

유역특성인자를 이용한 설계홍수량 추정에 관한 연구

박 기 범

안동과학대학 건설정보과

(2006년 7월 20일 접수; 2006년 9월 16일 채택)

Study of Design Flood Estimation by Watershed Characteristics

Ki-Bum Park

Department of Construction Information, Andong Science College, Andong 760-820, Korea

(Manuscript received 20 July, 2005; accepted 16 September, 2006)

Through this research of the analysis on the frequency flood discharges regarding basin property factors, a linear regression system was introduced, and as a result, the item with the highest correlation with the frequency flood discharges from Nakdong river basin is the basin area, and the second highest is the average width of basin and the river length. The following results were obtained after looking at the multi correlation between the flood discharge and the collected basin property factors using the data from the established river maintenance master plan of the one hundred twenty-five rivers in the Nakdong river basin. The result of analysis on multi-variate correlation between the flood discharges and the most basic data in determining the flood discharges as basin area, river length, basin slope, river slope, average width of basin, shape factor and probability precipitation showed more than 0.9 of correlation in terms of the multi correlation coefficient and more than 0.85 for the determination coefficient. The model which induced a regression system through multi correlation analysis using basin property factors is concluded to be a good reference in estimating the design flood discharge of un-measured basin.

Key Words : Design flood, Basin Characteristics, Nakdong river, Multi-variate correlation

1. 서 론

자연유역의 홍수유출량을 산정하는 데에 있어 가장 기본적인 자료로서는 유역의 특성인자, 강우량 등이 있다. 그 중에서도 유역의 특성인자인 유역면적, 유로연장, 유역경사, 하도연장, 형상계수등은 유역의 홍수유출량을 결정하고 수문곡선의 형태를 결정하는데 중요한 인자들이다. 유역 특성이 유역의 홍수량에 영향을 미치는 것에 대하여 오래전부터 국내외 연구가 이루어져 왔다.

양동율 등(1981)¹⁾은 유역특성과 확률홍수량의 상관관계분석으로 확률홍수량 공식을 유도하였으며, 조국광 등(1990)²⁾은 유역특성 및 강우량 자료와 상

관시켜 50년 빈도에 대한 하천홍수량의 지역화된 회귀모형을 개발하였다. 또한 이길춘 등(1998)³⁾은 홍수빈도분석을 실시하여 홍수량의 크기와 빈도를 추정하고 유역특성인자의 회귀분석을 통하여 홍수량 결정에 영향을 미치는 인자들의 상관성을 분석하였다. 안승섭(2005)⁴⁾ 등은 하천차수에 근거한 임계면적의 변화에 따른 특성을 조사하였으며, 박기범(2006)^{5~7)} 등은 낙동강 유역의 설계홍수량과의 지형인자간의 상관관계를 해석하였다.

하천유역의 수리구조물을 설계하거나 하천을 계획하는 과정에 있어 설계수문량의 결정은 매우 중요한 사항이라 할 수 있다. 수문학적 설계는 수문사상이 미치는 영향을 평가하고 적절히 실행될 수 있도록 주요 변수들의 기준치를 선택하는 과정이라 할 수 있으며, 수자원 시스템이 적절히 실행될 수 있도록 수공구조물을 선택하는 기준으로 설계홍수

Corresponding Author : Ki-Bum Park, Department of Construction Information, Andong Science College, Andong 760-820, Korea
Phone: +82-53-326-0726
E-mail: pkb5032@naver.com

량이 사용된다(윤여진, 1998)⁸⁾.

수리구조물을 설계하는 과정에서 설계홍수량의 산정은 현재 국내 유출량기록 자료들이 매우 부족하고 각 하천마다 대표단위유량도의 산정이 실제적으로 어려운 현실로서 주로 GIS기법을 이용한 지형학적 인자를 추출하여 강우-유출모형에 적용하여 빙도별 홍수량을 산정하게 된다. 그러나 강우-유출 모형의 불확실성과 외국의 모형을 이용하여 국내에 적용함에 따라 국내 여건에 맞는 홍수량을 산정하는 것이 참으로 어려운 일이다. 강우-유출 모형을 이용하여 설계홍수량을 산정하는 데 있어 지형학적 인자는 매우 중요하며 모형에 입력되는 매개변수 및 특성인자들이 설계홍수량을 결정하는 데 매우 중요한 역할을 하고 있다. 또한 설계홍수량을 추정하고 결정하는 것에 있어 분석자에 따라 설계홍수량이 결정하는 데 불확실성이 내포되어 있는 것이다. 따라서 설계홍수량을 결정하는 데 있어 가장 기초적인 자료인 지형학적 자료에 의해 설계홍수량이 어느정도 결정된다고 할 수 있다.

