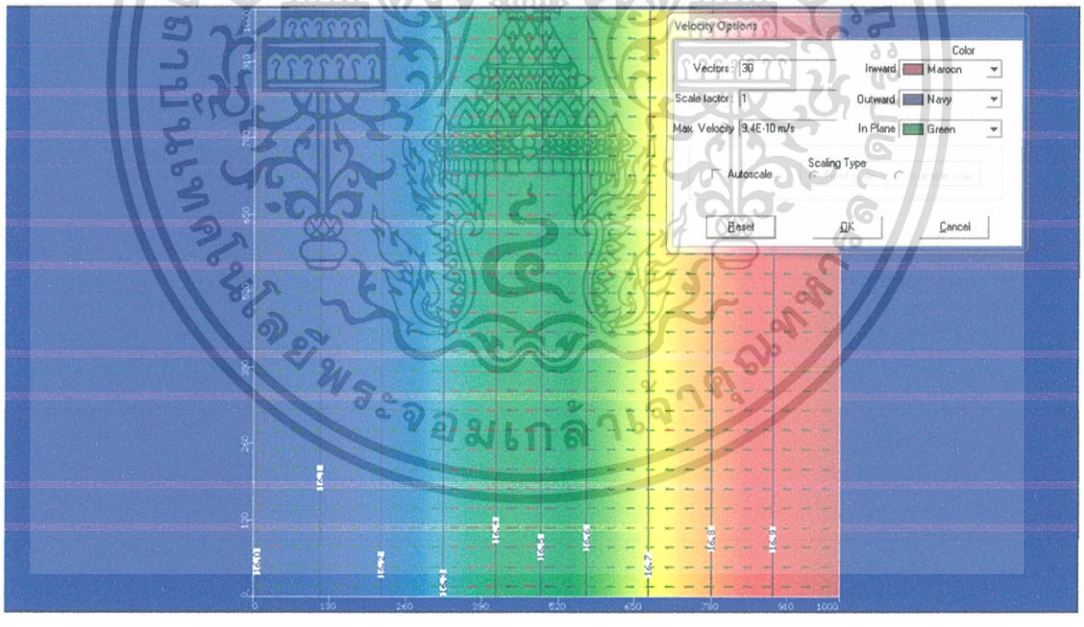


รูป 5.22 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 5 เมตร จากด้านล่าง แบบ 2 อุโมงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 5.23 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 7 เมตร จากด้านล่าง แบบ 2 อุโมงค์



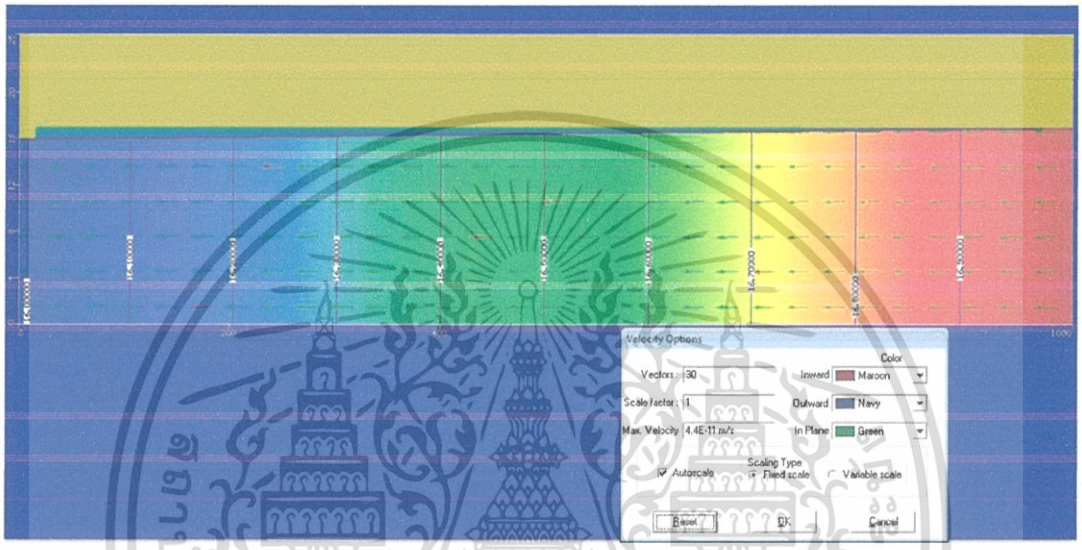
รูป 5.24 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 10 เมตร จากด้านล่าง แบบ 2 อุโมงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

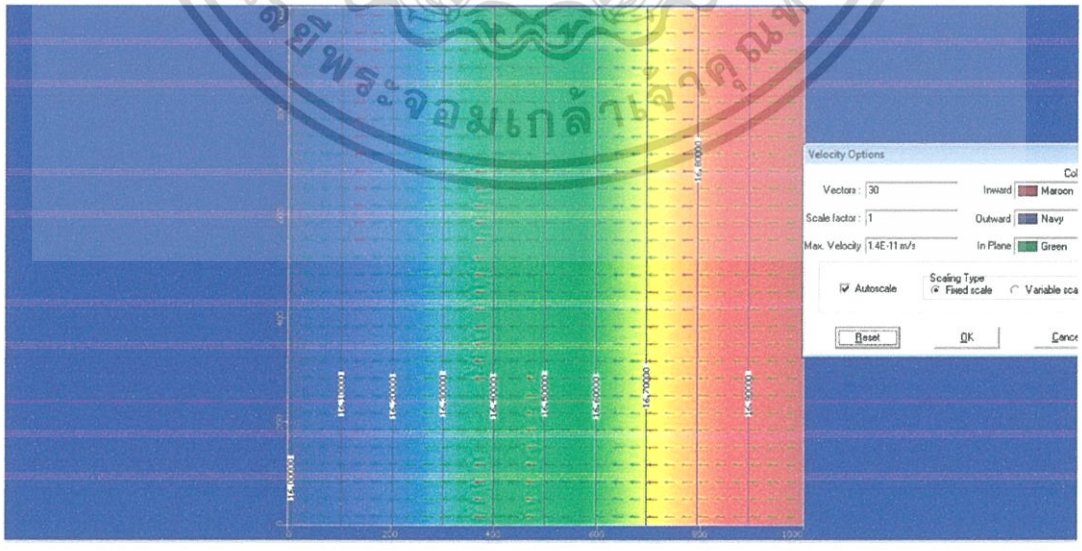
จากรูป 5.21-5.24 ทิศทางการไหลของน้ำไหลยกตัวขึ้นและลดต่ำในจุดที่มีอุโมงค์ โดยมีการไหลจาก head น้ำฝั่งสูงกว่าไปฝั่งต่ำกว่า และมีความเร็วในแต่ล่ะชั้นต่างกันตามชนิดของชั้นดิน ดังที่แสดงในภาพ 5.21-5.24 โดยในจุดที่มีอุโมงค์ความเร็วการไหลจะลดลงกว่าจุดที่ไม่มีอุโมงค์

ชั้นดินแบบ สวนรมมณีนาถ

- แบบ ไม่มีอุโมงค์

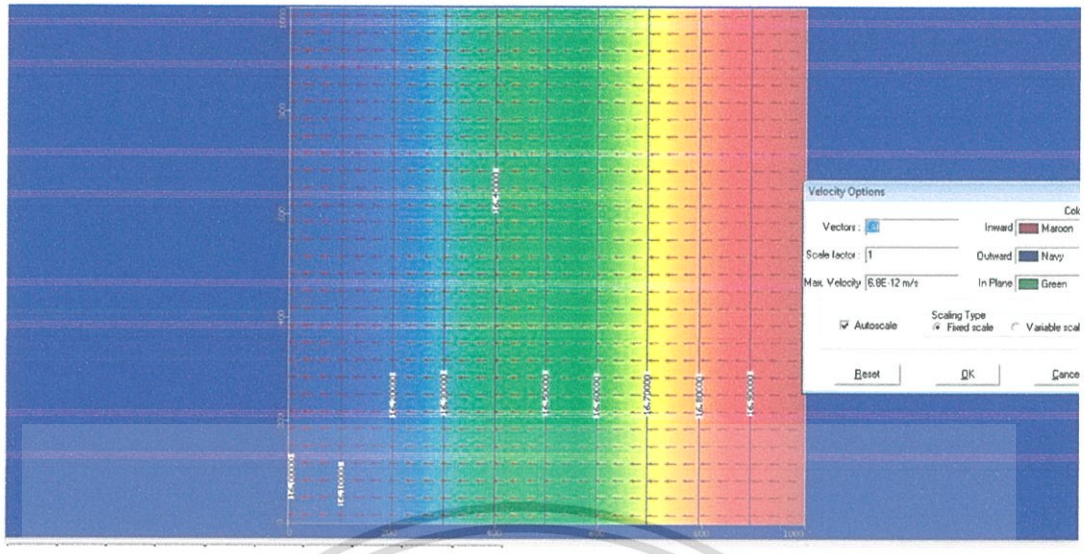


รูป 5.25 ภาพหน้าตัด side view แบบไม่มีอุโมงค์



รูป 5.26 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 5 เมตร จากด้านล่าง แบบไม่มีอุโมงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



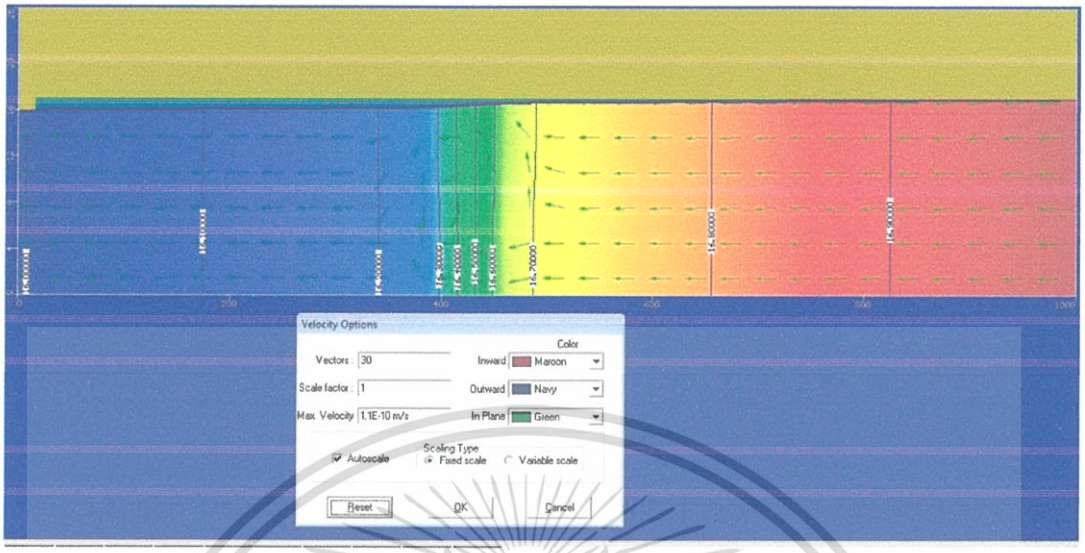
รูป 5.27 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 7 เมตร จากด้านล่าง แบบไม่มีอุโมงค์

รูป 5.28 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 10 เมตร จากด้านล่าง แบบไม่มีอุโมงค์

จากรูป 5.25-5.28 ทิศทางการไหลของน้ำไหลปกติ โดยมีการไหลจาก head น้ำฝั่งสูงกว่าไปฝั่งต่ำกว่า และมีความเร็วในแต่ล่ะชั้นต่างกันตามชนิดของชั้นดินดังที่แสดงในภาพ 5.25-5.28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

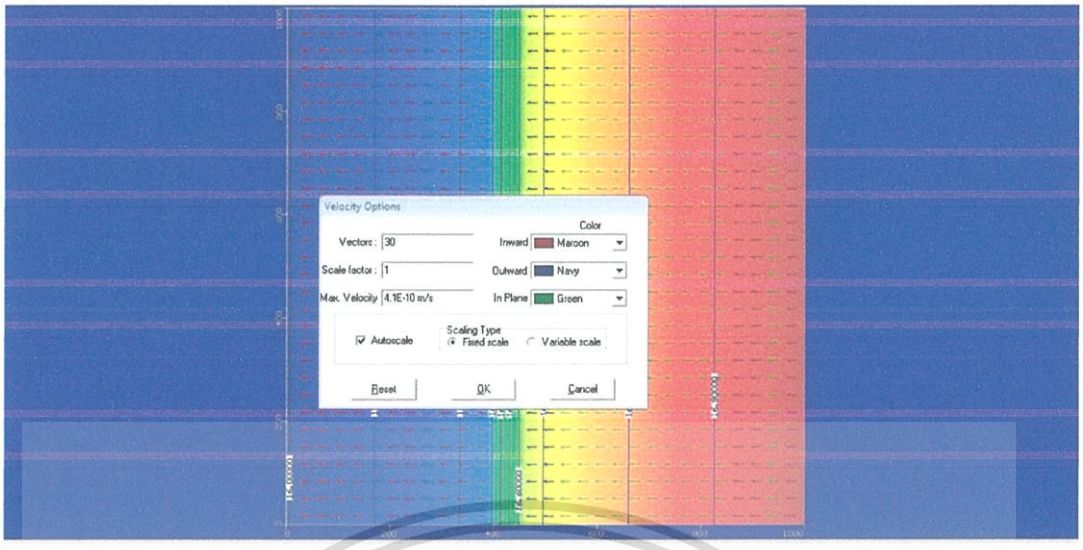
- แบบ 1อุโมงค์



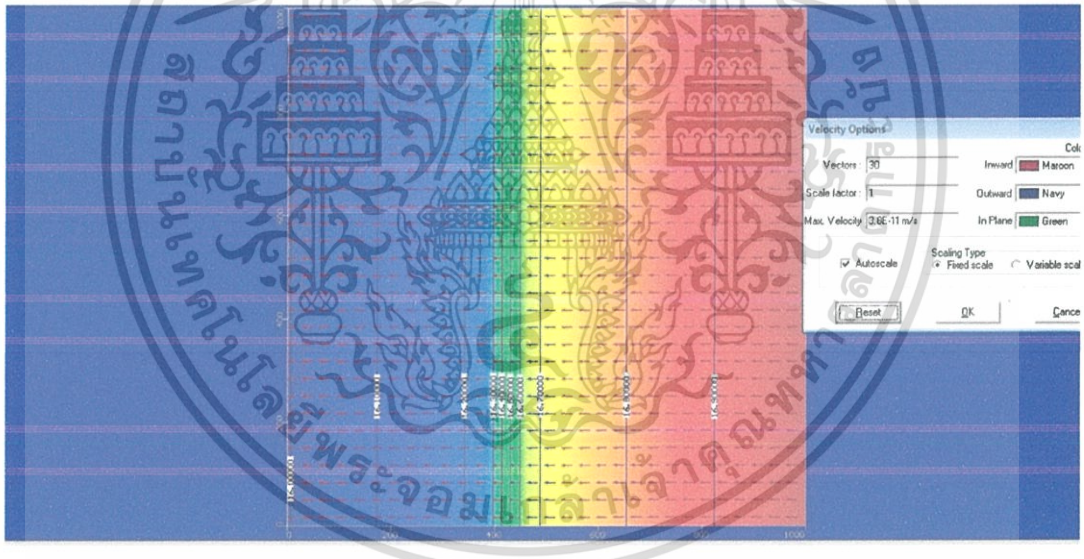
รูป 5.29 ภาพหน้าตัด side view แบบ 1 อุโมงค์

รูป 5.30 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 5 เมตร จากด้านล่าง แบบ 1 อุโมงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 5.31 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 7 เมตร จากด้านล่าง แบบ 1 อุโมงค์

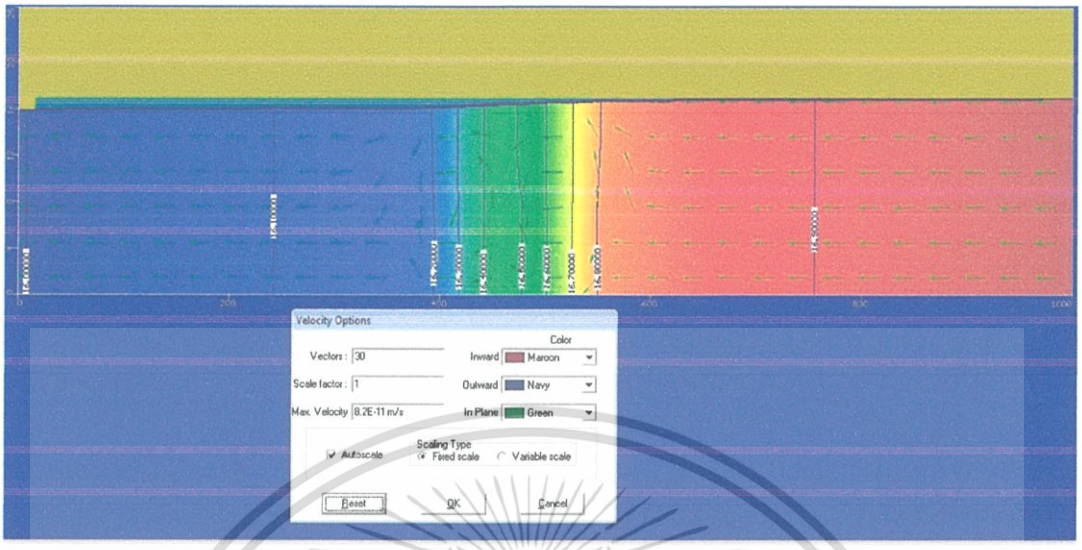


รูป 5.32 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 10 เมตรจากด้านล่าง แบบ 1 อุโมงค์

จากรูป 5.29-5.32 ทิศทางการไหลของน้ำไหลยกตัวขึ้นและลดต่ำในจุดที่มีอุโมงค์ โดยมีการไหลจาก head น้ำฝั่งสูงกว่าไปฝั่งต่ำกว่า และมีความเร็วในแต่ล่ะชั้นต่างกันตามชนิดของชั้นดิน ดังที่แสดงในภาพ 5.29-5.32 โดยในจุดที่มีอุโมงค์ความเร็วการไหลจะลดลงกว่าจุดที่ไม่มีอุโมงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

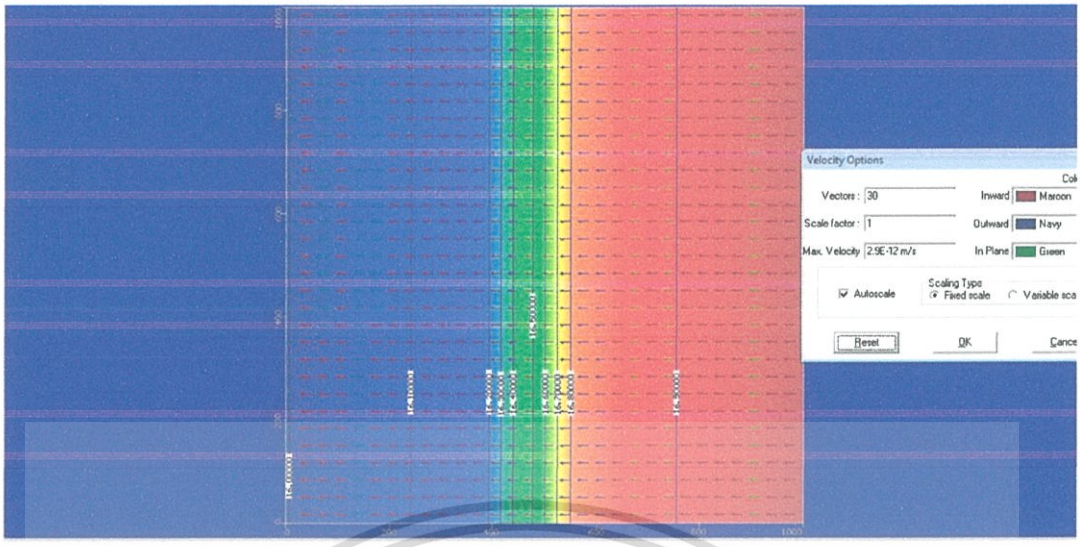
- แบบ 2 อุโมงค์



รูป 5.33 ภาพหน้าตัด side view แบบ 2 อุโมงค์

รูป 5.34 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 5 เมตร จากด้านล่าง แบบ 2 อุโมงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 5.35 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 7 เมตร จากด้านล่าง แบบ 2 อุโมงค์

รูป 5.36 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 10 เมตร จากด้านล่าง แบบ 2 อุโมงค์

จากรูป 5.33-5.36 ทิศทางการไหลของน้ำไหลยกตัวขึ้นและลดต่ำในจุดที่มีอุโมงค์ โดยมีการไหลจาก head น้ำฝั่งสูงกว่าไปฝั่งต่ำกว่า และมีความเร็วในแต่ล่ะชั้นต่างกันตามชนิดของชั้นดินดังที่แสดงในภาพ 5.33-5.36 โดยในจุดที่มีอุโมงค์ความเร็วการไหลจะลดลงกว่าจุดที่ไม่มีอุโมงค์

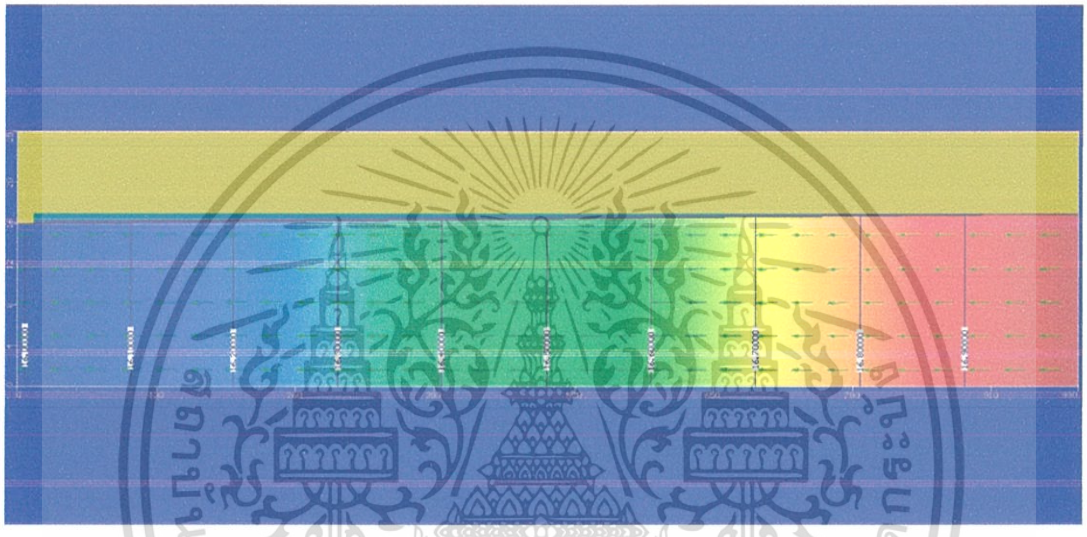
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ศึกษาอัตราการไหลและระดับน้ำ

