

안티롤링 추를 이용한 부유체의 롤링 저감

박석주* · † 박경일 · 이금주**

*한국해양대학교, † (주)칸, **한국해양대학교 대학원

Rolling Reduction of Floating body by Anti-Rolling Pendulum

Sok-Chu Park* · † Kyung-Il Park, Geum-Joo Yi**

* Division of Naval Architecture and Ocean Engineering System, National Korea Maritime University, Busan 49112, Korea

† Khan co., ltd., Geo-Je city, Gyeong-Nam, 53301, Korea

** Graduate School, National Korea Maritime University, Busan 49112, Korea

요 약 : 부유체의 롤링은 심지어 구조물 전체를 전복시키고, 또 승조원의 피로를 누적시키고, 선체에 반복적인 외력을 가하는 등 부유체의 안정과 구조물의 안전에 심대한 영향을 끼친다. 그래서 거의 모든 선박의 경우에는 빌지킬을 설치하여 롤링을 감소시키고 있고, 특수한 경우에는 안티롤링 탱크나 핀 스테빌라이저나 자이로 스코프 등을 설치하여 롤링을 줄이고 있다. 본 연구에서는 안티롤링 추를 이용하여 부유체의 롤링을 줄이고자 한다. 보통 단진자라고 하면 질량체를 끈으로 어디엔가 고정시켜 놓고 자유롭게 흔들리는 구조를 말한다. 여기에서는 통상의 진자 대신에 추를 원궤도에 올려놓아서 단진동 운동을 하도록 하는 원리를 이용한다. 안티롤링 탱크의 물 대신 추를 이용하는 방식으로 약 1/6의 용적으로 안티롤링 탱크보다 더 좋은 효과를 낼 수 있음을 확인하였다.

핵심용어 : 안티롤링, 안티롤링 탱크, 안티롤링 추, 단진자

Abstract : Rolling motion of floating body might upset the body, make crews and passengers exhausted and/or apply forces to the structure to cause damage. Therefore for almost ships bilge keels are equipped, in special case fin stabilizer or gyroscope may be installed. This paper suggests the Anti-rolling pendulum to reduce roll motion to act the similar role with anti-rolling tank. The device suggested has more effective than the anti-rolling tank with 1/6 volume of the tank.

Key words : Anti-Rolling, Anti-Rolling tank, Anti-Rolling Pendulum, Simple Pendulum

1. 서 론

선박이나 해양구조물은 물위에 떠있기 때문에 끊임없이 크고 작은 파도에 노출될 수밖에 없고, 따라서 구조물이 계속해서 동요를 한다. 그래서 선박에는 이 동요를 줄이기 위하여 예로부터 빌지 킬(bilge keel), 안티 롤링 탱크(anti-rolling tank), 핀 스테빌라이저, 자이로스코프 등 다양한 방법으로 이를 줄이려는 노력을 해왔다. 모든 배에 설치되어 있는 빌지 킬은 비교적 값싸게 설치하여 롤링을 줄이는 역할을 한다. 안티 롤링 탱크의 경우는 선체의 좌우에 설치하고 파이프 탱크를 서로 연결하여 선체의 운동과 물의 이동 사이에 위상차가 생기는 것을 이용하여 배의 롤링을 줄이는 장치로 효과는 상당히 좋으나 큰 공간을 차지하는 단점이 있다. 핀 스테빌라이저의 경우는 구조가 복잡하여 설치비도 많이 들고 유지 보수비도 많이 드는 단점이 있다. 자이로 스코프의 경우에는 질량이 크면 클수록, 회전수가 빠르면 빠를수록 효과가 좋지만

그에 따른 큰 동력을 소모하게 된다.

제안하는 장치는 롤링 추를 구조물의 본체에 부가하여 이 추의 운동이 구조물의 회전 운동과 반대 방향으로 일어나거나 위상차를 가지도록 하여 본체의 회전운동을 줄이는 장치이다. 질량이동식 안티롤링 장치가 시도되었지만 동력을 사용하여 질량체를 이동시키기 때문에 아주 큰 동력이 필요하게 되고 질량이 키기 때문에 제어도 쉽지 않아서 실제로 선박에 장착하기에는 무리가 따른다. 그러나 제안하는 장치는 단진동 운동을 자유롭게 하도록 하면서 선체의 운동과 위상차를 가지도록 하면 되기 때문에 추를 움직이는데 별도의 동력 장치가 필요하지 않는다.

