

ข้อกำหนดและหลักเกณฑ์ในการออกแบบ

บทที่ 4

ข้อกำหนดและหลักเกณฑ์ในการออกแบบ

ข้อกำหนดและหลักเกณฑ์ในการออกแบบทางระบายน้ำ ทั้งแบบท่อปิดหรือแบบรางเปิด ประกอบด้วย หลักการออกแบบทางระบายน้ำ ข้อกำหนดและหลักเกณฑ์ออกแบบ ด้านอุทกวิทยา ด้านชลศาสตร์ และด้านโครงสร้าง โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1 หลักการออกแบบทางระบายน้ำ

การออกแบบทางระบายน้ำที่ดี จะต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพการระบายน้ำ งบประมาณการก่อสร้างและวิธีการบำรุงรักษา โดยจะต้องออกแบบให้น้ำไหลด้วยความเร็วที่สามารถล้างท่อด้วยตัวเองและสามารถระบายน้ำได้ตามภาวะอัตราการระบายน้ำออกแบบ (Design Discharge) นอกจากนี้ ในกรณีทางระบายน้ำแบบท่อปิดต้องมีการออกแบบการระบายอากาศไว้ด้วยเพื่อช่วยลดปัญหาการสึกกร่อนของท่อและวัสดุอื่น

4.1.1 ข้อพิจารณาในการออกแบบวางโครงข่ายทางระบายน้ำ

ประเด็นที่ควรพิจารณาเพื่อประกอบการตัดสินใจในการออกแบบวางโครงข่ายทางระบายน้ำ มีดังนี้

1) **สถานที่และตำแหน่ง :** ตำแหน่งและแนวเขตวางทางระบายน้ำเป็นส่วนสำคัญที่มีผลกระทบต่องบประมาณการก่อสร้างและประสิทธิภาพการระบายน้ำ การกำหนดแนวเขตทางระบายน้ำที่ดีควรมีระยะสั้นและไม่ถี่มากแต่มีขีดความสามารถรับน้ำจากทุกแหล่งกำเนิดและระบายน้ำออกไปได้โดยเร็ว

2) **ขนาดทางระบายน้ำ :** ทางระบายน้ำขนาดใหญ่ มีขีดความสามารถในการระบายได้มากกว่าทางระบายน้ำขนาดเล็ก แต่ราคาสูงกว่า ดังนั้น เพื่อความประหยัดและความคุ้มค่า จึงจำเป็นต้องคำนวณขนาดให้เหมาะสม โดยไม่เล็กเกินไปจนไม่สามารถระบายน้ำได้ หรือมีขนาดใหญ่จนเกินความจำเป็น

3) **ความลาดของทางระบายน้ำ :** ทางระบายน้ำที่มีความลาดชันมาก จะทำให้ความลึกของทางระบายน้ำมากขึ้นตามไปด้วย ดังนั้น เพื่อมิให้ทางระบายน้ำมีความลึกมาก ให้พิจารณากำหนดบ่อสูบเป็นระยะๆ แทนการขุดดินให้ลึกเพื่อเป็นการยกระดับน้ำให้สูงขึ้น

4.1.2 ปัจจัยที่ต้องพิจารณาในการออกแบบทางระบายน้ำ

การออกแบบทางระบายน้ำ มีปัจจัยสำคัญประกอบการพิจารณา ดังนี้

1) การป้องกันการสึกกร่อน

การออกแบบทางระบายน้ำแบบท่อปิด ต้องป้องกันการสึกกร่อนภายในท่อ เพื่อป้องกันท่อชำรุดเสียหายเร็วกว่ากำหนด อันจะส่งผลให้ต้องมีการขุดวางท่อใหม่แทนท่อเก่าที่ชำรุด ซึ่งจะเป็นการยุ่งยากและมีค่าใช้จ่ายสูงมากกว่าการวางท่อให้ได้มาตรฐานตั้งแต่เริ่มต้น

