

물관련 설비를 이용한 소수력발전 성능분석

박 완순¹⁾, 이 철형²⁾

Performance Analysis for Small Hydro Power at Existing Water Treatment Facilities

Wansoon Park, Chulhyung Lee

Keywords : Small hydropower(소수력), Flow duration function(유량지속함수), Performance analysis(성능분석), Output characteristics(출력특성)

Abstract : A methodology to evaluate the performance analysis for small hydropower at existing water treatment facilities has been studied. It consists of two main parts; flow duration function which can describe existing water treatment facilities and performance analysis to estimate the output characteristics of small hydro power plants. The output performance characteristics for Mi-ho reservoir, Sum-kang low dam, Sun-cheon sewage treatment plant and Nam-dong purification plant were analyzed, using developed model. According to the simulation results, the predicted data show that the data were in good agreement with measured results. Also, it was found that the developed model in this study can be used to analyze the output characteristics for small hydro power at existing water treatment facilities.

Nomenclature

$D(Q)$: flow duration function
 $F(Q)$: cumulative distribution function
 P_a : electricity production, kWh
 P_1 : partial power, kWh
 P_2 : rated power, kWh
 $P(Q)$: probability density function
 Q_r : design flowrate, m³/sec
 α : shape parameter of Weibull distribution
 β : scale parameter of Weibull distribution, m³/sec

실을 감안하면 재생에너지의 적극적인 개발을 통해 부존자원의 활용도를 극대화할 수 있는 방안을 적극 강구해야 할 것이다.

소수력자원은 순수 부존자원이며, 무공해 청정에너지로서 잠재량의 약 4.0% 정도 밖에 개발되지 않은 개발가능성이 큰 에너지원으로써, 소수력자원면에서 유럽의 여러 나라에 뒤지지 않는 우리 나라에서는 일반하천 개발의 경우 댐 건설에 따른 환경피해를 염려한 지역주민의 인식 부족 등으로 활성화되지 않고 있다.

본 연구에서는 소수력개발에 관한 민원 등의 사유가 없고, 미활용 되는 소수력자원을 가지고 있는 농업용저수지, 농업용 보, 하수처리장 및

1. 서론

부존자원이 부족하여 해외에너지 의존도가 97% 이상을 상회하고, 유가의 불안정, 지구 온난화에 대한 범세계적인 규제 등 우리나라의 현

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

정수장 등의 물 관련 설비를 이용한 소수력발전의 초기설계 및 성능분석에 관하여 논의하였다.

2. 소수력발전소의 출력성능특성

소수력발전소를 계획하기 위하여는 먼저 후보지에 대한 유량지속특성을 분석하여야 한다. 소수력발전후보지의 유량자료를 Weibull분포를 이용하여 특성화하면 다음과 같이 확률분포함수와 누적밀도함수로 표시된다.

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

$$F(Q) = \int_0^Q P(Q)dQ = 1 - \exp\{-(Q/\beta)^\alpha\} \quad (2)$$

또한 유량지속함수는 누적밀도함수와 관계를 이용하여 다음과 같이 구해진다.

$$D(Q) = 1 - F(Q) = \exp\{-(Q/\beta)^\alpha\} \quad (3)$$

소수력발전후보지에서 얻을 수 있는 순수한 소수력에너지는 다음과 같다.

$$P_i = \rho g Q H_c \quad (4)$$

소수력발전후보지에서 얻을 수 있는 평균에너지량은 Weibull분포를 이용하여 다음과 같이 구할 수 있다.

$$P_{im} = \rho g H_c \int_0^\infty Q P(Q) dQ = \rho g H_c \beta \Gamma(1+1/\alpha) \quad (5)$$

여기서 $\Gamma(1+1/\alpha)$ 는 감마함수를 나타낸다.

Fig.1은 단위낙차, 단위시간당, 단일기로 구성된 소수력발전소에 대해 유량변화에 대한 출력의 변화를 나타내는 그림이다. 순수한 소수력에너지 P_i 는 유량변화에 따라 선형적으로 변하게 되지만 소수력발전소의 출력 P_a 는 발전소의 설계유량 Q_r 이 존재하기 때문에 특성이 바뀌게 된다.

소수력발전소에서 단위시간당 생산되는 평균전기에너지량 P_a 를 구하면 다음과 같다.

