

중·저낙차 프란시스수차 국산화 개발

이철형, 박완순
한국에너지기술연구원

요 약

프란시스수차의 경우 다른 종류의 수차보다 효율, 설치 및 운영면에서 많은 장점을 갖고 있으며 표준화를 통하여 가격을 크게 낮출 수 있기 때문에 우리나라의 소수력발전입지에 적용하기가 매우 좋은 수차라고 할 수 있다. 수차설계자료를 외국의 수차제작사들이 공개하지 않으며, 국내의 수차설계경험의 부족으로 인하여 수차설계기술이 확립되지 않은 상황에서 국내 소수력자원특성에 적합한 프란시스수차의 국산화개발 기술이 확립되었다.

1. 서 론

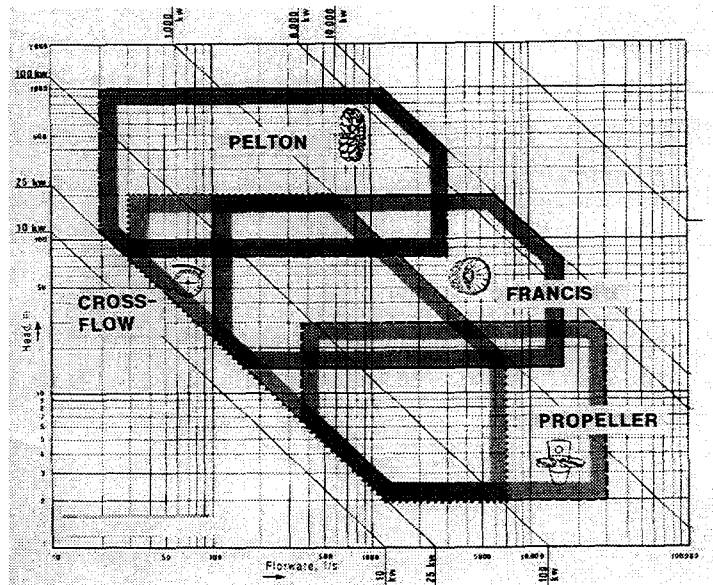
소수력에너지는 순수 부존자원이며, 잠재량의 약 8% 정도 밖에 개발되지 않은 청정한 에너지이다. 소수력발전은 발전방식, 설비용량 및 수차발전기 형식 등에 따라 경제성에 커다란 영향을 받기 때문에 이에 대한 정확한 분석을 수행하면, 소수력발전의 경제성을 향상시킬 수 있다.

프란시스수차의 경우 다른 종류의 수차보다 효율, 설치 및 운영면에서 많은 장점을 갖고 있으며 표준화를 통하여 가격을 크게 낮출 수 있기 때문에 우리나라의 경우, 소수력개발을 활성화하고 향후 개발될 소수력발전소에 적용하기 위해서는 프란시스수차에 대한 설계기술을 배양하고 이를 통한 수차 국산화개발에 시급히 착수하여야 한다. 또한 현상태에서는 민간에 의한 장기적인 연구개발 투자를 기대하기 어렵기 때문에 국가주도의 기술개발과 기술지원이 정책적으로 수행되어야 하며, 이를 통하여 연구개발의 공익성을 확보하여야 하고, 소수력발전의 핵심부품인 수차를 국산화하여야 한다.

