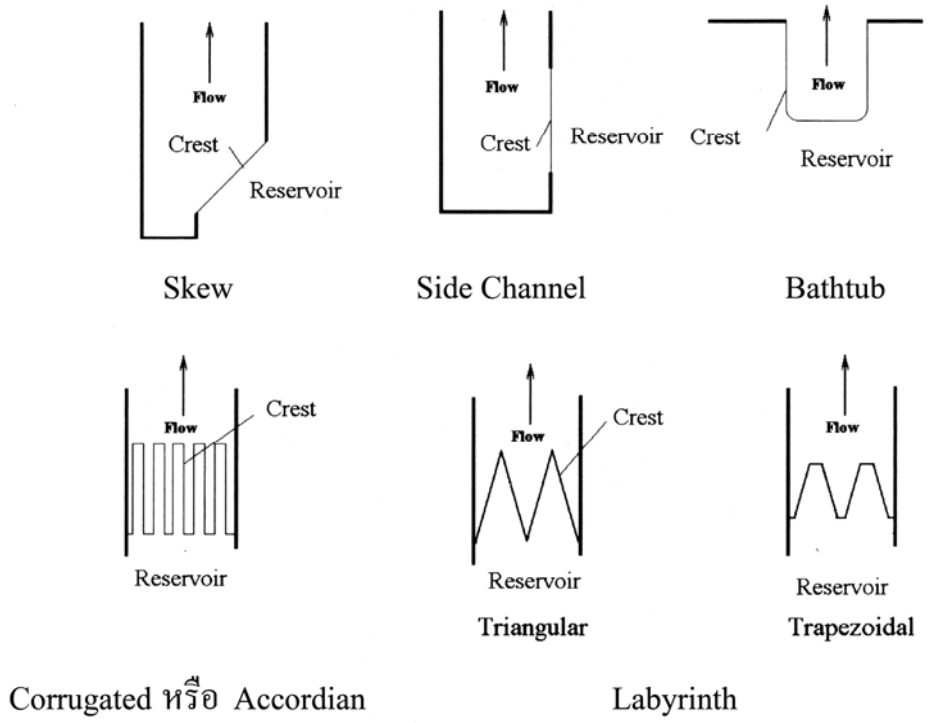
การออกแบบชลศาสตร์ฝายหยัก

(Hydraulic Design of Labyrinth Weir)

สุรพล ชุณหะวัต

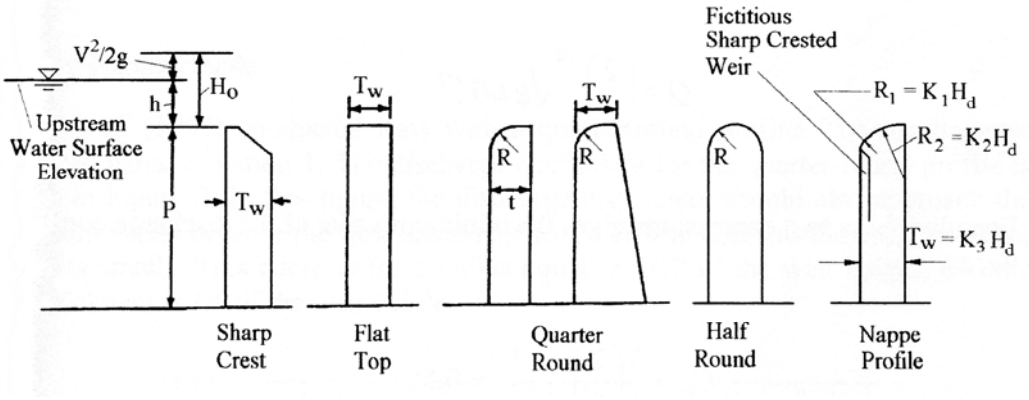
ทางระบายน้ำล้น (Spillway) ส่วนใหญ่จะประกอบด้วยฝายรูปแบบใดรูปแบบหนึ่ง ปกติฝายมักจะถูกวางให้ตั้งฉากกับทิศทางการไหลของน้ำ องค์ประกอบสำคัญในการกำหนดรูปแบบของฝายเพื่อให้ปริมาณน้ำที่ต้องการไหลผ่านไปได้ คือ อัตราส่วนความสูงของน้ำที่ไหลข้ามฝายกับความสูงของตัวฝาย ลักษณะสันฝายและความยาวสันฝาย ในบรรดาองค์ประกอบเหล่านี้ ส่วนที่สามารถผันแปรได้และเกิดผลต่อปริมาณน้ำที่ไหลผ่านที่สำคัญที่สุด คือ ความยาวสันฝาย

เมื่อความกว้างของทางเข้าหรือทางออกของทางน้ำมีความจำกัด ไม่สามารถขยายให้มากกว่านั้นได้ วิธีการเพิ่มความยาวสันฝาย มีหลายวิธี เช่น ทำให้สันฝายเอียงทำมุมกับแนวศูนย์กลางของทางน้ำเรียกว่า Skew Weir เมื่อเอียงจนขนานกับแนวศูนย์กลางก็จะเป็นแบบที่เรียกว่า Side Channel Weir บางครั้งก็มีการออกแบบให้เป็นแบบคล้ายอ่างอาบน้ำที่เรียกว่า Bathtub Weir เมื่อนำ Bathtub หลาย ๆ อันมาต่อด้านข้างให้ติดกันก็จะมีชื่อเรียกว่า Corrugated Weir หรือ เรียกว่า Accordian Weir



Labyrinth Weir มีลักษณะของสันฝายที่เมื่อมองจากด้าน Plan แล้วจะมีการพับไปมาอาจเป็นรูปสี่เหลี่ยม สามเหลี่ยมหรือสี่เหลี่ยมคางหมูก็ได้ ผู้เขียนบทความนี้เคยได้อธิบายไว้ในวารสาร วิศว.มก.60 ฉบับที่ 9 วันที่ 5 พฤษภาคม 2538 ไว้ครั้งหนึ่งแล้วว่า เนื่องจากยังไม่เคยทราบว่ามีการกำหนดชื่อเรียกของฝายแบบนี้ในภาษาไทย ในตอนแรกคิดจะเรียกว่าฝายสันพับตามลักษณะที่สันฝายทบไปมาในแนว Plan แต่เกรงว่าจะไปสับสนกับฝายชนิดที่ล้มตัวเองได้ (Collapsible Weir) จึงเรียกว่าฝายหยัก ตามลักษณะที่หยักไปมาตามแนว Plan นั่นเอง

เมื่อเทียบกับอาคารชลศาสตร์อื่น ๆ แล้วต้องถือว่าฝายหยักเป็นอาคารใหม่ เพราะว่ามีผู้เริ่มศึกษาทดลองในขั้นที่มีการอ้างอิงได้ชัดเจนมาเมื่อประมาณ 35 ปีนี่เอง หลังจากนั้นก็มีผู้ศึกษาและคิดวิธีการออกแบบอาคารแบบนี้ต่อมาอีกหลายราย

