

## 서울지방의 통합형 확률강우강도식

### A Unification of the Probable Rainfall Intensity Formula at Seoul

이원환\* · 박상덕\*\*

Lee, Won Hwan · Park, Sang Deog

#### Abstract

The probable rainfall depth is an important hydrologic design data in establishing the hydraulic engineering project at urban watershed. This study is to unificate the probable rainfall intensity formula at Seoul. The probable rainfall intensity formula at Seoul is basically formed by the types of Talbot, Sherman and Japanese. But these formulae may be unified to uniform type. The unified probable rainfall intensity formula is more applicable than that of the existing types at Seoul. Especially on the probable rainfall depth of total duration the application of unified formula general type is better than existing types. In this formula, values of  $n$  are decreasing with return period and increasing with rainfall duration, and values of coefficient,  $b$ , are decreasing with the increase of return period. The range of  $n$  varies from 0.55 to 0.60 for short duration, from 0.60 to 0.82 for long duration, and from 0.60 to 0.66 for total duration of probable rainfall depth.

#### 요 지

도시구역의 수공계획 수립에 있어서 확률강우량은 중요한 설계수문량이다. 본 연구는 서울지방 통합형 확률강우강도식을 유도제시한 것으로서, 서울의 확률강우강도식은 Talbot, Sherman 및 Japanese형을 기본으로 하고 있으나 이는 통합형 확률강우강도식으로 단일화 될 수 있으며 기 발표형보다 서울지방의 확률강우량에 더 적합하다. 특히 전지속기간 자료인 경우에는 기 발표형보다 그 적용성이 두드러진다. 서울지방의 통합형 확률강우강도식의 계수  $n$  값은 재현기간의 증대에 따라 작아지고 강우지속기간의 증대에 따라 커지는 경향이 있으며, 계수  $b$  값은 자료집단의 구분에 관계없이 재현기간의 증대에 따라서 감소하는 것으로 나타났다. 단시간 자료인 경우  $n$  값은 0.55~0.60, 장시간인 경우 0.60~0.82이고 전시간 자료에 대하여는 0.60~0.66을 나타내었다.

#### 1. 서 론

수공구조물의 설계에 있어서 확률강우량은 중요한

설계수문량중의 하나이다. 홍수량이 측정되어 있지 않은 미계측 지역에서 수공구조물의 계획규모는 계획강우량의 크기에 따라서 좌우될 것이다. 일반적으로 계획강우량은 계획빈도에 해당하는 확률강우강도식으로부터 산정된다. 따라서 어떤 구역에서

\* 정회원 · 연세대학교 공과대학 토목공학과 교수, 공학박사  
\*\* 정회원 · 강릉대학교 이공대학 대기과학과 조교수, 공학박사

적절한 확률강우강도식의 유도는 대단히 중요한 문제이다. 서울지방의 확률강우량에 관한 연구는 1964년 이래로 많이 발표되었으나 도시화에 따른 강우사상의 변화에 대처하여 계속적인 연구를 필요로 하게 되었다. 서울시에서 사용되고 있는 확률강우강도식은 1988년 이전에는 이원환의 식<sup>(1)</sup>이 사용되었고 현재에는 한국건설기술연구원의 식<sup>(2)</sup>이 잠정적으로 사용되고 있는 실정이다. 본 연구는 서울지방의 확률강우강도식을 유도제시하여 수공계획 수립에 기여할 수 있도록 하는데 목적이 있다.

본 연구의 수행을 위하여 기상청<sup>(3)</sup> 서울지방의 자기우량기록지로부터 강우량자료를 수집하고 서울지방의 보다 적절한 확률강우강도식을 유도한다.

## 2. 기 발표 확률강우강도식

서울지방의 확률강우강도식은 과거 중앙기상대 서울 측후소의 지점 강우량 자료로부터 유도되었으며 안수한과 신용배,<sup>(4)</sup> 최영박과 박종훈,<sup>(5)</sup> 이원환,<sup>(1,6)</sup> 최영박과 이선근,<sup>(7)</sup> 이원환과 변근주,<sup>(8)</sup> 이재준, 손광익, 이원환 및 이길춘,<sup>(9)</sup> 한국건설기술연구원<sup>(2)</sup> 등에 의하여 유도제시된 바 있다. 이와 같은 확률강우강도식의 기본형은 우리나라의 확률강우강도식으로 많이 사용되고 있는 식 (1), (2) 및 (3)과 같이 각각 Talbot형, Sherman형 및 Japanese형 중에 어느 하나이거나 이들이 서로 혼합되어 있다.<sup>(10)</sup>

