

유역종합치수계획 수립시 하도의 홍수소통능력 평가

Evaluation of Allowable Channel Conveyance for Comprehensive Flood Control Plan

이희철*, 이재형**, 전세호***, 이윤영****

Hee Chul Lee, Jae Hyung Lee, Se Ho Jeon, Yoon Young Lee

요 지

유역종합치수계획 수립시 유역내 해당 지점에서의 하도와 유역에 대한 홍수량 배분은 원활한 목표연도 홍수량 처리, 치수안전도 증대, 치수경제성 등을 고려하여 하도 및 유역에서 실현 가능한 모든 홍수방어대안 등을 검토하여 적절한 홍수량이 분담되도록 결정되어야 한다. 그러나 기존 문헌 및 연구에서 제시하고 있는 홍수량 배분에 대한 규정은 구체적이지 못하고 추상적이며 계획수립시 하도 홍수소통능력에 대한 객관적인 기준과 고려없이 하도분담량을 설정하고 있다. 이에 본 연구에서는 하도 홍수소통능력 평가에 대한 합리적인 기준설정이 필요하다고 판단되어 기존의 문헌 및 사례 등을 종합 분석하여 하도의 홍수소통능력 평가기법을 개발하였다.

하도 홍수소통능력의 판단기준은 하천내 유수의 소통능력은 물론, 하도내 수위가 높음으로 인해 내수배제가 원활히 이루어지지 못해 발생하는 홍수피해를 최소화할 수 있도록 5단계로 구분하였다. 그리고 제내지의 토지이용현황, 자산분포와 인구밀집도 등을 고려한 평가기준이 될 수 있도록 하였다.

내수에 대한 하도 홍수소통능력 검토시 도시하천의 경우에는 홍수피해 위험이 높고 자산이 많이 분포되어 있는 하천구간은 소파기준에 해당하는 침수심 0.5m 기준을 적용하였다. 그리고, 농경지하천의 경우는 농경지 침수시간에 따른 작물 피해액 기준을 도시하천의 개념과 유사하게 적용하여 홍수피해잠재능이 높은 지역에 위치한 하천의 경우는 침수지속시간이 24시간 이내가 되도록 적용하였다.

핵심용어 : 유역종합치수계획, 유역 및 하도홍수분담량, 하도 홍수소통능력

1. 서 론

1990년대 후반부터 기상이변과 도시화에 따른 불투수층의 증가로 인해 홍수피해가 급격하게 증가하고 있고, 이에 대한 사전예방적인 동시에 종합적인 수해방지대책으로 유역종합치수계획의 수립이 제안되었다. 유역종합치수계획이란 유역에서 분담하는 홍수량을 증가시켜 하도의 치수안전도를 향상시키기 위한 계획이다. 홍수유출을 저감시킬 수 있는 자연 및 인공 시설물들을 유역전반에 걸쳐 종합적으로 설치, 연계 운영하고 구조적 대책을 보완하는 비구조적 대책을 도입함으로써 유역의 홍수 저감능력을 극대화하고 홍수피해를 최소화시키는 계획이다.

그러나 유역종합치수계획의 수행에 있어서 하위계획인 하천정비기본계획과의 연계 문제, 치수안전도 설정 방법의 객관성 결여 문제, 하도 및 유역의 홍수분담량 결정 문제, 계획홍수량 산정 방법의 객관성 유지를 위한 표준화 문제, 기후변화에 따른 강우량의 증가성향 평가방법 부재, 유역분담 홍수저감시설물의 설치를 위

* 정회원·현대엔지니어링(주) 토건·환경사업본부 수자원부 공학박사E-mail : lhc8833@hec.co.kr

** 정회원·현대엔지니어링(주) 토건·환경사업본부 수자원부 공학박사E-mail : jhlee908@hec.co.kr

*** 정회원·현대엔지니어링(주) 토건·환경사업본부 수자원부E-mail : shjeon@hec.co.kr

**** 정회원·현대엔지니어링(주) 토건·환경사업본부 수자원부E-mail : yylee@hec.co.kr

한 법적, 제도적 장치마련 문제 등 여러 가지 예기치 못했던 문제점들이 제기되고 있다.

