

심해무인잠수정용 A-Frame의 초기 설계

조규남*, 이억재**

*홍익대학교 조선해양공학과

**홍익대학교 조선해양공학과 대학원

A Study on the Design of A-Frame and Devices for Deep-Sea ROV and AUV

KYU-NAM CHO*, UK-JAE LEE**

*Department of Naval Architecture and Ocean Engineering Hongik University, Jochiwon, Korea

KEY WORDS: 구조해석, A-Frame, ROV

ABSTRACT: In this paper, various kinds of A-Frame are surveyed and classified according to their functional ability and sizes. Based on the study, a A-Frame that is suitable for ROV/AUV operation is designed. Basic theoretical structural requirements are applied and relevant Finite Element Analysis are carried out for the verification of the sound workability of the proposed A-Frame. Final configuration and the specification are proposed for the usage of ROV/AUV operation

1. 서 론

오늘날 점점 더 심각해지고 있는 각종 자원 부족으로 해양 자원 확보의 중요성이 증대되고 있다. 해양이 가지고 있는 다양한 자원을 개발하기 위한 노력이 활발해 지면서 해양에 대한 상세한 정보가 필요하게 되었으며 이를 확보하기 위한 노력이 미국 일본 프랑스 등과 같은 해양 선진국을 중심으로 활발하게 진행되고 있다. 또한 해저에 대한 다양한 조사작업을 수행하기 위하여 잠수함의 개념에서 출발한 유인 잠수정이 개발되어 사용되어 왔다. 그러나, 최근 들어 원격조종 기술이 발달하고 유인잠수정 운용자의 지속적인 양성이 어려워짐에 따라 무인잠수정이 개발되었다.

현재 우리는 우리 나라 근해지역과 우리의 새로운 해양 영토가 될 수 있는 태평양의 주요 지역을 탐사할 수 있는 심해 무인잠수정을 우리 기술로 개발하여 활용하기 위한 계획의 수립이 절실히 필요하다. 이에 맞추어서 우리 나라에서도 80년대 이후에 계획을 수립하고 해양조사를 해왔다. 심해저 탐사나, 해양연구, 어군조사 등에 이용할 수 있는 ROV/AUV가 필요하게 되었고, 이를 운용할 수 있는 다목적의 모선 즉 조사선이 필요하게 되었다. 조사선에는 연구보조장비, 탐사장비, 관측보조장비 등 다양한 장비가 실리는데 여기에서는 그러한 장비들 중에서 A-Frame에 대한 연구를 수행하였다. 기존에 제작된 각종 조사선의 A-Frame로는 심해 ROV/AUV를 운용할 수

없다. 이는 조사선의 A-Frame이 다른 목적으로 설치되었기 때문이다. 중량이 무거운 ROV를 진수하고 인양하려면 프레임의 기능이 강화되고 또한 충분히 커야 한다. 또한 새로운 개념의 조사선을 이용하는 방법이 대두되었다.

본 연구에서는 전세계적으로 운용되고 있는 각종 해양조사선의 실태를 파악하고, 이러한 해양조사선에 장착된 A-Frame의 분류 및 분석 연구를 수행하였다. 이러한 데이터 베이스에 근거하여, 우리 실정에 맞는 A-Frame의 형상을 제안하고, 이러한 A-Frame을 현재 이용 가능한 국내 해양조사선에 적용 설치하는 방안을 검토하였으며, 관련된 공학적인 계산을 수행하였다.

2. 전세계에서 운용되는 해양지원선 분석

2.1 A-Frame이 장착된 해양지원선 상황

전세계에는 ROV/AUV의 운용을 위한 수많은 해양지원선이 있다. 이러한 배들을 조사하였으며, 장착된 A-Frame에 대한 기본 사양을 분석하고, 그 운용방법을 찾아보았다.

2.1.1 R/V Endeavor

전미과학재단에서 운용하는 해양조사선으로서 해양학을 위한 목적으로 건조되었으며, 대서양과 태평양 등에서 망간단괴 조사나, 어군조사, 심해저 탐사 등의 다양한 기능을 수행하고 있다. 주요 제원을 보면 Length(OA) 56m, Breadth 10.1m, Draft 5.2m, Speed 15.4kts, 이다. 그리고 여기에서 사용되고 있는 A-Frame은 크기는 약 6.09×3.35m 정도이며, 허용하중은 정적인 경우에는 12000 lbs, 동적인 경우는 5,000 lbs이다. 운용

조규남 : 충남 연기군 조치원 신안리 홍익대학교
041) 860-2604 kncho@hongik.ac.kr

시 배 밖으로 약 289m 정도가 연장되어 사용하며, 사다리가 부착되어 작업에 용이하게 되어 있다. 윈치2와 윈치3를 사용하며 블록을 이용하여 해양 부이나 그물 등을 끌어올리는데 사용한다. A-Frame은 해양크레인과 같이 사용하여 그 활용성을 높인다.

