โครงงานวิศวกรรมชลประทาน

(02207499)

ที่ 22/2556

เรื่อง

การศึกษาและออกแบบอาคารท่อระบายปากคลองส่งน้ำ

Study and design of head Regulator

โดย

นางสาวชญาญ์พัฐฐ์ สิงห์ทอง

เสนอ

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน
คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา-ชลประทาน)
พุทธศักราช 2556

บทคัดย่อ

เรื่อง :
โดย : นางสาว ชญาญ์พัฐฐ์ สิงห์ทอง
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน :

.....
(อ.ยุทธนา ตาละลักษมณ์)
...../...../.....

โครงงานวิศวกรรมนี้เป็นการศึกษาอาคารท่อระบายปากคลองส่งน้ำ การดำเนินงานประกอบด้วยการนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจคลองด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำมาวิเคราะห์และนำค่าเหล่านั้นมาคำนวณเพื่อให้มีความปลอดภัยของโครงสร้างและนำมาจัดทำแบบจำลองด้วยวัสดุที่คล้ายคลึงอาคารจริง เพื่อให้ผู้ที่ได้ศึกษาวิจัยเล่มนี้ได้เข้าใจถึงโครงสร้างของอาคารท่อระบายปากคลองส่งเป็นอย่างดี

คำนิยม

ในการจัดทำโครงงานวิศวกรรมชลประทาน ผู้จัดทำโครงงานขอขอบพระคุณ อ.ยุทธนา ตาละลักษมณ์ ที่คอยให้คำปรึกษาและแนะนำในการจัดทำโครงงานวิศวกรรมชลประทานจนประสบความสำเร็จ

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมชลประทานที่คอยให้ความอนุเคราะห์สถานที่ และคอมพิวเตอร์ในการนำเสนอความก้าวหน้าของโครงงาน จึงทำให้การดำเนินงานของโครงงานสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ ประโยชน์และคุณความดีทั้งหลายอันพึงจะได้รับจากโครงงานวิศวกรรมชิ้นนี้ผู้จัดทำขอมอบให้แด่ บิดาและมารดา ที่ให้การอบรมเลี้ยงดูมาด้วยความรักอันยิ่งใหญ่ คณาจารย์ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ความสามารถต่างๆ ให้แก่ผู้จัดทำ ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน จนประสบความสำเร็จในการศึกษา

ผู้จัดทำ
นางสาว อรอนงค์ สิงห์ทอง
พฤษภาคม 2556

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
Abstract	II
คำนิยม	III
สารบัญภาพ	VI
สารบัญ ตาราง	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2
2.1 องค์ประกอบสำคัญโครงการชลประทาน	2
2.1.1 เขื่อนทดน้ำ	2
2.1.2 ฝาย	2
2.1.3 อาคารประกอบของเขื่อนทดน้ำ	3
2.1.4 ประตูหรือท่อปากคลองส่ง	3
2.1.5 ประตูระบายทราย	4
2.1.6 บันไดปลา	4
2.1.7 เรือแพสัญจร	4
2.1.8 เขื่อนเก็บกักน้ำ	4
2.2 อาคารท่อระบายปากคลองส่งน้ำ	5
2.3 การออกแบบและให้แบบมาตรฐานท่อส่งน้ำเข้านา	8
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	14
3.1 รายการคำนวณท่อระบายปากคลอง	14
3.2 อุปกรณ์ในการทำแบบจำลอง	20
3.3 ขั้นตอนวิธีการทำแบบจำลอง	21

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 สรุปและข้อเสนอแนะ	23
สรุป	23
ข้อเสนอแนะ	23
เอกสารอ้างอิง	24

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 อาคารท่อระบายปากคลองส่งน้ำ 7
ภาพที่ 2 แปลนท่อส่งน้ำเข้านาแบบตรง 10
ภาพที่ 3 ท่อส่งน้ำเข้านาแบบท่อตรง (รูปตัด ก-ก) 11
ภาพที่4 ด้าน outlet trasition 21
ภาพที่5 ด้าน inlet trasition 21
ภาพที่6 ถนน 22
ภาพที่7 ตกแต่งหญ้าเทียม 22

สารบัญ ตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 มิติฝายต่างๆ ของอาคารท่อระบายปากคลอง 19
ตารางที่ 2 มิติต่างๆ ของ inter transition 19
ตารางที่ 3 มิติต่างๆ ของ outlet transition 19
ตารางที่ 4 มิติฝายต่างๆ ของอาคารท่อระบายปากคลองในมาตราส่วน 1:30 19
ตารางที่ 5 มิติต่างๆ ของ inter transition ในมาตราส่วน 1:30 19
ตารางที่ 6 มิติต่างๆ ของ outlet transition ในมาตราส่วน 1:30 19

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและที่มาของปัญหา

เนื่องจากการศึกษาทางด้านชลประทานในปัจจุบันนั้น พบว่านิสิตยังขาดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับอาคารชลประทานที่กำลังศึกษาอยู่ เพราะไม่เห็นอาคารจริง มีแค่การเรียนรู้จากในตำรา หรือจากภาพถ่ายเพียงอย่างเดียว และในการนำนิสิตไปดูงาน หรือออกภาคสนามนั้นก็ไม่สามารถเห็นตัวอาคารได้ทั้งหมด เนื่องจากส่วนประกอบของตัวอาคารส่วนใหญ่อยู่ใต้น้ำ ดังนั้นในการสร้างแบบจำลองอาคารชลประทานจึงจำเป็นอย่างมากเพราะในแบบจำลองนั้นรวมองค์ประกอบต่างๆที่ใช้บรรยายถึงลักษณะของตัวอาคาร กระบวนการทำงาน รูปร่าง เพื่อช่วยในการสร้างเสริมจินตนาการความรู้ ความเข้าใจให้แก่นิสิต นักศึกษาหรือเจ้าหน้าที่หน่วยงานอื่นๆ ตลอดจนประชาชนที่สนใจ ได้เข้าใจอาคารชลประทานได้อย่างชัดเจนยิ่งขึ้น

ในการศึกษานี้จะจัดทำแบบจำลองอาคารท่อระบายน้ำปากคลอง เนื่องจากในปัจจุบัน เรามักให้ความสำคัญต่ออาคารหัวงาน เช่น เขื่อนกักเก็บน้ำ เขื่อนระบายน้ำ หรือฝายทดน้ำ ซึ่งเป็นอาคารขนาดใหญ่มีการออกแบบ และก่อสร้างเป็นอย่างดี แต่ในส่วนอาคารชลประทานที่เป็นส่วนที่เล็กลงมา เช่น อาคารท่อระบายน้ำปากคลองนี้ ยังไม่ได้รับความสนใจหรือมีการให้ความรู้มากนักเพราะเป็นส่วนที่เล็กลงมาจากหัวงาน ดังนั้นจึงมีการจัดทำแบบจำลองนี้ขึ้นเพื่อศึกษาถึงความสำคัญและโครงสร้างต่างๆของตัวอาคารที่สำคัญๆเพื่อแสดงให้ทราบถึงโครงสร้างแต่ละส่วนของตัวอาคารท่อระบายปากคลองนี้

