

# 2008년 한강수계 주요지천 유량측정 및 유출특성 분석

## River Discharge Measurement and Analysis for The Main Branch Streams of Han-River Basin in 2008

강규상\*, 이연길\*\*, 이진원\*\*\*, 정성원\*\*\*\*, 한기학\*\*\*\*\*  
Kyung Hee Kim, Yeon Kil Lee, Jin Won Lee, Sung Won Jung

### 요 지

본 연구에서는 대상 지점의 강우량자료와 유출수문곡선으로 전 기간에 대한 유출률과 특징기 간을 갖는 유출률을 각각 산정하여 유출특성을 분석하였다. 본 연구를 수행하기 위해서 GIS 소프트웨어인 ArcInfo와 ArcView 등으로 대상유역의 유역도, 강우관측망도, 수위관측망도, 수계망도, 티센망도 등을 생성하여 대상유역의 수계 특성을 파악하였다. 개발된 곡선식의 적정성을 판단하기 위해 상·하류 간의 유출특성 등을 비교·분석하였으며, 유역 내 댐이나 저수지가 존재할 경우 이를 고려하였다.

유출률 산정결과, 이호대교(남한강 본류) 지점에서의 유출률은 방류량을 고려하지 않았을 경우 59.8%, 고려했을 경우 74.5%로 산정되었다. 흑천의 원덕교 지점에서는 67.1%, 경안천의 경안교 지점에서는 78.3%, 홍천강의 성포교와 남산교 지점은 각각 63.3%, 53.1%로 산정되었다. 따라서 개발된 수위-유량관계곡선식은 적절한 것으로 판단되며, 이에 근거하여 유출수문곡선은 양질의 수준인 것으로 평가되었다.

**핵심용어 :** 유출률, 유출수문곡선, 티센망도, ArcView

## 1. 서론

귀중한 수자원을 효율적으로 관리하여 홍수 피해를 저감하고, 환경친화적인 수자원의 역할을 제대로 자리매김하기 위하여 무엇보다 필요한 사항은 신뢰성 있는 유량자료를 확보하는 것이다. 그러나 유량측정에 필요한 측정기준의 불명확, 예산과 측정장비의 부족, 전문 인력의 부재로 인해 그동안 유량자료에 대한 문제 제기가 계속되어 온 것이 사실이다. 최근 한국수력원자력(주) 한강수력발전처에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 한강수계 주요지천에 노후된 수문관측 시설을 교체하거나 신설하였으며, 신설된 수문관측소에서 정도 높은 유량자료를 생성하고자 유량측정을 전문적으로 담당하는 유량조사사업단과 함께 유량측정과 분석을 일상적으로 수행하는 등 개선

\* 정회원 · 유량조사사업단 연구원 · E-mail : kskang@kict.re.kr

\*\* 정회원 · 유량조사사업단 그룹장 · E-mail : sugawon@kict.re.kr

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

\*\*\*\* 정회원 · 유량조사사업단 단장 · E-mail : swjung@kict.re.kr

\*\*\*\*\* 정회원 · 한국수력원자력(주) 한강수력발전처 과장 · E-mail : seamars@naver.com

의 노력을 하게 되었다. 이에 근거하여 전문 인력(유량조사사업단)에 의한 평·저수기 및 홍수기 유량측정을 실시하고 일상적인 검증과정을 통해 유량측정성과를 확보하여 품질 높은 수위-유량관계곡선식을 개발하고자 하였다. 본 연구에서는 한강수계 주요지천의 5개 수위관측소에서 개발된 수위-유량관계곡선식을 이용하여 각 지점의 유출률, 상·하류 관계를 가지는 지점과의 유입·유출량, 동시유량 등의 유출 분석을 수행하여 수위-유량관계곡선식의 적절성을 판단하였다.

## 1. 대상유역

### 2.1 한강 유역의 특성

한강 유역은 전체 유역면적은 35,770.4km<sup>2</sup>이고, 유로연장은 438.0km이다. 그 중 군사분계선을 기준으로 볼 때, 남한지역의 유역면적은 25,953.6km<sup>2</sup>로 전체유역면적의 72% 정도이다.