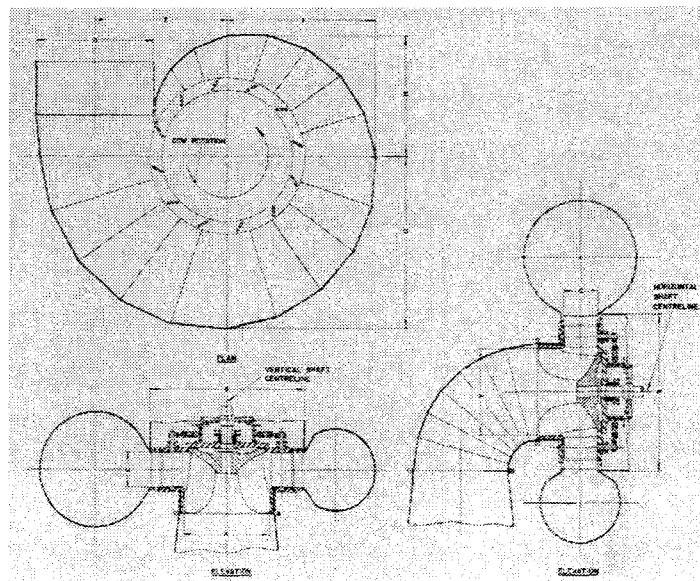
2. 본 론

가. 수차의 종류 및 특징

수차는 사용영역에 따라 형식이 달라지며, [그림 1]은 수차별 사용영역을 나타낸다.



[그림 1 : 수차의 사용범위]

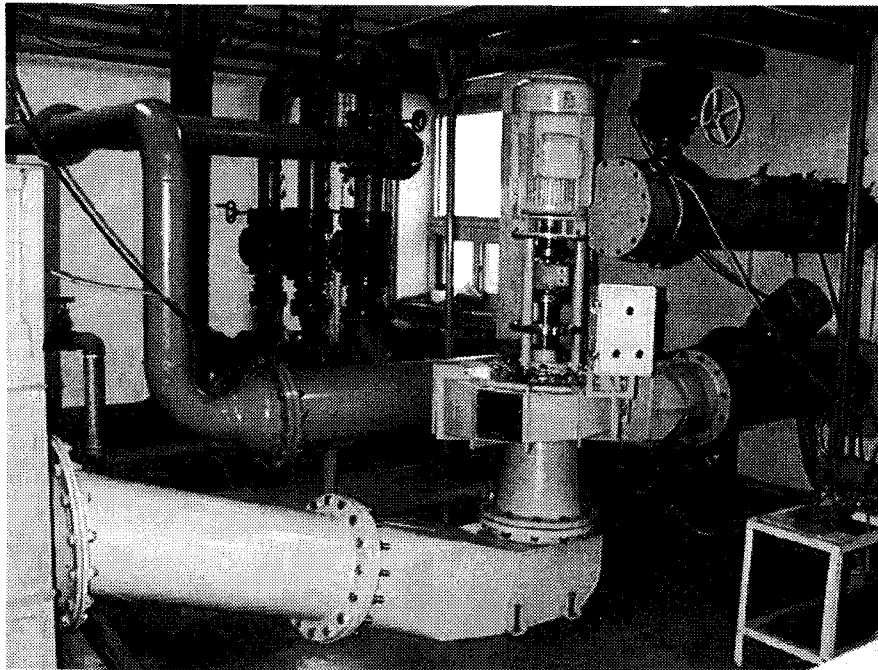


[그림 2 : 프란시스수차의 단면 구조]

프란시스수차의 구조는 원심펌프의 구조와 거의 같다. 단지 유동의 방향과 회전 방향이 반대이다. [그림 2]는 수직축 및 수평축 프란시스 수차의 단면 구조를 나타낸다. 특히 런너는 가변부분이 없는 일체로 되어 있고, 구조는 비교적 단순하여 소수력용 수차로 많이 사용된다. 고압의 물은 수압관을 통해 스크롤 케이싱(scroll casing)을 통해 안내깃에 도달한다.

나. 프란시스수차 모형시험

[그림 3]은 실험을 위하여 설치된 모형 프란시스수차의 외형과 실험설비 및 측정장비를 나타낸다.