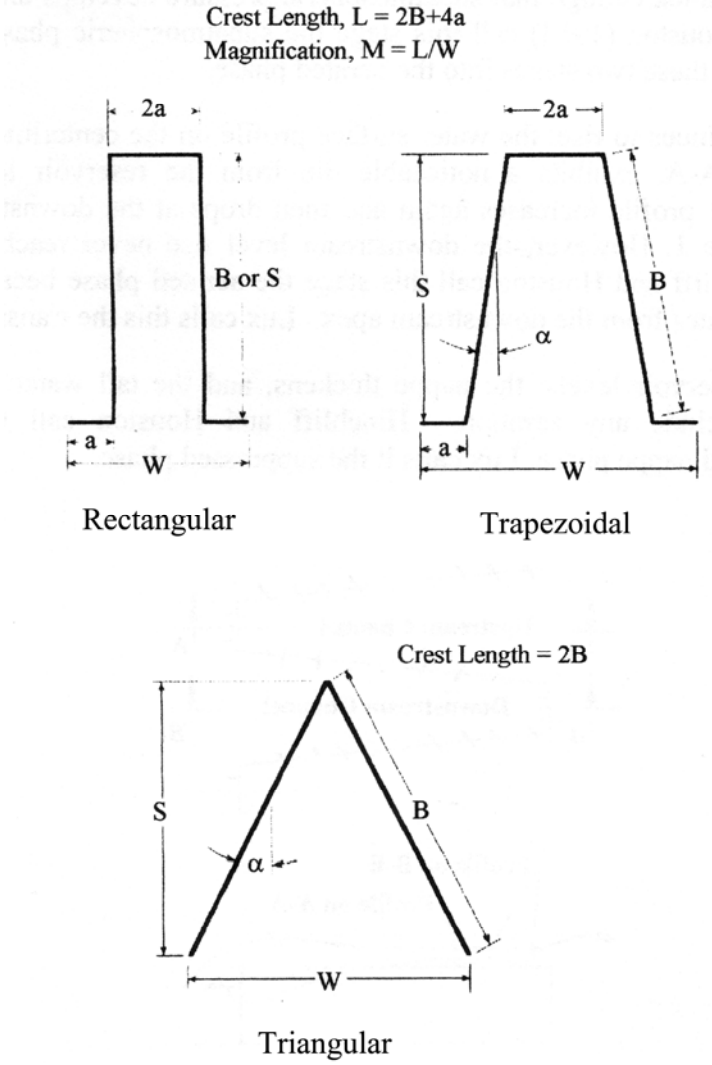


รูปแบบของสันฝายมีหลายรูปแบบตามที่แสดงไว้ในรูปข้างบน โดยที่มีผู้ศึกษาในเรื่องฝายหยักหลายคนต่างก็ศึกษาตามแนวคิดของตน จึงมีหลายรูปแบบและเพื่อให้ความเข้าใจในเรื่องเกี่ยวกับฝายหยักนี้ชัดเจนจะต้องขอทบทวนความรู้เดิมของท่านผู้อ่านว่า เราจะเรียกความสูงของน้ำที่ไหลข้ามสันฝายว่า Head และใช้ตัวย่อว่า h เมื่อนำเอา Velocity head ($V^2/2g$) รวมเข้าไปกับความสูง h จะเป็นความสูงของพลังงานที่ตำแหน่งนั้น ความสูงนี้จะถูกเรียกว่า Total Head และใช้ตัวย่อว่า H_O เหตุที่ต้องเพิ่มเติมเรื่องนี้ให้ชัดเจนก็เพราะในการศึกษาของผู้ทดลองต่าง ๆ มีการใช้ทั้ง h และ H_O ในการคำนวณ

คุณสมบัติขั้นพื้นฐานของฝายหยักที่เกี่ยวข้องกับปริมาณน้ำที่จะไหลข้ามไปได้ประกอบด้วย ความสูงของฝาย (P) ความลึกของน้ำด้านเหนือน้ำของฝาย (h) ความกว้างของฝาย (W) ความยาวสันฝายของฝายหยัก (L) และรูปร่างของฝายหยัก (Shape) ทำให้แสดงเป็นความสัมพันธ์ได้ว่า

$$Q = f(h/P, L/W, Shape) \quad \text{.....(1)}$$

รูปร่างของฝายหยัก (Shape) อาจจะเป็น สี่เหลี่ยมผืนผ้า (Rectangular) สี่เหลี่ยมคางหมู (Trapezoidal) หรือสามเหลี่ยม (Triangular)

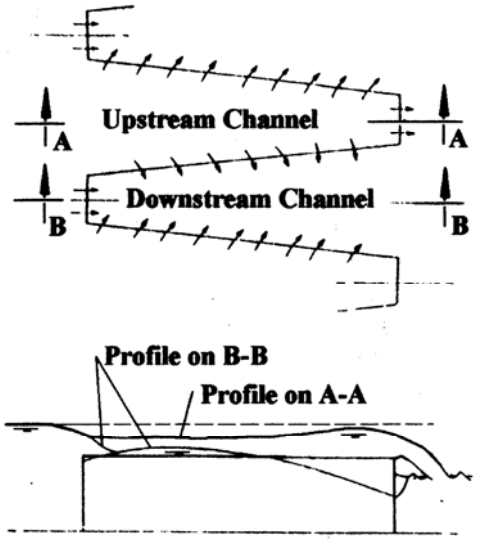


จากการวิเคราะห์เกี่ยวกับฝายหยักทำให้ทราบว่ามุมของฝายกับทิศทางการไหลด้านเหนือน้ำมีอิทธิพลต่อปริมาณน้ำที่ไหลข้ามฝายเป็นอย่างมาก สำหรับฝายสามเหลี่ยม

$$\alpha_{max} = \arcsin(W / L) \quad \text{.....(2)}$$

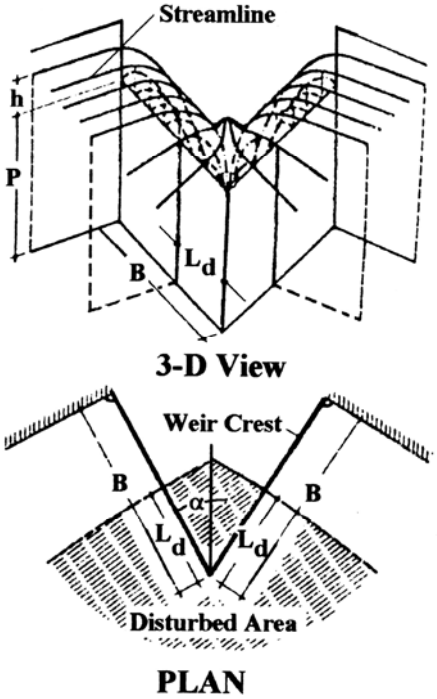
มุมที่คำนวณได้จากสมการนี้คือมุมสูงสุดที่จะทำได้ สำหรับฝายรูปสี่เหลี่ยมคางหมูมุมนั้นจะเป็น

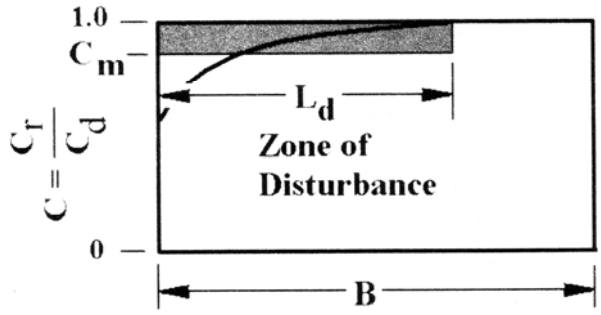
$$\alpha = \arcsin\left(\frac{W - 4a}{L - 4a}\right) \quad \text{.....(3)}$$

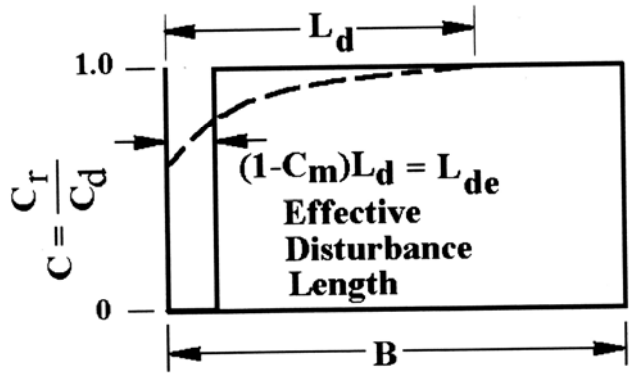


รูปแสดงลักษณะผิวน้ำที่แนวศูนย์กลางระหว่างกำแพงทั้งสองด้าน

เนื่องจากฝายหยักประกอบด้วยสันฝายที่มีมุมหักในแนวแปลน การไหลของน้ำที่ผ่านสันฝายบริเวณที่เป็นส่วนมุมหักนี้และบริเวณใกล้เคียงจึงต่างจากการไหลของน้ำที่ผ่านสันฝายบริเวณที่เป็นเส้นตรง การไหลแบบนี้จะเกิดขึ้นในช่วงความยาวหนึ่งของสันฝาย ความยาวนี้เรียกว่า Nappe Interference (L_d) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับ ความสูงน้ำที่ไหลข้ามสันฝาย ความสูงฝาย และ มุมของฝาย L_dนี้มีผลให้น้ำไหลข้ามฝายได้น้อยลง