국내의 하천정비기본계획은 수자원 전문가와 관계자들의 심의를 거쳐 빙도별 홍수량과 설계홍수량이 결정되어 각 하천에 적용하고 있다. 본 연구에서는 기 수립된 하천정비기본계획의 자료들을 이용하여 국내 하천의 빙도별 홍수량과 설계홍수량의 지형학적 인자들의 상관관계를 해석하고 향후 설계홍수량을 추정하는 데 있어 참고적인 자료를 제시하는 데에 그 목적이 있다.

2. 분석대상유역

본 연구의 대상유역은 Fig. 1과 같이 낙동강 유역의 1990년부터 2004년까지 하천정비 기본계획이 수립된 125개 하천을 대상으로 유역면적과 유역경사, 유로경사, 하도경사, 유역평균폭, 유역형상계수등을 조사하여 확률홍수량과의 상관관계를 해석하고 면적비에 따른 홍수량등을 산정하여 비교하였다.

3. 유역인자와 홍수량의 상관성 분석

유역은 강우를 유출로 변환시키는 하나의 계로 생각할 수 있으며, 유역의 중요한 요소는 면적, 유로연장, 형상, 경사, 수로계통, 토양형 및 토지이용이다. 본 연구에서는 유역의 요소중에서 면적, 유로연장, 경사, 형상, 유역평균폭에 대하여 유역의 첨두홍수량과의 상관성을 분석하였다.

먼저 유역면적은 유역의 강우로부터 유발될 수 있는 잠재력을 나타내는 잠재유출체적(Potential runoff volume)의 척도이며 첨두유량의 가장 중요한 인자이다. 유역면적에 대한 첨두유량의 관계식은 일반적

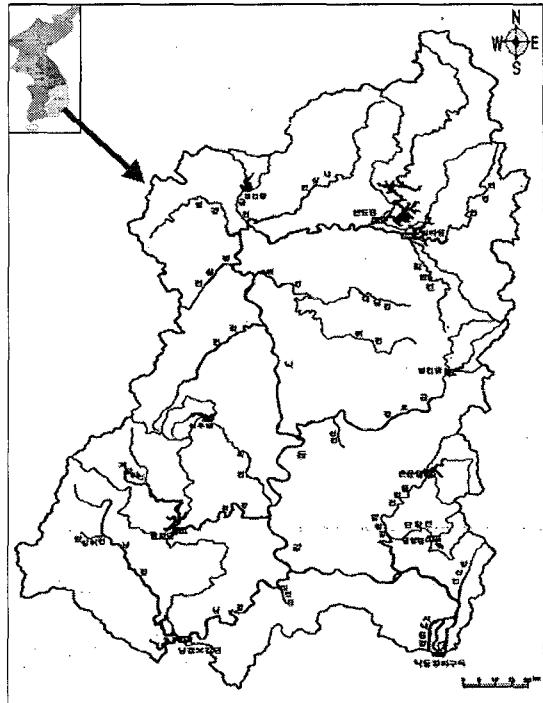


Fig. 1. Study basin.

으로 다음과 같다.

$$Q_p = cA^n \quad (1)$$

여기서, Q_p 는 첨두유량(m^3/s), A는 유역면적(km^2) 및 c, n은 회귀분석에 의하여 결정되는 상수이다.⁹⁾

유로연장은 하천의 수로가 형성된 곳에서 유역출구까지의 연장이다. 유역의 경사나 수로의 경사는 두점의 표고차이와 수평거리의 비로 정의되며, 경사는 유출의 흐름 특성에 미치는 영향이 크다. 유역의 형상은 수문곡선의 모양과 첨두에 미치는 영향이 크며 정사각형 유역은 1, 원형유역은 약 0.79, 길고 좁은 유역은 1보다 작은 값을 나타낸다. 유역의 평균폭은 유역의 최장유로연장과 유역 면적의 비이다.

유역인자와 설계홍수량과의 상관성을 살펴보기 위해 낙동강 유역의 하천정비기본계획이 수립된 125개 하천을 대상으로 유역면적과 유로경사, 하도경사, 유역평균폭, 유역형상계수 등을 조사한 결과 평균값들을 정리하면 다음 Table 1과 같다.

하천의 홍수량의 산정에 있어 유역면적과의 상관성을 비교하기 위하여 확률빙도별 홍수량을 면적비 홍수량으로 산정하여 각 하천별로 비교하였다. 면적비 홍수량의 비교에서 낙화암천이 최대치가 나타났으며 낙화암천의 유역면적은 $21.90 km^2$ 이다. Fig.

유역특성인자를 이용한 설계홍수량 추정에 관한 연구

Table 1. Basin Characteristics average

Basin area (km ²)	River length (km)	River slope	Basin slope	Basin average width km	Shape factor
106.79	18.35	0.01	0.26	3.89	0.26

2~Fig. 5에 나타낸 각 하천에 대한 빈도별 홍수량에 대한 면적비에 대한 비홍수량을 나타내었다.

