

การปรับปรุงความจุของแม่น้ำน้อยด้วยโปรแกรม HEC-RAS

THE STUDY OF NOI RIVER CONVEYANCE CAPACITY IMPROVEMENT  
USING HEC-RAS

พรรคเชษฐ์ บุญธรรมกุล  
PACKCHET BUTTOMKUL

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2562

KMITL-2019-EN-M-093-094

การปรับปรุงความจุของแม่น้ำน้อยด้วยโปรแกรม HEC-RAS

THE STUDY OF NOI RIVER CONVEYANCE CAPACITY IMPROVEMENT  
USING HEC-RAS

พรรคเชษฐ์ บุญธรรมกุล  
PACKCHET BUTTOMKUL

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2562

KMITL-2019-EN-M-093-094

# The Study of Noi River Conveyance Capacity Improvement Using HEC-RAS

PACKCHET BUTTOMKUL

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF  
MASTER OF ENGINEERING IN CIVIL ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG  
2019  
KMITL-2019-XXXXXXXXXX

COPYRIGHT 2019

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การปรับปรุงความจุของแม่น้ำน้อยด้วยโปรแกรมHEC-RAS
นักศึกษา	นายพรรคเชษฐ บุญธรรมกุล
รหัสประจำตัว	58601191
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา
พ.ศ.	2562
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.อุมา สีนุญเรือง

### บทคัดย่อ

การสร้างแบบจำลองเป็นวิธีวิเคราะห์สภาพพลศาสตร์การไหลในลำน้ำและพื้นที่ริมฝั่งที่ใช้กันแพร่หลายการศึกษานี้ ใช้โปรแกรม HEC-RAS ในการ สร้างแบบจำลองสภาพการไหลของแม่น้ำน้อย ข้อมูลทางภูมิศาสตร์ที่ใช้ประกอบด้วยโครงสร้างชลศาสตร์และหน้าตัดลำน้ำ ช่วงต้นของแม่น้ำน้อย จังหวัดชัยนาท กม.ลำน้ำ 0+000 (สถานีประตูระบายน้ำโครงการชลประทานบรมธาตุ) – กม.ลำน้ำ 6+035 ส่วนข้อมูลอัตราการไหลที่ใช้ได้แก่ ปริมาณน้ำที่ไหลใน สถานีประตูระบายน้ำโครงการชลประทานบรมธาตุเป็นข้อมูลในช่วงน้ำหลากของแต่ละปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2538 ถึง 2560 เกณฑ์การประเมินแบบจำลองพิจารณาจาก ปริมาณน้ำที่ส่งต่อในพื้นที่กับแบบจำลอง เพื่อปรับเปลี่ยนแบบจำลองใน HEC-RAS ให้ใกล้เคียงกับพื้นที่จริง เมื่อดำเนินการปรับปรุงใช้ความลาดชัน มาตรฐาน 1:2,1:1.5,1:1.75 เพื่อการสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ของพื้นที่หน้าตัดการไหล conveyance และค่าสัมประสิทธิ์ของแมนนิง ที่ในรอบปี 2,5,10 ปี กราฟข้างต้นที่ได้จากการทดลองยังนำไปใช้งานในสภาพพื้นที่จริงเพื่อปรับปรุงแม่น้ำให้สามารถส่งต่อปริมาณน้ำได้ตามที่ต้องการและป้องกันปัญหาน้ำท่วม อีกด้วย

<b>Thesis</b>	The Study of Noi River Conveyance Capacity Improvement Using HEC-RAS
<b>Student</b>	Mr.Packchet Buttomkul
<b>Student ID.</b>	58601191
<b>Degree</b>	Master of Engineering
<b>Program</b>	Civil Engineering
<b>Year</b>	2019
<b>Thesis Advisor</b>	Assoc.Prof.Dr.Uma SeeboonRang

## **ABSTRACT**

Modeling field flooding as a way to analyze the dynamics of flow in the Liffey and the banks that are widely used in this study using HEC-RAS in modeling the flow of Nile water at all during the flood. The use of geographic data and consist of hydraulic structures and cross the Liffey. Early Stuart Little River. Nat km 0 + 000 River Station (floodgates Baromatatu ) - km 035 + 6 streams of data flow rates were used. The volume of water flowing in the channel Floodgates Baromatatu A flood of data during each year from 2540 to 2560 models, evaluation criteria, based on the amount of water delivered to the local model. To modify the same. When taken to improve the standard slope. 1: 2, 1: 1.5, 1: 1.75. The graph shows the relationship of flow area and conveyance and manning n slope that year 2,5,10 years graph of the experiment also deployed in the area to improve the actual amount of water that can be forwarded. as needed, responsible for anti-flooding problems as well.

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.อุมา สีบุญเรือง ที่ให้ความรู้ แนวคิดต่างๆ รวมถึงแรงสนับสนุนในทุกด้านที่ขับเคลื่อนให้โครงการชิ้นนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีตลอดจนให้ความรู้และประการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า

ขอขอบคุณสำนักทะเบียนสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่เอื้ออำนวยข้อมูลทางด้านบุคลากรและทรัพยากรข้อมูลที่ใช้ในการทำรายละเอียดต่างๆที่เกี่ยวข้องกับสถาบัน จนทำให้โครงการชิ้นนี้สำเร็จไปด้วยดีเช่นกัน

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดามารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

พรรคเชษฐ บุญธรรมกุล

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 กล่าวนำ.....	1
1.2 ความสำคัญและที่มาของปัญหา.....	1
1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.4 ขอบเขตของการศึกษา.....	2
1.5 ขั้นตอนและวิธีการศึกษา.....	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 วรรณกรรมปริทัศน์.....	5
2.1 บทนำ.....	5
2.2 ข้อมูลเบื้องต้นของพื้นที่ลุ่มแม่น้ำน้อย.....	5
2.3 การประเมินค่าการไหลของน้ำด้วยวิธี Manning ‘s formula .....	7
2.3.1 การคำนวณปริมาณการไหลของน้ำจากสูตร Manning’s Formula..	7
2.3.2 หลักการประเมินค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ ( n ).....	8
2.4 แบบจำลองทางชลศาสตร์ HEC – RAS.....	11
2.4.1 หลักการของแบบจำลองทางชลศาสตร์ HEC-RAS.....	11
2.4.2 แบบจำลองการไหลของน้ำใน HEC-RAS.....	13
2.5 ข้อมูลปริมาณฝนในพื้นที่.....	18
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	19
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการ.....	25
3.1 แผนผังการดำเนินการวิจัย.....	25
3.2 ขอบเขตในการศึกษาและหลักการในการสร้างแบบจำลอง.....	26
3.2.1 ขอบเขตในการศึกษา.....	26

	หน้า	หน้า
3.2.2 หลักการในการสร้างแบบจำลอง.....	26	
3.3 รวบรวมข้อมูล.....	27	
3.3.1 รูปหน้าตัดของแม่น้ำน้อย.....	27	
3.3.2 ข้อมูลปริมาณน้ำท่าของแม่น้ำน้อยและค่าสัมประสิทธิ์ความ ขรุขระ.....	28	
3.4 ขั้นตอนการดำเนินการ.....	29	
3.5 เปรียบเทียบข้อมูลทฤษฎีภูมิกับข้อมูลจากโปรแกรม HEC-RAS .....	35	
3.6 การปรับปรุงช่องทางการไหลแม่น้ำน้อย.....	36	
3.6.1 การปรับปรุงค่าความลาดชันด้านข้างของแม่น้ำน้อยทั้งสอง ด้านพร้อมกับค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระที่แตกต่างกัน.....	36	
บทที่ 4 ผลการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูล.....	37	
4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างflow area , conveyance totalและmanning n ในรอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี.....	39	
4.1.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างflow area , conveyance totalและmanning n ในรอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี slope 1:1.5.....	39	
4.1.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างflow area , conveyance totalและmanning n ในรอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี slope 1:1.75.....	40	
4.1.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างflow area , conveyance totalและmanning n ในรอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี slope 1:2.....	41	
4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างflow area , conveyance totalและmanning n ในรอบปีการเกิดซ้ำ 5 ปี.....	42	
4.2.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างflow area , conveyance totalและmanning n ในรอบปีการเกิดซ้ำ 5 ปี slope 1:1.5.....	42	
4.2.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างflow area , conveyance totalและmanning n ในรอบปีการเกิดซ้ำ 5 ปี slope 1:1.75.....	43	
4.2.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างflow area , conveyance totalและmanning n ในรอบปีการเกิดซ้ำ 5 ปี slope 1:2.....	44	

4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างflow area , conveyance totalและmanning n ในรอบปีการเกิดซ้ำ 10 ปี.....	45
4.3.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างflow area , conveyance totalและmanning n ในรอบปีการเกิดซ้ำ 10 ปี slope 1:1.5.....	45
4.3.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างflow area , conveyance totalและmanning n ในรอบปีการเกิดซ้ำ 10 ปีslope 1:1.75.....	46
4.3.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างflow area , conveyance totalและmanning n ในรอบปีการเกิดซ้ำ 10 ปี slope 1:2.....	47
4.4 การประยุกต์กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างflow area , conveyance total และmanning n กับกรณีสมมุติ.....	48
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ.....	51
5.1 สรุปผลตามวัตถุประสงค์.....	51
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	51
ภาคผนวก ก โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วน 1:1.5 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.03.....	52
ภาคผนวก ข โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วน 1:1.5 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.035.....	57
ภาคผนวก ค โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วน 1:1.5 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.04.....	62
ภาคผนวก ง โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วน 1:1.75 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.03.....	67
ภาคผนวก จ โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วน 1:1.75 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.035.....	72
ภาคผนวก ฉ โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วน 1:1.75 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.04.....	77
ภาคผนวก ช โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วน 1:2 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.03.....	82

	หน้า
ภาคผนวก จ โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วน 1:2 ค่า สัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.035.....	87
ภาคผนวก ฉ โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วน 1:2 ค่า สัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.04.....	92
ภาคผนวก ช ตารางเปรียบเทียบข้อมูลปริมาณความสามารถที่ลำน้ำสามารถส่ง ต่อได้ของกรมชลประทานกับโปรแกรมHEC-RASและการปรับปรุงหน้าตัดของ แม่น้ำน้อยน้ำท่ารอบ 2 ปี.....	97

# สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 สัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning ภายในโปรแกรมHEC-RAS.....	10
2.2 ตารางแสดงการคำนวณปริมาณฝน.....	18
2.3 ตารางแสดงปริมาณน้ำท่าสูงสุดในรอบปีนั้นๆ(mm)/(hr).....	19
3.1 ประเภทและที่มาของข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา.....	25
3.2 ตำแหน่งและค่าระดับของรูปตัดแม่น้ำ (หมุด GPS) .....	28
3.3 ตารางเปรียบเทียบข้อมูลปริมาณน้ำที่ส่งต่อของกรมชลประทานเทียบกับ ข้อมูลที่ได้จากโปรแกรม HEC-RAS.....	35



# สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 แผนผังแสดงขั้นตอนการศึกษา.....	4
2.1 แผนที่ตั้งลุ่มแม่น้ำน้อย อัตราส่วนภาพ 1 : 25,000.....	6
2.2 ตำแหน่งสถานีอุทกวิทยาในภาคกลาง, กรมชลประทานอัตราส่วนภาพ 1:50,000 ....	7
2.3 รูปหน้าตัดต่างๆของท่อระบายน้ำ ที่สามารถใช้คำนวณ HEC-RAS.....	14
2.4 หน้าตามยาวของการไหลในทางน้ำเปิดทั่วไป (USACE, 2016) .....	15
2.5 หน้าตัดพลังงานของการไหลในทางน้ำเปิดทั่วไป (USACE, 2016) .....	16
2.6 หน้าตัดโมเมนต์ของการไหลในทางน้ำเปิดทั่วไป (USACE, 2016) .....	17
2.7 ประเทศอินเดีย แม่น้ำตาปี.....	19
2.8 ลักษณะการปรับปรุงหน้าตัดลำน้ำ (04349451E,0933967N) .....	20
2.9 หน้าตัดลำน้ำของแม่น้ำตาปีก่อนและหลังปรับปรุง (04349451E,0933967N).....	20
2.10 การเชื่อมโยงภาพกับข้อมูลลักษณะสัมพันธ์ของชั้นข้อมูลแนวหน้าตัด.....	21
2.11 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำ-ระดับน้ำ ที่ Manning's n Value ต่างๆ กัน เทียบกับ Rating Curve (2553) ของกรมชลประทาน ที่สถานีวัดระดับน้ำ X.181 บ้าน หาร.....	22
2.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของระดับน้ำกับระยะทางแม่น้ำการัน.....	23
2.13 เส้นทางของลำน้ำแม่น้ำบารีโรในโปรแกรม HEC-RAS.....	24
3.1 แผนผังการดำเนินงานวิจัย.....	25
3.2 ขอบเขตของงานวิจัย.....	26
3.3 ขั้นตอนการดำเนินการ.....	29
3.4 หน้าต่างแสดงการสร้างแผนงาน.....	30
3.5 หน้าต่างแสดงการสร้างCross Section .....	30
3.6 หน้าต่างแสดงภาพตัวอย่างรูปหน้าตัดของแม่น้ำน้อยในsta.0+000 .....	31
3.7 หน้าต่างแสดงการสร้างSteady Flow ของทุกสถานี.....	32
3.8 หน้าต่างแสดงการใส่ข้อมูล Boundary Conditions.....	32
3.9 หน้าต่างแสดงการเลือกวิธีการเริ่มเลือกการประมวลผลการไหลแบบสมำเสมอ.....	33
3.10 หน้าต่างแสดงการวิเคราะห์การไหลแบบสมำเสมอ.....	33
3.11 ระดับน้ำรอบปี 2,5,10 ปี ของหน้าตัดแม่น้ำน้อยsta 0+040 ก่อนการปรับ ปรุง.....	35

3.12 ระดับน้ำรอบปี 2,5,10 ปี ของหน้าตัดแม่น้ำน้อยsta 0+040 ปรับปรุงด้วยวิธี เปลี่ยนค่าความลาดชันด้านข้างเป็นอัตราส่วน 1:2.....	36
3.13 ระดับน้ำรอบปี 2,5,10 ปี ของหน้าตัดแม่น้ำน้อยsta 0+040 ปรับปรุงด้วยวิธี เปลี่ยนค่าความลาดชันด้านข้างเป็นอัตราส่วน 1:1.75.....	37
3.14 ระดับน้ำรอบปี 2,5,10 ปี ของหน้าตัดแม่น้ำน้อยsta 0+040 ปรับปรุงด้วยวิธี เปลี่ยนค่าความลาดชันด้านข้างเป็นอัตราส่วน 1:1.5.....	37
3.15 ระดับน้ำรอบปี 2,5,10 ปี ของหน้าตัดแม่น้ำน้อยsta 0+040 ปรับปรุงด้วยวิธี เปลี่ยนค่าความลาดชันด้านข้างเป็นอัตราส่วน 1:2 และสัมประสิทธิ์ค่าแมนนิ่งเป็น 0.03	38
3.16 ระดับน้ำรอบปี 2,5,10 ปี ของหน้าตัดแม่น้ำน้อยsta 0+040 ปรับปรุงด้วยวิธี เปลี่ยนค่าความลาดชันด้านข้างเป็นอัตราส่วน 1:1.75 และค่าสัมประสิทธิ์แมนนิ่ง 0.03	39
3.17 ระดับน้ำรอบปี 2,5,10 ปี ของหน้าตัดแม่น้ำน้อยsta 0+040 ปรับปรุงด้วยวิธี เปลี่ยนค่าความลาดชันด้านข้างเป็นอัตราส่วน 1:1.5 และค่าสัมประสิทธิ์แมนนิ่ง 0.03	39
3.18 ระดับน้ำรอบปี 2,5,10 ปี ของหน้าตัดแม่น้ำน้อยsta 0+040 ปรับปรุงด้วยวิธี เปลี่ยนค่าความลาดชันด้านข้างเป็นอัตราส่วน 1:2 และค่าสัมประสิทธิ์แมนนิ่ง 0.04	40
3.19 ระดับน้ำรอบปี 2,5,10 ปี ของหน้าตัดแม่น้ำน้อยsta 0+040 ปรับปรุงด้วยวิธี เปลี่ยนค่าความลาดชันด้านข้างเป็นอัตราส่วน 1:1.75 และค่าสัมประสิทธิ์แมนนิ่ง 0.04	41
3.20 ระดับน้ำรอบปี 2,5,10 ปี ของหน้าตัดแม่น้ำน้อยsta 0+040 ปรับปรุงด้วยวิธี เปลี่ยนค่าความลาดชันด้านข้างเป็นอัตราส่วน 1:1.5 และค่าสัมประสิทธิ์แมนนิ่ง 0.04	41
4.1 แผนผังการดำเนินงานวิจัย .....	44
4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างflow area , conveyance totalและmannings n ในรอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี slope 1:1.5.....	46
4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างflow area , conveyance totalและmannings n ในรอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี slope 1:1.75 .....	47
4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างflow area , conveyance totalและmannings n ในรอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี slope 1:2.....	48
4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างflow area , conveyance totalและmannings n ในรอบปีการเกิดซ้ำ 5 ปี slope 1:1.5.....	49
4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างflow area , conveyance totalและmannings n ในรอบปีการเกิดซ้ำ 5 ปี slope 1:1.75.....	50
4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างflow area , conveyance totalและmannings n ในรอบปีการเกิดซ้ำ 5 ปี slope 1:2.....	51
4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างflow area , conveyance totalและmannings n ในรอบปีการเกิดซ้ำ 10 ปี slope 1:1.5.....	52

4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างflow area , conveyance totalและmanning n ในรอบปีการเกิดซ้ำ 10 ปี slope 1:1.75.....	53
4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างflow area , conveyance totalและmanning n ในรอบปีการเกิดซ้ำ 10 ปี slope 1:2.....	54
ก1 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วน 1:1.5 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.03 ที่สถานี กม. 0+040.....	
ก2 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วน 1:1.5 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.03 ที่สถานี กม. 0+446.....	55
ก3 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วน 1:1.5 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.03 ที่สถานี กม. 0+995.....	56
ก4 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วน 1:1.5 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.03 ที่สถานี กม. 2+080.....	56
ก5 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วน 1:1.5 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.03 ที่สถานี กม. 2+505.....	57
ก6 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วน 1:1.5 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.03 ที่สถานี กม. 4+081.....	57
ก7 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วน 1:1.5 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.03 ที่สถานี กม. 4+120.....	58
	58
ก8 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วน 1:1.5 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.03 ที่สถานี กม. 5+033.....	59
ก9 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วน 1:1.5 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.03 ที่สถานี กม. 5+921.....	59
ก10 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วน 1:1.5 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.03 ที่สถานี กม. 6+035.....	60
ข1 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วน 1:1.5 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.035 ที่สถานี กม. 0+040.....	60
ข2 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วน 1:1.5 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.035 ที่สถานี กม. 0+446.....	61
ข3 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วน 1:1.5 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.035 ที่สถานี กม. 0+995.....	61
ข4 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วน 1:1.5 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.035 ที่สถานี กม. 2+080.....	62









ซ9 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วน 1:2 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.035 ที่ สถานี กม. 5+921.....	95
ซ10 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วน 1:2 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.035 ที่สถานี กม. 6+035.....	95
ฅ1 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วน 1:2 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.04 ที่ สถานี กม. 0+040.....	96
ฅ2 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วน 1:2 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.04 ที่ สถานี กม. 0+446.....	96
ฅ3 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วน 1:2 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.04 ที่ สถานี กม. 0+995.....	97
ฅ4 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วน 1:2 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.04 ที่ สถานี กม. 2+080.....	97
ฅ5 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วน 1:2 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.04 ที่ สถานี กม. 2+505.....	98
ฅ6 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วน 1:2 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.04 ที่ สถานี กม. 4+081.....	98
ฅ7 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วน 1:2 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.04 ที่ สถานี กม. 4+120.....	99
ฅ8 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วน 1:2 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.04 ที่ สถานี กม. 5+033.....	99
ฅ9 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วน 1:2 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.04 ที่ สถานี กม. 5+921.....	100
ฅ10 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วน 1:2 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.04 ที่สถานี กม. 6+035.....	100
ญ1 เปรียบเทียบค่าconveyance total (cms)ของทั้งกรมชลประทาน ในโปรแกรม HEC-RAS และการปรับปรุงค่าความลาดชันด้านข้าง 1:1.5 ค่าสัมประสิทธิ์แมนนิ่ง = 0.03.....	101
ญ2 เปรียบเทียบค่าconveyance total (cms)ของทั้งกรมชลประทาน ในโปรแกรม HEC-RAS และการปรับปรุงค่าความลาดชันด้านข้าง 1:1.5 ค่าสัมประสิทธิ์แมนนิ่ง = 0.035.....	102
ญ3 เปรียบเทียบค่าconveyance total (cms)ของทั้งกรมชลประทาน ในโปรแกรม HEC-RAS และการปรับปรุงค่าความลาดชันด้านข้าง 1:1.5 ค่าสัมประสิทธิ์แมนนิ่ง = 0.04.....	103

<p>ญ4 เปรียบเทียบค่าconveyance total (cms)ของทั้งกรมชลประทาน ในโปรแกรม HEC-RAS และการปรับปรุงค่าความลาดชันด้านข้าง 1:1.75 ค่าสัมประสิทธิ์แมนนิง = 0.03.....</p>	104
<p>ญ5 เปรียบเทียบค่าconveyance total (cms)ของทั้งกรมชลประทาน ในโปรแกรม HEC-RAS และการปรับปรุงค่าความลาดชันด้านข้าง 1:1.75 ค่าสัมประสิทธิ์แมนนิง = 0.035.....</p>	105
<p>ญ6 เปรียบเทียบค่าconveyance total (cms)ของทั้งกรมชลประทาน ในโปรแกรม HEC-RAS และการปรับปรุงค่าความลาดชันด้านข้าง 1:1.75 ค่าสัมประสิทธิ์แมนนิง = 0.04.....</p>	106
<p>ญ7 เปรียบเทียบค่าconveyance total (cms)ของทั้งกรมชลประทาน ในโปรแกรม HEC-RAS และการปรับปรุงค่าความลาดชันด้านข้าง 1:2 ค่าสัมประสิทธิ์แมนนิง = 0.03.....</p>	107
<p>ญ8 เปรียบเทียบค่าconveyance total (cms)ของทั้งกรมชลประทาน ในโปรแกรม HEC-RAS และการปรับปรุงค่าความลาดชันด้านข้าง 1:2 ค่าสัมประสิทธิ์แมนนิง = 0.035.....</p>	108
<p>ญ9 เปรียบเทียบค่าconveyance total (cms)ของทั้งกรมชลประทาน ในโปรแกรม HEC-RAS และการปรับปรุงค่าความลาดชันด้านข้าง 1:2 ค่าสัมประสิทธิ์แมนนิง = 0.04.....</p>	109

## บทที่ 1 บทนำ

### 1.1 กล่าวนำ

แม่น้ำน้อยเป็นแม่น้ำสายที่แยกตัวออกจากแม่น้ำเจ้าพระยา และเป็นแม่น้ำสายที่ไหลผ่านจังหวัดหลายจังหวัด อีกทั้งยังเป็นแหล่งทรัพยากรธรรมชาติที่ค่อนข้างอุดมสมบูรณ์ มีขนาดใหญ่ ทั้งยังมีทัศนียภาพที่น่าสนใจและยังมีวัฒนธรรมที่เป็นเอกลักษณ์ริมสองฝั่งแม่น้ำ โดยแม่น้ำน้อยมีคุณประโยชน์มากมายได้แก่ 1. ด้านเกษตรกรรม 2. การประมง 3. การคมนาคมขนส่ง และอื่นๆอีกมากมาย นอกจากนี้ในอนาคตข้างหน้าจะมีการก่อสร้างมากมายเกิดขึ้นริมแม่น้ำน้อยเพื่อช่วยเหลืออำนวยความสะดวกมากขึ้นในด้านต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นด้านการคมนาคมขนส่ง ซึ่งทำให้แม่น้ำน้อยเป็นที่สนใจและเป็นจุดที่ไหลผ่านจังหวัดชัยนาท จังหวัดสิงห์บุรี จังหวัดอ่างทอง และจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ผู้จัดทำได้เล็งเห็นว่าการส่งน้ำของแม่น้ำน้อยส่งผลกระทบต่อเกษตร และการอุปโภคบริโภค จึงต้องการเพิ่มความสามารถในการส่งน้ำในแม่น้ำให้มากขึ้นด้วยการปรับปรุงช่องทางการไหลของน้ำ เพื่อประโยชน์ในอนาคต

### 1.2 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ในปัจจุบันพื้นที่ในเขตแม่น้ำน้อยเป็นพื้นที่มีลักษณะลำน้ำเป็นแบบดินในช่วงต้นของลำน้ำ ในช่วงต้นของลำน้ำน้อยยังไม่เคยมีการปรับปรุงมาก่อน ประกอบกับการส่งน้ำในพื้นที่ยังไม่เพียงพอเพื่อความเหมาะสมผู้จัดทำจึงได้ปรับปรุงลำน้ำพื้นที่ให้ลำน้ำมีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติในการส่งน้ำได้มากขึ้น ซึ่งผู้จัดทำได้เลือกในช่วงต้นของแม่น้ำน้อยเนื่องจากพื้นที่ในช่วงต้นของแม่น้ำน้อยเป็นช่วงที่สามารถปรับปรุงและเกิดประโยชน์ต่อพื้นที่มากที่สุดในการส่งต่อน้ำในพื้นที่ เนื่องจากในพื้นที่แม่น้ำน้อยเคยปริมาณน้ำที่ใช้ในงานการเกษตรการอุปโภคในพื้นที่ไม่เพียงพอ โปรแกรมที่นำมาใช้ในการตรวจสอบและออกแบบในพื้นที่คือโปรแกรม HEC-RAS เพื่อจะจำลองพื้นที่เปรียบเทียบสภาพพื้นที่เพื่อดำเนินการปรับปรุงพื้นที่จากโปรแกรม และสามารถหาปริมาณน้ำสูงสุดเพื่อให้ทราบได้ว่าจะจัดสรรทรัพยากรอย่างไร เพื่อประโยชน์สูงสุดของประชาชนในพื้นที่แม่น้ำน้อย โดยที่HEC-RAS เป็นโปรแกรมที่ได้รับการพัฒนาจากสถาบัน U.S. Army Corps of Engineers ซึ่งสามารถใช้งานได้กับการหาระดับผิวน้ำ,เส้นทางการไหลของลำน้ำ(Water Surface Elevation, Flood Plain, Floodway) และข้อมูลด้านอุทกศาสตร์อื่น ๆ ของทางน้ำธรรมชาติและที่มนุษย์สร้างขึ้น โปรแกรม HEC-RAS เป็นซอฟต์แวร์ที่สามารถใช้ในการวิเคราะห์ได้กว้างขวาง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง

1. การคำนวณหาระดับผิวน้ำของลำน้ำธรรมชาติหรือทางน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น
2. การหาขอบเขตแนวน้ำท่วม
3. การวิเคราะห์หาผลกระทบทางชลศาสตร์ของอาคารเดิม และ อาคารที่จะสร้างเพิ่มเติมแนวตัดถนน เช่น สะพาน และ ท่อลอด
4. การวิเคราะห์ทางชลศาสตร์ของการปรับปรุงทางน้ำ

HEC-RAS ยังมีความสามารถซึ่งมีประโยชน์กับสภาพการไหลแบบต่าง ๆ เช่นการวิเคราะห์การไหลบริเวณทางแยกลำน้ำ การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ของ Manning การคำนวณหาข้อมูลของ Storage Routing การวิเคราะห์การไหลแบบ Supercritical และ การแสดงผลแนวน้ำท่วมแต่อย่างไรก็ตาม HEC-RAS ย่อมมีขีดจำกัดหลายอย่างดังนี้

1. การวิเคราะห์การไหลจะพิจารณาที่ละแนวตัดขวาง (Single Cross Section)
2. ข้อมูล และ ผลลัพธ์ที่จำเป็นต้องใช้วิจารณ์ของวิศวกรช่วยในการตัดสินใจ
3. ใช้กับการไหลแบบ Steady และ Gradually Varied Flow เท่านั้น
4. การไหลแบบมิติเดียวและสองมิติ โดยสมมติว่าแนวการไหลเกิดขนานกับเส้นกึ่งกลางลำน้ำ
5. ความลาดเอียงของลำน้ำต้องน้อยกว่า 10 %
6. ไม่สามารถใช้กับการไหลแบบ Critical Flow หากจาเป็นอาจแยกการไหลออกเป็น Subcritical และ Supercritical Flow
7. ออกแบบเพื่อการใช้ในลำน้ำเปิด จึงไม่เหมาะสมกับการวิเคราะห์ไหลในท่อลอดภายใต้ความดันซึ่งท่มีความยาวมาก
8. ขอบเขตการไหลคงที่ระหว่างการวิเคราะห์ โดยไม่คำนึงถึงการกัดเซาะและการตกตะกอน

### 1.3 วัตถุประสงค์การศึกษา

1. เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่ส่งต่อเดิมของแม่น้ำน้อย นำข้อมูลมาใช้ในการหาการปรับปรุงที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมโดยรอบแม่น้ำน้อยที่สุด เพื่อเป็นแนวทางในการจัดให้มีการปรับปรุงลักษณะแม่น้ำน้อยให้มีปริมาณน้ำที่ส่งต่อเพียงพอกับความต้องการกับพื้นที่ต่อกรมชลประทานต่อไป
2. เพื่อเสนอรูปแบบการปรับปรุงลักษณะแม่น้ำน้อย โดยผู้วิจัยได้กำหนดรอบปีการเกิดซ้ำของน้ำท่าแม่น้ำน้อย, ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระที่ต่างกัน และค่าความลาดชันด้านข้าง (side slope) ที่แตกต่างกัน
3. เพื่อสร้างกราฟสรุปแบบจำลองของการปรับลักษณะของแม่น้ำน้อย ที่สามารถอธิบายพฤติกรรมทางเลือกใช้รูปแบบการปรับปรุงแม่น้ำน้อยลักษณะต่างๆ ในอนาคต

### 1.4 ขอบเขตการศึกษา

1. ขอบเขตการศึกษาด้านพื้นที่อยู่ในแม่น้ำน้อย ที่แยกตัวออกจากแม่น้ำเจ้าพระยาซึ่งเป็นแม่น้ำที่ไหลผ่านจังหวัดชัยนาท ถึง จังหวัดสิงห์บุรี ความยาวทั้งหมด 6,035 กม.
2. ขอบเขตด้านข้อมูล ข้อมูลที่นำมาใช้ นำมาจากข้อมูลกรมชลประทาน กรมทรัพยากรน้ำ กรมอุตุนิยมวิทยา กรมธรณีวิทยา ฯลฯ รวมทั้งข้อมูลเก็บจากพื้นที่จริง
3. ขอบเขตด้านกระบวนการวิจัย อยู่ในช่วงแม่น้ำน้อย กม.0+000 ถึง กม 6+035

### 1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

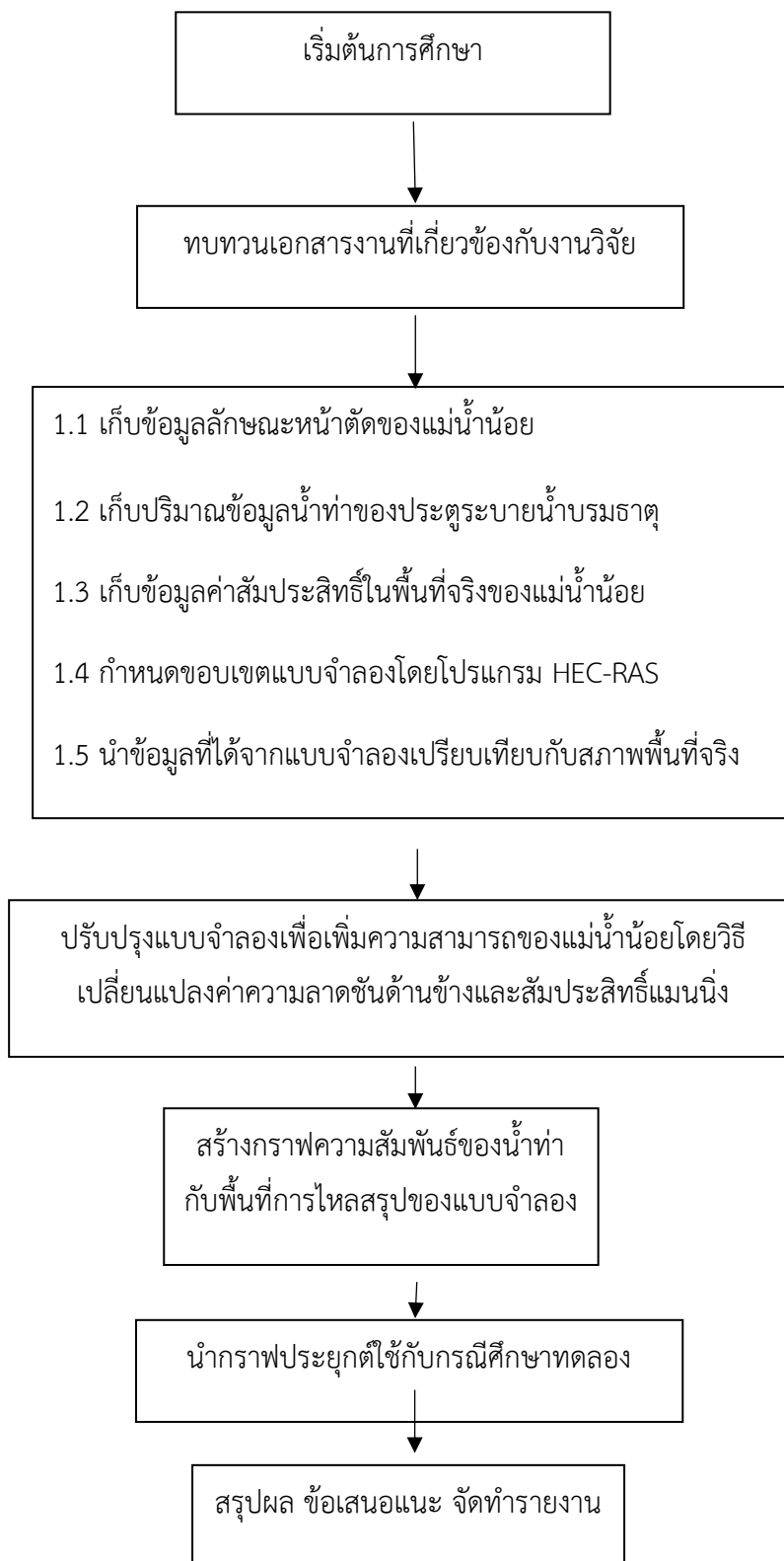
1. กำหนดขอบเขตหรือช่วงการศึกษา
2. รวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาสร้างแบบจำลอง
3. ศึกษาหลักการทำงานของโปรแกรม HEC-RAS โดยจะขึ้นอยู่กับหลายตัวแปร เช่น ข้อมูลอุทกธรณีวิทยา ข้อมูลระดับน้ำ เป็นต้น
4. ปรับค่าตัวแปรและเปรียบเทียบข้อมูล
5. คาดคะเนความเป็นไปได้ของข้อมูล
6. รวบรวมผลการทดลอง

## 7.วิเคราะห์ และสรุปผลการทดลอง

### 1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.สามารถรู้ความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นต่อพื้นที่การไหล ในบริเวณที่ศึกษาเพื่อคาดคะเนความเหมาะสมกับแม่น้ำน้อยได้

2.สามารถนำไปวิเคราะห์ผลที่จะเกิดกับแนวคิดที่ใช้ในการจัดสรรทรัพยากรน้ำเพื่อปรับเปลี่ยนแนวคิดให้มีความเหมาะสม และได้รับผลกระทบน้อยที่สุด



รูปที่ 1.1 แผนผังแสดงขั้นตอนการศึกษา

## บทที่ 2

# วรรณกรรมปริทัศน์

### 2.1 บทนำ

เป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่าแม่น้ำเจ้าพระยาเป็นแม่น้ำสำคัญที่อยู่ในภาคกลางซึ่งมีแม่น้ำสาขาที่แยกออกจากแม่น้ำเจ้าพระยาอีกสายหนึ่งมีชื่อว่าแม่น้ำน้อยซึ่งเป็นแม่น้ำที่ไหลผ่านจังหวัดชัยนาท จังหวัดสิงห์บุรี จังหวัดอ่างทอง และจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ซึ่งเป็นแม่น้ำที่มีความอุดมสมบูรณ์ มีขนาดใหญ่และมีทัศนียภาพที่สวยงาม และในปัจจุบันพื้นที่โดยรอบของแม่น้ำน้อยมีสภาพเสื่อมโทรม เนื่องจากการสะสมของตะกอนดิน การหมักของขยะ จึงเป็นผลที่ทำให้พื้นที่ที่สามารถส่งน้ำไปเพื่อบำบัดน้ำเสีย การเกษตร การอุตสาหกรรม ได้ปริมาณที่ลดน้อยลง ทำให้พื้นที่การปรับปรุงแม่น้ำน้อยเป็นความจำเป็นต่อผู้ที่ดำเนินการปรับปรุงพื้นที่ที่สามารถ ตรวจสอบและสามารถคำนวณปริมาณน้ำได้เหมาะสมและเพียงพอกับความจำเป็นในช่วงเวลานั้นๆ การปรับปรุงจะปรับทั้งทางด้านข้าง ด้านล่าง และปรับปรุงสัมประสิทธิ์ความขรุขระ เพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับการใช้งาน

งานวิจัยครั้งนี้จะศึกษาเกี่ยวกับแบบจำลองการไหลของน้ำผิวดินโดยอาศัยแบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-RAS เพื่อใช้ในการวิเคราะห์และเปรียบเทียบ การไหลของน้ำผิวดินในบริเวณที่มีโครงการเกิดขึ้นในอนาคต

แบบจำลองคณิตศาสตร์ HEC-RAS พัฒนามาเพื่อการวิเคราะห์ด้านชลศาสตร์การไหลในลำน้ำ มีความสามารถในการจำลองการไหลแบบ 1 มิติและ 2 มิติ ตรวจสอบสภาพการไหลแบบไฮโดรไดนามิกส์ (Hydrodynamics) สร้างแบบจำลองการไหล ได้ทั้งแบบ Steady Flow และ Unsteady Flow ตรวจสอบวิเคราะห์ การเคลื่อนตัวของน้ำท่วม (Flood Routing) ผลกระทบจากอาคารชลศาสตร์ และสามารถนำเสนอสภาพการไหลได้ในรูปแบบต่างๆพร้อมผลการคำนวณในมิติต่างๆได้อย่างมีประสิทธิภาพ การจำลองระบบน้ำผิวดินในการศึกษาครั้งนี้เพื่อเป็นการวิเคราะห์น้ำบริเวณในพื้นที่แม่น้ำน้อย

### 2.2 ข้อมูลเบื้องต้นของพื้นที่ลุ่มแม่น้ำน้อย

แม่น้ำน้อยเป็นแม่น้ำสาขาแยกจากแม่น้ำเจ้าพระยาที่ชุมชนปากแพรก อำเภอเมือง จังหวัดชัยนาท เป็นแม่น้ำสายเล็ก ๆ ที่ไหลผ่านอำเภอบางระจัน, อำเภอกำแพงแสน และอำเภอท่าช้าง จังหวัดสิงห์บุรี ไหลผ่านจังหวัดอ่างทอง, จังหวัดพระนครศรีอยุธยา แล้วไปรวมกับแม่น้ำเจ้าพระยาอีกครั้งที่อำเภอบางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ดังรูปที่ 2.1

ลักษณะลุ่มน้ำวางตัวตามแนวเหนือ-ใต้ แม่น้ำน้อยมีความยาวทั้งสิ้น 145 กิโลเมตร ความกว้างประมาณ 80 เมตร มีน้ำตลอดทั้งปี มีชื่อเรียกต่างกันตามท้องถิ่น เช่น ตอนที่อยู่เหนืออำเภอเสนา

จังหวัดพระนครศรีอยุธยาเรียกว่า "คลองสีกุก" หรือ"แควสีกุก" หรือตอนที่ไหลผ่านอำเภอผักไห่ จังหวัดพระนครศรีอยุธยาเช่นกัน เรียกว่า "แม่น้ำแควผักไห่" เป็นต้น และยังมีแควสาขาเป็นคลองสายต่าง ๆ ที่ไหลและแยกตัวกันอีก เช่น คลองบางปลากรด, คลองศาลาแดง, คลองไชโย เป็นต้น



รูปที่ 2.1 แผนที่ตั้งลุ่มแม่น้ำน้อย

จากรูปที่ 2.1 เป็นรูปที่นำมาจากโครงการศึกษาและออกแบบเพื่อป้องกันการพังทลายของตึ้งริมแม่น้ำน้อย ของกรมโยธาธิการและผังเมือง ซึ่งได้จัดทำในพ.ศ.2560 ซึ่งพื้นที่ได้กั้นการตรวจสอบตั้งแต่จุดเริ่มต้นที่จังหวัดชัยนาท ซึ่งเป็นจุดของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบรมธาตุ กรมชลประทาน ชัยนาท และจุดสิ้นสุดที่จุดเชื่อมแม่น้ำเจ้าพระยาที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ในผู้จัดทำได้ดำเนินการทดสอบในช่วงที่จุดเริ่มต้นของโครงการจนถึงจุดเชื่อมต่อจากจังหวัดชัยนาทไปจังหวัดสิงห์บุรี มี



$$v = \frac{2}{3} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad \text{ระบบเมตริก} \quad (2.1)$$

$$v = \frac{1.49}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad \text{ระบบอังกฤษ} \quad (2.2)$$

เมื่อ

$v$  = ค่าความเร็วเฉลี่ย เมตร/วินาที

$n$  = ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของท้องน้ำ

$R$  = ค่ารัศมีชลศาสตร์ที่หาได้จากค่า  $\frac{A}{P}$  เมตร

$A$  = พื้นที่ตัดลำน้ำ ตารางเมตร

$P$  = ความยาวเส้นขอบเปียก เมตร

$S$  = ความลาดชันผิวน้ำ

โดยที่ พื้นที่รูปตัด เส้นขอบเปียกและความลาดชันผิวน้ำ หาได้จากการสำรวจภายหลังที่ปริมาณน้ำสูงสุดผ่านไปแล้ว ซึ่งสังเกตได้จากคราบของระดับน้ำสูงสุด

### 2.3.2 หลักการประเมินค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ ( $n$ )

จากการวิจัยพบว่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการและปัจจัยเหล่านี้ยังมีความสัมพันธ์เกี่ยวเนื่องกันอีกด้วย ซึ่งปัจจัยต่างๆ มีดังต่อไปนี้

1. ความขรุขระของผิวน้ำทางน้ำ ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดและรูปร่างของวัสดุที่นำมาใช้สร้างผิวน้ำทางน้ำ โดยวัสดุที่มีเม็ดละเอียดก็จะให้ค่า  $n$  ต่ำ และวัสดุที่มีเม็ดหยาบก็จะให้ค่า  $n$  สูง ความขรุขระของผิวน้ำทางน้ำเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดค่า  $n$

2. พืชที่ขึ้นปกคลุมทางน้ำ เช่น หญ้า ซึ่งจะมีผลทำให้เกิดการต้านการไหลและจะลดอัตราการไหล ผลของพืชที่ขึ้นปกคลุมจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ ความสูง ความหนาแน่น การกระจายและชนิดของพืช

3. ความไม่สม่ำเสมอของทางน้ำ ในทางน้ำธรรมชาติความไม่สม่ำเสมอของทางน้ำจะเกิดขึ้นจากหาดทราย หลุมและบ่อในท้องคลอง เป็นต้น จากการวิจัยพบว่า ถ้าทางน้ำนั้นค่อยๆ เปลี่ยนแปลงทีละน้อยอย่างสม่ำเสมอไม่ว่าการเปลี่ยนแปลงนั้นจะเป็นการเปลี่ยนแปลงขนาดรูปร่างหรือหน้าตัดการไหล จะไม่มีผลกระทบต่อค่า  $n$  มากนัก แต่ถ้าการเปลี่ยนแปลงนั้นเป็นการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันก็จะมีผลกระทบต่อค่า  $n$  อย่างมาก

4. แนวทางน้ำ ทางน้ำที่มีรัศมีส่วนโค้งของแนวทางน้ำมากและส่วนโค้งนั้น ราบเรียบจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า  $n$  น้อยมาก แต่ถ้าทางน้ำนั้นมีรัศมีส่วนโค้งของแนวทางน้ำน้อยหรือเป็นโค้งหักข้อศอก จะทำให้ค่า  $n$  มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมากซึ่งบางครั้งอาจจะเพิ่มค่า  $n$  ได้ถึง 30% นายสโคบี

(Scobey) ได้ทำการทดลองในรางน้ำ (flume) พบว่า  $n$  จะมีค่าเพิ่มขึ้น 0.001 ถ้ารางน้ำเป็ยงเบนไปเป็นมุม 20 องศาและความยาวของรางน้ำ 30 เมตร

5. การกีดเซาะและการตกตะกอน จากการทดลองพบว่า การตกตะกอนจะทำให้ทางน้ำที่ไม่สม่ำเสมอเปลี่ยนมาเสมอตันเสมอปลายและค่า  $n$  จะลดลงในทางตรงกันข้าม ถ้าเกิดการกีดเซาะก็จะทำให้ทางน้ำไม่สม่ำเสมอและค่าของ  $n$  จะเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม การตกตะกอนจะขึ้นอยู่กับขนาดและชนิดของวัสดุที่ปะปนกับน้ำและทำให้ลักษณะการตกตะกอนแตกต่างกัน เช่น การตะกอนทำให้เกิดสันทรายก็จะเพิ่มค่า  $n$  เป็นต้น

6. สิ่งกีดขวาง สิ่งกีดขวางทางน้ำ เช่น ตอหม้อสะพาน จะทำให้  $n$  มีค่าเพิ่มขึ้น การเพิ่มค่า  $n$  จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิด ขนาด รูปร่าง ปริมาณและการจัดวางตัวของสิ่งกีดขวาง

7. ความลึกการไหลและอัตราการไหล โดยทั่วไปทางน้ำจะมีค่า  $n$  ลดลง เมื่อความลึกการไหลและอัตราการไหลมีค่ามากขึ้น ที่เป็นเช่นนี้อธิบายได้ว่า เมื่อทางน้ำมีความลึกการไหลน้อย ความไม่สม่ำเสมอของท้องคลองจะทำให้มีบางส่วนของดินไหลขึ้นมาทำให้  $n$  มีค่ามากอย่างไรก็ตาม ทางน้ำอาจจะมีค่า  $n$  เพิ่มขึ้น เมื่อความลึกการไหลและอัตราการไหลมีค่ามากขึ้นก็ได้ ถ้าลาดตลิ่งของทางน้ำขรุขระ และมีหญ้าขึ้นรกรุงรัง

ตารางที่ 2.1 สัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning ภายในโปรแกรมHEC-RAS

ชนิดและลักษณะทางน้ำ	ต่ำสุด	ปานกลาง	สูงสุด
1.ทางน้ำธรรมชาติ			
1.1 ลำน้ำย่อย (ความกว้างผิวน้ำที่เกิดอุทกภัย 100 ฟุต)			
1.1.1 ลำน้ำบนที่ราบ	0.025	0.030	0.033
1.1.1.1 สะอาด ตรง ระดับสูง ไม่มีแยกและบ่อลึกลับ	0.030	0.035	0.040
1.1.1.2 เหมือนข้อแรกแต่มีหินและวัชพืชมากกว่า	0.033	0.040	0.045
1.1.1.3 สะอาด คดเคี้ยว มีบ่อและแก่งไต้้น้ำ	0.035	0.045	0.050
1.1.1.4 เหมือนข้อ 1.1.1.3 แต่มีวัชพืชและหิน	0.035	0.045	0.050
1.1.1.5 เหมือนข้อ 1.1.1.4 แต่ระดับต่ำกว่าความลาดเท และรูปตัดไม่แน่นอน	0.040	0.048	0.055
1.1.1.6 เหมือนข้อ 1.1.1.4 แต่มีหินมากกว่า	0.045	0.050	0.060
1.1.1.4 ช่วงที่ไหลช้า วัชพืช บ่อลึกลับ	0.050	0.070	0.080
1.1.1.5 ช่วงที่มีวัชพืชมาก บ่อลึกลับหรือทางอุทกภัยที่มีต้นไม้	0.075	0.100	0.150
1.1.2 ลำน้ำในหุบเขาไม่มีวัชพืชในทางน้ำ ตลิ่งลาดชัน ต้นไม้และพุ่มไม้ตามตลิ่งอยู่ไต้้น้ำที่ระดับการไหลสูง			
1.1.2.1 ก้น : กรวด ก้อนหิน และหินก้อนใหญ่ๆ เล็กน้อย	0.030	0.040	0.050
1.1.2.2 ก้น : ก้อนหิน หินก้อนใหญ่ กว่าข้อแรก	0.040	0.050	0.070
1.2 ทางที่มีพืช			
1.2.1 พุ่มหญ้า ไม่มีพุ่มไม้			
1.2.1.1 หญ้าสั้น	0.025	0.030	0.035
1.2.1.2 หญ้ายาว	0.030	0.035	0.050
1.2.2 พื้นที่เพาะปลูก			
1.2.2.1 ไม่มีพืช	0.020	0.030	0.040
1.2.2.2 พืชเป็นแถวที่แก่	0.025	0.035	0.045
1.2.2.3 พืชไร่ที่แก่	0.030	0.040	0.050

ตารางที่ 2.1 (ต่อ) สัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning ภายในโปรแกรมHEC-RAS

ชนิดและลักษณะทางน้ำ	ต่ำสุด	ปานกลาง	สูงสุด
1.2.3 ไม้พุ่ม			
1.2.3.1 ไม้พุ่มกระจัดกระจาย วัชพืชขึ้นหนา	0.035	0.050	0.070
1.2.4 ต้นไม้			
1.2.4.1 พื้นทีว่างเปล่ามีต่อไม้ไม่มีหน่อ	0.030	0.040	0.050
1.2.4.2 เหมือนข้อ1.2.4.1 แต่มีหน่อมาก	0.050	0.060	0.080
1.2.4.3 มีไม้ยืนต้นมาก มีไม้ล้มน้อย ต้นเล็กเล็กน้อย			
ระดับน้ำต่ำกว่ากิ่งก้าน	0.080	0.100	0.120
1.2.4.4 เหมือนข้อ 1.2.4.3 แต่ระดับน้ำถึงกิ่งก้าน	0.100	0.120	0.160
1.3 ลำน้ำหลัก (ผิวน้ำเมื่อเกิดอุทกภัยกว้าง 100 ฟุต)			
ค่าน้อยกว่าลำน้ำย่อยที่มีลักษณะเหมือนกัน			
1.3.1 รูปตัดสมมาตร ไม่มีก้อนหินหรือไม้พุ่ม	0.025		0.060
1.3.2 ไม่สมมาตร และรูปตัดขรุขระ	0.035		0.100