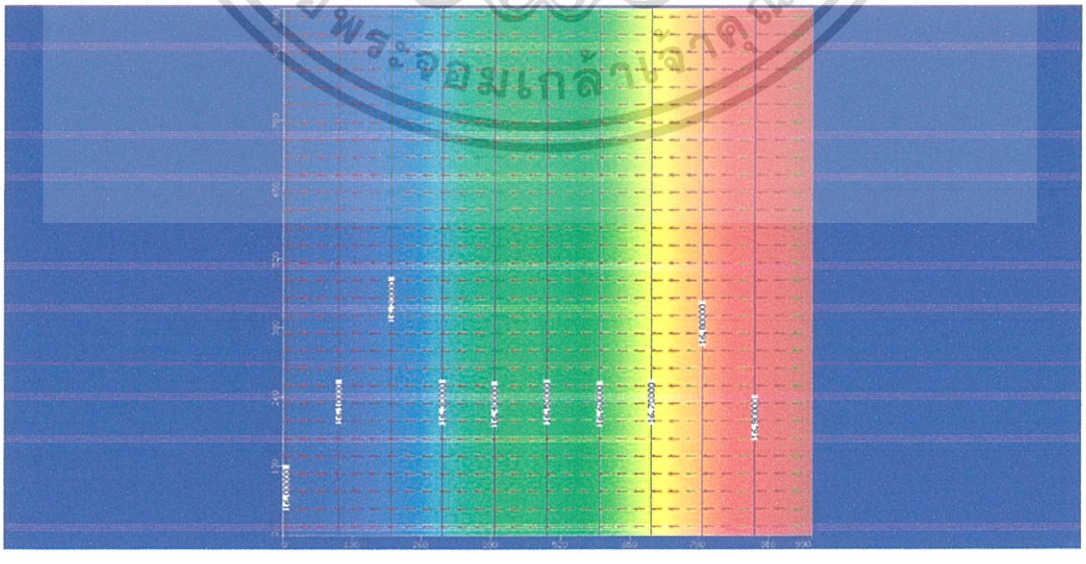
โดยเปรียบเทียบระหว่างแบบไม่มีอุโมงค์ แบบ 1 อุโมงค์ไม่มีการรั่ว และแบบ 1 อุโมงค์มีการรั่ว แต่ละระดับ

ชั้นดินแบบจตุจักร

- แบบไม่มีอุโมงค์

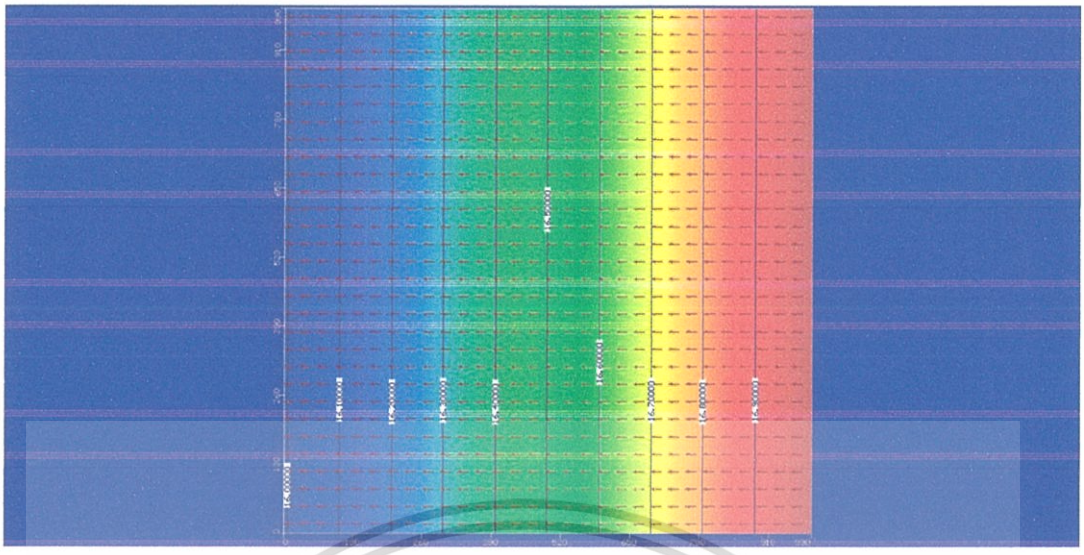


รูป 5.37 ภาพหน้าตัด side view แบบไม่มีอุโมงค์

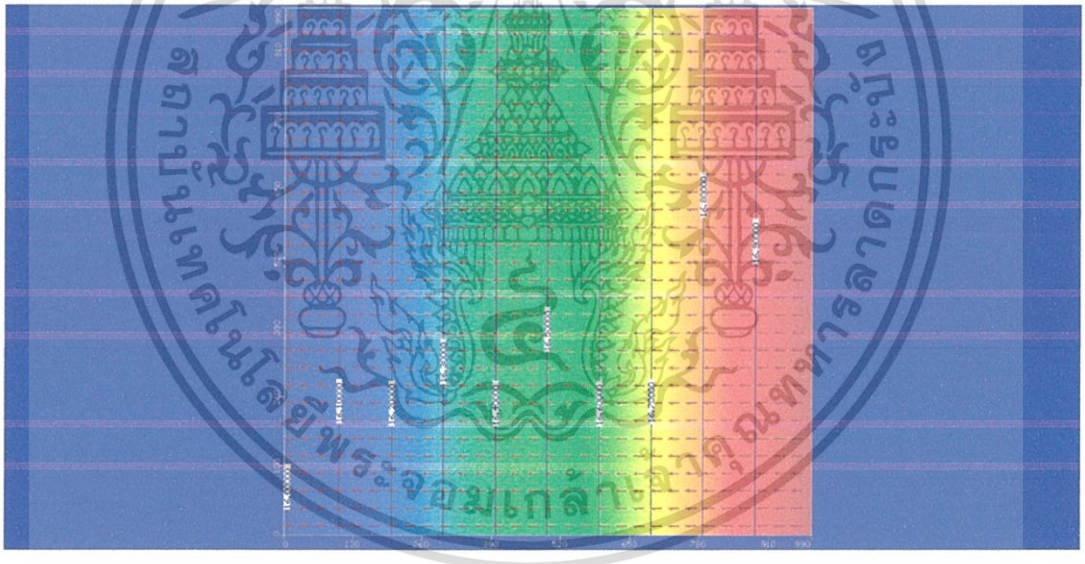


รูป 5.38 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 5 เมตร จากด้านล่าง แบบไม่มีอุโมงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 5.39 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 7 เมตร จากด้านล่าง แบบไม่มีอุโมงค์

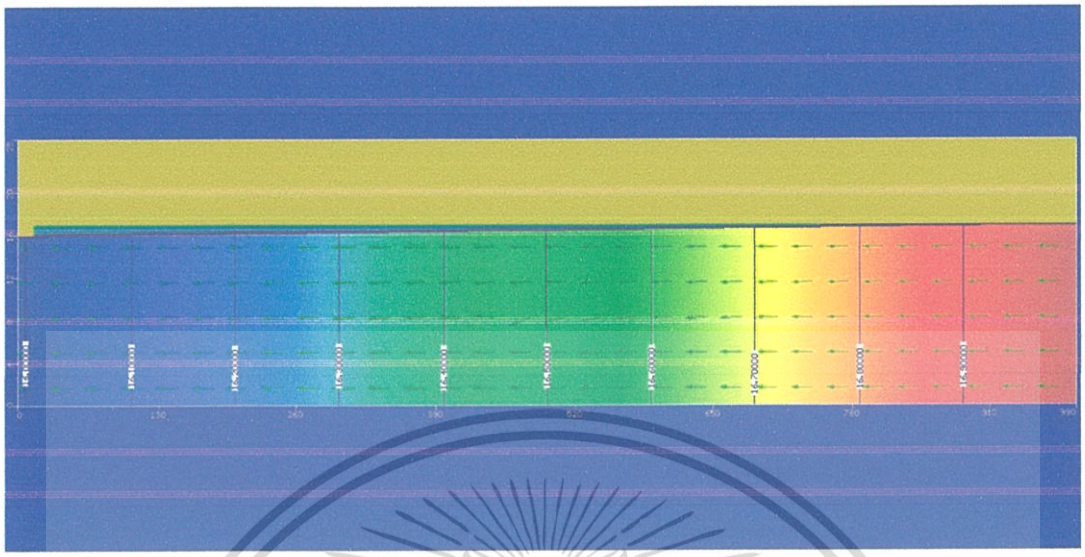


รูป 5.40 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 10 เมตร จากด้านล่าง แบบไม่มีอุโมงค์

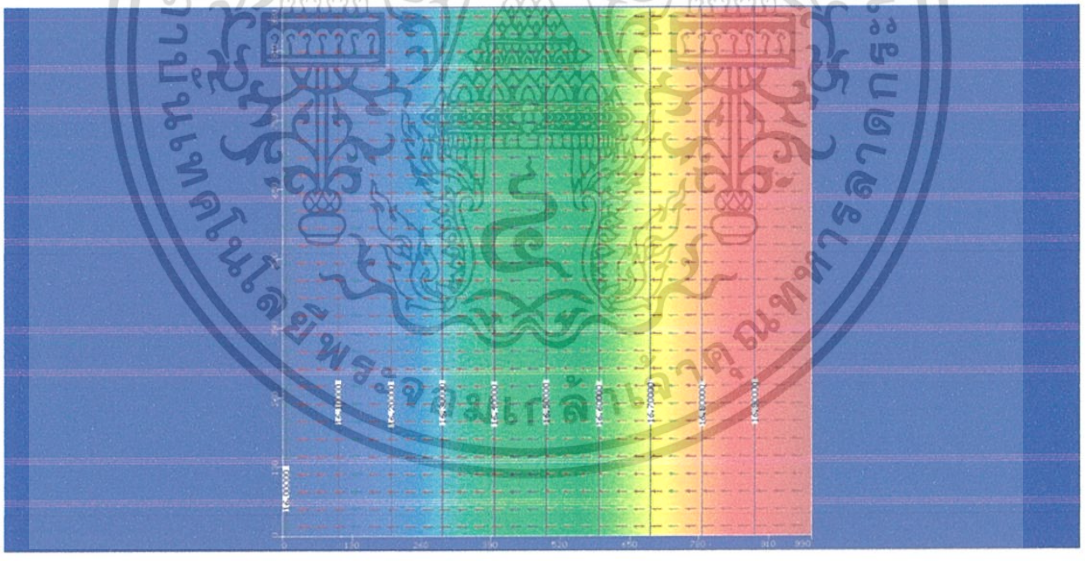
จากรูป 5.37-5.40 ทิศทางการไหลของน้ำไหลปกติ โดยมีการไหลจาก head น้ำฝั่งสูงกว่าไปฝั่งต่ำกว่า และมีความเร็วในแต่ล่ะชั้นต่างกันตามชนิดของชั้นดินดังที่แสดงในภาพ 5.37-5.40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แบบ 1 อุโมงค์ และไม่มีการรั่ว

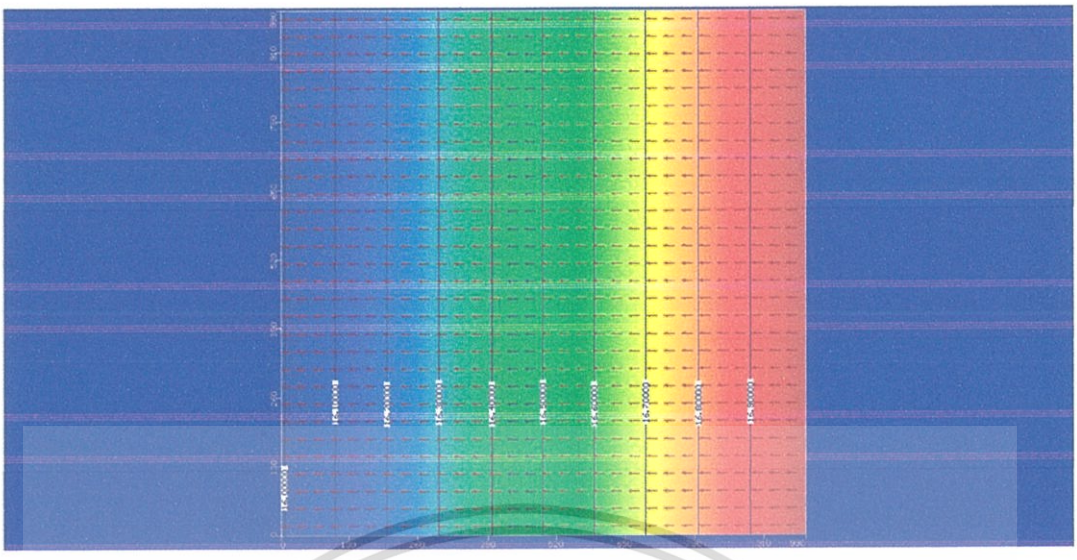


รูป 5.41 ภาพหน้าตัด side view แบบ 1 อุโมงค์ และไม่มีการรั่ว

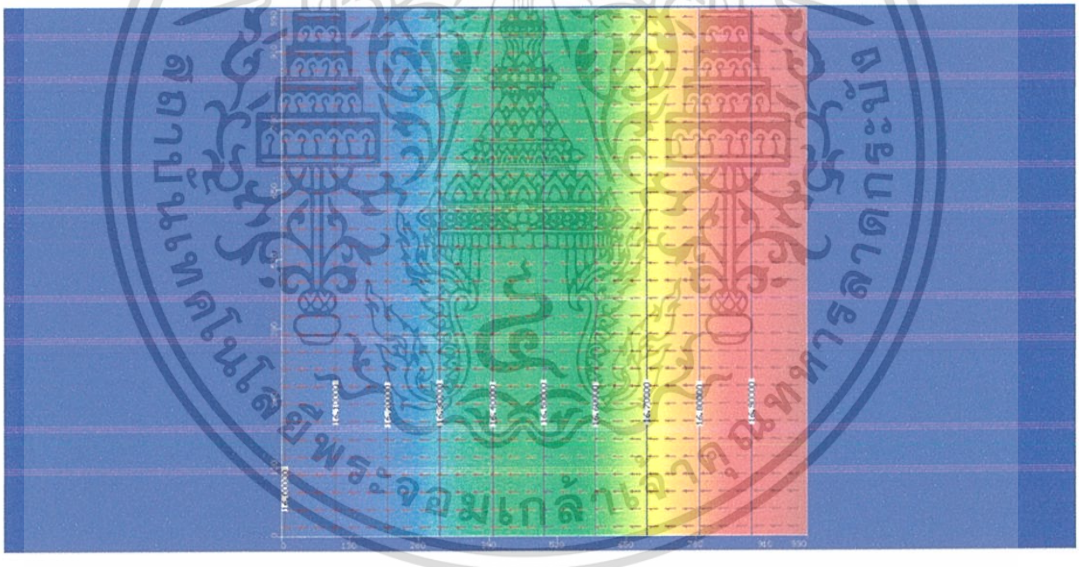


รูป 5.42 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 5 เมตร จากด้านล่าง แบบ 1 อุโมงค์ และไม่มีการรั่ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 5.43 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 7 เมตร จากด้านล่าง แบบ 1 อุโมงค์ และไม่มีการรั่ว

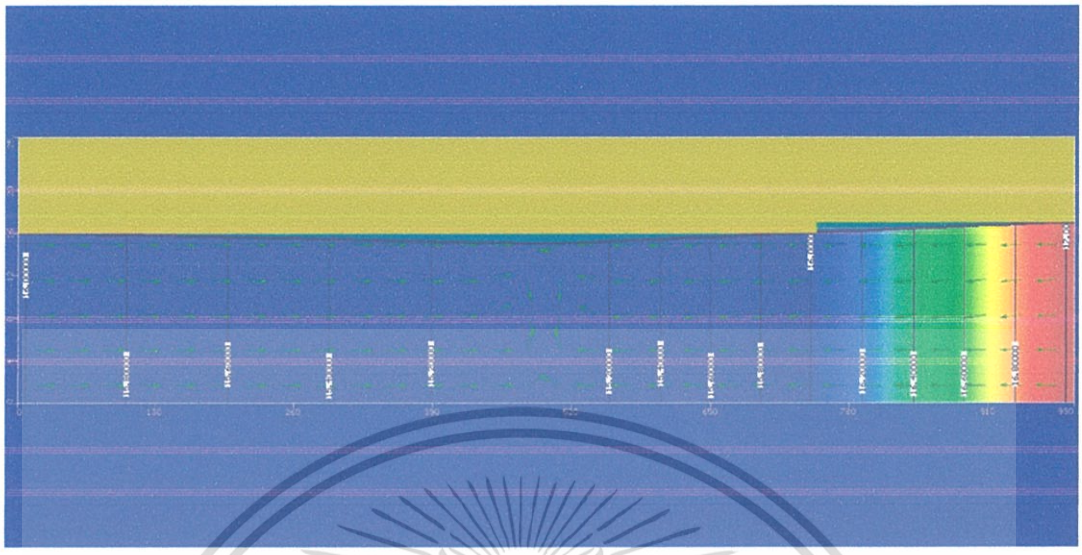


รูป 5.44 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 10 เมตร จากด้านล่าง แบบ 1 อุโมงค์ และไม่มีการรั่ว

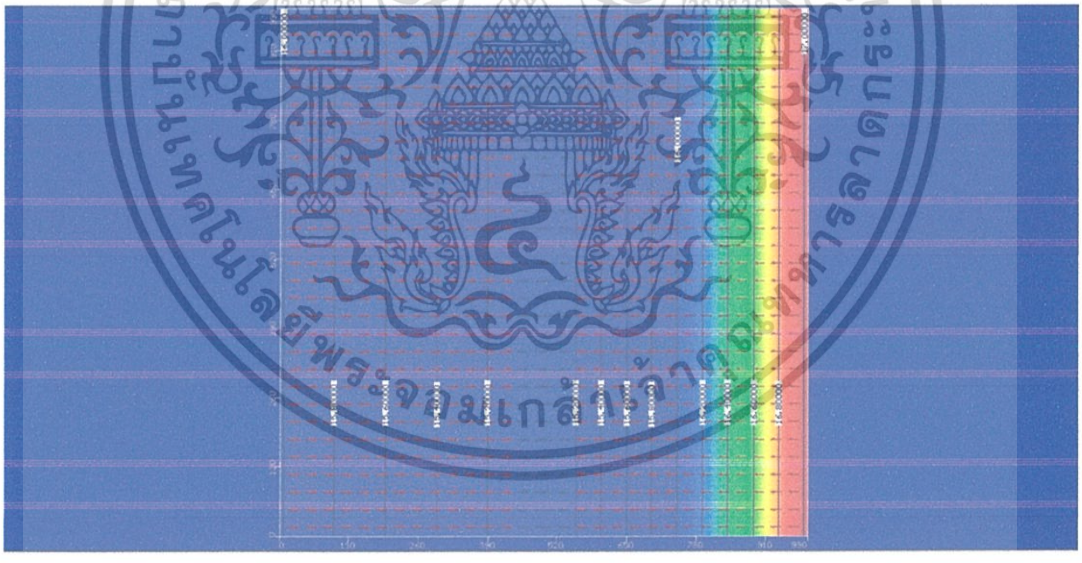
จากรูป 5.41-5.44 ทิศทางการไหลของน้ำไหลยกตัวขึ้นและลดต่ำในจุดที่มีอุโมงค์ โดยมีการไหลจาก head น้ำฝั่งสูงกว่าไปฝั่งต่ำกว่า และมีความเร็วในแต่ล่ะชั้นต่างกันตามชนิดของชั้นดิน ดังที่แสดงในภาพ 5.41-5.44 โดยในจุดที่มีอุโมงค์ความเร็วการไหลจะลดลงกว่าจุดที่ไม่มีอุโมงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แบบ 1 อุโมงค์ และมีการรั่ว

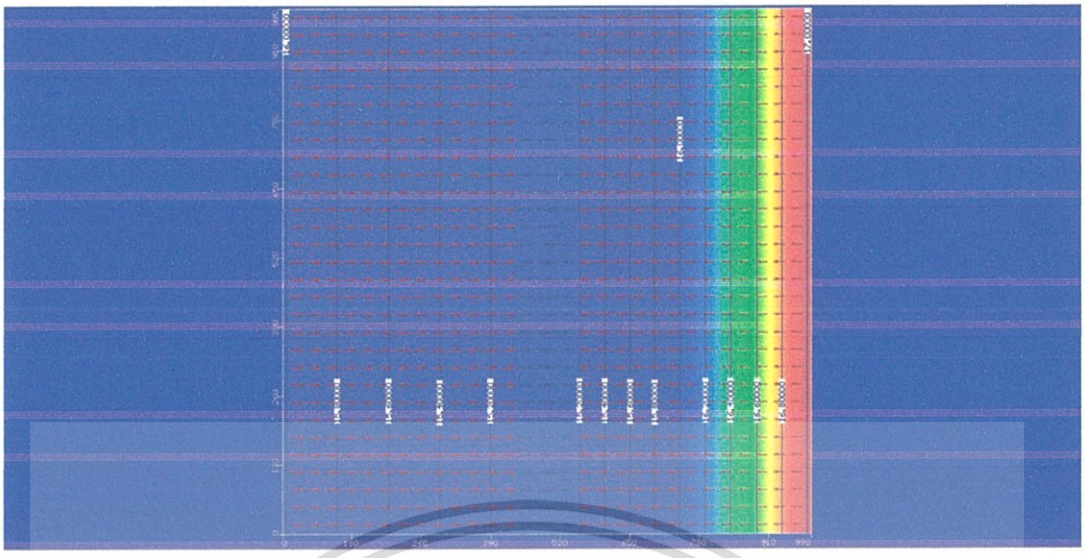


รูป 5.45 ภาพหน้าตัด side view แบบ 1 อุโมงค์ และมีการรั่ว



รูป 5.46 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 5 เมตร จากด้านล่าง แบบ 1 อุโมงค์ และมีการรั่ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 5.47 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 7 เมตร จากด้านล่าง แบบ 1 อุโมงค์ และมีการรั่ว

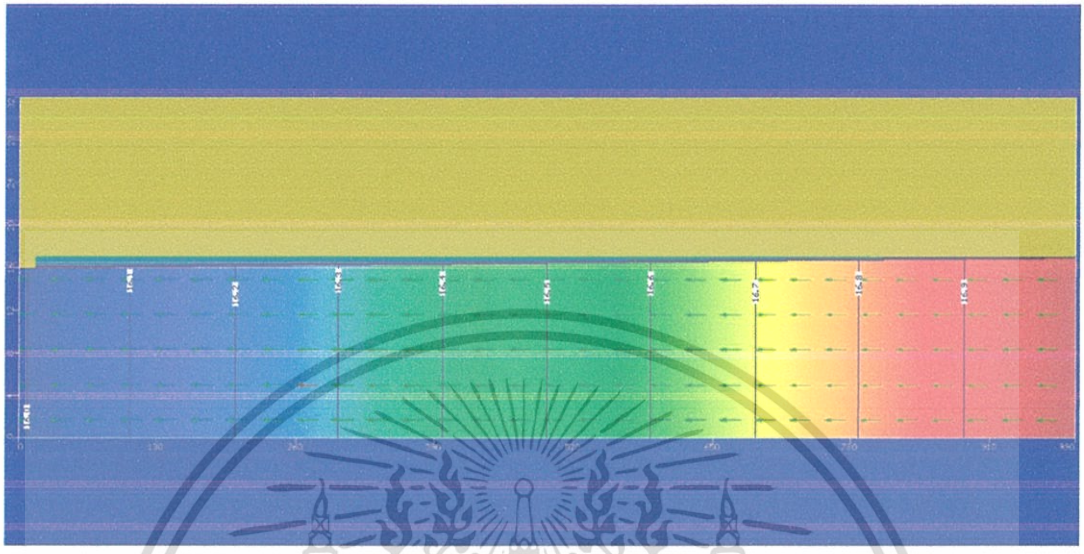
รูป 5.48 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 10 เมตร จากด้านล่าง แบบ 1 อุโมงค์ และมีการรั่ว

จากรูป 5.45-5.48 ทิศทางการไหลของน้ำไหลเข้าในจุดที่มีการรั่วซึมโดยมีการไหลจาก head น้ำฝั่งสูงกว่าไปฝั่งต่ำกว่า และมีความเร็วในแต่ละชั้นต่างกันตามชนิดของชั้นดินดังที่แสดงในภาพ 5.41-5.44 โดยในจุดที่มีการรั่วซึมจะจำลองให้มีhead ต่ำกว่าจุดอื่น

