การออกแบบอาคารไซฟอน

ความหมายของอาคารไซฟอน

อาคารไซฟอน คือ อาคารตัดผ่านประเภทหนึ่ง (Crossing structure) มีลักษณะเป็นท่อปิดที่ออกแบบให้มีน้ำไหลเต็มท่อภายใต้แรงดัน ทำหน้าที่ลำเลียงน้ำในคลองส่งน้ำโดยอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก ลอดผ่านถนน ทางรถไฟ ทางระบายน้ำธรรมชาติ หรือพื้นที่ต่ำ ชื่อภาษาอังกฤษอาจจะใช้ Siphon หรือ Inverted siphon หรือ Sag pipe

การพิจารณาเลือกใช้

1. ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบด้านเศรษฐศาสตร์กับอาคารตัดผ่านประเภทอื่น เช่น สะพานน้ำ (Elevated Flume) โดยเฉพาะกรณีคลองส่งน้ำตัดผ่านพื้นที่ต่ำ หรือเปรียบเทียบกับสะพานในกรณีคลองส่งน้ำตัดผ่านถนนหรือทางรถไฟ
2. กรณีคลองส่งน้ำตัดผ่านถนนหรือทางรถไฟโดยทั่วไป ถ้าอัตราการไหลในคลองไม่เกิน 3.0 $ม^3$/วินาที สร้างอาคารไซฟอนในคลองส่งน้ำ จะเสียค่าลงทุนน้อยกว่า
3. กรณีคลองส่งน้ำตัดผ่านลำน้ำธรรมชาติ ถ้าระดับท้องคลองส่งน้ำอยู่ต่ำกว่าระดับน้ำสูงสุดในทางน้ำธรรมชาติ และกรณีทางน้ำธรรมชาติมีขนาดใหญ่และมีปริมาณน้ำมาก จะสร้างอาคารไซฟอนในคลองส่งน้ำให้ไหลลอดใต้ทางน้ำธรรมชาติ
4. ในกรณีทางน้ำธรรมชาติมีขนาดเล็ก มีปริมาณน้ำน้อยและไม่มีกรวด ทราย กิ่งไม้ วัชพืชลอยน้ำ และสิ่งต่าง ๆ ไหลมากับน้ำ ก็ควรพิจารณาสร้างอาคารไซฟอนในทางน้ำธรรมชาติให้ไหลลอดใต้คลองส่งน้ำ

ส่วนประกอบของอาคารไซฟอน

1. Transition เป็นส่วนของอาคารที่อยู่ตรงทางเข้าและทางออกของอาคารไซฟอน ใช้สำหรับช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงหน้าตัดของทางน้ำ เพื่อ

1) ทำให้การไหลมีการปั่นป่วนน้อยลงหรือไหลผ่านได้อย่างราบเรียบ
2) ลดการสูญเสียพลังงาน
3) ทำให้การกัดเซาะในคลองเกิดขึ้นน้อยลง
4) ช่วยเพิ่มระยะทางการไหลซึมใต้อาคาร ทำให้อาคารมีความมั่นคงเพิ่มขึ้นต่อการเกิด piping
5) ช่วยให้ดินถมที่ปลายของอาคาร มีความมั่นคงขึ้น

ชนิดของช่วงต่อเชื่อม

โดยทั่วไป Transition คอนกรีตที่สร้างขึ้นในคลองส่งน้ำ แบ่งได้เป็น 3 ชนิด

1. Transition แบบ Streamlined Warp เป็น Transition ที่มีผนังโค้งพลิ้วตามเส้นสายน้ำ ซึ่งจะมีคุณสมบัติทางชลศาสตร์ดีที่สุด เกิดการสูญเสียพลังงานและความปั่นป่วนของการไหลน้อย ที่สุดเหมาะสมกับอาคารขนาดใหญ่ที่มีปริมาณน้ำมาก แต่ทำการก่อสร้างยาก

2. Transition แบบ Straight Warp เป็นแบบที่ดัดแปลงมาจาก Streamlined Warp เพื่อให้การก่อสร้างง่ายขึ้น คุณสมบัติทางชลศาสตร์จะด้อยกว่าแบบแรก ลาดตลิ่งจะมีระนาบตรงเรียบ แนวขอบตลิ่งและขอบพื้นจะเป็นแนวเส้นตรง ความลาดเทของลาดตลิ่งจะค่อย ๆ มีการเปลี่ยนแปลงตามระยะความยาว