## 2.4 แบบจำลองทางชลศาสตร์ HEC – RAS

### 2.4.1 หลักการของแบบจำลองทางชลศาสตร์ HEC-RAS

สำหรับแบบจำลองทางชลศาสตร์ของ US Army Corp of Engineer ที่เกี่ยวข้องกับการหา หน้าข้างการไหลของน้ำ (Water Surface Profile) แต่เดิมใช้แบบจำลอง HEC-RAS ซึ่งเขียนด้วยภาษา ฟอรัทแรน(fortran) (ปริวรรต,2550)

โดยที่โปรแกรม HEC-RAS เป็นซอฟต์แวร์ที่สามารถใช้ในการวิเคราะห์ที่ได้กว้างขวาง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง

1. การคำนวณหาระดับผิวน้ำของลำน้ำธรรมชาติหรือทางน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น
2. การหาขอบเขตแนวน้ำท่วม
3. การวิเคราะห์ผลกระทบทางชลศาสตร์ของอาคารเดิม และอาคารที่จะสร้างเพิ่มเติม แนวตัดถนน เช่น สะพานและท่อลอด
4. การวิเคราะห์ทางชลศาสตร์ของการปรับปรุงทางน้ำ

นอกจากนี้ HEC-RAS ยังมีความสามารถซึ่งมีประโยชน์กับสภาพการไหลแบบต่าง ๆ เช่น การวิเคราะห์การไหลบริเวณทางแยกลำน้ำ การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ของ Manning การคำนวณหาข้อมูลของ Storage Routing การวิเคราะห์การไหลแบบ Supercritical และ การแสดงผลแนวน้ำท่วม

แต่อย่างไรก็ตาม HEC-RAS ย่อมมีขีดจำกัดหลายอย่างดังนี้

1. การวิเคราะห์การไหลจะพิจารณาที่ละแนวตัดขวาง (Single Cross Section)
2. ข้อมูล และผลลัพธ์ที่จำต้องใช้วิจารณ์ญาณของวิศวกรช่วยในการตัดสินใจ
3. ใช้กับการไหลแบบ Steady และ Gradually Varied Flow เท่านั้น
4. ความลาดเอียงของลาน้ำต้องน้อยกว่า 10 %
5. ไม่สามารถใช้กับการไหลแบบ Critical Flow หากจำเป็นอาจแยกการไหลออกเป็น Subcritical และ Supercritical Flow
6. ออกแบบเพื่อการใช้ในลำน้ำเปิด จึงไม่เหมาะสมกับการวิเคราะห์ไหลในท่อลอดภายใต้ความดันซึ่งท่อมีความยาวมาก
7. ขอบเขตการไหลคงที่ระหว่างการวิเคราะห์ โดยไม่คำนึงถึงการกัดเซาะและการตกตะกอน

ดังนั้นจะกล่าวถึงกระบวนการทำงานของ HEC-RAS นั้นประกอบด้วยกระบวนการ 3 ส่วนใหญ่ ๆ คือ การนำเข้าข้อมูล (Input) การประมวลผล (Processing) และ การแสดงผล (Output) เพื่อนำผลที่ได้มาประเมินความเป็นไปได้ตามความเหมาะสมในงานที่จะนำไปประยุกต์ใช้นั้น ๆ

ในการคำนวณการไหลของพื้นผิวน้ำที่คงที่การไหลที่ผันแปรที่ละน้อยในช่องทางธรรมชาติ และมนุษย์ประดิษฐ์ขึ้นโดยใช้พื้นฐานวิธีขั้นตอนมาตรฐานกับโปรแกรมนี้ในการคำนวณการเปลี่ยนแปลงระดับผิวน้ำระหว่างรูปหน้าตัดที่ใกล้เคียงกันสามารถแบบจำลองได้ทั้งการไหลแบบได้วิกฤต และเหนือวิกฤตยังรวมผลของระดับผิวน้ำ เนื่องการขัดขวางทางเดินของการไหล เช่น สะพาน ท่อลอด ฝาย และอาคารที่ตั้งอยู่ในทุ่งน้ำนอง วิธีการทำนายใช้พื้นฐานของสมมติฐานดังต่อไปนี้การไหลที่คงที่ผันแปรที่ละมิติเดียว (One Dimension Steady Gradually Varied Flow) ค่าเฉลี่ยความลาดเนื่องจากแรงเสียดทานสมมติว่ามีค่าคงที่ระหว่างรูปตัด ข้างเคียง และภาวะขอบเขตที่ยึดแน่น (ไม่มีการกัดเซาะ และ ตกตะกอน) ซึ่งโปรแกรม HEC - 2 มี รูปแบบการรับเข้าของข้อมูล (Input Data) ที่ยุ่งยาก ต่อมาได้มีการพัฒนาเป็น HEC - RAS ให้ใช้งาน ได้ง่ายขึ้นโดยใช้งานร่วมกับโปรแกรมสำเร็จรูป Windows 3.1 และ พัฒนามาเรื่อยๆ จนมาใช้กับ Window XP แต่หลักการการคำนวณยังคงเหมือนเดิม ซึ่งอาศัยหลักการพลังงานคือ

$$WS_2 + K_2 V_2^2 = \frac{WS_1}{2g} + \frac{K_1 V_1}{2g} + h_e \quad (2.3)$$

$$h_e = LS_f + C \left( \frac{K_2 V_2^2}{2g} + \frac{K_1 V_1^2}{2g} \right) \quad (2.4)$$

เมื่อ

$WS_1, WS_2$  = ระดับน้ำ ทางด้านเหนือน้ำ และ ท้ายน้ำ ของช่วงที่พิจารณา

$V_1, V_2$  = ความเร็วของน้ำ ที่ด้านทั้งสอง

$K_1, K_2$  = สัมประสิทธิ์ความเร็วการไหล

$g$  = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก = 9.81 ม. / วินาที<sup>2</sup>

$h_e$  = Energy Head Loss

$L$  = ความยาวของช่วง

$S_f$  = ความลาดชันของเส้นพลังงานเฉลี่ย

$C$  = ค่าสัมประสิทธิ์ของการบีบ และขยายทางน้ำ

#### 2.4.2 แบบจำลองการไหลของน้ำใน HEC-RAS

HEC River Analysis System (1994) สามารถใช้ในการสร้างหรือจำลองสภาพการไหลต่างๆดังนี้

##### 1. The Bridge Routine

ในการใช้ HEC-RAS วิเคราะห์สะพานซึ่งมีหลายวิธีซึ่งไม่ต้องเปลี่ยนแปลงลักษณะทางเรขาคณิตของสะพาน โดยที่แบบจำลองนี้สามารถนำหน้าตัดไปใช้ได้ทั้ง 4 แบบจำลองที่จะกล่าวถึงต่อไปเพื่อใช้ในการคำนวณหน้าตัดในการหาค่าสูญเสียพลังงานเนื่องจากโครงสร้าง โดยที่หน้าตัดถูกนำมารวมกับข้อมูลเรขาคณิตของสะพานจะมี 2 หน้าตัดซึ่งเกี่ยวกับโครงสร้าง

##### 2. Low Flow Computation

ในการใช้ HEC-RAS กับน้ำที่มีไหลค่อนข้างช้า ขั้นแรกต้องใช้สมการ Momentum มาช่วยกำหนดรูปแบบการไหล สำหรับ รูปแบบ Class A Low Flow ที่มี การไหลใต้วิกฤติ (Subcritical Flow) จะสามารถเลือกวิธีใดก็ได้ใน 4 วิธี

standard step energy ; Momentum ; Yarnell equation และ USGS Contracted Opening method

ถ้าเลือกมากกว่า 1 วิธี ต้องแสดงวิธีใดวิธีหนึ่งเป็นวิธีสุดท้าย หรือทำให้โปรแกรมเลือกวิธีที่ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานเมื่อไหลผ่านโครงสร้าง สำหรับรูปแบบ Class B Low Flow ไหลผ่าน

ความลึกวิกฤติ (Critical depth) โปรแกรมจะต้องใช้สมการ Momentum และสำหรับรูปแบบ Class C Low Flow การไหลเหนือวิกฤติ (Supercritical) สามารถจะเขียนแบบจำลองได้ทั้ง standard step energy หรือ momentum แต่โปรแกรมจะไม่สามารถรองรับข้อมูลของสะพานเปิดที่เป็นแบบรูปสี่เหลี่ยมคางหมู และในวิธี momentum สามารถใช้โปรแกรมเพื่อรวมค่าน้ำหนัก และค่าส่วนประกอบความเสียดทาน และนอกจากนี้ยังมีการสูญเสียพลังงานเนื่องจากเสาทอม่อสะพานอีกด้วย

### 3. Pressure Flow

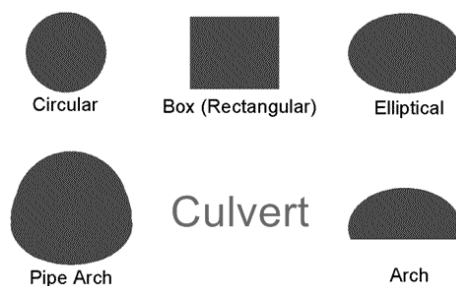
เกิดขึ้นเมื่อน้ำไหลมาต่อกับสะพาน โดยที่นั่นเริ่มจากการตรวจสอบความเป็นไปได้ของการไหลแบบมีความดัน เมื่อเส้นระดับพลังงาน (Energy grade line) นั้นอยู่เหนือเส้นขอบสะพาน ผู้ใช้มีทางเลือกคือ สามารถเลือกว่าจะใช้ค่าระดับน้ำผิวดินแทนค่าของพลังงานในการใช้โปรแกรม โปรแกรมสามารถใช้ได้ 2กรณีในการไหลที่มีความดัน ในกรณีแรกคือ มีแค่ upstream อยู่ต่อกับทางเข้าที่เป็นประตูเปิด-ปิดน้ำ ( Sluice gate ) และในกรณีที่ 2 คือ มีทั้ง upstream และ downstream อยู่ต่อทางเข้าที่เปิดตลอด (Orifice equation)

### 4. Weir Flow

จะเกิดขึ้นเมื่อน้ำเข้าท่วมสะพาน หรือถนน การไหลของน้ำแบบเป็นฝายนั้นมีวิธีการคำนวณโดยใช้สมการ standard weir equation สำหรับระดับน้ำในช่วงทำนบน้ำปริมาณของน้ำจะลดลงเพื่อไม่ให้เกิดการท่วม ถ้าฝายเกิดการท่วม ถ้าฝายเกิดการท่วมโปรแกรมจะเปลี่ยนไปใช้ energy losses ในการคำนวณแทน standard step energy method

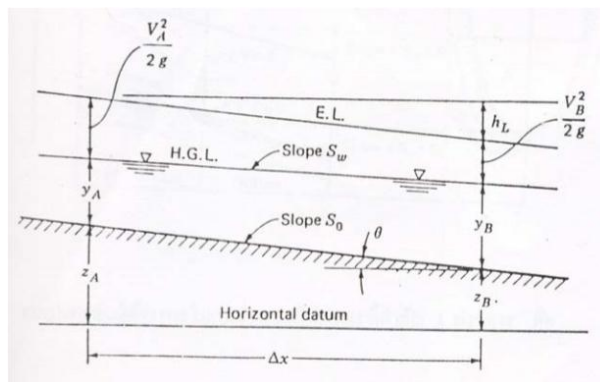
### 5. The Culvert hydraulic

ในท่อระบายน้ำนั้นมีการคำนวณ HEC-RAS คล้ายคลึงกับในการคำนวณในสะพาน (The Bridge Routine) นั่นคือใน แบบหน้าตัด , การใช้พื้นที่ที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์ , การใช้ค่าสัมประสิทธิ์การยืดหดตัว , ค่าสัมประสิทธิ์ต่างๆ และอีกหลายๆค่าที่ใช้นั้นใช้เหมือนกัน ท่อนั้นมีหลายรูปทรง ไม่ว่าจะเป็น box ; circular ; arch ; pipe arch ; and elliptical



รูปที่ 2.4 รูปหน้าตัดต่างๆของท่อระบายน้ำ ที่สามารถใช้คำนวณ HEC-RAS

โดยที่โปรแกรมจะใช้ the Federal Highway Administrations (FHWA,1985) standard culvert equations ในการสร้างแบบจำลองทางเข้าน้ำ และทางน้ำออกนั้นจะถูกวิเคราะห์ได้โดย 2 วิธี คือ backwater calculations or full flow friction losses ไม่มีวิธีใดที่วิธีหนึ่ง และการสูญเสียพลังงานในทางเข้าและทางออกน้ำนั้นมีผลซึ่งซึ่งกันและกันในหลาย ๆ อย่าง สำหรับการศึกษาระดับผิวน้ำในแม่น้ำน้อยได้ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ HEC-RAS เวอร์ชัน 5.0.1 (USACE, 2016) ซึ่งพัฒนาโดยศูนย์วิศวกรรมอุทกวิทยา สหพันธรัฐอเมริกาแห่งสหรัฐอเมริกา [3] มาประยุกต์ใช้ในการหาค่าพารามิเตอร์หลักทางชลศาสตร์ของลำน้ำเช่น ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ เป็นต้น โดยอยู่บนสมมติฐานของการไหลใน 1 มิติ ทั้งการไหลแบบคงตัวและการไหลแบบไม่คงตัว



รูปที่ 2.5 หน้าตามยาวของการไหลในทางน้ำเปิดทั่วไป (USACE, 2016)

จากรูปที่ 2.5 สมการพลังงานระหว่างหน้าตัด A และหน้าตัด B ที่ได้ (2.5) คือ

$$z_A + y_A + \frac{V_A^2}{2g} = z_B + y_B + \frac{V_B^2}{2g} \quad (2.5)$$

เมื่อ  $z$  คือระดับท้องน้ำของทางน้ำเปิดเหนือระดับอ้างอิง (ม.)

$y$  = ความลึกของการไหล (ม.)

$V$  = ความเร็วเฉลี่ยของการไหล (ม. / วิ.)

$h_L$  = การสูญเสียพลังงานระหว่างหน้าตัด A และหน้าตัด B (ม.)

สมการของการไหลสม่ำเสมอในทางน้ำเปิดทั่วไป [2.6] คือ

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} S^{1/2} \quad (2.6)$$

เมื่อ  $Q$  = อัตราการไหล = VA (ลบ.ม./วินาที)

$A$  = พื้นที่หน้าตัดการไหลของทางน้ำเปิด (ตร.ม.)

$n$  = ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระเฉลี่ย (แมนนิง) ของคลอง

$S$  = ค่าความลาดของเส้นระดับพลังงาน =  $hL/L$

$R$  = รัศมีชลศาสตร์เฉลี่ย =  $A/P$  (ม.)

$P$  = เส้นขอบเปียกเฉลี่ยของคลอง (ม.)

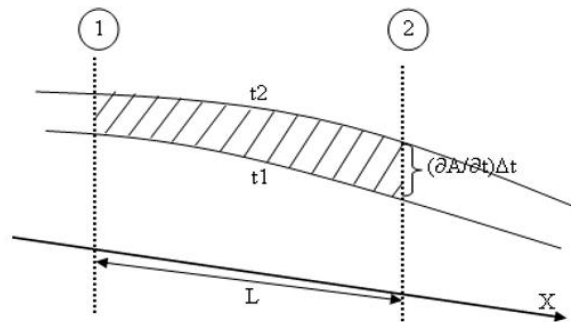
สมการพลังงาน (2.5) และสมการโมเมนตัม (2.6) ในทางน้ำเปิด คือ

$$\left(\frac{\partial A}{\partial t}\right) \Delta t = -Vm \left(\frac{\partial A}{\partial L}\right) - Am \left(\frac{\partial V}{\partial L}\right) \quad (2.7)$$

เมื่อ  $m$  = ค่าเฉลี่ยของ  $V$  และ  $A$  ที่จุดนั้นๆ

$L$  = ความยาวของคลองที่พิจารณา (ม.)

$t$  = เวลาที่เพิ่มขึ้นที่ถูกนำมาใช้ในการคำนวณ เช่น 1 วัน



รูปที่ 2.6 หน้าตัดพลังงานของการไหลในทางน้ำเปิดทั่วไป (USACE, 2016)

$$P_2 - P_1 + W_x - F_f = \rho AL \left[ \frac{\partial V}{\partial t} + \frac{V \partial V}{\partial L} \right] \quad (2.8)$$

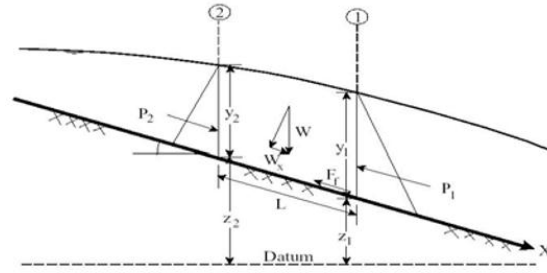
เมื่อ  $P$  = Hydrostatic pressure force ที่หน้าตัดที่ 1 และ หน้าตัดที่ 2

ตามลำดับ

$W_x$  = แรงเนื่องจากน้ำหนักน้ำในทิศทาง  $x$

$F_f$  = แรงเนื่องจากความเสียดทานการไหลจากจุดที่ 1 ไปยังจุดที่ 2

$\rho$  = ความหนาแน่นของน้ำ



รูปที่ 2.7 หน้าตัดโมเมนต์ของการไหลในทางน้ำเปิดทั่วไป (USACE, 2016)

## 2.5 ข้อมูลปริมาณฝนในพื้นที่

ข้อมูลปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ได้จากข้อมูลกรมชลประทาน โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบรมธาตุ ปีพ.ศ.2538-2560 เป็นปริมาณฝนรายปีที่เกิดขึ้นในพื้นที่ประตูโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบรมธาตุระบายน้ำบรมธาตุ

ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงการคำนวณปริมาณฝน

ปริมาณน้ำสูงสุด(cms)	เรียงปริมาณน้ำสูงสุด(cms)	m	$T=(N+1/m)$ (ปี)	P	P(%)
151.51	262.18	1	23.00	0.0435	4.35
170.76	260.99	2	11.50	0.087	8.70
250.6	260.82	3	7.67	0.1304	13.04
250.74	254.36	4	5.75	0.1739	17.39
221.74	251.36	5	4.60	0.2174	21.74
251.24	251.24	6	3.83	0.2609	26.09
260.82	250.75	7	3.29	0.3043	30.43
262.18	250.74	8	2.88	0.3478	34.78
251.36	250.6	9	2.56	0.3913	39.13
250.75	241.91	10	2.30	0.4348	43.48
230.79	235.24	11	2.09	0.4783	47.83
260.99	230.79	12	1.92	0.5217	52.17
211.43	221.74	13	1.77	0.5652	56.52
241.91	211.43	14	1.64	0.6087	60.87
198.33	198.33	15	1.53	0.6522	65.22
254.36	171.53	16	1.44	0.6957	69.57
235.24	170.76	17	1.35	0.7391	73.91
171.53	151.51	18	1.28	0.7826	78.26
115.06	151.33	19	1.21	0.8261	82.61
151.33	120.46	20	1.15	0.8696	86.96
100.6	115.06	21	1.10	0.913	91.30
120.46	100.6	22	1.05	0.9565	95.65

ข้อมูลในตารางที่ 1 นำมาจากข้อมูลกรมชลประทานประตูระบายน้ำบรมธาตุปีพ.ศ.2538 - 2560 เป็นปริมาณฝนรายปีที่เกิดขึ้นในพื้นที่ประตูระบายน้ำบรมธาตุ โดยได้นำมาคำนวณด้วยวิธีการ

ของแอมเบลโดยใช้ปริมาณน้ำท่าแทนปริมาณน้ำฝนตามทฤษฎีของแอมเบลเพื่อให้ได้ปริมาณรอบปีการเกิดซ้ำของฝนดังในตารางที่ 2.3

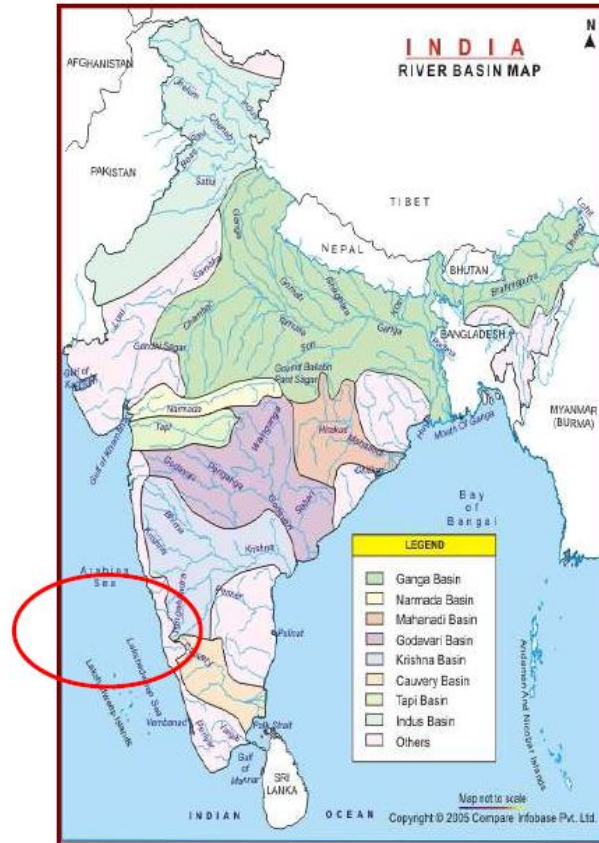
**ตารางที่ 2.3** ตารางแสดงปริมาณน้ำท่าสูงสุดในรอบปีนั้นๆ (ลบ.ม/วินาที)

รอบปีการเกิดซ้ำ	ปริมาณน้ำท่าสูงสุด
2	232.88
5	252.4
10	260.92
15	261.87

ข้อมูลรอบปีการเกิดซ้ำน้ำท่าของแม่น้ำน้อยซึ่งเกิดจากการคำนวณจากปริมาณน้ำท่าแต่ละปีโดยใช้วิธีการของแอมเบลในการคำนวณ

## 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.6.1. การปรับปรุงขีดความสามารถความจุของแม่น้ำตาปี ประเทศอินเดีย โดยการปรับปรุงช่องทางการไหลของ Agnihotri P.G and Patel J.N./ ปีที่2012 / ครั้งที่ 1 / งานวิจัยการปรับปรุงของแม่น้ำตาปี โดยเมืองสุรัฐ เป็นเมืองที่มีแม่น้ำตาปีไหลโดยรอบ ปริมาณน้ำและระดับของน้ำในแม่น้ำตาปีถูกควบคุมด้วยเขื่อนยูไคร์ ซึ่งมีระยะทางห่างจากเมืองสุรัฐประมาณ 100 กม. ในเมืองเกิดปัญหาเรื่องน้ำท่วมตลอดเวลา ซึ่งการปรับปรุงช่องทางการไหลของน้ำในงานวิจัยนี้ ช่วยในการวางแผนการจัดการน้ำในแม่น้ำตาปีให้ดียิ่งขึ้น ซึ่งได้นำโปรแกรม HEC-RAS มาช่วยในการวิจัย

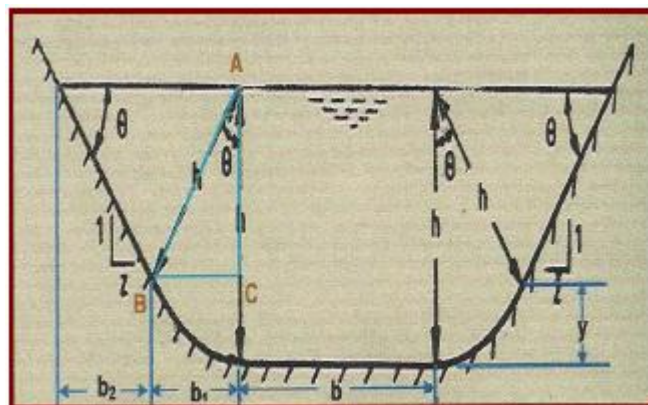


รูปที่ 2.8 ประเทศอินเดีย แม่น้ำตาปี

การปรับปรุงใช้วิธีการโดยการคำนวณจากสมการ 1.สมการการไหล  $Q = AV$  และ 2.สมการค่า  
แมนนิง  $V = (1/n) \cdot (R^{2/3}) \cdot (S^{1/2})$

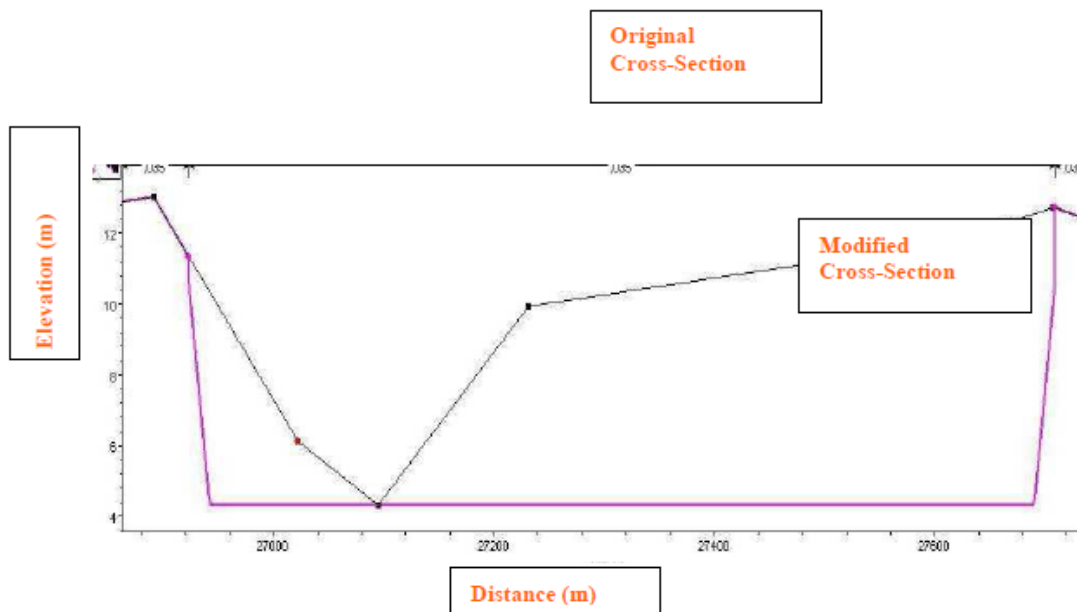
จากนั้นดำเนินการคำนวณหน้าตัดของลำน้ำจาก  $A = bh + h^2 + (\phi + \cot\phi)$

การหาค่าพารามิเตอร์แต่ละหน้าตัดของลำน้ำจาก  $P = bh + 2h(\phi + \cot\phi)$



รูปที่ 2.9 ลักษณะการปรับปรุงหน้าตัดลำน้ำ

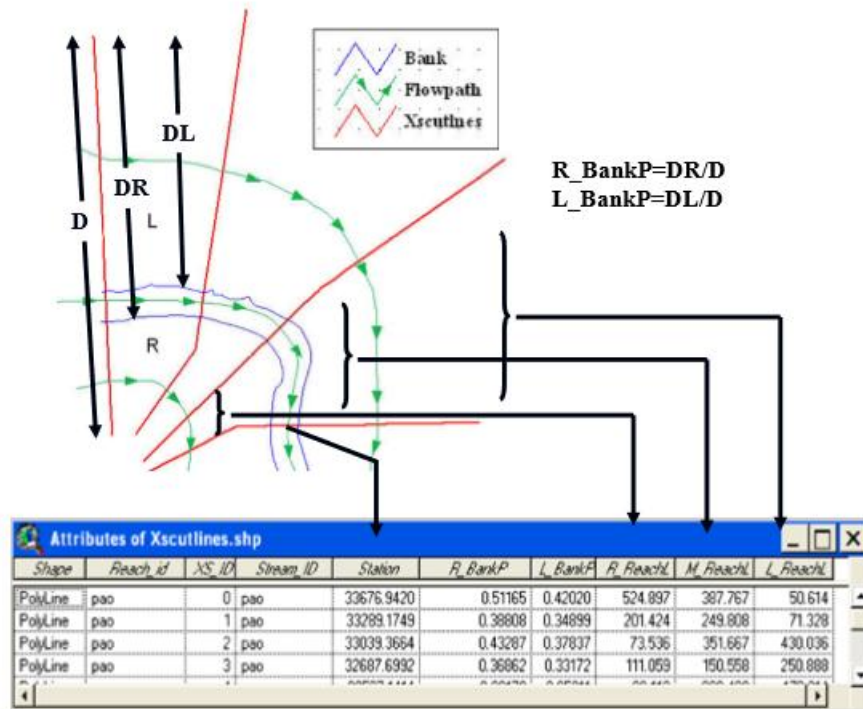
เมื่อดำเนินการปรับปรุงหน้าตัดของลำน้ำและนำข้อมูลใส่ในโปรแกรม HEC-RAS จะได้สภาพหน้าตัดดังนี้



รูปที่ 2.10 หน้าตัดลำน้ำของแม่น้ำตาปีก่อนและหลังปรับปรุง (04349451E,0933967N)

สรุปในงานวิจัยของแม่น้ำตาปีมีปัญหานี้เนื่องจากน้ำท่วมในพื้นที่ งานวิจัยนี้จะช่วยในการวางแผนการจัดการน้ำในแม่น้ำตาปี จากการปรับปรุงหน้าตัดลำน้ำ ทำให้ลดโอกาสการเกิดน้ำท่วมจาก 87.51% เป็น 78.30 % และสามารถเพิ่มความจุของหน้าตัดลำน้ำได้มากขึ้นอีกด้วยคล้ายกับงานวิจัยฉบับนี้ที่มีการปรับปรุงลำน้ำให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของลำน้ำให้สามารถส่งน้ำได้เพิ่มมากขึ้นและยังช่วยให้ทราบถึงความเหมาะสมของการปรับปรุงในลักษณะต่างๆ อีกด้วย

2.6.2.การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และแบบจำลองชลศาสตร์ เพื่อหาขอบเขตน้ำท่วมบริเวณที่ราบน้ำท่วมถึง ของ นฤมล ทารักษานฤมล ทารักษา/ปีที่ 2014 /ครั้งที่ 1/วารสารสมาคมสำรวจข้อมูลระยะไกลและสารสนเทศภูมิศาสตร์ประเทศไทย มีใช้การทำนายขอบเขตและความลึกน้ำท่วมที่คาบ ความถี่ 10 ปี และ 50 ปี ทำได้โดยนำแบบจำลองที่ สร้างขึ้น มาวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลค่าอัตราการไหล และระดับน้ำที่ได้จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเกิดน้ำท่วมซ้ำ โดยนำข้อมูลสถิติน้ำท่าหลายๆปี มาวิเคราะห์ค่าอัตราการไหลที่คาบความถี่ 10 ปี และ 50 ปี ด้วยวิธีพล็อตกราฟของแกมเบล นำค่าอัตรา การไหลที่คาบความถี่ 10 ปี และ 50 ปี ไปคำนวณ หนดตัดขวางผิวการไหลโดยกำหนด Boundary Condition ด้วยข้อมูลการระดับน้ำที่คาบความถี่จาก Rating Curve ของสถานีวัดน้ำท่าด้านท้ายน้ำ (CE4) นำการระดับการท่วมมาหาขอบเขตและความ ลึกการท่วมเพื่อสร้างแบบจำลองการท่วมที่คาบ ความถี่ ซึ่งเป็นหลักการวิธีการเดียวกับงานวิจัยของเล่นนี้

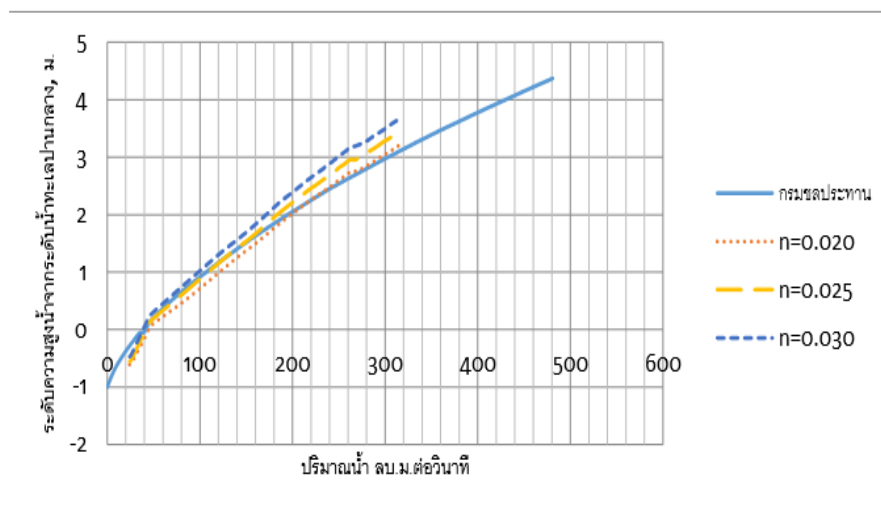


รูปที่ 2.11 การเชื่อมโยงภาพกับข้อมูลลักษณะสัมพันธ์ของชั้นข้อมูลแนวหน้าตัด

สรุปแบบจำลองสามารถทำนายสภาพความรุนแรงของเหตุการณ์น้ำท่วมที่อาจเกิดขึ้นได้โดยการสร้างแบบจำลองขอบเขตและความลึกน้ำท่วมที่ อัตราการไหลของน้ำหรือการระดับน้ำในแม่น้ำในวันที่อื่น ๆ รวมถึงสามารถทำนายความเป็นไปได้ที่จะเกิดเหตุการณ์น้ำท่วม ที่คาบความถี่ต่างๆ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการ ป้องกันและแก้ไขปัญหา น้ำท่วมได้ซึ่งคล้ายกับงานวิจัยนี้ที่สามารถนำไปหาปริมาณน้ำที่เกินขึ้นที่มากที่สุด ในแม่น้ำ เพื่อป้องกันและจัดสรรทรัพยากรให้เกิดประโยชน์ที่สุด

2.6.3 การพัฒนาแบบจำลองการเกิดน้ำท่วมในชุมชนเมืองหาดใหญ่ โดยใช้ HEC-RAS 2D ของ ศักดิ์ชัย ปรีชาวีรกุล และ จิรดา ยงสถิตศักดิ์ /ปีที 2015 /ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศภาคใต้ ในการศึกษา นี้ ได้ทำการเปรียบเทียบแบบจำลอง โดยการแปรค่า Manning’s n Value ของคลองอุตะเภา และ ทำการจำลองการไหลหนึ่งมิติแบบไม่คงที่ โดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายชั่วโมง ของสถานี X.44 บ้านหาดใหญ่ที่ เกิดขึ้นเมื่อวันที่ 17 - 24 ธันวาคม พ.ศ. 2557 ซึ่งเป็นช่วงที่เกิดฝนตกหนักในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่และระดับน้ำ ได้ขึ้นสูงสุด อยู่ที่ระดับ 5.42 เมตร (ร.ท.ก.) ในช่วงเวลา 15.00-17.00 น. ของวันที่ 23 ธันวาคม พ.ศ. 2557 (กรมชลประทาน, 2557) ซึ่งมีปริมาณน้ำค่อนข้างมากแต่ยังเป็นระดับที่ต่ำกว่าระดับตลิ่งประมาณ 2 เมตร ปริมาณน้ำ ดังกล่าวได้ใช้เป็นเงื่อนไขขอบเขต (Boundary Conditions) ที่ต้นน้ำ เพื่อจำลองการไหลของน้ำแบบหนึ่งมิติในคลอง อุตะเภา จากสถานี X.44 บ้านหาดใหญ่ใน จนลงสู่ทะเลสาบสงขลาที่แหลมโพธิ์ ซึ่งได้กำหนดขอบเขตที่ท้าย น้ำ เป็นความลึกปกติ (Normal Depth) แบบจำลองที่สร้างขึ้น การเปรียบเทียบกับ Rating Curve ปี พ.ศ. 2553 ของสถานี X.181 บ้านหาร (กรมชลประทาน, 2553) โดยการแปรค่า

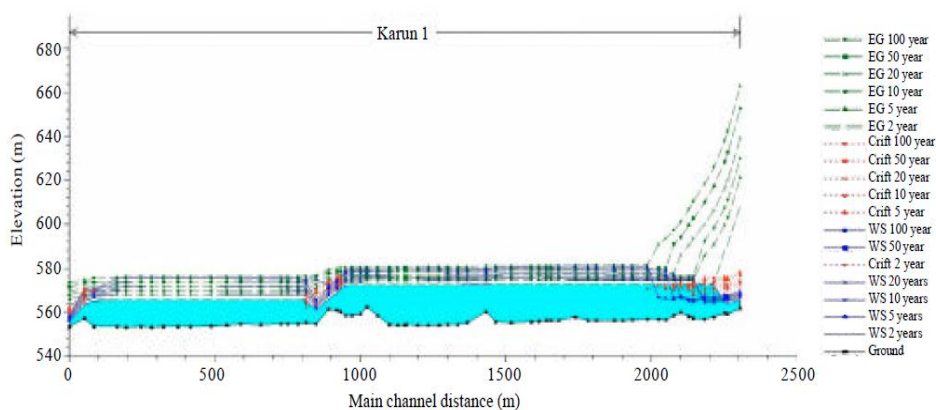
Manning's n Value ของคลองอุต๊ะเกา เท่ากับ 0.020, 0.025 และ 0.030 ตามลำดับ ผลจากแบบจำลองพบว่า เมื่อปริมาณน้ำน้อยกว่า 200 ลบ.ม.ต่อวินาที และ ค่า  $n = 0.025$  ระดับความสูงของน้ำจะสอดคล้องกับค่าของกรมชลประทาน และเมื่อปริมาณน้ำมากกว่า 200 ลบ.ม.ต่อวินาที ค่า  $n = 0.020$  จะให้ความสูงของน้ำที่สอดคล้องกับค่าของกรมชลประทาน ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ ซึ่งเป็นการสร้างแบบจำลองการเกิดน้ำท่วมในปี พ.ศ. 2553 ที่ปริมาณน้ำท่ามากกว่า 200 ลบ.ม.ต่อวินาที จึงใช้ค่า  $n = 0.020$  ตามรูป 2.12



**รูปที่ 2.12** ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำ-ระดับน้ำ ที่ Manning's n Value ต่างๆ กัน เทียบกับ Rating Curve (2553) ของกรมชลประทาน ที่สถานีวัดระดับน้ำ X.181 บ้านหาร

สรุปลงานวิจัยมีการวิจัยเปรียบเทียบค่าทดลองค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของลำน้ำของสถานีวัดน้ำ X.181 บ้านหาร ตามข้อมูลของกรมชลประทานและข้อมูลจากการทดลอง เมื่อมีการเปลี่ยนค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระทำให้ค่าระดับความสูงน้ำจากระดับน้ำทะเลปานกลางเปลี่ยนแปลงไปและปริมาณน้ำก็จะเปลี่ยนแปลงไปตาม สอดคล้องกับงานวิจัยเล่มนี้ ที่มีการเปลี่ยนแปลงสัมประสิทธิ์ความขรุขระเช่นกัน

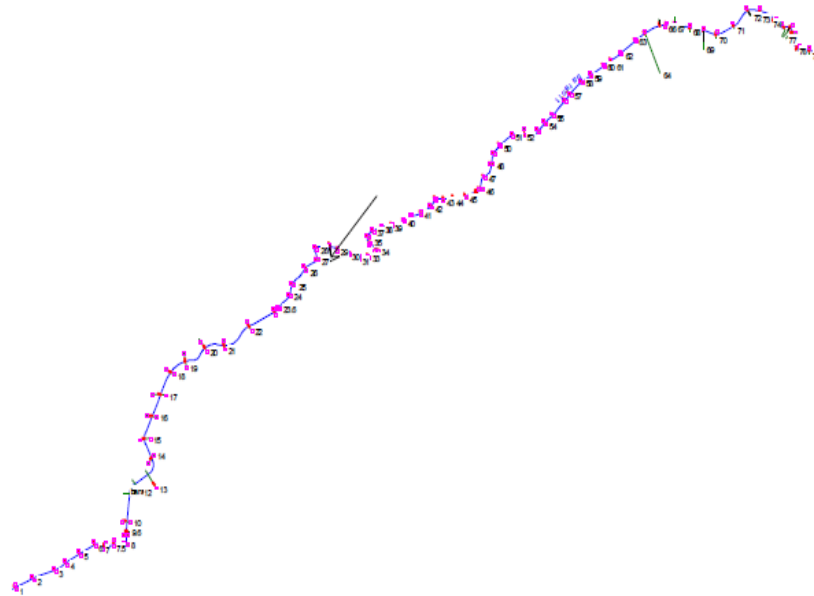
2.6.4 แบบจำลองน้ำท่าและน้ำฝนของแม่น้ำการันโดยโปรแกรมHEC-RAS และ HEC-HMS ที่เมือง ไอเซอร์ ประเทศอิหร่าน ของ Hadi Tahmasbinejab และ Mehdi Feyzolahpour / ปีที่ 2012 / ครั้งที่ 12 / journal of Applied 12 งานวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับข้อมูลข้อมูลระดับพื้นที่ผ่านข้อมูล GIS และโปรแกรมด้านทรัพยากรน้ำทั้งสอง โปรแกรมHEC- RAC นำมาใช้ในการทำแบบจำลองของน้ำท่าและน้ำฝนของแม่น้ำการันที่เลือกแม่น้ำการันเนื่องจากเป็นพื้นที่ที่อยู่ใกล้กับผู้วิจัยและแม่น้ำเป็นแม่น้ำที่มีการไหลแบบผันผวนประกอบกับมีมีพายุเข้ามาในพื้นที่แม่น้ำนี้หลายลูกจึงได้นำโปรแกรมHEC-RAS มาตรวจสอบระดับน้ำในพื้นที่ของแม่น้ำการัน โดยการใช้วิธีการคำนวณคำนวณปริมาณน้ำฝนด้วยวิธีเกมเบลแต่ได้ใช้ระดับน้ำของแม่น้ำเป็นการแสดงผลของการคำนวณในรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของระดับน้ำกับระยะทางแม่น้ำการัน

สรุปรงานวิจัยนี้มีการนำข้อมูลในพื้นที่มาวิเคราะห์โดยการนำมาคำนวณโดยด้วยวิธีแกมเบลของปริมาณน้ำท่าและข้อมูลน้ำฝน ซึ่งข้อเหล่านี้เมื่อนำออกมาทำแล้วจะได้เป็นข้อมูลที่สามารถนำมาใส่ในโปรแกรม HEC-RAS ได้ข้อมูลระดับ ซึ่งสามารถนำไปปรับปรุงอย่างอื่นได้เพิ่มเติม เช่นการเปลี่ยนแปลงหน้าตัดลำน้ำ หรือ การเปลี่ยนแปลงประสิทธิค่าความขรุขระ เป็นต้น ซึ่งการปรับปรุงของแม่น้ำการันยังสามารถทำได้มากกว่านี้

2.6.5 แบบจำลองโดยโปรแกรม HEC-RAS แม่น้ำบาร์โร ประเทศโรมาเนีย ของ Robert Beilicci และ Erilika Beilicci / ปีที่ 2014 / 1 / Research journal of Agricultural Science ศึกษาเรื่องความเสี่ยงที่เกิดขึ้นในแม่น้ำบาร์โร งานวิจัยนี้เกิดขึ้นเพื่อวางแผนและรับมือน้ำท่วมในพื้นที่ของแม่น้ำบาร์โร ประเทศโรมาเนีย ซึ่งได้นำโปรแกรม HEC-RAS มาแสดงพื้นที่หน้าตัดลำน้ำที่ระดับน้ำเกินจากระดับน้ำปกติ ซึ่งจะทำให้ท่วมล้นออกจากแม่น้ำ ข้อมูลที่ได้มานั้นจากน้ำท่าและน้ำน้ำฝน ต้องผ่านกระบวนการคำนวณทางวิธีแกมเบลก่อนและการจำลองหาค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของพื้นที่ก่อนดำเนินการใส่ในโปรแกรม HEC-RAS ซึ่งพื้นที่น้ำท่วมนั้นในบางพื้นที่มีสะพานด้วย ระยะทางทั้งหมดอยู่ที่ 4,9 กม. และมีสถานีทั้ง 36 หน้าตัด โดยรูป 2.14 เป็นรูปที่แสดงถึงภาพลักษณะลำน้ำของแม่น้ำบาร์โร

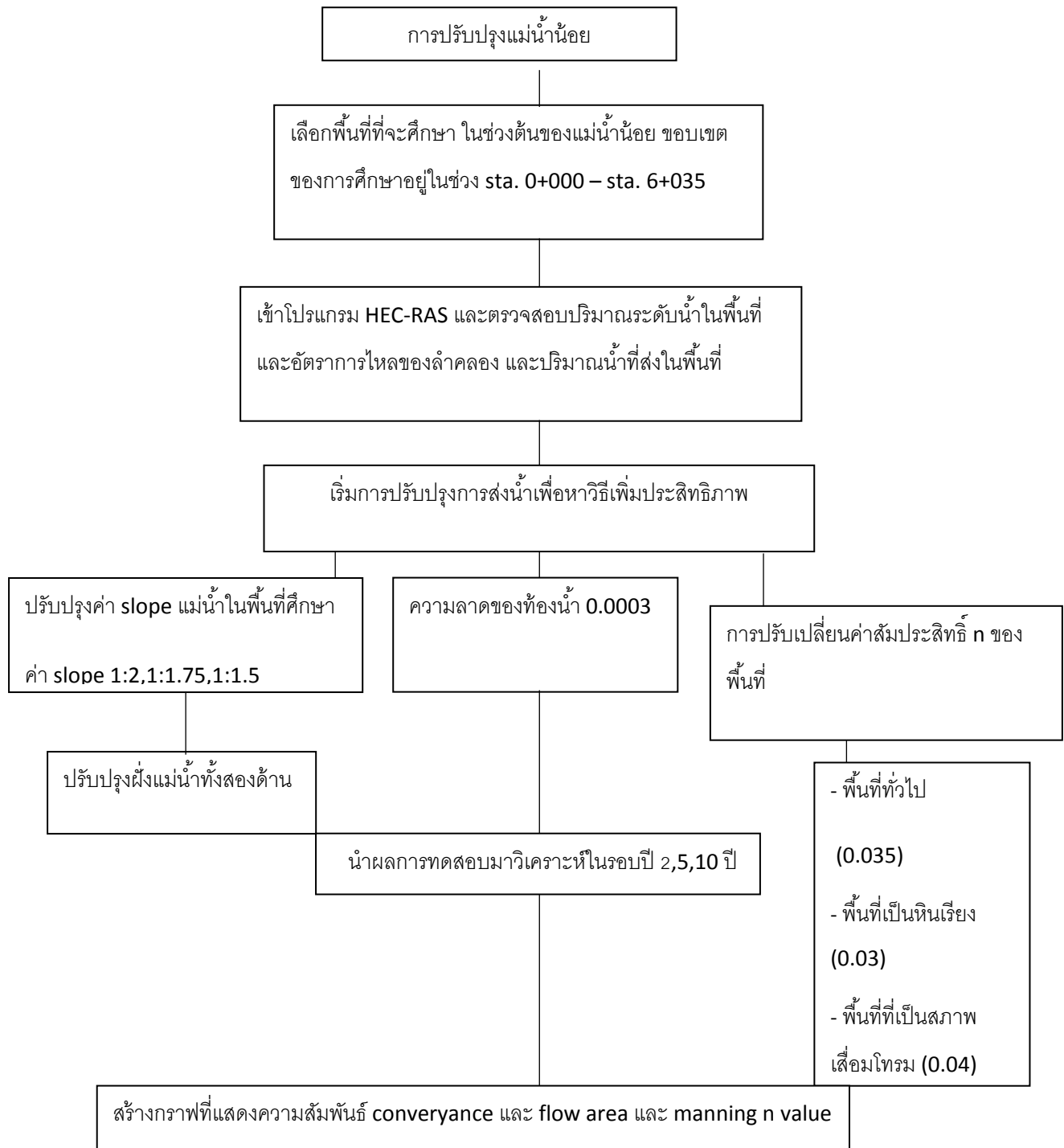


**รูปที่ 2.13** กราฟแสดงความสัมพันธ์ของระดับน้ำกับระยะทางแม่น้ำการัน

สรุปรงานวิจัยนี้มีการนำข้อมูลในพื้นที่มาวิเคราะห์โดยการนำมาคำนวณโดยด้วยวิธีแกมเบลของปริมาณน้ำท่าและข้อมูลน้ำฝน ซึ่งข้อเหล่านี้เมื่อนำออกมาทำแล้วจะได้เป็นข้อมูลที่สามารถนำมาใส่ในโปรแกรม HEC-RAS ได้ข้อมูลระดับ ซึ่งสามารถนำไปปรับปรุงอย่างอื่นได้เพิ่มเติม เช่นการเปลี่ยนแปลงหน้าตัดลำน้ำ หรือ การเปลี่ยนแปลงประสิทธิค่าความขรุขระ เป็นต้น ซึ่งการปรับปรุงของแม่น้ำบารโธยังสามารถทำได้มากกว่านี้

## บทที่ 3 วิธีดำเนินการ

### 3.1 แผนผังการดำเนินการวิจัย

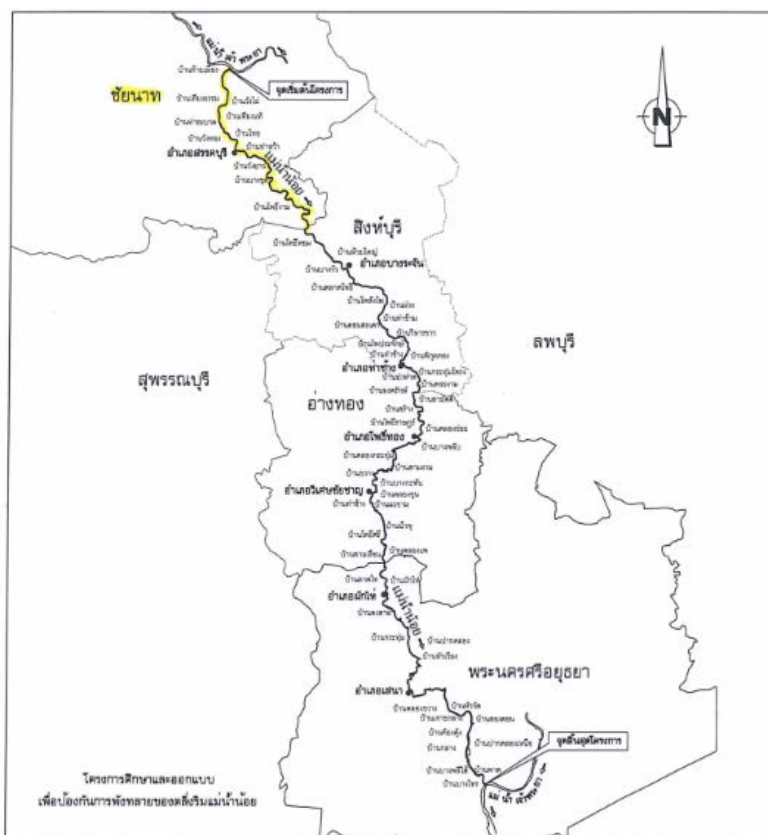


รูปที่ 3.1 แผนผังการดำเนินงานวิจัย

## 3.2 ขอบเขตในการศึกษาและหลักการในการสร้างแบบจำลอง

### 3.2.1 ขอบเขตในการศึกษา

โครงการที่จะทำการศึกษาคือโครงการปรับปรุงขีดความสามารถของแม่น้ำน้อย มีระยะทาง 6.035 กม. เริ่มตั้งแต่ประตูระบายน้ำโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบรมธาตุ จนกระทั่งถึงช่วงท้ายของต้นแม่น้ำน้อย



