수위자료의 측정 간격에 따른 유출률 평가의 적정성 검토

Suitability Evaluation for Runoff Rate According to Measurement Term of Water Level Data

오 창 열*, 이 연 길**, 이 진 원***, 정 성 원****

Chang Ryeol Oh, Yeon Kil Lee, Jin Won Lee, Sung Won Jung

요 지

신뢰성 있는 수위-유량관계곡선식 개발은 해당 수위관측소 지점에 대한 정도있는 저·평수기 및 홍수기의 유량조사가 담보되어야 한다. 이는 합리적이고 경제적인 이수 및 치수 계획 수립과 각종 수공구조물 설계의 근간이 된다. 이와 더불어 상·하류 유출량 검토 및 유출률 평가에 있어서의 수위 자료 역시 중요한 수문자료 중에 하나이다. 이러한 수위 자료에는 다양한 형태의 오차를 내포하고 있으며, 또한 유출률 평가시 수위 자료의 측정 간격에 따라 다양한 형태의 결과 값을 갖는다.

따라서 본 연구에서는 섬진강 수계의 경천을 대표하고 전형적인 농촌지역 특성을 갖고 있으며 소유역에 해당하는 순창2수위관측소와 본류부를 대표하는 구례2수위관측소를 대상으로 수위자료의 측정 간격에 따른 유출률 평가의 적정성을 검토하고자 한다.

이에 따른 방법으로는 일차적으로 영산강홍수통제소에서 조사·관리중인 30분의 수위 자료를 획득하여 T/M 전송 오류 등에 의한 측정 오차 및 결측 자료는 보간을 하였다. 그리고 30분의 수위 자료를 이용하여 1분, 5분, 10분의 수위 자료를 선형보간법에 의해 재산정 하였으며 1시간, 3시간, 6시간, 12시간, 1일의 수위 자료에 해당하는 시간의 수위 자료를 획득하였다. 이러한 절차에 의하여 결정된 수위자료는 2006년에 개발된 수위-유량관계곡선식을 이용하여 유출량 값으로 환산하였다.

핵심용어 : 유출률, 선형보간, 수위-유량관계곡선식

1. 서 론

수문곡선(hydrograph)은 시간에 따른 수위 또는 유량을 나타내는 그래프로서 수위를 나타내면 수위수문곡선과 유량을 시간의 변화에 따라 나타내면 유량수문곡선이라 하며(이재수, 2006), 일반적으로 수문곡선은 유량수문곡선을 지칭한다(윤용남, 1998). 유량수문곡선은 해당 지점의 수위자료를 수위-유량관계선식에 의해 유출량으로 환산한 값으로서 수자원의 치수 계획을 수립 및 각종 수공구조물 설계에 필요한 수문량 결정의 도구로서 사용되어지고 있다.(건설교통부, 2006)

이처럼 수문량 결정의 도구로 사용되는 수위-유량관계곡선식은 다양한 수위대의 측정성과에 대한 검증과정과 더불어 해당 지점의 수위자료에 의해 변환한 유출량 값에 대하여 상하류 유량검토 및 유출률을 산정하여 유출량 값의 적정성 여부를 검토하게 된다. 그러나 유출율 분석시 수위자료는 건설교통부의 수위자료에 근간하여 유량값으로 환산되어 평가되어짐에 따라 유출율 역시 상이한 결과값으로 도출된다.

따라서 본 연구에서는 윤용남(1998)과 이재수(2006)가 일평균유량 산정시 소유역의 경우에는 약간의 문제점이 있다고 지적하였듯이 수위자료의 시간분포에 따른 유출량 값의 변화량을 검토하고자 하며 본 연구의 결과는 수위-유량관계곡선식의 적정성 검토에 정량적인 기준으로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

* 정회원·유량조사사업단 품질정책실 그룹장 ·E-mail : croh@kict.re.kr
** 정회원·유량조사사업단 연구개발실 그룹장 ·E-mail : sugawon@kict.re.kr
*** 정회원·한국건설기술연구원 수자원부 선임연구원 ·E-mail : jwlee@kict.re.kr
**** 정회원·한국건설기술연구원 수자원부 수석연구원 ·E-mail : swjung@kict.re.kr

2. 대상지점 및 자료의 특성

2.1 대상지점

대상 유역은 우리나라 4대강 유역의 하나이며 우리나라 남부 지역의 중서부에 위치하고 있는 섬진강 유역으로서 총 유역면적은 4,896.5㎢, 본류의 유로연장은 212.3㎞이며 유역도는 Fig. 1과 같다(건설교통부, 2003).

