บทที่ 4 การดำเนินงานวิจัย

การศึกษาวิจัยนอกจากงานศึกษาทฤษฎีและทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเป็นการตรวจวัดคลื่นในทะเลบริเวณด้านหน้า-ด้านหลังแผงกรองคลื่นที่สถานีนำร่องเพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์หาคุณสมบัติคลื่น ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านคลื่น และวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านคลื่นกับตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

เนื้อหาที่แสดงในรายงานบทที่ 4 การดำเนินงานวิจัย แบ่งเป็น 3 ส่วน คือ

- อุปกรณ์วัดคลื่น
- รายละเอียดการทำงานตรวจวัดคลื่น
- การวิเคราะห์หาคุณสมบัติคลื่นในทะเล

4.1 อุปกรณ์วัดคลื่น

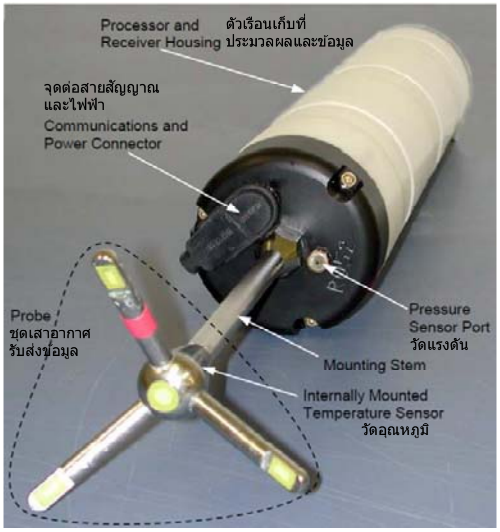
อุปกรณ์วัดคลื่นที่ใช้ในงานศึกษาวิจัยมี 2 ตัว ตัวที่ติดตั้งด้านหน้าแผงกรองคลื่น เป็นของ บริษัท โกลเด้น แพลน จำกัด ผลิตโดย บริษัท ซอนเทค จำกัด (Sontek Inc.) ประเทศสหรัฐอเมริกา รุ่นไตรตัน เอดีวี (Triton ADV) ตัวที่ติดตั้งด้านหลังแผงกรองคลื่นเป็นของศูนย์วิจัยวิทยาศาสตร์ระบบโลก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ผลิตโดยบริษัท เจเอฟอี แอดวานซ์ เทค จำกัด (JFE Advance Tech) ประเทศญี่ปุ่น รุ่นเอดับบลิวเอช-ยูเอสบี (AWH-USB) อุปกรณ์วัดคลื่นแต่ละตัวมีคุณสมบัติและความสามารถต่างกัน ดังนี้

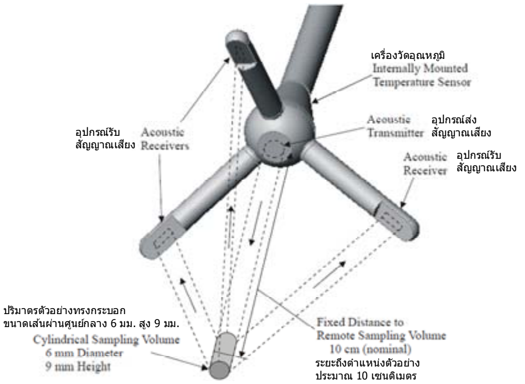
4.1.1 ไตรตัน เอดีวี

Sontek (2001) อุปกรณ์วัดคลื่นไตรตัน เอดีวี (ดูรูปที่ 4.1) สามารถวัดความเร็วและทิศทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่แขวนลอยในน้ำ การวัดความเร็วและทิศทางการเคลื่อนที่ใช้หลักการว่าคลื่นที่สะท้อนกลับจากอนุภาคที่กำลังเคลื่อนที่มีความถี่เปลี่ยนแปลงจากค่าเริ่มต้น โดยความถี่คลื่นด้านที่อนุภาคกำลังเคลื่อนที่เข้าหามีค่าเพิ่มขึ้น และมีความถี่ลดลงด้านตรงกันข้าม เมื่อทราบความถี่คลื่นที่จุดกำเนิด ทราบความเร็วสัญญาณคลื่น ทราบตำแหน่งจุดรับ-ส่งสัญญาณและจุดสะท้อนสัญญาณ และทราบความถี่คลื่นที่เคลื่อนที่มาถึงจุดรับสัญญาณ ก็สามารถนำข้อมูลดังกล่าวมาคำนวณหาความเร็วและทิศทางการเคลื่อนที่ของอนุภาค โดยเนื่องจากอุปกรณ์ไตรตันเอดีวีมีเข็มทิศแม่เหล็กรวมอยู่ในตัวอุปกรณ์ จึงสามารถแสดงทิศทางการเคลื่อนที่เทียบกับทิศเหนือแม่เหล็ก

