

선박용 감요장치에 대한 고찰

권 순 영 · 홍 봉 기*

(주문진수산공업고등학교 · *부경대학교)

제 1장 서 론

선박에 횡파가 작용하면 부력의 중심이 이동하게 되고 이에 따라 횡동요 모우먼트가 발생한다. 선박에서 동요가 일어나면 선체구조에 응력을 발생시키고, 승객과 선원에게 불편감을 주며, 화물이 이동할 위험을 초래하고, 운항비를 증가시킨다. 로울링이 속도 감소의 직접적인 원인이 될 수도 있으나 대개는 그것을 피하기 위하여 침로를 바꾸어야 하기 때문에 속도가 떨어지는 경우가 많다. 그러나 로울링에 관련되는 힘과 모우먼트가 비교적 작기 때문에, 로울링을 조정하는 일이 피칭이나 히이빙의 경우보다 용이하다는 것은 다행한 일이다. 이에 따라 로울링 안정장치가 해군함정이나 상선에 흔히 채용되고 있다. 이것은 로울링을 감소시키고 침로 변경에 필요성을 줄일 수 있다는 직접적인 효과를 나타낸다. 그와 같은 안정장치를 사용하면 심한 로울링의 가능성을 최소로 줄일 수 있으므로 피칭의 허용 한계내에서 배의 속도와 침로를 자유로이 택할 수 있고, 따라서 최소의 지연으로 예정된 항해를 계속할 수 있게 된다.

선박의 동요를 억제하는 목적은, 선박의 안정성과 쾌적성을 조성함으로써 승무원의 사기와 작업성을 향상시킬 수 있다는 것이며, 적재된 화물을 보호하고 전자 정밀 기기의 성능과 기능을 보장할 수 있으며, 정시성을 유지하고 배의 경제성을 도모할 수 있다는데 있다. 이러한 배의 로울링을 감소시키기 위해서 사용되고 있거나 사용되어 온 것들 중에는 빌지 키일, 편 안정기, 감요수조, 타 감요장치, 가동질량형 감요장치, 전륜 안정기, AHS(Auto-heeling System) 등이 있다. 이들 중에서 빌지 키일(배가 움직일 때 에너지를 흡수한다.)과 몇 가지 형식의 엔티로울링 탱크를 제외한 장치들은 모두 상당한 동력을 소모하게 된다. 또한, 이들은 모두 배의 중량을 증가시킬 뿐만 아니라, 영리 또는 군사적 목적으로 사용할 수 있는 공간을 차지한다. 반드시 그러한 것은 아니지만, 일반적으로 로울링 감쇠 장치의 작동 주기는 배의 로울링 주기와 같아야 하며, 그들 사이에는 항상 일정한 위상관계가 있어야 한다. 이와 같은 배의 로울링 위상과 감쇠 장치의 작동 위상 사이의 관계를 일률적으로 규정할 수는 없으나, 대개는 감쇠 장치의 위상이 배의 위상보다 90° 만큼 처지게 조정하는 것이 보통이다. 본 연구에서는 배의 로울링을 안정시키기 위하여 고안되었고 발전되어 온 여러 가지 형식의 선박용 감요 장치에 대하여 그 원리의 수학적 설계 배경 및 평가 등을 상세히 고찰하고 개선 및 발전 방향을 제시한다. 또한 앞으로 선박을 건조하고 계획할 때 선박에 대한 감요지침을 제공코려한다.

제 2장 감요장치의 원리와 종류

선체운동은 수중에서 전후동요, 상하동요, 종동요, 좌우동요, 횡동요, 선수동요로 대별된다. 이들 중 횡동요에 대해서는 다수의 감요장치가 개발되어 실용화가 되고 있으나, 이외의 동요에 대해서는 그렇지 못한 실정이다. 일반적으로 선체에 횡파가 작용하면 Fig.1에 표시한 것과 같이 부력의 중심은 이동하지만, 중심의 위치는 이동하지 않기 때문에 부력과 중심에 작용하는 선체중량(중력) 사이에 횡동요모우멘트가 발생한다. 이러한 횡동요모우멘트와 크기가 같고 방향이 반대인 대항모우멘트를 어떤 외부적 수단을 강구하여 선체에 작용시키면 배의 횡동요를 방지시킬 수 있다. 이러한 외부적 수단을 횡동요 감요 장치라 한다.