이상과 같이 현존하는 많은 문제점들 중에서 특히 유역 및 하도의 홍수분담량 설정방법은 유역종합치수 계획 수립시 각종 시설계획의 기본이 되나 그 산정방법 및 설정기준이 추상적으로 되어있어 수행하는 각 계획별로 그 기준이 서로 달리 적용되고 있는 상황으로 좀 더 객관적이며 합리적인 방향으로의 개선이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 기존의 하도 홍수소통능력 평가방법들을 조사, 검토한 후 문제점을 보완할 수 있는 평가기법을 개발하였고, 연구 결과를 농경지하천의 특성과 일부 도시하천의 특성을 나타내고 있는 영산강유역에 적용하여 평가기법의 타당성을 검토하였다.

2. 하도 홍수소통능력

하도 홍수소통능력은 홍수유출량을 하도가 부담할 수 있는 능력으로 일반적인 하도의 수리학적 통수능력과 함께 하천연안의 토지이용 현황, 내수지역의 지반고, 내수처리방식 등을 종합적으로 고려하여 결정하게 된다. 과거 하천정비기본계획에서는 기본홍수량 전체를 하도에서 부담하는 것으로 홍수처리방향이 수립되었다. 이러한 계획은 유역에서 발생하는 홍수량을 하천을 이용한 직접적인 배수체계 만을 염두에 두고 하도준설이나, 제방축제 및 증고계획에 의해서만 치수계획을 수립한 것으로 하도에 과도한 부담을 안겨주고 있다. 이와 같은 계획의 결과는 설계빈도를 초과하는 홍수는 물론 설계빈도 이하의 홍수시에도 외수 및 내수에 의한 피해가 빈발하는 원인을 제공하고 있는 실정이다.

2.1 기존 하도 홍수소통능력 결정방법 검토

유역의 홍수를 처리하는데 있어서 가장 이상적인 방법은 하도에서 계획규모의 홍수량을 처리할 수 있도록 하는 것인데, 하도가 홍수량을 처리하는데 있어서 외수가 범람하여 홍수피해를 유발하지 않는 충분한 소통능력을 보유하고 있어야 할 뿐만 아니라 외수위가 높아 내수배제가 불가능하여 내수로 인한 홍수피해를 최소화 할 수 있도록 하여야 한다.

그러나 유역종합치수계획수립지침 작성(2001)과 13대수계 유역종합치수계획 수립 표준과업지시서(2003) 및 하천설계기준·해설(2005)에서 제시하고 있는 하도 홍수소통능력 결정기준은 구체적이지 못하고 추상적으로 제시되어 있어 이를 실제 적용하기에는 어려움이 있다.

2.2 하도 홍수소통능력 결정방법 개선

하도의 계획규모보다 훨씬 낮은 저빈도의 강우발생에도 홍수피해가 발생하는 것은 외수에 의한 피해보다는 내수처리시설의 미비로 인해 발생하는 것으로 하수도 및 배수펌프장 등의 유지관리 및 단면부족 등에 기인한 것으로 판단되며, 한편으로는 외수위가 높게 유지됨으로 인해 내수배제가 원활히 이루어지지 못한 것에 기인한다. 따라서 본 연구의 하도 홍수소통능력 판단기준은 외수의 소통능력은 물론, 외수위가 높음으로 인해 내수배제가 원활히 이루어지지 못해 발생하는 홍수피해를 최소화할 수 있도록 하였으며, 이를 표 1과 같이 5단계로 구분하여 외수 및 내수에 대한 하도의 홍수소통능력 검토를 수행하였다.