นอกจากนั้น อุปกรณ์ไตรตัน เอดีวี ยังรวมเครื่องวัดอุณหภูมิน้ำซึ่งสามารถนำมาพิจารณาร่วมกับความเค็มเพื่อใช้ประเมินความเร็วคลื่น รวมถึงมีเครื่องวัดความดันน้ำซึ่งสามารถนำมาแปลงเป็นความลึกน้ำ ความสูงคลื่น และคาบเวลาคลื่น ความแม่นยำของการตรวจวัดความดัน คือ 0.1% ของค่าที่วัดได้ ส่วนความแม่นยำของทิศทางการเคลื่อนที่ คือ 1.5 องศา

เนื่องจากอุปกรณ์ไตรตันเอดีวีคำนวณหาความลึกน้ำจากแรงดันน้ำที่กดบนอุปกรณ์วัด การนำอุปกรณ์ไตรตัน เอดีวี ไปใช้งาน จึงต้องติดตั้งที่พื้นทะเล





รูปที่ 4.1   อุปกรณ์ไตรตัน เอดีวี

4.1.2   เอดับบลิวเอช-ยูเอสบี

JFE Advance Tech (2000) อุปกรณ์เอดับบลิวเอช-ยูเอสบีที่ติดตั้ง (ดูรูปที่ 4.2) วัดได้เฉพาะความลึกน้ำกับเวลา[1] ช่วงความลึกน้ำที่วัดได้อยู่ระหว่าง 0 – 25 เมตร ความละเอียดของการวัด 0.0005 เมตร ความแม่นยำ 0.1% ของค่าที่อ่านได้ สามารถตั้งเวลาให้วัดความลึกน้ำตั้งแต่ทุกๆ 0.1 วินาที จนถึงทุกๆ 600 วินาที ระยะเวลาทำงานตั้งได้ระหว่าง 1 – 1440 นาที โครงที่ใช้ติดตั้งดัดแปลงให้สามารถติดตั้งแบบเดียวกับไตรตัน เอดีวี คือ ติดตั้งที่พื้นทะเล

---

[1] สามารถติดตั้งอุปกรณ์เสริมให้สามารถวัดอุณหภูมิน้ำแต่ไม่รวมอยู่ในอุปกรณ์ที่ติดตั้ง

รูปที่ 4.2 อุปกรณ์วัดคลื่นเอดับลิวเอช-ยูเอสบี

4.2 รายละเอียดการทำงานตรวจวัดคลื่น

การติดตั้งอุปกรณ์วัดคลื่นทำในวันศุกร์ที่ 3 มิถุนายน 2554 การกู้ทำในวันอาทิตย์ที่ 19 มิถุนายน 2554 โดยเนื่องจากอุปกรณ์วัดคลื่นทั้งสองตัว ติดตั้งที่ระดับพื้นทะเล เทคนิคสำคัญของการติดตั้งอุปกรณ์ นอกจากความพยายามให้ตัวอุปกรณ์ได้ระดับและยึดแน่นกับพื้นทะเล คือ ต้องสามารถค้นหาและกู้คืนได้เพราะทัศนะวิสัยที่พื้นทะเลบริเวณสถานีนำร่องขณะปฏิบัติงานมีโอกาสต่ำกว่า 0.5 เมตร (สถานีนำร่องเป็นพื้นที่ต่อเนื่องกับร่องน้ำเจ้าพระยาที่มีตะกอนแขวนลอยไหลมากับกระแสน้ำ สภาพการณ์ดังกล่าวทำให้น้ำทะเลขุ่น กับมีทัศนะวิสัยต่ำ)

