

## 공기 제어에 의한 자동 부침 부자의 부침 성능

김태호<sup>1</sup> · 허정규<sup>1</sup> · 양경욱<sup>†</sup>

(원고접수일 : 2010년 5월 7일, 원고수정일 : 2010년 6월 23일, 심사완료일 : 2010년 7월 23일)

### Submerging Performances of Automatic Submersible Buoy Operated by Air Control

Tae-Ho Kim<sup>1</sup> · Jung-Gyu Hur<sup>1</sup> and Kyong-Uk Yang<sup>†</sup>

**요약** : 자동 부침식 가두리 시설을 개발하기 위해 가두리 시설을 구형 부자로 단순화하여 이것의 자동 침하 및 상승 관련 제어 알고리즘 및 프로그램을 개발하였고 실내 수조 실험을 통해 그 유용성을 확인하였다. 또한 기존 연구 결과의 수치와도 비교 분석함으로써 기존 연구의 수치 모델 결과의 유용성을 재확인하게 되었다. 그리고 실물 실험에 대한 선행 연구로써 많은 변수들과 부력에 대한 비선형적인 메커니즘을 제어를 통해 극복하였으며, 이는 실물 실험에 있어 중요한 요소로 작용될 것이다.

**주제어** : 부침식 가두리, 자동 침하 및 상승, 압축 공기

**Abstract**: The primary object of this study was to develop the control algorithm and program for automatic submersible buoy which is free to move vertically within the water column by adjusting weight and buoyancy forces by air control. The experiment was performed to validate the usefulness of the program in the indoor water tank. In the experiment, the automatic submerging and surfacing of the buoy were controlled by water-pressure gauge and air control system. The buoy is raised by injecting compressed air from a compressor and then is lowered by releasing the air.

The submerging and surfacing characteristics of the buoy calculated with the numerical model were similar to measurements obtained with the experiment.

It was concluded that the algorithm and program could be useful in analyzing various parameters and submerging mechanisms required to design new type of automatic submersible fish cage system.

**Key words**: Submersible fish cage system, Automatic submerging and surfacing, Compressed air

### 1. 서 론

일반적으로 가두리 양식은 육지에서 떨어진 바닷가에서 여러 가지 재질의 그물로 도포 방지 시설을 만들어 어류를 양식하는 양식 방법이다. 종래의 가두리는 가까운 바다에 설치되었으나, 최근에는 수질이 깨끗한 수역에서 양식하기 위해 먼 바다로 진

출하고 있는 추세이다. 특히 최근에는 지구 온난화에 의한 수온 상승으로 우리나라 연안에 참다랑어가 많이 회유해 오고 있어 이들을 어획하여 먼 바다에 가두리를 시설하여 일시 육성하는 방법도 시도되고 있다. 그런데 이 경우 종래의 부유식 가두리 시설을 사용하게 되면 파랑 등 해양의 환경 외

<sup>†</sup> 교신저자(전남대학교 해양기술학부, E-mail: yangku@chonnam.ac.kr, Tel: 061-659-3134)

<sup>1</sup> 전남대학교 해양기술학부

력에 의해 가두리가 파손되어 어업인에게 막대한 손해를 끼칠 수 있다. 따라서 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 양식 선진국에서 활발하게 수행되었다[1]. 그 결과 일본, 노르웨이, 스웨덴 등에서는 압축 공기의 배기와 주입에 의해 시설물의 하강(침하)과 상승(부양)이 이루어지는 부침식 가두리 시설이 개발되어 실용화 되었다. 그리고 우리나라에서도 이 시설의 개발을 위해 Kim and Shin[2]과 Kim et al.[3-4]이 압축 공기를 이용한 부침식 가두리 시설의 부침 기능에 대한 연구를 수행하였다.

