

금강 유역내 중규모 하천의 계획하폭 산정

Determination of Design Channel Width for from Medium Rivers
in Geum-River Basin

맹 봉 재* / 이 종 석** / 차 영 기***

Myeng, Bong-Jae / Lee, Jong-Seok / Cha, Young-Kee

Abstract

The parameters are determined analyzing the hydraulic and hydrological characteristics of design floods, watershed, channel length, and river bed slope. The models are calibrated while the input hydrologic data are the field data of middle size areas in Guem river basin in Korea. The basic equations of design width are suggested by the multiple regression analysis and the results show excelled in comparisons as well as calibrations with the existing empirical formulas and the design criteria, respectively. The basic equations of design width in validation process is determined the regression functions with the design floods, watershed, channel length, river bed slope as the four parameters using other database in the same scales watershed. As a results, this study will be used for apply to determine of design width and river alignment of the watershed in hydraulic fields.

key words : design width, design floods, watershed area, channel length, river bed slope, regression analysis

요 지

본 연구는 금강유역내 중규모 하천을 대상으로 계획홍수량, 유역면적, 유로연장, 하상경사 등 유역의 수리·수문학적 특성 인자를 매개변수로 하여 계획하폭 결정식을 제안하였다. 유도한 계획하폭 산정식은 다중 회귀 분석에 의한 결정계수 등의 비교에서 기존에 사용하고 있는 중부지방 경험식, 하천설계기준에 비해 우수한 결과를 나타냈다. 이들 결과를 다른 자료군의 금강수계 동일규모 유역을 대상으로 검증한 결과는 계획홍수량, 유역면적, 유로연장, 하상경사의 4개 매개변수로 유도한 관계식이 가장 우수한 것으로 나타났다. 본 연구에서 유도한 관계식을 수공실무의 계획 하폭산정에 적용한다면 현재 사용하고 있는 경험식보다 좋은 결과를 얻을 수 있을 것이다.

핵심용어 : 계획하폭, 계획홍수량, 유역면적, 유로연장, 하상경사, 회귀분석

1. 서 론

우리나라의 하천 개수율은 2005년 12월 현재 국

가하천 98.0%, 지방 1급 하천 85.0%, 지방 2급 하천 50.6%로서 전체 70.0%에 이르고 있으며(건설교통부, 2005), 최근 소하천 정비법에 하천의 이용 및 관리규정이 정립된 소하천의 경우는 소하천정비 기본

* 단국대학교 대학원 토목환경공학과 박사과정 (e-mail: mbj59@hanmail.net)

** 정회원 · 한밭대학교 토목공학과 부교수

*** 단국대학교 토목환경공학과 교수

계획이 80%이상 수립된 상태이나 개수율은 36%로 기본계획 수립률에 비해 상당히 미흡한 실정이다. 이러한 이유로 최근 하천의 피해중 중규모 하천의 피해가 날로 증가되고 있다. 지금까지의 홍수방어를 위한 대책으로는 하천의 치수를 통한 구조물적 대책에 집중되었으며 치수사업은 과거에는 주로 대하천에 집중되었으나 최근에는 중규모 하천에 대한 개수의 중요성이 인식된 현재의 홍수피해 현황을 고려할 때, 중규모 하천의 특성을 보다 정확히 파악하여 개수사업을 시행하는 것이 홍수피해를 줄일 수 있는 대안이 될 것이다.

현 실무에서는 하천정비 기본계획 수립시 해당 하천의 하천특성을 고려한 정확한 수면형을 파악하고, 적합한 하천규모를 결정하기 위한 방법으로 수리에측 모형(Hec-ras, ver 3.1)이 사용되고 있으며, 최근에는 다양한 기능과 성능을 향상시킨 신 버전이 등장하고 있는 추세이다.

기존의 계획하폭에 관한 적용기준은 유량 $300 \text{ m}^3/\text{s}$, 유역면적 10 km^2 이하인 소하천을 대상으로 하는 소하천 시설기준(행정자치부, 1999)과 하천 설계기준-해설(한국수자원학회, 2005)에서 제시하고 있는 유량과 유역면적을 매개변수로 하여 대하천, 중소하천에 적용하는 공식이 있다. 이러한 기준을 토대로 지정환과 고재웅(1992)은 산정공식의 정립을 위하여 우리나라 5대 하천 주요 수위 관측소 28개 지점을 대상으로 분석하였고, 김승과 김남원(1993)은 설계홍수 추정방법 개발을 연구하였으며, 정상만(1995)은 소하천의 정의와 계획하폭 결정을 언급하였다. 안상진과 권봉희(1996)는 미호천 유역의 15개 중소하천을 대상으로 계획하폭을 유량, 유역면적 또는 유로연장의 멱함수로 표현된 공식을 제안하였다. 전세진 등(1998)은 한강유역의 중소하천에 대한 계획하폭 산정식을 계산된 하폭과 실제하폭과의 관계를 규명하여 제시하였다. 지금까지 금강유역의 중소하천에서의 계획하폭 산정은 기 수립된 금강수계종합정비계획(건설교통부, 1998)을 판단해 볼 때 하천설계기준-해설(2005)의 방법을 따르고 있으며, 계획홍수량별 계획하폭 결정 기준과 중소하천 계획하폭 산정공식은 계획홍수량 크기에 따른 계획하폭 결정기준의 적용범위는 너무 커서 설계자에 따라 많은 차이가 발생되고 있다.

