การศึกษาเปรียบเทียบเทคนิคงานวางท่อประปาโดยวิธีดันท่อลอดของการประปาส่วนภูมิภาค

A Comparative Study of Pipe Jacking Technicquesof theProvincial Waterworks Authority

ศราวุฒิ ก้องใจ[1] ถาวร ธีรเวชญาณ[2] และกองกูณฑ์ โตชัยวัฒน์[3]

บทคัดย่อ

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

จากผลการศึกษาพบว่า ด้านระยะเวลาในการก่อสร้างรูปแบบการดันท่อคอนกรีตที่มีท่อเหล็กเป็นท่อวางในใช้เวลาในการดันท่อเร็วที่สุด เนื่องจากไม่ต้องเสียเวลาในการเชื่อมรอยต่อเพราะท่อปลอกคอนกรีตเชื่อมต่อกันด้วยข้อต่อแบบบ่ารับ ด้านต้นทุนการก่อสร้าง รูปแบบการดันท่อเหล็กเหนียว 2 ชั้นใช้ต้นทุนน้อยที่สุดเนื่องจากมีขั้นตอนการทำงานน้อย ด้านประสิทธิภาพการก่อสร้างรูปแบบการดันท่อคอนกรีตที่มีท่อเหล็กเป็นท่อวางในมีความแม่นยำในการดันท่อสูง สามารถปรับแนวได้ง่ายทำให้ดันท่อในแนวโค้งได้ดีกว่ารูปแบบอื่น การศึกษานี้เป็นประโยชน์ในการพิจารณาเลือกรูปแบบการก่อสร้างงานวางท่อประปาของการประปาส่วนภูมิภาคต่อไป

คำสำคัญ : วิธีดันท่อลอด, ท่อคอนกรีตที่มีท่อเหล็กเป็นท่อวางใน, ข้อต่อแบบบ่ารับ

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

[1]นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
[2]อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
[3]อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิชานวัตกรรมการพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

1. บทนำ

การประปาส่วนภูมิภาค (กปภ.) มีโครงการก่อสร้างวางท่อประธานในแต่ละเขตจังหวัดที่มีการขยายตัวของประชากรอย่างรวดเร็ว ในโครงการปรับปรุงกิจการประปาแผนยุทธศาตร์ 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)

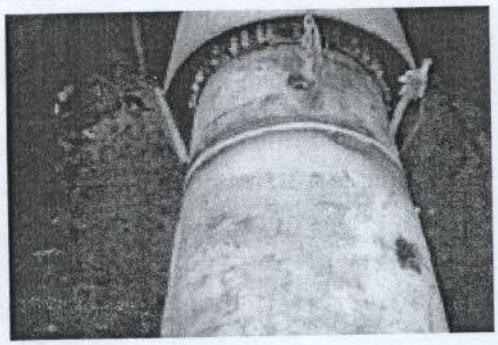
เป็นการวางท่อโดยใช้แม่แรงซึ่งติดตั้งในบ่อดัน (Launching Shaft) ยันท่อกับผนังบ่อให้ท่อทั้งเส้น เคลื่อนไปตามแนวที่ต้องการเพื่อไปโผล่ยังบ่อรับ (Receiving Shaft)ที่อยู่ถัดไปข้างหน้าซึ่งจะนับเป็น 1 รอบของการดันท่อดังรูปที่ 1[1]

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

2.2 รูปแบบการดันท่อลอด

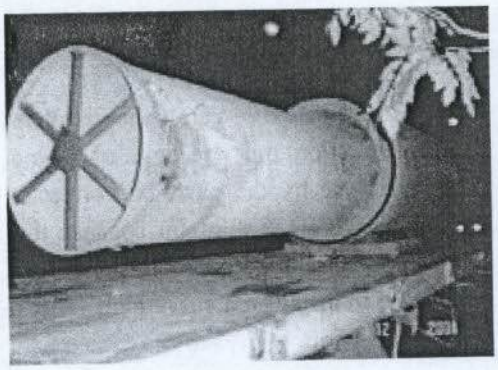
ในการก่อสร้างงานวางท่อประปาโดยวิธีดันท่อลอดของการประปาส่วนภูมิภาค ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อตั้งแต่ 1,000 มม.ขึ้นไปนั้น มี 3 รูปแบบ คือ

1.รูปแบบการดันท่อปลอกคอนกรีตแล้วร้อยด้วยท่อประปาท่อปลอกที่หุ้มอยู่ภายนอกจะมีความแข็งแรงจึงไม่ต้องออกแบบท่อประปา ให้รับแรงดันจากภายนอกท่อดังรูปที่ 2



