

치수단위구역 설정 및 홍수피해잠재능 산정의 개선방안 연구



안재현 |
서경대학교 토목공학과 조교수
wrr@skuniv.ac.kr



강두선 |
미국 아리조나주립대학교 박사과정
doosun74@email.arizona.edu



윤용남 |
(주)삼안 상임교문
ynyoona@korea.ac.kr

등으로 변화되기 때문이다. 토지이용의 변화는 침투 능이 감소되고 보수 및 유수기능이 저하되어 결과적으로 유출량이 증대되며, 하수도 정비, 도로 측구 개설 등으로 유하시간이 단축되어 침투유량이 증대됨에 따라 하류지역의 홍수피해가 증대되고 하도안전율이 저하된다.

현재 실무에서는 유역종합치수계획의 수립을 위해 기본적으로 유역을 보수지역, 유수지역, 저지지역 등의 치수단위구역으로 분류하고, 각각의 경우에 대하여 홍수피해잠재능을 산정한 후 치수안전도를 설정하여 궁극적으로 홍수방어대안을 분석 및 평가하고 있다. 그러나 이러한 치수단위구역의 설정 및 홍수피해잠재능의 산정을 위해 적용되는 방법에 대한 정확한 기준 설정이 미흡하여 진행에 어려움을 겪고 있는 것이 현실이다.

본 연구에서는 이러한 문제점의 개선을 위해 치수단위구역의 설정방법 및 홍수피해잠재능의 산정 방법에 대한 개선방안을 제시하였다. 이와 같은 연구결과는 문산천 유역에 적용하여 평가되었다.

1. 서론

유역종합치수계획이란 홍수유출을 억제할 수 있는 자연과 인공 시설물들을 유역전반에 걸쳐 총체적으로 연계 이용함으로써 유역의 홍수 저감능력을 극대화하는 것으로, 이는 기존의 일차원적인 하천 중심의 치수대책에서 벗어나 유역이 지니고 있는 치수기능을 최대한 살릴 수 있는 구조적·비구조적 치수대책을 수립하여 유역 내 홍수량을 지역별, 홍수방어시설물 별로 배분방향을 제시하는 계획을 의미한다.

유역 개발의 진행에 따라 하류하천의 유출양상은 달라지며 이는 유역내의 토지 중 종래에 보수 및 유수기능을 담당 해오던 산림지역, 농경지, 저지대 및 유수지역 등의 토지가 주거지역, 상업지역, 공업지역

2. 치수단위구역 설정

2.1 문제점 및 개선방안

1) 치수단위구역의 정의 및 범위설정

유역종합치수계획 지침에서 치수단위구역을 “특정 하천지점의 월류나 파제 또는 내수에 의해 홍수피해를 입을 가능성이 있는 제내지구역”으로 정의하고 있다.

하지만, 이러한 구분방법은 하천정비기본계획상의 치수경제성 분석 대상지구와 의미가 중복되며 이는 유

역 전체가 홍수방어를 위한 대상이 되어야한다는 유역 종합치수계획의 근본취지와도 위배된다 할 수 있다.

따라서 치수단위구역의 분할은 유역의 일부가 아닌 대상유역 전체를 대상으로 하여 이루어져야 한다.

2) 치수단위구역 분할방법

유역종합치수계획 지침의 치수단위구역 분할방법을 살펴보면, 첫 번째로 대상유역을 대구역(보수/유수/저지지역)으로 구분한 후 수자원 단위지도의 소구역을 바탕으로 중구역을 분할한 후 다시 중구역을 기준으로 가장 세분화된 소구역 즉, 치수단위구역을 세분화하도록 규정하고 있다.

그러나 이러한 구분순서는 실제 적용에 있어서 비효율적일 뿐만 아니라 그 의미상으로도 적절치 못하다.

