

## การศึกษาเปรียบเทียบเทคนิคงานวางท่อประปาโดยวิธีดันท่อลอดของการประปาส่วนภูมิภาค A Comparative Study of Pipe Jacking Techniques of the Provincial Waterworks Authority

ศราวุฒิ ก่องใจถาวร ชีระเวชญานัน และกองกฤษณ์ โคชัยวัฒน์\*

### บทคัดย่อ

เนื่องมาจากปัญหาการจราจรหนาแน่นและสภาพพื้นที่ที่จำกัดในตัวเมืองของบางจังหวัด การประปาส่วนภูมิภาคจึงได้นำการก่อสร้าง งานวางท่อประปาโดยวิธีดันท่อลอด (pipe jacking) มาใช้เพื่อบรรเทาความเดือดร้อนของประชาชนในพื้นที่ที่มีการก่อสร้างงานวิจัยนี้ได้นำเสนอการศึกษาเปรียบเทียบรูปแบบการก่อสร้างงานวางท่อประปาโดยวิธีดันท่อลอด 3 รูปแบบได้แก่ 1) การดันท่อปลอกคอนกรีตแล้วร้อยด้วยท่อประปา 2) การดันท่อเหล็กเหนียว 2 ชั้นและ 3) การดันท่อกอนกรีตที่มีท่อเหล็กเป็นท่อวงใน ซึ่งผู้วิจัยได้วิเคราะห์ปัญหา อุปสรรคขณะทำการก่อสร้างที่มีผลกระทบต่อต้นทุนและเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของงานวางท่อประปาโดยวิธีดันท่อลอดทั้ง 3 รูปแบบ

จากผลการศึกษาพบว่า ด้านระยะเวลาในการก่อสร้างรูปแบบการดันท่อกอนกรีตที่มีท่อเหล็กเป็นท่อวงในใช้เวลาในการดันท่อเร็วที่สุด เนื่องจากไม่ต้องเสียเวลาในการเชื่อมรอยต่อเพราะท่อปลอกคอนกรีตเชื่อมต่อกันด้วยข้อต่อแบบบารับ ด้านต้นทุนการก่อสร้าง รูปแบบการดันท่อเหล็กเหนียว 2 ชั้นใช้ต้นทุนน้อยที่สุดเนื่องจากมีขั้นตอนการทำงานน้อย ด้านประสิทธิภาพการก่อสร้างรูปแบบการดันท่อกอนกรีตที่มีท่อเหล็กเป็นท่อวงในมีความแม่นยำในการดันท่อสูง สามารถปรับแนวได้ง่ายทำให้ดันท่อในแนวโค้งได้ดีกว่ารูปแบบอื่น การศึกษานี้เป็นประโยชน์ในการพิจารณาเลือกรูปแบบการก่อสร้างงานวางท่อประปาของการประปาส่วนภูมิภาคต่อไป

**คำสำคัญ :** วิธีดันท่อลอด, ท่อกอนกรีตที่มีท่อเหล็กเป็นท่อวงใน, ข้อต่อแบบบารับ

### Abstract

Because of the traffic problem and physical conditions of the high population zones in some provinces, pipe jacking techniques are adopted by the Provincial Waterworks Authority (PWA) in order to mitigate the problems caused by the waterwork projects in the congested areas. This research studied and compared three types of pipe jacking construction projects, i.e. 1) steel pipe with concrete sleeve pipe 2) Steel Concentric Double Cylinder Pipe, and 3) reinforced concrete pressure pipe. Data of the pipe jacking construction time, cost, and the problems in the jacking activities of each technique are summarized.

The result of the research showed that reinforced concrete pressure pipe could be installed with the shortest construction time because of its non-welding connections. The inner connections of concrete sleeves were done by the push-on connectors. The cost of construction of the Steel Concentric Double Cylinder Pipe (SCP) is minimal because there are fewer construction steps. Concerning on the efficiency of installation, reinforced concrete pressure pipe is the best one, because it could be installed accurately and issuitable to install in a curve path. This research is very useful for PWA in selecting the right jacking technique for a job.

**Keywords :** pipe Jacking, reinforced concrete pressure pipe, push-on

\*นักศึกษานิเทศศาสตร์ สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

\*อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

\*อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

## 1. บทนำ

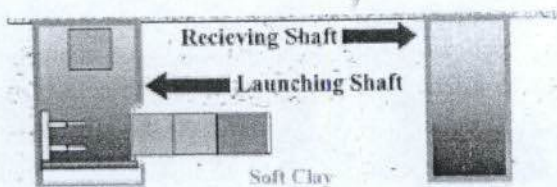
การประปาส่วนภูมิภาค (กปภ.) มีโครงการก่อสร้างวางท่อประปาในแต่ละเขตจังหวัดที่มีการขยายตัวของประชากรอย่างรวดเร็ว ในโครงการปรับปรุงกิจการประปาแผนยุทธศาสตร์ ฉบับที่ 1 (พ.ศ.2550-2554) ซึ่งจะต้องทำการก่อสร้างวางท่อประปาในบริเวณพื้นที่ที่มีการจราจรหนาแน่น ที่ผ่านมาโครงการดังกล่าวมักจะประสบปัญหาการขออนุญาตจากหน่วยงานเจ้าของพื้นที่ซึ่งส่วนมากจะแจ้งให้การประปาส่วนภูมิภาคเปลี่ยนแปลงวิธีการก่อสร้างงานวางท่อประปาจากวิธีการขุดวางเป็นวิธีการดันท่อลอด (Pipe Jacking) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีวางท่อโดยไม่ต้องขุดเปิดร่องดินเป็นวิธีที่สะดวก สามารถแก้ปัญหาการก่อสร้างวางท่อในพื้นที่ที่มีการจราจรหนาแน่นในตัวเมืองได้[3]

