

자동 부침 부자의 부침 성능

김태호·양경욱·허정규
전남대학교 해양기술학부

1. 서론

외해에서 파랑에 의해 가두리 시설에 작용하는 힘을 경감시키는 방법의 하나로서 표면에 시설된 가두리 시설을 파랑의 영향이 작은 수층까지 침하시켜 시설물 및 양식 어류를 보호하고 다시 원래의 수면까지 부양시킬 수 있는 부침식 가두리 시설의 개발에 관한 연구가 활발하게 수행되었다(Kim et al., 1998, Mitrovich, 2010). 그러나 이들 가두리 시설은 파랑 등 긴급 재해가 발생되기 전에 작업자가 가두리 어장에 도착하여 가두리 시설을 수동으로 침하시켜야 하는 불편한 점이 있기 때문에 사용상의 불편함으로 인해 우리나라에서는 전혀 실용화되지 못하고 있는 실정이다. 따라서 부침식 가두리 시설의 실용화를 위해서는 가두리가 파랑, 풍속 등 외부 환경 조건을 스스로 감지하여 가두리의 파손을 방지하기 위해 환경 조건이 열악한 경우 자동으로 수중으로 가라앉았다가 환경 조건이 정상으로 돌아오는 경우 다시 수면까지 부상되는 자동 부침식 가두리 시설의 개발이 필요하다.

이 연구에서는 자동 부침식 가두리 시설을 개발하기 위한 초기 단계로서 가두리 시설을 구형 부자로 단순화하여 이것의 자동 침하 및 상승 관련 제어 알고리즘 및 프로그램을 작성하고 실내 수조 실험을 통해 그 유용성을 확인하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 자동 부침 부자의 구성 장치

이 연구에서 제안한 자동 부침 부자의 구성 장치의 개략도를 Fig. 1에 나타내었다. 이 부침 부자에 들어가는 압축 공기는 3way 밸브를 이용하여 조절하고, 그것에서 배출되는 압축 공기는 2way 밸브를 이용하게 된다. 3way 밸브를 통과한 공기는 부침 부자내 압력을 형성하고 그 압력의 변화에 따라 그곳으로 들어오고 나가는 해수의 양을 조절하게 된다. 이때, 해수량의 변화로 인하여 부침 부자의 무게가 변화하게 되어 부침 부자가 가지고 있는 부력과 상관관계에 의해 부침 부자가 상승 또는 하강하게 된다. 또한 밸브의 조절은 펄스폭(PWM) 제어 방식을 사용하여 단순 개폐 형태로 만들어지는 밸브의 개구면적을 변화하여 유효 단면적으로 전환시켜 조정함에 따라 어느 정도 안정된 결과를 얻도록 하였으며, 제어 방법으로는 실용적인 기준 모델 제안 방법(Hur and Yang, 2007)을

사용하여 만족한 제어 결과를 얻을 수 있었다. 이 경우 밸브에 인가되는 제어 신호는 외부에서 관측되는 센서(위치, 파고 등)신호를 이용하여 제어기를 통해서 얻어지게 된다.

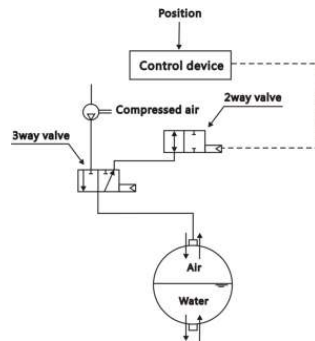


Fig. 1. Automatic submersible buoy system.

2.2 제어기 구성

수조 실험과 수치 해석을 통해 제어하고자 하는 부침 부자의 특성을 예측하여 파라미터를 도출하고 제안한 알고리즘을 이용하여 제어기를 구성하였다. 그리고 이 연구에서 제안한 실용적 기준 모델을 이용한 PID 제어기를 이용하여 부침 부자의 위치 상승과 하강할 수 있는 시스템을 설계하고 그 응답 특성을 평가한다. 나아가 부침 부자 실험을 통해 제안한 제어기의 안정성과 유효성을 평가한다.