따라서 자료의 입수가 가능한 범위 내에서 구역을 최소화하되, 단위구역별 치수특성이 차별성을 가질 수 있는 범위까지 세분하여 이를 치수단위구역이라 명하고 이렇게 구분된 치수단위구역을 대상으로 홍수피해잠재능을 산정하여 공간적인 특성에 따라 등급화한 뒤, 같은 등급의 치수단위구역들을 묶어서 더 큰 개념의 유역(가칭, 치수대응구역)으로 구분하는 것이 바람직하다고 판단된다. 이렇게 되면, 동일한 유역을 세 번에 걸쳐 구분해야 하는 번거로움이 없어지고 유사한 치수특성을 갖는 구역(치수대응구역)으로의 구분이 가능하므로 보다 효율적인 홍수대응방안을 유역에 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

3) 동일지역의 홍수피해잠재능 중복

또한 기 수립된 유역종합치수계획에서 발생한 문제점으로 대상유역을 중구역과 소구역으로 구분한 뒤 홍수피해잠재능을 각각 산정할 경우, 동일지역임에도 불구하고 홍수피해잠재능의 등급이 다르게 산정되는 문제점이 발생한다. 그러나, 앞에서 제시한 바와 같이 치수단위구역으로 세분화한 뒤 유사한 치수특성을 갖는 치수대응구역으로 범위를 확대할 경우 이러한 문제점이 개선된다.

아울러 이는, 치수단위구역의 선정과 홍수피해잠

재능(PFD)의 산정이 별개의 작업이 아닌 상호 밀접한 관련을 맺고 있음을 보여준다.

4) 치수단위구역의 세부설정방법 제안

앞의 연구결과를 토대로 치수단위구역의 세부설정 방법을 아래와 같이 제안하였으며, 이 내용을 정리해서 그림 1과 같이 흐름도로 표시하였다.

첫째, 지나치게 치수단위구역을 세분화할 경우, 활용 가능한 자료의 부족으로 치수단위구역별 치수특성이 없어지므로 주의해야 한다.

둘째, 현재 활용 가능한 자료의 구성단위가 위에서 언급한 “강우량, 불투수면적, 유역평균경사”를 제외하고는 대부분 행정구역별로 입수가 가능하므로 치수단위구역의 구분에 있어서도 행정구역을 하나의 구분 기준으로 이용하여야 한다.

셋째, 국가하천, 지방1급 하천은 대상하천을 경계로 좌, 우안 구분이 바람직하나 지방2급 이하의 하천을 구분할 경우 자칫 치수단위구역이 지나치게 세분화될 수 있으므로 경우에 따라 조정할 필요가 있다.

2.2 개선방법의 적용

치수단위구역을 설정함에 있어서 가능한 범위 내에서 세분화하는 것이 추후 홍수피해잠재능의 정확도를 높이게 된다. 그러나 자칫 지나치게 세분할 경우 홍수피해잠재능 산정을 위해 입력되는 세부항목들의 자료 수집이 불가할 수 있으며, 또한 단위구역별로 치수특성을 제대로 반영할 수 없는 문제가 발생하므로 주의하여야 한다. 따라서 자료의 활용이 불가능할 정도로 치수단위구역이 지나치게 세분화되지 않도록 하였다.

치수단위구역을 구분하는 세부적인 기준은 유역종합치수계획 지침서와 수자원장기종합계획 보고서에서 언급한 방법을 적용하였으며, 아래와 기준을 새롭게 추가하고자 한다.

