

## 한국 대표확률강우강도식의 유도

## A Derivation of the Typical Probable Rainfall Intensity Formula in KOREA

이원환\* · 박상덕\*\* · 최성열\*\*\*

Lee, Won Hwan · Park, Sang Deog · Choi, Song Yeol

## Abstract

The study is to derive a typical probable rainfall intensity formula(TPRIF) by analyzing pre-issued probable rainfall intensity formulas (PPRIF) over principal rainfall observation stations, and to obtain the regional characteristics based on the rainfall patterns by evaluating probable rainfall amount. The conclusions are as follows.

A TPRIF which integrates PPRIF with a single pattern is presented. In deriving probable rainfall intensity, the application of TPRIF was more excellent than that of PPRIF. The value of  $R_{24}/R_1$  which is the dimensionless ratio for rainfall characteristics tends to be inversely proportionate to the regional coefficient  $n$ . By comparing these values, the whole country could be divided into about 5 regions. In these five regions, the short-duration rainfall intensity is dominant in inland areas but the long-duration rainfall intensity is dominant in East Sea areas.

## 요 지

본 연구는 전국 주요 강우관측지점에 대한 기존의 확률강우강도식을 종합분석함으로써, 전국을 대표할 수 있는 대표확률강우강도식의 형태로 유도·제시하고, 이에 따른 확률강우량을 비교함으로써 강우사상의 지역적 특성을 제시한 연구이다. 본 연구를 통해서 얻어진 성과를 요약하면 다음과 같다.

기왕의 각 지점별 확률강우강도식을 단일형태로 통합시킨 대표확률강우강도식으로 유도·제시할 수 있었다. 기왕의 확률강우강도식을 적용할 때보다 대표확률강우강도식을 적용한 경우의 정확도가 보다 우수하였다. 또한 지역적인 강우특성을 파악하기 위한 무차원계수( $R_{24}/R_1$ )값과 확률강우강도식의 지역계수인  $n$  값과는 반비례하는 경향이 파악되었으며, 이 값들을 비교하여 봄으로써 전국이 대략 5개의 권역으로 구분될 수가 있었다.  $R_{24}/R_1$  값이 작은 내륙지방에서는 단시간 강우강도가 크며, 반대로 동해안 지역에서는 장시간 강우강도가 탁월한 것으로 나타났다.

## 1. 서 론

최근 여러 원인에 의해서 기후의 변화가 많이

\* 정희원 · 연세대학교 토목공학과 교수

\* \* 정희원 · 강릉대학교 대기과학과 조교수

\* \* \* 정희원 · 연세대학교 대학원 토목공학과 박사과정

발생하였고, 이로 인하여 지역적 강우사상에 상당한 변화가 일어났다고 생각되나, 최근의 강우자료를 이용하여 확률강우강도식을 구한 예는 그다지 없는 실정이다. 또한 지점별 강우관측기록이 근간에 이르러서 어느 정도 확충되었다고 판단되는 바, 전국을 대표할 수 있는 단일형식의 대표확률강우강도식으로

유도 제시할 수 있는 단계에 이르렀다고 생각된다.

## 2. 연구범위 및 연구동향

본 연구의 해석대상 지점은 기상청 산하 강우관측소 중, 강우자료의 연속관측연수가 23년 이상인 20개 지점을 선택하였으며, 그림 1에서 볼 수 있듯이 강우관측소가 전국에 걸쳐 대체로 고르게 분포하고 있음을 알 수 있다. 표 1은 본 연구에서 사용한 각 지점별 강우량 기본자료의 내역을 나타낸 것이다. 또한 강우강도식은 지속시간의 구분에 따라 민감하게 변하므로, 본 연구에서는 강우강도의 전반적인 특성을 파악하기 위하여 지속시간을 5 분에서부터 24시간 까지의 17개(5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 80, 120, 180, 240, 360, 540, 720, 900, 1,080, 1,440분)로 구분하였다.

