

설계강우의 임계지속시간에 대한 수문요소별 영향 분석

○문장원¹⁾, 정성원²⁾, 김동필³⁾

1. 서 론

치수목적의 수공구조물 설계를 위한 계획홍수량은 유출자료의 빈도분석 방법이나 강우-유출모형을 이용하여 산정되고 있다. 국내의 경우 유출자료가 절대적으로 부족한 상황이므로 통계적인 방법을 적용하기 어려우므로 상대적으로 자료가 많은 강우량의 빈도분석 결과인 확률강우량과 단위도법을 이용하여 홍수량을 산정하고 있다. 확률강우량과 단위도법을 이용하여 홍수량을 산정할 경우 설계강우의 지속시간에 따라 확률강우량의 크기는 크게 달라지게 되므로 이는 계획홍수량의 결정에 큰 영향을 미치게 된다. 또한 치수목적의 수공구조물은 그 특성상 계획홍수량 결정에 최대치 개념이 도입되어야 하므로, 설계강우의 지속시간을 결정할 경우 강우로 인한 유출이 최대가 되는 임계지속시간을 이용하여 검토하는 것이 필요하다. 최근 들어 수문실무에서도 설계홍수량 산정시 임계지속시간의 개념이 점차적으로 도입되어 적용되고 있으나, 아직까지 설계지침에는 이에 대한 명확한 기준이 구체적으로 제시되어 있지 못하다. 또한 임계지속시간의 개념으로 설계강우 지속시간을 결정할 경우, 각 단계별로 선택한 수문요소방법에 따라 산정된 임계지속시간은 큰 편차를 보일 수 있으므로, 이에 대한 영향들을 검토하여 정량화할 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 치수목적에서의 임계지속시간 개념으로 한정하여, 각 수문요소에 따른 임계지속시간의 변동양상을 파악함으로써 수문설계시 도움이 될 수 있는 자료를 제시하고자 하였다. 이 때 고려된 수문요소는 확률강우량의 재현기간, 강우시간 분포, 유효우량 산정시의 유출곡선지수 및 유출모형의 4가지 성분을 분석에 이용하였다.

표 1. 대상유역의 특성

하천	지점명	유역면적 (km ²)	유로연장 (km)	유로경사	평균폭 (km)	형상계수	도달시간 (hr)	CN	
								AMC-II	AMC-III
설마천	전적비교	8.50	5.80	0.02346	1.47	0.253	1.00	83.0	91.8
평창강	방림	519.69	51.85	0.00745	10.02	0.193	10.03	66.4	82.0
	하반	83.98	19.30	0.01315	4.35	0.225	5.56	65.0	81.0
	상안	396.25	44.20	0.00810	8.96	0.203	9.13	66.7	82.2
	백옥	142.26	22.95	0.01159	6.20	0.270	6.20	68.5	83.3
	장평	103.55	25.95	0.01248	3.99	0.154	6.45	65.8	81.6
	이목정	55.93	16.55	0.02037	3.38	0.204	4.67	70.0	84.3
보청천	산계	475.68	49.00	0.00582	9.71	0.198	14.08	77.8	89.0
	대부	346.54	30.32	0.00832	11.43	0.377	10.61	71.0	84.9
	탄부	72.53	19.20	0.01234	3.78	0.197	8.02	69.3	83.8
	평성	79.52	16.81	0.01369	4.73	0.281	7.40	67.2	82.5
	산성	53.72	13.01	0.01615	4.13	0.317	6.40	68.1	83.1
위천	무성	472.53	42.83	0.01078	11.03	0.258	4.49	65.8	81.6
	병천	302.13	40.65	0.01099	7.43	0.183	4.46	66.9	82.3
	마성	171.25	30.90	0.01398	5.54	0.179	4.27	69.2	83.8
	고동	109.73	18.90	0.02084	5.81	0.307	3.95	73.1	86.2
	동곡	33.63	8.00	0.04057	4.20	0.525	3.46	76.2	88.0
	효령	151.03	21.80	0.03109	6.93	0.318	3.92	64.2	80.5

2. 임계지속시간의 개념

임계지속시간(critical duration of rainfall)이란 설계강우에 의해 발생하는 유출량이 강우의 시간적 분포에 따라 변화되는 점을 고려하여 기존의 홍수도달시간을 설계강우의 지속시간으로 설정하는 고전적인 개념에서 벗어나, 설계하고자 하는 수공구조물의 특성에 따른 설계유출량을 파악하고자 하는 시도에서 비롯된 개념이다(심재현과 조원철, 1998).