대상지점은 2006년도에 수위-유량관계곡선식이 개발된 지점 중 유역면적별 유출률의 오차율을 검토하기 위하여 소유역과 대유역을 선정하였다. 소유역은 순창2 지점으로서 전라북도 순창군 순창읍 순화리에 위치하고 있으며 유역면적이 49.1㎢이다. 대유역은 구례2지점이며 섬진강 본류부를 대표하는 지점으로서 전라남도 구례군 구례읍 신월리에 위치하고 유역면적은 3,805.4㎢이다.(건설교통부, 2007)

본 연구에서 적용한 수위-유량관계곡선식(건설교통부, 2007)과 대상기간은 Table 1과 같다. 대상기간은 하나의 독립 강우사상에 의한 유출수문곡선을 선택하였으며 다음과 같다. 순창2지점은 2006년 7월 25일 12시부터 동년 7월 31일 23시 30분까지 자료를 이용하였고, 구례2지점은 2006년 7월 25일 12시부터 동년 8월 1일 05시 30분까지 자료를 이용하였다.

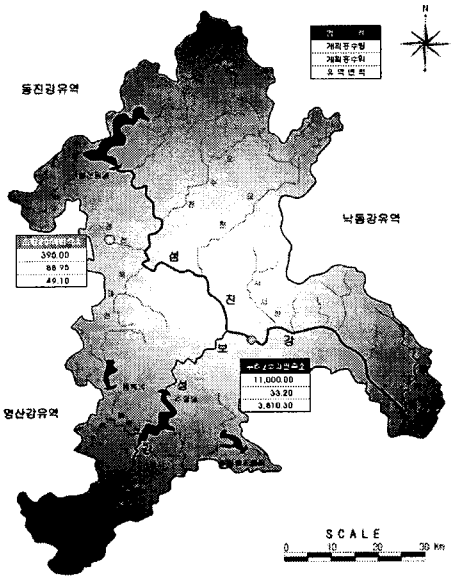


Fig. 1 Geographical location of the Sunchang Ⅱ & GuryeⅡ station in the Seom-Jin river basin

Table 1. Rating-curve equation according to the respective stage

지점	적용수위(m)	수위-유량관계곡선식	비 고	대상기간
순창2	$0.15 \le h \le 1.40$	$Q = 31.978\ (h - 0.03)^{2.594}$	0.18m미만 외삽	2006-07-25 12:00:00 ~ 2006-07-31 23:30:00
	$1.40 < h \le 2.00$	$Q = 38.751\ (h - 0.04)^{2.031}$		
	$2.00 < h \le 5.00$	$Q = 56.872\ (h - 0.24)^{1.739}$	5.00m까지 외삽 가능 고수위 외삽추정식	
구례2 (H=h+1)	$H \le 1.38$	$Q = 6.539\ (H - 0.18)^{2.712}$	1.38m 미만 외삽	2006-07-25 12:00:00 ~ 2006-08-01 05:30:00
	$1.38 < H \le 5.38$	$Q = 115.317\ (H - 1.06)^{2.085}$	10.00m까지 외삽 가능	

2.2 자료의 특성

본 연구의 대상 자료인 30분 수위자료는 영산강홍수통제소(http://www.hrfco.go.kr/youngsan/)의 홈페이지에서 획득한 자료이며 기술통계 분석 결과는 Table 2와 같다.

Table 2. Descriptive statistics for SunchangⅡ & GuryeⅡ stations

	Max	Min	Mean	Standard deviation	Skewness	Kurtosis
Sunchang2	1.69	0.33	0.56	0.265	1.983	6.842
Gurye2	3.49	0.96	1.80	0.808	0.680	1.925

순창2지점 대상 자료의 수위분포는 0.33~1.69m이며 평균은 0.56m, 표준편차는 0.265, 왜도는 1.983, 첨도는 6.842로서 정규분포에 비하여 우측으로 편향된 분포와 뾰족한 분포형을 갖는 것으로 나타났다. 이에 반해 구례2지점의 수위분포는 0.96~3.49m이며 평균은 1.80m, 표준편차는 0.808, 왜도는 0.680, 첨도는 1.925로서 정규분포에 비하여 우측으로 편향된 분포와 뾰족한 분포형을 갖는 것으로 나타났으나 순창2지점에 비하여 정규분포형에 가깝다. 이는 유사한 강우패턴임에도 유출수문곡선의 감수부가 길게 늘어짐에 기인한 것으로 판단된다.

