

# 소유역의 강우강도-지속기간-재현기간 관계식 유도

서주석\*, 장용상\*\*, 정해금\*\*, 윤성준\*\*, 김민정\*\*, 이종석\*\*

\*(주)동양기술단, \*\*한밭대학교 토목공학과

e-mail:sjsju@hanmail.net

## Relationship Derivation for Rainfall Intensity - Duration - Frequency in Small Basin

Ju-Seok Seo\*, Young-Sang Jang\*\*, Hae-Geum Jung\*\*,

Sung-Jun Yun\*\*, Min-Jung Kim\*\*, Jong-Seok Lee\*\*

\*Dong Yong Tech. Inc.

\*\*Dept. of Civil Engineering, Hanbat National University

### 요 약

본 연구는 소유역의 강수계측망별 빈도해석에 의한 확률강우량 예측으로 최적 설계홍수량을 추적하고자 한다. 빈도해석은 대전유역내 지방기상청의 낮은 계측망 밀도와 13개 소구역으로 분할된 지자체의 높은 계측망 밀도에서 측정된 강우량 자료를 대상으로 하였다. 해석에는 낮은 밀도의 한 지점에서 1969~2005년까지 36년간 자료와 높은 밀도의 13개 지점에서 2002~2006년까지 6년간 자료를 연초과치 계열로 확장하여 각각 2개군으로 구성하였다. 강우자료 분석결과 낮은 밀도의 지속기간 1시간에서 79.1mm, 24시간에서 327.0mm, 높은 밀도의 지속기간 1시간에서 85.0mm, 24시간에서 245.0mm로 나타났다. 본 연구에서는 Gumbel 분포와 2변수 Gamma 분포 및 일반극치분포, 2.3변수 대수정규분포, 2변수 Weibull 분포에  $\chi^2$ 검정, K-S검정으로 적합도를 검정하여 Gumbel 분포가 가장 적합한 것으로 나타났다. 유도된 강우강도-지속기간-재현기간 관계식은 소유역내 확률강우강도 예측과 설계홍수량 산정에 유용하게 사용될 수 있을 것이다.

### 1. 서론

계획 확률강우량 산정 시 기상청 및 건설교통부 등의 자료가 주된 기초자료가 되고 있으며 이들 기초자료는 2004년말 현재 수위관측소 390개소, 우량 관측소 571개소가 운영 중에 있다. 강수계측망 밀도는 남한면적 99,617km<sup>2</sup>에 1개가 지배하는 면적은 약 175km<sup>2</sup>/개로 대체적으로 매우 큰 지배면적을 갖는다 (이종석, 2006). 각 지역별 수공구조물의 설계와 하천정비기본계획 수립 및 기타 수자원계획 수립시 확률강우량을 정확하게 산정하는 것이 매우 중요한 요소이다. 기존의 확률강우량에 대한 연구는 대부분 큰 구역의 강우자료를 토대로 하여 확률강우량을 산정하여 사용되고 있는 실정이다. 그러나 각 지역별 지형 및 기상학적 특성의 편차가 심하고 그에 대한 각각의 지역별 확률강우량을 산정하는 연구가 미흡하다. 그러므로 기존의 확률강우량 산정시 큰 범위

에서 산정하여 계획되는 것을 근래 지방자치단체에서는 각각의 행정구역별로 강우자료를 관측할 수 있는 관측소를 설치하여 운영하고 있다. 최근에는 건설교통부(2000)에서 1999년도 수자원개발기법관리연구조사 보고서를 제시하여 우리나라 68개의 지점에 대하여 사용하고자 하는 용도에 따라 재현기간-지속기간에 따른 확률강우량 값을 제시하고 있다. 본 연구에서는 기존의 확률강우량 산정시 사용되는 강우자료와 최근 소구역에서 관측된 강우자료를 비교 분석하였다. 또한 이를 기초로 새로운 확률강우량 산정하고, 확률강우 강도식을 유도·비교함으로써 계획 홍수량 산정 시 보다 합리적인 값이 사용될 수 있도록 하고자 한다.

### 2. 이론적 배경

일반적으로 수문설계를 위한 확률강우량 산정에

는 연최대치와 연초과치 계열이 많이 사용된다(건설교통부, 2000). 본 연구에서 그림 1과 같이 시 강우량의 최대치계열을 작성한 후 자료에 대한 예비해석을 실시하여 일반적인 자료의 특성을 파악하고, 경험식 중 실무에서 많이 검토·사용하는 방법을 이용하였다. 기준을 대전기상청 자료를 선정하고 그 주위 소구역에 운영되는 13개소 강우량 자료로 각각 매개변수 및 적합성 검토를 통해 최적 확률강우량을 추적한다. 적정 확률분포형을 선정 후 강우강도로 환산해 IDF곡선을 작성하여 소 구역의 유역면적, 유로연장 등의 자료로서 홍수량을 추적할 수 있으며, 그에 따른 수공구조물의 통수능 검토도 가능하다.