ตามขั้นตอนแสดงในรูปที่ 4.3 การติดตั้งอุปกรณ์วัดคลื่นเริ่มจากควบคุมเรือที่ใช้ติดตั้งอุปกรณ์ให้ลอยอยู่ในบริเวณที่ต้องการ (ห่างจากแผงกรองคลื่นตามระยะตั้งฉากประมาณ 20 เมตร)[2] ค่อยๆ หย่อนอุปกรณ์ด้วยเชือกลงไปถึงพื้นทะเล นักดำน้ำดำลงไปปรับตำแหน่ง จัดอุปกรณ์ให้ได้ระดับและยึดแน่น

---

[2] ช่วงเวลาที่วัดคลื่นอยู่ในฤดูลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ คลื่นหลักที่เคลื่อนที่เข้าหาแผงกรองคลื่นเป็นคลื่นทิศตะวันตกเฉียงใต้ จึงติดตั้งอุปกรณ์ไตรตัน เอดีวี ด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ และติดตั้งอุปกรณ์เอดับบลิวเอช-ยูเอสบี ด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ

กับพื้นทะเล เรือส่งเชือกที่ผูกอุปกรณ์ไปที่สะพานท่าเรือของอาคารสถานีนำร่อง นักดำน้ำผูกเชือกที่ยึดอุปกรณ์วัดคลื่นกับเสาสะพานท่าเรือที่ระดับความลึกน้ำ 10 เมตร (เพื่อป้องกันไม่ให้ใบจักรเรือรับส่งเจ้าหน้าที่นำร่องฟันเชือกขาด) แล้วผูกเชือกกับเสาสะพานที่ระดับพ้นน้ำเพื่อใช้เป็นแนวดำน้ำตอนกู้อุปกรณ์ โดยมีเชือกผูกอุปกรณ์วัดคลื่นโยงกับเสาสะพานท่าเรือทั้งด้านติดลานจอดเฮลิคอปเตอร์และด้านติดตัวอาคาร (เผื่อสำรอง) ด้านละ 1 เส้น

การติดตั้งอุปกรณ์วัดคลื่นพบว่าพื้นทะเลบริเวณติดตั้งไตรตันเอดีวี (ด้านหน้าแผงกรองคลื่น) มีลักษณะเป็นโคลนเหลว สามารถกดโครงยึดอุปกรณ์วัดคลื่นให้จมติดพื้นทะเลได้ง่าย ในขณะที่ตำแหน่งติดตั้งเอดับบลิวเอช-ยูเอสบี มีกองหินและวัสดุก่อสร้างกองระเกะระกะที่พื้นทะเลจำนวนมาก แต่การติดตั้งเลือกบริเวณที่สามารถกดโครงยึดอุปกรณ์ให้จมติดพื้นทะเลแบบเดียวกับการติดตั้งไตรตันเอดีวี