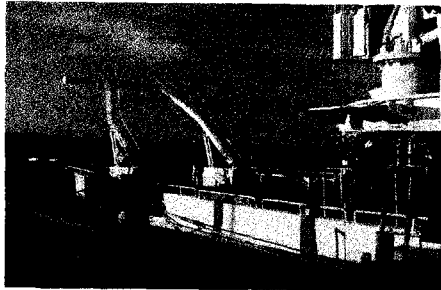


Fig. 1 R/V Endeavor의 A-Frame의 모습

2.1.2 Ronald H. Brown

미국의 해양대기국(NOAA)의 소속으로 Ronald H. Brown은 대양에서 활동할 수 있도록 설계되어 있으며, 바다의 기상이나 심해저 상황을 기록할 수 있는 부이 설치나, 조사정, AUV등의 운용이 가능한 배이다. 주요제원을 보면 Length(OA) 83.5m, Breadth 16m, Draft 5.2m, Speed 15.0kts, 이며 갑판의 장비를 보면 윈치 크레인 붐 그리고 A-Frame, 정박용구 등이 있다. 붐의 길이는 15.24m나 되는 Telescopic Boom Crane이며, 들어올릴 수 있는 용량은 약 42,000lbs 이며 크레인의 위치는 Stern의 우현에 위치한다. A-Frame은 Stern에 위치하게 되며 가변형이라 AUV, ROV를 운용하기가 용이하다

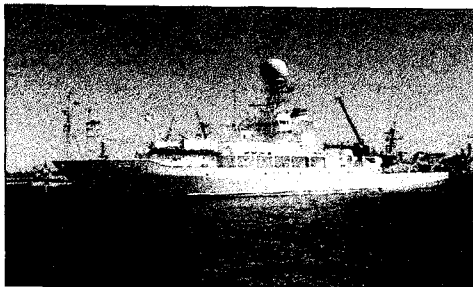


Fig. 2 정박중인 R/V Ronald H Brown

2.1.3 KAIREI

잠수정 KAIKO는 SHINKAI6500의 모선 YOKOSUKA와 함께 사용하다가 1997년부터 독자적인 지원모선 KAIREI를 사용하게 되었다. 심해 조사선 KAIREI는 KAIKO의 전문 모선으로 사용함으로써 해구와 같은 깊은 바다를 조사하도록 설계되었다. 또한 KAIREI는 심해저 표면의 지층과 균열 그리고 지형 형태를 연구하기 위한 다양한 장비를 갖추었으므로 세계의 해구와 기타 해저를 종합적으로 조사할 수 있도록 만들어졌다. KAIREI의 기능을 살펴보면 ROV 운용, 지각 내부의 탐사, 해저면 지층조사, 수중 노이즈의 저감 등을 들 수 있다. 주요제원을 보면 Length(OA) 90m, Breadth 14.2m, Draft 4.6m, Speed 16.0kts 정도이다. KAIREI의 A-Frame은 ROV의 운용에 목적을 두고 만들어서 상당히 크고 이를 움직이는 유압시스템

이 상당히 잘 되어 있다. A-Frame의 전기제어라인과 유압라인을 연결하기 위해 진수, 회수 기어를 밀고 다음에 결합기어가 ROV의 연결된 후 윈치에 의해 조정되는 두 개의 스틸와이어로 런처를 들어올리는데, 런처의 몸체 아래에 잠수정이 고정된다. 다른 조사정들과는 달리 자체적인 보관 장소가 있어 프레임 중심을 중심으로 모든 작업이 이루어진다.