2. 이론

선박의 안티롤링에 대한 연구와 장치는 아주 오래 전부터 연구되어 왔고, 설치되고 있다. 빌지 킬은 선체에 고정된 장치가

* 중신회원, poseidon@kmou.ac.kr

† 교신저자 : oonchai@naver.com

* pjik0903@hanmail.net

므로 선박의 운동을 줄이는 감쇠 장치로 고려하면 되고, 자이로 스코프는 외력으로 고려하면 되고, 안티롤링 탱크는 자유도를 증가시켜서 해석하여야 한다. 제안하는 안티롤링 추의 경우도 개념은 안티롤링 탱크와 완벽하게 같다. 안티롤링 탱크의 질량체인 물은 물 자체로의 감쇠 성질을 가지고 있고, 더하여 물이 흐르는 통로의 크기에 따라서 감쇠의 정도가 달라지기 때문에 감쇠를 반드시 고려하여야 한다. 그러나 안티롤링 추의 경우는 단순한 궤도 위를 움직이도록 하면 거의 감쇠가 없다. 감쇠를 추가하려면 궤도에 액체를 채워서 추의 운동을 방해하거나 액체의 통로를 반대 쪽 궤도까지 폐회로를 만들어 흐름을 제어하여 감쇠의 정도를 조절할 수 있다.

롤링만을 고려하여 선체 운동의 운동방정식을 만들면 1자유도 모델이 되고, 부가하여 안티롤링 추를 얹으면 자유도가 추가되어 2자유도 운동방정식이 된다. 이것은 기계장치에서 사용하는 동흡진기의 원리와 같다. 이론적으로는 동흡진기의 고유진동수를 기계장치의 운동 진동수와 일치시키면 기계장치의 운동이 완전히 0이 된다. 그러나 이 경우에는 부가된 동흡진기의 진동이 거의 무한대로 커지기 때문에 감쇠 장치를 부가하거나 진동수를 완전히 일치시키지 않고 동흡진기의 고유진동수를 기계장치의 진동수보다 약간 낮추어 기계장치의 운동과 동흡진기의 운동에 90°~180°의 위상차를 주어서 기계장치의 운동을 방해하도록 설계한다.

2.1 지배방정식

안티롤링 추를 장치한 선박은 Fig. 1과 같이 나타낼 수 있다. 유도 과정을 생략하고 비감쇠 지배방정식을 표시하면 식 (1)과 같다.

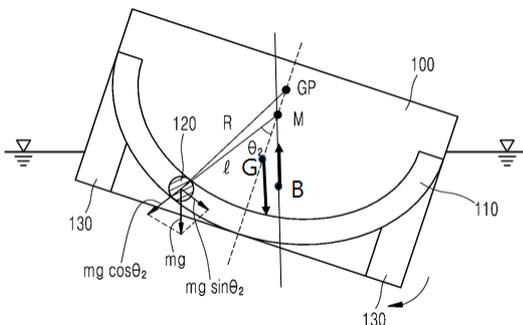


Fig. 1 The ship with anti-rolling pendulum

$$\begin{bmatrix} \Delta k^2 + ml^2 & mlR \\ mlR & ml^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ddot{\theta}_1 \\ \ddot{\theta}_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} (\Delta + m)g \overline{GM} & 0 \\ 0 & mgR \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \theta_1 \\ \theta_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (1)$$

여기에서 Δ 는 선박의 질량, m 은 롤링추의 질량, k 는 선박의 회전 반경, l 은 메타센터와 추의 거리, R 은 추의 회전반경, g 는 중력가속도, θ_1 은 선박의 롤링각, θ_2 는 롤링추의 회전각을 나타낸다.

이 식은 선형화한 비감쇠 운동방정식이다.

3. 실험 결과

연구에 사용된 모형선의 제원을 Table 1에 보인다.

Table 1 Specification of the model ship

Item	Model	Unit
Length	0.8	m
Breadth	0.25	m
Draft	0.09	m
Displacement	12.8	kg

Picture 1(a)는 안티롤링 탱크를 장착한 모델의 사진이고, Picture 1(b)는 안티롤링 추를 장착한 모델의 사진이고 Fig. 2는 실험 결과를 보인다.



Picture 1 The model ship with anti-rolling tank and anti-rolling pendulum

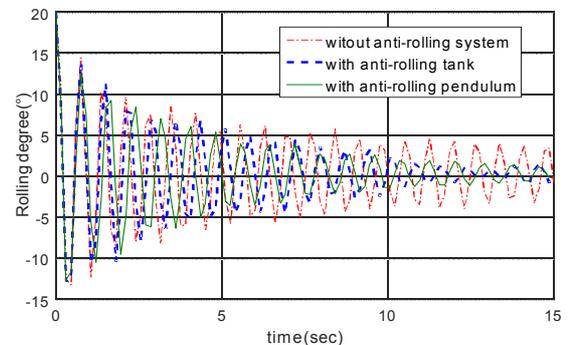


Fig. 2 The ship motion with anti-rolling pendulum

5. 결 론

본 연구에서는 안티롤링 추를 이용하여 선박의 롤링을 저감시키는 방법을 제안하여서 다음의 결론을 얻었다.

1. 안티롤링 추를 이용하여 안티롤링 탱크 이상의 성능을 낼 수 있음을 확인하였다.
2. 안티롤링 추를 이용하여 안티롤링 탱크를 이용할 때보다 부피를 약 1/6.4로 줄일 수 있었다.