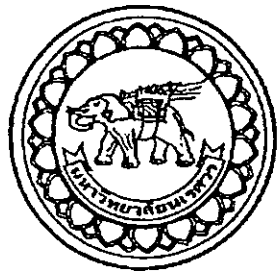
อภินันทนาการ

สำนักหอสมุด



การออกแบบระบบระบายน้ำในท้องถิ่น

Design of Drainage System in Local Area

สมชาย เวียงบรรพต

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร
วันลงทะเบียน 30 มิ.ย. 2547
เลขทะเบียน 4740320
เลขเรียกหนังสือ ป TC 213

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2546

ใบรับรองโครงงานวิศวกรรมโยธา

หัวข้อโครงงานวิศวกรรมโยธา : การออกแบบระบบระบายน้ำในท้องถิ่น

ผู้ดำเนินงานวิศวกรรมโยธา : นายสมชาย เวียงบรรพต รหัส 42362178

ที่ปรึกษาโครงงานวิศวกรรมโยธา : รศ. วิชัย ฤกษ์ภูริทัต

สาขาวิชา : วิศวกรรมโยธา

ภาควิชา : วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา : 2546

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้โครงงานวิศวกรรมฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา

คณะกรรมการสอบโครงงานวิศวกรรมโยธา

.....ประธานกรรมการ
(รศ.วิชัย ฤกษ์ภูริทัต)

.....กรรมการ
(ดร.ปาจรีย์ ทองสนิท)

.....หัวหน้าภาควิชา
(ดร.ศิริชัย ตันรัตนวงศ์)

หัวข้อโครงงานวิศวกรรมโยธา : การออกแบบระบบระบายน้ำในท้องถิ่น

ผู้ดำเนินงานวิศวกรรมโยธา : นายสมชาย เวียงบรรพต รหัส 42362178

ที่ปรึกษาโครงงานวิศวกรรมโยธา : รศ. วิชัย ฤกษ์ภูริทัต

สาขาวิชา : วิศวกรรมโยธา

ภาควิชา : วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา : 2546

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการออกแบบระบบระบายน้ำในท้องถิ่นพื้นที่ใกล้ที่ทำการ อบต. หัวรอ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบระบบระบายน้ำด้วยระบบท่อ เพื่อการระบายน้ำที่ท่วมขังในพื้นที่ โดยการออกแบบแนวและคำนวณหาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อระบายน้ำที่เหมาะสมโดยใช้ทฤษฎีทาง Hydrology

จากการศึกษาแผนที่ชั้นระดับความสูงพื้นที่ (Contour) และทำการสำรวจพื้นที่จริง พบว่าพื้นที่ใกล้ที่ทำการ อบต. หัวรอ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลกยังไม่มีท่อระบายน้ำ ยกเว้นปลายซอยราษฎร์ศรัทธาทำ ใกล้หน้าตลาด อบต. หัวรอ มีท่ออยู่ในช่วงที่สั้นๆ เพื่อระบายน้ำออกจากบริเวณตลาดเท่านั้น ควรมีการวางท่อระบายน้ำในพื้นที่ให้เพียงพอ ต่อปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาแต่ละครั้ง และผลจากการคำนวณออกแบบได้ขนาดท่อระบายน้ำ 3 ขนาด คือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.80 เมตร 1.00 เมตร และ 1.50 เมตร

Project Title	:	Design Of Drainage System in Local Area
Name	:	Mr. Somchai Veangbanpot Code 42362178
Project Adviser	:	Assoc.Prof.Vichai Rurkpuritat
Major	:	Civil Engineer
Department	:	Civil Engineer
Academic Year	:	2003

Abstract

This project concerns about the design of drainage system in local area of Huaro district, Amphoe Muang, Phitsanulok province. The study focuss on pipe line system to drain flood water. By Theory of hydrology, direction and size of drainage pipe can be designed.

