บทที่ 6

ผลการศึกษา

การศึกษานี้ได้ใช้แบบจำลองฮาร์โมนิก และแบบจำลองผลต่างสืบเนื่องในการวิเคราะห์ค่าพิสัยน้ำขึ้นน้ำลง และระดับน้ำที่แต่ละตำแหน่งบนทางน้ำใน กรณีไม่มีอาคาร กรณีมีอาคารในตำแหน่งอาคารปัจจุบัน และ กรณีอาคารอยู่ในตำแน่งต่างๆ ซึ่งผลที่ได้สรุปเป็นความสัมพันธ์ของตัวแปรทางชลศาสตร์ อันได้แก่ อัตราส่วนคลื่นขยาย (H_r) ความสูงน้ำขึ้น/น้ำลงเทียบความลึกเฉลี่ย (h_x/D) ความยาวทางน้ำสัมพัทธ์ (N) และ พิสัยน้ำขึ้นน้ำลงเทียบความลึกเฉลี่ย (H_0/D) โดยให้นิยามตัวแปรต่างๆ ดังตารางที่ 6-1

ตารางที่ 6-1 นิยามค่าตัวแปรไร้มิติ

ตัวแปร	นิยาม
$H_r(x)$	อัตราส่วนคลื่นขยายที่ระยะทาง x จากสถานีวัดระดับน้ำบางปะกงโดย $H_r(x) = \frac{H_x}{H_0}$
$H_r(c)$	อัตราส่วนคลื่นขยาย ณ ตำแหน่งอาคารกั้นลำน้ำ โดย $H_r(c) = \frac{H_c}{H_0}$
$\Delta H_r(x)$	ผลต่างอัตราส่วนคลื่นขยายที่ระยะทาง x ของกรณีไม่มี และมีอาคารในตำแหน่งอาคารปัจจุบัน
$\Delta H_r(c)$	ผลต่างอัตราส่วนคลื่นขยาย ณ ตำแหน่งอาคาร ของกรณีไม่มีและมีอาคารตั้งอยู่ในตำแหน่งต่างๆ
H_0	พิสัยน้ำขึ้นน้ำลงที่สถานีวัดระดับน้ำบางปะกง (ม.)
H_x	พิสัยน้ำขึ้นน้ำลงที่ระยะทาง x จากสถานีวัดระดับน้ำบางปะกง (ม.)
H_c	พิสัยน้ำขึ้นน้ำลงที่ตำแหน่งอาคารกั้นลำน้ำ (ม.)
h_x/D	ความสูงน้ำขึ้น/น้ำลง ที่ระยะทาง x จากสถานีวัดระดับน้ำบางปะกง เหนือระดับน้ำเฉลี่ยหารด้วยความลึกเฉลี่ย
h_c/D	ความสูงน้ำขึ้น/น้ำลง ที่ตำแหน่งอาคารกั้นลำน้ำ เหนือระดับน้ำเฉลี่ย หารด้วยความลึกเฉลี่ย
h_x	ความสูงน้ำขึ้น/น้ำลงเหนือระดับน้ำนิ่งที่ระยะทาง x จากสถานีวัดระดับน้ำบางปะกง (ม.)
h_c	ความสูงน้ำขึ้น/น้ำลงเหนือระดับน้ำนิ่งที่อาคารกั้นลำน้ำ (ม.)
N	ความยาวทางน้ำสัมพัทธ์เทียบกับความยาวคลื่นขององค์ประกอบน้ำขึ้นน้ำลงแบบ M_2 โดย $N = \frac{2\pi x}{L}$ เมื่อ x คือระยะจากสถานีวัดระดับน้ำบางปะกง และ L คือ ความยาวคลื่นขององค์ประกอบน้ำขึ้นน้ำลง M_2 (434 กม.)
H_0/D	พิสัยน้ำขึ้นน้ำลงที่สถานีวัดระดับน้ำบางปะกงหารด้วยความลึกเฉลี่ย
D	ความลึกการไหลเฉลี่ยที่ปากแม่น้ำ (ม.) โดย N = 9.6 +[ระดับน้ำสูงสุด + ระดับน้ำต่ำสุด]/2

6.1 ผลการศึกษาโดยแบบจำลองฮาร์โมนิก

หัวข้อนี้ได้ใช้แบบจำลองฮาร์โมนิก ซึ่งได้จัดสร้างขึ้นในหัวข้อ 5.1 ในการหาการเปลี่ยนแปลงพิสัยน้ำขึ้นน้ำลงตามระยะทาง โดยมีสมมติฐานของแบบจำลองคือ หน้าตัดทางน้ำคงรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าโดยไม่คิดผลลำน้ำสาขา(คือ คลองท่าลาด) ความชันท้องน้ำเป็นศูนย์ การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำใช้องค์ประกอบ M_2ในการวิเคราะห์

6.1.1 การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำ กรณีไม่มีอาคาร(สภาพธรรมชาติ)

ในกรณีไม่มีอาคาร พิสัยน้ำขึ้นน้ำลงที่แต่ละจุดบนแม่น้ำ (H_x) มีค่าลดลงตามระยะทางจากปากแม่น้ำสู่ต้นน้ำ โดยการลดลงนี้แปรตามพิสัยที่ปากแม่น้ำ (H_0 ในการศึกษานี้ใช้พิสัยที่สถานีวัดระดับน้ำบางปะกงแทนพิสัยที่ปากแม่น้ำ) กล่าวคือ ถ้าพิสัยมีค่ามาก การลดลงตามระยะทางจะมีค่ามากด้วย โดยเมื่อพิสัยที่ปากแม่น้ำมีค่าประมาณ 3.50 ม. พิสัยที่ตำแหน่งอาคารปัจจุบันลดลงร้อยละ 40 (มีค่า 2.10 ม.) และ เมื่อพิสัยที่ปากแม่น้ำมีค่าประมาณ 0.50 ม. พิสัยที่ตำแหน่งอาคารปัจจุบันลดลงร้อยละ 10 (มีค่า 0.45 ม.)

ผลการศึกษาได้แสดงในรูปตัวแปรไร้มิติ โดย พิสัยน้ำขึ้นน้ำลงได้เขียนในรูป ค่าพิสัยน้ำขึ้นน้ำลงเทียบความลึกเฉลี่ย (H_x/D สำหรับที่แต่ละจุดบนลำน้ำ และ H_0/D สำหรับที่สถานีวัดระดับน้ำบางปะกง) ระยะทางเป็นระยะจากสถานีวัดระดับน้ำบางปะกงขึ้นมาทางต้นน้ำเขียนอยู่ในรูปความยาวทางน้ำสัมพัทธ์ (N โดย $N = \frac{2\pi x}{L}$ เมื่อ x คือระยะทาง และ L คือ ความยาวคลื่นขององค์ประกอบ M_2) และตัวแปรซึ่งแสดงถึงการลดลงของพิสัย ได้ใช้ค่าอัตราส่วนคลื่นขยาย (H_r) โดยที่ $H_r(x) = \frac{H_x}{H_0}$ คือเป็นอัตราส่วนระหว่างพิสัยน้ำขึ้นน้ำลงที่จุดใดๆเทียบกับที่สถานีวัดระดับน้ำบางปะกง

ความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราส่วนคลื่นขยาย (H_r) ความยาวทางน้ำสัมพัทธ์ (N) และพิสัยน้ำขึ้นน้ำลงเทียบความลึกเฉลี่ย (H_0/D) แสดงในรูปที่ 6-1ข. ซึ่งในกรณีไม่มีอาคารนี้ H_r มีค่าลดลงตามระยะทาง และที่ตำแหน่งอาคารปัจจุบัน H_r มีค่า 0.60 – 0.90 (พิสัยน้ำขึ้นน้ำลงมีค่าเป็นร้อยละ 60 ถึง 90 ของพิสัยที่สถานีวัดระดับน้ำบางปะกง) เมื่อ H_0/D มีค่า 0.35 – 0.05 ตามลำดับ

6.1.2 การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำ กรณีมีอาคารในตำแหน่งปัจจุบัน

กรณีมีอาคารในตำแหน่งปัจจุบัน (ระยะทาง 57.4 กม. จากสถานีวัดระดับน้ำบางปะกง N เท่ากับ 0.83) พิสัยน้ำขึ้นน้ำลงที่แต่ละจุดบนลำน้ำ (H_x) มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะทางจากปากแม่น้ำสู่ต้นน้ำ โดยมีค่าสูงสุดที่ตำแหน่งอาคาร การเพิ่มขึ้นของพิสัยตามระยะทางมีลักษณะแปรผกผันกับพิสัยที่ปากแม่น้ำ เมื่อพิสัยที่ปากแม่น้ำมาก การเพิ่มขึ้นตามระยะทางจะมีค่าน้อย โดย เมื่อพิสัยที่ปากแม่น้ำมีค่า

ประมาณ 3.50 ม. พิสัยที่อาคารปัจจุบันเพิ่มขึ้นร้อยละ 24 (มีค่า 4.34 ม.) และเมื่อพิสัยที่ปากแม่น้ำมีค่าประมาณ 0.50 ม. พิสัยที่อาคารปัจจุบันเพิ่มขึ้นร้อยละ 48(มีค่า0.74ม.)

ผลการศึกษาได้แสดงในรูปตัวแปรไร้มิติ ดังรูปที่ 6-1ก. โดยค่า H_r ที่ตำแหน่งอาคารปัจจุบันมีค่า 1.24 ถึง 1.48 เมื่อ H_0/D มีค่า 0.35 – 0.05 ตามลำดับ

ผลต่างของอัตราส่วนคลื่นขยาย ($\Delta H_r(x)$) ในกรณีไม่มีและมีอาคารในตำแหน่งปัจจุบันแสดงในรูปที่ 6-1ค. ซึ่งเห็นได้ว่า $\Delta H_r(x)$ นี้ในแต่ละพิสัยน้ำขึ้นน้ำลงมีค่าใกล้เคียงกัน โดยที่ตำแหน่งอาคารปัจจุบัน $\Delta H_r(x=c)$ มีค่า 0.58 –0.64 สำหรับ H_0/D มีค่า 0.05 – 0.35 ตามลำดับ นั่นคือ อาคารในตำแหน่งปัจจุบัน ทำให้พิสัยน้ำขึ้นน้ำลงเพิ่มขึ้นจากสภาพธรรมชาติประมาณ 0.29 – 2.24 ม.

6.1.3 ผลของตำแหน่งอาคารกั้นลำน้ำ

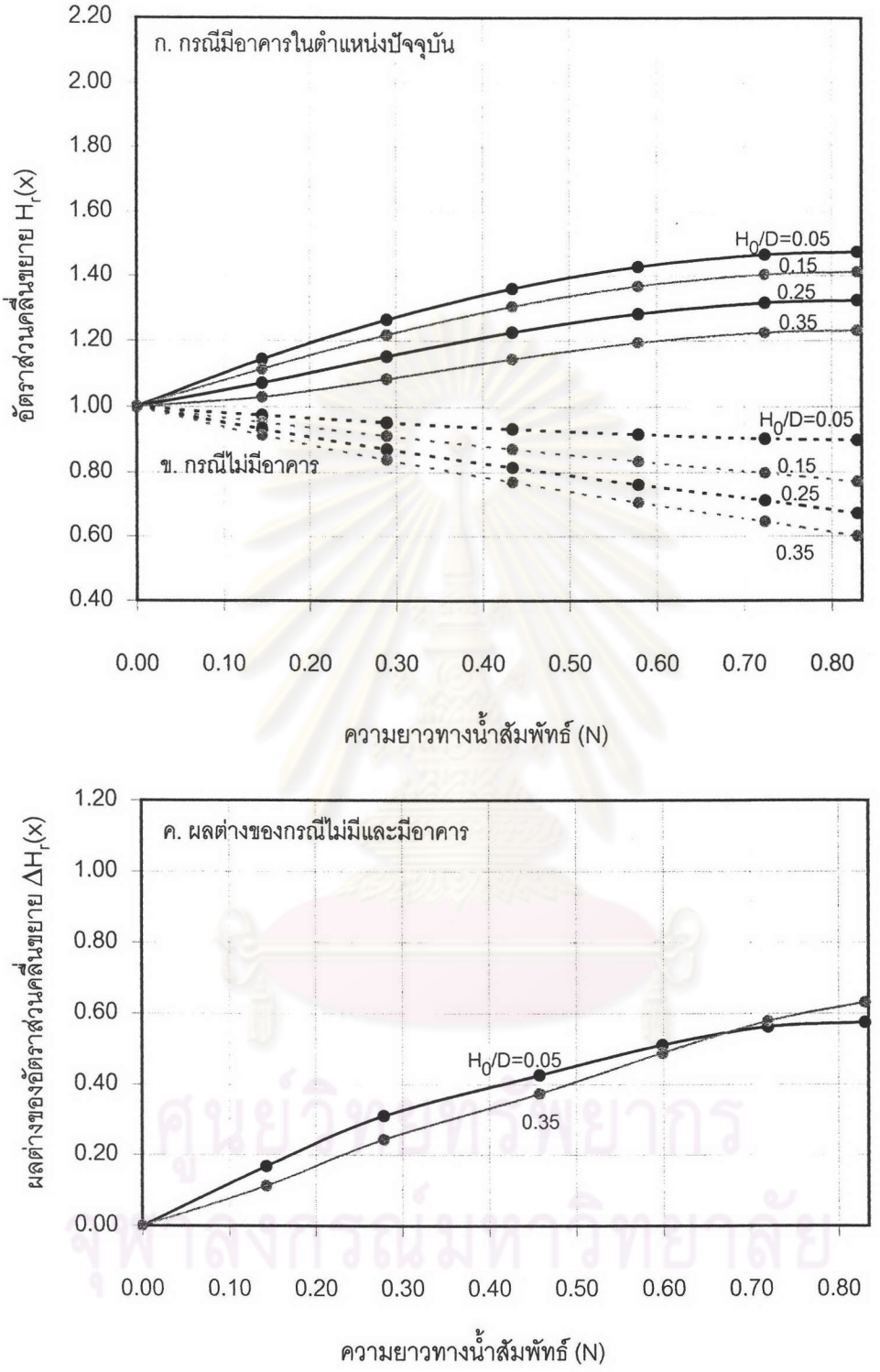
การศึกษาผลของตำแหน่งอาคารได้ศึกษาในช่วงจากสถานีวัดระดับน้ำบางปะกง ถึงจุดบรรจบแม่น้ำนครนายกและแม่น้ำปราจีนบุรี (ความยาวประมาณ 110 กม.) ผลการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งอาคาร กับพิสัยน้ำขึ้นน้ำลง ณ ตำแหน่งอาคาร พบว่า ในกรณี พิสัยที่ปากแม่น้ำมีค่าประมาณ 3.50 ม. เมื่อตำแหน่งอาคารตั้งอยู่ที่ระยะประมาณ 50 กม.จากสถานีวัดระดับน้ำบางปะกง (58 กม.จากปากแม่น้ำ) มีผลทำให้ พิสัยน้ำขึ้นน้ำลง ณ ตำแหน่งอาคาร (H_c) มีค่าสูงสุด(มีค่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 22 เป็น 4.27 ม.) และเมื่อตำแหน่งอาคารเลื่อนห่างจากจุดนี้ ไปทางต้นน้ำหรือท้ายน้ำ H_c จะมีค่าลดลง

