

강우상태에 의한 소수력발전소의 수문학적 성능특성 변화

The Variation of Hydrologic Performance Characteristics for Small Hydro Power Plant with Rainfall Condition

박완순*, 이철형*

Wan Soon Park, Chul Hyung Lee

요 지

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

강우상태의 변화는 Weibull분포의 축척모수와 형상모수를 인위적으로 변화시켜 소수력발전소의 설계인자들의 변화를 모사하였다. 분석 결과, 소수력발전입지의 수문학적 성능특성은 해당구역의 강우상태에 따라 변하는 것으로 밝혀졌다.

핵심용어: 소수력, 유량지속곡선, 설계유량, 축척모수, 형상모수

1. 서론

소수력 개발의 성공은 사업시행을 판가름할 경제성분석에 의해 좌우되는데, 그 결과는 개발형식 및 설비용량과 같은 발전성능 특성에 의해 결정된다.⁽¹⁾⁽²⁾ 그런데 발전성능 특성은 지형조건, 수문조건 및 환경·생태조건 등에 의해 결정되므로 정확한 입지분석은 소수력 개발의 핵심적 과제라 할 수 있다.⁽³⁾⁽⁴⁾ 따라서 소수력발전소를 효과적으로 개발하기 위해서는 이들 영향인자들에 대한 정확한 분석이 수행되어야 한다.

대부분의 소수력발전입지는 하천의 상류에 위치하고 있으며, 유량에 관한 실측자료가 부족하다. 소수력발전입지에서의 사용유량을 결정하는 최선의 방법은 해당 지점에서 장기간에 걸친 유량을 측정, 분석하여 사용유량을 결정하는 것이다.⁽⁵⁾⁽⁶⁾

그러나 이러한 방법은 장기간에 걸친 작업을 요하므로 인원 및 장비에 따른 경제적인 문제가 따른다. 이와 같은 제한점을 해결하기 위하여 계측자료가 부족한 우리나라의 소수력발전입지에 대한 수문학적 특성을 분석하기 위한 해석방법이 연구되어 왔다.⁽⁷⁾⁽⁸⁾⁽⁹⁾

본 연구는 강우상태가 소수력발전입지의 수문학적 성능특성에 미치는 영향을 분석한 것으로 소수력발전입지의 수문학적 성능특성은 해당구역의 강우상태에 따라 변하는 것으로 밝혀졌다.

2. 소수력발전소의 성능예측기법

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

소수력발전소에서 얻을 수 있는 이상적인 출력량은 유량변화를 표현할 수 있는 Weibull 분포를 이용할 수 있다.

$$P(Q) = (\alpha/\beta)(Q/\beta)^{\alpha-1} \exp(-(Q/\beta)) \quad (1)$$

식(1)은 하천의 유량변화의 특징을 표현해 주는 Weibull분포를 나타내는 것으로, 형상모수(α)와 축척모수(β)는 분포의 형상과 유량의 크기에 관련되는 계수로 해당구역의 강우형태와 강우량에 따라 결정된다.

Weibull 분포를 이용하여 소수력발전소에서 얻을 수 있는 단위시간당 출력량을 구하면 다음과 같다.⁽¹⁰⁾

$$\begin{aligned} P_a &= \rho g H \eta \int_0^{Q_r} P(Q) Q dQ + \rho g H Q_r \eta \int_{Q_r}^{\infty} P(Q) dQ \\ &= P_1 + P_2 \end{aligned} \quad (2)$$

3. 강우상태에 따른 성능특성변화

소수력발전소의 수문학적 성능에 영향을 주는 인자로는 해당구역의 강우상태에 의하여 결정되는 Weibull분포의 형상모수 및 축척모수 등을 들 수 있다. 이들 인자들의 영향을 검토하기 위하여 평창강에 위치한 소수력발전입지를 대상으로 수문학적 성능특성을 분석하였다.

그림 1과 그림 2는 각각 축척모수와 형상모수의 증감을 변화에 따른 정격출력량의 변화를 보여 준다. 정격출력량이 최대가 되는 값은 축척모수가 증가할수록 증가하고, 형상모수가 증가할수록 감소하는 것으로 나타났다. 축척모수는 하천의 연평균유량과 관계되는 값이기 때문에 형상모수의 변화가 없이 단지 축척모수만 증가한다는 것은 연평균강우량의 증가에 의한 연평균유량의 증가로 나타난다.