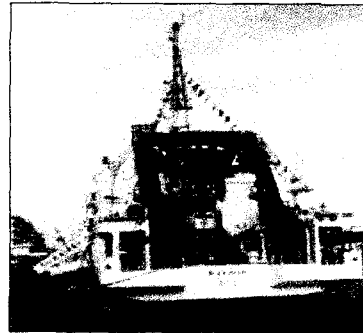


Fig. 3 항해중인 KAIREI의 모습

2.1.4 은누리호

삼면이 바다인 우리 나라는 학교, 정부기관, 연구소를 중심으로 오래 전부터 해양 조사선을 다양하게 운영해왔다. 비록 근해에 한한 것이었지만 여러 곳에서 다양한 목적으로 해양 조사선을 운용해 왔다. 한국해양연구원의 종합해양조사선 은누리호(1,422톤)와 이어도호(546톤)가 지난 1992년 초 취항함으로써 주변 연안 해역은 물론 심해까지도 해양조사가 가능해져 해양 조사능력이 크게 향상되었다. 이중에 은누리호는 ROV/AUV의 운용, 심해저 조사, 해저 지형 조사, 어군조사, 극지방 조사 등 다양한 목적으로 사용되고 있다. 은누리호의 주요 제원을 보면 Length(OA) 63.8m, Breadth 12.0m, Draft 5.15m, Speed 15.0kts이다. 은누리호는 다양한 목적을 가지고 건조한 해양 조사선으로서, 여러 개의 크기가 각각 다른 3개의 A-Frame을 가지고 있다. 주 A-Frame은 Shelter Deck에 설치되어 있으며, 위치는 Stern이며, 우현 쪽으로 약간 편중되어서 설치되어있다. 2번째 A-Frame은 우현에 설치되어 있으며, 이를 이용하기 위한 윈치는 Forecastle Deck에 설치된다. 작은 부이를 설치하거나 실험 장비를 바다에 인양할 때 사용한다. 마지막 A-Frame은 Forecastle Deck에 설치된다. 허용하중은 약 3 tons 정도이다.



Fig. 4 항해중인 은누리호의 전경

2.2 A-Frame의 대표적 분류

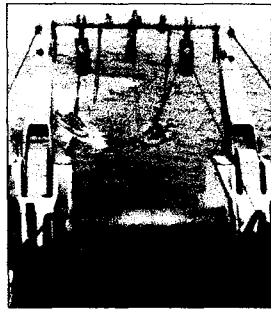
위에서 조사된 바와 같이 A-Frame은 다양한 목적과 기능을 가지고 있다. A-Frame은 그 모양이 목적에 따라서 달라진다. A-Frame을 목적과 용량에 따라서 분리해보면 다음과 같이 크게 3가지로 나눌 수 있다. 첫 번째로는 ROV/AUV 등과 같은 대형의 무인잠수정이나, 유인잠수정 등과 같은 조사정을 견인하고 운반하는 조사선에 쓰이는 것이다. 이 경우는 잠수정을 예인하기 위해서는 대형 크레인과 같이 운용 되어야하며, Stern에는 충분한 작업 공간이 있어야 하고 ROV/AUV를 보관할 수 있는 공간도 확보해야 한다. 또한 배의 심한 흔들림에 따른 부가 하중에 견딜 수 있도록 충분한 강도를 지녀야 한다. 두 번째는 다목적용으로 사용하는 것으로 해양지질조사나 부이 투여나, 심해저의 망간단괴 조사 등을 수행하는데 사용하고, 움직임에 용이하게 되어있다. 형태는 아래 그림(B)와 같으며, 중형 조사선에서 사용하고 있다. 현재 가장 많이 사용되고 있다. 지금 온누리호에 설치되어 있는 것과 비슷하다. 세 번째는 어업이나 어군조사를 목적으로 하는 것으로 다른 것이 비해서 조금은 작고 다양한 기능을 할 수 있게 블록 등이 많이 달려있는 것이다. 모양은 아래 보는 그림(C)와 같다.



(A)



(B)



(C)

Fig.5 목적에 따른 A-Frame의 분류

3. A-Frame의 초기 기본 설계

3.1 A-Frame의 초기 기본 형상 분석

3.1.1 기존의 A-Frame 분석

지금까지 조사한 A-Frame을 보면 그 쓰임이나 용도에 따라서 다양한 모양을 가지고 있고 또한 배의 크기에 비례해서 A-Frame의 크기나 모양이 변하고 있다. 조사선의 분석을 통하여 다음과 같은 3가지 유형의 A-Frame을 분류 추출하였다.

먼저 Type 1을 보면 반고정식으로 다양한 작업수행이 어렵

다. 따라서 작업 능력을 올리기 위해서 폭이 좁은 만큼 높이가 다른 것에 비해서 조금 높다. 작은 어군 조사선이나 소형 AUV를 운용하기에 알맞다.

