

# 壓縮空氣式 浮沈가두리에 관한 研究 - I

- 浮沈가두리의 動的特性 -

金 再 午 · 辛 亨 鎰

釜山水產大學校

(1996년 2월 2일 접수)

## Studies on the Compressed Air Submersible Fish Cage System - I

- Dynamic Characteristic of the Submersible Fish Cage -

Jae-Oh KIM and Hyeong-II SHIN

National Fisheries University of Pusan

(Received February 2th, 1996)

### Abstract

The real size submersible fish cage(L×B×D, 3×3×6m)system consists of the compressed air equipment was made in order to control efficiently in case of heavy weather or environmental pollution such as red tide, and then carried out experiment on the submersible functions and safety for that cage at Koje inland sea in 14<sup>th</sup> June, 1995.

The authors could confirm that the submersible cage was very stabilized it's submersible functions and safety when the cage was floating and sinking at sea.

### 緒 論

水産資源의 고갈과 남획으로 인한 漁業生物資源의 회복과 안정된 자원 공급을 위해 수년간 沿岸 漁場에 부설하여 조업하여 온 가두리 양식시설은 비교적 높은 생산실적을 거두어 왔다. 그러나, 최근들어 좁은 연안에 너무 많은 가두리 시설을 함으로써 해양환경의 황폐화로 적지 않은 피해를 입고 있으며, 종래의 固定式, 浮動式 가두리는 비교적 한 장소에 한정되게 되었다.

이러한 결점을 해소하기 위하여 가두리 상부에 천정망을 붙이고, 가두리 전체를 수면하의 소정의 수심에 가라 앉혀 지지하는 沈下式 가두리 방식이

선진 외국에서는 이미 개발되어 설치 운용되고 있으며, 그 효율을 높이기 위해 이에 관한 새로운 방법들을 연구 중에 있으나 우리나라에서는 아직 이러한 연구가 거의 없다.

본 논문은 해상에서 태풍이나 적조 등의 재해가 예상될 때 압축공기를 이용하여 가두리 시설물을 가라앉히고, 평상시는 부양된 상태로 어류를 양식할 수 있는 壓縮空氣式 浮沈가두리를 실물 크기로 제작하여 가두리의 浮沈機能과 해상에서의 安全性에 대해 측정, 분석하였다.

裝置 및 方法

1. 浮沈裝置

1) 浮沈가두리의 構造

실험에 이용한 가두리의 구조와 압축공기 주입 장치는 Fig. 1과 같고, 실제 가두리의 모양은 Photo 1과 같으며, 부침가두리를 구성하는 부속구의 제

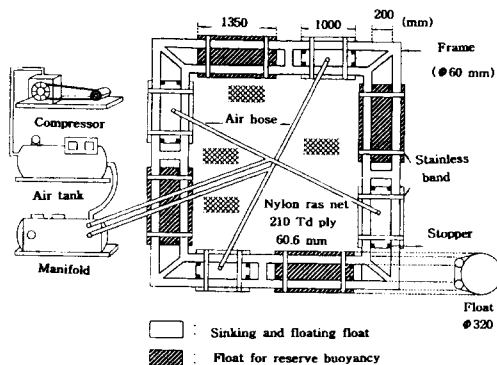


Fig. 1. Structure of the submersible fish cage and air supplier.

원은 Table 1과 같다.

부침가두리는 Fig. 1과 같이 정사각형 사다리꼴의 프레임에 윗쪽에는 기존의 가두리와 같이 작업인이 작업 발판으로 사용할 수 있도록 하였으며, 아랫쪽에는 PVC로 된 예비부력뿔( $\phi 320 \times L 1,350 \text{ mm}$ )과 부침뿔( $\phi 320 \times L 1,000 \text{ mm}$ )을 각각 4개씩 서로 대칭되게 하고, 폭 20mm인 스텐레스 밴드를 죄어 부착하여 부침시 수평으로 균형있게 부침할 수 있도록 하였다.

