2006년 만경강 유역의 유출특성 분석

Runoff Characteristic Analysis of ManKyung River Basin in 2006

심은증*, 이재혁**, 오창열***, 이진원****, 정성원*****

Eun Jeung Shim, Jae Hyug Lee, Chang Ryeol Oh, Jin Won Lee, Sung Won Jung

요 지

현재 우리나라는 100년이 넘는 수문관측에도 불구하고 수문자료의 양과 질이 선진국에 비해 부족하며, 이를 해결하기 위해 IHP유역, 하천 시험유역 운영 등 각종 수문조사 사업을 시행하고 있다.

정확하고 신뢰성 있는 유량자료의 확보는 각종 수공구조물 설계, 하천의 이·치수 계획의 수립, 홍수예·경보 시스템의 분석을 위한 기본적이고도 중요한 과정이다.

본 연구에서는 만경강 유역에 위치하고 있는 목천, 하리, 봉동, 소양, 효자지점을 대상유역으로 선정하고 2006년 저·평수기 및 홍수기에 걸쳐 유량을 측정하여 자료를 확보하였다. 측정된 성과의 적절성 검토를 위해 최대구간유량비와 불확실도를 산정하여 신뢰하였고 이들의 수리특성을 분석하였다.

일반적으로 수자원 분야에서 유출을 검토하기 위해 수위자료가 아닌 유량자료를 이용하여 해당 분야에 대한 분석을 시행한다. 이에 본 연구에서는 대상유역의 측정 성과를 바탕으로 수위-유량관계 곡선식을 개발하고 수위 수문곡선을 유량 수문곡선으로 변환하였다. 또한 유출특성을 분석하기 위해 연 유출률 분석, 상·하류 유량검토, 호우사상별 직접유출률 분석을 실시하였다.

그 결과 만경강 유역의 지점별 연 유출률은 하리 69.4%, 봉동 66.1%, 소양 54.1%, 효자 58.1%를 보여 주었다. 상·하류 유량검토를 통해서는 하리지점의 보 가물막이 공사 기간을 제외하고 전반적으로 적절한 상·하류 관계를 나타내었다.

본 연구는 대상유역의 유출특성을 분석하기 위한 것으로 강우자료의 산정은 전주지역의 기상청 자료를 이용하였으며, 평균강우량은 산술평균법에 의하였다.

핵심용어 : 수리특성, 수위-유량관계곡선, 유출특성 분석, 상·하류 유출검토, 연 유출률

1. 서 론

본 연구는 만경강 유역에 위치한 5개 대상 지점의 정확한 유량측정을 통한 수문자료를 획득하고, 이들의 품질과 유출특성을 분석하는데 목적이 있다.

먼저 측정 성과의 최대구간유량비, 불확실도를 분석하여 성과의 신뢰도를 검토하였고, 성과를 바탕으로 수위-유량관계 곡선식을 개발하여 유량의 적절성을 검토하였다. 강우 유출특성을 분석하기 위하여 유출 수문곡선을 생성하고 이들 간의 상·하류 관계를 분석하였으며, 호우사상별 검토를 통해 직접유출률을 산정하였다.

* 정회원 유량조사사업단 유량조사실 연구원 ·E-mail : ejshim@kict.re.kr

** 정회원 유량조사사업단 유량조사실 조사원 ·E-mail : ljh@kict.re.kr

*** 정회원 유량조사사업단 품질정책실 그룹장 ·E-mail : croh@kict.re.kr

**** 정회원 유량조사사업단 유량조사실 실장 ·E-mail : jwlee@kict.re.kr

***** 정회원 유량조사사업단 사업단장 ·Email : swjung@kict.re.kr

2. 만경강 유역의 개요

2.1 대상유역

본 연구에서는 만경강 유역에 위치한 목천, 하리, 봉동, 소양, 효자지 점을 선정하여 2006년 저·평수기 및 홍수기에 걸친 유량측정을 실시하였다. 또한, 측정지점을 현지 조사하여 수위관측소 현황을 파악하고 유량측정 위치 및 횡단측량 지점을 선정하였다. 아울러 조사지점 부근의 하상상태, 하상경사, 지형, 구조물 등 유수에 영향을 주는 제반 하천의 형태학적, 수리학적 특성을 조사하여 과거 자료와 비교 분석하였다. 각 수위관측소의 현황 및 유역은 그림1과 같다.

