

특집

심해 석유 생산망 FEED 설계를 위한 핵심 기술 개발

류민철, 박명철, 유광규, 주영석,
최진호(대우조선해양), 여정환, 정현수(삼성중공업)

1. 서론

1.1 연구 배경

해저 광구 개발 시에, 현재 우리나라 조선업계의 사업영역인 해상플랫폼 외에 해저시스템 사업은 광구개발에서 시추 단계를 제외하고도 전체 투입금액의 50~70%에 이를 정도로 매우 큰 시장이나 현재 국내업계의 경우 일부 설치 사업에 진출해 있는 정도이며, 사업 역량이 매우 부족한 상태이다. 기술 관점에서도 해외의 소수 기업들에 의해 과점 상태로 유지되고 있는 해저 광구 개발 시장에 진입하기 위해서는 기업인수합병 등 사업적인 관점 외에도 최소한 광구 설계에 필요한 핵심 기술을 이해하고 설계를 검증할 수 있는 역량 개발이 필요하다. 이를 위해 본 과제에서는 해저 광구 개발 시 가장 중요한 엔지니어링 기술의 하나인 심해 석유 생산망 FEED 설계를 위한 핵심 기술 개발을 목표로 연구를 진행하였다.

1.2 연구 목표

본 과제의 최종 목표는 심해 석유 생산망 FEED 설계를 위한 핵심 기술 개발로 해저 생산망 기본 배치, Flowline Engineering 및 Riser Engineering 기술 개발 등의 세부 기술로 나누어진다. 다른 세부들과의 일관성을 위하여 가상의 광구인 "미래 광구"를 설정하고, 해당 광구를 대상으로 세부 과제 목표에 대하여 대우조선해양, 삼성중공업, 서울대학교가 공동으로 연구를 진행하였다.

2. 본론

2.1 미래 광구 개요

본 과제에서 고려된 미래 광구의 지정학적 위치는 아래 <표 1>과 같다. 수심 3,000 m 지역 가상 저류층(Reservoir)은 위에서 바라봤을 때 사각형 모양이며, 일반적으로 석유가 매장된 지역이 흔히 갖는 지질구조를 모사하여 전형적인 배사구조 형태이다. 또한 자연 대수층을 존재시켜 생산에 영향을 미치는 대수층드라이브 매커니즘(water drive mechanism)을 가진

다. 저류층 수직방향 구조를 간단히 정리하면 <그림 1>와 같다. 본 가상저류층에서 대수층은 저류층의 남서쪽 방향에서 주로 작용한다.

표 1 Field Reference Location

Area	Gulf of Mexico, Walker Ridge
Geographic Coordinates	26.2°~26.5°N, 90.6°~90.9°W
Water Depth	2045.0~3257.0m, Average: 2920.5m

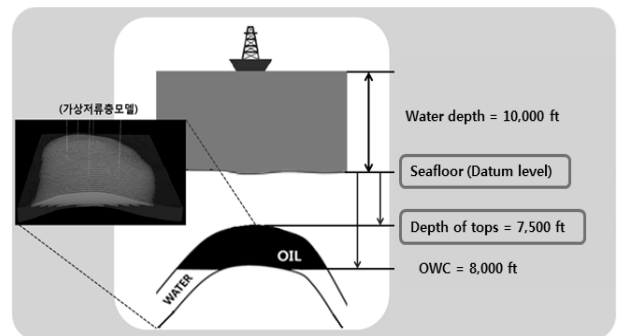


그림 1 가상저류층 수직방향 구조

저류층모델의 각 격자에 대하여 서로 다른 물성치를 부여하여 저류층의 비균질성을 모사하였으며, 비균질하게 부여된 공극률과 수평/수직 유체투과율 값의 평균치 및 저류층의 주요 물성정보는 <표 2>와 같다.

표 2 가상저류층모델의 주요 물성정보

물성	평균값
공극률, %	18.7
수평 유체투과율, md	324
수직 유체투과율, md	97
저류층 온도, °F	200
초기 저류층압력, psia	9,000
지표 온도, °F	60
지표 압력, psia	14.7
초기에 및 Gas 포화도	0.8

- 재질 선정, 부식 허용량 평가 및 부식 방지 설계
- Flowline Mechanical 설계
- 외부 Coating 설계 및 On-bottom Stability 평가
- Free Span 피로 평가

FEED 엔지니어링에 필요한 주요 입력 자료는 미래 광구용 Design Basis를 이용하였으며, 일부 부족한 자료의 경우 실 프로젝트 데이터와 여러 참고문헌을 근거로 합리적 가정을 통해 과제에 적용하였다.