첫째, 현재 치수단위구역별 홍수피해잠재능의 산정을 위해 활용 가능한 자료의 구성단위가 “강우량자

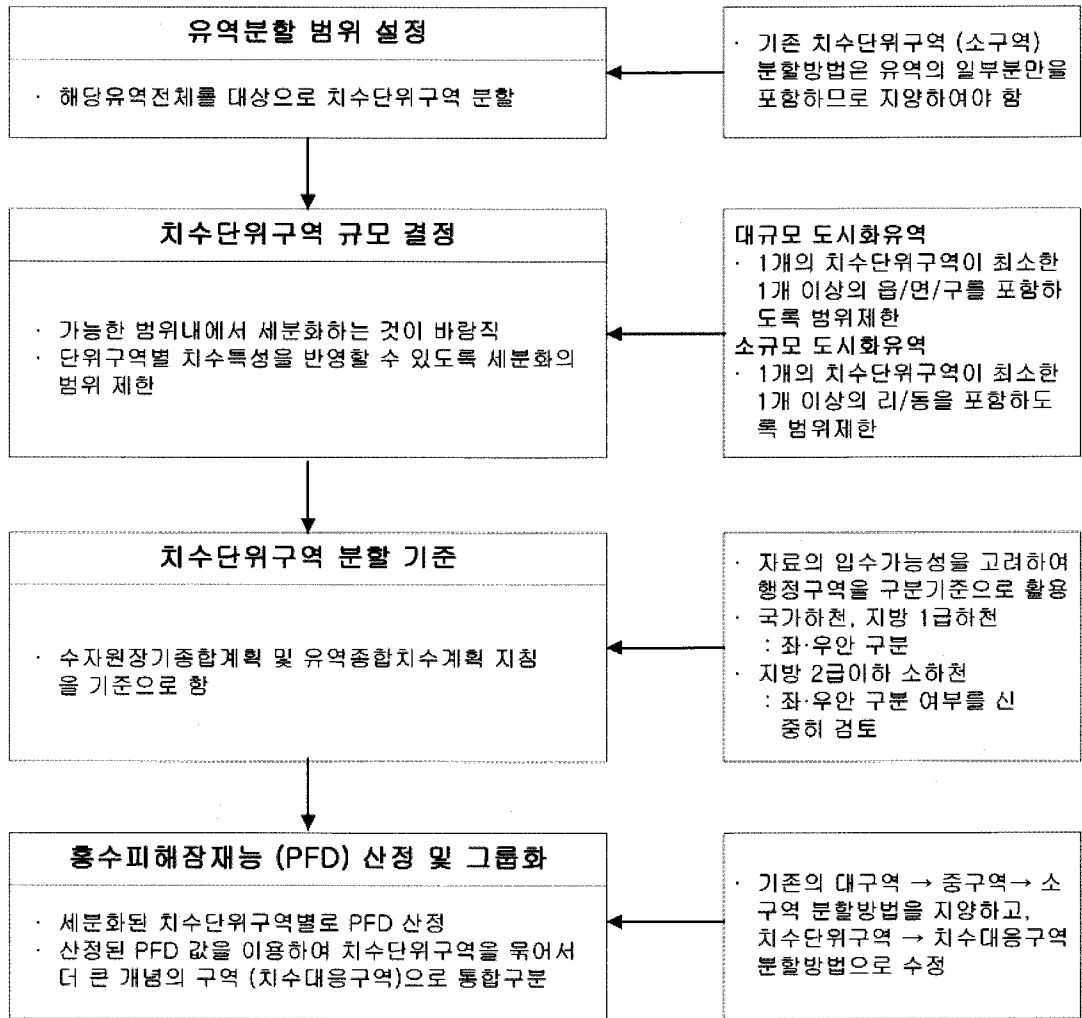


그림 1. 치수단위구역 설정을 위한 흐름도

료, 불투수면적자료, 유역평균경사자료” 등을 제외하고는 대부분 행정구역별로 입수가 가능하므로 치수단위구역의 구분에 있어서도 행정구역을 하나의 구분기준으로 이용하여야 한다.

- 대규모 도시하천 유역 : 1개의 치수단위구역이 최소한 1개 이상의 읍·면·구를 포함할 수 있도록 구분하여야 한다.
- 중·소규모 도시하천 유역 : 1개의 치수단위구역이 1개 이상의 리·동을 포함하도록 구분하여야 하며, 이러한 경우 홍수피해잠재능의 세부항

목 선택에 있어서 제한적일 수 있다.