$$I = \frac{a}{t+b} \quad (1)$$

$$I = \frac{a}{t^n} \quad (2)$$

$$I = \frac{a}{\sqrt{t+b}} \quad (3)$$

여기서 I는 확률강우강도(mm/hr), t는 강우지속기간(Min.)이고 a, b, n은 계수이다. 이 계수들은 확률강우량 및 강우지속기간의 관계로부터 최소제곱법을 사용하여 유도될 수 있다. 서울의 각 확률강우강도식의 유도에 대한 기존의 연구결과를 기본자료, 확률강우강도식의 기본형, 확률강우량 산정기법 및 최적분포형의 선정방법 등으로 정리하면 표 1과 같이 나타낼 수 있다. 근대적 의미의 서울 측후소의 우량관측은 1908년부터 시작되었으며 한국

동란으로 약 3년간 결측된 바 있다. 이원환과 변근주, 이원환의 확률강우강도식은 이와같이 결측된 우량자료를 Fourier Series법, 경향추적법 및 계열평균법 등으로 보완하여 유도제시된 것으로서 강우량 자료의 시계열성을 확보하고 있다. 이원환<sup>(11)</sup>은 시계열성을 고려하지 않은 경우의 확률강우량이 시계열성을 고려한 경우보다 큰 값을 나타내고 있으며 이와같은 현상은 단시간인 경우 매년최대 강우량 시계열에서 최대치가 결측되었을 때 또는 재현기간이 증대됨에 따라서 심화된다고 하였다. 따라서 확률강우량의 산정에 있어서 시계열성의 확보는 필수적이라 할 수 있다. 이원환등의 연구에서는 이와같은 시계열성의 확보를 위하여 결측자료의 보완기법을 적용하여 확률강우량을 산정하고 있다. 한국건설기술연구원의 식은 1954년 이후의 매년 최대치 강우량자료에 대하여 유도제시된 것이다.

1974년 이 원환의 Y-k법<sup>(12,13)</sup>이 발표되기 전까지 확률강우강도식의 유도를 위한 확률강우량의 산정은 표 1에서 알 수 있는 바와 같이 암정법, Slade법, 대수정규법, 적률법, Gumbel-Chow법, Hazen 도상 plot법 등의 정규분포에 바탕을 둔 기법들에 의하였다. Y-k법은 Gumbel-Chow의 빈도계수법을 개량한 확률강우량 산정기법으로서 빈도계수 대신에 정규분포함수의 비초과확률에 대한 정규화변수를 사용한 것으로서 확률분포형으로는 정규분포 및 변수변환 정규분포인 6개의 확률분포형을 채택하고 있으며 우리나라의 확률강우량 산정에 적합한 것으로 인정되고 있다. 1987년의 한국 건설기술연구원식의 확률강우량은 실용적인 면을 고려하여 극치분포를 강우지속기간별 매년최대 강우량자료에 일률적으로 적용하여 빈도계수법에 의하여 산정되었다. 이는 지속기간별 매년최대 강우량 자료의 최적분포형이 하나로 통일될 수 있느냐 하는 문제가 남아 있다. 각 확률강우강도식의 기본자료에 대한 지속기간은 표 1과 같이 5분~120분의 단시간이 대부분이며 지속기간의 구분수는 6~9개이다. 이는 서울과 같이 홍수 도달시간이 짧은 도시지역의 치수적인 면에서 볼 때 적절한 것으로 판단된다.

## 3. 확률강우강도식의 유도

### 3.1 확률강우량 산정

표 1. 서울지방의 확률강우강도식에 관한 기존의 연구결과 비교

구분 발표자	발표년도	기본자료			확률강우량 산정기법	최적분포형 선정방법	강우강도식 기본형
		관측기간	자료수	지속기간 구분			
안수한 신용배	1964년	1942-1963	17	5, 10, 20, 30, 40 60, 80, 120분	암정법, Hazen법, 대수정규법, Gumbel-Chow법, 적률법	Hazen's plot	Japanese Sherman
최영박 박종훈	1966년	1917-1965	30	10, 20, 30, 40 60, 80, 120분	암정법, 대수정규법, Gumbel-Chow법	Hazen's plot	Japanese
이원환	1967년	1915-1964	50	10, 20, 30, 40 60, 120분	Slade법, 대수정규법, 적률법, Gumbel-Chow법, Hazen법	Hazen's plot	Japanese Sherman
최영박 이선근	1968년	1915-1966	32	5, 10, 20, 30, 40 60, 80, 120분	암정법, 대수정규법, Gumbel-Chow법	산술평균	Japanese
이원환 변근주	1969년	1915-1967	53	10, 20, 30, 40 60, 80, 120분	Slade법, 대수정규법, 적률법, Gumbel-Chow법, Hazen법	Hazen's plot	Sherman
이원환	1980년	1915-1978	64	10, 20, 30, 40분 1, 2, 4, 6시간	Y-k법	2 검정	Japanese Sherman
이재준 손광익 이원환 이길준	1981년	1954-1979	26	40, 60, 80 120, 240분	Y-k법	2 검정	Talbot Japanese Sherman
한국건설 기술연구원	1987년	1954-1987	34	10-120분	Gumbel-Chow법	극치분포	Japanese