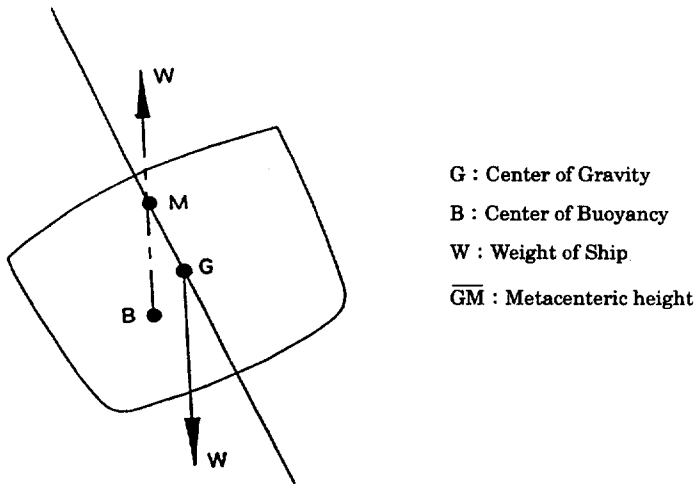


Fig.1. Righting moment of ship

실용화된 횡동요 감요장치에는 핀안정기(fin stabilizer), 감요수조(anti-rolling tank), 타 감요장치, 가동질량형 감요장치, 전륜안정기(gyrostabilizer), Auto-heeling system(AHS), bilge keel 등이 있다. 일반적으로 횡동요 감요장치는 배의 운용 면에서 볼 때 항해중이나 고속항해시 기대되는 감요와 정선시 또는 저속항해시 요구되는 감요로 분류될 수 있다. 항해중의 감요가 기대되는 선박으로는 순시선, 어업 채취선, 객선, 페리, 화물선 등이고 핀 안정기를 장착하는 것이 보통이고, 정선시나 저속시에 요구되는 선박으로서는 어업조사선 등과 같이 저속이나 바다에서 정선하여 작업이나 조사하는 선박에 많이 채용되며 대표적인 것으로는 감요수조 형식이 많이 채용되고 있다. 타 감요장치는 조타 직후의 횡동요 moment를 이용한 것으로 배의 침로에 영향을 주지 않는 범위에서 제어조타로서 선체의 횡동요를 억제하는 장치이다. 유럽에서는 옛부터 군사용으로 연구 개발되어, 실용화가 되고 있다. 특히 타 감요장치는 핀 안정기, 감요수조장치를 할 수 없는 중소형 선박에 채용되고 있다. 가동 질량형 감요장치는 증량물을 이동함으로써 발생하는 관성력을 이용한 것이 있고, 고층빌딩, 교량의 주탑에 대한 바람, 지진, 다른 흔들림을 저감하는 제진장치의 작동원리를 선박에 응용한 것이다.

제 3장 감요장치의 방법 및 평가

3-1. 핀 안정기(fin stabilizer)

핀 안정기는 선체의 중앙부근의 만곡부에 1대 - 2개의 핀을 현측에 돌출시키고, 횡동요 센서로부터 감지된 제어신호에 따라 핀의 각도를 좌우현 반대방향으로 제어함에 따라 핀에 선속에 따른 반대 방향의 양력을 발생시켜, 횡동요에 저항하는 모우멘트를 발생시킴으로서 감요 효과를 내게 한 것이다. Fig.2 에 핀의 위치를 표시하였고, Fig.3에는 감요원리를 표시하였다.

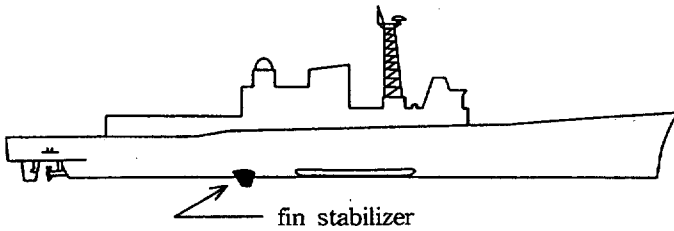
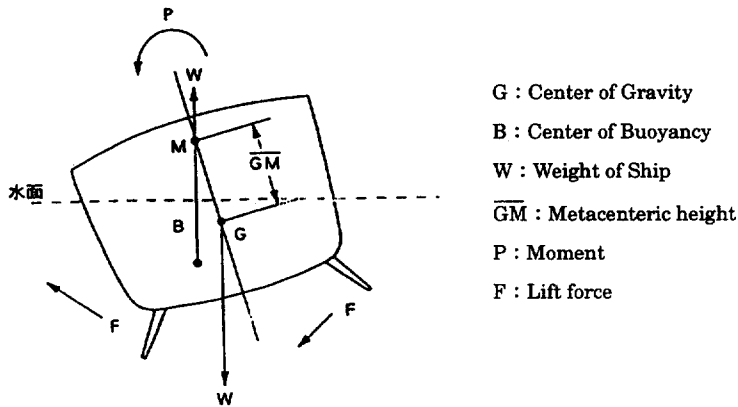


Fig.2. Fin stabilizer



- G : Center of Gravity
- B : Center of Buoyancy
- W : Weight of Ship
- \overline{GM} : Metacentric height
- P : Moment
- F : Lift force

Fig.3. Stability of fin stabilizer

핀안정기에는 격납식과 고정식의 두 종류가 있다. 격납식 핀 안정기는 선체에 붙이는 방법에 따라 격납식과 고정식으로 분류된다. 격납식은 일반적으로 핀을 선체내에 격납하고, 필요에 따라 인출하는 구조이다. 격납방식에는 인입식과 접어 넣는 방식이 있다. 현재로서 주로 사용하는 식은 접어 넣는 방식이 많다. 접어 넣는 방식은 핀의 취부지점을 기준으로 하여 선수방향으로 회전시켜 격납하는 구조이다. 고정식은 핀이 바깥쪽으로 돌출된 상태에서 고정된 구조이다. 선저, 선측으로부터 핀이 나오지 않도록 해야 하며, 선체동요에 대한 효과적인 핀의 작용을 기하기 위하여 중앙부에서 후부 측 기관실쪽으로 배치

