บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาของงานวิจัย

เนื่องจากการสำรวจหาปิโตรเลียมในแหล่งบริเวณน้ำตื้นในอ่าวไทยมักจะขุดพบเจอปิโตรเลียมในปริมาณที่ไม่มากนัก ดังนั้นในการตัดสินใจเลือกขุดเจาะปิโตรเลียมขึ้นมาใช้ในเชิงพาณิชย์นั้น จำเป็นที่จะต้องใช้ข้อมูลหลายอย่างเพื่อประกอบการตัดสินใจเลือกหลุมผลิต เช่น ปริมาณสำรองของปิโตรเลียม (Petroleum reserves) จำนวนหลุมที่จะขุดเจาะปิโตรเลียม ความลึกของระดับน้ำทะเล ราคาก๊าซธรรมชาติหรือน้ำมัน การขนส่ง ค่าสัมปทาน การเลือกประเภทสถานีขุดเจาะและวิธีการก่อสร้าง เป็นต้น ซึ่งการเลือกประเภทของสถานีขุดเจาะนั้น จะเป็นการตัดสินใจที่สำคัญมากสำหรับแหล่งผลิตแต่ละแห่ง เนื่องจากจะต้องคำนึงถึงต้นทุนด้านการก่อสร้างที่เหมาะสม ดังนั้นในการลดต้นทุนด้านการก่อสร้าง โครงสร้างของแท่นหลุมผลิตสำหรับแหล่งที่มีปริมาณปิโตรเลียมสำรองไม่มาก ก็ควรที่จะมีขนาดเล็กลง โดยยังคงสามารถต้านทานแรงจากสิ่งแวดล้อมได้อย่างปลอดภัย ซึ่งชนิดโครงสร้างแท่นหลุมผลิตขนาดเล็กมีให้เลือกใช้หลายประเภท ได้แก่ โครงสร้างแท่นหลุมผลิตแบบสามขา (Standard tripod) โครงสร้างแท่นหลุมผลิตแบบมีขาเดียวไม่มีค้ำยัน (Free standing monopod) และโครงสร้างแท่นหลุมผลิตแบบเสาเดี่ยวที่มีค้ำยัน (Braced monopod)

จากการค้นคว้าศึกษางานวิจัยหลายๆท่าน พบว่าโครงสร้างแท่นหลุมผลิตแบบเสาเดี่ยวมีค้ำยัน เป็นโครงสร้างที่มีความเหมาะสมกับทะเลน้ำตื้นทั้งทางด้านความแข็งแรง ความปลอดภัย ความประหยัด และยังเป็นโครงสร้างที่สามารถย้ายไปติดตั้งที่แหล่งผลิตใหม่ที่อยู่บริเวณใกล้เคียงได้ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วในการพัฒนาแต่ละแหล่งผลิตจะมีระยะเวลาอยู่ระหว่าง 5-10 ปี [1] ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณปิโตรเลียมที่จะสามารถขุดเจาะขึ้นมาใช้ได้ ดังนั้นเมื่อพิจารณาเลือกโครงสร้างชนิดนี้มาทำเป็นโครงสร้างแท่นหลุมผลิต(Wellhead platform structures) จะช่วยลดต้นทุนในกระบวนการผลิตลงมาได้ ซึ่งจะทำให้กลุ่มบริษัทที่ได้รับการสัมปทานในการพัฒนาแหล่งผลิตปิโตรเลียมในอ่าวไทยสามารถที่จะพัฒนาแหล่งผลิตที่มีปริมาณสำรองไม่มาก ซึ่งอาจจะไม่คุ้มค่าในการผลิตในอดีตให้สามารถพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ทางการพาณิชย์ได้ในปัจจุบัน และด้วยเหตุนี้การศึกษาการออกแบบโครงสร้างแท่นหลุมผลิตปิโตรเลียมแบบเสาเดี่ยวที่มีค้ำยัน การหาตำแหน่งและมุมค้ำยันที่เหมาะสมจึงมีความสำคัญ โดยจะทำให้สามารถพัฒนารูปแบบโครงสร้างให้มีความแข็งแรงภายใต้ปริมาณวัสดุและต้นทุนที่เหมาะสม

