

파랑 중 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(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 예인 수조에서 모형실험을 실시하여 자동 부침 가두리의 특성을 구명하고 자동 부침 기능을 재현하였다.

2. 재료 및 방법

실험은 국립수산과학원의 예인 수조(길이: 85 m, 폭: 10 m, 깊이: 3.5 m)에서 행하였는데, 모형 설치 및 계측 시스템 구성은 Fig. 1과 같다. 실험을 할 때는 Fig. 1에서 보는 바와 같이 모형 가두리를 수조의 조파기로부터 약 30 m 떨어진 곳에 계류 시스템으로 고정하고, 모형의 상부 프레임 한 개소에 자이로스코프(AHRS 4440, CROSSBOW)와 수압계(P310A-02, SSK Co., 용량: 19.61 kPa)를 부착하였다. 그리고 자이로스코프 및 수압계에서 계측된 신호는 각각 자이로스코프 전용 증폭기와 변형 증폭기(DA1601, CAS)를 통해 컴퓨터에 입력되도록 하였으며, 모형 가두리 시설의 자동 침하 및 부상 위치는 제어 프로그램과 메니폴드를 통해 가변 밸러스트 탱크에 들어가거나 나오는 압축 공기와 물의 양으

로 제어하였다.

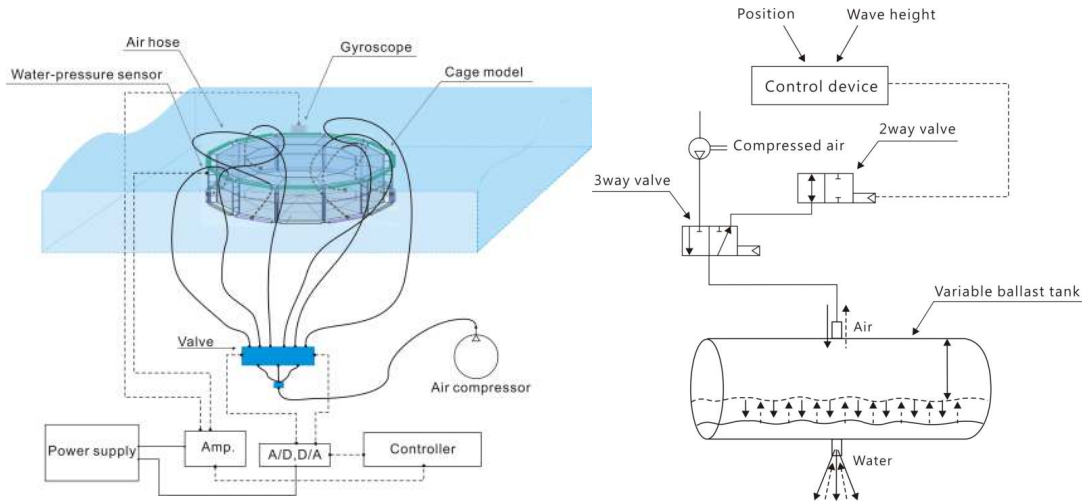


Fig. 1. Experimental setup of model submersible fish cage system in a wave tank and control system.

실험에서는 먼저 파랑이 작용하지 않는 상태에서 가두리 시설의 자동 부침 기능 시험을 수행하였다. 수압계와 자이로스코프 및 제어 프로그램에 의해 모형 가두리 시설을 일정 위치까지 수직으로 자동 침하시킨 후 그 수층에서 모형 가두리가 부력의 균형을 맞추면서 유지되도록 하였다. 특히 부력의 차이로 인해 모형 가두리가 기울어지는 경우에는 자이로스코프에서 측정된 모형 가두리 시설의 프레임 각도에 따라 동기 제어를 통해 압축 공기의 주입과 배출량을 조절하였다. 모형 가두리 시설에 파랑이 작용하는 경우 모형의 자동 침하 및 부상에 대한 실험은 다음과 같은 시나리오를 통해 수행하였다. 즉, 파고가 0.1 m이고 주기가 1.4 s인 규칙파를 임계 파고로 설정하고 임계 파고인 0.1 m보다 큰 파고를 가진 파랑이 가두리에 작용하면 가두리가 수중으로 자동 침하되도록 하고, 입사 파고가 임계 파고와 같거나 작은 경우에는 가두리 시설이 수중으로 침하하지 않고 원래의 위치에 떠있도록 하였다. 그리고 입사 파고가 임계 파고보다 커서 가두리가 자동으로 침하된 경우에도 일정 시간 경과 후 입사된 파고가 임계 파고보다 작게 되면 가두리가 다시 원래의 수면으로 부상되도록 하였다. 먼저 임계 파고인 0.1 m의 파고가 입사하는 경우 표층 및 일정 위치에 위치하고 있는 모형 가두리 시설의 프레임 상하 각도를 자이로스코프를 통해 측정하였다. 그리고 이 값들보다 크면 모형 가두리가 자동으로 침하되고 반대로 작거나 같으면 표층에 그대로 위치하도록 하였다. 또한 자동 침하된 후에는 모형 가두리의 프레임의 상하 각도가 임계 파고가 작용하는 경우보다 작게 되면 원래의 위치까지 자동으로 부상되도록 하였다.

