한국신·재생에너지학회 2006년도 춘계학술대회논문집 pp.495~498

카프란수차모형의 수력학적 성능특성 분석

이 철형[1], 박 완순[2]

Analysis on the Hydraulic Performance Characteristics of Kaplan Turbine Model

Chulhyung Lee, Wansoon Park

Key words : Head(낙차), Flowrate(유량), Pitch angle(피치각), Guidevane angle(안내깃각), Efficiency(효율)

Abstract : The Kaplan turbine model has been tested and analyzed. The blade angle and the guide vane opening of the turbine model were designed to be varied according to the best combination of guide vane and runner blade opening. 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 hydropower stations with large changes in head and load such as agricultural reservoir.

Nomenclature

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

subscrip

g : guide vane
m : runner blade

1. 서 론

카프란수차는 낙차와 유량의 변화가 심한 소수력발전입지에 적합하며, 이러한 목적을 충분히 만족시켜줄 수 있는 수차로써, 저 낙차의 경우 다른 종류의 수차보다 효율, 설치 및 운영면에서 많은 장점을 갖고 있으며 표준화를 통하여 가격을 크게 낮출 수 있기 때문에 우리나라의 소수력발전소에 적용하기가 좋은 수차라고 할 수 있다.

본 연구에서는 카프란수차의 국산화개발을 위하여 수차모형의 수력학적 성능을 실험적으로 규명하였다.

2. 카프란 수차 성능실험

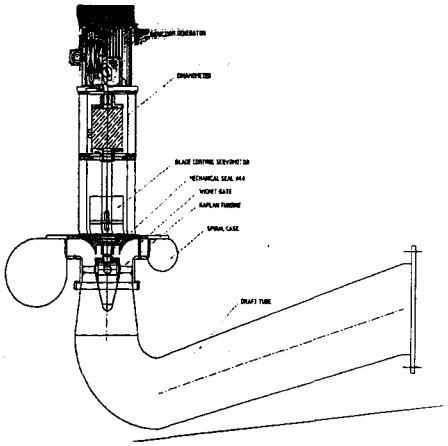
2.1 카프란수차 모형

카프란수차의 모형은 피치각과 안내깃 각을 수동으로 조정할 수 있도록 설계·제작하였으며, 구성도는 [그림 1]과 같다.

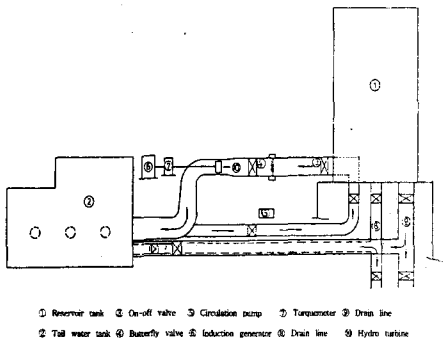
수차모형 런너의 직경은 250㎜이고, 런너의 직경에 대한 허브직경의 비는 0.452이다.

1) 한국에너지기술연구원
E-mail : lchg@kier.re.kr
Tel : (042)860-3432 Fax : (042)860-3739
2) 한국에너지기술연구원
E-mail : pwsn@kier.re.kr
Tel : (042)860-3437 Fax : (042)860-3739

실험은 폐쇄된 회로를 통해 물이 순환되도록 하였다. 즉, 펌프→수압관→흡출관→하수조→펌프 순으로 [그림 2]와 같이 구성되어 있다.



[그림 1] 카프란수차 모형의 구성도



[그림 2] 수차 모형실험장치 유동회로도

[그림 3] 수차모형 성능실험설비

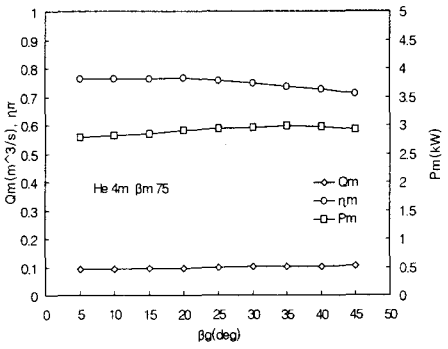
수차에서 발생된 동력에 제동을 걸어 토크와 회전수를 측정하는 부분으로, 6극의 유도발전기를 계통에 연계하여 사용하였다.

[그림 3]은 성능시험을 위하여 설치된 카프란 수차 모형과 성능실험설비를 보여준다.

모형수차의 시험은 런너의 회전수를 1,200rpm으로 일정하게 유지시키고, 낙차, 유량, 피치각 및 안내깃 각을 변화시켰다.