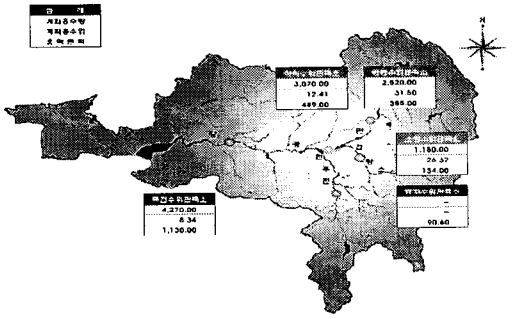

그림 1.만경강 유역의 유역도

3. 유량측정성과 분석

3.1 유량측정 성과와 수리특성 분석

본 연구에서는 2006년에 발생한 7월 10일의 태풍 에위니아(EWINIAR)와 7월 15일의 제 4호 태풍 빌리스(BILIS) 및 집중호우에 의해 고수위에 해당하는 많은 측정성과를 수집할 수 있었다. 또한, 저·평수기 역시 과업기준에 비하여 150%이상 상회하는 측정성과를 확보하였으며, 전반적으로 유속계 측정과 부자 측정의 경계수위의 천이구간에 해당하는 수위를 포함한 다양한 수위대의 측정성과를 얻을 수 있었다. 이렇게 관측된 유량자료에 대한 품질을 살펴보기 위하여 미국 지질조사소(USGS)기준을 사용한 구간유량비와 불확실도에 대한 평가를 실시하였다.

구간유량비의 경우 어느 한 측선에서 산정된 구간유량이 총 유량에 대해 많은 비중을 차지할수록 일반적으로 측정 오차는 커진다. 만경강 유역의 경우 유속계에 의한 결과를 보면, 유속계 측정의 경우 지점별 최대구간유량비의 평균이 7.1%(목천)~18.1%(하리)로 지점별로 10% 내·외의 적절한 수치를 보이고 있다. 부자 측정에서는 지점별 최대구간유량비의 평균이 10.4%(효자)~22.4%(소양)로 소양 지점을 제외한 나머지 지점에서는 각 관측소의 하폭과 하도특성, 조석 영향을 고려해 볼 때 비교적 양호한 구간유량비를 보인 것으로 판단된다.

또한 ISO 748 등에 제시된 방법을 기준으로 개별 유량측정성과의 불확실도를 산정하였다. 만경강 유역의 경우 유속계에 의한 유량측정성과의 총 불확실도는 6.2%~9.3%의 분포를 보였으며, 부자 성과에 의한 총 불확실도는 7.8%~10.1%의 분포를 보였다.

또한 수리특성을 살펴보면 대체적으로 수위-유량의 관계는 수위가 증가할수록 유량이 커지는 일반적인 경향에 부합하고 있으며, 수위-면적과 수위-유속 등의 수리특성은 대체적으로 일반적인 하천 특성을 나타내고 있다. 표 2, 3과 그림 2는 만경강 유역의 측정방법에 따른 지점별 최대구간 유량비와 불확실도를 나타내며, 봉동지점의 수리특성 예를 보여준다.