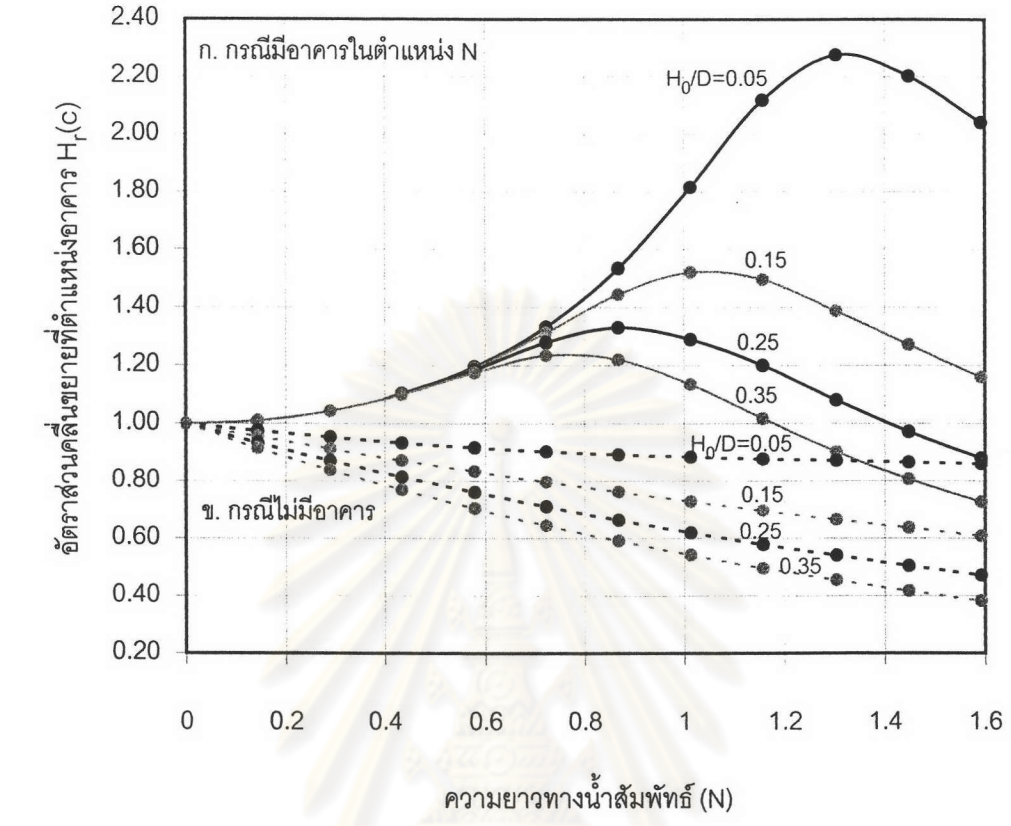
ผลการศึกษาในรูปตัวแปรไร้มิติ แสดงในรูปที่ 6-2ก โดยเห็นได้ว่า ตำแหน่งอาคารที่ทำให้อัตราส่วนคลื่นขยาย ($H_r(c)$)มีค่าสูงสุด มีค่าเปลี่ยนไปตาม H_0/D เมื่อ H_0/D มีค่าสูง(คือพิสัยที่ปากแม่น้ำมีค่ามาก) ตำแหน่งอาคารจะอยู่ใกล้ปากแม่น้ำ เมื่อ H_0/D มีค่าน้อย ตำแหน่งอาคารจะอยู่ห่างปากแม่น้ำขึ้นไป โดยค่า($H_r(c)$)สูงสุด มีค่าเป็น 1.22 - 2.28 เมื่อ H_0/D มีค่า 0.35 – 0.05 ตามลำดับ

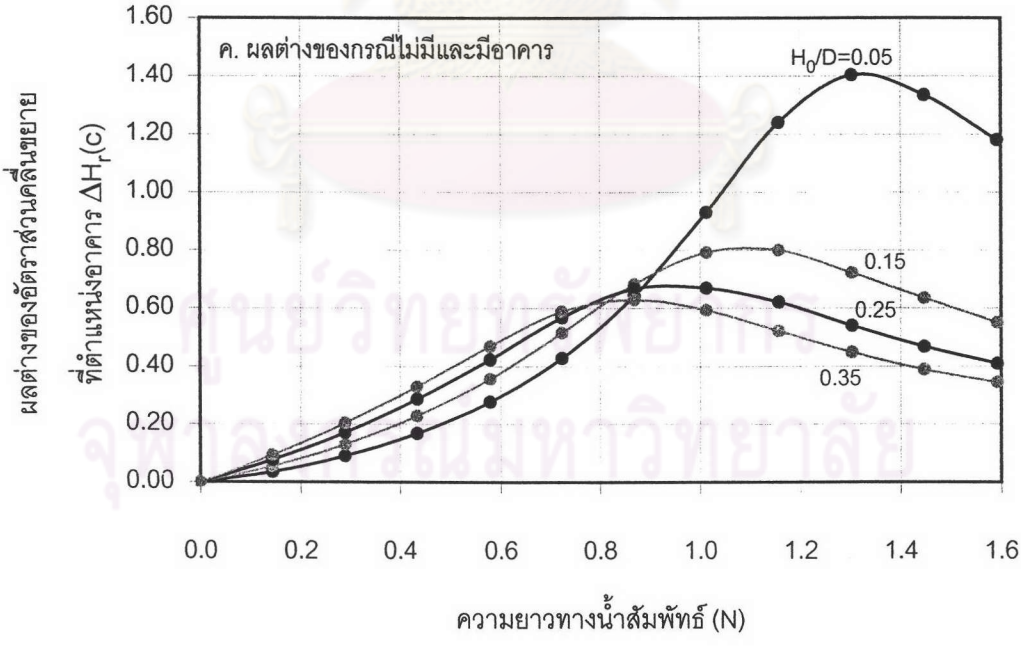
ในกรณี N มีค่าน้อย (ตำแหน่งอาคารอยู่ใกล้ปากแม่น้ำ) พบว่า $H_r(c)$ มีค่าใกล้เคียงกันโดยไม่ขึ้นกับค่า H_0/D เนื่องจากผลของแรงเสียดทานยังมีผลน้อยต่อการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำในลำน้ำ

เมื่อพิจารณาผลต่างกรณีไม่มีและมีอาคารพบว่า ตำแหน่ง N ที่ให้ค่า $\Delta H_r(c)$ สูงสุดอยู่ระหว่าง 0.80 – 1.32 หรือคิดเป็นระยะทางจากสถานีวัดระดับน้ำบางปะกงประมาณ 55 – 91 กม. โดยมีค่า $\Delta H_r(c)$ ระหว่าง 0.64 – 1.40 เมื่อ H_0/D มีค่า 0.35 – 0.05 ตามลำดับ นั่นคือ ผลของตำแหน่งอาคารกั้นลำน้ำ ทำให้พิสัยน้ำขึ้นน้ำลงเพิ่มขึ้นจากสภาพธรรมชาติประมาณ 2.24 – 0.70 ม.



รูปที่ 6-1 อัตราส่วนคลื่นขยายที่แต่ละจุดบนลำน้ำ $H_r(x)$ในกรณีไม่มี และ มีอาคารในตำแหน่งอาคารปัจจุบัน จากแบบจำลองฮาร์โมนิก





รูปที่ 6-2 อัตราส่วนคลื่นขยายที่ตำแหน่งอาคารกั้นลำน้ำ $H_r(c)$ ในกรณีไม่มีและมีอาคารตั้งในตำแหน่งต่างๆ จากแบบจำลองฮาร์โมนิก

6.2 การศึกษาโดยแบบจำลองผลต่างสืบเนื่อง

การศึกษาใช้แบบจำลองผลต่างสืบเนื่องของแม่น้ำบางปะกง (ซึ่งใช้หน้าตัดจริง) ข้อมูลระดับน้ำที่ขอบเขตล่าง(สถานีวัดระดับน้ำบางปะกง)ได้ใช้ข้อมูลจากเหตุการณ์พิสัยน้ำขึ้นน้ำลงค่ามากที่มีค่าสูงสุด และต่ำสุดในแต่ละเดือน รวม 24 เหตุการณ์ ซึ่งแต่ละเหตุการณ์ประกอบด้วย ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำ 15 วัน เริ่มจาก 7 วันก่อนเกิดพิสัยสูงสุด(หรือต่ำสุด) ถึง 7 วันหลังพิสัยสูงสุด(หรือต่ำสุด) รวมมีข้อมูลการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำ 470 ข้อมูล มีค่าพิสัยน้ำขึ้นน้ำลงในช่วง 0.50 – 3.40 ม. อัตราการไหลต้นน้ำใช้ค่าอัตราการไหลคงที่ มีค่า 20 ลบ.ม./ว.

6.2.1 ผลการคำนวณโดยแบบจำลองผลต่างสืบเนื่อง

ผลการคำนวณจากแบบจำลองผลต่างสืบเนื่องได้ค่าชลภาพระดับน้ำ ดังตัวอย่างแสดงในรูปที่ 6-3 และ 6-4 (ผลการคำนวณของเหตุการณ์ช่วง 31 ธันวาคม พ.ศ. 2529 ถึง 3 มกราคม พ.ศ. 2530) ซึ่งเมื่อพิจารณาชลภาพระดับน้ำที่แต่ละตำแหน่งพบว่า มีลักษณะสอดคล้องกับผลการศึกษาโดยแบบจำลองฮาร์โมนิก คือ ในกรณีไม่มีอาคาร พิสัยน้ำขึ้นน้ำลงมีค่าลดลงตามระยะทางโดยเมื่อพิสัยมากทำให้การลดลงมีค่ามาก และในกรณีมีอาคาร พิสัยมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะทาง โดยเมื่อพิสัยมากทำให้การเพิ่มขึ้นมีค่าน้อย

6.2.2 การหาความสัมพันธ์ของตัวแปรไร้มิติ

ชลภาพระดับน้ำดังแสดงในรูปที่ 6-3 และ 6-4 ได้นำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของค่า 3 ค่า คือ (1) พิสัยน้ำขึ้นน้ำลง (2) ระดับน้ำสูงสุด และ (3)ระดับน้ำต่ำสุด

พิสัยน้ำขึ้นน้ำลง

ค่าพิสัยน้ำขึ้นน้ำลง ได้นำมาหาความสัมพันธ์ระหว่าง พิสัยน้ำขึ้นน้ำลงที่ตำแหน่งต่างๆ เทียบความลึกเฉลี่ย (H_x/D) กับพิสัยน้ำขึ้นน้ำลงที่สถานีวัดระดับน้ำบางปะกงเทียบความลึกเฉลี่ย (H_0/D) ดังตัวอย่างในรูปที่ 6-5 และ 6-6

การหาความสัมพันธ์ในรูปที่ 6-5 และ 6-6 ใช้เส้นแนวโน้มเป็นรูปสมการกำลังสอง $H_x/D = a(H_0/D)^2 + b(H_0/D) + c$ (ซึ่งเป็นรูปสมการที่ให้ค่า R^2 มากที่สุดเมื่อเทียบกับรูปสมการอื่น และมีความใกล้เคียงกับผลการวิเคราะห์เชิงทฤษฎีของ Knight(1973) ซึ่งสรุปว่า $H_x/D = a(H_0/D)^2 + b(H_0/D)$) ซึ่งผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ได้ค่าสัมประสิทธิ์ a b และ c ที่ระยะทางต่างๆ เพื่อที่จะนำไปสร้างความสัมพันธ์ H_r–N-H_0/D ต่อไป

ผลการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ a b และ c ในกรณีไม่มีอาคาร กรณีมีอาคารในตำแหน่งอาคารปัจจุบัน และ กรณีมีอาคารในตำแหน่งต่างๆ ได้แสดงในตารางที่ 6-2 ถึง 6-4 (รูปแสดงความสัมพันธ์ทั้งหมดแสดงในภาคผนวก ง.)

ระดับน้ำสูงสุดและต่ำสุด

ค่าระดับน้ำสูงสุดและต่ำสุด ได้นำมาคำนวณเป็น ความสูงน้ำขึ้น/น้ำลงเหนือระดับน้ำเฉลี่ย (h_x) และได้หาความสัมพันธ์ระหว่าง ความสูงน้ำขึ้น/น้ำลงที่ตำแหน่งต่างๆเทียบความลึกเฉลี่ย (h_x/D) กับความสูงน้ำขึ้น/น้ำลงที่สถานีวัดระดับน้ำบางปะกงเทียบความลึกเฉลี่ย (h_0/D) ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 6-7 และ 6-8 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ได้ค่าสัมประสิทธิ์ a b และ c ที่ระยะทางต่างๆ เพื่อที่จะนำไปสร้างความสัมพันธ์ h_x/D–N ต่อไป

ผลการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ a b และ c ในกรณีไม่มีอาคาร กรณีมีอาคารในตำแหน่งอาคารปัจจุบัน และ กรณีมีอาคารในตำแหน่งต่างๆ ได้แสดงในตารางที่ 6-2 ถึง 6-4 (รูปแสดงความสัมพันธ์ทั้งหมดแสดงในภาคผนวก ง.)