하는 경우가 많다. 구조적으로 간단하고, 선내에서의 소요 면적이 격납식에 비하여 적다. 고정식은 핀의 구동 양식에 따라 피스톤 실린더 방식과 회전팬방식이 있다. 기능적으로 볼때는 두 방식 모두 큰 차이는 없다. 특히 회전팬방식은 압력유가 직접 회전력을 발생시키기 때문에 소음이 없이 원활히 작동되며, 회전력을 발생하는 부분이 구동축과 같은 축으로 되고, 구조가 간단하여 취부면적을 최소화 할 수 있는 장점이 있다. 작동구조를 보면 제어시스템, 유압시스템, 핀구동시스템으로 구성된다. 제어 시스템에서는 여러 가지의 센서에서 얻어진 신호를 처리하여, 횡동요를 억제하기 위한 핀의 각도 지령신호를 연산하여, 유압시스템에 전송하는 역할을 담당하고, 유압시스템은 핀 각도 지령신호를 받아 핀 구동에 필요한 유압을 구동부에 공급하는 외에 구동부의 고정, 해제용 전자 밸브의 조작을 담당한다. 핀 구동시스템은 유압의 공급을 받아 핀을 구동한다. Fig.4는 Motora식 장치의 작동 원리를 설명하는 개략도이다. 이 장치에서는 타와 비슷한 모양을 가진 지느러미가 배의 양쪽 발지 근처에서 선체를 뚫고 아래쪽을 향해 바깥으로 나와 있다. 이들 지느러미는 각각 그 축에 키어로 고정되어 있고, 선체 안에 있는 두 축의 끝은 기어를 통하여 서로 연결되어 있어서 반대 방향으로 같은 양만큼 회전하도록 되어 있다. 또한, 이 장치에서는 Sperry식 안정 장치에 사용된 것과 같은 길잡이 자이로스코프에 의해 제어되는 전동기가 지느러미 축을 돌리게 되어 있으며, 한쪽 지느러미의 앞날이 아래에 내려가면 반대쪽 지느러미의 앞날은 위로 올라가게 된다. 배가 전진하는 경우에는 이와 같은 동작에 따라 양쪽 지느러미에 서로 반대 방향의 양력(lift)이 걸리게 되고, 그 두 힘은 배의 로울링에 저항하는 우력을 형성하게 된다.

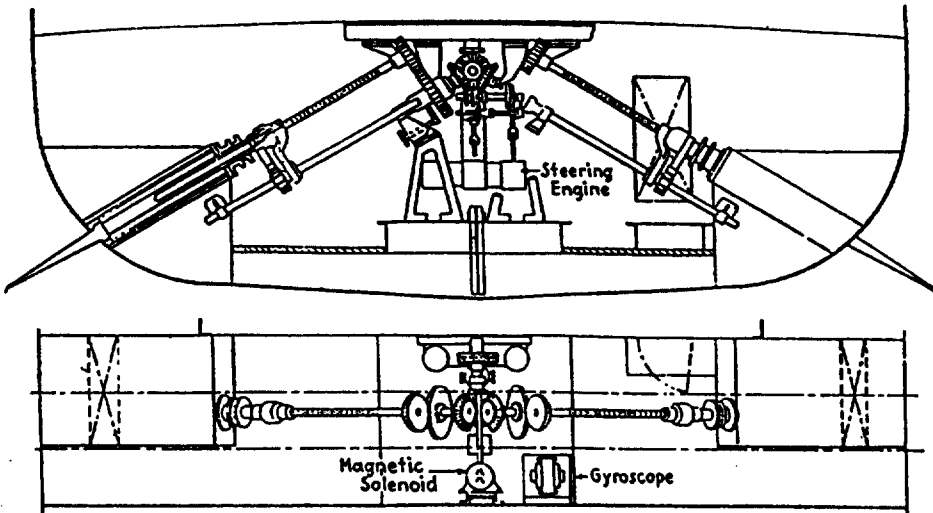


Fig.4. Fin stabilizer of Motora

핀 안정기는 가장 감요효과가 좋은 장치로 알려지고 있는 반면 고가이므로 대상선종이 한정되어 있다. 감요수조와 비교하면 그 장점으로서서는 첫째, 실용화되고 있는 감요장치 중에 가장 감요효과가 크다. 둘째, 횡동요 주기의 변동에 대하여 최적제어를 할 수 있다. 단점으로서서는 첫째, 저속에서는 감요효과가 저감한다. 둘째, 가격이 비싸다. 셋째, 선속을 저하시킬 수 있는 원인이 될 수 있다.

3-2. 감요수조(Anti-rolling tank)

감요수조는 선내에 수조를 설치하고 수조속의 액체를 횡동요를 방지하기 위하여 좌우 이동케 한 것이다. 배의 횡요주기와 수조 액체의 이동 주기를 거의 일치하게 설계한 것이다. 수조액체의 이동주기와 감쇠가 적당히 조절되면 90° 부근의 위상지연을 얻을 수 있어 높은 감쇠효과를 발생시킬 수 있다. 수조액체의 이동주기제어 방법에 따라 수동형(passive type), 수동제어형(Semi-active type), 능동형(Active type)으로 분류할 수 있다.

3-2-1. 수동형(passive type)

수동형은 수조액의 이동 주기를 제어하는 방식이 아니고 액체의 수위를 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 흐르게 하는 자연의 법칙을 이용하고, 수조내의 액체이동으로 발생되는 감요 모멘트를 발생시켜 횡동요를 감소시킬 목적으로 한 장치이다. 감요모멘트를 발생시킬 액체의 이동은 자연법칙을 이용한 것으로서 펌프등의 동력은 필요없는 장치이다. Frahm식은 Fig5에 표시한 것과 같이 U자 관형으로서 좌우측에 wing tank와 액체가 통과하는 하부 tank 및 상부의 공기 tank로 구성된다. wing tank의 형상과 액체통로의 형상에 따라 수조액체의 이동주기가 결정된다.