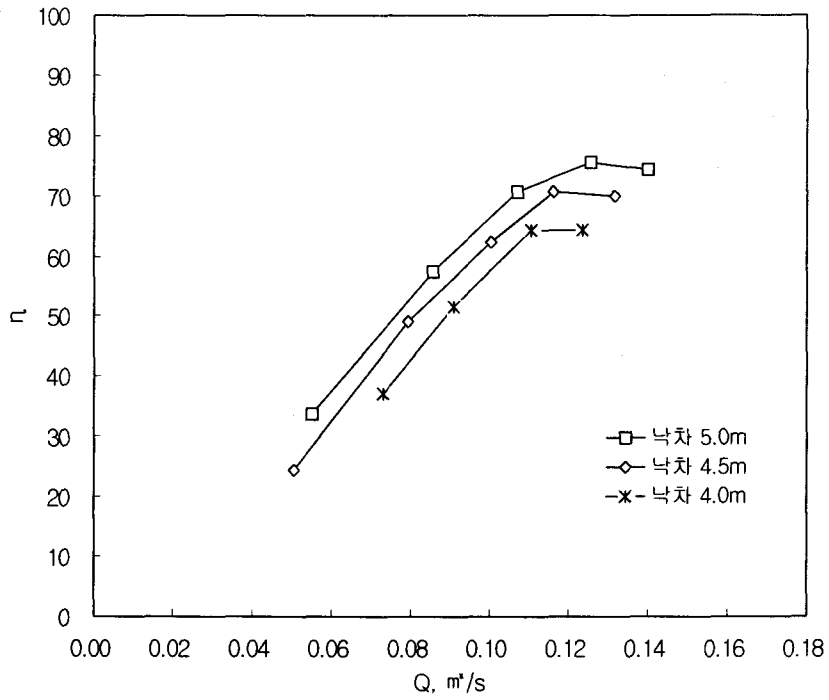


[그림 3] 프란시스수차 실험모형의 외형

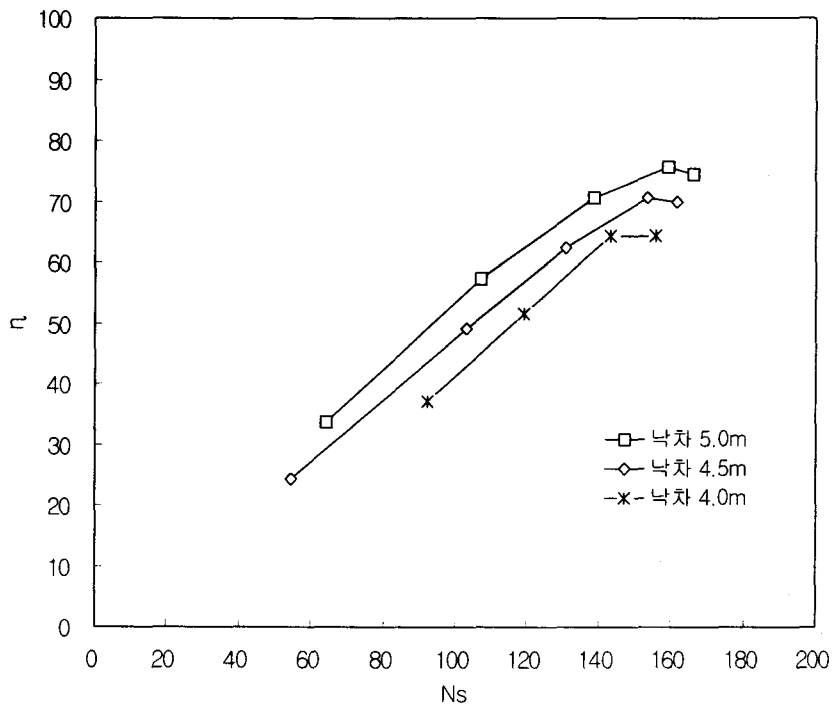
프란시스수차의 모형실험결과를 통하여 프란시스수차의 성능특성은 안내깃각의 개도에 따라 크게 변하게 되는 것을 확인하였으며, 이러한 현상은 프란시스수차의 런너가 고정된 것을 갖기 때문에 발생하는 현상으로 분석되었다.

[그림 4]는 유량변화에 따른 효율의 변화를 보여준다. 유량이 증가할수록 프란시스수차의 효율이 증가하지만, 정해진 유량보다 증가할 경우, 효율이 감소된다. 이러한 현상은 안내깃의 개도가 증가할수록 유량이 증가하면서 런너에 유입되는 입사각이 변하기 때문이다.

[그림 5]는 비속도변화에 따른 효율의 변화를 나타내는 것으로, 수차는 비속도가 140~160사이에서 효과적으로 사용될 수 있다는 것을 보여준다.