3. Transition แบบ Broken back หรือ Dog leg แนวขอบตลิ่ง และขอบพื้นจะเป็นแนวเส้นตรงเหมือนแบบ Straight Warp แต่ลาดด้านข้างจะแบ่งเป็นสองส่วน โดยส่วนล่างจะมีความลาดคงที่ตามค่าความลาดของคลองส่งน้ำ และส่วนบนเป็นกำแพงแนวดิ่ง ทำการก่อสร้าง Transition ชนิดนี้ได้ง่าย เหมาะสำหรับอาคารชลประทานขนาดเล็ก (ปริมาณการไหลไม่เกิน 3 ม. ^{3}/วินาที) แต่ก็สามารถใช้ได้กับอาคารขนาดใหญ่กว่านี้ได้

สำหรับอาคารไซฟอนที่ต้องมี Transition ตรงทางเข้าและทางออกที่ทำด้วยคอนกรีต พอสรุปได้ดังนี้

1. อาคารไซฟอนที่ลอดผ่านทางรถไฟ หรือทางหลวง
2. อาคารไซฟอนที่ลอดผ่านถนน โดยท่อไซฟอนมีขนาดเท่ากับหรือใหญ่กว่า 90 ซม.
3. อาคารไซฟอนในคลองส่งน้ำที่ไม่ได้ดาด แต่มีความเร็วการไหลในท่อ มากกว่า 1.00 เมตร/วินาที

ความลึกของน้ำท่วมปากท่อ (Pipe submergence)

กรณี Transition ตรงทางเข้าอาคารที่เป็นท่อและมีตำแหน่งควบคุมการไหล (Hydraulic control) อยู่ด้านปลายของอาคาร หรือเป็นกร ณีที่ออกแบบให้มีน้ำไหลเต็มท่อตลอดแนว ตรงปากท่อด้านทางเข้าควรมีน้ำท่วมอยู่เท่า 1.5 เท่าของผลต่างของเฮดความเร็วในท่อ และในคลองส่งน้ำตรงจุดเริ่มต้นของ Transition หรือไม่น้อยกว่า 8 ซม. โดยความลึกนี้วัดจากระดับน้ำด้านเหนือน้ำของ Transition ถึงขอบบนของท่อ (ขอบใน) ตรงตำแหน่งของกำแพงหน้าปากท่อ ความลึกของน้ำท่วมปากท่อนี้เผื่อไว้สำหรับการสูญเสียที่ปากทางเข้าท่อ และเ ฮดในรูปแบบของระดับน้ำนิ่งที่ทำให้น้ำไหลเต็มท่อ

เพื่อทำให้การสูญเสียพลังงานเกิดขึ้นน้อย ขอบบนของช่องเปิดหรือท่อด้านทางออกหรือตรงตำแหน่งของกำแพงปลายท่อ ไม่ควรจะมีระดับน้ำท่วมอยู่หรือถ้าจะมีขอให้มีความลึกน้ำท่วมน้อยที่สุด

ถ้าความลึกน้ำท่วมขอบท่อด้านท้ายน้ำ มีค่ามากกว่า $\frac{1}{6}$ ของความลึกช่องเปิดหรือขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของท่อ ให้คำนวณการสูญเสียเฮดด้านทางออกโดยใช้หลักการของท่อขยายขนาดกะทันหัน (Sudden enlargement) และเฮดที่สูญเสียไปควรจะมีค่าเท่ากับ 1.0 Δh_v ทั้งในกรณีของ Transition ที่ทำด้วยคอนกรีตหรือที่เป็นดิน

การสูญเสียเฮด (Head Losses)

ในเบื้องต้น การสูญเสียเฮดพลังงานจะขึ้นอยู่กับความความแตกต่างของเฮดความเร็วที่ปลายด้านเปิดของ Transition (โดยปกติเท่ากับเฮดความเร็วของน้ำในคลอง) และความเร็วของน้ำที่ตั้งฉากกับหน้าตัดในแนวศูนย์กลางของท่อตรงปลาย Transition

$$h_I \text{ หรือ } h_0 = K\Delta h_v$$

โดย h_I หรือ h_0 = เฮดพลังงานที่สูญเสียไปเมื่อน้ำไหลผ่าน Transition ตรงทางเข้าหรือทางออก

K = สัมประสิทธิ์การสูญเสียพลังงานแสดงในตารางที่ 1

Δh_v = ผลต่างที่เป็นบวกของเฮดความเร็ว

ตารางที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียพลังงานของ Transition

ชนิดของ Transition คอนกรีต	**ค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียพลังงาน, K**	
	ทางเข้า	**ทางออก**
แบบ Streamlined warp ต่อเชื่อมกับหน้าตัดเปิดสี่เหลี่ยม	0.1	0.2
แบบ Straight warp ต่อเชื่อมกับหน้าตัดเปิดสี่เหลี่ยม	0.2	0.3
แบบ Straight warp ที่มีการลบมุมที่พื้นต่อเชื่อมกับท่อ	0.3	0.4
แบบ Broken back ต่อเชื่อมกับหน้าตัดเปิดสี่เหลี่ยม	0.3	0.5
แบบ Broken back ต่อเชื่อมกับท่อ	0.4	0.7
Transition ที่เป็นดินต่อเชื่อมกับท่อกลม	0.5	1.0