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อจัดทำแบบจำลองอาคารท่อระบายน้ำปากคลองส่งน้ำ
2. เพื่อศึกษาโครงสร้างตัวอาคารชลประทานและหลักการออกแบบอาคารท่อระบายน้ำปากคลอง
3. เพื่อใช้แบบจำลองเป็นอุปกรณ์ประกอบการเรียนการสอนวิชา การออกแบบคลองและอาคารส่งน้ำรวมถึงวิชาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับอาคารชลประทาน

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 องค์ประกอบสำคัญโครงการชลประทาน

องค์ประกอบสำคัญโครงการชลประทาน ได้แก่ หัวงานของโครงการชลประทาน ซึ่งประกอบด้วยสิ่งก่อสร้างหรืออาคาร ณ บริเวณแหล่งน้ำอันเป็นต้นน้ำของโครงการชลประทาน เพื่อจัดหาหรือเก็บกักน้ำให้มีจำนวนเพียงพอกับความต้องการของพื้นที่ชลประทานทั้งหมด หรือเพื่อยกระดับน้ำให้สูงพอที่จะส่งต่อไปยังพื้นที่เพาะปลูกได้อย่างทั่วถึง อย่างใดอย่างหนึ่ง และนอกจากนั้นยังรวมถึงสิ่งก่อสร้างอาคารต่างๆ ที่สร้างอยู่ในบริเวณหัวงานของโครงการชลประทานเพื่อจุดประสงค์อื่นๆ อีกด้วย ดังจะได้กล่าวถึงรายละเอียดเกี่ยวกับสิ่งก่อสร้างที่หัวงานของโครงการชลประทานประเภทอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลกซึ่งนิยมก่อสร้างอยู่ทั่วไป ทั้งของโครงการชลประทานประเภททดน้ำและโครงการชลประทานประเภทเก็บกักน้ำพอเป็นสังเขปต่อไปนี้

2.1.1 **เขื่อนทดน้ำ** เป็นอาคารที่สร้างปิดกั้นลำน้ำธรรมชาติที่บริเวณต้นน้ำของโครงการชลประทาน เพื่อทดน้ำให้มีระดับสูงจนสามารถส่งไปตามคลองส่งน้ำ สู่พื้นที่เพาะปลูกได้ด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก เขื่อนทดน้ำส่วนมากจะสร้างอยู่ที่บริเวณซึ่งมีระดับพื้นที่สูงที่สุด โดยที่เมื่อน้ำถูกทดอัดจนถึงและส่งเข้าคลองส่งน้ำไปแล้ว จะทำให้น้ำในคลองส่งน้ำมีระดับสูงกว่าพื้นที่ชลประทานส่วนใหญ่ที่อยู่ภายในเขตโครงการนั้น ทำให้พื้นที่เพาะปลูกในเขตโครงการได้รับน้ำชลประทานจากคลองส่งน้ำอย่างทั่วถึงเขื่อนทดน้ำอาจมีรูปร่างอาคารเป็นแบบฝาย หรือเป็นแบบเขื่อนระบายน้ำก็ได้

2.1.2 **ฝาย** เป็นอาคารหรือสิ่งก่อสร้างที่สร้างปิดกั้นลำน้ำธรรมชาติเพื่อทำหน้าที่ทดน้ำ เมื่อเราสร้างฝายที่ลำน้ำ ซึ่งจะใช้เป็นต้นน้ำของโครงการชลประทาน ฝายจะทำหน้าที่เป็นอาคารทดน้ำหรือเขื่อนทดน้ำประเภทหนึ่ง เพื่อทดน้ำที่ไหลมาตามลำน้ำให้มีระดับสูงจนน้ำสามารถไหลเข้าคลองส่งน้ำได้ตามปริมาณที่ต้องการในฤดูกาลเพาะปลูก ส่วนน้ำที่เหลือจะไหลล้นข้ามสันฝายไป ฝายทุกแห่งจึงจำเป็นต้องสร้างให้มีความสูงมากพอ สำหรับทดน้ำให้เข้าคลองส่งน้ำได้ และจะต้องมีความยาวมากพอที่จะให้น้ำที่ไหลมาในฤดูน้ำไหลหลาก ล้นข้ามสันฝายไปได้อย่างปลอดภัย โดยไม่ทำให้เกิดน้ำท่วมล้นตลิ่งทั้งสองฝั่งลำน้ำ และลำน้ำบริเวณด้านเหนือฝายมากเกินไปด้วย โดยทั่วไปแล้วฝายจะเป็นอาคารที่มีขนาดสูงไม่มากนัก และมีรูปร่างคล้ายสี่เหลี่ยมคางหมู ฝายที่ก่อสร้างอาจมีลักษณะชั่วคราวสร้างด้วยกิ่งไม้ ใบไม้, ไม้ไผ่, เสาไม้, ทราย และกรวด เป็นต้น หรือฝายลักษณะถาวร ซึ่งใช้วัสดุที่มีความคงทนถาวร ได้แก่ หิน ซีเมนต์คอนกรีตล้วน และคอนกรีตเสริมเหล็ก เป็นต้น

เขื่อนระบายน้ำ เป็นอาคารทดน้ำหรือเขื่อนทดน้ำที่ต้นน้ำของโครงการชลประทานอีกประเภทหนึ่ง ซึ่งสร้างปิดกั้นลำน้ำธรรมชาติสำหรับทดน้ำที่ไหลมาให้มีระดับสูงจนสามารถส่งเข้าคลองส่งน้ำได้ ตาม

ปริมาณที่ต้องการในฤดูกาลเพาะปลูกเช่นเดียวกับฝาย แต่เขื่อนระบายน้ำจะระบายน้ำผ่านเขื่อนไปได้ตามปริมาณที่กำหนด โดยไม่ยอมให้น้ำไหลล้นข้ามเหมือนฝาย และเมื่อเวลาน้ำหลากมาเต็มที่ในฤดูฝน เขื่อนระบายน้ำนี้ยังสามารถระบายน้ำให้ผ่านไปได้ทันที เขื่อนระบายน้ำสร้างด้วยคอนกรีตเสริมเหล็ก มีลักษณะเป็นช่อง ๆ สำหรับให้น้ำไหลผ่านตัวเขื่อนไปได้โดยตลอด ความยาวของเขื่อนแบ่งด้วยตอม่อ เขื่อนระบายน้ำแต่ละแห่งจะมีจำนวนกี่ช่อง และกว้างช่องละเท่าไรนั้นย่อมแล้วแต่ปริมาณน้ำสูงสุดที่มีมาในลำน้ำ ซึ่งจะต้องไหลผ่านไปได้อย่างปลอดภัยโดยไม่ล้นข้ามเขื่อน และไม่ทำให้ระดับน้ำด้านหน้าของเขื่อนท่วมพื้นที่สองฝั่งลำน้ำมากเกินไปด้วยเช่นกัน ที่ช่องระบายน้ำของเขื่อนทุกช่องจะมีบานประตูติดตั้งไว้ระหว่างตอม่อ ประตูทุกบานสามารถยกขึ้น และหย่อนลงได้ทุกระดับตามต้องการ เมื่อไม่ต้องการให้น้ำไหลผ่านเขื่อนก็หย่อนบานประตูลงปิดสนิทที่พื้นธรณีของเขื่อนได้ และเมื่อต้องการระบายน้ำผ่านเขื่อนก็ยกบานประตูขึ้นจากพื้นธรณีเขื่อน ให้น้ำไหลลอดบานประตูไป ในกรณีที่มีน้ำไหลมามากและต้องการระบายน้ำผ่านเขื่อนเต็มที่ ก็สามารถยกบานประตูทุกบานให้สูงขึ้นพ้นระดับน้ำได้ บานประตูของเขื่อนระบายน้ำส่วนมากทำด้วยเหล็กมีรูปร่างต่าง ๆ กัน เช่น บานรูปสี่เหลี่ยมตั้งตรง และบานสี่เหลี่ยมรูปโค้ง เขื่อนระบายน้ำที่สำคัญ ได้แก่ เขื่อนพระราม 6 จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เขื่อนเจ้าพระยา จังหวัดชัยนาท เขื่อนวชิราลงกรณ์ จังหวัดกาญจนบุรี และเขื่อนนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก เป็นต้น