본 연구에서 조사된 낙동강 유역의 125개의 하천에 대하여 50년, 80년, 100년 빈도의 확률홍수량에

대하여 면적비에 대한 상관성을 파악하기 위하여 Fig. 5~Fig. 7에 나타난 바와 같이 로그함수형으로

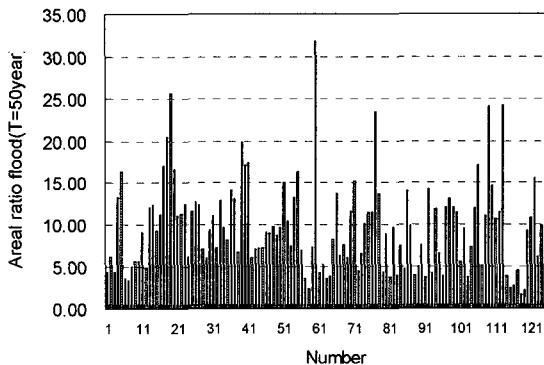


Fig. 2. Areal ratio flood.(T=50year)

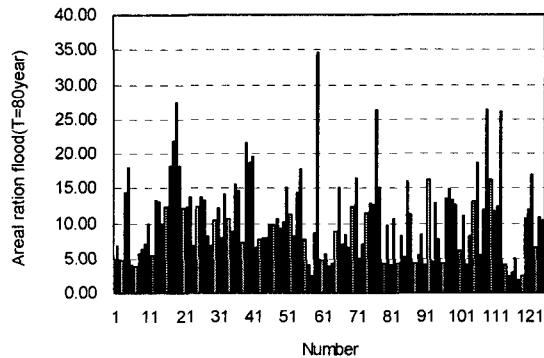


Fig. 3. Areal ratio flood.(T=80year)

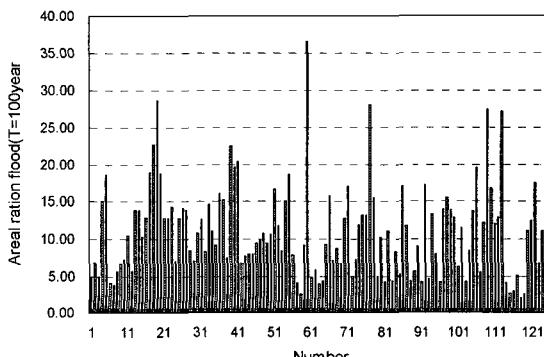


Fig. 4. Areal ratio flood.(T=100year)

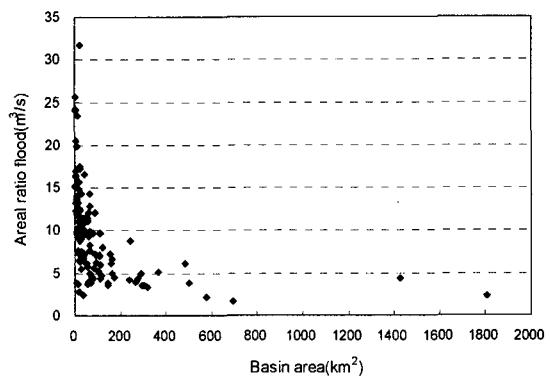


Fig. 5. Areal ratio flood vs Basin area.(T=50year)

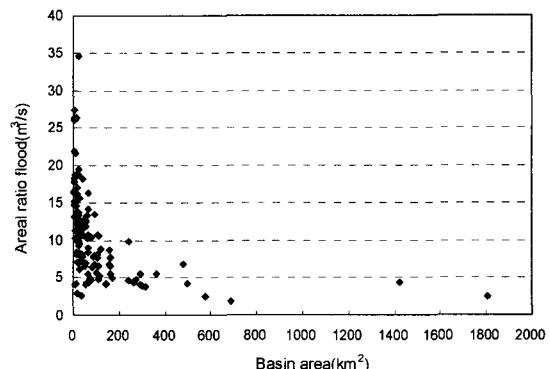


Fig. 6. Areal ratio flood vs Basin area.(T=80year)

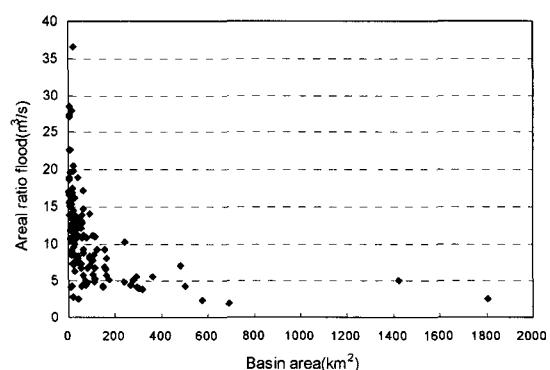


Fig. 7. Areal ratio flood vs Basin area.(T=100year)

나타나는 경향을 있으며 특히 50km^2 이하의 면적에 있어서 하천에 따라 상당한 편차를 보이는 것으로 나타났다. 이는 홍수량을 산정하는 데 있어 분석자에 따라 혹은 하천의 중요도, 토지이용상태 등 지형 인자이외의 다른 영향에 의해 큰 편차를 보이는 것으로 판단된다. 특히 유역면적이 작을 수록 편차가 커지는 이유는 토지이용상태에 따른 유출계수의 차이가 큰 영향을 미치는 것으로 판단된다.