둘째, 국가하천, 지방1급 하천 등 규모가 큰 하천의 경우에는 대상하천을 경계로 좌·우안을 구분하여 단위구역을 설정함이 바람직하나, 지방2급 이하의 하천의 경우에는 좌·우안을 구분할 경우 치수단위구역이 지나치게 세분화될 수 있으므로, 기술자의 판단에 따라 조정할 필요가 있다.

셋째, 자료의 입수가 가능한 범위 내에서 구역을

최소화하되, 단위구역별 치수특성이 차별성을 가질 수 있는 범위까지 세분하여 이를 치수단위구역이라 명하고, 이렇게 구분된 치수단위구역을 대상으로 홍수피해잠재능을 산정하여 공간적인 특성에 따라 등급화 한 뒤, 같은 등급의 치수단위구역을 묶어서 더 큰 개념의 구역(가칭, 치수대응구역)으로 구분한다.

3. 치수단위구역별 홍수피해잠재능의 산정

3.1 홍수피해잠재능 산정을 위한 세부항목의 조정

1) 기존 세부항목(주로 대규모 자연하천 유역)

- ① 인구밀도 : 리, 동별로 시, 군의 통계연보에서 입수가 가능하며 치수단위구역별 편입면적비로 산정한다.
- ② 지가 : 기존에는 “자산”이라는 용어를 사용하였으나 치수단위구역에 해당하는 표준지 공시지가를 평균화하여 산정하므로 “지가”라 명함이 옳은 표현이다. 리, 동별 표준지의 공시지가를 평균한 후, 치수단위구역별 편입면적비로 산정한다.
- ③ 도시화율 : 읍, 면, 구별로 시, 군의 통계연보에서 입수가 가능하며 대지, 공장용지, 학교용지, 도로, 수도용지, 체육용지(운동장), 유원지 등을 합산하여 면적비로 산정한다.
- ④ 사회기반시설 밀도 : 시, 군별 도로와 교량의 현황을 건설단가에 의해 금액으로 환산한 후 면적으로 나누어서 자산 밀도로 산정한다.
- ⑤ 홍수피해밀도 : 과거 시, 군별 피해액을 정리한 후 행정구역별로 계산된 홍수피해액을 치수단위구역별로 편입면적비에 따라 가중하여 산정한다.
- ⑥ 확률강우량 : 재현기간과 지속시간을 결정한 후 지점별 확률강우량을 이용하여 등우선법이나 티센가중법에 의해 치수단위구역별로 강우량을 산정한다.
- ⑦ 외수방어능력(하천개수율) : 외수방어능력은 하천의 개수율로 평가한다.

- ⑧ 댐 및 저수지 홍수조절능력 : 댐 및 저수지의 홍수조절능력이 하류에 미치는 영향을 평가한다.
- ⑨ 내수방어능력 : 배수펌프장의 수해면적으로 평가한다.

2) 추가 세부항목(중, 소규모 도시하천 유역 및 자연하천 유역)

- ① 불투수면적비(혹은 CN값) : 수문학적 요소로서 도시하천유역의 경우 불투수면적이 자연하천유역에 비해 상대적으로 크고 유출에 직접적인 영향을 미치므로 “토지이용도(수치지도)”를 이용하여 산정할 수 있다.
- ② 유역평균경사(혹은 유역평균고도) : 동일한 양의 강우가 내리는 경우에도 지표면 상태(불투수면적비 포함)에 따라 유출이 크게 변화하며 특히 유역경사가 낮은 하류쪽 저지대의 경우 홍수에 취약함을 알 수 있으므로, 홍수피해잠재능의 세부항목으로 추가함이 바람직하다.
- ③ 우수관로 설치비율 : 도시유역의 경우 우수관로가 효과적으로 설치되어 있을 경우 그렇지 않은 유역에 비해 침수위험이 낮아지므로 세부항목으로 고려할 수 있다.