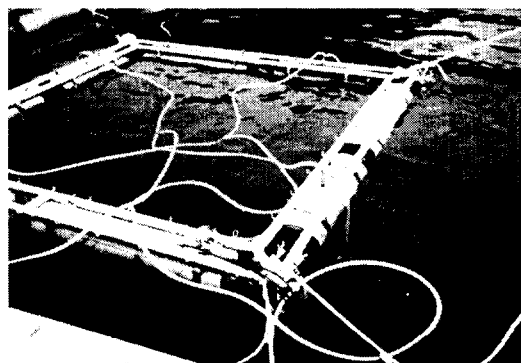


Photo 1. Submersible fish cage moored at sea.

Table 1. Specification and dimension of the submersible fish cage and the air supplier

Item		Specification
Fish cage	Size	L × B × D(3 × 3 × 6m)
Frame	Type	regular teragon parallel ladder(width 20cm)
Hose	Material and size	steel(KS 50A) and $\phi 16 \text{ mm}$
Net	Material size	210Td ply 60.6mm, nylon rasel net
Sinkers	Weight and number	9.75kg × 4ea
	Material	stone
Anchor	Weight and number	70kg × 4ea and 110kg × 2ea danforth anchor
Sinking and floating float	Size	$\phi 320 \text{ mm} \times L 1,000 \text{ mm}$
	Buoyancy and number	61.88kg × 4ea
	Material	P. V. C.
	Each weight in water	11.8kg
Reserve float	Size	$\phi 320 \text{ mm} \times L 350 \text{ mm}$
	Buoyancy and number	83.54kg × 4ea
	Material	P. V. C.
	Each weight in water	6.56kg
Air supplier	Compressor	
	free air delivery and discharge	240l/min and 2.2kw
	Air tank receiver	
	capacity and working pressure	200l and 15kgf/cm <sup>2</sup>
Manifold size	$\phi 89.1 \text{ mm} \times L 900 \text{ mm}$	

압축공기를 부침 뜬에 주입·배기하는 밸브는 해수로 부식되지 않는 청동제를 사용하여 공기가 새어나오지 않도록 뜬의 중앙 상부에 부착하였으며, 해수의 주입과 배수는 뜬의 중앙 하부에 소켓식 파이프를 부착하여 일정하게 유통되도록 하였다. 또한, 덮개망을 포함한 모든 망지(Td 210×60 ply)는 나이론과 PE絲로 된 무결질 60.6mm目が 있고, 망의 힘줄은 PP로프(φ16mm)를 사용하였으며, 그물 아랫쪽이 조류에 날리지 않도록 하기 위하여 9.75kg의 돌을 네모서리에 붙였다.

가두리의 부침에 필요한 압축공기는 Fig. 1에서와 같이 공기압축기(air compressor)에서 발생시켜 13kgf/cm<sup>2</sup>의 안전 밸브와 수동 개폐 밸브를 각각 1개씩 부착한 공기 탱크(air tank)에 보내고 이 압축공기는 매니폴드(manifold)에 들어가게 하였다. 매니폴드에는 공기탱크로부터 압축공기를 주입하는 개폐밸브(φ16mm)와 뜬에 압축공기를 주입하고 배기할 수 있는 主排氣밸브(φ16mm)를 부착하였다.

## 2) 浮沈平衡基準値의 設定과 浮沈뜸의 設計

부침식 가두리를 수중에 침하시키고 표층으로 부상시키는 침강력과 부력에 대한 浮沈平衡基準은 C. M. Beveridge(1987)가 제안한 방법을 이용하였으며, 부침뜸은 가두리 전체의 靜的荷重만을 고려하여 설계하였다.

부침식 가두리의 침강력에 영향을 미치는 요소들로서는 주로 가두리의 그물감, 부침침자, 프레임, 부침뜸과 예비부력 뜬의 수중 무게 등을 들 수 있으며, 가두리 그물감의 수중 무게는 그물감의 단위 면적당 56g/m<sup>2</sup>결리고, 해조류의 부착으로 실제 무게보다 15배 개상됨을 기준하면 65.55kg이고, 이들 그물감이 수직방향으로 원할하게 뻗어질 수 있도록 부가하는 침자는 그물감의 단위면적당 0.5kg/m<sup>2</sup>을 기준하므로 전체 침자의 수중무게는 39kg이 된다.