1단계는 하도 홍수소통능을 평가할 대상지를 선정하는 것으로 제내지의 상황을 조사하여 각 소구역(홍수시 피해가능지역)의 홍수피해잠재능(PFD)을 산정한다. 2단계는 하도의 적정하폭 확보 여부에 따른 하도통수능의 평가로 일부 협착부 존재로 인한 하도통수능의 부족을 확폭으로 처리할 수 있는 가를 평가하는 단계이다. 3단계는 외수에 의한 하도의 범람이 발생하지 않는 하도 홍수소통능력을 검토하는 것으로 해당지점의 계획제방고를 기준으로 하도 홍수소통능력을 판단한다. 4단계는 내수침수와 관련된 하도의 적정통수능력을 산정하는 단계로 제내지의 침수피해를 적정수준에서 제한하기 위해 도시하천구간의 경우는 침수심을, 농경지하천구간의 경우는 침수지속시간을 제한하는 ‘적정홍수위/홍수지속시간’ 개념을 도입하였다. 이중 침수피해를 일정수준에서 제한하기 위한 기준으로는 경제성 분석의 피해율 기준을 적용하였다. 최종적인 하도 홍수분담량 결정은 외수범람과 내수침수 피해를 고려한 하도의 통수능력을 비교하여 해당 하천구간의 하도 홍수소통능력을 결정하는 단계이다.

표 1. 하도 홍수소통능력 결정 방법

단 계	구 분	검 토 내 용
1 단계	홍수피해 취약 지역 조사	·과거 홍수시 홍수피해를 입은 홍수피해지역 조사 ·계획홍수위보다 제내지 지반고가 낮은 저지대 지역(소구역)
2 단계	현하폭 및 적정 소요하폭 검토	·홍수피해 취약지역에 대하여 현하폭과 적정소요하폭을 검토하고, 적정하폭을 확보하고 있지 못한 경우 확폭가능 여부 검토 ·확폭 가능지역의 경우 확폭을 통해 최대한 하도의 홍수소통능력 확보
3 단계	외수에 대한 하도 홍수소통능력 검토	·계획홍수위와 제방고를 비교 검토 ·계획제방고(계획홍수위+여유고) 기준 하도 홍수소통능력 분석
4 단계	내수에 대한 하도 홍수소통능력 검토	·제내지 토지이용상태, 제내지 표고와 홍수위 및 홍수위지속시간을 검토하여 '적정 홍수위/홍수지속시간' 결정 ·'적정 홍수위/홍수지속시간'에 해당하는 하도 홍수소통능력 분석
5 단계	하도 홍수분담량 결정	·외수와 내수에 대한 하도 홍수소통능력을 종합적으로 판단하여 하도 홍수소통능력을 결정하고 하도 홍수분담량으로 채택

3. 하도 홍수소통능력 평가기법의 적용

3.1 대상유역

우리나라 5대강의 하나인 영산강은 한반도 남서부 전라남·북도에 위치하며 1개 광역시, 2개 도, 3개 시, 7개 군에 걸쳐있다. 유역면적은 3,455km², 유로연장은 129.5km이며, 유역의 평균폭은 26.7km, 유역형태는 직사각형 형태의 수지상하천이다.

영산강은 유역의 평균경사가 19.5%로 비교적 완만한 유역이고, 하천에 인접하여 농경지가 발달해 있으며, 영산강의 중·상류부에는 광주광역시와 나주시 등의 도심지 및 인구밀집지역이 위치하고 있다.

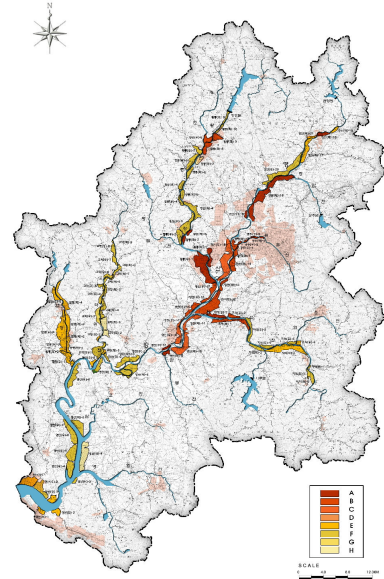


그림 1. 소구역 PFD 등급

3.2 하도 홍수소통능력 분석

3.2.1 홍수피해 취약지역 조사(1단계)

