

論 文

압기형구조물의 특성에 관한 실험적 연구

김 원 규* · 강 인 식** · 광 기 석*** · 김 도 삼****

Experimental Study on the Characteristics of Air-Chamber Structure

W. K. Kim · I. S. Kang · K. S. Kwak · D. S. Kim

Key Words : 압기형 구조물(air chamber structure), 고유주기(natural period), 파의 전달률(wave transmission ratio), 계류선의 장력(tensile force on the mooring line), 계류형식(mooring system)

Abstract

Experimental study is carried out to verify the advantages of an air chamber structure in controlling the wave transformation and its dynamic responses. The open, cross and vertical mooring systems are employed in experiments to investigate the variations of wave transmission ratio, natural period of the structures and tensile force acting on the mooring line according to the change of the initial air depth inside the air chamber structure. Experimental results show that the air chamber floating structure expresses the smaller wave transmission ratio and tensile force acting on the mooring line than general one without air chamber, especially in the long period region of incident wave.

Therefore, it is concluded that the air chamber structure suggested in this study can play good roles as a wave controlling castal structure, and a substitute structure of a general floating structure.

1. 서 론

본 연구에서 취급하는 압기형 구조물은 Fig. 1에 나타내는 것과 같이 구형부유식구조물의 저부 일부를 없애고 그 내부에 압축공기를 주입한 형

식의 구조물이다. 압기실의 하부가 해수와 접촉되지 않고 압축공기와 해수가 접하는 형태의 특색을 가진 것 뿐만이 아니고, 종래의 구조물의 형태, 잠수심(q_{sh} , 완전잠수상태일 때) 또는 홀수심(q_{1h} , 반잠수상태일 때), 계류선의 계류형식과

* 부산대학교 생산기술연구소 특별연구원

** 부산대학교 공과대학 강사

*** 부산대학교 대학원 토목공학과 박사과정

**** 한국해양대학교 항만운송공학과 전임강사

계류시스템등을 변화 시키지 않고 압기실 내부의 초기압축공기량(초기공기압($\rho g q_0 h$))를 변화시켜 파의 변형, 구조물의 응답등을 어떤 범위내에서 조절가능하다는 큰 특징을 갖는 것으로 생각된다. 실제로 Fig. 1에 나타낸 압기형구조물을 다룬 종래의 연구(Iwata and Kim, 1991; 岩田·金등, 1990; Kim and Iwata, 1991; Ikeno et al., 1988)에 의하면 잠수상태의 경우는 대부분의 파에너지가 구조물의 상부수역을 통해서 전달되기 때문에 초기공기압의 변화에 의한 파랑제어기능이 저하되는 것으로 보고되고 있다(Iwata and Kim, 1991). 그러나, 잠수심을 매우 낮게 하고 구조물의 윗면에서 입사파를 강제쇄파시키면 전달파가 매우 작게 되고 역으로 파랑제어기능을 향상시킬 수 있는 것으로 지적되고 있다(岩田·金등, 1990). 또, 반잠수고정상태의 경우는 전달되는 파에너지가 공기실내 공기압의 변동을 일으키기 때문에 반잠수계류상태 경우의 파의 변형은 구조물의 운동이 외에 압기실내의 압력변동에 의해 지배되고, 압기실내의 초기공기압을 변화시키면 파동장내의 물리량들이 크게 변화하여(Kim and Iwata, 1991), 파고전달률을 저하시킬 수 있다(Ikeno et al., 1988)는 것이 보고되고 있다.

일반적으로 해안·해양구조물에 압축공기실을 주입하는 목적은, (1)압기공기의 흐름을 이용하는 직접적인 목적과 (2)압축공기의 특성을 이용하는 간접적인 목적으로 대별된다. 즉, 전자의 구체적인 예로서는 공기압의 변동을 이용하는 파력발전소(合田등, 1991)를 들 수 있다. 한편, 후자의 경우는 잔교에 작용하는 양압력의 감세법으로서 Air-cushion의 효과를 이용하는 공법(中村, 1985)과 고정 Curtain-wall체에 압축공기를 주입하여 압기실내의 수위를 변화시킴에 의해 파랑제어를 기하는 공법(清川·大山, 1986)등이 있고, 각각의 연구에 있어서 압축공기의 파랑제어효과와 그 이용법을 논하고 있다.

본 연구에서는 압기형부유구조물에 대해 저자가 행한 수리실험을 기초로 (1)구조물에 의한 입사파의 파고전달률, (2)부체의 고유주기 및 (3)파에 의한 계류선의 장력의 변동특성을 압기실을

가지지 않는 구형부유식구조물의 경우와 대비시켜 그 특성을 논한다.