총길이 27.2m인 프레임은 단위 길이당 4.52kg/m이므로 수중 무게는 122.81kg으로 하였으며, 각각 4개씩의 예비부력 뜬과 부침 뜬의 수중 무게는 45.67 kg을 기준으로 하였다. 따라서, 부침식 가두리의 총 침강력은 227.36kg이나 安全率을 1.25로

보면 靜的荷重은 284.2kg이 된다.

또한, 日本石川縣水産試驗場(1979)의 실험에 의하면 最適剩餘浮力은 정적하중의 2~3배이므로 여기서는, 정적하중 284.2kg의 2.05배가 되도록 1개당의 예비부력 뜬의 크기를 φ320mm×L1,350mm, 부침뜸의 크기는 φ320mm×L1,000mm되도록 설계하여 부력이 각각 83.54kg, 61.88kg이 되게 하였으며, 그 총 부력은 581.68kg이었다.

한편, 뜬의 부력과 잉여부력에 대한 이론적 조건인 안전율을 두면 가두리의 수중하중이 284.2kg이나 실험하중은 227.36kg이므로 예비부력 334.16kg보다 적어서 가두리는 침하지 않는다.

따라서, 어느 수층에 가두리가 침하한 채로 浮沈平衡을 유지하고 빠르게 침하시키기 위해서 안전율을 고려하지 아니한 가두리의 수직하중과 예비부력 뜬의 부력과의 차이 인 106.8kg의 2.25배에 상당하는 12개의 부가물을 중량이 각각 20kg되게 철재로 만들어 가두리의 프레임 각면에 대칭으로 묶어 달아 가두리의 침강력을 조절하였다.

이 경우, 부침뜸에 해수가 채워져 부력이 없을 때는 가두리의 침강력 부가물의 무게 240kg과 가두리 전체의 수직하중 284.2kg 그리고, 부침뜸에 채워진 해수의 무게 247.52kg 모두 771.72kg이므로 예비부력 334.16kg보다 크므로 침하게 된다. 반대로 부상시키기 위하여 가두리의 수중 총 침강력보다 예비부력 뜬과 부침뜸의 합계 부력 581.68kg이 수직하중 284.2kg과 부가물의 무게 240kg이 합성된 524.2kg보다 크게하여 부양하도록 설계하였으며, 본 실험에서는 수심 3.5m에 정지하도록 하였다.

## 2. 浮沈 方法

浮沈가두리의 機能實驗은 Fig. 2와 같이 거제 학동리 장유수산 어류 養殖場, 해안선으로부터 약 400m떨어져 있는 水深이 15m이고 風波의 영향을 직접 받는 해역에서 실시하였으며, 浮沈뜸의 機能試驗은 국립부산진흥원 회류수조에서 실시하였다.

### 1) 浮沈뜸과 가두리의 機能試驗

부침뜸의 부침기능을 파악하기 위하여 Fig. 3과 같이 직경 318mm, 길이 400mm인 원동형 부침뜸

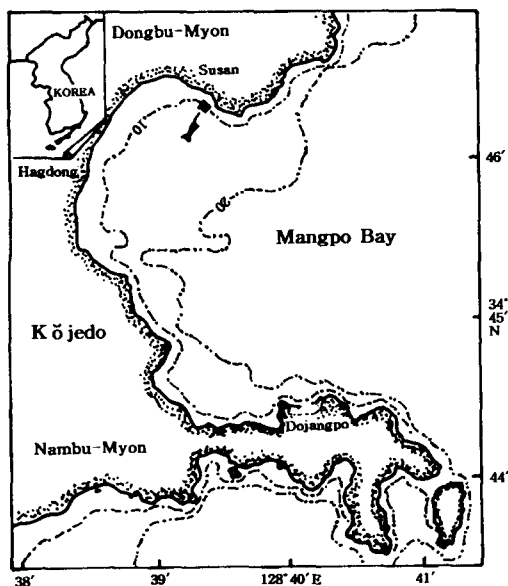


Fig. 2. Set up position of the experimented submersible fish cage.

