

การออกแบบระบบระบายน้ำฝน พื้นที่ฝั่งตะวันตกเฉียงเหนือของ  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

DESIGN OF STORM DRAINAGE SYSTEM FOR THE NORTH-WEST AREA OF  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG



โดย

นายเลอพงศ์ อ่ำสุริยา  
นายอำนาจ ฤทธิรงค์

รพ.  
คจท  
2543

เลขหมึก.....  
เลขทะเบียน 42408  
วัน, เดือน, ปี 20 พ.ศ. 2545

b.....
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิศวกรรมการก่อสร้าง คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2543

DESIGN OF STORM DRAINAGE SYSTEM FOR THE NORTH-WEST AREA OF  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

MR.LERPONG AUMSURIYAR  
MR.AMNART RITTIRONG

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIRMENTS FOR THE DEGREE OF  
BACHELOR OF CONSTRUCTION ENGINEERING  
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, FACULTY OF ENGINEERING  
KING MONGKUT' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2000

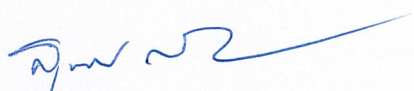
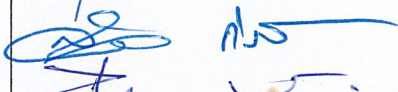
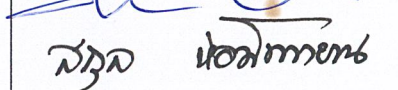

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ใบรับรองโครงการพิเศษ

หัวข้อโครงการพิเศษ การออกแบบระบบระบายน้ำฝนพื้นที่ฝั่งตะวันตกเฉียงเหนือของสถาบัน  
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

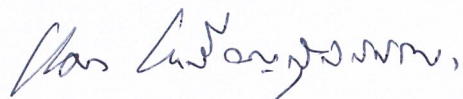
นักศึกษา นายเลอพงศ์ อ่ำสุริยา รหัสประจำตัว 40010657  
นายอำนาจ ฤทธิรงค์ รหัสประจำตัว 40011005

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมการก่อสร้าง  
ภาควิชา วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.สกุล ห่อวโนทยาน

คณะกรรมการสอบโครงการพิเศษ	ลายมือชื่อ
อ.สุพจน์ ศรีนิล	
อ.สุวัฒน์ ธิรเศรษฐ์	
อ.สมเกียรติ ขวัญพุกภัย	
ดร.สกุล ห่อวโนทยาน	

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว



( ผศ.ดร.แดง เจริญสุวรรณ )

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

วันที่ 2 เดือน เมษายน พ.ศ. 2544

หัวข้อโครงการพิเศษ	การออกแบบระบบระบายน้ำฝนพื้นที่ฝั่งตะวันตกเฉียงเหนือของ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง DESIGN OF STORM DRAINAGE SYSTEM FOR THE NORTH-WEST AREA OF KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
นักศึกษา	นายเลอพงค์ อ่ำสุรียา นายอำนาจ ฤทธิรงค์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.สกุศล ห่อวโนทยาน
ระดับการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมการก่อสร้าง
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา	2543

## บทคัดย่อ

ปัจจุบันภายในพื้นที่ฝั่งตะวันตกเฉียงเหนือของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง(สจล.) ได้มีการก่อสร้างอาคารเพิ่มขึ้นจำนวนมาก แต่ระบบระบายน้ำของแต่ละอาคารยังคงแยกเป็นอิสระจากกันขาดการวิเคราะห์ที่ครบทั้งระบบ ทำให้ระบบระบายน้ำโดยรวมในพื้นที่ดังกล่าวยังคงขาดประสิทธิภาพ

ด้วยเหตุนี้โครงการพิเศษนี้จึงถูกจัดทำขึ้นเพื่อวิเคราะห์ระบบระบายน้ำภายในพื้นที่ฝั่งตะวันตกเฉียงเหนือของสจล. ซึ่งการศึกษาจะได้เน้นเฉพาะการศึกษาทางด้านชลศาสตร์ โดยใช้วิธีชั้น-แนลร่วมกับการวิเคราะห์กราฟน้ำท่า ผลการศึกษาพบว่าระบบระบายน้ำปัจจุบันสมควรแก่การปรับปรุงและการออกแบบเพิ่มเติมในส่วนที่จำเป็น เพื่อให้ระบบระบายน้ำสามารถรองรับภาวะที่มีพายุฝนอันเกิดจากน้ำฝนที่มีคาบความถี่ฝนเท่ากับ 10 ปีได้

Title : DESIGN OF STORM DRAINAGE SYSTEM FOR THE NORTH-WEST  
AREA OF KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
LADKRABANG

Name : MR.LERPONG AUMSURIYAR  
MR.AMNART RITTIRONG

Field : CONSTRUCTION ENGINEERING

Department : CIVIL ENGINEERING

Faculty : ENGINEERING

Advisor : DR.SAKUL HOVANOTAYAN

## **ABSTRACT**

Nowadays many buildings are constructed in the North – west area of King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL). The storm drainage system of each building is, nevertheless, individual from one another. Without entirely systematic analysis, the whole storm drainage one in the mentioned area is still ineffective.

Accordingly, this special project was made in order to analyze the entire drainage system in the North – west area of KMITL. This study ,however, emphasized only on the study of hydraulics by using the Rational method combined with hydrograph analysis.By considering the study results, the existing drainage system deserve improvement and additional design to make the system able to support the rainstorm with the return period equal to 10 years.

# กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาบัตรฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลือเป็นอย่างยิ่งของอาจารย์ ดร. สกฤต ห่อวโนทยาน อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาบัตร ซึ่งท่านได้สละเวลาอันมีค่าของท่านสอนวิธีการ ออกแบบนอกเหนือจากการศึกษาในชั้นเรียน อีกทั้งยังให้คำปรึกษาและคำแนะนำอย่างดียิ่งนับตั้งแต่เริ่ม ทำการศึกษาข้อมูล ตลอดจนถึงสิ้นสุดของระยะเวลาการทำงาน ความกรุณาของอาจารย์ในครั้งนี้คงไม่สามารถจากกล่าวคำขอบคุณทั้งหมดได้ในเพียงครั้งเดียวกันนี้ นอกจากนี้ขอขอบพระคุณ บรรดา คณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ต่างๆทำให้ทราบถึงความสำคัญในการนำความรู้ มา พัฒนาใช้ให้เกิดประโยชน์และทางผู้จัดทำพึงระลึกอยู่เสมอว่าค่าใช้จ่ายในการศึกษา รวมทั้งค่าใช้จ่าย ในการทำปริญญาบัตรนี้ ได้มาจากเงินภาษีของประชาชน จึงหวังใจว่าในอนาคตข้างหน้าจะได้มีโอกาส นำความรู้ความสามารถที่ตนเองมีอยู่มาใช้ตอบแทน ให้เกิดประโยชน์แก่ ส่วนรวม และต่อประเทศชาติ

อนึ่งขอขอบคุณ กรมชลประทาน กรมอุตุนิยมิวิทยา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา รวมทั้งเจ้าหน้าที่กองอาคารสถานที่ทุกท่าน ที่ได้เอื้อเฟื้อข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา และอุปกรณ์เครื่องมือเครื่อง ใช้ในงานสำรวจต่างๆ อีกทั้งเพื่อนๆในภาควิชาวิศวกรรมโยธาที่ช่วยให้คำแนะนำ คำติชม รวมทั้งเป็น กำลังใจในการทำงานแก่ข้าพเจ้าด้วยดีเสมอมาจึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ท้ายที่สุดนี้ ขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ซึ่งสนับสนุนด้านการเงิน และให้กำลังใจ แก่ผู้ศึกษาเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

นายเลอพงส์ อ่ำสุริยา  
นายอำนาจ ฤทธิรงค์  
ผู้ประพันธ์

# สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
	ปกใน ( ภาษาไทย )	ก
	ปกใน ( ภาษาอังกฤษ )	ข
	หน้าอนุมัติ	ค
	บทคัดย่อภาษาไทย	ง
	บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
	กิตติกรรมประกาศ	ฉ
	สารบัญ	ช
	สารบัญตาราง	ญ
	สารบัญรูป	ฎ
	คำอธิบายสัญลักษณ์	ฏ
1	บทนำ	
	1.1 กล่าวนำ	1
	1.2 วัตถุประสงค์	1
	1.3 พื้นที่ที่ทำการศึกษา	1
	1.4 ขอบเขตการศึกษา	2
	1.5 วิธีการศึกษา	2
	1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากการศึกษา	2
2	ทฤษฎีที่ใช้ในการคำนวณ	
	2.1 กล่าวนำ	4
	2.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการระบายน้ำ	4
	2.2.1 ปริมาณน้ำฝนและการระบาย	4
	2.2.2 ปริมาณน้ำฝนไหลนอง	5
	2.2.3 ฝน	5

# สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
	2.2.4 รูปแบบของฝน	6
	2.2.5 ความเข้ม ความนาน ความถี่ของฝน	6
	2.2.6 วิธีเรขาคณิต หรือวิธี อาร์เอ็ม ( Rational method )	11
	2.2.7 พื้นที่ระบาย	13
	2.2.8 ความถี่ของฝน	14
	2.2.9 เวล่าน้ำไหลนอง	15
	2.2.10 สัมประสิทธิ์การไหลนอง	18
2.3	การวิเคราะห์ห้อกแบบ	22
	2.3.1 การหาค่าการไหลนองสูงสุดสำหรับการห้อกแบบ	22
	2.3.2 ความจุของระบบระบายน้ำ	25
3	การรวบรวมข้อมูล	
	3.1 ข้อมูลของปริมาณน้ำฝน	31
	3.2 ข้อมูลระบบระบายน้ำปัจจุบัน	31
	3.2.1 ระบบท่อระบายน้ำ	31
	3.2.2 ทิศการไหลของน้ำ	32
	3.2.3 โรงสูบน้ำ	33
	3.2.4 แหล่งรับน้ำ	33
4	การศึกษาวิเคราะห์	
	4.1 กล่าวนำ	45
	4.2 การศึกษาวิเคราะห์ทางด้านชลศาสตร์	45
	4.2.1 การตรวจสอบระบบระบายน้ำปัจจุบัน	45
	4.2.2 การห้อกแบบระบบระบายน้ำ	46
	4.2.3 ตัวอย่างการคำนวณ	47

# สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
5	สรุปสภาพระบบระบายน้ำปัจจุบัน	
	5.1 สรุปสภาพระบบระบายน้ำปัจจุบัน	69
	5.2 สรุปการออกแบบระบบระบายน้ำเพิ่มเติม	70
	รายการอ้างอิง	74
	บรรณานุกรม	75
	ภาคผนวก	
	- รูปตัดตามยาวของแต่ละแนวท่อตามที่ออกแบบ	ผ1

# สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
2.1	ค่าของ $n$ สำหรับการหาเวลาน้ำไหลเข้าท่อ	17
2.2	สัมประสิทธิ์ของการไหลนองของพื้นที่ใช้สอยลักษณะต่างๆ	19
2.3	สัมประสิทธิ์การไหลนองของพื้นที่ผิวแบบต่างๆ	20
2.4	ค่า $n$ ที่ใช้ในสมการแมนนิง	27
3.1	ข้อมูลที่ได้ทำการสำรวจ	37
3.2	สรุปข้อมูลระบบระบายน้ำปัจจุบัน	40
4.1	การคำนวณระยะเวลาน้ำไหลเข้าท่อของแต่ละพื้นที่รับน้ำย่อย	51
4.2	การคำนวณออกแบบระบบระบายน้ำ	55
4.3	การเปรียบเทียบระบบระบายน้ำปัจจุบันกับระบบระบายน้ำที่ออกแบบ	63

# สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
1.1	แสดงอาณาเขตของบริเวณพื้นที่ที่ทำการศึกษา	3
2.1	ลักษณะและรูปแบบฝนปกติ	7
2.2	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มและความนานของฝนหนึ่งๆ	7
2.3	ตัวอย่างความสัมพันธ์ของความเข้ม ความนาน และความถี่ของฝนห้าหนึ่ง	8
2.4	ความเข้มฝน ณ กรุงเทพมหานคร ( กรมอุตุนิยมวิทยา )	9
2.5	โมโนกราฟสำหรับการหาเวลาไหลนองของพื้นที่ผิวก่อนเข้าท่อ	17
2.6	สัมประสิทธิ์การไหลนองของพื้นที่ลักษณะต่างๆที่มีความลาดต่างกัน	21
2.7	พื้นที่รับน้ำย่อยและแนวท่อ	22
2.8	การจำลองกราฟน้ำทำให้เป็นกราฟรูปสามเหลี่ยม	23
2.9	การหาค่าอัตราน้ำไหลนองสูงสุดสำหรับการออกแบบ ( $Q_d$ ) กรณีกราฟน้ำทำลูกใหญ่ เคลื่อนที่ตามหลังกราฟน้ำทำลูกเล็ก	23
2.10	การหาค่าอัตราน้ำไหลนองสูงสุดสำหรับการออกแบบ ( $Q_d$ ) กรณีกราฟน้ำทำลูกใหญ่ เคลื่อนที่นำหน้ากราฟน้ำทำลูกเล็ก	24
2.11	ความสัมพันธ์ของค่ามุมในท่อกลม เมื่อของไหลสูง 0.8 เท่าของ เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ	28
3.1	แสดงขนาด และแนวท่อของระบบระบายน้ำปัจจุบัน	34
3.2	แสดง spill way ที่ใช้ระบายน้ำจากสระตึกพระเทพ ฯ	35
3.3	แสดงรูปโรงสูบน้ำหลังตึกนราธิวาส ฯ	35
3.4	แสดงสภาพคลองรับน้ำภายในสถาบัน ฯ	36
4.1	การรวมกันของกราฟน้ำทำ	49
4.2	พื้นที่รับน้ำย่อย ระบบระบายน้ำ และทิศการไหลของน้ำ	68
5.1	แสดงคำอธิบายแนวท่อที่ต้องปรับปรุงและแนวท่อระบายน้ำ ที่ต้องออกแบบเพิ่มเติม	72
5.2	แสดงแนวท่อภายหลังจากมีการออกแบบเสร็จสมบูรณ์	73

# สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
ผ.1	แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 1	ผ2
ผ.2	แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 2	ผ4
ผ.3	แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 3	ผ5
ผ.4	แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 4	ผ6
ผ.5	แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 5	ผ6
ผ.6	แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 6	ผ7
ผ.7	แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 7	ผ8
ผ.8	แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 8	ผ9
ผ.9	แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 9	ผ10
ผ.10	แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 10	ผ11
ผ.11	แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 11	ผ12
ผ.12	แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 12	ผ13
ผ.13	แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 13	ผ13
ผ.14	แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 14	ผ14
ผ.15	แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 15	ผ15
ผ.16	แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 16	ผ16
ผ.17	แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 17	ผ17
ผ.18	แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 18	ผ17
ผ.19	แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 19	ผ18
ผ.20	แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 20	ผ18
ผ.21	แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 21	ผ19
ผ.22	แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 22	ผ19
ผ.23	แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 23	ผ20
ผ.24	แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 24	ผ20

## สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
ผ.25	แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 25	ผ21
ผ.26	แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 26	ผ21
ผ.27	แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 27	ผ22
ผ.28	แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 28	ผ23
ผ.29	แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 29	ผ24
ผ.30	แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 30	ผ25
ผ.31	แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 31	ผ26
ผ.32	แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 32	ผ27
ผ.33	แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 33	ผ27
ผ.34	แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 34	ผ28
ผ.35	แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 35	ผ28
ผ.36	แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 36	ผ29
ผ.37	แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 37	ผ29
ผ.38	แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 38	ผ30
ผ.39	แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 39	ผ31
ผ.40	แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 40	ผ31
ผ.41	แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 41	ผ32

# คำอธิบายสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	ความหมาย
A	พื้นที่ที่จะระบายน้ำออก (ม. <sup>2</sup> )
C	สัมประสิทธิ์การไหลนอง
d	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ (ม.)
d <sub>cal</sub>	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อที่ถูกกำหนดโดย Q <sub>d</sub> (ม.)
d <sub>select</sub>	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อที่เลือกใช้ (ม.)
I	ความเข้มฝน (มม./ชม.)
L <sub>c</sub>	ระยะทางจากจุด Centroid ของพื้นที่ระบายน้ำนั้น ๆ มายังท่อระบาย (ม.)
L <sub>d</sub>	ระยะทางที่น้ำไหลจากช่วงท่อหนึ่งไปยังอีกช่วงท่อหนึ่ง (ม.)
n	สัมประสิทธิ์ของความขรุขระ
P	ความยาวของเส้นขอบเปียก
Q <sub>p</sub>	อัตราการไหลนองสูงสุด(Peak runoff) (ม. <sup>3</sup> /วินาที)
Q <sub>d</sub>	อัตราการไหลนองสำหรับการออกแบบ (ม. <sup>3</sup> /วินาที)
R	รัศมีทางชลศาสตร์ (ม.)
R.M.	Rational method
s	ความลาดเทของพื้นผิวดิน
S	ความลาดเทของท่อ
t <sub>c</sub>	ช่วงเวลานับว่าฝนตก (นาที)
T <sub>d</sub>	เวลาน้ำทำใช้ในการเคลื่อนที่ภายในท่อที่มีระยะเท่ากับ L <sub>d</sub> (นาที)
T <sub>L</sub>	ผลต่างของเวลา ณ จุดปลายของส่วนหางของกราฟน้ำท่าสองลูก (นาที)
T <sub>L</sub> '	ผลต่างของเวลา ณ จุดเริ่มต้นของส่วนหัวของกราฟน้ำท่าสองลูก (นาที)
T <sub>p</sub>	เวลาที่น้ำไหลเข้าท่อและเป็นเวลาที่ทำให้เกิดอัตราการไหลนองสูงสุด(Time to peak) (นาที)
T <sub>t</sub>	ระยะเวลาของการเกิดส่วนหางของกราฟน้ำท่า (นาที)
Total T	เวลาทั้งหมดที่กราฟน้ำท่าเคลื่อนที่มาถึงจุดที่จะมีการรวมกับกราฟน้ำท่าลูกอื่น (นาที)

## คำอธิบายสัญลักษณ์

### สัญลักษณ์

### ความหมาย

- x ผลต่างของเวลาที่จุดปลายของหางกราฟน้ำทำลูกเล็กกับ Total T ของกราฟน้ำทำลูกใหญ่ (นาทีก)
- x' ผลต่างของเวลาที่จุดเริ่มของหัวกราฟน้ำทำลูกเล็กกับ Total T ของกราฟน้ำทำลูกใหญ่ (นาทีก)
- y ค่าอัตราน้ำไหลนองส่วนที่กราฟน้ำทำลูกเล็กพาดทับกราฟน้ำทำลูกใหญ่ ณ เวลาที่ทำให้เกิดอัตราน้ำไหลนองสูงสุดของกราฟน้ำทำลูกใหญ่ (ม.<sup>3</sup>/วินาที)

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 กล่าวนำ

ในอดีตพื้นที่ของทางสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ยังมีส่วนที่เป็นพื้นที่ว่างและส่วนของอาคารเรียนน้อยซึ่งผิดกับสภาพความเป็นจริงในปัจจุบันที่ได้มีการก่อสร้างอาคารเพิ่มเติมขึ้นในหลายส่วน จึงส่งผลให้การออกแบบที่มีอยู่เดิมไม่เหมาะสมกับสภาพการใช้งานจริง ปัจจุบัน โดยเฉพาะค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการออกแบบ เช่นสัมประสิทธิ์ของการไหลได้มีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ซึ่งเมื่อเกิดฝนตกก็มักจะเกิดน้ำท่วมขังได้ง่าย ซึ่งปัญหาเหล่านี้ทางหน่วยงานที่รับผิดชอบของทางสถาบันฯ ได้ดำเนินการก่อสร้างระบบระบายน้ำเพิ่มขึ้นมาเพิ่มเติมในบางส่วนแล้ว แต่ก็ยังไม่ครอบคลุมและเพียงพอ

### 1.2 วัตถุประสงค์

- 1) นำวิชาการทางด้านชลศาสตร์มาใช้ในการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับระบบระบายน้ำ
- 2) เพื่อศึกษาและทำการตรวจสอบขีดความสามารถของระบบระบายน้ำของพื้นที่ที่ทำการศึกษาลำหรับกรณีการเกิดความเข้มฝนรอบ 10 ปี
- 3) เสนอแนวทางการแก้ไขปรับระบบระบายน้ำของพื้นที่ที่ทำการศึกษา

### 1.3 พื้นที่ทำการศึกษา

ทำการศึกษาในพื้นที่บริเวณตะวันตกเฉียงเหนือของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง(สจล.) โดยมี อาณาเขตพื้นที่ดังนี้ แสดงดังรูปที่ 1.1

ทิศเหนือ : จรด ถนนมอเตอร์เวย์สาย กรุงเทพ-ชลบุรี

ทิศใต้ : จรด ทางรถไฟสายตะวันออก

ทิศตะวันออก : จรด ถนนฉลองกรุงรัตน โกสินทร์ และแนวถนนข้างตึกนราธิวาสราชนครินทร์

ทิศตะวันตก : จรด แนวสิ้นสุดเขตสนามกีฬาของสจล.

#### 1.4 ขอบเขตการศึกษา

- 1) ศึกษาสภาพและตรวจสอบความสามารถของระบบระบายน้ำปัจจุบันในพื้นที่ทำการศึกษอันเนื่องมาจากฝนตก โดยใช้ค่าความเข้มฝนรอบ 10 ปี
- 2) ออกแบบระบบระบายน้ำเพิ่มเติม โดยให้สอดคล้องกับระบบระบายน้ำที่มีอยู่
- 3) สรุปผลและเสนอแนวทางแก้ไขปรับปรุงระบบที่มีอยู่ โดยเน้นเฉพาะทางด้านชลศาสตร์

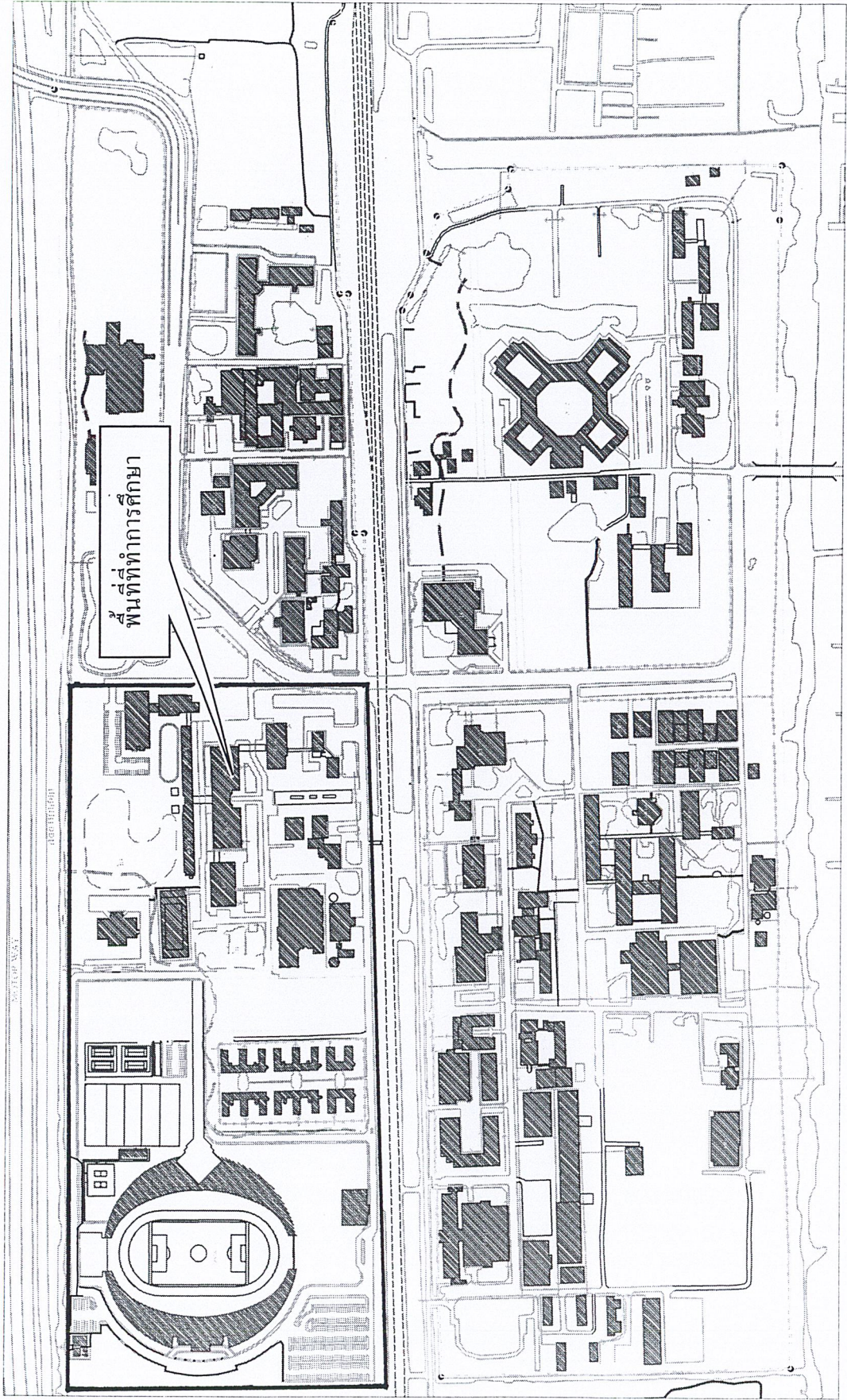
#### 1.5 วิธีการศึกษา

ได้ทำการแบ่งขั้นตอนของการศึกษาเพื่อให้เกิดความสะดวกและเป็นระบบ ดังนี้

- 1) ศึกษาทฤษฎีทางด้านชลศาสตร์ และศึกษารายงานการศึกษาที่เกี่ยวข้องในอดีต
- 2) รวบรวมข้อมูลที่เป็นต่อการศึกษา วิจัย ได้แก่ ข้อมูลทางอุทกวิทยา , ข้อมูลลักษณะทางกายภาพ ของพื้นที่ทำการศึกษา จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
- 3) การสำรวจภาคสนาม โดยตรวจสอบระดับที่ต่าง ๆ ที่อยู่เดิม และทำระดับในจุดต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการศึกษา
- 4) กำหนดค่าความเข้มฝนรอบ 10 ปี โดยพิจารณาจากผลการศึกษาที่ได้ทำไว้แล้ว
- 5) ตรวจสอบขีดความสามารถระบบระบายน้ำปัจจุบันของพื้นที่ทำการศึกษา อันเนื่องมาจากน้ำฝน
- 6) ทำการศึกษาวิเคราะห์ ออกแบบระบบระบายน้ำเพิ่มเติมให้สอดคล้องกับระบบที่มีอยู่ในปัจจุบัน พร้อมทั้งเสนอแนะแนวทางการแก้ไขปรับปรุง
- 7) สรุปและจัดทำรายงาน

#### 1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากการศึกษา

- 1) เรียนรู้ถึงการนำวิชาการทางด้านชลศาสตร์มาใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับระบบระบายน้ำ
- 2) ผลที่ได้จากการศึกษาสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการวางแผนและจัดการระบบระบายน้ำฝน ของสถาบันฯได้
- 3) นำวิธีการศึกษานี้ไปใช้กับพื้นที่อื่นที่มีปัญหาได้



รูปที่ 1.1 แสดงอาณาเขตของพื้นที่ทำการศึกษา

## บทที่ 2

# ทฤษฎีที่ใช้ในการคำนวณ

### 2.1 กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีเกี่ยวกับฝนซึ่งประกอบไปด้วย ลักษณะและความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับฝน การหาปริมาณน้ำฝน วิธีการวิเคราะห์ และตลอดจนหลักการออกแบบที่ใช้ในโครงการพิเศษ

### 2.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการระบายน้ำ

#### 2.2.1 ปริมาณน้ำฝนและการระบาย

ปริมาณน้ำที่ไหลในท่อระบายเมื่อฝนตกจะไม่เท่ากับปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมา อัตราน้ำไหลนอง (stormwater runoff rate) ซึ่งคืออัตราที่น้ำไหลเข้าท่อระบาย (และที่นั่นต้องได้รับการออกแบบให้รับอัตราน้ำไหลนองดังกล่าวได้) โดยเท่ากับส่วนของฝนที่ตกลงมาบนพื้นดินและไหลนองไปตามพื้นระหว่างที่ฝนกำลังตก รวมทั้งหลังจากฝนหยุดตกอีกเป็นระยะหนึ่ง

หลักการในการออกแบบระบบท่อระบายน้ำฝน ก็คือการพยายามจัดให้มีการระบายน้ำฝนออกจากสถานที่ซึ่งไม่ต้องการไปยังจุดปล่อยระบายที่ยอมรับได้ เช่น แม่น้ำลำคลองหรือแม้กระทั่งท่อระบายหลักที่ใกล้ที่สุด ภายในเวลาที่จักไม่เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินและความไม่สะดวกต่อประชาชน จนเกินขีดระดับที่ประชาชนในละแวกนั้นจะยอมรับได้

ในการประมาณปริมาณน้ำฝน น้ำฝนเมื่อตกลงมาจะต้องไหลผ่านพื้นผิวต่างชนิดกันไม่ว่าจะหยาด ขรุขระ เรียบลื่น น้ำซึมผ่านได้และไม่ได้ ตลอดไปจนรางระบายแอ่งกักน้ำต่างๆ ฯลฯ จนกว่าไหลเข้าท่อระบายซึ่งจะมีขนาดใหญ่ขึ้นตามลำดับตามขนาดของพื้นที่ๆ ที่อนั้นบริการระบายน้ำออกไป ทั้งนี้การไหลของน้ำฝนนี้อาศัยแรงโน้มถ่วงของโลกแต่เพียงอย่างเดียวเท่านั้น

## 2.2.2 ปริมาณน้ำฝนไหลนอง

การประมาณปริมาณน้ำฝนไหลนองเพื่อประกอบการออกแบบท่อระบายน้ำกระทำได้ยากมาก ด้วยสาเหตุหลายประการ ประการแรกได้แก่ อัตราและปริมาณน้ำฝนเองที่มีการเปลี่ยนแปลงในทุกฤดูและทุกปี ประการต่อไปได้แก่ พื้นที่ผิวที่ฝนตกลงไปนั้นมีขีดความสามารถในการอุ้มน้ำ (retention) และให้น้ำซึมลงดิน (infiltration) ไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับต้นไม้ใบหญ้าและพื้นที่ผิวคอนกรีตหรือวัสดุอื่นๆ ที่ซึมลงไม่ได้ ฯลฯ ว่ามีอยู่มากน้อยเพียงใดโดยปกติปริมาณน้ำไหลนองเท่ากับปริมาณน้ำฝน ลบด้วยปริมาณน้ำซึมลงดิน และปริมาณน้ำที่ระเหยทั้งโดยธรรมชาติและผ่านต้นไม้ (evaporation and evapotranspiration) รวมทั้งส่วนที่ถูกเก็บกักเอาไว้ในผิวดิน ในแอ่ง ในส่วนพื้นที่ลุ่ม ฯลฯ ดังนั้นสภาพพื้นที่ผิวและใต้พื้นที่ผิว (subsurface) ทั้งในรูปธรรมชาติและที่มนุษย์สร้างขึ้น มีผลโดยตรงต่อปริมาณน้ำไหลนองมาก

วิศวกรได้คิดค้นสูตรสำเร็จรูปในการประมาณปริมาณน้ำไหลนองมาตั้งแต่หลายสิบปีก่อนหน้านี้มากมาย หลายสูตรด้วยกัน มีรายงานว่าวิศวกรสามารถใช้สูตรเหล่านี้ในการทำนายปริมาณน้ำไหลนองได้อย่างแม่นยำและมีสัมฤทธิ์ผลในทางปฏิบัติ แต่สูตรดังกล่าวนี้มักจะพัฒนามาจากการทดลองในท้องที่แต่ละแห่งโดยเฉพาะ ทำให้การประยุกต์กับสถานที่อื่นๆ กระทำไม่ได้ สูตรประเภทนี้จึงไม่ได้รับความนิยมน้อยกว่าหลายเพราะใช้ได้กับท้องที่นั้นๆ เท่านั้น

หลักการในการประมาณปริมาณน้ำไหลนองที่มีอยู่สองแนวความคิดด้วยกัน ในหลักการแรก กำหนดให้ปริมาณน้ำไหลนองมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝนโดยตรง โดยให้เป็นสัดส่วนกับปริมาณฝนที่ตกลงมาบนพื้นที่ๆ คำนึงถึงส่วนในแนวความคิดที่สองจะประมาณปริมาณน้ำไหลนองโดยคิดหักปริมาณน้ำที่ซึมลงดิน ปริมาณน้ำที่ถูกอุ้มน้ำไว้ในดินในพืชและระหว่างการไหล ออกจากปริมาณฝนที่ตกลงมา ในวิธีแรกซึ่งนิยมเรียกกันว่า เป็นวิธีเรชันแนล หรืออาร์เอ็ม (Rational method , R.M.) ได้ใช้กันมาตั้งแต่ปี พ.ศ.2432 และยังเป็นที่ยอมรับกันแพร่หลายในปัจจุบัน แม้จะเป็นวิธีที่ประมาณปริมาณน้ำไหลนองได้ไม่ตรงกับความเป็นจริงนักก็ตาม ดังนั้น ใครงานนี้จึงได้นำวิธีเรชันแนลมาประยุกต์และปรับปรุงให้แม่นยำยิ่งขึ้น

## 2.2.3 ฝน

เมื่อเกิดฝนตกขึ้น ฝนนี้จักไม่ตกลงบนพื้นที่ขนาดใหญ่ด้วยความเข้มของฝน (rainfall intensity) และความนานของฝน (duration) ที่เท่ากันตลอดเวลา ในบางท้องที่อาจมีฝนเข้มมากหรือฝนตก

นาน ในขณะที่บางท้องที่จะมีฝนเบาบางและตกในช่วงสั้นๆ หรืออาจไม่มีฝนเลยก็ได้ แต่โดยส่วนใหญ่แล้วฝนที่ตกเป็นท่าใหญ่มักจะตกเพียงในช่วงสั้นๆ ยกเว้นจะเป็นฝนที่ตกเป็นท่าใหญ่ในรอบหลายๆ ปี ซึ่งในกรณีนี้อาจเป็นฝนที่ตกหนักและนานได้ สำหรับการศึกษาครั้งนี้จะใช้เวลาชุ่มชื้นที่รอบ 10 ปี และช่วงระยะเวลาที่ฝนตกเท่ากับ 10 นาที

#### 2.2.4 รูปแบบของฝน

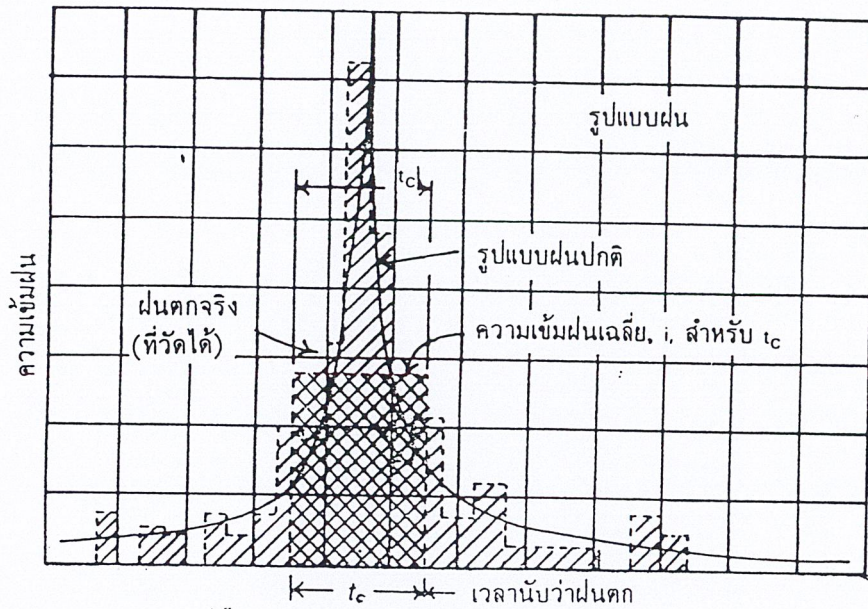
ในสถานที่หนึ่งๆ โดยปกติเมื่อฝนตกท่าหนึ่งๆ เริ่มตก ฝนนั้นมักจะตกด้วยอัตราความชุ่มชื้นต่ำและเพิ่มขึ้นตามลำดับ จนถึงจุดๆ หนึ่งจะได้ฝนที่ความชุ่มชื้นสูงสุด หลังจากจุดนี้ไปแล้วฝนจึงเริ่มซาเม็ดลง จนถึงจุดฝนหยุดในที่สุด ลักษณะฝนที่ตกปกติแสดงได้ดังรูปที่ 2.1

จากรูปดังกล่าว เห็นได้ว่าเวลาที่ฝนตกจริงจะยาวนาน นอกจากนี้ในช่วงต้นๆ และหลังๆ ของฝนท่าหนึ่งๆ มีความชุ่มชื้นของฝนเบาบางมาก ซึ่งฝนเบาบางในลักษณะนี้ไม่มีผลกระทบต่ออัตราการไหลนองอย่างมีนัยสำคัญเลย วิศวกรจึงกำหนดให้คำนึงถึงเฉพาะช่วงเวลาที่ฝนจะมีผลกระทบต่อการระบายเท่านั้น เรียกว่า “ช่วงเวลานับว่าฝนตก” (time of concentration,  $t_c$ ) เวลานั้นว่าฝนตก ( $t_c$ ) นี้ ไม่ใช่เวลาที่ฝนตกจริงๆ “ช่วงระยะเวลาสั้นกว่าฝนตกจริง ส่วนจะมีช่วงสั้นกว่าฝนตกจริงเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะของฝนแต่ละท้องถื่น ฝนในแต่ละฤดู และฝนในแต่ละปี

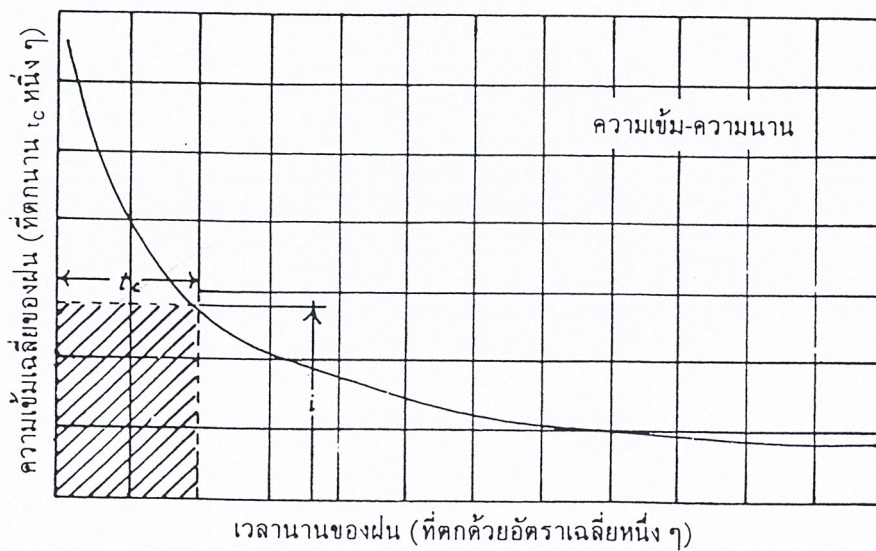
ในช่วงเวลานับว่าฝนตก ( $t_c$ ) นี้ มีอัตราความชุ่มชื้นของฝนแตกต่างกัน โดยขึ้นกับช่วงเวลาและรูปแบบของฝนนั้นๆ การที่บ่งว่าฝนท่าหนึ่งตกด้วยความชุ่มชื้นเท่ากับความชุ่มชื้นสูงสุดอันหาได้จากรูปแบบของฝน (ดูรูปที่ 2.1) ย่อมไม่ตรงกับความเป็นจริง และให้ค่าความชุ่มชื้นของฝนท่านี้สูงเกินไป ทางที่ถูกคือ ต้องแสดงระดับความชุ่มชื้นของฝนท่านี้เท่ากับความชุ่มชื้นเฉลี่ยของฝน ซึ่งเท่ากับปริมาณน้ำฝนทั้งหมดของฝนท่านั้นหารด้วยเวลาที่นับว่าฝนตก อันมีผลกระทบในทางปฏิบัติหรือ  $t_c$  นั้นเอง

#### 2.2.5 ความชุ่มชื้น ความนาน ความถี่ของฝน

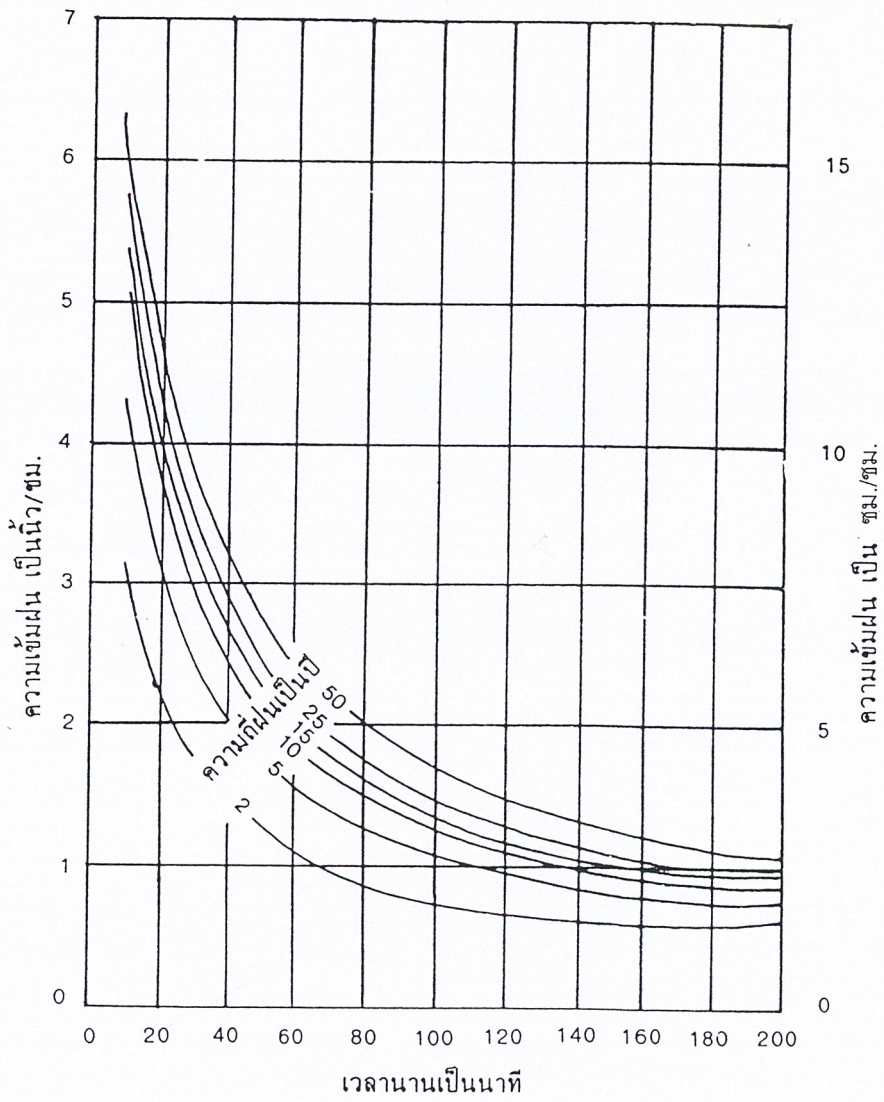
โดยปกติทางธรรมชาติ ฝนที่ตกหนักมักตกในช่วงสั้นๆ ในทางกลับกันฝนที่ตกเบาบางมักตกเป็นระยะเวลานาน ความสัมพันธ์ของความชุ่มชื้นเฉลี่ยของฝนกับความนานของเวลาที่ว่าฝนตก ( $t_c$ ) แสดงได้ดังรูปที่ 2.2 ความสัมพันธ์ของฝนในลักษณะนี้จึงต้องสร้างขึ้นสำหรับเฉพาะแห่ง วิธีการวิเคราะห์และสร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ดังรูปที่ 2.2