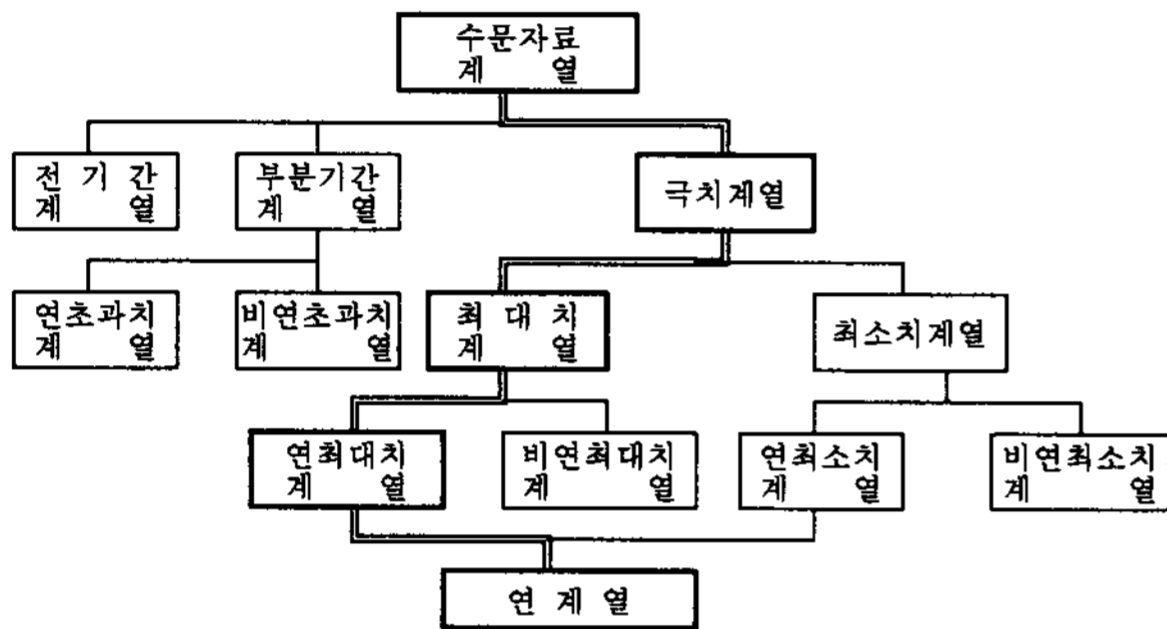


그림 1. 설계 수문 해석을 위한 수문자료 계열의 구성

그러므로, 본 연구에서 소개한 방법으로 소규모에서 확률강우량 및 강우강도 산정 시나 기존 확률강우량 및 강우강도 비교 검토하는 데 유용하게 사용될 수 있도록 하고자 한다.

### 3. 확률강우량 산정

#### 3.1 강우자료의 구축

강우자료는 확률강우량 산정 시 매우 중요한 요소이다. 본 연구에서는 실무에서 많이 사용되고 있는 우리나라 관측지점 중 대전 기상청을 채택하여 발표된 강우자료를 큰 범위의 자료로 사용하였고(대전기상청, 2005), 그 주위로 지방자치단체에서 관리되고 있는 대전 지역에 설치되어 있는 13개소의 강우자료를 비교하였다(대전광역시, 2006).

#### 3.2 강우자료 고정시간의 임의지속시간 강우량 변화

수문학적인 의미의 최대유출량은 지속시간별 최대강우량에 의해 발생되어지며 지속시간별 최대강우량은 고정된 시간간격의 자료에 의한 것보다 임의지속시간자료에 의한 값이 더 크다. 따라서 임의지속시간 간격에 의한 지속시간별 최대강우량 자료가 필요하며 비교적 짧은 기상자료의 경우 그 강우량 자

료가 고정시간으로 볼 수 있으므로 이를 임의 지속시간 간격의 강우량으로 변환하여 사용한다. 하천설계기준에서는 우리나라의 강우자료를 분석하여 지속시간별로 환산계수를 제시하고 있다(건설교통부, 2002). 기 관측된 강우자료 값을 비교하면 기상청 자료는 1969~2005년으로 자료수가 많이 있으나 소구역의 자료는 2002년~2006년까지의 관측된 자료로서 매우 적은 관측 자료를 갖고 있다. 이를 연초과치계열로 확장하여 2개군의 자료로 구성하고, 표 1과 같이 확충하여 강우자료를 분석하였다.

