

# 설계강우의 임계지속시간과 유역특성인자의 상관성 분석

## Correlation Analysis of Watershed Characteristics and the Critical Duration of Design Rainfall

이정식\* · 신창동\*\* · 이봉석\*\*\*

Lee, Jung Sik · Shin, Chang Dong · Lee, Bong Seok

### Abstract

The objective of this study is to analyze the relationship between the watershed characteristics and the critical duration of design rainfall. For estimation of critical duration, adjustment Huff's method and ILLUDAS urban runoff model were applied to urban 21 areas. Watershed characteristics such as area, channel length, channel slope, shape factor, and pipe density were used to simulate correlation analysis. The conclusions of this study are as follows; it is revealed that critical duration is influenced by the watershed characteristics such as pipe density, area and channel length. Also, multiple regression analysis using watershed characteristics is carried out and the determination coefficient of multiple regression equation shows 0.972.

**key words** : critical duration, watershed characteristics, correlation analysis

### 1. 서론

설계수문량 결정에 있어서 강우지속시간에 따라 침투유량이 변화하므로 설계 강우지속시간은 매우 중요하며, 도시유출 해석 및 배수시설 시스템의 설계에 있어 매우 중요한 변수로 작용된다. 과거에는 유역에서의 도달시간을 설계강우의 지속시간으로 사용하였으나, 최근에는 주어진 유역의 배수계통에 최대의 부하를 발생시키는 지속시간을 의미하는 임계지속시간을 주로 사용하고 있다. 일반적으로 임계지속시간은 유역의 특성과 설계강우의 시간분포, 유출모형 등과 밀접한 관계를 가지고 있다. 유역의 특성들로는 유역면적, 유로연장, 유로경사, 형상계수, 관밀도 등이 있으며 이러한 특성치들의 정확한 산정 및 분석은 유역의 임계지속시간 산정에 있어 필수적이라 할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 실제 국내 도시유역의 배수구역을 선정하여 유역특성을 수집하고 유역별 임계지속시간을 산정한다. 산정된 임계지속시간과 유역특성간의 상관분석을 통하여 상대적으로 높은 상관성을 지니는 인자들을 파악하여 실무에서 기초자료를 수집하는 경우 보다 정확성을 가져야 하는 인자를 설정한다. 또한 임계지속시간과 유역특성인자와의 회귀분석을 통하여 임계지속시간 산정식을 제시함으로써 도시유역에서 치수구조물 설계 및 재난방지계획의 수립에 보다 효율적인 수행을 도모하고자 한다.

### 2. 대상유역 및 기본자료

본 연구에서 적용한 대상유역으로는 서로 다른 유역특성을 갖는 서울특별시 일원의 20개 배수구역과 부산광역시 동의대 시험유역을 선정하였다. 서울특별시의 배수구역은 1960년대 토지구획정리사업으로 조성되어 국가하천인 한강의 직·간접적인 영향을 받으며 빠른 인구증가 및 발전으로 인하여 급속한 도시화가 진

\* 정회원 · 금오공과대학교 토목환경공학부 · 교수 · E-mail : jungsik@kumoh.ac.kr

\*\* 정회원 · 금오공과대학교 토목공학과 · 박사과정

\*\*\* 금오공과대학교 토목공학과 · 석사과정

행되었다. 부산광역시의 동의대 시험유역은 가야동 일대의 동의대학교 일원으로서 21세기 프론티어 연구개발 사업인 수자원의 지속적 확보 기술개발사업의 일환으로, 1998년 3월 시험유역 선정 및 기초조사를 거쳐 2000년 7월부터 시험유역의 운영을 시작하였다(서규우 등, 2002). 대상배수구역의 배수관로시스템자료는 관할구청 하수과의 관망자료와 1/5,000 지도에서 수집하였으며, 대상지점별 유역특성은 표 1과 같다.

유역특성으로는 유역면적과 유로연장, 유로경사 및 형상계수, 관밀도를 선정하였으며, 관밀도는 유역내 관의 조밀상태 즉, 관의 많고 적음을 나타내는 척도로서 총 관의 길이를 유역면적으로 나눈 값으로 단위면적에 대한 관의 길이를 나타낸다.

