

댐 운영이 하류하천에 미치는 영향권 범위 설정에 관한 연구

A Study on the Effect Range Due to the Dam Operation at the Downstream

박봉진* / 김현식** / 정관수*** / 지홍기****

Park, Bong Jin / Kim, Hyeon Sik / Jung, Kwan Sue / Ji, Hong Ki

요 지

본 연구는 댐이 하류하천에 미치는 영향권 산정을 위한 지표를 선정하고, 계층분석기법을 적용하여 선정된 평가지표의 중요도를 조사하였다. 댐의 영향권을 산정하기 위하여 수리·수문적, 지형적, 환경·생태적, 사회적 영향이라는 4개 지표와 댐계획홍수량 등 38개 평가항목을 선정하였다. 계층분석법을 적용 전문가 집단의 설문조사를 실시하여 4개 지표와 38개 항목의 중요도를 조사하였다. 평가지표는 수리·수문적 영향권이 1순위, 환경·생태적 영향권이 2순위, 지형적 영향권 및 사회적 영향권이 각각 3순위와 4순위 이었으며, 평가항목은 댐설계방류량이 1순위, 하천의 기본 및 계획홍수량이 2순위, 계획홍수량비가 3순위, 유역면적비가 4순위, 하류댐배수위가 5순위로 조사되었다.

핵심용어 : 댐 영향권, 댐 영향요인, 계층분석기법

1. 서론

댐 건설은 홍수시 유량조절을 통하여 수력발전, 관개 등에 이용하여 수자원의 가치를 높이는 유용한 역할을 하고 있다. 그러나 댐 건설로 인하여 하류하천에 홍수기 첨두홍수량이 감소하고 지속적인 유량공급으로 갈수시 저유량이 증가하는 등 급속한 유황변화가 발생된다.

국내에 댐의 건설과 운영이 하류하천에 미치는 영향에 관한 연구는 유황변화(김태균 등, 2002; 이진원 등, 1993), 유황 및 하상변동과 식생역 발달(지홍기, 2004), 사주의 식생활착과 침식(우효섭 등, 2004), 어류 생태계에 미치는 영향(박봉진 등, 2005) 등 상당히 제한적으로 시행되었다. 그러나 댐 운영이 하류하천에 미치는 영향권을 설정하고자 하는 연구는 미흡한 실정이다.

외국의 댐 영향권에 관한 연구를 Richter 등(1998)이 “Range of Variability” 개념을 도입하여 Colorado 강 유역의 댐이 하류하천에 미치는 수문변화 양상과 영향정도를 공간적으로 분석 제시하였다. Brandt(2000)은 댐이 하류하천에 미치는 지형적인 영향 범위를 유량변화에 따라 유사유입(Load)과 유사이송능력(Capacity)을 고려하여 개념적으로 제시하였다. Grant 등(2003)은 무차원변수인 유사공급비(Ratio of sediment supply)와 마찰력 변화(Fractional change)를 도입하여 미국의 Green, Colorado, Deschutes 강의 댐이 하류하천에 미치는 영향범위를 산정하여 제시하였다. Gordon and Meentemeyer(2006)는 California 유역의 댐 건설과 유역의 토지이용 변화가 댐 하류하천의 지형과 식생에 미치는 시간적·공간적 영향을 분석·제시하였다.

* 정회원·한국수자원공사 댐유역관리처 하천유역팀장·E-mail: bongjinpark@kwater.or.kr

** 정회원·한국수자원공사 굴포천건설단 건설관리차장·E-mail: hyeonsik@kwater.or.kr

*** 정회원·충남대학교 공과대학 토목공학과 부교수·E-mail: ksjung@cnu.ac.kr

**** 정회원·영남대학교 공과대학 토목공학과 교수·E-mail: hkjee@yu.ac.kr

댐이 하류하천에 미치는 영향은 정량적으로 산정하기는 어렵지만 정성적이고 개념적이며 사회적 상황을 고려하면 상당히 광범위하다고 볼 수 있다. 따라서 댐의 영향에 관한 세밀하고 심도있는 조사와 분석이 필요한 구간을 설정하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 댐의 영향권 산정을 하기 위하여 수리·수문적, 지형적, 환경·생태적, 사회적 영향의 4개의 지표와 각 지표에 해당하는 38개 평가항목을 선정하고 계층분석기법을 적용하여 평가지표의 중요도를 조사하였다.