By consider of contour line in the map, it was found that the existing drainage pipes were not enongh to drain flood water. It should increase drainage concrete pipe of 0.80 meter 1.00 meter and 1.50 meter in diamater.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีนั้น ผู้จัดทำต้องขอขอบพระคุณ รศ.วิชัย ฤกษ์ภูริทัต ที่ให้โอกาสในการทำโครงงานนี้ รวมทั้งให้คำแนะนำ ข้อเสนอแนะ วิธีการแก้ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้น

ขอขอบพระคุณอาจารย์สมบัติ ชื่นชูกลิ่น ที่ให้คำแนะนำในการศึกษาค้นคว้าหนังสือต่างๆ ที่นำมาประกอบการทำโครงงานในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้แก่ข้าพเจ้า ซึ่งเป็นประโยชน์เป็นอย่างยิ่งต่อการทำโครงงานในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณเทศบาลนครพิษณุโลก ที่ให้ความอนุเคราะห์กราฟข้อมูลปริมาณน้ำฝน ซึ่งมีประโยชน์ต่อการทำโครงงานในครั้งนี้

ขอขอบคุณคุณรวิพร ผาด่าน ที่ให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำในการทำโครงงานครั้งนี้ อีกทั้งเป็นกำลังใจด้วยดีมาตลอดจนโครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณหอสมุดมหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ให้เนื้อหา ข้อมูลต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ในการทำโครงงานในครั้งนี้

ผู้ดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ขอมอบคุณความดีทั้งหมดอันจะเกิดจากโครงงานวิจัยนี้แด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน รวมถึงสิ่งมีชีวิตทั้งมวลในสากลโลก หากโครงงานนี้มีข้อผิดพลาดหรือข้อบกพร่องประการใด ผู้จัดทำขอน้อมรับและพร้อมที่จะนำไปแก้ไขในโอกาสต่อไปข้างหน้า

ผู้ดำเนินโครงงานวิจัย

นายสมชาย เวียงบรรพต

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ (ไทย)	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ฌ
สัญญาลักษณ์	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 สถานที่เก็บข้อมูล	1
1.2 หลักการและเหตุผล	1
1.3 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 ขอบข่ายงาน	2
1.6 ขั้นตอนการดำเนินการ	2
1.7 แผนการดำเนินงาน	3
บทที่ 2 ทฤษฎี	4
2.1 ความหมาย	4
2.2 ประเภทของท่อระบายน้ำ	5
2.3 ปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในระบบท่อระบายน้ำ	6
2.4 ลักษณะทั่วไปของระบบระบายน้ำสำหรับพื้นที่เมือง	7
2.5 การระบายน้ำในชุมชน	7
2.6 การประมาณปริมาณน้ำที่ต้องระบายออกจากพื้นที่	10
2.7 การประมาณปริมาณน้ำฝน	10
2.8 สัมประสิทธิ์การไหลนอง (Runoff Coefficient)	11
2.9 ความเข้มฝน (Rainfall Intensity)	14

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.10 การประมาณปริมาณน้ำเสีย 15

2.11 การประมาณปริมาณน้ำซึมเข้าระบบระบายน้ำ 18

2.12 เกณฑ์การออกแบบโดยทั่วไป 21

2.13 ปัจจัยที่มีผลต่อพื้นที่ระบายน้ำ 22

2.14 การออกแบบท่อระบาย 23

2.15 หลักการออกแบบท่อระบาย 23

2.16 การออกแบบขนาดทางระบายน้ำ 26

2.17 การกำหนดตัวแปรต่างๆ เพื่อออกแบบขนาดทางระบาย 27

2.18 วิธีการคำนวณออกแบบทางระบายน้ำ 27

2.19 ทางน้ำเข้าข้างถนน (Street Inlet) 28

2.20 บ่อพักน้ำ (Manholes) 29

บทที่ 3 วิธีดำเนินการ 31

3.1 การสำรวจสถานที่ 31

3.2 สิ่งที่ดำเนินการ 34

3.3 สิ่งที่พิจารณาในการออกแบบและวางท่อระบาย 34

3.4 ขั้นตอนการออกแบบท่อระบายน้ำ 34

3.5 ขั้นตอนการคำนวณ 35

บทที่ 4 ผลการวิจัย 45

4.1 การสำรวจภาคสนาม 45

4.1.1 การสำรวจพื้นที่ 45

4.1.2 การสำรวจระบบระบายน้ำ 45

บทที่ 5 วิเคราะห์และสรุปผล 49

5.1 วิเคราะห์หัวข้อ 49

5.2 การวิเคราะห์ปัญหา 49

5.3 การวิเคราะห์แบบ 49

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.4 ความเร็วในการออกแบบ 49
5.5 สรุปผลการวิจัย 50
5.6 ข้อเสนอแนะ 51
บรรณานุกรม 52
ภาคผนวก 53
ประวัติย่อผู้ดำเนินโครงงานวิจัย 61

