บทที่2

ทฤษฎี

2.1 ความหมาย

1. ระบบท่อระบายน้ำ (Drainage System) หมายความถึง ระบบท่อและส่วนประกอบอื่นที่ใช้สำหรับรวบรวมน้ำเสียจากแหล่งกำเนิดน้ำเสียประเภทต่างๆ เช่น อาคารที่พักอาศัย โรงแรม โรงพยาบาล สถานที่ราชการ เขตพาณิชยกรรม เพื่อนำน้ำเสียเหล่านั้นไปบำบัดหรือระบายทิ้งยังแหล่งรองรับน้ำทิ้งที่ต้องการ

2. ท่อแรงโน้มถ่วง (Gravity Sewer) : เป็นท่อรองรับน้ำเสียที่การไหลของน้ำจะเกิดขึ้นตามแรงโน้มถ่วงของโลกเท่านั้น โดยวางท่อให้ได้ความลาดเอียงที่เป็นไปตามทิศทางการไหลของน้ำเสียที่ต้องการ ดังนั้นขนาดของท่อชนิดนี้จะแปรผันตามปริมาตรน้ำเสียในเส้นท่อ

3. ท่อแรงดัน (Pressure Sewer) : เป็นท่อที่ส่งน้ำเสียจากที่ต่ำไปยังที่สูงกว่า โดยท่อสามารถรับแรงดันของน้ำซึ่งเกิดจากการสูบน้ำของเครื่องสูบน้ำสวนกับ แรงโน้มถ่วงของโลก

4. บ่อตรวจระบาย (Manhole) : เป็นบ่อที่ใช้สำหรับบรรจบท่อขนาดต่าง ๆ หรือจุดเปลี่ยนขนาดท่อหรือทิศทางการวางแนวท่อ รวมทั้งใช้สำหรับตรวจซ่อมแซมและทำความสะอาดท่อ

5. ท่อระบาย (Sewer)หมายความถึง ท่อหรือรางสำหรับระบายน้ำเสียจากแหล่งชุมชนและ อุตสาหกรรม (Sanitary Sewer) หรือระบายน้ำฝน (Storm Sewer)

6. ระบบระบายน้ำเสีย (Sewerage System)หมายความถึง ระบบของท่อพร้อมทั้งส่วนประกอบต่างๆ สำหรับรวบรวมและระบายน้ำเสียจากแหล่งชุมชนไปยังบริเวณที่ต้องการกำจัด

2.2 ประเภทของท่อระบายน้ำ

ประเภทของท่อระบายน้ำ (Sewer) ท่อระบายน้ำที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน แบ่งได้เป็น 2 ระบบ คือ ระบบท่อแยก (Separate System) และระบบท่อรวม (Combined System) โดยแต่ละระบบมีลักษณะสำคัญ ดังนี้

2.2.1 ระบบท่อแยก : เป็นระบบระบายน้ำที่แยกระหว่างท่อระบายน้ำฝน (Storm Sewer) ซึ่งทำหน้าที่รับน้ำฝนเพียงอย่างเดียวแล้วระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะในบริเวณใกล้เคียงที่สุดโดยตรง และท่อระบายน้ำเสีย (Sanitary Sewer) ซึ่งทำหน้าที่ในการรองรับน้ำเสียจากชุมชนและอุตสาหกรรม เพื่อส่งต่อไปยังระบบบำบัดน้ำเสีย ดังนั้นจะเห็นได้ว่าน้ำฝนและน้ำเสียจะไม่มีการไหลปะปนกัน โดยระบบท่อแยกนี้มีข้อดีคือ

ก) การก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียมีขนาดเล็กกว่าระบบท่อรวม เนื่องจากจะมีการรวบรวมเฉพาะน้ำเสียเข้าระบบบำบัดเท่านั้น

ข) ค่าดำเนินการบำรุงรักษาระบบต่ำกว่าระบบท่อรวม เพราะปริมาณน้ำที่ต้องการสูบและปริมาณสารเคมีที่ต้องใช้มีปริมาณน้อยกว่า

ค) ไม่ส่งผลต่อสุขอนามัยของประชาชน ในกรณีที่ฝนตกหนักจนทำให้น้ำท่วม เพราะจะไม่มีส่วนของน้ำเสียปนมากับน้ำฝน

ง) ลดปัญหาเรื่องกลิ่นและการกัดกร่อนภายในเส้นท่อในช่วงฤดูแล้ง เนื่องจากมีการออกแบบให้ความเร็วเฉพาะน้ำเสียให้มีค่าที่ทำให้เกิดการล้างท่อด้วยตัวเองในแต่ละวัน ซึ่งจะทำให้ไม่เกิดการหมักภายในเส้นท่ออันเป็นสาเหตุของปัญหา แต่การใช้ระบบท่อแยกต้องเสียค่าลงทุนสูงและมีการดำเนินการก่อสร้างที่ยุ่งยาก

2.2.2 ระบบท่อรวม : น้ำฝนและน้ำเสียจะไหลรวมมาในท่อเดียวกัน จนกระทั่งถึงระบบบำบัดน้ำเสียหรืออาคารดักน้ำเสีย ซึ่งจะมีท่อดักน้ำเสีย (Interceptor) เพื่อรวบรวมน้ำเสียไปยังระบบบำบัด น้ำเสีย ส่วนน้ำเสียรวมน้ำฝนที่เกิดการเจือจางและมีปริมาณมากเกินความต้องการจะปล่อยให้ไหลล้นฝายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ ส่วนน้ำที่ไม่ล้นฝายก็จะเข้าสู่ท่อดักน้ำเสียไหลไปยังระบบบำบัดน้ำเสียต่อไป ระบบท่อรวมมีข้อดี คือ ค่าลงทุนต่ำ ใช้พื้นที่ก่อสร้างน้อยกว่าระบบท่อแยก แต่มีข้อเสียหลายประการด้วยกัน เช่น ต้องใช้ขนาดท่อใหญ่ขึ้น ระบบบำบัดน้ำเสียมีขนาดใหญ่ขึ้นและใช้ค่าลงทุนสูง เนื่องจากน้ำเสียที่เข้าระบบบำบัดมีปริมาณมาก ค่าใช้จ่ายบำรุงรักษามาก อาจมีปัญหากลิ่นเหม็นในช่วงหน้า

แล้ง เนื่องจากความเร็วน้ำในท่อจะต่ำมาก และอาจมีผลต่อสุขอนามัยของประชาชนได้กรณีเกิดปัญหาน้ำท่วม เป็นต้น

2.2.3 ระบบระบายน้ำ

1. ระบบระบายน้ำเสีย ขึ้นอยู่กับ ประเภทของแหล่งปล่อยน้ำเสีย คุณสมบัติของน้ำเสีย ฯลฯ

2. ระบบระบายน้ำฝน ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝนที่ตก ลักษณะพื้นผิวที่รองรับน้ำฝน ช่วงเวลาและชนิดของฝนที่ตกระบบระบายน้ำฝนเป้าหมาย เพื่อระบายน้ำฝนลงในพื้นที่ให้ลงแหล่งรับน้ำ เช่น แม่น้ำ คลอง ที่ใกล้ที่สุดให้เร็วที่สุด ประสิทธิภาพการระบายน้ำ จะขึ้นกับปริมาณและชนิดของฝนและช่วงเวลาที่ตก กับลักษณะพื้นที่รับน้ำ

2.3 ปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในระบบท่อระบายน้ำ

2.3.1 กลิ่นเหม็น : เกิดจากการหมักของน้ำเสียในเส้นท่อในสภาพไร้อากาศ ซึ่งจะทำให้เกิดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H2S) หรือก๊าซไข่เน่า อันเป็นสาเหตุของกลิ่นเหม็น โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง ที่ความเร็วในท่อระบายน้ำต่ำมากจนทำให้เกิดการตกตะกอนในเส้นท่อขึ้นและเกิดการหมัก

2.3.2 การกัดกร่อน : เป็นปัญหาที่เกิดจากก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่เกิดขึ้นทำปฏิกิริยากับไอน้ำในอากาศ เกิดเป็นไอกรดซัลฟิวริก ซึ่งเป็นกรดเข้มข้นที่มีฤทธิ์ในการกัดกร่อนเส้นท่อได้

2.3.3 **ปัญหาน้ำจากภายนอกและน้ำซึมเข้าท่อระบายน้ำ** เกิดจากน้ำจาก ภายนอก ได้แก่ น้ำใต้ดินหรือน้ำฝน รั่วเข้าสู่ท่อระบายน้ำเสีย ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากท่อแตก รอยต่อเชื่อมท่อชำรุดเสื่อมสภาพ บ่อตรวจระบายชำรุด หรือฝาของบ่อตรวจระบายอยู่ต่ำ

