

정수중 자동 부침 가두리 시설의 성능

김태호*·양경옥*·황규석**·장덕중***·허정규*

*전남대학교 해양기술학부 **성신조선(주) ***전남대학교 해양경찰학과

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 가두리가 파랑 등 외력 조건에 따라 파손될 수 있는 임계치 이상의 외압을 감지하면 자동으로 수면 아래로 가라앉고 환경 조건이 정상으로 돌아오면 다시 수면까지 자동으로 상승되는 부침식 가두리 양식 시스템을 개발하고자 하였다. 이를 위해 실물의 1/10 크기의 단순화된 모형을 제작하여 정적 수조에서 모형실험을 실시하여 자동 부침 가두리의 특성을 구명하였으며, Kim et al. (2010)이 제안한 부침식 가두리 시설의 부침 성능에 대한 수치 모델에서 구한 값과 비교하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 자동 부침 가두리 시설의 구성

이 연구에서 고안한 부침식 가두리 시스템은 Fig. 1과 같이 12각형의 프레임, 가두리 그물, 천장 그물, 12개의 상부 부자, 각 6개씩인 고정 및 가변 밸러스트 탱크, 계류삭, 앵커, 메인 통제 장치로 구성된다. 이 경우 상부 부자는 부력이 항상 일정하며 고정 밸러스트 탱크는 필요한 경우 작업자가 수동으로 부력을 조절할 수 있다. 이에 비해 가변 밸러스트 탱크는 부력 조절이 필요한 경우 메인 통제 장치의 지령에 의해 밸브가 자동으로

개폐되어 탱크 내부로 기체 또는 바닷물이 유·출입함으로써 가두리가 수면 아래로 가라앉거나 수면으로 떠오르게 된다. 한편 메인 통제 장치는 가변 밸러스트 탱크에 기체 또는 바닷물의 유입과 유출을 조절하는 것으로서 가두리가 위치하는 지점의 해양 환경을 감지하여 감지된 해양 환경의 수치가 가두리가 파손되는 임계치라고 판단하면 가두리를 수중으로 하강시킨다. 이 경우 메인 통제 장치의 내부에는 해양 환경 조건을 판별하기 위해 파고계, 풍속계, GPS, A/D-D/A 보드 등과 같은 관측 장치와 액화 가스 보관 탱크, 배터리 등과 같은 하드웨어가 추가로 구성된다.

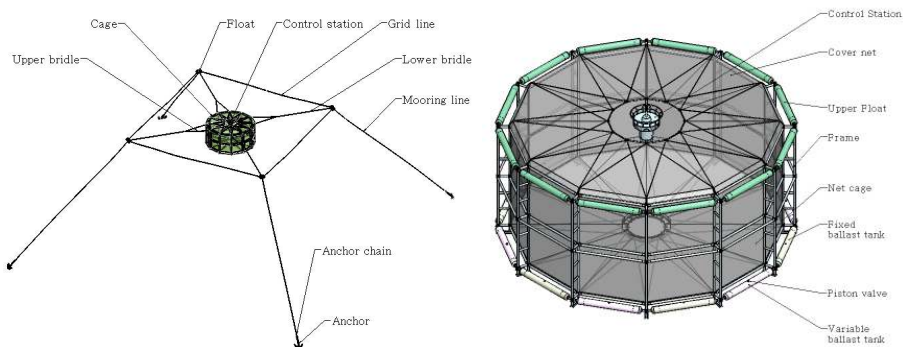


Fig. 1. A general schematic of automatic submersible fish cage system with a spread mooring system.

2.2 실험 방법

자동 부침 기능 재현 관련 알고리즘 및 제어기를 바탕으로 자동 부침 가두리 시설의 부침 성능 실험을 수행하기 위하여 정수 중에서 모형실험을 수행하였다. 이 경우 모형 가두리 시스템은 프레임, 가두리 그물, 부침 조절을 위한 메니폴드와 공기 호스로 구성된다. 모형 가두리는 지름이 20 m이고 높이가 10 m인 가두리를 실물로 정하고 Froude의 모형 수칙에 따라 실물의 1/10로 축소하여 제작하였다.

실험은 전남대학교 수산 증양식 연구 센터에 위치한 옥외 수조(가로: 5 m, 세로: 5 m, 깊이: 5 m)에서 행하였으며, 사용수는 해수이다. 실험에서는 제어 프로그램을 통해 모형 가두리 시설의 목표 침하 수심을 결정하고 3way 밸브(HDA 032S-3)에 연결된 공기 호스를 통해 모형 가두리의 가변 밸러스트 탱크 안에 있던 공기를 외부로 배출시켰으며, 이 경우 공기의 양은 2way 밸브(HDA 032S-2)를 통해 조절하였다. 이 실험에서 컴퓨터와 가두리 시스템 사이를 유기적으로 결합시키기 위하여 연결 장치(Interface, A/D-D/A card)를 설치하였다. 특히 컴퓨터를 이용하여 계측 제어하는 분야에서 연결 장치는 가두리에 설치한 수압계와 구동기(3way 밸브, 2way 밸브를 조정하는 switching board)를 컴퓨터와 접속시켜 상호 정보 전달이 되도록 하였다. 여기에서 얻어진 계측량과 제안한 제어 알고리즘을 이용하여 가두리의 현재 상태를 파악한 후 원하는 제어 입력을 출력하여 기준 입력에 도달하도록 설계하였다. 이러한 점들을 감안하여 제어 시스템을 구성하였으며, Fig.

