

## 중소하천유역의 임계지속시간 결정에 관한 연구

안 승 섭 · 이 효 정 · 정 도 준\*

경일대학교 건설정보공학과, \*경일대학교 대학원  
(2007년 9월 11일 접수; 2007년 10월 11일 채택)

### Study on the Critical Storm Duration Decision of the Rivers Basin

Seung-Seop Ahn, Hyeo-Jung Lee\* and Do-June Jung\*

Department of Construction and Geoinformatics Engineering, Kyungil University, Daegu 712-701, Korea

\*Graduate School, Kyungil University, Daegu 712-701, Korea

(Manuscript received 11 September, 2007; accepted 11 October, 2007)

The objective of this study is to propose a critical storm duration forecasting model on storm runoff in small river basin. The critical storm duration data of 582 sub-basin which introduced disaster impact assessment report on the National Emergency Management Agency during the period from 2004 to 2007 were collected, analyzed and studied. The stepwise multiple regression method are used to establish critical storm duration forecasting models(Linear and exponential type). The results of multiple regression analysis discriminated the linear type more than exponential type. The results of multiple linear regression analysis between the critical storm duration and 5 basin characteristics parameters such as basin area, main stream length, average slope of main stream, shape factor and CN showed more than 0.75 of correlation in terms of the multi correlation coefficient.

Key Words : Critical storm duration, Basin characteristics parameters, Stepwise multiple regression

#### 1. 서 론

최근 하천유역의 설계홍수량 산정 및 개발로 인해 증가된 유출량저감 방안 수립을 위한 유출량 산정시 임계지속시간의 개념을 도입하여 각종 수문량을 산정하고 있다.

임계지속시간(critical storm duration)이란 설계강우에 의해 발생하는 유출량이 강우의 시간적 분포에 따라 변화되는 점을 고려하여 기존의 홍수도달시간을 강우의 지속시간으로 설정하는 고전적인 개념에서 벗어나, 설계하고자 하는 수공구조물의 특성에 따른 설계 유출량을 파악하고자 하는 개념이다. 이는 설계하고자 하는 구조물이 홍수시 유출량을 저류하고자 하는 저류지 이거나, 설계호수에 대한 침투유량을 소통시켜야 하는 하수관저, 방류

구조물일 경우 설계강우에 의해서도 강우의 지속시간에 따라 유출총량과 침투유량이 변화되므로 구조물의 목적에 따라 최대값을 보이는 강우사상을 설정하게 된다.

그러나 임계지속시간은 해당유역의 토양 및 토지 특성 등에 따라 변화되므로 전 세계적으로도 설계과정이나 공식이 확정적으로 제안되지 못하고 있는 실정이다. 임계지속시간에 대한 기존의 연구로는 Hallet 등<sup>1)</sup>은 저류지 용량의 결정에 사용하는 방식으로, 비홍수기시에도 유량이 저류지를 관통하는 경우(현지저류)와 비홍수기시에는 유량이 저류지로 흐르지 않는 경우(현지외저류)의 경우로 나누어 임계지속시간을 결정하는 방식을 제안 한 바 있고, Chen과 Wong의 연구<sup>2)</sup>에서는 개발상황에 따라 기존 홍수도달시간보다 짧은 지속시간에서 침투유량이 발생하는 경우를 고려하여, 유역의 세분화에 의한 영향에 따른 침투유량의 변화를 고려한 임계지속시간을 산정하는 방식을 수식으로 개발한 바 있다.

Corresponding Author : Seung-Seop Ahn, Department of Construction and Geoinformatics Engineering, Kyungil University, Daegu 712-701, Korea  
Phone: +82-53-850-7314, 7316  
E-mail: ahnsso@kiu.ac.kr

다음으로 국내의 경우 이 등<sup>3)</sup>은 우수관거의 설계 시 계획강우의 임계지속시간을 결정하기 침투유량이 발생하는 시간을 임계지속시간으로 설정한 바 있으며, 이 등<sup>4)</sup>은 우수지 배수펌프장의 설계를 위한 임계지속시간과 이에 따른 우수지와 배수펌프장의 규모를 추정하고자 한 것으로 총유출량이 최대가 되는 시점을 임계지속시간으로 설정하였으나, IDF 곡선상 강우의 지속시간이 길어질수록 총유출량이 증가하므로 총유출량에 대한 최대 저류량의 비인 저류비를 도입하여 임계지속시간을 결정하였다. 그러나 Debo<sup>5)</sup>는 불투수성 면적이 매우 많은 지역은 전체 유역면적에 의해 강우의 영향을 받는 시간(기존 홍수도달시간의 개념)보다 더 큰 침투유량이 발생할 가능성이 매우 크게 나타나는 문제점을 제시하고 특정 수공구조물의 설계를 위해서는 다양한 홍수도달시간의 변화에 따른 강우지속시간을 검토하여 결정해야 한다고 제안한 바 있다. 그 후 심 등<sup>6)</sup>은 계획강우를 얻고자 할 때 강우의 지속시간에 대한 결정은 강우강도-지속시간-설계빈도(Intensity-Duration-Frequency : IDF) 곡선에서 매우 중요한 인자이며 대부분의 설계에서는 합리식을 사용하여 최대평균강우강도가 발생하는 시간을 설정하는 한편, 일반적으로 평균강우강도에 해당하는 홍수도달시간을 강우의 지속시간으로 설정하여 사용할 것을 제안한 바 있다.

임계지속시간은 설계강우에 의해 발생하는 유출량이 강우의 시간적 분포에 따라 변화되는 점을 고려하여 기존에는 홍수도달시간을 강우의 지속시간

으로 결정하는 개념으로 정의하였으나, 최근에는 이러한 개념에서 벗어나 설계하고자하는 수공 구조물의 특성에 따른 설계 유출량을 파악하고자 하는 시도에서 비롯된 개념이라고 할 수 있다. 즉, 설계하고자하는 구조물이 홍수시 유출량을 저류하고자 하는 저류지 이거나, 설계호우에 대한 침투유량을 소통시켜야 하는 하수관거 또는 방류구조물일 경우 설계강우에 의한 강우의 지속시간에 따라 유출총량과 침투유량이 변화되므로 구조물의 목적에 최대값을 보이는 강우사상을 설정하게 된다.<sup>8)</sup>

최대 홍수량을 발생시키는 임계지속시간 분석을 위해 강우지속시간을 시행착오적으로 증감하면서 최대 홍수량을 나타내는 시간을 임계지속시간으로 결정하고 있다.

따라서 본 연구에서는 지금까지 강우 지속시간을 시행착오적으로 변화 시켜가면서 침투홍수량을 결정하여 설계홍수량으로 채택하는 번거로움을 없애기 위하여 최근 전국 각 지역의 개발계획 수립시 검토된 재해영향평가서의 유역면적, 유로경사, 유로연장, 유역형상계수 등의 유역특성인자를 근거로 하여 중소규모 하천유역의 유역특성과 임계지속시간과의 상관성을 규명함으로써 개발지역의 설계 홍수량 산정시 임계지속시간 결정의 편리성을 제공하는데 목적이 있다.

## 2. 임계지속시간과 지형특성관계 분석

### 2.1. 유역특성인자의 입력

본 연구에서는 임계지속시간과 소유역의 지형특

Table 1. The basin characteristics factor input data regarding a critical storm duration decision

Point	Basin Area (Km <sup>2</sup> )	Channel		Shape factor	CN	Critical storm duration (min)	Discharge (m <sup>3</sup> /s)
		slope (m/m)	Length (Km)				
	8.910	0.0219	5.800	1.943	68.35	370	118.72
	8.910	0.0219	5.800	1.943	70.75	360	124.01
	8.910	0.0219	5.800	1.943	69.29	370	120.81
	8.480	0.0332	5.350	1.837	68.39	310	128.32
	8.480	0.0332	5.350	1.837	70.91	300	134.89
	8.480	0.0332	5.350	1.837	69.39	300	130.95
Ha gu hyun stream	7.910	0.0383	4.900	1.742	68.12	270	124.91
	7.910	0.0383	4.900	1.742	70.83	260	132.20
	7.910	0.0383	4.900	1.742	69.19	270	127.79
	6.950	0.0375	4.200	1.593	68.25	230	116.81
	6.950	0.0375	4.200	1.593	71.32	220	125.03
	6.950	0.0375	4.200	1.593	69.46	230	120.09
	5.540	0.04.10	3.860	1.640	68.83	200	98.43
	5.540	0.04.10	3.860	1.640	72.61	190	107.37
	5.540	0.04.10	3.860	1.640	70.33	200	102.01

A Sampling 279 data of 582 sub basin abstract in Kang-wan area

성과의 상관관계를 검토하였다. 분석에 사용된 자료는 2004-2007년까지 소방방재청 재해영향평가에 제시된 30개 지역의 임계지속시간이 검토된 소유역 279개 지역에 관한 보고서를 이용한 582개의 데이터를 바탕으로 서울·경기, 대구·경북, 전라도, 충청도, 제주도, 강원도의 지역별 분석 및 가장 높은 상관성을 나타내고 있는 유역면적 및 유로연장에 따른 단계별 회귀분석을 실시하였다. Table 1은 본 연구에서 이용된 279개 소유역 582개 자료가 방대하므로 자료구축방식을 제시하기 위하여 15개 소유역 자료를 나타낸 것이다.

