

농업용저수지를 이용한 프란시스수차 국산화 적용 연구

Application Study on Domestic Production of Francis Type Hydro Turbine at Irrigation Reservoir

이철형*, 박완순*

Chul Hyung Lee, Wan Soon Park

요 지

소수력자원은 신재생에너지 중에서도 온실가스 배출량이 가장 적고 에너지밀도가 매우 높기 때문에 개발할 가치가 큰 청정부존자원으로 평가되고 있다.

본 연구는 프란시스 수차의 국산화 개발 연구로써 프란시스수차 외형설계에 필요한 기본사항과 제작, 프란시스수차의 설치 및 시운전, 프란시스수차의 성능시험을 수행하였다. 이에 대한 분석 결과, 개발된 프란시스수차는 기계적인 성능과 수력학적인 성능면에서 만족할 만한 결과를 보여주어 프란시스수차의 상용화에 대한 기반이 마련되었다.

핵심용어: 프란시스수차, 수력학적 성능, 유량, 효율, 안내깃

1. 서론

부존자원이 부족하여 해외에너지 의존도가 97% 이상을 상회하고, 유가의 불안정, 외환 위기, 지구 온난화에 대한 범세계적인 규제 등 우리나라의 현실을 감안하면 대체에너지의 적극적인 개발을 통해 부존자원의 활용도를 극대화 할 수 있는 방안을 적극 강구해야 할 것이다. 이를 위해서 순수 부존자원이며, 무공해 청정에너지로서 잠재량의 약 6.5% 정도 밖에 개발되지 않은 수력에너지를 적극 개발하여 에너지자립도 향상을 도모해야 한다.

소수력자원면에서 유럽의 여러 나라에 뒤지지 않는 우리나라에서 소수력발전소 건설이 이들 나라에 비하여 매우 뒤떨어져 있다. 우리 나라에서도 순수 부존자원이며, 무공해 청정에너지로서 잠재량의 약 6.5% 정도 밖에 개발되지 않은 수력에너지를 적극 개발하여 에너지자립도 향상을 도모해야 한다.

우리나라에는 18,000여개의 농업용저수지가 산재해 있다. 이 가운데 댐높이가 15m이상 되는 저수지도 600여개에 이르고 있어, 세계대댐협회(ICOLD)에 등록된 큰 댐에 의하면, 세계 제6위를 기록하고 있다. 중낙차 소수력발전입지가 주를 이루고 있는 농업용저수지와 다목적댐을 이용하여 소수력발전소를 개발하기 위해서는 입지에 적합한 프란시스수차를 국산화 개발하여야 한다.

*정회원 · 한국에너지기술연구원 책임연구원 · 공학박사 · E-mail: lchg@kier.re.kr
*정회원 · 한국에너지기술연구원 책임연구원 · 공학박사 · E-mail: pwsn@kier.re.kr

본 연구는 프란시스 수차의 국산화 개발 연구로써 프란시스수차 외형설계에 필요한 기본사항과 제작, 프란시스수차의 설치 및 시운전, 프란시스수차의 성능시험을 수행하였다. 이에 대한 분석 결과, 개발된 프란시스수차는 기계적인 성능과 수력학적인 성능면에서 만족할 만한 결과를 보여주어 프란시스수차의 상용화에 대한 기반이 마련되었다.

2. 프란시스수차의 성능시험

2.1 프란시스수차의 적용처

동일 프란시스수차의 국산화기술을 기반으로 실제 보급가능한 프란시스수차를 실증하기 위하여 적용처를 검토한 결과, 한국농촌공사에서 신규로 축조한 농업용 저수지를 대상으로 선정되었다.



그림 1. 울현소수력발전소의 전경

표 1. 울현저수지의 현황

| 구 분 | 내 용 |
|-------|------------------------|
| 위 치 | 경남 산청군 신등면 울현리 |
| 유역면적 | 40.3km ² |
| 댐 높이 | 41.7m |
| 총저수용량 | 2,265.1천m ³ |
| 만수면적 | 18.69ha |

그림 1은 울현소수력발전소의 전경을 보여주며, 표 1은 국산화를 위한 실증용 프란시스수차가 설치된 울현저수지의 현황을 나타낸다.