기존의 홍수피해잠재능의 세부항목은 사회, 경제적인 항목들이 대부분이므로 유역의 수문학적 특성을 반영할 수 있는 수문학적 요소(유역평균경사, 불투수면적비, 우수관로 시스템)들을 추가적으로 반영하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 아울러, 세부항목의 선정에 있어서 대상유역의 규모를 반드시 고려하여 적절한 세부항목을 사용하는 것이 홍수피해잠재능 산정의 정확도를 높일 수 있을 것으로 사료된다.

3.2 문산천 홍수피해잠재능 산정

1) 평가항목 설정

문산천 유역은 대상유역의 규모가 작기 때문에 치수단위구역 또한 작다. 따라서 자료입수가 가능한 행

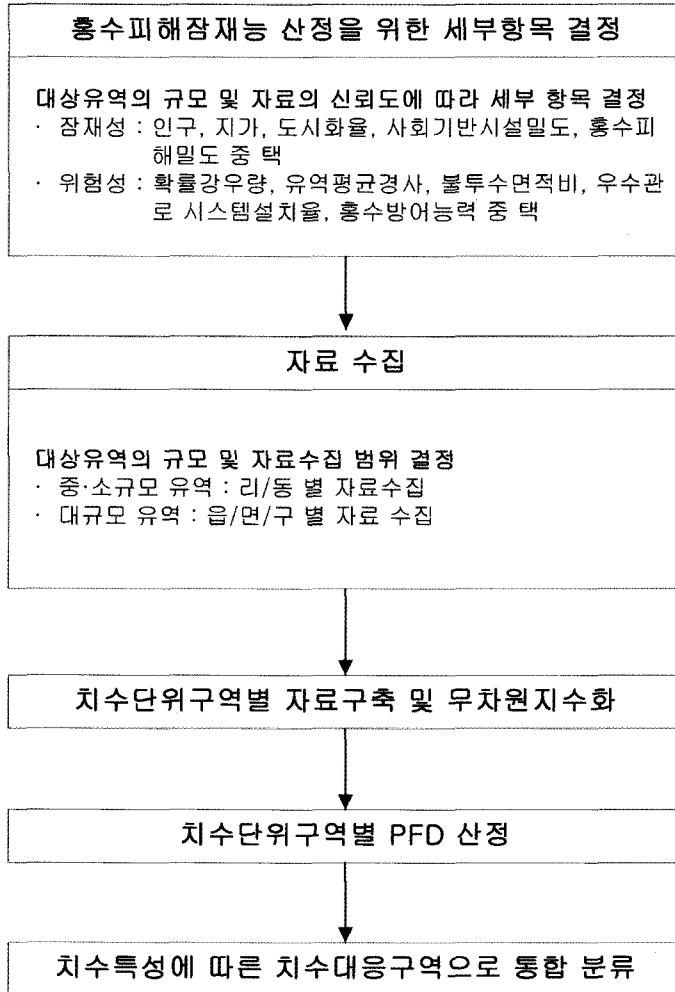


그림 1. 치수단위구역 설정을 위한 흐름도

정구역의 단위가 좀 더 세밀해져야 하나, 현실적인 어려움이 크다. 치수단위구역의 규모에 비해 수집되는 행정구역의 단위가 커지게 되면 단위구역별 차별성이 떨어지게 되므로 본 연구에서는 자료입수가 가능한 행정구역의 단위를 최소화하였으며, 또한 기존의 세부항목 중 소규모 유역에 적용이 어렵다고 판단되는 자료는 과감히 제외하였고, 상대적으로 소규모 유역에 적용이 가능하고, 신뢰도가 높은 세부항목을 추가함으로써 홍수피해잠재능 산정에 정확성을 높이고자 하였다.

