

# 국토정책 Brief

KRIHS ISSUE PAPER



KRIHS POLICY BRIEF • No. 774

발행처 | 국토연구원 • 발행인 | 강현수 • www.krihs.re.kr

## 하천의 홍수방어목표 적정성 제고방안

이상은 수자원 · 하천연구센터장, 이종소 책임연구원

### 주요내용

- 1 전통적으로 하천의 홍수방어계획은 100년이라는 설계빈도 기준이 통용되었으나, 최근 주요 선진국을 중심으로 홍수방어목표 선정방법이 사회의 안전규범에 부합하는지에 대한 근본적인 논의가 전개되고 있음
  - (독일) 국가표준에서 하천연안의 토지이용에 따라 설계빈도를 정하고 있는데 홍수 위험이 매우 높은 구간은 공동된 기준을 적용하는 대신 개별적인 분석을 통해 설계빈도를 결정하며, 위험이 매우 낮은 경우에도 불필요한 하천공사 시행의무를 면제하도록 설계빈도 기준을 명시하지 않음
  - (네덜란드) 1990년대 말 국가치수사업을 완료한 이후 장기간 연구를 통해 하천연안 위험도를 재평가했으며 그 결과에 따라 설계빈도를 구간별 세분화 및 상향 조정토록 2016년 '수법'(Water Act)을 개정
  - (미국) 2014년 '수자원혁신 및 개발법' 제정 이후 다양한 설계빈도에 따른 인명손실 예상치를 평가해 기성 제방의 적정성을 검토하고 제내지(堤内地)\* 홍수보험이나 토지이용 규제와 연계하고자 최근 지침을 마련

\* 제방으로부터 보호되고 있는 토지
- 2 이에 반해 우리나라는 여전히 하천기본계획 수립 시 하천등급에 맞춰 하천의 설계빈도를 정하되, 관리청이 홍수피해 위험이 높다고 판단될 때 설계빈도를 상향 조정하는 주관적인 방식을 채택
- 3 현재 홍수방어목표 선정방법의 문제를 확인하고 개선방향을 파악하고자 담당자·실무자·전문가 총 39인 대상으로 면담조사를 실시했으며, 하천설계기준 개정을 포함한 다양한 정책방안을 제시

### 정책제언

- 1 (국가건설기준 개선) 하천기본계획 수립 시 하천연안의 인명피해, 경제적 손실 등 위험특성에 따라 홍수 방어목표를 합리적이고 투명하게 결정하도록 하천설계기준 개정
- 2 (과도한 홍수방어목표 선정 지양) 하천연안이 산지나 자연녹지인 구간에는 상·하류 유수소통을 고려하되 최소한의 설계빈도를 선정함으로써 하천공사와 유지관리 비용감소, 경관·환경 영향 등의 최소화를 도모
- 3 (도시구간의 안전기준 강화) 인구가 집중된 도시구간에는 사전에 하천연안의 위험도 평가를 의무화하고 위험도 허용치 기준 충족 여부를 확인한 뒤 설계빈도를 개별적(case-by-case)으로 결정
- 4 (기타 정책과제) 해외사례에서 보듯 하천설계기준 개정 외에도 위험도 평가기법 고도화·표준화, 공통자료 활용성 개선, 검증체계 마련, 토지이용규제 보완 등 많은 정책과제 추진이 필요

# 1. 홍수방어목표의 기본개념과 국내 실정

## 홍수방어목표의 개념과 유래

하천의 홍수방어계획을 수립할 때에는 설계 홍수량(design flood)을 산정하고, 이러한 설계 홍수량 조건에서 주민을 보호할 수 있도록 제방 축조, 하도(河道) 정비, 토지이용 규제 등의 대책을 강구

- 일반적으로 계획을 수립할 때에는 한 해 동안 홍수량을 안전하게 소통·저류하지 못하게 될 확률, 즉, 홍수방어목표를 미리 결정한 뒤에 수문통계 분석을 통해 설계 홍수량을 확률적으로 산정
- 따라서 홍수방어목표의 결정은 대규모 지출이 수반되는 하천공사 수요나 인근주민의 토지소유권을 제약하는 하천구역 지정과 직접적으로 관련됨