2.1.3 **อาคารประกอบของเขื่อนทดน้ำ** (สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ เล่มที่ 7 พ.ศ 2525) นอกจากฝายหรือเขื่อนระบายน้ำซึ่งสร้างขึ้นสำหรับทดน้ำให้มีระดับสูงตามที่ต้องการแล้วที่บริเวณต้นน้ำของโครงการชลประทาน หรือที่บริเวณใกล้เคียงกับเขื่อนทดน้ำยังจะต้องสร้างอาคารซึ่งเป็นอาคารประกอบอื่น ๆ อีกตามความจำเป็นเพื่อให้มีการทดน้ำและการส่งน้ำเป็นไปอย่างสมบูรณ์ อาคารที่สำคัญมีดังต่อไปนี้

2.1.4 **ประตูหรือท่อปากคลองส่งน้ำ** ที่บริเวณปากคลองส่งน้ำซึ่งรับน้ำจากแหล่งน้ำหน้าเขื่อนทดน้ำทุกแห่งต้องมีอาคารสำหรับควบคุมจำนวนน้ำที่จะให้ไหลเข้าคลองส่งน้ำตามที่ต้องการ คลองส่งน้ำที่มีขนาดใหญ่อาจจะสร้างเป็นอาคารที่มีรูปร่างคล้ายกับเขื่อนระบายน้ำ แต่มีขนาดเล็กกว่า ส่วนคลองส่งน้ำที่มีขนาดเล็กอาจจะสร้างเป็นอาคารแบบท่อ และมีบานประตูติดตั้งไว้ที่ปากทางเข้าท่อสำหรับใช้ควบคุมปริมาณน้ำด้วยเช่นกัน

2.1.5 **ประตูระบายทราย** ปกติแล้วจะสร้างควบคู่ไปกับ เขื่อนทดน้ำประเภทฝายโดยมีช่องระบายน้ำลึกลงไปจนถึงระดับน้ำท้องน้ำธรรมชาติสำหรับระบายตะกอนทรายที่บริเวณหน้าประตูหรือท่อปากคลองส่งน้ำ และบริเวณด้านหน้าของฝายบางส่วนทิ้งไปทางด้านท้ายฝายเพื่อป้องกันไม่ให้ตะกอนไหลเข้าไปตกจมในคลองส่งน้ำจนตื้นเขิน

2.1.6 **บันไดปลา** เป็นรองน้ำขนาดเล็กซึ่งสร้างไว้ที่บริเวณปลายฝายหรือเขื่อนระบายน้ำด้านใดด้านหนึ่ง มีลักษณะเป็นบ่อขังน้ำที่มีความลาดเอียงและเป็นขั้นบันได โดยปากทางเข้าจะลดระดับให้ต่ำกว่าระดับน้ำที่ต้องการทดอัดเล็กน้อย เมื่อน้ำถูกทดอัดจนถึงระดับที่ต้องการแล้วจะมีน้ำไหลไปตามร่องน้ำ ซึ่งจะมีน้ำขังอยู่เป็นแอ่งและไหลตกเป็นขั้นบันไดเตี้ย ๆ ทำให้ปลาสามารถว่ายทวนน้ำจากทางด้านฝายหรือเขื่อนระบายน้ำไต่บันไดที่มีน้ำไหลตลอดเวลานั้นขึ้นไปทางด้านหน้าได้

2.1.7 **ประตูเรือแพสัญจร** ในลำน้ำที่เป็นทางคมนาคมด้วยนั้น จำเป็นจะต้องสร้างอาคารสำหรับให้เรือและแพซุงผ่านไปมาได้ โดยสร้างไว้ทางด้านใดด้านหนึ่งติดกับเขื่อนทดน้ำหรือในบริเวณที่เหมาะสมใกล้ ๆ กับตัวเขื่อน ประตูเรือแพสัญจรนี้นอกจากจะสร้างคู่กับเขื่อนทดน้ำแล้ว ยังจะต้องสร้างคู่กับอาคารทดน้ำของคลองส่งน้ำขนาดใหญ่ซึ่งใช้เป็นทางคมนาคมด้วยเสมอ ประตูเรือแพสัญจรนี้อาจเรียกกันทั่วไปอีกอย่างหนึ่ง “ประตูน้ำ”

2.1.8 **เขื่อนเก็บกักน้ำ** เขื่อนเก็บกักน้ำ เป็นเขื่อนที่สร้างปิดกั้นลำน้ำธรรมชาติระหว่างหุบเขาหรือเนินสูง เพื่อกักกั้นน้ำที่มีไหลมามากในฤดูฝนเก็บไว้ทางด้านเหนือเขื่อน ทำให้เกิดเป็นอ่างเก็บน้ำขนาดต่าง ๆ ซึ่งน้ำที่เก็บไว้นี้จะนำออกมาทางอาคารที่ตัวเขื่อนได้ทุกเวลาที่ต้องการ โดยอาจระบายลงไปตามลำน้ำให้กับเขื่อนทดน้ำที่สร้างอยู่ทางตอนล่าง หรืออาจส่งเข้าคลองส่งน้ำสำหรับโครงการชลประทานที่มีคลองส่งน้ำรับน้ำจากเขื่อนเก็บกักน้ำนั้นโดยตรง เขื่อนเก็บกักน้ำจะต้องสร้างทางบริเวณด้านเหนือของโครงการชลประทานเสมอ ทำเลที่เหมาะสมสำหรับการสร้างเขื่อนเก็บกักน้ำมักจะมีเนินสูง หรือเนินเขาสองข้างลำน้ำอยู่ใกล้กันมากที่สุด ซึ่งขนาดความสูงของเขื่อนจะกำหนดตามปริมาตรของน้ำที่ต้องการจะเก็บกักไว้ โดยจะต้องพิจารณาให้เหมาะสมกับปริมาณน้ำเฉลี่ยทั้งปีที่ไหลลงมาตามลำน้ำ รวมทั้งปริมาณน้ำที่พื้นที่เพาะปลูกทั้งหมดในเขตโครงการชลประทานนั้นจะต้องการใช้แต่ละปีด้วย เขื่อนเก็บกักน้ำสามารถสร้างได้ด้วยวัสดุประเภทต่างๆ เช่น คอนกรีตล้วน คอนกรีตเสริมเหล็ก ดิน และหิน ซึ่งนำมาถมแล้วบดอัดให้แน่น เป็นต้น เขื่อนเก็บกักน้ำที่สร้างขึ้นทุกแห่งจะกำหนดหรือเลือกก่อสร้างด้วยวัสดุอะไรบ้าง จะต้องพิจารณาให้เหมาะสมกับสภาพฐานรากและสภาพภูมิประเทศที่เขื่อนนั้นตั้งอยู่ ตลอดจนชนิดและจำนวนของวัสดุที่มีให้ใช้ก่อสร้างได้ โดยเขื่อนจะต้องมีทั้งความมั่นคงแข็งแรงและมีราคาถูกที่สุด เขื่อนเก็บกักน้ำเพื่อการชลประทานได้ทำการก่อสร้างไว้ใน