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปัญหาและอุปสรรคขณะทำการก่อสร้างที่มีผลกระทบต่อต้นทุนและเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของการก่อสร้างงานวางท่อประปาโดยวิธีดันท่อลอด (Pipe Jacking) ใน 3 รูปแบบเพื่อเป็นแนวทางการพิจารณาเลือกรูปแบบการก่อสร้างงานวางท่อประปา

## 2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 การดันท่อลอด (Pipe Jacking)

เป็นการวางท่อโดยใช้แม่แรงซึ่งติดตั้งในบ่อดัน (Launching Shaft) ยันต่อกับผนังบ่อให้ท่อทั้งเส้น เคลื่อนไปตามแนวที่ต้องการเพื่อไปโผล่ยังบ่อรับ (Receiving Shaft) ที่อยู่ถัดไปข้างหน้าซึ่งจะนับเป็น 1 รอบของการดันท่อดังรูปที่ 1[1]

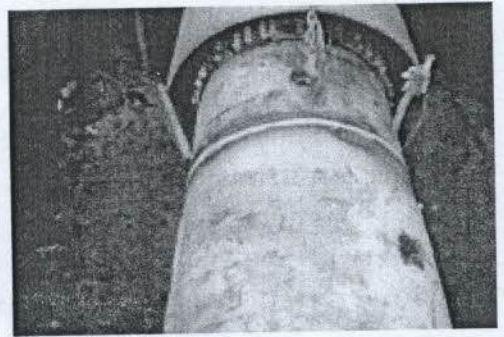


รูปที่ 1 การดันท่อลอดจากบ่อดัน (Launching Shaft) ไปยังบ่อรับ (Receiving Shaft)[1]

### 2.2 รูปแบบการดันท่อลอด

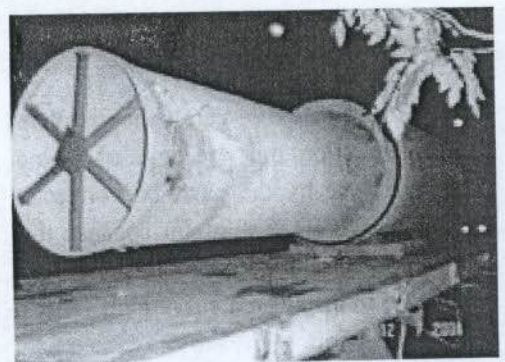
ในการก่อสร้างงานวางท่อประปาโดยวิธีดันท่อลอดของการประปาส่วนภูมิภาค ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อตั้งแต่ 1,000 มม.ขึ้นไปนั้น มี 3 รูปแบบ คือ

1. รูปแบบการดันท่อปลอกคอนกรีตแล้วร้อยด้วยท่อประปาที่หุ้มอยู่ภายนอกจะมีความแข็งแรงจึงไม่ต้องออกแบบท่อประปา ให้รับแรงดันจากภายนอกท่อดังรูปที่ 2



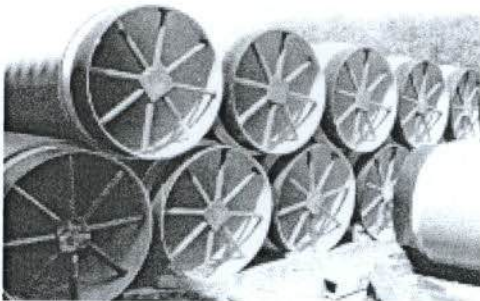
รูปที่ 2 รูปตัดของท่อรูปแบบการดันท่อปลอกคอนกรีตแล้วร้อยด้วยท่อประปา

2. รูปแบบการดันท่อเหล็กเหนียวสองชั้น ใช้สำหรับงานดันท่อที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 1,000 มม.ขึ้นไปซึ่งคนสามารถเข้าไปทำการเชื่อมรอยต่อของท่อแต่ละท่อนและซ่อมแซมท่อบนพื้นที่เสียหายในระหว่างการก่อสร้างได้และจะต้องมีการทดสอบรอยเชื่อมโดยวิธีใช้รังสีทุกครั้งก่อนเริ่มการดันท่อต่อไปดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 รูปตัดของท่อรูปแบบการดันท่อเหล็กเหนียวสองชั้น

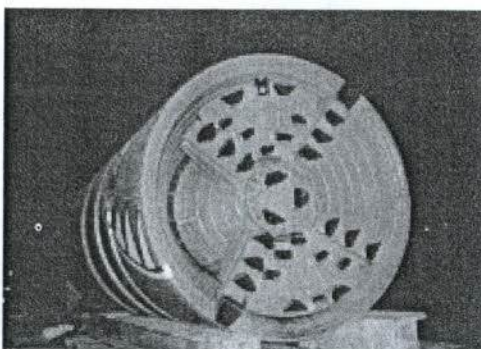
3. รูปแบบการดันท่อคอนกรีตที่มีท่อเหล็กเป็นท่อวงในใช้สำหรับงานดันท่อที่มีขนาดใหญ่มากตั้งแต่ 1,000 มม. ขึ้นไปซึ่งคนสามารถเข้าไปทำการเชื่อมรอยต่อของท่อแต่ละท่อนได้ ดังรูปที่ 4 ในการเชื่อมรอยต่อท่อนั้นสามารถปรับมุมที่ข้อต่อท่อแต่ละท่อนได้ประมาณ 0.5 องศา จึงทำให้รูปแบบนี้สามารถดันท่อในแนวโค้งได้