3. 모의결과 및 고찰

유출률은 전체강우량 중 순수하게 유출에 기여하는 비율을 말하며 식(1)에 의해 산정된다. 또한 유역 상류부에 위치한 댐 및 광역 상수도망을 통해 유역 안팎으로 드나드는 유량과 기저유량을 고려한 순유출률은 식(2)와 식(3)에 의해 계산된다.

$$f = \frac{{}_T\int Q\,dt}{A \cdot {}_T\int I\,dt} \quad \text{— 1}$$

$$f_p = \frac{{}_T\int Q_d\,dt}{A \cdot {}_T\int I\,dt} \quad \text{— 2}$$

$${}_T\int Q_d\,dt = {}_T\int (Q - Q_b)\,dt \quad \text{— 3}$$

여기서 Q는 유출량, Q_d는 직접유출량, Q_b는 기저유출량, A는 유역면적, I는 강우강도, f는 유출률, f_p는 순유출률이다.

일반적으로 단위시간동안의 유출체적은 단위시간 동안 동일 수위라 가정하여 유출체적을 산정하여 유출률을 계산함에 따라 참값에 비하여 증수부에서는 과소평가되고, 감수부에서는 과대평가가 이루어진다.

따라서 본 연구에서는 영산강홍수통제소에서 조사·관리중인 30분 단위의 수위 자료를 획득하여 1분, 5분, 10분의 수위 자료를 선형보간법에 의해 재산정 하였으며, 1시간, 3시간, 6시간, 12시간, 24시간의 수위 자료는 해당하는 시간의 자료를 획득하였다. 이러한 절차에 의하여 산정된 수위자료는 2006년에 개발된 수위-유량관계곡선식을 이용하여 유출량 값으로 환산하였다.

Fig. 2와 Fig. 4는 각각 순창2지점과 구례2지점의 선형보간된 1분부터 10분간격의 수위자료와 1시간부터 24시간 간격의 수위자료를 나타낸 그림이며 Fig. 3과 Fig. 5는 환산된 유출량 값의 총합에 따른 각 단위시간의 비율을 도시한 그림이다. Fig. 2와 Fig. 4를 비교해 보면 소유역에 해당하는 순창2지점이 구례2지점에 비하여 증수부 및 감수부 곡선의 기울기가 급함을 알 수 있으며 그리고 24시간의 수위자료를 비교하여 볼 때 소유역에서 다소 큰 오차를 가지고 있음을 도시적으로 판단할 수 있다. 선형보간된 순창2지점의 5분부터 30분까지의 유출수문곡선은 1분 유출수문곡선과 구례2지점은 1시간까지의 유출수문곡선이 1분 곡선과 유사한 패턴을 보이고 있음을 알 수 있다.

Table 3과 Table 4는 각각 순창2지점과 구례2지점의 환산된 증수부와 감수부의 유출량 값에 대한 총합과 1분 자료를 참값으로 보았을 때 각 단위시간의 수위자료에 대한 오차를 계산한 표이다. Fig. 6과 Fig. 7은 각 단위시간의 수위자료에 따른 증수부 및 감수부 유출량 합을 도식적으로 나타낸 그림이다.