2.2. 임계지속시간에 따른 유역특성인자간의 관계  
 임계지속시간에 따른 유역특성인자간의 특성을 살펴본 결과, Fig. 1 과 같은 개별 상관성을 띄었다. 그 중에서도 가장 뚜렷한 상관성을 보이고 있는 유역면적과 유로연장의 관계는 직선형태로 분포됨을 알 수 있고, 유로연장과 유로경사, 유역면적과 유로경사, 형상계수와 유로경사는 지수형태로 나타났으나 나머지 특성인자들 간에는 뚜렷한 상관성을 발견할 수 없었다.

다음으로 임계지속시간과 유역특성과의 상관성 검토를 위해 각각의 유역특성인자를 독립변수로 고려한 결과 임계지속시간에 따른 유역특성인자간의 관계는 Fig. 2 와 같이 추정되었다.

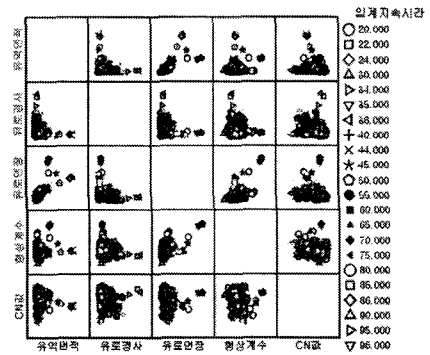


Fig. 1. The basin characteristics factor according to critical storm duration.

Fig. 2 에서 나타난 바와 같이 임계지속시간에 따른 유역특성인자간의 상관성을 분석한 결과 가장 큰 영향을 미치는 인자는 유로연장, 유역면적, CN 값의 순으로 나타났으며, 형상계수와 유로경사는 영향을 거의 미치지 않는 것으로 나타났으나, 임계지속시간은 유출량 산정방법에 관계없이 유역면적, 유로연장, 유로경사, 형상계수, CN값 등의 인자와 상관성을 가지므로 이들 인자를 포함하는 임계지속시간에 따른 일반 회귀식을 제시하는 것이 가능할 것으로 판단되었다.

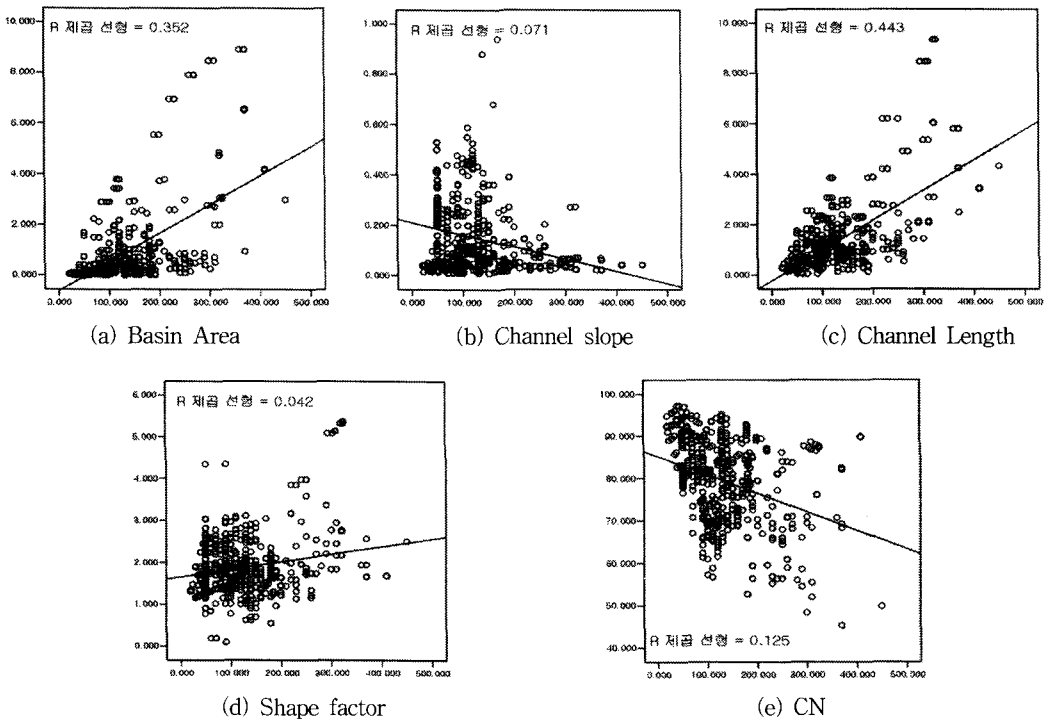


Fig. 2. Individual basin characteristics factor and relationship of critical storm duration.

2.3. 임계지속시간에 따른 유역특성인자간 단계별 회귀분석

본 연구에서는 통계학 프로그램인 SPSS 12.0K의 단계별 회귀분석을 통하여 다음식과 같이 선형 및 지수식 형태의 임계지속시간 결정에 영향을 미치는 유역특성인자들로 식을 추정하였다.

$$Y=b_0+x_1b_1+x_2b_2+x_3b_3\cdots+x_nb_n \quad (\text{Linear Type})$$

$$Y=b_0 \cdot x_1^{b_1} \cdot x_2^{b_2} \cdot x_3^{b_3} \cdots x_n^{b_n} \quad (\text{Exponential Type})$$

또한 본 연구에서는 유의도 검정을 위한 유의확률 분석을 실시하였으며, 유의확률은 5%~10%사이의 값을 귀무가설에 의해 기각되는 것으로 하였다.

임계지속시간과 유역특성인자간의 상관성을 검토하기 위하여 임계지속시간을 종속변수(Y)로 하고 유역면적을 X<sub>1</sub>, 유로경사를 X<sub>2</sub>, 유로연장을 X<sub>3</sub>, 형상계수를 X<sub>4</sub>, CN값을 X<sub>5</sub>로 하였다.

먼저 전체 582개의 입력자료에 대한 선형단계별 회귀분석을 실시한 결과, Table 2와 같이 독립변수와 종속변수 사이의 개별 상관성을 분석하였다. 이 결과에서 나타난 바와 같이 임계지속시간은 유로연장, 유역면적, 형상계수와는 양의 상관관계에 있고, 유로경사와 CN과는 음의 상관성이 있는 것으로 검토되었다.