임계지속시간에 대한 산정기준은 설계하고자 하는 수공구조물의 목적에 따라 두 가지 경우, 즉 침투유량의 최대치와 총 유출용적의 최대치 기준으로 분류할 수 있다. 설계하고자 하는 구조물이 홍수시 침투유량을 소통시켜야 하는 하수관거나 방류구조물일 경우에는 침투유량의 최대치가 임계지속시간을 산정하는 기준이 되며, 홍수시 유출량의 저류가 목적일 경우에는 총 유출용적의 최대치가 그 기준이 된다. 유출용적이나 침투유량 모두 강우의 지속시간에 의해 변화하게 되며, 강우지속시간을 변화시켜 유출계산을 수행한 후 각각의 경우가 최대값을 보이는 지속시간을 임계지속시간으로 산정하게 된다. 그러나 임계지속시간은 해당 유역의 토양 및 토지이용 특성, 강우의 시간적 분포, 적용 유출모형의 특성 등의 영향을 받아 각각의 경우에 따라 변화하기 때문에 전 세계적으로도 확정적인 설계과정이나 공식이 제안되지는 못한 실정이다.

1) 한국건설기술연구원 수자원환경연구부 연구원(E-mail: jwmoon@kict.re.kr)
 2) 한국건설기술연구원 수자원환경연구부 선임연구원(E-mail: swjung@kict.re.kr)
 3) 한국건설기술연구원 수자원환경연구부 연구원(E-mail: dpkim@kict.re.kr)

3. 적용된 수문모형에 대한 고찰

3.1 확률강우량 및 강우시간분포 모형

결정된 설계빈도에 대한 강우량의 결정은 과거에 관측된 지점 강우자료를 빈도분석하여 산정하는 확률강우량을 주로 이용한다. 확률강우량은 지점별로 나타내거나 면적 확률강우량, 강우강도-지속기간-빈도 관계식이나 곡선으로 표현된다. 본 연구에서는 임계지속기간 산정을 위한 지속기간별 확률강우량의 결정을 위해 가장 최근의 연구결과인 1999년 수자원관리기법개발연구조사 보고서에서 제시된 확률강우강도식을 이용하였으며, 설마천은 서울, 평창강은 원주, 보청천은 대전, 위천은 대구지점의 관계식을 이용하여 지속기간별 확률강우량을 결정하였다. 이 때 확률강우량의 재현기간은 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200년의 7가지 경우를 이용하였으며, 지속기간은 1시간부터 48시간까지 1시간 간격으로 적용하였다.

결정된 총 강우량의 시간분포를 위해 제시된 방법은 여러 가지가 있으나, 본 연구에서는 국내 수문실무에서 많이 이용되고 있는 Huff의 4분위법과 Yen과 Chow의 삼각형분포를 이용하였으며, Huff의 4분위법 적용을 위한 무차원 누가곡선은 1999년 수자원관리기법개발연구조사 보고서에서 제시된 결과를 6차 회귀방정식으로 재 작성하여 이용하였다. 이 때 각 대상유역의 무차원 누가곡선은 확률강우량 산정시와 마찬가지로 서울, 원주, 대전, 대구지점의 결과를 이용하였다. 또한 Yen과 Chow 분포법을 적용하기 위해 이정식 등(2001)에 의해 제시된 전방, 중앙, 후방집중형 분포형태를 이용하였다.

3.2 SCS 유출곡선지수법

재현기간별 확률강우량을 시간분포한 우량주상도로부터 유출량을 결정하기 위해서는 먼저 총 우량으로부터 직접유출에 기여한 성분인 유효우량을 분리해야 한다. 본 연구에서는 이를 위해 미국토양보존국에 의해 제시된 SCS 유출곡선지수법을 이용하여 유효우량을 산정하였다. 이 때 SCS 유출곡선지수법에 있어 중요한 변수인 유출곡선지수에 따른 임계지속기간의 영향정도를 판단하기 위해 AMC-II, III 조건 및 이를 가중하여 적용하는 방법인 CN37 방법(윤태훈, 1991)을 이용하여 각각의 경우에 대한 임계지속기간을 산정한 후, 그 결과를 상호 비교하였다.