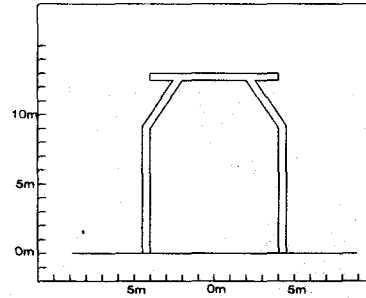


Fig. 6 A-Frame의 형상 Type 1

Type 2를 보면 A-Frame이 안정적인 모양을 가지고 있으며 보통의 조사선에서 가장 많이 사용하고 있다. 제작과 운용의 편리함이 좋다. 좌우상하운동에 대해서 대응하기가 좋고, 추가 장비의 탑재가 용이하다. 일반적인 형상이다.

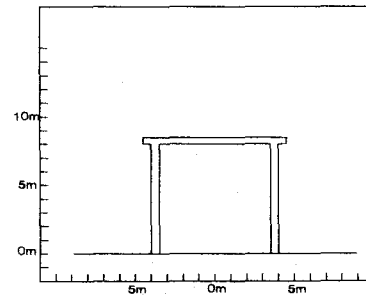


Fig. 7 A-Frame의 형상 Type 2

Type 3는 대형선에서 쓰이는 것으로 용량이 큰 경우에 쓰인다. 사다리꼴의 모양은 극한 하중에 대한 안전성이 높다. 작업 공간이 넓어서 큰 물체를 하역하고 진수하기 용이하다. 대형의 ROV를 운용할 때 사용한다.

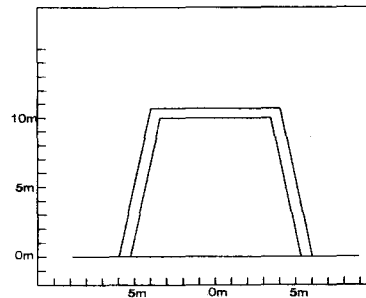


Fig. 8 A-Frame의 형상 Type 3

위에 나와 있는 여러 개의 Type중에서는 현재 개발하려는 ROV용으로 운용하기에 가장 적합한 것은 Type 2로 분석되었다. 다양한 기능을 지니고 있고, 또한 추가 장비의 탑재가 용이함으로 다양한 기능을 수행할 수 있다.

Table 1 각 형상의 특성 분류

	LOA	Breath	Tons	Max Load
Type 1	35m이상~ 50m이하	8m이하	1500ton이하	10ton 이하
Type 2	50m이상~ 80m이하	8m이상~ 15m이하	1500ton이상~ 3000ton이하	10ton이상~ 20ton이하
Type 3	80m이상	15m이상	3000ton이상	20ton이상

3.2 온누리호에 제안된 새로운 Type의 A-Frame

새로운 Type의 A-Frame 설계하는 방법에는 설계자에 따라 여러 가지가 있을 수 있고, 또한 얻어지는 결과가 다소 차이가 생기는 것이 보통이다. 여기서 일반적으로 Design spiral, Parametric study, Optimum design등이 사용된다. 여기서 사용된 Design spiral은 어떤 가정 하에서 주요 요목 결정을 위한 각 수치를 설정하고, 그것으로 검토를 밀고 나가서 합당하지 않으면 처음에 설정한 값을 수정하여 다시 검토함으로써 주요 요목을 결정하는 설계 진행방법이다.

현재 온누리호에 설치되어 있는 A-Frame은 폭이 약 4.6m, 높이가 약 8.4m 정도이고, 프레임의 두께는 약 40cm 이다. 재질은 강철로 이루어져 있고 단면은 직사각형 모양을 하고 있다. ROV/AUV를 이용하기 위한 것으로 제작된 것으로는 보이지 않는다. 해저에 있는 망간단괴를 조사하고 해양학에 필요한 전반적인 데이터를 얻기 위한 도구로 이용된 것 같다. 향후 심해 수중로봇(3×1.5×2 m, 3tons)과 심해진수장치(2×1.3×1.3 m, 1.5tons)를 운용하는 것은 이러한 A-Frame으로는 부적절하다. 선박의 rolling, swaying, yawing, heaving, pitching, surging등과 같은 복잡한 운동에 대응하는 기능이 필요하며, 그러한 상황하에서 수중로봇, ROV, 런처 등과 같은 물체를 바다로 내려놓은 것은 정확한 노력과 기술이 필요할 것이다. 지금 설치된 A-Frame에는 그러한 것을 하기 위한 즉 고정장치가 없을 뿐더러 비록 하중은 10tons까지 견뎌낸다고는 하나, 특히 Rolling시 쉽게 위험한 상황하에 놓일 것이 분명하다. 온누리호의 Shelter deck에는 다양한 위치가 설치되어 있고 또한 A-Frame가 오른쪽으로 기울어져서 설치되어있다. 이는 작업시 생기는 추가하중에서 편심된 하중을 주기 때문에 복원성과 정지조정능력에 많은 악영향을 끼친다. 길이가 3m인 되는 ROV를 바다로 진수하려면 적어도 5m이상은 A-Frame이 배 밖으로 연장되어 있어야 한다. 그리고 이것을 움직일 때에는 어느 상황하에서 움직임을 제어할 수 있는 유압시스템을 전자적으로 제어하는 것이 옳은 일이라 생각된다. 그리고 또한 급박한 사고에 대한 대비책이 하나도 준비되지 않았다. 프레임 자체에 이러한 것이 고정되어 설치되어 있다면 이러한 위험은 사라지리라 본다. 심해저 로봇과 ROV/AUV, 런처, 진수장치 등의 장비를 실기 위해서는 충분한 공간이 필요로 하고 이를 움직일 수 있는 새로운 크레인과 새로운 A-Frame이 필요로 한다. 위에서 발생한 문제점을 기본으로 하여, 이에 적용할 수 있는 새로운 Type의 A-Frame을 제시해 본다. Fig. 7에서 보여지는 A-Frame의 형상과 크기 등은, 위에서 언급한 Design