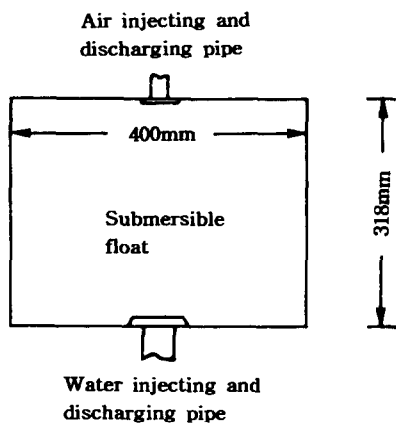


Fig. 3. Dimension of the experimented sinking and floating float.

을 제작하고, 注排氣管의 직경을 3, 7, 13mm, 注排水管의 직경을 13, 25, 61mm로 만들어 이들 2개의 관을 서로 조합하여 깊이 1m의 수조에서 초기 공기압을  $1.5\text{kg/cm}^2$  상태에서 압축공기를 주입해서 부침수심 78cm까지의 침하시간과 부양시간을 측정하였다.

가두리 전체의 浮沈기능에 대한 실험은 공기탱크에 미리 저장되어 있던 壓縮空氣를 매니폴드의

주배기변을 열어서 4개의 부침 뜬에 동시에 주입하여 예비부력 뜬과 부침 뜬의 合計浮力이 가두리의 수중 침강력보다 크면 가두리가 浮場하게 하며, 또 뜬에 부착되어 있는 注排氣弁과 매니폴드의 주배기변을 닫을 때 가두리가 부양된 상태로 뜨 있을 수 있게 하고 沈下時에는 부양할 때와 반대순서로 관계 배기변을 열어 압축공기를 부침용 뜬에 빠지게 하여 공기가 차지하고 있던 공간에 注排水管으로 海水가 유입되어 부력이 줄어들면서 既存豫備浮力 뜬의 부력이 流入된 해수와 가두리의 자체 무게보다 적을 때 가두리의 네 모서리에 연결된 로프의 指定길이 3.75m까지 가두리를 침하게 하여 水深 3.5m에서 停止하도록 하면서 스톱 위치로 부침시간을 측정하고 수중 비데오를 촬영하였으며, 부양시 공기탱크의 초기 공기압은  $9\text{kgf/cm}^2$ 로 하였다.

## 2) 波浪觀測 및 動搖試驗

外海는 沿岸에 비하여 海況이 나쁘기 때문에 가두리의 繫留나 관리가 어렵고 파랑으로 인하여 일어나는 가두리의 불규칙 운동은 양식어류의 생태에 악영향을 미칠 수 있으므로 시험해역의 파랑을 관측하기 위하여 波壓의 변화에 파압전달 계수를 보정하여 波高로 換算하며, 波別解析 및 스펙트럼 해석을 실시하여 음향 전달의 도플러 효과에 의해 風波成分만을 抽出하고 東分力 및 北分力 등 방향별로 유속을 측정할 수 있는 PUV(ACM 8M) 波高計로서 5시간 동안 연속하여 시설해역의 5m 수심에서 파압을 측정하여 波浪 특성을 구명하였다. 動搖試驗은 Fig. 4와 같이 X, Y, Z軸으로 동시에 가속도를 측정할 수 있는 3축형 스트레인 게이지식 加速度 變換機로 된 加速度計(AS-2TG, Kwoya)를 가두리의 상부에 부착하여 서즈(surge), 스웨이(sway), 히브(heave)운동의 가속도를 측정하고 측정된 가속도 전압이 리모트 센싱 케이블(remote sensing cable)을 통하여 變形 增幅器(NTS-1250,

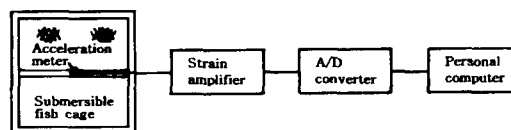


Fig. 4. Schematic diagram of acceleration measuring equipment.