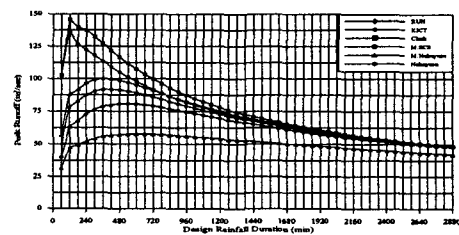
3.4 유출모형

결정된 유효우량의 시간적 분포로부터 유출계산을 수행하기 위해 본 연구에서는 단위도법을 이용하였다. 이용된 방법은 대상지점에서의 대표단위도와 5가지 합성단위도법(KICT 합성단위도, Clark의 유역추적법, 수정 SCS, 수정 Nakayasu, Nakayasu 방법)으로, 이 중 Clark의 유역추적법과 Nakayasu 방법 이외의 나머지는 최근 국내 자료를 이용하여 분석 제시된 방법들이며, 대표단위도는 2000년 건기연의 연구결과를 통해 제시된 결과를 이용하였다.

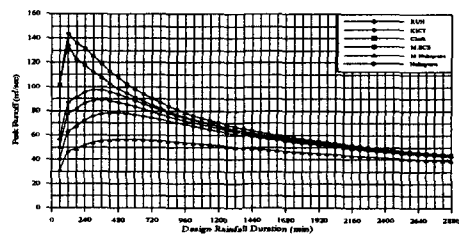
4. 임계지속기간의 산정

18개 대상유역에 대해 각 경우에 대한 확률강우량을 산정한 후 Huff 분포와 Yen과 Chow 방법에 의해 시간분포하였으며, 이를 SCS 방법에 적용하여 각각에 대한 유효우량주상도를 결정하였다. 결정된 유효우량주상도를 6가지 유출모형에 적용하여 직접유출량을 결정하였으며, 최대유출량을 나타내는 강우지속기간을 해당 유역의 임계지속기간으로 산정하였다. 임계지속기간 산정시 1시간부터 48시간까지 각각의 강우지속기간에 대해 7가지 재현기간과 7가지 강우시간분포(Huff 1, 2, 3, 4분위, Yen과 Chow 전방, 중앙, 후방집중형)를 이용하였으며, 유효우량 산정을 위한 유출곡선지수는 AMC-II, III 및 두 가지를 가중하여 적용하는 방법인 CN37법의 3가지 경우에 대해 분석을 수행하였다. 그림 1은 설마천 전적비교 지점에서 재현기간 50년, AMC-III 조건일 경우 6개 유출모형별로 지속기간에 따른 첨두유출의 변화를 도시한 것이다.

그림 1을 살펴보면 각 유출모형에 따라 첨두유출의 크기가 매우 큰 차이를 나타내고 있음을 알 수 있으며, 첨두유출의 최대치가 증가할수록 임계지속기간은 반대로 짧게 나타나고 있음을 알 수 있다. 이러한 경향은 나머지 17개 대상지점에서 동일하게 나타나고 있었으며, 이러한 결과는 특정 지점에서의 임계지속기간이 단위도의 특성에 대해 영향을 받고 있음을 나타내는 결과로 보여진다.



(a) Huff 3분위



(b) Yen과 Chow 후방집중형

그림 1. 유출모형별 지속기간에 따른 첨두유출의 변화(전적비교 지점)

5. 수문요소별 임계지속기간에 대한 영향 검토

5.1 재현기간에 따른 영향 검토

단위도법을 이용하여 설계홍수량을 산정할 경우 설계강우의 빈도와 이로부터 계산되는 홍수량의 빈도가 동일한 것으로 가정하는 것이 일반적이며, 따라서 결정된 설계빈도에 따른 확률강우량을 산정하여야 한다. 임계지속기간의 개념을 수공구조물의 설계에 도입하여 적용하고자 한다면 확률강우량의 빈도에 의한 영향이 명확하게 평가되어야 하며, 여기서는 본 연구에서 임계지속기간의 산정에 이용된 확률강우량의 재현기간별 영향 정도를 판단하고자 하였다.

이를 위해 설마천 및 3개 IHP 대표유역에서 각각 1개 지점을 선정하여 해당 지점에서의 재현기간별 임계지속기간 산정결과를 비교함으로써 그 영향을 분석하였다. 선정된 4개 유역은 각각 설마천 전적비교 지점, 평창강 백옥포 지점, 보청천 탄부 지점, 위천 동곡 지점이며, 각각의 수문요소 조건에 따라 동일한 분석을 수행하였다.