รูปที่ 4 รูปตัดของท่อรูปแบบการดันท่อคอนกรีตที่มีท่อเหล็กเป็นท่อวงใน

### 2.3 หัวเจาะ ( Shield )

หัวเจาะในปัจจุบันที่การประปาส่วนภูมิภาคใช้เป็นแบบปิดหน้า (Slurry Shield) ดังรูปที่ 5 ซึ่งใช้ในการเจาะดินทรายที่อยู่ใต้ระดับน้ำใต้ดินหรือดินเหนียวอ่อนได้ดี ใช้กับการดันท่อที่มีขนาด 1,000 มม. ขึ้นไปและสามารถดันท่อได้ในระยะทางที่ยาวการลำเลียงดินออกจากท่อนั้นใช้วิธีปั๊มดินออกทางท่อขนดินซึ่งอยู่ท้ายของหัวเจาะ [4]



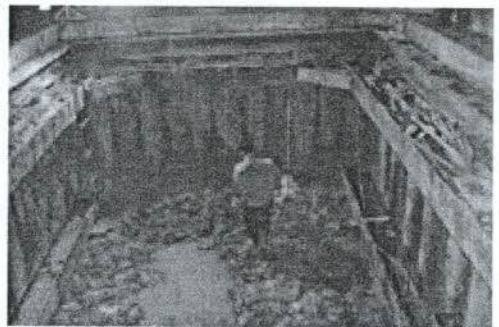
รูปที่ 5 หัวเจาะแบบปิดหน้า Slurry Shield [4]

### 2.4 บ่อดันและบ่อรับ

ในการก่อสร้างงานวางท่อประปาโดยวิธีดันท่อตลอด ต้องมีการก่อสร้างบ่อดันเพื่อทำการติดตั้งแม่แรงดันท่อและบ่อรับเพื่อเชื่อมต่อท่อและป้องกันไม่ให้แนวท่อที่ดันเกิดการคลาดเคลื่อนมากเกินไป

การประปาส่วนภูมิภาคได้กำหนดรูปแบบการก่อสร้างบ่อดันและบ่อรับไว้ 3 รูปแบบ ดังนี้

1. บ่อดันและบ่อรับ แบบใช้เข็มพืด (Sheet Pile) เป็นบ่อชั่วคราวสามารถรื้อถอนได้หลังจากการดันท่อเสร็จแล้วดังรูปที่ 6



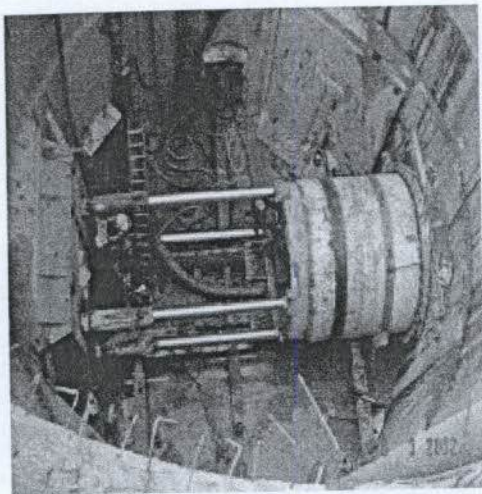
รูปที่ 6 บ่อดันและบ่อรับแบบใช้เข็มพืด (Sheet Pile)

2. บ่อดันและบ่อรับแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก (คสล.) รูปร่างของบ่อดันและบ่อรับส่วนใหญ่จะเป็นรูปสี่เหลี่ยมแต่อาจจะเป็นรูปวงกลมหรือรูปร่างอื่นก็ได้ตามความเหมาะสมดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 บ่อดันและบ่อรับแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก

3. บ่อคันและบ่อรับแบบบ่อเหล็กรูปวงกลมมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.70 เมตรทำด้วยแผ่นเหล็กหนา 3 มม. ประกอบขึ้นเป็นบ่อรูปวงกลมสูงชั้นละ 2.00 เมตรภายในค้ำยันด้วยคานเหล็ก H-Beam และแผ่นเหล็กเพื่อเพิ่มความแข็งแรงดังรูปที่ 8[3]



รูปที่ 8 บ่อคันและบ่อรับแบบบ่อเหล็กรูปวงกลม

## 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Phien-wej (ค.ศ.2002) กล่าวถึงประสบการณ์งานเจาะอุโมงค์ของประเทศไทยโดยการรวบรวมข้อมูลตลอดจนทำการศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลในช่วง 10 ปีที่ผ่านมางานเจาะอุโมงค์ที่เกิดขึ้น ได้แก่ งานเจาะอุโมงค์ในหินวิธีการขุดเจาะที่ใช้คือการเจาะด้วยระเบิดและติดตั้งค้ำยันโครงการที่สำเร็จลงไปได้ด้วยดี คือโครงการโรงไฟฟ้าได้ดินลำตะคองและงานเจาะอุโมงค์ในชั้นดินซึ่งส่วนใหญ่เกิดขึ้นในกรุงเทพฯโดยนิยมใช้หัวเจาะที่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย[5]

ชนะพงษ์โพธากุล (พ.ศ.2546) กล่าวว่าขนาดของบ่อคันขึ้นอยู่กับขนาดของหัวเจาะบ่อคันและเครื่องมือที่ใช้ในการคันบ่อส่วนขนาดของบ่อรับขึ้นอยู่กับขนาดของหัวเจาะเพียงอย่างเดียวนอกจากนี้บ่อคันจะต้องมีความแข็งแรงและมีพื้นที่ผนังกว้างเพียงพอที่จะรับแรงดันที่เกิดขึ้นจาก