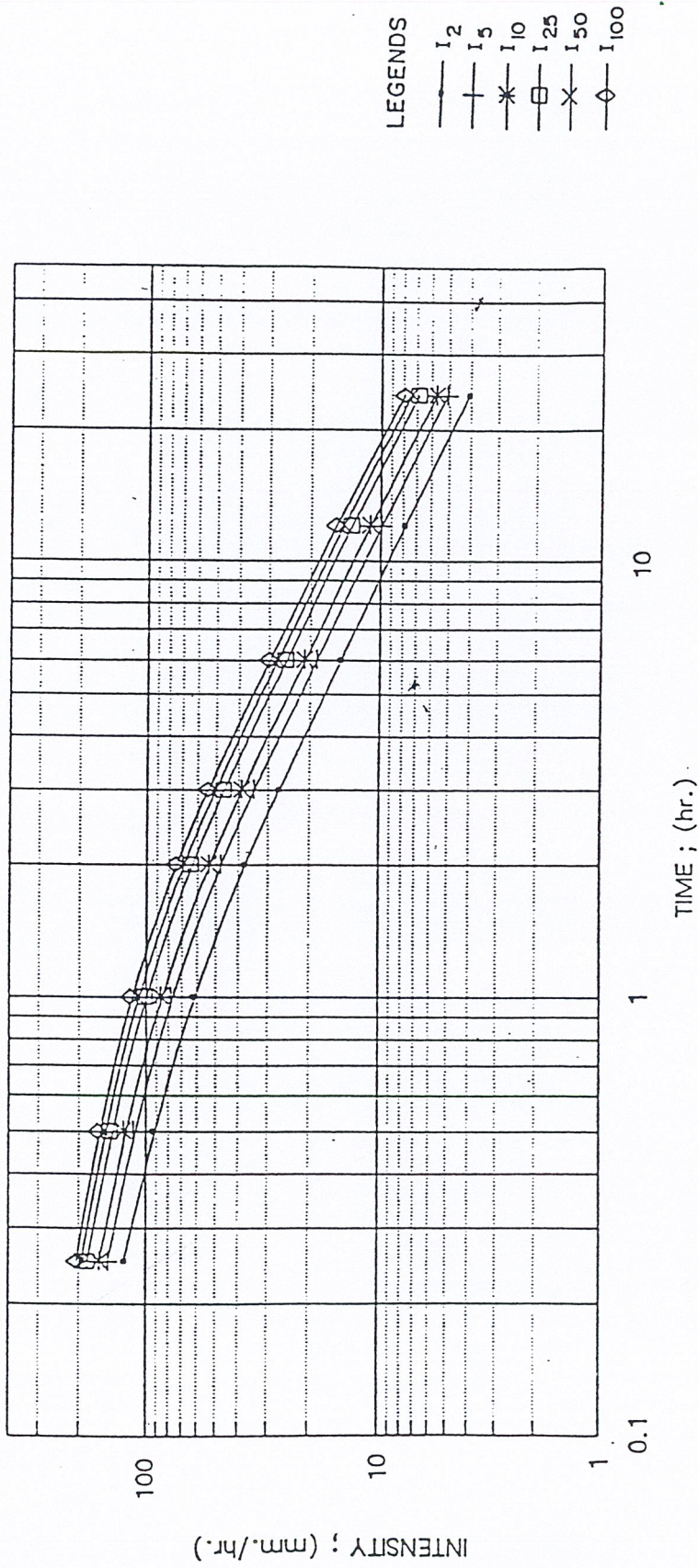
รูปที่ 2.1 ลักษณะและรูปแบบฝนปกติ (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2539)



รูปที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มและความนานของฝนหนึ่ง ๆ (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2539)



รูปที่ 2.3 ตัวอย่างความสัมพันธ์ของความเข้ม ความนาน และ ความถี่ของฝนท่าหนึ่ง (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2539)



รูปที่ 2.4 ความเข้มฝน ณ กรุงเทพมหานคร (กรมอุตุนิยมวิทยา)

สมการที่ใช้แทนเส้นโค้งตามรูปที่ 2.2 ที่ดีที่สุด มักอยู่ในรูปของ

$$i = \frac{cT^m}{(t_c + d)^n} \quad (2.1)$$

โดย  $i$  คือความเข้มฝน (มม. / ชม.)  $T$  คือความถี่ฝน (ปี)  $t$  เป็นช่วงเวลาฝนตก (นาที) และ  $c, d, m$  รวมทั้ง  $n$  เป็นค่าคงที่สำหรับพื้นที่บริเวณหนึ่งๆ ในกรณีนี้เลือกฝนเฉพาะความถี่หนึ่งๆ สูตรดังกล่าวจัดรูปได้เป็น  $i = A / (t + d)^n$  โดย  $A = cT^m$  และเป็นค่าคงที่ ในกรณีนี้ ในการวิเคราะห์หาค่าคงที่ต่างๆ กระทำได้โดยการพล็อตค่า  $i$  และ  $(t + d)^n$  ลงบนกราฟล็อก-ล็อก โดยต้องสมมติค่า  $d$  เป็นค่าต่างๆ ก่อนทำการ พล็อตเพื่อหาความสัมพันธ์ที่เป็นเส้นตรงที่สุด กล่าวคือ  $[\log i] = \log A - n [\log (t + d)]$  จากกราฟจะสามารถหาค่า  $n$  ซึ่งได้แก่ค่าความชันของความสัมพันธ์ และค่า  $A$  อันหาได้จากกรณี  $(t + d)$  เท่ากับหนึ่งนั่นเอง สำหรับโครงการพิเศษนี้จะใช้ ข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากกรมชลประทานซึ่งที่คาบความถี่ 10 ปีจะได้สมการ  $i = 9453.61 / (t + 42)^{1.034}$  สำหรับกราฟแสดงความเข้มฝน บริเวณกรุงเทพมหานคร แสดงในรูปที่ 2.4

ในขณะที่ความถี่ฝนที่ตกลงบนท้องที่หนึ่งๆ จักไม่เท่ากันในทุกๆ ปี ขึ้นอยู่กับความถี่ของฝนห่าใหญ่ที่พึงมีในท้องที่นั้นๆ ฝนที่ตกใหญ่ในรอบ 100 ปี ย่อมมีขนาดใหญ่มากกว่าฝนห่าในรอบ 5 ปี สำหรับ “ความถี่ในการออกแบบ “ (design frequency) ถือกันว่าเป็นความถี่ที่โดยเฉลี่ยแล้วจะเกิดเหตุการณ์ฝนตกใหญ่กว่าหรือเท่ากับฝนห่านั้นๆ เพียงหนึ่งครั้งในรอบปีที่กำลังถึง กล่าวอีกนัยหนึ่ง ปรากฏการณ์ของฝนความถี่ 5 ปี ควรจะเกิดขึ้นเพียงหนึ่งครั้งในรอบ 5 ปี หรือ 20 ครั้งในรอบ 100 ปี วิธีการกำหนดการกลับมาของฝนห่าใหญ่ๆ ในลักษณะนี้เป็นที่นิยมของวิศวกรกลุ่มหนึ่ง ในขณะที่อีกกลุ่มหนึ่งนิยมกำหนดนิยามให้เป็น “โอกาสเกิดขึ้น” (probability of occurrence) ซึ่งเท่ากับส่วนกลับของความถี่ของฝน ในกรณีนี้โอกาสเกิดขึ้นในรูปของความถี่เป็นไปได้ที่จะเกิดฝนเท่ากับหรือหนักกว่าฝนที่กล่าวถึง เท่ากับ 0.2 หรือ โอกาสเกิดขึ้นเท่ากับร้อยละ 20

โดยธรรมชาติอีกเช่นกัน ที่ฝนตกห่าใหญ่มากเป็นพิเศษมักไม่เกิดขึ้นเป็นประจำทุกปี ฝนยิ่งห่าใหญ่ก็ยิ่งมีความถี่เนิ่นนานออกไป ดังนั้นฝนความถี่ 100 ปี จะมีความเข้มมากกว่าฝนความถี่ 20 ปี และฝนความถี่ 5 ปี ตามลำดับ

## 2.2.6 วิธีเรชันแนล หรือ วิธีอาร์เอ็ม (Rational method)

ในวิธีอาร์เอ็ม หรือที่นิยมเรียกกันในประเทศอังกฤษว่าวิธี ลอยด์ – เดวิส (Lloye-Davies method) กำหนดให้อัตราน้ำไหลนอง มีความสัมพันธ์โดยตรงกับความเข้มของฝนดัง สมการ (2.2)

$$Q_p = \frac{CiA}{3.6 \times 10^6} \quad (2.2)$$

- โดย  $Q_p$  คือ อัตราน้ำไหลนองสูงสุด (peak runoff) ในท่ระบายเป็น ลบ.ม. / วินาที  
 $C$  คือ สัมประสิทธิ์ของน้ำไหลนอง เป็นค่าคงที่ๆ ไม่มีหน่วย ขึ้นอยู่กับลักษณะพื้นที่ของ บริเวณนั้นๆ  
 $i$  คือ ความเข้มเฉลี่ยของฝน มม. / ชม.  
 $A$  คือ พื้นที่ ที่จะระบายน้ำออก เป็น ตร.ม.

วิธีอาร์เอ็มนี้ใช้ประมาณอัตราน้ำไหลนองให้ถูกต้องแม่นยำได้ไม่คืนัก จะใช้ได้ก็เฉพาะกับพื้นที่ระบายขนาดเล็กๆ วิธีอาร์เอ็มนี้ตั้งอยู่บนสมมุติฐานที่สำคัญ 4 ประการ คือ

### 1) ค่าสัมประสิทธิ์การไหลนองเป็นค่าคงที่

ค่า  $C$  นี้แม้จะเป็นค่าคงที่สำหรับลักษณะพื้นที่ขนาดเล็กๆ ในสภาพแวดล้อมหนึ่งๆ ก็ตาม แต่เมื่อพิจารณาพื้นที่ระบายน้ำขนาดใหญ่ขึ้นไปแล้ว ค่าสัมประสิทธิ์นี้จักแปรผันไปได้ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมของพื้นที่ๆ ใหม่ขึ้นนั้นว่ามีความสามารถในการไหลนองอย่างไร ค่าสัมประสิทธิ์การไหลนองนี้เป็นค่าคงที่ได้ก็เฉพาะสำหรับลักษณะพื้นที่หนึ่งๆ และในภาวะหนึ่งๆ เท่านั้น ในบริเวณที่มีขอบเขตจำกัดและมีข้อมูลพื้นที่ผิวรวมทั้งได้ผิวที่ผิวคี่เพียงพอเราอาจทดลองหาค่า  $C$  ของบริเวณนั้นๆ ได้โดยไม่ยากนัก แต่เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมหรือเมื่อพิจารณาพื้นที่ขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งมีพื้นที่หลายลักษณะประกอบเข้าด้วยกัน ค่า  $C$  นี้จักมีการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมหรือเมื่อพิจารณาพื้นที่ขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งมีพื้นที่หลายลักษณะประกอบเข้าด้วยกัน ค่า  $C$  นี้จักมีการแปรผันได้มาก ดังนั้นการที่จะกำหนดค่า  $C$  ให้เป็นค่าคงที่หนึ่งๆ ได้แม่นยำจึงกระทำได้ยาก แต่ในทางปฏิบัติในวิธีอาร์เอ็ม วิศวกรจำต้องกำหนดค่าคงที่  $C$  นี้ขึ้นมาสำหรับการคำนวณหาอัตราการไหลนอง ค่า  $C$  ที่กำหนดให้เป็นค่าคงที่นี้สามารถมีความคลาดเคลื่อนได้มาก ซึ่งนั่นก็หมายถึงการคำนวณขนาดท่อระบายและงบประมาณค่าลงทุนจักผิดตามไปด้วย

2) อัตราการไหลของสูงสุดที่จุดใดๆ เป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มเฉลี่ยของฝนที่ตกในช่วงเวลาที่นับว่าฝนตก ( $t_c$ ) และไหลมาถึงจุดนั้นๆ

นั่นคือ ค่า  $Q$  จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่า  $i$  นั้นเอง จากรูปที่ 2.1 เห็นได้ว่าอัตราสูงสุดของฝนห่าหนึ่งๆมีค่ามากกว่าอัตราเฉลี่ยของฝนห่านั้นๆ ได้มาก แต่ถ้ากำหนดให้อัตราน้ำไหลของสูงสุดเป็นสัดส่วนกับอัตราสูงสุดของฝนก็ยังไม่ตรงกับความเป็นจริง เพราะฝนสูงสุดเกิดขึ้นในช่วงเวลาสั้นๆ เพียงจุดหนึ่งเท่านั้น ในขณะที่น้ำไหลของเกิดขึ้นได้ในช่วงเวลาที่นานกว่าช่วงเวลาที่เกิดอัตราฝนสูงสุด ดังนั้นสมมุติฐานในข้อนี้จึงบ่งเพียงว่าอัตราน้ำไหลของสูงสุดแปรผันตามอัตราเฉลี่ยของฝนในช่วง ( $t_c$ ) นั้นๆ เท่านั้น ซึ่งแน่นอนที่สมมุติฐานนี้ย่อมมีความคลาดเคลื่อน แต่ก็ให้ผลลัพธ์ที่น่าจะยอมรับได้ในทางปฏิบัติ สำหรับโครงการพิเศษนี้ได้กำหนดให้ช่วงเวลาของการเกิดฝนเป็น 10 นาทีตามข้อกำหนดเกี่ยวกับการจัดสรรที่ดิน พ.ศ. 2535

3) เวลานับว่าฝนตก ( $t_c$ ) ให้ถือว่าเท่ากับเวลาที่น้ำไหลของก่อตัวเป็นรูปร่างและไหลจากจุดที่ไกลที่สุดของพื้นที่ระบายมายังจุดที่กำลังพิจารณาหรือออกแบบ

สมมุติฐานข้อนี้ยังเป็นที่ยกเถียงกันมาก เพราะไม่มีข้อพิสูจน์อย่างเด่นชัดว่าเป็นจริงตามนี้ และวิศวกรพึงเข้าใจว่าจุด “ไกลที่สุด” ในกรณีนี้หมายถึงทางด้านเวลาในการไหลของของน้ำบนผิวน้ำที่ระบายมาเข้าท่อ และไหลตามท่อต่อมายังจุดที่กำลังพิจารณา ไม่ใช่ระยะทาง กล่าวคือขึ้นอยู่กับความเร็วของการไหลของน้ำไหลของบนผิวดินและการไหลในเส้นท่อระบายด้วย ถ้าระยะทางสั้นแต่ไหลช้าก็อาจมีค่า  $t_c$  มากกว่า  $t_c$  ในกรณีระยะทางยาวแต่ไหลเร็วได้ นอกจากนี้การไหลของของการระบายน้ำของพื้นที่ระบายขนาดเล็กจะใช้เวลาน้อยกว่าการไหลของของพื้นที่ขนาดใหญ่ นั่นหมายความว่าในพื้นที่ระบายเล็กจกมีค่า  $t_c$  ต่ำและความเข้มเฉลี่ยของฝนมีค่า  $i$  สูงนั่นเอง (ดูรูปที่ 2.2) หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง พื้นที่ระบายยังมีขนาดใหญ่จกยังมีค่า  $i$  ลดลง ซึ่งนั่นก็ควรสอดคล้องกับ ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในธรรมชาติ เพราะฝนที่ตกลงมาแต่ละครั้งจะไม่ครอบคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่จนเกินไปนัก มักจะตกลงบนท้องที่ในอาณาเขตบริเวณที่จำกัดขอบเขตหนึ่งๆ ยกตัวอย่างเช่น ฝนที่ตกลงบนพื้นที่หนึ่งๆ เช่น เขตคูสิต หรือ บริเวณพระโขนง อาจตกไม่พร้อมกัน หรือถ้าตกพร้อมกันฝนนี้ก็มีความเข้มสูงกว่าฝนห่าเดียวกันนี้เมื่อเทียบนับเฉลี่ยเป็นฝนของทั้งกรุงเทพฯ

ในวิธีอาร์เอ็ม วิศวกรจะต้องระลึกเสมอว่าค่าความเข้มเฉลี่ยของฝนหรือค่า  $i$  ไม่มีความสัมพันธ์แบบ time sequence relation กับรูปแบบฝนที่ตกลงมาจริงๆ ในฝนห่าหนึ่งๆ กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า  $i$  กับค่า  $t_c$  ดังแสดงในรูปที่ 2.2 ที่ใช้ในการประมาณอัตราการไหลของของวิธีนี้ ไม่

ใช้ time sequence curve ของฝนนั้นด้วย กล่าวคือ เมื่อฝนห่าหนึ่งๆ ตกลงมา จักไม่มีทางทราบได้ว่าจะเกิดช่วงเวลา  $t_c$  อันก่อให้เกิดเป็นความเข้มข้นของฝนที่เวลาใดนับจากฝนเริ่มตก เพราะค่า  $i$  และรูปแบบของฝนไม่มีความสัมพันธ์แบบสืบเนื่องต่อกันและก็ไม่มีความจำเป็นใดๆ ทั้งสิ้น ที่เวลาน้ำไหลเจ็จนองเพื่อเข้าท่อรวมทั้งไหลตามท่อมายังจุดที่คำนึงต้องมีค่าเท่ากับ  $t_c$  โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าฝนห่าหนึ่งๆ ไม่อยู่กับที่และมีอัตราการเคลื่อนตัวของมวลฝนหรือเมฆผ่านบริเวณที่พื้นที่ระบายไปทางต้นน้ำหรือขวางกั้นทิศทางกรไหลนองอย่างรวดเร็ว ในกรณีนี้เวลาในอัตราน้ำไหลนองสูงสุดจะก่อตัวและไหลมาถึงจุดที่พิจารณาจักนานกว่าค่า  $t_c$  ในกรณีปกติได้มาก

หากละเลยข้อความนี้ วิศวกรจะประเมินผลกระทบของฝนที่ตกลงมาก่อนหน้าจะเกิดการไหลนองและการซึมลงดินอย่างผิดพลาด ซึ่งทำให้การใช้สูตรอาร์เอ็มไม่ตรงกับแนวความคิดดั้งเดิมอันหนึ่งสมมุติฐานข้อนี้ แม้จะมีแนวเหตุผลที่เป็นไปได้ แต่ก็ไม่มีสิ่งใดๆ มายืนยันแนวความคิดนี้ได้ว่าถูกต้อง 100 เปอร์เซ็นต์ ค่าอัตราน้ำไหลนองสูงสุดที่คำนวณได้จึงอาจผิดแผกไปจากความจริงได้

เนื่องจากพื้นที่ระบายน้ำของโครงการนี้เป็นพื้นที่ขนาดเล็กจึงใช้ค่า  $i$  คงที่ ดังนั้นเมื่อให้  $t_c$  เท่ากับ 10 นาที แล้วแทนค่า  $t_c$  ลงในสมการ  $i = 9453.61/(t+42)^{1.034}$  จะได้  $i$  เท่ากับ 158.95 มิลลิเมตร/ชั่วโมง

3) ความถี่ของอัตราน้ำไหลนองสูงสุดเท่ากับความถี่ของฝนที่ความเข้มข้นนั้นๆ สมมุติฐานข้อนี้ก็เช่นกัน แม้จะมีแนวความคิดของ “ความน่าจะเป็น” มาสนับสนุนแต่ก็ไม่สามารถยืนยันให้เป็นข้อที่แน่ชัดไว้ว่าจะเป็นเช่นนี้เสมอ

จากการวิเคราะห์สมมุติฐานเหล่านี้ เห็นได้ว่าวิธีอาร์เอ็มนี้ยังมีช่องโหว่ในแนวความคิดและเหตุผลที่จะมาสนับสนุนอยู่มาก อย่างไรก็ตามจากประสบการณ์ของวิศวกรในสหรัฐอเมริกาพบว่าวิธีนี้ให้ผลเป็นที่น่าพอใจมากสำหรับพื้นที่ระบายขนาดเล็ก และมักจะตีขอบวงจำกัดในการใช้สูตรนี้ออกเป็นแบบระบบระบายน้ำสำหรับพื้นที่โครงการไม่เกิน 13 ตร.กม. ดังนั้นวิธีอาร์เอ็มจึงมีความเหมาะสมกับโครงการนี้ เนื่องจากพื้นที่ที่ทำการศึกษามีเพียง 267500 ตารางเมตร หรือ 0.267 ตารางกิโลเมตร

### 2.2.7 พื้นที่ระบาย (Drainage area)

พื้นที่ที่จะระบายออกไม่ว่าจะเป็นพื้นที่ของทั้งโครงการ หรือพื้นที่ขนาดเล็ก (tributary) ที่จะต่อท่อระบายน้ำฝนในส่วนของตนมายังท่อระบายหลัก เป็นข้อมูลหนึ่งที่วิศวกรต้องทราบสำหรับวิธี

อาร์เอ็ม และจำเป็นต้องวัดอย่างละเอียด เพราะเป็นข้อมูลที่มีผลกระทบโดยตรงต่อการประเมินอัตราการไหลนอง

วิธีที่วิศวกรจะกำหนดขอบเขตของพื้นที่ระบายได้สะดวกที่สุดก็โดยอาศัยการสำรวจภาคสนาม หรือใช้แผนที่ๆ เหมาะสมซึ่งรวมกับภาพถ่ายทางอากาศด้วย ในการออกแบบให้แบ่งพื้นที่ออกเป็นพื้นที่ระบายขนาดเล็กหลายๆ พื้นที่ ในพื้นที่เล็กๆ เหล่านี้จะมีการระบายน้ำเป็นของตัวเองและรวมเข้ามาเป็นจุดหนึ่งๆ เพื่อต่อเข้ากับท่อระบายหลักต่อไป

อย่างน้อยที่สุด ข้อมูลในผังระบายครอบคลุมสิ่งต่อไปนี้

- 1) การใช้สอยที่ดินทั้งปัจจุบันและอนาคตด้วยจะมีกระทบต่อระดับการป้องกันผลเสียหายต่อทรัพย์สิน และระดับการซึมลงของน้ำ ถ้าพื้นที่ผิวที่น้ำซึมได้น้อยลง ขนาดท่อก็จำเป็นต้องได้รับการขยายให้เพิ่มขึ้น
- 2) ลักษณะของดินและส่วนพื้นที่ผิวที่ปกคลุมดินนั้นๆ เพราะมีผลกระทบต่อสัมประสิทธิ์การไหลนองได้โดยตรง
- 3) ระดับความลาดโดยทั่วไปของพื้นที่นั้นๆ เพราะเมื่อพิจารณาควบไปกับข้อ 1. และ 2. แล้ว มีผลกระทบต่อเวลาน้ำไหลนอง (ที่วิ่งจากบริเวณพื้นที่นั้นๆ มาถึงจุดที่พิจารณา) หรือ  $T_p$  อย่างมาก

## 2.2.8 ความถี่ของฝน

ความถี่ของฝนที่เลือกมาสำหรับการออกแบบระบบท่อระบายมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับระดับการป้องกันผลเสียหายโดยตรง และระดับการป้องกันนี้ก็ควรสัมพันธ์สืบเนื่องกับผลเสียอันพึงเกิดขึ้นถ้าระบายน้ำไม่ทันด้วย กล่าวคือ สำหรับพื้นที่ที่มีกิจกรรมสำคัญและประเมินเป็นคุณค่าได้สูง ก็ควรเลือกความถี่ของฝนน้อยๆ หรือนานๆ เกิดขึ้นได้ครั้งหนึ่ง ซึ่งแน่นอนที่ราคาค่าก่อสร้างจำต้องสูงตามไปด้วยอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

โดยหลักการแล้ว ควรทำการศึกษาด้านเศรษฐศาสตร์ถึง cost-benefit ของการระบายน้ำที่ความถี่ฝนต่างๆ เพื่อเปรียบเทียบหาข้อสรุปที่ดีที่สุด แต่โครงการนี้จะมุ่งศึกษาเฉพาะทางด้านชลศาสตร์เท่านั้น

ข้อเสนอแนะความถี่ของฝนสำหรับงานระบายต่างๆ ดังต่อไปนี้

- 1) สำหรับเขตที่พื้กอาศัย ใช้ฝนความถี่ 2 ถึง 15 ปี นิยมใช้ 5 ปีเป็นส่วนใหญ่ ในประเทศไทย
- 2) สำหรับเขตพาณิชย์ หรือ เขตที่ประเมินราคาแพงและมีผลเสียหายมาก ถ้าเกิดภาวะน้ำท่วม น้ำนองขึ้น ให้ได้ 10 ถึง 50 ปี ขึ้นกับความสำคัญของเขตนั้นๆ
- 3) สำหรับการป้องกันน้ำท่วม ให้ใช้ 50 ปี ขึ้นกับความสำคัญของเขตนั้นๆ

นอกจากนี้ในการเลือกความถี่ฝน ยังต้องคำนึงถึงสิ่งต่างๆ อีกดังต่อไปนี้

- 1) สำหรับบริเวณที่จะมาทำการปรับปรุงระบบระบายภายหลังไม่ได้ หรือไม่คุ้มทุนที่จะทำ ให้ใช้ฝนความถี่น้อย (นานๆ เกิดครั้ง) และความเข้มสูง
- 2) ฝนสำหรับระบบระบายแบบรวม ให้ใช้ฝนความถี่น้อยและเข้มกว่าสำหรับระบบระบายแบบแยก เพราะถ้าเกิดระบายไม่ทันและเกิดการท่วมขึ้น จะเกิดผลเสียหายมากในระบบแบบรวม น้ำอาจไหลเข้าอาคารหรือห้องใต้ดิน (ถ้ามี) และเกิดผลเสียทางด้านสาธารณสุขได้
- 3) สำหรับอาคารพิเศษบางประเภท เช่น ระบบสูบน้ำสำหรับทางด่วน ทางรถไฟ ฯลฯ อันเมื่อระบายน้ำออกไม่ทันแล้วจะมีผลกระทบมาก ก็ควรใช้ฝนความถี่น้อยและความเข้มสูงเช่นกัน ในกรณีเช่นนี้ วิศวกรอาจเลือกใช้ความถี่ฝน 50 ปี สำหรับอาคารดังกล่าว แม้บริเวณโครงการนั้นอาจอยู่ในลักษณะที่ควรใช้กับฝนความถี่เพียง 5 ปีก็ได้
- 4) ในกรณีที่งบประมาณจำกัด ก็ให้เป็นหน้าที่วิศวกรวินิจฉัยความเหมาะสมของการใช้ฝนความถี่นานและความเข้มต่ำ โดยเปรียบเทียบกับผลเสียที่จะเกิดขึ้นเมื่อระบายน้ำออกไม่ทัน

จากข้อเสนอแนะดังกล่าว จึงเห็นสมควรว่าความถี่ฝน 10 ปีเป็นค่าที่เหมาะสมสำหรับการออกแบบที่ใช้ในโครงการนี้ เนื่องจากพื้นที่ที่ทำการศึกษาเป็นพื้นที่ขนาดเล็กและเป็นพื้นที่สาธารณะควรจะมีโอกาสเกิดน้ำท่วมน้อย

## 2.2.9 เวล่าน้ำไหลนอง

เวล่าน้ำไหลนองจากบริเวณฝนตกจุด centroid ของพื้นที่รับน้ำมาเข้าท่อและวิ่งในท่อมายังจุดที่พิจารณา เวลาที่วิ่งในเส้นท่ออาจคำนวณหาได้โดยสูตรทางชลศาสตร์ ส่วนเวลาไหลนองบนพื้นดินจนกว่าจะมายังจุดเข้าท่อ (inlet) นั้น คำนวณหาได้ยากเพราะขึ้นอยู่กับปัจจัยดังต่อไปนี้ได้แก่

- 1) ความลาดของพื้นที่ผิว
- 2) ลักษณะปกคลุมของพื้นที่ผิวนั้นๆ (เป็นหญ้า ต้นไม้ ดินธรรมชาติ คอนกรีต ลูกกรัง ฯลฯ)
- 3) ระยะทางที่น้ำวิ่งก่อนเข้าถึงจุดเข้าท่อ
- 4) ระยะห่างระหว่างจุดให้น้ำเข้าท่อ
- 5) ปัจจัยอื่นๆ อีกที่อาจได้รับผลกระทบจากความชื้นและความนานของฝนที่ตกลงมาก่อนหน้านี้ เช่น ความอึมน้ำของใต้ผิวดิน การซึมลงดิน การอุ้มน้ำของดิน เป็นต้น แต่โดยปกติถ้าฝนมีความเข้มสูงมักมีเวลาวิ่งเข้าท่อสั้น เวลาน้ำไหลนองจะสั้นที่สุดสำหรับพื้นที่ระบายขนาดเล็ก มีแนวระบายกว้าง ชื้น และมีพื้นที่ผิวที่ราบเรียบ และจะเนิ่นนานออกไปถ้าพื้นที่ผิวมีดินแข็ง พื้นผิวไม่สม่ำเสมอ มีพืชหญ้าปกคลุมมาก และมีการกักน้ำตามแอ่งหรือบริเวณที่ลุ่มต่างๆ

ได้มีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง  $t_c$  ของน้ำไหลนองบนผิวดินเทียบกับความยาว ความลาดและความขรุขระของพื้นที่ผิวดินนั้น พบว่ามีความสัมพันธ์<sup>1</sup> ดังนี้

$$T_p = \frac{6.917nL_c^{0.6}}{i^{0.4}s^{0.3}} \quad (2.3)$$

โดย  $T_p$  = เวลาน้ำไหลเข้าท่อ (inlet time) และเป็นเวลาที่ทำให้เกิดอัตราการไหลนองสูงสุดในแต่ละพื้นที่, นาที

$L_c$  = ระยะทางจากจุดCentroid ของพื้นที่ระบายนั้นๆมายังท่อระบาย, เมตร

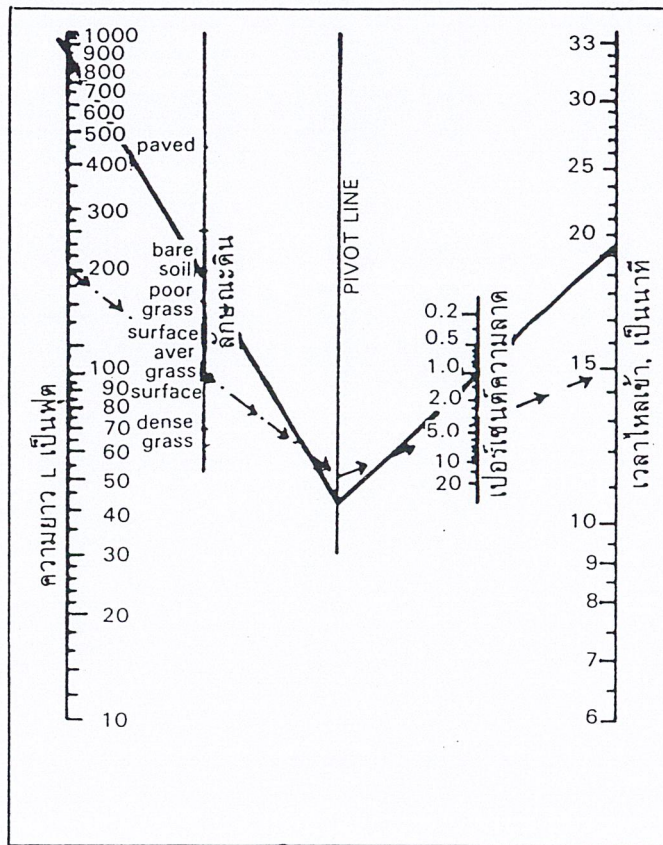
$n$  = สัมประสิทธิ์ของความต้านการไหลซึ่งคล้ายกับสัมประสิทธิ์ของความฝืด (ดูตารางที่ 2.1)

$s$  = ความลาดของผิวดินสำหรับ โครงการงานพิเศษนี้จะใช้ค่าเท่ากับ 0.0015

<sup>1</sup> Richard J. Wasley, Department of Civil Engineering, Stanford University, Stanford, California, 1960.

ตารางที่ 2.1 ค่าของ n สำหรับการหาเวลาไหลเข้าท่อ (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2539)

ชนิดพื้นที่ผิว	n
Impervious surface	0.02
Bare packed soil, smooth	0.10
Bare surfaces, moderately rough	0.20
Poor grass and cultivated row crops	0.20
Pasture or average grass	0.40
Timberland deciduous trees	0.60
Timberland, deciduous trees, deep litter	0.80
Timberland, conifers	0.80
Dense grass	0.80



รูปที่ 2.5 โนมोगรฟสำหรับการหาเวลาไหลนองบนพื้นผิวก่อนเข้าท่อ

รูปที่ 2.5 เป็นอีกวิธีหนึ่งที่วิศวกรอาจหาเวลาไหลนองบนพื้นผิวก่อนเข้าท่อได้อย่างง่ายๆ โดยการลากเส้นจากจุดแสดงความยาวของระยะทางที่น้ำไหลจากจุดไกลสุดมายังจุดน้ำเข้าท่อ ผ่านจุดแสดง

ลักษณะพื้นที่ผิวตามที่เป็จริง ไปยัง pivot line และจากจุดนี้ลากเส้นผ่านจุดแสดงความลาดของพื้นที่ นั้น ไปตัดเส้นทางขวางก็จะได้เวลาน้ำไหลลงเข้าท่อตามต้องการ

## 2.2.10 สัมประสิทธิ์การไหลลง

ค่าสัมประสิทธิ์ของการไหลลงหรือค่า C เป็นตัวแปรที่ถูกกำหนดให้เป็นค่าคงที่ สำหรับภาวะการณ์หนึ่งๆ เป็นค่าในวิธีอาร์เอ็มที่หาหรือสมมุติให้แม่นยำและถูกต้องกับความเป็นจริงได้ ยากที่สุด ค่านี้ถูกจับให้เป็นสัดส่วนตายตัวสำหรับพื้นที่ระบายหนึ่งๆ ทั้งที่ในทางที่เกิดขึ้นจริงแล้ว ค่านี้ แปรผันกับสภาพท้องถิ่นตามฤดูกาล ภูมิประเทศ ภูมิอากาศ อัตราการซึมลงดิน ความลาดของพื้นดิน ส่วนปกคลุมพื้นผิว ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน ความชื้นในดิน และรูปร่างของพื้นที่ระบาย รวมทั้งความเร็วของการไหลลง ฯลฯ อย่างมาก

ส่วนของน้ำฝนที่หายไปก่อนจะระบายลงสู่ทางเข้าของระบบระบาย อาจสรุปได้ดังนี้

- 1) การถูกกักโดยพืชผิวดิน ส่วนนี้ไม่มีความสำคัญมากนักในกรณีปกติสำหรับระบบระบายของ เมือง ใหญ่ ค่านี้อาจจะแปรผันอยู่ในช่วง 0.03 ถึง 0.13 ซม. สำหรับบริเวณที่เป็นป่าหรือมีต้นไม้ อยู่หนาแน่น
- 2) การซึมลงดิน ความสามารถของดินในการดูดซึมน้ำและไหลลงสู่ชั้นใต้ดินขึ้นอยู่กับเหตุการณ์ ก่อนและระหว่างฝนตก เช่น ความอัดแน่นของดิน การอุดตันโดยอนุภาคสารขนาดเล็ก และการ อัดหรือบวมตัวของดินเหนียว อัตราการซึมลงดินภายหลังฝนตกติดต่อกันนานได้ 1 ชม.
- 3) การระเหยจากดินและจากพืช ส่วนนี้มีผลกระทบไม่มากสำหรับฝนตกช่วงสั้นๆ อันมักประสบ กันในการออกแบบระบบระบายน้ำสำหรับเมืองใหญ่ในการใช้ค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์การไหล ลงสำหรับพื้นที่ผิวประเภทต่างๆ วิศวกรมักกำหนดให้เป็นค่าคงที่เฉลี่ยตลอดในช่วงเวลาที่ฝน ตก สำหรับพื้นที่ผิวทั้งโครงการที่พิจารณาอยู่ค่าคงที่เหล่านี้อาจแบ่งออกตามลักษณะการใช้สอย ที่ดินหรือลักษณะเดิม ดังแสดงในตารางที่ 2.2 และ 2.3 ตามลำดับ ค่าสัมประสิทธิ์ในตารางดัง กล่าวนี้ใช้ได้เฉพาะกับฝนความถี่ 5-10 ปีเท่านั้น ถ้าฝนความถี่ต่ำและมีความเข้มสูงกว่านี้ก็ต้อง ใช้ค่าสัมประสิทธิ์ให้สูงกว่านี้ตามไปด้วย ทั้งนี้เพราะอัตราการซึมลงดินและการสูญเสียน้ำใน ลักษณะอื่นๆ ของฝนความเข้มสูงจะมีผลกระทบต่อการไหลลงน้อยกว่า

ตารางที่ 2.2 สัมประสิทธิ์ของการไหลนองของพื้นที่ใช้สอยลักษณะต่างๆ (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2539)

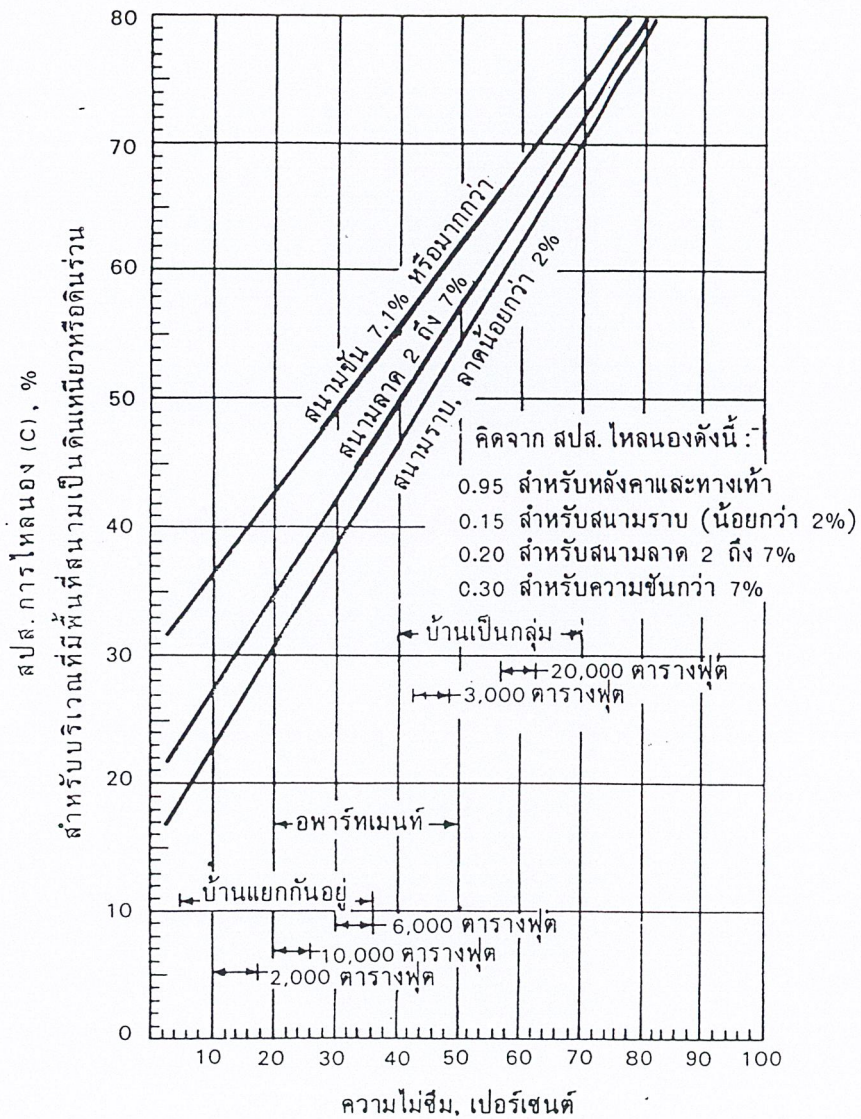
ลักษณะการใช้สอยพื้นที่	สปส.การไหลนอง
เขตธุรกิจ	
หนาแน่น	0.70-0.95
รอบๆ บริเวณเขตธุรกิจ	0.50-0.70
เขตที่พักอาศัย	
ครอบครัวเดี่ยว	0.30-0.50
หลายครอบครัว , แยกกัน	0.40-0.60
หลายครอบครัว , ติดกัน	0.60-0.75
เขตที่พักอาศัย (ชานเมือง)	0.25-0.40
เขตอพาร์ทเมนต์	0.50-0.70
เขตอุตสาหกรรม	
เบา	0.50-0.80
หนัก	0.60-0.90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

ตารางที่ 2.3 สัมประสิทธิ์การไหลนองของพื้นที่ผิวแบบต่างๆ (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2539)

ลักษณะพื้นที่ผิว	สปส.การไหลนอง
<b>ส่วนปูพื้น</b>	
ยางมะตอยหรือคอนกรีต	0.70-0.95
อิฐ หรือ อิฐตัวหนอน	0.70-0.85
หลังคา	0.75-0.95
<b>สนาม, ดินทราย</b>	
เรียบ – ลาด 2%	0.05-0.10
ลาด 2-7%	0.10-0.15
ชัน , ลาด 7% ขึ้นไป	0.15-0.20
<b>สนาม, ดินแน่น</b>	
เรียบ – ลาด 2%	0.13-0.17
ลาด 2-7 %	0.18-0.22
ชัน , ลาด 7% ขึ้นไป	0.25-0.35

สัมประสิทธิ์ของการไหลนองขึ้นอยู่กับความลาดของพื้นที่ผิวด้วย รูปที่ 2.6 แสดงการหาสัมประสิทธิ์ดังกล่าวสำหรับพื้นที่ลักษณะต่างๆ ที่มีความลาดต่างกัน บ้านที่อยู่กันอย่างกระจายหรือแยกกันอยู่ ( detached house ) เช่น หมู่บ้านจัดสรร มีสัดส่วนของบริเวณที่น้ำซึมไม่ได้ (percent impervious) ต่ำกว่าบ้านที่อยู่กันเป็นกลุ่ม (group houses)

นอกจากนี้สัมประสิทธิ์การไหลนองขึ้นอยู่กับความอึมน้ำของดิน เมื่อฝนเริ่มตกครั้งแรกดินยังแห้ง อัตราการซึมค่อนข้างสูง (หรือค่า C ต่ำ) แต่เมื่อฝนตกไปได้ระยะเวลาหนึ่งๆ ค่าสัมประสิทธิ์การไหลนองจะสูงขึ้นตามลำดับ ผลกระทบในลักษณะเช่นนี้จะเกิดขึ้นกับฝนที่เกิดขึ้นภายหลังจากฝนท่าแรกที่กำลังถึงด้วยเช่นกัน

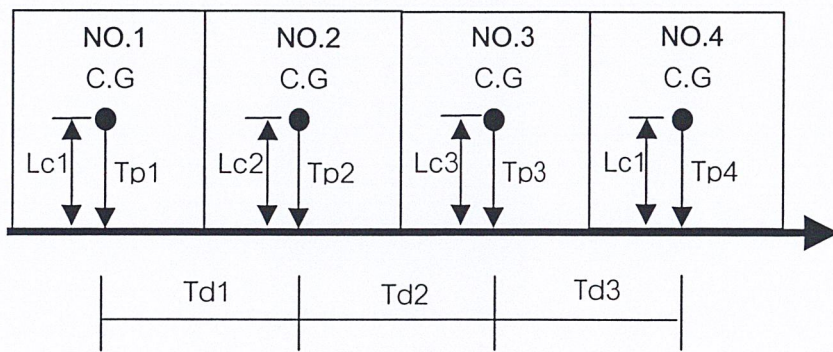


รูปที่ 2.6 สัมประสิทธิ์การไหลนองของพื้นที่ลักษณะต่างๆ  
ที่มีความลาดต่างกัน (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2539)

## 2.3 การวิเคราะห์ห้อกแบบ

### 2.3.1 การหาค่าอัตราน้ำไหลนองสูงสุดสำหรับการออกแบบ ( $Q_d$ )

ค่าอัตราน้ำไหลนองสูงสุด ( $Q_p$ ) ที่หาได้จากสมการ  $Q_p = \frac{CiA}{3.6 \times 10^6}$  นั้น เป็นเพียงค่าอัตราน้ำไหลนองสูงสุดสำหรับพื้นที่รับน้ำย่อยหนึ่งๆ เท่านั้น สำหรับน้ำฝนไหลนองสูงสุดสำหรับการออกแบบ ( $Q_d$ ) อันเนื่องจากการรวมกันของลูกน้ำฝนหลายๆ ลูก จะต้องถูกพิจารณาหาอีกครั้ง



รูปที่ 2.7 พื้นที่รับน้ำย่อยและแนวท่อ

จากรูปที่ 2.7 สัญลักษณ์ No. 1 , No. 2 , No. 3, No. 4 คือ พื้นที่รับน้ำย่อย  $T_{p1}$ ,  $T_{p2}$ ,  $T_{p3}$ ,  $T_{p4}$  คือเวลา น้ำไหลนอง (ที่คำนวณได้จากหัวข้อ) สำหรับพื้นที่แต่ละพื้นที่  $T_{d1}$ ,  $T_{d2}$ ,  $T_{d3}$ ,  $T_{d4}$  คือ เวลาที่น้ำไหลในเส้นท่อแต่ละช่วง