한강 유역의 강우특성은 지역에 따라 다르게 분포하는데, 하류 유역의 경우 1,200~1,300mm가 되며, 한강 상류 유역은 연평균강수량이 800~1,000mm되는 지역도 있다. 한강 유역의 유출에 영향을 주는 댐으로는 충주댐, 충주 조정지댐, 괴산댐, 횡성댐, 화천댐, 춘천댐, 소양강댐, 의함댐, 청평댐, 팔당댐, 평화의댐이 있다. 남한강과 북한강이 합류하여 유입되는 팔당댐과 한강대교 지점에서의 연유출량은 각각 164.1억m<sup>3</sup>, 210.4억m<sup>3</sup>이며, 유출률은 각각 59.7%, 73.3%로 우리나라 전체 평균 유출률인 55%를 상회하고 있다(하천정비기본계획, 2002). 용수 이용에서는 공업용수, 농업용수뿐만 아니라, 서울특별시, 춘천시, 원주시, 제천시, 충주시 등 도시의 상수도원(上水道源)으로서 큰 역할을 하며, 전력공급에서도 수력발전 시설용량이 1,056.2천kW(2001년 말)가 넘어 큰 몫을 차지하고 있다(한강유역 유량측정용역 보고서, 2005).

### 2.2 대상 지점

본 연구에서는 한국수력원자력(주)에서 운영 중인 주요 댐 상류·하류 지점들에 대하여 유량측정(수행기간 : 2007~2008년)을 수행하였으며 대상 지점들의 현황은 표 2와 같다.

표 1 수위관측소 현황

지점	관측소 코드	수계-하천	관측 중별	위 치	경 도	위 도	배수 영향	유역면적 (km <sup>2</sup> )	관측 개시일
이호대교	1007630	한강-남한강	T/M	경기도 여주군 여주읍 이호리	127-41-12	37-16-51	무	10,959.3	2007-12-27
원 덕 교	1007649	한강-혹 천	T/M	경기도 양평군 개군면 원덕리	127-32-35	37-27-51	무	297.7	2007-12-27
성 포 교	1014635	북한강-홍천강	T/M	강원도 홍천군 화촌면 성산리	127-58-27	37-45-48	무	585.1	2007-12-27
남 산 교	1014648	북한강-홍천강	T/M	강원도 홍천군 홍천읍 회망리	127-53-23	37-41-10	무	898.8	2007-12-27
경안교	-	북한강-경안천	T/M	경기도 광주시 오포읍 양벌리	127-14-46	37-22-15	무	557.9	2004-11-30

## 3. 유출특성 분석

### 3.1 수위-유량관계곡선식

한강수계 주요지천의 6개 대상 지점에 대해 유량측정성과와 단면자료 및 통계특성 등을 종합적으로 이용하여 수위-유량관계곡선식을 개발하였으며, 그 결과를 표 2에 나타내었다.