과거 홍수시 홍수피해를 입은 홍수피해 지역과 계획홍수위보다 제내지 지반고가 낮은 저지대 지역으로서 홍수시 홍수피해가 우려되는 지역을 조사하였고, 조사된 54개 소구역별 홍수피해잠재능(PFD) 등급과 특성을 정리하면 그림 1 및 표 2와 같다.

표 2. 홍수피해 취약지역(소구역) 및 적정하폭 검토

지 점	소 구 역	PFD 등급	계 획 홍수량 (m ³ /s)	홍수위 (EL. m)	제내측 표고 (EL. m)	현 하폭 (m)	적정하폭 (m)	확폭 여부	비 고
하 구 독	영산(좌1)	E	8,300	2.32 ~ 2.32	-0.55 ~ -0.47	1,810 ~ 1,840	1,810 ~ 1,840	불필요	저지대
사포 수위표	영산(좌6-2)	F	8,870	5.76 ~ 5.92	3.45 ~ 8.38	500 ~ 535	500 ~ 535	"	"
고막원천 합류전	영산(우9)	F	8,260	7.40 ~ 7.93	1.87 ~ 2.67	460 ~ 660	460 ~ 660	"	침수피해
영산포 수위표	영산(좌9-2)	A	8,610	10.66 ~ 10.79	8.25 ~ 12.59	405 ~ 420	405 ~ 420	"	"
나주 수위표	영산(우14)	C	8,320	12.15 ~ 12.69	6.12 ~ 10.75	610 ~ 660	610 ~ 660	"	"
본동 수위표	영산(좌12)	B	5,140	13.11 ~ 13.79	8.28 ~ 10.42	520 ~ 620	520 ~ 620	"	"
마륵 수위표	영산(좌14)	B	3,010	14.40 ~ 15.37	12.71 ~ 15.30	380 ~ 430	380 ~ 430	"	저지대
광주천 합류전	영산(우18-2)	C	2,590	15.38 ~ 16.00	13.56 ~ 15.54	340 ~ 550	340 ~ 550	"	"
증암천 합류전	영산(우20-2)	F	1,170	30.55 ~ 33.09	28.20 ~ 32.50	215 ~ 400	215 ~ 400	"	"
담 양 교	영산(좌18-1)	A	890	47.00 ~ 52.22	46.80 ~ 53.24	70 ~ 115	70 ~ 115	"	"

3.2.2 현 하폭 및 적정 소요하폭(2단계)

하도는 홍수량을 가장 안정적이고 경제적으로 처리할 수 있는 곳이라 판단하여 최대 하도에서 분담 가능한 홍수량은 하도에서 분담하는 것으로 하였다. 이를 위하여 대하천공식과 중·소하천공식 및 홍수량을 기준으로 하폭을 산정한 후 표 2와 같이 현 하폭과 비교 검토하였다. 현 하폭이 적정하폭을 확보하고 있지 못한 구간에 대해서는 확폭 가능 여부를 검토하여 확폭이 가능한 구간은 확폭 계획을 수립하여 하도의 홍수소통능력을 확보할 수 있도록 하였다.

표 3. 외수위조건을 고려한 하도 홍수소통능력

3.2.3 외수에 대한 하도 홍수소통능력(3단계)

계획홍수량에 의해 형성되는 홍수위와 여유고를 토대로 계획제방고 기준 하도 홍수소통능력을 분석하면 표 3과 같다. 이것은 외수에 의한 하도의 범람이 발생하지 않는 하도의 홍수소통능력을 의미하게 된다.