2) ความลึกของทางระบายน้ำ

ในกรณีการขุดเปิดหน้าดินเพื่อวางทางระบายน้ำซึ่งมีความลึกมากกว่า 2-3 เมตร อาจทำให้อาคารข้างเคียงเกิดการทรุดตัวและแตกร้าวเนื่องจากการไหลตัวของดินนั้นได้ กรณีนี้สามารถแก้ไขโดยการขุดเจาะระบบอุโมงค์เพื่อไม่ต้องขุดเปิดหน้าดิน

อย่างไรก็ดี ความลึกในส่วนต้นทางของท่อจะต้องมีระดับลึกพอที่ต้นน้ำที่ระบายออกจากอาคารบ้านเรือนของประชาชนให้ไหลไปตามท่อหรือทางระบายน้ำได้

3) ความลาดของทางระบายน้ำ

ทางระบายน้ำที่มีความลาดชันมาก จะทำให้ทางระบายน้ำมีความลึกมากขึ้นตามไปด้วย กรณีนี้สามารถแก้ไขโดยการกำหนดให้มีบ่อสูบลiftเป็นระยะๆ เพื่อเป็นการยกระดับน้ำให้สูงขึ้น แล้วปล่อยให้ไหลไปตามทางระบายน้ำแทนการขุดให้ลึกได้

4) ชนิดของท่อระบายน้ำ

ท่อระบายน้ำมีจำนวนหลายชนิด เช่น ท่อคอนกรีตเสริมเหล็ก ท่อเหล็ก ท่อ PVC ซึ่งมีความแตกต่างทั้งในเรื่องคุณสมบัติ ความคงทนและราคา ดังนั้น ควรศึกษา และเลือกใช้ท่อให้เหมาะสมกับโครงสร้างของทางระบายน้ำ และสามารถรับน้ำหนักได้ทั้งน้ำหนักถาวรและน้ำหนักจร ซึ่งรวมถึงแรงกระแทกหรือการทรุดตัวที่อาจเกิดขึ้นได้

5) รอยต่อหรือรอยเชื่อม

การออกแบบทางระบายน้ำต้องศึกษาวิธีการป้องกันและลดอัตราน้ำไหลรั่วเข้าทางระบายน้ำผ่านทางรอยต่อหรือรอยเชื่อม

6) การบำรุงรักษา

ทางระบายน้ำที่ไม่มีการบำรุงรักษาอย่างต่อเนื่องจะทำให้เกิดการชำรุด หรือมีอายุการใช้งานที่สั้น ดังนั้นการออกแบบต้องคำนึงถึงความสะดวกและง่ายต่อการบำรุงรักษา รวมถึงการใช้จ่ายงบประมาณอย่างประหยัดด้วย

4.2 ข้อกำหนดและหลักเกณฑ์ออกแบบด้านอุทกวิทยา

1) ข้อกำหนดและหลักเกณฑ์ในการออกแบบ

ข้อกำหนดและหลักเกณฑ์ในการออกแบบด้านอุทกวิทยา จะเกี่ยวข้องกับการคำนวณอัตราการระบายน้ำหรืออัตราน้ำไหลนองสูงสุดที่เกิดจากฝนออกแบบได้ดังนี้

- อัตราน้ำไหลนองสูงสุดคำนวณจากปริมาณฝนออกแบบที่ตกในบริเวณพื้นที่ที่จะระบายน้ำในรอบ 2-10 ปี ปกติใช้เกณฑ์ปริมาณฝนออกแบบในรอบปีการเกิดหรือคาบพินิจ 5 ปี แต่สำหรับบริเวณชุมชนไม่หนาแน่นและมีปัญหาน้ำท่วมขังเพียงเล็กน้อยใช้รอบปีการเกิดของฝนออกแบบ 2 ปี ในทางตรงกันข้ามหากเป็นบริเวณที่มีชุมชนหนาแน่น ย่านพาณิชยกรรมและธุรกิจการค้า ซึ่งเมื่อเกิดน้ำท่วมจะมีความเสียหายค่อนข้างมาก และเป็นอุปสรรคต่อการสัญจร ให้ใช้รอบปีการเกิดของฝนออกแบบ 10 ปี