3체널)에 전달되어 증폭되고, 증폭된 전압을 A/D 變換機(AX 5411)를 통해 컴퓨터에 입력시켜 파랑에 의한 계류상태 중인 가두리의 직선 動搖現狀 動搖값을 구하였다. 계측기 작동에 필요한 전원은 배터리(DC 12V)와 인버터(HCS-200-121)로서 AC100V로 변환하여 공급하였다.

### 結果 및 考察

#### 1. 浮沈됨의 浮沈機能

부침가두리의 구성 부분중 가장 주요한 부분인 부침됨의 기능을 파악하기 위하여 Fig. 3과 같은 원통형 부침됨( $\phi 318 \times 400mm$ )의 注排氣管의 직경을 3, 7, 13mm, 注排氣管의 직경을 13, 25, 61mm로 제작하여 이들을 각각 서로 1쌍씩 조합하여 깊이 1m의 수조에서 압축공기를 주입해서 부침수심 78m까지의 침하시간과 부양시간을 초 단위로 측정한 결과는 Table 2와 같다.

Table 2에서 침하시간은 注排氣管이 일정할 때 注排水管의 직경이 13, 25, 61mm로 크면 클수록 그 평균시간이 각각 70.81, 46.39, 5.52초로 짧게 되는 경향을 나타내고 있으나, 주배기관의 크기는 크게 변화하여도 거의 일정한 경향을 나타내었다. 또한, ( )로 표시한 부양시간은 주배기관의 직경이 3mm일 때는 주배수관의 크기에 관계없이 거의 같았으며, 주배기관의 직경이 7, 13mm일 때는 주배수관의 아주 경미하지만 직경이 클수록 짧게 되는 경향을 나타내었다. 그리고, 주배수관의 직경이

일정할 때는 주배기관의 직경이 클수록 짧은 경향을 나타내었다.

따라서, 부침됨의 기능을 원활하도록 하기 위해서는 주배기관과 주배수관의 직경이 크면 클수록 양호함을 알 수 있다. 이러한 점을 감안하여 본 부침 가두리 실험에서는 注排氣管과 注排水管의 직경을 각각  $\phi 16mm$ ,  $\phi 80mm$ 로 설계하였다.

#### 2. 浮沈가두리의 浮沈特性

부침가두리를 표층에 수평되게 놓아둔 상태에서 배기 밸브를 열어 압축공기가 부침됨에서 빠져게 하고 공기가 차지하고 있던 공간에 주배수관으로 해수가 유입되어 침하할 때의 상태를 수중 비데오로 촬영하여 경과시간에 따른 침하상태를 분석한 결과는 Fig. 5(a)와 같다. Fig. 5(a)에서 배기변의 압축공기가 빠지고 주배수관에 해수가 들어가기 시작해서부터 약 20초간 침강력과 부력이 평형을 이룰때까지는 표층에 머물고 있었으며, 그 이후 부침됨에 유입되는 해수의 무게로 침강력이 부력보다 크게되는 순간부터 약 0.12m/sec의 속도로서 서서히 가라앉기 시작하여 30초만에 예정한 깊이인 3.5m까지 침하하였다.

부양하는 경우, 깊이 3.5m침하한 위치에서 압축공기를 매니폴드(manifold)의 주배기변을 열어 4개의 부침됨에 동시에 주입하여 부양할 때의 상태를 수중비데오로 촬영하여 경과시간에 따른 부양상태를 분석한 결과는 Fig. 5(b)와 같다. Fig. 5(b)에서 부침됨에 공기가 주입되기 시작하고 나서부터 약 2.5초간 부력과 침강력이 평형을 이룰 때까

Table 2. Sinking and floating time by a pair of the diameters of air injecting/discharging pipe and water injecting/discharging pipe

