การศึกษาปัญหาและแนวทางการแก้ไขการดันท่อส่งน้ำประปา

A STUDY OF PROBLEMS AND SOLUTIONS FOR PIPE JACKING

นายโชติชาย หลวงเทศ

นายเทวัญ์ ดำดา

นายวชิรวัฒน์ แดงร่วม

โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

การศึกษาปัญหาและแนวทางการแก้ไขการดันท่อส่งน้ำประปา

A STUDY OF PROBLEMS AND SOLUTIONS FOR PIPE JACKING

นายปณิธาน หลวงเทพ

นายพลวัฒน์ คำตา

นายวชิรพันธุ์ แดงอร่าม

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A STUDY OF PROBLEMS AND SOLUTIONS FOR PIPE JACKING

MR. PANITHAN LUNGTEP

MR. PHONLAWAT KHAMTA

MR. WACHIRAPAN DAENGARAM

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF CIVIL ENGINEERING

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, FACULTY OF ENGINEERING

KING MONKUT 'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ แสวงหาผลประโยชน์ และโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2013

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองโครงงานพิเศษ

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การศึกษาปัญหาและแนวทางการแก้ไขการดันท่อส่งน้ำประปา		
	A STUDY OF PROBLEMS AND SOLUTIONS FOR PIPE JACKING		
นักศึกษา	นายปณิธาน	หลวงเทพ	รหัสประจำตัว 53010913
	นายพลวัฒน์	คำตา	รหัสประจำตัว 53011069
	นายวชิรพันธุ์	แดงอร่าม	รหัสประจำตัว 53011386
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา		
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.ธนาดล	คงสมบูรณ์	
	ผศ.สุพจน์	ศรีนิล	

คณะกรรมการสอบหัวข้อโครงงานพิเศษ		ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.ธนาดล	คงสมบูรณ์	
ผศ.สุพจน์	ศรีนิล	
อาจารย์อุบะ	ศิริแก้ว	
อาจารย์ปรีชานันท์	ศรีแก้ว	

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว

(ผศ.สุพจน์ ศรีนิล)

ประธานสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การศึกษาปัญหาและแนวทางการแก้ไขการดันท่อส่งน้ำประปา A STUDY OF PROBLEMS AND SOLUTIONS FOR PIPE JACKING			
นักศึกษา	นายปณิธาน	หลวงเทพ	รหัสประจำตัว	53010913
	นายพลวัฒน์	คำตา	รหัสประจำตัว	53011069
	นายวชิรพันธุ์	แดงอร่าม	รหัสประจำตัว	53011386
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.ธนาดล	คงสมบูรณ์		
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผศ. สุพจน์	ศรีนิล		
ระดับการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต		สาขาวิศวกรรมโยธา	
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา		คณะวิศวกรรมศาสตร์	
ปีการศึกษา	2556			

บทคัดย่อ

โครงงานพิเศษนี้เป็นการศึกษาถึงรายละเอียดและปัญหาในการก่อสร้างโดยวิธีการดันท่อ ในเรื่องของการก่อสร้างด้วยวิธีการดันท่อจะกล่าวถึงเหตุและผลของการก่อสร้างและการวางแผนการทำงานและขั้นตอนกระบวนการทำงานทั้งหมด รวมไปถึงปัญหาที่พบและการแก้ไขปัญหาของการก่อสร้างโดยวิธีดันท่อ นอกจากนี้ยังมีการศึกษาเก็บข้อมูลโครงการก่อสร้างด้วยวิธีการดันท่อของสภาพหน้างานจริง เพื่อแสดงให้เห็นถึงขั้นตอนกระบวนการทำงานทั้งหมดและปัญหาที่พบในสภาพหน้างานจริง เพื่อให้ผู้ที่สนใจได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบ

ส่วนในเรื่องการลงพื้นที่ศึกษาเก็บข้อมูลโครงการก่อสร้างด้วยวิธีการดันท่อ จะกล่าวถึงขั้นตอนกระบวนการการทำงานทั้งหมดและปัญหาทั้งหมดที่พบในงานก่อสร้างด้วยวิธีการดันท่อและแนวทางการแก้ไขปัญหาที่พบ รวมไปถึงแนวทางการพัฒนาการทำงานเพื่อป้องการการเกิดปัญหาและการแก้ปัญหาที่สะดวงรวดเร็วมากขึ้น สำหรับให้ผู้ที่สนใจได้ทำการศึกษา

จากการศึกษาวิธีการก่อสร้างด้วยวิธีการดันท่อและปัญหาการก่อสร้างรวมไปถึงการแก้ไขปัญหาทำให้เราสามารถนำข้อมูลมาศึกษาหากระบวนแก้ไขและการป้องกันการเกิดปัญหาได้หลากหลายกระบวนการเพื่อการพัฒนาในการทำงานในครั้งต่อๆไป ซึ่งจะทำให้งานมีประสิทธิภาพมากขึ้นมีความปลอดภัยมากขึ้น หากมีการสนับสนุนการศึกษาในเรื่องนี้ต่อไป อาจจะสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการก่อสร้างภายในประเทศได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	:	A STUDY OF PROBLEMS AND SOLUTIONS FOR PIPE JACKING
Name	:	MR. PANITHAN LUNGTEP
		MR. PHONLAWAT KHAMTA
		MR. WACHIRAPAN DAENGARAM
Field	:	CIVIL ENGINEERING
Department	:	CIVIL ENGINEERING
Faculty	:	ENGINEERING
Advisor	:	DR.THANADOL KHONGSOMBOON
Co-Advisor	:	DR.SUPOJ SRINIL

ABSTRACT

Special project of this research is to study the details and problems in construction by means of pressure pipe on the construction method of pipe pressure is discussed the reason of construction and planning the work and the process to work the problems and solutions of the construction method for pressure pipe the data construction project by means of the pipe pressure of fieldwork To reveal the steps all running processes and problems encountered in the face of reality for those interested in the comparison

The study about the data construction projects by means of pressure pipe to discuss the process of work and all the problems found in the construction pipes and the ways to solve the problems found the development of working to prevent the problem and solving the problem that flows through fast for those interested in the study

The study methods of construction by means of pressure pipe and construction problems and Solutions We can the study process, and if the correction and prevent problems in various processes for development at work next time the work more efficient, more secure if there is support for this study may be can be applied in the construction of domestic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ทางคณะผู้จัดทำโครงงานพิเศษขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.ธนาดล คงสมบูรณ์ และ ผศ. สุพจน์ ศรีนิล ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษ ซึ่งท่านได้เสียสละเวลาให้คำปรึกษา คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ จนทำให้โครงงานพิเศษนี้สำเร็จตามวัตถุประสงค์ได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ธนาดล คงสมบูรณ์, ผศ.สุพจน์ ศรีนิล, ผศ.สมเกียรติ ขวัญพฤกษ์ และอาจารย์อุบะ ศิริแก้ว ซึ่งเป็นกรรมการคุมสอบโครงงานพิเศษนี้ ที่ได้ให้ข้อแนะนำและข้อคิดเห็นที่มีประโยชน์ต่างๆ ต่อการทำโครงงานพิเศษนี้

ขอขอบคุณพี่ๆ นักศึกษาปริญญาโทภาควิชาวิศวกรรมโยธาทุกคน ที่ให้คำปรึกษาและช่วยเหลือในการทำโครงงานพิเศษฉบับนี้

ขอบคุณ ดร.ปณชัย แดงอร่าม , นายสัมพันธ์ อินทสวัสดิ์ , นายสมหมาย พลายพิชิต บริษัท ดี.วี.เอส. คอนสตรัคชั่น จำกัด นายศุภชัย พรหมยุทธนา บริษัท กรีนไลท์อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด และ กองการฝ่ายออกแบบวิศวกรรมก่อสร้าง การประปานครหลวง ที่ให้คำปรึกษา ข้อแนะนำ ข้อมูลดูแลในการศึกษาดูงานและช่วยเหลือในการทำโครงงานพิเศษฉบับนี้

ขอขอบคุณ บิดา มารดา ที่ให้การเลี้ยงดู ดูแลเอาใจใส่ และคอยเป็นกำลังใจให้ตลอดเวลาเสมอมา ตลอดจนพี่ๆ เพื่อนๆ ทุกคนที่คอยให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆตลอดระยะเวลาที่ทำโครงงานพิเศษฉบับนี้สุดท้ายนี้ทางผู้จัดทำโครงการพิเศษนี้หวังเป็นอย่างยิ่งว่าโครงการฉบับนี้จะเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้กับการออกแบบและก่อสร้างสำหรับการดันท่อได้เป็นอย่างดี

นายปณิธาน หลวงเทพ
นายพลวัฒน์ คำตา
นายวชิรพันธุ์ แดงอร่าม
ผู้จัดทำโครงงานพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
	ปกใน (ภาษาไทย)	ก
	ปกใน (ภาษาอังกฤษ)	ข
	หน้าอนุมัติ	ค
	บทคัดย่อภาษาไทย	ง
	บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
	กิตติกรรมประกาศ	ฉ
	สารบัญ	ช
	สารบัญตาราง	ฐ
	สารบัญรูปภาพ	ฑ
1	**บทนำ**	
	1.1 กล่าวนำ	1
	1.2 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
	1.3 วัตถุประสงค์	2
	1.4 ขอบเขตของการศึกษา	2
	1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน	3
	1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
2	**วรรณกรรมปริทัศน์**	
	2.1 การดันท่อ (PIPE JACKING)	4
	2.1.1 ความเป็นมา	4
	2.1.2 งานดันท่อ	4
	2.1.3 องค์ประกอบของงานดันท่อ	6
	2.1.3.1 บ่อดัน และบ่อรับ	7
	2.1.3.2 หัวเจาะ (Cutting Head or Shield)	8
	2.1.3.3 ท่อดัน (Jacking Pipes)	9
	2.1.3.4 แม่แรงไฮดรอลิก (Hydraulic Jacks)	9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

บทที่	เรื่อง	หน้า
	2.1.3.5 ท่อลดแรงดัน	10
	2.1.4 ระบบลำเลียงดิน (Spoil removal)	11
	2.1.4.1 ระบบล้อเลื่อน (Wheeled systems)	12
	2.1.4.2 Positive displacement pumps	13
	2.1.4.3 ระบบสายพาน (Belt conveyors)	13
	2.1.4.4 ระบบปั๊มพ์ของเหลว (Pumps slurry)	14
	2.1.4.5 Screw conveyors	15
	2.1.4.6 Vacuum extraction	15
	2.1.5 สารหล่อลื่น	15
	2.1.6 การออกแบบท่อลดแรงดัน (Intermediate jacking pipes)	16
	2.2 ขั้นตอนการดันท่อ (PIPE JACKING)	17
	2.3 ปัญหาอุปสรรคและวิธีการแก้ไขในการดันท่อ (PIPE JACKING)	18
	2.4 วิธีการตรวจสอบการทรุดตัวของชั้นดิน (Ground Settlement)	19
	2.4.1 ตรวจสอบการทรุดตัวของบ่อก่อสร้าง (Working Shaft)	19
	2.4.2 ตรวจสอบการทรุดตัวของสิ่งก่อสร้างข้างแนวขุดเจาะ	20
3	**หลักการและทฤษฎีที่ใช้**	
	3.1 การออกแบบท่อประปา	21
	3.1.1 การออกแบบท่อประธาน	22
	3.1.1.1 กำหนดเส้นทางและขนาดท่อ	22
	3.1.1.2 ขั้นตอนออกแบบและจัดทำเอกสารประกวดราคางานวางท่อประธาน	22
	3.1.1.3 ขั้นตอนการจัดทำเอกสารประกวดราคา	25
	3.2 การออกแบบท่อจ่ายน้ำและท่อบริการ	26
	3.2.1 กำหนดเส้นทางและขนาดท่อ	26
	3.2.2 ขั้นตอนออกแบบท่อจ่ายน้ำและท่อบริการ	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

บทที่ เรื่อง	หน้า
3.2.3 ขั้นตอนการจัดทำเอกสารประกวดราคา	25
3.3 หลักเกณฑ์การออกแบบท่อจ่ายน้ำ	
3.3.1 การพิจารณาระบบการจ่ายน้ำ	26
3.3.1.2 การตรวจสอบขนาดท่อที่จะวาง	26
3.3.1.2 การพิจารณาเส้นทางที่วางท่อและท่อ	27
3.3.1.3 การพิจารณาออกแบบรายละเอียดการวางท่อ	28
3.4 หลักเกณฑ์การคำนวณหาขนาดท่อจ่ายน้ำ	33
3.4.1 การนับจำนวนผู้ใช้น้ำ	33
3.4.2 การหาความยาวของท่อที่จะวาง	34
3.4.3 การออกแบบขนาดท่อ	35
3.5 ชนิดท่อประปาและมาตรฐานที่การประปานครหลวงใช้	38
3.5.1 ชนิดของท่อประปา	38
3.5.1.1 เหล็กหล่อ (Cast Iron Pipe)	38
3.5.1.2 ท่อเหล็กหล่อเหนียว (Ductile Iron Pipe)	38
3.5.1.3 ท่อเหล็กเหนียว (Steel Pipe)	38
3.5.1.4 ท่อซีเมนต์ใยหิน (Asbestos Cement Pipe)	38
3.5.1.5 ท่อ พีวีซี (PVC Pipe)	39
3.5.1.6 ท่อพีอี (HDPE Pipe)	39
3.5.1.7 ท่อชนิดอื่นๆ	39
3.5.2 มาตรฐานเกี่ยวกับท่อที่การประปานครหลวงใช้อยู่	39
3.5.2.1 ท่อเหล็กเหนียว (ST.)	39
3.5.2.2 ท่อซีเมนต์ใยหิน (AC.)	39
3.5.2.3 ท่อพีวีซี (PVC.)	39
3.5.2.4 ท่อพีอี (HDPE.)	39
3.5.2.5 ท่อพีบี (PB.)	39
3.5.2.6 ท่อเหล็กหล่อเหนียว (DI)	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

บทที่	เรื่อง	หน้า
	3.5.3 ชนิดท่อที่การประปานครหลวงใช้ในปัจจุบัน	40
	3.6 การคิดระยะเวลาการก่อสร้างงานวางท่อ	41
	3.6.1 ปัจจัยที่มีผลต่อระยะเวลาการก่อสร้างงานวางท่อ	41
	3.6.1.1 ขนาดท่อ	41
	3.6.1.2 ชนิดท่อ	41
	3.6.1.3 สภาพผิวจราจร	41
	3.6.1.4 วิธีการก่อสร้าง	41
	3.6.1.5 เงื่อนไขในการก่อสร้าง	41
	3.6.1.6 อุปสรรคต่างๆ	41
	3.6.2 การกำหนดระยะเวลาการก่อสร้าง	42
	3.6.2.1 เกณฑ์การคิดระยะเวลาเบื้องต้นงานวางท่อจ่ายน้ำ	42
	3.6.2.2 เกณฑ์การคิดระยะเวลาเบื้องต้นงานดันท่อประธาน	42
	3.6.2.3 เกณฑ์การคิดระยะเวลาเบื้องต้นงานขุดวางท่อประธาน	42
	3.7 การอูดบวมของดินใต้ดินขุดในดินเหนียว	42
	3.7.1 อัตราส่วนปลอดภัยต้านการอูดบวม (Heave)	42
	3.7.2 ตัวแปรกำลังรับแรงแบกทาน (Bearing capacity factor, N_C)	43
4	**หลักการและทฤษฎีที่ใช้**	
	4.1 ขั้นตอนการเตรียมงาน	46
	4.1.1 การติดต่อประสานงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง	47
	4.1.2 ขั้นตอนการสำรวจวางแนวการก่อสร้างการดันท่อ	48
	4.1.3 ขั้นตอนการสำรวจค่าระดับการก่อสร้างการดันท่อ	48
	4.2 ขั้นตอนของงานก่อสร้างบ่อดันท่อ	48
	4.2.1 ขั้นตอนการกำหนดจุดก่อสร้างบ่อดัน	48
	4.2.2 ขั้นตอนการปัก Sheet Pile	48
	4.2.3 ขั้นตอนการปัก Sheet Pile และการทำ Bracing ของบ่อดัน	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

บทที่	เรื่อง	หน้า
	4.3 ขั้นตอนการเตรียมงานก่อนการประกอบอุปกรณ์ดันท่อ	49
	4.3.1 ขั้นตอนการปรับระดับเตรียมดันท่อ	49
	4.3.2 ขั้นตอนการเตรียมบ่อสำหรับเชื่อมท่อ	49
	4.3.3 ขั้นตอนการทำแท่นสำหรับรองรับกระบอกไฮดรอลิก	50
	4.4 ขั้นตอนการประกอบอุปกรณ์ดันท่อ	51
	4.4.1 ขั้นตอนการประกอบรางวางท่อดัน	51
	4.4.2 ขั้นตอนการประกอบกระบอกไฮดรอลิกดันท่อ	52
	4.5 ขั้นตอนของงานดันท่อขนาด Ø 1,000 มิลลิเมตร	52
	4.5.1 ติดตั้งหัวนำ	53
	4.5.2 ขั้นตอนการประกอบหัวดัน	54
	4.5.3 หมอนดันท่อ	55
	4.5.4 ขั้นตอนการดันท่อ	56
	4.5.5 ขั้นตอนการนำดินออกจากเส้นท่อ	56
	4.5.6 ขั้นตอนการตรวจค่าระดับและแนวของเส้นท่อ	57
	4.5.7 การปรับแนวและระดับของหัวดัน	57
	4.6 ขั้นตอนของงานประกอบท่อดันขนาด Ø 1000 มิลลิลิตร	57
	4.6.1 ชนิดของท่อที่ใช้ในการดันท่อ	57
	4.6.2 การเตรียมท่อดัน	58
	4.6.3 การประกอบท่อ	58
	4.6.4 การเชื่อมประกอบท่อ	59
	4.6.5 ขั้นตอนการตรวจสอบรอยเชื่อม	60
	4.6.6 ขั้นตอนการแก้ไขรอยเชื่อม	60
	4.6.7 ขั้นตอนการซ่อมสีรอยเชื่อม	61
	4.6.7.1 การซ่อมสีภายในท่อบริเวณแนวเชื่อมท่อ	61
	4.6.7.2 การซ่อมสีภายนอกท่อบริเวณแนวเชื่อมท่อ (Wrapping)	62
	4.6.7.3 ขั้นตอนการพันโมโนเทป (Monotape)	62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

บทที่	เรื่อง	หน้า
	4.6.7.4 ขั้นตอนการทดสอบความสมบูรณ์ของผิวเคลือบ	63
	4.6.8 ขั้นตอนการซ่อมผิวท่อภายนอก	64
	4.6.9 ขั้นตอนการเปิดบ่อรับหัวดันท่อ	65
	4.6.10 ขั้นตอนการทำความสะอาดภายในท่อ	65
5	**ปัญหาและการแก้ไข**	
	5.1 กล่าวนำ	66
	5.2 ปัญหาที่พบ	66
	5.3 วิธีการป้องกันและแก้ไข	69
	5.4 ข้อเสนอแนะแนวทางการพัฒนา	71
	5.5 สรุป	74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
3.1	กำหนดรูปแบบและขนาดของสำนักงานสนามและเครื่องใช้	24
3.2	ราคาขายเอกสารประกวดราคาสำหรับงานประกวดราคาร่วมกับหน่วยงานอื่น	25
3.3	ราคาขายเอกสารประกวดราคาสำหรับงานประกวดราคาร่วมกับหน่วยงานอื่น	33
3.4	การกำหนดขนาดท่อจ่ายน้ำที่ขึ้นกับจำนวนผู้ใช้น้ำและความยาวท่อ	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
2.1	ลักษณะงานดันท่อ	5
2.2	องค์ประกอบของงานดันท่อ	6
2.3	องค์ประกอบของงานดันท่อ	6
2.4	Soft Eye จุดซึ่งหัวเจาะจะต้องเจาะผ่านออกจากบ่อดัน หรือเจาะผ่านเข้าไปในบ่อรับ	7
2.5	หัวเจาะแบบต่างๆที่ใช้ในงานดันท่อ	9
2.6	ท่อดัน (Jacking Pipe)	9
2.7	แม่แรงไฮครอลิก (Hydraulic Jacks)	10
2.8	รูปแสดงท่อลดแรงดัน	11
2.9	แสดงการขนย้ายดิน	11
2.10	แสดงการขนย้ายดินแบบล้อเลื่อน	12
2.11	แสดงการขนย้ายดินระบบสายพาน	13
2.12	รูปแสดงการขนย้ายดินแบบปัมพ์ของเหลว	14
2.13	รูปแสดงการใช้สารหล่อลื่น	16
2.14	การวางท่อดันลงในตำแหน่งเดียวกันกับรางเหล็ก	18
3.1	แผนภูมิแสดงขั้นตอนการออกแบบระบบท่อประปา	21
3.2	น้ำหนักของดินในส่วน abcd จะเป็นแรงที่ทำให้เกิดการอูดบวม	43
3.3	น้ำหนักดินภายในพื้นที่ abcd และน้ำหนักบรรทุกบนผิวดิน	44
3.4	รูปแบบการค้ำยันด้วย Struts	45
4.1	ท่อเหล็กเหนียวชนิด Steel Concentric Double Cylinder Pipe ø 1000 มม. สำหรับดันท่อลอด	46
4.2	ลักษณะบ่อก่อสร้าง และระบบหัวดัน	47
4.3	Bracing	49
4.4	บ่อสำหรับเชื่อมท่อ	50
4.5	แท่นคอนกรีตรองรับการบอกไฮดรอลิก	50
4.6	รางดันท่อ	51
4.7	การติดตั้งกระบอกไฮดรอลิก	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
4.8	แสดงหัวดัน (ด้านข้าง)	53
4.9	แสดงหัวดัน (ด้านหน้า)	53
4.10	แสดงหัวดัน (ด้านหลัง)	54
4.11	การประกอบท่อดันเข้ากับหัวนำ	55
4.12	หมอนดันท่อ	56
4.13	ท่อดันขนาด ø 1000 มิลลิเมตร	58
4.14	การประกอบท่อ	59
4.15	การเชื่อมประกอบท่อ	59
4.16	การติดฟิล์มที่ทำการ X-Ray	60
4.17	อุปกรณ์ X-Ray	61
4.18	สีรองพื้นน้ำยา Primer	63
4.19	การทำความสะอาดสีก่อนทาสี Primer	63
4.20	การพันโมโนเทป (บริเวณแนวรอยเชื่อม)	64
4.21	การนำแผ่นสังกะสีเรียบพัน	64
4.22	การประกอบ Segment (บริเวณแนวรอยเชื่อม)	65
4.23	การล้างทำความสะอาดภายในท่อ	65
5.1	การเคลื่อนตัวในแนวดิ่งของเข็ดพืด	67
5.2	ลักษณะการเกิดการอูมบวมของดิน (Heave)	67
5.3	พื้นคอนกรีตดาดก้นหลุมเสียหายจากการอูมบวม (Heave)	68
5.4	การเยื้องศูนย์ของแนวท่อมีเกิดการเปลี่ยนแปลงไปจากแนวที่วางไว้	68
5.5	ประเภทของหัวเจาะที่เหมาะกับดินชนิดต่างๆ	71
5.6	รูปแบบของระบบดัน	72
5.7	รูปแบบการทำงานของหัวดันแบบเจาะอุโมงค์	72
5.8	หัวดันชนิดแบบเจาะอุโมงค์	73
5.9	การขาดเสถียรภาพภายนอกของกำแพงกันดินที่ตั้งอยู่ในชั้นดินเหนียวอ่อน	74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 กล่าวนำ

การก่อสร้างในปัจจุบันเกิดขึ้นอย่างแพร่หลาย แต่พื้นที่ใช้สอยที่เอื้ออำนวยความสะดวกกับงานก่อสร้างกลับมีจำนวนที่ลดน้อยลง ในการก่อสร้างทั่วไปจึงเกิดปัญหาเกี่ยวกับการจัดสรรพื้นที่ที่ใช้ในการก่อสร้างเป็นอย่างมาก เช่น การขุดเปิดหน้าดิน และการวางท่อประปา เป็นต้น

การดันท่อเป็นแนวทางเลือกหนึ่งที่ใช้แก้ปัญหาเหล่านี้ได้ อีกทั้งยังเป็นการพัฒนาและจัดสรรพื้นที่ให้เป็นระเบียบ และมีแบบแผนมากยิ่งขึ้น

1.2 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ในปัจจุบันการเพิ่มขึ้นของประชากรได้มีอย่างต่อเนื่องโดยเฉพาะในพื้นที่ที่กรุงเทพมหานคร และเขตปริมณฑลที่มีประชากรเพิ่มขึ้นจากการกำเนิด และย้ายถิ่นฐาน เพื่อเข้ามาทำงาน หรือศึกษาต่อในพื้นที่ มีปริมาณราว 10.326 ล้านคนส่งผลให้มีความต้องการด้านที่อยู่อาศัย ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบพื้นที่ในเขตกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล มีพื้นที่ขนาด 7,761.662 ตารางกิโลเมตรเมื่อเทียบกับจำนวนประชากรแล้ว พื้นที่ในเขตกรุงเทพมหานคร และปริมณฑลมีความแออัดด้านที่อยู่อาศัยและยังส่งผลต่อความต้องการสิ่งอำนวยความสะดวกด้านระบบไฟฟ้าและระบบน้ำประปา มากยิ่งขึ้น

แต่เนื่องจากพื้นที่ในกรุงเทพมหานคร และปริมณฑลที่มีพื้นที่จำกัด จะใช้พื้นที่สำหรับการวางแนวท่อประปาโดยทั่วไปจะเป็นการก่อสร้างแบบเปิดหน้าดิน (Cut and fill) เพื่อวางท่อประปาแต่ในพื้นที่ที่ไม่เอื้ออำนวยต่อการเปิดหน้าดิน เช่น แนวการวางท่อที่มีสิ่งปลูกสร้างถาวรกีดขวาง การวางท่อผ่านแนวคลอง การวางท่อผ่านถนนหลักซึ่งปัญหาดังกล่าวไม่สามารถใช้วิธีขุดวางท่อประปาแบบปกติจึงเกิดการแก้ปัญหาเหล่านี้ด้วยการดันท่อประปา (Pipe Jacking) จากสัญญาโครงการ PITSP-801 งานก่อสร้างวางท่อประปาและงานส่วนที่เกี่ยวข้องพร้อมโครงการก่อสร้างขยายถนนทางหลวงหมายเลข3116 (สายบางปิ้ง-แพรกษา)โดยพื้นที่ในการก่อสร้างบางส่วนไม่เอื้ออำนวยในการก่อสร้างแบบเปิดหน้าดิน เนื่องจากมีการคมนาคมที่หนาแน่น และมีบ้านเรือนที่พักอาศัยเป็นจำนวนมาก ทางโครงการได้เลือกใช้กระบวนการก่อสร้างโดยการดันท่อ (Pipe Jacking)นำมาใช้แก้ปัญหา เพื่อลดปัญหาและผลกระทบจากการก่อสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งทางผู้จัดทำต้องทราบถึงวิธีการก่อสร้างโดยวิธีการดันท่อของโครงการสัญญาPITSP-801 เพื่อศึกษาปัญหาและแนวทางการแก้ไขการดันท่อส่งน้ำประปาขนาด ø 1,000 มิลลิเมตร ที่ใช้ในการดันท่อลอดผ่านสิ่งปลูกสร้างถาวร การดันท่อผ่านแนวคลอง และการดันท่อผ่านถนนหลัก เป็นต้น

1.3 วัตถุประสงค์

1.) เพื่อศึกษาวิธีการดันท่อส่งน้ำประปาขนาด ø 1,000 มิลลิเมตร กรณีศึกษาสัญญาโครงการ PITSP-801 งานก่อสร้างวางท่อประปาและงานส่วนที่เกี่ยวข้องพร้อมโครงการก่อสร้างขยายถนนทางหลวงหมายเลข 3116 (สายบางปิ้ง-แพรกษา)

2.) เพื่อศึกษาปัญหาที่พบในการดันท่อส่งน้ำประปาขนาด ø 1,000 มิลลิเมตร สัญญาโครงการPITSP-801 งานก่อสร้างวางท่อประปาและงานส่วนที่เกี่ยวข้องพร้อมโครงการก่อสร้างขยายถนนทางหลวงหมายเลข 3116 (สายบางปิ้ง-แพรกษา)

3.) เพื่อศึกษาแนวทางแก้ไขปัญหาการดันท่อส่งน้ำประปาขนาด ø 1,000 มิลลิเมตร ของสัญญาโครงการ PITSP-801 งานก่อสร้างวางท่อประปาและงานส่วนที่เกี่ยวข้องพร้อมโครงการก่อสร้างขยายถนนทางหลวงหมายเลข 3116 (สายบางปิ้ง-แพรกษา)