หมายเหตุ หน้าตัดทางน้ำเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู

มุมแนวราบของผิวน้ำ

เพื่อให้สภาพทางชลศาสตร์เป็นไปตามความต้องการมากที่สุด มุมระหว่างผิวน้ำกับแนวศูนย์กลางของ Transition สำหรับทางเข้าไม่ควรเกิน 27.5 องศา และสำหรับทางออกไม่ควรเกิน 22.5 องศา ในการออกแบบอาคารบางแห่ง อาจใช้มุม 25 องสา ทั้งทางเข้าและทางออกเพื่อเป็นการประหยัดในการก่อสร้าง

ความยาวของ Transition

ความยาวของ Transition ขึ้นอยู่กับมุมแนวราบของผิวน้ำ กรณี Transition แบบ Broken back ที่เชื่อมต่อกับท่อ ความยาวต้องไม่น้อยกว่า 3.0 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางท่อ

ระยะพ้นน้ำ

ระยะพ้นน้ำที่ปลายของ Transition ชนิด Broken back ด้านที่ต่อกับคลองดาดใช้เท่ากับระยะพ้นน้ำของการดาดคลอง โดยปกติสำหรับการไหลไม่เกิน 1.5 ม ^{3}/วินาที ระยะพ้นน้ำจะเท่ากับ 15 ซม. และสำหรับการไหลระหว่าง 1.5 ถึง 3.0 ม ^{3}/วินาที ระยะพ้นน้ำจะมีค่าอยู่ระหว่าง 15 ถึง 25 ซม. สำหรับคลองที่ไม่ได้ดาดและคลองที่ดาดด้วยดิน ระยะพ้นน้ำของปลาย Transition ชนิด Broken back ตรงตำแหน่งกำแพง Cutoff ควรมีค่าไม่น้อยกว่าค่าในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าน้อยสุดของระยะพ้นน้ำ

ความลึกของน้ำตรงตำแหน่ง Cutoff, เมตร	ระยะพ้นน้ำน้อยสุด, เซนติเมตร
0 – 0.30	15
0.31 – 0.60	25
0.61 – 1.50	30
1.51 – 2.10	40
2.11 – 2.70	45
2.71 – 3.60	55

สำหรับอาคารขนาดเล็ก เช่น อาคารที่มี Transition ชนิด Broken back ต่อกับท่อที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 0.60 เมตร ระยะพ้นน้ำตรงตำแหน่งของกำแพงปลายท่อ (Headwall) จะมีค่าเท่ากับระยะพ้นนำตรงตำแหน่งกำแพง Cutoff

สำหรับท่อขนาดใหญ่กว่า 0.60 เมตร ระยะพ้นน้ำตรงตำแหน่งของกำแพงปลายท่อ ควรมีค่ามากกว่าที่กำแพง Cutoff ซึ่งโดยทั่วไปอาจจะมีค่าเป็น 2 เท่า

ความลาดเทของพื้น

ความลาดเทของพื้น Transition ชนิด Broken back ด้านทางเข้าต้องไม่ชันกว่า 1 ต่อ 4 (ระยะตั้ง : ระยะราบ) และด้านทางออก ต้องไม่ชันกว่า 1 ต่อ 6

2. ตัวท่อ (pipe) ท่อเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของอาคารไซฟอน จะต้องทนต่อแรงดันภายในที่เกิดขึ้นได้ และต้องมีรอยต่อที่สามารถป้องกันน้ำซึมผ่านได้ เช่น การใช้ Rubber gasket ท่อที่ใช้อาจจะเป็นท่อคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อสำเร็จ ท่อซีเมนต์แอสเบสตอส หรือท่อคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อในที่

ความลึกดินทับหลังท่อ

ความลึกของดินทับหลังท่อจะเป็นไปตามเกณฑ์ต่าง ๆ ในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าน้อยสุดของดินทับหลังท่อ

เงื่อนไข	ความลึกของดิน (เซนติเมตร)
ถนนทั่วไปและทางรถไฟ	0 – 90
ถนนในไร่นา	0 – 60
ทางระบายน้ำธรรมชาติ	0 – 90
คลองดิน	0 – 60
คลองดาด	0 – 15

1. อาคารไซฟอนที่ลอดใต้ถนนทั่วไปยกเว้นถนนในไร่นา (Farm road) และลอดใต้ทางรถไฟ ความลึกของดินจะต้องไม่น้อยกว่า 90 ซม. ถ้ากรณีที่ถนนมีร่องระบายน้ำด้านข้างระยะจากก้นร่องน้ำถึงหลังท่อ ไม่ควรจะน้อยกว่า 60 ซม.
2. อาคารไซฟอนที่ลอดใต้ถนนในไร่นา ความลึกของดินทับหลังท่อ มีค่าไม่น้อยกว่า 60 ซม.