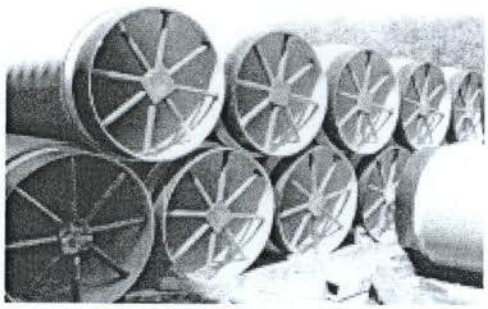
รูปที่ 2 รูปตัดของท่อรูปแบบการดันท่อปลอกคอนกรีตแล้วร้อยด้วยท่อประปา

2. รูปแบบการดันท่อเหล็กเหนียวสองชั้น ใช้สำหรับงานดันท่อที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 1,000 มม.ขึ้นไปซึ่งคนสามารถเข้าไปทำการเชื่อมรอยต่อของท่อแต่ละท่อนและซ่อมแซมท่อวงในที่เสียหายในระหว่างการก่อสร้างได้และจะต้องมีการทดสอบรอยเชื่อมโดยวิธีใช้รังสีทุกครั้งก่อนเริ่มการดันท่อท่อนต่อไปดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 รูปตัดของท่อรูปแบบการดันท่อเหล็กเหนียวสองชั้น

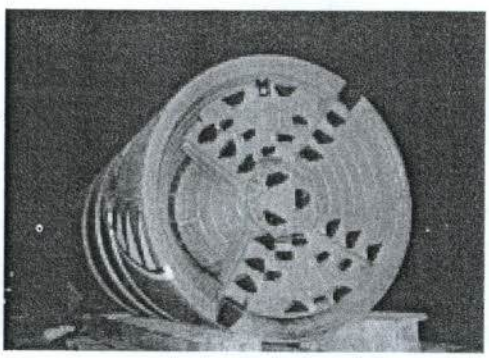
3. รูปแบบการดันท่อคอนกรีตที่มีท่อเหล็กเป็นท่อวงในใช้สำหรับงานดันท่อที่มีขนาดใหญ่ตั้งแต่ ∅1,000 มม.ขึ้นไปซึ่งคนสามารถเข้าไปทำการเชื่อมรอยต่อของท่อแต่ละท่อนได้ ดังรูปที่ 4 ในการเชื่อมรอยต่อท่อนั้นสามารถปรับมุมที่ข้อต่อท่อแต่ละท่อนได้ประมาณ 0.5 องศา จึงทำให้รูปแบบนี้สามารถดันท่อในแนวโค้งได้



รูปที่ 4 รูปตัดของท่อรูปแบบการดันท่อคอนกรีตที่มีท่อเหล็กเป็นท่อวงใน

2.3 หัวเจาะ (Shield)

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



รูปที่ 5หัวเจาะแบบปิดหน้า Slurry Shield[4]

2.4 บ่อดันและบ่อรับ

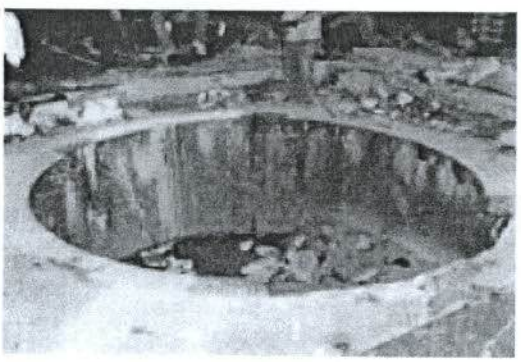
ในการก่อสร้างงานวางท่อประปาโดยวิธีดันท่อลอดต้องมีการก่อสร้างบ่อดันเพื่อทำการติดตั้งแม่แรงดันท่อและบ่อรับเพื่อเชื่อมต่อท่อและป้องกันไม่ให้แนวท่อที่ดันเกิดการคลาดเคลื่อนมากเกินไป

การประปาส่วนภูมิภาคได้กำหนดรูปแบบการก่อสร้างบ่อดันและบ่อรับไว้ 3 รูปแบบ ดังนี้

1. บ่อดันและบ่อรับ แบบใช้เข็มพืด (Sheet Pile)เป็นบ่อชั่วคราวสามารถรื้อถอนได้หลังจากการดันท่อเสร็จแล้วดังรูปที่ 6