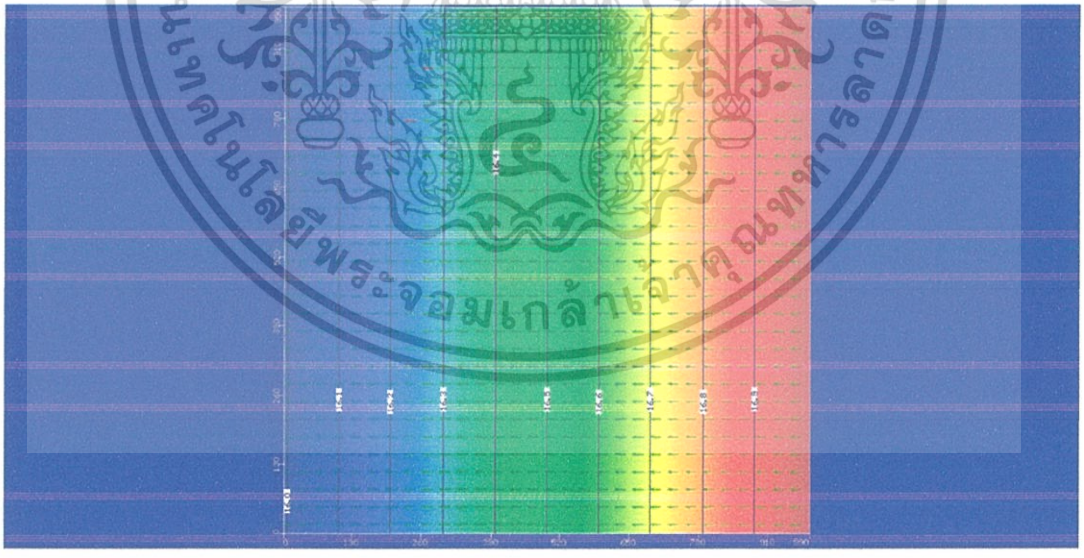
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั้นดินแบบ ม.เกษตร

- แบบไม่มีอุโมงค์

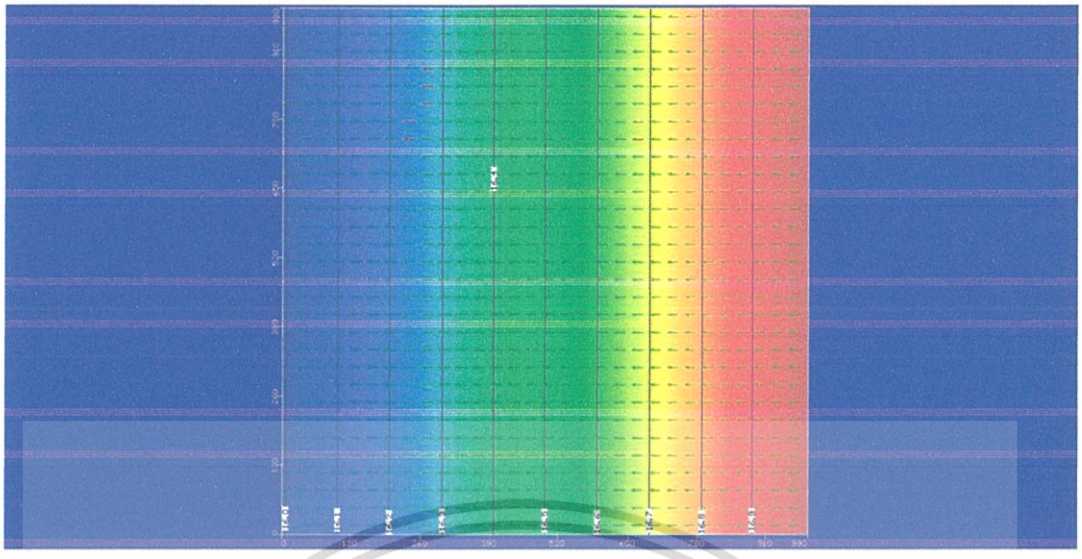


รูป 5.49 ภาพหน้าตัด side view แบบไม่มีอุโมงค์

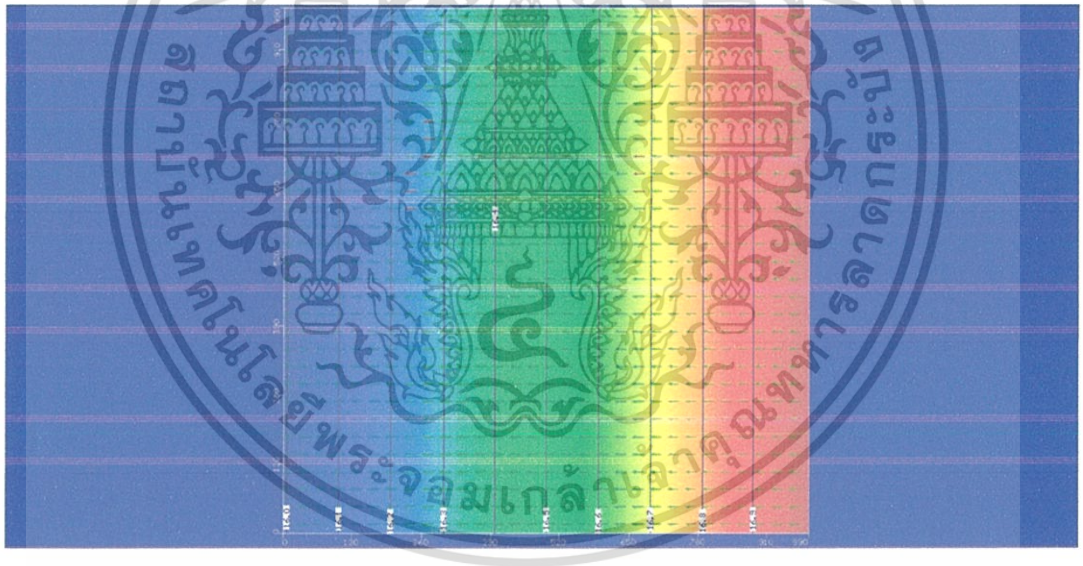


รูป 5.50 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 5 เมตร จากด้านล่าง แบบไม่มีอุโมงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 5.51 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 7 เมตร จากด้านล่าง แบบไม่มีอุโมงค์

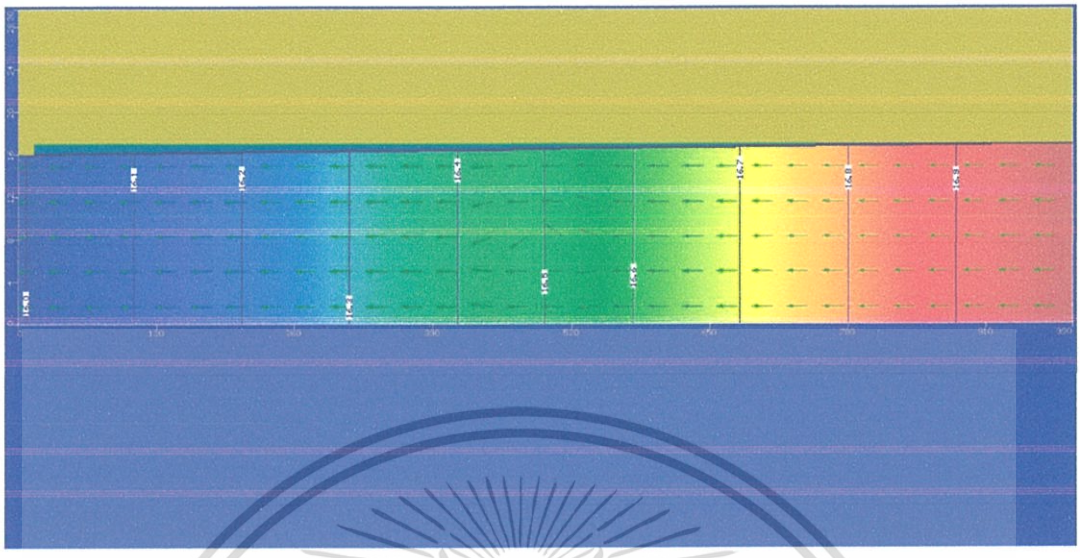


รูป 5.52 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 10 เมตร จากด้านล่าง แบบไม่มีอุโมงค์

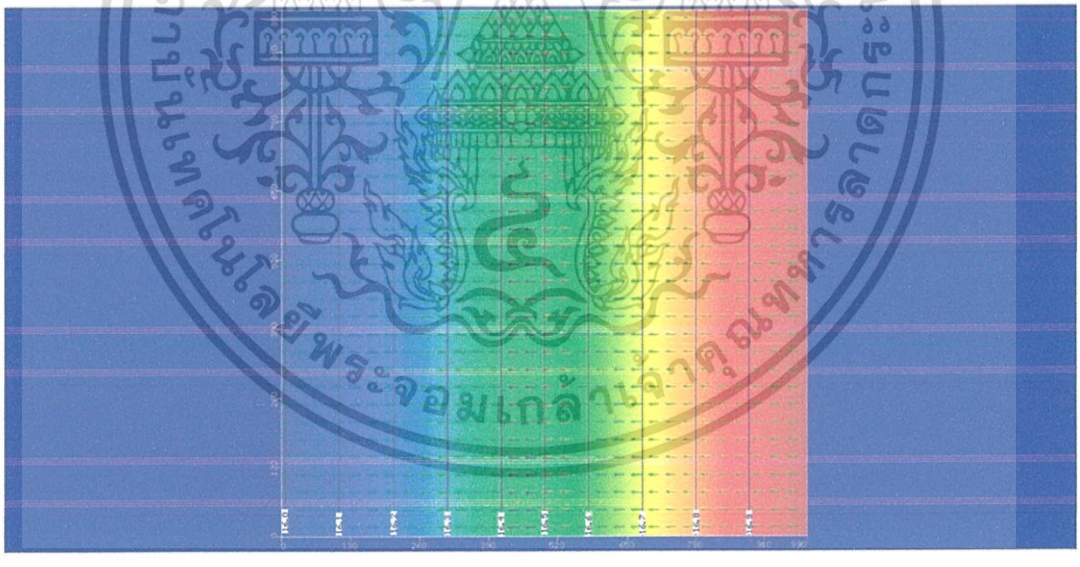
จากรูป 5.49-5.52 ทิศทางการไหลของน้ำไหลปกติ โดยมีการไหลจาก head น้ำฝั่งสูงกว่าไปฝั่งต่ำกว่า และมีความเร็วในแต่ล่ะชั้นต่างกันตามชนิดของชั้นดินดังที่แสดงในภาพ 5.49-5.52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แบบ 1 อุโมงค์ และไม่มีการรั่ว

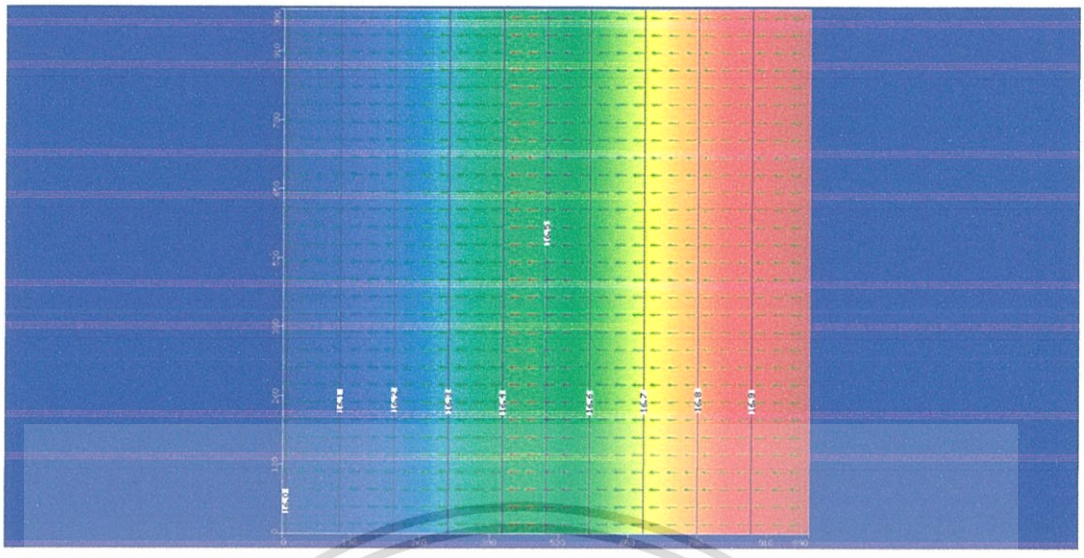


รูป 5.53 ภาพหน้าตัด side view แบบ 1 อุโมงค์ และไม่มีการรั่ว

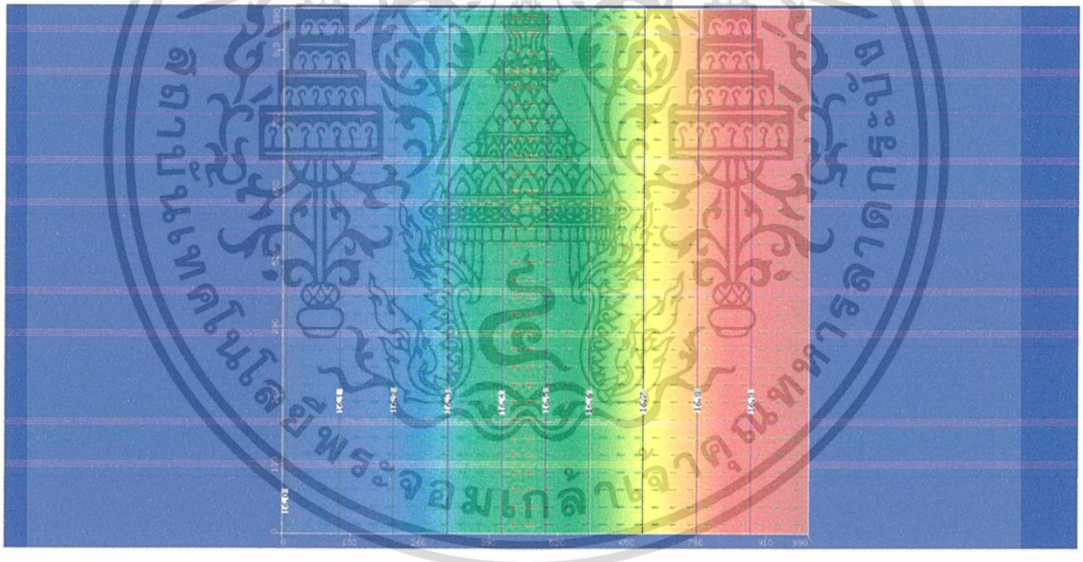


รูป 5.54 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 5 เมตร จากด้านล่าง แบบ 1 อุโมงค์ และไม่มีการรั่ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 5.55 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 7 เมตร จากด้านล่าง แบบ 1 อุโมงค์ และไม่มีการรั่ว

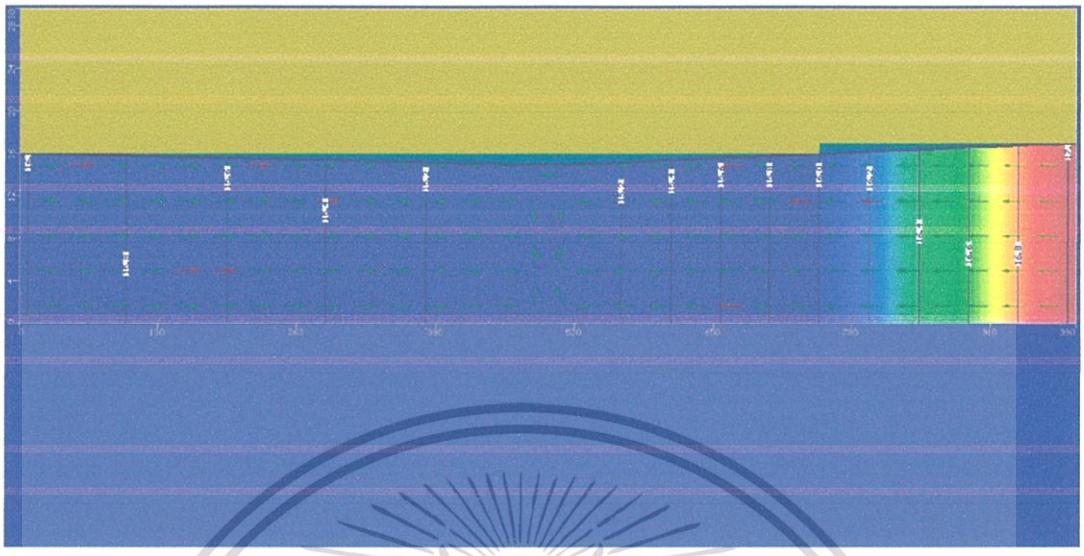


รูป 5.56 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 10 เมตร จากด้านล่าง แบบ 1 อุโมงค์ และไม่มีการรั่ว

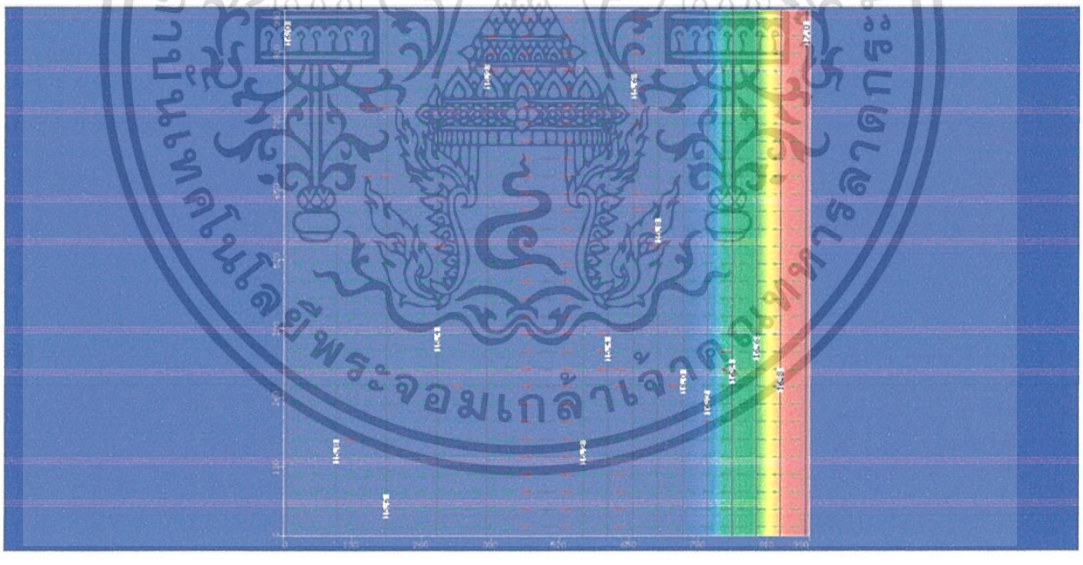
จากรูป 5.53-5.56 ทิศทางการไหลของน้ำไหลยกตัวขึ้นและลดต่ำในจุดที่มีอุโมงค์ โดยมีการไหลจาก head น้ำฝั่งสูงกว่าไปฝั่งต่ำกว่า และมีความเร็วในแต่ล่ะชั้นต่างกันตามชนิดของชั้นดิน ดังที่แสดงในภาพ 5.53-5.56 โดยในจุดที่มีอุโมงค์ความเร็วการไหลจะลดลงกว่าจุดที่ไม่มีอุโมงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แบบ 1 อุโมงค์ และมีการรั่ว

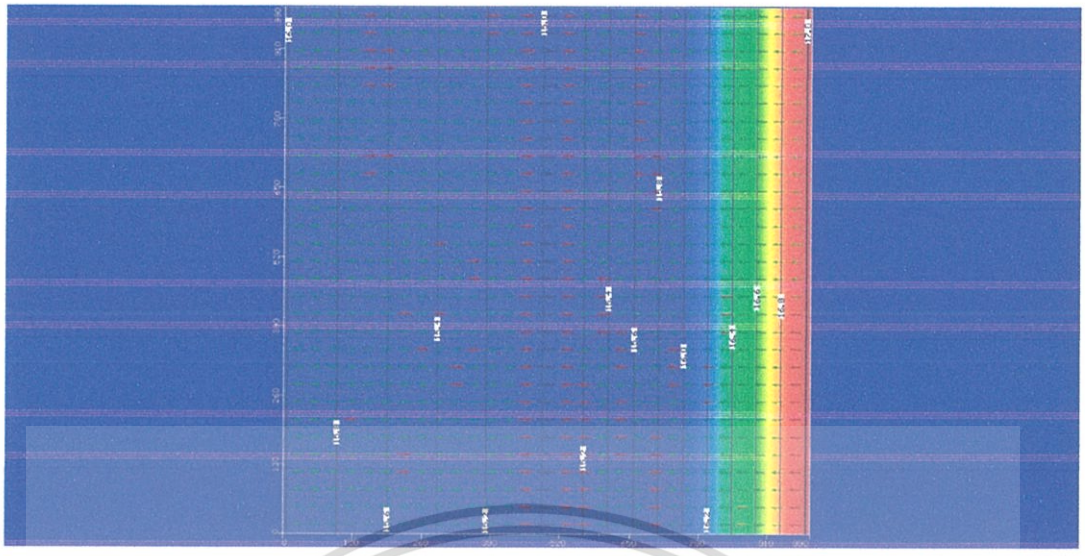


รูป 5.57 ภาพหน้าตัด side view แบบ 1 อุโมงค์ และมีการรั่ว

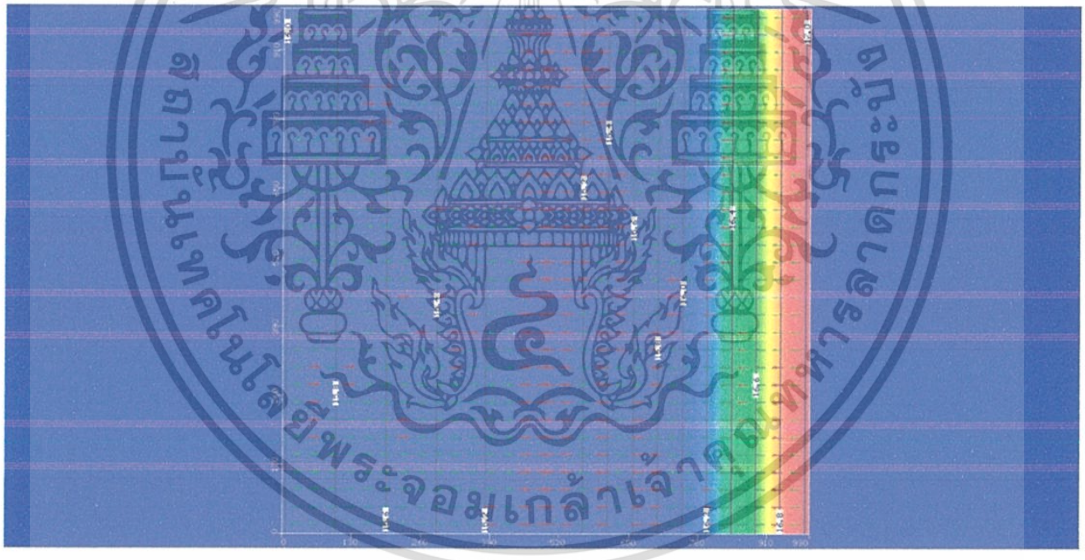


รูป 5.58 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 5 เมตร จากด้านล่าง แบบ 1 อุโมงค์ และมีการรั่ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 5.59 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 7 เมตร จากด้านล่าง แบบ 1 อุโมงค์ และมีการรั่ว