1.2 งานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับโครงสร้างนอกฝั่งทะเลขนาดเล็ก

ในปี 2008 Sitthipong Anglapunyadej [2] ได้ทำการศึกษาหาการสั่นเนื่องจากกระแสน้ำวน(Vortex shedding induced vibration, VIV) ต่อโครงสร้างนอกชายฝั่งทะเลขนาดเล็ก โดยทำการเปรียบเทียบน้ำหนักบรรทุกของโครงสร้างและ VIV ของโครงสร้าง 4 ชนิด ได้แก่ Freestanding caisson platform, Bottom support monopod, Braced monopod และ Cluster conductor platform ภายใต้แรงกระทำจากสิ่งแวดล้อมในอ่าวไทย โดยทำการเปรียบเทียบโครงสร้างที่ระดับความลึกน้ำทะเล 3 ระดับ (20,30 และ 40 เมตร) และชนิดของดินอีก 3 ชนิด ซึ่งทำการวิเคราะห์โครงสร้างโดยใช้โปรแกรม SASC v5.2 จากผลการศึกษาพบว่าโครงสร้างแท่นหลุมผลิตแบบเสาเดี่ยวที่มีฐานรองรับBottom support monopod เป็นโครงสร้างที่มีความเหมาะสมมากที่สุดสำหรับแหล่งน้ำตื้น โดยเฉพาะที่ความลึกของน้ำทะเลที่ 20 เมตร เพราะไม่มีปัญหาเรื่อง VIV ของโครงสร้าง

ในปี 2009 Songkiat Hansanti [3] ได้ทำการศึกษาผลการตอบสนองทางพลศาสตร์ของโครงสร้างนอกชายฝั่งทะเลขนาดเล็กในอ่าวไทย โดยมีจุดประสงค์หลักเพื่อหาโครงสร้างขนาดเล็กที่เหมาะสมกับแหล่งทะเลน้ำตื้นในอ่าวไทย โดยใช้โปรแกรม SASC v5.1 ในการวิเคราะห์โครงสร้าง ซึ่งได้ทำการเปรียบเทียบโครงสร้างนอกชายฝั่งทะเลขนาดเล็ก 2 ชนิด คือ Freestanding caisson และ Braced monopod โดยใช้มาตรฐาน API RP2A-WSD ในการตรวจสอบออกแบบโครงสร้าง ภายใต้การกระทำของแรงจากสิ่งแวดล้อมในอ่าวไทย ที่ระดับความลึกของน้ำทะเล 20, 25 และ 30 เมตร โดยทำการเปรียบเทียบผลการตอบสนองด้านพลศาสตร์ของโครงสร้าง (Dynamic amplification factors) ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษา พบว่า Braced monopod มีความต้านทานแรงจากสิ่งแวดล้อมได้ดีกว่า