2.4 ลักษณะทั่วไปของระบบระบายน้ำสำหรับพื้นที่เมือง

ระบบระบายน้ำสำหรับเมือง ประกอบด้วยโครงสร้าง 2 ส่วนหลัก คือ โครงสร้างเฉพาะที่ (location element) และโครงสร้างสำหรับลำเลียงน้ำ (transfer element)

2.4.1 โครงสร้างเฉพาะที่ (location element) เป็นส่วนที่ใช้สำหรับพักน้ำ และมนุษย์สามารถควบคุมการเปลี่ยนแปลงทั้งปริมาณและคุณภาพของน้ำได้ เช่น แหล่งกักเก็บน้ำ บ่อปรับปรุงคุณภาพน้ำ บ่อกักเก็บน้ำใช้ และบ่อบำบัดน้ำเสีย เป็นต้น

2.4.2 โครงสร้างสำหรับลำเลียงน้ำ (transfer element) เป็นส่วนที่เชื่อมต่อโครงสร้างเฉพาะที่ มีหน้าที่ส่งผ่านหรือระบายน้ำ เช่น ทางเปิดน้ำ ถนน ท่อน้ำฝน ท่อน้ำเสีย และท่อน้ำดี เป็นต้น จะเห็นได้ว่าเมื่อมีฝนตกลงมาบริเวณพื้นที่ น้ำฝนที่ตกลงมาจะมีบางส่วนตกค้างอยู่บนส่วนต่างๆ ของต้นไม้ บางส่วนตกลงบนสิ่งก่อสร้างต่างๆ และบางส่วนจะตกลงบนพื้นดินหรือสระน้ำ หรือแม่น้ำโดยตรง ซึ่งจะมีการไหลอย่างต่อเนื่องจะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ปริมาณน้ำส่วนหนึ่งจะไหลซึมลงดิน และอีกส่วนหนึ่งจะไหลบนผิวดินลงรางน้ำ ท่อระบายน้ำ สระน้ำ หรือแม่น้ำลำคลองต่างๆ โดยอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก ซึ่งในบางพื้นที่ถ้าไม่สามารถระบายน้ำให้มีการไหลตามลักษณะดังกล่าว เช่น พื้นที่ขนาดใหญ่ที่ค่อนข้างจะเป็นพื้นที่ราบ ก็จะต้องมีการใช้เครื่องสูบน้ำเข้าช่วย

2.5 การระบายน้ำในชุมชน

การจัดการระบายน้ำในชุมชน โดยทั่วไปจะมีขนาดไม่ใหญ่มากนัก ใช้ระบายน้ำฝนหรือน้ำเสียจากบ้านเรือน อาคารต่างๆ ก่อนที่จะระบายเข้าระบบรวบรวมน้ำเสียต่อไป ประกอบด้วยองค์ประกอบหลายประการ ท่อแรงโน้มถ่วงและบ่อตรวจระบายโดยมีจุดประสงค์ที่จะควบคุมปริมาณน้ำและคุณภาพน้ำ องค์ประกอบหนึ่งที่มักก่อให้เกิดปัญหาในชุมชนเป็นอย่างมาก คือ การระบายน้ำ การเกิดปัญหาระบบระบายน้ำไม่ทัน ปัญหาน้ำท่วมขัง ปัญหาน้ำเอ่อล้น ในชุมชนจะมีผลกระทบต่อประชากรในชุมชนเป็นอย่างมาก ส่วนประกอบต่างๆ ของระบบน้ำผิวดินในชุมชนดังแสดงใน ตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ส่วนประกอบของระบบน้ำผิวดินของชุมชน

รายละเอียด	การควบคุมน้ำผิวดิน	หมายเหตุ
1. พื้นผิวดินที่น้ำซึมได้ และผิวดินที่ปกคลุมด้วยพืช	น้ำซึมลงดินได้และเป็นที่สำหรับน้ำไหล	
2. รางน้ำเปิดต่างๆ	รองรับน้ำ รวบรวมน้ำและส่งน้ำผิวดินไปยังส่วนต่างประกอบอื่นของถนน	
3. ท่อลอดถนน (Culvert)	เป็นช่องทางเดินของน้ำใต้ดิน	
4. ถนน ทางระบายน้ำข้างถนน คันถนน (Curb) และรางน้ำ (Gutter)	- รวบรวมน้ำในเวลาฝนตก ส่งผ่านท่อเพื่อระบายน้ำไม่ให้เกิดการท่วมขังบนถนน - เป็นแหล่งน้ำขังชั่วคราวเวลาฝนตกหนักตลอดจนเป็นทางน้ำไหล	
5. ลานจอดรถ หลังคาบ้าน และพื้นผิวที่น้ำไม่สามารถซึมผ่านได้	- รวบรวมน้ำให้ไหลไปยังท่อเวลาฝนตก - ในเวลาฝนตกหนัก เป็นน้ำท่วมขังชั่วคราว	
6. จุดรับน้ำ (Inlet)	รับน้ำเบื้องต้นในระหว่างฝนตกและเป็นจุดเชื่อมต่อระหว่างถนนผิวดินและท่อใต้ดิน	
7. บ่อดัก (Cathc Basin)	รับตะกอนหรือวัตถุหนักก่อนที่จะเข้าสู่จุดรับน้ำเพื่อป้องกันการอุดตันของท่อระบายน้ำ	
8. ท่อระบายน้ำฝน (Strom Sewer)	- รวบรวมน้ำในระหว่างฝนตก และเป็นทางลำเลียง ระบายน้ำออจากพื้นที่ - ในระหว่างฝนตกหนักยังสามารถเป็นตัวช่วยกักน้ำชั่วคราวก่อนที่จะระบายออกไป	
9. บ่อพัก (Manhole)	- จุกเชื่อมระหว่างท่อระบายน้ำที่มีระดับทิศทาง คุณภาพขนาดและทิสทางแตกต่างกัน - มีประโยชน์ในการเข้าไปตรวจสอบบำรุง รักษาซ่อมแซมระบบท่อ	

รายละเอียด	การควบคุมน้ำผิวดิน	หมายเหตุ
10. เครื่องมือหน่วงความเร็วของน้ำ (Detention Facility)	- เก็บกักน้ำชั่วคราวระหว่างฝนตก เพื่อให้การไหลลงท้ายน้ำช้าลง และลดความเสียหายที่จะเกิดกับท้ายน้ำ - จุดที่รับตะกอนและสารแขวนลอย ที่มากับน้ำ เพื่อลดการปนเปื้อนของน้ำ	โดยทั่วไปจะเป็นโครงสร้างที่เก็บน้ำได้ไม่มาก เช่น บ่อน้ำ ธรรมชาติที่ทำคันดินกัน บ่อน้ำที่ขุดขังไว้
11. บ่อตะกอน (Sedimentation Basin)	บ่อดักสารแขวนลอย และขยะที่ลอยมากับน้ำ	
12. โครงสร้างที่ช่วยสลายพลังงานของน้ำ (Energy dissipator)	ช่วยสลายพลังงานความเร็วของน้ำเพื่อลดการกัดเซาะและป้องกันความเสียหายต่อโครงสร้าง	

การควบคุมการระบายน้ำในชุมชนที่มีการก่อสร้างระบบระบายน้ำเดิมไว้อยู่แล้วค่อนข้างยุ่งยาก เพราะนอกจากจะต้องออกแบบเพื่อรองรับปริมาณการระบายน้ำจากพื้นที่ยังต้องตรวจสอบระบบระบายน้ำเดิมว่าสามารถรองรับการระบายน้ำได้มากน้อยเพียงใด ตลอดจนออกแบบระบบระบายน้ำใหม่ให้สอดคล้องกับระบบระบายน้ำเดิมอีกด้วย และจำเป็นที่ต้องศึกษารวมทั้งระบบเพื่อให้ระบบระบายเชื่อมโยงกัน และสามารถระบายน้ำออกได้อย่างต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพ

พื้นที่เมือง ซึ่งมีพื้นที่ผิวที่น้ำซึมผ่านไม่ได้เป็นจำนวนมาก และมีระบบระบายน้ำที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งประกอยด้วยรางระบายน้ำฝน และระบบท่อระบายน้ำที่สลับซับซ้อนทั้งบนดินและใต้ดิน ทำให้มีปริมาณน้ำที่ต้องระบายออกจากพื้นที่เป็นจำนวนมากในระยะเวลาอันสั้น การประมาณปริมาณน้ำหลากสามารถคำนวณได้จาก สูตรสำเร็จที่พิจารณาพื้นที่รับน้ำทั้งหมดรวมเป็นพื้นที่เดียวแล้วคำนวณหาอัตราการไหลออกที่จุดท้ายน้ำ โดยสมมติฝนตกอย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งพื้นที่รับน้ำ วิธีที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบัน คือ วิธี Rational ซึ่งคำนวณปริมาณน้ำทิ้งจากน้ำฝน โดยสมมติให้ฝนตกในพื้นที่ครอบคลุมตลอดความยาวท่อ น้ำฝนของถนนไหลลงช่องระบายน้ำริมถนน ส่วนน้ำฝนจากครัวเรือนหรือกิจกรรมอื่นไหลลงทางท่อพักเป็นส่วนใหญ่ แล้วน้ำจึงไหลไปตามท่อระบายน้ำออกสู่ปลายด้านล่าง น้ำที่ระบายออกสู่ปลายด้านล่างสามรรถคำนวณจากปริมาณฝนโดยที่ปริมาณน้ำที่ไหลไปรวมกัน ณ จุดใดๆ ของพื้นที่รับน้ำคำนวณได้จากสมการ

$$Q = 0.278\ CIA \qquad \text{.....(2.1)}$$

โดยที่ Q = ปริมาณน้ำที่ไหลมารวมกัน ณ จุดใดๆ สูงสุดในรูปของอัตราการ ไหล , ลบ.ม./วินาที

C = สัมประสิทธิของพื้นที่ที่น้ำไหลผ่าน

I = ความเข้มของฝน , มม./ชม.

A = พื้นที่รับน้ำฝนหรือพื้นที่ระบายน้ำ , ตร.กม.

2.6 การประมาณปริมาณน้ำที่ต้องระบายออกจากพื้นที่

ปริมาณน้ำที่ต้องระบายออกจากพื้นที่ เป็นส่วนสำคัญที่ต้องมีการประเมินออกมาเป็นตัวเลขเพื่อใช้สำหรับออกแบบขนาดของโครงสร้างต่าง ๆ ต่อไป ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น สภาพทั่วไปของพื้นที่ สภาพภูมิประเทศ ลักษณะทางธรณีวิทยา สภาพภูมิอากาศ และลักษณะทางชลศาสตร์ เป็นต้น โดยทั่วไปแล้วปริมาณน้ำที่เป็นหลักในการประมาณการประกอบด้วย ปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำเสีย และปริมาณน้ำซึมเข้าระบบระบายน้ำดังสมการ

$$Q = Q_R + Q_W + Q_{\cdot i} \qquad \text{.....(2.2)}$$

โดยที่ Q คือ อัตราการไหลทั้งหมด

Q_R คือ อัตราการไหลของน้ำนองที่เกิดจากฝนตกในรอบปีการเกิดซ้ำที่ออกแบบ

Q_W คือ อัตราการไหลของน้ำเสียจากบริเวณต่าง ๆ ของพื้นที่ระบายน้ำ

$Q_{\cdot i}$ คือ อัตราการไหลซึมของน้ำใต้ดินเข้าระบบท่อระบายน้ำ

สำหรับการประมาณการปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำเสีย และปริมาณน้ำซึมเข้าระบบระบายน้ำสามารถแยกหาได้ดังนี้

2.7 การประมาณปริมาณน้ำฝน

การประมาณปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาบนพื้นที่แล้วไหลนอง (Runoff) บนพื้นที่ระบายน้ำสามารถหาได้หลายวิธี แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงวิธีที่นิยมใช้กันมากที่สุดคือ วิธีหลักเหตุผล (Rational Method) ซึ่ง Mulvany (1850) วิศวกรชาวไอริช (Irish Engineer) เป็น

ผู้เสนอสมการคำนวณอัตราการไหลของน้ำนองที่เกิดจากฝนตกในรอบปีการเกิดซ้ำ (Return Period) ที่ออกแบบ ซึ่งวิธีนี้ใช้ได้สำหรับพื้นที่ระบายน้ำไม่เกิน 25 ตารางกิโลเมตร

แนวความคิดของวิธีหลักเหตุผล เริ่มจากการพิจารณาพื้นที่รับน้ำที่น้ำซึมผ่านไม่ได้ เมื่อมีฝนตกสม่ำเสมอด้วยความเข้มฝน (Rainfall Intensity) I ซึ่งหมายถึง ความลึกน้ำฝนต่อ 1 หน่วยเวลา เช่น mm/hr หรือ in/hr ลงบนพื้นที่รับน้ำซึมผ่านไม่ได้ A จะทำให้เกิดการไหลออกจากพื้นที่ด้วยอัตราการไหล Q ซึ่งจากสมการสมดุลของมวล (Mass Balance Equation) ที่ใช้กับการระบายน้ำนี้ จะพบว่า อัตราการไหลเข้าคือปริมาณน้ำฝน (Precipitation) และอัตราการไหลออกมีเพียงปริมาณน้ำท่า (Direct Runoff) เมื่อสมมติว่าน้ำมีความหนาแน่นคงที่ ดังนั้น

$$\frac{\text{ปริมาตรเก็บกัก}}{\text{เวลา}} = \frac{\text{ปริมาตรน้ำฝน}}{\text{เวลา}} - \frac{\text{ปริมาตรน้ำท่า}}{\text{เวลา}}$$

หรือ

$$\frac{dS}{dt} = \frac{\forall_P}{dt} - \frac{\forall_R}{dt} \qquad \text{....(2.3)}$$

ถ้ามีฝนตกลงบนพื้นที่อย่างต่อเนื่องเป็นเวลานานด้วยความเข้มฝนคงที่ จะทำให้อัตราการไหลออกจากพื้นที่ Q เพิ่มขึ้นจนกระทั่งเวลาผ่านไปจนถึงจุด ๆ หนึ่ง จะมีอัตราการไหลออกคงที่ แสดงว่าหลังจากเวลาผ่านไป t_c จะมีอัตราการไหลเข้าเท่ากับอัตราการไหลออกเป็นการไหลคงที่ (steady flow) ซึ่งเวลา t_c นี้เรียกว่า เวลาของการไหลรวมตัว (time of concentration)

2.8 สัมประสิทธิ์การไหลนอง (Runoff Coefficient)

สัมประสิทธิ์การไหลนองเป็นตัวแปรที่บอกถึงว่า เมื่อมีฝนตกลงมาบนพื้นที่รับน้ำหรือพื้นที่ระบายน้ำ จะเกิดปริมาณน้ำนองบนพื้นผิวต่าง ๆ ที่หักการไหลซึมและปริมาณน้ำที่ตกค้างบนผิวออกแล้วเป็นเปอร์เซ็นต์ หรือสัดส่วนของปริมาณน้ำนองที่เทียบกับปริมาณน้ำฝนว่ามีมากน้อยเพียงใด ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ มากมาย เช่น สภาพพื้นที่ ความลาดชันของพื้นที่ ปริมาณความชื้นในดิน ชนิดของสิ่งปกคลุมพื้นที่ และความเข้มฝน เป็นต้น

สำหรับกรณีในพื้นที่รับน้ำย่อยที่แบ่งประกอบด้วยพื้นผิวหลายประเภท เช่น ในบริเวณบ้านเดี่ยวจะมีทั้งพื้นที่น้ำซึมผ่านไม่ได้ เช่น หลังคาบ้าน ถนนคอนกรีต ลานนั่งเล่น และสระว่ายน้ำ เป็นต้น และพื้นที่ที่น้ำซึมผ่านได้ เช่น สนามหญ้า เนินดิน สวนดอกไม้ และแปลงต้นไม้ ย่อย ๆ เป็นต้น ซึ่งจะเห็นได้ว่า ภายในพื้นที่รับน้ำย่อยนี้ประกอบด้วยพื้นผิวต่าง ๆ กัน ทำให้มีสัมประสิทธิ์การไหลนองแตกต่างกัน ในกรณีเช่นนี้สามารถหาสัมประสิทธิ์การไหลนองที่เป็นตัวแทนของพื้นผิวหลายประเภทเหล่านี้ได้จาก

$$C = \frac{\sum_{i=1}^{n} C_i A_i}{A} \qquad \text{..... (2.4)}$$

เมื่อ C คือ สัมประสิทธิ์การไหลนองของพื้นที่รับน้ำ

Ci คือ สัมประสิทธิ์การไหลนองของพื้นที่รับน้ำย่อย A_i

โดยที่ .i คือ จำนวนพื้นที่รับน้ำย่อย (.i = 1,2,3,...,n)