우리나라의 기왕의 확률강우강도식은 1960년대 중반으로부터 연구 개발되었으며, 주로 중앙기상대의 기왕의 지점우량자료<sup>(12)</sup>들이 이용되어 왔다. 그 간의 연구연혁을 살펴보면, 안 수환과 신 응배(1964년)<sup>(3)</sup>, 최 영박과 박 종훈(1966년)<sup>(4)</sup>, 최 영박과 이 선근(1968년)<sup>(5)</sup>, 이 원환(1967년, 1968년, 1974년, 1977년, 1980년)<sup>(6,7,8,9,10)</sup>, 이 원환과 변 근주(1969년)<sup>(11)</sup>, 이 재준, 손 광익 및 이 길춘(1982년)<sup>(12)</sup> 그리고 한국건설기술연구원(1987년)<sup>(13)</sup> 등에 의하여 유도 제시된 바 있다. 본 연구에서 제시한 대표확률강우강도식이 제시되기 이전의 확률강우강도식의 형태에 대해 살펴보면, 그림 2에서와 같이 Sherman형, Tal-

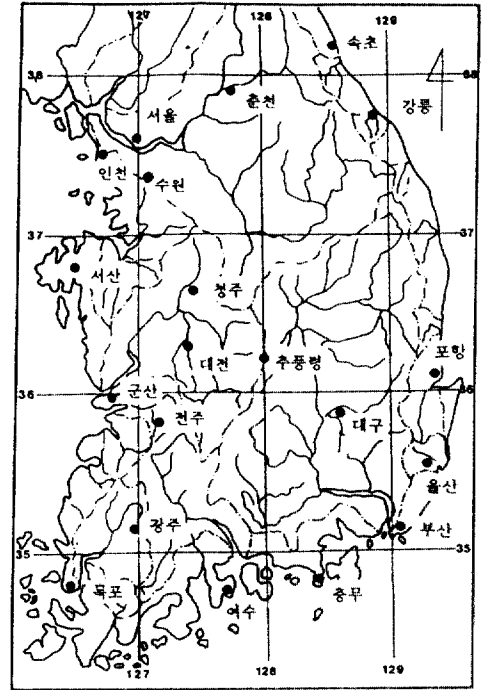


그림 1. 대상지점도.

bot형 그리고 Japanese형이 혼용되어 사용되어 왔으며, Wenzel<sup>(14,15)</sup>이 제시한 통합형 강우강도식은 1992년이 되어서야 제시되었다.<sup>(16)</sup>

## 3. 대표확률강우강도식

확률강우강도식은 지점별로 기왕에 수집된 자기

표 1. 기본 강우자료 내역

지명	강우관측 기간	연수	지속 시간 범위	지명	강우관측 기간	연수	지속 시간 범위
부산	'41~'91	51	5~1440분	군산	'68~'91	24	5~1440분
청주	'67~'91	25	〃	광주	'40~'91	52	〃
춘천	'66~'91	26	〃	목포	'23~'91	69	〃
충무	'68~'91	24	〃	포항	'54~'91	38	〃
추풍	'57~'91	35	〃	서산	'68~'91	24	〃
대구	'16~'91	76	〃	서울	'54~'91	38	〃
대전	'69~'91	23	〃	속초	'68~'91	24	〃
인천	'52~'91	40	〃	수원	'64~'91	28	〃
전주	'39~'91	53	〃	울산	'54~'91	38	〃
강릉	'58~'91	34	〃	여수	'53~'91	39	〃

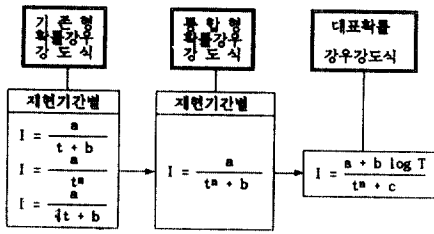


그림 2. 확률강우강도식의 형식변화.

우량기록지로부터 직접 채취한 지속시간별 매년최대강우량 계열로부터 얻어지는 확률강우량에 대해 최소제곱법을 사용함으로써 산정할 수 있으나, 다음과 같은 여러가지 문제점들이 나타날 수 있다.

첫째, 지속시간별 매년최대치 강우량계열의 추출시 정확성 결여문제 및 기상연·월보에서의 시간별 최대치 사용문제.

둘째, 강우자료에 대한 적정분포형의 선정에 관한 문제.