รูปแสดงการเกิด Nappe Interference

Design Curve ที่ได้มาจากการทดลองต่าง ๆ

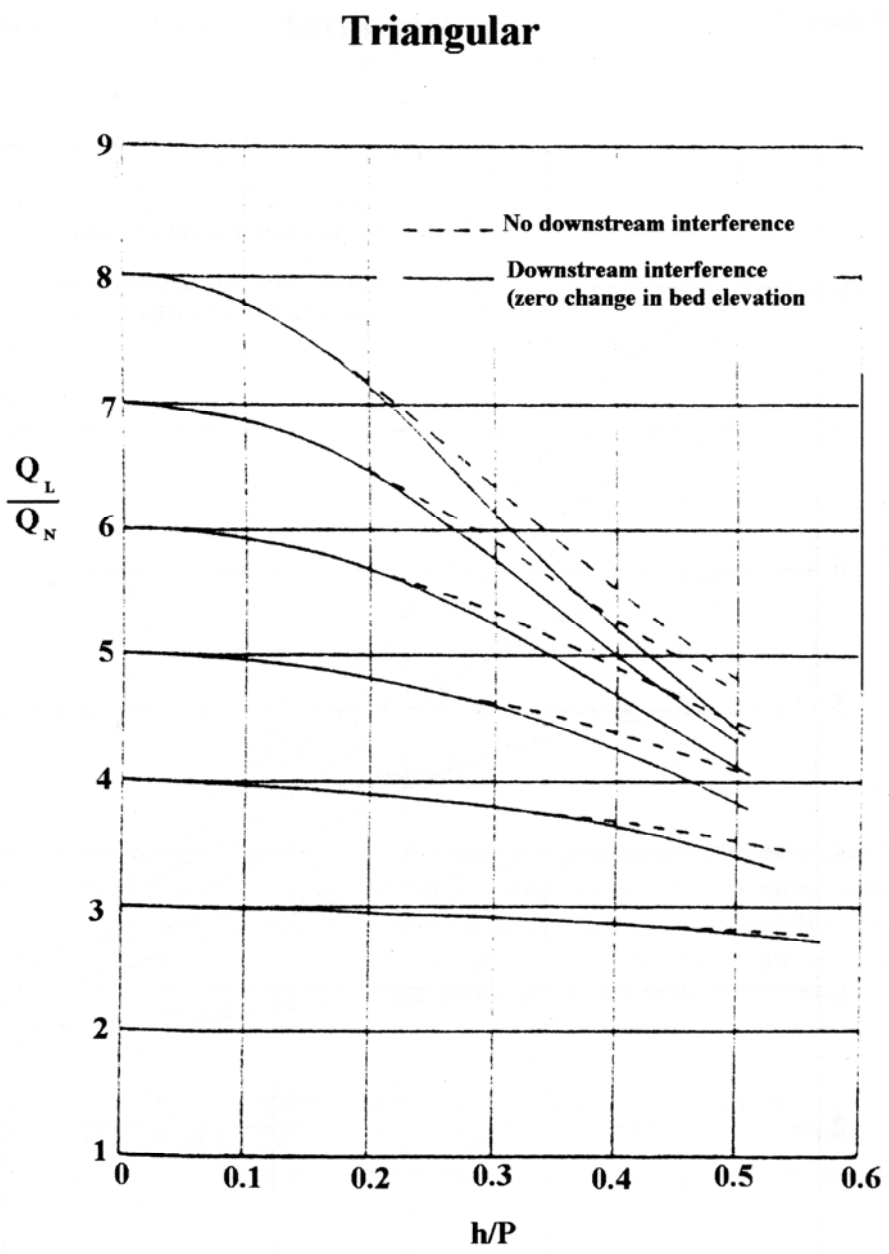
N. Hay และ G. Taylor ได้ศึกษาเมื่อ 1970 สรุปผลว่า

$$\frac{Q_L}{Q_N} = f(h/P, Shape) \quad \text{.....(4)}$$

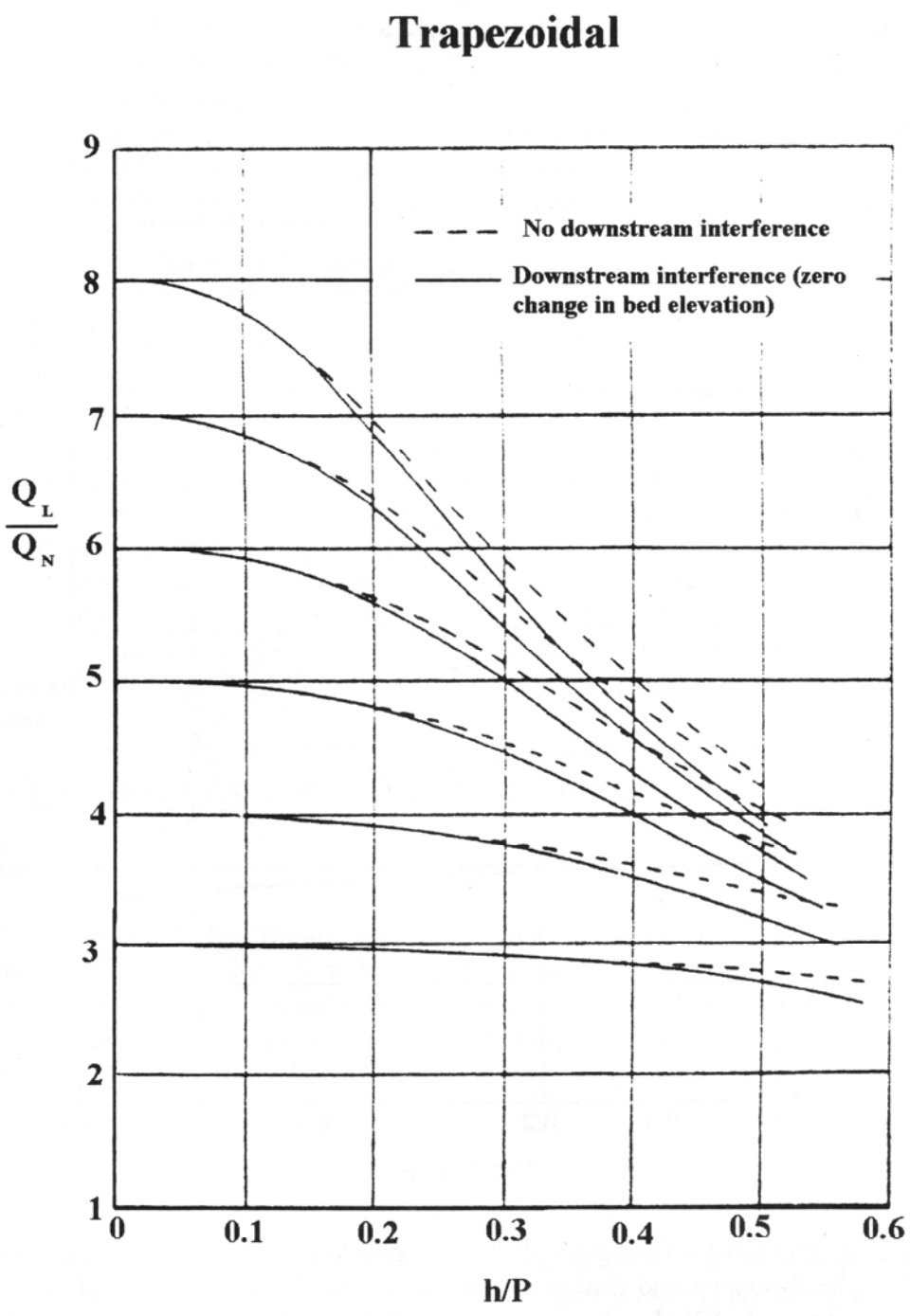
เมื่อ Q_L = ปริมาณน้ำทั้งหมดที่ไหลผ่านฝายหยัก

