การศึกษาร่องผสมอากาศ โดยแบบจำลองทางน้ำล้นแบบอุโมงค์ของเขื่อนน้ำโจน

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นายถวัลย์ วานิชวัฒนากุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. ๒๕๒๕

ISBN 974-561-616-8

010512

I 15721577.

HYDRAULIC MODEL STUDIES OF AERATION GROOVES

FOR NAM CHON SPILLWAY TUNNEL

Mr. Tawal Wanishwatanakul

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Civil Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1982

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาร่องผสมอากาศ โดยแบบจำลองทางน้ำล้นแบบอุโมงค์ของเขื่อนน้ำโจน
โดย	นายถวัลย์ วานิชวัฒนากุล
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ วรุณ คุณวาสี
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รองศาสตราจารย์ ปรีดา ธีมากร

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุประดิษฐ์ บุนนาค)

.....ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.นิวัตต์ ดารานันทน์)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ จักรี จัตุทะศรี)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ธำรง เปรมปรีดิ์)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ วรุณ คุณวาสี)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ปรีดา ธีมากร)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	"การศึกษาร่องผสมอากาศ โดยแบบจำลองทางน้ำล้นแบบอุโมงค์ของเขื่อนน้ำโจน"
ชื่อนิสิต	นายถวัลย์ วานิชวัฒนากุล
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ. วรุณ คุณวาสี
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รศ. ปรีดา ธีมากร
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา
ปีการศึกษา	๒๕๒๕

บทคัดย่อ

เขื่อนน้ำโจน เป็นโครงการหนึ่งของโครงการพัฒนาไฟฟ้าพลังน้ำ ลุ่มน้ำแควใหญ่ตอนบน ลักษณะ เป็น เขื่อนหินถมแกนดิน เหนียวสูง ๑๘๗ ม. ทางน้ำล้นประกอบด้วยอุโมงค์สองอุโมงค์ เส้นผ่าศูนย์กลาง ๙.๐ ม. ในกรณีที่จำ เป็นต้องระบายน้ำออกจากอ่าง เก็บน้ำอย่างกระทันหัน น้ำในอุโมงค์จะไหลด้วย ความ เร็วสูงมากจน เป็น เหตุให้ เกิดการกร่อนทำลาย เนื่องจากความดันต่ำ* (Cavitation) ก่อ ความ เสียหายให้กับอุโมงค์ทางน้ำล้น การติดตั้งร่องผสมอากาศ (Aeration groove) ขึ้นใน อุโมงค์ สามารถป้องกันการ เกิดการกร่อนทำลาย เนื่องจากความดันต่ำได้ โดยน้ำที่ไหลผ่านร่องผสม อากาศจะพา เอาอากาศจากร่องติดไปด้วย ร่องผสมอากาศที่ดีนั้นการไหลวนของอากาศในร่องจะ เป็น ไปได้มากและสะดวก ซึ่งจะช่วย เพิ่มความดันน้ำในอุโมงค์ให้สูงขึ้นได้ ปัญหาของการติดตั้งร่องผสม อากาศอยู่ที่ว่า จะติดตั้งที่ตำแหน่งใด และร่องผสมอากาศที่ใช้ควรมีลักษณะและขนาด เท่าไรจึงจะ เหมาะสมกับอุโมงค์ทางน้ำล้น เขื่อนน้ำโจน เนื่องจากทฤษฎีที่ใช้วิ เคราะห์ เพื่อการออกแบบร่องผสม อากาศที่ดียังไม่มี จำต้องอาศัยประสบการณ์ในการออกแบบแล้วนำมาตรวจสอบโดยใช้การทดลองจากแบบ จำลอง แบบจำลองทางน้ำล้น เขื่อนน้ำโจนใช้มาตราส่วนความยาวระหว่างแบบจำลองต่อของจริง เท่ากับ ๑ ต่อ ๖๔.๖๑ การทดลอง เพื่อหาตำแหน่งที่ เหมาะสมในการติดตั้งร่องผสมอากาศกระทำโดยติดตั้งร่อง ผสมอากาศที่ เหมือนกันจำนวน เจ็ดร่องที่บริ เวณต่าง ๆ ของอุโมงค์ อันได้แก่ ทางน้ำล้น, Transition, Inclined Shaft, Vertical Bend และด้านท้ายน้ำที่ออกจาก Vertical Bend (รูปที่ 5)

---

* ความดันต่ำในที่นี้ หมายถึง เมื่อ เทียบกับความดันไอ (Vapor pressure)

