บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความสำคัญ และที่มาของปัญหา

ในงานวิศวกรรมนอกชายฝั่งในปัจจุบันแพร่หลายมากขึ้น ท่อลำเลียงของไหล (Riser) เป็นองค์ประกอบสำคัญที่ใช้ในงานวิศวกรรมนอกฝั่งทั้งการขุดเจาะและการลำเลียงปิโตรเลียมจากหลุมผลิตและใช้ในการขนถ่ายปิโตรเลียมระหว่างแท่นผลิตซึ่งแหล่งปิโตรเลียมในทะเลที่ค้นพบใหม่ในปัจจุบันมักอยู่ในระดับที่มีความลึกมากขึ้น มีแรงกระทำที่จะทำให้เกิดการยืดตัวของท่อลำเลียงของไหลเมื่อเวลาผ่านไป การเลือกท่อลำเลียงของไหลที่เหมาะสมจึงมีความสำคัญมากต่อแหล่งผลิตปิโตรเลียม

งานวิจัยเกี่ยวกับท่อลำเลียงของไหลในทะเล โดยทั่วไปจะไม่คำนึงถึงผลของการยืดตัวตามแนวแกน ถ้าท่อลำเลียงเกิดความเครียดในแนวแกนน้อย ผลการวิเคราะห์อยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้ แต่ถ้าท่อลำเลียงมีความเครียดในแนวแกนมาก ความสามารถในการยืดตัวสูง ผลการวิเคราะห์โดยไม่คำนึงถึงผลของการยืดตัวตามแนวแกนจะมีความผิดพลาดสูง ซึ่งไม่ตรงกับสภาพความเป็นจริงของท่อลำเลียง ดังนั้นงานวิจัยนี้จะมุ่งศึกษาเกียวกับการยืดตัวต่อสภาวะสมดุลของท่อลำเลียงของไหลในทะเลลึกโดยใช้ความยาวเป็นตัวแปรอิสระ

1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบของการยืดตัวต่อสภาวะสมดุลของท่อลำเลียงสรุปได้ดังนี้

Huang [1] ทำการสร้างแบบจำลองเพื่อวิเคราะห์สภาวะสมดุลสถิตย์ของเคเบิลในทะเล 2 มิติ และคำนึงถึงการยืดตัวตามแนวแกนของเคเบิล แต่ไม่คำนึงถึงผลกระทบเนื่องจากอัตราส่วนปัวซอง แบบจำลองครอบคลุมทั้ง 2 กรณีคือ กรณีที่ทราบค่าแรงดึงที่ปลายบน และกรณีที่ทราบค่าความยาวของเคเบิลวิเคราะห์โดยวิธีแปรผัน โดยแบบจำลองนี้สามารถบอกการเคลื่อนที่ไปในแนวราบเนื่องจากผลของแรงดึงและการยืดตัวของเคเบิลได้

Chucheepsakul, et al. [2] ทำการศึกษาถึงผลของการยืดตัวตามแนวแกนและอัตราส่วนปัวซองที่มีต่อสภาวะสมดุลของเคเบิลในทะเลโดยให้ความลึกของระดับน้ำทะเลเป็นตัวแปรอิสระ พบว่า ถ้าเคเบิลมีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นน้อยผลของการยืดตัวตามแนวแกนจะทำให้ตำแหน่งสมดุลของเคเบิลมีค่าเปลี่ยนแปลงไปมาก ถ้าเคเบิลมีค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นสูงผลของการยืดตัวตามแนวแกน จะทำให้ตำแหน่งสมดุลของเคเบิลเปลี่ยนแปลงไปน้อยมาก ในทุกกรณี ผลของการแปรเปลี่ยนค่าอัตราส่วนปัว

ซอง จะมีผลต่อตำแหน่งสมดุลเพียงเล็กน้อย โดยเฉพาะเคเบิลที่มีค่าโมดูลัสความยืดยุ่น สูง ๆ ผลของอัตราส่วนป๋วซองสามารถตัดทิ้งได้