2.3.1 Flowline Route 선정

Flowline의 Route 선정을 위한 첫 단계는 해저 지형 정보의 확보이다. 본 과제에서는 미래 광구가 멕시코만(Gulf of Mexico, GoM) 해역 수심 3,000m에 위치한다고 가정하였으며, 모델링에 대한 상세한 정보는 아래 <표 3>에 정리하였으며, 모델링 된 지형의 등수심도 및 PLEM과 FPSO, Riser Base의 위치는 <그림 4>와 같다.

표 3 해저 지형 정보 모델링 주요 사항

구분	범위	간격	수심
미래 광구	- 위도 26.0~26.5도(N)	- 가로 0.017 km	- 최저 2045m
	- 경도 0.0~90.5도(W)	- 세로 0.019 km	- 최고 3387m
			- 평균 2984m

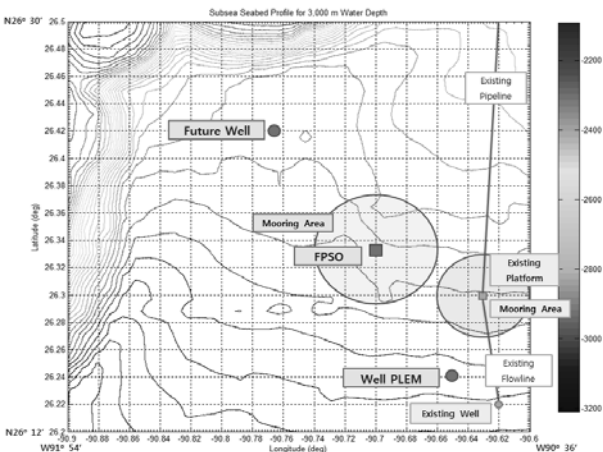


그림 4 미래광구 및 기존 해양플랜트 위치

Flowline Route 선정 시 고려해야 하는 사항들을 <표 4>에 정리하였으며 PLEM부터 FPSO Riser Base까지의 Flowline Route는 <그림 5>과 같이 두 지점을 직선으로 연결한 최단 경로로 선정하였다. 해당 Route 상에 기술적/환경적 제한 사항

이 없고 주변 해양플랜트의 계류 영역과도 500m 이상의 거리가 확보되므로 경제성을 최우선으로 판단한 결과이다. 선정된 Route는 비교적 완만한 경사를 이루고 있으며 On-bottom Roughness 평가 결과 최대 57m의 Free Span이 예상된다. 또한 최대 Oil 생산 조건에 대한 관내 유동해석을 수행하여 정상상태에 도달 후 온도, 압력 등의 Flowline 설계 Criteria를 모두 만족하는 것을 확인하였다. 이를 통해 Flowline Route와 내경은 적절하게 선정되었음을 알 수 있다.

표 4 Flowline Route 선정 시 고려 사항

구분		고려 사항
타 사용자와 간섭	Subsea 시스템 및 해양플랜트	Clearance 500m 이상 확보
	파이프라인 및 케이블	교차 최소화
Flowline 길이		Flowline 길이 최소화
지반	굴곡	Free Span 길이/개수 최소화

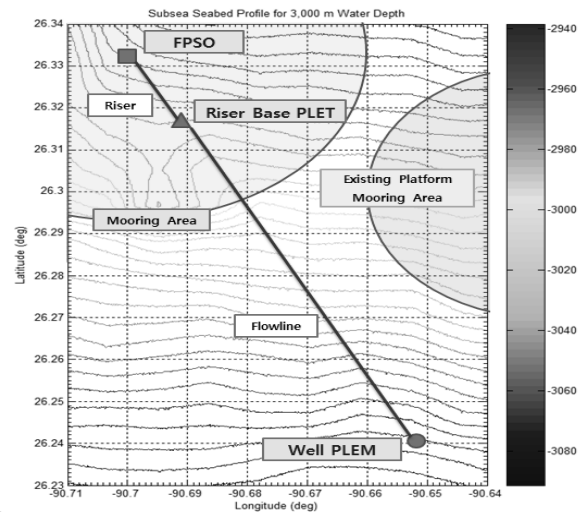


그림 5 Flowline Route 선정 결과

2.3.2 Flowline 재질 및 부식 관련 설계

Design Basis를 바탕으로 Carbon Steel(CS) 파이프에 대한 부식 평가를 수행하고, 미래 광구 적용 타당성을 검토하였다. 해저 Flowline의 라인 파이프 재료 선정을 위해서는 생산 유체의 조성 및 시스템 운영 조건을 고려해야 한다. 미래 광구의 생산 유체에는 관내 부식을 유발하는 주요 인자인 CO2와 H2S가 각각 1.217mol%와 0.11mol%가 포함되어 있다. H2S

분압에 대한 CO2 분압의 비가 약 110이므로 CO2에 의한 부식이 지배적인 Sweet Corrosion 조건에 해당하며, 일반적으로 많이 사용되는 CS 파이프의 적용이 가능하다. 다만 CS 파이프를 사용하는 경우 관 내부의 부식을 방지하기 위해 설계 단계에서 부식 허용량(Corrosion Allowance)을 예측하여 관 두께에 반영하고, Flowline 시스템 운영 기간 동안 Chemical Inhibitor를 주입하는 방법이 일반적이다.

