

호우사상에 따른 댐 유역 수문사상 변화 분석

류경식*, 추태호**

*한국수자원공사 물관리센터

**부산대학교 산업토목학과

e-mail:ksryoo@kwater.or.kr, thchoo@pusan.ac.kr

Change Analysis of Hydrologic Factors in the Dam Watershed on Major Storm Events

Kyong-Sik Ryo*, Tai Ho Choo**

*Water Resources Operations Center, Korea Water Resources Corporation

**Dept. of Civil Engineering, Pusan University

요 약

최근 지구 온난화에 따른 이상기후 변화로 인해 게릴라성 집중호우와 같은 다양한 강우패턴이 발생되고 있으며 홍수기 저수지 유입량은 비록 동일 양의 강우가 발생한 경우라도 선행강우량, 무강우일수, 호우발생전 초기유입량 등과 같은 수문사상들로 인해 많은 차이가 발생되고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 신속함이 요하는 홍수기 저수지 운영시 신속한 의사결정을 돕기 위해 과거 홍수기 댐 유입율과 유역 수문사상과의 관계를 분석하고자 한다. 이를 위해 한강수계내 다목적 댐인 소양강, 충주 및 횡성댐의 과거 호우사상을 대상으로 유역내 각종 수문사상들을 독립변수로 한 회귀분석을 실시하여 홍수 이벤트 발생전 유역상황을 토대로 예상되는 강우에 따른 예상 유출율을 산정한다. 과거 호우사상에 대한 유출을 산정은 직접유출과 기저유출을 분리한 후 직접유출이 종료되는 시점까지의 유출량과 강우량의 비로서 산정하였으며 직접유출과 기저유출 분리방법은 주파수 분리방법을 이용하고자 한다.

1. 서론

최근 지구 온난화에 따른 이상기후 변화로 인해 게릴라성 집중호우와 같은 다양한 강우패턴이 발생되고 있으며 홍수기 저수지 유입량은 비록 동일 양의 강우가 발생한 경우라도 선행강우량, 무강우일수, 호우발생전 초기유입량 등과 같은 수문사상들로 인해 많은 차이가 발생되고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 신속함이 요하는 홍수기 저수지 운영시 신속한 의사결정을 돕기 위해 과거 홍수기 댐 유입율과 유역 수문사상과의 관계를 분석하고자 한다. 이를 위해 한강수계내 다목적 댐인 소양강, 충주 및 횡성댐의 과거 호우사상을 대상으로 유역내 각종 수문사상들을 독립변수로 한 회귀분석을 실시하여 홍수 이벤트 발생전 유역상황을 토대로 예상되는 강우에 따른 예상 유출율을 산정한다. 과거 호우사상에 대한 유출을 산정은 직접유출과 기저유출을 분리한 후 직접유출이 종료되는 시점까지의 유출량과 강우

량의 비로서 산정하였으며 직접유출과 기저유출 분리방법은 주파수 분리방법을 이용하고자 한다. 주파수 분리방법은 최초로 Lyne 등(1979)에 의해 제시되었으며 국내에서는 한국건설기술연구원(2004)과 이상진 등(2007)에서 이 기법을 활용하여 유출량 자료로부터 지표수 유출량을 고주파 영역의 신호로, 지하수 유출량은 저주파수영역의 신호로 간주하여 유출성분을 분리하고 해당유역의 유출특성을 분석한 사례가 있다.

2. 분리주파수에 의한 호우사상 분리

본 연구의 대상지점은 한강수계에 위치하고 있는 다목적댐인 소양강, 충주 및 횡성댐을 대상으로 선정하였으며 강우-유출 상관분석에 의한 유출성분을 산정하기 위하여 소양강(1974~2007, 34년간), 충주(1986~2007, 22년간) 및 횡성(2000~2007, 8년간)의 일강우량과 유입량 자료를 취득하였다. 호우사상 선

별기준으로는 유역 평균강우량중 1일 총강우량이 50mm이상, 2일 총 강우량이 80mm(40mm/d) 이상, 3일 총 강우량이 90mm(30mm/d) 이상인 경우와 4일이상의 강우에 대해서는 일평균 강우량 25mm/d 이상을 기준으로 설정하였다. 상기 조건에 의해 분리된 호우 사상수는 소양강(88), 충주(62) 및 횡성(34)으로 총 184개였으며, 최종 선정된 호우사상의 강우일수, 무강우일수, 초기유량, 강우량에 대한 각각의 평균, 분산 및 표준편차를 조사하여 각 유역별 수문특성을 조사하였다.