2. 수리실험

2.1 실험수조와 실험장치

압기실을 가지지 않는 구형구조물로서 Fig. 1에 나타내는 압기형구조물의 압기실(길이($2l_1$): 39.2cm, 높이: 21cm, 폭: 66cm)내를 스티로폼(길이: 39.2cm, 높이: 21cm, 폭: 66cm, 중량: 550g, 비중: 0.0209)로 완전히 밀폐한 구조물(길이($2l_2$): 68cm, 높이: 23cm, 폭: 68cm)를 사용한다(편의상, 이를 압기실이 없는 구조물로 칭한다). 스티로폼에 의한 구조물의 중량과 관성모멘트의 변화가 거의 없기 때문에 압기실이 없는 구조물의 중량과 관성모멘트는 압기형구조물(Fig.1)과 거의 같은 것으로 생각할 수 있다. 압기실이 없는 구조물과 동일한 외형치수(길이: 68cm, 높이: 23cm, 폭: 68cm)를 갖는 압기형구조물에 의한 파의 변형 및 부체의 동적응답특성등을 조사하기 위해 반잠수압기형구조물의 자유 및 계류(Vertical과 Cross계류)상태와 반잠수의 압기실이 없는 구조물의 자유 및 계류(Vertical 과 Cross계류)상태에 대하여 실험을 행하였다. 모형부체는 아크릴제(밀도: 1.206g/cm^3 , 중량: 24.6kg, 중심에 대한 관성모멘트: $1.6\text{kg} \cdot \text{m}^2$)이고, 계류시 계류선은 4개의 체인(구조물의 전후면에 2개씩, 직경: 3mm, Young ratio: $1.05 \times 10^8\text{kg/mm}^2$, 계류각도: θ_1 (부체전면), θ_2 (부체후면))을 사용하였다. 실험수조는 한쪽면이 유리로 된 2차원 강제수조(길이: 25m, 높이: 0.95m, 폭: 0.70m)이고, 실험에 사용한 파는 전부 규칙파이다. 수심(h)를 40cm로 일정하게 유지하고, 입사파의 주기(T)를 7종류(0.6~1.2 sec), 파고는 파형경사($2\%/L$, η_0 : 입사파의 진폭, L: 입사파의 파장)가 0.02와 0.03으로 되도록 각 주기에 대하여 2종류씩 변화시켰다. 실험의 항목과 실험방법은 다음과 같다.

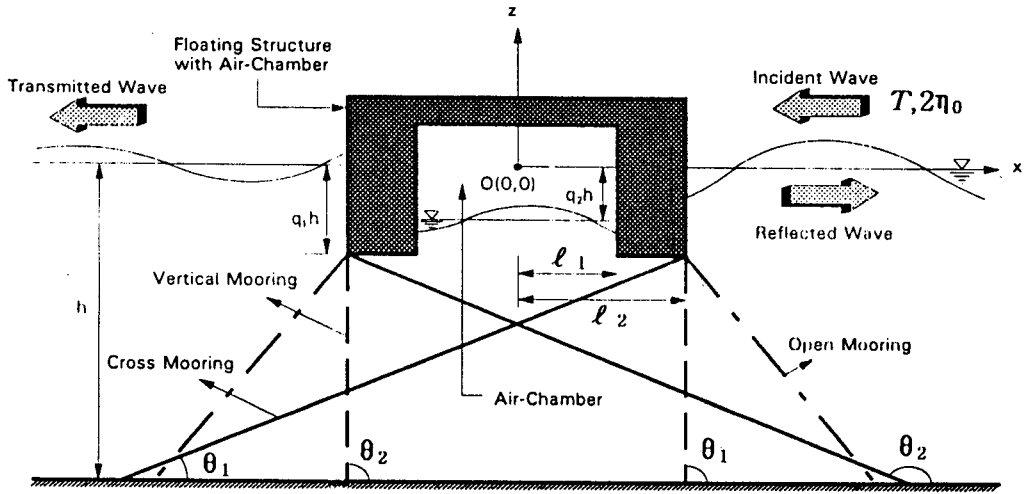


Fig. 1 Definition Sketch of Air Chamber Floating Structure

2.2 계측과 해석방법

2.2.1 파고전달률의 계측과 해석

자유 및 Vertical긴장계류상태의 반잠수압기형 구조물과 압기실이 없는 구조물에 의한 파고전달률의 변화특성을 조사한다. 파고전달률은 구조물의 후면에 설치된 1개의 수위계를 사용하여 측정 한 수면변동으로부터 전달파고를 구하여 전달파고/입사파고로 정의하였다. 수위계는 구조물로부터 산란파(감쇠정상파)의 영향이 거의 없는 것으로 생각되는 구조물로부터 4m 떨어진 곳(약 2~4파장)에 설치하여 계측하였다.

2.2.2 고유주기의 계측과 해석

압기형구조물과 압기실이 없는 구조물의 회전 운동에 대한 고유주기의 변화특성을 조사하기 위해 각각 반잠수상태의 자유부체와 Cross긴장계류 부체에 대하여 수리실험을 행하였다. 실험방법은 정수중에 놓인 각각의 구조물에 대하여 일정한 강제회전변위를 주어 그 강제외력을 순간적으로 제거한 후의 구조물의 자유감쇠회전운동을 Video로 촬영함과 동시에 구조물의 자유감쇠회전운동시 발생하는 수위변동을 구조물의 전후면에 부체로부터 50cm 떨어진 곳에 설치한 2개의 수위

계로 측정하였다. 고유주기는 Video tape를 재생 하여 구한 값과 수위계로부터 얻어진 결과를 비교하여 결정하였다.