และ A คือ พื้นที่รับน้ำทั้งหมด

จากวิธีการหาสัมประสิทธิ์การไหลนองที่กล่าวมานี้ การออกแบบระบบระบายน้ำในพื้นที่ต่าง ๆ สามารถใช้เป็นแนวทางในการออกแบบได้ แต่สำหรับในกรณีของหมู่บ้านจัดสรรนั้น ได้มีข้อกำหนดเกี่ยวกับการจัดสรรที่ดิน พ.ศ. 2535 ว่า ในที่ดินแปลงย่อยจะต้องใช้สัมประสิทธิ์การไหลนองไม่ต่ำกว่า 0.6 ดังนั้น ผู้ออกแบบระบบระบายน้ำในหมู่บ้านจัดสรร จึงต้องใช้ค่า C ตั้งแต่ 0.6 ขึ้นไป

สัมประสิทธิ์การไหลนอง C ขึ้นกับพื้นผิว ความสามารถในการอุ้มน้ำ การซึมน้ำ การระเหย ฯลฯ ดังตาราง 2.1

ตารางที่ 2.1 สัมประสิทธิ์ของการไหลนองของพื้นที่ใช้สอยลักษณะต่างๆ

ลักษณะใช้สอยของพื้นที่	สปส.การไหลนอง
เขตธุรกิจ	
หนาแน่น	0.70 – 0.95
รอบๆ บริเวณเขตธุรกิจ	0.50 – 0.70
เขตที่พักอาศัย	
ครอบครัวเดี่ยว	0.30 – 0.50
หลายครอบครัว , แยกกัน	0.40 – 0.60
หลายครอบครัว , ติดกัน	0.60 – 0.75
เขตที่พักอาศัย (ชานเมือง)	0.25 – 0.40
เขตอพาร์ทเมนท์	0.50 – 0.70
เขตอุตสาหกรรม	
เบา	0.50 – 0.80
หนัก	0.60 – 0.90
สวนสาธารณะ	0.10 – 0.25
สวนเด็กเล่น	0.20 – 0.35
สถานีรถไฟ , ชุมทาง	0.20 – 0.35
ที่รกร้าง	0.10 – 0.30

ตารางที่ 2.2 สัมประสิทธิ์การไหลนองของพื้นที่ผิวแบบต่างๆ

ลักษณะพื้นที่ผิว	สปส.การไหลนอง
ส่วนปูพื้น	
ยางมะตอยหรือคอนกรีต	0.70 – 0.95
อิฐหรืออิฐตัวหนอน	0.70 – 0.85
หลังคา	0.75 – 0.95
สนาม , ดินทราย	
เรียบ – ลาด 2 %	0.05 – 0.10
ลาด 2 – 7 %	0.10 – 0.15
ชัน, ลาด 7 % ขึ้นไป	0.15 – 0.20
สนาม, ดินแน่น	
เรียบ – ลาด 2 %	0.13 – 0.17
ลาด 2 – 7 %	0.18 – 0.22
ชัน, ลาด 7 % ขึ้นไป	0.25 – 0.35

2.9 ความเข้มฝน (Rainfall Intensity)

ความเข้มฝน หมายถึง ปริมาณฝนที่ตกลงบนพื้นที่รับน้ำฝนคิดเป็นความลึกน้ำต่อ 1 หน่วยเวลา เช่น mm/hr หรือ in/hr เป็นต้น ซึ่งความเข้มฝนจะมีมากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับรอบปีการเกิดซ้ำ (return preiod) และช่วงเวลาฝนตก (rainfall duration) ที่ออกแบบ โดยที่รอบปีการเกิดซ้ำหมายถึง โอกาสที่จะเกิดฝนตกด้วยความเข้มฝน I ในรอบปีที่ออกแบบ ซึ่งรอบปีการเกิดซ้ำขึ้นอยู่กับความสำคัญและสภาพพื้นที่ดัง ตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 รอบปีการเกิดซ้ำตามความสำคัญและสภาพพื้นที่ต่าง ๆ

สภาพพื้นที่	รอบปีการเกิดซ้ำ (ปี)
ระบบระบายน้ำในเมือง	
เมืองเล็ก	2 – 25
เมืองใหญ่	25 – 50
ท่อลอดถนน	
มีการสัญจรน้อย	5 – 10
มีการสัญจรปานกลาง	10 – 25
มีการสัญจรมาก	50 – 100
สนามบิน	
มีการจราจรน้อย	5 – 10
มีการจราจรปานกลาง	20 – 25
มีการจราจรมาก	50 – 100
บ้านจัดสรร (ตามกฎหมายที่เกี่ยวกับการจัดสรรที่ดิน พ.ศ. 2535)	5

สำหรับช่วงเวลาฝนตกที่ใช้ในการออกแบบตามวิธีหลักเหตุผล จะกำหนดให้เวลาของการไหลรวมตัว (time of concentration) ของน้ำจากจุดไกลสุดไปยังจุดระบายน้ำออกเท่ากับเวลาที่ ฝนตกจนกระทั่งมีอัตราการไหลสูงสุดที่จุดระบายน้ำออกจากพื้นที่

2.10 การประมาณปริมาณน้ำเสีย

1. การประเมินปริมาณน้ำเสียหรือปริมาณน้ำทิ้ง

ปริมาณน้ำเสียหรือปริมาณน้ำทิ้งขึ้นอยู่กับประเภทของอาคารต่างๆ ดังตารางที่ 2.4 และถ้าเป็นกรณีหมู่บ้านจัดสรรให้ถือตามข้อกำหนดเกี่ยวกับการจัดสรรที่ดิน พ.ศ. 2535 หมวด 5 ข้อ 32.2 ที่ได้กำหนดไว้ว่าปริมาณน้ำเสีย ใช้เกณฑ์ปริมารไม่ต่ำกว่าร้อยละ 95 ของน้ำใช้ แต่ต้องไม่ต่ำกว่า 1 ลูกบาศก์เมตรต่อครัวเรือนต่อวัน

ตารางที่ 2.4 ปริมาณน้ำเสียเฉลี่ยจากชุมชน

ลักษณะพื้นที่	หน่วย	ลิตร/หน่วย – วัน	
		ช่วง	เกณฑ์ปกติ
พื้นที่ชุมชน			
อพาร์ทเมนท์	คน	200 – 340	260
โรงแรม	ผู้พัก	150 – 220	190
บ้านพัก			
บ้านทั่วไป	คน	190 – 350	280
บ้านระดับดี	คน	250 – 400	310
บ้านมีฐานะ	คน	300 – 550	380
บ้านกึ่งทันสมัย	คน	100 – 250	200
บ้านตากอากาศ	คน	100 – 240	190
พื้นที่พาณิชยกรรม			
สนามบิน	ผู้โดยสาร	8 – 15	10
อู่ซ่อมรถ	คันรถ	30 – 50	40
	พนักงาน	35 – 60	50
สถานที่จำหน่ายเครื่องดื่ม	ลูกค้า	5 – 20	8
	พนักงาน	40 – 60	50
โรงแรม	แขกมาพัก	150 – 220	190
	พนักงาน	30 – 50	40
โรงงาน (ยกเว้นขบวนการผลิตและโรงอาหาร)	พนักงาน	30 – 65	55
	เครื่อง	1800 – 2600	220
โรงซักผ้า	การซักล้าง	180 – 200	190
	คน	90 – 150	120
โมเดล	คน	190 – 220	200
โมเดลที่มีครัวในห้อง	พนักงาน	30 – 65	55
สำนักงาน	มื้อ – คน	8 – 15	10
ภัตตาคาร	ผู้พักอาศัย	90 – 190	150
บ้านแบ่งเช่า	ห้องน้ำ	1600 – 200	2000
ห้างสรรพสินค้า	พนักงาน	30 – 50	40

ตารางที่ 2. 4 ปริมาณน้ำเสียเฉลี่ยจากชุมชน (ต่อ)