표 1. 소구역 13개소 고정시간 연최대치계열 우량자료

관측소	1시간 최대					2시간 최대					3시간 최대				
	02년	03년	04년	05년	06년	02년	03년	04년	05년	06년	02년	03년	04년	05년	06년
본청	42.0	40.0	51.0	38.0	19.0	57.0	47.0	76.0	62.0	38.0	60.0	67.0	76.0	85.0	42.0
편암	37.0	45.0	50.0	53.0	44.0	53.0	50.0	90.0	82.0	56.0	78.0	66.0	90.0	93.0	77.0
산내	27.0	47.0	40.0	39.0	39.0	43.0	63.0	45.0	46.0	51.0	61.0	80.0	47.0	61.0	66.0
중구	36.0	43.0	29.0	51.0	32.0	48.0	58.0	39.0	64.0	42.0	58.0	67.0	46.0	77.0	51.0
산서	46.0	47.0	38.0	50.0	40.0	56.0	62.0	43.0	70.0	53.0	76.0	77.0	60.0	89.0	67.0
경림	38.0	42.0	65.0	56.0	24.0	48.0	47.0	69.0	64.0	40.0	54.0	60.0	80.0	86.0	50.0
기성	37.0	43.0	47.0	58.0	33.0	68.0	52.0	57.0	66.0	53.0	88.0	72.0	65.0	85.0	66.0
유성	41.0	22.0	50.0	43.0	85.0	68.0	38.0	90.0	81.0	87.0	72.0	54.0	90.0	91.0	87.0
진잠	35.0	27.0	50.0	66.0	27.0	46.0	36.0	52.0	73.0	39.0	56.0	51.0	64.0	92.0	50.0
구죽	30.0	58.0	50.0	36.0	19.0	46.0	101.0	82.0	62.0	28.0	54.0	128.0	100.0	67.0	32.0
노은	30.0	33.0	40.0	63.0	20.0	46.0	66.0	61.0	93.0	40.0	54.0	89.0	81.0	103.0	50.0
회덕	47.0	28.0	54.0	77.0	40.0	64.0	42.0	101.0	112.0	60.0	68.0	57.0	101.0	131.0	61.0
신탄	26.0	49.0	49.0	40.0	17.0	44.0	83.0	64.0	62.0	28.0	60.0	112.0	77.0	68.0	39.0
관측소	6시간 최대					12시간 최대					24시간 최대				
	02년	03년	04년	05년	06년	02년	03년	04년	05년	06년	02년	03년	04년	05년	06년
본청	72.0	92.0	107.0	128.0	57.0	123.0	99.0	128.0	145.0	77.0	165.0	152.0	154.0	159.0	122.0
편암	90.0	85.0	115.0	109.0	94.0	153.0	101.0	117.0	114.0	114.0	187.0	178.0	126.0	124.0	182.0
산내	106.0	112.0	71.0	92.0	91.0	155.0	172.0	91.0	114.0	137.0	177.0	237.0	112.0	121.0	207.0
중구	83.0	92.0	68.0	112.0	70.0	137.0	93.0	110.0	128.0	113.0	195.0	156.0	140.0	143.0	174.0
산서	115.0	95.0	93.0	127.0	93.0	166.0	155.0	112.0	146.0	146.0	186.0	245.0	140.0	158.0	217.0
경림	74.0	83.0	115.0	126.0	73.0	132.0	94.0	141.0	142.0	118.0	197.0	146.0	170.0	156.0	179.0
기성	117.0	90.0	86.0	124.0	97.0	173.0	123.0	116.0	145.0	145.0	216.0	193.0	145.0	159.0	192.0
유성	81.0	82.0	124.0	124.0	89.0	152.0	110.0	140.0	142.0	99.0	181.0	152.0	163.0	157.0	157.0
진잠	67.0	66.0	93.0	141.0	75.0	104.0	95.0	109.0	162.0	117.0	168.0	162.0	132.0	176.0	170.0
구죽	66.0	160.0	160.0	75.0	48.0	111.0	186.0	177.0	77.0	59.0	160.0	236.0	196.0	126.0	79.0
노은	75.0	115.0	143.0	158.0	64.0	111.0	138.0	158.0	182.0	81.0	160.0	188.0	180.0	198.0	108.0
회덕	80.0	85.0	132.0	186.0	77.0	141.0	112.0	160.0	210.0	96.0	179.0	165.0	181.0	233.0	157.0
신탄	81.0	147.0	119.0	102.0	53.0	126.0	178.0	167.0	120.0	61.0	166.0	219.0	171.0	136.0	95.0

#### 3.3 강우자료의 예비해석

예비해석은 강우자료의 일관성 및 변동성 등에 대한 검사하여 자료의 개략적인 성질을 예측하여 대상자료가 통계적 무작위성(Randomness)을 가지고 있는지 검토하는 것이 빈도해석 과정 전 꼭 필요한 작업이다. 고정 시간에 대한 대전기상청 37년 자료와 소구역 13개소 확대분석 자료를 임의시간으로 변환하여 예비해석을 실시하고 자료의 무작위성 검토를 실시하였다.