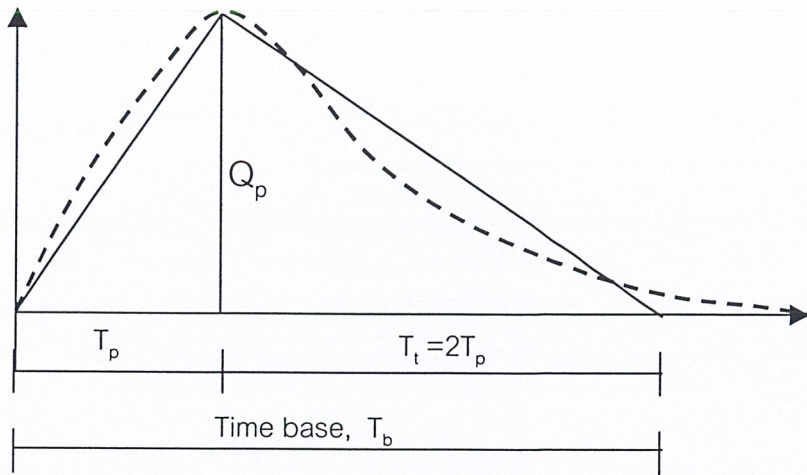
$$\text{ค่า } T_d \text{ จะคำนวณได้จาก } T_d = \frac{L_d}{v_d} \quad (2.4)$$

โดย  $L_d$  คือ ระยะของท่อ โดยคิดจากกึ่งกลางท่อหนึ่งไปยังกึ่งกลางของอีกช่วงหนึ่ง (m.)  
 $v_d$  คือ ความเร็วในเส้นท่อ (m/sec)

เมื่อคำนวณหาค่า  $Q$ ,  $T_p$  และ  $T_d$  ได้แล้ว จะต้องนำมาพิจารณา การรวมกันของลูกน้ำฝน โดยการวิเคราะห์จากกราฟน้ำท่า เพื่อหาปริมาณน้ำฝนที่ใช้ในการออกแบบ ( $Q_d$ )

สำหรับการวิเคราะห์กราฟน้ำท่า ทำได้ดังนี้

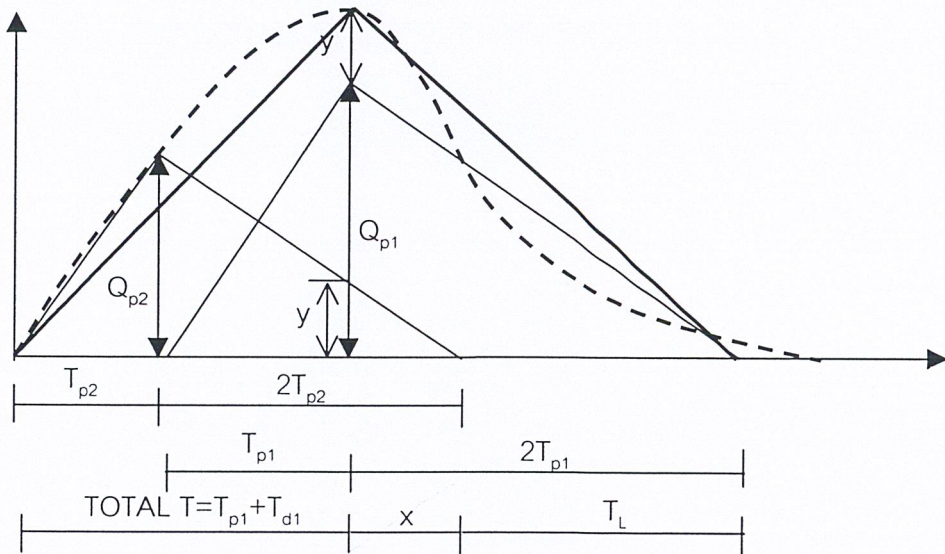
1. ทำการจำลอง กราฟน้ำท่าของฝนแต่ละลูก ให้มีลักษณะเป็นสามเหลี่ยม ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 การจำลองกราฟน้ำท่าให้เป็นกราฟรูปสามเหลี่ยม

2. นำกราฟน้ำท่า แต่ละลูกที่จำลองเป็นรูปสามเหลี่ยมแล้วมาทำการเปรียบเทียบเวลากัน แบ่งได้เป็น 2 กรณี

กรณีที่ 1 กรณีกราฟน้ำท่าลูกใหญ่ เคลื่อนที่ตามหลังกราฟน้ำท่าลูกเล็ก



รูปที่ 2.9 การหาค่าอัตราน้ำไหลนองสูงสุดสำหรับการออกแบบ ( $Q_d$ ) กรณีกราฟน้ำท่าลูกใหญ่ เคลื่อนที่ตามหลังกราฟน้ำท่าลูกเล็ก

จากรูปให้ถือว่าคุณสมบัติของกราฟน้ำท่าของลูกรวมเป็นไปตามลักษณะของกราฟเส้นหนาและอัตราการไหลนอง ( $Q_{peak}$ ) ของลูกฝนรวมจะเท่ากับอัตราการไหลนองของฝนลูกใหญ่ (กรณีคือ  $Q_{p1}$ ) รวมกับส่วนหางของฝนลูกเล็กที่มาพาดทับ เส้น  $Q_{p1}$  หรืออธิบายได้ดังสมการด้านล่าง

$$Q_d = Q_{p1} + y \quad (2.5)$$

- เมื่อ  $Q_d$  คือ อัตราน้ำฝนไหลนองสำหรับการออกแบบ ( $m^3 / วินาที$ )  
 $Q_{p1}$  คือ อัตราน้ำฝนไหลนองของลูกน้ำฝนที่ใหญ่กว่า ( $m^3 / วินาที$ )  
 $y$  คือ ส่วนหางของฝนลูกเล็กที่มาพาดทับ  $Q_{p1}$

ค่า  $y$  สามารถหาได้ตาม ขั้นตอนต่อไปนี้

- 1) หาค่า  $T_L$  จากรูปที่ 2.9 จะได้

$$T_L = (T_{p1} + T_{d1}) + 2 T_{p1} - 3 T_{p2}$$

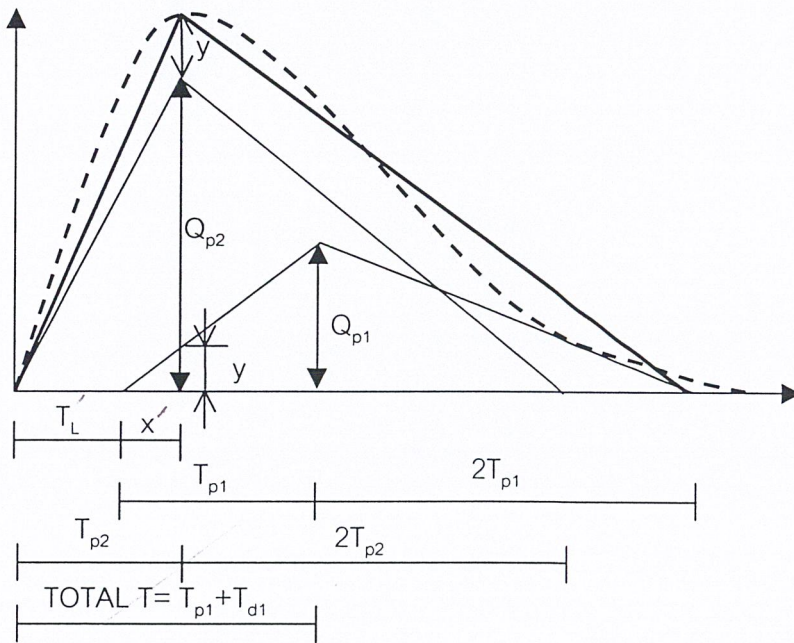
- 2) หาค่า  $X$  จาก

$$X = 2 T_{p1} - T_L$$

- 3) หาค่า  $y$  จาก

$$y = X \left( \frac{Q_{p2}}{2 T_{p2}} \right)$$

กรณีที่ 2 กรณีกราฟน้ำท่าลูกใหญ่ เคลื่อนที่นำหน้ากราฟน้ำท่าลูกเล็ก



รูปที่ 2.10 การหาค่าอัตราน้ำไหลนองสูงสุดสำหรับการออกแบบ ( $Q_d$ )  
 กรณีกราฟน้ำท่าลูกใหญ่ เคลื่อนที่นำหน้ากราฟน้ำท่าลูกเล็ก

จากรูปที่ 2.10 ให้ถือว่าคุณสมบัติของกราฟน้ำท่าของลูกรวมเป็นไปตามลักษณะของกราฟเส้นหนาและอัตราน้ำฝนไหลนองของลูกฝนรวมจะเท่ากับ อัตราน้ำฝนไหลนองของฝนลูกใหญ่ (กรณีนี้คือ  $Q_{p2}$ ) รวมกับส่วนหัวของฝนลูกเล็กที่มาพาดทับสั้น  $Q_{p2}$  หรือ อธิบายได้ดังสมการด้านล่าง

$$Q_d = Q_{p2} + y \quad (2.6)$$

โดย  $Q_d$  คือ อัตราน้ำฝนไหลนองสำหรับการออกแบบ ( $m^3 / วินาที$ )  
 $Q_{p2}$  คือ อัตราการไหลนองของน้ำฝนลูกที่ใหญ่กว่า ( $m^3 / วินาที$ )  
 $y$  คือ ส่วนหัวของน้ำฝนลูกเล็กที่มาพาดทับ  $Q_{p2}$  ( $m^3 / วินาที$ )

ค่า  $y$  สามารถหาได้ดังขั้นตอนต่อไปนี้

1) หาค่า  $T'_L$  จากรูปที่ 2.10 จะได้

$$T'_L = (T_{p1} + T_{d1}) - T_{p1}$$

หรือ  $T'_L = T_{d1}$

2) หาค่า  $X'$  จาก

$$X' = T_{p2} - T'_L$$

3) หาค่า  $y$  จาก

$$y = X \left( \frac{Q_{p1}}{T_{p1}} \right)$$

จากการวิเคราะห์ห้ออกแบบที่กล่าวมาทั้งหมดข้างต้น เป็นการวิเคราะห์กราฟน้ำท่ารวมระหว่างกราฟน้ำท่าที่เกิดจากพื้นที่ NO.1 และ NO.2 สำหรับการวิเคราะห์เมื่อมีการรวมกันของน้ำท่าลูกอื่น ๆ ก็ยังสามารถทำได้ในทำนองเดียวกัน

### 2.3.2 ความจุของระบบระบายน้ำ

ในการออกแบบระบบระบายน้ำขั้นต้นสุดท้ายคือต้องหาขนาดท่อให้มีความพอเพียงที่จะรับอัตราน้ำฝนไหลนองสูงสุดได้รวมทั้งความเร็วของน้ำในเส้นท่อ ต้องไม่ต่ำกว่า 0.9 เมตร / วินาที เพื่อป้องกันการตกตะกอน

การคำนวณในการศึกษานี้กำหนดให้การไหลของน้ำในทางระบายน้ำเป็นการไหลแบบ  
 ทางน้ำเปิด (Open Channel Flow) โดยให้น้ำสูง 0.8 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางท่อ ซึ่งสามารถคำนวณได้  
 จากสมการของแมนนิง (Manning Formula) ดังนี้

$$Q = Av \tag{2.7}$$

$$v = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \tag{2.8}$$

- โดยที่
- Q = ความจุของท่อระบายน้ำ (ลูกบาศก์เมตร / วินาที)
  - A = พื้นที่หน้าตัดของการไหล (ตารางเมตร)
  - v = ความเร็วในการไหลของน้ำ (เมตร / วินาที)
  - n = สัมประสิทธิ์ความขรุขระ (Roughness coefficient)  
 ดังแสดงในตารางที่ 2.4
  - P = ความยาวของเส้นขอบเปียก (เมตร)
  - R = รัศมีชลศาสตร์ (เมตร)
  - S = ความลาดเทของแนวท่อระบายน้ำ

การหาค่า A, R เมื่อน้ำไหลในท่อกลมโดยระดับน้ำสูง 0.8 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางท่อ

ตารางที่ 2.4 ค่า n ที่ใช้ในสมการแมนนิง (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2539)

Surface	Best	Good	Fair	Bad
Uncoated cast-iron pipe	0.012	0.013	0.014	0.015
Coated cast-iron pipe	0.011	0.012	0.013	
Commercial wrought-iron pipe. Black	0.012	0.013	0.014	0.015
Commercial wrought-iron pipe. Galvanized	0.013	0.014	0.015	0.017
Smooth brass and glass pipe	0.009	0.010	0.011	0.013
Smooth lockbar and welded "OD" pipe	0.010	0.011	0.013	
Riveted and spiral steel pipe	0.013	0.015	0.017	
Vitrified sewer pipe	{ 0.010 0.011	0.013	0.015	0.017
Common clay drainage tile	0.011	0.012	0.014	0.017
Glazed brick work	0.011	0.012	0.013	0.015
Brick in cement mortar: brick sewers	0.012	0.013	0.015	0.017
Neat cement surfaces	0.010	0.011	0.012	0.013
Concrete pipe	0.011	0.012	0.013	0.015
Wood stave pipe	0.012	0.013	0.015	0.016
Plank flumes	0.010	0.011	0.012	0.013
Planed	0.010	0.012	0.013	0.014
Unplaned	0.011	0.013	0.014	0.015
With battens	0.012	0.015	0.016	
Concrete-lined channels	0.012	0.014	0.016	0.018
Cement-rubble surface	0.017	0.020	0.025	0.030
Dry-rubble surface	0.025	0.030	0.033	0.035
Dressed-ashlar surface	0.013	0.014	0.015	0.017
Semicircular metal flumes. Smooth	0.011	0.012	0.013	0.015
Semicircular metal flumes .corrugated	0.0225	0.025	0.0275	0.030
Canals and ditches				
Earth. straight and uniform	0.017	0.020	0.0225	0.025
Rock cuts. Jagged and irregular	0.025	0.030	0.033	0.035
Winding sluggish canals	0.035	0.040	0.045	
Dredged-earth channels	0.0225	0.025	0.0275	0.030
Canals with rough stony beds. weeds on				
Earth banks	0.025	0.030	0.035	0.040

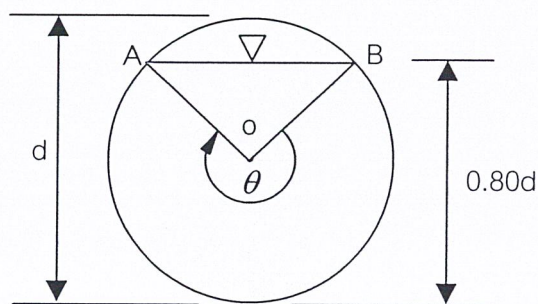
ตารางที่ 2.4 (ต่อ) ค่า  $n$  ที่ใช้ในสมการแมนนิง (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2539)

Surface	Best	Good	Fair	Bad
Natural-stream channels				
1. Clean. Straight bank. full stage. no rifts or deep pools	0.025	0.0275	0.030	0.033
2. Same as (1).but some weeds and stones	0.030	0.033	0.035	0.040
3. Winding. Some pools and shoals. clean	0.033	0.035	0.040	0.45
4. Same as (3).lower stages. more ineffective slope and sections	0.040	0.045	0.050	0.055
5. Same as (3). Some weeds and stones	0.035	0.040	0.45	0.050
6. Same as (4). Stony sections	0.045	0.050	0.055	0.060
7. Sluggish river reaches. Rather weedy or with very deep pools	0.050	0.060	0.070	0.080

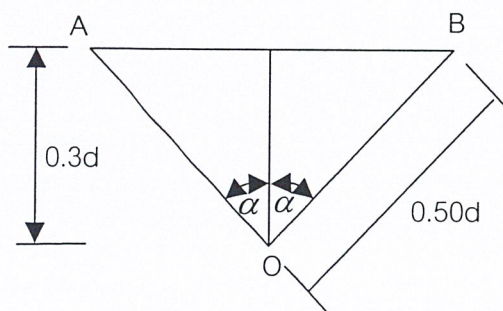
$$A = \frac{1}{8}(\theta - \sin \theta)d^2 \quad (2.9)$$

$$R = \frac{1}{4}\left(1 - \frac{\sin \theta}{\theta}\right)d \quad (2.10)$$

โดย  $\theta$  ดังแสดงในรูปที่ 2.11 มีหน่วยเป็นเรเดียน



(ก)



(ข)

รูปที่ 2.11 ความสัมพันธ์ของค่ามุมในท่อกลม เมื่อของไหลสูง 0.8 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางท่อ

จากรูปที่ 2.11 ข) จะได้  $d = \cos^{-1}\left(\frac{0.3d}{0.5d}\right) = 0.927$  เรเดียน

$$\theta = 2\pi - 2\alpha \quad (2.11)$$

แทนค่า  $\alpha = 0.927$  ได้  $\theta = 2\pi - 2(0.927)$   
 $= 4.429$  เรเดียน

จากสมการ (2.9) A

$$= \frac{1}{8}(\theta - \sin \theta)d^2$$
$$= \frac{1}{8}(4.429 - \sin 4.429)d^2$$

$$A = 0.674d^2 \quad (2.12)$$

จากสมการ (2.10) R

$$= \frac{1}{4}\left(1 - \frac{\sin \theta}{\theta}\right)d$$
$$= \frac{1}{4}\left(1 - \frac{\sin 4.429}{4.429}\right)d$$

$$R = 0.304d \quad (2.13)$$

จากสมการที่ (2.7) และ (2.8) ได้

$$Q = \frac{1}{n}AR^{\frac{2}{3}}S^{\frac{1}{2}} \quad (2.14)$$

แทนค่าสมการที่ (2.12) และ (2.13) ลงในสมการที่ (2.14) ได้

$$Q = \frac{1}{n}(0.674d^2)(0.304d)^{\frac{2}{3}}S^{\frac{1}{2}}$$

$$d = \left( \frac{3.282nQ}{S^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

$$d = 1.561 \left( \frac{nQ}{S^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{8}} \quad (2.15)$$

ใช้สมการที่ (2.15) ในการหาค่าเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ จากนั้นให้เลือกใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ ( $d_{select}$ ) ซึ่งไม่ควรจะเล็กกว่า 0.40 ม. เพื่อไม่ให้มีเศษขยะเข้าไปขัดขวางการไหลของน้ำในท่อ นอกจากนี้จะต้องทำการตรวจสอบความเร็วของน้ำในท่อ

จากสมการที่ (2.8)  $v = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$

แทนสมการที่ (2.13) ลงในสมการที่ (2.8)

ได้  $v = \frac{1}{n} (0.304d_{select})^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$

$$v = \frac{0.452}{n} d^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad (2.16)$$

## บทที่ 3

### การรวบรวมข้อมูล

การศึกษาเกี่ยวกับระบบระบายน้ำนั้นข้อมูลที่สำคัญ ก็คือ ข้อมูลปริมาณน้ำฝน, ข้อมูลลักษณะของภูมิประเทศที่ทำการศึกษาและข้อมูลการสำรวจระบบระบายน้ำปัจจุบันที่มีอยู่ ซึ่งจะกล่าวต่อไปดังนี้

#### 3.1 ข้อมูลของปริมาณน้ำฝน

ในการทำการศึกษานี้ได้ใช้ข้อมูลน้ำฝนที่ผ่านการวิเคราะห์และจัดทำไว้แล้ว ซึ่งได้ทำการศึกษากับสถานีวัดน้ำฝนกรมอุตุนิยมวิทยา และความสัมพันธ์ที่นำมาใช้ประกอบในการศึกษานี้ ก็คือ ความสัมพันธ์ที่จัดทำไว้โดยบริษัทที่ปรึกษา ทีม คอนซัลติ้ง เอนจิเนียร์ จำกัด และกรมอุตุนิยมวิทยา (ทางผู้ศึกษาได้ข้อมูลนี้มาจาก ฝ่ายออกแบบบริษัท ทีมคอนซัลติ้ง เอนจิเนียร์ จำกัด )

#### 3.2 ข้อมูลระบบระบายน้ำปัจจุบัน

ระบบระบายน้ำปัจจุบันในพื้นที่ที่ทำการศึกษานั้น ได้ใช้ระบบที่ร่วมกับคลองรับน้ำภายในโดยลักษณะของการระบายน้ำออก มี 2 ลักษณะ คือระบายด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก และการระบายด้วยเครื่องสูบน้ำ ทางผู้ศึกษาได้สำรวจสภาพโดยทั่วไป หาการะดับกันท่อ และขนาดท่อต่างๆไว้ โดยได้แบ่งหมายเลขต่างๆ ตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 3.1 ส่วนค่าระดับกับขนาดท่อที่ได้จากการสำรวจนั้นได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.1 และ สรุปรวมไว้ในตารางที่ 3.2

##### 3.2.1ระบบท่อระบายน้ำ

ระบบท่อระบายน้ำ ภายในพื้นที่ที่ทำการศึกษานี้ ส่วนใหญ่เป็นท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 0.2-0.8 และเชื่อมต่อกับสระ หรือคลองที่อยู่ภายใน จากนั้นจึงระบายออกสู่คลองหกสอกซึ่งเป็นคลองที่ทำหน้าที่รับน้ำเกือบทั้งหมดของพื้นที่ที่ทำการศึกษา คลองหกสอกเป็นคลองที่อยู่ทางด้านเหนือของพื้นที่ที่ทำการศึกษา แนวคลองขนานไปกับถนนมอเตอร์เวย์ น้ำจากพื้นที่ที่ทำการศึกษานี้เดิมจะไหลลงสู่คลองนี้ทั้งหมด แต่แนวท่อใหม่บางส่วนได้ออกแบบให้น้ำไหลออกแนวท่อสาธารณะด้านถนนคลองกรุงรัตน โกสินทร์

### 3.2.2 ทิศทางไหลของน้ำ

ทิศทางในการไหลของน้ำได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.1 ถึงแม้ว่าข้อมูลจากการสำรวจจะแสดงให้เห็นว่าแนวท่อที่ 27 และแนวท่อที่ 28 (แนวท่อริมถนนข้างทางรถไฟ) มีค่าความชันในบางช่วงที่ติดลบ ซึ่งจะส่งผลให้ให้การไหลของน้ำช้ากว่าเดิม รวมทั้งเกิดตะกอนตกค้างในท่อ ซึ่งทิศทางการไหลของน้ำสามารถสรุปได้ดังนี้

- 1) บริเวณ ZONE A หรือบริเวณหอพักนักศึกษา น้ำจะถูกระบายออกที่ คลองเล็กๆที่อยู่ทางด้านทิศตะวันตกของหอพัก
- 2) บริเวณ ZONE B หรือบริเวณของที่ว่างซึ่งอยู่ระหว่างหอพักของทางสถาบันกับอาคารปฏิบัติการรวมวิศวกรรมศาสตร์หลังที่ 2 แนวท่อที่ 15 และ 18 เป็นแนวท่อใหม่ ซึ่งน้ำจากแนวท่อนี้จะถูกระบายออกตรงคลองที่อยู่ด้านหลัง
- 3) บริเวณ ZONE C หรือบริเวณของอาคารปฏิบัติการรวมวิศวกรรมศาสตร์หลังที่ 2 น้ำจะไหลรวมกันลงสู่แนวท่อที่ 18 ซึ่งแนวท่อที่ 18 นี้จะนำน้ำไปปล่อยทิ้งที่คลองที่อยู่ทางด้านหลังของหอพักสถาบันฯ
- 4) บริเวณ ZONE D หรือบริเวณตึกไฟฟ้ากำลังและตึกอธิการ แนวท่อที่ 21 เป็นแนวท่อใหม่ซึ่งนำจากแนวท่อ 21 นี้จะต่อเข้ากับแนวท่อที่ 27 ซึ่งจะนำน้ำออกสู่แนวท่อสาธารณะที่ติดกับถนนคลองกรุง ฯ
- 5) บริเวณ ZONE E หรือบริเวณตึกนราธิวาสฯ แนวท่อที่ 30 จะเป็นแนวท่อหลักในการนำน้ำไปปล่อยออกที่คลองหกสอก
- 6) บริเวณ ZONE F หรือบริเวณตึกพระเทพ ฯ การระบายน้ำจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรก คือแนวท่อ 39 น้ำจะไหลออกทางบึงที่อยู่ทางด้านหลังของอาคาร และส่วนที่สอง คือแนวท่อที่เหลือน้ำจะไหลออกมารวมกันที่สระน้ำ ทางด้านหน้าอาคารจากนั้นจึงระบายออกทาง spill way ดังรูปที่ 3.2
- 7) บริเวณ ZONE H หรือบริเวณอาคาร PTEC การระบายน้ำจะแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน ส่วนแรกจะไหลออกทางคลองหกสอก ซึ่งอยู่ทางด้านหลังอาคาร ส่วนที่สองน้ำจะไหลออกสู่บึงที่อยู่ทางด้านทิศตะวันออกของตัวอาคาร

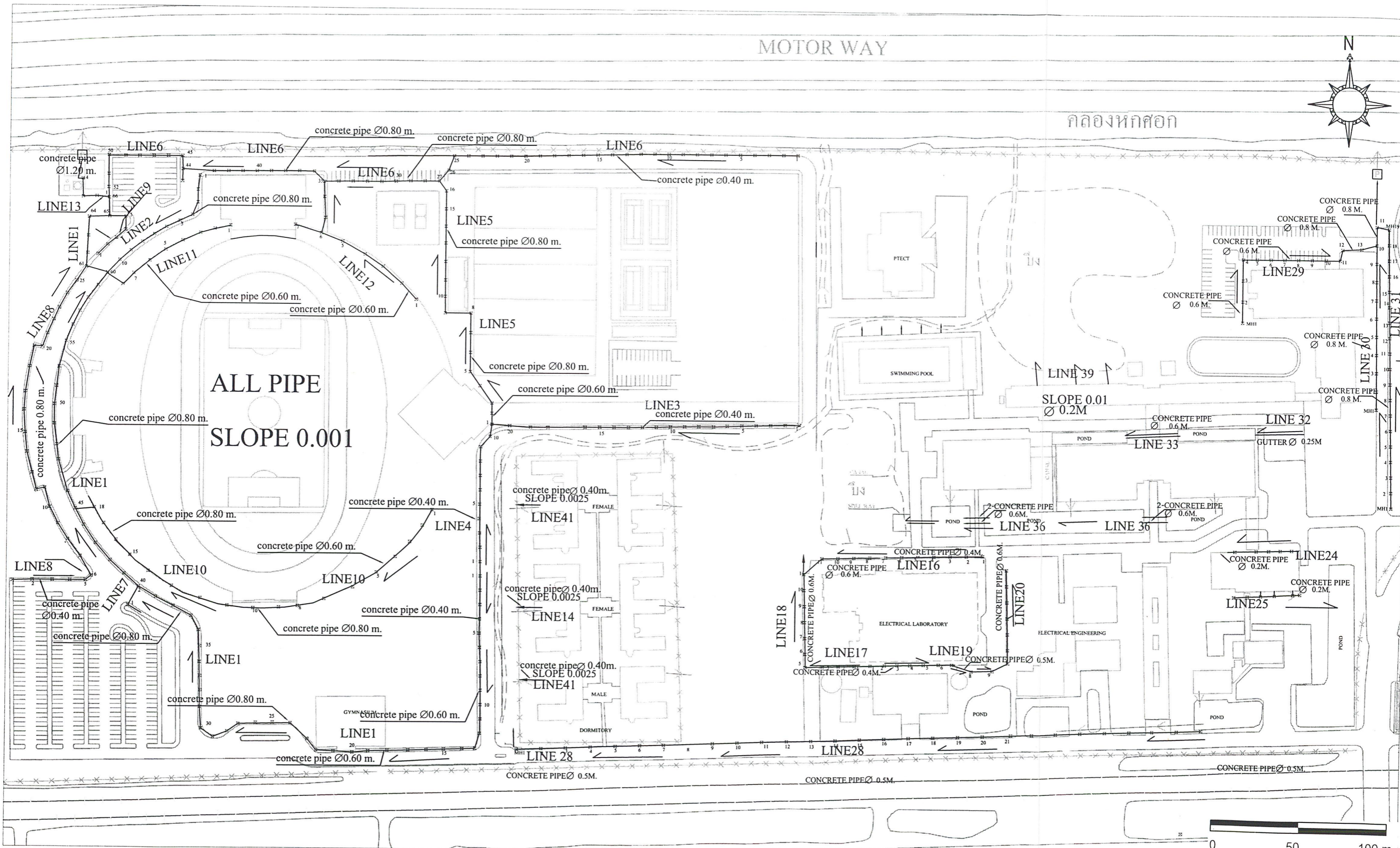
- 8) บริเวณ ZONE K หรือบริเวณ สนามกีฬา นำจากบริเวณของสนามกีฬาจะไหลออกสู่คลองหกศอก โดยมารวมกันที่แนวท่อที่ 13 ก่อนปล่อยออกโดยใช้เครื่องสูบน้ำ

### 3.2.3 โรงสูบน้ำ

ในพื้นที่ที่ทำการศึกษา ในปัจจุบันมีโรงสูบน้ำอยู่ด้วยกัน 2 แห่งคือ บริเวณของสนามกีฬา และหลังตึกนราธิวาสฯ ในส่วนของเครื่องสูบน้ำที่อยู่ในบริเวณสนามกีฬานั้นเป็นเครื่องสูบน้ำที่มีอัตราการสูบ  $0.70 \text{ m}^3/\text{sec}$  โดยมีอยู่ด้วยกัน 3 ตัว ส่วนเครื่องสูบน้ำส่วนที่อยู่ในบริเวณด้านหลัง ตึกนราธิวาสฯ นั้นมีขนาด  $0.17 \text{ m}^3/\text{sec}$  จำนวน 2 ตัว ดังแสดงรูปที่ 3.3

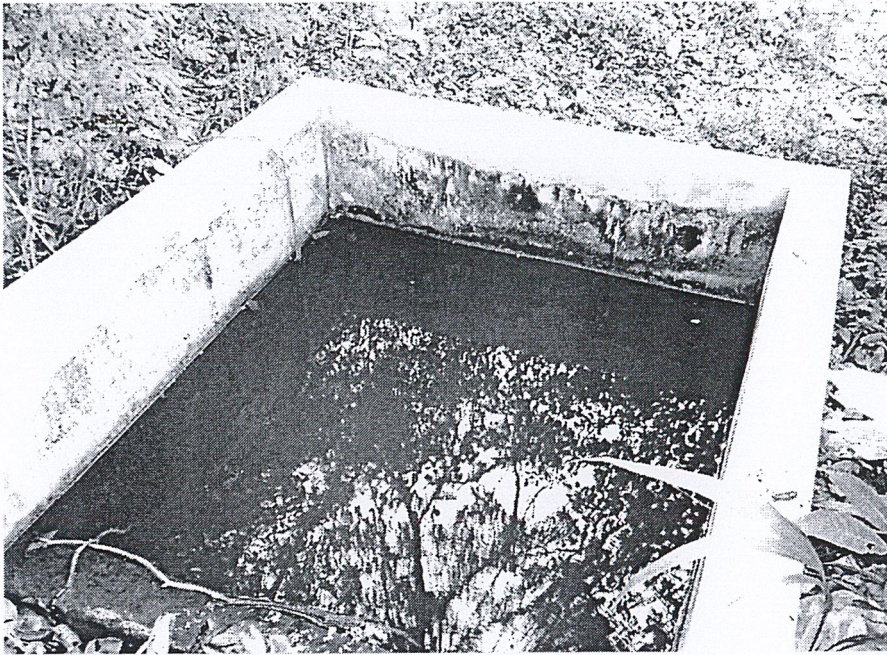
### 3.2.4 แหล่งรับน้ำ

แหล่งรับน้ำของพื้นที่แต่เดิมนั้นคือคลองหกศอกซึ่งจะเป็นคลองที่รับน้ำเกือบทั้งหมดของพื้นที่ทำการศึกษา แต่จากการออกแบบใหม่ ได้ให้บางส่วนมีการระบายออกทางแนวท่อสาธารณะทางฝั่ง ถนนคลองกรุงฯ ซึ่งก็คือแนวท่อ 27 ในปัจจุบันสภาพของแหล่งรับน้ำในปัจจุบันนั้นมักจะประสบกับปัญหาของ วัชพืชที่ขึ้นปกคลุม อีกทั้งคลองรับน้ำภายในก็เริ่มตื้นเขิน ทำให้การไหลของน้ำไม่สะดวก ส่งผลให้การระบายน้ำออกล่าช้า ดังแสดงในรูปที่ 3.4

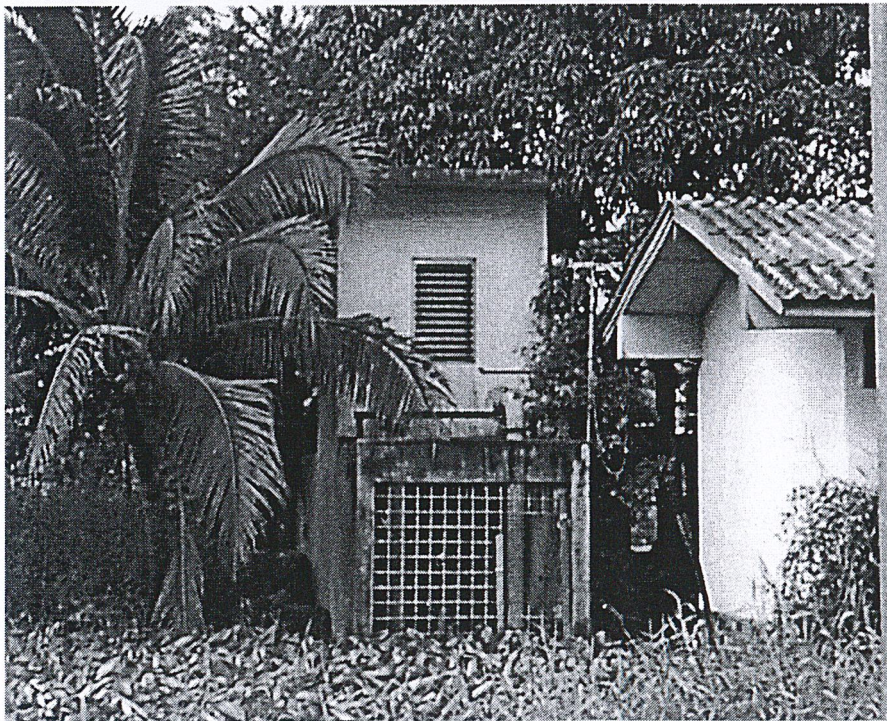


- แนวท่อระบายน้ำของระบบระบายน้ำปัจจุบัน
- ทิศทางการไหลของระบบระบายน้ำปัจจุบัน
- แนวคลองระบายน้ำ

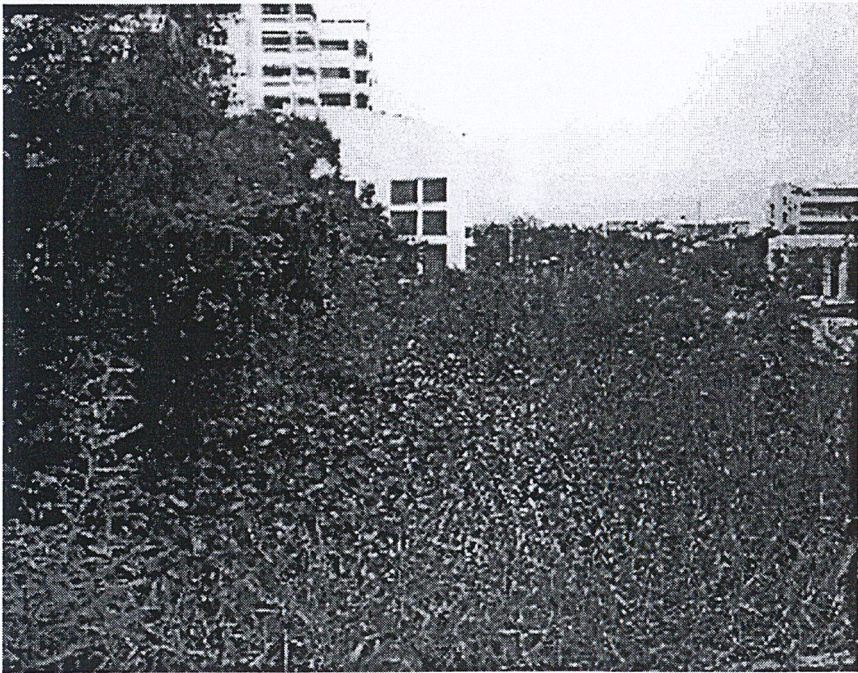
รูปที่ 3.1 แสดงขนาดและ แนวท่อของระบบระบายน้ำปัจจุบัน



รูปที่ 3.2 แสดงspill way ที่ใช้ระบายน้ำจากสระตึกพระเทพฯ



รูปที่ 3.3 แสดงรูปโรงสูบน้ำหลังตึกนราธิวาสฯ



รูปที่ 3.4 แสดงสภาพคลองรับน้ำภายใน

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลที่ได้ทำการสำรวจ

ZONE	LINE	BETWEEN				DISTANCE (m)	DIAMETER EXISTING (m)	SLOPE EXISTING
		MH	ELEVATION (m)	MH	ELEVATION (m)			
		ถนนเรียบรางรถไฟ	27	1	0.525			
		2	0.633	3	0.558	11.08	0.6	0.011
		3	0.658	4	0.476	12.25	0.6	0.002
		4	0.586	5	0.491	14.29	0.6	0.004
		5	0.531	6	0.304	16.25	0.6	-0.004
		6	0.424	7	0.396	20.98	0.6	0.000
		7	0.306	8	1.080	9.15	0.6	-0.014
ถนนเรียบรางรถไฟ	28	1	0.482	2	0.414	12.14	0.6	-0.006
		2	0.304	3	0.514	12.09	0.6	0.012
		3	0.444	4	0.533	12.17	0.6	0.007
		4	0.463	5	0.589	13.04	0.6	0.010
		5	0.459	6	0.482	12.20	0.6	0.002
		6	0.372	7	0.552	12.17	0.6	0.015
		7	0.462	8	0.497	12.22	0.6	0.003
		8	0.407	9	0.557	12.10	0.6	0.012
		9	0.457	10	0.565	12.30	0.6	0.009
		10	0.475	11	0.596	12.24	0.6	0.010
		11	0.526	12	0.466	12.23	0.6	-0.005
		12	0.406	13	0.525	12.39	0.6	0.010
		13	0.435	14	0.467	12.35	0.6	0.003
		14	0.407	15	0.559	12.14	0.6	0.013
		15	0.444	16	0.522	12.12	0.6	0.006
		16	0.462	17	0.605	11.14	0.6	0.013
		17	0.515	18	0.522	12.15	0.6	0.001

ตารางที่ 3.1 (ต่อ) ข้อมูลที่ได้ทำการสำรวจ

ZONE	LINE	BETWEEN				DISTANCE (m)	DIAMETER EXISTING (m)	SLOPE EXISTING
		MH	ELEVATION (m)	MH	ELEVATION (m)			
ถนนเรียบรางรถไฟ (ต่อ)	28	18	0.492	19	0.622	12.06	0.6	0.011
		19	0.572	20	0.585	12.05	0.6	0.001
		20	0.520	21	0.638	12.19	0.6	0.010
E	30	1	-0.201	2	-0.293	8.22	0.8	0.011
		2	-0.22	3	-0.368	8.2	0.8	0.018
		3	-0.337	4	-0.388	7.17	0.8	0.007
		4	-0.364	5	-0.408	8.08	0.8	0.005
		5	-0.39	6	-0.338	8.1	0.8	0.006
		6	-0.332	7	-0.301	8.22	0.8	0.004
		7	-	8	-	9.4	0.8	-
		8	-0.308	9	-0.348	10.15	0.8	0.004
		9	-0.0436	10	-0.415	8.10	0.8	-0.002
		10	-	11	-	-	0.8	-
R	31	1	0.101	2	0.32	11.44	0.8	-0.019
		2	0.290	3	0.271	7.74	0.8	0.001
		3	0.271	4	0.383	8.25	0.8	-0.014
		4	0.272	5	0.259	9.10	0.8	0.001
		5	0.309	6	0.042	8.34	0.8	0.032
		6	0.241	7	0.182	8.23	0.8	0.007
		7	0.234	8	0.248	8.20	0.8	-0.002
		8	0.281	9	0.232	8.25	0.8	0.006
		9	0.175	10	0.179	8.26	0.8	-0.001
		10	0.136	11	0.187	8.25	0.8	-0.006
		11	0.085	12	0.099	8.00	0.8	-0.002
		12	0.09	13	0.09	8.20	0.8	0.000
		13	0.128	14	0.117	8.15	0.8	0.001

ตารางที่ 3.1 (ต่อ) ข้อมูลที่ได้ทำการสำรวจ

ZONE	LINE	BETWEEN				DISTANCE (m)	DIAMETER EXISING (m)	SLOPE EXISING
		MH	ELEVATION (m)	MH	ELEVATION (m)			
R (ต่อ)		14	0.104	15	0.042	7.28	0.8	0.008
		15	0.155	16	0.009	9.12	0.8	0.016
		16	0.066	17	0.025	8.25	0.8	0.005
		17	0.063	18	-0.007	8.14	0.8	0.009
		18	-0.02	19	-	-	0.8	-
E	32	-	1.068	-	1.249	27.5	0.25	-0.007
E	39	-	1.153	-	1.051	9.93	0.2	0.010

ตารางที่ 3.2 สรุปข้อมูลระบบระบายน้ำปัจจุบัน

LINE	ZONE	BETWEEN		DIAMETER EXISTING (m)	SLOPE EXISTING	REMARK
		MH	MH			
LINE1	K	1	8	0.40	0.001	
		8	24	0.60	0.001	
		24	61	0.80	0.001	
		61	65	1.00	0.001	
		65	66	1.20	0.001	
LINE2	K	1	10	0.80	0.001	
LINE3	K	1	20	0.40	0.001	
LINE4	K	1	10	0.40	0.001	
LINE5	K	1	16	0.80	0.001	
LINE6	K	1	27	0.40	0.001	
		27	52	0.80	0.001	
LINE7	K	1	2	0.40	0.001	
LINE8	K	1	3	0.40	0.001	
		3	5	0.40	0.001	
		5	6	0.60	0.001	
		6	25	0.80	0.001	
LINE9	K	1	5	0.40	0.001	
LINE10	K	1	8	0.60	0.001	
		8	16	0.80	0.001	
		16	18	0.80	0.001	
LINE11	K	1	8	0.60	0.001	
LINE12	K	1	9	0.60	0.001	
LINE13	K	1	4	1.20	0.001	
LINE14	A	-	-	0.40	0.003	
LINE15		-	-	-	-	แนวท่อใหม่
LINE16		1	2	0.40	0.002	
		2	3	0.40	0.002	
		3	4	0.40	0.002	

ตารางที่ 3.2 (ต่อ) สรุปข้อมูลระบบระบายน้ำปัจจุบัน

LINE	ZONE	BETWEEN		DIAMETER	SLOPE	REMARK
		MH	MH	EXISTING (m)	EXISTING	
LINE16(ต่อ)		4	5	0.40	0.002	
		5	6	0.50	0.002	
		6	7	0.50	0.002	
		7	8	0.50	0.002	
		8	9	0.60	0.002	
		9	10	0.60	0.002	
		10	11	0.60	0.002	
LINE17		1	2	0.40	0.002	
		2	3	0.40	0.002	
LINE18		1	5	-	-	แนวท่อใหม่
		5	11	0.60	0.002	
		11	17	-	-	แนวท่อใหม่
LINE19		1	6	0.40	0.002	
		6	9	0.50	0.002	
LINE20		1	4	-	-	แนวท่อใหม่
		4	10	0.60	0.002	
LINE21	D	-	-	-	-	แนวท่อใหม่
LINE22	D	-	-	-	-	แนวท่อใหม่
LINE23	E	-	-	-	-	แนวท่อใหม่
LINE24		1	2	0.20	0.004	
		2	3	0.20	0.004	
		3	4	0.20	0.004	
		4	5	0.20	0.004	
		5	8	-	-	แนวท่อใหม่
LINE25	D	1	2	0.15	0.006	
		2	3	0.15	0.006	
		3	4	0.20	0.005	
		4	5	0.20	0.005	

ตารางที่ 3.2 (ต่อ) สรุปข้อมูลระบบระบายน้ำปัจจุบัน

LINE	ZONE	BETWEEN		DIAMETER EXISING (m)	SLOPE EXISING	REMARK
		MH	MH			
LINE25(ต่อ)		5	6	0.20	0.004	แนวท่อใหม่
		6	8	-	-	
LINE26	D	1	5	-	-	แนวท่อใหม่
		5	14	-	-	แนวท่อใหม่
LINE27	D	1	2	0.60	0.017	
		2	3	0.60	0.011	
		3	4	0.60	0.002	
		5	6	0.60	0.004	
		6	7	0.60	-0.004	
		7	8	0.60	0.000	
		8	9	0.60	0.095	
		9	17	-	-	
LINE28		1	2	0.60	-0.006	
		2	3	0.60	0.012	
		3	4	0.60	0.007	
		4	5	0.60	0.010	
		5	6	0.60	0.002	
		6	7	0.60	0.015	
		7	8	0.60	0.003	
		8	9	0.60	0.012	
		9	10	0.60	0.009	
		10	11	0.60	0.010	
		11	12	0.60	-0.005	
		12	13	0.60	0.010	
		13	14	0.60	0.003	
		14	15	0.60	0.013	
		15	16	0.60	0.006	
16	17	0.60	0.013			
17	18	0.60	0.001			