- ① 인구밀도 : 리, 동별로 시, 군의 통계연보에서 입수가능하며 치수단위구역별 편입면적비로 산정한다.
- ② 지가 : 기존에는 “자산”이라는 용어를 사용하였으나 치수단위구역에 해당하는 표준지 공시지가를 평균화하여 산정하므로 “지가”라 명함이 옳은 표현이다. 리, 동별 표준지의 공시지가를 평균한 후, 치수단위구역별 편입면적비로 산정한다.
- ③ 도시화율 : 읍, 면, 구별로 시, 군의 통계연보에서 입수가능하며 대지, 공장용지, 학교용지, 도

- 로, 수도용지, 체육용지(운동장), 유원지 등을 합산하여 면적비로 산정한다.
- ④ 사회기반시설 밀도 : 시, 군별 도로와 교량의 현황을 건설단계에 의해 금액으로 환산한 후 면적으로 나누어서 자산 밀도로 산정한다. 본 연구에서는 제외하였다.
 - ⑤ 홍수피해밀도 : 과거 시, 군별 피해액을 정리한 후 행정구역별로 계산된 홍수피해액을 치수단위구역별로 편입면적비에 따라 가중하여 산정한다.
 - ⑥ 확률강우량 : 재현기간과 지속시간을 결정한 후 지점별 확률강우량을 이용하여 등우선법이나 티센가중법에 의해 치수단위구역별로 강우량을 산정한다. 본 연구의 경우, 문산천유역에 영향을 미치는 강우관측소는 2곳으로 치수단위구역별 차별성을 갖기가 불가능하므로 제외하였다.
 - ⑦ 외수방어능력(하천개수율) : 외수방어능력은 하천의 개수율로 평가하였다. 문산천 하천정비기본계획서 및 한국하천일람을 참고하여 치수단위구역별 요개수연장 중 완전개수연장의 비율로 산정한다. 소하천 및 개수율이 명확치 않은 지방2급 하천에 대해서는 개수율을 일정하게 가정하였다.
 - ⑧ 댐 및 저수지 홍수조절능력 : 댐 및 저수지의 홍수조절능력이 하류에 미치는 영향을 평가한다. 문산천 유역에는 홍수조절이 가능한 댐 및 저수지가 없으므로 본 연구에서는 제외하였다.
 - ⑨ 내수방어능력 : 배수펌프장의 수혜면적으로 평가한다. 문산천 유역에는 문산읍 문산리에 배수펌프장이 1곳 운영 중인 것으로 조사되었다. 전체 치수단위구역별 차별성을 갖기가 불가능하므로 제외하였다.

- ⑩ 불투수면적비 : 수문학적 요소로서 도시하천유역의 경우 불투수면적이 자연하천유역에 비해 상대적으로 크고 유출에 직접적인 영향을 미치므로 “토지이용도(수치지도)”를 이용하여 산정하였으며 본 연구에서 추가한 세부항목이다.
- ⑪ 유역평균경사 : 수문학적 요소로서 동일한 양의 강우가 내리는 경우에도 지표면 상태(불투수면적비 포함)에 따라 유출이 크게 변화하며 특히 유역경사가 낮은 하류쪽 저지대의 경우 홍수에 취약함을 알 수 있으므로, 홍수피해잠재능의 세부항목으로 추가함이 바람직하다고 판단하여 본 연구에서 추가한 세부항목이다.
- ⑫ 우수관로 설치비용 : 도시유역의 경우 우수관로가 효과적으로 설치되어 있을 경우 그렇지 않은 유역에 비해 침수위험이 낮아지므로 세부항목으로 추가함이 바람직하다. 추후 규모가 큰 도시하천 유역에 적용할 예정이며, 본 연구에서는 추가하지 않았다.

결론적으로, 기존의 홍수피해잠재능의 세부항목은 사회, 경제적인 항목들이 대부분이므로 표 1과 같이 도시하천유역의 특성을 잘 반영할 수 있는 수문학적 요소(유역평균경사, 불투수면적비, 우수관로 시스템 등)를 추가하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

2) 홍수피해잠재능 산정결과

가. 치수단위구역별 홍수피해잠재능

그림 3에서와 같이 전체 치수단위구역 35개 구역 중 홍수피해잠재능이 0.5 이상인 지역은 17개이고, 0.5 미만인 지역은 18개로 비슷한 비율을 보이고 있다. 또한, 잠재성이 0.5이상인 지역이 18개이고, 이

표 1. 홍수피해잠재능의 구성요소와 세부항목

요 소	세 부 항 목
잠재성	인구, 지가, 도시화율, 홍수피해액 밀도
위험성	유역평균경사, 불투수면적비, 치수시설능력(외수방어능력)

들 중 16개 지역은 위험성도 0.5 이상이다. 즉, 위험성이 높은 지역이 잠재성도 높은 사실을 알 수 있다.

