

디스크 여과장치를 이용한 선박 밸러스트수 전처리 연구

박상호⁺·임재동⁺⁺·박선정⁺⁺⁺·김동근⁺⁺⁺⁺·김인수⁺⁺⁺⁺⁺

A study of Ballast water Treatment using a Disk Filter

Sang-Ho Park⁺, Jae-Dong Lim⁺⁺, Sun-Jung Park⁺⁺⁺, Dong-Geun Kim⁺⁺⁺⁺ and In-Soo Kim⁺⁺⁺⁺⁺

Abstract : Displayed result that handle particle contaminant and hydrospace organism included in number of ballast that is happened in ship using automatic back washing filter. Reason that remove first contaminant that is included in number of ballast is that heighten processing effect of after processing process. of the filter. Another advantage is to drop off the solids with controlling revolution of drum screen in pretreatment filtration process. The fact that it is easy to attach and detach a several type of screen for getting the expected water quality is another advantage. Filter rotation speed at 1.0rpm is filter resistance 3.0bar and 3.0rpm is filter resistance 2.8bar. Filter out impurities from ballast water over 6.0rpm is filter resistance 2.6bar and 10rpm is filter resistance 2.5bar. Filtration system removal aquatic organism over 80 μ m in ballast water. This study shows that the filtration treatment system has a potential for the treatment of ballast water.

Key words : Ballast water; Filtration; Aquatic organism

1. 서론

선박에 의해서 국제교역량의 90%이상을 처리하고 있다(Bernal and Cincin-sain, 2001). 선박 항해의 안전을 위해 사용되고 있는 밸러스트수를 통하여 1일 평균 약 6,000여종의 동식물이 고유해역을 벗어나서 이동하여 환경적·경제적으로 많은 피해를 발생하고 있으며, 선박의 대형화 및 고속화로 인해 밸러스트수에 포함된 외래해양생물종의 생존확률이 증가함에 따라 그 피해가 증가할 것으로 예상된다(North Sea Foundation, 2001). 국제해사기구에서는 2004년 2월 외교회의에서 선박 밸러스트수와 침전물 관리 국제협약이 채택하였고 2009년부터 현존선과 신조선에 처리기준을 적용한다. 2005년 10월에 3차 BWBG G8 형식승인 기준과 G9 활성물질 기준에 관한 지침서를 작성하였다(IMO MEPC 2002, 2003). 국제해사기국에서 요구하는 밸러스트수의 처리기준은 교환기준과 성능기준이 있다. 밸러스트수의 교환은 선박의 항해안전과 시간의 소요로 기존선에 한시적으로 적용이 되고 2009년 이후에 건조하는 신조선에는 밸러스트수 성능기준을 만족하는 처리시스템을 장착하여야한다.

단일 공법에 의한 IMO의 처리성능을 만족하기 힘들기 때문에 두가지 이상의 처리방법을 사용한 복합처리시스템을 구성하였다. 본 연구에서 사용된 복합처리시스템은 선박의 밸러스트수에 포함된 입자상 오염물질과 일정크기 이상의 동식물성 플랑크톤을 제거하기 위한 여과처리공정과 나머지 동식물성 플랑크톤을 제거하기 위한 살균처리공정으로 구성되어 있다.

본 연구에서는 복합처리시스템에서 밸러스트수를 1차 처리하는 디스크 여과장치의 전처리에 관한 연구를 수행하였다.

2. 실험장치 및 방법

2.1 실험장치

Fig. 1은 밸러스트수를 처리하기 위한 디스크 여과장치

를 나타내었다. IMO의 밸러스트수 처리기준에서 수중생물의 최소길이 50 μ m이상의 생물체가 생존하는 것이 10개/m³미만으로 전처리기준을 만족하고 후단에 위치할 살균장치의 처리성능을 높이기 위하여 70 μ m이상의 고품질을 여과할 수 있는 금속재질의 여과망을 사용하였고, 유입해수로 인한 압력으로부터 여과망을 보호하기 위하여 직경 5mm의 다공판 스테인레스 재질의 스트레이너 위에 여과망을 설치하였다. 여과 모듈은 해수에 의한 부식을 방지하기 위하여 SUS 316으로 제작하였고, 디스크를 단단으로 쌓아서 여과면적을 증대시켰다. 해수를 공급하기 위하여 유입펌프와 필터에서 흡입하기 위한 여과펌프를 함께 설치하였다. 필터에 부착된 이물질을 제거하기 위하여 필터의 외부에 흡입노즐을 설치하여 유압시스템으로 제어하였다. 필터를 구동장치로 회전을 시켜 흡입노즐에서 일정한 양을 세정할 수 있도록 제작하였다. 여과와 역세척이 동시에 수행하도록 하여 처리성능을 향상시켰다.