1.4 ขอบเขตการศึกษา

ขอบเขตพื้นที่ในการศึกษาครั้งนี้จะทำการศึกษาเฉพาะในพื้นที่โครงการสัญญาPITSP-801 งานก่อสร้างวางท่อประปาและงานส่วนที่เกี่ยวข้องพร้อมโครงการก่อสร้างขยายถนนทางหลวงหมายเลข 3116(สายบางปิ้ง-แพรกษา)ซึ่งส่งผลกระทบต่อการดำเนินชีวิตของประชาชน ในแนวเส้นทางตลอดความยาวของโครงการสัญญาโครงการPITSP-801 ซึ่งการศึกษาครั้งนี้ใช้ท่อเหล็กเหนียวชนิด Steel Concentric Double Pipeขนาด ø1,000 มิลลิเมตร ขนาดความหนาของท่อ 12.7 มิลลิเมตร ซึ่งจะทำการศึกษาในเขตพื้นที่ บางปิ้ง-แพรกษา จังหวัดสมุทรปราการ โดยมีระยะทางช่วง กม.4+495-กม.9+600 ในการดันท่อส่งน้ำประปาขนาดø 1,000 มิลลิเมตร และมีลักษณะดินที่เป็นดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ โดยจะทำการศึกษาในช่วงระยะเวลา เดือนกรกฎาคม 2556 ถึงเดือนมกราคม 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ขั้นที่ 1 ศึกษาทฤษฎีเอกสารงานวิจัยต่างๆในอดีตที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาเป็นองค์ความรู้สำหรับการจัดทำโครงงานพิเศษ

ขั้นที่ 2 ศึกษาทฤษฎี เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดทำโครงงานพิเศษ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ชัดเจนและเป็นแนวทางการศึกษา เข้าพื้นที่เพื่อหาข้อมูล และปัญหาที่เกิดจากการก่อสร้างจากการดันท่อ (Pipe- Jacking) อย่างคร่าวๆ เพื่อให้ทราบข้อมูลเบื้องต้นให้รู้สภาพข้อเท็จจริงที่เกิดขึ้น

ขั้นที่ 3 เรียบเรียงข้อมูล และเขียนเค้าโครงการศึกษา

ขั้นที่ 4 ออกเก็บข้อมูลภาคสนาม

ขั้นที่ 5 รวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ผลข้อมูล

ขั้นที่ 6 สรุปผล หลักการ และข้อเสนอแนะ

ขั้นที่ 7 เรียบเรียง และจัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.) เป็นองค์ความรู้แก่ผู้ที่สนใจในการศึกษาค้นคว้าความรู้ซึ่งเกี่ยวข้องกับโครงงานวิจัยและพัฒนาด้านการก่อสร้างใต้ดินซึ่งสามารถนำมาใช้ประโยชน์อย่างเต็มที่

2.) สามารถนำมาเป็นหนังสืออ้างอิงแก่ผู้สนใจศึกษาค้นคว้าหาความรู้เพิ่มเติม

3.) ก่อให้เกิดเป็นองค์ความรู้แก่ผู้จัดทำเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการประกอบอาชีพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

วรรณกรรมปริทัศน์

2.1 การดันท่อ(PIPE JACKING)

2.1.1 ความเป็นมา

(ดร.เดชา หลวงพิทักษ์ชุมพล,ผู้รวบรวม.2533 : วสท.หน้า1-7) เป็นเวลามากกว่าหนึ่งศตวรรษที่มนุษย์เรารู้จักวิธีการดันท่อ (Pipe Jacking)นี้โดยเริ่มมีการใช้ครั้งแรกที่อเมริกาจากนั้นได้มีการพัฒนากันอย่างกว้างขวางในยุโรปและญี่ปุ่นเมื่อประมาณ 50 ปีที่ผ่านมาสำหรับในบ้านเราได้มีการนำมาใช้ครั้งแรกในงานวางท่อประปาของการประปานครหลวงเมื่อไม่เกิน 20 ปีมานี้เองแต่เพียง 10 ปีให้หลังเท่านั้นกรุงเทพฯของเราก็ได้กลายเป็น “นครหลวงของการดันท่อของโลก” ไปเลยเนื่องจากงานดันท่อเป็นงานมีผลกระทบต่อการจารจรและสิ่งแวดล้อมค่อนข้างน้อยหลายหน่วยงานจึงนิยมนำไปประยุกต์ใช้กับงานของตนเช่น

- การประปานครหลวง
- บริษัท TOT
- การไฟฟ้านครหลวง
- กรุงเทพมหานคร
- งานวางระบบท่อส่งน้ำประปา
- วางระบบเครือข่ายโทรศัพท์
- วางระบบสายไฟฟ้าใต้ดิน
- วางท่อระบายน้ำ (น้ำฝน) และน้ำเสีย

(รศ.ดร.นพดล เพียรเวช,2539:โยธาสาร 31-32) การดันท่อเป็นเทคนิคการก่อสร้างเพื่อวางท่อใต้ดินหรืออุโมงค์ขนาดเล็ก โดยมิต้องทำการขุดร่องเปิดจากผิวดิน กีดขวางการจราจรและทำให้ผิวถนนชำรุดเสียหาย ในปัจจุบันนี้หน่วยงานสาธารณูปโภคต่างๆ ในกรุงเทพฯและปริมณฑล ได้นำวิธีนี้มาใช้กันอย่างแพร่หลาย และคงทวีมากขึ้นเรื่อยๆ เพราะยังมีความจำเป็นอยู่มากที่จะต้องทำการขยาย และปรับปรุงโครงข่ายสาธารณูปโภค ซึ่งยังขาดแคลนอยู่มากให้ทันต่อการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ และ การขยายตัวของประชากร ยิ่งในปัจจุบันรัฐบาลมีนโยบายพัฒนาระบบระบายและบำบัดน้ำเสียของกรุงเทพฯและปริมณฑล และเปลี่ยนระบบส่งจ่ายไฟฟ้า และโทรศัพท์เป็นสายใต้ดินเพื่อสิ่งแวดล้อมที่ดีและความสวยงามเป็นระเบียบ

2.1.2 งานดันท่อ

งานดันท่อเป็นการก่อสร้างที่ไม่มีการขุดเปิดแนว (Trenchless Technology)และบางครั้งมีการเรียกเทคนิควิธีนี้ว่าการเจาะอุโมงค์ขนาดเล็ก (Micro Tunneling) โดยเฉพาะอุโมงค์หรือท่อที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่า 1 เมตรที่คนไม่สามารถลงไปปฏิบัติงานข้างในได้จึงจำเป็นต้องใช้ระบบควบคุมระยะไกล (Remote Control) ที่ติดตั้งอยู่บนผิวดินงานดันท่อโดยทั่วไปจะเป็นการดันท่อลอดถนนราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รถไฟและคลองส่วนใหญ่ขนาดของท่อจะไม่เกิน 2 เมตรความยาวของแต่ละช่วงจะไม่เกิน 200 เมตรและใน กทม. จะเป็นการดันท่อในชั้นของดินอ่อน (Soft Clay) เสียเป็นส่วนมาก

ก่อนเริ่มงานดันท่อแรกสุดจะต้องทราบถึงสภาพธรณีวิทยาของชั้นดิน/ชั้นหินว่าตลอดแนวของท่อว่ามีสภาพเป็นอย่างไรมีปัญหาเรื่องน้ำใต้ดินหรือไม่ทั้งนี้เพื่อช่วยในการวางแผนการใช้เครื่องจักรเครื่องมือให้เหมาะสมมากที่สุดเช่นชนิดของหัวเจาะหรือขนาดของแม่แรงเป็นต้นกล่าวคือโดยทั่วไปใน กทม.ส่วนใหญ่เป็นการดันท่อในชั้นดินอ่อน (Soft Clay) ในระดับลึกไม่เกิน 15 เมตรถ้าลึกกว่านี้แต่ไม่เกินประมาณ 30 เมตรจะเป็นการดันท่อในชั้นดินเหนียวแข็ง (Stiff Clay) ซึ่งมีเป็นส่วนน้อยแต่ถ้าในต่างจังหวัดจะเป็นการดันในชั้นของดินทรายบ้างดินเหนียวบ้างหรือบางทีอาจจะต้องกระทำในชั้นหินแข็งก็ได้แต่รู้สึกว่าในบ้านเรายังไม่เคยมีการปฏิบัติกัน ในสมัยแรกของการดันท่อนั้นแนวของการดันท่อส่วนใหญ่จะต้องเป็นแนวตรงและดันระยะสั้นๆแต่ปัจจุบันสามารถดันท่อเป็นแนวโค้งได้และระยะทางยาวได้มากขึ้นถึงระยะประมาณ 1,000 เมตรซึ่งอาจจำเป็นต้องมีการติดตั้งแม่แรงเสริม (Intermediate Jacks) เป็นระยะๆ และมีระบบหล่อลื่นช่วยโดยใช้น้ำเบนโทไนต์หรือสารโพลิเมอร์เป็นต้นหรือเอาชนะแรงเสียดทานที่ผิวท่อ (Skin Friction) และแรงต้าน(End Bearing) ที่ปลายหัวเจาะสำหรับการตรวจสอบหรือทิศทางของหัวเจาะหรือแนวดันท่อสามารถทำได้โดยใช้ระบบควบคุมทิศทาง

ซึ่งประกอบด้วยกล้องสำรวจระบบเลเซอร์กับเป้าที่ติดตั้งไว้ที่ท้ายหัวเจาะเช่น ELS Laser หรือ VMT ชนิด SLS-RV เป็นต้นส่วนการปรับทิศทางของหัวเจาะหรือแนวดันท่อสามารถกระทำได้โดยการปรับแม่แรง (Articulate or Ring Jacks) ที่บริเวณหัวเจาะ

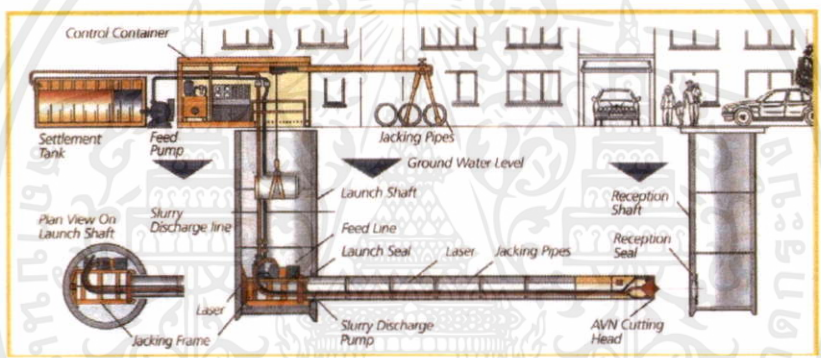
รูปที่ 2.1 ลักษณะงานดันท่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

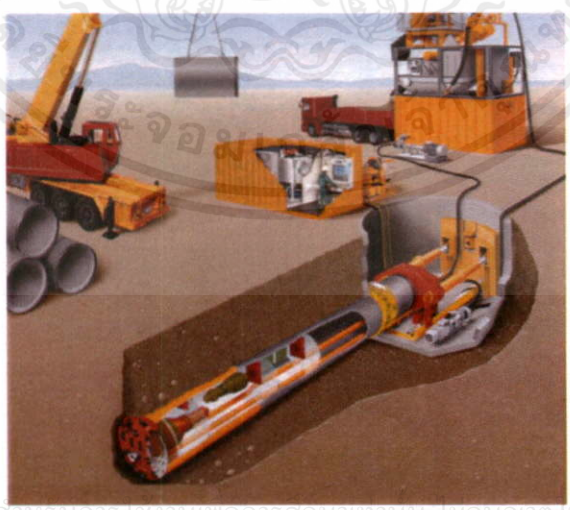
2.1.3 องค์ประกอบของงานดันท่อ

งานดันท่อมีองค์ประกอบที่สำคัญ 4 ส่วนคือ

- บ่อดัน(Driving Pit or Launch Shaft) และบ่อรับ (Receiving Pit or Reception Shaft)
- หัวเจาะ (Cutting Head or Shield)
- ท่อดัน (Jacking Pipes)
- แม่แรงไฮครอลิค (Hydraulic Jacks)
- ท่อลดแรงดัน (Intermediate jacking pipes)
- ระบบลำเลียงดิน (Spoil removal)
- สารหล่อลื่น



รูปที่ 2.2 องค์ประกอบของงานดันท่อ



รูปที่ 2.3 องค์ประกอบของงานดันท่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3.1 บ่อดัน และบ่อรับ

บ่อสำหรับใช้ในการดันท่อสามรถแบ่งออกได้เป็น 2 บ่อ คือ บ่อดัน (Jacking pit) และบ่อรับ (Receiving pit) วิธีการสร้างบ่อทั้ง 2 บ่อนี้ส่วนมากจะเป็นการก่อสร้างชั่วคราวโดยใช้วิธีการป้องกันดินแบบเข็มพืดเหล็ก(Sheet pile) ตอกกันดินและมีค้ำยันด้านใน ในการจมบ่อจะเอาน้ำหนักมากดทับบริเวณปากท่อเพื่อให้บ่อจมลงไปใต้ดิน ซึ่งการจ่มบ่อคอนกรีตสามารถทำได้ 2 วิธี คือการจมบ่อแบบหล่อคอนกรีตในที่ (Cast in place) โดยบ่อที่ใช้จะเป็นบ่อสำเร็จรูปที่หล่อเสร็จเรียบร้อยแล้ว และการจมบ่อแบบชิ้นส่วนหล่อสำเร็จรูป (Precast segment) ซึ่งจะนำชิ้นส่วนของบ่อแต่ละชิ้นมาประกอบกัน

ในการก่อสร้างบ่อก่อสร้างนั้นจะสร้างบ่อดันสลับกับบ่อรับโดยมีระยะห่างกันตั้งแต่ 150 - 300 เมตร บ่อดันและบ่อรับส่วนใหญ่มีรูปร่างเป็นรูปสี่เหลี่ยมพื้นผ้าแต่ก็มีรูปวงกลมบ้างตามความเหมาะสมของพื้นที่และสามารถก่อสร้างได้หลายวิธีเช่น

- Sink Shaft
- Sheet Pile
- Diaphragm Wall (Secant Pile Wall)

วิธีแรกค่อนข้างจะได้รับความนิยมมากโดยเฉพาะเมื่อบ่อนี้จะต้องกลายเป็นอาคารถาวรในอนาคต เนื่องจากประหยัดและรวดเร็วโดยเฉพาะต้องหล่อสำเร็จแบบprecastจะดีกว่าแบบหล่อในที่หรือ in-situ casted และเพื่อเป็นการป้องกันบ่อไม่ให้เอียงบริเวณปากบ่อควรก่อสร้างเป็น “guide collar” ไว้ด้วย บริเวณของบ่อดันหรือบ่อรับที่เป็นจุดซึ่งหัวเจาะจะต้องเจาะผ่านออกจากบ่อดันหรือเจาะเข้าไปในบ่อรับจะต้องทำเป็น “Soft Eye” กล่าวคือความหนาของคอนกรีตบริเวณนี้จะต้องบางและ/หรือไม่ต้องใส่เหล็กเสริม (steel reinforced bar) หรือใช้ไฟเบอร์4เสริม (fiber reinforced bar) แทนทั้งนี้เพื่อให้หัวเจาะสามารถเจาะผ่านผนังของบ่อดัน/บ่อรับได้โดยง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.4 “Soft Eye”จุดซึ่งหัวเจาะจะต้องเจาะผ่านออกจากบ่อดัน หรือเจาะผ่านเข้าไปในบ่อรับ

บ่อดันและบ่อรับโดยทั่วไปจะมีขนาดประมาณ 2 x 3 เมตร โดยบ่อดันจะมีขนาดใหญ่กว่าทั้งนี้เนื่องจากจะต้องมีการก่อสร้างกำแพงรับแรงดัน (Thrust Wall หรือReaction Bock) สำหรับการติดตั้งแม่แรงไฮดรอลิค (Hydraulic Jacks) เพื่อใช้ดันหัวเจาะออกจากบ่อดัน

2.1.3.2 หัวเจาะ (Cutting Head or Shield)

หัวเจาะที่ใช้สำหรับงานดันท่อมีหลายชนิดด้วยกันสามารถเลือกใช้ตามความเหมาะสมกับสภาพธรณีวิทยาของชั้นดิน/ชั้นหินและงบประมาณที่มีอยู่และที่นิยมใช้กันโดยเฉพาะในบ้านเรามีดังนี้คือ

1) Open-Faced Shield เป็นหัวเจาะแบบเปิดหน้าเหมาะสำหรับชั้นดินที่แข็งและแห้งมีความมั่นคงสูงไม่มีปัญหาเรื่องน้ำใต้ดินการขุดอาจจะขุดด้วยแรงคนหรือเครื่องจักร (Hydraulic Backhoe or Roadheader) ราคาของหัวเจาะชนิดนี้ยังไม่แพงมากนัก

2) Blind Shield เป็นหัวเจาะที่เหมาะสำหรับงานดันท่อที่มีขนาดใหญ่กว่า 1.50เมตรเพราะจำเป็นต้องใช้คนลงไปปฏิบัติงานข้างล่างในท่อที่ด้านหน้าของหัวเจาะจะมีช่องหน้าต่างสำหรับให้ดินไหลเข้ามาเวลาหัวเจาะถูกดันไปข้างหน้าจึงเหมาะสำหรับการดันท่อในชั้นดินอ่อนราคาของหัวเจาะชนิดนี้ราคาค่อนข้างถูกเมื่อเทียบกับชนิดอื่นๆเพราะกลไกไม่ยุ่งยากซับซ้อนอะไร

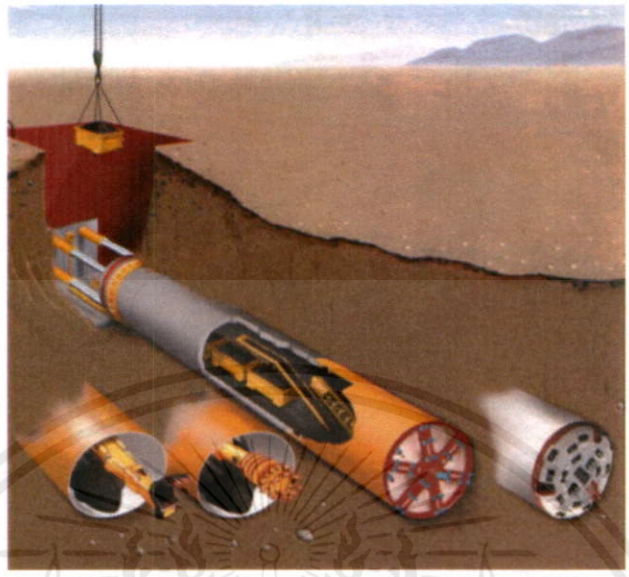
3) Earth Pressure Balance (EPB) Shield เป็นหัวเจาะที่ได้รับความนิยมค่อนข้างมากในปัจจุบันเหมาะสำหรับงานดันท่อหรืองานเจาะอุโมงค์ขนาดใหญ่ๆที่ต้องการความปลอดภัยสูงและมีผลกระทบน้อยจึงทำให้ราคาของหัวเจาะ EPB นี้มีราคาแพงมากกล่าวคือราคาหลายสิบล้านบาทจนถึงหลักร้อยล้านบาทตามขนาดเล็กหรือขนาดใหญ่ของหัวเจาะEPB Shield ที่ใช้ในบ้านเราสามารถจำแนกง่ายๆได้ 3 ประเภทคือ

- **EPB-Screw Conveyor** ใช้ Screw Conveyor ดึงดินจากการขุดขึ้นมาแล้วปล่อยลงบนสายพานลำเลียง (conveyor belt) ก่อนที่จะถ่ายลงสู่รถลำเลียง (muck or skip car) ต่อไป

- **EPB-Pump** เป็นชนิดที่มีระบบฉีดน้ำที่บริเวณหัวเจาะกล่าวคือสามารถฉีดน้ำออกไปผสมกับดินที่ถูกหัวเจาะกัดออกมาจนกลายเป็นน้ำโคลนก่อนจะถูกปั๊มออกไปตามท่อลงสู่บ่อพักที่บนผิวดินใกล้ๆกับปากบ่อดันเพื่อรอการลำเลียงออกไปทิ้งต่อไป

- **EPB-Slurry** ค่อนข้างคล้ายชนิด EPB-Pump แต่จะใช้น้ำโคลนที่ควบคุมทั้งคุณภาพและความฉีดออกไปผสมกับดินที่ถูกหัวเจาะกัดออกมาก่อนจะถูกปั๊มออกไปตามท่อลงสู่บ่อพักแล้วมีการrecycling เอาน้ำโคลนกลับมาใช้ใหม่หัวเจาะชนิดนี้เป็นที่นิยมมากและสามารถแก้ปัญหาในการเจาะผ่านชั้นกรวดทรายได้เป็นอย่างดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 หัวเจาะแบบต่างๆที่ใช้ในงานดันท่อ

2.1.3.3 ท่อดัน (Jacking Pipes)

ท่อที่ใช้ในงานดันท่อส่วนใหญ่จะเป็นท่อเหล็กหรือท่อคอนกรีตซึ่งบางครั้งผิวด้านในท่อจะบุหรือเคลือบด้วยสารป้องกันการกัดกร่อนโดยเฉพาะท่อดันที่ใช้ในงานบำบัดน้ำเสียท่อดันนี้จะต้องได้รับการออกแบบให้มีความแข็งแรงเพียงพอที่จะรับแรงดันต่างๆได้ไม่ว่าจะเป็นน้ำหนักกดทำด้านบนแรงดันดินรอบนอกแรงดันน้ำใต้ดินและท้ายสุดที่สำคัญคือแรงดันจากแม่แรงไฮครอลิค (Hydraulic Jacks) ที่ต้องใช้ดันท่อซึ่งอาจจะทำให้ท่อแตกร้าวเสียหายได้หากท่อมีสภาพไม่แข็งแรงเพียงพอโดยทั่วไปท่อดันแต่ละท่อจะมีความยาวประมาณ 2-3 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำ ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.6 ท่อดัน (Jacking Pipe)

2.1.3.4 แม่แรงไฮครอลิค (Hydraulic Jacks)

แม่แรงไฮดรอลิคนี้จะถูกติดตั้งไว้ที่บ่อดัน (Driving Pit or Launching Shaft)ดังนั้นบ่อดันจะต้องออกแบบให้มีขนาดกว้าง/ยาวเพียงพอกับระยะความยาวของหัวเจาะและระยะช่วงการดัน (Stroke) ของแม่แรงแต่บางครั้งที่ระยะช่วงการดัน(Stroke) ของแม่แรงสั้นเกินไปจำเป็นจะต้องใช้ "ตัวช่วย" ที่เรียกว่า "Spacer" ซึ่งอาจเป็นได้ทั้งท่อโครงเหล็กหรือคอนกรีตและมีความยาวตามความเหมาะสมซึ่งส่วนใหญ่จะมีความยาวท่อนละ 0.5-1.0 เมตร

โดยทั่วไปแม่แรงจะมีขนาด 100-200 ตัน/ตัวและพิจารณาใช้งานดังนี้:

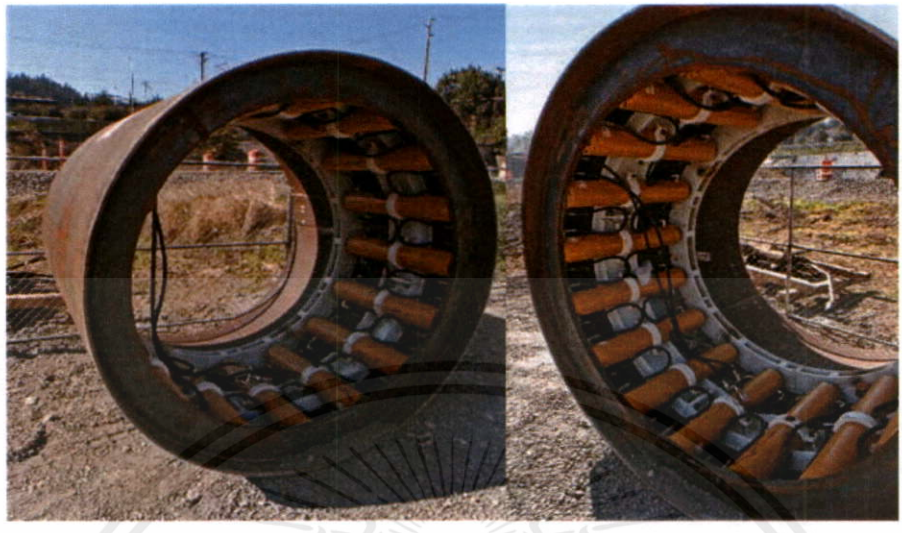
- สำหรับงานดันท่อขนาดน้อยกว่า 1200 มม.จะใช้แม่แรง 2 ตัว
- สำหรับงานดันท่อขนาดใหญ่กว่า 1200 มม.จะใช้แม่แรง 4 ตัว

รูปที่ 2.7 แม่แรงไฮดรอลิก (Hydraulic Jacks)

2.1.3.5 ท่อลดแรงดัน (Intermediate jacking pipes)

ท่อลดแรงดันจะใช้สำหรับเพิ่มแรงที่ใช้ดันท่อสำหรับการขุดเจาะที่มีระยะทางยาวหรือสภาพดินที่ขุดยาก แรงที่ใช้ในการดันท่อจะเพิ่มขึ้นตามระยะทาง ท่อลดแรงดันจะมีปลอกเหล็กที่ส่วนท้ายของท่อและมีแถบยางเพื่อป้องกันน้ำและเม็ดดินขนาดเล็ก แรงจะส่งผ่านไปยังส่วนท้ายโดย Fixed ring เมื่อการขุดเจาะเสร็จสิ้นแล้วอุปกรณ์ไฮโดรลิกสามารถถอดออกได้

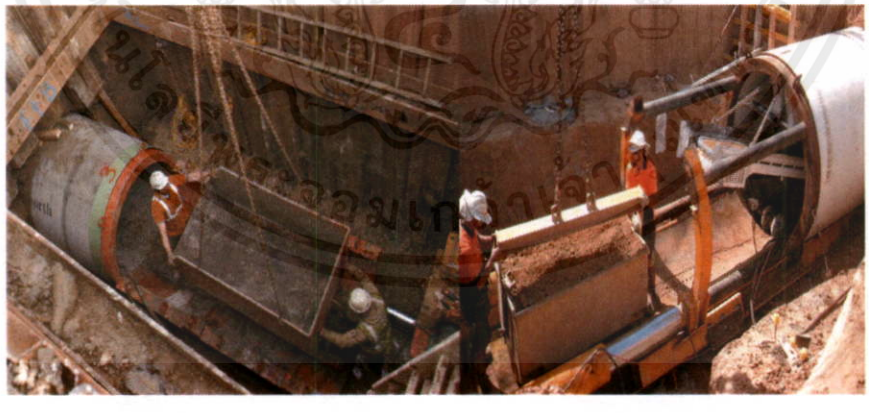
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปภาพที่ 2.8 รูปแสดงท่อลดแรงดัน

2.1.4 ระบบลำเลียงดิน (Spoil removal)

หลักการของการดันท่อเกี่ยวข้องกับงานสำรวจพื้นที่และการเจาะสำรวจดินโดยจะต้องทำการสำรวจเพื่อที่จะสามารถเลือกใช้เครื่องจักรได้เหมาะสมกับสภาพดินมากที่สุดเพราะหากเลือกใช้ไม่เหมาะสม อาจทำให้เครื่องจักรเสียหายส่งผลต่อราคาการดำเนินการอาจสูงขึ้น



รูปภาพที่ 2.9 แสดงการขนย้ายดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบการขนส่งลำเลียงดินจะขึ้นอยู่กับสภาพดินประมาณดินที่ได้จากการขุดเจาะโดยระบบการลำเลียงดินที่ใช้โดยทั่วไปประกอบด้วย

2.1.4.1 ระบบล้อเลื่อน (Wheeled systems)

ในอุโมงค์ที่ความยาวไม่มากนักและคนสามารถเข้าไปทำงานได้ การลำเลียงดินออกโดยใช้ระบบล้อเลื่อนจะถูกนำมาพิจารณาในการใช้งาน แต่ก็ต้องคำนึงถึงแรงงานคนที่ใช้ จะต้องทำงานหนักและเมื่อยล้า ส่งผลต่อความปลอดภัยในการทำงานด้วย

ในการเคลื่อนที่ของล้อเลื่อนจะใช้สายเคเบิ้ลในการดึงแทนที่การใช้เส้นลวดเนื่องจากสายเคเบิ้ลสะดวกและปลอดภัยมากกว่า ความเร็วของรอกที่ใช้ดึงจะอยู่ที่ 5 – 10 กิโลเมตรต่อชั่วโมง หรืออาจจะสูงกว่านั้นหากความยาวมากกว่า 250 เมตรการเพิ่มความยาวของท่อ ราง และแรงงานคน จะทำให้ราคามีความคุ้มค่ามากขึ้น ลูกล้อที่ใช้ควรจะติดตั้งแยกออกจากตัวรถเพื่อให้สะดวกในการใช้งาน ล้อที่ใช้ควรจะเป็นล้อยางเพื่อป้องกันอันตรายที่จะเกิดกับท่อ ในการลำเลียงดินควรจะลำเลียงออกให้ได้มากที่สุดเพื่อความประหยัด แต่ก็ต้องคำนึงถึงความปลอดภัยด้วย

รูปภาพที่ 2.10 แสดงการขนย้ายดินแบบล้อเลื่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