Flume식은 Fig.6에 표시한 것과 같이 wing tank와 액체 통로의 높이가 같고, 공기 duct가 필요 없는 open channel인 개방형이다. 수조내의 액체량과 즉 수위를 증감함으로써, 수조액의 이동을 가변화 할 수 있으나, 수조내의 물의 조정 즉 완전배수 또는 완전충수에서 만이 작동으로 정지시킬 수 있기 때문에 그 조작에는 시간이 소요되는 결점이 있다.

3-2-2. 수동제어형(Semi-active 방식)

수동형은 계획된 수조 액체의 이동주기를 1초 정도 짧은 범위에서는 충분한 감요 효과를 발휘할 수 없고 또 적하등으로 인한 위상차이가 생기면 역으로 복원력과 동조되어 동요가 크게되는 경우가 발생하게 된다. 그러므로 수조액의 이동주기를 배의 동요주기에 따라 조정하는 수동제어형 방식이 개발되었다. 즉 수조중앙의 공기밸브나 하부의 탬퍼의 개폐를 횡동요에 따라 작동케 하는 즉 수조액체의 이동을 제어하는 방식이다.

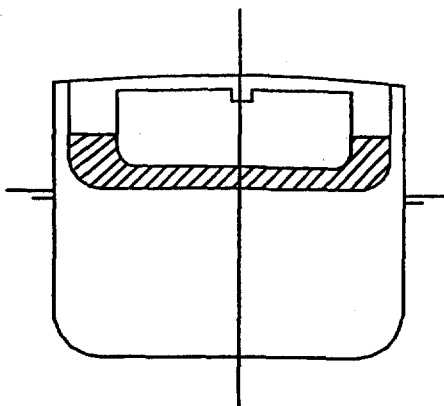


Fig.5. Frahm type Anti-rolling tank

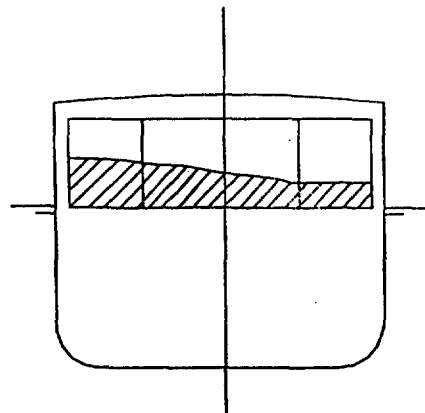


Fig.6. Flume type Anti-rolling tank

3-2-3. 능동형(Active 방식)

수동제어형과 같이 수조 중앙의 공기나 하부 탬퍼의 개폐를 제어하는 것만이 아니고 보다 적극적인 방법으로 수조액체의 이동을 제어하는 방식이다. 그러나 이 방식은 황요의 3-6초 마다 액체를 반전시켜야 하기 때문에 그 기구나 구동장치에 기술적인 문제가 있는 방식이다.

이와 같은 동력화된 엔티로올링 탱크나 그 밖의 안전 장치들이 성공을 거둘 수 있는 공통적인 요건은 배의 안정 장치와 기진력 사이에 적절한 위상차를 지체 없이 계속 유지할 수 있는 효율적인 제어장치를 개발하는 데 있다. Minorsky는 이와 관련되는 배의 안정 문제를 다루고 있다. 그에 의하면, 안정 모우멘트 S는 다음 식으로 주어진다.

$$S = -K_s \left(\frac{d\phi}{dt} \right) \quad (1)$$

이 식 속의 K_s 는 안정 장치의 특성을 나타내는 계수이다. 한편, 엔티로올링 탱크에 의한 안정 모우멘트는 변동하는 물의 중량 w 에 일정한 팔 d , 즉 U형 탱크의 양쪽 연직관의 중심 사이의 수평거리를 곱한 값이 될 것이다. 그러므로, 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$S = wd = -K_s \left(\frac{d\phi}{dt} \right) \quad (2)$$

여기에서,

$$K_r = \frac{K_s}{d}$$

로 놓으면, 위의 식으로부터 w 가 다음과 같이 구해진다.

$$w = K_r \left(\frac{d\phi}{dt} \right) \quad (3)$$

식 (3)을 시간에 관하여 두 번 미분하면, 다음 식들을 얻게 된다.

$$\frac{dw}{dt} = K_r \left(\frac{d^2\phi}{dt^2} \right) \quad (4)$$

$$\frac{d^2w}{dt^2} = K_r \left(\frac{d^3\phi}{dt^3} \right) \quad (5)$$

식 (3)을 보면, 첫 번째 제어 동작(안정장치를 가동시키는 것.)이 배의 로올링 각속도에 따라 일어나는 경우에는, 두 번째 제어동작(안정장치를 정지시키는 것.)은 물의 양에 따라 일어나야 한다는 것을 알 수 있다. 이를테면, 자이로스코우프가 제어 장치를 가동시켰다면, 그 뒤에 탱크의 수면 차이를 지시하는 플로트(float)가 그 장치를 멈추게 되어야 한다는 것이다. 마찬가지로, 식 (4)를 보면 가속도계가 첫 번째 제어 동작을 취했을 경우에는 유량 측정 장치가 두 번째 제어 동작을 취해야 함을 알 수 있다.

안정 장치에는 시간 지연을 완전히 없앤다는 것은 불가능한 일이다. 배가 불규칙한 파도 위를 달릴 경우에는 제어 장치의 시간 지연 때문에 배와 안전 장치 사이의 적절한 위상 관계가 파괴될 수도 있을 것이다. 제어 장치에 전기 회로를 사용하면, 시간 지연을 최소로 줄일 수가 있다.