3. 수문사상별 상관관계

본 분석에서는 각 유역별 분석호우발생기간에 대한 수문사상간 상관관계를 분석하였으며 분석결과는 그림 1과 같다. 그림1에서 보는 바와 같이 유출율(Col_1), 초기유출량(Col_2), 총강우량(Col_3), 무강우일수(Col_4) 및 선행5일강우량(Col_5)간의 상관분석 결과중 총강우량-선행5일강우량을 제외하고는 상관관계가 매우 낮은 것으로 분석되었다.

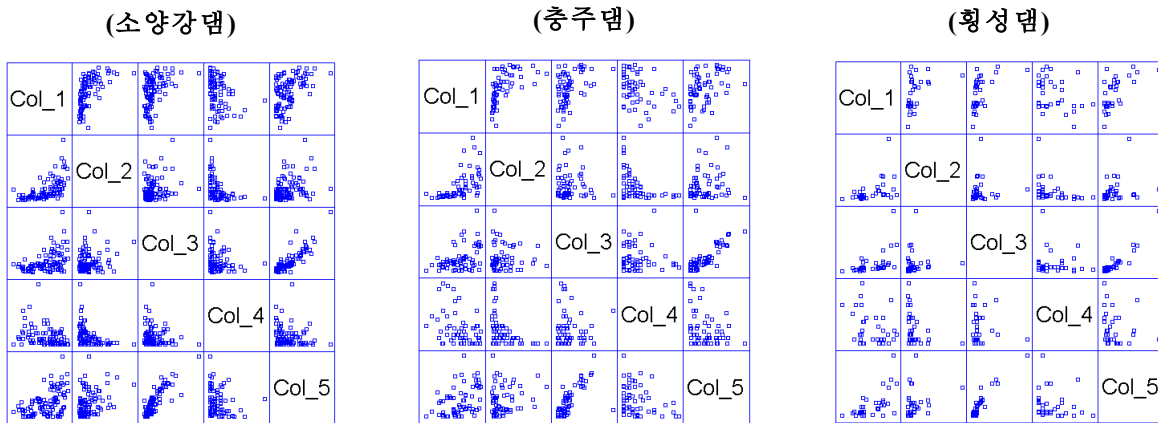


그림 1 수문사상별 상호 상관관계

4. 유출율에 대한 단순 및 다중회귀분석

본 분석에서는 유입율을 종속변수로 하고 기타 수문사상을 독립변수로 단순회귀분석을 실시하여 최적의 단순회귀식을 도출하고자 단일 독립사상에 대해 단순회귀식을 27개의 기본식을 이용하였으며 분석결과는 표 2와 같다. 표 2의 결과를 보면 독립변수중에서 초기유량이 가장 유입율에 민감한 것으로 분석되었으나 횡성댐은 무강우일수를 제외한 모든 수문사상과 유사한 결과를 보이고 있다. 이는 횡성

댐의 유역면적이 상대적으로 소양강댐과 충주댐 유역보다 작기 때문에 발생된 것으로 판단된다.

또한 다중회귀분석은 독립변수의 수를 달리하면서 상관계수가 가장 높았을 때의 다중회귀식을 도출하였으며 그 결과, 표 3과 같다. 표3의 결과를 보면 독립변수를 모두 이용한 경우 비록 홍수기 유출율 변화에 가장 적합한 것으로 분석되었으나 초기유량과 총강수량만을 이용한 분석결과와 거의 차이를 나타나지 않았다.

표 1 단순 회귀분석을 위한 기본식

순서	기본식	순서	기본식	순서	기본식
1	$Y = a+b*X$	10	$Y = \sqrt{a+b*\sqrt{X}}$	19	$Y = 1/(a+b/X)$
2	$Y = (a+b*X)^2$	11	$Y = a+b*\ln(X)$	20	$Y = \sqrt{a+b/X}$
3	$Y = \exp(a+b*X)$	12	$Y = (a+b*\ln(X))^2$	21	$Y = a+b*X^2$
4	$Y = 1/(a+b*X)$	13	$Y = a*X^b$	22	$Y = (a+b*X^2)^2$
5	$Y = \sqrt{a+b*X}$	14	$Y = 1/(a+b*\ln(X))$	23	$Y = \exp(a+b*X^2)$
6	$Y = a+b*\sqrt{X}$	15	$Y = a+b*X$	24	$Y = 1/(a+b*X^2)$
7	$Y = (a+b*\sqrt{X})^2$	16	$Y = (a+b*X)^2$	25	$Y = \sqrt{a+b*X^2}$
8	$Y = \exp(a+b*\sqrt{X})$	17	$Y = \exp(a+b*X)$	26	$Y = \exp(a+b*X)/(1+\exp(a+b*X))$
9	$Y = 1/(a+b*\sqrt{X})$	18	$Y = 1/(a+b*X)$	27	$Y = \text{normal}(a+b*\ln(X))$