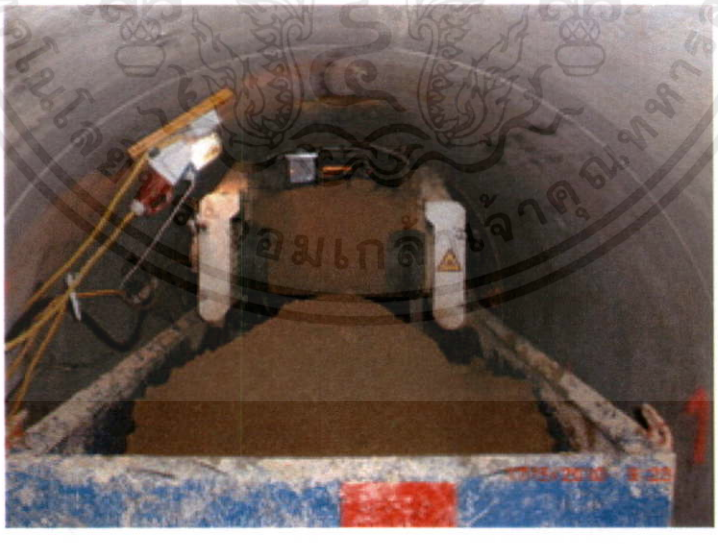
2.1.4.2 Positive displacement pumps

การลำเลียงดินด้วยวิธีนี้มีการใช้ครั้งแรกในประเทศญี่ปุ่นในปี ค.ศ. 1980 สำหรับงานอุโมงค์ขนาดใหญ่ หลังจากนั้นก็มีการพัฒนาและประยุกต์ให้สามารถใช้กับอุโมงค์ขนาดเล็กได้ดินที่ลำเลียงผ่านหัวเจาะจะต้องผสมกับน้ำและสารเบนโทไนต์หรือสารโพลิเมอร์ด้วยแรงดันประมาณ120บาร์เพื่อให้เกิประสิทธิภาพในการลำเลียงสูงที่สุดขนาดของท่อที่ใช้จะมีขนาดเป็น 3 เท่าของขนาดวัสดุขยายที่ใหญ่ที่สุด โดยดินจะอยู่ภายในท่อประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ วิธีนี้จะมีการทำงานต่อเนื่องตลอดความยาวและมีการปัมพ์ดินขึ้นไปที่ปล่องโดยตรง วิธีนี้มีประโยชน์อีกอย่างหนึ่งก็คือไม่ต้องแยกดินก่อนการทำงาน

2.1.4.3 ระบบสายพาน (Belt conveyors)

ระบบสายพานจะลำเลียงดินโดยใส่ในภาชนะแล้วเคลื่อนย้ายโดยสายพานแต่การใช้ระบบลำเลียงวิธีนี้ไม่สามารถใช้ได้ตลอดความยาวของอุโมงค์เนื่องจากปัญหาความสูงต่ำภายในของอุโมงค์ แต่ระบบนี้อาจจะใช้เป็นระบบหลักในการลำเลียงแล้วใช้ระบบอื่นเสริมมาด้วย ในการลำเลียงก็ควรคำนึงถึงความเร็วของสายพานจะต้องไม่สูงเกินไปเพราะอาจจะทำให้ดินที่ขนย้ายร่วงหล่น ส่งผลให้เกิดอันตรายได้

เมื่อใช้ระบบนี้กับอุโมงค์ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดใหญ่และความยาวไม่มากจะทำให้เกิดประสิทธิภาพในการลำเลียงและมีความประหยัด ถ้าหากใช้กับอุโมงค์ที่มีความยาวมากจะช่วยลดเวลาได้พอสมควร



รูปภาพที่ 2.11 แสดงการขนย้ายดินระบบสายพาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4.4 ระบบปั๊มพ์ของเหลว (Pumps slurry)

การเคลื่อนย้ายดินโดยวิธีนี้เป็นที่นิยมในอุโมงค์ขนาดเล็กเหตุผลหนึ่งที่ใช้วิธีนี้คือสามารถควบคุมที่ด้านหน้าของหัวเจาะ ระบบนี้จะประหยัดพื้นที่ในการทำงานโดยสามารถเคลื่อนย้ายวัสดุปริมาณมากๆตามความยาวไปที่บ่อและผิวหน้าได้

ระบบปั๊มพ์จะลำเลียงดินออกไปด้านหลังหัวเจาะ โดยดินที่ขุดออกจะต้องผสมกับของเหลว ซึ่งวัสดุที่ใช้ผสมเป็นของเหลวจะขึ้นอยู่กับสภาพดินของแต่ละแห่ง โดยอาจจะเป็นน้ำซึ่งเป็นสารผสมที่มีราคาถูก หรืออาจจะเป็นสารเบนโทไนต์หรือโพลิเมอร์ซึ่งนิยมใช้กับดินและกรวด ความหนาแน่นของของเหลวที่สามารถปั๊มพ์ได้จะอยู่ที่ 1.4 ตันต่อลูกบาศก์เมตร น้ำหนักมากที่สุดซึ่งสามารถลำเลียงได้จะอยู่ที่ 4,000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ขนาดปั๊มพ์ขึ้นอยู่กับหัวเจาะและชนิดของดิน

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ ความเหลว และความเร็ว จะต้องออกแบบให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด ความเร็วของปั๊มพ์จะต้องมากกว่าความเร็ววิกฤต ความเร็ววิกกฤตของของเหลวจะต้องน้อยกว่าน้ำการไกลและความหนาแน่นจะถูกวัดโดยอุปกรณ์ที่มีอยู่ของผู้รับเหมาโดยใช้ความเร็วมาตรฐานในการตรวจสอบบวกกับประสบการณ์จากการทำงาน

รูปภาพที่ 2.12 รูปแสดงการขนย้ายดินแบบปั๊มพ์ของเหลว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4.5 Screw conveyors

วิธีนี้จะใช้งานร่วมกับท่อเหล็กหล่อ นิยมใช้ในงานอุโมงค์ขนาดเล็ก วิธีนี้จะมีข้อจำกัดเรื่องปริมาณของดินที่ลำเลียงและความยาวของระยะทางที่ลำเลียงโดยหากปริมาณที่ลำเลียงมีจำนวนมากและระยะทางยาว จะสร้างปัญหากับกำลังที่ใช้ เป็นสาเหตุให้ปล่องทางเข้าเสียหายโดยการแตกร้าวระบบนี้จะสำคัญอยู่ที่การควบคุมปริมาตรของวัสดุที่เข้าไปข้างในไม่ให้มีขนาดใหญ่เกินไป โดยจะต้องพิจารณาความเสียดทานที่เพิ่มขึ้นวิธีนี้จะใช้กับหัวเจาะที่ใช้แรงดันสมดุล โดยจะมีการเคลื่อนย้ายดินจากห้องควบคุมแรงดันไปยังระบบการเคลื่อนย้ายดินเพื่อที่จะคงไว้ซึ่งความดันสมดุล ความเร็วของวิธีนี้จะต้องควบคุมอย่างระมัดระวังให้มีการเคลื่อนย้ายดินไปข้างหน้า การลำเลียงจะต้องพอดีกับขนาดของประตูเปิดปิด

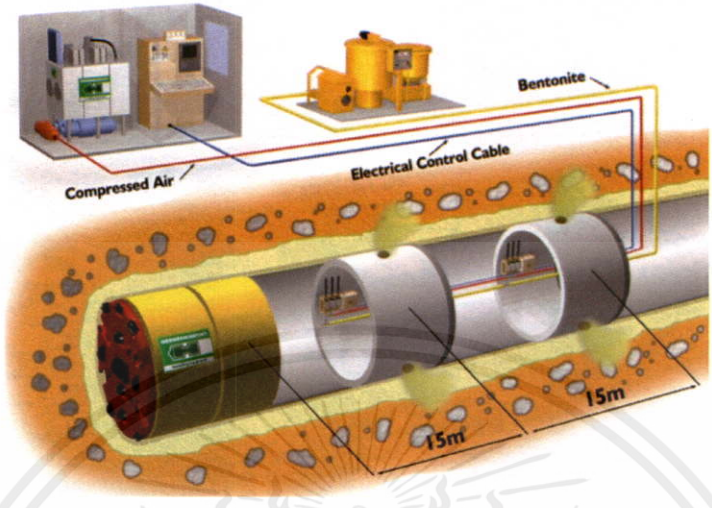
2.1.4.6 Vacuum extraction

เป็นการลำเลียงโดยการลดความดันให้ใกล้เคียงกับสุญญากาศเพื่อลำเลียงดินออกจากอุโมงค์ โดยจะใช้ท่อด้านดูดที่มีขนาดตั้งแต่ 50 มิลิเมตร ไปจนถึง 250 มิลลิเมตร และใช้ปั๊มพ์ที่สร้างสภาวะใกล้เคียงสุญญากาศ วัสดุจะถูกลำเลียงสู่ถังเก็บที่อยู่บริเวณหน้าหัวเจาะแล้วลำเลียงไปยังถังต่อไปโดยประสิทธิภาพของการลำเลียงในระยะ 200 เมตร สามารถลำเลียงได้ 100 ตันต่อชั่วโมง และมีความต้องการปริมาณอากาศ 11,500 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง อย่างไรก็ตามยังมีข้อจำกัดด้านชนิดของดินที่ทำการขุดเจาะ เช่น ดินเหนียวอาจสามารถอุดตันเส้นทางลำเลียงได้

2.1.5 สารหล่อลื่น

แรงที่เกิดขึ้นในกระบวนการดันท่อ คือแรงเนื่องจากน้ำหนักของท่อและแรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสของผิวท่อกับดินในระหว่างการดันท่อ โดยแรงเสียดทานนี้จะเพิ่มขึ้นตามขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ ปัญหาเรื่องแรงเสียดทาน สามารถแก้ไขได้โดยการใช้ท่อขนาดเล็กหรือใช้สารหล่อลื่น หากสารหล่อลื่นที่ใช้ไม่ดีเพียงพอส่งผลให้แรงต้านเกิดขึ้นมากกว่าแรงที่โครงของแม่แรง (Jacking frames) รับได้ อาจจะก่อให้เกิดความเสียหายได้ โดยสารหล่อลื่นทั่วไปที่นิยมใช้คือเบนโทไนท์ หรือสารผสมระหว่างเบนโทไนท์กับโพลิเมอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปภาพที่ 2.13 รูปแสดงการใช้สารหล่อลื่น

ส่วนผสมของเบนโทไนท์ที่นำมาใช้จะต้องออกแบบให้มีประสิทธิภาพตรงตามชนิดของดินที่ทำการเจาะ โดยข้อคำนึงหลักๆของสารหล่อลื่นที่ใช้คือจะต้องไม่ให้ซึมหรือแห้งไปในดิน สารหล่อลื่นจะถูกลำเลียงโดยท่อติดตั้งในท่อหลักและฉีดผ่านผนังท่อแต่ละชิ้นโดยการฉีดสารหล่อลื่นจะจัดเป็นแนว การฉีดจะถูกควบคุมโดยมนุษย์ในห้องปฏิบัติการผ่านจอมอนิเตอร์ ระบบนี้เป็นที่นิยมมาก ซึ่งสามารถวัดสารหล่อลื่นที่ฉีดไปในตำแหน่งต่างๆได้

หากโครงการเลือกใช้สารหล่อลื่นได้เหมาะสมกับวัสดุและวิธีการ สารหล่อลื่นที่นำมาใช้จะสามารถลดแรงที่ใช้ในการดัน อีกทั้งยังสามารถลดขนาดโครงแม่แรงซึ่งทำให้บ่อที่ใช้ในการวางเครื่องจักรเล็กลง ส่งผลให้ราคาของโครงการลดถูกลงได้

2.1.6 การออกแบบท่อลดแรงดัน (Intermediate jacking pipes)

ในการสร้างบ่อดัน สิ่งสำคัญที่ควรคำนึงถึงคือแรงในการดันท่อ ตัวบ่อสามารถออกแบบให้รับแรงดันของแม่แรงเท่าไรก็ย่อมได้ แต่สิ่งสำคัญอีกอย่างก็คือ Passive force ของบ่อเอง หากแรงดันของแม่แรงมากเกิน Passive force จะทำให้บ่อถูกดันถอยหลังแทนที่ท่อจะถูกดันไปข้างหน้า

ดังนั้นจึงมีวิธีแก้ไขปัญหานี้โดยการใช้ท่อลดแรงดันเพื่อลดแรงดันหน้าท่อในการดันท่อ ในการดันท่อหากใช้แม่แรงหลักเพียงอย่างเดียวจะทำให้แรงดันภายในท่อเพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรงแต่หากใช้ท่อลดแรงดันจะทำให้แรงดันลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นว่าแรงดันท่อที่ต้องใช้แยกเป็น แรงเสียดทานของตัวผิวท่อและแรงจากด้านหน้าหัวเจาะ หากใช้แม่แรงดันอย่างเดียวทำให้แรงเสียดทานจากผิวท่อมากขึ้นเรื่อยๆ หากท่อมีขนาดยาวมากๆทำให้เกิดแรงเสียอดทานตรงนี้สูง อาจสูงกว่า Passive force ดังนั้นจึงเพิ่มท่อลดแรงดันในระยะ 40 เมตร เพื่อลดแรงดันทำให้กราฟแรงดันลดลงมา ซึ่งแรงดันของท่อลดแรงดันแต่ละตัว จะมีเพียงแค่แรงเสียดทานจากท่อ 84 ตัน และหน้าหัวเจาะอีก 20 ตัน รวมเป็น 104 ตัน ทำให้แม่แรงทำงานให้แรงน้อยลง แต่อย่างไรก็ตามยังเป็นผลดีอีกเพราะการที่นำท่อลดแรงดันมาเสริมในการดันท่อทำให้ช่วยเพิ่ม Passive force ของท่อลดแรงดัน เพราะจะมีแรงเสียดทานจากผิวท่ออยู่ด้านหลังของท่อลดแรงดันทำหน้าที่เป็น Passive force

2.2 ขั้นตอนการดันท่อ (PIPE JACKING)

ขั้นตอนในการทำงานมีดังนี้

1. ขุดหลุมเปิดบ่อดันกว้างไม่น้อยกว่า 1.50 เมตร ยาวไม่น้อยกว่า 6.00 เมตรและลึกโดยประมาณ 8 เมตรหรือตามความลึกในแบบงานโดยให้ตอกเหล็กค้ำยันจนถึงดินแข็ง หรือ ทำแบบชนิดของบ่อดันตามแบบ
2. วางรางเหล็กที่มีความยาวใกล้เคียงกับขนาดของความยาวหลุม โดยให้ปลายรางข้างหนึ่งแตะชิดกับเสาค้ำยัน
3. ติดตั้งเครื่องมือดันท่อในตำแหน่งเดียวกับรางเหล็ก และตั้งกระบอกไฮโดรลิกโดยยึดกับรางเหล็กให้มั่นคง
4. วางท่อดันความยาวประมาณ 3 เมตร ลงในตำแหน่งเดียวกับรางเหล็ก
5. ใช้แผ่นเหล็กรองระหว่างปลายท่อปลอกกับแกนกระบอกไฮโดรลิกแล้วจึงเริ่มทำการดัน (ในระหว่างดันท่อได้ทำการนำดินออกจากท่อโดยรถแบคโฮตักดินขึ้นจากหลุม)
6. เมื่อทำการดันท่อดันดินจนสุดแขนไอโดรลิก ให้ถอยแกนของกระบอกโฮโดรลิกเพื่อใส่แหวนลงไปแทนเพื่อดันท่อดันต่อไป
7. วางท่อดันท่อนใหม่(ความยาว 3 เมตร)เชื่อมต่อท่อปลอกที่ดันไปแล้วเข้าด้วยกันโดยรอบและต้องเช็คการเชื่อท่อโดยการ X-Ray เพื่อไม่ให้เกิดรอยรั่ว เนื่องจากถ้าเกิดการรั่วจะแก้ไขได้ยาก
8. ทำตามขั้นตอนที่ 5 – 7 จนสิ้นสุดการดันท่อตามแบบแปลน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.14 การวางท่อดันลงในตำแหน่งเดียวกันกับรางเหล็ก

2.3 ปัญหาอุปสรรคและวิธีการแก้ไขในการดันท่อ (PIKE JACKING)

1. เมื่อหัวเจาะเคลื่อนออกไปจากแนวที่กำหนด สาเหตุที่หัวเจาะผิดไปจากแนวที่กำหนดมีดังนี้ ขาดความรู้และความเข้าใจของวิศวกรและผู้ควบคุมในการควบคุมหัวเจาะความผิดพลาดในการสำรวจและการคำนวณขาดความชำนาญและประสบการณ์ ในการควบคุม การแก้ไขโดยใช้เทคนิคการควบคุมหัวเจาะเจอกับชั้นดินที่มีความแข็งในบางจุดที่ทำให้หัวเจาะเคลื่อนออกจากแนว

2. เมื่อพบชั้นทราย,ชั้นดินปนทรายหรือน้ำใต้ดิน ในขณะขุดเจาะลักษณะของหัวขุดแบบ Earth Pressure Balance นั้น สามารถขุดได้ในทุกสภาพชั้นดิน (ยกเว้นชั้นที่เป็นหิน) วิธีการแก้ไขปัญหากรณีนี้ที่พบชั้นดินแต่ละประเภท ทำดังนี้

ชั้นดินแข็ง (Stiff Clay) ความจริงหัวขุดประเภทนี้เหมาะสำหรับขุดในชั้นดินอ่อน หากเจอสภาพดินแข็ง จำเป็นต้องฉีดน้ำเข้าไปเพื่อย่อยสลายดินให้อ่อนตัว มิฉะนั้นดินก้อนใหญ่จะก่อปัญหาให้ Screw Conveyor อุดตันได้

ชั้นดินเหนียว (Medium Clay) เป็นชั้นดินที่เหมาะสมกับหัวขุดประเภทนี้ปัญหามีน้อย ดินที่ออกมาจะเป็นแท่งอย่างต่อเนื่อง จะต้องตักดินให้ขาด

ชั้นทราย (Sandy Clay) หากเป็นทรายร่วนจะต้องฉีด Bentonite เข้าไปผสมเพื่อกันไม่ให้หน้าดินบริเวณหน้าหัวขุดพัง การขุดจะต้องมีแรงดันดินหน้าหัวขุดเพื่อป้องกันดินพัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.เมื่อพบอุปสรรคขวางหน้า (Obstruction)

ในกรณีที่พบอุปสรรคขวางแนวขุดเจาะ หากทราบล่วงหน้า (Known obstruction) เช่น เสาเข็มเขื่อน ถ้ารู้ว่าจำเป็นจะต้องตัดเสาเข็มจะต้องทำ Ground Treatment ไม่ว่ากรณีที่อยู่ในชั้นดินอ่อนหรือดินแข็ง จำเป็นต้องเสริมความแข็งแรงของเสาเข็มโดยเพิ่ม Bearing load แทน Friction load ของเข็มในส่วนที่ถูกตัดออก

2.4 วิธีการตรวจสอบการทรุดตัวของชั้นดิน (Ground Settlement)

การดำเนินการและป้องกันการทรุดตัวของชั้นดินขณะดำเนินการก่อสร้าง มีวิธีการตรวจสอบ ดังนี้

2.4.1 ตรวจสอบการทรุดตัวของบ่อก่อสร้าง (Working Shaft)

ขณะดำเนินการก่อสร้างบ่อสร้าง (Working Shaft) ไม่ว่าจะด้วยวิธีการก่อสร้างแบบการจมบ่อ (Sinking Shaft) หรือการสร้างผนังบ่อก่อนการขุดดินภายในบ่อออก การตรวจสอบการเคลื่อนตัวของดินสามารถตรวจสอบด้วยการติดตั้งอุปกรณ์ ดังนี้

<u>Inclinometer สำหรับตรวจสอบการเคลื่อนตัวของดินในแนวราบ</u>

เครื่องมือวัดการเอียงตัว (Inclinometer) เป็นเครื่องมือที่ใช้ตรวจวัดการเคลื่อนตัวของมวลดินที่อยู่ลึกลงไปใต้ดิน สามารถติดตั้งท่อได้ 2 รูปแบบ คือ ติดตั้งท่อไว้ในแนวดิ่งเพื่อวัดการเคลื่อนตัวด้านข้างของมวลดิน (Lateral Movement) และติดตั้งท่อไว้ในแนวนอนเพื่อวัดการเคลื่อนตัวของมวลดินในแนวดิ่ง (Vertical Movement)ส่วนประกอบของเครื่องมือจะประกอบไปด้วยท่อวัดการเอียงตัว (Inclinometer Casing) เป็นท่อพิเศษที่มีร่อง 4 ร่องด้านในตั้งฉากกันเพื่อให้หัววัดการเอียงตัว (Inclinometer Probe) วิ่งขึ้น-ลงตามร่องนี้โดยการตรวจวัด จะหย่อนหัววัดลงไปในท่อจนถึงก้นท่อแล้วค่อยๆ ดึงขึ้น และบันทึกค่าความเอียงทุกๆ ระยะ 0.5 เมตรในขณะที่ดึงหัววัดกลับขึ้นมา

<u>Extensometer สำหรับตรวจสอบการเคลื่อนตัวของดินในแนวดิ่ง</u>

เครื่องมือวัดการยืดตัว (Extensometer) เป็นเครื่องมือวัดการเคลื่อนตัวของชั้นดินในแนวดิ่งที่ใช้ติดตั้งในหลุมเจาะหรือในดินถม โดยสามารถวัดการเคลื่อนตัวที่ระดับความลึกต่างๆ มีหลายระบบให้เลือกใช้ ได้แก่ ระบบแม่เหล็กเป็นตัววัด (Magnetic Extensometer), ระบบที่ใช้วงแหวนรัดท่อเป็นตัววัด (Sondex System) และระบบที่ใช้แท่งโลหะหรือไฟเบอร์ (Rod Extensometer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 ตรวจสอบการทรุดตัวของสิ่งก่อสร้างข้างแนวขุดเจาะ

โดยปกติก่อนการดำเนินการขุดเจาะอุโมงค์ จะมีการสำรวจระดับของผิวดิน หรือผิวจราจรล่วงหน้าก่อนหัวขุดเจาะจะขุดไปถึง และมีการสำรวจระดับของผิวดิน หรือผิวจราจรหลังจากที่หัวขุดเจาะได้ขุดผ่าน โดยแบ่งระยะเวลาในการตรวจสอบ 1, 3, 5 และ 7 วัน ตามลำดับ การตรวจสอบโดยทั่วไปใช้กล้องระดับ

ในกรณีที่มีสิ่งก่อสร้างอาคารอยู่ด้านข้างการขุดเจาะ จะต้องมีการบันทึกสภาพอาคาร และสิ่งก่อสร้างดังกล่าว ก่อนการดำเนินการก่อสร้าง รวมถึงค่าระดับตัวอาคารและสิ่งก่อสร้าง

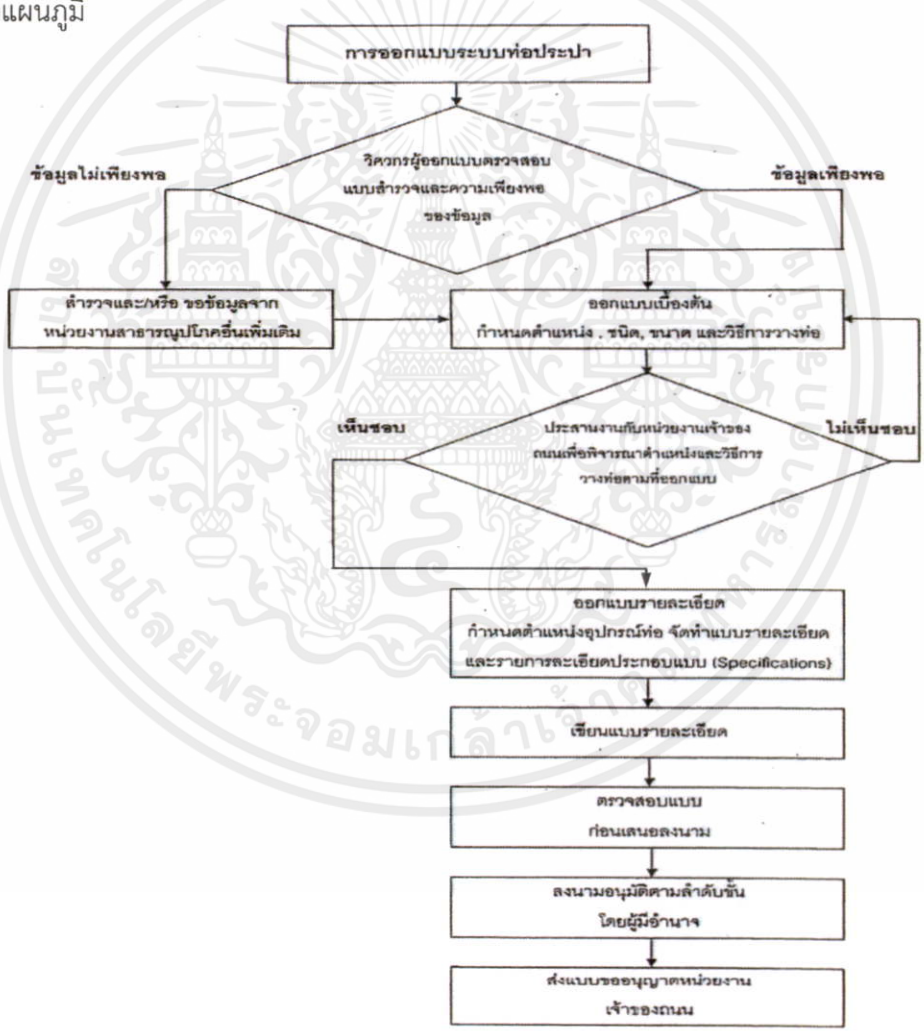
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

หลักการและทฤษฎีที่ใช้

3.1 การออกแบบระบบท่อประปา

เมื่อผู้สำรวจได้สำรวจและจัดทำแบบสำรวจแล้วเสร็จก็จะส่งให้วิศวกรเพื่อตรวจสอบว่าได้ข้อมูลครบ สมบูรณ์และถูกต้องหรือไม่ หากข้อมูลไม่ครบก็ต้องไปเก็บรายละเอียดเพิ่มเติมให้สมบูรณ์ แล้วจึงนำมากำหนด แนวท่อ และรายละเอียดต่างๆ ซึ่งการออกแบบระบบท่อประปาสามารถแบ่งเป็นขั้นตอนพอสังเขปดังแผนภูมิ



รูปที่ 3.1 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการออกแบบระบบท่อประปา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1 การออกแบบท่อประธาน ท่อประธานคือท่อส่งน้ำประปาจากสถานีสูบจ่ายน้ำไปยังท่อจ่ายน้ำเพื่อส่งต่อไปยังบ้านผู้ใช้น้ำ โดยปกติทั่วไปการประปานครหลวงได้กำหนดขนาดท่อตั้งแต่ขนาดที่ใหญ่กว่า Ø400 มม. ไปจนถึงขนาด Ø1,800 มม. เป็นท่อประธาน

3.1.1.1 กำหนดเส้นทางและขนาดท่อ ฝ่ายบริหารโครงการจะเป็นหน่วยงานวิเคราะห์หาขนาด และความยาวในการวางท่อในระบบ โดยการหาขนาดท่อจะใช้ Program Network Analysis วิเคราะห์ผล ซึ่ง ต้องรู้ข้อมูลเบื้องต้น เช่นความยาว ปริมาณน้ำ และ Pressure Head จุดต้นทาง ปลายทาง และค่า Coefficient of Roughness (C) เป็นต้น เพื่อเป็นข้อมูลในการป้อนเข้า Program หาขนาดท่อ

3.1.1.2 ขั้นตอนออกแบบและจัดทำเอกสารประกวดราคางานวางท่อประธาน

3.1.1.2.1) การตรวจสอบแบบสำรวจ เมื่อฝ่ายสำรวจและออกแบบได้รับข้อมูลขนาดท่อและ เส้นทางแล้ว จะทำการสำรวจเพื่อจัดทำแบบสำรวจ วิศวกรจะต้องตรวจสอบแบบสำรวจว่าถูกต้องสมบูรณ์ หรือไม่ หากไม่สมบูรณ์หรือไม่ถูกต้องก็ต้องจัดทำเพิ่มเติมหรือแก้ไขให้ถูกต้อง

3.1.1.2.2) การกำหนดตำแหน่ง ชนิดท่อ และขนาดท่อ วิศวกรจะต้องออกแบบรายละเอียดเส้น ท่อว่าจะต้องประกอบด้วยรายละเอียดอะไรบ้าง พร้อมกำหนดแนวท่อ ตำแหน่ง ชนิดและขนาดท่อ พร้อม อุปกรณ์ต่าง ๆ วิธีการก่อสร้างโดยจัดทำเป็นแบบเบื้องต้น หากผู้ออกแบบเห็นว่าเส้นทางดังกล่าวไม่สามารถ วางท่อได้ก็ให้ประสานงานกับ ฝ่ายบริหารโครงการ เพื่อแก้ไขปัญหาต่อไป

3.1.1.2.3) การประสานงานกับเจ้าของกรรมสิทธิ์ที่ดิน วิศวกรผู้ออกแบบต้องประสานงานกับ หน่วยงานเจ้าของที่ดิน เพื่อชี้แจงรายละเอียดต่าง ๆ เพื่อขออนุญาตเบื้องต้นจากเจ้าของที่ดินในการวางผ่านที่ดินผู้อื่น ขั้นตอนนี้มักจะต้องใช้เวลา และเป็นความสามารถในการเจรจาของวิศวกรผู้ออกแบบ และผู้ประสานงานซึ่ง บางครั้งเจ้าของที่ดินอาจจะไม่เห็นด้วยกับแนวคิดของผู้ออกแบบก็ได้ ดังนั้นจำเป็นต้องปรับแก้ไขให้โครงการ สามารถดำเนินการต่อไปได้