그림 2는 6개 유출모형별로 각각의 유출곡선지수조건 및 시간분포에 따라 산정된 임계지속기간을 재현기간별로 비교 도시한 그림이다. 이를 통해 분석대상지점인 4개 지점 모두 각 경우별로 산정된 임계지속기간은 재현기간에 관계없이 일정한 결과를 나타내고 있음을 알 수 있다. 또한 유출모형별로 비교했을 경우에도 산정된 임계지속기간 값의 차이는 있으나 재현기간에 따라 거의 변화 없이 일정한 결과를 나타내고 있으며, 이러한 결과는 시간분포 및 유출곡선지수조건에 관계없이 동일하게 나타나고 있다. 따라서 임계지속기간에 대한 확률강우량의 재현기간의 영향은 매우 미미한 것으로 판단할 수 있으며, 이러한 결과로부터 이후 이루어지는 분석은 재현기간 50년과 100년에 대한 결과로 한정하여 수행하였다.

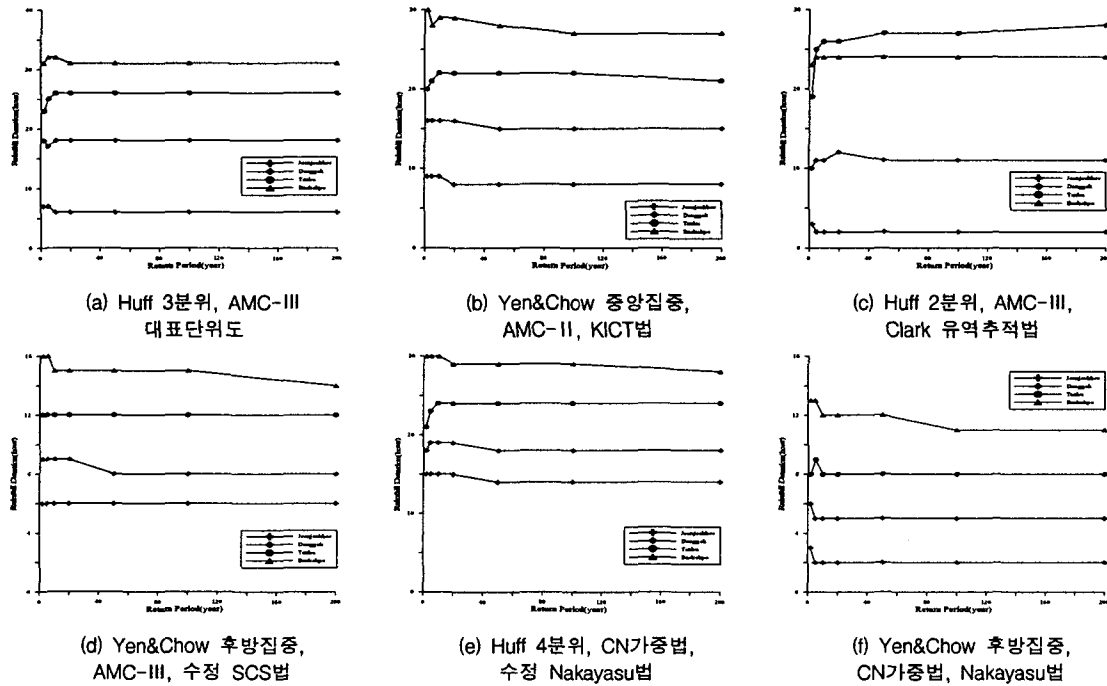


그림 2. 재현기간별 임계지속기간의 변화양상

5.2 강우시간분포 방법에 따른 영향 검토

Pilgrim(1987)은 침투유출량 및 홍수수문곡선의 형상이 강우시간분포에 따라 최대 50%까지 편차를 나타내고 있다는 결과를 통해 시간분포의 중요성을 간접적으로 제시한 바 있다. 본 연구에서는 강우시간분포에 따른 영향의 판단을 위해 먼저 Huff 및 Yen과 Chow 방법에서 침투강우의 위치에 따른 영향을 비교 검토한 후, 상대적으로 분포형태가 유사하다고 볼 수 있는 Huff 3분위와 Yen과 Chow 후방집중형 분포에서의 결과의 비교를 수행하였다.

시간분포에서 침투강우의 위치에 따른 영향 검토를 위해 Huff 분포의 경우, 3분위를 이용한 산정결과를 기준으로 1, 2, 4분위에서의 결과와의 비를 산정하여 변동양상을 파악하고자 하였으며, Yen과 Chow 분포에서는 중앙집중형을 기준으로 전방 및 후방집중형에서의 결과와의 비를 산정하여 비교하였다. 표 2와 3은 이러한 방법으로 분석을 적용한 경우, 재현기간 50년에 대해 각 조건별로 산정된 임계지속기간 비율의 전 지점에 대한 평균을 Huff 및 Yen과 Chow 방법별로 정리한 것이다.