spiral 설계기법에 근거하여 수많은 시행 착오를 통하여 일차적으로 얻어진 것이다. 이와 같이 제시된 A-Frame에 대해서 다음 장에 기본적인 구조 역학적 해석을 수행하였다.

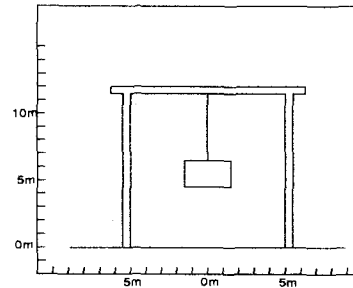


Fig 9 온누리호에 적용된 새로운 Type의 A-Frame

4. A-Frame의 기본적인 Dimension 및 구조강성계수 결정

4.1 A-Frame의 기본적인 Dimension 및 구조강성계수

위에서 제시된 모델을 가지고 각 부분별로 걸리는 하중을 계산하고 각 요소별로 Dimension 및 구조강성계수를 결정해보겠다.

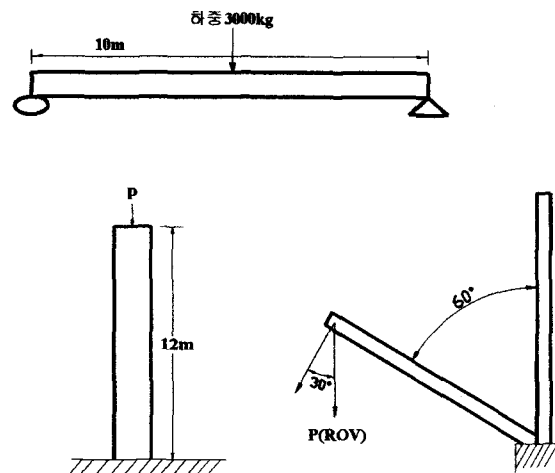


Fig. 10

상단 프레임을 일차적으로 간략화 시키면 다음과 같이 모델링 된다. 심해 진수장치가 약 3000kg이므로 한가운데 집중하중이 받는 것으로, 길이가 10m이고, 양단은 단순지지로 해석하면 다음 식과 같은 최대 모멘트와 응력이 발생된다.

$$M = \frac{P \cdot L}{4} \quad (1)$$

$$\sigma = \frac{M \cdot y}{I} \quad (2)$$

좌우 프레임을 간략화 하여 모델링하면 다음과 같으며, 일차적으로 문제가 되는 것은 좌굴에 대한 검토이다. 이 경우 하단은 고정되고 상단은 자유로운 장주라 생각하면 좌굴에 대한 검토를 위하여 Euler 공식에 따라 안전성을 검토하여야 한다.

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{4 \cdot l^2} \quad (3)$$

ROV의 무게가 약 3000kg이므로 한쪽 기둥에 걸리는 하중 P는 1500kg 이고, 높이는 12m인 경우에 대한 수치 계산을 수행하여야 한다. 또한 굽힘과 비틀 조합으로 인한 안전도 검사를 위하여 다음과 같은 2개의 관계식을 이용하여 안전성을 검토하여야 한다.

$$\sigma = \frac{M \cdot C}{I} \quad (4)$$

$$\tau = \frac{T \cdot r}{J} \quad (5)$$

기본적으로 이상과 같은 기본적인 수치 검증을 수행해 보고, 다음으로는 FEM과 같은 방법으로 정밀한 수치해석을 수행하면 되겠다.