ลักษณะพื้นที่	หน่วย	ลิตร/หน่วย – วัน	
		ช่วง	เกณฑ์ปกติ
ศูนย์การค้า	คันรถ	2 – 8	4
	พนักงาน	30 – 50	40
พื้นที่บริการและสถาบันการศึกษา			
โรงพยาบาล	เตียง	500 - 950	650
	พนักงาน	20 – 60	40
โรงพยาบาลประสาท	เตียง	300 – 550	400
	พนักงาน	20 – 60	40
เรือนจำ	นักโทษ	300 – 600	450
บ้านพักคนชรา	พนักงาน	20 – 60	40
	ผู้พัก	200 – 450	350
	พนักงาน	20 – 60	40
โรงเรียน			
- พร้อมโรงอาหาร,สนามกีฬาในร่มและห้องอาบน้ำ	นักเรียน	60 – 115	80
- พร้อมโรงอาหาร	นักเรียน	40 – 80	60
- ไม่มีรงอาหาร,สนามกีฬาในร่มและห้องอาบน้ำ	นักเรียน	20 - 65	40
โรงเรียนประจำ	นักเรียน	200 – 400	280
พื้นที่พักผ่อนหย่อนใจ			
บ้านตากอากาศ	คน	200 – 280	220
ร้านอาหาร	ลูกค้า	4 – 10	6
	พนักงาน	30 – 50	40
แคมป์ติดกัน	คน	80 – 150	120
คอลทิลไลร์ท	ที่นาง	50 – 100	75
คอฟฟี่ช็อพ	ลูกค้า	15 – 30	20
	พนักงาน	30 – 50	40
คลันทรีคลับ	สมาชิกที่มา	250 – 500	400
	พนักงาน	40 – 60	50

ตารางที่ 2. 4 ปริมาณน้ำเสียเฉลี่ยจากชุมชน (ต่อ)

ลักษณะพื้นที่	หน่วย	ลิตร/หน่วย – วัน	
		ช่วง	เกณฑ์ปกติ
แคมป์ (กลางวัน)	คน	40 – 60	50
โรงอาหาร	มือ – ที่นั่ง	15 – 40	30
หอพัก	คน	75 – 175	150
โรงแรมตากอากาศ	คน	150 – 240	200
ห้องซักผ้า	เครื่อง	1800 – 2600	2200
ร้านขายของ	ลูกค้า	5 – 20	10
	พนักงาน	30 – 50	40
สระว่ายน้ำ	ลูกค้า	20 – 50	40
	พนักงาน	30 – 50	40
โรงภาพยนตร์	ที่นั่ง	10 – 15	10

2.11 การประมาณปริมาณน้ำซึมเข้าระบบระบายน้ำ

ปริมาณน้ำซึมเข้าระบบระบายน้ำ คือ ปริมาณน้ำใต้ดินที่มีระดับน้ำใต้ดินอยู่สูงกว่าท้องท่อ หรือท้องรางระบายน้ำ ซึ่งจะไหลซึมตามรอยต่อหรือรอยแตกของท่อหรือรางระบายน้ำ โดยปริมาณน้ำซึมเข้าระบบท่อขึ้นอยู่กับระดับน้ำใต้ดินชนิดของดิน การทำรอยต่อของท่อ และความทนทานต่อการแตกร้าวของท่อ เป็นต้น ซึ่งมีข้อกำหนดทั่วไปของอัตราการไหลซึมเข้าท่อ ดังตารางที่ 2..5

ตารางที่ 2.5 อัตราการไหลซึมเข้าท่อระบายน้ำ

เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ (m)	อัตราการไหลซึมเข้าท่อระบายน้ำ (m^3 / day.km)
0.20	8 – 12
0.30	10 – 14
0.60	23 - 28

จะเห็นได้ว่าการประมาณค่าปริมาณน้ำที่ต้องระบายขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มของฝนในพื้นที่นั้น สำหรับค่าของปริมาณฝนที่ต้องการตัดสินใจเลือกมาใช้จะขึ้นอยู่กับความเสี่ยงของโครงการ เพื่อเป็นตัวระบุถึงโอกาสที่จะเกิดปริมาณฝนมากกว่าที่ใช้ในการออกแบบว่ามีมากน้อยเพียงใด ค่าต่ำสุดของเหตุการณ์ทางอุทกวิทยาโดยทั่วไปถือว่ามีค่าเท่ากับศูนย์ ส่วนค่าสูงสุดโดยปกติจะไม่ทราบค่าที่แน่นอน แต่สามารถประมาณค่าได้ ค่าฝนสูงสุดที่เป็นไปได้ (Probable Maximun Precipitation , PMP) หมายถึง ปริมาณฝนสูงสุดที่เป็นไปได้ตามสภาพทางกายภาพที่ตกในช่วงเวลาหนึ่งที่ตกบนพื้นที่รับน้ำหนึ่ง การวิเคราะห์หาค่าอัตราการไหลท่วมสูงสุดที่เป็นไปได้ (Probable Maximun Flgod , PMF) อาศัยการวิเคราะห์จาก PMF การเลือกค่าที่จะนำไปใช้ในการออกแบบถ้าใช้ค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ จะทำให้ได้โครงการที่มั่นคงปลอดภัยมากที่สุด แต่จะเป็นการสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมากที่สุด แต่ถ้าออกแบบโดยใช้ค่าที่ต่ำเกินไป หากเกิดปริมาณน้ำหลากที่มากกว่าการออกแบบไว้จะก่อให้เกิดความเสียหายเป็นอย่างมาก ฉนั้นการเลือกค่าเพื่อออกแบบให้เหมาะสมจึงต้องพิจารณาความสมดุลย์ระหว่างความปลอดภัยและค่าใช้จ่ายของโครงการ ตารางที่ 2.6 แสดงเกณฑ์ทั่วไปสำหรับการออกแบบโครงการทางชลศาสตร์

ตารางที่ 2 .6 เกณฑ์ทั่วไปการออกแบบโครงสร้างทางชลศาสตร์

ประเภทของโครงการ	Reture Period (ปี)	PMF
ท่อลอดถนน		
ยวดยานน้อย	5 – 10	-
ยวดยานปานกลาง	10 – 25	-
ยวดยานมาก	50 – 100	-
สะพานของถนน		
ระบบย่อย	10 – 50	-
ระบบหลัก	50 – 100	-
การระบายน้ำจากฟาร์ม		
ท่อระบายน้ำ	5 – 10	-
คูน้ำ	5 – 10	-
การระบายน้ำจากคูเมือง		
ระบบท่อระบายน้ำจากเมืองเล็ก	2 – 25	-
ระบบท่อระบายน้ำจากเมืองใหญ่	25 – 50	-

ตารางที่ 2 .6 เกณฑ์ทั่วไปการออกแบบโครงสร้างทางชลศาสตร์ (ต่อ)

ประเภทของโครงการ	Reture Period (ปี)	PMF
สนามบิน		
ยวดยานน้อย	5 – 10	-
ยวดยานปานกลาง	10 – 25	-
ยวดยานมาก	50 – 100	-
ทำนบกั้นน้ำ		
ในฟาร์ม	2 – 50	-
รอบเมือง	50 - 200	-
เขื่อนที่มีความเสี่ยงต่อการสูญเสียชีวิต		-
ขนาดเล็ก	50 – 100	-
ขนาดกลาง	100+	50 - 100%
ขนาดใหญ่	-	
เขื่อนที่มีความเสี่ยงต่อการสสูญเสียชีวิต		50 %
ขนาดเล็ก	100+	50 – 100%
ขนาดกลาง	-	100%
ขนาดใหญ่	-	
เขื่อนที่มีความเสี่ยงต่อการสูญเสียชีวิตจำนวนมาก		50 – 100%
ขนาดเล็ก	-	100%
ขนาดกลาง	-	100%
ขนาดใหญ่	-	

Chow, Maidment,Mays,1988

อัตราความเข้มของฝนที่ใช้ออกแบบ เป็นอัตราการตกของฝนที่ความถี่ของการเกิดตามที่กำหนด (Return Period) และมีระยะการตกที่เท่ากันระยะที่ใช้ในการที่น้ำฝนจากพื้นที่รับน้ำไหลมาสู่ manhole ที่อยู่ท้ายน้ำของท่อ (Time of Concentration, t_c) ค่า t_c จะขึ้นอยู่กับระยะทางในการไหล ความลาดชันของพื้นที่ ค่า t_c สามารถหาได้จาก

สมการ $$tc = 60\left[0.871 \times 10^{-9} L^3/H\right]^{0.385} \quad .....(2.5)$$

เมื่อ tc คือ เวลาการไหลของน้ำจากจุดที่กำหนดมายังจุดรับน้ำ

L คือ ระยะทางเป็นเมตร

H คือ ความต่างระดับที่ต้นทางกับปลายทาง เป็นเมตร

ขั้นตอนการวิเคราะห์ปริมาณน้ำโดยวิธี Rational นี้สามารถทำรวมทั้งระบบได้โดยแบ่ง พื้นที่รับน้ำย่อยของระบบ (Subbasin) และดำเนินการวิเคราะห์ทีละ Subbasin ในการออกแบบวิธีนี้มักจะกระทำด้วยผังของโครงข่ายท่อระบายน้ำที่คาดว่าจะออกแบบ และกำหนดเป็นระบบตัวเลขประจำท่อเพื่อให้สะดวกในการวิเคราะห์ โดยจัดทำเป็นตารางการคำนวณ