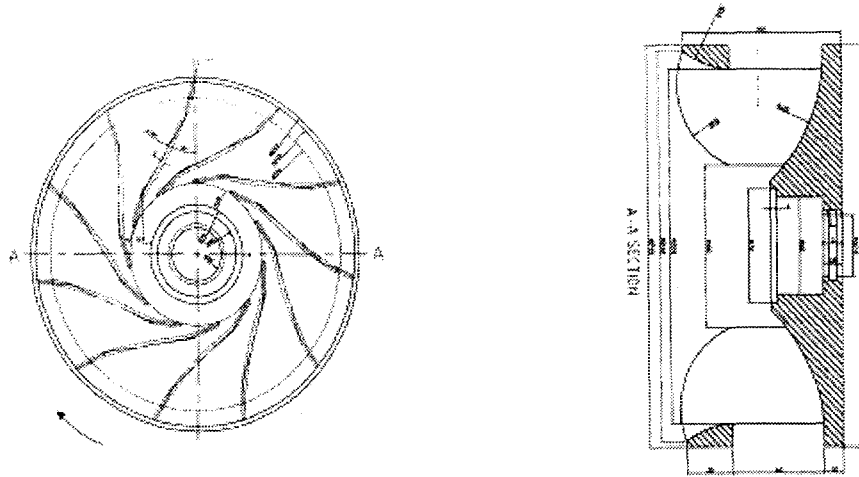
[그림 4 : 유량변화에 따른 효율의 변화]



[그림 5 : 비속도변화에 따른 효율의 변화]

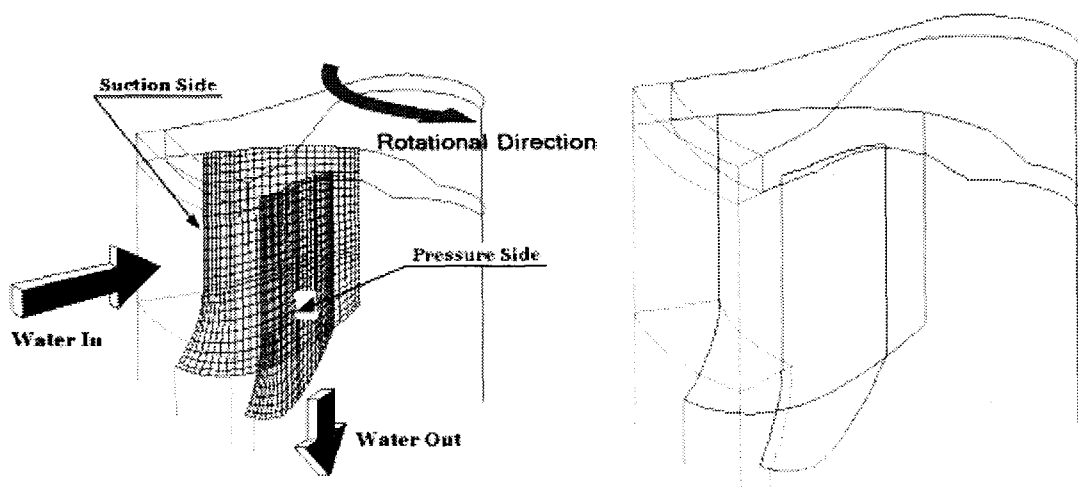
다. 모형 수차의 형상과 유동장의 특성

본 연구를 위해 개발된 모형 수차의 기하학적 형상은 아래의 [그림 7]과 같다.



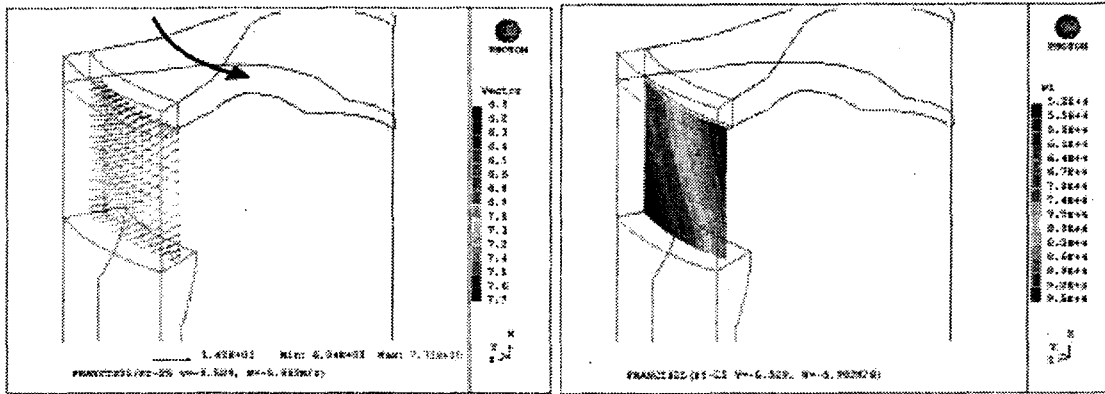
[그림 7 : 모형 런너의 형상]