또한 임계지속시간은 개별 상관성으로 볼 때 유

Table 2. Analysis of correlation coefficient between basin characteristics factor and critical storm duration(Linear Type)

	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	Y
X <sub>1</sub>	1.000					
X <sub>2</sub>	-0.180	1.000				
X <sub>3</sub>	0.793	-0.183	1.000			
X <sub>4</sub>	0.054	-0.047	0.475	1.000		
X <sub>5</sub>	-0.194	-0.249	-0.188	-0.089	1.000	
Y	0.593	-0.266	0.665	0.205	-0.353	1.000

(Y: Critical storm duration, X<sub>1</sub>: Area, X<sub>2</sub>: Channel slope, X<sub>3</sub>: Channel length, X<sub>4</sub>: Shape factor, X<sub>5</sub>: CN)

Table 3. The basin characteristics factor according to critical storm duration for stepwise multiple regression analysis result(Linear Type)

Step	Variable	Fomular	R <sup>2</sup>	P-Value
1	X <sub>3</sub>	Y=76.178+36.989X <sub>3</sub>	0.442	0.000
2	X <sub>3</sub> , X <sub>5</sub>	Y=232.704+34.517X <sub>3</sub> -1.916X <sub>5</sub>	0.496	0.000
3	X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> , X <sub>5</sub>	Y=301.933-131.277X <sub>2</sub> +31.349X <sub>3</sub> -2.485X <sub>5</sub>	0.547	0.000
4	X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> , X <sub>4</sub> , X <sub>5</sub>	Y=323.905-128.003X <sub>2</sub> +34.890X <sub>3</sub> -14.927X <sub>4</sub> -2.471X <sub>5</sub>	0.560	0.000
5	X <sub>1</sub> , X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> , X <sub>4</sub> , X <sub>5</sub>	Y=323.256+0.334X <sub>1</sub> -127.879X <sub>2</sub> +34.544X <sub>3</sub> -14.626X <sub>4</sub> -2.468X <sub>5</sub>	0.560	0.000

(Y: Critical storm duration, X<sub>1</sub>: Area, X<sub>2</sub>: Channel slope, X<sub>3</sub>: Channel length, X<sub>4</sub>: Shape factor, X<sub>5</sub>: CN)

로연장, 유역면적, CN, 유로경사 및 형상계수의 순으로 상관성이 있음을 알 수 있었다. 이 결과를 이용하여 단계별 회귀분석을 실시한 결과 Table 3과 같이 유로연장, CN, 유로경사, 형상계수, 유역면적의 순으로 채택되었으며 유의확률 0.05에서 결정계수(R<sup>2</sup>)가 0.56(R=0.75)으로 검토되었다. 특히 유역면적이 채택되기 전인 step 4와 채택 후인 step 5 결정계수가 같음을 알 수 있었다.

다음으로 전체 582개의 입력자료에 대한 지수형 단계별 회귀분석을 실시하기 위하여, 개별상관성을 검토한 결과 Table 4와 같았다. Table 4에 나타난 바와 같이, 임계지속시간은 선형회귀분석에서 검토된 것처럼, 유로연장, 유역면적, 형상계수와는 양의 상관관계에 있고, 유로경사와 CN과는 음의 상관성이 있는 것으로 검토되었다.

또한 임계지속시간은 개별 상관성으로 볼 때 유역면적, 유로연장, CN, 유로경사, 및 형상계수의 순으로 상관성이 있음을 알 수 있었다. 이 결과를 이용하여 단계별 회귀분석을 실시한 결과 Table 5와 같이 유역면적, CN, 유로경사, 유로연장, 형상계수의 순으로 채택되었으며 유의확률 0.05에서 결정계수(R<sup>2</sup>)가 0.26(R=0.51)으로 검토되었다. 특히 형상계수가 채택되기 전인 step4와 채택 후인 step5 결정계수가 같음을 알 수 있었다.

Table 3,5와 같이 임계지속시간 산정을 위한 단계별 회귀식을 분석하면, 선형식의 경우 유의확률 값이 0.000이며 지수식의 경우 유의확률 값이 0.026이므로 두 식 모두 귀무가설을 기각하게 되지만, 선형식에 비해 지수식이 적합한 회귀식의 유의성은 떨어지는 것으로 나타났다. 이상과 같이 단계별 회귀분석을 통한 결과 선형식의 경우는 74.8%의 상관성을 띄며, 지수식의 경우는 72.8%의 상관성을 띄고 있으므로, 선형식의 경우 상관성이 높게 나타났다.

또한 유로연장, 유역면적, CN값, 유로경사, 형상계수의 순으로 임계지속시간에 높은 상관성을 띄고 있으나, 단계별 회귀분석에 의한 추정식에는 유로연장, CN값, 유로경사, 형상계수, 유역면적의 순으로 분석이 실시되었음을 볼 수 있다.

Table 4. Analysis of correlation coefficient between basin characteristics factor and critical storm duration(Exponential Type).

	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	Y
X <sub>1</sub>	1.000					
X <sub>2</sub>	-0.294	1.000				
X <sub>3</sub>	0.929	-0.244	1.000			
X <sub>4</sub>	0.049	0.064	0.416	1.000		
X <sub>5</sub>	-0.224	-0.249	-0.245	-0.112	1.000	
Y	0.690	-0.224	0.671	0.116	-0.398	1.000

(Y: Critical storm duration, X<sub>1</sub>: Area, X<sub>2</sub>: Channel slope, X<sub>3</sub>: Channel length, X<sub>4</sub>: Shape factor, X<sub>5</sub>: CN)

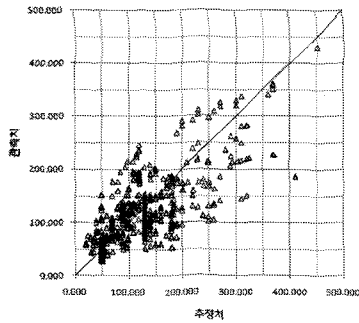


Fig. 3. The estimated-observed value according to a Linear Type.

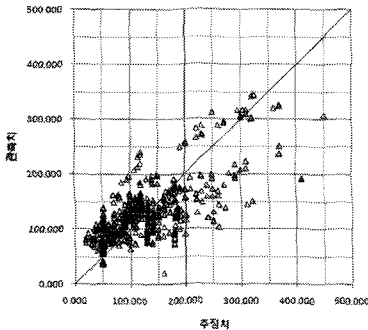


Fig. 4. The estimated-observed value according to a Exponential Type.

Table 5. The basin characteristics factor follows at critical storm duration for stepwise multiple regression analysis result(Exponential Type)

Step	Variable	Fomular	R <sup>2</sup>	P-Value
1	X <sub>1</sub>	$Y=147.557 * X_1^{0.215}$	0.440	0.000
2	X <sub>1</sub> , X <sub>5</sub>	$Y=32136.61 * X_1^{0.197} * X_5^{-1.238}$	0.477	0.000
3	X <sub>1</sub> , X <sub>2</sub> , X <sub>5</sub>	$Y=63533.09 * X_1^{0.183} * X_2^{-0.077} * X_5^{-1.441}$	0.516	0.000
4	X <sub>1</sub> , X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> , X <sub>5</sub>	$Y=53210.83 * X_1^{0.134} * X_2^{-0.079} * X_3^{0.096} * X_5^{-1.414}$	0.532	0.026
5	X <sub>1</sub> , X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> , X <sub>4</sub> , X <sub>5</sub>	$Y=53210.826 * X_1^{0.182} * X_2^{-0.079} * X_3^{0.119} * X_4^{0.096} * X_5^{-1.414}$	0.542	0.026

(Y: Critical storm duration, X<sub>1</sub>: Area, X<sub>2</sub>: Channel slope, X<sub>3</sub>: Channel length, X<sub>4</sub>: Shape factor, X<sub>5</sub>: CN)

이는 임계지속시간을 종속변수로 각각의 유역특성인자를 독립변수로 가진다고 생각하였을 경우 상관Matrix와 같은 상관성 순서에 따라 식이 추정되었을 것이다. 그러나 유역특성인자간의 단계별 회귀분석을 실시함에 따라 미지수의 수가 점차 늘어나면서 첫번째 단계의 미지수가 한 개일 경우의 추정식은 유로연장이 가장 높은 상관성을 띄는 것으로 나타났으며, 두번째 단계에서의 추정식은 유로연장과 CN값에 관한 상관성이 높음을 알 수 있었다. 이와 같은 회귀분석 단계를 통하여 상관성이 높은 미지수와외의 식이 추정되면서 n번째 항까지 분석이 가능함을 알 수 있었으며, 분석결과 독립변수의 수가 많아질수록 임계지속시간에 관한 유역특성인자의 상관성은 점차 높아짐을 알 수 있었다.

#### 2.4. 지역별 임계지속시간에 따른 유역특성인자의 관계

먼저 총 582개의 데이터 중 서울·경기지역 260개 데이터에 대한 단계별 회귀분석을 실시한 결과, Table 6과 같은 식을 추정할 수 있었다.