미국의 주택도시개발부가 1968년 ‘국가홍수보험법’을 입안하는 과정에서 기존 치수사업의 관행을 고려해 1%의 홍수초과확률 또는 100년 설계빈도로 홍수방어목표를 채택한 것을 많은 국가에서 법제도나 기술기준에 반영

- 100년 설계빈도를 명문화한 초기부터 상당한 국가재정이 소요됨에도 불구하고 홍수방어에 대한 사회요구 수준을 고려하지 않고 획일적인 기준을 적용한다는 비판이 종종 제기됨
- 이후 많은 국가는 100년 설계빈도를 모든 지역에 공통으로 적용할 경우 지역 실정에 잘 부합하지 않는다는 판단으로 하천연안의 토지이용 상황에 따라 설계빈도를 달리 적용하는 방식을 채택

## 한국의 홍수방어목표 선정방법

「하천법」에서 하천기본계획의 수립근거를 제공하고 있으며, 계획의 홍수방어목표에 대해서는 국가건설기준인 하천설계기준을 참고하여 결정

하천설계기준은 1993년도(당시 ‘하천시설기준’으로 명명)부터 국가하천, 지방하천 등 하천등급을 주축으로 하천의 중요도를 판단하고 이에 따라 설계빈도의 범위를 구분

- 하천관리청이 주요도시를 관류(貫流)하는 등 홍수피해 위험이 높은 구간이라고 판단될 경우 해당구간의 설계빈도를 상향 조정할 수 있게 했으므로 위험도 개념을 주관적으로는 채택했다고 볼 수 있음

표 1 하천설계기준에 제시된 홍수방어목표 참조표

하천 중요도	계획 규모 (설계빈도)	적용 하천의 범위	비고
A	200년 이상	국가하천의 주요구간	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 주요구간은 관리청이 정한 홍수 시 인명·재산 피해가 크게 우려되는 지역</li> <li>• 하천구간에 따라 표의 범위에서 치수계획규모를 달리 적용</li> <li>• 도시 관류하천의 경우 표의 치수계획규모보다 상향 적용 가능</li> </ul>
B	100~200년	국가하천과 지방하천 주요구간	
C	50~200년	지방하천	
방어 등급	계획 규모 (설계빈도)	제내지 이용 예시	
A	200~500년	인구밀집지역, 자산밀집지역, 산업단지, 주요국가기간시설 등	
B	100~200년	상업시설, 공업시설, 공공시설 등	
C	50~80년	농경지 등	
D	50년 미만	습지, 나대지(裸地, 지상에 건축물 등이 없는 대지) 등	

출처: 「국토교통부 고시 제2018-969호」를 편집함.

## 2. 해외 정책동향

### 독일

독일은 '연방수자원관리법'에서 100년이라는 설계빈도\*를 기준으로 모든 유역의 위험도를 평가하고 홍수피해 저감 목표를 설정한 뒤 구조적·비구조적 홍수관리대책을 종합하여 중기단위의 위험도 관리계획을 수립

\* 100년 설계빈도는 홍수방어목표라기보다는 정부가 홍수로부터 주민을 보호해야 할 의무 수준을 명시한 것으로 해석됨

하천의 홍수방어목표에 대해서는 국가표준(DIN 19712)에서 정하고 있다고 볼 수 있는데 하천연안의 토지이용에 따라 설계빈도를 구체적으로 구분하고 있음

- 다만, 홍수 시 상당한 피해가 초래되는 특수지역에는 설계빈도를 명시하지 않고 500년 설계빈도 범위 내에서 지역 특성에 맞춰 결정하는 방식을 취하며, 하천연안에 주거지역이나 산업단지가 위치하는 경우 100년의 설계빈도를 권장하되 그 필요성을 입증할 수 있다면 500년의 설계빈도까지 허용
- 하천연안의 위험이 매우 낮은 자연녹지의 경우에는 홍수방어목표를 명시하지 않음으로써 사실상 불필요한 하천공사 시행의무를 면제하고 있으며 농업지역도 원칙적으로 지역상황에 따라 조정할 수 있게 함

