

파력발전용 가변수주진동장치의 운동에 대한 실험적 연구 (1. 단일 부유체)

An experimental study on motions of a VLCO for wave power generation(1. Simple floating body)

이승철* · 구자삼***

Seung-Chul Lee*, Ja-Sam Goo***

(접수일 : 2012년 07월 03일, 수정일 : 2013년 01월 24일, 채택확정 : 2013년 02월 07일)

Abstract: The structure of a variable liquid column oscillator(a VLCO) is analogous to that of the tuned liquid column damper used to suppress oscillatory motion in large structures like tall buildings and cargo ships. The VLCO is a system absorbing high kinetic energy of accelerated motions of multiple floating bodies in the effect of air springs occurred by installation of inner air chambers. Thus, VLCO can improve the efficiency of energy than wave energy converters of the activating object type made in Pelamis Company. In this research, the experiment was performed that a simple floating body was filled with internal fluid of same draft. The characteristics of motions were evaluated in each case of the opening or closing of the upper valves.

Key Words : Variable liquid column oscillator, Wave power generation, Activating object type, Motion response, Internal fluid

1. 서 론

파랑에너지를 이용한 발전시스템에서 파랑에너지를 다른 역학적 에너지로 변환시키기 위한 일차변환장치의 개발이 파랑에너지 이용에 있어서 가장 중요한 분야이기 때문에 파랑에너지 개발은 일차변환장치 개발의 역사와 함께 한다. 현재 주로 적용되고 있는 일차변환장치를 에너지 변환 방법에 대하여 분류하면 크게 세가지정도로 분류할 수 있다. 파랑에너지 변환 방식 중 가장 에너지 효율이 높은 파랑의 에너지를 직접 흡수하여

발전에 이용하는 가동물체형, 장치 내에 들어온 수주의 왕복운동을 이용하는 진동수주형, 그리고, 밀려오는 파를 수집관에 모아서 유로에 흐름을 만들어, 그 흐름을 이용하는 수류형 및 에너지를 직접 압력과 유량의 형태로 받는 수압면형 등이 있다. 여러 가지 파력발전 방식 중에서 가장 효율이 높은 발전방식인 가동물체형 파력발전시스템에 관한 연구는 현재 유럽국가 및 일본 등의 나라를 중심으로 활발히 진행되고 있다. 가동물체형 파력발전시스템 중에서 상용화된 대표적인 시스템은 영국의 Pelamis 사가 개발한 시스템¹⁾이다.

*** 구자삼(교신저자) : 부경대학교 조선해양시스템공학과
E-mail : jsgoo@pknu.ac.kr, Tel : 051-629-6615

*이승철 : 부경대학교 조선해양시스템공학연구소

*** Ja-Sam Goo(corresponding author) : Department of Naval Architecture & Marine Systems Engineering, Pukyong University.
E-mail : jsgoo@pknu.ac.kr, Tel : 051-629-6615

*Seung-Chul Lee : Department of Naval Architecture & Marine Systems Engineering, Pukyong University.

이 시스템은 가장 보편화된 가동물체형 발전시스템이며, 설치장소의 제약이 없는 장점과 유지 보수 비용이 타 장치에 비해 저렴하다는 장점으로 인해 가동물체형 방식 중 가장 뛰어난 성능을 발휘하는 것으로 조사되었다²⁾. Pelamis사의 발전방식이 가장 보편화되어 있지만 이 방식의 효율은 10% 초반 정도에 불과한 실정이다. 따라서 이 방식의 장점을 살리면서 효율을 높이는 새로운 발전방식의 개발이 필요하다. 가동물체형 파력발전시스템의 효율을 향상시킬 수 있는 새로운 발전방식으로 가변수주진동장치(VLCO, Variable Liquid Column Oscillator)를 적용한 발전시스템³⁾이 있다.

VLCO는 내부에 공기실을 설치하여 공기스프링 효과를 발생시켜 물체의 운동을 가속화시킴으로서 이에 따른 높은 운동에너지를 흡수하는 시스템이다. 따라서, VLCO를 적용할 경우 기존의 Pelamis사의 파력발전기의 에너지효율에 비해 향상된 효율의 에너지를 얻을 수 있는 장점을 가지고 있다.