2.2.3 계류선의 장력의 계측과 해석

Vertical긴장계류시킨 반잠수상태의 압기형구조물과 압기실이 없는 구조물에 대해서 구조물의 전면의 2개의 계류선에 설치한 장력계(LU-100 KSB34D)로부터 계류선의 장력을 측정하고, 장력계의 각각으로부터 얻어진 값을 평균하여 계류선의 장력으로 하였다.

3. 실험결과와 고찰

3.1 압기형자유부체의 고유주기와 구조물에 의한 파의 변형

3.1.1 압기형자유부체의 고유주기

Table 1은 반잠수상태의 압기형자유부체와 압기실이 없는 자유부체의 자유감쇠회전운동으로부터 구한 고유주기의 변화를 나타낸 것이다. Table에서 압기형자유부체에 대한 고유주기의 값을 보면 초기공기압이 크게 되면 고유주기(T_n)가 길

Table 1 Natural Period of Free General and Air Chamber Floating Structures

Air Chamber Floating Structure			General Floating Structure	
q_1h (cm)	q_2h (cm)	T_n (sec)	q_1h (cm)	T_n (sec)
13.0	0.0	0.95	5.7	1.01
11.6	0.6	0.96		
10.5	1.5	0.96		
9.4	2.4	0.96		
7.3	4.3	0.97		

게 되는 것을 알 수 있지만 그 차이는 거의 없고, $T_n \approx 0.96$ sec 전후의 값을 가지고 있는 것을 알 수 있다. 이것은 압기실내의 초기공기압의 변화에 따른 압기형구조물의 관성모멘트(I)의 변화가 거의 없고, 구조물의 형상과 수심에 의한 부가관성모멘트($\Delta I, q_1h=13$ cm, $q_2h=0$ cm의 경우, $\Delta I=0.56$ kg · m²)는 관성모멘트에 비해 매우 작으며, 홀수심의 변화에 의한 부가관성모멘트의 차이도 매우 작기 때문인 것으로 생각된다. 압기실이 없는 자유부체의 경우, 고유주기는 $T_n=1.01$ sec로 압기형 자유부체 보다 큰 값을 가지고 있다. 여기서, 압기실내를 밀폐한 스티로폼에 의한 관성모멘트가 무시될 수 있는 것으로 하면 압기형자유부체와 압기실이 없는 자유부체의 관성모멘트의 차이는 없는 것으로 되지만, 압기실이 없는 자유부체가 압기형자유부체보다 큰 고유주기를 가지는 것은 주로 압기실이 없는 자유부체의 경우의 부가관성모멘트가 크기(이론상 압기의 2.54배이다)때문인 것으로 생각된다. 본 연구의 압기형부체의 경우는 압기실내의 초기공기압의 변화에 따른 고유주기의 변화는 크게 차이가 없지만, 압기실을 가지는 부체의 형상이 약간 변하고 부가관성모멘트가 중대하면 Table 2에 나타내는 것과 같이 압기실내의 초기공기압이 크게됨에 따라서 압기형자유부체의 회전운동에 대한 고유주기가 길게된다(岩田 등, 1986). 이것은 압기형부체의 큰 특징이다.

입사파의 주기가 고유주기에 가까워지면, 부체의 고유주기의 주변에서 발생하는 공진현상에 의해 부체운동이 대단히 크게 되고 구조물의 우

각부에서 발생하는 Vortex에 의한 점성저항력이 크게 된다. 포텐셜이론으로부터 자유부체에 의한 파의 변형과 구조물의 운동등을 해석할 때 점성에 기인하는 저항력을 무시하기 때문에 자유부체의 공진주기 부근에서 부체의 회전운동이 발산하고, 이론치와 실험치의 사이에 큰 차이가 발생하는 것으로 지적되고 있다(小舟, 1978; 木原 · 轟, 1975). 특히 小舟(1978)는 점성에 기인하는 저항력(부체저부의 우각부에서 발생하는 Vortex에 의한 것이다)을 고려하여 공진주기 부근에서의 부체운동과 계류선의 장력을 보다 정확히 평가하고 있다.

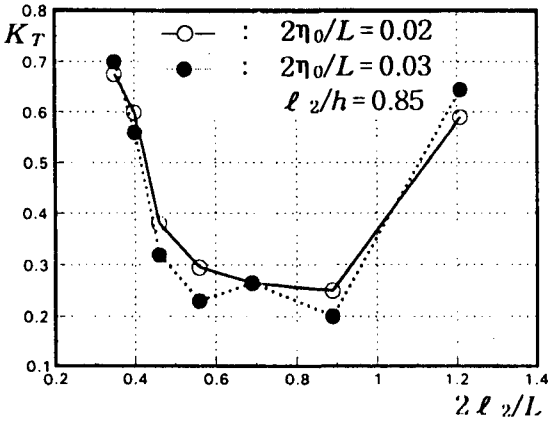
Table 2 Natural Period of Free Air Chamber Floating Structure (Iwata et. al., 1986)

q_1h (cm)	q_2h (cm)	T_n (sec)
29.5	1.1	1.43
25.3	2.1	1.50
21.5	3.3	1.53
17.7	4.0	1.59
13.3	5.2	1.79