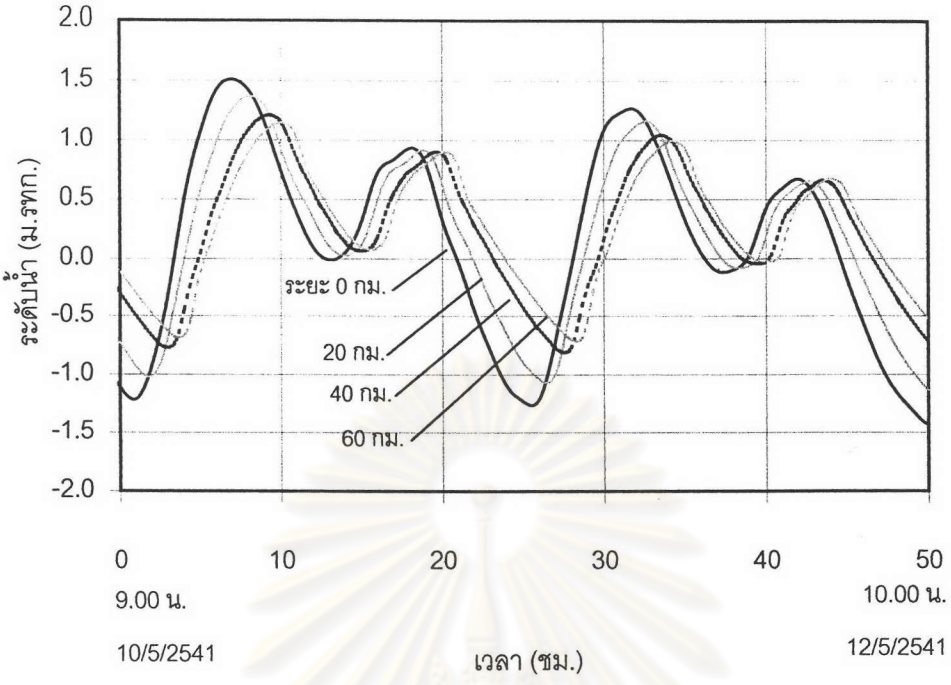
6.2.3 ความคลาดเคลื่อนของเส้นแนวโน้ม

จากผลการคำนวณทั้ง พิสัยน้ำขึ้นน้ำลง และระดับน้ำสูงสุดต่ำสุด ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 6-5 ถึง 6-8 เห็นได้ว่า ความสัมพันธ์มีลักษณะกระจาย การหาค่ากลางจึงจำเป็นต้องใช้เส้นแนวโน้ม ซึ่งอาจก่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการอธิบายผลการคำนวณ ในหัวข้อนี้จึงได้กล่าวถึงความคลาดเคลื่อนจากการใช้เส้นแนวโน้มนี้

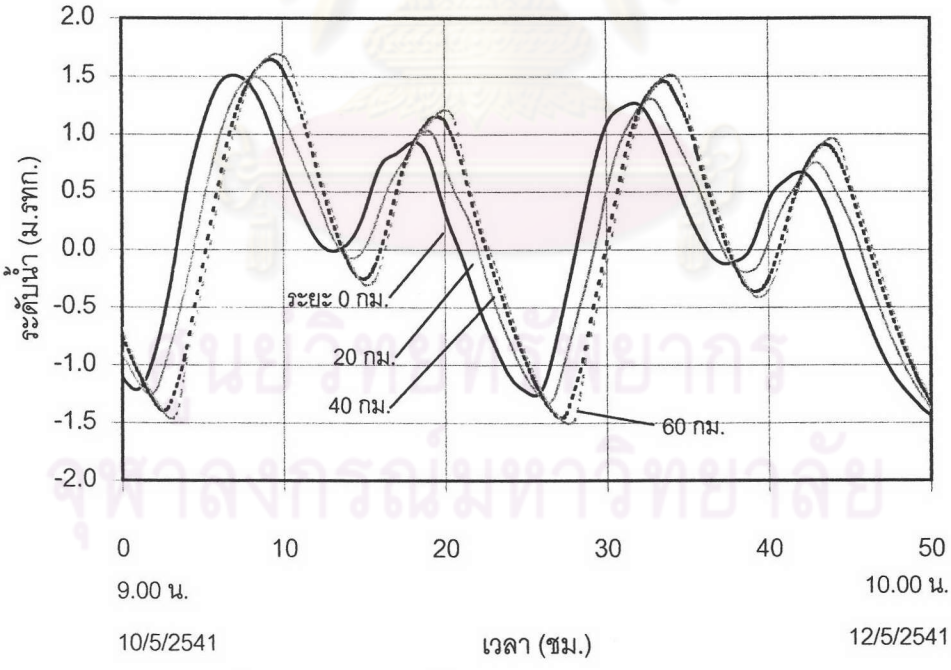
ความคลาดเคลื่อนของเส้นแนวโน้มได้แสดงเป็นค่า 3 ค่า คือ ค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ (Average Absolute Difference) ค่าคลาดเคลื่อนสูงสุดสัมบูรณ์ (Maximum Absolute Difference) และ รากที่สองของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Squared Error) โดยความคลาดเคลื่อนสำหรับกรณีไม่มีอาคาร กรณีมีอาคารในตำแหน่งปัจจุบัน และกรณีมีอาคารในตำแหน่งต่างๆ ได้แสดงในตารางที่ 6-5 6-6 และ 6-7 ตามลำดับ

จากตารางสรุปได้ว่า ความคลาดเคลื่อนของค่าพิสัยเทียบความลึกเฉลี่ยมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะทางจากปากแม่น้ำ โดยค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ อยู่ในช่วง 0.001 – 0.010 หรืออีกนัยหนึ่งคือ ค่าพิสัยที่อ่านได้จากเส้นแนวโน้มนี้ มีค่าความคลาดเคลื่อนโดยเฉลี่ยเป็นร้อยละ 0.1 ถึง 1 ของความลึก เมื่อความลึกเฉลี่ยของแม่น้ำบางปะกงประมาณ 10 ม. ค่าคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง 0.01 ถึง 0.1 ม. ส่วนค่าคลาดเคลื่อนสูงสุดมีค่า 0.044 คือ นี้ มีค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดเป็นร้อยละ 4.4 ของความลึก

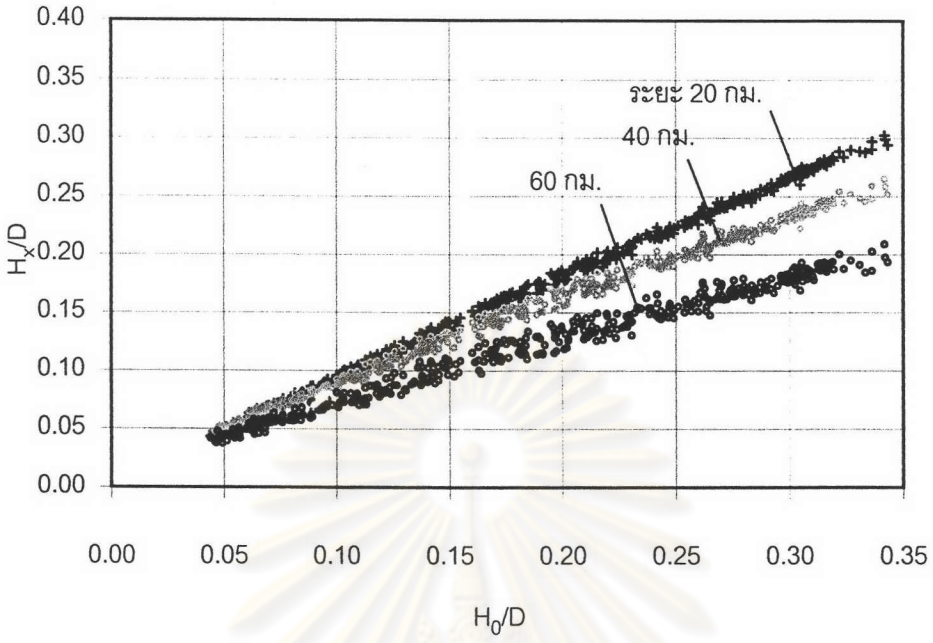
ความคลาดเคลื่อนของระดับน้ำสูงสุด มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะทางจากปากแม่น้ำ โดยค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ อยู่ในช่วง 0.001 – 0.008 หรืออีกนัยหนึ่งคือ ค่าระดับน้ำสูงสุดที่อ่านได้จาก



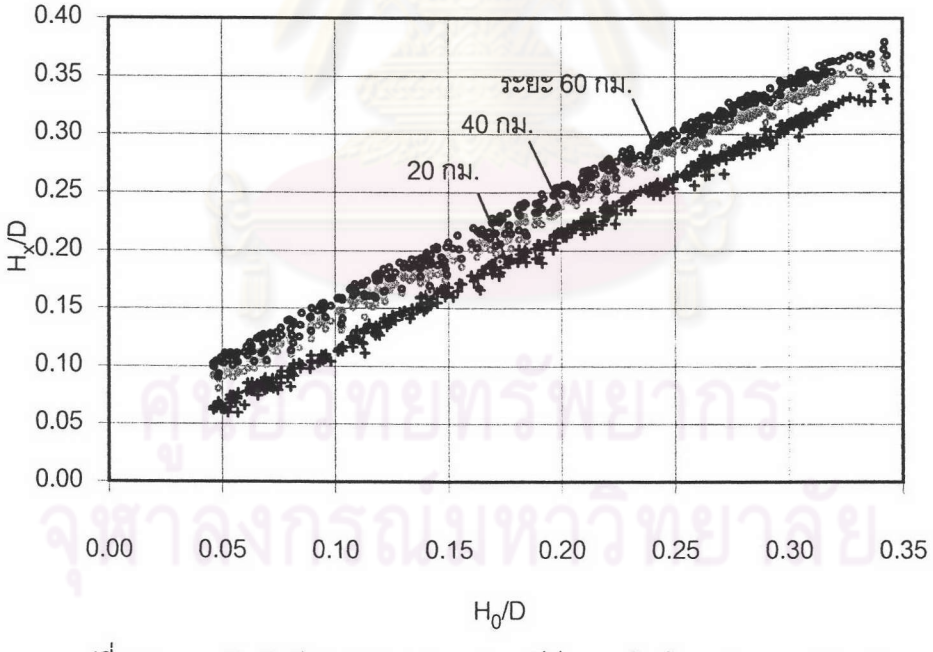
รูปที่ 6-3 ชลภาพระดับน้ำ กรณีไม่มีอาคาร



รูปที่ 6-4 ชลภาพระดับน้ำ กรณีมีอาคารในตำแหน่งอาคารปัจจุบัน

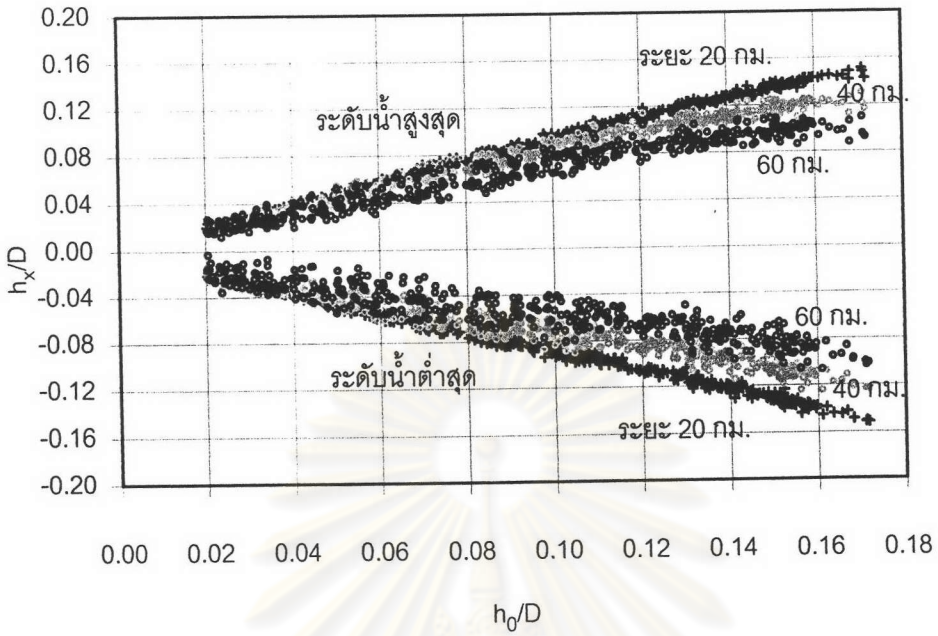


รูปที่ 6-5 ความสัมพันธ์ (H_x/D) กับ (H_0/D) กรณีไม่มีอาคาร

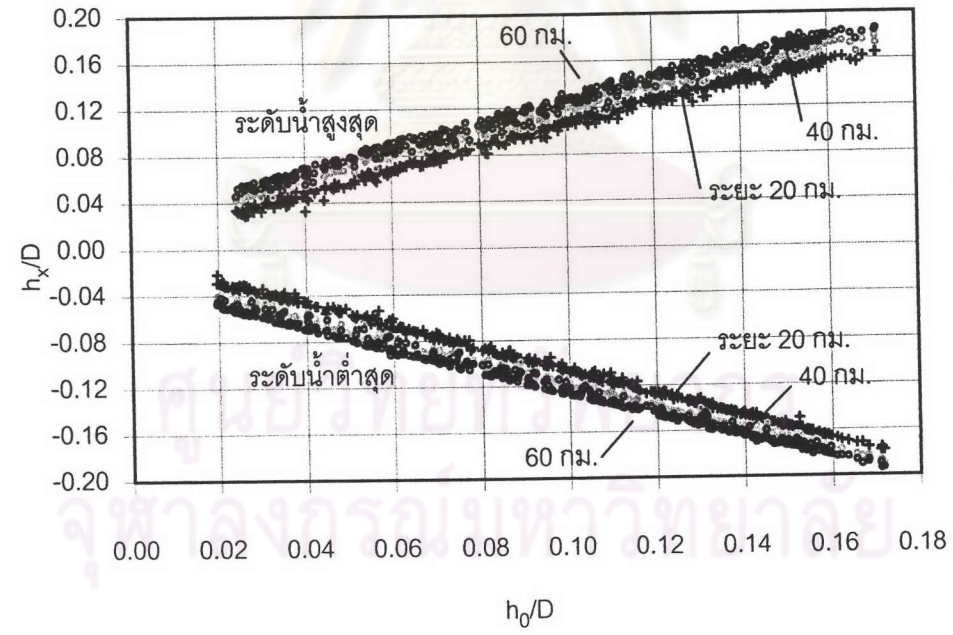


รูปที่ 6-6 ความสัมพันธ์ (H_x/D) กับ (H_0/D) กรณีมีอาคารในตำแหน่งอาคารปัจจุบัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 6-7 ความสัมพันธ์ (h_x/D) กับ (h_0/D) กรณีไม่มีอาคาร