3.1.1.2.4) การขออนุญาตกรรมสิทธิ์ที่ดิน ฝ่ายสำรวจและออกแบบจะต้องจัดทำแบบขอ อนุญาตกรรมสิทธิ์ที่ดิน และติดต่อขออนุญาตจากเจ้าของที่ดิน

3.1.1.2.5) การประมาณราคาเบื้องต้น ผู้ออกแบบจะประมาณราคาค่างานก่อสร้างเบื้องต้น เพื่อใช้ตั้งงบประมาณค่าก่อสร้าง

3.1.1.2.6) การคิดระยะเวลาก่อสร้าง การคิดระยะเวลาก่อสร้างขึ้นกับวิธีการก่อสร้างและ มาตรการในการก่อสร้าง

3.1.1.2.7) การกำหนดรายละเอียดของสัญญา ได้แก่ เงินประกันซองประกวดราคา ค่าปรับ สำนักงานสนามและเครื่องใช้ และอื่น ๆ โดยกำหนดตามค่างานก่อสร้างเบื้องต้นของการประมาณราคา

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เงินประกันซองประกวดราคา = 5% ของค่างานตามสัญญา
- ค่าปรับ
- กรณีงานวางท่อที่มีผลกระทบต่อการจราจรค่าปรับ = 0.5% ของค่างานตามสัญญา
- กรณีงานวางท่อที่ไม่มีผลกระทบต่อการจราจรค่าปรับ = 0.01-0.1% ของค่างานตามสัญญา

<u>หมายเหตุ</u>

- งานวางท่อประธานที่ดำเนินการโดยใช้มาตรการ N (22.00 น.ถึง 05.00 น.)ให้ถือว่าไม่กระทบต่อการจราจร
- งานวางท่อที่สามารถเบี่ยงการจราจรทำให้มีพื้นที่ผิวจราจรเท่าเดิมถือว่าไม่กระทบต่อ การจราจร
- ในกรณีที่เป็นงานประกวดราคาร่วมกับหน่วยงานอื่นให้กำหนดค่าปรับให้สอดคล้องกับหน่วยงานหลัก
- การกำหนดรูปแบบและขนาดของสำนักงานสนามและเครื่องใช้สำหรับงาน วางท่อประธาน ให้กำหนดตามมติที่ประชุมเมื่อวันที่ 9 มีนาคม 2535 โดยมีหลักเกณฑ์ในการพิจารณาดังนี้
  - วงเงินค่างานก่อสร้าง
  - จำนวนเส้นทางวางท่อและระยะทาง
  - ปริมาณปัญหาในการประสานงาน
  - การควบคุมการผลิตท่อและอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 กำหนดรูปแบบและขนาดของสำนักงานสนามและเครื่องใช้

รูปแบบและขนาดของสำนักงานสนามและเครื่องใช้	จำนวนรถยนต์ตามรายละเอียดประกอบแบบงานก่อสร้าง	การกำหนดจำนวนรถยนต์ในแต่ละสัญญา		
		วงเงินค่างาน (ล้านบาท)	จำนวนรถยนต์ (คัน)	หมายเหตุ
A	4	300 ขึ้นไป	4	
		150 ขึ้นไป	3 หรือ 4	ขึ้นกับหลักเกณฑ์ข้อ 2, 3, 4
B	2	80 ขึ้นไป	2	
		40 ขึ้นไป	1 หรือ 2	ขึ้นกับหลักเกณฑ์ข้อ 2, 3, 4
C	1	น้อยกว่า 40	1	

3.1.1.2.8) การกำหนดราคาขายเอกสารประกวดราคา สำหรับงานประกวดราคาร่วมกับ หน่วยงานอื่น ผู้ออกแบบต้องแจ้งราคาขายเอกสารประกวดราคาให้หน่วยงานหลักทราบก่อนประกาศประกวดราคา โดยให้กำหนดตามคำสั่งการประปานครหลวงที่ 37/2547 ลงวันที่ 9 กุมภาพันธ์ 2547 โดยมีรายละเอียด ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 ราคาขายเอกสารประกวดราคาสำหรับงานประกวดราคาร่วมกับหน่วยงานอื่น

วงเงินประมาณการของสัญญา (บาท)	ราคาเอกสารประกวดราคา (บาท)					
	งานวางท่อประธานและท่อจ่ายน้ำกับท่อบริการ		งานโยธา		งานระบบส่งน้ำประปา/ระบบน้ำดิบ/ระบบผลิตน้ำประปา/สถานีสูบน้ำกับถังเก็บน้ำ	
	สิ่งพิมพ์	CD-ROM	สิ่งพิมพ์	CD-ROM	สิ่งพิมพ์	CD-ROM
ไม่เกิน 1,000,000	900	700	1,000	800	-	-
ตั้งแต่ 1,000,001-5,000,000	2,000	1,500	2,500	2,000	4,500	3,500
ตั้งแต่ 5,000,001-10,000,000	4,500	3,500	4,800	3,800	9,000	7,000
ตั้งแต่ 10,000,001-50,000,000	10,000	8,000	12,000	8,500	20,000	15,000
ตั้งแต่ 50,000,001-100,000,000	25,000	20,000	30,000	25,000	40,000	30,000
ตั้งแต่ 100,000,000 ขึ้นไป	30,000	25,000	40,000	30,000	50,000	40,000

3.1.1.3 ขั้นตอนการจัดทำเอกสารประกวดราคา

เมื่อผู้ออกแบบได้ออกแบบท่อประปาแล้วเสร็จ ให้จัดชุดเอกสารประกวดราคาเพื่อส่ง ฝ่ายบริหารโครงการเพื่อนำเสนอขออนุมัติประกวดราคาต่อผู้ว่าการประปานครหลวงต่อไป โดยชุดเอกสาร ประกวดราคาจะประกอบด้วย

3.1.3.1 ชุดที่1/4 ส่วนที่ 1/2
หมวด 1 คำแนะนำผู้เสนอราคา
หมวด 2 เงื่อนไขทั่วไปของสัญญา

3.1.3.2 ชุดที่ 1/4 ส่วนที่ 2/2
หมวด 3 เงื่อนไขจำเพาะของสัญญา
หมวด 4 รายการละเอียดประกอบแบบเพิ่มเติม

3.1.3.3 ชุดที่ 2/4 ส่วนที่ 1/2 รายการละเอียดประกอบแบบงานก่อสร้าง

3.1.3.4 ชุดที่ 2/4 ส่วนที่ 2/2 รายละเอียดท่อและอุปกรณ์ประปา

3.1.3.5 ชุดที่ 3/4 ใบเสนอราคาและเอกสารแนบท้าย

3.1.3.6 ชุดที่ 4/4 ส่วนที่ 1/3 แบบแปลน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ แสวงหาประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3.7 ชุดที่ 4/4 ส่วนที่ 2/3	แบบมาตรฐาน
3.1.3.8 ชุดที่4/4 ส่วนที่3/3	การติดตั้งเครื่องหมายและสัญญาณ
3.1.3.9 เอกสารเพิ่มเติม	(ตามที่จัดทำ)

3.2 **การออกแบบท่อจ่ายน้ำและท่อบริการ**

ท่อจ่ายน้ำและท่อบริการ คือท่อที่รับน้ำจากท่อประธาน เพื่อส่งจ่ายน้ำไปยังผู้ใช้น้ำ โดยทั่วไปท่อจ่ายน้ำ จะมีขนาดตั้งแต่ Ø100 มม. - Ø400 มม. ส่วนท่อบริการจะมี ขนาดตั้งแต่ Ø50 มม. ลงไป

3.2.1 กำหนดเส้นทางและขนาดท่อ ฝ่ายบริหารโครงการ ฝ่ายเทคโนโลยีการบริหารจัดการน้ำ สูญเสีย และสำนักงานประปาสาขาจะเป็นผู้กำหนดขนาดและเส้นทางที่จะวางท่อโดยผู้ออกแบบจะต้องไป ตรวจสภาพสนาม หากไม่เห็นด้วยก็ติดต่อประสานงานกับเจ้าของงานเพื่อแก้ไขต่อไป

3.2.2 ขั้นตอนออกแบบท่อจ่ายน้ำและท่อบริการ ขั้นตอนนี้จะเหมือนกับการออกแบบท่อประธานในหัวข้อ 3.1.1.2

3.2.3 ขั้นตอนการจัดทำเอกสารประกวดราคา ขั้นตอนนี้เหมือนกับการออกแบบท่อประธานในหัวข้อ 3.1.1.3

3.3 **หลักเกณฑ์การออกแบบท่อจ่ายน้ำ**

3.3.1 การพิจารณาระบบการจ่ายน้ำ

3.3.1.1 การตรวจสอบขนาดท่อที่จะวาง

ฝ่ายบริหารโครงการ ฝ่ายลดน้ำสูญเสียหรือสำนักงานประปาสาขา จะเป็นผู้กำหนด เส้นทาง และขนาดของท่อจ่ายน้ำขั้นต้น โดยแจ้งมายังฝ่ายสำรวจและออกแบบ ผู้ออกแบบจะต้องไปตรวจ สภาพจริงในสนามว่าขนาดท่อที่จะวางเหมาะสมหรือไม่ การพิจารณาขนาดท่อขึ้นกับเหตุผลดังนี้

1) พิจารณาความหนาแน่นของผู้ใช้น้ำตามเส้นทางและซอยแยกในปัจจุบัน และคาดการณ์ว่าจะเพิ่มความหนาแน่นมากน้อยและช้าเร็วแค่ไหน ขนาดท่อที่กำหนดไว้ในโครงการจะเพียงพอ และสอดคล้องตามการเพิ่มนั้นหรือไม่

2) ขนาดท่อที่กำหนดไว้ในโครงการให้สอดคล้องกับความยาวของเส้นทางที่จะวาง เส้นทางที่มีความยาวมากหากท่อที่วางมีขนาดเล็กไปอาจทำให้กำลังดันน้ำตอนปลายไม่เพียงพอจ่ายน้ำ

3) หากเส้นทางที่จะวางท่อมีซอยแยกมาก และพิจารณาดูแล้วสมควรจะวางท่อในซอย แยกเหล่านั้นไปพร้อมกัน หรือจะต้องวางในอนาคต ขนาดท่อที่กำหนดไว้ในเส้นทางนั้นจะต้องให้สอดคล้องกับ การวางท่อในซอยแยกด้วย เส้นทางที่มีซอยแยกมากหากขนาดท่อเล็กไป อาจทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงดันน้ำในซอยแยกตอนปลายทางของเส้นทางนั้น ไม่เพียงพอที่จะจ่ายน้ำ หากขนาดท่อที่กำหนดไม่เหมาะสม ควรแก้ไขตามหลักวิชาการ

4) สภาพซอยและความหนาแน่นของประชากรที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ขนาดท่อที่จะวาง วิศวกรผู้ออกแบบจำเป็นต้องอาศัยหลักวิชาการในการคำนวณหาขนาดท่อและระบบท่อ ให้สอดคล้องกับสภาพซอยและความหนาแน่นของประชากรที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

3.3.1.2 การพิจารณาเส้นทางที่วางท่อและท่อเดิม (การทำงานต้องประสานงานอย่างใกล้ชิดกับสำนักงานประปาสาขาต่าง ๆ)

1) เส้นทางที่วางท่อควรจะบรรจบกับเส้นทางที่มีท่อเดิมขนาดโตกว่าท่อที่จะวาง

2) ถ้าเส้นทางที่จะวางท่อไปบรรจบมีขนาดท่อเดิมเท่ากันกับท่อที่จะวางใหม่ พิจารณาดู แล้วเห็นว่าสภาพเส้นทางมีความยาวและประชากรหนาแน่น สมควรพิจารณาเพิ่มขนาดท่อเดิมในเส้นทางให้สอดคล้องด้วย โดยเพิ่มเป็นอีกหนึ่งเส้นทางไว้ในโครงการ

3) ถ้าเส้นทางที่จะวางท่อมีซอยแยกมากให้พิจารณาว่าซอยแยกใดสมควรจะเพิ่มขนาดท่อ ควรรวมการวางท่อในซอยแยกนั้นไว้ในเส้นทางนั้นด้วย ทั้งนี้หากพิจารณาว่ามีซอยแยก ซึ่งอาจมีงานวางท่อประปาเข้าซอยแยกนั้นในอนาคต ก็ให้ติดตั้งสามทางอุดหน้าแปลนรอไว้

4) ถ้าเส้นทางที่จะวางท่อได้ปรับปรุงผิวจราจรดีแล้ว มีท่อเดิมอยู่ในผิวจราจรคอนกรีต อันจะเกิดปัญหาการต่อน้ำใหม่ และการบำรุงรักษาในปัจจุบันหรืออนาคต และได้พิจารณาแล้วบนทางเท้าหรือ ไหล่ทางสามารถวางท่อได้ ควรยกเลิกท่อเดิมเสีย แล้ววางทดแทนใหม่ให้มีขนาดอย่างน้อยเท่ากับท่อเดิมนั้น

5) ท่อจ่ายน้ำเดิมชนิดเหล็กอาบสังกะสี และท่อเหล็กหล่อทุกขนาดให้ยกเลิก

6) ท่อเดิมที่จะวางท่อไปบรรจบหากมีการจ่ายน้ำในเส้นทางยาวและจุดแยกมาก ควรจะพิจารณาเพิ่มกำลังน้ำด้วย โดยการเพิ่มจุดบรรจบท่อประธานอีกหรือเพิ่มขนาดท่อเดิมนั้นให้ใหญ่ขึ้น จัดเป็นเส้นทางการวางท่อเพิ่มอีกเส้นทางหนึ่งไว้ในโครงการ

7) ท่อวางใหม่ที่จะไปบรรจบท่อเดิม อาจมีการติดตั้งประตูน้ำรอไว้แล้วให้ตรวจสอบกับแบบการวางท่อแล้วเสร็จ (As-built) ของท่อเดิมในเส้นทางนี้ หรือแบบแผนที่แสดงตำแหน่งประตูน้ำ

8) เส้นทางที่จะวางท่อ ถ้ามีท่อเดิมอยู่ฝั่งหนึ่งแล้วให้วางท่ออีกฝั่งหนึ่ง และถ้าเส้นทางนี้ยาวมาก ก็ให้บรรจบท่อที่วางใหม่กับท่อเดิมที่มีอยู่อีกฝั่งหนึ่งทุก ๆ ระยะประมาณ 500 ถึง 1,000เมตร เพื่อส่งกำลังน้ำช่วยกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9) การออกแบบจะต้องตรวจสอบระบบท่อให้สัมพันธ์กับท่อเดิม โดยศึกษาระบบท่อเดิมจากแผนที่ GIS แล้วออกแบบขนาดและระบบพร้อมทั้งการติดตั้งประตูน้ำ หัวดับเพลิงให้สัมพันธ์กับระบบเดิม

3.3.1.3 การพิจารณาออกแบบรายละเอียดการวางท่อ

1) ตำแหน่งแนวท่อที่จะวางควรอยู่ชิดแนวบ้านหรือแนวอาคารให้มากที่สุดระยะที่ เหมาะสมจากศูนย์กลางท่อถึงแนวบ้านหรือแนวอาคารประมาณ 50 ถึง 100 เซนติเมตร ในกรณีถนนเป็นของ กทม. หรือกรมทางหลวง ให้วางท่อในเขตทางห่างจากเขตทาง ประมาณ 35 ถึง 100 เซนติเมตร (วิธีปฏิบัติจะ ใช้ประมาณ 50 ซม.)

2) ขนาดท่อที่จะวางให้อาศัยหลักวิชาในการคำนวณ โดยคำนึงถึงระยะความยาวของ เส้นทาง จำนวนซอยแยก ความหนาแน่นของผู้ใช้น้ำในปัจจุบัน และคาดคะเนจำนวนผู้ใช้น้ำที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ซึ่งจะกล่าวถึงวิธีการคำนวณแบบขนาดและระบบท่อต่อไป

3) การเปลี่ยนแนวท่อตอนทางโค้ง ถ้าสามารถเบี่ยงท่อตรงข้อต่อติดต่อกันเป็นระยะทางยาวได้ ไม่ควรใช้ท่อโค้ง ทั้งนี้การเบี่ยงท่อตรงข้อต่อไม่ควรทำมุมเกิน 3 องศา จากแนวเดิม หากไม่สามารถดำเนินการได้กำหนดให้ใช้ท่อโค้งในแบบแปลน

4) การบรรจบท่อเดิม ใช้วิธีการตั้งสามทาง ยกเว้นในกรณี

4.1) ท่อวางใหญ่มีขนาด Ø 50 มม. ถ้าบรรจบท่อกับท่อเดิมที่มีขนาดตั้งแต่ Ø 150 มม.ขึ้นไปให้ใช้เหล็กรัดท่อ

4.2) ท่อเดิมมีขนาดตั้งแต่ Ø 50 มม.ลงมา ถ้าบรรจบกับท่อที่วางใหม่มีขนาดโตกว่าเกินร้อยละ 50 ให้ใช้เหล็กรัดท่อ

5) ในการใช้สามทางตัดบรรจบท่อเดิม ต้องตรวจสอบประตูน้ำของท่อเดิมนั้นถ้าตำแหน่งประตูน้ำเดิมอยู่ไม่ไกลจากจุดที่จะบรรจบมากให้เขียนตำแหน่งประตูน้ำเดิมนั้นลงในแบบแปลนด้วย และประตูน้ำของท่อที่จะวางจะต้องติดตั้งกับสามทางเสมอ

6) ต้องตรวจสอบตำแหน่งเสาไฟฟ้า แนวท่อระบายน้ำและสิ่งสาธารณูปโภคอื่นๆ ให้ละเอียดก่อนการออกแบบและจะต้องให้ได้มาตราส่วนถูกต้องด้วย

7) ท่อเดิมขนาดตั้งแต่ Ø 100 มม. ขึ้นไปที่พิจารณายกเลิกจะต้องแสดงตำแหน่งประตูน้ำเดิมและหัวดับเพลิงเดิมทุกตัว

8) การวางท่อให้กำหนดระดับหลังท่อตามแบบมาตรฐานงานก่อสร้างวางท่อจ่ายน้ำ ฉบับล่าสุด ยกเว้นกรณีพิเศษ เช่น วางท่อใต้ทางเท้า หรือสะพานไม้เล็ก ๆ หรือซอยแคบ ๆ ซึ่งคาดว่าจะไม่มีการ ขยายถนน หรือซอยก็ให้วางลึกอย่างน้อย 50 เซนติเมตรได้ (สำหรับท่อขนาด Ø100 มม. - Ø300 มม.)

เอกสารนี้มีไว้สำหรับใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9) การวางท่อลอดถนนหรือทางรถไฟให้วางโดยการดันท่อปลอกเหล็กเหนียวลอดใต้ถนนก่อน โดยดันท่อปลอกเหล็กเหนียวลอดใต้ผิวจราจรโดยมีความลึกอย่างน้อย 3.00 เมตร นับจากผิวบนท่อ ปลอกเหล็กเหนียวถึงผิวจราจร หรือตามที่หน่วยราชการเจ้าของถนนกำหนด ท่อที่จะวางลอดถนนหรือทางรถไฟต้องใช้ท่อเหล็กเหนียว

10) ถ้าเส้นทางที่จะวางท่อมีคูน้ำเล็ก ๆ ผ่านให้ตรวจสอบระดับท้องคูนี้นั้นก่อน หากลึกไม่เกิน 1.00 เมตร และคูน้ำนั้นแคบให้วางท่อเหล็กเหนียวหรือท่อแอสเบสตอสซีเมนต์ผ่านไปได้เลยโดยกดระดับความลึกผิวท่อต่ำกว่าท้องคูน้ำอย่างน้อย 50 เซนติเมตร ถ้าหากคูน้ำนั้นมีความกว้างเกิน 5.00 เมตร หรือ ลึกเกิน1.00 เมตร ขึ้นไปให้วางท่อข้ามคูน้ำนั้นโดยใช้โครงสร้างรับท่อ

11) การวางท่อข้ามคลอง แนวท่อที่จะวางควรอยู่ห่างจากสะพานข้ามคลองพอสมควร เพื่อสะดวกในการบำรุงรักษา และในกรณีที่สะพานข้ามคลองยังไม่ได้ปรับปรุงได้มาตรฐานตำแหน่งท่อจะต้อง พิจารณาให้สอดคล้องกับการขยายสะพานด้วย หากการวางท่อบริเวณก่อนและหลังข้ามคลองรักษาแนวชิดเขตทางมาโดยตลอดให้ใช้แนวดังกล่าวเป็นแนวท่อข้ามคลองด้วย และถ้าคลองกว้างการออกแบบท่อข้ามคลองควรออกแบบเป็นโครงสร้างพิเศษ เช่น Truss โดยใช้ช่วง Support ควรเท่ากับหรือมากกว่า 20 เมตร

12) การออกแบบวางท่อในเส้นทางที่มีคูน้ำตลอดให้ออกแบบวางท่อโดยการทำโครงสร้างรับท่อตามแบบมาตรฐานงานก่อสร้างวางท่อจ่ายน้ำฯ ฉบับล่าสุด

13) การออกแบบจุดบรรจบท่อเดิมและบรรจบมาตรวัดน้ำ

13.1) การบรรจบท่อเดิม

- บรรจบกับท่อจ่ายน้ำหรือท่อบริการ
- บรรจบท่อเข้าบ้านที่เป็นท่อ PB และมาตรวัดน้ำอยในตำแหน่งที่เหมาะสม

13.2) การบรรจบมาตรวัดน้ำ

- กรณีมาตรวัดน้ำอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม แต่ท่อเข้าบ้านเป็นท่อ PVC หรือ GI ให้เปลี่ยนท่อเข้าบ้านเป็น PB จนถึงตำแหน่งมาตรวัดน้ำหรือแนวเขตรั้วอาคาร
- กรณีมาตรวัดน้ำอยู่ในบริเวณที่ไม่เหมาะสมให้ย้ายมาตรวัดน้ำมาอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม พร้อมเปลี่ยนท่อเข้าบ้านเป็นท่อ PB

14) การออกแบบวางท่อจ่ายน้ำทั้ง 2 ฝั่ง ในถนนหรือซอย กรณีถนนหรือซอยยาวมากให้ บรรจบท่อที่วางใหม่ 2 เส้นนี้เข้าด้วยกันทุกๆระยะประมาณ 500 ถึง 1,000 เมตร ถ้าในถนนหรือซอยมีท่อประธานวางควบคู่ไปด้วยให้บรรจบท่อจ่ายน้ำเข้ากับท่อประธานทุก ๆ ระยะประมาณ 800 ถึง 1,200 เมตร เพื่อเป็นการเสริมกำลังน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1.4 ข้อกำหนดในการติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ ในการวางท่อจ่ายน้ำขนาด Ø100 มม.ถึง Ø 300 มม.

1) ประตูน้ำดักทาง

1.1) ควรติดตั้งทุก ๆ ระยะประมาณ 500 ถึง 1,000 เมตร และควรติดตั้งใกล้เคียงกับประตูน้ำแยกเข้าซอยเพื่อสะดวกในการบำรุงรักษา

1.2) บริเวณที่จะติดตั้งจะต้องไม่มีสิ่งสาธารณูปโภคอื่นและมีบริเวณเพียงพอที่จะติดตั้ง

2) ประตูน้ำแยก ควรออกแบบติดตั้งนอกผิวจราจร ดังตัวอย่างต่อไปนี้

3) ประตูน้ำ เชื่อมท่อประธาน ถ้าท่อจ่ายน้ำกับท่อประธานอยู่ใกล้กัน จะติดตั้งประตูน้ำชิดสามทางของท่อประธาน ถ้าท่อจ่ายน้ำกับท่อประธานอยู่ห่างกัน จะติดตั้งประตูน้ำไว้ 2 ตัว

4) ประตูน้ำเชื่อมท่อจ่ายน้ำ 2 เส้น จะติดตั้งที่ระยะระหว่าง 500 ถึง 1,000 เมตรกรณีที่ถนนกว้าง จะติดตั้งประตูน้ำจุดละ 6 ตัว

กรณีที่ถนนแคบ จะติดตั้งประตูน้ำ จุดละ 5 ตัว โดยให้ติดตั้งประตูน้ำแยกชิดท่อที่มีขนาดโตกว่า ยกเว้นในกรณีมีเส้นท่อหนึ่งเส้นเป็นท่อเดิมให้ติดตั้งประตูน้ำชิดสามทางด้านท่อเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) การระบายน้ำ

5.1) ในเส้นทางการวางท่อถ้ามีคลองหรือคูน้ำผ่านให้ติดตั้งสามทางประตูน้ำ ขนาด Ø150 มม. แล้วต่อท่อ Ø150 มม. เพื่อเป็นทางระบายน้ำทิ้งตอนต้นทางก่อนจะวางท่อข้ามคลองสำหรับคลองที่ต้องยกระดับท่อขึ้นสูงมาก

5.2) ถ้าตอนปลายเส้นทางเป็นคลอง คูน้ำ หรือที่ลุ่มให้ติดตั้งประตูน้ำแล้วต่อท่อ สำหรับระบายน้ำทิ้ง ตามความเหมาะสมหากไม่สามารถดำเนินการได้ให้ติดตั้งหัวดับเพลิงและอุดหน้าแปลนปลายท่อ

5.3) ถ้าตอนปลายเส้นทางเป็นทางตัน ไม่สามารถจะวางท่อต่อไปได้ ให้ติดตั้งหัว ดับเพลิงเป็นที่ระบายน้ำทิ้ง แล้วอุดหน้าแปลนปลายท่อ (กรณีวางท่อฝั่งเดียว) ดังรูปที่ 23 หัวดับเพลิงที่ติดตั้งเลือกใช้ได้ทั้งหัวดับเพลิงบนดินและใต้ดินตามความเหมาะสมของพื้นที่

5.4) ในเส้นทางวางท่อที่ต้องวางยกระดับท่อขึ้นสูงเพื่อข้ามคลองหรือหลบอุปสรรคอื่นและไม่มีพื้นที่ติดตั้งสามทางและประตูน้ำเพื่อระบายน้ำ ให้ติดตั้งหัวดับเพลิงเพื่อระบายน้ำทิ้งแทน

5.5) กรณีวางท่อบน Support เป็นระยะทางยาว ให้พิจารณาติดตั้งจุดระบายน้ำบริเวณประตูน้ำดักทาง

5.6) ให้ออกแบบติดตั้งจุดระบายน้ำ (Blow off) เพิ่มเติมในเส้นทางที่มีความเสี่ยงที่จะ ทำให้คุณภาพน้ำไม่ได้มาตรฐาน ตามความเหมาะสมของแต่ละเส้นทาง

6) ประตูระบายอากาศ

6.1) ติดตั้ง ณ จุดสูงสุดเมื่อมีการเปลี่ยนระดับท่อ เช่น มีการวางท่อข้ามคลอง เป็นต้น

6.2) ติดตั้งบริเวณปลายทางของทิศทางการไหลของน้ำในระดับสูงสุด

6.3) ใช้ประตูระบายอากาศขนาด Ø25 มม.สำหรับท่อ Ø100 มม. ส่วนท่อขนาด Ø150 - 400 มม. ใช้ประตูระบายอากาศขนาด Ø75 มม. ลูกลอยคู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7) หัวดับเพลิง

7.1) ให้ติดตั้งมีระยะห่างกันประมาณ 500 ถึง 1,000 เมตร โดยให้นับระยะห่างจาก หัวดับเพลิงที่มีอยู่เดิมเป็นหลักทั้งนี้ให้พิจารณาสถานที่นั้นๆด้วยเป็นกรณีๆไป เช่นถ้าวางท่อผ่านโรงเรียน จะต้องติดตั้งหัวดิบเพลิงเพิ่ม

7.2) กรณีที่เส้นทางที่วางท่อผ่านเป็นบริเวณสวน ทุ่งนา ไม่มีบ้านหรือมีบ้านจำนวนน้อย ปลูกสร้างเป็นระยะหาง ๆกัน ให้ติดตั้งหัวดับเพลิงเท่าที่จำเป็นเพื่อเป็นทางระบายน้ำทิ้ง

7.3) ในกรณีที่เส้นทางนั้นเป็นย่านการค้า ธุรกิจหรือที่อยู่อาศัย ที่มีคนอยู่หนาแน่น ให้ติดตั้งหัวดับเพลิงทุกระยะห่างกันประมาณ 200 ถึง 500 เมตร

7.4) ถ้าวางท่อทั้งสองฝั่งพร้อมกันให้ติดตั้งสลับกันไป

7.5) ในเส้นทางที่เป็นย่านที่อยู่อาศัย ตำแหน่งหัวดับเพลิงควรให้อยู่ห่างจากแนวบ้าน หรือแนวรั้วพอสมควร แต่ต้องไม่กีดขวางทางการจราจรด้วย

7.6) บริเวณทางโค้ง ทางแยก หรือทางเข้าบ้าน ห้ามติดตั้งหัวดับเพลิงเพราะจะกีดขวางทางจราจร

8) การวางท่อข้ามคลอง

8.1) ท่อเหล็กเหนียวที่ใช้วางข้ามคลองต้องได้มาตรฐานตามที่ระบุไว้ในแบบมาตรฐาน งานก่อสร้างวางท่อจ่ายน้ำฯ ฉบับล่าสุด