런너의 내부에서 발생하는 유동현상을 예측하고, 날개 상의 정압 분포를 산출하여 모형 수차에서 발생하는 제동마력을 예측하기 위해 수치해석 영역의 크기를 최소화하여 계산 시간을 줄여야 한다. 이를 위해 런너의 유동 해석영역 중 반복적인 영역은 줄이고 Blade to Blade 영역만을 해석 영역으로 잡았다. [그림 8]은 본 연구에서 적용한 유동장의 해석영역을 보여 준다. 물의 유입방향은 그림에서처럼 런너의 원주방향으로 유입되어 아래 방향인 축 방향으로 방출된다.



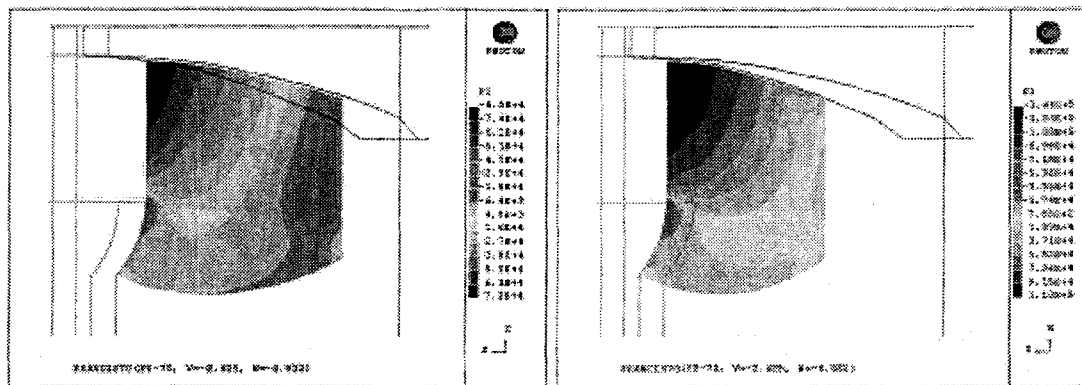
[그림 8 : 모형 런너의 수치해석 영역]

3차원 난류 유동장의 해석을 위해 상용 CFD코드인 PHOENICS(ver 3.4)를 사용하여 3차원 비압축성 Navier Stokes 방정식을 풀었으며, 난류모델은 standard (k-ε) 난류 모델을 적용하였다.



[그림 9 : 수차 입구에서의 속도 및 압력분포(모델 25, 유입각:11.3°)]

[그림 9]는 수차 수차 입구에서의 유입되는 물의 흐름 방향과 압력의 분포를 보여준다. 속도분포의 경우, 입구의 하단부위에서 유입각도가 급격히 90도로 방향이 전환되므로 가속되어 유입되는 것을 볼 수 있다. 압력의 경우 수차 날개의 압력벽면(pressure side)에서의 압력이 흡입벽면(suction side)에서 보다 훨씬 높ی 증가함을 알 수 있다. 특히 압력벽면의 상단부위에서 압력이 상승하는 이유는 유입속도가 낮아지므로 압력이 압력벽면 상단부위에 집중됨을 알 수 있다.



