

확률 강우강도식의 일반화

유 동 훈*

1. 서 론

지역 특성 및 재현기간의 장단에 따라 Talbot 형, Sherman 형, Japanese 형 등 몇가지 형태로 구분되어 확률 강우강도를 예측하는 산정식이 개발되어 왔으며, 이러한 형태 구분은 확률분포의 정밀도를 높이는데 필요할 것이다. 그러나 미계측지점을 예측하고자 할 때 기지점의 확률 강우강도식을 이용하고자 하면 형태의 통일이 전제되어야 하며, 이러한 형태의 통일 또는 일반화는 약간의 정밀도 감소가 따르더라도 표준화를 위하여 피치 못할 과정이 될 것으로 판단된다. 이러한 관점에서 이원환(1980)교수가 발표한 여러 형태의 확률강우강도식을 재현기간별로 일반화한 산정식을 도출하였으며, 이원환 등(1993)이 발표한 대표형 확률 강우강도식도 재현기간별로 일반화를 기하였다. 또한 한국건설기술연구원에서 발표한(1988) 한국확률강우량도로부터 일반형 확률강우강도식을 개발하였다.

2. 복합형 강우강도식의 일반화

Talbot 형, Sherman 형, Japanese 형 등 여러 형태의 복합형 확률강우강도식은 다음과 같이 표기된다.

$$I = \frac{A}{t^n + B} \quad (1)$$

여기서, $n=1$ 이면 Talbot 형, 0.5 이면 Japanese 형, B가 0 이면 Sherman형의 확률강우강도식이 된다. 상기 복합형 확률강우강도식의 계수 (A, n, B)들을 재현기간(T)에 따라 대수 함수적 분포로 일반화하였으며 일반화된 산정식은 다음과 같다.

$$A = a + b \cdot \ln T \quad (2)$$

$$B = c + d \cdot \ln T \quad (3)$$

$$n = e + f \cdot \ln T \quad (4)$$

상기식에서 a, b, c, d, e, f 는 상관계수이다. 이원환교수(1980)의 분석결과를 토대로 각 계측지점의 상관계수는 표 1 에 제시된 바와 같다.

3. 대표형 강우강도식의 일반화

이원환, 박상덕, 최성열(1993)은 대표형 확률강우강도식에서 사용되는 지역계수 n 와 B 를 20개 지역들에 대하여 자료 분석하여 제시한 바 있다. 표(2)에 제시된 바와 같이 계수 a 와 b 는 재현기간에 관계없이 지역별로 변이하는 순수 지역계수이며 n 와 B 는 지역특성뿐아니라 재현기간(T)에 따라 변함을 알 수 있다. 본 연구에서는 이원환 등(1993)이 분석하여 제시한 계수들을 재현기간(T)의 함수로 나타내고자 하였다. 이 계수들은 각각 일관성을 갖고 증가하거나 감소하는 현상을 보여 수식화하게 되었는데 이는 각 지역별 계수 값을 읽어 강우강도를 사용하는 것 보다 재현기간(T)을 대입함으로써 쉽게 강우강도를 사용할 수 있으리라 사료된다.

각 지역별 재현기간(T)에 따른 n 와 B 계수를 일반화하여 산정하고자 다음과 같은 상관관계식을 도출하였다.

$$n = \exp(d \cdot T^e + f) \quad (5)$$

$$B = \exp(g \cdot T^h + i) \quad (6)$$

상기식과 같이 대표형 산정식의 상관계수도 지점별로 재현기간 20년 이내의 자료를 분석하여 표 2 에 제시된 바와 같다.

