การคำนวณปริมาณน้ำผ่านอาคารชลประทาน การวัดปริมาณน้ำในคลองส่งน้ำชลประทาน และการสอบเทียบอาคารชลประทาน

โดย

นางกัญญา อินทร์เกลี้ยง
วิศวกรโยธาชำนาญการพิเศษ
ส่วนวิจัยและพัฒนาด้านวิศวกรรม สำนักวิจัยและพัฒนา

9 กุมภาพันธ์ 2565

หัวข้อบรรยาย

1. การคำนวณปริมาณน้ำผ่านอาคารชลประทาน
2. การวัดปริมาณน้ำในคลองส่งน้ำชลประทาน
3. การสอบเทียบอาคารชลประทาน

การวัดปริมาณน้ำในคลองส่งน้ำชลประทาน

มี 2 กรณี

1. วัดโดยผ่านอาคารชลประทาน
2. วัดโดยไม่ผ่านอาคารชลประทาน

การวัดปริมาณน้ำโดยไม่ผ่านอาคารชลประทาน

ปริมาณน้ำหรืออัตราการไหลของน้ำ

$$Q = A.\overline{V}$$

หลักการวัด

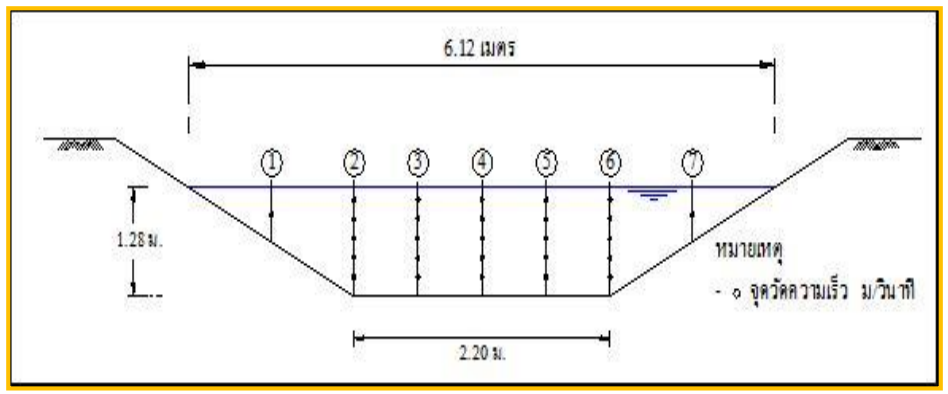
1. วัดพื้นที่หน้าตัดของการไหล (A)
2. วัดความเร็วเฉลี่ยของกระแสน้ำผ่านหน้าตัดการไหล $(\overline{v})$

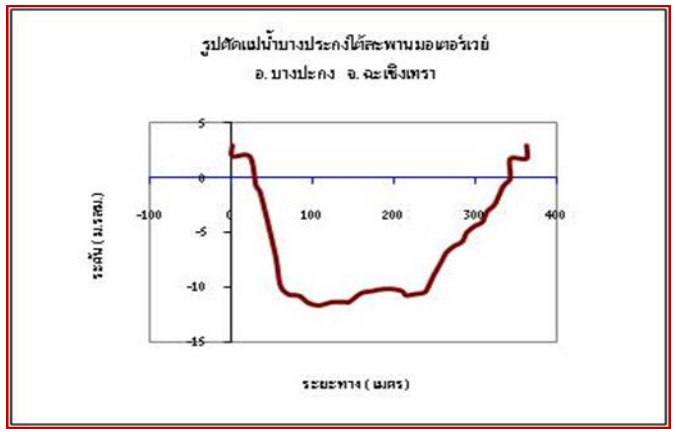
1. การวัดพื้นที่หน้าตัดของการไหล (A) มี 2 วิธี

1.1 วิธีการวัดด้วยการหยั่งความลึกน้ำโดยใช้แท่งเหล็ก (rod) เชือก หรือ สลิง

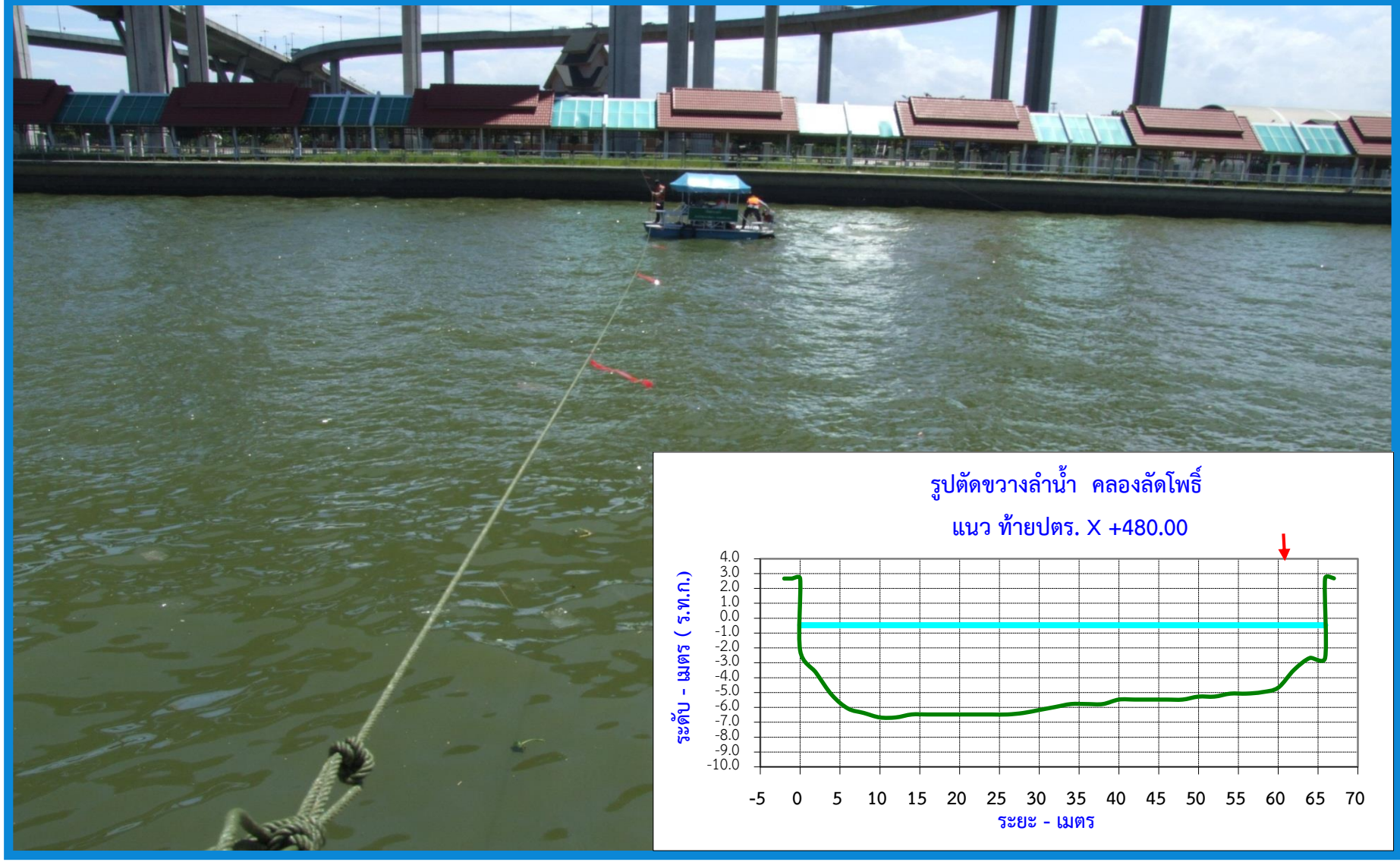
1.2 วิธีการวัดด้วยเครื่องมือที่ทันสมัย เช่น เครื่อง Eco sounding วัดโดยใช้เครื่องมือวัดปริมาณน้ำ