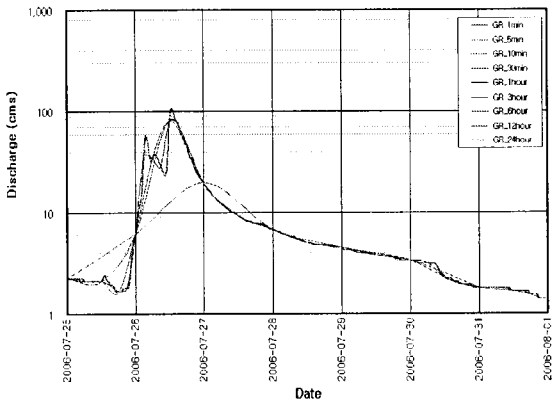


Fig. 2 Interpolation water level data of SunchangⅡ station

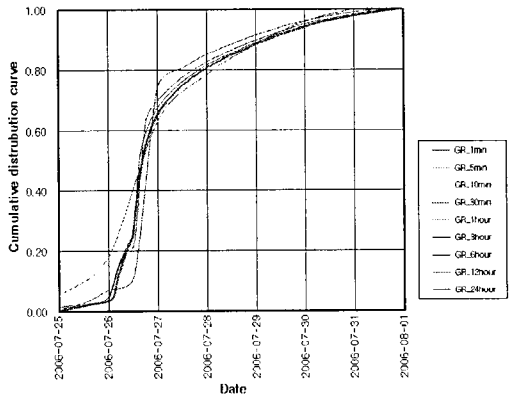
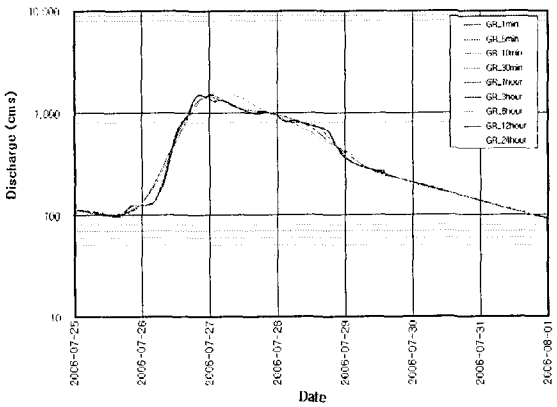


Fig. 3 Cumulative distrubution curve of SunchangⅡ station



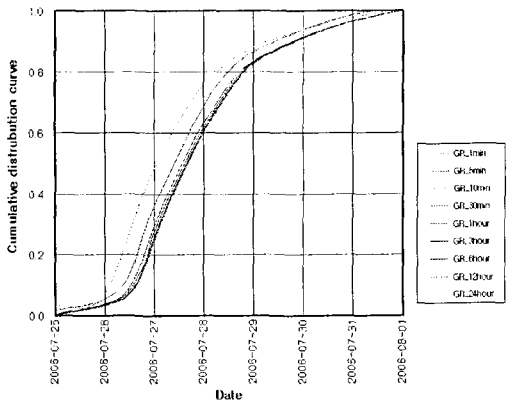


Fig. 4 Interpolation water level data of GuryeⅡ station Fig. 5 Cumulative distrubution curve of GuryeⅡ station

Table 3. Error rate of SunchangⅡ station according to the time distribution

	Discharge of rising limb (ⓐ)	Discharge of falling limb (ⓑ)	Total Discharge (ⓐ+ⓑ)	Error of rising limb	Error of falling limb	Sum of Error	Error Rate(%)
1M	1,873,406	4,012,638	5,886,044	-	-	-	-
5M	1,867,103	4,019,085	5,886,188	-6,303	6,447	12,750	0.22
10M	1,818,940	4,067,558	5,886,498	-54,466	54,921	109,387	1.86
30M	1,824,929	4,067,251	5,892,179	-48,478	54,613	103,090	1.75
1H	1,726,543	4,168,198	5,894,742	-146,863	155,560	302,423	5.14
3H	1,609,897	4,353,903	5,963,800	-263,509	341,265	604,774	10.27
6H	1,346,853	4,743,214	6,090,067	-526,553	730,576	1,257,129	21.36
12H	747,020	5,732,060	6,479,080	-1,126,386	1,719,422	2,845,808	48.35
24H	705,274	3,148,646	3,853,920	-1,168,132	-863,992	2,032,124	34.52

Table 4. Error rate of GuryeⅡ station according to the time distribution

	Discharge of rising limb (ⓐ)	Discharge of falling limb (ⓑ)	Total Discharge (ⓐ+ⓑ)	Error of rising limb	Error of falling limb	Sum of Error	Error Rate(%)
1M	55,299,304	229,140,671	284,439,975	-	-	-	-
5M	54,942,586	229,524,522	284,467,108	-356,718	383,851	740,569	0.26
10M	54,700,487	229,792,448	284,492,935	-598,817	651,777	1,250,594	0.44
30M	53,872,110	230,754,760	284,626,870	-1,427,194	1,614,089	3,041,283	1.07
1H	49,972,870	234,516,860	284,489,730	-5,326,434	5,376,189	10,702,623	3.76
3H	48,083,990	236,992,790	285,076,780	-7,215,314	7,852,119	15,067,433	5.30
6H	44,519,860	237,536,600	282,056,460	-10,779,444	8,395,929	19,175,373	6.74
12H	34,286,300	250,007,316	284,293,616	-21,013,004	20,866,645	41,879,649	14.72
24H	20,568,800	291,102,300	311,671,100	-34,730,504	61,961,629	96,692,133	33.99

Table 3과 Table 4에서 나타난바와 같이 순창2지점은 단위시간의 간격이 커질수록 오차량은 증가하였으나 24시간에서는 12시간에 비하여 감소하는 경향을 보였다. 이는 Fig. 2의 도시적 평가 결과를 뒷받침해주고 있으며 Fig. 6을 통해 확인할 수 있다. 반면에 대유역에 해당하는 구례2지점은 단위시간의 간격이 커질수록 오차량이 비례하여 증가하는 일반적인 경향을 보여주고 있으며 이러한 결과는 Fig. 7과 같다.