(흡입면)

(압력면)

[그림 10 : 수차 깃의 흡입면과 압력면에서의 정압분포(모델 70, 유입각:31.5°)]

[그림 10]은 입구 가이드 베인 유입각도가 31.5도에서 수차 날개 표면의 흡입벽면(suction side)과 압력벽면(pressure side)에서의 정압분포를 보여준다. 압력벽면에서의 정압분포가 흡입벽면에서의 정압분포보다 높다는 사실을 알 수 있으며 이

로 인해 수차가 회전하게 되며 회전동력을 발생하게 된다는 사실을 알 수 있다. 이때 날개상의 압력분포는 수차 설계상의 여러 인자에 영향을 받게 되며 특히 가이드 베인의 유입각도(induced angle)의 변화에 크게 영향을 받게 된다.

본 연구를 통해 도출된 연구 결과를 통해 설계하고자 하는 프란시스 수차의 유입 각도의 변화 혹은 수차의 회전수의 변화에 따라 설계된 수차의 출력을 예측할 수 있으며, 또한 이러한 자료를 이용하여 특정한 출력, 효율을 요구하는 수차를 설계하는데 필요한 자료로 활용될 수 있다.

라. 프란시스수차 시제품 제작

프란시스수차의 시제품은 실제 소수력발전소에 적용하기 위하여 설계, 제작하였다. 프란시스수차 시제품 설계 조건은 <표 1>과 같다.

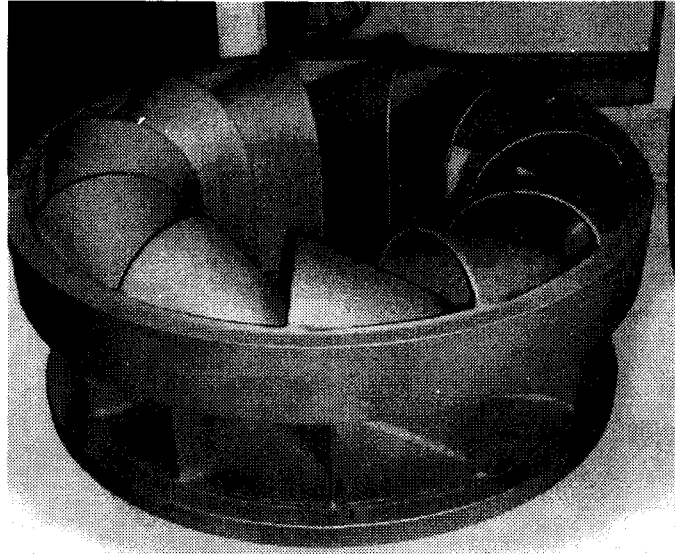
<표 1 : 프란시스수차 설계조건>

구분	조건
설계유량, m ³ /s	2.0
낙차, m	43.6

프란시스수차 시제품의 설계사양은 <표 2>와 같다.

<표 2 : 프란시스수차 시제품 설계사양>

구분	제원
런너 입구직경, m	0.627
런너 입구폭, m	0.094
런너 출구직경, m	0.65
깃 수, ea	11
깃 각, deg	10
회전수, rpm	620
효율, %	90



[그림 11 : 프란시스수차 런너 시제품]

3. 결 론

수차설계자료를 외국의 수차제작사들이 공개하지 않으며, 국내의 수차설계경험의 부족으로 인하여 수차설계기술이 확립되지 않은 상황에서 국내 소수력자원특성에 적합한 프란시스수차의 국산화개발 기술이 확립되었다. 본 연구를 통하여, 프란시스수차의 수차의 시제품을 제작하였으며, 시제품 제작 전과정을 설계에서부터 제작 및 검사까지 체계적으로 수행함으로써, 프란시스수차 국산화를 위한 기반을 확립하고, 주요 부품의 가격을 감소시키고 기기의 신뢰성을 향상시켜 프란시스수차의 상용화를 앞당기었다.

참 고 문 헌

1. 김영호 외, 2001, 입축 프로펠러수차 개발, 대양전기, 연구보고서.
2. Jo Jernsletten : "On the Formation of Pressure Trasients within Hydraulic Turbines", FEDSM97-3450, 1997.
3. C.H Kim, C.H Lee, W.S Park : "An Effect of Inlet Guidevane Angle on the Performance of Francis Hydraulic Turbine", ISES 2004 Solar World Congress, 2004.
4. PHOENICS PIL Manual, Version 3.1, CHAM Ltd., 2002.