รูปที่ 3.2 ขอบเขตของงานวิจัย

### 3.2.2 หลักการในการสร้างแบบจำลอง

ข้อจำกัดของการศึกษาแบบจำลอง (Limitation of Model Study)

การศึกษาแบบจำลองทำให้ได้ข้อมูลที่เห็นจริงและวัดค่าได้จริงมองเห็นพฤติกรรมของน้ำสามารถแปลความหมายได้ตามหลักวิชาศาสตร์แต่ข้อเท็จจริงต้องยอมรับว่าในโลกนี้ไม่สามารถสร้างแบบจำลองได้สมบูรณ์เหมือนของจริง

ข้อควรคำนึงถึงในการสร้างแบบจำลอง

การจะสร้างแบบจำลองให้มีความถูกต้องใกล้เคียงมากที่สุดต้องมีความเหมือน (Similarity)

ทั้ง 3 ข้อคือ

1. ความเหมือนด้านภูมิศาสตร์ (Geometric)
2. ความเหมือนด้าน Kinematics
3. ความเหมือนด้าน Dynamic

\*\*\* ปัญหาสำคัญคือค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระโดยปกติความผันแปรของค่าความขรุขระในแบบจำลองจะมากกว่าของจริงประสิทธิภาพของแบบจำลองจะน้อยกว่าประสิทธิภาพของจริง (Prototype)

### 3.3 รวบรวมข้อมูล

ตารางแหล่งข้อมูลที่ใช้ในการศึกษามีดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3.1 ประเภทและที่มาของข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

ข้อมูลที่	ข้อมูลที่เป็นต่อการพัฒนาแบบจำลอง	ได้รับข้อมูลมาจาก
1	ข้อมูลหน้าตัดลำน้ำแม่น้ำน้อย	บริษัทเอกชนร่วมกับกรมโยธาธิการและผังเมือง
2	ข้อมูลปริมาณน้ำท่าในพื้นที่บริเวณวิจัย	กรมชลประทาน โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบรมธาตุ
3	ข้อมูลระดับน้ำของแม่น้ำน้อย	กรมชลประทาน โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบรมธาตุ
4	ปริมาณน้ำท่าที่ส่งต่อของแม่น้ำน้อยในแต่ละหน้าตัด	กรมชลประทาน โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบรมธาตุ

#### 3.3.1 รูปหน้าตัดของแม่น้ำน้อย

ลักษณะของแม่น้ำน้อยที่นำมาใช้เป็นข้อมูลในโปรแกรมนี้ ข้อมูลนี้ทางบริษัทเอกชนร่วมกับกรมโยธาธิการและผังเมืองเป็นหน่วยงานสำรวจ โดยที่จากข้อมูลหน้าตัดลำน้ำของแม่น้ำน้อยของลำน้ำทั้งหมด 10 หน้าตัด และระดับดังต่อไปนี้

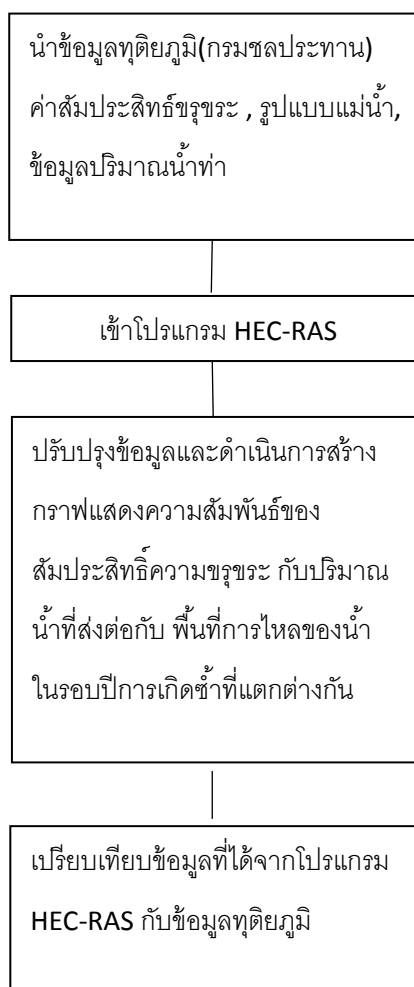
ตารางที่ 3.2 ตำแหน่งและค่าระดับของรูปตัดแม่น้ำ (หมุด GPS)

สถานี	พิกัดจากหมุดกำเนิด Zone 47P		ELEV
	N	E	
BEC-01	659922.654	1574314.982	3.111
BEC-02	662536.594	1570525.671	3.383
BEC-03	660782.318	1579557.755	3.121
BEC-04	657884.690	1581131.153	2.862
BEC-05	656549.481	1584044.426	10.508
BEC-06	652744.067	1583645.643	9.699
BEC-07	652524.269	1587962.003	9.928
BEC-08	651097.588	1585568.443	3.770
BEC-09	652400.597	1589321.116	9.206
BEC-10	651538.155	1589891.787	7.090

### 3.3.2 ข้อมูลปริมาณน้ำท่าของแม่น้ำน้อยและค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ

ปริมาณน้ำท่าที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์เป็นข้อมูลตั้งแต่ปีพ.ศ.2538 ถึงปี พ.ศ.2560 เป็นระยะเวลาทั้งหมด 22 ปี โดยนำมาใช้ในโปรแกรมเงื่อนไขการไหลแบบสมำเสมอ เราจึงใช้ข้อมูลแบบรายปีโดยข้อมูลที่นำมาใช้นั้นเป็นข้อมูลปริมาณน้ำท่าสูงสุดในรอบปีนั้นๆ ในส่วนการเปรียบเทียบกับพื้นที่จริงใช้ปริมาณน้ำท่าและระดับของสถานีโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบรมธาตุ จังหวัดชัยนาท มาเป็นตัวเปรียบเทียบกับตัวทดลอง

### 3.4 ขั้นตอนการดำเนินการ



รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการดำเนินการ

1. การดำเนินการสร้างแบบจำลอง HEC – RAS แบบทั่วไป (ไม่มีโครงสร้าง)

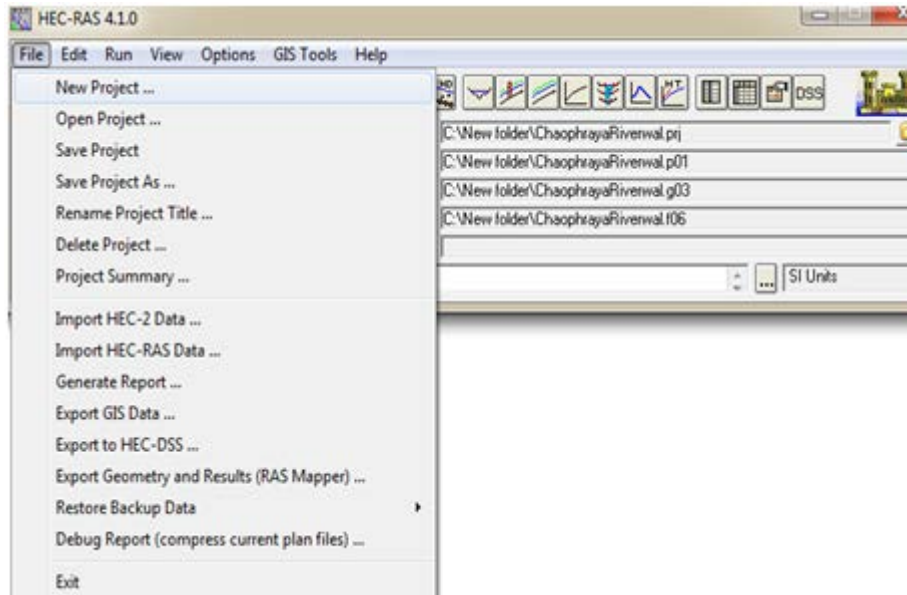
1.1 การเริ่มโปรแกรมโดยทำการ Double Clicks ที่ไอคอนดังต่อไปนี้




1.2 เมื่อเปิดโปรแกรมสำเร็จเพื่อเป็นการตั้งค่าหน่วยที่จะใช้ในการวิเคราะห์โดยการเลือกที่

Options แล้วไปที่ Units system (US Customary/SI) .... เพื่อเลือกหน่วยที่ต้องการจะใช้ในการสร้างแบบจำลอง

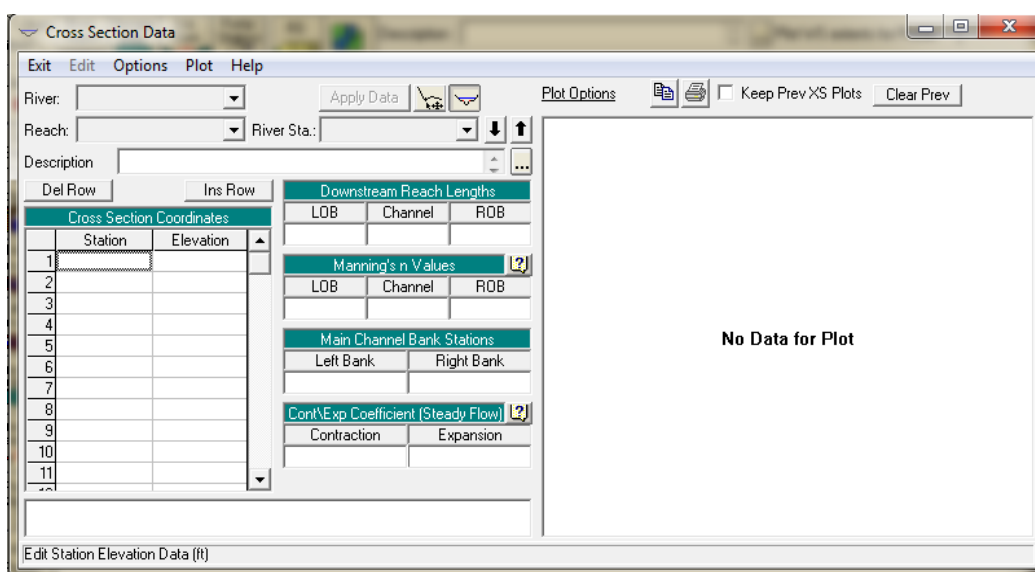
1.3 เลือก File เพื่อไปที่ New Project... เพื่อสร้างแฟ้มข้อมูลของงานที่วิเคราะห์



รูปที่ 3.4 หน้าต่างแสดงการสร้างแผนงาน

1.4 การสร้างลักษณะแนวลำน้ำในการวิเคราะห์โดยการไปที่ Edit เลือก Geometric Data หรือเลือกที่ไอคอนเมื่อปรากฏหน้าต่างดังรูปไปที่  File เพื่อสร้างแฟ้มข้อมูลที่ New Geometric Data

1.5 สร้าง Cross Section โดยเลือกไอคอน  เมื่อปรากฏหน้าต่างไปที่ Option เลือก Add a new Cross Section...



รูปที่ 3.5 หน้าต่างแสดงการสร้าง Cross Section

โดยที่ ค่าข้อมูลต่างๆที่ใช้ใน Cross Section Data มีดังนี้

### 1. Cross Section X – Y Coordinates

- Station ตำแหน่งสถานีณจุดต่างๆของหน้าตัดตามขวาง
- Elevation ระดับของท้องน้ำ ณ Station นั้นๆ

### 2. Downstream reach Lengths

- LOB ระยะลำนน้ำฝั่งซ้าย
- Channel ระยะตรงลำน้ำ
- ROB ระยะลำนน้ำฝั่งขวา

### 3. Manning's n Value

- LOB ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของลำน้ำฝั่งซ้าย
- Channel ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของตรงลำน้ำ
- ROB ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของลำน้ำฝั่งขวา

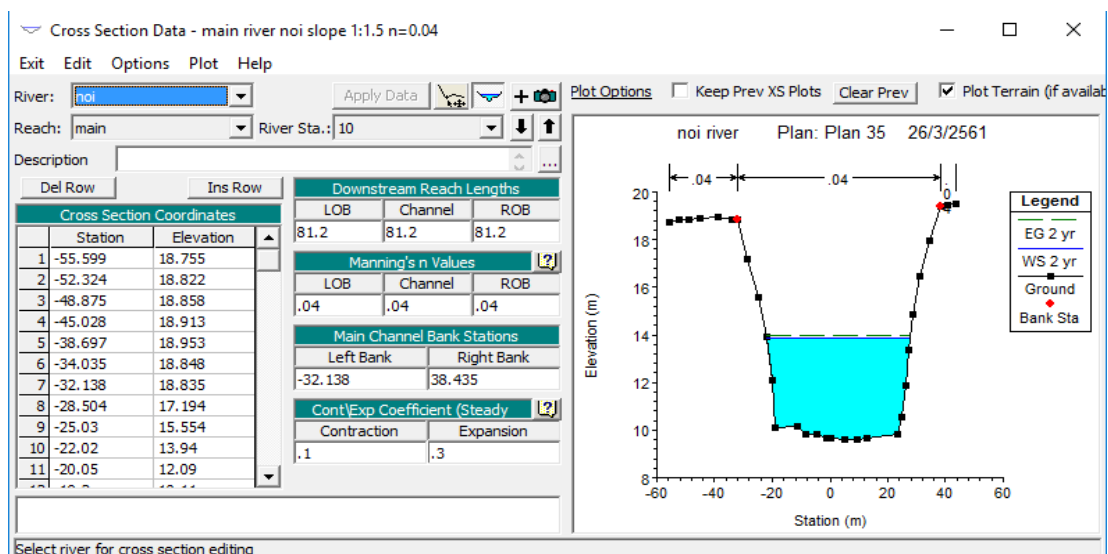
### 4. Main Channel Bank Station

- Left Bank ระยะฝั่งซ้าย
- Right Bank ระยะฝั่งขวา


### 5. Cont\Exp Coefficients

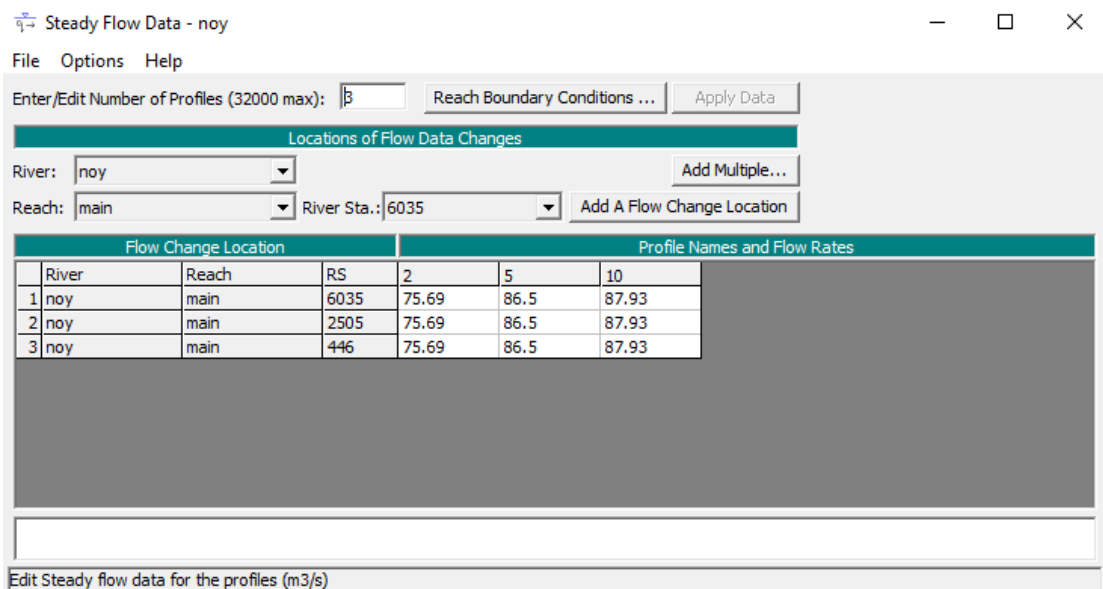
- Contraction ค่าสัมประสิทธิ์การหดตัวของคลอง
- Expansion ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของคลอง

#### 1.5.1 ใส่ข้อมูลของหน้าตัดตามขวางณจุดต่างๆที่ใช้ในแบบจำลองทางชลศาสตร์



รูปที่ 3.6 หน้าต่างแสดงภาพตัวอย่างรูปหน้าตัดของแม่น้ำน้อยใน sta.0+000

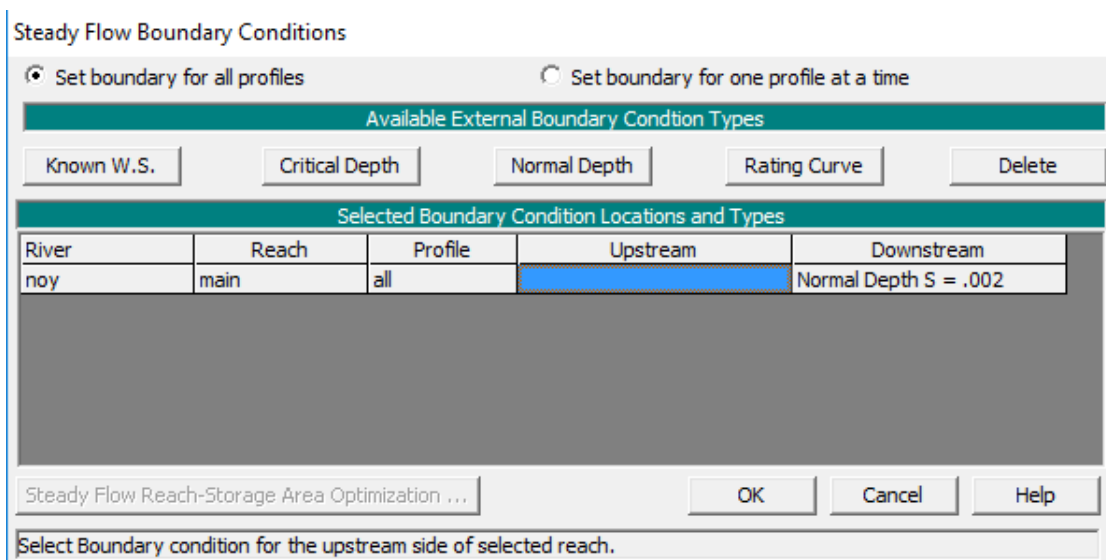
1.6 การดำเนินการสร้างข้อมูลการไหลในการวิเคราะห์ของลำน้ำแบบสม่ำเสมอ Steady flow โดยที่เลือกข้อมูลค่าการวิเคราะห์เป็นแบบ Steady Flow เนื่องจากไม่มีข้อมูลค่าอัตราการไหลเป็นช่วงเวลาโดยกลับไปทำหน้าที่หลักและเลือกไอคอน และ  กรอกข้อมูลค่าอัตราการไหลแต่ละหน้า ตัดลงไปดังรูปที่ 3.10



Flow Change Location			Profile Names and Flow Rates			
	River	Reach	RS	2	5	10
1	noy	main	6035	75.69	86.5	87.93
2	noy	main	2505	75.69	86.5	87.93
3	noy	main	446	75.69	86.5	87.93

รูปที่ 3.7 หน้าต่างแสดงการสร้าง Steady Flow ของทุกสถานี

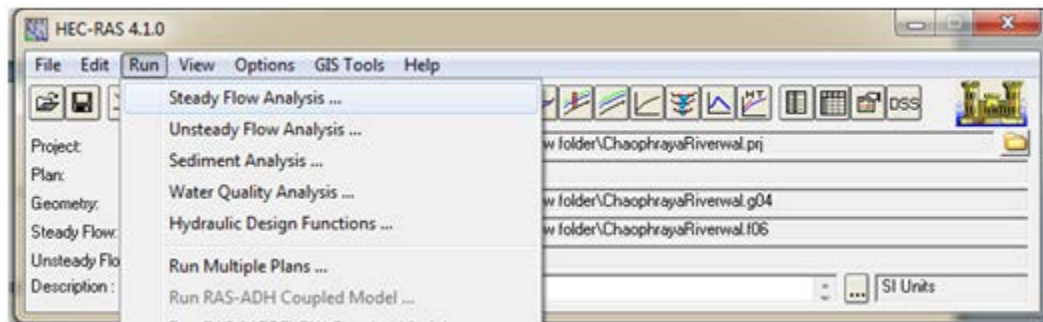
1.6.1 ใส่เงื่อนไขในการวิเคราะห์เป็นการใช้ค่าของระดับน้ำรายปีที่เหนือและท้ายของช่วงลำน้ำ



River	Reach	Profile	Upstream	Downstream
noy	main	all		Normal Depth S = .002

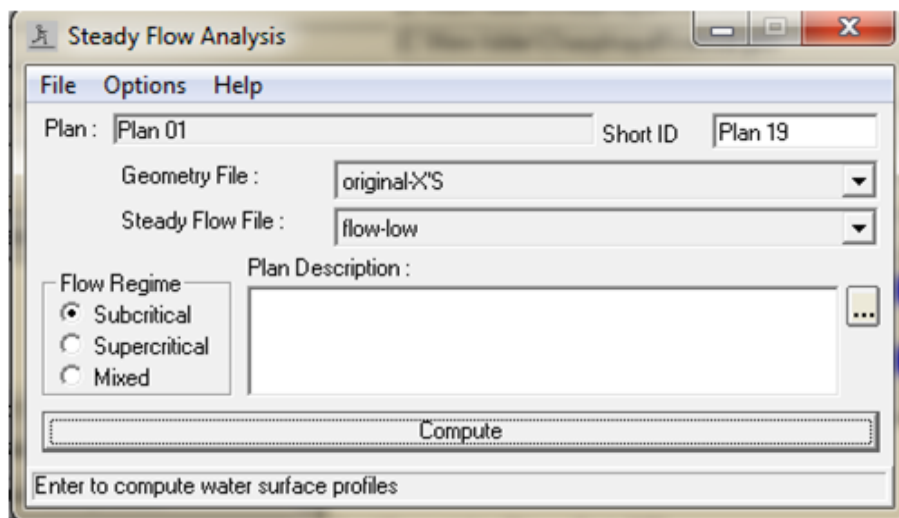
รูปที่ 3.8 หน้าต่างแสดงการใส่ข้อมูล Boundary Conditions

1.7.1 กลับสู่หน้าต่างเริ่มต้นไปที่ Run เลือก Flow Analysisหรือการวิเคราะห์การไหลแบบสม่ำเสมอ



รูปที่ 3.9 หน้าต่างแสดงการเลือกวิธีการเริ่มเลือกการประมวลผลการไหลแบบสม่ำเสมอ

1.7.2 กด COMPUTE จนเสร็จสิ้นแล้วปิดหน้าต่างทั้งหมด



รูปที่ 3.10 หน้าต่างแสดงการวิเคราะห์การไหลแบบสม่ำเสมอ

1.8 ดูผลการประมวลการวิเคราะห์ในรูปแบบต่างๆดังนี้



แสดงผลการประมวลของรูปตัดขวางลำน้ำ ณ หน้าตัดต่างๆ



แสดงผลการประมวลของรูปตัดด้านข้างของลำน้ำทั้งหมด



แสดงผลการประมวลของพิกัดของรูปตัดด้านข้างของลำน้ำทั้งหมด



แสดงผลการประมวลผลในรูปแบบของกราฟเส้นโค้งบ่งบอกค่าข้อมูล



แสดงผลการประมวลผลในรูปแบบ 3 มิติของหน้าตัดขวางลำน้ำหลายหน้าตัดและรูปตัดด้านข้าง



แสดงผลการประมวลผลในรูปแบบการระดับน้ำและการไหลของน้ำในลำน้ำ



แสดงผลการประมวลผลในรูปแบบพฤติกรรมของการไหลของน้ำ



แสดงการประมวลผล ตำแหน่งรูปตัดขวางที่มีอาคารชลประทานเพิ่มขึ้นมา



แสดงผลการประมวลผลค่าทั้งหมดของลำน้ำ



แสดงผลการเตือนข้อผิดพลาดในการประมวลผล

### 3.5 เปรียบเทียบข้อมูลหตุยภูมิกับข้อมูลจากโปรแกรม HEC-RAS

หาปริมาณน้ำท่าของแม่น้ำของแม่น้ำใน sta 0+040 โดยใช้ข้อมูลจากพื้นที่หน้าของแม่น้ำน้อย sta 0+040 ระดับน้ำของแม่น้ำน้อยขณะนั้น ค่าสัมประสิทธิ์แมนนิ่งขณะนั้นโดยใช้การคำนวณจากสมการความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของน้ำกับรัศมีชลศาสตร์(3.1)

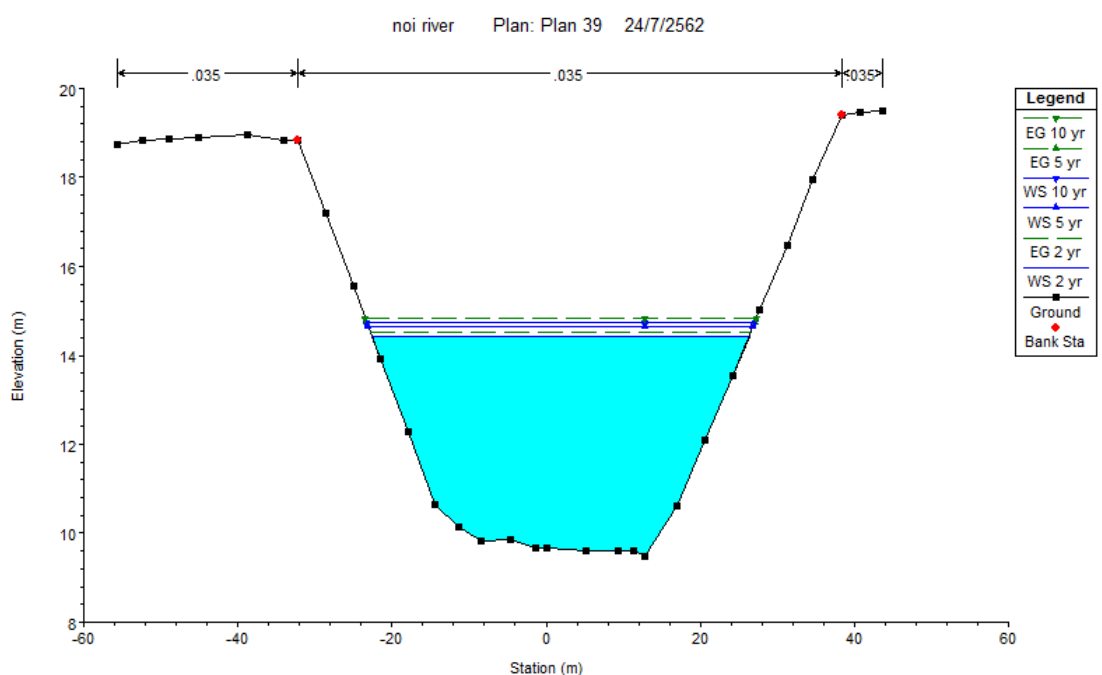
$$v = \frac{\frac{1}{n} + 23 + \frac{0.00155}{S}}{1 + \left(23 + \frac{0.00155}{S}\right) \frac{n}{\sqrt{R}}} \times \sqrt{RS} \quad (3.1)$$

ทำให้ทราบว่ามีความเร็วของหน้าตัด sta. 0+040 เท่ากับ 1.02 ม./วินาที มีพื้นที่การไหลเท่ากับ 58.01 ตร.ม. มีปริมาณน้ำ 59.17 ลบ.ม./วินาที

ตามงานวิจัยจะดำเนินการปรับปรุงหน้าตัดของแม่น้ำน้อย sta. 0+040 ให้ความลาดชันด้านข้าง (side slope )เป็น 1:2 ค่าสัมประสิทธิ์แมนนิ่งเป็น 0.03 โดยใช้สมการที่ (3.1) ในการหาปริมาณน้ำ

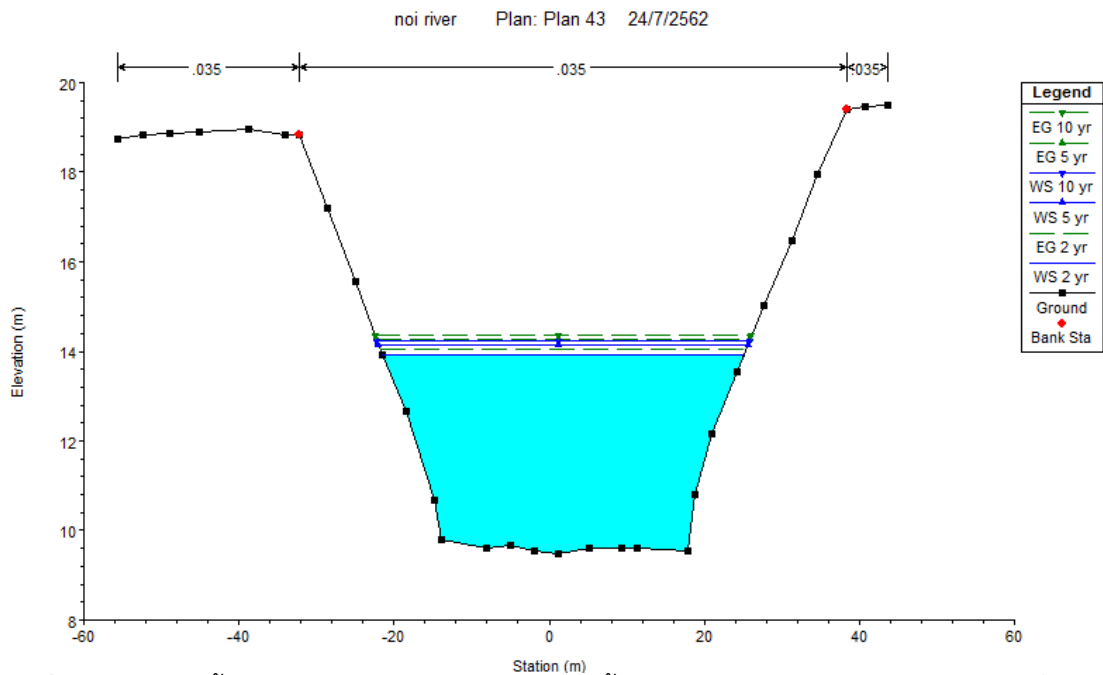
ทำให้ทราบว่ามีความเร็วของหน้าตัด sta. 0+040 ที่ปรับปรุงให้ความลาดชันด้านข้าง (side slope )เป็น 1:2 ค่าสัมประสิทธิ์แมนนิ่งเป็น 0.03 (หินเรียง) เท่ากับ 1.12 ม./วินาที มีพื้นที่การไหลเท่ากับ 55.1 ตร.ม. มีปริมาณน้ำ 61.712 ลบ.ม./วินาที

นำข้อมูลรอบปีการเกิดซ้ำของน้ำท่าแม่น้ำน้อยมาใช้รอบปี 2ปี 5 ปี 10 ปี มาใช้ในโปรแกรม HEC-RAS ตรวจสอบที่หน้าตัด sta 0+040 ดังรูปที่ 3.11



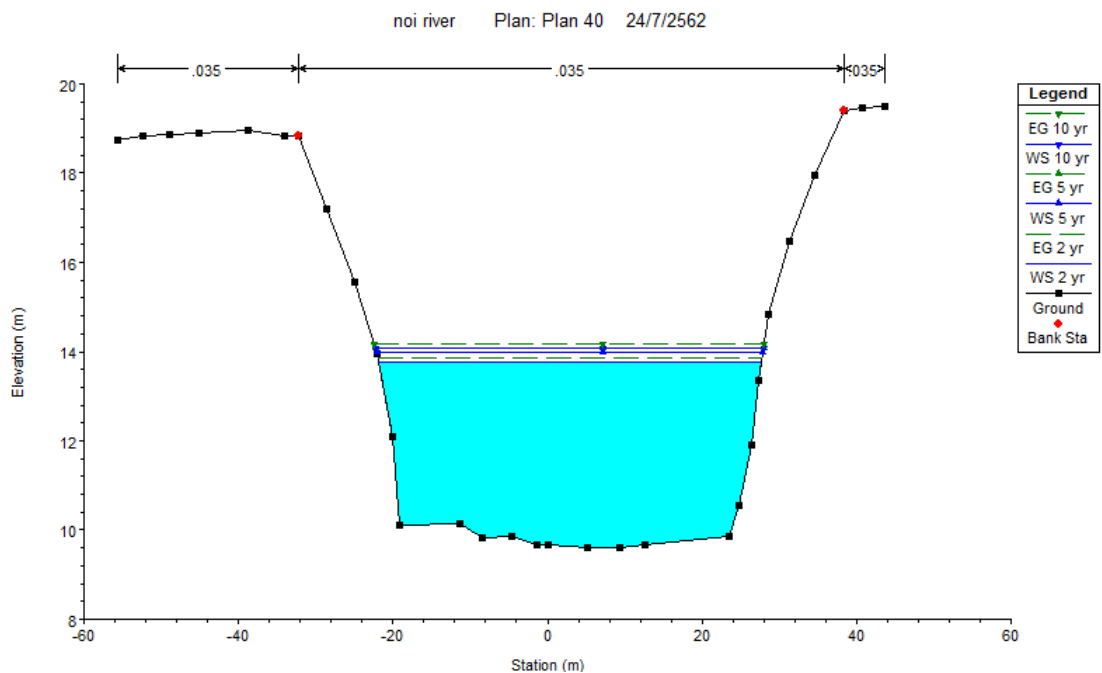
รูปที่ 3.11 ระดับน้ำรอบปี 2,5,10 ปี ของหน้าตัดแม่น้ำน้อย sta 0+040 ก่อนการปรับปรุง  
จากรูป 3.11 เมื่อตรวจสอบพบว่าระดับน้ำในรอบปี 2ปีมีระดับ 14.43 ม. รอบปี 5ปีมีระดับน้ำ 14.65 ม. รอบปี 10ปีมีระดับน้ำ 14.74 ม.

ปรับปรุงช่องทางการไหลของแม่น้ำน้อยค่าสัมประสิทธิ์แมนนิ่งที่แตกต่างกันพร้อมกับค่าความลาดชันด้านข้างที่แตกต่างกันsta0+040



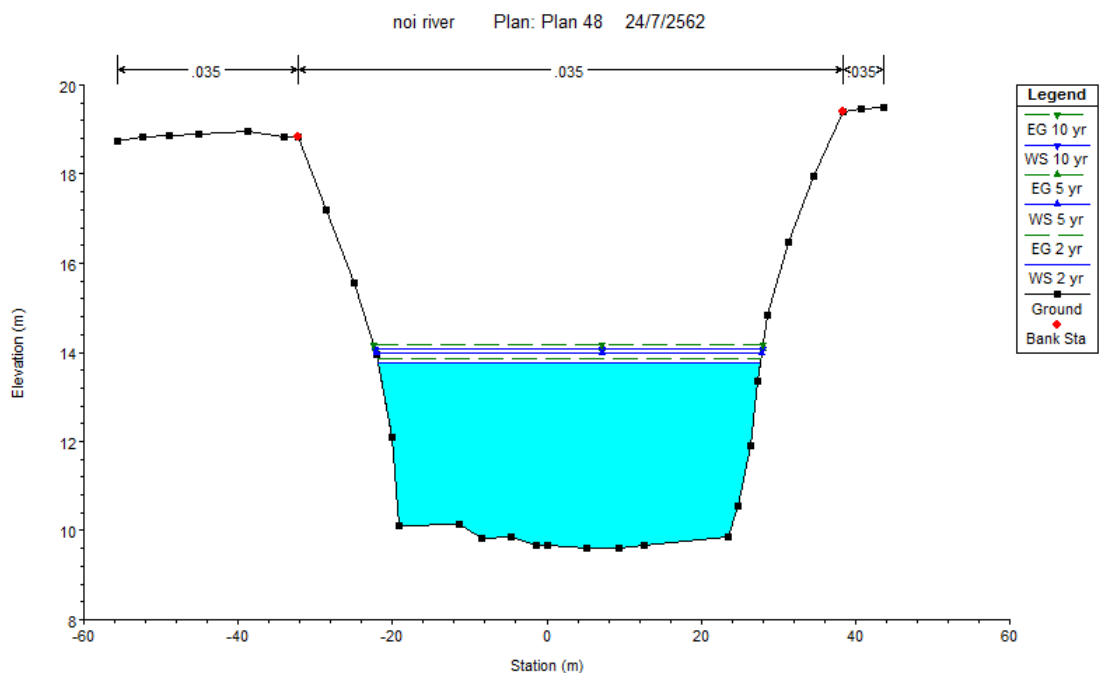
รูปที่ 3.12 ระดับน้ำรอบปี 2,5,10 ปี ของหน้าตัดแม่น้ำน้อยsta 0+040 ปรับปรุงด้วยวิธีเปลี่ยนค่าความลาดชันด้านข้างเป็นอัตราส่วน 1:2

จากรูปที่ 3.12 เมื่อตรวจสอบพบว่าระดับน้ำในรอบ2ปีมีระดับ 13.93 ม. รอบ5ปีมีระดับน้ำ 14.15 ม. รอบ10ปีมีระดับน้ำ 14.24 ม. ซึ่งเปรียบเทียบกับรูปที่ 3.11 จะทำให้ทราบการปรับปรุงหน้าตัดของลำน้ำทำให้ระดับน้ำลดลง ทำให้แม่น้ำน้อยในหน้าตัดนี้มีความสามารถในการส่งต่อน้ำที่มากขึ้นจากการปรับปรุง



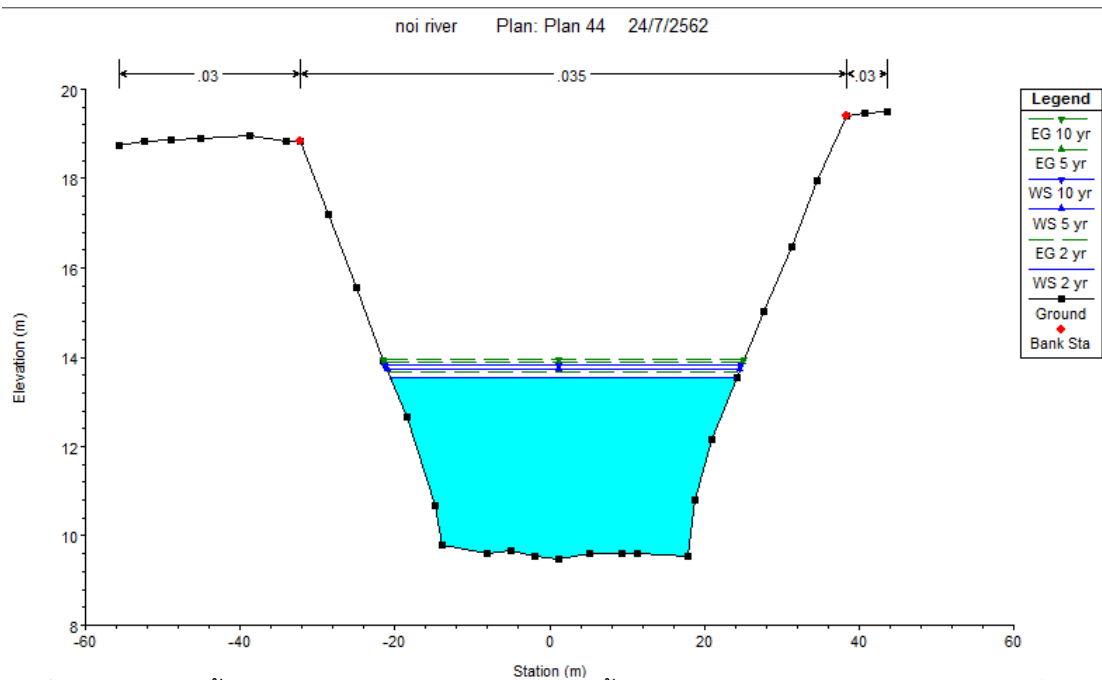
**รูปที่ 3.13** ระดับน้ำรอบปี 2,5,10 ปี ของหน้าตัดแม่น้ำน้อย sta 0+040 ปรับปรุงด้วยวิธีเปลี่ยนค่าความลาดชันด้านข้างเป็นอัตราส่วน 1:1.75

จากรูปที่ 3.12 เมื่อตรวจสอบพบว่าระดับน้ำในรอบ2ปีมีระดับ 13.78 ม. รอบ5ปีมีระดับน้ำ 13.98 ม. รอบ10ปีมีระดับน้ำ 14.07 ม. ซึ่งเปรียบเทียบกับรูปที่ 3.11 จะทำให้ทราบการปรับปรุงหน้าตัดของแม่น้ำน้อยทำให้ระดับน้ำลดลง ทำให้แม่น้ำน้อยในหน้าตัดนี้มีความสามารถในการส่งต่อน้ำที่มากขึ้นจากการปรับปรุง



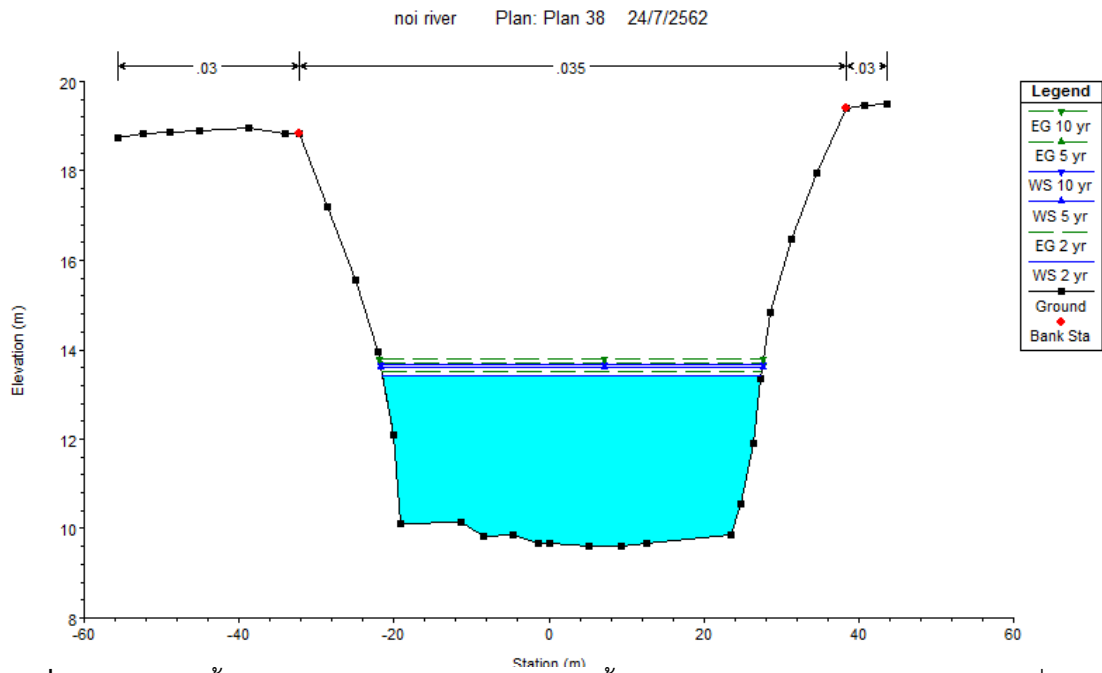
**รูปที่ 3.14** ระดับน้ำรอบปี 2,5,10 ปี ของหน้าตัดแม่น้ำน้อย sta 0+040 ปรับปรุงด้วยวิธีเปลี่ยนค่าความลาดชันด้านข้างเป็นอัตราส่วน 1:1.5

จากรูปที่ 3.14 เมื่อตรวจสอบพบว่าระดับน้ำในรอบ2ปีมีระดับ 13.77 ม. รอบ5ปีมีระดับน้ำ 13.98 ม. รอบ10ปีมีระดับน้ำ 14.07 ม. ซึ่งเปรียบเทียบกับรูปที่ 3.11 จะทำให้ทราบการปรับปรุงหน้าตัดของแม่น้ำน้อยทำให้ระดับน้ำลดลง ทำให้แม่น้ำน้อยในหน้าตัดนี้มีความสามารถในการส่งต่อน้ำที่มากขึ้นจากการปรับปรุง



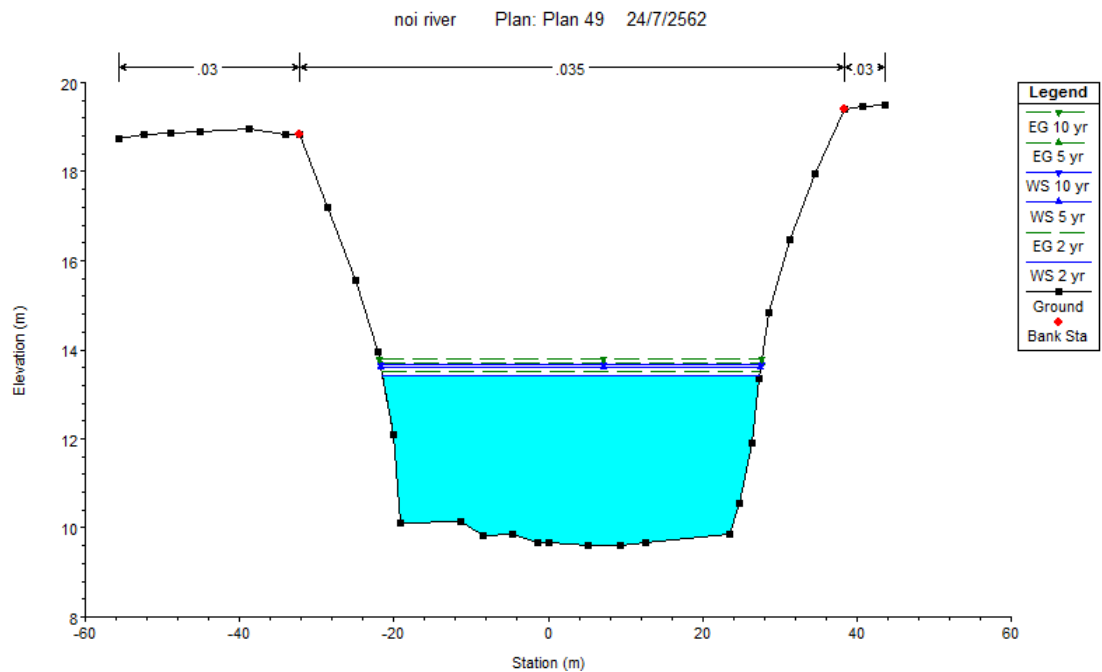
**รูปที่ 3.15** ระดับน้ำรอบปี 2,5,10 ปี ของหน้าตัดแม่น้ำน้อย sta 0+040 ปรับปรุงด้วยวิธีเปลี่ยนค่าความลาดชันด้านข้างเป็นอัตราส่วน 1:2 และสัมประสิทธิ์ค่าแมนนิ่งเป็น 0.03

จากรูปที่ 3.15 เมื่อตรวจสอบพบว่าระดับน้ำในรอบ2ปีมีระดับ 13.54 ม. รอบ5ปีมีระดับน้ำ 13.74 ม. รอบ10ปีมีระดับน้ำ 13.83 ม. ซึ่งเปรียบเทียบกับรูปที่ 3.11 จะทำให้ทราบการปรับปรุงหน้าตัดของแม่น้ำน้อยทำให้ระดับน้ำลดลง ทำให้แม่น้ำน้อยในหน้าตัดนี้มีความสามารถในการส่งต่อน้ำที่มากขึ้นจากการปรับปรุง



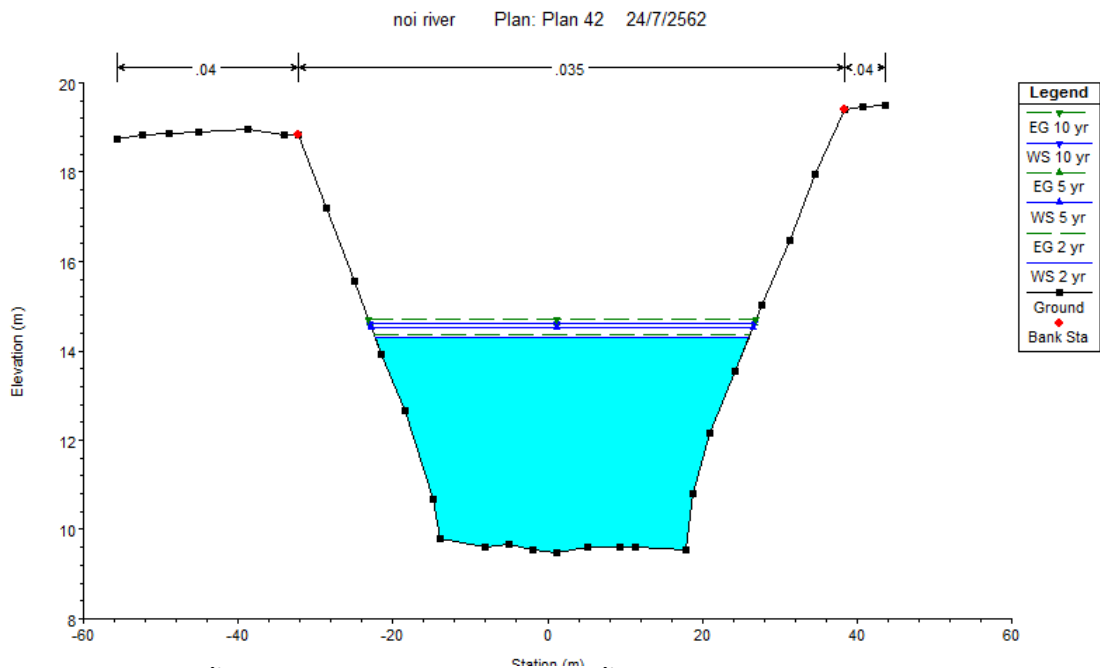
รูปที่ 3.16 ระดับน้ำรอบปี 2,5,10 ปี ของหน้าตัดแม่ข่ายน้ำน้อย sta 0+040 ปรับปรุงด้วยวิธีเปลี่ยนค่าความลาดชันด้านข้างเป็นอัตราส่วน 1:1.75 และค่าสัมประสิทธิ์แมนนิ่ง 0.03

จากรูปที่ 3.16 เมื่อตรวจสอบพบว่าระดับน้ำในรอบ 2 ปีมีระดับ 13.41 ม. รอบ 5 ปีมีระดับน้ำ 13.60 ม. รอบ 10 ปีมีระดับน้ำ 13.68 ม. ซึ่งเปรียบเทียบกับรูปที่ 3.11 จะทำให้ทราบการปรับปรุงหน้าตัดของแม่ข่ายน้ำน้อยทำให้ระดับน้ำลดลง ทำให้แม่ข่ายน้ำน้อยในหน้าตัดนี้มีความสามารถในการส่งต่อน้ำที่มากขึ้นจากการปรับปรุง