셋째, 강우지속시간의 구분(단시간: 5분~120분, 장시간: 120분~1,440분, 전시간: 5분~1,440분)에 따른 강우강도 형태의 변화문제.

따라서 적절한 확률강우강도식을 획득하기 위해서는 위에서 언급된 문제점들에 관해 그림 3 과 같은 합리적인 해결방안에 따른 식의 유도가 이루어져야 한다. 상술하면, 확률강우량 산정을 위한 강우자료는 시계열성과 적정통계연수를 고려하여 최근으로부터 24년간 이상의 자료를 보유하고 있는 20개 지점에서의 자기우량기록지 상에서 임의의 강우지속시간에 대한 매년최대치계열의 강우량을 17개의 지속시간에 따라 직접 추출한다. 지속시간별 최적확률분포형의 선정은 이 원환의 Y-K 법(정규분포, 2 변수 대수정규분포, 2 제곱근, 3 제곱근, 4 제곱근 그리고 5 제곱근 변수변환 정규분포), 3 변수 대수정규분포(LN3PD), 극치분포(EXT1D), 제 3형 Pearson 분포(PT3D) 및 제 3형 대수 Pearson 분포(LPT3D)에 따른  $\chi^2$  검정을 통해서 선정한다.<sup>(17,18)</sup> 각 지속시간별 최적확률분포형이 선정되면, 이에 따른 확률강우량을 빈도계수법<sup>(19)</sup>을 이용하여 산정하고, 확률강우량의 반전현상을 보정하여 재현기간-지속시간별 확률강우량을 설정한다. 최소제곱법과 반복계산법을 병용하여 각 지점에서의 통합형 확률강우강도식<sup>(16)</sup>을

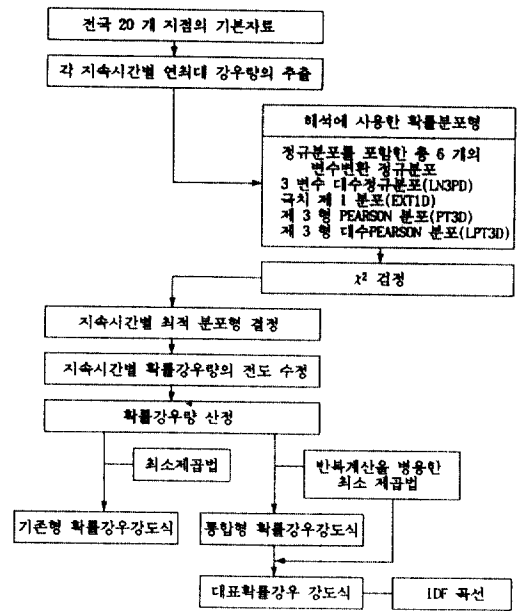


그림 3. 연구절차의 기본흐름도.

재현기간에 따라 결정한 후, 이 식들의 지역계수들을 이용하여 대표확률강우강도식을 유도한다.

## 4. 결과 및 고찰

### 4.1 대표확률강우강도식의 선정

표 2는 본 연구의 해석절차를 통해서 얻어진 기준형, 통합형 그리고 대표확률강우강도식의 표준제곱오차를 요약 정리한 것이다. 표에서 볼 수 있드시 현재 사용하고 있는 기존의 확률강우강도식의 표준제곱오차보다 대표확률강우강도식의 표준제곱오차가 전 지점에 걸쳐 훨씬 작은 결과를 나타냈으며, 통합형과의 비교에서는 서로 비슷한 결과로 나타났다. 따라서 전시간에 대한 확률강우강도식은 대표확률강우강도식을 사용하는 것이 식의 일관성 유지라는 관점과 정확성이라는 면에서 볼때 보다 바람직하다고 할 수 있을 것이다.