A $\phi$ \ B $\phi$	3	7	13	Mean
13	70.24 (2.74)	70.90 (2.70)	70.80 (2.33)	70.81 (2.59)
25	46.48 (2.74)	46.43 (2.35)	46.26 (2.30)	46.39 (2.46)
61	5.57 (2.73)	5.50 (2.30)	5.50 (2.17)	5.52 (2.40)

\* A $\phi$  : Diameter of air injecting/discharging pipe(mm)  
 B $\phi$  : Diameter of water injecting/discharging pipe(mm)  
 ( ) : Floating time of submersible float(sec)

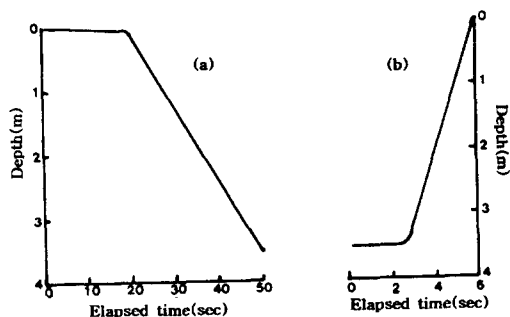


Fig. 5. Characteristic of the sinking(a) and floating(b) for the submersible fish cage in underwater by the elapsed time.

지는 3.5m층에 머물러 있었으며, 그 이후 압축공기에 의하여 부침뜸의 부력이 침강력보다 크게 되는 순간부터 약 1m/sec로 급부상하여 3.5초만에 표층에 부양하였다.

따라서, 부침가두리의 부침상태의 조절은 매니폴드의 배기밸브와 압축공기의 주입량을 조절함에 따라 침하, 부양은 물론이고, 임의 깊이에 머물게 할 수 있음을 확인할 수 있었다. 그러나, 실제 어류가 가두리내에 들어있을 때는 어류의 생리조건에 서서히 적용할 수 있도록 하기위해 장래에는 부양속도를 자유로이 조절할 수 있는 시스템의 설계가 고려되어야 한다.

### 3. 浮沈가두리의 動搖特性

波浪의 영향에 대한 부침가두리 시설의 동요특성을 파악하기 위하여 1995년 6월 14~17일 波浪과 流速成分을 PUV波高計로 측정 한 결과는 Fig. 6, Fig. 7과 같다.

Fig. 6은 부침가두리 설치 해역에서 5시간 동안 연속 측정 한 유속이 東分力과 北分力을 나타낸 것으로 동분력은  $\pm 10\text{cm/sec}$ 로 거의 일정하게 나타났으며, 북분력은  $\pm 20\sim 30\text{cm/sec}$ 로 동분력보다는 변동폭이 큰 현상을 나타내었다. 또한, 수면 파형  $\eta$ 성분을 해석하여 有意波高를 분석한 결과는 Fig. 7과 같다.

Fig. 7에서 뷰포트(beaufort) 풍력 계급 8에서 波高 6m를 기준으로 한 유의 파고( $H_{1/3}$ )는 측정개시 시간으로부터 3시간 정도까지는 서서히 높아졌고, 그 이후는 일정한 경향을 보였으며, 그 변화폭은 0.58~0.81m였다. 또한, 측정당시의 波의 周期는 평균 4초였다.

본 실험에 사용한 부침가두리의 동요는 Fig. 8과 같이 직선 및 회전운동으로 구분할 수 있으며, 계류되어 있는 가두리의 경우에는 서즈, 스웨이, 요우(Yow)의 순서로 운동되지만 본 실험에서는 회전운동은 측정할 수 없었기 때문에 서즈, 스웨이, 히브의 3자유도를 고려해서 Fig. 3과 같이 부침가두리의 중앙에 장치한 가속도계로서 부침가두리 시설의 직선 운동에 대해 측정 한 결과는 Fig. 9와 같다. Fig. 9(a), (b), (c)는 각각 X축, Y축, Z축에 대한 10분간의 가속도 측정치로서 X축의 서즈 운동이

가장 강하고, 다음으로 스웨이 운동, Z축의 히브 운동 순으로 나타났다.