- กรณีปริมาณน้ำนองหรืออัตราน้ำไหลนองสูงสุดที่เกิดขึ้นเกินกว่าเกณฑ์ที่กำหนด จะต้องยอมให้เกิดน้ำท่วมขังเพียงชั่วคราว และเร่งระบายน้ำออกไปโดยเร็ว

- ปริมาณฝนออกแบบขึ้นอยู่กับรอบปีการเกิดและระยะเวลาที่ฝนตก โดยคำนวณได้จากกราฟความสัมพันธ์ของความเข้ม-ระยะเวลาที่ตก-และความถี่ของฝน ซึ่งจะแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่หรือภูมิภาคของประเทศ โดยขอข้อมูลดังกล่าวได้จากสถานีฝนของกรมอุตุนิยมวิทยาในจังหวัดนั้นๆ

- ปริมาณน้ำนองทั้งหมดที่ใช้ในการออกแบบทางระบายน้ำ คือปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำเสียที่เกิดจากการใช้น้ำในพื้นที่

- ปริมาณน้ำเสียที่ไหลลงทางระบายน้ำ (กรณีระบบรวม) จะเป็นสัดส่วนกับปริมาณน้ำที่ประชากรในพื้นที่ใช้แต่ละวัน โดยมีสัดส่วนเท่ากับร้อยละ 80 ของปริมาณน้ำที่ประชากรใช้ทั้งหมด สำหรับอัตราการใช้น้ำของประชากร กำหนดให้อยู่ช่วงพิสัย 100-200 ลิตร/คน/วัน โดยกำหนดให้ชุมชนขนาดเล็ก หรือมีความหนาแน่นน้อยใช้น้ำ 100 ลิตร/คน/วัน และชุมชนขนาดใหญ่หรือมีความหนาแน่นมากใช้น้ำ 200 ลิตร/คน/วัน

2) วิธีการคำนวณอัตราน้ำไหลนองสูงสุด (Design Discharge)

การคำนวณปริมาณน้ำนองสูงสุดสำหรับพื้นที่รับน้ำฝนหรือพื้นที่ที่จะระบายน้ำมีขนาดเล็กไม่เกินกว่า 25 ตารางกิโลเมตร ใช้สูตร Rational Formula ดังนี้

$$Q = 0.278 \times 10^{-6} CIA$$

- เมื่อ Q = ปริมาณน้ำไหลนองสูงสุดหรือการออกแบบอัตราการระบายน้ำ
มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที
- C = สัมประสิทธิ์ไหลนอง (Coefficient of Runoff)
- I = ความเข้มของฝน (Rainfall Intensity) มีหน่วยเป็นมิลลิเมตรต่อชั่วโมง
- A = พื้นที่รับน้ำฝน มีหน่วยเป็นตารางเมตร

3) การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การไหลนอง (Coefficient of Runoff)

ค่าสัมประสิทธิ์การไหลนอง (C) คือตัวแปรที่ถูกกำหนดให้เป็นค่าคงที่สำหรับภาวะการณ์หนึ่งๆ ค่าสัมประสิทธิ์การไหลนองนี้สามารถแบ่งตามลักษณะพื้นที่ผิวหรือลักษณะพื้นที่ใช้สอยตามตารางหน้าที่ 24-25 อย่างไรก็ตามค่าสัมประสิทธิ์ในตารางดังกล่าวนี้ใช้ได้เฉพาะกับฝนความถี่รอบ 2-10 ปี เท่านั้น

ในกรณีที่ลักษณะพื้นที่ไม่เข้ากลุ่มกัน สามารถหาค่าสัมประสิทธิ์การไหลนองหรือน้ำท่าผิวดินเฉลี่ย (C) ได้จากความสัมพันธ์ลักษณะการใช้พื้นที่ย่อยและขนาดพื้นที่ย่อย ดังนี้

$$C = \frac{C_1 A_1 + C_2 A_2 + \dots + C_n A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