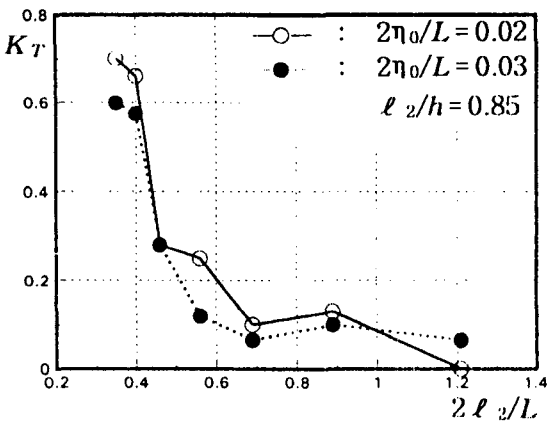
3. 1. 2 압기형부체에 의한 파의 변형

Fig. 2는 압기실내의 초기공기압의 변화에 따른 반잠수상태의 압기형자유부체에 의한 파고전달률(K_T)의 변화와 반잠수상태의 압기실이 없는 자유부체에 의한 파고전달률(K_T)의 변화를 $2\ell \text{ } \omega/L$ 의 변화에 대하여 나타낸 예이다. Fig. 중의 ○와 ●는 각각 입사파의 파형경사가 0.02와 0.03의 경우이다. 압기형자유부체의 경우, 압기실내의 초기공기압을 변화시키면 평형상태가 변하기 때문에 같은 홀수심(q_1h) 또는 초기공기의 높이(q_2h)에 의한 파고전달률의 특성은 검토할 수 없다. 또, 압기형자유부체와 압기실이 없는 자유부체와의 비교도 어렵게 된다. 그런데, Fig. 2(a)와 (b)에 나타내고 있는 것과 같이 압기형자유부체의 경우에 q_2 의 변화에 따른 파고전달률의 변화를 보면 q_2 가 크게될수록 파고전달률은 $0.5 \leq 2\ell \text{ } \omega/L \leq 1.2$ 의 범위의 단주기측에서 대단히 작게 되는 것을 알 수

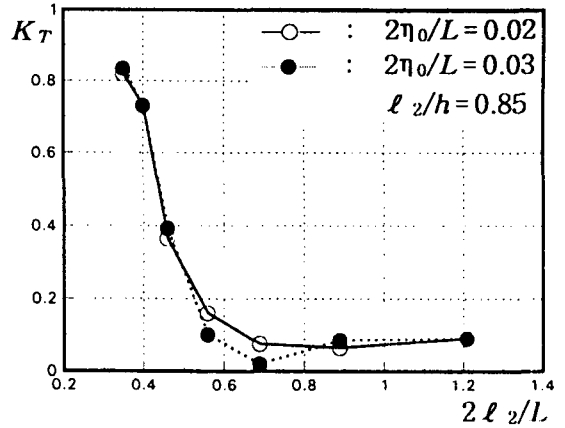
있다. 특히, $2\ell_2/L \approx 1.2$ 에서 그 경향이 현저히 나타난다. 그러나, $0.35 \leq 2\ell_2/L \leq 0.40$ 의 장주기측에서는 초기공기압의 변화에 의한 차이는 거의 보이지 않고, 양쪽 모두 파가 잘 전달됨을 알 수 있다. 따라서, 압기형자유부체의 경우 초기공기압이 높게 되면 단주기파에 대한 파랑제어기능이 크게 되는 것을 알 수 있다.



(a) Wave Transmission Ratio(K_T) of Free Air Chamber Floating Structure ($q_1=0.25, q_2=0.05$)



(b) Wave Transmission Ratio(K_T) of Free Air Chamber Floating Structure ($q_1=0.17, q_2=0.18$)



(c) Wave Transmission Ratio(K_T) of Free General Floating Structure ($q_1=0.14$)

Fig. 2 Wave Transmission Ratio(K_T) of Free General and Air Chamber Floating Structures in Case of Semi-Submerged State

다음으로 압기형자유부체와 압기실이 없는 자유부체에 의한 파고전달률을 비교한다. Fig. 2에 나타내고 있는 것과 같이 압기형자유부체의 경우, 초기공기압이 크게됨에 따라 압기실이 없는 자유부체의 경우의 값에 가깝게 되는 경향을 볼 수 있다. 이것은 기본적으로 압기실내의 초기공기압이 크게 될수록 부체의 부력이 크게 되고, 이로 인해 흡수심이 작아지기 때문이지만 부체의 부력과 흡수심이 두 구조물에서 일치하여도 압기실내의 공기의 특성, 즉 공기의 완충작용에 의해 구조물에 작용하는 유체압력과 부체의 운동에 차이가 있기 때문에 두 자유부체에 의한 파고전달률에 차이가 생기는 것으로 판단된다. Fig. 2(b)와 (c)를 보면 파의 주기가 장주기로 될수록, 파고전달률이 증가하는 경향이 있지만 압기형자유부체가 장주기측에서 보다 작은 값을 지니고 있다. 따라서, 부력의 차이에 의한 흡수심의 차이가 있지만 동일한 중량, 관성모멘트 및 외형치수를 갖는 압기실 없는 자유부체와 압기형자유부체에 대하여 압기형자유부체가 장주기파에 대해서 파랑제어기능이 높은 것으로 생각된다.