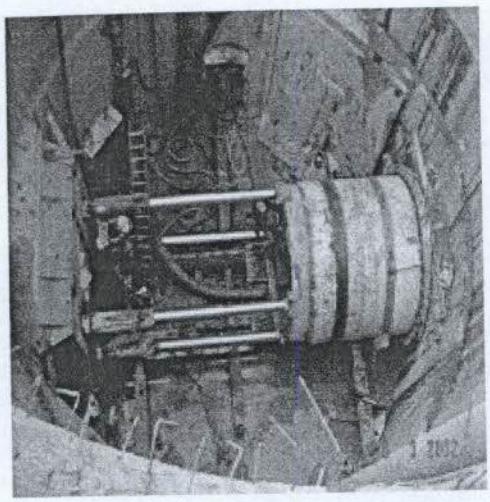
รูปที่ 6 บ่อดันและบ่อรับแบบใช้เข็มพืด (Sheet Pile)

2. บ่อดันและบ่อรับแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก (คสล.) รูปร่างของบ่อดันและบ่อรับส่วนใหญ่จะเป็นรูปสี่เหลี่ยมแต่อาจจะเป็นรูปวงกลมหรือรูปร่างอื่นก็ได้ตามความเหมาะสมดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 บ่อดันและบ่อรับแบบคอนกรีตเสริมเหล็ก

3. บ่อดันและบ่อรับแบบบ่อเหล็กรูปวงกลมมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.70 เมตรทำด้วยแผ่นเหล็กหนา 3 มม. ประกอบขึ้นเป็นบ่อรูปวงกลมสูงชิ้นละ 2.00 เมตรภายในค้ำยันด้วยคานเหล็ก H-Beam และแผ่นเหล็กเพื่อเพิ่มความแข็งแรงดังรูปที่ 8[3]



รูปที่ 8 บ่อดันและบ่อรับแบบบ่อเหล็กรูปวงกลม

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

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

ชนะพงษ์โพธากุล (พ.ศ.2546) กล่าวว่าขนาดของบ่อดันขึ้นอยู่กับขนาดของหัวเจาะท่อดันและเครื่องมือที่ใช้ในการดันท่อส่วนขนาดของบ่อรับขึ้นอยู่กับขนาดของหัวเจาะเพียงอย่างเดียวนอกจากนี้บ่อดันจะต้องมีความแข็งแรงและมีพื้นที่ผนังกว้างเพียงพอที่จะรับแรงดันที่เกิดขึ้นจากการดันท่อโดยไม่ก่อให้เกิดความเสียหายแก่บ่อดันบ่อดันแบบคอนกรีตเสริมเหล็กมีข้อดีกว่าบ่อดันแบบเข็มพืด (Sheet Pile)คือไม่ต้องมีการค้ำยันภายในบ่อให้เสียพื้นที่และกีดขวางการทำงาน จึงใช้พื้นที่การสร้างบ่อน้อยกว่าและสามารถป้องกันการเคลื่อนตัวของดินภายนอกบ่อได้ดีผนังบ่อมีความแข็งแรง โอกาสที่ถนนจะทรุดตัวเสียหายและเกิดปัญหาในการซ่อมแซมภายหลังจึงมีน้อยลงหรือหมดไป แต่มีข้อเสียคือ มีราคาแพงเพราะไม่สามารถรื้อถอนและนำไปใช้ใหม่ได้และใช้เวลาการก่อสร้างนาน ดังนั้นการใช้บ่อดันแบบคอนกรีตเสริมเหล็กจึงควรออกแบบให้เกิดประโยชน์อย่างอื่นเช่นเป็นบ่อสำหรับติดตั้งประตูน้ำหรืออุปกรณ์อื่นๆหรือเป็นบ่อสำหรับการบำรุงรักษาเส้นท่อในอนาคตเป็นต้น[2]

3. วิธีดำเนินงานวิจัย

ผู้วิจัยได้ศึกษารายละเอียดของวิธีการดันท่อชนิดท่อบ่อดัน บ่อรับ ที่ใช้ในการก่อสร้างงานวางท่อประปาโดยวิธีการดันท่อลอดของการประปาส่วนภูมิภาคโดยทำการศึกษางานวางท่อประธานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1,000-1,500 มม. ซึ่งมีอยู่ 3 รูปแบบ คือ 1)รูปแบบการดันท่อปลอกคอนกรีตแล้วร้อยด้วยท่อประปา 2)รูปแบบการดันท่อเหล็กเหนียวสองชั้น และ 3) รูปแบบการดันท่อคอนกรีตที่มีท่อเหล็กเป็นท่อวางใน

3.1 กรณีศึกษา

โครงการที่ถูกคัดเลือกมาใช้ในการศึกษา คือ

1)โครงการปรับปรุงขยายท่อจ่ายน้ำจังหวัดชลบุรีซึ่งมีการดันท่อลอดในรูปแบบการดันท่อปลอกคอนกรีตแล้วร้อยด้วยท่อประปาโดยใช้ท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1,000 มม. ยาวท่อนละ 9.00 ม. ระยะดันลอดทั้งหมด 1,340 ม.