3. 결과분석 및 토의

[그림 4]는 낙차가 4m인 경우, 수차의 피치각을 일정하게 고정시키고 안내깃각을 변화시켜 수차의 성능 변화를 분석한 것이다. 그림을 통하여 알 수 있는 바와 같이 안내깃각이 작은 범위에서 효율이 높고 안내깃각이 커질 수록 효율이 서서히 감소한다. 그러나 전반적으로 안내깃각의 크기가 수차의 효율에 크게 영향을 미치지 못한다는 것을 보여준다.

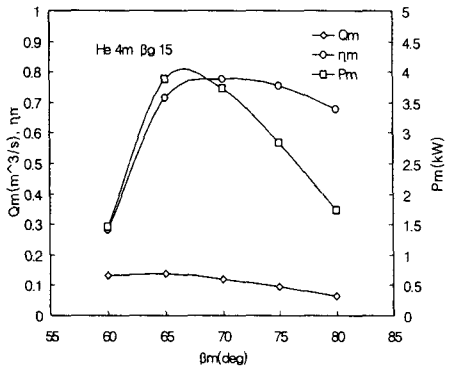


[그림 4] 안내깃각에 따른 유량, 출력 및 효율의 변화

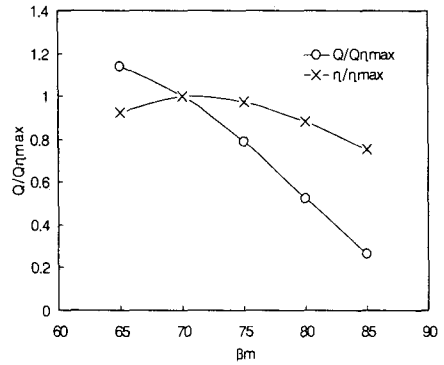
[그림 5]는 낙차가 4m인 경우, 안내깃각을 일정하게 고정시키고 수차의 피치각을 변화시켜 수차의 성능 변화를 분석한 것이다. 그림을 통하여 알 수 있는 바와 같이 피치각이 작은 범위에서 효율이 낮고 피치각이 증가할 수록 효율이 증가하다 서서히 감소한다. 전반적으로 수차의 효율은 피치각에 의하여 크게 영향을 받으며, 피치각이 70°~75° 사이에서 최대가 되며 그 이상의 피치각에서는 효율이 감소한다는 것을 보여준다.

[그림 6]은 피치각 변화에 따른 유량비와 효율비의 변화를 나타내는 그림이다. 피치각이 증

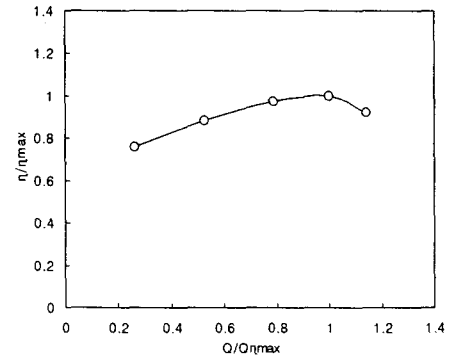
가할수록 유량비는 감소하며, 효율비는 70°에서 최대가 되고 피치각이 더욱 증가하면 효율비가 감소하는 것을 알 수 있다.



[그림 5] 피치각에 따른 유량, 출력 및 효율의 변화

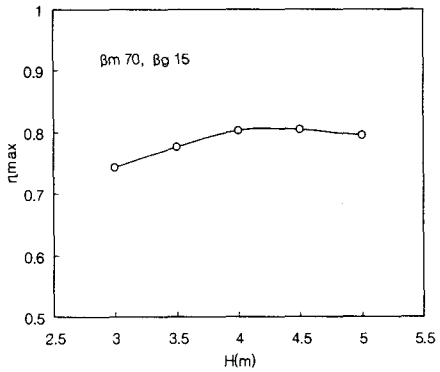


[그림 6] 피치각에 따른 유량비 및 효율비의 변화

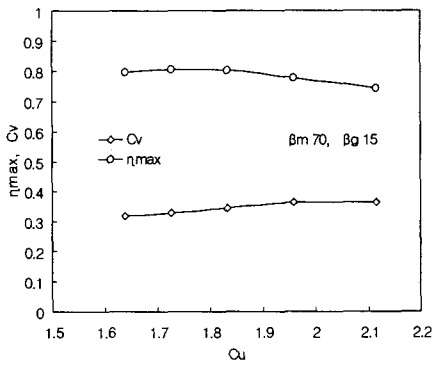


[그림 7] 유량비에 따른 효율비의 변화

[그림 7]은 유량비에 따른 효율비의 변화를 나타내는 그림이다. 유량비가 증가할 수록 효율비는 증가하며, 유량비가 1이 넘어서는 효율비가 급격히 감소하는 것을 알 수 있다. 유량비와 효율비가 1인 상태가 수차의 정격상태를 의미하며, 이 때 피치각은 70°를 유지한다. 정격유량의 26.3%에 해당하는 유량이 사용될 때, 효율은 정격상태에 비하여 75.6%를 이며, 이 때 피치각은 85°를 유지한다. 그림을 통하여 정격유량 이하의 유량이 사용될 경우에는 피치각을 증가시켜 효율변화를 최소화할 수 있다는 알 수 있다. 그러나 유량이 정격상태 이상일 경우, 피치각을 감소시켜 효율저하를 방지할 수 있으나, 유량이 작은 경우에 비하여 효과가 적다는 것을 알 수 있다.