ตารางที่ 3.2 (ต่อ) สรุปข้อมูลระบบระบายน้ำปัจจุบัน

LINE	ZONE	BETWEEN		DIAMETER EXISTING (m)	SLOPE EXISTING	REMARK
		MH	MH			
LINE28(ต่อ)		18	19	0.60	0.011	
		19	20	0.60	0.001	
		20	21	0.60	0.010	
LINE29	E	1	2	0.60	0.005	
		2	3	0.60	0.005	
		3	4	0.60	0.005	
		4	5	0.60	0.005	
		5	6	0.60	0.005	
		6	7	0.60	0.005	
		7	8	0.60	0.005	
		8	9	0.60	0.005	
		9	10	0.60	0.005	
		10	11	0.60	0.005	
		11	12	0.80	0.005	
		12	13	0.80	0.005	
LINE30	E	1	2	0.80	-0.001	
		2	3	0.80	0.011	
		3	4	0.80	0.018	
		4	5	0.80	0.007	
		5	6	0.80	0.005	
		6	7	0.80	0.006	
		7	8	0.80	0.004	
		8	9	0.80	-	
		9	10	0.80	0.004	
		10	11	0.80	-0.002	
LINE31	R	1	2	0.80	-0.019	
		2	3	0.80	0.001	
		3	4	0.80	-0.014	
		4	5	0.80	0.001	

ตารางที่ 3.2 (ต่อ) สรุปข้อมูลระบบระบายน้ำปัจจุบัน

LINE	ZONE	BETWEEN		DIAMETER EXISING (m)	SLOPE EXISING	REMARK
		MH	MH			
LINE31(ต่อ)		5	6	0.80	0.032	
		6	7	0.80	0.007	
		7	8	0.80	-0.002	
		8	9	0.80	0.006	
		9	10	0.80	-0.001	
		10	11	0.80	-0.006	
		11	12	0.80	-0.002	
		12	13	0.80	0.000	
		13	14	0.80	0.001	
		14	15	0.80	0.008	
		15	16	0.80	0.016	
		16	17	0.80	0.005	
		17	18	0.80	0.009	
18	19	0.80	-			
LINE32	E	-	-	0.25	-0.007	
LINE33	F			0.60	-	
LINE34	F	1	7	-	-	แนวท่อใหม่
LINE35	F	ALL	ALL	-	-	แนวท่อใหม่
LINE36	F	ALL	ALL	2-0.6	-	
LINE37	E	-	-	-	-	แนวท่อใหม่
LINE38	G	-	-	0.10	0.100	แนวท่อใหม่
LINE39	F	-	-	0.20	0.010	
LINE40	H	-	-	-	-	แนวท่อใหม่
LINE41	A	-	-	0.40	0.003	แนวท่อใหม่

## บทที่ 4

### การศึกษาวิเคราะห์

#### 4.1 กล่าวนำ

ในบทนี้จะได้กล่าวถึงการศึกษาวิเคราะห์ระบบระบายน้ำปัจจุบัน และการออกแบบระบบระบายน้ำเพิ่มเติม ในพื้นที่ที่ทำการศึกษา โดยเน้นในด้านการศึกษาทางชลศาสตร์ ดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

#### 4.2 การศึกษาวิเคราะห์ทางด้านชลศาสตร์

ในหัวข้อนี้ การศึกษาได้ใช้ทฤษฎีที่กล่าวในบทที่ 2 และข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้แสดงไว้ในบทที่ 3 โดยแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ การตรวจสอบระบบระบายน้ำปัจจุบัน และการออกแบบระบบระบายน้ำเพิ่มเติม

##### 4.2.1 การตรวจสอบระบบระบายน้ำปัจจุบัน

การตรวจสอบระบบระบายน้ำปัจจุบันที่มีอยู่ ผู้ศึกษาได้ทำตารางเปรียบเทียบ เปรียบเทียบข้อมูลระบบระบายน้ำปัจจุบันตามที่เป็นจริง กับระบบระบายน้ำที่คำนวณขึ้นมาใหม่ โดยใช้ทฤษฎีทางชลศาสตร์ และใช้ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้ม – ช่วงเวลา – ความถี่ของฝนดังแสดงในรูปที่ 2.4

ระบบระบายน้ำปัจจุบันที่มีอยู่ได้ถูกทำแผนที่แสดงตำแหน่งและขนาดท่อในรูปที่ 3.1 เพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจและผลที่แสดงการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์นั้นได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.3 จากตารางจะเห็นได้ว่าขนาดของท่อเดิมที่มีอยู่ส่วนใหญ่เพียงพอต่อกรณีการเกิดฝนในรอบ 10 ปี แต่ค่าความลาดชันของท่อหลายช่วงมีค่าน้อยเกินไป และบางช่วงก็วางท่อให้กลับทิศทาง ซึ่งสามารถดูได้จากเครื่องหมายบวก(+) และลบ(-) สลับกันไปมา

#### 4.2.2 การออกแบบระบบระบายน้ำ

การออกแบบระบบระบายน้ำในพื้นที่ที่ทำการศึกษานี้ได้ใช้ทฤษฎีเรซัลแนลที่ได้กล่าวแล้วในบทที่ 2 นอกจากนี้การออกแบบยังต้องอาศัยข้อมูลจากการสำรวจลักษณะพื้นที่และระบบระบายน้ำปัจจุบันประกอบกัน เมื่อได้ทั้งทฤษฎีที่เลือกใช้แล้ว ขั้นตอนการออกแบบจะเป็นดังนี้

- 1) พิจารณาการวางแนวท่อ คือ จะพิจารณาลักษณะของพื้นที่ ว่าส่วนใดควรมีท่อวางบ้าง และจะวางอย่างไรให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่
- 2) กำหนดทิศทางการไหลของน้ำในท่อ พิจารณาความลาดของพื้นที่ และระยะทางที่ต้องใช้ในการระบายน้ำ เนื่องจากระยะทางในการระบายน้ำจะส่งผลต่อการขุดดินเพื่อวางท่อขณะที่ทำการก่อสร้าง
- 3) แบ่งพื้นที่รับน้ำ เป็นการแบ่งพื้นที่รับน้ำที่จะไหลไปยังท่อระบาย เพื่อใช้หาอัตราน้ำไหลนองสูงสุด( $Q_p$ ) ซึ่งแสดงในรูปที่ 4.2
- 4) กำหนดค่าอัตราน้ำไหลนองสูงสุดจากสมการ (2.2)  $Q_p = \frac{CiA}{3.6 \times 10^6}$  ในบทที่ 2
- 5) หาเวลาน้ำไหลเข้าท่อ (inlet time) จากสมการ (2.3)  $T_p = \frac{6.917nL_c^{0.6}}{i^{0.4}S^{0.3}}$
- 6) พิจารณากราฟน้ำท่าจำลองของแต่ละพื้นที่เพื่อพิจารณาหาอัตราน้ำไหลนองสูงสุดสำหรับการออกแบบ( $Q_u$ ) ตามการวิเคราะห์การรวมกันของกราฟน้ำท่าในหัวข้อ 2.3.1
- 7) เมื่อได้ $Q_u$  แล้วก็มาคำนวณหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ (d) , ความลาดของท่อ รวมทั้งตรวจสอบความเร็วของน้ำภายในท่อว่าใช้ได้หรือไม่ ซึ่งค่าความเร็วที่เหมาะสมจะมีค่าประมาณ 0.90 เมตร/วินาที

ทั้ง 7 ข้อ ข้างบนเป็นขั้นตอนการออกแบบที่ใช้ในการศึกษาวิเคราะห์ระบบระบายน้ำในพื้นที่ที่ทำการศึกษาวิเคราะห์ระบบระบายน้ำในพื้นที่ที่ทำการศึกษา โดยผู้ศึกษาจะยกตัวอย่างการคำนวณโดยละเอียด สำหรับท่อ 1 ช่วง และจะแสดงผลค่าต่าง ๆ ที่ได้ จากการคำนวณทั้งหมด สรุปลงในตารางที่

4.2

### 4.2.3 ตัวอย่างการคำนวณ

จากรูปที่ 4.2 พิจารณาช่วง Line 1 ของพื้นที่ Zone K (สนามกีฬา) โดยเริ่มพิจารณาจากปลายท่อ

- 1) หาค่าอัตราการไหลลอนสูงสุด

$$\text{จาก สมการ (2.2)} \quad Q_p = \frac{CiA}{3.6 \times 10^6}$$

เมื่อ ค่า C พิจารณาในตารางที่ 2.4 เลือกใช้ค่า C เท่ากับ 0.15

ค่า i ดูจากกราฟรูปที่ 2.4 หรือแทนค่า  $t_c$  เท่ากับ 10 นาทีลงในสมการ

$$i = 9453.61 / (t_c + 42)^{1.034} \text{ จะได้ ค่า } i \text{ เท่ากับ } 158.95 \text{ ม.ม./ช.ม.}$$

ค่า A ของพื้นที่รับน้ำ K25 เท่ากับ 2818 ม.<sup>2</sup> ( จากตารางที่ 4.1 )

จะได้  $Q_p$  เท่ากับ 0.019 ม.<sup>3</sup>/วินาที

- 2) หาเวลาน้ำไหลเข้าท่อ (inlet time) .

$$\text{จาก สมการ (2.3)} \quad T_p = \frac{6.917nL_c^{0.6}}{i^{0.4}S^{0.3}}$$

เมื่อ ค่า n พิจารณาจากตารางที่ 2.1 ลักษณะพื้นที่เป็นพื้นดินบดอัด จึงใช้ค่า n เท่ากับ 0.10

ค่า  $L_c$  เท่ากับ 19.42 ม.

ค่า s เท่ากับ 0.0015

จะได้ค่า  $T_p$  เท่ากับ 3.80 นาที ดังนั้นได้  $T_t$  เท่ากับ  $2 \times 3.80 = 7.60$  นาที

- 3) หาค่า  $Q_d$  ที่ใช้ออกแบบ

เนื่องจากช่วงท่อนี้เป็นช่วงท่อแรก ค่า  $Q_p$  ที่คำนวณได้จึงมีค่าเท่ากับ  $Q_d$

- 4) หาขนาดท่อจาก สมการ (2.15) 
$$d = 1.561 \left( \frac{nQ}{S^2} \right)^{\frac{3}{8}}$$

เมื่อ ค่า n พิจารณาจากตารางที่ 2.4. ซึ่งใช้สำหรับสมการแมนนิ่ง ซึ่งใช้ค่าเท่ากับ 0.014

ค่า s หรือ ความลาดชันของท่อ จะสมมติขึ้นก่อนซึ่งใช้เท่ากับ 0.003

คำนวณค่า d ได้เท่ากับ 0.21 ม. แต่ต้องเลือกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อไม่เล็กกว่า 0.40 ม.

จึงเลือกใช้ขนาดท่อเท่ากับ 0.40 ม.

- 5) ตรวจสอบความเร็วว่าน้อยกว่าความเร็วต่ำสุด 0.90 ม./วินาที ที่ยอมให้หรือไม่

$$\text{จาก สมการ (2.16)} \quad v = \frac{0.452}{n} d^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

ได้ค่า v เท่ากับ 0.96 ม./วินาที ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.90 ม./วินาที แสดงว่าความลาดชันของท่อที่สมมติจึงใช้ได้

6) หาเวลาที่น้ำไหลในท่อ ( $T_d$ )

จาก สมการ (2.4) 
$$T_d = \frac{L_d}{v_d}$$

เมื่อ ค่า  $L_d$  เท่ากับ 168.77 ม. จะได้  $T_d$  เท่ากับ 2.93 นาที ดังนั้นจะได้ Total T เท่ากับ 6.73 นาที  
จากข้อ 1-6 จะสามารถสรุป สมบัติของกราฟน้ำท่าจำลองลูกแรกได้ดังนี้

$Q_p = 0.019 \text{ ม.}^3/\text{วินาที}$  ,  $T_p = 3.80 \text{ นาที}$  ,  $T_t = 7.60 \text{ นาที}$  , Total T = 6.73 นาที

พิจารณาช่วงต่อช่วงต่อไป เพื่อหาสมบัติของกราฟน้ำท่าลูกที่สอง โดยทำการวิเคราะห์ คล้ายกับการวิเคราะห์กราฟน้ำท่าลูกแรก ดังนี้

1) หาค่าอัตราน้ำไหลนองสูงสุด

จาก สมการ (2.2) 
$$Q_p = \frac{CiA}{3.6 \times 10^6}$$

เมื่อ ค่า C พิจารณาในตารางที่ 2-4 เลือกใช้ค่า C เท่ากับ 0.15

ค่า i ดูจากกราฟรูปที่ 2.4. หรือแทนค่า  $t_c$  เท่ากับ 10 นาทีลงในสมการ

$i = 9453.61 / (t_c + 42)^{1.034}$  จะได้ ค่า i เท่ากับ 158.95 ม.ม./ช.ม.

ค่า A ของพื้นที่รับน้ำ K24 เท่ากับ 9706 ม.<sup>2</sup>

จะได้  $Q_p$  เท่ากับ 0.064 ม.<sup>3</sup>/วินาที

2) หาเวลาน้ำไหลเข้าท่อ (inlet time)

จาก สมการ (2.3) 
$$T_p = \frac{6.917nL_c^{0.6}}{I^{0.4}S^{0.3}}$$

เมื่อ ค่า n พิจารณาจากตารางที่ 2.1 ลักษณะพื้นที่เป็นพื้นดินบดอัด จึงใช้ค่า n เท่ากับ 0.10

ค่า  $L_c$  เท่ากับ 37.31 ม.

ค่า s เท่ากับ 0.0015

จะได้ค่า  $T_p$  เท่ากับ 5.62 นาที ดังนั้นได้  $T_t$  เท่ากับ  $2 \times 5.62 = 11.24$  นาที

จากข้อ 1 และข้อ 2 จะสามารถสรุป สมบัติของกราฟน้ำท่าจำลองลูกที่สองได้ดังนี้

$Q_p = 0.064 \text{ ม.}^3/\text{วินาที}$  ,  $T_p = 5.62 \text{ นาที}$  ,  $T_t = 11.24 \text{ นาที}$  , Total T = 5.62 นาที

3) หาค่า  $Q_d$  ที่ใช้ออกแบบ

จากการพิจารณาสมบัติของกราฟน้ำท่าทั้งสองลูก กราฟน้ำท่าลูกที่สองจะให้ค่า  $Q_p$  ที่สูงกว่า และมีค่า Total T น้อยกว่า ดังนั้นจึงเป็นกรณีของกราฟน้ำท่าลูกใหญ่ เคลื่อนที่นำหน้ากราฟน้ำท่าลูกเล็ก ดังแสดงในรูปที่ 4.1

จากบทที่ 2 สมบัติของกราฟน้ำท่าของลูกรวมเป็นไปตามลักษณะของกราฟเส้นหนา และอัตราน้ำฝนไหลนองของลูกฝนรวมจะเท่ากับ อัตราน้ำฝนไหลนองของฝนลูกใหญ่ (กรณีนี้คือ  $Q_{p2}$ ) รวมกับส่วนหัวของฝนลูกเล็กที่มาพาดทับสั้น  $Q_{p2}$  หรือ อธิบายได้ดังสมการด้านล่าง

จาก สมการ (2.6)  $Q_d = Q_{p2} + y$

โดย  $Q_{p2}$  มีค่าเท่ากับ  $0.064 \text{ ม}^3 / \text{วินาที}$

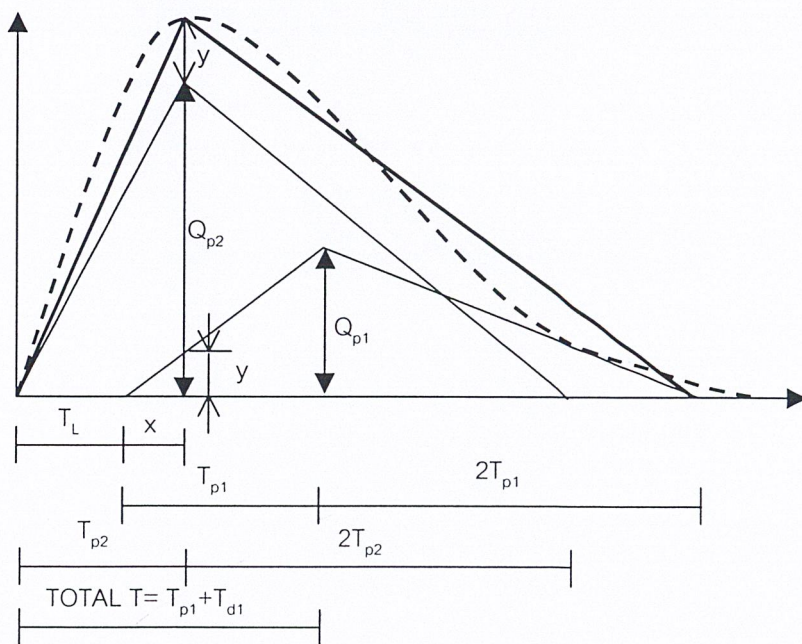
$y$  คือ ส่วนหัวของน้ำฝนลูกเล็กที่มาพาดทับ  $Q_{p2}$  ( $\text{ม}^3 / \text{วินาที}$ )

ค่า  $y$  สามารถหาได้ดังขั้นตอนต่อไปนี้

1) หาค่า  $T_L$  จากรูปที่ 4.1 จะได้

$$T_L = (T_{p1} + T_{d1}) - T_{p1} = 6.73 - 3.80 = 2.93 \text{ นาที}$$

หรือ  $T_L = T_{d1} = 2.93 \text{ นาที}$



รูปที่ 4.1 การรวมกันของกราฟน้ำท่า

2) หาค่า  $X$  จาก

$$X' = T_{p2} - T_L = 5.62 - 2.93 = 2.69 \text{ นาที}$$

3) หาค่า  $y$  จาก

$$y = X' \left( \frac{Q_{p1}}{T_{p1}} \right) = 2.69 \left( \frac{0.019}{3.80} \right) = 0.013 \text{ นาที}$$

จาก  $Q_d = Q_{p2} + y$  จะได้  $Q_d$  เท่ากับ  $0.077 \text{ m}^3 / \text{วินาที}$

4) หาขนาดท่อ

$$\text{จาก สมการ (2.15)} \quad d = 1.561 \left( \frac{nQ}{S^2} \right)^{\frac{3}{8}}$$

เมื่อ ค่า  $n$  พิจารณาจากตารางที่ 2.4 ซึ่งใช้สำหรับสมการแมนนิง ซึ่งใช้ค่าเท่ากับ 0.014

ค่า  $s$  หรือ ความลาดชันของท่อ จะสมมติขึ้นก่อนซึ่งใช้เท่ากับ 0.002

คำนวณค่า  $d$  ได้เท่ากับ 0.39 ม. แต่ต้องเลือกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อไม่เล็กกว่า 0.40 ม.

จึงเลือกใช้ขนาดท่อเท่ากับ 0.40 ม.

5) ตรวจสอบความเร็วว่าน้อยกว่าความเร็วต่ำสุด 0.90 ม./วินาที ที่ยอมให้หรือไม่

$$\text{จาก สมการ (2.16)} \quad v = \frac{0.452}{n} d^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

ได้ค่า  $v$  เท่ากับ 0.78 ม./วินาที ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.90 ม./วินาที แสดงว่าความลาดชันของ ท่อ

ที่สมมติน้อยเกินไปหรืออาจเป็นเพราะเส้นผ่านศูนย์กลางท่อเล็กเกินไป จึงลองใช้ขนาดเส้น

ผ่านศูนย์กลางท่อ เป็น 0.60 ม. ตามขนาดท่อที่ใช้อยู่ปัจจุบัน จะได้  $v$  มีค่าเท่ากับ 1.03 ม./

วินาที และมีค่ามากกว่า 0.90 ม./วินาทีถือว่าใช้ได้

6) หาเวลาที่น้ำไหลในท่อ ( $T_d$ )

$$\text{จาก สมการ (2.4)} \quad T_d = \frac{L_d}{v_d}$$

เมื่อ ค่า  $L_d$  เท่ากับ 164.56 ม.

จะได้  $T_d$  เท่ากับ 2.67 นาที ดังนั้นจะได้ Total  $T$  เท่ากับ 8.29 นาที

จากข้อ 1-6 จะสามารถสรุป สมบัติของกราฟน้ำท่าจำลองถูกรวมได้ดังนี้

$Q_p = 0.077 \text{ m}^3 / \text{วินาที}$ ,  $T_p = 5.62 \text{ นาที}$ ,  $T_i = 11.24 \text{ นาที}$ , Total  $T = 6.73 \text{ นาที}$

กราฟน้ำท่าถูกรวมนี้จะนำไปใช้ในการเปรียบเทียบกับกราฟน้ำท่าลูกอื่น ๆ ต่อไป

ตารางที่ 4.1 การคำนวณระยะเวลาน้ำไหลเข้าท่อของแต่ละพื้นที่รับน้ำย่อย

Subarea Number	Area Sq.m	$L_c$ m	Ground Slope	n	t min
A1	1605	11.74	0.0015	0.02	0.56
A2	5336	22.80	0.0015	0.02	0.84
B1	4274	16.30	0.0015	0.02	0.68
B2	4274	16.30	0.0015	0.02	0.68
B3	1137	11.30	0.0015	0.02	1.59
B4	1137	11.30	0.0015	0.02	1.59
C1	2465	14.75	0.0015	0.02	0.64
C2	909	10.00	0.0015	0.02	0.51
C3	909	10.0	0.0015	0.02	0.51
C4	1875	15.0	0.0015	0.02	0.65
C5	1304	9.70	0.0015	0.02	0.50
C6	2009	10.64	0.0015	0.02	0.53
C7	429	6.90	0.0015	0.02	0.41
C8	429	6.90	0.0015	0.02	0.41
D1	1178	11.40	0.0015	0.02	0.55
D2	2308	17.44	0.0015	0.02	0.71
D3	2308	17.44	0.0015	0.02	0.71
D4	1178	11.40	0.0015	0.02	0.55
D5	1231	7.13	0.0015	0.02	0.42
D6	1231	7.13	0.0015	0.02	0.42
D7	205	4.73	0.0015	0.02	0.33
D8	205	4.73	0.0015	0.02	0.33
D9	2218	18.65	0.0015	0.02	0.74
D10	2218	18.65	0.0015	0.02	0.74
D11	1302	11.70	0.0015	0.02	0.56
D12	1302	11.70	0.0015	0.02	0.56
D13	1089	6.46	0.0015	0.02	0.39
D14	1089	6.46	0.0015	0.02	0.39

ตารางที่ 4.1(ต่อ) การคำนวณระยะเวลาไหลเข้าท่อของแต่ละพื้นที่รับน้ำย่อย

Subarea Number	Area Sq.m	$L_c$ m	Ground Slope	n	t min
D15	165	4.30	0.0015	0.02	0.31
D16	165	4.30	0.0015	0.02	0.31
E1	847	8.91	0.0015	0.02	0.48
E2	2925	33.00	0.0015	0.02	1.04
E3	934	8.32	0.0015	0.02	0.46
E4	1385	14.05	0.0015	0.02	0.63
E5	4675	22.85	0.0015	0.02	0.84
E6	1088	12.80	0.0015	0.02	0.59
E7	998	8.30	0.0015	0.02	0.46
E8	998	8.30	0.0015	0.02	0.46
E9	290	5.70	0.0015	0.02	0.36
E10	290	5.70	0.0015	0.02	0.36
E11	1026	11.80	0.0015	0.02	0.56
E12	1772	8.00	0.0015	0.02	0.45
F1	2336	8.85	0.0015	0.02	0.47
F2	357	6.20	0.0015	0.02	0.38
F3	2627	22.00	0.0015	0.02	0.82
F4	5291	21.00	0.0015	0.02	0.8
F5	1103	9.10	0.0015	0.02	0.48
F6	2254	9.60	0.0015	0.02	0.5
F7	1334	10.00	0.0015	0.02	0.51
F8	1286	10.75	0.0015	0.02	0.53
G1	750	17.65	0.0015	0.02	0.72
H1	670	11.67	0.0015	0.02	0.56
H2	670	11.67	0.0015	0.02	0.56
H3	670	11.67	0.0015	0.02	0.56
H4	670	11.67	0.0015	0.02	0.56
H5	670	11.67	0.0015	0.02	0.56

ตารางที่ 4.1(ต่อ) การคำนวณระยะเวลาไหลเข้าท่อของแต่ละพื้นที่รับน้ำย่อย

Subarea Number	Area Sq.m	$L_c$ m	Ground Slope	n	t min
H6	670	11.67	0.0015	0.02	0.56
K1	9269	29.39	0.0015	0.02	0.97
K2	5624	25.10	0.0015	0.02	0.89
K3	9259	29.39	0.0015	0.02	0.97
K4	5711	27.42	0.0015	0.02	0.93
K5	784	7.12	0.0015	0.02	0.42
K6	1626	12.40	0.0015	0.10	2.90
K7	671	7.89	0.0015	0.10	2.21
K8	181	3.97	0.0015	0.02	0.29
K9	176	3.54	0.0015	0.10	1.37
K10	965	29.39	0.0015	0.02	0.97
K11	248	4.46	0.0015	0.10	1.57
K12	211	2.63	0.0015	0.10	1.14
K13	1010	8.61	0.0015	0.02	0.47
K14	188	6.09	0.0015	0.10	1.89
K15	595	4.55	0.0015	0.02	0.32
K16	326	6.65	0.0015	0.02	0.40
K17	1600	16.00	0.0015	0.02	-
K18	3869	21.05	0.0015	0.10	3.99
K19	2468	15.10	0.0015	0.10	3.27
K20	1856	20.86	0.0015	0.02	0.79
K21	1856	50.09	0.0015	0.02	1.34
K22	1856	15.10	0.0015	0.02	0.65
K23	3364	39.50	0.0015	0.02	1.16
K24	9706	37.31	0.0015	0.10	5.62
K25	2818	19.42	0.0015	0.10	3.80
K26	2488	9.90	0.0015	0.10	2.53
K27	923	8.88	0.0015	0.10	2.37

ตารางที่ 4.1(ต่อ) การคำนวณระยะเวลาไหลเข้าท่อของแต่ละพื้นที่รับน้ำย่อย

Subarea Number	Area Sq.m	$L_c$ m	Ground Slope	n	t min
K28	9366	40.87	0.0015	0.10	5.94
K29	9366	40.87	0.0015	0.10	5.94
K30	815	6.14	0.0015	0.02	0.38
K31	9366	40.87	0.0015	0.10	5.94
K32	326	6.65	0.0015	0.02	0.40
K33	555	10.09	0.0015	0.10	2.56
K34	9366	40.87	0.0015	0.10	5.94
K35	326	12.53	0.0015	0.02	0.58
K36	326	6.65	0.0015	0.02	0.40
K37	1292	6.14	0.0015	0.02	0.38
K38	531	6.14	0.0015	0.02	0.38
K39	815	6.14	0.0015	0.10	1.90

ตารางที่ 4.2 การคำนวณออกแบบระบบระบายน้ำ

GROUND SLOPE: 0.0015 , PIPE : Concrete Pipe, n 0.014																			
PIPE LINE NUMBER	TRIBUTARY AREA	AREA m <sup>2</sup>	Tc min	I mm/hr	C	Qp cms	Lc m	n ground	Tp min	ACCUMULATE		TOTAL Q cms	PIPE SLOPE	d CAL m	d SELECT m	v m/s	Ld m	Td min	TOTAL T min
										Tp min	Tt min								
LINE2	K14	188	10.00	158.95	0.15	0.001	6.09	0.10	1.89	1.89	3.79	0.001	0.001	0.09	0.80	0.88	0.00	0.00	1.89
	K11	248	10.00	158.95	0.15	0.002	4.46	0.10	1.57	1.57	4.11	0.003	0.001	0.12	0.80	0.88	28.26	0.53	2.11
	K39	815	10.00	158.95	0.15	0.005	6.14	0.10	1.90	1.90	4.31	0.008	0.001	0.19	0.80	0.88	48.96	0.93	2.83
LINE3	K3	9259	10.00	158.95	0.70	0.286	29.39	0.02	0.97	0.97	1.95	0.286	0.003	0.59	0.40	0.96	72.16	1.25	2.23
LINE4	K33	555	10.00	158.95	0.15	0.004	10.09	0.10	2.56	2.56	5.13	0.004	0.003	0.11	0.40	0.96	33.00	0.57	3.14
	K27	923	10.00	158.95	0.15	0.006	8.88	0.10	2.37	2.37	5.89	0.009	0.003	0.16	0.40	0.96	30.60	0.53	2.91
LINE7	K23	3364	10.00	158.95	0.70	0.104	39.50	0.02	1.16	1.16	2.33	0.104	0.003	0.40	0.40	0.96	11.40	0.20	1.36
LINE8	K20	1856	10.00	158.95	0.70	0.057	20.86	0.02	0.79	0.79	1.59	0.057	0.003	0.32	0.40	0.96	20.86	0.36	1.15
	K21	1856	10.00	158.95	0.70	0.057	50.09	0.02	1.34	1.34	2.68	0.128	0.002	0.47	0.60	1.03	20.86	0.34	1.49
	K22	1856	10.00	158.95	0.70	0.057	15.10	0.02	0.65	1.49	2.68	0.149	0.002	0.49	0.60	1.03	46.77	0.76	2.25
	K19	2468	10.00	158.95	0.15	0.016	15.10	0.10	3.27	2.25	7.55	0.160	0.001	0.58	0.80	0.88	138.96	2.63	4.88
	K18	3869	10.00	158.95	0.15	0.026	21.05	0.10	3.99	4.88	7.55	0.183	0.001	0.61	0.80	0.88	17.04	0.32	5.20
LINE9	K35	326	10.00	158.95	0.70	0.010	12.53	0.02	0.58	0.58	1.17	0.010	0.003	0.17	0.40	0.96	9.04	0.16	0.74
LINE10	K28	9366	10.00	158.95	0.15	0.062	40.87	0.10	5.94	5.94	11.87	0.062	0.002	0.36	0.60	1.03	24.37	0.40	6.33
	K26	2488	10.00	158.95	0.15	0.016	9.90	0.10	2.53	6.33	11.87	0.066	0.002	0.37	0.60	1.03	147.16	2.39	8.72
	K29	9366	10.00	158.95	0.15	0.062	40.87	0.10	5.94	8.72	11.87	0.114	0.001	0.51	0.80	0.88	42.88	0.81	9.53

ตารางที่ 4.2 (ต่อ) การคำนวณออกแบบระบบระบายน้ำ

GROUND SLOPE: 0.0015 , PIPE : Concrete Pipe, n 0.014																			
PIPE LINE NUMBER	TRIBUTARY AREA	AREA m <sup>2</sup>	Tc min	I mm/hr	C	Qp cms	Lc m	n ground	Tp min	ACCUMULATE		TOTAL Q cms	PIPE SLOPE	d CAL m	d SELECT m	v m/s	Ld m	Td min	TOTAL T min
										Tp min	Tt min								
LINE11	K34	9366	10.00	158.95	0.15	0.062	40.87	0.10	5.94	11.87	0.062	0.002	0.36	0.60	1.03	51.20	0.83	6.77	
LINE12	K31	9366	10.00	158.95	0.15	0.062	40.87	0.10	5.94	11.87	0.062	0.002	0.36	0.60	1.03	21.57	0.35	6.28	
	K6	1626	10.00	158.95	0.15	0.011	12.40	0.10	2.90	11.87	0.067	0.002	0.37	0.60	1.03	38.78	0.63	6.91	
	K9	176	10.00	158.95	0.15	0.001	3.54	0.10	1.37	11.87	0.067	0.002	0.37	0.60	1.03	0.00	0.00	6.91	
	K12	211	10.00	158.95	0.15	0.001	2.63	0.10	1.14	11.87	0.067	0.002	0.37	0.60	1.03	13.14	0.21	7.13	
LINE5	Line3+Line4	-	-	-	-	0.292	-	-	-	6.57	0.292	0.001	0.73	0.80	0.88	75.00	1.42	3.65	
	K4	5711	10.00	158.95	0.70	0.177	27.42	0.02	0.93	6.57	0.292	0.001	0.73	0.80	0.88	0.00	0.00	3.65	
	K7	671	10.00	158.95	0.15	0.004	7.89	0.10	2.21	6.57	0.295	0.001	0.73	0.80	0.88	44.67	0.85	4.50	
	K8	181	10.00	158.95	0.70	0.006	3.97	0.02	0.29	6.57	0.295	0.001	0.73	0.80	0.88	13.14	0.25	4.74	
LINE1	K25	2818	10.00	158.95	0.15	0.019	19.42	0.10	3.80	7.60	0.019	0.003	0.21	0.40	0.96	168.77	2.93	6.73	
	K24	9706	10.00	158.95	0.15	0.064	37.31	0.10	5.62	11.24	0.078	0.002	0.39	0.60	1.03	164.56	2.67	8.29	
	Line7	-	-	-	-	0.104	-	-	-	1.36	0.104	0.001	0.49	0.80	0.88	21.00	0.40	1.76	
	K37	1292	10.00	158.95	0.70	0.040	6.14	0.02	0.38	1.76	0.104	0.001	0.49	0.80	0.88	56.96	1.08	2.84	
	Line10	-	-	-	-	0.114	-	-	-	2.03	0.136	0.001	0.54	0.80	0.88	42.88	0.81	3.65	
	K38	531	10.00	158.95	0.70	0.016	6.14	0.02	0.38	3.65	0.136	0.001	0.54	0.80	0.88	118.37	2.24	5.89	
K30	815	10.00	158.95	0.70	0.025	6.14	0.02	0.38	5.89	0.136	0.001	0.54	0.80	0.88	42.88	0.81	6.70		

ตารางที่ 4.2 (ต่อ) การคำนวณออกแบบระบบระบายน้ำ

GROUND SLOPE : 0.0015 , PIPE : Concrete Pipe, n 0.014																			
PIPE LINE NUMBER	TRIBUTARY AREA	AREA m <sup>2</sup>	Tc min	I mm/hr	C	Qp cms	Lc m	n ground	Tp min	ACCUMULATE		TOTAL Q cms	PIPE SLOPE	d CAL m	d SELECT m	v m/s	Ld m	Td min	TOTAL T min
										Tp min	Tt min								
LINE1(ต่อ)	Line2+Line11 Line8 Line9	-	-	-	-	0.063	-	-	-	5.94	18.56	0.198	0.001	0.63	0.80	0.88	10.80	0.20	6.90
LINE6	K1 Line5 K10 K5 Line12 K13 K15 K36 K16 K32	9269	10.00	158.95	0.70	0.287	29.39	0.02	0.97	0.97	1.95	0.287	0.003	0.59	0.60	1.26	100.80	1.33	2.31
						0.295	-	-	-	3.40	6.57	0.295	0.001	0.73	0.80	0.88	34.08	0.65	5.39
						0.030	29.39	0.02	0.97	5.39	6.57	0.295	0.001	0.73	0.80	0.88	0.00	0.00	5.39
						0.024	7.12	0.02	0.42	5.39	6.57	0.295	0.001	0.73	0.80	0.88	31.58	0.60	5.98
						0.067	-	-	-	5.76	13.02	0.351	0.001	0.78	0.80	0.88	36.41	0.69	6.67
						0.031	8.61	0.02	0.47	6.67	13.02	0.351	0.001	0.78	0.80	0.88	0.00	0.00	6.67
						0.018	4.55	0.02	0.32	6.67	13.02	0.351	0.001	0.78	0.80	0.88	41.46	0.78	7.45
						0.010	6.65	0.02	0.40	7.45	13.02	0.351	0.001	0.78	0.80	0.88	28.88	0.55	8.00
						0.010	6.65	0.02	0.40	8.00	13.02	0.351	0.001	0.78	0.80	0.88	41.88	0.79	8.79
						0.010	6.65	0.02	0.40	8.79	13.02	0.351	0.001	0.78	0.80	0.88	7.32	0.14	8.93
LINE13	Line6+Line11	-	-	-	-	-	-	-	-	8.79	17.33	0.668	0.001	0.99	1.00	1.02	10.00	0.16	9.09
LINE14	A1	1605	10.00	158.95	0.70	0.050	11.74	0.02	0.56	0.56	1.12	0.050	0.003	0.31	0.40	0.88	15.20	0.28	0.84
LINE15	B1	4274	10.00	158.95	0.70	0.130	16.25	0.02	0.68	0.68	1.37	0.132	0.002	0.47	0.50	0.91	-	-	0.68

ตารางที่ 4.2 (ต่อ) การคำนวณออกแบบระบบระบายน้ำ

GROUND SLOPE : 0.0015 , PIPE : Concrete Pipe, n 0.014																			
PIPE LINE NUMBER	TRIBUTARY AREA	AREA m <sup>2</sup>	Tc min	I mm/hr	C	Qp cms	Lc m	n ground	Tp min	ACCUMULATE		TOTAL Q cms	PIPE SLOPE	d CAL m	d SELECT m	v m/s	Ld m	Td min	TOTAL T min
										Tp min	Tt min								
LINE15(ต่อ)	A2	5336	10.00	158.95	0.70	0.165	22.80	0.02	0.84	0.84	1.67	0.282	0.003	0.60	0.60	1.15	-	-	-
LINE16	C1	2465	10.00	158.95	0.70	0.076	14.75	0.02	0.64	0.64	1.29	0.076	0.002	0.44	0.50	0.91	56.80	1.04	1.68
LINE17	C5	515	10.00	158.95	0.70	0.016	9.67	0.02	0.50	0.50	1.00	0.016	0.002	0.21	0.50	0.91	0.00	0.00	0.50
	C4	640	10.00	158.95	0.70	0.020	14.75	0.02	0.64	0.64	1.29	0.033	0.002	0.28	0.50	0.91	36.70	0.67	1.32
LINE18	C7	429	10.00	158.95	0.70	0.013	6.90	0.02	0.41	0.41	0.82	0.013	0.002	0.20	0.20	0.91	20.70	0.38	0.79
	LINE17	-	10.00	158.95	0.70	0.033	-	0.02	-	0.94	1.28	0.380	0.002	0.30	0.50	0.91	30.00	0.55	1.32
	C2	909	10.00	158.95	0.70	0.028	10.00	0.02	0.51	1.32	1.28	0.044	0.002	0.31	0.50	0.91	11.25	0.21	1.53
	B2	4274	10.00	158.95	0.70	0.132	16.30	0.02	0.68	0.68	2.13	0.148	0.002	0.49	0.50	0.91	18.40	0.34	1.02
	LINE16	-	10.00	158.95	0.70	0.076	-	0.02	-	0.68	2.13	0.148	0.002	0.49	0.50	0.91	163.70	3.00	4.02
LINE19	C4	1875	10.00	158.95	0.70	0.058	15.00	0.02	0.65	0.65	1.30	0.058	0.002	0.35	0.50	0.91	-	-	0.65
	C5	1304	10.00	158.95	0.70	0.040	9.70	0.02	0.50	0.65	1.3	0.092	0.002	0.41	0.50	0.91	78.00	1.43	2.08
LINE20	C8	429	10.00	158.95	0.70	0.013	6.90	0.02	0.41	0.79	1.58	0.013	0.002	0.20	0.50	0.91	20.70	0.38	0.79
	LINE19	-	10.00	158.95	0.70	0.092	-	0.02	-	2.08	1.3	0.092	0.002	0.41	0.50	0.91	7.20	0.13	2.21
	D2	2308	10.00	158.95	0.70	0.071	17.44	0.02	0.71	2.21	1.3	0.092	0.002	0.41	0.50	0.91	22.80	0.42	2.63
	C3	909	10.00	158.95	0.70	0.028	10.00	0.02	0.51	2.63	1.3	0.092	0.002	0.41	0.50	0.91	35.80	0.66	3.30

ตารางที่ 4.2 (ต่อ) การคำนวณออกแบบระบบระบายน้ำ

GROUND SLOPE : 0.0015 , PIPE : Concrete Pipe, n 0.014																			
PIPE LINE NUMBER	TRIBUTARY AREA	AREA m <sup>2</sup>	Tc min	I mm/hr	C	Qp cms	Lc m	n ground	Tp min	ACCUMULATE		TOTAL Q cms	PIPE SLOPE	d CAL m	d SELECT m	v m/s	Ld m	Td min	TOTAL T min
										Tp min	Tt min								
LINE21	D3	2308	10.00	158.95	0.70	0.071	17.44	0.02	0.71	0.71	1.42	0.071	0.002	0.37	0.50	0.91	-	-	0.71
	D5	1231	10.00	158.95	0.70	0.038	7.13	0.02	0.42	0.71	1.42	0.096	0.002	0.42	0.50	0.91	50.30	0.92	1.63
LINE22	D16	165	10.00	158.95	0.70	0.005	4.30	0.02	0.31	0.31	0.61	0.005	0.0020	0.14	0.50	0.91	24.70	0.45	0.76
	D6	1231	10.00	158.95	0.70	0.038	7.13	0.02	0.42	0.42	0.98	0.038	0.0020	0.30	0.50	0.91	12.80	0.23	0.65
	D11	1302	10.00	158.95	0.70	0.040	11.70	0.02	0.56	0.56	1.12	0.070	0.0020	0.37	0.50	0.91	37.20	0.68	1.24
LINE23	E4	1385	10.00	158.95	0.70	0.043	14.05	0.02	0.63	0.63	0.63	0.043	0.003	0.30	0.40	0.90	24.65	0.47	1.09
LINE24	D13	1089	10.00	158.95	0.70	0.034	6.46	0.02	0.39	0.39	0.39	0.034	0.005	0.24	0.40	1.24	28.20	0.38	0.77
	LINE23	-	-	-	-	0.043	-	-	-	0.71	0.71	0.063	0.005	0.30	0.40	1.24	24.86	0.33	1.42
LINE25	D14	1089	10.00	158.95	0.70	0.034	6.46	0.02	0.39	0.39	0.39	0.034	0.005	0.24	0.40	1.24	-	-	0.39
	D10	2217	10.00	158.95	0.70	0.069	18.60	0.02	0.74	0.74	0.74	0.088	0.005	0.34	0.40	1.24	48.50	0.65	1.39
LINE26	LINE24	-	-	-	-	0.063	-	-	-	0.71	0.71	0.063	-	-	-	-	-	-	1.42
	D15	165	10.00	158.95	0.70	0.005	4.30	0.02	0.31	1.42	1.42	0.063	0.005	0.30	0.40	1.24	12.70	0.17	1.59
	LINE25	-	-	-	-	0.088	-	-	-	0.74	0.74	0.142	0.005	0.41	0.50	1.44	37.20	0.43	2.02
LINE27	D4	1178	10.00	158.95	0.70	0.036	11.40	0.02	0.55	0.55	1.1	0.036	0.002	0.29	0.50	0.91	34.50	0.63	1.18
	LINE21	-	-	-	-	0.096	-	-	-	1	1.42	0.117	0.002	0.45	0.50	0.91	14.40	0.26	1.89
	D7	205	10.00	158.95	0.70	0.006	4.73	0.02	0.33	1.89	1.42	0.117	0.002	0.45	0.50	0.91	14.40	0.26	2.15