다음으로 입사파의 파형경사의 변화에 따른 파고전달률의 차이를 고찰한다. 파형경사, 0.02와 0.03의 경우에 $2\ell_2/L$ 의 변화에 따른 파고전달률의 변화특성은 유사하지만 그 값은 다르다는 것을 알 수 있다. 이것은 파의 비선형에 기인하는 바가 크다.

3.2 압기형계류부체의 고유주기와 구조물에 의한 파의 변형

3.2.1 압기형계류부체의 고유주기

Table 3은 반잠수상태의 압기형과 압기실이 없는 Cross진장계류(계류각도: $\theta_2=158^\circ$) 부체에 있어서 자유감쇠회전운동으로부터 구한 고유주기이다. 더우기 이 Table은 두 부체의 홀수심을 10 cm로 일정하게 하여 압기형계류부체의 초기공기의 높이를 3종류 변화시킨 경우의 값이다. Table 3을 보면 압기형계류부체의 고유주기는 초기공기압이 크게 되면 길게 되는 것이 일반적인 특성이지만, 본 실험에서는 그 변화가 대단히 작고, $T_n \approx 1.8\text{sec}$ 의 값을 가지는 것을 알 수 있다. 이것은 q_2 h의 변화에 의한 계류선의 복원력 변화가 작기 때문인 것으로 생각된다.

한편, 압기형계류부체와 압기실이 없는 계류부체에 의한 고유주기를 비교하면 압기실이 없는 계류부체가 압기형계류부체보다 큰 계류선의 초기장력을 가지므로 복원력이 크게 되기 때문이다. 따라서, 압기형이 압기실이 없는 경우 보다 장주기측에서 공진현상이 발생하는 것으로 판단된다.

Table 3 Natural Period of Semi-Submerged General and Air Chamber Floating Structures in Case of Cross Mooring System

Air Chamber Floating Structure			General Floating Structure	
$q_1h(\text{cm})$	$q_2h(\text{cm})$	$T_n(\text{sec})$	$q_1h(\text{cm})$	$T_n(\text{sec})$
10	2.0	1.75	10	1.65
	4.0	1.81		
	6.0	1.85		

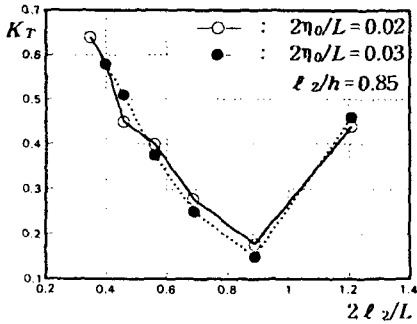
계류부체의 경우에도 자유부체에서 지적하였듯이, 입사파의 주기가 부체의 고유주기에 가까워

지면 공진현상이 발생하고, Kim and Iwata(1991)에 의하면 압기형계류부체의 회전운동에 Vortex에 의한 점성저항력을 고려하면 이론치와 실험치가 잘 일치한다는 것이 보고되고 있다.

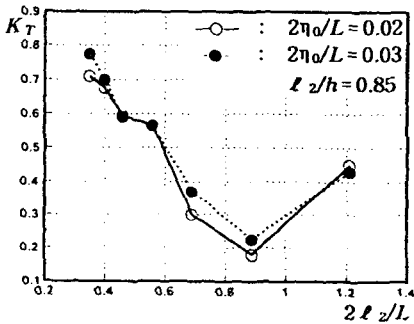
3.2.2 압기형 계류부체에 의한 파의 변형

Fig. 3은 반잠수압기형 및 압기실이 없는 Vertical진장계류부체에 의한 파고전달률을 나타낸 것으로, 홀수심 q_1h 를 10cm로 일정하게 하여 얻은 실험결과이다. 먼저, Fig. 3(a)와 (b)의 압기형계류부체의 경우에 있어서 파고전달률의 변화를 살펴본다. $0.9 \leq 2\ell_2/L \leq 1.2$ 의 범위에서는 입사파 주기의 증가와 더불어 (파장 L의 증가와 함께) K_T 가 감소하는 반면, $0.35 \leq 2\ell_2/L \leq 0.9$ 의 범위에서는 입사파의 주기와 K_T 가 거의 직선적으로 비례하는 것을 알 수 있다. 또, 장주기측에서 파가 잘 전달되는 특성은 전술한 압기형자유부체와 같은 경향을 나타내지만 $2\ell_2/L \approx 0.9$ 에서 최소치를 가지는 것이 자유부체와 다른 점이다. 파고전달률에 관한 이러한 차이는 자유부체의 경우에 q_1 과 q_2 의 양쪽이 파동장에 동시에 영향을 주는 반면, 계류부체의 경우에는 q_1 의 변화가 거의 없기 때문에 q_2 만의 변화에 의해 부체의 운동이 달라지기 때문이다. 그러나 압기형자유부체와 계류부체가 함께 $2\ell_2/L \approx 0.9$ 에서 파고전달률의 변화특성이 변하는 점은 유사하다고 말할 수 있다.