지 점	유역면적 (km ²)	기본계획		유역종합		하도홍수 통 수 능 (m ³ /s)
		홍수량 (m ³ /s)	빈도 (년)	홍수량 (m ³ /s)	빈도 (년)	
하 구 독	3,455.0	6,720	100	8,300	100	4,499
사포 수위표	2,592.0	6,590	100	8,870	100	5,749
고막원천 합류전	2,367.1	6,590	100	8,260	100	5,832
영산포 수위표	2,154.0	7,380	200	8,610	200	6,986
나주 수위표	2,054.7	7,190	200	8,320	200	6,606
본동 수위표	1,327.0	4,390	200	5,140	200	4,063
마륵 수위표	682.2	2,710	200	3,010	200	3,009
광주천 합류전	561.5	2,310	200	2,590	200	2,939이상
중앙천 합류전	240.6	1,160	100	1,170	100	866
담 양 교	92.8	580	200	890	200	482

3.2.4 내수에 대한 하도 홍수소통능력(4단계)

내수침수와 관련하여 하도의 적정 소통능력을 결정할 수 있는 객관적 기준은 설정하기가 매우 어렵다. 따라서 본 연구에서는 침수사업에 대한 경제성 분석에서 이용되고 있는 피해율 기준을 도입하였다.

도시하천의 경우는 표 4와 같이 침수심에 따른 건물피해율 산정기준을 적용하여 소구역의 홍수피해잠재능 등급에 따라 그림 2와 표 5와 같이 홍수피해잠재능이 A, B로 홍수피해 위험이 높고 자산이 많이 분포되어 있는 소구역에 위치한 하천은 소파기준에 해당하는 침수심 0.5 m 기준을, 그리고 홍수피해잠재능이 F, H로 홍수위험이 적고 피해가 크지 않은 지역의 하천의 경우는 보다 완화된 기준을 적용하여 제내지표고에 침수심을 합산한 표고까지를 하도내의 '적정홍수위'로 제한하여 하도 소통능력을 결정하였다.

한편, 농경지하천의 경우는 그림 2와 표 4의 농경지 침수시간에 따른 작물 피해율 기준을 도시하천의 개념과 유사하게 적용하여 홍수피해잠재능이 높은 지역에 위치한 하천의 경우는 침수지속시간이 24 시간 이내가 되도록 하고, 홍수피해잠재능이 낮은 지역은 48 시간 이내가 되도록 기준을 설정하여 적용하였다.

이상의 방법론을 홍수취약지역(소구역)에 대해 적용하여 제내지 표고이상의 홍수지속시간과 침수심을 산정한 결과 및 홍수취약지역 하도의 내수에 대한 홍수소통능을 검토한 결과는 표 6과 같다.

표 4. 침수심별 건물 피해율, 침수시간별 농작물 피해율

도시하천의 침수심별 건물 피해율 ¹⁾						농경지하천의 침수시간별 농작물 피해율 ²⁾					
침수심	0m~0.5m	0.5m~1.0m	1.0m~2.0m	2.0m~3.0m	3.0m 이상	침수시간	1일 이하	1~2	3~4	5~6	7일 이상
단독주택	15%	32%	64%	95%	100%	논	14 %	27 %	47 %	77 %	95 %
아파트	15/층수	32/층수	64/층수	95/층수	100/층수						
연립주택	15/층수	32/층수	64/층수	95/층수	100/층수	밭	35 %	51 %	67 %	81 %	95 %

1) 침수사업 경제성분석 방법 연구-다차원 홍수피해 산정방법(건설교통부, 2004)

2) 농업재해 피해조사 보고요령-농작물 피해를 산정기준(농림부, 2000)

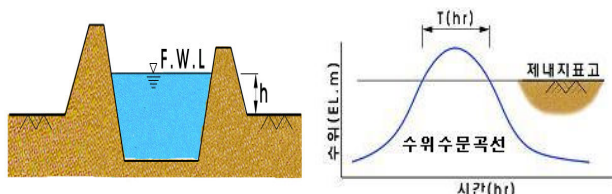


그림 2. 홍수위와 제내지 지반고

표 5. 적정 홍수위와 홍수지속시간 기준

PFD 등급	도시 하 천	농 경 지 하 천
	제내지 지반고와 계획홍수위 차, h(m)	제내지 지반고 이상 홍수지속시간, T(hr)
A~B	0.5 m 이하	24 시간 이하
C~E	1.0 m 이하	36 시간 이하
F~H	1.5 m 이하	48 시간 이하

