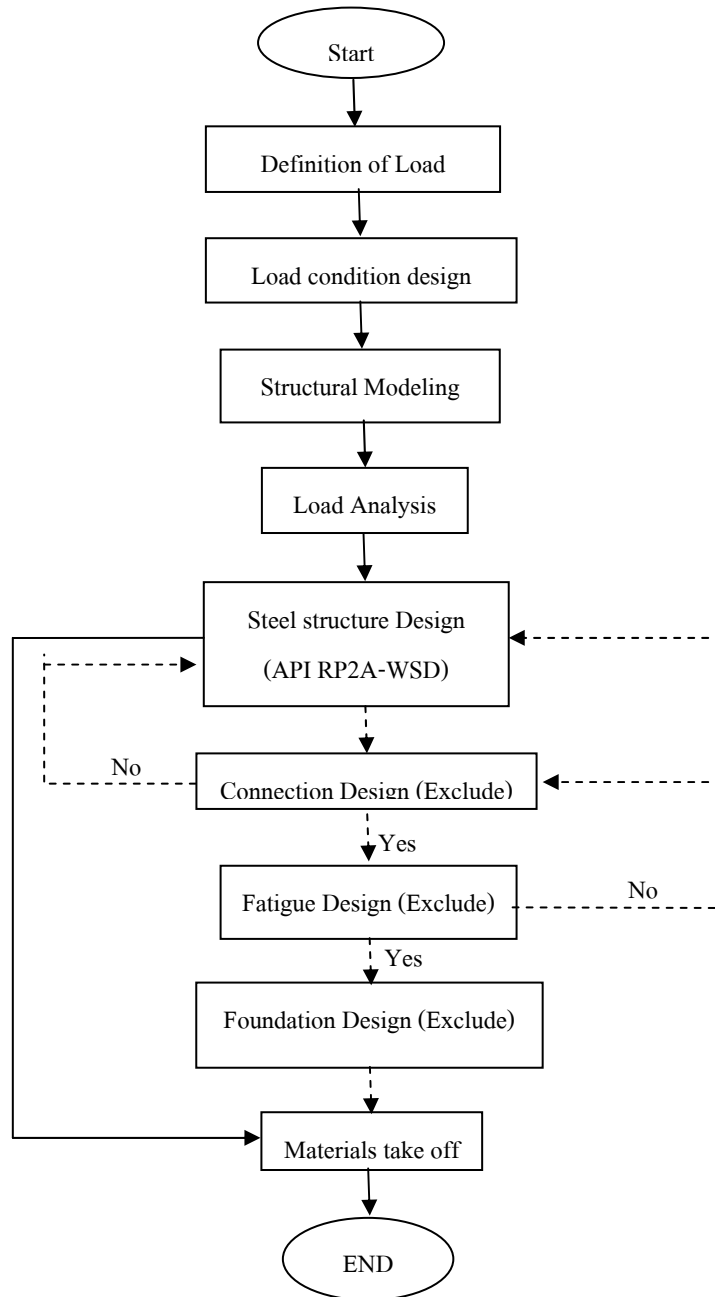


บทที่ 3 ลำดับขั้นตอนการออกแบบและวิธีวิจัย

สำหรับงานวิจัยครั้งนี้ได้ทำการออกแบบโครงสร้างตามขี้อนแนะนำมาตรฐาน API RP2A-WSD (2007) โดยรายละเอียดข้อกำหนดต่างๆ ในการออกแบบได้ระบุไว้ในบทที่ 2 ส่วนข้อมูลแรงกระทำจากสิ่งแวดล้อมในอ่าวไทย จะกล่าวในหัวข้อถัดไป โดยลำดับขั้นตอนในการออกแบบโครงสร้างตามขี้อนแนะนำมาตรฐาน API RP2A-WSD (2007) ได้แสดงกระบวนการวิเคราะห์ออกแบบตามแผนผังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนภูมิแสดงกระบวนการในการออกแบบโครงสร้างตามขี้อนแนะนำการออกแบบ API RP2A-WSD (2007)