표 2. 서울지방의 확률강우강도식 유도를 위한 기본 자료 구분

구분	강우관측 기간	자료수	지속기간 구분수	지속기간의 범위
단시간	1954-1990년	37	9개	5분~ 120분
장시간	1954-1990년	37	9개	120분~1440분
전시간	1954-1990년	37	17개	5분~1440분

확률강우량 산정을 위한 기본자료는 기상청 서울 지점의 강우 관측자료중 시계열성과 적정통계년수를 고려하여 부분결측이 발생되지 않은 1954년부터 1990년까지 37년간의 지속기간별 매년최대 강우량이다. 이원환<sup>14)</sup>은 한국내 지점우량자료집단에 대한 통계년수로서는 유의수준을 2~3%로 할 경우 30년이

된다고 하였다. 표 2와 같이 강우지속 기간 120분을 기준으로하여 단시간, 장시간 및 전시간으로 구분된 기본자료에 대하여 각각 확률강우량을 산정한 후 확률강우강도식을 구한다. 확률강우량은 이원환의 Y-k법, 3변수 대수정규분포(LN3PD), 극치분포(EXT 1D), 제 3형 Pearson분포 및 제 3형 대수 Pearson 분포(LPT3D)를 적용하여 산정되었다.<sup>(15,16)</sup> 여기서 각 분포형별  $\chi^2$  검정에 따르면 각 지속기간별 최적분포형은  $\chi^2$  값이 최소인 것으로 되겠으나 이 경우 재현기간의 증가에 따라 확률강우량의 반전현상이 나타날 수가 있다. 따라서 본 연구에서 최적분포형 선정은 최소  $\chi^2$  값이거나 이에 근사한  $\chi^2$  값을 갖는 분포형들 중에서 1000년 빈도 확률강우량을 기준으로 반전현상이 발생되지 않는 것을 채택하였다. 최소  $\chi^2$  값을 갖는 분포형에 의한 확률강우량과 본 연구

에서 채택된 확률분포형에 의한 확률강우량을 재현 기간 1000년 빈도에 대하여 나타내면 그림 1과 같다. 채택된 최적분포형은 5승근 변수변환 정규분포(5-ROOT), 대수정규분포(LN2PD), 3변수 대수정규분포 및 극치분포이다. 표 3은 지속기간별  $\chi^2$  값이 최소인 확률분포형과 채택된 최적분포형을 나타내는 것이며

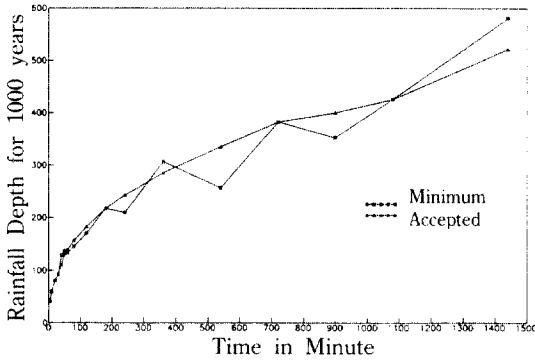


그림 1. 최소  $\chi^2$  값을 갖는 확률분포형과 본 연구에서 채택된 확률분포형에 의한 1000년 빈도 확률강우량의 비교도

표 3. 지속기간별 확률분포형 검정

지속기간	최소 $\chi^2$ 값인 분포형		채택 최적분포형	
	분포형	$\chi^2$ 값	분포형	$\chi^2$ 값
5분	LN3PD	1.36	LN3PD	1.36
10분	LN3PD	1.77	LN3PD	1.77
20분	LN3PD	3.92	LN3PD	3.92
30분	LN2PD	1.31	LN2PD	1.31
40분	LN3PD	1.74	EXT1D	2.53
50분	LN2PD	3.14	LN3PD	4.74
60분	3-ROOT	0.35	5-ROOT	0.86
80분	3-ROOT	1.40	LN3PD	2.59
120분	3-ROOT	1.79	5-ROOT	2.68
180분	LN3PD	0.85	LN3PD	0.85
240분	3-ROOT	1.75	EXT1D	2.54
360분	EXT1D	5.30	LN3PD	5.91
540분	LN2PD	3.98	EXT1D	5.64
720분	LN3PD	5.28	LN3PD	5.28
900분	3-ROOT	4.33	LN2PD	6.66
1080분	LN2PD	2.63	LN2PD	2.63
1440분	LPT3D	2.32	LN2PD	3.42