Frahm식 탱크의 한 개량형으로서, 양쪽 현측 탱크를 '흠통'(flume)으로 연결한 형식이 고안되었고, 그 우수성이 입증된 바 있다. 이 장치의 주요 특징은 파이프나 관 대신에 뚜껑이 없는 흠통을 통하여 물을 한쪽 탱크로부터 다른 쪽 탱크로 이동시킨다는 것이다. 여기에서는 탱크 속의 물의 운동 주기를 배의 고유 로울링 주기 근처에 가져오기 위하여 적절한 기하학적 모양의 탱크를 사용하고 물의 깊이를 조절하게 되어 있다. 이 때, 배의 로울링과 탱크 속의 물의 운동 사이에는 대략 90°의 위상차가 유지된다. 이 장치에서는 흐름에 대하여 노즐이나 그 밖의 장애물을 설치함으로써 물의 운동주기를 조절할 수 있게 되어 있다. 그러한 방식을 적절히 사용하면, 탱크 속의 물의 운동 주기를 배의 광범위한 로울링 주기에 맞출 수 있을 것이므로, 모든 진동수에서 배의 로울링 진폭을 감소시킬 수 있을 것이다. 그러므로, 이와 같은 형식의 탱크는 Frahm의 U형 탱크보다 훨씬 넓은 범위에 걸쳐 사용될 수 있을 것이다.

이러한 탱크에 넣어야 할 액체의 중량은 설계에 따라 다르지만, 대개 배수량의 1/2~2% 정도이다. 그 중량을 최소로 줄이려면, 탱크를 배의 폭이 가장 넓은 곳에 두고 가장 높게 설치하여야 한다.

Fig.7.은 어떤 화물선에서 흠통 안정 장치를 사용한 경우와 사용하지 않은 경우의 로울링 곡선을 보여 주고 있다. 이 그림을 보면, 그 안정장치는 절실히 요구되는 진동수에서 가장 큰 효과를 발휘할 뿐만 아니라, 어떤 진동수에서도 로울링을 증가시키지 않는다는 것을 알 수 있다. 그러한 탱크를 장비한 배의 규칙파 위에서의 거동을 보여 주는 Fig.7과 같은 곡선들을 중첩하여, 그 배의 불규칙한 옆파도 위에서의

로울링을 추정할 수 있는 운동 스펙트럼을 작성한다면, 그것은 매우 낮은 평균 진폭을 나타낼 것이 분명하다.

유효한 엔티로울링 탱크를 장비한 배에서는 빌지 키일을 달 필요가 없을 것이며, 빌지 키일이 제거되고 로울링 운동이 감소하면 항해 속도가 증가할 것이다.

3-3. 타(Rudder) 감요장치

타 감요 장치는 항해 중에 조타에 의하여 타면에 발생하는 양력과 선체 중심사이의 거리에 의한 모멘트로서 선체 횡동요를 제어하는 장치이다. Fig.8에 장치의 원리를 표시하였다. 장치는 방위각, 횡요각, 속도, 타각응답, 타각지령 등으로 이루어지는 다변수 제어계에 다차원자기회귀모델에 의한 예측 제어를 채택한 현대제어이론을 사용한 것으로 방위 및 횡요를 보다 효율적으로 제어할 수 있게 한 것이다.

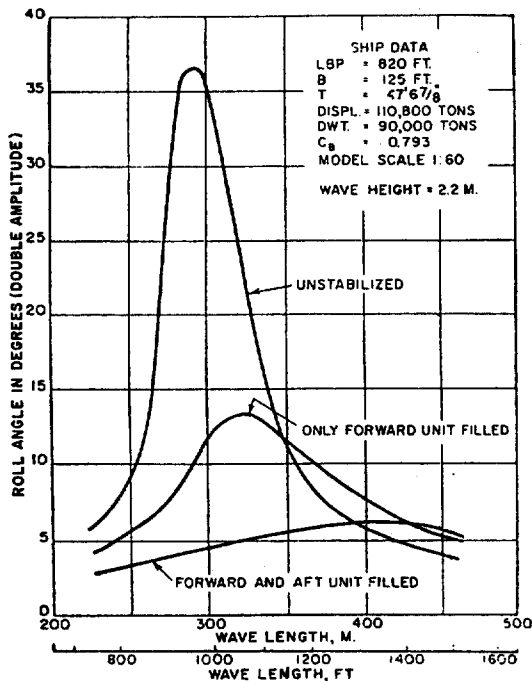


Fig.7. Comparison of roll response of a typical ship with and without a good passive roll tank