ความลาดเอียงของท่อ

ความลาดเอียงของแนวท่อไม่ควรราบกว่า 0.005 และไม่ควรจะชันกว่า 1: 2

ขนาดท่อ

ขนาดท่อจะขึ้นอยู่กับความเร็วของน้ำในท่อ ซึ่งโดยทั่วไปจะมีค่าอยู่ระหว่าง 1 – 3 เมตร/วินาที เกณฑ์การกำหนดความเร็วเพื่อใช้คำนวณหาขนาดท่อมีดังต่อไปนี้

1. สำหรับอาคารไซฟอนที่ค่อนข้างสั้น และใช้ Transition ที่เป็นดิน ทั้งทางเข้าและทางออก ความเร็วในท่อต้องไม่เกิน 1.0 เมตร/วินาที
2. สำหรับอาคารไซฟอนที่ค่อนข้างสั้น และใช้ Transition คอนกรีต ทั้งทางเข้าและทางออก ความเร็วในท่อต้องไม่เกิน 1.5 เมตร/วินาที
3. สำหรับอาคารไซฟอนที่ค่อนข้างยาว และใช้ Transition คอนกรีตทั้งทางเข้าและทางออก ความเร็วในท่อต้องไม่เกิน 3.0 เมตร/วินาที

สำหรับระบบชลประทานแบบคลองเปิดจะใช้ขนาดท่อที่เล็กที่สุดเท่ากับ 0.30 เมตร เพื่อลดการอุดตันจากตะกอนและขยะ และอาจจะใช้ท่อขนาดเล็กให้มีขนาดใหญ่ขึ้น ถ้ามีปัญหาของวัชพืชท้องถิ่นและการอุดตันจากตะกอน

การสูญเสียเฮด

การสูญเสียเฮดเนื่องจากความเสียดทานหาได้จากสมการแมนนิ่ง (Manning)

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S_f^{1/2}$$

$$S_f = \frac{n^2 V^2}{R^{4/3}}$$

กรณีท่อวงกลมเมื่อน้ำไหลเต็มท่อ $R = \frac{D}{4}$ จะได้

$$S_f = \frac{n^2 V^2}{0.157 D^{4/3}}$$

เมื่อ V = ความเร็วของน้ำในท่อ, เมตร/วินาที

R = รัศมีชลศาสตร์ $= \frac{A}{P}$

A = พื้นที่หน้าตัดท่อวงกลม, ตารางเมตร

P = เส้นรอบรูปเปียก, เมตร

D = เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ

S_f = ความลาดเอียงของเส้นพลังงาน

n = สัมประสิทธิ์ของความขรุขระ

= 0.013 สำหรับท่อคอนกรีตหล่อสำเร็จ ท่อซีเมนต์แอสเบสทอสและท่อเหล็ก

การสูญเสียเฮดเนื่องจากท่อโค้งงอ สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$h_b = \xi V^2 / 2g$$

เมื่อ h_b = เฮดที่สูญเสียไปเนื่องจากท่อโค้งงอหรือท่อเปลี่ยนแนว, เมตร

V = ความเร็วของน้ำในท่อ, เมตร/วินาที

ξ = ค่าคงที่ของ Hind ซึ่งสามารถอ่านได้จากรูปที่ ...

3. กำแพง Cutoff ตำแหน่งของกำแพง Cutoff จะอยู่ตรงปลายของ Transition ทั้งที่ทางเข้าและที่ทางออก โดยทั่วไปของความลึกและความหนาแสดงอยู่ในตารางที่ 4 และตารางที่ 5 ตามลำดับ สำหรับอาคารขนาดเล็กบางแห่ง ความลึก Cutoff อาจจะใช้เท่ากับ 0.45 เมตร

