

해양 자켓구조물 진수 영향인자에 대한 고찰

조철희 · 김경수 · 김재환 · 이수훈
인하대학교 기계공학부

Influential Parameters on Offshore Jacket Structure Launching

CHUL H. JO, KYUNG SU KIM, JAE HWAN KIM AND SOO H. LEE
Dept. of Naval Architecture and Ocean Engineering, In Ha University

KEY WORDS: Jacket 자켓, Launching 진수, Offshore structure 해양구조물

ABSTRACT: The launching process is one of the most critical operations for large structure in offshore installation. Since as the size increases it limits the availability of offshore crane facilities, the large jacket structures are often installed by launching. As the structure approaches to tilt beam, it reaches critical load, and there are parameters to affect on launching procedure. The major influential parameters are trim, draft of barge, center of gravity, center of buoyancy and reserved buoyancy of jacket. As increasing of trim and draft, structural loads tend to decrease. The trim is found to be more contributing than draft on structural loads. Therefore the trim should be increased so as to decrease structural loads and to avoid stalling of structure and submergence of stern. During the launching process, the distance between jacket and seabed should be investigated which differs from the amount of reserved buoyancy and launching condition of barge. In this paper the effects of parameters on launching process are numerically investigated.

1. 서 론

대형 해양구조물의 설치 방식 중 대표적인 방식은 바지로부터 자켓 구조물을 밀어내어 진수시키는 방식이다. 진수과정에 걸리는 시간은 이에 대한 사전계획과 정확한 해석이 수행되지 않으면 구조물의 손상과 인명손실의 위험을 가져올 수도 있다. 이러한 진수 방식은 대형 자켓 구조물에 사용되는 방식이지 국제 설계 규정에는 이에 대한 일반적인 criterion이 규정되어 있지 않다. 구조물을 진수시키기 위해서는 바지와 구조물, 설치 장소의 특성, 환경조건 등 여러 가지 조건을 고려하여 최적의 진수 조건을 찾아내야 한다.

진수 과정에서 바지와 자켓 모두가 구조적 손상을 입을 가능성과 전복의 위험성이 있기 때문에, 진수 해석에서는 자켓과 바지에 걸리는 응력을 극소화하는 것과 안정성을 극대화하도록 검토해야 한다. 진수 바지의 갑판 상에는 heavy runner beam 또는 skid rail이 길이방향으로 설치되어 자켓의 자중을 바지에 전달해 주는 역할을 한다. 선미부에는 자켓을 회전시켜 수중으로 미끄러지게 하는 역할을 하는 rocker arm과 틸트 빔이 설치된다. 이 부분의 구조물은 짧은 시간동안 자켓 전체 하중을 부담할 수 있어야 하며, 이 때 작용하는 반력이 자켓에 전달되므로 이 하중이 집중하중으로 작용하는 것을 피하도록 하여야 한다(Gerwick, 1986).

바지 벨러스팅은 자켓 자체의 중량만으로는 진수가 이루어지지 않는 최적의 경사상태까지 하며 이 때의 경사각도는 일반적으로 2~4° 정도이다. 경사각이 너무 큰 경우 자켓 스톨링이 일어날 가능성이 있다. 자켓의 무게 중심이 rocker arm의 편

을 지나게 되면, rocker arm은 한계 각도(일반적으로 30도)까지 회전하게 되고, 자켓은 rocker arm으로부터 미끄러지면서 진수된다. 바지로부터 진수된 자켓은 중력방향과 회전방향의 운동량을 가지게 되고 이 때 자켓은 수면 아래쪽으로 급격히 가라앉은 후에 서서히 수면위로 떠오르게 된다.

진수 단계는 일반적으로 다음과 같이 분류된다.

- 1단계 : sliding stage -자중/원치에 의해 바지 상을 이동
- 2단계 : rotating stage-over turning moment가 uprighting moment 보다 커지면 rocker arm의 pin 을 중심으로 회전
- 3단계 : sliding and rotating stage-회전이 어느 정도 일어난 후 미끄러짐과 회전이 병행해서 발생
- 4단계 : clearing stage-자켓이 바지로부터 분리

진수 단계 중 가장 중요한 해석 시점은 틸트 빔이 회전하기 시작하는 순간부터 자켓과 바지가 분리되는 순간까지이며 바지와 자켓이 손상을 입을 가능성과 전복의 영향이 있으므로 신중하게 검토되어야 하고 자켓 진수 시 고려해야 할 영향 인자에 대한 연구가 필요하다.