국외의 하폭결정 이론은 Kennedy(1995)와 Blench(1957)가 하상재료의 종류에 따라서 하폭을 결정하는 식을 유도하였고, Lane(1957)은 유량과 유사량의 조정으로 야기되는 하천지형학상의 변동에 대한 연구를 수행한 바 있다. 또한 Lacey(1958)는 하폭과 유량과의 상관성만을 배경으로 하폭을 유도하였

으며, Henderson(1966)은 하상물질의 입경을 고려하여 계획하폭에 대한 연구를 수행한 바가 있다.

계획하폭은 현재의 하천부지, 하도와 하천이용계획 등에 대한 충분한 조사와 하도 전체를 검토하여 결정해야 하나, 대체적으로 하도계획을 수립하는데 사용되는 빈도별 계획홍수량과 계획하폭이 현재 국내에서 제시된 경험공식을 참고로 하여 결정하는 방법 등이 제시되고 있을 뿐이다. 하천정비 기본계획 시에는 앞서 언급한 하도의 수리특성을 파악하고 기존에 제시된 경험공식, 하도의 이용현황 등을 고려하여 수리계산을 수행한 후 하천의 개수를 위한 계획하폭을 제시하므로 보다 정확한 값이라고 할 수 있다.

본 연구에서는 우리나라 중부지방을 대표하는 충청 일원의 하천정비기본계획이 수립된 유역의 지형학적 특성과 측량성과 등의 활용이 가능한 금강수계 지류 14개 지방 2급 하천을 대상으로 하천 수문학적 지형 특성인자에 대한 자료를 사용하였다. 대상하천은 산지와 평지가 고루 분포된 중부지방의 금강수계 지류로서 하천의 지형학적 특성을 대표할 수 있는 홍수량 산정 지점을 기준으로 55개 구간을 선정하였다. 또한 지점별로 산정된 계획홍수량, 유역면적, 유로연장 및 하상경사 등의 지형특성과 제시된 계획하폭과의 상관분석을 통해 관련성이 높은 매개변수를 선택하여 다중회귀 분석을 통한 계획하폭 산정공식을 제안하고자 한다. 이들 결과를 각종 경험식과 설계기준 등에 제시된 기존 하폭 산정식과 비교하여 정확하고 합리적으로 계획하폭을 산정할 수 있는 방정식을 제시하고자 한다.

2. 연구자료 선정

2.1 일반현황

우리나라 하천의 하천법상 분류는 국가하천, 지방 1, 2급 하천으로 구분하고, 그 외는 소하천 정비법에서 다루며, 해당 관할 단체장이 관리하고 있다. 하천법에서 다루는 하천의 중요도별 계획규모는 표 1과 같다(한국수자원학회, 2005).

일반적으로 하천의 수문에 필요한 가장 기본적인 자료는 계획홍수량이다. 계획홍수량은 과거 홍수량 자료를 이용한 빈도분석으로 설계의 목적에 부합하는 홍수량으로 결정된다. 그러나 실측 홍수량 자료가 부족한 실정이므로 손쉽게 얻을 수 있는 강우자료를 빈도 해석으로 하는 간접적인 방법에 의하여 계획홍수량을 산정하는 경우가 많다.

하천정비기본계획이 수립된 하천은 홍수량 자료가 많은 편이나, 계획이 수립되지 않은 하천은 자료가 없

표 1. 하천의 중요도와 계획빈도

하천 중요도	계획규모(재현기간)	적용하천 범위	비 고
A	200년 이상	국가하천의 주요구간	
B	100~200년	국 가 하 천	
C	80~200년	지방1급 하천	
D	50~200년	지방2급 하천	

표 2. 우리나라 하천별 하천정비 기본계획 현황

구 분	전 국			충 남		
	계획연장(km)	계획수립(km)	비율(%)	계획연장(km)	계획수립(km)	비율(%)
국 가 하 천	2,858.3	2,858.3	100	233.4	233.4	100
지방1급 하천	1,319.5	1,319.5	100	163.5	163.5	100
지방2급 하천	23,374.7	16,362.3	70	1,279.0	1,153.1	90
소 하 천	39,450.0	35,505.0	80	2,280.0	2,052.0	90

표 3. 중규모 하천의 범위 설정

구 분	중규모 하천 범위	소하천 범위
계획 홍수량(m ³ /s)	300 ~ 2,000	300 이하
유역면적(km ²)	10 ~ 400	10 이하
유로연장(km)	5 ~ 50	5 이하

어 간접적인 방법으로 계획홍수량을 산정하고 있는 실정이다. 우리나라의 하천별 정비기본계획 현황은 표 2와 같다(충청남도, 2005).

강우량 자료를 이용하여 간접적으로 계획홍수량을 산정하는 방법은 지금까지 상당히 많이 연구되고 발달된 방법이 많으나, 각각의 방법에서 가장 중요한 요소는 수문학적 지형인자의 특성이라 할 수 있으며, 이들은 하천정비에 필요한 기본적인 정보가 된다.

2.2 연구 대상하천의 선정

연구에 이용될 자료는 전체 유역면적 1,162.2 km² 중에서 농경지 등 평야지역이 차지하는 비율 32%, 임야지역 68%인 중부지방의 대표적인 지역으로 한다. 이들 중규모 하천의 적용범위와 대하천의 범위를 편의상 본 연구에서 분석된 자료에 의하고, 중부지방 중규모 하천의 유역특성 자료범위는 표 3과 같이 제시·적용하며, 이를 중규모 하천이라 정의한다.