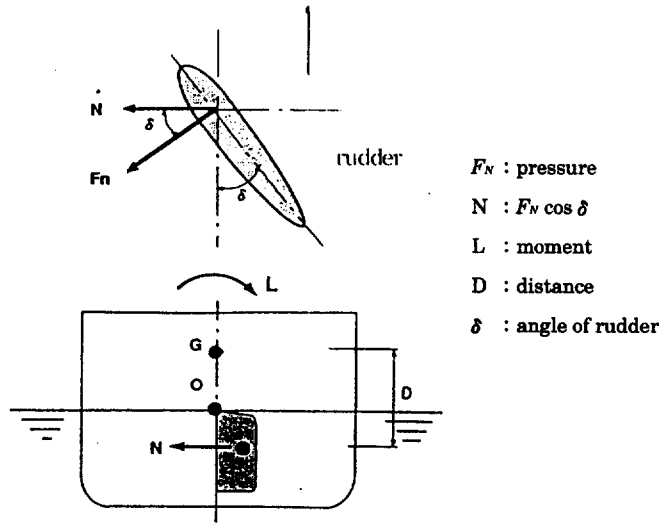


Fig. 8. Rudder anti - rolling system

장치를 사용하여 감요 효과를 발생시키에는 선체, 조타기 및 타가 증추적 역할을 담당하게 된다. 선체에 대해서는 중심 - 부심간거리의 대소에 따른 복원성, 타력 중심 - 중심간 거리 즉 감요 모멘트의 대소에 크게 좌우된다. 그러나, 이들의 여러 가지 특성은 설계단계 또는 운항상황에 따라 결정되기 때문에 의도적으로 조작하는 것은 어렵다. 조타기에 대해서는 거의 선체의 고유주기에서 조타를 실행하기 때문에 타각응답은 지령타각을 추종할 수 있게 하여야 한다. 이러한 이유로 조타기의 전타속도를 향상시킴으로써 보다 좋은 효과를 발생시킬 수 있다. 타에 대해서는 동일타각에서 보다 큰 타력을 발생시키는 것이 가장 효과적이고, 타 및 타나 타에 의한 타 등의 특수타의 이용이 좋다. 이 장치는 핀 안정기에서와 같이 핀에 해당되는 타에 작용하는 양력을 이용하고 있기 때문에 선속이 빠를수록 감요효과는 좋게 된다. 이상과 같이 신조선의 경우는 설계단계에서 선체, 조타기, 타에 대하여 최적화를 고려하는 것이 좋고, 이에 따라 높은 감요효과를 얻을 수 있다. 또한 기존선의 경우는 선체, 타의 개량이 어려우므로 조타기의 유압장치 유닛트의 연결운전을 실행함으로써, 일반적으로 2배의 전타속도를 얻을 수 있기 때문에 높은 감요효과가 전제된다면 개량할 필요가 있다고 본다. 타 감요장치는 핀 안정기 등의 감요장치가 장비되지 않은 중소형 선박에 가장 유효하다고 생각된다. 장점으로는 첫째, 넓은 설치공간이 필요치 않다. 신조선 뿐만 아닐, 기존선에도 적용 가능하다. 둘째, 횡요 감요제어와 보침제어를 장비타만으로서 실현이 가능하고, 저가이다. 단점으로는 첫째, 선체요목, 전타속도, 타 및 해상기상상태 등의 요인이 감요효과에 영향인자로 작용될 수 있다. 둘째, 타력을 이용하기 때문에 정선, 저속시에는 감요효과를 기대할 수 없다.

3-4. 가동질량형 감요장치

가동질량형 감요장치는 원호상의 궤도상 위를 가동질량이 선체 횡요에 대하여 90도의 위상을 늦게하여 횡요를 제어하는 장치이다. 이 방식에는 가동질량의 이동에 동력원이 필요치 않는 Passive 방식과 동

력원이 필요한 Active 방식, 혼합형인 Hybrid 방식이 있다. 가동질량으로서는 배수량의 약 2% 상당의 중량물이 사용된다. Passive 방식은 원호상의 케이싱 속에 로-라 지지의 가동질량이 진자의 원리에 따라 움직이도록 한 것이다. 동력원이 필요없는 장치이므로 구조가 간단하고 가동질량의 이동도 조용히 움직이지만, 가동질량이 케이싱의 단부에 충돌하였을 때 충격을 제어할 수 있는 제동력이 없기 때문에 충격 및 충격음의 저감에 유의해야 한다. Hybrid 방식은 가동질량부에 전동 모-터 및 감속기가 탑재되어 있고, 이 자체가 원호궤도상을 치차기구를 넣어 제어하는 것이다. 가동질량의 과도를 원호상으로 함으로써 진자원리를 이용한 Passive 방식을 원용한 것이다. 전동모타에 의한 자동제어계를 부가함으로써 장치 전체를 Hybrid 방식에 의한 감요장치를 실현시킨 것이다. 가동질량형 감요장치는 감요수조와 동일한 원리이다. Hybrid 방식은 최근의 대형관측선 등에 탑재되는 경향이 많다. Hybrid 방식을 살펴보면 그 장점으로서 첫째, 정선 또는 저속에서 뿐만 아니라 항해 중에도 유효하다. 둘째, 횡요주기나 파랑 상황에 따라 넓은 주파수의 영역에서의 감요제어가 가능하다. 단점으로서 첫째 가동질량으로서 배수량의 약 2%상당의 중량물이 필요하다. 둘째, 가동질량을 제어하기 위하여 구동원이 필요하고, 이 때문에 대형 동력 설비가 필요하다. 셋째, 중량물의 이동으로 인한 고장이 발생하였을 때는 대책이 요구된다.

3-5. 자이로식 안정기(Gyroscopic stabilizer)

자이로 스코우프가 배의 로울링을 줄이기 위해 처음으로 사용된 것은 빌지 키일이나 엔티로울링 탱크 보다 훨씬 뒤의 일이었다. 자이로스코우프를 이용한 안정 장치는, 다음에 지적하는 바와 같이, 빌지 키일이나 엔티로울링 탱크에 비해 유리한 점과 불리한 점을 동시에 가지고 있다. 그러한 안정 장치의 최초의 것은 독일의 Schlick식이었고, 그 다음 것은 미국에서 제작된 Sperry식 안정 장치였다. Fig.9는 자이로 스코우프 안정 장치의 주요 부분을 표시하였다. 자이로스코우프에 대한 기본 방정식은 다음과 같다.

$$\frac{d}{dt}(I_z w) = M_z \quad (6)$$

여기에서,

I_z = 회전체의 회전축에 관한 관성 모멘트

w = 회전 각속도(angular velocity of spin)

M_z = 회전축에 관한 외력의 모멘트

자이로스코우프의 회전축이 항상 고정점을 지나면서 움직이되, 그 축의 각속도 w 에 비해 작을 경우에는 다음 식이 성립한다.

$$\frac{d}{dt}(I_z w) = I_z w \dot{w} \quad (7)$$

(7)을 (6)에 넣으면, 다음 식이 얻어진다.