#### 3.4 매개변수 추정 및 적합도 검정

임의의 확률분포에 대한 적합도 검정 방법으로는 전 구간에 대한 적합도를 나타내는  $\chi^2$ -검정과 각각의 소 구간별 적합도 분석을 위한 K-S검정, CVM검정 및 최근에 제안된 PPCC검정을 함께 적용하는 것이 적정 확률분포형을 선정하는데 있어서 신뢰도를 높일 수 있다(건설교통부, 2000). 예비해석 자료를 이용하여 대전기상청 자료와 소구역 13개소 자료에 대하여

모멘트법, 최우도법, 확률가중 모멘트법으로 매개변수를 검토 하였다. 매개변수 검토 결과에서 적합 판정을 받은 자료에 대하여 각각의 확률분포형에 대하여 적합도 검정을 실시한 결과 Gumbel분포의 모멘트법에서 최적의 분포형으로 선정 되었다.

### 3.5 확률강우량 산정

일반적으로 수문자료 해석에 많이 사용되는 확률분포형으로 확률강우량을 산정하였으며, 가장 적합한 방법으로 산정된 빈도별 지속기간별 확률강우량 결과는 표 2와 같이 산정 하였고, 산정된 값을 그림 2~3과 같이 대전기상청의 자료와 소구역 13개소 확대분석 자료를 도시화하였다.

표 2. GUM분포 빈도-지속기간별 확률강우량

지속기간	관측소	빈도별 확률강우량(mm)						
		10년	20년	30년	50년	80년	100년	200년
1시간	기상청	64.0	71.2	75.4	80.6	85.3	87.6	94.6
	13개소	66.8	75.2	80.1	86.1	91.6	94.3	102.4
2시간	기상청	94.4	106.8	114.0	123.0	131.2	135.1	147.1
	13개소	87.6	98.3	104.6	112.4	119.5	122.8	133.3
3시간	기상청	111.4	126.1	134.6	145.1	154.8	159.4	173.6
	13개소	100.8	112.2	118.8	127.1	134.7	138.2	149.3
6시간	기상청	145.4	165.3	176.7	191.0	204.0	210.2	229.4
	13개소	138.1	154.4	163.8	175.6	186.3	191.4	207.2
12시간	기상청	176.6	200.4	214.1	231.2	246.9	254.3	277.3
	13개소	170.5	188.1	198.2	210.9	222.5	228.0	245.0
24시간	기상청	231.7	267.5	288.0	313.7	337.3	348.4	382.9
	13개소	212.0	230.9	241.8	255.4	267.9	273.8	292.1