- $C_1 \dots C_n$ คือ สัมประสิทธิ์น้ำท่าผิวดินของพื้นที่ย่อยแต่ละส่วน
- $A_1 \dots A_n$ คือ ขนาดพื้นที่ย่อยแต่ละส่วน

4) การคำนวณความเข้มฝนออกแบบ (Design Rainfall)

เมื่อเกิดฝนตก ฝนจะไม่ตกลงบนพื้นที่ในปริมาณและระยะเวลาที่เท่ากันบางท้องที่อาจมีฝนตกหนักและนาน ในขณะที่บางท้องที่จะมีฝนเบาบางและตกในช่วงสั้นๆ ทำให้ความเข้มฝนออกแบบในแต่ละพื้นที่แตกต่างกัน

ความเข้มของฝน (Rainfall Intensity) หมายถึง ความหนักเบาของฝนที่ตกลงมาคำนวณได้จาก ปริมาณฝนออกแบบหารด้วยระยะเวลาที่ฝนตก ดังนั้นความเข้มฝนออกแบบที่มีค่าสูง อัตราเสี่ยงต่ออันตรายที่จะเกิดน้ำท่วมขังก็จะน้อยลง แต่งบประมาณก่อสร้างจะยิ่งแพงขึ้น ดังนั้นการเลือกความเข้มฝนที่ใช้ออกแบบ จึงต้องพิจารณาสภาพพื้นที่และความคุ้มค่าในการป้องกันน้ำท่วมขังให้เป็นอย่างดีเหมาะสม

สำหรับความเข้มของฝนออกแบบที่ใช้ในการคำนวณปริมาณน้ำไหลนองสูงสุดจากสูตร Rational Formula นั้น จะขึ้นอยู่กับรอบปีหรือความถี่ออกแบบ และระยะเวลาที่ฝนตก ซึ่งนิยมอ่านจากกราฟความสัมพันธ์ของความเข้ม ระยะเวลาที่ฝนตก และรอบปีของฝน โดยรอบปีที่ออกแบบกำหนดไว้ในรอบ 2 ถึง 10 ปี ส่วนระยะเวลาที่ฝนตก จะกำหนดให้เท่ากับเวลาที่ฝนตกหรือเวลาน้ำไหลนอง (T_c) ซึ่งถือว่าเป็นเวลาที่น้ำไหลนองก่อตัวเป็นรูปร่างและไหลจากจุดไกลที่สุดของพื้นที่ระบายมายังจุดที่พิจารณา

5) เวลาน้ำไหลนอง

เวลาน้ำไหลนองหรือเวลาของการรวมจุด (Time of Concentration, T_c) หมายถึงเวลาที่น้ำจากทุกส่วนในพื้นที่ระบายน้ำไหลมาถึงจุดทางออก (Outlet) ประกอบด้วยเวลาทางเข้า (Inlet time, t_o) รวมกับเวลาที่น้ำเดินทางในท่อจากจุดทางเข้าถึงจุดทางออกที่พิจารณา

สูตรเวลาน้ำไหลนอง

$$T_c = t_o + t_{\text{pipe}}$$

สำหรับเวลาทางเข้า หมายถึง เวลาที่น้ำฝนใช้เดินทางหลังจากที่ตกลงมาจนถึงทางเข้าสู่ท่อหรือรางระบายน้ำ หรือเป็นเวลาให้น้ำไหลนองบนผิวดินและพื้นผิวอื่นๆ จากจุดไกลสุดจนถึงทางเข้าสู่ท่อหรือทางระบายน้ำ

สำหรับเวลาที่น้ำวิ่งในเส้นท่อหรือรางระบายน้ำ (t_{pipe}) คำนวณโดยใช้สูตรชลศาสตร์และความเร็วการไหลในท่อเท่ากับ 0.75 เมตร/วินาที หรือเท่ากับ 45 เมตร/นาที่ ซึ่งเป็นความเร็วการไหลน้อยที่สุดที่จะไม่ทำให้เกิดการตกตะกอนในท่อ