การคันบ่อโดยไม่ก่อให้เกิดความเสียหายแก่บ่อคันบ่อคันแบบคอนกรีตเสริมเหล็กมีข้อดีกว่าบ่อคันแบบเข็มพืด (Sheet Pile) คือไม่ต้องมีการค้ำยันภายในบ่อให้เสียพื้นที่และกีดขวางการทำงาน จึงใช้พื้นที่การสร้างบ่อน้อยกว่าและสามารถป้องกันการเคลื่อนตัวของดินภายนอกบ่อได้ดีผนังบ่อมีความแข็งแรง โอกาสที่ถนนจะทรุดตัวเสียหายและเกิดปัญหาในการซ่อมแซมภายหลังจึงมีน้อยลงหรือหมดไป แต่มีข้อเสียคือ มีราคาแพงเพราะไม่สามารถรื้อถอนและนำไปใช้ใหม่ได้และใช้เวลาก่อสร้างนาน ดังนั้นการใช้บ่อคันแบบคอนกรีตเสริมเหล็กจึงควรออกแบบให้เกิดประโยชน์อย่างอื่นเช่นเป็นบ่อสำหรับติดตั้งประตูน้ำหรืออุปกรณ์อื่นๆหรือเป็นบ่อสำหรับการบำรุงรักษาเส้นทางในอนาคตเป็นต้น[2]

## 3. วิธีดำเนินงานวิจัย

ผู้วิจัยได้ศึกษารายละเอียดของวิธีการคันบ่อชนิดบ่อคัน บ่อรับ ที่ใช้ในการก่อสร้างงานวางท่อประปาโดยวิธีการคันบ่อตลอดของการประปาส่วนภูมิภาคโดยทำการศึกษางานวางท่อประปาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1,000–1,500 มม. ซึ่งมีอยู่ 3 รูปแบบ คือ 1)รูปแบบการคันบ่อปลูกคอนกรีตแล้วร้อยด้วยท่อประปา 2)รูปแบบการคันบ่อเหล็กเหนียวสองชั้น และ 3) รูปแบบการคันบ่อคอนกรีตที่มีท่อเหล็กเป็นท่อวงใน

### 3.1 กรณีศึกษา

โครงการที่ถูกคัดเลือกมาใช้ในการศึกษา คือ

1)โครงการปรับปรุงขยายท่อจ่ายน้ำจังหวัดชลบุรี ซึ่งมีการคันบ่อตลอดในรูปแบบการคันบ่อปลูกคอนกรีตแล้วร้อยด้วยท่อประปาโดยใช้ท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1,000 มม. ยาวท่อนละ 9.00 ม. ระยะคันบ่อทั้งหมด 1,340 ม.

2)โครงการปรับปรุงขยายท่อจ่ายน้ำจังหวัดปทุมธานี ซึ่งจะมีงานคันบ่อตลอดในรูปแบบคันบ่อเหล็กเหนียวสองชั้นเป็นท่อประปา โดยใช้ท่อเหล็กสองชั้นขนาด  $\varnothing$  1,200 มม.

ยาวท่อนละ 6 ม.ระยะคันตลอดทั้งหมด 1,130 ม.และรูปแบบคันท่อกอนกรีตที่มีท่อเหล็กเป็นท่อดูในโดยใช้ท่อขนาด 1,200 มม. ยาวท่อนละ 3 ม. ระยะคันท่อดูทั้งหมด 220 ม.

เนื่องจากโครงการของการประปาส่วนภูมิภาคซึ่งดำเนินการอยู่ในขณะที่ทำการวิจัยไม่มีการคันท่อดูในรูปแบบการคันท่อดูคอนกรีตแล้วร้อยด้วยท่อประปาซึ่งใช้ท่อขนาด 1,200 มม. ผู้วิจัยจึงไม่สามารถทำการเก็บข้อมูลจากงานที่ใช้ท่อขนาดเดียวกันได้ทั้งสามวิธี

### 3.2 วิธีการศึกษาวิจัย

1)รวบรวมเอกสารโครงการที่เกี่ยวข้องเอกสารสัญญาเอกสารด้านเทคนิคและเอกสารอื่นๆของแต่ละโครงการตามรูปแบบของการก่อสร้างงานวางท่อประปาโดยวิธีคันท่อดู

2)ทำการสังเกตหน้างานขณะก่อสร้างเพื่อรวบรวมข้อมูลรายละเอียดของวิธีการคันท่อดูชนิดท่อ บ่อดันและบ่อบริเวณปัญหาและอุปสรรค

3)ทำการถ่ายภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหวเพื่อนำมาประกอบการศึกษาวิจัย

4)ทำการสัมภาษณ์ผู้จัดการโครงการ ผู้ช่วยผู้จัดการโครงการและวิศวกรโครงการสอบถามเกี่ยวกับภาพรวมของการก่อสร้างขั้นตอนการทำงานปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นรวมถึงค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง

5)พิจารณาปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นต้นทุนในการก่อสร้างเปรียบเทียบปัญหา ข้อดี ข้อเสีย พร้อมทั้ง สรุปผลการวิจัยและเสนอแนะการก่อสร้างงานวางท่อประปาโดยวิธีการคันท่อดูที่เหมาะสม กับการการประปาส่วนภูมิภาค