주) 3-ROOT : 3승근 변수변환 정규분포

표 4. 서울지방의 지속기간별 확률강우량

단위 : mm

재현 기간 지속기간	2 (년)	3 (년)	5 (년)	10 (년)	20 (년)	30 (년)	50 (년)	70 (년)	100 (년)	200 (년)	500 (년)	1000 (년)
5분	9.7	11.4	13.5	16.4	19.5	21.4	23.9	25.6	27.5	31.3	36.8	41.3
10분	16.6	19.5	22.9	27.4	31.9	34.6	38.0	40.3	42.7	47.7	54.6	60.0
20분	22.7	26.4	30.8	36.5	42.6	46.1	50.7	53.8	57.1	63.9	73.2	80.7
30분	28.6	33.7	39.3	46.5	53.3	57.2	62.2	65.4	68.9	75.7	84.9	91.9
40분	34.5	40.7	47.6	56.3	64.7	69.5	75.4	79.4	83.5	91.6	102.2	110.3
50분	38.5	45.9	54.2	64.5	74.5	80.2	87.4	92.2	97.2	107.1	120.3	130.5
60분	44.9	53.4	62.7	74.0	84.6	90.5	97.9	102.6	107.6	117.2	129.7	139.1
80분	52.0	61.5	71.8	84.3	95.8	102.4	110.5	115.8	121.3	132.0	146.0	156.6
120분	61.4	72.6	84.7	99.4	113.1	120.7	130.2	136.3	142.7	155.0	171.0	183.0
180분	74.6	87.2	100.9	117.7	133.4	142.3	153.4	160.6	168.2	182.9	202.3	217.1
240분	81.6	94.8	109.5	128.0	145.7	155.9	168.6	177.0	185.8	203.0	225.6	242.7
360분	100.1	117.1	135.5	157.7	178.3	189.8	204.1	213.4	223.2	242.9	266.5	285.1
540분	112.1	130.3	150.7	176.2	200.7	215.0	232.4	244.0	256.2	279.9	311.1	334.7
720분	125.5	143.1	166.2	195.3	223.3	239.5	259.8	273.2	287.5	315.5	353.2	382.4
900분	129.7	151.8	176.3	207.0	236.3	253.2	274.3	288.2	303.0	331.8	370.5	400.3
1080분	134.4	157.9	184.0	216.9	248.4	266.5	289.3	304.3	320.3	351.6	393.6	426.0
1440분	146.6	175.0	207.2	248.3	288.3	311.6	341.1	360.6	381.5	422.7	478.7	522.3

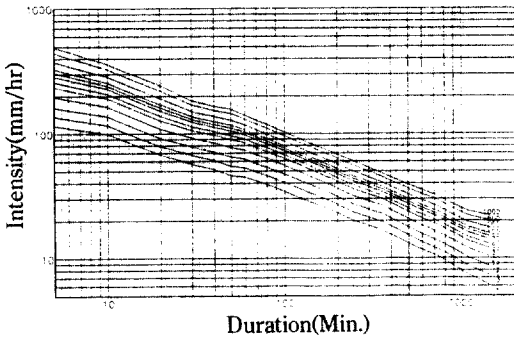


그림 2. 서울지방의 강우강도-지속기간-빈도곡선

이에 따라 산정된 지속기간별 확률강우량은 표 4와 같다. 여기서 각 분포형의 매개변수 추정은 최우추정법을 적용하여 얻어졌다. 표 4의 확률강우량을 강우강도로 환산하여 강우강도와 지속기간의 관계를 전대수 방인지상에 도시하면 그림 2와 같은 서울지방의 강우강도-지속기간-빈도곡선이 얻어진다.

### 3.2 기 발표형 확률강우강도식

표 4의 확률강우량에 대하여 식 (1), (2), (3)을 적용하여 확률강우강도식을 구하면 표 5와 같이 유도된다.<sup>(17)</sup> 표 5에서도 알 수 있는 바와 같이 단시간의 경우에는 Japanese형의 강우강도식이 지배적이고 장시간일 경우에는 Sherman형의 강우강도식이 지배적이다. 서울의 확률강우강도식은 기존의 연구결과와 마찬가지로 Japanese, Sherman 및 Talbot형이 혼재되어 나타나는 것을 알 수 있다.