이동률 등(1991)의 소하천 수문지형학적 계획하폭에 관한 연구와 Ponce(1989)에 의하면 면적이 0.65~12.5 km²를 가진 유역을 소유역으로 하였으나, 중규모 유역의 범위는 언급이 없다. 우리나라 중규모 하천은 수문학적으로 소유역의 가정을 필요로 하는 공식과 모형을 적용하는 것은 이들 중규모 하천

들이 대하천이나 소하천과 다른 특성을 가지고 있기 때문에 무리이므로 하천의 개수 및 관리방법을 달리 하는 합리적인 방법이 필요하다.

3. 기존 계획하폭공식

3.1 하천설계기준의 계획하폭

하천에서 계획하폭은 현재의 하천부지 및 하도와 하천이용계획 등에 대해 고려하고 하도전체를 검토·결정하여야 하나, 대체적으로 하도계획을 수립할 때 사용하는 계획홍수량과 크기별 계획하폭은 현재 국내에서 제시된 경험공식 등을 참고하여 중규모 하천의 계획하폭을 결정하고 있다. 또한 우리나라의 하천 설계기준·해설(한국수자원학회, 2005)에서 제시하고 있는 계획홍수량에 따른 계획하폭의 기준은 표 4와 같다.

표 4의 계획홍수량에 따른 계획하폭은 계획홍수량 300 m³/s이상에서 적용되는 기준으로서 300 m³/s 이하의 소하천에 적용할 수 없다. 여기서 소하천에 대한 기준이 필요하며, 대하천에서는 계획홍수량을 안전하게 소통하고 안정하도를 유지할 수 있도록 적절히 결정하되 기준에 발표된 경험공식을 참고하도록 되어 있으므로 이에 대한 세부적인 기준도 필요하다.

표 4. 계획홍수량에 따른 계획하폭

계획홍수량(m ³ /s)	계획하폭(m)	중앙값(m)	비 고
300	40 ~ 60	50	
500	60 ~ 80	70	
800	80 ~ 110	95	
1,000	90 ~ 120	105	
2,000	160 ~ 220	190	
5,000	350 ~ 450	400	
5,000이상	기존에 발표된 경험공식 참고		

표 5. 소하천의 계획하폭 산정 경험식

범 위	내 용	식 번호
Q<300 m ³ /s	$B=1.235Q^{0.6376}$	(1)
A<10 km ²	$B=8.794A^{0.5603}$	(2)

여기서 B는 계획하폭(m)이고, Q는 계획홍수량(m³/s)이며, A는 유역면적(km²)이다.

3.2 소하천의 계획하폭 경험공식

우리나라 소하천은 대부분 계획홍수량 300 m³/s 이하이고, 유역면적 10 km² 이하인데, 이러한 소하천에 적용할 수 있는 하폭의 계산은 소하천 시설기준(행정자치부, 1999)에 의해 표 5와 같이 계산하고 있다.

식 (1)과 식 (2)는 최근에 규정된 소하천정비법 중에서 계획홍수량 또는 유역면적에 의해서만 적용시킬 수 있는 범위의 한계가 있어 적용범위 이상인 소하천의 계획하폭에 적용할 수 없는 문제점이 있다.

3.3 대하천의 계획하폭 경험공식

우리나라 하천의 건설교통부가 하천시설기준에서 제시한 대하천 계획하폭 산정 경험공식은 다음과 같다.

$$B = \alpha \times Q^{0.73} \quad (3)$$

여기서 B는 계획하폭(m)이고, Q는 계획홍수량(m³/s)이며, α는 하상경사에 의한 계수값으로 표 6과 같다.

그러나, 중규모 하천과 대하천의 적용범위에 대한 구분과 기준이 없으며, 이는 경험공식이므로 참고사항 정도이다. 표 6의 하상경사가 매우 큰 것으로 볼 때 중규모 하천의 계획하폭결정에 식 (3)의 적용은 무리가 있다. 따라서 현실적으로 위의 방법 등의 기준은 대하천에만 적용되는 것으로 중규모 하천에 이용하는 것은 문제점이 있다고 할 수 있다.

3.4 중규모 하천의 계획하폭 경험공식

한국수자원학회(2005)에서 제시한 중규모 하천에 적용되는 경험공식은 표 7과 같다.

식 (4)와 식 (5)는 유량에 관계없이 유역면적과 하상경사에 의하여 하폭이 결정되므로 유량의 변화에 따른 하폭의 변화를 고려할 수 없으며, 하상경사가 급한 중규모 하천에서는 이용에 많은 무리가 있다. 따라서 중규모 하천에 적용할 수 있는 식 (4)와 식 (5)의 이용 가능성을 분석하여 새로운 계획하폭 결정식을 제안하고자 한다.

표 6. 하상경사에 따른 α 계수 값

하상경사(S)	1 / 1,000	1 / 2,000	1 / 3,000	1 / 4,000	1 / 5,000
α	1.09	1.18	1.27	1.36	1.45

표 7. 중규모 하천의 계획하폭 산정 경험식

지 역	내 용	식 번호
남부지방(호남·영남)	$B=1.698 \times \frac{A^{0.318}}{S^{0.5}}$	(4)
중부지방(경기·강원·충남·북)	$B=1.303 \times \frac{A^{0.318}}{S^{0.5}}$	(5)

여기서 B는 계획하폭(m)이고, S는 하상경사이며, A는 유역면적(km²)이다.