그러나 상기에서 언급한 가두리 시설은 파랑 등 긴급 재해가 발생되기 전에 작업자가 가두리 어장에 도착하여 가두리 시설을 수동으로 침하시켜야 하는 사용상의 불편함으로 인해 우리나라에서는 전혀 실용화되지 못하고 있는 실정이다. 따라서 부침식 가두리 시설의 실용화를 위해서는 가두리가 파랑, 풍속 등 외부 환경 조건을 스스로 감지하여 환경 조건이 열악한 경우에는 자동으로 일정 수층까지 가라앉았다가 환경 조건이 정상으로 돌아오는 경우에는 다시 수면까지 부상되어 가두리의 파손을 방지할 수 있는 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 확인하였으며, 그 결과를 기존 연구[5]에서 제안한 수치 모델 결과와 비교 분석하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 자동 부침 부자의 구성 장치

이 연구에서 제안한 자동 부침 부자의 구성 장치의 개략도를 Figure 1에 나타내었다. 이 부침 부자에 들어가는 압축 공기는 3way 밸브를 이용하

여 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 상관계에 의해 부침 부자가 상승 또는 하강하게 된다. 즉, 부침 부자의 무게가 증가하여 부력보다 커지게 되면 밑으로 가라앉게 되며, 반대로 부침 부자의 무게가 가벼워지면 상대적으로 부력이 커져서 위로 뜨게 된다. 따라서 3way 밸브와 2way 밸브를 이용하여 부침 부자내 압축 공기의 압력을 조절함으로써 부침 부자가 하강과 상승을 하게 한다. 그리고 펄스폭(PWM) 제어 방식을 사용하여 밸브를 조절하였다. 이 경우 단순한 개폐 형태로 만들어지는 밸브의 개구 면적을 변화하여 유효 단면적으로 전환시키고 그것을 조정하여 어느 정도 안정된 결과를 얻을 수 있도록 하였으며, 제어 방법으로는 실용적인 기준 모델 제안 방법[6]을 사용하여 만족한 제어 결과를 얻을 수 있었다. 또한 밸브에 인가되는 제어 신호는 외부에서 관측되는 센서(위치, 파고 등)신호를 이용하여 제어를 통해서 얻어지게 된다.

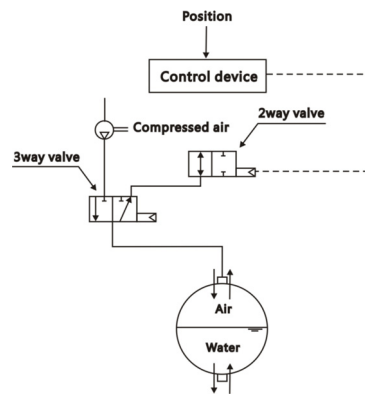


Figure 1: Automatic submersible buoy system operated by air control.

한편, 전체 시스템을 제어하기 위한 선행적 과제는 대상이 되는 시스템을 수학적으로 표현하는 모델링 작업이다. 이 모델링 방법은 시스템을 구성하

는 각 요소들에 관한 관련식이나 관계식을 구성함으로써 전체 시스템을 수학적 관계식으로 표현하게 된다. 이 연구에서는 시스템에서 고려되는 변수들을 알기 쉽게 표현하고 무엇보다도 1차 형태의 상태방정식으로 전체 시스템을 나타낼 수 있는 본드 선도 기법[7]을 사용하여 시스템을 모델링 하였다.

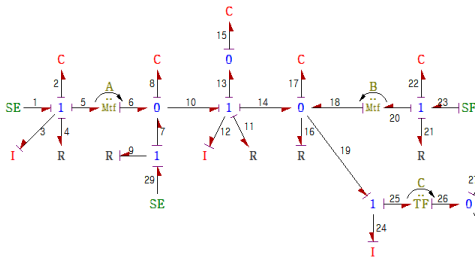


Figure 2: Bond graphic of Automatic submersible buoy.

Figure 2는 실험의 전체 시스템을 본드선도로 모델링 한 것이다. 각 부위의 C, I 및 R과 같은 변수는 Capacitor, Inertia 및 Resistor를 나타내는 것으로 시스템의 성격(기계, 유체, 전기 등)에 따라 각각 다른 형태의 관계식으로 변수를 표현하게 된다. 여기에서 SE와 SF는 각각 Supply Effort와 Supply Flow를 나타내는 것으로 입력되는 전기 신호와 같은 신호 입력이나 힘, 속도, 에너지 등과 같은 공급되는 양을 나타내는 변수이다.