본 연구에서는 Fig. 1에 보여지는 파력발전용 가변수주진동장치의 운동에 대한 실험을 하기 위해 먼저, 다수의 부유체 중 하나의 부유체를 대상으로 하여 동일한 흡수를 갖도록 한 뒤 상부에 설치된 밸브의 개폐여부에 따른 운동특성을 실험적으로 평가하였다.

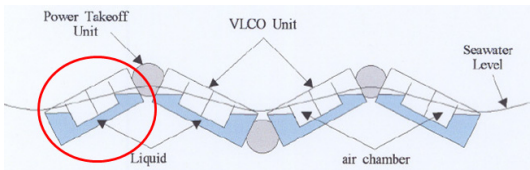


Fig. 1 Wave energy conversion system applied in the VLCO

2. 실험방법

2.1 실험장치 및 실험조건

Fig. 2는 수조에서 운동응답을 측정하기 위한 모션캡처시스템의 개략도를 나타낸 것이다.

실험에서 사용한 파는 Table 1과 같이 파주기는 0.8초에서 1.6초까지 0.05초 간격으로, 파고 2cm와 4cm를 갖도록 하였다.

실험은 모델에 적외선 카메라가 인식하도록 mark를 설치한다. mark는 파상측과 파하측, 그리고, 중앙부에 설치를 하였다. 모델에 설치된 mark들을 두 대의 카메라가 인식하도록 카메라의 위치를 잡고, 소프트웨어를 통해 카메라에서 인식된 mark를 확인하고, 해상도를 조절해서 모델이 거동시에도 mark들을 잘 인식하도록 한다. 카메라의 위치를 잡고 나면, 캘리브레이터를 사용해서, 소프트웨어 상에서 mark들을 캘리브레이션을 한

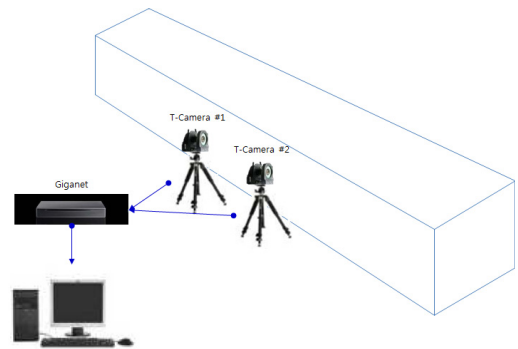


Fig. 2 Motion capture system

Table 1 Wave conditions

Wave period	0.80~1.60 sec. (interval 0.05 sec.)
Wave height	2, 4 cm

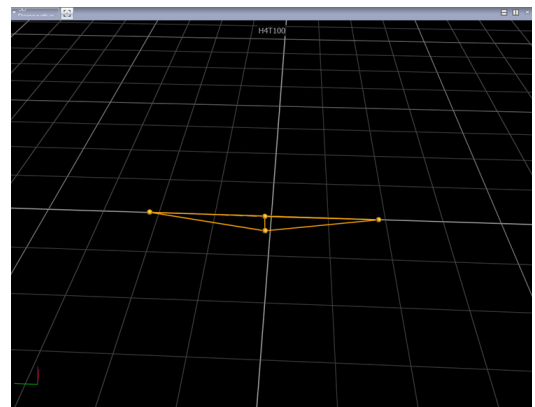


Fig. 3 Frame of model on the software

다. 캘리브레이션이 제대로 완료되었으면, 원점을 지정하여서, 원점과 mark 사이의 거리를 소프트웨어 상에서 인식시킨다. Fig. 3과 같이 소프트웨어 상에서 인식된 mark들을 x방향과 y 방향을 갖도록 프레임으로 연결하여서, 하나의 세그먼트를 만들면 모든 실험 준비가 완료된다. Fig. 3에서 보듯이 만들어진 세그먼트는 전체좌표계에 대한 모델에 고정된 모델 고정좌표계를 갖게 된다.