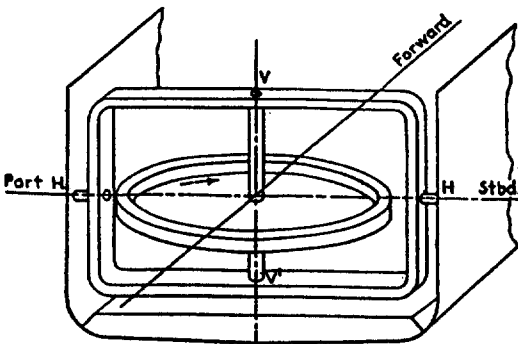


Fig.9. Gyroscopic stabilizer

$$I_z \omega_1 = M_z \quad (8)$$

자이로스코우프 안정 장치를 장비한 배에서는, 로울링 각속도가 자이로스코우프의 회전 각속도에 비해 작을 것이므로, 식 (8)을 사용하여 배의 안정문제를 다룰 수 있을 것이다. 자이로스코우프의 축 VV' 가 배의 로울링에 따라 우현 쪽으로 기울어지면, 자이로스코우프의 틀에 걸리는 외적 모우멘트는 그 축을 새로 평면 안에서 선회시키게 된다. 이와 같은 운동을 세차 운동(precession)이라 부른다. 세차 운동이 저지되면, 자이로스코우프 틀의 양쪽 수평 베어링 H에 걸리는 반작용력은 로울링으로 인한 외적 모우멘트와 반대 방향의 우력을 형성한다. 이와 같이 하여, 자이로스코우프는 식 (8)로 주어지는 안정 모우멘트를 일으킨다.

이와 같이 자이로스코우프가 충분한 효력을 발휘하자면, 그 진동 주기가 그 배의 로울링 주기와 같아야 하고, 엔티로울링 탱크의 액체와 마찬가지로, 그 위상이 90° 늦어야 한다.

한편 Sperry의 자이로스코우프 안정 장치는 Schlick의 장치에 비하여 여러 가지 장점을 가지고 있다. 이 장치는 수평축이 회전체와 그 틀의 조립체의 중심을 지나도록 지지되어 있다. 또한, Sperry의 안정 장치에서는, 배에 걸리는 충격력에 의해 안정용 자이로스코우프가 세차 운동을 시작하게 하는 방식을 사용하지 않고, 배의 가로 각각속도에 민감한 소형 길잡이 자이로스코우프를 장비하고 있으며, 풍압이나 비대칭적인 적하에 기인하는 것과 같은 정력학적 경사에 대해서는 동작하지 않게 되어 있다. 그러므로, 이러한 안정 장치에서는, 배의 로울링이 시작됨에 따라 그것과 싸우는 것이 아니라, 그것이 어떤 중대한 크기에 이르기 전에 길잡이 자이로스코우프가 동작하고, 그 지시에 따라 주 자이로스코우프가 세차 운동을 함으로써 로울링을 감소시키게 된다. 이것은 Sperry 자이로스코우프의 특징이며, Schlick의 안정 장치와의 본질적인 차이이다. 또한 길잡이 자이로스코우프는 안정용 자이로스코우프보다 더 민감하기 때문에 세차 운동을 더 일찍 시작하게 되고, 그 동작으로 전기 스위치를 넣어 안정용 자이로스코우프에 반대 방향의 세차 운동을 일으키게 할 수 있을 것이다. 그 운동은 배의 로울링에 대하여 강력한 반대 모우멘트를 발휘하게 되고, 이에 따라 큰 로울링을 미연에 방지하게 된다.

3-6. Auto-heeling system(AHS)

AHS는 크레인, 발라스트백 및 제어장치로 구성된다. 항만에서의 하역작업이나 항만공사시 선체경사를 방지하는 장치이다. 크레인 하역에 따른 경사 moment와 동등한 moment를 반대현에 설치한 발라스트백으로 횡요를 제어하는 것이다. 발라스트백의 침수부피의 해수중량은 발라스트백의 용적과 같은 부력으로 작용하므로 중량으로는 작용하지 않는다. 이외에 AHS를 응용한 ARS(anti-rolling system)이 있다. 이것은 발라스트백을 양현에 배치하여 능동적으로 제어하는 방식으로서 주로 정선시에 횡요를 억제하는 장치이다. 이 장치는 경사시에 경사된 현의 발라스트백의 중량을 감소시키고, 반대쪽의 현의 발라스트백의 중량을 증가시켜 횡요를 억제하는 방식이다. AHS,ARS는 모두 원리적으로는 동등하다. 장점으로서는, 하역시 정적인 선체경사 방지에는 대단히 유효하고 장비가 비교적 간단하여 감요효과가 크다고 볼

수 있으며 단점으로는 크레인, 발라스트백, 윈치등의 장비가 탑재되므로 서 선상의 공간점유가 크고, 정선의에는 사용이 불가능하다.