Q_N = ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านฝายธรรมดาที่มีความกว้างเท่าฝายหยัก

h = ความสูงน้ำเหนือฝาย



Design Curve ฝาย Sharp Crest รูปสามเหลี่ยม ของ Hay และ Taylor (1970)



Design Curve ฝาย Sharp Crest รูปสี่หลี่ยมคางหมู ของ Hay และ Taylor (1970)

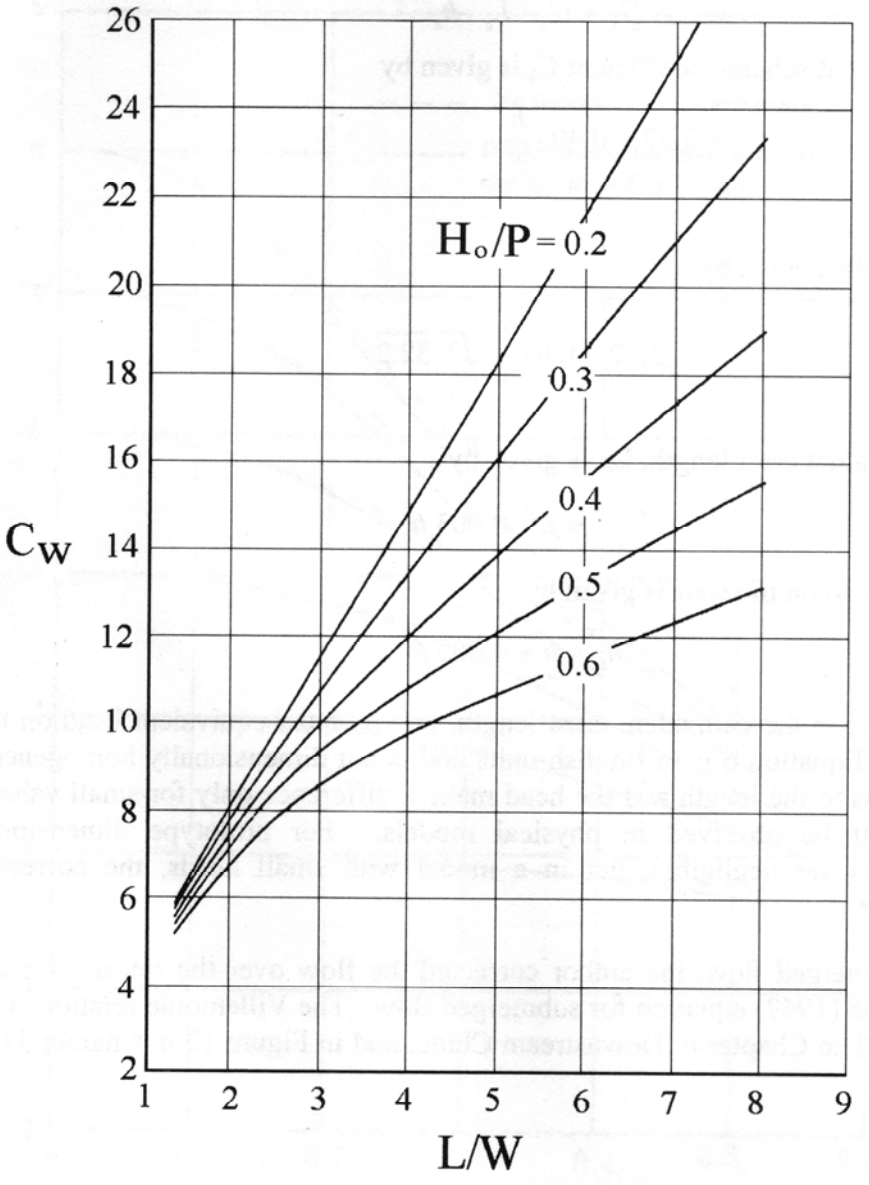
L.A. Darvas ได้ผลการศึกษาเมื่อ 1971 เสนอหลักการเกี่ยวกับค่าสัมประสิทธิ์การไหลของฝายหยักว่า

$$C_W = \frac{Q_L}{W \cdot H_O^{1.5}} \quad \text{.....(5)}$$

เมื่อ Q_L= ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านฝายหยักทั้งหมด มีหน่วยเป็น ลบ.ฟุต / วินาที

W = ความกว้างทั้งหมดของฝายหยัก มีหน่วยเป็น ฟุต

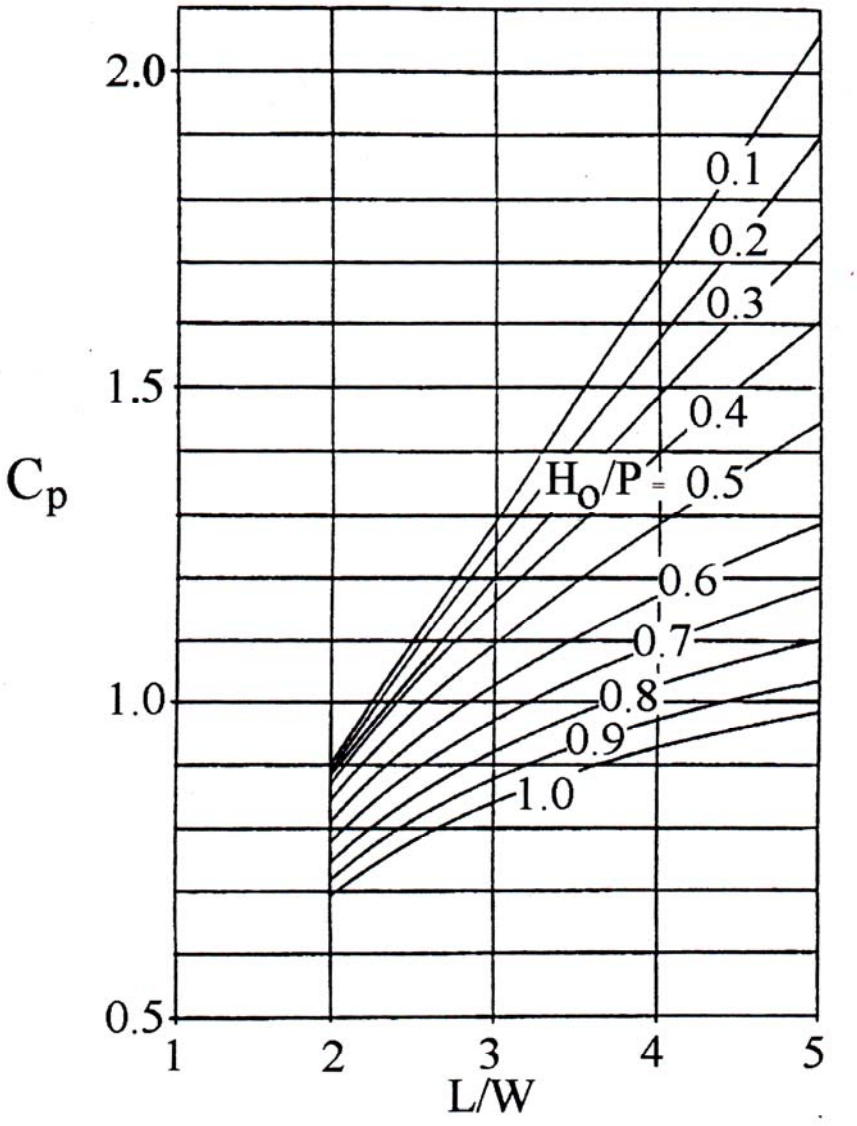
H_O= Total Head ของฝาย มีหน่วยเป็น ฟุต



Design Curve ของ L.A. Darvas (1971)