Fig. 8~Fig. 10에 나타난 바와 같이 면적크기 순에 따른 각 확률년에 대한 면적비 홍수량을 분석한 결과 대체로 면적이 커질수록 비홍수량은 작아지는

것으로 나타났다. 대체로 유역면적이 5km^2 이하에서는 면적비 홍수량이 $15\text{m}^3/\text{s}$ 이상이 나타나고 100km^2 이상이 되면 면적비 홍수량은 $10\text{m}^3/\text{s}$ 이하로 떨어지는 것으로 나타났다.

낙동강 유역의 하천정비 기본계획이 수립된 125개 하천에 대한 지형인자들과 빈도별 홍수량에 대한 선형회귀분석을 한 결과 가장 높은 상관성과 결정계수는 유역면적이며 다음으로 유역평균폭 그리고 유로연장으로 나타났다. 유역면적과 유역의 평균폭이 홍수량과의 상관성이 높은 것으로 본 연구에서 분석되었다. 다음 Table 2는 본 연구에서 분석한

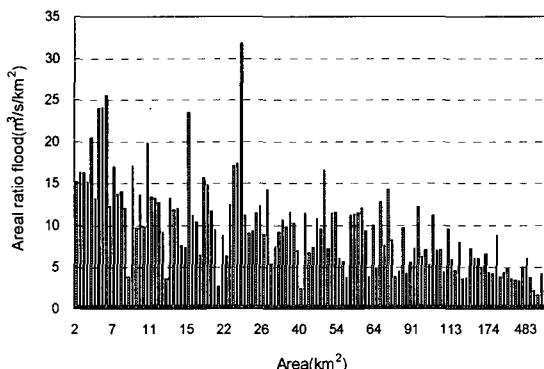


Fig. 8. Areal ratio flood.(T=50year)

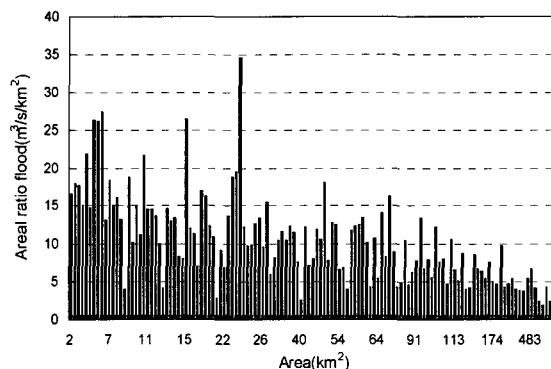


Fig. 9. Areal ratio flood.(T=80year)

Table 2. Result of linear regression system per basin property factor

Classifications	Frequency	Linear regression equations	Determination coefficients	Correlation coefficients
Basin area	50	$y=25.644x^{0.697}$	0.8418	0.8934
	80	$y=27.85x^{0.484}$	0.8406	0.8953
	100	$y=28.941x^{0.6994}$	0.8393	0.8904
River length	50	$y=18.444x^{1.1304}$	0.7398	0.7447
	80	$y=20.018x^{0.1327}$	0.7388	0.8014
	100	$y=20.735x^{1.1353}$	0.7390	0.7932
River slope	50	$y=51.748x^{-0.3799}$	0.1468	-0.1232
	80	$y=56.104x^{-0.3813}$	0.1471	-0.1261
	100	$y=57.772x^{-0.3839}$	0.1484	-0.1244
Basin slope	50	$y=405.7x^{0.1138}$	0.0053	-0.0477
	80	$y=451.32x^{0.1261}$	0.0065	-0.0453
	100	$y=473.35x^{0.1299}$	0.0069	-0.0448
Average basin width	50	$y=66.454x^{1.4181}$	0.8130	0.8615
	80	$y=72.343x^{1.4207}$	0.8114	0.8760
	100	$y=75.343x^{1.4219}$	0.8093	0.8603
Shape factor	50	$y=253.34x^{-0.2069}$	0.0103	-0.1619
	80	$y=257.87x^{-0.2088}$	0.0104	-0.1607
	100	$y=284.7x^{-0.216}$	0.0111	-0.1596

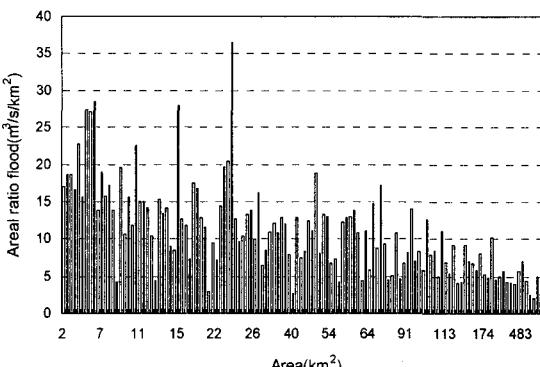


Fig. 10. Areal ratio flood.(T=100year)

각 유역인자에 대한 빈도별 선형회귀식과 결정계수, 상관계수를 나타내었다.