3. 결과 및 요약

Fig. 2는 임계 파고로 설정한 파고보다 큰 파랑(입사 파고 0.2 m, 주기 1.4 s)이 모형 가두리 시설에 입사되도록 하고 일정 시간 경과 후 모형 가두리에 파랑이 작용하지 않도록 했을 때의 모형 가두리의 자동 침하 및 부상 과정을 나타낸 것이다. 이것에서 보면 임계 파고보다 큰 파고가 모형 가두리에 입사되면 모형 가두리가 목표 위치까지 자동으로 침하된 후 그 수층에서 프로그램에 입력한 시간동안 균형을 맞추면서 유지되었다가 파랑의 영향이 없거나 임계 파고보다 작게 되면 원래의 위치까지 자동으로 부상되는 것을 확인할 수 있다. 한편, 임계값보다 작거나(입사 파고 0.06 m, 주기 1.4 s) 같은 파고(입사 파고 0.1 m, 주기 1.4 s)가 모형 가두리 시설에 작용하는 경우에는 모형이 수중으로 침하되지 않고 표층에서 파랑에 따라 전후 및 상하 방향으로 운동하면서 유지되고 있었다. 따라서 이 연구에서 개발한 파랑의 크기에 따른 가두리 시설의 자동 부침 기능을 위한 알고리즘과 제어기의 유용성을 확인할 수 있었다.

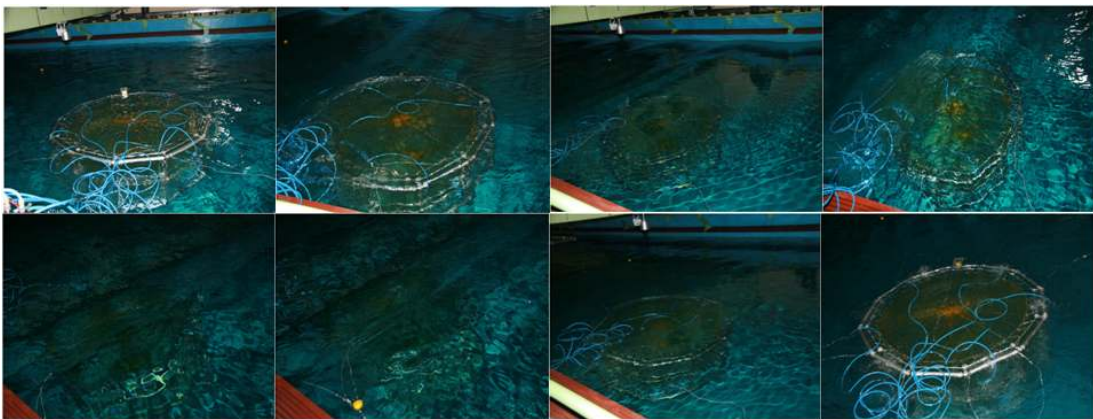


Fig. 2. Automatic submerging(upper) and surfacing(lower) operations of the model fish cage system by air control under wave and no wave.

Fig. 3은 임계값으로 설정한 파고보다 큰 파랑(입사 파고 0.2 m, 주기 1.4 s)이 모형 가두리 시설에 입사되는 경우 모형 가두리가 목표 수심인 0.5 m, 1.0 m, 1.5 m 및 2.0 m까지 자동 침하 실험을 수행한 결과이다. 이 경우 각각의 목표 수심에서의 허용되는 상하 운동의 폭은 $\pm 15\%$ 를 설정하였다. Fig. 3에서는 모형 가두리가 각각의 침하 목표 수심까지 자동으로 침하하여 침하 목표 수층에서 일정 시간의 진동 특성과 함께 균형을 유지하고, 다시 원래의 위치로 자동 부상되는 것을 볼 수 있었다. 비교적 얕은 수심인 1.0 m까지의 결과에서 목표 수심에서의 진동 특성이 균일하지 못한 것은 가두리 시설에 장착된 6개의 가변 밸러스트 탱크 내의 공기와 물의 양이 서로 균등하게 유·출입되지 않기 때문이며, 목표 수심에 다다르면서 각각의 가변 밸러스트 탱크내의 공기와 물의 양을 균등하게 배분하기 위해 더욱 정밀한 제어를 하도록 프로그램이 지속적으로 동작하기 때문