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2	ส่วนประกอบของระบบน้ำผิวดินของชุมชน	8
ตารางที่ 2.1	สัมประสิทธิ์ของการไหลนองของพื้นที่ใช้สอยลักษณะต่างๆ	13
ตารางที่ 2.2	สัมประสิทธิ์การไหลนองของพื้นที่ผิวแบบต่างๆ	14
ตารางที่ 2.3	รอบปีการเกิดซ้ำตามความสำคัญและสภาพพื้นที่ต่าง ๆ	15
ตารางที่ 2.4	ปริมาณน้ำเสียเฉลี่ยจากชุมชน	16
ตารางที่ 2.5	อัตราการไหลซึมเข้าท่อระบายน้ำ	18
ตารางที่ 2 .6	เกณฑ์ทั่วไปการออกแบบโครงสร้างทางชลศาสตร์	19
ตารางที่ 2.7	ความลาดของท่อระบายเทียบกับความลาดของถนน	24
ตารางที่ 2.8	วัสดุและขนาดท่อน้ำเสียที่นิยมใช้	25
ตารางที่ 3.1	ข้อมูลการออกแบบการวางแนวท่อที่ 1 ใช้ฝน 10 ปี	36
ตารางที่ 3.2	ข้อมูลการออกแบบแนววางท่อที่ 2 ใช้ฝน 10 ปี	40
ตารางที่ 4.1	เวลารวมตัวแนวท่อจุดที่ 1	45
ตารางที่ 4.2	เวลารวมตัวแนวท่อจุดที่ 2	46
ตารางที่ 4.3	สรุปผลการคำนวณออกแบบท่อ แนวท่อที่ 1	46
ตารางที่ 4.4	สรุปผลการคำนวณออกแบบท่อ แนวท่อที่ 2	47

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1	ทางเข้าน้ำแบบตะแกรงบนพื้นที่ถนน (Grated Inlet)	28
รูปที่ 2.2	ทางน้ำเข้าแบบช่องเปิดที่ขอบทาง (A Curb – Opening Inlet)	29
รูปที่ 2.3	รูปตัดขวางของบ่อพักน้ำและท่อระบายน้ำ	30
รูปที่ 2.4	รูปตัดขวางของบ่อพักน้ำและท่อระบายน้ำ	30
รูปที่ 3.1	อัตราการตกของฝน – ช่วงเวลาที่คาบการเกิดซ้ำต่างๆ	32
รูปที่ 3.2	แบบแสดงแนววางท่อและจุดรับน้ำ	33

สัญญาลักษณ์

A	พื้นที่รับน้ำหรือพื้นที่ระบายน้ำ
C	สัมประสิทธิ์ในการไหลนอง
D	เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ , เมตร
H	ความแตกต่างระดับของต้นทางกับปลายทาง , เมตร
I	ความเข้มฝน (มม. / ชม.)
L	ระยะทางเป็นเมตร
n	สัมประสิทธิ์แมนนิ่ง
Q	อัตราน้ำหลากสูงสุดเป็น ลบ.ม. / วินาที
S	ความลาด , Slope
T	เวลาน้ำไหลในท่อ
tc	เวลาการไหลของน้ำจากจุดที่กำหนดมายังจุดรับน้ำ