เวลาน้ำไหลบนพื้นดินหรือพื้นที่ผิวต่างๆ (t_o) จนกว่าจะเข้ามายังจุดเข้าท่อหรือรางระบาย (Inlet) นั้น คำนวณหาได้ยาก เพราะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง อาทิเช่น ความลาดชันของพื้นที่ผิว ลักษณะปกคลุมพื้นที่ผิวนั้นๆ ระยะทางที่น้ำวิ่งก่อนถึงจุดเข้าท่อ อย่างไรก็ตาม ในการออกแบบ อาจเลือกใช้เวลาวิ่งเข้าท่อในช่วง 5 ถึง 30 นาที (นิยมใช้ 5-15 นาที) ในกรณีพื้นที่ที่อยู่ในเขตการพัฒนาและมีสิ่งก่อสร้างหนาแน่น พื้นที่ผิวส่วนใหญ่เป็นชนิดน้ำซึมลงดินได้ยาก และมีช่องให้น้ำเข้าระบบระบายจำนวนมาก อาจเลือกใช้เวลาวิ่งเข้าท่อเพียง 5 นาที สำหรับพื้นที่ที่มีการพัฒนาและภูมิประเทศค่อนข้างราบเรียบกำหนดใช้เวลาเข้าท่อหรือรางระบายนาน 10 ถึง 15 นาที แต่ในบริเวณชุมชนที่ปกอาศัยมีภูมิประเทศราบเรียบกำหนดใช้เวลาในช่วง 20-30 นาที เป็นเกณฑ์

หากกำหนดให้เวลาน้ำไหลบนพื้นผิว (t_0) เท่ากับ 15 นาที ก็จะสามารถคำนวณเวลาน้ำไหลนอง (T_c) ได้ดังนี้

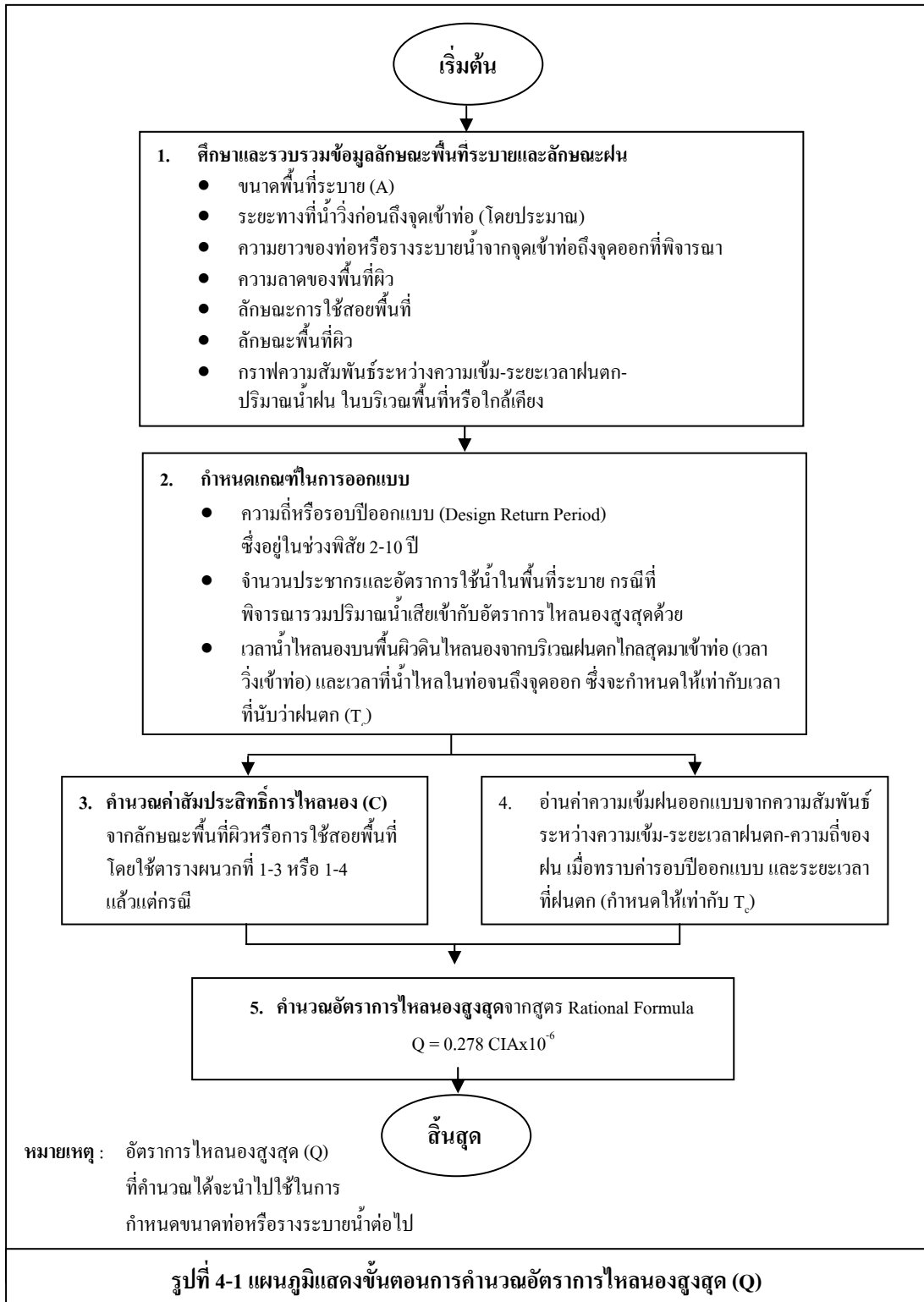
$$T_c = 15 + \frac{L}{45} \text{ (นาที)}$$