표 2 독일의 국가표준상의 배후지역에 따른 홍수방어목표 참조표

배후지역의 범주	피해 잠재력	설계빈도	비고
홍수 시 상당한 피해가 초래되는 특수지역	높음	개별 케이스에 대해 결정	500년까지 허용
주거지역	높음	약 100년	
산업단지	높음	약 100년	
국가기간시설	높음	약 50~100년 사이	-
비항구적인 단독 건축물	중간	약 25년	-
광역기간시설	중간	약 25년	-
농업지역	낮음	5년 이내	원칙적으로 상황에 따라 조정
자연녹지	낮음	-	-

출처: Deutsches Institut für Normung, 2013, *Hochwasserschutzanlagen an Fließgewässern*, Berlin: DIN의 내용을 바탕으로 편집.

### 네덜란드

네덜란드는 1950년대부터 추진한 국가치수사업(Delta Program)이 완료된 이후 '수법'(Water Act)에서 핵심홍수방어 시설(Primary Flood Protection Structure)을 지정하고 각 시설의 설계빈도를 명시하고 있음

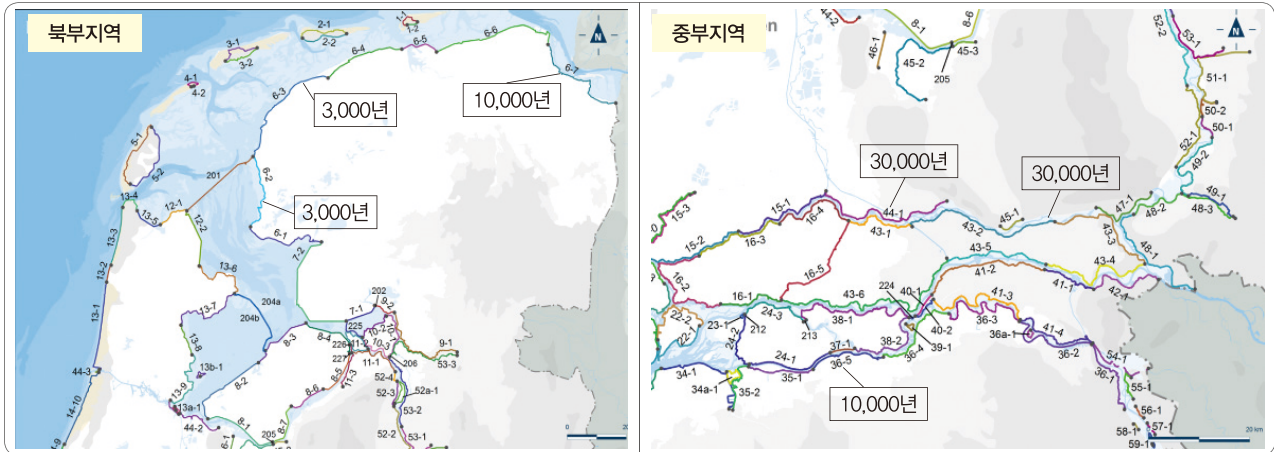
- 1996년 교통·공공사업·물관리부는 '홍수방어법'(Flood Protection Act)을 제정하면서 53개의 대형 원형제방 시설(Dike-Ring)과 42개의 뚝(Maas)강 제방을 국민생존과 직결된 핵심홍수방어시설로 지정하고 시설별로 250년에서 1만 년까지 설계빈도를 설정, 해당기준의 충족 여부를 5년마다 평가하게 함
- 1990년대 말부터 홍수 위험도에 대한 안전기준을 검토한 뒤 핵심홍수방어시설 설계빈도의 적정성을 평가하는 연구를 지속적으로 수행

홍수에 대한 안전기준과 핵심홍수방어시설의 적정 설계빈도에 대한 연구 결과를 바탕으로 2016년 11월 '수법'(기존의 '홍수방어법'은 2009년에 '수법'으로 통합)을 개정

- 서·북부 간척지의 원형제방시설은 설계빈도 300년에서 10만 년까지의 극히 낮은 초과확률만 허용, 내륙의 뚝강 상류 제방에도 설계빈도 300년에서 1천 년까지로 기준을 강화