ภาคต่าง ๆ ทั่วประเทศ เช่น เขื่อนภูมิพล จังหวัดตาก เขื่อนสิริกิติ์ จังหวัดอุตรดิตถ์ เขื่อนแก่งกระจาน จังหวัดเพชรบุรี เขื่อนลำพระเพลิง จังหวัดนครราชสีมา และเขื่อนน้ำอูน จังหวัดสกลนคร เป็นต้น

2.2 อาคารท่อระบายปากคลองส่งน้ำ (Head Regulator)

เป็นอาคารควบคุมปริมาณน้ำไหลเข้าปากคลองส่งน้ำทุกสายให้ได้ปริมาณตามที่ต้องการ ซึ่งอาคารนี้มีรูปแบบดังแสดงใน รูปที่ 1 ตัวอาคารประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ

1) ส่วนแรกเป็นปากทางน้ำไหลเข้า (Inlet Transition) จะมีบานระบายแบบ Slide Gate ไว้สำหรับควบคุมการปิด-เปิด ให้น้ำไหลผ่านได้มากน้อยตามปริมาณที่ต้องการ
2) ส่วนที่สองเป็นท่อคอนกรีตเสริมเหล็ก จะเป็นท่อกลมหรือท่อสี่เหลี่ยม
3) ส่วนที่สามเป็นทางน้ำไหลผ่านออก (Outlet Transition) ต่อจากท้ายท่อ

อัตราการไหลของน้ำที่ใช้ในการออกแบบ กำหนดให้เท่ากับอัตราการไหลสูงสุดในคลองส่งน้ำนั้น และเพิ่มขึ้นอีก 10%

ในการคำนวณการออกแบบทางชลศาสตร์ของอาคารท่อระบายปากคลองส่งน้ำ มีเกณฑ์การคำนวณดังต่อไปนี้

1. สูตรน้ำไหลผ่านท่อ

ในการกำหนดขนาดท่อใช้เกณฑ์ความเร็วของน้ำที่ไหลผ่านท่อไม่เกิน 1.50 ม./วินาที โดยใช้สูตร ดังนี้

$$V = \sqrt{2g\Delta H} \quad \text{.....(1)}$$

$$Q = AV \quad \text{.....(2)}$$

D

เมื่อ V = ความเร็วของน้ำที่ไหลผ่านท่อ, ม./วินาที

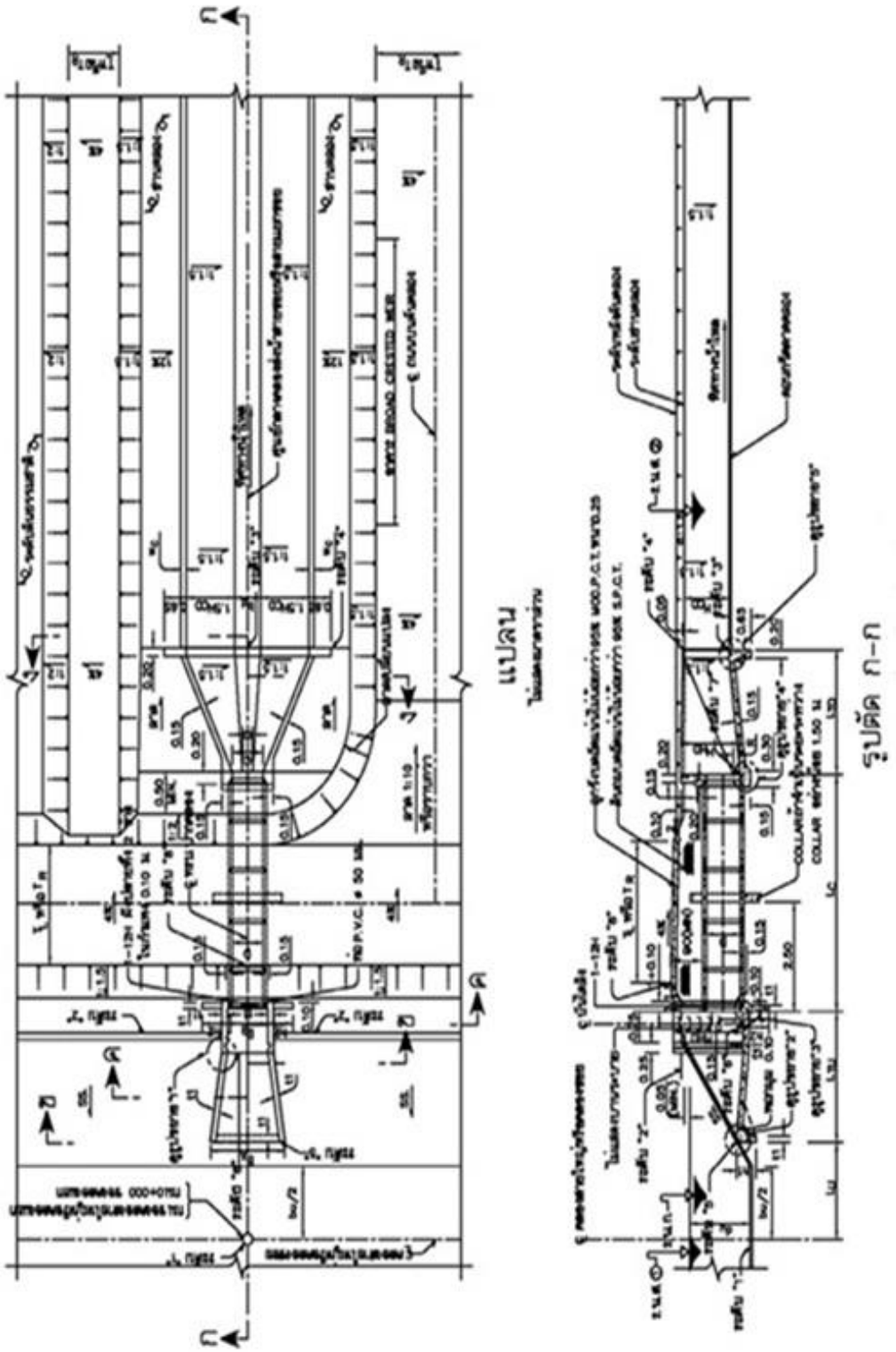
Q = อัตราการไหลของน้ำ, $ม^3$/วินาที

A = พื้นที่หน้าตัดท่อ, $ม^2$

C = discharge coefficient

ΔH = ความแตกต่างของระดับน้ำด้านเหนือน้ำกับด้านท้ายน้ำ

เนื่องจากปากทางเข้า Inlet Transition มีลักษณะเป็นแบบ Rectangular Suppressed Weir ดังนั้นสูตรที่ใช้ในการคำนวณอัตราการไหลของน้ำผ่าน Inlet Transition เพื่อเข้าท่อ คือ



ภาพที่ 1 ตาดาดอ่อนระบายตะกอนจากคลองส่งน้ำ

$$Q = CLH^{3/2} \quad \text{.....(3)}$$

เมื่อ Q = ปริมาณน้ำ, ม^3/วินาที

C = 1.71

L = ความยาวของส่วนที่น้ำไหลข้ามหรือไหลผ่าน, ม.