4.2 A-Frame의 설치 및 운동을 위한 선박의 특성 분석

한편 A-Frame의 작동을 위하여 기존의 선박이 작업 시에 운동학적으로 안정한지를 검토하여야 한다. 다음과 같은 사항을 검토하여야 한다.

4.2.1 배수량과 배수 률수

배수량(displacement)은 배수용적과 해수비중의 곱으로 표시하는 배수용적(displacement in volume)의 만재 홀수선 아래의 배의 체적이기 때문에 배수량 계산은 바로 그 체적을 구하는 것이다.

4.2.2 부심의 위치

부심은 배의 중량에 저항하여 배를 뜨도록 하는 힘으로서 배의 각 부분에 작용하지만 편의상 그 힘이 한 점에 작용하고 있다고 가정을 하면 그 작용점이 바로 부심(center of buoyancy)이 되면서 해수가 홀수선 아래 이 배에 침입한 체적의 중심이 된다.

4.2.3 매cm당 침하배수 률수

배는 화물을 실으면 가라 안고 화물을 내리면 뜬다. 그런데 홀수는 화물의 중량과 같은 배수량이 될 때까지 변화하기 때문에 홀수가 1cm 변화하면 배수량이 얼마나 변하는가? 다시 말해서 배의 홀수를 1cm 변화시키는데 몇 톤의 중량이 필요한가를 알고 있으면 배수량 계산을 하는데 매우 편리해진다. 이것을 매cm당 침하 배수 률수라 하고 TPC로 나타내며 홀수면의 면적을 $A_w (m^2)$, 비중을 $\gamma (t/m^3)$ 라고 하면

$TPC = (A_w \times \gamma) / 100 (t/m')$ 이다. 이를 이용하여 ROV 설치 시 선박의 홀수 변화를 알 수 있다.

4.2.4 가로 메타센터의 높이

기선에서부터 가로 메타센터까지의 높이 (KM_T)는 기선으로부터 부심까지의 높이 (KB)와 가로 메타센터 반지름 (BM_T)과의 합과 같다. 가로 메타센터 반지름 (BM_T)은 배수용적을 $\nabla (m^3)$, 홀수면의 선체 중심선에 관한 2차관성모멘트를 $I_T (m^4)$ 라고 하면 $BM_T = I_T / \nabla (m)$ 이다.

4.2.5 세로 메타센터의 높이와 부면심의 위치

세로 메타센터 반지름 (KM_L)은 기선으로부터 부심까지의 높이 (KB)와 세로 메타센터 반지름 (BM_L)과의 합이다.

(BM_L)은 배수용적을 $\nabla (m^3)$, 홀수면의 부심면을 통해 중심선에 직교하는 축에 관한 모멘트를 $I_L (m^4)$ 라고 하면 $BM_L = I_L / \nabla (m)$ 이다.

4.2.6 매cm당 변화 트림 모멘트

매cm당 변화 트림 모멘트는 배가 1cm의 트림 변화를 일으켰을 때에 $MTC = (W \times GM_L) / (100 \times L) (t \cdot m)$ 필요한 모멘트인데, 세로경사 문제를 취급하는 경우에 매우 중요 인자이다.

4.2.7 추가중량에 의한 부심의 위치변동과 선수미 트림

ROV 및 부속시설에 의한 추가 하중은 다음과 같이 계산 될 수 있다.

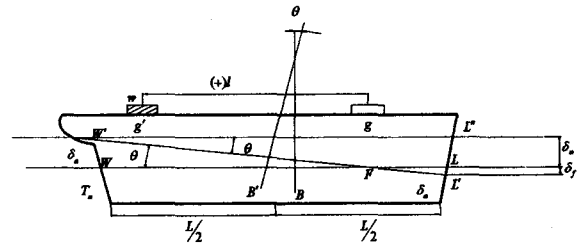


Fig.11 선박의 중량 이동시 트림 발생 과정

$$\delta_a = \frac{L/2 - LCF}{L} \times \frac{w \times l}{MTC} \quad (6)$$

$$\delta_f = \frac{-(L/2 - LCF)}{l} \times \frac{w \times l}{MTC} \quad (7)$$

4.3 1차적인 A-Frame의 제안

위의 각종 계산을 근거로 하여 1차적인 A-Frame의 Specification을 결정하여 보았다. 이러한 사양을 가지고, 보다 정확한 설계 검증을 위하여 유한요소 해석을 수행하였다. 이를 통하여 구조 역학적 관점에서 안전성을 확인 할 수 있겠다.