2. 영향 인자

바지로부터 자켓을 분리시키기 위한 바지의 pre-launch condition과 진수가 이루어지는 동안 자켓에 작용하는 하중을 최소화하기 위한 영향 인자는 진수를 수행하는 바지의

pre-launch condition과 진수되는 구조물의 특성에 따라 달라진다(Sircar, *et al.*, 1990).

2.1 바지 영향 인자

바지의 영향인자는 동일한 바지에 대해서도 pre-launch condition에 의해 진수 상태가 달라지게 된다. Pre-launch condition은 진수 바지의 흘수, 트림, 틸트 빔 길이의 세 가지로 다음의 요소들에 영향을 미친다.

- ① 최대 라커 팁 하중 (maximum rocker tipping load)
- ② 라커에 남아있는 자켓의 최소 길이 (minimum length of launch leg remaining on the rockers)
- ③ 최대 바지 흘수 (maximum barge submergence depth)
- ④ 최대 자켓 침수 깊이 (maximum jacket dive depth)
- ⑤ 자켓 수평부재의 최대 충격 속도 (maximum slam velocity of jacket horizontal braces)
- ⑥ 바지의 진수 안정성 (stability of the barge during launch)

위 세 가지 조건에 대한 조합을 통해 위 6 가지 요소에 대한 최적의 진수 조건을 찾기 위한 parametric study를 실시한다.

2.2 자켓 영향 인자

진수되는 자켓은 그 크기와 형상, 특성 등이 다양하고, 이 중에서 진수 상태에 대해 주로 영향을 미치게되는 요소들은 ① 무게 중심 (center of gravity), ② 부력 중심 (center of buoyancy), ③ 예비 부력 (reserved buoyancy quantity), ④ 자켓과 틸팅빔 길이 비 (jacket length / 틸팅 빔 length ratio)등 이다.

위 요소들에 대한 값을 변화시키면서 각 바지 상태 (pre-launch condition)에 대한 영향을 함께 고려하여야 한다. 기본적으로 예비 부력을 가져야 하며 안정 상태를 만족해야 한다. 진수되는 동안 계속적인 무게중심 위치의 변화와 부력의 작용에 의해 하중상태가 변하게 되며 각 상태마다 구조물의 안정성을 확보할 수 있어야 한다.

3. 하중 계산

3.1 운동방정식

진수 시 구조물에 작용하게 되는 하중은 자중, 자켓의 운동에 의한 관성력, 부력, hydrodynamic drag & inertia force, 바지

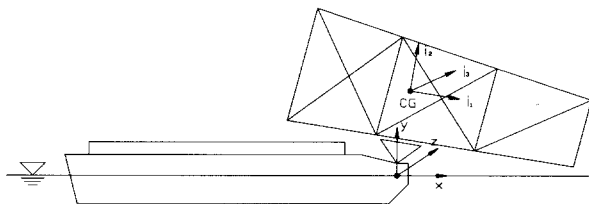


Fig. 1 진수 좌표계

와 자켓의 interface에 의한 constraint force이다.

Fig. 1에서와 같이 원점이 수면 상에 놓여 있으며 x 축은 진수 방향, y 축은 틸팅 빔 편을 지나는 수직방향으로 하는 공간 고정좌표와 자켓의 무게중심을 지나며, 진수 방향을 i_1 축으로 하는 물체고정좌표에 대해 운동방정식을 정의한다. 자켓의 물체고정좌표 i_1, i_2, i_3 에 대해 회전각을 ψ, φ, θ 로 표시하면, 기준좌표계에 대한 각속도 $\omega_1, \omega_2, \omega_3$ 는 다음과 같이 표현된다.

$$\omega_1 = \dot{\psi} \cos \theta - \dot{\varphi} \cos \psi \sin \theta \tag{1}$$

$$\omega_2 = \dot{\psi} \sin \theta + \dot{\varphi} \cos \psi \cos \theta \tag{2}$$

$$\omega_3 = \dot{\theta} + \dot{\psi} \sin \psi \tag{3}$$

진수 시 정수 상태라고 가정하고 물체의 대칭성으로 인하여 물체의 운동은 x-y 평면에 대해서만 발생한다고 가정할 수 있다. 즉, 운동은 $x, y, \theta(\omega_3)$ 만이 존재한다. 자켓과 바지는 heave-pitch($y - \theta$)와 surge-pitch($x - \theta$)의 연성운동(coupled motion)을 하므로 물체고정좌표계에 대해 운동방정식은 다음과 같다.