ตารางที่ 4.2 (ต่อ) การคำนวณออกแบบระบบระบายน้ำ

GROUND SLOPE : 0.0015 , PIPE : Concrete Pipe, n 0.014																			
PIPE LINE NUMBER	TRIBUTARY AREA	AREA m <sup>2</sup>	Tc min	I mm/hr	C	Qp cms	Lc m	n ground	Tp min	ACCUMULATE		TOTAL Q cms	PIPE SLOPE	d CAL m	d SELECT m	v m/s	Ld m	Td min	TOTAL T min
										Tp min	Tt min								
	LINE22	-	-	-	-	0.070	-	-	-	1.470	1.42	0.130	0.002	0.47	0.50	0.91	48.20	0.88	3.03
	D9	2218	10.00	158.95	0.70	0.069	18.65	0.02	0.74	3.03	1.42	0.130	0.002	0.47	0.50	0.91	48.20	0.88	3.91
	LINE26	-	-	-	-	0.142	-	-	-	-	-	0.191	0.002	0.54	0.60	1.03	-	-	-
LINE28	C6	2009	10.00	158.95	0.70	0.062	10.64	0.02	0.53	0.53	1.06	0.062	0.002	0.36	0.50	0.91	57.80	1.06	1.59
	B4	1137	10.00	158.95	0.70	0.035	11.30	0.02	0.55	1.59	1.06	0.064	0.002	0.36	0.50	0.91	33.55	0.61	2.20
	A4	2195	10.00	158.95	0.70	0.068	15.63	0.02	0.67	0.67	2.6	0.070	0.002	0.37	0.50	0.91	46.80	0.86	1.52
LINE29	E7	2195	10.00	158.95	0.70	0.068	15.63	0.02	0.67	0.67	2.60	0.070	0.002	0.37	0.50	0.91	46.80	0.86	1.52
	E5	4675	10.00	158.95	0.70	0.145	22.85	0.02	0.84	0.84	1.67	0.145	0.002	0.49	0.60	1.03	18.20	0.30	1.13
	E11	1026	10.00	158.95	0.70	0.032	11.80	0.02	0.56	1.13	1.67	0.16	0.002	0.51	0.60	1.03	0.00	0.00	1.13
	E10	290	10.00	158.95	0.70	0.009	5.70	0.02	0.36	1.13	1.67	0.16	0.002	0.51	0.60	1.03	17.00	0.28	1.41
	E8	998	10.00	158.95	0.70	0.031	8.30	0.02	0.46	1.41	1.67	0.16	0.002	0.51	0.60	1.03	0.00	0.00	1.41
	E12	1722	10.00	158.95	0.70	0.053	8.00	0.02	0.45	1.41	1.67	0.16	0.002	0.51	0.60	1.03	38.00	0.62	2.02
LINE30	E2	2925	10.00	158.95	0.70	0.090	33.00	0.02	1.04	1.04	2.09	0.090	0.001	0.41	0.80	0.90	21.25	0.40	1.45
	E6	1088	10.00	158.95	0.70	0.034	12.80	0.02	0.59	1.45	2.09	0.100	0.001	0.43	0.80	0.90	21.25	0.40	1.85
	R2	334	10.00	158.95	0.70	0.010	1.75	0.02	0.18	1.85	2.09	0.100	0.001	0.48	0.80	0.90	16.35	0.31	2.16
	E9	271	10.00	158.95	0.70	0.008	5.53	0.02	0.36	2.16	2.09	0.100	0.001	0.48	0.80	0.90	16.35	0.31	2.47

ตารางที่ 4.2 (ต่อ) การคำนวณออกแบบระบบระบายน้ำ

GROUND SLOPE : 0.0015 , PIPE : Concrete Pipe, n 0.014																			
PIPE LINE NUMBER	TRIBUTARY AREA	AREA m <sup>2</sup>	Tc min	I mm/hr	C	Qp cms	Lc m	n ground	Tp min	ACCUMULATE		TOTAL Q cms	PIPE SLOPE	d CAL m	d SELECT m	v m/s	Ld m	Td min	TOTAL T min
										Tp min	Tt min								
LINE30(ต่อ)	LINE29 LINE31	- -	- -	- -	- -	0.160 0.054	- -	0.02 0.02	- -	2.47 2.47	2.09 2.88	0.240 0.255	0.001 0.001	0.67 0.69	0.80 0.80	0.90 0.90	19.10 -	0.35 -	2.02 -
LINE31	M2	1741	10.00	158.95	0.70	0.054	21.00	0.02	0.80	0.8	1.6	0.054	0.001	0.39	0.80	0.90	52.30	0.99	1.79
LINE32	R1	562	10.00	158.95	0.70	0.017	1.75	0.02	0.18	1.79	1.59	0.054	0.001	0.39	0.80	0.90	80.30	1.52	3.31
LINE33	E3	934	10.00	158.95	0.70	0.029	8.32	0.02	0.46	0.41	0.91	0.029	0.005	0.23	0.25	0.91	73.40	1.34	1.80
LINE34	LINE32	-	-	-	-	0.029	-	-	-	0.41	0.91	0.029	0.005	0.23	0.25	0.91	73.40	1.34	1.80
LINE35	F1	2336	10.00	158.95	0.70	0.072	8.85	0.02	0.47	0.47	2.24	0.072	0.002	0.38	0.60	1.03	-	-	-
LINE36	F7	1334	10.00	158.95	0.70	0.041	10.00	0.02	0.51	0.510	1.02	0.041	0.002	0.30	0.50	0.91	33.30	0.61	1.12
LINE37	F8	1286	10.00	158.95	0.70	0.040	10.75	0.02	0.53	0.53	1.07	0.040	0.002	0.30	0.50	0.91	28.90	0.53	1.06
LINE38	LINE34	-	-	-	-	0.041	-	0.02	-	-	-	0.080	0.002	0.39	0.50	0.91	-	-	-
LINE39	F3	2627	10.00	158.95	0.70	0.081	22.00	0.02	0.82	0.82	1.64	0.081	0.002	0.39	0.60	1.03	0.00	0.00	0.82
LINE40	F5	1103	10.00	158.95	0.70	0.034	9.10	0.02	0.48	0.82	1.64	0.103	0.002	0.43	0.60	1.03	93.20	1.51	2.33
LINE41	F4	5291	10.00	158.95	0.70	0.164	21.00	0.02	0.80	0.80	3.17	0.164	0.002	0.51	0.60	1.03	0.00	0.00	0.80
LINE42	F6	2254	10.00	158.95	0.70	0.070	9.60	0.02	0.50	0.80	3.17	0.212	0.002	0.57	0.60	1.03	76.10	1.23	2.03
LINE43	E1	847	10.00	158.95	0.70	0.026	8.91	0.02	0.48	0.48	0.95	0.026	0.002	0.26	0.50	0.91	45.00	0.82	1.30
LINE44	K2	2624	10.00	158.95	0.70	0.174	25.10	0.02	0.89	0.89	1.78	0.174	0.002	0.49	0.60	1.03	-	-	-

ตารางที่ 4.2 (ต่อ) การคำนวณออกแบบระบบระบายน้ำ

GROUND SLOPE : 0.0015 , PIPE : Concrete Pipe, n 0.014																			
PIPE LINE NUMBER	TRIBUTARY AREA	AREA m <sup>2</sup>	Tc min	I mm/hr	C	Qp cms	Lc m	n ground	Tp min	ACCUMULATE		TOTAL Q cms	PIPE SLOPE	d CAL m	d SELECT m	v m/s	Ld m	Td min	TOTAL T min
										Tp min	Tt min								
LINE39	F2	357	10.00	158.95	0.70	0.011	6.20	0.02	0.38	0.38	0.76	0.011	0.003	0.17	0.40	0.96	-	-	-
LINE40	H6	670	10.00	158.95	0.70	0.021	11.67	0.02	0.56	0.56	1.12	0.021	0.003	0.22	0.40	0.96	-	-	-
LINE41	A3	1109	10.00	158.95	0.70	0.034	16.17	0.02	0.68	0.68	1.36	0.034	0.003	0.26	0.40	0.96	-	-	-

ตารางที่ 4.3 การเปรียบเทียบระบบระบายน้ำปัจจุบันกับระบบระบายน้ำที่ออกแบบ

LINE	ZONE	BETWEEN		DIAMETER	DIAMETER	SLOPE	SLOPE	REMARK
		MH	MH	EXISTING (m)	DESIGN (m)	EXISTING	DESIGN	
LINE1	K	1	8	0.40	0.40	0.001	0.003	
		8	24	0.60	0.60	0.001	0.002	
LINE3	K	1	20	0.40	0.40	0.001	0.003	
LINE4	K	1	10	0.40	0.40	0.001	0.003	
LINE5	K	1	16	0.80	0.80	0.001	0.001	
LINE6	K	1	27	0.40	0.60	0.001	0.003	
LINE7	K	1	2	0.40	0.40	0.001	0.003	
LINE8	K	1	3	0.40	0.40	0.001	0.003	
		3	5	0.40	0.60	0.001	0.002	
		5	6	0.60	0.60	0.001	0.002	
LINE9	K	1	5	0.40	0.40	0.001	0.003	
LINE10	K	1	8	0.60	0.60	0.001	0.002	
		8	16	0.80	0.60	0.001	0.002	
		16	18	0.80	0.80	0.001	0.001	
LINE11	K	1	8	0.60	0.60	0.001	0.002	
LINE12	K	1	9	0.60	0.60	0.001	0.002	
LINE15		-	-	-	0.60	-	0.003	
LINE16		1	2	0.40	0.50	0.002	0.002	
		2	3	0.40	0.50	0.002	0.002	
		3	4	0.40	0.50	0.002	0.002	
		4	5	0.40	0.50	0.002	0.002	
		5	6	0.50	0.50	0.002	0.002	
		6	7	0.50	0.50	0.002	0.002	
		7	8	0.50	0.50	0.002	0.002	
		8	9	0.60	0.50	0.002	0.002	
		9	10	0.60	0.50	0.002	0.002	
		10	11	0.60	0.50	0.002	0.002	

ตารางที่ 4.3 (ต่อ) การเปรียบเทียบระบบระบายน้ำปัจจุบันกับระบบระบายน้ำที่ออกแบบ

LINE	ZONE	BETWEEN		DIAMETER	DIAMETER	SLOPE	SLOPE	REMARK
		MH	MH	EXISTING (m)	DESIGN (m)	EXISTING	DESIGN	
LINE17		1	2	0.40	0.50	0.002	0.002	
		2	3	0.40	0.50	0.002	0.002	
LINE18		1	5	-	0.50	-	0.002	แนวท่อใหม่
		5	11	0.60	0.50	0.002	0.002	
		11	30	-	0.50	-	0.002	
LINE19		1	6	0.40	0.50	0.002	0.002	
		6	9	0.50	0.50	0.002	0.002	
LINE20		1	4	-	0.50	-	0.002	
		4	10	0.60	0.50	0.002	0.002	
LINE21	D	-	-	-	0.5	-	0.002	แนวท่อใหม่
LINE22	D	-	-	-	0.5	-	0.002	แนวท่อใหม่
LINE23	E	-	-	-	0.4	-	0.0025	
LINE24		1	2	0.2	0.4	0.004	0.005	
		2	3	0.2	0.4	0.004	0.005	
		3	4	0.2	0.4	0.004	0.005	
		4	5	0.2	0.4	0.004	0.005	
		5	8	-	0.4	-	0.005	
LINE25	D	1	2	0.15	0.4	0.006	0.005	
		2	3	0.15	0.4	0.006	0.005	
		3	4	0.2	0.4	0.005	0.005	
		4	5	0.2	0.4	0.005	0.005	
		5	6	0.2	0.4	0.004	0.005	
		6	8	-	0.4	-	0.005	
LINE26	D	1	5	-	0.4	-	0.005	แนวท่อใหม่
		5	14	-	0.5	-	0.005	

ตารางที่ 4.3 (ต่อ) การเปรียบเทียบระบบระบายน้ำปัจจุบันกับระบบระบายน้ำที่ออกแบบ

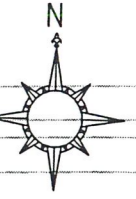
LINE	ZONE	BETWEEN		DIAMETER	DIAMETER	SLOPE	SLOPE	REMARK
		MH	MH	EXISTING (m)	DESIGN (m)	EXISTING	DESIGN	
LINE27	D	1	2	0.6	0.5	0.017	0.002	แนวท่อใหม่เปลี่ยนทิศทางการไหลของน้ำตรงข้ามกับของเดิม
		2	3	0.6	0.5	0.011	0.002	
		3	4	0.6	0.5	0.002	0.002	
		5	6	0.6	0.5	0.004	0.002	
		6	7	0.6	0.5	-0.004	0.002	
		7	8	0.6	0.5	0.000	0.002	
		8	9	0.6	0.5	0.095	0.002	
		9	17	-	0.5	-	0.002	
		LINE28		1	2	0.6	0.5	
2	3			0.6	0.5	0.012	0.002	
3	4			0.6	0.5	0.007	0.002	
4	5			0.6	0.5	0.010	0.002	
5	6			0.6	0.5	0.002	0.002	
6	7			0.6	0.5	0.015	0.002	
7	8			0.6	0.5	0.003	0.002	
8	9			0.6	0.5	0.012	0.002	
9	10			0.6	0.5	0.009	0.002	
10	11			0.6	0.5	0.010	0.002	
11	12			0.6	0.5	-0.005	0.002	
12	13			0.6	0.5	0.010	0.002	
13	14			0.6	0.5	0.003	0.002	
14	15			0.6	0.5	0.013	0.002	
15	16			0.6	0.5	0.006	0.002	
16	17			0.6	0.5	0.013	0.002	
17	18			0.6	0.5	0.001	0.002	
18	19			0.6	0.5	0.011	0.002	
19	20			0.6	0.5	0.001	0.002	
20	21			0.6	0.5	0.010	0.002	

ตารางที่ 4.3 (ต่อ) การเปรียบเทียบระบบระบายน้ำปัจจุบันกับระบบระบายน้ำที่ออกแบบ

LINE	ZONE	BETWEEN		DIAMETER	DIAMETER	SLOPE	SLOPE	REMARK
		MH	MH	EXISTING (m)	DESIGN (m)	EXISTING	DESIGN	
LINE29	E	1	2	0.60	0.60	0.005	0.002	ไม่สามารถหาSLOPEได้ จึงใช้SLOPE ตามแบบ
		2	3	0.60	0.60	0.005	0.002	
		3	4	0.60	0.60	0.005	0.002	
		4	5	0.60	0.60	0.005	0.002	
		5	6	0.60	0.60	0.005	0.002	
		6	7	0.60	0.60	0.005	0.002	
		7	8	0.60	0.60	0.005	0.002	
		8	9	0.60	0.60	0.005	0.002	
		9	10	0.60	0.60	0.005	0.002	
		10	11	0.60	0.60	0.005	0.002	
		11	12	0.80	0.60	0.005	0.002	
		12	13	0.80	0.60	0.005	0.002	
LINE30	E	1	2	0.80	0.80	-0.001	0.001	
		2	3	0.80	0.80	0.011	0.001	
		3	4	0.80	0.80	0.018	0.001	
		4	5	0.80	0.80	0.007	0.001	
		5	6	0.80	0.80	0.005	0.001	
		6	7	0.80	0.80	0.006	0.001	
		7	8	0.80	0.80	0.004	0.001	
		8	9	0.80	0.80	-	0.001	
		9	10	0.80	0.80	0.004	0.001	
		10	11	0.80	0.80	-0.002	0.001	
LINE31	R	1	2	0.80	0.80	-0.019	0.001	
		2	3	0.80	0.80	0.001	0.001	
		3	4	0.80	0.80	-0.014	0.001	
		4	5	0.80	0.80	0.001	0.001	
		5	6	0.80	0.80	0.032	0.001	
		6	7	0.80	0.80	0.007	0.001	

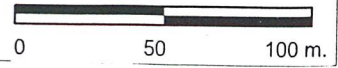
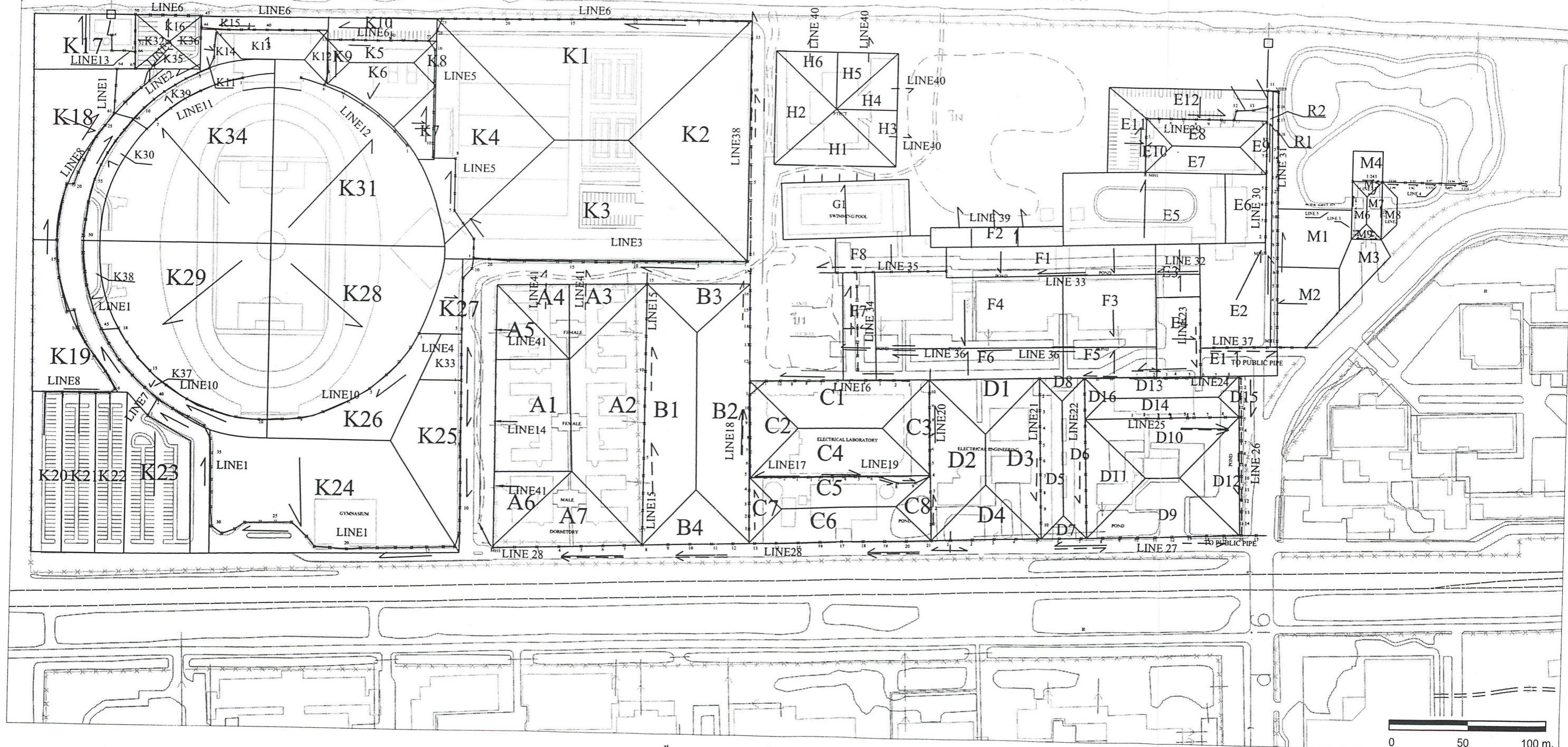
ตารางที่ 4.3 (ต่อ) การเปรียบเทียบระบบระบายน้ำปัจจุบันกับระบบระบายน้ำที่ออกแบบ

LINE	ZONE	BETWEEN		DIAMETER	DIAMETER	SLOPE	SLOPE	REMARK
		MH	MH	EXISING (m)	DESIGN (m)	EXISING	DESIGN	
LINE31(ต่อ)		7	8	0.80	0.80	-0.002	0.001	
		8	9	0.80	0.80	0.006	0.001	
		9	10	0.80	0.80	-0.001	0.001	
		10	11	0.80	0.80	-0.006	0.001	
		11	12	0.80	0.80	-0.002	0.001	
		12	13	0.80	0.80	0.000	0.001	
		13	14	0.80	0.80	0.001	0.001	
		14	15	0.80	0.80	0.008	0.001	
		15	16	0.80	0.80	0.016	0.001	
		16	17	0.80	0.80	0.005	0.001	
		17	18	0.80	0.80	0.009	0.001	
		18	19	0.80	0.80	-	0.001	
LINE32	E	-	-	0.25	0.25	-0.007	0.005	
LINE33	F			0.6	0.6	-	0.002	
LINE34	F	1	7	-	0.5	-	0.002	
LINE35	F	ALL	ALL	-	0.5	-	0.002	
LINE36	F	ALL	ALL	2-0.6	0.6	-	0.002	
LINE37	E	-	-	-	0.50	-	0.002	
LINE38	G	-	-	0.10	0.20	0.100	0.100	
LINE39	F	-	-	0.20	0.20	0.010	0.01	
LINE40	H	-	-	-	0.40	-	0.003	
LINE41	A	-	-	0.40	0.40	0.0025	0.0025	



MOTOR WAY

คลองหกกศอก



มาตราส่วน 1:2500

- แนวท่อระบายน้ำของระบบระบายน้ำปัจจุบัน
- ทิศทางการไหลของระบบระบายน้ำที่ออกแบบเพิ่มเติม
- แนวท่อระบายน้ำที่ออกแบบเพิ่มเติม
- ==>== แนวคลองระบายน้ำ
- ทิศทางการไหลของระบบระบายน้ำปัจจุบัน

รูปที่ 4.2 พื้นที่รับน้ำย่อย ระบบระบายน้ำ และทิศทางการไหลของน้ำ

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอ

การศึกษาวิเคราะห์ระบบระบายน้ำของพื้นที่ฝั่งตะวันตกเฉียงเหนือของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อันประกอบไปด้วย สนามกีฬา หอพักสถาบันฯ อาคารเรียนและอาคารปฏิบัติการของภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า อาคารกิจการนักศึกษา อาคารเรียนรวม สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ อาคาร PTEC และอาคารนราธิวาสราชนครินทร์ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 1-4 พอที่จะสรุปได้ดังนี้ ผู้ศึกษาได้ทำการศึกษาพฤติกรรมการเกิดของน้ำบนผิวดิน ซึ่งได้แบ่งพื้นที่ทำการศึกษาออกเป็นพื้นที่รับน้ำย่อยทั้งหมด แล้วใช้วิธีเรซันแนลในการคำนวณหาน้ำท่า เมื่อได้ปริมาณน้ำท่าแล้วจึงนำเวลาของการเคลื่อนที่ของกราฟน้ำท่าแต่ละลูกมาเปรียบเทียบกับกันเพื่อหาสมบัติของกราฟน้ำท่ารวมและอัตราน้ำไหลนองสูงสุด ต่อจากนั้นจึงนำอัตราน้ำไหลนองสูงสุดมาคำนวณหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความลาดชันของแนวท่อโดยใช้สมการแมนนิง

ผลของการศึกษาทำให้สามารถสรุปสภาพระบบระบายน้ำปัจจุบัน ตลอดจนเสนอแนวทางการแก้ไขปรับปรุงระบบระบายน้ำ และการศึกษาที่ควรกระทำดังแสดงรูปที่ 5.1 และ 5.2

#### 5.1 สรุปสภาพระบบระบายน้ำปัจจุบัน

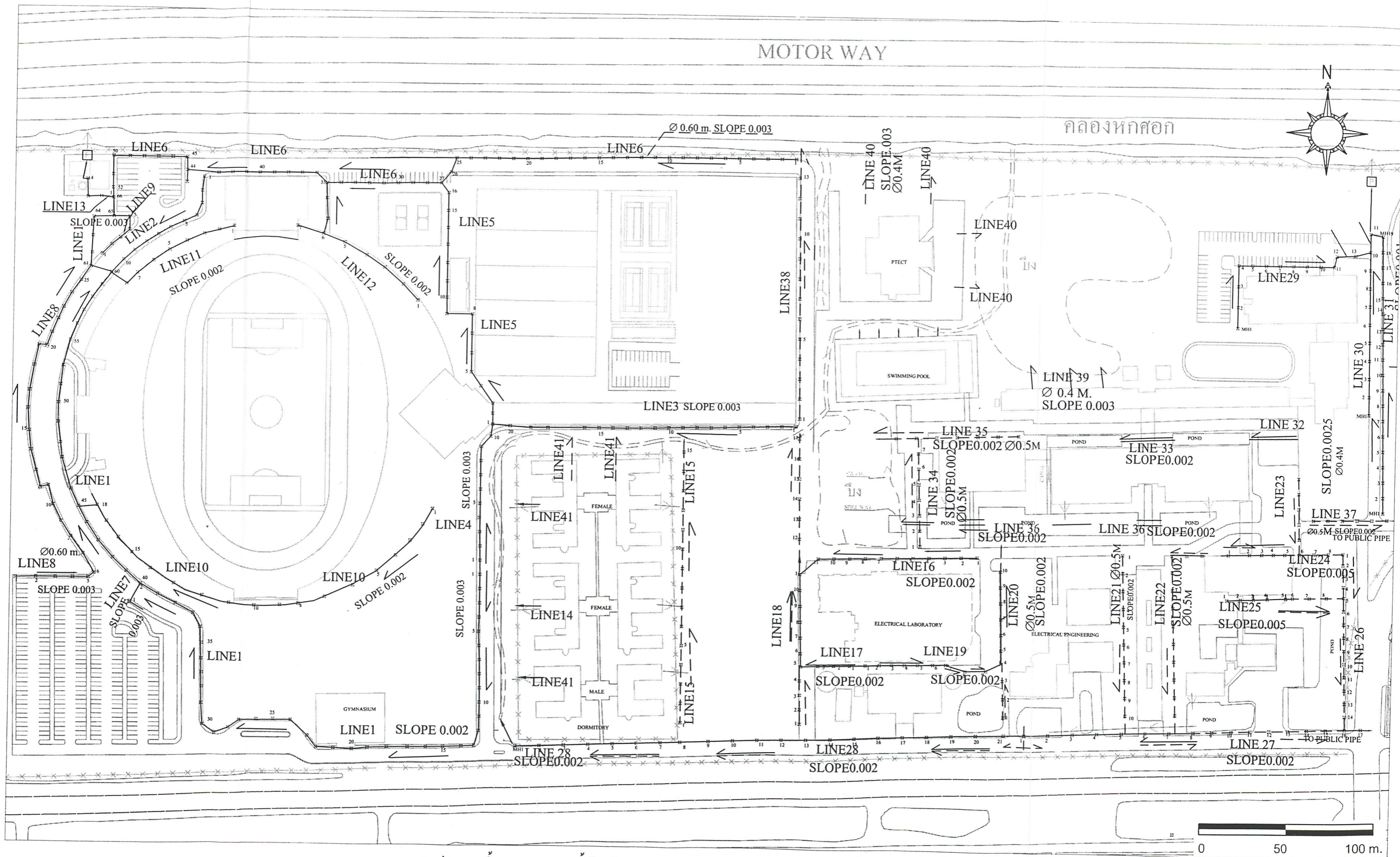
- 1) แหล่งเก็บกักน้ำภายในพื้นที่ที่ทำการศึกษา ได้แก่ สระน้ำ คู คลอง นั้น ควรได้รับการปรับปรุงเพื่อประโยชน์ในการกักเก็บน้ำภายหลังที่มีฝนตกหนัก ทำให้สามารถกักเก็บน้ำท่าที่เกิดขึ้นระหว่างที่ฝนตกได้มากขึ้น
- 2) คลองรับน้ำภายนอกทั้งสี่ด้านนั้น ควรได้รับการดูแลรักษาให้สะอาด ไม่มีวัชพืช เนื่องจากสภาพปัจจุบัน คลองทั่วไปอยู่ในสภาพที่ตื้นเขิน และเต็มไปด้วยวัชพืช โดยเฉพาะคลองทางด้านทิศเหนือและทิศตะวันตก
- 3) ความลาดชันของท่อในบางช่วงมีค่าน้อย ไม่เพียงพอที่จะใช้ความเร็วในการไหลของน้ำทำความสะอาดท่อ ส่งผลให้พบตะกอนตกค้างอยู่ในตัวท่อ ทำให้การไหลของน้ำ ไม่สะดวก

## 5.2 สรุปการออกแบบระบบระบายน้ำเพิ่มเติม

การออกแบบระบบระบายน้ำเพิ่มเติมสามารถสรุปภาพรวมในแต่ละพื้นที่ได้ดังต่อไปนี้

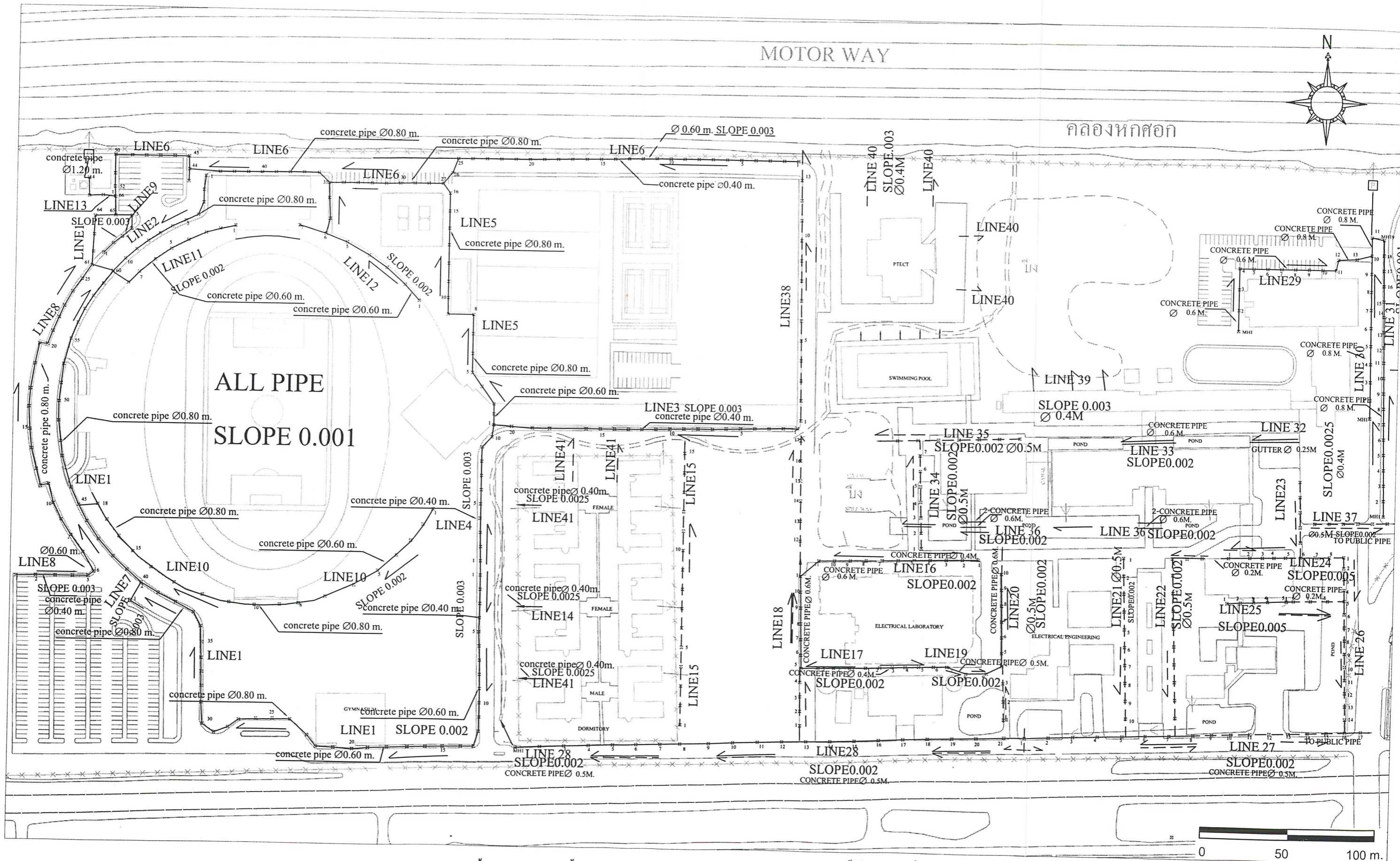
- 1) บริเวณสนามกีฬาหรือ ZONE K ความลาดชันของท่อที่ใช้เดิมนั้น มีค่าเป็น 1 : 1000 ซึ่งไม่เพียงพอต่อแนวท่อที่ 1 , 4 , 5 , 6 , 7 , 8 , 9 , 10 , 11 , 12 , 13 โดยสาเหตุมาจากความเร็วในการล้าท่อไม่เพียงพอ ( 0.9 m / s ) ซึ่งจะส่งผลให้ท่อมืดตะกอนตกค้างอยู่ในแนวท่อ จึงควรปรับความลาดชันเพิ่มขึ้นตามที่ได้เสนอแนะไว้ในบทที่ 4
- 2) บริเวณพื้นที่ว่างด้านทิศตะวันออกของหอพักนักศึกษา ซึ่งมีสภาพเป็นป่า ก็ได้ออกแบบให้มีแนวท่อเพิ่มขึ้นด้วยกัน 2 แนวท่อ คือแนวท่อที่ 15 กับแนวท่อที่ 18 สำหรับในกรณีที่ในอนาคตข้างหน้า ทางสถาบันฯ ต้องการจะใช้เนื้อที่ในบริเวณนี้ทำการก่อสร้างอาคาร
- 3) บริเวณหอพักนักศึกษา ขนาดท่อและ ความลาดชันเดิมที่ใช้อยู่ เป็นขนาดที่เหมาะสมแล้วแต่มีปัญหาคือตัวท่อน้ำฝน ที่ระบายจากอาคารชำรุดทำให้เกิด น้ำท่วมขังตามพื้นหลังจากฝนตกและได้ทำการออกแบบเพิ่มเติมในส่วน แนวท่อที่ 41 โดยใช้ค่าขนาดท่อ และความลาดชันเดิม การระบายน้ำในส่วนที่เพิ่มขึ้นนี้จะปล่อยลงสู่คลองที่อยู่ทางทิศเหนือของ หอพัก
- 4) บริเวณตึกปฏิบัติการอาคารเรียนรวมวิศวกรรมหลัง 2 ขนาดความลาดชันที่ใช้อยู่เดิมมีค่าน้อยเกินไปทำให้ ความเร็วในการล้าท่อไม่เพียงพอ จึงควรเพิ่มความลาดชันของแนวท่อ ส่วนขนาดของท่อเดิมมีความเหมาะสมอยู่แล้ว
- 5) แนวท่อบริเวณถนนเลียบริมรางรถไฟ ทิศทางการไหลของน้ำเดิมนั้น ไม่เหมาะสมเพราะ น้ำมีการไหลอ้อมมากเกินไป ส่งผลให้การระบายน้ำจะเป็นไปด้วยความล่าช้า จึงเสนอให้มีการเปลี่ยนทิศทางการไหลของน้ำ โดยเปลี่ยนทิศทางการไหลของน้ำบางช่วงออกสู่ แนวท่อสาธารณะของถนนฉลองกรุงฯ คือแนวท่อที่ 27
- 6) บริเวณทางเดินจากถนนเลียบริมรางรถไฟไปยังตึกพระเทพฯ สภาพบริเวณพื้นที่แต่เดิมไม่มีระบบระบายน้ำอาศัยเพียงแต่ความลาดชันของพื้นที่ ระบายน้ำลงสู่สระด้านหน้าตึกอธิการบดี จึงมีน้ำท่วมขังตามพื้นที่หลังฝนตก จึงทำการเสนอให้มีการวางแนวท่อเพิ่มเติมคือ แนวท่อที่ 21 และแนวท่อที่ 22 โดยให้น้ำจากทั้ง 2 แนวนี้ปล่อยออก แนวท่อที่ 27 แล้วปล่อยน้ำออกทางท่อสาธารณะตรง ถนนฉลองกรุง ฯ
- 7) บริเวณตึกอธิการบดี เป็นพื้นที่ต่ำ จึงมีสภาพคล้ายกับเป็นแอ่งน้ำ จากการรวบรวมข้อมูล ทราบว่าทางสถาบัน ฯ มีโครงการที่จะถมที่บริเวณนี้ให้สูงขึ้น รวมทั้งทำการถมสระ รับน้ำที่มีอยู่เดิม ใน

- การออกแบบ จึงได้เสนอให้สอดคล้องกับแนวทางในอนาคต โดยออกแบบแนวท่อเพิ่มเติมคือ แนวท่อที่ 24 , 25 , 26 ให้ไหลรวมออกทางแนวท่อที่ 27 แล้วปล่อยออกที่ แนวท่อสาธารณะ
- 8) แนวท่อที่เชื่อมระหว่างสระน้ำ บริเวณตึกพระเทพฯ ความลาดชันของแนวท่อเดิมไม่สามารถ ทำการเก็บข้อมูลได้แต่ได้แสดงค่าความลาดชันที่เหมาะสมจากการออกแบบไว้ โดยน้ำจะถูกระบาย ออกทาง SPILL WAY ที่อยู่ทางคลองทิศตะวันตก นอกจากนี้แนวท่อที่ 32 เป็น GUTTER ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.25 m. นั้น จากการสำรวจพบว่าค่าความลาดชันมีค่าติดลบ ซึ่งหมายถึงทิศการไหลของน้ำไม่ระบาย ลงสู่สระ น้ำ จึงควรทำการก่อสร้างใหม่
  - 9) บริเวณทิศตะวันตกของตึกพระเทพฯ ได้ทำการออกแบบแนวท่อใหม่ไว้ 2 แนวท่อคือ แนว ท่อที่ 34 และแนวท่อที่ 35 เนื่องจากพบบ่อยครั้งว่าบริเวณนี้มีน้ำท่วมขังภายหลังหลังฝนตก
  - 10) ส่วนของสระว่ายน้ำ ขนาดท่อเดิมที่ใช้ ( 0.15 m ) มีขนาดเล็กกว่าค่าที่ได้จากการออกแบบ จึงได้ เสนอขนาดท่อใหม่ คือ 0.20 m. ส่วนค่าความลาดชันเดิมนั้นเหมาะสมอยู่แล้ว การระบายน้ำออก จะปล่อยน้ำออกทางคลองด้านหลังของสระว่ายน้ำ
  - 11) ส่วนของอาคาร PTEC แนวท่อที่ระบายน้ำฝนจากตัวอาคารถูก ปล่อยลงพื้นดินโดยตรงทำให้ สภาพพื้นที่เกิดน้ำท่วมขัง อีกทั้งการสำรวจพื้นที่โดยรอบ พบว่าทางออกของน้ำถูกอุดตันด้วยเศษ ใบไม้ เศษขยะ ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดน้ำท่วมขัง จึงทำการเสนอแนวท่อใหม่ โดยให้มีการ ระบายน้ำออก 2 ทาง คือทางทิศเหนือ และทิศตะวันออก ของตัวอาคาร ในทิศเหนือจะปล่อยน้ำ ออกสู่คลองหกสอก ส่วนทางทิศตะวันออกจะปล่อยออกทางบึงด้านข้าง



- |       |                                       |        |   |
|-------|---------------------------------------|--------|---|
| —     | แนวท่อระบายน้ำของระบบระบายน้ำปัจจุบัน | -----> | ทิศทางการไหลของระบบระบายน้ำที่ออกแบบเพิ่มเติม |
| ----- | แนวท่อระบายน้ำที่ออกแบบเพิ่มเติม      | ==>==  | แนวคลองระบายน้ำ                               |
| →     | ทิศทางการไหลของระบบระบายน้ำปัจจุบัน   |        |   |

รูปที่ 5.1 แสดงคำอธิบายของแนวท่อที่ต้องปรับปรุงและแนวท่อระบายน้ำที่ออกแบบเพิ่มเติม



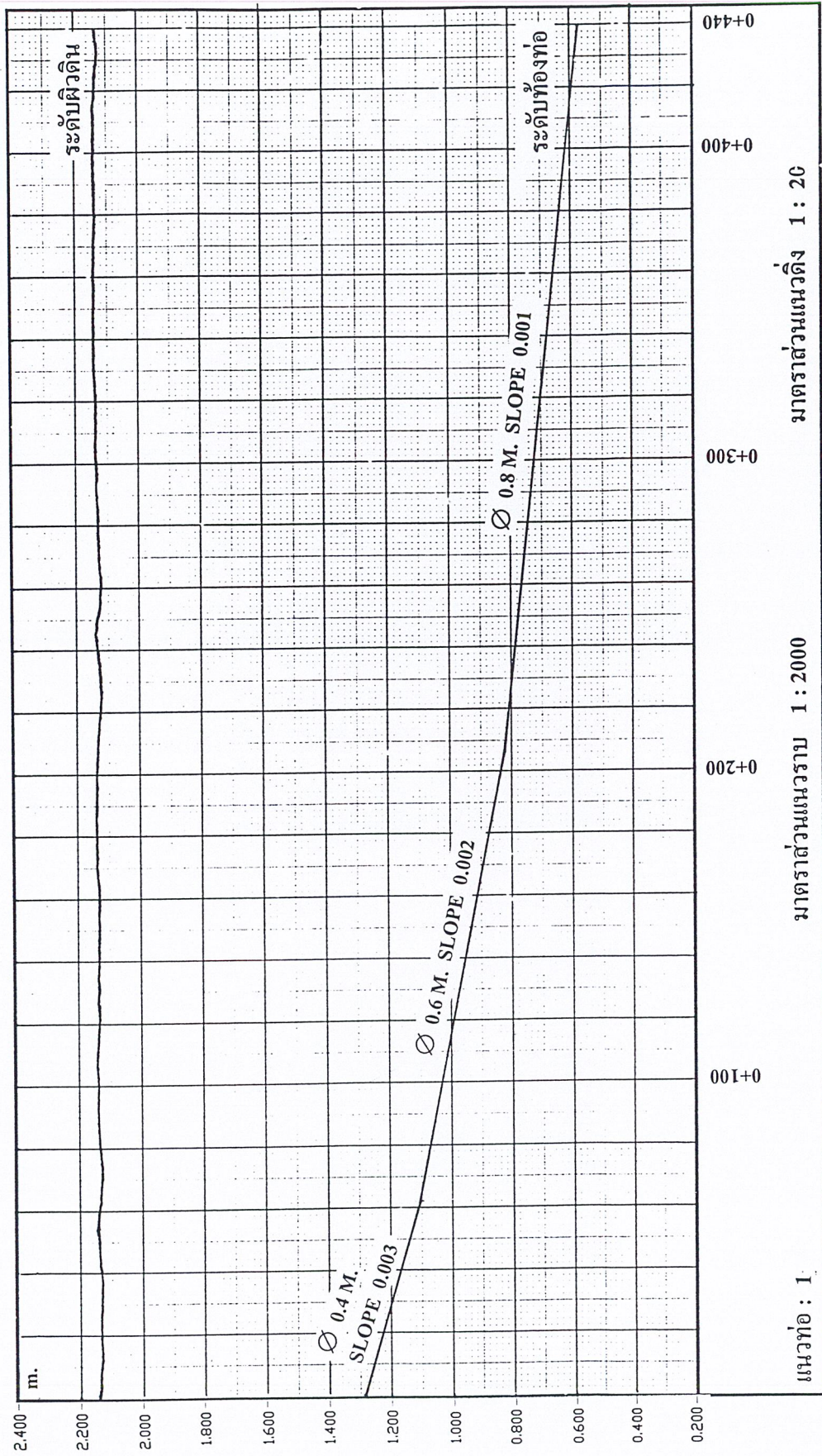
- แนวท่อระบายน้ำของระบบระบายน้ำปัจจุบัน
- แนวท่อระบายน้ำที่ออกแบบเพิ่มเติม
- > ทิศทางการไหลของระบบระบายน้ำปัจจุบัน
- ทิศทางการไหลของระบบระบายน้ำที่ออกแบบเพิ่มเติม
- > แนวคลองระบายน้ำ