본 연구에서 앞서 낙동강 유역의 하천정비 기본 계획이 수립된 125개 하천의 지형인자와 확률강우 양자료를 수집하여 확률홍수량과의 선형적인 상관성을 살펴보고 일반화된 회귀모형을 유도하였으며 유역인자간의 다중 상관성을 파악하기 위하여 다중 회귀 분석을 실시하였다. 본 연구에서 사용된 다중 회귀분석의 기본 모형은 다음과 같다.

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \cdots + \beta_n x_{in} + \epsilon_i \quad i = 1, \dots, n \quad (2)$$

위 기본 모형을 행렬식으로 표현하면 다음과 같다.

$$y = X\beta + \epsilon \quad (3)$$

회귀계수의 최소제곱추정량 공식은 다음과 같다.

$$\hat{\beta} = (X' X)^{-1} X' y \quad (4)$$

적합된 모형은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\hat{y} = X\hat{\beta} \quad (5)$$

지형인자를 이용한 다중회귀분석결과에 의한 다중회귀계수와 결정계수의 산정결과 다음 Table 3과 같이 나타났으며, Table 4에는 분산분석에 의한 회귀식의 F-검정결과와 적합성을 분석한 결과 회귀식이 적합한 것으로 분석되었다.

지형인자를 이용한 다중회귀분석결과에 의한 다중회귀계수와 결정계수의 산정결과 다음 Table 3과 같이 나타났으며, Table 4에는 분산분석에 의한 회귀식의 F-검정결과와 적합성을 분석한 결과 회귀식이 적합한 것으로 분석되었다.

본 연구에서 낙동강 유역의 125개 하천정비 기본 계획의 유역특성 자료와 확률홍수량 자료를 이용하

Table 3. Statistics of Multiple Regression Analysis

Frequency Classification	50year	80year	100year
Multi correlation coefficients	0.9316	0.9418	0.9303
Determination coefficients	0.8678	0.8869	0.8655

Table 4. Variation analysis Results

Frequency Classification	50year	80year	100year
F-ratio	109.7141	129.9728	106.6769
Usefulness-F	2.34E-48	7.73E-52	1.67E-47

여 다중회귀분석한 결과를 이용하여 식을 유도한 결과 다음과 같다.

$$Q_{50} = 1.767761A + 0.510446L - 274.342LS - 175.076BS + 118.9715B - 349.472SF + 1.933658P_{50} - 430.625 \quad (6)$$

$$Q_{80} = 1.73174A + 0.715538L - 301.159LS - 175.725BS + 136.2906B - 409.47SF + 2.004038P_{80} - 489.092 \quad (7)$$

$$Q_{100} = 1.99735A + 0.833427L - 336.71LS - 187.022BS + 137.4573B - 371.823SF + 1.999836P_{100} - 514.067 \quad (8)$$

여기서, A : Basin area, L : River length, LS : River slope, BS : Basin slope, B : Average basin width, SF : Shape factor, P_{50} , P_{80} , P_{100} : Probability precipitation

다음으로 각 인자에 대하여 빈도별 홍수량에 대한 다중회귀분석을 실시하여 적합성을 검토하였으며 Fig. 11~Fig. 13에 각 인자에 대한 적합성 검토에 의한 설계홍수량과 다중회귀분석에 의한 홍수량을 나타내었다.

4. 결 론

본 연구에서 유역특성인자에 대한 빈도별 홍수량을 분석한 결과 각각에 대한 선형회귀식을 유도하였으며, 유도한 결과 낙동강 유역의 기수립된 하천 정비 기본계획의 빈도별 홍수량과 상관성이 높은 항목은 유역면적이 가장 높은 상관성을 나타내고 있으며, 다음으로 유역평균폭과 유로연장이 상관성이 높은 것으로 나타났다.