### 4.2 대표확률강우강도의 지역계수 n

본 연구에서 얻어진 대표확률강우강도식을 구성하는 지역계수는 아래 식에서 볼 수 있드시 4개(a, b, c 및 n)이며, 이중 확률강우량의 크기 및 강우

표 2. 각종 확률강우강도식에 따른 표준제곱오차 일람표

(단위:mm)

지명	식형태	재현기간(년)					지명	식형태	재현기간(년)				
		2	10	30	100	500			2	10	30	100	500
부산	G	J-6.672	J-7.474	J-7.410	J-7.312	J-7.614	군산	G	J-6.197	J-5.622	J-5.702	J-6.196	J-7.572
	I	1.352	1.888	2.116	2.639	4.260		I	1.365	1.584	2.071	3.025	4.851
	R	1.347	1.845	2.069	2.606	4.246		R	1.331	1.554	2.056	2.998	4.794
청주	G	S-6.369	J-8.726	J-9.308	J-9.734	J-10.356	광주	G	S-7.138	S-7.442	J-7.429	J-7.784	J-10.024
	I	1.175	1.643	1.971	2.603	3.878		I	0.961	2.773	4.364	6.438	9.780
	R	1.254	1.637	1.972	2.602	3.872		R	0.967	2.700	4.263	6.304	9.590
춘천	G	J-2.958	J-2.360	J-3.470	J-5.747	J-9.669	목포	G	S-6.253	J-4.373	J-3.934	J-5.275	S-7.856
	I	0.639	1.503	3.233	5.688	9.650		I	0.732	2.114	3.502	5.264	7.909
	R	0.642	1.475	3.184	5.584	9.420		R	0.730	2.027	3.388	5.079	7.575
충무	G	J-1.222	J-3.389	J-5.226	J-7.494	J-10.925	포항	G	J-4.142	S-2.267	J-1.896	J-3.178	J-6.344
	I	1.197	3.380	5.203	7.457	10.859		I	0.806	1.367	1.876	2.577	3.733
	R	1.215	3.275	5.079	7.333	10.657		R	0.805	1.368	1.877	2.575	3.722
추풍	G	S-4.022	S-6.748	S-8.780	S-11.384	S-15.647	서산	G	J-5.926	J-3.786	J-3.236	J-4.250	J-7.592
	I	1.535	2.437	2.876	3.620	5.383		I	0.810	1.197	2.130	4.026	7.587
	R	1.857	2.423	2.940	3.655	5.388		R	0.817	1.198	2.139	4.012	7.502
대구	G	T-5.555	T-9.522	T-12.423	S-14.009	S-13.585	서울	G	J-7.610	J-12.745	S-14.209	S-14.221	S-12.522
	I	0.933	0.973	1.460	2.284	3.631		I	2.033	3.558	4.027	4.249	4.493
	R	1.281	1.085	1.571	2.311	3.639		R	2.252	3.525	3.979	4.194	4.534
대전	G	T-5.578	T-11.308	J-12.792	J-12.728	J-13.318	속초	G	J-0.998	S-2.076	S-1.729	S-3.824	J-8.145
	I	0.684	1.501	2.815	4.588	7.403		I	0.966	1.575	1.622	1.219	2.613
	R	0.781	1.512	2.817	4.568	7.351		R	0.924	1.550	1.649	1.263	2.637
인천	G	J-5.379	J-10.680	T-13.256	T-15.896	J-19.446	수원	G	T-5.810	J-3.718	J-3.410	S-4.531	S-14.613
	I	1.716	1.713	2.793	4.765	8.280		I	0.847	1.761	2.680	3.742	9.158
	R	1.672	1.700	2.779	4.759	8.268		R	1.334	1.692	3.021	6.853	8.366
강릉	G	J-1.706	J-1.927	J-2.069	J-2.427	J-3.623	울산	G	J-2.706	J-2.498	S-3.251	S-3.651	S-5.506
	I	1.354	1.921	2.020	2.277	3.549		I	1.569	2.380	2.903	3.512	4.543
	R	1.489	1.910	2.005	2.296	3.627		R	1.553	2.306	2.815	3.425	4.474
전주	G	T-7.793	T-12.084	T-15.096	J-13.297	J-9.846	여수	G	T-7.178	J-6.834	J-6.808	J-6.950	J-7.501
	I	1.165	1.334	1.822	2.998	5.297		I	1.811	1.494	2.153	3.116	4.690
	R	1.717	1.389	1.922	3.028	5.271		R	1.805	1.452	2.104	3.051	4.594

주) J : Japanese 형 T : Talbot 형 S : Sherman 형 G : 일반형 I : 통합형 R : 대표형

형태에 가장 크게 영향을 미치는 계수는 n 이라 할 수 있다.