2)โครงการปรับปรุงขยายท่อจ่ายน้ำจังหวัดปทุมธานีซึ่งจะมีงานดันท่อลอดในรูปแบบดันท่อเหล็กเหนียวสองชั้นเป็นท่อประปาโดยใช้ท่อเหล็กสองชั้นขนาด Ø1,200 มม.

ยาวท่อนละ 6 ม.ระยะดันลอดทั้งหมด 1,130 ม.และรูปแบบดันท่อคอนกรีตที่มีท่อเหล็กเป็นท่อวงในโดยใช้ท่อขนาด 1,200 มม. ยาวท่อนละ 3 ม. ระยะดันท่อลอดทั้งหมด 220 ม.

เนื่องจากโครงการของการประปาส่วนภูมิภาคซึ่งดำเนินการอยู่ในขณะที่ทำการวิจัยไม่มีการดันท่อลอดในรูปแบบการดันท่อปลอกคอนกรีตแล้วร้อยด้วยท่อประปาซึ่งใช้ท่อขนาด 1,200 มม. ผู้วิจัยจึงไม่สามารถทำการเก็บข้อมูลจากงานที่ใช้ท่อขนาดเดียวกันได้ทั้งสามวิธี

3.2 วิธีการศึกษาวิจัย

1)รวบรวมเอกสารโครงการที่เกี่ยวข้องเอกสารสัญญาเอกสารด้านเทคนิคและเอกสารอื่นๆของแต่ละโครงการตามรูปแบบของการก่อสร้างงานวางท่อประปาโดยวิธีดันท่อลอด

2)ทำการสังเกตหน้างานขณะก่อสร้างเพื่อรวบรวมข้อมูลรายละเอียดของวิธีการดันท่อชนิดท่อ บ่อดันและบ่อรับปัญหาและอุปสรรค

3)ทำการถ่ายภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหวเพื่อนำมาประกอบการศึกษาวิจัย

4)ทำการสัมภาษณ์ผู้จัดการโครงการ ผู้ช่วยผู้จัดการโครงการและวิศวกรโครงการสอบถามเกี่ยวกับภาพรวมของการก่อสร้างขั้นตอนการทำงานปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นรวมถึงค่าจ่ายในการก่อสร้าง

5)พิจารณาปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นต้นทุนในการก่อสร้างเปรียบเทียบปัญหา ข้อดี ข้อเสีย พร้อมทั้ง สรุปผลการวิจัยและเสนอแนะการก่อสร้างงานวางท่อประปาโดยวิธีการดันท่อลอดที่เหมาะสม ให้กับการประปาส่วนภูมิภาค

4. ผลการวิจัย

จากการดำเนินการวิจัยรูปแบบการดันท่อลอดของการประปาส่วนภูมิภาคทั้ง 3 รูปแบบ ได้ผลการวิจัยดังนี้

4.1 รูปแบบการดันท่อปลอกคอนกรีต แล้วร้อยด้วยท่อประปา

ข้อมูลอัตราการทำงานในแต่ละกิจกรรมใน 1 รอบการดันท่อข้อมูลต้นทุน แสดงไว้ในตารางที่ 1 และ 2 ดังนี้

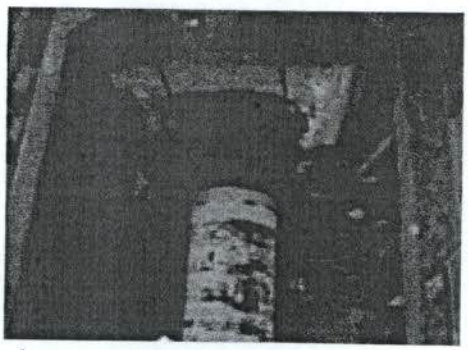
ตารางที่ 1ระยะเวลาในการทำงานใน 1 รอบการดันท่อปลอกคอนกรีตแล้วร้อยด้วยท่อประปาขนาด ⌀1,000 มม.