บทที่1

บทนำ

สืบเนื่องมาจากจังหวัดพิษณุโลกเป็นเมืองศูนย์กลางความเจริญภาคเหนือตอนล่างและภาคกลางตอนบน มีการขยายตัวทางเศรษฐกิจอย่างรวดเร็ว และจำนวนประชากรก็เพิ่มขึ้น ทำให้มีการพัฒนาพื้นที่ชุมชนมากยิ่งขึ้นตามลำดับ ซึ่งในการพัฒนานั้นจะประกอบด้วยสิ่งก่อสร้างต่างๆ มากมาย ทั้งอาคาร ที่พักอาศัย สำนักงาน ถนน และอื่นๆ ซึ่งสิ่งก่อสร้างเหล่านี้เป็นสิ่งปกคลุมพื้นดิน ทำให้ผิวดินเดิม พื้นที่ที่น้ำซึมได้ลดลง เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดปัญหาน้ำท่วมขัง รวมไปถึงปริมาณน้ำเสียจากการบริโภค ของประชาชนในพื้นที่ชุมชนนั้นๆ

ดังนั้น จึงมีความจำเป็นในการที่ต้องมีการระบายน้ำเหล่านี้ออกจากพื้นที่ โดยการออกแบบระบบระบายน้ำให้สามารถระบายน้ำออกไปได้โดยไม่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อพื้นที่ชุมชนในพื้นที่นั้นๆ

1.1 สถานที่เก็บข้อมูล

เก็บข้อมูลจากสภาพพื้นที่และออกแบบระบบระบายน้ำในพื้นที่ชุมชนในตำบลหัวรอ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

1.2 หลักการและเหตุผล

ระบบระบายน้ำ เป็นการระบายน้ำ จากพื้นที่หนึ่งไปยังอีกพื้นที่หนึ่งจะเพื่อการเกษตรหรือการอุปโภคบริโภค หรือเป็นการระบายน้ำลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ระบบระบายน้ำมีอยู่สองประเภท ระบบระบายน้ำเสียและระบบระบายน้ำฝน ทั้งสองประเภทนี้มีความสำคัญสำหรับชุมชนทุกแห่ง ถ้าระบบระบายน้ำในชุมชนไม่ดี เกิดน้ำเน่าเสีย ซึ่งเป็นแหล่งเพาะเชื้อ และแพร่เชื้อโรคได้ น้ำเน่าเสียเหล่านี้มาจากกิจกรรมการดำรงชีวิตของประชากร และท่วมขังจากน้ำฝนในพื้นที่ โดยทั่วไปส่วนใหญ่แล้วการออกแบบระบบระบายน้ำจะให้ความสำคัญทางด้านระบายน้ำฝนมากกว่า การระบายน้ำเสียจากชุมชน เพราะภาวะน้ำท่วมแต่ภาวะน้ำเสียเน่าเหม็นตามลำคลอง อาจเกิดโรคระบาดเป็นอันตรายต่อชีวิตประชากรได้ โครงการนี้มีจุดประสงค์ที่จะควบคุมปริมาณน้ำ การระบายน้ำไม่ทัน ปัญหาน้ำท่วมขังในชุมชน และช่วยแก้ปัญหาน้ำท่วมในอนาคตอันใกล้ต่อไป

1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อออกแบบระบบระบายน้ำที่ท่วมขังในชุมชนใกล้ที่ทำการ องค์การบริหารส่วนตำบลหัวรอ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ศึกษาการออกแบบการระบายน้ำด้วยระบบท่อระบายน้ำ
2. ได้ระบบท่อระบายน้ำที่เหมาะสมในการระบายน้ำฝนที่ท่วมขังในพื้นที่ตำบลหัวรอ

1.5 ขอบข่ายงาน

ศึกษาลักษณะพื้นที่ในชุมชน พื้นที่น้ำไหล ค่าระดับ ระดับน้ำปกติของแม่น้ำน่าน ปริมาณน้ำฝนที่เป็นไปได้ตามสภาพทางกายภาพที่ตกในช่วงเวลาหนึ่งที่ตกบนพื้นที่รับน้ำหนึ่ง ๆ วิเคราะห์หาค่าอัตราการไหลสูงสุดที่เป็นไปได้ กำหนดตำแหน่งแนววางท่อ Slope และระดับท้องท่อ ออกแบบขนาดท่อและบ่อพักน้ำ นำข้อมูลจากการศึกษาข้างต้นทั้งหมดมาวิเคราะห์ ทำการคำนวณโดยใช้ทฤษฎีต่างๆ ทาง Hydrology เพื่อทำการออกแบบขนาดท่อระบายน้ำที่เหมาะสม