표 2 단순회귀분석 결과

댐 명	상관계수				비고
	초기유량	총강수량	무강우일수	선행5일강수량	
소양강	0.553848 (10)	0.157570 (26)	0.139979 (15)	0.158393 (26)	※ () : 표1의 기본식 번호
충 주	0.509482 (11)	0.207112 (5)	0.137826 (1)	0.194298 (10)	
횡 성	0.492859 (19)	0.471374 (17)	0.136769 (3)	0.450973 (5)	

표 3 다중회귀분석 결과

댐 명	매개변수					상관계수
	a	b1	b2	b3	b4	
소양강	0.0263197	0.042382	0.0323874	-0.0112673	-0.0003608	0.635802
	0.0605057	0.0426305	0.0251442			0.630936
$Y = a + b1*\sqrt{X1} + b2*\sqrt{X2} + b3*\ln(X3) + b4*X4$						
충 주	-0.544078	0.160262	0.0394881	0.0006135	-0.0034023	0.713729
	-0.504449	0.155810	0.0356736			0.711402
$Y = a + b1*\ln(X1) + b2*\sqrt{X2} + b3*X3 + b4*\sqrt{X4}$						
횡 성	-0.820145	0.112639	0.274923	0.0165195	-0.0077994	0.703721
	-0.544982	0.0973796	0.210653			0.691507
$Y = a + b1*\ln(X1) + b2*\ln(X2) + b3*\ln(X3) + b4*\sqrt{X4}$						

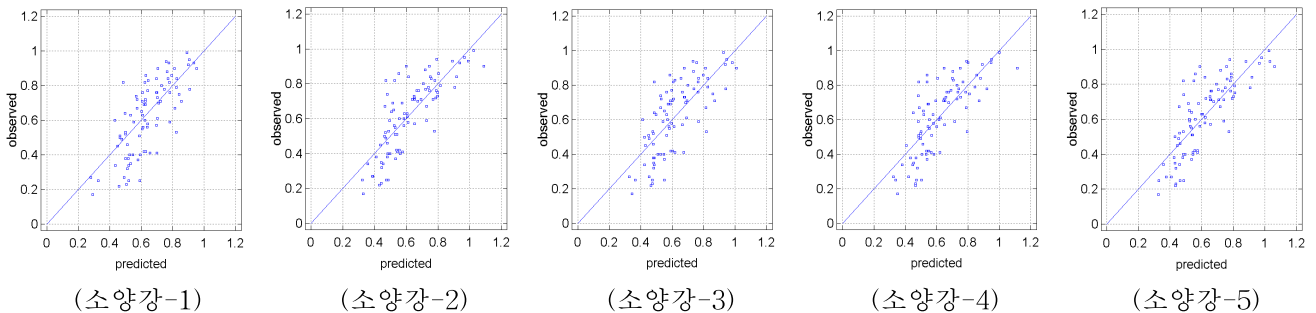
※ 초기유량(X1), 총강수량(X2), 무강우일수(X3), 선행 5일강수량(X4)

5. 유출율에 대한 단수 및 다중회귀분석 검증결과

본 연구에서 선정된 단순회귀식과 다중회귀곡선식을 통해 소양강, 충주 및 횡성댐 과거 수문사상을 검증하기 위해 X축을 회귀식에 의한 유출율로 Y축은 관측유량에 의해 산정된 유출율로 도시하였으며 그 결과는 그림 2와 같다. (댐명-1)은 단순회귀분석에서 가장 높은 상관성을 보인 초기유량에 대한 결과이며, (댐명-2,3,4)는 하나의 독립변수를 초기유량으로 고정시킨 후 그 외 독립변수(총강수량, 무강우일수, 선행5일강수량)를 각각 하나씩 달리하여 선정된 다중회귀분석의 결과이고 (댐명-5)는 모든 독립변수를 고려한 다중회귀분석의 결과이다. 그림 2의

결과, (댐명-2)와 (댐명-5)의 결과가 대각선으로 나타난 직선에 점들의 밀집도가 높기 때문에 가장 좋은 예측결과를 제시하는 것으로 판단되며 비록 (댐명-5)의 결과가 아주 미세한 수준으로 우세한 것으로 분석되었지만 업무의 효율성 측면에서 (댐명-2)에 의한 다중회귀분석결과를 실무에서는 활용하는 것이 보다 바람직하다고 판단된다.

상기 회귀분석결과, 초기유량과 총강수량에 의한 유출율 회귀식을 최근 2008년 7월 24일부터 26일에 걸쳐 내린 호우사상에 대해 검증한 결과는 표 5와 같으며 전 댐의 유입율 오차가 ±10.0%이내로서 매우 양호한 결과를 보여주고 있다.