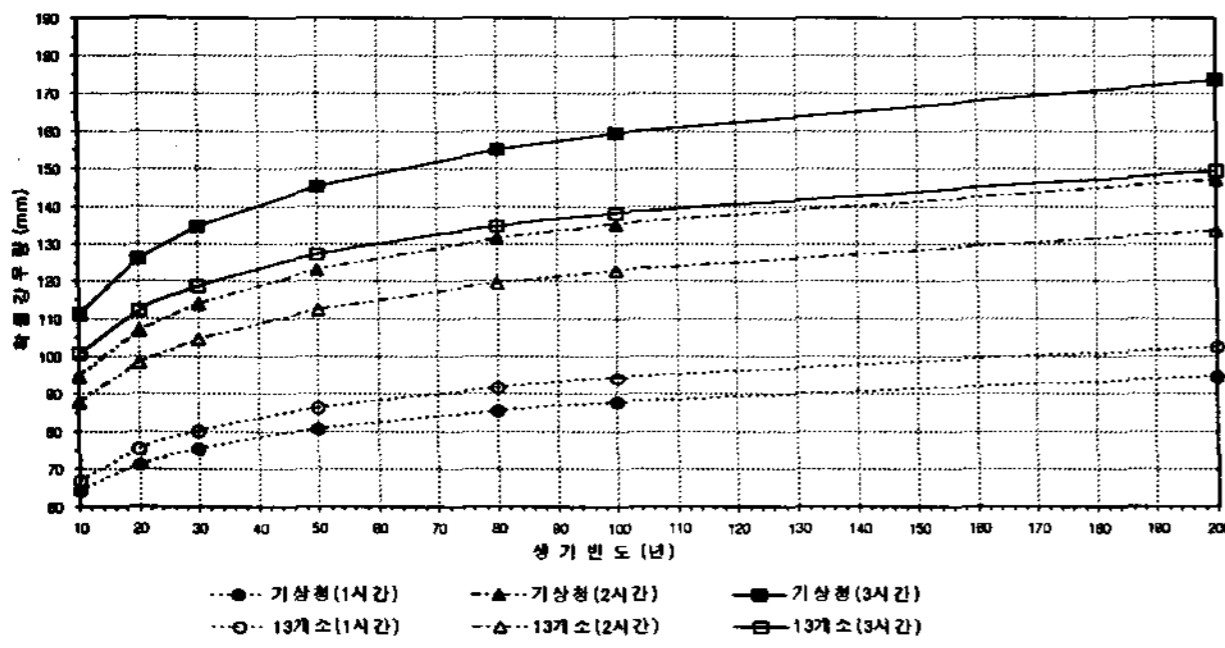


그림 2. GUM분포 확률강우량(1, 2, 3시간)

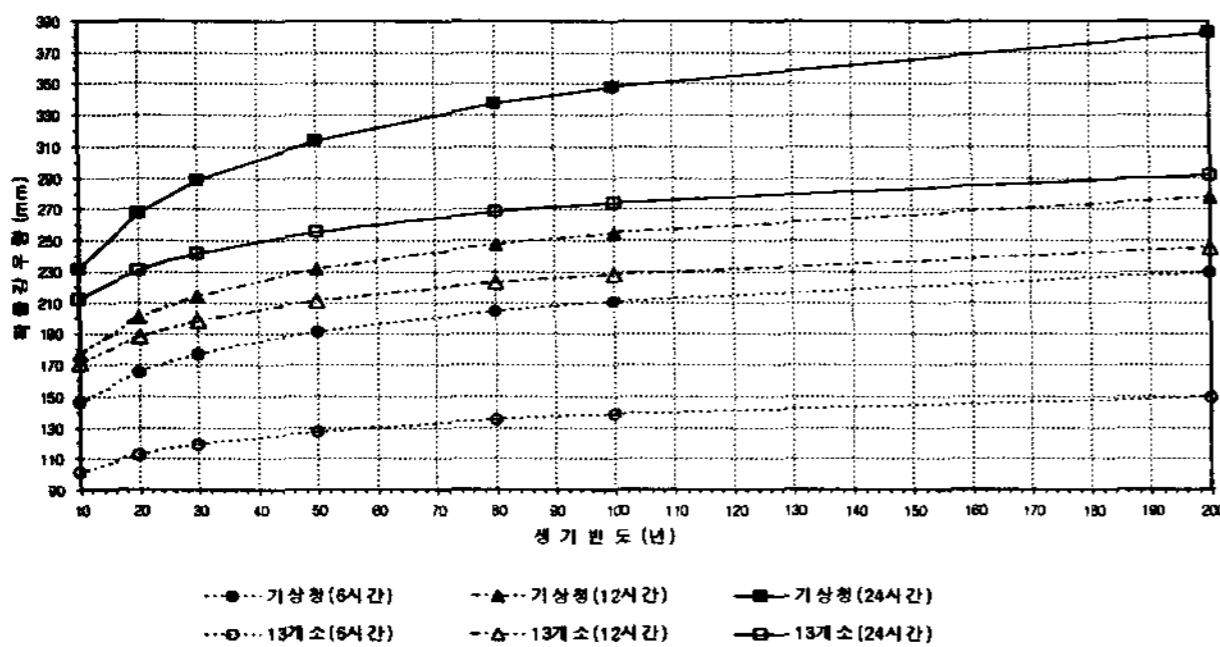


그림 3. GUM분포 확률강우량(6, 12, 24시간)

### 3.6 강우강도식 및 IDF곡선

강우강도-지속기간-재현기간 관계식을 유도하기

위해서는 확률강우량을 1시간에 대한 강우강도로 변환한 후, 최소자승법 등을 이용하여 강우강도와 지속기간간의 관계식을 구한다(2000 건설교통부). 그 결과 표 3과 같이 대전기상청 자료 및 소구역 13개소의 강우강도식이 유도되었으며, 이를 이용하여 작성한 IDF곡선은 그림 4, 5와 같다.