1.6 ขั้นตอนการดำเนินการ

1. ทำการศึกษาข้อมูลต่างๆ จากแผ่นที่ เช่น ค่าระดับ สภาพพื้นที่
2. ทำการสำรวจภาคสนาม เช่น ความลาดของพื้นที่ ท่อระบายน้ำ แนวท่อ ว่ามีอะไรกีดขวางบ้าง
3. ทำการศึกษาทฤษฎีการวิเคราะห์ปริมาณน้ำ และการคำนวณวิเคราะห์ข้อมูลและศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้น
4. วิเคราะห์ข้อมูลและศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้น
5. ออกแบบระบบระบายน้ำให้มีความเหมาะสมโดยใช้ทฤษฎีของ Hydrology
6. วิเคราะห์และสรุปผลที่ได้

1.7 แผนการดำเนินงาน

กิจกรรม	ต.ค	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1. ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น	◄►					
2. เก็บข้อมูลและกำหนดตำแหน่งแนววางท่อ		◄►	◄►			
3. ทำการวิเคราะห์และออกแบบขนาดท่อ สรุปผล				◄►	◄►	
4. ทำรายงาน						◄►

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

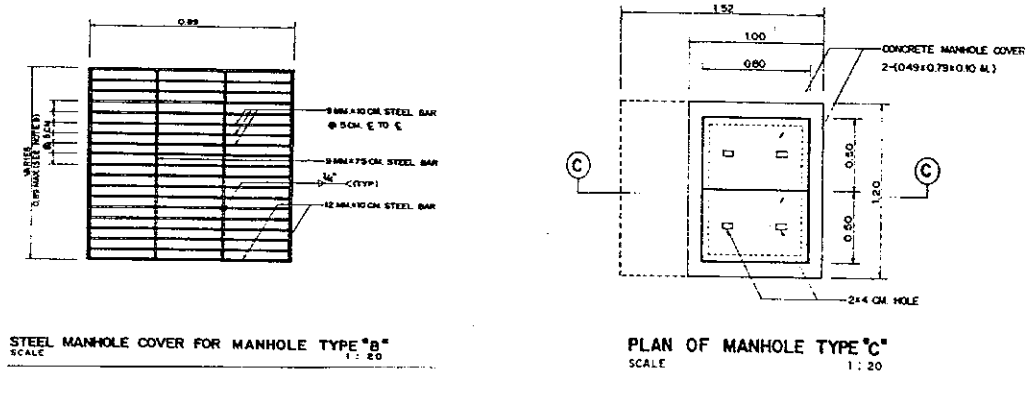
เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ $$D = \left[\frac{3.21Qn}{\sqrt{S}}\right]^{3/8} \quad \text{.....(2.14)}$$

2. 19 ทางน้ำเข้าข้างถนน (Street Inlet)