8.2) ต้องวางท่อเหล็กเหนียวต่อจากจุดเริ่มโค้งขึ้น และโค้งลงออกไปอีกยาวด้านละ3.00 เมตร

8.3) โครงสร้างรับท่อข้ามคลองให้แยกจากตัวสะพานเดิมโดยมีตุ๊กตารัดท่อทุก ๆ โครงสร้าง และระยะห่างระหว่างตุ๊กตารัดท่อจะต้องไม่เกินตามกำหนดนี้

ท่อ Ø150 มม. ระยะห่างระหว่างตุ๊กตารัดท่อ 7.50 เมตร

ท่อ Ø200 มม. ระยะห่างระหว่างตุ๊กตารัดท่อ 8.50 เมตร

ท่อ Ø300 มม. ระยะห่างระหว่างตุ๊กตารัดท่อ 12.00 เมตร

ท่อ Ø400 มม. ระยะห่างระหว่างตุ๊กตารัดท่อ 14.00 เมตร

8.4) ในกรณีที่วางท่อข้ามคลองโดยใช้โครงสร้างของตัวสะพานเป็น Support รับท่อข้ามคลองให้ติดตั้งFlexible Mechanical Coupling ระหว่าง Support กับ Concrete Thrust Block เพื่อลดปัญหาการทรุดตัวไม่เท่ากันด้วย

8.5) ให้พิจารณาวางท่อข้ามคลองโดยใช้จำนวนตอม่อให้น้อยที่สุด และใช้แบบ มาตรฐานโครงสร้างเหล็กกัก(Span ไม่เกิน 22.0 เมตร) มาประกอบการพิจารณา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น และห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 หลักเกณฑ์การคำนวณหาขนาดท่อจ่ายน้ำ

3.4.1 การนับจำนวนผู้ใช้น้ำ

1) ในการพิจารณาวางท่อเส้นแรก (ยังไม่มีท่อประปาวางผ่านทั้ง 2 ฝั่ง) แปลงจำนวนผู้ที่ จะใช้น้ำที่จำเป็นต้องติดตั้งมาตรขนาดโตกว่า Ø1/2" ให้เป็นมาตรขนาด Ø1/2" ทั้งหมด โดยใช้เกณฑ์ดังนี้

ตารางที่ 3.3 ราคาขายเอกสารประกวดราคาสำหรับงานประกวดราคาร่วมกับหน่วยงานอื่น

ขนาดมาตร	แปลงเป็นมาตรขนาด Ø1/2" (จำนวนมาตร)
1/2"	2
1"	6
$1\frac{1}{2}$"	13
2"	13
$2\frac{1}{2}$"	38
3"	38
4"	81
6"	237

โดยพิจารณาว่า อาคารพาณิชย์ใช้มาตรขนาด 3/4" บ้านพักอาศัย และทาวน์เฮาส์ใช้มาตรขนาด 1/2" เช่นอาคารพาณิชย์ 10 ห้อง และบ้านพักอาศัย 5 หลัง จะแปลงเป็นจำนวนบ้านพักอาศัยทั้งหมด 25 หลัง หรือคิดเป็นมาตรขนาด 1/2" รวม 25 มาตรกรณีที่ว่างอยู่ในเส้นทางการวางท่อ ให้คาดหมายจำนวนผู้ที่จะใช้น้ำในอนาคต โดยใช้เกณฑ์ความ กว้างของที่ว่างชิดถนนแต่ละฝั่ง 20 เมตร ต่อบ้านพัก 1 หลัง

2) ในการพิจารณาวางทอเส้นที่ 2 (มีท่อประปาเดิมอยู่อีกฝั่งแล้ว) ให้ดำเนินการเหมือนการวางท่อเส้นแรก ยกเว้นแต่การคาดหมายจำนวนผู้ใช้น้ำในอนาคต โดยใช้เกณฑ์ความกว้างของที่ว่างชิด ถนนของฝั่งที่วางท่อใหม่ 10 เมตร ต่อบ้านพัก 1 หลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 การหาความยาวของท่อที่จะวาง

1) กรณีที่เป็นซอยตัน ความยาวของท่อที่จะวางให้วัดจากจุดที่จะบรรจบกับท่อเดิมขนาดที่ใหญ่กว่าถึงหน้าบ้านหลังท้ายซอย หากบรรจบกับท่อขนาดเดียวกันต้องคิดย้อนกลับไปถึงจุดที่เป็นท่อขนาดใหญ่กว่า

จำนวนผู้ใช้น้ำที่นำมาคิด = จำนวนผู้ใช้น้ำในช่วง A + จำนวนผู้ใช้น้ำในช่วง B

ความยาวที่นำมาคิด = A + B

2) กรณีที่เป็นซอยเชื่อม จุดบรรจบทั้ง 2 ด้าน เป็นท่อขนาดใหญ่กว่าท่อที่จะวาง

จำนวนผู้ใช้น้ำที่นำมาคิด = จำนวนผู้ใช้น้ำในช่วง L/2

ความยาวที่นำมาคิด = L/2

3) กรณีวางท่อเพื่อเสริมกำลังน้ำ

จำนวนผู้ใช้น้ำที่นำมาคิด = จำนวนผู้ใช้น้ำในช่วงL

ความยาวที่นำมาคิด = L

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 การออกแบบขนาดท่อ

1) ให้นับจำนวนผู้ใช้น้ำ แล้วแปลงเป็นจำนวนบ้านพักอาศัย

2) ให้หาความยาวท่อตามคำอธิบาย ข้อ 2

3) เมื่อได้จำนวนผู้ใช้น้ำและความยาวท่อแล้ว ให้เลือกขนาดท่อ โดยใช้ตาราง การกำหนดขนาดท่อจ่ายน้ำ

4) การคำนวณเพื่อตรวจสอบขนาดเส้นท่อ

ใช้สูตร Mueller formula $Q = 0.2785\ C(D)^{2.50}(S)^{0.54}$ โดย Q คือปริมาณ น้ำที่ไหลในเส้นท่อใช้ peak hour daily assumption ถ้าใช้ในเมืองใหม่ ๆ หรืออุตสาหกรรม

$$Q_{peak} = 2.8912\ Q_{avg}$$

กรณีชานเมืองหรือบ้านพักอาศัย

$$Q_{peak} = 3.1124\ Q_{avg}$$

ค่า C = 120 สำหรับท่อ Asbestos cement

D = ขนาดของท่อ (เมตร)

S = hydraulic gradient เมตร / เมตร (แรงดันน้ำที่ลดลงในเส้นท่อรวมกับระดับแตกต่างระหว่างจุดบรรจบถึงปลายท่อต่อความยาวเส้นท่อ)

$$= \frac{2 \text{ (เมตร)}}{\text{ความยาวของท่อที่จะวาง (เมตร)}}$$

กำหนดให้ ความยาวท่อตั้งแต่ต้นทางถึงปลายทางมีแรงดันน้ำต่างกัน 2 เมตร เพราะสภาพการวางท่อจ่ายน้ำในเขตกรุงเทพมหานครเป็นการวางท่อในระดับความลึกจากผิวดินประมาณ 60 ถึง 80 เซนติเมตร เกือบจะสม่ำเสมอตลอดแนวการวางท่อ

V = allowable velocity กำหนดให้ ประมาณ 0.5-1.20เมตรวินาที

กำหนดให้บ้านพักอาศัย 1 หลังมีผู้พักอาศัย = 7 คน

ปริมาณการใช้น้ำ = 250 ลิตร/คน/วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ตัวอย่างการคำนวณ</u> สมมติต้องการหาขนาดท่อ สำหรับบ้านพักอาศัย จำนวน 100 หลัง ระยะทาง จะวาง 1,400 เมตร

จากสูตร $Q_{peak} = 0.2785\ C(D)^{2.50}(S)^{0.54}$ ลูกบาศก์เมตร/วินาที

$Q_{peak} = 3.1124\ Q_{avg}$ ลูกบาศก์เมตร/วินาที

แทนค่าสูตร $3.1124\ Q_{avg} = 0.2785\ C(D)^{2.50}(S)^{0.54}$

$$\frac{3.1124 \times 250 \times 8 \times 100}{24 \times 3{,}600 \times 1{,}000} = 0.2785 \times 120 (D)^{2.50} (2/1{,}400)^{0.54}$$

$(D)^{2.50} = 0.0065$

$D = 0.130$ เมตร

ดังนั้นใช้ขนาดท่อเส้นผ่านศูนย์กลาง 150 มม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที 3.4 การกำหนดขนาดท่อจ่ายน้ำที่ขึ้นกับจำนวนผู้ใช้น้ำและความยาวท่อ

ความยาวท่อที่จะวาง (เมตร)	จำนวนผู้ใช้น้ำที่ใช้บริการ																			
	≤20		21-50		51-100		101-150		151-200		201-250		251-300		301-400		401-500		501-1500	
	ขนาดท่อที่จะวาง, การสูญเสียแรงดันสูงสุดที่ปลายท่อ (เมตร)																			
	D	H	D	H	D	H	D	H	D	H	D	H	D	H	D	H	D	H	D	H
ไม่เกิน 200	100	0.03	100	0.18																
201-400	100	0.06	100	0.35	150	0.18														
401-600	100	0.10	100	0.53	150	0.26	150	0.56												
601-800			150	0.10	150	0.35	150	0.75	200	0.31										
801-1000			150	0.12	150	0.44	150	0.93	200	0.39	200	0.59								
1001-1200			150	0.15	150	0.53	200	0.28	200	0.47	200	0.71	200	1.00						
1201-1400					200	0.15	200	0.32	200	0.55	200	0.83	300	0.16	300	0.27				
1401-1600					200	0.17	200	0.37	200	0.63	200	0.95	300	0.18	300	0.31	300	0.47		
1601-1800					200	0.20	200	0.41	200	0.71	300	0.15	300	0.21	300	0.35	300	0.53	400	1.0
1801-2000					200	0.22	200	0.46	200	0.78	300	0.16	300	0.23	300	0.39	300	0.59	400	1.1
2001-2500					200	0.27	200	0.58	300	0.14	300	0.21	300	0.29	300	0.49	300	0.74	400	1.4
2501-3000					200	0.33	300	0.10	300	0.16	300	0.25	300	0.35	300	0.59	300	0.89	400	1.7
3001-3500					300	0.05	300	0.11	300	0.19	300	0.29	300	0.40	300	0.69	300	1.04	400	2.0

การคิดแรงดันที่สูญเสียมีข้อกำหนดดังนี้

1. บ้านพกอาศัยมีปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ย 1.5 ลบ.ม./วัน/ราย
2. คำนวณโดยใช้ทฤษฎีของ Hazen-williams ใช้ค่า C = 12
3. ใช้ Peak Factor = 2 คูณปริมารการใช้น้ำเฉลี่ย
4. D = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อที่จะวาง (มม.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 ชนิดท่อประปาและมาตรฐานที่การประปานครหลวงใช้

การเลือกชนิดท่อประปานี้ขึ้นกับสภาพอากาศ ภูมิประเทศ ตลอดจนค่าก่อสร้าง วิธีการก่อสร้าง และการบำรุงรักษา ทั้งนี้วิศวกรผู้ออกแบบจะเป็นผู้กำหนดชนิดท่อที่จะใช้เหมาะสมกับสภาพงาน

3.5.1 ชนิดของท่อประปา

3.5.1.1 เหล็กหล่อ (Cast Iron Pipe) ปกตินิยมใช้ในงานวางท่อประปา อดีตการประปานครหลวงได้ใช้ในงานวางท่อประธาน ปัจจุบันไม่ได้ใช้แล้ว คุณสมบัติปกป้องการผุกร่อนได้ดี ข้อต่อสามารถขยับและขยายตัวได้ ง่าย และการประกอบท่อไม่ลำบาก มีข้อเสียคือหากมีแรงกระแทกจะทำให้รั่วง่ายที่ข้อต่อ ปัจจุบันราคาแพง และต้องนำเข้าจากต่างประเทศ

3.5.1.2 ท่อเหล็กหล่อเหนียว (Ductile Iron Pipe) นิยมวางในงานท่อประปา ป้องกันการผุกร่อนได้ดีมาก การประปานครหลวงได้เคยนำท่อชนิดนี้มาวางในถนนสุขุมวิทสายเก่า ซึ่งเป็นพื้นที่ดินเค็มมีผลต่อการกัดกร่อนสูง และมรการทรุดตัวมาก

เนื่องจากไม่มีโรงงานในประเทศไทย จึงทำให้มีปัญหาต่อการซ่อมแซม จำเป็นต้องซื้ออุปกรณ์ ท่อมาสำรองในคลังเก็บไว้ ทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการสำรองท่อและอุปกรณ์ เพราะหากมีการรั่วไม่มีการสำรองอุปกรณ์แล้ว ต้องสั่งซื้อท่อและอุปกรณ์จากต่างประเทศเพื่อซ่อมท่อ จะเสียเวลาทำให้เกิดปัญหาขึ้นได้ข้อต่อสามารถขยับตัวและขยายตัวได้แต่มีราคาค่อนข้างสูง และต้องเสียเวลาในการสั่งนำเข้า

3.5.1.3 ท่อเหล็กเหนียว (Steel Pipe) นิยมใช้ในงานวางท่อประปา ข้อดีคือคือแข็งแรง แต่การป้องกันการผุกร่อนไม่ดี จึงต้องมี Lining ด้วย Cement Mortar หรือ Liquid Epoxy หากการ Lining ไม่ดีจะมีปัญหาขึ้นได้ ข้อต่อถ้าเป็น Mechanical Coupling จะสามารถขยับตัวและขยายตัวได้ หากเป็นการเชื่อมจะ Rigid และต้องป้องกันการผุกร่อนของรอยเชื่อมและข้อต่อให้ดี ปัจจุบันการประปานครหลวงได้นำมาใช้ในงานวางท่อประธาน และท่อจ่ายน้ำ รวมถึงบริเวณที่ท่อต้องรับน้ำหนักบรรทุกมาก เช่น ท่อข้ามถนนหรือทางเข้าโรงงาน และกรณีวางท่อข้ามคลอง

3.5.1.4 ท่อซีเมนต์ใยหิน (Asbestos Cement Pipe) ทนการผุกร่อน และเป็นฉนวนไฟฟ้า ไม่เกิด Electric Corrosion ข้อต่อสามารถขยับตัวได้และขยายตัวได้ การประกอบท่อง่ายและราคาถูก ข้อเสียคือ อายุใช้งานไม่นานมาก รับน้ำหนักบรรทุกไม่มาก หากขนส่งไม่ดีจะมีการแตกร้าวได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.1.5 ท่อ พีวีซี (PVC Pipe) ทนการกัดกร่อนได้ดีและเป็นฉนวนไฟฟ้า ไม่เกิด Electric Corrosion มีน้ำหนักเบา การประกอบท่อง่าย ค่า Roughness ดี และราคาถูก ทนแรงกระแทกได้ปานกลางมีข้อเสียคือ ไม่ทนต่อรังสีอัลตราไวโอเลต (UV) เมื่อกระทบแสงแดดจะทำให้เปราะ ฉะนั้นการกองเก็บต้องเก็บไว้ในที่ร่ม

3.5.1.6 ท่อพีอี (HDPE Pipe) มีคุณสมบัติคล้ายท่อ พีวีซี แต่สามรถทนต่อแสงแดดได้และยืดหยุ่นดีกว่าท่อพีวีซี จึงทำให้รับการทรุดตัวได้มาก ปัจจุบันการประปานครหลวงได้ใช้วางท่อในกรณีที่มีปัญหาการทรุดตัว เช่น งานดันท่อลอดแม่น้ำเป็นต้น ข้อเสียของท่อเกิดขึ้นเนื่องจากท่อมีความยืดหยุ่นมากจึงทำให้ท่อยืดตัวเมื่อทรุดตัว ซึ่งหากมีการตัดท่อแล้วจะเกิดการหดคืนตัวทำให้ระยะช่วงตัดยาวกว่าที่วัดซึ่งเป็นปัญหาในการประกอบอุปกรณีท่อ และเมื่อท่อรับน้ำหนักบรรทุกจะเกิดการกดท่อเป็นรูปวงรี ซึ่งหากจะเชื่อมกับอุปกรณ์จะมีรูปร่างไม่เข้ากันพอดี เนื่องจากการตัดบรรจบท่อในปัจจุบันจะมีปัญหามีน้ำค้างในท่อเดิมซึ่งจะเป็นอุปสรรคในการเชื่อมท่อ

3.5.1.7 ท่อชนิดอื่นๆ เช่นท่อ Fiber glass และท่อ ค.ส.ล. เป็นต้น

3.5.2 มาตรฐานเกี่ยวกับท่อที่การประปานครหลวงใช้อยู่

3.5.2.1 ท่อเหล็กเหนียว (ST.) มีคุณสมบัติตารมมาตรฐาน AWWA C200,BS 534 หรือ JIS.G 3457 ความดันใช้ในงานไม่น้อยกว่า 10.0 กก/ซม^2

3.5.2.2 ท่อซีเมนต์ใยหิน (AC.) มีคุณสมบัติตามมาตรฐาน ISO 160 CLASS 20 หรือ มอก.81 ชั้นคุณภาพ 20

3.5.2.3 ท่อพีวีซี (PVC.) มีคุณสมบัติตามมาตรฐาน มอก.17 ชั้นคุณภาพ 8.5 หรือชั้นคุณภาพ13.5 ที่ 27° C ชนิดปากระฆัง ใช้ร่วมกับแหวนยาง

3.5.2.4 ท่อพีอี (HDPE.) มีคุณสมบัติตามมาตรฐาน SFS 4231 : E และ SFS 4232 : E หรือ มอก.982 ความดันใช้งานไม่น้อยกว่า 10.0 กก/ซม^2 ที่ 20° C แบบเชื่อมต่อชน

3.5.2.5 ท่อพีบี (PB.) มีคุณสมบัติตามมาตรฐาน AWWA C 902 หรือ มอก. 910 ชั้นคุณภาพ SDR11 สำหรับท่อขนาด 3/4 นิ้ว - 1 นิ้ว SDR 13.5 สำหรับท่อ 1 ½ - 2 นิ้ว ความดันใช้งานไม่น้อยกว่า 10.0 กก/ซม^2 ที่ 20° C

3.5.2.6 ท่อเหล็กหล่อเหนียว (DI) มีคุณสมบัติตามมาตรฐาน ISO 2531 PN 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.3 ชนิดท่อที่การประปานครหลวงใช้ในปัจุบัน

ท่อขนาด 600 มม. ใช้ท่อเหล็กเหนียว ต่อโดยใช้ข้อต่อแบบ Mechanic Coupling และข้อต่อยึดรั้ง (Restrained Joint)

ท่อขนาด 800 – 1,500 มม. ใช้ท่อเหล็กเหนียวปลายปากระฆัง ต่อโดยการเชื่อม

ท่อขนาด 600 – 1,500 มม. ใช้ท่อ พีอี ในการ Relining หรือท่อชนิดอื่นที่เหมาะสม

ท่อขนาด 100 – 400 มม.วางในดินใช้ท่อ พีวีซี พีอี และท่อเหล็กเหนียว

ท่อขนาด 150 – 400 มม. วางในคูน้ำ บนโครงสร้างรับท่อใช้ท่อ เอซี เอซีชนิดทนซัลเฟต ท่อเหล็กเหนียว

ท่อขนาด 50 มม. (2นิ้ว) วางในดินหรือวางลอยบนทางเดินเท้าใช้ท่อ พีบี

ท่อขนาด 110 มม. วางใต้ทางเท้ายกระดับหรือในคูน้ำใช้ท่อ พีอี

<u>หมายเหตุ</u>

1. การวางท่อในดิน ซึ่งมีคุณสมบัติทางเคมี กระทบท่อซีเมนต์ไยหิน ห้ามใช้ท่อซีเมนต์ไยหินหากจำเป็นต้องใช้ท่อซีเมนต์ไยหิน ให้ใช้ท่อซีเมนต์ไยหินชนิดทนซัลเฟต
2. การวางท่อบนโครงสร้างในคูน้ำในพื้นที่ซึ่งมีคุณสมบัติทางเคมีกระทบท่อซีเมนต์ไยหิน หากใช้ ท่อซีเมนต์ไยหิน ให้ใช้ท่อซีเมนต์ไยหินชนิดทนซัลเฟต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การคิดระยะเวลาการก่อสร้างงานวางท่อ

3.6.1 ปัจจัยที่มีผลต่อระยะเวลาการก่อสร้างงานวางท่อ

ปัจจัยที่มีผลต่อระยะเวลาการวางท่อประปา ขึ้นกับขนาดท่อ ชนิดท่อ สภาพผิวจราจร และอุปสรรคต่างๆดังนี้

3.6.1.1 ขนาดท่อ จะเป็นตัวกำหนดความกว้างและความลึกของร่องดิน ขนาด และความยาวของ Sheet Pile ซึ่งจะส่งผลต่อระยะเวลาการขุดแนวร่องกรุร่องดิน

3.6.1.2 ชนิดท่อ จะมีผลต่อการประกอบท่อ เช่นการเชื่อม (Welding) ข้อต่อ (Coupling) หรือสวมท่อ (Push on) และการใช้คนงานหรือเครื่องจักรที่ใช้ในการยกและประกอบท่อ ซึ่งจะมีผลต่อระยะเวลาเช่นกัน

3.6.1.3 สภาพผิวจราจร เช่น ถนนคอนกรีต ถนนลาดยาง ทางเท้า และไหล่ทาง ซึ่งเป็นตัวกำหนดขั้นตอนการเปิดผิวจราจรและซ่อมผิว จำเป็นต้องเพิ่มเครื่องจักรกล ซึ่งทำให้ระยะเวลาการก่อสร้าง และค่าก่อสร้างเพิ่มขึ้น

3.6.1.4 วิธีการก่อสร้าง การกำหนดวิธีการวางท่อโดยขุดวาง ดันท่อ (Pipe Driving หรือ Pipe Jacking) จะมีผลต่อระยะเวลาการวางท่อ

3.6.1.5 เงื่อนไขในการก่อสร้าง เป็นข้อตกลงระหว่างการประปานครหลวงกับหน่วยงานราชการอื่น เช่น กทม. กรมทางหลวง ตำรวจ และ สจส. เป็นต้น ซึ่งได้กำหนดให้ก่อสร้างช่วงเวลาใด ต้องกลบแนวร่องวันต่อวัน เปิดหลุมทิ้งข้ามวันได้หรือไม่ ทำทางเบี่ยงได้หรือไม่ การปูแผ่นเหล็กเพื่อเป็นทางให้รถสามารถวิ่งได้จะมีผลต่อระยะเวลาการก่อสร้างทั้งสิ้น

3.6.1.6 อุปสรรคต่างๆ

1) การกีดขวางทางจราจร ซึ่งบางครั้งไม่สามารถปิดกั้นการจราจรในช่วงเวลาเร่งด่วนจำเป็นต้องก่อสร้างในช่วงหลังเที่ยงคืน จนถึงก่อนรุ่งเช้า เป็นต้น ซึ่งทำให้ระยะเวลาการทำงานในแต่ละวันน้อยลง

2) การขุดวางท่อข้ามถนนหรือทางเข้าบ้าน

3) อุปสรรคสาธารณูปโภคใต้ดิน เช่นท่อระบายน้ำ ท่อสายไฟฟ้า ท่อสายโทรศัพท์ หรือผิวจราจรเดิม ซึ่งอยู่ใต้ผิวจราจรปัจจุบัน

4) อุปสรรคอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.2 การกำหนดระยะเวลาการก่อสร้าง

การกำหนดระยะเวลาของสัญญา ขึ้นกับการกำหนดจำนวนชุดงาน หากเป็นงานเร่งด่วน อาจจะกำหนดให้มีงานหลายชุดงานก็ได้ ซึ่งจะทำให้ระยะเวลาของสัญญาน้อยลง ซึ่งระยะเวลาการก่อสร้างนี้ ฝ่ายสำรวจและออกแบบ ได้ขอความร่วมมือให้ฝ่ายก่อสร้างระบบจ่ายน้ำ เก็บรวบรวมข้อมูลและจัดทำเป็นตารางเบื้องต้น เพื่อใช้การประกอบการกำหนดระยะเวลาการก่อสร้างของแต่ละเส้นทาง และใช้ในการติดตามประเมินผลการก่อสร้างดังนี้

3.6.2.1 เกณฑ์การคิดระยะเวลาเบื้องต้นงานวางท่อจ่ายน้ำ ดังแสดงในตารางที่ 9-1

3.6.2.2 เกณฑ์การคิดระยะเวลาเบื้องต้นงานดันท่อประธาน ดังแสดงในตารางที่ 9-2

3.6.2.3 เกณฑ์การคิดระยะเวลาเบื้องต้นงานขุดวางท่อประธาน ดังแสดงในตารางที่ 9-3

3.7 การอูดบวมของดินใต้ดินขุดในดินเหนียว

3.7.1 อัตราส่วนปลอดภัยต้านการอูดบวม (Heave)

ที่ระดับดินขุด (Excavation) ควรมีค่าไม่น้อยกว่า 1.20 สำหรับระบบ Braced cuts ที่มีความลึกก้นบ่อมากเมื่อเปรียบเทียบกับความกว้างก้นบ่อ Terzaghi ได้วิเคราะห์ ลักษณะการอูดบวมของดินใต้ระดับดินขุด โดยสมมติระนาบวิบัติดังแสดงในรูป น้ำหนักในแนวดิ่งต่อความกว้าง 1 หน่วย ที่ฐานของดินขุดตลอดแนว bd และ af คือ $Q = qB_1 + \gamma HB_1 - S_uH$ เมื่อ $B1 = 0.7B$ และ Su คือกำลังต้านทานแรงเฉือนของดินเหนียว ($\phi = 0$)

น้ำหนัก Q นี้อาจถูกพิจารณาว่าเป็นน้ำหนักต่อความกว้าง 1 หน่วย บนฐานรากที่ยาวต่อเนื่องที่ระดับ bd และ af และมีความกว้างฐาน (B1) เท่ากับ 0.7B โดยอาศัยทฤษฎีกำลังรับแรงแบกทานของ Terzaghi กำลังรับแรงแบกทานต่อความกว้าง 1 หน่วย ของฐานรากคือ

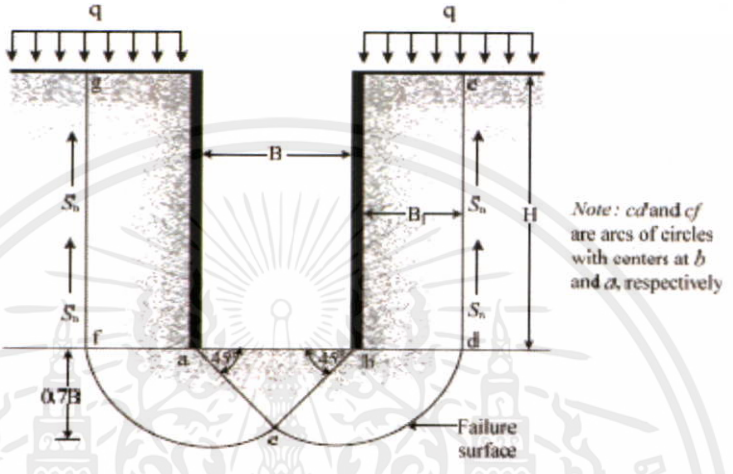
$$Q = SuNcB1 = 5.7SuB1$$

ดังนั้น อัตราส่วนปลอดภัยต้านการอูดบวมของดินใต้ระดับดินขุดคือ

สมการ $$FS = \frac{Q_u}{Q} = \frac{5.7S_uB_1}{qB_1+\gamma HB_1-S_uH} = \frac{4.0S_uB}{0.7qB+0.7\gamma HB-S_uH}$$ ---------- สมการที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราส่วนปลอดภัยที่คำนวณได้นี้ตั้งอยู่บนสมมติฐานที่ว่าชั้นดินเหนียวมีความสม่ำเสมอตลอด ถ้าพบชั้นดินแข็งที่ระดับความลึก D จากระดับดินขุด โดยที่ระยะ *D* มีค่าน้อยกว่า 0.7*B* อัตราส่วนปลอดภัยจะกลายเป็น



รูปที่ 3.2 น้ำหนักของดินในส่วน abcd จะเป็นแรงที่ทำให้เกิดการอูดบวม

สมการ $$FS = \frac{5.7S_uD}{qD+\gamma HD-S_uH}$$ ---------- สมการที่ 2

Bjerrum and Eide (1956) ได้ศึกษาปัญหาการอูดบวมของดินเหนียวใต้ระดับดินขุด และ เสนออัตราส่วนปลอดภัยดังต่อไปนี้