그런데 Figure 2는 하나의 가지 형태로 표현되어 있지만 6개의 시스템을 포함하고 있다. 즉, 제어 밸브 내의 역학 관계를 표시하는 노드 1~5, 부침 부자에 공급되는 압축 공기의 변화를 나타내는 노드 6~10, 밸브에서 부침 부자까지 위치한 관로의 영향을 나타내는 노드 10~14, 부침 부자 내 압축 공기의 변화를 나타내는 노드 15~18, 압축 공기가 부침 부자로 들어오고 나가는 해수량의 변화를 나타내는 노드 20~23, 부침 부자내에 공존하고 있는 압축 공기와 해수의 상호 반응에 의하여 부자의 부침을 나타내는 노드 24~28과 같이 나타낼 수 있다.

노드 1~5에서 노드 1(SE)은 전기 신호의 입력을 나타내고, 노드 2의 C변수는 밸브의 스프링 계수, 노드 3의 I변수는 밸브 스톱의 관성, 노드 4의

R변수는 밸브내의 마찰이나 손실 저항을 표현한 것이다. 노드 6~10에서 노드 8의 C변수는 밸브내의 체적 탄성 계수를 나타내고, 노드 9의 R변수는 노드 29(SE)에서 공급되는 공기에 의해 밸브 입구측에서의 관로 저항을 나타낸다. 노드 10~14는 밸브에서 부침 부자까지의 관로와 관련 부분으로 노드 11의 I변수는 관로내의 공기의 저항, 노드 12의 I변수는 관로내의 공기의 체적 탄성 계수, 노드 15의 C변수는 관로의 압력을 나타낸다. 노드 14~18과 14~25는 부침 부자내의 공기의 변화를 나타내는 것으로, 노드 16은 부침 부자내의 공기 저항, 노드 17은 부침 부자내의 공기의 압력, 노드 24는 부침 부자내로의 공기의 흐름을 나타낸다. 노드 18~23은 부침 부자내의 해수의 변화를 나타내는 것으로 노드 23(SE)는 부침 부자내로 유입되는 해수의 공급량, 노드 21은 해수의 유체 저항, 노드 22는 해수의 체적 탄성 계수를 나타낸다. 노드 25는 부침 부자 자체의 상하 운동을, 노드 27은 부침 부자가 운동할 때 수면 아래에서의 유체 저항을, 노드 28은 부침 부자의 관성을 나타낸다.

Figure 2에서 A, B 및 C의 MTF(motional transformer)와 TF는 변환 계수로서 유체 특성이 기계적 특성으로 변환하거나 기계적 특성이 유체 특성으로 변환될 때, 혹은 각각의 시스템 특성이 전기적 특성으로 변환될 경우나 그 반대의 경우에 사용되는 변수로서, 여기에서는 밸브의 작동에 의해 공기의 양이 조절되는 상관관계, 즉 기계적 특성이 유체 특성으로 변화되는 것을 나타내는 부분인 노드 5와 6에서 A변환 계수를 사용하였다. 그리고 부침 부자내로 공기의 유출입에 의해 해수의 유출입이 이뤄지는 특성, 즉 기체 특성에 의해 유체 특성으로 변환되는 부분인 노드 18과 20에서 B변환 계수를, 공기량의 조절에 따라 부침 부자가 부상과 침하하는 상관관계를 나타내는 부분, 즉 기체 특성이 기계적 특성으로 변환되는 부분인 노드 25와 26에서 C변환 계수를 사용하였다. 에너지 공급을 표시하는 노드 1, 23 및 29는 밸브에 인가되는 신호, 밸브에 공급되는 압축 공기의 압력 및 부침 부자에 작용하는 해수의 양을 표시한다.

이 본드 선도를 이용하여 자동 부침 부자 구성

장치의 상태 방정식을 구하게 되면, 시스템 행렬은 (1)식으로 나타낼 수 있다. 또한, 입력 행렬과 입력력은 (2)식과 같다.

$$\begin{bmatrix} R27/M28 & R27^*C/M24 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ C^*R27/M28 & -C^*R27^*M24 & 0 & 0 & 0 & K17 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -(R11/M12) & 0 & 0 & -K17 & -K15 & K8 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -(R4/M3) & 0 & 0 & -(A^*K8) & -K2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -(1/M24) & 1/M12 & 0 & 0 & -1/R16^*K17 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1/M12 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1/M12 & A/M3 & 0 & 0 & 0 & (1/R9)^*K8 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & M3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & B & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1/R9 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{matrix} SE1 \\ SF23 \\ SE29 \end{matrix} \quad (2)$$