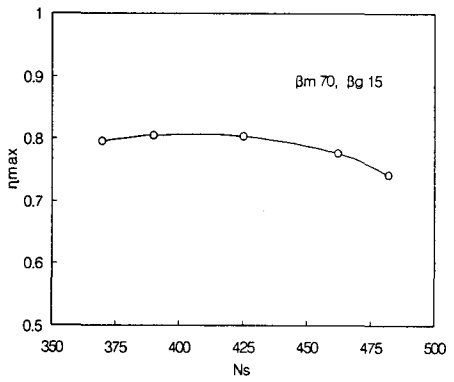
[그림 8] 낙차에 따른 최대효율의 변화



[그림 9] 주속계수에 따른 최대효율과 축류유속계수의 변화

[그림 8]은 낙차 변화에 따른 최대효율의 변화를 나타내는 그림으로 낙차가 증가할 수록 최대효율이 증가하는 것을 보여주며, 낙차가 4m가 넘으면 최대효율의 증가가 거의 없는 것을 알 수 있다.

[그림 9]는 주속계수 변화에 따른 최대효율과 축류유속계수의 변화를 나타내는 그림으로 주속계수($C_u=U/\sqrt{2gH}$)가 증가할수록 최대효율이 감소하는 것을 알 수 있다. 카프란수차의 모형실험 결과를 통하여 카프란수차의 성능특성은 주속계수에 따라 변하게 되는 것을 확인하였으며, 본 실험에서는 주속계수가 Cu=1.843인 경우, 즉 시험낙차를 4m로 한 경우에 효율이 높은 것으로 나타났으며, 출력특성도 매우 안정된 값을 보여주었다. 시험낙차를 5m로 한 경우에는 4m의 경우보다 효율이 약간 증가하나, 증가되는 양이 매우 미미한 것으로 나타났다.

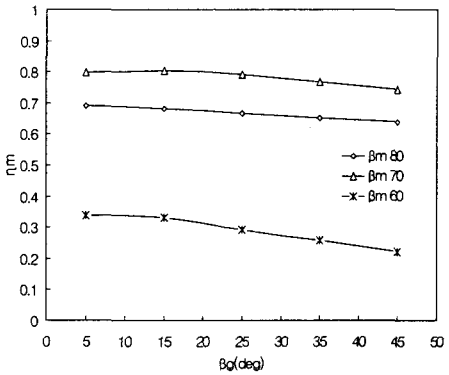


[그림 10] 비속도에 따른 최대효율의 변화

[그림 10]은 비속도 변화에 따른 최대효율의 변화를 나타내는 그림으로 비속도가 증가할수록 최대효율이 서서히 증가하다, 비속도가 425를 넘으면 최대효율이 감소하는 것을 알 수 있다.

[그림 11]은 안내깃각 변화에 따른 효율의 변화를 나타내는 그림으로 전반적으로 수차의 효율은 안내깃각에 의한 영향보다 피치각에 의한 영향이 크다는 것을 알 수 있다.

이와 같은 특성을 종합하면, 카프란수차는 유량과 낙차의 변화가 큰 소수력발전소에서 효과적으로 사용할 수 있다는 것을 알 수 있다.



[그림 11] 안내깃각에 따른 효율의 변화

4. 결론

카프란수차의 성능특성은 주속계수에 따라 변하게 되며, 본 모델의 경우, 넓은 범위의 비속도에서 효율 및 출력특성이 매우 안정된 값을 보여주었다. 또한 카프란수차의 효율은 안내깃각에 의한 영향보다 피치각에 의한 영향이 크다는 것이 밝혀졌다.

카프란수차는 농업용 저수지와 같이 유량과 낙차의 변화가 큰 소수력발전소에 효과적으로 사용할 수 있다는 것을 알 수 있다.

참고문헌

1. Giorgio Bagliani, 1984, "Small Turbine Model Testing", 1st Int'l Conference on Small Hydro, Singapore, session III.

2. Bo Stjernstrom, 1991, Submersible Hydro Turbine Generators: A New Approach to Small-Scale Hydro, FLYGT.

3. Ernesto Doebelin, 1983, Measurment Systems- Application and Design, 3rd Ed. McGraw Hill.

4. O. E. Balje, 1981, Turbomachines-A Guide to Design, Selection and Theory, John Wiley & Sons, Inc.

5. Code for Testing and Speed Governing System for Hydro Turbines, IEC Publication 308.