แนวทางการพิจารณาการวางท่อด้วยวิธีดันลอดแทนวิธีขุดเปิดในเขตกรุงเทพมหานคร

นายธนพงศ์ รอดทอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2545
ISBN 974-17-2502-7
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SUITABILITY OF PIPE JACKING METHOD OVER OPEN CUT METHOD IN BANGKOK

Mr.Thanapong Rodtong

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Civil Engineering

Department of Civil Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University

Academic Year 2002

ISBN 974-17-2502-7

หัวข้อวิทยานิพนธ์	แนวทางการพิจารณาการวางท่อด้วยวิธีดันลอดแทนวิธีขุดเปิดในเขตกรุงเทพมหานคร
โดย	นายธนพงศ์ รอดทอง
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมบูรณ์ ลุวีระ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิสุทธิ์ ช่อวิเชียร)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมบูรณ์ ลุวีระ)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธนิต ธงทอง)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิง คุณะวัฒน์สถิตย์)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นายธนพงศ์ รอดทอง : แนวทางการพิจารณาการวางท่อด้วยวิธีดันลอดแทนวิธีขุดเปิดในเขตกรุงเทพมหานคร. (SUITABILITY OF PIPE JACKING METHOD OVER OPEN CUT METHOD IN BANGKOK) อ. ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.สมบูรณ์ ลุวีระ, 157หน้า. ISBN 974-17-2502-7.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกวิธีวางท่อสาธารณูปโภคใต้ดินโดยวิธีขุดเปิดหรือวิธีดันลอด และกำหนดเกณฑ์การพิจารณาเลือกวิธีวางท่อที่เหมาะสมตามสภาวการณ์ต่างๆในเขตกรุงเทพมหานคร การศึกษาใช้ข้อมูลจากการไฟฟ้านครหลวงซึ่งเป็นหน่วยงานที่มีความชำนาญในการก่อสร้างทั้งสองวิธี ขั้นตอนการศึกษาประกอบด้วย (1)การกำหนดปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกวิธีโดยใช้ข้อมูลโครงการในอดีต เอกสารวิชาการและข้อมูลลักษณะของกรุงเทพฯ (2)ออกแบบสอบถามและถามความสำคัญของปัจจัยและความเหมาะสมระหว่างวิธีขุดเปิดกับวิธีดันลอดจากกลุ่มผู้เชี่ยวชาญซึ่งได้แก่กลุ่มผู้ออกแบบและผู้ควบคุมงาน (3)กำหนดน้ำหนักของปัจจัยโดยหลักการ Rank Weighting Technique แบบ Rank Sum Weight และคำนวณคะแนนของวิธีโดยใช้วิธี Pairwise Comparison (4)กำหนดเกณฑ์การพิจารณาเลือกวิธี นอกจากนี้ได้กำหนดแนวทางการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อม ข้อกำหนดของทางราชการ และราคาค่าก่อสร้างจากการก่อสร้างทั้งสองวิธีเพื่อให้ทราบระดับของผลกระทบเบื้องต้นและราคาค่าก่อสร้างของแต่ละวิธี

ผลการวิจัยสรุปว่าปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกวิธีเรื่องสภาพการจราจรบนถนนมีความสำคัญมากที่สุด และเกณฑ์การพิจารณาเลือกวิธีวางท่อที่กำหนดขึ้นให้ผลคำตอบสอดคล้องวิธีการวางท่อที่ใช้อยู่ในโครงการปัจจุบันและในอดีต ดังนั้นจึงสามารถนำไปใช้ประกอบการพิจารณาเลือกวิธีวางท่อในอนาคตต่อไปได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่อนิสิต.....
สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา 2545

4370318521 : MAJOR CONSTRUCTION MANAGEMENT

KEY WORD: PIPE JACKING / OPEN CUT / SUITABILITY / RANK / BANGKOK

MR.THANAPONG RODTONG : SUITABILITY OF PIPE JACKING METHOD OVER OPEN CUT METHOD IN BANGKOK. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. SOMBOON LUVIRA, Ph.D., 157 pp. ISBN 974-17-2502-7.

The purposes of this research were to study factors for underground public pipe placing method selection and to determine criteria for choosing the appropriate method - open cut and pipe jacking method - according to actual physiographic and working situation in Bangkok area. The study data were collected from Metropolitan Electricity Authority(MEA), as well acquainted with both methods. The research processes consisted of (1)setting the factors from past projects data, Bangkok physical data and literature review (2)ranking factors and comparing pipe placing method by questionnaire asked from specialists - designers and inspectors of MEA (3)determining factor weight by Rank Sum Weight, one of Rank Weighting Technique and calculating method's score by Pairwise Comparison Method and(4)setting criteria for pipe placing. Besides, The research were conducted primary environmental impact study guideline, regulations and construction cost for both methods.

The results indicated that the most important factor to select the pipe placing method was traffic condition in road. Regarding to this study, criteria outputs were similar to the method used in present or past projects. Consequently, this criteria can be used for selecting the suitable method in future project.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department Civil Engineering Student's signature.....

Field of study Civil Engineering Advisor's signature.....

Academic year 2002

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมบูรณ์ ลุวีระ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้ให้คำปรึกษาและแนะนำวิธีการทำงานและกระบวนความคิดอย่างเป็นระบบพร้อมทั้งช่วยตรวจสอบความสมบูรณ์ของวิทยานิพนธ์ทำให้วิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปได้ และขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่ได้กรุณาตรวจสอบวิทยานิพนธ์จนวิทยานิพนธ์มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณประชาชนบริเวณโครงการวางท่อทุกท่านที่ให้ความกรุณาในการตอบแบบสอบถามเรื่องผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากการก่อสร้าง

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ออกแบบและผู้ควบคุมงานของการไฟฟ้านครหลวงทุกท่านที่กรุณาสละเวลาในการให้ข้อมูลและตอบแบบสอบถามในการทำวิทยานิพนธ์และขอขอบพระคุณคุณสมชัย ประสงค์เกียรติ และคุณวิทยา บุญตาม แห่งการไฟฟ้านครหลวงที่ให้ความกรุณาในการเข้าชมกระบวนการก่อสร้างวางท่อด้วยวิธีดันลอดและให้ความรู้ทางด้านเทคนิควิธีการทำงานในโครงการ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคุณสุวิมล ผดุงธนมงคล คุณสุวิทย์ เหลืองรัชพันธุ์และคุณชัยฤทธิ์ จูสกุลวิจิตร์ แห่งการประปาส่วนภูมิภาคที่ให้ความกรุณาสละเวลาและสถานที่ในการทำวิทยานิพนธ์

ท้ายที่สุดนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดาตลอดจนญาติพี่น้องผู้ใกล้ชิดทุกท่านที่ให้การสนับสนุนการศึกษาและให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์จนทำให้วิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงด้วยดี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อวิทยานิพนธ์ ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ญ
สารบัญภาพ ..... ฏ
บทที่
1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2
1.4 ขั้นตอนการศึกษา 3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4
2 ความหมายของวิธีดันลอดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6
2.1 ความหมายของวิธีดันลอด 6
2.2 องค์ประกอบที่ใช้ในการดันลอด 7
2.3 โครงการและงานวิจัยเกี่ยวกับงานดันท่อลอดในต่างประเทศ 15
2.4 โครงการดันท่อลอดในประเทศไทย 23
2.5 สรุปบท 28
3 วิธีดำเนินการวิจัย 29
3.1 บทนำ 29
3.2 การจัดทำแบบสอบถาม 29
3.3 แหล่งข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา 30
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล 34
3.5 สรุปบท 37
4 ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกวิธีก่อสร้างวางท่อ 38
4.1 ตำแหน่งที่ตั้งของแนวท่อ 38

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ(ต่อ)

บทที่ หน้า

4.2 ลักษณะทางกายภาพของถนน 40
4.3 ชนิดและคุณสมบัติของดิน 41
4.4 ขนาดและลักษณะของอุปสรรคใต้ดิน 42
4.5 สภาพการจราจรบนถนนที่วางท่อ 43
4.6 การใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณริมถนน 44
4.7 ข้อบังคับจากเจ้าของพื้นที่ที่จะวางแนวท่อ 46
4.8 ผลกระทบสิ่งแวดล้อม 46
4.9 ราคาค่าก่อสร้าง 60
4.10 สรุปบท 64
5 ความสำคัญของปัจจัยและการวิเคราะห์วิธีการวางท่อที่เหมาะสม 66
5.1 ความสำคัญของปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกวิธีการวางท่อ 66
5.2 ความสำคัญของปัจจัยย่อยที่มีผลต่อการเลือกวิธีการวางท่อ 67
5.3 ความเหมาะสมของวิธีการวางท่อในแต่ละสภาวะการทำงาน 71
5.4 เกณฑ์การพิจารณาเลือกวิธีการวางท่อ 98
5.5 ผลการวิเคราะห์การเลือกวิธีการวางท่อตามสภาวะการทำงานจากเกณฑ์การพิจารณา 104
5.6 การเปรียบเทียบการเลือกวิธีวางท่อจากเกณฑ์การพิจารณากับโครงการที่ก่อสร้าง 106
5.7 สรุปบท 108
6 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ 109
6.1 สรุปผลการวิจัย 109
6.2 ข้อเสนอแนะ 111
รายการอ้างอิง 113
ภาคผนวก 116
ภาคผนวก ก รายชื่อถนนห้ามขุดในเขตกรุงเทพมหานคร 117
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์การเลือกวิธีวางท่อตามสภาวะการทำงานต่างๆ 120
ภาคผนวก ค ตัวอย่างแบบสอบถามเกี่ยวกับผลกระทบสิ่งแวดล้อม(วิธีขุดเปิด) 125
ภาคผนวก ง แบบสอบถามความสำคัญของปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกวิธีวางท่อ
และวิธีการวางท่อที่เหมาะสมในสภาวะการทำงานต่างๆ 130

สารบัญ(ต่อ)

บทที่ หน้า

ภาคผนวก จ ข้อมูลกรุงเทพมหานคร..... 141

ภาคผนวก ฉ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....14155

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 157

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

3.1 การกำหนดคะแนนประจำขั้นความสำคัญของปัจจัย..... 35

4.1 ผลการสอบถามผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการก่อสร้างวิธีขุดเปิด.....56

4.2 ผลการสอบถามผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการก่อสร้างวิธีดันลอด.....58

4.3 ความแตกต่างของราคาค่าก่อสร้างทั้งระบบของวิธีขุดเปิดกับวิธีดันลอด 63

5.1 อันดับความสำคัญของปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกวิธีการวางท่อ.....68

5.2 อันดับความสำคัญของปัจจัยย่อยที่มีผลต่อการเลือกวิธีการวางท่อ.....69

5.3 ข้อมูลการเปรียบเทียบวิธีการวางท่อของผู้ตอบกลุ่มออกแบบ.....74

5.4 ข้อมูลการเปรียบเทียบวิธีการวางท่อของผู้ตอบกลุ่มผู้ควบคุมงาน.....78

5.5 ข้อมูลการเปรียบเทียบวิธีการวางท่อของผู้ตอบทั้งกลุ่มออกแบบและควบคุมงาน.....82

5.6 สรุปการเลือกวิธีการวางท่อของผู้ตอบกลุ่มออกแบบ.....86

5.7 สรุปการเลือกวิธีการวางท่อของผู้ตอบกลุ่มผู้ควบคุมงาน.....90

5.8 สรุปการเลือกวิธีการวางท่อของผู้ตอบทั้งกลุ่มออกแบบและควบคุมงาน.....94

5.9 ตารางค่าน้ำหนักของปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกวิธี 98

5.10 คะแนนวิธีการวางท่อเมื่อปรับค่าด้วยน้ำหนักของปัจจัยของผู้ตอบทั้งกลุ่มออกแบบ
และควบคุมงาน.....101

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ หน้า

2.1 การทำงานดันลอด 6

2.2 หัวเจาะแบบ EPBS พร้อมหัวตัดหิน 10

2.3 เครื่องช่วยดัน..... 14

2.4 การดันท่อโดยแม่แรงจากบ่อดันที่ทำจากแผ่นกันดิน 15

2.5 ผังงานแสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม 20

3.1 พื้นที่โครงการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อม(โครงการที่หนึ่ง) 32

3.2 พื้นที่โครงการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อม(โครงการที่สอง)..... 32

3.3 พื้นที่โครงการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อม(โครงการที่สาม) 32

3.4 พื้นที่โครงการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อม(โครงการที่สี่) 33

3.5 ข้อมูลประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญ 34

4.1 รูปสภาพการจราจรประเภทต่างๆ..... ..44

4.2 สัดส่วนราคาแต่ละประเภทต่อราคาค่าวางท่อวิธีขุดเปิด 60

4.3 รูปขยายสัดส่วนราคาแต่ละประเภทต่อราคาค่าวางท่อ
(ไม่แสดงค่าท่อร้อยสายกับค่าคอนกรีตหุ้มสายไฟ)..... 61

4.4 สัดส่วนราคาแต่ละประเภทต่อราคาค่าวางท่อวิธีดันลอด 62

4.5 ความแตกต่างของราคาค่าวางท่อวิธีขุดเปิดกับวิธีดันลอด…….....64

4.6 ความแตกต่างของราคาค่าก่อสร้างวิธีขุดเปิดกับกับวิธีดันลอดเมื่อรวมค่าบ่อพักและ
ค่าซ่อมผิวจราจร 64

5.1 เกณฑ์การพิจารณาเลือกวิธีวางท่อ.....100

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การก่อสร้างระบบสาธารณูปโภคในเขตกรุงเทพมหานคร ของระบบประปา ไฟฟ้า โทรศัพท์ ระบายน้ำ รวบรวมน้ำเสีย การส่งน้ำมัน และการส่งก๊าซธรรมชาติ ฯลฯ ซึ่งใช้ท่อเป็นส่วนประกอบสำคัญของระบบในปัจจุบันยังมีการก่อสร้างอยู่ตลอดเวลา แต่กรุงเทพฯเป็นจังหวัดที่มีประชากรอาศัยอยู่เป็นจำนวนมากและต้องใช้ยานพาหนะเพื่อเดินทางไปยังสถานที่ทำงานหรือทำกิจกรรมใดๆ ดังนั้นการก่อสร้างการวางท่อโดยวิธีขุดเปิด (open cut) จึงทำให้เกิดการจราจรที่ติดขัดเนื่องจากต้องทำการปิดกั้นช่องการจราจรบางส่วนเพื่อให้มีพื้นที่ในการทำงาน ผลของการจราจรที่ติดขัดทำให้สูญเสียน้ำมันเชื้อเพลิงและสร้างความเสียหายต่อธุรกิจ นอกจากนี้วิธีขุดเปิดยังก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม เช่นเกิดฝุ่นละอองและเสียงดังขณะทำงานขึ้น

ปัจจุบันรัฐบาลมีนโยบายให้ก่อสร้างระบบสาธารณูปโภคต่างๆ ให้เป็นระบบ ใต้ดินเพื่อทำให้บ้านเมืองมีความเป็นระเบียบเรียบร้อยและลดปัญหามลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม ทางกรุงเทพมหานครซึ่งตระหนักถึงความจำเป็นในการลดผลกระทบและมลภาวะจากการก่อสร้างแบบขุดเปิดจึงมีนโยบายที่จะไม่อนุญาตให้มีการใช้วิธีก่อสร้างแบบขุดเปิดในพื้นที่เมืองและชุมชน จึงต้องนำวิธีก่อสร้างแบบดันลอด (pipe jacking) มาใช้ การก่อสร้างโดยวิธีนี้เป็นเทคนิคการวางท่อโดยไม่ต้องทำการขุดเปิดร่องท่อ ไม่กีดขวางการจราจรและไม่ทำให้ผิวการจราจรเสียหายด้วย

ส่วนประกอบในการวางท่อด้วยวิธีดันลอดประกอบด้วยหัวเจาะ บ่อดันและบ่อรับ ส่วนลำเลียงดิน อุปกรณ์การดันท่อและท่อดัน ซึ่งวิธีดันลอดมีรูปแบบการทำงานอยู่ใต้ผิวดินและมีความแตกต่างจากวิธีขุดเปิดซึ่งทำงานอยู่บนพื้นดิน ดังนั้นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำงานเช่น ลักษณะของดิน ความลึกจากผิวดิน อุปสรรคใต้ดินที่กีดขวางการทำงาน สภาพการจราจรบนถนน การใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณโครงการ ฯลฯ จึงมีผลต่อการเลือกวิธีวางท่อ ปัจจัยเหล่านี้มีความสำคัญต่อการเลือกวิธีทำงานแตกต่างกัน การคำนึงถึงปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการเลือกวิธีการวางท่อโดยมีการพิจารณาความสำคัญของปัจจัยจะทำให้ได้วิธีการทำงานที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพในสภาวะการทำงานต่างๆ

สภาวะการวางท่อที่ต้องเผชิญมีหลายสภาวะการทำงานซึ่งแต่ละสภาวะการทำงานมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการเลือกวิธีการวางท่อแตกต่างกันจึงควรทำการพิจารณาความเหมาะสมของวิธีที่ใช้ในการทำงานภายใต้ปัจจัยแต่ละปัจจัย เช่น การวางท่อในระดับความลึกไม่มากวิธีขุดเปิดจะมีความเหมาะสมมากกว่าวิธีดันลอดเนื่องจากเหตุผลปัจจัยด้านระดับความลึกซึ่งไม่สามารถเลือกใช้วิธีดันลอดได้ การวางท่อในระดับความลึกที่มากเกินไปการใช้วิธีขุดเปิดจะไม่ปลอดภัย มีราคาค่าก่อสร้างสูงและส่งผลกระทบต่อการจราจรอย่างมากเนื่องจากต้องปิดกั้นการจราจรเป็นเวลานาน หรือการวางท่อในระดับความลึกที่สามารถเลือกใช้ทั้งวิธีขุดเปิดและวิธีดันลอดได้ ในบริเวณที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินบางประเภทในกรุงเทพฯ ซึ่งการใช้วิธีขุดเปิดอาจส่งผลกระทบสิ่งแวดล้อมต่อประชาชนจำนวนมาก จะทำให้วิธีขุดเปิดมีความไม่เหมาะสมในการเลือกใช้จนอาจพิจารณาเลือกใช้วิธีดันลอดแทน ดังนั้นการศึกษาความเหมาะสมของการวางท่อด้วยวิธีขุดเปิดและวิธีดันลอดในเขตกรุงเทพมหานครเพื่อสร้างเกณฑ์การพิจารณาสำหรับเลือกวิธีการวางท่อในสภาวะการทำงานต่างๆจึงเป็นสิ่งจำเป็นเนื่องจากทำให้ทราบว่าสภาวะการทำงานเช่นไรที่ควรใช้วิธีขุดเปิดและสภาวะเช่นไรที่ควรใช้วิธีดันลอด นอกจากนี้ยังสามารถใช้เป็นเกณฑ์การพิจารณาสำหรับเลือกวิธีการวางท่อสาธารณูปโภคในอนาคตหรือในเขตจังหวัดอื่นต่อไปได้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาปัจจัยต่างๆที่ควรคำนึงถึงในการก่อสร้างวางท่อซึ่งประกอบด้วยด้านวิศวกรรม เศรษฐศาสตร์ สิ่งแวดล้อมและสังคม

1.2.2 กำหนดปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกวิธีวางท่อสำหรับวิธีขุดเปิดและวิธีดันลอด

1.2.3 กำหนดรูปแบบการพิจารณาเลือกวิธีวางท่อสำหรับผู้วางแผนของกลุ่มเจ้าของงานให้เหมาะสมกับสถานการณ์ที่ต้องเผชิญ โดยนำปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องมาเป็นเกณฑ์พิจารณา

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษานี้ศึกษาและวิเคราะห์ปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการเลือกวิธีวางท่อทั้งวิธี ขุดเปิดและวิธีดันลอดโดยใช้ข้อมูลการก่อสร้างวางท่อสาธารณูปโภคซึ่งอยู่ภายใต้ความรับผิดชอบของการไฟฟ้านครหลวงเป็นหลัก ซึ่งเป็นหน่วยงานที่มีโครงการก่อสร้างวางท่อวิธีดันลอดเป็นจำนวนมากและมีความชำนาญในการก่อสร้างวางท่อทั้งสองวิธี แต่เนื่องจากโครงการวางท่อด้วยวิธีขุดเปิดของการไฟฟ้านครหลวงนั้นส่วนมากจะเป็นโครงการร่วมกับการทำหรือซ่อมขยายถนนหรือทำใน

บริเวณที่ไม่มีผลกระทบต่อประชาชนดังนั้นในเรื่องผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากวิธีขุดเปิดจึงใช้โครงการของการประปานครหลวงซึ่งเป็นหน่วยงานที่ส่วนใหญ่จะใช้วิธีขุดเปิดในการวางท่อ

ในการศึกษาเรื่องราคาได้ศึกษาเฉพาะราคาค่าก่อสร้างในแต่ละวิธี มิได้พิจารณาถึงค่าใช้จ่ายทางสังคมเช่นค่าเสียเวลาหรือค่าเชื้อเพลิงอันเนื่องมาจากการจราจรที่ติดขัดเพิ่มขึ้นจากการก่อสร้าง หรือค่าเสียโอกาสจากการที่มีการก่อสร้างในบริเวณสถานที่ประกอบการ เป็นต้น

เกณฑ์การพิจารณาเลือกวิธีการวางท่อที่กำหนดขึ้นเป็นเกณฑ์การพิจารณาเบื้องต้นสำหรับผู้วางแผนเลือกวิธีของกลุ่มเจ้าของงานซึ่งคำนึงถึงความต้องการวางท่อเพื่อให้เกิดสิ่งสาธารณูปโภคเท่านั้นไม่รวมถึงกลุ่มผู้รับเหมาซึ่งต้องศึกษาในเชิงลึกเพื่อให้ทราบความเหมาะสมของแต่ละวิธีที่จะใช้งานจริงในส่วนต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการวางท่อแต่ละวิธีเช่นเรื่องจำนวนเครื่องจักรที่ใช้ในงานหรือเรื่องค่าใช้จ่ายทางอ้อมเป็นต้น เกณฑ์การพิจารณามีพื้นฐานมาจากเวลาการทำงานช่วง 05.00 – 22.00 น. ซึ่งเป็นเวลาที่การทำงานต้องเผชิญกับประชาชนในพื้นที่โครงการ

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

1.4.1 ศึกษาสภาพปัจจุบันของจังหวัดกรุงเทพฯ เพื่อให้ทราบลักษณะโดยทั่วไปของจังหวัดกรุงเทพฯ จากหน่วยงานต่างๆ

1.4.2 ศึกษาข้อมูลทางด้านเทคนิควิธีวางท่อทั้งวิธีขุดเปิดและวิธีดันลอด และข้อมูลโครงการต่างๆที่มีการก่อสร้างวางท่อเพื่อให้ทราบข้อจำกัดของแต่ละวิธี

1.4.3 รวบรวมข้อมูลจากเอกสารทางวิชาการและจากผู้เชี่ยวชาญในหน่วยงานที่มีการก่อสร้างวางท่อซึ่งเป็นผู้ที่เกี่ยวข้องในการวางแผน ออกแบบและควบคุมงานประกอบกับข้อมูลสภาพปัจจุบันของกรุงเทพฯและข้อมูลโครงการเพื่อกำหนดปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกวิธีการวางท่อ

1.4.4 ออกแบบสอบถามและสอบถามความคิดเห็นเรื่องผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากประชาชนในบริเวณโครงการที่มีการวางท่อทั้งวิธีขุดเปิดและวิธีดันลอดเพื่อศึกษาระดับของผลกระทบที่เกิดขึ้นเบื้องต้นจากการวางท่อแต่ละวิธี

1.4.5 รวบรวมและศึกษาราคาค่าก่อสร้างวางท่อทั้งวิธีขุดเปิดและวิธีดันลอดเพื่อศึกษารายละเอียดของราคาจากการก่อสร้างทั้งสองวิธี โดยใช้ข้อมูลราคากลางซึ่งอ้างอิงราคาจากสำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้า กรมการค้าภายใน กระทรวงพาณิชย์ เดือนกรกฎาคม พ.ศ.2545

1.4.6 ออกแบบสอบถามและสอบถามความสำคัญของปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกวิธีวางท่อโดยวิธีเรียงลำดับความสำคัญและสอบถามความเหมาะสมของวิธีวางท่อในสภาวะการทำงานต่างๆ จากกลุ่มผู้ออกแบบและกลุ่มผู้ควบคุมงาน

1.4.7 วิเคราะห์ความสำคัญของปัจจัยโดยใช้หลักการทางสถิติหาค่าเฉลี่ยของลำดับเพื่อให้ทราบอันดับความสำคัญของปัจจัยและกำหนดน้ำหนักความสำคัญแก่ปัจจัยโดยหลักการ Rank Weighting Technique แบบ Rank Sum Weight และวิเคราะห์ความเหมาะสมของวิธีการวางท่อโดยเลือกค่าเฉลี่ยความเหมาะสมของวิธีการวางท่อที่ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เลือกในสภาวะการทำงานหนึ่งๆ เพื่อนำไปคำนวณคะแนนของวิธีวางท่อด้วยหลักการ Pairwise Comparison ต่อไป

1.4.8 กำหนดรูปแบบการพิจารณาวิธีการวางท่อและคำนวณคะแนนวิธีการวางท่อในสถานการณ์การทำงานหนึ่งๆโดยคำนวณหาผลรวมที่เกิดจากน้ำหนักปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกวิธีต่างๆคูณกับคะแนนของวิธีวางท่อภายใต้ปัจจัยนั้นๆ จะทำให้ทราบว่าในสถานการณ์การทำงานที่กำหนดควรเลือกใช้วิธีการวางท่อวิธีใด

1.4.9 ตรวจสอบความถูกต้องของผลคำตอบจากเกณฑ์การพิจารณากับตัวอย่างโครงการที่วางท่อในปัจจุบัน

1.4.10 สรุปผลการศึกษาและเรียบเรียงวิทยานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ให้ผู้ที่เกี่ยวข้องในการเลือกวิธีวางท่อตระหนักถึงปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อ การเลือกวิธีวางท่อ

1.5.2 เป็นเกณฑ์เบื้องต้นสำหรับผู้วางแผนเลือกวิธีของกลุ่มเจ้าของงานในการพิจารณาเลือกวิธีวางท่อระหว่างวิธีขุดเปิดและวิธีดันลอด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.5.3 ทำให้ทราบระดับของผลกระทบสิ่งแวดล้อมเบื้องต้นในด้านต่างๆที่เกิดขึ้นจากการวางท่อด้วยวิธีขุดเปิดและวิธีดันลอด

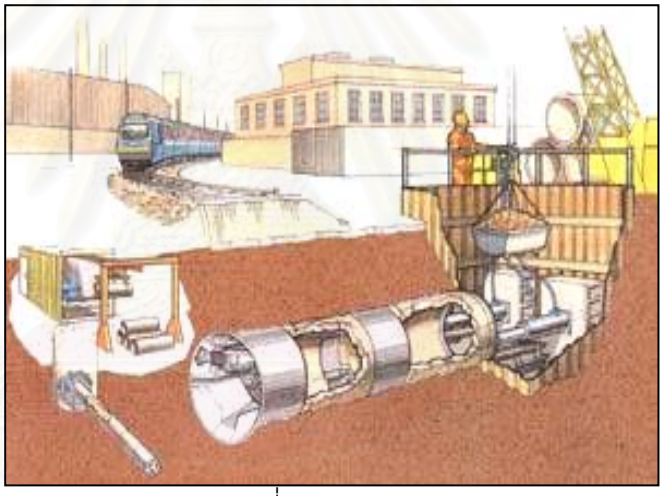
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ความหมายของวิธีดันลอดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความหมายของวิธีดันลอด

Pipe Jacking Association (Pipe Jacking Association, online) ได้ให้คำจำกัดความสำหรับการก่อสร้างด้วยวิธีดันลอดว่า เป็นเทคนิคหนึ่งของเทคนิคการก่อสร้างที่ไม่ต้องใช้การขุดร่องดิน (trenchless construction) การก่อสร้างด้วยวิธีดันลอดเป็นเทคนิคที่ใช้ในการติดตั้ง แนวท่อ ท่อสายเคเบิล และท่อระบายน้ำใต้ดิน โดยในการก่อสร้างจะใช้แม่แรง (hydraulic jack) ดันท่อที่ได้ออกแบบไว้แล้วเข้าไปในดินโดยมีหัวเจาะ (shield) อยู่ข้างหน้าท่อที่ดันไป ซึ่งมีการเจาะดินพร้อมกับการดันท่อด้วย รูปการทำงานดันลอดแสดงดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 การทำงานดันลอด (ที่มา : Pipe Jacking Association, online)

ในการติดตั้งท่อโดยใช้วิธีการดันลอด จะต้องก่อสร้างบ่อดันและบ่อรับ (thrust and reception pits) ซึ่งโดยปกติจะเป็นช่องบ่อพักและมีกำแพงรับแรงดัน (thrust wall) ติดกับส่วนดันท่อและใช้วงแหวน (thrust ring) ช่วยในการกระจายแรงที่ส่งผ่านจากส่วนดันท่อไปยังท่อเพื่อป้องกันไม่ให้ท่อเกิดความเสียหายจากการรับแรงจากส่วนดันท่อโดยตรง บ่อรับท่อต้องมีขนาดที่เหมาะสมที่จะสามารถนำหัวเจาะออกได้ แนวท่อที่ดันจะถูกกำหนดไว้ก่อนและเพื่อให้เกิดความถูกต้องตามแนวและระดับที่กำหนดไว้การใช้หัวเจาะแบบบังคับได้ (steerable shield) จะทำให้ได้แนวและระดับตามต้องการ เทคนิคการวางท่อด้วยวิธีดันลอดเกิดขึ้นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1892 ที่ประเทศสหรัฐอเมริกา แต่มีการใช้กันอย่างจริงจังเมื่อประมาณ 50 ปีที่ผ่านมา (Thomson,1993)

2.2 องค์ประกอบที่ใช้ในการดันลอด

ส่วนประกอบในการก่อสร้างด้วยวิธีดันลอดประกอบด้วยหัวเจาะ ส่วนตัดดิน ส่วนลำเลียงดินออก อุปกรณ์การดัน บ่อดันและบ่อรับท่อ ท่อดัน และการดันท่อ (Thomson,1993) โดยส่วนต่างๆมีรายละเอียดดังนี้

2.2.1 หัวเจาะ (Shields)

การทำงานในส่วนของการดัน การรักษาสมดุลของดิน ความเร็วของงานที่ทำ และการควบคุมแนวและระดับและความปลอดภัยของการทำงาน สิ่งเหล่านี้มีความเกี่ยวข้องกับการเลือกชนิดของหัวเจาะ

หัวเจาะที่ใช้แรกๆเป็นหัวเจาะทรงกระบอกทำด้วยเหล็ก ไม่มีส่วนที่ใช้ปรับทิศทาง หัวเจาะติดกับท่อส่วนแรกและเมื่อทำการดันเสร็จจะไม่นำท่อส่วนแรกออก หัวเจาะทุกประเภทของงาน ดันลอดที่บริเวณส่วนปลายของหัวเจาะสามารถเลื่อนให้พอดีกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรอบนอกของท่อส่วนแรกหรือท่อส่วนอื่นๆได้ เมื่อทำงานใต้ระดับน้ำใต้ดินหรือพื้นที่ที่มีวัสดุขนาดเล็กจะมีส่วนป้องกันการซึมเข้ามาระหว่างหัวเจาะกับท่อ มีแหวนรองเพื่อถ่ายแรงระหว่างหัวเจาะกับท่อ และมีความแตกต่างระหว่างขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรอบนอกของท่อกับหัวเจาะน้อยมาก หัวเจาะที่ใช้ในปัจจุบันเกือบทั้งหมดสามารถปรับทิศทางได้ซึ่งหัวเจาะสามารถเคลื่อนที่เป็นอิสระกับท่อที่ดัน ส่วนใหญ่เป็นแบบปรับมุมได้ หัวเจาะที่ซับซ้อนมีรอยต่อที่ยืดหยุ่นอยู่ระหว่างส่วนนำและส่วนตามเพื่อให้การทำงานยืดหยุ่นและการควบคุมดีขึ้น

หัวเจาะแบบควบคุมทิศทางได้ แบ่งออกเป็น 4 กลุ่มหลักๆได้แก่ หัวเจาะแบบทั่วไป (conventional shield) หัวเจาะแบบแรงอัดอากาศ (compressed air shield) หัวเจาะสว่าน (auger shield) และหัวเจาะห้องความดัน (pressure chamber shield) โดยแต่ละกลุ่มของ หัวเจาะมีรายละเอียดดังนี้

2.2.1.1 หัวเจาะแบบทั่วไป เรียกอีกชื่อว่าหัวเจาะแบบเปิด เพราะด้านหลังหัวเจาะมีช่องให้สัมผัสกับดินได้โดยตรง เป็นหัวเจาะที่ไม่ซับซ้อน ยืดหยุ่นและราคาถูก ใช้กับสภาพดินที่ คงตัวในการเจาะช่วงสั้นๆ หัวเจาะแบบนี้สามารถแบ่งย่อยได้เป็นแบบใช้มือ(manual) แบบหน้าปิด (blind) แบบกึ่งเครื่องจักร (semi-mechanical) และแบบเครื่องจักร (mechanical) ซึ่งถูกดัดแปลงเพื่อให้ควบคุมสมดุลของดินได้ดีขึ้น การเจาะเร็วขึ้นและปรับปรุงในส่วนการลำเลียงดินไปทิ้ง หัวเจาะแต่ละแบบมีรายละเอียดดังนี้

(1) หัวเจาะแบบใช้มือ ใช้กับท่อคอนกรีตขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 900 - 5,000 มม. และท่อรูปทรงอื่นเช่นรูปเกือกม้า รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าและรูปกล่อง โดยปกติใช้กับการดันที่ความยาวน้อยกว่า 200 เมตร

(2) หัวเจาะแบบหน้าปิด ใช้กับดินที่มีเนื้อเดียวกันและเป็น plastic soil (N values น้อยกว่า 3)ที่ส่วนหน้าของหัวเจาะมีแผ่นปิดและมีช่องเปิดประมาณ 2-10% ของพื้นที่ผิวหน้าทั้งหมด ซึ่งช่องเปิดมีไว้ให้ดินเข้ามาเมื่อทำการดัน ดินที่เข้ามาจะมีลักษณะคล้ายยาสีฟัน ควรใช้กับดินที่มีความซึมน้ำต่ำและมีความเชื่อมแน่น การใช้หัวเจาะต้องระวังไม่ให้เกิดแรงดันดินมากเกินไปจนเกิดการเคลื่อนตัวหรือการบวมตัวของดิน (heave) หัวเจาะแบบนี้เป็นต้นแบบของ หัวเจาะแบบสมดุลความดันดิน (earth pressure balance shield)

(3) หัวเจาะแบบกึ่งเครื่องจักร เป็นการเจาะที่มีการผสมผสานระหว่างการทำงานของแรงงานคนและเครื่องจักร

(4) หัวเจาะแบบเครื่องจักรพร้อมหัวตัดแบบหมุน หัวตัดแบบหมุนถูก ขับคลื่อนจากแกนหมุนหรือมอเตอร์ แขนหมุนจะติดใบพัดซึ่งทำหน้าที่กวาดและตัดดินออก แขนหมุนมีตั้งแต่ 2 ใบพัดจนถึง 6 ใบพัด ในการทำงานกับดินที่ไม่ค่อยคงตัว จะเปลี่ยนแบบ แขนหมุนมาใช้แบบแผ่นตัดเต็มหน้าที่มีช่องให้ดินผ่านเข้ามาในหัวเจาะ การใช้แบบแผ่นตัด เต็มหน้าจะช่วยรักษาสมดุลบริเวณหน้าหัวเจาะ การรักษาสมดุลนี้ทำได้โดยการที่มีการเคลื่อนที่ที่อิสระของใบพัดบนหัวเจาะและมีการหดกลับของหัวเจาะได้ซึ่งเป็นการทำสมดุลแรงดันดิน ปริมาณและความเร็วในการเจาะด้วยแผ่นตัดเต็มหน้าเกี่ยวข้องกับระบบการลำเลียงดินที่ตัดออกด้วย

หัวเจาะทุกประเภทที่จัดเป็นหัวเจาะแบบทั่วไปจะเหมาะกับการทำงานกับดินที่มีความเชื่อมแน่น รวมทั้งหิน ดินเหนียวและ silty clay ซึ่งอยู่ใต้ระดับน้ำใต้ดินและยังเหมาะกับดินที่ไม่มีความเชื่อมแน่นที่อยู่เหนือระดับน้ำใต้ดินด้วย แต่ขึ้นกับความดันของน้ำใต้ดิน ข้อดีของหัวเจาะแบบหน้าเปิดคือคนงานสามารถเข้าไปจัดการกับอุปสรรคที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติหรือที่เกิดจากการสร้างขึ้นได้

2.2.1.2 หัวเจาะแบบแรงอัดอากาศใช้ในการทำอุโมงค์ โดยการสร้างแรงดันต้านเพื่อต้านแรงดันจากดินและน้ำใต้ดิน ซึ่งการทำงานแบบนี้ได้นำมาใช้กับการดันลอดด้วย หัวเจาะและท่อ 2 หรือ 3 ส่วนแรกเท่านั้นที่อยู่ภายใต้แรงดันอากาศ ท่อส่วนอื่นและบ่อดันยังอยู่ภายใต้สภาวะอากาศปกติเมื่อดันท่อสลักจะยึดท่อให้ติดกันอย่างอัตโนมัติ แต่ถ้าอากาศมีน้อยและเกิดการสูญเสียอากาศอย่างทันทีทันใดจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความดันในการทำงานขึ้น ขั้นตอนการทำงานแบบใช้แรงอัดอากาศ เริ่มจากการตั้งตัวยึดที่ส่วนหัวของบ่อดัน ส่วนต่างๆในแนวท่อ หัวเจาะและที่ด้านล่างของบ่อดันจะอยู่ภายใต้แรงอัดอากาศและจะไม่อนุญาตให้คนงานทำงาน

ภายใต้แรงอัดอากาศ โดยบริเวณส่วนหัวเท่านั้นที่สามารถถอดตัวยึดออกได้ คนงานจะทำงานภายใต้สภาวะอากาศปกติในการบังคับเครื่องเจาะจะให้คนงานสังเกตผ่านแผ่นกระจกหรือกล้อง cctv และสามารถให้คนงานเข้าไปทำงานเช่นในกรณีเอาก้อนหินออกเป็นต้น ในการควบคุมจะให้ความดันอากาศคงที่ตลอดเวลา โดยปกติจะทำงานที่ระดับไม่ลึกและในบริเวณที่มีลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินซึ่งมีความไวจากการรบกวน ถ้าการควบคุมไม่ดีพอ อากาศจะออกตามช่องที่เปิดอยู่ คนงานจึงควรมีทักษะและความชำนาญในการทำงาน การทำงานภายใต้แรงอัดอากาศทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพได้จึงควรได้รับการตรวจสอบอย่างเข้มงวด

2.2.1.3 หัวเจาะสว่าน การเจาะดินใช้หัวเจาะแบบสว่านทำให้นำดินออกมาได้ ประเภทหลักๆของหัวเจาะแบ่งออกเป็น Flight auger head และ Full-face type โดย Flight auger head มีรูปทรงเกลียวพร้อมหัวตัดสำหรับตัดดินและการนำดินออก หัวเจาะสว่านสามารถแบ่งย่อยอีกเป็นแบบมาตรฐานและแบบใช้ความดัน ส่วนใหญ่จะใช้หัวเจาะแบบนี้กับท่อขนาดเล็ก

2.2.1.4 หัวเจาะแบบใช้ความดันเป็นหัวเจาะที่มีช่องบรรจุความดันอยู่หลังหน้าตัด ช่องบรรจุจะบรรจุน้ำ น้ำโคลนหรือดินเพื่อสร้างแรงดันต้านแรงดันดินและแรงดันน้ำ โดยไม่มีการสัมผัสกับหน้าดินโดยตรงและกระบวนการทุกอย่างจะควบคุมผ่านเครื่องควบคุมระยะไกล ในการทำงานกับท่อขนาดใหญ่ คนบังคับจะอยู่ที่แผงบังคับด้านหลังหัวเจาะ แต่ถ้าทำงานกับท่อขนาดเล็กแผงบังคับจะอยู่นอกอุโมงค์

เครื่องทำสมดุลแรงดันถูกออกแบบให้ทำงานในสภาวะดินที่ไม่คงตัวได้ ในทางปฏิบัติสามารถใช้ทำงานกับสภาวะดินส่วนใหญ่ได้ หัวเจาะแบบนี้มีการนำเครื่องบดมาประกอบด้วยเพื่อจัดการกับหินและอุปสรรคขนาดใหญ่ หัวเจาะประเภทนี้แบ่งย่อยออกได้ดังนี้

(1) หัวเจาะสมดุลแรงดันน้ำ (water pressure-balance shields)ที่ด้านหลังส่วนตัดดินเป็นช่องบรรจุน้ำเพื่อใช้สร้างแรงดันให้สมดุลกับแรงดันน้ำใต้ดินที่ระดับนั้นๆหัวเจาะนี้ถูกออกแบบสำหรับสภาวะดินเฉพาะ โดยปกติหน้าตัดแบบสว่านจะนำดินที่ตัดแล้วลำเลียงมาไว้ในช่องบรรจุน้ำซึ่งจะถูกผสมและปั๊มขึ้นสู่ผิวดิน ระบบแบบผสมน้ำแล้วนำไปทิ้งมีความซับซ้อนน้อยกว่าระบบผสมกับเบนโทไน (bentonite) แต่มีราคาสูงกว่า ปัจจุบันมีผู้ผลิตหัวเจาะสมดุลแรงดันน้ำซึ่งสามารถทำงานกับดินที่เป็นหินก้อนกลมและกรวดขนาดใหญ่ โดยมีเครื่องบดเพื่อลดขนาดหินจนมีขนาดเล็กก่อนนำเข้าสู่ห้องความดันและถูกปั๊มออกไปในรูปแบบน้ำโคลน สภาวะดินที่เหมาะกับเครื่องจักรประเภทนี้คือดินที่มีความเชื่อมแน่นที่มีหินก้อนกลม ทรายและกรวดผสมอยู่

(2) หัวเจาะสมดุลแรงดันน้ำโคลนเบนโทไน (bentonite slurry pressure balance shields) เริ่มใช้ในปี 1960 ในการเจาะอุโมงค์ต่อมาถูกนำมาใช้กับงานดันลอด ส่วนตัดดินเป็นแบบหน้าตัดเต็มหน้าซึ่งใช้แกนหมุน มีช่องให้วัสดุที่ขุดลำเลียงเข้าไปในห้องความดัน

ด้านหลังหัวเจาะ การลำเลียงถูกควบคุมโดยการควบคุมปริมาณดินที่เข้ามา ความดันในห้องความดันถูกตั้งให้สมดุลกับแรงดันน้ำใต้ดิน ความดันน้ำโคลนถูกควบคุมโดยการควบคุมการเข้าและออกของน้ำโคลน นอกจากจะใช้น้ำโคลนผสมกับเบนโทไนแล้ว ยังอาจใช้สารอื่นผสมแทนเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพ ส่วนตัดดินมีทั้งแบบแผ่นเรียบ แบบกลอง หรือแบบโดม บางรุ่นมีเครื่องบดหินเพื่อบดให้มีขนาดเล็กก่อนลำเลียงเข้าสู่ห้องความดัน

(3) หัวเจาะสมดุลแรงดันดิน (earth pressure balance shields ,EPBS) หัวเจาะแบบนี้ใช้ดินที่ขุดออกมาเป็นตัวสร้างแรงดันดิน ส่วนใหญ่จะใช้กับการขุดอุโมงค์ขนาดใหญ่ แต่ก็ถูกนำมาใช้กับงานดันลอด มีทั้งรุ่นแบบใช้แผ่นตัดกลมและแบบซี่ โดยแบบซี่มีพายนวดดินอยู่ที่ด้านหลังซี่ด้วย รูปแสดงดังรูปที่ 2.2 ในการทำงานดินที่ขุดจะถูกลำเลียงเข้าสู่ห้องด้านหลังโดยจะถูกทำให้เป็นมวลดินพลาสติกที่ไม่ซึมน้ำและใช้ในการสร้างแรงดันดินเบื้องต้น การลำเลียงดินออกจากห้องจะเป็นแบบสว่าน การควบคุมแรงดันและการลำเลียงดินออกทำได้หลายวิธี

รูปที่ 2.2 หัวเจาะแบบ EPBS พร้อมหัวตัดหิน
(ที่มา : Drainage Services Department, Hongkong, online)

(4) หัวเจาะความดันแบบผสม (combination pressure shields) เป็นการนำจุดเด่นของหัวเจาะแบบห้องความดันและแบบใช้สมดุลดินเข้าด้วยกัน ทำให้หัวเจาะรักษาความดันที่ระดับเหนือ active earth pressure แต่ต่ำกว่า passive earth pressure ซึ่งสามารถลดความเสี่ยงเรื่องการทรุดตัวและการบวมตัวของดิน

(5) หัวเจาะสมดุลความดันอากาศ (air pressure balance shields) มักใช้กับหัวเจาะอุโมงค์ขนาดใหญ่ ในการทำงานจะใช้อากาศในการสร้างแรงดันต้าน ข้อดีของหัวเจาะชนิดนี้คือดินที่ขุดเสร็จแล้วไม่ต้องทำให้เป็นน้ำโคลน

2.2.2 ส่วนตัดดิน(Spoil cutting)

ความเร็วของการดันลอดขึ้นอยู่กับความเร็วของการขุดและการนำดินออก การเลือกส่วนตัดดินที่เหมาะสมจึงเป็นสิ่งสำคัญ การเลือกใช้ส่วนตัดดินไม่เหมาะสมจะทำให้งาน เสียหายได้ การเลือกจึงขึ้นกับสภาวะดินและความยาวของการดัน ส่วนตัดดินสามารถจำแนกออกได้ดังต่อไปนี้

2.2.2.1 การขุดด้วยมือ (Manual excavation) เป็นวิธีที่ง่าย ใช้กับดินคงตัวและช่วงการทำงานไม่มากได้แก่การดันท่อใต้รางรถไฟและถนน ส่วนมากใช้กับช่วงความยาวไม่เกิน 100 เมตร การให้คนเข้าไปทำงานจะเหมาะสมเมื่อพบกับอุปสรรคที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติหรือสิ่งที่เกิดจากการสร้างขึ้น เนื่องจากได้ลงไปพิจารณา วิเคราะห์และจัดการกับอุปสรรคได้ แต่เมื่อให้คนลงไปทำงานจึงต้องคำนึงถึงความปลอดภัยเป็นสำคัญ

2.2.2.2 การขุดด้วยเครื่องจักร (Partially-mechanised excavation) จะใช้เครื่องจักรเช่น hydraulic backhoes , cutter loaders และ boom cutter arms ติดไว้ที่ด้านบนของหัวเจาะและที่ด้านล่างเป็นสายพานลำเลียงดินออก ข้อดีของการขุดแบบนี้คือมีการให้คนงานเข้าไปทำงานร่วมกับเครื่องจักรและสามารถทำงานได้กับสภาวะดินหลายประเภทและมีอัตราการทำงานค่อนข้างสูง สามารถใช้กับท่อขนาดเล็กและท่อขนาดใหญ่ได้

2.2.2.3 วงล้อและแขนหมุนตัด (Rotary cutting arms and wheels) เป็นอีกทางเลือกในการทำงานเพื่อเพิ่มอัตราการขุดในสภาวะดินที่ค่อนข้างคงตัว รูปแบบที่ง่ายที่สุดเป็นแบบแขนเดียวและหมุนจากตรงกลาง หัวตัดมีทั้งรูปพลั่ว สิ่ว ปุ่ม และแผ่นวงกลม ความสามารถของการขุดจะสัมพันธ์กับแรงหมุน (torque) และแรงขับดัน (thrust) อัตราการทำงานในดินเหนียวที่เป็นเนื้อเดียวกันและคงตัวอาจมากถึง 60 เมตรต่อวัน

2.2.2.4 ส่วนตัดแบบเต็มหน้า (full face machines) สามารถใช้กับหัวเจาะแบบเปิดหรือแบบใช้ความดันได้ ส่วนหัวอาจเป็นแบบแผ่นเรียบหรือรูปโดม และอาจยึดติดแน่นกับ หัวเจาะหรือเคลื่อนที่เข้าออกในแนวของหัวเจาะได้ ส่วนฟันตัดจะเรียงตัวอยู่ที่ส่วนหน้าซึ่งใช้สำหรับตัดดินอ่อนจนถึงดินแข็ง และดินที่ได้จากการดันจะผ่านช่องเล็กๆซึ่งอยู่ที่หน้าหัวเจาะ

2.2.2.5 หัวตัดบด (Crushing heads) ใช้เมื่อพบกับหิน ลักษณะการทำงานจะนำหินเข้ามาในหัวเจาะและทำการบดให้เล็กลง หัวตัดบดที่ใช้มี 2 ประเภทคือ แบบ cone crusher head และ crusher chamber หน้าที่ที่เหมือนกันของหัวตัดบดทั้ง 2 ประเภทคือทำให้มีขนาดเล็กลงก่อนถูกลำเลียงออกในลักษณะของน้ำโคลน

2.2.2.6 หัวตัดหิน(Rock heads) หัวตัดหินสามารถทำงานกับหินที่มีความแข็งมากกว่า 100 mN/m^2 ใช้งานได้ดีกับเครื่องเจาะอุโมงค์ขนาดใหญ่

2.2.3 ส่วนลำเลียงดินออก

ดินที่ขุดจะถูกลำเลียงออกจากท่อไปที่บ่อดันและขึ้นสู่ผิวดิน โดยทั่วไปกระบวนการลำเลียงดินออกนี้เป็นขั้นตอนที่อาจทำให้วงรอบการทำงานวิกฤตและเป็นสิ่งสำคัญที่ส่งผลต่ออัตราเร็วในการทำงาน ระบบลำเลียงดินต้องสอดคล้องกับปริมาณการขุดของหัวเจาะและความยาวที่ทำการดัน ระบบการลำเลียงดินมีหลายวิธีดังนี้

2.2.3.1 การลำเลียงออกโดยล้อหรือราง ใช้สำหรับการดันช่วงสั้นๆและให้คนเข้าไปทำงานได้แต่เป็นวิธีที่เหนื่อยและต้องสร้างแรงจูงใจในการทำงานแก่คนงาน เมื่อระยะการดันประมาณ 250 เมตรจะใช้ระบบชักรอกช่วยในการลำเลียง ถ้าระยะการดันเพิ่มขึ้นอาจใช้ระบบรางเข้ามาช่วยในการทำงาน และเพื่อเป็นการประหยัดพื้นที่ที่ใช้ในการทำงานในท่ออาจใช้ตะกร้าติดล้อกลมให้ตะกร้าวิ่งมาตามแนวท่อ การใช้ตะกร้าทำให้สามารถลำเลียงดินออกได้เป็นจำนวนมากและถูกนำขึ้นมาทิ้งที่บ่อดันโดยใช้เครนยกตะกร้าที่บรรจุดินออกไปทิ้ง

2.2.3.2 การลำเลียงออกโดยสายพาน จะไม่ใช้สายพานลำเลียงตลอดการเคลื่อนย้ายทั้งหมดเนื่องจากต้องใช้สายพานที่มีพื้นที่หน้าตัดขนาดใหญ่ โดยปกติขณะลำเลียงดินนั้นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้คือมีดินตกหล่น ซึ่งจะทำให้การทำงานช้าลงและไม่ปลอดภัยโดยเฉพาะในพื้นที่การทำงานที่จำกัด

2.2.3.3 การลำเลียงออกโดย positive displacement pump ดินจากการขุดจะถูกนำเข้าสู่รางผสมและผสมจนมีเนื้อสม่ำเสมอและเติมน้ำ น้ำโคลนเบนโทไน หรือโพลิเมอร์จำนวนเล็กน้อยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการปั๊ม จากนั้นสายพานหมุนควงจะลำเลียงวัสดุที่ผสมแล้วเข้าสู่ปั๊มและปั๊มน้ำโคลนออกด้วยความดันต่อไป ดินที่ถูกผสมแล้วต้องมีความสม่ำเสมอคล้ายคอนกรีตเปียกและมีความหนาแน่นอย่างน้อย 400 kg/m^3

2.2.3.4 การลำเลียงออกโดยระบบปั๊มน้ำโคลน (slurry pumping) ระบบการทำงานประกอบด้วยท่อลำเลียงโคลน (mud) ซึ่งลำเลียงโคลนเข้าสู่บ่อตกตะกอนที่อยู่หลังหัวเจาะและมีท่อสำหรับลำเลียงน้ำโคลนออก โดยที่โคลนคือของเหลวซึ่งถูกกำหนดไว้ใช้กับดินที่จะถูกขุดออกมา และน้ำโคลนคือโคลนที่ผสมกับวัสดุที่ถูกขุดออกมาจากหัวเจาะ ระบบปั๊มน้ำโคลนนี้ใช้ได้กับดินหลายประเภท เพื่อให้การทำงานมีประสิทธิภาพจะต้องพิจารณาเลือกขนาดท่อ ความเข้มข้นของน้ำโคลนและความเร็วชลศาสตร์ให้เหมาะสม ความเร็วที่ใช้ควรมากกว่าความเร็ววิกฤต และควรมีเครื่องวัดอัตราการไหลและความหนาแน่นของน้ำโคลนด้วย ที่บ่อดันต้องมีวาล์วปิดเพื่อให้

ความดันในท่อลำเลียงคงที่และต้องเพิ่มความยาวของท่อลำเลียงเมื่อเพิ่มท่อใหม่เข้าไปอย่างรวดเร็ว ท่อลำเลียงเข้าและท่อลำเลียงออกมีรอยต่อซึ่งมีความยืดหยุ่นจึงทำให้สามารถเคลื่อนที่ได้ตามการเคลื่อนตัวของท่อขณะดันท่อ

2.2.3.5 การลำเลียงออกโดยสายพานหมุนควง (screw conveyors) เป็นวิธีที่ใช้กันมากในงานขุดอุโมงค์ขนาดเล็ก เมื่อนำมาใช้กับงานดันลอดจะมีข้อจำกัดคือการลำเลียงวัสดุจำนวนมากออกไปตามแนวท่อที่ยาวจะใช้พลังงานมากซึ่งอาจสร้างความเสียหายแก่บ่อดันได้ การใช้งานจึงควรคำนึงถึงปริมาณของวัสดุที่เข้ามาไม่ให้มีปริมาณมากเกินไปจนเป็นสาเหตุทำให้ แรงเสียดทานเพิ่มขึ้นและเกิดการติดขัดขึ้น ระบบนี้ส่วนมากใช้กับหัวเจาะแบบสมดุลแรงดันดิน โดยใช้ในช่วงสั้นๆสำหรับลำเลียงดินจากห้องความดันไปสู่ระบบการลำเลียงออก

2.2.3.6 การลำเลียงออกโดยสุญญากาศ (vacuum extraction) การนำมาใช้กับงานดันลอดยังไม่แพร่หลายและไม่ประหยัด ในการทำงานจะทำการดูดวัสดุมาตามแนวท่อและปล่อยออกสู่ถังเก็บ ประเภทของวัสดุที่ใช้กับระบบนี้ยังมีไม่มากนัก ถ้านำมาใช้กับดินที่มีความเชื่อมแน่นจะเกิดการอุดตันในท่อและถ้ามีน้ำมากเกินไปจะทำให้เกิดปัญหาขึ้นได้

2.2.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการดัน

2.2.4.1 เครื่องดันท่อ (Jacking rigs) ส่วนประกอบหลักๆของเครื่องดันท่อได้แก่แม่แรง(jacks or rams) โครงดัน(framework) แหวนรอง (thrust ring) ส่วนใหญ่แม่แรงเป็นรูปทรงกระบอก โครงดันทำหน้าที่ช่วยแม่แรงในการออกแรงดันและถ่ายแรงดันไปสู่กำแพงต้าน และสู่แหวนรองด้วย ความเร็วของการดันต้องสอดคล้องกับความเร็วของการขุด เครื่องดันต้องติดตั้งง่ายและทำงานได้ตามหน้าที่ บางเครื่องมีแหล่งพลังงานซึ่งเป็นพลังงานไฟฟ้าหรือพลังงานกลโดยให้พลังงานแก่อุปกรณ์ต่างๆ แม่แรงจะออกแรงปลอดภัยในการดันท่อไปทีละท่อน แม่แรงสามารถ หดกลับได้ พลังงานที่ให้แก่แม่แรงจะต้องเพียงพอแก่จำนวนและขนาดของแม่แรงและความเร็วในการดันด้วย

2.2.4.2 เครื่องช่วยดัน (Intermediate jacking station , IJSs) ใช้เสริมแรงดันที่ดันจากบ่อดัน การดันช่วงยาวหรือทำการดันท่อในกับดินที่ดันยากจะใช้แรงดันเกินแรงปลอดภัยจึงจำเป็นต้องกระจายแรงไปตามตำแหน่งต่างๆเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการกระทำของแรงที่จุดๆหนึ่ง หลักการทำงานของเครื่องช่วยดันจะใช้ท่อส่วนหลังทำหน้าที่เสมือนส่วนต้านเพื่อให้เกิดแรงในการดันแนวท่อด้านหน้าให้เคลื่อนที่ แม่แรงที่ใช้ในเครื่องช่วยดันต้องเป็นแบบดันครั้งเดียวและเพื่อให้การกระจายแรงสม่ำเสมอจึงควรใช้แม่แรงแบบทรงกระบอก นอกจากนี้ควรมีการวางแผนเกี่ยวกับตำแหน่งของเครื่องช่วยดันไว้ล่วงหน้าก่อนเริ่มดันท่อด้วย

รูปที่ 2.3 เครื่องช่วยดัน (ที่มา : Purdue University, Division of Construction Engineering & Management, online)

2.2.5 บ่อดันและบ่อรับท่อ

บ่อดันและบ่อรับอาจทำเป็นบ่อชั่วคราวที่ใช้เหล็กตอกกันดินและมีค้ำยันด้านใน หรือทำเป็นบ่อถาวรที่ทำเป็นบ่อคอนกรีต(นพดล, 2544) การก่อสร้างบ่อคอนกรีตแบบขุดดินแล้ววางบ่อที่ทำเสร็จแล้วลงไปอาจเกิดปัญหาการเอียงของบ่อได้ จึงอาจใช้การหล่อผนังท่อเป็นส่วนๆหรือใช้ชิ้นส่วนที่หล่อสำเร็จมาประกอบกันในที่ก็ได้ รูปทรงบ่อดันและบ่อรับท่อนี้มีได้หลายรูปทรงเช่นบ่อสี่เหลี่ยม บ่อวงกลมหรือเป็นบ่อรูปทรงอื่นๆซึ่งขึ้นอยู่กับทิศทางของแนวท่อ การออกแบบ บ่อดันต้องคำนวณความหนาของกำแพงและพื้น และความลึกของปลายกำแพงเพื่อให้บ่อมีความแข็งแรงเพียงพอ และมีเสถียรภาพต่อแรงกระทำด้านข้างจากดินและน้ำใต้ดิน หรือแรงยกตัวของน้ำใต้ดินและการบวมตัวของดิน(heave)ที่พื้นบ่อในระหว่างการก่อสร้าง บ่อดันต้องมีความกว้างเพียงพอกับความยาวท่อและแม่แรงดันท่อ นอกจากนี้ต้องออกแบบกำแพงรับแรงดันและกำแพงบ่อให้สามารถรับแรงกระทำจากแม่แรงดันท่ออีกด้วย

2.2.6 ท่อดัน

ท่อดันมีทั้งท่อคอนกรีตและท่อเหล็ก แล้วแต่จุดประสงค์ในการใช้งาน การออกแบบท่อดันต้องออกแบบผนังท่อให้สามารถต้านทานแรงกระทำจากดินและน้ำหนักที่กดอยู่เหนือท่อรวมทั้งน้ำใต้ดินด้านนอกท่อซึ่งจะคำนวณในกรณีที่ท่อว่าง และแรงกระทำจากน้ำหรือของเหลวภายในท่อในระหว่างการใช้งานด้วย นอกจากนี้ต้องออกแบบผนังท่อบริเวณรอยต่อท่อให้มีลักษณะเหมาะสมและแข็งแรงเพียงพอต่อแรงกดจากแม่แรงหรือแรงกดจากท่อข้างเคียงในระหว่างการดันและต้องออกแบบรอยต่อระหว่างท่อดันให้สามารถป้องกันน้ำใต้ดินที่อาจซึมเข้ามาตามรอยต่อด้วย