3.1 ข้อมูลทางด้านสิ่งแวดล้อมที่ใช้สำหรับกรณีศึกษา

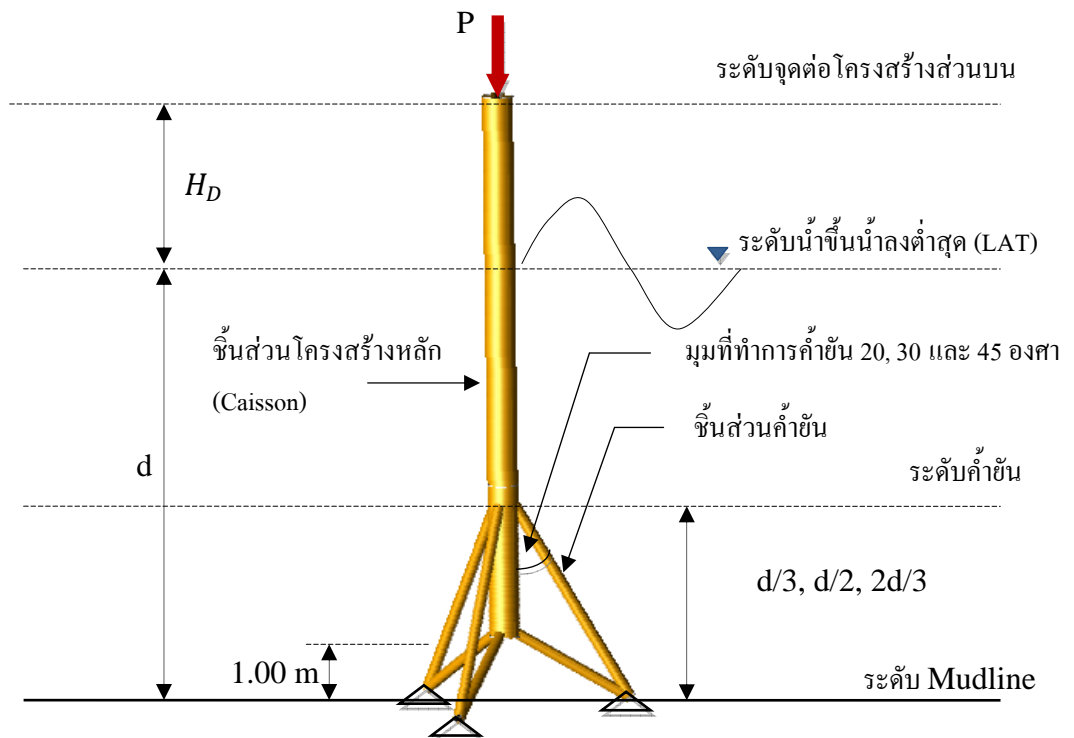
ข้อมูลทางด้านสิ่งแวดล้อมที่ใช้สำหรับการออกแบบเป็นข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ทางสถิติของคลื่นในอ่าวไทย โดย ทรงเกียรติ อ้นสันติ [3] ดังแสดงตามตารางที่ 3.1 และในงานวิจัยครั้งนี้จะใช้ข้อมูลคาบกลับ (Return period) 50 ปีในการออกแบบ โดยจะเป็นเงื่อนไขสูงสุด (Extreme condition) สำหรับการออกแบบ m^3

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลทางด้านสิ่งแวดล้อมสำหรับการออกแบบโครงสร้างในอ่าวไทย [4]