2.2 제어기 구성

수조 실험과 수치 해석을 통해 제어하고자 하는 부침 부자의 특성을 예측하여 파라미터를 도출하고 제안한 알고리즘을 이용하여 제어기를 구성하였다. 먼저 부침 부자의 위치 제어 시스템에 관한 모델식과 단위 계단 응답의 최대 오버슈트량, 최대값 시간 등을 이용하여 미지의 파라미터들을 추정한다. 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 시스템 사이를 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 밸브와 2way 밸브를 조정하는 스위칭 보드)를 컴퓨터와 접속시켜 상호 정보 전달이 되도록 하였다. 여기에서 얻어진 계측량으로 이 연구에서 제안한 제어 알고리즘을 이용하여 부침 부자의 현재 상태를 파악한 후 원하는 제어 입력을 출력하여 기준 입력에 도달하도록 설계하였다. 이러한 점들을 감안하여 Figure 3에서와 같이 부침 부자의 자동 하강 및 상승에 관한 제어 시스템을 구성하였다.

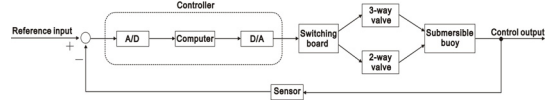


Figure 3: Control system of automatic submersible buoy.

2.3 제어 프로그램 개발

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 모니터링하고 데이터를 저장할 수 있는 프로그램으로 구성되어 있다.

이 연구에서 제안한 부침 부자의 특징은 앞에서 언급한 바와 같이 부침 부자가 하강하는 경우에는

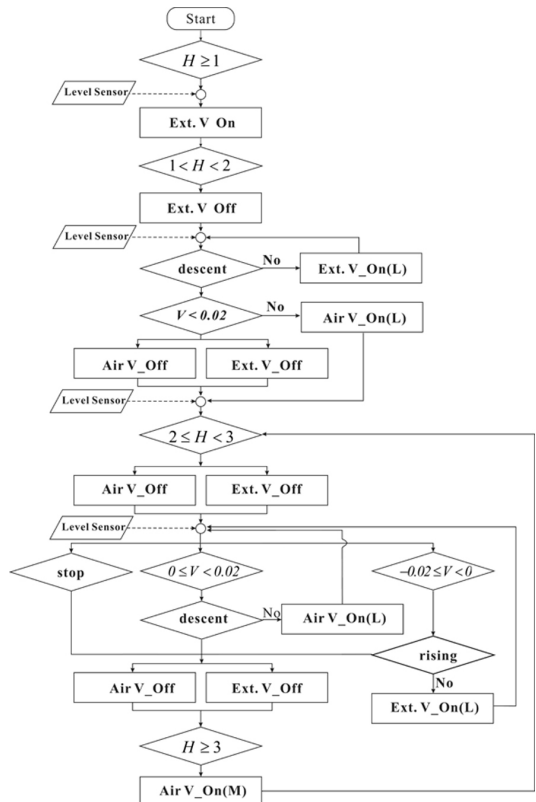


Figure 4: Control logic of automatic submersible buoy.

부자안의 공기의 압력을 낮추어 해수가 그 안으로 들어오게 하고, 상승할 경우에는 반대로 공기가 들어가도록 하는 것이다. 그 결과 부침 부자에 부력 변화가 발생하여 부자의 위치가 변화하게 된다. 이 경우 수압계를 이용하여 부침 부자의 위치를 실시간으로 계측하고, 이 신호를 처리한 후 수심 제어 프로그램에서 적절한 제어 입력 신호를 구동부인 밸브에 인가하여 공기의 양을 제어하게 된다. 그리고 부침 부자의 외부 환경이 급격히 변화하는 경우에는 부침 부자가 원하는 수심의 위치까지 자동으로 하강 또는 상승되도록 시나리오를 작성하였다. 한편, 프로그램 중 설정된 위치에 부침 부자가 위치하도록 계산하는 로직의 순서도를 Figure 4에 나타내었다.