4. 계획하폭식의 산정

4.1 매개변수의 결정

새로운 계획하폭 공식을 제시하기 위해 우리나라 중부지방의 중소하천 중 14개 하천의 55개 지점의 유역수문특성자료를 수집하였다. 계획하폭 공식 산정에 사용된 매개변수는 계획홍수량, 유역면적, 유로연장, 하상경사이며, 이 값들과 계획하폭과의 회귀분석을 통

해 상관관계를 파악하여 상관계수가 큰 순서대로 매개변수화 하여 새로운 계획하폭 산정 공식으로 선정하였다. 그 결과 계획하폭과의 상관관계가 가장 높은 수문학적 지형인자는 유역면적으로 결정계수 $R^2=0.952$ 로 나타났으며, 매개변수별 우선순위를 결정하여 회귀분석을 통한 계획하폭 산정공식을 유도하였다. 식의 유도에 이용된 하천별 매개변수 특성치 범위는 표 8과 같고, 이들 자료를 회귀분석하여 얻은 매개변수별 상관계수는 표 9 및 그림 1~그림 4와 같다.

표 8. 식 유도에 사용된 매개변수의 범위

순번	하천명	유역면적 (km ²)	유로연장 (km)	하상경사 (-)	계획홍수량 (m ³ /s)	비고
1	구룡천	33.89~45.92	13.61~18.37	0.0021~0.0051	410~475	충청남도(1997)
2	초강	11.79~156.81	3.30~9.90	0.0023~0.1429	182~860	충청남도(1992a)
3	봉황천	40.04~160.79	6.50~29.56	0.0013~0.0055	360~1105	충청남도(1993e)
4	정안천	2.28~117.68	2.74~26.81	0.0021~0.0556	35~800	충청남도(1990a)
5	대교천	23.85~63.04	9.70~20.15	0.0018~0.0042	370~560	충청남도(1990b)
6	병천천	2.88~56.42	3.02~17.82	0.0041~0.0118	40~390	충청남도(1993d)
7	기사천	7.72~48.20	5.51~12.72	0.0023~0.0057	90~370	충청남도(1993a)
8	두계천	7.67~26.95	5.80~80.00	0.0043~0.0128	137~394	충청남도(1993c)
9	금산천	4.58~11.32	2.30~4.15	0.0139~0.0303	20~60	충청남도(1993b)
10	은산천	22.62~61.95	8.00~17.10	0.0006~0.0125	300~785	충청남도(1994a)
11	일광천	8.94~27.49	6.85~7.50	0.0015~0.0041	175~420	충청남도(1994b)
12	유등천	32.14~77.90	11.46~20.40	0.0034~0.0067	27~545	충청남도(1992b)
13	지방천	8.80~24.80	7.30~13.70	0.0063~0.0100	95~235	충청남도(1992c)
14	진산천	4.40~7.78	3.84~5.74	0.0083~0.0133	65~90	충청남도(1992d)

표 9. 계획하폭과 각 매개변수간의 상관관계 분석

매개변수	상관계수 (R^2)	비고
유역면적 (km ²)	0.952	
유로연장 (km)	0.936	
계획홍수량 (m ³ /s)	0.936	
하상경사 (-)	0.852	