เมื่อ T_c = เวลาน้ำไหลนองหรือเวลาของการรวมจุด, นาที

L = ความยาวท่อ (เมตร)

6) **สรุปขั้นตอนการคำนวณอัตราการไหลนองสูงสุดที่ออกแบบ (Design Discharge)**

- (1) ศึกษาและรวบรวมข้อมูลลักษณะพื้นที่ระบายและลักษณะฝน
- (2) กำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการออกแบบ
- (3) คำนวณค่าสัมประสิทธิ์การไหลนอง
- (4) คำนวณหรืออ่านค่าความเข้มฝนจากความสัมพันธ์ความเข้ม-ระยะเวลาฝนตก-ความถี่ปริมาณน้ำฝน
- (5) คำนวณอัตราการไหลนองสูงสุดด้วยการใช้สูตร Rational Formula โดยมีรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนแสดงไว้ในรูปที่ 4-1 สำหรับอัตราการไหลนองสูงสุด (Q) ที่คำนวณได้ดังกล่าว จะนำไปประยุกต์ใช้ในการคำนวณขนาดของท่อหรือรางระบายน้ำที่เหมาะสมในหัวข้อ 4.3 ต่อไป



ตารางที่ 4-2 สัมประสิทธิ์การไหลนองตามพื้นผิวหรือลักษณะพื้นที่ใช้สอย

ลักษณะใช้สอยของพื้นที่	ค่าสัมประสิทธิ์การไหลนอง (C)
1. เขตธุรกิจ	
- หนาแน่น	0.70-0.95
- รอบๆ บริเวณเขตธุรกิจ	0.70-0.85
2. เขตที่พักอาศัย	
- ครอบครัวยุคเดียว	0.30-0.50
- หลายครอบครัว, แยกกัน	0.40-0.60
- หลายครอบครัว, ติดกัน	0.60-0.75
3. เขตที่พักอาศัย (ชานเมือง)	0.25- 0.40
4. เขตอพาร์ทเมนต์	0.50-0.70
5. เขตอุตสาหกรรม	
- เบา	0.50-0.80
- หนัก	0.60-0.90
6. สวนสาธารณะ/สนามหญ้า	0.10-0.25
7. สวนเด็กเล่น	0.20-0.35
8. สถานีรถไฟ ชุมทาง	0.20-0.35
9. ที่รกร้าง/ที่ดินว่างเปล่า	0.10-0.30
10. ที่จอดรถ คสล./สนามกีฬาผิวที่บดน้ำ	0.85-0.95
11. ที่จอดรถลาดยาง/หินคลุก	0.70-0.85