รูปที่ 6-8 ความสัมพันธ์ (h_x/D) กับ (h_0/D) กรณีมีอาคารในตำแหน่งอาคารปัจจุบัน

ตารางที่ 6-2 ค่าสัมประสิทธิ์ที่ใช้ในการอธิบายความสัมพันธ์ ในกรณีไม่มีอาคาร

ระยะทางจากสถานีบางปะกง (กม.)	ความยาวทางน้ำสัมพัทธ์	ความสัมพันธ์ $H_x/D - H_0/D$			ความสัมพันธ์ $(h_x/D - h_0/D)_{HIGH}$*			ความสัมพันธ์ $(h_x/D - h_0/D)_{LOW}$*		
		a	b	c	a	b	c	a	b	c
10	0.14	-0.165	0.985	0	-0.349	0.998	0	-0.275	0.968	0
19	0.28	-0.315	0.976	0	-0.638	0.995	0	-0.572	0.954	0
29	0.42	-0.480	0.964	0	-0.969	0.993	0	-0.912	0.931	0
37	0.53	-0.612	0.951	0	-1.236	0.989	0	-1.156	0.910	0
41	0.60	-0.697	0.940	0	-1.430	0.992	0	-1.305	0.884	0
49	0.71	-0.787	0.931	0	-1.632	0.981	0	-1.470	0.877	0
59	0.86	-0.636	0.794	0	-1.415	0.901	0	-1.089	0.726	0
67	0.97	-0.686	0.754	0	-1.493	0.863	0	-1.220	0.684	0
70	1.01	-0.700	0.747	0	-1.505	0.833	0	-1.267	0.661	0
80	1.15	-0.707	0.686	0	-1.489	0.788	0	-1.326	0.585	0
91	1.31	-0.711	0.630	0	-1.558	0.751	0	-1.290	0.512	0
100	1.44	-0.719	0.603	0	-1.615	0.737	0	-1.299	0.478	0
110	1.59	-0.729	0.567	0	-1.664	0.712	0	-1.300	0.434	0

หมายเหตุ : 1. $H_x/D = a(H_0/D)^2 + b(H_0/D) + c$ และ $(h_x/D) = a(h_0/D)^2 + b(h_0/D) + c$

2. ตัวห้อย HIGH และ LOW หมายถึง เหตุการณ์น้ำขึ้นสูงสุด และน้ำลงต่ำสุดตามลำดับ

ตารางที่ 6-3 ค่าสัมประสิทธิ์ที่ใช้ในการอธิบายความสัมพันธ์ ในกรณีอาคารในตำแหน่งปัจจุบัน

ระยะทางจากสถานีบางปะกง (กม.)	ความยาวทางน้ำสัมพัทธ์	ความสัมพันธ์ $H_x/D - H_0/D$			ความสัมพันธ์ $(h_x/D - h_0/D)_{HIGH}$*			ความสัมพันธ์ $(h_x/D - h_0/D)_{LOW}$*		
		a	b	c	a	b	c	a	b	c
10	0.14	-0.186	1.050	0.002	-0.630	1.083	0.000	-0.005	0.997	0.003
19	0.28	-0.281	1.065	0.012	-1.033	1.131	0.004	-0.012	0.985	0.008
32	0.46	-0.326	1.069	0.027	-1.130	1.144	0.011	-0.081	0.981	0.017
41	0.60	-0.323	1.068	0.039	-0.925	1.120	0.017	-0.293	1.006	0.022
50	0.72	-0.301	1.066	0.046	-0.796	1.106	0.021	-0.341	1.017	0.025
57	0.83	-0.277	1.062	0.049	-0.749	1.101	0.023	-0.301	1.014	0.026

หมายเหตุ : 1. $H_x/D = a(H_0/D)^2 + b(H_0/D) + c$ และ $(h_x/D) = a(h_0/D)^2 + b(h_0/D) + c$

2. ตัวห้อย HIGH และ LOW หมายถึง เหตุการณ์น้ำขึ้นสูงสุด และน้ำลงต่ำสุดตามลำดับ

ตารางที่ 6-4 ค่าสัมประสิทธิ์ที่ใช้ในการอธิบายความสัมพันธ์ ในกรณีมีอาคารในตำแหน่งต่างๆ

ระยะทางจากสถานีบางปะกง (กม.)	ความยาวทางน้ำสัมพัทธ์	ความสัมพันธ์ $H_x/D - H_0/D$			ความสัมพันธ์ $(h_x/D - h_0/D)_{HIGH}$*			ความสัมพันธ์ $(h_x/D - h_0/D)_{LOW}$*		
		a	b	c	a	b	c	a	b	c
10	0.14	0.152	0.962	0.0055	0.136	0.988	0.0022	0.213	0.976	0.0025
19	0.28	0.073	0.972	0.0177	0.343	0.944	0.0107	-0.120	1.012	0.0083
29	0.42	0.047	0.978	0.0253	0.349	0.924	0.0146	-0.316	1.057	0.0082
37	0.53	-0.193	1.075	0.031	0.005	1.025	0.0181	-0.893	1.139	0.0133
50	0.72	-0.150	1.033	0.0475	-0.208	1.037	0.0236	-0.532	1.053	0.0231
57	0.83	-0.240	1.049	0.0491	-0.749	1.101	0.0225	-0.293	1.015	0.0262
70	1.01	-0.578	1.139	0.0373	-2.113	1.279	0.0132	-0.318	1.017	0.0236
80	1.15	-0.801	1.162	0.0196	-3.281	1.431	0	-0.513	1.011	0.0148
91	1.31	-0.918	1.159	0.0125	-3.240	1.364	0	-0.702	1.004	0.0107
100	1.44	-1.010	1.157	0.008	-3.193	1.315	0	-1.852	1.195	0
110	1.59	-1.045	1.115	0.007	-3.187	1.260	0	-1.838	1.137	0

หมายเหตุ : 1. $H_x/D = a(H_0/D)^2 + b(H_0/D) + c$ และ $(h_x/D) = a(h_0/D)^2 + b(h_0/D) + c$

2. ตัวห้อย HIGH และ LOW หมายถึง เหตุการณ์น้ำขึ้นสูงสุด และน้ำลงต่ำสุดตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6-5 ความคลาดเคลื่อนของเส้นแนวโน้ม ในกรณีไม่มีอาคาร

ระยะทางจากสถานีบางปะกง (กม.)	ความยางทางน้ำสัมพัทธ์	ความสัมพันธ์ $H_x/D - H_0/D$			ความสัมพันธ์ $(h_x/D - h_0/D)_{HIGH}$*			ความสัมพันธ์ $(h_x/D - h_0/D)_{LOW}$*		
		Average Absolute Diff.	Max Absolute Diff.	RMS. Error	Average Absolute Diff.	Max Absolute Diff.	RMS. Error	Average Absolute Diff.	Max Absolute Diff.	RMS. Error
10	0.14	0.001	0.005	0.002	0.002	0.006	0.003	0.004	0.011	0.005
19	0.28	0.002	0.009	0.003	0.003	0.010	0.004	0.005	0.014	0.006
29	0.42	0.003	0.012	0.004	0.004	0.013	0.005	0.006	0.015	0.008
37	0.53	0.004	0.014	0.005	0.004	0.015	0.005	0.006	0.018	0.007
41	0.60	0.004	0.016	0.005	0.004	0.016	0.005	0.006	0.019	0.008
49	0.71	0.005	0.019	0.006	0.005	0.019	0.006	0.006	0.020	0.008
59	0.86	0.005	0.019	0.006	0.006	0.023	0.007	0.009	0.021	0.011
67	0.97	0.006	0.021	0.007	0.005	0.022	0.007	0.008	0.022	0.010
70	1.01	0.005	0.017	0.007	0.006	0.023	0.007	0.009	0.022	0.011
80	1.15	0.006	0.017	0.007	0.007	0.028	0.008	0.011	0.028	0.014
91	1.31	0.006	0.020	0.007	0.007	0.031	0.009	0.011	0.031	0.014
100	1.44	0.006	0.021	0.008	0.007	0.031	0.009	0.011	0.036	0.013
110	1.59	0.006	0.021	0.008	0.008	0.034	0.010	0.012	0.036	0.014

หมายเหตุ : 1. ตัวห้อย HIGH และ LOW หมายถึง เหตุการณ์น้ำขึ้นสูงสุด และน้ำลงต่ำสุดตามลำดับ

ตารางที่ 6-6 ความคลาดเคลื่อนของเส้นแนวโน้ม ในกรณีมีอาคารในตำแหน่งปัจจุบัน

ระยะทางจากสถานีบางปะกง (กม.)	ความยางทางน้ำสัมพัทธ์	ความสัมพันธ์ $H_x/D - H_0/D$			ความสัมพันธ์ $(h_x/D - h_0/D)_{HIGH}$*			ความสัมพันธ์ $(h_x/D - h_0/D)_{LOW}$*		
		Average Absolute Diff.	Max Absolute Diff.	RMS. Error	Average Absolute Diff.	Max Absolute Diff.	RMS. Error	Average Absolute Diff.	Max Absolute Diff.	RMS. Error
10	0.14	0.003	0.026	0.004	0.002	0.010	0.002	0.001	0.009	0.002
19	0.28	0.003	0.034	0.005	0.002	0.015	0.003	0.002	0.011	0.002
32	0.46	0.004	0.035	0.005	0.003	0.012	0.004	0.002	0.009	0.002
41	0.60	0.004	0.030	0.006	0.003	0.013	0.004	0.002	0.010	0.003
50	0.72	0.005	0.023	0.006	0.003	0.015	0.004	0.002	0.010	0.003
57	0.83	0.005	0.024	0.006	0.003	0.015	0.004	0.003	0.010	0.003

หมายเหตุ : 1. ตัวห้อย HIGH และ LOW หมายถึง เหตุการณ์น้ำขึ้นสูงสุด และน้ำลงต่ำสุดตามลำดับ

ตารางที่ 6-7 ความคลาดเคลื่อนของเส้นแนวโน้ม ในกรณีมีอาคารในตำแหน่งในตำแหน่งต่างๆ

ระยะทางจากสถานีบางปะกง (กม.)	ความยาวทางน้ำสัมพัทธ์	ความสัมพันธ์ $H_x/D - H_0/D$			ความสัมพันธ์ $(h_x/D - h_0/D)_{HIGH}$*			ความสัมพันธ์ $(h_x/D - h_0/D)_{LOW}$*		
		Average Absolute Diff.	Max Absolute Diff.	RMS. Error	Average Absolute Diff.	Max Absolute Diff.	RMS. Error	Average Absolute Diff.	Max Absolute Diff.	RMS. Error
10	0.14	0.002	0.020	0.003	0.001	0.010	0.002	0.001	0.010	0.002
19	0.28	0.007	0.033	0.009	0.004	0.018	0.006	0.004	0.020	0.005
29	0.42	0.007	0.027	0.008	0.005	0.022	0.006	0.004	0.018	0.006
37	0.53	0.008	0.032	0.010	0.005	0.033	0.007	0.004	0.022	0.006
50	0.72	0.008	0.031	0.009	0.004	0.032	0.006	0.004	0.024	0.005
57	0.83	0.005	0.029	0.007	0.003	0.020	0.005	0.003	0.022	0.004
70	1.01	0.005	0.035	0.006	0.004	0.025	0.005	0.002	0.018	0.004
80	1.15	0.008	0.044	0.009	0.004	0.028	0.006	0.005	0.022	0.006
91	1.31	0.009	0.044	0.011	0.005	0.033	0.006	0.006	0.029	0.008
100	1.44	0.010	0.041	0.012	0.005	0.033	0.007	0.007	0.029	0.009
110	1.59	0.010	0.037	0.013	0.005	0.034	0.007	0.008	0.030	0.010

หมายเหตุ : 1. ตัวห้อย HIGH และ LOW หมายถึง เหตุการณ์น้ำขึ้นสูงสุด และน้ำลงต่ำสุดตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เส้นแนวโน้มนี้ มีค่าความคลาดเคลื่อนโดยเฉลี่ยเป็นร้อยละ 0.1 ถึง 0.8 ของความลึก เมื่อความลึกเฉลี่ยของแม่น้ำบางปะกงประมาณ 10 ม. ค่าคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง 0.01 ถึง 0.08 ม. ส่วนค่าคลาดเคลื่อนสูงสุดมีค่า 0.034

ความคลาดเคลื่อนของระดับน้ำต่ำสุด มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะทางจากปากแม่น้ำ โดยค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ อยู่ในช่วง 0.001 – 0.012 ส่วนค่าคลาดเคลื่อนสูงสุดมีค่า 0.036

ผลการคำนวณเห็นได้ว่า ความคลาดเคลื่อนโดยเฉลี่ยมีค่าไม่เกิน ร้อยละ 2 ของความลึก ส่วนความคลาดเคลื่อนสูงสุดมีค่าไม่เกินร้อยละ 3.6 ของความลึก ความคลาดเคลื่อนนี้เพิ่มขึ้นตามระยะทางจากปากแม่น้ำ ความคลาดเคลื่อนของพิสัยมีค่าน้อยที่สุด และความคลาดเคลื่อนของระดับน้ำต่ำสุดมีค่ามากที่สุด อย่างไรก็ตาม จากความคลาดเคลื่อนที่ได้สามารถสรุปได้ว่า เส้นแนวโน้มที่ใช้สามารถอธิบายผลจากแบบจำลองได้ดี

6.2.4 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำกรณีไม่มีอาคาร

จากความสัมพันธ์ที่ได้จากเส้นแนวโน้ม สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราส่วนคลื่นขยาย (H_r) ความยาวทางน้ำสัมพัทธ์ (N) และ พิสัยน้ำขึ้นน้ำลงเทียบความลึกเฉลี่ย (H_0/D) ดังแสดงในรูปที่ 6-9 ข.. โดย H_r มีค่าลดลงตามระยะทางไปทางต้นน้ำ และการลดลงนี้ขึ้นกับ H_0/D เมื่อ H_0/D มีค่ามากมีผลให้ H_r มีค่าน้อย โดยค่า H_r ณ ตำแหน่งอาคารปัจจุบัน มีค่า 0.59 – 0.79 เมื่อ H_0/D เป็น 0.35 และ 0.05 ตามลำดับ

ความสัมพันธ์จากรูป 6-9 ข. สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงพิสัยน้ำขึ้นน้ำลงตามระยะทางได้ว่า พิสัยน้ำขึ้นน้ำลงมีค่าลดลงตามระยะทางจากปากแม่น้ำสู่ต้นน้ำ โดยการลดลงนี้ขึ้นกับค่าพิสัยที่ปากแม่น้ำ โดยเมื่อพิสัยที่ปากแม่น้ำมีค่าประมาณ 3.50 ม. พิสัยที่ตำแหน่งอาคารปัจจุบันลดลงร้อยละ 41 (มีค่า 2.07 ม.) และ เมื่อพิสัยที่ปากแม่น้ำมีค่าประมาณ 0.50 ม. พิสัยที่ตำแหน่งอาคารปัจจุบันลดลงร้อยละ 21 (มีค่า 0.40 ม.)

ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงน้ำขึ้น/น้ำลงต่อความลึกเฉลี่ย (h_x/D) กับความยาวทางน้ำสัมพัทธ์ (N) แสดงในรูปที่ 6-11 แสดงให้เห็นว่า ในกรณีไม่มีอาคาร ความสูงน้ำขึ้น/น้ำลงลดลงตามระยะทางไปทางต้นน้ำ คือ ระดับน้ำสูงสุดมีค่าลดลง และระดับน้ำต่ำสุดมีค่าสูงขึ้น โดยความสูงของระดับน้ำสูงสุดมีค่าลดลงมากกว่า ความสูงของระดับน้ำต่ำสุด เช่น เมื่อความสูงน้ำขึ้นสูงสุดที่ปากแม่น้ำมีค่าประมาณ 1.80 ม. ความสูงน้ำขึ้นสูงสุดที่ตำแหน่งอาคารปัจจุบันลดลงร้อยละ 33 (มีค่า 1.20 ม.) ในขณะที่ เมื่อความสูงน้ำลงต่ำสุดที่ปากแม่น้ำมีค่าประมาณ -1.80 ม. ความสูงน้ำลงต่ำสุดที่ตำแหน่งอาคารปัจจุบันลดลงร้อยละ 44 (มีค่า -1.00 ม.)

6.2.5 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำกรณีมีอาคารในตำแหน่งปัจจุบัน

กรณีมีอาคารในตำแหน่งปัจจุบัน (ระยะทาง 57.4 กม. จากสถานีวัดระดับน้ำบางปะกง N เท่ากับ 0.83) ความสัมพันธ์ระหว่าง H_r N และ H_0/D แสดงในรูปที่ 6.9 ก. ซึ่งพบว่า H_r มีค่าสูงสุดที่ตำแหน่งอาคาร มีค่าในช่วง 1.10 ถึง 2.02 สำหรับ H_0/D มีค่า 0.35 ถึง 0.05 ตามลำดับ

ความสัมพันธ์จากรูป 6-9 ก. สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงพิสัยน้ำขึ้นน้ำลงตามระยะทางได้ว่า พิสัยน้ำขึ้นน้ำลงมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะทางจากปากแม่น้ำสู่ต้นน้ำ โดยการเพิ่มขึ้นนี้ขึ้นกับค่าพิสัยที่ปากแม่น้ำ โดยเมื่อพิสัยที่ปากแม่น้ำมีค่าประมาณ 3.50 ม. พิสัยที่ตำแหน่งอาคารปัจจุบันเพิ่มขึ้นร้อยละ 110 (มีค่า 3.85 ม.) และ เมื่อพิสัยที่ปากแม่น้ำมีค่าประมาณ 0.50 ม. พิสัยที่ตำแหน่งอาคารปัจจุบันเพิ่มขึ้นร้อยละ 202 (มีค่า 1.01 ม.)

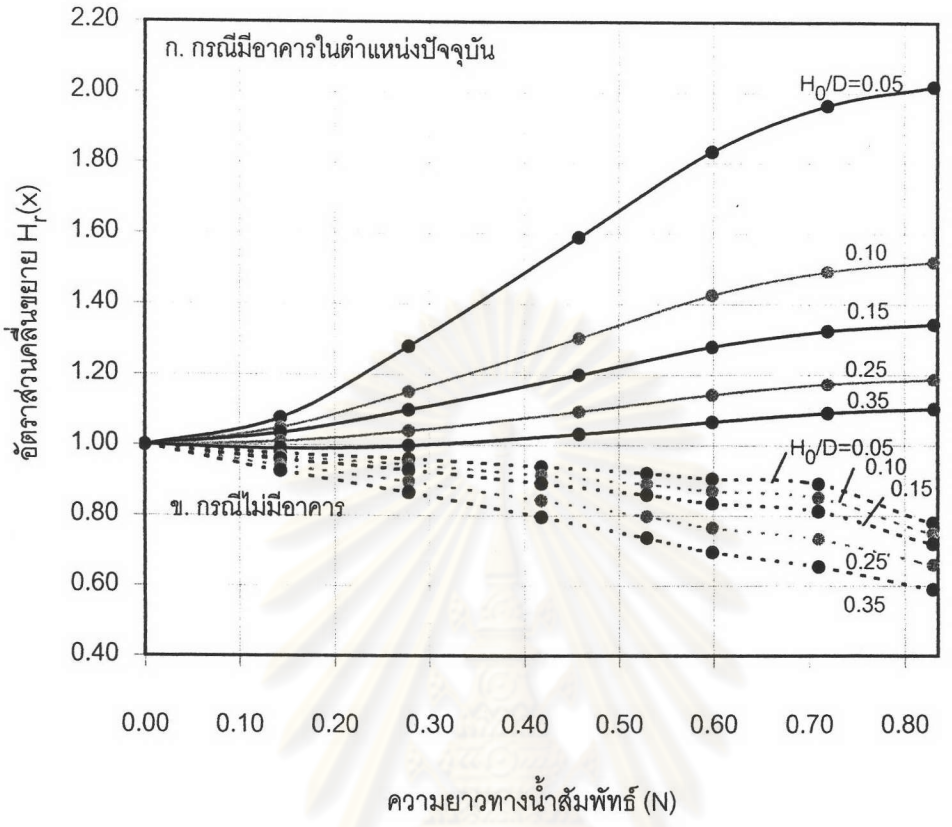
ความแตกต่างของอัตราส่วนคลื่นขยาย ($\Delta H_r(x)$) ในกรณีไม่มีและมีอาคารในตำแหน่งปัจจุบัน แสดงในรูปที่ 6-9 ค. โดยพบว่าความแตกต่างนี้ขึ้นกับ H_0/D โดยเมื่อ H_0/D มีค่าน้อย $\Delta H_r(x)$ นี้มีค่ามาก แต่ผลของ H_0/D ต่อ $\Delta H_r(x)$ นี้ เริ่มส่งผลน้อยลง H_0/D มีค่ามากขึ้น เช่นในกรณีของ H_0/D มีค่า 0.25 และ 0.35 พบว่า ให้ค่า $\Delta H_r(x)$ ใกล้เคียงกัน

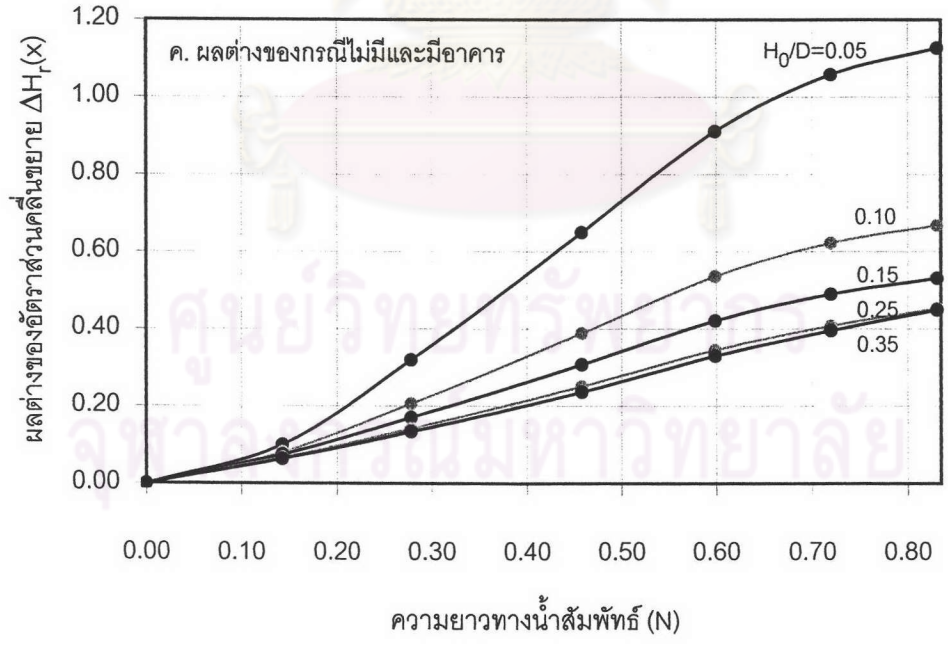
ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงน้ำขึ้นน้ำลงต่อความลึกเฉลี่ย (h_x/D) กับความยาวทางน้ำสัมพัทธ์ (N) แสดงในรูปที่ 6-12 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ในกรณีมีอาคารในตำแหน่งปัจจุบัน ความสูงน้ำขึ้นน้ำลงเพิ่มตามระยะทางไปทางต้นน้ำ คือ ระดับน้ำสูงสุดมีค่าสูงขึ้น และระดับน้ำต่ำสุดมีค่าลดลง โดยการเพิ่มของความสูงระดับน้ำสูงสุดมีค่าใกล้เคียงกับการเพิ่มของระดับน้ำต่ำสุด เช่น เมื่อความสูงน้ำขึ้นสูงสุดที่ปากแม่น้ำมีค่าประมาณ 1.80 ม. ความสูงน้ำขึ้นสูงสุดที่ตำแหน่งอาคารปัจจุบันมีค่าประมาณ 2.00 ม. ซึ่งใกล้เคียงกับการเพิ่มของความสูงของระดับน้ำต่ำสุด

6.2.6 ผลของตำแหน่งอาคารกั้นลำน้ำ

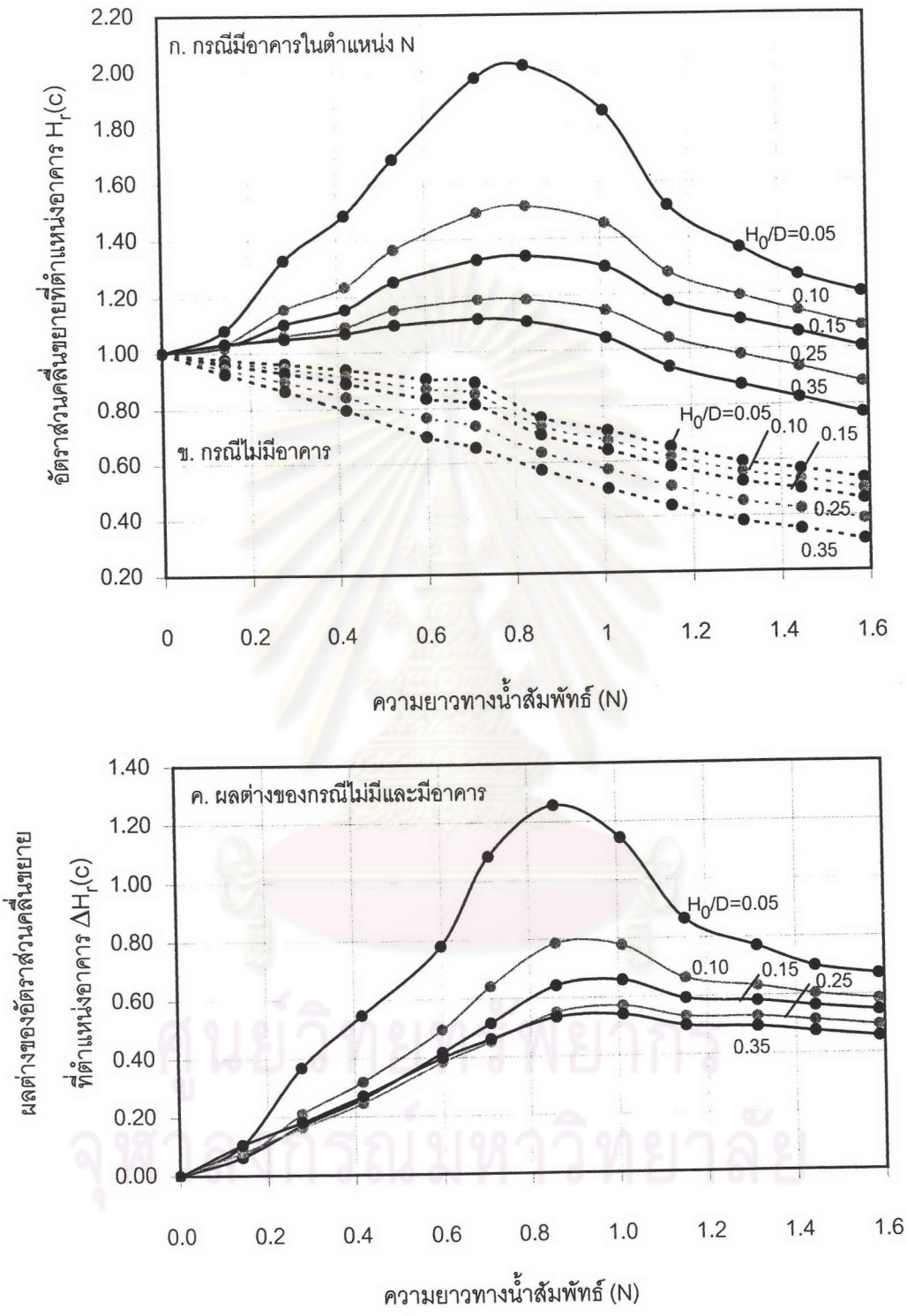
การศึกษาผลของตำแหน่งอาคารได้ศึกษาในช่วงจากสถานีวัดระดับน้ำบางปะกง ถึงจุดบรรจบแม่น้ำนครนายกและแม่น้ำปราจีนบุรี (ความยาวประมาณ 110 กม.) ผลการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้

ความสัมพันธ์ระหว่าง $H_r(c)$ N และ H_0/D ในกรณีอาคารอยู่ในตำแหน่งต่างๆ แสดงในรูปที่ 6-10 ก. โดยตำแหน่งอาคารที่ทำให้ H_r มีค่าสูงสุด ในแต่ละ H_0/D มีค่าใกล้เคียงกัน คือ ที่ค่า N ประมาณ 0.8 (63 กม. จากปากแม่น้ำ) โดยค่า $H_r(c)$สูงสุด มีค่าเป็น 1.10 - 2.02 เมื่อ H_0/D มีค่า 0.35 – 0.05 ตามลำดับ