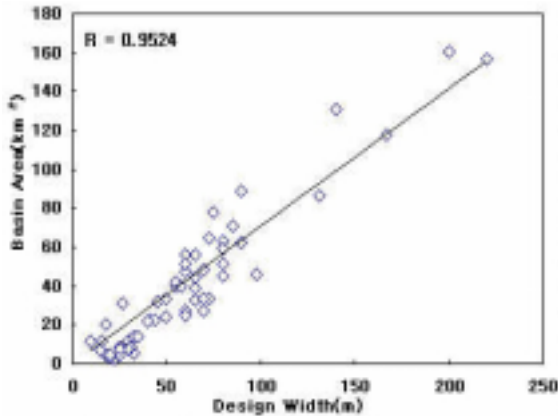


그림 1. 계획하폭과 유역면적의 상관관계

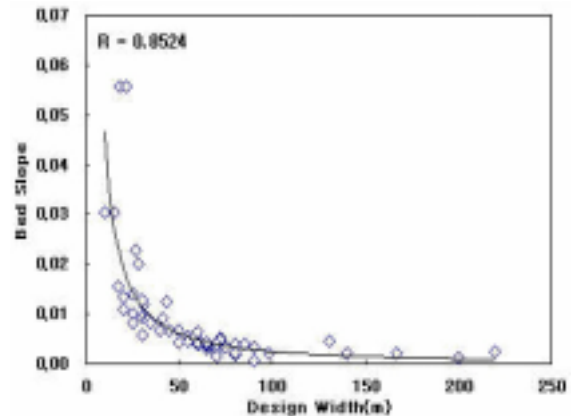


그림 2. 계획하폭과 하상경사의 상관관계

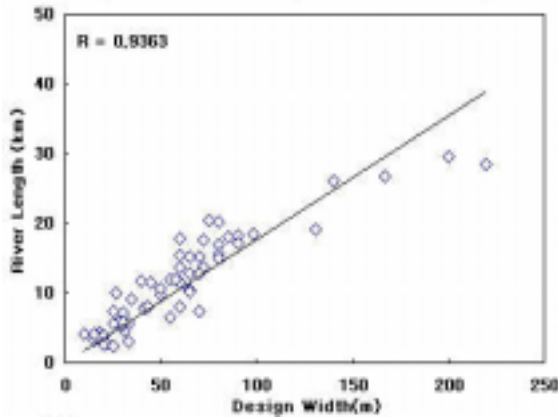


그림 3. 계획하폭과 계획홍수량의 상관관계

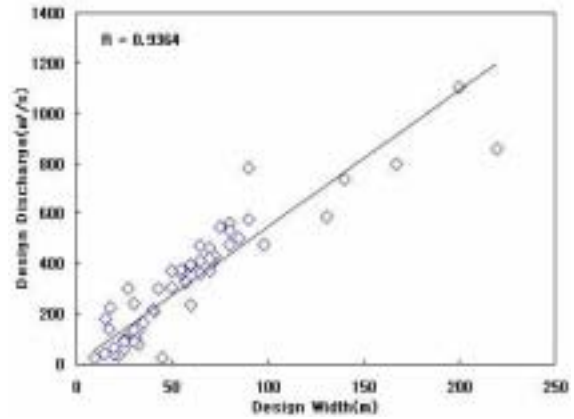


그림 4. 계획하폭과 유로연장의 상관관계

4.2 다중 회귀분석을 통한 계획하폭 산정식

연구대상 14개 하천의 55개 지점에 대한 수문·수리학적 지형인자를 다중회귀분석에 의해 유도한 계획하폭 산정식은 표 10과 같다.

4.3 유도된 방정식과 기존 경험식의 비교

본 연구에서 유도된 계획하폭의 산정식은 표 10에서와 같이 총 5개로서 이중 유역면적 (km²), 유로연장 (km), 계획홍수량 (m³/s), 수로경사의 4개 매개변수를 갖는 선형회귀 방법으로 구한 식 (6)이 결정계수 R²=0.93으로 가장 높은 상관관계를 보이는 것으로 나타났다. 또한 이들 관계를 기존 경험식과 제안 공식과의 비교결과는 그림 5~그림 9와 같이 나타났다.

4.4 제안식의 검증

중부공식과 제안 식들과의 비교검증은 금강의 다른 지류 중 최근 하천정비 기본계획이 수립된 중부권(금

강수계)내 지방 2급 하천 14개의 70개 지점을 대상으로 실시하였다. 검증에 사용된 또 다른 자료군의 범위는 표 11과 같이 유역면적 1.63~60.58 km², 유로연장 0.40~16.50km, 계획홍수량 15.0~700.0 m³/s, 하상경사 0.0002~0.1575인 자료를 이용하여 검증하였으며, 그 결과는 표 12 및 그림 10~그림 14와 같이 나타났다.

표 12와 같이 검증결과는 5가지 제안식 모두에서 결정계수가 0.80 이상으로 높게 나타났을 뿐만 아니라, 기존 경험식인 중부공식 보다 결정계수 및 평균제곱근 오차(RMSE) 값에서 더 우수한 결과를 나타냈다. 이는 본 연구의 제안식이 기존의 경험공식들 보다 계획하폭의 산정에서 더 정확한 예측 값을 산정한다고 할 수 있다. 이들 5가지 제안공식 중 비선형 회귀분석에 의한 제안식 (9)가 이들 중 가장 우수한 결과를 나타냈다. 이 식은 기존의 중부지방 경험공식의 매개변수와 거의 같은 매개변수를 사용하여 산정된 식으로서 앞으로 이 식을 적용하여 중부지방 중규모 하천의 계획하폭 결정 시 보다 정확한 결과를 얻을 수 있을 것이다.

표 10. 기존 경험식과 유도된 방정식의 비교

추정방법		내용		
		R ²	RMSE	회귀식
유도된 방정식	선형 회귀	0.93	12.98	$B=0.845A-0.063L-145.182S+0.044Q+14.15$ (6)
		0.92	13.41	$B=0.531A+1.601L+0.041Q+6.277$ (7)
		0.91	13.95	$B=0.668A+2.117L+8.215$ (8)
	비선형 회귀	0.92	13.42	$B=1.4A^{0.457}L^{0.261}S^{-0.03}Q^{0.219}$ (9)
		0.91	14.47	$B=3.274A^{0.478}L^{0.458}$ (10)
기존 경험식	중부 공식	0.83	19.64	$B=1.303A^{0.318}S^{-0.5}$ (11)
	설계 기준	0.65	37.30	[한국수자원학회 (2005), 하천설계기준·해설] 표 4의 중앙값 적용) (12)
비고		R ² =결정계수, RMSE=평균제곱근 오차		