สมการ $$FS = \frac{S_uN_c}{\gamma H+q}$$ ---------- สมการที่ 3

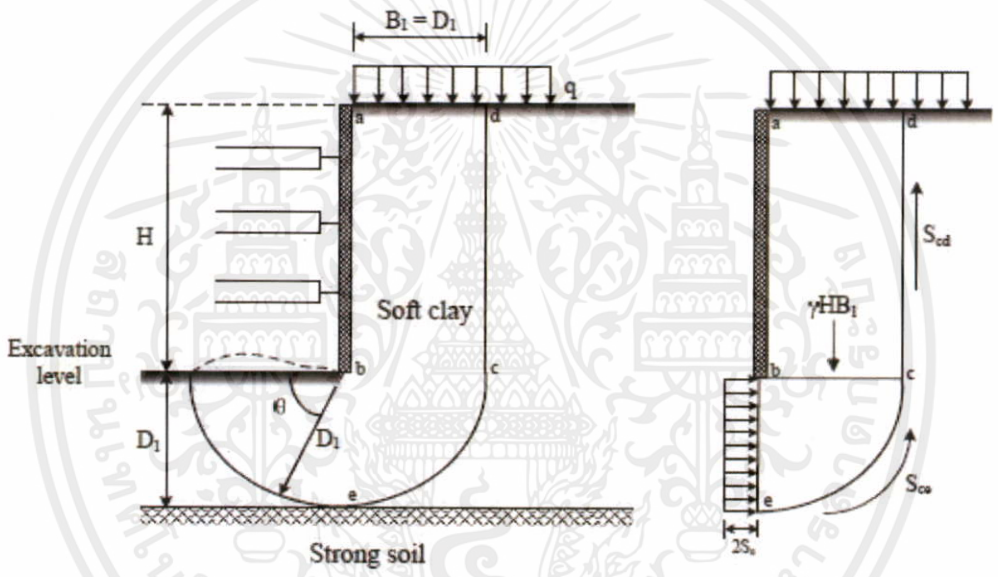
3.7.2 ตัวแปรกำลังรับแรงแบกทาน (Bearing capacity factor, N_C)

จะมีค่าแปรผันตามอัตราส่วนของ H/B และ L/B เมื่อ L คือความยาวของดินขุด (Length of the cut) สำหรับความยาวอนันต์ (B/L = 0) N_C= 5.14 ที่ H/B = 0 และมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 7.6 ที่ H/B = 4 และมีค่าคงที่ ที่ H/B > 4 สำหรับชั้นดินขุดที่เป็นสี่เหยี่ยมจัตุรัส (H/L = 1) N_C= 6.3 ที่ H/B = 0 และ N_C = 9 ที่ H/B ≥ 4 ค่าการเปลี่ยนแปลงของ N_C กับ L/B และ H/B แสดงดังรูปที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในระบบ Braced cuts ที่ก้นบ่อมีความกว้างมาก ดังเช่น อาคารจอดรถใต้ดิน การตรวจสอบอัตราส่วนปลอดภัยต้านการอูดบวมที่ระยะปลายเข็มพืดสามารถคำนวณโดยการสมมติระนาบการวิบัติดังแสดงในรูปที่ 3.2 น้ำหนักของดินในส่วน abcd จะเป็นแรงที่ทำให้เกิดการอูดบวม ในขณะที่แรงต้านทาน S จะพัฒนาขึ้นเพื่อต้านการเคลื่อนตัว

พิจารณาแผนภาพอิสระ ดังแสดงในรูปที่ 3.2 น้ำหนักดินภายในพื้นที่ abcd และน้ำหนักบรรทุกบนผิวดิน (Surcharge, q) จะถูกต้านรับโดยแรงต้านทาน S ตามระนาบ cd และ ce (S_{Cd} และ S_{Ce}) และแรงต้านทานที่สภาวะ Passive บนระนาบ be



รูปที่ 3.3 น้ำหนักดินภายในพื้นที่ abcd และน้ำหนักบรรทุกบนผิวดิน

แรงต้านทานบนระนาบ cd และ ce คำนวณได้ดังนี้สมการ $S = S_u H + \frac{\pi S_u B_1}{2} - S_u Z_0 6.16$

เมื่อ z_0 คือโซนแรงดึง ซึ่งมีค่าเท่ากับ $2S_U / \gamma$ ความต้านทานรวมที่สภาวะ Passive (Total Passive earth pressure) สามารถคำนวณได้ ในที่นี้จะพบว่า σ_V มีค่าเท่ากับศูนย์ เนื่องจากไม่มีน้ำหนักกดทับในบ่อเหนือระดับปลายเข็มพืด ดังนั้น $\sigma_P = 2S_U$

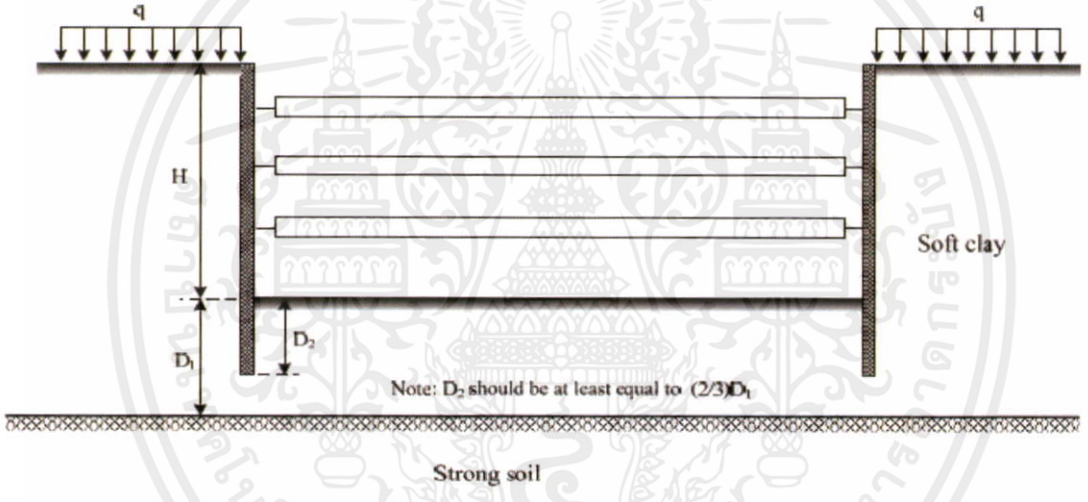
อัตราส่วนปลอดภัยต้านการอูดบวมสามารถคำนวณได้โดยการพิจารณาสมดุลการหมุนรอบจุด b

สมการ $FS = \frac{2S_u B_1 + 2S_u(H\,2S_u/\gamma) + \pi S_u B_1}{(\gamma H + q)B_1}$ ---------- สมการที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าคำนวณแล้วพบว่าอัตราส่วนปลอดภัยต้านการอูดบวมมีค่าต่ำกว่า 1.20 วิศวกรผู้ออกแบบควรทำการฝังเข็มพืดให้ลึกลงไปอีก โดยระยะฝัง (D2) ควรมีค่าไม่น้อยกว่า (2/3)D1 อัตราส่วนปลอดภัยต้านการอูดบวมของระบบ Braced cuts ในชั้นดินที่มีหลายชั้นสามารถคำนวณได้เช่นเดียวกับความดันดินที่สภาวะ Passive ภายในบ่อขุดบนระนาบ be จะมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น $2S_u + \gamma D_2$ ดังนั้น อัตราส่วนปลอดภัยสามารถคำนวณได้ดังนี้

สมการ $$FS = \frac{2S_u(D_1-D_2)+2S_u(H+D_2-S_u/\gamma)+\pi S_u(D_1-D_2)}{(\gamma H+q)(D_1-D_2)}$$ ---------- สมการที่ 5



รูปที่ 3.4 รูปแบบการค้ำยันด้วย Struts

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ขั้นตอนการก่อสร้าง

รายละเอียดของโครงการ

การศึกษาครั้งนี้จะทำการศึกษาเฉพาะในพื้นที่โครงการสัญญาPITSP-801 งานก่อสร้างวางท่อประปาและงานส่วนที่เกี่ยวข้องพร้อมโครงการก่อสร้างขยายถนนทางหลวงหมายเลข 3116(สายบางปิ้ง-แพรกษา) ซึ่งส่งผลกระทบต่อการดำเนินชีวิตของประชาชน ในแนวเส้นทางตลอดความยาวของโครงการสัญญาโครงการPITSP-801 ซึ่งการศึกษาครั้งนี้ใช้ท่อเหล็กเหนียวชนิด Steel Concentric Double Pipe ขนาด ø1,000 มิลลิเมตร ขนาดความหนาของท่อ 12.7 มิลลิเมตร ซึ่งจะทำการศึกษาในเขตพื้นที่ บางปิ้ง-แพรกษา จังหวัดสมุทรปราการ โดยมีระยะทางช่วง กม.4+495-กม.9+600 ในการดันท่อส่งน้ำประปาขนาดø 1,000 มิลลิเมตร และมีลักษณะดินที่เป็นดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ โดยแบ่งเป็นวิธีการก่อสร้างดังนี้

ท่อเหล็กเหนียว ขนาด ø 1000 มิลลิลิตร ชนิด Steel Concentric Double Pipe สำหรับการก่อสร้างการวางท่อประปา โดยวิธีดันลอด (Pipe Driving Method) ø 1000 x 12.7 มม. ความยาว 6.00 เมตร เป็นท่อชนิดปลายเรียบ ต่อโดยวิธีเชื่อมไฟฟ้า และทดสอบรอยเชื่อมโดนวิธี X-Ray โดยช่องว่างระหว่างท่อชั้นนอกกับท่อชั้นในจะทำการฉีดด้วยซีเมนต์มอร์ตา

รูปที่ 4.1 ท่อเหล็กเหนียวชนิด Steel Concentric Couble Cylinder Pipe ø 1000 มม. สำหรับดันท่อลอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.2 ลักษณะบ่อก่อสร้าง และระบบหัวดัน

4.1 ขั้นตอนการเตรียมงาน

4.1.1 การติดต่อประสานงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

โครงการจะต้องทำการส่งหนังสือชี้แจงการเริ่มงานให้กับหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อหน่วยงานต่างๆ จะได้รับมอบหมายให้บุคคลที่เกี่ยวข้องเข้ามาประสานงาน และอำนวยความสะดวกให้กับโครงงาน เช่น

- กองบัญชาการตำรวจนครบาล
- สถานีตำรวจท้องที่
- สำนักงานโยธากรุงเทพมหานคร
- สำนักงานระบายน้ำ
- สำนักงานเขต
- การไฟฟ้านครหลวง
- องค์การโทรศัพท์
- การสำรวจบริเวณพื้นที่ก่อสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่จะต้องสำรวจแนวและค่าระดับเพื่อที่จะกำหนดแนวทางการก่อสร้างว่าจะทำการดันท่อไปในทิศทางใด และทำการกำหนดบ่อดันและบ่อรับท่อดันมีดังต่อไปนี้

4.1.2 ขั้นตอนการสำรวจวางแนวการก่อสร้างการดันท่อ

การสำรวจแนวของการก่อสร้างการดันท่อนี้ เนื่องจากพื้นที่ของโครงการที่จะทำการก่อสร้างมีอุปกรณ์สิ่งก่อสร้างต่างๆ เช่น เสารถไฟฟ้า เสาสะพานต่างๆ แนวของบ่อระบายน้ำ แนวท่อแก๊ส แนวท่อโทรศัพท์ แนวท่อไฟฟ้าแรงสูง ดังนั้นโครงการจึงต้องมีการสำรวจวางแนวทางการก่อสร้างการดันท่อ บ่อดันท่อ เพื่อหลบอุปสรรคที่กีดขวางต่างๆ ที่อาจจะทำให้งานเสียหาย

4.1.3 ขั้นตอนการสำรวจค่าระดับการก่อสร้างการดันท่อ

การสำรวจระดับของการก่อสร้างการดันท่อเนื่องจากพื้นที่ของโครงการที่จะทำการก่อสร้างมีค่าระดับดินสูงต่ำไม่เท่ากัน ทางโครงการจึงต้องมีการสำรวจค่าระดับตลอดแนวการก่อสร้าง เพื่อทำการหาค่าระดับคลอง ระดับบ่อพักระบายน้ำ ระดับท่อโทรศัพท์ ระดับท่อไฟฟ้าแรงสูง แล้วนำค่ามากำหนดค่าระดับการดันท่อให้ต่ำกว่าค่าระดับของสิ่งกีดขวางนั้นๆ

4.2 ขั้นตอนของงานก่อสร้างบ่อดันท่อ

4.2.1 ขั้นตอนการกำหนดจุดก่อสร้างบ่อดัน

การกำหนดจุดก่อสร้างบ่อดันจะต้องกำหนดให้พ้นแนวกีดขวางต่างๆ เพื่อหลีกเลี่ยงความเสียหายต่องานอื่นๆได้ การก่อสร้างบ่อดันไม่ควรกำหนดการดันท่อให้มีความยาวมากกว่า 200 ม. เพราะจะทำให้การควบคุมแนวและระดับเป็นไปได้ยาก และขนาดของบ่อดันต้องมีขนาด 3.00 x 11.00 เมตร

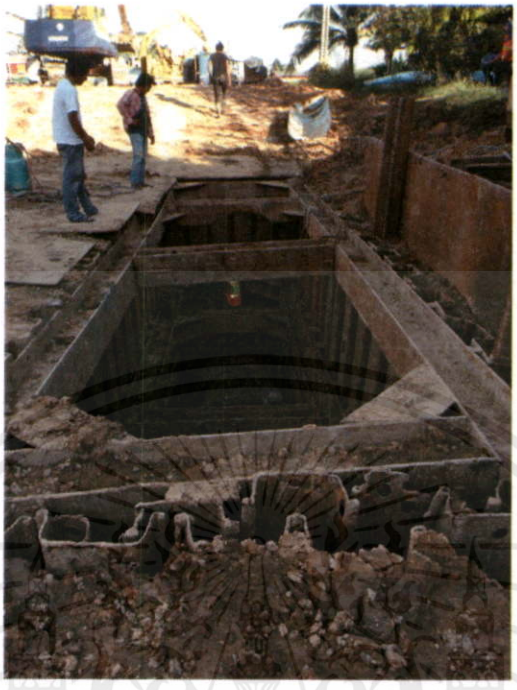
4.2.2 ขั้นตอนการปัก Sheet Pile

การก่อสร้างของโครงการในการดันท่อนี้ระดับการดันท่อจะมีความลึก 6.00 เมตร ทางโครงการได้กำหนดการก่อสร้างบ่อดันเป็นแบบ Sheet Pile โดยที่ระดับท่อมีความลึก 4.50 เมตร ใช้ความยาวของ Sheet Pile 10.00 เมตร และความยาว 12.00 เมตร ใช้สำหรับ ปักรอบแท่นดันท่อ

4.2.3 ขั้นตอนการปัก Sheet Pile และการทำ Bracing ของบ่อดัน

ขั้นตอนนี้จะต้องทำการปัก Sheet Pile ให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 2.60 x 9.00 เมตรเสร็จแล้วทำการประกอบ Bracing ชั้นแรก แล้วจึงทำการขุดดินออกเพื่อทำ Bracing ชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 ต่อไป เพื่อค้ำยันให้แข็งแรงทั้งสามชั้นจึงทำการขุดดินถึงระดับวางท่อดัน สำหรับ Bracing ใช้เหล็กขนาด H-BEAM 300 x 300 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง หรือนำไปเผยแพร่ต่อสาธารณชน ไม่ว่าจะเพื่อการค้า



รูปที่ 4.3 Bracing

4.3 ขั้นตอนการเตรียมงานก่อนการประกอบอุปกรณ์ดันท่อ มีดังนี้

4.3.1 ขั้นตอนการปรับระดับเตรียมดันท่อ

เมื่อทำการขุดดินถึงระดับรางดันท่อแล้ว โดนจะต้องขุดดินให้ต่ำกว่าระดับวางรางท่อดันประมาณ 0.30 เมตร แล้วจึงทำการถมทรายปรับระดับให้มีความหนา 0.10 เมตร พร้อมบดอัดทรายที่ถมให้แน่น แล้วทำการประกอบเหล็ก WF 200 x 200 มิลลิเมตร ขวางตามแนวรางท่อดัน มีระยะห่างประมาณ 2.50 เมตร แล้วทำการเทคอนกรีตหยาบหนา 0.20 เมตร ให้เท่ากับระดับ WF 200

4.3.2 ขั้นตอนการเตรียมบ่อสำหรับเชื่อมท่อ

เมื่อทำกาประกอบท่อและจะต้องเชื่อมท่อด้วยไฟฟ้าโดยรอบท่อ โดยที่แนวเชื่อมแนวล่างท่อไม่สามารถจะเชื่อมได้ ถ้าไม่ทำบ่อเชื่อมไว้เพื่อทำการเชื่อมรอยเชื่อมแนวใต้ท่อ บ่อสำหรับเชื่อมท่อนี้จุดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า 1.00 x 2.00 x 0.70 เมตร โดยด้านข้างบ่อจะทำการเสียบแผ่นเหล็กเพื่อกันดินพัง และยังสามารถใช้บ่อเชื่อม เป็นบ่อสำหรับสูบน้ำทิ้งได้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.4 บ่อสำหรับเชื่อมท่อ

4.3.3 ขั้นตอนการทำแท่นสำหรับรองรับกระบอกไฮดรอลิก

ทำการติดตั้งแบบแท่นคอนกรีตขนาด 1.50 x 2.60 x 1.00 เมตร เพื่อเทคอนกรีต 240 KSC ลงไปในแท่น เพื่อใช้ในการรับแรงดันของกระบอกไฮโดรลิก ทั้ง 4 ตัว

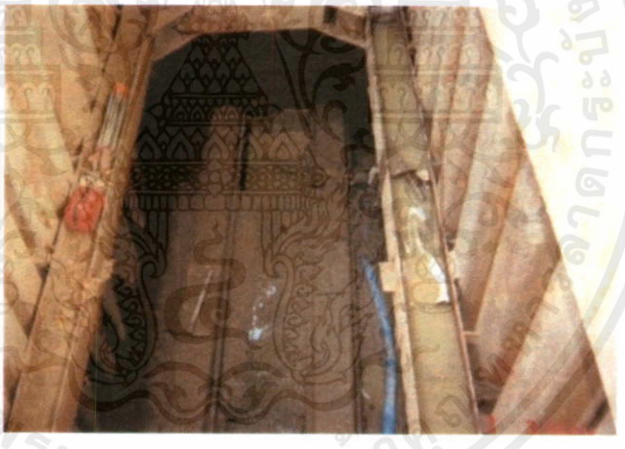
รูปที่ 4.5 แท่นคอนกรีตรองรับการบอกไฮดรอลิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ขั้นตอนการประกอบอุปกรณ์ดันท่อ

4.4.1 ขั้นตอนการประกอบรางวางท่อดัน

เมื่อทำการเทคอนกรีตแท่นดันจะทำการประกอบรางวางท่อดัน โดยการใช้ Sheet Pile ยาวประมาณ 8 เมตร มาทำเป็นรางวางท่อดัน แล้วทำการเชื่อมยึดติดกันจำนวน 2 คู่ ความยาวของ Sheet Pile 8.00 เมตร ก่อนที่จะประกอบรางวางท่อดัน จะต้องใช้กล้องส่องแนวส่องแนวกำหนดศูนย์กลางของแนวท่อก่อน โดยเจ้าหน้าที่ของการประปานครหลวง รวมทั้งการตรวจสอบในการวางแนวท่อ แล้วจึงทำการประกอบรางดันท่อโดนการวางราง จะทำการวางรางโดยคว่ำ Sheet Pile ตามแนวดันท่อโดยแบ่ง ออกจากแนวศูนย์กลางท่อคู่ละ 0.30 เมตร ทำการปรับระดับเดียวกันของรางให้ได้ระดับตลอดความยาวของรางดันท่อ จึงทำการเชื่อมรางดันท่อด้วยเครื่องเชื่อมไฟฟ้า ให้ติดกับเหล็ก WF-200 x 200 มิลลิเมตร

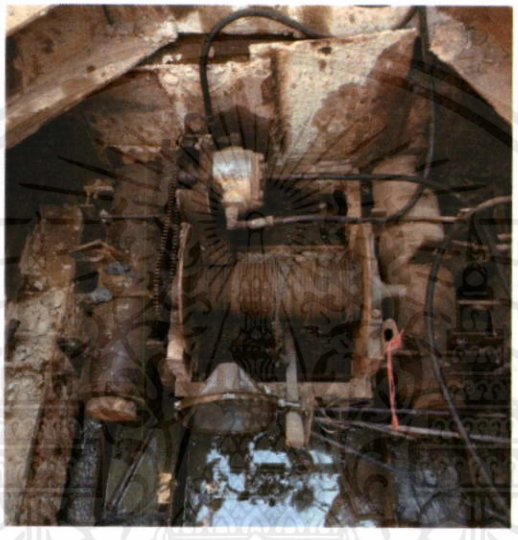


รูปที่ 4.6 รางดันท่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 ขั้นตอนการประกอบกระบอกไฮดรอลิกดันท่อ

เมื่อทำการวางรางดันท่อเสร็จจะทำการประกอบกระบอกไฮดรอลิกดันท่อ จำนวน 4 กระบอก วางติดกับแท่นดันท่อ กระบอกไฮดรอลิก 2 ตัวแรกจะทำการวางกับรางดันท่อระยะห่าง 0.70 เมตร และ 2 ตัวบนวางห่างจากตัวแรก 0.70 เมตร ที่ระยะห่างกัน 0.70 เมตร ทำการยึดกระบอกไฮดรอลิกให้แข็งแรง



รูปที่ 4.7 การติดตั้งกระบอกไฮดรอลิก

4.5 ขั้นตอนของงานดันท่อขนาด ø 1,000 มิลลิเมตร

4.5.1 ติดตั้งหัวนำ

โครงการนี้ใช้หัวดันแบบเปิดขนาด ø 1.20 เมตร ความยาว 1.20 เมตร และมี Slope จากปลายหัวดันโดยบีบให้เหลือ ø 0.80 เมตร และจะทำการปิดแผ่นเหล็กที่ปลายหัวดัน โดยทำการเปิดแผ่นเหล็ก ø 0.80 , ø 0.60 , ø 0.40 , ø 0.20 เมตร เพื่อที่จะทำการเปิดแผ่นเหล็กตอนดันท่อ สำหรับการยึดหัวดันจะต้องเชื่อมแผ่นเหล็กขนาด 200 x 200 x 25 มิลลิเมตร เข้ากับหัวดันโดยให้ห่างจากปลายหัวดัน 0.20 เมตร เชื่อมติดกับปลายหัวดันทั้งสี่มุม ใช้สกรูน็อตยึดกับหัวขนาด ø 45 มิลลิเมตร ทั้ง 4 จุด เพื่อใช้ในการปรับหัวนำเมื่อท่อมีการหนีศูนย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.8 แสดงหัวดัน (ด้านข้าง)

รูปที่ 4.9 แสดงหัวดัน (ด้านหน้า)

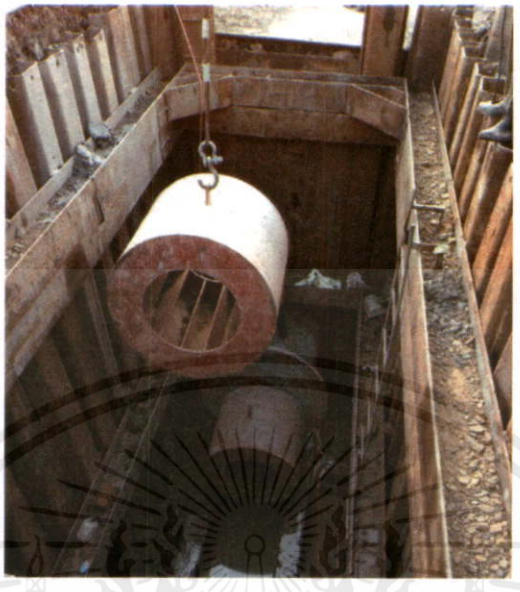
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.10 แสดงหัวดัน (ด้านหลัง)

4.5.2 ขั้นตอนการประกอบหัวดัน

นำหัวดันขนาด ø 1.20 เมตร ความยาว 1.20 เมตร วางบนรางดันท่อประปาที่จะทำการดันซึ่งมีท่อปลอกขนาด ø 1.14 เมตร สวมเข้ากับหัวดันโดยก่อนที่จะทำการสวมหัวดันจะต้องทำการเชื่อมแผ่นเหล็กขนาด 200 x 100 x 25 มิลลิเมตร เข้ากับหัวท่อที่จะทำการสวมหัวดัน ซึ่งแผ่นเหล็กจะเชื่อมติดกับอยู่ภายในท่อให้ห่างจากหัวท่อที่จะทำการดัน 0.20 เมตร และติดที่มุมทั้งสี่มุมให้ตรงกับแผ่นเหล็กที่เชื่อมติดกับปลายหัวดันก่อน จึงยกท่อนดันสวมเข้ากับหัวดันทำการยึดหัวเข้ากับท่อนดัน ทำการยึดหัวดันให้ติดกับท่อดันโดยใช้น๊อต ø 45 มิลลิเมตร จำนวน 4 ตัวเป็นตัวยึด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 การประกอบท่อดันเข้ากับหัวนำ

4.5.3 หมอนดันท่อ

เมื่อจะทำการดันท่อจะต้องมีการส่งท่อเข้าไปในชั้นดิน โดยจะต้องใช้หมอนดันท่อเป็นตัวส่งท่อเข้าไปในชั้นดิน โดยจะต้องใช้หมอนดันท่อเป็นตัวส่งท่อเข้าไปในชั้นดิน โดยหมอนดันท่อจะเป็นตัวรองรับกระบอกไฮดรอลิกดันท่อทั้งสี่ตัว หมอนดันท่อจะมีขนาด ø 1200 มิลลิเมตร และมีความแข็งแรงสามารถทนแรงอัดได้ดี จะมีขนาดความยาวตั้งแต่ 0.5 – 2.00 เมตร เพื่อสลับความยาวตามความยาวของกระบอกไฮดรอลิกดันท่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.12 หมอนดันท่อ

4.5.4 ขั้นตอนการดันท่อ

เมื่อทำการประกบหัวดันเสร็จขั้นตอนต่อไปจะเป็นการดันท่อ ซึ่งท่อที่จะทำการดันเป็นท่อเหล็กเหนียวขนาด ø 1000 มิลลิเมตร มีความหนาผนังท่อ 12.7 มม. ซึ่งจะเป็นท่อคู่โดยที่ท่อปลอกจะเป็นท่อเหล็กเหนียวขนาด ø 1100มิลลิเมตร ความยาว 5.40 เมตร และท่อภายในเป็นท่อเหล็กเหนียวขนาด ø 1000 มิลลิเมตร ซึ่งตอแรกจะติดกับหัวดัน แล้วทำการดันท่อโดยใช้หมอนดันท่อเป็นตัวส่งท่อจากระบบไฮดรอลิก ไปจนสุดความยาวท่อดันแต่ละท่อน ความยาว 6.00 เมตร หลังจากนั้นดันท่อท่อนแรกแล้วเสร็จ จะต้องนำดินในท่อดันออกให้หมดเพื่อทำการตรวจสอบแนวท่อ และระดับท่อดันโดยใช้กล้องแนวและกล้องระดับในการตรวจสอบแนวท่อที่ดันแต่ละท่อ

4.5.5 ขั้นตอนการนำดินออกจากเส้นท่อ

เมื่อทำการดันท่อจะมีดินไหลเข้ามาในเส้นท่อ จึงต้องมีการนำดินออกจากท่อเพื่อเช็คค่าระดับและแนวของเส้นท่อ ขั้นตอนการนำดินออกจากเส้นท่อนี้เป็นขั้นตอนที่อันตรายเพราะภายในท่อมีอากาศออกซิเจนจากเส้นท่อน้อย จึงต้องทำการเป่าลมเข้าไปในเส้นท่อตลอดเวลาในขณะที่นำดินออกจากเส้นท่อ พร้อมทั้งนำน้ำที่มีแรงอัดมากๆ เข้าไปฉีดดินที่มีอยู่ในท่อดัน เพื่อให้สภาพดินแยกออกจากกัน และทำการขนย้ายดินที่อยู่ในท่อดันออกได้ง่ายขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.6 ขั้นตอนการตรวจค่าระดับและแนวของเส้นท่อ

เมื่อทำการดันท่อ ดินจะมีการไหลเข้ามาในเส้นท่อ จึงต้องมีการตรวจเช็คค่าระดับและแนวเส้นท่อทันที เพื่อที่จะหาค่าความสูงต่ำและหนีศูนย์กลางของแนวเส้นท่อเพื่อที่จะทำการแก้ไขได้ทันที โดยจะต้องตรวจสอบค่าทุกๆ 6.00 เมตร หรือ 1 ท่อน และยังต้องตรวจสอบค่าระดับการทรุดตัวหรือบวมตัวของพื้นด้วยเพื่อทำการปรับระดับการเปิดหัวดัน

4.5.7 การปรับแนวและระดับของหัวดัน

เมื่อทำการตรวจสอบแนวและระดับแล้ว ถ้าค่าที่ตรวจสอบออกมาไม่เป็นไป ตามค่าแนวและระดับที่กำหนดไว้จะต้องทำการปรับหัวดันทันที เพื่อให้ค่าระดับและแนวเป็นไปตามที่กำหนดไว้ การปรับหัวดันจะทำการนำกระบอกไฮดรอลิกเข้าไปในหัวดัน ซึ่งจะต้องคลายน๊อตที่ยึดหัวดันกับท่อออกให้หมด เสร็จแล้วจึงทำการใช้กระบอกไฮดรอลิกขนาดเล็กแบบใช้มือปรับหัวดันออกจากด้านที่ต้องการจะปรับค่าแนวหรือระดับ ทำการรองแผ่นเหล็กช่องว่างที่ปรับระหว่างหัวดันกับท่อเพื่อป้องกันหัวดันขยับ จึงทำการยึดน๊อตที่คลายออกให้หนาแน่น เสร็จแล้วจึงทำการดันท่อเพื่อให้ค่าแนวระดับเข้าที่ เพื่อตรวจสอบค่าแนวและระดับว่าเป็นไปตามที่ต้องการแล้วจึงทำการคลายน๊อตออกจากหัวดันและท่อ พร้อมทั้งนำแผ่นเหล็กที่ใส่ระหว่างหัวดันกับท่อออกด้วยจึงทำการดันท่อ