- 과거 홍수방어목표를 지역에 따라 일괄적으로 부여한 것과 달리, 동일 지역이라도 구간단위로 평가한 위험도에 맞춰 홍수방어시설의 설계빈도를 세부적으로 설정한 것 또한 큰 변화라 할 수 있음

그림 1 네덜란드 '수법'상의 핵심홍수방어시설 설계빈도



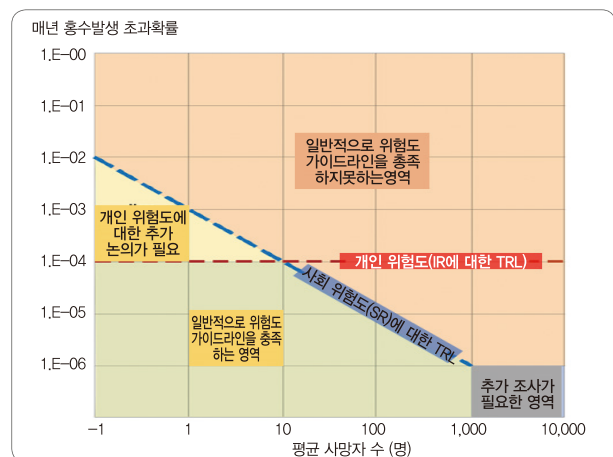
출처: Kingdom of the Netherlands, 2016. Staatsblad 431. <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/stb-2016-431.html> (2020년 7월 30일 검색).

## 미국

미국은 2005년 허리케인 카트리나로 인한 사태\*의 경험과 2014년 '수자원혁신 및 개발법'(Water Resources Reform and Development Act) 제정으로 인해 연방정부 주도로 하천연안의 위험도에 맞춰 안전관리를 추진

- \* 강풍과 폭우를 동반한 초대형 허리케인으로 뉴올리언스 지방 등 남부지역에 1,200명 이상 사망자가 발생한 사건
- 이전에는 100년 설계빈도를 미공병단 제방 축조와 연방응급관리청 홍수보험제도 운영의 근거로 적용했는데, 1993년 중·서부 지역 홍수 이후 합동피해조사에서 일괄적인 확률기준 적용의 부적절함을 지적
- 카트리나 사태 이후 2009년 국가제방안전위원회(National Levee Safety Program)는 홍수방어에 대한 연방정부 리더십을 확보하려는 취지에서 다양한 정책과제를 의회에 권고
  - 권고사항에는 제방에 대한 상세 DB를 구축하고 홍수 위험도 평가의 일종인 위해성 잠재력 평가 시스템(Hazard Potential Classification System)을 하천에도 도입하며 하천 주변지역 홍수 위험의 적정성을 판단하도록 위험도 허용치 가이드라인(Tolerable Risk Guideline) 개발을 포함
- 2014년 '수자원혁신 및 개발법'을 제정하면서 위원회 권고사항의 이행과 연방정부 책무를 정했는데, 평가 시스템의 운영, 위험도 평가, 정보 전달 등의 역할을 미공병단에 부여