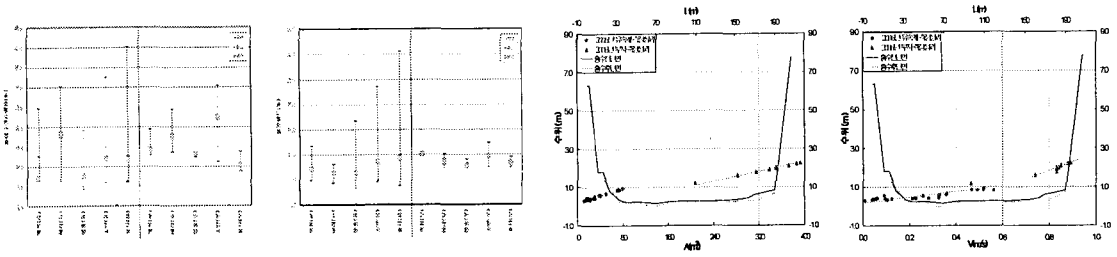

그림 2. 만경강 유역의 지점별 최대구간유량비, 불확실도 및 수리특성 예(봉동지점)

표2. 측정방법에 따른 만경강 유역의 지점별 최대구간유량비

	유속계					부 자				
	목천	하리	봉동	소양	효자	목천	하리	봉동	소양	효자
최대	24.7	30.3	18.9	32.6	40.2	19.3	24.4	13.6	30.4	13.7
최소	12.6	6.6	4.1	5.9	6.1	12.8	13.6	12.3	11.2	8.7
평균	7.1	18.1	7.6	12.0	12.0	14.1	17.5	13.1	22.4	10.4

표 3. 측정방법에 따른 만경강 유역의 지점별 불확실도

	유속계					부 자				
	목천	하리	봉동	소양	효자	목천	하리	봉동	소양	효자
최대	11.7	8.1	16.7	23.6	30.6	10.1	10.1	9.0	12.3	9.5
최소	4.8	4.4	3.3	4.6	3.8	10.1	7.5	7.5	7.5	7.4
평균	7.2	6.2	6.3	8.5	9.3	10.1	8.6	7.8	9.6	8.3

4. 수위-유량관계곡선식 개발

만경강 유역의 5개 대상 지점에 대해 2006년 측정된 유량측정성과와 하도 및 단면 통제 특성, 현장조사 결과 등을 종합적으로 반영하여 측정지점에 대한 수위-유량관계곡선식을 개발하였다. 표 4는 5개 대상지점에서 개발된 수위-유량곡선식을 나타낸다.

표 4. 만경강 유역 수위-유량관계곡선식

지점	적용수위(m)	수위-유량관계곡선식	이용자료 연도/자료수	비 고
목 천	$1.70 \le h \le 4.05$	$Q = 26.021 (h - 0.01)^{2.061}$	2006년/43개	1.7m 미만 외삽
	$4.05 < h \le 4.43$	$Q = 21.305 (h - 0.95)^{2.708}$		5.83m까지 외삽가능
	$5.83 < h \le 9.73$	$Q = 37.635 (h - 0.92)^{2.840}$		고수위 외삽추정식
하 리	$0.84 \le h \le 1.43$	$Q = 65.210 (h - 0.60)^{2.654}$	2006년/44개	0.84m 미만 외삽
	$1.43 < h \le 3.12$	$Q = 118.265 (h - 0.84)^{2.102}$		7.80m까지 외삽가능
봉 동	$0.32 \le h \le 0.70$	$Q = 100.600 (h - 0.15)^{2.384}$	2006년/32개	0.32m 미만 외삽
	$0.70 \le h \le 2.23$	$Q = 101.231 (h - 0.24)^{1.811}$		
	$2.23 < h \le 5.60$	$Q = 113.489 (h - 0.30)^{1.720}$		고수위 외삽추정식
소 양	$0.23 \le h \le 0.60$	$Q = 663.549 (h) 6.451$	2006년/31개	
	$0.60 < h \le 1.36$	$Q = 259.231 (h - 0.23)^{2.361}$		1.70m까지 외삽가능
	$1.70 < h \le 5.40$	$Q = 394.210 (h - 0.32)^{1.531}$		고수위외삽 추정식
효 자	$0.63 \le h \le 1.00$	$Q = 100.964 (h - 0.41)^{3.859}$	2006년/28개	0.63m 미만 외삽
	$1.00 < h \le 2.44$	$Q = 80.213 (h - 0.56)^{2.200}$		3.23m까지 외삽가능
	$3.23 < h \le 5.40$	$Q = 80.697 (h - 0.23)^{1.961}$		고수위 외삽추정식