* 아주대학교 토목공학과 부교수

표 1. 일반화된 복합형 확률강우강도식의 상관계수

지역	제연기간(년)	일반화된 복합형 확률강우강도식의 계수					
		a	b	c	d	e	f
서울	0~100	239.5	107.7	-0.054	0.268	0	0.5
경릉	0~100	127.3	49.2	0	0	0.005	0.432
여수	0~100	212.3	90.3	0.235	0.118	0	0.5
포항	0~100	164.8	111.1	0	0	0.02	0.532
부산	0~100	231.6	134.5	0.2	0.739	0	0.5
울산	0~100	225.1	33.5	0	0	-0.028	0.5
인천	0~20	225.6	104.3	-0.175	0.697	0	0.5
	30~100	5468.4	1283.9	-3.3	71.2	0	1
주동형	0~3	260.4	130.7	0	0	1.44	0.95
	5~100	3115.8	972.5	-3.3	71.2	0	1
대구	0~3	165.8	167.7	0	0	1.71	0.56
	5~100	3234.8	1041.1	-0.67	43.8	0	1
목포	0~100	241.5	55.2	0	0	0	0.51
광주	0~10	343.2	53.8	0	0	-0.026	0.587
	20~100	244.9	64.0	0.13	-0.597	0	0.5
전주	0~10	297.2	81.4	0.211	-0.666	0	0.5
	20~100	4056.6	2007.4	5.2	40.2	0	1

표 2. 각 지역의 일반화된 대표형 확률강우강도식의 계수 (단기간 (20년) 자료를 이용)

지역	일반화된 대표형 확률강우강도식의 계수								
	a	b	d	e	f	g	h	i	
부산	603.75	624.9	0.52	-0.04	-0.93	95.98	0.001	-94.48	
영주	627.32	311.52	0.12	-0.52	-0.46	0.01	0.4	1.38	
춘천	373.37	136.48	0.2	-0.46	-0.69	1.76	-0.22	-0.91	
충주	160.08	288.67	12.79	0.001	-13.51	-1.9	-0.42	0.75	
주동형	166.59	569.94	46.12	0.001	-46.67	-2.35	-0.55	1.16	
대구	1072.2	182.09	0.26	-0.31	-0.46	1.45	-0.33	1.04	
대전	1386.3	140.06	0.39	-0.17	-0.62	1.30	-0.28	1.21	
인천	227.15	1187.5	15.14	0.001	-19.60	-1.38	-0.45	2.32	
전주	1440.1	137.26	0.43	-0.19	-0.63	1.00	-0.45	1.38	
경릉	165.06	293.41	-0.0006	0.78	-0.68	-1.9	-0.29	1.67	
군산	487.82	206.21	0.14	-0.30	-0.58	0.45	-0.92	0.72	
광주	720.88	21.33	0.44	-0.18	-0.79	-70.52	0.005	71.77	
목포	632.23	-59.29	0.78	-0.12	-1.16	-2.35	0.14	3.61	
포항	425.27	-29.86	0.91	-0.09	-1.34	-435.92	0.001	437.35	
서산	550.14	57.59	0.36	-0.25	-0.76	6.32	-0.065	-4.96	
서울	858.39	300.56	0.14	-0.43	-0.5	5.09	-0.06	-3.32	
속초	196.99	63.71	0.15	-0.4	-0.5	-7.35	0.05	8.6	
수원	182.67	367.85	-0.13	0.32	-0.28	8.97	-0.08	-6.22	
울산	390.03	25.766	0.61	-0.19	-1.13	-282.08	0.001	283.11	
여수	811.85	205.58	0.21	-0.30	-0.57	0.74	0.45	1.24	

수식화함에 있어서 이원환등(1993)이 제시한 계수들이 일반화하기에 일관성을 갖지 않은 부산(B), 청주(B), 충무(n), 강릉(n), 군산(B), 인천(n)에 대해서는 일관성을 갖도록 몇 개의 계수에 수정을 가하여 수식화 하였다. 특히 계수 B의 수식화에 있어 각 지역별 계수값이 -값을 갖고 있을 경우 $\exp(a \cdot T^b + c)$ 의 함수로는 표현이 불가능하므로 이 함수에 -1의 값을 더하여 표현하였다. 또한 단기간과 장기간으로 나누어 수식화하였는데 재현기간(T) 2년, 5년, 20년의 계수치를 프로그램의 DATA로 입력한 단기간에서의 수식화와 5년, 20년, 200년의 계수치를 입력한 장기간에서의 수식화로 구분하였다.

재현기간(T) 2년~20년의 강우강도식을 이용할 경우에는 단기간 강우강도식을 적용하고 재현기간(T) 20~500년일 경우에는 장기간 강우강도식을 적용하여야 한다. 장기간과 단기간으로 구분한 이유는 수공구조물의 특성에 맞게 보다 정확한 값을 적용하기 위함이고 또 하나의 이유는 단일식으로 표현함에 있어 정확한 수식을 얻기 힘들기 때문이다.