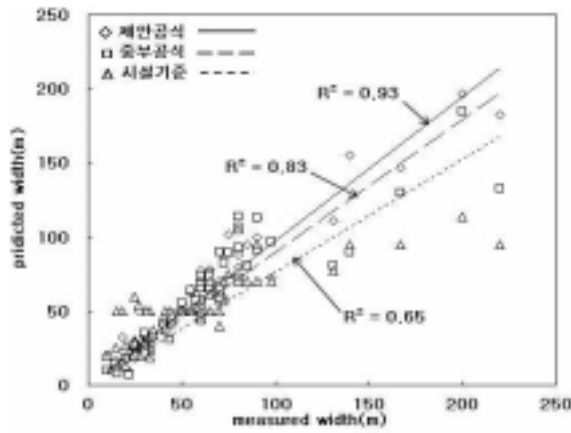


그림 5. 식 (6)에 대한 검정결과

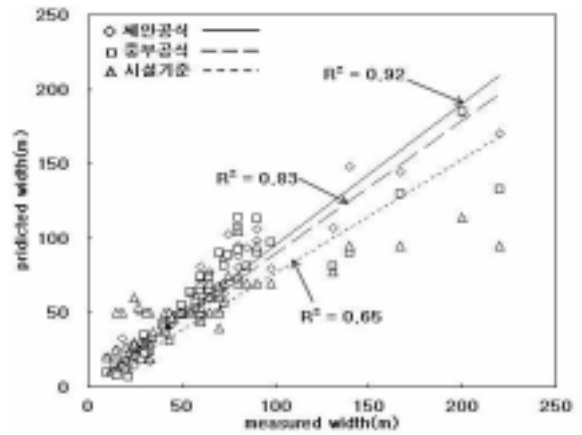


그림 6. 식 (7)에 대한 검정결과

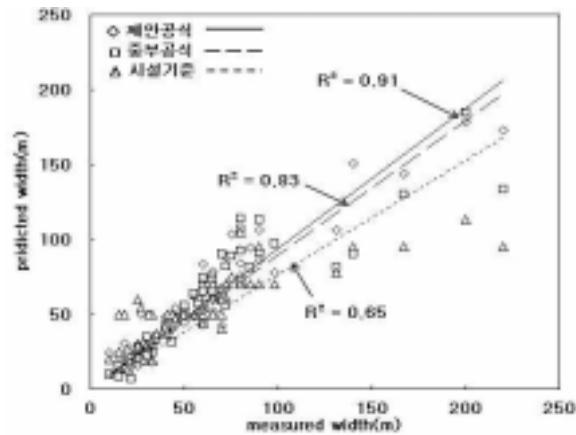


그림 7. 식 (8)에 대한 검정결과

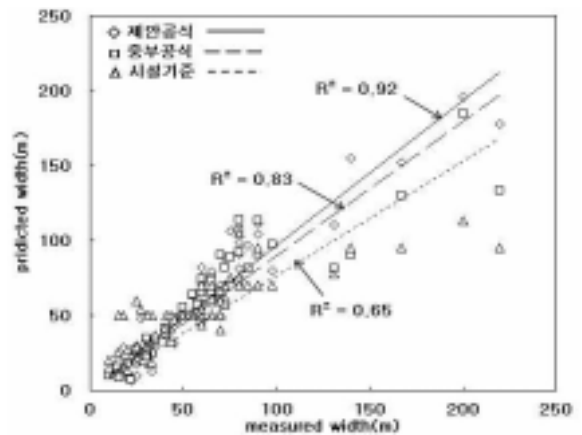


그림 8. 식 (9)에 대한 검정결과

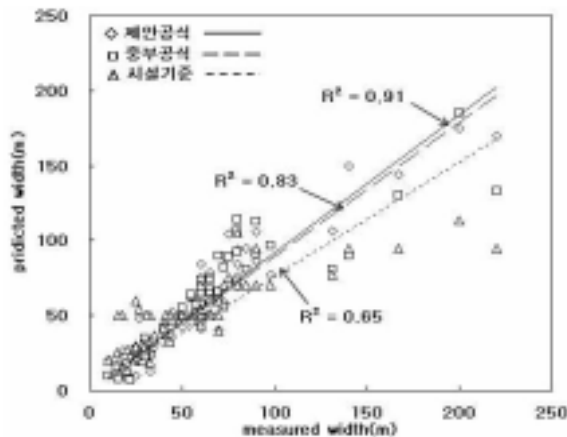


그림 9. 식 (10)에 대한 검정결과

5. 결론

본 연구는 우리나라 금강수계를 중심으로 한 중규모 하천의 계획홍수량, 유역면적, 유로연장 등의 수문·수리학적 인자를 사용하여 다중 회귀분석에 의해 중규모 하천의 계획하폭 산정식을 유도한 결과 다음과

같은 결론을 얻었다.

- (1) 유역의 수리·수문학적 인자들을 매개변수로 하는 회귀분석을 위한 모형 추정결과는 계획하폭과의 상관관계에서 유역면적, 계획홍수량, 유로연장, 하상경사 순으로 상관계수가 높은 것으로 나타났다.

표 11. 결정 제안식 검정에 이용한 하천별 매개변수 특성치 범위

순번	하 천 명	유역면적 (km ²)	유로연장 (km)	하상경사 (-)	계획홍수량 (m ³ /s)	비 고
1	화 산 천	5.07~13.46	3.28~8.03	0.0002~0.0013	55~130	충청남도(2002a)
2	상 황 천	3.08~4.00	2.66~4.53	0.0018~0.0074	35~45	충청남도(2002b)
3	잉화달천	12.60~46.40	6.26~16.50	0.0019~0.0176	195~700	충청남도(1996a)
4	어 천	17.88~35.53	8.10~14.20	0.0026~0.0073	280~470	충청남도(1996b)
5	제 천	6.35~25.85	3.35~7.55	0.0021~0.0057	140~428	충청남도(2002c)
6	왕 촌 천	6.50~23.05	3.62~10.85	0.0054~0.0120	129~346	충청남도(2002e)
7	현 내 천	2.00~17.50	2.55~7.60	0.0065~0.0400	30~153	충청남도(2002f)
8	삼 가 천	14.85~17.45	5.13~7.00	0.0092~0.0096	192~224	충청남도(2002d)
9	궁 동 천	1.63~17.81	2.09~6.55	0.0147~0.0739	15~154	충청남도(2003)
10	진 안 천	13.2~34.8	0.9~2.5	0.0053~0.0132	160~410	전라북도(1996c)
11	지 곡 천	3.68~21.86	0.4~2.6	0.0040~0.0050	85~350	충청남도(1999a)
12	마 사 천	3.3~3.75	0.4~1.8	0.0111~0.0181	80~85	충청남도(1999b)
13	신 천	8.24~60.85	5.7~21.4	0.0042~0.1575	112.5~560	충청남도(1994c)
14	월 하 천	6.68~36.0	2.24~11.26	0.0024~0.0144	60~380	충청남도(1998)