표 2와 3의 결과를 통해 먼저 Huff 분포의 경우, 유출모형과 유출곡선지수에 관계없이 1, 4분위에서의 임계지속기간이

3분위보다 20~40% 정도 크게 산정됨을 알 수 있으며, 2분위는 3분위와 거의 동일하게 나타나고 있다. 또한 Yen과 Chow 분포에서는 중앙집중형을 기준으로 전방집중형은 약 10% 정도 작은 값이, 후방집중형은 약 10% 정도 크게 산정되는 결과를 나타내고 있음을 알 수 있다. 따라서 이러한 결과는 동일한 시간분포 방법이라 할 지라도 침투강우의 위치가 다를 경우, 임계지속기간은 다르게 적용되어야 함을 나타내주는 결과라 할 수 있다.

표 4는 Huff 3분위에서의 결과와 Yen과 Chow 후방집중형의 결과를 비교한 것으로, Yen과 Chow의 결과를 기준으로 Huff 3분위 결과와의 비율을 산정하여 정리한 것이다. 두 가지 분포를 비교한 결과, Huff 3분위의 결과가 약 10~20% 정도 크게 산정되는 것으로 나타났으며, 유출모형에 관계없이 동일한 양상을 보여주고 있다.

표 2. Huff 분포에서 침투강우 위치별 임계지속기간의 변화(재현기간 50년)

구 분	임계지속기간 산정비율(3분위 결과 기준)																	
	대 표 단 위 도			KICT			Clark			수 정 SCS			수 정 Nakayasu			Nakayasu		
	분 위 수			분 위 수			분 위 수			분 위 수			분 위 수					
	1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4
AMC-II	1.32	1.03	1.15	1.35	1.03	1.17	1.35	1.03	1.24	1.38	1.01	1.22	1.35	1.00	1.18	1.48	1.06	1.10
CN가중법	1.40	1.02	1.20	1.41	1.02	1.20	1.34	1.00	1.22	1.37	0.99	1.23	1.33	0.97	1.20	1.40	1.02	1.14
AMC-III	1.42	1.03	1.22	1.42	1.02	1.21	1.35	0.99	1.18	1.36	0.99	1.23	1.35	0.97	1.21	1.38	1.01	1.12

표 3. Yen과 Chow 분포에서 침투강우 위치별 임계지속기간의 변화(재현기간 50년)

구 분	임계지속기간 산정비율(중앙집중형 결과 기준)											
	대 표 단 위 도		KICT		Clark		수 정 SCS		수 정 Nakayasu		Nakayasu	
	전 방	후 방	전 방	후 방	전 방	후 방	전 방	후 방	전 방	후 방	전 방	후 방
AMC-II	0.89	1.08	0.89	1.07	0.89	1.08	0.87	1.10	0.86	1.12	0.89	1.07
CN가중법	0.91	1.07	0.90	1.07	0.90	1.10	0.88	1.08	0.88	1.14	0.89	1.09
AMC-III	0.89	1.05	0.91	1.07	0.90	1.10	0.90	1.09	0.90	1.15	0.88	1.08

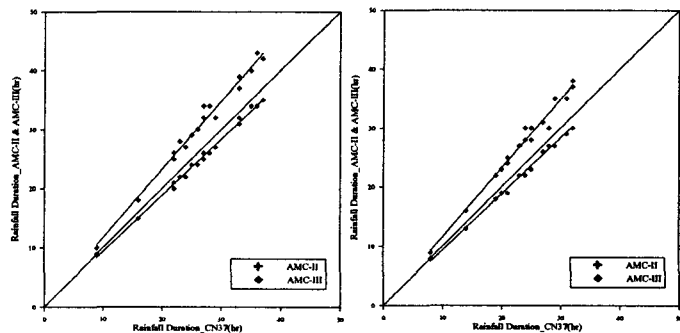
표 4. 시간분포방법에 따른 임계지속기간 변화양상 비교(재현기간 50년)

구 분	임계지속기간 산정비율(Yen과 Chow 후방집중형 산정결과 기준)					
	대 표 단 위 도	KICT	Clark	수 정 SCS	수 정 Nakayasu	Nakayasu
	Huff 3분위	Huff 3분위	Huff 3분위	Huff 3분위	Huff 3분위	Huff 3분위
CN가중법	1.15	1.15	1.13	1.14	1.12	1.11
AMC-III	1.16	1.16	1.13	1.14	1.11	1.14