4. 일반형 강우강도식의 도출

전국적으로 일관성 있는 수공구조물의 계획설계와 실용적인 면에서 편리를 도모하기 위해서 한국건설기술연구원(1988)은 그림 1에 제시된 바와 같은 한국확률강우량도를 지속시간별, 재현기간별로 전국적인 강우량을 표시한 강우량도를 발표하였다. 본연구에서는 전국적으로 재현기간별, 지속시간별로 여러 확률강우량도를 참조하여 강우도분포가 첨두를 나타내는 정점과 최저점을 나타내는 곡점을 선정하였으며, 이들 기점에서의 확률강우강도식을 유추하였다. 이는 미계측지점의 강우강도를 산정하는데 있어 정확도를 기하고자 하는데 주 목적이 있다.

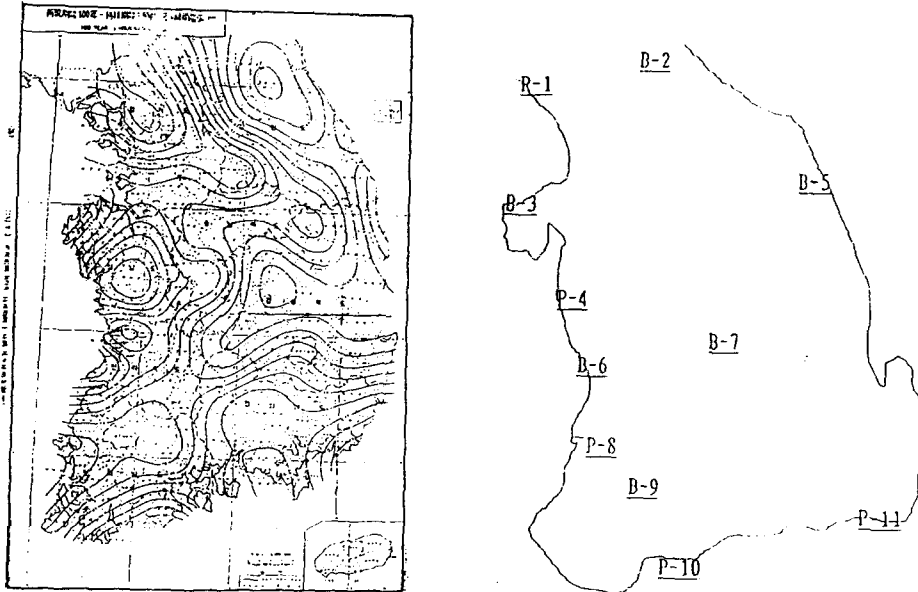


그림 1. 한국건설기술원(1988)의 확률강우량도 (T = 100 year, t = 1 hr) 와 선정된 정점과 곡점의 위치

정점과 곡점에서의 확률강우강도식의 유형은 전절에서 언급한 혼합형 확률강우강도 일반화의 형태를 식 (1)로 표현하였는데 지역계수 산정식 $n(T)=e+f \cdot \ln(T)$ 에서 표 (1)에 제시된 바와 같이 $f \approx 0$ 이므로 지역계수 n은 재현기간의 함수가 아닌 상수로 정하고 다음과 같은 일반형으로 나타내었다.

$$I = \frac{a+b \cdot \ln T}{t^n + (c+d \cdot \ln T)} \quad (7)$$

먼저 강우강도식을 구하려면 상관계수값(a, b, c, d, n)을 알아야 한다. 기지 값으로는

강우강도(I), 재현기간(T), 지속기간(t) 으로 식(7)을 전개하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$a + \ln(T) \cdot b - I \cdot c - I \cdot \ln(T) \cdot d = I \cdot t^n \quad (8)$$

본 연구에서는 재현기간(T)를 2년, 5년, 10년, 20년, 50년까지 5가지를 택하고 지속시간(t)은 30분, 1시간, 2시간, 3시간, 6시간, 12시간으로 6가지 택하여 총방정식수는 한 지점에 25개씩 나온다. 확률강우강도식을 구하기 위해서는 기지값(재현기간, 지속기간, 강우강도)를 제외한 상관계수(a, b, c, d, n)을 구해야 한다. 그러나 식(8)을 보면 좌, 우변 모두 미지수를 갖고 있기 때문에 지역계수 n을 0.1 부터 1까지 0.1간격으로 n값을 가정하여 시행오차법으로 해를 구하여 n값에 따른 상관계수(a, b, c, d)를 계산하였다.