서울·경기지역의 임계지속시간 결정식 산정시 채택된 유역특성인자의 순서로는 선형식의 경우 유로연장, 유역면적, 형상계수, CN, 유로경사의 순으로 채택되었으며 유의확률 0.05에서 결정계수(R<sup>2</sup>)가 0.512(R=0.72)로 검토되었다. 지수형의 경우에는 유역면적, CN, 유로경사, 형상계수, 유로연장의 순으로 채택되었으며 유의확률 0.05에서 결정계수(R<sup>2</sup>)가 0.531(R=0.73)으로 검토되었으며, 단계별 회귀분석한 결과 유로연장이 채택되기 전인 step 4와 채택 후인 step 5 결정계수가 같음을 알 수 있었다. 이상과 같은 결과에 의하면 유의확률은 선형식보다 지수식에 대한 유의성이 더 높은 것으로 나타났다. 그러나 적용된 회귀식의 유의성이 좋지 못하여 각각의 변수들간의 유의성 검증을 하였다. 그 결과는 Table 7과 같이 나타났으며, 유의성이 높은 지수식을 바탕으로 각각의 변수들간의 유의성 검증을 한 결과 유역면적, 유로연장, 형상계수의 순으로 유의

Table 6. Stepwise multiple regression analysis result of Seoul and Kyung-Ki area

(a) Linear Type

Step	Variable	Fomular	R <sup>2</sup>	P-Value
1	X <sub>3</sub>	Y=57.286+63.080X <sub>3</sub>	0.430	0.000
2	X <sub>1</sub> , X <sub>3</sub>	Y=50.424-39.553X <sub>1</sub> +92.746X <sub>3</sub>	0.450	0.002
3	X <sub>1</sub> , X <sub>3</sub> , X <sub>4</sub>	Y=98.659-73.987X <sub>1</sub> +118.270X <sub>3</sub> -31.540X <sub>4</sub>	0.499	0.000
4	X <sub>1</sub> , X <sub>3</sub> , X <sub>4</sub> , X <sub>5</sub>	Y=214.690-80.017X <sub>1</sub> +124.248X <sub>3</sub> -33.440X <sub>4</sub> -1.370X <sub>5</sub>	0.511	0.014
5	X <sub>1</sub> , X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> , X <sub>4</sub> , X <sub>5</sub>	Y=224.854-79.091X <sub>1</sub> -16.986X <sub>2</sub> +121.886X <sub>3</sub> -33.579X <sub>4</sub> -1.439X <sub>5</sub>	0.512	0.086

(b) Exponential Type

Step	Variable	Fomular	R <sup>2</sup>	P-Value
1	X <sub>1</sub>	Y=146.89*X <sub>1</sub> <sup>0.211</sup>	0.482	0.000
2	X <sub>1</sub> , X <sub>5</sub>	Y=25061.09*X <sub>1</sub> <sup>0.218</sup> *X <sub>5</sub> <sup>-1.157</sup>	0.502	0.006
3	X <sub>1</sub> , X <sub>2</sub> , X <sub>5</sub>	Y=12560.3*X <sub>1</sub> <sup>0.232</sup> *X <sub>2</sub> <sup>0.048</sup> *X <sub>5</sub> <sup>-0.968</sup>	0.523	0.039
4	X <sub>1</sub> , X <sub>2</sub> , X <sub>4</sub> , X <sub>5</sub>	Y=11830.42*X <sub>1</sub> <sup>0.236</sup> *X <sub>2</sub> <sup>0.052</sup> *X <sub>4</sub> <sup>0.063</sup> *X <sub>5</sub> <sup>-0.957</sup>	0.531	0.067
5	X <sub>1</sub> , X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> , X <sub>4</sub> , X <sub>5</sub>	Y=11830.42*X <sub>1</sub> <sup>0.0000009814</sup> *X <sub>2</sub> <sup>0.052</sup> *X <sub>3</sub> <sup>0.471</sup> *X <sub>4</sub> <sup>-0.408</sup> *X <sub>5</sub> <sup>-0.957</sup>	0.531	0.073

(Y: Critical storm duration, X<sub>1</sub>: Area, X<sub>2</sub>: Channel slope, X<sub>3</sub>: Channel length, X<sub>4</sub>: Shape factor, X<sub>5</sub>: CN)

성이 매우 좋은 것으로 나타났고, 유로경사의 경우 유의성이 가장 나쁜 것으로 나타나므로 임계지속시간 결정시 회귀식에 영향을 주는 것으로 판단된다.

Fig. 5는 선형식의 경우 관측된 값과 식에 의해 추정된 값의 분포를 나타낸 그래프이며, Fig. 6은

지수식의 경우 관측된 값과 식에 의해 추정된 값의 분포를 나타낸 그래프이다. 두 그래프의 분포에서도 확인 할 수 있듯이, 지수식의 경우 유의성이 높게 나타남을 볼 수 있다.

다음으로 대구·경북 지역 61개 데이터에 대한 단계별 회귀분석을 실시하였다. 그 결과 대구·경북지역의 임계지속시간 결정식 산정시 채택된 유역 특성인자의 순서는 선형식의 경우 유로연장, CN, 형상계수, 유로경사, 유역면적의 순으로 채택되었으며 유의확률 0.05에서 결정계수(R<sup>2</sup>)가 0.702(R=0.84)로 검토되었다. 지수형의 경우에는 유역면적, CN, 유로연장, 형상계수, 유로경사의 순으로 채택되었으

Table 7. P-Value analysis result according to each variable (Exponential Type).

	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>
P-Value	0.000	0.419	0.000	0.000	0.011

(X<sub>1</sub>: Area, X<sub>2</sub>: Channel slope, X<sub>3</sub>: Channel length, X<sub>4</sub>: Shape factor, X<sub>5</sub>: CN)

Table 8. Stepwise multiple regression analysis result of Dae-gu and Kyung-buk area

(a) Linear Type

Step	Variable	Fomular	R <sup>2</sup>	P-Value
1	X <sub>1</sub>	Y=119.67*X <sub>1</sub> <sup>0.280</sup>	0.428	0.000
2	X <sub>1</sub> X <sub>5</sub>	Y=1563147.643*X <sub>1</sub> <sup>0.210</sup> *X <sub>5</sub> <sup>-2.177</sup>	0.606	0.000
3	X <sub>1</sub> X <sub>3</sub> X <sub>5</sub>	Y=3741105.883*X <sub>1</sub> <sup>0.345</sup> *X <sub>3</sub> <sup>-0.174</sup> *X <sub>5</sub> <sup>-2.338</sup>	0.633	0.016
4	X <sub>1</sub> X <sub>3</sub> X <sub>4</sub> X <sub>5</sub>	Y=334195.04*X <sub>1</sub> <sup>0.357</sup> *X <sub>2</sub> <sup>0.129</sup> *X <sub>3</sub> <sup>-0.233</sup> *X <sub>5</sub> <sup>-1.731</sup>	0.563	0.106
5	X <sub>1</sub> X <sub>2</sub> X <sub>3</sub> X <sub>4</sub> X <sub>5</sub>	Y=334965.44*X <sub>1</sub> <sup>0.241</sup> *X <sub>2</sub> <sup>0.129</sup> *X <sub>3</sub> <sup>-0.0000008164</sup> *X <sub>4</sub> <sup>-0.233</sup> *X <sub>5</sub> <sup>-1.732</sup>	0.563	0.107

(b) Exponential Type

Step	Variable	Fomular	R <sup>2</sup>	P-Value
1	X <sub>3</sub>	Y=46.120+35.784X <sub>3</sub>	0.482	0.000
2	X <sub>3</sub> X <sub>5</sub>	Y=209.917+25.961X <sub>3</sub> -1.855X <sub>5</sub>	0.632	0.000
3	X <sub>3</sub> X <sub>4</sub> X <sub>5</sub>	Y=237.383+44.389X <sub>3</sub> -22.081X <sub>4</sub> -1.943X <sub>5</sub>	0.681	0.004
4	X <sub>2</sub> X <sub>3</sub> X <sub>4</sub> X <sub>5</sub>	Y=304.294-68.982X <sub>2</sub> +45.686X <sub>3</sub> -20.693X <sub>4</sub> -2.650X <sub>5</sub>	0.696	0.036
5	X <sub>1</sub> X <sub>2</sub> X <sub>3</sub> X <sub>4</sub> X <sub>5</sub>	Y=306.277-31.593X <sub>1</sub> -64.238X <sub>2</sub> +66.130X <sub>3</sub> -32.158X <sub>4</sub> -2.566X <sub>5</sub>	0.702	0.096

(Y: Critical storm duration, X<sub>1</sub>: Area, X<sub>2</sub>: Channel slope, X<sub>3</sub>: Channel length, X<sub>4</sub>: Shape factor, X<sub>5</sub>: CN)

중소하천유역의 임계지속시간 결정에 관한 연구

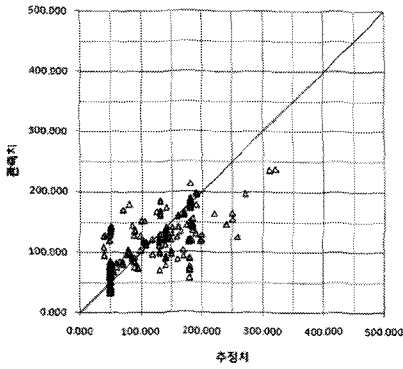


Fig. 5. The estimated-observed value according to a Linear Type.