วิธีการประมาณค่าน้ำนี้ ยังอาจกระทำได้อีกหลายวีธี เช่น Satistical Analysis, Regional Method, Rain Runoff Method และวิธี Unit Hydrograph เป็นต้น เมื่อทำการประเมินค่าปริมาณน้ำแล้ว จึงนำออกไปแบบโครงสร้างทางชลศาสตร์ที่เกี่ยวข้องต่อไป

2.12 เกณฑ์การออกแบบโดยทั่วไป

1. ความลาดเอียง ของท่อแรงโน้มถ่วงอยู่ในช่วง 1 : 2,000 (ร้อยละ 0.05) ถึง 1 : 200 (ร้อยละ 0.5)

2. ระยะห่าง สูงสุด ของบ่อตรวจระบาย (Manhold Spacing) ที่มากที่สุดสำหรับเส้นผ่าน ศูนย์กลางของท่อขนาดต่างๆ เป็นดังนี้

- ท่อเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่าหรือเท่ากับ 600 มิลลิเมตร ระยะห่างไม่เกิน 100 เมตร
- ท่อเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 700 - 1,200 มิลลิเมตร ระยะห่างไม่เกิน 120 เมตร
- ท่อเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 1,200 มิลลิเมตร ระยะห่างให้อยู่ในดุลยพินิจของวิศวกรและสภาพแวดล้อม

3. ความถี่ฝน ที่ใช้ออกแบบ (design frequency) หมายถึงความถี่เฉลี่ยที่จะเกิดโอกาสที่ฝน (ฝน 100 ปี จึงมากกว่าฝน 5 ปี สำหรับการระบายน้ำฝนในเขตที่พักอาศัยใช้ความถี่ 2 - 15 ปี ขึ้นกับลักษณะฝนและลักษณะพื้นที่ในแต่ละแห่ง และใช้ความถี่ที่ 10 - 50 ปี สำหรับเขตพาณิชย์ ทั้งนี้ขึ้นกับความสำคัญของเขตนั้นๆการป้องกันน้ำท่วมใช้ 50 ปี หรือมากกว่า

4 . ความเร็วการไหลของน้ำ ขณะที่อัตราการเกิดน้ำเสียสูงสุดต้องไม่ต่ำกว่า 0.6 เมตร/วินาที เพื่อป้องกันการตกตะกอนภายในเส้นท่อ แต่ทั้งนี้ต้องไม่เกิน 3 เมตร/วินาที เพื่อป้องกันการกัดกร่อน ท่อระบายน้ำด้วย

เวลาในการไหลของน้ำ(t_c) ในการออกแบบ t_c หมายถึงระยะเวลาในการไหลของน้ำจากจุดที่ไกลที่สุดของพื้นที่มายังจุดที่ควรพิจารณา (ใช้เวลานานที่สุด) โดยขึ้นกับความลาดชันและลักษณะพื้นที่ ระยะทางในการไหล ระยะห่างระหว่างจุดรับน้ำ การซึมลงดิน ฯลฯ

- พื้นที่พัฒนามาก ก่อสร้างหนาแน่น ช่องระบายถี่ ใช้ t_c 5 นาที
- พื้นที่พัฒนาพอสมควร ระดับราบ ใช้ t_c 10 – 15 นาที
- พื้นที่พักอาศัย ระดับราบ ใช้ t_c 20 – 30 นาที

2.13 ปัจจัยที่มีผลต่อพื้นที่ระบายน้ำ

วิศวกรต้องพิจารณากระบวนการออกแบบให้เป็นไปตามมาตรฐานและต้องคำนึงถึงปัจจัยดังต่อไปนี้

1. ในการออกแบบระบบระบายน้ำต้องทราบว่าพื้นที่ที่ออกแบบนั้นรับปริมาณน้ำมาจากแหล่งใดบ้าง ในปริมาณเท่าใด ถ้าพื้นที่โครงการตั้งอยู่ในบริเวณที่มีขอบเขตชัดเจน หรือเป็นพื้นที่ที่ล้อมรอบด้วยแนวสันเขาจะพิจารณาปริมาณน้ำที่พื้นที่นี้รับเพียงอย่างเดียว

2. พื้นที่โครงการที่เป็นแบบเปิด หมายถึง ไม่มีขอบเขตกั้นน้ำในการออกแบบต้องนำปริมาณน้ำจากแหล่งอื่น ๆ ที่ไหลมาในพื้นที่โครงการมาพิจารณาด้วย

3. วิศวกรผู้ออกแบบต้องทำ Grading Plans แบ่งพื้นที่ระบายน้ำออกเป็นส่วน ๆ

4. ข้อจำกัดในการปล่อยน้ำออกนั้นจะปล่อยในรูปอัตราการไหล ซึ่งใช้พิจารณาว่าจำเป็นต้องมี detention หรือ retention หรือไม่

ระยะห่างที่มากที่สุดของช่องรับน้ำจะมีอยู่ในมาตรฐานของแผนพัฒนาขั้นต้น อย่างไรก็ตาม ระยะห่างของช่องรับน้ำจำเป็นจะต้องวิเคราะห์ในระหว่างการออกแบบเพื่อที่ระบบระบายน้ำมีประสิทธิภาพมากขึ้น

2.14 การออกแบบท่อระบาย

- ท่อจะต้องมีความเร็วน้ำไม่ต่ำกว่า 0.75 เมตร/วินาที (V_{min}) เพื่อให้เกิดการชะล้างสิ่งตกค้างในท่อ (self cleaning velocity)
- ความเร็วในท่อไม่เกิน 3 เมตร./วินาที (V_{max}) กันการกัดกร่อนท่อ
- ความลาดท่อให้เกิดความเร็วน้ำในช่วงที่กำหนด ยิ่งลาดมาก อยิ่งลึกมาก ค่าก่อสร้างยิ่งแพง
- ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อระบายไม่ต่ำกว่า 150 มม. (6 นิ้ว)
- ระยะดินปกคลุมท่อต่ำสุด 30 – 60 ซม.
- ชนิดของท่อระบายขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน *ดูตาราง*
- ในฤดูร้อนอาจมีการสะสมตะกอนในท่อ (*น้ำน้อย ความเร็วต่ำ*) จึงอาจต้องมีการลอกท่อหรือใช้น้ำล้างท่อเป็นครั้งคราว
- คำนึงถึงตำแหน่งของท่อระบาย ระยะห่างระหว่างจุดรับน้ำและบ่อพัก ขนาดช่องรับน้ำและบ่อพัก

2.15 หลักการออกแบบท่อระบาย

จุดมุ่งหมายหลัก จัดทำและก่อสร้างระบบที่สามารถระบายน้ำให้ออกไปได้หมดที่ภาวะอัตราการไหลของน้ำสูงสุดโดยไม่เป็นอุปสรรค

จุดมุ่งหมายรอง

- เป็นไปตามข้อกำหนดทั้งด้านความเร็วต่ำสุดและความเร็วสูงสุดของปริมาณน้ำต่ำสุด (หน้าแล้ง) และปริมาณน้ำสูงสุด (หน้าฝน)
- สามารถทำให้น้ำไหลในเส้นท่อด้วยความเร็วที่ล้างท่อด้วยตนเอง (self cleaning velocity) ได้และไม่มีสิ่งตกค้างอยู่ในท่อ
- ป้องกันการเกิดแก๊สไข่เน่าภายในท่อ
- มีการระบายอากาศภายในท่อที่ดีพอเพื่อลดปัญหาการกัดกร่อนของท่อและวัสดุอื่น