เมื่อ 1989 A.P. Megalhaes และ M. Lorena ได้พัฒนา Design Curve ที่มีลักษณะคล้ายกับของ L.A. Darvas ที่ได้ทำไว้เมื่อ 1971 มีข้อแตกต่างกันที่สำคัญ คือ ค่าสัมประสิทธิ์การไหลของ Megalhaes และ Lorena ไม่มีหน่วย ดังนี้

$$C_P = \frac{Q_L}{W\sqrt{2g}H_O^{1.5}} \quad \text{.....(6)}$$



Design Curve ของ A.P. Megalhaes และ M. Lorena (1989)

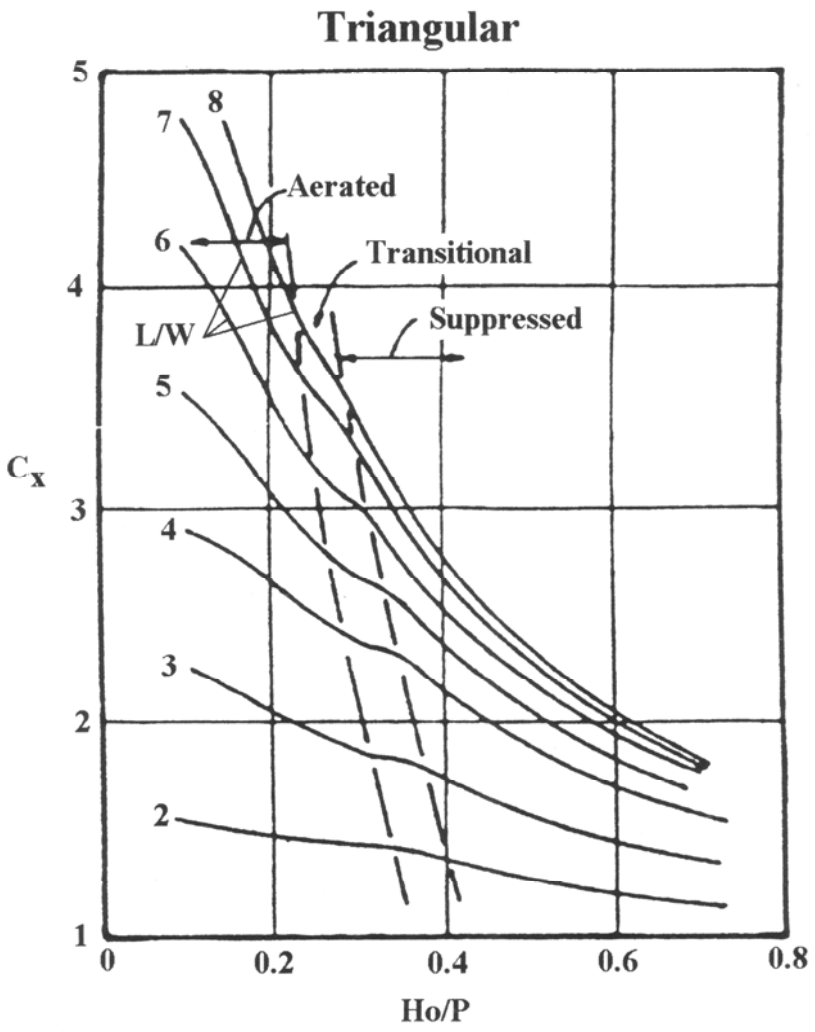
ในปีเดียวกัน (1989) F. Lux และ D.L. Hinchliff ได้นำเสนอวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์การไหลอีกวิธีหนึ่ง โดยใช้วิธีการคำนวณค่าต่อ 1 Cycle และใช้ Total Head ด้านเหนือน้ำในการคำนวณ ดังนี้

$$Q_C = C_x\left(\frac{W_C / P}{W_C /(P+k)}\right) W_C \cdot H_O \cdot \sqrt{g \cdot H_O} \quad \text{.....(7)}$$

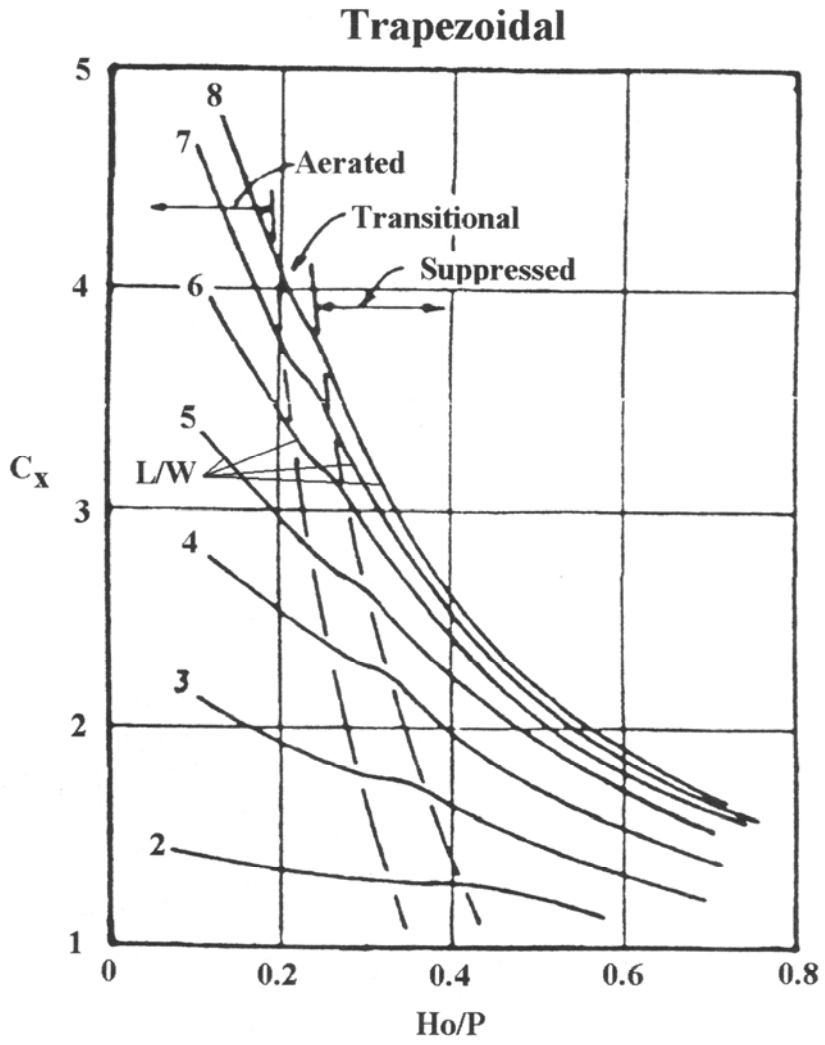
เมื่อ Q_C = ปริมาณน้ำ 1 Cycle Wc = ความกว้าง 1 Cycle k = Shape Constant H_O = Total Head ด้านเหนือน้ำ Lux พบว่า k มีค่า 0.18 สำหรับฝายหยักรูปสามเหลี่ยม ฝายรูปสี่เหลี่ยมคางหมูที่มีอัตราส่วน a/W_C เท่ากับ 0.0765 มีค่า k เป็น 0.10

เมื่อฝายหยักประกอบด้วยหลาย Cycle ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านฝายหยักที่มีจำนวน n Cycle จะเป็น

$$Q_L = Q_C \cdot n \quad \text{.....(8)}$$



Design Curve ของ F. Lux และ D.L. Hinchliff (1989)

