

경사형 진동수주 파력발전장치의 비선형 터빈효과의 분석

*김정석 · **남보우 · 박세완** · 김경환** · 신승호** · † 홍기용

*한국해양대학교 해양과학기술전문대학원, **,† 선박해양플랜트연구소 해양플랜트·에너지연구부

Analysis for Nonlinear Turbine Effect of Inclined OWC Wave Energy Converter

*J. S. Kim · **B. W. Nam · **S. W. Park · **K. H. Kim · S. H. Shin** · † K. Y. Hong

*Convergence study on Ocean Science and Technology, Korea Maritime and Ocean University, Busan, 49127, Korea

**,† Offshore Plant and Marine Energy Research Division, Korea Research Institute of Ships and Ocean Engineering, Daejeon, 34103, Korea

요약 : 진동수주형 파력발전장치는 수주, 터빈, 발전기 그리고 전력변환 장치 등이 연계된 복잡한 물리적인 특성을 나타낸다. 본 연구는 1/4 스케일의 모형시험을 통해 진동수주와 터빈의 물리적인 관계의 도출에 중점을 두고 있다. 진동수주실과 연성된 터빈의 공력특성은 오리피스를 활용하여 모사하였다. 진동수주실 성능평가에 핵심요소인 터빈효과는 오리피스를 통과하는 유속과 압력강하로 대표할 수 있다. 진동수주형 파력발전장치의 터빈효과는 모형시험에서 계측된 유속과 압력강하로부터 비선형적인 관계를 갖는 것을 확인하였다.

핵심용어 : 진동수주, 공기흐름, 차압, 파력발전장치, 비선형 터빈효과

Abstract : The oscillating-water-column wave energy converter represents the complex physical characteristics associated with the water column, turbines, generator, and power converter. This study focuses on the derivation of the physical relationship between the water column and turbine based on the 1/4 scale model test. The aerodynamic characteristics of the OWC ducted turbine were simulated using an orifice. The turbine effect, a key element in the OWC-chamber performance evaluation, can be represented by the flow rate and pressure drop through the orifice. The turbine effect of OWC-WEC was confirmed to have a non-linear relationship from the measured flow rate and pressure drop in the model test.

Key words : Oscillating Water Column, Air Flow, Differential Pressure, Wave Energy Converter, Non-linear Turbine Effect

1. 서 론

최근 지구온난화에 대응할 수 있도록 지속가능한 발전에 대한 수요가 증가하고 있다. 바람, 물 그리고 열 등의 자연의 에너지를 바탕으로 전기를 생산하기 위하여 전세계적으로 다양한 연구와 실증이 수행되고 있으며, 그 중 일부는 상용화 및 기술의 고도화 단계에 도달했다.

바다의 파도에너지를 활용하여 전기를 생산하기 위한 파력발전은 진동수주형, 가동물체형, 월파형 등의 다양한 형식의 개념들이 제안되어왔다. 진동수주형 파력발전장치는 파도의 왕복운동으로부터 발생된 공기의 흐름을 통해 터빈을 가동하여 발전하도록 고안되었다. Kim et al. (2017)은 수치해석적으로 진동수주형 파력발전장치의 성능평가를 시도하였으며, 1차 에너지 변환에 관한 물리특성을 모사하기 위해 진동수주실과 터빈이 연성된 효과를 수치적으로 수실 내측의 자유수면에 작용하는 임의의 선형 감쇠효과를 적용하였다.

본 연구는 진동수주형 파력발전장치의 수실내부에 작용하

는 터빈효과의 물리현상을 분석하고자 한다. 진동수주형 파력발전장치의 터빈효과를 분석하기 위해 1/4의 축소모형시험의 결과를 활용하였으며 터빈에 의한 물리현상은 오리피스를 통해 모사하였다. 모형시험에서 계측된 오리피스를 통과하는 유속과 전후의 차압을 통해 터빈효과를 분석하였다.

2. 모형 시험

경사형 진동수주 파력발전장치에 대한 모형시험은 한국해양과학기술원 부설 선박해양플랜트연구소의 해양공학수조에서 1/4스케일로 수행되었다 (Fig. 1). 실험 모델의 구성은 진동수주실, 공기가 통과하는 관로인 덕트, 그리고 덕트 내부에 터빈의 특성을 모사를 위한 오리피스를 적용하였다.

진동수주와 터빈 간의 연성된 관계를 도출하기 위하여 진동수주실 내부의 수위변화, 오리피스를 통과하는 공기흐름의 속도, 그리고 오리피스 전후의 차압을 계측하였다.