### 4. ผลการวิจัย

จากการดำเนินการวิจัยรูปแบบการคันท่อดูของการประปาส่วนภูมิภาคทั้ง 3 รูปแบบ ได้ผลการวิจัยดังนี้

#### 4.1 รูปแบบการคันท่อดูคอนกรีต แล้วร้อยด้วยท่อประปา

ข้อมูลอัตราการทำงานในแต่ละกิจกรรมใน 1 รอบการคันท่อดูข้อมูลต้นทุน แสดงไว้ในตารางที่ 1 และ 2 ดังนี้

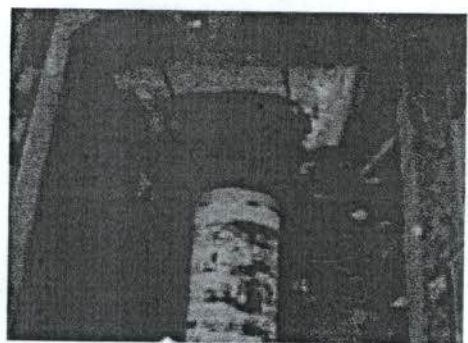
ตารางที่ 1 ระยะเวลาในการทำงานใน 1 รอบการคันท่อดูคอนกรีตแล้วร้อยด้วยท่อประปาขนาด  $\varnothing 1,000$  มม.

| กิจกรรม                                                                      | ระยะเวลา   |
|------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 1. ก่อสร้างบ่อดัน                                                            | 18 วัน     |
| 2. ก่อสร้างบ่อบริ                                                            | 5 วัน      |
| 3. คิดตั้งอุปกรณ์คันท่อดู                                                    | 7 วัน      |
| 4. คิดตั้งอุปกรณ์ร้อยใส่ท่อเหล็ก                                             | 2 วัน      |
| 5. คันท่อดูคอนกรีต(ท่อนละ 2.50 ม.)                                           | 16 วัน     |
| 6. การร้อยท่อประปา (ท่อนละ 9.00 ม.)                                          | 9 วัน      |
| 7. อัตราเฉลี่ยการคันท่อดูคอนกรีตแล้วร้อยด้วยท่อประปา $\varnothing 1,000$ มม. | 8 เมตร/วัน |

ตารางที่ 2 ต้นทุนรูปแบบการคันท่อดูคอนกรีตแล้วร้อยด้วยท่อประปาขนาด  $\varnothing 1,000$  มม.

| รายการ                          | ต้นทุนที่เบิกได้จาก BOQ*(บาท) |
|---------------------------------|-------------------------------|
| ค่าก่อสร้างบ่อดัน (บาท)         | 350,000                       |
| ค่าก่อสร้างบ่อบริ (บาท)         | 150,000                       |
| ค่าก่อสร้างคันท่อดู (บาท/เมตร)  | 30,200                        |
| รวมต้นทุนคันท่อดูใน 1 รอบ (บาท) | 6,540,000                     |

\*บัญชีแสดงปริมาณงานและราคา (Bill of Quality; BOQ)



รูปที่ 9 การร้อยท่อประปาเข้าไปในท่อดูคอนกรีต

#### 4.2 รูปแบบการดันท่อเหล็กเหนียวสองชั้น

ข้อมูลอัตราการทำงานในแต่ละกิจกรรมใน 1 รอบการดันท่อและข้อมูลต้นทุน แสดงไว้ในตารางที่ 3 และ 4 ดังนี้

ตารางที่ 3 ระยะเวลาในการทำงานใน 1 รอบการดันท่อเหล็กเหนียวสองชั้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1,200 มม.

| กิจกรรม                                                      | ระยะเวลา   |
|--------------------------------------------------------------|------------|
| 1. ก่อสร้างบ่อดัน                                            | 15 วัน     |
| 2. ก่อสร้างบ่อรับ                                            | 10 วัน     |
| 3. ติดตั้งอุปกรณ์ดันท่อ                                      | 10 วัน     |
| 4. อัตราเฉลี่ยการดันท่อเหล็กเหนียว 2 ชั้น (ท่อนละ 6.00 เมตร) | 6 เมตร/วัน |

ตารางที่ 4 ต้นทุนรูปแบบการดันท่อเหล็กเหนียวสองชั้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1,200 มม.

| รายการ                           | ต้นทุนที่เบิกได้จากBOQ* (บาท) |
|----------------------------------|-------------------------------|
| ค่าก่อสร้างบ่อดัน (บาท)          | 350,000                       |
| ค่าก่อสร้างบ่อรับ (บาท)          | 150,000                       |
| ค่าก่อสร้างดันท่อตลอด (บาท/เมตร) | 32,000                        |
| รวมต้นทุนดันท่อใน 1 รอบ (บาท)    | 6,900,000                     |

\*บัญชีแสดงปริมาณงานและราคา (Bill of Quality;BOQ)



รูปที่ 10 การดันท่อเหล็กเหนียวสองชั้น

#### 4.3 รูปแบบการดันท่อกอนกรีตที่มีท่อเหล็กเป็นท่อกว้างใน

ข้อมูลอัตราการทำงานในแต่ละกิจกรรมใน 1 รอบการดันท่อและข้อมูลต้นทุน แสดงไว้ในตารางที่ 5 และ 6 ดังนี้

ตารางที่ 5 ระยะเวลาในการทำงานใน 1 รอบการดันท่อกอนกรีตที่มีท่อเหล็กเป็นท่อกว้างในขนาด 1,200 มม.