2.4 실험 방법

자동 부침 부자의 부침 성능을 파악하기 위해 Figure 5에서와 같이 실내에 설치된 원통형 수조 (Ø0.98 m×1.2 m)에서 부침 부자에 관한 실험을 수행하였다. 이 경우 부침 부자의 형태는 Figure 6과 같이 구형이며 크기는 지름이 0.38 m이다. 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 주배수구가 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 수압계의 신호를 받아들여 계측하였다.

부침 부자의 침하 시에는 3way 밸브의 유로를

2way 밸브로 연결시켜 2way 밸브의 개구 면적을 조절하였으며, 부자가 원하는 수심에 도달하면 3way 밸브와 2way 밸브의 개구 면적을 수압계의 신호를 이용하여 수심에 알맞은 적절한 개구 면적을 형성하도록 제어 신호를 밸브에 보냈다.

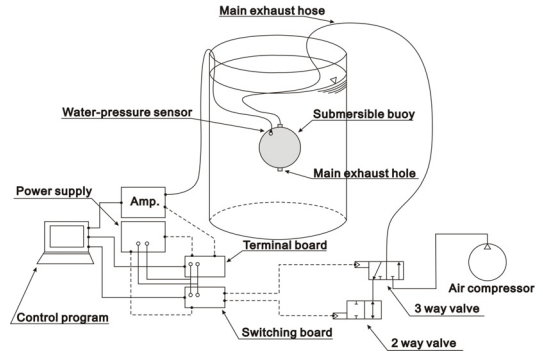


Figure 5: Experimental setup of automatic submersible buoy.

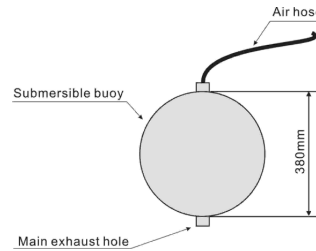


Figure 6: Structure of automatic submersible buoy.

3. 결과 및 고찰

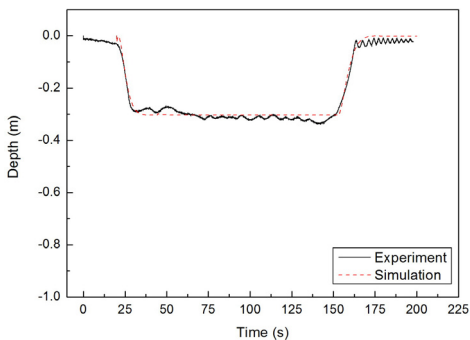
Figure 7은 부침 부자의 자동 침하 및 부상 과정을 나타낸 것이다.



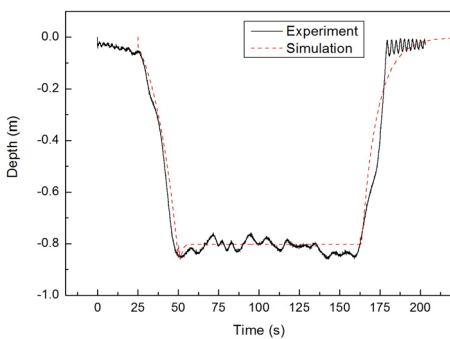
Figure 7: Submersible buoy during sinking(a) and floating(b) by automatic control system

이것에서 보는 바와 같이 부침 부자가 일정 위치까지 수직으로 자동 침하되었다가 일정 시간이 경

과한 후 원래의 위치까지 부상되고 있다. **Figure 8**은 시간의 경과에 따른 부침 부자가 목표 수심으로 설정한 0.3 m까지 자동으로 침하되었다가 다시 원래의 위치로 부상한 것을 나타낸 것이다. 이것에서 보면 부침 부자는 목표 수심인 0.3 m까지 자동으로 침하되는데 약 25초가 소요되었으며, 약 135초 후에 원래의 위치까지 자동으로 부상하였다. 이와 같은 결과는 기존 연구[5]에서 제안한 수치 모델을 적용하여 계산한 결과와도 잘 일치하고 있다. **Figure 9**는 시간의 경과에 따른 부침 부자가 자동으로 목표 수심으로 설정한 0.8 m까지 침하되었다가 다시 원래의 위치로 부상된 것을 나타낸 것이다. 이것에서 보면 부침 부자는 목표 수심인 0.8 m까지 자동으로 침하되는데 약 50초가 소요되었으며, 약 125초 후에 원래의 위치까지 자동으로 부



**Figure 8:** Time history for lowering to 0.3 m and raising to the surface of automatic submersible buoy by experiment and numerical model.