표 3. 강우강도식의 비교

재현기간	대전기상청 강우강도식	소구역 강우강도식
10년	$I = \frac{1885.73552}{t^{0.71564} + 9.66257}$	$I = \frac{1443.03355}{t^{0.69394} + 4.57156}$
20년	$I = \frac{2214.83024}{t^{0.72220} + 10.99471}$	$I = \frac{1813.34677}{t^{0.71517} + 5.73941}$
30년	$I = \frac{2396.30147}{t^{0.72302} + 11.54568}$	$I = \frac{2041.62279}{t^{0.72498} + 6.38429}$
50년	$I = \frac{2634.47586}{t^{0.72443} + 12.26893}$	$I = \frac{2336.61256}{t^{0.73573} + 7.19383}$
80년	$I = \frac{2835.44658}{t^{0.72464} + 12.73521}$	$I = \frac{2603.02455}{t^{0.74382} + 7.81657}$
100년	$I = \frac{2940.19563}{t^{0.72523} + 12.98921}$	$I = \frac{2734.14649}{t^{0.74756} + 8.10061}$
200년	$I = \frac{3257.37869}{t^{0.72642} + 13.68983}$	$I = \frac{3157.42483}{t^{0.75824} + 9.03044}$

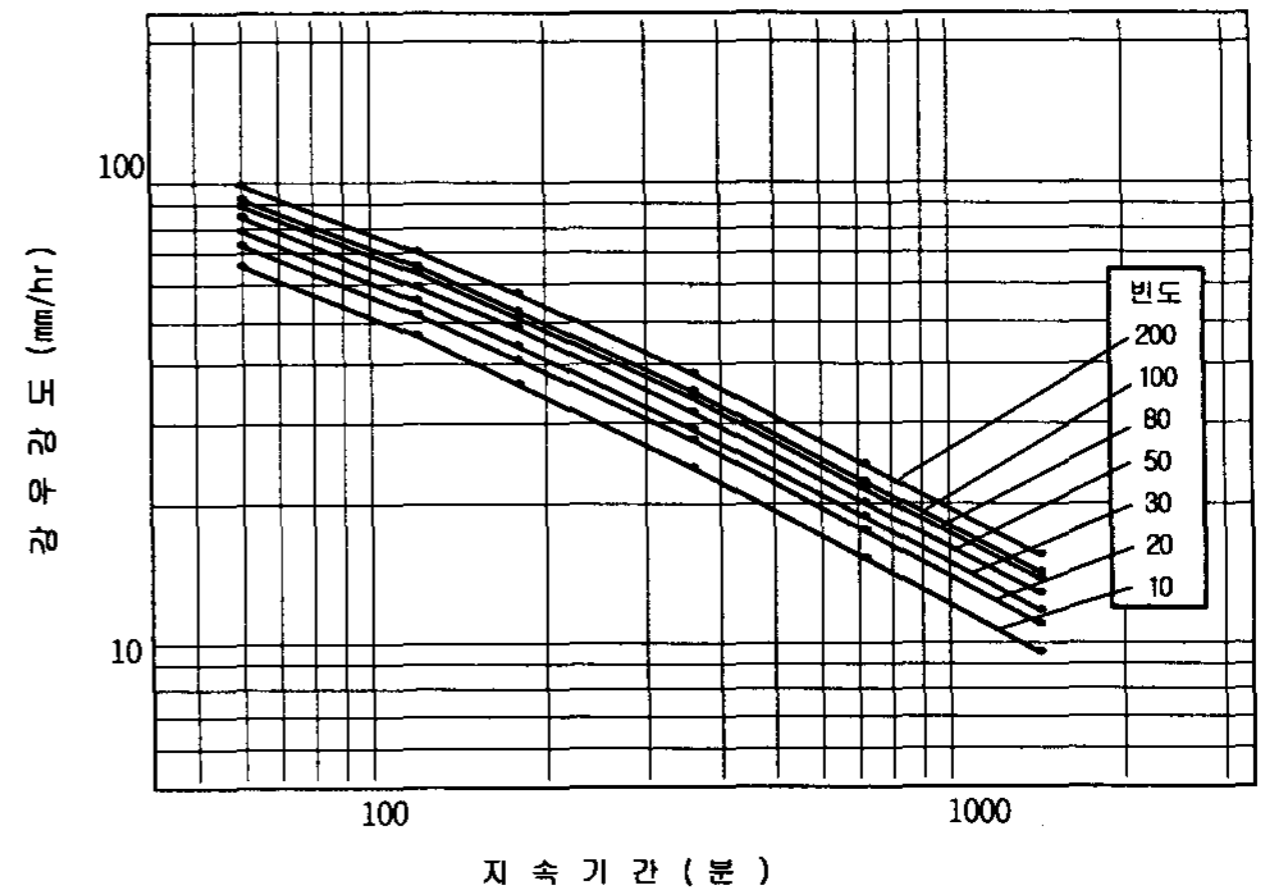


그림 4. 대전기상청 IDF곡선

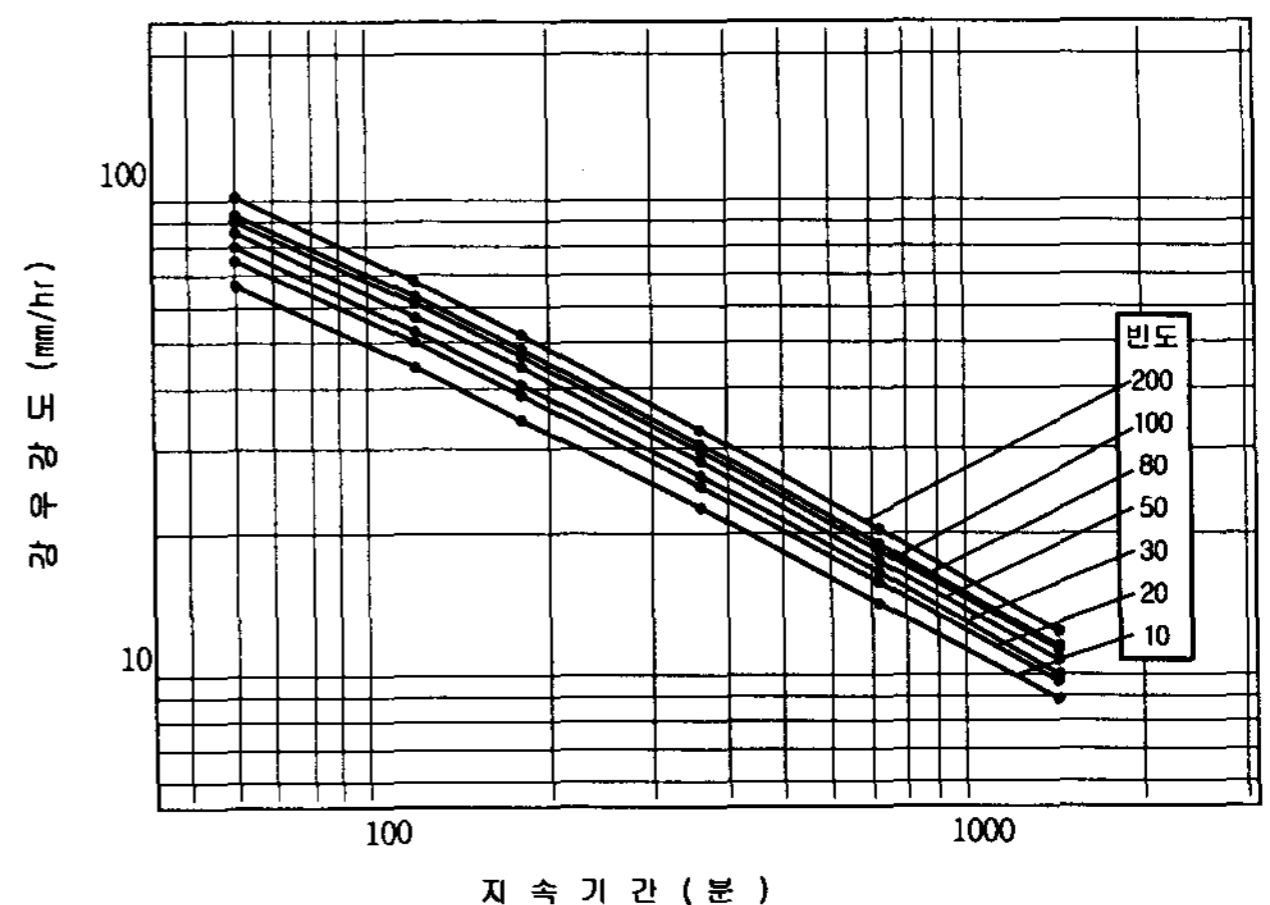


그림 5. 소구역 13개소 IDF곡선



#### 4. 결과 및 분석

소유역의 빈도-지속시간별 확률강우량과 강우강도는 대전기상청 자료를 분석한 결과 임의시간 1시간 최대 강우량은 79.1mm, 고정시간 24시간 최대 강우량은 329.1mm로 나타났다. 지방자치단체 관측 자료의 고정 1시간 최대 강우량은 유성관측소에서 85.0mm, 고정 24시간 최대 강우량은 산서관측소에서 245.0mm가 관측되었다. 관측 자료를 토대로 기본적인 예비해석으로 자료의 무작위성을 실시한 결과, 대전기상청 자료에서 계열상관도 검정과 전향점검정에서 적정한 것으로 나타났다. 매개변수 추정에서 선정된 방법에 의한 적합성 검토 결과는 표 2와 같이 Gumbel 분포가 가장 적합한 것으로 나타났다. 각 방법에 의해 산정된 결과를 기상청 자료와 지방자치단체 13개소의 비교한 결과 표 4와 같고, 빈도별 확률강우량과 강우강도는 지속시간 1시간에서는 기상청의 값보다 소구역 13개소 값이 크게 나타났으며, 지속시간 2~24시간의 경우는 작은 값으로 나타나고 있다. 10~200년 빈도의 각 방법에서 구한 확률강우량은 최대값과 최소값의 차이가 큰 것으로 나타나고 있는 바, 이는 소유역에서 확률강우량 산정시 최대한 인근에 있는 우량 관측자료를 이용하는 방법도 하나의 대안이 될 수 있을 것이다.