| กิจกรรม                                                                      | ระยะเวลา   |
|------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 1. ก่อสร้างบ่อดัน                                                            | 15 วัน     |
| 2. ก่อสร้างบ่อรับ                                                            | 10 วัน     |
| 3. ติดตั้งอุปกรณ์ดันท่อ                                                      | 7 วัน      |
| 4. เฉลี่ยอัตราการดันท่อกอนกรีตที่มีท่อเหล็กเป็นท่อกว้างใน (ท่อนละ 3.00 เมตร) | 9 เมตร/วัน |

ตารางที่ 6 ต้นทุนรูปแบบการดันท่อกอนกรีตที่มีท่อเหล็กเป็นท่อกว้างในขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1,200 มม.

| รายการ                           | ต้นทุนที่เบิกได้จากBOQ* (บาท) |
|----------------------------------|-------------------------------|
| ค่าก่อสร้างบ่อดัน (บาท)          | 350,000                       |
| ค่าก่อสร้างบ่อรับ (บาท)          | 250,000                       |
| ค่าก่อสร้างดันท่อตลอด (บาท/เมตร) | 39,200                        |
| รวมต้นทุนดันท่อใน 1 รอบ (บาท)    | 8,340,000                     |

\*บัญชีแสดงปริมาณงานและราคา (Bill of Quality;BOQ)



รูปที่ 11 การดันท่อกอนกรีตที่มีท่อเหล็กเป็นท่อกว้างใน

เนื่องจากโครงการปรับปรุงขยายท่อจ่ายน้ำจังหวัดชลบุรี มีการก่อสร้างงานวางท่อประปาโดยวิธีคันท่อตลอดรูปแบบการคันท่อคอนกรีตแล้วร้อยด้วยท่อประปาใช้ท่อขนาด 1,000 มม. จึงไม่สามารถนำไป เปรียบเทียบกับโครงการปรับปรุงขยายท่อจ่ายน้ำจังหวัดปทุมธานีที่มีก่อสร้างงานวางท่อประปาโดยวิธีคันท่อตลอดรูปแบบการคันท่อเหล็กเหนียวสองชั้นและรูปแบบการคันท่อคอนกรีตที่มีท่อเหล็กเป็นท่อนใน ซึ่งใช้ท่อขนาด 1,200 มม.ได้

จากผลการศึกษาพบว่าด้านระยะเวลาในการก่อสร้างรูปแบบการคันท่อคอนกรีตที่มีท่อเหล็กเป็นท่อนในใช้เวลาในการคันท่อเร็วที่สุด เนื่องจากไม่ต้องเสียเวลาในการเชื่อมรอยต่อดังนั้นรูปแบบข2 จึงสามารถทำได้ในถนนที่มีการจราจรหนาแน่น เพราะมีระยะต่อช่วงการคันที่ค่อนข้างยาว จึงไม่ต้องมีจุดที่ต้องเปิดบ่อคัน-บ่อรับมากและความเร็วในการคันที่ค่อนข้างเร็วมากจึงทำให้การทำงานในแต่ละจุดแล้วเสร็จตามกำหนดการปรับแนวท่อทำได้ง่าย

ด้านต้นทุนการก่อสร้างเปรียบเทียบในระะการคันท่อ 200 เมตรเท่ากัน รูปแบบการคันท่อเหล็กเหนียวสองชั้นใช้ต้นทุนน้อยที่สุดเนื่องจากมีขั้นตอนการทำงานน้อยโดยท่อเหล็กเปลือกนอกจะทำหน้าที่เป็นปลอกเหล็กเป็นโครงสร้างถาวรรับแรงที่มากระทำต่อตัวท่อไส้ส่วนท่อเหล็กเปลือกในจะเป็นท่อได้รับแรงดันใช้งานดังนั้นจึงลดขั้นตอนการทำงานโดยทำการคันท่อปลอกพร้อมท่อไส้ไปในขณะเดียวกัน มีผลทำให้ต้นทุนน้อยกว่ารูปแบบอื่น

ดังนั้นจึงสรุปผลการเปรียบเทียบการก่อสร้างงานวางท่อประปาโดยวิธีคันท่อตลอดได้เพียง 2 รูปแบบคือรูปแบบการคันท่อเหล็กเหนียวสองชั้นและรูปแบบการคันท่อคอนกรีตที่มีท่อเหล็กเป็นท่อนในดังแสดงในตารางที่ 7

ตัวอย่างการคิดคำนวณผลรวมต้นทุนการคันท่อใน 1 รอบการคัน รูปแบบการคันท่อเหล็กเหนียวสองชั้น จะคิดคำนวณได้ดังนี้

|                           |                 |
|---------------------------|-----------------|
| ค่างานก่อสร้างบ่อดัน      | 350,000 บาท     |
| ค่างานก่อสร้างบ่อรับ      | 150,000 บาท     |
| ค่างานคันท่อ 200 x 32,000 | = 6,400,000 บาท |
| รวมต้นทุนการคันท่อ        | 6,900,000 บาท   |

1 รอบการคัน คือ เริ่มกระบวนการก่อสร้างบ่อดัน และบ่อรับ ในหนึ่งช่วงของบ่อทั้งสองจะห่างกันประมาณ 200 เมตร จากนั้นทำการคันท่อจากบ่อดันไปจนถึงบ่อรับ และเสร็จสิ้นกระบวนการที่การกลบคืนสภาพผิวเดิม

จากการศึกษาการก่อสร้างงานวางท่อประปาโดยวิธีคันท่อตลอดทั้ง 3 รูปแบบ ได้พบปัญหา อุปสรรค ข้อดี และข้อเสียที่แตกต่างกันไป ดังสรุป ในตารางที่ 8