그림 2 미공병단의 홍수 위험에 대한 안전관리 개념

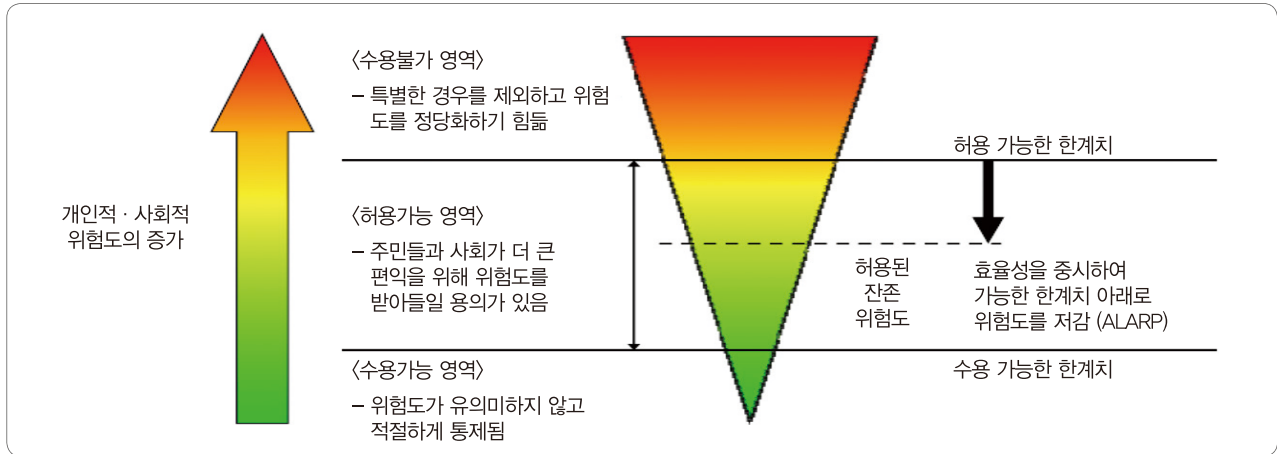


출처: US ACE, 2020. Levee Safety Program Guidance, Washington D.C.: US ACE를 바탕으로 재구성.

최근 미공병단은 위험도 평가 단계에서 홍수량 설계빈도별 인명손실 예상치를 구간단위로 산정해 FN선도(안전관리에 사용되는 빈도-사망자 관계곡선)를 도출하고 허용치 가이드라인에 따라 적정성을 판정하도록 운영지침 작성

- 기존 설계빈도 100년의 발생확률 개념에서 발생확률과 피해를 함께 고려한 위험도 개념으로 사실상 전환

그림 3 미국 국가제방위원회에서 제시한 안전관리 개념



출처: US ACE, 2020, *Levee Safety Program Guidance*. Washington D.C.: US ACE를 바탕으로 재구성.

## 각 국의 홍수방어목표 비교·분석

주요 해외국가들은 완벽한 홍수방어가 불가능하고 특히, 도시구간에 필요한 홍수방어목표 결정의 어려움을 체감하면서 위험도의 고려 없이 법령·기준에 명시된 홍수방어목표를 일괄 적용하는 것에 대한 문제를 인식함

- 미국과 네덜란드에서는 홍수방어 실패로 인한 하천 연안지역 위험도를 정량적으로 평가한 뒤 사회의 안전 규범에 비추어 설계빈도를 신중하게 결정하는 데 집중
- 독일은 외형상 하천연안의 토지이용에 따른 설계빈도를 구분하고 있지만, 위험이 높은 특정구간에 대해서는 500년의 설계빈도 범위 내에서 높은 설계빈도의 필요성을 개별적으로 입증하는 방식을 채택

하천등급에 따라 설계빈도 범위를 구분하고 관리청의 주관적 판단에 따라 일부 구간을 상향 조정하는 한국의 홍수방어목표 선정방식은 소개한 국가들에 비해 하천연안의 위험특성을 제대로 반영하기에 한계가 있음

- 하천연안의 잔존 위험도를 평가한 뒤 적합한 설계빈도를 합리적으로 분석하는 절차를 보다 중시해야 함

표 3 각 국의 홍수방어목표 설정방법 비교

구분	한국	독일	네덜란드	미국	
홍수 방어 목표 설정	법적 근거	· 「하천법」 · 하천설계기준	· 「연방수자원관리법」 · 국가표준	· 「수법」(Water Act)	· 「수자원혁신 및 개발법」
	차등 적용 방식	· 하천등급과 주요구간에 따른 설계빈도로 구분 · 하천연안 토지이용을 고려하도록 참조표 추가	· 하천연안의 토지이용에 따른 설계빈도 구분	· 하천구간별로 위험도를 평가한 뒤 적절한 설계빈도 설정	· 하천구간별로 위험도를 평가한 뒤 적절한 설계빈도 설정
	도시 구간 목표 조정	· 하천관리청의 주요구간 선정과 설계빈도 상향 조정	· 홍수 위험이 높은 구간에 대해서는 위험도 평가 등으로 설계 빈도 상향 조정 필요성 입증	· 설계빈도에 따른 위험도 허용 수준을 검토	· 위험도 허용 가이드라인을 마련해 인명손실 잠재성 등 기준 적용 예정
홍수 위험도 개념 도입	· 하천 설계빈도를 차등화할 때 간접적·주관적으로 위험도 개념을 고려 · 표준화된 평가기법이나 안전 규범 없음	· 하천 설계빈도를 차등화할 때 토지이용 중시 · 고위험지역에 대해서는 자율적으로 위험도 평가를 통해 설계 빈도 설정 가능 · 위험도 평가는 「연방수자원관리법」에서 요구사항을 정의	· 위험도 평가 결과에 따라 설계 빈도를 설정 · 위험도 평가는 법률에서 요구 사항을 정의 · 적정 설계빈도 분석을 위해 안전 규범을 검토·활용	· 특정 정부기관에게 홍수 위험도를 평가하고 안전등급을 지정할 권한 부여 · 위험도 평가와 안전규범에 대한 지침을 수립 중에 있음	