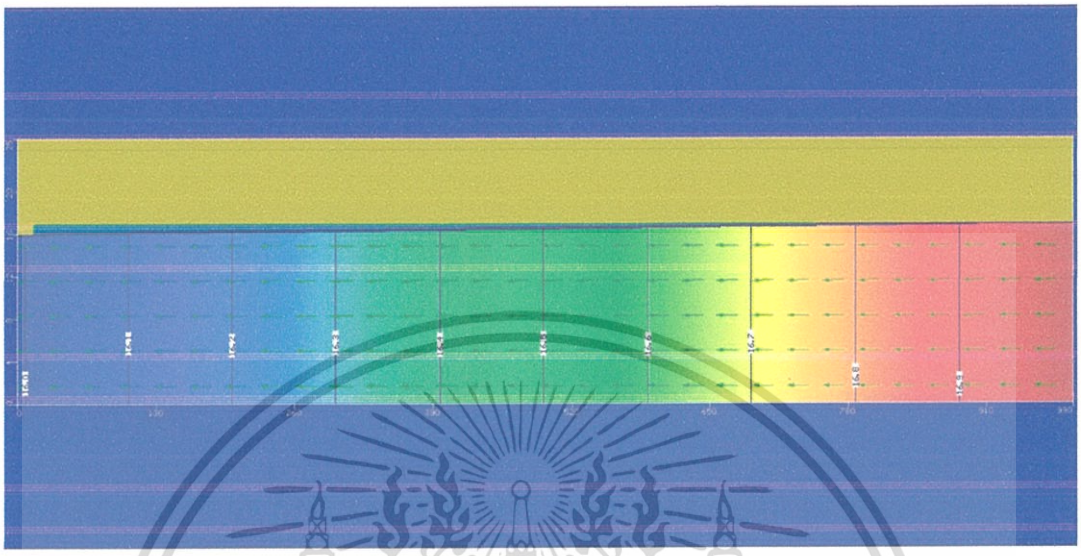
รูป 5.60 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 10 เมตร จากด้านล่าง แบบ 1 อุโมงค์ และมีการรั่ว

จากรูป 5.57-5.60 ทิศทางการไหลของน้ำไหลเข้าในจุดที่มีการรั่วซึมโดยมีการไหลจาก head น้ำฝั่งสูงกว่าไปฝั่งต่ำกว่า และมีความเร็วในแต่ล่ะชั้นต่างกันตามชนิดของชั้นดินดังที่แสดงในภาพ 5.57-5.60 โดยในจุดที่มีการรั่วซึมจะจำลองให้มีhead ต่ำกว่าจุดอื่น

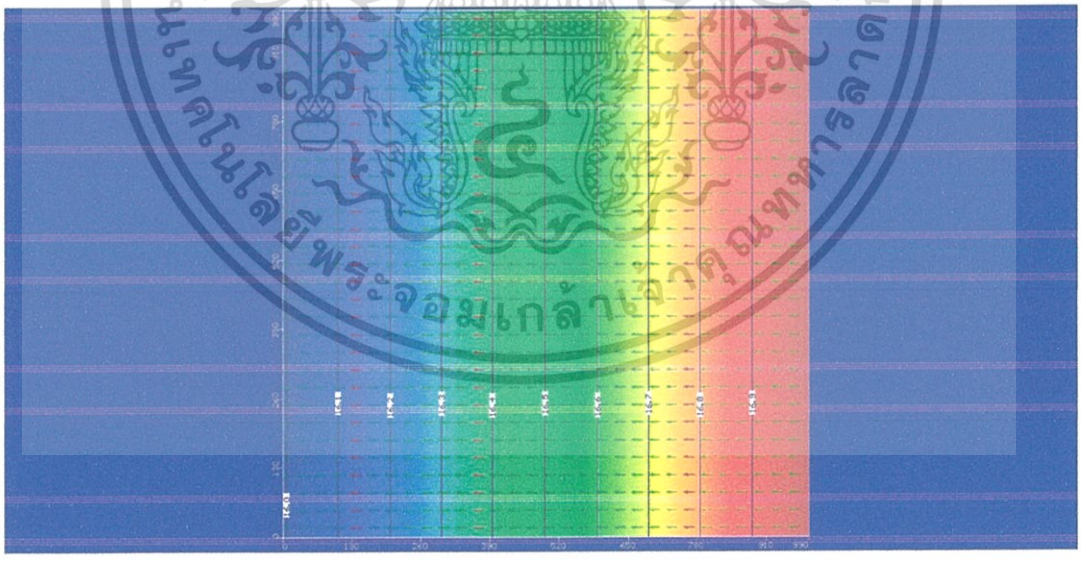
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั้นดินแบบ สวนรมมณีนาถ

- แบบ ไม่มีอุโมงค์

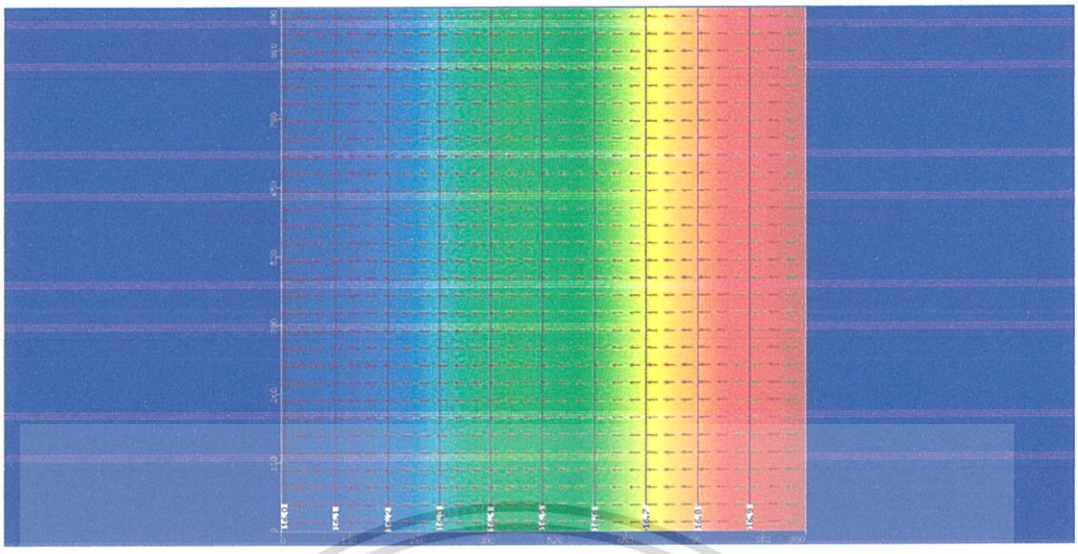


รูป 5.61 ภาพหน้าตัด side view แบบไม่มีอุโมงค์

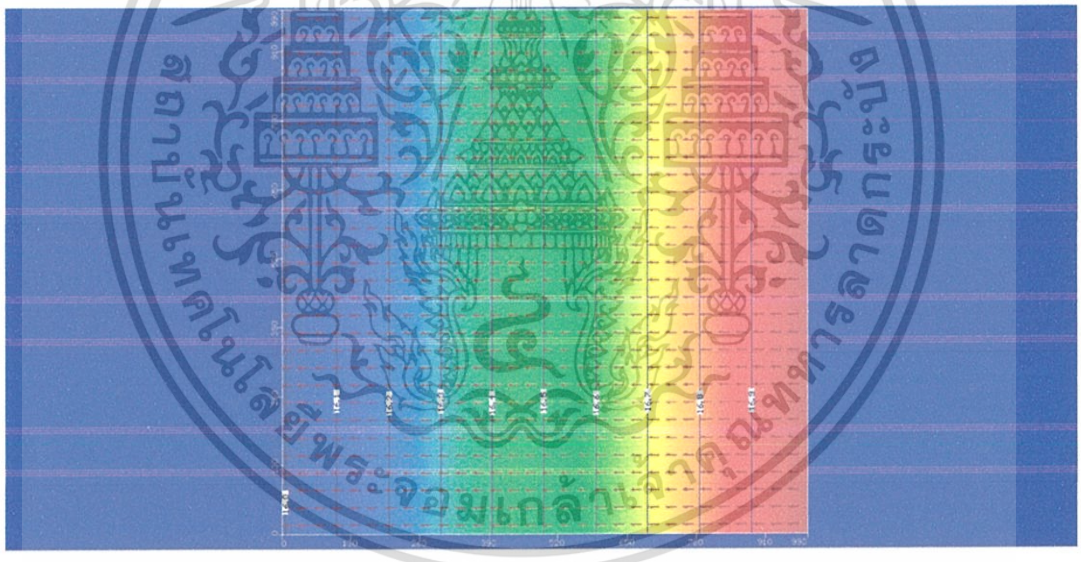


รูป 5.62 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 5 เมตร จากด้านล่าง แบบไม่มีอุโมงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 5.63 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 7 เมตร จากด้านล่าง แบบไม่มีอุโมงค์

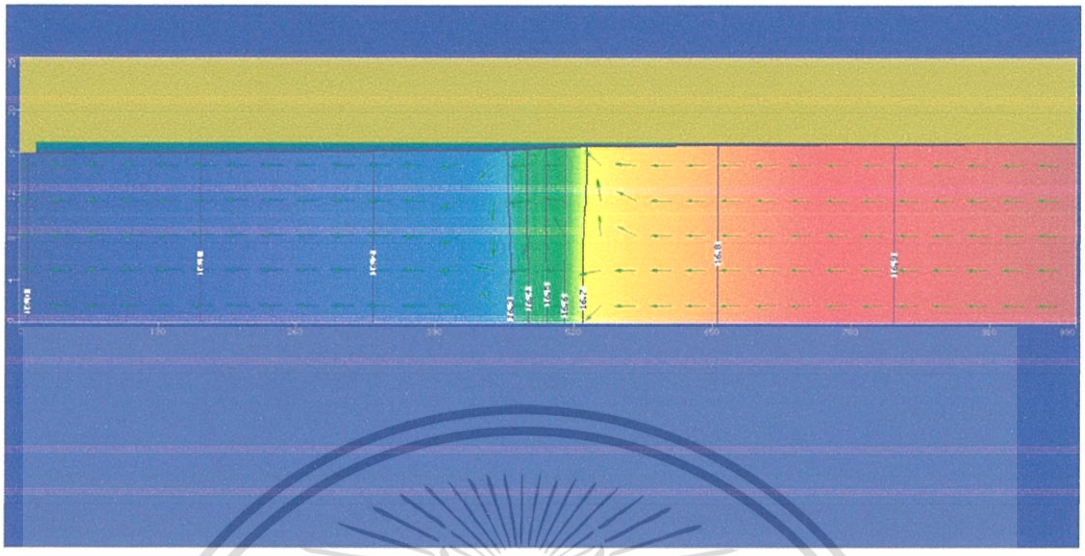


รูป 5.64 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 10 เมตร จากด้านล่าง แบบไม่มีอุโมงค์

จากรูป 5.61-5.64 ทิศทางการไหลของน้ำไหลปกติ โดยมีการไหลจาก head น้ำฝั่งสูงกว่าไปฝั่งต่ำกว่า และมีความเร็วในแต่ล่ะชั้นต่างกันตามชนิดของชั้นดินดังที่แสดงในภาพ 5.61-5.64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

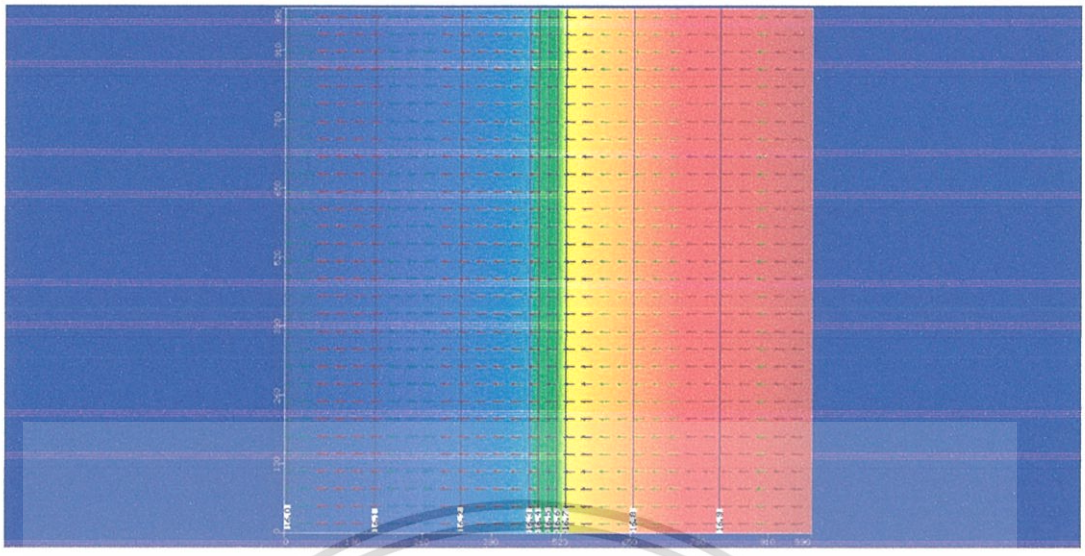
- แบบ 1 อุโมงค์ และไม่มีการรั่ว



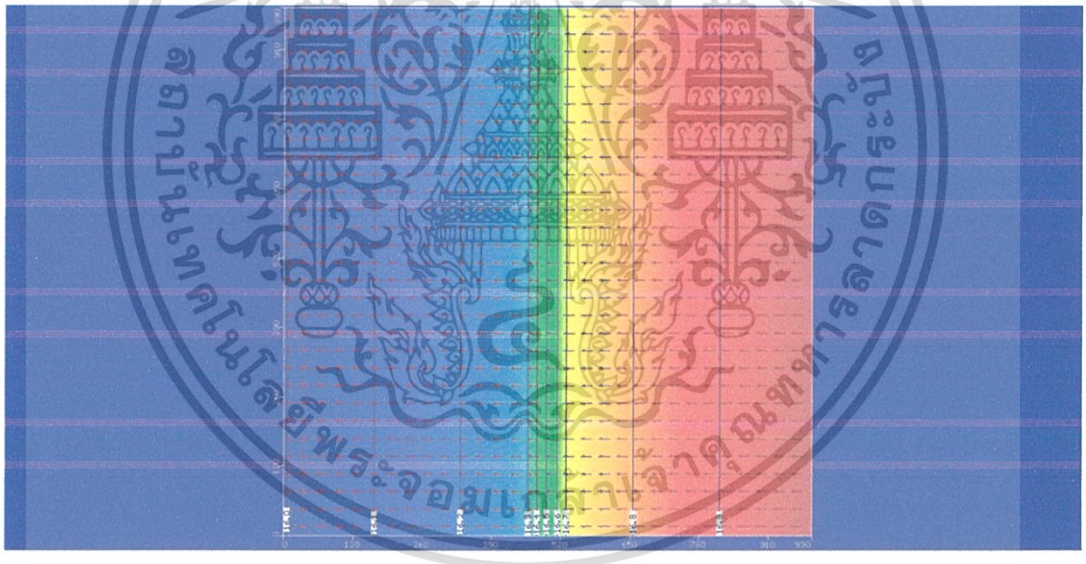
รูป 5.65 ภาพหน้าตัด side view แบบ 1 อุโมงค์ และไม่มีการรั่ว

รูป 5.66 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 5 เมตร จากด้านล่าง แบบ 1 อุโมงค์ และไม่มีการรั่ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 5.67 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 7 เมตร จากด้านล่าง แบบ 1 อุโมงค์ และไม่มีการรั่ว

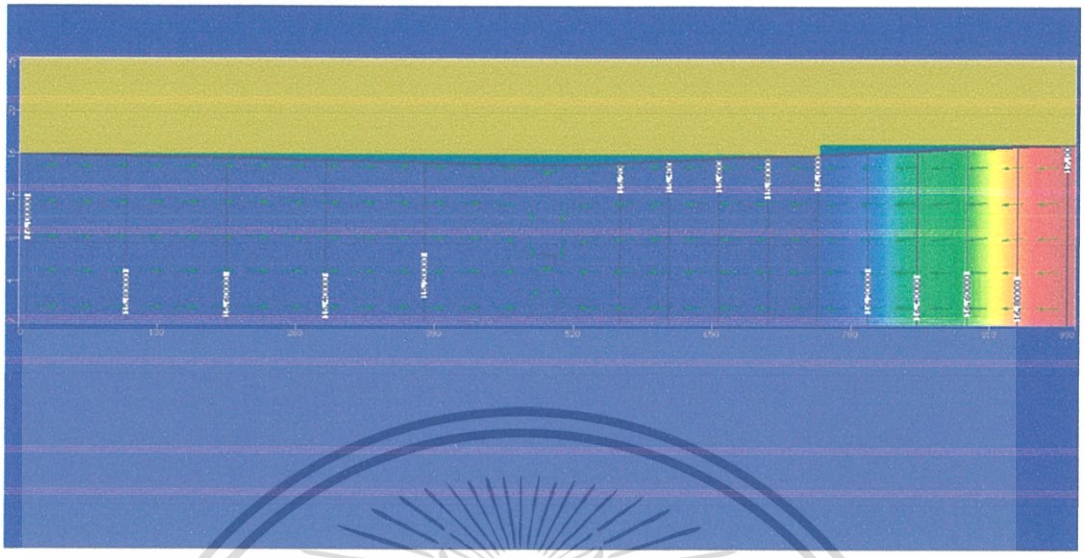


รูป 5.68 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 10 เมตร จากด้านล่าง แบบ 1 อุโมงค์ และไม่มีการรั่ว

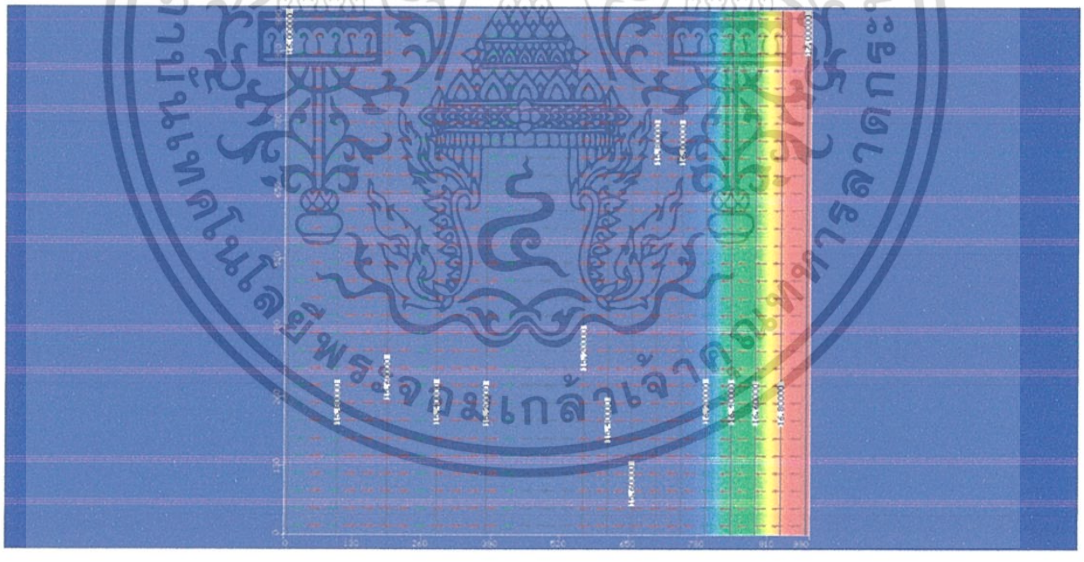
จากรูป 5.65-5.68 ทิศทางการไหลของน้ำไหลยกตัวขึ้นและลดต่ำในจุดที่มีอุโมงค์ โดยมีการไหลจาก head น้ำฝั่งสูงกว่าไปฝั่งต่ำกว่า และมีความเร็วในแต่ละชั้นต่างกันตามชนิดของชั้นดิน ดังที่แสดงในภาพ 5.65-5.68 โดยในจุดที่มีอุโมงค์ความเร็วการไหลจะลดลงกว่าจุดที่ไม่มีอุโมงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แบบ 1 อุโมงค์ และมีการรั่ว

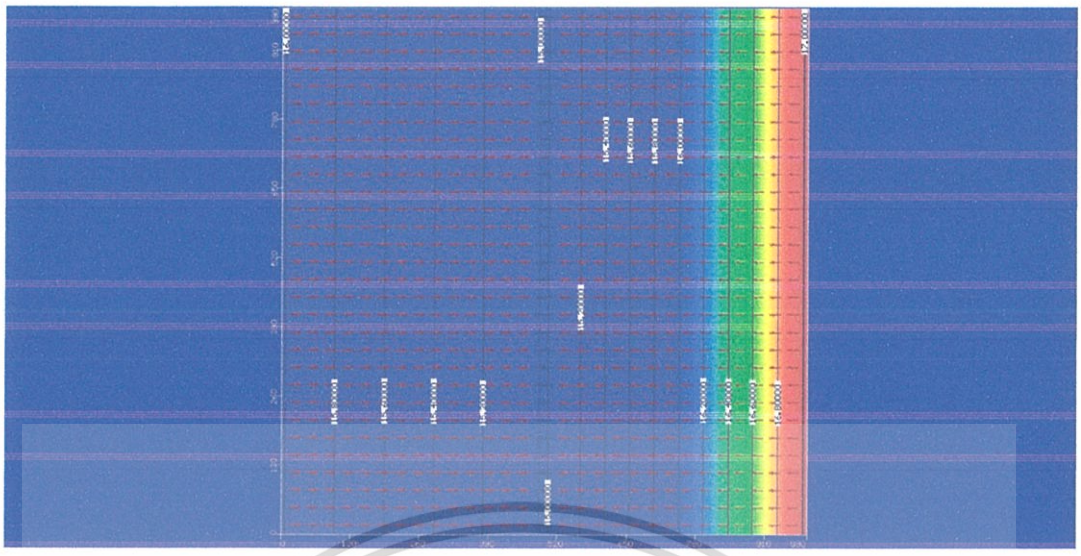


รูป 5.69 ภาพหน้าตัด side view แบบ 1 อุโมงค์ และมีการรั่ว



รูป 5.70 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 5 เมตร จากด้านล่าง แบบ 1 อุโมงค์ และมีการรั่ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 5.71 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 7 เมตร จากด้านล่าง แบบ 1 อุโมงค์ และมีการรั่ว

รูป 5.72 ภาพหน้าตัด top view ระดับ 10 เมตร จากด้านล่าง แบบ 1 อุโมงค์ และมีการรั่ว

จากรูป 5.69-5.72 ทิศทางการไหลของน้ำไหลเข้าในจุดที่มีการรั่วซึมโดยมีการไหลจาก head น้ำฝั่งสูงกว่าไปฝั่งต่ำกว่า และมีความเร็วในแต่ล่ะชั้นต่างกันตามชนิดของชั้นดินดังที่แสดงใน ภาพ 5.69-5.72 โดยในจุดที่มีการรั่วซึมจะจำลองให้มีhead ต่ำกว่าจุดอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

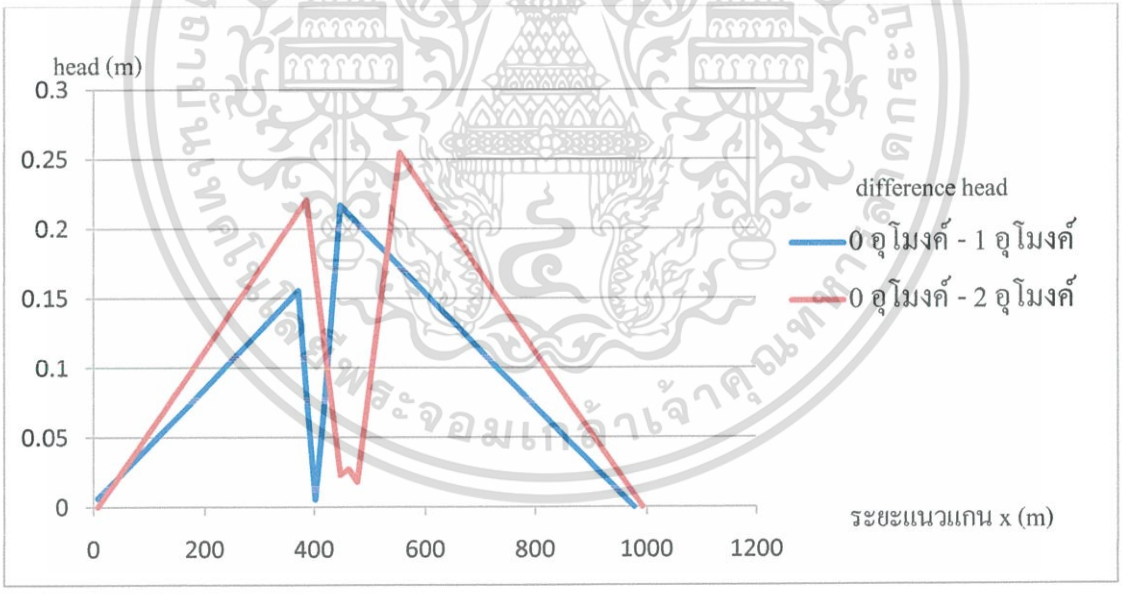
วิเคราะห์ผลการ Run Program

ในการวิเคราะห์เราจะวิเคราะห์ความแตกต่างของ 2 ตัวแปรซึ่งได้แก่ head และ velocity ในระดับ +5 +7 และ + 10 เมตร โดยจะวิเคราะห์ทั้งหมด 2 กรณีแล้วนำมาเปรียบเทียบกัน คือ กรณีที่ ไม่มีอุโมงค์ กับกรณีที่มีอุโมงค์ เราจะตัด layer โดยพิจารณา 3 layerได้แก่ ชั้นดินสวนรมณีนาถ ชั้นดินสวนจตุจักร และ ชั้นดินมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6.1 แบบอุโมงค์ไม่มีการรั่ว