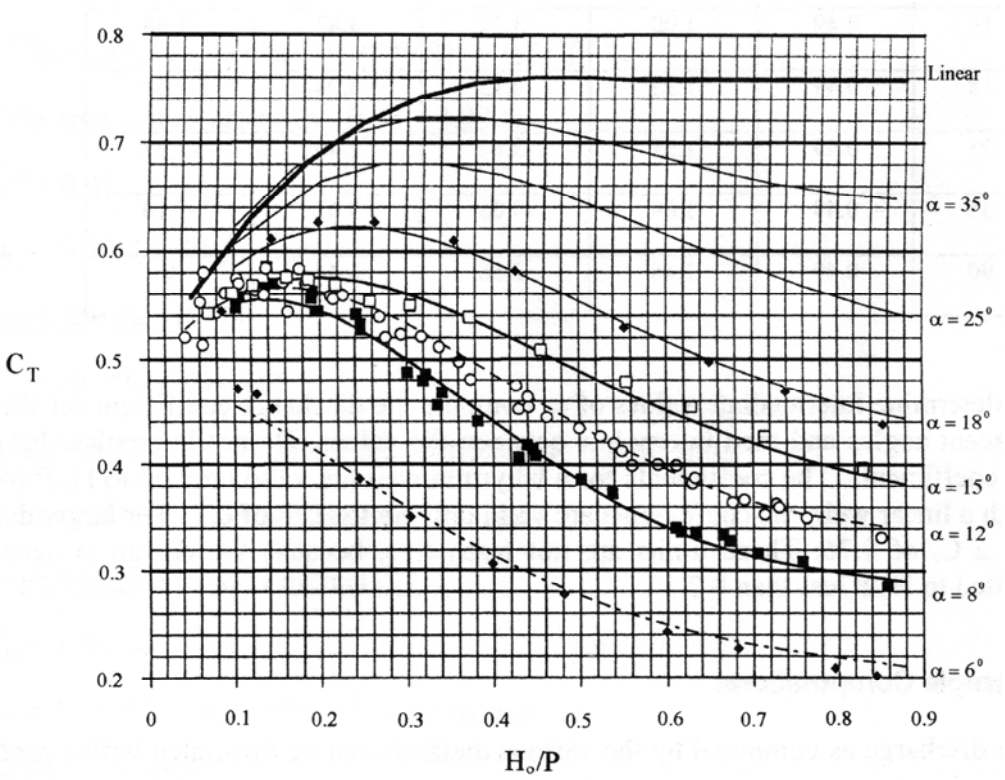


Design Curve ของ F. Lux และ D.L. Hinchliff (1989)

J.P. Tullis A.Nosratollah และ D.Waldron (1995) ได้กำหนดวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์ซึ่งใช้ในการคำนวณร่วมกับ Total Head ด้านเหนือน้ำ สมการที่ใช้คือ

$$Q_L = C_T \cdot L \cdot \frac{2}{3} \cdot \sqrt{2g}.H_O^{1.5} \quad \text{.....(9)}$$

สมการนี้จะคล้ายกับสมการของฝายทั่วไป ยกเว้น Head ที่ใช้ในการคำนวณเป็น Total Head แทนที่จะเป็น Head ของน้ำที่อยู่เหนือฝาย วิธีการทดลองที่คณะนี้ทำคล้ายกับที่เคยทำมาแล้วโดย N. Hay และ G. Taylor เมื่อปี 1968



Design Curve ของ J.P. Tullis A.Nosratollah และ D.Waldron (1995)
สำหรับฝายหยักที่มีสันฝายเป็นรูป Quarter Round

ข้อมูลต่าง ๆเมื่อนำมาแปลงเป็นสมการจะได้ตามรูปแบบดังนี้

$$C_T = A_1 + A_2\left(\frac{H_O}{P}\right) + A_3\left(\frac{H_O}{P}\right)^2 + A_4\left(\frac{H_O}{P}\right)^3 + A_5\left(\frac{H_O}{P}\right)^4 \text{.....(10)}$$

ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการแสดงไว้ในตารางถัดไป มีข้อควรระวังคือ หากมุม α ของอาคารไม่ตรงกับค่าที่มีอยู่ในตาราง การ Interpolate จะต้องทำโดยการหาค่า C_T ของมุมซึ่งทราบค่าสัมประสิทธิ์ 2 มุมที่คร่อมมุม α แล้วจึงหาค่า C_T ของมุม α โดยพิจารณาจากค่าทั้งสองที่หามาได้ ห้ามใช้วิธีการ Interpolate ที่ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการที่ 10

α	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
6	0.49	-0.24	-1.20	2.17	-1.03
8	0.49	1.08	-5.27	6.79	-2.83
12	0.49	1.06	-4.43	5.18	-1.97
15	0.49	1.00	-3.57	3.82	-1.38
18	0.49	1.32	-4.13	4.24	-1.50
25	0.49	1.51	-3.83	3.40	-1.05
35	0.49	1.69	-4.05	3.62	-1.10
90	0.49	1.46	-2.56	1.44	0

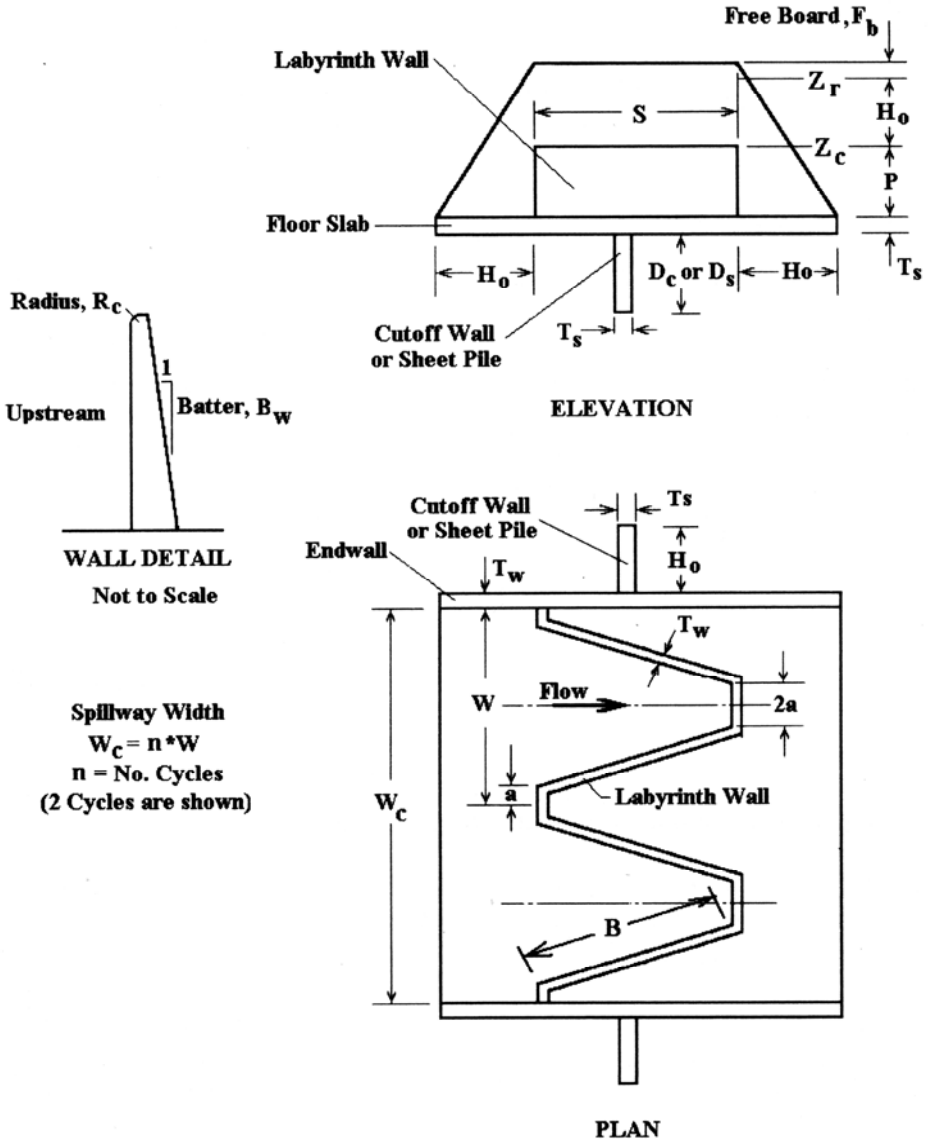
ตารางแสดงค่าสัมประสิทธิ์ของ Design Curve