2.2 프란시스수차 설계

본 연구에서는 기존의 프란시스수차와는 다른 형태의 프란시스수차를 채택하였으며, 설계개선사항은 표 2와 같이 요약된다.

표 2. 실증용 프란시스수차 설계개선

| 구 분 | 기존 사항 | 개선 사항 |
|-------|-------|-------|
| 수차축방향 | 횡축 | 종축 |
| 케이싱매설 | 지상 노출 | 전체 매설 |
| 윤활방식 | 리테이너 | 오일팬 |
| 방류관매설 | 지상 노출 | 전체 매설 |
| 방수 구조 | 수직 방수 | 수평 방수 |

표 3. 프란시스수차 설계제원

| 구 분 | 제 원 |
|---------------------------|------|
| 설계유량, m ³ /sec | 1.25 |
| 정격낙차, m | 34.1 |
| 수차발전기 출력, kW | 350 |
| 런너 회전수, rpm | 720 |
| 런너 직경, m | 0.54 |

프란시스수차의 설계제원은 표 3과 같이 요약된다.

2.3 프란시스수차 제작

설계된 프란시스수차는 런너, 케이싱 및 발전기로 구분하여 제작하였다. 그림 2는 제작완료된 런너의 외형을, 그림 3은 조립 완성된 케이싱을, 그리고 그림 4는 조립 완성된 발전기의 외형을 보여준다.



그림 2. 런너의 외형

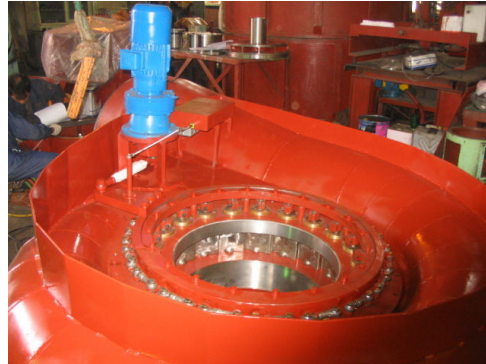


그림 3. 케이싱본체의 외형



그림 4. 유도발전기의 외형



그림 5. 프란시스수차발전기 설치

2.4 프란시스수차 설치

프란시스수차는 울현소수력발전소의 건설 일정에 맞추어 설치작업을 진행하였으며, 그림 5는 프란시스수차발전기의 설치과정을, 그림 6은 설치완료된 프란시스수차발전기를 보여준다.



그림 6. 설치완료된 프란시스수차발전기

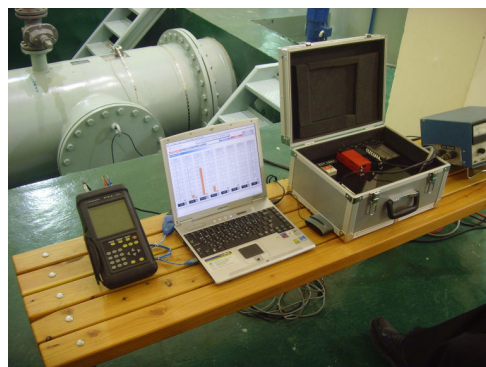


그림 7. 수차발전기 성능측정장치 구성

2.5 프란시스수차발전기 성능측정장치 구성

프란시스수차의 성능측정과 분석을 위하여 수차로 유입되는 유량과 압력을 측정할 수 있도록 수압관에 유량계와 압력계를 설치하였다. 수차의 출력을 측정하기 위하여 발전기의 출력을 측정할 수 있도록 전력계를 설치하였으며, 수차와 발전기의 진동을 측정하기 위하여 발전기와 수차본체에 진동계를 설치하였다. 또한 방류구에서의 수위변화를 측정하기 위하여 수위계를 설치하였다

프란시스수차의 성능을 자동측정하기 위하여 PLC를 이용한 자료수집장치를 사용하였으며, 그림 7은 성능측정장치 구성을 보여준다.

3. 결과분석 및 검토

3.1 프란시스수차발전기 시운전

설치된 프란시스수차발전기의 시운전을 위하여 기계적인 통수시험을 선행하여 기계적인 결함 등을 검토하고 부품의 결함 등을 파악한 뒤 발전소 설비의 안전점검을 겸하여 수행하였다. 시운전 시 도출된 주요사항을 요약하면 표 4와 같다.