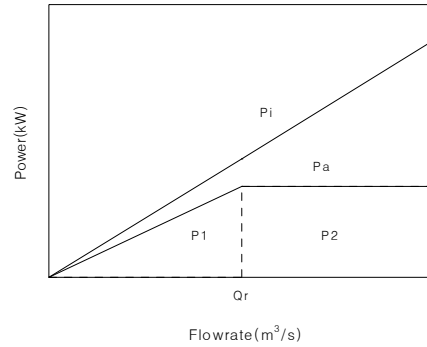


Fig.1 Output characteristic of small hydro power plant

$$\begin{aligned} P_a &= \rho g H_c \eta \left[\int_0^{Q_r} P(Q) Q dQ + Q_r \int_{Q_r}^\infty P(Q) dQ \right] \\ &= \rho g H_c \eta (S_1 + S_2) \\ &= P_1 + P_2 \end{aligned} \quad (6)$$

소수력발전후보지의 설비용량 C , 연평균가동율 L_f 그리고 연간전기생산량 E_a 는 다음과 같다.

$$C = \rho g H_c Q_r \quad (7)$$

$$L_f = (S_1 + S_2) / Q_r \quad (8)$$

$$E_a = 8,760 C L_f \quad (9)$$

3. 결과분석 및 검토

본 연구의 결과를 도출하기 위하여 농업용 저수지, 농업용 보, 하수처리장 및 정수장 등을 대상으로 성능을 분석하였다.

농업용 저수지는 충청북도 진천군 초평면 화산리에 위치한 미호저수지를 대상으로 하였으며, 유역면적은 130.0 km^2 이다. 농업용 보는 강원도 원주시 지정면 간현리에 위치한 섬강보를 대상으로 하였으며, 유역면적은 $1,500 \text{ km}^2$ 이다. Fig. 2와 Fig. 3은 각각 미호저수지와 섬강보의 전경을 보여준다. 하수처리장은 전라남도 순천시 대평동에 위치한 순천하수처리장을 대상으로 하였으며, 정수장은 인천광역시 남동구 장수동에 위치한 남동정수장을 대상으로 하였다.



Fig.2 Mi-ho reservoir



Fig. 3 Sum-kang low dam

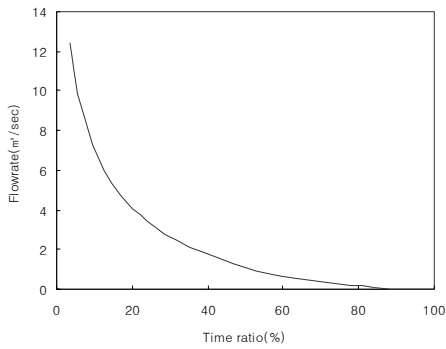


Fig. 4 Mi-ho flow duration curve

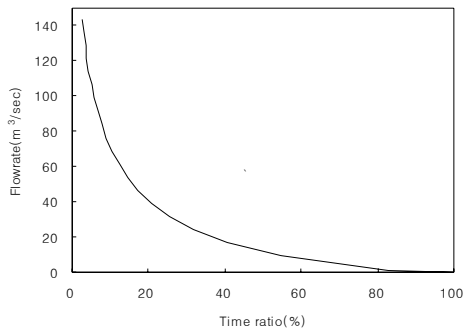


Fig. 5 Sum-kang flow duration curve

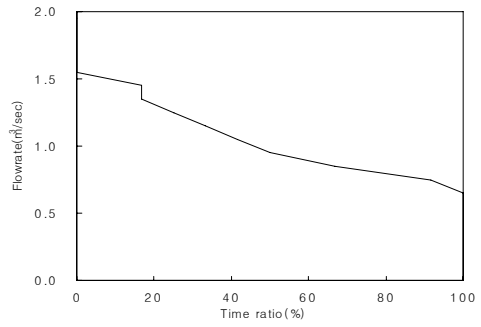


Fig. 6 Sun-cheon flow duration curve

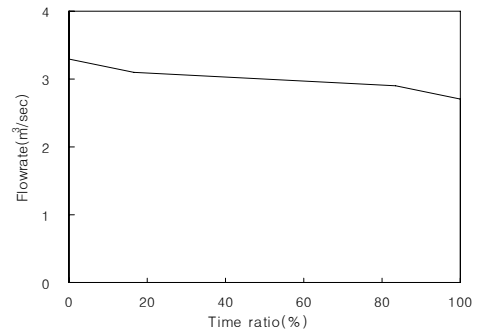


Fig. 7 Nam-dong flow duration curve

Fig. 4 ~ Fig. 7은 각 후보지별 유량지속곡선을 보여주는 것으로 농업용 저수지와 농업용 보의 경우, 하수처리장과 정수장의 경우, 유량지속곡선의 형상이 유사하게 나타나는 것을 보여준다.