Parameter	Detail	
Number of Wells	1 to 6	
Water depth (m)	20 , 30	
Water density (t/ m^3)	1.03	
Storm surge (m)	1 year : 0.6	50 year : 0.6
Tide (m)	1 year : 0.6	50 year : 0.6
Current (m/s)	1 year : Water surface = 0.54 Mid depth = 0.23 Mud line = 0.14	50 year : Water surface = 0.94 -8.0 m = 0.79 -30.0 m = 0.66 Mud line = 0.15
Marine growth (cm)	-30 m = 1.3 Mud line = 1.3	
Wind (m/s)	Exposure area = $72.5 m^2$ 1 year : 17.2 m/s @ 10 m 50 year : 29.3 m/s @ 10 m	
Drag coefficient (Cd)	0.8 for service condition and 1.05 for extreme condition	
Inertia coefficient (Cm)	1.2 for quasi-static analysis and 2.0 for modal analysis	
Wave kinematics factor	1.0 for service condition and 0.88 for extreme condition	
Topside pay load (P)	2000 kN (204 tons)	
Foundation type	Pined or Pile head	
Design code	API RP2A-WSD (2007)	
Air gap & clearance (m)	1.52 (5 ft)	
Wave height (Hmax50)	8.51 m (Refer ; SK Location)	
Wave period (Tmax50)	8.57 sec (Refer ; SK Location)	

3.2 แบบจำลองโครงสร้างแทนหลุมผลิตปิโตรเลียมแบบเสาเดี่ยวที่มีค้ำยัน

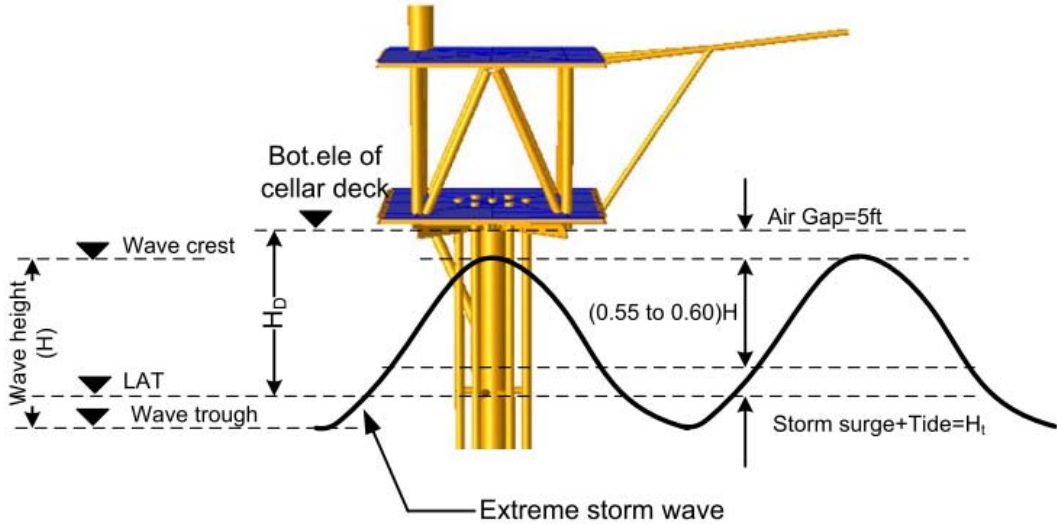
การสร้างแบบจำลองโครงสร้างนี้ ได้ทำการจำลองให้มีลักษณะเป็นคานยื่น และมีค้ำยันที่ระยะต่างๆ ดังแสดงดังรูปที่ 3.2 โดยในแบบจำลองจะสมมุติให้ฐานรองรับเป็นแบบยึดหมุน (Pinned support) ถูกยึดด้วยเสาเข็ม โดยได้แบ่งแบบจำลองออกเป็นทั้งหมด 720 แบบ ตามที่ได้แสดงรายละเอียดการแบ่งแบบจำลองตามตารางที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แบบจำลองโครงสร้างแทนจุดเจาะปิโตรเลียมแบบเสาเดี่ยวร่วมกับค้ำยัน