2. 평가지표 선정 및 계층분석기법 적용

하천의 공간적인 개념과 생물서식처 기능을 반영하여 댐에 의한 유황, 유사, 수질 등의 변화로 하류하천의 하도특성이 변화하고, 그에 따른 생태학적 반응이 나타나는 구간을 댐이 하류하천에 미치는 영향권으로 정의하고, 댐 하류하천의 영향권 산정을 위한 평가지표의 중요도를 조사하는 것을 목표로 설정하였다.

2.1 평가 지표 및 항목의 선정

댐의 영향권을 산정하기 위한 평가지표는 첫째 댐이 하류하천에 미치는 영향요인들을 종적, 횡적, 수직적 3개 축으로 분류하는 공간적 개념과 둘째 미소서식처, 하도서식처, 하도, 소유역, 하천회랑 5개 서식처로 생물서식처 기능을 고려하여 선정하였다(Ward, 1989; Frissel et al., 1986; Naiman, 1998). 이러한 관점에서 댐 운영이 하류하천에 미치는 영향권을 수리·수문적, 지형적, 환경·생태적, 사회적 영향 등의 4개 평가지표를 Table 1과 같이 선정하였다. 첫째 수리·수문적 영향권 범위는 댐으로 인한 하류하천의 유황변화에 해당한다. 둘째 지형적 영향은 유황과 유사량 변화에 따른 하류하천의 지형적인 변화에 해당한다. 셋째 환경·생태적 영향은 생태계의 관점에서 하류하천에 미치는 수질, 수온, 생물종 다양성 등의 변화에 해당한다. 넷째 사회적 영향이란 주로 인간의 관점에서 거주, 생활, 역사, 문화 등 다양한 분야에 미치는 영향이 해당한다.

Table. 1. The Indies of the dam operation impact range

Index	Description of the Index
Hydraulic & Hydrological Effects	The effect range caused by the flow regime change in the downstream channel due to the Dam Operation
Geomorphologic Effects	The effect range caused by the erosion and sedimentation change in the downstream channel due to the Dam Operation
Eco & Environmental Effects	The effect range caused by the eco-system and environmental change in the downstream channel due to the Dam Operation
Social Effects	The effect range caused by the cultural and social characteristics in the downstream channel due to the Dam Operation

수리·수문적, 지형적, 환경·생태적, 사회적 영향 등 4개의 평가지표를 고려하여 댐계획홍수량 등 38개의 평가항목을 Table 2와 같이 선정하였다.

Table. 2. The Index of the Dam Operation Effect Range

Hydrolic & Hydrological effects		Geomophologic effects		Eco & Environmental effects		Social effects	
Symbol	index	Symbol	index	Symbol	index	Symbol	index
H01	design flood of dam	G01	bed shear stress	E01	water temperature	S01	EAP
H02	instream flow rate	G02	Lane' law	E02	DO	S02	flood benefit
H03	high orther channel confluence I	G03	sediment discharge rate	E03	aquatic plant	S03	land usage
H04	drainage area	G04	size distribution	E04	flood channel vegetation	S04	questionnaire
H05	high orther channel confluence II	G05	mediam bed materal size	E05	r i p a r i a n vegetation	S05	road sign
H06	tributary flood	G06	armoring ratio	E06	bio-diversity	S06	water usage
H07	back water level downstream dam	G07	sediment discharge	-	-	S07	administrative division
H08	design flood of channel	G08	vegetation in the sandbar	-	-	-	-
H09	norma l& design flood	G09	sinuosity variation	-	-	-	-
H10	b a n k f u l l discharge	G10	channel width variation	-	-	-	-
H11	d o m a i n discharge	G11	channel cross variation	-	-	-	-
H12	flow duration	G12	long term bed level variation	-	-	-	-
H13	water lever variation	-	-	-	-	-	-

2.2 계층분석기법 적용

계층분석기법을 적용하여 평가 지표와 평가항목의 중요도를 결정하였다. 평가 지표와 항목의 중요도설정을 위한 설문조사는 쌍대응 비교방식으로 실시하였으며 Satty의 9점 척도법으로 비교 평가 하였다.

설문조사는 수자원과 관련된 다양한 분야의 전문가 의견이 필요하기 때문에 수자원분야에 충분한 전문지식을 가지고 있는 한국수자원학회 회원을 대상으로 하였으며, 설문 응답자를 학계, 공공기관, 엔지니어링업체는 5년 이상의 상급 엔지니어, 4년 이하의 초급 엔지니어 등 4개 부류로 분류하였다. 연구원은 공공기관으로 분류하였다.