รูปที่ 5.2 แสดงแนวท่อภายหลังจากมีการออกแบบเสร็จสมบูรณ์

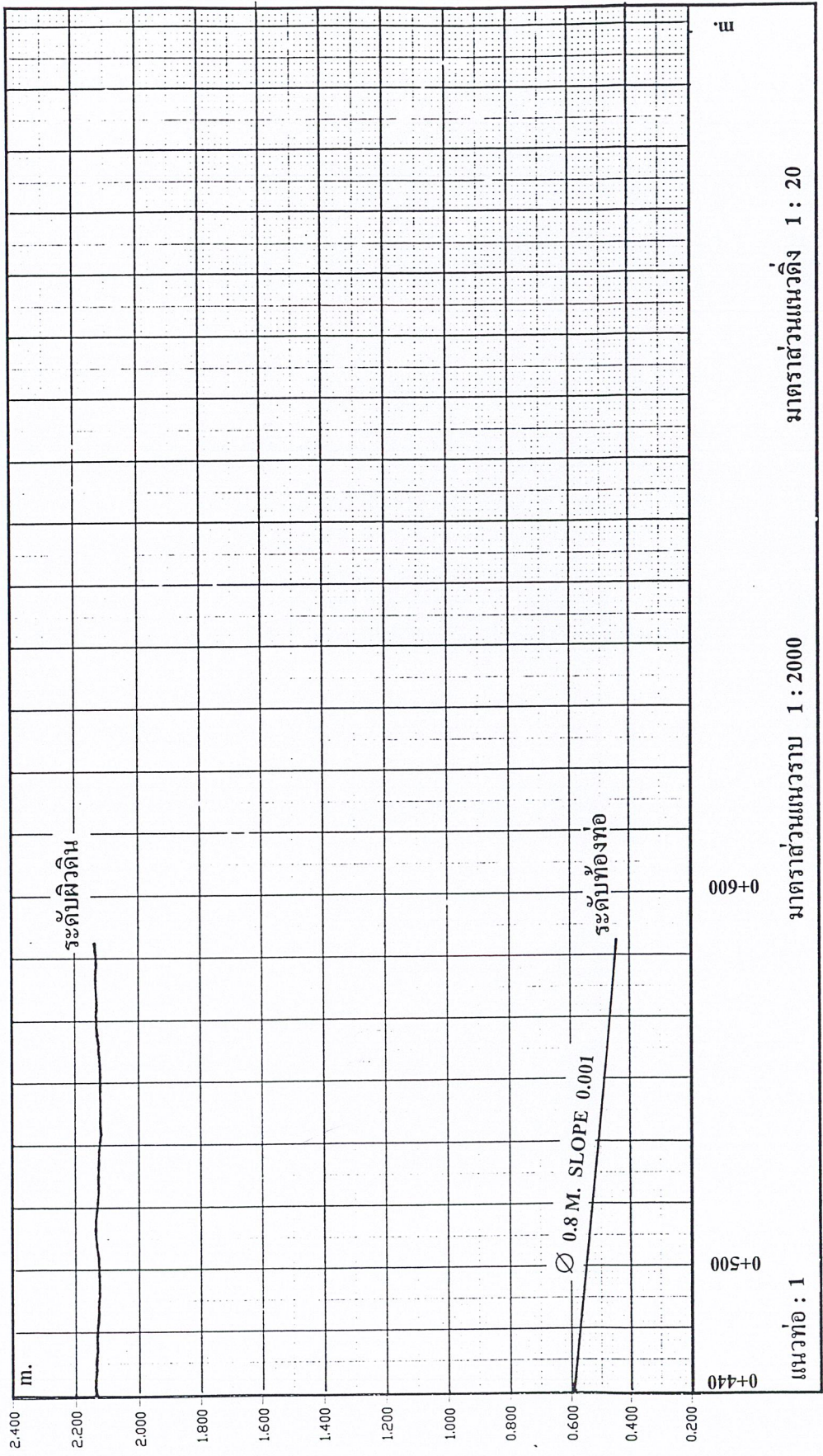
มาตราส่วน 1:2000

# ภาคผนวก

รูปตัดตามยาวของแต่ละแนวท่อ  
ตามที่ออกแบบ



รูปที่ ผ.1 แสดงรูปตัดตามขวางของแนวท่อน

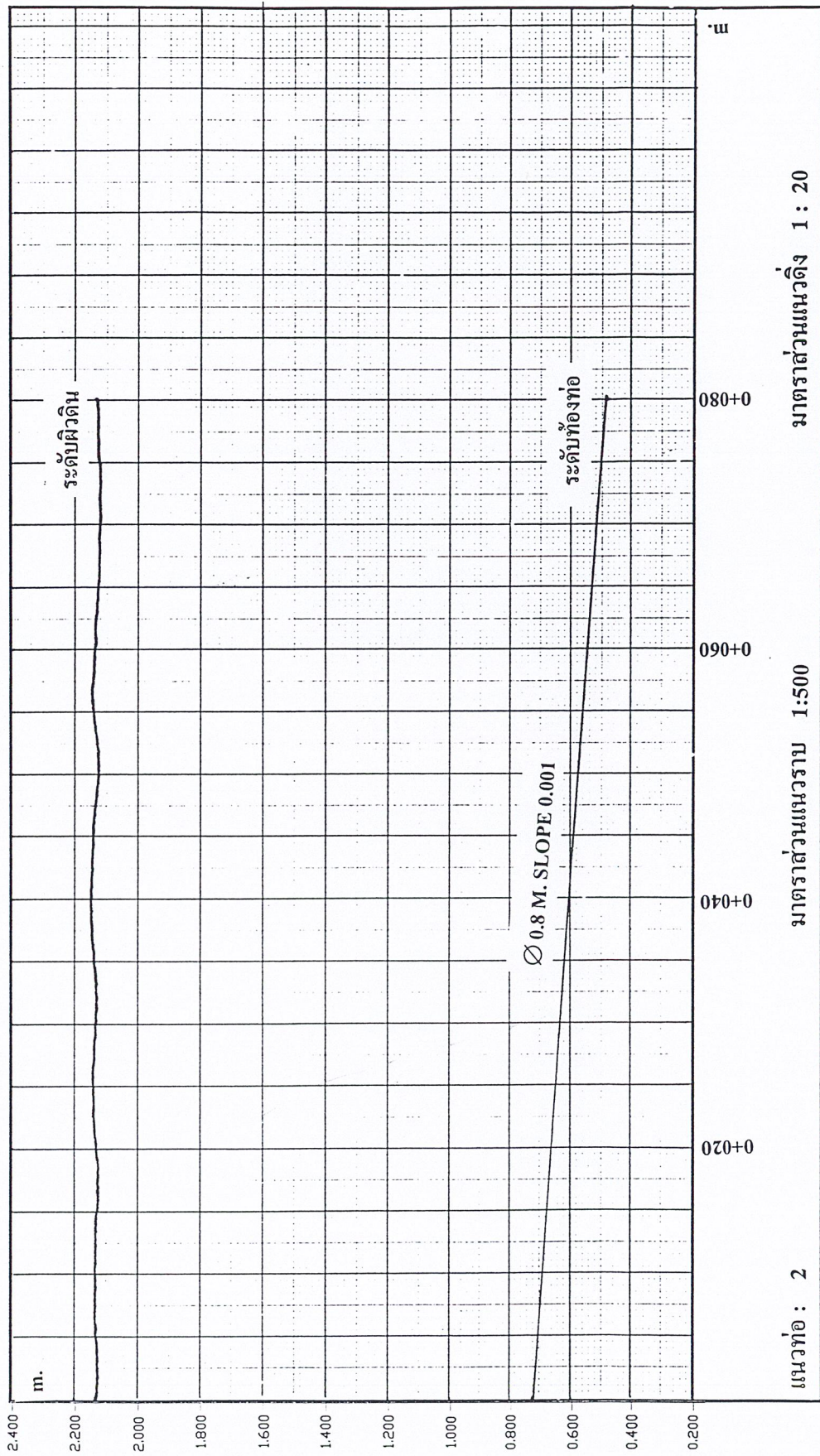


มาตราส่วนแนวตั้ง 1 : 20

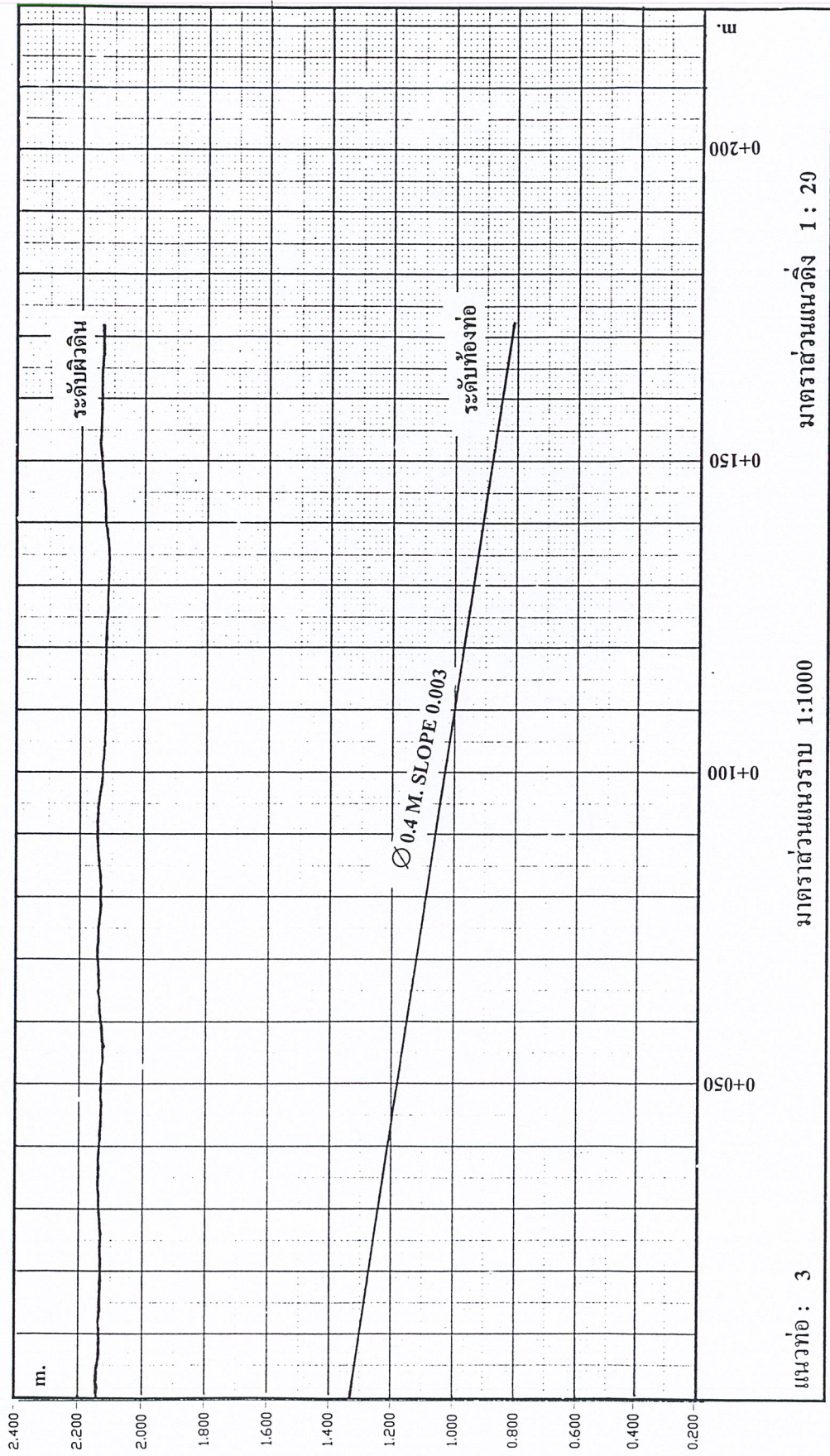
มาตราส่วนแนวราบ 1 : 2000

แนวท่อ : 1

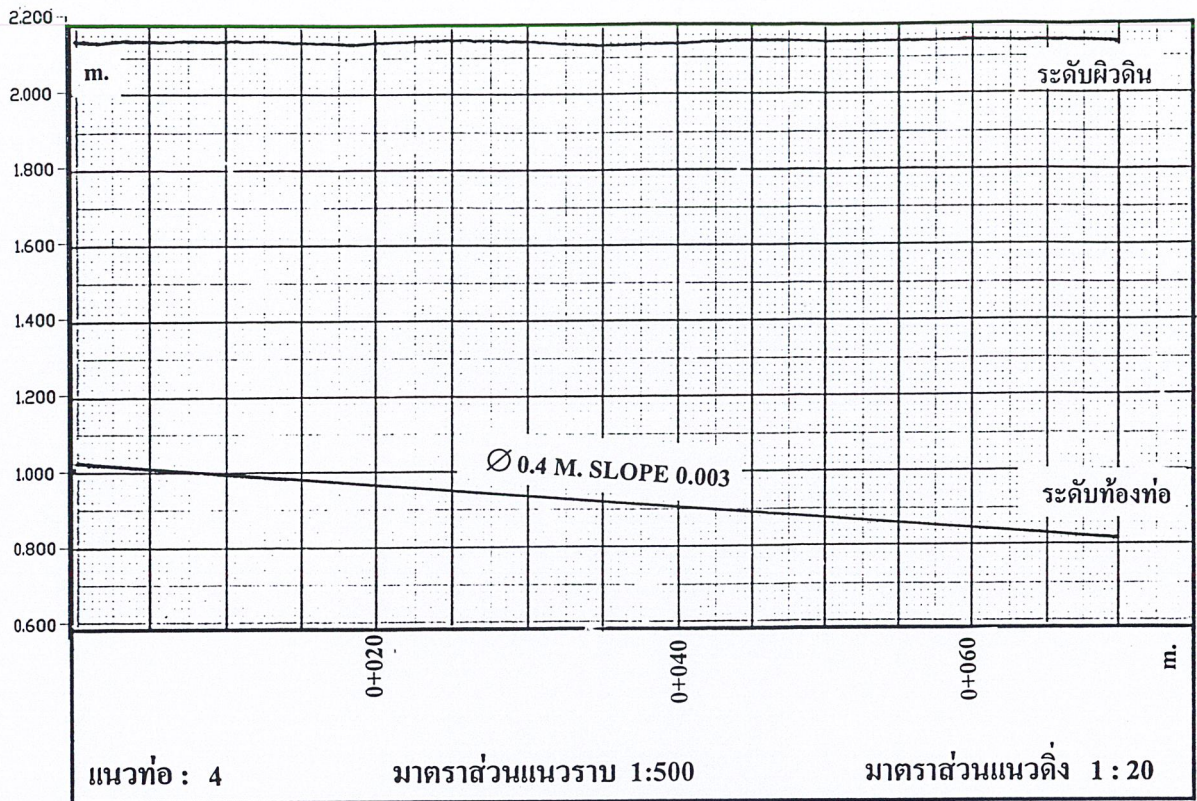
รูปที่ ผ.1(ต่อ) แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 1



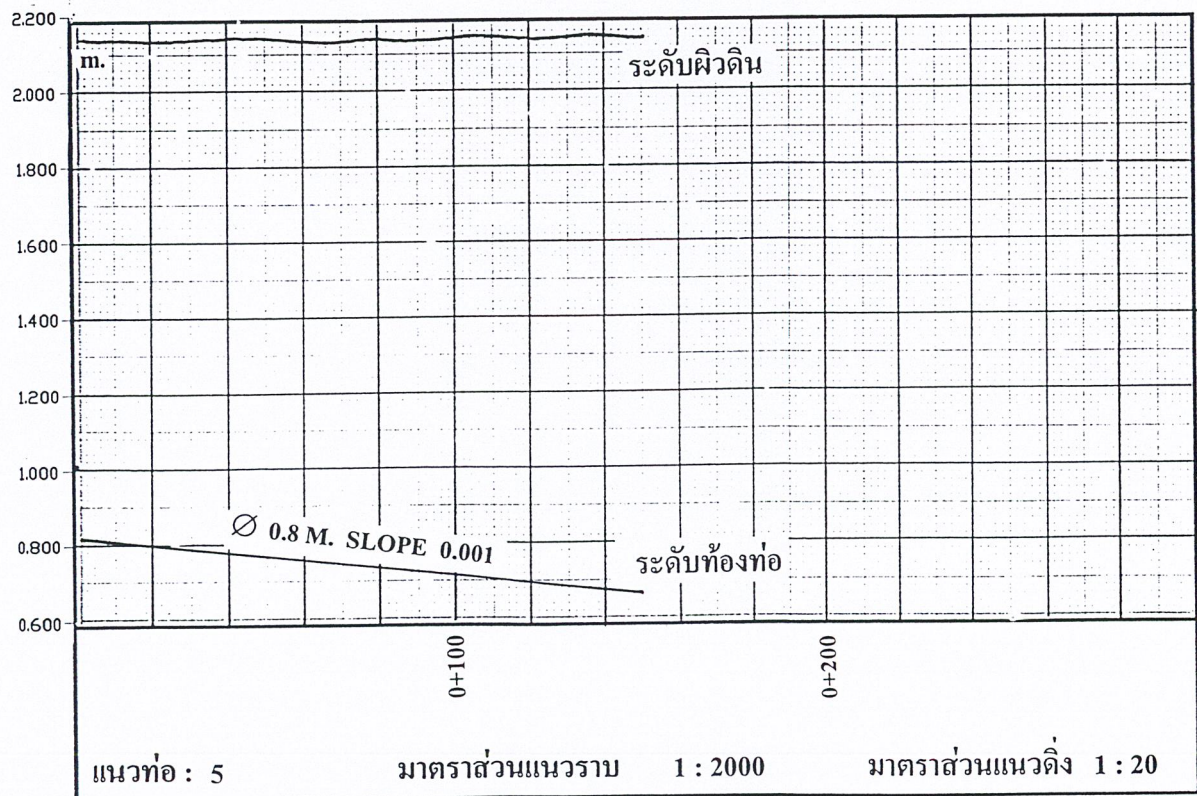
รูปที่ ผ.2 แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 2



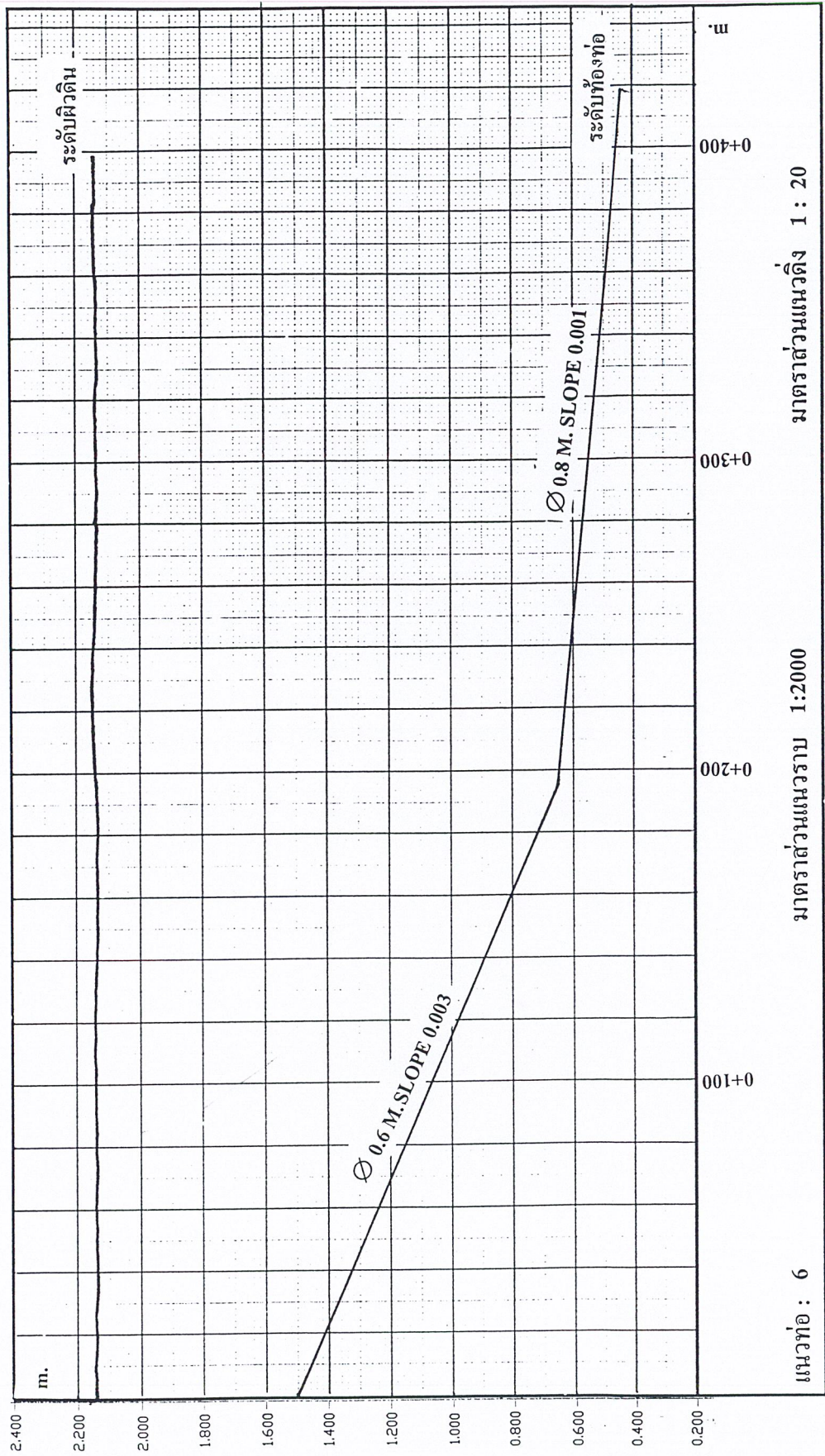
รูปที่ ผ.3 แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 3



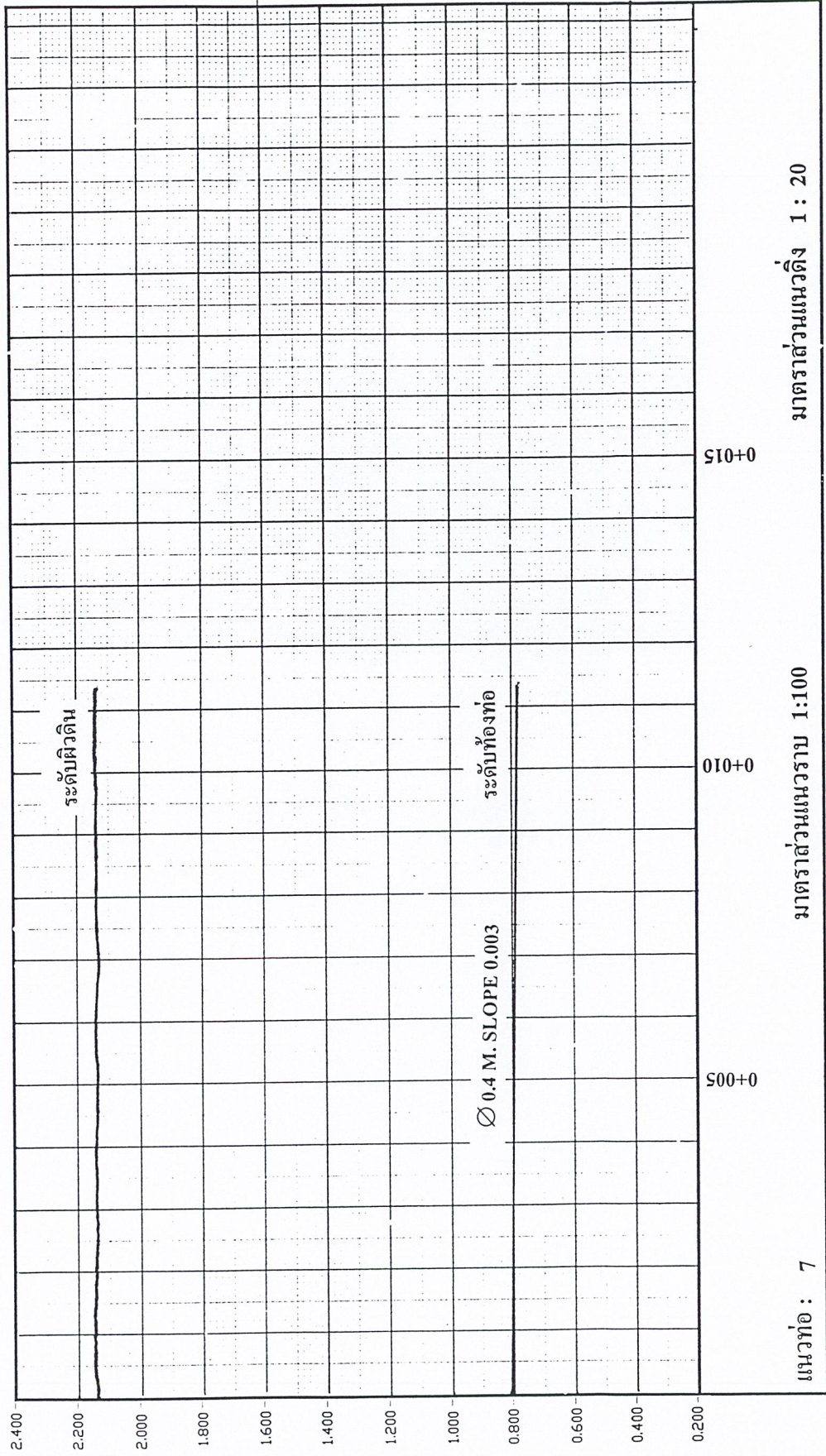
รูปที่ ผ.4 แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 4



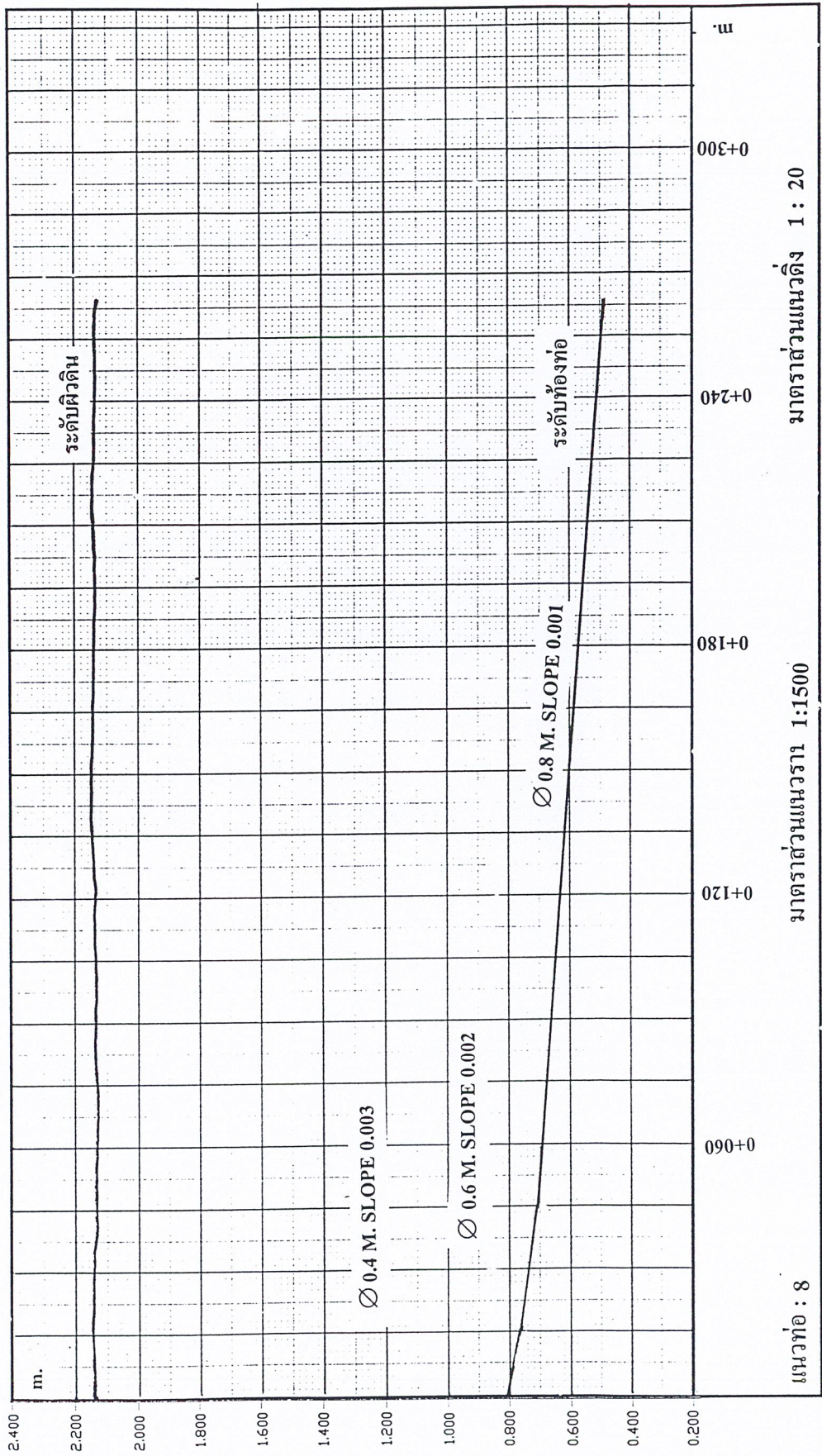
รูปที่ ผ.5 แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 5



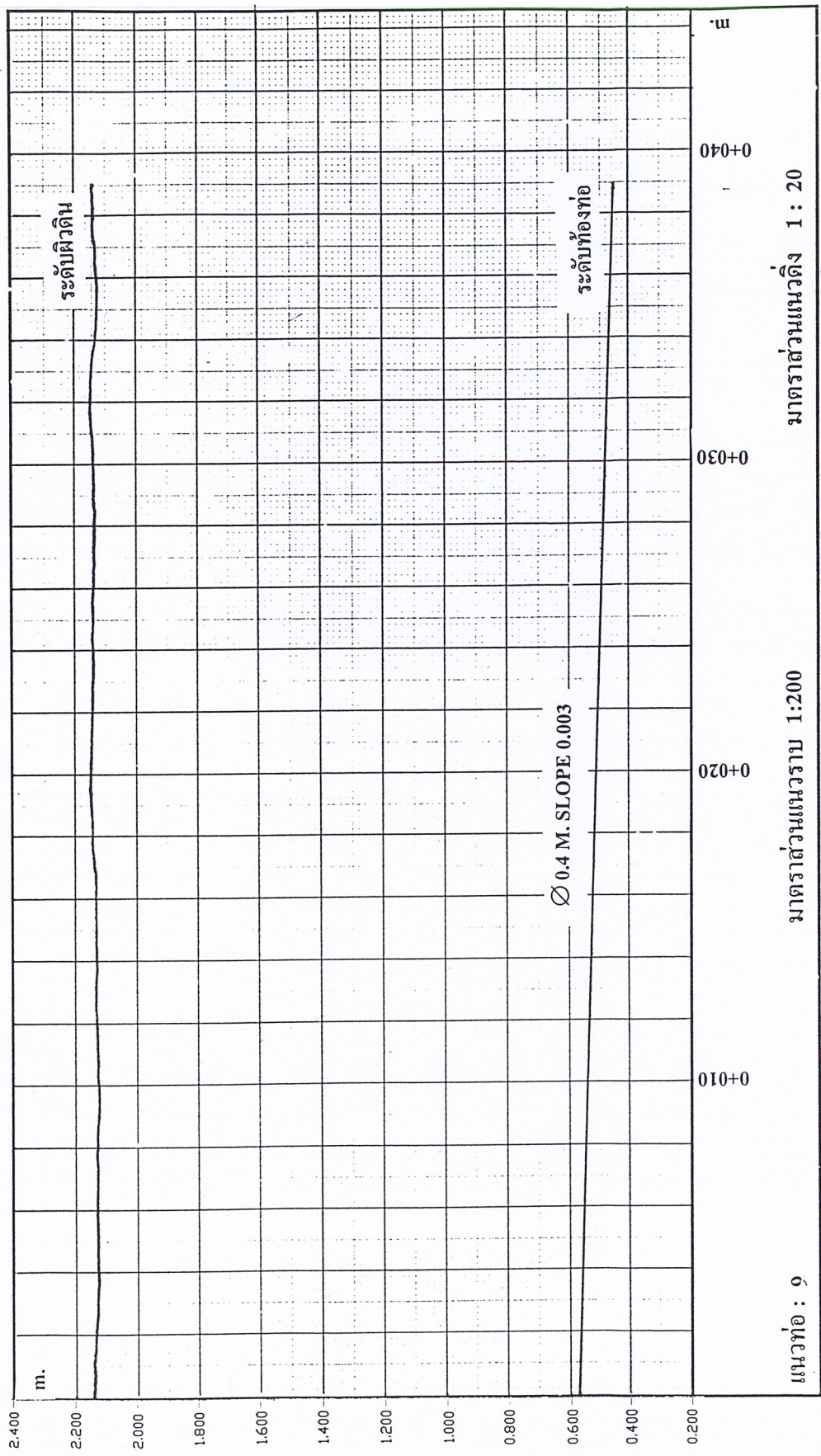
รูปที่ ผ.6 แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 6



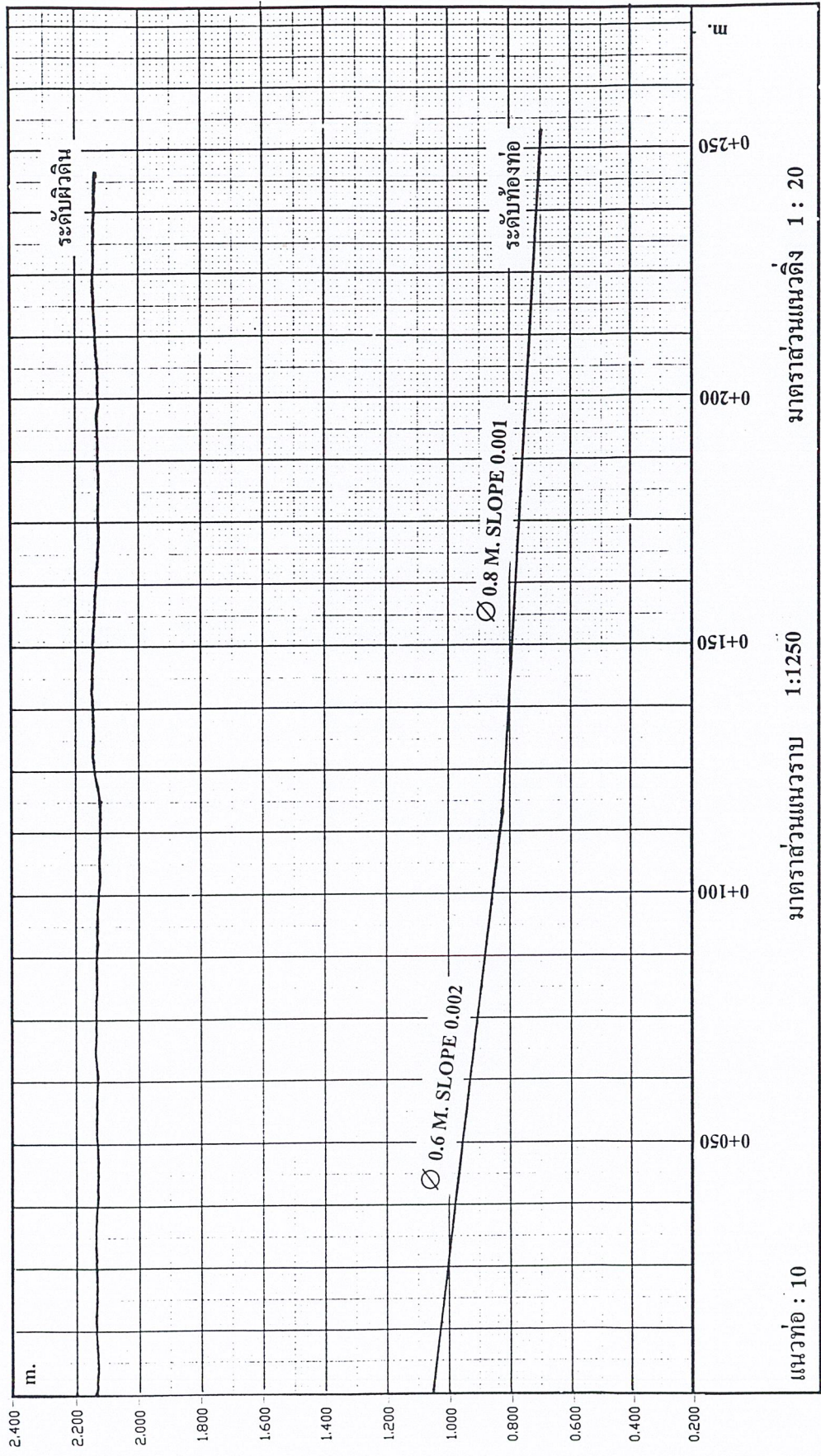
รูปที่ ผ.7 แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 7



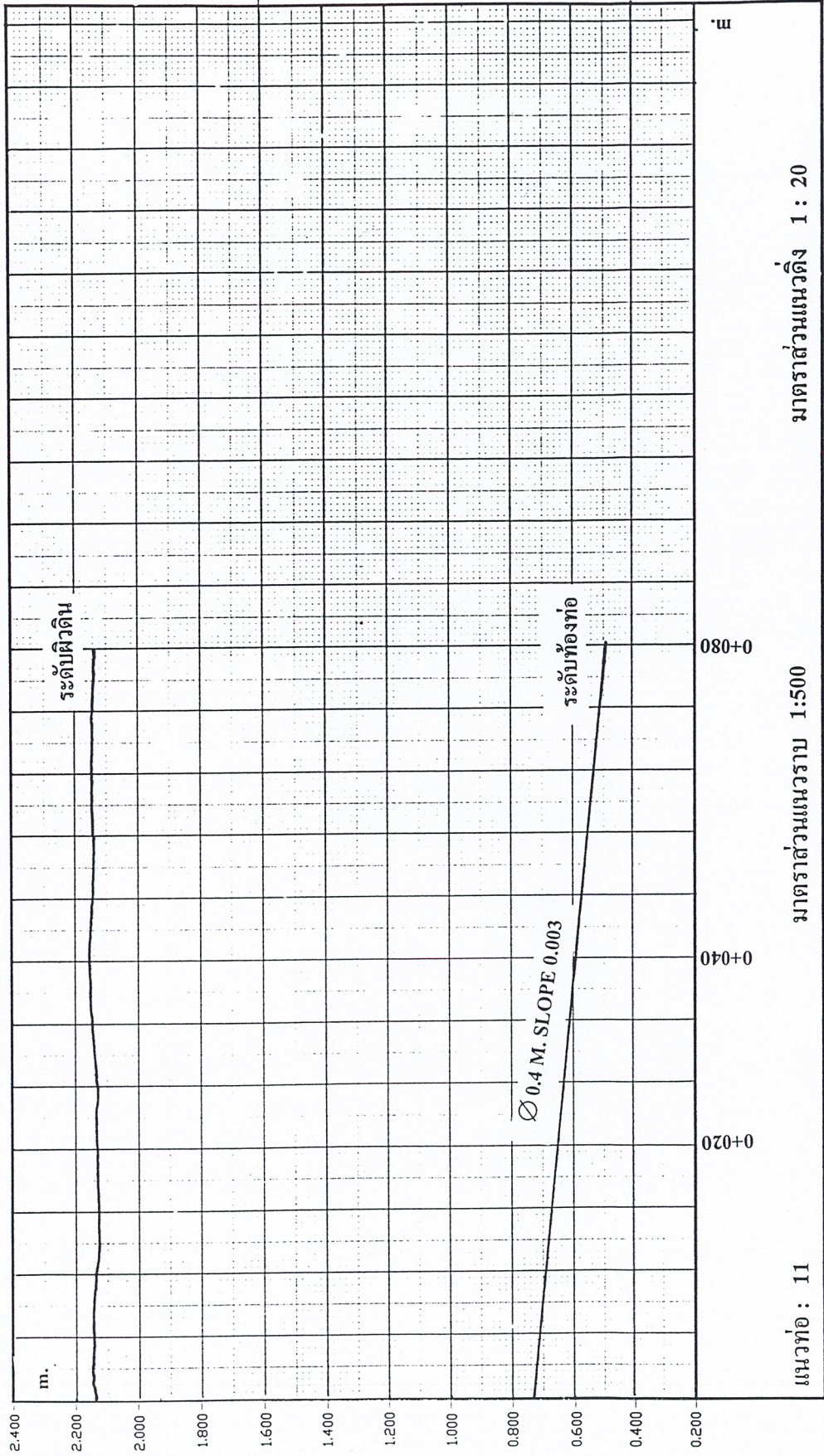
รูปที่ ผ.8 แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 8



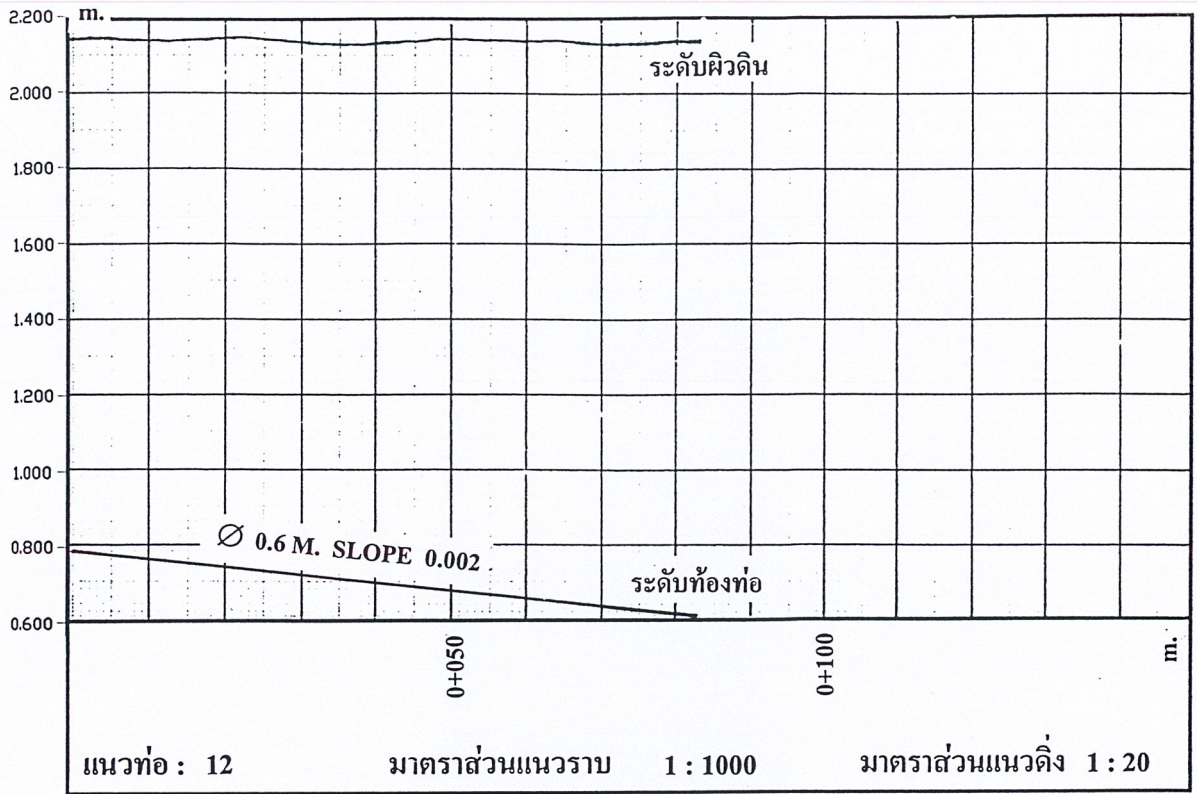
รูปที่ ผ.9 แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 9



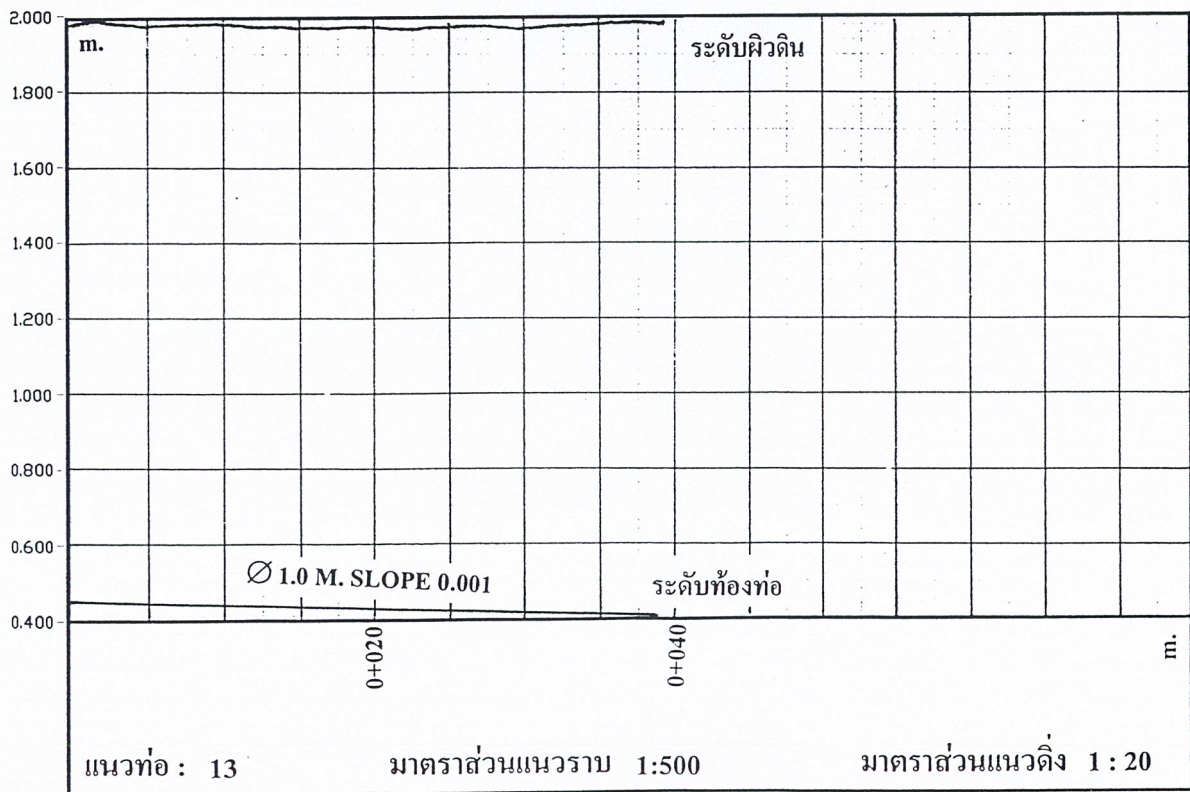
รูปที่ ผ.10 แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 10