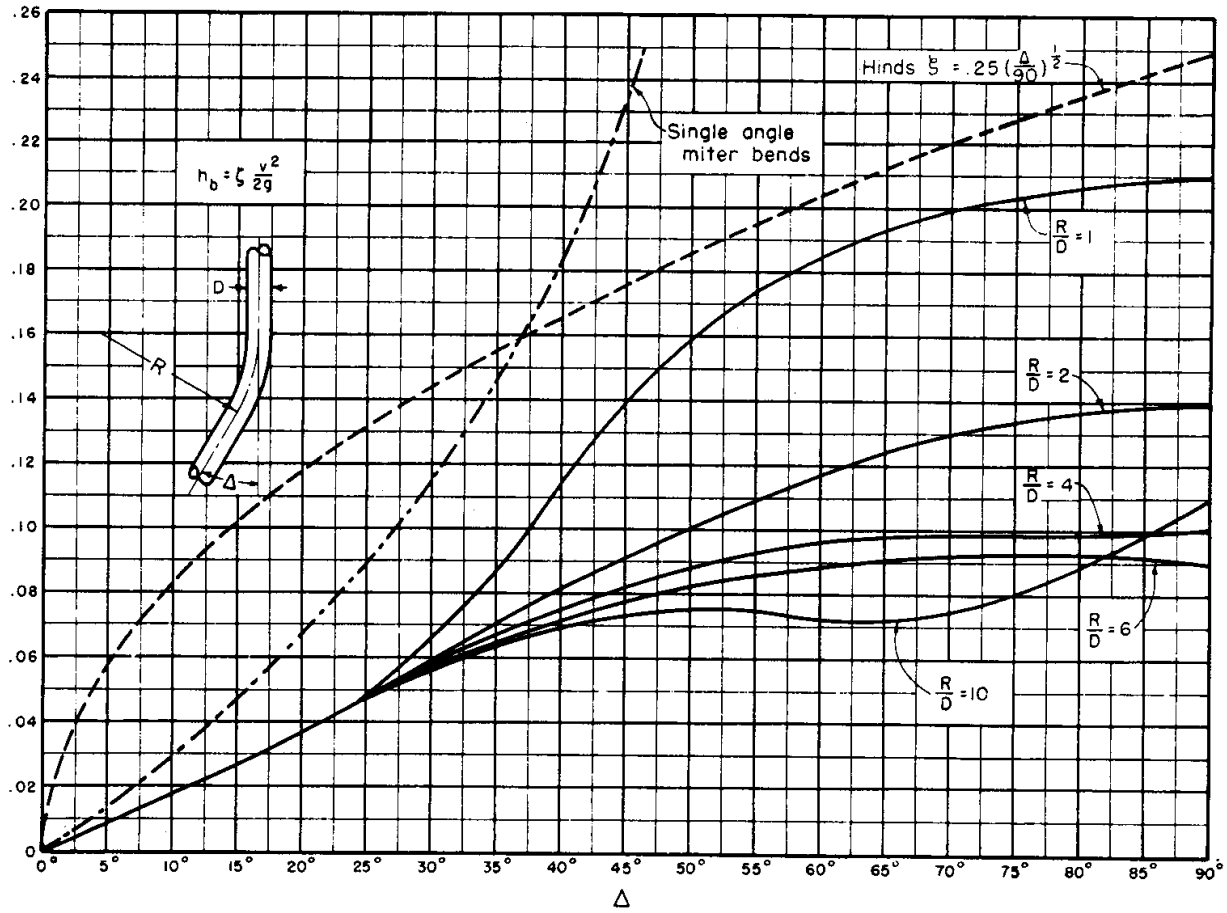

Figure 8-1. **Head loss coefficients for pipe bends. 103-D-1317**

รูปที่ ... ค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียสำหรับท่องอ

ตารางที่ 4 ค่าน้อยสุดของความลึก Cutoff

ความลึกของน้ำ (เมตร)	ความลึกของกำแพง Cutoff (เมตร)
ไม่เกิน 0.90	0.60
0.90 – 1.80	0.75
มากกว่า 1.80	0.90

ตารางที่ 5 ความหนาที่น้อยที่สุดของ Cutoff

ความลึกของ Cutoff (เมตร)	ความหนาน้อยที่สุด (เมตร)
0.45	0.15
0.60	0.15
มากกว่า 0.60	0.20

4. Pipe collar แผงคอนกรีตรูปสี่เหลี่ยมล้อมรอบผิวท่อด้านนอก โดยปกติไม่ต้องมี Pipe collar ก็ได้ หน้าที่หลักของ Pipe collar ก็ช่วยลดความเร็วของน้ำที่ไหลซึมตามแนวท่อด้านนอกเพื่อป้องกันไม่ให้อนุภาคดินถูกพาไปกับการไหลซึมของน้ำ และทำให้เกิดโพรง (Piping)

สำหรับอาคารที่มีลักษณะเป็นท่อ ถ้าระดับน้ำด้านหน้าค่อนข้างสูงจนอาจจะทำให้จุดที่น้ำไหลซึมออกมีลาดพลังงานเท่ากับ $\frac{1}{5}$ อาคารควรได้รับการตรวจสอบเพื่อกำหนดจำนวนและตำแหน่งของ Collar

การวิเคราะห์ระยะทางการไหลซึมของน้ำเพื่อกำหนด Collar ขึ้นอยู่กับเฮดของน้ำที่ทำให้เกิดการไหลซึมและชนิดของดิน การวิเคราะห์จะใช้วิธีของ Lane

$$C_w = \frac{L_w}{\Delta H}$$

โดย C_w = Weighted – creep ratio ขึ้นอยู่กับชนิดของดิน หาได้จากตาราง...