표 6. 홍수지속시간 및 내수에 대한 하도 홍수소통능력

지 점	소 구 역	PFD 등급	계 획 홍 수 량 (m³/s)	홍 수 지속시간 T(hr)	침수심 h(m)	하도홍수소통능		비 고
						홍수량 (m³/s)	해당빈도 (년)	
하 구 독	영산(좌1)	E	8,300	29.0	-2.83	9,235	200	농경지하천
사포 수위표	영산(좌6-2)	F	8,870	18.7	-1.24	11,176 이상	500년 이상	"
고막원천 합류전	영산(우9)	F	8,260	24.6	-5.47	9,177 이상	500년 이상	"
영산포 수위표	영산(좌9-2)	A	8,610	13.5	-2.45	5,479	15	도시하천
나주 수위표	영산(우14)	C	8,320	21.6	-4.55	9,410 이상	500년 이상	농경지하천
본동 수위표	영산(좌12)	B	5,140	22.4	-4.12	5,815 이상	500년 이상	"
마륵 수위표	영산(좌14)	B	3,010	10.6	-1.23	3,452 이상	500년 이상	"
광주천 합류전	영산(우18-2)	C	2,590	12.3	-1.29	2,939 이상	500년 이상	"
중암천 합류전	영산(우20-2)	F	1,170	12.3	-1.99	1,473 이상	500년 이상	"
담 양 교	영산(좌18-1)	A	890	5.2	-1.41	539	15	도시하천

3.2.5 하도 홍수소통능력 결정(5단계)

외수범람에 대한 위험성이 없는 하도의 소통능력과 내수침수에 대한 피해를 고려한 하도의 소통능력을 비교하여 작은쪽의 소통능력을 해당 하천구간의 하도 홍수소통능력으로 채택하였다.

4. 결 론

유역종합치수계획에서 유역 및 하도의 홍수분담량 설정방법은 각종 시설계획의 기본이 되나 기존 문헌 및 연구에서 제시하고 있는 설정기준은 구체적이지 못하고 추상적이다. 따라서 금회 연구에서는 외수의 소통능력과 내수배제 불량에 따른 홍수피해를 최소화할 수 있도록 5단계의 하도 홍수소통능력 평가기법을 개발하여 영산강유역에 적용하였다.

내수에 대한 하도 홍수소통능력 결정시 무해방류 수준이 아닌 일정부분 피해를 허용하는 침수심을 적용하였다. 도시하천의 경우 홍수피해잠재능이 A, B로 홍수피해 위험이 높고 자산이 많이 분포되어 있는 구간은 소파기준에 해당하는 침수심 0.5m를 적용하는 것이 타당하며, 농경지하천의 경우는 농경지 침수시간에 따른 작물 피해액 기준을 도시하천의 개념과 유사하게 적용하여 홍수피해잠재능이 높은 지역에 위치한 하천의 경우는 침수지속시간이 24시간 이내가 되도록 적용하는 것이 타당한 것으로 판단된다.

본 연구를 통해 개발된 하도의 홍수소통능력 평가기법은 유역종합치수계획의 홍수분담량 배분 방향을 설정하는데 적용될 수 있으리라 사료되며, 홍수분담량 설정방법의 객관성을 확보할 수 있으리라 판단된다.

참 고 문 헌

1. 건설교통부(2001). 유역종합치수계획수립지침 작성
2. 한국수자원학회(2003). 13대수계 유역종합치수계획 수립 표준과업지시서
3. 한국수자원학회(2005). 하천설계기준·해설
4. 건설교통부(2006). 영산강 유역종합치수계획(안) 보고서