표 2 수위-유량관계곡선식

지점	적용 수위(m)	수위-유량관계곡선식	이용자료(자료수)	비 고	
이호대교	-0.52≤h≤2.40	$Q = 15.744 \times (h + 0.520)^{1.970}$	2007년 (4개) 2008년 (12개)	2.10m 미만 외삽	전 기간
	2.40<h≤3.20	$Q = 129.994 \times (h - 1.400)^{2.500}$			
	3.20<h≤5.14	$Q = 12.586 \times (h + 0.400)^{2.970}$			
	5.14<h≤8.68	$Q = 347.010 \times (h - 2.100)^{1.590}$		7.77m 초과 외삽	
원덕교	0.61≤H<1.15	$Q = 8.000 \times (H - 0.610)^{2.987}$	2007년 (6개) 2008년 (10개)	저수위 외삽 추정식	전 기간 (H=h+1)
	1.15≤H≤3.09	$Q = 80.317 \times (H - 1.030)^{1.957}$			
	3.09<H≤5.86	$Q = 93.095 \times (H - 0.860)^{1.579}$		4.80m 초과 외삽	
성포교	-0.17≤h≤0.26	$Q = 2.019 \times (h + 0.170)^{1.531}$	2007년 (9개) 2008년 (9개)	저수위 외삽 추정식	전 기간
	0.26<h≤1.30	$Q = 159.172 \times (h - 0.160)^{2.458}$		0.31m 미만 외삽	
	1.30<h≤2.58	$Q = 20.507 \times (h + 0.939)^{2.942}$			
	2.58<h≤5.84	$Q = 14.549 \times (h + 1.796)^{2.740}$		3.52m 초과 외삽	
남산교	-0.05≤h≤1.55	$Q = 54.000 \times (h + 0.050)^{2.937}$	2007년 (9개) 2008년 (11개)	0.38m 미만 외삽	전 기간
	1.55<h≤2.01	$Q = 115.050 \times (h - 0.300)^{2.796}$			
	2.01<h≤8.92	$Q = 192.835 \times (h - 0.150)^{1.585}$		4.47m 초과 외삽	
경안교	0.71≤H<1.59	$Q = 1.600 \times (H - 0.710)^{3.000}$	2008년 (16개)	저수위 외삽 추정식	전 기간 (H=h+1)
	1.59≤H≤2.39	$Q = 90.711 \times (H - 1.530)^{1.570}$			
	2.39<H≤3.27	$Q = 57.283 \times (H - 1.270)^{1.966}$			
	3.27<H≤8.18	$Q = 31.800 \times (H - 1.000)^{2.380}$		4.39m 초과 외삽	

### 3.2 이용된 강우자료

5개 지점에 대한 유출률 분석에 사용된 유역 평균강우량은 GIS 소프트웨어인 ArcInfo와 ArcView를 이용하여 대상유역의 유역도, 강우 관측망도, 수위관측망도, 수계망도를 구성한 후 티센망도를 생성하였다. 이호대교와 후영교를 제외한 지점들은 각 관측소에서 운영되는 강우량을 이용하였다. 표 3은 유출률 산정에 이용된 강우관측소별 2008년 연강수량을 나타낸 것이며, 그림 2와 그림 3은 남한강 및 북한강 수계에 위치한 강우관측소와 이호대교 지점에서 생성된 티센망도를 나타낸 것이다.

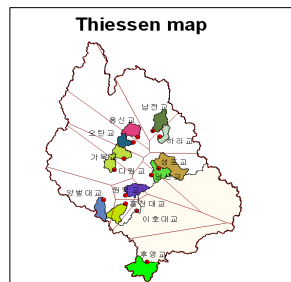


그림 1 한수원 관측소

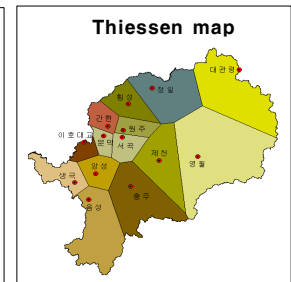


그림 2 이호대교

표 3 유역평균우량(이호대교)

댐 유역 포함								댐 유역 제외			
강우 관측소	티센계수	강우량	티센가중	강우 관측소	티센계수	강우량	티센가중	강우 관측소	티센계수	강우량	티센가중
이호대교	0.015	963.5	14.4	대관령	0.138	1,128.6	156.3	이호대교	0.080	963.5	77.2
양성	0.036	800.0	29.1	영월	0.228	876.6	200.2	양성	0.196	800	156.4
원주	0.023	1,011.1	23.6	제천	0.086	885.8	76.1	원주	0.126	1,011.1	126.9
간현	0.025	1,046.0	26.3	충주	0.111	882.5	98.3	간현	0.135	1,046.0	141.3
서곡	0.028	792.0	22.0	음성	0.111	687.0	76.1	서곡	0.149	792.0	118.2
문막	0.016	794.0	12.8	청일	0.095	1,040.0	98.4	문막	0.087	794.0	68.9
생극	0.042	765.0	32.4	횡성	0.044	892.0	39.5	생극	0.228	765.0	174.1
평균우량				905.6							863.2

### 3.3 유출률 분석

개발된 수위-유량관계곡선식을 이용하여 유량수문곡선과 지점별 연강수량의 비로 유출률을 산

정하였으며, 표 4에 나타나 있는 바와 같이 유출률은 53%~78% 정도로 산정되었다.

