

สารบัญ

กิตติกรรมประกาศ	ก.
บทคัดย่อ	ข.
ABSTRACT	ค.
สารบัญ	จ.
สารบัญตาราง	ช.
สารบัญรูป	ซ.
สัญลักษณ์	ฎ.
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ในการศึกษา	1
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	1
บทที่ 2 การออกแบบอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กของสำนักงานเร่งรัดพัฒนาชนบท	3
2.1 การออกแบบอ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก (สำนักงานเร่งรัดพัฒนาชนบท)	3
2.2 เขื่อนดิน (Earth Dam)	4
2.3 แบบมาตรฐานเขื่อนดิน	4
2.4 การออกแบบอาคารระบายน้ำล้น (Chute Spillway)	10
2.5 การหาปริมาณน้ำนองสูงสุด	12
2.6 สรุป	13
บทที่ 3 การออกแบบอ่างเก็บน้ำ	14
3.1 ทฤษฎีความจุเก็บกักของอ่างเก็บน้ำ	14
3.2 การออกแบบตัวเขื่อนดิน	16
3.3 การหาปริมาณน้ำนองสูงสุด (Flood Peak)	20
3.4 การออกแบบทางระบายน้ำล้น	20
3.5 เปรียบเทียบวิธี รพช. ๔ กับวิธีที่ศึกษา	20
3.6 โปรแกรมคอมพิวเตอร์	22
บทที่ 4 พื้นที่ศึกษาและที่มาของข้อมูล	25

	๑
4.1 พื้นที่ศึกษา	25
4.2 ที่มาของข้อมูลที่ใช้ศึกษา	25
บทที่ 5 ผลการศึกษาและออกแบบ	29
5.1 ปริมาตรเก็บกักของอ่างเก็บน้ำ	29
5.2 ความปลอดภัยความลาดของตัวเขื่อนดิน	29
5.3 ปริมาณน้ำนอง	31
5.4 หาดความกว้างของทางระบายน้ำล้น	31
5.5 ขนาดมิติต่าง ๆ ของทางระบายน้ำล้น	33
5.6 ตรวจสอบแรงดันยก	34
5.7 ผลการเปรียบเทียบการออกแบบ	34
บทที่ 6 สรุปและข้อเสนอแนะ	52
6.1 สรุป	52
6.2 ข้อเสนอแนะ	52
บรรณานุกรม	54
ภาคผนวก ก.	56
ภาคผนวก ข.	77
ภาคผนวก ค.	83
ภาคผนวก ง.	90
ประวัติผู้เขียน	147

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1	สัมประสิทธิ์น้ำท่า	3
ตารางที่ 2.2	แสดงความลาดและชนิดดินที่ใช้กำหนดและเปลี่ยนนอกของเขื่อนดิน	5
ตารางที่ 2.3	ลาดเสริมความมั่นคงของเขื่อนดินบนฐานรากดินเม็ดละเอียดซึ่งถมตัว	6
ตารางที่ 2.4	แสดงความลาดและชนิดดินที่ใช้กำหนดและเปลี่ยนนอกของเขื่อนดิน	7
ตารางที่ 2.5	มิติต่าง ๆ ของทางระบายน้ำล้น ตามแบบมาตรฐาน รพช.	12
ตารางที่ 2.6	การเปรียบเทียบการออกแบบอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กตามมาตรฐาน รพช. กับวิธีศึกษา	14
ตารางที่ 3.1	ชนิดของดินที่ใช้ถมตัวเขื่อน (USBR, 1974)	19
ตารางที่ 3.2	ค่าดัชนีความปลอดภัยของเขื่อนดินน้อยที่สุด (USBR, 1974)	20
ตารางที่ 4.1	ข้อมูลที่ใช้ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์	27
ตารางที่ 5.1	ค่าความปลอดภัยความลาดที่น้อยที่สุดของตัวเขื่อนดิน	29
ตารางที่ 5.2	ค่าระดับความสูงของน้ำในแต่ละความกว้างของทางระบายน้ำล้น	32
ตารางที่ 5.3	ค่าความลึกขงทวารไหล	33
ตารางที่ 5.4	ความหนาของผนังทางระบายน้ำล้นที่ช่วงต่าง ๆ	34
ตารางที่ 5.5	การเปรียบเทียบผลการออกแบบตามแบบมาตรฐาน รพช. กับวิธีศึกษา	34
ตารางที่ ก.1	ค่า K_p สำหรับคูณค่าการคายระเหยจากลาดเพื่อให้ได้ค่าศักยภาพการคายระเหย ของพีชอ้างอิง	57
ตารางที่ ก.2	ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำเปรียบเทียบกับพีชอ้างอิง	58
ตารางที่ ก.3	ชนิดของดินที่ใช้ถมตัวเขื่อน (USBR, 1974)	61
ตารางที่ ก.4	ค่าดัชนีความปลอดภัยของเขื่อนดินน้อยที่สุด (USBR, 1974)	64
ตารางที่ ก.5	ขนาดมิติปริมาณการไหลผ่านทางน้ำไหลเข้าแบบตรงต่อความกว้างหนึ่งหน่วย (SCS, CHUTE SPILLWAY SECTION 14)	70
ตารางที่ ก.6	อัตราส่วน Weighted creep Ratio สำหรับวัสดุต่าง ๆ	78
ตารางที่ ข.1	การจำแนกเงื่อนไขความชื้นก่อนหน้า	81
ตารางที่ ข.2	การใช้น้ำและชนิดของดิน	81