표 1. 배수구역 유역특성

연번	배수구역	유역면적(km <sup>2</sup> )	유로연장(km)	유로경사(%)	형상계수	관밀도
1	신정3	0.259	0.651	0.200	0.611	5.405
2	심원	0.278	0.581	0.015	0.824	3.532
3	구로3	0.322	1.050	0.015	0.292	4.814
4	웅봉	0.422	0.633	0.015	1.055	2.945
5	구로2	0.506	1.352	0.493	0.277	3.059
6	구로1	1.260	1.435	0.015	0.612	1.413
7	용산	1.330	1.289	0.600	1.290	1.489
8	도림	1.520	1.897	0.098	0.422	1.481
9	성내	2.020	2.378	0.210	0.330	1.531
10	한남	2.350	1.962	2.240	0.650	1.201
11	철산	2.770	2.035	0.186	0.669	0.907
12	반포	3.520	3.384	0.230	0.300	1.242
13	은평	3.870	2.235	0.710	2.430	0.837
14	양평	4.020	2.987	0.620	0.451	0.880
15	자양	4.220	3.402	2.410	0.360	0.953
16	염창	4.520	3.025	1.480	0.520	0.785
17	양재	7.550	3.897	0.350	0.810	0.607
18	신정2	9.220	5.628	0.120	0.190	0.610
19	개봉	11.420	5.568	0.270	0.370	1.079
20	신정1	12.690	5.362	0.300	0.440	0.593
21	동의대	0.490	0.469	7.025	2.230	2.755

임계지속기간 산정을 위한 강우의 시간분포형으로는 대상지점의 시간분포를 보다 자세하게 분석한 수정 Huff분포형(이정식, 2005)의 무차원 누가곡선, 강우자료는 서울과 부산지점의 재현기간 5년 확률강우량(이정식, 2006), 도시유출모형으로는 ILLUDAS모형을 적용하였다.

### 3. 임계지속기간 및 상관성 분석

#### 3.1 임계지속기간 분석

수문량 산정에 영향을 미치는 주요한 인자로는 강우지속기간을 들 수 있으며, 우수관거 설계시에는 최대 침투유량을 발생시키는 지속기간을 임계지속기간이라 한다. 임계지속기간에 영향을 미치는 인자로는 유역특성과 강우특성으로 나눌 수 있으며, 본 연구에서는 유역특성이 중복되지 않는 국내 21개 배수구역을 선정하였다. 강우특성인자로서 재현기간은 배수구역내의 지선을 고려하여 5년으로 하였으며, 강우시간분포의 경우 대상유역이 도시유역인 관계로 강우발생 중에 많은 변화를 보이는 도시강우를 10분 자기우량지를 이용하여

기존의 시간분포 방법인 Huff 방법의 구간을 6분위로 확대·분석한 수정 Huff 6분위법을 적용하였다. 확률강우량의 경우에서도 최근의 강우사상이 고려되었으며, 10분 자기우량지를 이용하여 산정한 해당 유역의 확률강우량을 적용하였다.

각 배수구역에서 발생한 임계지속기간을 나타내면 표 2와 같다.

표 2. 배수구역별 임계지속기간

연번	배수구역	임계지속기간 (min)	연번	배수구역	임계지속기간 (min)	연번	배수구역	임계지속기간 (min)
1	신정3	30	8	도림	70	15	자양	70
2	심원	40	9	성내	60	16	염창	80
3	구로3	40	10	한남	70	17	양재	80
4	응봉	50	11	철산	70	18	신정2	80
5	구로2	50	12	반포	70	19	개봉	80
6	구로1	60	13	은평	70	20	신정1	90
7	용산	70	14	양평	80	21	동의대	50

### 3.2 유역특성인자와의 상관분석

대상지점별 유역특성인자들을 이용하여 임계지속기간과의 관계를 분석하였다. 유역특성인자들로는 유역면적( $A$ ), 유로연장( $L$ ), 유로경사( $S$ ), 형상계수( $S_f$ ), 관밀도( $P_d$ ) 등의 5가지 인자들로서, 임계지속기간과 각 유역특성인자들의 상관분석을 통하여 상관계수를 산정하였다. 임계지속기간과 유역특성인자들의 상관계수를 나타내면 표 3과 같다.