2.2.7 การดันท่อ

ในการดันท่อจะต้องควบคุมการเจาะดินและควบคุมแม่แรงเพื่อให้แรงดันอยู่ในระดับที่เหมาะสม และต้องควบคุมไม่ให้ดินเคลื่อนตัวและยุบตัวจนสร้างความเสียหายได้ โดยปกติวิธีดันท่อลอดจะก่อให้เกิดการเคลื่อนตัวของดินน้อยกว่าวิธีการเจาะอุโมงค์ เพราะไม่มีช่องว่างเกิดขึ้นบริเวณด้านนอกท่อเหมือนงานเจาะอุโมงค์ การเคลื่อนตัวอาจเกิดขึ้นสูงได้ในกรณีที่ดันท่อไปเจอสิ่งกีดขวาง นอกจากนี้บริเวณที่มีโอกาสเกิดการเคลื่อนตัวของดินสูงคือบริเวณจุดดันท่อออกจากบ่อดันและจุดดันท่อเข้าบ่อรับ(นพดล, 2544) รูปการดันท่อแสดงดังรูปที่ 2.4

ในกรณีที่มีแรงต้านจากดินมากๆ จะฉีดสารหล่อลื่นผ่านท่อออกไปเคลือบผนัง รอบนอกท่อเพื่อลดแรงต้านของดิน ซึ่งจะต้องทำการเตรียมท่อฉีดไว้ในท่อและต้องเลือกใช้ชนิดของสารหล่อลื่นให้เหมาะสมกับชนิดดิน ชนิดสารหล่อลื่นที่ใช้ ได้แก่ น้ำ เบนโทไนท์ และโพลิเมอร์ เป็นต้น

รูปที่ 2.4 การดันท่อโดยแม่แรงจากบ่อดันที่ทำจากแผ่นกันดิน

(ที่มา : Drainage Services Department, Hongkong, online)

2.3 โครงการและงานวิจัยเกี่ยวกับงานดันท่อลอดในต่างประเทศ

2.3.1 การดันท่อลอดในประเทศสหรัฐอเมริกา

Drennon (1979) ได้รวบรวมกระบวนการที่ทำในงานดันลอดในประเทศสหรัฐอเมริกาไว้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.3.1.1 ลักษณะการทำงาน บ่อดันและบ่อรับจะขึ้นกับสภาวะดินที่พบ โดยให้มีขนาดเพียงพอสำหรับการทำงาน มีการแนะนำให้ใช้บ่อดันขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8.5 เมตร ในการทำงานอาจฉีดเบนโทไนเข้าไปที่ช่องว่างระหว่างท่อด้านนอกกับดินเพื่อลดแรงเสียดทานของดิน การลำเลียงดินออกในท่อขนาดเล็กทำโดยการใช้รางซึ่งใช้การขับเคลื่อนด้วยมือและใช้ระบบการลำเลียงที่ดีขึ้นกับท่อขนาดที่ใหญ่ขึ้น

2.3.1.2 ท่อดัน ท่อที่ใช้ไม่ได้ทำจากคอนกรีตกำลังสูงแต่เป็นท่อคอนกรีตเสริมเหล็กที่ผนังท่อหนา ท่อขนาดเล็กที่ใช้มีขนาด 450 มม. ส่วนท่อขนาดใหญ่มีขนาด 3,350 มม. โดยทั่วไปท่อที่ใช้ในงานดันลอดจะมีขนาด 1,700 - 2,750 มม. ท่อขนาดใหญ่มากจะมีปัญหาการขนส่งเคลื่อนย้าย โดยปกติท่อที่ใช้ยาว 2.4 เมตร แต่ท่อขนาดใหญ่อาจมีความยาวมากกว่าได้และเสริมเหล็กที่พิเศษกว่าท่อปกติ การแตกร้าวของท่อเป็นปัญหาที่พบในการทำงานซึ่งอาจเกิดจากการดันในแนวที่คลาดเคลื่อน รอยต่อระหว่างท่อถูกยึดโดยประเก็นแหวนรูปวงกลมซึ่งทำจากไม้อัดและใช้หลายแผ่นเพื่อช่วยในการกระจายแรงที่รอยต่อ นอกจากท่อรูปวงกลมที่ใช้กันยังใช้ท่อรูปแบบอื่นเช่นท่อรูปกล่องขนาด 2.4 เมตร x 1.2 เมตร ยาวท่อนละ 2.4 เมตร ตลอดแนวท่อยาว 91 เมตร เป็นต้น

2.3.1.3 เครื่องดันท่อ จะให้แรงดัน 200 - 250 ตัน ระยะการดัน 2.4 - 2.9 เมตร ความดันตั้งแต่ 7,000 - 35,000 kN/m^2 โดยขึ้นอยู่กับแรงเสียดทานของดินและจะใช้แม่แรง 4 - 6 ตัวยึดกับโครงดันในการทำงาน สำหรับท่อขนาดเล็กจะใช้แม่แรงเพียง 2 ตัว ถ้าใช้แม่แรง 6 ตัวจะใช้แม่แรง 2 ตัวกับส่วนบนของท่อและใช้อีก 4 ตัวกับส่วนล่างของท่อ

2.3.1.4 หัวเจาะ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวเจาะหรือเครื่องเจาะอุโมงค์จะต้องใหญ่กว่าขนาดภายนอกของท่อดันซึ่งอยู่ด้านหลังหัวเจาะ โดยปกติระหว่างท่อดันกับดินจะมีช่องว่างขนาด 75 - 150 มม. การดันลอดในปัจจุบันสามารถดันช่วงความยาวมากๆได้ โดยที่ Detroit และ Cleveland มีความยาวระหว่างบ่อ 430 เมตรและบางโครงการยาวถึง 640 เมตร เครื่องเจาะอุโมงค์จะเหมาะกับหัวตัดแบบหมุนซึ่งขณะหัวตัดหมุนนั้น ท่อจะหมุนตามซึ่งการหมุนทำให้แนวท่อไม่อยู่นิ่งจึงทำให้การดันท่อง่ายขึ้น

2.3.1.5 สารหล่อลื่นที่ใช้ อาจฉีดสารหล่อลื่นจากรูที่เจาะจากผิวดินตามแนวท่อซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ก่อนนำเลเซอร์มาใช้ในการควบคุมแนวซึ่งรูที่เจาะจากผิวดินนี้เป็นวิธีควบคุมแนวท่อในอดีต ปัจจุบันจะฉีดสารหล่อลื่นจากช่องที่อยู่ภายในท่อดันและจะฉีดจนเต็มช่องว่างระหว่างดินกับท่อ โดยการสังเกตว่าเต็มช่องว่างนั้นสังเกตได้จากดินที่ถูกขุดออกมาจากหัวเจาะหรือการที่ไม่สามารถฉีดเข้าไปได้อีก ปั๊มที่ใช้ในการปั๊มเบนโทไนซึ่งใช้เป็นสารหล่อลื่นอาจอยู่ที่ผิวดินหรือที่ หัวเจาะก็ได้ ถ้าตำแหน่งที่ฉีดสารหล่อลื่นอยู่ที่ตำแหน่งท่อท่อนที่ 3 นับจากหัวเจาะจะทำให้การทำงานมีประสิทธิภาพมากที่สุด

2.3.1.6 เครื่องช่วยดัน เป็นเหล็กทรงกระบอกที่มีแม่แรง 4 - 6 ตัว สามารถให้แรงดัน 50 - 100 ตัน เครื่องช่วยดันใช้ดันท่อที่อยู่ติดกับเครื่องให้เคลื่อนที่ไปข้างหน้า ส่วนมากจะใช้เครื่องช่วยดันเมื่อช่วงความยาวมากกว่า 150 เมตร

2.3.1.7 การควบคุมแนวท่อ การใช้เลเซอร์เป็นวิธีที่ใช้ควบคุมแนวและระดับที่ใช้กันกว้างขวาง การทำงานกับสภาวะการทำงานที่ไม่ดีต้องมีการควบคุมแนวที่แม่นยำ เลเซอร์จะเกิดความคลาดเคลื่อนขึ้นที่ระยะประมาณ 300 เมตรจากบ่อดัน โดยทั่วไปจะควบคุมการทำงานเป็นพิเศษเมื่อห่างจากบ่อดัน 200 - 230 เมตร

2.3.1.8 การเลือกวิธีดัน ดินที่เหมาะกับการทำงานมากที่สุดคือดินเหนียวที่มีกำลังรับแรงอัดอย่างต่ำ 96 kN/m^2 ถ้ามี silt หรือทรายปะปนในดินเหนียวจำนวนมากจะทำให้การทำงานยากขึ้นเนื่องจากมีแรงเสียดทานสูง ดินเหนียวที่แน่นตัวมากจะเกิดปัญหาความ คลาดเคลื่อนของแนวท่อได้ นอกจากนี้อาจใช้การปรับปรุงประสิทธิภาพดินด้วยสารเคมีเพื่อเป็นทางเลือกเมื่อต้องทำงานกับ silt หรือทรายที่ผสมในดิน การดันท่อสามารถทำได้เมื่อมีดินอยู่เหนือแนวท่อเพียงเล็กน้อยหรือเมื่อความลึกเกิน 30 เมตรได้และมีการรายงานว่าเกิดการทรุดตัวเล็กน้อยในการทำงานกับดินหลายประเภท ช่องว่างที่อยู่ใกล้ผิวดินสามารถทำให้เกิดการทรุดตัวได้แต่อาจป้องกันการทรุดตัวที่อาจเกิดขึ้นได้โดยใช้เบนโทไนฉีดเข้าไปในช่องว่าง

2.3.2 การดันท่อลอดในทวีปยุโรป

Clarkson และ Thomson (1982) ได้รวบรวมข้อมูลการทำงานเกี่ยวกับงานดันลอดในประเทศอังกฤษและในยุโรป โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.3.2.1 ลักษณะการทำงาน ในยุโรปตะวันตกมีบริษัทที่เชี่ยวชาญงานดันท่อมากกว่า 100 บริษัทและเป็นงานที่มีปริมาณงานมากและโครงการใหญ่ ในประเทศเยอรมันการดันท่อกลมในช่วงยาวมีการพัฒนามากกว่าประเทศอังกฤษ การดันลอดที่ทำในยุโรปและอเมริกามีลักษณะการทำงานเหมือนกันแต่มีความแตกต่างกันเฉพาะเครื่องจักรที่ใช้และวิธีการใช้

2.3.2.2 บ่อดันและบ่อรับ ขนาดที่ใช้มีหลายขนาดแต่ต้องเหมาะสมกับเครื่องจักรที่ใช้และสภาพการจราจรที่หนาแน่นซึ่งเกิดขึ้นในหลายประเทศในยุโรป ขนาดของบ่อดันระหว่าง 7 - 9 เมตรมีใช้ไม่มากนัก ท่อและเครื่องจักรถูกออกแบบให้ทำงานได้กับบ่อดันซึ่งส่วนใหญ่มีขนาด 3 เมตรและนอกจากนี้มีการใช้วิธีจมบ่อเพื่อทำบ่อดันสำหรับบ่อขนาด 3 - 4 เมตรอีกด้วย

2.3.2.3 ผนังต้านแรงดัน การทำงานครั้งเริ่มแรกได้ออกแบบกำแพงต้านอย่างง่ายๆ แต่เกิดความเสียหายขึ้นเนื่องจากนำไปใช้กับสภาวะดินที่ไม่เหมาะสม ส่วนใหญ่จะใช้กำแพงต้านแบบตั้งในแนวดิ่งแต่อาจใช้กำแพงต้านรูปแบบอื่นๆเพื่อให้เหมาะสมกับการทำงานที่เฉพาะขึ้นเช่น แบบแผ่นพื้นวางบนดินซึ่งมีตัวยึดที่ทำจาก ground anchors หรือ shear keys จนถึงแบบเสาเข็มคอนกรีต เสาเหล็กรูปคานยื่น เป็นต้น

2.3.2.4 เครื่องจักร ในยุโรปมีผู้ขายเครื่องจักรเป็นจำนวนมากซึ่งเป็นเครื่องจักรจำพวกเครื่องดัน แม่แรงและหัวเจาะ แต่ส่วนใหญ่ผู้ผลิตจะออกแบบและพัฒนาเครื่องจักรให้เหมาะกับสภาพการทำงานในกรณีที่ผู้ผลิตเกี่ยวข้องเท่านั้น

2.3.2.5 ท่อดัน ใช้ท่อคอนกรีตขนาดตั้งแต่ 0.8 - 5 เมตร ท่อส่วนใหญ่ผลิตแบบคอนกรีตหมุนเหวี่ยง(spun type) และผลิตตามมาตรฐานของแต่ละประเทศ ความหนาท่อและการเสริมเหล็กเป็นไปตามข้อกำหนดของงาน ส่วนใหญ่ผลิตตามข้อกำหนดของ British Pipe Jacking Association ซึ่งกำหนดให้ท่อยาว 2.4 เมตรแต่บางประเทศในยุโรปใช้ท่อที่มีความยาว 3.7 เมตร รอยต่อท่อของประเทศอังกฤษใช้วงแหวนซึ่งทำจากยางฝังภายในรอยต่อท่อ รอยต่อของประเทศเยอรมันใช้แผ่นเหล็กปิดที่ด้านนอกท่อเมื่อดันท่อส่วนถัดมาเข้าจะสวมเข้าพอดีโดยจะมียางปิดอยู่ข้างในรอยต่อ รอยต่อของประเทศฝรั่งเศสใช้แผ่นเหล็กทรงกระบอกฝังตามเส้นผ่านศูนย์กลางท่อโดยทำหน้าที่เหมือนเป็นเหล็กเสริมและเชื่อมแผ่นเหล็กของท่อส่วนหน้าและส่วนถัดมาเข้าด้วยกันแล้วพอกมอร์ต้าปิดทับ นอกจากนี้ท่อคอนกรีตแล้วยังใช้ท่อประเภทอื่นๆในการทำงานเช่นท่อเหล็กที่เคลือบสารป้องกันการสึกกร่อน ท่อไฟเบอร์กลาสและท่อคอนกรีตอัดแรง

2.3.2.6 เครื่องช่วยดัน จะใช้เมื่อต้องพบกับสภาพดินที่เปลี่ยนแปลงทันทีซึ่งเครื่องช่วยดันจะช่วยออกแรงดันเพิ่มเติมเข้ามาแก่ระบบ ในการดันช่วงยาวกระบวนการทำงานของเครื่องช่วยดันจะทำให้อัตราการทำงานดันท่อช้าลงเนื่องจากมีการทำงาน 2 ขั้นตอนคือขั้นตอนจากแม่แรงที่บ่อดันและขั้นตอนการดันจากเครื่องช่วยดัน สมัยก่อนเมื่อยังไม่มีการผลิตเครื่องช่วยดันประเทศอังกฤษสามารถดันท่อได้ยาว 100 เมตร ปัจจุบันเมื่อใช้เครื่องช่วยดันสามารถดันได้เกิน 1,000 เมตรจากบ่อดันและสามารถดันในแนวโค้งดิ่งและราบได้

2.3.2.7 หัวเจาะ มีใช้ทั้งแบบง่ายจนถึงแบบซับซ้อนมากเช่น แบบใช้เบนโทไนหรืออากาศ หัวเจาะสามารถทำงานได้อย่างอิสระเพื่อปรับระดับ แนวท่อและความลึกในการเจาะ ความแตกต่างของหัวเจาะระหว่างยุโรปกับอเมริกาคือหัวเจาะของยุโรปจะมีขนาดพอดีกับเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของท่อท่อนแรกซึ่งอาจทำให้เกิดแรงเสียดทานระหว่างท่อกับดินสูงแต่สามารถลดปัญหาการทรุดตัวได้

2.3.2.8 ส่วนตัดและการลำเลียงดินออก ในการทำงานช่วงสั้นๆจะใช้แรงงานขุด ปัจจุบันได้นำส่วนตัดแบบเครื่องจักรมาใช้ในการทำงาน ความแตกต่างระหว่างการทำงานของยุโรปและอเมริกาคือในยุโรปไม่สามารถหาสภาวะดินที่มีเนื้อเดียวกันที่เหมาะกับการใช้ส่วนตัดแบบเต็มหน้าได้ ดังนั้นความสำเร็จในการดันท่อของยุโรปจึงน้อยกว่าอเมริกา

2.3.2.9 การควบคุมแนวท่อ ใช้ระบบเลเซอร์ควบคุมแนวและระดับ โดยปกติพบว่าความคลาดเคลื่อนของแนวและระดับประมาณ 30 มม.

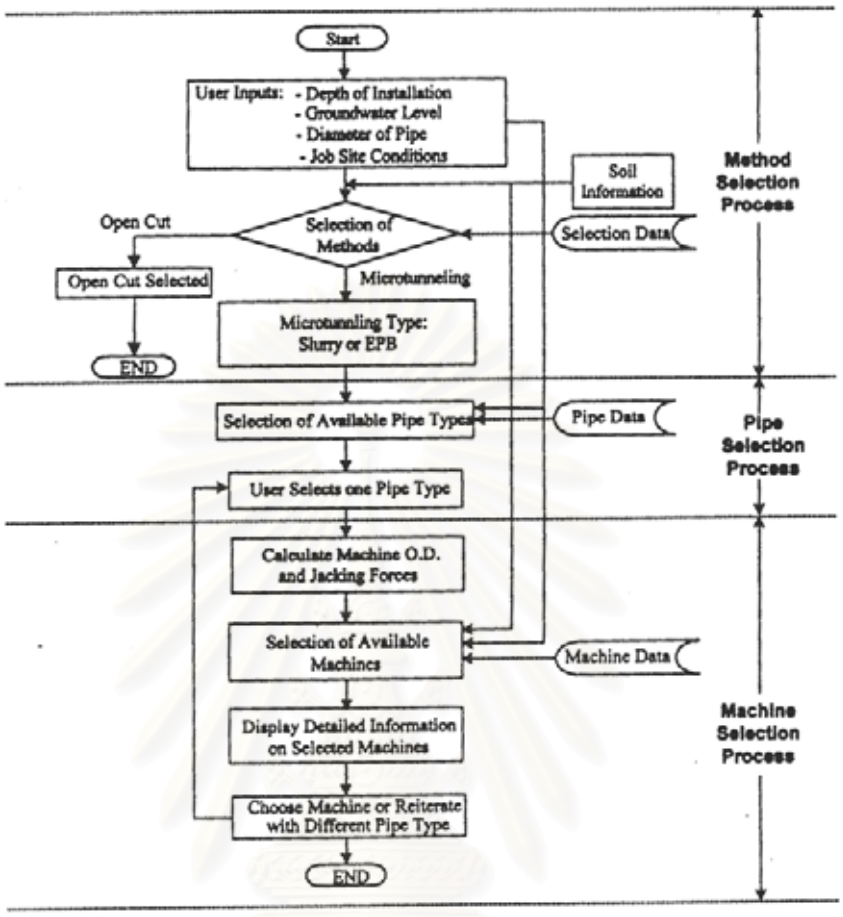
2.3.2.10 สภาพดิน การทำงานในสภาวะดินที่ทำงานยากมากจะใช้การทำงานแบบแรงอัดอากาศโดยอาจควบคุมอากาศที่ส่วนหน้าหรือทั้งระบบก็ได้ซึ่งรวมถึงบ่อดันด้วย การควบคุมอากาศที่ส่วนหน้าเป็นแบบที่ใช้กันมาก อากาศจะถูกควบคุมในแนวท่อจากหัวเจาะและส่วนต่อมาเท่านั้น การทำงานแบบแรงอัดอากาศสามารถใช้วิธีปั๊มน้ำโคลนในการเคลื่อนย้ายดินได้ นอกจากนี้ยังมีการใช้หัวเจาะสมดุลน้ำโคลนในการทำงานแต่พบปัญหาเรื่องการควบคุมอัตราการขุดและการดันให้สมดุลกัน และปัญหาที่พบอีกประการหนึ่งคือการเปลี่ยนแปลงของสภาวะดินอย่างรวดเร็วจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความดันดินส่งผลให้เกิดการทรุดตัวหรือการบวมตัวของดิน แต่สามารถแก้ไขปัญหานี้โดยการใช้ระบบห้องน้ำโคลนเพื่อให้สร้างแรงดันต้านแรงดันจาก น้ำใต้ดิน ช่องที่ให้ดินเข้าสามารถปรับเปลี่ยนขนาดได้อย่างอัตโนมัติโดยถ้าหัวเจาะเคลื่อนที่เร็วกว่าส่วนตัด ช่องเปิดจะขยายจนส่วนตัดทำงานได้สัมพันธ์กับความเร็วของหัวเจาะ แต่ถ้าส่วนตัดทำงานเร็วกว่าหัวเจาะ ช่องเปิดจะเล็กลงจนอัตราการทำงานของส่วนตัดสัมพันธ์กับหัวเจาะ

2.3.3 การพัฒนาโปรแกรมเลือกวิธีการวางท่อ

Ueki , Haas และ Seo (1999) ได้พัฒนาโปรแกรมช่วยเลือกวิธีเจาะอุโมงค์ขนาดเล็กให้มีความเหมาะสมกับสภาวะที่ต้องเผชิญในประเทศสหรัฐอเมริกา เพื่อใช้ตัดสินใจเลือกวิธีที่เหมาะสมโดยใช้เวลาเพียงเล็กน้อย ง่ายต่อการใช้และเป็นขั้นตอน โดยใช้ข้อมูลจากแนวทางข้อกำหนดจากผู้ขายเครื่องเจาะและผู้ขายท่อ และโดยการสัมภาษณ์จากผู้เชี่ยวชาญ

โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นเขียนจาก Microsoft Excel โดยการนำข้อมูลและเกณฑ์การตัดสินใจป้อนเข้าไปในตารางฐานข้อมูลซึ่งเป็นแบบ spreadsheet ซึ่งมีความเหมาะสมกว่าการใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญ (expert system) โปรแกรมมีหน้าจอแสดงข้อความถามตอบ ผลคำตอบที่ออกมาจะแสดงวิธีที่ควรใช้และประเภทเครื่องจักรที่ควรเลือก โปรแกรมนี้มีการทดสอบสมมุติฐานและเปรียบเทียบผลคำตอบกับวิธีที่ใช้จากกรณีในอดีต

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.5 ผังงานแสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม (ที่มา : Ueki, Haas and Seo,1999)

การทำงานของโปรแกรม มีรายละเอียดดังนี้

(1) กรอกข้อมูลเกี่ยวกับโครงการ เช่น ความลึกจากผิวดินถึงท้องท่อ ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อ ระยะการดัน ระดับน้ำใต้ดินซึ่งวัดจากผิวดิน สภาพโครงการ (เช่นทำในถนนที่ติดขัด การกีดขวางจากสาธารณูปโภคชนิดอื่น ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ทำงานลอดใต้ถนน หรือสภาวะดินที่มีสิ่งสกปรกเจือปน) ข้อมูลดิน (เช่นเป็นทรายอัดแน่น ทรายแน่นปานกลาง ทรายหลวม ดินแข็ง ดินแข็งปานกลาง ดินอ่อน หรือหิน) และขนาดอุปสรรคที่กีดขวาง (เช่น ไม่มีสิ่ง กีดขวาง มีสิ่งกีดขวางขนาดประมาณ 1/3 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของท่อ และมีสิ่ง กีดขวางขนาดใหญ่กว่า 1/3 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของท่อ)

(2) ทำการพิจารณาว่าควรใช้วิธีเจาะอุโมงค์ขนาดเล็กหรือวิธีขุดเปิด โปรแกรมจะทำการเลือกโดยใช้เกณฑ์ 3 อย่างคือ ความลึก ระดับน้ำใต้ดินและสภาพโครงการ แต่ละปัจจัยจะนำไปสร้างขอบเขตการเลือกที่เหมาะสม ดังต่อไปนี้

(ก) จากความลึกที่ผู้ใช้กรอกคือเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของท่อและความลึกของท้องท่อ โปรแกรมจะนำค่าทั้งสองนี้ไปสร้างเป็นปัจจัยใหม่คือความสูงโดยประมาณของสิ่งที่ปกคลุมและอัตราส่วนระหว่างสิ่งที่ปกคลุมต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง โดยการใช้ปัจจัยดังกล่าวทำให้จำแนกช่วงคำตอบตามความลึกได้ดังนี้

- ช่วงที่ 1 คือช่วงที่ความสูงของสิ่งปกคลุมเท่ากับ 1.5 เมตรและอยู่เหนือเส้นอัตราส่วนระหว่างสิ่งที่ปกคลุมต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 3 ให้ผลคำตอบว่าต้องใช้วิธีเสริมเพื่อให้สามารถใช้วิธีเจาะอุโมงค์ขนาดเล็กได้เช่นการฉีดด้วยสารเคมีเข้าไปในดิน

- ช่วงที่ 2 คือช่วงความลึกมากกว่า 6 เมตร เป็นช่วงที่เหมาะกับการใช้วิธีเจาะอุโมงค์ขนาดเล็กมากกว่าการขุดเปิด

- ช่วงที่ 3 คือช่วงความลึก 6 เมตรและมีสิ่งปกคลุม 4.5 เมตร ให้ผลคำตอบแบ่งเป็น 2 ช่วงคือช่วงหนึ่งแสดงว่าวิธีเจาะอุโมงค์ขนาดเล็กเป็นวิธีที่เหมาะสมแต่ถ้าขุดเปิดอาจประหยัดมากกว่าซึ่งขึ้นกับปัจจัยอื่นด้วย และอีกช่วงแสดงว่าต้องใช้วิธีเสริมเพื่อให้ใช้วิธีเจาะอุโมงค์ขนาดเล็กได้

(ข) สภาพโครงการถูกแบ่งออกเป็น 4 ประเภทตามลักษณะความไวของพื้นที่เมื่อมีการกระทบจากการทำงานซึ่งมีการให้คะแนนตั้งแต่ 0,1,2 และ มากกว่าหรือเท่ากับ 3 แก่สภาพโครงการแบบปกติ แบบเกิดผลกระทบ แบบเกิดผลกระทบมาก และแบบเกิดผลกระทบอย่างมากตามลำดับ และให้คะแนนแก่สภาพโครงการโดยถ้าเป็นถนนที่ติดขัดและเจอสาธารณูปโภคอื่นจะให้คะแนนเท่ากับ 1 ถ้ามีการกระทบต่อสิ่งแวดล้อมให้คะแนนเท่ากับ 2 และถ้าทำงานใต้ถนนให้คะแนนเท่ากับ 3

(ค) ระดับน้ำใต้ดิน ถ้าระดับน้ำใต้ดินวัดจากผิวดินมีค่าสูง การขุดเปิดจะทำงานยากและการเลือกเครื่องเจาะอุโมงค์ที่ทำงานด้วยระบบน้ำโคลนและสมดุลแรงดันดินก็ขึ้นกับระดับน้ำใต้ดิน ในโปรแกรมได้ทำการแบ่งช่วงว่าที่ระดับน้ำใต้ดินลึกแค่ไหนที่วิธีใดจะมีความเหมาะสมมากกว่ากัน

จากปัจจัย 3 ปัจจัยนี้ โปรแกรมจะให้ผลคำตอบออกมาว่าควรใช้ วิธีเจาะอุโมงค์ขนาดเล็กหรือวิธีขุดเปิด และถ้าผลเบื้องต้นออกมาว่าควรเจาะอุโมงค์ โปรแกรมจะทำการตรวจสอบว่าควรใช้เครื่องจักรประเภทใดต่อไป

(3) ทำการตรวจสอบความเหมาะสมของวิธีที่เลือกกับปัจจัยอื่นๆ จากวิธีเจาะอุโมงค์ขนาดเล็กที่เลือกเบื้องต้นว่าจะใช้ระบบน้ำโคลนหรือแบบสมดุลแรงดันดินนั้น ขั้นตอนต่อไปคือตรวจสอบกับประเภทดินและขนาดของอุปสรรคซึ่งพิจารณาจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ

เนื่องจากดินต่างชนิดกันจะมีความเหมาะสมกับวิธีที่ใช้ไม่เท่ากัน จึงนำดินประเภทต่างๆมาให้คะแนนเมื่อใช้กับวิธีการทำงานที่ต่างกัน แล้วนำคะแนนที่ได้จากขั้นตอนก่อนมาปรับด้วยคะแนนประเภทดิน

เครื่องจักรส่วนใหญ่มีความสามารถในการบดสิ่งกีดขวางที่มีขนาดประมาณ 1/3 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของเครื่องจักร ถ้าสิ่งกีดขวางมีขนาดใหญ่กว่า 1/3 เท่าของ เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของเครื่องจักร ควรใช้ส่วนตัดแบบเต็มหน้า แต่ถ้าเป็นดินอ่อนผสมสิ่งกีดขวางขนาดใหญ่จะไม่สามารถใช้หัวเจาะแบบสมดุลแรงดันดินได้

หัวเจาะระบบน้ำโคลนสามารถใช้กับท่อได้หลายขนาด แต่หัวเจาะแบบสมดุลแรงดันดินจะใช้ได้กับท่อขนาดไม่เกิน 1.2 เมตร ดังนั้นถ้าต้องการใช้กับท่อขนาดใหญ่ก็ควรเลือก หัวเจาะระบบน้ำโคลนแทน

จากการพิจารณาปัจจัยทั้งหมด ถ้าวิธีขุดเปิดถูกเลือกขั้นตอนการพิจารณาจะสิ้นสุด แต่ถ้าวิธีเจาะอุโมงค์ขนาดเล็กถูกเลือก ขั้นตอนการพิจารณาจะดำเนินต่อไป

(4) ทำการเลือกชนิดท่อ จากข้อมูลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในที่ผู้ใช้กรอก เข้ามา โปรแกรมจะเลือกประเภทท่อจากข้อมูลท่อ ฐานข้อมูลที่ใช้มีท่อ 6 ประเภทคือเป็นท่อคอนกรีต 2 ประเภท ท่อดิน ท่อไฟเบอร์กลาส ท่อพีวีซี และท่อคอนกรีตโพลิเมอร์ ประเภทท่อเหล่านี้จะเก็บเป็นข้อมูลความแข็งแรง (strength) ของท่อไว้

(5) ทำการเลือกเครื่องจักร เป็นขั้นตอนการเลือกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตามประเภทเครื่องจักรและการเลือกใช้แรงดัน โปรแกรมจะเลือกเครื่องจักรที่เหมาะสมตามความต้องการพร้อมแสดงระดับความเชื่อมั่นในการใช้งานให้ จากนั้นจึงพิจารณาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของเครื่องจักรต่อไป โดยเลือกจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของท่อและช่องว่างที่เกิดขึ้นจากการตัดดิน และพิจารณาแรงดันท่อจากแรงเสียดทานระหว่างท่อกับดิน แต่เนื่องจากแรงเสียดทานเปลี่ยนแปลงตามประเภทดิน สิ่งกีดขวาง ประเภทท่อและปริมาณของดินที่ต้องตัดเกิน ดังนั้นโปรแกรมจะปรับแรงเสียดทานจากข้อมูลเหล่านี้อีกที

(6) ผลคำตอบ จากการพิจารณาปัจจัยทั้งหมด โปรแกรมจะให้ผลคำตอบได้แก่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก แรงดันท่อ ช่วงความยาวของการดัน และปริมาณพื้นที่สำหรับทำบ่อดัน โดยค่าทั้งหมดนี้เป็นค่าที่มากที่สุดที่จะเป็นไปได้ จากเครื่องจักรที่เลือกมาต้องนำมาปรับระดับความเชื่อมั่นโดยพิจารณาเกี่ยวกับการทำงานว่าให้คนงานเข้าไปทำงานหรือไม่ เมื่อได้

คำตอบสุดท้ายแล้ว ผู้ใช้สามารถทำการทดสอบความไว (sensitivity analysis) ของเครื่องจักรโดยปรับเปลี่ยนค่าปัจจัยต่างๆเล็กน้อย เพื่อความแน่ใจในการตัดสินใจต่อไป

2.4 โครงการดันท่อลอดในประเทศไทย

งานดันลอดที่ทำครั้งแรกในจังหวัดกรุงเทพฯคืองานวางระบบท่อประปาของการประปานครหลวงในปี 1986 (Disthanuson,1999 cited in Phien-Wej and Balasubramaniam, 1990) ซึ่งเป็นโครงการที่วางท่อส่วนใหญ่ด้วยวิธีขุดเปิดและใช้การดันลอดบางส่วนในดินอ่อนกรุงเทพฯ ระยะทางการวางท่อทั้งหมด 32 กิโลเมตร โครงการนี้เสร็จสิ้นลงในปี 1988

ปัจจุบันในกรุงเทพฯมีโครงการที่ใช้วิธีดันลอดหลายโครงการ เช่น โครงการวางท่อประปาของการประปานครหลวง โครงการอุโมงค์ลำเลียงน้ำเสียของกรุงเทพมหานคร โครงการวางท่อร้อยสายไฟใต้ดินของการไฟฟ้านครหลวง และโครงการวางท่อบำบัดน้ำเสียโดยการทำงานของกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

Disthanuson (1999) ได้รวบรวมข้อมูลการนำวิธีดันลอดมาใช้ในกรุงเทพฯซึ่งเป็นโครงการที่ดำเนินการโดยทั้งสี่หน่วยงาน โดยรวบรวมข้อมูลในสิ่งที่โครงการต่างๆทำซึ่งได้แก่การพิจารณาดิน การควบคุมแนวและระดับ การออกแบบบ่อดัน เครื่องเจาะและเครื่องจักรที่ใช้ ระบบลำเลียงดินออก แรงดันที่ใช้ การก่อสร้างบ่อดัน การออกแบบท่อ การใช้สารหล่อลื่น อัตราการทำงาน ความคลาดเคลื่อนและการทรุดตัว เพื่อเป็นฐานข้อมูลสำหรับการทำงานดันลอดในอนาคต ข้อมูลต่างๆมีรายละเอียดดังนี้

2.4.1 การสำรวจสถานที่ทำงาน เพื่อดูคุณสมบัติดิน ระดับน้ำใต้ดินและอุปสรรคใต้ดิน โดยการเจาะดินและทดสอบดิน ความลึกในการเจาะไม่เกิน 20 เมตรแต่ต้องครอบคลุมถึงระดับความลึกที่ทำบ่อดันและแนวท่อซึ่งส่วนใหญ่มีความลึกไม่เกิน 15 เมตร

โครงการของการไฟฟ้านครหลวงและกรุงเทพมหานคร จะเจาะดินห่างกันทุกๆ 200 - 250 เมตรตามแนวที่ทำ เก็บตัวอย่างดินทุกๆความลึก 1 - 1.5 เมตร แต่โครงการของการประปานครหลวง ซึ่งเป็นโครงการที่ทำใต้ถนนและคลองเท่านั้นจะเจาะดินเฉพาะบริเวณตำแหน่งที่จะทำบ่อดันเท่านั้น โครงการส่วนใหญ่จะใช้วิธี standard penetration test เพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติต่างๆของดินที่เจาะ นอกจากนี้ยังใช้วิธี cone penetration test (CPT), field vane shear test และ pocket penetration test ในบางช่วงของโครงการบำบัดน้ำเสีย

การวัดระดับน้ำใต้ดินของการไฟฟ้านครหลวงและกรุงเทพมหานคร ใช้เครื่องopen stand pipe piezometers และโครงการของการไฟฟ้านครหลวงที่เขตหนองแขมและเขตราษฎร์บูรณะ ใช้วิธีทดสอบด้วยสารเคมีเพื่อวัดระดับน้ำใต้ดิน นอกจากนี้ ยังใช้เครื่อง ground penetrating radar ในการสำรวจดินอีกด้วย

2.4.2 หัวเจาะ ที่ใช้มีหลายประเภทได้แก่หัวเจาะแบบหน้าปิดที่ใช้ในโครงการของการประปานครหลวง กับท่อขนาด 2,500 3,000 และ 3,200 มม.และใช้กล้องธีโอโดไลท์ในการควบคุมแนวโดยตรวจสอบทุกๆ 1 เมตร

หัวเจาะหน้าปิดที่มีการปรับปรุง ใช้ในทุกโครงการของการไฟฟ้านครหลวง ผลิตโดยบริษัท Skanska Lundby ประเทศสวีเดน ส่วนแตกต่างจากหัวเจาะแบบหน้าปิดแบบปกติคือช่องที่ยอมให้ดินผ่านจะถูกควบคุมให้ขยายหรือเล็กลงโดยผู้ควบคุมซึ่งทำงานในห้องควบคุมเหนือพื้นดิน ไม่ควรนำหัวเจาะชนิดนี้มาใช้กับดินที่ไม่มีความเชื่อมแน่นเนื่องจากจะเกิดแรงเสียดทานสูงบริเวณด้านหน้าหัวเจาะ

หัวเจาะแบบสมดุลแรงดันดินใช้ในโครงการที่ยานนาวา หนองแขมและราษฎร์บูรณะโดยโครงการที่หนองแขมใช้เครื่อง HERRENKNECT EPBS ระบบน้ำโคลนในการลำเลียงดินออกส่วนที่ราษฎร์บูรณะใช้เครื่อง LOVAT EPBS ซึ่งลำเลียงดินออกโดยใช้เครื่องจักรกล

หัวเจาะแบบสมดุลน้ำโคลน ใช้กับท่อขนาดเล็กในโครงการที่หนองแขมและราษฎร์บูรณะเช่นท่อขนาด 300 , 400 , 500 , 600 , 900 และ 1,000 มม.

หัวเจาะแบบหน้าเปิดใช้กับการเจาะช่วงสั้นๆกับท่อขนาดประมาณ 1 เมตร โดยใช้เครื่องมือแบบมือขุดในโครงการบำบัดน้ำเสียที่ยานนาวา

2.4.3 บ่อดัน แบ่งเป็นบ่อดันแบบชั่วคราวกับแบบถาวร โดยแบบถาวรจะทำด้วยคอนกรีตและแบบชั่วคราวจะทำด้วยแผ่นกันดิน สำหรับบ่อดันแบบถาวรนั้นเมื่อดันลอดเสร็จจะทำเป็นบ่อพักต่อไปโดยทำหลังคาและทางเข้าเพิ่มเติม บ่อดันที่ทำด้วยแผ่นกันดินจะใช้เมื่อก่อสร้างในคลองเพื่อป้องกันน้ำ เมื่อดันเสร็จก็นำแผ่นกันดินออก ก่อนดันท่อจะตัดแผ่นกันดินบางส่วนออกเพื่อให้หัวเจาะทำงานได้ รูปทรงของบ่อดันที่ทำด้วยคอนกรีตมีทั้งรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าและรูปวงกลม ซึ่งอาจเป็นคอนกรีตหล่อสำเร็จหรือหล่อในที่ก็ได้ โครงการของกรุงเทพมหานครและการไฟฟ้า นครหลวงใช้แบบหล่อสำเร็จแล้วค่อยวางลงในหลุมที่ขุดไว้แล้ว บางครั้งใช้แบบหล่อในที่ซึ่งการก่อสร้างแบบนี้จะเสียเวลาและกระทบต่อการจราจรมาก กรุงเทพมหานครใช้บ่อวงกลมกับท่อขนาดเล็ก บ่อวงกลมจะจม(sink) ง่ายกว่าบ่อสี่เหลี่ยมเนื่องจากไม่มีมุม แต่บ่อที่ทำในบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่นต้องใช้แผ่นเหล็กปิดเพื่อเปิดใช้การจราจรได้ กรุงเทพมหานครได้ทำทางเข้าออก

สำหรับหัวเจาะเรียกว่า soft eye ซึ่งเป็นตะแกรงเหล็กรูปวงกลมอยู่ที่ผนังบ่อและมีแผ่นเหล็กปิดขณะจมบ่อ

2.4.3.1 การออกแบบบ่อดันและแรงดัน

การออกแบบบ่อที่ทำจากแผ่นกันดินนั้นส่วนใหญ่เป็นงานของการประปานครหลวง ต้องทำการออกแบบ wale และ strut เพื่อต้านทานแรงดันจากดินและน้ำใต้ดินและตรวจสอบการบวมตัวของดินก้นบ่อ

การออกแบบบ่อดันที่ทำด้วยคอนกรีต จะต้องตรวจสอบกำลังของดินใต้บ่อ แรงดันขึ้นของน้ำใต้ดิน แรงดันดินด้านข้างและการบวมตัวของดินก้นถังในระหว่างก่อสร้างด้วย

การออกแบบแรงดันของการประปานครหลวง เพื่อหาระยะการดันต้องคำนวณแรงดันและแรงต้านก่อน ถ้าแรงดันจากการคำนวณมากกว่าแรงต้านต้องใช้เครื่องช่วยดันเพื่อลดแรงทั้งหมดในแนวท่อ โดยเครื่องช่วยดันต้องให้แรงได้มากกว่าแรงที่เกินมา แรงดันจะคำนวณจากการรวมแรงเสียดทานของผิวท่อกับค่าแรงอัดที่หน้าหัวเจาะและแรงต้านคำนวณจากแรงด้านหลังและด้านข้างของบ่อดัน

การออกแบบแรงดันของกรุงเทพมหานคร โครงการบำบัดน้ำเสียที่หนองแขมและราษฎร์บูรณะ ใช้ค่า passive resistance สำหรับบ่อดันสัมพันธ์ตามความลึก เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของบ่อและความเชื่อมแน่นของดิน

การออกแบบแรงดันของการไฟฟ้านครหลวง ใช้การพิจารณาค่าความปลอดภัย (factor of safety) จากอัตราส่วนระหว่างแรงต้านต่อแรงดัน โดยให้แรงดันเท่ากับ 3,000 kN ค่านี้อาจกำหนดโดยแรงที่ท่อสามารถรับได้ตามแนวแกนท่อหรือความสามารถในการดันก็ได้ ส่วนแรงต้านคำนวณจากผลรวมของค่าความเชื่อมแน่นที่พื้นล่างของบ่อ แรงดันดินที่ผนังบ่อ น้ำหนักพื้นคอนกรีตและน้ำหนักของวัสดุบนพื้น

2.4.3.2 การก่อสร้างบ่อดัน

บ่อชั่วคราวทำโดยการตอกแผ่นกันดินลงในดิน จากนั้นขุดดินภายในบ่อออกจนถึงระดับที่ติดตั้ง wale และ strut ขุดดินออกจนได้ระดับและเทคอนกรีตทำพื้น สำหรับบ่อคอนกรีตสำเร็จรูปซึ่งใช้ในโครงการของกรุงเทพมหานครและการไฟฟ้านครหลวงจะนำชิ้นส่วนบ่อมาประกอบเข้าด้วยกัน โครงการของกรุงเทพมหานครจะมี soft eye ที่ผนังบ่อสำหรับเป็นทางเข้าออกของหัวเจาะ โครงการของการไฟฟ้านครหลวงมีช่องเพื่อให้หัวเจาะออกเช่นเดียวกัน โดยขณะจมบ่อจะมีแผ่นเหล็กปิดช่องไว้ การจมบ่อในดินอ่อนมากๆที่ความลึกไม่มากสามารถวางโดยใช้น้ำหนักของบ่อเองหรือโดยใช้แขนของเครื่องขุดดินกดเพื่อเพิ่มแรง หลังจากจมบ่อชิ้นแรกได้

ตามตำแหน่งแล้วจึงจมบ่อชิ้นต่อไป เมื่อต้องจมบ่อในตำแหน่งที่ลึกมากอาจต้องเพิ่มน้ำหนัก 100 - 200 ตันเพื่อช่วยในการจมบ่อโดยเฉพาะบ่อขนาดใหญ่ การขุดดินในบ่อที่ช่วงความลึกไม่มากจะใช้รถขุดตัก แต่เมื่อลึกมากขึ้นจะใช้รถขุดตักแบบ clamshell แทน

2.4.4 ท่อดัน ท่อที่ใช้มีสองประเภทคือท่อเหล็กและท่อคอนกรีตโดยมีขนาดมากกว่า 300 มม. ขึ้นไป ท่อที่ใช้ในโครงการของการประปานครหลวงเป็นท่อเหล็ก 2 ชั้น ท่อหลักซึ่งอยู่ภายนอกได้ออกแบบให้ต้านแรงดัน ความเค้นดัดและระยะโก่งให้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับ ส่วนท่อภายในจะออกแบบสำหรับบรรจุน้ำประปาเท่านั้น ท่อคอนกรีตเสริมเหล็กใช้ในโครงการของกรุงเทพมหานครและการไฟฟ้านครหลวงซึ่งต้องเสริมเหล็กให้ท่อสามารถทนต่อการขนย้าย การดันแรงดันดิน แรงดันน้ำใต้ดิน และน้ำหนักบรรทุกใช้งานโดยท่อไม่เกิดรอยร้าวหรือแตก ท่อของกรุงเทพมหานครซึ่งใช้กับน้ำเสีย ภายในท่อจะเคลือบด้วยโพลิเอทีลีนเพื่อป้องกันการสึกกร่อน

รอยต่อของท่อเหล็กที่ใช้ในโครงการของการประปานครหลวง ทำโดยการเชื่อมในที่และต้องตรวจสอบรอยต่อโดยการ x-ray รอยต่อต้องถูกตรวจสอบให้ผ่านก่อนทำการดันท่อส่วนถัดไป กระบวนการเชื่อมและการตรวจสอบจะใช้เวลาประมาณ 18 - 24 ชั่วโมง รอยต่อท่อคอนกรีตของกรุงเทพมหานครใช้แบบ steel collared type ส่วนการไฟฟ้านครหลวงใช้ทั้งแบบ steel collared type และ socket joint type

2.4.5 แรงดัน โครงการของการประปานครหลวงใช้กำแพงต้านที่ทำด้วยคอนกรีตหรือเหล็กรูปตัวเอช โครงการของกรุงเทพมหานครใช้กำแพงต้านที่ทำด้วยแผ่นเหล็กหนา 40 มม. พร้อมกำแพงคอนกรีตเสริมเหล็ก และโครงการของการไฟฟ้านครหลวงใช้ reaction beam เป็นกำแพงต้าน สำหรับกรณีที่กำแพงของบ่อดันไม่ตั้งฉากกับทิศการดันจะต้องสร้างกำแพงต้านใหม่ แรงที่ใช้ดันขึ้นกับแรงเสียดทานของดิน อัตราการดัน ชนิดท่อ ขนาดช่องว่างระหว่างดินกับท่อดัน ทิศทางท่อ แรงต้านทานหน้าหัวเจาะและสารหล่อลื่นที่ใช้ ในการประมาณแรงดันจะสมมุติว่าขึ้นกับแรงต้านทานข้างหน้าและแรงเสียดทานที่ผิวท่อเท่านั้น

2.4.6 อุปสรรคที่พบในการทำงาน

(1) พบการเปลี่ยนแปลงของสภาวะดิน ในงานวางระบบท่อประปาเกิดดินบวมตัว เนื่องจากช่วงการดันแรกๆของการดันได้ดันในดินที่อัดแน่นใต้ถนน ต่อมาเจาะผ่านดินอ่อนซึ่งหัวเจาะจะพยายามรักษาความดันที่สูงที่ใช้ในการเจาะดินช่วงแรกๆไว้จึงทำให้เกิดดินบวมตัว การเปลี่ยนของสภาวะดินที่พบในโครงการของการไฟฟ้านครหลวงและโครงการวางท่อบำบัด น้ำ

เสียที่หนองแขม ราษฎร์บูรณะและยานนาวาคือทำให้หัวเจาะจมในช่วงที่ดินอ่อนกว่าดินช่วงแรกๆที่เจาะ สำหรับดินที่อ่อนมากสามารถพบได้ที่ระดับความลึก 3 - 10 เมตร

(2) สิ่งกีดขวางใต้ดิน ที่พบมากที่สุดคือเสาเข็มคอนกรีต ทำให้เสียเวลาในการเอาออกเพื่อให้การทำงานดำเนินต่อไปได้ แม้ว่าในการสำรวจอุปสรรคจะใช้ ground penetrating radar แล้วแต่ความถูกต้องของข้อมูลก็ยังมีขีดจำกัด ในกรณีที่พบฐานรากขวางอยู่อาจต้องสร้างฐานรากใหม่ให้ก่อนแล้วจึงรื้อของเก่า ถ้ามีสิ่งกีดขวางขวางแนวท่ออาจใช้หัวเจาะแบบที่สามารถทำลายได้ในการทำงาน ในโครงการของการประปานครหลวงมีการดันท่อในแนวโค้งเพื่อหลบฐานราก

(3) การควบคุมแนวและระดับที่ไม่เพียงพอ การประปานครหลวงใช้กล้อง ธีโอโดไลท์ควบคุมแนวท่อ การทำงานช่วงแรกเกิดความคลาดเคลื่อนมากกว่า 500 มม. ตอนหลังได้ควบคุมการทำงานเข้มงวดขึ้นและใช้คนงานที่มีทักษะทำให้ความคลาดเคลื่อนลดลงเป็น 200 มม. ในโครงการบำบัดน้ำเสียที่หนองแขมและราษฎร์บูรณะ ใช้ Laser beam ควบคุมแต่ก็เกิดความคลาดเคลื่อนขึ้นเนื่องจาก Laser beam คลาดเคลื่อนซึ่งสามารถพบได้บ่อยๆเมื่อดันใต้ระดับน้ำมากๆ

(4) ท่อและกำแพงต้านเสียหาย ท่อดันและกำพงต้านในโครงการบำบัดน้ำเสียที่หนองแขมและราษฎร์บูรณะเกิดความเสียหายเนื่องจากใช้แรงดันสูงเกินไปหรือเกิดจากการเสริมเหล็กที่ไม่เพียงพอ

(5) สภาพดินที่ไม่เหมาะกับการทำงาน โครงการที่สมุทรปราการซึ่งเป็นโครงการที่ดินอ่อนมากซึ่งเสี่ยงต่อการทรุดตัวสูงจึงนำวิธีปรับปรุงประสิทธิภาพดินมาใช้ในการทำงาน

2.4.7 การเคลื่อนตัวของดิน เกิดจากความไม่สมดุลระหว่างแรงดันกับแรงดันดินที่หน้าหัวเจาะ ทำให้ดินทรุดหรือบวมตัวขึ้น ในการทำงานกับดินอ่อนเคยเกิดดินบวมตัว 50 - 60 ซม. และการทรุดตัวอย่างน้อย 10 ซม. การเคลื่อนตัวของบ่อดันสามารถเกิดขึ้นได้เช่นกันในขณะดันท่อ

ปัจจุบันในพื้นที่กรุงเทพฯการวางท่อด้วยวิธีดันลอดในบางโครงการกระทำใน ชั้นดินเหนียวแข็งเช่นโครงการวางท่อร้อยสายไฟฟ้าบนถนนวิภาวดีรังสิตซึ่งมีท่อดันขนาด 2.60 เมตร ความลึกจากผิวดินวัดถึงหลังท่อ 14.70 เมตร ความยาวที่ดันท่อ 8 กิโลเมตรและใช้หัวเจาะแบบสมดุลแรงดันดิน(Thoren and Johansson, 2002)

2.5 สรุปบท

การดันท่อลอดมีเครื่องจักรและวัสดุอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานหลายอย่าง ได้แก่ หัวเจาะ ส่วนที่ใช้ตัดดิน ส่วนลำเลียงดินออก เครื่องดันท่อ บ่อดันและบ่อรับ ท่อดันและเครื่องช่วยดันซึ่งเครื่องจักรและวัสดุอุปกรณ์แต่ละชนิดมีให้เลือกใช้งานหลายประเภทขึ้นกับสภาพของดิน สภาพของโครงการ ความลึกของแนวท่อ อุปสรรคใต้ดินที่อาจขวางแนวท่อ ฯลฯ ดังนั้นการทำความเข้าใจเกี่ยวกับเครื่องจักรและวัสดุอุปกรณ์แต่ละชนิดจึงมีความสำคัญเพื่อใช้ประกอบการพิจารณาในการทำงานต่อไป

วิธีดันท่อลอดมีการนำมาใช้วางท่ออย่างแพร่หลายในต่างประเทศแต่ในประเทศไทยได้นำมาใช้ในช่วงระยะเวลาไม่นานนัก การศึกษาข้อมูลโครงการในอดีตจากหน่วยงานต่างๆที่มีการใช้วิธีดันท่อลอดจะทำให้ทราบความแตกต่างของเครื่องจักรอุปกรณ์ที่ใช้และปัญหาอุปสรรคต่างๆที่เกิดขึ้นกับการดันท่อซึ่งสามารถใช้ปรับปรุงการทำงานในอนาคตได้ต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 บทนำ

การวิจัยนี้มีการรวบรวมข้อมูลหลายเรื่องเพื่อนำมาวิเคราะห์ผลการวิจัย แต่ละเรื่องที่ทำการศึกษาใช้วิธีการรวบรวมข้อมูลดังนี้

(1) เรื่องปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกวิธีการวางท่อ ผู้วิจัยได้กำหนดขึ้นจากการพิจารณาองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการทำงานวางท่อว่าประกอบด้วยปัจจัยเรื่องใดบ้าง จากนั้นทำการศึกษาข้อมูลปัจจัยแต่ละปัจจัยว่ามีลักษณะแยกย่อยอย่างไรโดยใช้ข้อมูลจากแหล่งข้อมูลหลายแหล่งได้แก่ข้อมูลโครงการในอดีต เอกสารวิชาการ ผู้เชี่ยวชาญและข้อมูลลักษณะของกรุงเทพฯซึ่งจะกล่าวถึงโดยละเอียดต่อไปในบทที่ 4 ปัจจัยเรื่องผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากวิธีการวางท่อและราคาค่าวางท่อซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกวิธีได้ศึกษาว่าแต่ละวิธีการวางท่อมีความแตกต่างในเรื่องดังกล่าวอย่างไรเพื่อให้ทราบข้อมูลเบื้องต้นประกอบการพิจารณาเลือกวิธีการวางท่อ ปัจจัยเรื่องผลกระทบสิ่งแวดล้อมและราคาค่าวางท่อได้รวบรวมข้อมูลดังนี้

- ปัจจัยเรื่องผลกระทบสิ่งแวดล้อม ใช้แบบสอบถามในการถามความคิดเห็นของประชาชนทางด้านผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการก่อสร้างวางท่อจากโครงการที่ใช้วิธีขุดเปิดวางท่อและวิธีดันลอด

- ปัจจัยเรื่องราคาค่าก่อสร้างวางท่อได้รวบรวมข้อมูลราคากลางจากแผนกออกแบบและประมาณการ กองงานวิศวกรรมโยธา การไฟฟ้านครหลวง ซึ่งใช้ฐานข้อมูลราคาจากสำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้า กรมการค้าภายใน กระทรวงพาณิชย์ เดือนกรกฎาคม พ.ศ.2545

(2) การศึกษาเรื่องความสำคัญของปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกวิธีวางท่อและการเลือกวิธีการวางท่อที่เหมาะสมตามสภาวะการทำงานได้จากการใช้แบบสอบถามถามกลุ่มผู้ออกแบบและกลุ่มผู้ควบคุมงานของการไฟฟ้านครหลวง

3.2 การจัดทำแบบสอบถาม

3.2.1 แบบสอบถามทางด้านผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากการวางท่อทั้งวิธีขุดเปิดและวิธีดันลอด แบ่งออกเป็น 2 ตอน ได้แก่

<u>ตอนที่1</u> เป็นการสอบถามข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่2 เป็นส่วนของคำถามผลกระทบสิ่งแวดล้อม มีรายละเอียดของคำถามด้านสภาพอากาศในเรื่องฝุ่นละอองจากการก่อสร้างและกลิ่นการเผาไหม้เชื้อเพลิงของเครื่องจักร ด้านเสียงและการสั่นสะเทือน ด้านการใช้ประโยชน์ของมนุษย์ในเรื่องน้ำประปาไม่ไหล ไฟฟ้าดับ ใช้โทรศัพท์ไม่ได้และน้ำท่วมถนนหรือทางเท้า ด้านการจราจรในเรื่องสภาพการจราจรที่ติดขัดเพิ่มขึ้นอันเนื่องจากการก่อสร้าง ด้านเศรษฐกิจในเรื่องผลกระทบต่อรายได้ของสถานประกอบการ ด้านสุขภาพในเรื่องผลกระทบต่อสุขภาพทั้งทางร่างกายและจิตใจ ด้านความปลอดภัยในเรื่องอุบัติเหตุต่อประชาชนผู้ใช้ทางในบริเวณโครงการและอุบัติเหตุต่อการจราจรบนถนน และคำถามด้านทัศนคติต่อการเปลี่ยนวิธีการวางท่อจากวิธีที่ใช้เป็นอีกวิธีหนึ่งเช่นโครงการใช้วิธีขุดเปิดในการวางท่อได้สอบถามว่าถ้าเปลี่ยนเป็นใช้วิธีดันท่อลอดจะมีความคิดเห็นอย่างไร

ในการตอบแบบสอบถามใช้วิธีทำเครื่องหมายถูกลงในช่องความคิดเห็นซึ่งแบ่งระดับของผลกระทบที่ได้รับออกเป็นระดับเล็กน้อย ปานกลาง และมาก

3.2.2 แบบสอบถามความสำคัญของปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกวิธีวางท่อและการเลือกวิธีการวางท่อที่เหมาะสมตามสภาวะการทำงาน แบ่งออกเป็น 3 ตอน ได้แก่

ตอนที่1 เป็นการสอบถามข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่2 เป็นส่วนที่ให้ผู้ตอบเรียงลำดับความสำคัญของปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกวิธีจำนวน 8 ปัจจัย ซึ่งประกอบด้วยปัจจัยเรื่องตำแหน่งที่ตั้งของแนวท่อ ลักษณะทางกายภาพของถนน ชนิดและคุณสมบัติของดิน ขนาดและลักษณะของอุปสรรคใต้ดิน สภาพการจราจรบนถนน การใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณริมถนน ผลกระทบสิ่งแวดล้อม และราคาค่าก่อสร้าง โดยถ้าผู้ตอบพิจารณาเห็นว่าปัจจัยหลายตัวมีความสำคัญในระดับเดียวกันก็ให้หมายเลขลำดับเดียวกันได้ และให้ผู้ตอบเรียงลำดับความสำคัญปัจจัยย่อยของแต่ละปัจจัยด้วยโดยใช้การเรียงลำดับแบบเดียวกัน

ตอนที่3 เป็นส่วนที่ให้ผู้ตอบเลือกวิธีการวางท่อที่เหมาะสมตามสภาวะการทำงานต่างๆ โดยคำตอบที่ให้เลือกจะเป็นการเปรียบเทียบระหว่างวิธีขุดเปิดกับวิธีดันท่อลอดว่าวิธีอะไรมีความเหมาะสมมากกว่ากันและมีความเหมาะสมมากกว่ากันในระดับใด โดยคำตอบแบ่งออกเป็นเหมาะสมพอๆกัน เหมาะสมกว่าเล็กน้อย เหมาะสมกว่าปานกลาง และเหมาะสมกว่ามาก ในการตอบแบบสอบถามให้ผู้ตอบทำเครื่องหมายถูกลงในช่องความคิดเห็นที่ต้องการ

3.3 แหล่งข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

3.3.1 แหล่งข้อมูลในการศึกษาเรื่องผลกระทบสิ่งแวดล้อม โครงการที่ใช้ศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อม แบ่งออกเป็น 2 ประเภทตามลักษณะวิธีการวางท่อได้แก่

3.3.1.1 โครงการที่ใช้วิธีขุดเปิดในการวางท่อ ได้เก็บข้อมูลจากโครงการของการประปานครหลวงซึ่งวางท่อประปาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 300 มิลลิเมตร เป็นโครงการที่ใช้แบบสอบถามในการเก็บข้อมูล 1 โครงการและที่ใช้วิธีสังเกตการณ์จำนวน 2 โครงการ รายละเอียดของโครงการต่างๆ ดังต่อไปนี้