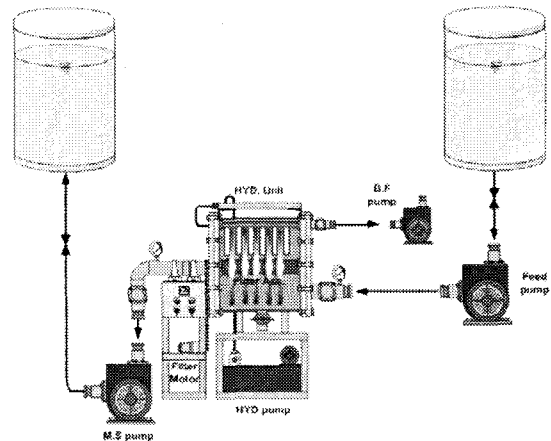


Fig. 1 Schematic diagram of disk filtration system

+ 박상호(한국해양대학교 건설환경공학부), E-mail: sangho@bada.hhu.ac.kr, Tel: 051)410-4983

++ 임재동, 한국해양대학교 토목환경공학과

+++ 박선정, 한국해양대학교 토목환경공학과

++++ 김동근, 한국해양수산연수원 수산교육팀

+++++ 김인수, 한국해양대학교 건설환경공학부

3. 결과 및 고찰

3.1 여과공정과 동시에 역세척 처리의 압력변화

일반적인 여과공정은 물속에 이물질들을 제거하는 여과처리 단계와 필터나 막이 막히는 것을 방지하기 위한 역세척 단계로 구분되어 운전하고 있다. 하지만 운전단계를 나누게 되면 처리용량의 감소와 처리시간이 증가한다는 단점을 가지게 된다. 본 처리시스템에서는 여과단계와 역세척 단계를 동시에 수행함으로써 처리효율을 높일 수 있다. Fig. 2는 여과과정중에 역세척 처리를 동시에 수행할 때 변화하는 압력의 변화를 나타내었다. 시간이 지남에 따라 압력이 증가하나 190mmHg로 일정하게 유지되어 안정적인 처리성능을 나타내었다.

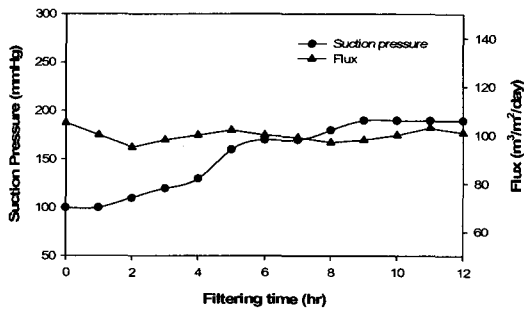


Fig. 2 Change of filtering pressure and Flux variation with treatment time on automatic continuous washing system

3.2 역세척에 따른 막 오염 저감 효과

Fig. 3에 지속시간에 따른 역세척 효율을 제시하였다. 필터의 역세척 지속시간은 회전속도에 따라 다르게 운전하였다. 5rpm에서는 12초, 10rpm은 6초, 15rpm은 3초의 역세척 시간으로 운전을 하였다. Fig. 5에 따르면 운전초기 역세척 횟수가 3회까지는 지속시간에 따른 변화를 관찰할 수 없었다. 하지만 지속시간 3초의 경우 효율이 상대적으로 낮게 유지되고 있는 것을 알 수 있었다. 이 결과에서 가동 초기 조건에서는 지속시간에 따른 세척효율의 차이가 나타나지 않았지만 운전이 지속되면서 역세척 효율이 변화하는 것을 알 수 있었다. 따라서 시제품의 연속운전에서는 역세척 지속시간이 중요한 운전인자가 될 수 있으며, 본 연구에 적용된 시스템을 경우 지속시간을 6초 이상 유지하는 것이 바람직한 것으로 판단된다. 그렇지만 지속시간을 증가시킬 경우 시스템의 전체적인 효율에 영향을 미치기 때문에 적절한 지속시간의 결정이 필요하다.

