บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

ในปัจจุบันการผลิตปิโตรเลียมนอกชายฝั่งทะเลมีปริมาณมากขึ้นและอยู่ในน้ำทะเลที่มีระดับความลึกมาก ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีเทคโนโลยีและโครงสร้างที่เหมาะสมสำหรับการสำรวจหาแหล่งน้ำมันและผลิตน้ำมันในน้ำทะเลลึก ท่อลำเลียงของไหล (marine risers) เป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างนอกชายฝั่งที่สำคัญอันหนึ่งที่ใช้ในการลำเลียงปิโตรเลียมระหว่างพื้นทะเลกับแท่นผลิตหรือ แท่นขุดเจาะซึ่งอยู่ที่ระดับผิวน้ำ ท่อลำเลียงของไหลนอกจากจะต้องสามารถรับแรงกระทำเนื่องจากสภาพแวดล้อมในน้ำทะเลลึกแล้ว ยังต้องสามารถรับแรงเนื่องจากความเร็วของของไหลภายในท่อที่เกิดขึ้นอีกด้วย ความเข้าใจถึงพฤติกรรมท่อลำเลียงของไหลจึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับวิศวกรนอกชายฝั่ง (offshore engineers)ที่จะต้องเรียนรู้เพื่อการวิเคราะห์ และออกแบบท่อลำเลียงของไหลที่เหมาะสมเพื่อให้ทนต่อสภาพแวดล้อมต่างๆได้

1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเสถียรภาพของท่อที่มีของเหลวไหลอยู่ภายในท่อตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันได้รับการศึกษาอย่างกว้างขวางจากนักวิจัยหลายท่านทั้งทางด้านสถิตศาสตร์และพลศาสตร์ซึ่งแต่ล่ะท่านได้ใช้กระบวนการวิเคราะห์หาผลเฉลยที่มีความแตกต่างกันในส่วนโครงการวิจัยเฉพาะเรื่องนี้ได้ทำการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องบางส่วนเกี่ยวกับการวิเคราะห์ท่อลำเลียงของไหลด้วยการหาผลเฉลยเชิงตัวเลขโดยใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

Moe และ Chucheepsakul [1] ศึกษาผลกระทบของของไหลแบบคงที่ภายในท่อลำเลียงที่อยู่ในแนวเกือบจะตั้งฉาก มีแรงดึงที่ปลายบนคงที่ และท่อลำเลียงมีความแข็งมาก พิจารณาโดยใช้สมการเชิงอนุพันธ์เพื่อทำการประมาณค่า และวิเคราะห์โดยวิธีการเชิงตัวเลขที่แตกต่างกันหลายวิธีซึ่งจากงานวิจัยพบว่าการพิจารณาโดยวิธีการแบบ Closed form มีความแม่นยำมากที่สุดในการวิเคราะห์นี้

Patel และ Seyed [2] งานวิจัยนี้ศึกษาพฤติกรรมของของไหลภายในท่อลำเลียงของไหลแบบยืดหยุ่นได้ การกระจายตัวของแรงดันและพฤติกรรมของของไหลภายในท่อลำเลียงของไหลแบบยืดหยุ่นได้นี้มีผลกระทบต่อการวิเคราะห์พฤติกรรมทางสถิตศาสตร์และพลศาสตร์ วิเคราะห์โดยใช้หลักการของ Governing equations ในสองมิติ ร่วมกับสมการของการไหลของท่อโลหะ พบว่า หลักการ Frequency-domain numerical solution สามารถอธิบายแบบจำลองของพฤติกรรมทั้งระบบได้ ซึ่งประกอบด้วยแรงจากภายนอกและแรงจากของไหลภายในท่อลำเลียงของไหล

งานวิจัยของ Wu และ Lon [3] ผลกระทบของความแข็งแกร่งของท่อ และของไหลภายในท่อลำเลียงของไหลในทะเลแบบพลศาสตร์โดยการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เคลื่อนที่ทางด้านข้างเพื่อนำมาตรวจสอบพฤติกรรมของท่อลำเลียงแบบพลศาสตร์ ซึ่งพิจารณาทั้งของไหลแบบคงที่ภายในท่อลำเลียงร่วมกับแรงที่กระทำภายนอกท่อลำเลียง พบว่า ของไหลภายในท่อทำหน้าที่ลดผลกระทบที่เกิดจากแรงดึงที่ปลายบนแต่เมื่อแรงดึงที่ปลายบนมีค่ามากจะส่งผลต่อท่อลำเลียงของไหลแบบพลศาสตร์

Huang [4] กลศาสตร์การเคลื่อนที่ของการลำเลียงมวลภายในท่อลำเลียงของไหลและท่อ พิจารณาความเร่งเนื่องจากน้ำหนักทั้งของเหลว และอนุภาคของของแข็งที่ถูกลำเลียงภายในท่อลำเลียงของไหลในทะเล ใช้หลักการของ ลากรานจ์ ออยเลอร์ และ แรงคอริออลิส (coriolis force) พบว่า เมื่อท่อลำเลียงเกิดการเคลื่อนที่มากจะถูกอิทธิพลของแรงเฉื่อยเนื่องจากความเร่งทำให้การเคลื่อนที่ของท่อลำเลียงของไหลบางกรณีเกิดการเคลื่อนที่ได้น้อยลง ความเร่งดังกล่าวจะสังเกตได้ชัดเจนเมื่อท่อลำเลียงของไหลเกิดการเคลื่อนที่และมีความเร็ว