(1) โครงการที่หนึ่ง เป็นโครงการที่ใช้แบบสอบถามถามผลกระทบสิ่งแวดล้อมกับประชาชน ประชาชนที่ตอบแบบสอบถามเป็นประชาชนที่อาศัยอยู่บริเวณแนวท่อที่ก่อสร้างจำนวน 60 คน โครงการตั้งอยู่ในเขตสายไหม มีลักษณะเป็นหมู่บ้านประเภทพักอาศัยและค้าขายริมทางและบางบริเวณเป็นตลาดขายของริมทาง แนวท่อวางอยู่บนถนนซึ่งถนนมีขนาด 2 ช่องการจราจรใช้สวนทางกันอย่างละ 1 ช่องการจราจร ถนนสายนี้เป็นทางเชื่อมต่อออกถนนพหลโยธินได้ การจราจรบนถนนก่อนทำการวางท่อมีลักษณะคล่องตัวและมียวดยานใช้ทางตลอดเวลาเนื่องจากเป็นถนนที่รวมยวดยานจากซอย การติดขัดของยวดยานเกิดขึ้นบริเวณทางแยกและทางร่วมเท่านั้น เมื่อทำการขุดเปิดทำให้เสียช่องการจราจร 1 ช่องการจราจร รูปสภาพพื้นที่โครงการดังรูปที่ 3.1

(2) โครงการที่สอง เป็นโครงการที่ใช้วิธีเก็บข้อมูลแบบสังเกตการณ์เนื่องจากไม่ค่อยมีประชาชนให้สอบถามในขณะที่ก่อสร้างอยู่ โครงการนี้ใช้ประกอบการพิจารณาเลือกวิธีวางท่อ โครงการตั้งอยู่ในเขตลาดพร้าวและเขตห้วยขวาง มีลักษณะเป็นหมู่บ้านประเภทพักอาศัยอย่างเดียว แนวท่อวางอยู่บนถนนซึ่งมีขนาด 2 ช่องการจราจรใช้สวนทางกันอย่างละ 1 ช่องการจราจร สภาพการจราจรบนถนนคล่องตัวโดยในขณะขุดเปิดวางท่อไม่มียวดยานบนถนน ถนนไม่ได้เป็นทางร่วมจากถนนเส้นอื่น ดังนั้นโดยทั่วไปบนถนนจะมียวดยานเฉพาะเวลาตอนเช้ากับตอนเย็นซึ่งใช้ถนนเพื่อเข้าและออกจากที่พักเท่านั้น รูปสภาพพื้นที่โครงการดังรูปที่ 3.2

(3) โครงการที่สาม เป็นโครงการที่ใช้วิธีเก็บข้อมูลแบบสังเกตการณ์เนื่องจากไม่ค่อยมีประชาชนให้สอบถามในขณะที่ก่อสร้างอยู่เช่นเดียวกับโครงการที่สอง โครงการนี้ใช้ประกอบการพิจารณาเลือกวิธีวางท่อ แนวท่อวางอยู่บนทางเดินเท้าบริเวณถนนขนาด 2 ช่องการจราจรซึ่งใช้สวนทางกันอย่างละ 1 ช่องการจราจร สภาพการจราจรบนถนนมีปริมาณยวดยานปานกลางถึงติดขัดเฉพาะวันหยุดสุดสัปดาห์ตลอดวันและวันทำงานช่วงเช้าและเย็นเนื่องจากถนนนี้สามารถใช้เป็นเส้นทางลัดไปซอยอ่อนนุช ถนนศรีนครินทร์และถนนอุดมสุขได้ ช่วงเวลาอื่นยวดยานสามารถเคลื่อนตัวได้สะดวก การติดขัดของยวดยานเกิดขึ้นเมื่อเข้าและออกจากซอย การใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณท้ายถนนมีบริษัทแห่งหนึ่งซึ่งต้องใช้รถบรรทุกสินค้าเข้าและออกจากบริษัท บริเวณตอนกลางของถนนเป็นอาคารที่ทำเป็นร้านขายอาหาร บางช่วงเป็นพื้นที่โล่งทั้งสองข้างทาง

บริเวณต้นซอยมีการประกอบพาณิชยกรรมอย่างหนาแน่น ขณะที่เข้าไปสังเกตเป็นการก่อสร้างบริเวณท้ายซอย รูปสภาพพื้นที่โครงการดังรูปที่ 3.3

รูปที่ 3.1 พื้นที่โครงการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อม(โครงการที่หนึ่ง)

รูปที่ 3.2 พื้นที่โครงการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อม(โครงการที่สอง)

รูปที่ 3.3 พื้นที่โครงการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อม(โครงการที่สาม)

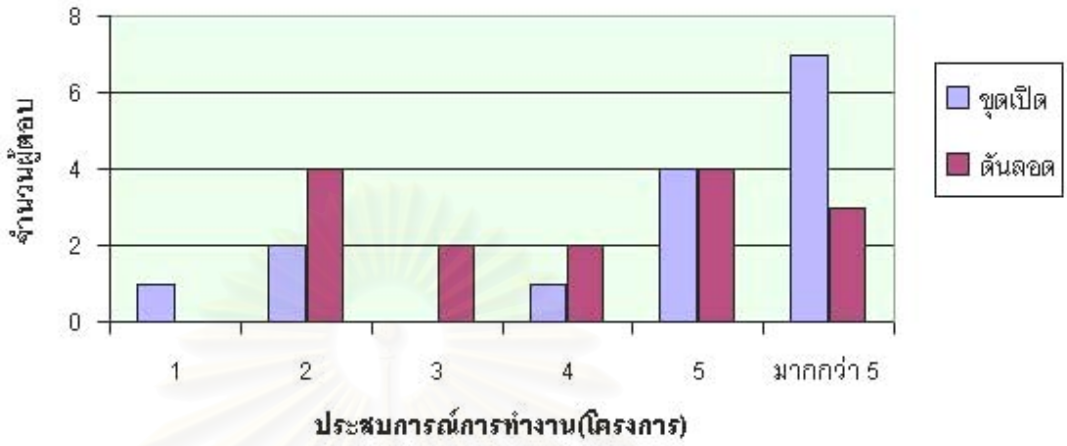
รูปที่ 3.4 พื้นที่โครงการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อม(โครงการที่สี่)

3.3.1.2 โครงการที่ใช้วิธีดันลอดในการวางท่อ ได้เก็บข้อมูลจากโครงการวาง ท่อร้อยสายไฟฟ้าใต้ดินของการไฟฟ้านครหลวง ลักษณะโดยทั่วไปของโครงการจัดเป็นการใช้ที่ดินแบบพาณิชยกรรมเนื่องจากเป็นที่ตั้งของร้านค้าและสถานประกอบการมากมาย สภาพการจราจรบนถนนเป็นแบบหนาแน่นปานกลางถึงติดขัดเนื่องจากถนนสายนี้เป็นทางเชื่อมต่อระหว่างถนนพหลโยธินกับถนนวิภาวดีรังสิต การวางท่อในโครงการนี้ทำในเวลากลางคืนแต่การสอบถามผลกระทบสิ่งแวดล้อมจะใช้แบบสอบถามถามประชาชนในเวลากลางวันซึ่งเป็นประชาชนที่อาศัยในบริเวณบ่อดัน การเก็บข้อมูลจากประชาชนที่ได้รับผลกระทบจากการวางท่อด้วยวิธีดันท่อลอดนั้นจะเก็บได้น้อยเนื่องจากประชาชนที่ได้รับผลกระทบจะเป็นผู้ที่อาศัยใกล้บ่อดันเท่านั้น และในทางปฏิบัติจะกำหนดที่ตั้งของบ่อดันหรือบ่อรับในบริเวณที่ไม่กระทบต่อประชาชน จำนวนผู้ตอบแบบสอบถามที่รวบรวมได้มีจำนวน 20 คน บ่อดันนี้ตอนแรกใช้เป็นบ่อรับแต่มีปัญหาจากการก่อสร้างเล็กน้อยจึงเปลี่ยนมาใช้เป็นบ่อดันซึ่งตำแหน่งที่ตั้งของบ่อนี้อยู่ในบริเวณที่มีผลกระทบต่อประชาชน รูปสภาพพื้นที่โครงการดังรูปที่ 3.4

3.3.2 แหล่งข้อมูลในการศึกษาเรื่องความสำคัญของปัจจัยและความเหมาะสมในการเลือกวิธีวางท่อ

การสอบถามความสำคัญของปัจจัยและวิธีการวางท่อที่เหมาะสมกับสถานการณ์การทำงานต่างๆ ใช้การสอบถามจากกลุ่มผู้เชี่ยวชาญซึ่งเป็นผู้ที่เกี่ยวข้องกับการวางท่อโดยแบ่งกลุ่มผู้เชี่ยวชาญออกเป็นสองกลุ่มคือกลุ่มผู้ออกแบบกับกลุ่มผู้ควบคุมงาน จำนวนทั้งสิ้น 15 คน โดยกลุ่มผู้ออกแบบทำหน้าที่กำหนดแนวท่อ ออกแบบความลึกของแผ่นกันดินที่ใช้ในงานขุดเปิด

ออกแบบท่อดันและบ่อดันสำหรับงานดันลอด ข้อมูลโดยทั่วไปของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญที่ตอบแบบสอบถามแสดงดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 ข้อมูลประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญ

ผู้ตอบแบบสอบถามแบ่งออกเป็นผู้ออกแบบจำนวน 5 คน และผู้ควบคุมงานจำนวน 10 คน กลุ่มผู้ตอบแบบสอบถามมีระดับการศึกษาต่ำกว่าระดับปริญญาตรี 5 คนและระดับปริญญาตรี 10 คน จำนวนผู้ตอบแบบสอบถามครึ่งหนึ่งจากจำนวนทั้งหมดมีประสบการณ์เกี่ยวกับวิธีขุดเปิดมากกว่า 5 โครงการขึ้นไปบางคนมีประสบการณ์งานขุดเปิดมากกว่า 20 โครงการ ส่วนประสบการณ์ด้านการทำงานวิธีดันลอดนั้นผู้ตอบแบบสอบถามประมาณครึ่งหนึ่งมีประสบการณ์การทำงาน 5 โครงการหรือมากกว่า 5 โครงการขึ้นไป

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลจากการศึกษาเรื่องผลกระทบสิ่งแวดล้อม

จากการที่ให้ผู้ตอบแบบสอบถามเลือกคำตอบผลกระทบที่เกิดขึ้นซึ่งเป็นแบบมาตรประมาณค่า (rating scale) แบบ Likert 's Scale แบ่งระดับความคิดเห็นออกเป็นได้รับผลกระทบในระดับเล็กน้อย ระดับปานกลาง และระดับมาก จากระดับความคิดเห็นดังกล่าวได้ทำการกำหนดคะแนนให้แก่ระดับผลกระทบต่างๆดังต่อไปนี้

ถ้าผู้ตอบให้ความเห็นว่า "ได้รับผลกระทบเล็กน้อย" ให้คะแนนเท่ากับ 1
"ได้รับผลกระทบปานกลาง" ให้คะแนนเท่ากับ 2
"ได้รับผลกระทบมาก" ให้คะแนนเท่ากับ 3

ทำการหาค่าเฉลี่ยผลกระทบสิ่งแวดล้อมและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลกระทบสิ่งแวดล้อมแต่ละข้อโดยใช้สูตร

$$\text{ค่าเฉลี่ย}(\bar{x}) = \frac{\sum fx}{n}$$

$$\text{ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน(SD)} = \sqrt{\frac{n\sum fx^2 - (\sum fx)^2}{n(n-1)}}$$

โดยที่ f คือ จำนวนผู้ตอบในแต่ละระดับผลกระทบ

x คือ คะแนนของผลกระทบ

n คือ จำนวนผู้ตอบทั้งหมด

จากนั้นนำค่าเฉลี่ยผลกระทบสิ่งแวดล้อมมาพิจารณาระดับของผลกระทบที่เกิดขึ้น

ถ้าค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.00 - 1.67 สรุปว่า " ได้รับผลกระทบเล็กน้อย "

1.68 - 2.33 สรุปว่า " ได้รับผลกระทบปานกลาง "

2.34 - 3.00 สรุปว่า " ได้รับผลกระทบมาก "

โดยที่ อันตรภาคชั้น = $\frac{3-1}{3} = 0.67$

3.4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลการศึกษาเรื่องความสำคัญของปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกวิธี จากปัจจัยที่มีการเรียงลำดับแล้ว นำมาหาค่าเฉลี่ยความสำคัญของปัจจัยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากนั้นเรียงลำดับค่าเฉลี่ยจากน้อยไปมากโดยค่าเฉลี่ยที่มีค่าน้อยที่สุดจะเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญมากที่สุด ค่าเฉลี่ยของปัจจัยต่างๆนำมาจัดเป็นขั้นความสำคัญและกำหนดคะแนนประจำขั้นดังตารางที่ 3.1

โดยขั้นความสำคัญใช้อันตรภาคชั้น = $\frac{8-1}{8} = 0.875$

ตารางที่ 3.1 การกำหนดคะแนนประจำขั้นความสำคัญของปัจจัย

ค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง	ขั้นความสำคัญที่	คะแนน
1.000 - 1.875	1	4
1.876 - 2.750	2	3
2.751 - 3.625	3	2
3.626 - 4.500	4	1

คะแนนประจำขั้นความสำคัญของปัจจัยใช้หลักการ Rank Weighting Technique แบบ Rank Sum Weight ซึ่งให้ค่าความสำคัญแก่ขั้นความสำคัญลำดับสุดท้ายมีคะแนนความสำคัญเท่ากับ 1

3.4.3 การวิเคราะห์ข้อมูลการศึกษาเรื่องความเหมาะสมของวิธีที่ใช้ในการวางท่อตามสภาวะการทำงาน จากที่ให้ผู้เชี่ยวชาญเลือกว่าระหว่างวิธีขุดเปิดกับวิธีดันลอดนั้นวิธีใดมีความเหมาะสมมากกว่าและมากกว่าในระดับใด ถ้าในสภาวะการทำงานหนึ่งๆเมื่อรวมคำตอบจากผู้เชี่ยวชาญทุกคนแล้วพบว่าการตอบมีทั้งการเลือกวิธีขุดเปิดและวิธีดันลอดจะพิจารณาเลือกวิธีที่มีจำนวนผู้ตอบมากกว่ามาเป็นวิธีการทำงานที่เหมาะสมของข้อนั้นๆ

ระดับความเหมาะสมที่ผู้เชี่ยวชาญตอบมาได้ทำการกำหนดคะแนนแก่ระดับความเหมาะสมต่างๆดังนี้

ถ้าผู้ตอบให้ความเห็นว่ามีความเหมาะสมมากกว่าอีกวิธีหนึ่งในระดับ

"เล็กน้อย" ให้คะแนนเท่ากับ 1

"ปานกลาง" ให้คะแนนเท่ากับ 2

"มาก" ให้คะแนนเท่ากับ 3

จากนั้นจึงหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากกลุ่มที่เลือกมาเพื่อหาระดับความเหมาะสมของวิธีต่อไป โดยนำค่าเฉลี่ยของคำตอบมาสรุปดังนี้

ถ้าค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.00 - 1.67 สรุปว่า "มีความเหมาะสมมากกว่าเล็กน้อย"

1.68 - 2.33 สรุปว่า "มีความเหมาะสมมากกว่าปานกลาง"

2.34 - 3.00 สรุปว่า "มีความเหมาะสมมากกว่ามาก"

โดยที่การแปลความหมายจากที่ผู้เชี่ยวชาญตอบจะใช้อันตรภาคชั้น = $\frac{3-1}{3}$ = 0.67

เนื่องจากรูปแบบความคิดเห็นเป็นแบบเปรียบเทียบความเหมาะสมหรือความสำคัญระหว่างปัจจัย ดังนั้นในการคำนวณค่าน้ำหนักคะแนนของวิธีที่เลือกใช้ในสถานการณ์ต่างๆ จะใช้หลักการ Pairwise Comparison มาคำนวณ

3.4.4 การวิเคราะห์คะแนนรวมของวิธีในสภาวะการทำงานใดๆ ใช้การคำนวณตามสมการต่อไปนี้

คะแนนรวมของวิธีตามสภาวะการทำงาน = $\sum_{i=1}^{n} W_i X_i$

โดยที่ n คือ จำนวนปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกวิธีทั้งหมด

W_i คือ ค่าน้ำหนักของปัจจัยที่ i (สำหรับ i = 1,2,….,n)

X_i คือ คะแนนของวิธีภายใต้ปัจจัยที่ i

3.5 สรุปบท

งานวิจัยนี้มีการศึกษาหลายเรื่องด้วยกันซึ่งในการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเรื่องผลกระทบสิ่งแวดล้อมของวิธีขุดเปิดและวิธีดันลอด และเรื่องราคาค่าก่อสร้าง ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกวิธีได้รวบรวมข้อมูลโดยเรื่องผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการก่อสร้างใช้การหาค่าเฉลี่ยของความคิดเห็นในการสรุประดับของผลกระทบที่เกิดขึ้น และเรื่องราคาค่าวางท่อใช้การวิเคราะห์ข้อมูลจากราคากลางเพื่อให้ทราบราคาค่าก่อสร้างจากวิธีการก่อสร้างทั้งสองวิธี

เรื่องความสำคัญของปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกวิธีและเรื่องความเหมาะสมของวิธีการวางท่อในสภาวะการทำงานหนึ่งๆ ใช้การหาค่าเฉลี่ยจากอันดับขั้นความสำคัญที่ผู้เชี่ยวชาญเรียงลำดับมาเพื่อให้ทราบอันดับความสำคัญของปัจจัยและกำหนดน้ำหนักแก่ปัจจัยโดยหลักการ Rank Weighting Technique แบบ Rank Sum Weight สำหรับเรื่องวิธีที่ใช้ในการวางท่อในสภาวะการทำงานหนึ่งๆใช้หลักการหาค่าเฉลี่ยจากวิธีที่มีจำนวนผู้เลือกตอบมากกว่าแล้วนำไปคำนวณค่าคะแนนวิธีด้วยหลักการ Pairwise Comparison และการวิเคราะห์หาวิธีการวางท่อสำหรับสภาวะการทำงานใช้การคำนวณหาคะแนนวิธีรวมจากน้ำหนักปัจจัยกับคะแนนวิธีภายใต้ปัจจัยนั้นๆ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกวิธีก่อสร้างวางท่อ

กรุงเทพมหานครมีการใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละพื้นที่แตกต่างกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับระยะห่างจากศูนย์กลางเมืองและการใช้ประโยชน์ของที่ดินในอดีต โดยส่วนใหญ่จะมีความเจริญเติบโตมากในบริเวณพื้นที่ที่อยู่ใกล้เคียงกับตัวเมือง เมื่อความเจริญในพื้นที่ชั้นในมีมากขึ้นทำให้จำนวนประชาชนในพื้นที่มีมาก ดังนั้นจึงเริ่มมีการขยายตัวของประชาชนไปสู่พื้นที่โดยรอบทำให้เกิดที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยมากในเขตเมืองชั้นกลางและชั้นนอกเป็นจำนวนมาก การพัฒนาระบบสาธารณูปโภคทั้งถนน ระบบประปา ระบบไฟฟ้า ระบบป้องกันน้ำท่วม ระบบรวบรวมน้ำเสีย ระบบบำบัดน้ำเสีย ฯลฯ จึงขยายจากเขตเมืองชั้นในออกสู่เขตเมืองชั้นกลางและเขตเมืองชั้นนอกตามลำดับ

ผู้วิจัยได้พิจารณาสิ่งที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างวางท่อโดยศึกษาจากข้อมูลโครงการในอดีต เอกสารวิชาการ ผู้เชี่ยวชาญและสภาพปัจจุบันของกรุงเทพฯ ทำให้ทราบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกวิธีการวางท่อประกอบด้วยปัจจัยหลายประการได้แก่ปัจจัยเรื่องตำแหน่งที่ตั้งของแนวท่อ ลักษณะทางกายภาพของถนน ชนิดและคุณสมบัติของดิน ขนาดและลักษณะของอุปสรรคใต้ดิน สภาพการจราจรบนถนน การใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณริมถนน ข้อบังคับจากเจ้าของพื้นที่ที่จะวางแนวท่อ ผลกระทบสิ่งแวดล้อม และราคาค่าก่อสร้าง รายละเอียดของแต่ละปัจจัยดังต่อไปนี้

4.1 ตำแหน่งที่ตั้งของแนวท่อ

จากการศึกษาตำแหน่งที่สามารถกำหนดเป็นที่ตั้งของแนวท่อของข้อมูลโครงการในอดีต พบว่าพื้นที่ที่สามารถวางแนวท่อได้จะเป็นทางสาธารณะหรือเป็นพื้นที่ที่เจ้าของพื้นที่อนุญาตให้วางแนวท่อผ่านได้ ซึ่งทางสาธารณะนั้นประชาชนสามารถใช้สัญจรหรือเดินทางผ่านได้ตลอดเวลา การวางแนวท่อในทางสาธารณะจากการพิจารณาของผู้วิจัยจำแนกตามตำแหน่งที่กระทบต่อการจราจรสามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภทดังนี้

4.1.1 ตำแหน่งที่ตั้งของแนวท่อที่ไม่กระทบต่อการจราจรโดยตรง ได้แก่บริเวณทางเดินเท้าและเกาะกลางถนน โดยทั่วไปทางเดินเท้ามีความกว้างประมาณ 2.00 - 2.50 เมตร ความกว้างของทางเดินเท้าจะไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณนั้นๆ เช่นบริเวณพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบพาณิชยกรรมนั้นทางเดินเท้าจะกว้างมากกว่าปกติ เพื่อให้ประชาชนที่เข้า

มาซื้อขายสินค้าสามารถสัญจรได้โดยสะดวก ความกว้างของทางเดินเท้าอาจมีความกว้าง ไม่เท่ากันตลอดแนวถนนเช่นมีความกว้างลดลงบริเวณช่วงปลายของถนนซึ่งในลักษณะนี้การก่อสร้างจะส่งผลกระทบต่อการจราจรทันทีเนื่องจากพื้นที่ทำงานบนทางเดินเท้าลดลงจึงจำเป็นต้องใช้พื้นที่บนถนนบางส่วนเพื่อให้มีพื้นที่สำหรับทำงานได้ นอกจากนี้บนทางเดินเท้าอาจมีหาบเร่ แผงลอยหรือร้านขายอาหารแบบรถเข็นเข้ามาใช้พื้นที่ในการค้าขายอีกด้วย

4.1.2 ตำแหน่งที่ตั้งของแนวท่อที่มีผลกระทบต่อการจราจรโดยตรง หากไม่สามารถวางแนวท่อบนทางเดินเท้าหรือเกาะกลางถนนได้เนื่องจากมีท่อสาธารณูปโภคหรืออุปสรรคชนิดอื่นอยู่อย่างหนาแน่น บริเวณใต้ผิวถนนจะถูกใช้เป็นที่ตั้งของแนวท่อโดยไม่มีทางหลีกเลี่ยง จากการพิจารณาแผนที่กรุงเทพมหานครของสำนักผังเมือง(สำนักผังเมือง, แผนที่) พบว่าลักษณะของถนนในกรุงเทพฯ สามารถจำแนกออกได้ดังนี้

4.1.2.1 ถนนที่มีทางรถไฟขนานแนวถนน ระยะห่างจากริมถนนของถนนบางสายวัดถึงแนวรางรถไฟอาจมีระยะ 15.00-25.00 เมตร แต่ถนนบางสายอาจมีระยะห่างเพียง 4.00 - 5.00 เมตรเท่านั้น

4.1.2.2 ถนนที่มีจุดตัดเสมอระดับระหว่างทางรถไฟกับถนน เป็นถนนที่มีทางรถไฟตัดผ่านแนวถนนทำให้ในการใช้ยวดยานผ่านบริเวณนี้ ต้องหยุดรอให้รถไฟผ่านไปก่อนจึงจะเคลื่อนผ่านไป

4.1.2.3 ถนนที่มีคลองหรือแม่น้ำขนานแนวถนน นับตั้งแต่รัชสมัยรัชกาลที่1 จวบจนถึงรัชกาลที่5 พื้นที่กรุงเทพฯมีการขุดคลองเป็นจำนวนมาก(จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม, 2537) ปัจจุบันตามข้อกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดินของสำนักผังเมืองกรุงเทพมหานคร(สำนักผังเมือง, ออนไลน์) กำหนดให้ทุกบริเวณที่อยู่ใกล้แนวคลองต้องเว้นที่ว่างตามแนวคลองไม่น้อยกว่า 3.00 เมตรทั้งนี้เพื่อให้เป็นพื้นที่สำหรับก่อสร้างระบบสาธารณูปโภคต่างๆ ดังนั้นระยะที่ใช้วางท่อจึงมีไม่มากนักทั้งยังต้องระมัดระวังเรื่องการพังทลายของตลิ่งริมคลองเนื่องจากงานวางท่อจะใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่มีขนาดใหญ่และมีน้ำหนักมากในการทำงาน

4.1.2.4 ถนนที่มีคลองหรือแม่น้ำตัดแนวถนน การเชื่อมต่อถนนที่ไม่ต่อเนื่องกันเนื่องจากมีแนวคลองหรือแม่น้ำขวางแนวถนน จะใช้สะพานเป็นส่วนเชื่อมแนวถนนเพื่อให้ยวดยานเคลื่อนที่ผ่านแนวคลองไปได้ มีการจำแนกคลองตามขนาดและสภาพของคลองเป็น 3 ประเภท (จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม, 2537) ได้แก่

(1) คลองสายหลัก มีความกว้างตั้งแต่ 30 เมตรขึ้นไป

(2) คลองสายรอง มีความกว้าง 10-30 เมตร

(3) คลองสายย่อย มีความกว้างน้อยกว่า 10 เมตร

การวางแนวท่อขวางแนวคลองอาจใช้วิธีดันลอดใต้คลองหรือใช้วิธีตั้งโครงสร้างรับท่อซึ่งมักวางข้างโครงสะพานที่ข้ามคลองนั้นๆ แต่สะพานที่ข้ามคลองมีทั้งสะพานที่สร้างขึ้นตั้งแต่อดีตซึ่งมีคุณค่าทางประวัติศาสตร์และศิลปกรรม ดังนั้นการเลือกวิธีก่อสร้างวางแนวท่อผ่านแนวคลองจึงควรคำนึงถึงความกว้างของคลองและผลกระทบทางด้านทัศนียภาพที่อาจ บดบังความสวยงามของตัวสะพานไป

4.1.2.5 ถนนที่มีเสาโครงสร้างทางยกระดับในแนวถนน ได้แก่ถนนที่มีแนวทางด่วนหรือทางยกระดับผ่าน(การทางพิเศษแห่งประเทศไทย, 2544) เช่นทางพิเศษเฉลิมมหานคร(ระบบทางด่วนขั้นที่1) ทางพิเศษศรีรัช(ระบบทางด่วนขั้นที่2) ทางพิเศษฉลองรัช(รามอินทรา-อาจณรงค์) โครงการรถไฟฟ้าระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพฯและทางยกระดับอุตราภิมุข นอกจากเสาโครงสร้างของโครงการข้างต้น ยังมีโครงสร้างที่รองรับทางกลับรถยกระดับอีกด้วยที่ต้องระมัดระวังในการก่อสร้างวางแนวท่อ ซึ่งตามแนวของถนนที่มีโครงสร้างทางยกระดับอาจจะมีเสาโครงสร้างรองรับทางยกระดับตลอดแนวถนน โดยเสาโครงสร้างทางยกระดับมักจะมีระยะห่างระหว่างเสาประมาณ 30 เมตร

4.1.2.6 ถนนที่มีแนวอุโมงค์ขนาดใหญ่อยู่ใต้ผิวถนน ได้แก่ถนนที่มีอุโมงค์ของโครงการรถไฟฟ้าใต้ดินผ่านใต้แนวถนนซึ่งความลึกที่แนวอุโมงค์ตั้งอยู่ที่ระดับความลึก15-25 เมตร และอยู่ในชั้นดินเหนียวแข็ง แนวอุโมงค์ของโครงการรถไฟฟ้ามหานครสายเฉลิมรัชมงคลอยู่ตามแนวถนนพระราม4(การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย, ออนไลน์) การก่อสร้างระบบสาธารณูปโภคในแนวเส้นทางที่มีอุโมงค์ใต้ดินตั้งอยู่จึงควรพิจารณาผลที่อาจเกิดขึ้นต่อโครงสร้างอุโมงค์เช่นด้านการทรุดตัวที่เกิดจากการก่อสร้างที่อาจมีผลต่อตัวอุโมงค์ เป็นต้น

4.2 ลักษณะทางกายภาพของถนน

จากการพิจารณาข้อมูลความกว้างและความยาวของถนน ตรอก และซอยในพื้นที่กรุงเทพมหานครของสำนักการโยธา(สำนักการโยธา, ออนไลน์) พบว่าลักษณะของถนนในกรุงเทพฯที่มีผลต่อการเลือกวิธีการวางท่อประกอบด้วยเรื่องความกว้างและความยาวของถนน และเรื่องการเปลี่ยนแปลงความกว้างของถนน รายละเอียดต่างๆดังต่อไปนี้

4.2.1 ความกว้างและความยาวของถนนในกรุงเทพฯสามารถจำแนกออกได้ 2 ประเภทคือ

4.2.1.1 ประเภทที่พบโดยทั่วไป แบ่งออกเป็น 4 ประเภทคือ

(1) ตรอกแคบ 1-2 เมตร ความยาวไม่เกิน 100 เมตร

(2) ซอยแคบ 4 เมตร ความยาว 100-200 เมตร

(3) ซอยกว้าง 6 เมตร ความยาว 200-300 เมตร

(4) ถนนสายหลักกว้าง 12-50 เมตร ความยาวมากกว่า 1,000 เมตร

4.2.1.2 ประเภทที่พบไม่มากนัก แบ่งออกเป็น 3 ประเภทคือ

(1) ตรอกแคบ 1-2 เมตร ความยาวมากกว่า 500 เมตร

(2) ซอยแคบ 4 เมตร ความยาวมากกว่า 1,000 เมตร

(3) ซอยกว้าง 6 เมตร ความยาวมากกว่า 1,000 เมตร

จากลักษณะดังกล่าว จะเห็นว่าโดยทั่วไปตรอกและซอยมีความยาวไม่มากคือประมาณ 200 เมตรเนื่องจากเป็นทางเข้าสู่ที่พักอาศัย ส่วนถนนสายหลักจะมีความยาวมาก ความยาวของถนนพิจารณาจากจุดตัดของถนนกับถนนสายอื่นทั้งสองด้านของแนวถนน การก่อสร้างวางแนวท่อจะเกี่ยวข้องกับถนนด้านใดด้านหนึ่งดังนั้นความกว้างของถนนสายหลักด้านที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างเมื่อมีเกาะกลางถนนจะมีความกว้าง 6-25 เมตร ส่วนการวางแนวท่อในตรอกและซอยความกว้างที่เกี่ยวข้องกับการทำงานคือความกว้างของตรอกและซอยเนื่องจากไม่มีสิ่งที่ใช้แบ่งช่องการจราจรภายในตรอกและซอย

4.2.2 ลักษณะของช่องการจราจรบนถนน ปัจจัยข้อนี้เกี่ยวข้องกับการเลือกวิธีก่อสร้างวางท่อเมื่อการวางแนวท่อบนถนนที่ช่องการจราจรเกิดการเปลี่ยนแปลงไปย่อมส่งผลต่อการจราจรบนถนนมากกว่าก่อนดำเนินการก่อสร้างซึ่งปกติอาจจะมีความลำบากในการเคลื่อนตัวของยวดยานอยู่ก่อนแล้ว ลักษณะการเปลี่ยนแปลงความกว้างของถนน ผู้วิจัยจำแนกออกเป็น 3 ลักษณะ ดังนี้

4.2.2.1 ถนนมีการเปลี่ยนแปลงความกว้างเล็กน้อย คือบางช่วงของถนนมีความกว้างลดลงจากปกติแล้วมีความกว้างกลับมาเท่าเดิมอีกครั้งเมื่อผ่านบริเวณนี้ไป

4.2.2.2 ถนนมีการเปลี่ยนแปลงความกว้างมาก คือถนนมีการลดช่องการจราจรในลักษณะของคอขวด (bottle neck) ซึ่งเป็นถนนที่มีความกว้างมากลดลงมาเป็นถนนเล็กหรือสะพานซึ่งความกว้างน้อยกว่าช่องถนน

4.2.2.3 ถนนไม่มีการเปลี่ยนแปลงความกว้าง คือถนนที่มีความกว้างคงที่ตลอดแนวที่ทำการก่อสร้าง

4.3 ชนิดและคุณสมบัติของดิน

ลักษณะของชั้นดินกรุงเทพฯจากผิวดินลงไป ประกอบด้วยดินชั้นบน ชั้นดินเหนียวอ่อน ชั้นดินเหนียวแข็งปานกลาง ชั้นดินเหนียวแข็งชั้นแรก ชั้นทรายชั้นแรก ชั้นดินเหนียวแข็งชั้นที่สองและชั้นทรายชั้นที่สอง

จากลักษณะการวางตัวของชั้นดินกรุงเทพฯ(Amarasinghe,1992) สามารถพบดินเหนียวอ่อนที่มีความสม่ำเสมอในแนวราบถึงความลึกประมาณ 8 เมตร บางบริเวณมีความสม่ำเสมอถึงความลึก 10 เมตร ชั้นดินเหนียวแข็งปานกลางมีความหนาไม่มากประมาณ 1-3 เมตร และไม่ได้วางตัวในแนวราบมีการยกตัวและลดตัวของชั้นดิน ส่วนชั้นดินเหนียวแข็งมีความลึกตั้งแต่ 15 - 20 เมตรซึ่งในความลึกระดับนี้ชั้นดินมีความสม่ำเสมอและมีการแทรกตัวของดินชนิดอื่นๆน้อย ดังนั้นชั้นดินที่อาจเป็นที่ตั้งของแนวท่อได้สามารถแบ่งออกได้ 4 ประเภทคือ

4.3.1 ดินชั้นบน(top soil) ความลึกไม่เกิน 2 เมตร

4.3.2 ชั้นดินเหนียวอ่อน(soft clay) ความลึกวัดจากผิวดิน 2-10 เมตร

4.3.3 ชั้นดินเหนียวแข็ง(stiff clay) ความลึกวัดจากผิวดิน 15-20 เมตร

4.3.4 ชั้นทรายชั้นแรก(first sand) ความลึกวัดจากผิวดิน 20 เมตรลงไป

4.4 ขนาดและลักษณะของอุปสรรคใต้ดิน

จากการศึกษาข้อมูลโครงการในอดีตผู้วิจัยได้จำแนกประเภทของอุปสรรคที่อาจขวางแนวท่อสาธารณูปโภค ออกได้ 2 ประเภทคือ

4.4.1 อุปสรรคขนาดใหญ่ที่ทำลายได้ยากหรือไม่สามารถทำลายได้เนื่องจากเป็นโครงสร้างสำคัญ อุปสรรคประเภทนี้มักเป็นโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กหรือคอนกรีตอัดแรง เช่น เสาเข็ม ฐานรากและตอม่อของป้ายรถประจำทาง สะพานลอยคนเดินข้าม และสะพานทางยกระดับซึ่งปกติปลายเสาเข็มที่รับโครงสร้างที่มีน้ำหนักมากจะฝังในชั้นทรายชั้นแรก(ความลึกมากกว่า 20 เมตร) เสาเข็มของฐานรากอาคารที่ไม่ได้รื้อถอนออกแม้ว่าตัวโครงสร้างอาคารจะถูกรื้อถอนไปแล้ว ทางระบายน้ำลอดใต้ถนน(box culvert) และโครงสร้างอุโมงค์ใต้ดิน อุปสรรคประเภทนี้มีความสำคัญเพราะเสาเข็ม ฐานรากและตอม่อเป็นส่วนโครงสร้างที่รับน้ำหนักจากโครงสร้างส่วนบน หากถูกทำลายหรือกระทบกระเทือนจะส่งผลต่อโครงสร้างทั้งหมดได้ ส่วนกรณีทางระบายน้ำลอดใต้ถนนซึ่งทำหน้าที่เชื่อมต่อคลองหรือแม่น้ำ หากเกิดความเสียหายอาจทำให้เกิด น้ำท่วมผิวถนนได้

4.4.2 อุปสรรคขนาดเล็กได้อุปสรรคที่อยู่ใต้ทางเดินเท้าเป็นส่วนใหญ่ ได้แก่ท่อสาธารณูปโภคเดิมจำพวกท่อระบายน้ำ ท่อประปา ท่อร้อยสายไฟฟ้า ท่อร้อยสายโทรศัพท์และท่อส่งก๊าซเป็นต้น รากของต้นไม้ใหญ่ที่ปลูกไว้ริมถนนหรือทางเดินเท้าซึ่งตำแหน่งและทิศทางของรากต้นไม้ไม่แน่นอน อุปสรรคอีกประการหนึ่งคือเสาไฟฟ้าและตู้โทรศัพท์บนทางเดินเท้า ลักษณะการกีดขวางของอุปสรรคขนาดเล็กในการก่อสร้างแนวท่อสาธารณูปโภคจะไม่มาก แต่หากถูก

กระทบกระเทือนให้เกิดความเสียหายจะสร้างความเดือดร้อนแก่ประชาชนได้เนื่องจากระบบสาธารณูปโภคเป็นสิ่งสำคัญต่อการดำรงชีวิตประจำวัน

4.5 สภาพการจราจรบนถนนที่วางท่อ

การจราจรในกรุงเทพฯบนถนนสายหลักในช่วงเวลาเร่งด่วนปี 2544 เวลา 06.00-09.00 น. ขาเข้าเมืองและเวลา 16.00-19.00 น. ขาออกจากเมือง ตอนเช้าความเร็วของยวดยานเฉลี่ยที่ 18.1 กิโลเมตร/ชั่วโมง มีถนนวิภาวดีรังสิตเท่านั้นที่ใช้ความเร็วได้ 34.1 กิโลเมตร/ชั่วโมงซึ่งเป็นความเร็วที่มากที่สุดบนถนนสายหลัก ส่วนช่วงเร่งด่วนตอนเย็นความเร็วของยวดยานเฉลี่ยที่ 23.9 กิโลเมตร/ชั่วโมง และเป็นถนนวิภาวดีรังสิตที่ใช้ความเร็วได้มากที่สุดคือ 52.3 กิโลเมตร/ชั่วโมง (สำนักการจราจรและขนส่ง, ออนไลน์)

จากข้อมูลเรื่องสภาพการจราจรในกรุงเทพฯนี้ ผู้วิจัยได้จำแนกสภาพการจราจรตามปริมาณและความเร็วของยวดยานโดยใช้คำจำกัดความพื้นฐานจาก The Highway Capacity Manual ของ Transportation Research Board ปี 1985 (MIT, Department of Urban studies and Planning, online) ออกเป็น 4 ประเภท ซึ่งเป็นการจำแนกลักษณะสภาพการจราจรบนถนนเพื่อใช้สำหรับงานวิจัยซึ่งมีลักษณะเชิงบรรยายทำให้สามารถทำความเข้าใจได้ง่าย ดังนี้

4.5.1 สภาพการจราจรคล่องตัว หมายถึง มีลักษณะการเคลื่อนตัวโดยอิสระ ยวดยานสามารถเลือกใช้ความเร็วระดับใดก็ได้ การเดินทางและการแซงสามารถกระทำได้โดยสะดวกและไม่มีผลกระทบจากรถคันอื่นหรือมีผลกระทบน้อย

4.5.2 สภาพการจราจรปานกลาง หมายถึง มีลักษณะการเคลื่อนตัวคงที่ ผู้ขับขี่จะได้รับผลกระทบจากรถคันอื่นในการเลือกใช้ความเร็วในการเดินทาง การเปลี่ยนช่องทางหรือการแซงต้องใช้ความระมัดระวังมากขึ้น

4.5.3 สภาพการจราจรหนาแน่น หมายถึง ความเร็วที่ใช้ในการเดินทางต่ำแต่ยังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสม่ำเสมอ การแซงลำบาก ผู้ขับขี่ไม่สามารถขับได้ดังใจ ความคล่องตัวไม่คงที่เนื่องจากการจราจรที่หนาแน่น

4.5.4 สภาพการจราจรติดขัด หมายถึง การเคลื่อนตัวของยวดยานขาดความต่อเนื่อง มียวดยานเรียงตัวกันเป็นแถวและเคลื่อนตัวเป็นช่วงๆ ปริมาณยวดยานเกินขีดความสามารถของช่วงถนนที่จะรองรับได้

(ก)

(ข)

(ค)

(ง)

รูปที่ 4.1 รูปสภาพการจราจรประเภทต่างๆ (ก) สภาพการจราจรคล่องตัว (ข) สภาพการจราจรหนาแน่นปานกลาง (ค) สภาพการจราจรหนาแน่นมาก (ง) สภาพการจราจรติดขัด (ที่มา : MIT, Department of Urban studies and Planning, online)

การวางท่อบนถนนจะกระทบต่อการจราจรบนถนนมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสภาพการจราจรบนถนนและการวางท่อบนทางเดินเท้าริมถนนจะส่งผลกระทบต่อสภาพการจราจรได้ เนื่องจากต้องใช้รถบรรทุกในการลำเลียงวัสดุหรือใช้พื้นที่บางส่วนบนถนนสำหรับการทำงาน

4.6 การใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณริมถนน

จากการศึกษารูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินจากผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร(ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1) พ.ศ. 2542 ของสำนักผังเมือง(สำนักผังเมือง, ออนไลน์) สามารถสรุปรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อใช้สำหรับงานวิจัยออกได้ 6 ประเภท ได้แก่

4.6.1 ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัย เป็นที่ดินที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการอยู่อาศัยเป็นสำคัญซึ่งอาจเป็นที่อยู่อาศัยแบบบ้านเดี่ยว บ้านแฝด บ้านจัดสรร อาคารสูงหรืออาคารขนาดใหญ่พิเศษ ที่ดินประเภทนี้ยังจำแนกออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

4.6.1.1 ประเภทที่อยู่อาศัยหนาแน่นน้อย มีที่อยู่อาศัยประเภทบ้านเดี่ยว บ้านแฝด หรืออาคารที่อยู่อาศัยขนาดเล็ก มีคนในพื้นที่ประมาณ 10-30 คน/ไร่

4.6.1.2 ประเภทที่อยู่อาศัยหนาแน่นปานกลาง มีที่อยู่อาศัยประเภทบ้านเดี่ยว บ้านแฝดหรืออาคารที่อยู่อาศัยขนาดเล็ก และในบางพื้นที่สามารถมีอาคารสูงได้ มีคนในพื้นที่ประมาณ 30-50 คน/ไร่

4.6.1.3 ประเภทที่อยู่อาศัยหนาแน่นมาก มีที่อยู่อาศัยประเภทบ้านเดี่ยว บ้านแฝดหรืออาคารที่อยู่อาศัยขนาดเล็กและอาคารสูงได้ นอกจากนี้ในบางพื้นที่สามารถมีอาคารขนาดใหญ่ มีคนในพื้นที่ประมาณ 80-120 คน/ไร่

4.6.2 ที่ดินประเภทพาณิชยกรรม เป็นที่ดินที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการค้าขายและการอยู่อาศัย ที่ดินประเภทนี้จะมีประชาชนเข้ามาทำกิจกรรมในพื้นที่เพื่อซื้อขายสินค้า ลักษณะของทางเดินเท้าในบริเวณพื้นที่จะมีความกว้างมากกว่าปกติทั้งนี้เพื่อให้ประชาชนสัญจรได้โดยสะดวกในการเลือกซื้อสินค้า มีคนในพื้นที่ประมาณ 80-120 คน/ไร่

4.6.3 ที่ดินประเภทอุตสาหกรรม เป็นที่ดินที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการอุตสาหกรรม แบ่งออกได้ 2 ประเภท ได้แก่

4.6.3.1 ประเภทอุตสาหกรรมที่มีการผลิต เช่นที่ดินที่ตั้งเป็นโรงงาน

4.6.3.2 ประเภทอุตสาหกรรมที่ไม่มีการผลิต เช่นอุตสาหกรรมที่บรรจุสินค้าในภาชนะหรือประกอบชิ้นส่วนต่างๆเพื่อให้เป็นผลิตภัณฑ์

4.6.4 ที่ดินประเภทชนบทและเกษตรกรรม เป็นที่ดินที่ใช้พื้นที่ในทางการเกษตรหรือเกี่ยวข้องกับการเกษตร ซึ่งที่ดินประเภทนี้จะมีที่อยู่อาศัยประเภทบ้านเดี่ยวหรือบ้านแฝดตั้งอยู่ในพื้นที่ด้วย

4.6.5 ที่ดินประเภทบริการสาธารณะ ได้แก่ที่ดินประเภทสถาบันการศึกษาเช่นโรงเรียน มหาวิทยาลัย ประเภทสถาบันศาสนาเช่นวัดหรือสถานที่ประกอบพิธีทางศาสนาต่างๆ และประเภทสถาบันราชการ สาธารณูปโภคและสาธารณูปการ

4.6.6 ที่ดินประเภทอนุรักษ์เพื่อส่งเสริมเอกลักษณ์ศิลปวัฒนธรรมไทย เป็นที่ดินที่อนุรักษ์เอกลักษณ์ศิลปวัฒนธรรมและสถาปัตยกรรม ดังนั้นจากลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินจึงส่งเสริมในทางการท่องเที่ยวและการพาณิชยกรรมขึ้น นอกจากนี้ยังมีอาคารเพื่อการอยู่อาศัยตั้งอยู่ภายในที่ดินประเภทนี้อีกด้วย

4.7 ข้อบังคับจากเจ้าของพื้นที่ที่จะวางแนวท่อ

การก่อสร้างวางท่อสาธารณูปโภคจะต้องได้รับการอนุญาตจากเจ้าของพื้นที่เสียก่อนจึงจะดำเนินการก่อสร้างได้ บางพื้นที่ในกรุงเทพฯถูกบังคับไม่ให้ก่อสร้างโดยวิธีขุดเปิดได้เช่นตามประกาศเรื่องกำหนดทางหลวงเทศบาลในเขตกรุงเทพมหานครที่ห้ามขุดเป็นเวลา 10 ปี ฉบับที่1 ประกาศ ณ วันที่ 17 ส.ค. 2541 และฉบับที่2 ประกาศ ณ วันที่ 8 ม.ค. 2542 โดยผู้อำนวยการทางหลวงเทศบาล(กรุงเทพมหานคร) มีถนนที่ห้ามขุดทั้งสิ้น 52 สาย แบ่งเป็นถนนในเขตเมืองชั้นใน 42 สาย เขตเมืองชั้นกลาง 5 สายแบ่งเป็นฝั่งพระนคร 4 สายและฝั่งธนบุรี 1 สาย เชื่อมต่อเขตเมืองชั้นในกับเขตเมืองชั้นกลาง 2 สาย เชื่อมต่อเขตเมืองชั้นกลางกับเขตเมืองชั้นนอก 1 สาย และเขตเมืองชั้นนอก 2 สาย การกำหนดรายชื่อถนนห้ามขุดเนื่องจากการขุดถนนซ้ำซ้อนบนถนนสายเดิมจะเกิดปัญหาด้านมลภาวะและด้านการจราจรซึ่งสร้างความเดือดร้อนแก่ประชาชนที่อาศัยอยู่บนถนนที่มีการก่อสร้าง

ถนนที่ห้ามขุดในเขตเมืองชั้นในอยู่ในความรับผิดชอบของสำนักงานเขตพระนครมากที่สุดถึง 15 สาย ได้แก่ถนนประชาธิปไตย ถนนมหาราช ถนนสนามไชย ถนนพระจันทร์ ถนน หน้าพระธาตุ ถนนจักรพงษ์(ช่วงจากถนนพระสุเมรุ-ถนนเจ้าฟ้า) ถนนเชตุพน ถนนดินสอ(ช่วงจากถนนบำรุงเมือง-สะพานเฉลิมวันชาติ) ถนนตีทอง(ช่วงจากถนนบำรุงเมือง-ถนนเจริญกรุง) ถนน ตรีเพชร(ช่วงจากถนนเจริญกรุง-ถนนพาหุรัด) ถนนตะนาว(ช่วงจากถนนบวรนิเวศน์-ถนนบำรุงเมือง) ถนนบ้านหม้อ(ช่วงจากถนนจักรเพชร-ถนนเจริญกรุง) ถนนราชดำเนินกลาง(จากสะพานผ่านพิภพลีลา-สะพานผ่านฟ้าลีลาศ) และถนนสำราญราษฎร์(ช่วงจากถนนมหาไชย-ถนนสิริพงษ์) ซึ่งเป็นถนนบริเวณเกาะรัตนโกสินทร์ทั้งหมดและผ่านสถานที่สำคัญๆ เช่นพระบรมมหาราชวังและวัดพระศรีรัตนศาสดาราม เป็นต้น

4.8 ผลกระทบสิ่งแวดล้อม

การก่อสร้างวางท่อด้วยวิธีขุดเปิดหรือวิธีดันลอดซึ่งมีลักษณะการทำงานและส่งผลกระทบต่อประชาชนแตกต่างกันคือวิธีขุดเปิดเป็นการทำงานบนพื้นดินและส่งผลกระทบต่อประชาชนในโครงการตลอดแนวที่วางท่อและวิธีดันลอดเป็นการทำงานใต้ดินซึ่งส่งผลกระทบต่อประชาชนในบริเวณบ่อดันและบ่อรับ ปัจจัยเรื่องผลกระทบสิ่งแวดล้อมนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาถึงระดับของผลกระทบที่เกิดขึ้นจากวิธีการก่อสร้างที่แตกต่างกันเพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นประกอบการพิจารณาเลือกวิธีวางท่อต่อไป

4.8.1 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการก่อสร้างวางท่อโดยวิธีขุดเปิด

จากการพิจารณาถึงผลกระทบสิ่งแวดล้อมทางด้านต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากการก่อสร้างด้วยวิธีขุดเปิด ผู้วิจัยได้จำแนกผลกระทบสิ่งแวดล้อมทางด้านต่างๆดังรายละเอียดต่อไปนี้

4.8.1.1 ด้านทรัพยากรกายภาพ แบ่งออกเป็นทรัพยากรดิน ทรัพยากรน้ำและทรัพยากรอากาศ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.8.1.1.1 ทรัพยากรดิน ได้แก่

(1) สภาพของทางเดินเท้าหรือถนนที่ขุดร่องวางท่อ การขุดเปิดร่องท่อเป็นการทำงานที่ต้องทำลายหรือรื้อวัสดุปูพื้นแล้วขุดดินตลอดแนวทำให้เกิดความไม่สม่ำเสมอของสภาพทางเดินเท้าหรือพื้นถนนและบริเวณข้างร่องจะมีกองเศษวัสดุจึงทำให้พื้นที่ใช้สอยในการสัญจรลดน้อยลง การขุดร่องดินเป็นการขุดเปิดส่วนบนของร่องดินซึ่งถ้าร่องดินที่ขุดมีความลึกมากอาจต้องใช้แผ่นกันดินช่วยในการทำงาน แผ่นกันดินใช้เพื่อป้องกันดินด้านข้างพังทลายลงมาในร่อง ในกรณีขุดร่องที่มีความลึกไม่เกิน 1.50 เมตรอาจจะไม่ต้องใช้แผ่นกันดินช่วยในการทำงานดังนั้นการใช้งานตามปกติบริเวณใกล้ปากร่องเช่นการเดินสัญจรของประชาชนหรือการเคลื่อนตัวของยวดยานบนถนนข้างแนวร่องดินอาจทำให้เกิดการพังทลายหรือการทรุดตัวของพื้นทางหรือทางเดินได้

(2) คุณลักษณะของดิน การขุดเปิดไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อคุณสมบัติของดินในบริเวณที่ก่อสร้างเนื่องจากในการทำงานไม่ได้ก่อให้เกิดสารปนเปื้อนปะปนในดิน

(3) ทรัพยากรธรณีและเหมืองแร่ การขุดเปิดร่องดินไม่สามารถทำได้ในระดับความลึกที่มีทรัพยากรธรณีและเหมืองแร่อยู่จึงไม่ส่งผลกระทบทางด้านนี้

(4) สภาพทางธรณีวิทยา การขุดเปิดในกรุงเทพฯไม่สามารถทำได้ในระดับความลึกมากถึงระดับชั้นหินซึ่งมีความลึกมากกว่า 20 เมตรลงไปจากระดับผิวดินจึงไม่ส่งผลกระทบทางด้านนี้

(5) การเกิดแผ่นดินไหว เนื่องจากตำแหน่งที่ตั้งของกรุงเทพฯอยู่ห่างจากแนวรอยเลื่อนของชั้นหินจึงไม่ค่อยเกิดแผ่นดินไหวขึ้นประกอบกับการขุดเปิดร่องดินวางท่อทำในระดับความลึกไม่มากและยังอยู่ในระดับของชั้นดินจึงไม่เกิดผลกระทบด้านการเกิดแผ่นดินไหว

4.8.1.1.2 ทรัพยากรน้ำ ได้แก่

(1) สภาพและปริมาณของแหล่งน้ำผิวดิน การขุดเปิดบริเวณใกล้คลองหรือแม่น้ำอาจทำให้เศษวัสดุตกลงไปในแหล่งน้ำได้จึงเกิดความขุ่นจากตะกอนขึ้นแต่จะ

กระทบต่อสภาพแหล่งน้ำช่วงก่อสร้างเท่านั้น เศษวัสดุหรือเศษดินที่ตกลงไปในแหล่งน้ำจะสะสมเป็นตะกอนจนอาจทำให้แหล่งน้ำตื้นเขินได้

(2) คุณภาพของน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ถ้าเศษวัสดุที่เกิดจากการก่อสร้างเช่นเศษดิน เศษคอนกรีตหรือเศษแอสฟัลท์ที่ใช้ทำผิวถนนตกลงไปในแหล่งน้ำจะทำให้เกิดการปนเปื้อนและมีผลต่อคุณภาพของน้ำในแหล่งน้ำ

(3) สภาพและปริมาณของแหล่งน้ำใต้ดิน วิธีขุดเปิดไม่ส่งผลกระทบทางด้านนี้เนื่องจากข้อจำกัดของวิธีที่ไม่สามารถทำในระดับความลึกของแหล่งน้ำใต้ดินกรุงเทพฯได้

(4) คุณภาพของน้ำในแหล่งน้ำใต้ดิน เนื่องจากวิธีขุดเปิดไม่สามารถทำในระดับความลึกของแหล่งน้ำใต้ดินกรุงเทพฯได้จึงไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของแหล่งน้ำได้

4.8.1.1.3 ทรัพยากรอากาศ ได้แก่

(1) สภาพอุตุนิยมวิทยา เนื่องจากในการทำงานไม่ได้ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศในปริมาณมากจนทำให้สภาพอากาศเปลี่ยนแปลงได้

(2) คุณภาพอากาศ การวางท่อต้องใช้พื้นที่บนทางเดินเท้า เกาะกลางถนนหรือถนนเป็นที่ตั้งของแนวท่อ การขุดเปิดบนพื้นที่เหล่านี้ส่งผลกระทบต่อคุณภาพอากาศเนื่องจากเกิดฝุ่นผงคอนกรีตหรือดินปะปนในอากาศรวมกับฝุ่นละอองและก๊าซพิษที่เกิดขึ้นจากยานพาหนะที่เคลื่อนตัวบนถนน ถ้าแนวท่ออยู่บนทางเดินเท้าซึ่งมีความกว้างเพียงพอสำหรับกองเศษวัสดุข้างร่องท่อได้มลพิษจากยานพาหนะที่เกิดขึ้นจะน้อยกว่าเมื่อแนวท่ออยู่บนถนนซึ่งต้องเสียพื้นที่ช่องทางจราจรอย่างน้อย 1 ช่องทางเพื่อใช้เป็นพื้นที่แนวท่อ พื้นที่ให้รถขุดหรือ รถบรรทุกและเป็นพื้นที่กองดิน มลพิษที่เกิดขึ้นจากยานพาหนะจะขึ้นอยู่กับปริมาณของยานพาหนะที่ใช้ทางและสภาพการเคลื่อนตัวบนถนน การขุดเปิดร่องท่อในบริเวณที่มีความหนาแน่นของยานพาหนะบนถนนมากจะยิ่งเพิ่มมลพิษทางอากาศแก่บริเวณนั้นให้สูงขึ้น ประเภทของฝุ่นละอองและก๊าซพิษที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ของยานพาหนะได้แก่คาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรคาร์บอน ไนโตรเจนออกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์และฝุ่นแขวนลอยในอากาศ ซึ่งเมื่อได้รับก๊าซเหล่านี้ในปริมาณมากจะเป็นอันตรายต่อร่างกาย

(3) ระดับเสียงและการสั่นสะเทือน การเจาะพื้นถนนหรือทางเดินเท้าที่ทำจากคอนกรีตซึ่งอาจใช้เครื่องเจาะแบบมือหรือใช้รถขุดเจาะนั้นทำให้เกิดเสียงดังเป็นเวลานานและต่อเนื่องซึ่งเสียงจะเกิดขึ้นจนกว่าจะทำลายพื้นถนนเสร็จ ระดับเสียงที่เกิดขึ้นสร้างความรบกวนต่อระบบการรับฟังของประชาชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณโครงการ กิจกรรมการขุดร่อง

และตักเศษวัสดุขึ้นรถบรรทุกทำให้เกิดเสียงจากการทำงานขึ้นตลอดเวลา นอกจากนี้การเจาะพื้นและการขับเคลื่อนของรถบรรทุกที่ขนส่งวัสดุทำให้เกิดการสั่นสะเทือนขึ้นอีกด้วย

4.8.1.2 ด้านทรัพยากรนิเวศ แบ่งออกเป็นระบบนิเวศวิทยา ทรัพยากรพืชและสัตว์และสัตว์และพืชที่หายากและใกล้สูญพันธุ์ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.8.1.2.1 ระบบนิเวศวิทยา ได้แก่

(1) ระบบนิเวศวิทยาบนบก วิธีขุดเปิดไม่ทำให้ระบบนิเวศวิทยาบนบกเปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากกรุงเทพฯมีลักษณะของการอยู่อาศัยแบบชุมชนเมืองซึ่งมีการอยู่อาศัยของสัตว์น้อย

(2) ระบบนิเวศวิทยาในน้ำ การขุดเปิดร่องท่อใกล้แหล่งน้ำอาจทำให้ระบบนิเวศวิทยาในน้ำเปลี่ยนแปลงไปจากการที่เศษวัสดุตกลงไปในน้ำทำให้สภาพน้ำในแหล่งน้ำมีความขุ่นมากขึ้นหรือเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีจากการผสมระหว่างน้ำกับฝุ่นคอนกรีตหรือยางแอสฟัลท์

4.8.1.2.2 ทรัพยากรพืชและสัตว์ ได้แก่

(1) ต้นไม้ที่ปลูกในบริเวณที่วางท่อ ส่วนใหญ่เป็นไม้ใบซึ่งให้ความร่มเย็นและความเป็นธรรมชาติแก่ชุมชนเมือง การขุดร่องดินใกล้ต้นไม้ในบางครั้งอาจจำเป็นต้องตัดรากไม้ซึ่งขวางแนวการวางท่อจึงทำให้ต้นไม้ตายหรือโค่นล้มลงได้ ซึ่งถ้าไม่มีต้นไม้จะส่งผลให้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศเพิ่มสูงขึ้น

(2) สัตว์บกที่อาศัยในบริเวณที่วางท่อ นกหรือสัตว์ประเภทอื่นที่อาศัยบนต้นไม้หรือสิ่งปลูกสร้างในบริเวณที่ก่อสร้างอาจได้รับการรบกวนจากการทำงานของเครื่องจักรที่เจาะพื้นหรือขุดดินทำให้อพยพย้ายถิ่นไป

(3) พืชน้ำและสัตว์ที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำ อาจได้รับการรบกวนจากการที่ระบบนิเวศวิทยาในน้ำเกิดการเปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากมีเศษวัสดุตกลงไปในแหล่งน้ำ