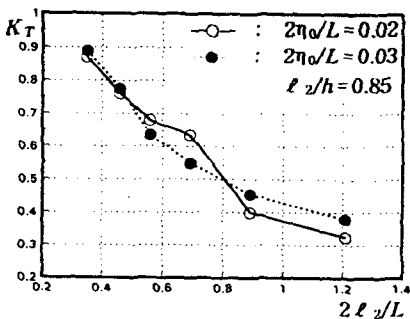
다음으로 압기형계류부체의 경우에 초기공기압의 변화에 의한 파고전달률의 변화를 보면, Fig. 3(a)와 (b)의 $0.35 \leq 2\ell_2/L \leq 0.9$ 의 범위에서는 q_2 가 크게 됨에 따라서 K_T 가 전반적으로 크게 되는 경향이 보여진다. 이것은 Vertical계류의 경우, 계류선에 의한 수평방향의 복원력의 성분이 거의 없고, 초기공기압의 증가에 의한 압기실내의 유체 질량의 감소가 수평운동에 대해 유체저항을 작게 하고, 그것에 의해 부체의 수평운동이 크게 되기 때문으로, Kim and Iwata(1991)는 반잠수상태의 압기형 Vertical진장계류부체에 의한 전달률은 다른 운동성분 보다 수평운동에 크게 좌우된다고 지적하고 있는 것으로부터 결국 부체의 수평운동의 증가가 파고전달률의 증가를 가져오기 때문인 것으로 생각된다.



(a) Wave Transmission Ratio(K_T) of Moored Air Chamber Floating Structure ($q_1=0.25, q_2=0.1$)



(b) Wave Transmission Ratio(K_T) of Moored Air Chamber Floating Structure ($q_1=0.25, q_2=0.18$)



(c) Wave Transmission Ratio(K_T) of Moored General Floating Structure($q_1=0.25$)

Fig. 3 Wave Transmission Ratio(K_T) of Moored General and Air Chamber Floating Structures in Case of Tensioned Vertical Mooring System and Semi-Submerged State

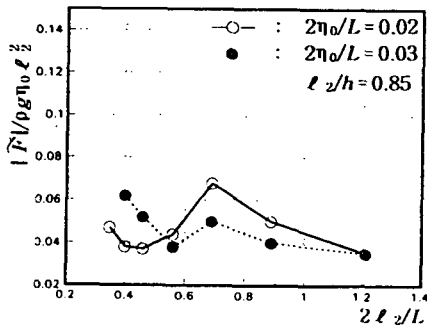
또, 압기실이 없는 계류부채와 압기형계류부채에 의한 파고전달률을 비교하면, 압기실이 없는 계류부채의 경우는 $2l_z/L \approx 0.9$ 에서 최소치를 가지지 않고, $2l_z/L$ 의 값이 작게 되면 K_T 가 거의 직선적으로 증가하는 압기형계류부채와는 다른 경향을 나타낸다. 자유부채에서 언급한 것과 같이 압기실의 q_2 가 크게 될수록 압기실이 없는 계류부채의 특성에 어느 정도 가까워져 지는 것으로 생각되지만, 압기실의 유무에 의해 파고전달률 K_T 에는 기본적인 차이가 발생하는 것으로 판단된다. 압기형계류부채와 압기실이 없는 계류부채 모두가 장주기측에 갈수록 K_T 가 크게 되지만 $0.35 \leq 2l_z/L \leq 0.9$ 의 범위에서 압기형계류부채가 보다 작은 파고전달률을 갖는다.