จากรูปที่ 3.2 มีแรงกระทำจากโครงสร้างส่วนบน(Topside weight) เป็นแรง P กระทำในแนวดิ่ง ซึ่งกำหนดให้มีค่าคงที่เท่ากับ 2000 กิโลนิวตัน (204 ตัน) ทุกแบบจำลอง มีความลึกน้ำทะเล (d) เท่ากับ 20 และ 30 เมตร โดยตัวโครงสร้างประกอบไปด้วยชั้นส่วนโครงสร้างหลัก (Caisson member) และ ชั้นส่วนค้ำยัน (Braced member) มีมุมการค้ำยันและตำแหน่งในการค้ำยันดังรูป โดยกำหนดให้ขนาด ชั้นส่วนค้ำยันมีค่าคงที่คือมีความหนา 2.5 เซนติเมตรและมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 50 เซนติเมตร

ในการคำนวณหาระยะระหว่างระดับน้ำขึ้นน้ำลงต่ำสุด (Lowest Astronomical Tide, LAT) และระดับจุดต่อกับโครงสร้างส่วนบนหรือระยะ H_D สามารถพิจารณาได้จากรูปที่ 3.3 และคำนวณหาได้จากสมการที่ (3.1)



รูปที่ 3.3 ค่าระดับ LAT และระยะต่างๆ สำหรับการออกแบบเบื้องต้น [4]

$$H_D = (0.55 - 0.66)H + H_t + h \tag{3.1}$$

โดยที่ H คือความสูงของคลื่น (Wave height)
 H_t คือความสูงน้ำขึ้นน้ำลง (Storm surge plus tide)
 h ช่องว่างอากาศ(Air gap) ระหว่างจุดสูงสุดของคลื่นและระดับจุดต่อโครงสร้างส่วนบน ตามข้อแนะนำ API RP2A-WSD มีค่าเท่ากับ 5 ฟุต

และในสมการที่ (3.1) แฟกเตอร์ที่ใช้คูณกับความสูงของคลื่นจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.55 ถึง 0.66 สำหรับงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ค่าแฟกเตอร์ 0.62 ซึ่งจากการคำนวณเมื่อแทนค่าตัวแปรต่างๆ จะได้ค่า H_D เท่ากับ 8.00 เมตร

ตารางที่ 3.2 สรุปการสร้างแบบจำลองโครงสร้างแบบเสาเดี่ยวที่มีค้ำยัน

<p>ความลึกน้ำทะเล 20 เมตร</p>	ระยะการค้ำยัน									
	d/3			d/2				2d/3		
	มุมที่ใช้ค้ำยัน (องศา)									
	20			30				45		
	ความหนาของท่อโครงสร้างหลักที่นำมาวิเคราะห์ (mm)									
	19		25			34		40		
	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของท่อโครงสร้างหลัก(cm)									
	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240
<p>ความลึกน้ำทะเล 30 เมตร</p>	ระยะการค้ำยัน									
	d/3			d/2				2d/3		
	มุมที่ใช้ค้ำยัน (องศา)									
	20			30				45		
	ความหนาของท่อโครงสร้างหลักที่นำมาวิเคราะห์ (mm)									
	19		25			34		40		
	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของท่อโครงสร้างหลัก(cm)									
	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240

จากตารางที่ 3.2 ในแต่ละความลึกน้ำทะเลจะแบ่งตำแหน่งในการค้ำยันออกเป็นสามช่วง ซึ่งในแต่ละช่วงของการค้ำยันจะแบ่งแบบจำลองโครงสร้างออกเป็นมุมการค้ำยันต่างๆ โดยได้เลือกใช้ท่อที่มีความหนาต่างกันมาทำการออกแบบ นอกจากนั้นยังเพิ่มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อโครงสร้างหลักให้มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 60 เซนติเมตร จนถึง 240 เซนติเมตร เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการเปรียบเทียบการวิจัยให้มีความหลากหลาย โดยในหนึ่งระดับความลึกน้ำทะเลจะมีแบบจำลองโครงสร้างจำนวนเท่ากับ 360 แบบ และรวมทั้งระดับความลึกน้ำทะเล 20 เมตรกับ 30 เมตรจะมีแบบจำลองทั้งหมด 720 แบบ ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ในหัวข้อที่ 3.2