Fig. 8 ~ Fig. 11은 각 후보지별 성능특성을 나타내는 것으로 유량지속곡선과 마찬가지로 농업용 저수지와 농업용 보의 경우, 하수처리장과 정수장의 경우, 성능특성곡선의 형상이 유사하게 나타나는 것을 보여준다.

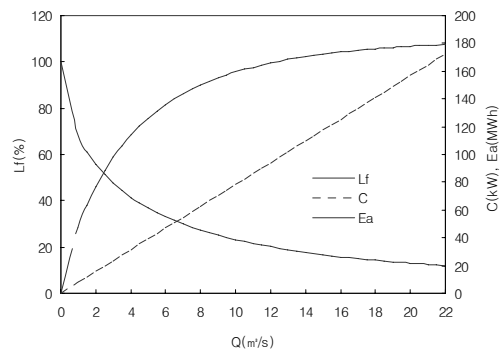


Fig. 8 Mi-ho performance curve

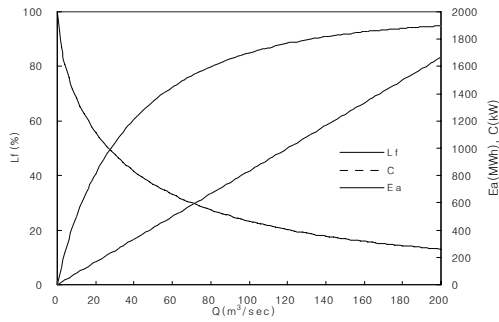


Fig. 9 Sum-kang performance curve

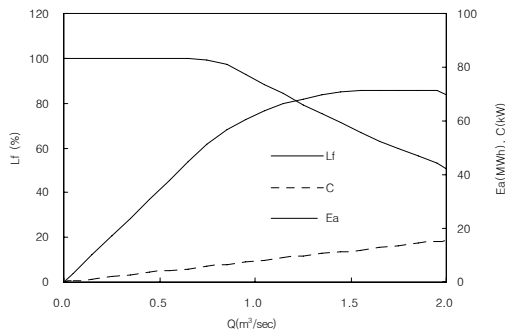


Fig. 10 Sun-cheon performance curve

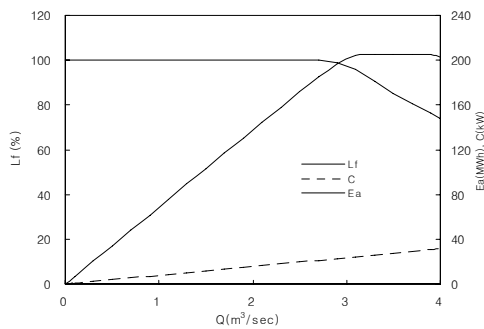


Fig. 11 Nam-dong performance curve

미호저수지, 섬강보, 순천하수처리장 및 남동정수장 등 물관련 시설물 대하여 소수력발전 에 관한 성능을 분석한 결과, 단위 유효낙차당 설비규모는 Table 1과 같이 요약된다.

Table 1. Capacity per unit effective head of water treatment facilities

구분	설계 유량 (m ³ /s)	설비 용량 (kW)	연평균 가동율 (%)	전기 생산량 (MWh/연)	비고
미호저수지	5.0	39.2	29.6	101.6	
섬강보	38.5	301.7	42.3	1,1117.9	
순천하수처리장	1.5	11.4	67.0	66.9	
남동정수장	3.1	24.3	85.0	180.9	

4. 결론

본 연구에서 개발된 성능특성 분석기법은 미 활용되는 소수력자원을 가지고 있는 농업용저수지, 농업용 보, 하수처리장 및 정수장 등의 물 관련 설비를 이용한 소수력발전의 초기설계 및 성능을 분석·예측하는데 효과적으로 사용될 수 있다.

References

- (1) 이철형 외, 소수력자원의 정밀조사 및 최적 개발분석 연구, 한국에너지기술연구소, 연구보고서, 1992.
- (2) 이철형 외, 소수력발전소 건설 타당성조사 기본계획 연구, 한국에너지기술연구소, 연구보고서, 1997.
- (3) Noyes, R., Small and Micro Hydro Electric Power Plants; Technology and Feasibility, Energy Technology Review No.60, Noyes Data Corporation, U.S.A., 1980.
- (4) 박완순, 이철형, "소수력발전소의 성능예측 기법에 관한 연구", 한국수자원학회, 춘계 학술대회, 2003.
- (5) 박완순외, "환경친화적 소수력자원조사 및 활용기술개발", 한국에너지기술연구원, 연구보고서, 2006.