### 3.3 통합형 확률강우강도식

서울의 확률강우강도식의 기본형으로 기존에 사용된 식 (1), (2), (3)의 통합형은 다음 식 (4)와 같이 쓸 수 있다.

$$I = \frac{a}{t^n + b} \quad (4)$$

여기서  $n=1$ 이면 Talbot형,  $0.5$ 이면 Japanese형,  $b$ 가  $0$ 이면 Sherman형의 확률강우강도식이 된다. 식 (4)의 계수  $a$ ,  $b$ ,  $n$ 은 최소자승법을 적용하되 반복법에 의하여 유도될 수 있다. 표 4의 확률강우량에 대하여 식 (4)의 계수를 구하면 확률강우강도식은 표 6과 같다. 단시간인 경우 계수  $n$  값은  $0.55 \sim 0.60$ 의 범위를 나타내고 있어 Japanese형의  $0.5$ 보다 큰

표 5. 기 발표형에 따른 서울지방의 확률강우강도식

구분 재현 기간	단시간( $t \leq 120$ 분)		장시간( $t \geq 120$ 분)	
	강우강도식	강우강도 $I_{60}$ (mm/hr)	강우강도 식	강우강도 $I_{120}$ (mm/hr)
2년	$\frac{369.8}{\sqrt{t+0.809}}$	43.2	$\frac{9537.3}{t+204.0}$	29.4
3년	$\frac{439.8}{\sqrt{t+0.857}}$	51.1	$\frac{852.3}{t^{0.651}}$	37.8
5년	$\frac{511.9}{\sqrt{t+0.815}}$	59.8	$\frac{964.5}{t^{0.647}}$	43.6
10년	$\frac{595.5}{\sqrt{t+0.693}}$	70.6	$\frac{1088.2}{t^{0.641}}$	50.6
20년	$\frac{669.0}{\sqrt{t+0.542}}$	80.7	$\frac{1193.6}{t^{0.634}}$	57.4
30년	$\frac{708.7}{\sqrt{t+0.449}}$	86.5	$\frac{1247.0}{t^{0.630}}$	61.1
50년	$\frac{757.9}{\sqrt{t+0.340}}$	93.7	$\frac{1312.0}{t^{0.625}}$	65.8
70년	$\frac{788.9}{\sqrt{t+0.269}}$	98.4	$\frac{1351.6}{t^{0.622}}$	68.8
100년	$\frac{821.0}{\sqrt{t+0.195}}$	103.4	$\frac{1390.5}{t^{0.619}}$	71.8
200년	$\frac{882.6}{\sqrt{t+0.059}}$	113.2	$\frac{1463.8}{t^{0.613}}$	77.8
500년	$\frac{1027.3}{t^{0.513}}$	125.7	$\frac{1531.5}{t^{0.603}}$	85.4
1000년	$\frac{1174.9}{t^{0.528}}$	135.2	$\frac{1600.1}{t^{0.598}}$	91.4

값을 보이고 있다. 장시간인 경우의  $n$  값은  $0.60 \sim 0.82$ 의 범위를 보이고 있으며 재현기간이 커짐에 따라서 작아지는 경향을 나타내었다. 또한 전지속기간의  $n$  값은  $0.60 \sim 0.66$ 의 범위를 보이고 있으며 재현기간의 증대에 따라 작아지는 것을 알 수 있다.