4.3 ข้อกำหนดและหลักเกณฑ์การออกแบบด้านชลศาสตร์

ข้อกำหนดและหลักเกณฑ์การออกแบบด้านชลศาสตร์ เกี่ยวข้องกับการคำนวณขนาดของท่อหรือรางระบายน้ำที่จะสามารถระบายน้ำด้วยอัตราการไหลสูงสุดที่ออกแบบ (Q) การออกแบบขนาดท่อ จะถือว่าการไหลในท่อระบายน้ำหรือรางระบายน้ำเป็นแบบเสมอดัน เสมอปลาย (Uniform Flow) และจะใช้สมการแมนนิง (Manning's Formula) เพื่อคำนวณหาความจุและขนาดท่อ ดังนี้

$$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2}$$

เมื่อ	Q	=	อัตราการไหลสูงสุดที่ผ่านท่อ, ลบ.ม./วินาที
	n	=	สัมประสิทธิ์ความขรุขระแมนนิง
		=	0.016-0.018 สำหรับคอนกรีต (ท่อหรือคลองลาดคอนกรีต)
		=	0.025 สำหรับคลองดิน
	A	=	พื้นที่หน้าตัดของท่อหรือทางน้ำไหล, ตารางเมตร
	R	=	รัศมีชลศาสตร์ (Hydraulic Radius), เมตร
		=	$\frac{A}{P}$
	P	=	เส้นขอบเปียก (Wetted Perimeter), เมตร
	S	=	ความลาดชันท่อออกแบบ
	D	=	เส้นผ่านศูนย์กลาง \varnothing

สำหรับทางระบายน้ำแบบท่อพิจารณาการไหลเต็มท่อ ดังนั้น เส้นขอบเปียก (P) มีค่าเท่ากับ πD และค่ารัศมีชลศาสตร์ (R) มีค่าเท่ากับ $D/4$

จากสูตรแมนนิง สามารถคำนวณเฉพาะความเร็วในเส้นท่อได้ดังนี้

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

เมื่อ V = ความเร็วในเส้นท่อ, เมตร/วินาที

สำหรับข้อกำหนดทางด้านชลศาสตร์ที่สำคัญ มีดังนี้

(1) ขนาดท่อระบายจะต้องสัมพันธ์กับอัตราการไหลออกแบบ (Q) และตรวจสอบความเร็วการไหลในท่อไม่ควรจะน้อยกว่า 0.75 เมตร/วินาที เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการตกตะกอนสะสมในเส้นท่อ และขนาดท่อเล็กที่สุดเท่ากับ \varnothing 0.40 เมตร

(2) ความลาดชันของท่อระบายน้ำ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.40 เมตร ไม่ควรจะต่ำกว่า 1: 500 และของท่อระบายน้ำที่มีขนาดใหญ่ต้องไม่เกินกว่า 1: 1,000

(3) เพื่อให้การบำรุงรักษาเป็นไปด้วยความสะดวก เช่น การทำความสะอาดและขุดลอกตะกอน ทางระบายน้ำแบบท่อจะกำหนดให้มีบ่อพักน้ำเป็นระยะ โดยระยะห่างของแต่ละบ่อพักอยู่ระหว่าง 6-12 เมตร ตามตำแหน่งที่เป็นจุดเชื่อมต่อหรือท่อแยก

(4) ทางระบายน้ำในถนนซอยแคบ หรือความกว้างน้อยกว่า 5.00 เมตร ซึ่งไม่สามารถจัดทำทางเท้าได้ ให้จัดทำรางระบายน้ำต้นรูปตัว V เพื่อรวบรวมน้ำและให้ไหลลงท่อระบายน้ำตามตำแหน่งของบ่อพักน้ำ แนวทางระบายน้ำอาจทำได้ทั้งสองข้างหรือข้างเดียวก็ได้ตามความเหมาะสม