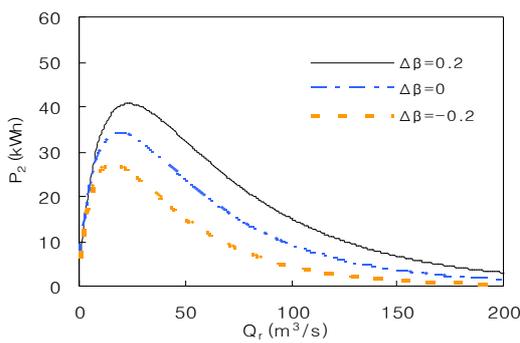


그림 1. 축척모수의 증감에 따른 정격출력량의 변화

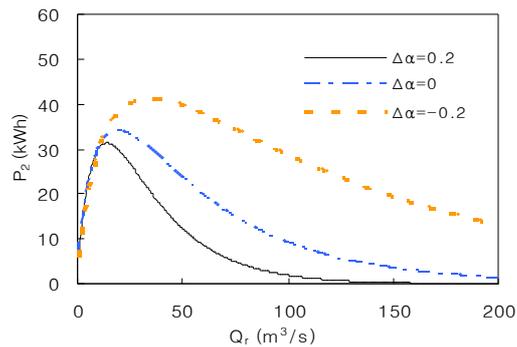


그림 2. 형상모수의 증감에 따른 정격출력량의 변화

또한, 형상모수는 하천의 강우패턴과 관계되는 값이기 때문에 축척모수의 변화가 없이 단지 형상모수만 변화한다는 것은 연간강우량은 같지만 강우의 집중도가 변한다는 것을 의미한다.

그림 3과 그림 4는 각각 형상모수비와 축척모수비의 변화에 따른 정격출력량과 시설용량의 변화를 나타낸다.

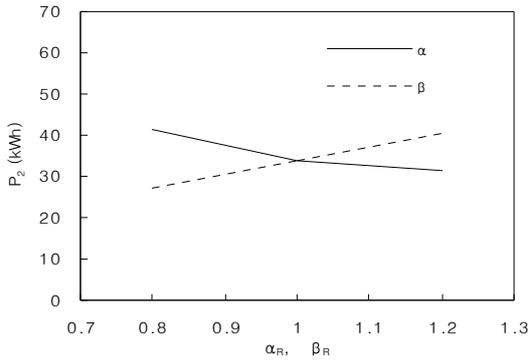


그림 3. 형상모수비와 축척모수비 변화에 따른 정격출력량의 변화

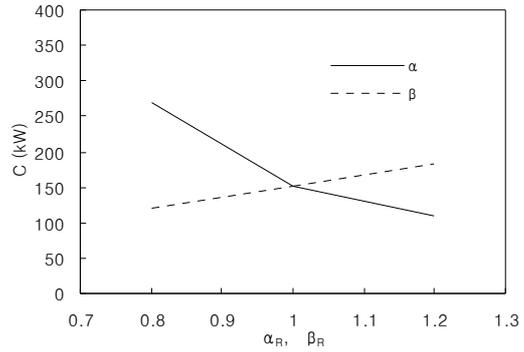


그림 4. 형상모수비와 축척모수비 변화에 따른 시설용량의 변화

그림 5와 그림 6은 각각 형상모수비와 축척모수비 변화에 따른 연간출력량의 변화와 시설용량과 정격출력량비를 나타낸 것이다.

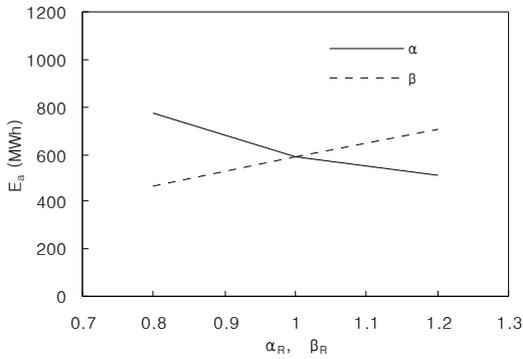


그림 5. 형상모수비와 축척모수비 변화에 따른 연간출력량의 변화

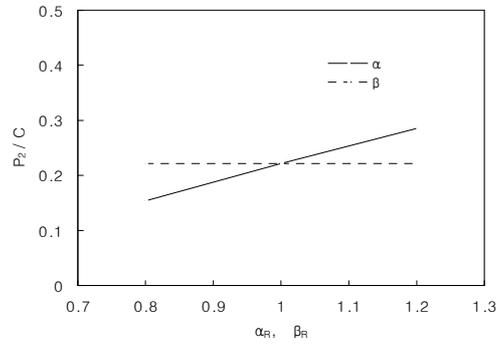


그림 6. 형상모수비와 축척모수비 변화에 따른 P_2/C 비의 변화

그림 6에서 형상모수비가 증가할수록 시설용량과 정격출력량비는 증가하며, 축척모수비가 변화할 경우, 이 값은 0.222로 일정하게 유지되는 것으로 나타났다.