Heave 또는 surge 방향에 대해,

$$\frac{d}{dt}(m \dot{n}) = W + F_P + F_B + F_H \tag{4}$$

where, m = 자켓의 질량

\dot{n} = heave 또는 surge 방향의 자켓 속도

W = heave 또는 surge 방향의 자켓 중량

F_P = heave 또는 surge 방향의 rocker arm에 작용하는 pin 반력

F_B = heave 또는 surge 방향의 자켓 부력

F_H = heave 또는 surge 방향의 자켓 hydrodynamic force

Pitch 방향에 대해,

$$\frac{d}{dt}(I \omega_3) = M_W + M_{PIN} + M_P + M_B + M_H \tag{5}$$

where, I = 자켓의 CG 축에 대한 관성질량 모멘트

ω_3 = z축에 대한 회전각 속도

M_W = 중량에 의한 모멘트

M_{PIN} = 편에 작용하는 모멘트

M_B = 부력에 의한 모멘트

M_H = hydrodynamic force에 의한 모멘트

3.2 작용하중

구조해석을 수행하는 하중은 자켓에 가장 큰 하중이 작용하는 순간을 선택한다. 이 경우 자켓이 rocker arm에 의해서만 지지되면서 틸트 빔이 기울어지는 시점으로 자켓의 운동에 의

한 관성력이 증가한다. 자켓 상부에 작용하는 부력을 제외한 자켓의 모든 중량이 rocker arm에 작용하며 자켓에 대해 하중을 작용시킨다. 이 하중은 핀에 작용하는 반력으로 지지되며 바지와 자켓의 interface에 의한 constraint force로 작용한다. Constraint force는 틸트 빔에서의 launch leg 부재에 작용하는 분포하중으로 자켓에 작용하게 된다. 핀에 작용하는 반력은 틸트 빔에 작용하는 법선 방향의 힘과 접선 방향의 힘으로 이루어지며 접선 방향의 반력 F_{TP} 는 다음과 같이 나타난다.

$$F_{TP} = F_d F_{NP} \quad (6)$$

where, F_d = launch runner와 틸트 빔 사이의 마찰계수
 F_{NP} = 접선방향의 반력

Constraint force의 하중산정은 틸트 빔으로부터 얻어지는 반력과 전체 구조물의 하중이 평형을 이루도록 constraint force를 결정한다.

Hydrodynamic force는 항력과 관성력, hydrodamping force로 이루어진다. 여기에서, hydrodamping force는 자유수면이 있는 유체장에서의 감쇄력으로 보통의 진수해석에서는 감쇄력을 무시한다. 감쇄력을 무시하는 경우 진수속도는 실제보다 약간 빠르게 되어서 틸트 빔 위에 얹혀 있는 시간이 줄어들어 틸트 빔에 작용하는 하중이 약간 감소한다. 그러나, 연구결과에 의하면 이 양은 진수를 주기가 있는 운동이라고 가정할 때 진수는 1분 내외의 주기를 가지므로 감쇄력은 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타나있다. 그러므로, hydrodynamic damping force를 무시한 hydrodynamic force는 항력과 관성력으로 이루어진다.

구조물의 임의의 점 P에서의 무게중심 CG에 대한 속도 U_P 는 다음과 같다.

$$\overline{U}_P = \overline{U}_{CG} + \overline{\omega} \times \overline{r} \quad (7)$$

where, \overline{U}_P = 구조물의 P점에서의 속도

\overline{U}_{CG} = CG의 병진운동 속도

$\overline{\omega}$ = CG의 각속도

\overline{r} = CG로부터 P점에 대한 위치 벡터

위 식을 시간 t에 대해 미분하면 P점에 대한 가속도 \dot{U}_P 를 구할 수 있다.

$$\dot{U}_P = \dot{\overline{U}}_{CG} + (\dot{\overline{\omega}} \times \overline{r}) + (\overline{\omega}^2 \times \overline{r}) \quad (8)$$

where, \dot{U}_P = 구조물의 P점에서의 가속도

$\dot{\overline{U}}_{CG}$ = CG의 병진운동 가속도

$\dot{\overline{\omega}}$ = CG의 각가속도

4. 해석 모델

본 연구에서 수행한 진수 해석은 자켓과 바지의 운동상태를 다섯 가지 운동 상태로 분류하였다.