5.3 유출곡선지수에 따른 영향 검토

유출계산시 유효우량 산정방법으로 SCS 유출곡선지수법을 이용하게 되면, 유출곡선지수의 적절한 결정은 매우 중요한 의미를 갖는다. 본 연구에서는 AMC-II, III 및 CN가중법에서의 유출곡선지수에 따라 산정되는 임계지속기간을 비교하여 이로 인한 영향을 검토하고자 하였다. 분석방법은 세 가지 조건 중 유출곡선지수의 크기가 중간정도로 볼 수 있는 CN가중법을 기준으로 AMC-II, III 조건에서 산정된 임계지속기간과의 비율을 산정하여 변동양상을 비교하였다. 이러한 분석은 Huff 분포와 Yen과 Chow 분포에 대해 별도로 수행되었으며, 그림 3은 재현기간 100년에서 KICT 합성단위도법을 이용하여 산정된 결과를 도시한 것으로, 다른 경우에 대해 비교한 결과에서도 이와 동일한 결과를 나타내고 있었다.

그림에 나타난 결과를 통해, AMC-II에 비해 AMC-III에서의 결과가 CN가중법과 전반적으로 유사하게 나타나고 있음을 알 수 있다. CN가중법에 비해 AMC-II에서는 약 10~20% 정도 큰 값이 산정되고 있었으며, AMC-III 조건에서는 10% 이내로 작게 산정되는 결과를 나타내고 있었다. 이러한 결과는 AMC-II의 경우 유역의 습윤정도가 낮아 초기손실과 전체 손실



(a) Huff 3분위, 100년, KICT

(b) Yen과 Chow 후방집중, 100년, KICT

그림 3. 유출곡선지수 조건에 따른 임계지속기간의 비교

량이 크게 산정되므로, 각 시간분포형에 따라 실제 유효수량 시작 시점이 지연되거나 우량의 분포가 상대적으로 평탄해지는 결과를 초래하게 되어 이와 같은 현상이 나타나고 있다고 판단할 수 있다. 따라서, AMC-II를 제외한 나머지의 경우들은 추가적인 분석없이 동일한 임계지속기간을 이용하여도 무방할 것으로 생각된다.

5.4 유출모형에 따른 영향 검토

지금까지의 연구결과에 의하면 설계강우로부터 산정되는 홍수량은 이용되는 단위도에 따라 상당한 양의 차이를 나타낸다고 알려져 있으며, 따라서 임계지속기간 또한 유출모형에 의해 많은 영향을 받을 것임을 미루어 판단해볼 수 있다. 그러나 아직까지 유출모형에 따른 임계지속기간의 영향 정도에 대한 연구결과는 미흡한 상황이며, 본 연구에서는 이에 대한 영향 정도를 판단하기 위해 각 유출모형별로 산정된 임계지속기간을 비교하였다. 표 5는 재현기간 50년과 100년에 대한 각 조건별 비교 분석결과에서 전 지점에 대한 평균값을 정리한 것이다.

비교결과로부터 각 시간분포 방법에 따라 6가지 유출모형별로 산정된 임계지속기간은 크게는 두 배 이상의 편차를 보이며, 이러한 결과는 시간분포 방법에 관계없이 동일하게 나타나고 있다. 각 모형별로 Nakayasu 방법, 수정 SCS, Clark 및 수정 Nakayasu, KICT 합성단위도의 순서로 임계지속기간이 증가하고 있으며, 대표단위도와 KICT 합성단위도법에서의 결과가 상대적으로 유사하게 나타나고 있으나, 이는 두 가지 방법이 단위도의 종거를 결정하는 방법과 단위도의 특성이 유사하다는 특성이 반영된 결과로 보여진다. 따라서, 계산되는 홍수량 뿐만 아니라 임계지속기간 또한 유출모형의 영향을 크게 받는다고 볼 수 있으며, 이러한 결과는 적용된 단위도의 형태에 의한 영향인 것으로 판단된다.

표 5. 유출모형별 임계지속기간의 변화

구 분		임계지속기간 산정비율 평균(대표단위도 결과 기준)											
		대표단위도		KICT		Clark		수정SCS		수정Nakayasu		Nakayasu	
		CN37	AMC-III	CN37	AMC-III	CN37	AMC-III	CN37	AMC-III	CN37	AMC-III	CN37	AMC-III
Huff 3분위	50년	1.00	1.00	0.99	1.01	0.84	0.83	0.64	0.64	0.88	0.87	0.43	0.42
	100년	1.00	1.00	0.99	1.00	0.83	0.83	0.64	0.63	0.87	0.86	0.42	0.41
Yen과 Chow 후방집중	50년	1.00	1.00	0.99	1.01	0.85	0.85	0.64	0.66	0.91	0.91	0.45	0.43
	100년	1.00	1.00	1.00	1.01	0.86	0.86	0.65	0.66	0.93	0.90	0.44	0.42