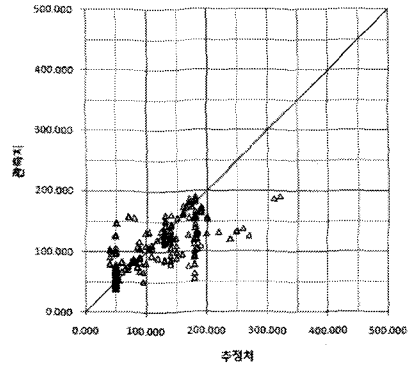


Fig. 6. The estimated-observed value according to a Exponential Type.

며 유의확률 0.05에서 결정계수( $R^2$ )가 0.563( $R=0.75$ )으로 검토되었다. 특히 지수형의 경우 유로경사가 채택되기 전인 step 4와 채택 후인 step 5의 결정계수가 같음을 알 수 있었다. 이상과 같이 분석 결과, 임계지속시간에 따른 각각의 유역특성인자를 살펴보면 서울·경기지역과 마찬가지로 형상계수는 거의 상관성이 없는 것으로 나타났으며 선형식에 의한 상관계수 값이 83.8%로 지수식에 의한 상관계수 값보다 높은 상관성을 띄고 있음을 알 수 있었다.

유의성 검증 결과 선형식에서의 유의확률이 0.096, 지수식의 경우 유의확률이 0.107로 나타났으므로 대구·경북지역에서는 적합된 회귀식의 유의성은 선형식이 더욱 높은 것으로 나타났다. 그러나 유의성이 좋지 못한 것으로 분석되어 Table 9와 같이 임계지속시간에 따른 각 변수들 간의 유의성을 검증하였다. 선형식에 대한 유의성 검증 결과, 유역면적, 유로경사, 유로연장에 의한 유의성은 좋은 것으로 나타났으며, 형상계수, CN값의 경우 유의성이 좋지 못하여 추정된 식에 영향을 미치는 것으로 나타났다. Fig. 7과 Fig. 8은 위에서 추정된 식에 의한 값과 관측값과의 분포를 나타낸 그래프이다. 두 그래프에서 볼 수 있듯이, 데이터의 분포가 1:1 대응선에 대해 선형식이 고르게 분포되고 있음을 확연히 볼 수 있으므로 선형식의 유의성이 높다고 판단된다.

Table 9. P-Value analysis result according to each variable(Linear Type)

	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$
P-Value	0.000	0.000	0.006	0.018	0.169

( $X_1$ : Area,  $X_2$ : Channel slope,  $X_3$ : Channel length,  $X_4$ : Shape factor,  $X_5$ : CN)

Table 10. Stepwise multiple regression analysis result of Jeol-la area

(a) Linear Type

Step	Variable	Fomular	$R^2$	P-Value
1	$X_5$	$Y=378.048-3.139X_5$	0.562	0.000
2	$X_2, X_5$	$Y=489.488-198.360X_2-4.229X_5$	0.672	0.000
3	$X_2, X_3, X_5$	$Y=507.907-217.289X_2-8.532X_3-4.335X_5$	0.685	0.035
4	$X_1, X_2$	$Y=509.640+4.374X_1-246.990X_2-12.791X_3-4.329X_5$	0.686	0.145
5	$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5$	$Y=491.519+18.738X_1-203.957X_2-28.083X_3+9.148X_4-4.242X_5$	0.691	0.305

(b) Exponential Type

Step	Variable	Fomular	$R^2$	P-Value
1	$X_5$	$Y=212324.45 * X_5^{-1.713}$	0.618	0.000
2	$X_2, X_5$	$Y=2032357.011 * X_2^{-0.166} * X_5^{-2.322}$	0.687	0.000
3	$X_2, X_4, X_5$	$Y=2098939.884 * X_2^{-0.168} * X_4^{0.065} * X_5^{-2.321}$	0.689	0.165
4	$X_2, X_3, X_4, X_5$	$Y=2254239.212 * X_2^{-0.170} * X_3^{0.014} * X_4^{-0.080} * X_5^{-2.335}$	0.692	0.269
5	$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5$	$Y=2254239.212 * X_1^{0.007} * X_2^{-0.17} * X_3^{0.000002598} * X_4^{-0.066} * X_5^{-2.335}$	0.692	0.232

(Y: Critical storm duration,  $X_1$ : Area,  $X_2$ : Channel slope,  $X_3$ : Channel length,  $X_4$ : Shape factor,  $X_5$ : CN)

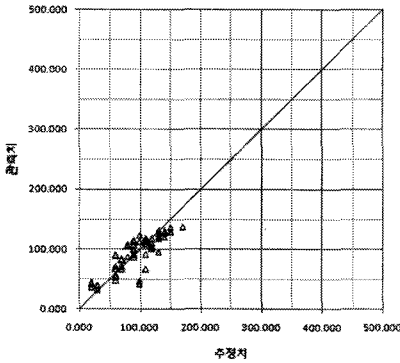


Fig. 7. The estimated-observed value according to a Linear Type.

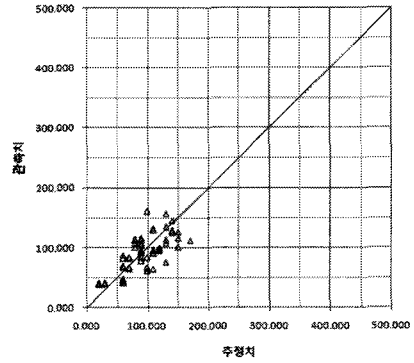


Fig. 8. The estimated-observed value according to a Exponential Type.

세 번째는 전라도 지역 69개의 데이터에 대한 단계별 회귀분석을 실시하였다. 그 결과, 선형식의 경우 CN, 유로경사, 유로연장, 유역면적, 형상계수의 순으로 채택되었으며 유의확률 0.05에서 결정계수 ( $R^2$ )가 0.691( $R=0.83$ )로 검토되었다. 지수형의 경우에는 CN, 유로경사, 형상계수, 유로연장, 유역면적의 순으로 채택되었으며 유의확률 0.05에서 결정계수 ( $R^2$ )가 0.692( $R=0.83$ )로 검토되었다. 특히 유역면적( $X_1$ )이 채택되기 전인 step 4와 채택 후인step 5의 경우 결정계수가 같음을 알 수 있었다.

유의성 검증 결과 선형식에서의 유의확률이 0.305, 지수식의 경우 유의확률이 0.232로 나타났으므로 전라도지역에서는 적합한 회귀식의 유의성은 지수식이 더욱 높은 것으로 나타났다. 그러나 이 지역 역시 유의성이 좋지 못한 것으로 분석되어 Table 11과 같이 임계지속시간에 따른 각 변수들간의 유의성을 검증하였다.

전라도 지역의 경우 지수식에 따른 결과를 분석해보면, 임계지속시간에 따른 유역면적, 유로경사의 유의성은 매우 높게 나타났으며, 형상계수의 경우 유의성이 가장 좋지 못하여 회귀식 분석에 가장 큰 영향

Table 11. P-Value analysis result according to each variable(Exponential Type)

	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$
P-Value	0.000	0.000	0.095	0.419	0.760

( $X_1$ : Area,  $X_2$ : Channel slope,  $X_3$ : Channel length,  $X_4$ : Shape factor,  $X_5$ : CN)

을 미치는 것으로 나타났다. Fig. 9와 Fig. 10은 관측된 값과 추정된 회귀식에 의한 그래프를 나타내었다. 두 그래프에서 볼 수 있듯이 두 그래프간 큰 차이는 보이지 않으나, 선형식의 경우 데이터가 1:1 대응선에 고르게 분포해 있음을 볼 수 있으므로 선형식에 의한 유의성이 높다고 판단된다.