4.8.1.2.3 สัตว์และพืชที่หายากและใกล้สูญพันธุ์ ผลกระทบทางด้านนี้อาจไม่เกิดขึ้นเนื่องจากในกรุงเทพฯมีลักษณะของชุมชนเมืองดังนั้นจึงทำให้ไม่มีสัตว์ที่หายากอาศัยอยู่

4.8.1.3 ด้านคุณค่าการใช้ประโยชน์ของมนุษย์แบ่งออกเป็น ระบบสาธารณูปโภคและสาธารณูปการ และการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.8.1.3.1 ระบบสาธารณูปโภคและสาธารณูปการ ได้แก่

(1) น้ำประปา การขุดร่องดินเพื่อวางท่อในบริเวณที่ใกล้ท่อน้ำประปาที่มีอยู่เดิมต้องใช้ความระมัดระวังในการทำงานเพราะอาจทำให้ท่อแตกหรือรั่วขึ้นได้ ถ้าท่อน้ำประปาแตกจึงจำเป็นต้องระงับการจ่ายน้ำเพื่อทำการซ่อมแซมท่อให้สามารถใช้งานได้เสียก่อน

(2) ไฟฟ้า บนทางเดินเท้าซึ่งเป็นที่ตั้งของเสาไฟฟ้าหรือบนถนนที่มีท่อร้อยสายไฟฟ้าฝังอยู่ใต้ดิน การขุดร่องดินต้องระมัดระวังไม่ให้ท่อร้อยสายไฟแตกหรือเกิดความเสียหายแก่เสาไฟฟ้าขึ้น เพราะน้ำที่อุปโภคบนทางเดินเท้าอาจซึมเข้าไปในท่อจึงอาจเกิด ไฟฟ้าดับหรือเกิดอันตรายจากกระแสไฟฟ้ารั่วได้

(3) การกำจัดน้ำเสีย การขุดเปิดร่องต้องใช้ความระมัดระวังเนื่องจากถ้าท่อกำจัดน้ำเสียแตกจะทำให้สารเคมีรั่วซึมในดินและก่อให้เกิดอันตรายต่อพืช สัตว์และประชาชนที่อาศัยอยู่ใกล้เคียงได้

(4) การป้องกันน้ำท่วมและระบายน้ำ ท่อระบายน้ำจากถนนอยู่ใต้ทางเดินเท้าในระดับความลึกจากผิวดินประมาณ 2 เมตรและมีความลาดเอียงของแนวท่อเพื่อให้น้ำไหล การขุดเปิดร่องต้องระวังไม่ให้เกิดผลกระทบต่อแนวท่อ เศษดินหรือเศษวัสดุที่เกิดขึ้นอาจเข้าไปอุดตันในท่อระบายน้ำจนทำให้น้ำท่วมบนผิวถนน ซึ่งอาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุแก่ผู้ใช้ถนนหรือทำให้ยวดยานบนถนนเคลื่อนตัวช้าลง

(5) การคมนาคมขนส่ง การที่ต้องใช้รถบรรทุกในการลำเลียงวัสดุเข้าและออกจากบริเวณร่องท่อซึ่งอยู่บนทางเดินเท้าหรือบนถนนจะทำให้เสียพื้นที่ช่องทางจราจร 1 ช่องทางจึงทำให้การจราจรติดขัดขึ้นได้ และการขุดเปิดร่องผ่านปากซอยหรือถนนจะส่งผลกระทบต่อการจราจรเช่นเดียวกัน

4.8.1.3.2 การพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม ได้แก่

(1) การใช้ที่ดิน การขุดร่องดินทำให้พื้นที่ใช้ประโยชน์บนทาง เดินเท้าหรือถนนลดน้อยลงตามความกว้างของร่องท่อที่ขุด ซึ่งถ้าความกว้างของร่องท่อมากพื้นที่ใช้ประโยชน์จะลดน้อยลง

(2) การพัฒนาเศรษฐกิจ การขุดเปิดร่องผ่านบริเวณที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินข้างแนวท่อเป็นแบบพาณิชยกรรมจะทำให้การค้าขายไม่ดีเหมือนก่อนมีการก่อสร้างเนื่องจากทางเข้าออกไม่สะดวก บางทีอาจจำเป็นต้องหยุดค้าขายชั่วคราวเพื่อจะได้ไม่ต้องประสบกับฝุ่นละอองจากการทำงานทำให้เสียรายได้ไปช่วงเวลาหนึ่งและในกรณีที่ลูกค้าใช้ยานพาหนะจะไม่สะดวกในการจอดรถเพื่อซื้อสินค้าเนื่องจากจะกีดขวางการจราจรบนถนน

(3) การพัฒนาอุตสาหกรรม การขุดเปิดร่องผ่านบริเวณที่มีกิจการที่ใช้ยานพาหนะในการขนส่งสินค้าหรืออุปกรณ์ที่ใช้ประกอบสินค้าชนิดอื่นตั้งอยู่ แนวร่องและการทำงานจะกีดขวางทางเข้าออกของยานพาหนะทำให้ไม่สามารถขนส่งสินค้าหรืออุปกรณ์ได้ เป็นผลกระทบต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมต่อไป

(4) ประชากรและชุมชน วิธีขุดเปิดร่องไม่ได้ทำให้จำนวนประชากรหรือลักษณะของชุมชนเปลี่ยนแปลงไปเพราะในการทำงานไม่ส่งผลกระทบต่อประชาชนในระดับที่ไม่สามารถยอมรับได้จนต้องย้ายถิ่นไป

4.8.1.4 ด้านคุณค่าต่อคุณภาพชีวิต ประกอบด้วยคุณค่าทางสังคม คุณค่าทางสาธารณะ และคุณค่าทางอารยธรรม โดยมีรายละเอียดต่างๆดังต่อไปนี้

4.8.1.4.1 คุณค่าทางสังคม การดำรงชีวิตของประชาชนที่อาศัยบริเวณตามแนวท่อเปลี่ยนแปลงไปในขณะที่มีการก่อสร้างคือต้องปิดประตูหน้าต่างเพื่อป้องกันฝุ่นละอองไม่ให้เข้ามาภายในบ้านเรือน ประชาชนอาจประกอบอาหารรับประทานเองแทนที่จะหาซื้อจากร้านขายอาหารริมทางซึ่งอาหารมีการปะปนของฝุ่นละออง

4.8.1.4.2 คุณค่าทางสาธารณะ ได้แก่

(1) สถาบันทางราชการ สถานศึกษาหรืออื่นๆ เสียงและฝุ่นละอองจากการทำงานจะรบกวนสมาธิการทำงานหรือการเรียนของนักเรียน ทำให้เรียนไม่รู้เรื่องจนอาจต้องหยุดเรียนหรือทำงานในขณะที่กำลังก่อสร้างได้

(2) การสาธารณสุข ผู้ใช้ทางเดินเท้าหรือประชาชนที่อาศัยในบริเวณที่ขุดเปิดร่องซึ่งประสบกับปัญหาทางด้านคุณภาพอากาศที่มีฝุ่นละอองดินหรือเศษวัสดุปะปนในอากาศ ฝุ่นละอองต่างๆอาจเข้าตาหรือรบกวนระบบทางเดินหายใจทำให้เกิดอาการ เคืองตาหรือหายใจขัดได้ นอกจากนี้ฝุ่นละอองอาจปะปนกับอาหารที่ขายอยู่ริมทางเมื่อบริโภค เข้าไปจะทำให้เกิดโรคต่อระบบทางเดินอาหารขึ้น

(3) ความปลอดภัยสาธารณะ การเสียพื้นที่บนทางเดินเท้าสำหรับใช้ก่อสร้างทำให้พื้นที่สำหรับเดินน้อยลง ประชาชนต้องใช้ความระมัดระวังในการเดินมากขึ้นเนื่องจากอาจเดินพลาดตกลงไปในร่องที่ขุดไว้และอาจสะดุดเศษวัสดุทำให้เกิดการบาดเจ็บและอาจต้องเดินบนถนนแทนการเดินบนทางเดินเท้าซึ่งเสี่ยงต่อการประสบอุบัติเหตุจากยานพาหนะที่เคลื่อนตัวบนถนน ในบางบริเวณที่มีประชาชนใช้ทางเป็นจำนวนมากเมื่อมีการขุดร่องดินบนทางเดินเท้าการเดินอาจติดขัดทำให้เกิดการโจรกรรมขึ้นได้ เศษดินหรือเศษวัสดุอาจตกลงไปในช่องทางจราจร เมื่อยวดยานวิ่งผ่านเศษวัสดุชิ้นเล็กๆอาจทำอันตรายแก่ประชาชนที่ใช้ทางเท้า ถ้า

เป็นเศษวัสดุชิ้นใหญ่อาจทำให้ยางรถแตกและเกิดอุบัติเหตุถึงชีวิต บางกรณีที่ใช้แรงงานขุดแนวร่องในขณะที่ประชาชนเดินสัญจรอาจทำให้ปากร่องขุดพังทลายใส่คนงานที่กำลังทำงานอยู่ได้

(4) การพักผ่อนหย่อนใจ การขุดร่องวางท่อบนทางเดินเท้าหรือถนนที่อยู่บริเวณสวนสาธารณะหรือสถานที่พักผ่อนหย่อนใจอื่นๆทำให้ไม่น่าเข้าไปพักผ่อนและยังรบกวนจิตใจผู้เข้าไปใช้สถานที่เนื่องจากเสียงและฝุ่นละอองจากการทำงาน

(5) ทัศนียภาพ ภาพกิจกรรมการขุดเปิดวางท่อจะมีเครื่องจักรที่เกี่ยวข้องหลายประเภทและเป็นภาพที่มีความวุ่นวาย ดังนั้นจึงอาจขัดกับสภาพของพื้นที่ที่ก่อสร้างได้เช่นบางพื้นที่ที่มีความสงบหรือมีสถานที่สำคัญตั้งอยู่เช่นบริเวณพื้นที่อนุรักษ์ประวัติศาสตร์ เกาะรัตนโกสินทร์ซึ่งมีสถานที่สำคัญทางประวัติศาสตร์และเป็นแหล่งท่องเที่ยว การขุดเปิดร่องในบริเวณดังกล่าวจึงเกิดทัศนียภาพทางลบแก่ผู้พบเห็น

4.8.1.4.3 คุณค่าทางอารยธรรม ได้แก่

(1) ประเพณีและวัฒนธรรม การขุดเปิดไม่ส่งผลกระทบทำให้ประเพณีและวัฒนธรรมเกิดการเปลี่ยนแปลงไปเพราะการทำงานใช้เวลาไม่นานและไม่ส่งผลกระทบในระดับที่ทำให้ประชาชนในโครงการต้องเปลี่ยนวิถีการดำเนินชีวิตไปจากเดิม

(2) แหล่งโบราณคดีและสถานที่สำคัญทางประวัติศาสตร์ บริเวณเกาะรัตนโกสินทร์ การสั่นสะเทือนจากรถบรรทุกวัสดุ จากการขุดเจาะพื้นหรือจากการ ตักวัสดุอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งปลูกสร้างทางประวัติศาสตร์ทางด้านการทรุดตัว หรือฝุ่นละอองจากการเจาะพื้น ตักวัสดุหรือกลบร่องท่ออาจไปยึดเกาะกับสิ่งปลูกสร้างทำให้เกิดการกัดกร่อนขึ้น โดยปกติสิ่งปลูกสร้างเหล่านี้ได้รับผลกระทบด้านการทรุดตัวจากการสั่นสะเทือนของยานพาหนะที่เคลื่อนตัวในบริเวณนั้นและการถูกกัดกร่อนจากน้ำฝนที่รวมกับก๊าซที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ของยานพาหนะอยู่ก่อนแล้ว

4.8.2 การศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในโครงการศึกษาซึ่งวางท่อด้วยวิธีขุดเปิดและวิธีดันลอด

จากการพิจารณาถึงผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากวิธีขุดเปิดทั้งหมดในหัวข้อ 4.8.1 ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาระดับของผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากวิธีขุดเปิดและวิธีดันลอดเพื่อให้ทราบระดับความรุนแรงเบื้องต้นของแต่ละวิธีโดยใช้โครงการที่หนึ่งและโครงการที่สี่ในบทที่ 3 สำหรับศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากวิธีขุดเปิดและวิธีดันลอดตามลำดับ ซึ่งผลกระทบที่เกิดขึ้นนี้เป็นลักษณะเฉพาะของโครงการซึ่งมีความแตกต่างกันตามระดับความลึกที่วางท่อ ขนาดท่อ การใช้ประโยชน์ที่ดิน ความยาวท่อ ฯลฯ ดังนั้นผลการศึกษาจากทั้งสองโครงการนี้จึงไม่สามารถนำมา

เปรียบเทียบผลกระทบที่เกิดขึ้นได้แต่สามารถใช้เป็นข้อมูลประกอบการพิจารณาการวางท่อได้

การสอบถามความคิดเห็นของประชาชนที่อาศัยอยู่บริเวณที่มีการก่อสร้างวางท่อด้วยวิธีขุดเปิดและวิธีดันลอดได้ใช้แบบสอบถามที่ภายในประกอบด้วยคำถามทางด้านผลกระทบทางสภาพอากาศ ด้านเสียงและการสั่นสะเทือน ด้านการใช้ประโยชน์ของมนุษย์ ด้านการจราจร ด้านเศรษฐกิจ ด้านสุขภาพ ด้านความปลอดภัยและคำถามด้านทัศนคติต่อการเปลี่ยนวิธีก่อสร้างเป็นอีกวิธีหนึ่ง การสอบถามผลกระทบสิ่งแวดล้อมในโครงการที่ใช้วิธีขุดเปิดได้ทำการสอบถามในขณะที่กำลังก่อสร้างบริเวณหน้าบ้านเรือนของประชาชน ส่วนกรณีการสอบถามผลกระทบสิ่งแวดล้อมในโครงการที่ใช้วิธีดันท่อลอดได้ทำการสอบถามประชาชนที่อาศัยใกล้บริเวณบ่อดันในเวลาปกติ ทั้งนี้เนื่องจากการทำงานของโครงการนี้ทำในเวลากลางคืน การสอบถามในเวลากลางคืนผู้ตอบแบบสอบถามจะไม่สะดวกในการให้ข้อมูล

4.8.2.1 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในโครงการศึกษาซึ่งวางท่อด้วยวิธีขุดเปิด

จากการสอบถามความคิดเห็นเรื่องผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการก่อสร้างด้วยวิธีขุดเปิดได้ผลความคิดเห็นดังตารางที่ 4.1 ซึ่งมีรายละเอียดต่างๆดังนี้

ประชาชนในโครงการให้ความเห็นในเรื่องผลกระทบทางสภาพอากาศ เสียงและการสั่นสะเทือนดังนี้ ฝุ่นละอองจากการขุดเจาะพื้นถนนและขุดดินและกลิ่นจากการ เผาไหม้เชื้อเพลิงของเครื่องจักรสร้างการรบกวนในระดับปานกลาง ฝุ่นละอองจากการที่รถบรรทุกท่อหรือดินวิ่งผ่าน และเสียงการขุดเจาะพื้นถนน เสียงของเครื่องจักรที่ใช้ขุดดินและเสียงอื่นๆที่เกิดขึ้นจากการก่อสร้างสร้างการรบกวนในระดับมาก การสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นจากการเจาะพื้นถนนและจากเครื่องจักรที่ทำงานและจากการที่รถบรรทุกวัสดุวิ่งผ่านสร้างการรบกวนในระดับปานกลาง

ทางด้านการใช้ประโยชน์ของมนุษย์ โครงการนี้เป็นโครงการซึ่งตั้งอยู่บริเวณชานเมืองและเป็นย่านที่พักอาศัย ประชาชนในโครงการให้ความเห็นว่าการที่น้ำประปา ไม่ไหล ไฟฟ้าดับ หรือมีน้ำท่วมขังบนทางเดินเท้าหรือถนนเป็นเวลา 1 วันจะส่งผลกระทบในระดับปานกลาง ถ้าระยะเวลามากกว่านี้จะได้รับผลกระทบในระดับมาก เมื่อพิจารณาสาธารณูปโภค แต่ละประเภทพบว่าปัญหาต่อการใช้งานโทรศัพท์จะส่งผลกระทบในระดับน้อยกว่าสาธารณูปโภคประเภทอื่นคือจะได้รับผลกระทบในระดับเล็กน้อยเท่านั้น

ทางด้านการจราจร ประชาชนให้ความเห็นว่าสภาพการจราจรมีการติดขัดเพิ่มขึ้นจากปกติในระดับมาก และการที่เหลือพื้นที่บนทางเท้าสำหรับสัญจรเพียงครึ่งหนึ่งจะสร้างการรบกวนในระดับปานกลาง

ทางด้านเศรษฐกิจ ประชาชนที่ประกอบกิจการในบริเวณโครงการให้ความเห็นว่าถ้ามีการก่อสร้างบริเวณหน้าร้านเป็นเวลานานจะส่งผลกระทบต่อรายได้จากการ

ประกอบกิจการมาก โดยถ้ามีการก่อสร้างบริเวณหน้าร้านเป็นเวลา 1 วัน จะได้รับผลกระทบ ปานกลาง ถ้ามีการก่อสร้างบริเวณหน้าร้านหลายวันจะได้รับผลกระทบในระดับมาก

ทางด้านสุขภาพ ประชาชนในโครงการเกิดอาการหายใจขัดหรือมีผลต่อระบบการหายใจในระดับมาก และสภาพจิตใจทรุดโทรมในระดับปานกลาง

ทางด้านความปลอดภัย ประชาชนให้ความเห็นว่าความน่าจะเกิดอุบัติเหตุต่อประชาชนที่สัญจรไปมาในบริเวณที่ก่อสร้างอยู่ในระดับเล็กน้อย และความน่าจะเกิดอุบัติเหตุต่อยวดยานที่วิ่งไปมาอยู่ในระดับปานกลาง

ทางด้านวิธีการก่อสร้าง ประชาชนในโครงการให้ความเห็นว่าถ้าเปลี่ยนวิธีที่ใช้ก่อสร้างในโครงการเป็นวิธีดันท่อลอดใต้ดินจะมีความเหมาะสมในระดับมาก

4.8.2.2 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในโครงการศึกษาซึ่งวางท่อด้วยวิธีดันลอด

จากการสอบถามความคิดเห็นเรื่องผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการก่อสร้างด้วยวิธีดันลอดได้ผลความคิดเห็นดังตารางที่ 4.2 ซึ่งมีรายละเอียดต่างๆดังนี้

ประชาชนในโครงการที่ใช้วิธีดันท่อลอดให้ความเห็นว่าฝุ่นละอองจากการก่อสร้าง ฝุ่นละอองจากการที่รถบรรทุกวัสดุวิ่งและกลิ่นจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของเครื่องจักรสร้างการรบกวนในระดับเล็กน้อย เสียงจากการทำงานสร้างการรบกวนในระดับปานกลาง เสียงที่เกิดขึ้นขณะที่รถวิ่งผ่านฝาเหล็กที่ปิดบ่อ การสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นจากการทำงานของเครื่องจักรและในขณะที่รถบรรทุกวัสดุวิ่งผ่านสร้างการรบกวนในระดับเล็กน้อย

ทางด้านการใช้ประโยชน์ของมนุษย์ โครงการนี้เป็นโครงการที่ตั้งอยู่บริเวณกลางเมือง ประชาชนในโครงการให้ความเห็นในลักษณะคล้ายคลึงกับประชาชนใน โครงการที่วางท่อด้วยวิธีขุดเปิด แตกต่างกันที่ระดับของผลกระทบที่เกิดขึ้นเมื่อไฟฟ้าดับเป็นเวลา 2-3 ชั่วโมง ประชาชนในโครงการให้ระดับของผลกระทบอยู่ในระดับมากเนื่องจากบริเวณโครงการเป็นย่านพาณิชยกรรมซึ่งจำเป็นต้องใช้ไฟฟ้าเป็นสำคัญในการประกอบการ

ทางด้านการจราจร ประชาชนให้ความเห็นว่าสภาพการจราจรมีการติดขัดเพิ่มขึ้นปานกลาง และการที่มีเครื่องจักรตั้งใกล้บ่อดันซึ่งทำให้เกิดความไม่สะดวกในการเดินสัญจรสร้างการรบกวนในระดับปานกลางเช่นเดียวกัน

ทางด้านเศรษฐกิจ ประชาชนที่ประกอบกิจการในโครงการให้ความเห็นลักษณะเดียวกับประชาชนในโครงการที่ใช้วิธีขุดเปิด

ทางด้านสุขภาพ ประชาชนในโครงการให้ความเห็นว่าการก่อสร้างทำให้เกิดการหายใจขัดและผลกระทบต่อสภาพจิตใจในระดับเล็กน้อย และเนื่องจากโครงการนี้ก่อสร้าง

ในเวลากลางคืนประชาชนให้ความเห็นเรื่องผลกระทบต่อการพักผ่อนว่าได้รับผลกระทบในระดับเล็กน้อย

ทางด้านความปลอดภัย ประชาชนให้ความเห็นว่าความน่าจะเกิดอุบัติเหตุต่อคนที่เดินผ่านไปมา ความน่าจะเกิดอุบัติเหตุทางการจราจรและความน่าจะเกิดอุบัติเหตุขึ้นในขณะที่ยวดยานวิ่งผ่านฝาเหล็กที่ปิดบ่อพักตอนเปิดใช้งานตามปกติอยู่ในระดับเล็กน้อย

ทางด้านวิธีการก่อสร้าง ประชาชนให้ความเห็นว่าถ้าเปลี่ยนไปใช้วิธี ขุดเปิดจะมีความไม่เหมาะสมในระดับปานกลาง

4.8.2.3 สรุปผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในโครงการศึกษา

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการศึกษาทั้งสองโครงการซึ่งใช้วิธีก่อสร้างแตกต่างกัน ทำให้ทราบว่าการวางท่อโดยการใช้วิธีขุดเปิดจะส่งผลกระทบต่อประชาชนตลอดแนวที่วางท่อในระดับเบื้องต้นที่ระดับปานกลางถึงมากจึงทำให้สุขภาพจิตของประชาชนในบริเวณโครงการทรุดโทรมลง ซึ่งถ้าท่อที่วางมีขนาดใหญ่ขึ้นผลกระทบทางด้านต่างๆจะเพิ่มสูงขึ้นมาก ผลกระทบที่เกิดขึ้นมีความแตกต่างกับการวางท่อโดยวิธีดันท่อลอดซึ่งจะส่งผลกระทบในระดับเล็กน้อยต่อประชาชนในบริเวณบ่อดันและบ่อรับ ประชาชนในบริเวณบ่อดันจะได้รับผลกระทบมากกว่าบริเวณบ่อรับเนื่องจากเป็นบ่อที่ใช้ในการดันท่อซึ่งต้องมีการตั้งเครื่องจักรที่เกี่ยวข้องในการดันตลอดระยะเวลาที่ดันซึ่งโดยปกติจะส่งผลกระทบเป็นเวลาประมาณ 20-30 วัน สำหรับการทำงานช่วงความยาวจากบ่อดันถึงบ่อรับประมาณ 150-200 เมตร จึงมีผลทำให้ประชาชนที่อาศัยบริเวณตำแหน่งบ่อดันได้รับผลกระทบโดยตรง ส่วนผลกระทบต่อประชาชนในขณะจมบ่อดันหรือบ่อรับจากการสอบถามผู้ควบคุมงานทำให้ทราบว่าได้รับการร้องเรียนจากประชาชนในเรื่องเสียงจากการทำงานในช่วงการเจาะพื้นถนนเพื่อทำบ่อเท่านั้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1 ผลการสอบถามผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการก่อสร้างวิธีขุดเปิด

ข้อที่	ผลกระทบ	ระดับความคิดเห็นต่อผลกระทบ			จำนวนผู้ตอบ (คน)	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	สรุปความคิดเห็น
		เล็กน้อย	ปานกลาง	มาก				
1	**ผลกระทบทางด้านสภาพอากาศ**							
1.1	ฝุ่นละอองจากการขุดเจาะพื้นถนนและขุดดินเพื่อทำร่องท่อ	10	31	19	60	2.15	0.685	รบกวนปานกลาง
1.2	ฝุ่นละอองจากการที่รถบรรทุกท่อหรือดินวิ่งผ่าน	6	27	27	60	2.35	0.659	รบกวนมาก
1.3	กลิ่นจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของเครื่องจักร	28	20	12	60	1.73	0.778	รบกวนปานกลาง
2	**ผลกระทบทางด้านเสียงและการสั่นสะเทือน**							
2.1	เสียงการขุดเจาะพื้นถนน เสียงของเครื่องจักรที่ใช้ขุดดินและเสียงอื่นๆ ที่เกิดขึ้นจากการก่อสร้าง	5	17	38	60	2.55	0.649	รบกวนมาก
2.2	การสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นจากการเจาะพื้นถนนและจากเครื่องจักรที่ทำงาน	7	40	13	60	2.10	0.573	รบกวนปานกลาง
2.3	การสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นขณะรถบรรทุกวัสดุวิ่งผ่าน	11	29	20	60	2.15	0.709	รบกวนปานกลาง
3	**ผลกระทบทางด้านการใช้ประโยชน์ของมนุษย์**							
3.1	ทำให้น้ำประปาไม่ไหล 2-3 ชั่วโมง	26	17	17	60	1.85	0.840	รบกวนปานกลาง
3.2	ทำให้น้ำประปาไม่ไหล 2-3 ชั่วโมง เป็นเวลา 2 วัน	8	16	36	60	2.47	0.724	รบกวนมาก
3.3	ทำให้ไฟฟ้าดับ 2-3 ชั่วโมง	23	19	18	60	1.92	0.829	รบกวนปานกลาง
3.4	ทำให้ไฟฟ้าดับ 2-3 ชั่วโมง เป็นเวลา 2 วัน	5	21	34	60	2.48	0.651	รบกวนมาก
3.5	ทำให้ใช้งานโทรศัพท์ไม่ได้ 2-3 ชั่วโมง	37	11	12	60	1.58	0.809	รบกวนเล็กน้อย
3.6	ทำให้มีน้ำท่วมขังบนทางเท้าและพื้นถนน เป็นเวลา 1 วัน	20	19	21	60	2.02	0.833	รบกวนปานกลาง

ตารางที่ 4.1 ผลการสอบถามผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการก่อสร้างวิธีขุดเปิด

ข้อที่	ผลกระทบ	ระดับความคิดเห็นต่อผลกระทบ			จำนวนผู้ตอบ (คน)	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	สรุปความคิดเห็น
		เล็กน้อย	ปานกลาง	มาก				
4	**ผลกระทบทางด้านการจราจร**							
4.1	ทำให้สภาพการจราจรมีการติดขัดเพิ่มขึ้นจากปกติ	-	14	46	60	2.77	0.427	มาก
4.2	ทำให้เหลือพื้นที่บนทางเท้าสำหรับสัญจรเพียงครึ่งหนึ่ง	17	21	22	60	2.08	0.809	รบกวนปานกลาง
5	**ผลกระทบทางต่อรายได้ของสถานประกอบการ**							
5.1	เมื่อมีการก่อสร้างหน้าร้าน 1 วัน	4	7	1	12	1.75	0.622	ปานกลาง
5.2	เมื่อมีการก่อสร้างหน้าร้าน 5 วัน	-	4	8	12	2.67	0.492	มาก
5.3	เมื่อมีการก่อสร้างหน้าร้าน 15 วัน	-	-	12	12	3.00	0.000	มาก
6	**ผลกระทบทางด้านสุขภาพ**							
6.1	ทำให้เกิดการหายใจขัดหรือมีผลต่อระบบทางเดินหายใจ	9	19	32	60	2.38	0.739	มาก
6.2	ทำให้สภาพจิตใจทรุดโทรม	20	26	14	60	1.90	0.752	ปานกลาง
7	**ผลกระทบทางด้านความปลอดภัย**							
7.1	ทำให้เกิดอุบัติเหตุต่อคนที่เดินผ่านไปมาเช่นการพลัดตกลงไปในร่องท่อ	39	11	10	60	1.52	0.770	เล็กน้อย
7.2	ทำให้เกิดอุบัติเหตุทางการจราจร	19	23	18	60	1.98	0.792	ปานกลาง
8	**ด้านวิธีการก่อสร้าง**							
8.1	ถ้าเปลี่ยนจากวิธีขุดเปิดที่ใช้ในขณะนี้เป็นการก่อสร้างวิธีดันลอด	8	10	42	60	2.57	0.722	มีความเหมาะสมมาก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2 ผลการสอบถามผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการก่อสร้างวิธีดันลอด

ข้อที่	ผลกระทบ	ระดับความคิดเห็นต่อผลกระทบ			จำนวนผู้ตอบ (คน)	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	สรุปความคิดเห็น
		เล็กน้อย	ปานกลาง	มาก				
1	**ผลกระทบทางด้านสภาพอากาศ**							
1.1	ฝุ่นละอองจากการก่อสร้างซึ่งไม่รวมถึงฝุ่นละอองจากการที่รถบรรทุกท่อวิ่งผ่าน	17	2	1	20	1.20	0.523	รบกวนเล็กน้อย
1.2	ฝุ่นละอองจากการที่รถบรรทุกท่อหรือบรรทุกดินวิ่งผ่าน	18	2	-	20	1.10	0.308	รบกวนเล็กน้อย
1.3	กลิ่นจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของเครื่องจักร	15	4	1	20	1.30	0.571	รบกวนเล็กน้อย
2	**ผลกระทบทางด้านเสียงและการสั่นสะเทือน**							
2.1	เสียงการทำงานของเครื่องจักร เสียงการเคลื่อนย้ายท่อคอนกรีตจากรถบรรทุกและเสียงอื่นๆที่เกิดขึ้นจากการก่อสร้าง	8	9	3	20	1.75	0.716	รบกวนปานกลาง
2.2	เสียงที่เกิดขึ้นขณะที่รถวิ่งผ่านฝาเหล็กที่ปิดบ่อ	19	1	-	20	1.05	0.224	รบกวนเล็กน้อย
2.3	การสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นจากการทำงานของเครื่องจักร	14	4	2	20	1.40	0.681	รบกวนเล็กน้อย
2.4	การสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นขณะรถบรรทุกวัสดุวิ่งผ่าน	16	4	-	20	1.20	0.410	รบกวนเล็กน้อย
3	**ผลกระทบทางด้านการใช้ประโยชน์ของมนุษย์**							
3.1	ทำให้น้ำประปาไม่ไหล 2-3 ชั่วโมง	4	8	8	20	2.20	0.768	รบกวนปานกลาง
3.2	ทำให้น้ำประปาไม่ไหล 2-3 ชั่วโมง เป็นเวลา 2 วัน	4	4	12	20	2.40	0.821	รบกวนมาก
3.3	ทำให้ไฟฟ้าดับ 2-3 ชั่วโมง	2	8	10	20	2.40	0.681	รบกวนมาก
3.4	ทำให้ไฟฟ้าดับ 2-3 ชั่วโมง เป็นเวลา 2 วัน	2	4	14	20	2.60	0.681	รบกวนมาก
3.5	ทำให้ใช้งานโทรศัพท์ไม่ได้ 2-3 ชั่วโมง	12	3	5	20	1.65	0.875	รบกวนเล็กน้อย
3.6	ทำให้มีน้ำท่วมขังบนทางเท้าและพื้นถนน เป็นเวลา 1 วัน	14	3	3	20	1.45	0.759	รบกวนเล็กน้อย
4	**ผลกระทบทางด้านการจราจร**							
4.1	ทำให้สภาพการจราจรมีการติดขัดเพิ่มขึ้นจากปกติ	12	2	6	20	1.70	0.923	ปานกลาง
4.2	ทำให้เกิดความไม่สะดวกในการเดินสัญจร	6	9	5	20	1.95	0.759	ปานกลาง

ตารางที่ 4.2 ผลการสอบถามผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการก่อสร้างวิธีดันลอด

ข้อที่	ผลกระทบ	ระดับความคิดเห็นต่อผลกระทบ			จำนวนผู้ตอบ (คน)	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	สรุปความคิดเห็น
		เล็กน้อย	ปานกลาง	มาก				
5	**ผลกระทบทางต่อรายได้ของสถานประกอบการ**							
5.1	เมื่อมีการก่อสร้างหน้าร้าน 1 วัน	2	7	5	14	2.21	0.699	ปานกลาง
5.2	เมื่อมีการก่อสร้างหน้าร้าน 5 วัน	-	5	9	14	2.64	0.497	มาก
5.3	เมื่อมีการก่อสร้างหน้าร้าน 15 วัน	-	-	14	14	3.00	0.000	มาก
6	**ผลกระทบทางด้านสุขภาพ**							
6.1	ทำให้เกิดการหายใจขัดหรือมีผลต่อระบบทางเดินหายใจ	16	4	-	20	1.20	0.410	เล็กน้อย
6.2	ทำให้สภาพจิตใจทรุดโทรม	13	5	2	20	1.45	0.686	เล็กน้อย
6.3	ผลกระทบต่อการพักผ่อนในเวลากลางคืน	15	4	1	20	1.30	0.571	เล็กน้อย
7	**ผลกระทบทางด้านความปลอดภัย**							
7.1	ทำให้เกิดอุบัติเหตุต่อคนที่เดินผ่านไปมาเช่นการพลัดตกลงไปในบ่อ	18	-	2	20	1.20	0.616	เล็กน้อย
7.2	ทำให้เกิดอุบัติเหตุทางการจราจร	12	4	4	20	1.60	0.821	เล็กน้อย
7.3	ทำให้เกิดอุบัติเหตุขณะที่ยวดยานวิ่งผ่านฝาเหล็กที่ปิดบนบ่อพักตอนเปิดใช้ถนนเวลาปกติ	18	1	1	20	1.15	0.489	เล็กน้อย
8	**ด้านวิธีการก่อสร้าง**							
8.1	ความไม่เหมาะสมถ้าเปลี่ยนจากวิธีดันท่อลอดที่ใช้ในขณะนี้เป็นการก่อสร้างวิธีขุดเปิดร่องวางท่อ	6	5	9	20	2.15	0.875	มีความไม่เหมาะสมระดับปานกลาง

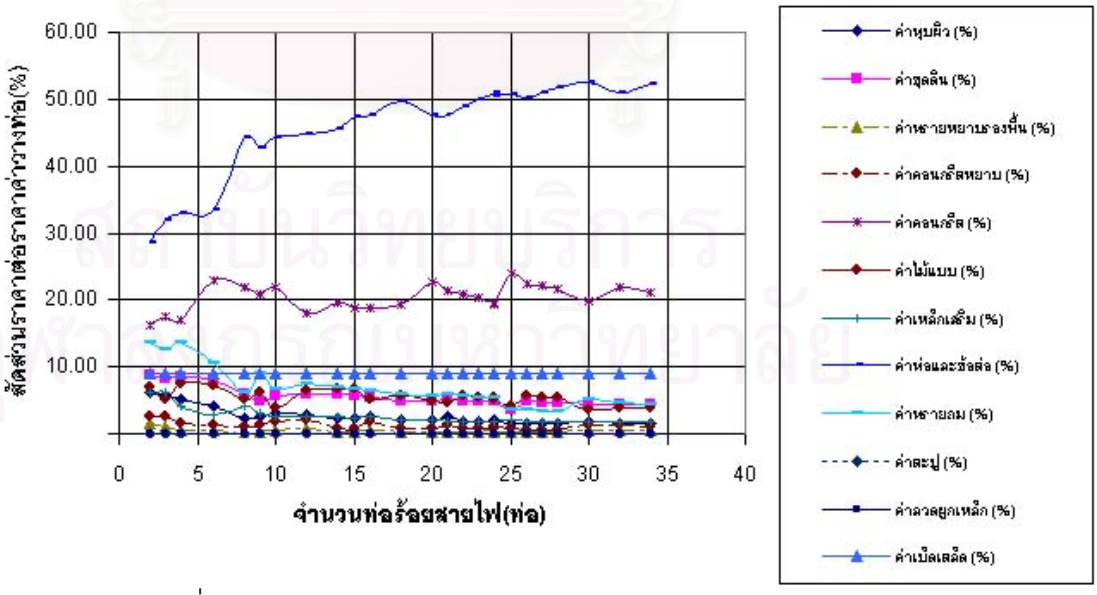
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.9 ราคาค่าก่อสร้าง

การศึกษาราคาค่าก่อสร้างทั้งวิธีขุดเปิดและวิธีดันลอดนี้ใช้ข้อมูลราคากลางจากแผนกออกแบบและประมาณการ กองงานวิศวกรรมโยธา การไฟฟ้านครหลวง(แผนกออกแบบและประมาณการ, กฟน., 2545) ซึ่งใช้ฐานข้อมูลราคาจากสำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้า กรมการค้าภายใน กระทรวงพาณิชย์ เดือนกรกฎาคม พ.ศ.2545 การศึกษาเรื่องราคานี้ศึกษาเพื่อให้ทราบองค์ประกอบของราคาแต่ละส่วนที่เกี่ยวข้องกับราคาค่าก่อสร้างแต่ละวิธี

4.9.1 ราคาค่าก่อสร้างวิธีขุดเปิด

การวางท่อด้วยวิธีขุดเปิดของการไฟฟ้านครหลวงซึ่งมีความลึกถึงหลังท่อร้อยสายไฟ 1 เมตรจะทำให้มีความลึกก้นร่องประมาณ 2-3 เมตร เป็นการก่อสร้างที่ต้องขุดร่องดิน บดอัดทรายรองร่องท่อ เทคอนกรีตหยาบจากนั้นตั้งแบบเพื่อเทคอนกรีตซึ่งมีการติดตั้งท่อร้อยสายไฟตามตำแหน่งแล้ว เมื่อคอนกรีตแข็งตัวจะใช้ทรายกลบร่องแล้วบดอัด จากนั้นจึงซ่อมผิวการจราจรให้สามารถใช้งานได้ดังเดิม ถ้าเป็นการขุดในระดับความลึกมากๆจะใช้แผ่นเหล็กกันดินช่วยป้องกันดินข้างร่องพัง ดังนั้นราคาค่าก่อสร้างวิธีขุดเปิดจึงมีค่าทุบผิวจราจร ค่าขุดดินค่าทรายหยาบรอง ก้นร่อง ค่าคอนกรีตหยาบ ค่าคอนกรีตหุ้มสายไฟ ค่าเหล็กเสริมคอนกรีต ค่าไม้แบบ ค่าตะปู ค่าลวดผูกเหล็ก ค่าทรายถมและค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ด สัดส่วนราคาค่าใช้จ่ายต่างๆต่อราคาค่าวางท่อวิธีขุดเปิดซึ่งประกอบด้วยค่าวัสดุและแรงงานแล้วแสดงในรูปที่ 4.2 และรูปที่ 4.3

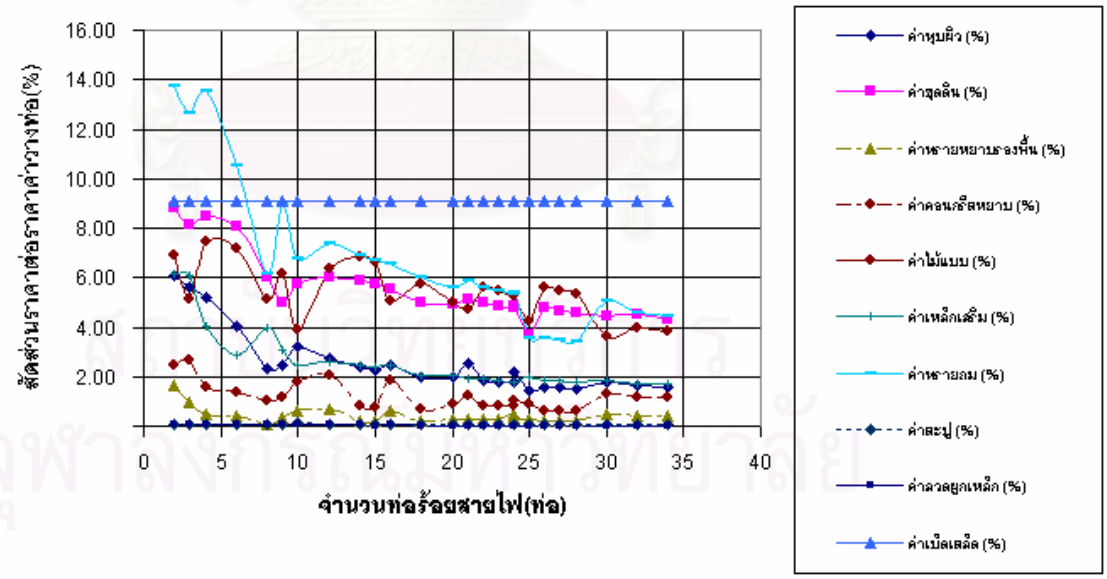


รูปที่ 4.2 สัดส่วนราคาแต่ละประเภทต่อราคาค่าวางท่อวิธีขุดเปิด

(ที่มา : แผนกออกแบบและประมาณการ, กฟน., 2545)

จะเห็นว่าค่าท่อร้อยสายและข้อต่อมีสัดส่วนของราคาสูงที่สุดคือมากกว่า 30% รองลงมาคือค่าคอนกรีตหุ้มสายไฟประมาณ 20% ขณะที่ค่าใช้จ่ายที่เหลือจะน้อยกว่าสองค่านี้โดยค่าใช้จ่ายแต่ละตัวไม่ถึง 10% โดยสามารถเรียงลำดับของสัดส่วนราคาค่าใช้จ่ายที่เหลือจากมากไปน้อยได้ดังนี้คือกลุ่มของค่าขุดดิน ค่าไม้แบบและค่าทรายถมซึ่งมีสัดส่วนใกล้เคียงกันโดยแต่ละตัวมีค่าประมาณ 4-8% กลุ่มของค่าทุบผิวการจราจรและค่าเหล็กเสริมคอนกรีตประมาณ 2-6% และค่าคอนกรีตหยาบ ค่าทรายหยาบรองพื้น ค่าตะปูและลวดผูกเหล็กซึ่งแต่ละตัวมีสัดส่วนไม่ถึง 2% ทุกจำนวนท่อคิดค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ดเป็นอัตราคงที่ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบกับค่าวางท่อทั้งหมดจึงมีค่าคงที่ เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับค่าวางท่อทั้งหมดจะเห็นว่าค่าท่อร้อยสายและข้อต่อรวมกับค่าคอนกรีตหุ้มสายรวมกันคิดเป็น 45-70% ของราคาค่าวางท่อ

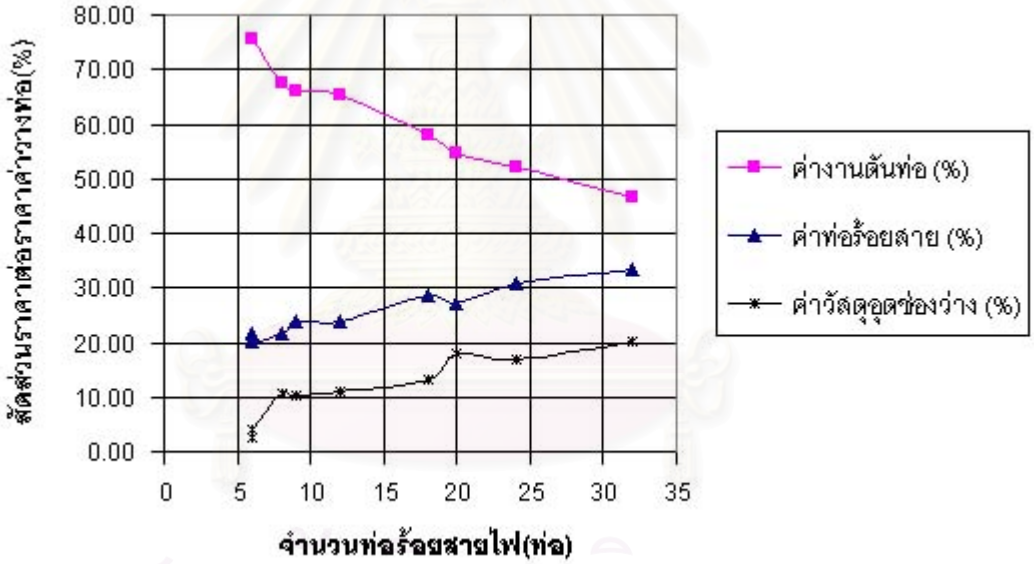
เมื่อพิจารณาตามจำนวนท่อที่เพิ่มขึ้นพบว่าว่าสัดส่วนราคาค่าท่อร้อยสายและข้อต่อมีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่สัดส่วนของค่าคอนกรีตหุ้มสายไฟค่อนข้างคงที่ เมื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายตัวอื่นๆจะเห็นช่วงการเปลี่ยนแปลงคือเมื่อจำนวนท่อร้อยสายไม่ถึง 10 ท่อ ค่าใช้จ่ายดังกล่าวจะลดลงเมื่อจำนวนท่อเพิ่มขึ้นหลังจากนั้นค่าใช้จ่ายค่อนข้างคงที่หรือมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยแต่ไม่มากนัก



รูปที่ 4.3 รูปขยายสัดส่วนราคาแต่ละประเภทต่อราคาค่าวางท่อ
(ไม่แสดงค่าท่อร้อยสายกับค่าคอนกรีตหุ้มสายไฟ)
(ที่มา : แผนกออกแบบและประมาณการ, กฟน., 2545)

4.9.2 ราคาค่าก่อสร้างวิธีดันลอด

การวางท่อด้วยวิธีดันลอดจะใช้แม่แรงดันท่อที่บ่อดันซึ่งในการทำงานจะต้องเกี่ยวข้องกับอุปกรณ์หลายประเภทที่ใช้สนับสนุนการดัน นอกจากนี้ยังมีรถเครนซึ่งใช้ยกท่อดันลงบ่อดัน รถบรรทุกท่อดัน รถลำเลียงวัสดุที่ได้จากการทำงานไปทิ้ง โดยทั่วไประดับจากผิวดินวัดถึงหลังท่อดันประมาณ 4 เมตร ค่าวางท่อโดยวิธีดันลอดจะประกอบด้วยค่าใช้จ่าย 3 ส่วนหลักๆดังนี้ ส่วนที่หนึ่งคือค่างานดันท่อซึ่งประกอบด้วยค่าท่อดันคอนกรีต ค่าเครื่องจักรที่ใช้ดันท่อ ค่ารถเครนยกท่อ ค่ารถบรรทุกวัสดุ ค่าแรงคนคุมงานและคนงาน ส่วนที่สองคือค่าท่อร้อยสายไฟซึ่งเป็นท่อชนิดเดียวกันกับที่ใช้ในวิธีขุดเปิด ส่วนที่สามคือค่าวัสดุหุ้มสายไฟซึ่งใช้อุดช่องว่างภายในท่อดัน สัดส่วนของค่างานดันท่อ ค่าท่อร้อยสายไฟและค่าวัสดุหุ้มสายไฟต่อราคาค่าวางท่อจำแนกตามจำนวนท่อร้อยสายไฟ แสดงดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 สัดส่วนราคาแต่ละประเภทต่อราคาค่าวางท่อวิธีดันลอด

(ที่มา : แผนกออกแบบและประมาณการ, กฟน., 2545)

จะเห็นว่าเมื่อจำนวนท่อร้อยสายเพิ่มขึ้นนั้นค่าท่อร้อยสายไฟและค่าวัสดุอุดช่องว่างมีสัดส่วนของราคาเพิ่มขึ้นในขณะที่ค่างานดันท่อมีสัดส่วนของราคาลดลง เมื่อจำนวนท่อไม่มากค่าวางท่อส่วนหลักจะขึ้นกับค่างานดันท่อซึ่งมีสัดส่วนของราคา 65-75% แต่เมื่อจำนวนท่อเพิ่มขึ้นสัดส่วนของราคาค่างานดันท่อจะเหลือประมาณ 50% ถ้าพิจารณาโดยรวมของราคาวางท่อวิธี ดันลอดแล้วพบว่าสัดส่วนราคาค่างานดันท่อจะมีประมาณ 50-70% สัดส่วนค่าท่อร้อยสายไฟ 20-30% และสัดส่วนค่าวัสดุอุดช่องว่างภายในท่อดันประมาณ 10-20%

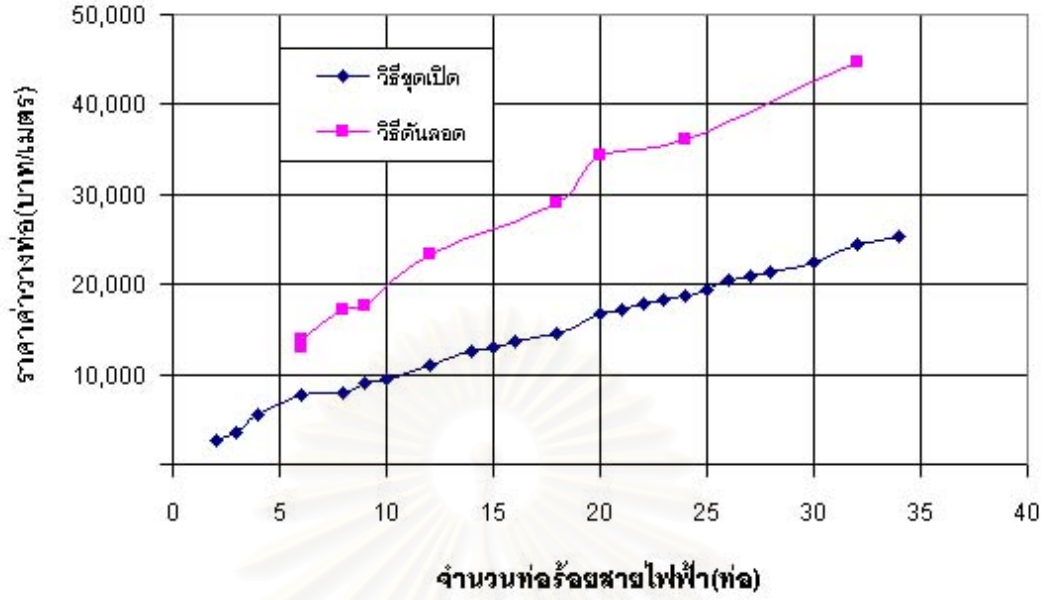
4.9.3 ความแตกต่างของราคาค่าก่อสร้างวิธีขุดเปิดกับวิธีดันลอด

การศึกษานี้เพื่อให้ทราบราคาค่าก่อสร้างในระดับความลึกที่สามารถทำงานได้ของวิธีขุดเปิดและวิธีดันลอดสำหรับกรณีที่ให้เลือกวางท่อด้วยวิธีใดวิธีหนึ่ง ซึ่งวิธีขุดเปิดสามารถทำงานได้ที่ระดับความลึกหลังท่อประมาณ 1 เมตรทำให้มีความลึกก้นร่องประมาณ 2-3 เมตรและวิธีดันลอดสามารถทำงานได้ที่ระดับความลึกหลังท่อดันประมาณ 2 เมตรแต่ในทางปฏิบัติจะทำที่ความลึกมากกว่านี้เพื่อหลบสิ่งกีดขวางที่อาจจะกีดขวางแนวท่อ ดังนั้นเมื่อพิจารณาความแตกต่างของราคาค่าวางท่อวิธีขุดเปิดกับวิธีดันลอดในกรณีดังกล่าว พบว่าค่าวางท่อด้วยวิธีขุดเปิดมีราคาต่ำกว่าราคาค่าวางท่อด้วยวิธีดันลอดประมาณ 50%(แผนกออกแบบและประมาณการ, กฟน., 2545) ดังแสดงในรูปที่ 4.5 ทั้งนี้เนื่องจากวิธีดันลอดจะเสียค่าใช้จ่ายในส่วนของเครื่องดันและ ท่อดันเพิ่มขึ้นมาซึ่งมีผลทำให้ราคาค่าวางท่อสูงกว่าวิธีขุดเปิดประมาณ 2 เท่า อย่างไรก็ตามถ้าพิจารณาทั้งระบบการทำงานเพื่อให้ได้ระบบท่อทั้งหทดจะต้องพิจารณาราคาค่าบ่อพักและค่า ซ่อมแซมผิวการจราจรประกอบด้วย ดังนั้นในการพิจารณาจะใช้สมมติฐานว่าระยะจากบ่อพักถึงบ่อพักเท่ากับ 200 เมตรสำหรับวิธีขุดเปิดและวิธีดันลอดซึ่งเป็นระยะห่างที่ทำอยู่ในปัจจุบัน ปกติก้นบ่อพักสำหรับงานขุดเปิดจะอยู่ต่ำกว่าระดับผิวดิน 4-6 เมตร ค่าบ่อพักประมาณ 315,000 บาท และซ่อมผิวจราจรบริเวณบ่อพักประมาณ 24 ตารางเมตร ขณะที่ก้นบ่อพักสำหรับงานดันลอดจะอยู่ต่ำกว่าระดับผิวดิน 6-10 เมตร ขึ้นกับระดับของแนวท่อ ใช้ค่าบ่อพักประมาณ 1,000,000 บาท และซ่อมผิวจราจรบริเวณบ่อพักประมาณ 18 ตารางเมตร ราคาค่าก่อสร้างวางท่อรวมบ่อพักและการซ่อมผิวจราจรแสดงดังรูปที่ 4.6 จากตารางที่ 4.3 จะเห็นว่าค่าก่อสร้างวางท่อทั้งระบบโดยวิธีขุดเปิดมีราคาประมาณ 60% ของราคาค่าก่อสร้างด้วยวิธีดันลอด

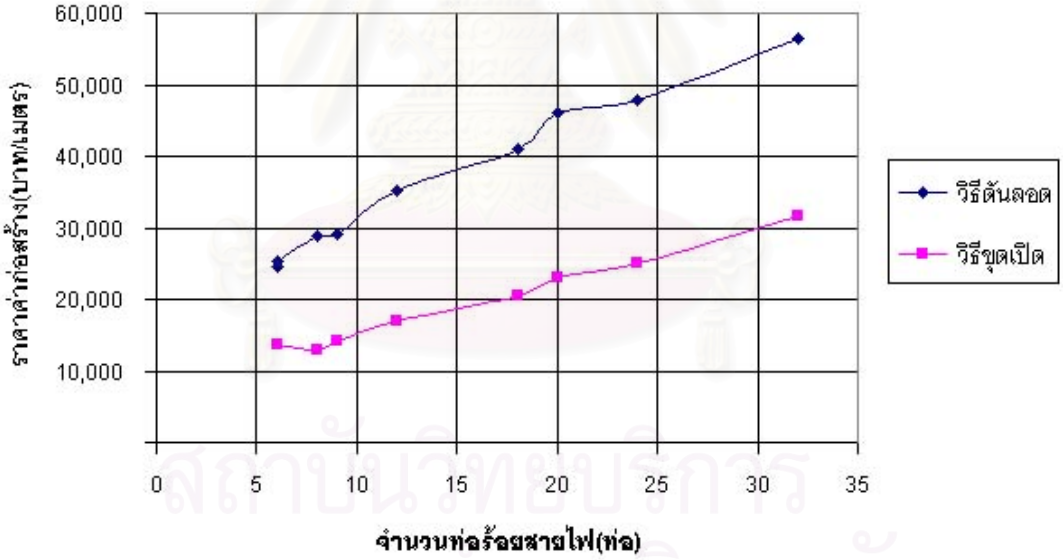
ตารางที่ 4.3 ความแตกต่างของราคาค่าก่อสร้างทั้งระบบของวิธีขุดเปิดกับวิธีดันลอด

จำนวนท่อร้อยสายไฟฟ้า(ท่อ)	ราคางานวิธีขุดเปิดต่อวิธีดันลอด(%)
6	56.43
8	50.49
9	49.50
12	57.97
18	58.77
20	56.59
24	54.28
32	65.99

(ที่มา : แผนกออกแบบและประมาณการ, กฟน., 2545)



รูปที่ 4.5 ความแตกต่างของราคาค่าวางท่อวิธีขุดเปิดกับวิธีดันลอด
(ที่มา : แผนกออกแบบและประมาณการ, กฟน., 2545)



รูปที่ 4.6 ความแตกต่างของราคาค่าก่อสร้างวิธีขุดเปิดกับกับวิธีดันลอดเมื่อรวมค่าบ่อพักและค่าซ่อมผิวจราจร (ที่มา : แผนกออกแบบและประมาณการ, กฟน., 2545)

4.10 สรุปบท

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างวางท่อมีหลายปัจจัยได้แก่ปัจจัยเรื่องตำแหน่งที่ตั้งของแนวท่อ ลักษณะทางกายภาพของถนน ชนิดและคุณสมบัติของดิน ขนาดและลักษณะของอุปสรรคใต้ดินที่อาจขวางแนวท่อ สภาพการจราจรบริเวณถนนที่วางท่อ การใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณถนนที่

วางท่อ ข้อบังคับจากเจ้าของพื้นที่ที่จะวางแนวท่อ ผลกระทบต่อประชาชนในบริเวณโครงการ และราคาค่าก่อสร้าง ซึ่งเป็นปัจจัยที่ต้องพิจารณาประกอบกันในการเลือกวิธีวางท่อ ปัจจัยแต่ละปัจจัยยังสามารถแบ่งย่อยออกได้หลายประการ ในการพิจารณาวางท่อสิ่งที่ต้องพิจารณาเป็นสิ่งแรกคือข้อบังคับจากเจ้าของพื้นที่ ซึ่งต้องศึกษาก่อนว่ามีการกำหนดว่าอย่างไรทำให้ต้องเลือกวิธีการวางท่อโดยไม่ต้องพิจารณาถึงปัจจัยประการอื่นอีก

ปัจจัยเรื่องผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการก่อสร้างวางท่อวิธีขุดเปิดและวิธีดันลอดมีความแตกต่างกัน ในการศึกษาเบื้องต้นพบว่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากวิธีขุดเปิดจะส่งผลกระทบต่อประชาชนในระดับปานกลางถึงมากทั้งในเรื่องผลกระทบต่อสภาพอากาศ เสียงและการสั่นสะเทือน การจราจร ฯลฯ ส่วนผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากวิธีดันลอดจะกระทบต่อประชาชนในระดับเล็กน้อย ดังนั้นผลกระทบจากการวางท่อวิธีดันลอดจึงน้อยกว่าวิธีขุดเปิด และเมื่อศึกษาความแตกต่างของราคาค่าก่อสร้างวางท่อ พบว่าค่าก่อสร้างด้วยวิธีขุดเปิดจะมีราคาถูกกว่าวิธี ดันลอดประมาณ 50-60% โดยการเปรียบเทียบพิจารณารวมบ่อพักที่ส่วนต้นและปลายของแนวท่อด้วยซึ่งราคาค่าก่อสร้างแต่ละวิธีการทำงานพิจารณาในกรณีที่ให้เลือกวางท่อวิธีใดวิธีหนึ่งในระดับความลึกที่น้อยที่สุดที่แต่ละวิธีสามารถก่อสร้างได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

ความสำคัญของปัจจัยและการวิเคราะห์ความเหมาะสมของวิธีการวางท่อ

จากการให้กลุ่มผู้ออกแบบและผู้ควบคุมงานเรียงลำดับความสำคัญของปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกวิธีการวางท่อ เพื่อให้ทราบว่าปัจจัยใดมีความสำคัญต่อการเลือกวิธีมากกว่ากันในกรณีที่วางท่อในระดับความลึก 2-5 เมตร ซึ่งสามารถเลือกใช้ทั้งวิธีขุดเปิดและวิธีดันลอดในการทำงานได้ โดยปัจจัยที่มีความสำคัญมากที่สุดให้เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญอันดับที่หนึ่งจากนั้นให้เรียงลำดับลงมา ผู้ตอบสามารถให้อันดับความสำคัญของปัจจัยหลายปัจจัยในอันดับเท่ากันได้ถ้าเห็นว่าปัจจัยเหล่านั้นมีความสำคัญต่อการเลือกวิธีในระดับเดียวกัน ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกวิธีการวางท่อที่นำมาเรียงลำดับความสำคัญมีจำนวน 8 ปัจจัยได้แก่ เรื่องตำแหน่งที่ตั้งของแนวท่อ เรื่องลักษณะทางกายภาพของถนน เรื่องชนิดและคุณสมบัติของดิน เรื่องขนาดและลักษณะของอุปสรรคใต้ดิน เรื่องสภาพการจราจรบนถนน เรื่องลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณที่วางท่อ เรื่องผลกระทบสิ่งแวดล้อม และเรื่องราคาค่าก่อสร้าง ปัจจัยที่นำมาเรียงลำดับความสำคัญไม่นำปัจจัยเรื่องข้อบังคับจากเจ้าของพื้นที่มาพิจารณาเนื่องจากเป็นปัจจัยที่กำหนดวิธีการวางท่อได้โดยไม่ต้องพิจารณาปัจจัยอื่นประกอบ ข้อมูลการเรียงลำดับดังตารางที่ 5.1