1시간과 12시간의 오차율을 각각 비교 평가해 보면 소유역에 해당하는 순창2지점은 각각 5.14%, 48.35%, 구례2지점은 3.76%, 14.72%로서 대유역인 구례2지점에 비하여 약 34%(12시간 기준) 더 큰 오차율을 보였다. 이러한 결과로 소유역에 대한 유출률 평가시 시간분포를 짧게 가져갈 때 보다 합리적 평가가 가능할 것으로 판단된다.

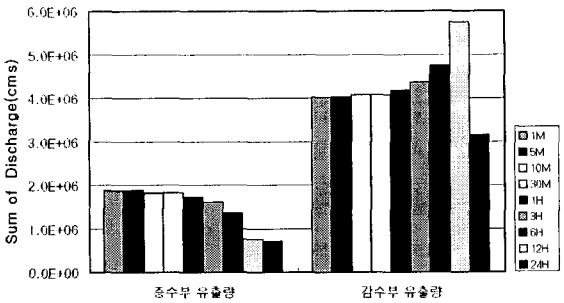


Fig. 6 Sum of discharge of SunchangⅡ station

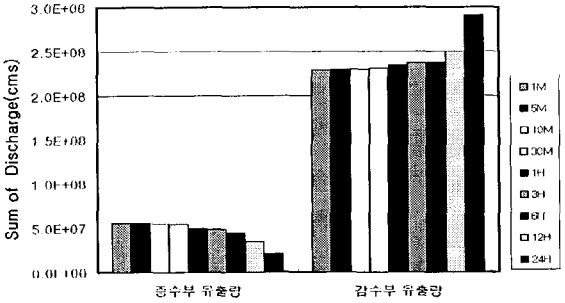


Fig. 7 Sum of discharge of GuryeⅡ station

4. 결 론

본 연구는 수위자료의 시간분포에 따른 유출률 평가의 적정성을 검토한 기초적인 연구로서 기존 연구에서 유출수문곡선의 시간 분포를 작게 가져가야 된다는 정성적인 평가가 아닌 정량적으로 평가하였다는 점에서 기존 연구와 차별성을 갖는다.

본 연구의 결과 대유역에서는 유출수문곡선의 시간분포가 커질수록 오차량은 증가하는 경향이 뚜렷하였으나 소유역은 급격한 증수부와 감수부 곡선을 가짐에 따라 24시간의 시간분포에서는 12시간에 비하여 작은 오차량을 보였다. 또한 오차량의 증가 경향은 대유역보다는 소유역인 순창2지점이 더 큰 오차율을 보였으며 이는 약 34%(12시간 기준) 더 큰 오차율이다. 따라서 보다 합리적인 유출률 평가를 위해서는 소유역은 시간분포를 짧게 가져가는 것이 적정한 유출률 평가가 가능할 것으로 판단된다.

향후 다양한 유역면적에 따른 유출수문곡선의 오차율을 파악하여 유출률 산정 및 유출량 평가시 유역면적의 정량적인 지표를 제공하고자 한다면 다양한 형태의 유역면적에 따른 각 시간분포별 오차율 식을 개발하여 유출율 분석시 적정한 시간분포를 선택하기 위한 심화연구가 필요할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 건설교통부(2003), "섬진강 하천정비기본계획(보완)", 동부&현대엔지니어링(주)
2. 건설교통부(2007), "수문조사 보고서", 유량조사사업단, 발간중
3. 건설교통부 영산강홍수통제소(2006), "영산·탐진강수계 유량측정용역 보고서", 남원건설엔지니어링(주)
4. 건설교통부 영산강홍수통제소 홈페이지, "http : //www.hrfco.go.kr/youngsan/"
5. 윤용남(1998), "공업수문학", 청문각, pp. 203~240.
6. 이재수(2006), "수문학", 구미서관, pp. 265~356.