이다. 그리고 모형 가두리가 하강하거나 상승시에 가두리 시설의 균형을 유지하기 위한 제어 프로그램이 지속적으로 동작하기 때문에 목표 수심 1.5 m 이상에서의 결과에서 보는 바와 같이 목표 수심이 깊어지게 되면, 가두리 시설의 균형을 유지하기 위한 각각의 가변 밸러스트 탱크 내의 공기와 물의 양을 균등하게 배분할 수 있는 시간을 더 많이 확보함으로써 목표 수심에 도달해서는 비교적 안정적인 진동 특성을 보이게 된다. 단지 가두리 시설의 운동량이 목표 수심에서 상당한 진동 폭을 나타낸 것은 운동량을 측정하는 자이로스코프와 수압계의 장착 위치가 Fig. 2에서와 같이 모형 가두리 시설의 프레임 한쪽 측면에 치우쳐 설치되어 있기 때문에 가두리 시설이 운동량이 더욱 크게 계측되었다고 사료된다. 그러나 이와 같은 현상은 가두리 시설의 운동량을 중앙 부분에서 계측하면 상당히 감소될 것으로 예상된다.

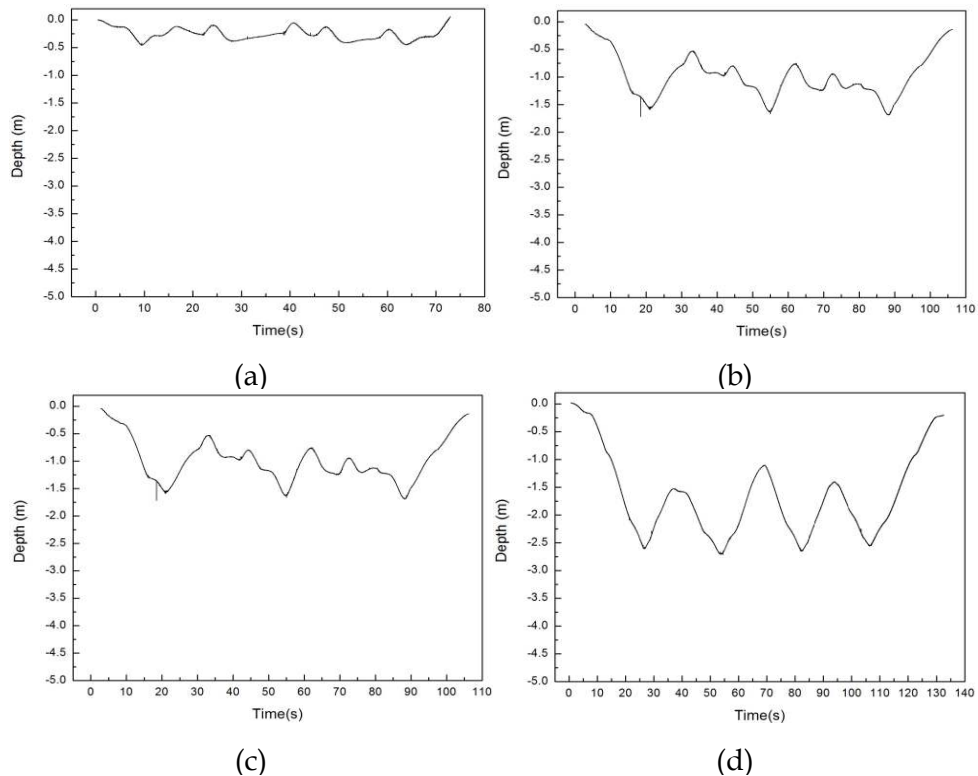


Fig. 3. Automatic submerging and surfacing characteristics of the model cage system for wave of height greater than critical wave height (a: target depth 0.5 m; b: target depth 1.0 m; c: target depth 1.5 m; d: target depth: 2.0 m).

참고문헌

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