표 4. 프란시스수차발전기 시운전결과

| 구분 | 상태 |
|----------|-------------------|
| 발전기출력 | 350kW, 양호 |
| 런너회전수 | 727rpm, 양호 |
| 무구속속도 | 1,158rpm, 양호 |
| 베어링온도 | A:80℃, T:100℃, 양호 |
| 발전기 절연저항 | 500MΩ, 양호 |
| 발전기 내력시험 | 1.26kV/1분, 양호 |

3.2 프란시스수차발전기 성능분석

프란시스수차의 안내깃은 케이싱내에 있으며, 안내깃개도의 변화는 유량의 변화와 더불어 유동을 가속과 런너입구에서의 선회속도성분을 변화시켜 수차의 출력과 효율 등의 제반성능특성을 변화시킨다.

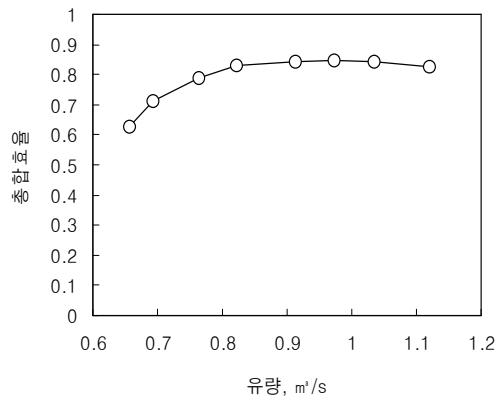
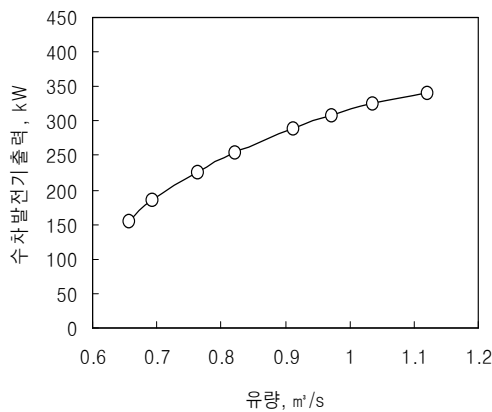


그림 8. 유량변화에 따른 출력의 변화

그림 9. 유량변화에 따른 총합효율의 변화

안내각의 개도를 증가시키면 러너를 통과하는 유량이 증가하여 수차발전기의 출력이 증가한다. 그림 8에서 유량 $1.12\text{m}^3/\text{sec}$ 에서 수차발전기의 출력이 350kW 정격에 도달하였음을 알 수 있다. 그림 9는 유량변화에 따른 수차발전기 총합효율의 변화를 나타내는 것으로 유량이 $1.04\text{m}^3/\text{sec}$ 에서 총합효율이 84.2%로 나타남을 알 수 있다.

4. 결 론

본 연구를 통하여, 프란시스수차의 실증용 시제품을 제작하였다. 시제품 제작 전과정을 설계에서부터 제작 및 검사까지 체계적으로 수행하였고, 기계적인 특성과 수력학적인 성능을 분석함으로써, 프란시스수차를 국산화하기 위한 기반을 확립하고, 상용화를 앞당기었다.

후 기

본 연구는 지식경제부·에너지관리공단의 연구비지원으로 수행되었음(과제번호 : 2005-N-SH11-P-01)

참 고 문 헌

1. Morten Kjeldsen(1997) : "Theoretical and Experimental Investigations of The Instability of an Attached Cavity", FEDSM'97.
2. Jo Jernsletten(1997) : "On the Formation of Pressure Trasients within Hydraulic Turbines", FEDSM97-3450.
3. C.H Kim, C.H Lee, W.S Park(2004) : "An Effect of Inlet Guidevane Angle on the Performance of Francis Hydraulic Turbine", ISES 2004 Solar World Congress.
4. JEC-4002, "水車およびポンプ水車の効率試験方法"
5. JEC-4003, "水車およびポンプの寸法検査標準"