

## FPSO – Green Water Protector 구조 최적 설계

배명현<sup>†\*</sup>, 김성준\*, 문중용\*

삼성중공업 선체설계팀\*

### The Optimum Design of Green Water Protector for FPSO

Myung Hyun Bae<sup>†\*</sup>, Sung Jun Kim\* and Jung Yong Moon\*

Hull Design Team / Samsung Heavy Industries co., LTD.\*

#### Abstract

The latest development of the submarine oil field and the deep-sea explorer, FPSO is commonly proposed and used for offshore oil production. And because the fundamental requirement of FPSOs to remain moored at their position, they are unable to avoid severe weather and environment. FPSO normally operates head to the weather, and sensitive equipment located the exposed area will be influenced by green water damages, the damages may occur to both onboard equipment and topside structures with resulting risk to personnel.

In this paper, the main focus considers the physical structures of green water protector in order to preserve topside structures, equipment and personnel from green water.

#### 1. 서론

국제 유가가 인상됨에 따라, 각 석유소비국들은 자국 내 석유공급의 안정화를 기하기 위하여 이제까지 경제성이 없다는 이유로 방치하여 왔던 한계유전지역(限界油田地域)까지도 개발을 서두르게 되었으며, 그 결과 석유개발은 육상에서 해상으로, 천해(淺海)에서 심해(深海)로, 그리고 북극지방으로 주요 무대가 옮겨지게 되었다.

특히 해양에서의 석유개발이 각광을 받게 된

이유는 석유개발 기술의 비약적인 발전으로 석유 매장량의 발견이 현저히 증가하게 되었고, 현재까지 육상의 미 발견 매장량이 38%인 데 반해 해양은 69%로 추정될 뿐만 아니라 앞으로의 해양석유에 대한 의존도가 점차 높아질 것이 예상되기 때문이다.

현재 해양시장은 심해(2,000m~3,000m) 개발위주로 90년대 수심이 100~200m 이내에 사용되던 고정식 생산설비에서 부유식 생산설비인 FPSO, Semi-Submersible Drilling Rig 등의 발주가 고유의 행진으로 더욱 활발하다. 특히, 최근 경향은 그

동안 자연기후의 어려움으로 제한적인 탐사로만 남아있던 극지방 및 빙하 해역 주위의 심해 개발이 활기를 띠면서 그 효용가치의 경제성이 양호하여 전 세계적으로 개발을 서두르고 있다.

'남은 곳은 북극뿐이다.'라는 말처럼 고유가와 석유 수요 증가에 맞춰 원유 재고를 확보하려는 석유 메이저 회사들이 자원의 보고 북극으로 몰려들고 있다. 북극 지역의 확인된 원유 및 천연가스 매장량은 1,080 억 배럴로 세계 최대 원유 매장량을 자랑하는 사우디아라비아 매장량의 40% 수준에 육박한다. 미(美) 지질조사국에 따르면, 북극의 석유 매장량은 전 세계 미확인 원유 매장량의 25% 수준으로 추정된다.

더욱이 러시아는 시베리아에서 방대한 양의 유전이 발견되고 있으며, 석유산업을 국가 기간산업이라고 하는 만큼 상당한 석유 생산국이라고 할 수 있다. 러시아는 아직 미개발 유전이 많이 남아있어 아직도 무한한 가능성을 가지고 있다.

본 고(告)에서는 북대서양 저온의 해양 환경에 투입된 부유식 생산설비 FPSO의 Top-Side Module 설비와 각종 기기 및 인명을 풍향으로부터 보호하기 위해 Ship Side에 설치된 Green Water Protector의 구조에 대해서 다루고자 한다.

## 2. Green Water Protector

### 2.1 개요

Ship Side Green Water Protector의 구조는 FPSO Cargo Main Deck 상부 Over - Topping 되는 Ice 와 Green Water 을 차단하여, Hull Structure 및 Deck Equipment 의 손상을 방지하고 선박의 구조적 안전성 확보 및 돌발적인 Operating System 사고를 예방할 목적으로 설치되는 구조물이다.

여기서 설계시 적용될 하중선정 및 Wave Impact 를 최대한 흡수 가능한 구조물 형성방법과 상갑판 위 구조물 높이가 3.7m 임에 따라 갑판상부의 Interface 확인 및 Topside 생산 작업시 간섭

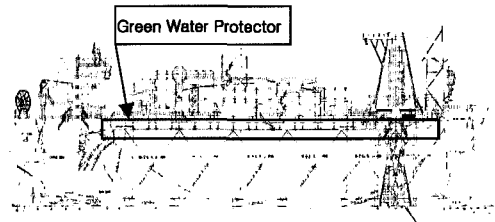


Fig.1 General arrangement

을 검토하고, 문제점 도출 및 설계시 고려되어야 할 요소에 대해 고찰하고자 한다.