최종적으로 SMLS(Seamless) 방식으로 제작된 CS 파이프를 미래 광구 Flowline에 적합한 파이프 재질로 선정하였다. 부식 문제에 대해 높은 안전성이 요구되는 구간에는 CS 파이프 대신 CRAs(Corrosion Resistance Alloys)를 고려하거나 보다 경제적인 설계를 위해 Clad 파이프를 적용하기도 한다. 따라서 Flowline의 잠재적인 부식의 영향을 고려하여 곡부나 고온의 Well에 인접한 Flowline 일부 구간에 대해서는 CRA Clad 파이프 (3mm 두께) 사용을 제안하였다.

2.3.3 Flowline Mechanical 설계

Flowline에 작용하는 내압과 외압에 견딜 수 있는 관 두께에 대한 설계는 DNV-OS-F101을 기본으로 한 Design Basis를 만족시켜야 하며, 다음과 같은 설계 기준을 고려하였다.

- Pressure Containment due to Internal over Pressure
- System Pressure Tests
- System Collapse due to External over Pressure
- Propagation Buckling during Flowline Installation

미래 광구 Flowline FEED 과정에서는 10인치 내경의 L450 SMLS 파이프를 대상으로 Mechanical 설계를 수행하였다. Flowline 제작 시 두께 및 OOR(Out-of-Roundness) 허용 오차는 각각 ±10%와 ±1.5%이다. 설계압력(Design Pressure, Pd)과 설계온도는 미래 광구의 Shut-in Wellhead Pressure (SIWHP)와 Flowing Wellhead Temperature(FWHT)를 적용하였다. 운영 기간 동안 Flowline 파열에 대한 안전등급은 '중간'으로 결정하였고, 시스템 테스트 수행 시 파열에 대한 안전등급과 기타 상황에 대한 안전등급은 '낮음'으로 결정하였다. 효율적인 설계를 위해 DNV-OS-F101을 기본으로 한 in-house 소프트웨어를 개발하였으며, 이를 이용하여 최종 관 두께를 결정하였다. 좌굴 전파가 발생하지 않도록 설계하였으므로 Buckle Arrestor의 설치는 고려하지 않았다. Clad 파이프의 경우 Propagation Buckle에 대한 설계 기준에 따라 CS 파이프와 같은 두께로 설계하였으며, 내경 또한 Pigging을 고려하여 CS 파이프와 동일하게 설계하였다.



그림 6 Flowline Mechanical 설계 프로그램

해저 지반의 물성의 경우 미래 광구가 위치한 멕시코만 심해에 일반적으로 분포된 Soft Clay의 물성 데이터를 설계에 적용하였다. 지반 조건, 지반 데이터, 지반 모델링 등에서 발생할 수 있는 지반 계수의 불확실성을 포함한 지반 거동을 고려하기 위해 축방향/횡방향 마찰 계수(Pipe-Soil Interaction Coefficients)는 최대값(UB)과 최소값(LB)으로 표현하였다.

일반적으로 Flowline에 영향을 미치는 환경 외력은 Wave와 Current이지만 미래 광구의 경우 수심 3,000m에 Flowline이 설치되므로 Wave에 의한 외력은 매우 작다. Current에 의한 외력은 지형적 특성에 따라 Flowline에 영향을 줄 수 있다. 환경하중에 의한 Flowline의 안정성 평가(On-bottom Stability) 수행 결과 미래 광구의 Flowline은 수심과 해저 지형의 특성상 환경 외력이 작아 추가적인 Weight 피복 없이 Flowline 자체 하중으로 안정성이 확보되는 것으로 평가되었다.

온도와 압력 하중에 의한 횡방향 좌굴에 대한 취약성 평가는 해석적 방법을 사용해 수행하였다. 미래 광구의 해저면은 평탄한 특성이 있고, Flowline을 매설하지 않기 때문에 수직 좌굴 평가는 수행하지 않았다. 수평 좌굴 해석결과 최대 축력은 5,793kN이고 유효 마찰력은 최소 4,689kN에서 최대 15,631kN이므로 최대 추진력은 4,689kN이다. 이에 반해 임계 좌굴력은 최소 1,520kN에서 최대 2,403kN으로 계산되었다. 이는 다양한 위치와 설계 조건 아래에서 횡방향 좌굴이 발생할 수 있다는 의미를 가진다. 따라서 상세 설계 단계에서 횡방향 전체 좌굴을 저감시킬 수 있는 방법들(Sleeper 설치 또는 Zig-zag Laying 등)에 대해 반드시 검토해야 한다.