① phase1 motion

구조물이 바지 상을 원치에 의해 이동하며 rocker arm은 기울어지지 않는다.

② phase2 motion

구조물이 바지 상을 자중에 의해 이동하며 rocker arm은 기울어지지 않는다.

③ phase3 motion

구조물이 바지 상을 원치에 의해 이동하며 rocker arm이 기울어진다.

④ phase4 motion

구조물이 바지 상을 자중에 의해 이동하며 rocker arm이 기울어진다.

⑤ phase5 motion

구조물과 바지가 분리된 후의 상태

해석 모델은 다음의 세 가지로 분류하여 수행하였다.

① 바지 상의 초기 자켓 위치로부터 특정 운동 상태 또는 시간까지의 바지 상의 시간 영역 해석

② 위 해석의 마지막 시간 단계에서의 구조물 위치에 대해 해석의 재시작

③ 특정 시간 영역에서의 진수 하중에 대한 해석 기능

진수에 대한 영향 요소 연구를 실시하기 위한 바지와 자켓의 해석 모델을 4가지 크기의 바지와 4가지 크기의 자켓을 모델링 했다.

4.1 바지

진수 해석을 실시한 바지의 주요 제원은 Table 1과 같다.

표 1 바지의 주요 제원

	Length (m)	Breadth (m)	Depth (m)	Skid height (m)
CASE 1	61.76	17.25	3.49	1.18
CASE 2	92.65	25.83	5.23	1.76
CASE 3	123.53	34.50	6.97	2.35
CASE 4	154.41	43.12	8.27	2.94

위 바지에 대해서 바지의 트립과 흘수가 진수에 미치는 영향을 고찰하기 10가지 다른 pre-launch condition을 변화시켜 총 40가지 경우를 연구하였다.

4.2 자켓

1) 자켓 모델

본 연구에 사용한 자켓 모델은 일반적인 형태의 자켓 형태를 기준으로 모델링하였다. 다켓다리는 1:9의 기울기를 적용

시켰고, 수직부재는 대각부재, K-형 그리고 X-형 부재를 사용하였다. 수평부재는 파랑에 의한 splash zone을 피하기 위해서 splash zone 보다 1m 높게 적용시켰다. 런치 트러스는 전체 중량의 약 7% 비중을 적용하였다. 자켓 다리의 최소두께는 0.375inch(9.53mm) 이상을 만족시켰고, 직경과 두께의 비(D/t ratio) 90보다 작도록 하였다. 부재의 크기는 세장비가 70에서 100 사이의 범위를 가지도록 적용한다. 설계에 사용하는 D/t 비율의 범위는 19에서 90 사이의 범위를 가지도록 하였다.

2) 모델 형상 및 치수

자켓이 진수에 미치는 영향을 분석하기 위해서 높이 50m, 75m, 100m, 125m의 4가지 높이를 가지는 자켓을 모델링하였다. 각 모델에 대해서 자켓에 영향을 미치는 요소(C.G, C.B, 자중, 예비부력)를 변화시키면서 각 모델에 대한 최적의 진수 요소를 찾았다. 해석을 수행하는 자켓의 각 case 별 주요 항목 및 치수는 Table 2 - Table 5에 나타나 있고, Fig. 2와 3은 자켓 1과 2의 모델형상이다. Fig. 4와 5는 자켓 1의 CASE 1과 2를 모델링한 형상을 나타낸다.