### 2.2 위치

FPSO 선체의 Cargo Hold 구역 Upper Deck 상부에 위치(Fig.1)

### 2.3 기능

- ◆ Snow-Storm 및 Green Water로부터 Top-Side Module 및 각종 기기 보호
- ◆ 해양 위험으로부터 Upper Deck 상 작업자의 안전한 작업환경 및 이동 시 안전 확보
- ◆ Yard/Topside Integration Site 에서 Installation / Assembly 작업 및 정도관리 용이

### 2.4 형상



Fig. 2-1 Photograph

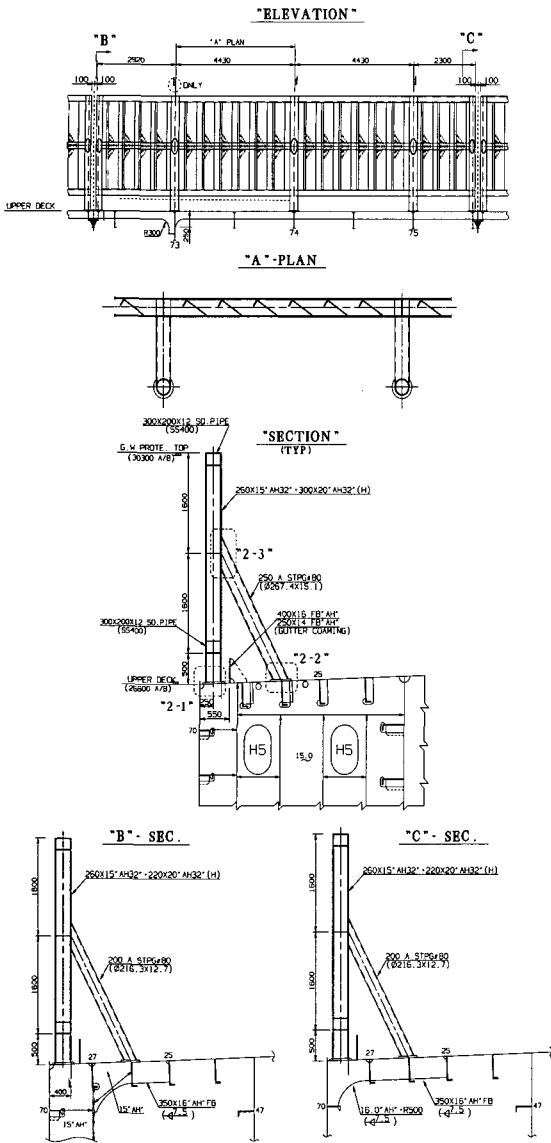


Fig.2-2 Details of Shape

4. Design 조건

4.1 Design Load Case

- [1] High peak pressure from model-test by buyer : 73.5 KN/m<sup>2</sup>
- [2] Equivalent static pressure from DNV OS-C102 : 44.0 KN/m<sup>2</sup>

4.2 주요 착안점

[1] 예상 문제점

- 1) 미 경험사양에 따른 설계개념 정립 난이
- 2) 설계시 적용될 하중선정 및 Wave Impact 를 최대한 흡수 가능한 구조물 형성방법
- 3) 상갑판 위 구조물 높이가 3.7m 임에 따라 갑판상부 Interface 확인 및 생산 작업시 간섭사항 사전 검토 및 문제점 협의의 도출
- 4) Topside Module Deck 용 Access 간섭 검토 및 설계반영
- 5) 선체 불력과의 독립된 구조물 형성하여 탑재순서 및 정도 유지 확보

[2] 대책

- 1) Bolting type → Welding type 으로 단순화
- 2) Hull Deflection 고려 Non-Continuous Member 로 형성
- 3) Upper Deck Coaming 과의 간섭 배제를 위한 Coaming 위치 재조정
- 4) 하부 W.B.T 의 도장손상방지를 위해 Upper Deck 에 Double Pad 설치
- 5) Block 단위별 제작 후 설치하는 공법
- 6) 부재수 감소를 위해 Square Pipe/Circular Pipe 적용

5. Analysis Procedure

5.1 Modeling

The finite element model is composed of 2-D shell element.(Fig.3)

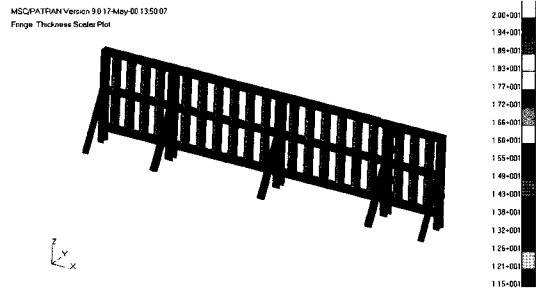


Fig. 3 FEM Modeling

Table 1 Boundary conditions

	Translation			Rotation		
	X	Y	Z	Rx	Ry	Rz
The End of vertical beam	1	1	1	1	1	1
The End of Supporting pipe	1	1	1	1	1	1

(ex.: 1 = Fixed, 0 = Free)