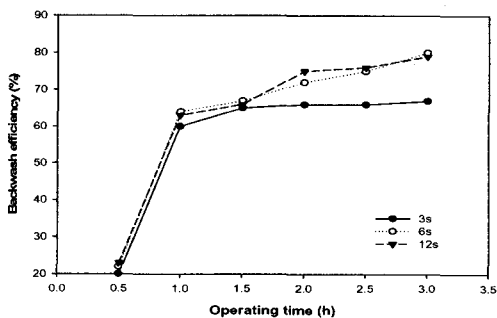


Fig. 3 Backwash efficiency as a function of operating time at different backwash rpm

3.3 역세척을 통한 막오염 특성

막 오염 특성은 저항값으로 나타낼 수 있으며, 일반적으로 막 저항을 세분화하면 전체저항(RT)은 여과저항(Rf)과 케이크 저항(Rc) 그리고 분리막과 시스템에 의한 자체저항(Rm)으로 표현된다. 식(1)에 이들의 관계를 나타내었다.

$$R_T = R_f + R_c + R_m \quad (1)$$

식 (1)으로 연속운전의 막저항 변화를 표현하기가 힘들다. 따라서 식(1)을 연속운전에 적용 가능한 식으로 수정하였다. 1회 역세척 주기를 기준으로 변화된 저항 값을 표현하면 고유 자체저항(Rm)이 생략되고, 전체저항의 변화량($\Delta R_{T(i)}$)은 식 (2)로 나타낼 수 있다. Fig. 6에 식 (1)과 식(2)의 저항값들을 도식화하여 제시하였다.

$$\Delta R_{T(i)} = \Delta R_{f(i)} + R_{c(i)} \quad (2)$$

식 (2)에서 전체 저항값의 변화량은 여과저항 증가량과 막 표면에 형성된 케이크 저항의 합으로 정의된다. 단, 식 (1)과 식 (2)에서 가역적인 성격을 가지는 케이크 저항은 충분한 세척이 이루어졌다는 가정에서 적용이 가능하다. 식(1)을 바탕으로 각 지속시간에서의 막의 저항을 Fig. 7에 나타내었다.

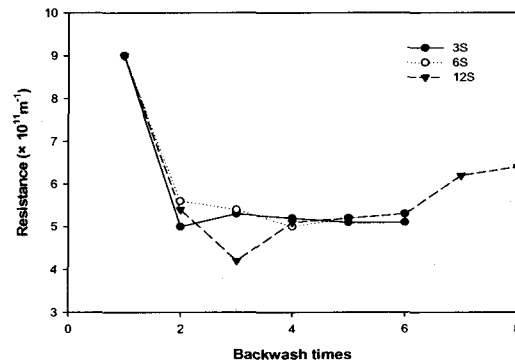


Fig. 4 Variation of total resistance with backwash time at SS of 15mg/L

4. 결론

선박에서 발생하는 밸러스트수를 처리하기 위한 전처리 실험으로 해수에 존재하는 입자상 오염물질과 식물성 플랑크톤과 동물성 플랑크톤을 제거하기 위하여 연속여과장치를 이용하여 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

역세척 주기와 역세척 지속시간은 전체 시스템의 효율과 역세척 효율을 고려해서 역세척 지속시간은 6초가 적당한 것으로 나타났다. 오염 변화를 관찰한 결과 지속시간에 관계없이 운전 초기에는 빠른 감소를 보이며, 역세척을 2-3회 실시 이후에는 일정한 값을 유지하거나 다소 증가하는 것으로 나타났다.

참고문헌

- [1] Bernal and Cincin-sain, (2001) Global Forum on Oceans, Coastal and Islands Report
- [2] North Sea Foundation, (2001) Alien species from ballast water, pp.4-9
- [3] 해양수산부 (2004) 선박 밸러스트수 배출규제 대응기술 개발 연구