표 6. 서울지방의 통합형 확률강우강도식

구분 재현기간	단시간		장시간		전시간	
	강우강도식	I <sub>60</sub> (mm/hr)	강우강도식	I <sub>120</sub> (mm/hr)	강우강도식	I <sub>60</sub> (mm/hr)
2년	$\frac{607.4}{t^{0.597} + 2.517}$	43.3	$\frac{2481.4}{t^{0.815} + 31.342}$	30.7	$\frac{793.7}{t^{0.654} + 3.838}$	43.2
3년	$\frac{666.6}{t^{0.581} + 2.241}$	51.1	$\frac{2152.7}{t^{0.774} + 18.651}$	36.3	$\frac{956.2}{t^{0.658} + 4.000}$	50.9
5년	$\frac{730.3}{t^{0.569} + 1.933}$	59.8	$\frac{1967.7}{t^{0.741} + 11.760}$	42.3	$\frac{1096.2}{t^{0.656} + 3.798}$	59.4
10년	$\frac{827.8}{t^{0.564} + 1.662}$	70.6	$\frac{1833.4}{t^{0.709} + 7.113}$	49.7	$\frac{1234.2}{t^{0.650} + 3.343}$	69.9
20년	$\frac{901.7}{t^{0.558} + 1.347}$	80.7	$\frac{1761.4}{t^{0.685} + 4.606}$	56.5	$\frac{1331.6}{t^{0.642} + 2.820}$	79.9
30년	$\frac{945.2}{t^{0.556} + 1.188}$	86.5	$\frac{1745.4}{t^{0.674} + 3.736}$	60.3	$\frac{1368.1}{t^{0.636} + 2.487}$	85.5
50년	$\frac{1000.2}{t^{0.554} + 1.011}$	93.7	$\frac{1723.1}{t^{0.661} + 2.800}$	65.1	$\frac{1420.1}{t^{0.630} + 2.148}$	92.6
70년	$\frac{1046.2}{t^{0.555} + 0.929}$	98.4	$\frac{1723.2}{t^{0.654} + 2.393}$	68.1	$\frac{1459.2}{t^{0.627} + 1.969}$	97.3
100년	$\frac{1072.0}{t^{0.552} + 0.789}$	103.3	$\frac{1724.6}{t^{0.647} + 2.031}$	71.3	$\frac{1480.8}{t^{0.622} + 1.734}$	102.1
200년	$\frac{1187.3}{t^{0.558} + 0.683}$	113.0	$\frac{1763.9}{t^{0.637} + 1.652}$	77.5	$\frac{1541.4}{t^{0.615} + 1.384}$	111.8
500년	$\frac{1329.6}{t^{0.564} + 0.515}$	125.7	$\frac{1844.8}{t^{0.627} + 1.549}$	85.1	$\frac{1608.8}{t^{0.606} + 0.968}$	124.5
1000년	$\frac{1439.2}{t^{0.568} + 0.396}$	135.4	$\frac{1718.1}{t^{0.607} + 0.472}$	91.6	$\frac{1671.8}{t^{0.601} + 0.727}$	134.4

본 연구의 통합형 확률강우강도식 (4)는 Wenzel<sup>(18)</sup>에 의하여 미국의 주요 도시에 적용된 바 있으며 계수들은 지역 및 재현기간에 따라 달라지나 계수 n과 b는 재현기간에 무관하다고 하였다. 그러나 Chow, Maidment 및 Mays<sup>(19)</sup>에 의하면 식 (4)의 계수들은 지역과 재현기간에 따라 달라진다고 하였으며, 이는 본 연구에서 얻어진 계수들이 표 6과 같이 재현기간에 따라 달라지는 것과 일치한다.

통합형 확률강우강도식은 재현기간 및 자료집단의 구분에 관계없이 동일한 기본형이 되므로 기존의 3

가지 기본형이 혼재하는 확률강우강도식에 비하여 식의 일관성 유지에 적절한 것으로 판단된다.

#### 4. 기 발표 확률강우강도식과 통합형 확률강우강도식의 비교

기 발표형 확률강우강도식과 통합형 확률강우강도식을 비교하기 위하여 각 식의 표준제곱오차를 구하면 표 7과 같다. 여기서 알 수 있는 바와 같이 통합형 확률강우강도식이 기 발표형 확률강우강도식

표 7. 통합형 및 기 발표형 확률강우강도식의 표준오차

단위 : mm

재현기간	단시간		장시간		전시간	
	통합형	기발표형	통합형	기발표형	통합형	기발표형
2년	2.633	2.959	0.237	0.583	2.038	7.718
3년	3.231	3.487	0.317	0.619	2.520	9.347
5년	3.831	4.053	0.381	0.604	3.008	10.969
10년	4.427	4.676	0.418	0.574	3.471	12.800
20년	4.875	5.136	0.427	0.535	3.833	13.924
30년	5.139	5.426	0.420	0.514	4.028	13.209
50년	5.283	5.611	0.417	0.486	4.144	14.407
70년	5.418	5.794	0.413	0.473	4.235	14.420
100년	5.412	5.801	0.416	0.464	4.250	14.221
200년	5.645	6.250	0.449	0.486	4.360	13.827
500년	5.891	6.475	0.505	0.538	4.457	12.455
1000년	6.170	6.591	0.578	0.587	4.619	11.082

표 8a. 재현기간 10년의 단시간 확률강우강도식에 의한 지속기간별 표준오차의 비율 단위 : %

지속기간(분)	통합형	Talbot	Sherman	Japanese
5	2	-8	5	3
10	-5	-3	-7	-6
20	6	16	3	5
30	5	15	2	4
40	1	9	0	0
50	0	4	1	1
60	-5	-3	-5	5
80	-3	-7	-1	2
120	1	-13	5	3
절대치 합	28	78	29	29