5. 강우 유출특성 분석

5.1 연유출률 평가

2006년 대상유역의 유량측정 성과로 개발된 수위-유량관계곡선식의 적정성을 평가하기 위하여 연간 유출률을 산정하여 비교 분석하였다. 여기서 유출량과 강우량의 비로 정의되는 유출률 산정을 위해 시간별 수위자료로부터 총 유출량을 산정하였으며, 총 강우량은 전주지역의 기상청 강수량자료를 이용하였다. 총강우량 산정에 건설교통부 강우자료가 아닌 기상청 자료를 이용한 이유는 무인관측 특성상 동절기인 12월~2월의 강우량이 0으로 계측되어 다른 기상청 지점의 값과 차이가 많이 발생하기 때문이다.

만경강 유역에 위치한 수위관측소 지점의 총 유출률은 69.4%~54.1%의 범위를 보이고 있다. 수위관측소 유역면적은 만경강, 동진강 하천정비기본계획(보완)(건교부, 1993년), 만경강, 동진강 수계 유량측정보고서(영산강홍수통제소, 2005년)에 수록되어 있는 수위관측소 일람표의 제원을 이용하였다.

만경강 유역에서 감조하천의 특성을 보이는 목천 지점은 저수위에서 분산이 심해 연 유출률은 산정하지 않았다. 표 5는 대상유역의 연간 유출률을 나타낸다.

표 5. 대상유역의 유출률

지점	유역면적 (km2)	유역평균 강우량(mm)	유출고 (mm)	유출률 (%)	비 고
하리	489	1187.5	823.9	69.4	2006. 1. 1~ 2006. 12. 31
봉동	355		785.8	66.1	2006. 1. 1~ 2006. 12. 31
소양	134		643.3	54.1	2006. 1. 1~ 2006. 12. 31
효자	129		690.2	58.1	2006. 3. 3~ 2006. 12. 31

5.2 상·하류 유량검토

과업에서는 상·하류간의 유출 특성을 평가하기 위해 과업지점에서 관측된 수위자료와 2006년 개발된 수위-유량관계곡선식을 이용하여 유출량을 산정하였다. 산정된 유량 수문곡선으로부터 상·하류간의 연간 유출률을 검토하였다. 전반적으로 평·저수위나 홍수위 모든 수위 범위에서 하류의 유량이 상류보다 더 큰 일반적인 양상을 나타내었다. 그러나 하리지점의 경우 홍수기 이후보의 가물막이 공사가 진행되면서 병목현상에 의한 저수현상이 발생하고 수위자료의 이상이 발견되어 공사가 시작된 9월 말에서 12월 중순까지 상·하류간 반전현상이 발생하였다. 이와 같은 수문곡선으로 상·하류 간 유량반전 발생 여부 및 면적대비 유량의 적절성 등을 검토할 수 가 있었다. 그림 3은 만경강 유역의 분기별 상·하류간 유량평가를 나타낸 것이다.