Henry T. Falvey ได้ลองเอาวิธีการทั้งหลายข้างต้นมาคำนวณแล้วนำไปเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการทำแบบจำลองของ Labyrinth Spillway หลายแห่งได้แก่ Avon Woronora และ Broadman แล้วสรุปว่าวิธีการที่ Tullis เสนอเป็นวิธีที่สมควรนำมาใช้ในการคำนวณเป็นเบื้องต้น เพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดลักษณะ Model

Design Curve ของ Tullis ไม่ได้ถูกกำหนดว่าจะต้องใช้กับฝายหยักที่มีรูปแบบอย่างไร สามารถนำมาใช้ได้ทั้งกับฝายหยักที่มีรูปร่างเป็นสามเหลี่ยมและสี่เหลี่ยมคางหมูเนื่องจาก Curve นี้ถูกจัดทำขึ้นโดยการพิจารณามุมเอียงของกำแพงฝาย ความแตกต่างกันจึงอยู่ที่รูปแบบว่าเป็นสามเหลี่ยมหรือสี่เหลี่ยมคางหมูเท่านั้น Tullis และคณะได้ระบุไว้ว่าความกว้าง a ของส่วนยอดแหลมของฝายหยักมีผลต่อปริมาณน้ำที่ไหลผ่านฝายหยักเพราะเป็นส่วนที่ไปลดความยาวสุทธิของสันฝายลง ทำให้ปริมาณน้ำที่จะไหลผ่านฝายไปได้ลดลง จึงควรให้ความกว้าง a นี้น้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ทั่วไปแล้วควรอยู่ระหว่างหนึ่งถึงสองเท่าของความหนาของฝาย ซึ่งมีลักษณะเป็นกำแพง

Falvey เพิ่มเติมว่าความต่างที่เกิดขึ้น คือ ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านส่วนยอดแหลม (Apex) ของฝายหยักทั้งด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำ แต่เนื่องจากความยาวส่วนยอดแหลมนี้น้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับความยาวทั้งหมดของฝายหยัก ปริมาณน้ำที่แตกต่างกันระหว่างฝายหยักที่มีรูปเป็นสามเหลี่ยมกับสี่เหลี่ยมคางหมูจึงไม่เกิน 10% เท่านั้น

M. A. Stevens ได้พัฒนา Excel spreadsheet ขึ้นมาเพื่อใช้ในการคำนวณออกแบบฝายหยักโดยใช้ Design Curve ของ Tullis เป็นหลัก ผู้สนใจจะขอรับได้จากผู้เขียนทาง e-mail ที่ pol514@yahoo.com ซึ่งได้รับมาจาก Henry T. Falvey อีกทอดหนึ่ง พร้อมการอนุญาตให้แจกจ่ายต่อได้



รูปแสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ของฝายหยักที่จะใช้ประกอบกับ Excel spreadsheet

ขั้นตอนการคำนวณ

1. กำหนดตำแหน่งที่ตั้งฝายและรูปแบบให้เหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศ
2. กำหนดระดับน้ำสูงสุดที่ยินยอมให้ไหลข้ามฝายและทราบค่าปริมาณน้ำสูงสุดที่จะต้องการให้ไหลผ่านเมื่อระดับความสูงของน้ำอยู่ที่ระดับนี้
3. ใช้ Spreadsheet ในการกำหนดรูปแบบของอาคาร เพื่อให้ปริมาณน้ำที่ต้องการไหลผ่านไปได้ด้วย Head ที่ต้องการ ทดลองปรับแก้ระดับพื้นฝาย ค่า L/W และจำนวน Cycle จนได้รูปแบบอาคารที่ประหยัดที่สุด การทำพื้นฝายสั้นที่สุดจะทำให้อาคารประหยัดที่สุดแต่ก็ทำให้ต้องใช้จำนวน Cycle มากที่สุด ดังนั้นการออกแบบที่ประหยัดที่สุดคือการทำให้ค่า L/W ต่ำที่สุด โดยที่มีจำนวน Cycle มากที่สุด แต่ก็จะต้องไม่ทำเกิดความปั่นป่วนของน้ำจนทำให้ปริมาณน้ำที่คำนวณได้ผิดพลาด นั่นคือ L_d/B มีค่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสม
4. ผู้ออกแบบจะต้องใส่ค่าประมาณความหนาของกำแพง พื้นฝาย รวมถึงความลึกของกำแพง Cutoff ค่า Unit price ที่ใช้ควรใกล้เคียงความจริงที่สุด
5. ทำ Reservoir routing เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของอาคารตามรูปแบบที่เลือก
6. วิเคราะห์ทั้งทางเข้าและทางออกของน้ำกับฝายหยักให้เหมาะสม ไม่เป็นสาเหตุให้ปริมาณน้ำไหลผ่านอาคารได้น้อยกว่าที่ต้องการ
7. ถ้าผลการตรวจสอบตามข้อ 5 และข้อ 6 ไม่เป็นที่พอใจก็จะต้องทำการออกแบบใหม่

การใช้ Spreadsheet นั้น ผู้ออกแบบจะต้องใส่ค่าต่าง ๆ ลงในส่วน User Input และ Unit price ในส่วน Cost calculation ข้อมูลนอกจากนี้จะถูกป้อนเข้าสู่ส่วนอื่น ๆ เอง Spreadsheet จะคำนวณขนาดส่วนต่าง ๆ ของฝายหยัก ปริมาณน้ำสูงสุด Rating curve Sketch รูปของฝาย 1 Cycle รวมถึงการประมาณราคาอาคาร

ตัวอย่างในหน้าถัดไป คือการใช้ Spreadsheet ในการช่วยคำนวณ ขอแนะนำว่าเมื่อได้รับต้นฉบับ Spreadsheet มาแล้ว <u>ควรจัดเก็บต้นฉบับนี้ไว้ในบริเวณที่ไม่มีโอกาสไปเปลี่ยนแปลงสูตรการคำนวณต่าง ๆ ภายใน Spreadsheet โดยไม่ได้เจตนา</u> เช่นการไปเก็บไว้ที่ Folder ต่างหาก เก็บไว้ในแผ่น Disk หรือ แผ่น CD ต่างหาก เป็นต้น แล้วจึงดึงออกมาใช้งานและจัดเก็บในชื่อใหม่ที่บริเวณอื่น เหตุผลก็เพราะสำหรับผู้ใช้ที่มีประสบการณ์พอสมควร เมื่อได้ใช้ Spreadsheet นี้แล้วอาจเห็นได้ว่าจะสามารถปรับปรุงรายละเอียดบางส่วนต่อไปได้อีก แต่ก็ไม่ควรให้เกิดการปนเปื้อนกับต้นฉบับ เพื่อไม่ให้อาจเกิดปัญหากับผู้ใช้รายอื่นที่ได้รับต่อไปโดยไม่ได้รับทราบว่ามีการถูกปรับแก้จากของเดิมไปแล้ว

LABYRINTH WEIR DESIGN

PROJECT:	RID104	**TIME:**	12:01:49
PROJECT NO.	1	**DATE:**	13-มิ.ค.-06
FLOOD CRITERIA:	PMF	**BY:**	*Surapol*

USER INPUT

Max. Res	Zr	79.6 m	Thickness			
Crest el.	Zc	78.5 m	Wall	Tw	0.5	m
Floor el.	Zf	76.0 m	Slab	Ts	1	m
Spillway width	Ws	25.0 m	Cutoff Depth			
Apex Width	2a	1.5 m	Sheet Pile	Ds	0	m
No. of cycles	n	3	Conc Wall	Dc	2	m
Magnification	L/W	2				