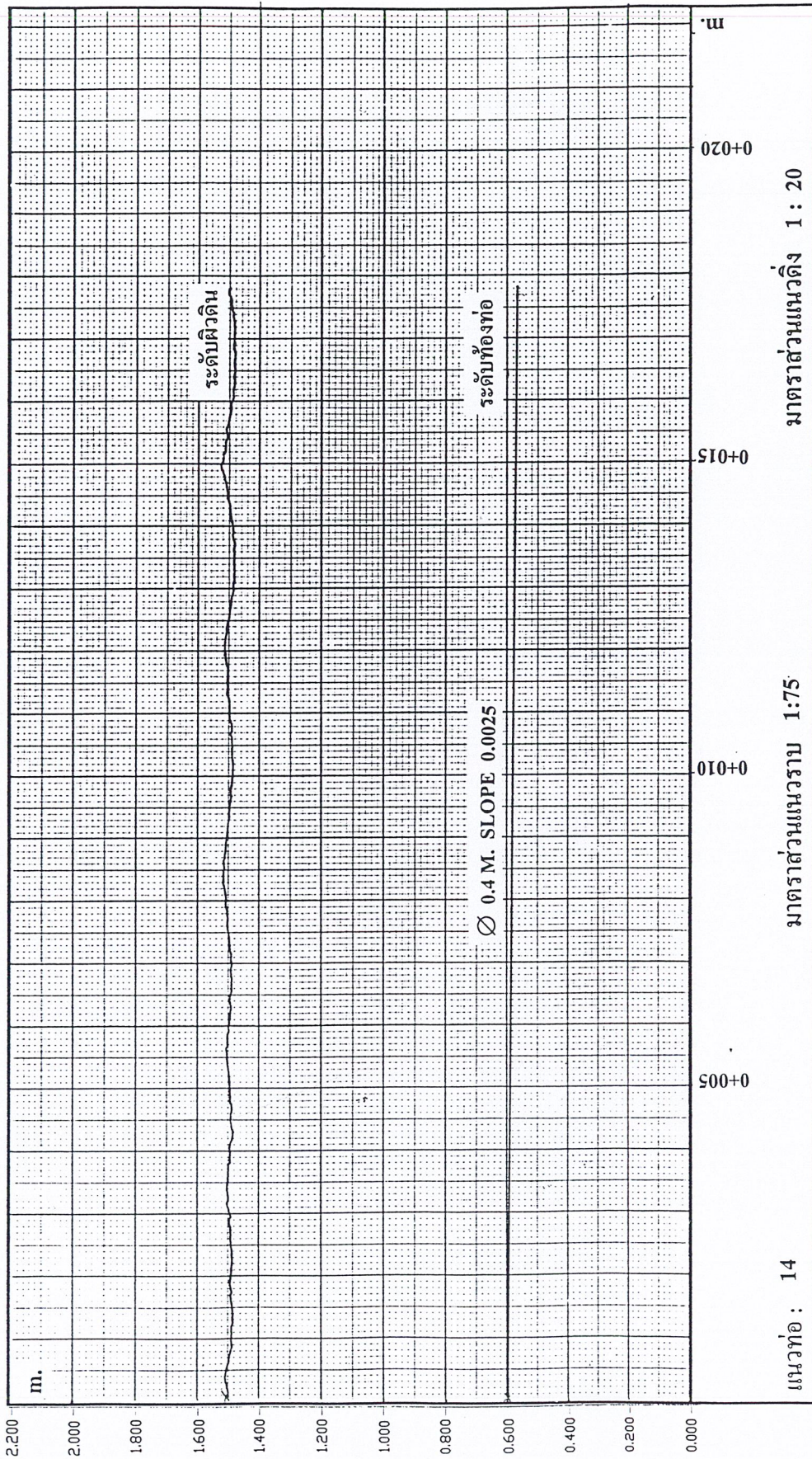
รูปที่ ผ.11 แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 11



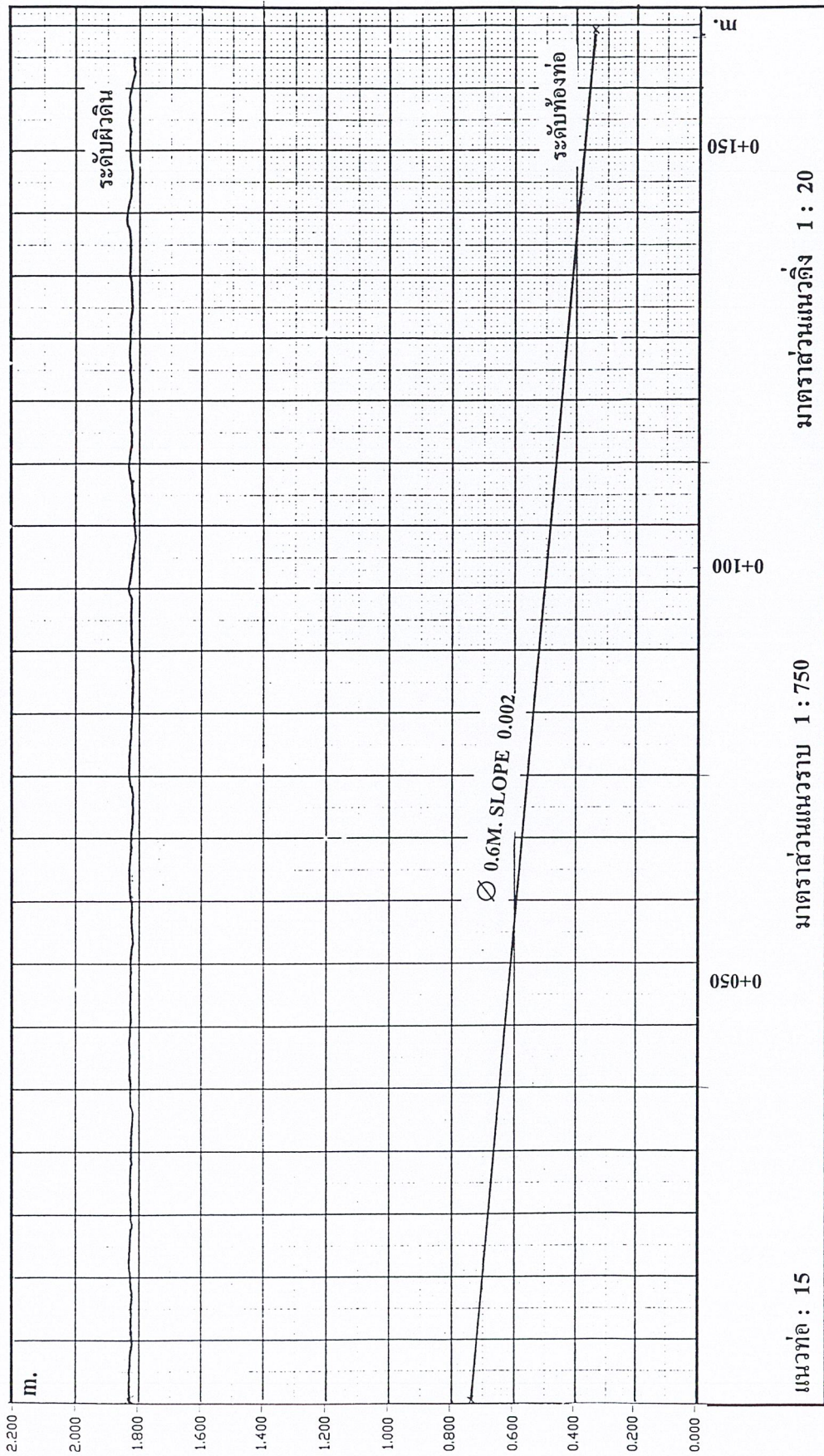
รูปที่ ผ.12 แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 12



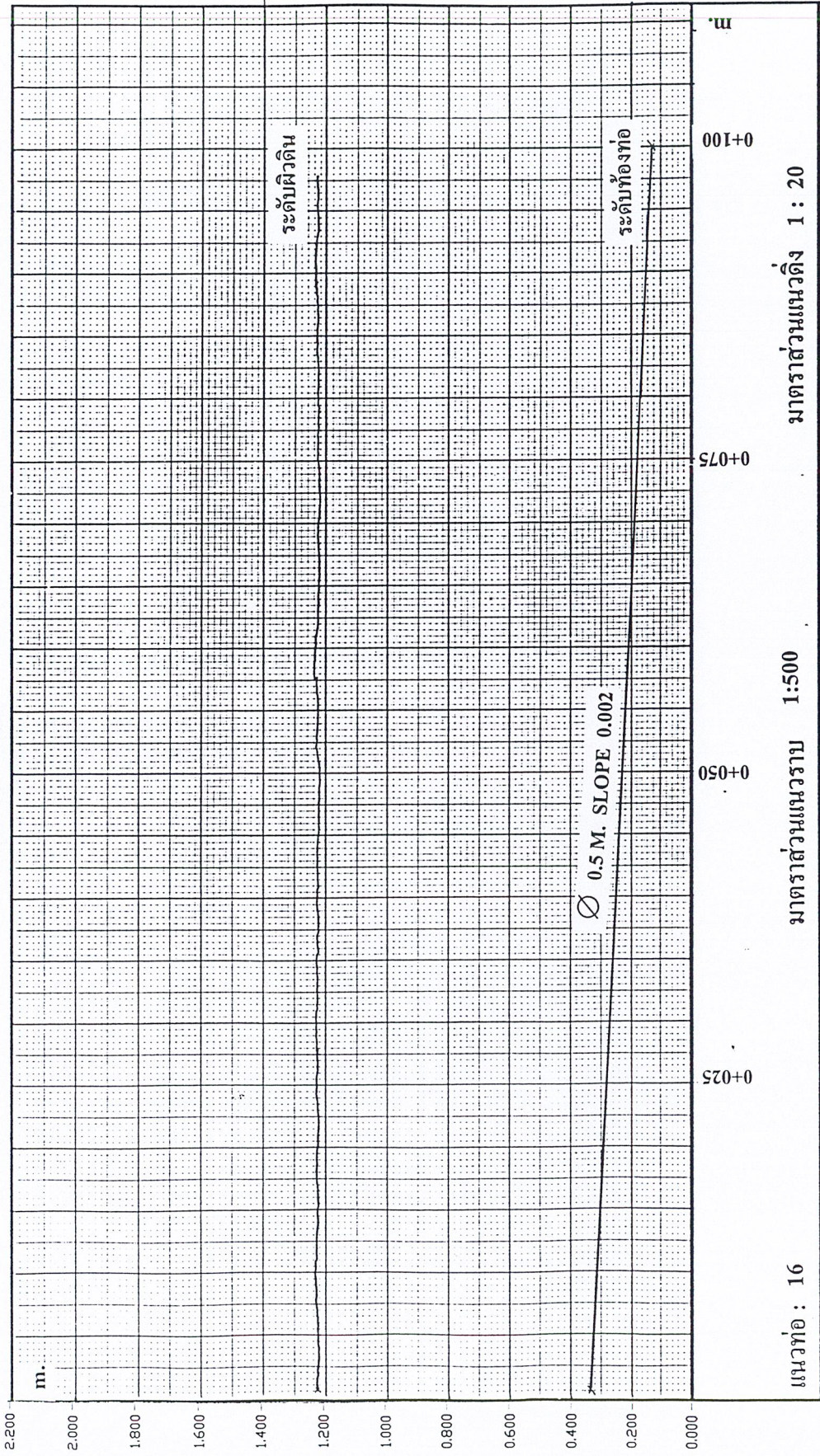
รูปที่ ผ.13 แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 13



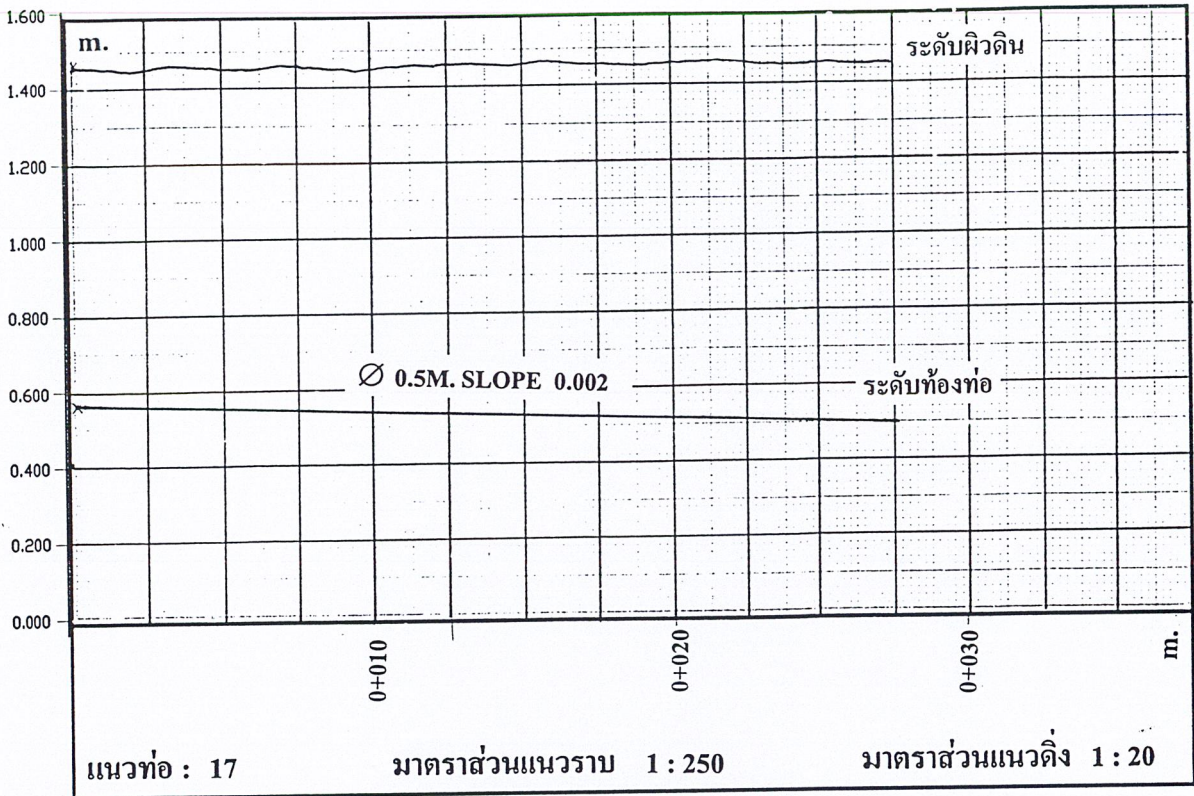
รูปที่ ผ.14 แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 14



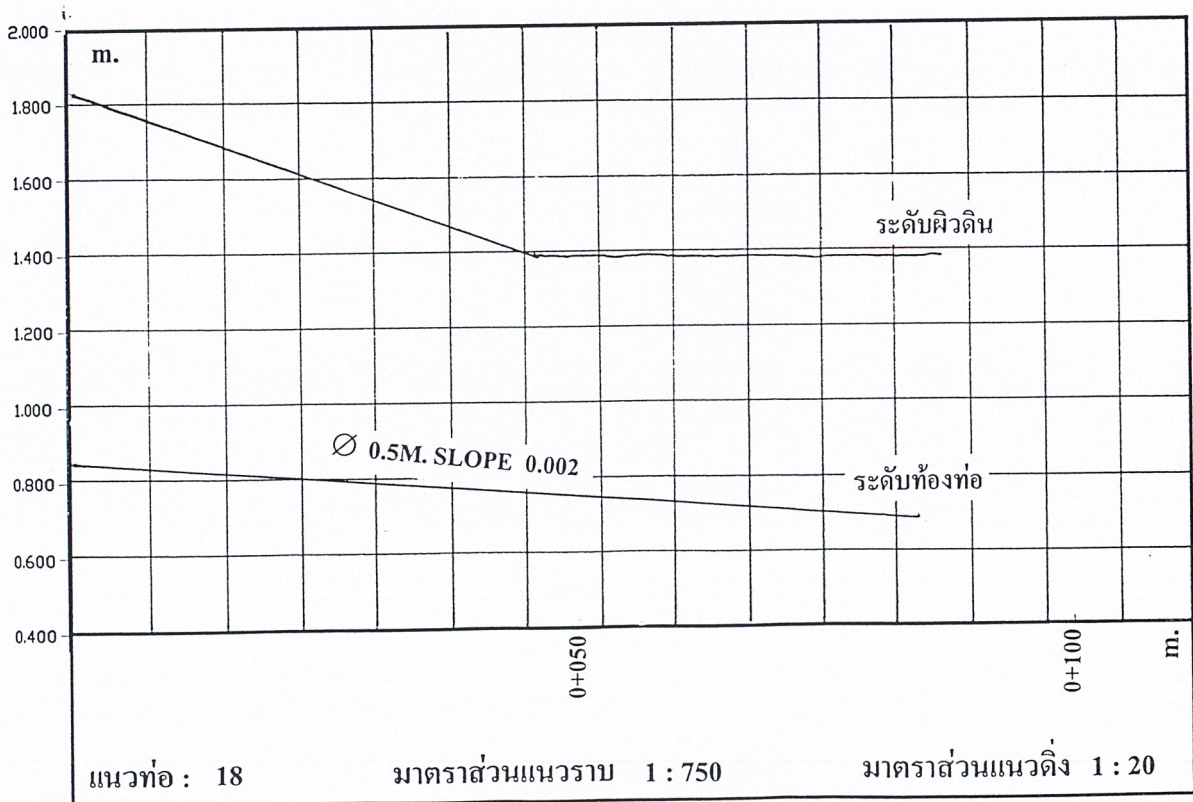
รูปที่ ผ.15 แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 15



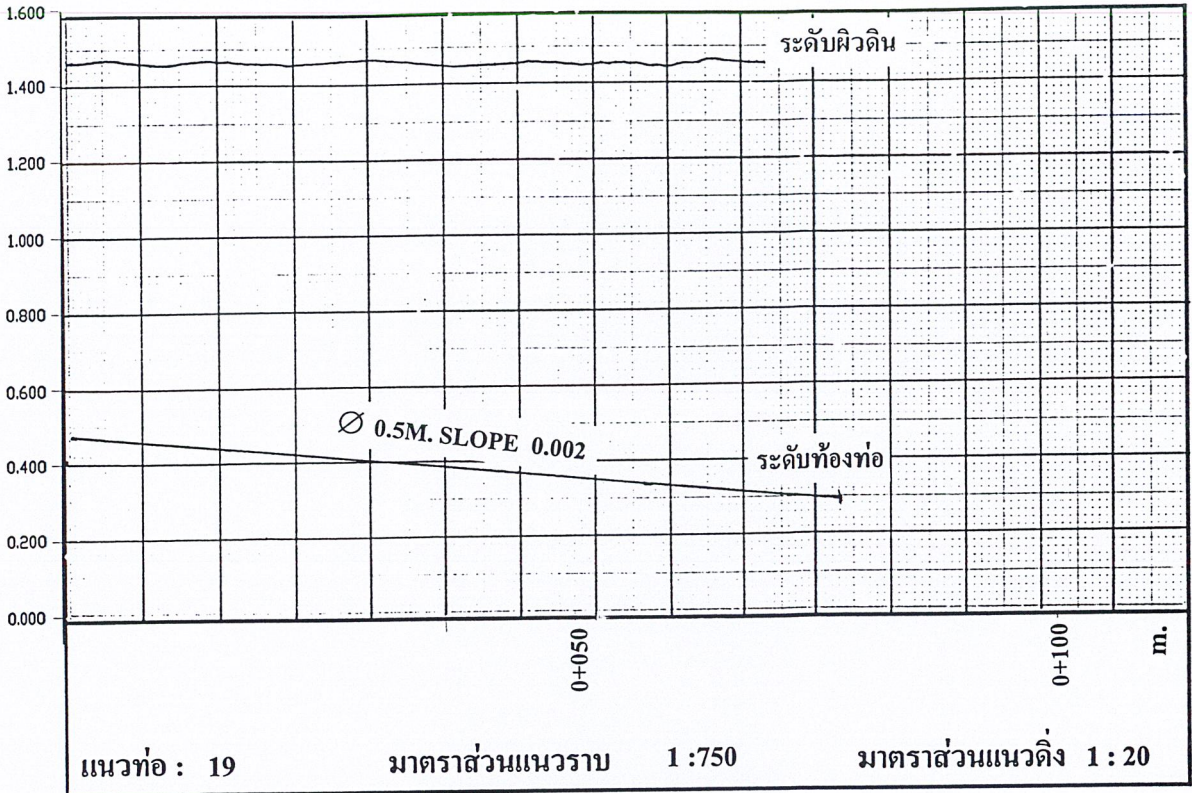
รูปที่ ผ.16 แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 16



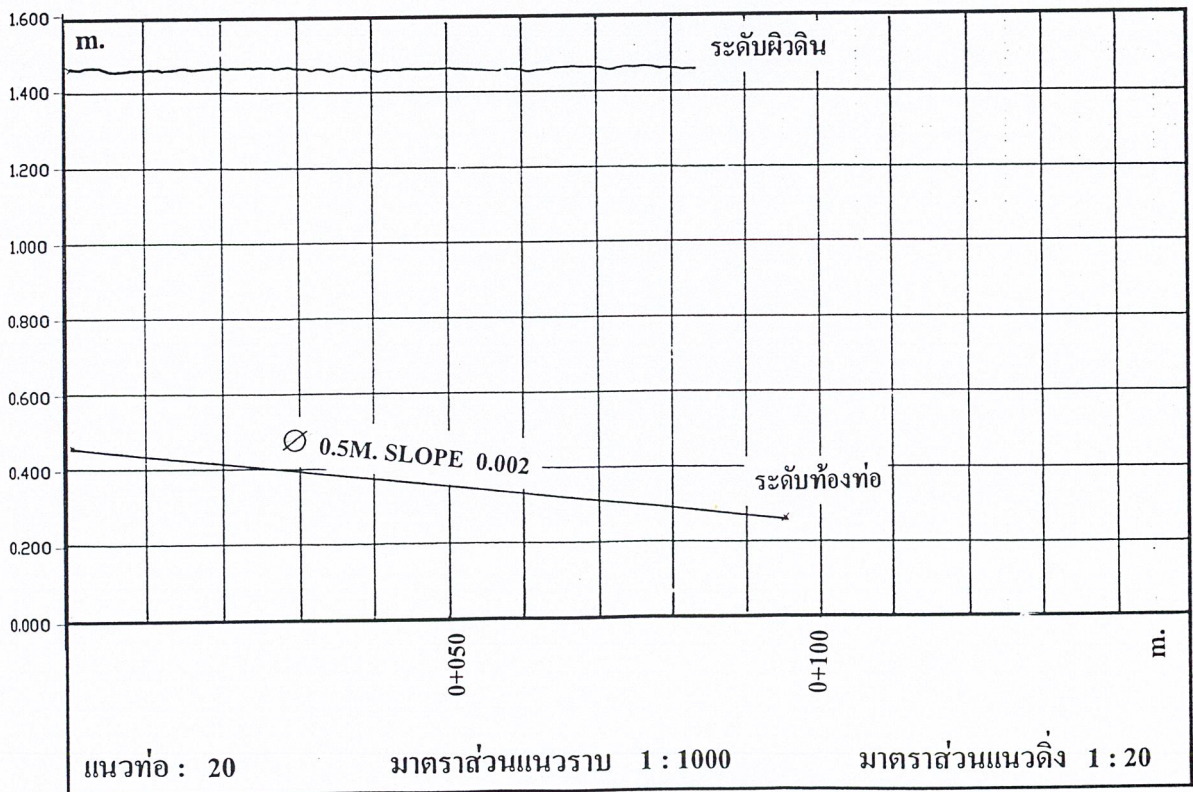
รูปที่ ผ.17 แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 17



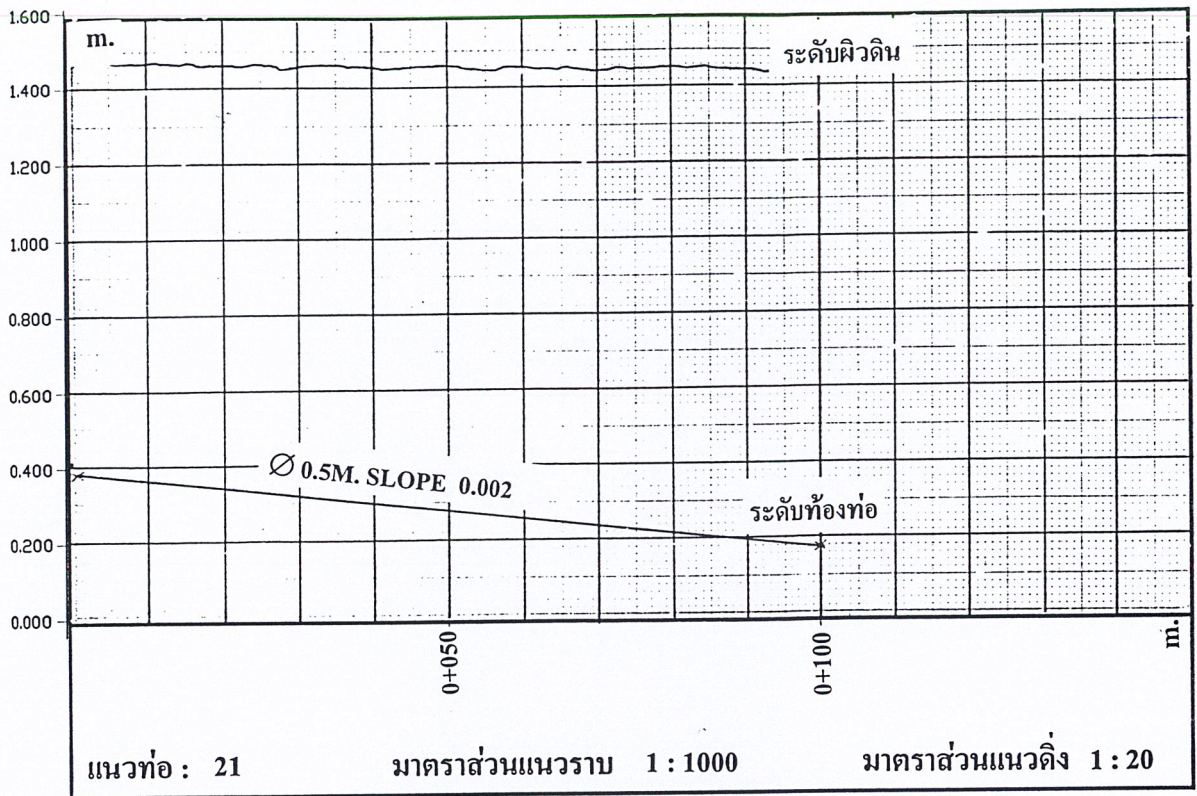
รูปที่ ผ.18 แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 18



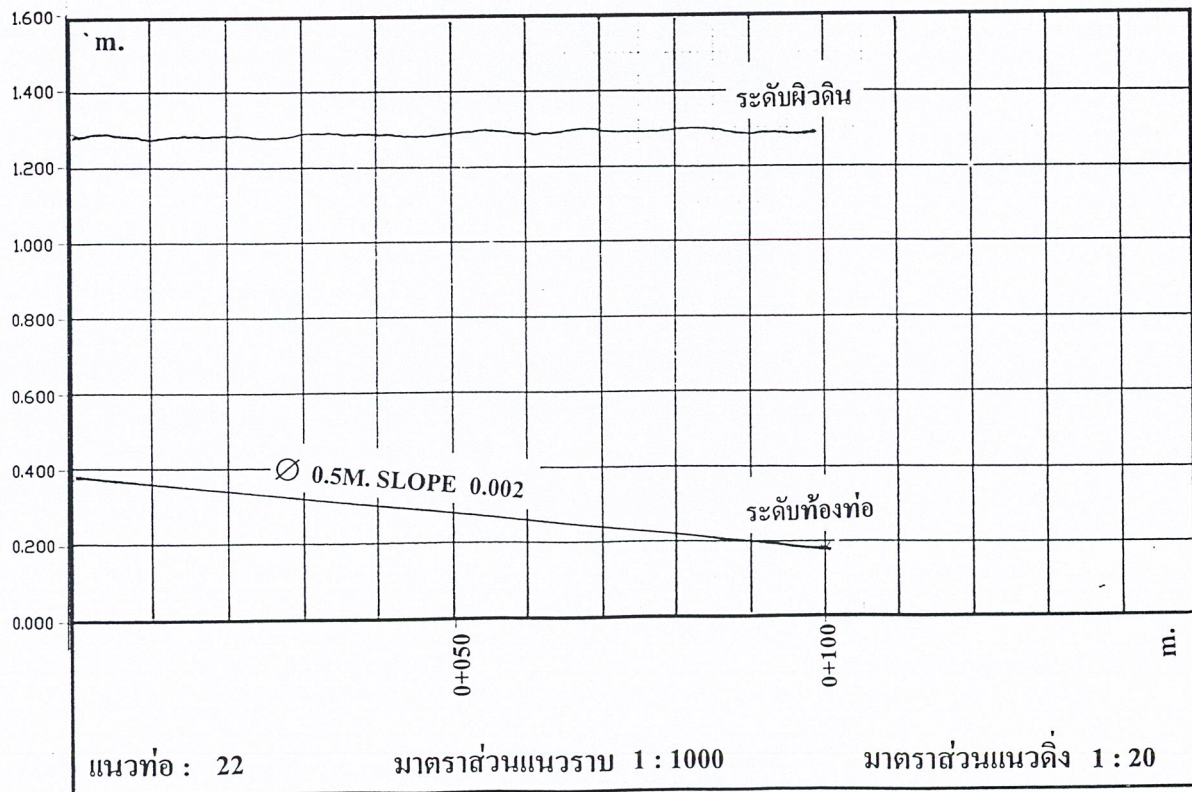
รูปที่ ผ.19 แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 19



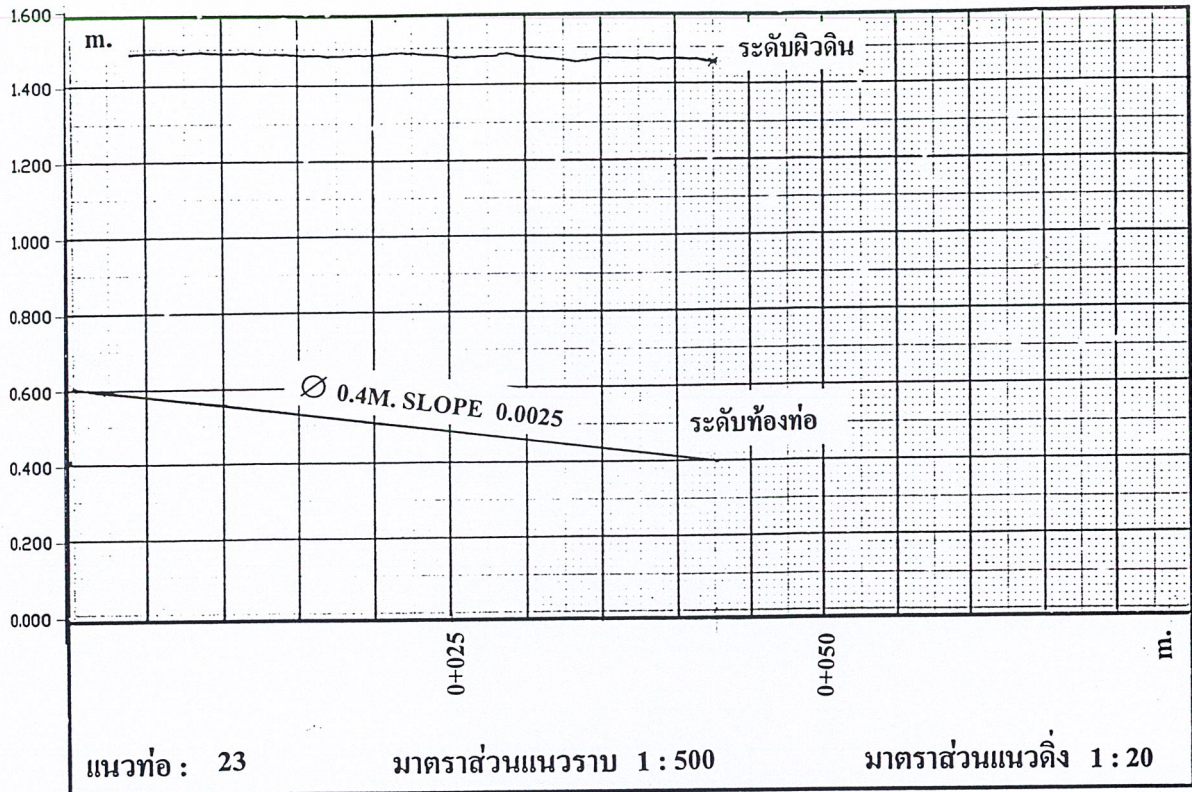
รูปที่ ผ.20 แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 20



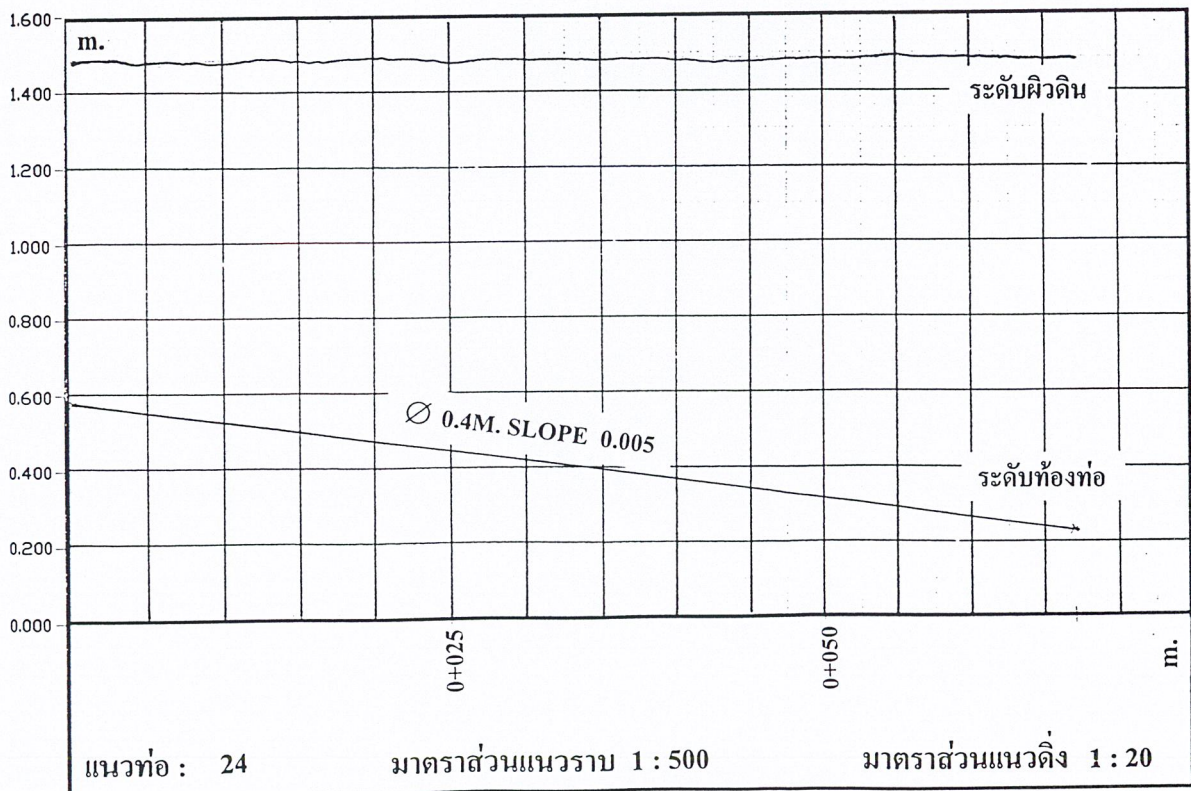
รูปที่ ผ.21 แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 21



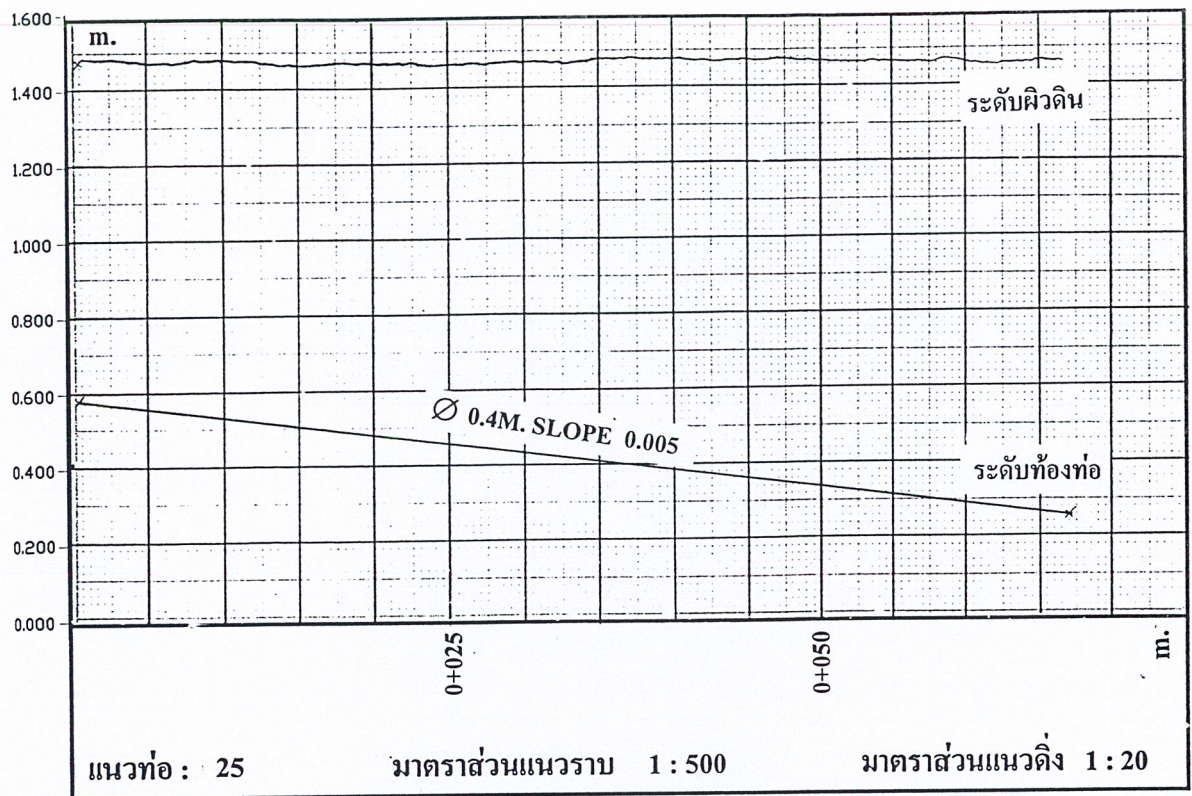
รูปที่ ผ.22 แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 22



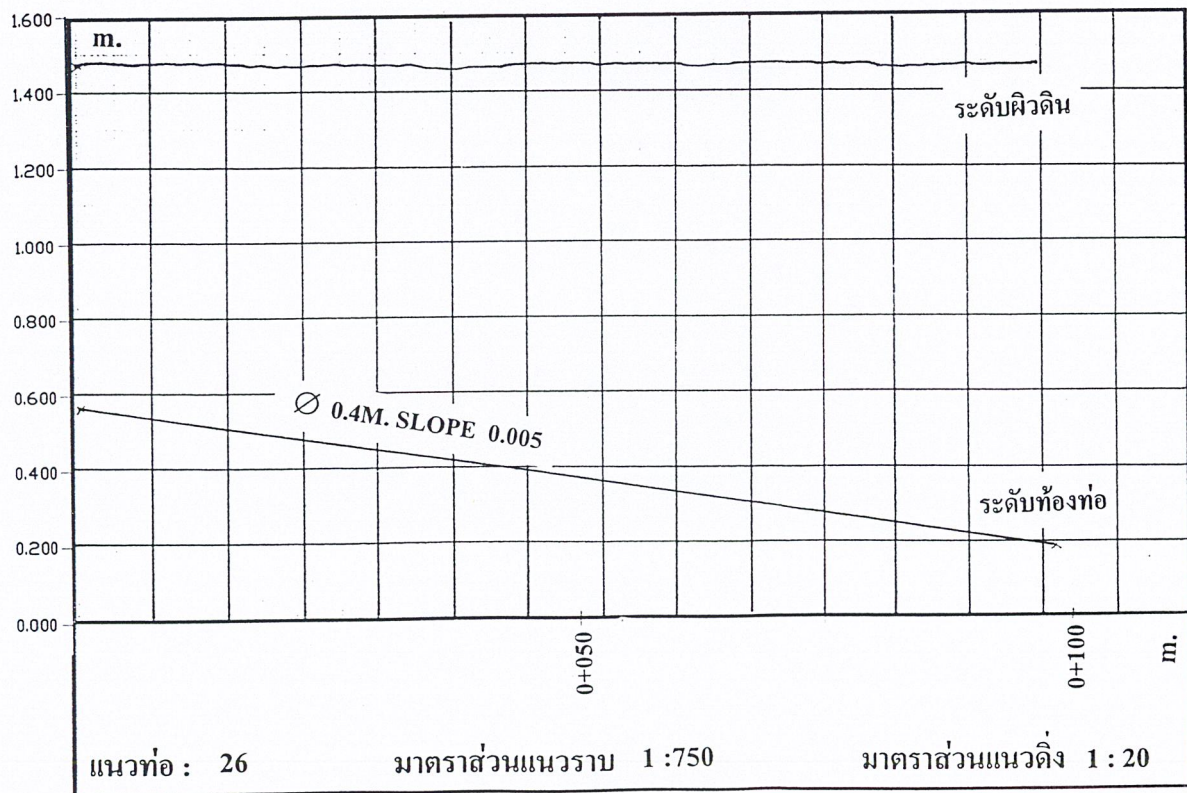
รูปที่ ผ.23 แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 23



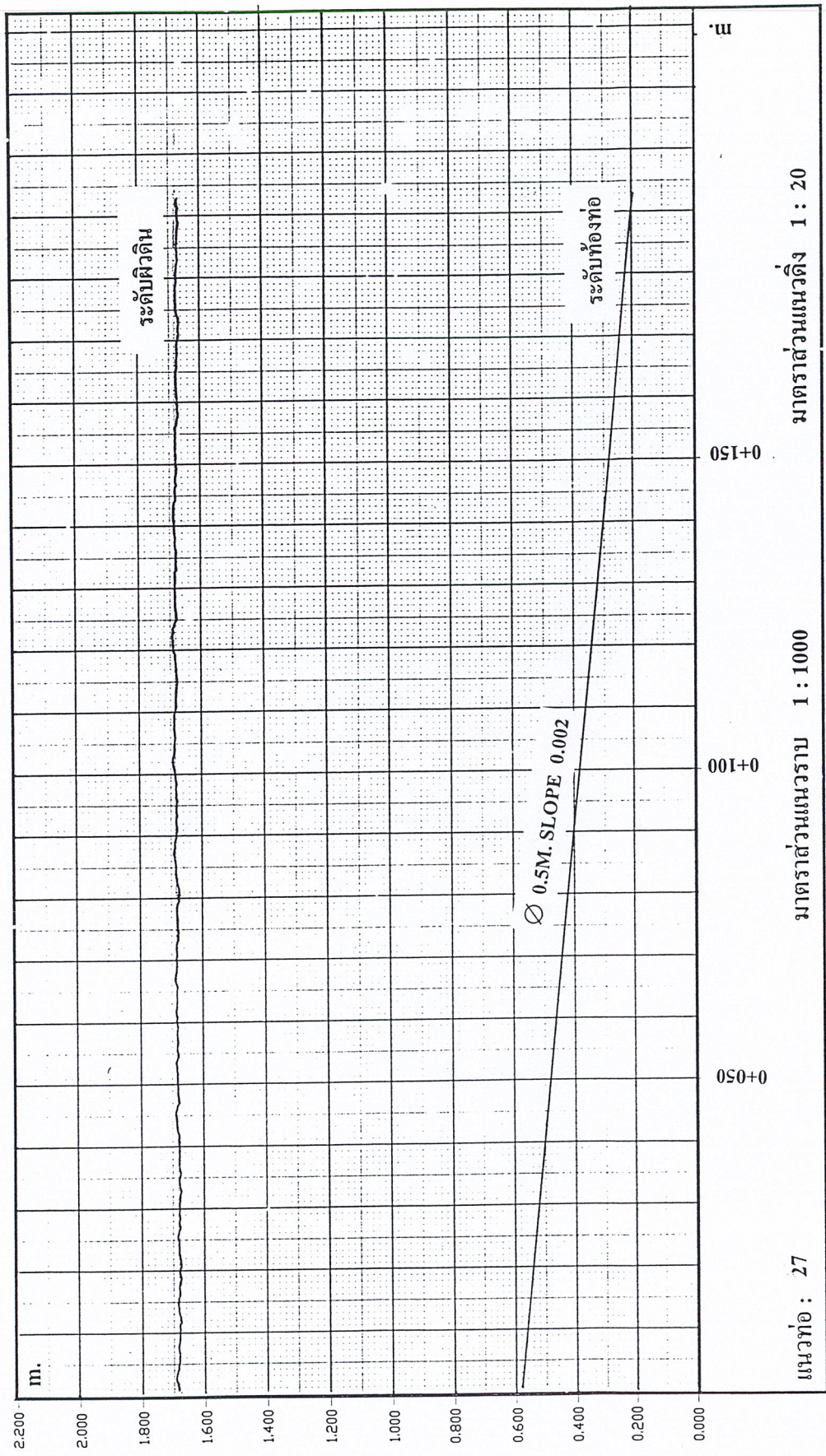
รูปที่ ผ.24 แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 24