$$I_{r,t} = \frac{a + b \log T}{t^c + c}$$

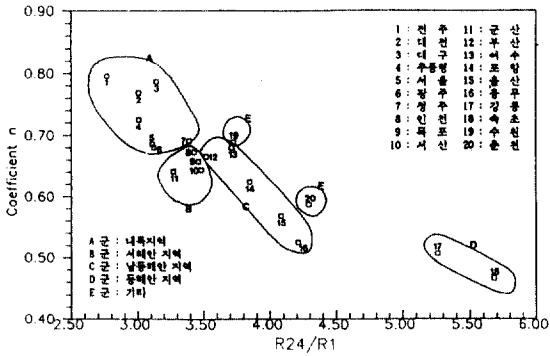


그림 4. R24/R1 무차원계수와 n값의 상관도.

여기서  $I_r, t$ 는 강우강도(mm/hr.), T는 재현기간(년), t는 지속시간(분), a, b, c, n는 각각 지역계수이다. 지역계수 n의 지역성을 고찰해보기 위해서, 강우강도의 지역적 양상을 짐작할 수 있는 다음과 같은 무차원계수를 도입하여 이에 따른 지역특성을 고찰해본 결과 다음과 같은 성과를 얻을 수 있었다.

무차원계수( $R24/R1$ )=

$$\frac{R24(\text{지속시간 } 24 \text{ 시간의 매년최대강우량의 평균})}{R1(\text{지속시간 } 60 \text{ 분의 매년최대강우량의 평균})}$$

그림 4는 무차원계수( $R24/R1$  : 24 시간 강우량의 강우강도비)를 횡축으로 놓고, 종축에는 대표확률강우강도식의 지속시간의 지수값(n)을 도시한 것으로서,  $R24/R1$  과 n 값은 반비례하는 경향을 나타냈으며, 그림 상에서 각 관측점이 위치한 지역적 특성에 따라 직관적으로 5개의 권역(동해안, 남동해안, 서해안, 내륙지방, 기타)으로 구분됨을 알 수 있었다(그림 5).

$R24/R1$  값은 산악지역에 인접한 동해안, 남동해안, 서해안, 내륙지방 순으로 작아졌고, 반대로 n 값은 위의 순서로 큰 값을 나타냈다. 다시말하면,  $R24/R1$  값이 큰 동해안 쪽에서는 단시간 강우강도 보다는 장시간 강우강도가 우세한 경향을 보이는 반면, 이 값이 제일 작은 내륙지역에서는 그와는 반대로 단시간 강우강도가 탁월한 결과를 나타냈다.

## 5. 결 론

본 연구는 전국 주요 강우관측지점에 대한 기왕의

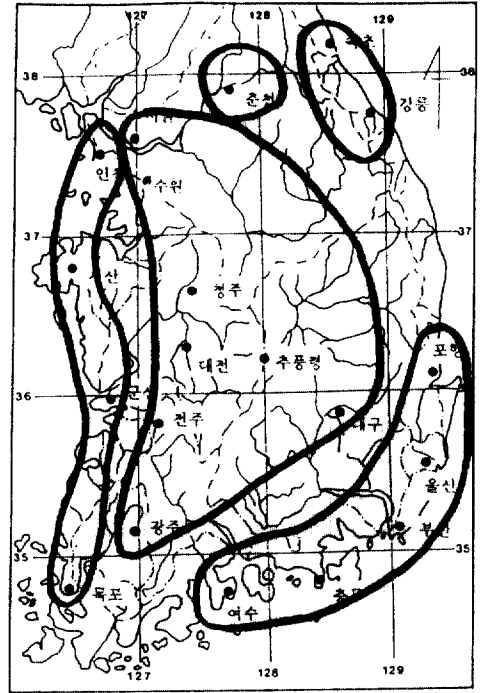


그림 5. 강우강도비에 따른 영역구분도.

확률강우강도식을 종합분석함으로써, 전국을 대표할 수 있는 단일형태의 대표확률강우강도식을 유도 제시하고, 이에 따른 강우사상의 지역적 특성을 제시한 것으로서, 본 연구를 통해서 얻어진 성과를 요약하면 다음과 같다.