Fig. 9(a)에서 서즈 운동은 경과시간 300초에서 부호가 역전되므로 시설물이 일정한 주기성을 갖고 전후로 직선운동을 하고 있음을 알 수 있으며, 이와 같은 원인은 시설물이 로프에 의해 고정 쿠션부이

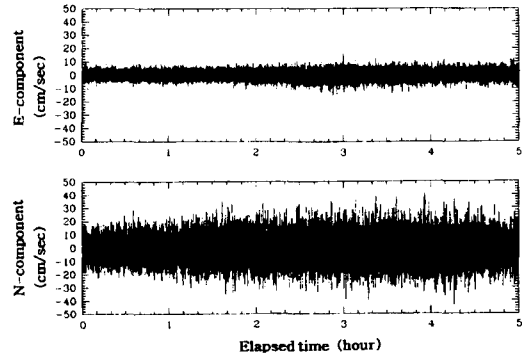


Fig. 6. E-component and N-component of current.

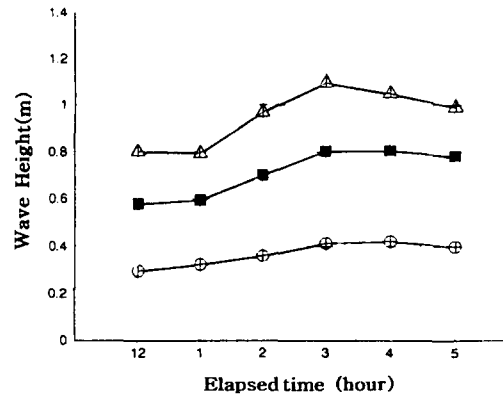


Fig. 7. Variation of significant wave height.

- :  $H_{(mean)}$
- :  $H_{1/3}$
- △ :  $H_{1/10}$

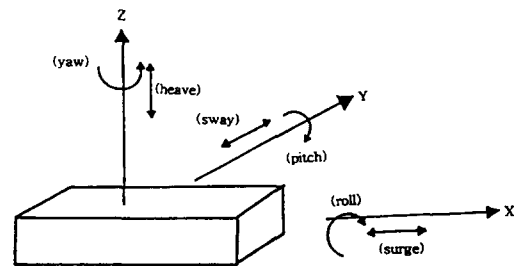


Fig. 8. Motion degrees of freedom in floating.

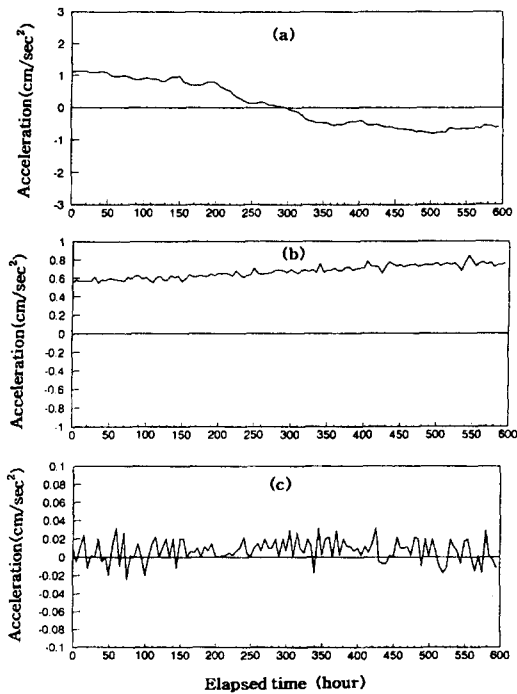


Fig. 9. Acceleration records of submersible fish cage. (a) : X - axis, (b) : Y - axis, (c) : Z - axis.

(cushion buoy)에 계류되었기 때문이라 생각된다.

Fig. 9(b)에서 스웨이 운동은 시간이 경과함에 따라 약간 높아지는 경향을 보이고는 있으나 거의 일정하며 오른쪽으로 편향하는 경향을 보이고 있다. 이와같은 원인은 Fig. 6에서와 같이 유속이 북분력이 강한 때문이라 생각된다. 또한, Fig. 9(c)에서 히브 운동은 아주 약하나 미소한 상하운동을 하고 있음을 알 수 있다.