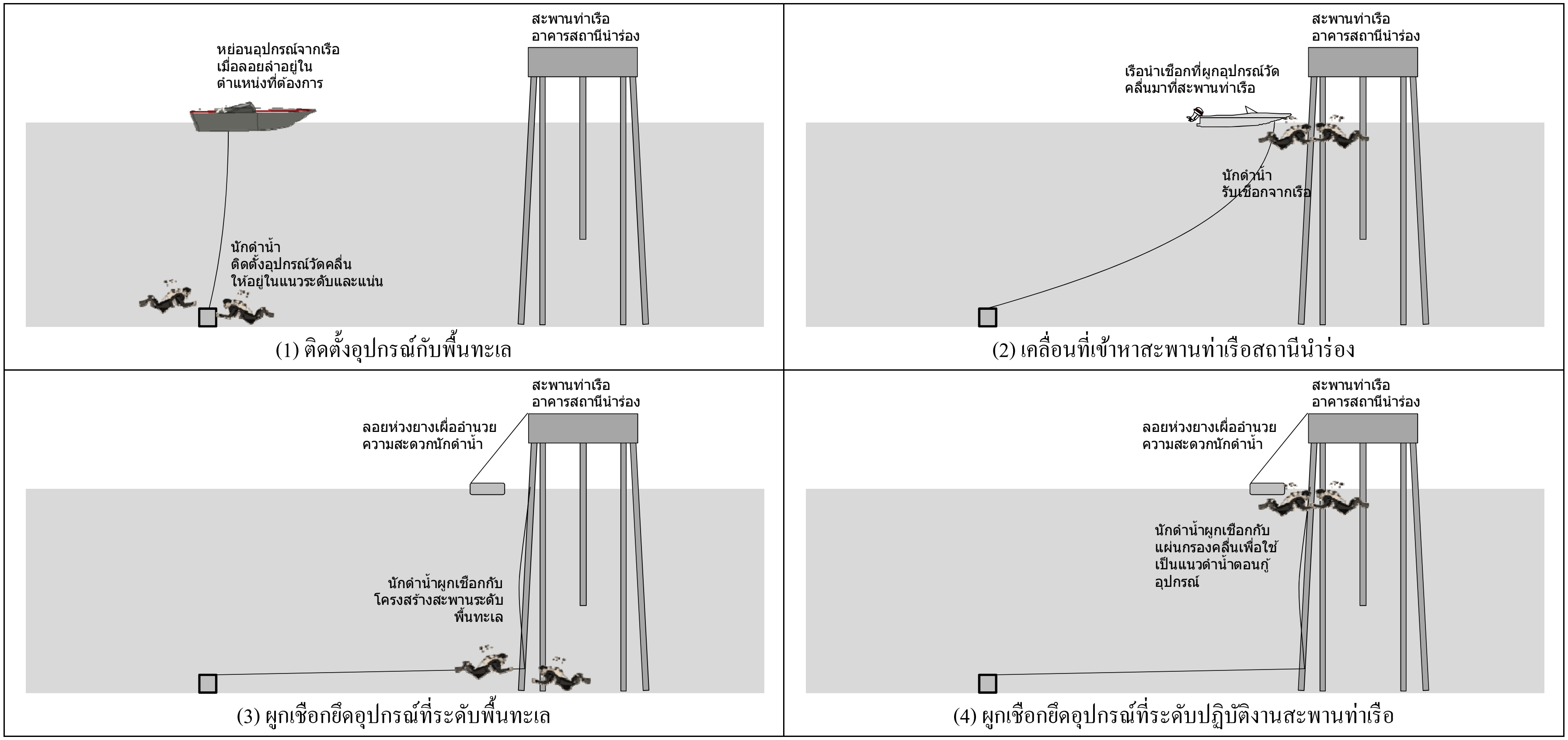
การตั้งค่าอุปกรณ์ทั้งไตรตัน เอดีวี และ เอดับบลิวเอช-ยูเอสบี กำหนดให้เริ่มทำงานวันที่ 3 มิถุนายน 2554 เวลา 18.00 นาฬิกา โดยกำหนดให้วัดค่าต่างๆ ทุก 1 วินาที ต่อเนื่องกัน 1024 วินาที[3] เสร็จแล้วเว้นไป 776 วินาที จึงเริ่มทำงานวัดรอบต่อไป (วัดค่าต่างๆ ทุก 1800 วินาที) ความเร็วอนุภาคสูงสุดไม่เกิน 480 เซนติเมตร/วินาที[4]

การกู้อุปกรณ์วัดคลื่นในวันอาทิตย์ที่ 19 มิถุนายน 2554 ตามขั้นตอนแสดงในรูปที่ 4.4 เริ่มจากนักดำน้ำดำตามแนวเชือกที่ผูกกับเสาสะพานลงไปถึงระดับความลึก 10 เมตร ปลดเชือกที่ผูกเสาสะพานระดับล่างออก ต่อด้วยปลดเชือกที่ผูกด้านบน นักดำน้ำส่งเชือกให้เจ้าหน้าที่ที่อยู่บนเรือ เจ้าหน้าที่สาวเชือกจนตำแหน่งเรือตรงกับตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์แล้วดึงอุปกรณ์ขึ้นสู่ผิวน้ำ