OBR(On-bottom Roughness) 해석을 통해 계산된 최대 Free Span에 대한 피로 평가도 수행하였다. 파이프가 해저면에 설치될 때 발생하는 힘인 유효 Lay Tension은 적절한 값으로 가정하였고, 압력과 온도는 설계 최대치를 사용하였다. 또한 보수적인 해석을 위해서 100년 반복주기 환경 데이터를 사용하였고, 파이프와 유속의 각도도 90°로 가정하여 해석 결과의 신뢰성을 확보하였다.

DNV-RP-F105를 기반으로 Free Span 피로 평가를 수행

한 결과 Cross-flow 진동과 Cross-flow Induced In-line 진동에 의한 피로 파괴가 발생하지 않지만, Pure In-line 진동에서는 연간 약 0.353의 피로 손상이 발생하였다. 이는 Span의 길이가 57m일 경우 100년 반복주기 Current의 유속이 0.41m/s인 조건에서 Single-mode Response에 의한 피로 파괴가 발생한다는 것을 의미한다.

DNV 기준에 따른 평가 결과 Flowline의 피로 파괴가 예상되는 경우 상용 프로그램을 이용하여 보다 정도 높은 해석을 수행해야 한다. 이에 따라 본 과제에서는 VIV(Vortex Induced Vibration) 분야의 대표적인 상용 프로그램인 Shear7을 활용하여 추가 피로 평가를 수행하였다. Shear7 평가 결과에 따르면 미래 광구 Flowline의 경우 100년 반복주기 Current 조건에서 피로 파괴가 발생하지 않는 것으로 나타났다.

두 해석 결과가 다른 이유는 DNV의 피로 평가 방식은 1차 모드를 주요한 모드로 피로 손상을 평가하는데 반해 Shear7은 다양한 모드를 고려하기 때문이다. 결론적으로 보수적인 DNV 결과를 이용하여 설계를 진행할 경우 44m 이상의 Span 발생 구간은 반드시 Mitigation 작업을 고려해야 한다.

2.3.4 Flowline Specification

앞서 기술한 Flowline FEED 설계 단계에서 수행된 각각의 해석 및 평가 결과를 반영한 미래 광구 Flowline의 최종 사양을 아래 <표 5>에 정리하였다.

표 5 Flowline Specifications			
Parameter	Unit	Rigid CS Pipe	Clad Pipe
Norminal Outside Diameter	mm	326	332
Wall Thickness	mm	36	36
Material Grades	-	L450 SMLS	L450 Clad
Corrosion Allowance	mm	6	-
Clad	mm	-	3 (UNS N06625)
Flowline Length	km	15	
Buckle Arrestor	-	No Buckle Arrestor	
Insulation Coating	mm	80.6 (5LPP)	
Concrete Coating	mm	-	
Sacrificial Anode Type	-	Zinc Alloy Anode	

2.4 Riser 시스템 엔지니어링 기술 개발

본 연구에서는 Steel Catenary Riser를 설계하고, 환경조건과 적용될 FPSO의 운동 응답을 고려하여, Wave induced fatigue analysis를 수행하였다. 과제의 연속성 및 통일성을 위해 Steel Catenary Riser는 미래 광구에 적용 가능하도록 설계되었고, Gulf of Mexico의 환경하중과 미래 FPSO의 운동 성능을 고려하여 Riser 전체에 대한 Wave induced fatigue 해석을 수행하였으며, Riser의 피로 수명이 설계 수명(30년)을 만족하는지에 대한 평가가 이루어졌다.

2.4.1 Environmental Data

일반적으로 Riser 설계를 위해서는 Extreme wind conditions, Extreme wave conditions, Extreme current conditions, Operational wave conditions, Soil data 등의 환경 하중이 고려된다. 각 Condition에 대한 자료를 참고해서 Steel Catenary Riser의 Dynamic 해석을 위한 Load case matrix를 <그림 7>과 같이 생성할 수 있다.