따라서, 부침 가두리 시설물을 설치할 때는 시설물의 안전과 유효한 관리를 위하여 파랑과 유속에 대한 충분한 고려가 있어야 한다.

### 要 約

壓縮空氣式 浮沈가두리를 실물크기로 제작하여 1995년 6월 14~17일 경남 거제 학동리 장유수산 어류 양식장에서 그 浮沈機能과 해상에서의 안전성에 대해 實驗한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 원통형 부침뚝(φ318mm, L400mm)에 직경

3, 7, 13mm 注排氣管과 직경 13, 25, 61mm 主排水管을 1쌍씩 서로 조합하여 浮沈機能을 시험한 결과, 본 크기의 부침뚝에서는 13mm주배기관과 61mm주배수관을 서로 조합하여 구성하는 것이 침하시간과 부양시간이 짧아 기능면에서는 가장 효율적이었다.

2. 부침가두리(3×3×6m)에 예비부력뚝(φ320×L1350mm)과 부침뚝(φ320×L1000mm) 그리고 침강력 부가물(철재 240kg)등을 부착하여 浮沈特性을 분석한 결과, 침하할 때는 압축공기를 부침뚝에 주입을 시작한 후 약 20초간 지난후 0.12m/sec의 속도로 침하하기 시작하여 30초 후에 정해진 수심 3.5m에 침하하였고, 부상할 때는 배기밸브에서 압축공기를 배기하기 시작하여 약 2.5초 지난후 1m/sec의 속도로 급부상하여 3.5초후에 가두리 전체가 수평인 상태로 부상하였다.

3. 부침가두리에 파고계와 가속도계로 부침 당시의 유속과 가속도를 측정하여 부침가두리의 動搖特性을 측정한 결과, 측정당시의 東分流速은 ±10cm/sec, 北分流速이 ±20~30cm/sec로 북분유속이 크고, 有意波高(H<sub>1/3</sub>)는 0.58~0.81m였다. X, Y, Z축의 가속도 운동에 있어 서즈 운동이 가장 강하고 5분간격으로 전후 방향으로 운동하였으며, 스웨이 운동은 오른쪽으로 편향되었고, 히브 운동은 아주 미약하였으나 불규칙적이었다.

본 실험의 결과 壓縮空氣式 浮沈가두리가 浮沈하는 靜的特性은 명확히 규명할 수 있었으나 魚類를 넣어 실제 축양할 때의 실용성에 관한 문제점은 파악하지 못하였으며, 추후에는 어류가 들어있는 상태에서의 부침기능과 魚類의 생태에 미치는 영향 등이 규명되어야 함을 언급하여 두는 바입니다.

### 參考文獻

- 1) 김대안·고관서(1985) : 어구학. 여수, 교문 출판사, 73 - 402.
- 2) 국립수산진흥원(1987) : 어구자재. 부산, 예문사, 39 - 45.
- 3) 오희국·김재오·조광우(1988) : 정치망의 양망에 관한 생력화 연구, 국립수산진흥원 연구보고. 42, 93 - 104.

- 4) 石川縣水産試験場(1977)：沖合漁場利用養殖技術  
開發試験果報告書(昭和 52～56年度), 1 - 50
- 5) 中村 充(1985)：漁場工學(水産土木)入門. 15 養殖  
施設(1). 水産の研究 4(3), 90 - 94.
- 6) 松村一・田伸二・宮駒克己・山下成治(1991)：ホ  
タテガイ垂下養殖施設用空気式浮沈装置に関する  
研究. 日本水産學會誌57(11), 2051 - 2057.
- 7) M. C. M. Beveridge(1987)：Cage Aquaculture.  
Fishing News Books, 39 - 101.
- 8) T. Kawakam(1964)：Development of Mechanical  
Studies of Fishing Gear. Modern fishing gear of  
the world 2, 175 - 184.