

일체형 입축 프로펠러수차 모형의 수력학적 성능특성

박 완순¹⁾, 이 철형²⁾

Hydraulic Performance Characteristics of Vertical-Axis Propeller Turbine Model

Wansoon Park, Chulhyung Lee

Key words : Hydro turbine(수차), Propeller type(프로펠러형태), Head(낙차), Specific speed(비속도), Hydraulic efficiency(수력효율)

Abstract : The propeller type hydro turbine model with vertical axis has been tested and analyzed. The blade angle of runner of turbine model were designed to be varied according to the condition of head and flowrate. When the changes in head and output were comparatively large, the efficiency drop were small, so the efficiency characteristics and stability of the entire operating condition were maintained in good condition. These results showed that the developed model in this study will be suitable for small hydro power stations with large changes in head and load such as sewage treatment plants and agricultural reservoirs.

Nomenclature

- H : head, m
- N_s : specific speed, $m - kW$
- P : power, kW
- Q : flowrate, m^3/sec
- β : angle, deg
- η : efficiency

1. 서 론

소수력발전은 환경에 대한 영향이 거의 없는 청정한 에너지로써 개발이 유망한 에너지이지만, 단위 출력당 투자비용이 다른 에너지원에 비하여 높고 대수력 발전에 비해 더 많이 소요되는 것으로 알려져 있다. 그러나 소수력 발전은 발전지점의 특성, 개발형식 및 설비용량 등에 따라 경제성에 커다란 영향을 받기 때문에 이에 대한 정확한 분석이 수행된다면, 반드시 소수력발전의 경제성이 낮다고 할 수 없을 것이다¹⁾.

일체형 입축 프로펠러 수차는 저낙차로써 유량의 변화가 심한 소수력발전입지에 적합하며, 이러한 목적을 충분히 만족시켜줄 수 있는 수차로써, 저낙차의 경우 다른 종류의 수차보다 효율, 설치 및 운영면에서 많은 장점을 갖고 있으며 표준화를 통하여 가격을 크게 낮출 수 있기

때문에 우리 나라의 소수력발전소에 적용하기가 매우 좋은 수차라고 할 수 있다²⁾.

본 연구를 통하여 개발된 일체형 입축 프로펠러수차 모형의 성능을 검토하여 설계점에서의 무차원 비속도와 무차원 직경을 확인한 결과, 기존의 설계된 수차들과 같은 무리를 이루게 되어 수차설계가 원만하게 되었음을 확인하였다.

2. 일체형 입축 프로펠러수차 모형 성능실험

수차의 런너는 피치각을 조정할 수 있도록 설계·제작하였으며, 단면도는 Fig.1과 같다. 런너 직경은 250mm 이고, 런너의 직경에 대한 허브 직경의 비는 0.452이며, 런너 날개는 NACA 65계열을 사용하였다. Fig.2는 성능시험을 위하여 설치된 수차를 보여준다.

1) 한국에너지기술연구원
E-mail : pwsn@kier.re.kr
Tel : (042)860-3432 Fax : (042)860-3739

2) 한국에너지기술연구원
E-mail : lchg@kier.re.kr
Tel : (042)860-3437 Fax : (042)860-3739

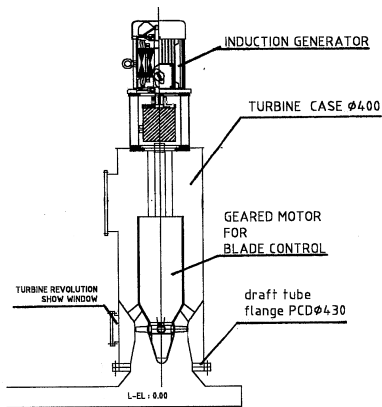


Fig. 1 Sectional view of experimental hydro turbine model



Fig. 2 Photo of experimental hydro turbine model

수차의 성능분석을 위해 기본적으로 측정해야 할 변수는 낙차, 유량, 토오크, 회전수 등으로 유량은 초음파유량계를 사용하여 측정하였으며, 낙차는 차압변환기를 이용하여 수차모형 상류에 설치된 전압 측정공과 하수조에 설치된 압력공으로 부터 차압을 측정하였고, 토오크와 회전수는 B&K의 TN32 토오크-회전측정기를 사용하여 토오크와 회전수를 측정하였다. 수차 런너의 피치각은 런너 fairing부에 내장된 geared motor로 조절되며, 수차의 부하로는 정격회전수가 1,200rpm인 유도발전기가 사용되었다. 수차의 출력특성을 측정하기 위하여 수차와 발전기 사이에 토오크-회전측정기를 설치하였다.