Table 2 CASE 1 자켓의 주요 사양

item	CASE 1-1	CASE 1-2	CASE 1-3
Weight (Ton)	163.44	175.89	185.31
Buoyancy (Ton)	199.28	204.65	207.41
Reserved buoyancy (%)	17.98	14.05	10.66
C.G for floating (M)	6.02	5.99	5.99
C.B for floating (M)	6.06	6.04	6.04

Table 3 CASE 2 자켓의 주요 사양

item	CASE 2-1	CASE 2-2	CASE 2-3
Weight (Ton)	254.22	270.73	287.79
Buoyancy (Ton)	309.78	317.46	322.22
Reserved buoyancy (%)	17.94	14.72	10.69
C.G for floating (M)	9.03	9.03	9.03
C.B for floating (M)	9.07	9.03	9.03

Table 4 CASE 3 자켓의 주요 사양

item	CASE 3-1	CASE 3-2	CASE 3-3
Weight (Ton)	529.51	569.63	612.68
Buoyancy (Ton)	652.04	669.11	686.31
Reserved buoyancy (%)	18.79	14.87	10.73
C.G for floating (M)	11.92	12.11	12.07
C.B for floating (M)	12.16	12.19	12.16

Table 5 CASE 4 자켓의 주요 사양

item	CASE 4-1	CASE 4-2	CASE 4-3
Weight (Ton)	842.85	889.25	948.70
Buoyancy (Ton)	1064.76	1080.68	1099.32
Reserved buoyancy (%)	20.84	17.71	13.70
C.G for floating (M)	15.08	15.11	15.16
C.B for floating (M)	14.72	14.71	14.76

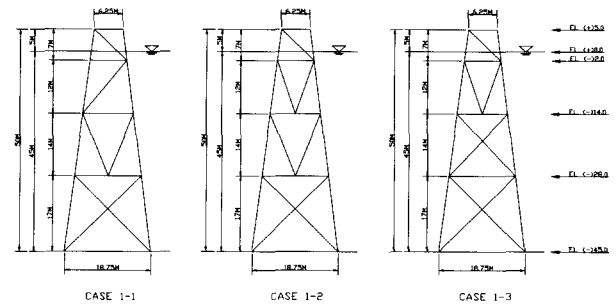


Fig. 2 Jacket case 1 model

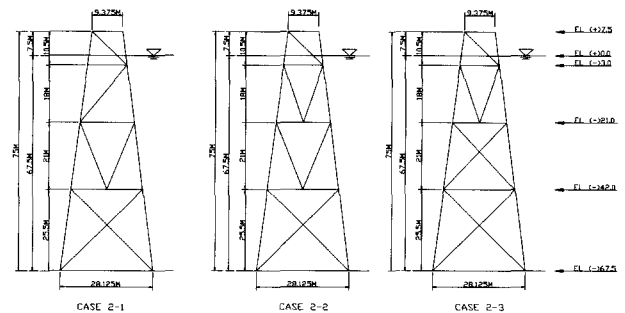


Fig. 3 Jacket case 2 model

4) 모델링

진수 해석 프로그램인을 사용하여 CASE 1-1과 CASE 1-2의 모델만 소개하면 Fig. 4 및 Fig. 5과 같다.

5. 결과 및 고찰

5.1 최대 constraint force

Constraint force는 진수 과정에서 자켓에 작용하는 하중들 중에서 가장 큰 비중을 차지한다. 자켓이 틸팅 범 상에서 회전을 시작하는 순간에 자켓이 틸팅 범에 의해서만 지지되므로 이 때 constraint force는 최대가 되고 편에 작용하는 하중은 홀수와 트림이 증가할수록 감소하게 된다. 홀수와 트림을 모두 증가시키게 되면 선미부의 침수가 발생하게 되므로 홀수가 증가하게 되면 트림은 제한된다.

Fig. 6 - Fig. 8은 case 1에 대한 바지의 홀수와 트림 변화에

따른 최대 constraint force를 자켓의 자중에 대한 비로 나타냈다. 각 흘수에 대해서 최소 constraint force를 가지는 경우가 모두 각 흘수에 대해서 최대 트림을 가지는 경우인 것을 알 수 있다. 즉, 흘수의 증가보다는 트림의 증가가 constraint force의 감소에 더 큰 영향을 준다. 동일한 트림에 대해 흘수가 증가하는 경우에도 핀에 작용하는 하중은 감소하게 되지만 흘수가 증가할수록 트림을 증가에는 한계가 있다. 흘수가 큰 경우 트림을 증가시키게 되면 선미부의 침수가 발생되기 때문이다. Constraint force는 예비부력이 감소할수록 작아진다. 그러나, constraint force를 감소시키기 위해 트림을 증가시키면 진수 중에 구조물에 작용하는 부력과 진수시키려는 힘이 평형상태가 되는 스톨링이 발생할 수 있다. 또한 트림 증가를 위해 흘수를 감소시키면 바지와 자켓의 전체 무게 중심의 증가에 의해

안정성이 감소된다.