6. 유출모형별 임계지속기간에서의 홍수량 분석

6.1 유출모형별 임계지속기간에서의 첨두유출량 비교

일반적으로 이용된 유출모형에 따라 산정되는 홍수량의 크기는 매우 달라지는 것으로 알려져 있으며, 본 연구에서는 대표단위도를 이용하여 해당 지점에서의 임계지속기간에서 산정된 홍수량을 기준으로 나머지 합성단위도법을 통해 산정된 홍수량과 비교하였다. 이를 위해 나머지 수문요소 조건들은 각각 재현기간 50년, AMC-III, Huff 3분위 및 Yen과 Chow 후방집중형으로 고정시켜 유출모형에 따른 첨두유출의 변화만을 비교 검토하였다.

그 결과, 시간분포 방법에 관계없이 각 유출모형에 따라 산정된 임계지속기간에서의 첨두유출량은 대표단위도에 의한 결과를 기준으로 약 -60~65%의 차이를 나타내고 있었으며, 각 방법별로는 Nakayasu 합성단위도법을 이용하여 산정된 첨두유출이 가장 크고, 수정 Nakayasu 방법에 의한 결과가 가장 작은 첨두유출을 나타내고 있었다. 이러한 결과는 설계목적에 맞는 적절한 유출모형의 선택에 대한 중요성을 의미하는 결과라고 할 수 있으며, 보다 신중한 판단이 필요함을 알려주는 결과라고 할 수 있다.

6.2 임계지속기간과 24시간 지속기간에서의 첨두유출량 비교

지금까지 국내 수문실무에서는 설계강우의 지속기간을 1일 또는 24시간으로 고정하여 분석을 수행하여 왔다. 따라서 임계지속기간의 개념을 수문설계에 도입하기 위해서는 먼저 기존 분석방법에 의한 결과와의 비교 분석이 선행될 필요가 있으며, 본 연구에서는 이를 위해 18개 대상지점에 대해 산정된 임계지속기간 및 지속기간 24시간에서의 홍수량을 비교하여 보았다. 이를 위해 유출모형을 제외한 나머지 수문요소 조건은 Huff 3분위 및 Yen과 Chow 후방집중형, 재현기간 50년, AMC-III 조건으로 고정하였으며, 24시간에서의 홍수량을 기준으로 임계지속기간에서의 홍수량과 차의 백분율을 구하여 비교 분석에 이용하였다. 그림 4는 분석결과를 유역면적별로 도시하여 변동양상을 나타낸 내용이다.

그림 4의 결과를 살펴보면 시간분포에 관계없이 유역면적이 증가함에 따라 홍수량의 차이가 감소하는 결과를 나타내고 있으며, 특정 유역면적 범위에 이르르면 그 차이가 거의 나타나지 않거나 다시 증가하는 양상을 나타내고 있음을 알 수 있다. 따라서 두 경우간의 홍수량 차이에 대한 기준을 10% 정도로 결정한다면 이 범위보다 큰 차이를 보이는 유역면적 범위에서는 임계지속기간의 산정을 통한 홍수량의 산정이 필요하다고 볼 수 있으며, 이 기준보다 작은 차이를 보이는 경우에는 24시간 홍수량을 설계홍수량으로 이용하여도 무방할 것으로 판단할 수 있을 것이다.

그림 4의 결과에서 면적이 200km² 보다 큰 유역에서는 대체적으로 임계지속기간에서의 홍수량과 24시간 홍수량의 차이

가 매우 작게 나타나고 있으므로, 유역면적 200km²를 24시간 지속기간의 적용한계라고 볼 수 있을 것이다. 따라서 6.1절의 결과와 본 절의 결과를 통해 유역면적 200km² 이하의 소규모 유역에서는 임계지속기간에 대한 고려와 함께 적정 유출모형의 선택에 신중한 판단이 필요하다는 결론을 얻을 수 있으며, 이보다 큰 유역에서는 임계지속기간에 의한 홍수량의 차이보다는 유출모형에 의한 차이가 훨씬 크게 나타나므로 24시간 지속기간을 이용하더라도 유출모형을 좀더 신중히 선택 적용할 필요가 있을 것으로 판단된다. 단, 본 연구의 결과는 이용 가능한 수문요소 방법 중 일부만을 이용하여 제시된 결과이므로 추후 보다 다양한 방법에 대한 분석 등의 수행을 통해 보다 일반적인 기준의 제시가 가능할 것으로 생각된다.