홍수피해잠재능이 가장 높은 지역은 “문산2” 구역과 “법원5” 구역으로 나타났다. 차이가 있다면, “문산2” 구역은 잠재성이 위험성에 비해 높게 나타난 반면, “법원5” 구역은 위험성이 잠재성에 비해 더 크게 나타나고 있다. 하천을 중심으로 살펴보면, 문산천의 임진강 합류지점, 동문천의 문산천 합류지점, 갈곡천의 문산천 합류지점, 분수천의 문산천 합류지점을 포함한 구역들에서 홍수피해잠재능이 크게 산정된 것을 알 수 있다. 이러한 결과는 문산천 침수지역과 전반적으로 일치하는 것으로 나타났다.

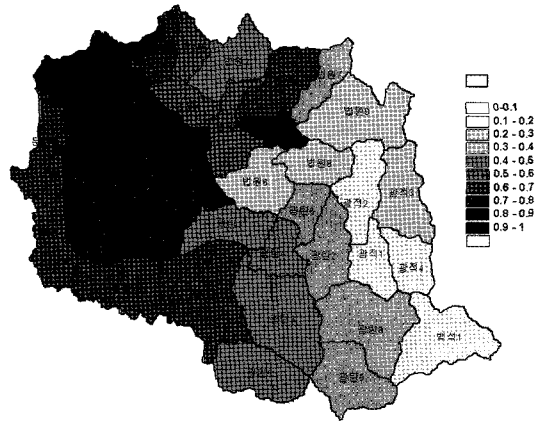


그림 3. 홍수피해잠재능 공간분포

나. 등급화 및 치수대응구역으로의 통합분류

문산천 유역의 35개 치수단위구역에 대한 홍수피해잠재능을 등급분류하여 공간분포한 결과를 그림 4에 나타내었다. 그룹별 특성을 정리하면 다음과 같다.

- ① A 등급 : 잠재성과 위험성이 둘 다 높은 지역, 홍수방어시설의 강화가 필요
- ② B 등급 : 잠재성은 높고 위험성은 낮은 지역으로, 홍수대응방안은 구조적대책과 더불어 비구조적대책을 병행하여 모색
- ③ C 등급 : 잠재성과 위험성이 둘 다 낮은 지역으로, 자연친화적 치수대책 또는 해당유역의 특성에 따라 보수구역으로 존치 유도
- ④ D 등급 : 잠재성은 낮고 위험성은 높은 지역으로, 하류의 홍수부담을 감소시킬 수 있는 대책을 마련

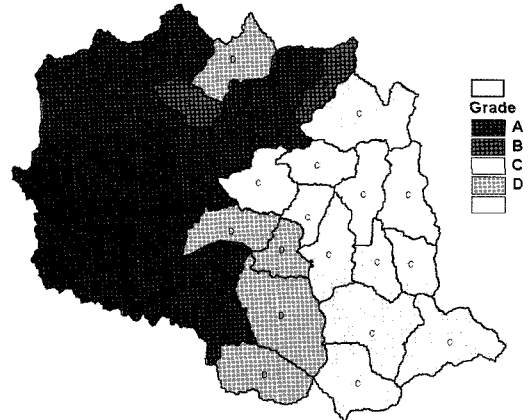


그림 4. 등급을 분류한 공간분포

문산천의 경우, 하천을 따라 A 등급지역이 가장 넓게 분포하고 있고, 다음으로 보수지역으로 유도가 가능한 C 등급지역이 하천 상류지역으로 분포하고 있으며, 농경지 유수지역으로 분류가 가능한 D 등급지역이 A 등급지역과 C 등급지역 중간영역에 분포하며, B 등급은 2곳에 분포하고 있다.