4.4 ข้อกำหนดและหลักเกณฑ์ทางด้านโครงสร้าง

4.4.1 รูปแบบของทางระบายน้ำ

รูปแบบของทางระบายน้ำ แบ่งออกได้เป็น 2 รูปแบบ คือแบบท่อปิดและแบบรางเปิด ดังนี้

1) แบบท่อปิด

ทางระบายน้ำแบบท่อปิดเป็นระบบระบายน้ำด้วยแรงโน้มถ่วง จะใช้ท่อ คสล. ตามมาตรฐาน มอก.128 แต่ถ้าเป็นระบบระบายน้ำที่ใช้แรงดัน โดยใช้เครื่องสูบน้ำจะใช้ท่อเหล็กเคลือบสารป้องกันการกัดกร่อน (Epoxy) หรือท่อ PVC หรือ PE

2) แบบรางเปิด

รางระบายน้ำทั่วไปเป็น คสล. อาจมีรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า หรือสี่เหลี่ยมคางหมูหรือครึ่งวงกลม ซึ่งอาจคาดคอนกรีตหรือเป็นรางดินก็ได้

4.4.2 ข้อกำหนดของงานคอนกรีตและคอนกรีตเสริมเหล็ก

อาคารคอนกรีตเสริมเหล็กจะต้องเป็นไปตามมาตรฐานวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย หรือ มาตรฐานวิศวกรรมระหว่างประเทศ เช่น

- ACI (American Concrete Institute)
- AASHO (American Association of State Highway Official)
- ASTM (American Society for Testing of Material)
- AISC (American Institute of Steel Construction)
- TIS (Thai Industrial Standards) เป็นต้น

4.4.3 คุณสมบัติของวัสดุ

1) การรับแรงของคอนกรีต

$$\text{คอนกรีตไม่เสริมเหล็ก } f_c' = 140 \text{ กก./ชม.}^2$$

$$\text{คอนกรีตเสริมเหล็ก } f_c' = 175 \text{ กก./ชม.}^2$$

เมื่อทดสอบด้วยแท่งคอนกรีตทรงกระบอกมาตรฐาน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง

15 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร อายุครบ 28 วัน

2) คุณสมบัติของเหล็กเสริมคอนกรีตและเหล็กโครงสร้าง

- เหล็กเสริมคอนกรีตสำหรับเหล็กเส้นกลมใช้เหล็กชั้นคุณภาพ SR 24 ตาม มอก. 20 สำหรับเหล็กข้ออ้อย ใช้เหล็กชั้นคุณภาพ SD 30 ตาม มอก. 24

- เหล็กโครงสร้างหรือเหล็กรูปพรรณให้ใช้เหล็กชั้นคุณภาพ FE 24 ตาม มอก. 116

3) น้ำหนักหนึ่งหน่วยปริมาตรของมวลสารต่างๆ มีดังนี้

- น้ำหนักคอนกรีต = 2,400 กก./ม.³

- น้ำหนักดินแห้ง = 1,600 กก./ม.³

- น้ำหนักดินอิ่มตัวด้วยน้ำ = 2,100 กก./ม.³

- น้ำหนักดินบดอัดแน่น = 2,000 กก./ม.³

- น้ำหนักน้ำ = 1,000 กก./ม.³

- น้ำหนักเหล็ก = 7,800 กก./ม.³

เมื่อดำเนินการออกแบบทางระบายน้ำตามข้อกำหนดและหลักเกณฑ์ด้านอุทกวิทยา ชลศาสตร์และโครงสร้างเรียบร้อยแล้ว ให้พิจารณากำหนดรายละเอียดแบบและประมาณราคาเพื่อประกอบการตั้งงบประมาณ และขออนุมัติก่อสร้างตามแบบแปลนที่กำหนดต่อไป