일관성 검증은 설문분량이 많고 1:1 면접설문이 아니었던 점을 고려하여 응답일관성은 $CR < 0.2$ 로 하였으며, 응답자들이 모두 전문가임을 감안하여 AIP(Aggregation Individual Priorities) 방법을 사용하였다. 일관성 검증 결과, 응답자중 52명중 27명으로(통과율 52%)이었으며 이들을 대상으로 최종성과를 분석하였다. 설문결과를 분석하여 가중치를 도출하는 방법은 고유벡터법(Eigen Vector Method)를 사용하였다.

2.3 결과분석

수리·수문적 영향권, 지형적 영향권, 환경·생태적 영향권, 사회적 영향권 등 4개의 주요지표에

대한 중요도의 설문결과는 수리·수문적 영향권이 1순위(0.515), 환경·생태적 영향권이 2순위(0.181), 지형적 영향권 및 사회적 영향권이 각각 3순위(0.171), 4순위(0.133)으로 분석되었다. 설문 조사의 대상자들이 대부분 수자원관련 분야의 종사하고 있으며, 댐의 영향요인 중 홍수량, 갈수량 등 유황의 변화가 가장 큰 영향을 미치기 때문에 수리·수문적 영향권을 가장 중요한 지표로 생각하고 있는 것으로 판단된다. 또한 최근에 하천의 환경·생태적인 중요성이 부각됨에 따라 환경·생태적 영향권도 주요한 지표로 생각한 것으로 판단된다.

38개의 평가항목을 쌍대비교한 결과는 Fig. 2와 같다. 댐설계방류량(Design flood of dam)이 1순위(83.47), 하천의 기본 및 계획홍수량(Normal & design flood)이 2순위(76.04), 계획홍수량비(Design flood of channel)가 3순위(75.74), 유역면적비(Drainage area)가 4순위(64.99), 하류댐 배수위(Back water level downstream dam)가 5순위(63.18)으로 분석되었다. 1순위에서 5순위로 중요도가 결정된 평가항목들은 대부분 홍수와 관련된 인자로서 댐과 관련된 중요한 영향 요인을 홍수로 선정하고 있는 것으로 분석되었다.