ตารางที่ 7 สรุปเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการคันท่อตลอด ต้นทุนการดำเนินการและความยาวในการคันท่อ

| รายการ                              | รูปแบบการคันท่อเหล็กเหนียวสองชั้นขนาด 1,200 มม. | รูปแบบการคันท่อคอนกรีตที่มีท่อเหล็กเป็นท่อนในขนาด 1,200 มม. |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| เฉลี่ยอัตราการคันท่อตลอด(เมตร /วัน) | 6                                               | 9                                                           |
| ความยาวในการคันต่อช่วง (เมตร)       | น้อยกว่า 200                                    | 200-300                                                     |
| ค่างานคันท่อ (บาท/เมตร)             | 32,000                                          | 39,200                                                      |
| รวมต้นทุนการคันท่อใน 1 รอบ          | 6,900,000                                       | 8,340,000                                                   |

ตารางที่ 8 สรุปเปรียบเทียบข้อดี ข้อเสียของการก่อสร้างงานวางท่อประปาโดยวิธีดินท่อดลอด

| รูปแบบการดันท่อดลอด                         | ข้อดี                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | ข้อเสีย                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| การดันท่อดคอนกรีตแล้วร้อยด้วยท่อประปา       | <ol style="list-style-type: none"> <li>1.ระยะเวลาในการดันท่อดค่อนข้างเร็วเนื่องจากไม่ต้องเสียเวลาเชื่อมในขณะทำการดันท่อด</li> <li>2.มีระยะทางการดันท่อดต่อช่วงยาว</li> <li>3.มีความแข็งแรงเนื่องจากท่อปลอกคอนกรีตทำหน้าที่เป็นโครงสร้างรับน้ำหนักที่มากระทำต่อระบบท่อ</li> <li>4.สามารถสร้างในพื้นที่ที่มีการจราจรหนาแน่นได้</li> </ol>       | <ol style="list-style-type: none"> <li>1.ผนังท่อปลอกคอนกรีตหนาและมีน้ำหนักมากทำให้ต้องใช้แรงในการดันท่อดสูง</li> <li>2.แรงดันในลักษณะแบบกระทำเป็นจุด (Point Load) จากแม่แรงทำให้ท่อปลอกคอนกรีตเกิดการแตกร้าวได้</li> <li>3.การดันท่อดต้องทำในลักษณะต่อเนื่องตลอดเวลา เพื่อไม่ให้ท่อปลอกคอนกรีตดูดนํ้ารอบหลุมเจาะจนเกิดการแห้งตัวทำให้เกิดความผิ่ดขึ้น</li> </ol>    |
| การดันท่อเหล็กเหนียว 2 ชั้น                 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1.ลดขั้นตอนการทำงานเนื่องจากท่อปลอกกับท่อใส่เป็นชิ้นเดียวกัน</li> <li>2.ตัวท่อมีความยืดหยุ่นและแข็งแรงเนื่องจากเป็นท่อเหล็กเหนียวซ้อนกัน 2 ชั้น</li> </ol>                                                                                                                                             | <ol style="list-style-type: none"> <li>1.ระยะเวลาในการดันท่อดค่อนข้างนานเนื่องจากต้องเสียเวลาในการเชื่อมท่อและตรวจสอบรอยเชื่อมด้วยการใช้รังสีเอกซ์ ( X-Ray) ก่อนที่จะดันท่อดท่อนต่อไป จึงไม่เหมาะสมกับการทำงานในพื้นที่ที่มีการจราจรหนาแน่น</li> <li>2. การปรับแนวจะทำได้ยาก เนื่องจากรอยต่อของท่อเป็นการเชื่อมทั้งหมด</li> </ol>                                   |
| การดันท่อดคอนกรีตที่มีท่อเหล็กเป็นท่อดวางใน | <ol style="list-style-type: none"> <li>1.การดันท่อดค่อนข้างเร็วเนื่องจากไม่ต้องเสียเวลาเชื่อมท่อในขณะดันท่อด</li> <li>2.มีระยะการดันต่อช่วงยาว จึงไม่ต้องมีจุดขุดเปิดบ่อดันและบ่อรับมาก</li> <li>3.ปรับแนวการดันในแนวโค้งได้ง่ายเนื่องจากข้อต่อไม่มีลักษณะแข็งเกร็ง (Rigid)</li> <li>4.สามารถสร้างในพื้นที่ที่มีการจราจรหนาแน่นได้</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1.ไม่สามารถตรวจสอบรอยเชื่อมโดยการใช้อัลตราซาวด์ ( X-Ray) ได้ จึงใช้วิธีฉีดสี (Liquid Penetrant Test) ในการตรวจสอบแทน</li> <li>2.ท่อปลอกคอนกรีตมีน้ำหนักมากและผนังท่อดมีความหนาทำให้ต้องใช้แรงในการดันท่อดสูง</li> <li>3.แรงดันในลักษณะแบบกระทำเป็นจุด (Point Load) จากแม่แรง ทำให้ท่อปลอกคอนกรีตเกิดการแตกร้าวได้</li> </ol> |

## 5. สรุปผลการวิจัย

รูปแบบการดันท่อปลอกคอนกรีตแล้วร้อยด้วยท่อประปาระยะเวลาในการดันท่อค่อนข้างเร็วระยะทางการดันท่อต่อช่วงยาวเนื่องจากข้อต่อไม่มีลักษณะแข็งเกร็ง (Rigid) สามารถปรับแนวการดันได้ง่าย และระยะทางการดันท่อต่อช่วงยาวได้นั้นทำให้ไม่ต้องก่อสร้างบ่อดันและบ่อรับหลายจุด ดังนั้นรูปแบบการดันท่อปลอกคอนกรีตแล้วร้อยด้วยท่อประปาสามารถทำได้ในถนนที่มีการจราจรหนาแน่นเพราะระยะเวลาในการก่อสร้างไม่นาน