กิจกรรม	ระยะเวลา
1. ก่อสร้างบ่อดัน	18 วัน
2. ก่อสร้างบ่อรับ	5 วัน
3. ติดตั้งอุปกรณ์ดันท่อ	7 วัน
4. ติดตั้งอุปกรณ์ร้อยไส้ท่อเหล็ก	2 วัน
5. ดันท่อปลอกคอนกรีต(ท่อนละ2.50 ม.)	16 วัน
6. การร้อยท่อประปา (ท่อนละ9.00 ม.)	9 วัน
7. อัตราเฉลี่ยการดันท่อปลอกคอนกรีตแล้วร้อยด้วยท่อประปา ⌀ 1,000 มม.	8 เมตร/วัน

ตารางที่ 2 ต้นทุนรูปแบบการดันท่อปลอกคอนกรีตแล้วร้อยด้วยท่อประปาขนาด ⌀1,000 มม.

รายการ	ต้นทุนที่เบิกได้จาก BOQ*(บาท)
ค่าก่อสร้างบ่อดัน (บาท)	350,000
ค่าก่อสร้างบ่อรับ (บาท)	150,000
ค่าก่อสร้างดันท่อลอด (บาท/เมตร)	30,200
รวมต้นทุนดันท่อใน 1 รอบ (บาท)	6,540,000

*บัญชีแสดงปริมาณงานและราคา (Bill of Quality;BOQ)



รูปที่ 9 การร้อยท่อประปาเข้าไปในท่อปลอกคอนกรีต

4.2 รูปแบบการดันท่อเหล็กเหนียวสองชั้น

ข้อมูลอัตราการทำงานในแต่ละกิจกรรมใน 1 รอบการดันท่อและข้อมูลต้นทุน แสดงไว้ในตารางที่ 3 และ 4 ดังนี้

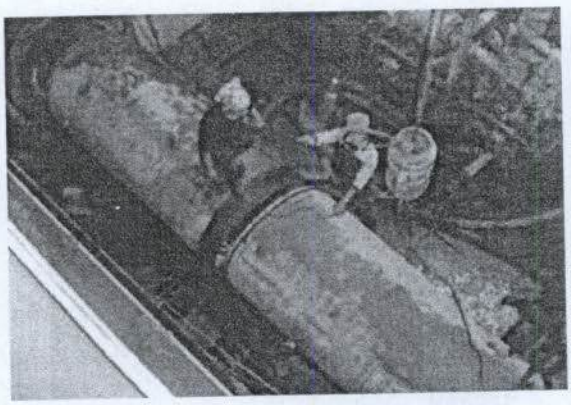
ตารางที่ 3 ระยะเวลาในการทำงานใน 1 รอบการดันท่อเหล็กเหนียวสองชั้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1,200 มม.

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
ค่าก่อสร้างดันท่อลอด (บาท/เมตร)	32,000
รวมต้นทุนดันท่อใน 1 รอบ (บาท)	6,900,000

*บัญชีแสดงปริมาณงานและราคา (Bill of Quality;BOQ)



รูปที่ 10 การดันท่อเหล็กเหนียวสองชั้น

4.3 รูปแบบการดันท่อคอนกรีตที่มีท่อเหล็กเป็นท่อวงใน

ข้อมูลอัตราการทำงานในแต่ละกิจกรรมใน 1 รอบการดันท่อและข้อมูลต้นทุน แสดงไว้ในตารางที่ 5 และ 6 ดังนี้

ตารางที่ 5 ระยะเวลาในการทำงานใน 1 รอบการดันท่อคอนกรีตที่มีท่อเหล็กเป็นท่อวงในขนาด 1,200 มม.

กิจกรรม	ระยะเวลา
1. ก่อสร้างบ่อดัน	15 วัน
2. ก่อสร้างบ่อรับ	10 วัน
3. ติดตั้งอุปกรณ์ดันท่อ	7 วัน
4. เฉลี่ยอัตราการดันคอนกรีตที่มีท่อเหล็กเป็นท่อวงใน(ท่อนละ3.00 เมตร)	9 เมตร/วัน

ตารางที่ 6 ต้นทุนรูปแบบการดันท่อคอนกรีตที่มีท่อเหล็กเป็นท่อวงในขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1,200 มม.