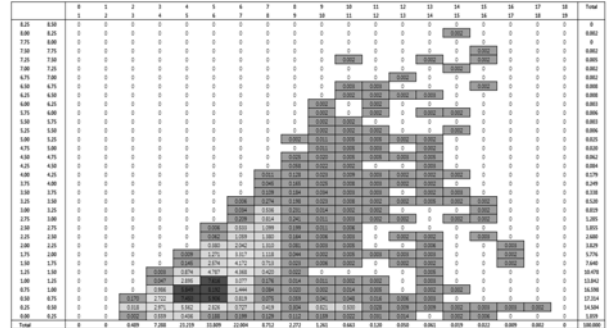


그림 7 Scatter Diagram for Fatigue Analysis

2.4.2 FPSO Data

미래 광구 프로젝트를 위해서 고려된 Turret 계류 시스템이 적용된 FPSO에 대한 주요 정보는 아래 <표 6>과 같다.

표 6 Hull Data	
Hull Data	Value
Lpp	338.4m
Breadth	68.4m
Depth	38.0m
Draft	23.5m

Riser 해석에서 중요한 Input data는 Vessel의 운동응답을 나타내는 Response Amplitude Operator(RAO)이다. FPSO의 RAO는 무게 중심(Center of Gravity)를 중심으로 정의 되었고, Wave heading 각도는 0도에서 180도까지 하중 조건은 Fully loaded에 대해서 계산되었다.

2.4.3 Riser

Production과 Gas-lift riser는 Lazy wave 형상을 가지는 Steel Catenary Riser를 적용하게 된다. Riser는 FPSO의 Internal turret에 연결되고 Riser 설계를 위한 주요 설계 인자는 아래 <표 7>과 같다.

표 7 Riser Design Parameters

Parameter	Unit	Value
Function	-	Production
Outer Diameter	mm	326
Inner Diameter	mm	254
Wall Thickness	mm	36
Material	-	API 5L X65
Material Yield Stress	MPa	448
Corrosion Allowance	mm	3.0
Wall Thickness Tolerance	%	+15.0, -12.5

2.4.4 Mooring Arrangement

본 연구에서 고려된 Mirae FPSO는 Turret 계류 시스템은 총 24개의 계류 라인으로 이루어져있고, 8개의 라인이 하나의 그룹을 이루어 3개의 그룹으로 구성된다. 아래 <그림 8>과 <표 8>에 Anchor 위치와, 계류 라인의 물성치를 나타내었다.

2.4.5 Design Criteria

Design을 위하여 다음의 Criteria들이 적용되었다.

- Wall Thickness Sizing : API-RP-2RD, · API-RP-1111
- Allowable Stress : API-RP-2RD
- Fatigue Criteria

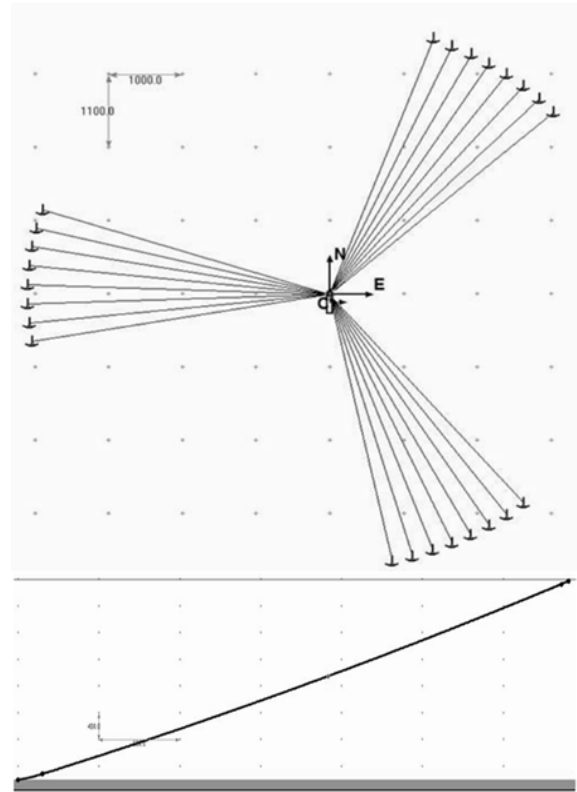


그림 8 Mooring Arrangement and Line Profile

표 8 Mooring Line Properties

Description	Unit	Value		
Number of Mooring line	-	24 (3 bundles x 8 lines)		
Angle between Bundle	deg	120		
Angle between Lines within Bundle	deg	4		
Pre-Tension (Ballast/Full)	kN	3116.2/3000		
Total Line Length	m	4970		
Segment		Bottom	Intermediate	Top
Type/Grade		R4 Studless Chain	Polester Rope	R4 Studless Chain
Length	m	200	4500	270
Diameter	mm	138	240	138
Weight per Unit Length (in air)	kg/m	384.689	38.5	384.689
Weight per Unit Length (in water)	kg/m	334.41	9.85	334.41
EA	MN	1527.1	App.	1527.1

2.4.6 Steel Catenary Riser Configuration

Steel Catenary Riser의 정적, 동적, 피로 해석을 위해서 비선형 시간 영역 범용 프로그램인 OrcaFlex가 사용되었다. Steel Catenary Riser는 Beam 요소를 이용한 등가 라인으로 모델링 하게 된다. Riser 전체 길이는 6800m 이고, Wave 형상을 만드는 Buoyancy module은 500m 이다. Riser는 Hang-off에서 13.5도의 각도를 가지며, Touch down point는 Hang-off로부터 4715m에 위치한다.