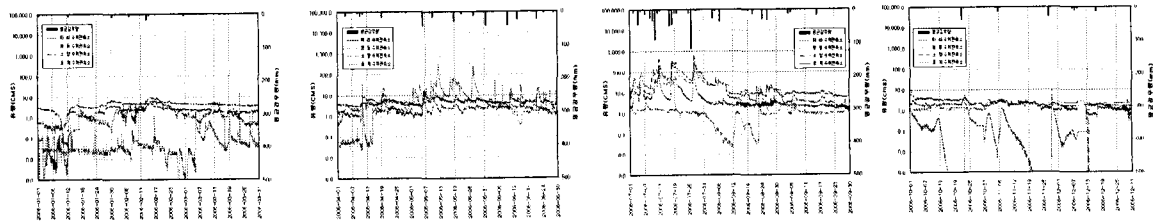

그림 3. 만경강 유역의 분기별 상·하류간 유량평가

5.3 호우사상별 유출률 검토

만경강 유역의 호우사상별 유출률은 표6과 같이 산정되었다. 목천 지점의 경우 선행강우의 영향, 기저유량의 분리 등에서 많은 오차가 수반되어 일정한 평가를 하기가 어려웠다. 2006년 7월 9일에서 2006년 7월 14일에 발생한 호우사상에 대한 직접유출률은 32.6%를 나타냈다. 2006년 7월 17일에서 2006년 7월 26일에 걸쳐 발생한 하리와 봉동, 소양지점의 주요 호우 사상에 대한 직접유출률은 각각 87.5%, 64.6%, 75.6%를 보여주었다. 하리지점의 유출률이 크게 산정된 것은 집중호우와 연속된 강우에 의한 것으로 판단된다. 효자지점은 2006년 7월 04일에서 2006년 7월 07일에 걸친 것으로 작은 호우사상이 여러 날에 걸쳐 발생하였기 때문에 24.5%라는 작은 유출률을 보여주었다. 본 대상유역의 직접유출률을 산정하기 위해서 전주 기상청의 강우자료를 사용하였다.

표 6 만경강 수계 주요 호우사상의 직접유출률

지점	강우량(㎜)	강우량×유역면적 (㎥)	유출량 (㎥)	기저유량 (㎥)	직접유출량 (㎥)	유출률 (%)
목 천	161.8	182,834,000	83,360,212	23,838,894	59,521,317	32.6
하 리	244.5	119,560,500	126,095,195	29,137,147	104,562,872	87.5
봉 동	245.5	87,152,500	82,699,425	26,434,132	56,265,293	64.6
소 양	127.0	17,018,000	15,854,050	2,988,844	12,865,207	75.6
효 자	61.5	7,933,500	3,172,487	1,227,042	1,945,445	24.5

6. 결 론

본 연구에서는 2006년에 지속적인 기상 모니터링 및 수위관측을 통해 만경강 유역의 유량측정이 이루어졌으며, 유량 측정 및 산정방법의 개선을 통해 보다 정밀한 유량측정성과를 확보하였다. 유량측정 방법과 산정방법은 국제 표준화 기구(ISO)와 미국 지질 조사소의(USGS)기준을 준용하여 안정적인 유량측정 성과를 확보하였으며, 이를 통한 수위-유량관계곡선식을 개발하였다. 또한, 개발된 수위-유량관계 곡선식의 신뢰성 검토를 위해 수위보정을 통한 년 유출률 및 상·하류 유량검토, 호우사상별 검토를 하여 유출특성을 살펴보았다.

대상 유역의 최대구간유량비는 7.1%~18.1%의 분포를 보여주었으며, 불확실도는 6.2%~9.3%를 나타내었다. 또한 개발된 수위-유량관계곡선식을 바탕으로 연유출률을 산정한 결과 69.4%~54.1%의 분포를 보여주었다. 이는 일반적으로 자연하천의 적정 유출률인 60% 내외에 부합하는 적절한 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 건설교통부(2004), 한국수문자료연보.
2. 건설교통부 영산강홍수통제소(2005), 만경강·동진강수계 유량측정 조사 보고서.
3. 건설교통부 영산강홍수통제소(2004), 만경강·탐진강수계 유량측정 조사 보고서.
4. 건설교통부 익산지방국토관리청(1993), 동진강·만경강 하천정비기본계획(보완).
5. 건설교통부 한강홍수통제소(2001), 한강유역 수자원 시험장비의 설치 및 운영 -시험유역 및 주요지천 등에 대한 유량측정, 한국건설기술연구원.