6.1.1 สวนรมณีนาถ ชนิดดิน heterogeneous

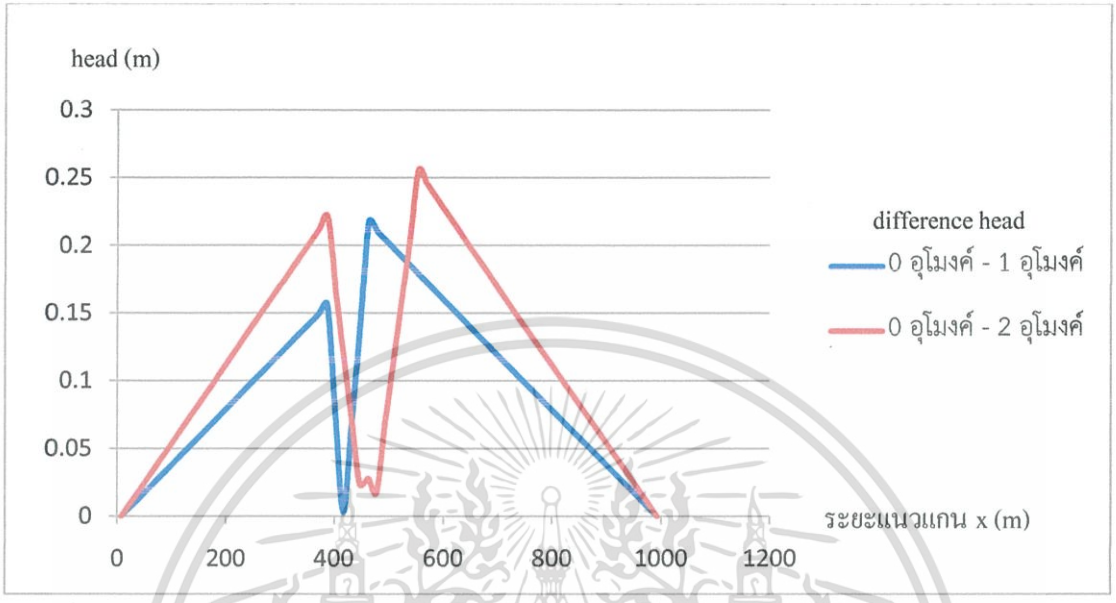
จากรูป 6.1 แสดง Head ที่ระดับ +5 เมตร



รูป 6.1 difference head ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ และ 0 อุโมงค์ กับ 2 อุโมงค์ที่ระดับ +5 เมตร

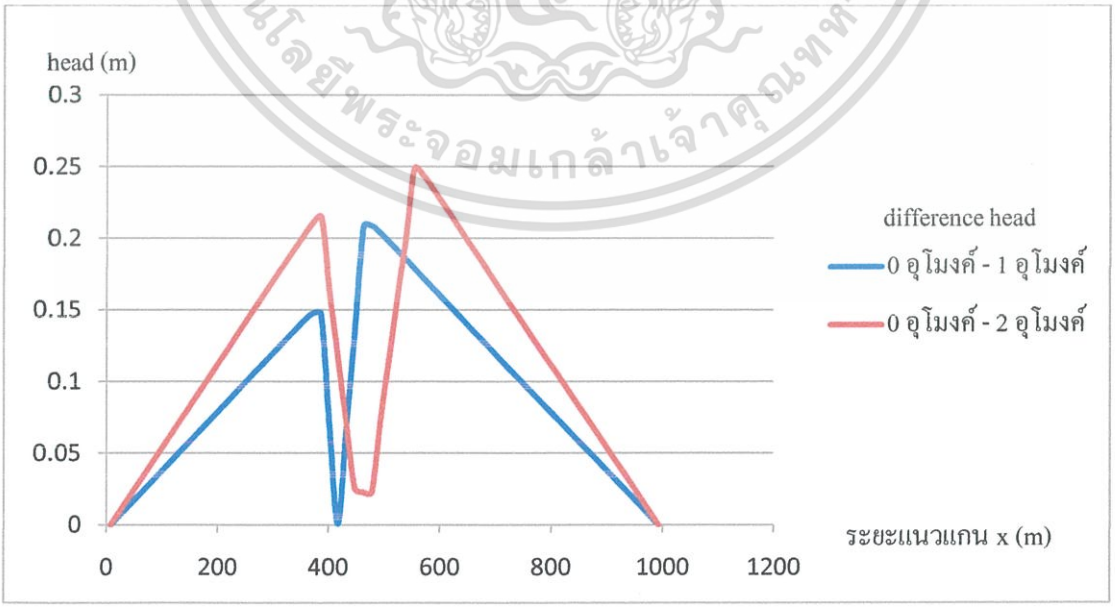
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 6.2 แสดง Head ที่ระดับ +7 เมตร



รูป 6.2 difference head ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ และ 0 อุโมงค์ กับ 2 อุโมงค์ที่ระดับ +7 เมตร

รูป 6.3 แสดง Head ที่ระดับ +10 เมตร

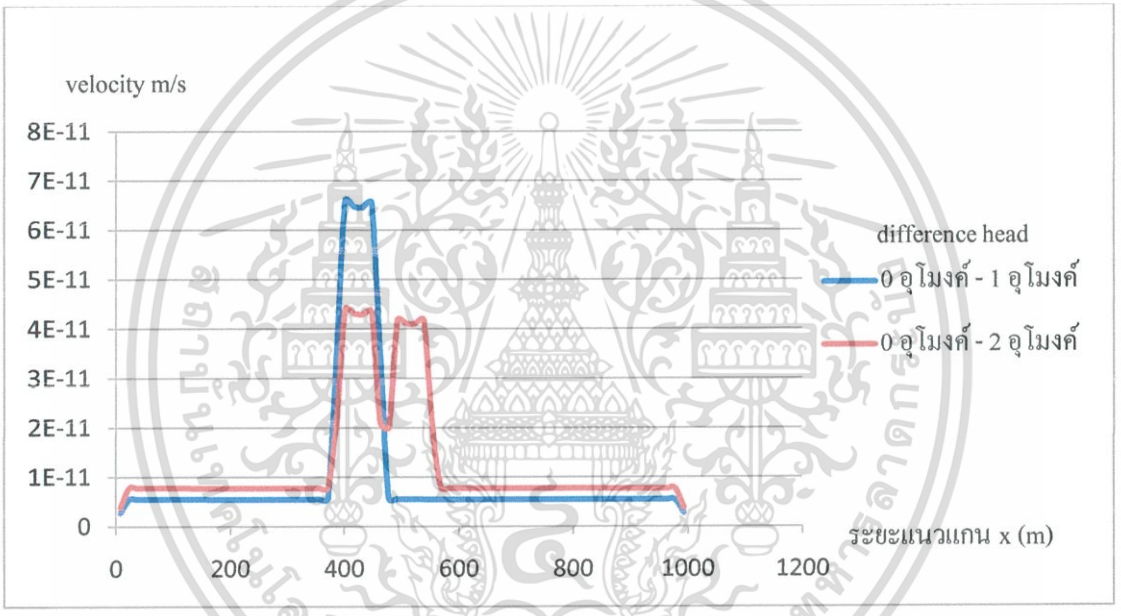


รูป 6.3 difference head ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ และ 0 อุโมงค์ กับ 2 อุโมงค์ที่ระดับ+10เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิเคราะห์กราฟ จากกราฟทำการวิเคราะห์ค่า head difference ระหว่าง 1 อุโมงค์กับไม่มีอุโมงค์ และ 2 อุโมงค์กับไม่มีอุโมงค์ พบว่า เมื่อน้ำไหลจาก head ที่ระดับ 17 m จะทำให้ระดับน้ำสูงขึ้นจากระดับน้ำปกติเนื่องจากอุโมงค์ไปขวางทางเดินน้ำ และเนื่องจากบริเวณอุโมงค์จะทำให้เกิด head difference มาก จะมีทั้งระดับน้ำที่สูงขึ้นและจะมีน้ำบางส่วนลอดใต้อุโมงค์ทำให้กราฟมีลักษณะดังรูป

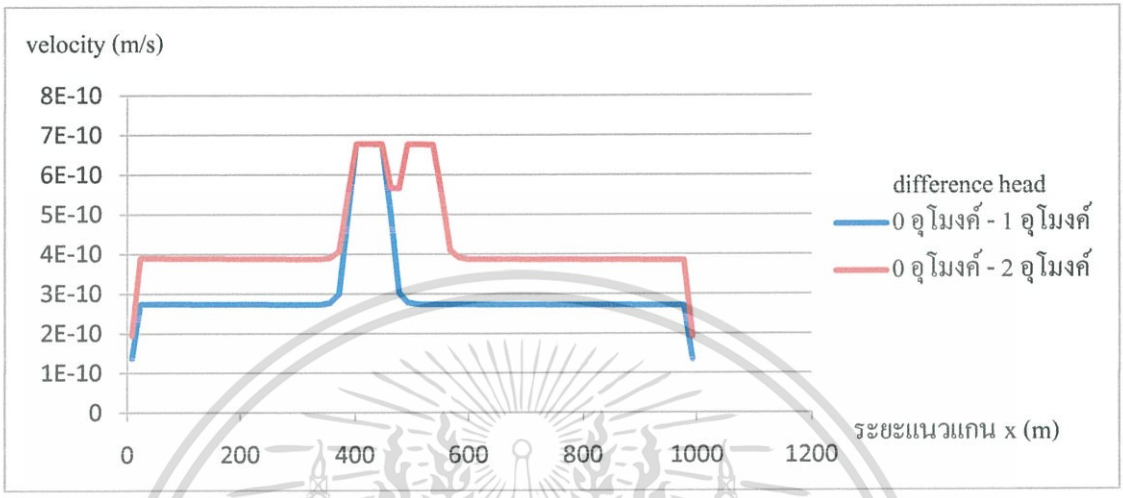
รูป 6.4 แสดง Velocity ที่ระดับ +5 เมตร



รูป 6.4 difference velocity ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ และ 0 อุโมงค์ กับ 2 อุโมงค์ที่ระดับ +5 เมตร

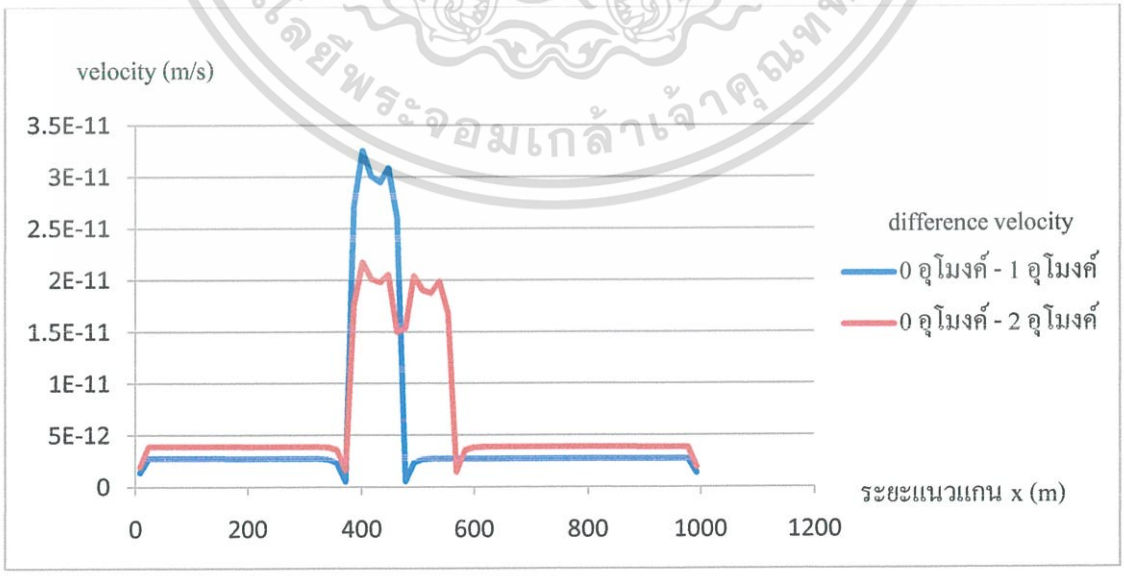
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 6.5 แสดง Velocity ที่ระดับ +7 เมตร



รูป 6.5 difference velocity ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ และ 0 อุโมงค์ กับ 2 อุโมงค์ที่ระดับ +7เมตร

รูป 6.6 แสดง Velocity ที่ระดับ +10 เมตร



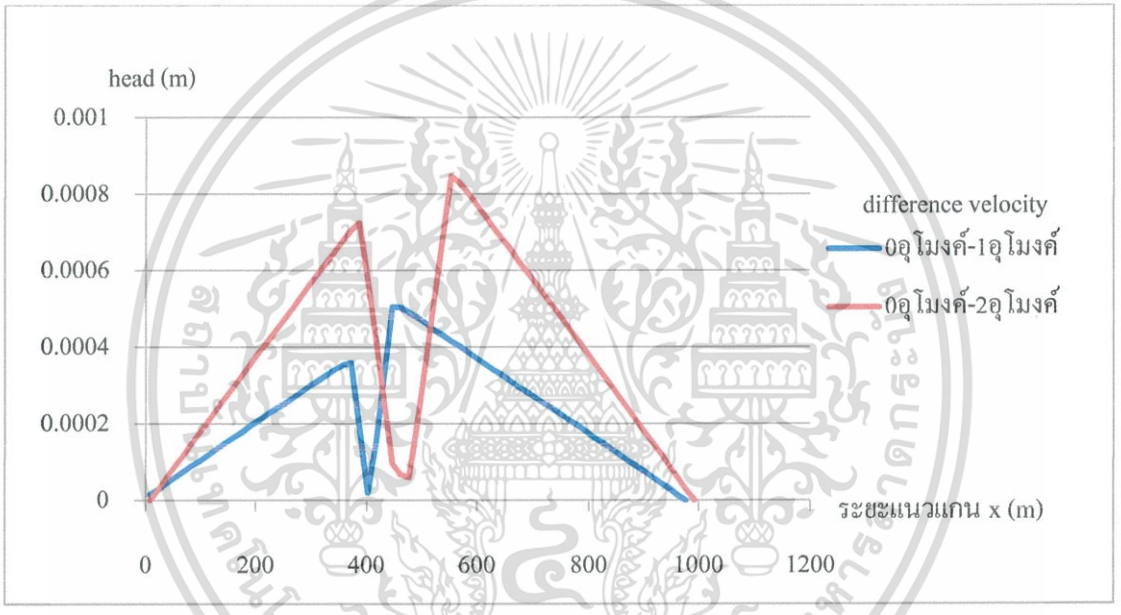
รูป 6.6 difference velocity ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์และ 0 อุโมงค์ กับ 2 อุโมงค์ที่ระดับ +10 m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิเคราะห์กราฟ จากกราฟพบว่าที่ระดับ +10 เมตร ความเร็วจะต่ำที่สุดเนื่องจากอยู่ในชั้นดินเหนียวแข็ง และที่ระดับ +7 m ความเร็วมีค่ามากที่สุดเนื่องจากอยู่ในชั้นดิน first sand และ ค่า difference velocity บริเวณที่มีอุโมงค์ จะมีค่ามากเนื่องจาก ความเร็วของน้ำจะมีการลดลงเมื่อมีสิ่งกีดขวางเนื่องจากสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของน้ำในชั้นดินเหนียวมีค่าน้อยอยู่แล้ว

6.1.2 สวนจัตุจักร ชนิดดิน heterogeneous

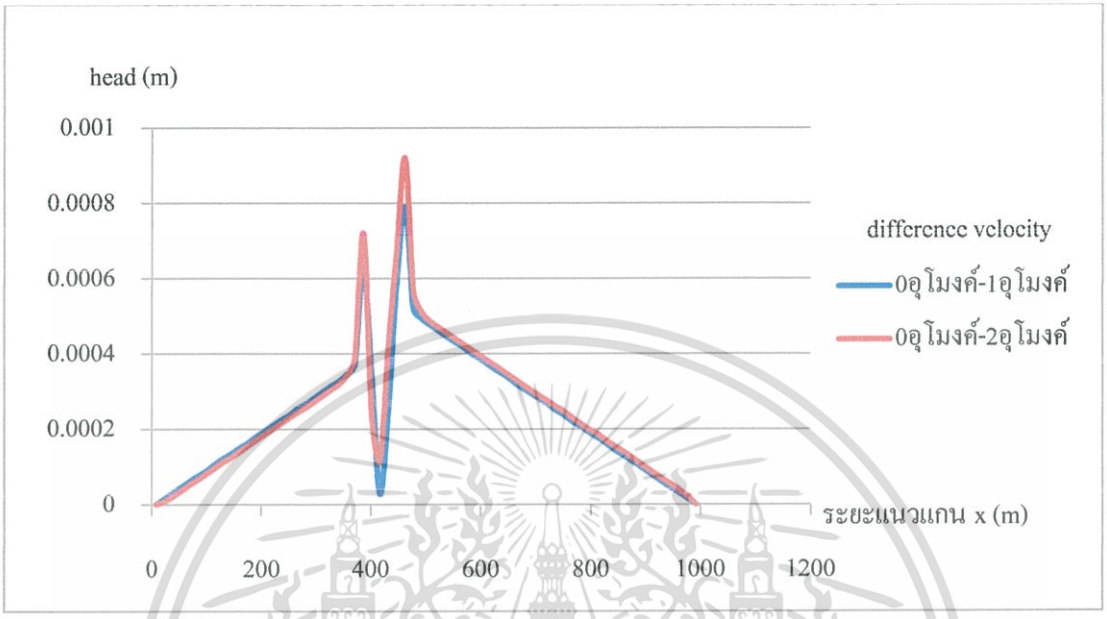
รูป 6.7 แสดง Head ที่ระดับ +5 เมตร



รูป 6.7 difference head ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์และ 0 อุโมงค์ กับ 2 อุโมงค์ที่ระดับ +5เมตร

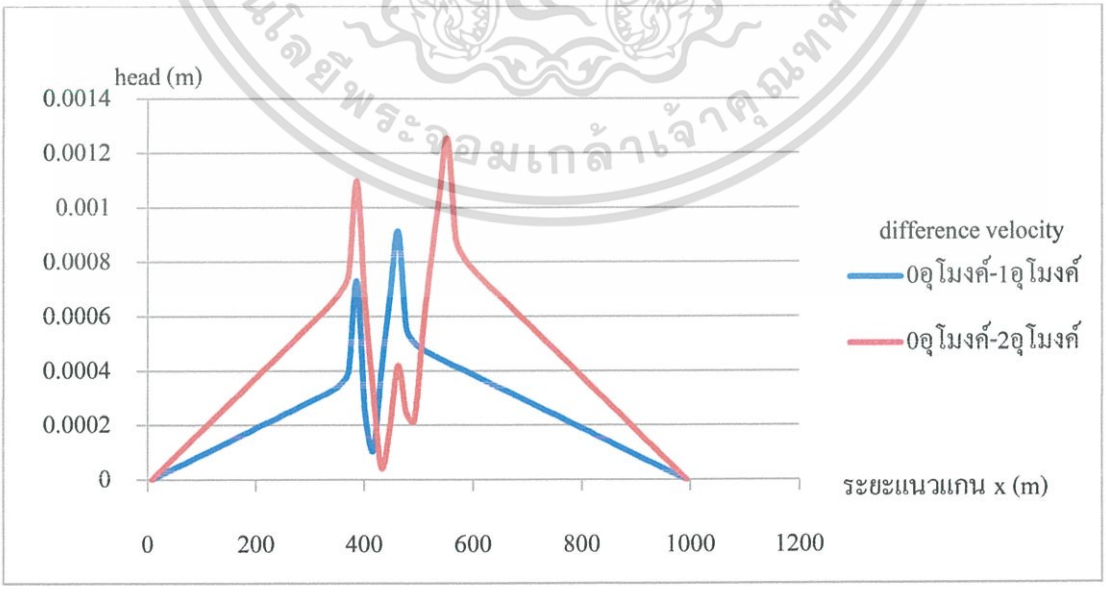
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 6.8 แสดง Head ที่ระดับ +7 เมตร



รูป 6.8 difference head ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ และ 0 อุโมงค์ กับ 2 อุโมงค์ที่ระดับ+7 เมตร

รูป 6.9 แสดง Head ที่ระดับ +10 เมตร

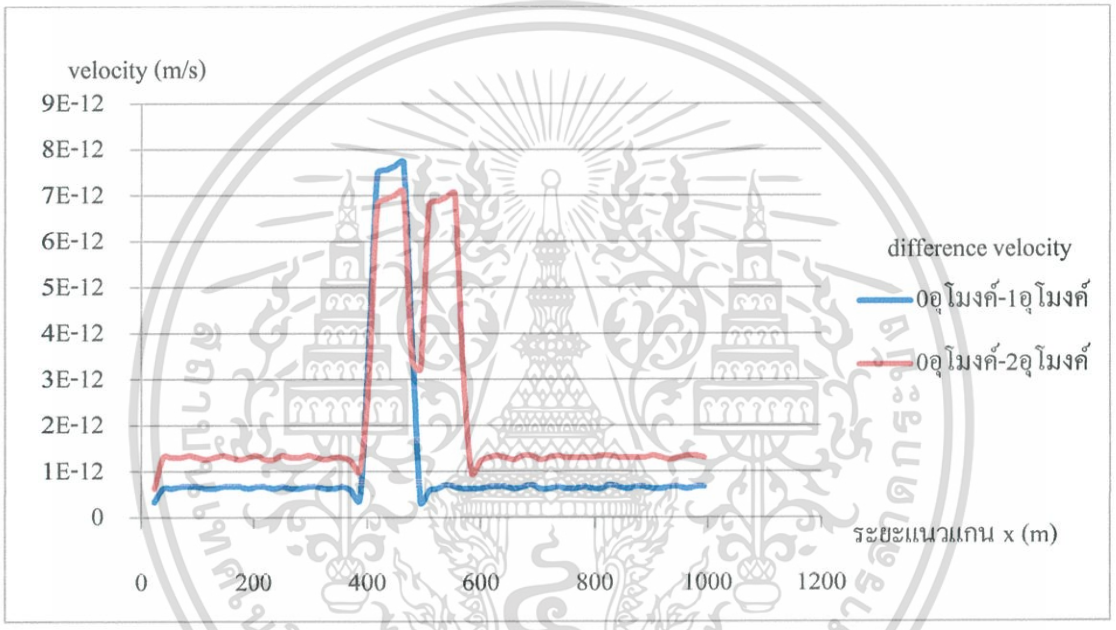


รูป 6.9 difference head ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ และ 0 อุโมงค์ กับ 2 อุโมงค์ที่ระดับ+10 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิเคราะห์กราฟ จากกราฟทำการวิเคราะห์ค่า head difference ระหว่าง 1 อุโมงค์กับไม่มีอุโมงค์ และ 2 อุโมงค์กับไม่มีอุโมงค์ พบว่า เมื่อน้ำไหลจาก head ที่ระดับ 17 m จะทำให้ระดับน้ำสูงขึ้นจากระดับน้ำปกติเนื่องจากอุโมงค์ไปขวางทางเดินน้ำ และเนื่องจากบริเวณอุโมงค์จะทำให้เกิด head difference มาก จะมีทั้งระดับน้ำที่สูงขึ้นและจะมีน้ำบางส่วนลอดใต้อุโมงค์ทำให้น้ำไหลได้ช้าลง ตามกราฟมีลักษณะดังรูป