네 번째 충청도 지역 90개의 데이터에 대한 단계별 회귀분석을 Table 12 와 같이 실시하였다. 그 결과, 선형식의 경우 유역면적, 유로경사, CN, 형상계수, 유로연장의 순으로 채택되었으며, 유의확률 0.05에서 결정계수 ( $R^2$ )가 0.397( $R=0.63$ )로 검토되었다. 지수형의 경우에는 유로연장, 유로경사, CN, 형상계수, 유역면적 순으로 채택되었으며 유의확률

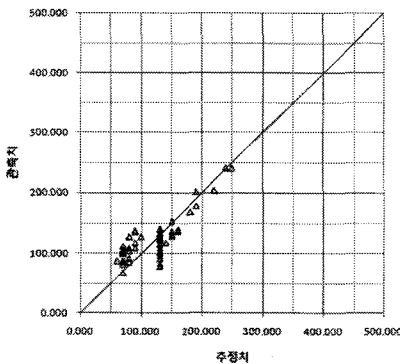


Fig. 9. The estimated-observed value according to a Linear Type.

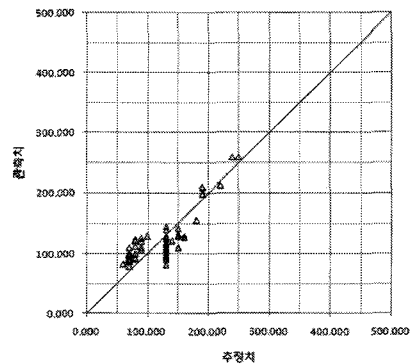


Fig. 10. The estimated-observed value according to a Exponential Type.



Table 12. Stepwise multiple regression analysis result of Chung-cheong area

(a) Linear Type

Step	Variable	Fomular	R <sup>2</sup>	P-Value
1	X <sub>1</sub>	Y=103.859+29.578X <sub>1</sub>	0.298	0.000
2	X <sub>1</sub> , X <sub>2</sub>	Y=129.166+28.443X <sub>1</sub> -119.191X <sub>2</sub>	0.358	0.003
3	X <sub>1</sub> , X <sub>2</sub> , X <sub>5</sub>	Y=290.997+31.751X <sub>1</sub> -182.311X <sub>2</sub> -2.123X <sub>5</sub>	0.384	0.021
4	X <sub>1</sub> , X <sub>2</sub> , X <sub>4</sub> , X <sub>5</sub>	Y=235.794+32.404X <sub>1</sub> -183.774X <sub>2</sub> +25.375X <sub>4</sub> -1.972X <sub>5</sub>	0.397	0.071
5	X <sub>1</sub> , X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> , X <sub>4</sub> , X <sub>5</sub>	Y=237.636+35.096X <sub>1</sub> -182.531X <sub>2</sub> -3.964X <sub>3</sub> +26.996X <sub>4</sub> -2.002X <sub>5</sub>	0.397	0.250

(b) Exponential Type

Step	Variable	Fomular	R <sup>2</sup>	P-Value
1	X <sub>3</sub>	Y=112.72*X <sub>3</sub> <sup>0.411</sup>	0.238	0.000
2	X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub>	Y=90.157*X <sub>2</sub> <sup>-0.106</sup> *X <sub>3</sub> <sup>0.444</sup>	0.364	0.023
3	X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> , X <sub>5</sub>	Y=151008.015*X <sub>2</sub> <sup>-0.273</sup> *X <sub>3</sub> <sup>0.509</sup> *X <sub>5</sub> <sup>-1.821</sup>	0.326	0.002
4	X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> , X <sub>4</sub> , X <sub>5</sub>	Y=124451.461*X <sub>2</sub> <sup>-0.272</sup> *X <sub>3</sub> <sup>0.505</sup> *X <sub>4</sub> <sup>0.085</sup> *X <sub>5</sub> <sup>-1.785</sup>	0.323	0.178
5	X <sub>1</sub> , X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> , X <sub>4</sub> , X <sub>5</sub>	Y=124451.46*X <sub>1</sub> <sup>0.000001481</sup> *X <sub>2</sub> <sup>-0.272</sup> *X <sub>3</sub> <sup>0.505</sup> *X <sub>4</sub> <sup>0.085</sup> *X <sub>5</sub> <sup>-1.785</sup>	0.323	0.018

(Y: Critical storm duration, X<sub>1</sub>: Area, X<sub>2</sub>: Channel slope, X<sub>3</sub>: Channel length, X<sub>4</sub>: Shape factor, X<sub>5</sub>: CN)

0.05에서 결정계수(R<sup>2</sup>)가 0.323(R=0.568)으로 검토되었다. 특히 선형에서는 유로연장이 채택되기 전인 step 4와 step 5의 경우 결정계수가 같았으며, 지수형에서는 유역면적이 채택되기 전인 step 4와 채택 후인 step 5의 경우 결정계수가 같음을 알 수 있었다.

유의성 검증 결과 선형식의 경우 유의확률이 0.250, 지수식의 경우 유의확률이 0.018로 나타났으므로 충청도 지역에서는 적합된 회귀식의 유의성은 지수식이 더욱 높은 것으로 나타났다. 따라서 지수식에 의한 유의확률 분석 결과를 보면 형상계수의 유의성이 떨어짐을 각 특성인자들간의 유의성에 따라 회귀식의 변화가 있으므로 Table 13과 같이 임계지속시간에 따른 각 변수들 간의 유의성을 검증하였다. 청도 지역의 경우 임계지속시간에 따른 유역면적, 유로경사, 유로연장의 유의성은 매우 높게 나타났으며, 형상계수의 경우 유의성이 가장 좋지 못하여 회귀식 분석에 가장 큰 영향을 미치는 것

Table 13. P-Value analysis result according to each variable(Exponential Type)

	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>
P-Value	0.000	0.000	0.000	0.012	0.003

(X<sub>1</sub>: Area, X<sub>2</sub>: Channel slope, X<sub>3</sub>: Channel length, X<sub>4</sub>: Shape factor, X<sub>5</sub>: CN)

로 나타났다. Fig. 11과 Fig. 12는 추정된 식에 의한 값과 관측값의 분포에 대한 그래프이다. 두 그래프에서도 볼 수 있듯이, 1:1 대응선에 대한 데이터의 분포가 지수식이 더 가깝게 분포해 있으므로 선형식 보다 지수식의 경우가 더 유의하다고 판단된다.

다섯번째로 강원도 지역에 대한 21개의 데이터 단계별 회귀분석을 실시하여 Table 14와 같은 식을 추정한 결과, 선형식의 경우 유로연장, 유역면적, CN, 유로경사, 형상계수의 순으로 채택되었으

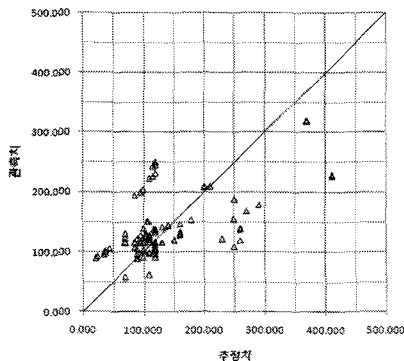


Fig. 11. The estimated-observed value according to a Linear Type.

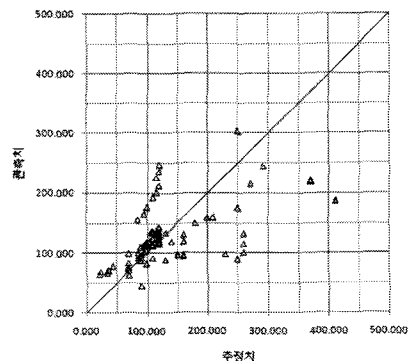


Fig. 12. The estimated-observed value according to a Exponential Type.