H = ความลึกน้ำเหนือระดับสันที่น้ำไหลข้าม, ม.

2. ความลึกของระดับน้ำท่วมเหนือปากท่อ หรือ เหนือช่องเปิดของบาน (Submergence)

- ด้านเหนือน้ำ (Upstream) จะต้องไม่น้อยกว่า $1.78H_{VP}$+ 0.08 ม.
- ด้านท้ายน้ำ (Down Stream) จะต้องไม่น้อยกว่า 0.05 ม. และไม่มากกว่า D/6

(D = เท่ากับความสูงของท่อหรือเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ)

เมื่อ H_{VP} = Velocity Head ในท่อ

3. Total Head Loss ของอาคารคำนวณได้จากสูตรต่อไปนี้

$$H_L = 0.78\ H_{VP} + S_f \times L_c + 0.70\ (H_{VP} - H_{VCD}) \quad \text{.....(4)}$$

เมื่อ H_L = Total Head Loss, ม.

H_{VP} = Velocity Head ในท่อ, ม.

S_f = Friction Slope = 4/3R2v2n

n = 0.014

L_c = ความยาวท่อ, ม.

H_{VCD}= Velocity Head ของน้ำในคลองด้านท้าย, ม.

2.3 การออกแบบและใช้แบบมาตรฐานท่อส่งน้ำเข้านา

การออกแบบท่อส่งน้ำเข้านาแบบท่อตรง

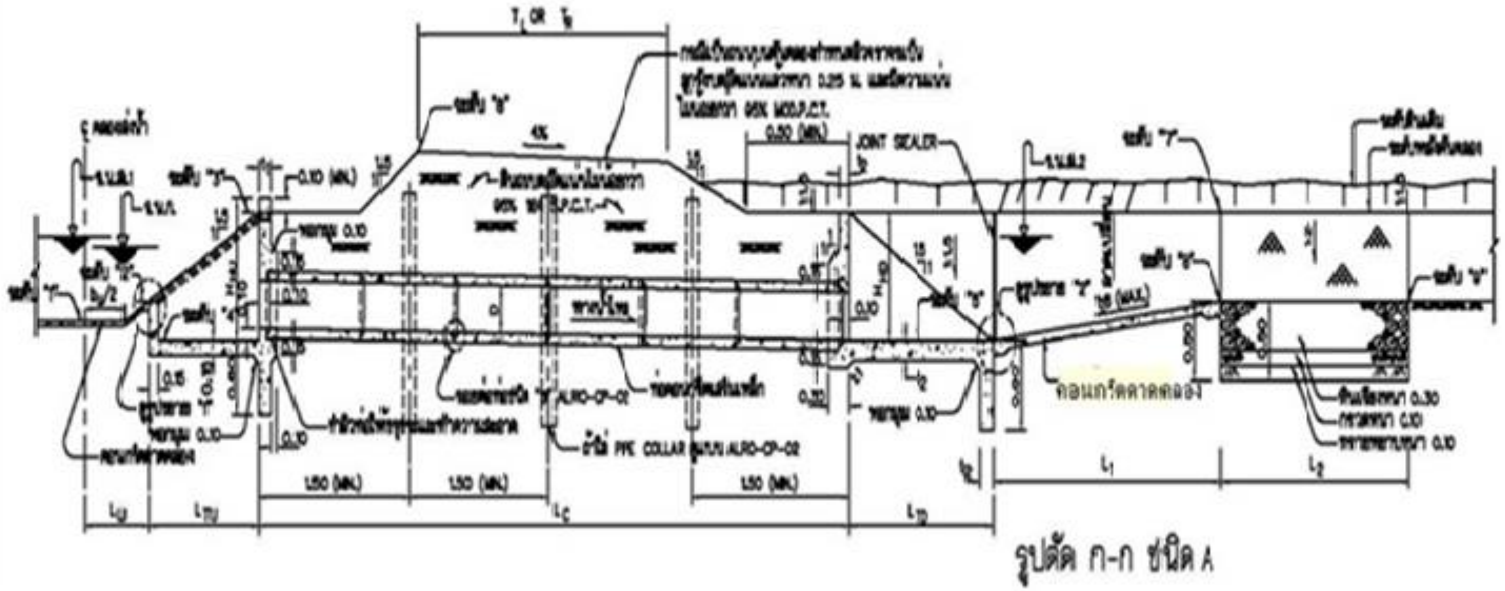
ข้อมูลที่ต้องการ

- อัตราการไหลในคูส่งน้ำ Q
- ระดับน้ำสูงสุดในคลองส่งน้ำ ร.น.ส. 1
- ระดับน้ำเก็บกักในคลองส่งน้ำ ร.น.ก.
- ระดับก้นคลอง ระดับ “1”
- ระดับขานคลอง ระดับ “3”
- ระดับหลังคันคลอง ระดับ “6”
- ระดับดินธรรมชาติ ระดับดินเดิม
- ความกว้างก้นคลอง b_U
- ความลึกของน้ำในคลอง d_U
- ความสูงของขอบคอนกรีต H_{CU}
- ความสูงของคันคอลง H_U
- ความกว้างของขานคลองฝั่งซ้ายหรือขวา B_L หรือ B_R
- ความกว้างของหลังคันคลองฝั่งซ้ายหรือขวา T_L หรือ T_R

เงื่อนไขการเลือกใช้ท่อส่งน้ำเข้านาแบบท่อตรง เหมือนกับของท่อระบายน้ำปากคลองส่งน้ำแบบท่อตรง และขั้นตอนการออกแบบโดยใช้แบบมาตรฐานมีดังต่อไปนี้

1. วิเคราะห์หาปริมาณการไหลที่ต้องส่งให้พื้นที่แฉกส่งน้ำ, Q
2. กำหนดใช้ขนาดท่อ, D โดยพิจารณาจากตารางในแบบมาตรฐาน
3. หาความเร็วน้ำในท่อ, $V_P = Q/A$ ซึ่งไม่เกิน 1.50 เมตร/วินาที
4. หาเฮดความเร็วของน้ำในท่อ, หรือ H_{VP} $2gV^2_P$

ภาพที่ 2 แบบแปลนสะพานข้ามคลองชลประทาน



ภาพที่ 3 ท่อส่งน้ำเข้านาแบบท่อตรง (รูปตัด ก-ก)

5. หา Friction Slope ในท่อ, S_f

$$S_f = n^2V^2p/R^{4/3} \quad \text{.....(5)}$$

$$S_f = n^2V^2p/0.1575D^{4/3} \quad \text{กรณีท่อเป็นวงกลม} \quad \text{.....(6)}$$

6. กำหนดใช้ B_1, B_2, t_1 และ t_2 จากตาราง

Q(ลิตร/วินาที)	106	188	294	424
D (ม.)	0.30	0.40	0.50	0.60
B_1 (ม.)	0.75	0.75	0.80	0.90
B_2 (ม.)	0.50	0.60	0.70	0.80
t_1 (ม.)	0.15	0.15	0.20	0.20
t_2 (ม.)	0.10	0.10	0.15	0.15