1) 각 재현기간에 대한 확률강우량을 산정함에 있어서, 기왕의 확률강우강도식을 적용할 경우보다 본 연구에서의 대표확률강우강도식을 적용할 때가 정확도 면에서 보다 우수하였다.

2) 현재, 전국의 확률강우강도식은 Talbot형, Sherman형, Japanese형이 혼용되어 나타나고 있으나, 이들을 단일형태로 나타낸 대표확률강우강도식으로 유도·제시할 수 있었다.

3) 확률강우강도식의 지역계수 n 값은 지역적 강우특성에 관한 무차원계수  $R24/R1$  값과는 반비례하는 경향이 나타났으며, 이 값들을 비교하여 봄으로써 전국을 대략 5개의 권역으로 구분할 수가 있었다.

4) 이들 5개의 권역은  $R24/R1$ 의 값에 따라 내륙 지방에서는 단시간 강우강도가 컸으며, 반대로 동

해안 지역에서는 장시간 강우강도가 탁월한 것으로 나타났다.

### 감사의 글

본 연구는 연세대학교 학술연구비에 의하여 이루어진 것으로서, 학교당국과 관계자들에게 심심한 감사의 뜻을 표하는 바이다.

### 참 고 문 헌

1. 기상청, **기상월보**, 1961-1991.
2. 기상청, **기상연보**, 1961-1991.
3. 안수환, 신웅배, "서울 지방의 강우특성에 관한 연구", **대한토목학회지**, 제12권, 제4호, pp. 17-35, 1964.
4. 최영박, 박종훈, "한국 주요 도시의 강우강도식형의 지역적 특성 연구", **대한토목학회지**, 제14권, 제1호, pp. 15-29, 1966.
5. 최영박, 이선근, "한국 각 지방의 강우강도와 강도비 C 치의 산정에 대하여", **대한토목학회지**, 제16권, 제2호, pp. 61-73, 1968.
6. 이원환, "국내 지역별 강우 특성과 확률강우량 산정에 관한 연구", **대한토목학회지**, 제15권, 제3호, pp. 28-38, 1967.
7. 이원환, "Time Series 고려 여부에 따르는 확률강우량 변동에 관한 연구", **대한토목학회지**, 제16권, 제2호, pp. 45-56, 1968.
8. 이원환, "우리나라 지점강우의 수문통계적 특성에 관한 연구", **대한토목학회지**, 제22권, 제1호, pp. 1-

20. 1974.
9. 이원환, "한국 확률강우량도 작성을 위한 수문학적 연구", **한국수문학회지**, 제10권, 제1호, pp. 39-51, 1977.
10. 이원환, "도시 하천 및 하수도 개수계획상의 계획 강우량 설정에 관한 추계학적 해석", **대한토목학회 논문집**, 제28권, 제4호, pp. 81-94, 1980.
11. 이원환, 변근주, "중소 하천 및 도시 하수도 계획 설계에 필요한 확률 강우강도식의 유도", **대한토목학회지**, 제16권, 제4호, pp. 1-11, 1968.
12. 이재준, 손광익, 이원환, 이길준, "강우빈도 및 강우강도의 시공적 분포에 관한 연구", **한국수문학회지**, 제14권, 제4호, pp. 53-72, 1981.
13. 한국건설기술 연구원, **한국 확률강우량도의 작성**, 1988.
14. Chow, V. T., D. R. Maidment, and L. W. Mays, *Applied Hydrology*, McGraw-Hill International Editions, 1988.
15. Wenzel, H.G., *Rainfall for Urban Stormwater Design in Urban Stormwater Hydrology*, Water Resources Monograph 7, G.U., Washington, D.C., 1982.
16. 이원환, 박상덕, "서울지방의 통합형 확률강우강도식", **대한토목학회 논문집**, 제31권, 제4호, 1992.
17. 이원환, "한국 확률강우량도 작성을 위한 수문해석기법 개발", **한국수문학회지**, 제20권, 제2호, pp. 139-150., 1987.
18. Kite, G. W., *Frequency and Risk Analysis in Hydrology*, Water Resources Pub., 1977.
19. 이원환, **수문학**, 문운당, 1990.

(接受 : 1992. 12. 29)