출처: 저자 작성.

### 3. 담당자·실무자·전문가 의견수렴

#### 조사 개요

하천기본계획 수립 시 **현행 홍수방어목표 선정의 적정성을 확인하고 개선방향을 파악하고자 하천계획 분야에 전문성과 경험이 많은 총 39인의 담당자·실무자·전문가**를 대상으로 **면담조사**를 실시

- \* 2020년 5월 전문가 자문회의를 통해 조사문항과 응답 가능범위를 파악한 뒤 홍수방어목표 선정과 관련된 10가지 복수 선택형 질문을 만들고 기타 제안사항을 수렴하고자 자유 서술형 질문을 추가
- \* 2020년 7월 9~20일까지 각 기관 방문(일정상 방문조사가 힘든 경우 공문이나 이메일을 통해 서면조사 대체)한 뒤 사전에 배포된 조사서를 이용하여 심층면담을 실시
- \* 면담조사 대상자의 구성, (담당자) 국토교통부 본부 1, 지방국토청 5, 광역단체 3, 기초단체 2 등 하천계획 담당자 11인, (실무자) 유관 엔지니어링 회사 내 관리자급 이상의 실무자 12인, (전문가) 하천공학, 재난관리 등 분야 부교수급 또는 책임연구원급 이상 전문가 16인

#### 조사 결과

응답자 대부분 현 **홍수방어목표 선정방법이 부적절하다고 인식하고 있어 하천 설계기준 개선의 필요성을 확인**

- 담당자·실무자 그룹은 ‘하천등급별 설계빈도 범위가 너무 넓어 적절한 값을 선택하기 힘들’을 주로 지적
- 이에 반해, 전문가 그룹은 ‘주요구간을 선정할 때 주관적인 판단이 개입’하는 것과 ‘하천등급에 따라 설계빈도를 구분하는 전통적인 홍수방어목표 선정방법’ 자체를 부적절하다고 판단함

실제 **홍수방어목표를 선정할 때는 설계기준상의 목표 하한치, 해당구간의 주변지역 특성, 관리청의 의지나 재정능력, 상·하류의 설계빈도 등 많은 요소를 고려하는데, 응답자 그룹별 인식 차이가 큼**

- 설계기준이 불명확하나 수계(水系, 하천의 분류나 지류의 계통)의 연속성과 해당구간의 특수성을 종합적으로 판단하고자 노력

담당자를 포함한 모든 그룹이 **홍수방어목표를 선정할 때 가장 중요시 해야 할 요인으로 ‘하천연안의 위험도 평가 결과’를 선택했는데, 이는 설계빈도 개념에서 빈도와 피해를 종합한 위험도 개념으로 서둘러 전환돼야 함을 시사**