7. หา H_A เพื่อใช้กำหนดระดับ “2” (ระดับสันปากทาง Inlet) โดยกำหนดให้ Cutoff ด้าน Inlet เป็นเสมือนฝายสี่เหลี่ยมแบบไม่บีบข้าง (Suppressed Rectangular Weir)

$$Q = CLH^{3/2} \quad \text{.....(5)}$$

$$Q = 1.71B_1H_A^{3/2} \quad \text{.....(6)}$$

8. คำนวณหาระดับ “4” (ระดับพื้น Inlet) จากน้ำท่วมปากท่อ

$$\text{ระดับ “4”} = \text{ร.น.ก. (หรือใช้ ร.น.ส.1)} - (1.78H_{VP} + 0.08) - D - 0.10 \quad \text{.....(7)}$$

9. คำนวณหาระดับ “4” จากดินทับหลังท่อไม่น้อยกว่า 0.90 ม.

$$\text{ระดับ “4”} = \text{ระดับ “6”} - 0.90 - \text{ความหนาท่อ} - D - 0.10 \quad \text{.....(8)}$$

10. เลือกใช้ค่าระดับ “4” ที่ต่ำกว่าระหว่างข้อ 8 และข้อ 9 อาจจะต้องมีการปรับระดับ “4” ให้น้อยลงอีก เพื่อให้ได้ผลต่างระหว่างระดับ “4” และ ระดับ “3” เป็นตัวเลขที่เหมาะสมในทางปฏิบัติ

11. คำนวณระดับ “2” สูงสุด

$$\text{ระดับ “2” สูงสุด} = \text{ร.น.ก.} - H_A \quad \text{.....(9)}$$

12. ค่าของระดับ “2” ต่ำสุดเท่ากับค่าของระดับ “1” หรือระดับพื้นคลองด้านหน้าอาคาร

13. เลือกใช้ค่าของระดับ “2” ระหว่างข้อ 11 และข้อ 12 ซึ่งอาจจะเลือกใช้ระดับ “2” เท่ากับระดับ “4” ก็ได้

14. คำนวณหา L_U, L_{TU} และ L_C

$$L_U = 0.5b_u + 1.5 \text{ (ระดับ “2” – ระดับ “1”)} \quad \text{.....(10)}$$

$$L_{TU} = 1.5 \text{ (ระดับ “3” – ระดับ “2”)} \quad \text{.....(11)}$$

$$L_C \text{ (โดยประมาณ)} = B_m + 3.0 \text{ (ระดับ “6”)} - 1.5 \text{ (ระดับ “3”)} + T_L$$
$$\text{หรือ } T_R - 1.5 \text{ (ระดับ “7”)} + 0.5 \text{ (Min.)} \quad \text{.....(12)}$$

โดย B_m = ความกว้างของชานคลองด้านหน้าอาคาร

15. หา H_u = ระดับ “3” – ระดับ “4” + 0.10 .....(13)

16. คำนวณหาการสูญเสียเฮดทั้งหมด

$$H_L = \text{Entrance Loss} + \text{Friction Loss} + \text{Exit Loss}$$
$$= 0.78\, H_{VP} + SfL_C + 1.0\, H_{VP} \quad \text{.....(14)}$$

17. หา ร.น.ส.2 = ร.น.ก. - H_L .....(15)

18. หา ร.น.ส.2 = ระดับดินเดิม + 0.30 .....(16)

19. เลือกใช้ ร.น.ส.2 ค่าต่ำสุด ระหว่างข้อ 17 และข้อ 18 .....(17)

20. คำนวณระดับ “5” จากความลึกน้ำท่วมปากท่อ

ระดับ “5” = ร.น.ส.2 - D - 0.05 .....(18)

21. คำนวณหาระดับ “5” จากระดับ “4”

ระดับ “5” = ระดับ “4” + 0.10 .....(19)

กรณีนี้แนวท่อไม่มีความลาดเท ถ้าแนวท่อมีความลาดเทให้พิจารณาค่าความลาดเทด้วย

22. คำนวณหาระดับ “5” จากค่า H_{HD} ต่ำสุด

ระดับ “5” = ร.น.ส.2 + 0.20 – 0.65 – D ……..(20)

23. พิจารณาเลือกใช้ค่าระดับ “5” ต่ำสุด ระหว่างข้อ 20, ข้อ 21 และ ข้อ 22

24. หา ระดับ 7 = ร.น.ส.2 + Freeboard ……(21)

25. หา H_{HD} = ระดับ “7”– ระดับ “5” ……(22)

ถ้า H_{HD} ไม่ใช่ตัวเลขที่เหมาะสม ให้ทำการปรับค่าแล้วหาค่าของ ระดับ “5” ใหม่

26. หาค่า $L_{TD} = 1.5\ H_{HD}$ ……(23)

27. คำนวณหาขนาดคูส่งน้ำเพื่อหาความลึกน้ำในคู (d_d) และความกว้างของคู (b_d) โดยปกติใช้ความลาดเทตลิ่ง ของคู 1:1

28. หา ระดับ “9” = ร.น.ส.2 – d_d ……(24)

29. หา ระดับ “9” = ระดับ “8” ……(25)

30. หาความยาว

L_1=6 (ระดับ “8” – ระดับ “5”) ……(26)

แล้วให้พิจารณาปรับค่าเพื่อให้ได้ค่าที่เหมาะสม

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 รายการคำนวณอาคารท่อระบายปากคลอง

ข้อมูลคลองส่งน้ำ			U/S	D/S	
อัตราการไหล	(Q)	=	4.3	0.401	m^3/s
ความกว้างก้นคลอง	(b_u)	=	2.00	0.60	m.
ความลึกน้ำ	(d)	=	1.5	0.60	m.
Side slope	(z)	=	1.5	1.5	
Slope	(L_S)	=	1:8000	1:5000	
Coefficient of Friction	(n)	=	0.015	0.015	
ความกว้างชานคลอง	(b_m)	=	1.00	1.00	m.
ความกว้างคันคลองฝั่งซ้าย	(TL)	=	2.00	1.00	m.
ความกว้างคันคลองฝั่งขวา	(TR)	=	6.00	4.00	m.
ความหนาคลองดาด	(t_c)	=	0.06	0.05	m.
ความสูงของขอบดาด	(H_c)	=	1.75	0.75	m.
ความสูงคันคลองฝั่งซ้ายหรือฝั่งขวา	(H/H_R)	=	2.15	1.05	m.
FSL.		=	+102.036	+101.000	ม.(รทก)
ระดับก้นคลอง	(ร.1)	=	+100.536	+100.400	ม.(รทก)
ระดับหลังคันฝั่งซ้ายหรือฝั่งขวา	(ร.10)	=	+102.686	+101.450	ม.(รทก)
ระดับน้ำเก็บกัก	(RWL.)	=	+102.289		ม.(รทก)
ระดับดินเดิม	(NGL.)	=	+100.536		ม.(รทก)

การหาขนาดท่อ

กำหนดให้ความเร็วสูงสุดของน้ำในท่อ (V_a)		=	1.50	m^2/s
พื้นที่หน้าตัดท่อที่ต้องการ (A_r)	[Q/ V_a]	=	0.267	m^2
ขนาดท่อที่ต้องการ		=	0.583	m.
เลือกขนาดท่อ		=	0.60	m.
เลือกใช้ท่อ (D)	1	=	0.60	m.
ความหนาของท่อ (t)		=	0.10	m.
พื้นที่หน้าตัดจริง (A_p)	[$\pi D^2/4$]	=	0.283	m^2
ดังนั้น	$A_p > A_r$			
ความเร็วจริง (V_p)	[Q/ A_p]	=	1.418	m/s
h_{VP}	[$V^2/2g$]	=	0.103	m.
R	[D/4]	=	0.150	m.