5.1 ความสำคัญของปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกวิธีการวางท่อ

จากตารางที่ 5.1 กลุ่มผู้ควบคุมงานมีความเห็นว่าเรื่องสภาพการจราจรบนถนนมีความสำคัญเป็นอันดับที่หนึ่ง รองลงมาคือเรื่องผลกระทบสิ่งแวดล้อม เรื่องตำแหน่งที่ตั้งของแนวท่อ เรื่องลักษณะทางกายภาพของถนน เรื่องขนาดและลักษณะของอุปสรรคใต้ดิน เรื่องลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณที่วางท่อ เรื่องราคาค่าก่อสร้างและเรื่องชนิดและคุณสมบัติของดินตามลำดับ ทางกลุ่มผู้ออกแบบมีความเห็นว่าเรื่องสภาพการจราจรบนถนนมีความสำคัญเป็นอันดับที่หนึ่ง รองลงมาคือเรื่องตำแหน่งที่ตั้งของแนวท่อ และเรื่องลักษณะทางกายภาพของถนนในระดับความสำคัญเดียวกัน อันดับที่สามคือเรื่องขนาดและลักษณะของอุปสรรคใต้ดิน อันดับที่สี่คือเรื่องชนิดและคุณสมบัติของดินและเรื่องผลกระทบสิ่งแวดล้อม อันดับที่ห้าคือเรื่องลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณที่วางท่อ และอันดับสุดท้ายคือเรื่องราคาค่าก่อสร้าง

ลักษณะการให้ความสำคัญของปัจจัยของกลุ่มผู้ควบคุมงานจะพิจารณาปัจจัยด้านที่มีผลกระทบต่อประชาชนเป็นสำคัญซึ่งได้แก่เรื่องสภาพการจราจร ผลกระทบสิ่งแวดล้อม ตำแหน่งที่ตั้งของแนวท่อและลักษณะทางกายภาพของถนน แล้วจึงพิจารณาด้านเทคนิคหรือด้านที่ไม่

เกี่ยวข้องกับประชาชนเช่นเรื่องอุปสรรคใต้ดินที่อาจขวางแนวท่อ หรือเรื่องชนิดและคุณสมบัติของดินเป็นต้น ส่วนลักษณะการตอบของกลุ่มผู้ออกแบบจะพิจารณาปัจจัยด้านที่มีผลกระทบต่อประชาชนก่อนคือเรื่องสภาพการจราจร ตำแหน่งที่ตั้งของแนวท่อและลักษณะทางกายภาพของถนน จากนั้นจึงพิจารณาด้านเทคนิคคือเรื่องขนาดและลักษณะของอุปสรรคใต้ดิน และเรื่องชนิดและคุณสมบัติของดิน แล้วพิจารณาด้านผลกระทบสิ่งแวดล้อม การใช้ประโยชน์ของที่ดิน และเรื่องราคาค่าก่อสร้างเป็นเรื่องสุดท้าย

ทั้งสองกลุ่มให้ความสำคัญในเรื่องผลกระทบต่อการจราจรมากที่สุดและมีระดับการให้ความสำคัญไม่แตกต่างกัน(SD<1) เมื่อพิจารณาผลการเรียงลำดับจากการรวมคำตอบของทั้งกลุ่มควบคุมงานและกลุ่มออกแบบพบว่า ปัจจัยที่มีความสำคัญในการเลือกวิธีอันดับที่หนึ่งคือเรื่องสภาพการจราจรบนถนน รองลงมาคือเรื่องผลกระทบสิ่งแวดล้อม เรื่องตำแหน่งที่ตั้งของแนวท่อ เรื่องลักษณะทางกายภาพของถนน เรื่องขนาดและลักษณะของอุปสรรคใต้ดิน เรื่องลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณที่วางท่อ เรื่องราคาค่าก่อสร้างและเรื่องชนิดและคุณสมบัติของดินตามลำดับ การกำหนดเกณฑ์การพิจารณาเลือกวิธีการวางท่อโดยใช้อันดับความสำคัญของปัจจัยจากทั้งสองกลุ่มควบคู่กันจะทำให้ได้การพิจารณาที่มีความเหมาะสมในการเลือกวิธีทำงาน เนื่องจากกลุ่มผู้ออกแบบเป็นกลุ่มที่ทราบข้อจำกัดในการออกแบบ และกลุ่มผู้ควบคุมงานเป็นกลุ่มที่มีความชำนาญทางเทคนิคการก่อสร้างและมีประสบการณ์การทำงานกับประชาชนในบริเวณพื้นที่โครงการ

5.2 ความสำคัญของปัจจัยย่อยที่มีผลต่อการเลือกวิธีการวางท่อ

ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกวิธีการวางท่อ เมื่อจำแนกออกเป็นปัจจัยย่อยแต่ละปัจจัย และให้กลุ่มผู้ออกแบบและกลุ่มผู้ควบคุมงานพิจารณาความสำคัญของปัจจัยย่อยดังแสดงในตารางที่ 5.2 ผลการพิจารณาสรุปได้ดังนี้

เรื่องตำแหน่งที่ตั้งของแนวท่อ ผู้ตอบให้ความสำคัญแก่ถนนที่มีรางรถไฟขวางแนวท่อมากที่สุด รองลงมาคือถนนที่มีรางรถไฟขนานแนวท่อ ถนนที่มีคลองขวางแนวท่อและถนนที่มีคลองขนานแนวท่อ ตามลำดับ

เรื่องลักษณะทางกายภาพของถนน ผู้ตอบให้ความสำคัญแก่ถนนที่มีความกว้างน้อยมากกว่าถนนที่มีความกว้างของถนนมาก เนื่องจากเมื่อความกว้างของถนนมากขึ้นทำให้มีพื้นที่สำหรับทำงานมากจึงสามารถเลือกวิธีวางท่อได้ง่ายกว่าถนนที่มีความกว้างไม่มาก

ตารางที่ 5.1 อันดับความสำคัญของปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกวิธีการวางท่อ

ปัจจัยที่	ปัจจัย	กลุ่มผู้ควบคุมงาน											กลุ่มผู้ออกแบบ										รวม		
		1	2	3	4	5	6	7	8	เฉลี่ย	SD	อันดับ	1	2	3	4	5	6	7	8	เฉลี่ย	SD	อันดับ	เฉลี่ย	SD	อันดับ
1	เรื่องตำแหน่งที่ตั้งของแนวท่อ	2	3	4	-	1	-	-	-	2.50	1.179	3	1	2	2	-	-	-	-	-	2.20	0.837	2	2.40	1.056	3
2	เรื่องลักษณะทางกายภาพของถนน	1	3	3	2	1	-	-	-	2.90	1.197	4	-	4	1	-	-	-	-	-	2.20	0.447	2	2.67	1.047	4
3	เรื่องชนิดและคุณสมบัติของดิน	-	1	1	2	5	1	-	-	4.40	1.174	8	1	1	1	1	-	-	-	1	3.60	2.702	4	4.13	1.767	8
4	เรื่องขนาดและลักษณะของอุปสรรคใต้ดิน	3	1	3	-	2	1	-	-	3.00	1.826	5	1	3	-	-	1	-	-	-	2.40	1.517	3	2.80	1.699	5
5	เรื่องสภาพการจราจรบนถนน	7	3	-	-	-	-	-	-	1.30	0.483	1	4	1	-	-	-	-	-	-	1.20	0.447	1	1.27	0.458	1
6	เรื่องลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณที่วางท่อ	2	2	1	4	-	-	1	-	3.20	1.814	6	1	-	1	1	1	-	1	-	4.00	2.236	5	3.47	1.922	6
7	เรื่องผลกระทบสิ่งแวดล้อม	4	5	1	-	-	-	-	-	1.70	0.675	2	1	-	-	3	1	-	-	-	3.60	1.517	4	2.33	1.345	2
8	เรื่องราคาค่าก่อสร้าง	3	-	2	3	-	1	1	-	3.40	2.066	7	-	1	-	-	2	2	-	-	4.80	1.643	6	3.87	1.995	7

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.2 อันดับความสำคัญของปัจจัยย่อยที่มีผลต่อการเลือกวิธีการวางท่อ

ปัจจัย	กลุ่มผู้ควบคุมงาน							กลุ่มผู้ออกแบบ							รวม		
	1	2	3	4	เฉลี่ย	SD	อันดับ	1	2	3	4	เฉลี่ย	SD	อันดับ	เฉลี่ย	SD	อันดับ
1. เรื่องตำแหน่งที่ตั้งของแนวท่อ																	
1.1 ถนนที่มีรางรถไฟขนานแนวห่าง 4-5 เมตร	3	5	2	-	1.90	0.738	2	1	3	1	-	2.00	0.707	2	1.93	0.704	2
1.2 ถนนที่มีรางรถไฟขวางแนวท่อ	9	1	-	-	1.10	0.316	1	5	-	-	-	1.00	0.000	1	1.07	0.258	1
1.3 ถนนที่มีคลองขนานแนวห่างไม่เกิน 3 เมตร	1	3	4	2	2.70	0.949	4	-	1	3	1	3.00	0.707	3	2.80	0.862	4
1.4 ถนนที่มีคลองขวางแนวท่อ	4	3	2	1	2.00	1.054	3	1	3	1	-	2.00	0.707	2	2.00	0.926	3
2. เรื่องลักษณะทางกายภาพของถนน																	
2.1 ตรอกแคบ 1-2 เมตร	6	1	-	3	2.00	1.414	1	5	-	-	-	1.00	0.000	1	1.67	1.234	1
2.2 ซอยแคบ 4-6 เมตร	-	6	4	-	2.40	0.516	2	2	3	-	-	1.60	0.548	2	2.13	0.640	2
2.3 ซอยกว้าง 6-10 เมตร	-	3	6	1	2.80	0.632	3	1	1	3	-	2.40	0.894	3	2.67	0.724	3
2.4 ถนนกว้าง 6-25 เมตร	4	-	-	6	2.80	1.549	3	-	1	1	3	3.40	0.894	4	3.00	1.363	4
3. เรื่องชนิดและคุณสมบัติของดิน																	
3.1 ดินชั้นบนความลึกไม่เกิน 2 เมตร	9	-	1	-	1.20	0.632	1	1	1	-	3	3.00	1.414	4	1.80	1.265	1
3.2 ดินเหนียวอ่อนความลึก 2-10 เมตร	4	6	-	-	1.60	0.516	2	1	1	3	-	2.40	0.894	3	1.87	0.743	2
3.3 ดินเหนียวแข็งความลึก 15-20 เมตร	-	5	5	-	2.50	0.527	3	1	3	1	-	2.00	0.707	2	2.33	0.617	3
3.4 ชั้นทรายความลึกมากกว่า 20 เมตร	1	1	3	5	3.20	1.033	4	4	-	-	1	1.60	1.342	1	2.67	1.345	4
4. เรื่องขนาดและลักษณะของอุปสรรคใต้ดิน																	
4.1 มีอุปสรรคขนาดใหญ่ที่ทำลายยากขนานแนว	1	7	2	-	2.10	0.568	2	-	5	-	-	2.00	0.000	2	2.07	0.458	2
4.2 มีอุปสรรคขนาดใหญ่ที่ทำลายยากขวางแนว	10	-	-	-	1.00	0.000	1	5	-	-	-	1.00	0.000	1	1.00	0.000	1
4.3 มีอุปสรรคขนาดเล็กที่ทำลายได้ขนานแนว	1	-	2	7	3.50	0.972	4	-	1	2	2	3.20	0.837	4	3.40	0.910	4
4.4 มีอุปสรรคขนาดเล็กที่ทำลายได้ขวางแนว	1	4	5	-	2.40	0.699	3	1	-	2	2	3.00	1.225	3	2.60	0.910	3

ตารางที่ 5.2 อันดับความสำคัญของปัจจัยย่อยที่มีผลต่อการเลือกวิธีการวางท่อ(ต่อ)

ปัจจัย	กลุ่มผู้ควบคุมงาน							กลุ่มผู้ออกแบบ							รวม		
	1	2	3	4	เฉลี่ย	SD	อันดับ	1	2	3	4	เฉลี่ย	SD	อันดับ	เฉลี่ย	SD	อันดับ
5. เรื่องสภาพการจราจรบนถนน																	
5.1 สภาพการจราจรคล่องตัว	-	-	4	6	3.60	0.516	4	-	1	1	3	3.40	0.894	4	3.53	0.640	4
5.2 สภาพการจราจรปานกลาง	-	3	7	-	2.70	0.483	3	-	2	3	-	2.60	0.548	3	2.67	0.488	3
5.3 สภาพการจราจรหนาแน่น	2	8	-	-	1.80	0.422	2	2	3	-	-	1.60	0.548	2	1.73	0.458	2
5.4 สภาพการจราจรติดขัด	10	-	-	-	1.00	0.000	1	5	-	-	-	1.00	0.000	1	1.00	0.000	1

ตารางที่ 5.2 อันดับความสำคัญของปัจจัยย่อยที่มีผลต่อการเลือกวิธีการวางท่อ(ต่อ)

ปัจจัย	กลุ่มผู้ควบคุมงาน												กลุ่มผู้ออกแบบ												รวม		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	เฉลี่ย	SD	อันดับ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	เฉลี่ย	SD	อันดับ	เฉลี่ย	SD	อันดับ
6. เรื่องการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณที่วางท่อ																											
6.1 ย่านที่อยู่อาศัยมีคนหนาแน่นน้อย	-	2	3	1	2	-	1	1	-	4.20	2.044	7	-	-	-	-	-	4	-	-	1	6.60	1.342	8	5.00	2.138	7
6.2 ย่านที่อยู่อาศัยมีคนหนาแน่นปานกลาง	-	5	2	1	1	1	-	-	-	3.10	1.449	4	-	1	3	1	-	-	-	-	-	3.00	0.707	4	3.07	1.223	4
6.3 ย่านที่อยู่อาศัยมีคนหนาแน่นมาก	7	1	1	-	1		-	-	-	1.70	1.337	1	5	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00	0.000	1	1.47	1.125	1
6.4 ย่านพาณิชยกรรมมีคนหนาแน่นมาก	5	2	3	-	-	-	-	-	-	1.80	0.919	2	1	3	-	1	-	-	-	-	-	2.20	1.095	2	1.93	0.961	2
6.5 ย่านโรงงานอุตสาหกรรม	1	2	1	2	1	3	-	-	-	3.90	1.853	6	-	-	-	1	4	-	-	-	-	4.80	0.447	6	4.20	1.568	6
6.6 ย่านการเกษตร	1	-	1	1	-	3	1	1	2	5.90	2.601	9	-	-	-	-	1	1	1	2	-	6.80	1.304	9	6.20	2.242	9
6.7 ย่านอนุรักษ์ประวัติศาสตร์	6	-	2	-	1	-	1	-	-	2.40	2.119	3	1	2	1	1	-	-	-	-	-	2.40	1.140	3	2.40	1.805	3
6.8 ย่านสถานที่ราชการ	1	2	1	4	-	1	1	-	-	3.70	1.829	5	-	1	2	1	-	1	-	-	-	3.60	1.517	5	3.67	1.676	5
6.9 ย่านพักผ่อนหย่อนใจ	1	-	1	-	5	-	1	1	1	5.30	2.312	8	-	-	-	1	1	1	2	-	-	5.80	1.304	7	5.47	1.995	8

เรื่องชนิดและคุณสมบัติของชั้นดินที่วางท่อ พบว่าการวางท่อในระดับความลึกไม่มากมีความสำคัญต่อการเลือกวิธีมากกว่าการวางท่อในระดับความลึกมากขึ้น เมื่อความลึกมากขึ้นจะทำให้เลือกวิธีได้ง่ายเนื่องจากเหตุผลเรื่องข้อจำกัดของวิธีการวางท่อ

เรื่องขนาดและลักษณะของอุปสรรคใต้ดิน พบว่าอุปสรรคขนาดใหญ่ที่ขวางแนวท่อมีความสำคัญต่อการเลือกวิธีมากกว่าเมื่อมีอุปสรรคขนาดใหญ่ขนานแนวท่อ มีอุปสรรคขนาดเล็กขวางแนวท่อและมีอุปสรรคขนาดเล็กขนานแนวท่อ ตามลำดับ

เรื่องสภาพการจราจรบนถนนบริเวณที่วางท่อ ปริมาณยวดยานบนถนนมากจะมีความสำคัญต่อการเลือกวิธีมากกว่าเมื่อปริมาณยวดยานบนถนนไม่มาก

เรื่องการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณที่วางท่อ ย่านที่อยู่อาศัยมีคนหนาแน่นมากมีความสำคัญต่อการเลือกวิธีมากที่สุด รองลงมาคือย่านพาณิชยกรรมมีคนหนาแน่นมาก ย่านอนุรักษ์ประวัติศาสตร์ ย่านที่อยู่อาศัยมีคนหนาแน่นปานกลาง ย่านสถานที่ราชการ ย่านโรงงานอุตสาหกรรม ย่านที่อยู่อาศัยมีคนหนาแน่นน้อย ย่านพักผ่อนหย่อนใจและย่านการเกษตร ตามลำดับ เมื่อพิจารณาการเรียงลำดับแล้วจะเห็นว่าผู้ตอบเลือกความสำคัญจากปริมาณประชาชนที่อาจได้รับผลกระทบจากการก่อสร้างและความสำคัญของสถานที่

แนวโน้มของความคิดเห็นจากกลุ่มผู้ออกแบบและกลุ่มผู้ควบคุม ในเรื่องต่างๆส่วนใหญ่มีแนวโน้มไปในทางเดียวกันยกเว้นเรื่องชนิดและคุณสมบัติของชั้นดินที่วางท่อ กลุ่มผู้ควบคุมงานมีความเห็นว่าการวางท่อในระดับความลึกไม่มากมีความสำคัญมากกว่าการวางท่อในระดับความลึกที่มากขึ้นซึ่งแตกต่างจากความคิดเห็นของกลุ่มผู้ออกแบบที่เห็นว่าการวางท่อในระดับความลึกมากมีความสำคัญมากกว่าการวางท่อในระดับความลึกไม่มาก

5.3 ความเหมาะสมของวิธีการวางท่อในแต่ละสภาวะการทำงาน

ข้อมูลการเปรียบเทียบระหว่างวิธีขุดเปิดกับวิธีดันลอดและสรุปการเลือกวิธีการวางท่อของกลุ่มผู้ออกแบบและกลุ่มผู้ควบคุมงานแสดงดังตารางที่ 5.3 - 5.8 การสรุปการเลือกวิธีวางท่อสรุปจากจำนวนผู้ตอบส่วนใหญ่ที่เลือกวิธีวางท่อหนึ่งว่าเหมาะสมมากกว่าอีกวิธีหนึ่ง ถ้าจำนวนผู้ตอบในแต่ละวิธีมีความใกล้เคียงกันจะสรุปว่าไม่สามารถสรุปความคิดเห็นได้เช่นมีจำนวนผู้เลือกใช้วิธีขุดเปิด 40% เลือกใช้วิธีวางท่อทั้งสองวิธี 10% และเลือกใช้วิธีดันลอด 50% เป็นต้น

ในเรื่องตำแหน่งที่ตั้งของแนวท่อ เมื่อรวมความคิดเห็นของกลุ่มผู้ออกแบบและกลุ่มผู้ควบคุมงานพบว่าถ้าแนวท่ออยู่บนทางเดินเท้า วิธีขุดเปิดมีความเหมาะสมกว่าวิธีดันลอดมาก ถ้ามีแนวรางรถไฟห่างจากแนวท่อ 4-5 เมตร มีรางรถไฟขวางแนว มีแนวคลองห่างจากแนวท่อไม่เกิน

3 เมตร หรือมีแนวคลองขวาง วิธีดันลอดจะมีความเหมาะสมมากกว่าวิธีขุดเปิด ถ้าคลองที่ขวางแนวท่อมีความกว้างลดลงความเหมาะสมของการเลือกวิธีดันลอดจะน้อยลงด้วย

เรื่องลักษณะทางกายภาพของถนน ถ้าวางท่อในตรอกแคบ 1-2 เมตร ผู้ตอบเห็นว่าใช้การดันลอดดีกว่า ถ้าความกว้างของถนนมากกว่านี้จนมีความกว้างเท่าถนนสายหลัก ความคิดเห็นของผู้ตอบจะไม่ชัดเจนว่าควรเลือกวิธีวางท่อวิธีใด ถ้าถนนมีการเปลี่ยนแปลงความกว้างเล็กน้อยหรือไม่มีการเปลี่ยนแปลงความกว้างเห็นว่าทั้งสองวิธีมีความเหมาะสมพอๆกัน แต่ถ้าถนนมีการเปลี่ยนแปลงความกว้างมาก ผู้ตอบเห็นว่าวิธีดันลอดมีความเหมาะสมมากกว่าวิธีขุดเปิด

เรื่องชนิดและคุณสมบัติของชั้นดินที่วางท่อ ถ้าวางท่อในดินชั้นบนคือในระดับความลึกไม่มากประมาณ 2 เมตร วิธีขุดเปิดจะเหมาะสมกว่าวิธีดันลอด ถ้าวางท่อในชั้นดินเหนียวอ่อนผู้ตอบมีความคิดเห็นไม่ชัดเจนว่าควรเลือกวิธีวางท่อวิธีใด แต่ถ้าวางท่อในชั้นดินเหนียวแข็งหรือชั้นทราย ซึ่งอยู่ในระดับความลึกมากผู้ตอบเห็นว่าวิธีดันลอดมีความเหมาะสมมากกว่าวิธีขุดเปิด โดยถ้าระดับความลึกของแนวท่อลึกมากความเหมาะสมของการเลือกวิธีดันลอดจะมากขึ้นด้วย

เรื่องขนาดและลักษณะของอุปสรรคใต้ดิน ถ้ามีอุปสรรคขนาดใหญ่ขวางหรือขนานแนวท่ออุปสรรคขนาดเล็กขวางหรือขนานแนวท่อ ผู้ตอบเห็นว่าวิธีขุดเปิดมีความเหมาะสมเมื่อต้องเผชิญกับอุปสรรคมากกว่าวิธีดันลอด

เรื่องสภาพการจราจรบนถนนบริเวณที่วางท่อ ถ้าสภาพการจราจรคล่องตัวผู้ตอบเลือกวิธีขุดเปิดในการวางท่อ ถ้าสภาพการจราจรหนาแน่นปานกลางผู้ตอบมีความเห็นแตกต่างกันจนสรุปไม่ได้ว่าควรเลือกวิธีใด ถ้าสภาพการจราจรหนาแน่นมากหรือติดขัด ผู้ตอบจะพิจารณาเลือกวิธีดันลอดว่ามีความเหมาะสมมากกว่า ดังนั้นเมื่อสภาพการจราจรมีความหนาแน่นของปริมาณยวดยานมากขึ้นความเหมาะสมในการเลือกใช้วิธีดันลอดจะมากขึ้น

เรื่องการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณริมถนนที่วางท่อ ถ้าวางท่อในย่านที่อยู่อาศัยที่มีประชาชนอาศัยหนาแน่นน้อยหรือปานกลาง วิธีขุดเปิดจะมีความเหมาะสมมากกว่าวิธีดันลอด โดยถ้ามีประชาชนอาศัยอยู่น้อยความเหมาะสมในการใช้วิธีขุดเปิดจะมากขึ้น เมื่อวางท่อในย่านที่อยู่อาศัยที่มีประชาชนอาศัยหนาแน่นมากผู้ตอบจะมีความเห็นไม่ชัดเจนว่าควรเลือกวิธีใด ถ้าวางท่อในย่านพาณิชยกรรมผู้ตอบเลือกวิธีดันลอดในการทำงาน ถ้าวางท่อในย่านอุตสาหกรรมผู้ตอบเห็นว่าทั้งสองวิธีมีความเหมาะสมพอๆกัน ถ้าวางท่อในย่านการเกษตรการใช้วิธีขุดเปิดจะเหมาะสมมากกว่าวิธีดันลอด ถ้าวางท่อในย่านอนุรักษ์ประวัติศาสตร์ สถานที่ราชการ แหล่งพักผ่อนหย่อนใจหรือมีองค์กรต่างประเทศตั้งอยู่ การใช้วิธีดันลอดจะเหมาะสมมากกว่าวิธีขุดเปิด

เรื่องผลกระทบสิ่งแวดล้อม ผู้ตอบมีความเห็นว่าวิธีดันลอดมีความเหมาะสมทางด้านสิ่งแวดล้อมมากกว่าวิธีขุดเปิดในระดับมาก

เรื่องราคาค่าก่อสร้าง ผู้ตอบเห็นว่าวิธีขุดเปิดมีความเหมาะสมทางด้านราคามากกว่าวิธีดันลอดในระดับมาก ทั้งนี้เนื่องจากผู้ตอบพิจารณาเรื่องราคาตามสภาพระดับความลึกที่ก่อสร้างอยู่ในปัจจุบันนั่นคือวิธีขุดเปิดก่อสร้างที่ระดับความลึกหลังท่อประมาณ 1 เมตรจากผิวดิน ซึ่งจะทำให้มีความลึกวัดถึงก้นร่องประมาณ 2-3 เมตร และวิธีดันลอดนั้นท่อดันอยู่ต่ำกว่าระดับผิวดินประมาณ 4 เมตร

เมื่อพิจารณาความคิดเห็นของกลุ่มผู้ออกแบบเปรียบเทียบกับกลุ่มผู้ควบคุมงาน พบว่า

เรื่องตำแหน่งที่ตั้งของแนวท่อ เรื่องผลกระทบสิ่งแวดล้อมและเรื่องราคาค่าก่อสร้าง ทั้งสองกลุ่มมีความเห็นสอดคล้องกัน

เรื่องลักษณะทางกายภาพของถนนหัวข้อย่อยเรื่องความกว้างและความยาวของถนน ผู้ออกแบบมีความเห็นชัดเจนว่าการวางท่อในตรอกแคบ 1-2 เมตรควรใช้วิธีดันลอด ถ้าความกว้างของถนนมากขึ้นทั้งสองกลุ่มมีความเห็นไม่ชัดเจนว่าควรเลือกวิธีใด ในหัวข้อย่อยเรื่องการเปลี่ยนแปลงความกว้างของถนน ผู้ออกแบบมีความเห็นว่าสามารถใช้ทั้งวิธีขุดเปิดและวิธีดันลอดได้ถ้าถนนไม่มีการเลี่ยนแปลงหรือมีการเปลี่ยนแปลงความกว้างเล็กน้อย ส่วนผู้ควบคุมงานมีความเห็นว่าถ้าถนนไม่มีการเปลี่ยนแปลงความกว้างการใช้วิธีขุดเปิดจะเหมาะสมหรือสามารถเลือกใช้ได้ทั้งสองวิธี

เรื่องชนิดและคุณสมบัติของชั้นดินที่วางท่อ เมื่อความลึกจากผิวดินไม่เกิน 2 เมตรและเมื่อความลึกเกิน 10 เมตร ทั้งผู้ออกแบบและผู้ควบคุมงานมีความเห็นสอดคล้องกันว่าควรเลือกวิธีใด เมื่อความลึกจากผิวดิน 2-10 เมตร ผู้ออกแบบมีความเห็นว่าทั้งสองวิธีมีความเหมาะสมพอๆกัน ส่วนผู้ควบคุมงานมีความเห็นไม่ชัดเจนว่าควรเลือกวิธีใด

เรื่องขนาดและลักษณะของอุปสรรคใต้ดิน ผู้ออกแบบเห็นว่าถ้ามีอุปสรรคขนาดใหญ่ขวางควรใช้วิธีขุดเปิด ถ้ามีอุปสรรคขนาดใหญ่ขนานแนวท่อสามารถใช้ได้ทั้งสองวิธี และถ้ามีอุปสรรคขนาดเล็กขนานสามารถเลือกใช้ได้ทั้งสองวิธีหรืออาจใช้วิธีขุดเปิดได้ ส่วนผู้ควบคุมงานมีความเห็นว่าควรใช้วิธีขุดเปิดเมื่อพบกับอุปสรรคทั้งขนานเล็กและขนาดใหญ่

เรื่องสภาพการจราจรบนถนนที่วางท่อ เมื่อสภาพการจราจรคล่องตัวและหนาแน่นปานกลางผู้ออกแบบพิจารณาเลือกวิธีขุดเปิด ถ้าสภาพการจราจรหนาแน่นมากถึงติดขัดจะพิจารณาเลือกวิธีดันลอดซึ่งแตกต่างกับผู้ควบคุมงานที่พิจารณาเลือกวิธีดันลอดเมื่อสภาพการจราจรหนาแน่นปานกลางถึงติดขัด

เรื่องการใช้ประโยชน์ที่ดิน ส่วนใหญ่ผู้ออกแบบมีความเห็นสอดคล้องกับผู้ควบคุมงานยกเว้นเมื่อวางท่อในย่านที่เป็นแหล่งพักผ่อนหย่อนใจซึ่งผู้ออกแบบพิจารณาเลือกวิธีขุดเปิด ส่วนผู้ควบคุมงานเลือกวิธีดันลอด

ตารางที่ 5.3 ข้อมูลการเปรียบเทียบวิธีการวางท่อของผู้ตอบกลุ่มออกแบบ

ข้อคำถาม	วิธีขุดเปิดเหมาะสมกว่าวิธีดันลอด			ทั้งสองวิธีเหมาะสมพอๆกัน	วิธีดันลอดเหมาะสมกว่าวิธีขุดเปิด			จำนวนผู้เลือกตอบ (%)		
	มาก	ปานกลาง	เล็กน้อย		เล็กน้อย	ปานกลาง	มาก	วิธีขุดเปิด	ทั้งสองวิธี	วิธีดันลอด
เรื่องตำแหน่งที่ตั้งของแนวท่อ										
1 แนวท่ออยู่บนทางเดินเท้า	5	-	-	-	-	-	-	100	-	-
2 แนวท่ออยู่บนถนนที่มีแนวรางรถไฟขนานแนวถนนซึ่งห่างจากแนวท่อ 4-5 เมตร	-	-	-	-	-	1	4	-	-	100
3 แนวท่อมีแนวรางรถไฟขวางแนวท่อ	-	-	-	-	-	-	5	-	-	100
4 แนวท่อขนานกับแนวคลองซึ่งอยู่ห่างจากริมตลิ่งไม่เกิน 3 เมตร	-	1	-	-	-	-	4	20	-	80
5 แนวท่อมีแนวคลองซึ่งกว้าง 30 เมตรขึ้นไป ขวางแนวท่อ	-	-	-	-	-	-	5	-	-	100
6 แนวท่อมีแนวคลองซึ่งกว้าง 10-30 เมตร ขวางแนวท่อ	-	-	-	-	-	-	5	-	-	100
7 แนวท่อมีแนวคลองซึ่งกว้างน้อยกว่า 10 เมตร ขวางแนวท่อ	-	-	-	-	-	-	5	-	-	100
เรื่องลักษณะทางกายภาพของถนน										
หัวข้อย่อย เรื่องความกว้างและความยาวของถนน										
1 วางท่อในตรอกแคบ 1-2 เมตร ความยาวไม่เกิน 100 เมตร	-	-	-	-	-	1	4	-	-	100
2 วางท่อในซอยแคบ 4 เมตร ความยาว 100-200 เมตร	2	-	-	-	-	1	2	40	-	60
3 วางท่อในซอยกว้าง 6 เมตร ความยาว 200-300 เมตร	2	1	-	-	-	-	2	60	-	40
4 วางท่อในถนนสายหลักกว้าง 6-25 เมตร(ฝั่งที่วางท่อ) ความยาวมากกว่า 1,000 เมตร	3	-	-	-	-	-	2	60	-	40

ตารางที่ 5.3 ข้อมูลการเปรียบเทียบวิธีการวางท่อของผู้ตอบกลุ่มออกแบบ

	ข้อคำถาม	วิธีขุดเปิดเหมาะสมกว่าวิธีดันลอด			ทั้งสองวิธีเหมาะสมพอๆกัน	วิธีดันลอดเหมาะสมกว่าวิธีขุดเปิด			จำนวนผู้เลือกตอบ (%)		
		มาก	ปานกลาง	เล็กน้อย		เล็กน้อย	ปานกลาง	มาก	วิธีขุดเปิด	ทั้งสองวิธี	วิธีดันลอด
	หัวข้อย่อย เรื่องการเปลี่ยนแปลงความกว้างของถนน										
1	ถนนมีการเปลี่ยนแปลงความกว้างเล็กน้อย	-	1	-	3	1	-	-	20	60	20
2	ถนนมีการเปลี่ยนแปลงความกว้างอย่างมาก คือบางช่วงของถนนมีจำนวน	-	1	-	2	-	-	2	20	40	40
	ช่องการจราจรลดลง 1 ช่อง										
3	ถนนไม่มีการเปลี่ยนแปลงความกว้าง	-	1	-	4	-	-	-	20	80	-
	เรื่องชนิดและคุณสมบัติของชั้นดินที่วางท่อ										
1	วางท่อในดินชั้นบน(top soil) ความหนาจากผิวดินประมาณ 2 เมตร	5	-	-	-	-	-	-	100	-	-
2	วางท่อในชั้นดินเหนียวอ่อน(soft clay) ลึกจากผิวดินประมาณ 2-10 เมตร	-	1	-	3	-	-	1	20	60	20
3	วางท่อในชั้นดินเหนียวแข็ง(stiff clay) ลึกจากผิวดินประมาณ 15-20 เมตร	-	-	-	-	-	-	5	-	-	100
4	วางท่อในชั้นทราย(first sand) ลึกจากผิวดินประมาณ 20 เมตรลงไป	-	-	-	-	-	-	5	-	-	100
	เรื่องขนาดและลักษณะของอุปสรรคใต้ดิน										
1	มีอุปสรรคขนาดใหญ่ที่ทำลายได้ยากขวางแนวท่อ อุปสรรคขนาดใหญ่เช่น	3	-	-	1	-	1	-	60	20	20
	เสาเข็ม ฐานราก ตอม่อของสะพานลอยหรือสะพานยกระดับ เป็นต้น										
2	มีอุปสรรคขนาดใหญ่ที่ทำลายได้ยากขนานแนวท่อ	1	-	-	3	-	1	-	20	60	20

ตารางที่ 5.3 ข้อมูลการเปรียบเทียบวิธีการวางท่อของผู้ตอบกลุ่มออกแบบ

ข้อคำถาม		วิธีขุดเปิดเหมาะสมกว่าวิธีดันลอด			ทั้งสองวิธีเหมาะสมพอๆกัน	วิธีดันลอดเหมาะสมกว่าวิธีขุดเปิด			จำนวนผู้เลือกตอบ (%)		
		มาก	ปานกลาง	เล็กน้อย		เล็กน้อย	ปานกลาง	มาก	วิธีขุดเปิด	ทั้งสองวิธี	วิธีดันลอด
3	มีอุปสรรคขนาดเล็กขวางแนวท่อ อุปสรรคขนาดเล็กเช่น	1	1	-	-	-	-	3	40	-	60
	ท่อสาธารณูปโภคเดิม รากต้นไม้ เป็นต้น										
4	มีอุปสรรคขนาดเล็กขนานแนวท่อ	-	2	-	2	-	-	1	40	40	20
	เรื่องสภาพการจราจรบนถนนที่วางท่อ										
1	ก่อสร้างแนวท่อบนถนนที่มีสภาพการจราจรคล่องตัว คือยวดยานสามารถ	3	1	-	-	-	-	1	80	-	20
	เลือกใช้ความเร็วระดับใดก็ได้ ถ้ามีหลายช่องการจราจรการแซงจะทำได้โดยสะดวก										
2	ก่อสร้างแนวท่อบนถนนที่มีสภาพการจราจรปานกลาง คือผู้ขับขี่จะได้รับ	2	2	-	-	-	-	1	80	-	20
	ผลกระทบจากรถคันอื่นในการเลือกใช้ความเร็วในการเดินทาง										
3	ก่อสร้างแนวท่อบนถนนที่มีสภาพการจราจรหนาแน่น คือความเร็วที่ใช้ใน	-	1	-	-	-	1	3	20	-	80
	การเดินทางต่ำแต่ยังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสม่ำเสมอ ถ้ามีหลายช่องการจราจรจะ										
	แซงลำบาก ผู้ขับขี่ไม่สามารถขับได้ดังใจ										
4	ก่อสร้างแนวท่อบนถนนที่มีสภาพการจราจรติดขัด รถเรียงตัวกันเป็นแถว	-	-	-	-	-	-	5	-	-	100
	และเคลื่อนตัวเป็นช่วงๆ										

ตารางที่ 5.3 ข้อมูลการเปรียบเทียบวิธีการวางท่อของผู้ตอบกลุ่มออกแบบ

ข้อคำถาม		วิธีขุดเปิดเหมาะสมกว่าวิธีดันลอด			ทั้งสองวิธีเหมาะสมพอๆกัน	วิธีดันลอดเหมาะสมกว่าวิธีขุดเปิด			จำนวนผู้เลือกตอบ (%)		
		มาก	ปานกลาง	เล็กน้อย		เล็กน้อย	ปานกลาง	มาก	วิธีขุดเปิด	ทั้งสองวิธี	วิธีดันลอด
	เรื่องการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณริมถนนที่วางท่อ										
1	วางท่อในบริเวณที่เป็นที่อยู่อาศัยหนาแน่นน้อย(มีคนประมาณ 10-30 คน/ไร่)	3	-	-	2	-	-	-	60	40	-
2	วางท่อในบริเวณที่เป็นที่อยู่อาศัยหนาแน่นปานกลาง(มีคนประมาณ 30-50 คน/ไร่)	3	-	-	2	-	-	-	60	40	-
3	วางท่อในบริเวณที่เป็นที่อยู่อาศัยหนาแน่นมาก(มีคนประมาณ 80-120 คน/ไร่)	2	-	-	3	-	-	-	40	60	-
4	วางท่อในย่านพาณิชย์(มีคน 80-120 คน/ไร่)	-	1	-	2	-	-	2	20	40	40
5	วางท่อในย่านโรงงานอุตสาหกรรม	-	1	-	3	-	-	1	20	60	20
6	วางท่อในย่านการเกษตร	3	-	-	2	-	-	-	60	40	-
7	วางท่อในย่านอนุรักษ์ประวัติศาสตร์	-	-	-	-	-	1	4	-	-	100
8	วางท่อในย่านที่มีสถานที่ราชการ	-	-	-	3	-	1	1	-	60	40
9	วางท่อในย่านที่มีแหล่งพักผ่อนหย่อนใจ	2	2	-	-	-	-	1	80	-	20
10	วางท่อในบริเวณที่มีวัดหรือสถานที่ประกอบพิธีทางศาสนาต่างๆ	1	1	-	3	-	-	-	40	60	-
11	วางท่อในบริเวณที่มีอาคารที่เกี่ยวข้องกับองค์การต่างประเทศ	-	-	-	-	-	1	4	-	-	100
	เช่นสถานฑูตหรือสถานกงสุล										
	เรื่องผลกระทบสิ่งแวดล้อม	-	-	-	-	-	-	5	-	-	100
	เรื่องราคาค่าก่อสร้าง	2	3	-	-	-	-	-	100	-	-

ตารางที่ 5.4 ข้อมูลการเปรียบเทียบวิธีการวางท่อของผู้ตอบกลุ่มผู้ควบคุมงาน

ข้อคำถาม	วิธีขุดเปิดเหมาะสมกว่าวิธีดันลอด: มาก	ปานกลาง	เล็กน้อย	ทั้งสองวิธีเหมาะสมพอๆกัน	วิธีดันลอดเหมาะสมกว่าวิธีขุดเปิด: เล็กน้อย	ปานกลาง	มาก	จำนวนผู้เลือกตอบ (%): วิธีขุดเปิด	ทั้งสองวิธี	วิธีดันลอด
เรื่องตำแหน่งที่ตั้งของแนวท่อ										
1 แนวท่ออยู่บนทางเดินเท้า	7	1	-	-	1	-	1	80	-	20
2 แนวท่ออยู่บนถนนที่มีแนวรางรถไฟขนานแนวถนนซึ่งห่างจากแนวท่อ 4-5 เมตร	1	1	-	-	-	2	6	20	-	80
3 แนวท่อมีแนวรางรถไฟขวางแนวท่อ	1	-	-	-	-	1	8	10	-	90
4 แนวท่อขนานกับแนวคลองซึ่งอยู่ห่างจากริมตลิ่งไม่เกิน 3 เมตร	1	-	-	-	-	3	6	10	-	90
5 แนวท่อมีแนวคลองซึ่งกว้าง 30 เมตรขึ้นไป ขวางแนวท่อ	1	1	-	-	-	1	7	20	-	80
6 แนวท่อมีแนวคลองซึ่งกว้าง 10-30 เมตร ขวางแนวท่อ	2	-	-	-	-	2	6	20	-	80
7 แนวท่อมีแนวคลองซึ่งกว้างน้อยกว่า 10 เมตร ขวางแนวท่อ	1	-	-	1	1	1	6	10	10	80
เรื่องลักษณะทางกายภาพของถนน										
หัวข้อย่อย เรื่องความกว้างและความยาวของถนน										
1 วางท่อในตรอกแคบ 1-2 เมตร ความยาวไม่เกิน 100 เมตร	3	1	-	2	-	3	1	40	20	40
2 วางท่อในซอยแคบ 4 เมตร ความยาว 100-200 เมตร	2	2	-	1	-	3	2	40	10	50
3 วางท่อในซอยกว้าง 6 เมตร ความยาว 200-300 เมตร	2	1	-	2	-	2	3	30	20	50
4 วางท่อในถนนสายหลักกว้าง 6-25 เมตร(ฝั่งที่วางท่อ) ความยาวมากกว่า 1,000 เมตร	4	-	-	2	-	2	2	40	20	40

ตารางที่ 5.4 ข้อมูลการเปรียบเทียบวิธีการวางท่อของผู้ตอบกลุ่มผู้ควบคุมงาน

ข้อคำถาม		วิธีขุดเปิดเหมาะสมกว่าวิธีดันลอด			ทั้งสองวิธีเหมาะสมพอๆกัน	วิธีดันลอดเหมาะสมกว่าวิธีขุดเปิด			จำนวนผู้เลือกตอบ (%)		
		มาก	ปานกลาง	เล็กน้อย		เล็กน้อย	ปานกลาง	มาก	วิธีขุดเปิด	ทั้งสองวิธี	วิธีดันลอด
	หัวข้อย่อย เรื่องการเปลี่ยนแปลงความกว้างของถนน										
1	ถนนมีการเปลี่ยนแปลงความกว้างเล็กน้อย	1	2	-	4	-	1	2	30	40	30
2	ถนนมีการเปลี่ยนแปลงความกว้างอย่างมาก คือบางช่วงของถนนมีจำนวน	1	-	-	2	-	2	5	10	20	70
	ช่องการจราจรลดลง 1 ช่อง										
3	ถนนไม่มีการเปลี่ยนแปลงความกว้าง	2	2	-	5	-	-	1	40	50	10
	เรื่องชนิดและคุณสมบัติของชั้นดินที่วางท่อ										
1	วางท่อในดินชั้นบน(top soil) ความหนาจากผิวดินประมาณ 2 เมตร	5	2	-	-	-	1	2	70	-	30
2	วางท่อในชั้นดินเหนียวอ่อน(soft clay) ลึกจากผิวดินประมาณ 2-10 เมตร	4	-	-	1	1	1	3	40	10	50
3	วางท่อในชั้นดินเหนียวแข็ง(stiff clay) ลึกจากผิวดินประมาณ 15-20 เมตร	1	1	-	-	1	-	7	20	-	80
4	วางท่อในชั้นทราย(first sand) ลึกจากผิวดินประมาณ 20 เมตรลงไป	2	1	-	-	-	-	7	30	-	70
	เรื่องขนาดและลักษณะของอุปสรรคใต้ดิน										
1	มีอุปสรรคขนาดใหญ่ที่ทำลายได้ยากขวางแนวท่อ อุปสรรคขนาดใหญ่เช่น	5	1	-	-	-	1	3	60	-	40
	เสาเข็ม ฐานราก ตอม่อของสะพานลอยหรือสะพานยกระดับ เป็นต้น										
2	มีอุปสรรคขนาดใหญ่ที่ทำลายได้ยากขนานแนวท่อ	3	3	-	1	-	1	2	60	10	30

ตารางที่ 5.4 ข้อมูลการเปรียบเทียบวิธีการวางท่อของผู้ตอบกลุ่มผู้ควบคุมงาน

ข้อคำถาม		วิธีขุดเปิดเหมาะสมกว่าวิธีดันลอด			ทั้งสองวิธีเหมาะสมพอๆกัน	วิธีดันลอดเหมาะสมกว่าวิธีขุดเปิด			จำนวนผู้เลือกตอบ (%)		
		มาก	ปานกลาง	เล็กน้อย		เล็กน้อย	ปานกลาง	มาก	วิธีขุดเปิด	ทั้งสองวิธี	วิธีดันลอด
3	มีอุปสรรคขนาดเล็กขวางแนวท่อ อุปสรรคขนาดเล็กเช่น	4	3	1	1	-	-	1	80	10	10
	ท่อสาธารณูปโภคเดิม รากต้นไม้ เป็นต้น										
4	มีอุปสรรคขนาดเล็กขนานแนวท่อ	6	3	-	-	-	-	1	90	-	10
	เรื่องสภาพการจราจรบนถนนที่วางท่อ										
1	ก่อสร้างแนวท่อบนถนนที่มีสภาพการจราจรคล่องตัว คือยวดยานสามารถ	5	-	-	2	1	-	2	50	20	30
	เลือกใช้ความเร็วระดับใดก็ได้ ถ้ามีหลายช่องการจราจรการแซงจะทำได้โดยสะดวก										
2	ก่อสร้างแนวท่อบนถนนที่มีสภาพการจราจรปานกลาง คือผู้ขับขี่จะได้รับ	1	1	-	1	1	4	2	20	10	70
	ผลกระทบจากรถคันอื่นในการเลือกใช้ความเร็วในการเดินทาง										
3	ก่อสร้างแนวท่อบนถนนที่มีสภาพการจราจรหนาแน่น คือความเร็วที่ใช้ใน	-	-	-	1	-	2	7	-	10	90
	การเดินทางต่ำแต่ยังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสม่ำเสมอ ถ้ามีหลายช่องการจราจรจะ										
	แซงลำบาก ผู้ขับขี่ไม่สามารถขับได้ดังใจ										
4	ก่อสร้างแนวท่อบนถนนที่มีสภาพการจราจรติดขัด รถเรียงตัวกันเป็นแถว	1	-	-	-	-	1	8	10	-	90
	และเคลื่อนตัวเป็นช่วงๆ										

ตารางที่ 5.4 ข้อมูลการเปรียบเทียบวิธีการวางท่อของผู้ตอบกลุ่มผู้ควบคุมงาน

ข้อคำถาม	วิธีขุดเปิดเหมาะสมกว่าวิธีดันลอด: มาก	วิธีขุดเปิดเหมาะสมกว่าวิธีดันลอด: ปานกลาง	วิธีขุดเปิดเหมาะสมกว่าวิธีดันลอด: เล็กน้อย	ทั้งสองวิธีเหมาะสมพอๆกัน	วิธีดันลอดเหมาะสมกว่าวิธีขุดเปิด: เล็กน้อย	วิธีดันลอดเหมาะสมกว่าวิธีขุดเปิด: ปานกลาง	วิธีดันลอดเหมาะสมกว่าวิธีขุดเปิด: มาก	จำนวนผู้เลือกตอบ (%): วิธีขุดเปิด	จำนวนผู้เลือกตอบ (%): ทั้งสองวิธี	จำนวนผู้เลือกตอบ (%): วิธีดันลอด
เรื่องการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณริมถนนที่วางท่อ										
1 วางท่อในบริเวณที่เป็นที่อยู่อาศัยหนาแน่นน้อย(มีคนประมาณ 10-30 คน/ไร่)	6	-	1	-	1	-	2	70	-	30
2 วางท่อในบริเวณที่เป็นที่อยู่อาศัยหนาแน่นปานกลาง(มีคนประมาณ 30-50 คน/ไร่)	5	2	-	1	-	1	1	70	10	20
3 วางท่อในบริเวณที่เป็นที่อยู่อาศัยหนาแน่นมาก(มีคนประมาณ 80-120 คน/ไร่)	2	-	1	2	-	1	4	30	20	50
4 วางท่อในย่านพาณิชย์(มีคน 80-120 คน/ไร่)	1	1	-	1	1	2	4	20	10	70
5 วางท่อในย่านโรงงานอุตสาหกรรม	3	-	-	4	-	1	2	30	40	30
6 วางท่อในย่านการเกษตร	4	-	1	1	1	1	2	50	10	40
7 วางท่อในย่านอนุรักษ์ประวัติศาสตร์	2	-	1	-	-	1	6	30	-	70
8 วางท่อในย่านที่มีสถานที่ราชการ	2	-	-	2	1	1	4	20	20	60
9 วางท่อในย่านที่มีแหล่งพักผ่อนหย่อนใจ	1	1	-	1	-	2	5	20	10	70
10 วางท่อในบริเวณที่มีวัดหรือสถานที่ประกอบพิธีทางศาสนาต่างๆ	1	-	1	2	1	1	4	20	20	60
11 วางท่อในบริเวณที่มีอาคารที่เกี่ยวข้องกับองค์การต่างประเทศ	1	-	1	-	1	-	7	20	-	80
เช่นสถานฑูตหรือสถานกงสุล										
เรื่องผลกระทบสิ่งแวดล้อม	2	-	-	1	-	1	6	20	10	70
เรื่องราคาค่าก่อสร้าง	3	3	-	2	-	-	2	60	20	20

ตารางที่ 5.5 ข้อมูลการเปรียบเทียบวิธีการวางท่อของผู้ตอบทั้งกลุ่มออกแบบและควบคุมงาน

	ข้อคำถาม	วิธีขุดเปิดเหมาะสมกว่าวิธีดันลอด			ทั้งสองวิธีเหมาะสมพอๆกัน	วิธีดันลอดเหมาะสมกว่าวิธีขุดเปิด			จำนวนผู้เลือกตอบ (%)		
		มาก	ปานกลาง	เล็กน้อย		เล็กน้อย	ปานกลาง	มาก	วิธีขุดเปิด	ทั้งสองวิธี	วิธีดันลอด
	เรื่องตำแหน่งที่ตั้งของแนวท่อ										
1	แนวท่ออยู่บนทางเดินเท้า	12	1	-	-	1	-	1	86.67	-	13.33
2	แนวท่ออยู่บนถนนที่มีแนวรางรถไฟขนานแนวถนนซึ่งห่างจากแนวท่อ 4-5 เมตร	1	1	-	-	-	3	10	13.33	-	86.67
3	แนวท่อมีแนวรางรถไฟขวางแนวท่อ	1	-	-	-	-	1	13	6.67	-	93.33
4	แนวท่อขนานกับแนวคลองซึ่งอยู่ห่างจากริมตลิ่งไม่เกิน 3 เมตร	1	1	-	-	-	3	10	13.33	-	86.67
5	แนวท่อมีแนวคลองซึ่งกว้าง 30 เมตรขึ้นไป ขวางแนวท่อ	1	1	-	-	-	1	12	13.33	-	86.67
6	แนวท่อมีแนวคลองซึ่งกว้าง 10-30 เมตร ขวางแนวท่อ	2	-	-	-	-	2	11	13.33	-	86.67
7	แนวท่อมีแนวคลองซึ่งกว้างน้อยกว่า 10 เมตร ขวางแนวท่อ	1	-	-	1	1	1	11	6.67	6.67	86.67
	เรื่องลักษณะทางกายภาพของถนน										
	หัวข้อย่อย เรื่องความกว้างและความยาวของถนน										
1	วางท่อในตรอกแคบ 1-2 เมตร ความยาวไม่เกิน 100 เมตร	3	1	-	2	-	4	5	26.67	13.33	60.00
2	วางท่อในซอยแคบ 4 เมตร ความยาว 100-200 เมตร	4	2	-	1	-	4	4	40.00	6.67	53.33
3	วางท่อในซอยกว้าง 6 เมตร ความยาว 200-300 เมตร	4	2	-	2	-	2	5	40.00	13.33	46.67
4	วางท่อในถนนสายหลักกว้าง 6-25 เมตร(ฝั่งที่วางท่อ) ความยาวมากกว่า 1,000 เมตร	7	-	-	2	-	2	4	46.67	13.33	40.00

ตารางที่ 5.5 ข้อมูลการเปรียบเทียบวิธีการวางท่อของผู้ตอบทั้งกลุ่มออกแบบและควบคุมงาน

ข้อคำถาม		วิธีขุดเปิดเหมาะสมกว่าวิธีดันลอด			ทั้งสองวิธีเหมาะสมพอๆกัน	วิธีดันลอดเหมาะสมกว่าวิธีขุดเปิด			จำนวนผู้เลือกตอบ (%)		
		มาก	ปานกลาง	เล็กน้อย		เล็กน้อย	ปานกลาง	มาก	วิธีขุดเปิด	ทั้งสองวิธี	วิธีดันลอด
	หัวข้อย่อย เรื่องการเปลี่ยนแปลงความกว้างของถนน										
1	ถนนมีการเปลี่ยนแปลงความกว้างเล็กน้อย	1	3	-	7	1	1	2	26.67	46.67	26.67
2	ถนนมีการเปลี่ยนแปลงความกว้างอย่างมาก คือบางช่วงของถนนมีจำนวน	1	1	-	4	-	2	7	13.33	26.67	60.00
	ช่องการจราจรลดลง 1 ช่อง										
3	ถนนไม่มีการเปลี่ยนแปลงความกว้าง	2	3	-	9	-	-	1	33.33	60.00	6.67
	เรื่องชนิดและคุณสมบัติของชั้นดินที่วางท่อ										
1	วางท่อในดินชั้นบน(top soil) ความหนาจากผิวดินประมาณ 2 เมตร	10	2	-	-	-	1	2	80.00	-	20.00
2	วางท่อในชั้นดินเหนียวอ่อน(soft clay) ลึกจากผิวดินประมาณ 2-10 เมตร	4	1	-	4	1	1	4	33.33	26.67	40.00
3	วางท่อในชั้นดินเหนียวแข็ง(stiff clay) ลึกจากผิวดินประมาณ 15-20 เมตร	1	1	-	-	1	-	12	13.33	-	86.67
4	วางท่อในชั้นทราย(first sand) ลึกจากผิวดินประมาณ 20 เมตรลงไป	2	1	-	-	-	-	12	20.00	-	80.00
	เรื่องขนาดและลักษณะของอุปสรรคใต้ดิน										
1	มีอุปสรรคขนาดใหญ่ที่ทำลายได้ยากขวางแนวท่อ อุปสรรคขนาดใหญ่เช่น	8	1	-	1	-	2	3	60.00	6.67	33.33
	เสาเข็ม ฐานราก ตอม่อของสะพานลอยหรือสะพานยกระดับ เป็นต้น										
2	มีอุปสรรคขนาดใหญ่ที่ทำลายได้ยากขนานแนวท่อ	4	3	-	4	-	2	2	46.67	26.67	26.67

ตารางที่ 5.5 ข้อมูลการเปรียบเทียบวิธีการวางท่อของผู้ตอบทั้งกลุ่มออกแบบและควบคุมงาน

ข้อคำถาม		วิธีขุดเปิดเหมาะสมกว่าวิธีดันลอด			ทั้งสองวิธีเหมาะสมพอๆกัน	วิธีดันลอดเหมาะสมกว่าวิธีขุดเปิด			จำนวนผู้เลือกตอบ (%)		
		มาก	ปานกลาง	เล็กน้อย		เล็กน้อย	ปานกลาง	มาก	วิธีขุดเปิด	ทั้งสองวิธี	วิธีดันลอด
3	มีอุปสรรคขนาดเล็กขวางแนวท่อ อุปสรรคขนาดเล็กเช่น	5	4	1	1	-	-	4	66.67	6.67	26.67
	ท่อสาธารณูปโภคเดิม รากต้นไม้ เป็นต้น										
4	มีอุปสรรคขนาดเล็กขนานแนวท่อ	6	5	-	2	-	-	2	73.33	13.33	13.33
	เรื่องสภาพการจราจรบนถนนที่วางท่อ										
1	ก่อสร้างแนวท่อบนถนนที่มีสภาพการจราจรคล่องตัว คือยวดยานสามารถ	8	1	-	2	1	-	3	60.00	13.33	26.67
	เลือกใช้ความเร็วระดับใดก็ได้ ถ้ามีหลายช่องการจราจรการแซงจะทำได้โดยสะดวก										
2	ก่อสร้างแนวท่อบนถนนที่มีสภาพการจราจรปานกลาง คือผู้ขับขี่จะได้รับ	3	3	-	1	1	4	3	40.00	6.67	53.33
	ผลกระทบจากรถคันอื่นในการเลือกใช้ความเร็วในการเดินทาง										
3	ก่อสร้างแนวท่อบนถนนที่มีสภาพการจราจรหนาแน่น คือความเร็วที่ใช้ใน	-	1	-	1	-	3	10	6.67	6.67	86.67
	การเดินทางต่ำแต่ยังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสม่ำเสมอ ถ้ามีหลายช่องการจราจรจะ										
	แซงลำบาก ผู้ขับขี่ไม่สามารถขับได้ดังใจ										
4	ก่อสร้างแนวท่อบนถนนที่มีสภาพการจราจรติดขัด รถเรียงตัวกันเป็นแถว	1	-	-	-	-	1	13	6.67	-	93.33
	และเคลื่อนตัวเป็นช่วงๆ										

ตารางที่ 5.5 ข้อมูลการเปรียบเทียบวิธีการวางท่อของผู้ตอบทั้งกลุ่มออกแบบและควบคุมงาน

ข้อคำถาม	วิธีขุดเปิดเหมาะสมกว่าวิธีดันลอด			ทั้งสองวิธีเหมาะสมพอๆกัน	วิธีดันลอดเหมาะสมกว่าวิธีขุดเปิด			จำนวนผู้เลือกตอบ (%)		
	มาก	ปานกลาง	เล็กน้อย		เล็กน้อย	ปานกลาง	มาก	วิธีขุดเปิด	ทั้งสองวิธี	วิธีดันลอด
เรื่องการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณริมถนนที่วางท่อ										
1 วางท่อในบริเวณที่เป็นที่อยู่อาศัยหนาแน่นน้อย(มีคนประมาณ 10-30 คน/ไร่)	9	-	1	2	1	-	2	66.67	13.33	20.00
2 วางท่อในบริเวณที่เป็นที่อยู่อาศัยหนาแน่นปานกลาง(มีคนประมาณ 30-50 คน/ไร่)	8	2	-	3	-	1	1	66.67	20.00	13.33
3 วางท่อในบริเวณที่เป็นที่อยู่อาศัยหนาแน่นมาก(มีคนประมาณ 80-120 คน/ไร่)	4	-	1	5	-	1	4	33.33	33.33	33.33
4 วางท่อในย่านพาณิชย์(มีคน 80-120 คน/ไร่)	1	2	-	3	1	2	6	20.00	20.00	60.00
5 วางท่อในย่านโรงงานอุตสาหกรรม	3	1	-	7	-	1	3	26.67	46.67	26.67
6 วางท่อในย่านการเกษตร	7	-	1	3	1	1	2	53.33	20.00	26.67
7 วางท่อในย่านอนุรักษ์ประวัติศาสตร์	2	-	1	-	-	2	10	20.00	-	80.00
8 วางท่อในย่านที่มีสถานที่ราชการ	2	-	-	5	1	2	5	13.33	33.33	53.33
9 วางท่อในย่านที่มีแหล่งพักผ่อนหย่อนใจ	3	3	-	1	-	2	6	40.00	6.67	53.33
10 วางท่อในบริเวณที่มีวัดหรือสถานที่ประกอบพิธีทางศาสนาต่างๆ	2	1	1	5	1	1	4	26.67	33.33	40.00
11 วางท่อในบริเวณที่มีอาคารที่เกี่ยวข้องกับองค์การต่างประเทศ	1	-	1	-	1	1	11	13.33	-	86.67
เช่นสถานฑูตหรือสถานกงสุล										
เรื่องผลกระทบสิ่งแวดล้อม	2	-	-	1	-	1	11	13.33	6.67	80.00
เรื่องราคาค่าก่อสร้าง	5	6	-	2	-	-	2	73.33	13.33	13.33