ส่วนการเปรียบเทียบหาร่องผสมอากาศที่เหมาะสมที่ใช้ติดตั้ง กระทำโดยติดตั้งร่องผสมอากาศที่ต่างกันสามร่อง ตามที่แสดงไว้ใน รูปที่ 6 ข้อมูลที่ได้จากการทดลองได้แก่ การกระจายของความดันน้ำการกระจายของความเร็วน้ำที่ความลึกต่าง ๆ และสภาพการไหลของน้ำในอุโมงค์ จากข้อมูลที่ได้ (รูปที่ 37-39, 44-46) เมื่อนำมาวิเคราะห์ดูสามารถสรุปได้ว่า ตำแหน่งที่สมควรให้มีการติดตั้งร่องผสมอากาศ อยู่ที่ระยะประมาณ ๑๒๐ ม. ในแนวระดับห่างจากสันทางน้ำล้นเพียงตำแหน่งเดียว ส่วนการเปรียบเทียบหาร่องผสมอากาศที่เหมาะสมในการติดตั้งจากร่องผสมอากาศสี่ร่อง ซึ่งมีลักษณะดังที่แสดงไว้ใน รูปที่ 35 และ 43 ร่องผสมอากาศที่เหมาะสมที่สุด เป็นร่องผสมอากาศแบบใน รูปที่ 35 อย่างไรก็ตามร่องผสมอากาศที่ได้นี้ยังให้ประสิทธิภาพที่น่าพอใจไม่เท่าที่ควร น่าจะได้มีการวิจัยเพิ่มเติมเกี่ยวกับขนาดของร่องผสมอากาศให้มากขึ้น เพื่อให้ได้ร่องผสมอากาศที่เหมาะสมที่สุด

Thesis Title	"Hydraulic Model studies of Aeration Grooves for Nam Chon Spillway Tunnel"
Name	Mr. Tawal Wanishwatanakul
Thesis Advisor	Associate Professor Varoon Khunvasi
Thesis Co-Advisor	Associate Professor Preeda Thimakorn
Department	Civil Engineering
Academic Year	1982

ABSTRACT

Nam Chon Dam which is located on the Qua Yai river is one of the major hydro-power development project in Thailand. The main project component is the rockfill dam with impervious core, 187 m. high. Two spillway tunnels of 9.0 m. in diameter are proposed to release the excess outflow. In case of probable maximum flood, an emergency high discharge over the spillways which creates very high velocity flow through the spillway tunnels will result in cavitation which will damage the spillway tunnels. The protection therefore is required by installation of the aeration grooves. By this way, the circulated air will be induced into the grooves and as a consequence will increase water pressure in the tunnels. Danger entrainment caused by may help improving the condition, grooves location, configuration and its dimensions are vital parameters to the study. Analytical method to determine the position and geometry can not be done alone, experience and experimentation become necessary. Nam Chon Dam spillway tunnels model use linear scale ratio 1 to 64.61, to define the suitable locations of the grooves, seven grooves are installed at various

locations such as transition, inclined shaft, vertical bend and at the end of the vertical bend (Fig.5). For aeration grooves selection, three different grooves are installed as shown in Fig.6. Data collection from the experimentation are that pressure distributions, velocity profiles and flow characteristics. It can be concuded that (from Fig.37-39, 44-46) only at the horizontal distance approximately 120 m. from the spillway crest, the aeration grooves as shown in Fig.35 (selected from 4 different grooves as shown in Fig.35 and 43) must be installed. However,it should be studied more details of the aeration grooves in order to define the most efficient aeration groove.

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้ คุณชูลิต วัชรสินธุ์ เป็นผู้ริเริ่มให้ข้าพเจ้าเกิดแนวทางในการทำการวิจัย โดยมี รองศาสตราจารย์ วรุณ คุณวาสี และ รองศาสตราจารย์ ปรีดา ธีมากร เป็นผู้ให้คำปรึกษาตลอดมา และได้รับความเอื้อเฟื้อจากภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (AIT) ในการให้ยืมสถานที่และอุปกรณ์ในการทำการวิจัย นอกจากนี้ยังได้รับความช่วยเหลือจาก คุณปรีชา คำรณฤทธิ์สร อาจารย์ประจำห้องทดลอง และเจ้าหน้าที่ประจำห้องทดลองของ AIT อีกหลายท่าน ตลอดจนบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่กรุณาให้ทุนในการทำการวิจัย ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งและขอขอบพระคุณทุกท่าน เป็นอย่างยิ่งที่ทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
กิตติกรรมประกาศ	ฌ
สารบัญ	ญ
สารบัญตาราง	ฏ
สารบัญภาพ	ฐ
คำอธิบายสัญญลักษณ์	ต
บทที่ ๑ บทนำ	1-7
- ความสำคัญของปัญหา	1
- วัตถุประสงค์การวิจัย	3
- ขอบเขตการวิจัย	4
- การดำเนินการวิจัยโดยย่อ	4
- ทฤษฎีและแนวความคิด	4
- ประโยชน์ที่ได้จากการวิจัย	6
บทที่ ๒ แบบจำลองทางด้านชลศาสตร์ (Hydraulic Model)	8-13
- ความคล้ายคลึงกัน (Similitude)	8
- แบบจำลองของโครงสร้างที่เป็นทางน้ำเปิด (Hydraulic structure Model of Open Channel)	11
- แบบจำลองทางน้ำล้นเขื่อนน้ำโจน	12
บทที่ ๓ การก่อสร้างแบบจำลองทางน้ำล้นเขื่อนน้ำโจน	14-16