5.2 Constraint force의 변화

틸팅 빔이 회전하는 순간 최대인 constraint force는 자켓이 회전을 시작하면서 점차적으로 감소하게 된다. 이러한 감소 효과의 주된 원인은 자켓이 회전하면서 틸팅 빔 위를 미끄러짐에 따라 자켓의 침수 영역이 증가해서 자켓의 자중이 부력에 의해 상쇄되기 때문이다. 자켓의 미끄러짐과 회전은 속도와 가속도의 시간에 따른 변화를 발생시킨다. 진수가 진행됨에 따라 틸팅 빔 핀에 작용하는 자중에 대한 하중은 계속 감소하게 되는데 하중의 감소는 자켓의 침수 영역이 계속 증가함에 따라 부력이 증가하기 때문이다. 진수가 진행됨에 따른 constraint force의 자중에 대한 비율 변화를 조사하였다. 표 6은 CASE 1과 CASE 2의 각각 한가지 경우의 결과이다.

표 6과 7에서 볼 수 있듯이 최대 constraint force는 틸팅 빔이 회전하는 순간에 최대가 되며 진수가 진행됨에 따라 constraint force는 급격히 감소한다. 초기의 하중 크기는 바지와 자켓이 분리되는 순간에 이르러서는 자중의 20% 이하까지 감소하게 된다. 또한 트림의 증가는 진수시간을 증가시키는 것이 발견되었다. 동일한 하중을 작용시키는 경우에 트림이 증가하면 자켓 상부에 부력이 작용하여 자중에 의한 이동을 방해하기 때문으로 해석된다. 자켓의 이동위치와 속도에 따라 하중의 작용점이 다르므로 모든 과정의 변화를 조사하여야 한다.

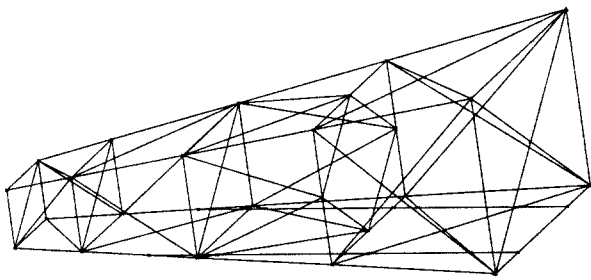


Fig. 4 자켓 case 1-1 모델링

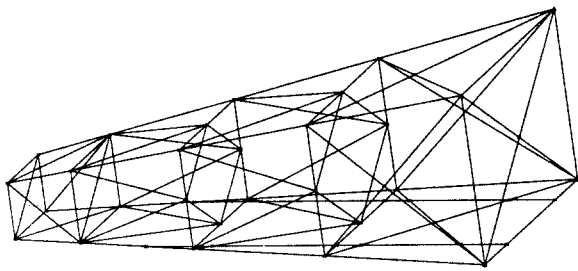


Fig. 5 자켓 case 1-2 모델링

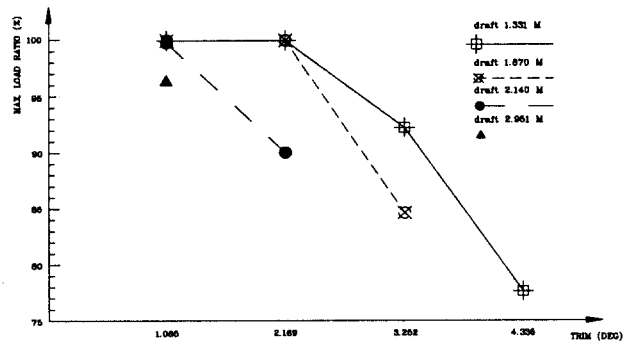


Fig. 7 CASE 1-2
최대 constraint force와 자중 비(%)