ตารางที่ 5.6 สรุปการเลือกวิธีการวางท่อของผู้ตอบกลุ่มออกแบบ(ต่อ)

	ข้อคำถาม	เลือกวิธี	ค่าเฉลี่ย	SD	จำนวนผู้เลือกวิธีนี้	ระดับความเหมาะสม
	เรื่องตำแหน่งที่ตั้งของแนวท่อ					
1	แนวท่ออยู่บนทางเดินเท้า	ขุดเปิด	3.00	0.000	5	มาก
2	แนวท่ออยู่บนถนนที่มีแนวรางรถไฟขนานแนวถนนซึ่งห่างจากแนวท่อ 4-5 เมตร	ดันลอด	2.80	0.447	5	มาก
3	แนวท่อมีแนวรางรถไฟขวางแนวท่อ	ดันลอด	3.00	0.000	5	มาก
4	แนวท่อขนานกับแนวคลองซึ่งอยู่ห่างจากริมตลิ่งไม่เกิน 3 เมตร	ดันลอด	3.00	0.000	4	มาก
5	แนวท่อมีแนวคลองซึ่งกว้าง 30 เมตรขึ้นไป ขวางแนวท่อ	ดันลอด	3.00	0.000	5	มาก
6	แนวท่อมีแนวคลองซึ่งกว้าง 10-30 เมตร ขวางแนวท่อ	ดันลอด	3.00	0.000	5	มาก
7	แนวท่อมีแนวคลองซึ่งกว้างน้อยกว่า 10 เมตร ขวางแนวท่อ	ดันลอด	3.00	0.000	5	มาก
	เรื่องลักษณะทางกายภาพของถนน					
	หัวข้อย่อย เรื่องความกว้างและความยาวของถนน					
1	วางท่อในตรอกแคบ 1-2 เมตร ความยาวไม่เกิน 100 เมตร	ดันลอด	2.80	0.447	5	มาก
2	วางท่อในซอยแคบ 4 เมตร ความยาว 100-200 เมตร	-	-	-	-	สรุปไม่ได้
3	วางท่อในซอยกว้าง 6 เมตร ความยาว 200-300 เมตร	-	-	-	-	สรุปไม่ได้
4	วางท่อในถนนสายหลักกว้าง 6-25 เมตร(ฝั่งที่วางท่อ) ความยาวมากกว่า 1,000 เมตร	-	-	-	-	สรุปไม่ได้

ตารางที่ 5.6 สรุปการเลือกวิธีการวางท่อของผู้ตอบกลุ่มออกแบบ(ต่อ)

	ข้อคำถาม	เลือกวิธี	ค่าเฉลี่ย	SD	จำนวนผู้เลือกวิธีนี้	ระดับความเหมาะสม
	หัวข้อย่อย เรื่องการเปลี่ยนแปลงความกว้างของถนน					
1	ถนนมีการเปลี่ยนแปลงความกว้างเล็กน้อย	ทั้งสองวิธี	0.00	0.000	3	-
2	ถนนมีการเปลี่ยนแปลงความกว้างอย่างมาก คือบางช่วงของถนนมีจำนวน	ดันลอดหรือทั้งสองวิธี	*	*	*	*
	ช่องการจราจรลดลง 1 ช่อง					
3	ถนนไม่มีการเปลี่ยนแปลงความกว้าง	ทั้งสองวิธี	0.00	0.000	4	-
	เรื่องชนิดและคุณสมบัติของชั้นดินที่วางท่อ					
1	วางท่อในดินชั้นบน(top soil) ความหนาจากผิวดินประมาณ 2 เมตร	ขุดเปิด	3.00	0.000	5	มาก
2	วางท่อในชั้นดินเหนียวอ่อน(soft clay) ลึกจากผิวดินประมาณ 2-10 เมตร	ทั้งสองวิธี	0.00	0.000	3	-
3	วางท่อในชั้นดินเหนียวแข็ง(stiff clay) ลึกจากผิวดินประมาณ 15-20 เมตร	ดันลอด	3.00	0.000	5	มาก
4	วางท่อในชั้นทราย(first sand) ลึกจากผิวดินประมาณ 20 เมตรลงไป	ดันลอด	3.00	0.000	5	มาก
	เรื่องขนาดและลักษณะของอุปสรรคใต้ดิน					
1	มีอุปสรรคขนาดใหญ่ที่ทำลายได้ยากขวางแนวท่อ อุปสรรคขนาดใหญ่เช่น	ขุดเปิด	3.00	0.000	3	มาก
	เสาเข็ม ฐานราก ตอม่อของสะพานลอยหรือสะพานยกระดับ เป็นต้น					
2	มีอุปสรรคขนาดใหญ่ที่ทำลายได้ยากขนานแนวท่อ	ทั้งสองวิธี	0.00	0.000	3	-

ตารางที่ 5.6 สรุปการเลือกวิธีการวางท่อของผู้ตอบกลุ่มออกแบบ(ต่อ)

	ข้อคำถาม	เลือกวิธี	ค่าเฉลี่ย	SD	จำนวนผู้เลือกวิธีนี้	ระดับความเหมาะสม
3	มีอุปสรรคขนาดเล็กขวางแนวท่อ อุปสรรคขนาดเล็กเช่น	-	-	-	-	สรุปไม่ได้
	ท่อสาธารณูปโภคเดิม รากต้นไม้ เป็นต้น					
4	มีอุปสรรคขนาดเล็กขนานแนวท่อ	ขุดเปิดหรือทั้งสองวิธี	*	*	*	*
	เรื่องสภาพการจราจรบนถนนที่วางท่อ					
1	ก่อสร้างแนวท่อบนถนนที่มีสภาพการจราจรคล่องตัว คือยวดยานสามารถ	ขุดเปิด	2.75	0.500	4	มาก
	เลือกใช้ความเร็วระดับใดก็ได้ ถ้ามีหลายช่องการจราจรการแซงจะทำได้โดยสะดวก					
2	ก่อสร้างแนวท่อบนถนนที่มีสภาพการจราจรปานกลาง คือผู้ขับขี่จะได้รับ	ขุดเปิด	2.50	0.577	4	มาก
	ผลกระทบจากรถคันอื่นในการเลือกใช้ความเร็วในการเดินทาง					
3	ก่อสร้างแนวท่อบนถนนที่มีสภาพการจราจรหนาแน่น คือความเร็วที่ใช้ใน	ดันลอด	2.75	0.500	4	มาก
	การเดินทางต่ำแต่ยังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสม่ำเสมอ ถ้ามีหลายช่องการจราจรจะ					
	แซงลำบาก ผู้ขับขี่ไม่สามารถขับได้ดังใจ					
4	ก่อสร้างแนวท่อบนถนนที่มีสภาพการจราจรติดขัด รถเรียงตัวกันเป็นแถว	ดันลอด	3.00	0.000	5	มาก
	และเคลื่อนตัวเป็นช่วงๆ					

ตารางที่ 5.6 สรุปการเลือกวิธีการวางท่อของผู้ตอบกลุ่มออกแบบ(ต่อ)

	ข้อคำถาม	เลือกวิธี	ค่าเฉลี่ย	SD	จำนวนผู้เลือกวิธีนี้	ระดับความเหมาะสม
	เรื่องการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณริมถนนที่วางท่อ					
1	วางท่อในบริเวณที่เป็นที่อยู่อาศัยหนาแน่นน้อย(มีคนประมาณ 10-30 คน/ไร่)	ขุดเปิดหรือทั้งสองวิธี	*	*	*	*
2	วางท่อในบริเวณที่เป็นที่อยู่อาศัยหนาแน่นปานกลาง(มีคนประมาณ 30-50 คน/ไร่)	ขุดเปิดหรือทั้งสองวิธี	*	*	*	*
3	วางท่อในบริเวณที่เป็นที่อยู่อาศัยหนาแน่นมาก(มีคนประมาณ 80-120 คน/ไร่)	ขุดเปิดหรือทั้งสองวิธี	*	*	*	*
4	วางท่อในย่านพาณิชย์(มีคน 80-120 คน/ไร่)	ดันลอดหรือทั้งสองวิธี	*	*	*	*
5	วางท่อในย่านโรงงานอุตสาหกรรม	ทั้งสองวิธี	0.00	0.000	3	-
6	วางท่อในย่านการเกษตร	ขุดเปิดหรือทั้งสองวิธี	*	*	*	*
7	วางท่อในย่านอนุรักษ์ประวัติศาสตร์	ดันลอด	2.80	0.447	5	มาก
8	วางท่อในย่านที่มีสถานที่ราชการ	ดันลอดหรือทั้งสองวิธี	*	*	*	*
9	วางท่อในย่านที่มีแหล่งพักผ่อนหย่อนใจ	ขุดเปิด	2.50	0.577	4	มาก
10	วางท่อในบริเวณที่มีวัดหรือสถานที่ประกอบพิธีทางศาสนาต่างๆ	ดันลอดหรือทั้งสองวิธี	*	*	*	*
11	วางท่อในบริเวณที่มีอาคารที่เกี่ยวข้องกับองค์การต่างประเทศ	ดันลอด	2.80	0.447	5	มาก
	เช่นสถานฑูตหรือสถานกงสุล					
	เรื่องผลกระทบสิ่งแวดล้อม	ดันลอด	3.00	0.000	5	มาก
	เรื่องราคาค่าก่อสร้าง	ขุดเปิด	2.40	0.548	5	มาก

ตารางที่ 5.7 สรุปการเลือกวิธีการวางท่อของผู้ตอบกลุ่มผู้ควบคุมงาน(ต่อ)

	ข้อคำถาม	เลือกวิธี	ค่าเฉลี่ย	SD	จำนวนผู้เลือกวิธีนี้	ระดับความเหมาะสม
	เรื่องตำแหน่งที่ตั้งของแนวท่อ					
1	แนวท่ออยู่บนทางเดินเท้า	ขุดเปิด	2.88	0.354	8	มาก
2	แนวท่ออยู่บนถนนที่มีแนวรางรถไฟขนานแนวถนนซึ่งห่างจากแนวท่อ 4-5 เมตร	ดันลอด	2.75	0.463	8	มาก
3	แนวท่อมีแนวรางรถไฟขวางแนวท่อ	ดันลอด	2.89	0.333	9	มาก
4	แนวท่อขนานกับแนวคลองซึ่งอยู่ห่างจากริมตลิ่งไม่เกิน 3 เมตร	ดันลอด	2.67	0.500	9	มาก
5	แนวท่อมีแนวคลองซึ่งกว้าง 30 เมตรขึ้นไป ขวางแนวท่อ	ดันลอด	2.88	0.354	8	มาก
6	แนวท่อมีแนวคลองซึ่งกว้าง 10-30 เมตร ขวางแนวท่อ	ดันลอด	2.75	0.463	8	มาก
7	แนวท่อมีแนวคลองซึ่งกว้างน้อยกว่า 10 เมตร ขวางแนวท่อ	ดันลอด	2.63	0.744	8	มาก
	เรื่องลักษณะทางกายภาพของถนน					
	หัวข้อย่อย เรื่องความกว้างและความยาวของถนน					
1	วางท่อในตรอกแคบ 1-2 เมตร ความยาวไม่เกิน 100 เมตร	-	-	-	-	สรุปไม่ได้
2	วางท่อในซอยแคบ 4 เมตร ความยาว 100-200 เมตร	-	-	-	-	สรุปไม่ได้
3	วางท่อในซอยกว้าง 6 เมตร ความยาว 200-300 เมตร	-	-	-	-	สรุปไม่ได้
4	วางท่อในถนนสายหลักกว้าง 6-25 เมตร(ฝั่งที่วางท่อ) ความยาวมากกว่า 1,000 เมตร	-	-	-	-	สรุปไม่ได้

ตารางที่ 5.7 สรุปการเลือกวิธีการวางท่อของผู้ตอบกลุ่มผู้ควบคุมงาน(ต่อ)

	ข้อคำถาม	เลือกวิธี	ค่าเฉลี่ย	SD	จำนวนผู้เลือกวิธีนี้	ระดับความเหมาะสม
	หัวข้อย่อย เรื่องการเปลี่ยนแปลงความกว้างของถนน					
1	ถนนมีการเปลี่ยนแปลงความกว้างเล็กน้อย	-	-	-	-	สรุปไม่ได้
2	ถนนมีการเปลี่ยนแปลงความกว้างอย่างมาก คือบางช่วงของถนนมีจำนวน	ดันลอด	2.71	0.488	7	มาก
	ช่องการจราจรลดลง 1 ช่อง					
3	ถนนไม่มีการเปลี่ยนแปลงความกว้าง	ขุดเปิดหรือทั้งสองวิธี	*	*	*	*
	เรื่องชนิดและคุณสมบัติของชั้นดินที่วางท่อ					
1	วางท่อในดินชั้นบน(top soil) ความหนาจากผิวดินประมาณ 2 เมตร	ขุดเปิด	2.71	0.488	7	มาก
2	วางท่อในชั้นดินเหนียวอ่อน(soft clay) ลึกจากผิวดินประมาณ 2-10 เมตร	-	-	-	-	สรุปไม่ได้
3	วางท่อในชั้นดินเหนียวแข็ง(stiff clay) ลึกจากผิวดินประมาณ 15-20 เมตร	ดันลอด	2.75	0.707	8	มาก
4	วางท่อในชั้นทราย(first sand) ลึกจากผิวดินประมาณ 20 เมตรลงไป	ดันลอด	3.00	0.000	7	มาก
	เรื่องขนาดและลักษณะของอุปสรรคใต้ดิน					
1	มีอุปสรรคขนาดใหญ่ที่ทำลายได้ยากขวางแนวท่อ อุปสรรคขนาดใหญ่เช่น	-	-	-	-	สรุปไม่ได้
	เสาเข็ม ฐานราก ตอม่อของสะพานลอยหรือสะพานยกระดับ เป็นต้น					
2	มีอุปสรรคขนาดใหญ่ที่ทำลายได้ยากขนานแนวท่อ	ขุดเปิด	2.50	0.548	6	มาก

ตารางที่ 5.7 สรุปการเลือกวิธีการวางท่อของผู้ตอบกลุ่มผู้ควบคุมงาน(ต่อ)

	ข้อคำถาม	เลือกวิธี	ค่าเฉลี่ย	SD	จำนวนผู้เลือกวิธีนี้	ระดับความเหมาะสม
3	มีอุปสรรคขนาดเล็กขวางแนวท่อ อุปสรรคขนาดเล็กเช่น	ขุดเปิด	2.38	0.744	8	มาก
	ท่อสาธารณูปโภคเดิม รากต้นไม้ เป็นต้น					
4	มีอุปสรรคขนาดเล็กขนานแนวท่อ	ขุดเปิด	2.67	0.500	9	มาก
	เรื่องสภาพการจราจรบนถนนที่วางท่อ					
1	ก่อสร้างแนวท่อบนถนนที่มีสภาพการจราจรคล่องตัว คือยวดยานสามารถ	-	-	-	-	สรุปไม่ได้
	เลือกใช้ความเร็วระดับใดก็ได้ ถ้ามีหลายช่องการจราจรการแซงจะทำได้โดยสะดวก					
2	ก่อสร้างแนวท่อบนถนนที่มีสภาพการจราจรปานกลาง คือผู้ขับขี่จะได้รับ	ดันลอด	2.14	0.690	7	ปานกลาง
	ผลกระทบจากรถคันอื่นในการเลือกใช้ความเร็วในการเดินทาง					
3	ก่อสร้างแนวท่อบนถนนที่มีสภาพการจราจรหนาแน่น คือความเร็วที่ใช้ใน	ดันลอด	2.78	0.441	9	มาก
	การเดินทางต่ำแต่ยังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสม่ำเสมอ ถ้ามีหลายช่องการจราจรจะ					
	แซงลำบาก ผู้ขับขี่ไม่สามารถขับได้ดังใจ					
4	ก่อสร้างแนวท่อบนถนนที่มีสภาพการจราจรติดขัด รถเรียงตัวกันเป็นแถว	ดันลอด	2.89	0.333	9	มาก
	และเคลื่อนตัวเป็นช่วงๆ					

ตารางที่ 5.7 สรุปการเลือกวิธีการวางท่อของผู้ตอบกลุ่มผู้ควบคุมงาน(ต่อ)

	ข้อคำถาม	เลือกวิธี	ค่าเฉลี่ย	SD	จำนวนผู้เลือกวิธีนี้	ระดับความเหมาะสม
	เรื่องการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณริมถนนที่วางท่อ					
1	วางท่อในบริเวณที่เป็นที่อยู่อาศัยหนาแน่นน้อย(มีคนประมาณ 10-30 คน/ไร่)	ขุดเปิด	2.71	0.756	7	มาก
2	วางท่อในบริเวณที่เป็นที่อยู่อาศัยหนาแน่นปานกลาง(มีคนประมาณ 30-50 คน/ไร่)	ขุดเปิด	2.71	0.488	7	มาก
3	วางท่อในบริเวณที่เป็นที่อยู่อาศัยหนาแน่นมาก(มีคนประมาณ 80-120 คน/ไร่)	-	-	-	-	สรุปไม่ได้
4	วางท่อในย่านพาณิชย์(มีคน 80-120 คน/ไร่)	ดันลอด	2.43	0.787	7	มาก
5	วางท่อในย่านโรงงานอุตสาหกรรม	-	-	-	-	สรุปไม่ได้
6	วางท่อในย่านการเกษตร	-	-	-	-	สรุปไม่ได้
7	วางท่อในย่านอนุรักษ์ประวัติศาสตร์	ดันลอด	2.86	0.378	7	มาก
8	วางท่อในย่านที่มีสถานที่ราชการ	ดันลอด	2.50	0.837	6	มาก
9	วางท่อในย่านที่มีแหล่งพักผ่อนหย่อนใจ	ดันลอด	2.71	0.488	7	มาก
10	วางท่อในบริเวณที่มีวัดหรือสถานที่ประกอบพิธีทางศาสนาต่างๆ	ดันลอด	2.50	0.837	6	มาก
11	วางท่อในบริเวณที่มีอาคารที่เกี่ยวข้องกับองค์การต่างประเทศ	ดันลอด	2.75	0.707	8	มาก
	เช่นสถานฑูตหรือสถานกงสุล					
	เรื่องผลกระทบสิ่งแวดล้อม	ดันลอด	2.86	0.378	7	มาก
	เรื่องราคาค่าก่อสร้าง	ขุดเปิด	2.50	0.548	6	มาก

ตารางที่ 5.8 สรุปการเลือกวิธีการวางท่อของผู้ตอบทั้งกลุ่มออกแบบและควบคุมงาน(ต่อ)

	ข้อคำถาม	เลือกวิธี	ค่าเฉลี่ย	SD	จำนวนผู้เลือกวิธีนี้	ระดับความเหมาะสม
	เรื่องตำแหน่งที่ตั้งของแนวท่อ					
1	แนวท่ออยู่บนทางเดินเท้า	ขุดเปิด	2.92	0.277	13	มาก
2	แนวท่ออยู่บนถนนที่มีแนวรางรถไฟขนานแนวถนนซึ่งห่างจากแนวท่อ 4-5 เมตร	ดันลอด	2.77	0.439	13	มาก
3	แนวท่อมีแนวรางรถไฟขวางแนวท่อ	ดันลอด	2.93	0.267	14	มาก
4	แนวท่อขนานกับแนวคลองซึ่งอยู่ห่างจากริมตลิ่งไม่เกิน 3 เมตร	ดันลอด	2.77	0.439	13	มาก
5	แนวท่อมีแนวคลองซึ่งกว้าง 30 เมตรขึ้นไป ขวางแนวท่อ	ดันลอด	2.92	0.277	13	มาก
6	แนวท่อมีแนวคลองซึ่งกว้าง 10-30 เมตร ขวางแนวท่อ	ดันลอด	2.85	0.376	13	มาก
7	แนวท่อมีแนวคลองซึ่งกว้างน้อยกว่า 10 เมตร ขวางแนวท่อ	ดันลอด	2.77	0.599	13	มาก
	เรื่องลักษณะทางกายภาพของถนน					
	หัวข้อย่อย เรื่องความกว้างและความยาวของถนน					
1	วางท่อในตรอกแคบ 1-2 เมตร ความยาวไม่เกิน 100 เมตร	ดันลอด	2.56	0.527	9	มาก
2	วางท่อในซอยแคบ 4 เมตร ความยาว 100-200 เมตร	-	-	-	-	สรุปไม่ได้
3	วางท่อในซอยกว้าง 6 เมตร ความยาว 200-300 เมตร	-	-	-	-	สรุปไม่ได้
4	วางท่อในถนนสายหลักกว้าง 6-25 เมตร(ฝั่งที่วางท่อ) ความยาวมากกว่า 1,000 เมตร	-	-	-	-	สรุปไม่ได้

ตารางที่ 5.8 สรุปการเลือกวิธีการวางท่อของผู้ตอบทั้งกลุ่มออกแบบและควบคุมงาน(ต่อ)

	ข้อคำถาม	เลือกวิธี	ค่าเฉลี่ย	SD	จำนวนผู้เลือกวิธีนี้	ระดับความเหมาะสม
	หัวข้อย่อย เรื่องการเปลี่ยนแปลงความกว้างของถนน					
1	ถนนมีการเปลี่ยนแปลงความกว้างเล็กน้อย	ทั้งสองวิธี	0.00	0.000	7	-
2	ถนนมีการเปลี่ยนแปลงความกว้างอย่างมาก คือบางช่วงของถนนมีจำนวน	ดันลอด	2.78	0.441	9	มาก
	ช่องการจราจรลดลง 1 ช่อง					
3	ถนนไม่มีการเปลี่ยนแปลงความกว้าง	ทั้งสองวิธี	0.00	0.000	9	-
	เรื่องชนิดและคุณสมบัติของชั้นดินที่วางท่อ					
1	วางท่อในดินชั้นบน(top soil) ความหนาจากผิวดินประมาณ 2 เมตร	ขุดเปิด	2.83	0.389	12	มาก
2	วางท่อในชั้นดินเหนียวอ่อน(soft clay) ลึกจากผิวดินประมาณ 2-10 เมตร	-	-	-	-	สรุปไม่ได้
3	วางท่อในชั้นดินเหนียวแข็ง(stiff clay) ลึกจากผิวดินประมาณ 15-20 เมตร	ดันลอด	2.85	0.555	13	มาก
4	วางท่อในชั้นทราย(first sand) ลึกจากผิวดินประมาณ 20 เมตรลงไป	ดันลอด	3.00	0.000	12	มาก
	เรื่องขนาดและลักษณะของอุปสรรคใต้ดิน					
1	มีอุปสรรคขนาดใหญ่ที่ทำลายได้ยากขวางแนวท่อ อุปสรรคขนาดใหญ่เช่น	ขุดเปิด	2.89	0.333	9	มาก
	เสาเข็ม ฐานราก ตอม่อของสะพานลอยหรือสะพานยกระดับ เป็นต้น					
2	มีอุปสรรคขนาดใหญ่ที่ทำลายได้ยากขนานแนวท่อ	ขุดเปิด	2.57	0.535	7	มาก

ตารางที่ 5.8 สรุปการเลือกวิธีการวางท่อของผู้ตอบทั้งกลุ่มออกแบบและควบคุมงาน(ต่อ)

	ข้อคำถาม	เลือกวิธี	ค่าเฉลี่ย	SD	จำนวนผู้เลือกวิธีนี้	ระดับความเหมาะสม
3	มีอุปสรรคขนาดเล็กขวางแนวท่อ อุปสรรคขนาดเล็กเช่น	ขุดเปิด	2.40	0.699	10	มาก
	ท่อสาธารณูปโภคเดิม รากต้นไม้ เป็นต้น					
4	มีอุปสรรคขนาดเล็กขนานแนวท่อ	ขุดเปิด	2.55	0.522	11	มาก
	เรื่องสภาพการจราจรบนถนนที่วางท่อ					
1	ก่อสร้างแนวท่อบนถนนที่มีสภาพการจราจรคล่องตัว คือยวดยานสามารถ	ขุดเปิด	2.89	0.333	9	มาก
	เลือกใช้ความเร็วระดับใดก็ได้ ถ้ามีหลายช่องการจราจรการแซงจะทำได้โดยสะดวก					
2	ก่อสร้างแนวท่อบนถนนที่มีสภาพการจราจรปานกลาง คือผู้ขับขี่จะได้รับ	-	-	-	-	สรุปไม่ได้
	ผลกระทบจากรถคันอื่นในการเลือกใช้ความเร็วในการเดินทาง					
3	ก่อสร้างแนวท่อบนถนนที่มีสภาพการจราจรหนาแน่น คือความเร็วที่ใช้ใน	ดันลอด	2.77	0.439	13	มาก
	การเดินทางต่ำแต่ยังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสม่ำเสมอ ถ้ามีหลายช่องการจราจรจะ					
	แซงลำบาก ผู้ขับขี่ไม่สามารถขับได้ดังใจ					
4	ก่อสร้างแนวท่อบนถนนที่มีสภาพการจราจรติดขัด รถเรียงตัวกันเป็นแถว	ดันลอด	2.93	0.267	14	มาก
	และเคลื่อนตัวเป็นช่วงๆ					

ตารางที่ 5.8 สรุปการเลือกวิธีการวางท่อของผู้ตอบทั้งกลุ่มออกแบบและควบคุมงาน(ต่อ)

	ข้อคำถาม	เลือกวิธี	ค่าเฉลี่ย	SD	จำนวนผู้เลือกวิธีนี้	ระดับความเหมาะสม
	เรื่องการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณริมถนนที่วางท่อ					
1	วางท่อในบริเวณที่เป็นที่อยู่อาศัยหนาแน่นน้อย(มีคนประมาณ 10-30 คน/ไร่)	ขุดเปิด	2.80	0.632	10	มาก
2	วางท่อในบริเวณที่เป็นที่อยู่อาศัยหนาแน่นปานกลาง(มีคนประมาณ 30-50 คน/ไร่)	ขุดเปิด	2.80	0.422	10	มาก
3	วางท่อในบริเวณที่เป็นที่อยู่อาศัยหนาแน่นมาก(มีคนประมาณ 80-120 คน/ไร่)	-	-	-	-	สรุปไม่ได้
4	วางท่อในย่านพาณิชย์(มีคน 80-120 คน/ไร่)	ดันลอด	2.56	0.726	9	มาก
5	วางท่อในย่านโรงงานอุตสาหกรรม	ทั้งสองวิธี	0.00	0.000	7	-
6	วางท่อในย่านการเกษตร	ขุดเปิด	2.75	0.707	8	มาก
7	วางท่อในย่านอนุรักษ์ประวัติศาสตร์	ดันลอด	2.83	0.389	12	มาก
8	วางท่อในย่านที่มีสถานที่ราชการ	ดันลอด	2.50	0.756	8	มาก
9	วางท่อในย่านที่มีแหล่งพักผ่อนหย่อนใจ	ดันลอด	2.75	0.463	8	มาก
10	วางท่อในบริเวณที่มีวัดหรือสถานที่ประกอบพิธีทางศาสนาต่างๆ	-	-	-	-	สรุปไม่ได้
11	วางท่อในบริเวณที่มีอาคารที่เกี่ยวข้องกับองค์การต่างประเทศ	ดันลอด	2.77	0.599	13	มาก
	เช่นสถานฑูตหรือสถานกงสุล					
	เรื่องผลกระทบสิ่งแวดล้อม	ดันลอด	2.92	0.289	12	มาก
	เรื่องราคาค่าก่อสร้าง	ขุดเปิด	2.45	0.522	11	มาก

5.4 เกณฑ์การพิจารณาเลือกวิธีการวางท่อ

จากข้อมูลการเลือกวิธีการวางท่อตามสภาวะการทำงานย่อยภายใต้หัวข้อปัจจัยต่างๆ ทำให้ทราบว่าสภาวะการทำงานแบบใดที่สามารถพิจารณาเลือกวิธีวางท่อได้เนื่องจากเหตุผลด้านข้อจำกัดทางเทคนิคของวิธีขุดเปิดและวิธีดันลอด สภาวะการทำงานเหล่านี้ได้แก่ การวางท่อที่ระดับความลึกน้อยกว่า 2 เมตรและที่ระดับความลึกมากกว่า 5 เมตร การวางท่อในตรอกแคบ 1-2 เมตร การวางท่อบนถนนที่มีทางรถไฟห่างจากแนวท่อน้อยกว่า 5 เมตร การวางท่อบนถนนที่มีทางรถไฟขวาง การวางท่อบนถนนที่มีคลองห่างจากแนวท่อน้อยกว่า 3 เมตร และการวางท่อบนถนนที่มีคลองขวางแนวท่อ

การวางท่อในระดับความลึก 2-5 เมตร ซึ่งสามารถเลือกวางท่อด้วยวิธีขุดเปิดหรือวิธีดันลอดได้โดยสิ่งที่นำมาพิจารณาในการเลือกวิธีสำหรับระดับความลึกนี้ได้แก่ปัจจัยทั้ง 8 ปัจจัยในหัวข้อที่ 5.1 เกณฑ์การพิจารณาเลือกวิธีวางท่อแสดงดังรูปที่ 5.1

ผลการจัดอันดับความสำคัญของกลุ่มผู้ออกแบบและผู้ควบคุมงานเมื่อนำมาจัดเป็นขั้นความสำคัญสามารถจำแนกออกได้เป็น 4 ขั้นความสำคัญ ทำการให้คะแนน ตามหลักการของ Rank Weighting Technique แบบ Rank Sum Weight ทำให้ได้ค่าน้ำหนักปัจจัยต่างๆ ดังตารางที่ 5.9

ตารางที่ 5.9 ตารางค่าน้ำหนักของปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกวิธี

ขั้นความสำคัญที่	ปัจจัย	กำหนดคะแนน	น้ำหนักปัจจัย
1	สภาพการจราจร	4	0.2105
2	ผลกระทบสิ่งแวดล้อม	3	0.1579
	ที่ตั้งของแนวท่อ	3	0.1579
	ลักษณะของถนน	3	0.1579
3	ขนาดอุปสรรคใต้ดิน	2	0.1053
	การใช้ประโยชน์ที่ดิน	2	0.1053
4	ราคาค่าก่อสร้าง	1	0.0526
	ชนิดและคุณสมบัติดิน	1	0.0526
	รวม	19	1.0000

การคำนวณคะแนนของวิธีตามสภาวะการทำงานแยกย่อยในตารางที่ 5.10 ใช้ค่าเฉลี่ยความเหมาะสมของวิธีที่ได้จากกลุ่มผู้ออกแบบและกลุ่มผู้ควบคุมงานในตารางที่ 5.8 มาคำนวณ

โดยใช้หลักการ Pairwise Comparison บางสภาวะการทำงานในตารางที่ 5.8 ที่มีการสรุปว่าไม่สามารถสรุปได้เนื่องจากกลุ่มผู้ตอบไม่ชัดเจนว่าเลือกวิธีวางท่อวิธีใด และที่สรุปว่าวิธีขุดเปิดและวิธีดันลอดมีความเหมาะสมพอๆกันจะกำหนดน้ำหนักคะแนนให้แก่แต่ละวิธีมีค่าเท่ากับ 0.5

เมื่อนำค่าน้ำหนักของปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกวิธีวางท่อคูณกับคะแนนของวิธีตามปัจจัยต่างๆทำให้ได้คะแนนของวิธีที่ปรับค่าด้วยน้ำหนักของปัจจัยแล้วดังแสดงในตารางที่ 5.10 ในการหาค่าคะแนนรวมของวิธีการวางท่อตามสภาวะการทำงานหนึ่งๆ จะนำค่าคะแนนวิธีจากสภาวะการทำงานย่อยมาประกอบกันเพื่อให้ครอบคลุมตามสภาวะการทำงานนั้น

<u>ตัวอย่าง</u> ต้องการทราบคะแนนวิธีที่ควรใช้ตามสภาวะการทำงานคือ แนวท่ออยู่บนทางเดินเท้า วางท่อในซอยกว้าง 6 เมตร วางท่อในชั้นดินเหนียวอ่อน(soft clay) ความลึกจากผิวดินประมาณ 2-5 เมตร อาจมีอุปสรรคขนาดเล็กขวางและขนานแนวท่อ สภาพการจราจรคล่องตัวในบริเวณที่อยู่อาศัยหนาแน่นน้อย

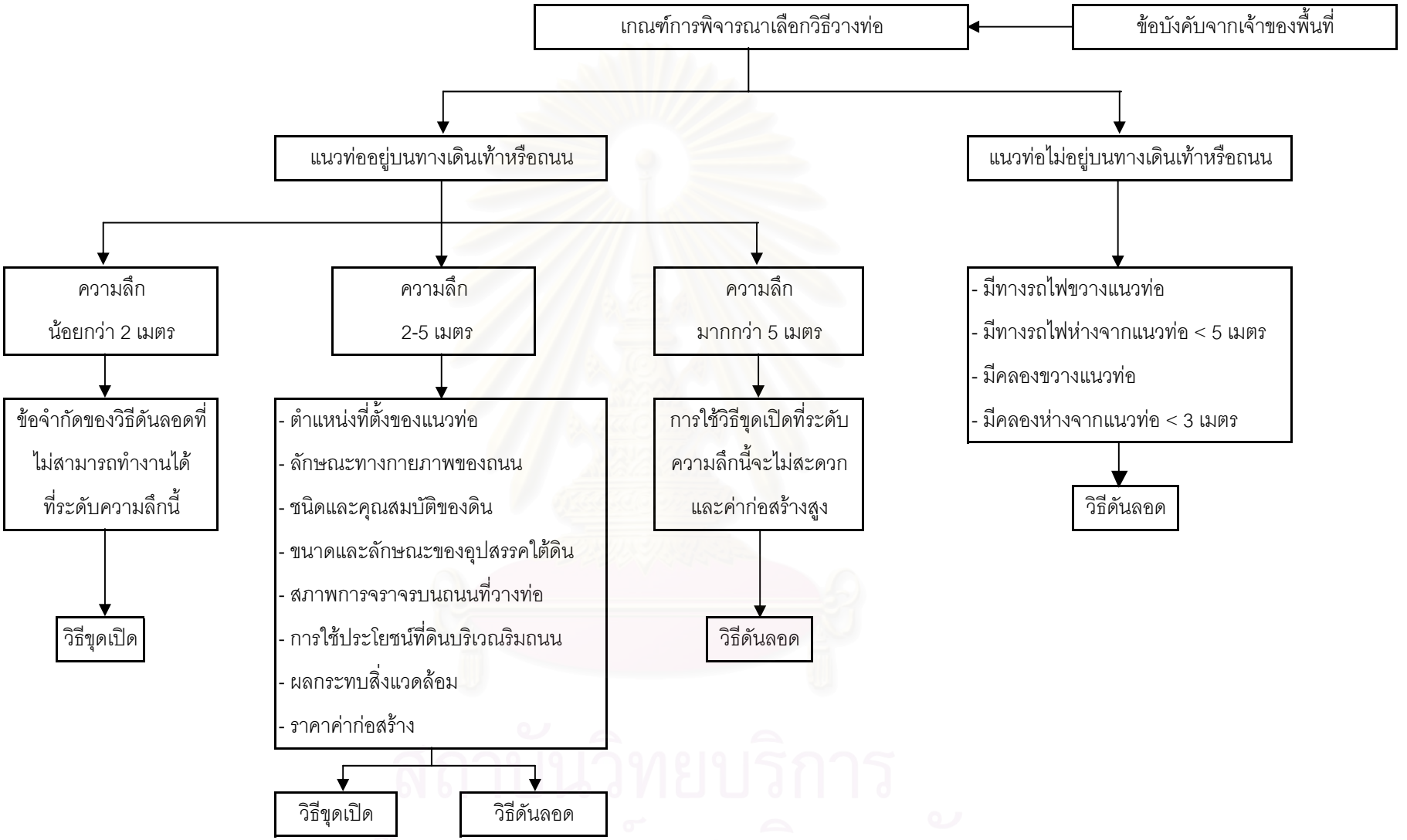
นำคะแนนของวิธีการวางท่อแต่ละวิธีที่ปรับค่าด้วยน้ำหนักของปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกวิธีแล้ว ในสภาวะการทำงานเมื่อแนวท่ออยู่บนทางเดินเท้า รวมกับเมื่อวางท่อในซอยกว้าง 6 เมตร วางท่อในชั้นดินเหนียวอ่อนความลึกจากผิวดินประมาณ 2-5 เมตร อาจมีอุปสรรคขนาดเล็กขวางและขนานแนวท่อ สภาพการจราจรคล่องตัว และวางในบริเวณที่อยู่อาศัยหนาแน่นน้อย รวมกับคะแนนของวิธีในเรื่องผลกระทบสิ่งแวดล้อม และราคาค่าก่อสร้างจะได้คะแนนรวมของแต่ละวิธีดังต่อไปนี้

คะแนนรวมของวิธีขุดเปิด = 0.1176 + 0.0790 + 0.0263 + 0.0743 + 0.0756 +
0.1564 + 0.0776 + 0.0403 + 0.0374
= 0.6844

คะแนนรวมของวิธีดันลอด = 0.0403 + 0.0790 + 0.0263 + 0.0310 + 0.0297 +
0.0541 + 0.0277 + 0.1176 + 0.0152
= 0.4209

ดังนั้นสภาวะการทำงานนี้ควรเลือกใช้วิธีขุดเปิดในการวางท่อเนื่องจากคะแนนรวมของวิธีขุดเปิดสูงกว่าคะแนนรวมของวิธีดันลอด

ผลการวิเคราะห์การเลือกวิธีวางท่อตามสภาวะการทำงานที่แนวท่อตั้งอยู่บนทางเดินเท้าหรือบนถนน ที่ระดับความลึก 2-5 เมตร ในบริเวณที่มีสภาพการจราจรบนถนนและการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบต่างๆ แสดงในภาคผนวก ข



รูปที่ 5.1 เกณฑ์การพิจารณาเลือกวิธีวางท่อ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.10 คะแนนวิธีการวางท่อเมื่อปรับค่าด้วยน้ำหนักของปัจจัยของผู้ตอบทั้งกลุ่มออกแบบและควบคุมงาน

	ข้อคำถาม	คะแนนวิธี		น้ำหนักของปัจจัย	คะแนนเมื่อปรับค่าแล้ว	
		ขุดเปิด	ดันลอด		ขุดเปิด	ดันลอด
	เรื่องตำแหน่งที่ตั้งของแนวท่อ					
1	แนวท่ออยู่บนทางเดินเท้า	0.7449	0.2551	0.1579	0.1176	0.0403
	เรื่องลักษณะทางกายภาพของถนน					
	หัวข้อย่อย เรื่องความกว้างและความยาวของถนน					
1	วางท่อในซอยแคบ 4 เมตร ความยาว 100-200 เมตร	0.5000	0.5000	0.1579	0.0790	0.0790
2	วางท่อในซอยกว้าง 6 เมตร ความยาว 200-300 เมตร	0.5000	0.5000	0.1579	0.0790	0.0790
3	วางท่อในถนนสายหลักกว้าง 6-25 เมตร(ฝั่งที่วางท่อ) ความยาวมากกว่า 1,000 เมตร	0.5000	0.5000	0.1579	0.0790	0.0790
	หัวข้อย่อย เรื่องการเปลี่ยนแปลงความกว้างของถนน					
1	ถนนมีการเปลี่ยนแปลงความกว้างเล็กน้อย	0.5000	0.5000	0.1579	0.0790	0.0790
2	ถนนมีการเปลี่ยนแปลงความกว้างอย่างมาก คือบางช่วงของถนนมีจำนวน	0.2646	0.7354	0.1579	0.0418	0.1161
	ช่องการจราจรลดลง 1 ช่อง					
3	ถนนไม่มีการเปลี่ยนแปลงความกว้าง	0.5000	0.5000	0.1579	0.0790	0.0790
	เรื่องชนิดและคุณสมบัติของชั้นดินที่วางท่อ					
1	วางท่อในชั้นดินเหนียวอ่อน(soft clay) ลึกจากผิวดินประมาณ 2-10 เมตร	0.5000	0.5000	0.0526	0.0263	0.0263

ตารางที่ 5.10 คะแนนวิธีการวางท่อเมื่อปรับค่าด้วยน้ำหนักของปัจจัยของผู้ตอบทั้งกลุ่มออกแบบและควบคุมงาน

	ข้อคำถาม	คะแนนวิธี		น้ำหนักของปัจจัย	คะแนนเมื่อปรับค่าแล้ว	
		ขุดเปิด	ดันลอด		ขุดเปิด	ดันลอด
	เรื่องขนาดและลักษณะของอุปสรรคใต้ดิน					
1	มีอุปสรรคขนาดใหญ่ที่ทำลายได้ยากขวางแนวท่อ อุปสรรคขนาดใหญ่เช่น	0.7429	0.2571	0.1053	0.0782	0.0271
	เสาเข็ม ฐานราก ตอม่อของสะพานลอยหรือสะพานยกระดับ เป็นต้น					
2	มีอุปสรรคขนาดใหญ่ที่ทำลายได้ยากขนานแนวท่อ	0.7199	0.2801	0.1053	0.0758	0.0295
3	มีอุปสรรคขนาดเล็กขวางแนวท่อ อุปสรรคขนาดเล็กเช่น	0.7059	0.2941	0.1053	0.0743	0.0310
	ท่อสาธารณูปโภคเดิม รากต้นไม้ เป็นต้น					
4	มีอุปสรรคขนาดเล็กขนานแนวท่อ	0.7183	0.2817	0.1053	0.0756	0.0297
	เรื่องสภาพการจราจรบนถนนที่วางท่อ					
1	ก่อสร้างแนวท่อบนถนนที่มีสภาพการจราจรคล่องตัว คือยวดยานสามารถ	0.7429	0.2571	0.2105	0.1564	0.0541
	เลือกใช้ความเร็วระดับใดก็ได้ ถ้ามีหลายช่องการจราจรการแซงจะทำได้โดยสะดวก					
2	ก่อสร้างแนวท่อบนถนนที่มีสภาพการจราจรปานกลาง คือผู้ขับขี่จะได้รับ	0.5000	0.5000	0.2105	0.1053	0.1053
	ผลกระทบจากรถคันอื่นในการเลือกใช้ความเร็วในการเดินทาง					
3	ก่อสร้างแนวท่อบนถนนที่มีสภาพการจราจรหนาแน่น คือความเร็วที่ใช้ใน	0.2653	0.7347	0.2105	0.0558	0.1547
	การเดินทางต่ำแต่ยังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสม่ำเสมอ ถ้ามีหลายช่องการจราจรจะ					
	แซงลำบาก ผู้ขับขี่ไม่สามารถขับได้ดังใจ					
4	ก่อสร้างแนวท่อบนถนนที่มีสภาพการจราจรติดขัด รถเรียงตัวกันเป็นแถว	0.2545	0.7455	0.2105	0.0536	0.1569
	และเคลื่อนตัวเป็นช่วงๆ					

ตารางที่ 5.10 คะแนนวิธีการวางท่อเมื่อปรับค่าด้วยน้ำหนักของปัจจัยของผู้ตอบทั้งกลุ่มออกแบบและควบคุมงาน

	ข้อคำถาม	คะแนนวิธี		น้ำหนักของปัจจัย	คะแนนเมื่อปรับค่าแล้ว	
		ขุดเปิด	ดันลอด		ขุดเปิด	ดันลอด
	เรื่องการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณริมถนนที่วางท่อ					
1	วางท่อในบริเวณที่เป็นที่อยู่อาศัยหนาแน่นน้อย(มีคนประมาณ 10-30 คน/ไร่)	0.7368	0.2632	0.1053	0.0776	0.0277
2	วางท่อในบริเวณที่เป็นที่อยู่อาศัยหนาแน่นปานกลาง(มีคนประมาณ 30-50 คน/ไร่)	0.7368	0.2632	0.1053	0.0776	0.0277
3	วางท่อในบริเวณที่เป็นที่อยู่อาศัยหนาแน่นมาก(มีคนประมาณ 80-120 คน/ไร่)	0.5000	0.5000	0.1053	0.0527	0.0527
4	วางท่อในย่านพาณิชย์(มีคน 80-120 คน/ไร่)	0.2809	0.7191	0.1053	0.0296	0.0757
5	วางท่อในย่านโรงงานอุตสาหกรรม	0.5000	0.5000	0.1053	0.0527	0.0527
6	วางท่อในย่านการเกษตร	0.7333	0.2667	0.1053	0.0772	0.0281
7	วางท่อในย่านอนุรักษ์ประวัติศาสตร์	0.2611	0.7389	0.1053	0.0275	0.0778
8	วางท่อในย่านที่มีสถานที่ราชการ	0.2857	0.7143	0.1053	0.0301	0.0752
9	วางท่อในย่านที่มีแหล่งพักผ่อนหย่อนใจ	0.2667	0.7333	0.1053	0.0281	0.0772
10	วางท่อในบริเวณที่มีวัดหรือสถานที่ประกอบพิธีทางศาสนาต่างๆ	0.5000	0.5000	0.1053	0.0527	0.0527
11	วางท่อในบริเวณที่มีอาคารที่เกี่ยวข้องกับองค์การต่างประเทศ	0.2653	0.7347	0.1053	0.0279	0.0774
	เช่นสถานฑูตหรือสถานกงสุล					
	เรื่องผลกระทบสิ่งแวดล้อม	0.2551	0.7449	0.1579	0.0403	0.1176
	เรื่องราคาค่าก่อสร้าง	0.7101	0.2899	0.0526	0.0374	0.0152

5.5 ผลการวิเคราะห์การเลือกวิธีการวางท่อตามสภาวะการทำงานจากเกณฑ์การพิจารณา

เกณฑ์การพิจารณาที่กำหนดขึ้น(รูปที่ 5.1) สิ่งที่ควรพิจารณาเป็นสิ่งแรกในการเลือกวิธีวางท่อคือข้อบังคับจากเจ้าของพื้นที่ที่จะวางท่อ จากนั้นเมื่อพิจารณาข้อจำกัดของวิธีขุดเปิดและวิธีดันลอดทำให้ทราบว่า เมื่อแนวท่อไม่ได้อยู่บนทางเดินเท้าหรือถนนเช่นแนวท่อมีรางรถไฟขวาง มีรางรถไฟขนานแนวท่อน้อยกว่า 5 เมตร มีคลองขวางแนวท่อและมีคลองห่างจากแนวท่อน้อยกว่า 3 เมตร จะไม่สามารถใช้วิธีขุดเปิดได้ต้องใช้วิธีดันลอดเท่านั้น แต่ถ้าระยะห่างของรางรถไฟหรือคลองที่ขนานแนวท่อมากกว่านี้เช่นห่างประมาณ 10 เมตร อาจเลือกใช้วิธีขุดเปิดได้

ถ้าแนวท่ออยู่บนทางเดินเท้าหรือบนถนนแต่ระดับความลึกที่วางท่อน้อยกว่า 2 เมตรและมากกว่า 5 เมตรควรเลือกใช้วิธีขุดเปิดและวิธีดันลอดตามลำดับ เมื่อระดับความลึกที่วางท่ออยู่ที่ระดับ 2-5 เมตรได้วิเคราะห์การเลือกวิธีวางท่อออกเป็น 2 ลักษณะคือเมื่อพิจารณารวมเรื่องสิ่งกีดขวางขนาดเล็กที่อาจขวางหรือขนานแนวท่อกับเมื่อไม่รวมเรื่องสิ่งกีดขวางขนาดเล็กที่อาจขวางหรือขนานแนวท่อ โดยที่มีสภาวะการทำงานแตกต่างกัน การวิเคราะห์ 2 ลักษณะนี้เพื่อเป็นทางเลือกในการพิจารณาเลือกวิธีวางท่อเนื่องจากในกรณีที่อาจมีสิ่งกีดขวางขนาดเล็กขวางหรือขนานแนวท่อนั้นจะมีคะแนนความเหมาะสมของการเลือกใช้วิธีขุดเปิดมากกว่าวิธีดันลอด(ส่วนนี้มีคะแนนวิธีขุดเปิดมากกว่าวิธีดันลอดเท่ากับ 0.1) การนำคะแนนส่วนนี้ออกจะทำให้ความเหมาะสมของวิธีดันลอดสูงขึ้นซึ่งทำให้เกิดทางเลือกในการทำงานขึ้น ผลการวิเคราะห์ที่ระดับความลึก 2-5 เมตรมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.5.1 กรณีที่แนวท่อตั้งอยู่บนทางเดินเท้า

5.5.1.1 มีการพิจารณาว่าอาจมีอุปสรรคขนาดเล็กขวางหรือขนานแนวท่อ

(1) เมื่อสภาพการจราจรบนถนนคล่องตัวหรือหนาแน่นปานกลาง และมีการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณที่วางท่อแบบต่างๆ สรุปว่าควรเลือกใช้วิธีขุดเปิด

(2) เมื่อสภาพการจราจรบนถนนหนาแน่นมากหรือติดขัด และวางท่อในบริเวณที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบพาณิชยกรรม อนุรักษ์ประวัติศาสตร์ สถานที่ราชการ แหล่งพักผ่อนหย่อนใจ หรือมีองค์กรต่างประเทศตั้งอยู่ สรุปว่าควรเลือกใช้วิธีดันลอด เมื่อวางท่อในบริเวณที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบที่อยู่อาศัย โรงงานอุตสาหกรรม การเกษตรหรือมีสถานที่ประกอบพิธีทางศาสนา สรุปว่าควรเลือกใช้วิธีขุดเปิด

5.5.1.2 ไม่มีการพิจารณาว่ามีอุปสรรคขนาดเล็กขวางหรือขนานแนวท่อ(ผลต่างของคะแนนรวมวิธีขุดเปิดมากกว่าวิธีดันลอดไม่เกิน 0.1) เป็นการคำนวณเมื่อนำคะแนนเรื่องอุปสรรคขนาดเล็กที่อาจขวางหรือขนานแนวท่อออก ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

(1) เมื่อสภาพการจราจรบนถนนคล่องตัวและมีการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณที่วางท่อแบบต่างๆ สรุปว่าควรเลือกใช้วิธีขุดเปิด

(2) เมื่อสภาพการจราจรบนถนนหนาแน่นปานกลาง และวางท่อในบริเวณที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบพาณิชยกรรม อนุรักษ์ประวัติศาสตร์ สถานที่ราชการ แหล่งพักผ่อนหย่อนใจ หรือมีองค์กรต่างประเทศตั้งอยู่ สรุปว่าควรเลือกใช้วิธีดันลอด ถ้าวางท่อในบริเวณอื่นนอกเหนือจากนี้ควรใช้วิธีขุดเปิดในการวางท่อ

(3) เมื่อสภาพการจราจรบนถนนหนาแน่นมากหรือติดขัด และมีการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณที่วางท่อแบบต่างๆ สรุปว่าควรเลือกใช้วิธีดันลอด

5.5.2 กรณีที่แนวท่อตั้งอยู่บนถนน

5.5.2.1 มีการพิจารณาว่าอาจมีอุปสรรคขนาดเล็กขวางหรือขนานแนวท่อ

(1) เมื่อสภาพการจราจรบนถนนคล่องตัวและมีการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณที่วางท่อแบบต่างๆ สรุปว่าควรเลือกใช้วิธีขุดเปิด

(2) เมื่อสภาพการจราจรบนถนนหนาแน่นปานกลาง และวางท่อในบริเวณที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบพาณิชยกรรม อนุรักษ์ประวัติศาสตร์ สถานที่ราชการ แหล่งพักผ่อนหย่อนใจ หรือมีองค์กรต่างประเทศตั้งอยู่ สรุปว่าควรเลือกใช้วิธีดันลอด ถ้าวางท่อในบริเวณอื่นนอกเหนือจากนี้ควรใช้วิธีขุดเปิดในการวางท่อ

(3) เมื่อสภาพการจราจรบนถนนหนาแน่นมากหรือติดขัด และมีการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณที่วางท่อแบบต่างๆ สรุปว่าควรเลือกใช้วิธีดันลอด

5.5.2.2 ไม่มีการพิจารณาว่ามีอุปสรรคขนาดเล็กขวางหรือขนานแนวท่อ(ผลต่างของคะแนนรวมวิธีขุดเปิดมากกว่าวิธีดันลอดไม่เกิน 0.1)

(1) เมื่อสภาพการจราจรบนถนนคล่องตัว และวางท่อในบริเวณที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบพาณิชยกรรม อนุรักษ์ประวัติศาสตร์ สถานที่ราชการ แหล่งพักผ่อนหย่อนใจ หรือมีองค์กรต่างประเทศตั้งอยู่ สรุปว่าควรเลือกใช้วิธีดันลอด ถ้าวางท่อในบริเวณอื่นนอกเหนือจากนี้ควรใช้วิธีขุดเปิดในการวางท่อ

(2) เมื่อสภาพการจราจรบนถนนหนาแน่นปานกลาง หนาแน่นมากหรือติดขัด และมีการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณที่วางท่อแบบต่างๆ สรุปว่าควรเลือกใช้วิธีดันลอด

5.6 การเปรียบเทียบการเลือกวิธีวางท่อจากเกณฑ์การพิจารณากับโครงการที่ก่อสร้าง

เมื่อนำผลการเลือกวิธีการวางท่อจากเกณฑ์การพิจารณาไปเปรียบเทียบกับวิธีที่ใช้ในโครงการที่ก่อสร้างจริงของการไฟฟ้านครหลวงทั้งหมด 5 โครงการ ข้อมูลของโครงการและผลการเปรียบเทียบวิธีวางท่อในโครงการต่างๆ มีรายละเอียดดังนี้

(1) โครงการก่อสร้างอุโมงค์พร้อมบ่อพักและท่อร้อยสายไฟฟ้าใต้ดิน สถานีต้นทางวิภาวดี บริเวณถนนวิภาวดี-รังสิต ถนนดินแดง ราชวิถี ราชปรารภ มิตรไมตรี พญาไทและซอยเฉยพ่วง

ตำแหน่งที่ตั้งของแนวท่อ แนวท่ออยู่ใต้ถนนมิตรไมตรี ราชวิถี พญาไทและซอยเฉยพ่วง ท่อที่วางขนาด 1.20 และ 1.80 เมตร จำนวนท่อร้อยสายไฟฟ้า 15 และ 18 ท่อ

สภาพการจราจรบนถนน ถนนมิตรไมตรีมีสภาพการจราจรหนาแน่นปานกลาง ถนนราชวิถีมีสภาพการจราจรหนาแน่นมาก ถนนพญาไทและซอยเฉยพ่วงมีสภาพการจราจรหนาแน่นปานกลางถึงหนาแน่นมาก

ความลึกของท่อวัดจากผิวดิน ความลึกวัดถึงหลังท่อประมาณ 4 เมตร

ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน บริเวณถนนมิตรไมตรีเป็นที่ตั้งของหน่วยงานราชการสังกัดกรุงเทพมหานคร บริเวณถนนราชวิถีและซอยเฉยพ่วงมีการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบพาณิชยกรรมและที่อยู่อาศัย บริเวณถนนพญาไทเป็นที่ตั้งของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และมาบุญครองซึ่งเป็นสถานที่ราชการและพาณิชยกรรม ตามลำดับ

วิธีการวางท่อที่ใช้ในโครงการ วิธีดันลอด

วิธีการวางท่อที่ได้จากเกณฑ์การพิจารณา วิธีดันลอด

(2) โครงการก่อสร้างบ่อพักและท่อร้อยสายไฟฟ้าใต้ดินของสถานีย่อยนางเลิ้ง บริเวณถนนนครสวรรค์ บำรุงเมือง ราชดำเนินนอก จักรพรรดิพงษ์ กรุงเกษม บริพัตร หลานหลวงและถนนดำรงรักษ์

ตำแหน่งที่ตั้งของแนวท่อ แนวท่ออยู่ใต้ถนนนครสวรรค์และถนนกรุงเกษม ส่วนใหญ่เป็นการวางท่อบนถนนนครสวรรค์ แนวท่อห่างจากริมทางเดินเท้า 5-6 เมตร ถนนกว้าง 15 เมตร ความยาวที่วางท่อบนถนนนครสวรรค์ 798 เมตร ท่อที่วางขนาด 0.80,1.20 และ 1.50 เมตร จำนวนท่อร้อยสายไฟฟ้า 12, 18 และ 24 ท่อ

สภาพการจราจรบนถนน ถนนนครสวรรค์มีสภาพการจราจรหนาแน่นปานกลางถึงหนาแน่นมาก

ความลึกของท่อวัดจากผิวดิน ความลึกวัดถึงหลังท่อประมาณ 4 เมตร

ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน บริเวณถนนนครสรรค์มีการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบพาณิชยกรรมและการขนส่งสินค้า

วิธีการวางท่อที่ใช้ในโครงการ วิธีดันลอด

วิธีการวางท่อที่ได้จากเกณฑ์การพิจารณา วิธีดันลอด

(3) โครงการก่อสร้างบ่อพักและท่อร้อยสายไฟฟ้าใต้ดินของสถานีย่อยสามเสน บริเวณถนนนครไชยศรีและถนนสามเสน

ตำแหน่งที่ตั้งของแนวท่อ แนวท่ออยู่ใต้ถนนนครไชยศรีและถนนสามเสน ศูนย์กลางท่อบนถนนนครไชยศรีห่างจากริมทางเดินเท้า 4.80 เมตร ถนนนครไชยศรีกว้าง 10 เมตร และความยาวที่วางท่อในโครงการ 514.50 เมตร ท่อที่วางขนาด 1.20 เมตร จำนวนท่อร้อยสายไฟฟ้า 18 ท่อ

สภาพการจราจรบนถนน ถนนนครไชยศรีมีสภาพการจราจรหนาแน่นปานกลางถึงหนาแน่นมากเนื่องจากเป็นถนนที่เชื่อมต่อกับถนนสามเสนซึ่งมีสภาพการจราจรหนาแน่นมาก

ความลึกของท่อวัดจากผิวดิน ความลึกวัดถึงหลังท่อประมาณ 4 เมตร

ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน บริเวณถนนนครไชยศรีเป็นที่ตั้งของสถานที่ราชการและบริการสาธารณะ เช่นโรงพยาบาลการไฟฟ้านครหลวงสามเสน ฝ่ายซ่อมบำรุงของการไฟฟ้านครหลวง อู่รถประจำทาง ขสมก. และโรงเรียนวิมลพาณิชยการ บริเวณที่วางท่อบนถนนสามเสนเป็นที่ตั้งของบ้านเรือนที่ประกอบพาณิชยกรรมและห้างเอดิสัน

วิธีการวางท่อที่ใช้ในโครงการ วิธีดันลอด

วิธีการวางท่อที่ได้จากเกณฑ์การพิจารณา วิธีดันลอด

(4) โครงการก่อสร้างบ่อพักและท่อร้อยสายไฟฟ้าใต้ดินของสถานีย่อยธนบุรีรมย์ บริเวณถนนพุทธบูชาและถนนประชาอุทิศ

ตำแหน่งที่ตั้งของแนวท่อ แนวท่ออยู่ใต้ถนนพุทธบูชา ศูนย์กลางท่อห่างจากทางเดินเท้า 2 เมตร ความยาวท่อที่วาง 485 เมตร ท่อที่วางขนาด 1.00 เมตร จำนวนท่อร้อยสายไฟฟ้า 12 ท่อ

สภาพการจราจรบนถนน ถนนพุทธบูชามีสภาพการจราจรคล่องตัวถึงหนาแน่นปานกลาง

ความลึกของท่อวัดจากผิวดิน ความลึกวัดถึงหลังท่อประมาณ 3.5 เมตร

ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน ส่วนใหญ่เป็นสถานที่ราชการได้แก่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี โรงเรียนฝึกอาชีพกรุงเทพมหานคร ค่ายลูกเสือกรุงธนฯ ศูนย์เยาวชนและโรงเรียนนาหลวง มีบ้านพักอาศัยเล็กน้อย

วิธีการวางท่อที่ใช้ในโครงการ วิธีดันลอด

วิธีการวางท่อที่ได้จากเกณฑ์การพิจารณา วิธีดันลอด

(5) โครงการก่อสร้างบ่อพักและท่อร้อยสายไฟฟ้าใต้ดินของสถานีต้นทางแจ้งวัฒนะ บริเวณถนนภายในเมืองทองธานีถึงถนนแจ้งวัฒนะ กทม.