표 12. 제안식의 검증 결과

추정방법	식 번호	R ²	RMSE
선형회귀	(6)	0.86	21.58
	(7)	0.81	25.09
	(8)	0.81	25.33
비선형 회귀	(9)	0.89	19.49
	(10)	0.82	24.65
중부공식	(11)	0.77	27.92

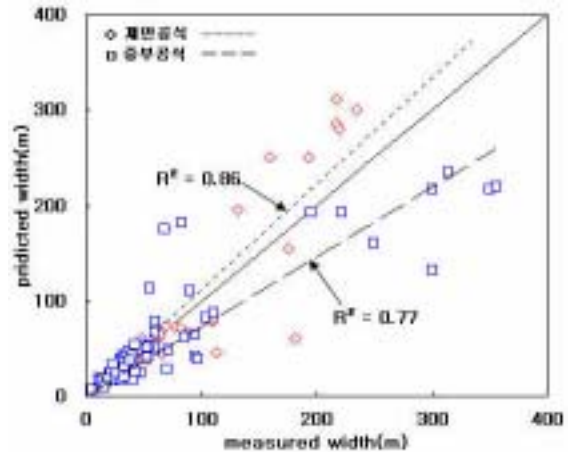


그림 11. 식 (6)의 실측치와 예측치 비교

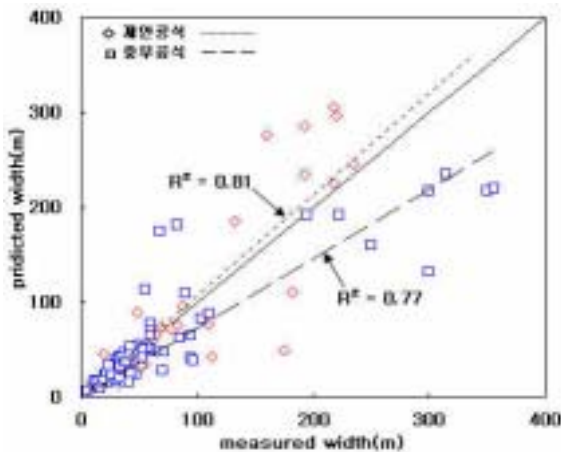


그림 12. 식 (7)의 실측치와 예측치 비교

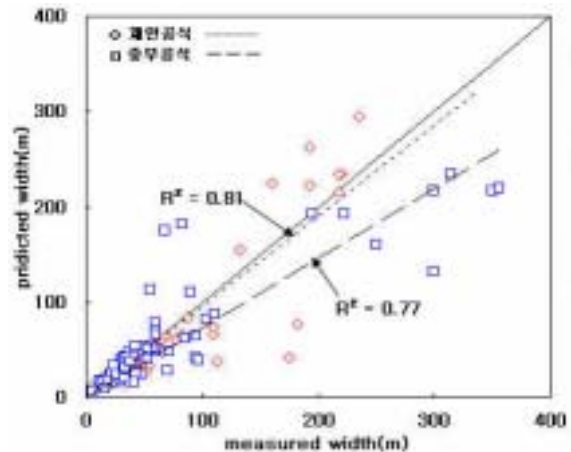


그림 13. 식 (8)의 실측치와 예측치 비교

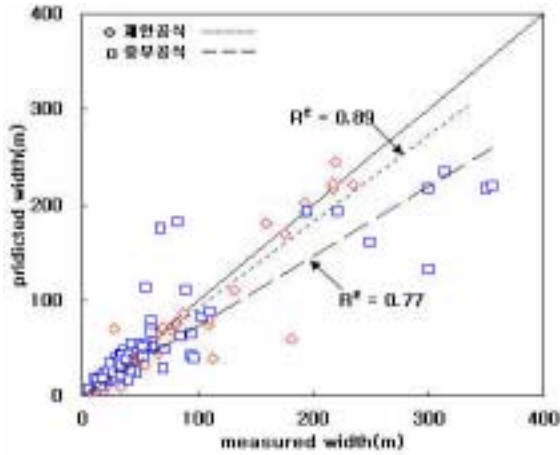


그림 14. 식 (9)의 실측치와 예측치 비교

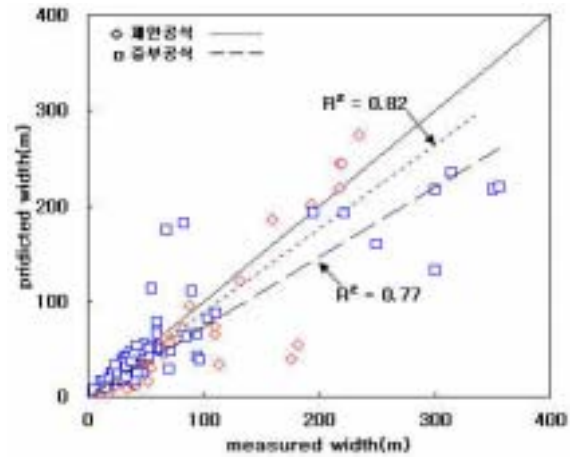


그림 15. 식 (10)의 실측치와 예측치 비교

(2) 모형추정에서 얻은 매개변수를 이용한 계획하폭 산정식으로 5개의 선형 및 비선형식이 유도되었으며, 이들 식 중 $B=1.4A^{0.457}L^{0.261}S^{-0.03}Q^{0.219}$ 가 결정계수와 평균제곱근오차 비교에서 가장 우수한 식으로 나타났다.