4.6 ขั้นตอนของงานประกอบท่อดันขนาด ø 1000 มิลลิลิตร

4.6.1 ชนิดของท่อที่ใช้ในการดันท่อ

โครงการนี้ใช้ท่อประธานที่ทำการดันเป็นท่อเหล็กเหนียวคู่โดยท่อชั้นนอกซึ่งเป็นท่อปลอกท่อเหล็กเหนียวขนาด ø 1000 มิลลิเมตร ยาว 6.00 เมตร หนา 6.00 มิลลิเมตร และท่อภายในซึ่งเป็นท่อประธานประปาใช้ท่อเหล็กเหนียวขนาด ø 1000 มิลลิเมตร หนา 12.7 มิลลิเมตร ยาว 6.00 เมตร ซึ่งช่องระหว่างชั้นนอกกับชั้นในจะทำการฉีดด้วยซีเมนต์มอร์ต้า (Cement Motar) ฉีดอัดให้เต็มช่องระหว่างต่อชั้นนอกกับชั้นใน ซึ่งขั้นตอนนี้จะผลิตจากโรงงานโดยมีการควบคุมตามมาตรฐานการผลิต โดยกองมาตรฐานการประปานครหลวง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.13 ท่อดันขนาด ø 1000 มิลลิเมตร

4.6.2 การเตรียมท่อดัน

ในการขนส่งและกองท่อจะต้องมีการวางท่อซ้อนทับกันเป็นชั้นๆ เพื่อไม่ให้เปลืองเนื้อที่ จึงจำเป็นจะต้องมีการนำเหล็กหรือไม้นำมาค้ำบริเวณปากท่อ เพื่อป้องกันปากท่อเบี้ยว รวมทั้งง่ายและสะดวกในการนำไปใช้ในการประกอบท่อโดยการเตรียมท่อก่อน จะทำการประกอบจะต้องทำการเจียรสีเคลือบท่อตรงบริเวณปลายท่อออก โดยเจียรเข้าไปจากปลายท่อประมาณ 5 เซนติเมตร เพื่อสะดวกต่อการเชื่อม รวมทั้งต้องเชื่อมแผ่นเหล็กไว้เตรียมการยกท่อต่อเพื่อทำการประกอบด้วย

4.6.3 การประกอบท่อ

ขั้นตอนนี้ถือว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญเพราะจะทำให้การเชื่อมท่อ ซึ่งตามมาตรฐานจะต้องมีการทดสอบรอยเชื่อมโดยวิธี X-Ray ผ่าน โดยนำท่อที่จะทำการประกอบยกลงมาประกอบบนรางดันให้ปลายชนกับท่อที่ดันเข้าไปแล้ว ให้ระยะช่องว่างจากปลายท่อที่ทำการประกอบให้มีช่องว่างระหว่างกันประมาณ 3 – 4 มิลลิเมตร แต่ถ้าท่อที่ทำการประกอบมีปลายท่อที่เบี้ยวไม่เท่ากันกับปลายท่อที่ดันเข้าไปแล้ว จะต้องทำการเชื่อมแผ่นเหล็กซึ่งเป็นรูปตัวซีเข้าไประหว่างปลายท่อที่ดันเข้าไปแล้ว กับปลายท่อที่ทำการประกอบบริเวณปลายท่อที่เบี้ยวไม่เท่ากัน แล้วนำแผ่นเหล็กซึ่งทำเป็นลิ่มมาทำการตีเพื่อทำให้ปลายท่อเท่ากันแล้วจึงทำการเชื่อมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.14 การประกอบท่อ

4.6.4 การเชื่อมประกอบท่อ

การเชื่อมท่อของโครงการนี้ใช้วิธีการเชื่อมด้วยไฟฟ้า และทำการทดสอบรอยเชื่อมโดยวิธี X-Ray 100 % ซึ่งถือว่าเป็นวิธีการทดสอบที่ดีที่สุดวิธีหนึ่ง โดยช่างทีทำการเชื่อมจะต้องมีใบ Certificate ทางโครงการจึงอนุญาติให้ช่างเชื่อมเข้าทำการเชื่อมได้ โดยวิธีการเชื่อมจะทำการเชื่อมทางด้านภายในท่อก่อนโดยรอบ แล้วจึงจะทำการเจียรรอยเชื่อมที่ท่อบริเวณภายนอกเพื่อทำการเจียรให้รอยเชื่อมที่เกินออกมาจากการเชื่อมภายในออกให้หมด การเจียรนี้ถือเป็นขั้นตอนสำคัญที่สุดของการทดสอบรอยเชื่อมวิธี X-Ray ซึ่งการเจียรต้องเจียรให้รอยเชื่อมที่เกินออกมามีความเรียบร้อยและจะต้องไม่มีรูขรุขระที่เป็นตามดจึงถือว่าใช้ได้ และสามารถทำการเชื่อมภายนอกท่อต่อไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไ นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.15 การเชื่อมประกอบท่อ

4.6.5 ขั้นตอนการตรวจสอบรอยเชื่อม

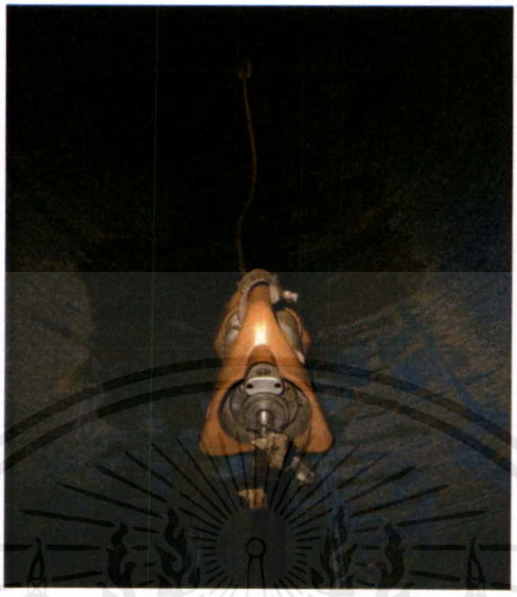
เมื่อทำการเชื่อมท่อที่ประกอบเสร็จแล้วจะต้องทำการทดสอบรอยเชื่อม โดยจะเป็นการทดสอบโดยวิธี X-Ray โดยจะทำการกำหนดตำแหน่งของฟิล์มโดยเขียนตัวอักษรที่รอยเชื่อมก่อนจะติดฟิล์มทุกๆ ฟิล์ม เพื่อสะดวกต่อการแจ้งผลทดสอบเมื่อมีการแก้ไขรอยเชื่อม ขั้นตอนต่อไปทำการใส่รังสี X-Ray เข้าไปภายในท่อเพื่อปล่อยให้รังสีทำการ X-Ray รอยเชื่อม ขั้นตอนนี้จะต้องทำการกั้นบริเวณที่ทำการ X-Ray ต้องไม่ให้มีคนเข้ามาในรัศมีประมาณ 50 เมตร ซึ่งจะทำให้รังสี X-Ray ไม่มีผลกระทบต่อร่างกายจึงทำการถอดฟิล์มเพื่อนำไปล้างและดูผลของรอยเชื่อม

4.6.6 ขั้นตอนการแก้ไขรอยเชื่อม

เมื่อทำการทดสอบรอยเชื่อมและรู้ผลการทดสอบรอยเชื่อมแล้ว ถ้ารอยเชื่อมไม่ผ่านการทดสอบ เช่น มีฟองอากาศ การรั่ว การร้าวจะต้องการแก้ไขทันทีแต่ไม่จำเป็นที่จะต้องแก้ไขรอยเชื่อมทั้งหมดโดยจะนำผลของแผ่นฟิล์มในช่วงที่ทดสอบไม่ผ่าน ซึ่งได้กำหนดตำแหน่งในช่วงทดสอบรอยเชื่อมไว้แล้วมาแก้ไข โดยทำการเจียรผ่ารอยเชื่อมภายนอกท่อช่วงที่ไม่ผ่านออกมาเพื่อทำการแก้ไขแล้วจึงทำการเชื่อมและทำการทดสอบรอยเชื่อมใหม่อีกครั้ง

รูปที่ 4.16 การติดฟิล์มที่ทำการ X-Ray

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17 อุปกรณ์ X-Ray

4.6.7 ขั้นตอนการซ่อมสีรอยเชื่อม

4.6.7.1 การซ่อมสีภายในท่อบริเวณแนวเชื่อมท่อ

1. เมื่อทำการเชื่อมและทำการทดสอบรอยเชื่อมให้ได้ตามมาตรฐานแล้วขั้นตอนต่อไปจะต้องทำการซ่อมสีที่มีรอยไหม้ของการเชื่อม โดยโครงการเลือกสีที่มาทำการซ่อมรอยเชื่อมเป็น สีอีพ็อกซี่มาสติก (Epoxy Mastic 2 ส่วนผสม) ชนิด Part A และ ชนิด Part B ซึ่งสีชนิดนี้มีคุณสมบัติกันน้ำได้ดีมากและป้องกันสนิมได้ดี
2. การเตรียมพื้นผิวก่อนทำการซ่อมสีขั้นตอนนี้ถือว่ามีความสำคัญมาก ในการซ่อมสีเพราะถ้าเตรียมผิวไม่ดีจะทำให้สีหลุดร่อนได้ การเตรียมผิวจะทำรอยเชื่อมและบริเวณรอยไหม้ของการเชื่อม ให้สะอาดจนเห็นเนื้อเหล็กของผิวท่อและรอยเชื่อม
3. การผสมสีและทาสี ทำการผสมสีชนิด Part A 2 ส่วน ต่อ ชนิด Part B 1 ส่วน ผสมให้เข้ากันโดยให้ผสมทีละน้อยเนื่องจากสีชนิดนี้แห้งเร็วมาก นำแปรงทาสีขนอ่อนที่เตรียมไว้มาทาบริเวณที่จะทำการซ่อมให้ทั่วโดยรอบ ทิ้งไว้ให้แห้งประมาณ 4 ชั่วโมง จึงทำการทาสีทับชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 ต่อไป เพื่อให้มีความหนาของสีตามที่การประปานครหลวงกำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.7.2 การซ่อมสีภายนอกท่อบริเวณแนวเชื่อมท่อ (Wrapping)

1. เมื่อทำการเชื่อมและทำการตรวจสอบรอยเชื่อมให้ได้มาตรฐานแล้วขั้นตอนต่อไปจะต้องทำการซ่อมสีภายนอกบริเวณแนวเชื่อมท่อ โดยการซ่อมภายนอกท่อบริเวณแนวเชื่อมมี 2 แบบ การเคลือบผิวตามกรรมวิธี Hot-Applied Wrapping Coating กับ การเคลือบผิวตามกรรมวิธี Colt-Appiled Wrapping ของโครงการได้เลือกได้วิธีนี้ เพราะ ไม่ต้องเตรียมวัสดุหลายขั้นตอน ใช้เวลาในการเคลือบผิวน้อยและไม่มีมลภาวะกลิ่นฉุนและเป็นอันตรายต่อสุขภาพ

2. เครื่องมือที่ใช้ เช่น แปรงลวด ค้อน ถุงมือ เหล็กโป๊ว แปรงทาสี เศษผ้าสำหรับทำความสะอาดกรรไกร หรือมีดตัด น้ำยารองพื้น (Primer) เทปป้องกันการติดร่อง (Monotape) ดินน้ำมันสำหรับตกแต่งรูปทรง (Mastic Filler) ใช้กับท่อปากระฆังเท่านั้นและเครื่องทดสอบผิวเคลือบ

4.6.7.3 ขั้นตอนการพันโมโนเทป (Monotape)

1. ทำความสะอาดโดยใช้แปรงลวดขัดผิวรอยเชื่อม โดยทำความสะอาดให้เลยแนวเคลือบผิวเก่าเข้าไปอย่างน้อยข้างละ 3 นิ้ว
2. ทาสีรองพื้นด้วยน้ำยา Primer ด้วยแปรงให้ทั่วบริเวณผิวท่อที่ได้รับการทำความสะอาดไว้ดีแล้ว ทำการทาสี Primer ให้บริเวณที่จะทำการซ่อมผิวโดยรอบ เมื่อทาสี Primer เสร็จแล้วทิ้งไว้ประมาณ 5 นาที
3. พันโมโนเทป (Monotape) แผ่นที่ 1 โดยพันในละกษณะเป็นวงให้ทับแนวเคลือบท่อเดิมประมาณ 3 นิ้วในการพันเทป จะต้องดึงให้เรียบไม่ให้มีฟองอากาศหรือรอยยับย่นโดยให้พีน Monotape พันทับจุดเริ่มต้นอย่างน้อย 2 นิ้ว แล้วจึงทำการพันเทปแผ่นที่ 2 ในลักษณะเช่นเดียวกับแผ่นที่ 1 โดยพันทับเกลียวท่อเดิมประมาณ 3 นิ้ว และพันทับจุดเริ่มต้นอย่างน้อย 2 นิ้ว สำหรับเทปแผ่นที่ 3 จะพันซ้อนเทปแผ่นที่ 1 ไม่น้อยกว่า 2 นิ้ว ทับจุดเริ่มต้นอย่างน้อย 2 นิ้ว เทปแผ่นที่ 4 จะพันในลักษณะเดียวกันกับ แผ่นที่ 1 , 2 และ 3 โดยเทปแผ่นที่ 4 จะดันทับซ้อนเทปที่พันไปแล้วทั้งสองข้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.7.4 ขั้นตอนการทดสอบความสมบูรณ์ของผิวเคลือบ

เป็นการทดสอบโดยใช้เครื่องทดสอบความสมบูรณ์ของผิวเคลือบ (Holiday Test) ตรวจสอบโดยใช้เครื่อง ที่มีลักษณะคล้ายแปรง ลูบผ่านบริเวณที่ทำการเคลือบ มีเสียงร้องจะต้องทำการเคลือบผิวใหม่

รูปที่ 4.18 สีรองพื้นน้ำยา Primer

รูปที่ 4.19 การทำความสะอาดสีก่อนทาสี Primer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

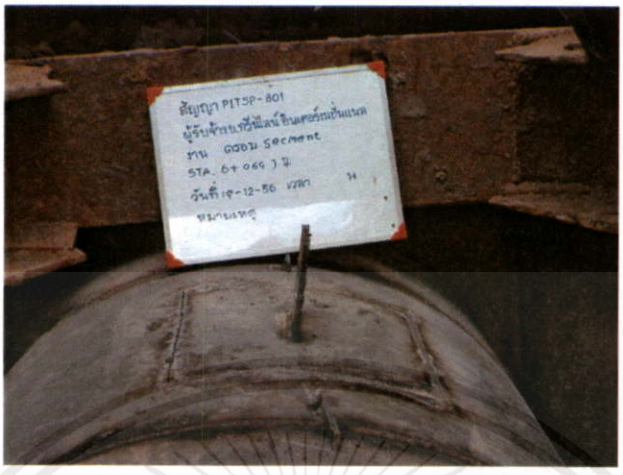
รูปที่ 4.20 การพันโมโนเทป (บริเวณแนวรอยเชื่อม)

4.6.8 ขั้นตอนการซ่อมผิวท่อภายนอก

เมื่อทำการซ่อมผิวภายนอกท่อบริเวณแนวท่อเชื่อมเสร็จแล้ว บริเวณท่อชั้นนอกซึ่งเป็นท่อปลอกที่มีความยาว 5.40 เมตร จะมีช่องว่างเมื่อต่อท่อชั้นในขนาด 0.60 เมตร ดังนั้นจะต้องใช้ segment ทำการครอบรอยต่อของท่อแต่ละท่อน จะต้องนำแผ่นสังกะสีเรียบความกว้าง 0.60 เมตร มาพันปิดบริเวณที่มีการซ่อมผิวภายนอกท่อที่พันโมโนเทปให้รอบก่อนเพื่อป้องกันการเชื่อมที่อาจไหม้โมโนเทปได้ จากนั้นทำการครอบปลอกพร้อมทำการเชื่อมเข้ากับท่อภายนอกให้รอบ จึงทำการดันท่อต่อไปได้

รูปที่ 4.21 การนำแผ่นสังกะสีเรียบพัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.22 การประกอบ Segment (บริเวณแนวรอยเชื่อม)

4.6.9 ขั้นตอนการเปิดบ่อรับหัวดันท่อ

เมื่อทำการดันท่อได้ตามความยาวที่กำหนดแล้ว จะต้องดำเนินการเปิดรับหัวดันโดยจะทำการปัก Sheet Pile ความยาว 10.00 เมตร ขนาดบ่อรับ 3.00 X 6.00 เมตร โดยขั้นตอนการทำงานเหมือนบ่อดัน การเปิดรับเพื่อที่จะนำหัวดันออกจากท่อ และ เพื่อทำการเชื่อมท่อที่ดันแต่ละแนวเข้าด้วยกัน

4.6.10 ขั้นตอนการทำความสะอาดภายในท่อ

เมื่อทำการดันท่อและทำการเปิดบ่อรับแล้ว จะต้องทำการล้างทำความสะอาดท่อด้วยน้ำสะอาดตลอดความยาวของท่อดันทุกๆบ่อรับช่วงที่ดันท่อ ก่อนที่จะทำการเชื่อมแนวท่อเข้าด้วยกันเพื่อให้มีฝุ่นผงติดค้างภายในท่อ เมื่อทำการจ่ายน้ำเข้าระบบในการบริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.23 การล้างทำความสะอาดภายในท่อ

บทที่ 5

ปัญหาและการแก้ไข

5.1 กล่าวนำ

ในงานดันท่อ (Pipe jacking) นั้น เป็นการก่อสร้างที่ต้องใช้ความระมัดระวังในการก่อสร้างเป็นอย่างมาก เนื่องจากเป็นงานที่ต้องทำงานภายใต้แรงดันจำนวนมากของดิน อีกทั้งยังต้องทำงานกับเครื่องจักที่มีขนาดใหญ่จำนวนมาก ผู้ควบคุมงานก่อสร้างจำเป็นต้องมีการตรวจสอบขั้นตอนการก่อสร้างให้ถูกต้องทุกขั้นตอน และตรวจสอบการติดตั้งเครื่องมือให้เหมาะสม ถูกต้องตามแบบที่กำหนดไว้ เนื่องจากงานดันท่อเป็นงานที่ต้องมีการตรวจสอบตลอดเวลา ทั้งนี้เพื่อนำไปปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงขั้นตอนการก่อสร้าง ซ่อมแซมแก้ไขให้ใช้งานได้อย่างดีที่สุด

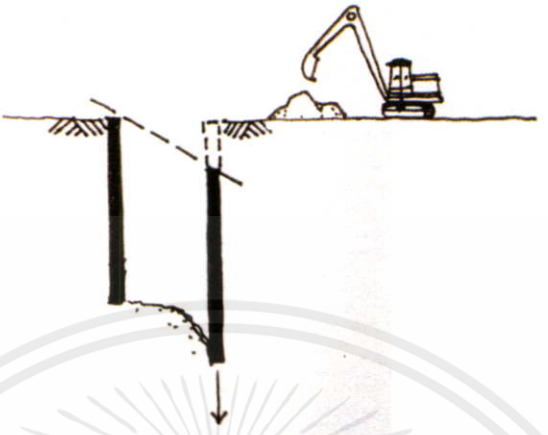
5.2 ปัญหาที่พบ

ปัญหาที่พบในงานดันท่อ (Pipe jacking) ในการศึกษาจากโครงการ งานแพรกษา เนื่องจากพื้นที่ที่ทำการก่อสร้างตั้งอยู่ที่จังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งเป็นบริเวณที่ดินมีคุณสมบัติเป็นดินเหนียวอ่อนอีกทั้งบริเวณพื้นที่ก่อสร้างบ่อดันยังเคยเป็นแหล่งน้ำผิวดินมาก่อนจึงทำให้การสร้างบ่อดันมีปัญหาในการทำผนังบ่อ โดยในระหว่างการก่อสร้างบ่อ บ่อมีการทรุดตัวและเกิดการเสียหาย

ปัญหาที่พบจากการศึกษาโครงการนี้ คือ

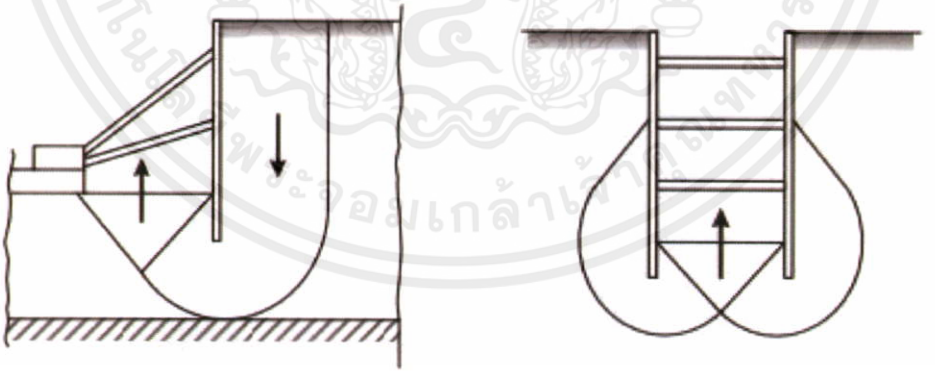
1. การเคลื่อนตัวในแนวดิ่งของผนังบ่อดัน เกิดจากกำลังรับแรงต้านทานของดินใต้เข็มพืด ไม่สามารถรับน้ำหนักของเข็ดพืด (Sheet pile) ได้ เนื่องจากเข็มพืดวางอยู่ในชั้นดินเหนียวอ่อนที่มีกำลังรับแรงต้านทานต่ำ หรืออาจเกิดจากมีน้ำหนักกระทำที่ผิวดิน (Surcharge) ทำให้ดินมีกำลังรับแรงต้านทานไม่พอที่จะรับน้ำหนักส่วนเกินนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.1 การเคลื่อนตัวในแนวดิ่งของเข็ดพืด

2. การอูมบวมของดิน (Heave) เกิดจากน้ำหนักกระทำบนผิวดินและน้ำหนักดินกดทับลงมาทำให้ดินรอบ เข็มพืด (Sheet pile) ทรุดตัวและไหลรอดปลายเข้ามาปูดขึ้นด้านในของเข็มพืด (Sheet pile)



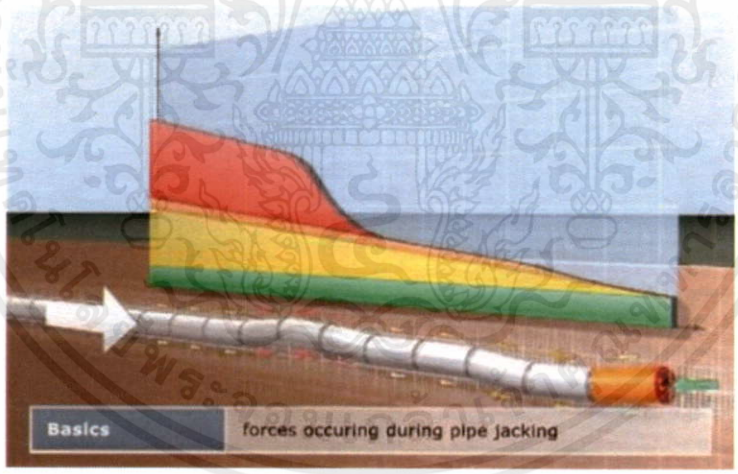
รูปที่ 5.2 ลักษณะการเกิดการอูมบวมของดิน (Heave)

3. พื้นคอนกรีตดาดก้นหลุมเสียหาย เกิดจากน้ำใต้ดินที่อยู่ด้านหลังกำแพง ทำให้เกิดแรงดันด้านข้างเพิ่มมากขึ้นกว่าปกติกระทำกับกำแพงจนอาจทำให้เกิดการพิบัติขึ้นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.3 พื้นคอนกรีตดาดก้นหลุมเสียหายจากการอูมบวม (Heave)

4. การเยื้องศูนย์ของแนวท่อมีเกิดการเปลี่ยนแปลงไปจากแนวที่วางไว้ เกิดจากสภาพดินที่หัวดันไปเจอแต่ละจุดมีความแตกต่างกันทำให้มีแนวท่อมีการเปลี่ยนแปลงไป



รูปที่ 5.4 การเยื้องศูนย์ของแนวท่อมีเกิดการเปลี่ยนแปลงไปจากแนวที่วางไว้

ซึ่งจากการศึกษาพบว่า ปัญหาที่เกิดขึ้นนั้นทางวิศวกรประจำโครงการได้ทำกำแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นนั้นโดยทันทีที่พบว่ามีปัญหาเกิดขึ้น ทำให้ความเสียหายที่เกิดขึ้นนั้นไม่ส่งผลไปยังงานส่วนอื่นๆซึ่งอาจก่อให้เกิดความล่าช้าขึ้นในการก่อสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 วิธีการป้องกันและแก้ไข

ปัญหาที่เกิดขึ้นนั้น ส่งผลต่อการก่อสร้างเป็นอย่างมากหากไม่ทำการแก้ไขในทันทีจะก่อให้เกิดความเสียหายต่อการก่อสร้างโดยวิธีการดันท่อ (Pipe Jacking) และก่อให้เกิดความล่าช้าในการทำการก่อสร้างอีกด้วย ทางวิศวกรประจำโครงการจึงได้หาวิธีการป้องกัน และแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น ดังต่อไปนี้

1. การเคลื่อนตัวในแนวดิ่งของผนังบ่อดัน เกิดจากกำลังรับแรงต้านทานของดินใต้เข็มพืด ไม่สามารถรับน้ำหนักของเข็ดพืด (Sheet pile) ได้ เนื่องจากเข็มพืดวางอยู่ในชั้นดินเหนียวอ่อนที่มีกำลังรับแรงต้านทานต่ำ หรืออาจเกิดจากมีน้ำหนักกระทำที่ผิวดิน (Surcharge) ทำให้ดินมีกำลังรับแรงต้านทานไม่พอที่จะรับน้ำหนักส่วนเกินนั้น

วิธีการแก้ไข

โดยแนวทางการแก้ไขของปัญหานี้จะทำการปรับแก้แนวการดันท่อ ในท่อท่อนต่อไปทันที ให้ท่อกลับมาอยู่ในแนวที่วางแผนไว้ โดยในการดันท่อนี้ใช้ไฮโดรลิคแบบคนควบคุม (manual) ดัน 4 มุม (บน ล่าง ซ้าย ขวา) จึงทำการปรับแก้โดยการเสริมความหนาของฝั่งที่ต้องการปรับท่อ เช่น ถ้าท่อมีการเชิดขึ้นจากแนวการดันท่อ ในท่อท่านต่อไปเราจะทำการ เสริมความหนาของไฮโดรลิคตัวด้านบน เพื่อให้ท่อมีการกดหน้าลง ให้ไปอยู่ในตามแนวที่ต้องการ

2. การอูมบวมของดิน (Heave) เกิดจากน้ำหนักกระทำบนผิวดินและน้ำหนักดินกดทับลงมาทำให้ดินรอบ เข็มพืด (Sheet pile) ทรุดตัวและไหลรอดปลายเข้ามาปูดขึ้นด้านในของเข็มพืด (Sheet pile)

วิธีการแก้ไข

เพิ่มความยาวเข็มพืด (จากทฤษฎีของ Terzaghi) เนื่องจากการไหลของดินนี้ จะไม่เหมือนกับการไหลของน้ำ เพราะดินมีความหนืด ความหนืดทำให้เกิดแรงต้านทานการไหล ถ้าเราปักเข็มพืดไม่ลึกมาก ดินจะมีโอกาสไหลมาก เนื่องจากช่องในการไหลมีขนาดใหญ่ดินจึงไหลง่าย และทำการดาดคอนกรีตที่ก้นหลุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. พื้นคอนกรีตดาดก้นหลุมเสียหาย เกิดจากน้ำใต้ดินที่อยู่ด้านหลังกำแพง ทำให้เกิดแรงดันด้านข้างเพิ่มมากขึ้นกว่าปกติกระทำกับกำแพงจนอาจทำให้เกิดการพิบัติขึ้นได้

วิธีการแก้ไข

เพิ่มความหนาของคอนกรีตให้มีกำลังรับแรงอัดมากกว่าค่าหน่วยแรงกดที่กระทำกับชั้นดินเพื่อเพิ่มกำลังรับแรงอัดของคอนกรีต นอกจากนี้ควรออกแบบระบบระบายน้ำด้านหลังกำแพง เพื่อความสะดวกในการทำงาน

4. การเยื้องศูนย์ของแนวท่อมีเกิดการเปลี่ยนแปลงไปจากแนวที่วางไว้ เกิดจากสภาพดินที่หัวดันไปเจอแต่ละจุดมีความแตกต่างกันทำให้มีแนวท่อมีการเปลี่ยนแปลงไป