**Figure 9:** Time history for lowering to 0.8 m and raising to the surface of automatic submersible buoy by experiment and numerical model.

상하였다. 이상에서와 같이 부침 부자에 대한 자동 부침 기능 재현 여부에 대한 실험을 수행한 결과, 부침 부자가 자동으로 목표 수심까지 침하 및 원래 위치까지 부상이 성공적으로 이루어졌으며, 이 결과는 수치 해석에서 구한 것과 거의 일치하였다. 따라서 본 연구에서 개발한 자동 부침 관련 알고리즘과 제어가 유용하다는 것을 확인할 수 있었다.

#### 4. 결 론

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 개발하였고 실내 수조 실험을 통해 그 유용성을 확인하였다. 또한 기존 연구 결과의 수치와도 비교 분석함으로써 기존 연구의 수치 모델 결과의 유용성을 재확인하게 되었다. 그리고 실험 실행에 대한 선행 연구로써 많은 변수들과 부력에 대한 비선형적인 메커니즘을 제어를 통해 극복하였으며, 이는 실험 실행에 있어 중요한 요소로 작용될 것이다. 또한 실험 환경의 특성상, 가벼운 재질의 단순 구형 부자가 실내 수조에서의 민감한 상하 운동과 낮은 수위에서도 정밀한 제어가 가능하였다. 따라서 앞으로 무게가 무겁고 대형 구조물인 실험 가두리에 이 연구에서 개발한 제어 기법을 적용하는 경우 부침 부자보다도 반응 속도가 상대적으로 느리기 때문에 비교적 쉽게 제어가 가능하리라 사료된다.

#### 후 기

본 연구는 농림수산식품부 수산 기술 개발 사업의 지원에 의해 이루어진 것임

#### 참고문헌

- [1] M. Beveridge, Cage aquaculture. 3rd ed. Blackwell Publishing, 2004.
- [2] J. O. Kim, and H. I. Shin, "Studies on the compresses air submersible fish cage system - I. Dynamic characteristics of the submersible fish cage-". Bull. Korean Soc. Fish. Tech., vol. 32, no. 2,

117-124, 1996(in Korean).

- [3] J. O. Kim, T. H. Kim, H. K. Oh and E. C. Jeong, "Studies on the development of the submersible fish cage I - Characteristics of submergence and motion -". Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Inst, no. 54, 149-155, 1998(in Korean).
- [4] J. O. kim, T. H. Kim, H. K. Oh and E. C. Jeong, "Studies on the development of the submersible fish cage II - Submergence function of cage facility and behaviour response by the noise of fishes farmed -". Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Inst, no. 55, 17-24, 1999(in Korean).
- [5] T. H. Kim, K. U. Yang, D. J. Jang and D. W. Fredriksson, "The submerging characteristics of a submersible fish cage system operated by compressed air", Marine Technology Society Journal. vol. 44, no. 1, 57-68, 2010.
- [6] Hur, J. G. and Yang, K. U., "Proposal of practical reference-model and it's performance improvement for PID control", Journal of Korea Society for Power System Engineering, vol. 11 no. 3, 66-72, 2007(in Korean).
- [7] Karnopp, D. C. and Margolis, D. L, System Dynamics, 12-252, 2000.



#### 허정규(許禎規)

2008년 전남대학교 동력시스템공학과 박사과정 수료(공학석사). 관심 분야: 수치 해석 및 시뮬레이션, 유공압제어.



#### 양경욱(梁敬旭)

1997년 부경대학교 제어기계공학과(공학박사), 1998년 - 현재 전남대학교 해양기술학부(부교수). 관심 분야: 수치 해석 및 시뮬레이션, 유공압 제어.

## 저 자 소 개



#### 김태호(金泰浩)

2000년 부경대학교 해양공학과(공학박사), 1993년 - 2004년 국립수산물연구원 수산연구소, 수산연구원, 2004년 - 현재 전남대학교 해양기술학부(부교수). 관심 분야: 외해 가두리, 인공어초, 어구공학.