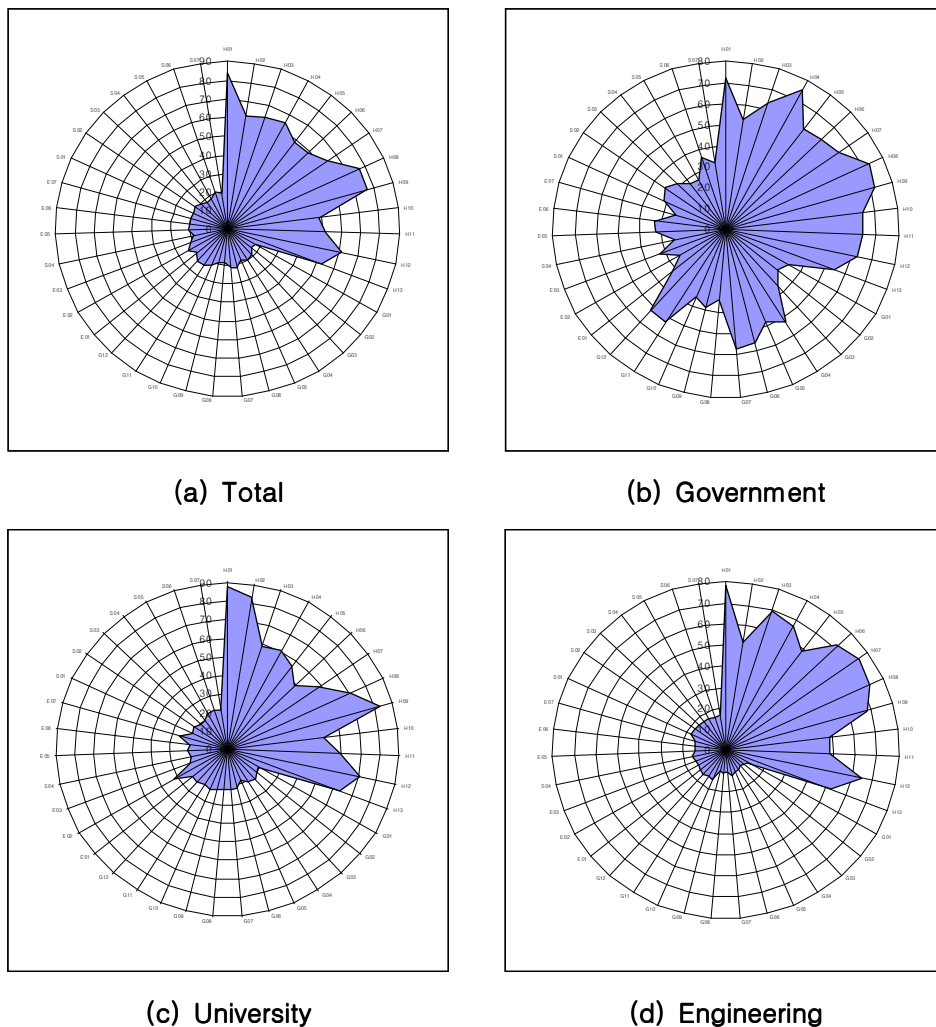


Fig. 1. Analysis Results of AHP

3. 결론

본 연구에서는 수리·수문적, 지형적, 환경·생태적, 사회적 영향의 4개의 지표와 각 지표에 해당하는 38개 평가항목을 선정하고, 계층분석기법을 적용하여 댐의 영향권 산정을 하기 위한 평가 지표의 중요도를 조사하였다. 또한 금강유역의 대청댐을 선정하여 댐이 하류하천에 미치는 영향권을 산정하였다. 댐이 하류하천에 미치는 영향권은 정량적으로 산정하기는 어렵지만 정성적, 개념적, 사회적 상황을 고려하면 상당히 광범위하다고 볼 수 있다. 이렇게 광범위한 구간을 댐이 하류하천에 미치는 영향에 관한 세부조사와 연구를 시행하기에는 시간적, 공간적, 경제적으로 한계가 있다. 따라서 금번 연구에서는 계층분석기법을 적용하여 댐이 하류하천에 미치는 영향권을 산정하는 지표와 항목을 결정하였다. 본 연구 결과는 댐으로 인한 하류하천에 미치는 영향에 관한 조사와 연구의 범위를 설정하는 지표로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- 김태균, 윤용남, 안재현 (2002). “댐 건설에 따른 하류 유황의 변화 분석.” 한국수자원학회, **한국수자원학회논문집**, 제35권 제6호, pp. 807-916.
- 박봉진, 성영두, 정관수 (2005). “영천댐 건설이 금호강의 어류 서식환경에 미치는 영향에 관한 평가.” 한국수자원학회, **한국수자원학회 논문집**, 제38권, 제9호, pp. 771-778.
- 우효섭, 유대영, 안홍규, 최성욱 (2004). “황강 하류하천의 사주 식생활착과 침식현상의 기초조사연구.” 한국수문학회, **수공학연구발표논문집**, pp. 153-158.
- 이진원, 김형섭, 우효섭 (1993). “댐 건설로 인한 5대수계 본류의 유황변화 분석.”, 대한토목학회, **대한토목학회논문집**, 제13권 제3호, pp. 79-91.
- 지흥기 (2004), “댐 하류하천의 유황 및 하상변동과 식생역 발달에 따른 홍수소통능력 절감특성.” **낙동강유역의 자연친화적인 하천정비방안**, pp. 3.1.1-3.1.8. 한국수자원공사.
- Brandt, S. A. (2000). "Classification of Geomorphological Effects Downstream of Dams." *Catena*, Vol. 40, pp. 372-401.
- Frisell, C. A., Liss, W. J., Warren, C. E., and Hurley, M. D. (1986). "A Hierarchical Framework for Stream Habitat Classification : Viewing Streams in a Watershed Context." *Environmental Management*, Vol. 10, 199-214.
- Gordon, E., Meentemeyer, R.K. (2006). "Effects of Dam Operation and Land Use on Stream Channel Morphology and Riparian Vegetation." *Geomorphology*, Vol. 82, pp. 412-429.
- Grant, G. E., Schmidt, J. C., Lewis, S. L. (2003). "A Geological Framwork for Interpreting Downstream Effects of Dam on Rivers." *American Geophysical Union*, pp. 209-225.
- Naiman R.J., Lonzarich D.G., Beechie T.J., Ralph S.C. (1994). “General Principles of Classification and the Assessment of Conservation Potential in Rivers.” *River Conservation and Management*, Edited by P. J. Boon, P. Calow, G.E. Petts, New York, John Wiley & Sond, pp. 94-123.
- Richter, B. D., Baumgartner, Braun D. P., Powell J. (1998). "A Spatial Assessment of Hydrologic Alteration within a River Network." *Regulated Rivers:Research & Management*, No. 14, pp. 329-340.
- Ward, J. V. (1989). "The 4-dimensional Nature of Lotic Ecosystems." *Journal of North American Benth. Society*, Vol. 8, 2-8.