หน้า

บทที่ ๔ ร่องผสมอากาศ 17-20

บทที่ ๕ การวิจัยทางน้ำล้นของแบบจำลองเขื่อนน้ำโจน
(Nam Chon Spillway Hydraulic model Research) 21-22

บทที่ ๖ สรุปการวิจัยและข้อเสนอแนะ 23-27

- คุณสมบัติทั่วไปของอุโมงค์ทางน้ำล้นเขื่อนน้ำโจน 23
- การกระจายของความดันน้ำที่ท้องอุโมงค์ 24
- ข้อสรุปและข้อเสนอแนะ 26

ตาราง 66

เอกสารอ้างอิง 69

ภาคผนวก 71

ประวัติผู้วิจัย 74

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ ๑ Scale Ratio 67

ตารางที่ ๒ Spillway Rating curve Data (Full gate openning) 68

สารบัญภาพ

รูปที่ หน้า

1 KEY AND LOCATION MAP 28

2 Nam Chon Dam General Plan 29

3 NAM CHON DAM SPILLWAY (Plan and Section) 30

4 NAM CHON DAM SPILLWAY (Model Layout) 31

5 NAM CHON DAM SPILLWAY NO.1
(With 7 Aeration grooves) 32

6 NAM CHON DAM SPILLWAY NO.1
(With 3 Aeration grooves) 33

7 ระดับบพลังงานต่าง ๆ ที่จุด A 34

8 ลักษณะหน้าตัดของร่องผสมอากาศ 34

9 THE SIMILARITY OF MODEL AND PROTOTYPE 35

10 NAM CHON DAM SPILLWAY (Spillway Intakes) 36

11 NAM CHON DAM SPILLWAY
(General View of the Model) 37

12 NAM CHON DAM SPILLWAY (The Piezometer) 38

13 Possible Irregularity of flow Surfaces..... 39

14 Flow Action and Cavitation Damage at Flow Surface
Irregularities 39

15 Cavitation Potential and Characteristic for Offsets away
from flow 39

16 Pressures and Flow Velocities for Incipient Cavitation at:

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
	(a) Square-Edged Offsets into flow	
	(b) Round-Edged Offsets into flow	
	(c) Slopes into and away from flow	40
17	Damage Downstream from 1/8 in, Offset into Flow Stream Velocity ≈ 100 fps, Palisades Dam	41
18	Damage at Large Offset into Flow in Gate Slot :	
	(a) Left Slide of Sluice at Libby Dam;	
	(b) Right Slide of Sluice at Libby Dam	41
19	Start of Damage at Slope away from Flow, Corner of Gate Frame, Palisades Dam Outlet	41
20	Damage at Slope away from Flow after Prolonged Operation, Corner of Gate Frame, Palisades Dam Outlet	41
21	Damage Downstream from Away-from-Flow Offset at End of :	
	(a) Steel Lining, Lucky Peak Dam Outlet;	
	(b) ½ in. Thick Epoxy Mortar Lining, Dworshak Dam Outlet..	42
22	Flow Action and Damage at Curved Surfaces into and away from Flow	42
23	Damage Due to Curvature away from Flow, Spillway Face, Grand Coulee Dam	42
24	Damage Downstream from "Bug Holes" in Concrete Wall of Palisades Dam Outlet, Velocity ≈ 100 fps.	42

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
25	Damage Downstream from : (a) Recess in Concrete Wall, Brazeau Conduit, Canada; (b) Stop Log Slot, Glendo Dam Outlet Works ; (c) Gate Slot, Parket Dam Spillway	43
27	Ultimate Erosion Triggered by Protruding Joint with High Velocity and Pressure in Fault, Hoover Dam Spillway Tunnel	43
28	Cavitation Erosion at Palisades Dam Outlet Works Portal...	44
29	Slope away from Flow, Grand Coulee Dam Outlets	44
30	Damage Downstream from Slope away from Flow, Exit of Grand Coulee Dam Outlet : (a) Looking Upstream ; (b) Looking Downstream	44
31	Local pressure reduction as related to velocity variation	45
32	Main types of aerator devices	45
33	Air entraining mechanism	46
34	V-NOTCH WEIR	46
35	AERATION GROOVE (Without ramp)	47
36	SPILLWAY RATING CURVE (Full gate openning)	48
37-39	Pressure Distribution along the Spillway and Tunnels (without ramp)	49-54
	Discharge = 750 cms.	49
	Discharge = 1,500 cms.	51
	Discharge = 2,500 cms.	53