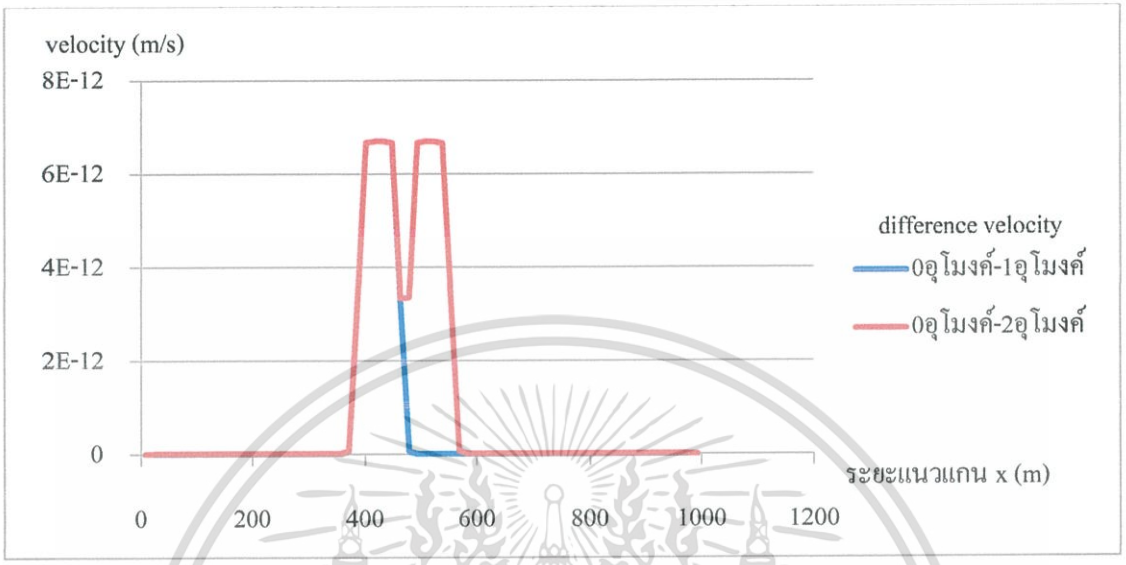
รูป 6.10 แสดง Velocity ที่ระดับ +5 เมตร



รูป 6.10 difference velocity ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์และ 0 อุโมงค์ กับ 2 อุโมงค์ที่ระดับ +5เมตร

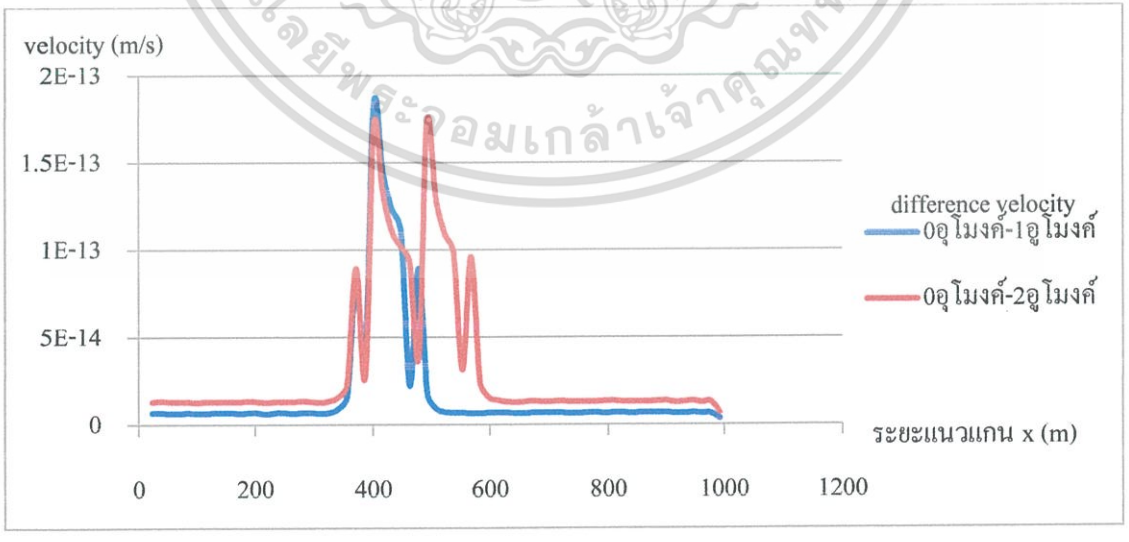
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 6.11 แสดง Velocity ที่ระดับ +7 เมตร



รูป 6.11 difference velocity ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ และ 0 อุโมงค์ กับ 2 อุโมงค์ที่ระดับ +7เมตร

รูป 6.12 แสดง Velocity ที่ระดับ +10 เมตร



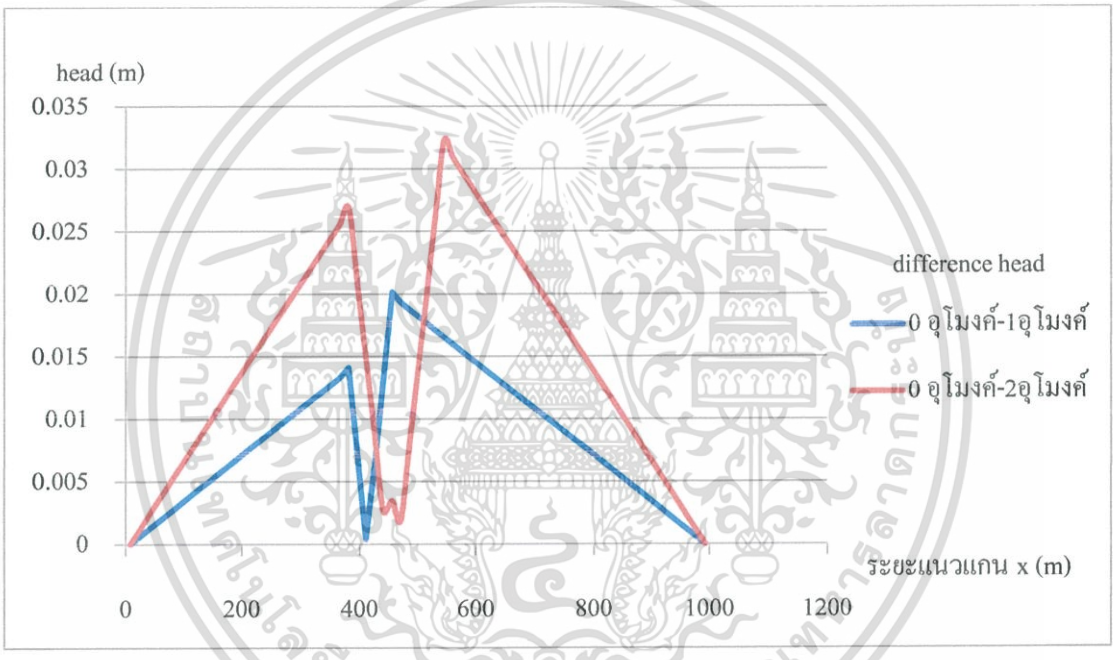
รูป 6.12difference velocity ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ และ 0 อุโมงค์ กับ 2 อุโมงค์ที่ระดับ +10 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิเคราะห์กราฟ จากกราฟพบว่าที่ระดับ +10 เมตร ความเร็วจะต่ำที่สุดเนื่องจากอยู่ในชั้นดินเหนียวแข็ง และที่ระดับ +7 m ความเร็วมีค่ามากที่สุดเนื่องจากอยู่ในชั้นดิน stiff clay และ ค่า difference velocity บริเวณที่มีอุโมงค์ จะมีค่ามากเนื่องจาก ความเร็วของน้ำจะมีการลดลงเมื่อมีสิ่งกีดขวาง

6.1.3 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ชนิดดิน heterogeneous

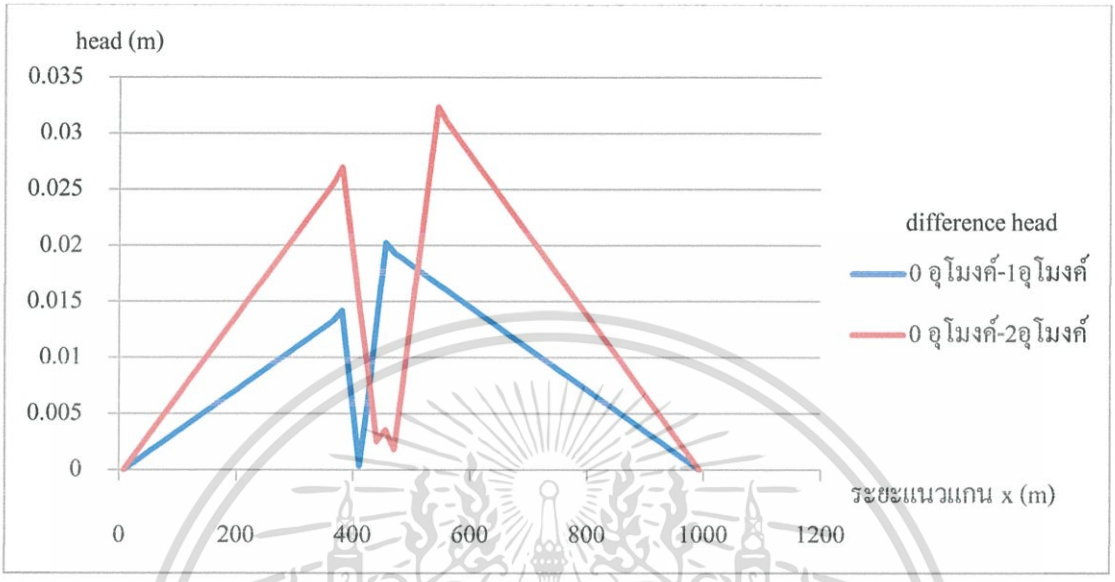
รูป 6.13 แสดง Head ที่ระดับ +5 เมตร



รูป 6.13 difference head ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ และ 0 อุโมงค์ กับ 2 อุโมงค์ที่ระดับ+5เมตร

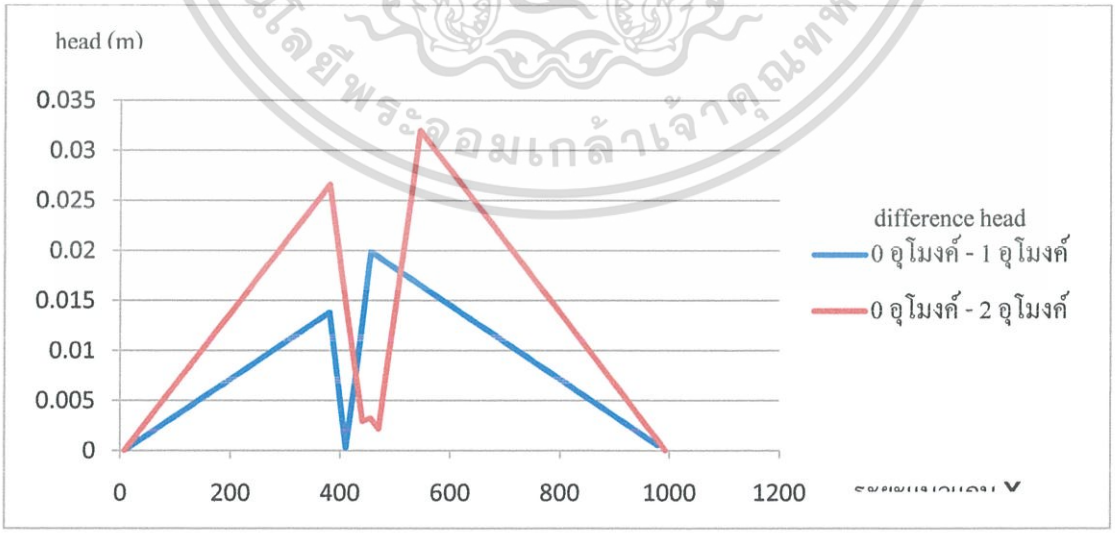
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 6.14 แสดง Head ที่ระดับ +7 เมตร



รูป 6.14 difference head ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ และ 0 อุโมงค์ กับ 2 อุโมงค์ที่ระดับ+7เมตร

รูป 6.15 แสดง Head ที่ระดับ +10 เมตร

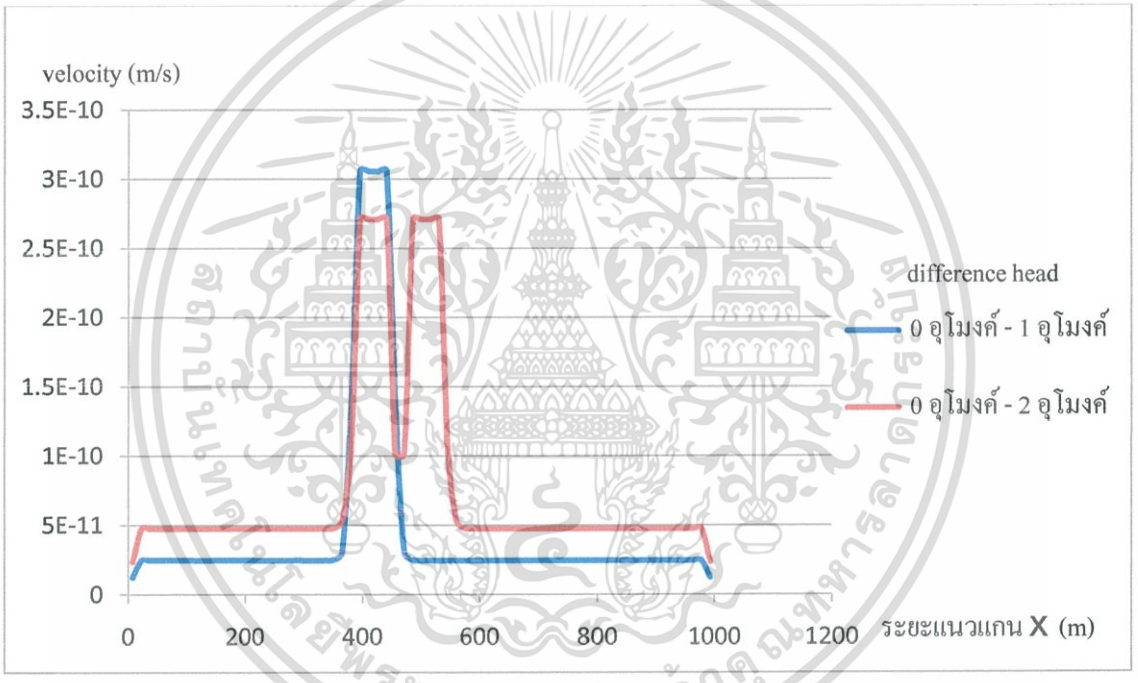


รูป 6.15 difference head ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ และ 0 อุโมงค์ กับ 2 อุโมงค์ที่ระดับ+10เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิเคราะห์กราฟ จากกราฟทำการวิเคราะห์ค่า head difference ระหว่าง 1 อุโมงค์กับไม่มีอุโมงค์ และ 2 อุโมงค์กับไม่มีอุโมงค์ พบว่า เมื่อน้ำไหลจาก head ที่ระดับ 17 m ไปสู่ head ที่ระดับ 16 m จะทำให้ระดับน้ำสูงขึ้นจากระดับน้ำปกติเนื่องจากอุโมงค์ไปขวางทางเดินน้ำ และเนื่องจากบริเวณอุโมงค์จะทำให้เกิด head difference มาก ซึ่งจากการตัด section ที่ระยะต่างๆ Head มีค่าเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก ทั้งนี้จะมีทั้งระดับน้ำที่สูงขึ้นและจะมีน้ำบางส่วนลอดใต้อุโมงค์ที่ระยะ 400 m ทำให้กราฟมีลักษณะดังรูป

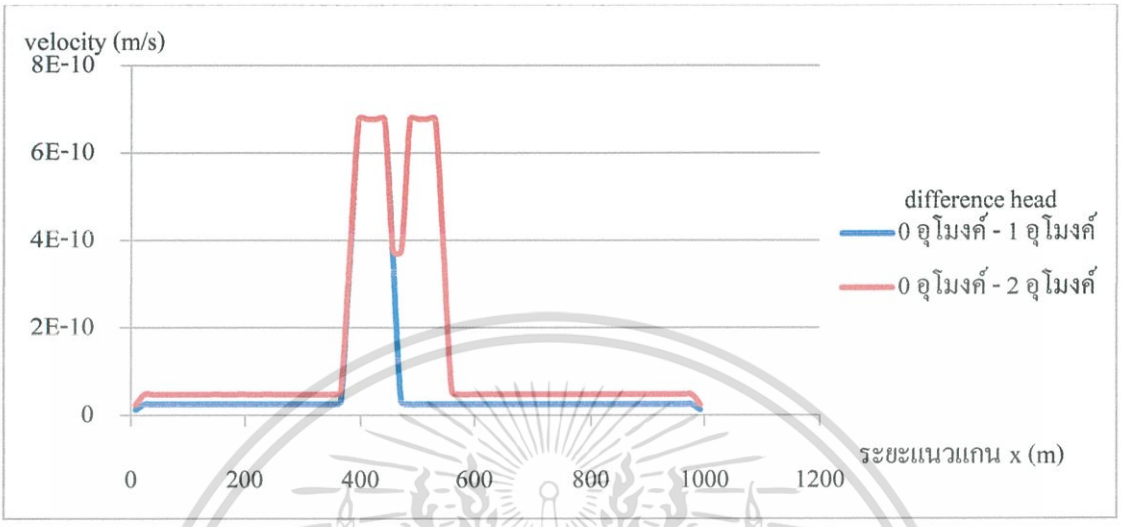
รูป 6.16 แสดง Velocity ที่ระดับ +5 เมตร



รูป 6.16 difference velocityระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ และ 0อุโมงค์ กับ 2อุโมงค์ที่ระดับ+5เมตร

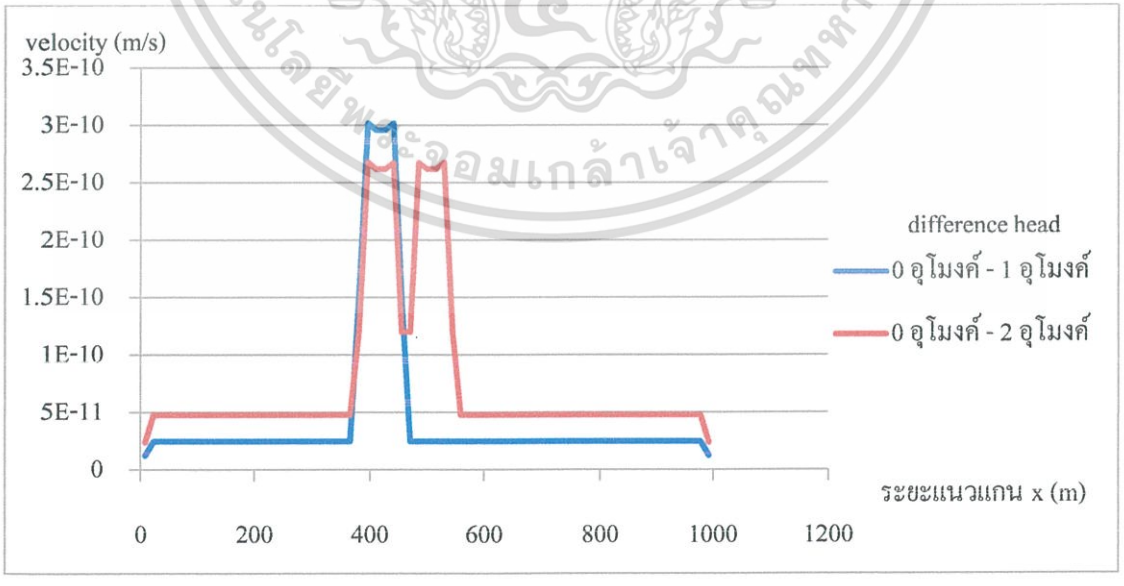
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 6.17 แสดง Velocity ที่ระดับ +7 เมตร



รูป 6.17 difference velocity ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ และ 0 อุโมงค์ กับ 2 อุโมงค์ที่ระดับ +7เมตร

รูป 6.18 แสดง Velocity ที่ระดับ +10 เมตร



รูป 6.18 difference velocity ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ และ 0 อุโมงค์ กับ 2 อุโมงค์ที่ระดับ +10 เมตร

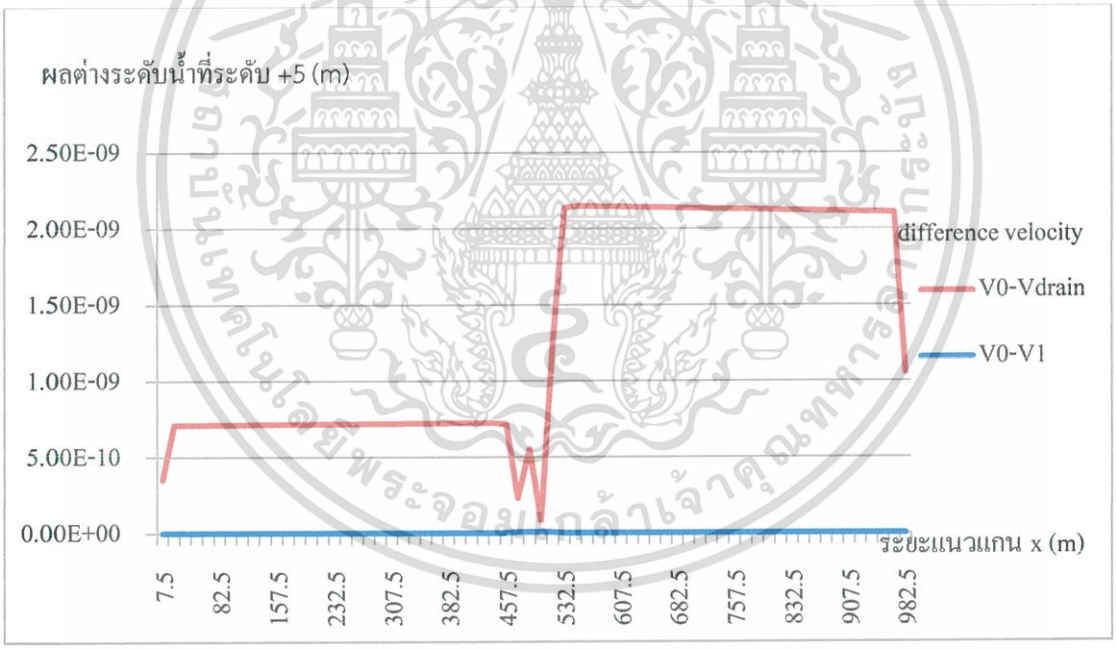
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิเคราะห์กราฟ จากกราฟพบว่าการวางตัวของอุโมงค์ในชั้นดินนี้จะอยู่ที่ layer first sand ทั้งหมดความเร็วมีค่ามากที่สุดเนื่องจากอยู่ในชั้นดิน first sand และ ค่า difference velocity บริเวณที่มีอุโมงค์ จะมีค่ามากเนื่องจาก ความเร็วของน้ำจะมีการลดลงเมื่อมีสิ่งกีดขวาง ซึ่งระหว่าง 1 อุโมงค์และ 2 อุโมงค์จะมีค่าต่างกันมาก