조파기를 통해 생성된 파에 의해 모델이 운동을 하게되면, 모든 mark들의 운동이 카메라를 통해서, 소프트웨어로 인식이 된다. 이 때 mark들은 x, y, z축방향의 변위만 측정이 된다. 따라서, 회전운동에 대한 값은 중앙부의 mark의 수직변위와 파상측의 mark의 수직변위를 통해 pitch 응답을 소프트웨어 상에서 계산되어 출력이 된다.

mark들은 카메라가 인식할 수 있도록 모델의 상부에 파상측과 파하측에 각각 하나씩 설치하였고, 중앙부에는 정중앙에 하나, 중앙에서 왼쪽에 하나로 하여 두 개를 설치하였다.

운동의 캡처는 파가 모델을 통과하고 어느 정도 정상상태가 되었다고 판단이 되었을 때, 30초 정도로 하였다.

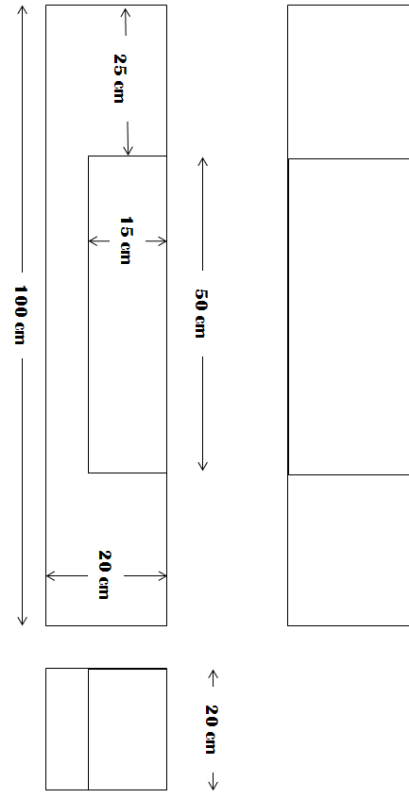


Fig. 4 Drawing of the simple floating body

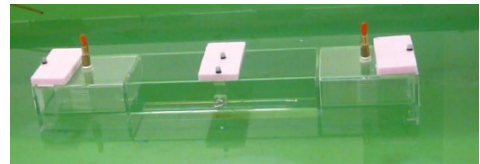
2.2 실험모델

Table 2는 실험에 사용한 모델에 대한 제반사항을 나타내고 있다. 밸브의 직경은 2cm로 하였다. Fig. 4는 모델 제작에 사용한 삼면도를 보이고 있다. 모델은 두께 1cm의 아크릴판으로 제작을 하였으며, 파상측과 파하측의 상부에 밸브를 설치하여 내부유체의 유동을 제어가능하도록 하였다.

Table 2 Model specifications

Length (cm)	100
Breadth (cm)	20
Depth (cm)	20
draft (cm)	12

실험은 Fig. 5와 같이 내부에 같은 양의 물의 채운 후, 밸브의 개폐여부에 따른 내부유체의 유동이 부유체 운동에 미치는 영향을 평가하였다.



(a) Opened valves

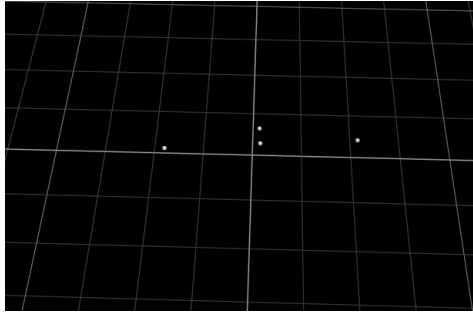


(b) Closed valves

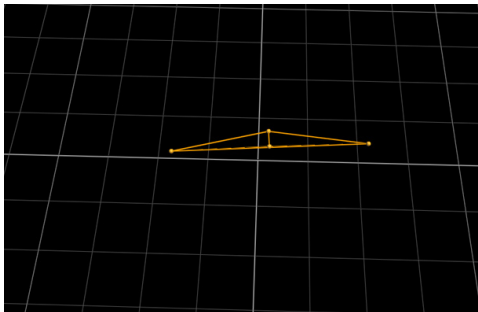
Fig. 5 Experiment models

Fig. 6(a)는 Fig. 5의 모델 상부에 부착한 mark를 카메라로 인식하여 소프트웨어 상에서 절점으로 인식된 것이고, Fig. 6(b)는 인식된 절점을 프레임으로 연결한 세그먼트를 보이고 있다. 모델에

고정된 물체고정좌표계는 파상축을 x축으로 하고, 폭방향을 y축으로 하여 세그먼트를 작성하였으며, 물체의 중앙부에 원점을 두었다. 따라서, 물체고정좌표계는 물체의 무게중심이 원점이 아닌 상부로 이동된 좌표계로써 사용하였다.



(a)



(b)

Fig. 6 The marks and frame of the model

Fig. 7은 소프트웨어 상에 모델의 세그먼트와 mark 를 인식하게 하는 적외선 카메라의 위치를 보이고 있다.

3. 결과 및 고찰

Fig. 8, 9는 파고 2cm인 파에 대한 heave와 pitch 운동을 보이고 있다. Fig. 8은 heave 운동을 나타내고 있다. 0.9 sec 이상의 주기에서 밸브를 열은 경우가 밸브를 잠근 경우보다 운동이 크게 나타남을 알 수 있다. Fig. 9는 pitch 운동을 나타내고 있다. 주기 1 sec 부근에서 밸브를 잠근 경우가 밸브를 연 경우보다 응답이 크게 나타나

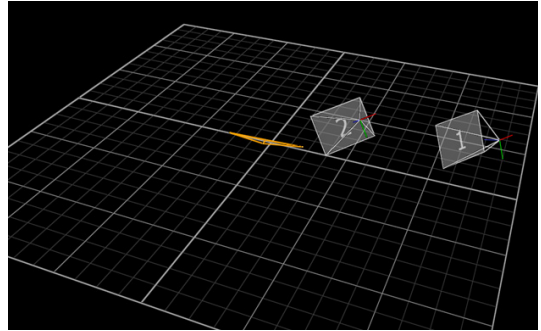


Fig. 7 The segment of model and T-cameras

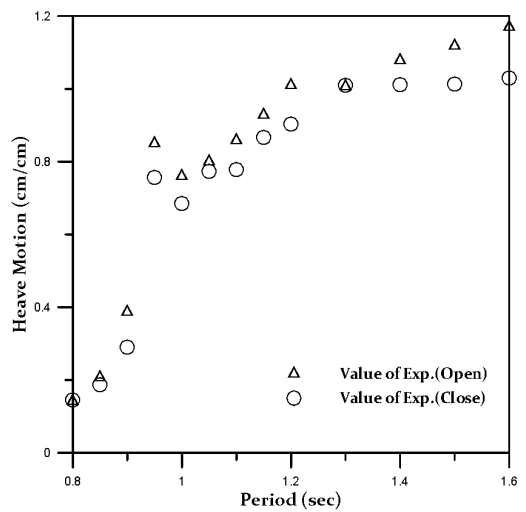


Fig. 8 Heave motion (H=2cm)

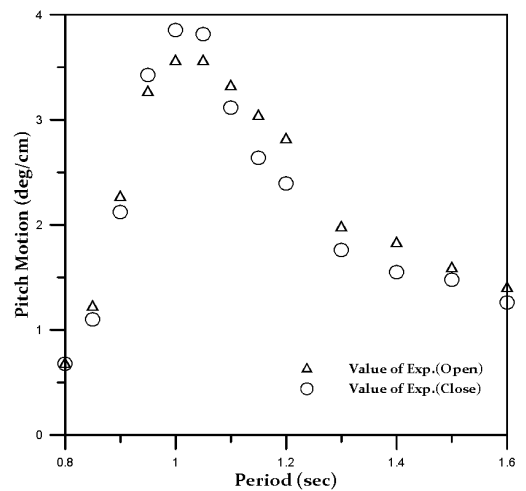


Fig. 9 Pitch motion (H=2cm)

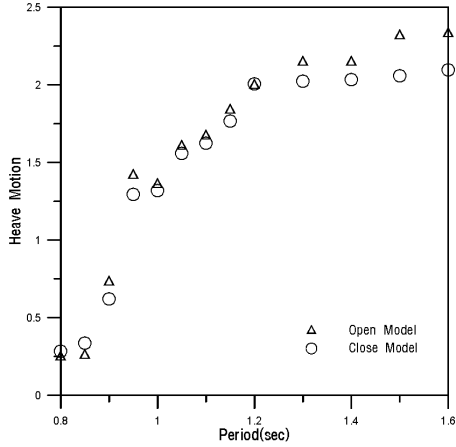


Fig. 10 Heave motion (H=4cm)

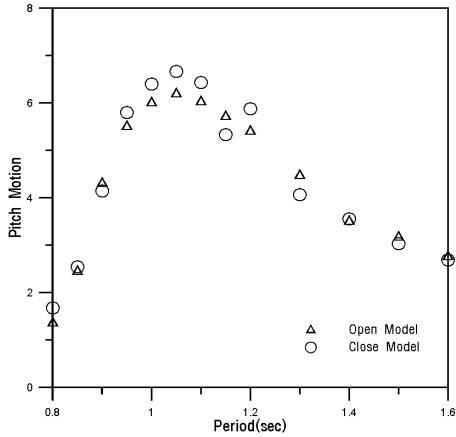


Fig. 11 Pitch motion (H=4cm)

고 있지만, 전반적으로 밸브를 열은 경우가 밸브를 잠근 경우보다 크게 나타남을 알 수 있다.

Fig. 10, 11은 파고 4cm인 파에 대한 heave와 pitch 운동을 보이고 있다. Fig. 10은 heave 운동을 나타내고 있다. 파고 2cm에 대한 경우와 유사한 경향을 보이고 있음을 알 수 있다. Fig. 11은 pitch 운동을 나타내고 있다. Fig. 9와 동일하게 주기 1 sec 부근의 피크치에서는 밸브를 열은 경우보다 잠근 경우가 더 크게 나타났다. 이것은 pitch 운동의 피크치 부분에서 밸브를 잠근 경우보다 열었을 때가 내부유체의 유동이 더 크게 발생함에 따라 anti-pitch 방향으로 내부유체력이 작용하여 pitch 운동을 감소시킨 것으로 사료된다.

4. 결 론

본 연구는 진동수주형 파력발전 시스템의 내부 유체의 유동 영향을 실험적으로 알아보기 위한 것이다. 따라서, 다음과 같은 결론을 내릴 수 있다.

(1) Heave 운동의 경우에는 밸브를 열은 경우가 더 크게 나타났다.

(2) Pitch 운동의 경우에는 주기 1 sec 부근을 제외하면 밸브를 열은 경우가 밸브를 잠근 경우보다 약간 더 큰 결과를 보였다. 그러나, 주기 1 sec 부근의 피크치 부분에서는 밸브를 잠근 경우가 더 큰 값을 보였다. 이것은 내부 유체의 유동이 피크치 부분에서 pitch 운동에 대해 감쇠의 역할을 하기 때문인 것으로 사료된다.

(3) 진동수주형 파력발전 시스템은 pitch 운동을 피크치 부분에서 극대화시킴에 의해 높은 에너지 효율을 가지도록 설계된다. 따라서, 파랑 중 진동수주형 파력발전 시스템의 내부유체 유동이 pitch 운동을 극대화시킬 수 있는 모델 개발이 무엇보다 시급하다.

후 기

본 연구는 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2010-0026578)

참고문헌

1. Pelamis Wave Power, Pelamis Brochure, 2009, <http://www.pelamiswave.com>
2. R. P. M. Parker, G. P. Harrison and J. P. Chick, 2007, "Energy and Carbon Audit of an Offshore Wave Energy Converter", Proc. IMechE, part A:J. Power and Energy, pp. 1119-1130.
3. D. S. Yang and B. H. Cho, 2009, "Studies on Variable Liquid-Column Oscillator for High Efficiency Floating Wave Energy Conversion System", Journal of Ocean Engineering and Technology, Vol. 23, No. 5, pp. 15-24.