Huang และ Chucheepsakul [3] ทำการวิเคราะห์ผลกระทบของการยืดตัวต่อความถี่ธรรมชาติของเคเบิลในทะเล โดยคำนึงถึงการยืดตัวตามแนวแกนของเคเบิล จากงานวิจัยนี้พบว่าความถี่ธรรมชาติจะเพิ่มขึ้นเมื่อแรงดึงจะเพิ่มขึ้น และในทางเดียวกัน เมื่อค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้นค่าความถี่ธรรมชาติก็จะเพิ่มขึ้นด้วยกล่าวคือถ้าค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นน้อยค่าความถี่ธรรมชาติของเคเบิลในทะเลจะน้อย ถ้าค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นมากค่าความถี่ธรรมชาติของเคเบิลในทะเลจะมากขึ้นด้วย

Thai และ Kim [4] เสนอการวิเคราะห์แบบไม่เป็นเชิงเส้นของโครงสร้างของเคเบิลซึ่งมีการวิเคราะห์แรงกระทำทั้งสมดุลสถิตย์และพลศาสตร์โดยพิจารณาผลกระทบจากน้ำหนักและแรงดึงต่อความยืดหยุ่นของท่อลำเลียงของไหลแบบแคทินารี โดยเป็นการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อศึกษาวิเคราะห์โครงสร้างของเคเบิลแบบตาข่าย พบว่าโปรแกรมคอมพิวเตอร์นี้สามารถใช้เวลาในการหาผลเฉลยในเวลาอันสั้นและใช้ได้ดีกว่าโปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้างทั่วไป

Punjarat และ Chucheepsakul [5] ทำการวิเคราะห์การแอ่นตัวมากในสภาวะสมดุลทางสถิตของท่อลำเลียงของไหลแบบแคทินารีในทะเลลึก โดยหลักการแปรผันของงานและพลังงานซึ่งประกอบไปด้วยงานเสมือนจากน้ำหนักประสิทธิผล แรงลากจากความเร็วกระแสน้ำ และแรงดึงตามแนวราบที่ปลายบนสมการงานและพลังงานเป็นฟังก์ชันของความยาวส่วนโค้งในพิกัดลากรานจ์ การเปรียบเทียบผลเฉลยเชิงตัวเลขในกรณีของคาน เคเบิล และท่อลำเลียงของไหลของจากงานวิจัยนี้กับงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า มีความสอดคล้องกันเป็นอย่างดี นอกจากนี้งานวิจัยนี้ยังศึกษาเกี่ยวกับผลของแรงดึงตามแนวราบที่มีต่อปลายบนต่อพิกัดการวางตัวในสภาวะสมดุล

Greco, et al. [7] นำเสนอการวิเคราะห์เคเบิลแบบเป็นตาข่ายโดยวิเคราะห์แคทินารี แบบสามมิติที่ยืดตัวได้ พิจารณาสภาวะสมดุลของจุดเชื่อมเคเบิลและการเสียรูปของเคเบิลโดยออกแบบจำลองโดยใช้กระบวนการนิวตัน-ราฟสันเพื่อหาค่าความเค้นเริ่มต้นของเคเบิลและการเสียรูปของเคเบิลแบบเป็นตาข่าย วิธีการนี้จะสามารถหาผลการยืดตัวของตาข่ายในรูปแบบสามมิติได้

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1 เพื่อพัฒนาแบบจำลองเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ท่อลำเลียงของไหลที่ยืดตัวได้ในสองมิติ ภายใต้น้ำหนักบรรทุกของตัวเอง และแรงดึงที่ปลายบน

2 ศึกษาผลกระทบของค่าความยืดหยุ่นต่อสภาวะสมดุลของท่อลำเลียง

1.4 ขอบเขตงานวิจัย

แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นอาศัยหลักการของงานเสมือนของแรงดึงในแนวราบที่ปลายบนและงานเสมือนของน้ำหนักบรรทุกประสิทธิผลของท่อลำเลียงโดยมีขอบเขตการศึกษาดังต่อไปนี้

1.แบบจำลองเป็นแบบสองมิติ

2.การยืดตัวเป็นแบบเส้นตรงเป็นไปตามกฎของฮุค

3.ไม่คำนึงถึงแรงภายนอกอื่นนอกจากน้ำหนักบรรทุกของท่อลำเลียงและแรงดึง

4.ไม่คิดผลของการดัดและแรงเฉือน