ตารางที่ 2.7 ความลาดของท่อระบายเทียบกับความลาดของถนน

ความลาดของถนน	ความลาดของท่อที่ควรออกแบบ
1. ลาดน้อยกว่าความลาดต่ำสุดที่ต้องการหรือวางท่อย้อนความลาดของถนน	- ให้ใช้กับความลาดต่ำสุดที่คำนวณได้
2. ชันกว่าความลาดต่ำสุด แต่ลาดน้อยกว่าความลาดสูงสุดที่คำนวณได้	- ถ้าตรวจสอบระบายชุดบน (upper manhole) มีดินคลุม (cover) หรือลึกเพียงพอแล้วให้วางท่อตามความลาดของถนน - ถ้าบ่อตรวจชุดความลึกมากกว่าความลึกของดินคลุมต่ำสุดที่ต้องการให้วางท่อให้บ่อตรวจตัวล่าง (lower manhole) มีดินคลุมเพียงพอแต่ถ้าการกระทำชันนี้ทำให้ความลาดน้อยกว่าความลาดต่ำสุดก็ให้ใช้ความลาดต่ำสุดแทน
3. ชันกว่าความลาดสูงสุดที่คำนวณได้	- ถ้าบ่อตรวจชุดบนมีดินคลุมเพียงพอ ให้วางท่อให้บ่อตรวจชุดล่างมีดินคลุมให้พอด้วย โดยกดบ่อตรวจชุดบนลงให้ต่ำและใช้ความลาดสูงสุดที่คำนวณได้ - ถ้าบ่อตรวจชุดบนลึกกว่าความลึกของดินคลุมต่ำสุดให้วางท่อให้บ่อตรวจชุดล่างมีดินคลุมเพียงพอด้วย แต่ถ้าการกระเช่นนี้ทำให้ความลาดมากกว่าความลาดสูงสุด ก็ให้ใช้ความลาดสูงสุดและกดบ่อตรวจชุดบนลงถ้าจำเป็น

ป TC
978
.T3
ส123ก
2541

4740320
30 มิ.ย. 2547
สำนักหอสมุด

ตารางที่ 2.8 วัสดุและขนาดท่อน้ำเสียที่นิยมใช้

ชนิดท่อ	ขนาด (มม.)	การใช้งาน
ท่อกระเบื้องกระดาษ	100 - 900	- น้ำหนักเบา ทนการกัดกร่อนได้ดี แต่ถ้าผลิตด้วยระบบไอน้ำภายใต้ความดันสูง (กระบวนการautoclave) ก็อาจใช้กับน้ำเสียที่มีเกลือซัลเฟตสูงได้
ท่อเหล็กเหนียว (ductile)	100 – 1,350	- ใช้ในช่วงข้ามคลอง ในกรณีท่อต้องรับแรงกดมากๆ เมื่อข้อกำหนดเกี่ยวกับการรั่วไหลเข้มมากหรือเมื่ออาจมีปัญหารากต้นไม้เจาะเข้าท่อ ท่อนั้นทนการกัดกร่อนได้ไม่ดี และไม่ควรใช้ฝังในดินเค็มนอกจากจะมีการป้องกันที่ดีพอ
ท่อคอนกรีตเสริมเหล็ก	300 – 3,600	- นิยมใช้กันมาก แต่ทนต่อการกัดกร่อนของก๊าซไข่เน่าและกรดซัลฟิริกได้ไม่ดี ใช้ฝังในดินเค็มหรือดินที่มีเกลือซัลเฟรตก็ไม่ดี
ท่อคอนกรีตอัดแรง (prestressed concerte,PC)	400 – 3,600	- เหมาะสำหรับท่อเมนช่วงยาวที่ไม่มีการบรรจบท่อเป็นเมตร ด้านข้าง และในกรณีที่ไม่ต้องการให้มีการรั่วไหล มาก แต่ทนการกัดกร่อนได้ไม่ดี เช่นเดียวกับท่อ คสล.
ท่อ พีวีซี	100 – 375	- เป็นท่อพลาสติก น้ำหนักเบาแต่แข็งแรงและมีความเสียดทานต่ำทนการกัดกร่อนได้ดีมาก
ท่อดินเผาเคลือบ (Vitrified clav , VC)		- นิยมใช้มากในต่างประเทศสำหรับระบบน้ำเสียโดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับท่อขนาดเล็กทนกรดและด่างได้แต่เปราะและแตกง่าย

2.16 การออกแบบขนาดทางระบายน้ำ

1. ทฤษฎีเบื้องต้นในการออกแบบขนาดทางระบายน้ำ

เมื่อคำนวณอัตราการไหลทั้งหมดได้แล้ว ขั้นตอนต่อไปก็คือการออกแบบท่อระบายน้ำ โดยสามารถใช้สมการของ Manning ที่ใช้กับการไหลสม่ำเสมอ (uniform flow) มาออกแบบขนาดท่อระบายน้ำได้ โดยหลักการของสมการ Manning จะถือว่าเป็นการไหลด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก ซึ่งอาศัยน้ำหนักของน้ำในท่อหรือทางน้ำเปิดไหลไปตามความลาดของแนวระบายน้ำได้เลย

2. สมการที่นิยมใช้ในการออกแบบ

ระบบหน่วยภาษาอังกฤษ : $Q = \frac{1.49}{n} AR^{2/3} S^{1/2}$ .....(2.6)

ระบบหน่วย SI : $Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} S^{1/2}$ .....(2.7)

เมื่อ Q คือ อัตราการไหล (cfs,cms)

N คือ สัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning

A คือ พื้นที่หน้าตัดการไหล (ft^2, m^2)

R คือ รัศมีชลศาสตร์ (ft,m) มีค่าเท่ากับ A/P โดยที่ P คือเส้นขอบเปียก (ft,m)

และ S คือ ความลาดของเส้นระดับพลังงาน ซึ่งในกรณีของการไหลไม่สม่ำเสมอ จะมีค่าเท่ากับความลาดผิวน้ำและความลาดท้องน้ำ

2.17 การกำหนดตัวแปรต่างๆ เพื่อออกแบบขนาดทางระบายน้ำ

จากสมการของ Manning จะเห็นได้ว่าตัวแปรทั้งหมด 5 ตัวแปร คือ Q,n,A,R และ S โดยที่ A และ R เป็นฟังก์ชั่นกับหน้าตัดทางระบายน้ำ ดั้งนั้นเมื่อต้องการออกแบบหน้าตัดทางน้ำ จึงต้องกำหนดข้อมูล คือ Q, n และ S โดยที่ในส่วนของ Q สามารถหาได้จากสมการที่ 2.1 สำหรับความลาดของท่อหรือรางระบายน้ำ มีหลักการในการกำหนดดังนี้

ก่อนที่จะกำหนดความลาดของท่อหรือรางระบายน้ำ จะต้องทำการวางแนวว่าจะระบายน้ำออกไปยังจุดใด ซึ่งอาจจะระบายลงสู่ท่อสาธารณะสายหลักที่ผ่านรอบๆ โครงการ หรืออาจเป็นลำคลอง หรือแม่น้ำสาธารณะ ซึ่งในโครงการทั่วไป ที่จุกระบายน้ำออกทุกจุดต้องบำบัดน้ำเสียก่อนที่จะปล่อยออกลงสู่จุดปล่อยต่างๆ โดยจุดที่ระบายน้ำออกได้นั้นจะเป็นจุดกำหนดเริ่มต้นของการกำหนดความลาดท่อหรือรางระบายน้ำออกจากพื้นที่โครงการ ซึ่งจะต้องสำรวจข้อมูลระดับต่ำสุดของท่อหรือราง หรือแม่น้ำลำคลองว่าอยู่ที่จุดใด จากนั้นจึงสามารถกำหนดความลาดของท่อหรือรางระบายน้ำในพื้นที่โครงการได้

2.18 วิธีการคำนวณออกแบบทางระบายน้ำ

เมื่อได้ตัวแปร Q , n และ S ครบแล้ว สามารถออกแบบหน้าตัดท่อหรือหน้าตัดรางระบายน้ำได้ดังนี้ การออกแบบหน้าตัดท่อ

ท่อกลมมีพื้นที่หน้าตัด $A = \frac{\pi D^2}{4}$ .....(2.8)

เส้นขอบเปียก $P = \pi D$ .....(2.9)

รัศมีศาสตร์ $R = \frac{A}{P} = \frac{\pi D^2 / 4}{\pi D}$

$R = \frac{D}{4}$ .....(2.10)

ในระบบหน่วยอังกฤษ $$Q = \frac{1.49}{n}\left[\frac{\pi D^2}{4}\right]\left[\frac{D}{4}\right]^{2/3} S^{1/2} \quad \text{....(2.11)}$$

เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ $$D = \left[\frac{2.16Qn}{\sqrt{S}}\right]^{3/8} \quad \text{.....(2.12)}$$

ในระบบหน่วย SI $$Q = \frac{1}{n}\left[\frac{\pi D^2}{4}\right]\left[\frac{D}{4}\right]^{2/3} S^{1/2} \quad \text{.....(2.13)}$$