Table 14. Stepwise multiple regression analysis result of Kang-won area

(a) Linear Type

Step	Variable	Fomular	R <sup>2</sup>	P-Value
1	X <sub>3</sub>	Y=26.450+62.590X <sub>3</sub>	0.943	0.000
2	X <sub>1</sub> , X <sub>3</sub>	Y=-62.615-11.530X <sub>1</sub> +87.807X <sub>3</sub>	0.949	0.007
3	X <sub>1</sub> , X <sub>3</sub> , X <sub>5</sub>	Y=246.965-21.896X <sub>1</sub> +104.078X <sub>3</sub> -4.442X <sub>5</sub>	0.967	0.015
4	X <sub>1</sub> , X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> , X <sub>5</sub>	Y=206.248-20.880X <sub>1</sub> +705.747X <sub>2</sub> +114.046X <sub>3</sub> -5.018X <sub>5</sub>	0.974	0.070
5	X <sub>1</sub> , X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> , X <sub>4</sub> , X <sub>5</sub>	Y=251.984-36.525X <sub>1</sub> +700.227X <sub>2</sub> +150.430X <sub>3</sub> -67.054X <sub>4</sub> -4.804X <sub>5</sub>	0.974	0.135

(b) Exponential Type

Step	Variable	Fomular	R <sup>2</sup>	P-Value
1	X <sub>2</sub>	Y=18.88*X <sub>2</sub> <sup>-0.779</sup>	0.921	0.000
2	X <sub>2</sub> , X <sub>5</sub>	Y=8933.055*X <sub>2</sub> <sup>-0.701</sup> *X <sub>5</sub> <sup>-1.388</sup>	0.932	0.016
3	X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> , X <sub>5</sub>	Y=23823.195*X <sub>2</sub> <sup>-0.29</sup> *X <sub>3</sub> <sup>0.565</sup> *X <sub>5</sub> <sup>-1.496</sup>	0.963	0.078
4	X <sub>1</sub> , X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> , X <sub>5</sub>	Y=235504.93*X <sub>1</sub> <sup>-0.253</sup> *X <sub>2</sub> <sup>-0.245</sup> *X <sub>3</sub> <sup>1.062</sup> *X <sub>5</sub> <sup>-2.065</sup>	0.979	0.032
5	X <sub>1</sub> , X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> , X <sub>4</sub> , X <sub>5</sub>	Y=231206.479*X <sub>1</sub> <sup>0.278</sup> *X <sub>2</sub> <sup>-0.244</sup> *X <sub>3</sub> <sup>0.0000002982</sup> *X <sub>4</sub> <sup>1.066</sup> *X <sub>5</sub> <sup>-2.06</sup>	0.979	0.146

(Y: Critical storm duration, X<sub>1</sub>: Area, X<sub>2</sub>: Channel slope, X<sub>3</sub>: Channel length, X<sub>4</sub>: Shape factor, X<sub>5</sub>: CN)

며, 유의확률 0.05에서 결정계수(R<sup>2</sup>)가 0.974(R=0.98)로 검토되었다. 지수형의 경우에는 유로경사, CN, 유로연장, 유역면적, 형상계수 순으로 채택되었으며 유의확률 0.05에서 결정계수(R<sup>2</sup>)가 0.979(R=0.989)으로 검토되었다. 특히 이 지역에서는 선형과 지수형 두 식에서 형상계수가 채택되기 전인 step 4와 채택 후인 step 5의 경우 결정계수가 같음을 알 수 있었다.

유의성 검증 결과 선형식에서의 유의확률이 0.135, 지수식의 경우 유의확률이 0.146으로 나타났으므로 선형식의 유의성이 더욱 높은 것으로 나타났으므로 선형식에 대한 유의확률 분석 결과를 보면 CN값에 의한 식의 유의성이 떨어졌으나, 평균계수를 추가해 줌으로써 회귀식의 유의성이 좋아지는 것을 확인할 수 있었다. 그러나 각 특성인자들 간의 유의성에 따라 회귀식의 변화가 있으므로 Table 15와 같이 임계지속시간에 따른 각 변수들 간의 유의성을 검증하였다. 강원도 지역의 경우 임

Table 15. P-Value analysis result according to each variable(Linear Type)

	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>
P-Value	0.120	0.069	0.010	0.470	0.005

(X<sub>1</sub>: Area, X<sub>2</sub>: Channel slope, X<sub>3</sub>: Channel length, X<sub>4</sub>: Shape factor, X<sub>5</sub>: CN)

계지속시간에 따른 CN값에 대한 유의성은 높게 나타났으며, 유역면적, 형상계수의 경우 유의성이 가장 좋지 못하여 회귀식 분석에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. Fig. 13과 Fig. 14는 관측된 값과 추정된 회귀식에 의한 값과의 분포를 나타낸 그래프이다. 두 그래프에서 볼 수 있듯이, 강원도 지역은 다른 지역에 비해 유의성이 매우 높게 나타났으며, 특히 지수형의 경우 1:1 대응선에 대한 분포가 매우 고르게 나타남을 알 수 있었다.

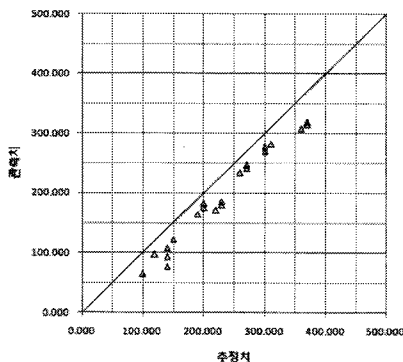


Fig. 13. The estimated-observed value according to a Linear Type.

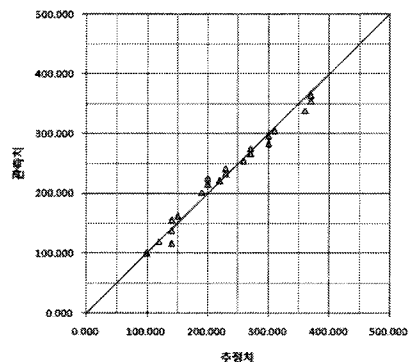


Fig. 14. The estimated-observed value according to a Exponential Type.

중소하천유역의 임계지속시간 결정에 관한 연구

Table 16. Stepwise multiple regression analysis result of Je-ju area

(a) Linear Type

Step	Variable	Fomular	R <sup>2</sup>	P-Value
1	X <sub>1</sub>	Y=108.721+63.015X <sub>1</sub>	0.514	0.000
2	X <sub>1</sub> , X <sub>5</sub>	Y=388.328+61.826X <sub>1</sub> -3.685X <sub>5</sub>	0.739	0.000
3	X <sub>1</sub> , X <sub>4</sub> , X <sub>5</sub>	Y=367.057+53.078X <sub>1</sub> +16.726X <sub>4</sub> -3.845X <sub>5</sub>	0.761	0.003
4	X <sub>1</sub> , X <sub>2</sub> , X <sub>4</sub> , X <sub>5</sub>	Y=405.992+49.817X <sub>1</sub> -397.062X <sub>2</sub> +21.603X <sub>4</sub> -4.125X <sub>5</sub>	0.818	0.000
5	X <sub>1</sub> , X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> , X <sub>4</sub> , X <sub>5</sub>	Y=463.323+8.763X <sub>1</sub> -415.028X <sub>2</sub> +32.090X <sub>3</sub> -12.288X <sub>4</sub> -4.231X <sub>5</sub>	0.853	0.013

(b) Exponential Type

Step	Variable	Fomular	R <sup>2</sup>	P-Value
1	X <sub>1</sub>	Y=207.014*X <sub>1</sub> <sup>0.443</sup>	0.658	0.000
2	X <sub>1</sub> , X <sub>5</sub>	Y=59020.11*X <sub>1</sub> <sup>0.392</sup> *X <sub>5</sub> <sup>-1.325</sup>	0.800	0.000
3	X <sub>1</sub> , X <sub>2</sub> , X <sub>5</sub>	Y=36307.81*X <sub>1</sub> <sup>0.392</sup> *X <sub>2</sub> <sup>-0.223</sup> *X <sub>5</sub> <sup>-1.363</sup>	0.828	0.000
4	X <sub>1</sub> , X <sub>2</sub> , X <sub>4</sub> , X <sub>5</sub>	Y=43853.07*X <sub>1</sub> <sup>0.36</sup> *X <sub>2</sub> <sup>-0.253</sup> *X <sub>4</sub> <sup>0.186</sup> *X <sub>5</sub> <sup>-1.47</sup>	0.864	0.003
5	X <sub>1</sub> , X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> , X <sub>4</sub> , X <sub>5</sub>	Y=43752.21*X <sub>1</sub> <sup>0.000002249</sup> *X <sub>2</sub> <sup>-0.254</sup> *X <sub>3</sub> <sup>0.719</sup> *X <sub>4</sub> <sup>-0.533</sup> *X <sub>5</sub> <sup>-1.47</sup>	0.864	0.004

(Y: Critical storm duration, X<sub>1</sub>: Area, X<sub>2</sub>: Channel slope, X<sub>3</sub>: Channel length, X<sub>4</sub>: Shape factor, X<sub>5</sub>: CN)

마지막으로 제주도 지역 81개의 데이터에 대한 단계별 회귀분석을 실시하여 Table 16과 같은 식을 추정하였다. 그 결과 선형식은 유역면적, CN, 형상계수, 유로경사, 유로연장의 순으로 채택되었으며, 유의확률 0.05에서 결정계수(R<sup>2</sup>)가 0.853(R=0.923)로 검토되었다. 지수식은 유역면적, CN, 유로경사, 형상계수, 유로연장의 순으로 채택되었으며, 유의확률 0.05에서 결정계수(R<sup>2</sup>)가 0.864(R=0.929)으로 검토되었다. 특히 지수형의 경우 유로연장이 채택되기 전인 step 4와 채택후인 step 5의 결정계수는 같음을 알 수 있었다.