สารบัญรูป

รูปที่ 2.1	แบบเชื่อมดินบนฐานรากที่เป็นดินกับน้ำ และมีแรงหรือบนชั้นดินที่ไม่มีการรื้อซึม	5
รูปที่ 2.2	แบบเชื่อมดินบนฐานรากที่เป็นดินเม็ดละเอียด	6
รูปที่ 2.3	แบบเชื่อมดินบนฐานรากที่รื้อซึมดินและอาจมีชั้นดินกับน้ำหนาน้อยกว่า 1 เมตร ปกคลุมอยู่ตอนบน	7
รูปที่ 2.4	แบบเชื่อมดินบนฐานรากที่รื้อซึมลึกมากซึ่งอาจมีชั้นดินกับน้ำหนาน้อยกว่า 1 เมตร ปกคลุมอยู่ตอนบน	8
รูปที่ 2.5	แบบเชื่อมดินบนฐานรากที่เป็นชั้นที่รื้อซึมสลับกับชั้นที่ทับน้ำ	9
รูปที่ 2.6	แบบมาตรฐานของทางระบายน้ำล้นแบบไหลเข้าตรงของสำนักงาน เร่งรัดพัฒนาชนบท	11
รูปที่ 3.1	การหาขนาดความจุเก็บกักของอ่างเก็บน้ำ	15
รูปที่ 3.2	รูปตัดทั่วไปของเขื่อนดินที่ออกแบบ	16
รูปที่ 3.3	การปรับปรุงเขื่อนดินเพื่อลดปัญหาการซึมผ่าน	19
รูปที่ 3.4	แผนผังการทำงานของคอมพิวเตอร์	24
รูปที่ 5.1	การหาปริมาตรเก็บกักของอ่างเก็บน้ำ	30
รูปที่ 5.2	ปริมาณน้ำนองสูงสุด	31
รูปที่ 5.3	ระดับน้ำหน้าอ่างเก็บน้ำ	32
รูปที่ 5.4	การตรวจสอบความปลอดภัยของเขื่อนดินด้านหน้าเขื่อน 1 : 3 ในกรณีหลังเสร็จสิ้นการก่อสร้าง	36
รูปที่ 5.5	การตรวจสอบความปลอดภัยของเขื่อนดินด้านท้ายเขื่อน 1 : 2.5 ในกรณีหลังเสร็จสิ้นการก่อสร้าง	37
รูปที่ 5.6	การตรวจสอบความปลอดภัยของเขื่อนดินด้านหน้าเขื่อน 1 : 3 ในกรณีระดับน้ำหน้าเขื่อนลดลงอย่างรวดเร็ว	38
รูปที่ 5.7	การตรวจสอบความปลอดภัยของเขื่อนดินด้านท้ายเขื่อน 1 : 2.5 ในกรณีระดับน้ำเก็บกักคงที่	39
รูปที่ 5.8	การตรวจสอบความปลอดภัยของเขื่อนดินด้านหน้าเขื่อน 1 : 2.5 ในกรณีหลังเสร็จสิ้นการก่อสร้าง	40
รูปที่ 5.9	การตรวจสอบความปลอดภัยของเขื่อนดินด้านท้ายเขื่อน 1 : 2 ในกรณีหลังเสร็จสิ้นการก่อสร้าง	41
รูปที่ 5.10	การตรวจสอบความปลอดภัยของเขื่อนดินด้านหน้าเขื่อน 1 : 2.5 ในกรณีระดับน้ำหน้าเขื่อนลดระดับอย่างรวดเร็ว	42