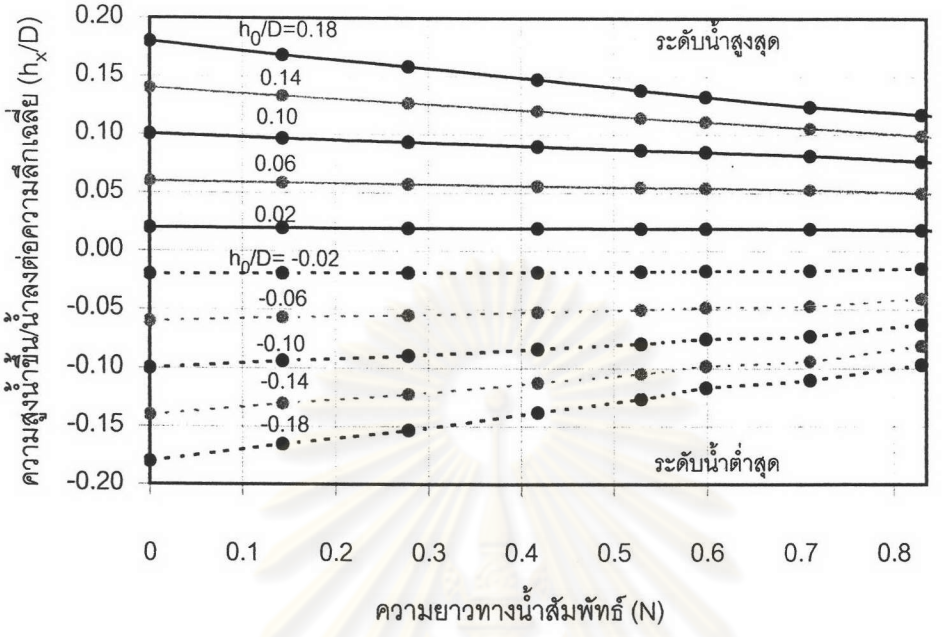




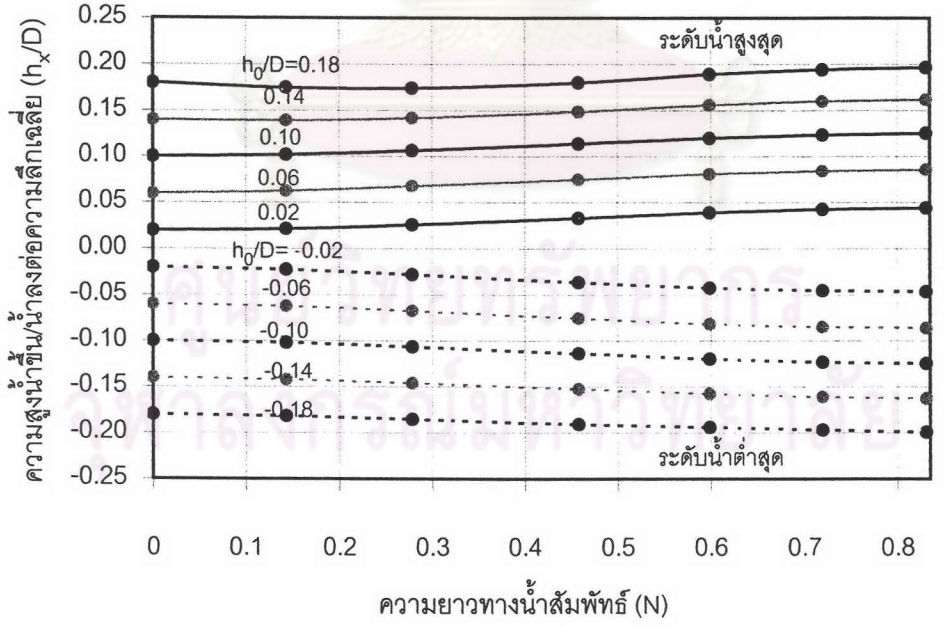
รูปที่ 6-9 อัตราส่วนคลื่นขยายที่แต่ละจุดบนลำน้ำ $H_r(x)$ในกรณีไม่มี และมีอาคารตั้งในตำแหน่งปัจจุบัน จากแบบจำลองผลต่างสืบเนื่อง



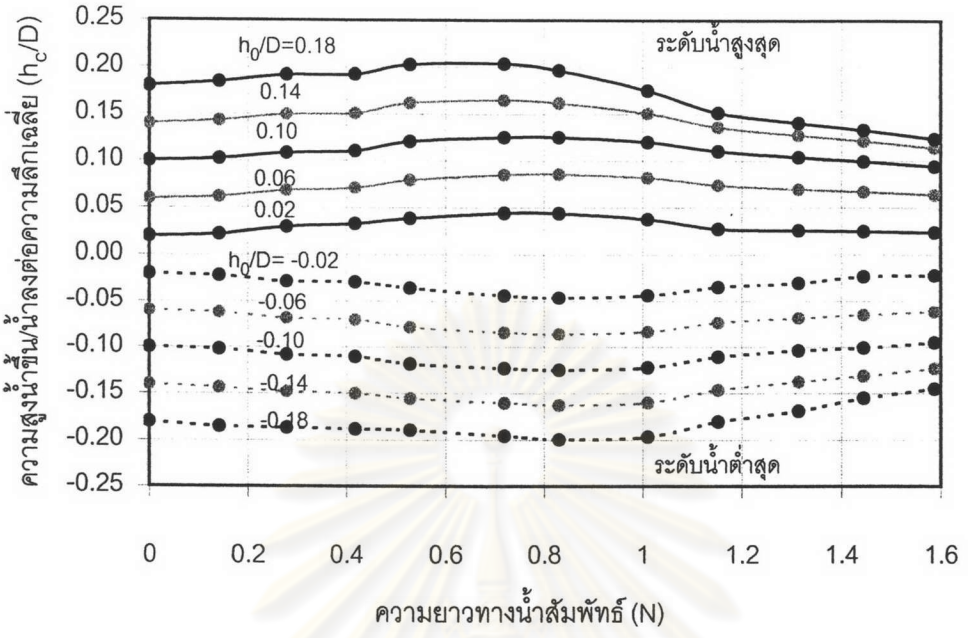
รูปที่ 6-10 อัตราส่วนคลื่นขยายที่ตำแหน่งอาคารกั้นลำน้ำ $H_r(C)$ ในกรณีไม่มีและมีอาคารในตำแหน่งต่างๆ จากแบบจำลองผลต่างสืบเนื่อง



รูปที่ 6-11 ความสัมพันธ์ระหว่าง ความสูงน้ำขึ้น/น้ำลงต่อความลึกเฉลี่ย (h_x/D) กับ ความยาวทางน้ำสัมพัทธ์ (N) กรณีไม่มีอาคาร



รูปที่ 6-12 ความสัมพันธ์ระหว่าง ความสูงน้ำขึ้น/น้ำลงต่อความลึกเฉลี่ย (h_x/D) กับ ความยาวทางน้ำสัมพัทธ์ (N) กรณีมีอาคารในตำแหน่งปัจจุบัน



รูปที่ 6-13 ความสัมพันธ์ระหว่าง ความสูงน้ำขึ้น/น้ำลงต่อความลึกเฉลี่ย (h_c/D) กับ ความยาวทางน้ำสัมพัทธ์ (N) กรณีมีอาคารกั้นลำน้ำในตำแหน่งต่างๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อพิจารณาความแตกต่างกรณีไม่มีและมีอาคาร ($\Delta H_r(c)$) พบว่า ตำแหน่ง N ที่ทำให้ $\Delta H_r(c)$ สูงสุดอยู่ระหว่าง 0.87-0.95 หรือคิดเป็นระยะประมาณ 68-74 กม.จากปากแม่น้ำ โดยมีค่า $\Delta H_r(c)$ เป็น 0.44-1.26 เมื่อ H_0/D มีค่า 0.35 – 0.05 ตามลำดับ นั่นคือ ผลของตำแหน่งอาคารกั้นลำน้ำทำให้พิสัยน้ำขึ้นน้ำลงเพิ่มขึ้นจากสภาพธรรมชาติประมาณ 1.54 – 0.63 ม.

ความสัมพันธ์ระหว่าง h_x/D กับ N แสดงในรูปที่ 6-13 เมื่อพิจารณาค่าระดับน้ำสูงสุด พบว่า ตำแหน่งอาคารที่ทำให้ระดับน้ำสูงสุดมีค่ามากที่สุด คือ ตำแหน่ง N ในช่วง 0.60-0.80 (40 – 55 กม.จากปากแม่น้ำ) และเมื่อพิจารณาค่าระดับน้ำต่ำสุดพบว่า ตำแหน่งอาคารที่ทำให้ระดับน้ำต่ำสุดมีค่าน้อยที่สุด คือ ตำแหน่ง N ในช่วง 0.85-0.90 (59 – 62 กม.จากปากแม่น้ำ)

6.3 เปรียบเทียบแบบจำลองฮาร์โมนิก กับแบบจำลองผลต่างสืบเนื่อง

การศึกษานี้ได้ใช้ 2 แบบจำลองในการวิเคราะห์ คือ แบบจำลองฮาร์โมนิก และแบบจำลองผลต่างสืบเนื่อง ในหัวข้อนี้เป็นการเปรียบเทียบแบบจำลองทั้งสอง

6.3.1 กรณีทางน้ำอย่างง่าย

การเปรียบเทียบแบบจำลองฮาร์โมนิก กับแบบจำลองผลต่างสืบเนื่องในกรณีทางน้ำอย่างง่าย เพื่อศึกษาถึง ผลของแบบจำลองทั้งสองเมื่อใช้ข้อมูลในการจำลองแบบเดียวกัน โดยการเปรียบเทียบได้ใช้แบบจำลองฮาร์โมนิกของแม่น้ำบางปะกง ซึ่งมีหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าคงรูปกว้าง 208 ม. และค่า Manning's n เท่ากับ 0.023 การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำท้ายน้ำเป็นฮาร์โมนิกอย่างง่ายคาบ 12.42 ชั่วโมง (คาบเท่ากับองค์ประกอบM_2) และได้สร้างแบบจำลองผลต่างสืบเนื่อง โดยใช้โปรแกนม ISIS ใช้ข้อมูลหน้าตัดและสัมประสิทธิ์ความเสียดทานเช่นเดียวกับแบบจำลองฮาร์โมนิก การคำนวณโดยแบบจำลองผลต่างสืบเนื่องใช้ช่วงเวลาในการคำนวณ 9 วินาที ระยะระหว่างหน้าตัด 10 กม. การเปรียบเทียบผลความสัมพันธ์ H_r – N ในกรณีมี และไม่มีอาคาร ของทั้งสองแบบจำลอง แสดงในรูปที่ 6-14

จากรูปที่ 6-14 เห็นได้ว่า

1. ในกรณีมีอาคาร ที่บริเวณปากแม่น้ำ ค่า H_r จากแบบจำลองฮาร์โมนิกมีค่าสูงกว่าแบบจำลองผลต่างสืบเนื่อง เนื่องจาก การคำนวณแรงเสียดทาน และการนำพาในแบบจำลองฮาร์โมนิกใช้การทำให้เป็นเชิงเส้น โดยใช้ความเร็วเฉลี่ยตลอดทางน้ำมาคำนวณ ดังนั้นที่ปากแม่น้ำซึ่งความเร็วจริงสูงกว่าความเร็วเฉลี่ยจึงคำนวณความเสียดทานได้ต่ำกว่าปกติ ค่า H_r จึงมีค่าสูง

2. ที่บริเวณอาคาร ค่า H_r จากแบบจำลองฮาร์โมนิกมีค่าต่ำกว่าแบบจำลองผลต่างสืบเนื่อง เนื่องจาก ความเร็วเฉลี่ยที่ใช้มีค่าสูงกว่าความเร็วจริง (ซึ่งที่อาคารมีค่าเป็นศูนย์) ดังนั้นที่อาคารจึงคำนวณความเสียดทานได้สูงกว่าปกติ ค่า H_r จึงมีค่าน้อย

3. ในกรณีไม่มีอาคาร แบบจำลองฮาร์โมนิกให้ค่าต่ำกว่าแบบจำลองผลต่างสืบเนื่องตลอดความยาวที่พิจารณา โดยมีแนวโน้มเข้าใกล้กันมากขึ้นเมื่อระยะทางเพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถอธิบายได้โดยเหตุผลข้างต้นคือ ในกรณีไม่มีอาคาร การวิเคราะห์โดยแบบจำลองฮาร์โมนิกได้สมมติให้ตำแหน่งอาคารอยู่ที่ระยะไกลมาก ทำให้ช่วงระยะลำน้ำที่พิจารณาตลอดช่วงได้ใช้ค่าความเร็วการไหลเฉลี่ยที่ต่ำกว่าความเร็วจริง การคำนวณแรงเสียดทาน และการนำพาของแบบจำลองฮาร์โมนิกจึงมีค่าน้อย และมีผลให้ค่า H_r น้อยกว่าแบบจำลองผลต่างสืบเนื่อง

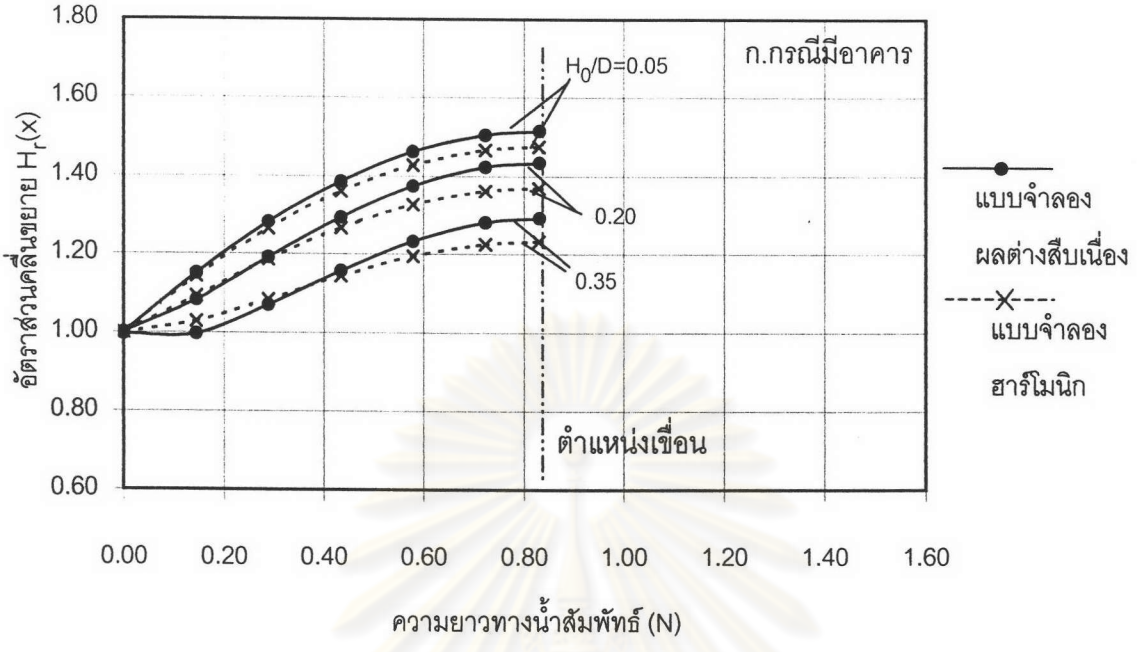
โดยสรุปแล้ว แบบจำลองฮาร์โมนิกให้ผลการวิเคราะค่า H_r สูงกว่าแบบจำลองผลต่างสืบเนื่องที่บริเวณปากแม่น้ำ และให้ค่าต่ำกว่าที่ปริเวณปลายปิด ซึ่งเป็นผลจากการใช้ความเร็วเฉลี่ยตลอดลำน้ำในการทำเทอมแรงเสียดทาน และการนำพาให้เป็นเชิงเส้น