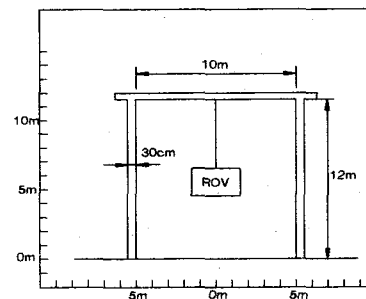


Fig.11 1차적으로 제안한 A-Frame의 형상과 크기

5. A-Frame에 대한 유한요소 해석

5.1 Modeling 및 Geometry

A-Frame의 유한요소 해석을 하기 위해서 여기에서 사용한 프로그램은 FEMAP과 mTAP&STRESS이다.(FEMAP,1996)

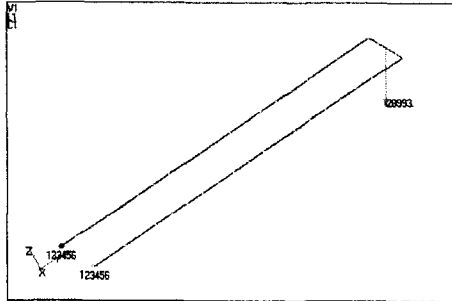


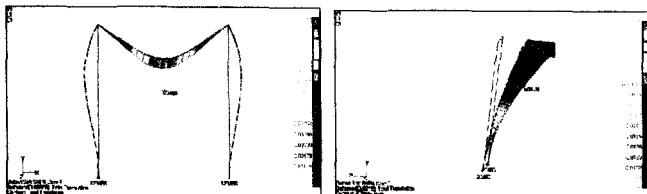
Fig. 12 A-Frame의 모델링 형상

A-Frame을 기 제안한 원형 단면의 Beam으로 보고 여기에 작용하는 하중은 ROV 또는 심해 진수 장치라 생각하고 수행하였다. Modeling에서 적용된 프레임의 크기는 높이가 12m 이고 가로가 10m 이며, A-Frame의 단면 모양은 다음 그림과 같이 직경은 30cm이며, 두께는 2cm로 입력하였으며, 재질은 Steel ASTM A-36으로 하고, 탄성계수는 $E=2.0 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$ 이고 $G=8.0 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$ 로 하여 유한요소 해석을 수행하였다. 여기서의 단면 특성치는 단면적이 $A=0.0175929 \text{ m}^2$ 이고, 2차단면 모멘트 $I=0.00017329 \text{ m}^4$ 이고, 비틀 모멘트계수는 $J=3.46525 \times 10^{-4}$ 이다.

5.2 유한요소 해석 결과

유한요소 해석 결과 A-Frame의 최대 처짐량은 A-Frame을 60°로 기울였을 때 0.224m로 나왔다. 이것은 앞장에서 수식을 가지고 해본 결과와 비교해 봤을 때 적은 값이다.

다음 그림은 A-Frame의 Deformed Shape을 나타낸 그림이다. 상단의 가운데에서 가장 큰 변위의 변화가 발생되며, 그 크기로는 기울기가 5°인 경우는 2.54cm, 10°인 경우에는 4.6cm, 15°인 경우에는 6.77cm, 30°인 경우에는 13cm, 45°인 경우에는 18.3cm, 그리고 60°인 경우에는 22.4cm가 나타났다. 실제로는 각도 변위가 10°이내에서 작업할 수 있으므로 이 경우는 최대 처짐이 4.6cm가 된다는 것을 알 수 있었다.



기울기 0° (0.0098)

기울기 5° (0.0245)