n값의 변화에 따라 25개의 방정식해를 가장 근접하게 만족하는 n값중 가장 오차가 작은 값을 찾아 n값으로 정하였다. n값이 0.5일 때 모든 지점에 만족하지 않고 지점마다 약간의 차이가 있다. B-(3, 5, 6) 지점과 P-(4, 8, 10, 11) 지점의 경우는 n의 값이 0.5일때 가장 오차가 작으며 P-1, B-2 지점은 n값이 0.7일 때 B-7 지점은 n값이 0.3일때 B-9 지점은 n값이 0.1일때 오차가 작음을 알 수 있었다. 대다수 지점에서 n값이 0.5일.경우 오차가 가장 작고, 그 외 지점에서도 n의 값 0.5와 그다지 큰 차이를 보이지 않아 n값을 0.5로 통일하였다. n값을 0.5로 정한 계수 (a, b, c, d)의 수치가 표 3 에 제시되어 있다.

표 3. 건기원 자료의 지역별 일반형 확률강우강도식의 상관계수 (n = 0.5)

(n = 0.5)				
계수 지역	a	b	c	d
P-1	31.591	13.795	-0.103	0.003
B-2	30.515	7.004	0.226	-0.013
B-3	27.807	7.264	-0.103	0.008
P-4	35.829	21.051	0.039	0.057
B-5	26.085	6.082	0.218	-0.009
B-6	45.246	8.896	0.216	-0.041
B-7	38.213	-1.383	0.279	-0.168
P-8	35.343	21.597	0.070	0.062
B-9	120.418	-7.267	1.651	-0.448
P-10	57.609	-2.690	0.630	-0.227
P-11	90.081	-4.231	1.033	-0.324

한국 건설기술 연구원에서 발표한 한국 확률강우량도에서의 강우강도와 본 연구에서 개발한 일반형 확률강우강도식으로부터의 강우강도를 각 지점별로 비교하여 그림 2 에 제시하였다. 각 지점별 지속시간의 함수로 재현기간에 따라 강우강도를 비교하였는데 P-1, B-2, B-3, P-4, B-5, B-6, B-7 지점의 경우 그림에서와 같이 일반형 확률강우강도와 강우량도상의 강우강도가 거의 같은 값을 가짐을 알 수 있다. 그러나 P-8, B-9, P-10, P-11 지점의 경우 많은 차이가 있는데 B-9지점의 경우 본 연구의 일반형 확률강우강도식으로 구한 재현기간별 강우강도가 매우 크고 P-10지점의 경우는 그와는 반대로 본 연구에서 구한 강우강도가 작은 현상을 보인다.

많은 차이를 보이는 지역들은 모두 남부지방이라는 공통점을 발견할 수 있었고 이런 차이를 보이는 이유로는 지역계수 n값을 모두 0.5로 고정시켜 많은 무리가 있지 않으나 예상해 보았으나 그림 2 의 각 지점별 n값에 따른 재현기간별 강우강도의 오차를 보면 남부지방으로 갈수록 오차가 커짐을 알 수 있으나 n값이 0.5이외의 값들에서도 큰 오차를 나타냄으로 지역계수 n값에 의한 영향은 아니라 생각되어진다.