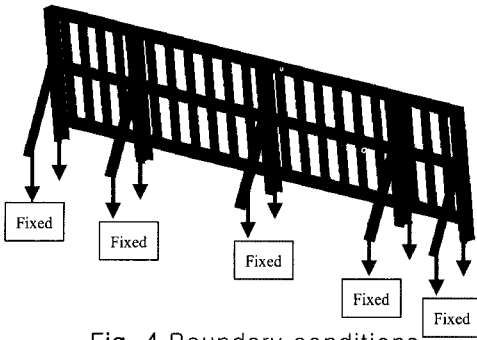


Fig. 4 Boundary conditions

5.2 Boundary Condition

The boundary condition for the strength model are applied as to represent the appropriate responses and to consider the conservative approach.(Table.1 & Fig.4)

5.3 Acceptance Criteria

Allowable stresses are used according to Dnv rule (DNV-OS-C102, Ch.1 Sec.6 B100) as below. (Unit:N/mm<sup>2</sup>)

- [1] Von-Mises stress:  $235f_1$
- [2] Local linear peak stress :  $400f_Y/f_{YNS}$   
(where,  $f_Y$ = the yield stress for actual material  
 $f_{YNS}$ = the yield stress for mild steel)
- [3] Shear stress:  $235f_1/\sqrt{3}$   
( $f_1$ =material factor,  
=1.0 for Mild,  
=1.28 for AH32,  
=1.39 for AH36)

5.4 Results

From the results of the finite element analysis,

Table 2 Maximum stress at members (N/mm<sup>2</sup>)

	Von-Mises stress		Shear stress		Remark
	Act	Allow	Act.	Allow	
H-Beam	267	300	87.6	173	* Local Linear Equivalent Peak stress :Act. 356 <Allow.512
250 A STPG #80	232	235	55.9	135	
SQ. PIPE	119	235	45.3	135	
Ordinary Stiffener	72	300	24.2	173	

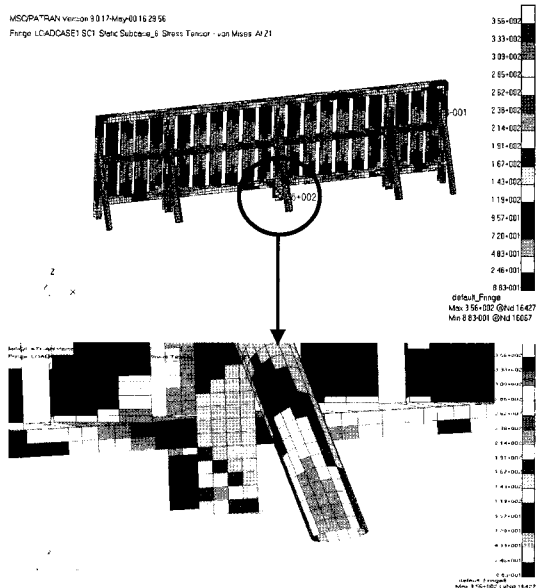


Fig. 5 Result of analysis

it can be seen that the side greenwater protector has sufficient strength for applied loads.(Table.2 & Fig.5)

6. 결론

FPSO 가 충족해야 할 요구사항은 설치되는 해양 Field, 해수면 밑 유전과 상부의 주어진 주위 환경의 지배를 많이 받는 특성이 있다. 또한 Field의 주어진 환경 중 저온의 Snow-Storm 및 해수에 의한 Green Water 로부터 선박의 외부에 노출

되는 Topside 기기와 사람을 보호하는 Green Water Protector 의 형상을 어떻게 설계하느냐가 가장 큰 고민이었다.

하지만 설계시 다음과 같은 요구사항을 하나하나 정리하고 그 방안을 찾는 데서 좋은 결과가 도출되었다고 본다.

- ◆ 최적화 된 구조 고려(강도/형상/기능)
- ◆ Interface Joint 정보 접수/검토/협의
- ◆ 선체/의장/생산공정 유기적 진행 필요
- ◆ 각종 간섭 회피 및 Maintenance 고려
- ◆ 제작 작업성 및 용접을 고려한 부재 배치
- ◆ 정도 관리 철저

여기서 다룬 FPSO 의 Cargo Hold 전반에 걸쳐 설치되는 Ship Side Green Water Protector 는 일반적인 배의 선수부 Bulwark 및 Container 선의 Water Break 와는 달리 주어진 환경조건과 기능을 만족하는데 있어서 최적의 구조로 판단된다.

하지만 기본적인 형상선정에 있어서 선체구조의 일부로 설계하는 경우와 의장품의 일부로 설계하는 것은 생산적인 측면에서 재고의 여지가 있음을 남겨 둔다.

## 참 고 문 헌

- 한주철, 이승근, 이경우 외, 2004, “ Experimental study on Green Water in Regular Waves ” 한국항해항만학회 28(7)권호, pp.647-651
- DNV Rule 2002 “ DNV-OS-C102, Ch.1 Sec.6 ”
- IACS Rec. 1996/Rev.1 August 1999 “ No.47 Shipbuilding and Repair Quality Standard ” Part A Shipbuilding and Repair Quality Standard for New Construction



< 배 명 현 >



< 김 성 준 >



< 문 중 용 >