낙차와 피치각의 변화에 대한 수차의 특성을 분석하기 위하여 낙차를 2.5m~5.0m에서 0.5m 간격으로, 피치각을 67.5°~80°에서 2.5° 간격으로 변화시켜 유량과 출력의 변화를 측정하였다.

실험은 Fig. 3과 같이 폐쇄된 회로를 통해 물이 순환되도록 하였으며, 수차에서 발생된 동력에 계동을 걸어 토크와 회전수를 측정하는 부분으로, 6극의 유도발전기를 계통에 연계하여 사용하였다.

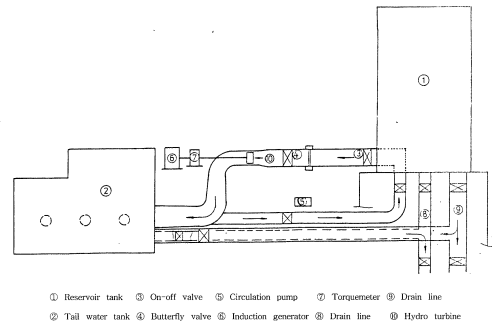


Fig. 3 Schematic diagram of experimental apparatus

3. 결과분석 및 검토

Fig. 4는 정격낙차가 3.5m인 경우, 런너의 피치각을 변화시켜 수차 모형의 성능 변화를 분석한 것이다. 수차모형의 효율은 피치각에 의하여 크게 영향을 받으며, 피치각이 75°부근에서 최대가 되고 그 이상의 피치각에서는 효율이 감소한다는 것을 보여준다. 수차모형을 통과하는 유량은 피치각이 증가할수록 감소한다. 이는 피치각이 증가할 수록 수차모형날개의 유로가 감소하기 때문이다.

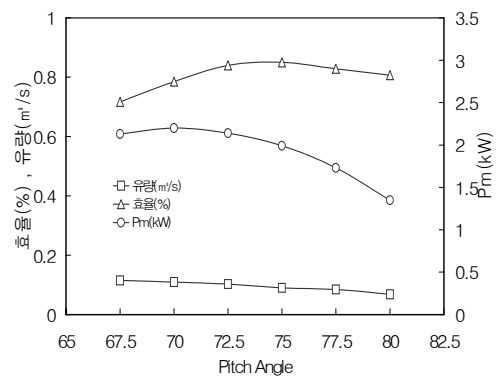


Fig. 4 Variation of flowrate, power and efficiency with pitch angle

Fig.5는 런너의 피치각이 75°인 경우, 낙차 변화에 따른 최대효율의 변화를 나타내는 그림으로 낙차가 증가할 수록 최대효율이 증가하다가 낙차가 더욱 증가하면 서서히 감소한다는 것을 보여준다. 본 실험에서는 낙차 3.5m에서 최대효율값이 최대가 되며 그이상의 낙차에서는 서서히 감소하는 것으로 나타났다.

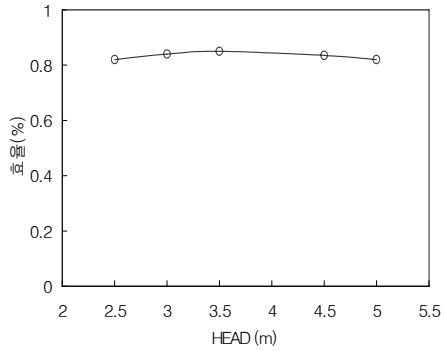


Fig. 5 Variation of efficiency with head

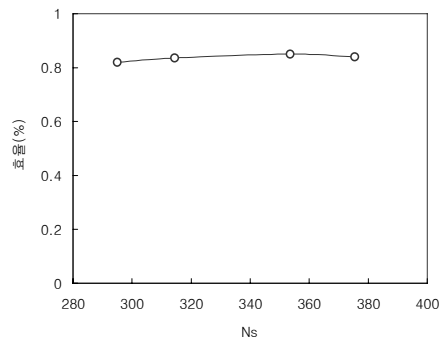


Fig. 6 Variation of efficiency with specific speed

Fig. 6은 런너의 피치각이 75°인 경우, 비속도 변화에 따른 최대효율의 변화를 나타내는 그림으로 비속도가 증가할 수록 최대효율이 서서히 증가하다, 비속도가 360을 넘으면 최대효율이 감소하는 것으로 나타났다. 피치각이 큰 경우, 최대효율의 값이 최대가 되는 비속도의 값이 작아지는 것은 피치각이 증가할 수록 유량이 적게 통과하기 때문이다.

Fig. 7과 Fig. 8은 수차 모형의 탈설계성능을 분석하기 위한 것으로 각각 낙차비와 유량비에 따른 효율비의 변화를 나타내는 그림이다.