1.1 วิธีการวัดพื้นที่หน้าตัดโดยใช้แท่งเหล็ก (rod) หยั่งความลึกที่สะพาน

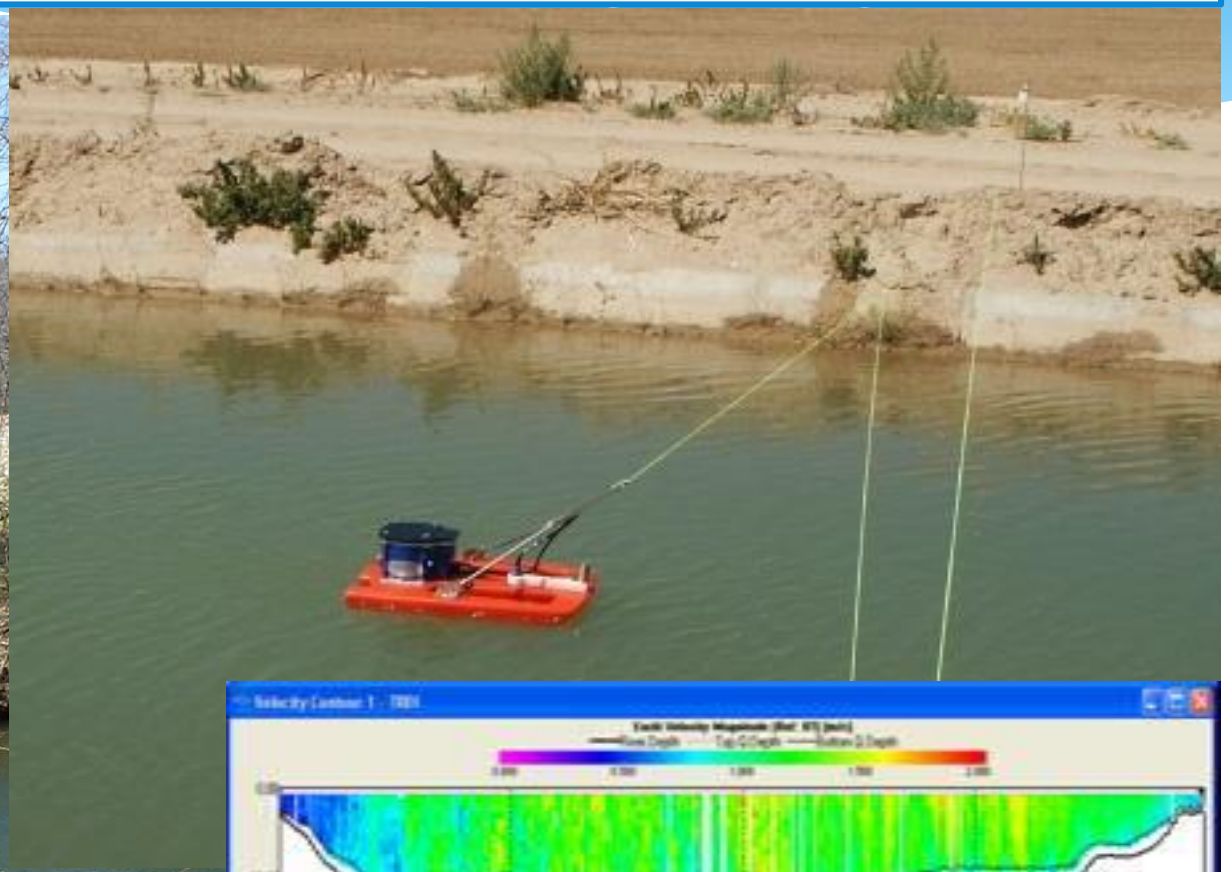


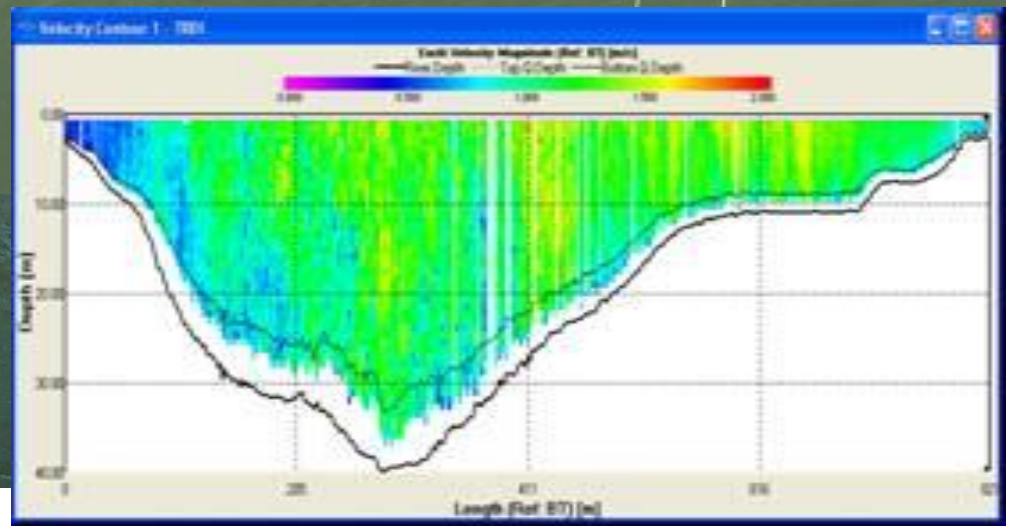


ใช้สลิงหย่งความลึกบนเรือ



1.2 วิธีการวัดพื้นที่หน้าตัดโดยใช้เครื่องมือที่ทันสมัย





2. การวัดความเร็วเฉลี่ยของกระแสน้ำผ่านหน้าตัดการไหล

วิธีการวัดความเร็วกระแสน้ำ มี 4 วิธี

1. วัดความเร็วโดยทุ่นลอย (Measurement by floats)
2. วัดความเร็วโดยสารละลายสี (Colour velocity method)
3. วัดความเร็วโดยการกระจายของน้ำเกลือ (Salt velocity method)
4. วัดความเร็วโดยเครื่องมือวัดความเร็ว (Current meter)

วิธีที่ 1: วัดความเร็วโดยทุ่นลอย (BSI 1964)

- เป็นวิธีวัดความเร็วโดยประมาณ

- ช่วงน้ำท่วม , น้ำตื้น , ไม่มีเครื่องวัดน้ำ

- ทางน้ำอยู่ในแนวตรง , หน้าตัดสม่ำเสมอ , ผิวน้ำไม่มีคลื่นตัดผ่านไปมา, ไม่มีวัชพืชน้ำหรือโขดหินขวางทาง , ไม่มีอิทธิพลของกระแสลมต่อการเคลื่อนที่ของทุ่นลอย

อุปกรณ์ที่ใช้

1. ทุ่นลอย เช่น เศษไม้ ลูกพลาสติกหรือโฟม ขวดน้ำ
2. เทปวัดระยะทาง
3. นาฬิกาจับเวลา

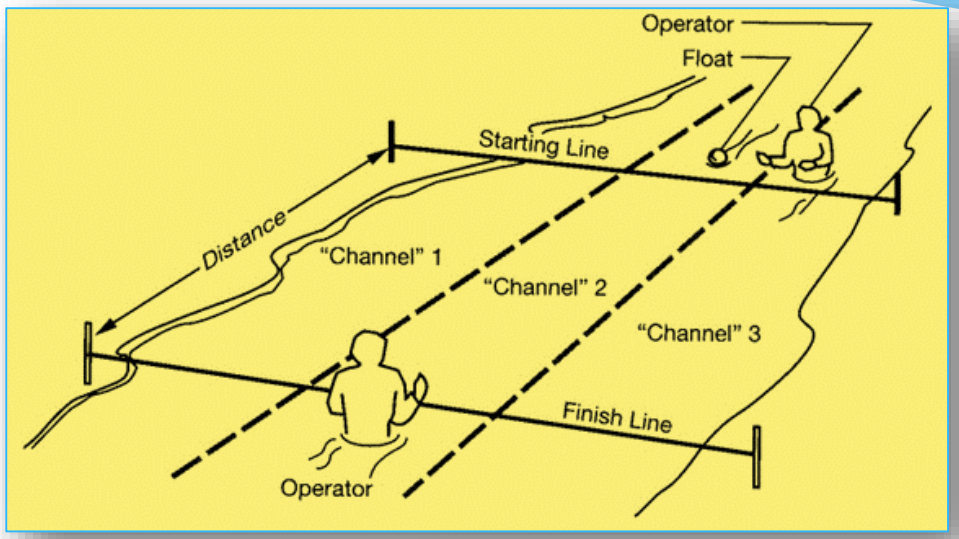
วิธีการวัด

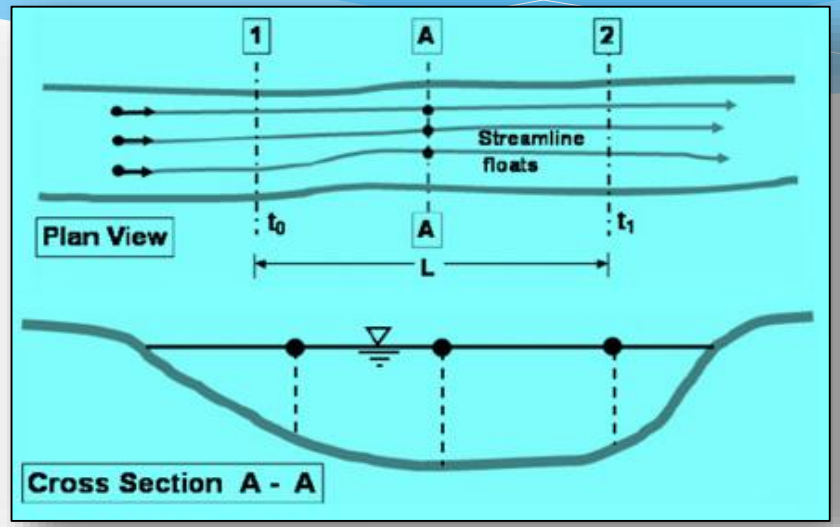
1. เลือกจุดวัดที่สะพานหรือตำแหน่งที่สะดวก แบ่งหน้าตัดออกเป็น อย่างน้อย 3-5 แนว ความกว้างเท่า ๆ กัน โดยเริ่มที่แนวกลางหน้าตัดก่อนแล้วถึงวัดแนวข้าง ๆ และวัดซ้ำประมาณ 2-3 ครั้ง จะได้ค่าความเร็วเฉลี่ย