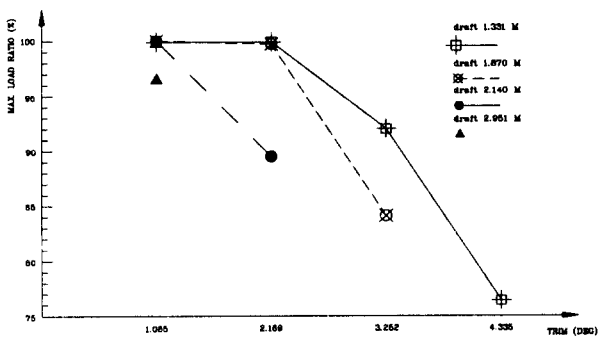


Fig. 6 CASE 1-1
최대 constraint force와 자중비(%)

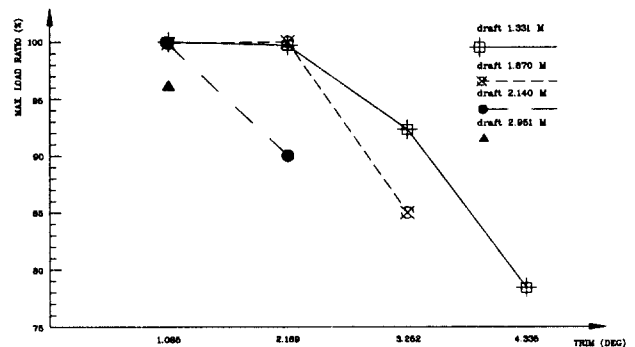


Fig. 8 CASE 1-3
최대 constraint force와 자중 비(%)

5.3 관성력과 유체력

자켓에 작용하는 관성력과 유체력 역시 톨딩 범의 회전이 시작되는 순간에 최대가 된다. 각 case에 대한 홀수와 trim 변화에 따른 관성력과 유체력의 변화는 Fig. 9와 같다.

Fig. 9에 나타난 하중들은 자켓의 자중과 부력, 톨딩 범의 마찰에 의한 접선방향 하중, 자켓의 운동에 의한 하중 작용 등에 의해 작용하게 된다. 마찰계수는 자켓이 이동하면서 감소하며 자켓이 최대 속도를 가지면 하중은 감소하게 된다. 자켓이 최대 병진가속도와 각가속도를 가지는 순간은 바지와 자켓이 분리되는 순간으로 바지로부터 분리되는 자켓의 무게에 의해 자켓에 충격하중을 작용시키게 된다.

관성력은 트림이 증가할수록 감소하는 경향을 보이고 톨딩 범에 작용하는 constraint force를 감소시키는 효과보다는 자켓

끝단의 충격력 감소 효과를 가져온다. 트림이 증가함에 따라 무게 중심의 위치는 점점 낮아지고 있으며, 동일한 트림에 대해서는 홀수가 증가할수록 무게 중심이 증가하는 경향을 보인다.

5.4 진수 시 최대 침수 거리

각 구조물의 진수 궤적 결과를 분석해 본 결과 예비 부력에 따른 해저면의 최대 침수 깊이는 큰 영향을 미치지 않는다는 것을 알 수 있다. 또한 해저면과 자켓 사이의 최소 거리를 나타내는 경우는 가장 작은 홀수와 트림을 가지는 경우에 최소치를 가진다. 이 때가 최소치를 가지는 것은 자켓이 바지로부터 분리되는 순간에 있어서 최소의 부력만이 작용하므로 다른 조건의 진수 조건보다 큰 관성력이 작용하기 때문이다.

5.5 트림과 홀수

구조물에 작용하는 구조물에 최소 반력을 작용시키기 위해서는 다음 순서에 따른 트림과 홀수를 결정을 한다.

- ① 자중에 의한 자켓의 미끄러짐이 발생되기 직전의 바지 트림 선정
- ② 주어진 트림에 대해 선미부의 침수가 발생되지 않는 홀수 선정
- ③ 위 조건에 대해 스톨링 발생 여부 확인
- ④ 주어진 조건에서 홀수와 트림에서의 안정성 검증
- ⑤ 안정성을 만족하는 경우 진수 수행