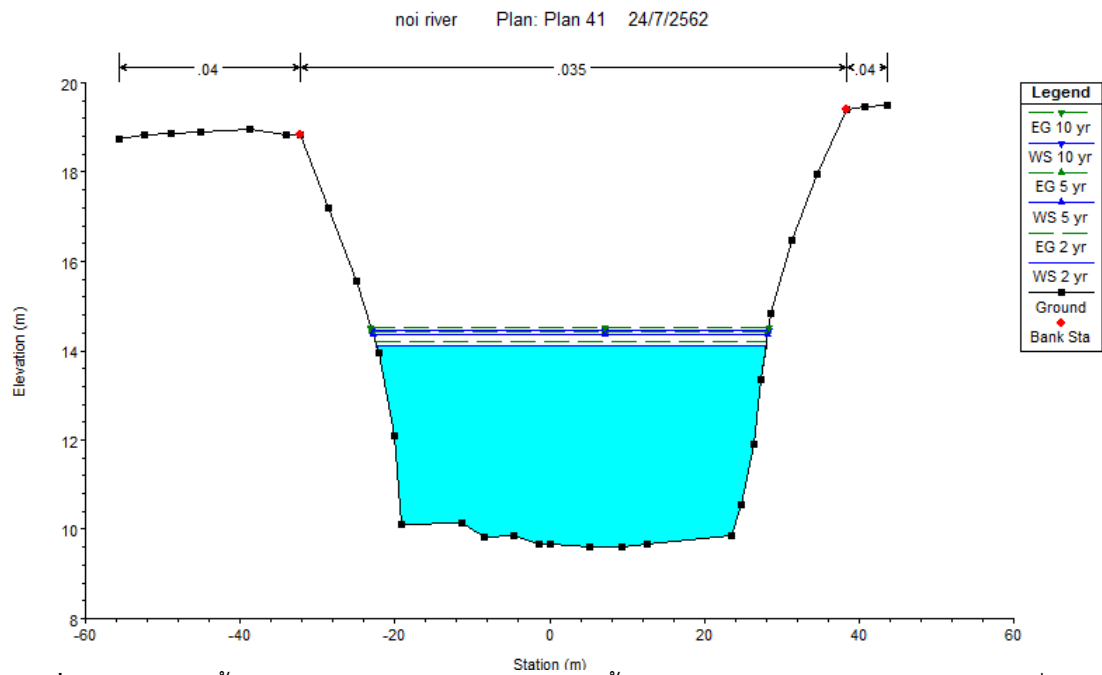
**รูปที่ 3.17** ระดับน้ำรอบปี 2,5,10 ปี ของหน้าตัดแม่น้ำน้อย sta 0+040 ปรับปรุงด้วยวิธีเปลี่ยนค่าความลาดชันด้านข้างเป็นอัตราส่วน 1:1.5 และค่าสัมประสิทธิ์แมนนิ่ง 0.03

จากรูปที่ 3.17 เมื่อตรวจสอบพบว่าระดับน้ำในรอบ2ปีมีระดับ 13.77 ม. รอบ5ปีมีระดับน้ำ 13.98 ม. รอบ10ปีมีระดับน้ำ 14.07 ม. ซึ่งเปรียบเทียบกับรูปที่ 3.11 จะทำให้ทราบการปรับปรุงหน้าตัดของแม่น้ำน้อยทำให้ระดับน้ำลดลง ทำให้แม่น้ำน้อยในหน้าตัดนี้มีความสามารถในการส่งต่อน้ำที่มากขึ้นจากการปรับปรุง



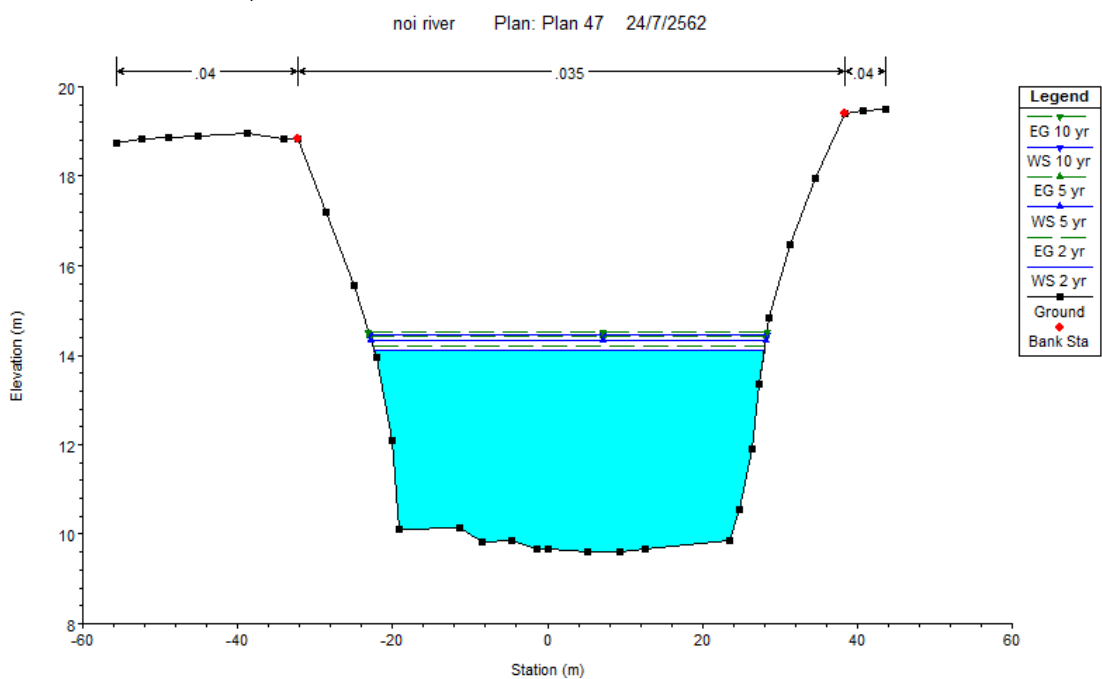
**รูปที่ 3.18** ระดับน้ำรอบปี 2,5,10 ปี ของหน้าตัดแม่น้ำน้อย sta 0+040 ปรับปรุงด้วยวิธีเปลี่ยนค่าความลาดชันด้านข้างเป็นอัตราส่วน 1:2 และค่าสัมประสิทธิ์แมนนิ่ง 0.04

จากรูปที่ 3.18 เมื่อตรวจสอบพบว่าระดับน้ำในรอบ2ปีมีระดับ 14.29 ม. รอบ5ปีมีระดับน้ำ 14.52 ม. รอบ10ปีมีระดับน้ำ 13.62 ม. ซึ่งเปรียบเทียบกับรูปที่ 3.11 จะทำให้ทราบการปรับปรุงหน้าตัดของแม่น้ำน้อยทำให้ระดับน้ำลดลง ทำให้แม่น้ำน้อยในหน้าตัดนี้มีความสามารถในการส่งต่อน้ำที่มากขึ้นจากการปรับปรุง



รูปที่ 3.19 ระดับน้ำรอบปี 2,5,10 ปี ของหน้าตัดแม่น้ำน้อย sta 0+040 ปรับปรุงด้วยวิธีเปลี่ยนค่าความลาดชันด้านข้างเป็นอัตราส่วน 1:1.75 และค่าสัมประสิทธิ์แมนนิง 0.04

จากรูปที่ 3.19 เมื่อตรวจสอบพบว่าระดับน้ำในรอบ 2 ปีมีระดับ 14.12 ม. รอบ 5 ปีมีระดับน้ำ 14.35 ม. รอบ 10 ปีมีระดับน้ำ 14.44 ม. ซึ่งเปรียบเทียบกับรูปที่ 3.11 จะทำให้ทราบการปรับปรุงหน้าตัดของแม่น้ำน้อยทำให้ระดับน้ำลดลง ทำให้แม่น้ำน้อยในหน้าตัดนี้มีความสามารถในการส่งต่อน้ำที่มากขึ้นจากการปรับปรุง



รูปที่ 3.20 ระดับน้ำรอบปี 2,5,10 ปี ของหน้าตัดแม่น้ำน้อย sta 0+040 ปรับปรุงด้วยวิธีเปลี่ยนค่าความลาดชันด้านข้างเป็นอัตราส่วน 1:1.5 และค่าสัมประสิทธิ์แมนนิง 0.04

จากรูปที่ 3.20 เมื่อตรวจสอบพบว่าระดับน้ำในรอบ2ปีมีระดับ 14.12 ม. รอบ5ปีมีระดับน้ำ 14.35 ม. รอบ10ปีมีระดับน้ำ 14.44 ม. ซึ่งเปรียบเทียบกับรูปที่ 3.11 จะทำให้ทราบการปรับปรุงหน้าตัดของแม่น้ำน้อยทำให้ระดับน้ำลดลง ทำให้แม่น้ำน้อยในหน้าตัดนี้มีความสามารถในการส่งต่อน้ำที่มากขึ้นจากการปรับปรุง

**ตารางที่ 3.3** ตารางเปรียบเทียบข้อมูลปริมาณความสามารถที่ลำน้ำสามารถส่งต่อได้ของกรมชลประทานกับโปรแกรมHEC-RAS

staion ของสถานีวัดน้ำ กม.	conveyance factor (cms)	conveyance factor (cms)
	กรมชลประทาน	Hec-Ras
0+040	10753.8	10756.4
0+446	12498.7	12499.6
0+995	14382	14382.7
2+080	13810.3	13812.7
2+505	14475	14477.6
4+081	9660	9660.9
4+120	12457.2	12458.7
5+033	8047	8047.7
5+921	3333.5	3334.2
6+035	4247.8	4249.9

ข้อมูลจากกรมชลประทานได้จากการเปรียบเทียบจากระดับน้ำของแม่น้ำน้อยกับพื้นที่หน้าตัดของแม่น้ำน้อยแล้วนำมาคำนวณในโปรแกรมHEC-RAS เพื่อหาค่า  $n$  ที่ใกล้เคียงกับสภาพพื้นที่จริง ซึ่งค่าที่ได้จากการคำนวณนำมาทดสอบให้ใกล้เคียงกับพื้นที่จริงและได้  $n = 0.035$

ข้อมูลจากตารางแสดงถึงความใกล้เคียงกับของปริมาณน้ำที่ส่งต่อของแต่ละสถานี ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ 0.01 % โดยประมาณซึ่งมีปริมาณน้ำเท่ากัน232.88 cms ในรอบปีการเกิดซ้ำของน้ำท่า 2 ปี

จากตารางที่ 3.3 ได้ดำเนินการปรับปรุงแม่น้ำน้อยให้ค่า conveyance factor(cms) เปลี่ยนแปลงไป โดยเปลี่ยนค่าความลาดชันด้านข้าง(side slope) 1:1.5,1:1.75,1:2 และค่า

สัมประสิทธิ์แมนนิ่ง(n) 0.03 0.035 0.04 ตามลำดับ (ภาคผนวก ญ) ในรอบปีการเกิดซ้ำของน้ำท่า 2 ปี

### 3.6 การปรับปรุงช่องทางการไหลของแม่น้ำน้อย

#### 3.6.1 การปรับปรุงค่าความลาดชันด้านข้างของแม่น้ำน้อยทั้งสองด้านพร้อมทั้งค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระที่แตกต่างกันทุกสถานี

การปรับปรุงค่าความชันด้านข้างของแม่น้ำน้อยเป็นส่วนหนึ่งที่ใช้การคำนวณจาก  $Q=AV$  จากสมการการไหลของน้ำ โดยการปรับปรุงใช้การคำนวณหน้าตัดจากสมการการปรับปรุงหน้าตัดของลำน้ำจาก  $A = bh + h^2 + (\emptyset + \cot \emptyset)$  โดยค่าการปรับความลาดชันเราจะทำ 3 กรณี คือ 1:1.5 1:1.75 1:2 ตามลำดับ พร้อมทั้งการปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ 3 กรณี คือ 0.03 0.035 0.04 รวมทั้งหมด 10 สถานี ผลการปรับแต่งเป็นดังภาพหน้าตัดดังนี้

3.6.1.1 การปรับปรุงค่าความลาดชันอัตราส่วน 1:1.5 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.03 (ภาคผนวก ก)

3.6.1.2 การปรับปรุงค่าความลาดชันอัตราส่วน 1:1.5 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.035 (ภาคผนวก ข)

3.6.1.3 การปรับปรุงค่าความลาดชันอัตราส่วน 1:1.5 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.04 (ภาคผนวก ค)

3.6.1.4 การปรับปรุงค่าความลาดชันอัตราส่วน 1:1.75 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.03 (ภาคผนวก ง)

3.6.1.5 การปรับปรุงค่าความลาดชันอัตราส่วน 1:1.75 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.035 (ภาคผนวก จ)

3.6.1.6 การปรับปรุงค่าความลาดชันอัตราส่วน 1:1.75 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.04 (ภาคผนวก ฉ)

3.6.1.7 การปรับปรุงค่าความลาดชันอัตราส่วน 1:2 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.03 (ภาคผนวก ช)

3.6.1.8 การปรับปรุงค่าความลาดชันอัตราส่วน 1:2 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.035 (ภาคผนวก ซ)

3.6.1.9 การปรับปรุงค่าความลาดชันอัตราส่วน 1:2 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.04 (ภาคผนวก ฌ)

## บทที่ 4

### ผลการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูล



รูปที่ 4.1 แผนผังการดำเนินงานวิจัย

การศึกษาครั้งนี้จะเป็นการจำลองการไหลในแม่น้ำน้อยโดยใช้โปรแกรมแบบจำลอง HEC-RAS

4.1.0 โดยมีข้อมูลในการคำนวณสร้างแบบจำลอง คือ

-หน้าตัดแม่น้ำน้อยตั้งแต่ประตูระบายน้ำโครงการส่งน้ำบรรเทาฯ สถานีที่ กม.0+040 ถึงสถานีที่ กม.6+035

-ข้อมูลระดับน้ำแม่น้ำน้อยตั้งแต่ประตูระบายน้ำโครงการส่งน้ำบรรเทาฯ สถานีที่ กม.0+040 ถึงสถานีที่ กม.6+035

-ปริมาณน้ำที่ส่งต่อของลำน้ำแม่น้ำน้อยตั้งแต่ประตูระบายน้ำโครงการส่งน้ำบรรเทาฯ สถานีที่ กม.0+040 ถึงสถานีที่ กม.6+035 และสร้างแบบจำลองของริมแม่น้ำน้อยโดยมีกรณีศึกษาของแต่ละค่าความลาดชันและค่า Manning n ที่ต่างกัน 9 กรณีศึกษา ได้แก่

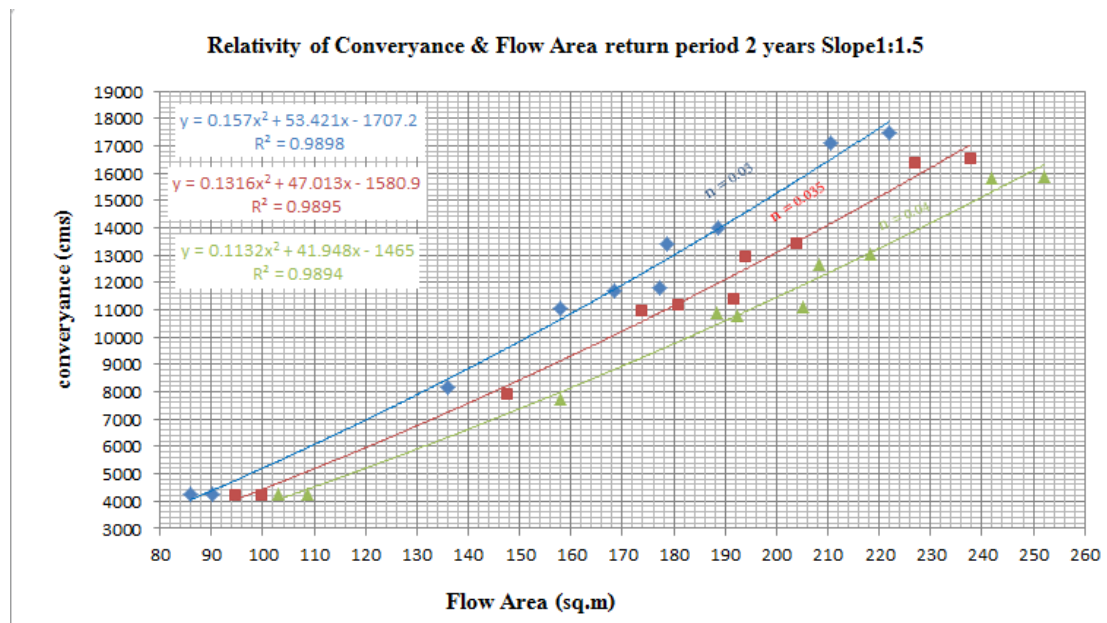
1. ค่าความลาดชันด้านข้าง 1:1.5 ค่า Manning n 0.03 (ภาคผนวก ก)
2. ค่าความลาดชันด้านข้าง 1:1.5 ค่า Manning n 0.035 (ภาคผนวก ข)
3. ค่าความลาดชันด้านข้าง 1:1.5 ค่า Manning n 0.04 (ภาคผนวก ค)
4. ค่าความลาดชันด้านข้าง 1:1.75 ค่า Manning n 0.03 (ภาคผนวก ง)
5. ค่าความลาดชันด้านข้าง 1:1.75 ค่า Manning n 0.035 (ภาคผนวก จ)
6. ค่าความลาดชันด้านข้าง 1:1.75 ค่า Manning n 0.04 (ภาคผนวก ฉ)
7. ค่าความลาดชันด้านข้าง 1:2 ค่า Manning n 0.03 (ภาคผนวก ช)
8. ค่าความลาดชันด้านข้าง 1:2 ค่า Manning n 0.035 (ภาคผนวก ซ)
9. ค่าความลาดชันด้านข้าง 1:2 ค่า Manning n 0.04 (ภาคผนวก ฌ)

โดยที่แต่ละกรณีศึกษาของแม่น้ำ ก็จะมีกรณีย่อยที่ต้องวิเคราะห์รอบปีการเกิดซ้ำอีกอย่างละ 3 กรณีศึกษาซึ่งได้แก่

1. รอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี
2. รอบปีการเกิดซ้ำ 5 ปี
3. รอบปีการเกิดซ้ำ 10 ปี

#### 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างflow area , conveyance factor และ manning n ในรอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี

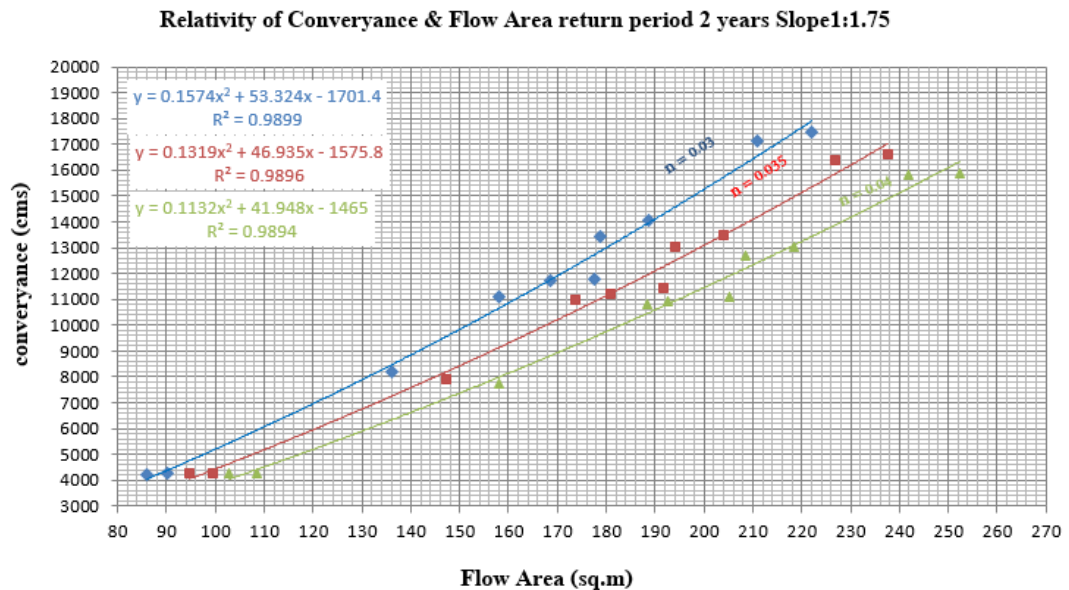
##### 4.1.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างflow area , conveyance factor และ manning n ในรอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี slope 1:1.5



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างflow area , conveyance factorและmanning n ในรอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี slope 1:1.5

จากกราฟทำให้ทราบว่าค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระแต่ละแบบเหมาะสมกับสภาพพื้นที่แตกต่างกัน ในสภาพพื้นที่จริงของแม่น้ำน้อยมีค่าความขรุขระ  $n = 0.035$  ซึ่งเป็นค่ากลางที่ของตารางหรือสีแดง ดังภาพ แต่หว่าค่าความลาดชันของของพื้นที่แม่น้ำในกราฟได้ถูกปรับเปลี่ยนเป็น 1 : 1.5 เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงซึ่งในการปรับปรุงดังกล่าวส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของflow area ในแต่ละสถานี ในกรณีเกิดความต้องส่งต่อน้ำมากต้องมีค่า Conveyance (cms) มาก จึงควรใช้ค่าสัมประสิทธิ์  $n = 0.03$  (กรณีแม่น้ำน้อยเป็นหินลาดทั้งแม่น้ำ) และflow area มากๆ และในกรณีที่ ต้องการตรวจสอบปริมาณน้ำที่ส่งต่อสูงสุดของแม่น้ำน้อยที่ได้ทำเมื่อได้ดำเนินการปรับปรุงก็ สามารถตรวจสอบได้จากกราฟข้างต้นซึ่งค่าปริมาณน้ำที่ส่งต่อที่ได้จากการปรับทางไหลของน้ำเป็นการทำนายในรอบสองปี และค่าความลาดชัน 1 : 1.5 ประโยชน์จากการนำกราฟนี้ไปใช้จะสามารถนำไปคาดคะเนปริมาณน้ำทำได้

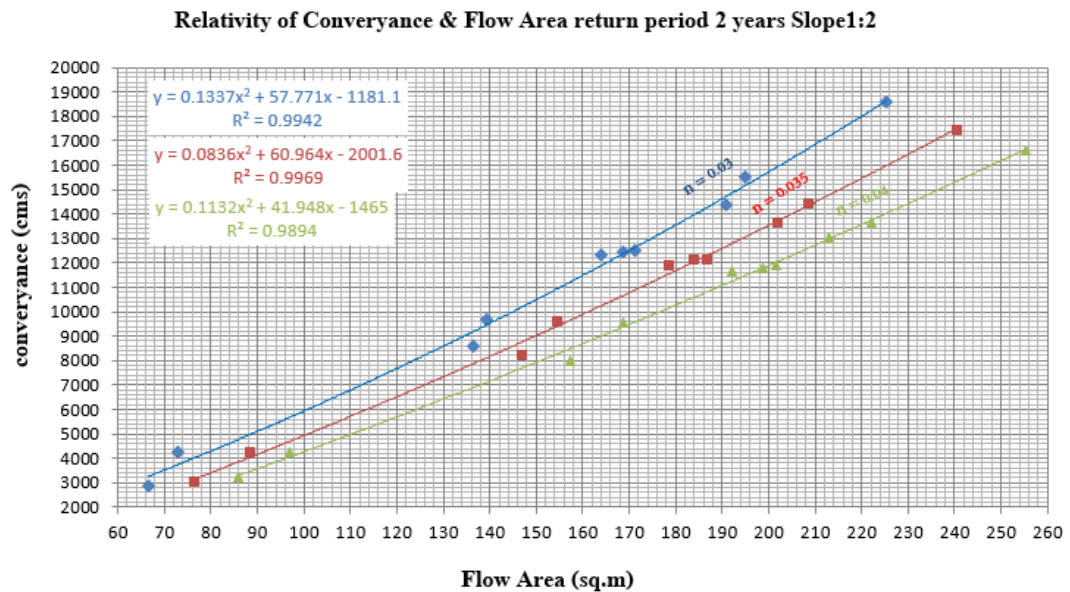
#### 4.1.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างflow area , conveyance factorและmanning n ในรอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี slope 1:1.75



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างflow area , conveyance factorและmanning n ในรอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี slope 1:1.75

จากกราฟทำให้ทราบว่าค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระแต่ละแบบเหมาะสมกับสภาพพื้นที่แตกต่างกัน ในสภาพพื้นที่จริงของแม่น้ำน้อยมีค่าความขรุขระ  $n = 0.035$  ซึ่งเป็นค่ากลางที่ของตารางหรือสีแดง ดังภาพ แต่ทว่าค่าความลาดชันของของพื้นที่แม่น้ำในกราฟได้ถูกปรับเปลี่ยนเป็น 1 : 1.75 เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงซึ่งในการปรับปรุงดังกล่าวส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของflow area ในแต่ละสถานี ในกรณีเกิดความต้องส่งต่อน้ำมากต้องมีค่า Conveyance (cms) มาก จึงควรใช้ค่าสัมประสิทธิ์  $n = 0.03$  (กรณีแม่น้ำน้อยเป็นหินตาดั้งแม่น้ำ) และflow area มากๆ และในกรณีที่ ต้องการตรวจสอบปริมาณน้ำที่ส่งต่อสูงสุดของแม่น้ำน้อยที่ได้ทำเมื่อได้ดำเนินการปรับปรุงก็ สามารถตรวจสอบได้จากกราฟข้างต้นซึ่งค่าปริมาณน้ำที่ส่งต่อที่ได้จากการปรับทางไหลของน้ำเป็นการทำนายในรอบสองปี และค่าความลาดชัน 1 : 1.75 ประโยชน์จากการนำกราฟนี้ไปใช้จะสามารถนำไปคาดคะเนปริมาณน้ำทำได้

#### 4.1.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างflow area , conveyance factorและmanning n ในรอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี slope 1:2

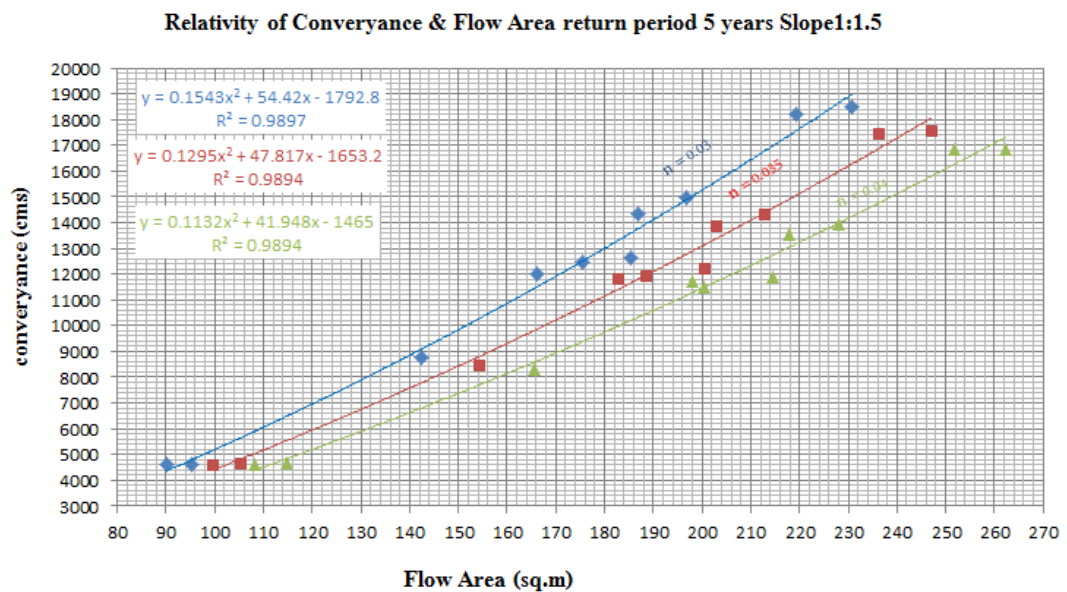


รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างflow area , conveyance factorและmanning n ในรอบปีการเกิดซ้ำ 2 ปี slope 1:2

จากกราฟทำให้ทราบว่าค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระแต่ละแบบเหมาะสมกับสภาพพื้นที่แตกต่างกัน ในสภาพพื้นที่จริงของแม่น้ำน้อยมีค่าความขรุขระ  $n = 0.035$  ซึ่งเป็นค่ากลางที่ของตารางหรือสีแดง ดังภาพ แต่ทว่าค่าความลาดชันของของพื้นที่แม่น้ำในกราฟได้ถูกปรับเปลี่ยนเป็น 1 : 2 เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงซึ่งในการปรับปรุงดังกล่าวส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของflow area ในแต่ละสถานี ในกรณีเกิดความต้องส่งต่อน้ำมากต้องมีค่า Conveyance (cms) มาก จึงควรใช้ค่าสัมประสิทธิ์  $n = 0.03$  (กรณีแม่น้ำน้อยเป็นหินคาดทั้งแม่น้ำ) และflow area มากๆ และในกรณีที่ต้องการตรวจสอบ ปริมาณน้ำที่ส่งต่อสูงสุดของแม่น้ำน้อยที่ได้ทำเมื่อได้ดำเนินการปรับปรุงปรุงก็สามารถตรวจสอบได้จากกราฟข้างต้นซึ่งค่าปริมาณน้ำที่ส่งต่อที่ได้จากการปรับทางไหลของน้ำเป็นการทำนายในรอบสองปี และค่าความลาดชัน 1 : 2 ประโยชน์จากการนำกราฟนี้ไปใช้จะสามารถนำไปคาดคะเนปริมาณน้ำทำได้

## 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างflow area , conveyance factorและ manning n ในรอบปีการเกิดซ้ำ 5 ปี

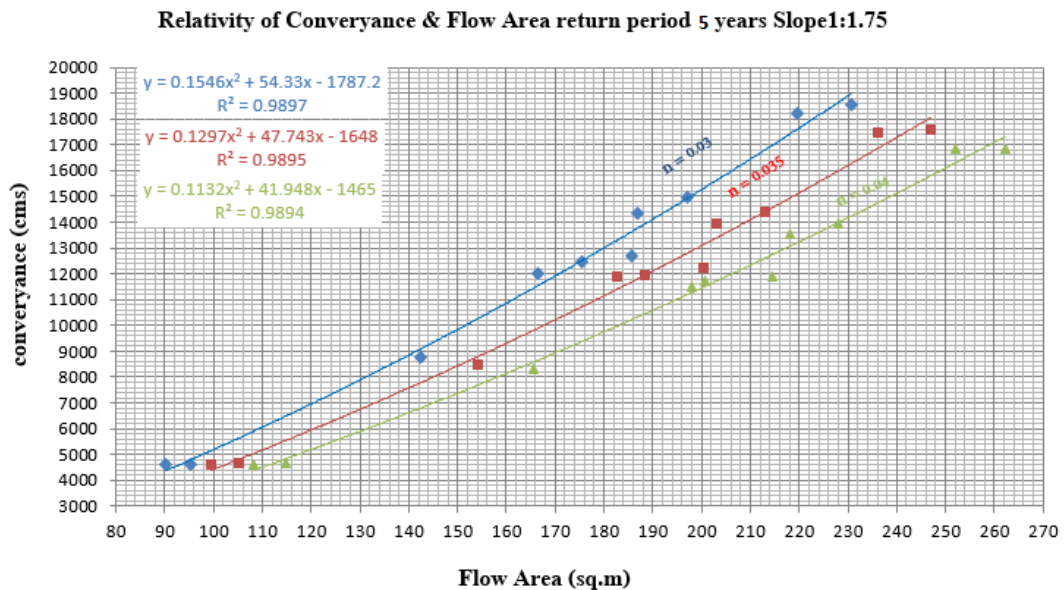
### 4.2.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างflow area , conveyance factorและ manning n ในรอบปีการเกิดซ้ำ 5 ปี slope 1:1.5



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างflow area , conveyance factorและmanning n ในรอบปีการเกิดซ้ำ 5 ปี slope 1:1.5

จากกราฟทำให้ทราบว่าค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระแต่ละแบบเหมาะสมกับสภาพพื้นที่แตกต่างกัน ในสภาพพื้นที่จริงของแม่น้ำน้อยมีค่าความขรุขระ  $n = 0.035$  ซึ่งเป็นค่ากลางที่ของตารางหรือสีแดง ดังภาพ แต่ทว่าค่าความลาดชันของของพื้นที่แม่น้ำในกราฟได้ถูกปรับเปลี่ยนเป็น 1 : 1.5 เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงซึ่งในการปรับปรุงดังกล่าวส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของflow area ในแต่ละสถานี ในกรณีเกิดความต้องส่งต่อน้ำมากต้องมีค่า Conveyance (cms) มาก จึงควรใช้ค่าสัมประสิทธิ์  $n = 0.03$  (กรณีแม่น้ำน้อยเป็นหินลาดทั้งแม่น้ำ) และflow area มากๆ และในกรณีที่ต้องการตรวจสอบปริมาณน้ำที่ส่งต่อสูงสุดของแม่น้ำน้อยที่ได้ทำเมื่อได้ดำเนินการปรับปรุงก็สามารถตรวจสอบได้จากกราฟข้างต้นซึ่งค่าปริมาณน้ำที่ส่งต่อที่ได้จากการปรับทางไหลของน้ำเป็นการทำนายในรอบสองปี และค่าความลาดชัน 1 : 1.5 ประโยชน์จากการนำกราฟนี้ไปใช้จะสามารถนำไปคาดคะเนปริมาณน้ำทำได้

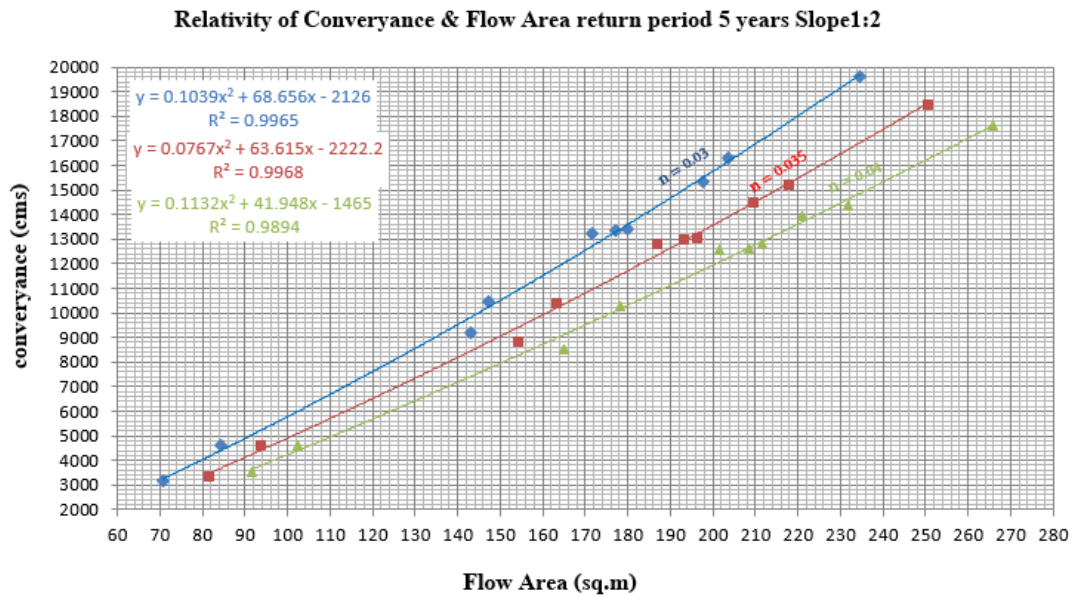
4.2.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างflow area , conveyance factorและmanning n ในรอบปีการเกิดซ้ำ 5 ปี slope 1:1.75



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างflow area , conveyance factorและmanning n ในรอบปีการเกิดซ้ำ 5 ปี slope 1:1.75

จากกราฟทำให้ทราบว่าค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระแต่ละแบบเหมาะสมกับสภาพพื้นที่แตกต่างกัน ในสภาพพื้นที่จริงของแม่น้ำน้อยมีค่าความขรุขระ  $n = 0.035$  ซึ่งเป็นค่ากลางที่ของตารางหรือสีแดง ดังภาพ แต่ทว่าค่าความลาดชันของของพื้นที่แม่น้ำในกราฟได้ถูกปรับเปลี่ยนเป็น 1 : 1.75 เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงซึ่งในการปรับปรุงดังกล่าวส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของflow area ในแต่ละสถานี ในกรณีเกิดความต้องส่งต่อน้ำมากต้องมีค่า Conveyance (cms) มาก จึงควรใช้ค่าสัมประสิทธิ์  $n = 0.03$  (กรณีแม่น้ำน้อยเป็นหินตาดทั้งแม่น้ำ) และflow area มากๆ และในกรณีที่ ต้องการตรวจสอบปริมาณน้ำที่ส่งต่อสูงสุดของแม่น้ำน้อยที่ได้ทำเมื่อได้ดำเนินการปรับปรุงก็ สามารถตรวจสอบได้จากกราฟข้างต้นซึ่งค่าปริมาณน้ำที่ส่งต่อที่ได้จากการปรับทางไหลของน้ำเป็นการทำนายในรอบสองปี และค่าความลาดชัน 1 : 1.75 ประโยชน์จากการนำกราฟนี้ไปใช้จะสามารถนำไปคาดคะเนปริมาณน้ำทำได้

#### 4.2.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างflow area , conveyance factorและmanning n ในรอบปีการเกิดซ้ำ 5 ปี slope 1:2

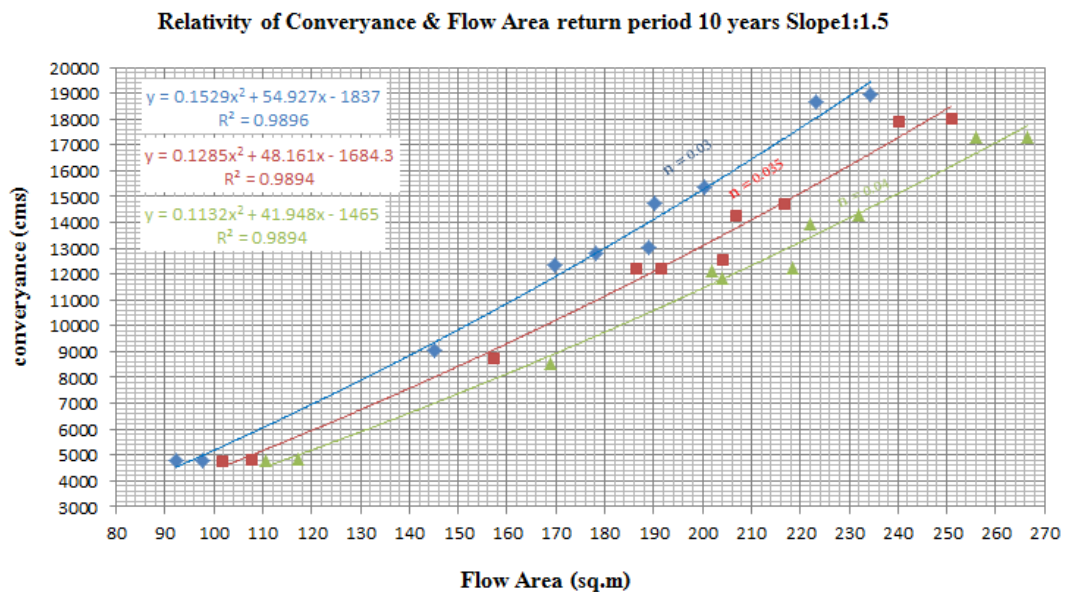


รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างflow area , conveyance factorและmanning n ในรอบปีการเกิดซ้ำ 5 ปี slope 1:2

จากกราฟทำให้ทราบว่าค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระแต่ละแบบเหมาะสมกับสภาพพื้นที่แตกต่างกัน ในสภาพพื้นที่จริงของแม่น้ำน้อยมีค่าความขรุขระ  $n = 0.035$  ซึ่งเป็นค่ากลางที่ของตารางหรือสีแดง ดังภาพ แต่ทว่าค่าความลาดชันของพื้นที่แม่น้ำในกราฟได้ถูกปรับเปลี่ยนเป็น 1 : 2 เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงซึ่งในการปรับปรุงดังกล่าวส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของflow area ในแต่ละสถานี ในกรณีเกิดความต้องส่งต่อน้ำมากต้องมีค่า Conveyance (cms) มาก จึงควรใช้ค่าสัมประสิทธิ์  $n = 0.03$  (กรณีแม่น้ำน้อยเป็นหินตาดทั้งแม่น้ำ) และflow area มากๆ และในกรณีที่ต้องการตรวจสอบ ปริมาณน้ำที่ส่งต่อสูงสุดของแม่น้ำน้อยที่ได้ทำเมื่อได้ดำเนินการปรับปรุงก็สามารตรวจสอบได้ จากกราฟข้างต้นซึ่งค่าปริมาณน้ำที่ส่งต่อที่ได้จากการปรับทางไหลของน้ำเป็นการทำนายในรอบห้าปี และค่าความลาดชัน 1 : 2 ประโยชน์จากการนำกราฟนี้ไปใช้จะสามารถนำไปคาดคะเนปริมาณน้ำทำได้

### 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างflow area , conveyance factorและ manning n ในรอบปีการเกิดซ้ำ 10 ปี

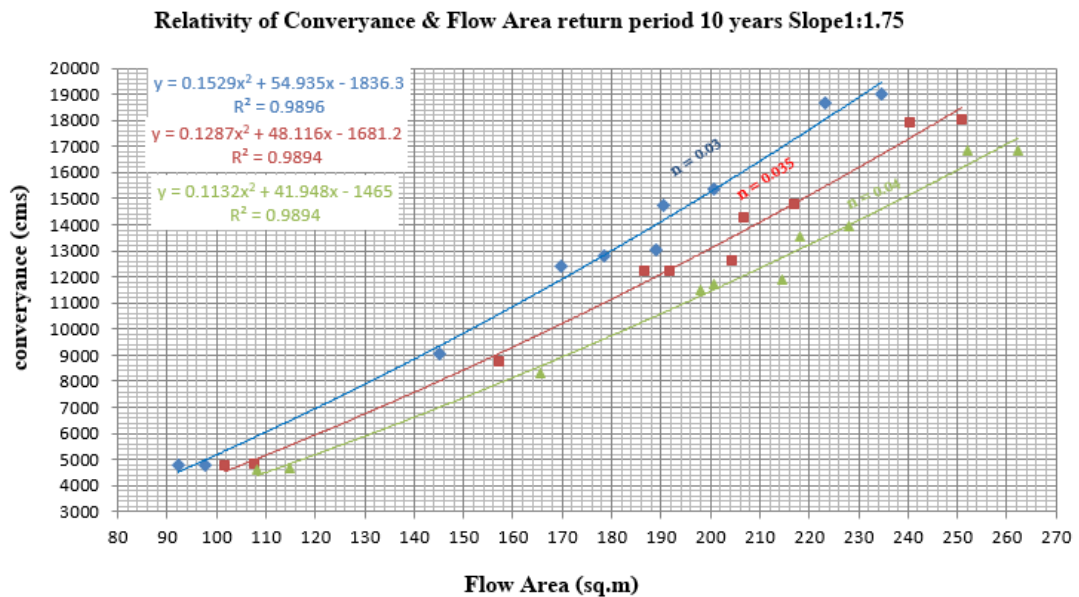
#### 4.3.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างflow area , conveyance factorและmanning n ในรอบปีการเกิดซ้ำ 10 ปี slope 1:1.5



**รูปที่ 4.8** กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างflow area , conveyance factorและmanning n ในรอบปีการเกิดซ้ำ 10 ปี slope 1:1.5

จากกราฟทำให้ทราบว่าค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระแต่ละแบบเหมาะสมกับสภาพพื้นที่แตกต่างกัน ในสภาพพื้นที่จริงของแม่น้ำน้อยมีค่าความขรุขระ  $n = 0.035$  ซึ่งเป็นค่ากลางที่ของตารางหรือสีแดงดังภาพ แต่ทว่าค่าความลาดชันของของพื้นที่แม่น้ำในกราฟได้ถูกปรับเปลี่ยนเป็น 1 : 1.5 เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงซึ่งในการปรับปรุงดังกล่าวส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของflow area ในแต่ละสถานี ในกรณีเกิดความต้องส่งต่อน้ำมากต้องมีค่า Conveyance (cms) มาก จึงควรใช้ค่าสัมประสิทธิ์  $n = 0.03$  (กรณีแม่น้ำน้อยเป็นหินคาดทั้งแม่น้ำ) และflow area มากๆ และในกรณีที่ต้องการตรวจสอบปริมาณน้ำที่ส่งต่อสูงสุดของแม่น้ำน้อยที่ได้ทำเมื่อได้ดำเนินการปรับปรุงก็สามารถตรวจสอบได้จากกราฟข้างต้นซึ่งค่าปริมาณน้ำที่ส่งต่อที่ได้จากการปรับทางไหลของน้ำเป็นการทำนายในรอบสิบปี และค่าความลาดชัน 1 : 1.5 ประโยชน์จากการนำกราฟนี้ไปใช้จะสามารถนำไปคาดคะเนปริมาณน้ำทำได้

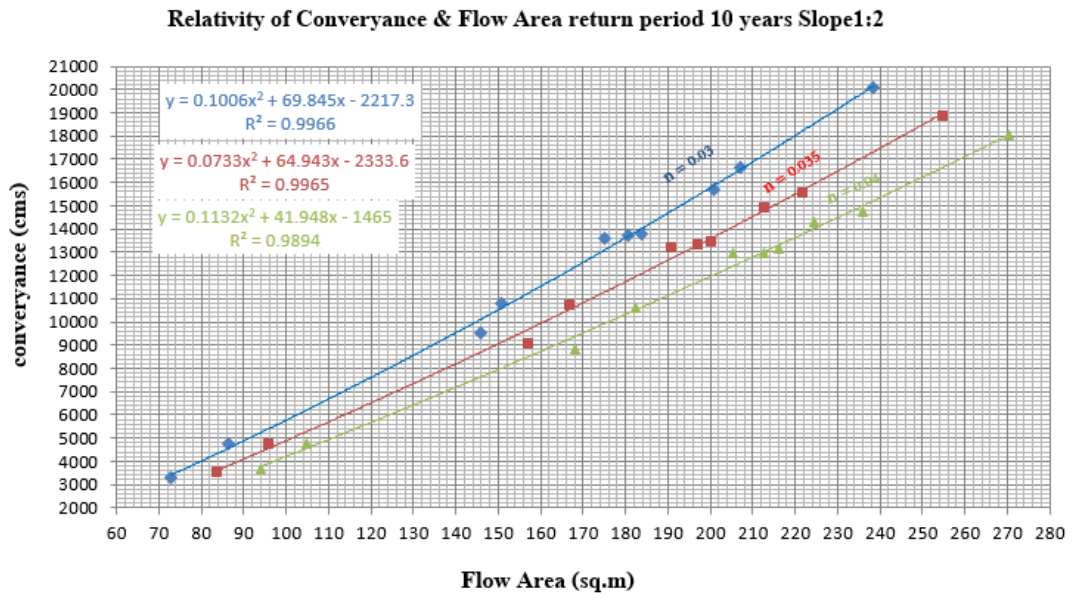
#### 4.3.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างflow area , conveyance factorและmanning n ในรอบปีการเกิดซ้ำ 10 ปี slope 1:1.75



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างflow area , conveyance factorและmanning n ในรอบปีการเกิดซ้ำ 10 ปี slope 1:1.75

จากกราฟทำให้ทราบว่าค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระแต่ละแบบเหมาะสมกับสภาพพื้นที่แตกต่างกัน ในสภาพพื้นที่จริงของแม่น้ำน้อยมีค่าความขรุขระ  $n = 0.035$  ซึ่งเป็นค่ากลางที่ของตารางหรือสีแดง ดังภาพ แต่ทว่าค่าความลาดชันของพื้นที่แม่น้ำในกราฟได้ถูกปรับเปลี่ยนเป็น 1 : 1.75 เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงซึ่งในการปรับปรุงดังกล่าวส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของflow area ในแต่ละสถานี ในกรณีเกิดความต้องส่งต่อน้ำมากต้องมีค่า Conveyance (cms) มาก จึงควรใช้ค่าสัมประสิทธิ์  $n = 0.03$  (กรณีแม่น้ำน้อยเป็นหินลาดทั้งแม่น้ำ) และflow area มากๆ และในกรณีที่ต้องการตรวจสอบปริมาณน้ำที่ส่งต่อสูงสุดของแม่น้ำน้อยที่ได้ทำเมื่อได้ดำเนินการปรับปรุงก็ สามารถตรวจสอบได้จากกราฟข้างต้นซึ่งค่าปริมาณน้ำที่ส่งต่อที่ได้จากการปรับทางไหลของน้ำเป็นการทำนายในรอบสิบปี และค่าความลาดชัน 1 : 1.75 ประโยชน์จากการนำกราฟนี้ไปใช้จะสามารถนำไปคาดคะเนปริมาณน้ำทำได้

### 4.3.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างflow area , conveyance factorและmanning n ในรอบปีการเกิดซ้ำ 10 ปี slope 1:2



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างflow area , conveyance factorและmanning n ในรอบปีการเกิดซ้ำ 10 ปี slope 1:2

จากกราฟทำให้ทราบว่าค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระแต่ละแบบเหมาะสมกับสภาพพื้นที่แตกต่างกัน ในสภาพพื้นที่จริงของแม่น้ำน้อยมีค่าความขรุขระ  $n = 0.035$  ซึ่งเป็นค่ากลางที่ของตารางหรือสีแดง ดังภาพ แต่ทว่าค่าความลาดชันของของพื้นที่แม่น้ำในกราฟได้ถูกปรับเปลี่ยนเป็น 1 : 2 เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงซึ่งในการปรับปรุงดังกล่าวส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของflow area ในแต่ละสถานี ในกรณีเกิดความต้องส่งต่อน้ำมากต้องมีค่า Conveyance (cms) มาก จึงควรใช้ค่าสัมประสิทธิ์  $n = 0.03$  (กรณีแม่น้ำน้อยเป็นหินตาดทั้งแม่น้ำ) และflow area มากๆ และในกรณีที่ต้องการตรวจสอบ ปริมาณน้ำที่ส่งต่อสูงสุดของแม่น้ำน้อยที่ได้ทำเมื่อได้ดำเนินการปรับปรุงก็สามารตรวจสอบได้ จากกราฟข้างต้นซึ่งค่าปริมาณน้ำที่ส่งต่อที่ได้จากการปรับทางไหลของน้ำเป็นการทำนายในรอบสิบปี และค่าความลาดชัน 1 : 2 ประโยชน์จากการนำกราฟนี้ไปใช้จะสามารถนำไปคาดคะเนปริมาณน้ำทำ ได้