† 교신저자 : khong@kriso.re.kr

* js-kim@kriso.re.kr

** kkim@kriso.re.kr, bwnam@kriso.re.kr, sewanpark@kriso.re.kr



Fig. 1 Model test in KRISO (1/4 scale)

3. 결과 및 토의

불규칙 파랑 중 계측된 공기흐름의 속도와 이때의 차압에 대한 시계열 자료를 아래의 그림에 나타내었으며, 이 두 변수는 동일한 위상관계를 갖는 것으로 나타난다.

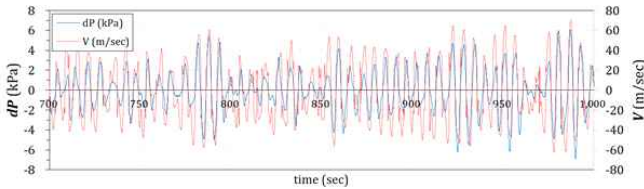


Fig. 2 Example of experimental data (air velocity and differential pressure)

모형시험을 통해 계측된 오리피스를 통과하는 공기의 속도와 오리피스 전후의 차압에 대한 시계열 자료를 영점교차법을 활용하여 각 파형에 대해 분리하였다. 각 파형의 단위로 분리된 공기속도와 차압의 시계열 상에서 정점의 값들을 추출하여 도시하였다 (Fig. 3). 오리피스를 통과하는 공기속도와 이때의 차압은 분산되어 나타났지만, 전반적으로 공기의 속도가 증가할수록 비선형적으로 차압이 증가하는 경향을 보였다.

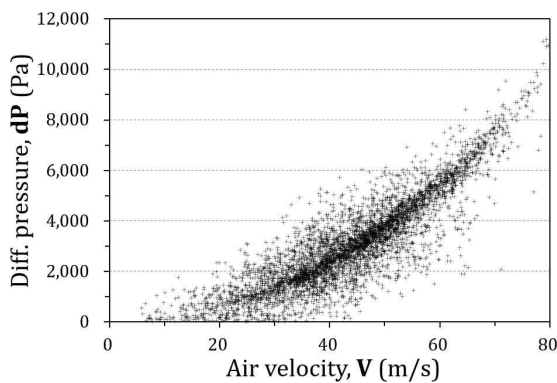


Fig. 3 Relationship between air velocity and differential pressure

모형시험으로부터 도출된 공기의 속도와 차압을 바탕으로 회

귀분석을 통해 이들의 관계를 도출하였다 (Fig. 4). 회귀분석으로부터 2차 다항식으로 표현된 공기속도와 차압의 관계는 빨간색 실선으로 나타내었으며, 이에 해당하는 대표 선형관계는 파란색 점선으로 표기하였다.

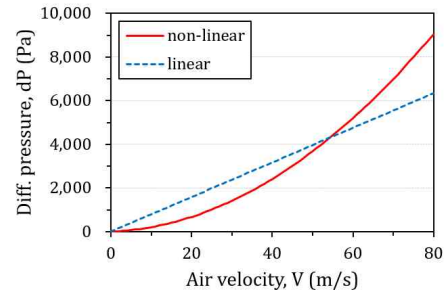


Fig. 4 Relationship between air velocity and differential pressure (linear and non-linear)

대다수의 선행연구에서 터빈효과로 인한 진동수주실 내측에 작용하는 압력강하는 선형관계로 가정하여 다루어져왔다. 하지만 본 연구의 모형시험의 결과로부터 보다 엄밀한 터빈효과는 유속과 압력강하에 대하여 비선형적인 관계를 갖는 것으로 확인되었다.

4. 결론

본 연구에서는 진동수주형 파력발전장치의 터빈효과를 모사한 1/4 스케일 모형시험의 결과를 바탕으로 터빈효과를 검토하였다. 오리피스를 통과하는 유속과 압력강하로 대표되는 터빈효과는 선행연구에서와는 다른 비선형적인 관계를 갖는 것으로 확인되었다. 본 연구에서 도출된 비선형 터빈효과를 적용하여 향후 연구에서는 진동수주실의 설계 및 성능평가를 고도화할 수 있을 것으로 기대된다.

후 기

본 논문은 해양수산부의 국가 R&D사업 “방파제 연계형 파력발전 융복합 기술개발”에 의해 수행되었습니다(PMS3780).

참고 문헌

- [1] J. S., Kim, B. W., Nam, K. H., Kim, K. Y., Hong (2017). Cross-sectional shape design of OWC chamber of wave energy converter applicable to breakwater. 8th East Asian Workshop for Marine Environment and Energy, pp. 163-169.