ตำแหน่งที่ตั้งของแนวท่อ แนวท่อส่วนใหญ่อยู่ใต้ทางเดินเท้าและเกาะกลางถนนใต้ทางด่วน ความยาวท่อที่วาง 1,589 เมตร ส่วนใหญ่เป็นการวางท่อร้อยสายไฟฟ้าจำนวน 9 และ 18 ท่อ

สภาพการจราจรบนถนน การจราจรบนถนนมีสภาพคล่องตัว

ความลึกของท่อวัดจากผิวดิน ความลึกวัดถึงก้นร่องประมาณ 2-3 เมตร

ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน บริเวณที่วางท่อเป็นที่โล่ง

วิธีการวางท่อที่ใช้ในโครงการ วิธีขุดเปิด

วิธีการวางท่อที่ได้จากเกณฑ์การพิจารณา วิธีขุดเปิด

จากการเปรียบเทียบวิธีที่เลือกใช้จะเห็นว่าผลคำตอบจากเกณฑ์การพิจารณามีความใกล้เคียงกับวิธีที่เลือกใช้จริงในปัจจุบัน ดังนั้นเกณฑ์การพิจารณาการวางท่อที่กำหนดขึ้นจึงมีความเหมาะสมที่จะนำไปประยุกต์ใช้งานต่อไป

5.7 **สรุปบท**

ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกวิธีมากที่สุดคือปัจจัยเรื่องสภาพการจราจร รองลงมาคือเรื่องผลกระทบสิ่งแวดล้อม เรื่องตำแหน่งที่ตั้งของแนวท่อ เรื่องลักษณะทางกายภาพของถนน เรื่องขนาดและลักษณะของอุปสรรคใต้ดิน เรื่องลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน เรื่องราคาค่าก่อสร้างและเรื่องชนิดและคุณสมบัติของดิน ตามลำดับ

เกณฑ์การพิจารณาเลือกวิธีวางท่อที่กำหนดขึ้นได้พิจารณาถึงข้อจำกัดทางเทคนิคของวิธีขุดเปิดและวิธีดันลอดก่อน ซึ่งทำให้บางสภาวะการทำงานสามารถเลือกวิธีในการวางท่อได้ทันที เช่นในสภาวะการทำงานที่วางท่อในระดับความลึกน้อยกว่า 2 เมตรและความลึกมากกว่า 5 เมตร หรือเมื่อต้องเผชิญกับสิ่งกีดขวางแนวท่อประเภทรางรถไฟหรือคลอง เป็นต้น กรณีที่วางท่อในระดับความลึก 2-5 เมตร สามารถนำวิธีขุดเปิดและวิธีดันลอดมาใช้ได้ การพิจารณาเลือกวิธีสำหรับความลึก 2-5 เมตร นี้ได้ทำการกำหนดน้ำหนักแก่ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกวิธีแต่ละปัจจัยและคะแนนวิธีภายใต้ปัจจัยดังกล่าว ผลคำตอบที่ได้จากเกณฑ์การพิจารณาเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับวิธีที่ใช้ในโครงการที่ก่อสร้างทั้งในอดีตและปัจจุบันมีความใกล้เคียงกัน จึงสามารถนำเกณฑ์การพิจารณาเลือกวิธีวางท่อนี้ไปใช้งานกับโครงการวางท่อสาธารณูปโภคในอนาคตต่อไปได้

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเพื่อกำหนดปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกวิธีวางท่อ และกำหนดรูปแบบการพิจารณาเลือกวิธีวางท่อให้เหมาะสมกับสถานการณ์ที่ต้องเผชิญ โดยนำปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการเลือกวิธีมาเป็นเกณฑ์พิจารณา การศึกษาใช้ข้อมูลจากการไฟฟ้านครหลวงซึ่งเป็นหน่วยงานที่มีประสบการณ์การทำงานวิธีดันลอดและวิธีขุดเปิด

ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกวิธีวางท่อระหว่างวิธีขุดเปิดกับวิธีดันลอด ผู้วิจัยได้กำหนดขึ้นมาโดยได้จากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างวางท่อในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ทำให้ทราบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกวิธีวางท่อประกอบด้วยปัจจัย 9 ปัจจัย ได้แก่ปัจจัยเรื่องตำแหน่งที่ตั้งของแนวท่อ เรื่องลักษณะทางกายภาพของถนน เรื่องชนิดและคุณสมบัติของชั้นดินที่วางท่อ เรื่องขนาดและลักษณะของอุปสรรคใต้ดิน เรื่องสภาพการจราจรบนถนนที่วางท่อ เรื่องการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณริมถนนที่วางท่อ เรื่องข้อบังคับจากเจ้าของพื้นที่ที่จะวางแนวท่อ เรื่องผลกระทบสิ่งแวดล้อม และเรื่องราคาค่าก่อสร้าง โดยปัจจัยเรื่องข้อบังคับจากเจ้าของพื้นที่ที่จะวางแนวท่อเป็นปัจจัยที่ต้องพิจารณาก่อนปัจจัยอื่นเนื่องจากเป็นปัจจัยที่กำหนดวิธีการวางท่อได้ทันที

จากการให้ผู้เชี่ยวชาญซึ่งเป็นผู้ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานวางท่อทั้งผู้ออกแบบและผู้ควบคุมงานพิจารณาลำดับความสำคัญของปัจจัยเหล่านี้โดยที่ไม่มีปัจจัยเรื่องข้อบังคับจากเจ้าของ พื้นที่มาเป็นตัวกำหนดและพิจารณาในระดับความลึกที่สามารถเลือกใช้ทั้งวิธีขุดเปิดและวิธีดันลอดได้ พบว่าปัจจัยซึ่งจัดอยู่ในขั้นความสำคัญที่หนึ่งเนื่องจากมีความสำคัญมากที่สุดต่อการเลือกวิธีคือปัจจัยเรื่องสภาพการจราจรบนถนนที่วางท่อ ปัจจัยซึ่งจัดอยู่ในขั้นความสำคัญที่สองได้แก่ปัจจัยเรื่องผลกระทบสิ่งแวดล้อม เรื่องตำแหน่งที่ตั้งของแนวท่อ และเรื่องลักษณะทางกายภาพของถนน ตามลำดับความสำคัญ ปัจจัยซึ่งจัดอยู่ในขั้นความสำคัญที่สามได้แก่ปัจจัยเรื่องขนาดและลักษณะของอุปสรรคใต้ดิน และเรื่องการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณริมถนนที่วางท่อตามลำดับ ปัจจัยซึ่งจัดอยู่ในขั้นความสำคัญที่สี่ได้แก่ปัจจัยเรื่องราคาค่าก่อสร้าง และเรื่องชนิดและคุณสมบัติของชั้นดินที่วางท่อ ตามลำดับ

การพิจารณาความเหมาะสมของวิธีการวางท่อในแต่ละสภาวะการทำงานย่อย กลุ่มผู้ตอบเลือกวิธีดันท่อลอดเมื่อการวางท่อจะสร้างผลกระทบต่อการจราจรให้มีการติดขัดเพิ่มขึ้นจากปกติ และเมื่อการวางท่อจะสร้างผลกระทบต่อประชาชนที่อาศัยอยู่บริเวณนั้นในระดับมาก

ปัจจัยเรื่องผลกระทบสิ่งแวดล้อม ผลกระทบที่เกิดขึ้นในแต่ละโครงการมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับขนาดท่อที่วาง ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณที่วางท่อ สภาพการจราจรบนถนน ฯลฯ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นเบื้องต้นจากโครงการที่ใช้วิธีขุดเปิดและวิธีดันลอดอย่างละ 1 โครงการเพื่อศึกษาระดับความรุนแรงของผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการวางท่อแต่ละวิธี โดยใช้แบบสอบถามถามประชาชนที่อาศัยในบริเวณโครงการ จากการศึกษาสรุปว่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากการวางท่อด้วยวิธีขุดเปิดและวิธีดันลอดมีความแตกต่างกัน โดยการวางท่อด้วยวิธีขุดเปิดจะส่งผลกระทบต่อประชาชนตลอดแนวท่อที่วาง และสร้างผลกระทบทางสภาพอากาศ เสียงและการสั่นสะเทือน รวมถึงผลกระทบต่อการจราจรในระดับมากแต่การวางท่อด้วยวิธีดันลอดจะส่งผลกระทบต่อประชาชนบริเวณที่อาศัยใกล้บ่อดันและบ่อรับท่อเท่านั้น และผลกระทบต่อประชาชนที่เกิดขึ้นจะอยู่ในระดับเล็กน้อย

การศึกษาปัจจัยเรื่องราคาค่าวางท่อวิธีขุดเปิดและวิธีดันลอดใช้การรวบรวมข้อมูลราคากลางจากแผนกออกแบบและประมาณการ กองงานวิศวกรรมโยธา การไฟฟ้านครหลวง โดยใช้ฐานข้อมูลราคาจากสำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้า กรมการค้าภายใน กระทรวงพาณิชย์ เดือนกรกฎาคม พ.ศ.2545 เมื่อพิจารณาในระดับความลึกที่สามารถเลือกใช้แต่ละวิธีในการทำงานได้ คือความลึกที่สามารถใช้วิธีขุดเปิดได้เริ่มต้นที่ความลึกวัดถึงหลังท่อประมาณ 1 เมตรซึ่งทำให้มีความลึกก้นร่องประมาณ 2-3 เมตร และความลึกที่สามารถใช้วิธีดันลอดได้เริ่มต้นที่ความลึกวัดถึงหลังท่อประมาณ 2 เมตรแต่การใช้วิธีดันลอดโดยทั่วไปมีความลึกวัดถึงหลังท่อประมาณ 4 เมตรจึงใช้ความลึกระดับ 4 เมตรในการพิจารณาความแตกต่าง จากการศึกษาสรุปว่าราคาค่าก่อสร้างวางท่อวิธีขุดเปิดจะมีราคาถูกกว่าการวางท่อด้วยวิธีดันลอดโดยมีราคาประมาณ 60% ของราคาวิธีดันลอดทั้งนี้เนื่องจากการวางท่อวิธีดันลอดจะเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมจากวิธีขุดเปิดคือค่าเครื่องดันอุปกรณ์สนับสนุนการดันและค่าท่อดัน ซึ่งค่าใช้จ่ายเหล่านี้ไม่มีในราคางานวิธีขุดเปิด

เกณฑ์การพิจารณาเลือกวิธีวางท่อที่กำหนดขึ้นได้พิจารณาข้อจำกัดทางเทคนิคของแต่ละวิธีและข้อบังคับจากเจ้าของพื้นที่ที่ให้วางท่อผ่านพื้นที่ก่อน ทำให้ทราบว่าที่ระดับความลึก 2-5 เมตรเป็นความลึกที่สามารถเลือกใช้ทั้งวิธีขุดเปิดและวิธีดันลอดได้ การพิจารณาเลือกวิธีที่ระดับความลึกนี้ได้กำหนดในรูปแบบของคะแนนรวมของแต่ละวิธีโดยได้จากการคำนวณจากน้ำหนัก

ของปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกวิธีกับคะแนนวิธีวางท่อภายใต้หัวข้อปัจจัย การกำหนดน้ำหนักแก่ปัจจัยแต่ละปัจจัยใช้หลักการ Rank Weighting Technique แบบ Rank Sum Weight และคะแนนของวิธีภายใต้หัวข้อปัจจัยคำนวณจากหลักการ Pairwise Comparison เกณฑ์การพิจารณาที่กำหนดมีพื้นฐานจากเวลาการทำงานช่วง 05.00 – 22.00 น. จากเกณฑ์การพิจารณาที่ระดับความลึก 2-5 เมตรสรุปว่า ถ้าวางท่อบนทางเดินเท้า สภาพการจราจรบนถนนคล่องตัวในพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินแบบใดๆ วิธีขุดเปิดมีความเหมาะสมมากกว่าวิธีดันลอด และเมื่อวางท่อบนทางเดินเท้าที่มีสภาพการจราจรบนถนนหนาแน่นปานกลาง หนาแน่นมากหรือติดขัดและเมื่อวางท่อบนถนนในบริเวณที่มีสภาพการจราจรบนถนนแบบต่างๆ ส่วนมากผลการพิจารณาออกมาว่าวิธีดันลอดมีความเหมาะสมมากกว่าวิธีขุดเปิด

เกณฑ์การพิจารณาที่กำหนดขึ้นให้ผลคำตอบออกมาใกล้เคียงหรือตรงกับวิธีการวางท่อที่ใช้จริงในโครงการที่มีการก่อสร้างทั้งในอดีตและปัจจุบัน ดังนั้นเกณฑ์การพิจารณานี้จึงสามารถนำไปใช้พิจารณาเลือกวิธีการวางท่อสำหรับโครงการในอนาคตต่อไปได้

6.2 ข้อเสนอแนะ

6.2.1 ข้อเสนอแนะจากการศึกษา

6.2.1.1 จากเกณฑ์การพิจารณาเลือกวิธีวางท่อที่กำหนดขึ้นสำหรับช่วงความลึกจากผิวดิน 2-5 เมตร ถ้านำไปใช้ในช่วงเวลา 22.00 – 05.00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่สภาพการจราจรบนถนนคล่องตัวหรืออาจหนาแน่นปานกลางในถนนบางสาย อาจทำให้ได้ผลคำตอบออกมาว่าควรพิจารณาเลือกวิธีขุดเปิดมากกว่าวิธีดันลอด การนำไปพิจารณาใช้ควรคำนึงถึงปัจจัยเรื่องการใช้ประโยชน์ที่ดินในบริเวณที่วางท่อให้มากขึ้นเนื่องจากบางพื้นที่เช่นย่านที่อยู่อาศัยช่วงเวลาดังกล่าวจะมีประชาชนอาศัยอยู่เป็นจำนวนมากและเป็นเวลาพักผ่อน ถ้าพิจารณาใช้วิธีขุดเปิดจะส่งผลกระทบต่อประชาชนในระดับสูง จึงควรใช้วิธีดันลอดแทนซึ่งส่งผลกระทบต่อประชาชนน้อยกว่าวิธีขุดเปิด

6.2.1.2 ถ้าในสภาวะการทำงานหนึ่งในช่วงเวลา 05.00 – 22.00 น.ผลคำตอบที่ได้จากเกณฑ์การพิจารณาเลือกวิธีดันลอดแล้ว ถ้าจะเปลี่ยนไปใช้ในเวลา 22.00 – 05.00 น. ก็ควรใช้วิธีดันลอดเช่นเดิมเนื่องจากเป็นการหลีกเลี่ยงปัญหาที่อาจเกิดขึ้นจากวิธีขุดเปิด เช่นปัญหาเรื่องสภาพพื้นผิวการจราจรที่ไม่พร้อมสำหรับใช้งานในเวลาปกติเนื่องจากวิธีขุดเปิดทำให้พื้นผิวการจราจรไม่เรียบซึ่งจะส่งผลต่อการใช้ความเร็วของยวดยานบนถนนได้

6.2.1.3 ถ้าช่วงที่ต้องวางท่อมีความยาวไม่มากเช่นมีความยาวประมาณ 40 เมตร แต่จากเกณฑ์การพิจารณาทำให้ผลคำตอบออกมาว่าควรดันลอด อาจเลือกใช้วิธีขุดเปิดแทน เนื่องจากราคาค่าก่อสร้างถูกกว่าและส่งผลกระทบต่อประชาชนในช่วงระยะเวลาไม่นาน

6.2.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาต่อไป

6.2.2.1 ควรศึกษาเกณฑ์ความเหมาะสมของวิธีวางท่อเพิ่มเติมจากหน่วยงานอื่น เช่นจากการประปานครหลวง กรมควบคุมมลพิษและกรุงเทพมหานคร เนื่องจากแต่ละหน่วยงานใช้ท่อต่างชนิดและขนาดกัน ลักษณะการก่อสร้างที่แตกต่างกัน รวมถึงความสำคัญของปัจจัยบางประการมีความสำคัญไม่เหมือนกันตามแต่ละหน่วยงาน

6.2.2.2 เนื่องจากการศึกษานี้มีเวลาจำกัดรวมถึงจำนวนของโครงการที่เกิดขึ้นซึ่งใช้วิธีขุดเปิดและวิธีดันลอดในช่วงที่ทำการศึกษามีไม่มาก จึงทำให้ตัวอย่างโครงการที่เก็บข้อมูลมีน้อย ดังนั้นในอนาคตจึงควรศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากวิธีขุดเปิดและวิธีดันลอดโดยใช้จำนวนโครงการที่มากขึ้นโดยพิจารณาที่ท่อขนาดเดียวกันและมีการทำงานในพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินแตกต่างกันเพื่อให้ได้ข้อมูลด้านผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่มีความน่าเชื่อถือยิ่งขึ้น

6.2.2.3 จากลักษณะ ขนาดและชนิดของท่อที่ใช้ในแต่ละหน่วยงานที่ต้องวางท่อมีความแตกต่างกัน ดังนั้นจึงควรศึกษาราคาค่าก่อสร้างวิธีขุดเปิดและวิธีดันลอดของแต่ละหน่วยงานเพื่อให้ทราบความแตกต่างระหว่างราคาที่ก่อสร้างด้วยวิธีขุดเปิดและวิธีดันลอด ตามลักษณะขนาดและชนิดของท่อที่ต่างกัน

6.2.2.4 ควรศึกษาความสัมพันธ์ของแรงดันที่ใช้ เวลาที่ใช้ดันท่อ ตามชนิดและขนาดของท่อดันว่ามีความสัมพันธ์กันในลักษณะใด เพื่อประยุกต์ข้อมูลที่ได้กับการทำงานดันท่อต่อไปในอนาคต

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

การจราจรและขนส่ง, สำนัก. อัตราความเร็วเฉลี่ยของการเดินทางในเขตกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ. 2543 2544 และ 2545[Online]. กรุงเทพฯ : สำนักการจราจรและขนส่ง กรุงเทพมหานคร, 2002. แหล่งที่มา : http://203.144.180.217/office/dotat /speed/speed.html[2002, October 4]

การทางพิเศษแห่งประเทศไทย. การดำเนินงานในรอบปีงบประมาณ 2544. กรุงเทพฯ : การทางพิเศษแห่งประเทศไทย, 2544.

การโยธา, สำนัก. ประกาศผู้อำนวยการทางหลวงเทศบาล(กรุงเทพมหานคร) เรื่อง กำหนดทางหลวงเทศบาลในเขตกรุงเทพมหานครที่ห้ามขุดเป็นเวลา 10 ปี. กรุงเทพฯ : สำนักการโยธา กรุงเทพมหานคร, 2541.(อัดสำเนา)

การโยธา, สำนัก. ประกาศผู้อำนวยการทางหลวงเทศบาล(กรุงเทพมหานคร) เรื่อง กำหนดทางหลวงเทศบาลในเขตกรุงเทพมหานครที่ห้ามขุดเป็นเวลา 10 ปี(ฉบับที่ 2). กรุงเทพฯ : สำนักการโยธา กรุงเทพมหานคร, 2542. (อัดสำเนา)

การโยธา, สำนัก. รายชื่อถนน ตรอก ซอยในพื้นที่กรุงเทพมหานครแยกตามกลุ่มที่ประกาศลงทะเบียนทางหลวงเทศบาลตามพระราชบัญญัติทางหลวง พ.ศ.2535 ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน[Online]. กรุงเทพฯ : สำนักการโยธา กรุงเทพมหานคร, 2002. แหล่งที่มา : http://www.bma.go.th/samnak/yota/roaddata/main.htm[2002, February 18]

การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย. โครงการรถไฟฟ้ามหานคร[Online]. กรุงเทพฯ :การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย, 2002. แหล่งที่มา : http://www.mrta.or.th/project.htm[2002, February 22]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี. คณาจารย์ภาควิชาสถิติ. หลักสถิติ. 3,000 เล่ม. พิมพ์ครั้งที่5. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม. คลอง. พิมพ์ครั้งที่1. อาศรมความคิดเรื่องคลองในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537.

ชูศรี วงศ์รัตนะ. เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย. พิมพ์ครั้งที่6. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537.

ดำรงค์ ทิพย์โยธา. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยSPSS for windows version 10. พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

นพดล เพียรเวช. ความเป็นมาและพื้นฐานของวิธีการก่อสร้างแบบ Pipe Jacking. การสัมนาเรื่องเทคโนโลยีและประสบการณ์งาน Pipe Jacking ในกรุงเทพฯ, 2544.

ผังเมือง, สำนัก. ผังเมืองรวม[Online]. กรุงเทพฯ : สำนักผังเมือง กรุงเทพมหานคร, 2002. แหล่งที่มา: http://203.144.180.217/office/cpd/thai-compre-map.html[2002, February 19]

ผังเมือง, สำนัก. แผนที่แสดงเขตการปกครองของกรุงเทพมหานคร[แผนที่]. กรุงเทพฯ : สำนักผังเมือง กรุงเทพมหานคร, 2545.

แผนกออกแบบและประมาณการ. บัญชีประมาณการแยกวัสดุและแรงงาน. กรุงเทพฯ : แผนกออกแบบและประมาณการ กองงานวิศวกรรมโยธา การไฟฟ้านครหลวง, 2545. (เอกสารไม่ตีพิมพ์)

วิฑูรย์ ตันศิริคงคล. AHP กระบวนการตัดสินใจที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในโลก. กรุงเทพฯ : กราฟฟิค แอนด์ ปริ้นติ้ง, 2536.

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์. ข้อมูลสภาพดินบริเวณลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง. กรุงเทพฯ : วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย, 2520.

ศตรัฐ พลมณี. การประยุกต์ทฤษฎีอรรถประโยชน์พหุลักษณ์ในการจัดลำดับความสำคัญของรูปแบบโครงการอาหารกลางวันในโรงเรียน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิจัยการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541.

ศิริชัย นฤมิตรเรขการ. สะพานเก่ากรุงเทพฯ. กรุงเทพฯ : สยามสมาคมในพระบรมราชูปถัมภ์, (ม.ป.ป.).

สุรฉัตร สัมพันธารักษ์. วิศวกรรมปฐพี. พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพฯ : วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย, 2540.

ภาษาอังกฤษ

Amarasinghe, R.M.U.U.B. Geotechnical Data of Bangkok First Stiff Clay Layer. Master Thesis No.GT-92-28 Asian Institute of Technology, 1992.

Bowles, J. E. Physical and Geotechnical Properties of Soils. (n.p): McGraw-Hill, 1979.

Clarkson, T.E., and Thomson, J.C.. Pipe-Jacking: State-of-the-Art in UK and Europe. Journal of Transportation Engineering 109, 1 (1983) : 57-72.

Department of Urban Studies and Planning. "Level of Service" Multimedia Representations[Online]. USA : Department of Urban Studies and Planning, Massachusetts Institute of Technology, 1995. Available from: http://yerkes.mit.edu/DOT1/LOS/LOS.html[2002, March 30]

Disthanuson, C. Review of Pipe Jacking Application in Bangkok Subsoils. Master Thesis No.GE-98-11 Asian Institute of Technology, 1999.

Dowling, R. Defining and Measuring Highway Capacity[Online]. (n.p.) : The Nation Academies, (n.d.). Available from: http://www.nas.edu/trb/publications /MarineBoard /2001Waterway&Harbor/Dowling3.pdf[2002, March 15]

Drainage Services Department. Trenchless Pipe Laying by Pipe Jacking / Microtunnelling[Online]. Hongkong : Drainage Services Department, 1999. Available from: http://www.info.gov.hk/dsd/sewerage/pipejack.htm[2001, July 19]

Drennon, C.B. Pipe Jacking: State-of-the-Art. Journal of the Construction Division 105, 3 (1979) : 217-224.

Kerdsuwan, T. Basic Properties and Compressibility of The First and Second Clay Layer of Bangkok Subsoils. Master Thesis No.GT-83-35 Asian Institute of Technology, 1983.

Pipe Jacking Association. About the technique[Online]. London : Pipe Jacking Association, (n.d.). Available from : http://www.pipejacking.org/about.html[2001, July 19]

Terzaghi, K., and Peck, R.B. Soil Mechanics in Engineering Practice. 2nd ed. (n.p.): John Wiley & Sons, 1967.

Thomson, J.C. Pipe Jacking and Microtunnelling. London : Blackie Academic and Professional of Chapman & Hall, 1993.

Thoren, O., and Johansson, B. Project Pipe Jacking. Design and Construction of Civil Works in MEA Underground Power Line Projects, 2002.

Ueki, M., Haas, C. T., and Seo, J. Decision Tool for Microtunneling Method Selection. Journal of Construction Engineering and Management 125, 2 (1999) : 123-131.

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

รายชื่อถนนห้ามขุดในเขตกรุงเทพมหานคร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางรายชื่อทางหลวงเทศบาลที่ห้ามขุดในเขตกรุงเทพฯเป็นเวลา 10 ปี

ลำดับ	ชื่อ	ช่วงถนน	เขตที่รับผิดชอบ
1	ถนนประชาธิปไตย	ตลอดสาย	เขตพระนคร
2	ถนนมหาราช	ตลอดสาย	
3	ถนนสนามไชย	ตลอดสาย	
4	ถนนพระจันทร์	ตลอดสาย	
5	ถนนหน้าพระธาตุ	ตลอดสาย	
6	ถนนจักรพงษ์	ถนนพระสุเมรุ-ถนนเจ้าฟ้า	
7	ถนนเชตุพน	ตลอดสาย	
8	ถนนดินสอ	ถนนบำรุงเมือง-สะพานเฉลิมวันชาติ	
9	ถนนตีทอง	ถนนบำรุงเมือง-ถนนเจริญกรุง	
10	ถนนตรีเพชร	ถนนเจริญกรุง-ถนนพาหุรัด	
11	ถนนตะนาว	ถนนบวรนิเวศน์-ถนนบำรุงเมือง	
12	ถนนบ้านหม้อ	ถนนจักรเพชร-ถนนเจริญกรุง	
13	ถนนราชดำเนินกลาง	สะพานผ่านพิภพลีลา-สะพานผ่านฟ้าลีลาศ	
14	ถนนสำราญราษฎร์	ถนนมหาไชย-ถนนสิริพงษ์	
15	ถนนเฉลิมพระเกียรติ ร.9	ตลอดสาย	เขตประเวศ
16	ถนนพลับพลาไชย	ตลอดสาย	เขตป้อมปราบศัตรูพ่าย
17	ถนนมิตรพันธ์	ตลอดสาย	
18	ถนนเสือป่า	ตลอดสาย	
19	ถนนไมตรีจิตร	ตลอดสาย	
20	ถนนจักรพรรดิพงษ์	ถนนนครสวรรค์-ถนนบำรุงเมือง	
21	ถนนเทอดไท	ตลอดสาย	เขตธนบุรี
22	ถนนพัฒนาการ	ตลอดสาย	เขตสวนหลวง
23	ถนนมหาพฤฒาราม	ตลอดสาย	เขตบางรัก
24	ถนนเตชะวณิช	ตลอดสาย	เขตดุสิต
25	ถนนประชาราษฎร์ กรุงเทพ-นนทบุรี	ตลอดสาย	เขตบางซื่อ
26	ถนนประชาราษฎร์ สาย1	ตลอดสาย	
27	ถนนวงศ์สว่าง	ตลอดสาย	
28	ถนนประชาธิปก	สะพานพุทธ-วงเวียนใหญ่	เขตคลองสาน
29	ถนนสุขุมวิท105 ซอยลาซาล	ถนนศรีนครินทร์- ทางแยกเข้าหมู่บ้านสายลมนิเวศน์	เขตบางนา
30	ถนนสุขุมวิท 22 สายน้ำทิพย์	ตลอดสาย	เขตคลองเตย

ตารางรายชื่อทางหลวงเทศบาลที่ห้ามขุดในเขตกรุงเทพฯเป็นเวลา 10 ปี

ลำดับ	ชื่อ	ช่วงถนน	เขตที่รับผิดชอบ
31	ถนนสุขุมวิท 40 บ้านกล้วยใต้	ตลอดสาย	
32	ถนนอังรีดูนังต์	ตลอดสาย	เขตปทุมวัน
33	ถนนบรรทัดทอง	ถนนพระราม4-ถนนเจริญผล	
34	ซอยวัดจันทร์นอก	ตลอดสาย	เขตบางคอแหลม
35	ซอยเจริญกรุง 109	ช่วงที่ปรับปรุงใหม่	
36	ถนนมิตรไมตรี1	ตลอดสาย	เขตดินแดง
37	ถนนมิตรไมตรี2	ตลอดสาย	
38	ถนนมิตรไมตรี3	ตลอดสาย	
39	ซอยทองปาน1	ถนนท่าข้าม-คลองราชมนตรี	เขตบางขุนเทียน
40	ถนนประดิษฐ์มนูธรรม	คลองแสนแสบ-คลองลาดพร้าว	เขตห้วยขวาง
41	ถนนสุธาวาส	ตลอดสาย	เขตบางกอกน้อย
42	ถนนคุ้มเกล้า	ถนนฉลองกรุง3	เขตลาดกระบัง
43	ถนนอักษะ	ตลอดสาย	เขตตลิ่งชัน
44	ถนนเจริญนคร	ตลอดสาย	เขตคลองสานและเขตธนบุรี
45	ถนนโชคชัย 4	ตลอดสาย	เขตบางกะปิและเขตลาดพร้าว
46	ถนนบำรุงเมือง	ตลอดสาย	เขตพระนครและเขตป้อมปราบศัตรูพ่าย
47	ถนนประชาชื่น	ตลอดสาย	เขตดอนเมืองและเขตบางซื่อ
48	ถนนพหลโยธิน 32	เสนานิคม	เขตลาดพร้าวและเขตจตุจักร
49	ถนนอิสรภาพ	ถนนลาดหญ้า- กลางสะพานโรงเรียนชิโนรสวิทยาลัย	เขตคลองสาน เขตธนบุรี และเขตบางกอกใหญ่
50	ถนนสาธุประดิษฐ์	ตลอดสาย	เขตยานนาวาและเขตบางคอแหลม
51	ถนนสุขุมวิท 77	ตลอดสาย	เขตประเวศ เขตสวนหลวง และเขตลาดกระบัง
52	ถนนอรุณอัมรินทร์	ตลอดสาย	เขตบางพลัด เขตบางกอกน้อย และเขตบางกอกใหญ่

ที่มา : กำหนดทางหลวงเทศบาลในเขตกรุงเทพมหานครที่ห้ามขุดเป็นเวลา 10 ปี ประกาศ ณ วันที่ 17 ส.ค. 2541
กำหนดทางหลวงเทศบาลในเขตกรุงเทพมหานครที่ห้ามขุดเป็นเวลา 10 ปี(ฉบับที่ 2) ประกาศ ณ วันที่ 8 ม.ค. 2542

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์การเลือกวิธีวางท่อตามสภาวะการทำงานต่าง ๆ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แนวท่ออยู่บนทางเดินเท้าริมถนน วางท่อในชั้นดินเหนียวอ่อน(soft clay) ลึกจากผิวดินประมาณ 2-5 เมตร อาจมีอุปสรรคขนาดเล็กขวางและขนานแนวท่อ สภาพการจราจรคล่องตัว

วางท่อในบริเวณ	คะแนนวิธี		ผลต่างคะแนน	เลือกวิธี	อาจใช้วิธี
	ขุดเปิด	ดันลอด			
ในบริเวณที่อยู่อาศัยมีคนหนาแน่นน้อย	0.6844	0.4209	0.26	ขุดเปิด	
ในบริเวณที่เป็นที่อยู่อาศัยมีคนหนาแน่นปานกลาง	0.6844	0.4209	0.26	ขุดเปิด	
ในบริเวณที่เป็นที่อยู่อาศัยมีคนหนาแน่นมาก	0.6595	0.4458	0.21	ขุดเปิด	
ในย่านพาณิชยกรรม	0.6364	0.4689	0.17	ขุดเปิด	
ในย่านโรงงานอุตสาหกรรม	0.6595	0.4458	0.21	ขุดเปิด	
ในย่านการเกษตร	0.6841	0.4212	0.26	ขุดเปิด	
ในย่านอนุรักษ์ประวัติศาสตร์	0.6344	0.4709	0.16	ขุดเปิด	
ในย่านที่มีสถานที่ราชการ	0.6369	0.4684	0.17	ขุดเปิด	
ในย่านที่มีแหล่งพักผ่อนหย่อนใจ	0.6349	0.4704	0.16	ขุดเปิด	
ในบริเวณที่มีวัดหรือสถานที่ประกอบพิธีทางศาสนาต่างๆ	0.6595	0.4458	0.21	ขุดเปิด	
ในบริเวณที่มีอาคารที่เกี่ยวข้องกับองค์การต่างประเทศ	0.6348	0.4705	0.16	ขุดเปิด	

แนวท่ออยู่บนทางเดินเท้าริมถนน วางท่อในชั้นดินเหนียวอ่อน(soft clay) ลึกจากผิวดินประมาณ 2-5 เมตร อาจมีอุปสรรคขนาดเล็กขวางและขนานแนวท่อ สภาพการจราจรปานกลาง

วางท่อในบริเวณ	คะแนนวิธี		ผลต่างคะแนน	เลือกวิธี	อาจใช้วิธี
	ขุดเปิด	ดันลอด			
ในบริเวณที่อยู่อาศัยมีคนหนาแน่นน้อย	0.6333	0.4720	0.16	ขุดเปิด	
ในบริเวณที่เป็นที่อยู่อาศัยมีคนหนาแน่นปานกลาง	0.6333	0.4720	0.16	ขุดเปิด	
ในบริเวณที่เป็นที่อยู่อาศัยมีคนหนาแน่นมาก	0.6084	0.4969	0.11	ขุดเปิด	
ในย่านพาณิชยกรรม	0.5853	0.5200	0.07	ขุดเปิด	ดันลอด
ในย่านโรงงานอุตสาหกรรม	0.6084	0.4969	0.11	ขุดเปิด	
ในย่านการเกษตร	0.6329	0.4724	0.16	ขุดเปิด	
ในย่านอนุรักษ์ประวัติศาสตร์	0.5832	0.5221	0.06	ขุดเปิด	ดันลอด
ในย่านที่มีสถานที่ราชการ	0.5858	0.5195	0.07	ขุดเปิด	ดันลอด
ในย่านที่มีแหล่งพักผ่อนหย่อนใจ	0.5838	0.5215	0.06	ขุดเปิด	ดันลอด
ในบริเวณที่มีวัดหรือสถานที่ประกอบพิธีทางศาสนาต่างๆ	0.6084	0.4969	0.11	ขุดเปิด	
ในบริเวณที่มีอาคารที่เกี่ยวข้องกับองค์การต่างประเทศ	0.5837	0.5216	0.06	ขุดเปิด	ดันลอด

แนวท่ออยู่บนทางเดินเท้าริมถนน วางท่อในชั้นดินเหนียวอ่อน(soft clay) ลึกจากผิวดินประมาณ 2-5 เมตร อาจมีอุปสรรคขนาดเล็กขวางและขนานแนวท่อ สภาพการจราจรหนาแน่นมาก

วางท่อในบริเวณ	คะแนนวิธี		ผลต่างคะแนน	เลือกวิธี	อาจใช้วิธี
	ขุดเปิด	ดันลอด			
ในบริเวณที่อยู่อาศัยมีคนหนาแน่นน้อย	0.5839	0.5214	0.06	ขุดเปิด	ดันลอด
ในบริเวณที่เป็นที่อยู่อาศัยมีคนหนาแน่นปานกลาง	0.5839	0.5214	0.06	ขุดเปิด	ดันลอด
ในบริเวณที่เป็นที่อยู่อาศัยมีคนหนาแน่นมาก	0.5590	0.5463	0.01	ขุดเปิด	ดันลอด
ในย่านพาณิชยกรรม	0.5359	0.5694	-0.03	ดันลอด	
ในย่านโรงงานอุตสาหกรรม	0.5590	0.5463	0.01	ขุดเปิด	ดันลอด
ในย่านการเกษตร	0.5835	0.5218	0.06	ขุดเปิด	ดันลอด
ในย่านอนุรักษ์ประวัติศาสตร์	0.5338	0.5715	-0.04	ดันลอด	
ในย่านที่มีสถานที่ราชการ	0.5364	0.5689	-0.03	ดันลอด	
ในย่านที่มีแหล่งพักผ่อนหย่อนใจ	0.5344	0.5709	-0.04	ดันลอด	
ในบริเวณที่มีวัดหรือสถานที่ประกอบพิธีทางศาสนาต่างๆ	0.5590	0.5463	0.01	ขุดเปิด	ดันลอด
ในบริเวณที่มีอาคารที่เกี่ยวข้องกับองค์การต่างประเทศ	0.5342	0.5711	-0.04	ดันลอด	

แนวท่ออยู่บนทางเดินเท้าริมถนน วางท่อในชั้นดินเหนียวอ่อน(soft clay) ลึกจากผิวดินประมาณ 2-5 เมตร อาจมีอุปสรรคขนาดเล็กขวางและขนานแนวท่อ สภาพการจราจรติดขัด

วางท่อในบริเวณ	คะแนนวิธี		ผลต่างคะแนน	เลือกวิธี	อาจใช้วิธี
	ขุดเปิด	ดันลอด			
ในบริเวณที่อยู่อาศัยมีคนหนาแน่นน้อย	0.5816	0.5237	0.06	ขุดเปิด	ดันลอด
ในบริเวณที่เป็นที่อยู่อาศัยมีคนหนาแน่นปานกลาง	0.5816	0.5237	0.06	ขุดเปิด	ดันลอด
ในบริเวณที่เป็นที่อยู่อาศัยมีคนหนาแน่นมาก	0.5567	0.5486	0.01	ขุดเปิด	ดันลอด
ในย่านพาณิชยกรรม	0.5336	0.5717	-0.04	ดันลอด	
ในย่านโรงงานอุตสาหกรรม	0.5567	0.5486	0.01	ขุดเปิด	ดันลอด
ในย่านการเกษตร	0.5813	0.5240	0.06	ขุดเปิด	ดันลอด
ในย่านอนุรักษ์ประวัติศาสตร์	0.5315	0.5738	-0.04	ดันลอด	
ในย่านที่มีสถานที่ราชการ	0.5341	0.5712	-0.04	ดันลอด	
ในย่านที่มีแหล่งพักผ่อนหย่อนใจ	0.5321	0.5732	-0.04	ดันลอด	
ในบริเวณที่มีวัดหรือสถานที่ประกอบพิธีทางศาสนาต่างๆ	0.5567	0.5486	0.01	ขุดเปิด	ดันลอด
ในบริเวณที่มีอาคารที่เกี่ยวข้องกับองค์การต่างประเทศ	0.5320	0.5733	-0.04	ดันลอด	

วางท่อบนถนนในชั้นดินเหนียวอ่อน(soft clay) ความลึกจากผิวดินประมาณ 2-5 เมตร
อาจมีอุปสรรคขนาดเล็กขวางและขนานแนวท่อ สภาพการจราจรคล่องตัว

วางท่อในบริเวณ	คะแนนวิธี		ผลต่าง	เลือก	อาจใช้
	ขุดเปิด	ดันลอด	คะแนน	วิธี	วิธี
ในบริเวณที่อยู่อาศัยมีคนหนาแน่นน้อย	0.5668	0.3806	0.19	ขุดเปิด	
ในบริเวณที่เป็นที่อยู่อาศัยมีคนหนาแน่นปานกลาง	0.5668	0.3806	0.19	ขุดเปิด	
ในบริเวณที่เป็นที่อยู่อาศัยมีคนหนาแน่นมาก	0.5419	0.4055	0.14	ขุดเปิด	
ในย่านพาณิชยกรรม	0.5188	0.4286	0.09	ขุดเปิด	ดันลอด
ในย่านโรงงานอุตสาหกรรม	0.5419	0.4055	0.14	ขุดเปิด	
ในย่านการเกษตร	0.5665	0.3809	0.19	ขุดเปิด	
ในย่านอนุรักษ์ประวัติศาสตร์	0.5167	0.4307	0.09	ขุดเปิด	ดันลอด
ในย่านที่มีสถานที่ราชการ	0.5193	0.4281	0.09	ขุดเปิด	ดันลอด
ในย่านที่มีแหล่งพักผ่อนหย่อนใจ	0.5173	0.4301	0.09	ขุดเปิด	ดันลอด
ในบริเวณที่มีวัดหรือสถานที่ประกอบพิธีทางศาสนาต่างๆ	0.5419	0.4055	0.14	ขุดเปิด	
ในบริเวณที่มีอาคารที่เกี่ยวข้องกับองค์การต่างประเทศ	0.5172	0.4302	0.09	ขุดเปิด	ดันลอด

วางท่อบนถนนในชั้นดินเหนียวอ่อน(soft clay) ความลึกจากผิวดินประมาณ 2-5 เมตร
อาจมีอุปสรรคขนาดเล็กขวางและขนานแนวท่อ สภาพการจราจรปานกลาง

วางท่อในบริเวณ	คะแนนวิธี		ผลต่าง	เลือก	อาจใช้
	ขุดเปิด	ดันลอด	คะแนน	วิธี	วิธี
ในบริเวณที่อยู่อาศัยมีคนหนาแน่นน้อย	0.5157	0.4317	0.08	ขุดเปิด	ดันลอด
ในบริเวณที่เป็นที่อยู่อาศัยมีคนหนาแน่นปานกลาง	0.5157	0.4317	0.08	ขุดเปิด	ดันลอด
ในบริเวณที่เป็นที่อยู่อาศัยมีคนหนาแน่นมาก	0.4908	0.4566	0.03	ขุดเปิด	ดันลอด
ในย่านพาณิชยกรรม	0.4677	0.4797	-0.01	ดันลอด	
ในย่านโรงงานอุตสาหกรรม	0.4908	0.4566	0.03	ขุดเปิด	ดันลอด
ในย่านการเกษตร	0.5153	0.4321	0.08	ขุดเปิด	ดันลอด
ในย่านอนุรักษ์ประวัติศาสตร์	0.4656	0.4818	-0.02	ดันลอด	
ในย่านที่มีสถานที่ราชการ	0.4682	0.4792	-0.01	ดันลอด	
ในย่านที่มีแหล่งพักผ่อนหย่อนใจ	0.4662	0.4812	-0.02	ดันลอด	
ในบริเวณที่มีวัดหรือสถานที่ประกอบพิธีทางศาสนาต่างๆ	0.4908	0.4566	0.03	ขุดเปิด	ดันลอด
ในบริเวณที่มีอาคารที่เกี่ยวข้องกับองค์การต่างประเทศ	0.4660	0.4814	-0.02	ดันลอด	

วางท่อบนถนนในชั้นดินเหนียวอ่อน(soft clay) ความลึกจากผิวดินประมาณ 2-5 เมตร
อาจมีอุปสรรคขนาดเล็กขวางและขนานแนวท่อ สภาพการจราจรหนาแน่นมาก

วางท่อในบริเวณ	คะแนนวิธี		ผลต่าง	เลือก	อาจใช้
	ขุดเปิด	ดันลอด	คะแนน	วิธี	วิธี
ในบริเวณที่อยู่อาศัยมีคนหนาแน่นน้อย	0.4663	0.4811	-0.01	ดันลอด	
ในบริเวณที่เป็นที่อยู่อาศัยมีคนหนาแน่นปานกลาง	0.4663	0.4811	-0.01	ดันลอด	
ในบริเวณที่เป็นที่อยู่อาศัยมีคนหนาแน่นมาก	0.4413	0.5061	-0.06	ดันลอด	
ในย่านพาณิชยกรรม	0.4183	0.5291	-0.11	ดันลอด	
ในย่านโรงงานอุตสาหกรรม	0.4413	0.5061	-0.06	ดันลอด	
ในย่านการเกษตร	0.4659	0.4815	-0.02	ดันลอด	
ในย่านอนุรักษ์ประวัติศาสตร์	0.4162	0.5312	-0.12	ดันลอด	
ในย่านที่มีสถานที่ราชการ	0.4188	0.5286	-0.11	ดันลอด	
ในย่านที่มีแหล่งพักผ่อนหย่อนใจ	0.4168	0.5306	-0.11	ดันลอด	
ในบริเวณที่มีวัดหรือสถานที่ประกอบพิธีทางศาสนาต่างๆ	0.4413	0.5061	-0.06	ดันลอด	
ในบริเวณที่มีอาคารที่เกี่ยวข้องกับองค์การต่างประเทศ	0.4166	0.5308	-0.11	ดันลอด	

วางท่อบนถนนในชั้นดินเหนียวอ่อน(soft clay) ความลึกจากผิวดินประมาณ 2-5 เมตร
อาจมีอุปสรรคขนาดเล็กขวางและขนานแนวท่อ สภาพการจราจรติดขัด

วางท่อในบริเวณ	คะแนนวิธี		ผลต่าง	เลือก	อาจใช้
	ขุดเปิด	ดันลอด	คะแนน	วิธี	วิธี
ในบริเวณที่อยู่อาศัยมีคนหนาแน่นน้อย	0.4640	0.4834	-0.02	ดันลอด	
ในบริเวณที่เป็นที่อยู่อาศัยมีคนหนาแน่นปานกลาง	0.4640	0.4834	-0.02	ดันลอด	
ในบริเวณที่เป็นที่อยู่อาศัยมีคนหนาแน่นมาก	0.4391	0.5083	-0.07	ดันลอด	
ในย่านพาณิชยกรรม	0.4160	0.5314	-0.12	ดันลอด	
ในย่านโรงงานอุตสาหกรรม	0.4391	0.5083	-0.07	ดันลอด	
ในย่านการเกษตร	0.4636	0.4838	-0.02	ดันลอด	
ในย่านอนุรักษ์ประวัติศาสตร์	0.4139	0.5335	-0.12	ดันลอด	
ในย่านที่มีสถานที่ราชการ	0.4165	0.5309	-0.11	ดันลอด	
ในย่านที่มีแหล่งพักผ่อนหย่อนใจ	0.4145	0.5329	-0.12	ดันลอด	
ในบริเวณที่มีวัดหรือสถานที่ประกอบพิธีทางศาสนาต่างๆ	0.4391	0.5083	-0.07	ดันลอด	
ในบริเวณที่มีอาคารที่เกี่ยวข้องกับองค์การต่างประเทศ	0.4143	0.5331	-0.12	ดันลอด	

ภาคผนวก ค

ตัวอย่างแบบสอบถามเกี่ยวกับผลกระทบสิ่งแวดล้อม(วิธีขุดเปิด)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>ตอนที่ 1</u> ข้อมูลเบื้องต้นของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ ( ) ชาย ( ) หญิง

2. อายุ

( ) น้อยกว่า 15 ปี ( ) 15-18 ปี ( ) 19-25 ปี

( ) 26-40 ปี ( ) มากกว่า 40 ปี

3. ระดับการศึกษา

( ) ประถมศึกษา ( ) มัธยมศึกษาตอนต้น ( ) มัธยมศึกษาตอนปลาย

( ) อนุปริญญา ( ) ปริญญาตรี ( ) ปริญญาโท

( ) อื่นๆ ระบุ.....

4. อาชีพ

( ) นักเรียน/นักศึกษา ( ) ข้าราชการ/พนักงานรัฐวิสาหกิจ

( ) ค้าขาย ( ) พนักงานบริษัทเอกชน

( ) ไม่ได้ประกอบอาชีพ ( ) อื่นๆ ระบุ.....

5. ท่านเคยเห็นการก่อสร้างแบบขุดเปิดร่องวางท่อหรือไม่

( ) เคย ( ) ไม่เคย

6. ท่านเคยเห็นการก่อสร้างแบบดันท่อลอดใต้ดินหรือไม่

<u>หมายเหตุ</u> การดันท่อลอดเป็นวิธีการก่อสร้างวางท่อที่ไม่มีการขุดเปิดร่องตามแนวท่อ เป็นวิธีการขุดเจาะใต้ดิน โดยทำช่องเปิดบริเวณหัวและท้ายของแนวท่อ จากนั้นเจาะให้เป็นช่องซึ่งใหญ่กว่าขนาดท่อเล็กน้อยและดันท่อไปในช่องที่เจาะไว้

( ) เคย ( ) ไม่เคย

ขอขอบคุณที่ให้ความร่วมมือ
ในการตอบแบบสอบถาม
ผู้วิจัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>ตอนที่ 2</u> คำถามทางด้านผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการขุดเปิดร่องดินเพื่อวางท่อ

กรุณาทำเครื่องหมายถูกในวงเล็บหน้าตัวเลือกที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

<u>ผลกระทบทางด้านสภาพอากาศ</u>

1. ท่านคิดว่า<u>ฝุ่นละอองจากการขุดเจาะพื้นถนนและขุดดิน</u>เพื่อทำร่องท่อ ส่งผลกระทบต่อท่านในระดับใด

   ( ) เล็กน้อย ( ) ปานกลาง ( ) มาก

2. ท่านคิดว่า<u>ฝุ่นละอองจากการที่รถบรรทุกท่อหรือดินวิ่งผ่าน</u> ส่งผลกระทบต่อท่านในระดับใด

   ( ) เล็กน้อย ( ) ปานกลาง ( ) มาก

3. ท่านคิดว่า<u>กลิ่นจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของเครื่องจักร</u>ที่ใช้ในการก่อสร้าง ส่งผลกระทบต่อท่านในระดับใด

   ( ) เล็กน้อย ( ) ปานกลาง ( ) มาก

<u>ผลกระทบทางด้านเสียงและการสั่นสะเทือน</u>

4. ท่านคิดว่า<u>เสียงจากการก่อสร้างขุดร่องดิน</u>เช่นเสียงการขุดเจาะพื้นถนน เสียงของเครื่องจักรที่ใช้ขุดดินและเสียงอื่นๆที่เกิดขึ้น ส่งผลกระทบต่อท่านในระดับใด

   ( ) เล็กน้อย ( ) ปานกลาง ( ) มาก

5. ท่านคิดว่า<u>การสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นจากการก่อสร้าง</u>เช่นจากการเจาะพื้นถนน จากเครื่องจักรที่ทำงาน ส่งผลกระทบต่อท่านในระดับใด

   ( ) เล็กน้อย ( ) ปานกลาง ( ) มาก

6. ท่านคิดว่า<u>การสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นขณะรถบรรทุกวัสดุวิ่งผ่าน</u> ส่งผลกระทบต่อท่านในระดับใด

   ( ) เล็กน้อย ( ) ปานกลาง ( ) มาก

<u>ผลกระทบทางด้านการใช้ประโยชน์ของมนุษย์</u>

7. ถ้าในการก่อสร้างทำให้น้ำประปาไม่ไหล 2-3 ชั่วโมง จะส่งผลกระทบต่อท่านในระดับใด

   ( ) เล็กน้อย ( ) ปานกลาง ( ) มาก

8. ถ้าในการก่อสร้างทำให้น้ำประปาไม่ไหล 2-3 ชั่วโมง <u>เป็นเวลา 2 วัน</u> จะส่งผลกระทบต่อท่านในระดับใด

   ( ) เล็กน้อย ( ) ปานกลาง ( ) มาก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

9. ถ้าในการก่อสร้างทำให้ไฟฟ้าดับ 2-3 ชั่วโมง จะส่งผลกระทบต่อท่านในระดับใด

( ) เล็กน้อย ( ) ปานกลาง ( ) มาก

10. ถ้าในการก่อสร้างทำให้ไฟฟ้าดับ 2-3 ชั่วโมง <u>เป็นเวลา 2 วัน</u> จะส่งผลกระทบต่อท่านในระดับใด

( ) เล็กน้อย ( ) ปานกลาง ( ) มาก

11. ถ้าในการก่อสร้างทำให้ใช้งานโทรศัพท์ไม่ได้ 2-3 ชั่วโมง จะส่งผลกระทบต่อท่านในระดับใด

( ) เล็กน้อย ( ) ปานกลาง ( ) มาก

12. ถ้าในการก่อสร้างทำให้มีน้ำท่วมขังบนทางเท้าและพื้นถนน <u>เป็นเวลา 1 วัน</u> จะส่งผลกระทบต่อท่านในระดับใด

( ) เล็กน้อย ( ) ปานกลาง ( ) มาก

<u>ผลกระทบทางด้านการจราจร</u>

13. ท่านคิดว่าการก่อสร้างวางท่อโดยการขุดเปิดในโครงการนี้ ทำให้สภาพการจราจรมีการติดขัดเพิ่มขึ้นจากปกติหรือไม่ ในระดับใด

( ) เล็กน้อย ( ) ปานกลาง ( ) มาก

14. ถ้ามีการขุดร่องบนทางเท้าเพื่อวางท่อ ทำให้เหลือพื้นที่บนทางเท้าสำหรับสัญจรเพียงครึ่งหนึ่ง จะส่งผลกระทบต่อการสัญจรต่อท่านในระดับใด

( ) เล็กน้อย ( ) ปานกลาง ( ) มาก

<u>ผลกระทบทางด้านเศรษฐกิจ</u>(สำหรับผู้ตอบแบบสอบถามที่ประกอบอาชีพค้าขายเท่านั้น)

15. ถ้ามีการก่อสร้าง<u>บริเวณหน้าร้านท่าน</u>ตามระยะเวลาต่อไปนี้ ท่านคิดว่าจะได้รับผลกระทบต่อรายได้จากการค้าขายหรือการประกอบการในระดับใด

- ก่อสร้าง 1 วัน

( ) เล็กน้อย ( ) ปานกลาง ( ) มาก

- ก่อสร้าง 5 วัน

( ) เล็กน้อย ( ) ปานกลาง ( ) มาก

- ก่อสร้าง 15 วัน

( ) เล็กน้อย ( ) ปานกลาง ( ) มาก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลกระทบทางด้านสุขภาพ

16. ท่านคิดว่าช่วงที่ก่อสร้างวางท่อ ทำให้เกิดการหายใจขัดหรือมีผลต่อระบบทางเดินหายใจหรือไม่ ในระดับใด

( ) เล็กน้อย ( ) ปานกลาง ( ) มาก

17. ท่านคิดว่าช่วงที่ก่อสร้างวางท่อ ทำให้สภาพจิตใจของท่านทรุดโทรมหรือไม่ ในระดับใด

( ) เล็กน้อย ( ) ปานกลาง ( ) มาก

ผลกระทบทางด้านความปลอดภัย

18. ท่านคิดว่าการขุดเปิดร่องวางท่อในโครงการนี้ จะทำให้เกิดอุบัติเหตุต่อคนที่เดินผ่านไปมาเช่น การพลัดตกลงไปในร่องท่อ ในระดับใด

( ) เล็กน้อย ( ) ปานกลาง ( ) มาก

19. ท่านคิดว่าการขุดเปิดร่องวางท่อในโครงการนี้จะทำให้เกิดอุบัติเหตุทางการจราจร ในระดับใด

( ) เล็กน้อย ( ) ปานกลาง ( ) มาก

คำถามด้านวิธีการก่อสร้าง

20. ถ้าเปลี่ยนจากวิธีขุดเปิดที่ใช้ในขณะนี้เป็นการก่อสร้างแบบดันท่อลอดใต้ดินซึ่งจะมีการก่อสร้างเฉพาะบริเวณปล่องที่บริเวณหัวและท้ายของแนวท่อเท่านั้นซึ่งระยะห่างระหว่างบ่อประมาณ 150-200 เมตร และจะไม่ส่งผลกระทบต่อท่านเพราะไม่มีการขุดดินตามแนวท่อ จากเหตุผลดังกล่าว ท่านคิดว่าการเปลี่ยนวิธีการก่อสร้างเป็นวิธีดันลอดมีความเหมาะสมกว่าวิธีขุดเปิดร่องตามความคิดเห็นของท่านในระดับใด

( ) ดีกว่าเล็กน้อย ( ) ดีกว่าปานกลาง ( ) ดีกว่ามาก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

แบบสอบถามความสำคัญของปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกวิธีวางท่อ และวิธีการวางท่อที่เหมาะสมในสภาวะการทำงานต่าง ๆ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบสอบถามประกอบการทำวิทยานิพนธ์
เรื่องแนวทางการพิจารณานำวิธีดันลอดแทนวิธีขุดเปิดในเขตกรุงเทพมหานคร

แบบสอบถามฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาความสำคัญของปัจจัยต่างๆที่ส่งผลต่อการเลือกวิธีก่อสร้างวางท่อและหาความเหมาะสมของการเลือกใช้วิธีก่อสร้างวางท่อภายใต้สภาวะการทำงานต่างๆ โดยที่การพิจารณาทั้งหมดคำนึงถึงในระดับความลึกที่สามารถใช้วิธีขุดเปิดและวิธีดันลอดได้

ขอให้ท่านตอบให้ตรงกับความคิดเห็นหรือความรู้สึกให้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ คำตอบของท่านจะเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาต่อไป

แบบสอบถามนี้ แบ่งออกเป็น 3 ตอน

ตอนที่ 1 ข้อมูลเบื้องต้นของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 เรียงความสำคัญของปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกวิธีก่อสร้างวางท่อ ในกรณีที่ระดับความลึกที่วางท่อสามารถใช้วิธีขุดเปิดและวิธีดันลอดได้

ตอนที่ 3 เปรียบเทียบความเหมาะสมของการเลือกวิธีการก่อสร้าง

วิธีการตอบแบบสอบถามตอนที่2

พิจารณาความสำคัญของปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกวิธีวางท่อว่าปัจจัยตัวหนึ่งมีความสำคัญต่อการตัดสินใจเลือกวิธีการทำงานอยู่ในระดับใดเมื่อเปรียบเทียบกับอีกปัจจัยอื่นๆ แล้วกรอกตัวเลขลงในช่อง โดยที่หมายเลข1 หมายความว่าปัจจัยตัวนั้นมีความสำคัญมากกว่าปัจจัยตัวอื่น และหมายเลข 2 มีความสำคัญลดลงมา อย่างไรก็ตามถ้าผู้ตอบพิจารณาแล้วเห็นว่าปัจจัย 2 ตัวหรือมากกว่านั้นมีความสำคัญในระดับเดียวกันก็ให้ใช้อันดับหมายเลขเดียวกันทั้งหมด

วิธีการตอบแบบสอบถามตอนที่3

พิจารณาความเหมาะสมระหว่างวิธีขุดเปิดกับวิธีดันลอดภายใต้สภาวะการทำงานต่างๆ โดยทำเครื่องหมายถูกลงในช่องที่พิจารณาแล้วว่ามีความเหมาะสมในระดับดังกล่าว

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขอขอบคุณที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการให้ข้อมูล

ผู้วิจัย

<u>ตอนที่ 1</u> ข้อมูลของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. หน้าที่ความรับผิดชอบ

( ) ออกแบบแนวท่อ ( ) อื่นๆ ระบุ.....

2. ระดับการศึกษา

( ) ปริญญาตรี ( ) ปริญญาโท

( ) อื่นๆ ระบุ.....

3. จำนวนโครงการที่เคยเยี่ยมชมวิธีก่อสร้างวางท่อด้วยวิธีดันท่อลอด

( ) ไม่เคย ( ) 1 ( ) 2 ( ) 3

( ) 4 ( ) 5 ( ) อื่นๆ ระบุ.....

4. จำนวนโครงการที่เคยเยี่ยมชมวิธีก่อสร้างวางท่อด้วยวิธีขุดเปิดวาง

( ) ไม่เคย ( ) 1 ( ) 2 ( ) 3

( ) 4 ( ) 5 ( ) อื่นๆ ระบุ.....