L_w = ระยะทางที่น้ำไหลซึม โดยมีการปรับแก้ (ถ่วงน้ำหนัก)

ΔH = ผลต่างของระดับน้ำที่จุดเริ่มต้นและจุดที่น้ำไหลออก

เกณฑ์การคำนวณหา L_w มีดังต่อไปนี้

1) ระยะในแนวดิ่งและระยะเอียงทำมุมเกิน 45 องศากับแนวราบ กำหนดให้ใช้ระยะในแนวดิ่ง
2) ระยะในแนวราบและระยะเอียงทำมุมน้อยกว่า 45 องศากับแนวราบ กำหนดให้ใช้ $\frac{1}{3}$ ของระยะในแนวราบ

3) การไหลซึมในเนื้อดิน ไม่ใช่เป็นการไหลซึมตามแนวขอบคอนกรีต กำหนดให้ใช้ 2 เท่าของระยะราบที่น้ำไหลซึมลัด (Short path) ระยะระหว่าง Collar ต้องไม่น้อยกว่า 1.2 เท่า ของความลึกของ Collar วัดจากขอบนอกของท้องท่อถังขอบล่างของ Collar

5. อาคาร Blowoff สำหรับอาคารไซฟอนที่มีท่อค่อนข้างยาว จะสร้าง Blowoff ไว้ตรงตำแหน่งท่อที่อยู่ต่ำเพื่อระบายน้ำออกจากท่อสำหรับการตรวจสอบ ซ่อมแซมและบำรุงรักษาอาคาร Blowoff จะประกอบด้วยท่อเหล็กที่ติดอยู่ที่ตัวท่อไซฟอน โดยมีวาล์วควบคุมการระบายน้ำ สำหรับท่อไซฟอนที่ค่อนข้างสั้นสามารถทำการระบายน้ำได้โดยใช้เครื่องสูบน้ำ หย่อนลงไปในท่อไซฟอนจากปลายท่อด้านใดด้านหนึ่ง

Blowoff ควรจะสามารถระบายน้ำจากท่อไซฟอนลงสู่ทางระบายน้ำธรรมชาติได้โดยตรง และขนาดของท่อ Blowoff ขึ้นอยู่กับระยะเวลาการระบายน้ำที่ต้องการ ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้ท่อ Blowoff มีขนาดไม่น้อยกว่า 0.15 ม. ควรจะติดตั้งท่อ Blowoff ตรงหรือใกล้กับท้องท่อไซฟอน เพื่อการระบายน้ำได้อย่างสมบูรณ์

ถ้าสภาพภูมิประเทศเอื้ออำนวย ให้พยายามทำการระบายน้ำต่อจากท่อ Blowoff โดยอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก และทำการวางแนวท่อระบายให้สั้นที่สุดและตามแนวผิวดินที่มีความลาดชันเพื่อป้องกันการอุดตันของท่อระบาย

ถ้าไม่สามารถระบายน้ำจากตัวท่อไซฟอนได้หมด โดยแนวโน้มถ่วงของโลกอาจจะต้องติดตั้งท่อแนวดิ่งเพิ่มเข้ากับตัวท่อไซฟอนและทำการปิดปลายท่ออีกด้านหนึ่งด้วยแผ่น Blind Flange เมื่อต้องการระบายน้ำส่วนที่เหลืออยู่ในท่อไซฟอน ก็เปิด Blind Flange ออก แล้วหย่อนเครื่องสูบน้ำลงไปเพื่อทำการสูบน้ำส่วนที่เหลือออกมาให้หมด

โดยปกติส่วนประกอบของ Blowoff ทั้งหมดจะติดตั้งอยู่ในส่วนที่มีฝาปิดอย่างดี โดยยื่นอยู่สูงเหนือจากผิวดินบริเวณข้างเคียง

ขั้นตอนในการออกแบบ

1. กำหนดชนิดและลักษณะของทางเข้าและทางออกของอาคารไซฟอน และหาขนาดโดยประมาณของท่อจากอัตราการไหลออกแบบและความเร็วสูงสุด
2. เขียนรูปตัดตามยาว โดยเบื้องต้นของแนวอาคารไซฟอนพร้อมทั้งทางเข้าและทางออกที่ต้องการโดยใช้ ระดับผิวดินที่มีอยู่ ขนาดของคลองที่ได้ออกแบบแล้ว จุดที่ตั้งอาคารและระดับปลายทั้งสองของอาคาร การวางแนวท่อนี้ต้องพิจารณาถึง ความลึกของดินทับหลังท่อ ความลาดเอียงของท่อ ความลาดเทของพื้น Transition มุมของการเปลี่ยนแนวท่อ และความลึกของน้ำท่วมปากท่อที่ต้องการ