표 4 지점별 유역평균우량 및 유출률

지 점	유역평균우량(mm)	유역면적(km <sup>2</sup> )	유출고(mm)	유출률(%)	순유역면적(km <sup>2</sup> )	순유출률(%)	분석 기간
이호대교	905.6	10,595.3	541.3	59.8	2,410.3	74.5	2008.01.01~2008.12.31
원덕교	1,257.0	297.7	843.0	67.1	297.7	67.1	2008.03.01~2008.12.31
성포교	1138.9	585.1	720.9	63.3	585.1	63.3	2008.01.01~2008.12.31
남산교	1138.9	898.8	605.1	53.1	898.8	53.1	2008.01.01~2008.12.31
경안교	1,093.5	257.9	855.9	78.3	257.9	78.3	2008.03.01~2008.12.31

### 3.3 누가유량 비교

금회 개발된 수위-유량관계곡선식의 적정성 및 타당성을 평가하기 위해 각 지점들에서 유입되는 유량과 각 댐들의 수문자료(댐 유입량 및 방류량) 등을 정량적, 도해적으로 비교·분석하였다.

각 지점들에서 발생한 유출량 자료를 시간적으로 합산하여 유출수문곡선을 생성한 후, 각 댐들의 유입-유출수문곡선과 비교·분석하였다. 그림 3은 청평댐 유입량과 의암댐 방류량, 가평천, 홍천강에서 유출되는 누가유량을 비교한 것이며, 그림 4는 팔당댐 상류의 이호대교, 홍천교, 원덕교, 산장제1교, 경안교 지점의 누가유출과 팔당댐의 유입량과 비교한 것이다. 그림 3에서는 전기간에 대해서 반전이 발생하지 않는 것으로 분석되었다. 그림 4에서는 평·저수시(1월~7월초)에 반전이 발생한 것으로 나타났는데, 이는 산장제1교의 수위자료에서 이상치가 많이 발생하여 나타난 것으로 판단되었으며 7월 이후부터는 반전이 발생하지 않는 것으로 분석되었다. 따라서, 산장제1교의 계기수위자료 이상치를 고려한다면, 개발된 수위-유량관계곡선식은 적절한 것으로 판단된다.

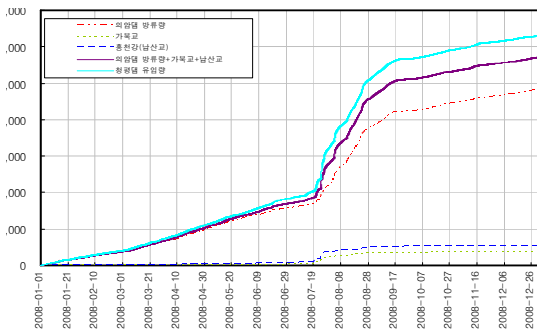


그림 3 청평댐 상류 누가유출

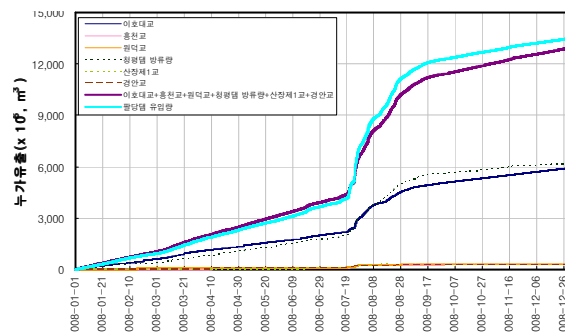


그림 4 팔당댐 상류 누가유출

### 3.3 동시 유량비교

본 연구에서 개발된 수위-유량관계곡선식의 적정성 및 타당성을 평가하기 위하여 서로 상·하류 관계를 가지는 지점들의 동시 유량을 비교·분석하였다. 이호대교 지점은 하류 약 4km에 위치한 여주 수위관측소(2008년 곡선식)의 유출량 계산 결과와 자동유량측정자료를 이용하여 비교하였으며, 원덕교 지점은 하류 약 3km 위치한 흑천교(2007년 곡선식 이용), 성포교 지점은 하류에 위치한 남산교 지점과, 경안교 지점은 하류 약 2km에 위치한 경안제1교(2007년 곡선식)와 비교하였다. 이호대교 지점에서는 계기수위의 이상이 발생한 기간을 제외하면 전기간에 대하여 유량의 반전이 발생하지 않는 것으로 분석되었다. 원덕교 지점과 흑천교 지점, 성포교 지점과 남산교 지점, 경안교 지점과 경안제1교 지점도 계기수위의 이상이 발생한 기간을 제외하면 전기간에 대하여 유량의 반전이 발생하지 않는 것으로 분석되었다.