## บทที่ 5

### สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลตามวัตถุประสงค์

การวิจัยนี้ได้สรุปผลการศึกษาโดยแยกตามวัตถุประสงค์และแนวทางประยุกต์ใช้ในการศึกษาดังนี้

5.1.1 เพื่อศึกษาการปรับปรุงของแม่น้ำน้อยในการปรับปรุงแบบต่างๆว่ากรณีใดให้ปริมาณพื้นที่การส่งน้ำเพิ่มมากขึ้น กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่การไหล ปริมาณน้ำท่าที่ส่งต่อ และค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ ที่แตกต่างกัน ทำให้สามารถกำหนดขอบเขตของการปรับปรุงลำน้ำได้ดียิ่งขึ้น รวมทั้งสามารถนำไปใช้ในกรณีการวิเคราะห์ภัยพิบัติน้ำท่วมในอนาคตได้อีกด้วย

5.1.2 เพื่อศึกษารอบปีการเกิดซ้ำของน้ำท่าในพื้นที่แม่น้ำน้อย ผู้จัดทำได้ออกแบบกรณีศึกษาไว้ 3 กรณี คือ รอบ 2 ปี รอบ 5 ปี และรอบ 10 ปี ซึ่งแต่ละกรณีจะมีปริมาณน้ำท่าที่ส่งต่อ พื้นที่การไหล และค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ ที่แตกต่างกันทำให้สามารถนำไปปรับใช้กับพื้นที่แม่น้ำน้อยได้ ตามแต่ผู้ปรับปรุงแม่น้ำน้อยต้องการ

5.1.3 เพื่อศึกษาหาค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ ที่แตกต่างกันว่าสัมประสิทธิ์แบบใดใช้ในแม่น้ำน้อยได้ดีที่สุด โดยค่าสัมประสิทธิ์ 0.03 มีความสามารถในการให้น้ำได้ดีกว่าสัมประสิทธิ์ 0.035 และ 0.04 ประมาณร้อยละ 10 ของปริมาณน้ำท่าที่ส่งต่อ ในกรณีรอบปีการเกิดซ้ำเดียวกับ และ พื้นที่การส่งน้ำเท่ากัน

5.1.4 เพื่อศึกษาลักษณะการปรับปรุงด้านข้างของแม่น้ำน้อยว่าลักษณะการปรับปรุงทางลาดด้านข้างแบบอัตราส่วน 1:2 มีความสามารถในการส่งต่อน้ำท่าได้มากกว่าอัตราส่วน 1:1.75 และ 1:1.5 ประมาณร้อยละ 5 ของปริมาณการส่งน้ำทั้งหมด เนื่องจากการปรับปรุงอัตราส่วนความลาดชันด้านข้างมีผลต่อพื้นที่การไหลยิ่งพื้นที่การไหลมากเท่าใดปริมาณน้ำท่าที่ส่งต่อจะแปรผันตามเช่นกัน

5.1.5 การศึกษานี้ได้ผลการปรับปรุงความจุของแม่น้ำน้อยด้วยโปรแกรม HEC-RAS ซึ่งสามารถเพิ่มความจุหรือการระบายน้ำของแม่น้ำน้อยได้มากขึ้น ดังผลการศึกษาที่แสดงในภาคผนวก ก-ญ

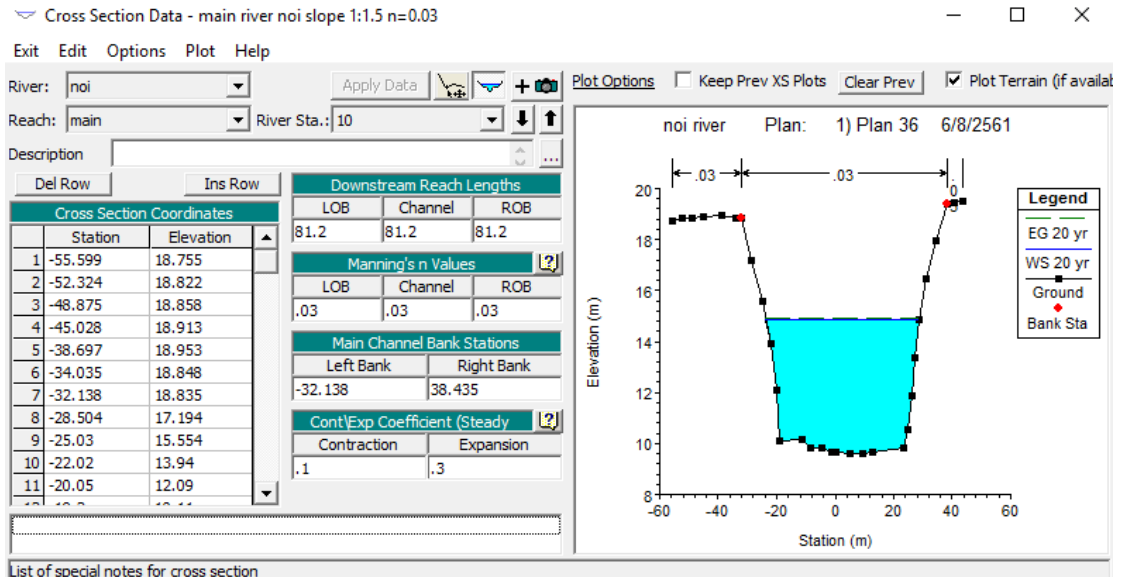
#### 5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการปรับปรุงแม่น้ำในสภาพหน้าสามารถนางานวิจัยนี้ไปคำนวณปริมาณน้ำท่าที่สามารถรองรับได้ ในแม่น้ำอื่นได้ โดยใช้โปรแกรม HEC-RAS นี้เพื่อใช้ในการศึกษาต่อไปในอนาคตในพื้นที่ลุ่มน้ำอื่นๆ

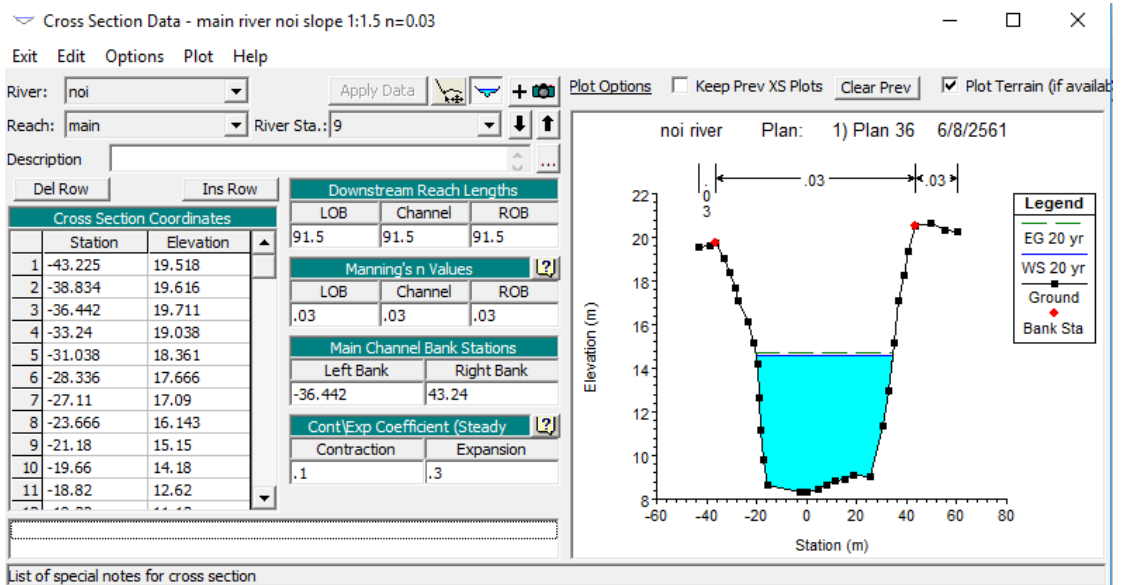
5.2.2 งานวิจัยนี้จะ เป็นประโยชน์ต่อการนำไปปรับพื้นที่แม่น้ำน้อยเนื่องจากงานพื้นที่แต่ละจุดของแม่น้ำน้อยมีลักษณะที่แตกต่างกัน ทำให้กราฟที่ได้จากงานวิจัยนี้ช่วยให้สามารถปรับปรุงแม่น้ำน้อยได้ง่ายยิ่งขึ้นเนื่องจากมีรอบปีหลากหลาย และค่าสัมประสิทธิ์ที่หลากหลายเช่นกัน

## ภาคผนวก ก

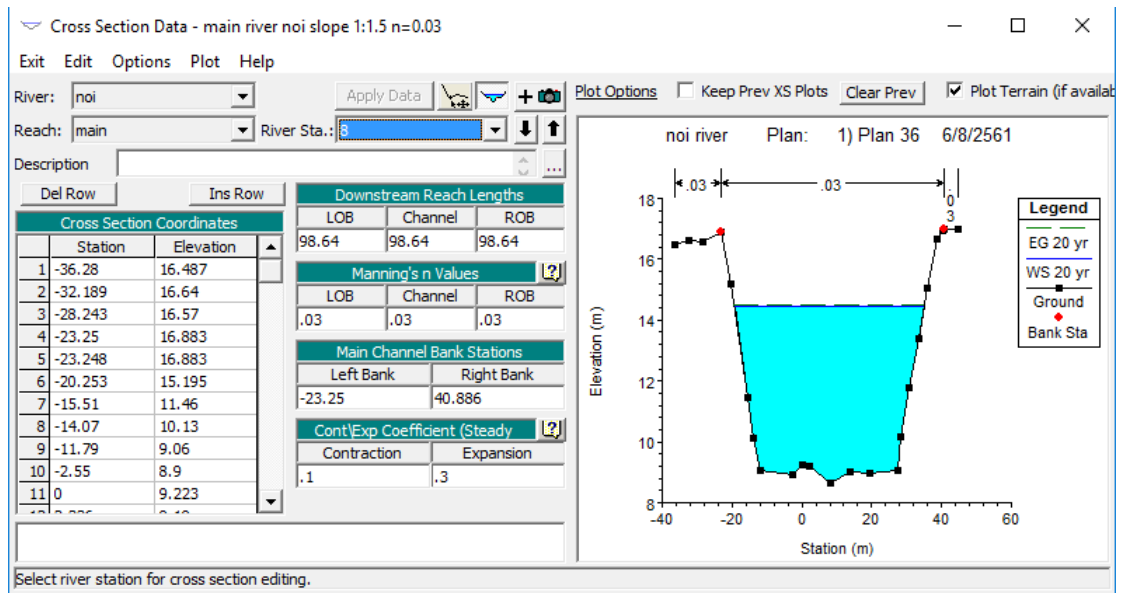
โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:1.5 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.03



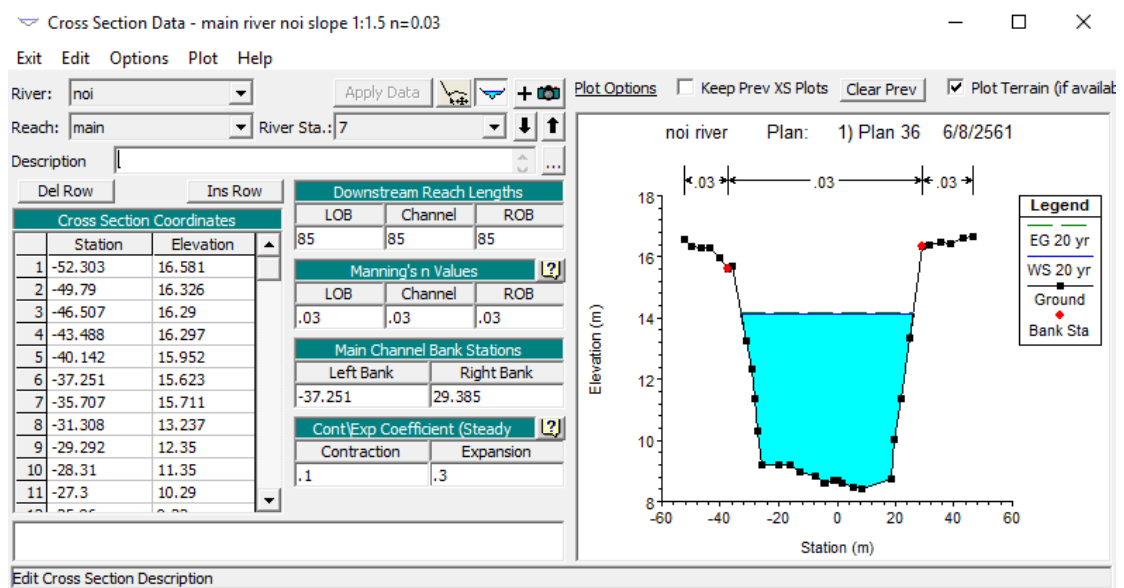
รูปที่ ก1 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:1.5 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.03 ที่สถานี กม. 0+040



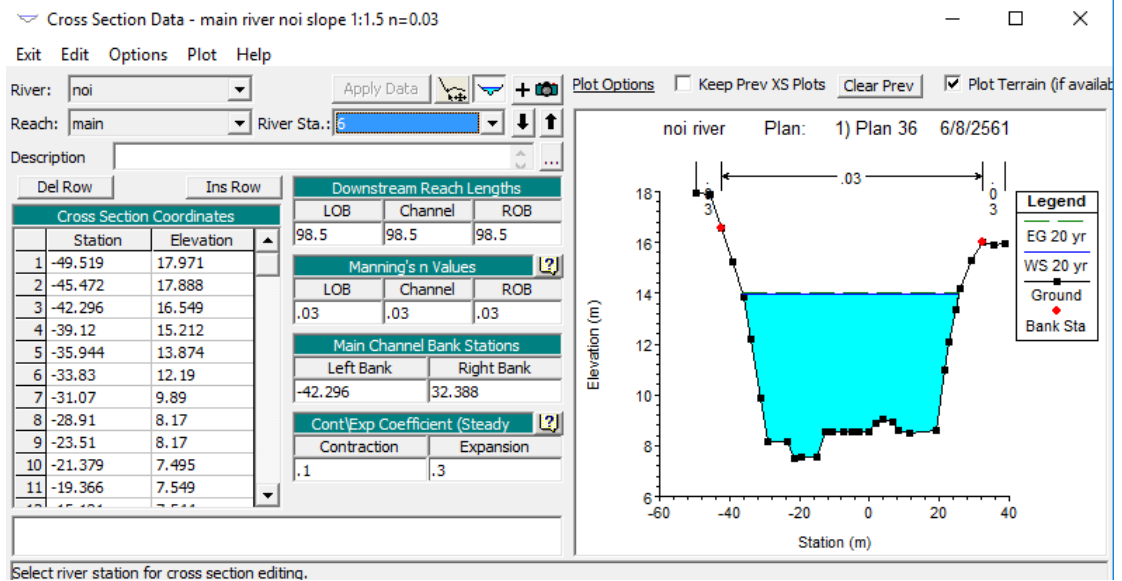
รูปที่ ก2 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:1.5 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.03 ที่สถานี กม. 0+446



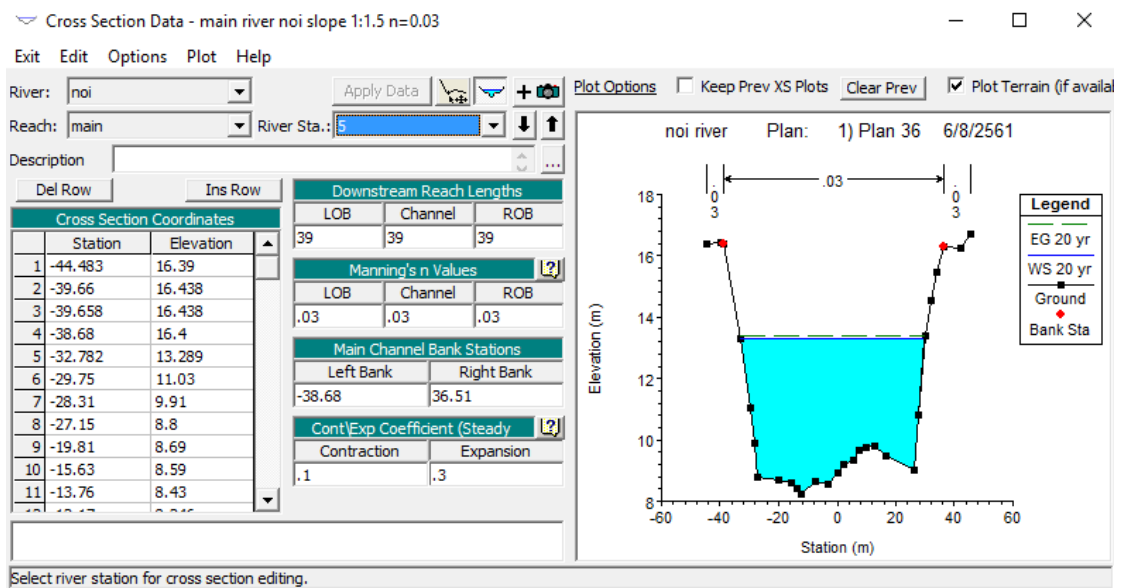
รูปที่ ก3 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:1.5 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.03 ที่สถานี กม. 0+995



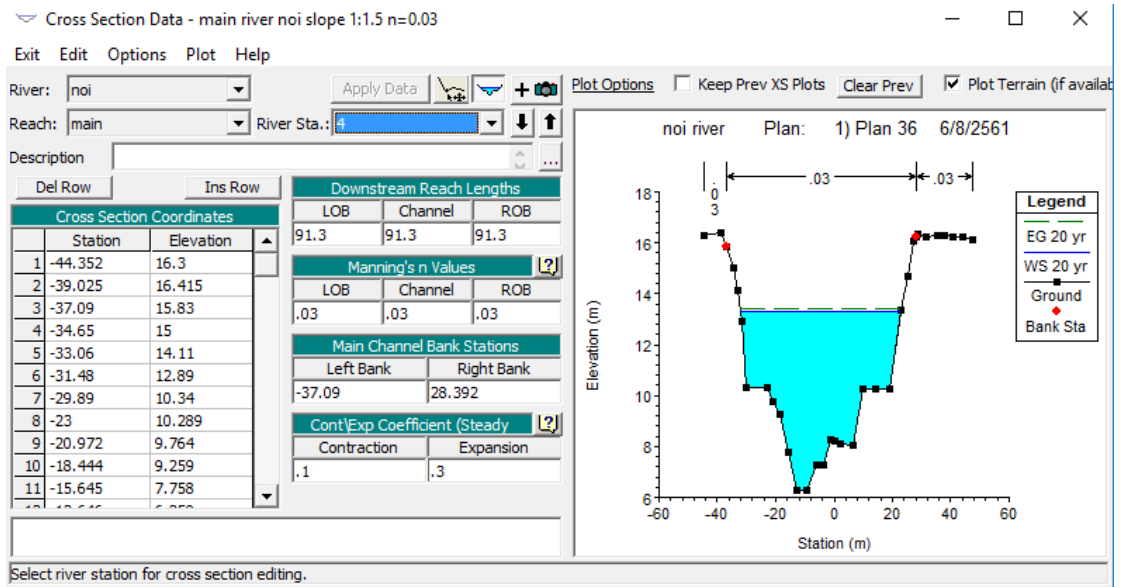
รูปที่ ก4 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:1.5 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.03 ที่สถานี กม. 2+080



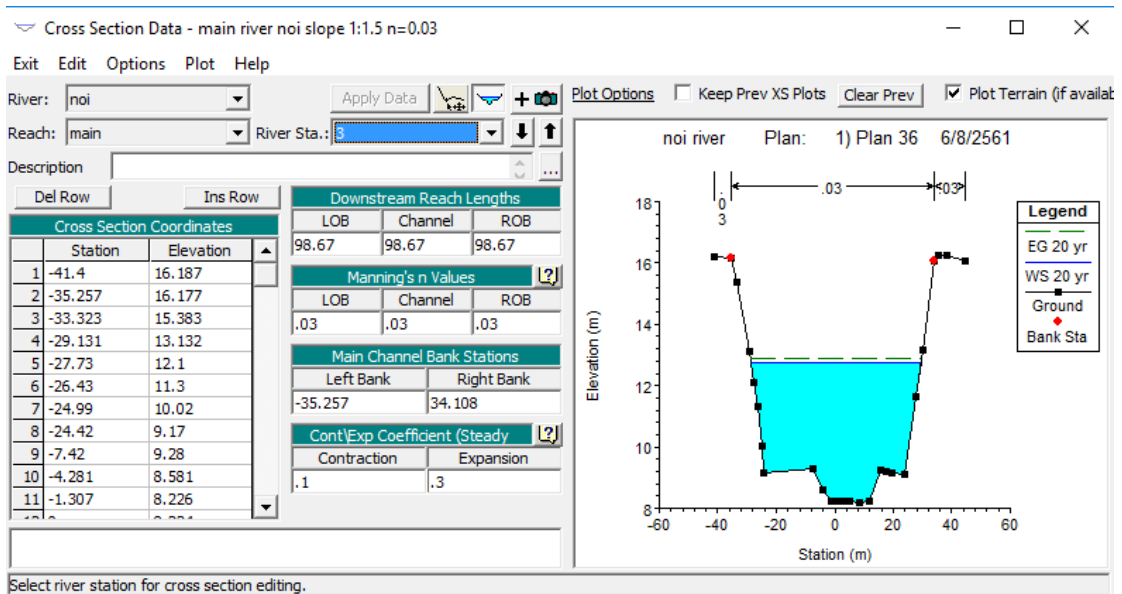
รูปที่ ก5 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:1.5 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.03 ที่สถานี กม. 2+505



รูปที่ ก6 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:1.5 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.03 ที่สถานี กม. 4+081



รูปที่ ก7 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:1.5 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.03 ที่สถานี กม. 4+120

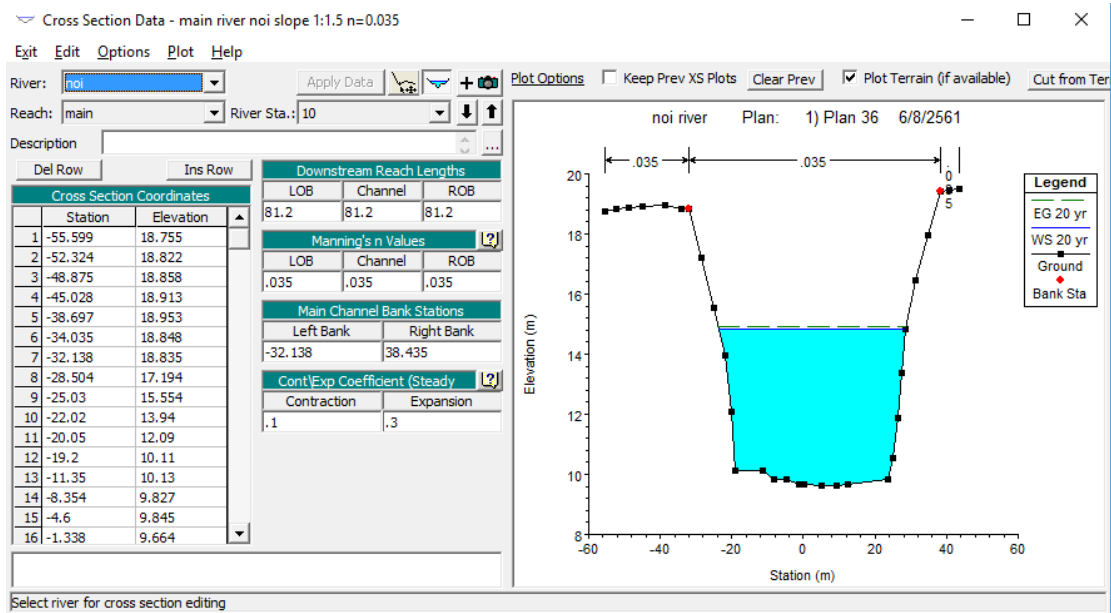


รูปที่ ก8 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:1.5 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.03 ที่สถานี กม. 5+033

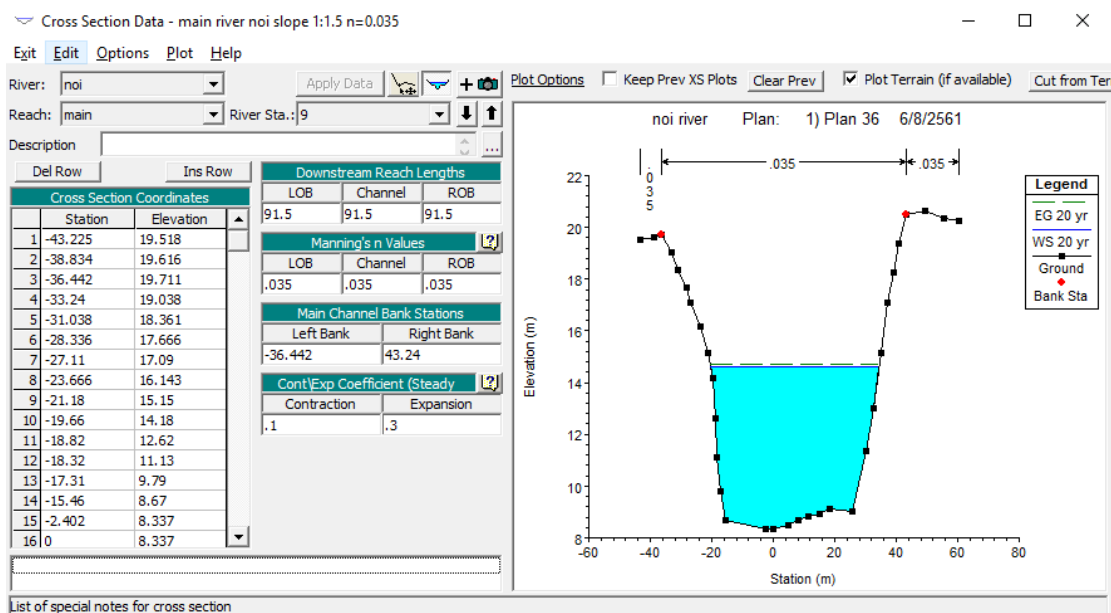


## ภาคผนวก ข

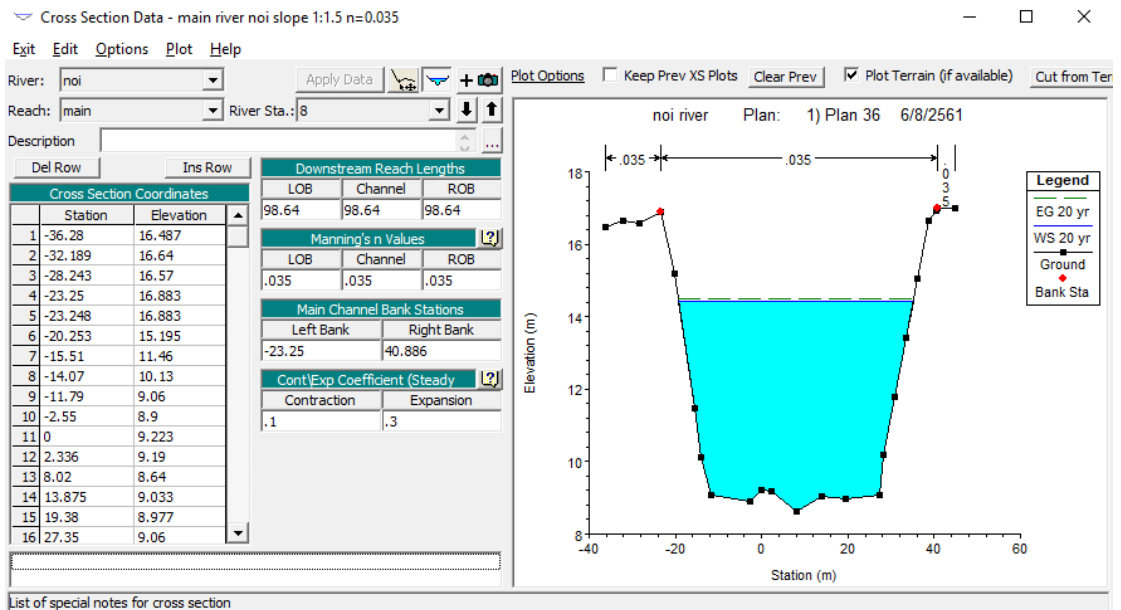
โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:1.5 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.035



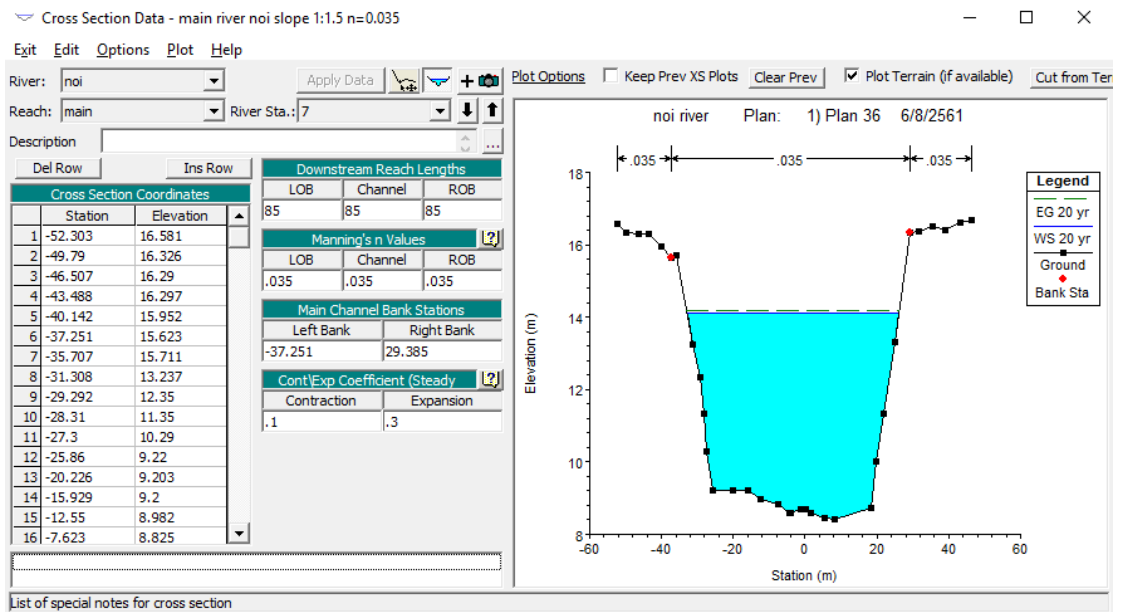
รูปที่ ข1 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:1.5 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.035 ที่สถานี กม. 0+040



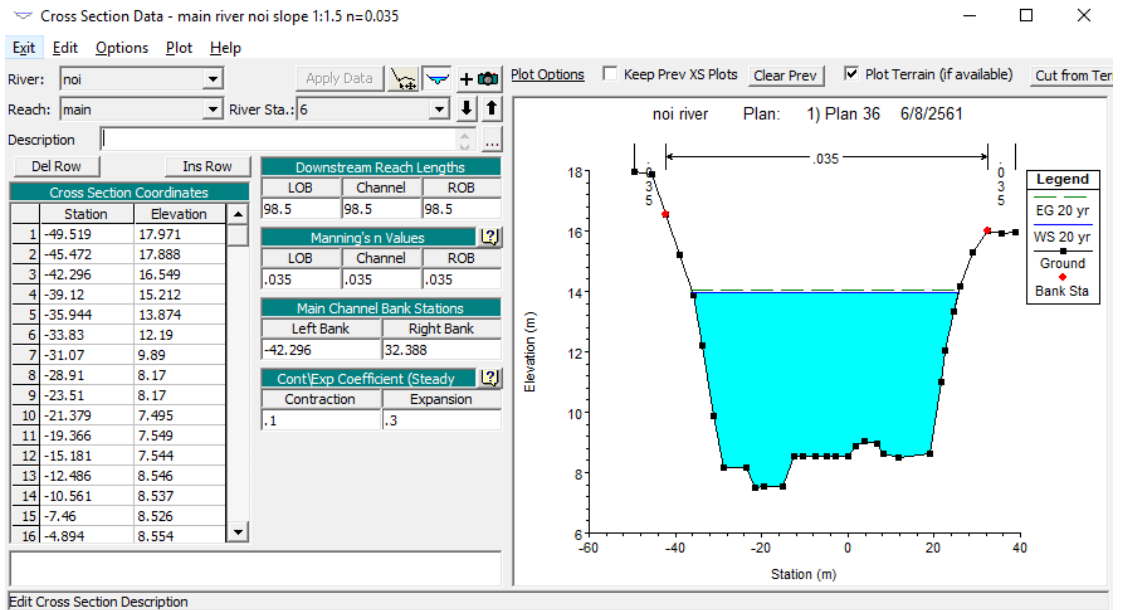
รูปที่ ข2 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:1.5 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.035 ที่สถานี กม. 0+446



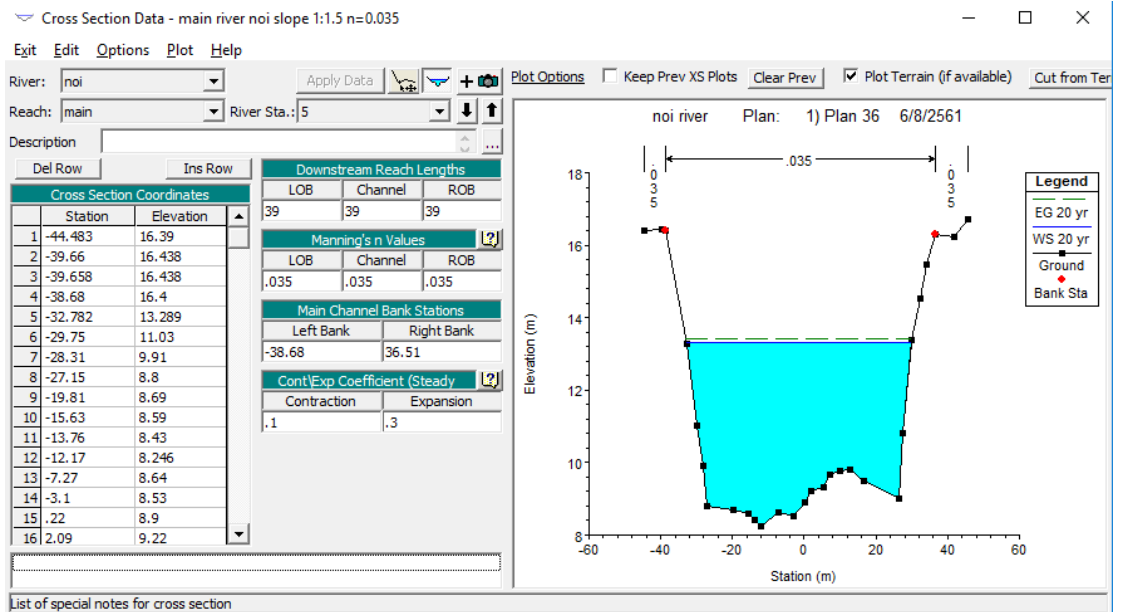
รูปที่ ข3 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:1.5 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.035 ที่สถานี กม. 0+995



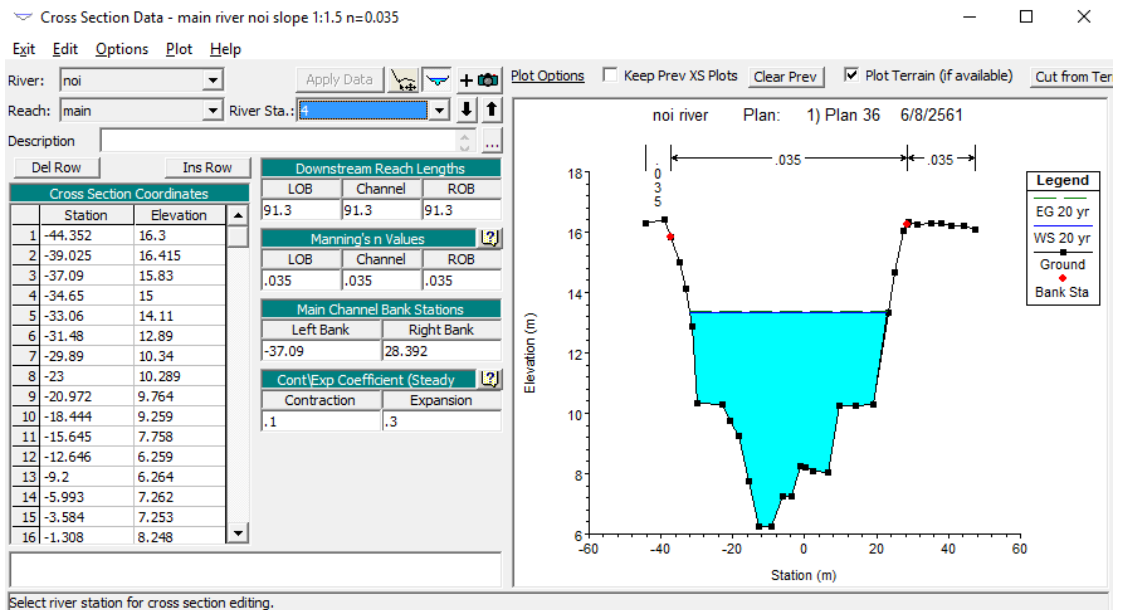
รูปที่ ข4 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:1.5 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.035 ที่สถานี กม. 2+080



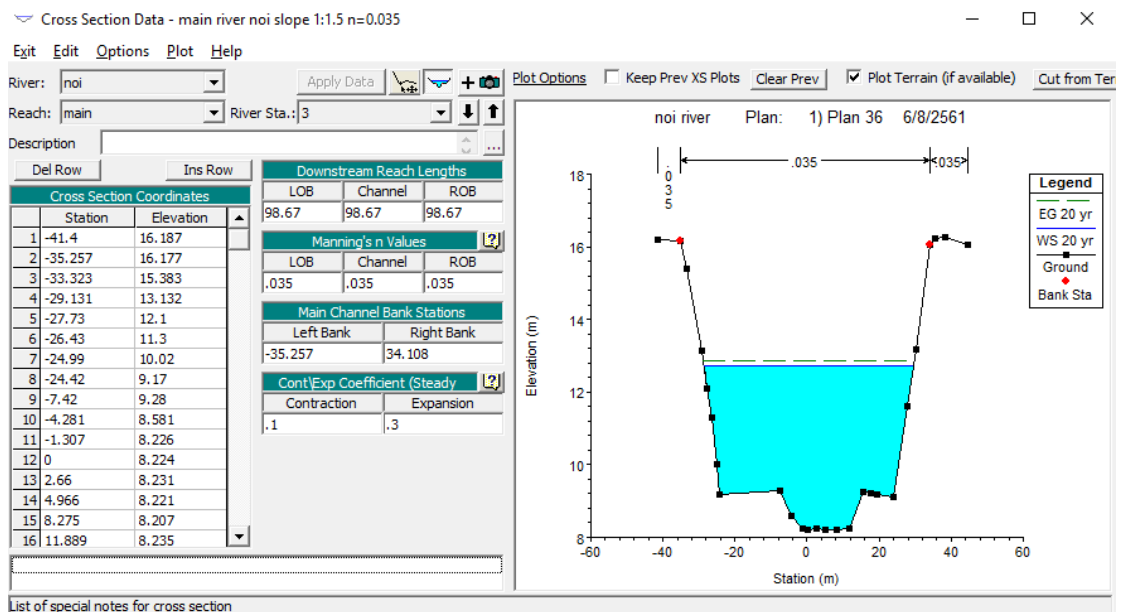
รูปที่ ข5 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:1.5 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.035 ที่สถานี กม. 2+505



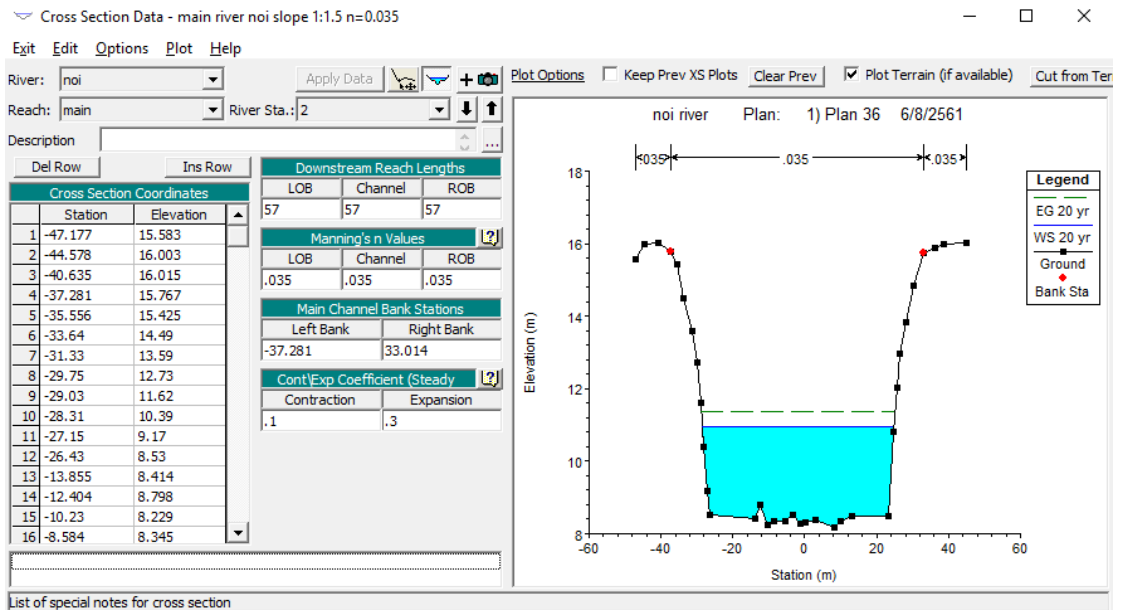
รูปที่ ข6 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:1.5 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.035 ที่สถานี กม. 4+081



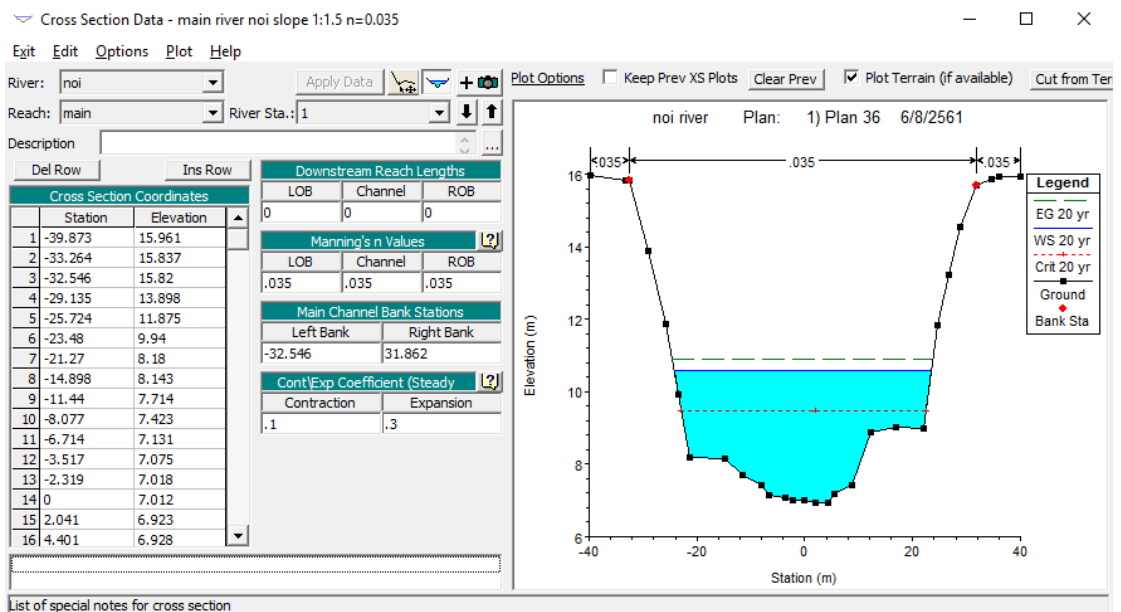
รูปที่ ข7 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:1.5 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.035 ที่สถานี กม. 4+120



รูปที่ ข8 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:1.5 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.035 ที่สถานี กม. 5+033



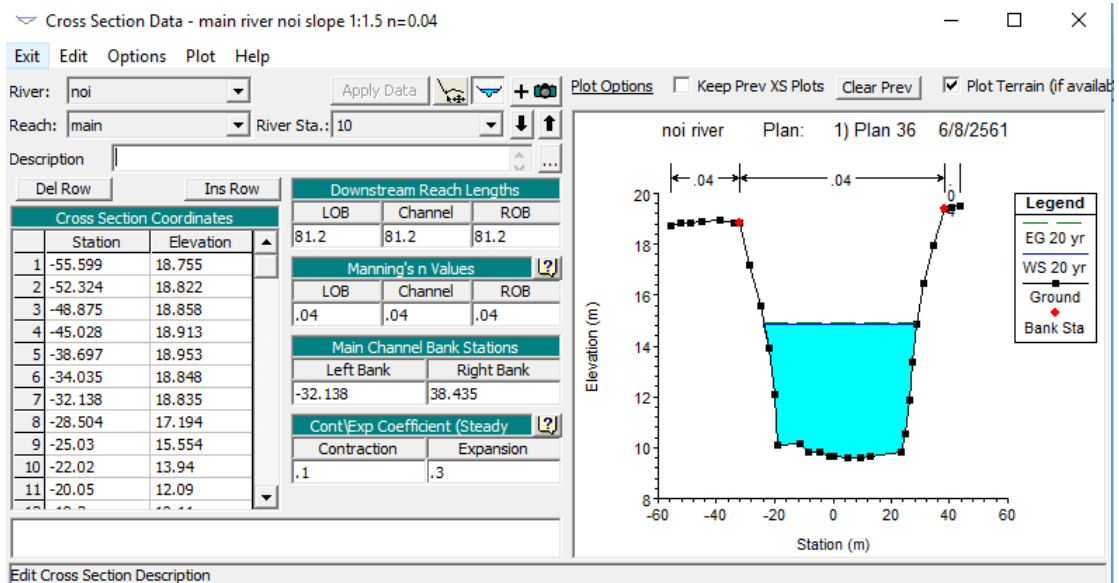
รูปที่ ข9 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:1.5 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.035 ที่สถานี กม. 5+921



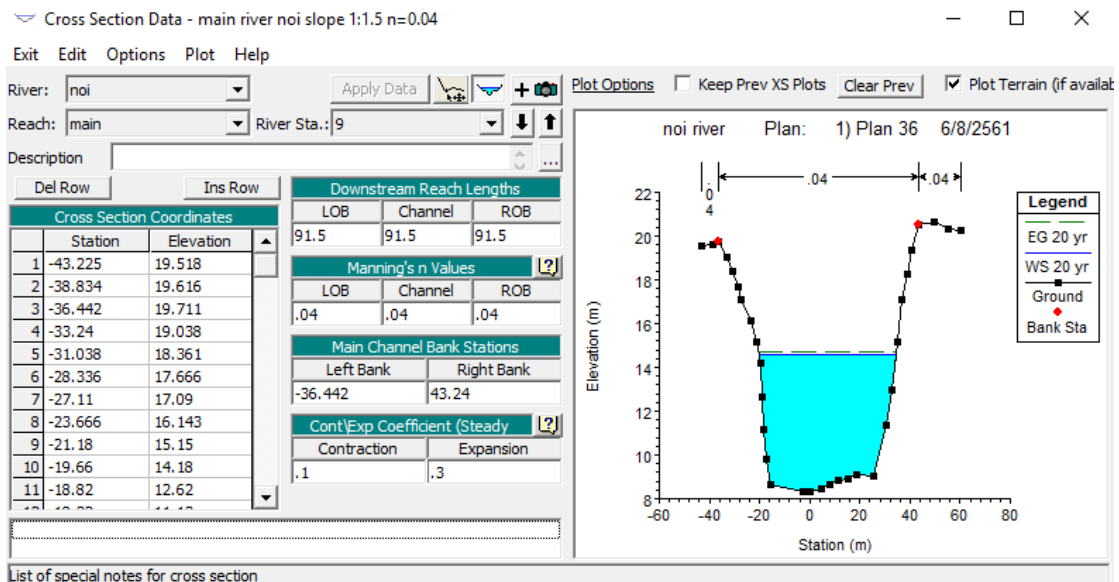
รูปที่ ข10 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:1.5 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.035 ที่สถานี กม. 6+035

## ภาคผนวก ค

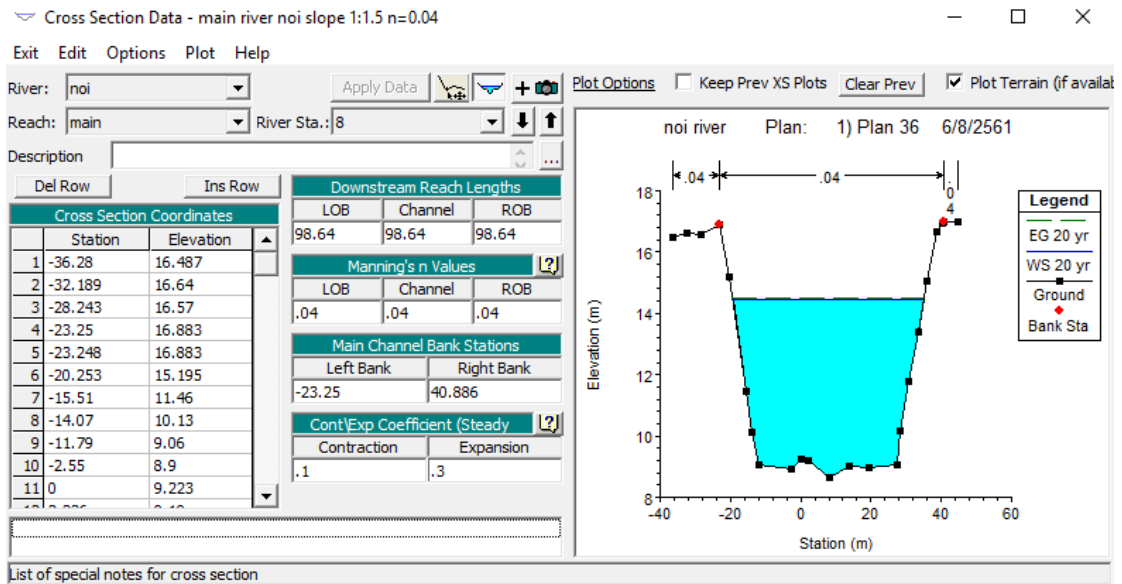
โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:1.5 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.04