3. จากรูปตัดตามยาวของแนวท่อที่ได้กำหนดขึ้น คำนวณหาการสูญเสียเฮดทั้งหมด เปรียบเทียบกับค่าสูงสุดของการสูญเสียเฮดที่กำหนดไว้ (โดยปกติหาได้จากแบบของแนวคลองส่งน้ำ)

ถ้าค่าที่คำนวณได้มากกว่าผลต่างของระดับน้ำในคลองด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำของอาคาร อาคารไซฟอนอาจจะทำให้เกิดน้ำเอ่อท้นด้านหน้า และย้อยถอยขึ้นในคลองด้านเหนือน้ำ ถ้าเกิดขึ้นจริง ก็ควรจะต้องเพิ่มขนาดท่อ หรือทบทวนรูปตัดตามยาวของคลองใหม่เพื่อให้ได้เฮดมากขึ้น

ถ้าค่าที่คำนวณได้น้อยกว่ามาก ก็ควรพิจารณาลดขนาดท่อลง หรือทบทวนรูปตัดตามยาวของแนวคลอง เพื่อให้ได้ผลต่างของระดับน้ำด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำของอาคาร มีค่าใกล้เคียงหรือเท่ากับการสูญเสียเฮดทั้งหมดที่คำนวณได้

4. กรณีท่อไซฟอนยาว น้ำอาจจะไม่ได้ท่วมปากท่อด้านทางเข้า ทำให้มีอากาศเข้ามาผสมกับน้ำในท่อและรวมตัวกันอยู่ในส่วนท่อด้านท้าย อากาศที่ผสมอยู่ในน้ำจะมีความดันน้อยกว่าความดันบรรยากาศภายนอก ฟองอากาศจะลอยตัวขึ้นและระเบิดออกเมื่อสัมผัสกับอากาศภายนอก การระเบิดหรือแตกตัวของฟองอากาศทำให้เกิดแรงและทำความเสียหายซ้ำ ๆ ให้กับอาคาร ฉะนั้นจึงควรหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดปรากฏการณ์ดังกล่าว ควรจะต้องมีการตรวจสอบพฤติกรรมการไหลที่ปากท่อ และปรับเปลี่ยนการออกแบบ

5. เลือกชนิดของท่อที่จะใช้ ซึ่งขึ้นอยู่กับเฮดแรงดันภายในท่อและแรงต่าง ๆ ที่กระทำภายนอกท่อ

การสูญเสียเฮดทั้งหมด

โดยทั่วไปความเร็วในท่อไซฟอนควรมีค่าอยู่ระหว่าง 1.0 ถึง 3.0 เมตร/วินาที ซึ่งขึ้นอยู่กับเฮดที่มีอยู่ และการพิจารณาด้านเศรษฐศาสตร์ การสูญเสียเฮดเมื่อน้ำไหลผ่านอาคารไซฟอนอาจจะพิจารณาได้ดังต่อไปนี้

1) การสูญเสียเฮดเนื่องจากการค่อย ๆ ลดขนาดหน้าตัดหรือการบีบทางน้ำ (Convergence) ในช่วงของ Transition ด้านทางเข้า
2) ถ้ามีการติดตั้งอาคารอัดน้ำ (Check) จะทำให้เกิดการสูญเสียเฮดเมื่อน้ำไหลผ่าน
3) ถ้ามีการทำอาคารควบคุมน้ำด้านทางเข้า จะทำให้เกิดการสูญเสียเฮด เมื่อน้ำไหลผ่าน
4) การสูญเสียเฮดเนื่องจากความเสียดทานภายในท่อ
5) การสูญเสียเฮดเนื่องจากท่อโค้ง ท่องอ หรืออท่อเปลี่ยนแนว

6) การสูญเสียเฮดเนื่องจากการค่อย ๆ ขยายหน้าตัด (Divergence) ในช่วงของ Transition ด้านทางออก
7) โดยปกติไม่คิดการสูญเสียเฮดเนื่องจากความเสียดทานตามความยาวของ Transition ด้านทางเข้าและทางออก สำหรับอาคารขนาดเล็ก
8) กรณีที่มี Transition ที่เป็นดิน ดินเชื่อมต่อระหว่างคลองดิน และ Transition คอนกรีต โดยปกติการสูญเสียเฮดมีค่าน้อย จะไม่นำมาพิจารณา

เพื่อความปลอดภัยต่อการเกิดน้ำเอ่อท้นย้อนกลับจากด้านหน้าของอาคารไซฟอน ขอแนะนำให้เพิ่มการสูญเสียเฮดอีก 10% ของค่าที่คำนวณได้ทั้งหมด แล้วจึงนำไปเปรียบเทียบกับเฮดทั้งหมดที่มีอยู่