2.4.7 Strength Analysis

강도 해석은 피로 해석 전에 수행되는 해석으로서, Steel Catenary Riser가 운용되는 기간 동안 발생할 수 있는 다양한 하중 조건에 대해서 Steel Catenary Riser의 강도를 평가하기 위해 수행된다. 하중 조건 조합은 API-RP-2RD의 기준을 따라서 정해지게 되는데, 본 연구의 목적은 Steel Catenary Riser의 피로 해석이기 때문에, Extreme 조건과 Survival 조건에 대해서만 강도 평가를 진행하도록 한다. 강도 해석에서 FPSO의 Offset은 Riser 축에 대해서 Near, Far, Transverse 를 고려하게 된다. 각각의 하중 조건에 대해서 응답들이 고려되고 평가되어야 하며, 이들은 앞서 언급된 Design criteria를 만족해야 한다.

본 연구를 위해 제안된 Lazy wave 형상을 가지는 Steel Catenary Riser의 강도 해석 결과 중 가장 Severe한 결과를 보이는 조건은 100년 주기 환경하중에 대해서, FPSO가 Far offset에 위치해 있고, Steel Catenary Riser 내부는 생산 유체인 Oil로 가득 찬 경우이다. Mooring line의 상태는 한 라인이 끊어진 상태이고, Riser 내부에는 Design pressure가 가해졌다. 아래 그림은 이런 하중 조건에 대한 결과를 그래프로 나타낸 것이다. <그림 9>은 Steel Catenary Riser의 길이 방향에 따른 응력 분포를 보여주고 있다. Riser의 모든 구간에서의 von Mises stress와 Yield stress의 비는 API-RP-2RD에서 요구하는 Allowable stress ratio의 기준을 만족하는 것으로 나타났다. 가장 Severe한 하중 조건에 대해서 응력비의 최대 값은 약 70% 정도이기 때문에, 제안된 Steel Catenary Riser는 극한 환경에서도 강도 조건을 만족한다고 볼 수 있다. 특히 Lazy wave 형상을 가지는 Buoyancy module이 설치된 부분에서 하중이 완화되는 것을 확인할 수 있고, 이는 Touch down zone에서의 하중 전달을 차단 시켜줌을 의미한다. Riser 전반에 걸쳐 작용하는 장력도 아래 <그림 10>와 같이

도시하였다. 가장 많은 장력이 작용하는 Hang-off에서는 7500kN이 작용하였고, Riser 전반에 걸쳐서 압축력이 작용하지 않는 것으로 보아 Buckling도 발생하지 않는 것으로 확인되었다.