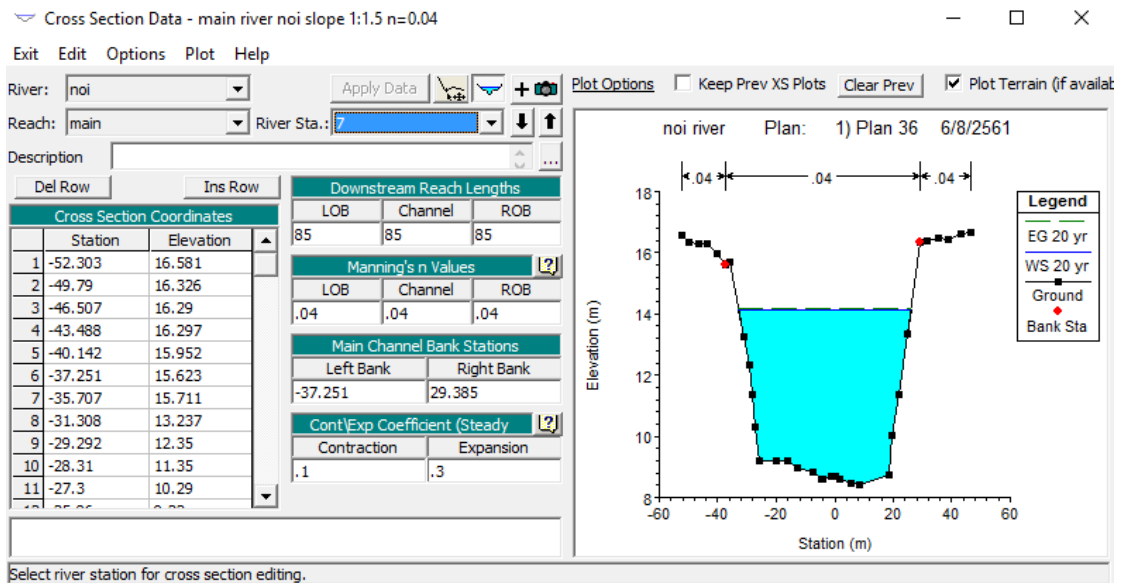
รูปที่ ค1 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วน 1:1.5 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.04 ที่สถานี กม. 0+040



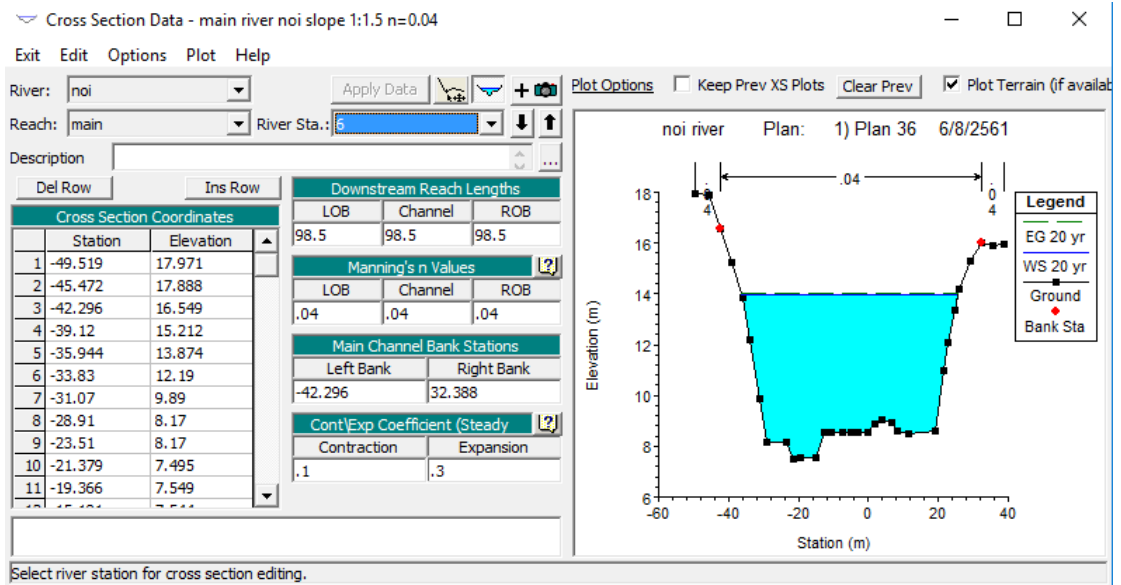
รูปที่ ค2 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:1.5 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.04 ที่สถานี กม. 0+446



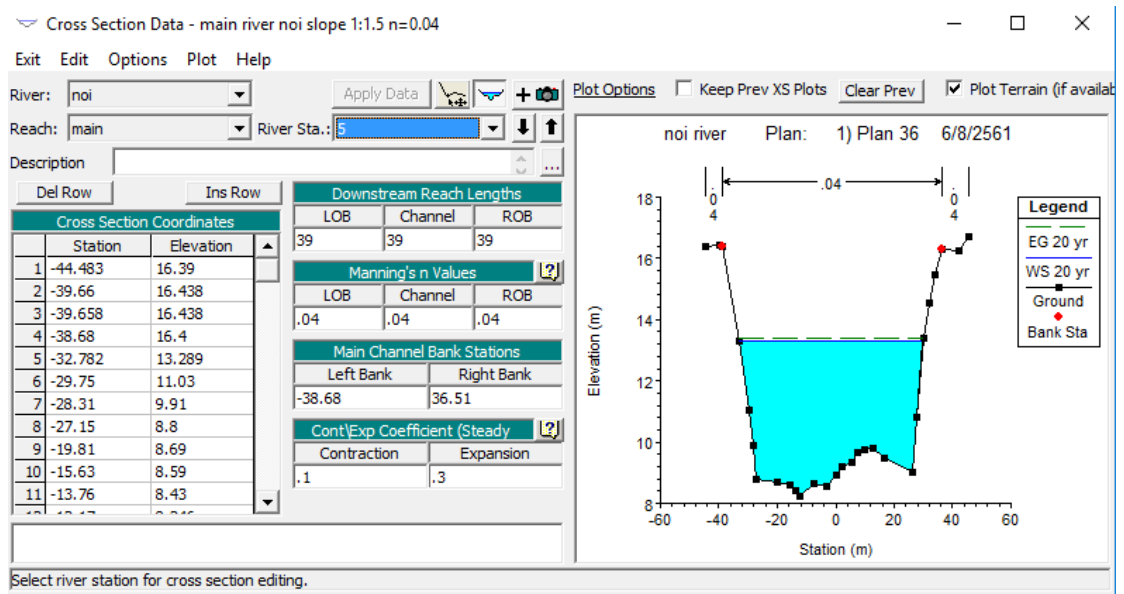
รูปที่ ค3 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:1.5 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.04 ที่สถานี กม. 0+995



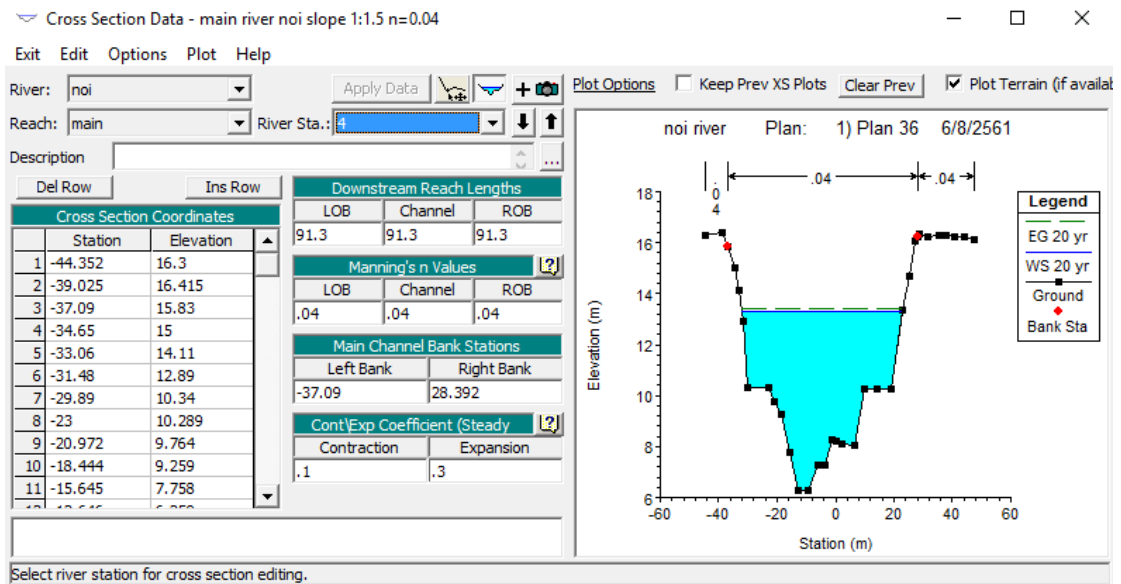
รูปที่ ค4 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:1.5 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.04 ที่สถานี กม. 2+080



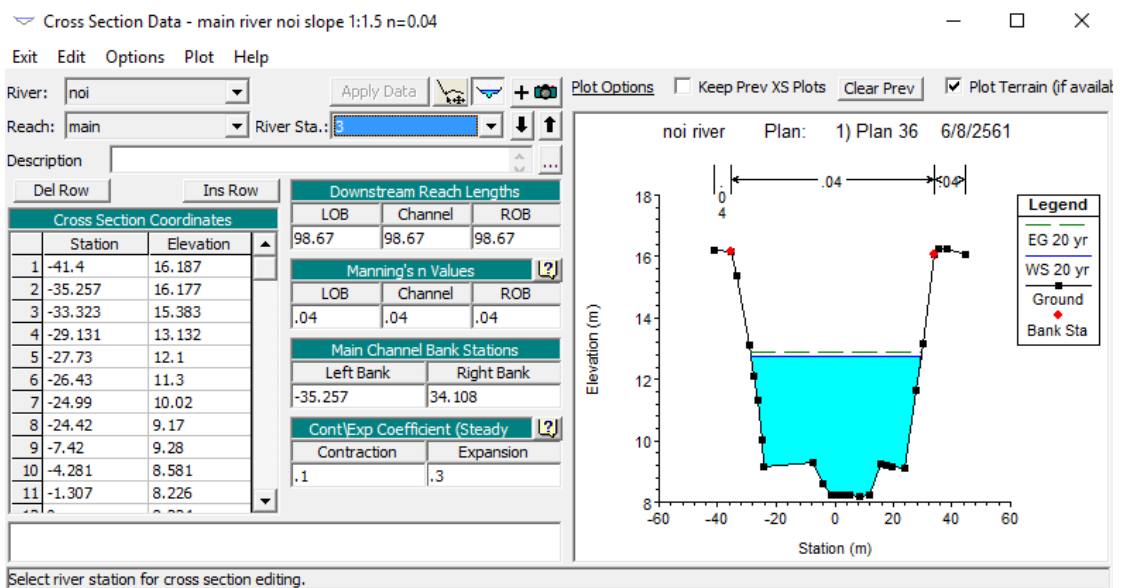
รูปที่ ๓5 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:1.5 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.04 ที่สถานี กม. 2+505



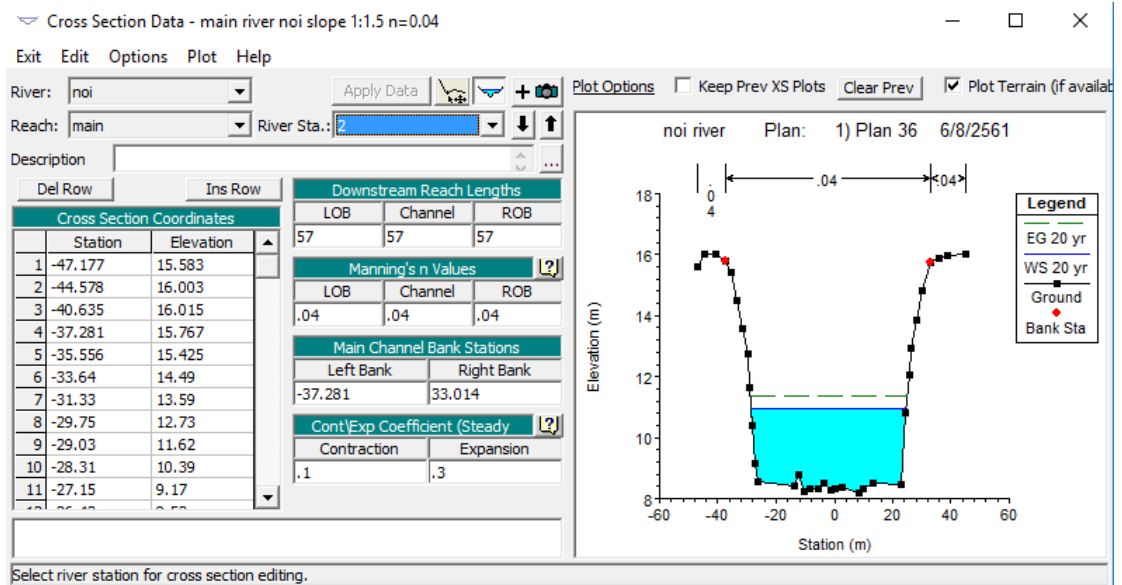
รูปที่ ๓๖ โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:1.5 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.04 ที่สถานี กม. 4+081



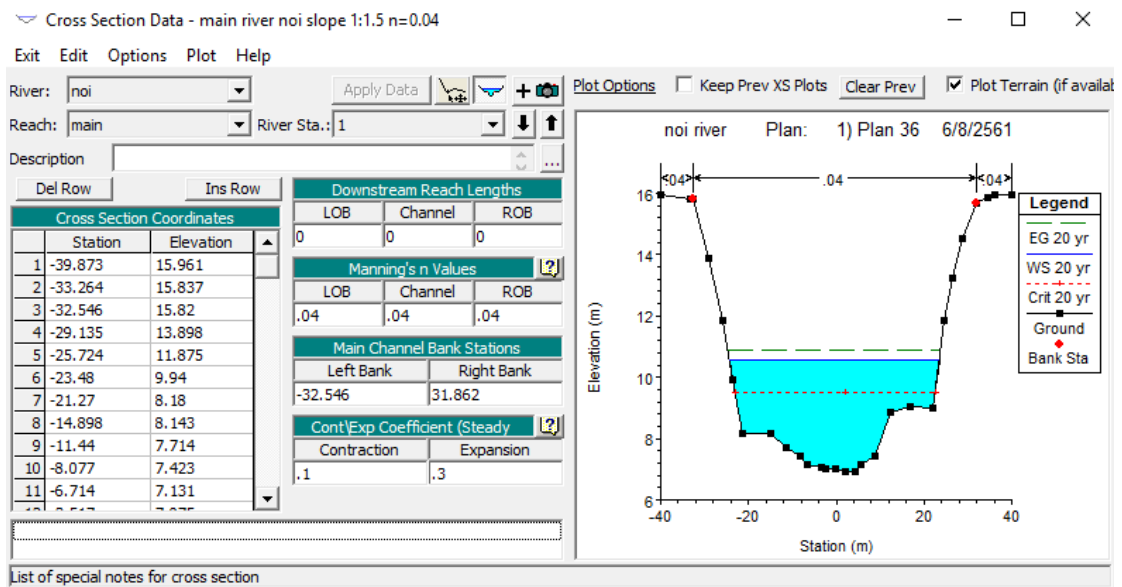
รูปที่ ค7 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:1.5 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.04 ที่สถานี กม. 4+120



รูปที่ ค8 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:1.5 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.04 ที่สถานี กม. 5+033



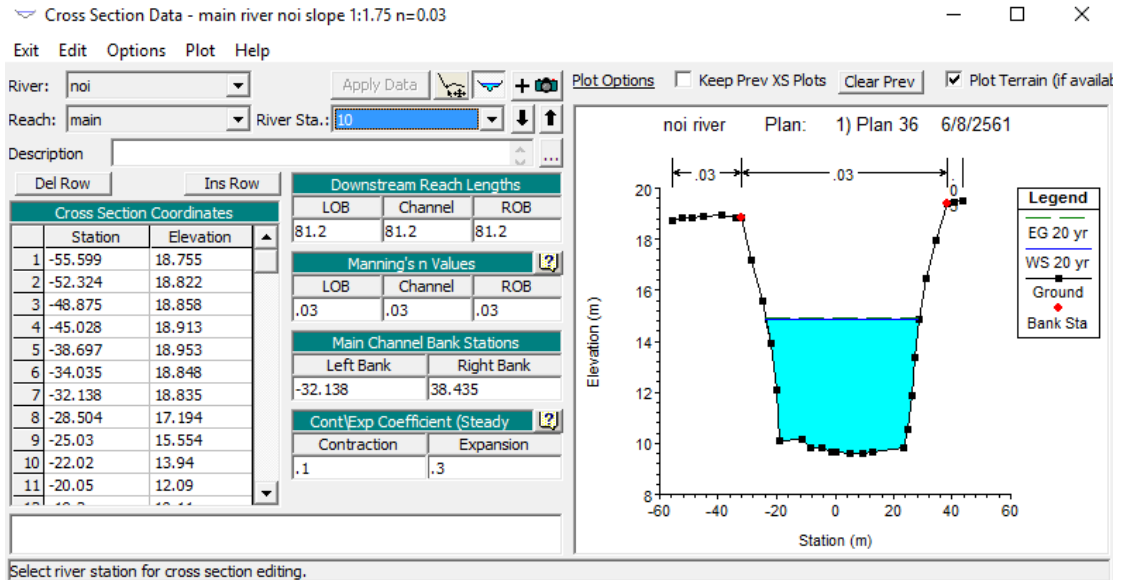
รูปที่ ค9 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:1.5 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.04 ที่สถานี กม. 5+921



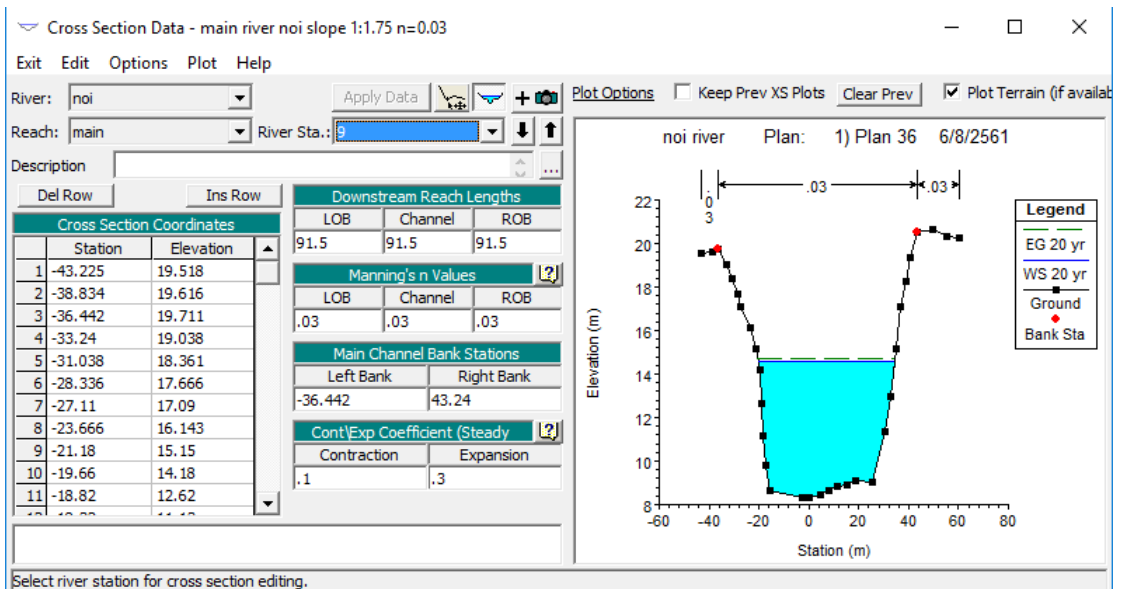
รูปที่ ค10 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:1.5 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.04 ที่สถานี กม. 6+035

## ภาคผนวก ง

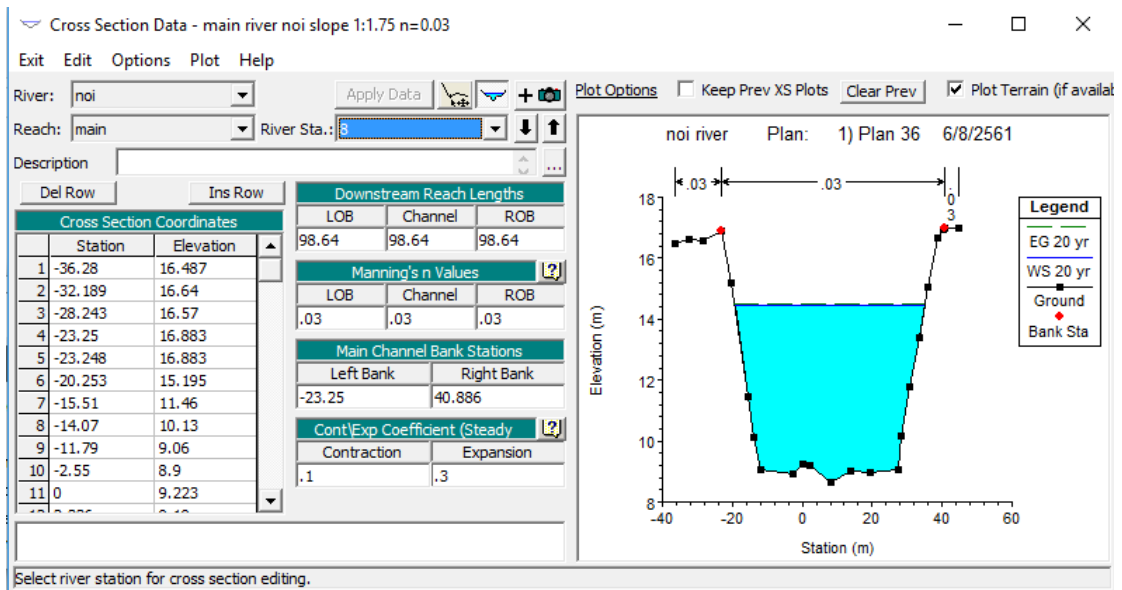
โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:1.75 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.03



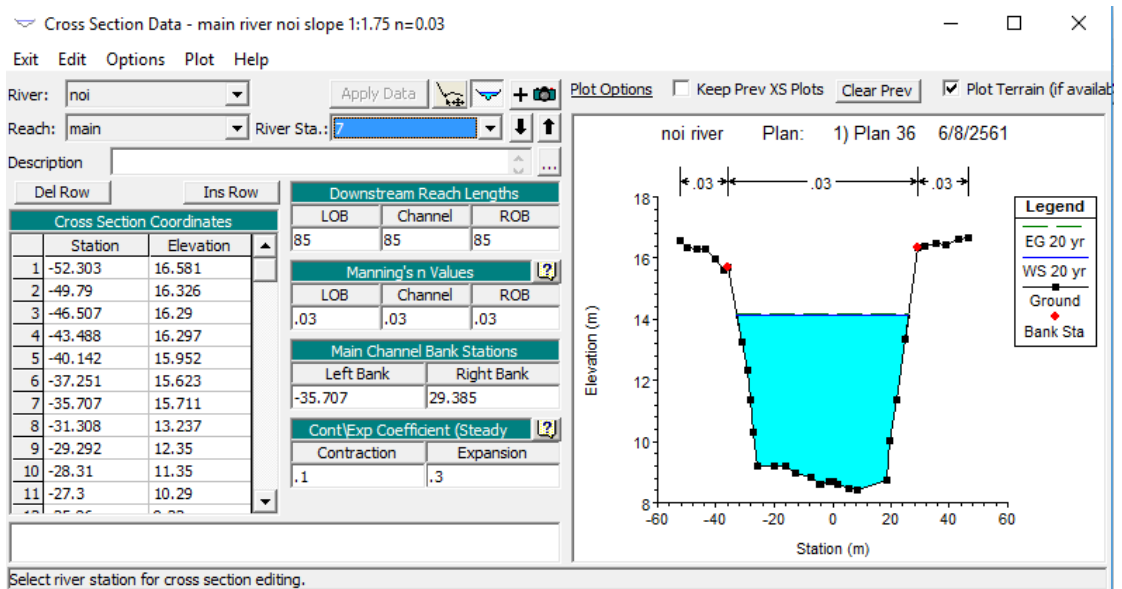
รูปที่ ง1 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:1.75 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.03 ที่สถานี กม. 0+040



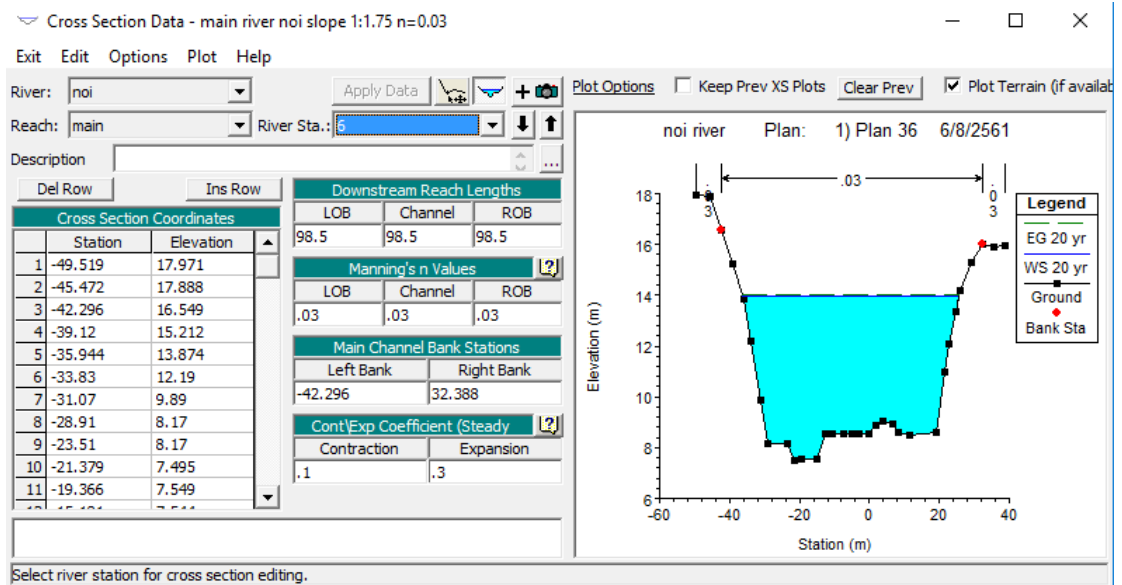
รูปที่ ง2 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:1.75 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.03 ที่สถานี กม. 0+446



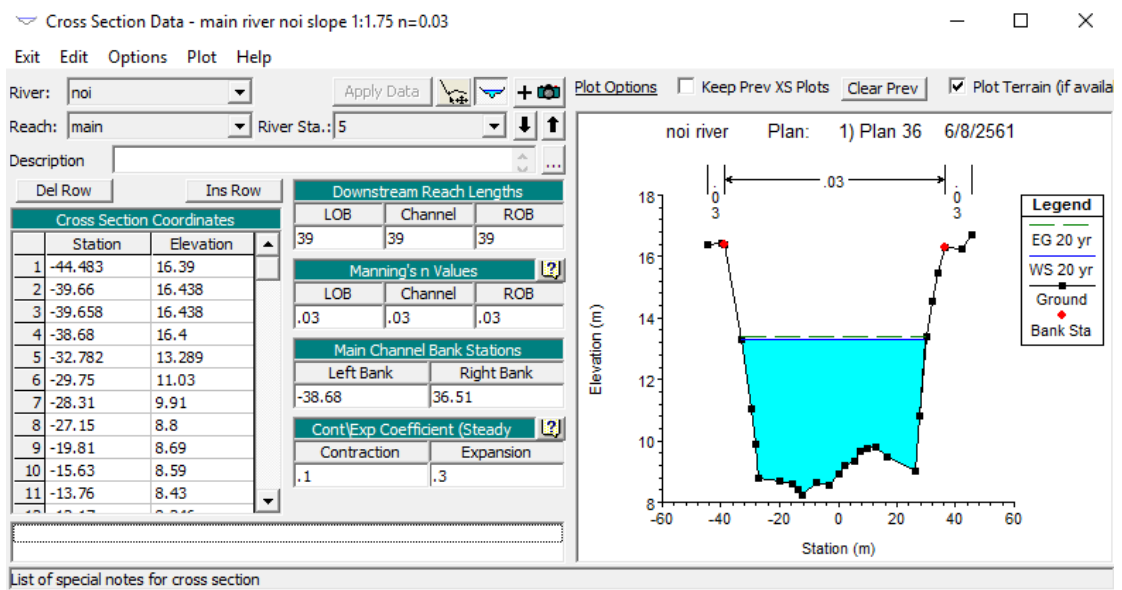
รูปที่ ๓ โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:1.75 ค่าสัมประสิทธิ์  
 ขรุขระ 0.03 ที่สถานี กม. 0+995



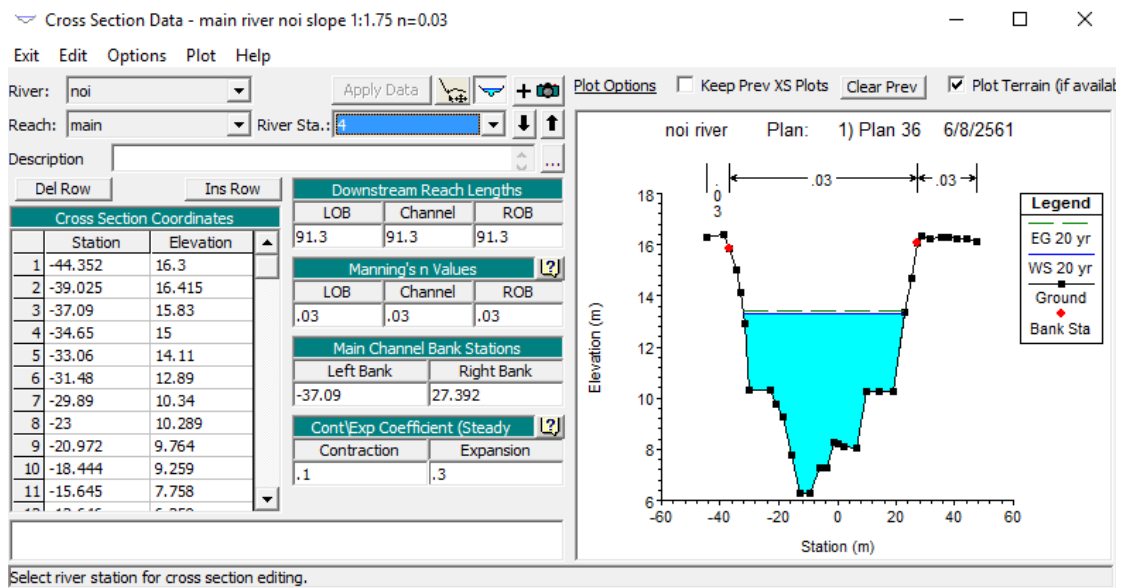
รูปที่ ๔ โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:1.75 ค่าสัมประสิทธิ์  
 ขรุขระ 0.03 ที่สถานี กม. 2+080



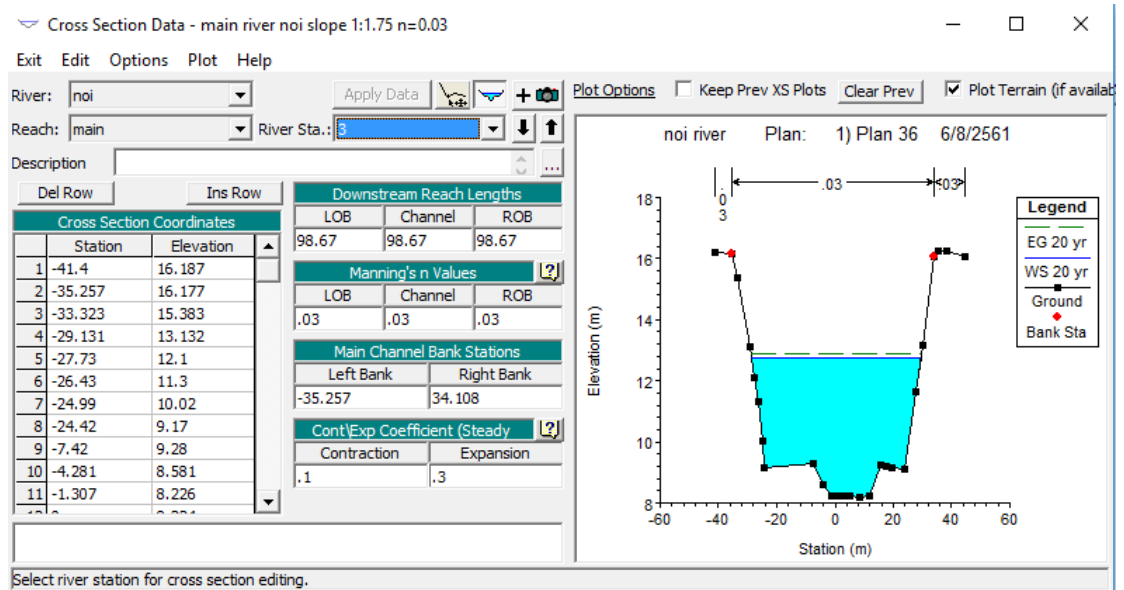
รูปที่ ๖ โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:1.75 ค่าสัมประสิทธิ์  
 ขรุขระ 0.03 ที่สถานี กม. 2+505



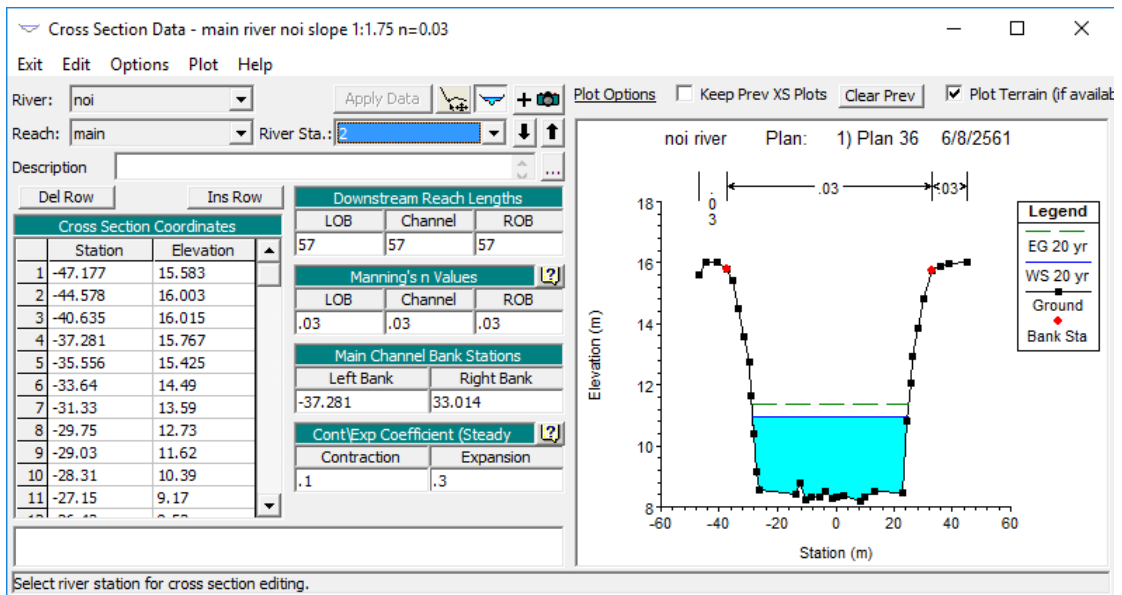
รูปที่ ๗ โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:1.75 ค่าสัมประสิทธิ์  
 ขรุขระ 0.03 ที่สถานี กม. 4+081



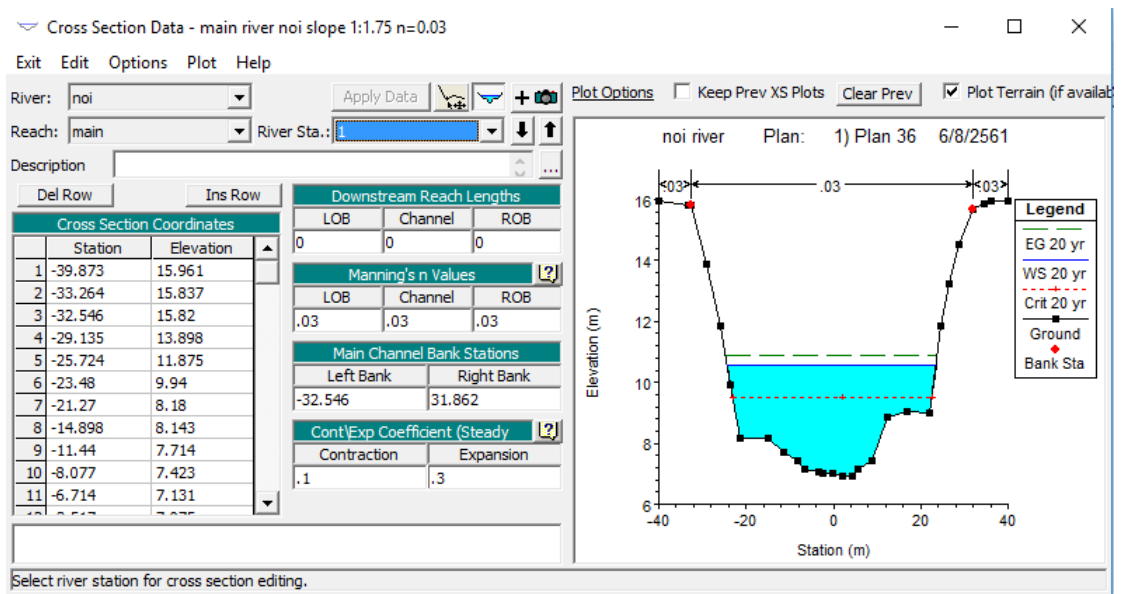
รูปที่ ๗ โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:1.75 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.03 ที่สถานี กม. 4+120



รูปที่ ๘ โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:1.75 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.03 ที่สถานี กม. 5+033



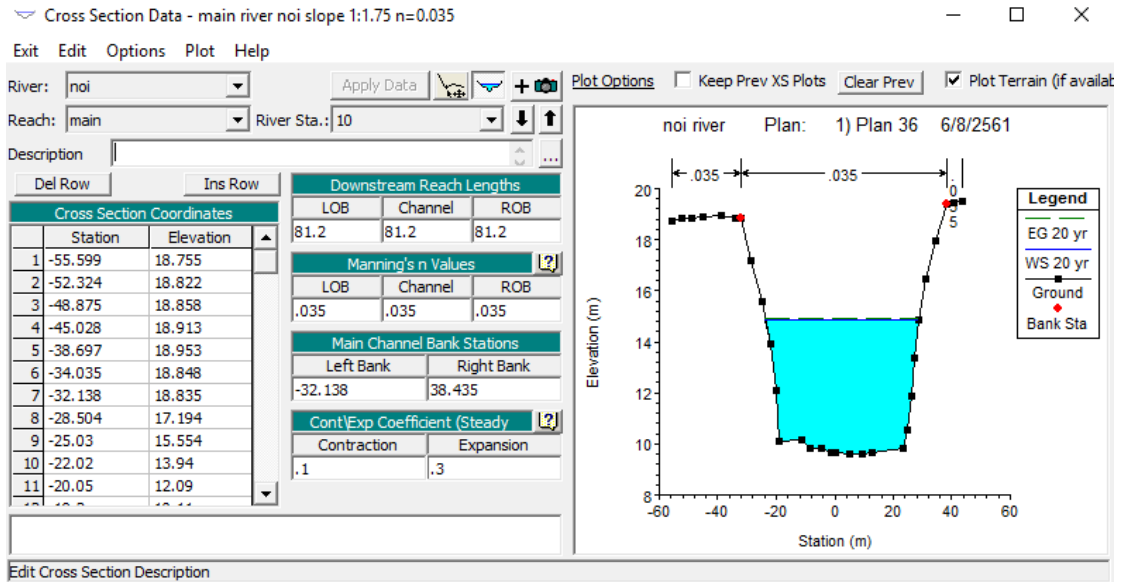
รูปที่ ๑๑ โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:1.75 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.03 ที่สถานี กม. 5+921



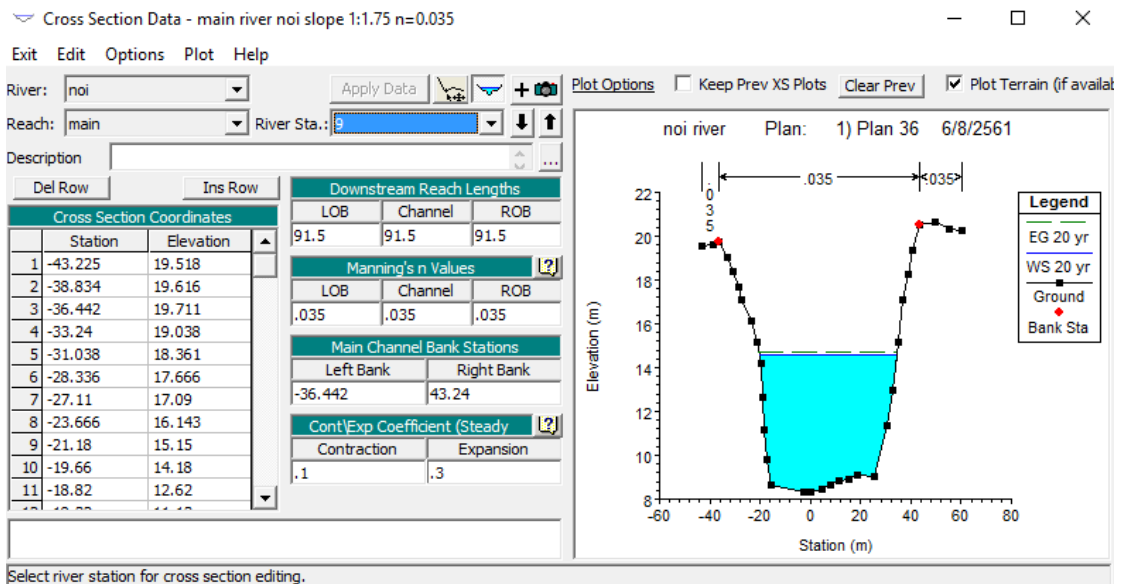
รูปที่ ๑๒ โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:1.75 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.03 ที่สถานี กม. 6+035

## ภาคผนวก จ

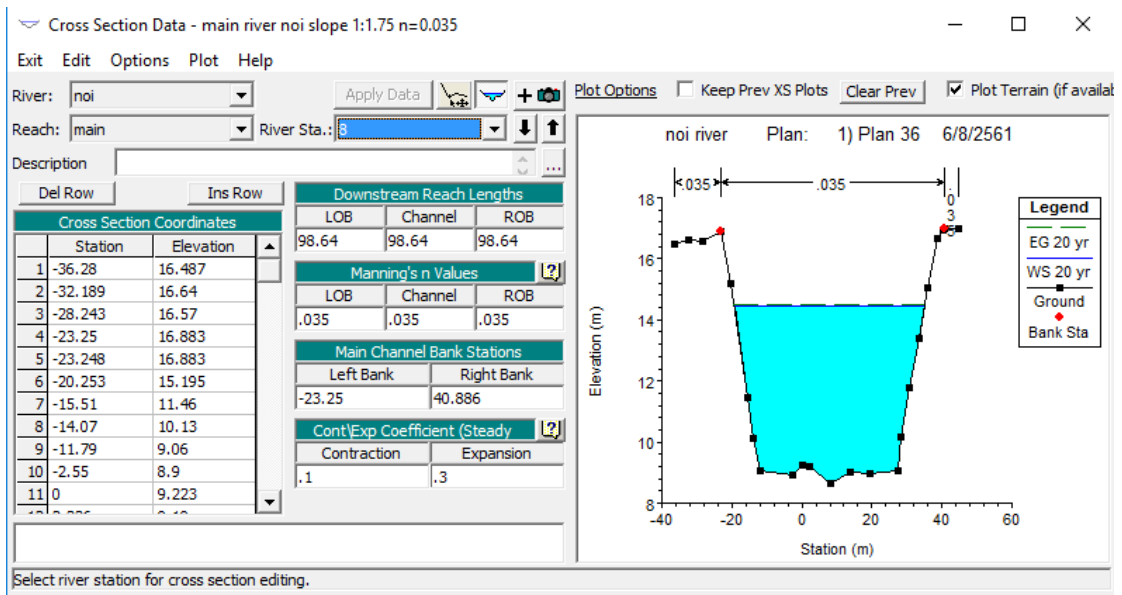
โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:1.75 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.035



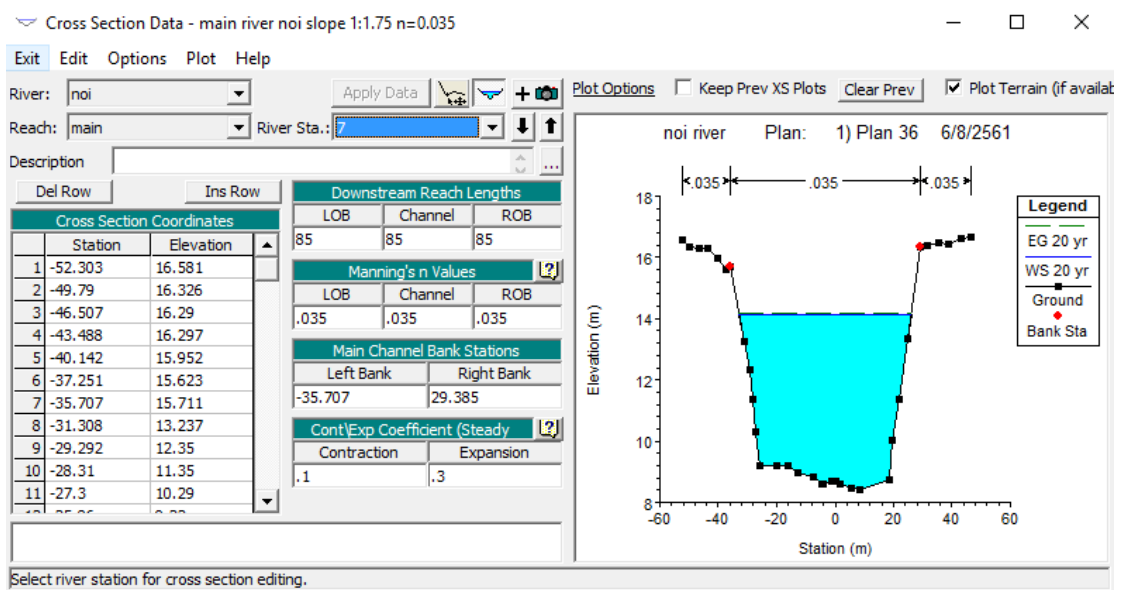
รูปที่ จ1 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:1.75 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.035 ที่สถานี กม. 0+040



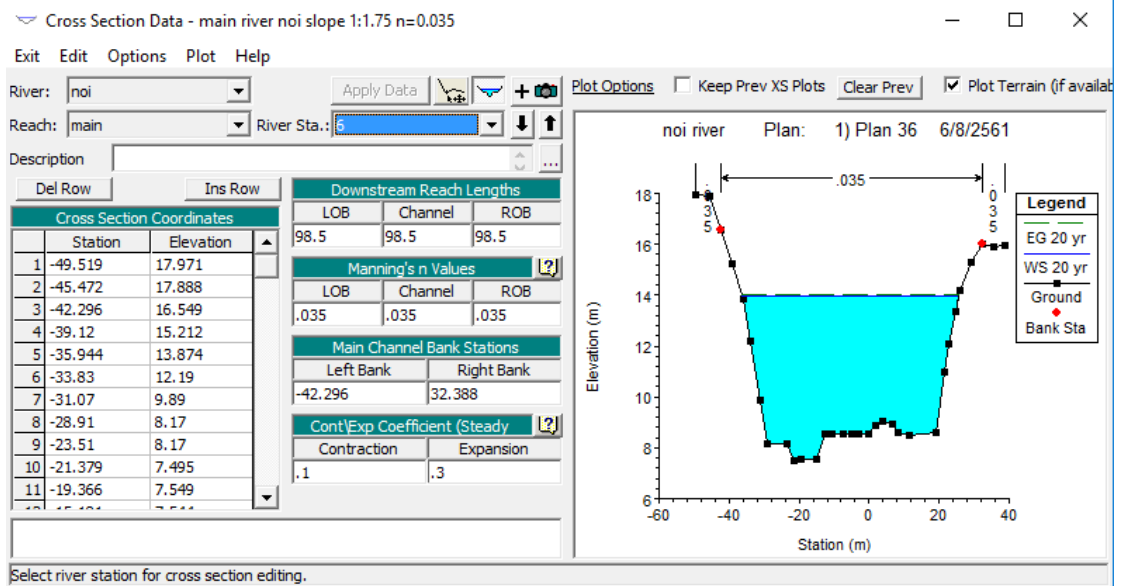
รูปที่ จ2 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:1.75 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.035 ที่สถานี กม. 0+446



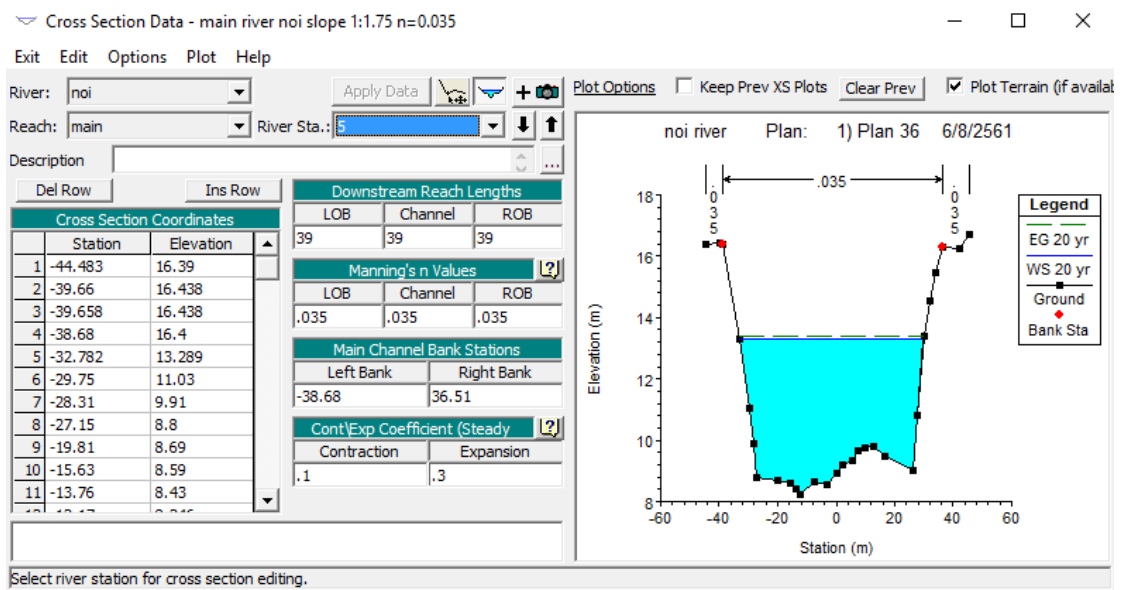
รูปที่ ๓ โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:1.75 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.035 ที่สถานี กม. 0+995



รูปที่ ๔ โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:1.75 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.035 ที่สถานี กม. 2+080