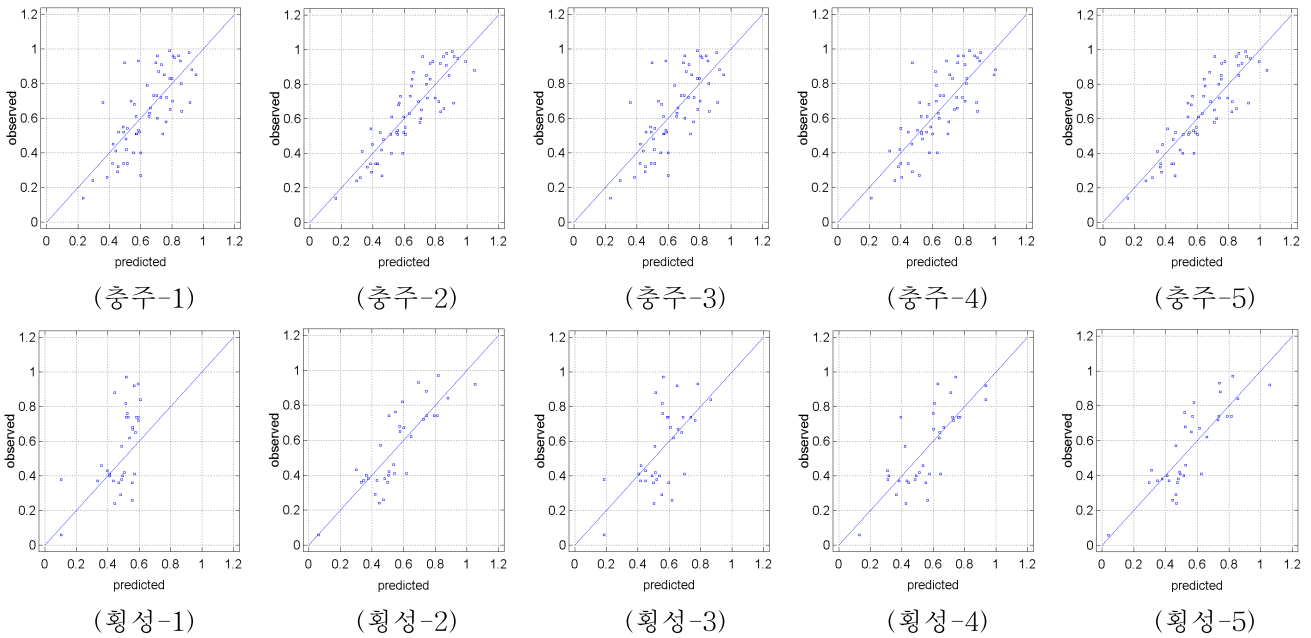


그림 2 수문사상별 상호 상관관계(소양강, 충주 및 황성 다목적댐)

표 8 2008년 호우사상과의 비교결과

댐 명	유출율(%)			강우량 (mm)
	실측	모의	오차	
충 주	73.6	83.4	+9.2	197.4
소양강	88.0	96.4	+8.4	241.5
황 성	79.6	81.0	+1.4	249.6

6. 결론

본 연구에서는 신속함이 요하는 홍수기 저수지 운영시 신속한 의사결정을 돕기 위해 과거 홍수기 댐 유입율과 유역 수문사상과의 관계를 분석하고자 한다. 이를 위해 한강수계내 다목적 댐인 소양강, 충주 및 황성댐의 과거 호우사상을 대상으로 직접유출과 기저유출을 주파수 분리방법에 의해 분리한 후, 각 호우사상별 유출율을 산정하고 이를 토대로 각종 수문사상과의 단순 및 다중 회귀분석을 실시하였다. 그 결과 단순회귀분석에서는 초기유량이 유출율과 가장 높은 상관관계를 보였으며 다중회귀분석에서는 초기유량, 총강우량, 무강우일수 및 선행5일강수량 모두를 독립변수로 하는 경우가 가장 우수한 결과를 보여주었으나 업무의 효율성 측면 및 회귀분석결과 정확도에서 큰 차이를 보이지 않은 초기유량 및 총

강우량에 의한 회귀분석결과를 선정하였다. 또한 선정된 회귀식을 토대로 2008년 호우사상의 유출율과 비교한 결과 $\pm 10\%$ 이내의 양호한 결과를 도출하였다.

참고문헌

- [1] 이상진, 황만하, 류경식, 정우창, “유출 성분 분석에 의한 유출모의 검증” 대한토목학회 학술발표대회, 2086-2089, 2007.
- [2] 한국건설기술연구원, “지표수 수문성분 해석기술 개발” 과학기술부, 2004.
- [3] Lyen, V., and Holick, M., “Stochastic time-variable rainfall-runoff modelling” *I.E. Aust. Nat. I.E. Aust. Natl. Conf. Publ.* 79/10, 89-93, 1979.