Table 6 CASE1 - 홀수 1.331m

하중작용 상태	1.085°		2.169°		3.252°		4.335°	
	시간 [sec]	비율 [%]	시간 [sec]	비율 [%]	시간 [sec]	비율 [%]	시간 [sec]	비율 [%]
회전 시작	43.4	100	42.9	99.9	48.8	92.0	45.1	76.4
최대 병진속도	52.0	43.6	53.4	39.4	59.8	36.1	53.0	32.0
최대 가속도	54.4	22.1	56.0	20.8	62.4	19.8	55.3	18.2

Table 7 CASE 2 - 홀수 1.997m

하중작용 상태	1.085°		2.169°		3.252°		4.335°	
	시간 [sec]	비율 [%]	시간 [sec]	비율 [%]	시간 [sec]	비율 [%]	시간 [sec]	비율 [%]
회전 시작	63.8	100.0	63.2	99.9	67.6	95.7	82.7	78.5
최대 병진속도	74.7	48.7	76.4	43.2	86.3	42.8	94.7	40.7
최대 가속도	79.4	21.9	81.0	20.9	91.7	19.4	100.4	18.1

5.6 진수 궤적

진수 시 영향 인자에 따른 CASE 1-1 모델에 대한 한 가지 경우의 진수 궤적을 Fig. 10에 나타내었다. 각 진수 궤적은 트림과 홀수에 대해 큰 차이를 나타내지는 않지만, 앞에서 살펴본 바와 같이 구조물에 작용하는 하중에는 트림과 홀수에 따른 차이가 크다는 것을 알 수 있다.

6. 결 론

본 연구를 통해 진수에 영향을 주는 인자와 그 영향을 고찰

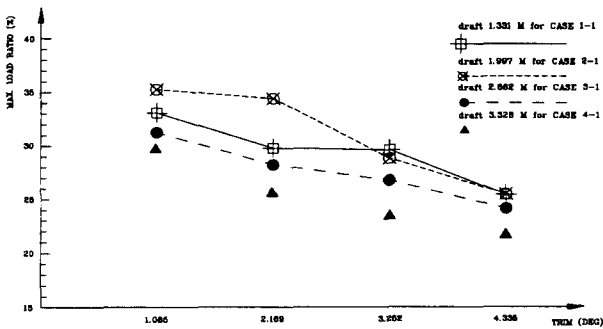


Fig. 9 홀수와 trim 변화에 따른 관성력과 유체력의 변화

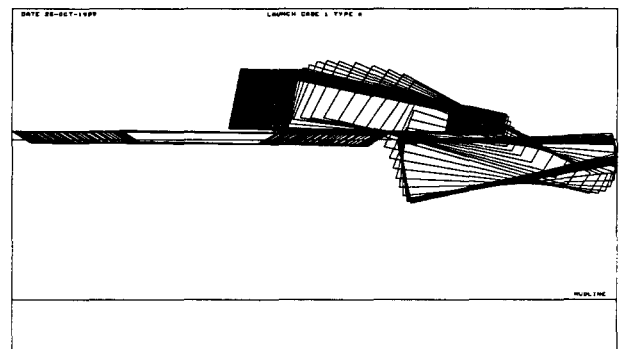


Fig. 10 CASE 1-1 : draft 1.331m , 트림 1.085도

하였다. 바지의 홀수와 트림의 증가는 자켓에 작용하는 하중을 감소시킨다는 것이 검증되었다. 홀수의 영향보다는 트림의 영향에 의한 하중 감소 영향이 크다는 것이 입증되었고 홀수가 작으면 트림을 증가시킬 수 있으나, 진수 시 안정성은 감소하고 홀수가 큰 상태에서의 트림 증가는 선미부의 침수와 진수 중 스톨링을 발생시켰다. 바지와 자켓이 분리되는 순간에는 자켓의 끝단에 관성력에 의한 충격 하중이 발생하는데 이 하중은 홀수와 트림이 증가할수록 감소한다. 이 결과를 고려하여 자켓 등의 해양 구조물 진수 시, 구조물의 안정성과 진수 바지의 안정성을 확보해야 한다.

참고문헌

- Ben C. Gerwick(1986). "Construction of Offshore Structures", John Wiley & Sons, Inc.
- S. Sircar, T. Chandra, S. Manguno(1990). "Transportation, Launch, and Self-Upend Analysis of the Kilauea Jacket Using Proven Analytical Techniques", Offshore Tech. Conf.

2000년 11월 13일 원고 접수

2001년 2월 27일 수정본 채택