การหาระดับและมิติต่าง ๆ ของด้าน inlet

ความสูงของน้ำท่วมท่อด้านเหนือน้ำ (Smu)		=	[1.78 h_{VP} + 0.08]	
		=	0.262	m.
		***ใช้	0.270	m.
ร.6	[RWL. – Smu + D + 0.1]	=	+101.266	ม.(รทก.)
หรือถ้าให้ความสูงของดินทับหลังท่อ		=	0.90	m.

ดังนั้น ร.6 = ร.10 – (0.90 + t + D) – 0.15

***เลือกใช้ ร.6 = +100.936 ม.(รทก.)

สมมติให้ทางน้ำเข้าเป็น Rectangular Suppressed Weir (C=1.705)

จากตารางแสดงมิติของ Inlet Transition	เลือกแบบ 4			
ความกว้างของ Inlet Transition ที่ Headwall (B_B)		=	0.90	m.
ความสูงของน้ำเหนือสันฝายต่ำสุด	$H_{crt}= [Q/C\times B_B]^{2/3}$	=	0.409	m.
ระดับสันฝาย (ร.5)	[RWL- H_{crt}]	=	+101.877	
		ระดับ “1”		OK.
เลือกใช้ ระดับสันฝาย (ร.5)		=	+101.800	
L_{TU} = 1.5(U/S FSL + 0.05 – ร.5) + 1.00		=	1.43	m.
เลือกใช้ ความยาวของ Inlet transition (L_{TU})		=	1.50	m.
มุมฝายของกำแพงข้าง Inlet Transition = 1:8				
ดังนั้น $B_A = B_B + 2(L_{TU} - 1.00)/8$		=	1.03	m.
	Used	=	1.05	m.
$L_U = b_u /2 + 1.5$(ร.5 – ร.1)		=	2.90	m.
H_{HU} = (ร.2 – ร.6) + 0.15		=	1.50	m.
	Used H_{HU}	=	1.50	m.
ความสูงของ Cutoff (h_1 และ h_2)		=	0.60	m.

การหาระดับและมิติต่างๆ ของ Outlet Transition and Long-Throathed Flume

จากตารางแสดงมิติต่างๆ ของ Long-Throathed Flume

เลือก Flume ชนิดที่		=	M 0.90		B_2	=	0.90	m.
	Y_1	=	19.96	cm.	=	0.20	m.	
	B_1	=	90	cm.	=	0.90	m.	
	L	=	60	cm.	=	0.60	m.	
	S	=	20	cm.	=	0.20	m.	
	L_1	=	60	cm.	=	0.60	m.	

$D_A = S + Y_1$	=	0.400	m.
$A = (B_1 + 1.5D_A)D_A$	=	0.599	m.
$P = B_1 + 13^{1/2}D_A$	=	2.341	m.
$V_A = Q/A$	=	0.699	m/s
$h_{va} = V_A^2/2g$	=	0.023	m.

*** $DA = A/(B_1 + 2zDA)$; $Z = 1.5 = 0.400$

(Hydraulic depth) = 0.285 m.

ตรวจสอบ Froude number, $F_r = V_A/(g \times D_A)^{1/2}$

		<	0.60	OK
$H_{CA} = D_A$ + Freeboard		=	0.550	m.
$L_A = 20Y_1$(min)		=	3.992	m.
เลือกใช้ L_A		=	4.00	m.
$S_A = (nV_A/R^{2/3})^2$	n = 0.014	=	0.00054	
ความยาวของ staff gage = $1.8(H_{CA} - S)$		=	0.63	m.
	Used	=	0.70	m.

ตรวจสอบ Head Loss ของอาคาร

ความกว้างหลังคันด้านที่ส่งน้ำ		=	2.00	m.
ความยาวท่อโดยประมาณ				
$b_u/2 + 1.5\times$(ร.1 – ร.10) + $b_m - L_U - L_{TU} + (T_L$ or $T_R) + 2\times$(ร.10 – ร.4) + 1.00 (min)				
		=	6.90	m.
***ดังนั้น ใช้ความยาวท่อ (L_C)		=	7.00	m.
1. Entrance Loss (h_e)	$[0.78h_{VP}]$	=	0.07996	m.
2. Friction Loss (h_f)	$[(nV_P/R_P^{2/3})^2 L_C]$	=	0.03463	m.
3. Exit Loss (h_x)	$[0.7h_{VP} - h_{VA}]$	=	0.05578	m.
Total Head Loss (H_L) = $h_e + h_f + h_x$		=	0.17037	m.
ดังนั้น ระดับ รนส.(FSL) = RWL - H_L		=	+102.116	ม.(รทก.)
ระดับน้ำด้านท้ายน้ำ (D/S FSL) = ระดับ รนส.(FSL) – $0.2Y_1$		=	+102.076	ม.(รทก.)
		>	D/S FSL ที่ออกแบบ	
ร.9 = FSL - D_A		=	+101.716	ม.(รทก.)
ร.8 = ร.9 + $S_A L_A$		=	+101.718	ม.(รทก.)

ความสูงของน้ำท่วมท่อด้านท้ายน้ำ (S_{md}) ไม่น้อยกว่า “3” (‘Design of Small Canal Structures’ page 149)

ร.7 = FSL – (D + S_{md})		=	+101.366	ม.(รทก.)

ร.7 สูงกว่าระดับท่อด้านหน้า ดังนั้น ให้ ร.7 = ร.6 + 0.15 – 0.0005L_C = +101.083 ม.(รทก.)

H_{HD} = D + A : โดยที่ A = 0.45 for D < 0.80 และ A = 0.50 for D $\geq$ 0.80 ;

ดังนั้น H_{HD}	=	1.05	m.
หรือ H_{HD} = (ร.8 – ร.7) + H_{CA} + 0.10	=	1.00	m.
เลือกใช้ H_{HD}	=	1.05	m.

ความยาวท่ออย่างน้อย

1.5×(ร.1 – ร.10) + b_m – L_U – L_{TU} + (T_L or T_R) + 2×(ร.10 – ร.7 – H_{HD}) + 1.00 (min)

= 3.37 m.

น้อยกว่าที่สมมติไว้ OK

L_{TD} = $(1.5H_{CA} + B_1/2 – 0.5D)/\tan 22.5^\circ$	=	2.354	m.
หรือ L_{TD} = 6(ร.8 – ร.7)	=	2.12	m.
เลือกใช้ L_{TD}	=	2.40	m.
L_D = 10(ร.9 – ร.3)	=	13.16	m.
หรือ L_D = 5(b_d – B_1)	=	-1.50	m.
เลือกใช้ L_D	=	13.20	m.

ตำแหน่ง Outlet (L_T) = L_U + L_{TU} + L_C + L_{TD} + L_A + 2.00 + L_1 + L + L_D = 34.2 m.