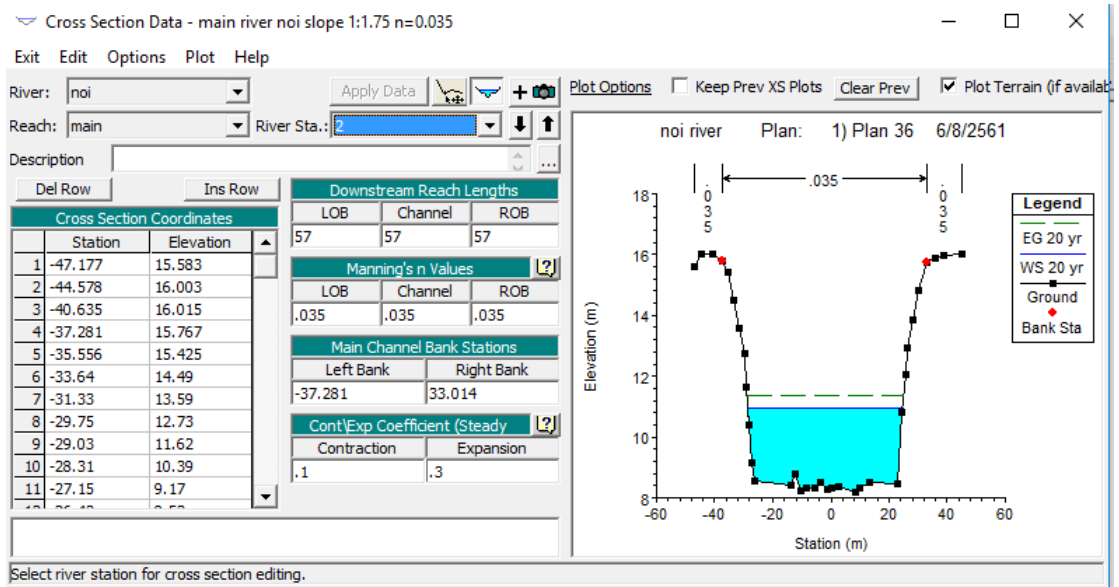


รูปที่ ๖๕ โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:1.75 ค่าสัมประสิทธิ์  
 ขรุขระ 0.035 ที่สถานี กม. 2+505

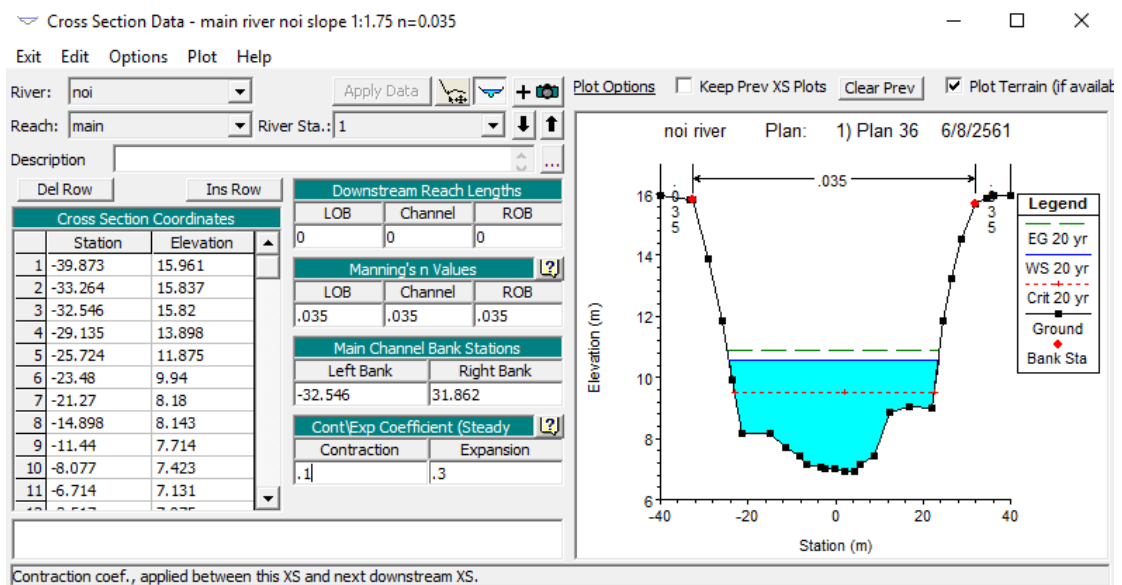


รูปที่ ๖๖ โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:1.75 ค่าสัมประสิทธิ์  
 ขรุขระ 0.035 ที่สถานี กม. 4+081





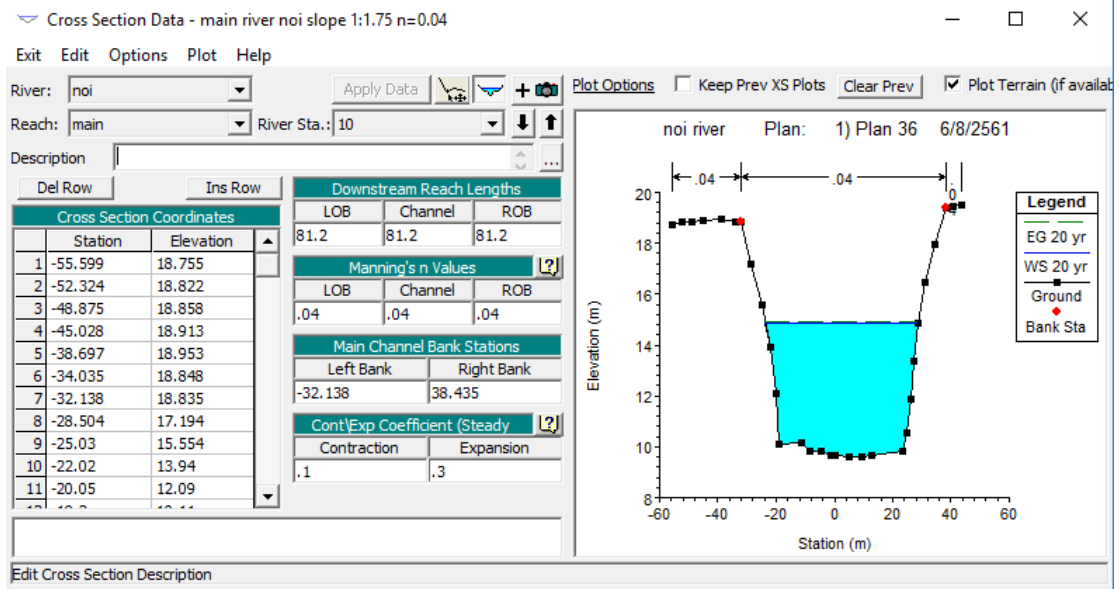
รูปที่ ๑๑ โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:1.75 ค่าสัมประสิทธิ์  
 ขรุขระ 0.035 ที่สถานี กม. 5+921



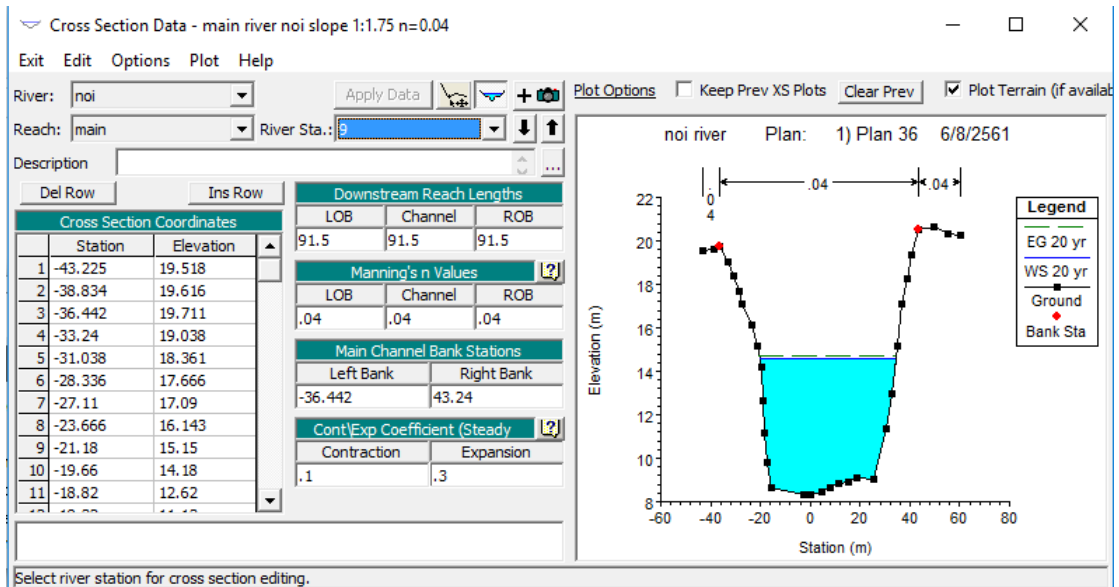
รูปที่ ๑๑๐ โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:1.75 ค่าสัมประสิทธิ์  
 ขรุขระ 0.035 ที่สถานี กม. 6+035

## ภาคผนวก ฉ

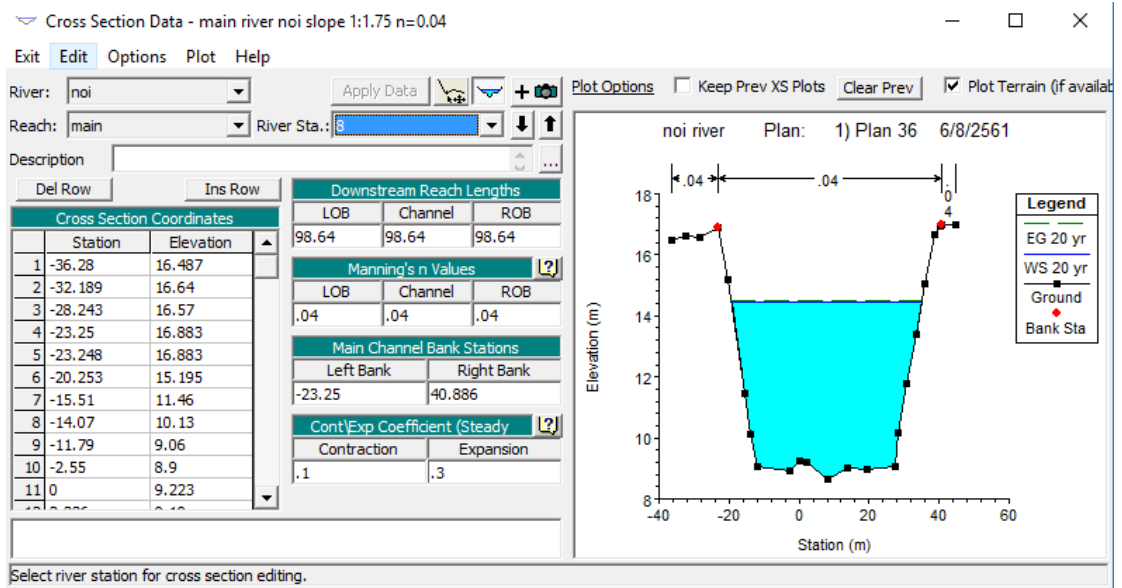
โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:1.75 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.04



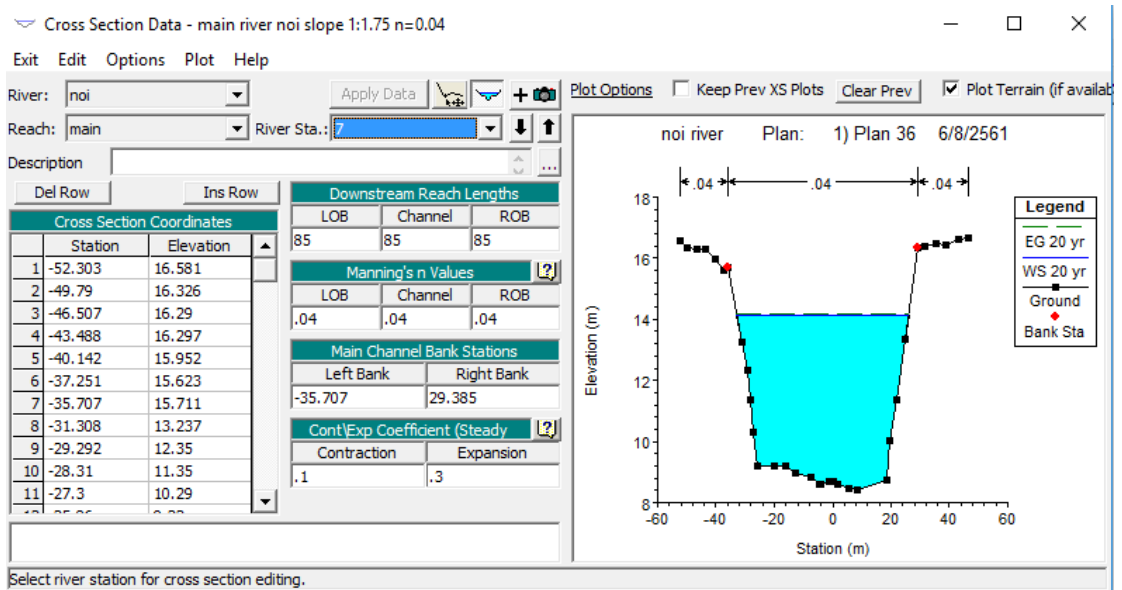
รูปที่ ฉ1 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:1.75 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.04 ที่สถานี กม. 0+040



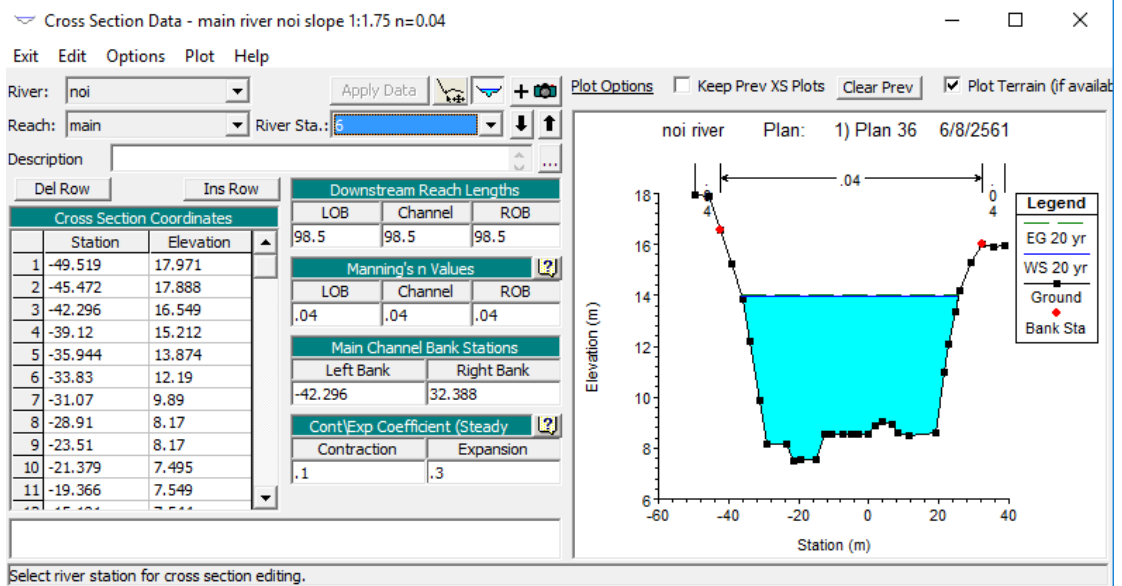
รูปที่ ฉ2 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:1.75 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.04 ที่สถานี กม. 0+446



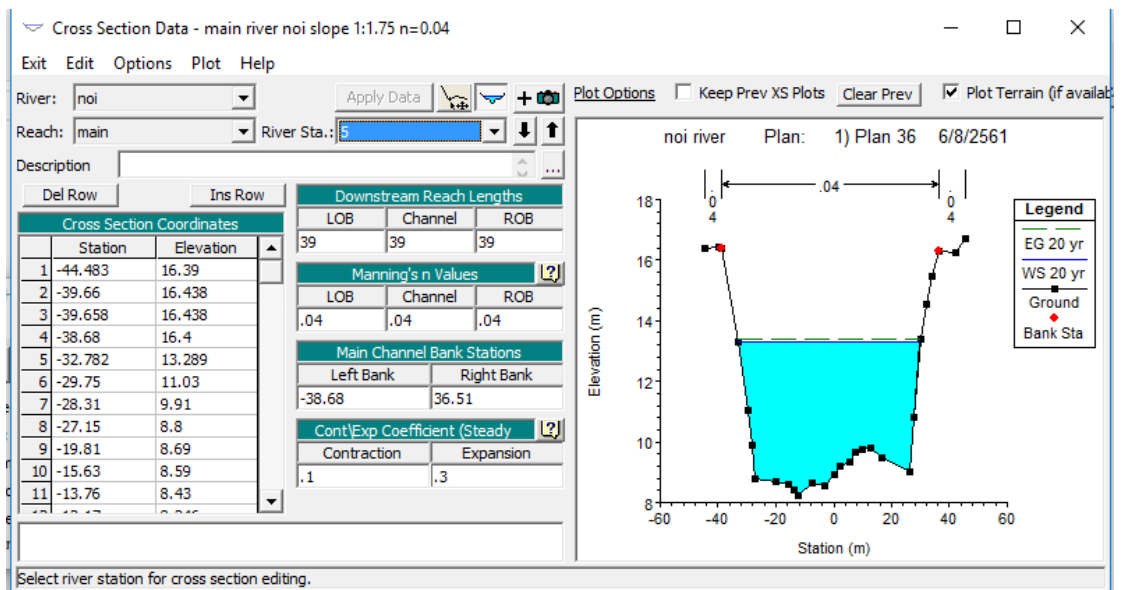
รูปที่ ๑3 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:1.75 ค่าสัมประสิทธิ์  
 ขรุขระ 0.04 ที่สถานี กม. 0+995



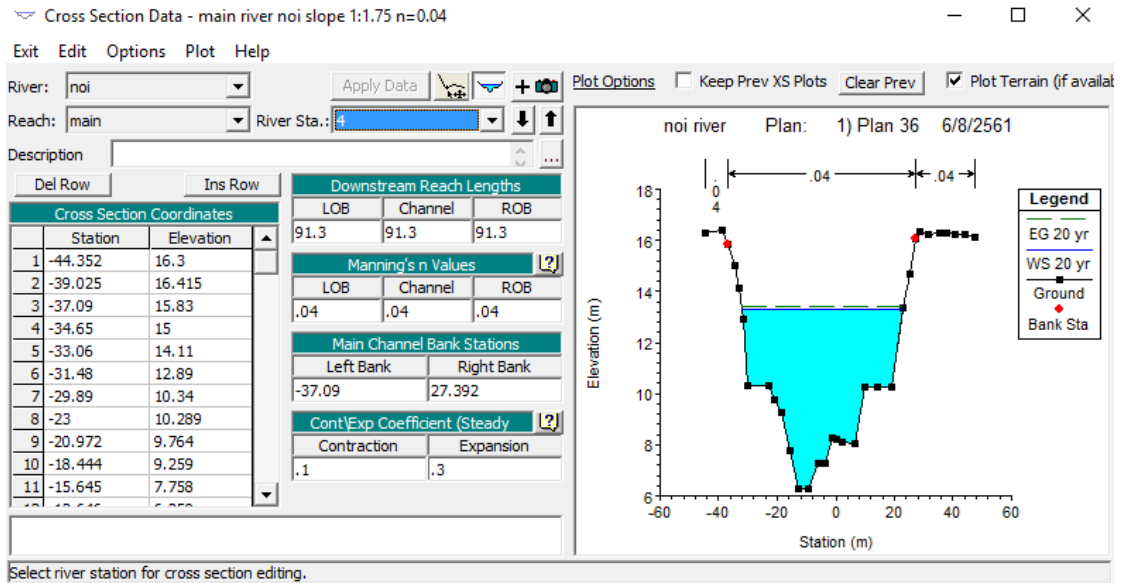
รูปที่ ๑4 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:1.75 ค่าสัมประสิทธิ์  
 ขรุขระ 0.04 ที่สถานี กม. 2+080



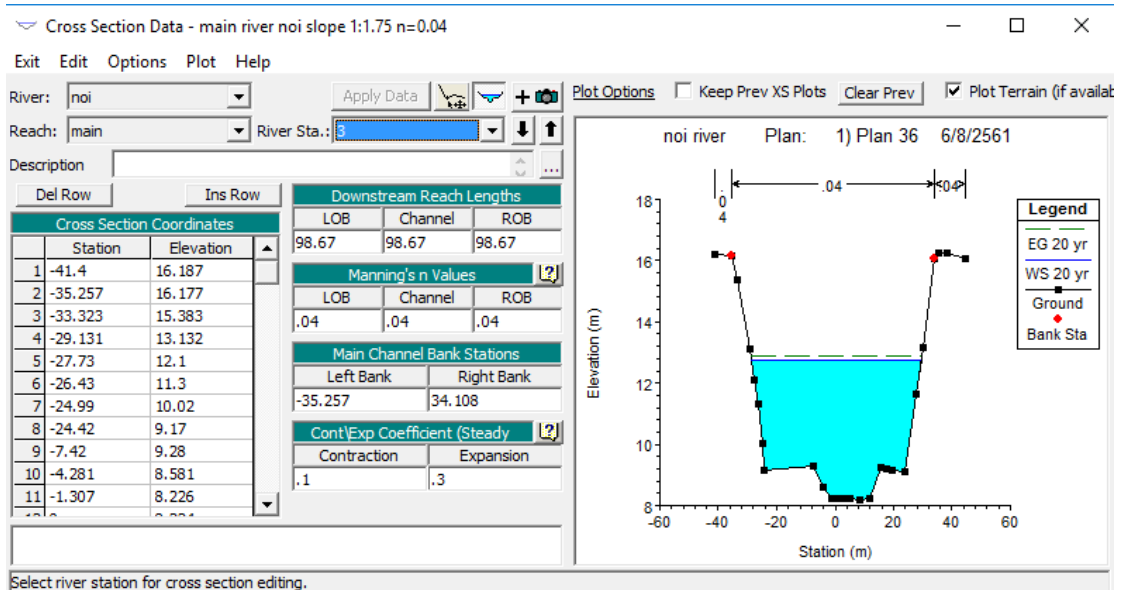
รูปที่ ๑5 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:1.75 ค่าสัมประสิทธิ์  
 ขรุขระ 0.04 ที่สถานี กม. 2+505



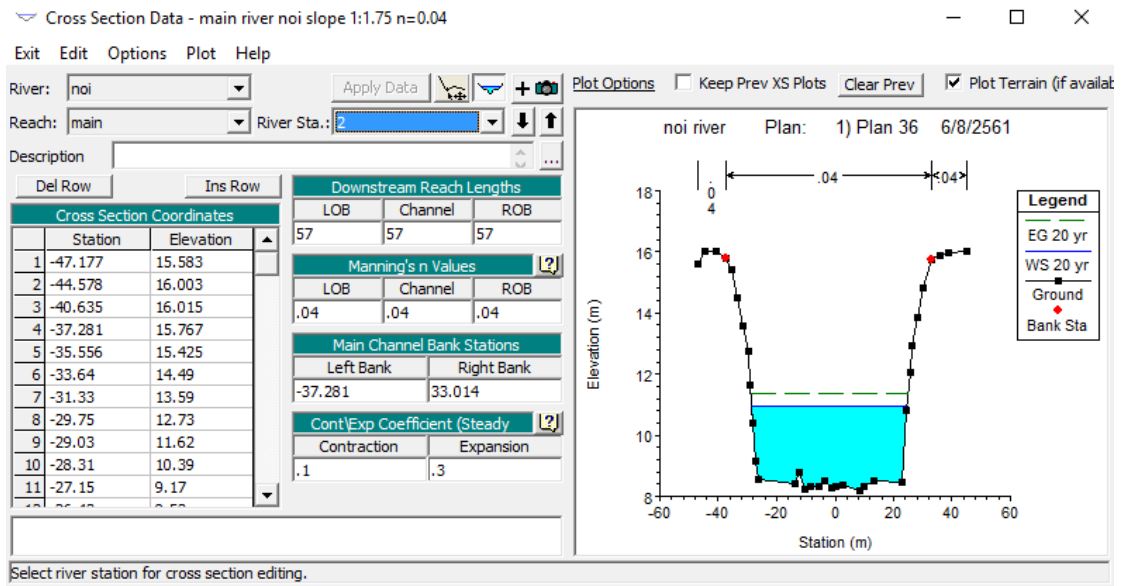
รูปที่ ๑๖ โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:1.75 ค่าสัมประสิทธิ์  
 ขรุขระ 0.04 ที่สถานี กม. 4+081



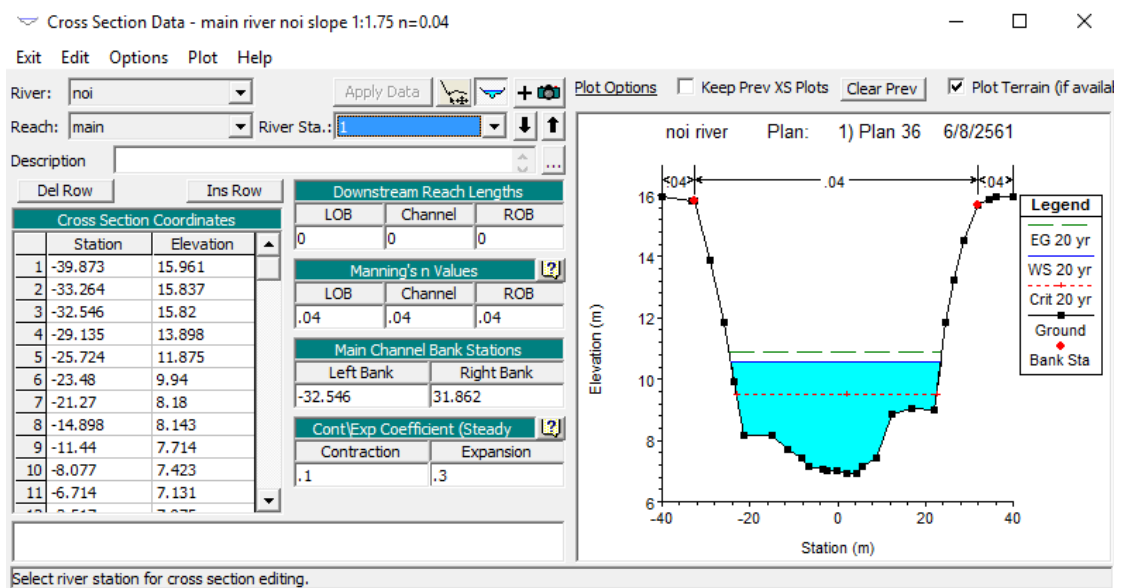
รูปที่ ๑๗ โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:1.75 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.04 ที่สถานี กม. 4+120



รูปที่ ๑๘ โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:1.75 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.04 ที่สถานี กม. 5+033



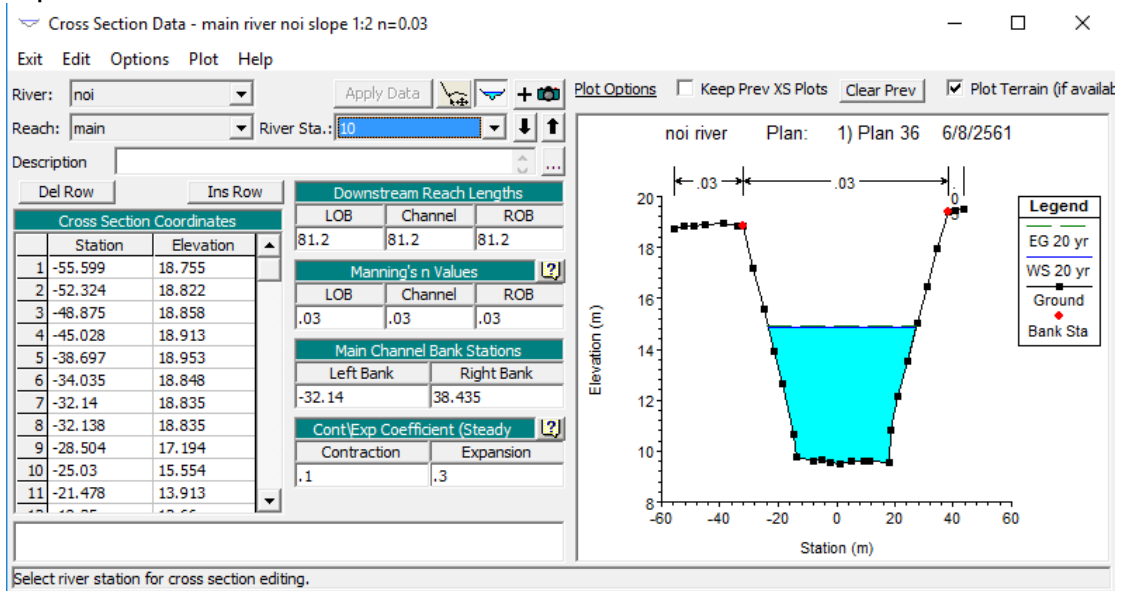
รูปที่ ๑๑ โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:1.75 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.04 ที่สถานี กม. 5+921



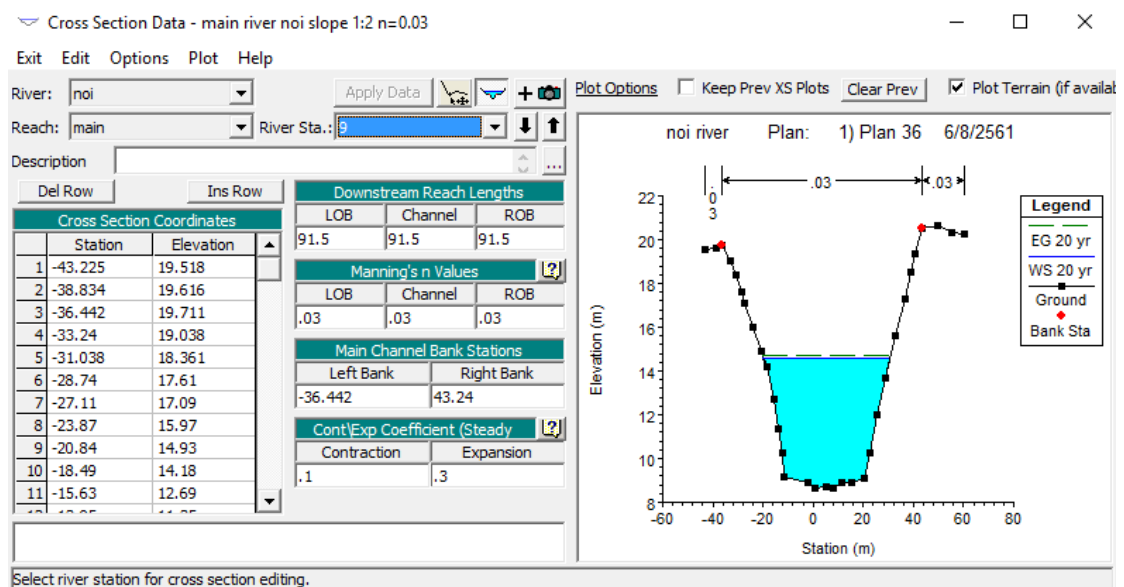
รูปที่ ๑๑๐ โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:1.75 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.04 ที่สถานี กม. 6+035

## ภาคผนวก ข

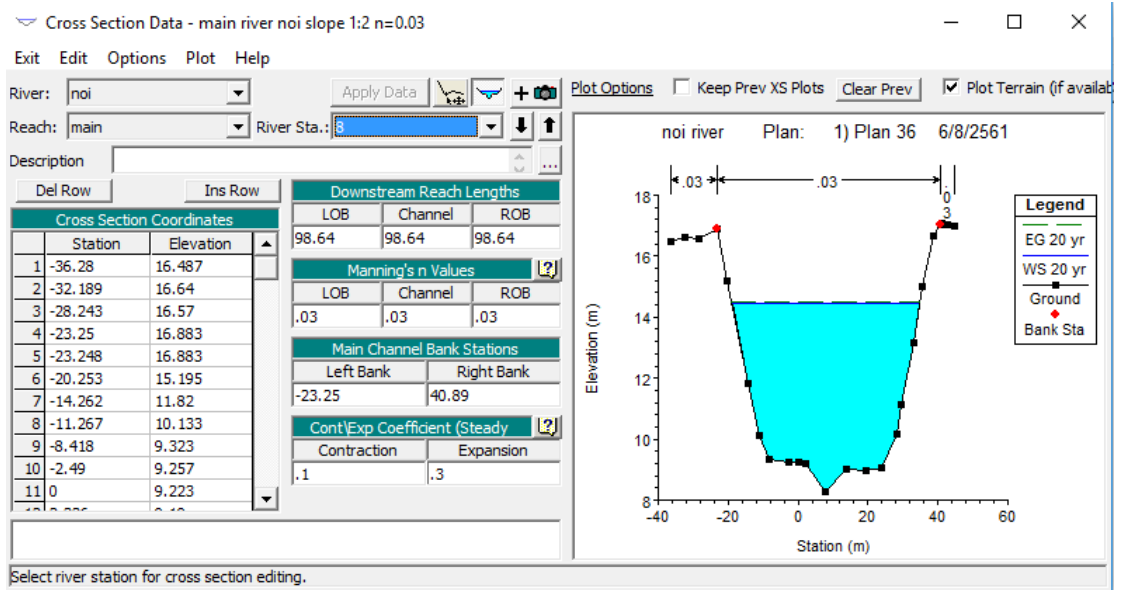
โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:2 ค่าสัมประสิทธิ์  
ขรุขระ 0.03



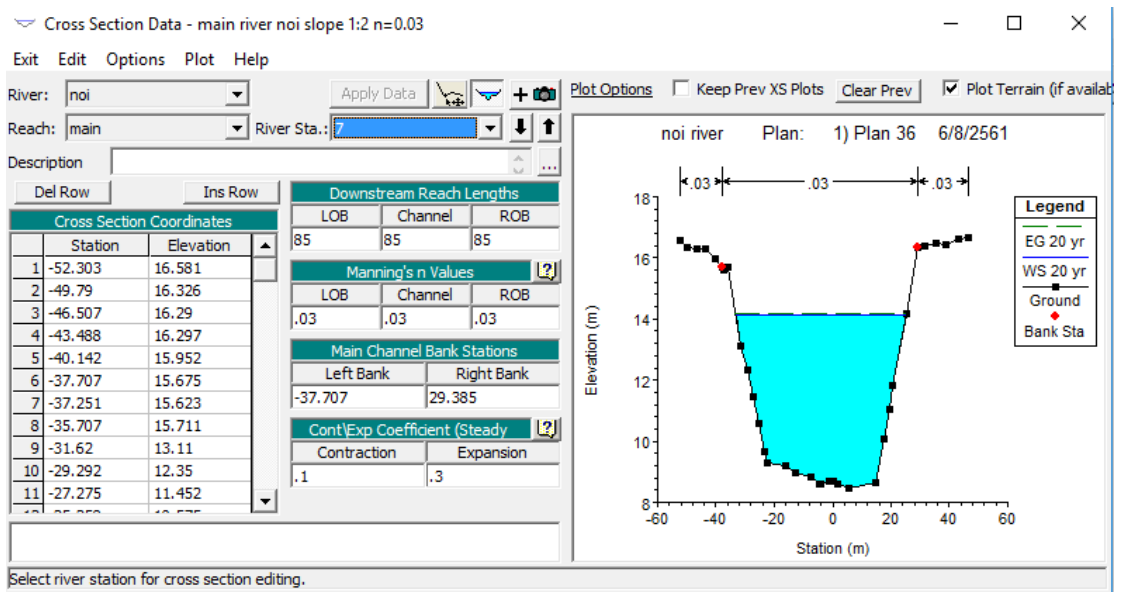
รูปที่ ข1 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:2 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ  
0.03 ที่สถานี กม. 0+040



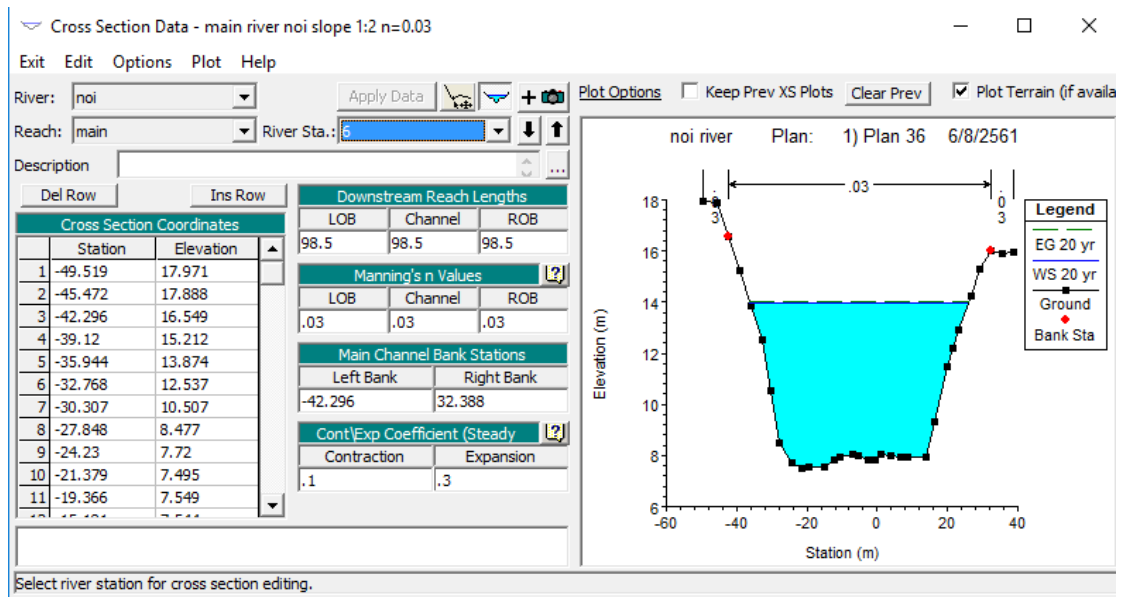
รูปที่ ข2 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:2 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ  
0.03 ที่สถานี กม. 0+446



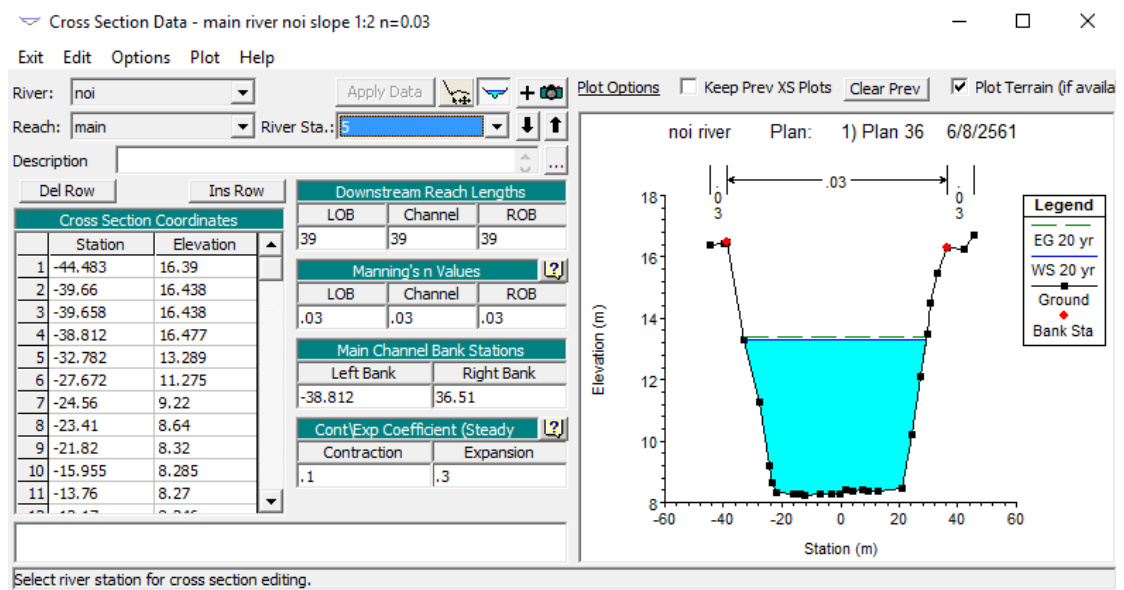
รูปที่ ข3 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:2 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.03 ที่สถานี กม. 0+995



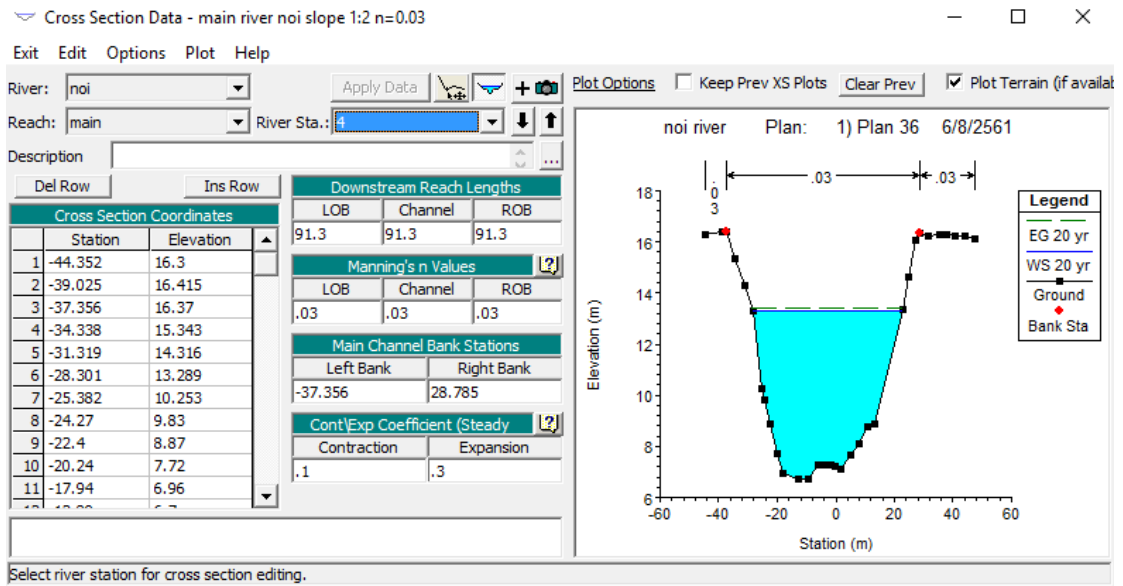
รูปที่ ข4 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:2 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.03 ที่สถานี กม. 2+080



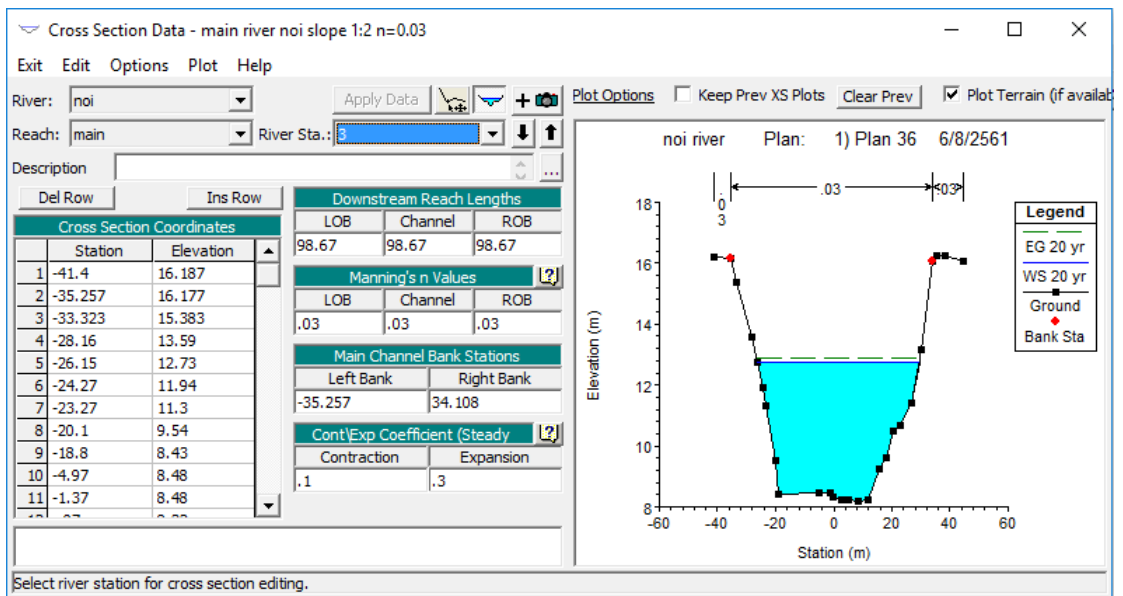
รูปที่ ข5 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:2 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.03 ที่สถานี กม. 2+505



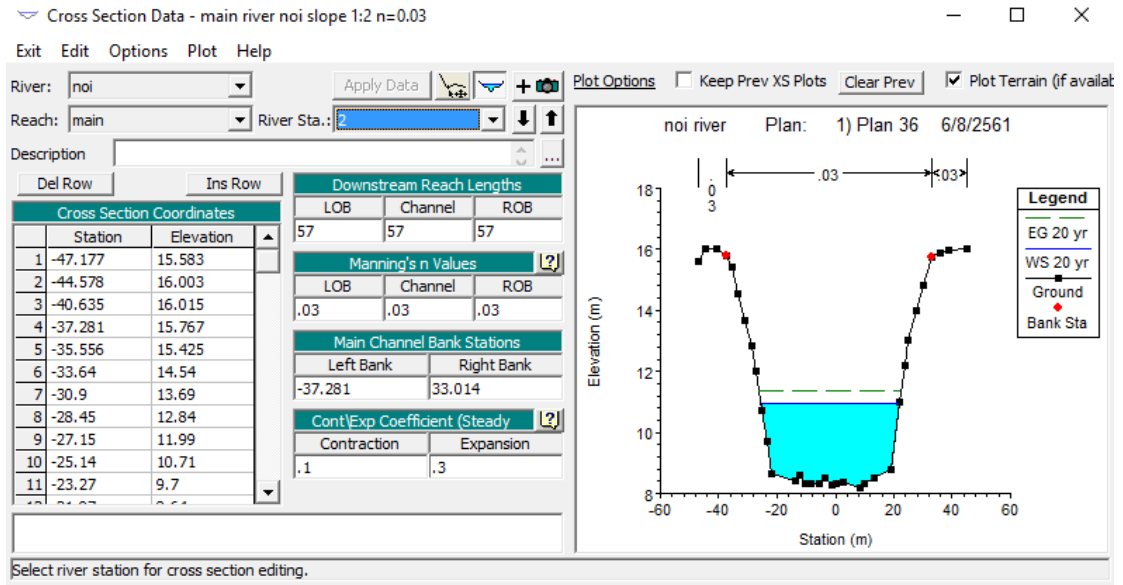
รูปที่ ข6 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:2 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.03 ที่สถานี กม. 4+081



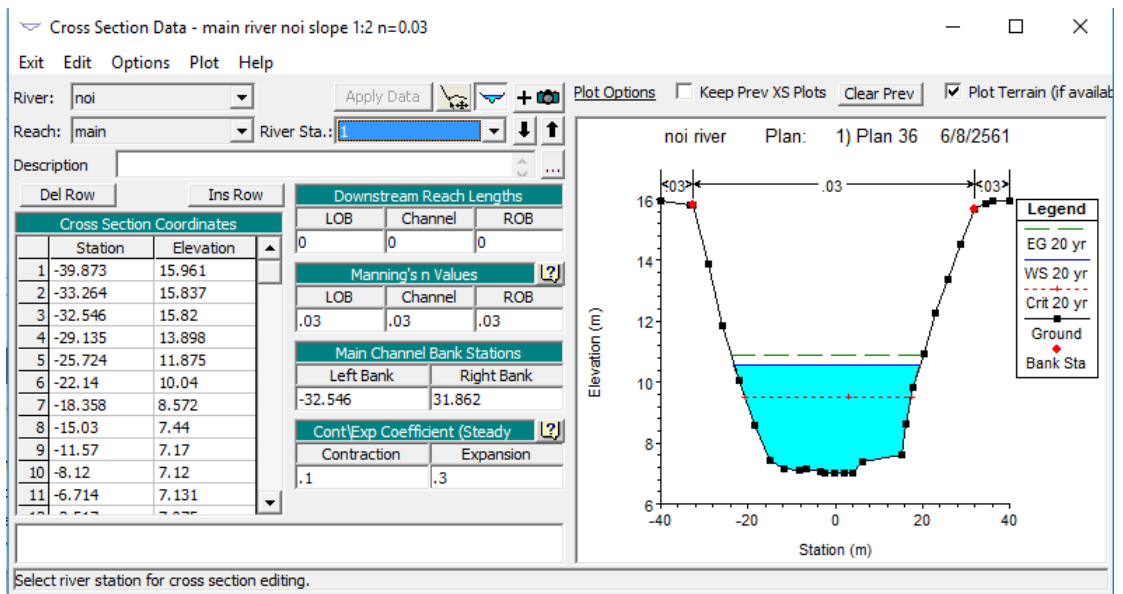
รูปที่ ข7 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:2 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.03 ที่สถานี กม. 4+120



รูปที่ ข8 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:2 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.03 ที่สถานี กม. 5+033



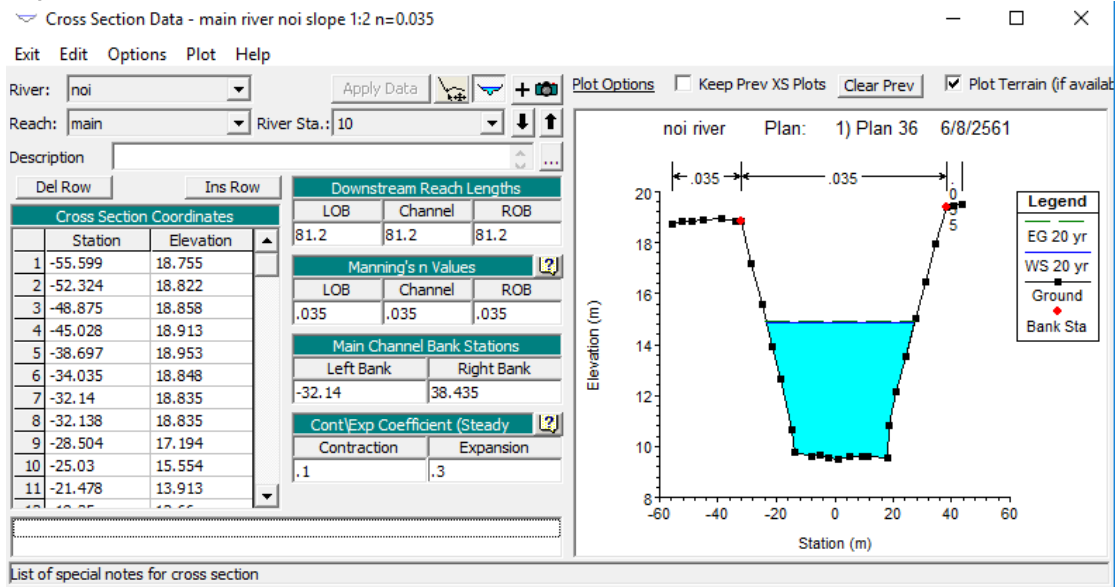
รูปที่ ข9 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:2 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.03 ที่สถานี กม. 5+921