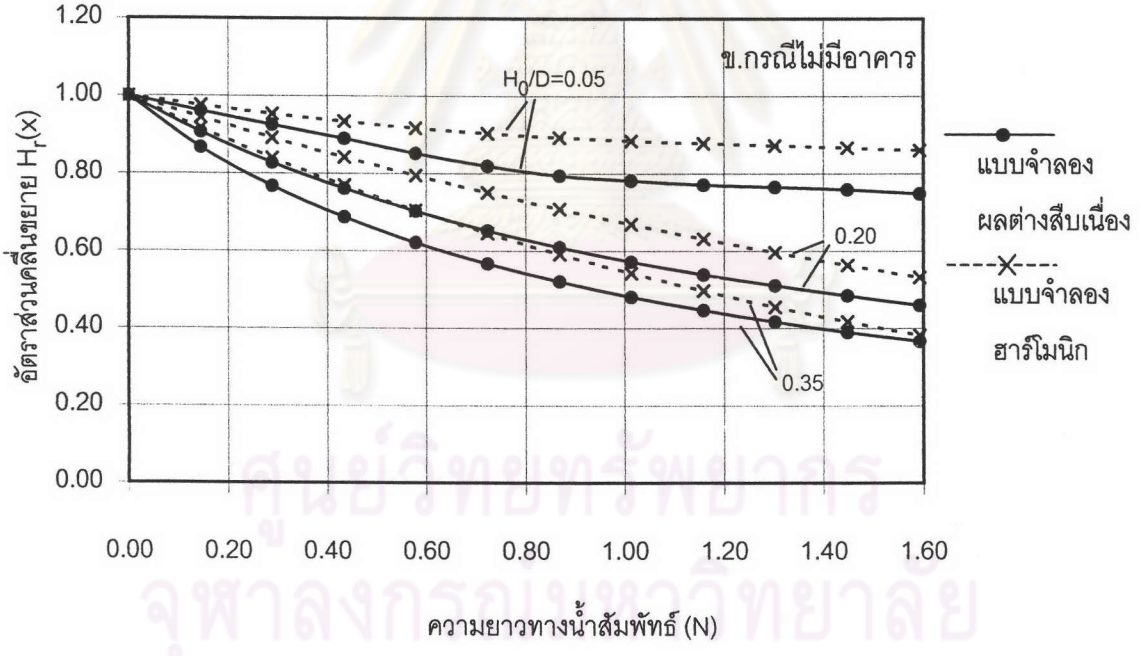
6.3.2 กรณีแม่น้ำบางปะกง

ความแตกต่างของผลการวิเคราะห์จากแบบจำลองทั้งสองได้แสดงในรูป 6-15 และ 6-16 โดยรูปที่ 6-15 ได้เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่าง H_r กับ N และ รูปที่ 6-16 ได้เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่าง H_0/D กับ $H_r(c)$ เมื่ออาคารอยู่ในตำแหน่งอาคารปัจจุบัน

จากรูปที่ 6-15ก.เห็นได้ว่า ในกรณีไม่มีอาคาร อัตราส่วนคลื่นขยาย (H_r) ที่คำนวณได้จากแบบจำลองทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกันเมื่อความยาวทางน้ำสัมพัทธ์ (N) มีค่าในช่วง 0 – 0.7 และเมื่อ N มีค่ามากขึ้น แบบจำลองทั้งสองให้ผลแตกต่างกันมากขึ้น(แบบจำลองผลต่างสืบเนื่องให้ค่าน้อยกว่า) โดยเฉพาะเมื่อพิสัยน้ำขึ้นน้ำลงมีค่าน้อย ซึ่งสาเหตุเกิดจาก ในแบบจำลองผลต่างสืบเนื่องที่ตำแหน่ง N=0.95 มีแม่น้ำสาขา(คลองท่าลาด) เข้าบรรจบกับแม่น้ำสายหลัก แต่ในแบบจำลองฮาร์โมนิกไม่ได้คำนึงถึงแม่น้ำสาขานี้

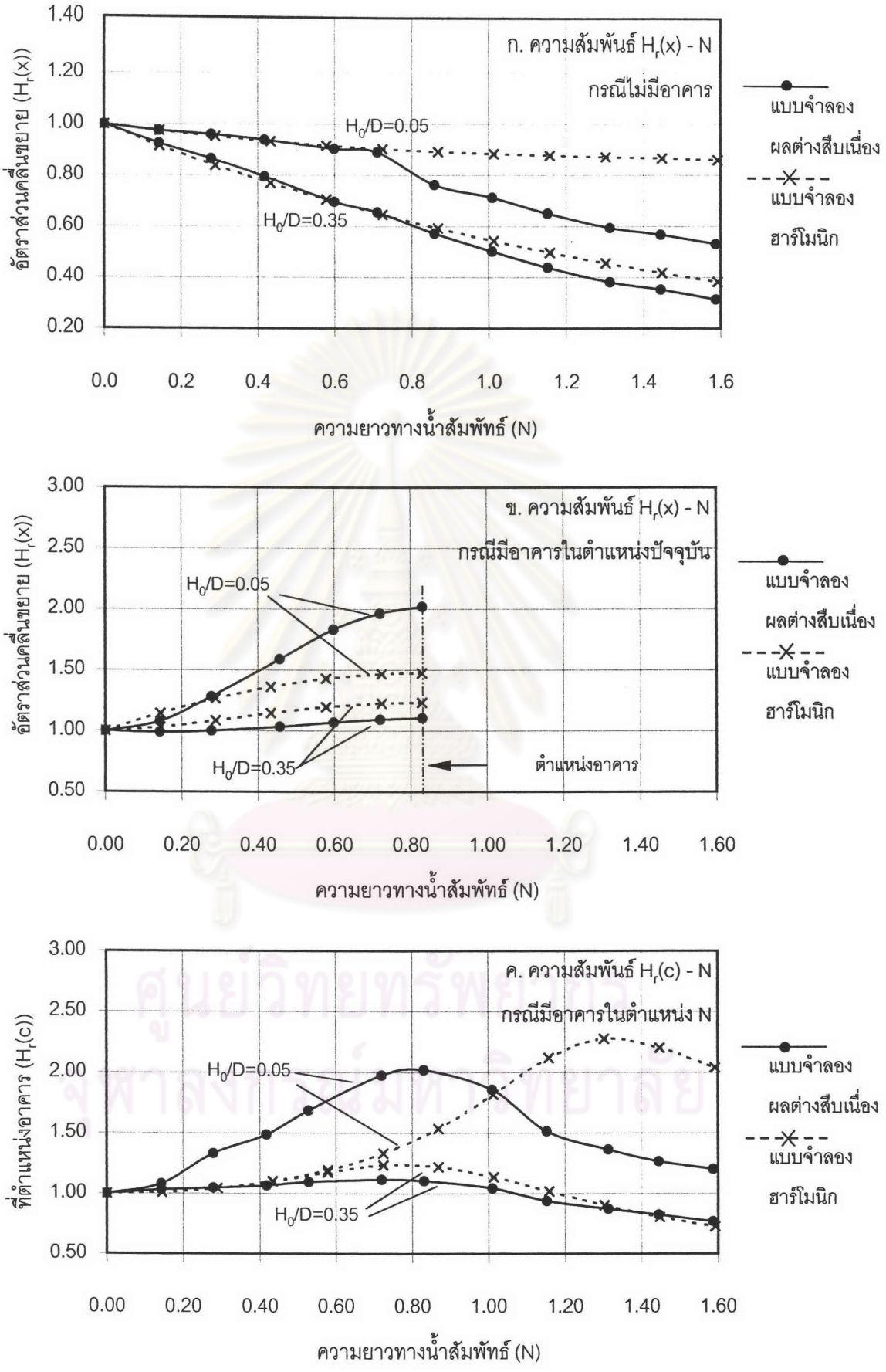
ในกรณีมีอาคารที่ตำแหน่งปัจจุบัน ดังแสดงในรูปที่ 6-15ข. และ 6-16 พบว่าเมื่อพิสัยน้ำขึ้นน้ำลงมีค่าน้อย (H_0/D เท่ากับ 0.05) ให้ผลการวิเคราะห์ที่แตกต่างกันมาก ($H_r(c)$ ต่างกัน 0.5) โดยค่าจากแบบจำลองผลต่างสืบเนื่องมีค่ามากกว่าแบบจำลองฮาร์โมนิก แต่เมื่อพิสัยน้ำขึ้นน้ำลงมีค่ามากขึ้น ความแตกต่างเริ่มน้อยลง และมีค่าใกล้เคียงกันที่ H_0/D เท่ากับ 0.10 เมื่อพิสัยน้ำขึ้นน้ำลงมีค่ามากขึ้นอีก ค่าจากแบบจำลองผลต่างสืบเนื่องเริ่มมีค่าน้อยกว่าแบบจำลองฮาร์โมนิก และความแตกต่างมีค่าคงที่ประมาณ 0.15 เมื่อ H_0/D มีค่าตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป



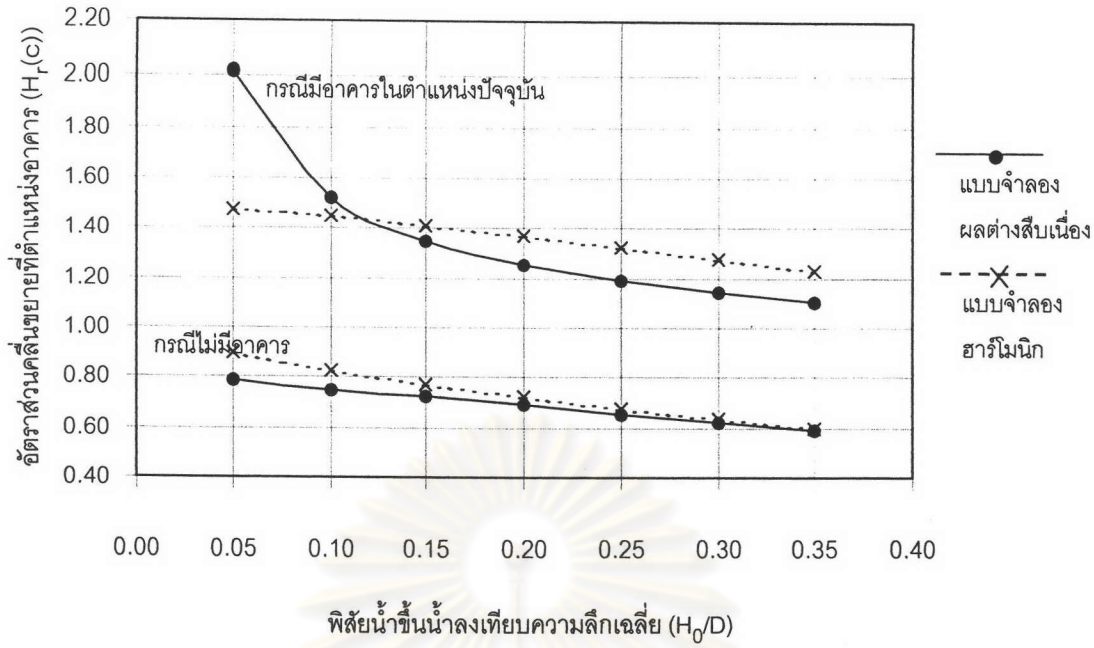


รูปที่ 6-14 เปรียบเทียบผลจากแบบจำลองฮาร์โมนิก กับ
แบบจำลองผลต่างสืบเนื่องกรณีทางน้ำอย่างง่าย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 6-15 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ H_r - N



รูปที่ 6-16 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ H_r(c) – H_0/D

รูปที่ 6-16 แสดงให้เห็นว่า เมื่อพิสัยน้ำขึ้นน้ำลงมีค่าน้อย ผลจากแบบจำลองผลต่าสืบเนื่องให้อัตราส่วนคลื่นขยายที่มีค่ามากอย่างเห็นได้ชัด (ดังชลภาพที่แสดงในรูปที่ 6-4) แต่ในแบบจำลองฮาร์โมนิกไม่แสดงลักษณะนี้ให้เห็นชัดเจน ซึ่งสาเหตุเกิดจากสมมติฐานที่แตกต่างกันของสองแบบจำลอง ได้แก่ การทำเทอมการนำพา และเทอมความเสียดทานให้เป็นเชิงเส้นของแบบจำลองฮาร์โมนิก และความแตกต่างของข้อมูลหน้าตัดที่ใช้

ในกรณีอาคารอยู่ในตำแหน่งต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 6-15ค. พบว่า ในกรณีพิสัยน้ำขึ้นน้ำลงมีค่ามาก ผลการวิเคราะห์จากสองแบบจำลองมีค่าใกล้เคียงกันทั้งในด้านตำแหน่งอาคารที่ทำให้ H_r(c) มีค่าสูงสุด และค่า H_r(c) สูงสุดที่เกิด (ค่า H_r(c) จากแบบจำลองฮาร์โมนิกมีค่าสูงกว่า 0.15) แต่ในกรณีพิสัยน้ำขึ้นน้ำลงมีค่าน้อยพบว่า ผลการวิเคราะห์จากสองแบบจำลองมีค่าแตกต่างกัน โดยในด้านตำแหน่งอาคาร แบบจำลองฮาร์โมนิกให้ค่า N มากกว่าแบบจำลองผลต่างสืบเนื่องประมาณ 0.5 (ตำแหน่งห่างจากปากแม่น้ำมากกว่าแบบจำลองผลต่างสืบเนื่องประมาณ 35 กม.) ส่วนในด้านค่า H_r(c) สูงสุดที่เกิดพบว่าค่าจากแบบจำลองฮาร์โมนิกให้ค่าสูงกว่า 0.30 ซึ่งสาเหตุความต่างนี้ นอกจากเกิดจากความแตกต่างทางสมมติฐานและข้อมูลที่ใช้แล้ว ยังเกิดจากผลของแม่น้ำสาขาที่มาเชื่อมต่ออีกด้วย