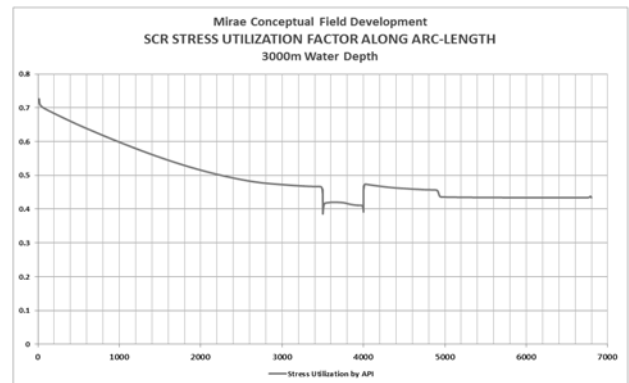


그림 9 Maximum Stress Utilization Factor along Arc-length

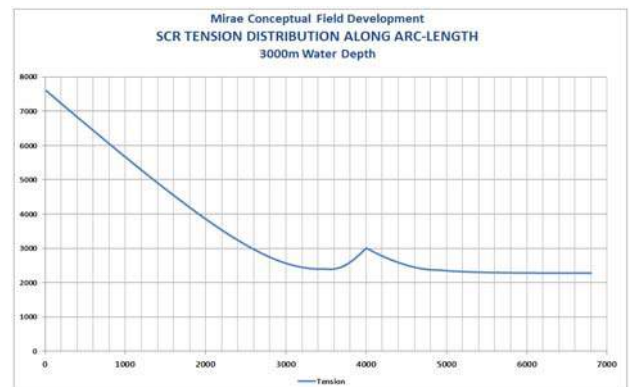


그림 10 Maximum Tension along Arc-length

2.4.8 Wave Induced Fatigue Analysis

Wave induced fatigue 해석은 Steel Catenary Riser가 설치된 FPSO의 운동에 의해 유발되는 Fatigue damage를 평가하여 피로 수명을 계산하는 해석을 말한다. FPSO의 운동은 선박의 Response Amplitude Operator (RAO)로 표현되고, 이를 Riser의 Hang-Off 지점에서의 운동 응답으로 변환하여 Wave induced fatigue의 Input data로 사용한다.

Fatigue damage는 Rain-flow stress cycle counting으로 계산이 된다. Riser의 원주 둘레를 중심으로 8개 지점에 대해서 Fatigue damage를 구하고 그중에 가장 큰 값을 채택하게 된다. 이때, 용접의 불완전성을 해소하기 위해 SCF가 고려되

며, 전체 Fatigue damage는 Miner rule에 의해서 얻어진다. 최종 피로 수명은 안전 계수 10을 고려해서 예측할 수 있다.

FPSO의 운동 응답의 영향에 따른 Wave 피로 반응은 미래 광구가 위치한 GoM 해상 Scatter diagram을 고려하여 수행했다. 용접된 Steel pipe에 가장 많이 적용되는 DNV-F3 S-N curve를 선정, 용접 부위에 응력 집중 현상을 고려하여 SCF를 1.2로 적용해서 피로수명을 계산했다. 제안된 Steel Catenary Riser에 대한 피로 해석 결과를 보면 아래 <그림 11>과 같다. <그림 12>에서 발생 가능한 환경 하중 조건에 대해 Steel Catenary Riser의 최소 피로 수명은 3,500,000년, Fatigue damage는 3.0×10^{-7} 이다. 이는 안전 계수를 고려한 최소 설계 요구 수명인 300년을 충분히 만족하는 값이다. Buoyancy module을 이용한 Lazy Wave 형상은 FPSO의 운동 응답이 Touch down zone까지 전해지는 것을 막아줌으로써, 피로 성능을 향상시켰음을 알 수 있다.

<그림 13>은 각각의 Wave 성분이 피로 수명에 얼마나 영향을 끼치는 지를 계산한 결과이다. 대부분의 Wave는 피로 성능에 미치는 영향이 작았지만, Load case 5~9가 Riser의 피로 수명에 지대한 영향을 끼치는 것으로 나타났다. 특히, Load case 5의 해상 조건은 35%가 넘게 피로 수명에 영향을 끼치는 것으로 나타났다.