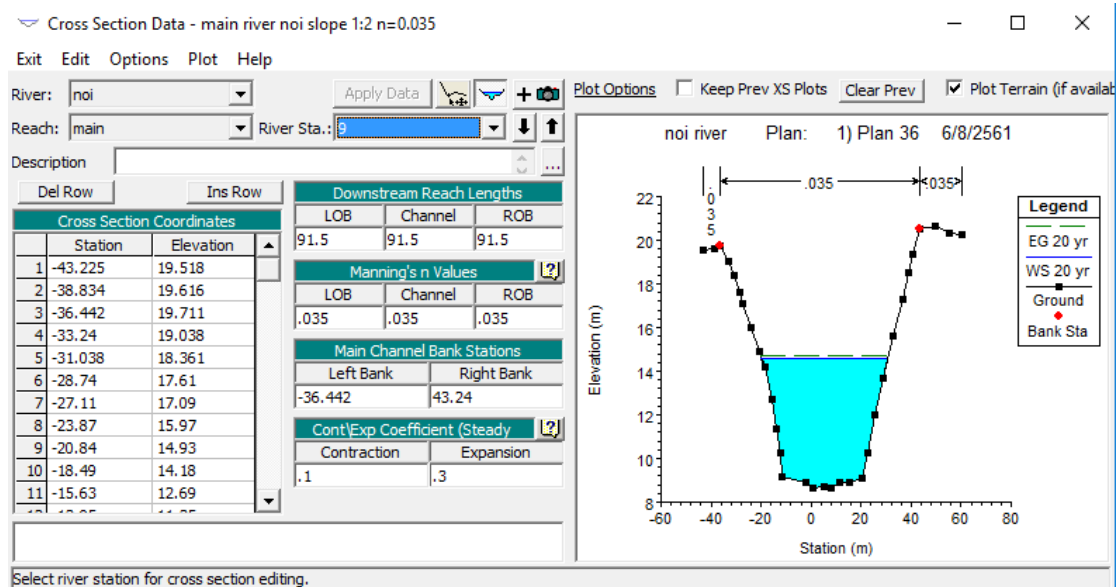
รูปที่ ข10 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:2 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.03 ที่สถานี กม. 6+035

ภาคผนวก ข

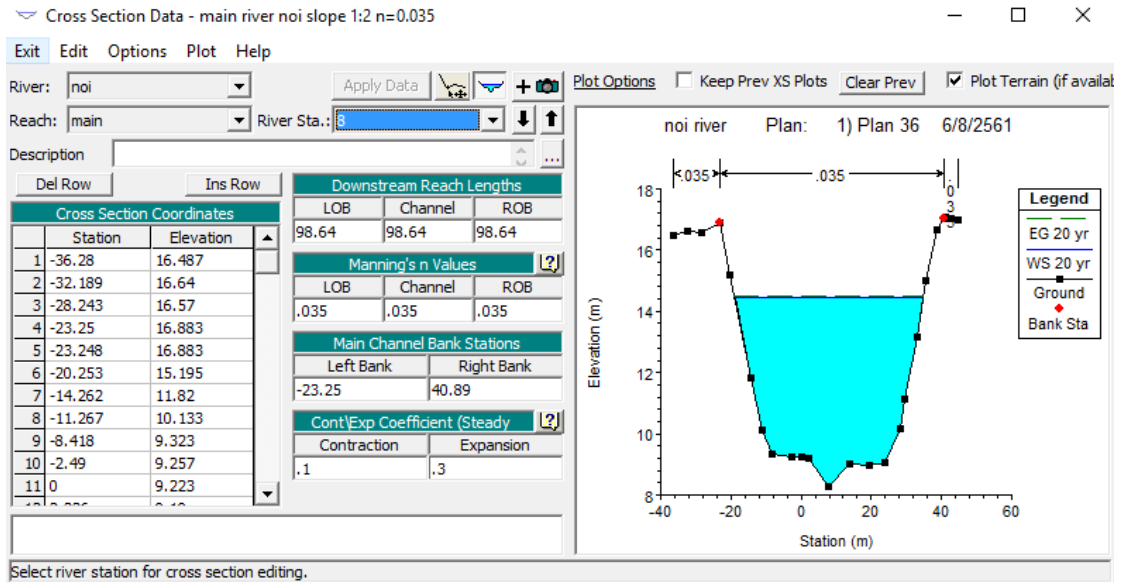
โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:2 ค่าสัมประสิทธิ์  
 ขรุขระ 0.035



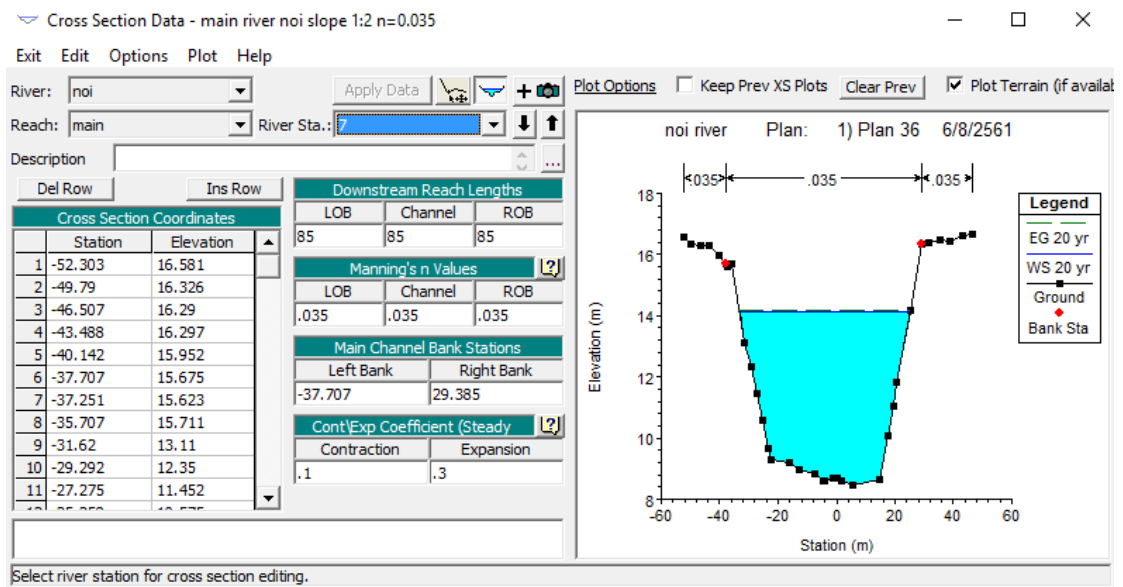
รูปที่ ข1 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:2 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ  
 0.035 ที่สถานี กม. 0+040



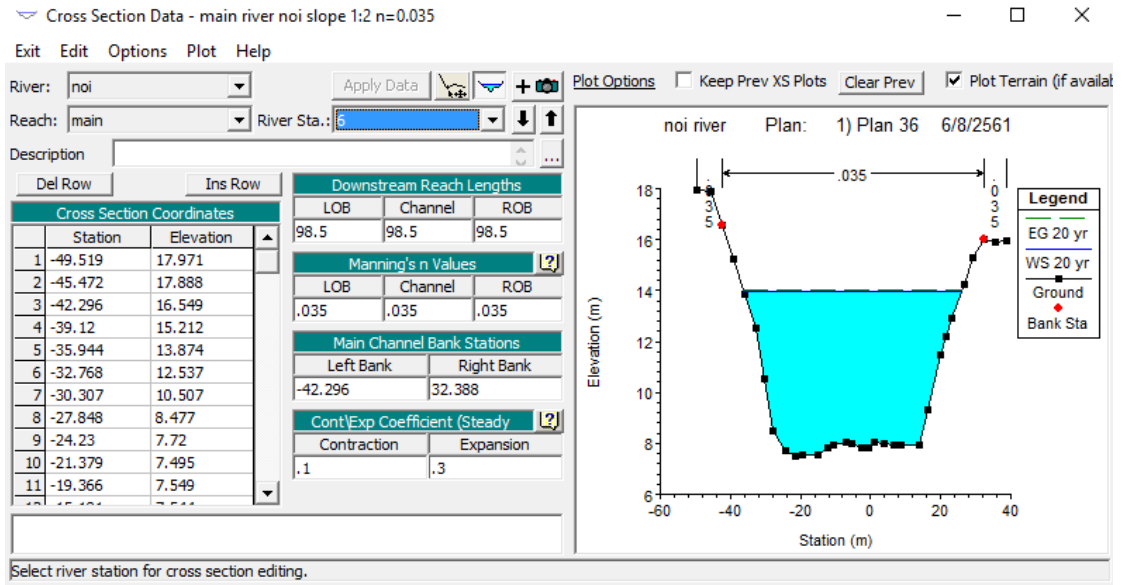
รูปที่ ข2 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:2 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ  
 0.035 ที่สถานี กม. 0+446



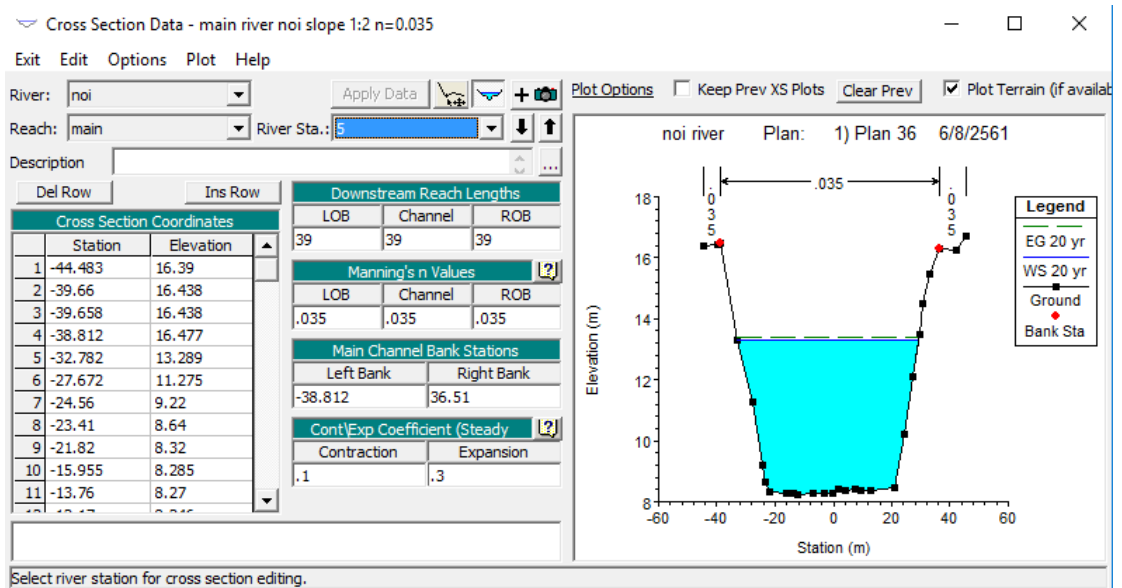
รูปที่ ๓3 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:2 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.035 ที่สถานี กม. 0+995



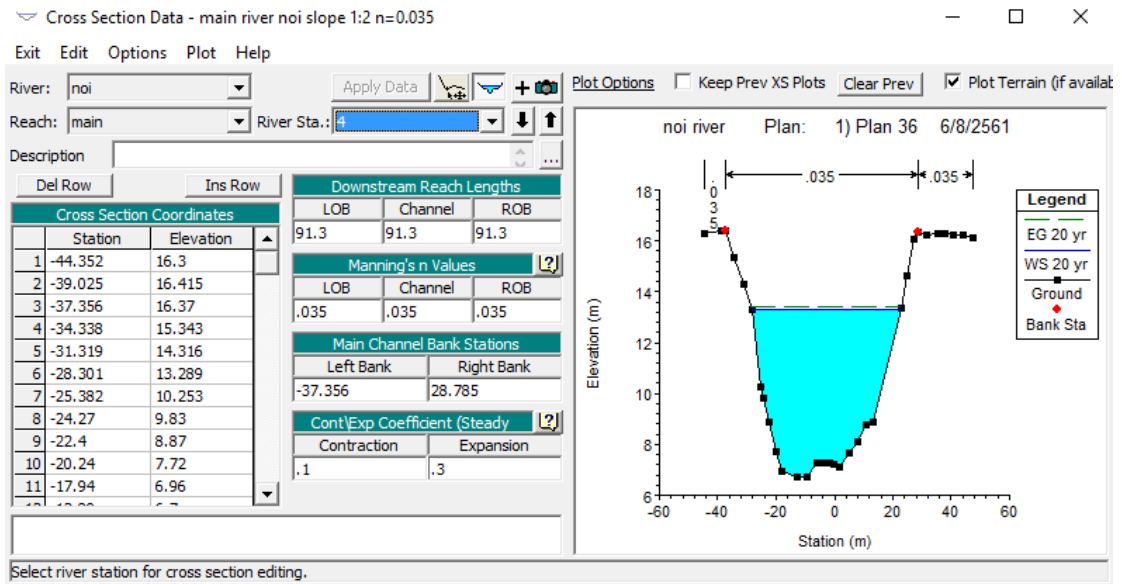
รูปที่ ๓4 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:2 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.035 ที่สถานี กม. 2+080



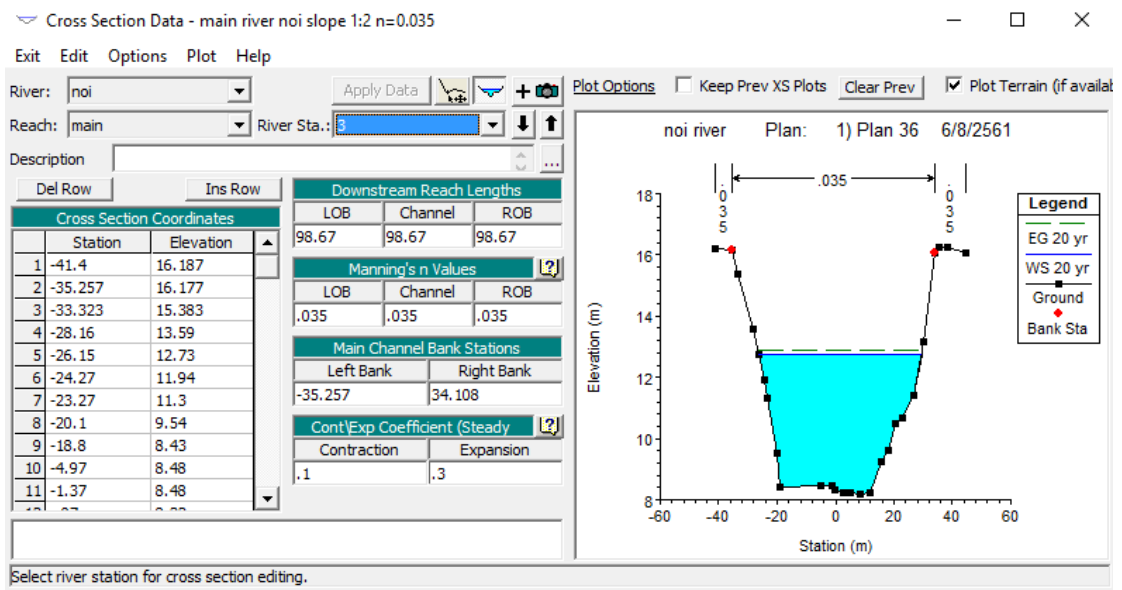
รูปที่ ข5 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:2 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.035 ที่สถานี กม. 2+505



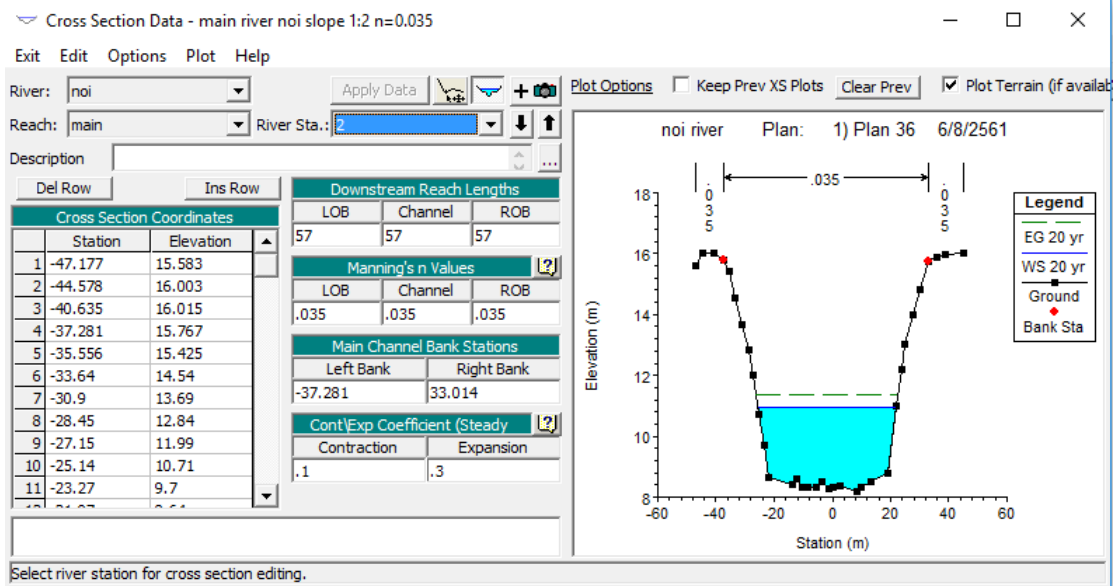
รูปที่ ข6 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:2 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.035 ที่สถานี กม. 4+081



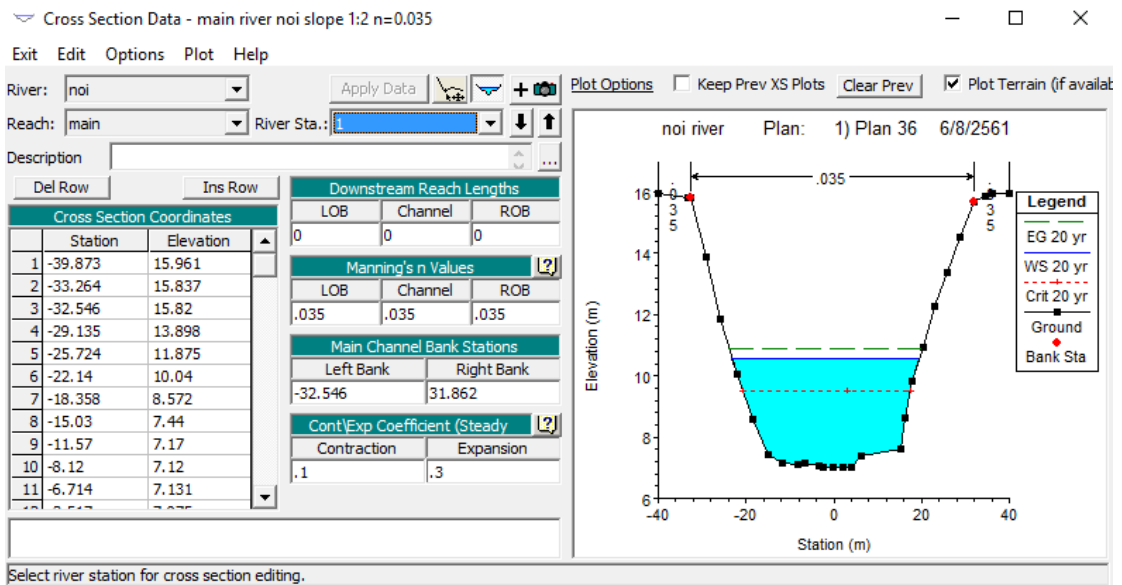
รูปที่ ๗ โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:2 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.035 ที่สถานี กม. 4+120



รูปที่ ๘ โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:2 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.035 ที่สถานี กม. 5+033



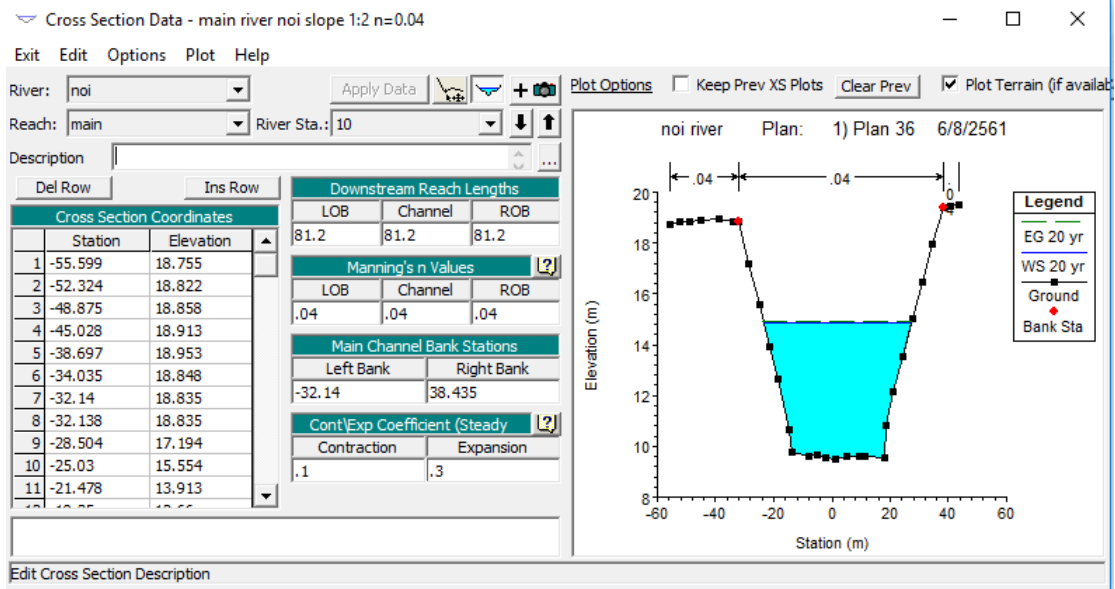
รูปที่ ๗9 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:2 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.035 ที่สถานี กม. 5+921



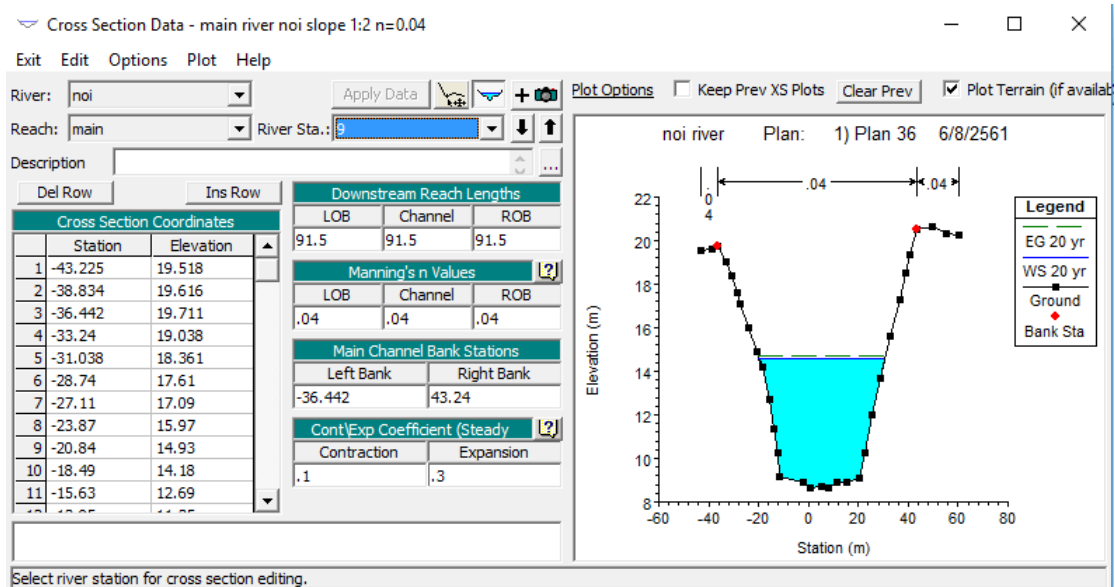
รูปที่ ๗10 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:2 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.035 ที่สถานี กม. 6+035

ภาคผนวก ฅ

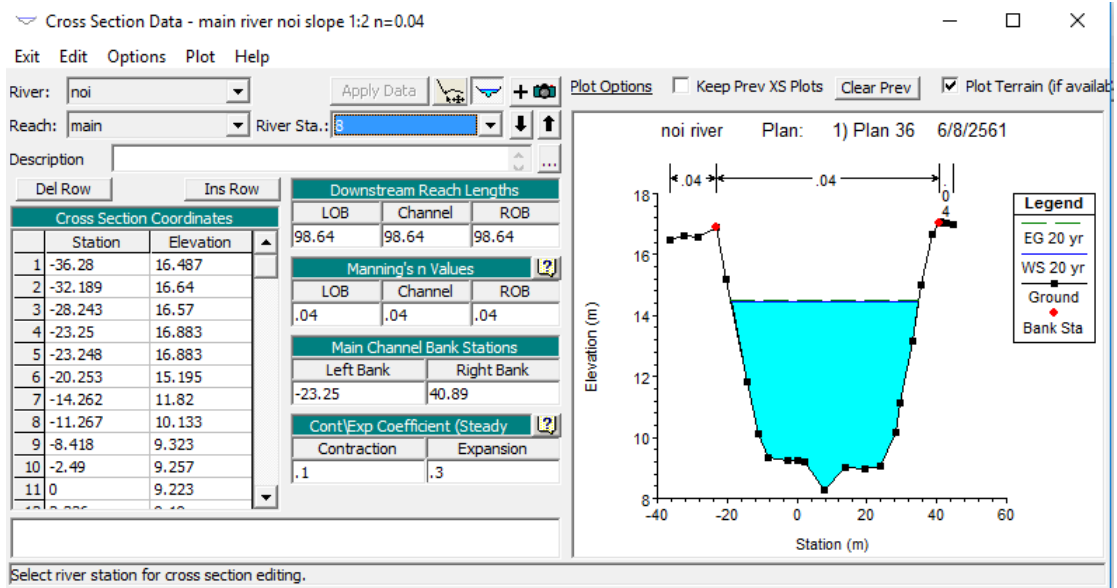
โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:2 ค่าสัมประสิทธิ์  
 ขรุขระ 0.04



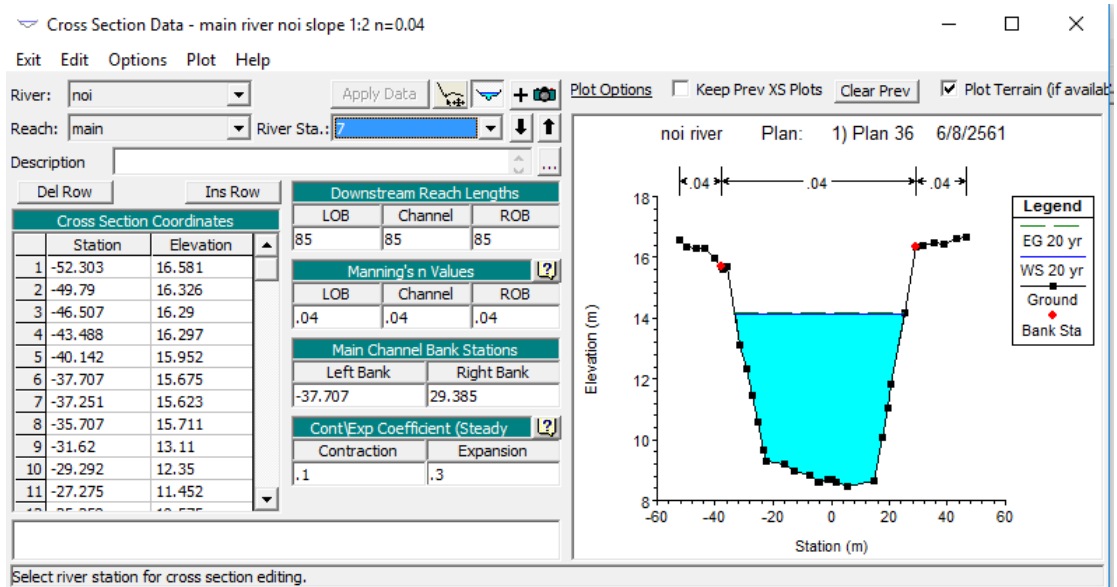
รูปที่ ฅ1 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:2 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ  
 0.04 ที่สถานี กม. 0+040



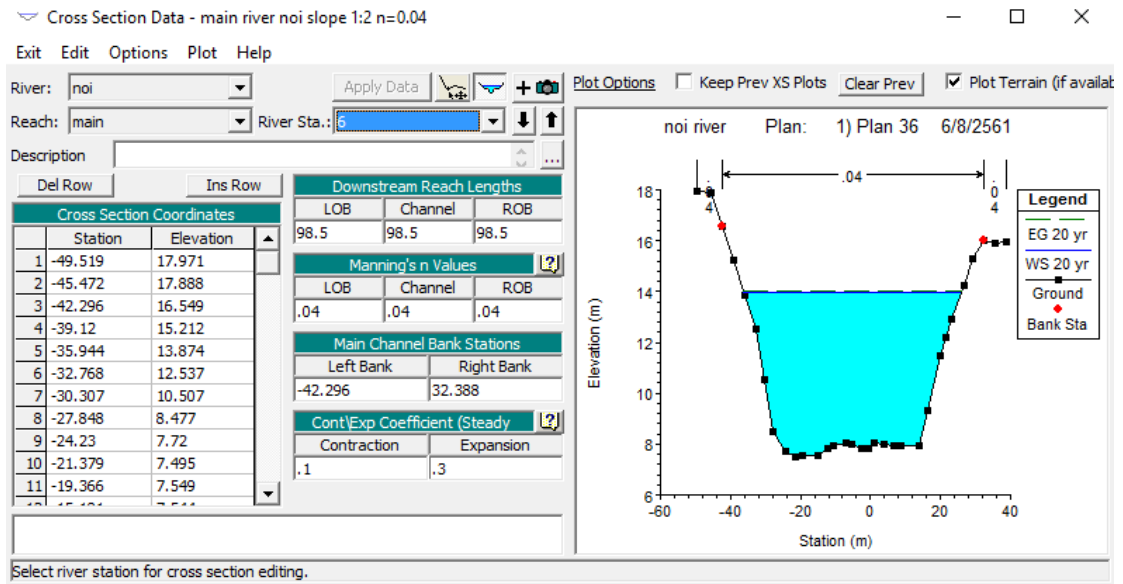
รูปที่ ฅ2 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:2 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ  
 0.04 ที่สถานี กม. 0+446



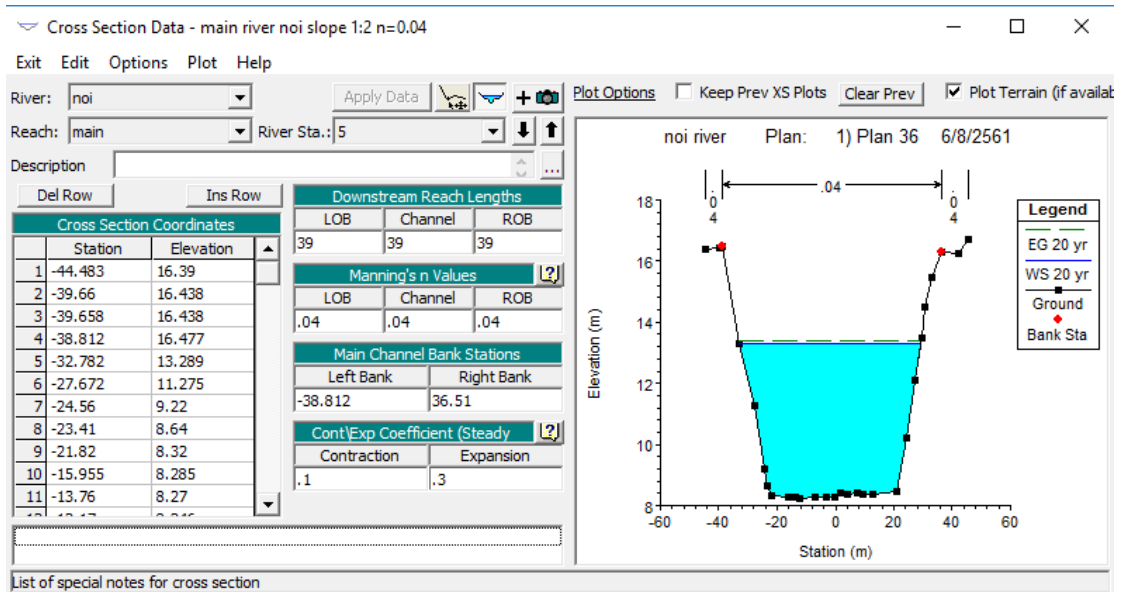
รูปที่ ๓ โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:2 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.04 ที่สถานี กม. 0+995



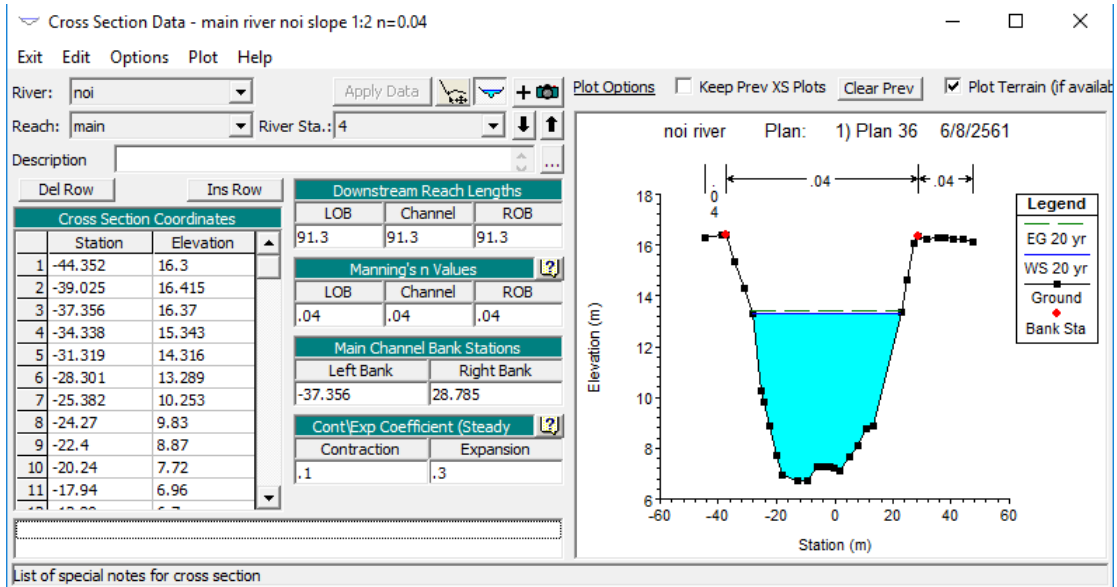
รูปที่ ๔ โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:2 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.04 ที่สถานี กม. 2+080



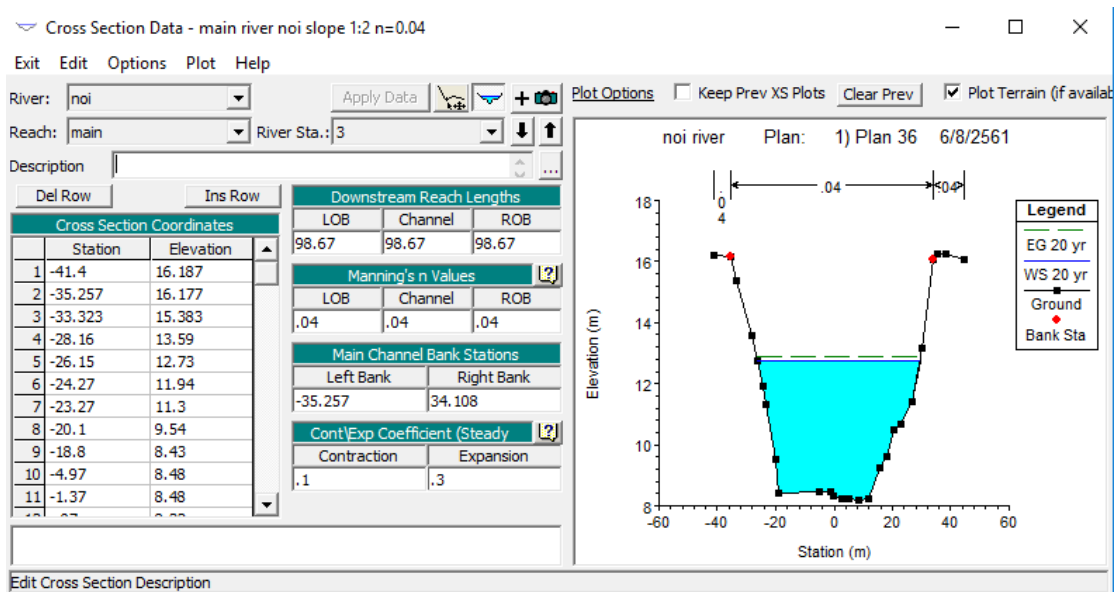
รูปที่ ๓5 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:2 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.04 ที่สถานี กม. 2+505



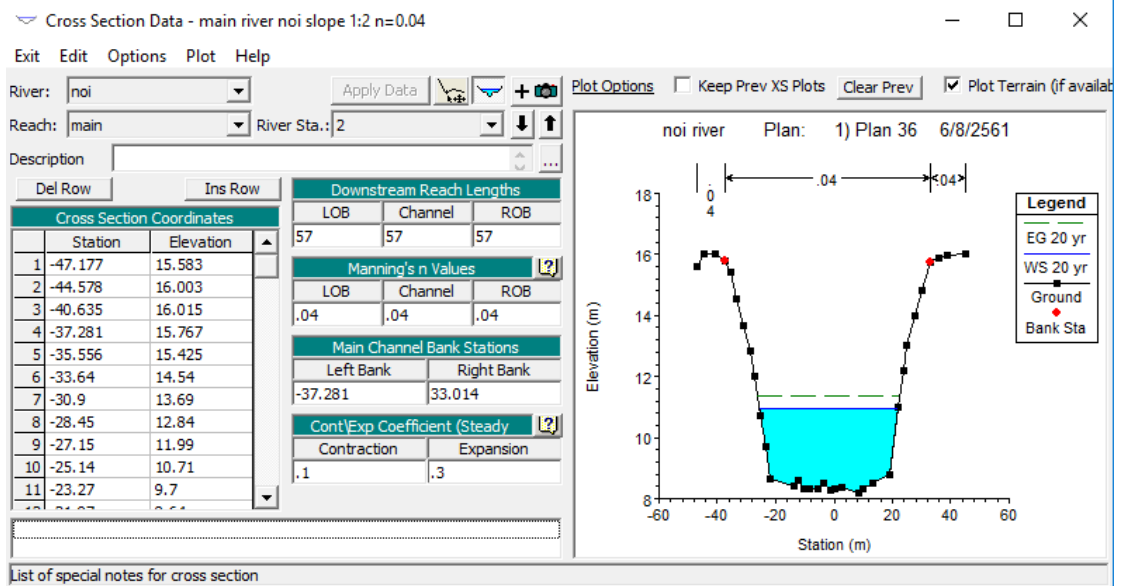
รูปที่ ๓6 โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:2 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.04 ที่สถานี กม. 4+081



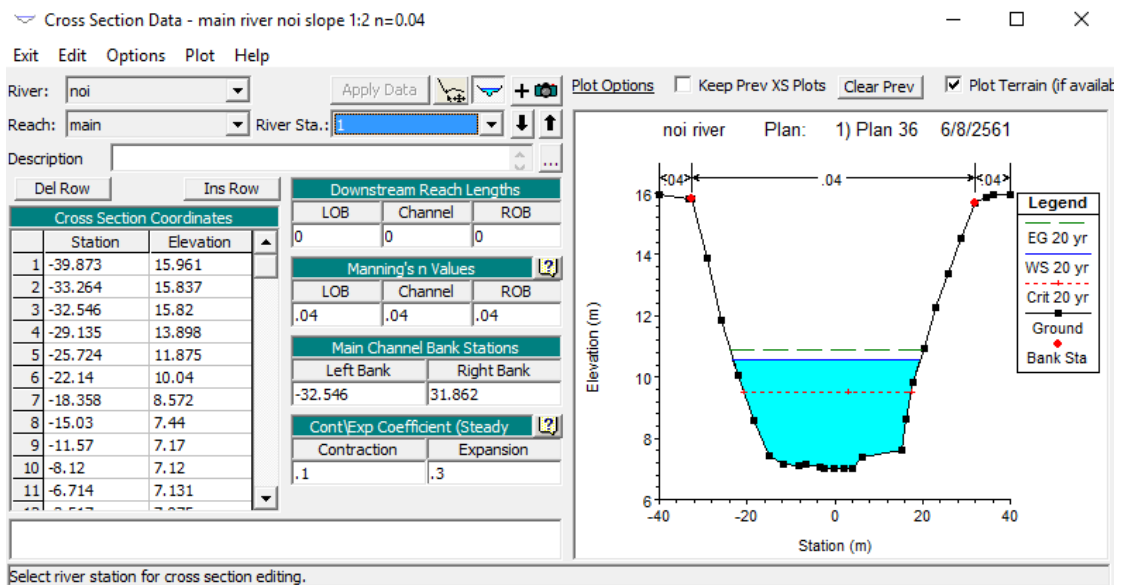
รูปที่ ๗ โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:2 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.04 ที่สถานี กม. 4+120



รูปที่ ๘ โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:2 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.04 ที่สถานี กม. 5+033



รูปที่ ๙ โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:2 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.04 ที่สถานี กม. 5+921



รูปที่ ๑๐ โปรแกรม HEC-RAS ปรับแต่งหน้าตัดอัตราส่วนลาดชันด้านข้าง 1:2 ค่าสัมประสิทธิ์ขรุขระ 0.04 ที่สถานี กม. 6+035

### ภาคผนวก ญ

ตารางเปรียบเทียบข้อมูลปริมาณความสามารถที่ลำนํ้าสามารถส่งต่อได้ของกรมชลประทานกับโปรแกรมHEC-RASและการปรับปรุงหน้าตัดของแม่น้ำน้อยนํ้าท่ารอบ 2 ปี

staion ของ สถานีวัดนํ้า กม.	converyance total (cms)	converyance total (cms)	converyance total (cms)
	กรมชลประทาน	Hec-Ras	ปรับปรุง 1:1.5 n=0.03
0+040	10753.8	10756.4	11076.6
0+446	12498.7	12499.6	17084.6
0+995	14382	14382.7	13402.7
2+080	13810.3	13812.7	14015.2
2+505	14475	14477.6	17465.7
4+081	9660	9660.9	11798.2
4+120	12457.2	12458.7	11703.9
5+033	8047	8047.7	8170.1
5+921	3333.5	3334.2	4227.4
6+035	4247.8	4249.9	4251.5

รูปที่ ญ1 เปรียบเทียบค่าconveryance (cms)ของทั้งกรมชลประทาน ในโปรแกรมHEC-RAS และการปรับปรุงค่าความลาดชันด้านข้าง 1:1.5 ค่าสัมประสิทธิ์แมนนิ่ง = 0.03

staion ของสถานีวัด น้ำ กม.	converyance total (cms)	converyance total (cms)	converyance total (cms)
	กรมชลประทาน	Hec-Ras	ปรับปรุง 1:1.5 n=0.035
0+040	10753.8	10756.4	10986.2
0+446	12498.7	12499.6	16390.8
0+995	14382	14382.7	12996
2+080	13810.3	13812.7	13473.7
2+505	14475	14477.6	16583
4+081	9660	9660.9	11415.4
4+120	12457.2	12458.7	11203
5+033	8047	8047.7	7920.7
5+921	3333.5	3334.2	4250.9
6+035	4247.8	4249.9	4250.7

รูปที่ ๓๒ เปรียบเทียบค่าconveryance (cms)ของทั้งกรมชลประทาน ในโปรแกรมHEC-RAS และ การปรับปรุงค่าความลาดชันด้านข้าง 1:1.5 ค่าสัมประสิทธิ์แมนนิง = 0.035

staion ของสถานีวัดน้ำ กม.	convergyance total (cms)	convergyance total (cms)	convergyance total (cms)
	กรมชลประทาน	Hec-Ras	ปรับปรุง 1:1.5 n=0.04
0+040	10753.8	10756.4	10889.5
0+446	12498.7	12499.6	15827.4
0+995	14382	14382.7	12662.3
2+080	13810.3	13812.7	13044
2+505	14475	14477.6	15887.4
4+081	9660	9660.9	11108
4+120	12457.2	12458.7	10805.8
5+033	8047	8047.7	7724.9
5+921	3333.5	3334.2	4276.2
6+035	4247.8	4249.9	4250.4

รูปที่ ๓ เปรียบเทียบค่าconvergyance total (cms)ของทั้งกรมชลประทาน ในโปรแกรมHEC-RAS และการปรับปรุงค่าความลาดชันด้านข้าง 1:1.5 ค่าสัมประสิทธิ์แมนนิง = 0.04

staion ของสถานีวัด น้ำ กม.	converyance total (cms)	converyance total (cms)	converyance total (cms)
	กรมชลประทาน	Hec-Ras	ปรับปรุง 1:1.75 n=0.03
0+040	10753.8	10756.4	11093.6
0+446	12498.7	12499.6	17107.5
0+995	14382	14382.7	13425.8
2+080	13810.3	13812.7	14032.7
2+505	14475	14477.6	17474
4+081	9660	9660.9	11809.9
4+120	12457.2	12458.7	11714.6
5+033	8047	8047.7	8170.1
5+921	3333.5	3334.2	4227.4
6+035	4247.8	4249.9	4251.5

รูปที่ ๓๔ เปรียบเทียบค่าconveryance total (cms)ของทั้งกรมชลประทาน ในโปรแกรมHEC-RAS และการปรับปรุงค่าความลาดชันด้านข้าง 1:1.75 ค่าสัมประสิทธิ์แมนนิง = 0.03

staion ของสถานีวัดน้ำ กม.	converyance total (cms)	converyance total (cms)	converyance total (cms)
	กรมชลประทาน	Hec-Ras	ปรับปรุง 1:1.75 n=0.035
0+040	10753.8	10756.4	10999.7
0+446	12498.7	12499.6	16408.8
0+995	14382	14382.7	13014.3
2+080	13810.3	13812.7	13488.8
2+505	14475	14477.6	16590.6
4+081	9660	9660.9	11426
4+120	12457.2	12458.7	11212.7
5+033	8047	8047.7	7920.7
5+921	3333.5	3334.2	4250.9
6+035	4247.8	4249.9	4250.7

รูปที่ ๕ เปรียบเทียบค่าconveryance total (cms)ของทั้งกรมชลประทาน ในโปรแกรมHEC-RAS และการปรับปรุงค่าความลาดชันด้านข้าง 1:1.75 ค่าสัมประสิทธิ์แมนนิง = 0.035

staion ของสถานีวัดน้ำ กม.	conveyance total (cms)	conveyance total (cms)	conveyance total (cms)
	กรมชลประทาน	Hec-Ras	ปรับปรุง 1:1.75 n=0.04
0+040	10753.8	10756.4	10901.3
0+446	12498.7	12499.6	15843
0+995	14382	14382.7	12677.9
2+080	13810.3	13812.7	13057.3
2+505	14475	14477.6	15894
4+081	9660	9660.9	11117.9
4+120	12457.2	12458.7	10814.8
5+033	8047	8047.7	7726.1
5+921	3333.5	3334.2	4277.2
6+035	4247.8	4249.9	4250.4

รูปที่ ๖๖ เปรียบเทียบค่าconveyance total (cms)ของทั้งกรมชลประทาน ในโปรแกรมHEC-RAS และการปรับปรุงค่าความลาดชันด้านข้าง 1:1.75 ค่าสัมประสิทธิ์แมนนิง = 0.04

staion ของสถานีวัดน้ำ กม.	conveyance total (cms)	conveyance total (cms)	conveyance total (cms)
	กรมชลประทาน	Hec-Ras	ปรับปรุง 1:2 n=0.03
0+040	10753.8	10756.4	9687.7
0+446	12498.7	12499.6	12510.5
0+995	14382	14382.7	12433.4
2+080	13810.3	13812.7	12292.3
2+505	14475	14477.6	18561.3
4+081	9660	9660.9	14382.1
4+120	12457.2	12458.7	15486
5+033	8047	8047.7	8575.3
5+921	3333.5	3334.2	2852.9
6+035	4247.8	4249.9	4248.2

รูปที่ ๗7 เปรียบเทียบค่า conveyance total (cms) ของทั้งกรมชลประทาน ในโปรแกรม HEC-RAS และการปรับปรุงค่าความลาดชันด้านข้าง 1:2 ค่าสัมประสิทธิ์แมนนิง = 0.03

staion ของสถานีวัดน้ำ กม.	converyance total (cms)	converyance total (cms)	converyance total (cms)
	กรมชลประทาน	Hec-Ras	ปรับปรุง 1:2 n=0.035
0+040	10753.8	10756.4	9602
0+446	12498.7	12499.6	12114.2
0+995	14382	14382.7	12141.1
2+080	13810.3	13812.7	11923.3
2+505	14475	14477.6	17454.3
4+081	9660	9660.9	13630.3
4+120	12457.2	12458.7	14435.7
5+033	8047	8047.7	8227.6
5+921	3333.5	3334.2	3046.7
6+035	4247.8	4249.9	4251.8

รูปที่ ๘ เปรียบเทียบค่าconveryance total (cms)ของทั้งกรมชลประทาน ในโปรแกรมHEC-RAS และการปรับปรุงค่าความลาดชันด้านข้าง 1:2 ค่าสัมประสิทธิ์แมนนิง = 0.035

staion ของสถานีวัดน้ำ กม.	conveyance total (cms)	conveyance total (cms)	conveyance total (cms)
	กรมชลประทาน	Hec-Ras	ปรับปรุง 1:2 n=0.04
0+040	10753.8	10756.4	9530.5
0+446	12498.7	12499.6	11798.6
0+995	14382	14382.7	11908.5
2+080	13810.3	13812.7	11661.4
2+505	14475	14477.6	16618.7
4+081	9660	9660.9	13070.6
4+120	12457.2	12458.7	13646.4
5+033	8047	8047.7	7971.1
5+921	3333.5	3334.2	3201.5
6+035	4247.8	4249.9	4248.6

รูปที่ ๑๑ เปรียบเทียบค่าconveyance total (cms)ของทั้งกรมชลประทาน ในโปรแกรมHEC-RAS และการปรับปรุงค่าความลาดชันด้านข้าง 1:2 ค่าสัมประสิทธิ์แมนนิง = 0.04