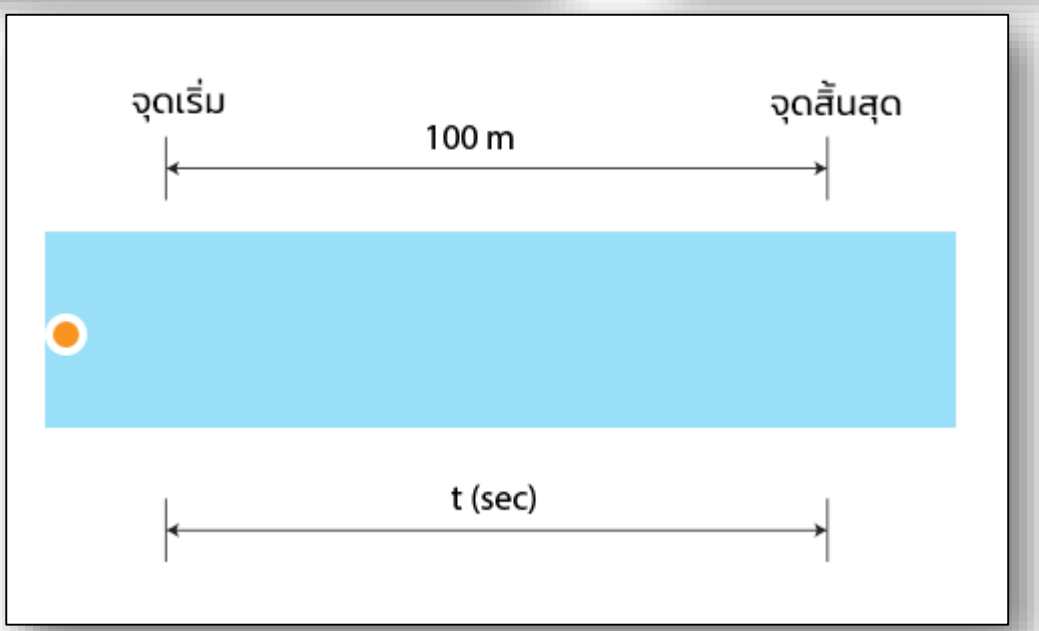
2. กำหนดจุดวัด 2 จุด โดยให้ทางด้านเหนือน้ำเป็นจุดเริ่มต้นและจุดท้ายน้ำเป็นจุดสิ้นสุด ให้ระยะทางห่างกันประมาณ 5-10 เมตร

3. ปล่อยทุ่นลอยเหนือจุดเริ่มต้นระยะทางประมาณ 1-2 เมตร เมื่อถึงจุดเริ่มต้นเริ่มจับเวลาจนกระทั่งทุ่นลอยถึงจุดสุดท้ายที่อยู่ห่างจากจุดเริ่มต้น

วิธีการวัด


Operator
Float
Starting Line
Distance
"Channel" 1
"Channel" 2
"Channel" 3
Finish Line
Operator


1
A
2
Streamline
floats
Plan View
t_0
A
t_1
L
Cross Section A - A


จุดเริ่ม
จุดสิ้นสุด
100 m
t (sec)

4

คำนวณหาความเร็วของทุ่นลอยจาก ระยะทาง/เวลา

$$V_f = \frac{L}{t}$$

5

ความเร็วของผิวน้ำถ้าเป็นความเร็วกระแสน้ำต้องคูณด้วยค่าปรับแก้ (k) ตามความลึกเฉลี่ยของน้ำ ดังตาราง หรือใช้ค่า K=0.8

$$V_m = kV_f$$

ตาราง ค่าสัมประสิทธิ์ปรับแก้ (k) ปรับแก้ความเร็วผิวน้ำที่วัดด้วยทุ่นลอย เป็นความเร็วกระแสน้ำเฉลี่ยตามความลึกน้ำ

ความลึกเฉลี่ย (ม.)	ค่าสัมประสิทธิ์ปรับแก้ (k)
0.3	0.66
0.6	0.68
0.9	0.70
1.2	0.72
1.5	0.74
1.8	0.76
2.7	0.77
3.6	0.78
4.5	0.79
>6	0.80

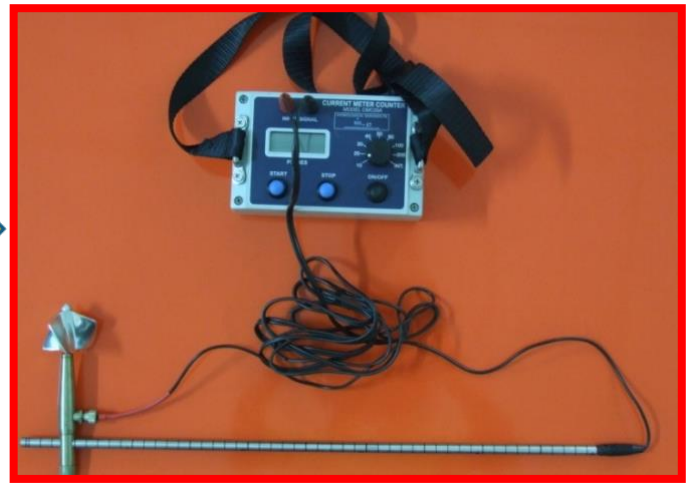
วิธีที่ 2: วัดความเร็วโดยเครื่องมือวัดความเร็ว (Current meter)

เครื่องมือวัดความเร็วกระแสน้ำ (Current meter) มี 3 แบบ

1. เครื่องมือวัดความเร็วแบบกรวยและแบบใบพัด (Anemometer and propeller current meters)
2. เครื่องมือวัดความเร็วแบบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic current meters)
3. เครื่องมือวัดความเร็วแบบดอปเพลอร์ (Doppler type current meters)

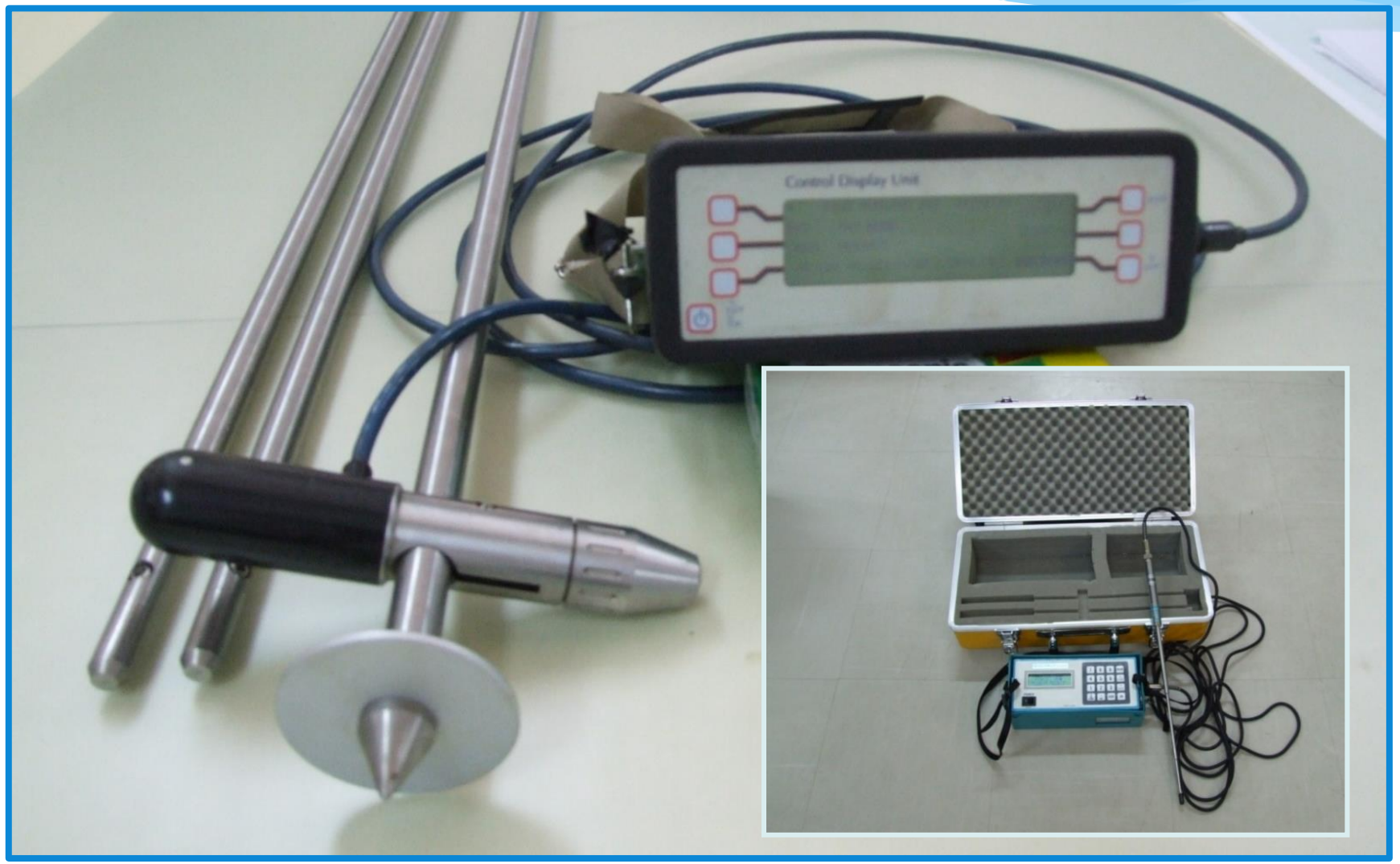
วัดความเร็วโดยเครื่องมือวัดความเร็ว (Current meter)

เครื่องมือวัดความเร็ว
แบบใบพัด



เครื่องมือวัดความเร็ว
แบบกรวย/ถ้วย

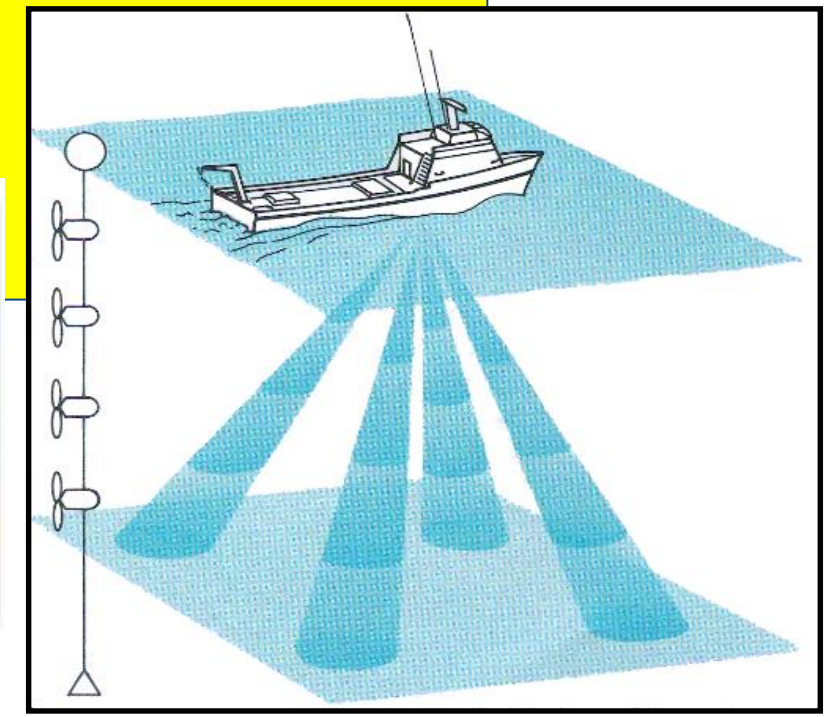
เครื่องมือวัดความเร็วแบบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า



เครื่องมือวัดความเร็วแบบดอปเพลอร์

What is an ADCP

* Acoustic – Sound waves and the
* Doppler – Doppler shift are used to measure
* Current – water velocity
* Profiler – Profiles



Moving Platform ADCP :

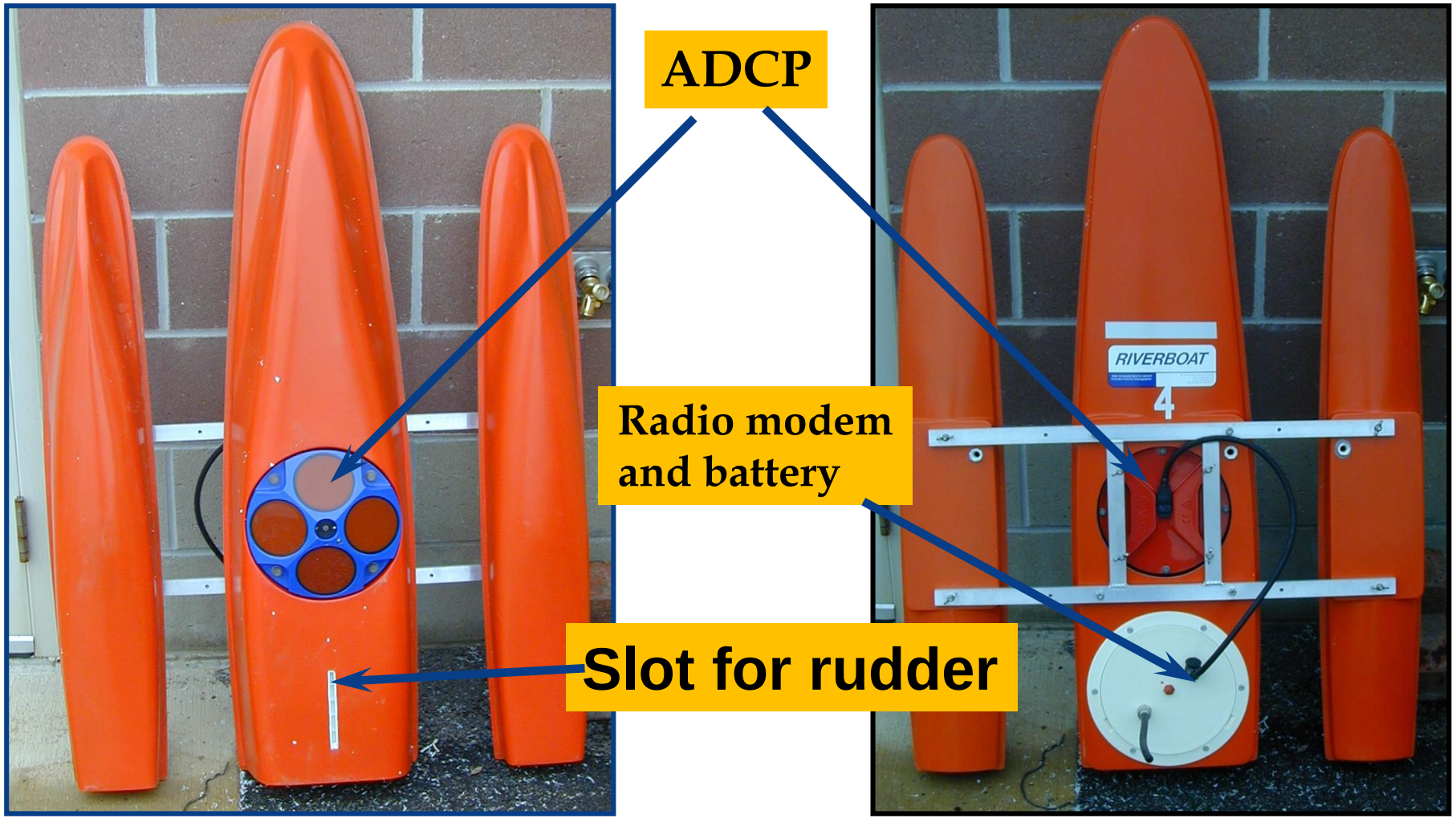
เครื่อง ADCP ประเภทติดกับแพ

รุ่น Stream Pro (บน)

รุ่น RiverRay (กลาง)

รุ่น RiverSurveyor M9 (ล่าง)

ADCP on Trimaran with Radio Telemetry

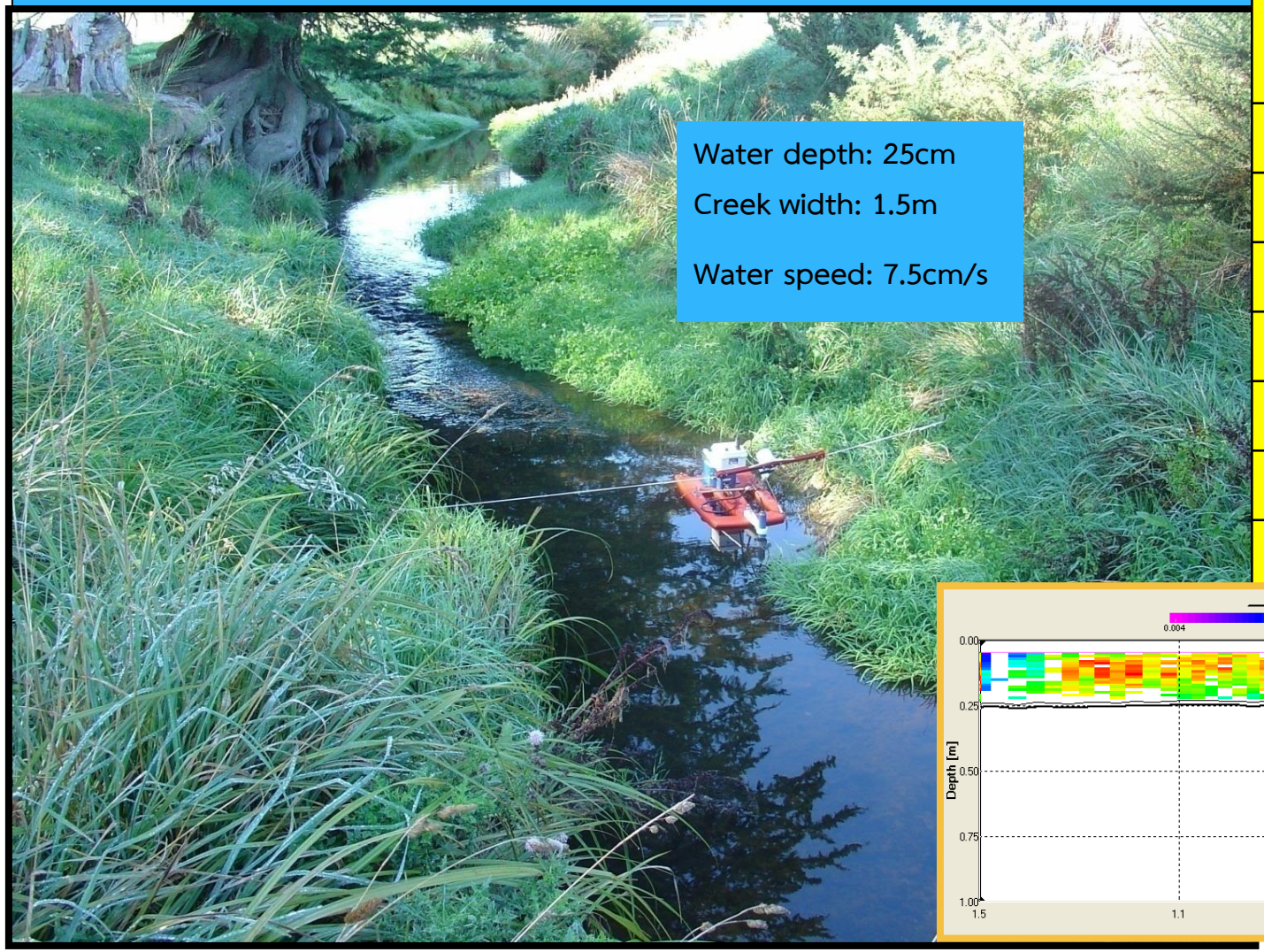


Moving Platform ADCP Comparison

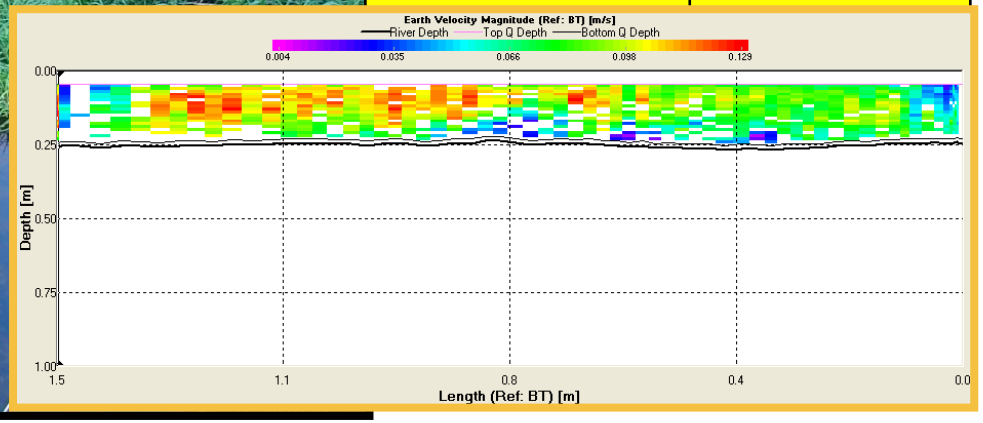
Type	Frequency	Profiling range	Modes
Rio Grande ADCP	1200kHz	0.3 – 20m	Mode 1, Mode 5, Mode11
Rio Grande ADCP	600kHz	1.5 – 60m	Mode 1, Mode 5, Mode 11
Monitor ADCP	300kHz	2.5 – 100m	Mode 1
RiverRay ADCP	600kHz	0.4 – 40m	Automatic
StreamPro ADCP	2400kHz	0.2 – 6m	Mode 12, Mode C

StreamPro ADCP on a Pulley System

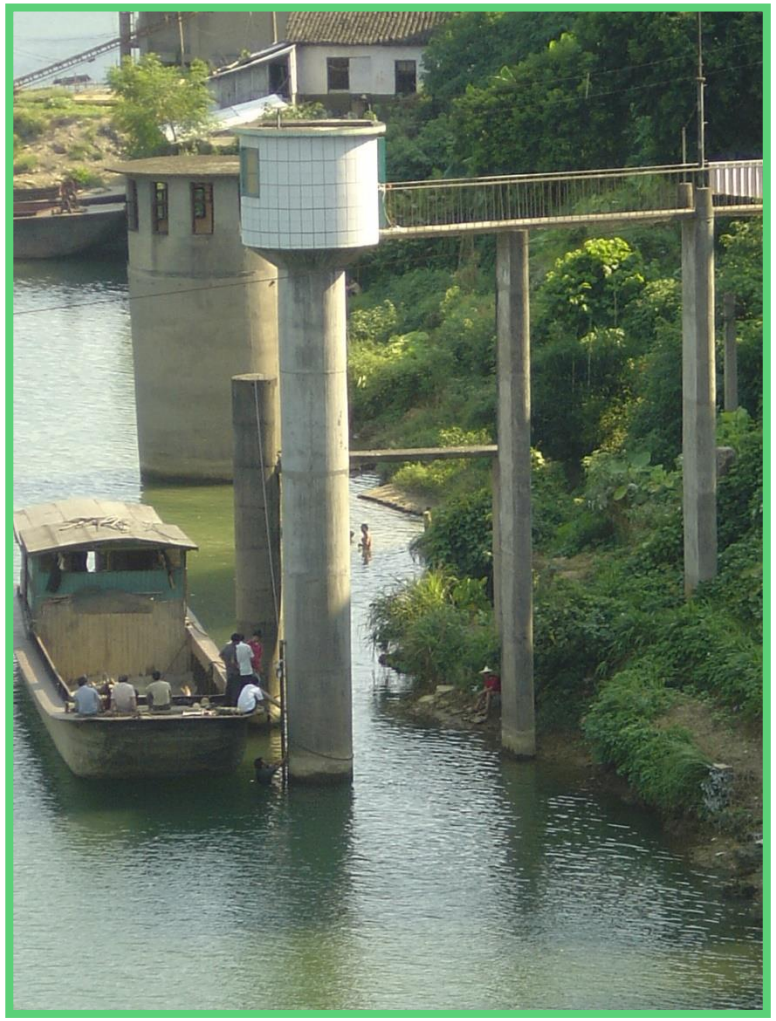
Bogburn at Moylans, New Zealand



Transect	Total Q m³/s
1	0.033
2	0.032
3	0.034
4	0.034
Average	0.033
Std Dev.	0.001
Std./| Avg.|	3%



Channel Master H-ADCP Installed at a Site



การวัดปริมาณน้ำโดยใช้ Current Meter

เครื่องมือวัดความเร็วกระแสน้ำ (Current Meter)

สูตร Current Meter

$$V = aN + b$$

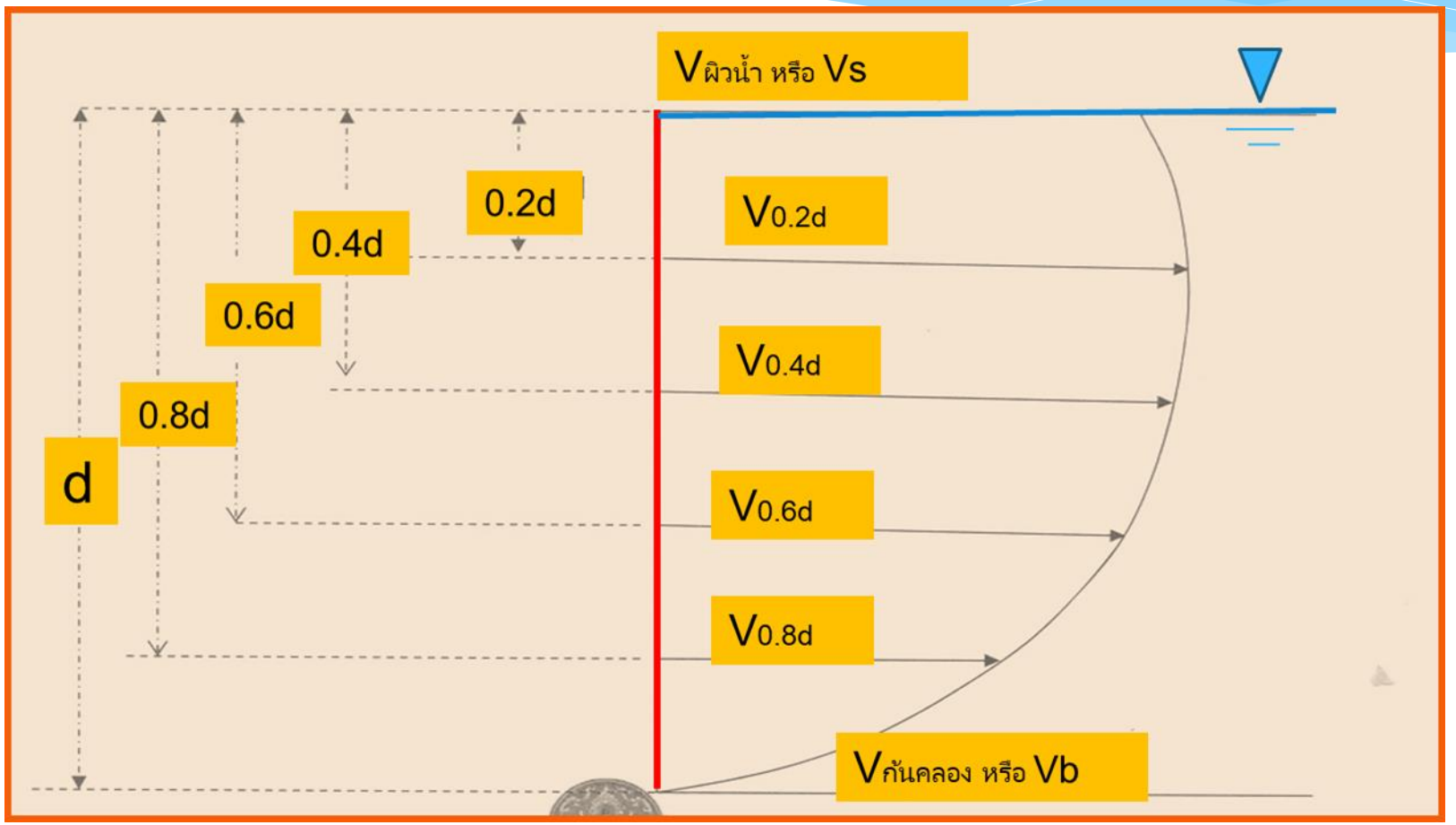
เมื่อ V = ความเร็วกระแสน้ำ (เมตร/วินาที)

N = ความเร็วรอบ (รอบ/วินาที)

a, b = ค่าคงที่ของแต่ละเครื่อง

การวัดปริมาณน้ำโดยใช้ Current Meter

ตำแหน่งการกระจายความเร็วตามความลึกน้ำ (d)



การวัดความเร็วจุดต่าง ๆตามแนวความลึก (d)

การกำหนดจุดหย่อนเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำมีหลักการ ดังนี้

1) $d \leq 0.6$ เมตร วัด 1 จุด ที่ความลึก 0.6d จากผิวน้ำ

2) $0.6 < d < 1.0$ เมตร วัด 2 จุด ที่ความลึก 0.2d และ 0.8 d จากผิวน้ำ

3) $1.0 < d < 2.5$ เมตร วัด 3 จุด ที่ความลึก 0.2d, 0.6d และ 0.8 d จากผิวน้ำ

4) $d \geq 2.5$ เมตร วัด 6 จุด ที่ผิวน้ำ 0.2d, 0.4d, 0.6d, 0.8d และ ท้องน้ำ

สูตรการหาความเร็วเฉลี่ย Vm ตามแนวความลึก (d)

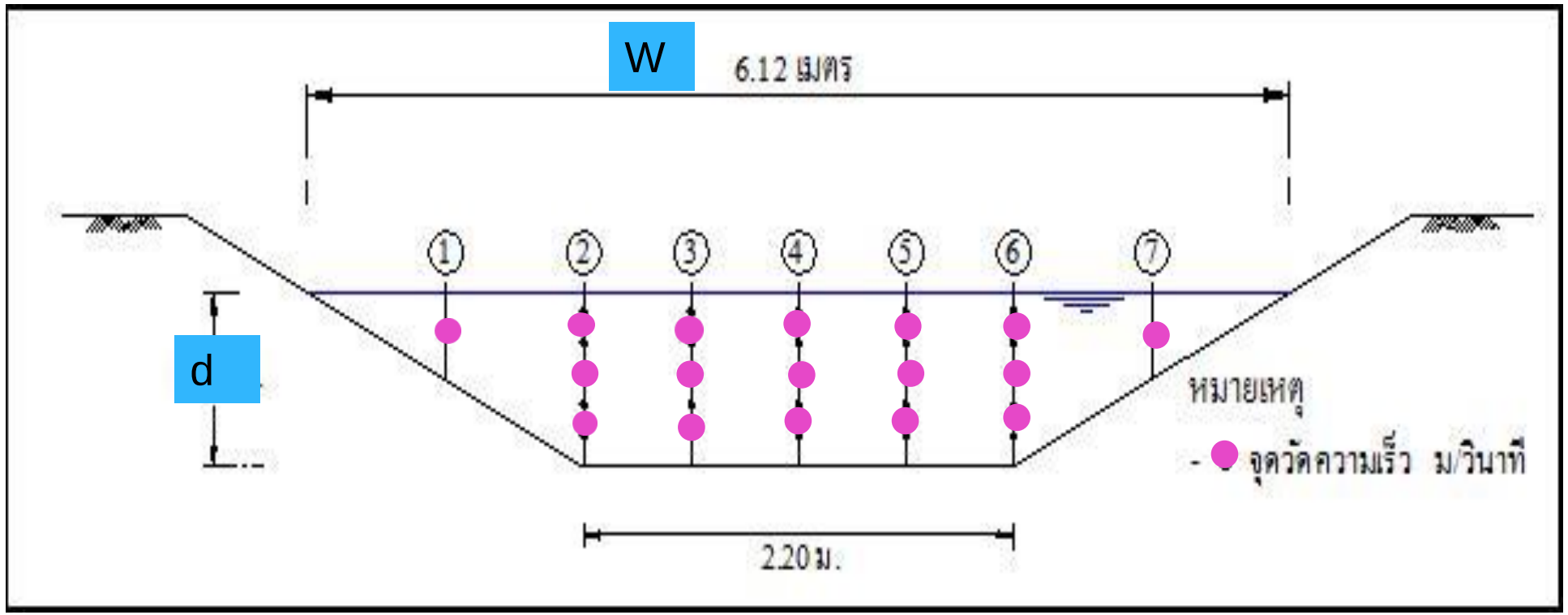
1) $d \leq 0.6$ เมตร $\quad Vm = V_{0.6d}$

2) $0.6 < d < 1.0$ เมตร $\quad Vm = \frac{Vo.2d + Vo.8d}{2}$

3) $1.0 < d < 2.5$ เมตร $\quad Vm = \frac{Vo.2d + 2Vo.6d + Vo.8d}{4}$

4) $d \geq 2.5$ เมตร $\quad Vm = \frac{1}{10}(Vs+Vb)+\left(\frac{Vo.2d + Vo.4d + Vo.6d + Vo.8d}{4}\right)$

แสดงตำแหน่งจุดวัดความเร็วกระแสน้ำตามแนวความลึก (d)



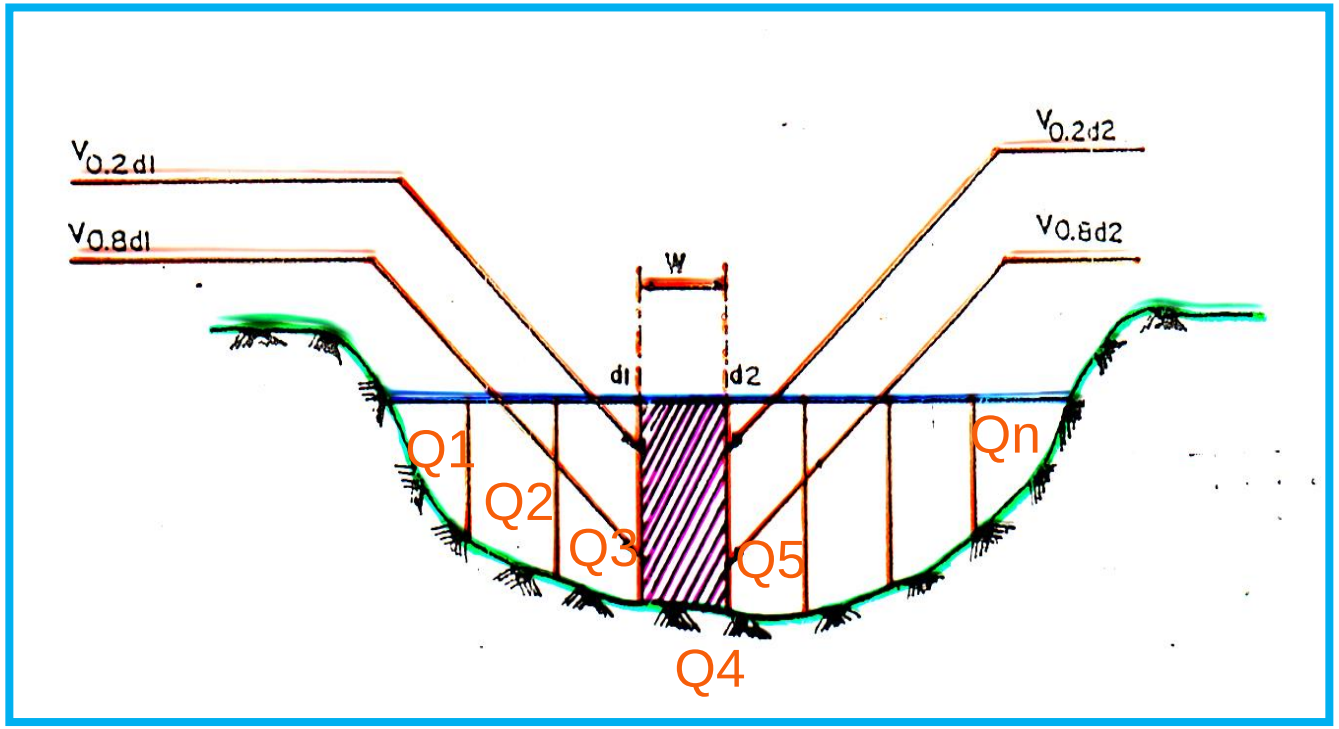
การคำนวณปริมาณน้ำ

มี 2 วิธี คือ $Q = A.\overline{V}$

1. วิธี Mean - Section Method
2. วิธี Mid - Section Method

การคำนวณปริมาณน้ำ

วิธี Mean – Section Method



$$\bar{V}_1 = \frac{V_1 + V_2}{2}$$

$$V_1 = \frac{Vo.2d_1 + Vo.8d_1}{2}$$

$$V_2 = \frac{Vo.2d_2 + Vo.8d_2}{2}$$

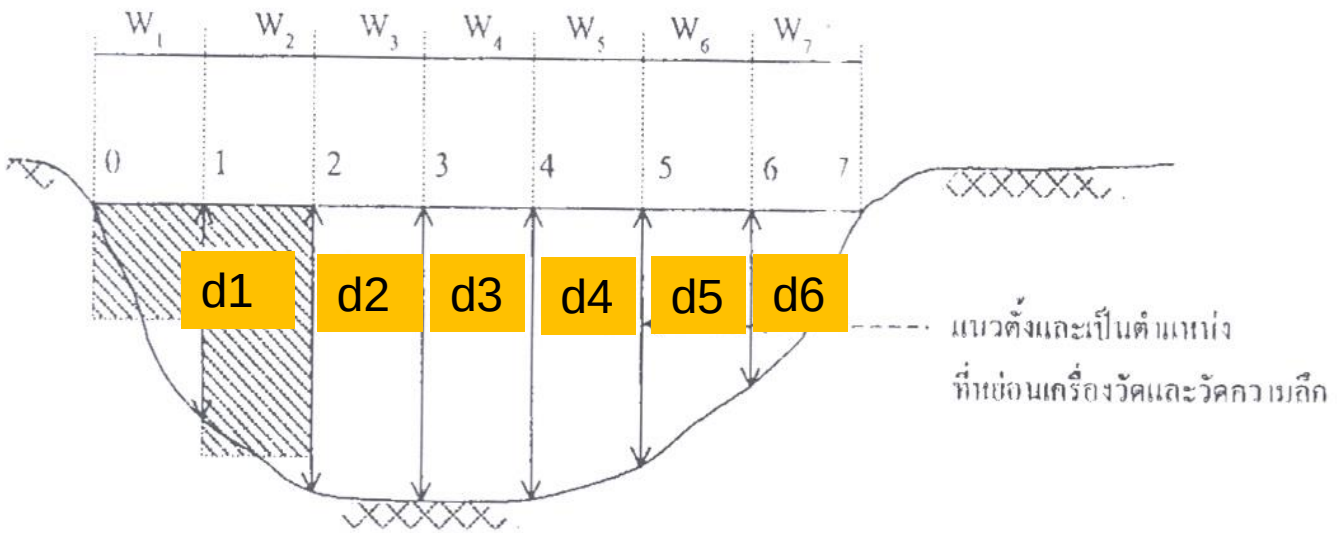
$$A_1 = \frac{(d_1 + d_2)}{2}.w$$

$$Q_1 = \bar{V}_1.A_1$$

QTotal = Q1 + Q2+.....Qn n= จำนวนช่องที่แบ่ง

การคำนวณปริมาณน้ำ

วิธี Mean – Section Method



- ค่า d1,d2,....d6 เป็นความลึกน้ำ
- 1,2,3,.....6 เป็นตำแหน่งวัดความเร็ว
- ค่า w1,w2,....w7 เป็นความกว้างของส่วนย่อย

การคำนวณปริมาณน้ำ

วิธี Mean – Section Method

วิธีทำ

1. หาความเร็วเฉลี่ยในแนวตั้ง ที่จุด 1, 2, 3, ...6

2. หาความเร็วเฉลี่ยระหว่างแนวตั้ง 0-1, 1-2, 2-3, ...6-7

เช่น V_{0-1} = 0.5x(Vo+V1), Vo=0

V_{1-2} = 0.5x(V1+V2)

3. หาพื้นที่ส่วนย่อย A0-1, A1-2, A2-3, ... A6-7

เช่น A_{0-1} = 0.5x(do+d1)xW1, do=0

A_{1-2} = 0.5x(d1+d2)xW2

การคำนวณปริมาณน้ำ

วิธี Mean – Section Method

4. หาปริมาณน้ำในแต่ละส่วนย่อย

เช่น $Q_{0-1} = V_{0-1} \times A_{0-1}$

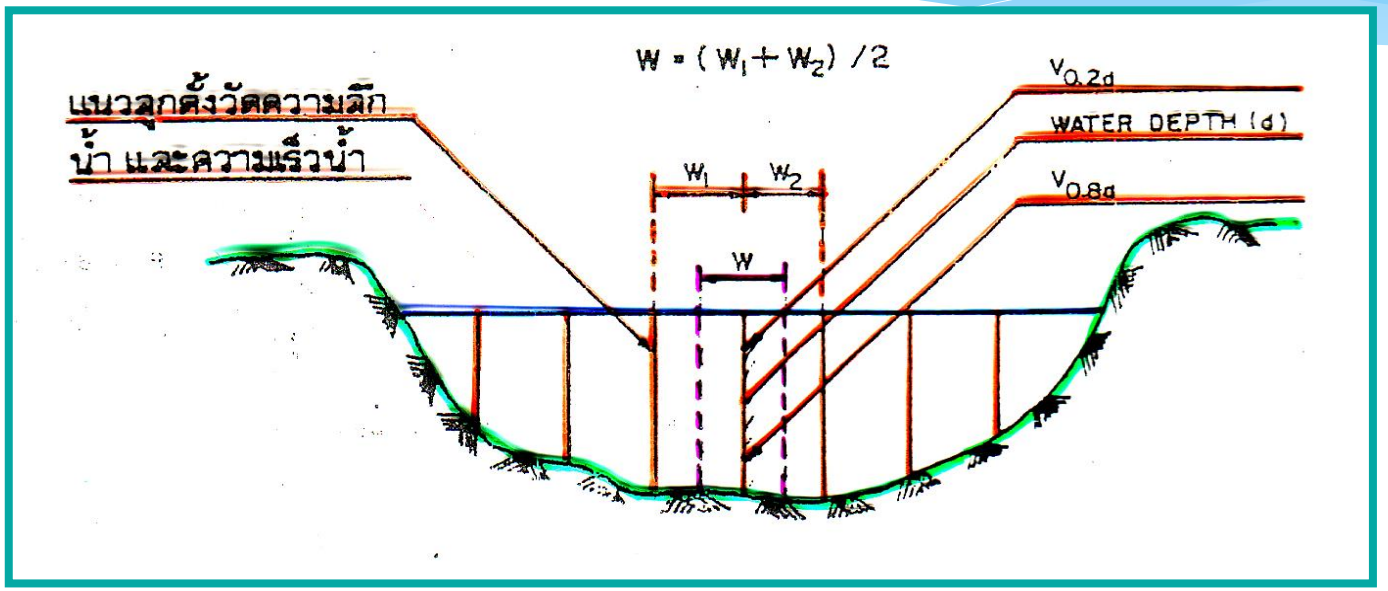
$Q_{1-2} = V_{1-2} \times A_{1-2}$

5. หาปริมาณน้ำรวมทั้งหมดของรูปตัด

$$Q_{total} = Q_{0-1} + Q_{1-2} + Q_{2-3} + \ldots\ldots\ldots Q_{6-7}$$

การคำนวณปริมาณน้ำ

วิธี Mid – Section Method



$$\bar{v} = \frac{V_{o.2d} + V_{o.8d}}{2}$$

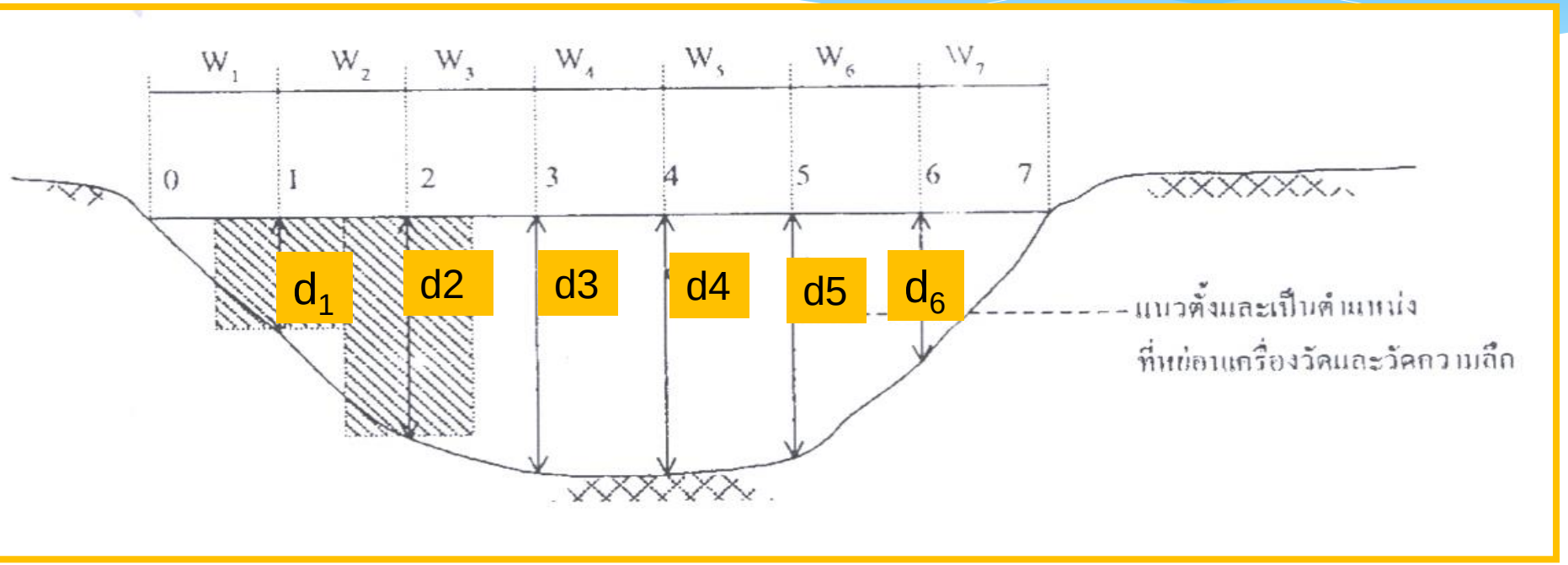
$$A = d\left(\frac{W_1 + W_2}{2}\right)$$

$$Q = \bar{v}.A$$

$$QTotal = Q1 + Q2 + \ldots\ldots Qn$$

การคำนวณปริมาณน้ำ

วิธี Mid – Section Method



- 1,2,3,.....6 เป็นตำแหน่งวัดความเร็ว
- ค่า d1,d2,....d6 เป็นความลึกน้ำตรงตำแหน่งวัดความเร็ว
- ค่า w1,w2,....w7 เป็นความกว้างของส่วนย่อย

การคำนวณปริมาณน้ำ

วิธี Mid – Section Method

วิธีทำ

1. หาความเฉลี่ยในแนวตั้ง ที่จุด 1, 1,2,3, ...6

2. หาพื้นที่ส่วนย่อย A1, A2, A2, ... A6

เช่น $A_1 = 0.5(W1+W2)d1$

$A_2 = 0.5(W2+W3)d2$

$A_3 = 0.5(W3+W4)d3$

การคำนวณปริมาณน้ำ

วิธี Mid – Section Method

3. หาปริมาณน้ำในแต่ละส่วนย่อย

$Q1 = A_1V1 = 0.5x(W1+W2)xd1.V1$

$Q2 = A_2V2 = 0.5x(W2+W3)xd2\ xV2$

$Q3 = A_3V3 = 0.5x(W3+W4)xd3xV3$

4. หาปริมาณน้ำรวมทั้งหมดของรูปตัด

$$Qtotal = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \ldots\ldots\ldots Q_6$$

วิธี Mid – Section Method

3. หาปริมาณน้ำในแต่ละส่วนย่อย

$Q1 = A_1V1 = 0.5x(W1+W2)xd1.V1$

$Q2 = A_2V2 = 0.5x(W2+W3)xd2\ xV2$

$Q3 = A_3V3 = 0.5x(W3+W4)xd3xV3$

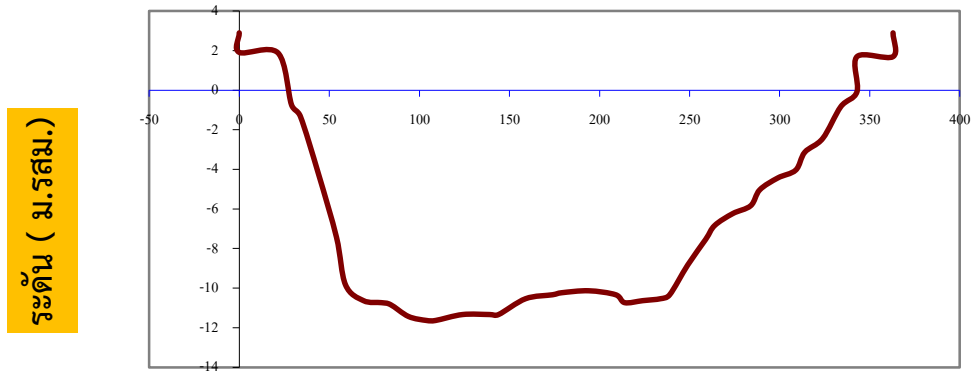
4. หาปริมาณน้ำรวมทั้งหมดของรูปตัด

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \ldots\ldots\ldots Q_6$$

ขั้นตอนการวัดปริมาณน้ำกรณีใช้ Current meter

1. สำรวจหน้าตัดของแม่น้ำที่ต้องการวัด พล๊อตรูปตัด

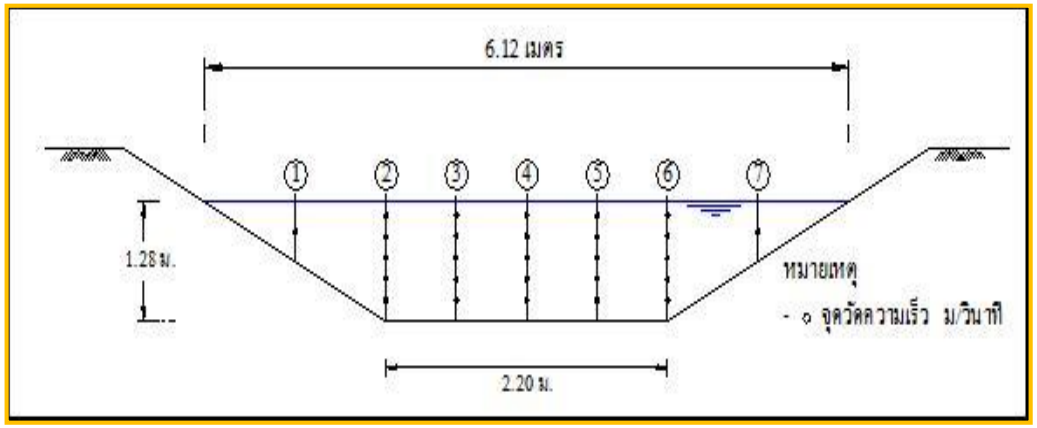
รูปตัดแม่น้ำบางประกงใต้สะพานมอเตอร์เวย์
อ. บางปะกง จ. ฉะเชิงเทรา



ขั้นตอนการวัดปริมาณน้ำกรณีใช้ Current meter

1. สำรวจหน้าตัดของแม่น้ำที่ต้องการวัด พล๊อตรูปตัด

2. แบ่งหน้าตัดของลำน้ำออกเป็นช่วง ๆ



3. วัดความกว้างของแต่ละช่วง (W)

ประกอบเครื่องมือวัดปริมาณน้ำ Current meter

4. วัดความเร็วของกระแสน้ำที่ 0.2d, 0.8d ของความลึกทุกแนวลูกตั้ง

วัดที่สะพาน

วัดบนเรือ

5. คำนวณความเร็ว และหาความเร็วเฉลี่ยแต่ละแนวลูกตั้ง

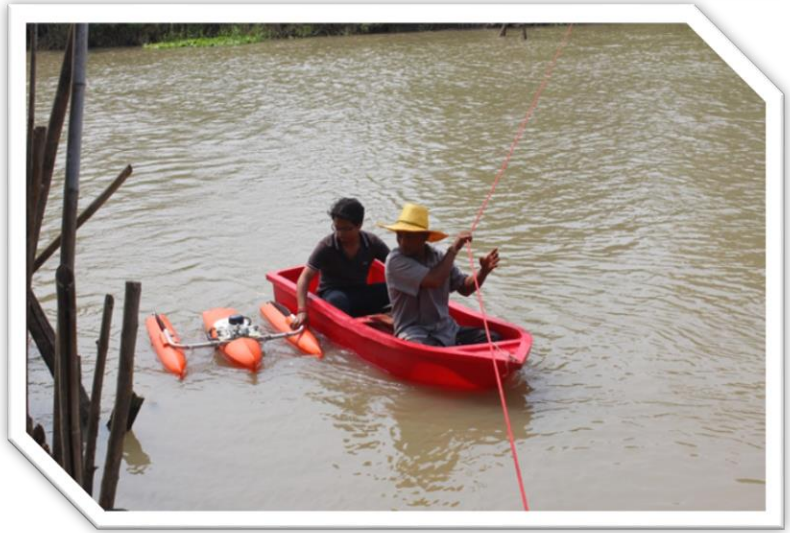
6. คำนวณปริมาณน้ำแต่ละช่วงด้วยวิธี Mean-section method หรือ Mid-section method

7. คำนวณปริมาณน้ำทั้งหมด คือ ผลรวมของปริมาณน้ำทั้งหมด

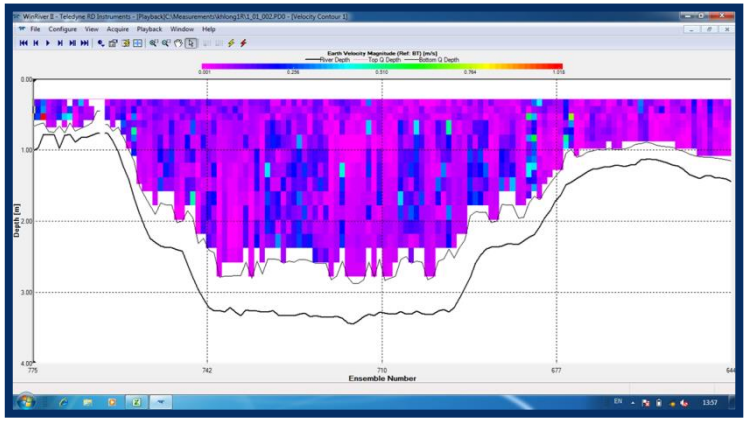
การวัดปริมาณน้ำโดยใช้
เครื่องตรวจวัด River Ray ADCP, M9

ภาพขั้นตอนการดำเนินการ

การวัดปริมาณน้ำโดยใช้เครื่องตรวจวัด River Ray ADCP



การวัดปริมาณน้ำโดยใช้เครื่องตรวจวัด River Ray ADCP



แสดงการวัดปริมาณน้ำของเครื่อง ADCP

1. คลองระบายน้ำสุวรรณภูมิ ปตร.คลอง1									
Transect	Start Bank	# Ens.	Start Time	Total Q	Delta Q	Top Q	Meas. Q	Bottom Q	Left Q
				m³/s	%	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s
1000	Right	219	2:12:51	0.891	90.28	0.162	0.584	0.205	-0.217
1001	Left	106	2:16:15	0.101	-78.43	-0.056	0.06	-0.013	0.048
1002	Right	132	2:19:07	0.067	-85.69	-0.005	0.228	-0.023	-0.114
1003	Left	111	2:21:10	0.814	73.84	0.138	0.794	0.287	-0.319
Average		142		0.468	0	0.06	0.416	0.114	-0.15
Std Dev.		53		0.445	95.04	0.107	0.333	0.156	0.157
Std./| Avg.|		0.37		0.95	0	1.79	0.8	1.37	1.04

1. คลองระบายน้ำสุวรรณภูมิ ปตร.คลอง1									
Transect	Start Bank	# Ens.	Start Time	Total Q	Delta Q	Top Q	Meas. Q	Bottom Q	Left Q
				m³/s	%	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s
1000	Right	219	2:12:51	0.891	90.28	0.162	0.584	0.205	-0.217
1001	Left	106	2:16:15	0.101	-78.43	-0.056	0.06	-0.013	0.048
1002	Right	132	2:19:07	0.067	-85.69	-0.005	0.228	-0.023	-0.114
1003	Left	111	2:21:10	0.814	73.84	0.138	0.794	0.287	-0.319
Average		142		0.468	0	0.06	0.416	0.114	-0.15
Std Dev.		53		0.445	95.04	0.107	0.333	0.156	0.157
Std./| Avg.|		0.37		0.95	0	1.79	0.8	1.37	1.04