จากการเปรียบเทียบ เห็นได้ว่า แบบจำลองฮาร์โมนิกให้ผลต่างจากแบบจำลองผลต่างสืบเนื่อง เพราะความแตกต่างของสมมติฐาน(การทำเทอมการนำพา และแรงเสียดทานให้เป็นเชิงเส้น) รูปร่างหน้าตัด และโครงข่ายแม่น้ำ ซึ่งการศึกษานี้เสนอให้ใช้ค่าจากแบบจำลองผลต่างสืบเนื่อง เนื่องจากสามารถวิเคราะห์ผลของลักษณะกายภาพได้มากกว่า อย่างไรก็ตาม แบบจำลองฮาร์โมนิกมีข้อได้เปรียบในด้านความสะดวกในการใช้งาน เพราะขั้นตอนการวิเคราะห์ไม่ซับซ้อน และในกรณีที่ข้อมูลกายภาพมีน้อย (เช่น มีเพียงความกว้างลำน้ำเฉลี่ย) แบบจำลองฮาร์โมนิกสามารถให้ผลการวิเคราะห์ใกล้เคียงกับ

แบบจำลองผลต่างสืบเนื่องที่ใช้ข้อมูลเดียวกัน ดังนั้นในการวิเคราะห์คำตอบเบื้องต้น แบบจำลองฮาร์โมนิกสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ดี ข้อดี และข้อจำกัดของแบบจำลองฮาร์โมนิก กับแบบจำลองผลต่างสืบเนื่องแสดงดังตารางที่ 6-8

ตารางที่ 6-8 เปรียบเทียบข้อดี และข้อจำกัดของแบบจำลองฮาร์โมนิก กับแบบจำลองผลต่างสืบเนื่อง

	แบบจำลองฮาร์โมนิก	แบบจำลองผลต่างสืบเนื่อง
ข้อดี	1. การคำนวณไม่ซับซ้อน 2. สะดวกในการทำความเข้าใจผลของตัวแปรทางชลศาสตร์ เช่น ผลของอัตราการไหล ความกว้างลำน้ำ สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน เป็นต้น 3. ไม่มีปัญหาด้านความคลาดเคลื่อนจากวิธีเชิงตัวเลข	1. สามารถวิเคราะห์ผลของสภาพทางกายภาพได้ดี โดยสามารถใช้หน้าตัดลำน้ำจริง โครงข่ายลำน้ำจริง 2. ค่าขอบเขตสามารถจำลองให้ใกล้เคียงสภาพจริงได้มาก 3. สามารถประยุกต์ใช้กับการวิเคราะห์อื่น เช่น ผลการควบคุมอาคารชลศาสตร์ เป็นต้น
ข้อจำกัด	1. ค่าขอบเขตที่ใช้ต้องเป็นฮาร์โมนิกอย่างง่าย 2. มีข้อจำกัดด้านโครงข่ายและหน้าตัดลำน้ำ 3. ความคลาดเคลื่อนจากการคำนวณเพิ่มขึ้น เมื่อ สภาพจริงต่างจากสมมติฐาน เช่นอัตราการไหลสูงมาก จนระดับน้ำเฉลี่ยมีค่าไม่คงที่ตามระยะทาง	1. การคำนวณซับซ้อน ใช้เวลาคำนวณนาน 2. อาจเกิดความคลาดเคลื่อนเชิงตัวเลขหากใช้วิธีคำนวณไม่เหมาะสม 3. ยากในการทำความเข้าใจผลของตัวแปรทางชลศาสตร์

6.4 การประยุกต์ใช้ผลการศึกษา

ผลการศึกษาที่ได้สามารถใช้ในการหาพิสัย และระดับน้ำสูงสุด ต่ำสุด ที่ตำแหน่งต่างๆบนลำน้ำเมื่อทราบพิสัย และระดับน้ำสูงสุด ต่ำสุดที่สถานีวัดระดับน้ำบางปะกง ในหัวข้อนี้ได้แสดงตัวอย่างการประยุกต์ใช้กับกรณีการปิดบานระบายเขื่อนทดน้ำบางปะกง เมื่อวันที่ 26 –27 สิงหาคม พ.ศ. 2542 และการหาระดับน้ำสูงสุดต่ำสุด ตามระยะทางของแม่น้ำบางปะกง

6.4.1 ระดับน้ำเมื่อปิดบานระบายเขื่อนทดน้ำบางปะกง

เมื่อวันที่ 26 –27 สิงหาคม พ.ศ. 2542 กรมชลประทานได้ทดสอบการเปิดปิดบานระบาย โดยมีช่วงเวลาที่ปิดบานสนิทในช่วง 17.00 ถึง 21.00 น. ของวันที่ 26 สิงหาคมและ 11.00 น. ถึง 15.00 น. ของวันที่ 27 สิงหาคม ซึ่งช่วงเวลาดังกล่าวได้มีการบันทึกระดับน้ำที่ท้ายเขื่อน โดยระดับน้ำสูงสุดของวันที่ 26 สิงหาคม ที่ท้ายเขื่อนมีค่า 1.71 ม.รทก. และระดับน้ำต่ำสุดของวันที่ 27 สิงหาคม ที่ท้ายเขื่อนมีค่า –1.60 ม.รทก.

ในวันที่ 26 สิงหาคม พ.ศ. 2542 ระดับน้ำต่ำสุดและสูงสุด ที่สถานีวัดระดับน้ำบางปะกงมีค่า –1.21 และ 1.51 ม.รทก. ตามลำดับ คิดเป็นระดับน้ำเฉลี่ย ML ประมาณ 0.5x(1.54+(-1.21)) = 0.15 ม.รทก. และมีความลึกเฉลี่ย D = 9.6+0.15 = 9.75 ม. ความสูงระดับน้ำสูงสุดจากระดับน้ำเฉลี่ย h_0=1.51–0.15=1.39 ม.คิดเป็น h_0/D = 1.39/9.75 = 0.14

จากรูปที่ 6.12 เมื่อ h_0/D มีค่า 0.14 ได้ค่า h_x/D ที่ตำแหน่งเขื่อน (N=0.83) มีค่าเป็น 0.16 ดังนั้นความสูงน้ำขึ้นน้ำลงที่ตำแหน่งเขื่อนมีค่า h_x = 0.16x9.75 = 1.56 ม. และระดับน้ำสูงสุดมีค่าเป็น 1.56+0.15 = 1.71 ม.รทก.

ในวันที่ 27 สิงหาคม พ.ศ. 2542 ระดับน้ำต่ำสุดและสูงสุด ที่สถานีวัดระดับน้ำบางปะกงมีค่า –1.39 และ 1.50 ม.รทก. ตามลำดับ คิดเป็นระดับน้ำเฉลี่ย ML ประมาณ 0.5x(1.50+(-1.39)) = 0.06 ม.รทก. และมีความลึกเฉลี่ย D = 9.6+0.06 = 9.66 ม. ความสูงระดับน้ำต่ำสุดจากระดับน้ำเฉลี่ย h_0=0.06–1.39 = -1.45ม. คิดเป็น h_0/D = -1.45/9.66 = -0.15

จากรูปที่ 6.12 เมื่อ h_0/D มีค่า –0.15 ได้ค่า h_x/D ที่ตำแหน่งเขื่อน (N=0.83) มีค่าเป็น –0.17 ดังนั้นความสูงน้ำขึ้นน้ำลงที่ตำแหน่งเขื่อนมีค่า h_x = -0.17x9.66 = -1.64 ม. และระดับน้ำต่ำสุดมีค่าเป็น-1.64+0.06 = -1.58 ม.รทก.

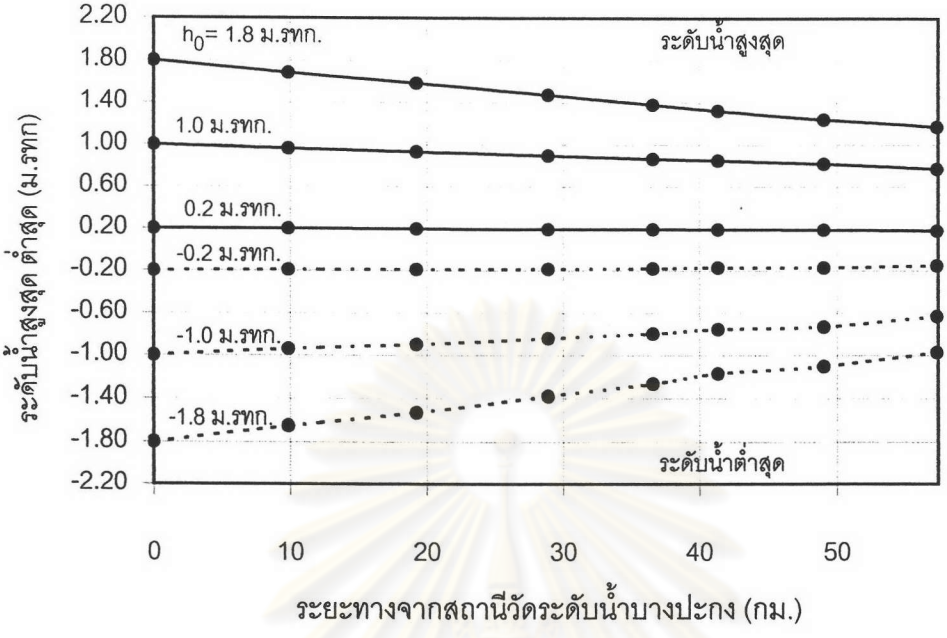
การคำนวณโดยใช้รูปที่ 6.12 ได้ค่าระดับน้ำสูงสุดท้ายเขื่อนทดน้ำบางปะกงในวันที่ 26 สิงหาคม เป็น 1.71 ม.รทก. และได้ค่าระดับน้ำต่ำสุดในวันที่ 27 สิงหาคม เป็น –1.58 ม.รทก. ซึ่งใกล้เคียงกับข้อมูลวัดจริงซึ่งมีค่า 1.71 ม.รทก. และ –1.60 ม.รทก. ตามลำดับ

6.4.2 ระดับน้ำสูงสุดต่ำสุด ตามระยะทาง

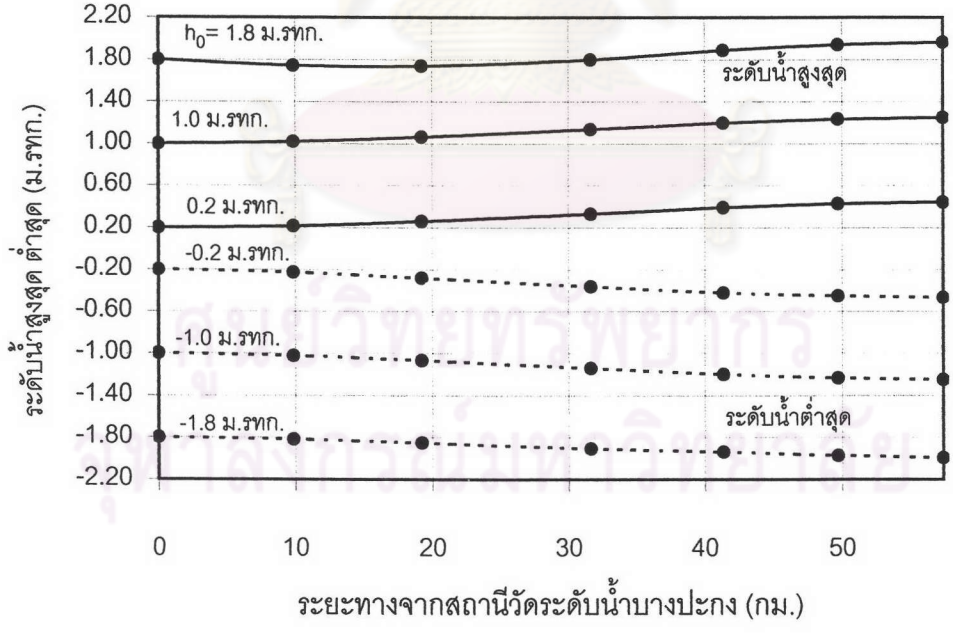
จากผลการศึกษาสามารถหาระดับน้ำสูงสุดต่ำสุดตามระยะทางของแม่น้ำบางปะกง กรณีไม่มี และมีอาคาร โดยสมมติให้ระดับน้ำเฉลี่ยที่สถานีวัดระดับน้ำบางปะกงมีค่า 0.17 ม.รทก. (เท่ากับค่าเฉลี่ยช่วง ปี พ.ศ. 2524 - 2544) ซึ่งได้ความลึกเฉลี่ยเป็น 9.6+0.17 = 9.77 ม. จากความสัมพันธ์ในรูปที่ 6-11 และ 6-12 ได้ระดับน้ำสูงสุด และระดับน้ำต่ำสุดตามระยะทาง เมื่อระดับน้ำที่ปากแม่น้ำมีค่าต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 6-17 และ 6-18

จากรูปที่ 6-17 และ 6-18 เห็นได้ว่า ในกรณีไม่มีอาคาร เมื่อระดับน้ำสูงสุดที่สถานีวัดระดับน้ำบางปะกงมีค่า +1.80 ม.รทก. ระดับน้ำที่ตำแหน่งอาคารมีค่า +1.23 ม.รทก. และในกรณีมีอาคาร ระดับน้ำสูงสุดมีค่า +1.96 ม.รทก.

ในกรณีไม่มีอาคาร เมื่อระดับน้ำต่ำสุดที่สถานีวัดระดับน้ำบางปะกงมีค่า -1.80 ม.รทก. ระดับน้ำที่ตำแหน่งอาคารมีค่า -1.10 ม.รทก. และในกรณีมีอาคาร ระดับน้ำต่ำสุดมีค่า -1.99 ม.รทก.



รูปที่ 6-17 ระดับน้ำสูงสุด ต่ำสุด ตามระยะทาง กรณีไม่มีอาคาร



รูปที่ 6-18 ระดับน้ำสูงสุด ต่ำสุด ตามระยะทาง กรณีมีอาคาร