CHECK ON RATIOS

L_d/B =	0.30	Ld/B RATIO IS OK
H_o/P =	0.44	Ho/P RATIO IS OK
α =	22.97	Angle IS OK

Note: L_d/B must be <= 0.30
Ho/P must be <= 0.9
α must be >= 6 deg

LABYRINTH DIMENSIONS (Per Cycle)

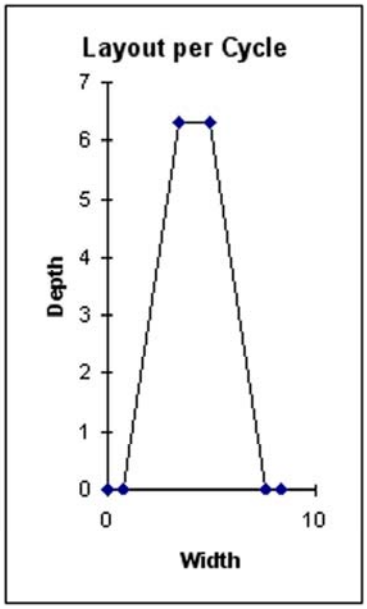
Wall Height	P	2.5	m
Width	W	8.33	m
Length	L	16.67	m
Wall Length	B	6.83	m
Depth	D	6.29	m
Head max	H	1.10	m
Wall Angle	α	22.97	deg
Length of Interference	L_d	2.04	m

CREST LAYOUT (One Cycle)

X	Y
0	0
0.75	0
3.42	6.29
4.92	6.29
7.58	0
8.33	0

COST CALCULATION

	Unit price Bahts/unit	Units	Cost Bahts
Weir wall, m^3	3400	63	212,500
Abutment walls, m^3	3200	34	108,803
Slab, m^3	3000	212	636,865
Concrete cutoff, m^3	2900	628	1,821,200
Sheet pile, m^2	4500	0	0
Reinforcement, kg	30	77,712	2,331,374



ESTIMATED COST

5,110,742 Bahts

DISCHARGE

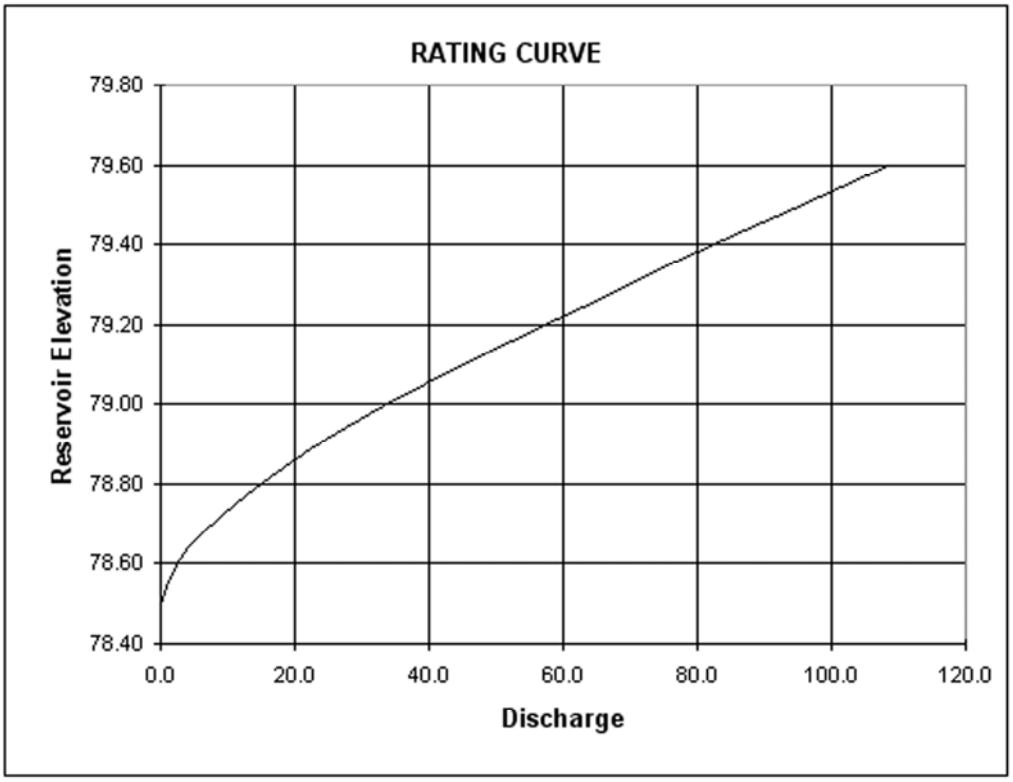
Qmax 108.7 m^3/s

COEFFICIENTS

Column	5.00
Cd lower	0.58
Cd Upper	0.66
Cd	0.64
Efficacy	2.59

RATING CURVE

HEAD	H/P	Clower	Cupper	Cd	Q	RES
1.10	0.44	0.58	0.66	0.64	108.7	79.60
0.99	0.40	0.59	0.67	0.65	94.4	79.49
0.88	0.35	0.60	0.68	0.66	80.1	79.38
0.77	0.31	0.62	0.68	0.66	66.1	79.27
0.66	0.26	0.62	0.68	0.66	52.4	79.16
0.55	0.22	0.62	0.67	0.66	39.5	79.05
0.44	0.18	0.62	0.65	0.64	27.7	78.94
0.33	0.13	0.60	0.63	0.62	17.4	78.83
0.22	0.09	0.58	0.60	0.59	9.0	78.72
0.11	0.04	0.54	0.55	0.55	2.9	78.61
0.00	0.00	0.49	0.49	0.49	0.0	78.50



Discharge Coefficient Table Tullis et al. (1995)

	Angle wall makes with centerline α							
	6	8	12	15	18	25	35	90
A0	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49
A1	-0.24	1.08	1.06	1.00	1.32	1.51	1.69	1.46
A2	-1.20	-5.27	-4.43	-3.57	-4.13	-3.83	-4.05	-2.56
A3	2.17	6.79	5.18	3.82	4.24	3.40	3.62	1.44
A4	-1.03	-2.83	-1.97	-1.38	-1.50	-1.05	-1.10	

การคำนวณที่ได้ผลออกมานี้มีความถูกต้องค่อนข้างสูง แต่สำหรับงานขนาดใหญ่แล้วควรถือว่าเป็นการได้มาซึ่งขนาดเพื่อนำมาใช้สร้างแบบจำลองเท่านั้น ความถูกต้องจริงของแบบอาคารมีผลต่อทั้งราคาและประสิทธิภาพของอาคาร การทดลองโดยใช้แบบจำลองจึงเป็นความจำเป็นที่ควรจะต้องดำเนินการต่อไป

ผู้เขียนขอถือโอกาสนี้ขอบคุณ Henry T. Falvey , Dr – Ing ผู้มีประสบการณ์ด้านการออกแบบชลศาสตร์กว่า 40 ปี ผู้ประพันธ์หนังสือ “Hydraulic Design of Labyrinth Weirs” ซึ่งเป็นหนังสือเล่มหลักที่ถูกใช้เป็นข้อมูลของเอกสารนี้ นอกจากนั้นยังได้ตอบข้อสงสัยของผู้เขียนทาง e – mail อีกหลายครั้งเกี่ยวกับการออกแบบฝายหยัก รวมทั้งได้อนุญาตให้แจกจ่าย Excel Spreadsheet แก่ผู้สนใจรายอื่นได้อีกด้วย

บรรณานุกรม

Falvey, H.T., (2003). “Hydraulic Design of Labyrinth Weirs. ” *American Society of Civil Engineerings*, 1 – 93.

Tullis, J.P., Nosratollah, A., and Waldron, D., (1995). “Design of labyrinth spillways. ” *American Society of Civil Engineerings , Journal of Hydraulic Engineering*, 121(3), 247-255.