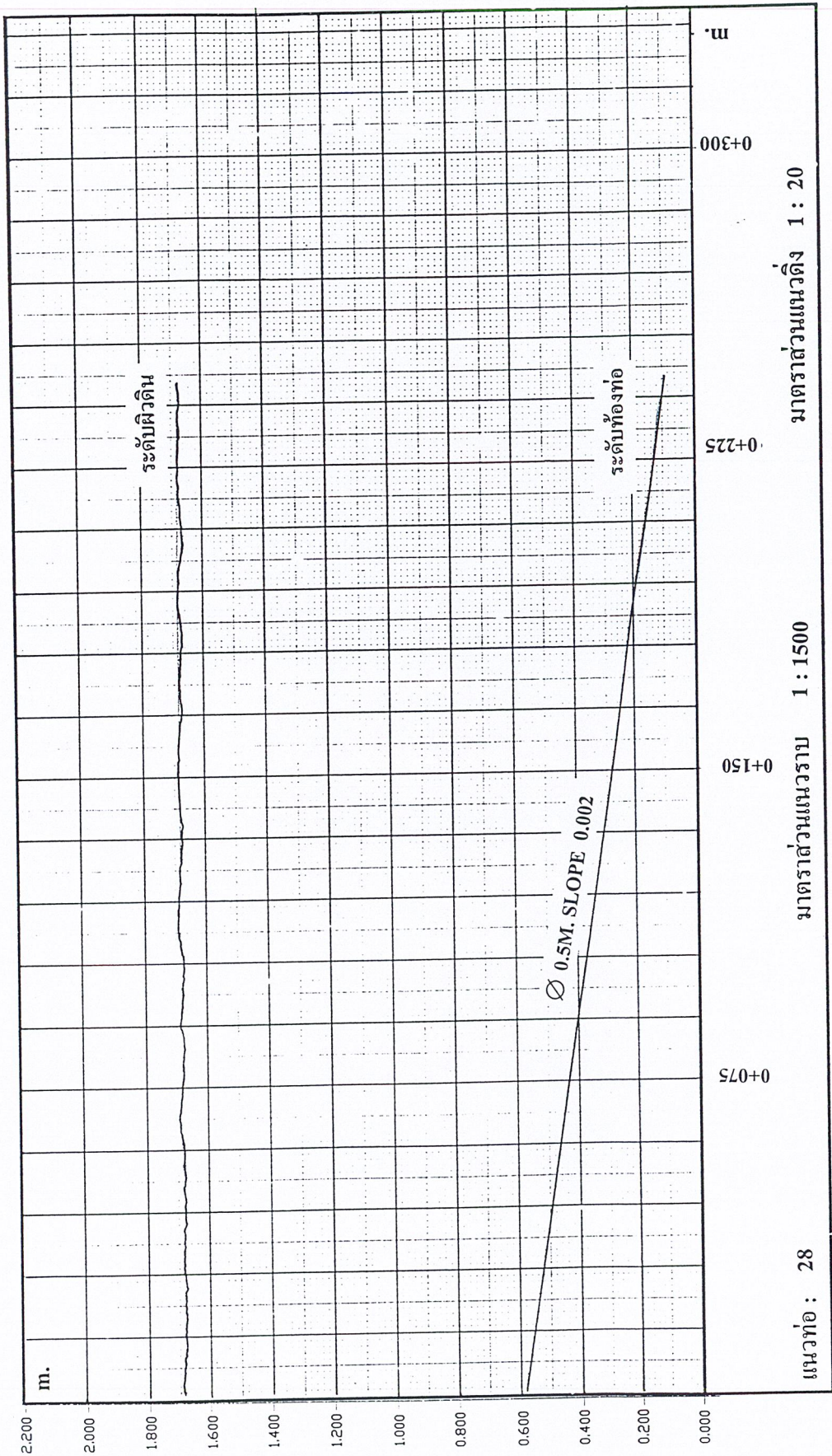
รูปที่ ผ.25 แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 25



รูปที่ ผ.26 แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 26

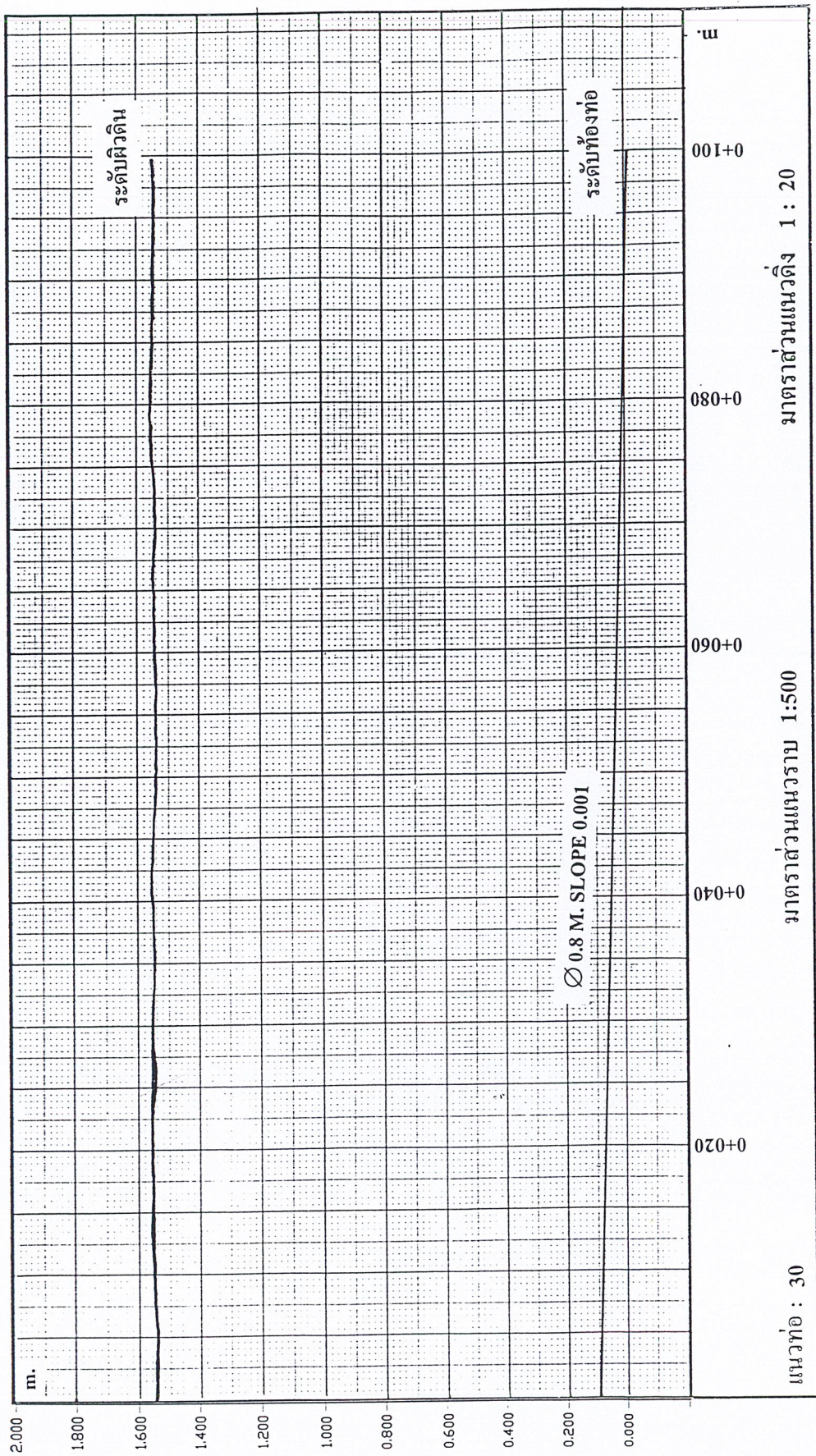


รูปที่ ผ.27 แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 27

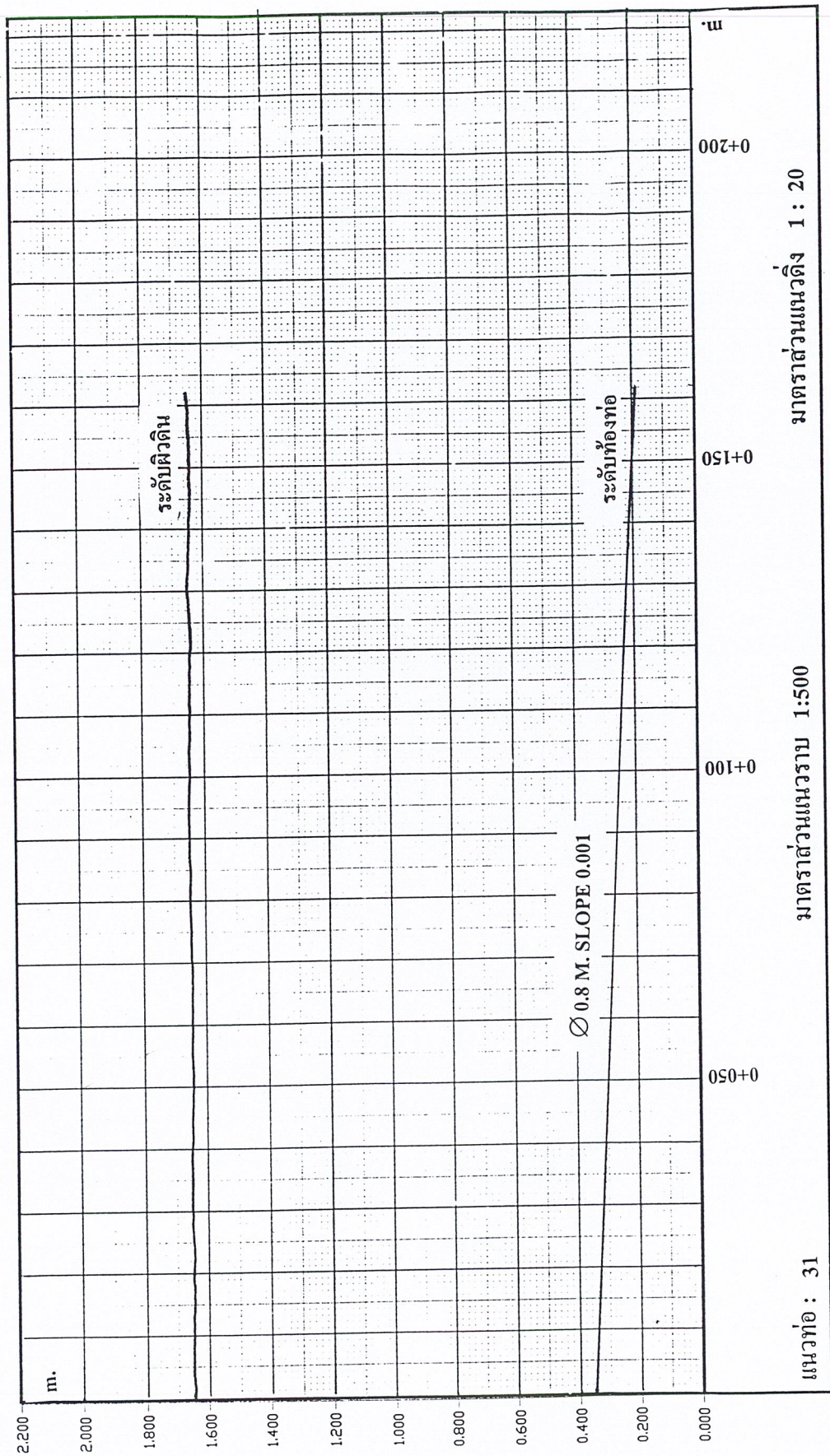


รูปที่ ผ.28 แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 28

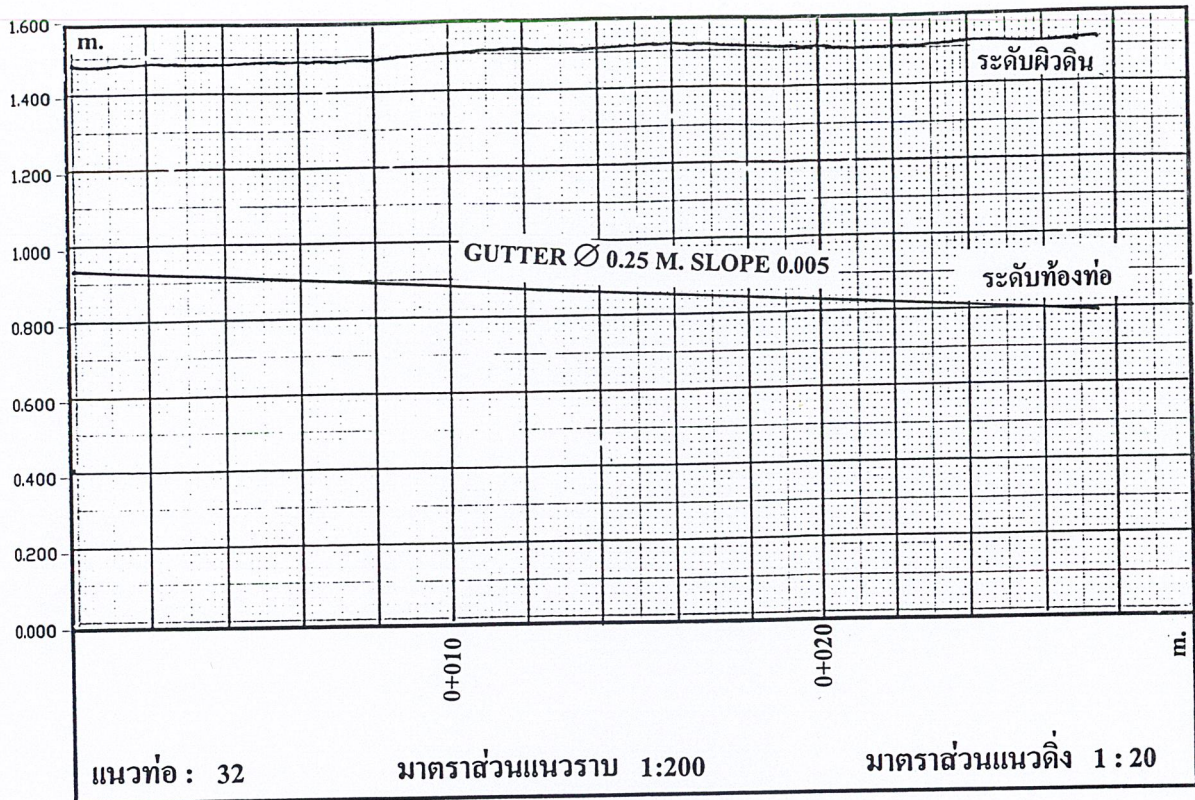




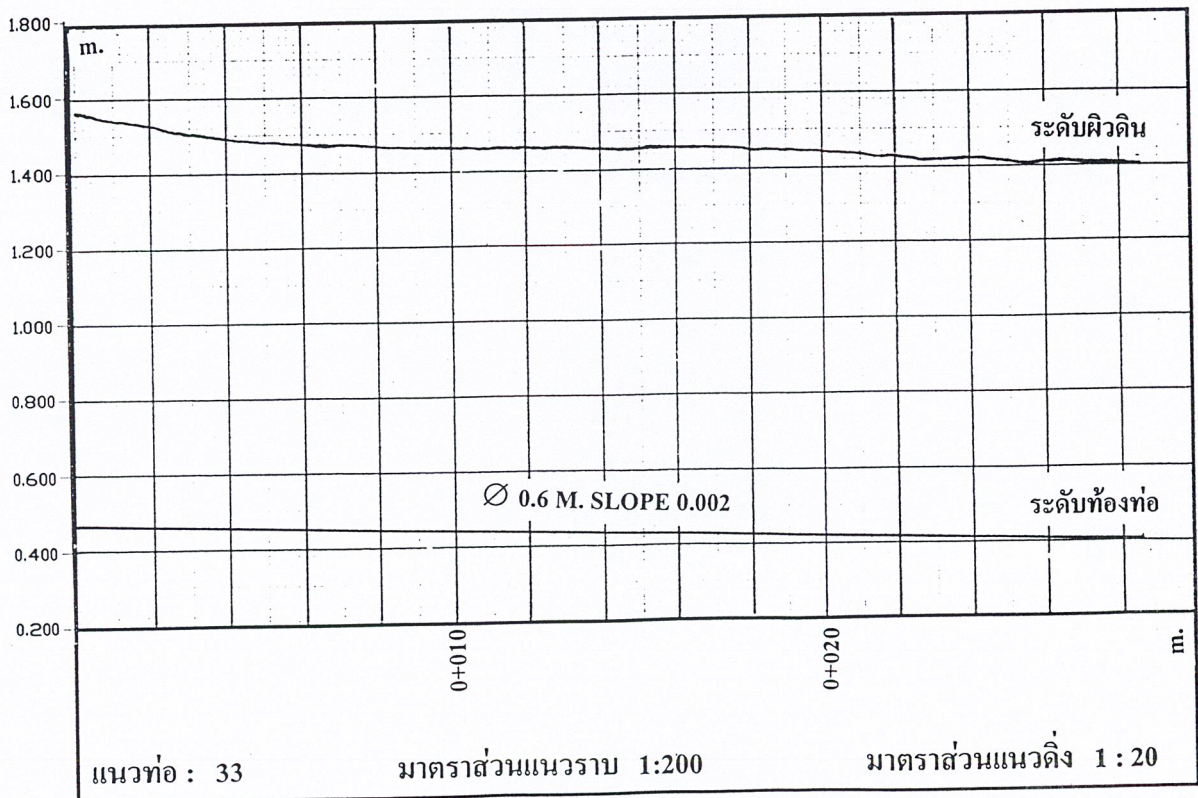
รูปที่ ผ.30 แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 30



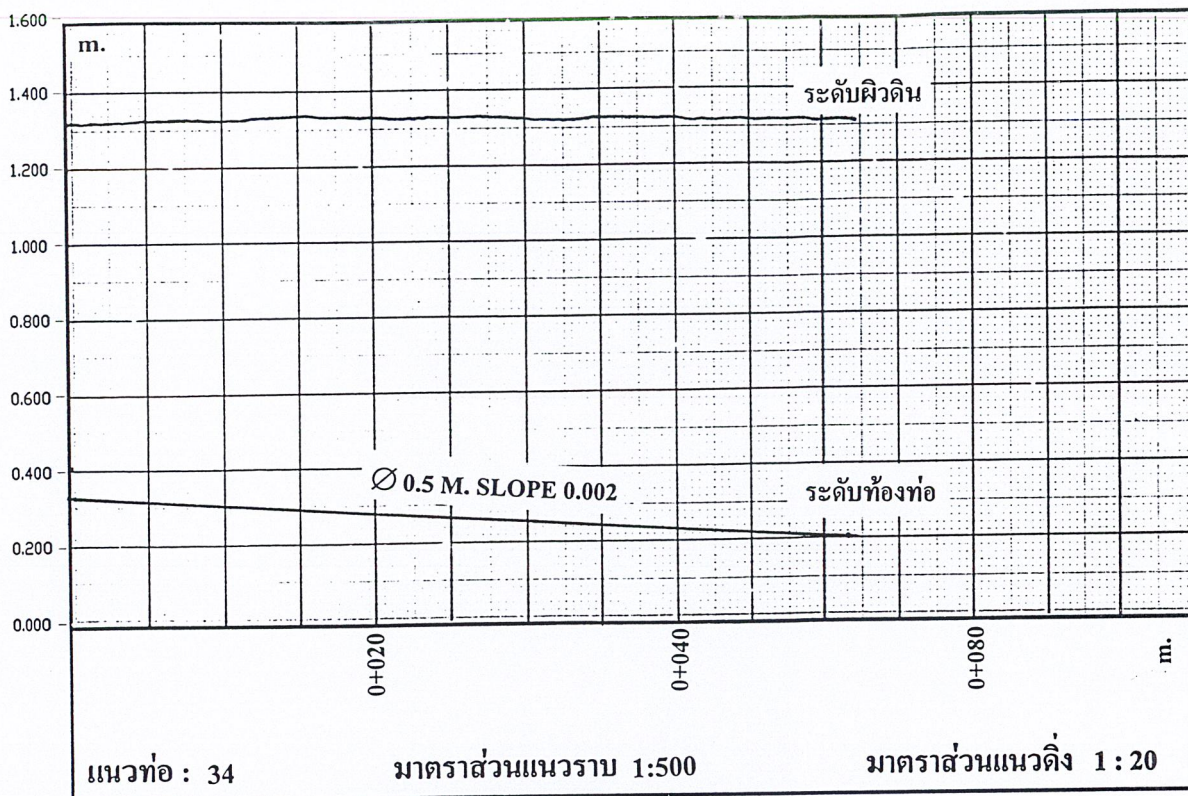
รูปที่ ผ.31 แสดงรูปตัดตามยาวของแนวทอ 31



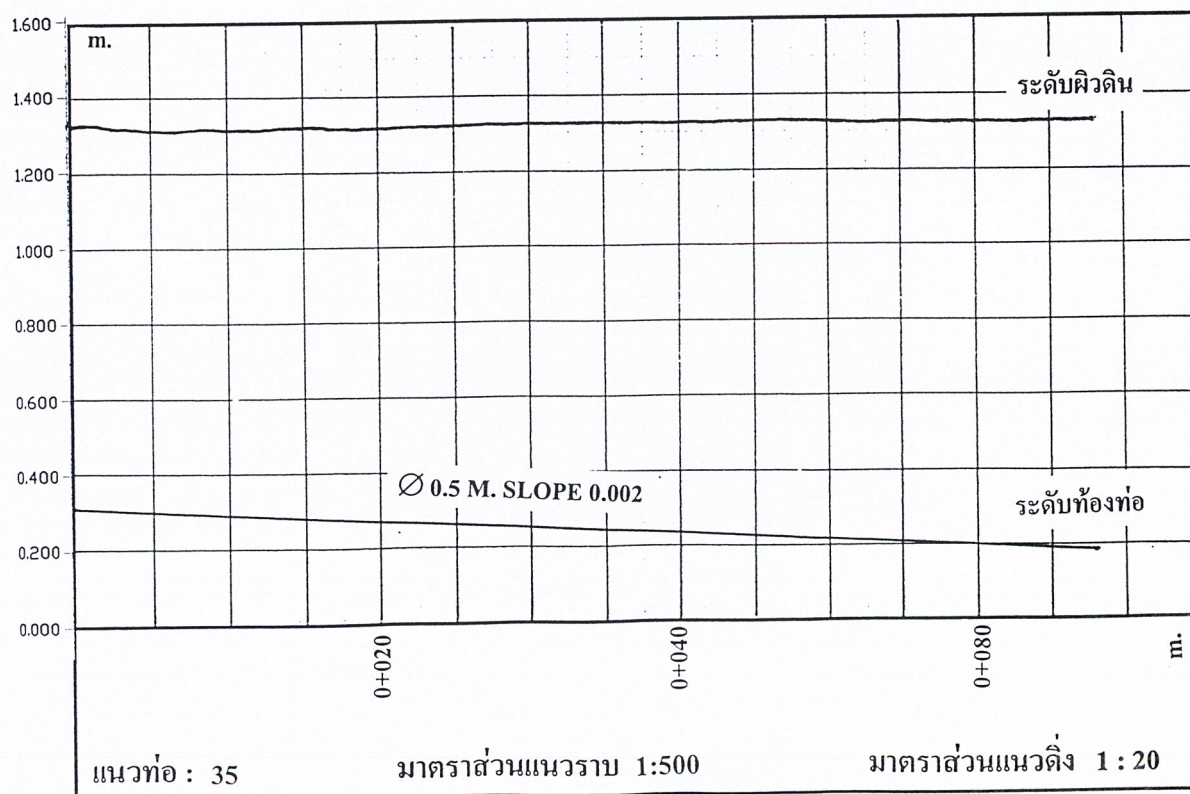
รูปที่ ผ.32 แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 32



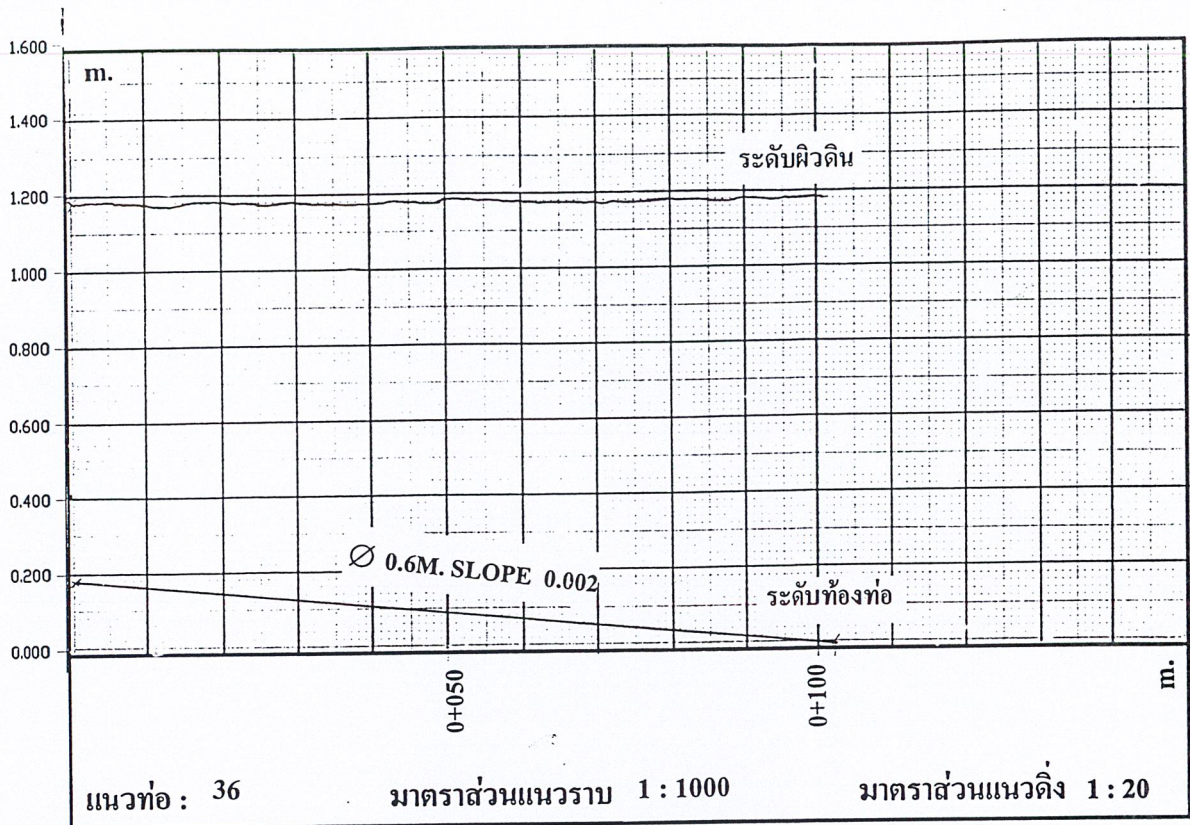
รูปที่ ผ.33 แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 33



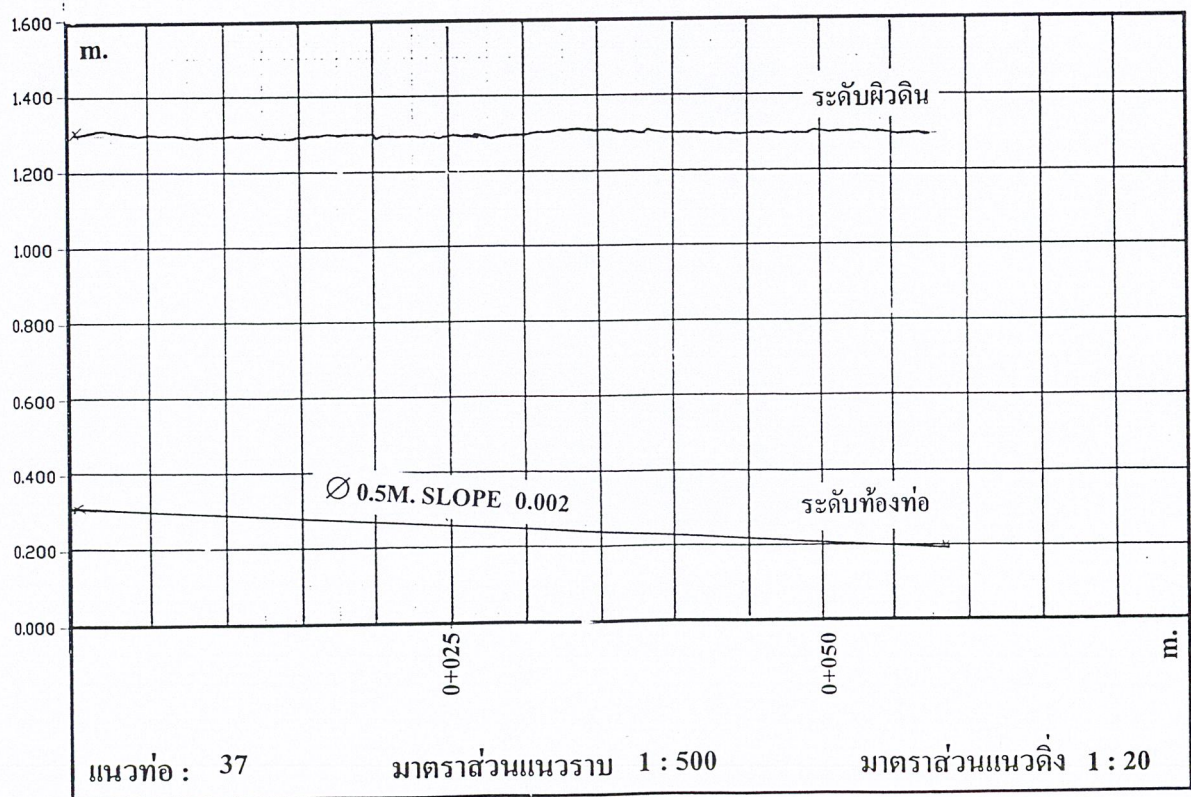
รูปที่ ผ.34 แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 34



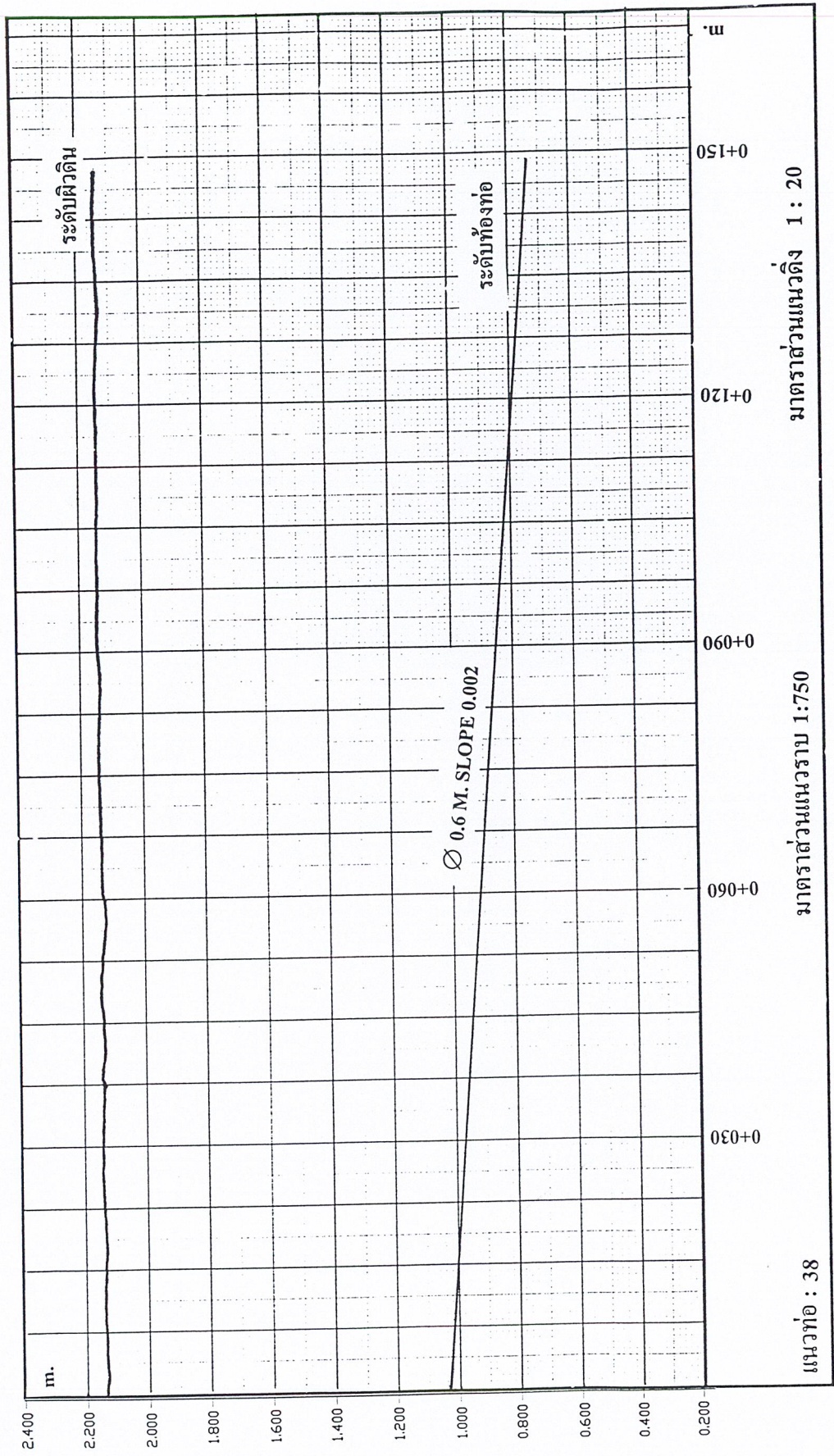
รูปที่ ผ.35 แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 35



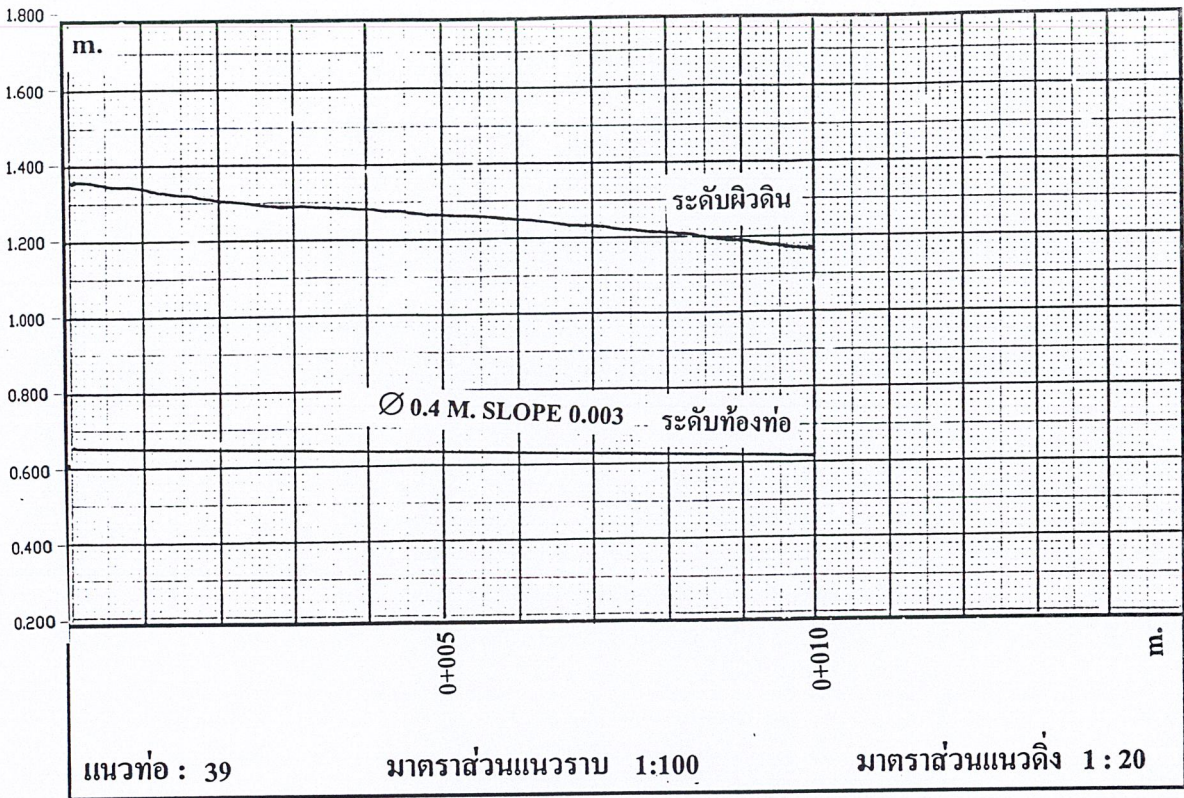
รูปที่ ผ.36 แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 36



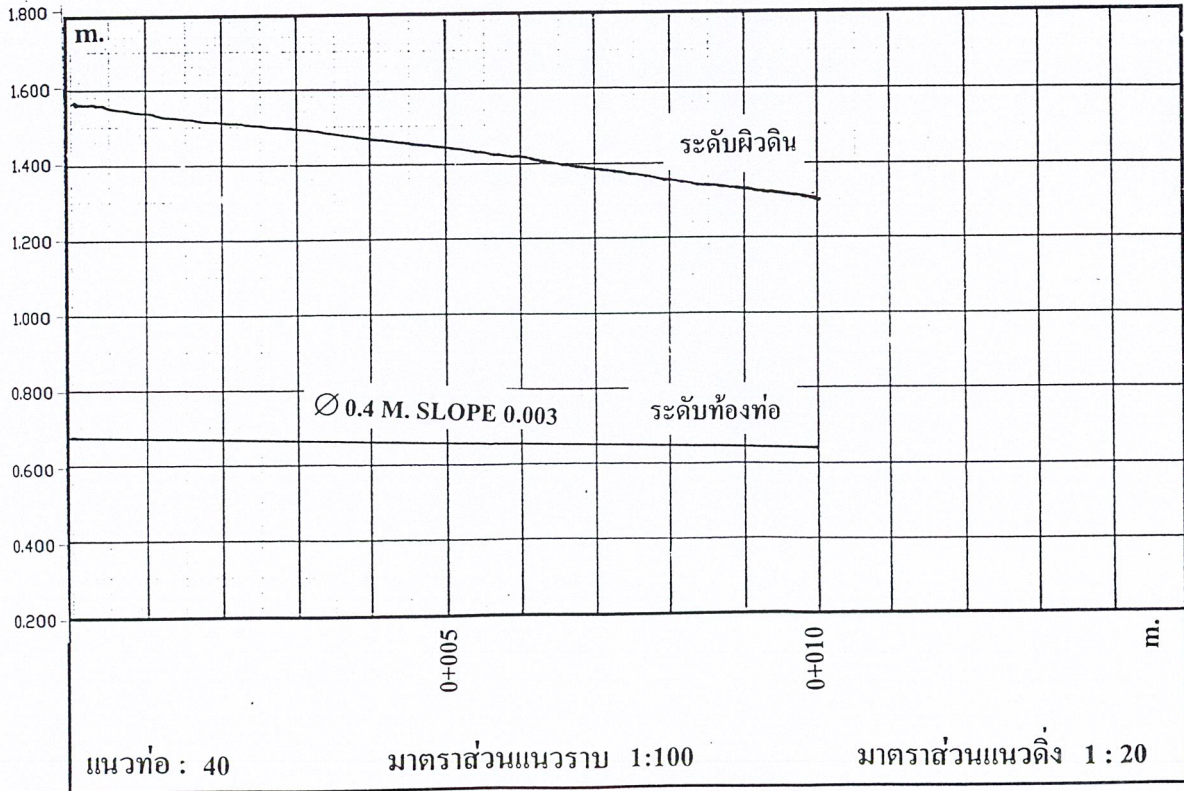
รูปที่ ผ.37 แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 37



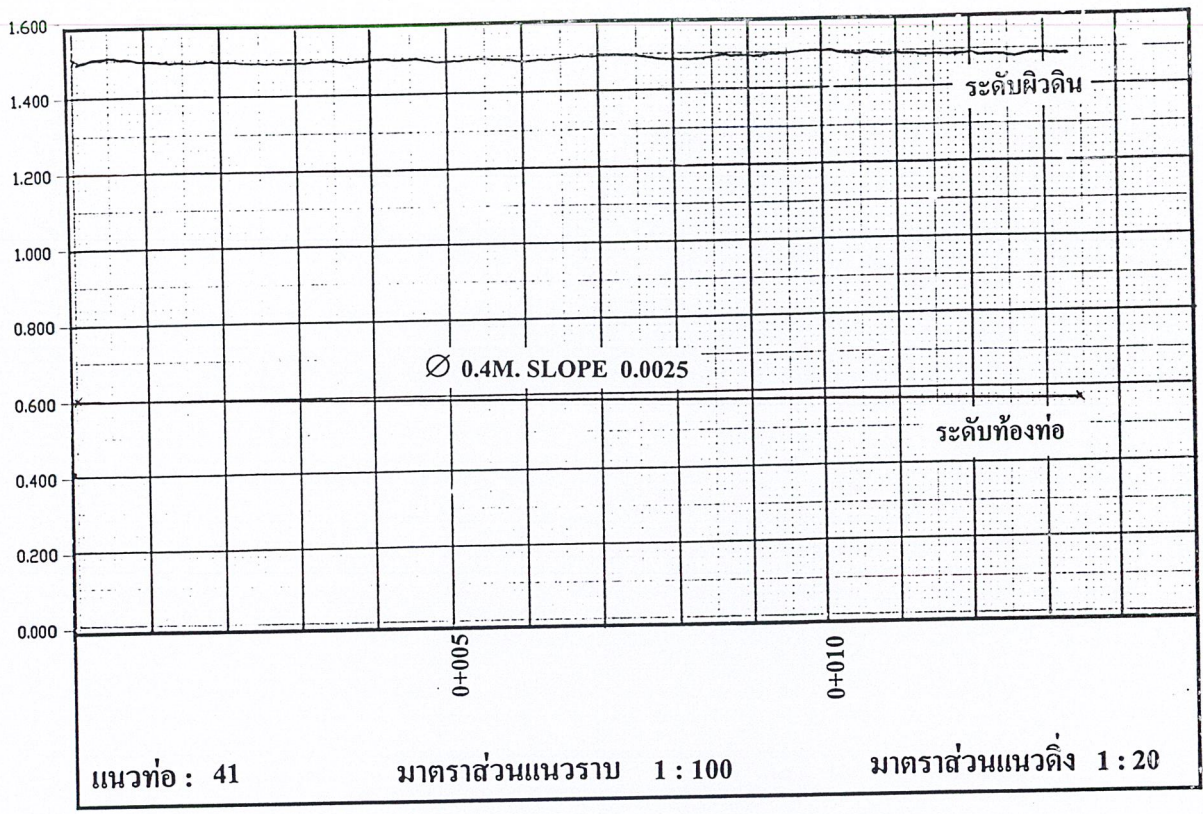
รูปที่ ผ.38 แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อก 38



รูปที่ ผ.39 แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 39



รูปที่ ผ.40 แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 40



รูปที่ ผ.41 แสดงรูปตัดตามยาวของแนวท่อ 41

## บรรณานุกรม

- ผ.ศ.กীরติ ลีวังนกุล, 2543. วิศวกรรมชลศาสตร์ (Hydraulic Engineering). พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรังสิต.
- วีรพล เต็มสมบัติ , 2533. หลักอุทกวิทยา (Principle of Hydrology). พิมพ์ครั้งที่ 1. พิสิกเซ็นเตอร์.
- วีรพล เต็มสมบัติ , 2531. อุทกวิทยาประยุกต์ (Applied Hydrology). พิมพ์ครั้งที่ 1. พิสิกเซ็นเตอร์.
- Ray K.. Linsley , Joseph B. Franzini , David L.Freytberg ,and George Tchobanoglous,1992. Water-Resources Engineering . Fourth Edition. Singapore: McGraw-Hill,Inc.

## รายการอ้างอิง

- กรมชลประทาน, 2538. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้ม-ช่วงเวลา-คาบความถี่ของฝน.
- ชงชัย พรรณสวัสดิ์, 2539. การออกแบบระบบระบายน้ำเสียและน้ำฝน. พิมพ์ครั้งที่ 6. สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ และ สมาคมสิ่งแวดล้อมไทย
- Ned H.C. Hwang ,and Carlos E. Hita ,1987. Fundamentals of Hydrolic Engineering System. New Jersey : Prantic – Hall , Inc.