유의성 검증 결과 선형식의 유의확률이 0.013, 지수식의 경우 유의확률이 0.004로 나타났으므로 제주도 지역에서 적합된 회귀식의 유의성은 지수식이 더욱 높은 것으로 나타났다. 이 지역에서 지수식의 경우는 매우 유의하다고 생각되며, 선형식에 나타

Table 17. P-Value analysis result according to each variable(Linear Type)

	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>
P-Value	0.120	0.069	0.010	0.470	0.005

(X<sub>1</sub>: Area, X<sub>2</sub>: Channel slope, X<sub>3</sub>: Channel length, X<sub>4</sub>: Shape factor, X<sub>5</sub>: CN)

난 결과에 따르면 형상계수 및 유로연장에 의해 식의 유의성이 떨어짐을 알 수 있으므로 각 계수별 유의성을 Table 17과 같이 검토하였다. 유역면적, 형상계수, 유로경사에 대한 유의성이 현저히 낮았으며, CN값에 대한 유의성이 높게 나타나는 결과를 보이고 있다. 따라서 제주도 지역에서는 유역면적, 형상계수의 경우 유의성이 가장 좋지 못하여 회귀식 분석에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. Fig. 15와 Fig. 16은 추정된 식에 의한 값과

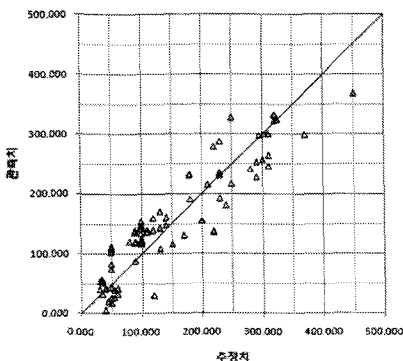


Fig. 15. The estimated-observed value according to a Linear Type.

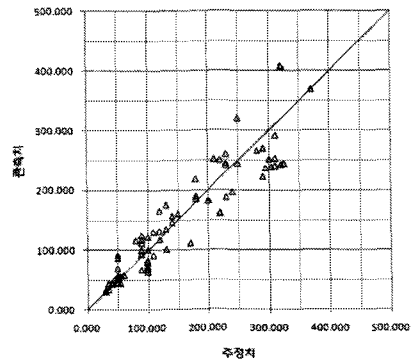


Fig. 16. The estimated-observed value according to a Exponential Type.

관측값과의 분포를 나타낸 그래프이다. 두 그래프에서 볼 수 있듯이 지수식의 경우 1:1대응선에 대한 분포가 고르게 나타나있음을 볼 수 있으므로 지수식의 경우 유의성이 높다고 판단한다.

### 3. 결 론

지금까지 중소하천유역의 개발 계획시 적용되는 최적 홍수량을 임계지속시간별 확률 홍수량을 시행착오법으로 계산하여 최대홍수량을 이용하였으나 본 연구에서는 중소규모 하천유역의 유역특성과 임계지속시간과의 상관성을 규명함으로써 미계측 유역의 설계 홍수량 산정을 위한 기초 자료로 활용할 수 있도록 하였다.

분석에서는 기존의 재해영향평가서에서 검토된 지형특성과 수문관측자료를 토대로 임계지속시간에 영향을 미치는 인자들 상호간의 SPSS 12.0K프로그램의 단계별회귀분석을 통하여 분석하였다. 그 결과 전체적으로 임계지속시간과 유역특성인자간의 개별 상관에서는 유로연장, 유역면적, CN, 유로경사, 형상계수로 나타났으며, 유로연장, 유역면적, 형상계수는 양의 상관을 유로경사, CN은 음의 상관을 나타냈다. 그러나 임계지속시간 결정을 위한 단계별 회귀분석 결과 선형식의 경우 유로연장, CN, 유로경사, 형상계수, 유역면적의 순으로 채택되었으며, 지수형의 경우 유역면적, CN, 유로경사, 유로연장, 형상계수의 순으로 채택됨을 알 수 있었다.

또한 본 연구에서 선정한 소유역별 임계지속시간은 전체 지역을 포함할 경우 선형 추정식이  $R^2=0.560$ 로서 지수형  $R^2=0.542$ 에 비해 우수한 것으로 검토되었다.

그러나 이들 자료를 지역별로 검토한 결과 서울·경기지역은 선형식의 결정계수( $R^2$ )가 0.531으로 지수식에 비해 우수하였고, 대구·경북지역은 선형식의 결정계수( $R^2$ )가 0.702로서 지수식에 비해 우수한 것으로 검토되었다. 세번째 전라도 지역은 선형식의 결정계수( $R^2$ )가 지수식의 결정계수( $R^2$ ) 0.692보다 낮은 것으로 검토되었으며, 충청도 지역은 선형식의 결정계수( $R^2$ )가 0.397로 지수식에 비해 우수함을 알 수 있었다. 다섯번째로 강원도 지역은 선형식의 결정계수( $R^2$ )가 0.974 지수식의 결정계수

( $R^2$ )가 0.979로 선형식과 지수식 두 식 모두의 경우 다른지역에 비해 매우 우수한 유의성을 띄고 있었으며, 특히 선형식 보다 지수식의 유의성이 더 높은 것으로 나타났다. 마지막으로 제주도 지역 선형식의 결정계수( $R^2$ )가 지수식의 결정계수( $R^2$ ) 0.864보다 유의성이 떨어짐을 알 수 있었다. 따라서 본 연구에서 추정된 식에서 볼 수 있듯이, 전체 지역의 데이터 분석결과보다 각 지역별로 임계지속시간에 따른 유역특성인자들간의 상관성을 검증하여 단계별 회귀분석을 실시한 결과, 유의성이 더 좋은 것으로 나타남을 알 수 있었다.

### 참 고 문 헌

- 1) Hall M. J., Hockin D. L., Ellis J. B., 1993, Design of Flood Storage Reservoirs, CIRIA and Burrelworth-Heinemann Ltd.
- 2) Chen C.-N., Tommy S. W. W., 1993, Critical Rainfall Duration for Maximum Discharge from Overland Plane, Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol.119, 1040-10.
- 3) 이종태, 윤세의, 이재준, 윤용남, 1993, 遊水池 設計를 위한 計劃降雨의 臨界持續期間;서울 地域을 중심으로, 한국수문학회, 26(1), 115-124.
- 4) 이재준, 이정식, 전병호, 이종태, 1993, 雨水官渠 設計를 위한 計劃降雨의 臨界持續期間;서울 地域을 中心으로, 한국수문학회, 26(2), 49-57.
- 5) Debo T. N., Reese A. J., 1995, Municipal Storm Water Management. CRC Press, Inc., 212.
- 6) 심재현, 조원철, 1998, 홍수도달시간과 임계지속시간의 개념 비교(II), 한국수자원학회 논문집 제 31(6).
- 7) 윤여진, 정순우, 전병호, 김재한, 1998, 강우분포 형태에 따른 임계지속시간의 변화 연구: 산본유역을 중심으로, 한국수자원학회 논문집, 31(4).
- 8) 윤여진, 이재철, 2001, 계획강우의 지속기간에 따른 저류지 용량의 산정, 한국수자원학회지, 34(5), 415-426.
- 9) 박종영, 신창동, 이정식, 2004, 중규모 하천유역에서 설계강우의 임계지속시간에 관한 연구, 한국수자원학회 논문집, 37(9).