2에 모형 가두리 실험을 하기 위한 제어 시스템 구성도를 나타내었다.

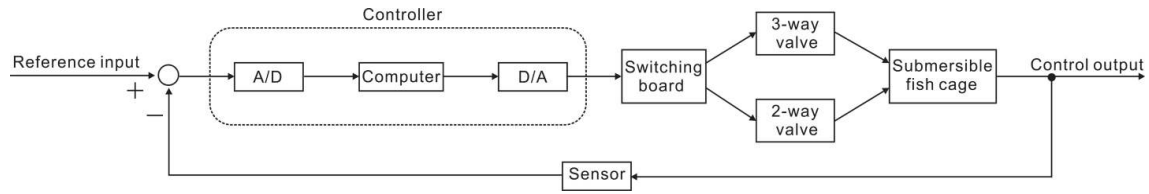


Fig. 2. Control system of automatic submersible fish cage system by air control.

3. 결과 및 요약

Fig. 3은 정수 중 모형 가두리 시설의 자동 침하 및 부상 과정을 나타낸 것이다. 이것에서 보는 바와 같이 모형 가두리 시설이 미리 프로그램에 설정된 목표 수심까지 수직으로 자동 침하되었다가 입력된 시간이 경과한 후 원래의 위치까지 부상되고 있다. Fig. 4는 시간의 경과에 따른 모형 가두리 시설이 자동으로 목표 수심으로 설정한 0.5 m 및 1.0 m까지 침하되었다가 다시 원래의 위치로 부상한 것을 나타낸 것이다. Fig. 4(a)에서 보면 모형 가두리는 목표 수심인 0.5 m까지 자동으로 침하되는데 약 75초가 소요되었으며, 약 165초 후에 원래의 위치까지 자동으로 부상하였다. 이와 같은 결과는 Kim et al. (2010)이 제안한 압축 공기를 이용한 부침식 가두리 시설의 부침 성능에 관한 수치 모델을 적용하여 계산한 수치 결과와도 잘 일치하고 있다. Fig. 4(b)는 시간의 경과에 따른 모형 가두리 시설이 자동으로 목표 수심으로 설정한 1.0 m까지 침하되었다가 다시 원래의 위치로 부상한 것을 나타낸 것이다. 이것에서 보면 모형 가두리가 목표 수심인 1.0 m까지 자동으로 침하되는데 약 150초가 소요되었으며, 약 150초 후에 원래의 위치까지 자동으로 부상하였다. 이 경우 목표 수심까지 도달하는 동안의 결과가 수치 모델과 차이를 나타내고 있다. 이것은 가두리에 장착된 수압계 프레임 쪽의 하강 속도가 상대적으로 증가하여 전체 균형을 유지하기 위해 제어 프로그램이 동작하는 과정에서 발생한 것이며, 각각의 가변 밸러스트 탱크 내로 유입되는 해수의 양을 조절하기 위한 가변 밸러스트 탱크 내의 압축된 공기를 배출하는 과정에서 밸브를 통한 공기의 배출이 원활하게 이뤄지지 못한 결과라고 사료된다. 한편, 수심에 따른 부력의 변화가 비례적이지 않아 중성 부력에서 음성 부력으로 전환되는 시점부터 일정 시간 후, 수심에 따라 아래쪽으로 급격하게 가속되는데, 이때 제어프로그램에 설정된 하강 속도의 설정치를 벗어남으로써 그것을 제어하는 과정에서 프로그램이 동작된 것이다.



Fig. 3. Model submersible fish cage system during lowering(upper) and raising(below) by air control system.

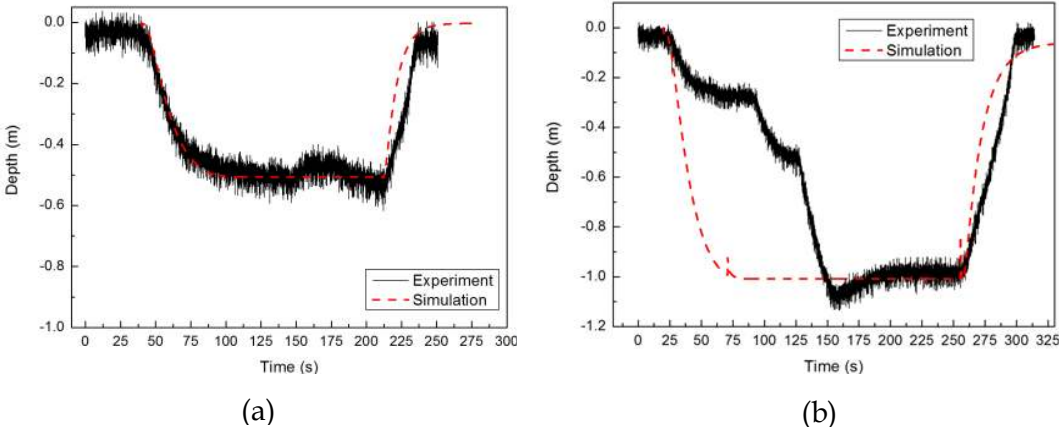


Fig. 4. Time history for lowering to 0.5 meters (a) and 1.0 meter (b) raising to the surface of the model submersible fish cage operated by air control system in experiments and numerical modeling(Kim et al., 2010).

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.

Mitrovich, V. 2010. The wait is over. Fish Farming International, 37(2), 20-24.