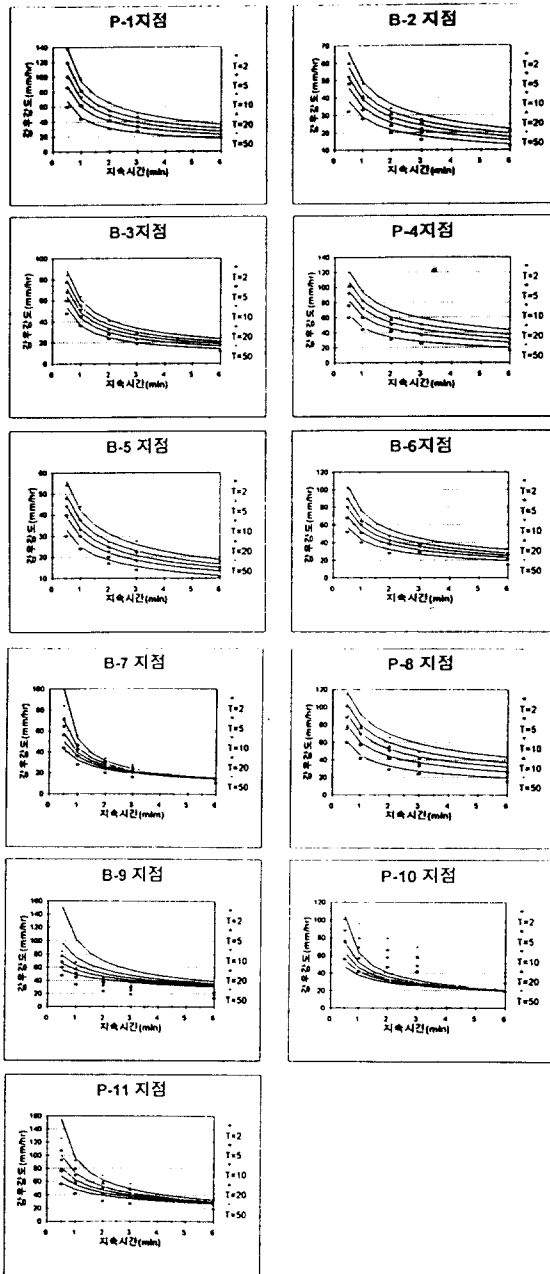


그림 2. 일반형 확률강우강도식과 강우량도의 강우강도 비교

5. 결 론

지금까지의 확률강우강도식은 강우의 특징에 따라 몇가지 형태로 구분되어져 있어 유출량 산정에 번거로움이 있어 왔음은 서론에서도 언급한 바 있다. 이러한 난점의 해결책으로 이원환(1992)교수가 발표한 혼합형 확률강우강도식을 지속시간별로 일반화하였으며, 이원환 등(1993)이 발표한 대표형 확률강우강도식도 지속시간별로 일반화하여 수식이용의 편리를 도모하였다.

또한 건설기술연구원에서 발표한(1988) 한국확률강우량을 참조하여 일반화된 확률강우강도식의 형태를 선정하였다. 여기서 주목할 것은 지금까지 확률강우강도식의 지역계수(n) 값이 0.5인 것과 동일하게 본 연구에서 도출한 일반형 확률강우강도식의 지역계수값도 또한 0.5 에서 가장 정확함을 알 수 있었다.

본 연구에서는 미계측지점의 확률강우강도를 직접 구하지는 않았지만 지금까지의 관측지점이 있는 중, 소 주요도시를 기준으로 삼각망에 의한 거리와 면적 가중치를 적용하여 구하였다. 본 연구에서는 삼각망의 삼각점이 되는 지점을 강우량도상의 꼭점과 정점을 택하여 위도, 경도 좌표에 의한 미계측 지점의 확률강우강도를 구할 수 있다는 점이 본 연구의 가장 중요한 성과라 하겠다. 그러나 보다 정확한 미계측지점의 강우강도를 구하기 위해서는 많은 지점들을 선정하여 강우강도를 도출하여야 할 것으로 사료된다.

사 사

본 연구의 제분석은 김원모군과 우지윤군의 도움으로 이루어졌으며, 보다 자세한 내용은 그들의 학사논문에 실려있으니 참고바란다.

참 고 문 헌

1. 김원모, 확률강우강도식의 일반화, 아주대학교 학사논문, 1994
2. 이원환, 박상덕, 서울지방의 통합형 확률강우강도식, 대한토목학회논문집, 제 12 권 제 4 호, pp. 135-143, 1992
3. 이원환, 박상덕, 최성열, 한국 대표확률강우강도식의 유도, 대한토목학회논문집, 제 13 권 제 1 호, pp. 115-120
4. 건설부, 수자원 관리기법 개발 연구조사 보고서, 제 2 권, 1988
5. 우지윤, 확률강우강도식의 일반화, 아주대학교 학사논문, 1993
6. 이원환, 도시하천 및 하수로 개수계획상의 계획강우량 설정에 대한 추계학적 해석, 대한토목학회논문집, 제 28 권 제 4 호, 1980