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตอนที่ 2 กรุณาเรียงลำดับความสำคัญของปัจจัยต่อไปนี้ ว่าปัจจัยต่างๆมีความสำคัญต่อการเลือกวิธีก่อสร้างวางท่อซึ่งได้แก่วิธีขุดเปิดร่องวางท่อและวิธีดันท่อลอดใต้ดินตลอดแนวในระดับใด การตอบให้กรอกเป็นตัวเลขในช่องทางขวามือ โดยที่เลข 1 หมายถึงว่าปัจจัยนั้นมีความสำคัญต่อการเลือกวิธีมากกว่าปัจจัยตัวอื่นๆ และถ้าท่านคิดว่าปัจจัย 2 ตัวหรือมากกว่า2ตัวมีความสำคัญพอๆกันให้ใส่ตัวเลขอันดับเดียวกัน

ปัจจัยที่	ชื่อปัจจัย	อันดับความสำคัญของปัจจัย ต่อการเลือกวิธีวางท่อ
1	ตำแหน่งที่ตั้งของแนวท่อ เป็นตำแหน่งที่สามารถวางแนวท่อได้เช่นบนถนน ทางเดินเท้าและเกาะกลางถนน	
2	ลักษณะทางกายภาพของถนน ประกอบด้วยความกว้างและความยาวของช่องการจราจรบริเวณที่วางท่อ	
3	ชนิดและคุณสมบัติของดิน หมายถึงลักษณะของชั้นดินที่วางท่อได้แก่ดินชั้นบน ชั้นดินเหนียวอ่อน ชั้นดินเหนียวแข็ง ชั้นทรายชั้นแรก ฯลฯ	
4	ขนาดและลักษณะของอุปสรรคใต้ดิน เป็นสิ่งที่ขัดขวางการก่อสร้างวางท่อเช่นท่อสาธารณูปโภคเดิม รากต้นไม้ โครงสร้างฐานรากอาคาร ฯลฯ	
5	สภาพการจราจรบนถนน ได้แก่ลักษณะการเคลื่อนตัวและปริมาณของยวดยานบนถนนที่วางท่อ	
6	การใช้ประโยชน์ที่ดินริมถนน(ในเวลาราชการทั่วไป) ได้แก่ลักษณะการใช้ที่ดินบริเวณที่วางแนวท่อ เช่นเป็นย่านที่อยู่อาศัย ย่านพาณิชยกรรม ย่านอุตสาหกรรม ย่านพื้นที่การเกษตร ย่านสถานที่สาธารณะและย่านอนุรักษ์ประวัติศาสตร์	
7	ผลกระทบสิ่งแวดล้อม หมายถึงผลกระทบต่อประชาชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณที่วางท่อทางด้านอากาศ เสียงการสั่นสะเทือน ด้านการจราจร ฯลฯ	
8	ราคาค่าก่อสร้าง หมายถึงราคาที่ใช้ในการก่อสร้างวางท่อแต่ละวิธี	

คำนิยามคำศัพท์

อุปสรรคขนาดใหญ่ หมายถึงสิ่งที่อาจเป็นอุปสรรคต่อการก่อสร้างวางท่อประเภทเสาเข็ม ฐานราก ตอม่อของอาคารที่รื้อถอนส่วนข้างบนไปแล้ว หรือสะพานลอย หรือสะพานยกระดับเป็นต้น

อุปสรรคขนาดเล็ก หมายถึงอุปสรรคประเภทท่อสาธารณูปโภคเดิม หรือรากต้นไม้ที่อยู่ใต้ดิน เป็นต้น

สภาพการจราจรคล่องตัว คือยวดยานสามารถเลือกใช้ความเร็วระดับใดก็ได้ ถ้ามีหลายช่องการจราจรการแซงจะทำได้โดยสะดวก

สภาพการจราจรปานกลาง คือผู้ขับขี่จะได้รับผลกระทบจากรถคันอื่นในการเลือกใช้ความเร็วในการเดินทาง

สภาพการจราจรหนาแน่น คือความเร็วที่ใช้ในการเดินทางต่ำแต่ยังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสม่ำเสมอ ถ้ามีหลายช่องการจราจรจะแซงลำบาก ผู้ขับขี่ไม่สามารถขับได้ดังใจ

สภาพการจราจรติดขัด รถเรียงตัวกันเป็นแถวและเคลื่อนตัวเป็นช่วงๆ

ย่านที่อยู่อาศัยมีคนหนาแน่นน้อย หมายถึงย่านที่อยู่อาศัยมีคนอาศัย 10-30 คน/ไร่ คนจะเข้าและออกจากที่พักอาศัยเวลาเช้าและเย็น

ย่านที่อยู่อาศัยมีคนหนาแน่นปานกลาง หมายถึงย่านที่อยู่อาศัยมีคนอาศัยอยู่ปานกลาง คนจะเข้าและออกจากที่พักอาศัยเวลาเช้าและเย็น

ย่านที่อยู่อาศัยมีคนหนาแน่นมาก หมายถึงย่านที่อยู่อาศัยมีคนอาศัยอยู่เป็นจำนวนมาก คนจะเข้าและออกจากที่พักอาศัยเวลาเช้าและเย็น

ย่านพาณิชย์มีคนหนาแน่นมาก หมายถึงย่านธุรกิจการค้ามีคนเข้ามาใช้พื้นที่เป็นจำนวนมาก

ย่านโรงงานอุตสาหกรรม หมายถึงย่านที่มีการใช้พื้นที่ทำการอุตสาหกรรม มีคนงานเป็นจำนวนมาก และมีรถบรรทุกสินค้าวิ่งเข้าและออกเพื่อขนส่งสินค้า

ย่านการเกษตร หมายถึงย่านที่ทำการเพาะปลูกทำการเกษตร เช่นบริเวณชานเมืองของ กทม.

ย่านอนุรักษ์ประวัติศาสตร์ หมายถึงย่านที่มีอาคารหรือสิ่งปลูกสร้างที่ถือเป็นประวัติศาสตร์ของ กทม. เช่นบริเวณเกาะรัตนโกสินทร์ วัดพระแก้ว ภูเขาทอง ฯลฯ

ย่านสถานที่ราชการ หมายถึงย่านที่เป็นสถานที่ตั้งของหน่วยงานราชการหลายหน่วยงาน

ย่านพักผ่อนหย่อนใจ หมายถึงสวนสาธารณะที่ประชาชนเข้ามาใช้พื้นที่เพื่อพักผ่อน

กรุณาเรียงลำดับความสำคัญของปัจจัยต่อไปนี้ ว่าปัจจัยต่อไปนี้มีความสำคัญต่อการเลือกวิธีก่อสร้างวางท่อซึ่งได้แก่วิธีขุดเปิดร่องวางท่อและวิธีดันท่อลอดใต้ดินตลอดแนวในระดับใด

การตอบให้กรอกเป็นตัวเลขในช่องทางขวามือ โดยที่เลข 1 หมายถึงว่าปัจจัยนั้นมีความสำคัญต่อการเลือกวิธีมากกว่าปัจจัยตัวอื่นๆ และถ้าท่านคิดว่าปัจจัย 2 ตัวหรือมากกว่า2ตัวมีความสำคัญพอๆกันให้ใส่ตัวเลขอันดับเดียวกัน

ปัจจัยที่	ชื่อปัจจัย	อันดับความสำคัญของปัจจัยต่อการเลือกวิธีวางท่อในแต่ละหัวข้อปัจจัย
	หัวข้อปัจจัยเรื่องตำแหน่งที่ตั้งของแนวท่อ **********กรุณาเรียงลำดับ 4 ข้อย่อยข้างล่าง**********	
1.1	มีแนวรางรถไฟขนานแนวถนนซึ่งห่างจากแนวท่อ 4-5 เมตร	
1.2	มีทางรถไฟขวางแนวท่อ	
1.3	มีคลองขนานแนวถนนซึ่งห่างจากแนวท่อไม่เกิน 3 เมตร	
1.4	มีคลองขวางแนวท่อ	
	หัวข้อปัจจัยเรื่องลักษณะทางกายภาพของถนน **********กรุณาเรียงลำดับ 4 ข้อย่อยข้างล่าง**********	
2.1	ตรอกแคบ 1-2 เมตร	
2.2	ซอยแคบ 4 เมตร	
2.3	ซอยกว้าง 6 เมตร	
2.4	ถนนสายหลักกว้าง 6-25 เมตร(ฝั่งที่วางท่อ)	
	หัวข้อปัจจัยเรื่องชนิดและคุณสมบัติของดิน **********กรุณาเรียงลำดับ 4 ข้อย่อยข้างล่าง**********	
3.1	ดินชั้นบนความลึกไม่เกิน 2 เมตร	
3.2	ดินเหนียวอ่อนความลึก 2-10 เมตร	
3.3	ดินเหนียวแข็งความลึก 15-20 เมตร	
3.4	ชั้นทรายความลึกมากกว่า 20 เมตร	
	หัวข้อปัจจัยเรื่องขนาดและลักษณะของอุปสรรคใต้ดิน ความหมายของอุปสรรคขนาดใหญ่และขนาดเล็กอยู่ในหน้าคำนิยามคำศัพท์ **********กรุณาเรียงลำดับ 4 ข้อย่อยข้างล่าง**********	
4.1	อุปสรรคขนาดใหญ่ที่ทำลายยากขนานแนวท่อ	
4.2	อุปสรรคขนาดใหญ่ที่ทำลายยากขวางแนวท่อ	
4.3	อุปสรรคขนาดเล็กขนานแนวท่อ	
4.4	อุปสรรคขนาดเล็กขวางแนวท่อ	

	หัวข้อปัจจัยเรื่องสภาพการจราจรบนถนน ความหมายของสภาพการจราจรประเภทต่างๆอยู่ในหน้าคำนิยามคำศัพท์ **********กรุณาเรียงลำดับ 4 ข้อย่อยข้างล่าง**********	
5.1	สภาพการจราจรคล่องตัว	
5.2	สภาพการจราจรปานกลาง	
5.3	สภาพการจราจรหนาแน่น	
5.4	สภาพการจราจรคติดขัด	
	หัวข้อปัจจัยเรื่องการใช้ประโยชน์ที่ดินริมถนน(ในเวลาราชการทั่วไป) ความหมายของการใช้ประโยชน์ที่ดินริมถนนประเภทต่างๆอยู่ในหน้าคำนิยามคำศัพท์ **********กรุณาเรียงลำดับ 9 ข้อย่อยข้างล่าง**********	
6.1	ย่านที่เป็นที่อยู่อาศัยมีคนหนาแน่นน้อย	
6.2	ย่านที่เป็นที่อยู่อาศัยมีคนหนาแน่นปานกลาง	
6.3	ย่านที่เป็นที่อยู่อาศัยมีคนหนาแน่นมาก	
6.4	ย่านพาณิชย์มีคนหนาแน่นมาก	
6.5	ย่านโรงงานอุตสาหกรรม	
6.6	ย่านการเกษตร	
6.7	ย่านอนุรักษ์ประวัติศาสตร์	
6.8	ย่านสถานที่ราชการ	
6.9	ย่านพักผ่อนหย่อนใจ	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>ตอนที่ 3</u> คำถามความเหมาะสมของวิธีวางท่อภายใต้สภาวะการทำงานต่าง ๆ

ข้อคำถาม	วิธีขุดเปิดเหมาะสมกว่าวิธีดันลอด: ปานกลาง	วิธีขุดเปิดเหมาะสมกว่าวิธีดันลอด: ไม่แน่ใจ	วิธีขุดเปิดเหมาะสมกว่าวิธีดันลอด: ค่อนข้างแน่ใจ	ทั้งสองวิธีมีความเหมาะสมพอ ๆ กัน	วิธีดันลอดเหมาะสมกว่าวิธีขุดเปิด: ค่อนข้างแน่ใจ	วิธีดันลอดเหมาะสมกว่าวิธีขุดเปิด: ไม่แน่ใจ	วิธีดันลอดเหมาะสมกว่าวิธีขุดเปิด: ปานกลาง
เรื่องตำแหน่งที่ตั้งของแนวท่อ							
1 แนวท่ออยู่บนทางเดินเท้า							
2 แนวท่ออยู่บนถนนที่มีแนวรางรถไฟขนานแนวถนนซึ่งห่างจากแนวท่อ 4-5 เมตร							
3 แนวท่อมีแนวรางรถไฟขวางแนวท่อ							
4 แนวท่อขนานกับแนวคลองซึ่งอยู่ห่างจากริมตลิ่งไม่เกิน 3 เมตร							
5 แนวท่อมีแนวคลองซึ่งกว้าง 30 เมตรขึ้นไป ขวางแนวท่อ							
6 แนวท่อมีแนวคลองซึ่งกว้าง 10-30 เมตร ขวางแนวท่อ							
7 แนวท่อมีแนวคลองซึ่งกว้างน้อยกว่า 10 เมตร ขวางแนวท่อ							
เรื่องลักษณะทางกายภาพของถนน							
<u>หัวข้อย่อย เรื่องความกว้างและความยาวของถนน</u>							
1 วางท่อในตรอกแคบ 1-2 เมตร ความยาวไม่เกิน 100 เมตร							
2 วางท่อในซอยแคบ 4 เมตร ความยาว 100-200 เมตร							
3 วางท่อในซอยกว้าง 6 เมตร ความยาว 200-300 เมตร							
4 วางท่อในถนนสายหลักกว้าง 6-25 เมตร(ฝั่งที่วางท่อ) ความยาวมากกว่า 1,000 เมตร							

	ข้อคำถาม	วิธีขุดเปิดเหมาะสมกว่าวิธีดันลอด: มากกว่าอย่างมาก	วิธีขุดเปิดเหมาะสมกว่าวิธีดันลอด: ปานกลาง	วิธีขุดเปิดเหมาะสมกว่าวิธีดันลอด: เล็กน้อย	ทั้งสองวิธีเหมาะสมพอๆกัน	วิธีดันลอดเหมาะสมกว่าวิธีขุดเปิด: เล็กน้อย	วิธีดันลอดเหมาะสมกว่าวิธีขุดเปิด: ปานกลาง	วิธีดันลอดเหมาะสมกว่าวิธีขุดเปิด: มากกว่าอย่างมาก
	หัวข้อย่อย เรื่องการเปลี่ยนแปลงความกว้างของถนน							
1	ถนนมีการเปลี่ยนแปลงความกว้างเล็กน้อย							
2	ถนนมีการเปลี่ยนแปลงความกว้างอย่างมาก คือบางช่วงของถนนมีจำนวน							
	ช่องการจราจรลดลง 1 ช่อง							
3	ถนนไม่มีการเปลี่ยนแปลงความกว้าง							
	เรื่องชนิดและคุณสมบัติของชั้นดินที่วางท่อ							
1	วางท่อในดินชั้นบน(top soil) ความหนาจากผิวดินประมาณ 2 เมตร							
2	วางท่อในชั้นดินเหนียวอ่อน(soft clay) ลึกจากผิวดินประมาณ 2-10 เมตร							
3	วางท่อในชั้นดินเหนียวแข็ง(stiff clay) ลึกจากผิวดินประมาณ 15-20 เมตร							
4	วางท่อในชั้นทราย(first sand) ลึกจากผิวดินประมาณ 20 เมตรลงไป							
	เรื่องขนาดและลักษณะของอุปสรรคใต้ดิน							
1	มีอุปสรรคขนาดใหญ่ที่ทำลายได้ยากขวางแนวท่อ อุปสรรคขนาดใหญ่เช่น							
	เสาเข็ม ฐานราก ตอม่อของสะพานลอยหรือสะพานยกระดับ เป็นต้น							
2	มีอุปสรรคขนาดใหญ่ที่ทำลายได้ยากขนานแนวท่อ							

ข้อคำถาม		วิธีขุดเปิดเหมาะสมกว่าวิธีดันลอด			ไม่แน่ใจหรือไม่มีความเห็น	วิธีดันลอดเหมาะสมกว่าวิธีขุดเปิด		
		มากกว่อย	ปานกลาง	ดีกว่าน้อย		ดีกว่าน้อย	ปานกลาง	มากกว่อย
3	มีอุปสรรคขนาดเล็กขวางแนวท่อ อุปสรรคขนาดเล็กเช่น							
	ท่อสาธารณูปโภคเดิม รากต้นไม้ เป็นต้น							
4	มีอุปสรรคขนาดเล็กขนานแนวท่อ							
	เรื่องสภาพการจราจรบนถนนที่วางท่อ							
1	ก่อสร้างแนวท่อบนถนนที่มีสภาพการจราจรคล่องตัว คือยวดยานสามารถ							
	เลือกใช้ความเร็วระดับใดก็ได้ ถ้ามีหลายช่องการจราจรการแซงจะทำได้โดยสะดวก							
2	ก่อสร้างแนวท่อบนถนนที่มีสภาพการจราจรปานกลาง คือผู้ขับขี่จะได้รับ							
	ผลกระทบจากรถคันอื่นในการเลือกใช้ความเร็วในการเดินทาง							
3	ก่อสร้างแนวท่อบนถนนที่มีสภาพการจราจรหนาแน่น คือความเร็วที่ใช้ใน							
	การเดินทางต่ำแต่ยังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสม่ำเสมอ ถ้ามีหลายช่องการจราจรจะ							
	แซงลำบาก ผู้ขับขี่ไม่สามารถขับได้ดังใจ							
4	ก่อสร้างแนวท่อบนถนนที่มีสภาพการจราจรติดขัด รถเรียงตัวกันเป็นแถว							
	และเคลื่อนตัวเป็นช่วงๆ							

	ข้อคำถาม	วิธีขุดเปิดเหมาะสมกว่าวิธีดันลอด			ทั้งสองวิธีเหมาะสมเท่าเทียมกัน	วิธีดันลอดเหมาะสมกว่าวิธีขุดเปิด		
		มากกว่ามาก	ค่อนข้างมาก	เล็กน้อย		เล็กน้อย	ค่อนข้างมาก	มากกว่ามาก
	เรื่องการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณริมถนนที่วางท่อ							
1	วางท่อในบริเวณที่เป็นที่อยู่อาศัยหนาแน่นน้อย(มีคนประมาณ 10-30 คน/ไร่)							
2	วางท่อในบริเวณที่เป็นที่อยู่อาศัยหนาแน่นปานกลาง(มีคนประมาณ 30-50 คน/ไร่)							
3	วางท่อในบริเวณที่เป็นที่อยู่อาศัยหนาแน่นมาก(มีคนประมาณ 80-120 คน/ไร่)							
4	วางท่อในย่านพาณิชย์(มีคน 80-120 คน/ไร่)							
5	วางท่อในย่านโรงงานอุตสาหกรรม							
6	วางท่อในย่านการเกษตร							
7	วางท่อในย่านอนุรักษ์ประวัติศาสตร์							
8	วางท่อในย่านที่มีสถานที่ราชการ							
9	วางท่อในย่านที่มีแหล่งพักผ่อนหย่อนใจ							
10	วางท่อในบริเวณที่มีวัดหรือสถานที่ประกอบพิธีทางศาสนาต่างๆ							
11	วางท่อในบริเวณที่มีอาคารที่เกี่ยวข้องกับองค์การต่างประเทศ							
	เช่นสถานฑูตหรือสถานกงสุล							
	เรื่องผลกระทบสิ่งแวดล้อม							
	เรื่องราคาค่าก่อสร้าง							

ภาคผนวก จ

ข้อมูลกรุงเทพมหานคร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เขตการปกครองของจังหวัดกรุงเทพฯ

กรุงเทพมหานคร จำแนกเขตการปกครองในปัจจุบันออกเป็น 50 เขต ตามตำแหน่งที่ตั้งห่างจากศูนย์กลางเมืองได้เป็น 3 ส่วน และแต่ละส่วนนี้ยังแบ่งออกเป็น 2 ส่วนโดยใช้แม่น้ำเจ้าพระยาเป็นตัวแบ่งพื้นที่ คือ

(1) เขตเมืองชั้นใน ประกอบด้วย 22 เขตการปกครอง ได้แก่

- ฝั่งพระนคร มี 17 เขต ได้แก่ เขตพระนคร เขตป้อมปราบศัตรูพ่าย เขตสัมพันธวงศ์ เขตปทุมวัน เขตราชเทวี เขตบางรัก เขตดุสิต เขตพญาไท เขตสาทร เขตยานนาวา เขตบางคอแหลม เขตบางซื่อ เขตจตุจักร เขตห้วยขวาง เขตดินแดง เขตคลองเตย และเขตวัฒนา

- ฝั่งธนบุรี มี 5 เขต ได้แก่เขตบางพลัด เขตบางกอกน้อย เขตบางกอกใหญ่ เขตคลองสานและเขตธนบุรี

(2) เขตเมืองชั้นกลาง ประกอบด้วย 22 เขตการปกครอง ได้แก่

- ฝั่งพระนคร มี 14 เขตได้แก่ เขตดอนเมือง เขตหลักสี่ เขตบางเขน เขตสายไหม เขตลาดพร้าว เขตบางกะปิ เขตพระโขนง เขตบางนา เขตประเวศ เขตสวนหลวง เขตบึงกุ่ม เขตวังทองหลาง เขตคันนายาว และเขตสะพานสูง

- ฝั่งธนบุรี มี 8 เขตได้แก่ เขตตลิ่งชัน เขตทวีวัฒนา เขตภาษีเจริญ เขตบางแค เขตหนองแขม เขตราษฎร์บูรณะ เขตทุ่งครุและเขตจอมทอง

(3) เขตเมืองชั้นนอกหรือเขตชานเมือง ประกอบด้วย 6 เขตการปกครอง ได้แก่

- ฝั่งพระนคร มี 4 เขตได้แก่ เขตมีนบุรี เขตคลองสามวา เขตลาดกระบัง และเขตหนองจอก

- ฝั่งธนบุรี มี 2 เขตได้แก่ เขตบางขุนเทียนและเขตบางบอน

ถนนที่มีทางรถไฟขนานแนวถนน

จากการพิจารณาแผนที่กรุงเทพมหานคร(สำนักผังเมือง, แผนที่) พบว่าถนนสายต่างๆที่มีแนวถนนขนานแนวรางรถไฟจำแนกตามทิศทางของจุดมุ่งหมายที่รถไฟไปมีดังนี้

(1) ทางรถไฟสายเหนือ เป็นทางรถไฟที่มีทิศทางมุ่งสู่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือ ได้แก่ถนนสายหลักที่ขนาน เช่นถนนสวรรคโลกตลอดสาย ถนนเทอดดำริห์ตลอดสายและถนนกำแพงเพชร2 บางช่วงของถนน และถนนสายรองที่ขนานหรือทาง คู่ขนานเช่นถนนกำแพงเพชร5 ถนนกำแพงเพชร6 และถนนเชิดวุฒากาศ ซึ่งขนานกับถนนวิภาวดีรังสิต

(2) ทางรถไฟสายตะวันออก ได้แก่ถนนสายหลักที่ขนาน เช่นถนนมักกะสัน และถนนสายรองที่ขนานหรือทางคู่ขนานเช่นถนนกำแพงเพชร7

ถนนที่มีจุดตัดเสมอระดับระหว่างทางรถไฟกับถนน

ถนนที่มีทางรถไฟตัดผ่าน จำแนกตามทิศทางของจุดมุ่งหมายที่รถไฟไป (สำนักผังเมือง, แผนที่) มีดังนี้

(1) ทางรถไฟสายเหนือ ได้แก่ถนนบำรุงเมืองกับถนนพระราม1 ถนนพิษณุโลก ถนนหลานหลวงกับถนนเพชรบุรี ถนนศรีอยุธยา ถนนราชวิถี ถนนนครไชยศรี ถนนประดิพัทธ์กับถนนทหาร ถนนประชานิเวศน์1 ถนนงามวงศ์วานและถนนแจ้งวัฒนะ

(2) ทางรถไฟสายตะวันออก ได้แก่ถนนพระราม6 ถนนพญาไท ถนน ราชปรารภ ถนนอโศก-ดินแดง ถนนพระราม9-เพชรบุรี ถนนรามคำแหงและถนนศรีนครินทร์

(3) ทางรถไฟสายใต้ ได้แก่ถนนจรัญสนิทวงศ์

คลองในกรุงเทพมหานคร

สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อมได้กล่าวถึงรายชื่อคลองจำแนกตามความกว้าง(จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม, 2537)ดังนี้

(1) คลองสายหลัก มีความกว้างตั้งแต่ 30 เมตรขึ้นไป เช่นคลองบางกอกน้อย คลองทวีวัฒนา

(2) คลองสายรอง มีความกว้าง 10-30 เมตร เช่นคลองมอญ คลองราชมนตรี

(3) คลองสายย่อย มีความกว้างน้อยกว่า 10 เมตร เช่นคลองบางนา คลองหัวหมาก

สะพานที่มีคุณค่าทางประวัติศาสตร์และศิลปกรรม

ได้แก่ สะพานมัฆวานรังสรรค์ กลุ่มสะพานวัดเบญจมบพิตร สะพานพระราชวังสวนจิตรดารโหฐาน สะพานเสาวนีย์ สะพานผ่านฟ้าลีลาศและมหาดไทยอุทิศ สะพานเจริญศรี สะพานหก สะพานช้างโรงสี สะพานหมู สะพานมอญ สะพานอุบลรัตน์ สะพานเจริญรัช สะพานสมมตอมรมารค และสะพานพิทยเสถียร ซึ่งสะพานเหล่านี้ตั้งอยู่ในเขตพระนครและเขตสัมพันธวงศ์

โครงการทางยกระดับในกรุงเทพมหานคร

ประกอบด้วยโครงการหลายโครงการ(การทางพิเศษแห่งประเทศไทย, 2544) ดังนี้

(1) ทางพิเศษเฉลิมมหานคร ประกอบด้วยทางด่วน 3 สายคือ สายดินแดง-ท่าเรือ สายบางนา-ท่าเรือ และสายดาวคะนอง-ท่าเรือ

(2) ทางพิเศษศรีรัช แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

<u>ส่วนแรก</u> เริ่มจากบริเวณถนนแจ้งวัฒนะลงมาทางทิศใต้ผ่านถนนงามวงศ์วาน ถนนประชาชื่น ถนนรัชดาภิเษก ย่านสินค้าพหลโยธิน ถนนกำแพงเพชร เลียบคลองประปาสามเสนถึงบริเวณโรงกรองน้ำสามเสนแล้วเลี้ยวไปทางทิศตะวันออกผ่านถนนพหลโยธิน ถนนดินแดง ข้ามและเชื่อมต่อกับระบบทางด่วนขั้นที่1ที่บริเวณบึงมักกะสัน แล้วผ่านบึงมักกะสัน ผ่านถนนรัชดาภิเษก ไปสิ้นสุดที่ถนนพระราม 9 บริเวณสามแยกทางเข้า อสมท.

<u>ส่วนที่สอง</u> เริ่มต้นจากบริเวณโรงกรองน้ำสามเสน(ต่อเนื่องจากส่วนแรก) ลงมาทางทิศใต้ตามถนนพระราม6 ผ่านถนนราชวิถี ถนนศรีอยุธยา ถนนเพชรบุรีบริเวณอุรุพงษ์ ถนนพระราม1 ถนนพระราม4 ถนนมหานคร ถนนสี่พระยา ถนนสุรวงศ์ ถนนสีลม ถนนสาทร ถนนจันทร์ และมาบรรจบกับระบบทางด่วนขั้นที่1บริเวณบางโคล่

(3) ทางพิเศษฉลองรัช เริ่มต้นจากจุดเชื่อมต่อทางด่วนขั้นที่1 สายบางนา-ท่าเรือ ที่บริเวณถนนอาจณรงค์ ขึ้นมาทางเหนือผ่านถนนสุขุมวิท ถนนพัฒนาการ ถนนรามคำแหง เชื่อมต่อกับทางด่วนขั้นที่2 ที่บริเวณถนนพระราม9 ผ่านถนนลาดพร้าว และไปสิ้นสุดที่ถนนรามอินทรา กิโลเมตรที่ 5.5 ซึ่งโครงสร้างทางด่วนนี้จะอยู่ในถนนประดิษฐ์มนูธรรม

(4) โครงการรถไฟฟ้าระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพฯ เริ่มจากบริเวณสถานีขนส่งหมอชิตเดิมไปตามแนวถนนพหลโยธิน ผ่านอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ ไปตามถนนพญาไท จนถึงสี่แยกปทุมวันแล้วเลี้ยวซ้ายเข้าถนนพระราม1 ไปตามถนนเพลินจิตและถนนสุขุมวิทสิ้นสุดที่ซอยอ่อนนุช อีกส่วนหนึ่งเลี้ยวขวาบริเวณสี่แยกปทุมวัน ไปจนถึงสนามกีฬาแห่งชาติ มีอีกส่วนหนึ่งจากบริเวณแยกราชประสงค์ ไปตามถนนราชดำริ ถนนสีลม เลี้ยวซ้ายเข้าถนนนราธิวาสราชนครินทร์ แล้วเลี้ยวขวาเข้าถนนสาทรเหนือสิ้นสุดที่สะพานตากสิน

(5) ทางยกระดับอุตราภิมุข โครงสร้างทางยกระดับตั้งอยู่ตามแนวถนนวิภาวดีรังสิต ไปจนถึงดินแดง

โครงการรถไฟฟ้าใต้ดินในกรุงเทพมหานคร

แนวอุโมงค์ของโครงการรถไฟฟ้ามหานคร(การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย, ออนไลน์)สายเฉลิมรัชมงคลอยู่ตามแนวถนนพระราม4 เริ่มจากบริเวณสถานีรถไฟหัวลำโพง ผ่านแยกสามย่าน แยกสีลม แยกสาทร จากนั้นเลี้ยวซ้ายเข้าถนนรัชดาภิเษกที่แยกคลองเตย ผ่านหน้าศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ ผ่านแยกอโศก-สุขุมวิท แยกอโศก-เพชรบุรี แยกพระราม9 แยก

ห้วยขวาง แยกสุทธิสาร แล้วเลี้ยวซ้ายเข้าถนนลาดพร้าวที่แยกรัชดา-ลาดพร้าว ตรงไปผ่านปากทางลาดพร้าวเข้าสู่ถนนพหลโยธิน ผ่านหน้าสวนจตุจักร สถานีขนส่งหมอชิตเดิม แล้วเลี้ยวขวาเข้าถนนกำแพงเพชรผ่านหน้าองค์การตลาดเพื่อเกษตรกร(อตก.) ไปสิ้นสุดที่สถานีรถไฟบางซื่อ รวมระยะทางประมาณ 20 กิโลเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในอุโมงค์ 5.7 เมตรและผนังอุโมงค์หนา 0.30 เมตร

นอกจากนี้ในอนาคตอาจจะมีการก่อสร้างโครงการรถไฟฟ้าสายสีส้มซึ่งอยู่ในแผนแม่บทรถไฟฟ้า ช่วงบางกะปิ-ราษฎร์บูรณะซึ่งมีแนวเส้นทางเริ่มจากบางกะปิ ผ่านลำสาลี รามคำแหง ห้วยขวาง ดินแดง อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ สวนสัตว์ดุสิต สามเสน หอสมุดแห่งชาติ อนุสาวรีย์ประชาธิปไตย เฉลิมกรุง วงเวียนใหญ่ บางปะแก้วแล้วสิ้นสุดที่ราษฎร์บูรณะบริเวณถนนพระราม9 รวมระยะทางใต้ดิน 28.1 กิโลเมตรและทางยกระดับ 6.5 กิโลเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในอุโมงค์ 5.7 เมตรและ 10.5 เมตร เนื่องจากเป็นอุโมงค์คู่รางเดี่ยวและอุโมงค์เดี่ยวรางคู่ตามลำดับ ความลึกของอุโมงค์ประมาณ 15-25 เมตร

การวางตัวของชั้นดินต่าง ๆในพื้นที่กรุงเทพฯ

การวางตัวของชั้นดินในกรุงเทพฯ (Amarasinghe,1992) เป็นดังต่อไปนี้

(1) รูปตัดตามขวางแนวเหนือ-ใต้(ด้านตะวันออก) เป็นแนวรูปตัดผ่านรังสิต ดอนเมือง บางเขน ลาดพร้าวและซอยสุขุมวิท27

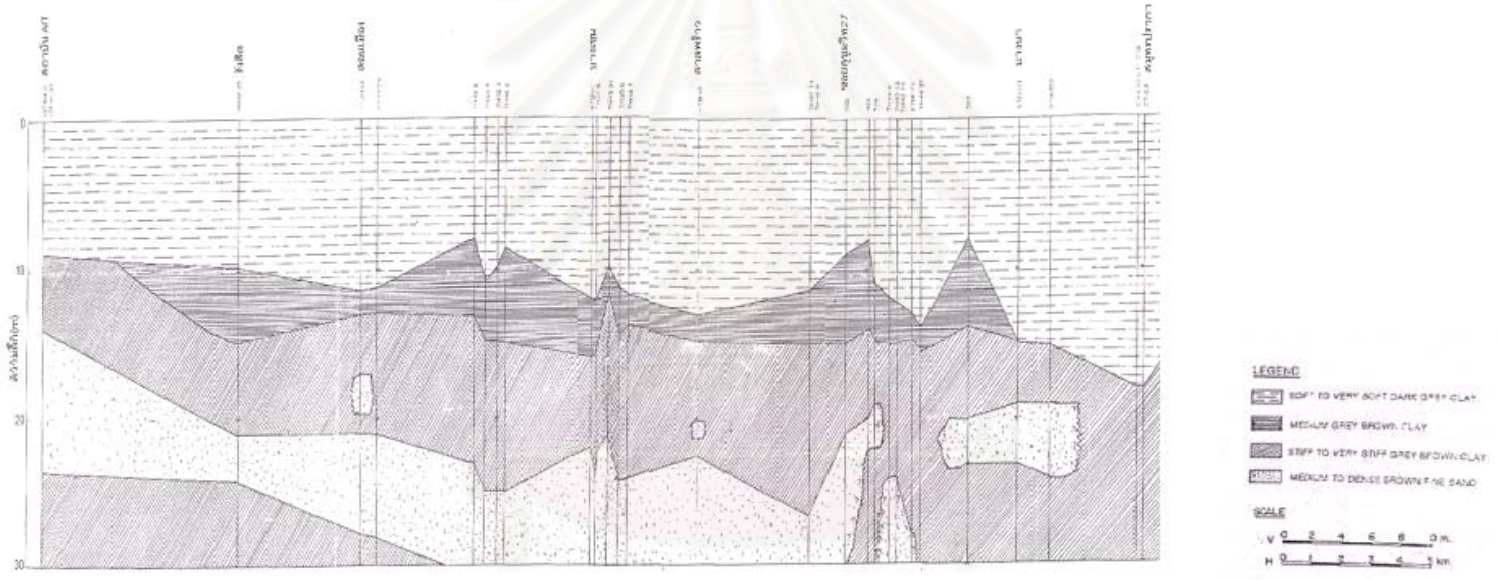
(2) รูปตัดตามขวางแนวเหนือ-ใต้(ตอนกลาง) เป็นแนวรูปตัดผ่านบางเขน คลองประปา ถนนประดิพัทธ์ อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ ปทุมวัน ถนนเย็นอากาศและดาวคะนอง

(3) รูปตัดตามขวางแนวเหนือ-ใต้(ด้านตะวันตก) เป็นแนวรูปตัดผ่านบางขุนพรม สะพานพุทธ ปิ่นเกล้าและธนบุรี

(4) รูปตัดตามขวางแนวตะวันตก-ตะวันออก(ตอนบน) เป็นรูปตัดผ่านนนทบุรี คลองประปา บางเขนและมีนบุรี

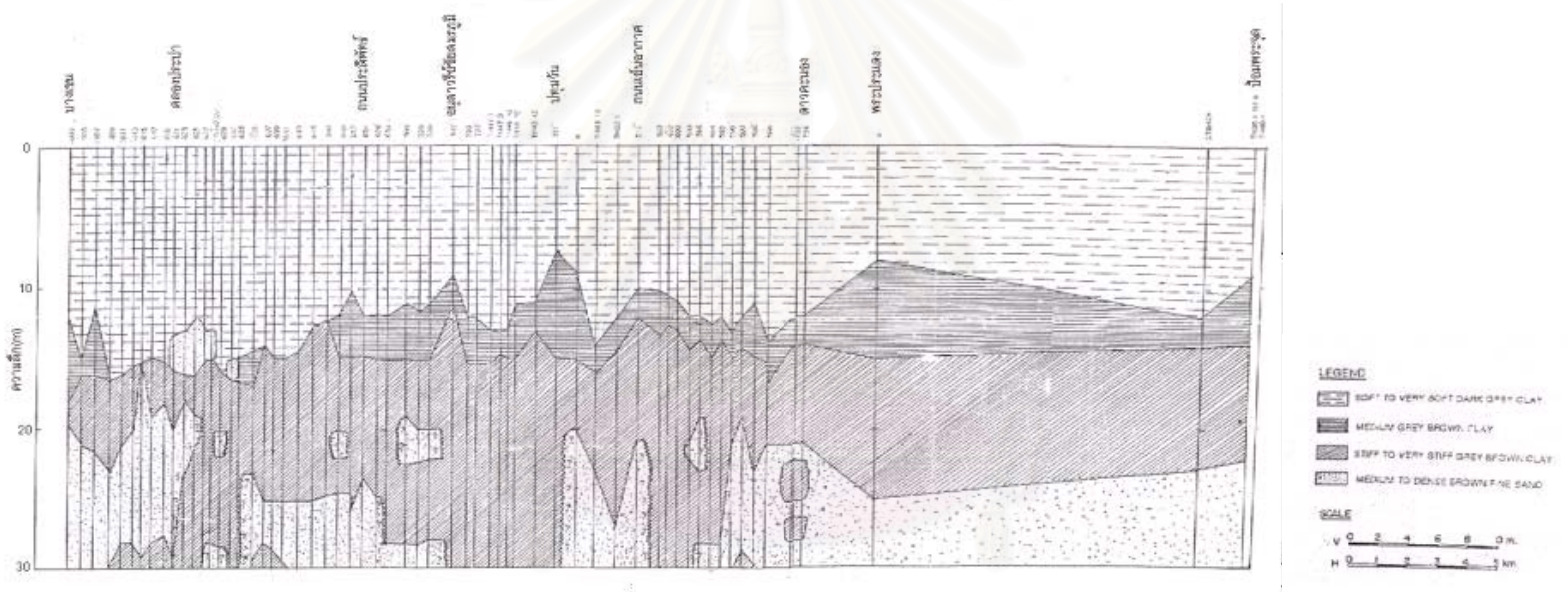
(5) รูปตัดตามขวางแนวตะวันตก-ตะวันออก(ตอนกลาง) เป็นแนวรูปตัดจากหนองแขมผ่านบางบอน ธนบุรี ซอยคลองวัด ถนนสาธุประดิษฐ์ บางกระเจ้านอก เพลินจิต ซอยสุขุมวิท18 วัดกิ่งแก้วและหนองงูเห่า

(6) ลักษณะการวางตัวของดินบริเวณริมแม่น้ำเจ้าพระยาบริเวณริมแม่น้ำเจ้าพระยาฝั่งพระนครแนวตะวันตกไปตะวันออก(วสท,2520)



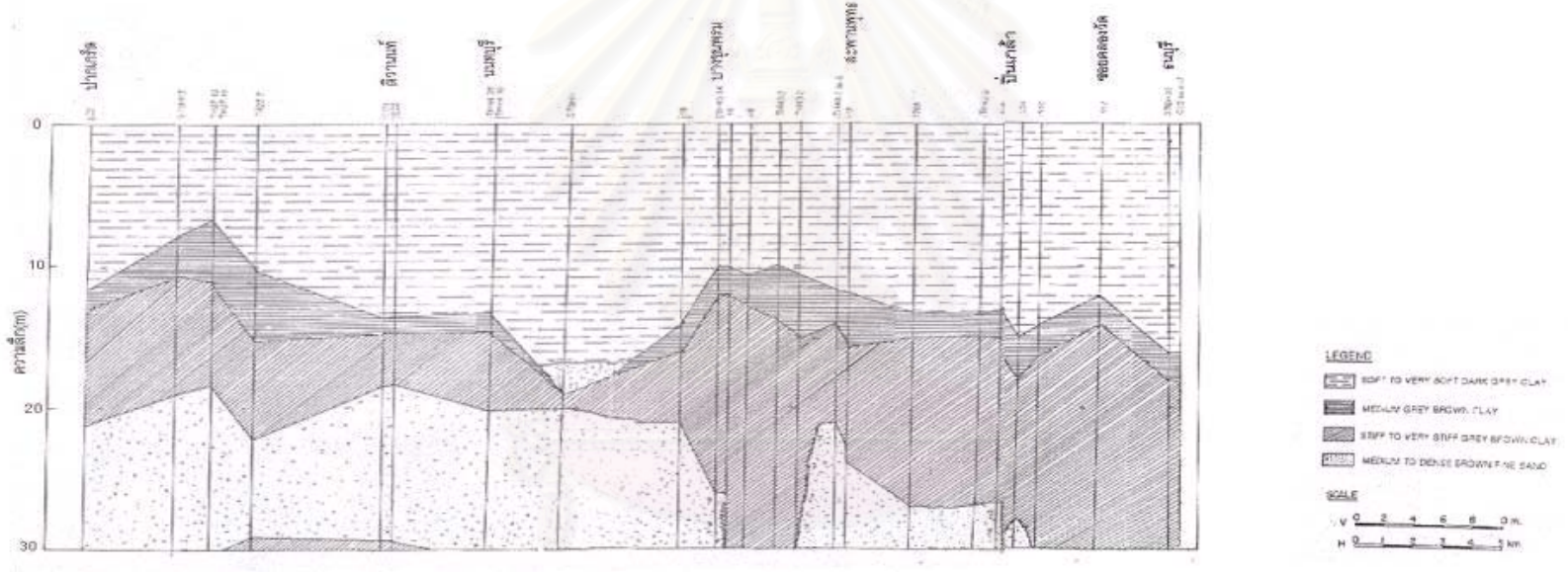
รูปแนวตัดขวางเหนือ-ใต้ฝั่งตะวันออกของกรุงเทพฯ(Amarasinghe, 1992)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



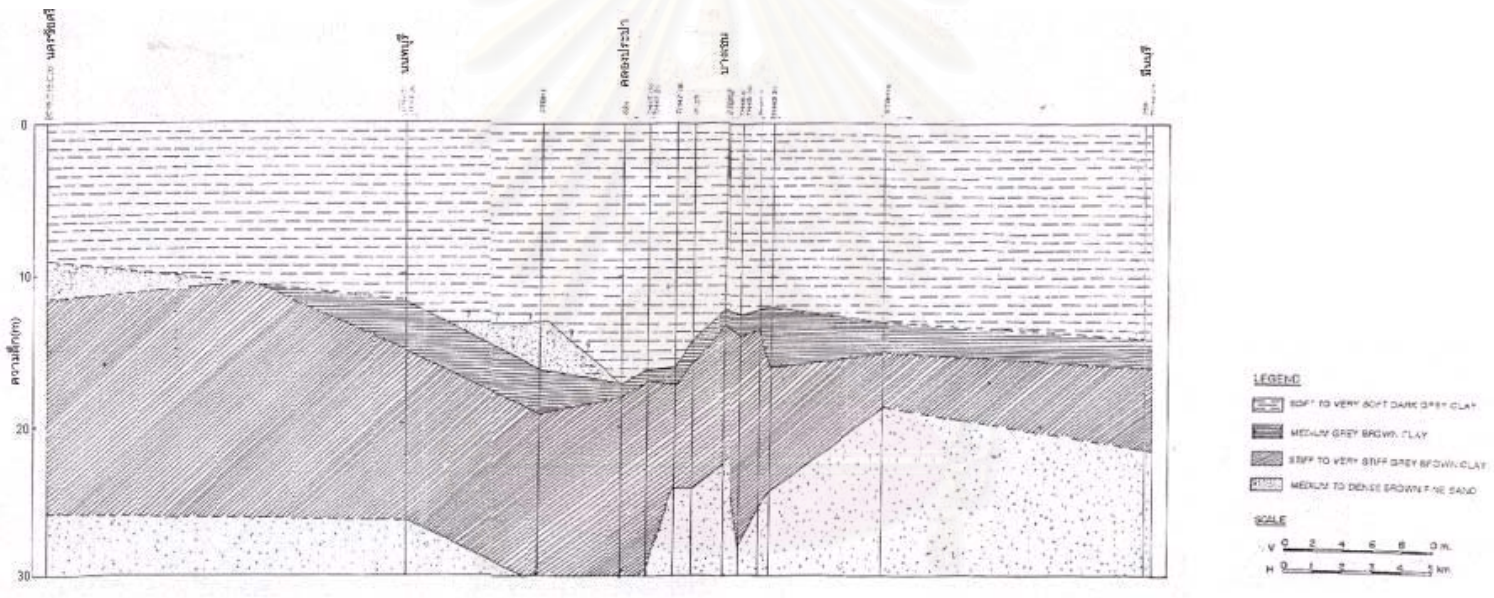
รูปแนวตัดขวางเหนือ-ใต้ตอนกลางของกรุงเทพฯ(Amarasinghe, 1992)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



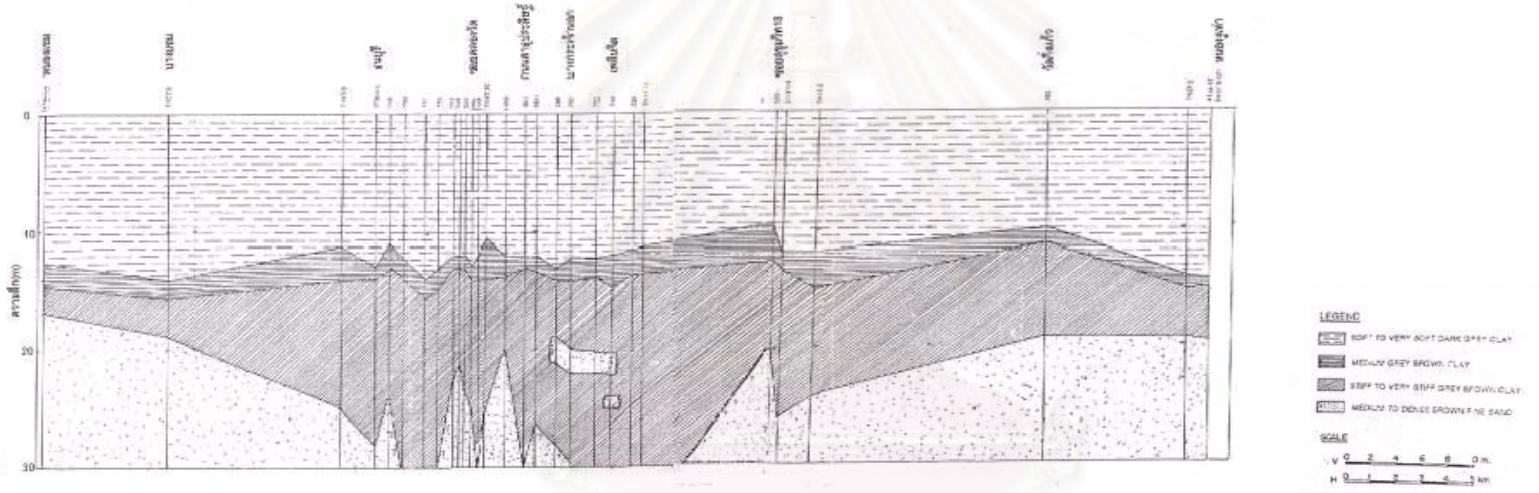
รูปแนวตัดขวางเหนือ-ใต้ฝั่งตะวันตกของกรุงเทพฯ(Amarasinghe, 1992)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



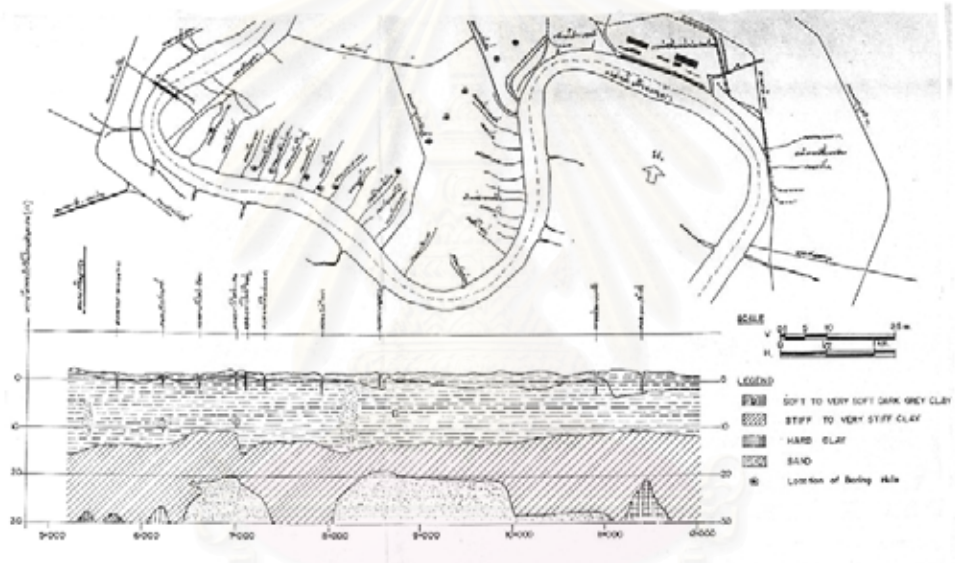
รูปแนวตัดขวางตะวันตก-ตะวันออกตอนบนของกรุงเทพฯ(Amarasinghe, 1992)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปแนวตัดขวางตะวันตก-ตะวันออกตอนกลางของกรุงเทพฯ(Amarasinghe, 1992)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปแนวตัดขวางบริเวณริมแม่น้ำเจ้าพระยาในเขตกรุงเทพฯ(วสท, 2520)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คุณสมบัติของชั้นดินในกรุงเทพฯ

ดินชั้นบนมีความหนาประมาณ 1-2 เมตร เป็นดินที่มีสีเทา อ่อนร่วนและมีอินทรีวัตถุปะปน ดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯจัดเป็นดินประเภท CH เป็นดินที่มีแรงเชื่อมแน่น มีสภาพพลาสติก แต่สมบัติทางด้านการไหลซึมไม่ดีเนื่องจากเม็ดดินเหนียวมีขนาดเล็ก เมื่อพิจารณาค่าดัชนีความเหลว(LI)ของดินเหนียวอ่อน ซึ่งมีค่ามากกว่า 1 จึงจัดเป็นดินที่มีความไว(sensitivity) ลักษณะของดินที่มีความไวจะมีการเปลี่ยนสมบัติกำลังการรับแรงเฉือนได้ง่ายเมื่อดินถูกรบกวนและเปลี่ยนไปในทางที่ด้อยลง ค่าความไวคำนวณจาก ความแข็งแรงอัดแบบอิสระจากตัวอย่างที่ไม่ถูกรบกวนหารด้วยความแข็งแรงอัดแบบอิสระจากตัวอย่างที่ถูกรบกวนและเปลี่ยนสภาพ

ตารางคุณสมบัติของดินประเภทต่างๆในเขตกรุงเทพฯ

ชั้นดิน	Wn(%)	LL(%)	PL(%)	PI(%)	LI	γt (t/m2)
ดินชั้นบน	30-100	30-90	20-35	15-50	0.2-2.0	1.55-1.90
ดินเหนียวอ่อน	40-90	40-90	20-40	20-60	0.2-2.0	1.45-1.75
ดินเหนียวแข็ง	15-40	25-90	15-40	10-50	-.25-.50	1.80-2.15

(ที่มา : Kerdsuwan,1983)

ตารางการจำแนกความไวของดิน

การจำแนกความไว	ความไว
ดินเหนียวที่ไม่มีความไว(Insensitive Clay)	<2
ดินเหนียวที่มีความไวอยู่ในขั้นปานกลาง	2-4
ดินเหนียวที่มีความไว(Sensitive Clay)	4-8
ดินเหนียวที่มีความไวสูง(Very Sensitive Clay)	8-16
ดินเหนียวที่มีความไวสูงมาก(Quick Clay)	>16

(ที่มา : Bowles, 1979)

ดินเหนียวอ่อนมีแนวโน้มที่ค่าปริมาณความชื้นตามธรรมชาติจะลดลงตามความลึกและค่าหน่วยน้ำหนัก(Total unit weight) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึก(Kerdsuwan,1983) การทรุดตัวของดินเหนียวอ่อนเมื่อมีแรงมากระทำจะทำให้ความดันน้ำในโพรงดินเพิ่มขึ้น (Excess pore pressure) และเกิดการทรุดตัวแบบอัดตัวคายน้ำ (Consolidation Settlement) และครีพ (Creep)ตามมาซึ่งการทรุดตัวของดินเหนียวจะเป็นแบบการทรุดตัวที่ขึ้นกับเวลา

ดินเหนียวแข็งชั้นแรกจัดเป็นดินประเภท CL และ CH และเป็นดินที่ไม่มีความไว เนื่องจากดัชนีความเหลวมีค่าใกล้ศูนย์หรือติดลบดังนั้นเมื่อดินถูกรบกวนจะไม่เปลี่ยนสมบัติกำลังการรับแรงเฉือน คุณสมบัติต่างๆของดินเหนียวแข็งชั้นแรกกรุงเทพฯในบางบริเวณแสดงในตารางด้านล่าง

ตารางคุณสมบัติของดินเหนียวแข็งชั้นแรกกรุงเทพฯ

บริเวณ	พิกัด Atterberg			หน่วยน้ำหนัก (t/m2)	หน่วยแรงเฉือนไม่ระบายน้ำ(t/m2)	ค่า N (จำนวนครั้ง/ฟุต)
	PL	LL	Wn			
บางเขน	16-23	42-62	21-34	1.85-2.07	10.9-16	20-35
ปทุมวัน	17-35	28-86	18-44	1.8-2.07	5.4-18.8	16-22
ลาดพร้าว	15-38	38-88	18-54	1.81-2.1	5.2-26	18-40
บางกอกน้อย	10-35	27-88	15-36	1.85-2.23	10-24	16-24
คลองเตย	19-27	49-90	20-37	1.81-2.05	5-18	15-24
มักกะสัน	19-37	34-90	17-38	1.76-2.17	5-32	10-14
ลาดกระบัง	19-26	44-84	21-40	1.8-2.0	5.1-17.9	17-23
ธนบุรี	17-37	37-86	19-49	1.81-2.03	5.2-37	18-21

(ที่มา : Amarasinghe,1992)

ค่าปริมาณความชื้นตามธรรมชาติและค่าหน่วยน้ำหนักของดินเหนียวแข็งชั้นแรกจะไม่ค่อยแตกต่างกันตามความลึก(Kerdsuwan,1983) และเมื่อพิจารณาตามตารางด้านล่าง ดินส่วนใหญ่ในตารางด้านบนจัดเป็นดินเหนียวที่แข็งมาก

ตารางค่าระดับความแข็งแรงของดิน

ค่า N	ความแข็งแรงของดินเหนียว
<2	อ่อนมาก(บีบให้ลอดออกจากนิ้วได้ง่าย)
2-4	อ่อน(เปลี่ยนรูปร่างได้ง่ายเมื่อใช้นิ้วบีบ)
4-8	แข็งปานกลาง(เปลี่ยนรูปร่างเมื่อใช้นิ้วบีบ)
8-15	แข็ง(กดลงได้ด้วยนิ้วหัวแม่มือด้วยกำลัง)
15-30	แข็งมาก(ขีดด้วยเล็บหัวแม่มือได้โดยง่าย)
>30	แข็งที่สุด(ขีดด้วยเล็บหัวแม่มือได้ลำบาก)

(ที่มา : Terzaghi and Peck,1967)

ภาคผนวก ฉ

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หลักการ Pairwise Comparison

เป็นการวิเคราะห์ความสำคัญโดยทำการเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยภายใต้วัตถุประสงค์ของปัญหา(วิฑูรย์, 2536) ดังตาราง

ตารางการเปรียบเทียบปัจจัยต่างๆ ภายใต้วัตถุประสงค์ของปัญหา

วัตถุประสงค์	ปัจจัยที่ 1	ปัจจัยที่ 2	ปัจจัยที่ n	น้ำหนัก
ปัจจัยที่ 1	1	a_{12}	a_{1n}	W_1
ปัจจัยที่ 2	$1/a_{12}$	1	a_{2n}	W_2
⋮				
ปัจจัยที่ n	$1/a_{1n}$	$1/a_{2n}$	1	W_n

โดยที่ a_{ij} คือค่าความสำคัญของปัจจัยที่ i เมื่อเปรียบเทียบกับปัจจัยที่ j ภายใต้วัตถุประสงค์ของปัญหา

W_i คือค่าน้ำหนักของปัจจัย i ภายใต้วัตถุประสงค์ของปัญหา

แนวเส้นทะแยงมุมของเมตริกซ์จะประกอบด้วยตัวเลข 1 เท่านั้น เนื่องจากเป็นการเปรียบเทียบความสำคัญกับตัวปัจจัยเอง ส่วนพื้นที่ที่อยู่เหนือเส้นทะแยงมุมจะเป็นการเปรียบเทียบระหว่าง 2 ปัจจัย ส่วนพื้นที่ที่อยู่ใต้เส้นทะแยงมุมจะเป็นค่าต่างตอบแทนของค่าที่อยู่เหนือเส้นทะแยงมุม

ค่าน้ำหนักคำนวณจากการเอาค่าของหลักในเมตริกซ์หารด้วยผลรวมของทุกค่าในหลักนั้น จากนั้นหาผลรวมในแนวนอนของเมตริกซ์แล้วหารด้วยจำนวนปัจจัยที่พิจารณา จากการหาค่าน้ำหนักของปัจจัยจะทำให้ทราบว่าปัจจัยใดมีความสำคัญมากกว่ากันภายใต้วัตถุประสงค์เดียวกัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หลักการ Rank Weighting Technique

เป็นวิธีที่นำคุณลักษณะมาจัดเรียงตามลำดับความสำคัญ(ศตรัฐ, 2541) โดยเรียงคุณลักษณะที่มีความสำคัญมากที่สุดไว้ในลำดับแรก ส่วนคุณลักษณะที่มีความสำคัญรองลงไปก็จัดเรียงในลำดับถัดไป จนกระทั่งถึงคุณลักษณะที่มีความสำคัญน้อยที่สุดซึ่งจัดเรียงไว้ในลำดับสุดท้าย เมื่อจัดเรียงคุณลักษณะตามลำดับความสำคัญแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการกำหนดความสำคัญให้แก่คุณลักษณะ ซึ่งมีวิธีการกำหนด 2 แบบคือ

1. Rank Sum Weight มีขั้นตอนการให้ความสำคัญดังนี้

(1) กำหนดค่า Inverse Rank ให้กับคุณลักษณะ ซึ่งตัวเลขที่กำหนดให้คือ ค่าส่วนกลับของลำดับที่ตามความสำคัญของคุณลักษณะ โดยคุณลักษณะที่มีความสำคัญในลำดับสุดท้ายจะมีค่าความสำคัญเท่ากับ 1

(2) แปลงค่า Inverse Rank ให้เป็นค่าปกติ โดยนำค่า Inverse Rank แต่ละค่าหารด้วยผลรวมของค่า Inverse Rank

ค่า Inverse Rank ของแต่ละคุณลักษณะเมื่อแปลงให้เป็นค่าปกติแล้วเรียกว่า Rank Sum Weight

2. Rank Reciprocal Weight มีขั้นตอนการให้ความสำคัญดังนี้

(1) กำหนดค่า Normal Rank ให้กับคุณลักษณะ ซึ่งตัวเลขที่กำหนดให้คือค่าของลำดับที่ความสำคัญของคุณลักษณะนั้น โดยคุณลักษณะที่มีความสำคัญในลำดับแรกจะมีค่าความสำคัญเท่ากับ 1

(2) คำนวณหาค่า Reciprocal ของค่า Normal Rank โดยนำค่า Normal Rank แต่ละค่าไปหาร 1

(3) แปลงค่า Reciprocal ให้เป็นค่าปกติ โดยการนำค่า Reciprocal แต่ละค่าหารด้วยผลรวมของค่า Reciprocal ทั้งหมด

ค่า Reciprocal ของแต่ละคุณลักษณะเมื่อแปลงให้เป็นค่าปกติแล้วเรียกว่า Rank Reciprocal Weight

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายธนพงศ์ รอดทอง เกิดวันที่ 13 พฤศจิกายน พ.ศ.2521 ที่กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ.2542 เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปี พ.ศ.2543 ปัจจุบันทำงานที่การประปาส่วนภูมิภาค ตำแหน่งวิศวกร 4 งานวิศวกรรมโครงสร้าง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย