

Pin-joint 연결된 다수 부유체의 운동에 대한 실험적 연구 An Experimental Study on Motions of two Pin-jointed Multi-floating Bodies

이승철* · 배성용* · 구자삼**†

Seung-Chul Lee*, Sung-Yong Bae* and Ja-Sam Goo**†

(Received 1 September 2015, Revision received 1 June 2016, Accepted 1 June 2016)

Abstract: The structure of the variable liquid column oscillator(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. VLCO is using the technology which absorbs high potential energy made by process of accelerated motions effect of air spring by installation of inner air chamber. So, the application of VLCO can improve the efficiency of energy than that of wave energy converters made in Pelamis Company. In this research, experiments were performed for the models which have two different liquid column sizes. In order to find out the biggest motion response, two major conditions are taken into account. Two conditions are to open(or close) the valves and to differentiate the height of the liquid column.

Key Words : Variable liquid column oscillator, Pin-jointed multi-floating bodies, Motion response, Wave energy conversion

1. 서 론

바다는 지구 표면의 2/3 이상을 차지하고 있으며, 무한한 에너지 자원이 존재하고 있다. 해양에서 얻을 수 있는 에너지원으로는 해수면의 높이차를 이용하는 조석에너지, 바람을 이용하는 풍력에너지, 일정한 해수의 유동을 이용하는 해류에너지, 파도가 가지는 운동 및 위치에너지를 이용하는 파랑에너지 등이 있다. 이중 파랑은 모든 해역에 폭넓게 분포하므로 가용에너지원이 풍부하고,

에너지를 회수하기 위한 장치를 설치할 수 있는 해역 또한 광범위하므로 대규모로 활용이 가능한 에너지 자원이다. 이와 같은 파랑에너지를 전기로 변환하는 방식인 파력발전은 발전시스템에서 파랑에너지를 다른 역학적 에너지로 변환시키기 위한 일차변환장치의 개발이 파랑에너지 이용에 있어서 가장 중요한 분야이므로 파랑에너지 개발은 일차변환장치 개발의 역사와 함께 한다. 여러 가지 파력발전 방식 중에서 가장 효율이 높은 발전 방식인 가동물체형 파력발전시스템에 관한 연구는 현재 유럽국가 및 일본 등의 나라를 중심으로

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

*이승철, 배성용 : 부경대학교 조선해양시스템공학과

**† Ja-Sam Goo(corresponding author) : Department of Naval Architecture and Marine Systems Engineering, Pukyong National University.

E-mail : jsgoo@pknu.ac.kr, Tel : 051-629-6615

*Seung-Chul Lee, Sung-Yong Bae : Department of Naval Architecture and Marine Systems Engineering, Pukyong National University.

활발히 진행되고 있다. 가동물체형 파력발전시스템 중에서 상용화된 대표적인 시스템은 영국의 Pelamis 사가 개발한 시스템이다.^{1,2)} 가동물체형 파력발전시스템의 효율을 향상시킬 수 있는 새로운 발전 방식으로 가변진동수주장치(VLCO, Variable Liquid Column Oscillator)를 적용한 발전시스템이 있다.³⁾ Lee 등⁴⁾⁻⁶⁾은 단일 부유체모델의 운동응답 특성에 대한 내부유체의 영향, 흡수변화에 따른 영향을 실험적 및 해석적으로 평가하였다. 또한 Lee 등⁷⁾은 다수 부유체에 대해 운동특성도 평가하였다.

본 연구에서는 수주의 면적을 달리한 두 가지 종류의 다수 부유체모델에 대해 수주높이의 변화에 따른 운동응답과 밸브의 개폐여부에 따른 운동응답을 실험적으로 비교·평가하였다.

2. 부유체 운동 실험방법

2.1 실험장치 및 실험조건

Fig. 1은 수조에서 부유체의 운동응답을 측정하기 위한 모션캡처시스템의 개략도를 나타낸 것이다.

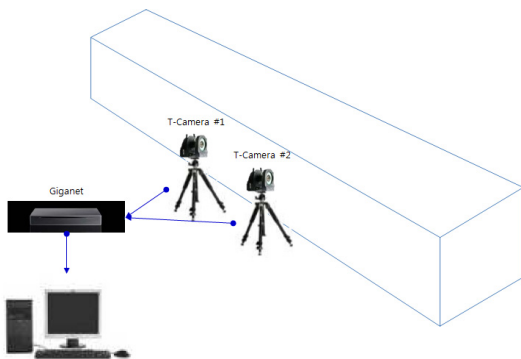


Fig. 1 Motion capture system

실험에서 사용한 파는 Table 1과 같다.⁴⁻⁶⁾

Table 1 Wave conditions

Period	0.70~1.60 sec.
Wave height	2 cm

2.2 실험모델

Table 2는 실험에 사용한 모델에 대한 제반사항을 나타내고 있다. 동일한 양의 내부유체를 넣었을 때 수주의 높이가 달라지도록 하기 위해 Fig. 2, 3과 같이 수주의 면적을 달리해서 모델을 제작하였다. 각 부유체들은 Fig. 4와 같이 부유체의 번호를 매기고, 부유체 No. 1, 3은 연결부를凸의 형태로 부체의 전후단 폭방향으로 2개를 설치하고, 부유체 No. 2, 4는 凹의 형태로 2개를 설치하여 중간에 볼트와 너트를 이용하여 각 부체간의 운동에 영향이 없도록 느슨하게 연결하였다.

실험은 두 가지 모델에 대해 운동응답이 크게 나타날 수 있도록 흡수를 10 cm와 12 cm가 되도록 내부에 물을 채워서, 내부유체의 유동을 알아보기 위해 밸브의 개폐여부에 대해 실험을 행하였다.⁷⁾

Table 2 Model specifications

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

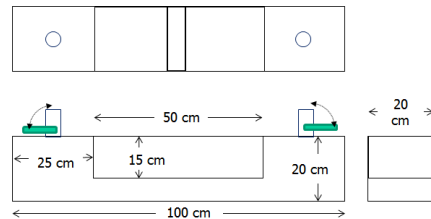


Fig. 2 Drawing of model A

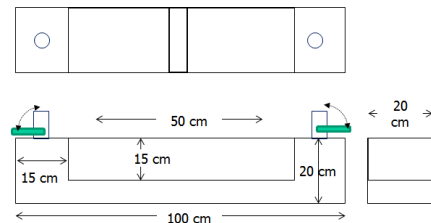


Fig. 3 Drawing of model B

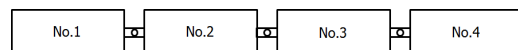


Fig. 4 Multi floating bodies

3. 결과 및 고찰

3.1 상하동요(Heave)

Fig. 5~8은 홀수가 10 cm가 되도록 내부의 유체를 채웠을 때에 대해 상부의 밸브의 개폐여부에 따른 각 부체들의 상하동요를 나타내고 있다. 가로축은 파주기이고, 세로축은 파진폭으로 무차원화한 운동응답이다. ○는 밸브를 닫은 A 모델에 대한 결과이고, ◇는 밸브를 닫은 B 모델에 대한 결과이다 △는 밸브를 연 A 모델에 대한 결과이고, ▽는 밸브를 연 B 모델에 대한 결과이다. 파주기 1 sec 부근에서 응답의 차이를 보이지만 그 이외에서는 응답의 차이가 거의 없음을 알 수 있다.

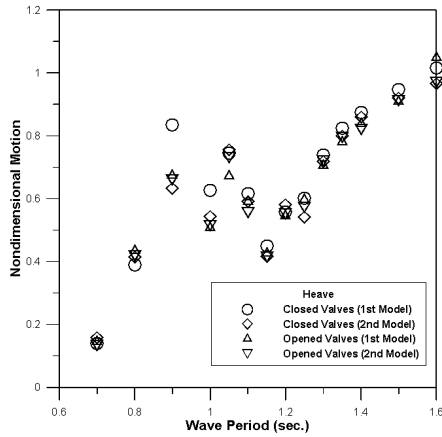


Fig. 5 No. 1 floating body

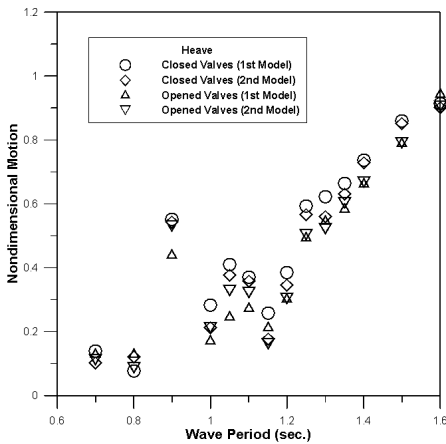


Fig. 6 No. 2 floating body

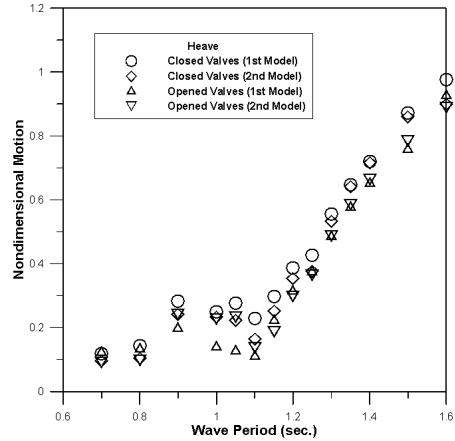


Fig. 7 No. 3 floating body

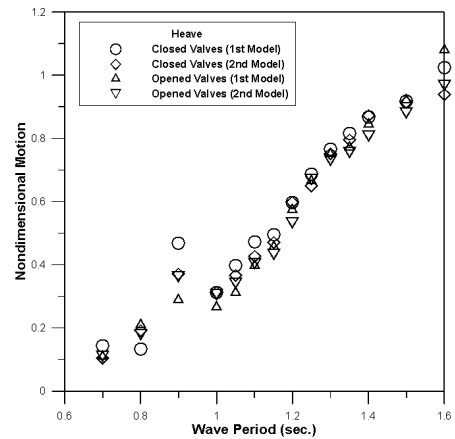


Fig. 8 No. 4 floating body

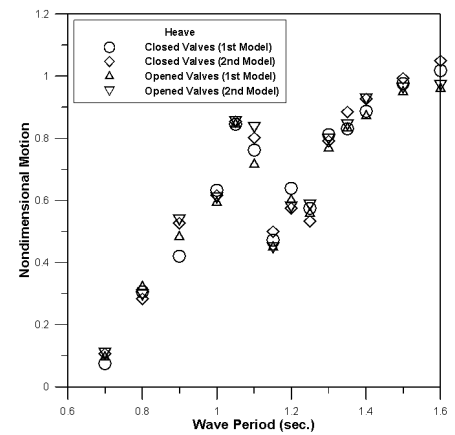


Fig. 9 No. 1 floating body

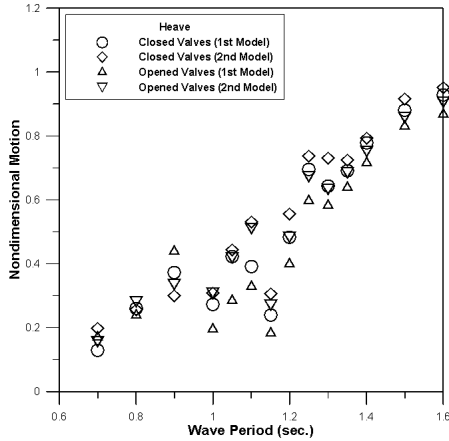


Fig. 10 No. 2 floating body

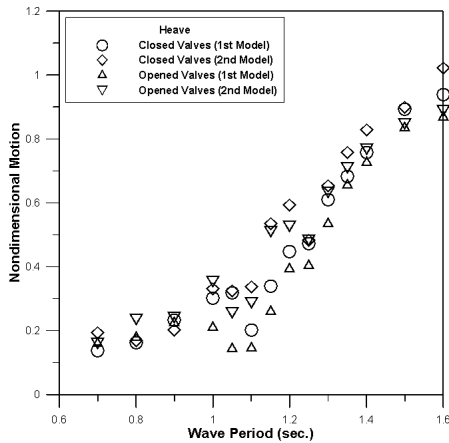


Fig. 11 No. 3 floating body

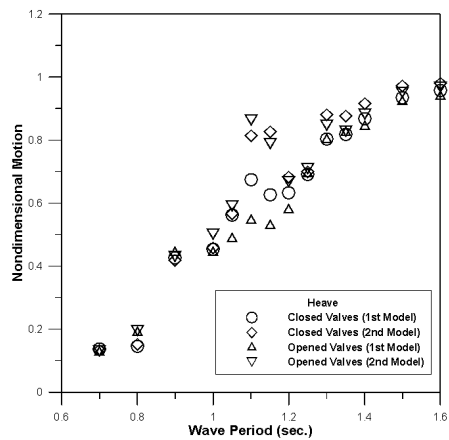


Fig. 12 No. 4 floating body

Fig. 9~12는 흘수가 12 cm에서 상하동요를 나타내고 있다. 흘수 10 cm와 유사한 응답 경향을 보이지만, B 모델에서 응답이 다소 높게 나타났다.

3.2 종동요(Pitch)

Fig. 13~16은 흘수 10 cm에서 각 부체들의 종동요를 나타내고 있다. 밸브를 연 두 모델의 응답이 유사함을 알 수 있으며, 밸브를 닫은 두 모델의 응답도 유사함을 알 수 있다. 두 모델의 수주높이의 차이가 있음에도 그 영향이 거의 나타나지 않았다. 밸브를 닫은 경우가 밸브를 연 경우보다 피크치에서 높게 나타났다.

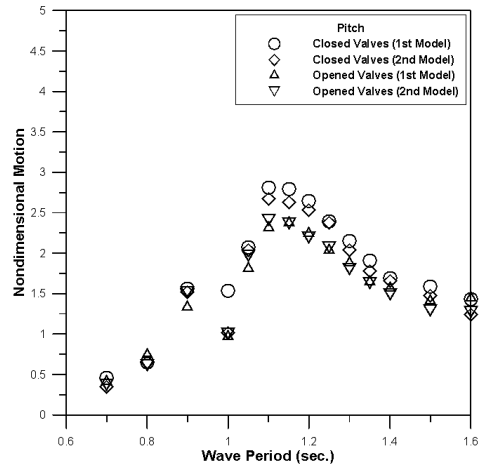


Fig. 13 No. 1 floating body

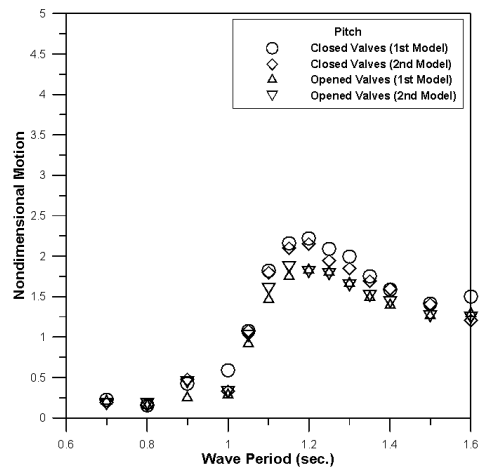


Fig. 14 No. 2 floating body

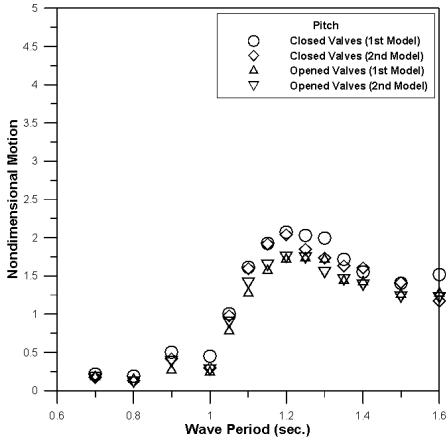


Fig. 15 No. 3 floating body

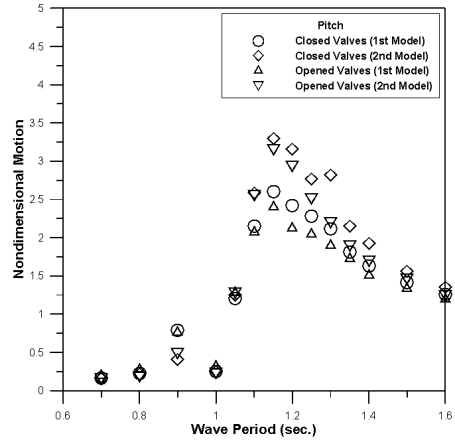


Fig. 18 No. 2 floating body

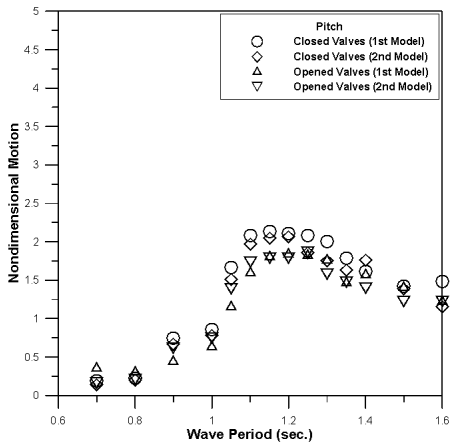


Fig. 16 No. 4 floating body

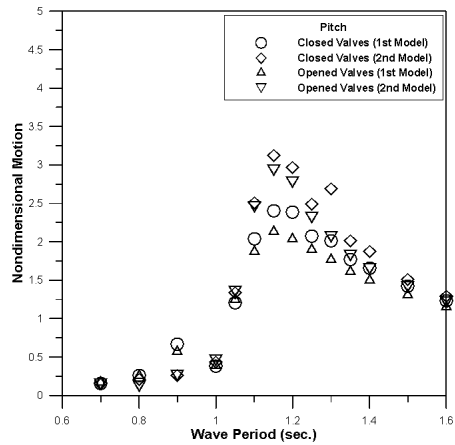


Fig. 19 No. 3 floating body

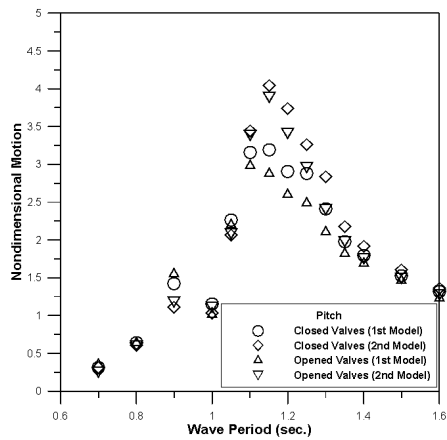


Fig. 17 No. 1 floating body

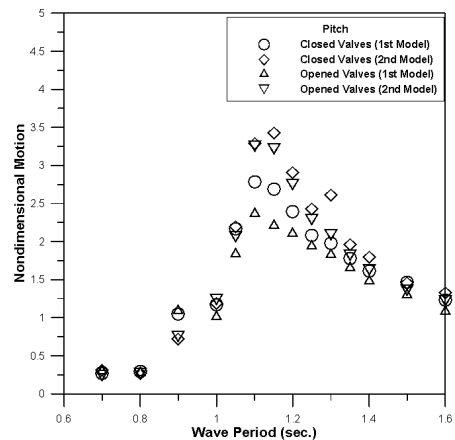


Fig. 20 No. 4 floating body

Fig. 17~20은 홀수 12 cm에서 종동요 응답을 보이고 있다. 홀수 10 cm의 경우와는 달리 B 모델의 응답이 A 모델에 비해 높게 나타나고 있다. 이는 B모델의 수주높이가 A모델보다 높으므로 종동요 모멘트를 크게 만들기 때문인 것으로 사료된다.

4. 결론

본 연구에서는 핀조인트로 연결된 두 가지 종류의 다수 부유체에 대해 실험을 행하였다. 두 모델에 대해 내부유체의 양에 따른 홀수변화 및 밸브의 개폐여부에 따른 운동을 평가하여 다음과 같은 결론을 내릴 수 있다.

(1) 상하동요 응답의 경우 홀수변화에 대한 응답은 홀수 10 cm에서는 유사하게 나타났지만, 홀수 12 cm에서 모델 B의 응답이 높게 나타나고 있는데, 이는 종동요와의 연성에 의한 것으로 사료된다.

(2) 종동요 응답의 경우 홀수변화에 대한 응답은 홀수 10 cm에서는 유사하게 나타났지만, 홀수 12 cm에서 모델 B의 응답이 크게 나타났다. 이는 모델 B의 수주높이가 모델 A보다 높아짐에 따라 종동요 모멘트를 크게 발생시킴에 따른 것으로 사료된다.

(3) 상하동요와 종동요의 경우 밸브의 개폐에 대한 영향은 거의 없지만, 모델 B가 모델 A보다 홀수 12 cm에서 더 적은 영향을 보이고 있다. 이는 모델 B의 경우 홀수 12 cm를 만들기 위해 내부유체를 채우면, 수주부분이 유체로 가득 채워짐에 의해 내부유체의 유동이 거의 없기 때문인 것으로 사료된다.

(4) 진동수주형 파력발전 시스템에 본 실험결과를 응용할 경우, 모델 B와 같이 수주높이를 증가시키도록 설계를 하면 종동요를 극대화시킬 수 있을 것이다.

후 기

이 논문은 부경대학교 자율창의학술연구비 (2015년)에 의하여 연구되었음.

References

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, Vol. 221, 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.
4. S. C. Lee and J. S. Goo, 2013, "An experimental study on motions of a VLCO for wave power generation(1. Simple floating body)", Journal of the Korean Society for Power System Engineering, Vol. 17, No. 2, pp. 103-107.
5. S. C. Lee and J. S. Goo, 2014, "Motion analysis of a VLCO for wave power generation", Journal of the Korean Society for Power System Engineering, Vol. 18, No. 3, pp. 36-41.
6. S. C. Lee and S. Y. Bae, 2014, "A study on Motion Characteristics of a VLCO by Draft (Simple floating body)", Journal of the Korean Society for Power System Engineering, Vol. 18, No. 5, pp. 16-21.
7. S. C. Lee and J. S. Goo, 2013, "Experimental study on motions of VLCO for wave power generation(2. Multiple floating bodies)", Journal of Ocean Engineering and Technology, Vol. 27, No. 6, pp. 27-31.