또한 컴퓨터와 부침 부자 시스템을 유기적으로 결합시키기 위하여 연결 장치(interface, A/D-D/A card)를 설치하였다. 특히 컴퓨터를 이용하여 계측 제어하는 연결 장치는 부침 부자에 설치한 수압계(P310A-02, SSK Co., 용량: 19.61 kPa)와 구동기(3way 밸브, 2way 밸브를 조정하는 스위칭 보드)를 컴퓨터와 접속시켜 Fig. 2에서와 같이 상호 정보 전달되도록 하였다.

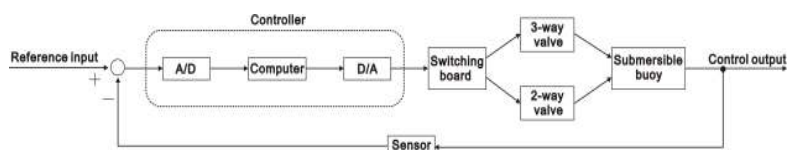


Fig. 2. Control system of automatic submersible buoy.

2.3 제어 프로그램 작성

이 연구의 목표인 외부 환경 변화에 따라 부침 부자의 하강 및 상승이 자동으로 수행되도록 하는 제어 프로그램을 개발하였다. 프로그램의 구성은 크게 센서에서 나오는 신호를 계측하는 프로그램, 원하는 부침 부자의 위치를 설정하는 프로그램, 설정된 위치에 부침 부자가 최적으로 위치하도록 계산하는 프로그램, 부침 부자가 어느 위치에 유지하도록 구동부에 신호를 보내는 프로그램, 제어시 부침 부자의 상태를 모니터링 및 데이터를 저장할 수 있는 프로그램으로 구성되어 있다.

2.4 실험 방법

자동 부침 부자의 부침 성능을 파악하기 위해 Fig. 3에서와 같이 실내에 설치된 원통형 수조($\text{Ø}0.98 \text{ m} \times 1.2 \text{ m}$)에서 지름이 0.38 m인 구형의 부침 부자에 관한 실험을 수행하였다. 실험을 하기 전에 부침 부자의 윗부분은 공기 호스로 연결하였으며, 호스는 3way 밸브(HDA 032S-3) 출구 측에 연결하고 3way의 밸브 다른 출구 측에는 호스를 통해 2way 밸브(HDA 032S-2)를 연결하였다. 그리고 3way 밸브의 입구 측에는 공기 압축기(압력: 0~800 kPa, 유량: 130 L/min, DARE)를 연결하였다. 한편, 부침 부자의 아랫부분에는 주 배수구가 부착되어 있으며, 부자의 중심에는 침하 수심 측정을 위해 수압계(P310A-02, SSK Co., 용량: 19.61 kPa)를 부착하였다.

실험에서는 먼저 제어 프로그램을 통하여 원하는 부침 부자의 침하 위치를 결정하였으며, 3way 밸브에 연결된 공기 호스를 통해 부침 부자내의 공기를 외부로 배출시켰다. 이 경우 공기의 양은 2way 밸브를 통하여 조절하였다. 그리고 부침 부자가 원하는 위치에 도달하면 3way 밸브와 2way 밸브의 개구 면적을 조절하여 일정 수심이 유지되도록 하였으며, 부침 부자가 수직으로 이동하면 실시간으로 수심 센서의 신호를 받아들여 계측하였다.

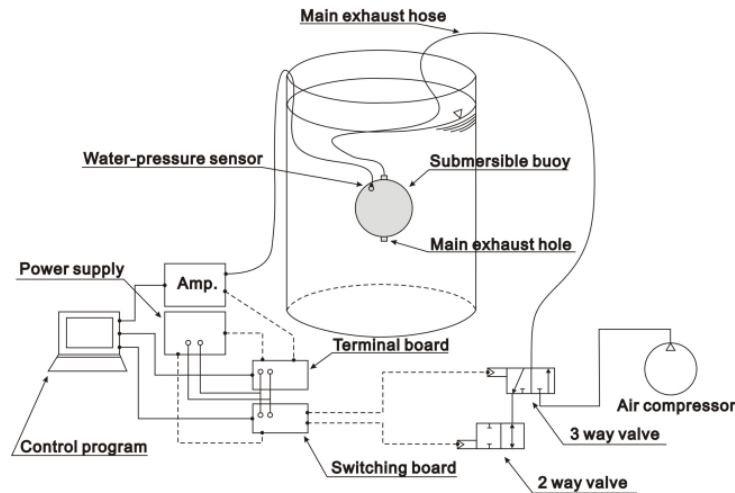


Fig. 3. Experimental setup of automatic submersible buoy.