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
40-42	Velocity Profile of Spillway Tunnel	55-58
	Discharge = 750 cms.	55
	Discharge = 1,500 cms.	56
	Discharge = 2,500 cms.	57
43	AERATION GROOVE (With ramp)	58
44-46	Pressure Distribution along the Spillway and Tunnels (With ramp)	59-64
	Discharge = 750 cms.	59
	Discharge = 1,500 cms.	61
	Discharge = 2,500 cms.	63
47	General Flow Conditions at the Tunnel	65

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำอธิบายสัญญลักษณ์

A	พื้นที่ในแบบของจริง
A_m	พื้นที่ในแบบจำลอง
a_3, a_4	อัตราเร่งของอนุภาคของไหลในแบบของจริง
a_{3m}, a_{4m}	อัตราเร่งของอนุภาคของไหลในแบบจำลอง
C	ความเข้มข้นของปริมาณอากาศในน้ำ
d	ความยาวในแบบของจริง
d_m	ความยาวในแบบจำลอง
E	โมดูลัสความยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity) ของของไหล
F_1, F_2, F_3	แรงที่มากระทำกับมวลของของไหลในแบบของจริง
F_{1m}, F_{2m}, F_{3m}	แรงที่มากระทำกับมวลของของไหลในแบบจำลอง
F_r	มาตราส่วนของแรงที่กระทำต่อของไหลระหว่างแบบจำลองต่อแบบของจริง
G, g	อัตราเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก
H	ค่าผลรวมของพลังงานในรูปความสูงของน้ำ (Total head)
H_v	ค่าพลังงานของความเร็วในรูปความสูงของน้ำ (Velocity head)
h	ระยะความสูงของน้ำเหนือ Weir crest
h_a	ค่าความดันสมบูรณ์ในรูปความสูงของน้ำ (Absolute pressure head)
h_s	ระยะความสูงของน้ำในอ่างเก็บน้ำจากสันทางน้ำล้น
h_v	ค่าความดันไอในรูปความสูงของน้ำ (Vapor pressure head)
K	ดัชนีการกร่อนทำลายเนื่องจากความดันต่ำ (Cavitation index)
K_i	ดัชนีการกร่อนทำลายเริ่มแรกเนื่องจากความดันต่ำ(Incipient cavitation ind
L_r	มาตราส่วนความยาวระหว่างแบบจำลองต่อแบบของจริง
l	ความยาวในแบบของจริง
l_m	ความยาวในแบบจำลอง

M	มวลของของไหลในแบบของจริง
M_m	มวลของของไหลในแบบจำลอง
p	ค่าความดันของของไหล
p_a	ค่าความดันบรรยากาศ (Atmospheric pressure)
p_v	ค่าความดันไอ (Vapor pressure)
Δp	ผลต่างของความดันของของไหล
Q	อัตราการไหลของน้ำ
Q_m	อัตราการไหลของของไหลในแบบจำลอง
Q_p	อัตราการไหลของของไหลในแบบของจริง
Q_r	มาตราส่วนอัตราการไหลของของไหลในแบบจำลองต่อในแบบของจริง
T_r	มาตราส่วนของเวลาในแบบจำลองต่อในแบบของจริง
V	ปริมาตรในแบบของจริง
V_a	ปริมาตรของอากาศ
V_m	ปริมาตรในแบบจำลอง
V_w	ปริมาตรของน้ำ
v, v_o	ความเร็วของการไหลของของไหล
v_1, v_2	ความเร็วของอนุภาคของของไหลในแบบของจริง
v_m, v_{1m}, v_{2m}	ความเร็วของอนุภาคของของไหลในแบบจำลอง
v_p	ความเร็วของอนุภาคของของไหลในแบบของจริง
v_r	มาตราส่วนความเร็วของของไหลในแบบจำลองต่อของจริง
Z	ระยะความสูงจากเส้นเปรียบเทียบ
Z_A	ระยะความสูงจากเส้นเปรียบเทียบถึงจุด A
γ	น้ำหนักจำเพาะของของไหล
γ_w	น้ำหนักจำเพาะของน้ำ
θ	มุมแห่งความลาดชันของทางน้ำเปิด
ρ	ความหนาแน่นของของไหล

σ	ความตึงผิว (Surface tension)
μ	ความหนืดของของไหล (Dynamic Viscosity)
[...]	เอกสารอ้างอิง