제 4장. 결 론

배의 동요는 배멀미, 피로, 작업효율의 저하, 적화물의 손상, 탑재기기의 작동불량등 승객, 승무원의 불쾌감을 일으키는 요인이 된다. 이들의 요인을 최소화하기 위하여 감요장치가 개발되게 된 것이다. 그러나 적용범위를 볼 때 대형선, 군함, 관광선 등에 한하여 있을 뿐, 어선을 포함한 중소형 선박, 일반상선에는 거의 채용되지 못하고 있다. 원인으로서는 가장 큰 것은 고가의 장치라는 것이다. 어선의 경우를 보면 생산성 향상, 경영효과의 면에서 볼 때 감요장치의 장착에 투자된 투자액에 대한 경제적 효율이 크지 못하므로 앞으로 어선에서 볼 때 작업성의 극대화 내지, 승무원의 선내생활의 쾌적성에서 볼 때 보다 저렴한 가격으로 대중적으로 공급될 수 있는 방안이 향후 연구되어 할 것으로 본다.

참 고 문 헌

1. Y. Yamanouchi, "On Some Remarks on the Statistical Estimation of Response Function of Ships," Fifth Symposium on Naval Hydrodynamics, Bergen, Norway, September 1964.
2. Lawrence Spear, "Bilge Keels and Rolling Experiments U.S.S. Oregon," Trans. SNAME, 1898.
3. H. Frahm, "Neuartige Schlingertanks zur Abdämpfung von Schiffsrollbewegungen und ihre erfolgreiche Anwendung in der Praxis," Jahrbuch des Schiffbautechnische Gesellschaft, 1911.
4. H. Hort, "Beschreibung und Versuchsergebnisse ausgeführter Schiffsstabilisierungsanlagen," Jahrbuch des Schiffbautechnische Gesellschaft, 1934.
5. N. Minorsky, "Problems of Anti-Rolling Stabilization of Ships by the Activated Tank Method," Trans. ASME, 1935.
6. J. vasta, A. J. Giggings, A. Taplin, and J. J. Stilwell, "Roll Stabilization by Means of Passive Tank," Trans. SNAME. 1961.
7. T. F. Bridges, B.A. Hilliard, and J. J. McMullen, "The Influence of Bilge Kells and Rolling in Wave on Sea Speed and Horsepower," Trans. SNAME. 1964.
8. R. De Santis and M. Russo, "Rolling of the S.S. Conte di Savoia in Tank Experiments and at Sea," Trans. SNAME, 1936.
9. W. Wallace, "Experience in the Stabilization of Ships," Trans NECI, 1955.
10. J.H. Chadwick, "On the Stabilization of Roll," Trans. SNAME, 1955.
11. H. Eda : A Digital Simulation Study of Steering Control With Effects of Roll Motions, Proceedings of 5th Ship Control Systems Symposium, 1978.
12. J. van. Amerongen, P.G.M. van der Klugt, J.B.M. Pieffers : Rudder roll stabilization : Controller design and experimental results, Proceedings of 8th Ship Control Systems Symposium, 1987.
13. H. Oda, K. Ohtsu, M. Sasaki, Y. Seki, T. Hotta : Rudder roll stabilization control system through

multivariate auto regressive model, CAMS' 92, Italy, 1992.

14. M. Sasaki, H. Oda, Y. Seki, K. Ohtsu, T. Hotta : Actual experiences in designing rudder roll control system, Proceedings of 10th Ship Control Systems Symposium, 1993.
15. 織田博行 大津皓平 佐木 學 關 佳之 堀田敏行 : 制御型多次元自己回帰モデルを用いた舵による横減揺制御, 關西造船協會誌, 制216, 1991.
16. 渡邊四郎 : V. 横揺軽減法 (2) 減揺水槽その他, 日本造船學會耐航性シンポジウム, 昭和44年7月3, 4日
17. 織田博行, 大津皓平, 堀田敏行 : 操舵による横揺れ減揺制御に関する研究, 日本航海學會論文集, 制 92, 1994.
18. 小池祐二, 谷田宏次, 牟田口勝生, 村田 保, 今關正典, 廣重榮基 : 船舶用ハイブリッド式減揺装置の開発と實海域試験, 石川島播磨技法, Vol.35, No. 6, 1995

A Study on the Anti – Rolling Systems for Vessels

Sun – Young KWON · Bong – Ki HONG*

(Jumunjin Fishery Engineering High School · *Pukyong National University)

It has been expected not only for crew but also for passengers to realize a ship whose rolling and other motions are small as much as possible. Restricting our consideration to the roll reduction, the conventional roll stabilization system, fins or anti – rolling tanks hve been utiized as the actuator. Excessive motions would interfere with the recreational activities of passengers on a cruise ship. Often more than half of the load of a containership is stowed above deck where it is subjected to large acclerations due to rolling. In some situations this may cause some internal damage to the contents of the containers; in more severe situations failure of the lashing can occur and containers may be lost over – board. Underdeck cargo in ordinary cargo ships and bulk commodities in colliers, ore ships and grain ships can shift if the motions become too severe.

The purpose of this stydy is to concentrate on the additions. either internal or external to the hull, that reduce or otherwise improve the motion responses of the hull. It is assumed that the additions are such that their benefit to the motions of the ship outweighs any impact on the ability of the ship to perform its assigned task. It is particularly challenging to obtain large improvements in the motion characteristics of existing ships that are being rebuilt or modified for some task not anticipated in their original design.

Further the authors will statistically analyze the influence of ruder – roll – yaw coupling motion in the case of application of this advanced control method to various kinds of ship.