(3) 본 연구에서 제안한 계획하폭 산정식은 유역면적 2.88~160.79 km², 유로연장 2.30~80 km, 계획홍수량 20~1,105 m³/s의 중부지방 대표수계인 금강수계 중규모 하천자료를 이용하여 유도되었으며, 기 발표된 경험공식과의 비교에서도 그 우수함이 검증된 바, 앞으로 중부지방 중규모 하천의 계획하폭산정 및 하천유역 관리의 수공실무에 활용할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- 건설교통부 (1998). 금강수계 종합정비계획(II), p. 4-53.
- 건설교통부 (2005). 우리나라 하천개수 현황.
- 김승, 김남원, 정성원 (1993). 설계홍수 추정방법 개발을 위한 설문조사. 한국수문학회지, 제26권 제1호, pp. 27-37.
- 내무부 (1996). 소하천정비지침, p. 7-17.
- 안상진, 권봉희 (1996). 우리나라 중부지방의 중소하천에 대한 계획 하폭의 산정. 한국수자원학회논문집, 한국수자원학회, 제29권, 제4호, pp. 139-147.
- 이동률, 이주현, 최성욱, 정상만 (1991). 우리나라 소하천의 수문지형학적 특징 및 계획하폭에 관한 연구. 한국수문학회지, 제24권, 제2호, pp. 67-73.
- 전세진, 안태진, 박정웅 (1998). 한강유역의 중소하천에 대한 계획하폭 산정. 한국수자원학회논문집, 제31권, 제6호, pp. 675-684.
- 정상만 (1995). 소하천의 정의와 계획하폭 결정에 관하여. 한국수자원학회지, 제28권, 제6호, pp. 102-103.
- 지정환, 고재웅 (1992). 우리나라 하천의 수리기하학적 특성에 관한 연구. 제34회 수공학연구발표회논문집, 한국수문학회, pp. 187-195.
- 충청남도 (1990a). 정안천 하천정비기본계획, p. 73-207.
- 충청남도 (1990b). 대교천 하천정비기본계획, p. 70-111.
- 충청남도 (1992a). 초강 하천정비기본계획, p. 125-178.
- 충청남도 (1992b). 유등천 하천정비기본계획, p. 51-72.
- 충청남도 (1992c). 지방천 하천정비기본계획, p. 51-72.
- 충청남도 (1992d). 진산천 하천정비기본계획, p. 51-72.
- 충청남도 (1993a). 기사천 하천정비기본계획, p. 51-111.
- 충청남도 (1993b). 금산천 하천정비기본계획, p. 79-109.
- 충청남도 (1993c). 두계천 하천정비기본계획, p. 81-95.
- 충청남도 (1993d). 병천천 하천정비기본계획, p. 71-145.
- 충청남도 (1993e). 봉황천 하천정비기본계획, p. 83-129.

- 충청남도 (1994a). 은산천 하천정비기본계획, p. 59-118.
- 충청남도 (1994b). 일광천 하천정비기본계획, p. 59-118.
- 충청남도 (1994c). 신천 하천정비기본계획, p. 115-120.
- 충청남도 (1996a). 임화달천 하천정비기본계획, p. 87-103.
- 충청남도 (1996b). 어천 하천정비기본계획, p. 87-103.
- 전라북도 (1996c). 진안천 하천정비기본계획, p. 159-162.
- 충청남도 (1997). 구룡천 하천정비기본계획, p. 105-127.
- 충청남도 (1998). 월하천 하천정비기본계획, p. 79-80.
- 충청남도 (1999a). 지곡천 하천정비기본계획, p. 111-112.
- 충청남도 (1999b). 마사천 하천정비기본계획, p. 111-112.
- 충청남도 (2002a). 화산천 하천정비기본계획, p. 169-177.
- 충청남도 (2002b). 상황천 하천정비기본계획, p. 11-174.
- 충청남도 (2002c). 제천 하천정비기본계획, p. 142-154.
- 충청남도 (2002d). 삼가천 하천정비기본계획, p. 132-143.
- 충청남도 (2002e). 왕촌천 하천정비기본계획, p. 144-159.
- 충청남도 (2002f). 현내천 하천정비기본계획, p. 140-152.
- 충청남도 (2003). 궁동천 하천정비기본계획, p. 169-253.
- 충청남도 (2005). 하천정비기본계획 수립 현황. 한국수자원학회 (2005). 하천설계기준 · 해설.
- 행정자치부 (1999). 소하천 시설기준.
- Blench, T. (1957). Regime Behaviour of Canals and Rivers, Butterworths, London.
- Henderson, F.M. (1966). Open Channel Hydraulics. The Macmillan Co., New York.
- Kennedy, R.G. (1995). The Prevention of Silting in Irrigation Canals. Min. Proc., Inst. Civil Engrs., Vol. CXIX.
- Lacey, G. (1958). Flow in Alluvial Channels with Sandy Mobile Beds. Paper No. 6274, Proc. Inst. Civil Engr., London.
- Lane, E.W. (1957). A Study of the Shape Channels Formed by Natural Streams Flowing in Erodible Material. U.S. Army Div., Missouri River, Corps of Engr., Omaha Neb., MRD Sediment Series, No.9.
- Ponce, V.M. (1989). Engineering Hydrology (Principles and practices). Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.

© 논문접수일 : 2007년 01월 08일
 © 심사의뢰일 : 2007년 01월 16일
 © 심사완료일 : 2007년 03월 09일