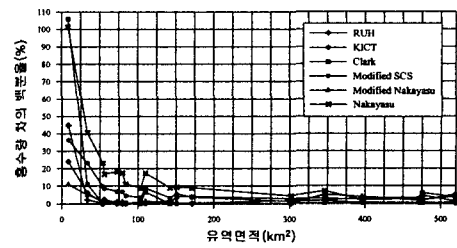
7. 결 론

본 연구에서는 설마천 및 3개 IHP 대표유역에 위치한 18개 지점을 대상으로 임계지속기간을 산정하였으며, 각 수문요소별 영향 검토 및 산정된 홍수량에 대한 비교 분석을 수행하였다. 이를 통해 수문설계시 이용할 수 있는 보다 일반화된 기준 마련을 위한 기초적인 연구를 수행하였으며, 이를 통해 얻어진 결과는 다음과 같다.

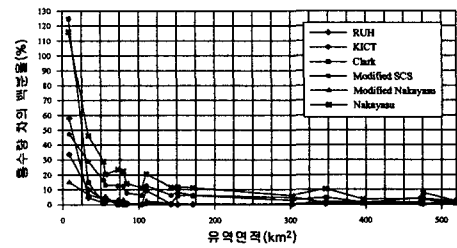
1. 확률강우량의 재현기간에 따른 영향을 검토한 결과, 산정되는 임계지속기간은 재현기간에 대해 큰 영향을 받지 않으며, 지점별로 재현기간에 관계없이 거의 동일한 결과를 나타내고 있었다.
2. 첨두강우의 위치에 따른 영향 분석 결과, Huff 분포의 경우 2, 3분위의 결과는 유사하게 나타나고 있었고, 1, 4분위의 결과는 상대적으로 크게 나타나고 있었다. Yen과 Chow 분포에서는 전방, 중앙, 후방집중형의 순으로 증가하고 있었다. 또한, 임계지속기간은 Huff 분포에서의 결과가 Yen과 Chow 분포의 결과보다 약 10~20% 정도 크게 나타나고 있었다.
3. 유출곡선지수에 따른 영향 검토 결과, CN가증법에 비해 AMC-II에서는 10~20% 정도 큰 값이, AMC-III에서는 10% 이내의 작은 값이 산정되고 있었다. 이러한 결과는 유출모형 및 시간분포에 관계없이 동일하게 나타나고 있었다.
4. 유출모형에 따라 산정된 임계지속기간은 두 배까지 차이가 나는 경우도 있었으며, 이러한 결과는 홍수량 뿐만 아니라 임계지속기간 또한 매우 큰 영향을 받고 있음을 나타내는 결과라고 할 수 있다.
5. 임계지속기간에서의 첨두유량을 각 유출모형별로 비교한 결과, -60~65%라는 큰 편차를 나타내고 있었으며, 이러한 결과를 통해 수문분석시 적정 유출모형 선정의 중요성을 확인할 수 있었다. 또한 임계지속기간에서의 홍수량과 24시간 홍수량과의 비교를 통해 유역면적 200km² 정도가 24시간 지속기간의 적용한계임을 개략적으로나마 판단할 수 있었으며, 이보다 작은 면적의 유역에서는 설계강우의 지속기간 결정시 임계지속기간 개념의 도입이 필요하다는 결론을 얻을 수 있었다.

참 고 문 헌

- 건설교통부(2000), 1999년도 수자원관리기법개발연구조사 보고서 : 제 1권 한국확률강우량도 작성, 제 2권 한국 가능최대강수량 추정 별책 제 2권 지역적 설계강우의 시간적 분포
- 심재현, 조원철(1998), 홍수도달시간과 임계지속기간의 개념 비교(II), 한국수자원학회지, 제 31권, 제 6호, pp.60~67
- 윤태훈(1991), 유효우량 산정을 위한 곡선번호방법의 적용성, 한국수문학회지, 한국수문학회, 제 24권, 제 2호, pp.97~108
- 이정식, 이재준, 박종영(2001), 수공구조물 설계를 위한 설계강우의 수문학적 특성 분석, 한국수자원학회 논문집, 한국수자원학회, 제 34권, 제 1호, pp.67~80
- 한국건설기술연구원(2000), 시험유역의 운영 및 수문특성 조사·연구 -합성단위도 개발을 중심으로-, 연구보고서, 건기연 2000-092
- Pilgrim, D.H.(1987), Australian Rainfall and Runoff -A Guide to Flood Estimation- Volume 1, The Institute of Engineers, Australia



(a) Huff 3분위



(b) Yen과 Chow 후방집중형

그림 4. 유역면적에 따른 홍수량 차의 변화