รูปที่ 5.11 การตรวจสอบความปลอดภัยของเขื่อนดินด้านท้ายเขื่อน 1 : 2 ในการฝึระดับน้ำเก็บกักคงที่	43
รูปที่ 5.12 รูปตัดด้านข้างทางระบายน้ำล้น	44
รูปที่ 5.13 แผนทางระบายน้ำล้น	45
รูปที่ 5.14 รูปตัด A - A	46
รูปที่ 5.15 รูปตัด D - D กับ B - B ของทางระบายน้ำล้น	47
รูปที่ 5.16 รูปตัด C - C	48
รูปที่ 5.17 รูปตัด D - D	49
รูปที่ 5.18 ขยายส่วนรายละเอียดทางระบายน้ำล้น	50
รูปที่ 5.19 ขยายส่วนรายละเอียดทางระบายน้ำล้น	51
รูปที่ ก.1 ส่วนของความลาดกับแรงต่าง ๆ ที่กระทำในการวิเคราะห์ของ A.W.Bishop	60
รูปที่ ก.2 โด่งความลาดของการเลื่อนไถล	61
รูปที่ ก.3 ส่วนของความลาดกับแรงที่กระทำ	61
รูปที่ ก.4 ค่าเอกชลภาพไร้มิติของ Komsartra(1969)	65
รูปที่ ก.5 ลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำ	65
รูปที่ ก.6 รูปตัดแสดงการไหลของทางเข้าไหลเข้าแบบตรง	67
รูปที่ ก.7 การหาความลึกของการไหลในรางเทโดยวิธีสมดุลพลังงาน	69
รูปที่ ก.8 พลังงานที่สูญเสียไปเนื่องจากการเกิด hydraulic jump (USBR, "DESIGN OF SMALL CANAL STRUCTURE" 1978)	71
รูปที่ ก.9 อ่างน้ำนิ่งแบบที่ II (USBR "DESIGN OF SMALL DAM" 1974)	73
รูปที่ ก.10 อ่างน้ำนิ่งแบบที่ III (USBR "DESIGN OF SMALL DAM" 1974)	74
รูปที่ ก.11 อ่างน้ำนิ่งแบบที่ IV (USBR "DESIGN OF SMALL DAM" 1974)	75
รูปที่ ค.1 การใช้ดินลุ่มน้ำห้วยแม่ผาแพน	84
รูปที่ ค.2 ชนิดของดินลุ่มน้ำห้วยแม่ผาแพน	85
รูปที่ ค.3 ลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำห้วยแม่ผาแพน	86
รูปที่ ค.4 แสดงเส้นชั้นความสูงบริเวณเก็บกักของอ่างเก็บน้ำห้วยแม่ผาแพน	87
รูปที่ ค.5 ผลการทดสอบบ่อดินเหนียวที่ใช้ทำตัวเขื่อน และฐานราก	88
รูปที่ ค.6 ความเข้มของฝน-ช่วงเวลา-ความถี่ของฝน จังหวัดเชียงใหม่	89

สัญลักษณ์	ความหมาย	มิติ
R	ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปี	$(L^3 T^{-1})$
C	สัมประสิทธิ์น้ำท่า	ไร้มิติ
I	ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี	(LT^{-1})
A	พื้นที่รับน้ำฝน	(L^2)
T _{available}	กำลังหน่วยแรงเฉือนสูงสุดที่ดินเกิดการเคลื่อนตัว	$(ML^{-1} T^{-2})$
T _{available}	ความต้านทานของหน่วยแรงเฉือนที่ต้องการสำหรับสภาพสมมูลย์	$(ML^{-1} T^{-2})$
C'	แรงยึดเหนี่ยวหรือแรงเชื่อมแน่นประสิทธิผล	$(ML^{-1} T^{-2})$
O'	หน่วยแรงกดหรือแรงตั้งฉากประสิทธิผลบนระนาบแรงเฉือน	$(ML^{-1} T^{-2})$
W	มุมเสียดทานภายในหรือมุมต้านทานต่อแรงเฉือนประสิทธิผล	
N	น้ำหนักของดิน	$(M.LT^{-2})$
N'	แรงรวมตั้งฉากกับพื้นระนาบเคลื่อนตัว	$(M.L.T^{-2})$
N'	แรงประสิทธิผลตั้งฉากกับพื้นระนาบเคลื่อนตัว	$(M.L.T^{-2})$
U ₁	แรงเนื่องจากความดันของน้ำ	$(M.L^{-1} T^{-2})$
U _r	ความดันของน้ำที่กระทำใต้ฐานของดินส่วนที่แบ่ง	$(M.L^{-1} T^{-2})$
R _w	หน่วยน้ำหนักของน้ำ	$(M.L^{-2} T^{-2})$
Z _w	ระยะความลึกจากระดับผิวน้ำ	(L)
E ₁	แรงตั้งฉากบนพื้นระนาบตั้งแนวส่วนแบ่งของดินด้านซ้าย	$(M.L.T^{-2})$
E _r	แรงตั้งฉากบนพื้นระนาบตั้งแนวส่วนแบ่งของดินด้านขวา	$(M.L.T^{-2})$
T ₁	แรงเฉือนบนพื้นระนาบตั้งแนวส่วนแบ่งของดินด้านซ้าย	$(M.L^{-1} T^{-2})$
T _r	แรงเฉือนบนพื้นระนาบตั้งแนวส่วนแบ่งของดินด้านขวา	$(M.L^{-1} T^{-2})$
L	ความยาวของลำน้ำสายหลัก	(L)
L _c	ความยาวของลำน้ำจากจุดทางออกจนถึงจุดศูนย์กลางมวลของพื้นที่ตั้งฉากกับลำน้ำสายหลัก	(L)
Lag	เวลา Lag	(T)
C _c	ค่าคงที่ในสมการ ก. 12	ไร้มิติ
m	ค่าคงที่ในสมการ ก. 12	ไร้มิติ
S	ค่าเฉลี่ยความลาดชันของพื้นที่รับน้ำ	ไร้มิติ
n*	ค่าองค์ประกอบลุ่มน้ำซึ่งเป็นค่าคงที่	ไร้มิติ
T	ช่วงเวลาของฝนตก	(T)
K	ปริมาณน้ำนองสูงสุด	$(L^3 T^{-1})$
F	อัตราการซึมที่สูญเสียไปที่ได้ปรับแล้ว	(LT^{-1})