이러한 공간분포 결과를 이용하여, 문산천 치수단

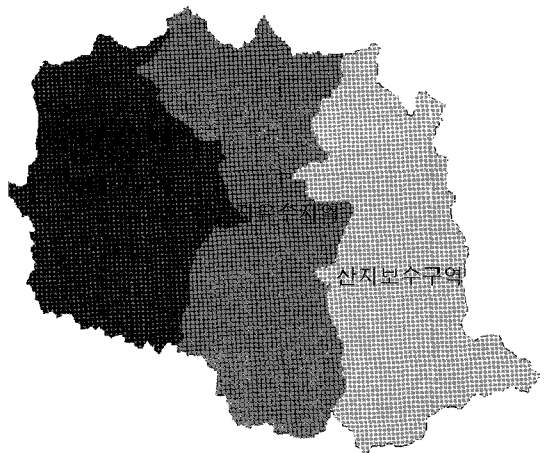


그림 5. 치수대응구역

위구역을 치수특성이 유사한 구역들로 묶어서 그림 5와 같이 치수대응구역으로 통합분류 하였다. 도시배수구역/농경지유수구역/산지보수구역 등 총 3개의 치수대응구역으로 분류하였다. 홍수피해잠재능이 높은 것으로 나타난 친변 도시배수구역은 구조적 치수사업이 요구되고, 반면 중상류에 위치한 농경지유수구역은 일정규모 이상의 홍수에 대해 저류와 유수기능을 위한 치수사업이 요구되며, 마지막으로 산지보수구역은 상류의 유출을 보수하는 기능위주의 치수사업을 시행함이 바람직할 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구에서는 치수단위구역의 설정방법 및 홍수피해잠재능의 산정 방법에 대한 개선방안을 검토 및 제시하였다.

치수단위구역의 분할은 해당유역전체를 대상으로 이루어져야 할 것으로 판단되며, 가능한 세분화하는 것이 바람직하나 자칫 지나치게 세분화할 경우 단위구역별 치수특성을 제대로 반영하지 못하는 경우가 발생하므로 이에 대한 제한이 필요하다.

세분화한 치수단위구역별 홍수피해잠재능을 산정한 후, 치수특성이 유사한 단위구역을 묶어서 더 큰 개념의 구역(치수대응구역)으로 통합구분 함이 치수대응방안을 모색함에 있어서 효율적이라 판단된다. 따라서 기존의 대구역 → 중구역 → 소구역 분할방법

을 지양하고, 치수단위구역 → 치수대응구역으로 수정할 것을 제안하였다.

기존의 홍수피해잠재능 산정방법은 대상유역의 특성을 충분히 고려하지 않고, 일률적으로 세부항목을 선정하였다. 대상유역의 규모 및 특성에 적합한 세부항목을 선정하는 것이 홍수피해잠재능의 신뢰도를 높일 수 있는 가장 중요한 요소가 될 것으로 판단되므로 이에 대한 보다 깊은 이해가 요구된다.

본 연구에서는 홍수피해잠재능 산정을 위한 세부항목의 조정을 제안하였다. 기존의 홍수피해잠재능의 세부항목은 사회, 경제적인 항목들이 대부분이므로 본 연구에서 제안하는 바와 같이 유역의 수문학적 특성을 반영할 수 있는 수문학적 요소(유역평균경사, 불투수면적비, 우수관로 시스템)들을 추가적으로 반영하는 것이 바람직할 것이며, 세부항목의 선정에 있어서 대상유역의 규모를 반드시 고려하여 적정한 세부항목을 사용하는 것이 홍수피해잠재능 산정의 정확도를 높일 수 있을 것으로 판단되었다.

감사의 글

본 연구(보고서)는 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행 한 2003년도 건설기술혁신사업 (03산학연C01-01)에 의한 도시홍수재해관리기술연구사업단의 연구성과입니다. ☺