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

*บัญชีแสดงปริมาณงานและราคา (Bill of Quality;BOQ)

รูปที่ 11 การดันท่อคอนกรีตที่มีท่อเหล็กเป็นท่อวงใน

เนื่องจากโครงการปรับปรุงขยายท่อจ่ายน้ำจังหวัดชลบุรี มีการก่อสร้างงานวางท่อประปาโดยวิธีดันท่อลอดรูปแบบการดันท่อคอนกรีตแล้วร้อยด้วยท่อประปาใช้ท่อขนาด 1,000 มม. จึงไม่สามารถนำไป เปรียบเทียบกับโครงการปรับปรุงขยายท่อจ่ายน้ำจังหวัดปทุมธานีที่มีก่อสร้างงานวางท่อประปาโดยวิธีดันท่อลอดรูปแบบการดันท่อเหล็กเหนียวสองชั้นและรูปแบบการดันท่อคอนกรีตที่มีท่อเหล็กเป็นท่อวางใน ซึ่งใช้ท่อขนาด 1,200 มม.ได้

จากผลการศึกษาพบว่าด้านระยะเวลาในการก่อสร้างรูปแบบการดันท่อคอนกรีตที่มีท่อเหล็กเป็นท่อวางในใช้เวลาในการดันท่อเร็วที่สุด เนื่องจากไม่ต้องเสียเวลาในการเชื่อมรอยต่อดังนั้นรูปแบบข2 จึงสามารถทำได้ในถนนที่มีการจราจรหนาแน่น เพราะมีระยะต่อช่วงการดันที่ค่อนข้างยาว จึงไม่ต้องมีจุดที่ต้องเปิดบ่อดัน-บ่อรับมากและความเร็วในการดันที่ค่อนข้างเร็วมากจึงทำให้การทำงานในแต่ละจุดแล้วเสร็จตามกำหนดการปรับแนวท่อทำได้ง่าย

ด้านต้นทุนการก่อสร้างเปรียบเทียบในระยะการดันท่อ 200 เมตรเท่ากัน รูปแบบการดันท่อเหล็กเหนียวสองชั้นใช้ต้นทุนน้อยที่สุดเนื่องจากมีขั้นตอนการทำงานน้อยโดยท่อเหล็กเปลือกนอกจะทำหน้าที่เป็นปลอกเหล็กเป็นโครงสร้างถาวรรับแรงที่มากระทำต่อตัวท่อไส้ส่วนท่อเหล็กเปลือกในจะเป็นท่อไส้รับแรงดันใช้งานดังนั้นจึงลดขั้นตอนการทำงานโดยทำการดันท่อปลอกพร้อมท่อไส้ไปในขณะเดียวกัน มีผลทำให้ต้นทุนน้อยกว่ารูปแบบอื่น

ดังนั้นจึงสรุปผลการเปรียบเทียบการก่อสร้างงานวางท่อประปาโดยวิธีดันท่อลอดได้เพียง 2 รูปแบบคือรูปแบบการดันท่อเหล็กเหนียวสองชั้นและรูปแบบการดันท่อคอนกรีตที่มีท่อเหล็กเป็นท่อวางในดังแสดงในตารางที่ 7

ตัวอย่างการคิดคำนวณผลรวมต้นทุนการดันท่อใน 1รอบการดัน รูปแบบการดันท่อเหล็กเหนียวสองชั้น จะคิดคำนวณได้ดังนี้

ค่างานก่อสร้างบ่อดัน		350,000	บาท
ค่างานก่อสร้างบ่อรับ		150,000	บาท
ค่างานดันท่อ 200 x 32,000	=	6,400,000	บาท
รวมต้นทุนการดันท่อ		6,900,000	บาท

1 รอบการดัน คือ เริ่มกระบวนการก่อสร้างบ่อดัน และบ่อรับ ในหนึ่งช่วงของบ่อทั้งสองจะห่างกันประมาณ 200 เมตร จากนั้นทำการดันท่อจากบ่อดันไปจนถึงบ่อรับ และเสร็จสิ้นกระบวนการที่การกลบคืนสภาพผิวเดิม

จากการศึกษาการก่อสร้างงานวางท่อประปาโดยวิธีดันท่อลอดทั้ง 3 รูปแบบ ได้พบปัญหา อุปสรรค ข้อดี และข้อเสียที่แตกต่างกันไป ดังสรุป ในตารางที่ 8

ตารางที่ 7 สรุปเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการดันท่อลอด ต้นทุนการดำเนินการและความยาวในการดันท่อ

รายการ	รูปแบบการดันท่อเหล็กเหนียวสองชั้นขนาด 1,200 มม.	รูปแบบการดันท่อคอนกรีตที่มีท่อเหล็กเป็นท่อวางในขนาด 1,200 มม.
เฉลี่ยอัตราการดันท่อลอด(เมตร /วัน)	6	9
ความยาวในการดันต่อช่วง (เมตร)	น้อยกว่า 200	200-300
ค่างานดันท่อ (บาท/เมตร)	32,000	39,200
รวมต้นทุนการดันท่อใน 1 รอบ	6,900,000	8,340,000

ตารางที่ 8 สรุปเปรียบเทียบข้อดี ข้อเสียของการก่อสร้างงานวางท่อประปาโดยวิธีดันท่อลอด