표 4. 확률강우량 비교 결과

지속시간(시간)	재현기간(년)	지속시간(시간)						
		10	20	30	50	80	100	200
1	비교차(mm)	-2.8	-4.0	-4.7	-5.5	-6.3	-6.7	-7.8
	비율(%)	4.4	5.6	6.2	6.8	7.4	7.6	8.2
2	비교차(mm)	6.8	8.5	9.4	10.6	11.7	12.3	13.8
	비율(%)	-7.2	-8.0	-8.2	-8.6	-8.9	-9.1	-9.4
3	비교차(mm)	10.6	13.9	15.8	18.0	20.1	21.2	24.3
	비율(%)	-9.5	-11.0	-11.7	-12.4	-13.0	-13.3	-14.0
6	비교차(mm)	7.3	10.9	12.9	15.4	17.7	18.8	22.2
	비율(%)	-5.0	-6.6	-7.3	-8.1	-8.7	-8.9	-9.7
12	비교차(mm)	6.1	12.3	15.9	20.3	24.4	26.3	32.3
	비율(%)	-3.5	-6.1	-7.4	-8.8	-9.9	-10.3	-11.6
24	비교차(mm)	19.7	36.6	46.2	58.3	69.4	74.6	90.8
	비율(%)	-8.5	-13.7	-16.0	-18.6	-20.6	-21.4	-23.7

#### 5. 결론

본 연구는 수공실무에서 많이 사용되는 확률강우량과 강우강도 산정에 의하여 소유역 강수계측망별 최적 설계홍수량을 추적할 수 있는 강우강도-지속시간-재현기간 관계식을 유도함으로써 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 지속시간 1시간 대전 기상청 자료와 소구역 13개소 자료의 확률강우량 값은 대전 기상청

자료보다 2.8~7.8mm(4.4~8.2%) 크게 산정되었으며, 2, 3, 6, 12, 24시간에서는 6.1~90.8mm(3.5~23.7%) 정도 대전기상청 자료보다 작게 나타나고 있다.

2. 지방자치단체 13개소 강우 자료 중 고정시간 1시간 최대 강우량은 85.0mm, 고정시간 24시간의 경우 245.0mm, 대전기상청 자료는 고정시간 1시간 최대 강우량은 79.1mm, 고정시간 24시간 최대강우량은 329.1mm로 관측되었다.
3. 강우자료의 확률분포형 적합도 검정 결과는 Gumbel 분포가 대전 지역에 가장 적합한 것으로 분석되었고 이를 기초하여 강우강도-지속시간-재현기간 관계식을 유도 하였다.

#### 참고문헌

- [1] 건설교통부, "1999년도 수자원관리기법개발연구 조사 보고서", 제1권, pp. 11-154, 2000.
- [2] 건설교통부, 하천설계기준, 2002.
- [3] 대전기상청, 기상월보·연보, 1969-2005년, 2005.
- [4] 대전광역시, 기상월보·연보, 2002-2006년, 2006.
- [5] 이재준, 이정식, "우리나라 도시배수시스템 설계를 위한 확률강우강도식의 유도". 한국수자원학회 논문집, 제32권 제4호, pp. 403-415, 1999.
- [6] 이종석, 수문학, 도서출판 새론, 2006.
- [7] 안재현, 김태웅, 유철상, 윤용남, "자료기간 증가에 따른 확률강우량의 거동특성 분석", 한국수자원학회 논문집, 제33권 제5호, pp. 569-580, 2000.
- [8] Anderson, R.L. "Distribution of the Serial Correlation Coefficient," Annals of Mathematical Statistics, Vol. 13, No. 1, 1942.
- [9] Chin, D.A. Water-Resources Engineering, Prentice-Hall, Inc, 2000.
- [10] Chow, V.T., Maidment, D.R., and Mays, L.W. Applied Hydrology, McGraw-Hill International Editions, New York, NY, pp. 572, 1988.
- [11] Chowdhury, J.D. "Goodness-of-Fit Tests for Regional Generalized Extreme Value Flood Distributions," Water Resources Research, Vol. 27, No. 7, pp. 1765-1776, 1991.
- [12] Dingman, S.L. Physical Hydrology, 2nd ed., Prentice-Hall, Inc, 2002.
- [13] Keeping, E.S. "Distribution Free Methods in Statistics," in Proceedings of Hydrology Symposium, No. 5, McGill University, Canada, 1966.