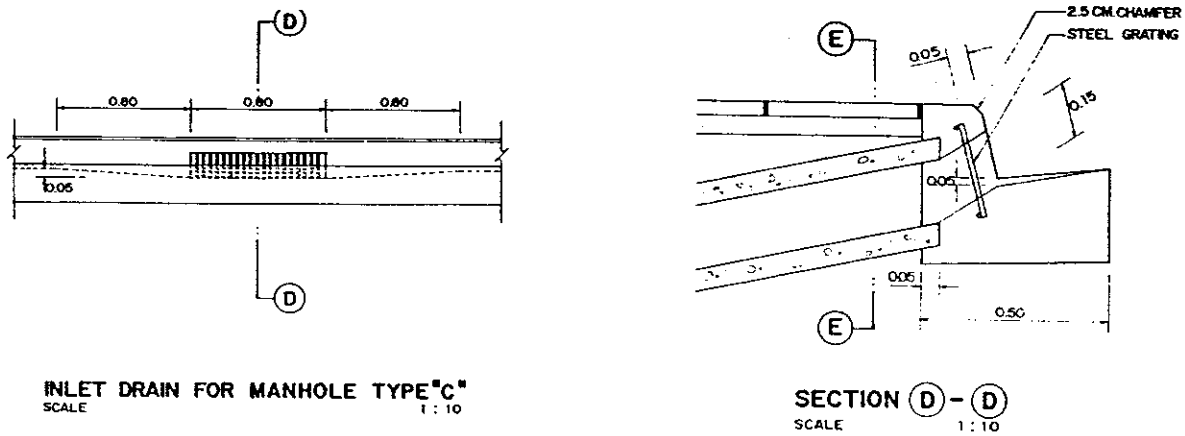
น้ำที่ไหลจะระบายจากถนนลงมายังทางน้ำเข้าข้างถนน ซึ่งจะไหลลงสู่ท่อหรือรางระบายน้ำที่อยู่ใต้ดินต่อไป โดยลักษณะข้างเข้าสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด

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

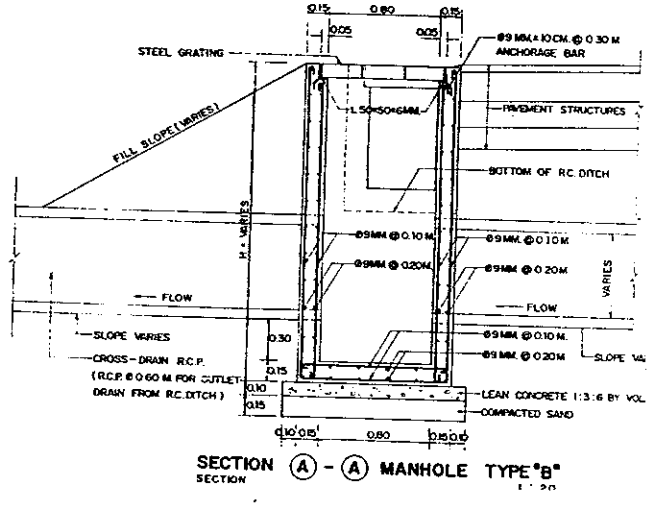
2.20 บ่อพักน้ำ (Manholes)

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

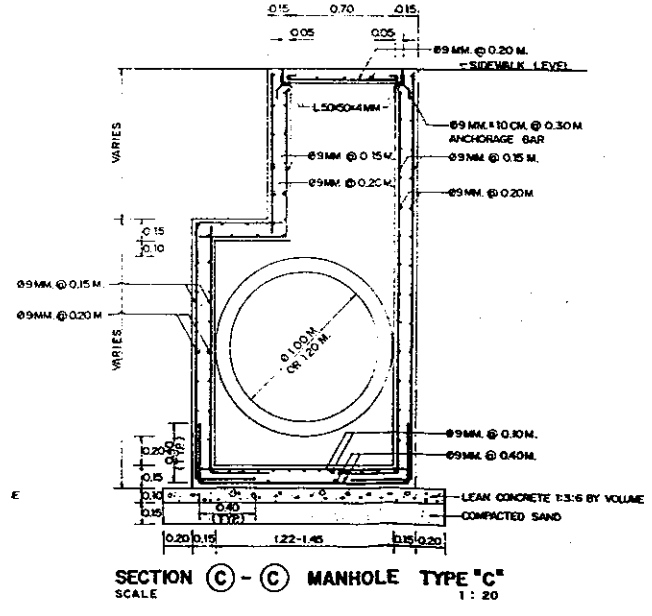
1. เป็นบ่อเพื่อให้คนลงไปทำความสะอาดท่อที่ฝังอยู่ใต้ดินได้ง่าย
2. เป็นจุดเชื่อมต่อ (junction boxes) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงท่อ หรือ การเปลี่ยนแปลงความลาดในการวางท่อ หรือเป็นจุดเชื่อมท่อหรือรางน้ำต่างๆ เช่น เป็นจุดเชื่อมท่อระบายน้ำจากอาคารบ้านเรือน และจากถนน เป็นต้น

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