ในปี 2010 Jitrada Buacharoen [4] ได้ทำการศึกษาต้นทุนที่แท้จริงของโครงสร้างนอกชายฝั่งทะเลขนาดเล็กบนพื้นฐานต่างๆ ที่มีการออกแบบที่ทันสมัยให้เหมาะสำหรับบริเวณริมชายฝั่งทะเลในอ่าวไทย โดยทำการออกแบบโครงสร้างแบบเสาเดี่ยวมีค้ำยัน (Braced monopod), โครงสร้างแบบสามขา (Tripod) และโครงสร้างแบบสี่ขา (Tetra-pod) โดยใช้ฐานรากแบบเข็มดูด (Suction piles) เป็นกรณีศึกษา ซึ่งจะมีแบบจำลองทั้งหมด 9 แบบ ซึ่งในการออกแบบจะวิเคราะห์โดยวิธีกึ่งสถิตยศาสตร์ (Quasi-static in-placed analysis) เพื่อทำการประเมินทั้งทางด้านกำลัง (Strength) และการให้บริการ (Serviceability) ของโครงสร้าง ที่ระดับความลึกของน้ำทะเล 15 เมตร, 25 เมตร และ 35 เมตร โดยใช้คาบในการออกแบบ 1 ปี และ 50 ปี ภายใต้น้ำหนักบรรทุกการใช้งานและเงื่อนไขลมพายุในอ่าวไทย นอกจากนั้นยังได้ทำการเปรียบเทียบต้นทุนทางด้านการขนส่งและการติดตั้งโดยใช้ Jack up rig กับการติดตั้งด้วยตัวเอง (Self-installing) ผลจากการวิเคราะห์ของโครงสร้างทั้ง 3 รูปแบบและวิธีการติดตั้ง 2 วิธี ซึ่งการติดตั้งโดยวิธี Jack up rig จะมีประสิทธิภาพทั้งทางด้านราคาและเวลาที่ดีกว่าติดตั้งด้วยตัวเอง โครงสร้างแบบเสาเดี่ยวร่วมกับค้ำยัน (Braced monopod) จะมีกำลังในการต้านทานแรง

จากภายนอกได้ดีที่สุด ส่วนโครงสร้างขนาดเล็กแบบสามขา (Tripod) จะมีความเหมาะสมที่สุดสำหรับแฟตท์ฟอร์มที่ใช้เป็นที่พักอาศัย (Living quarter platform)

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

วัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยมีดังนี้

1. ศึกษาวิธีการออกแบบโครงสร้างแท่นผลิตแบบเสาเดี่ยวที่มีการค้ำยัน (Braced monopod) ตามข้อแนะนำการออกแบบ API RP 2A-WSD (2007) [5]

2. ศึกษาหาตำแหน่งค้ำยันและมุมการค้ำยัน รวมถึงขนาดของโครงสร้างที่เหมาะสมสำหรับแท่นผลิตแบบเสาเดี่ยวที่มีการค้ำยัน

1.4 ขอบเขตของงานวิจัยและสมมติฐาน

1.4.1 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ทำการศึกษาลักษณะองค์อาคารของโครงสร้างนอกชายฝั่งทะเลรับแท่นหลุมผลิตแบบขาเดี่ยวมีค้ำยัน โดยกำหนดตำแหน่งค้ำยันที่ตำแหน่งหนึ่งสามของความลึกน้ำทะเล ครึ่งหนึ่งของความลึกและสองในสามของความลึกน้ำทะเล โดยชิ้นส่วนที่ทำการค้ำยันทำมุมกับแนวแกนของโครงสร้างหลักที่มุม 20 , 30 และ 45 องศา ที่ระดับความลึกน้ำทะเลที่ 20 และ 30 เมตร ตามลำดับ

2. ในการวิเคราะห์แต่ละแบบจำลองจะกำหนดให้ใช้ความหนาของโครงสร้างหลักมีค่าเท่ากับ 19,25,34 และ 40 มิลลิเมตร โดยความหนาของท่อจะอ้างอิงตามข้อแนะนำของ API RP2A-WSD แล้วเพิ่มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโครงสร้างหลักเริ่มตั้งแต่ 0.60 – 2.40 เมตร ส่วนโครงสร้างชิ้นส่วนค้ำยันจะกำหนดให้เป็นค่าคงที่ คือมีเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 500 มิลลิเมตร และมีความหนาของท่อคงที่ 25 มิลลิเมตรทุกแบบจำลอง

1.4.2 สมมติฐานของงานวิจัย

1. การจำลองโครงสร้างเป็นโครงข้อแข็ง 3 มิติ โดยมีฐานรองรับเป็นแบบหัวเสาเข็ม (PILEHD or PINNED) หรือฐานรองรับแบบหมุนได้