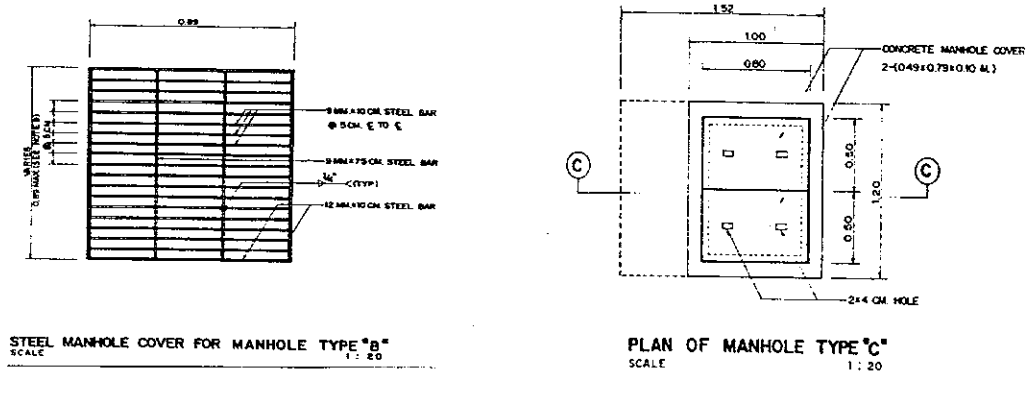
เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ $$D = \left[\frac{3.21Qn}{\sqrt{S}}\right]^{3/8} \quad \text{.....(2.14)}$$

2. 19 ทางน้ำเข้าข้างถนน (Street Inlet)

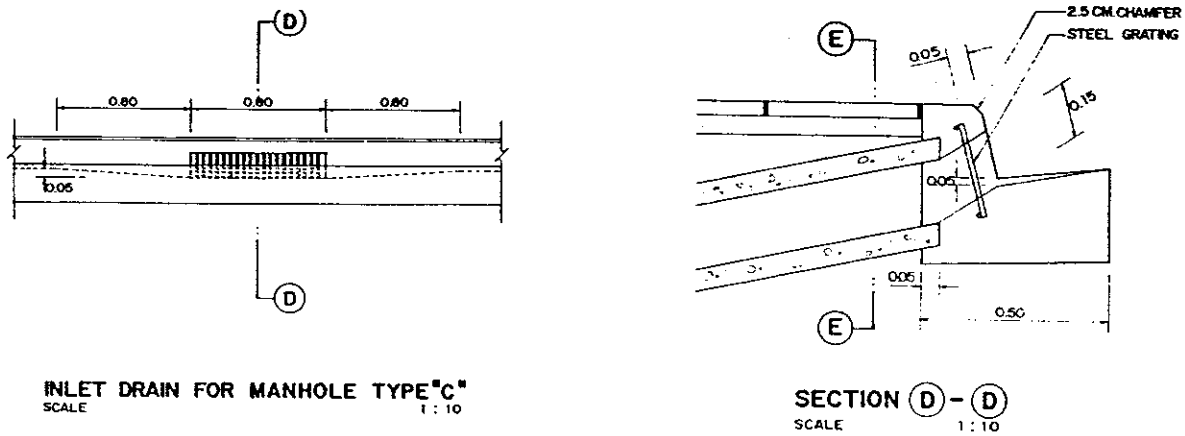
น้ำที่ไหลจะระบายจากถนนลงมายังทางน้ำเข้าข้างถนน ซึ่งจะไหลลงสู่ท่อหรือรางระบายน้ำที่อยู่ใต้ดินต่อไป โดยลักษณะข้างเข้าสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด

1. ทางเข้าน้ำแบบตะแกรงบนพื้นที่ถนน (Grated Inlet) มีลักษณะเป็นช่องเปิดที่มีตะแกรงดักดังรูปที่ 2.1

2. ทางน้ำเข้าแบบช่องเปิดที่ขอบทาง (a curb – opening inlet) มีลักษณะดังรูปที่ 2.2 โดยจะเป็นผิวขอบทางเปิดช่องน้ำให้น้ำไหลลงสู่ท่อในลักษณะคล้ายๆ กับฝายน้ำล้นที่มรการไหลเข้าด้านข้าง



รูปที่2.1 ทางเข้าน้ำแบบตะแกรงบนพื้นที่ถนน



รูปที่ 2.2 ทางน้ำเข้าแบบช่องเปิดที่ขอบทาง

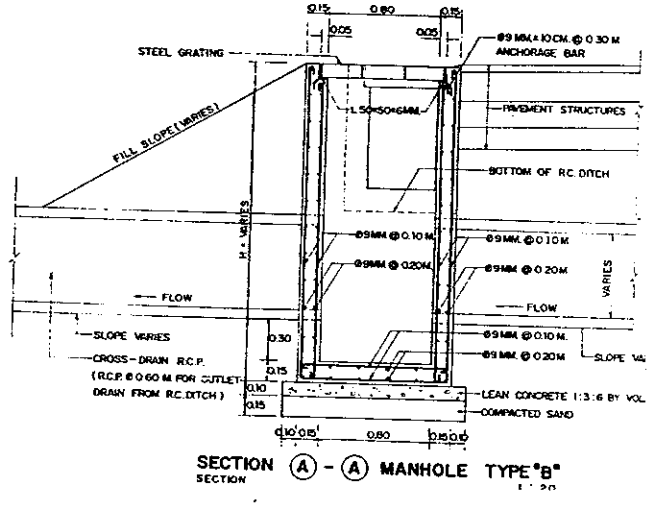
2.20 บ่อพักน้ำ (Manholes)

บ่อพักน้ำเป็นบ่อที่วางอยู่ใต้ดินของระบบระบายน้ำ (storm – drain system) และระบบรวบรวมน้ำเสีย (wasterater collection system) มีหน้าที่หลัก คือ

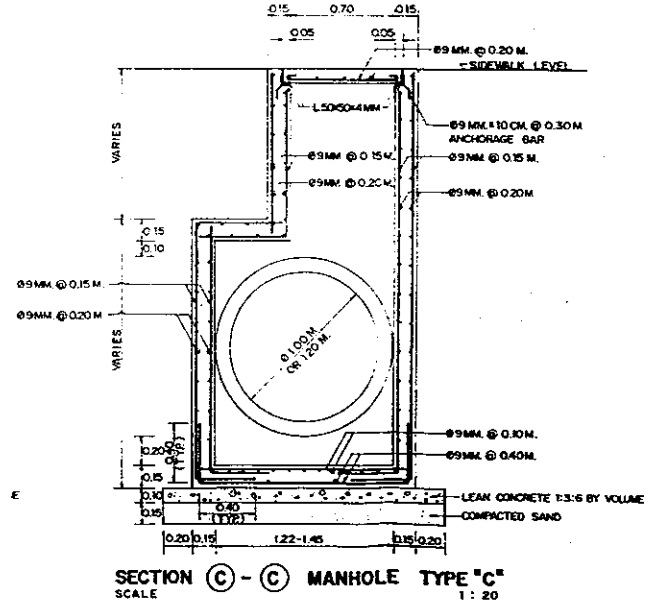
1. เป็นบ่อเพื่อให้คนลงไปทำความสะอาดท่อที่ฝังอยู่ใต้ดินได้ง่าย
2. เป็นจุดเชื่อมต่อ (junction boxes) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงท่อ หรือ การเปลี่ยนแปลงความลาดในการวางท่อ หรือเป็นจุดเชื่อมท่อหรือรางน้ำต่างๆ เช่น เป็นจุดเชื่อมท่อระบายน้ำจากอาคารบ้านเรือน และจากถนน เป็นต้น

ปกติบ่อพักจะสร้างจากอิฐก่อหรือคอนกรีตเสริมเหล็ก หรือโลหะทนสนิม และบางครั้งจะทำด้วยไฟเบอร์กลาส (fiberglass) โดยการออกแบบทั่วๆ ไปของบ่อน้ำพักที่สร้างจากอิฐก่อหรือคอนกรีตจะมีลักษณะ**ดังรูปที่ 2.3** และ **2.4** และระยะที่เหมาะสมนั้น จะต้องพิจารณาขนาดท่อ และความลาดของท่อประกอบด้วย

ฝาปิดบ่อน้ำพักมักจะทำจากคอนกรีตเสริมเหล็ก หรือเหล็กหล่อ ซึ่งถ้าเป็นฝาปิดแบบเหล็กหล่อจะมีน้ำหนักประมาณ 200 lb ถึง 600 lb (90 kg ถึง 270 kg) ส่วนฝาปิดขนาดบางเบาจะใช้ในกรณีที่ไม่ต้องรับน้ำหนักรถสัญจรผ่าน ในลักษณะที่ฝาปิดขนาดใหญ่จะใช้ในกรณีที่เป็นทางถนนหลัก



รูปที่ 2.3 รูปตัดขวางของบ่อพักน้ำและท่อระบายน้ำ



รูปที่ 2.4 รูปตัดขวางของบ่อพักน้ำและท่อระบายน้ำ