빈도별 홍수량을 면적으로 나눈 값을 평균으로 제한 값을 구하여 면적비에 따른 평균치의 분포를 살펴본 결과 빈도별 홍수량이 대체로 과대 혹은 과

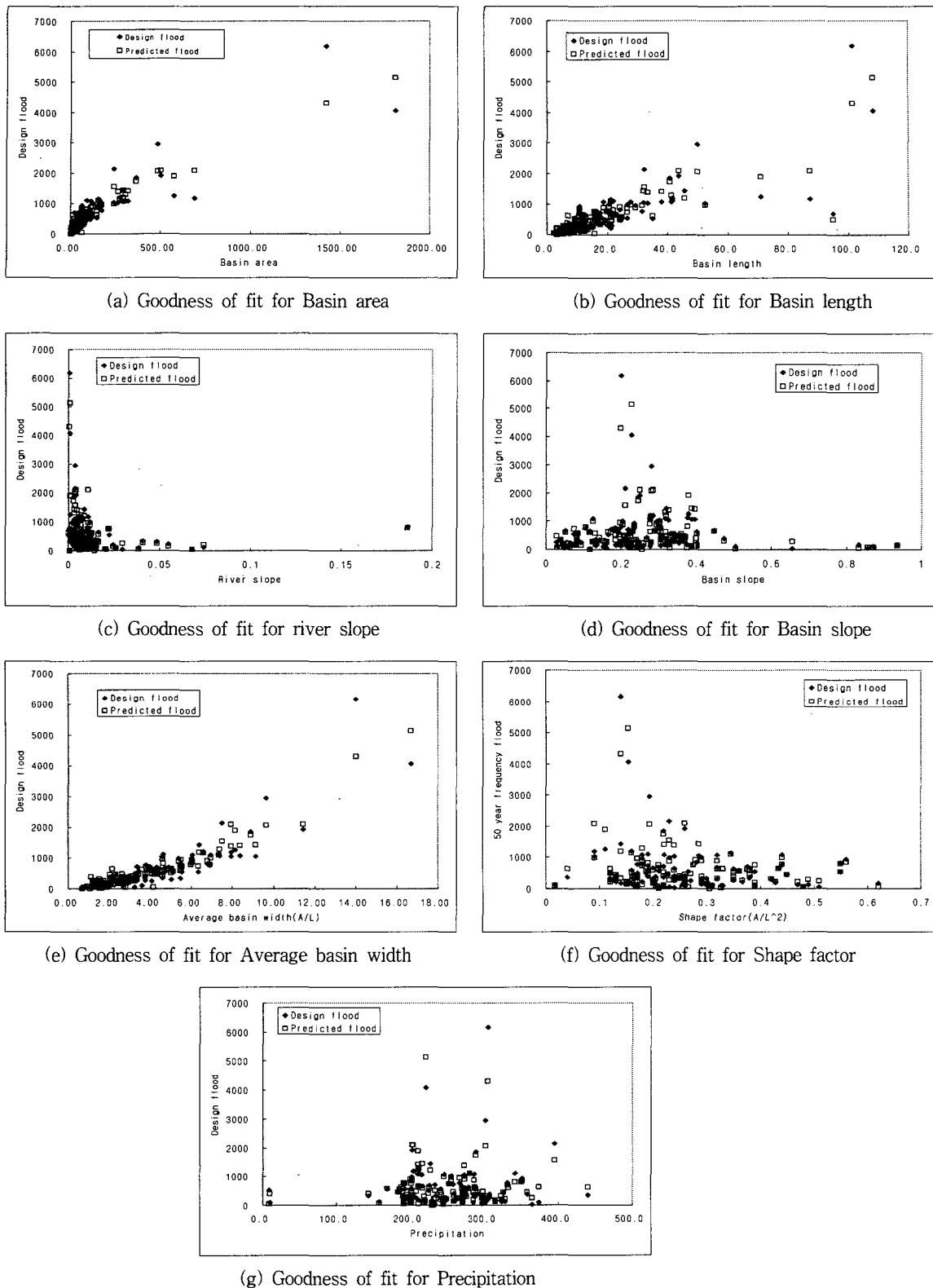


Fig. 11. Goodness of fit for 50 frequency flood.