ดังนั้น ร.3 ที่แท้จริง = ร.3 – L_T/(LS)	=	+100.399	ม.(รทก.)
ร.4 ที่แท้จริง = ร.3 ที่แท้จริง – H_{CD}	=	+101.143	ม.(รทก.)
ระดับ รนส. ท้ายน้ำที่แท้จริง = ร.3 ที่แท้จริง + d_d	=	+100.933	ม.(รทก.)
	=	0.15	m.
	=	0.20	m.

ตรวจสอบ Weight creep ratio

Total Head (H)	[U/S FSL – ร.8]	=	0.318	m.
	= $2h_1 + t_1 + 2h_2 + t_2$ + 0.65 - 0.15			
P_V	+0.65	=	3.900	m.
P_h	= [(L_{TU} + L_C + L_{TD})/3]	=	3.633	m.
CW	[(P_V + P_h)/H]	=	23.7	m.
		>	5	ไม่ต้องใส่ Collar

ตารางที่ 1 มิติต่างๆของอาคารท่อระบายปากคลอง

ขนาดท่อ (D)	ความหนาของท่อ (t)	(L_C)	H_{HD}	L_{TD}
0.6 m.	0.1 m.	7 m.	1.05 m.	2.4 m.

ตารางที่ 2 มิติต่าง ๆ ของ inlet trasition

(L_{TU})	B_A	L_U	H_{HU}	ความสูงของ Cutoff (h1 & h2)
1.5 m.	1.05 m.	2.9 m.	1.5 m.	0.6 m.

ตารางที่ 3 มิติต่าง ๆ ของ Outlet Transition & Long-Throathed Flume

H_{CA}	L_A	S_A	D_A	Y_1	B_1	L	S	L_1
0.55 m.	4.00 m.	0.00054	0.285 m.	0.20 m.	0.90 m.	0.60 m.	0.2 m.	0.60 m.

ตารางที่ 4 มิติต่างๆของอาคารท่อระบายปากคลองในมาตราส่วน 1:30

ขนาดท่อ (D)	ความหนาของท่อ (t)	(L_C)	H_{HD}	L_{TD}
2 cm.	0.33 cm.	23.33 cm.	3.5 cm.	8 cm.

ตารางที่ 5 มิติต่าง ๆ ของ inlet trasitionในมาตราส่วน 1:30

(L_{TU})	B_A	L_U	H_{HU}	ความสูงของ Cutoff (h1 & h2)
5 cm.	3.5 cm.	9.67 cm.	5 cm.	2 cm.

ตารางที่ 6 มิติต่าง ๆ ของ Outlet Transition & Long-Throathed Flume ในมาตราส่วน 1:30

H_{CA}	L_A	S_A	D_A	Y_1	B_1	L	S	L_1
1.83 cm.	13 cm.	0.00054	0.95 cm.	0.67 cm.	3 cm.	2 cm.	0.67cm.	2 cm.

3.2 อุปกรณ์ในการทำแบบจำลอง

1) ไม้บัลซ่า ใช้ทำส่วนคลองดาด
2) ปูนปลาสเตอร์ ใช้ทำส่วนดินที่อยู่บริเวณคอลง
3) หินม็ดเล็ก ใช้ทำส่วนหินก่อ
4) หญ้าเทียม ใช้ในการตกแต่งเพื่อความสมจริง
5) กระดาษทราย ใช้ทำพื้นถนน
6) โฟม ส่วนผสมในดิน
7) คัตเตอร์
8) กรรไกร
9) กาวร้อน
10) สีอะคริริค
11) ไม้บรรทัด
12) ท่อพีวีซี ใช้ทำท่อลอด
13) แผ่นอลูมิเนียม ใช้ทำประตูระบายน้ำ

3.3 ขั้นตอนการทำแบบจำลอง

1. ตัดไม้บัลซ่าให้ได้ขนาดเท่ากับคอนกรีตที่ใช้ดาดคลองในมาตราส่วน 1:30 ทั้งด้าน inlet และ outletเพื่อนำมาประกอบกันให้เป็นคลองดาดและส่วนของ inlet transition
2. นำท่อพีวีซีขนาดตามตารางมาตัดให้ได้ความยาวในมาตราส่วน 1:30 แล้วทำมาผ่าครึ่งเพื่อให้เห็นส่วนประกอบด้านในของท่อ แล้วนำไปต่อกับส่วนของคลองทั้งสองฝั่ง
3. เมื่อประกอบไม้ส่วนคลองดาดทั้งด้าน inlet transition และ outlet transition แล้ว ให้ผสมปูนปลาสเตอร์กับน้ำแล้วนำมาเทใส่ส่วนที่เป็นดินของตัวคลอง

ภาพที่ 4 ด้าน outlet trasition

4. นำหินขนาดเล็กมาใส่ส่วนด้านบนของด้าน inlet transition ดังภาพ

ภาพที่ 5 ด้าน inlet trasition

5. นำไม้ตามความหนาของถนนมาวางต่อจากส่วนของหินก่อแล้วนำกระดาษทรายมาติดเพื่อให้มีความคล้ายคลึงถนนมากขึ้นแล้วทาถีเส้นแบ่งเลนของถนน

ภาพที่ 6 ถนน

6. ทาสีส่วนคลองและดินและนำหญ้าเทียมมาตกแต่ง

ภาพที่ 7 ตกแต่งหญ้าเทียม

7. ใส่ประตูปากคลองด้าน inlet ก็เป็นอันเสร็จเรียบร้อย

บทที่ 4
สรุปและข้อเสนอแนะ

4.1 สรุปอภิปรายผล

ขั้นตอนการทำนั้นต้องพิจารณาตั้งแต่ข้อมูลตามข้อกำหนดต่างๆที่ใช้ในการคำนวณโดยข้อมูลในการออกแบบนี้ได้จากการสำรวจคลองสายใหญ่และคลองซอยเพื่อนำมาพิจารณาหาขนาดคลองในส่วนต่างแล้วนำมาเทียบกับแบบมาตรฐานของท่อระบายปากคลอง เมื่อนำข้อมูลต่างๆมาออกแบบตามเงื่อนไขที่กำหนดก็จะทราบขนาดคลองแล้วนำมาเทียบในอัตราส่วนที่พอเหมาะในการทำแบบจำลองนี้

4.2 ข้อเสนอแนะ

ในการทำแบบจำลองเมื่อเรานำแผ่นไม้มาวางในแบบจำลองแล้วอาจจะไม่ได้ขนาดหรือความชันตามแบบมาตรฐานผู้ทำจึงควรระมัดระวังและตรวจให้ละเอียดก่อนจะติดลงไปในแบบจำลองเพราะถ้าติดลงไปแล้วขนาดและความชันที่ไม่ถูกต้องอาจจะทำให้แบบจำลองผิดเพี้ยนไปได้ และค่าที่ได้จากการคำนวณเมื่อนำมาเทียบเป็นอัตราส่วนควรตรวจสอบให้ถี่ถ้วน มิฉะนั้นอาจทำให้ขนาดของโมเดลไม่ถูกต้อง

เอกสารอ้างอิง

สันติ ทองพำนัก, 2533, การวัดน้ำชลประทาน.ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน วิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครปฐม.

http://irre.ku.ac.th/HomepageDoc/BooksOnline/Santi/02207421/02207421Ru.pdf และเอกสารประกอบการสอน วิชา02207421

สารานุกรมไทย, 2525,สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน (เล่มที่ 7 บทที่ 7)

http://irrigation.rid.go.th/rid16/oe16/ridhistory6.html