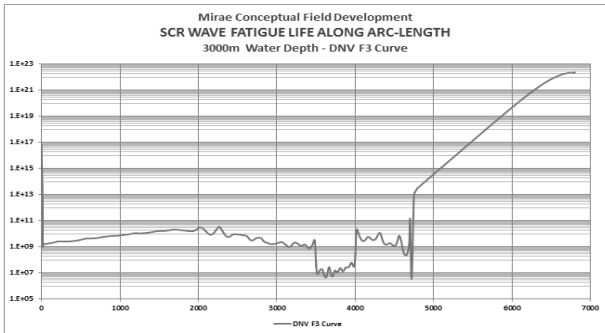


그림 11 Wave Fatigue Life along Arc-length

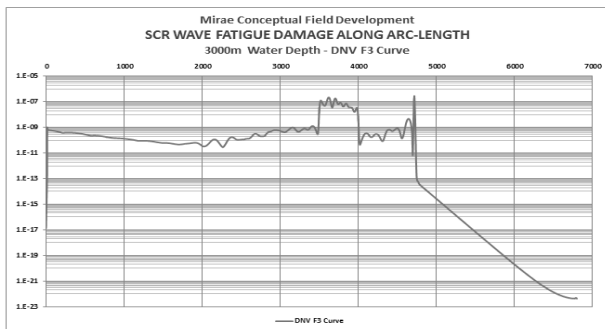


그림 12 Wave Fatigue Damage along Arc-length

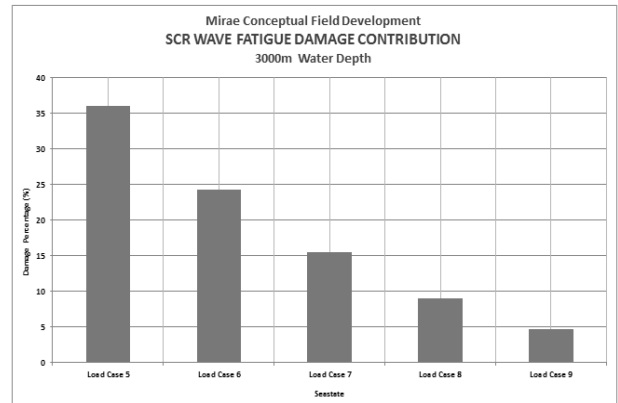


그림 13 Top 5 Most Damaging Seastates to Fatigue Life

3. 결론

심해 석유 생산망 FEED 설계를 위한 핵심 기술 개발을 위하여 가상의 광구를 대상으로 Riser Engineering, Flowline Engineering 등을 수행하였다.

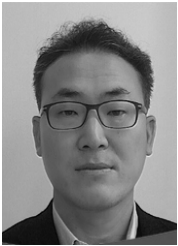
대상으로 삼은 가상 미래광구는 GoM에 위치한 수심 3,000 m 지역 저류층을 가정하였으며, 일반적으로 원유가 매장된 지역이 흔히 갖는 지질구조를 모사하여 전형적인 배사구조 형태로 모델링하였다.

Riser Engineering 연구에서는 Steel Catenary Riser를 설계하고, 환경조건과 적용될 FPSO의 운동 응답을 고려하여, Wave induced fatigue analysis를 수행하였다. 과제의 연속성 및 통일성을 위해 Steel Catenary Riser는 미래 광구에 적용 가능하도록 설계되었고, Gulf of Mexico의 환경하중과 미래 FPSO의 운동 성능을 고려하여 Riser 전체에 대한 Wave induced fatigue 해석을 수행하였으며, Riser의 피로 수명이 설계 수명(30년)을 만족하는지에 대한 평가가 이루어졌다.

수심 3000m에 설치될 Flowline 최종 Route 선정 및 on-bottom roughness, 내부 유동해석 수행을 완료하였으며, Flowline 설계 Criteria 만족 여부를 검증하여 FEED 설계 엔지니어링을 수행하였다.

참고 문헌

시스템산업미래성장동력사업 연차보고서 별첨연구보고서 [심해 석유 생산망 FEED 설계 및 부유체 핵심 기술 개발] (2015, 2016)



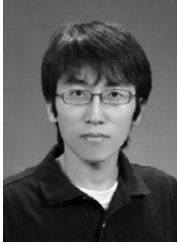
류민철

- 1966년생
- 2007년 서울대학교 조선해양공학과 박사졸업
- 현 재 : 대우조선해양 중앙연구원 부서장
- 관심분야 : 선박/해양플랜트 기계/공정시스템
- 연 락 처 : ***-****-****
- E - mail : mcryu@dsme.co.kr



최진호

- 1979년생
- 2012년 서울대학교 에너지시스템공학과 박사졸업
- 현 재 : 대우조선해양 중앙연구원 과장
- 관심분야 : Flow Assurance
- 연 락 처 : 055-735-7103
- E - mail : jinhochoi@dsme.co.kr



박명철

- 1980년생
- 2006년 한동대학교 기계제어시스템학과 졸업
- 현 재 : 대우조선해양 중앙연구원 과장
- 관심분야 : Flow Assurance, MEG Reperation Package
- 연 락 처 : ***-****-****
- E - mail : mcpark1@dsme.co.kr



여정환

- 1976년생
- 2012년 텍사스A&M대학교 토목공학과 (박사)
- 현 재 : 삼성중공업 책임연구원
- 관심분야 : SURF, Offshore Geotechnics
- 연 락 처 : 031-5171-7317
- E - mail : junghwan.yeo@samsung.com



유광규

- 1985년생
- 2009년 서울대학교 기계항공공학부 석사졸업
- 현 재 : 대우조선해양 중앙연구원 대리
- 관심분야 : Riser Engineering
- 연 락 처 : ***-****-****
- E - mail : ykk0226@dsme.co.kr



정현수

- 1982년생
- 2007년 서울대학교 조선해양공학과 졸업
- 현 재 : 삼성중공업 책임연구원
- 관심분야 : Flow Assurance, Hydrodynamic
- 연 락 처 : 031-5171-7222
- E - mail : hs1010.jeong@samsung.com



주영석

- 1973년생
- 1997년 인하대학교 조선해양공학 석사
- 현 재 : 대우조선해양 중앙연구원 차장
- 관심분야 : SURF Engineering
- 연 락 처 : ***-****-****
- E - mail : ysjoo1@dsme.co.kr

2017년도 신년인사회

일 자: 2017년 1월 13일(금) 오후 5시

장 소: 한국과학기술회관 신관 12층 아이리스크홀