유역특성인자를 이용한 설계홍수량 추정에 관한 연구

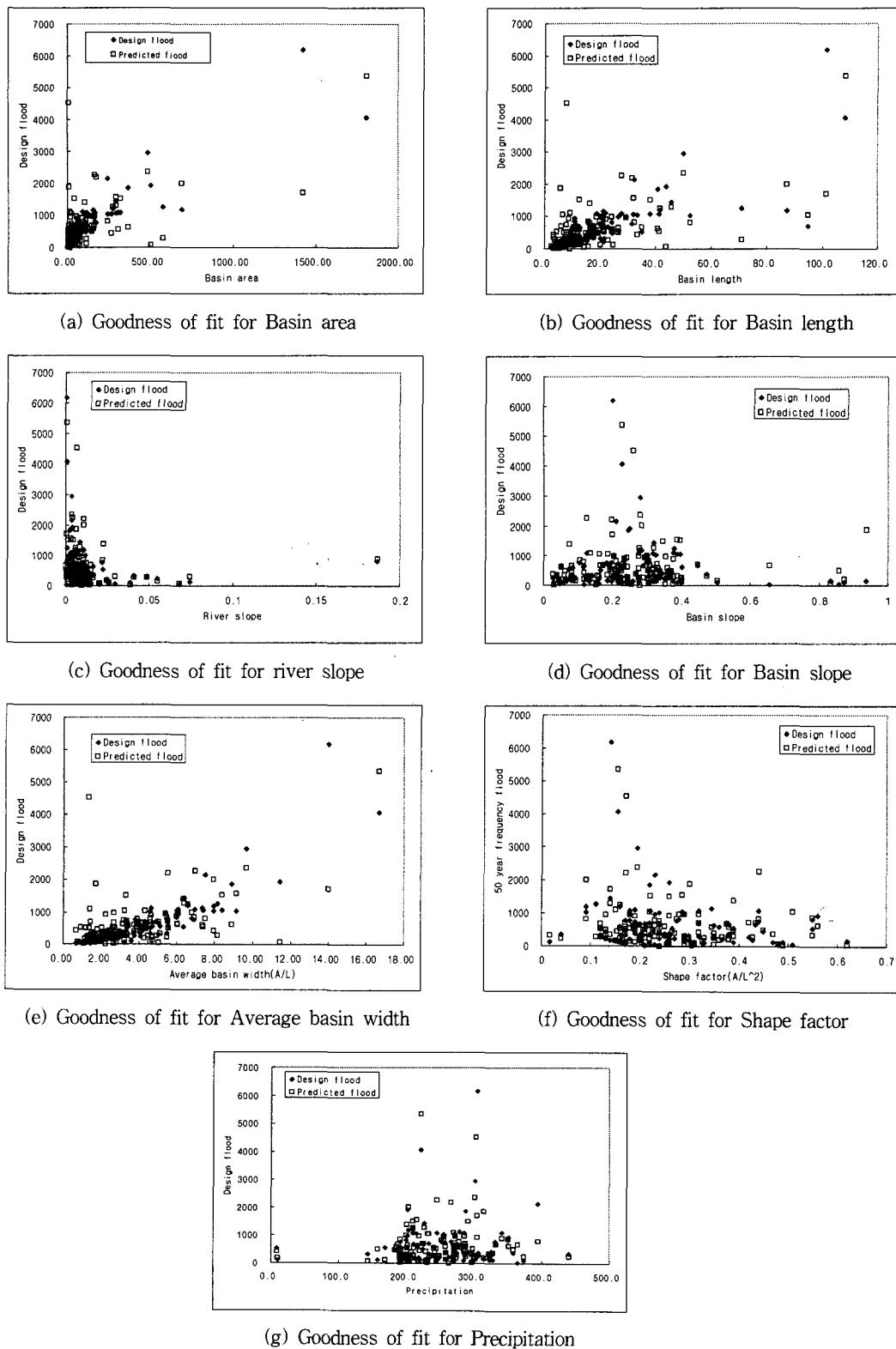


Fig. 12. Goodness of fit for 80 frequency flood.