3.3 เงื่อนไขน้ำหนักบรรทุก (Load condition)

สำหรับเงื่อนไขน้ำหนักบรรทุกที่ใช้สำหรับการออกแบบโครงสร้างจะประกอบไปด้วยแรงหลักๆ ดังนี้

- ก) น้ำหนักบรรทุกตายของโครงสร้างและแรงลอยตัว (LOADCN 1)
- ข) น้ำหนักบรรทุกของโครงสร้างส่วนบนทั้งหมด (LOADCN 2) กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 2000 กิโลนิวตัน
- ค) แรงกระทำจากสิ่งแวดล้อมในทิศทางต่างๆ (LOADCN 3-26) โดยในงานวิจัยครั้งนี้จะกำหนดให้ทิศทางของแรงกระทำจากสิ่งแวดล้อมหมุนเปลี่ยนไปทุกๆ 15 องศาและสมมติให้แฟกเตอร์คูณในแต่ละทิศทางมีค่าเท่ากัน ดังแสดงรายละเอียดตามตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 เงื่อนไขน้ำหนักบรรทุก

เงื่อนไขน้ำหนักบรรทุก	รายการเงื่อนไขน้ำหนักบรรทุก
LOADCN 1	JACKET DL & BOUYANCY
LOADCN 2	TOTAL TOPSIDE WEIGHT
LOADCN 3	WAVE & CURRENT&WIND FORM NE 0 DEG
LOADCN 4	WAVE & CURRENT&WIND FORM NE 15 DEG
LOADCN 5	WAVE & CURRENT&WIND FORM NE 30 DEG
LOADCN 6	WAVE & CURRENT&WIND FORM NE 45 DEG
LOADCN 7	WAVE & CURRENT&WIND FORM NE 60 DEG
LOADCN 8	WAVE & CURRENT&WIND FORM NE 75 DEG
LOADCN 9	WAVE & CURRENT&WIND FORM NE 90 DEG
LOADCN 10	WAVE & CURRENT&WIND FORM NE 105 DEG
LOADCN 11	WAVE & CURRENT&WIND FORM NE 120 DEG
LOADCN 12	WAVE & CURRENT&WIND FORM NE 135 DEG
LOADCN 13	WAVE & CURRENT&WIND FORM NE 150 DEG
LOADCN 14	WAVE & CURRENT&WIND FORM NE 165 DEG
LOADCN 15	WAVE & CURRENT&WIND FORM NE 180 DEG
LOADCN 16	WAVE & CURRENT&WIND FORM NE 195 DEG
LOADCN 17	WAVE & CURRENT&WIND FORM NE 210 DEG
LOADCN 18	WAVE & CURRENT&WIND FORM NE 225 DEG
LOADCN 19	WAVE & CURRENT&WIND FORM NE 240 DEG
LOADCN 20	WAVE & CURRENT&WIND FORM NE 255 DEG
LOADCN 21	WAVE & CURRENT&WIND FORM NE 270 DEG
LOADCN 22	WAVE & CURRENT&WIND FORM NE 285 DEG
LOADCN 23	WAVE & CURRENT&WIND FORM NE 300 DEG
LOADCN 24	WAVE & CURRENT&WIND FORM NE 315 DEG
LOADCN 25	WAVE & CURRENT&WIND FORM NE 330 DEG
LOADCN 26	WAVE & CURRENT&WIND FORM NE 345 DEG

3.4 การรวมน้ำหนักบรรทุก (Load combinations)