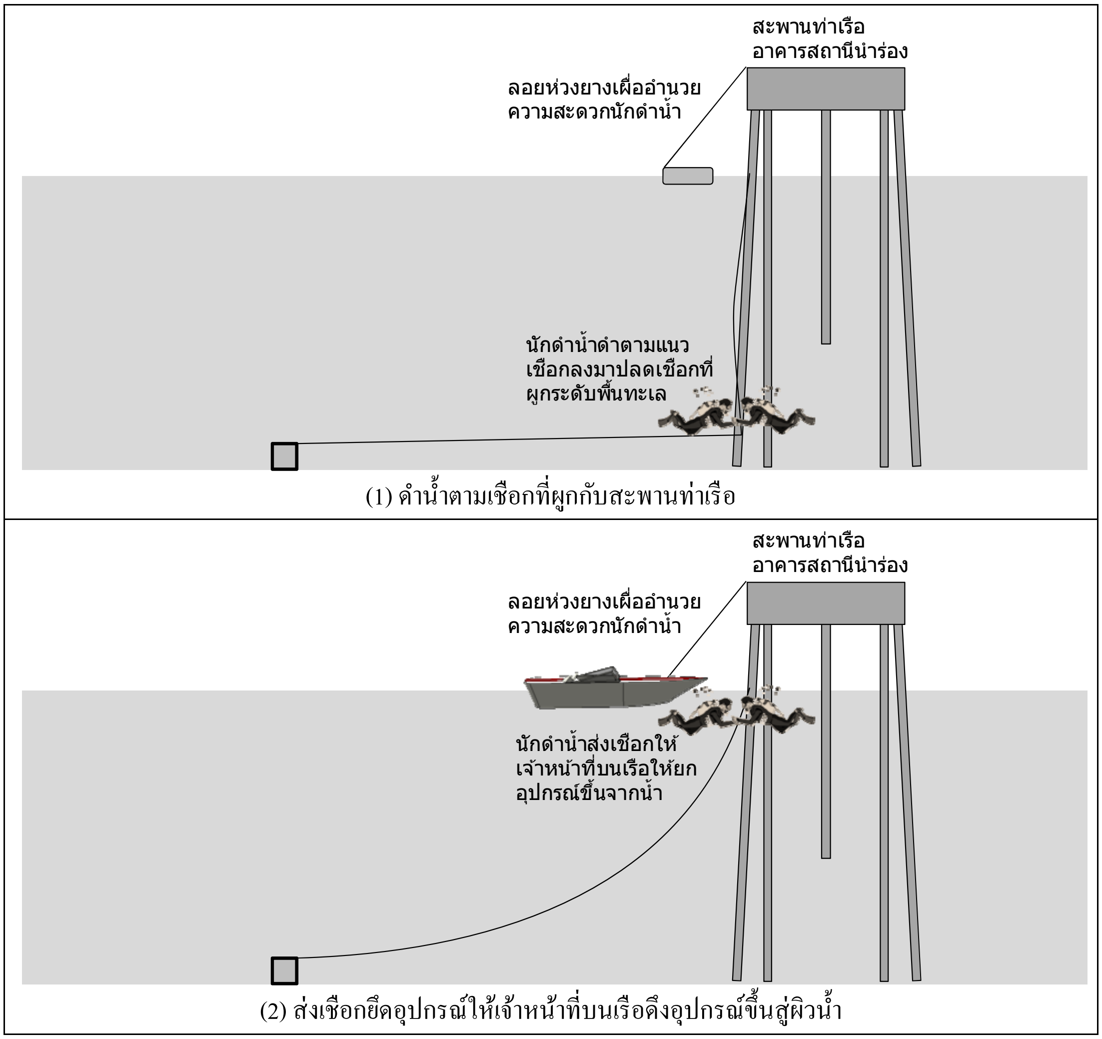
---

[3] เป็นค่าแนะนำของผู้ผลิต

[4] อุปกรณ์ไตรตัน เอดีวี สามารถตั้งให้วัดความเร็วแบบอัตโนมัติ หรือแบบกำหนดความเร็วสูงสุดถึงไม่เกิน ± 600 เซนติเมตร/วินาที การตั้งให้วัดแบบอัตโนมัติใช้พลังงานไฟฟ้ามากกว่าการกำหนดความเร็วสูงสุด