6.2 แบบอุโมงค์มีการรั่ว

6.2.1 สวนจัตุจักร ชนิดดิน heterogeneous

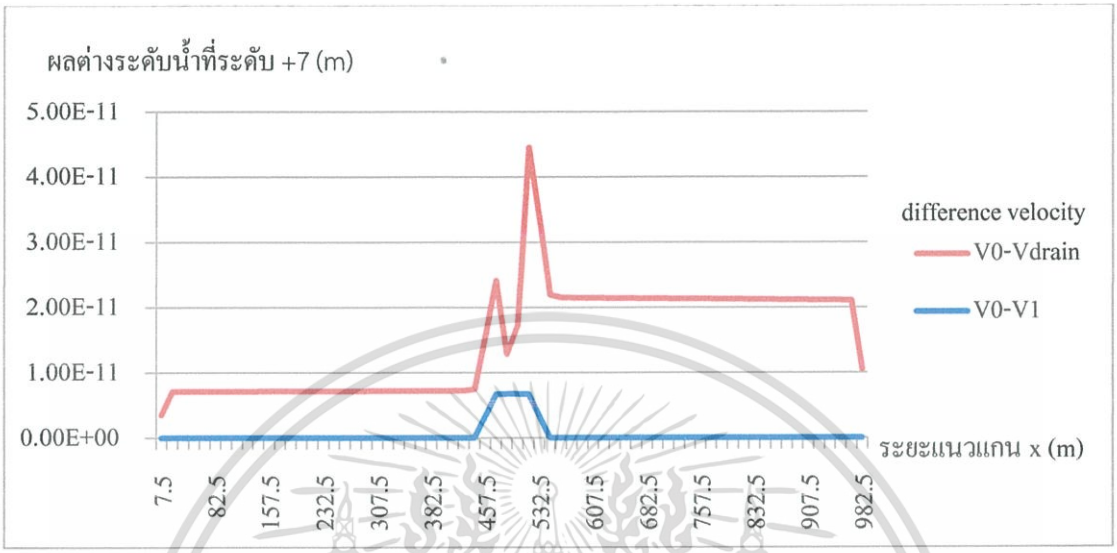
รูป 6.19 แสดง Velocity ที่ระดับ +5 เมตร



รูป 6.19 difference velocity ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ไม่มีการรั่ว และ 0 อุโมงค์ กับ 1 อุโมงค์มีการรั่วที่ระดับ+5เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 6.20 แสดง Velocity ที่ระดับ +7 เมตร



รูป 6.20 difference velocity ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ไม่มีการรั่ว และ 0 อุโมงค์ กับ 1 อุโมงค์มีการรั่วที่ระดับ+7เมตร

รูป 6.21 แสดง Velocity ที่ระดับ +10 เมตร

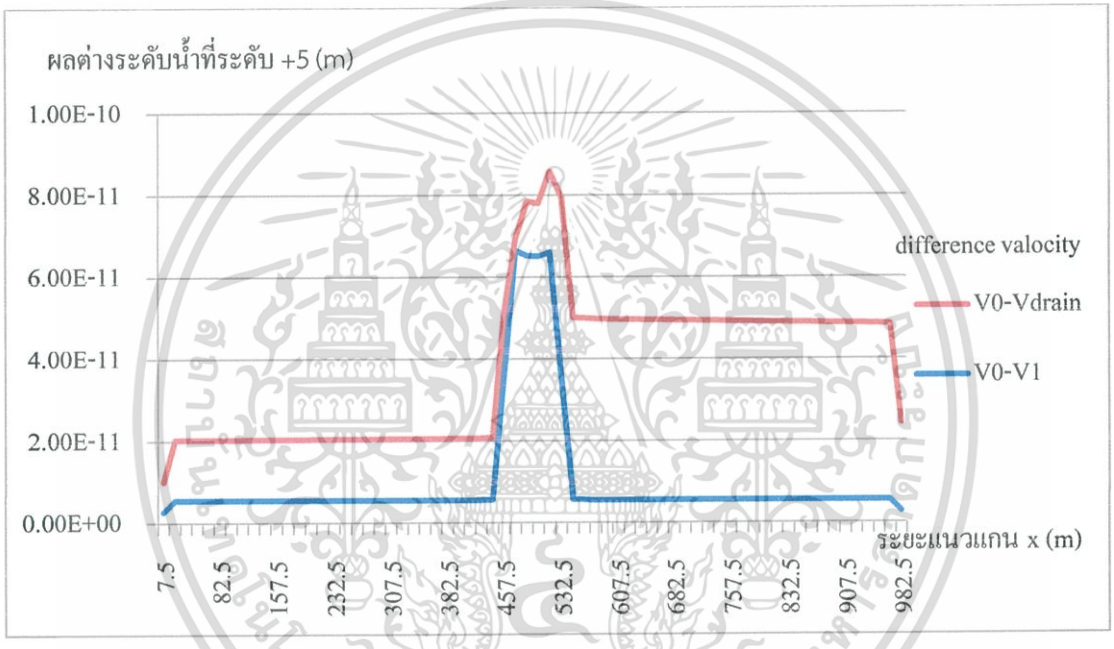
รูป 6.21 difference velocity ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ไม่มีการรั่ว และ 0 อุโมงค์ กับ 1 อุโมงค์มีการรั่ว ที่ระดับ+10เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลจากการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลระหว่างกรณีที่ไม่มีอุโมงค์และกรณีที่มี 1 อุโมงค์ที่ไม่มีการรั่วและที่มีการรั่ว พบว่า ความเร็วของน้ำบาดาลมีการเปลี่ยนแปลงมากบริเวณที่มีการวางอุโมงค์และที่ระดับ +7 m และ +10 m มีการเปลี่ยนแปลงความเร็วน้อย เนื่องจาก อุโมงค์วางตัวอยู่ในชั้นดินเหนียวแข็ง ในระดับ +5 m จะมีความเร็วมากกว่าเนื่องจากอยู่ในชั้นทราย

6.2.2 สวนรมณีนาถ ชนิดดิน heterogeneous

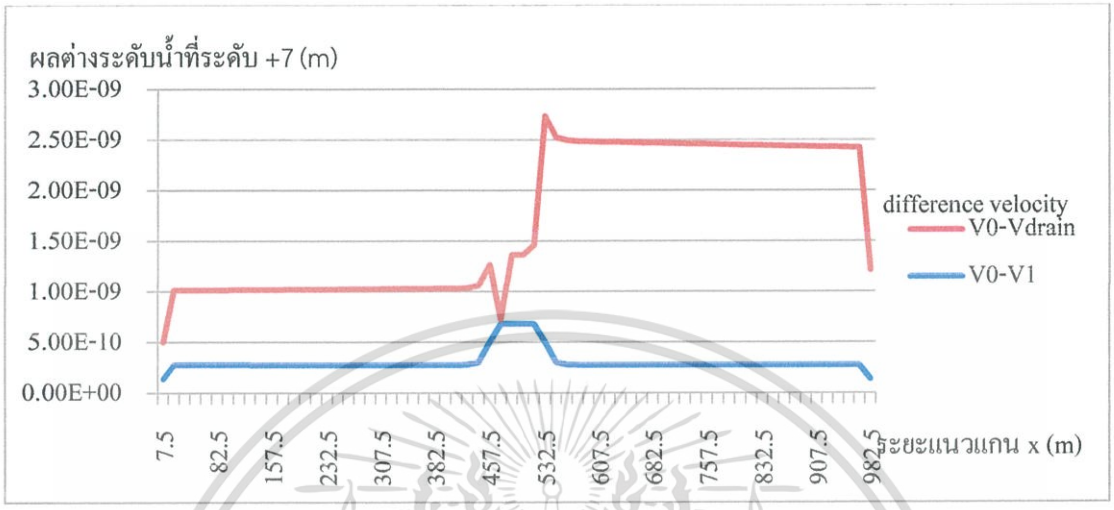
รูป 6.22 แสดง Velocity ที่ระดับ +5 เมตร



รูป 6.22 difference velocity ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ไม่มีการรั่ว และ 0 อุโมงค์ กับ 1 อุโมงค์มีการรั่วที่ระดับ+5เมตร

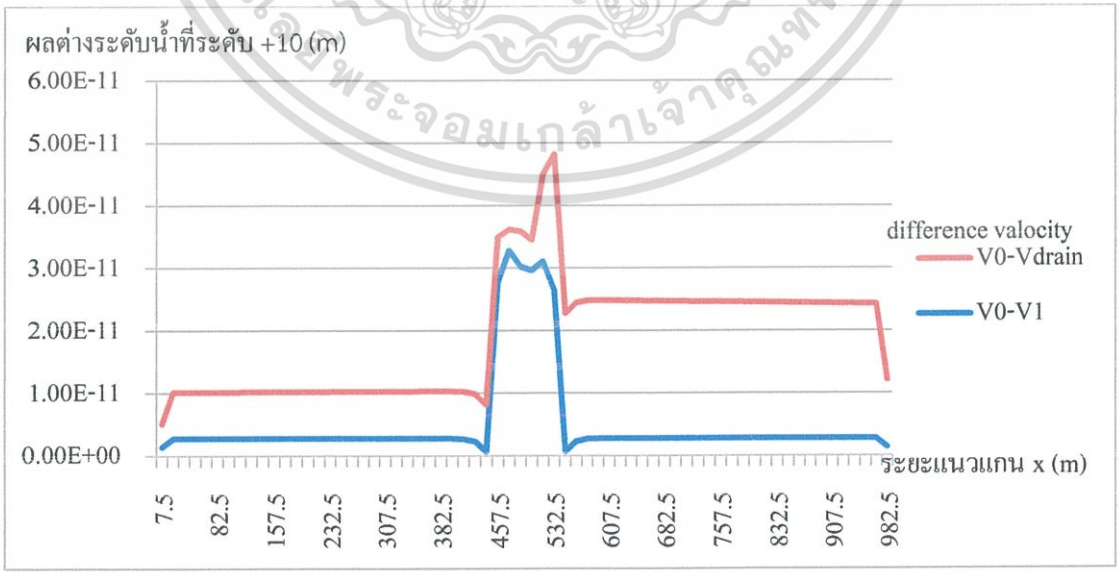
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 6.23 แสดง Velocity ที่ระดับ +7 เมตร



รูป 6.23 difference velocity ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ไม่มีการรั่ว และ 0 อุโมงค์ กับ 1 อุโมงค์มีการรั่วที่ระดับ+7เมตร

รูป 6.24 แสดง Velocity ที่ระดับ +10 เมตร



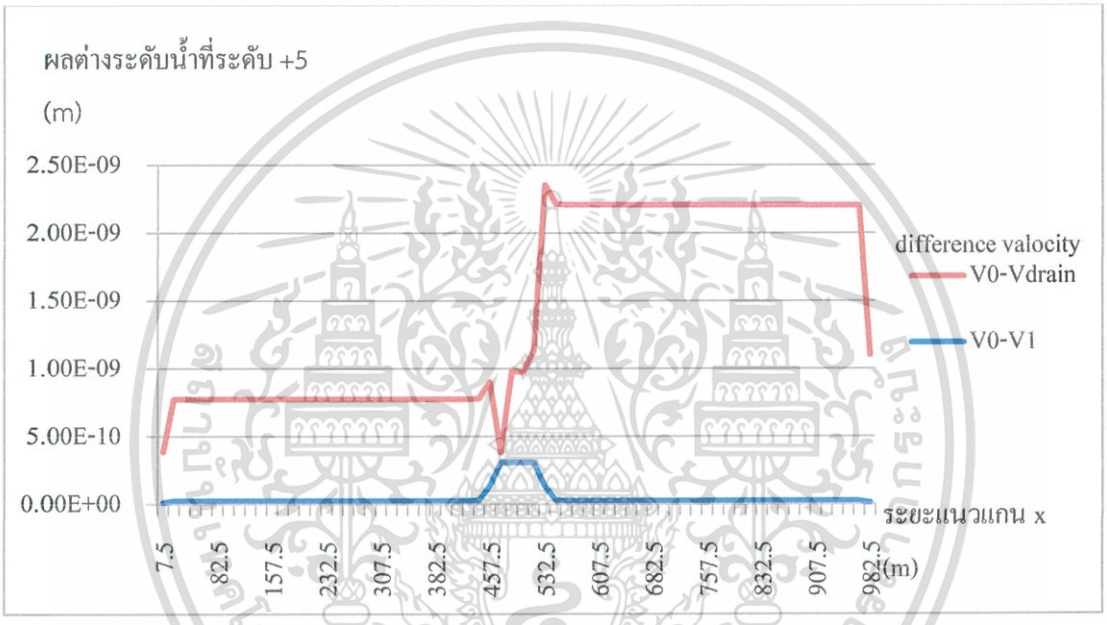
รูป 6.24 difference velocity ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ไม่มีการรั่ว และ 0 อุโมงค์ กับ 1 อุโมงค์มีการรั่วที่ระดับ+10เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลจากการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลระหว่างกรณีที่ไม่มีอุโมงค์และกรณีที่มี 1 อุโมงค์ที่ไม่มีการรั่วและที่มีการรั่ว พบว่า ความเร็วมีการเปลี่ยนแปลงมากบริเวณที่มีการวางอุโมงค์ และที่ระดับ +10 m และ +5 m ซึ่งอยู่ในชั้นดินเหนียว ความเร็วของน้ำบาดาล จะมีค่าน้อยมาก และในระดับ +7 m จะมีความเร็วมากขึ้น เนื่องจากอยู่ในชั้นทราย

6.2.3 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ชนิดดิน heterogeneous

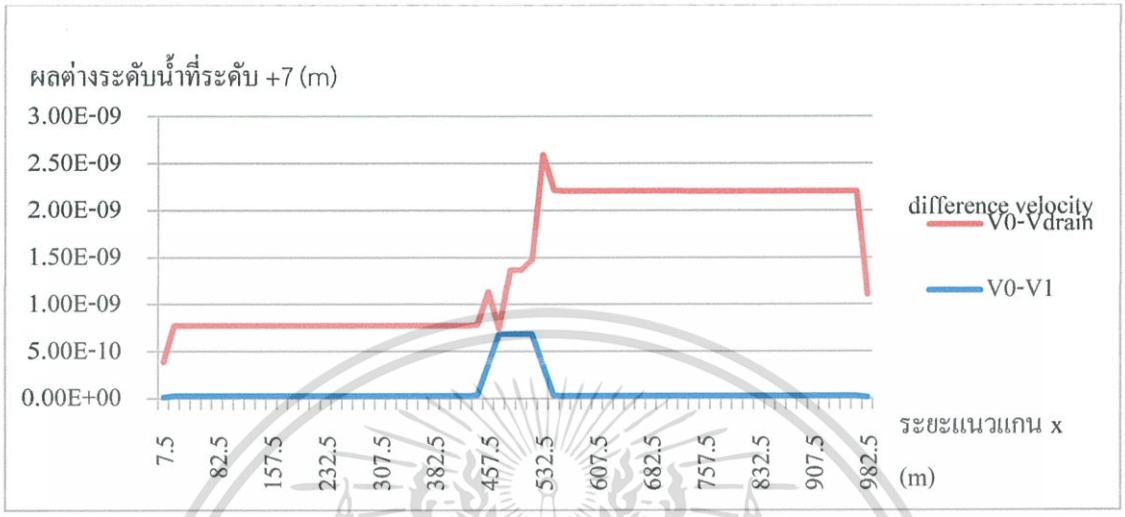
รูป 6.25 แสดง Velocity ที่ระดับ +5 เมตร



รูป 6.25 difference velocity ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ไม่มีการรั่ว และ 0 อุโมงค์ กับ 1 อุโมงค์มีการรั่วที่ระดับ+5เมตร

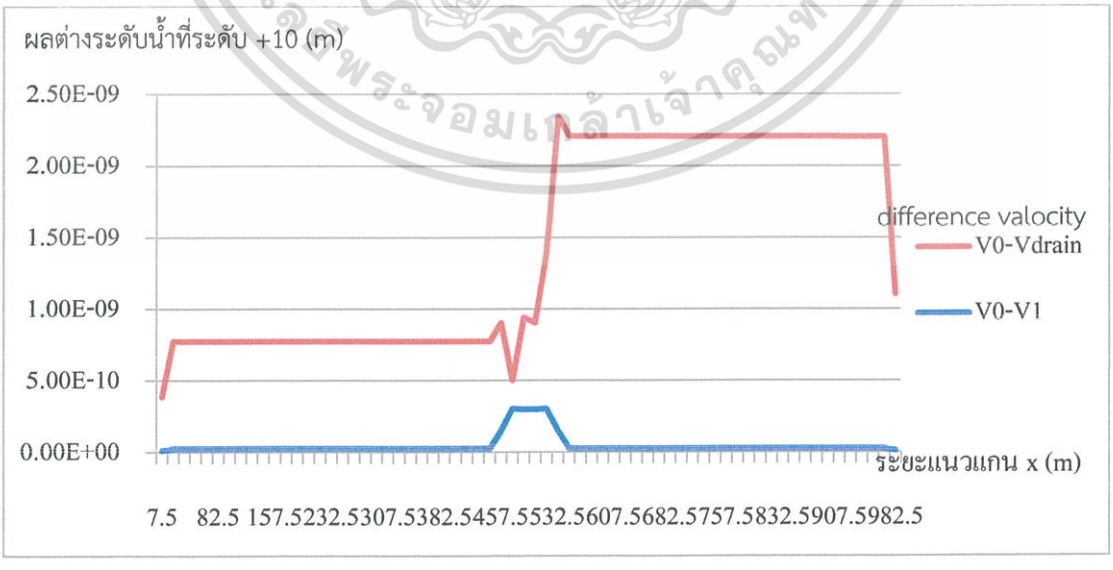
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 6.26 แสดง Velocity ที่ระดับ +7 เมตร



รูป 6.26 difference velocity ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ไม่มีการรั่ว และ 0 อุโมงค์ กับ 1 อุโมงค์มีการรั่วที่ระดับ+7เมตร

รูป 6.27 แสดง Velocity ที่ระดับ +10 เมตร



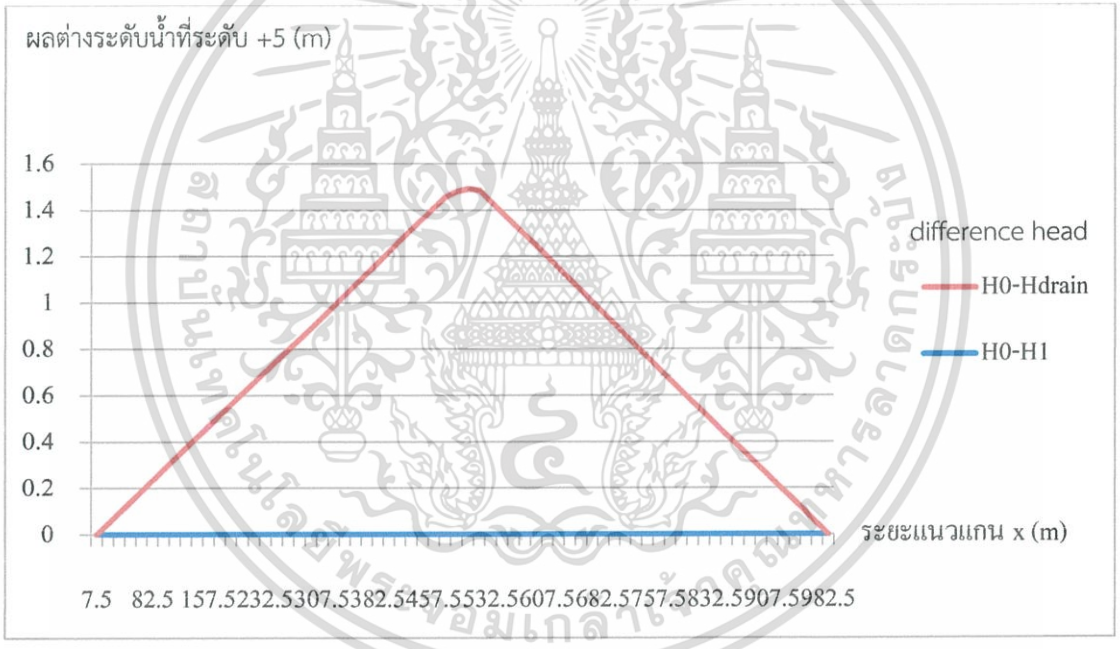
รูป 6.27 difference velocity ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ไม่มีการรั่ว และ 0 อุโมงค์ กับ 1 อุโมงค์มีการรั่วที่ระดับ+10เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลจากการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลระหว่างกรณีที่ไม่มีอุโมงค์และกรณีที่มี 1 อุโมงค์ที่ไม่มีการรั่วและที่มีการรั่ว พบว่า ในทุกระดับ ความเร็วมีการเปลี่ยนแปลงมากบริเวณที่มีการวางอุโมงค์และความเร็วบริเวณอื่น พบว่าไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากสภาพชั้นดินของกรุงเทพฯ เป็นชั้นดินเหนียว ซึ่งโดยปกตินำ้บาดาลไหลผ่านในชั้นดินเหนียวได้ยาก และทำให้ค่า conductance มีค่าน้อย ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของความเร็วในทุกกรณีจึงมีค่าต่ำตามไปด้วย ผลการเปลี่ยนแปลงจึงมีค่าน้อย หรือจะมีแบบช้าๆ และจะมีผลในระยะยาว

6.2.4 สวนจัตุจักร ชนิดดิน heterogeneous

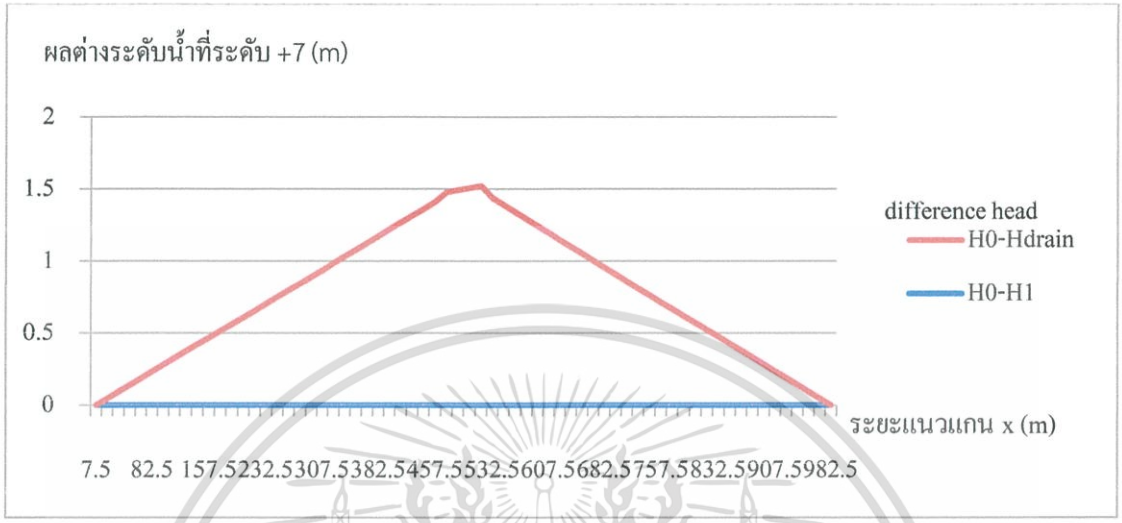
รูป 6.28 แสดง Head ที่ระดับ +5 เมตร



รูป 6.28 difference head ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ไม่มีการรั่ว และ 0 อุโมงค์ กับ 1 อุโมงค์มีการรั่วที่ระดับ+5เมตร