표 3. 임계지속기간과 유역특성인자와의 상관분석 결과

유역특성인자	유역면적(km <sup>2</sup> )	유로연장(km)	유로경사(%)	형상계수	관밀도
상관계수	0.778	0.828	0.084	0.141	0.938

표 3을 살펴보면, 임계지속기간과 유역특성인자와의 상관계수는 관밀도, 유로연장, 유역면적, 형상계수, 유로경사의 순서로 상관성이 높게 발생하였다. 따라서 도시유역에서의 임계지속기간은 유역에 매설되어 있는 관거의 밀도에 의하여 많은 영향을 받는 것으로 판단된다.

### 3.3 일반화된 임계지속기간 산정식 유도

전절에서 수행한 상관분석의 결과를 통하여 ILLUDAS모형에 의한 임계지속기간은 관밀도, 유로연장, 유역면적과 상관성을 보이는 것으로 나타나 이들 인자를 포함하는 임계지속기간 일반 회귀식을 제시하는 것이 가능할 것으로 판단된다. 회귀분석은 임계지속기간을 독립변수로, 유역특성인자를 종속변수로 하였으며, 다중 회귀식을 산정하였다.

표 4. 다중회귀분석 결과

독립변수	회귀식	표준 오차	결정 계수	비고
$P_d$	$CD = 84.258 - 10.741 P_d$	5.6753	0.938	
$P_d, L$	$CD = 71.904 - 8.208 P_d + 3.180 L$	4.2576	0.936	
$L, A$	$CD = 45.407 + 7.806 L + 0.08889 A$	9.8002	0.814	
$P_d, L, A$	$CD = 74.751 - 8.416 P_d + 0.348 L + 1.250 A$	4.1152	0.972	채택
$P_d, L, A, S_f$	$CD = 80.153 - 8.979 P_d - 1.680 L + 1.880 A - 2.317 S_f$	4.1016	0.973	
$P_d, L, A, S_f, S$	$CD = 80.282 - 8.987 P_d - 1.748 L + 1.907 A - 2.528 S_f + 0.129 S$	4.2314	0.973	

다중회귀분석 결과, 유도된 회귀식의 결정계수는 모두 0.80이상으로 나타나 높은 상관성을 지니는 것으로 나타났다. 그러나 일반화된 임계지속기간의 산정식의 경우, 유로경사와 형상계수는 임계지속기간의 결정에 영향이 적으므로 관밀도와 유로연장, 유역면적이 고려되어 가장 높은 결정계수를 나타내는 다중회귀식을 채택하였다.

#### 4. 결론

본 연구는 국내 도시유역에서 임계지속기간에 영향을 미치는 유역특성인자를 선정하고, 일반화된 임계지속기간 산정식을 제시하기 위하여 실제 배수구역에서 임계지속기간을 산정, 회귀분석을 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 도시유역에서 ILLUDAS모형을 대상으로 임계지속기간과 유역특성인자와 상관분석을 실시한 결과, 유역특성인자 중에서 관밀도, 유로연장, 유역면적, 형상계수, 유로경사의 순서로 상관성이 높게 발생하였다.
- (2) 상관분석의 결과를 바탕으로 임계지속기간과 유역특성인자와의 다중회귀분석을 실시하고, 결정계수가 가장 높은 임계지속기간 산정식을 제시하였다.
- (3) 도시유역에서의 임계지속기간은 유역에 매설되어 있는 관거의 밀도에 의하여 많은 영향을 받는 것으로 판단되며, 실무에서의 임계지속기간 산정시 배수구역의 관거 자료의 분석에 보다 많은 주의를 기울여야 할 것으로 생각된다.

#### 감사의 글

본 연구는 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁 시행한 2003년도 건설핵심 기술연구개발사업(03산학연C03-01)에 의한 도시홍수 재해관리 기술연구사업단의 연구성과입니다.

#### 참고문헌

1. 서규우, 김동현, 김대곤(2002). “도시유출해석을 위한 시험유역의 시스템 운영분석”, 한국수자원학회 학술발표회 논문집(I), pp.269~274.
2. 이정식(2006). 도시지역의 확률강우량 산정, 도시홍수 재해관리 기술연구사업단 연구보고서 FFC05-07.
3. 이정식(2005). 도시강우의 시·공간적 분포 분석, 도시홍수 재해관리 기술연구사업단 연구보고서 FFC04-06
4. Terstriep, M.L. and Stall, J. B.(1974). “The Illinois urban drainage area simulator.”, ILLUDAS, Bulletin 58, State Wat. Surv., Urban, Illinois.