รูปแบบการดันท่อลอด	ข้อดี	ข้อเสีย
การดันท่อคอนกรีตแล้วร้อยด้วยท่อประปา	1.ระยะเวลาในการดันท่อค่อนข้างเร็วเนื่องจากไม่ต้องเสียเวลาเชื่อมในขณะที่ทำการดันท่อ 2.มีระยะทางการดันท่อต่อช่วงยาว 3.มีความแข็งแรงเนื่องจากท่อปลอกคอนกรีตทำหน้าที่เป็นโครงสร้างรับน้ำหนักที่มากระทำต่อระบบท่อ 4.สามารถสร้างในพื้นที่ที่มีการจราจรหนาแน่นได้	1.ผนังท่อปลอกคอนกรีตหนาและมีน้ำหนักมากทำให้ต้องใช้แรงในการดันท่อสูง 2.แรงดันในลักษณะแบบกระทำเป็นจุด (Point Load) จากแม่แรงทำให้ท่อปลอกคอนกรีตเกิดการแตกร้าวได้ 3.การดันท่อต้องทำในลักษณะต่อเนื่องตลอดเวลา เพื่อไม่ให้ท่อปลอกคอนกรีตดูดน้ำรอบหลุมเจาะจนเกิดการแห้งตัวทำให้เกิดความฝืดขึ้น
การดันท่อเหล็กเหนียว 2 ชั้น	1.ลดขั้นตอนการทำงานเนื่องจากท่อปลอกกับท่อไส้เป็นชิ้นเดียวกัน 2.ตัวท่อมีความยืดหยุ่นและแข็งแรงเนื่องจากเป็นท่อเหล็กเหนียวซ้อนกัน 2 ชั้น	1.ระยะเวลาในการดันท่อค่อนข้างนานเนื่องจากต้องเสียเวลาในการเชื่อมท่อและตรวจสอบรอยเชื่อมด้วยการใช้รังสีเอกซ์ (X-Ray)ก่อนที่จะดันท่อท่อนต่อไป จึงไม่เหมาะสมกับการทำงานในพื้นที่ที่มีการจราจรหนาแน่น 2. การปรับแนวจะทำได้ยาก เนื่องจากรอยต่อของท่อเป็นการเชื่อมทั้งหมด
การดันท่อคอนกรีตที่มีท่อเหล็กเป็นท่อวงใน	1.การดันท่อค่อนข้างเร็วเนื่องจากไม่ต้องเสียเวลาเชื่อมท่อในขณะดันท่อ 2.มีระยะการดันต่อช่วงยาว จึงไม่ต้องมีจุดขุดเปิดบ่อดันและบ่อรับมาก 3.ปรับแนวการดันในแนวโค้งได้ง่ายเนื่องจากข้อต่อไม่มีลักษณะแข็งเกร็ง (Rigid) 4.สามารถสร้างในพื้นที่ที่มีการจราจรหนาแน่นได้	1.ไม่สามารถตรวจสอบรอยเชื่อมโดยการใช้รังสีเอกซ์ (X-Ray)ได้ จึงใช้วิธีฉีดสี(Liquid Penetrant Test)ในการตรวจสอบแทน 2.ท่อปลอกคอนกรีตมีน้ำหนักมากและผนังท่อมีความหนาทำให้ต้องใช้แรงในการดันท่อสูง 3.แรงดันในลักษณะแบบกระทำเป็นจุด (Point Load) จากแม่แรง ทำให้ท่อปลอกคอนกรีตเกิดการแตกร้าวได้

5. สรุปผลการวิจัย

รูปแบบการดันท่อปลอกคอนกรีตแล้วร้อยด้วยท่อประปาระยะเวลาในการดันท่อค่อนข้างเร็วระยะทางการดันท่อต่อช่วงยาวเนื่องจากข้อต่อไม่มีลักษณะแข็งเกร็ง (Rigid) สามารถปรับแนวการดันได้ง่าย และระยะทางการดันท่อต่อช่วงยาวได้นั้นทำให้ไม่ต้องก่อสร้างบ่อดันและบ่อรับหลายจุด ดังนั้นรูปแบบการดันท่อปลอกคอนกรีตแล้วร้อยด้วยท่อประปาสามารถทำได้ในถนนที่มีการจราจรหนาแน่นเพราะระยะเวลาในการก่อสร้างไม่นาน