3.3 압기형계류부채의 계류선의 장력

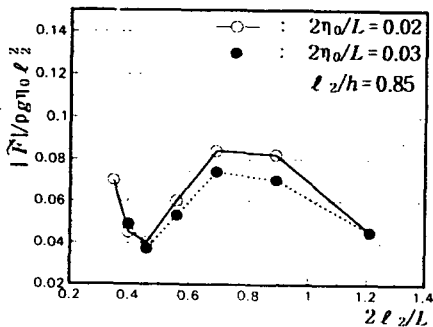
Fig. 4는 반잠수상태의 압기형Vertical긴장계류부채와 압기실이 없는 Vertical긴장계류부채에 있어서 계류선의 무차원장력, $\sqrt{F}/\rho g \eta_0 l_z$ (ρ : 유체의 밀도, g : 중력가속도)와 $2l_z/L$ 의 관계를 나타낸 것이다. 압기형계류부채의 경우, 초기공기압의 변화에 관계없이 $2l_z/L$ 의 감소와 함께, $0.7 \leq 2l_z/L \leq 1.2$ 의 범위에서는 무차원장력이 크게 되고, $0.5 \leq 2l_z/L \leq 0.7$ 의 범위에서 한번 작게 된 후, $2l_z/L$ 의 감소와 함께 크게 되는 경향을 알 수 있다. 또, 초기공기압이 크게 되면 무차원장력이 보다 크게 되는 경향도 알 수 있다. 여기서, 초기공기압의 변화와 부채의 운동 및 계류선의 장력의 변화에 있어서 연성관계를 고찰한다. 선형이론에 의하면, Vertical긴장계류의 경우, 부채의 연직과 회전운동은 계류선의 장력의 변화에 직접적인 영향을 미치지 않지만 부채의 수평운동은 영향을 미치지 않는다. 그리고, 초기공기압이 크게 되면 계류선의 초기장력에 의한 복원력이 크게 되기 때문에 부채의 연직 및 회전운동은 작게 되어 계류선의 장력의 변동량은 작게 된다. 그러나, Fig. 4(a)와 (b)에서 볼 수 있는 바와 같이 초기공기압이 크게 되면 계류선의 변동장력이 크게 되는 것은 앞에서 지적한 것과 같이 초기공기압이 크게 됨에 따라 부채의 선형수평운동이 크게 되고, 그것에 의

한 비선형간섭이 크게 되기 때문인 것으로 생각된다. 따라서, 초기공기압이 증가하면 부체의 수평운동이 보다 크게 되고, 그 비선형간섭에 의해 계류선의 변동장력도 크게 되는 것으로 판단된다.

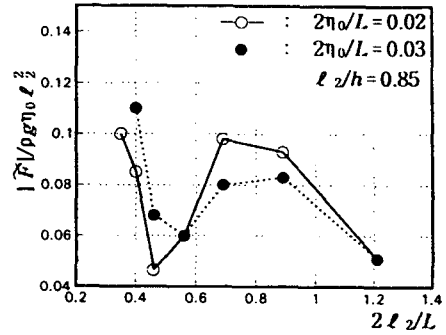
압기실이 없는 계류부체의 무차원장력의 변화 특성은 위에서 서술한 압기형계류부체의 경우와 같은 경향을 나타낸다. 더우기, 압기형계류부체의 경우는 초기공기압이 증가함에 따라 압기실이 없는 계류부체의 특성에 가까워지지만, 압기실이 없는 계류부체보다 무차원변동장력은 작게 된다.



(a) Tensile Force of Moored Air Chamber Floating Structure($q_1=0.25, q_2=0.1$)



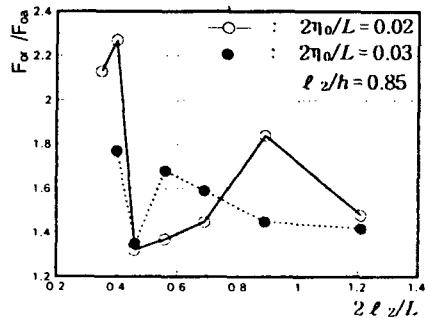
(b) Tensile Force of Moored Air Chamber Floating Structure($q_1=0.25, q_2=0.188$)



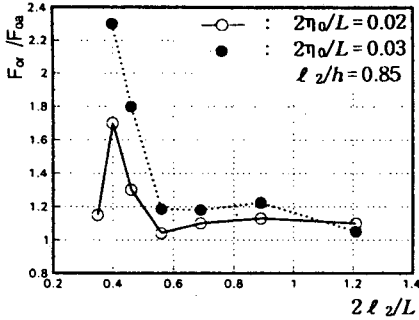
(c) Tensile Force of Moored General Floating Structure($q_1=0.25$)

Fig. 4 Tensile Force of Moored General and Air Chamber Floating Structures in Case of Tensioned Vertical Mooring System and Semi-Submerged State

Fig.5는 압기실이 없는 계류부체의 무차원장력과 압기형계류부체의 무차원장력의 비(F_{Or}/F_{Oa} , F_{Or} : 압기실이 없는 계류부체의 무차원장력, F_{Oa} : 압기형 계류부체의 무차원장력)를 나타낸 것이다. F_{Or}/F_{Oa} 가 $0.5 \leq 2\ell_2/L \leq 1.2$ 의 범위에서 $q_1=0.25, q_2=0.1$ 의 경우는 $F_{Or}/F_{Oa} \approx 1.6$ 의 값을, $q_1=0.25, q_2=0.188$ 의 경우는 $F_{Or}/F_{Oa} \approx 1.1$ 의 값을 가지므로써 계류선의 장력에 대한 압기의 효과는 초기공기압이 작게됨에 따라서 크게 된다. 더우기, Fig.에서 알 수 있듯이 압기의 효과는 장주기측 ($2\ell_2/L \leq 0.46$)에서 보다 현저하게 나타나고 있다.