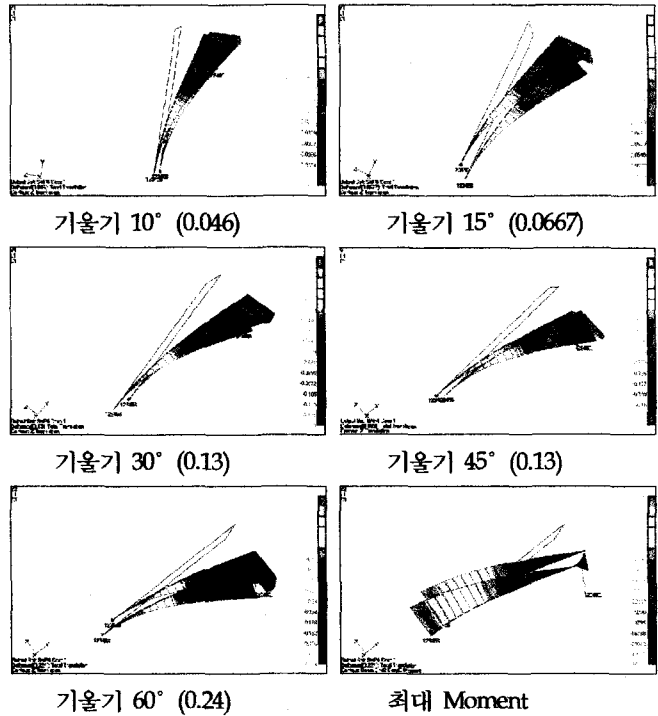


Fig. 13 A-Frame의 위치별 Total Translation

5.3 해석결과 분석

유한요소 해석을 통하여, A-Frame에 ROV 또는 심해 진수 장치가 부착되어 작업할 시 구조 안전성 검토를 수행하였다. 수 계산에 의한 값보다, 보다 정확하게 결과치들이 산정되어 나왔으며 기존 수계산보다 약간 적게 나왔다. 이는 보다 정밀한 A-Frame의 모델링과 개별적 Beam의 거동을 종합적인 거동으로 분석한 결과로 생각된다. 부재의 응력면에서도 안전성에 문제가 없는 것으로 나타났다. 최대 변형은 A-Frame의 중앙부에서 발생되며 그 크기는 0.224m이다. 지원선의 heave 거동이 2.5m 크기의 진폭으로 야기 될 시 ROV나 심해 지원선의 거동 분석 시, A-Frame의 최대 변형량을 heave 거동 변위에 합산하여 각종 운동 해석을 수행하여야 할 것이다. Buckling 면에서도, 여기서 제안된 A-Frame은 문제가 없으며, 상세 설계를 위한 기준으로 여기서 제안된 사양을 사용하여도 무방하겠다. Upright 상태 즉 수직 상태에서 심해 진수장치나 ROV를 운용할 시에는 최대 변형은 0.955cm로 산출되어, 역시 구조 역학적으로 안전성을 확보할 수 있겠다.

6. 결 론

본 연구에서는 전세계적으로 운용되고 있는 각종 해양조사선의 상태를 파악하고, 이러한 해양조사선에 장착된 A-Frame의 분류 및 분석 연구를 수행하였다. 이러한 데이터베이스를 근거하여 우리 실정에 맞는 A-Frame의 형상을 제안하고, 이러한 A-Frame을 현재 사용 가능한 국내 해양조사선에 적용 설치하는 방안을 검토하였으며, 관련된 공학적인 계산을 수행하였

다.

본 연구를 통하여 얻어진 연구결과는 다음과 같이 요약될 수 있다.

1. 전세계적으로 운용되고 있는 해양조사선과 A-Frame의 자료 수집 및 분석
2. A-Frame의 특성 비교 검토 및 초기 설계 수행
3. 새로운 A-Frame의 제안 및 기초 역학적 해석 수행
4. 유한요소 해석을 통한 구조 역학적 안전성 검토
5. 기존 선박 장착시의 문제점 검토 및 선박의 유체역학적 안정성 검토
6. A-Frame의 최종 제원 결정 및 운용 문제점 검토

참 고 문 헌

- 홍석원, 임용근, 이관목 외, " 차세대 심해저 무인잠수정 개발을 위한 기획조사연구", 한국해양연구소연구보고서 UCM00051-2266, Nov. 2000.
- James M. Gere, and S.P. Timoshenko, "Mechanics of Material" 청문사, 1991
- Chung, J. S., Whitney, A. K. and Loden, W. A., "Nonlinear Transient Motion of Deep Ocean Mining Pipe", J. Energy Resources Technology, ASME, Vol. 103, pp 2-10., 1981.
- Chung, J. S., and Whitney, A. K., "Axial Stretching Oscillation of an 18,000-ft Vertical Pipe in the Ocean", J. Energy Resources Technology, ASME, Vol. 105, pp 195-200., 1983.
- Hong, S., "Three Dimensional Analysis on Behaviour of Mining Pipe of Deep Seabed Mineral Resources", Proc. ISOPE - Ocean Mining Symposium, Tsukuba, Japan, Nov. 21-22., 1995.
- mTAB*STRESS, users' Manual, Structural Analysis, Inc, 1996
- FEMAP, users' Manual, Enterprise Software Products, Inc, 1996