3. 결과 및 요약

Fig. 4는 시간의 경과에 따른 부침 부자가 목표 수심으로 설정한 0.3 m 및 0.8 m까지 자동으로 침하되었다가 다시 원래의 위치로 부상한 것을 나타낸 것이다. 이것에서 보면 부침 부자는 목표 수심인 0.3 m와 0.8 m까지 자동으로 침하한 후에 사전에 프로그램에 입력된 시간이 경과하면 원래의 위치까지 자동으로 부상하였다. 이와 같은 결과는 기존 연구(Kim et al., 2010)에서 제안한 수치 모델을 적용하여 계산한 결과와도 잘 일치하고 있다. 이상에서와 같이 부침 부자에 대한 자동 부침 기능 재현 여부에 대한 실험을 수행

한 결과, 부침 부자가 자동으로 목표 수심까지 침하 및 원래 위치까지 부상이 성공적으로 이루어졌으며, 이 결과는 수치 해석에서 구한 것과 거의 일치하였다. 따라서 이 연구에서 개발한 자동 부침 관련 알고리즘과 제어기가 유용하다는 것을 확인할 수 있었다.

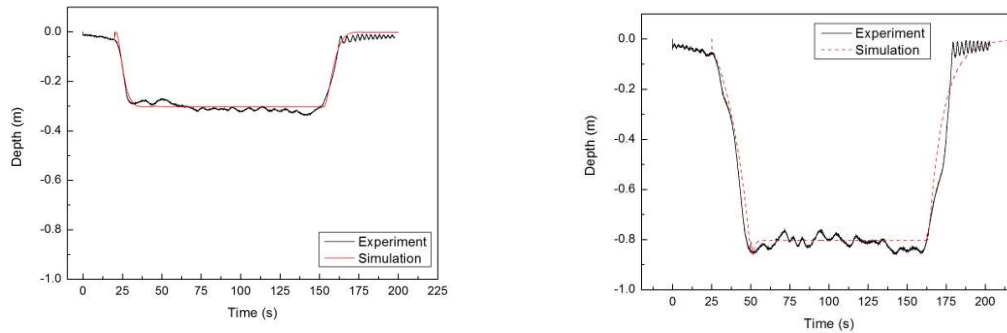


Fig. 4. Time history for lowering to 0.3 m and 0.8 m and raising to the surface of automatic submersible buoy by experiment and numerical model(Kim et al, 2010).

그리고 이 연구에서는 자동 부침 가두리 시설의 실물 실험에 대한 선행 연구로써 많은 변수들과 부력에 대한 메커니즘을 구명하였으며, 이것은 실제 가두리 실험에 있어 중요한 요소로 작용될 것이다. 또한 구형 부자의 형태가 매우 단순하고 무게가 가볍기 때문에 극소량의 공기와 물의 양적 변화에 민감한 상하 반응을 함에도 불구하고 일정 수심에서 중성 부력을 유지하도록 공기 제어를 통해 정밀한 제어가 가능하였다.

참고문헌

- Kim, J.O., Kim, T.H., Oh, H.K. and Jeong, E.C. 1998. Studies on the development of the submersible fish cage I - Characteristics of submergence and motion -, Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Inst, 54, 149-155.
- Kim, T.H., Yang, K.U., Jang, D.J., and Fredriksson, D.W. 2010. The submerging characteristics of a submersible fish cage system operated by compressed air, Marine Technology Society Journal, 44(1), 57-68, 2010.
- Hur, J.G. and Yang, K.U. 2007. Proposal of practical reference-model and it's performance improvement for PID control, Journal of Korea Society for Power System Engineering, 11(3), 66-72, 2007.
- Mitrovich, V. 2010. The wait is over. Fish Farming International, 37(2), 20-24.