วิธีการแก้ไข

ตรวจเช็คแนวท่อดัน เมื่อแนวท่อดันมีการเปลี่ยนแปลงไปจากแนวที่วางไว้ จึงทำการปรับแก้แนวแนวในท่อท่อนต่อไปในการทำงานโดยทันที โดยเราสามารถปรับแก้ได้จากการดันท่อ จากแม่แรงไฮโดรลิค (Hydraulic jacking) เพื่อให้ท่อกลับมาอยู่ในแนวที่วางแผนไว้

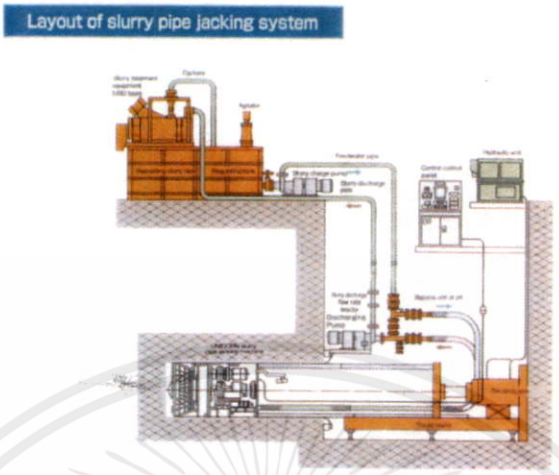
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 ข้อเสนอแนะแนวทางการพัฒนา

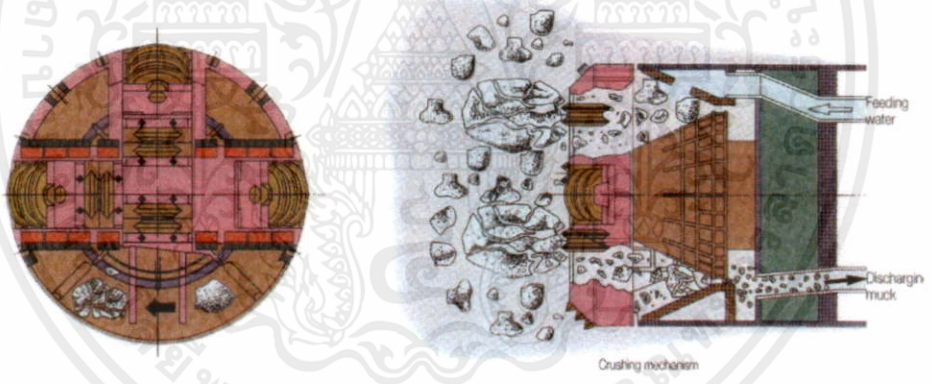
หลังจากที่ทางคณะผู้ศึกษาได้ทำการศึกษาปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไขปัญหาดังกล่าวแล้ว ทางคณะผู้ศึกษาได้มีแนวคิดที่จะนำเอากระบวนการการเจาะอุโมงค์มาผสมผสานกับการดันท่อแบบ (pipe jacking) เพื่อที่จะสามารถแก้ไขปัญหาการคลาดเคลื่อนไปจากแนวการดันท่อได้ง่าย โดยทางคณะผู้ศึกษาได้มีการคิดที่จะนำหัวดันการเจาะอุโมงค์มาปรับใช้กับการดันท่อ เนื่องจากหัวดันแบบอุโมงค์นั้นจะใช้คอมพิวเตอร์ในการบังคับ ง่ายต่อการควบคุมแนวทางของท่อ และมีขั้นตอนในการทำงานง่าย สะดวก รวดเร็วกว่าการดับแบบปกติที่ใช้

รูปที่ 5.5 ประเภทของหัวเจาะที่เหมาะกับดินชนิดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

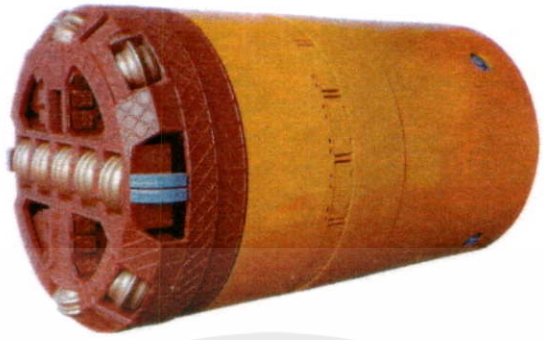


รูปที่ 5.6 รูปแบบของระบบดัน



รูปที่ 5.7 รูปแบบการทำงานของหัวดันแบบเจาะอุโมงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.8 หัวดันชนิดแบบเจาะอุโมงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5 สรุป

ในการศึกษาจากพื้นที่โครงการแพรกษา ได้พบปัญหาในงานดันท่อ (Pipe jacking) ซึ่งเกิดจากหลายปัจจัย โดยปัจจัยแรกนั้น เนื่องจากพื้นที่ที่ทำการก่อสร้างตั้งอยู่ที่จังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งเป็นบริเวณที่ดิน มีคุณสมบัติเป็นดินเหนียวอ่อน อีกทั้งบริเวณพื้นที่ก่อสร้างบ่อดันยังเคยเป็นแหล่งน้ำผิวดินมาก่อน ซึ่งดินเหนียวที่เกิดจากเลนหรือการเน่าเปื่อยของวัชพืช หน้าดินจะอุ้มน้ำได้ดี เป็นผลให้กำลังรับน้ำหนักของดินลดต่ำลง จึงทำให้การสร้างบ่อดันมีปัญหาในการทำผนังบ่อ โดยในระหว่างการก่อสร้างบ่อ บ่อมีการทรุดตัวและเกิดการเสียหายโดยเกิดจากการอูดบวมของดิน (Heave) ซึ่งเกิดจากน้ำหนักกระทำบนผิวดินและน้ำหนักดินกดทับลงมาทำให้ดินรอบเข็มพืด (Sheet pile) ทรุดตัวและไหลลอดปลายเข้ามาปูดขึ้นด้านในของเข็มพืด (Sheet pile) อีกทั้งใช้ความยาวเข็มพืดน้อยไป เนื่องจากการไหลของดินนี้ จะไม่เหมือนกับการไหลของน้ำ เพราะดินมีความหนืด ความหนืดทำให้เกิดแรงต้านทานการไหล ถ้าเราปักเข็มพืดไม่ลึกมากดินจะมีโอกาสไหลมากเนื่องจากช่องในการไหลมีขนาดใหญ่ดินจึงไหลง่าย

อีกทั้งปัญหาการอูดบวมของดินยังส่งผลให้พื้นคอนกรีตดาดก้นหลุมเสียหาย เกิดจากน้ำใต้ดินที่อยู่ด้านหลังกำแพง ทำให้เกิดแรงดันด้านข้างเพิ่มมากขึ้นกว่าปกติกระทำกับกำแพงจนอาจทำให้เกิดการพิบัติขึ้นได้ สามารถแก้ไขปัญหานี้ได้ โดยการเพิ่มความหนาของคอนกรีตให้มากขึ้นเพื่อความกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตและเป็นการเพิ่มน้ำหนักกระทำที่ก้นหลุมหรือทำการเพิ่มความลึกของเข็มพืด (Sheet pile) ทำให้สามารถเพิ่มแรงต้านทานการอูดบวมของดินได้อีกด้วย นอกจากนี้ควรออกแบบระบบระบายน้ำด้านหลังกำแพง เพื่อความสะดวกในการทำงาน

รูปที่ 5.9 การขาดเสถียรภาพภายนอกของกำแพงกันดินที่ตั้งอยู่ในชั้นดินเหนียวอ่อน

จากทฤษฎีการอูดบวมของดินใต้ดินขุดในดินเหนียวมีการกำหนดค่าอัตราส่วนปลอดภัยต้านการอูดบวม (SF) ไม่ควรมีค่าน้อยกว่า 1.20 จากการคำนวณค่าอัตราส่วนปลอดภัยต้านการอูดบวมกรณีที่เกิดปัญหาการอูดบวมของดิน (Heave) ในพื้นที่โครงการ

เอกสารนี้มีไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการ ; $$FS = \frac{2S_u(D_1-D_2)+2S_u\left(H+D_2-\frac{2S_u}{\gamma}\right)+\pi S_u(D_1-D_2)}{(\gamma H+q)(D_1-D_2)}$$ ---------- สมการที่ 6

<u>โดยแสดงวิธีการคำนวณได้ดังนี้</u>

กำหนดให้

- ความลึกของบ่อดัน(H) = 6 เมตร
- ความยาวเข็มพืด (Sheet pile) = 10 เมตร
- ระยะพื้นบ่อถึงชั้นดินแข็ง (D_1) = 12 เมตร
- ระยะเข็มพืดจมลงในดิน (D_2) = 4 เมตร
- Surcharge = 10 ตัน/เมตร

<u>วิธีทำ</u> คุณสมบัติของดิน : S_u = 0.3 ksc, γ = 1.8 t/m^3, $\theta = 0^\circ$

แทนค่าในสมการที่ 6 ; $$FS = \frac{2(3)(12-4)+2(3)\left(6+4-\frac{2(3)}{1.8}\right)+\pi(3)(12-4)}{((1.8x6)+10)(12-4)}$$

= 0.89 < 1.20

จากการคำนวณ ค่าอัตราส่วนความปลอดภัยที่ได้มีค่าเท่ากับ 0.89 ซึ่งน้อยกว่า 1.20 ดังนั้นการออกแบบโดยใช้เข็มพืดยาว 10 เมตร จึงไม่สามารถป้องกันปัญหาการอูดบวมของดินได้ ตามทฤษฎี

กรณีที่สามารถป้องกันการเกิดปัญหาการอูดบวมของดิน (Heave) ในพื้นที่โครงการ

<u>โดยแสดงวิธีการคำนวณได้ดังนี้</u>

กำหนดให้

- ความลึกของบ่อดัน(H) = 6 เมตร
- ความยาวเข็มพืด (Sheet pile) = 14 เมตร
- ระยะพื้นบ่อถึงชั้นดินแข็ง (D_1) = 12 เมตร
- ระยะเข็มพืดจมลงในดิน (D_2) = 8 เมตร
- Surcharge = 10 ตัน/เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>วิธีทำ</u> คุณสมบัติของดิน : S_u = 0.3 ksc, γ = 1.8 t/m^3, $\theta = 0^\circ$

แทนค่าในสมการที่ 6 ; $FS = \frac{2(3)(12-8)+2(3)\left(6+8-\frac{2(3)}{1.8}\right)+\pi(3)(12-8)}{((1.8x6)+10)(12-8)}$

= 1.51 > 1.20

จากการคำนวณ ค่าอัตราส่วนความปลอดภัยที่ได้มีค่าเท่ากับ 1.51 ซึ่งมากกว่า 1.20 ดังนั้นการออกแบบโดยใช้เข็มพืดยาว 14 เมตร นั้นสามารถป้องกันปัญหาการอูดบวมของดินได้ จึงเป็นข้อสรุปว่าหลังจากทำการวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นและทำการแก้ไขปัญหา โดยการเปลี่ยนความยาวเข็ดพืด (Sheet pile) ให้มีความยาวมากขึ้น ทำให้สามารถแก้ไขปัญหาการเกิดการอูดบวมของดินได้ จากทั้งพื้นที่งานจริงและค่าอัตราส่วนความปลอดภัยที่ได้เป็นค่าที่ยอมรับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

รศ.ดร.นพดล เพียรเวช,2544, ความเป็นมาและพื้นฐานของวิธีการก่อสร้างแบบ Pipe Jacking, การสัมมนาเรื่องเทคโนโลยีและประสบการณ์งาน Pipe Jacking ในกรุงเทพฯ, วสท.หน้า 1-7.

จักราวุธ ไชยสุขัง, ระพีพัฒน์ บุญแต่ง, สด จำปาทอง, 2550. การศึกษาเกี่ยวกับวิธีการดันท่อและอุโมงค์ประกอบใต้น้ำ. ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ดร.ปณชัย แดงอร่าม, 2552, พัฒนาการของการประปากับการบริหารพัฒนาประเทศไทย กรณีศึกษากรุงเทพมหานครและปริมณฑล. ดุษฎีนิพนธ์การจัดการวิศวกรรม มหาวิทยาลัยอินเตอร์คัลเจอร์รัลโอเพ่นยูนิเวอร์ซิตี้ ประเทศเนเธอร์แลนด์

ประเสริฐ จันทวิบูลย์, 2550, (ให้คำปรึกษาเรื่องEPB Shield), บริษัทช.การช่าง(มหาชน)จำกัดคและอดีตรองผู้จัดการสนาม โครงการรถไฟใต้ดิน บริษัทกูมาไกกูมิ(ประเทศไทย) จำกัด

Alexander son, M., 2544, Construction of Shaft and cable Tunnel ID 2.6 m. Vibhavad; Bangkok. การสัมนาเรื่อง เทคโนโลยีและประสบการณ์งาน Pipe Jacking ในกรุงเทพฯ, วสท. หน้า 8-12

Harrey, S., 2544, Pipe Jacking and Microtunnelling,การสัมนาเรื่อง เทคโนโลยีและประสบการณ์งาน Pipe Jacking ในกรุงเทพฯ, วสท. หน้า 13-19.

Chaturong D., (1999), Review of Pipe Jacking Application in Bangkok Subsoils, AIT Master Thesis No. GE-98-11, Asian Institute of Technology., 259 PP.

Herrenknecht AG Catalogues, Pipe Jacking

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

1. ตารางที่ ผ.1 เกณฑ์การคิดระยะเวลาเบื้องต้น งานขุดวางท่อจ่ายน้ำ
2. ตารางที่ ผ.2 เกณฑ์การคิดระยะเวลาเบื้องต้นงานดันท่อประธาน
3. ตารางที่ ผ.3 เกณฑ์การคิดระยะเวลาเบื้องต้นงานขุดวางท่อ
4. ตารางที่ ผ.4 การเปรียบเทียบราคางานดันท่อขนาด 1000 มม. และงานขุดวางท่อขนาด 1000 มม.
5. ตารางที่ ผ.5 Deflection และ Stress ของท่อ ø 1,000 มม.
6. ค่า Safety Factor ค่าความปลอดภัยที่ถูกออกแบบให้สิ่งปลูกสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ผ.1 เกณฑ์การคิดระยะเวลาเบื้องต้น งานขุดวางท่อจ่ายน้ำ

ขนาดท่อ มม.	ปริมาณของงานวางท่อ (เมตร/วัน) (1)							งานตัดบรรจบท่อเดิม (วัน/จุด) (2)	งานทดสอบล้าง-ฆ่าเชื้อโรค (วัน/500 ม.) (3)	งานบรรจบท่อเข้าบ้าน (จุด/วัน) (4)	งานซ่อมผิวจราจร (ผลงานเป็นเมตร/วัน) (5)			
	ถนนคอนกรีต	ถนนแอสฟัลต์	ไหล่ทาง	ทางเท้า	โครงสร้างในคูน้ำ	โครงสร้างข้ามคลอง	ดันท่อลอด				คอนกรีต	แอสฟัลต์	ทางเท้า	ไหล่ทาง
50	40	40	80	54	-	-0.75	-	5	-	8	16	30	40	60
100	30	30	60	48	10	0.50	1.5	6	7	8	12	30	30	50
150	30	30	60	48	10	0.50	1.5	6	7	8	12	30	25	50
200	24	24	48	42	5	0.50	1	6	7	6	10	30	25	50
300	18	18	36	30	3	0.50	1	6	10	5	10	25	20	50
400	15	15	30	24	3	0.50	1	6	12	3	10	25	20	50

หมายเหตุ (1) คิดชุดงานทำงาน ชุด (1ชุดงานประกอบด้วย ช่าง 1 คน และคนงานไม่น้อยกว่า 4 คน)

(2) ให้คิดระยะเวลา (1)+(2)+(3)+(4)+(5)

(3) คิดเป็นมาตรการ D หากเป็นมาตรการ N ให้เผื่อเวลาเพิ่มเติมตามความเหมาะสม

(4) เกณฑ์ในการคิดจำนวนชุดงานเปรียบเทียบกับความยาวท่อที่วางในแต่ละเส้นทาง

ความยาว	500 เมตร	1 ชุด
ความยาว	501 – 1,500 เมตร	2 ชุด
ความยาว	1,501 – 3,000 เมตร	3 ชุด
ความยาว	3,001 – 4,500 เมตร	4 ชุด
ความยาว	4,501 – 6,500 เมตร	5 ชุด
ความยาว	6,501 เมตรขึ้นไป	6 ชุด

(5) เกณฑ์ข้างต้นเป็นการคิดระยะเวลาทำงานในสภาพทั่วไป หากเป็นงานสภาพที่ผิดปกติ ให้อยู่ในดุลยพินิจของผู้ออกแบบในการเผื่อเวลาเพิ่มเติมตามความเหมาะสม ทั้งนี้ระยะเวลาทำงานของแต่ละเส้นทางไม่ควรน้อยกว่า 30 วัน ยกเว้นกรณีพิเศษที่มีเหตุผลชี้แจงได้

ตัวอย่าง

งานวางท่อจ่ายน้ำ 300 มม. ความยาว 3,000 เมตรในถนนคอนกรีต

งานวางท่อ 3,000 เมตร/(18 ม./วัน X 3 ชุดงาน)	= 56 วัน
งานทดสอบท่อ (3,000 ม./500 ม./ช่วง) X 10 วัน/ช่วง	= 60 วัน
งานซ่อมผิว 3,000 เมตร/(10 ม./วัน X 3 ชุดงาน)	= 100 วัน
งานตัดบรรจบท่อเดิม 6 จุด X 6 วัน/จุด	= 36 วัน
งานบรรจบท่อแยก 50 จุด/5 จุด/วัน	= 10 วัน
รวมจำนวนวัน	= 262 วัน
เลือกกำหนดระยะเวลาก่อสร้าง	270 วัน

ตารางที่ ผ.2 เกณฑ์การคิดระยะเวลาเบื้องต้นงานดันท่อประธาน

คิดช่วงความยาว ประมาณ 1,000 มม.

ความลึกหลังท่อ ประมาณ 4.0 ม.

ขนาดท่อ (มม.)	(1) เตรียมงาน (วัน)	(2) ทำบ่อดัน/รับ (วัน)	(3) ดัน/เชื่อม (วัน)	(4) ทดสอบล้างท่อ (วัน)	(5) เก็บงาน (วัน)	(6) งานดัน/อื่นๆ	(7) เฉลี่ย (ม./วัน)
?600	30	20	(6 ม./วัน) 150	20	30	150 : 100	1,000/250 = 4
?800	30	20	(4 ม./วัน) 250	20	30	250 : 100	1,000/350 = 3
?1,000-1,200	30	30	(3 ม./วัน) 330	30	30	330 : 120	1,000/450 =2.5
?1,500-1,800	30	45	(2.5 ม./วัน) 400	45	30	400 : 150	1,000/550 =2

หลักการ

1. คิดทำงานมาตรการ D สภาพจราจรหนาแน่นปานกลาง หากทำงานมาตรการ N จราจรหนาแน่นมากให้ปรับเพิ่มเวลาทำงานตามความเหมาะสม
2. คิดทำงานโดยใช้ชุดทำงาน 1 ชุด (1 ชุดงานประกอบด้วย ช่าง 1 คน และคนงานไม่น้อยกว่า 6 คน)
3. หากเพิ่มชุดทำงานมากกว่า 1 ชุด ให้ปรับสัดส่วน (2),(3),(4) ตามชุดงาน ((1) & (5) ไม่ปรับ)
4. เกณฑ์ข้างต้นคิดจากกรณีที่ผู้รับจ้างเป็นผู้จัดหาท่อเอง
5. ในกรณี กปน. จัดท่อให้ จะต้องเผื่อเวลาเตรียมงานให้มากขึ้นเผื่อเวลาการจัดส่งท่อ
6. การซ่อมผิวคิดเฉลี่ยเป็นผิวถนนคอนกรีต
7. หากมีงานตัดบรรจบท่อมากกว่า 1-2 จุด ให้เวลาเพิ่มตามความเหมาะสม (ประมาณ 7 – 10 วัน/จุด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.3 เกณฑ์การคิดระยะเวลาเบื้องต้นงานขุดวางท่อ

คิดช่วงความยาว ประมาณ 1,000 มม.

ขนาดท่อ (มม.)	มาตรการ	(1) เตรียมงาน (วัน)	(2) วางท่อ	(3) ทดสอบล้างท่อ (วัน)	(4) Clear งาน	เฉลี่ย (ม./วัน)
?600	D	30	36 ม./วัน	12	30	1,000/100 = 10
	N	30	18 ม./วัน	15	30	1,000/131 = 8
?800	D	30	18 ม./วัน	15	30	1,000/131 = 8
	N	30	18 ม./วัน	18	30	1,000/134 = 7.5
?1,000-1,200	D	30	12 ม./วัน	20	30	1,000/163 = 6
	N	30	9 ม./วัน	24	30	1,000/195 = 5
?1,500-1,800	D	30	9 ม./วัน	30	30	1,000/201 = 5
	N	30	6 ม./วัน	30	30	1,000/257 = 4

หลักการ

1. คิดวางท่อในถนนคอนกรีต ในสภาพจราจรปานกลาง หากสภาพการจราจรหนาแน่นมาก ให้ปรับเพิ่มเวลาทำงานตามความเหมาะสม
2. งานซ่อมผิวคิดให้ทำในช่วงที่วางท่อผ่านแล้ว ซึ่งสามารถทำได้ เพราะเป็นชุดงานเฉพาะงานซ่อม ยกเว้นช่วงสุดท้ายที่ต้องทำในช่วงเก็บงาน หากมีปัญหาในการซ่อมผิวถนนสายหลักให้เผื่อเวลาเพิ่มตามความเหมาะสม
3. คิดทำงานโดยใช้ชุดทำงาน 1 ชุด (1 ชุดงานประกอบด้วย ช่าง 1 คน และคนงานไม่น้อยกว่า 6 คน)
4. หากเพิ่มชุดทำงานมากกว่า 1 ชุด ให้ปรับสัดส่วน (2),(3) ตามชุดงาน ((1) & (4) ไม่ปรับ)
5. เกณฑ์ข้างต้นคิดจากกรณีที่ผู้รับจ้างเป็นผู้จัดหาท่อเอง
6. ในกรณี กปน. จัดท่อให้ จะต้องเผื่อเวลาเตรียมงานให้มากขึ้นเผื่อเวลาการจัดส่งท่อ
7. การซ่อมผิวคิดเฉลี่ยเป็นผิวถนนคอนกรีต
8. หากมีงานตัดบรรจบท่อมากกว่า 1-2 จุด ให้เวลาเพิ่มตามความเหมาะสม (ประมาณ 7 – 10 วัน/จุด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ผ.4 การเปรียบเทียบราคางานดันท่อขนาด 1000 มม. และงานขุดวางท่อขนาด 1000 มม.

ตารางเปรียบเทียบราคางานดันท่อขนาด 1000 มม. และงานขุดวางท่อขนาด 1000 มม.								
ลำดับ	งานดันท่อ(PIPE JACKING)	ปริมาณ	หน่วย	ราคา	งานขุดวางท่อเปิดหน้าดิน(OPEN CUT)	ปริมาณ	หน่วย	ราคา
1	งานก่อสร้างบ่อดัน	1	แห่ง	800000	ไม่มี	-	-	-
2	ค่าท่อดันขนาด 1000x12.7 มม. แบบ Double	1	เมตร	16000	ค่าท่อขนาด 1000x12.7 มม.	1	เมตร	12000
3	ค่าแรงดันท่อขนาด 1000x12.7 มม.	1	เมตร	15000	ค่าแรงขุดวางท่อขนาด 1000x12.7 มม.	1	เมตร	4000
4	ค่าแรงเชื่อมท่อ+ค่า X-RAY	1	จุด	8500	ค่าแรงเชื่อมท่อ	1	จุด	1200
5	ค่าวัสดุ โมโนเทป+สี	1	จุด	1000	ค่าวัสดุ โมโนเทป+สี+ทรายถม	1	จุด	9000
6	งานก่อสร้างบ่อรับ	1	แห่ง	350000	ไม่มี	-	-	-
	รวมเป็นเงิน			1190500	รวมเป็นเงิน			26200

ตารางที่ ผ.5 Deflection และ Stress ของท่อ ø 1,000 มม.

DEFLECTION AND STRESS OF UNDERGROUND STEEL PIPELINE (EXTERNAL LOAD)								
Depth (m.)	Nominal diameter 1,000 mm.					Wall thickness 12.7 mm.		
	E' = 10 ksc.				E' = 20			
	Deflection (cm.)		Stress (ksc.)		Deflection (cm.)		Stress (ksc.)	
	1 - T	2 - T	1 - T	2 - T	1 - T	2 - T	1 - T	2 - T
0.0	14.2	12.8	8,736.2	7,862.6	12.2	10.9	7,708.7	6,937.8
0.5	2.0	2.1	1,155.5	1,239.5	1.1	1.8	1,019.6	1,093.7
0.8	1.5	1.7	803.2	897.7	1.3	1.4	708.7	792.1
1.0	1.4	1.6	715.3	805.4	1.2	1.3	631.2	710.7
1.2	1.4	1.5	679.0	762.5	1.2	1.3	599.1	672.8
1.5	1.5	1.6	676.3	749.4	1.2	1.4	596.7	661.3
1.8	1.6	1.7	704.0	766.5	1.3	1.4	621.2	676.4
2.0	1.7	1.8	734.5	790.8	1.4	1.5	648.1	697.8
2.2	1.8	1.9	771.2	822.0	1.5	1.6	680.5	725.3
2.5	2.0	2.0	834.4	878.2	1.7	1.7	736.3	774.9
2.8	2.1	2.2	904.4	942.4	1.8	1.9	798.1	831.5
3.0	2.3	2.3	953.7	988.3	1.9	2.0	841.5	872.1
3.2	2.4	2.5	1,004.6	1,036.2	2.1	2.1	886.4	914.3
3.5	2.6	2.7	1,083.1	1,110.8	2.2	2.3	955.7	980.2
3.8	2.8	2.9	1,163.7	1,188.2	2.4	2.4	1,026.9	1,048.4
4.0	2.9	3.0	1,218.4	1,240.9	2.5	2.5	1,075.1	1,094.9
4.2	3.1	3.1	1,273.6	1,294.3	2.6	2.7	1,123.8	1,142.1
4.5	3.3	3.3	1,357.2	1,375.7	2.8	2.8	1,197.6	1,213.9
4.8	3.5	3.5	1,441.7	1,458.1	3.0	3.0	1,272.1	1,286.6
5.0	3.6	3.7	1,498.4	1,513.6	3.1	3.1	1,322.1	1,335.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Note : 1 – T = One truck load

2 – T = Two truck load

E' = Modulus of soil reaction

Width of Trench (Standard)

Max. Stress = 1,400 ksc

Max. Deflection (3% of Inside Diameter) = 2.9718 cm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Safety Factor ค่าความปลอดภัยที่ถูกออกแบบให้สิ่งปลูกสร้าง วัสดุ อุปกรณ์ ตลอดจนยานพาหนะ ยังรักษาสภาพไว้ได้ระดับหนึ่ง เพื่อกรณีไม่ปกติ ก็ยังมีเวลาที่จะทำอะไรต่างๆก่อนที่จะถึงจุดวิกฤตจุดแตกหัก จุดที่ยอมให้ทนได้ คือวัตถุประสงค์หลักของการเผื่อค่าความปลอดภัยนี้ครับ

โดยในการออกแบบมีการออกแบบเผื่อไว้แล้ว คำว่าเผื่อของผู้ออกแบบ คือเผื่อกรณีมีตัวแปรอื่นๆที่ควบคุมไม่ได้มากระทบ เช่น แผ่นดินไหว ลมพายุ ไต้ฝุ่น มิได้หวังให้กระทำตรงจุดที่เผื่อในภาวะปกติ วิธีปฏิบัติที่ทำจนเป็นปกติ ตามคู่มือการดำเนินงาน เกิดความเสี่ยง เพราะมีตัวแปรหรือบริบทอื่นๆอาจเกิดขึ้นได้โดยไม่มีการเตือนล่วงหน้า

ปัจจัยด้านความปลอดภัย (SF) เป็นคำที่อธิบายถึงความสามารถของโครงสร้างระบบเกินกว่าที่คาดไว้หรือความเป็นจริง จึงเป็นความสามารถที่มากกว่า เป็นระบบกว่า มักจะต้องมีไว้เพื่อปัจจัยด้านความปลอดภัยมักจะคำนวณโดยใช้การวิเคราะห์รายละเอียด หลายระบบจะตั้งใจสร้างแข็งแกร่งมากขึ้นกว่าที่จำเป็นสำหรับการใช้งานปกติเพื่อให้สถานการณ์ ฉุกเฉินที่ไม่คาดคิด การใช้ในทางที่ผิด หรือการย่อยสลาย

ค่าความปลอดภัยเป็นค่าที่ถูกกำหนดขึ้นมา เพื่อเพิ่มความสามารถของสิ่งก่อสร้างต่างๆ เพื่อป้องกันอุบัติเหตุต่างๆ ในกรณีฉุกเฉินที่มีปัจจัยอื่นมากระทำมากขึ้น โดยสัดส่วนค่าความปลอดภัยของแต่ละงานจะมีความแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับประเภทงานและสภาพของงานที่ทางฝ่ายการออกแบบได้มีการกำหนดขึ้นมาให้แก่วิศวกรใช้ในการออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้