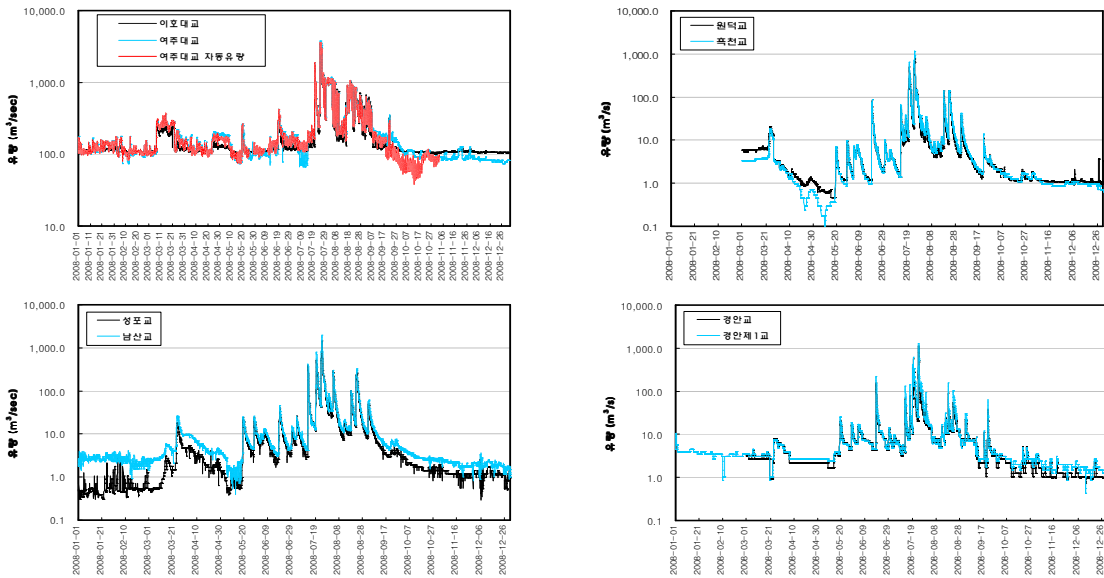


그림 5 상·하류 유량비교

#### 4. 결론

본 연구에서 개발된 수위-유량관계곡선식을 이용하여 연유출률 분석, 누가유량 분석, 상·하류간 동시유량을 비교·분석하였다. 연유출률 분석 결과 53~78% 정도로 비교적 적정한 결과로 판단된다. 누가유량 분석에서는 계기수위 자료의 이상치를 제외하면 비교적 적정한 것으로 판단된다. 상·하류 동시유량 비교의 경우 일시적인 수위자료의 이상 발생 기간을 제외하면 상·하류간 반전이 발생하지 않는 것으로 분석되었다. 따라서 본 연구에서는 고품질의 유량측정 자료를 확보하여 신뢰성 있는 수위-유량관계곡선식을 개발하였으며, 이로부터 양질의 유량자료를 생성한 것으로 판단된다.

#### 감 사 의 글

본 연구는 한국수력원자력(주) 한강수력발전처에서 유량조사사업단에 위탁 시행한 한강수계 주요지천 수위유량곡선식개발 용역(2007~2008년)에 의해 수행되었습니다.

#### 참고문헌

- 건설교통부(1983, 1984, 1994), 북하천하천정비기본계획.
- 건설교통부(1989), 한강(북한강, 양구서천)하천정비기본계획.
- 건설교통부(2002), 북한강수계하천정비기본계획(보완).
- 국토해양부(2008), 유량조사보고서
- 한국수력원자력(주) 한강수력발전처(2008), 한강수계 주요지천 수위유량곡선식 개발용역.