표 8b. 재현기간 10년의 장시간 확률강우강도식에 의한 지속기간별 표준오차의 비율 단위 : %

지속기간(분)	통합형	Talbot	Sherman	Japanese
120	0	-6	2	6
180	0	1	0	-1
240	3	7	2	-1
360	-3	3	-5	-7
540	0	5	-1	-3
720	-1	2	-1	-2
900	1	1	1	2
1080	2	-1	3	5
1440	-2	-9	0	4
절대치 합	12	35	15	31

보다 표준오차가 더 작므로 서울지점의 확률강우량 자료에는 기 발표형보다 통합형의 확률강우강도식이 더 적합한 것으로 판단된다. 따라서 기 발표된 Talbot, Sherman 및 Japanese형에 따른 서울지방의 확률강우강도식은 자료집단의 구분에 관계없이 통합형으로 단일화 될 수 있음을 알 수 있다. 재현기간별 확률강우강도의 표준오차를 비교하여 보면 통합형과 기 발표형이 단시간 및 장시간 자료집단인 경우에는 서로 비슷한 값을 나타내고 있으나 전시간

자료인 경우에는 통합형이 기 발표형보다 훨씬 더 작은 표준오차를 나타내는 것을 알 수 있다. 따라서 전지속기간에 대한 확률강우강도식을 유도할 경우에는 통합형 확률강우강도식을 적용하여야 할 것으로 판단된다. 통합형 및 기 발표형 확률강우강도식에서 단시간과 장시간의 표준오차를 비교해 볼 때 장시간에 비하여 단시간은 비교적 큰 오차를 보이고 있으며, 이는 표 8 a), b)에서도 알 수 있다. 이는 확률강우량의 산정기법, 즉 기본자료의 지속기간의

구분방법과 지속기간별 매년최대 강우량자료에 대한 확률분포형의 설정에서 유래하는 것으로 판단된다. 따라서 통합형 또는 기 발표형의 확률강우강도식의 보다 적절한 유도에 있어서는 단시간 확률강우량의 산정기법에 신중을 기하여야 할 것으로 판단된다.

## 5. 종합고찰

본 연구에서 기본자료는 시계열성과 적정 통계년수를 만족할 수 있도록 강우 결측이 발생되지 않은 1954년부터 37년간의 매년최대치 강우량이 사용되었다. 표 1과 표 5에서 알 수 있는 바와 같이 서울지방의 확률강우강도식은 Japanese, Sherman 및 Talbot 형이 혼합되어 나타나고 있으나 통합형 확률강우강도식과 비교하여 볼 때 자료집단 및 재현기간에 관계없이 통합형으로 단일화 될 수 있었다. 확률강우강도식의 유도에는 기본자료와 확률강우량 산정기법 등이 가장 중요한 요소라고 할 수 있다. 확률강우량의 산정기법으로서 우리나라에서는 Y-k 법이 개발되어 있으며, 이에 따르면 우리나라의 대부분 강우량의 빈도해석에는 변수변환 정규분포가 적합한 것으로 알려져 있다. 통합형 강우강도식의 n 값은 서울지방에서 단시간의 경우는 0.55~0.60, 장시간인 경우는 0.60~0.82, 전시간인 경우는 0.60~0.66의 범위를 나타내고 있다. 일반적으로 n 값은 재현기간이 증대됨에 따라 작아지고 강우지속기간이 커짐에 따라서 커지는 경향을 나타내고 있다. 또한 계수 a 값은 단시간 및 전시간 자료집단일 경우에는 재현기간의 증대에 따라서 커지고 장시간 일 경우에는 재현기간의 증대에 따라서 감소하고 있으며, 계수 b 값은 자료집단의 구분에 관계없이 재현기간의 증대에 따라서 감소하는 것으로 나타났다.

통합형 강우강도식의 경우 지속기간의 장단에 관계없이 기 발표형의 확률강우강도식에 비하여 적용성이 있으나 단시간의 경우에는 장시간보다 비교적 큰 편차를 보이고 있다. 이와 같은 이유는 단시간의 경우 적합분포형의 차이와 지속기간의 구분에 기인하는 것으로 판단된다. 따라서 단시간 확률강우량의 산정을 위한 지속기간구분, 적정분포형의 선정 및 통합형 확률강우강도식의 계수추정에 관한 계속적인 연구가 요망된다. 통합형과 기 발표형을 비교해 볼

때 전시간 자료에 대해서는 통합형이 기 발표형보다 훨씬 더 작은 표준오차를 나타내고 있으므로 24시간 미만의 전지속기간에 대한 확률강우강도식을 유도할 경우에는 본 연구의 통합형을 적용하는 것이 타당한 것으로 판단된다.