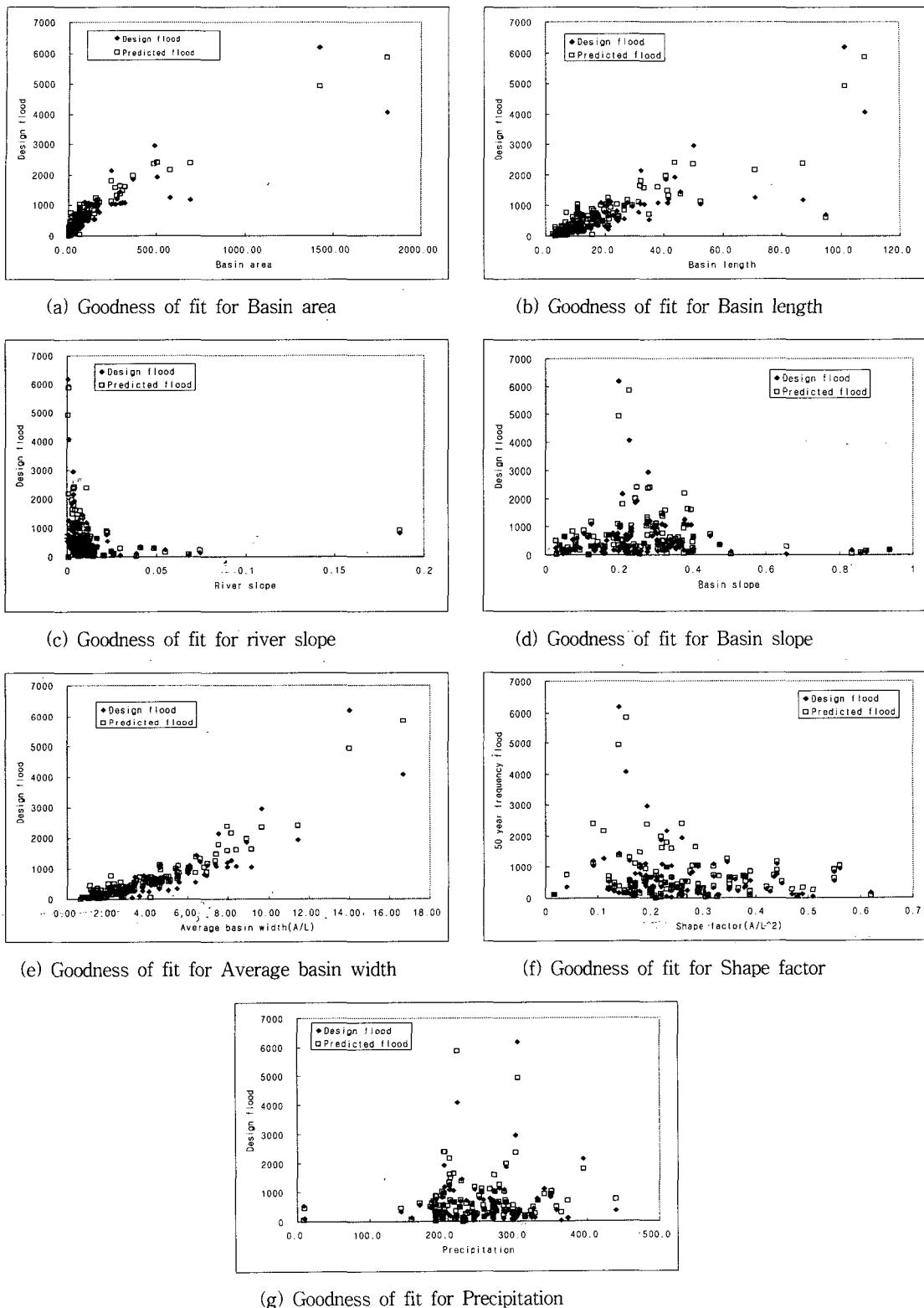


Fig. 13. Goodness of fit for 100 frequency flood.

소하게 산정되는 경우가 많은 것으로 판단되며, 면적비에 따른 빈도별 홍수량의 경우 $9.69 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$, $10.58 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$, $11.04 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 로 산정되었다. 본 연구에서 분석한 결과를 이용하여 미계측 유역의 하천정비 계획수립시 설계홍수량의 수립에 있어 참고적인 자료로 설계홍수량의 결정에 참고가 될 것으로 판단된다.

낙동강 유역의 125개 기수립된 하천정비기본계획 자료를 이용하여 유역의 특성인자들을 수집하여 홍수량과의 다중 상관성을 살펴본 결과 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

홍수량을 결정하는 데 가장 기초적인 자료인 유역면적과 유로연장, 유역경사, 하도경사, 유역평균 폭, 형상계수와 확률강우량을 이용하여 홍수량과의 다변량 상관성을 분석한 결과 다중상관계수는 0.9이상 상관성을 가지는 것으로 나타났으며, 결정계수는 0.85이상이 나타났다.

유역특성인자들을 이용한 다중산관분석을 통한 회귀식을 유도하여 모델을 이용한 미계측 유역의 설계홍수량의 추정시 참고자료로 도움이 될 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- 1) 양동율, 고재웅, 1981, 유역특성으로부터 확률홍수량의 유도에 관한 연구, 한국수문학회지(14), 3, 37~46.
- 2) 조국광, 권순국, 1990, 하천홍수량의 지역화를 위한 일반화 회귀모형의 개발, 한국수문학회지(23), 1, 79~87.
- 3) 이길춘, 노재식, 1998, 하천유역의 설계홍수량 추정 모형 개발, 단국대학교 논문집(33), 163~176.
- 4) 안승섭, 박노삼, 김종호, 임기석, 송시훈, 2005, 최소차 하천의 임계면적에 따른 유역 지형매개 변수의 특징, 한국환경과학회지(14), 1, 33~40.
- 5) 박기범, 배상수, 권혁현, 한주현, 2006, 낙동강유역의 설계홍수량 추정을 위한 지형학적 특성분석, 한국환경과학회지 춘계학술발표회(14), 3, 37~46.
- 6) 박기범, 김교식, 한주현, 배상수, 2006, 유역특성을 이용한 설계홍수량 추정, 한국수자원학회 학술발표회 논문집(14), 3, 37~46.
- 7) 박기범, 김교식, 황성환, 차상화, 2006, 지형학적 인자에 따른 설계홍수량 특성에 관한 연구, 한국수자원학회 학술발표회 논문집(14), 3, 37~46.
- 8) 윤여진, 1998, 설계홍수량에 영향을 미치는 매개 변수의 민감도 분석 : 자연유역을 중심으로, 한국수자원학회 논문집(31), 6, 695~708.
- 9) 유태훈, 2004, 응용수문학, 청문각, 21~36.