2. โครงสร้างส่วนบน (Topside structure) จะสมมติให้เป็นชิ้นส่วนที่มีลักษณะแข็งเกร็ง (Rigid element) โดยกำหนดให้เป็นแรงที่กระทำกับโครงสร้างมีค่าคงที่

3. ไม่คิดผลกระทบเนื่องจากอุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่ในโครงสร้างส่วนบน

4. ข้อมูลทางด้านสิ่งแวดล้อมจะเป็นข้อมูลในอ่าวไทย โดยอ้างอิงจากแหล่งสงขลา

5. ไม่พิจารณาผลที่เกิดขึ้นกับท่อแนวตั้ง (Riser) ที่ติดกับโครงสร้างนอกฝั่งทะเล

6. น้ำหนักบรรทุกของโครงสร้างส่วนบนกำหนดให้มีค่าคงที่โดยมีค่าเท่ากับ 2000 กิโลนิวตัน (204 ตัน) ทุกๆ แบบจำลอง

7. ไม่พิจารณาออกแบบในส่วนโครงสร้างของเสาเข็มและรอยต่อต่างๆ ของโครงสร้าง

8. ไม่คิดผลกระทบเนื่องจากแรงกระแทก (Impact load) และความล้า (Fatigue)

1.5 ขั้นตอนดำเนินงาน

สำหรับวิธีการดำเนินการวิจัยได้แบ่งลำดับขึ้นตอนการทำงานออกเป็นดังนี้

1. ศึกษางานวิจัยต่างๆ ที่ผ่านมาที่มีความเกี่ยวข้องกับโครงสร้างแท่นหลุมผลิตปิโตรเลียมแบบเสาเดี่ยวที่มีค้ำยัน
2. ศึกษาปัจจัยพื้นฐาน ความต้องการใช้งานโครงสร้างและสภาวะแวดล้อมที่มีผลต่อการเลือกใช้โครงสร้างแท่นหลุมผลิตปิโตรเลียมแบบเสาเดี่ยวที่มีค้ำยัน รวมไปถึงมาตรฐานการออกแบบต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง
3. ทำการสร้างแบบจำลองตามขอบเขตที่จะทำการศึกษา

4. นำแบบจำลองที่ได้ไปทำการวิเคราะห์ออกแบบโครงสร้างโดยใช้โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite element program) มาช่วยในการวิเคราะห์ออกแบบ จากนั้นนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์ออกแบบไปทำการเปรียบเทียบทั้งในรูปแบบตารางและกราฟแสดงความสัมพันธ์ เพื่อหาตำแหน่งค้ำยันและมุมในการค้ำยันที่เหมาะสม

1.6 ประโยชน์และผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. งานวิจัยนี้ทำให้ทราบตำแหน่งในการค้ำยันและมุมในการค้ำยันที่เหมาะสมของโครงสร้างแท่นหลุมผลิตปิโตรเลียมแบบเสาเดี่ยวที่มีค้ำยัน รวมไปถึงขนาดความเหมาะสมของความหนาของโครงสร้างหลัก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และอัตราส่วนเส้นผ่านศูนย์กลางท่อโครงสร้างหลักต่อความหนาที่ใช้สำหรับการออกแบบด้วย

2. ผลที่ได้จากงานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุคต์ใช้กับโครงสร้างกังหันลมขนาดใหญ่สำหรับการผลิตไฟฟ้ากำลังสูงในทะเล (Offshore wind turbine) ได้ เนื่องจากโครงสร้างชนิดนี้จะมีลักษณะโครงสร้างที่คล้ายคลึงกัน

3. สามารถนำความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนหน่วยแรงที่เกิดขึ้นจริงต่อหน่วยแรงที่ยอมให้กับขนาดของชิ้นส่วนโครงสร้างมาใช้เป็นแนวทางในการออกแบบเบื้องต้นได้