Chucheepsakul และ Huang [5] อิทธิพลของการเคลื่อนที่ของมวลภายในท่อลำเลียงของไหลที่ส่งผลต่อสภาวะสมดุล งานวิจัยนี้พิจารณาในกรณี 2 มิติ และเปลี่ยนแปลงแรงดึงที่ปลายบน พบว่า ท่อลำเลียงของไหลจะเกิดการเคลื่อนที่เพิ่มมากขึ้นเมื่อทำลำเลียงของไหลมีความเร็วเพิ่มขึ้น และความยาวส่วนโค้งทั้งหมดจะขึ้นอยู่กับขนาดของแรงดึงที่ปลายบน

งานวิจัยของ Moe, Stromsed และ Fylling [6] ศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมของของไหลภายในท่อลำเลียงของไหลภายใต้เงื่อนไขขอบเขตต่างๆ ซึ่งในงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าแรงหนีศูนย์กลางเนื่องจากของไหลภายในท่อลำเลียงสามารถป้องกันได้โดยการเพิ่มแรงตามแนวแกน ผลที่ได้จากงานวิจัยนี้คือความเครียดรวม (combined tension)

งานวิจัยของ Chucheepsakul, Huang และ Monprapussorn [7] ศึกษาเกี่ยวกับการวิบัติของท่อแบบอีลาสติคคา(elastica pipe)แบบไม่เชิงเส้นและคำนึงถึงการเคลื่อนที่ของของไหลภายในท่อโดยวิธีการวิเคราะห์แบบปัญหาเงื่อนไขขอบเขต ซึ่งพบว่าการเคลื่อนที่ของของไหลภายในท่อทำให้ท่อเกิดการเสียรูปร่างมากอีกทั้งแรงดึงปลายบนของท่อมีค่ามากขึ้นเนื่องจากน้ำหนักของท่อทำให้ความสามารถใช้งานของท่อนั้นมีค่าลดลงแต่จำกัดที่ระดับน้ำตื้นเท่านั้น

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อพัฒนาการวางตัวของเคเบิลที่สภาวะสมดุล ภายใต้น้ำหนักของตัวเอง และของไหลภายในท่อ โดยมีวัตถุประสงค์ของงานวิจัย ดังต่อไปนี้

1. พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยวิธีการแปรผันของท่อลำเลียงของไหลใต้ทะเลที่วางตัวในสองมิติภายใต้แรงกระทำเนื่องจากของไหลภายในท่อและแรงอื่นๆที่เกี่ยวข้อง โดยอาศัยหลักการของงานเสมือน
2. พัฒนากระบวนการแก้ปัญหาเชิงตัวเลขโดยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของท่อลำเลียงของไหล
3. ศึกษาพฤติกรรมของท่อลำเลียง และผลกระทบเนื่องจากความเร็วของไหลและตัวแปรอื่นๆต่อการวางตัวของท่อลำเลียงของไหล ณ สภาวะสมดุล

1.4 ขอบเขตงานวิจัย

งานวิจัยนี้นำเสนอการวิเคราะห์ผลกระทบเนื่องจากแรงกระทำของของไหลภายในท่อต่อสภาวะสมดุลท่อลำเลียงของไหลในทะเลลึก และแรงกระทำเนื่องจากกระแสน้ำ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ร่วมกับกระบวนการกระทำซ้ำของนิวตัน-ราฟสันในการหาคำตอบเชิงตัวเลข ซึ่งมีขอบเขตในการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

1. พิจารณาแบบจำลองในการวิเคราะห์เป็นแบบสองมิติ
2. พิจารณารูปร่างการวางตัวของท่อลำเลียงของไหลแบบสมดุลสถิต
3. พิจารณาความเร็วของของไหลแบบคงที่ภายในท่อ
4. พิจารณาการไหลของของไหลภายในท่อเป็นแบบราบเรียบ (laminar flow) ใน 1 มิติตามแนวสัมผัส ของแกนท่อ
5. ไม่พิจารณาผลของแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นระหว่างผิวสัมผัสของท่อกับของไหลภายในท่อ
6. ไม่พิจารณาผลของแรงดัดที่เกิดขึ้นภายในท่อ

1.5 ประโยชน์และผลที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

ประโยชน์ที่ได้รับจากการศึกษาเฉพาะเรื่องนี้สรุปเป็นประเด็นหลักๆได้ ดังนี้

1. ทำให้เข้าใจและเรียนรู้วิธีการคำนวณเชิงตัวเลขโดยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์
2. ทำให้เข้าใจพฤติกรรมสถิตของท่อลำเลียงเมื่อเทียบกับของไหลที่ไม่มีความเร็ว
3. ทำให้รู้ถึงพฤติกรรมของท่อลำเลียงแบบแคทีนารีที่มีของไหลอยู่ภายในท่อในกรณีที่มีความเร็วของไหลแปรเปลี่ยนและในกรณีปลายทั้งสองของท่อลำเลียงมีความต่างระดับกัน