(a) Ratio of Nondimensional Tensile Force between Moored General and Air Chamber Floating Structures($q_1=0.25, q_2=0.1$)



(b) Ratio of Nondimensional Tensile Force between Moored General and Air Chamber Floating Structures($q_1=0.25$, $q_2=0.188$)

Fig. 5 Comparison of Nondimensional Tensile Force between Moored General and Air Chamber Floating Structures in Case of Tensioned Vertical Mooring System and Semi-Submerged State

4. 결론

본 연구에서는 압기형구조물의 특성을 조사하기 위해 압기형구조물과 동일한 외형치수를 가지는 압기실이 없는 구조물을 가지고 수리실험으로부터 두 구조물에 의한 파의 변형(파고전달률), 고유주기 및 계류선의 장력의 변화특성과 압기형구조물에 있어서 압기의 효과등을 논하였다. 한정된 실험결과이지만 얻어진 중요한 결과와 새로운 지견을 요약하면 다음과 같다.

- (1) 압기형자유부체에 의한 파고전달률은 압기실 내의 초기공기압이 증가하면 압기실이 없는 자유부체에 의한 파고전달률의 변화특성에 가까워지는 경향을 나타내지만 $2l_2/L \leq 0.5$ 의 장주기측에서 압기형 자유부체가 보다 작은 파고전달률을 가지고, 장주기파의 파고전달률에 있어서 압기형자유부체가 큰 저감효과를 갖는다.
- (2) 압기형자유부체에 있어서 회전운동의 고유주기는 부체의 형상에 의해 좌우된다. 일반적

으로 초기공기압의 증대에 따라 고유주기가 증대하지만 본 실험에서는 초기공기압의 변화에 의한 부가관성모멘트의 변화가 매우 작기 때문에 고유주기의 변화가 거의 없었다.

- (3) 압기형Vertical긴장계류부체에 의한 파고전달률은 초기공기압이 크게 되면 $0.35 \leq 2l_2/L \leq 0.9$ 의 범위에서 크게 된다. 이것은 부체의 수평운동이 커지기 때문으로 생각된다. 압기실이 없는 Vertical긴장계류부체의 경우에 비하면 파고전달률은 작기 때문에 압기형계류부체의 압기의 효과가 크다.
- (4) 압기형Cross긴장계류부체에 있어서 회전운동의 고유주기는 초기공기압이 크게 되면 길게 되지만, 그 변화는 매우 작고 본 실험의 경우는 $T_n \approx 1.8\text{sec}$ 의 값을 가진다. 그러나, 압기실이 없는 Cross긴장계류부체의 $T_n = 1.65\text{sec}$ 에 비하면, 압기형계류부체가 보다 긴 고유주기를 가진다. 이것은 압기실이 없는 계류부체가 계류선에 의한 복원력이 커지기 때문이다.
- (5) 압기형Vertical긴장계류부체의 계류선의 장력은 초기공기압이 크게 되면, 부체의 수평운동의 비선형간섭이 커지기 때문에 계류선의 장력은 커지고, 압기실이 없는 Vertical긴장계류부체의 값에 가까워지는 경향이 있다. 계류선의 장력에 대한 압기의 효과는 초기공기압이 작게 되면 크게 되고, 보다 장주기측에서 크게 된다.

참고문헌

- 1) Iwata, K. and Kim, D.S.(1991) : Dynamic behavior of submerged tension-moored floating structure with pressurized air-chamber and wave transformation, IJOPE, Vol. 1, No. 2, pp. 161-163.
- 2) 岩田好一朗・金 度三・浅井 正・下田直克(1990) : 潜水浮體による碎波に関する研究, 海岸工學論文集, 第37卷, pp. 604-608.

- 3) Kim, D.S. and Iwata, K.(1991) : Dynamic behavior of semi-submerged taut mooring structure with pressurized air-chamber and wave transformation, CEJ, JSCE, Vol. 34, No. 2, pp. 223-242.
- 4) Ikeno, M., Shimoda, N. and Iwata, K.(1988) : A new type of breakwater utilizing air compressibility, 21th ICCE, pp. 2326-2339.
- 5) 合田良實 · 中田博昭 · 大根田秀明 · 鈴木 勝 · 鹿籠雅純(1991) : 波力發電ケ-ソン防波堤の實證試驗結果, 海洋開發論文集, No. 7, pp. 143-148.
- 6) 中村孝幸(1985) : 에어-クッソン効果を利用した棧橋揚壓力の減勢法とそのモデル則の關する研究, 第32回海岸工學講演論文集, pp. 599-603.
- 7) 清川哲志 · 大山 巧(1986) : 壓氣密閉式カ-テンウォール堤による波の反射 · 透過特性と内部空氣壓の調節による波浪制御, 土木學會論文集, 第375號/II-6, pp. 271-280.
- 8) 岩田好一朗 · 沖 政和 · 北浦新一 · 奥岡辰芳 · 池野正明(1986) : 壓氣型浮體の波浪特性, 第32回海岸工學講演論文集, pp. 531-535.
- 9) 小舟浩治(1978) : 浮體係留における粘性抵抗力および拘束條件の影響について, 港灣技術研究所報告, 第17卷, 第4號, pp. 59-87.
- 10) 木原 力 · 轟 正彦(1975) : 矩形斷面浮體の波浪動搖に關する研究, 港灣技術研究所報告, 第14卷, 第2號, pp. 47-77.