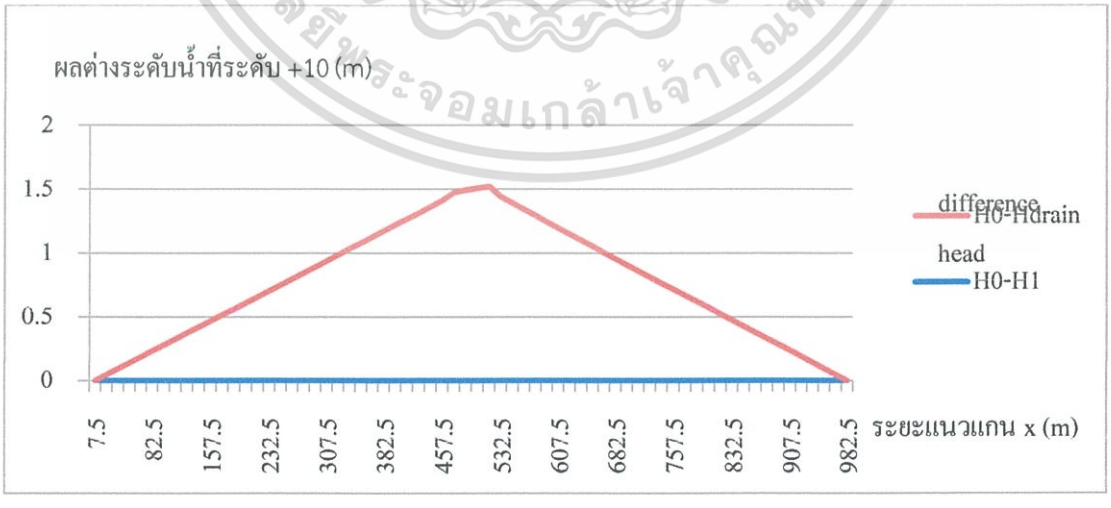
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 6.29 แสดง Head ที่ระดับ +7 เมตร



รูป 6.29 difference head ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ไม่มีการรั่ว และ 0 อุโมงค์ กับ 1 อุโมงค์มีการรั่วที่ระดับ+7เมตร

รูป 6.30 แสดง Head ที่ระดับ +10 เมตร



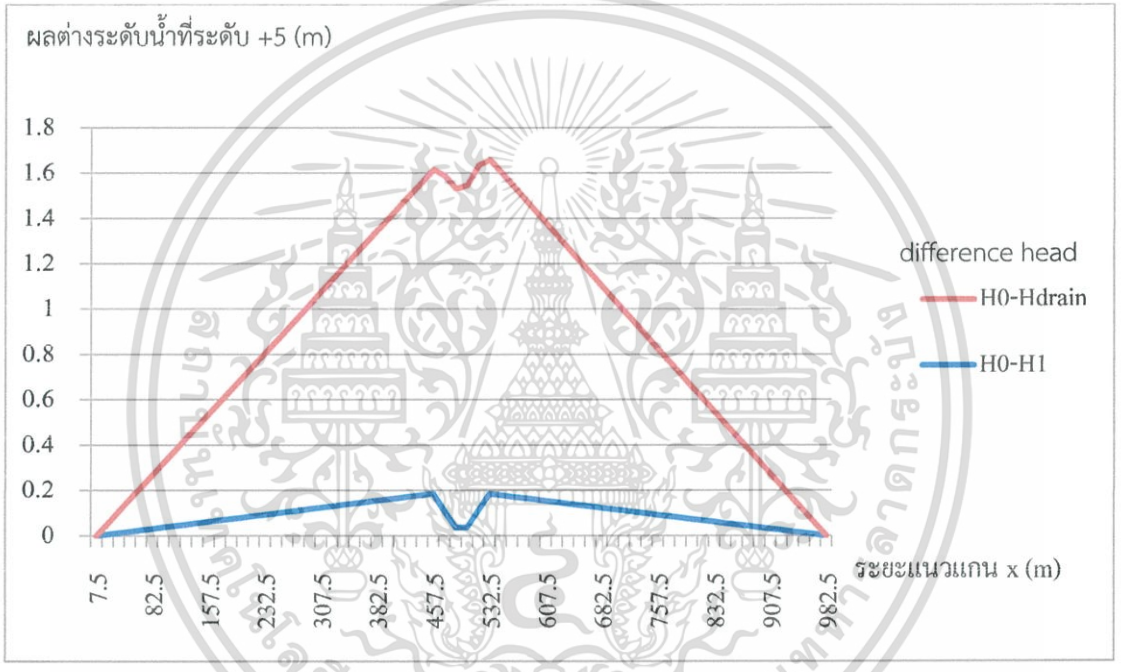
รูป 6.30 กราฟแสดง difference head ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ไม่มีการรั่ว และ 0 อุโมงค์ กับ 1 อุโมงค์มีการรั่วที่ระดับ+10เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลจากการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลระหว่างกรณีที่ไม่มีอุโมงค์และกรณีที่มี 1 อุโมงค์ที่ไม่มีการรั่วและที่มีการรั่ว พบว่า ในทุกระดับ เมื่ออุโมงค์มีการรั่ว จะที่ให้มีค่า Head difference มากบริเวณที่อุโมงค์วางตัว แสดงให้เห็นว่า อุโมงค์ที่มีการรั่ว มีผลทำให้ Head ของน้ำบาดาล มีค่าเปลี่ยนไปมาก เมื่อเทียบกับกรณีที่อุโมงค์ไม่มีการรั่ว

6.2.5 สวนรมณีนาถ ชนิดดิน heterogeneous

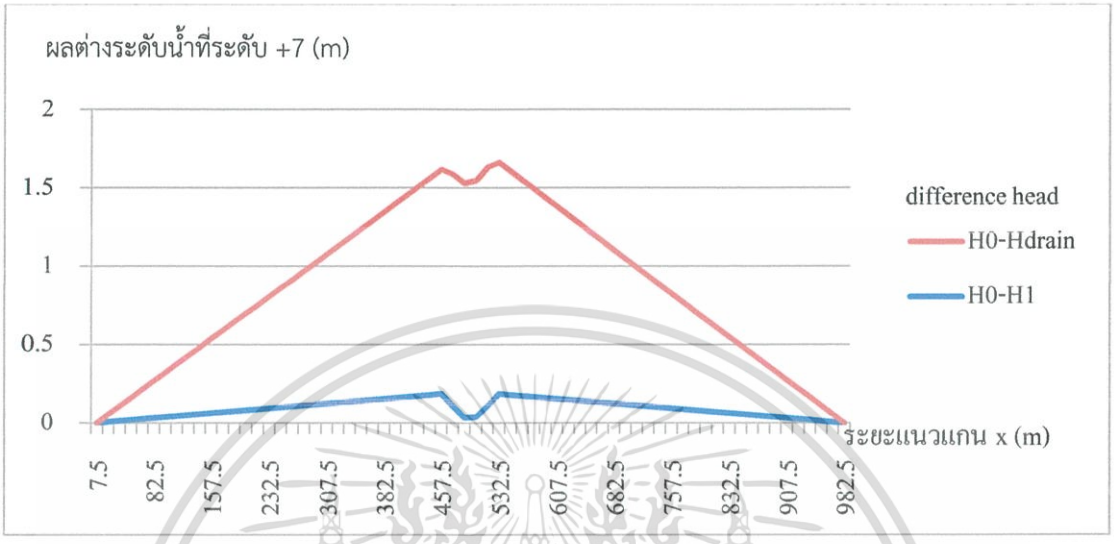
รูป 6.31 แสดง Head ที่ระดับ +5 เมตร



รูป 6.31 difference head ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ไม่มีการรั่ว และ 0 อุโมงค์ กับ 1 อุโมงค์มีการรั่วที่ระดับ+5เมตร

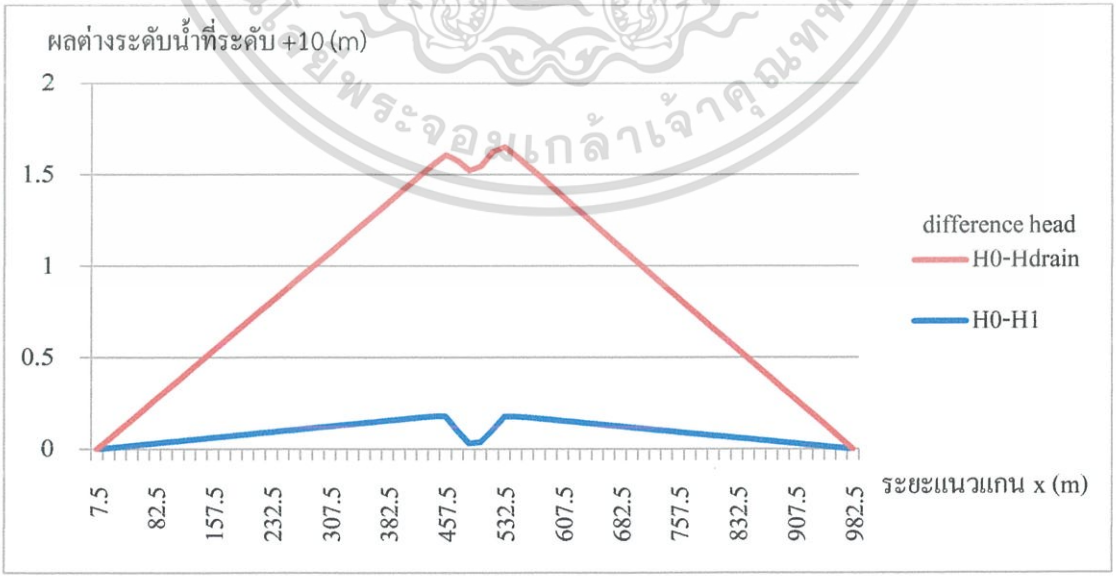
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 6.32 แสดง Head ที่ระดับ +7 เมตร



รูป 6.32 difference head ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ไม่มีการรั่ว และ 0 อุโมงค์ กับ 1 อุโมงค์มีการรั่วที่ระดับ+7เมตร

รูป 6.33 แสดง Head ที่ระดับ +10 เมตร



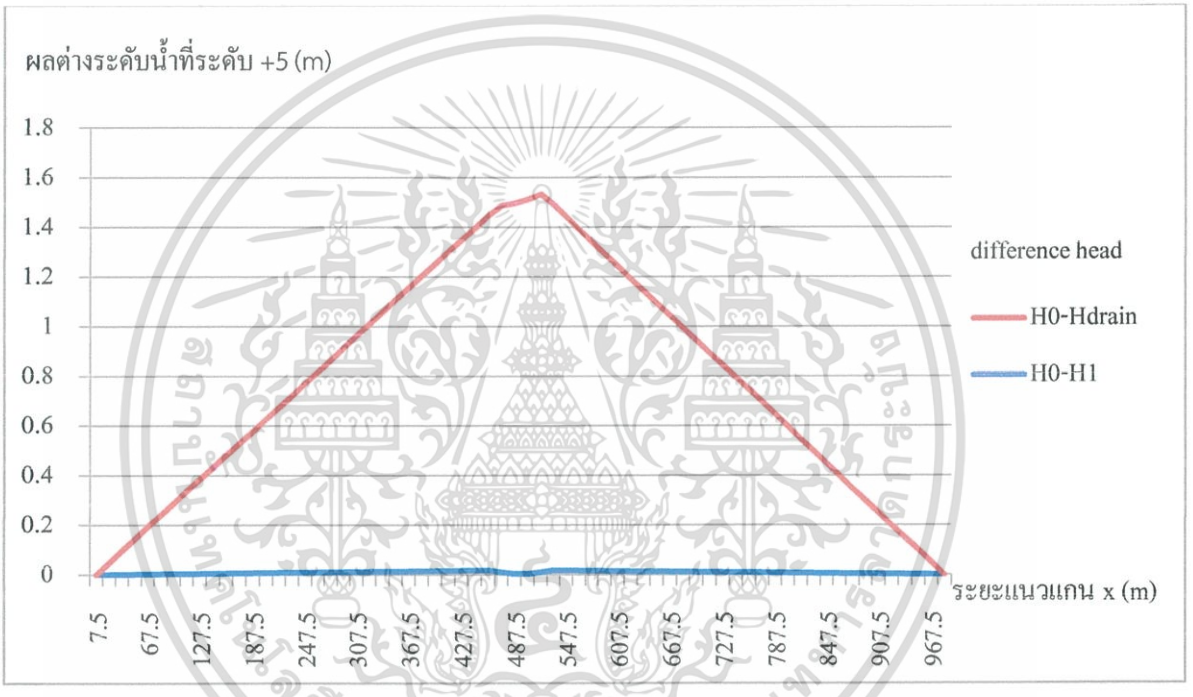
รูป 6.33 difference head ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ไม่มีการรั่ว และ 0 อุโมงค์ กับ 1 อุโมงค์มีการรั่วที่ระดับ+10เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลจากการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลระหว่างกรณีที่ไม่มีอุโมงค์และกรณีที่มี 1 อุโมงค์ที่ไม่มีการรั่วและที่มีการรั่ว พบว่า ในทุกระดับ เมื่ออุโมงค์มีการรั่ว จะที่ให้มีค่า Head difference มากบริเวณที่อุโมงค์วางตัว แสดงให้เห็นว่า อุโมงค์ที่มีการรั่วและไม่มีการรั่ว ส่งผลกระทบต่อระดับน้ำบาดาลที่เปลี่ยนไป

6.2.6 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ชนิดดิน heterogeneous

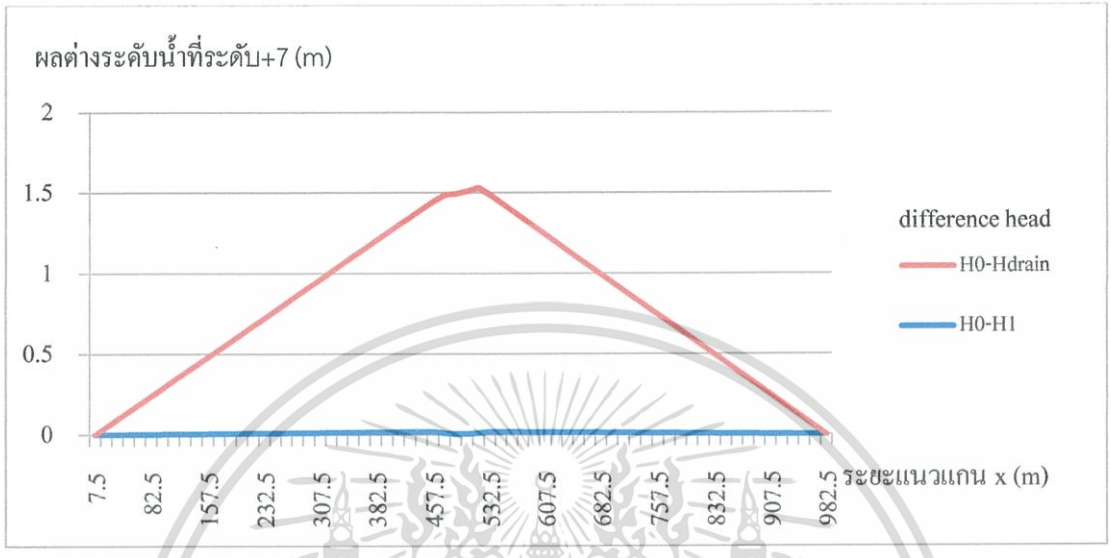
รูป 6.34 แสดง Head ที่ระดับ +5 เมตร



รูป 6.34 difference head ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ไม่มีการรั่ว และ 0 อุโมงค์ กับ 1 อุโมงค์มีการรั่วที่ระดับ+5เมตร

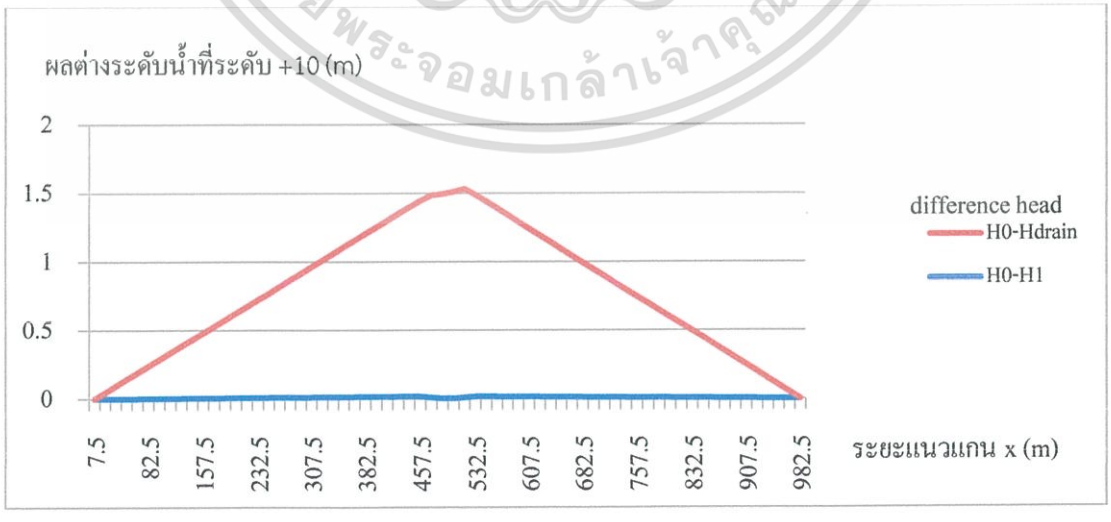
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 6.35 แสดง Head ที่ระดับ +7 เมตร



รูป 6.35 difference head ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ไม่มีการรั่ว และ 0 อุโมงค์ กับ 1 อุโมงค์มีการรั่วที่ระดับ+7เมตร

รูป 6.36 แสดง Head ที่ระดับ +10 เมตร



รูป 6.36 difference head ระหว่าง 0 อุโมงค์กับ 1 อุโมงค์ไม่มีการรั่ว และ 0 อุโมงค์ กับ 1 อุโมงค์มีการรั่วที่ระดับ+10เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลจากการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลระหว่างกรณีที่ไม่มีอุโมงค์และกรณีที่มี 1 อุโมงค์ที่ไม่มีการรั่วและที่มีการรั่ว พบว่า ในทุกระดับ เมื่ออุโมงค์มีการรั่ว จะที่ให้มีค่า Head difference มากบริเวณที่อุโมงค์วางตัว แสดงให้เห็นว่า อุโมงค์ที่มีการรั่ว มีผลทำให้ Head ของน้ำบาดาล มีค่าเปลี่ยนไปมาก เมื่อเทียบกับกรณีที่อุโมงค์ไม่มีการรั่ว ซึ่งอาจส่งผลต่อฐานรากที่วางตัวในบริเวณนั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7
สรุปผลการศึกษา

จากผลการศึกษาผลกระทบของอุโมงค์ใต้ดินที่มีผลต่อน้ำบาดาลในชั้นดินที่แตกต่างกัน 3 ชั้นดิน ได้แก่ 1.ชั้นดินสวนจตุจักร 2.สวนรมณีนาถ และ 3.บริเวณมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จะสามารถเห็นได้ชัดว่าหากมีอุโมงค์มาขวางเส้นทางการไหลของน้ำบาดาล จะทำให้ระดับน้ำบาดาลสูงขึ้นจากระดับปกติเนื่องจากอุโมงค์ไปขวางทางเดินน้ำบาดาล และเนื่องจากบริเวณอุโมงค์จะทำให้เกิด head difference มาก จะมีทั้งระดับน้ำบาดาลที่สูงขึ้นและจะมีน้ำบาดาลบางส่วนลอดใต้อุโมงค์ รวมไปถึงอัตราการไหลของน้ำบาดาลจะมีค่าลดลงด้วยเนื่องจากผลกระทบของอุโมงค์ แต่ถ้าหากวิเคราะห์ความเร็วที่ ณ ตำแหน่งที่ตั้งของอุโมงค์จะพบว่า อัตราการไหลของน้ำบาดาลมีการเปลี่ยนแปลงมาก แต่ทั้งนี้ยังขึ้นอยู่กับค่า Hydraulic conductivity หรือ ค่าความสามารถการซึมผ่านของน้ำ ของในแต่ละชั้นดินอีกด้วย ซึ่งจะมีค่าแตกต่างกันออกไปยิ่งมีค่าใกล้เคียง 1 มากเท่าไหร่ยิ่งแสดงว่าชั้นดินนั้นสามารถยอมให้น้ำซึมผ่านได้ดี และในกรณีที่อุโมงค์มีการรั่วซึมจะลด head ของน้ำบาดาลลงทำให้น้ำซึมผ่านได้ช้าลง ช่วยในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำ และเป็นกรณีศึกษาในกรณีที่น้ำบาดาลเกิดมีการรั่วซึมเข้าไปในอุโมงค์ใต้ดินจริง เราจะสามารถคาดคะเนถึงปริมาณน้ำที่ต้องระบายออกจากอุโมงค์เมื่อมีการรั่วซึมเข้ามาภายในบริเวณอุโมงค์ ทั้งนี้ตัวแปรต่างๆจะแปรเปลี่ยนไปตามสภาพ head ของน้ำบาดาล ลักษณะชั้นดิน การวางตัวของอุโมงค์ เช่น วางห่างกันมากน้อยเพียงใด การเติมน้ำ เช่น มีฝนตก หรือ มีการเจาะบ่อบาดาล ณ ตำแหน่งที่ตั้งใกล้เคียงของอุโมงค์ จะทำให้ cone of depression ของน้ำมีค่ามาก เนื่องจากฝั่งที่ติดอุโมงค์ จะสามารถเติมน้ำได้ช้ามากเนื่องจากมีการขวางการไหลของน้ำบาดาลและจะส่งผลให้ระดับแรงดันของน้ำบาดาลลดลง อาจก่อให้เกิดปัญหาต่างๆ ตามมามากมาย เช่น แผ่นดินทรุด โครงสร้างรับแรงไม่ไหว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปัจจุบันปัญหาของน้ำบาดาลนั้นเป็นปัญหาใหญ่ระดับชาติเนื่องจากการลดระดับอย่างรวดเร็ว ทำให้น้ำบริเวณข้างเคียงเติมน้ำเข้ามาได้ไม่ทัน เราจึงควรศึกษาลักษณะทางธรณีวิทยา อุทกวิทยา ของสภาพภูมิประเทศนั้นๆอย่างถี่ถ้วนก่อนการก่อสร้างเพื่อให้เกิดความมั่นคงแข็งแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ปณุฑ สุวรรณวิวัฒนา. 2545. **ลักษณะชั้นดินกรุงเทพฯ โดยระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์.** กรุงเทพฯ : ม.ป.ท.

MIT Open Access Articles. 2011. **Effects of tunneling on groundwater flow and swelling of clay-sulfate rock.** United States of America : American Geophysical Union.

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. ม.ป.ป. **แบบจำลองน้ำบาดาล.** [Online]. Available : http://web.geol.science.cmu.ac.th/gs/courseware/groundwater/documents/Groundwater_09.pdf.

Online Thailand. 2556. **น้ำบาดาลและระดับน้ำใต้ดิน.** [Online]. Available : http://m.thaispin.com/น้ำบาดาลและระดับน้ำใต้ดิน/บทความMypage/462.

ไทยรัฐ. 12 กรกฎาคม 2556.

การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย. 2014. **โครงการรถไฟฟ้ามหานคร สายเฉลิมรัชมงคล.** [Online]. Available : http//www.mrta.co.th/th/MRTAproject/chaleamLine.php#overview-management.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นายอนันต์ ถาวรกีรติกุล. 2542. **เทคนิคการก่อสร้างอุโมงค์รถไฟฟ้าด้วยระบบ E.P.D.** [Online].

Available : http://dttgeology.wordpress.com/เรื่องน่ารู้/เทคนิคการก่อสร้างอุโมงค์/.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้