สัญลักษณ์	ความหมาย	มิติ
F_p	อัตราการสูญเสียในส่วนของพื้นที่ที่น้ำซึมผ่านได้	(LT^{-1})
A_1	สัดส่วนของพื้นที่ที่น้ำซึมผ่านไม่ได้	ไร้มิติ
F_1	อัตราการสูญเสียอย่างน้อย	(LT^{-1})
Y^*	เปอร์เซ็นต์อัตราการสูญเสียอย่างน้อย	ไร้มิติ
I	อัตราการของฝนในสมการที่ ก. 17	(LT^{-1})
P	ปริมาณของฝน	(L)
RI	ดัชนีของฝน	ไร้มิติ
Q	อัตราการไหลผ่านของทางระบายน้ำล้น	$(L^3 T^{-1})$
C_1	สัมประสิทธิ์การไหล	ไร้มิติ
B	ความกว้างทางระบายน้ำล้น	(L)
H	ความสูงของน้ำเหนือสันทางระบายน้ำล้น	(L)
Q_{m1}	ปริมาณการไหลผ่านทางน้ำไหลเข้าแบบตรงโดยไม่คิดระยะพ้นน้ำ	$(L^3 T^{-1})$
Q_{s1}	ปริมาณการไหลผ่านทางน้ำไหลเข้าแบบตรง	$(L^3 T^{-1})$
W	ความกว้างของสันทางระบายน้ำล้น	(L)
h	ความสูงของ Side Wall และ Wing Wall เหนือระดับพื้นทางระบายน้ำล้น	(L)
q_{m1}	ปริมาณการไหลผ่านทางน้ำไหลเข้าแบบตรงโดยไม่คิด ระยะพ้นน้ำต่อหนึ่งหน่วยความกว้าง	$(L^3 T^{-1})$
Z	ความแตกต่างระหว่างระดับพื้นทางระบายน้ำล้นกับระดับร่อนน้ำธรรมชาติ	(L)
Z	ค่าแตกต่างระหว่างจุดที่ 1 กับจุดที่ 2 ของช่องรางเทที่พิจารณา	(L)
d_1	ค่าความลึกของการไหลจุดที่ 1	(L)
d_2	ค่าความลึกของการไหลจุดที่ 2	(L)
V_1	ความเร็วของการไหลจุดที่ 1	(LT^{-1})
V_2	ความเร็วของการไหลจุดที่ 2	(LT^{-1})
S_1	ความลากเสียดทานจุดที่ 1	ไร้มิติ
S_2	ความลากเสียดทานจุดที่ 2	ไร้มิติ
n	สัมประสิทธิ์ความขรุขระของพื้นรางเท	ไร้มิติ
R_1	รัศมีเชิงกลศาสตร์ จุดที่ 1	(L)
R_2	รัศมีเชิงกลศาสตร์ จุดที่ 2	(L)
A_1	พื้นที่การไหลจุดที่ 1	(L^2)
A_2	พื้นที่การไหลจุดที่ 2	(L^2)
P_1	เส้นขอบเปียกการไหลจุดที่ 1	(L)

สัญลักษณ์

ความหมาย

๒

มิติ

F

ค่า Froude number

ไร้มิติ

ค่าความหนาแน่นของน้ำ

(ML^{-3})

K_x

ค่าความซึมผ่านได้ของดินในแกน x

(LT^{-1})

K_y

ค่าความซึมผ่านได้ของดินในแกน y

(LT^{-1})

K_z

ค่าความซึมผ่านได้ของดินในแกน z

(LT^{-1})