Fig. 7은 낙차가 3.5m로 일정할 경우, 유량의 변화에 따른 최대효율의 변화를 나타내는 것으로 피치각이 75°인 상태에서의 유량을 기준유량 Q_r 로, 이때의 최대효율의 값을 기준최대효율 η_r 로 하였으며, 각각의 값은 Q_r 이 $0.091m^3/sec$, η_r 이 0.85이다.

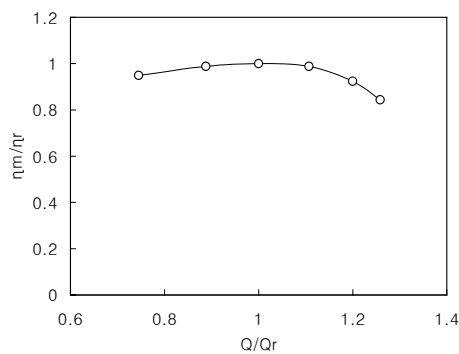


Fig. 7 Variation of maximum efficiency ratio with flowrate ratio

Fig. 8은 유량이 $0.091m^3/sec$ 로 일정할 경우, 낙차의 변화에 따른 최대효율의 변화를 나타내는 것으로 피치각이 75°인 상태에서의 낙차를 기준낙차 H_r 로, 이때의 최대효율의 값을 기준최대효율 η_r 로 하였으며, 각각의 값은 H_r 이 3.5 m, η_r 이 0.85이다.

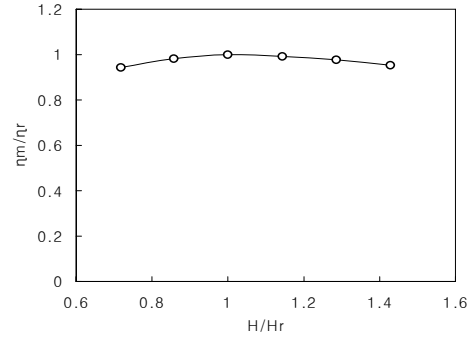


Fig. 8 Variation of maximum efficiency ratio with head ratio

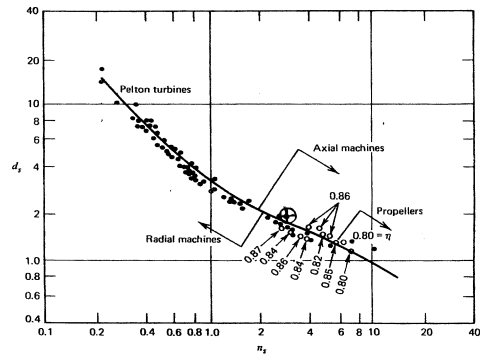


Fig. 9 N_s - D_s comparison of experimental hydro turbine

수차 모형의 성능을 검토하여 설계점에서의 무차원 비속도(N_s)와 무차원 직경(D_s)를 확인한 결과, Fig. 9에서와 같이 기존의 설계된 수차들과 같은 무리를 이루게 되어 수차 모형의 설계가 원만하게 되었음을 확인하였다.

4. 결론

일체형 입축 프로펠러수차 모형의 성능특성은 주속계수에 따라 변하게 되며, 본 모델의 경우, 넓은 범위의 비속도에서 효율 및 출력특성이 매우 안정된 값을 보여주었다.

일체형 입축 프로펠러수차 모형의 효율은 런너의 피치각에 의한 영향이 크다는 것이 밝혀졌다. 또한 피치각이 조절되는 일체형 입축 프로펠러수차 모형은 유량과 낙차의 변화가 큰 소수력발전에 효과적으로 사용할 수 있다는 것을 알 수 있다.

수차 모형의 성능을 검토하여 설계점에서의 무차원 비속도와 무차원 직경을 확인한 결과, 기존의 설계된 수차들과 같은 무리를 이루게 되어 수차설계가 원만하게 되었음을 확인하였다.

References

- [1] 박완순 외, 1999, "소수력발전소의 경쟁력강화에 의한 개발활성화 방안 연구", 1999-N-SH08-P-06, 연구보고서, 한국에너지기술연구원.
- [2] 이철형 외, 1999, "카프란수차 설계기술 및 국산화 개발", KIER-994608, 연구보고서, 한국에너지기술연구원.
- [3] Giorgio Bagliani, 1984, "Small Turbine Model Testing", 1st Int'l Conference on Small Hydro, Singapore, session III.
- [4] Bo Stjernstrom, 1991, Submersible Hydro Turbine Generators: A New Approach to Small-Scale Hydro, FLYGT.
- [5] Ernesto Doebelin, 1983, Measurement Systems-Application and Design, 3rd Ed. McGraw Hill.
- [6] O. E. Balje, 1981, Turbomachines-A Guide to Design, Selection and Theory, John Wiley & Sons, Inc.
- [7] Code for Testing and Speed Governing System for Hydro Turbines, IEC Publication 308.