การป้องกันการกัดเซาะ

โดยทั่วไปส่วนต่อระหว่างอาคารและคลองดิน อาจจะมีโอกาสเกิดการกัดเซาะขึ้นได้ มักใช้หินเรียงหินทิ้ง และกรวดในการป้องกันการกัดเซาะ ชนิดและปริมาณของการป้องกันขึ้นอยู่กับเงื่อนไขของแต่ละท้องที่ ซึ่งรวมถึงราคาวัสดุ ค่าความเสียที่เกิดขึ้น ชนิดของดิน และความเร็วของกระแสน้ำ

เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้ สามารถแบ่งชนิดพร้อมกำหนดขนาดต่ำสุดของวัสดุและความหนาต่ำสุดของชั้นวัสดุไว้ดังต่อไปนี้ ซึ่งควรมีการปรับใช้ให้เหมาะสมกับสภาพท้องที่ตามที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น

ชนิดที่ 1 กรวดหยาบหนา 0.15 เมตร

ชนิดที่ 2 กรวดหยาบหนา 0.30 เมตร

ชนิดที่ 3 หินเรียงหนา 0.30 เมตร และรองพื้นด้วยกรวดปนทรายหนา 0.15 เมตร

ชนิดที่ 4 หินเรียงหนา 0.45 เมตร และรองพื้นด้วยกรวดปนทรายหนา 0.15 เมตร

เมื่อความเร็วกระแสน้ำเกิน 1.50 เมตร/วินาที การป้องกันการกัดเซาะขั้นต่ำ ควรจะใช้แบบที่ 3 โดยไม่ต้องพิจารณาความลึกการไหล ยกเว้นอาคารระบายน้ำชนิดตัดผ่าน

การป้องกันการกัดเซาะของอาคารไซฟอน

มาตรการขั้นต่ำสำหรับการป้องกันการกัดเซาะของอาคารไซฟอนมีดังต่อไปนี้

ความลึกของน้ำตรงตำแหน่งปลายอาคาร, เมตร	ชนิดของการป้องกันการกัดเซาะ	
	ด้านทางเข้า	ด้านทางออก
0 – 0.60	ไม่มี	ไม่มี
0.61 – 1.00	ไม่มี	ชนิดที่ 1
1.01 – 2.00	ชนิดที่ 1	ชนิดที่ 2
2.01 – 3.00	ชนิดที่ 2	ชนิดที่ 3

- กรณีความเร็วน้อยกว่า 0.75 เมตร/วินาที อาจจะไม่ต้องมีการป้องกันการกัดเซาะด้านทางเข้าก็ได้
- ความยาวของส่วนป้องกันการกัดเซาะด้านทางเข้าอาคาร เท่ากับหนึ่งเท่าของความลึกของน้ำ แต่ต้องไม่น้อยกว่า 1 เมตร
- ความยาวของส่วนป้องกันการกัดเซาะด้านทางออกอาคาร เท่ากับ 2.5 เท่าของความลึกของน้ำ แต่ต้องไม่น้อยกว่า 1.50 เมตร
- กรณีเกิดการไหลปั่นป่วนด้านทางออก ควรจะเพิ่มความยาวของส่วนป้องกันการกัดเซาะเป็น 4 เท่าของความลึกของน้ำ

ขนาดของก้อนหินและกรวด มีดังต่อไปนี้

1. หินเรียงหนา 0.45 ม. ควรประกอบไปด้วยหินขนาดโตที่สุด $\frac{1}{8}$ ลบ.หลา (ϕ เท่ากับ 0.56 ม.) มีส่วนคละที่มีขนาดลดหลั่นกันลงมา จนถึงขนาดเล็กที่สุด $\frac{1}{10}$ ลบ.ฟุต (ϕ เท่ากับ 0.17 ม.)
2. หินเรียงหนา 0.30 ม. ควรประกอบไปด้วยหินขนาดโตสุด 1 ลบ.ฟุต (ϕ เท่ากับ 0.38 ม.) มีส่วนคละที่มีขนาดลดหลั่นกันลงมาจนถึงขนาดเล็กที่สุด 1.5 นิ้ว
3. กรวดหยาบควรประกอบไปด้วยกรวดขนาดโตที่สุด $\frac{1}{8}$ ลบ.ฟุต (ϕ เท่ากับ 0.20 ม.) มีส่วนคละที่มีขนาดลดหลั่นกันลงมาจนถึงขนาดเล็กที่สุด $\frac{3}{16}$ นิ้ว
4. กรวดปนทรายหนา 0.15 ม. ควรมีส่วนคละจนถึงขนาดโตที่สุด 1.5 นิ้ว