รูปแบบการดันท่อเหล็กเหนียวสองชั้นเป็นรูปแบบที่พัฒนามาเพื่อลดขั้นตอนการทำงานเป็นหลักจะเห็นว่ารูปแบบการดันท่อปลอกคอนกรีตต้องทำงานหลายขั้นตอนเริ่มจากการดันท่อปลอกก่อนจึงจะร้อยท่อได้ตามแต่รูปแบบการดันท่อเหล็กเหนียวสองชั้นได้เปลี่ยนชนิดของท่อเป็นท่อเหล็กสองชั้นวิธีการดันท่อจะดันท่อปลอกและท่อใส่ไปพร้อมกันโดยท่อเหล็กเปลือกนอกซึ่งเป็นท่อปลอกทำหน้าที่เป็นโครงสร้างถาวรรับแรงที่มากระทบกับท่อใส่ส่วนท่อเหล็กเปลือกในซึ่งเป็นท่อใส่ทำหน้าที่รับแรงดันแต่อย่างไรก็ตามข้อจำกัดของ

รูปแบบนี้คือระยะเวลาในการดันท่อแต่ละท่อนค่อนข้างนานเนื่องจากต้องเสียเวลาในการเชื่อมต่อและการตรวจสอบรอยเชื่อมด้วยการใช้รังสีเอกซ์ (X-Ray) ก่อนที่จะดันท่อท่อนต่อไปทำให้ไม่คุ้มค่าต่อการนำหัวเจาะสมัยใหม่ที่มีประสิทธิภาพและราคาสูงมาเสียเวลากับการรอการเชื่อมต่อและรอผลการทดสอบรอยเชื่อมการดันท่อในรูปแบบนี้จึงไม่เหมาะสมกับการทำงานในถนนที่มีการจราจรหนาแน่นเพราะระยะเวลาในการก่อสร้างนาน

รูปแบบการดันท่อกอนกรีตที่มีท่อเหล็กเป็นท่อวางใน ระยะเวลาในการดันท่อค่อนข้างเร็วมากใช้สำหรับงานดันท่อที่มีขนาดใหญ่ซึ่งคนสามารถเข้าไปทำการเชื่อมต่อและซ่อมแซมท่อวางในที่เสียหายจากการก่อสร้างได้ แต่การเชื่อมต่อและซ่อมแซมท่อนั้นจะทำหลังจากดันท่อเสร็จรูปแบบนี้จึงดันท่อได้เร็วกว่ารูปแบบการดันท่อเหล็กเหนียว 2 ชั้น อีกทั้งรูปแบบการดันท่อกอนกรีตที่มีท่อเหล็กเป็นท่อ

วางในสามารถปรับแนวท่อได้ง่ายเนื่องจากท่อแต่ละท่อนไม่ได้เชื่อมติดกัน สามารถดันท่อในแนวโค้งได้โดยการปรับมุมที่ข้อต่อของท่อแต่ละท่อนประมาณ 0.5 องศาแต่อย่างไรก็ตามข้อจำกัดของรูปแบบนี้คือไม่สามารถตรวจสอบรอยเชื่อมโดยการใช้อัลตราซาวด์ (X-Ray) จึงใช้วิธีลิควิด (Liquid Penetrant Test) แทน อีกทั้งท่อกอนกรีตมีความหนาและมีน้ำหนักมากทำให้ต้องใช้แรงในการดันท่อสูงซึ่งแรงดันในลักษณะแบบกระทำเป็นจุด (Point Load) จากแม่แรงทำให้กำแพงชั้นหลังหรือท่อกอนกรีตเกิดความเสียหายแตกร้าวได้ในส่วนของการประสิทธิภาพการก่อสร้าง รูปแบบการดันท่อกอนกรีตที่มีท่อเหล็กเป็นท่อวางในมีความแม่นยำในการดันท่อสูง สามารถปรับแนวได้ง่ายทำให้ดันท่อในแนวโค้งได้ดีกว่ารูปแบบอื่น

## 6. เอกสารอ้างอิง

- [1] การประปานครหลวง, 2547, เอกสารประกอบการบรรยายหลักสูตรการพัฒนามาตรฐานงานก่อสร้างวางท่อประปา, กรุงเทพมหานคร, หน้า 1-40.
- [2] ชนะพงษ์โพธากุล, สุนัยสุนทรภาและอภิชาติธรรมวงศ์, 2546, เทคโนโลยีในงานประปาที่ไม่ต้องขุดรื้อดิน, การประปานครหลวง, กรุงเทพมหานคร, หน้า 1-16.
- [3] การประปาส่วนภูมิภาค, 2553, เอกสารประกอบการบรรยายมาตรฐานงานก่อสร้างวางท่อประปา, กรุงเทพมหานคร, หน้า 1-53.
- [4] นกคณเพียรเวช, 2539, “การก่อสร้างแบบ Pipe Jacking”, โยธาสาร, เมษายน 2539, หน้า 32-37.
- [5] Phien-wej, N.,2002, “Experiences From EPB Shield Tunneling Underneath Existing Structures in Bangkok Soils (Invited Paper)”, National Convention of Civil Engineering (NCCE-8), 23-25