รูปที่ 4.3 การติดตั้งอุปกรณ์วัดคลื่น



(1) ดำน้ำตามเชือกที่ผูกกับสะพานท่าเรือ

(2) ส่งเชือกยึดอุปกรณ์ให้เจ้าหน้าที่บนเรือดึงอุปกรณ์ขึ้นสู่ผิวน้ำ

รูปที่ 4.4 ขั้นตอนการกู้อุปกรณ์

4.3 การวิเคราะห์หาคุณสมบัติคลื่น

การวิเคราะห์หาคุณสมบัติคลื่นในทะเลมี 3 รายการ ประกอบด้วย

- คำนวณหาความสูงคลื่นด้านหลังแผงกรองคลื่นจากข้อมูลระดับน้ำรายวินาทีที่ได้จากอุปกรณ์เอดับบลิวเอช-ยูเอสบี
- คำนวณหาความยาวคลื่น (L) จากความสัมพันธ์ระหว่างคาบเวลาคลื่นกับความลึกน้ำ
- คำนวณหาค่าตัวแปรที่แสดงคุณสมบัติคลื่นด้านต่างๆ ได้แก่ ความชันคลื่น (H_i/L), อัตราส่วนไร้มิติของคลื่น (H_i/gT^2), อัตราส่วนความลึกน้ำต่อความยาวคลื่น (h/L) อัตราส่วนระยะห่างระหว่างแผงกรองคลื่นต่อความยาวคลื่น (B/L) อัตราส่วนระยะกินน้ำลึก (Draft) ต่อความลึกน้ำ (d_s/h) และอัตราส่วนระยะกินน้ำลึกต่อความยาวคลื่น (d_s/L)

การแปลงข้อมูลความลึกน้ำเป็นความสูงคลื่นดำเนินการตามคำแนะนำของ Journée and Massie (2001) คือ นำข้อมูลความลึกน้ำที่วัดต่อเนื่องกัน 1024 วินาที มาคำนวณหาค่าเฉลี่ยเพื่อใช้เป็นระดับน้ำนิ่ง เสร็จแล้วคำนวณหาระยะขจัดเทียบกับระดับน้ำนิ่ง (ζ_n) นำระยะขจัดมาคำนวณหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) ด้วยสมการที่ (19) กับคำนวณหาความสูงคลื่นนัยสำคัญ ($H_{1/3}$) ด้วยสมการที่ (20) เมื่อคำนวณหาความสูงคลื่นด้านหลังเขื่อนกันคลื่นได้แล้วก็คำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านคลื่นจากอัตราส่วนความสูงคลื่นด้านหลังเขื่อนกันคลื่น (H_t) ต่อความสูงด้านหน้าเขื่อนกันคลื่น (H_i) ตามแสดงในสมการที่ (21)

ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1}\sum_{n=1}^{N}\zeta_n^2} \qquad (19)$$

ความสูงคลื่นนัยสำคัญ

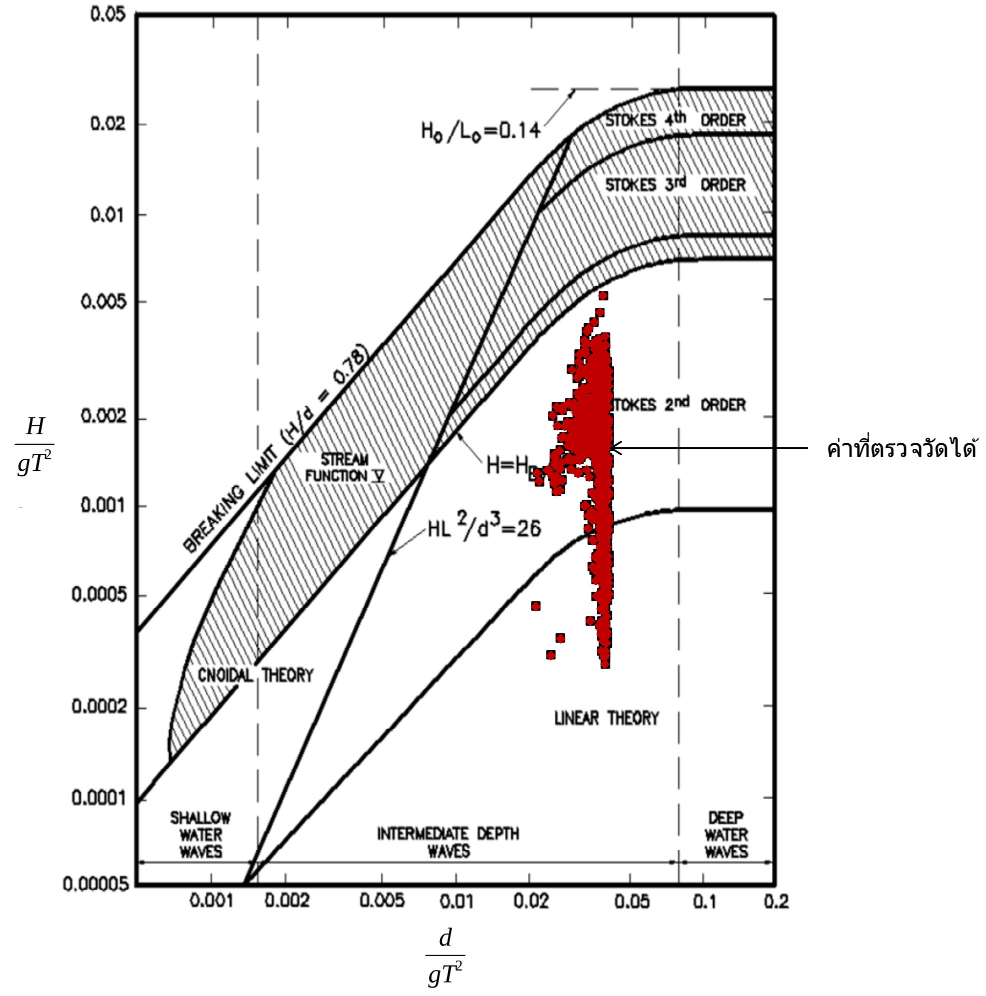
$$H_{1/3} = 4\sigma \qquad (20)$$

ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านคลื่น

$$K_t = \frac{H_t}{H_i}$$

การคำนวณหาความยาวคลื่นเริ่มจากการตรวจสอบคุณลักษณะคลื่นจากอัตราส่วนไร้มิติ โดยตามแสดงในรูปที่ 4.5 พบว่าคลื่นที่ตรวจวัดได้ระหว่างวันที่ 3 – 19 มิถุนายน 2554 มีพฤติกรรมอยู่ระหว่างทฤษฎีเส้นตรง (Linear Theory) กับคลื่นลำดับที่ 2 ของสโตรก (Stokes 2 Order) ซึ่งเนื่องจากคลื่นสองช่วงนี้ใช้สมการความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่นกับความเร็วเชิงมุม (Dispersion) เดียวกัน การวิเคราะห์หาความยาวคลื่นจึงทำโดยนำสมการที่ (22) มาสมมุติค่าความยาวคลื่น (L) ในพจน์ด้านขวาของสมการแล้วตรวจสอบค่า “L” ในพจน์ด้านซ้ายของสมการ ลองผิดลองถูก (Trial and error) จนค่า L ในพจน์ด้านซ้ายกับพจน์ด้านขวาเท่ากัน

$$L = \frac{gT^2}{2\pi}\tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right) \qquad (22)$$



รูปที่ 4.5 คุณลักษณะคลื่นบริเวณสถานีนำร่องวันที่ 3 – 19 มิถุนายน 2554

เมื่อคำนวณได้ค่าความยาวคลื่นแล้วก็นำค่าต่างๆ ที่ตรวจวัดได้มาคำนวณหาค่าตัวแปรที่ต้องการประกอบด้วย

- ความชันคลื่น (H_i/L)
- อัตราส่วนไร้มิติของคลื่น (H_i/gT^2)
- อัตราส่วนความลึกน้ำต่อความยาวคลื่น (h/L)
- อัตราส่วนระยะห่างระหว่างแผงกรองคลื่นต่อความยาวคลื่น (B/L)
- อัตราส่วนระยะกินน้ำลึก (Draft) ต่อความลึกน้ำ (d_s/h)
- อัตราส่วนระยะกินน้ำลึกต่อความยาวคลื่น (d_s/L)