## 6. 결 론

본 연구는 서울지방의 기왕에 발표되었던 확률강우강도식들을 종합분석하여 통합된 단일 형태의 확률강우강도식을 유도 제시한 것으로서 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 서울지방의 확률강우강도식은 Talbot 형, Sherman 형, 및 Japanese 형이 혼합되어 나타나고 있으나 이를 통합한 단일형으로 작성 제시할 수 있었다.
- 2) 각 지속기간에 대한 확률강우강도식을 유도할 경우에는 기 발표형보다 본 연구에서의 통합형 확률강우강도식을 적용하는 것이 보다 정확도가 높았다.
- 3) 통합형 확률강우강도식의 계수 n 값은 재현기간의 증대에 따라 작아지고 강우지속기간의 증대에 따라 커지는 경향이 있었으며, 계수 b 값은 자료집단의 구분에 관계없이 재현기간의 증대에 따라 감소하였다.
- 4) 강우자료 집단의 종류에 따른 n 값의 범위는, 단시간 자료인 경우 0.55~0.60이고 장시간 자료의 경우는 0.60~0.82이었으며, 24시간 미만의 전자료에 대해서는 0.60~0.66을 보이고 있다.

## 감사의 글

본 연구는 서울특별시 연구비 지원 '하천연안 수공구조물 안전진단 및 관리대책 조사연구'의 일환으로 이루어진 것으로서 관계당국에 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

1. 이원환, "국내 지역별 강우특성과 확률강우량 산정에 관한 연구", **대한토목학회지**, 제15권 제3호, pp. 28-38, 1967.
2. 서울특별시, 수해백서, 1987.
3. 기상청, 자기우량기록지, 기상연보, 1961~1990.



4. 안수환, 신용배, "서울지방의 강우특성에 관한 연구", **대한토목학회지**, 제12권 제4호, pp. 17-35, 1964.
5. 최영박, 박종훈, "한국주요도시의 강우강도식형의 지역적 특성연구", **대한토목학회지**, 제14권 제1호, pp. 15-29, 1966.
6. 이원환, "도시하천 및 하수도 개수계획상의 계획 강우량 설정에 관한 추계학적 해석", **대한토목학회지 논문집**, 제28권 제4호, pp. 81-94, 1980. 8.
7. 최영박, 이선근, "한국 각 지방의 강우강도와 강도비 C치의 산정에 대하여", **대한토목학회지**, 제16권 제2호, pp. 61-73, 1968.
8. 이원환, 변근주, "중소하천 및 도시하수도 계획설계에 필요한 확률강우강도식의 유도", **대한토목학회지**, 제16권 제4호, pp. 1-11, 1968.
9. 이재준, 손광익, 이원환, 이길춘, "강수빈도 및 강우강도의 시공간분포에 관한 연구", **한국수문학회지**, 제14권 제4호, pp. 53~72, 1981. 12.
10. 이원환, 수문학, 문운당, 1990.
11. 이원환, "Time Series 고려여부에 따르는 확률강우량 변동에 관한 연구", **대한토목학회지**, 제16권 제2호, pp. 45-56, 1968. 6.
12. 이원환, "우리나라 지점강우의 수문통계적 특성에 관한 연구", **대한토목학회지 논문집**, 제22권 제1호, pp. 1-20, 1974. 3.
13. Lee, W. H., "A Study on the Statistical Characteristics of the Point Rainfall in Korea; Frequency Analysis", *Symposium of AIHS*, Tokyo, 1975. 12.
14. 이원환, "한국 확률강우량도 작성을 위한 수문학적 연구", **한국수문학회지**, 제10권 제1호, pp. 39-51, 1977. 6.
15. 이원환, "한국 확률강우량도 작성을 위한 수문해석기법 개발", **한국수문학회지**, 제20권 제2호, pp. 139-150, 1987. 6.
16. Kite, G. W., *Frequency and Risk Analyses in Hydrology*, Water Resources Pub., 1977.
17. 서울특별시, 하천연안 수공구조물 안전진단 및 관리대책 조사연구 보고서, 1991. 11.
18. Wenzel, H. G., "Rainfall for Urban Stormwater Design" in *Urban Stormwater Hydrology* ed. by David F. Kibler, Water Resources Monograph 7, AGU, Washington, D.C., 1982.
19. Chow, V. T., D. R. Maidment, and L. W. Mays, *Applied Hydrology*, McGraw-Hill International Editions, 1988.

(接受 : 1992. 8. 3)