การรวมน้ำหนักบรรทุกที่ใช้สำหรับการออกแบบโครงสร้างนอกชายฝั่งทะเล โดยทั่วไปแล้วจะแบ่งออกเป็นสองกรณีเงื่อนไข คือ เงื่อนไขปฏิบัติการ(Operating condition) และเงื่อนไขสูงสุด (Extreme Conditions) สำหรับงานวิจัยครั้งนี้ได้ใช้เงื่อนไขสูงสุดในการออกแบบ เนื่องจากเงื่อนไขสูงสุดจะมีแรงกระทำจากสิ่งแวดล้อมสูงสุดด้วย ทำให้โครงสร้างมีความปลอดภัยมากขึ้น ซึ่งแสดงรายละเอียดการรวมน้ำหนักบรรทุกตามตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 การรวมน้ำหนักบรรทุกสำหรับการออกแบบ โครงสร้าง

สัญลักษณ์น้ำหนักบรรทุก	การรวมน้ำหนักบรรทุก
LCOMB 101	LOADCN 1 x1.05+ LOADCN 2 x 1.00 + LOADCN 3 x 1.00
LCOMB 102	LOADCN 1 x1.05+ LOADCN 2 x 1.00 + LOADCN 4 x 1.00
LCOMB 103	LOADCN 1 x1.05+ LOADCN 2 x 1.00 + LOADCN 5 x 1.00
LCOMB 104	LOADCN 1 x1.05+ LOADCN 2 x 1.00 + LOADCN 6 x 1.00
LCOMB 105	LOADCN 1 x1.05+ LOADCN 2 x 1.00 + LOADCN 7 x 1.00
LCOMB 106	LOADCN 1 x1.05+ LOADCN 2 x 1.00 + LOADCN 8 x 1.00
LCOMB 107	LOADCN 1 x1.05+ LOADCN 2 x 1.00 + LOADCN 9 x 1.00
LCOMB 108	LOADCN 1 x1.05+ LOADCN 2 x 1.00 + LOADCN 10 x 1.00
LCOMB 109	LOADCN 1 x1.05+ LOADCN 2 x 1.00 + LOADCN 11 x 1.00
LCOMB 110	LOADCN 1 x1.05+ LOADCN 2 x 1.00 + LOADCN 12 x 1.00
LCOMB 111	LOADCN 1 x1.05+ LOADCN 2 x 1.00 + LOADCN 13 x 1.00
LCOMB 112	LOADCN 1 x1.05+ LOADCN 2 x 1.00 + LOADCN 14 x 1.00
LCOMB 113	LOADCN 1 x1.05+ LOADCN 2 x 1.00 + LOADCN 15 x 1.00
LCOMB 114	LOADCN 1 x1.05+ LOADCN 2 x 1.00 + LOADCN 16 x 1.00
LCOMB 115	LOADCN 1 x1.05+ LOADCN 2 x 1.00 + LOADCN 17 x 1.00
LCOMB 116	LOADCN 1 x1.05+ LOADCN 2 x 1.00 + LOADCN 18 x 1.00
LCOMB 117	LOADCN 1 x1.05+ LOADCN 2 x 1.00 + LOADCN 19 x 1.00
LCOMB 118	LOADCN 1 x1.05+ LOADCN 2 x 1.00 + LOADCN 20 x 1.00
LCOMB 119	LOADCN 1 x1.05+ LOADCN 2 x 1.00 + LOADCN 21 x 1.00
LCOMB 120	LOADCN 1 x1.05+ LOADCN 2 x 1.00 + LOADCN 22 x 1.00
LCOMB 121	LOADCN 1 x1.05+ LOADCN 2 x 1.00 + LOADCN 23 x 1.00
LCOMB 122	LOADCN 1 x1.05+ LOADCN 2 x 1.00 + LOADCN 24 x 1.00
LCOMB 123	LOADCN 1 x1.05+ LOADCN 2 x 1.00 + LOADCN 25 x 1.00
LCOMB 124	LOADCN 1 x1.05+ LOADCN 2 x 1.00 + LOADCN 26 x 1.00