รูปแบบการดันท่อเหล็กเหนียวสองชั้นเป็นรูปแบบที่พัฒนามาเพื่อลดขั้นตอนการทำงานเป็นหลักจะเห็นว่ารูปแบบการดันท่อปลอกคอนกรีตต้องทำงานหลายขั้นตอนเริ่มจากการดันท่อปลอกก่อนจึงจะร้อยท่อไส้ตามแต่รูปแบบการดันท่อเหล็กเหนียวสองชั้นได้เปลี่ยนชนิดของท่อเป็นท่อเหล็กสองชั้นวิธีการดันท่อจะดันท่อปลอกและท่อไส้ไปพร้อมกันโดยท่อเหล็กเปลือกนอกซึ่งเป็นท่อปลอกทำหน้าที่เป็นโครงสร้างถาวรรับแรงที่มากระทบกับท่อไส้ส่วนท่อเหล็กเปลือกในซึ่งเป็นท่อไส้ทำหน้าที่รับแรงดันแต่อย่างไรก็ตามข้อจำกัดของ

รูปแบบนี้คือระยะเวลาในการดันท่อแต่ละท่อนค่อนข้างนานเนื่องจากต้องเสียเวลาในการเชื่อมท่อและการตรวจสอบรอยเชื่อมด้วยการใช้รังสีเอกซ์ (X-Ray) ก่อนที่จะดันท่อท่อนต่อไปทำให้ไม่คุ้มค่าต่อการนำหัวเจาะสมัยใหม่ที่มีประสิทธิภาพและราคาสูงมาเสียเวลากับการรอการเชื่อมท่อและรอผลการทดสอบรอยเชื่อมการดันท่อในรูปแบบนี้จึงไม่เหมาะสมกับการทำงานในถนนที่มีการจราจรหนาแน่นเพราะระยะเวลาในการก่อสร้างนาน

รูปแบบการดันท่อคอนกรีตที่มีท่อเหล็กเป็นท่อวางใน ระยะเวลาในการดันท่อค่อนข้างเร็วมากใช้สำหรับงานดันท่อที่มีขนาดใหญ่ซึ่งคนสามารถเข้าไปทำการเชื่อมท่อและซ่อมแซมท่อวางในที่เสียหายจากการก่อสร้างได้ แต่การเชื่อมท่อและซ่อมแซมท่อนั้นจะทำหลังจากดันท่อเสร็จรูปแบบนี้จึงดันท่อได้เร็วกว่ารูปแบบการดันท่อเหล็กเหนียว 2 ชั้น อีกทั้งรูปแบบการดันท่อคอนกรีตที่มีท่อเหล็กเป็นท่อวางในสามารถปรับแนวท่อได้ง่ายเนื่องจากท่อแต่ละท่อนไม่ได้เชื่อมติดกัน สามารถดันท่อในแนวโค้งได้โดยการปรับมุมที่ข้อต่อของท่อแต่ละท่อนประมาณ 0.5 องศาแต่อย่างไรก็ตามข้อจำกัดของรูปแบบนี้คือไม่สามารถตรวจสอบรอยเชื่อมโดยการใช้รังสีเอกซ์ (X-Ray) จึงใช้วิธีฉีดสี (Liquid Penetrant Test) แทนอีกทั้งท่อคอนกรีตมีความหนาและมีน้ำหนักมากทำให้ต้องใช้แรงในการดันท่อสูงซึ่งแรงดันในลักษณะแบบกระทำเป็นจุด (Point Load) จากแม่แรงทำให้กำแพงยันหลังหรือท่อคอนกรีตเกิดความเสียหายแตกร้าวได้ในส่วนของประสิทธิภาพการก่อสร้าง รูปแบบการดันท่อคอนกรีตที่มีท่อเหล็กเป็นท่อวางในมีความแม่นยำในการดันท่อสูง สามารถปรับแนวได้ง่ายทำให้ดันท่อในแนวโค้งได้ดีกว่ารูปแบบอื่น

6. เอกสารอ้างอิง

[1] การประปานครหลวง, 2547, **เอกสารประกอบการบรรยายหลักสูตรการพัฒนามาตรฐานงานก่อสร้างวางท่อประปา**, กรุงเทพมหานคร, หน้า 1-40.

[2] ชนะพงษ์โพธากุล, สุนัยสุนทราภาและอภิชาติธารธรรมวงศ์, 2546, **เทคโนโลยีในงานประปาที่ไม่ต้องขุดร่องดิน**, การประปานครหลวง, กรุงเทพมหานคร, หน้า 1-16.

[3] การประปาส่วนภูมิภาค, 2553, **เอกสารประกอบการบรรยายมาตรฐานงานก่อสร้างวางท่อประปา**, กรุงเทพมหานคร, หน้า 1-53.

[4] นภดลเพียรเวช, 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