그림 7과 그림 8은 각각 형상모수비와 축척모수비의 변화에 따른 가동율과 이용율의 변화를 나타내는 것이다.

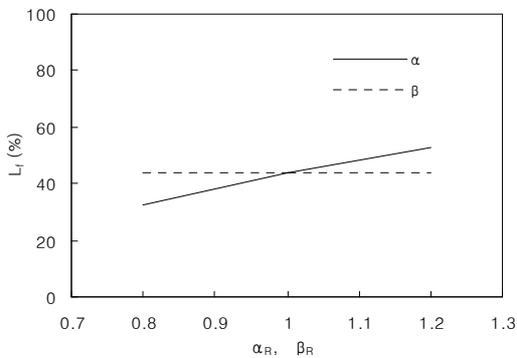


그림 7. 형상모수비와 축척모수비 변화에 따른 가동율의 변화

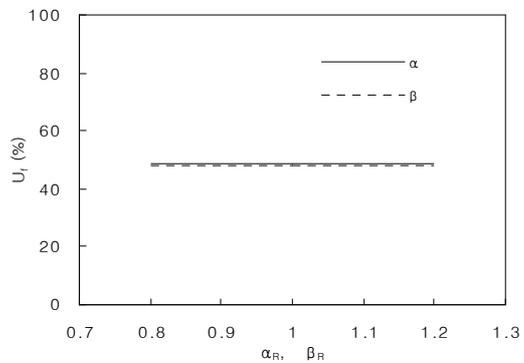


그림 8. 형상모수비와 축척모수비 변화에 따른 이용율의 변화

4. 결론

강우상태가 소수력발전입지의 수문학적 성능특성에 미치는 영향을 분석하였다. 강우의 형태를 나타내 주는 형상모수에 의한 영향을 고찰한 결과, 형상모수가 $\pm 20\%$ 변하는 동안, 시설용량은 $+76.9\%$ 에서 -28.2% 로, 연간출력량은 $+32.0\%$ 에서 -13.5% 로, 가동율은 -25.3% 에서 $+20.5\%$ 로 변화를 가져오는 것으로 나타났다. 반면에 강우량의 크기를 나타내 주는 축척모수가 $\pm 20\%$ 변하는 경우, 시설용량과 연간출력량이 $\pm 20\%$ 의 변화를 가져오고, 가동율은 변화가 없는 것으로 나타났다.

형상모수의 변화는 축척모수의 변화에 비하여 소수력발전소 설계변수들의 값을 보다 민감하게 변화시키는 것으로 나타났다. 축척모수의 변화는 여러 설계변수들의 값을 선형적으로 변화시키며, 가동율은 변화가 없는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 강우의 형태에 관계되는 형상모수의 변화가 강우량에 관계되는 축척모수의 변화보다 세심하게 분석되어야 한다는 것을 의미한다.

정격출력량이 최대가 되는 유량을 설계유량으로 선정할 경우, 주어진 소수력에너지를 효과적으로 사용할 수 있으며, 수문학적으로 최적의 설계상태임을 나타낸다.

참고문헌

- (1) 이철형 외(1992), 소수력자원의 정밀조사 및 최적개발분석 연구, 한국에너지기술연구소, 연구보고서.
- (2) 이철형 외(1997), 소수력발전소 건설 타당성조사 기본계획 연구, 한국에너지기술연구소, 연구보고서.
- (3) 김길호, 이충성, 이진희, 심명필(2007), "경제성분석에 의한 소수력개발의 최적규모 결정 방안", 한국수자원학회논문집, 제40권, 제12호.
- (4) 이충성, 김길호, 이진희, 심명필(2007), "지형공간정보체계를 활용한 소수력개발의 입지분석", 한국수자원학회논문집, 제40권, 제12호.
- (5) Robert Noyes(1980), Small and Micro Hydro Electric Power Plants; Technology and Feasibility, Energy Technology Review No.60, Noyes Data Corporation, U.S.A.
- (6) 石崎彰, 古市正敏(1981), 小水力發電 讀本, オ-ム社.
- (7) Lee, C. H., Park, W. S.(1992), "A Study on the Optimum Design Flowrate for Diversion Type Small Hydro Power Plant with Tunnels", SHP News, No.4, pp.20-30, Hangzhou Regional Center for Small Hydro Power, China.
- (8) 박완순, 이철형, 심명필(1997), "국내 소수력발전입지의 개발타당성 분석", 대한토목학회논문집, 제17권, 제II-3호.
- (9) Park, W. S., Lee, C. H., and Jeong, S. M.(2001), "An Analysis of Performance Characteristics for Small Hydro Power Plants", KWRA, Vol.2, No1.
- (10) 박완순, 이철형(2003), "소수력발전소의 성능예측기법에 관한 연구", 한국수자원학회, 춘계학술대회.