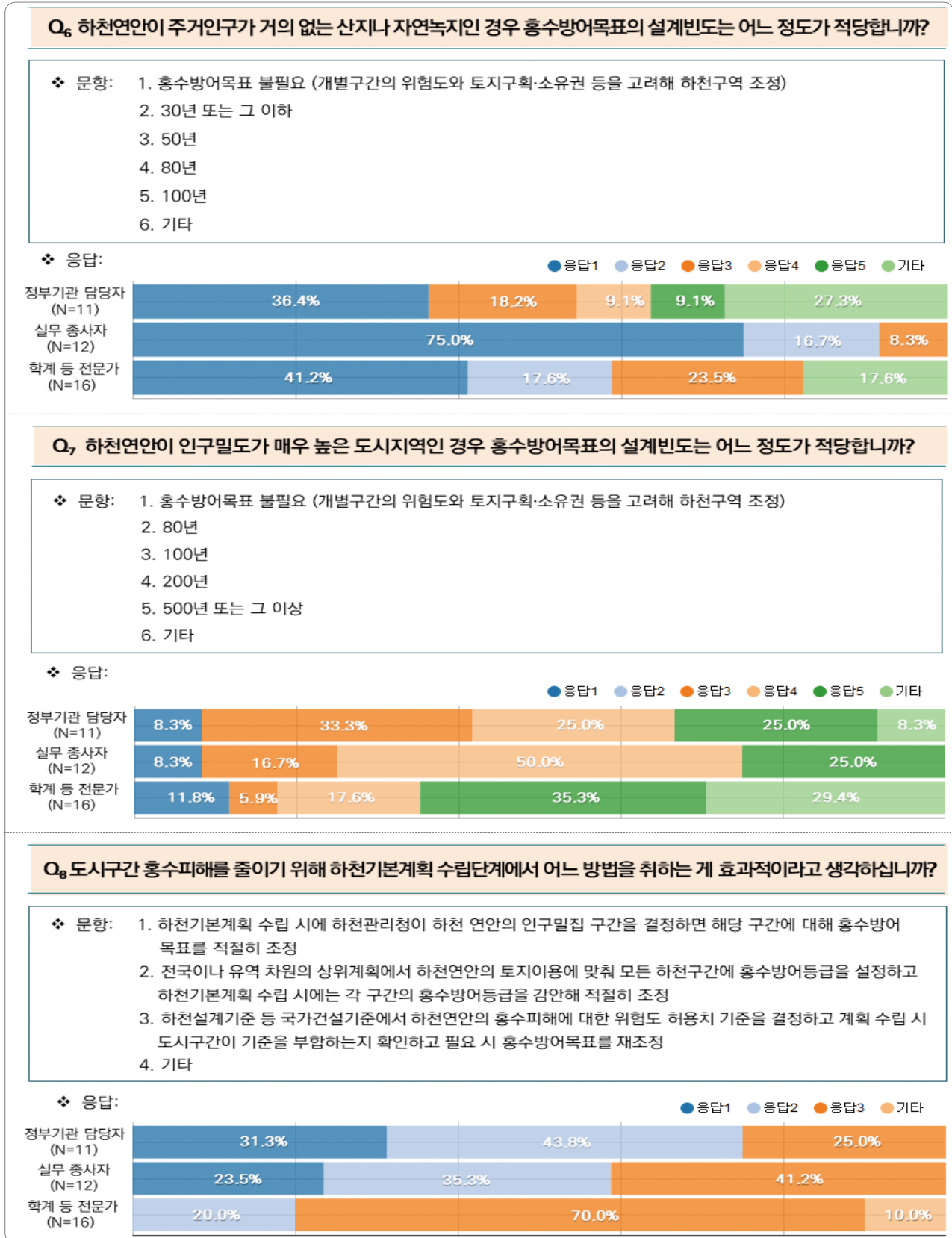
특히, 응답자들은 **하천연안의 특성을 고려하여 구간별로 홍수방어목표의 차등화가 필요하다고 판단**

- 산지·녹지 등 위험이 거의 없는 구간에는 ‘하천설계기준에서 홍수방어목표를 명시할 필요가 없다’는 의견이 가장 많으며, ‘하천의 연속성을 고려해 50년 정도의 설계빈도는 고려해야 한다’는 의견도 일부 확인
- 인구밀도가 매우 높은 도시구간의 경우 설계빈도가 담당자 그룹은 최대 100년, 실무자 그룹은 200년, 전문가 그룹은 500년 이상이 적합하다고 응답함으로써 그룹별 인식의 차이를 확인

도시구간의 **홍수피해를 줄이기 위한 계획수단으로 하천설계기준 내 홍수 위험도 허용치 기준을 설정, 도시구간의 홍수방어목표가 이 기준을 충족하도록 설계빈도를 선정하는 방법을 실무자·전문가 그룹에서 특히 강조**

아울러 응답자들은 **하천관리청이 연안지역의 홍수 위험도를 본격적으로 관리하기 위해서는 위험도 허용 규범에 대한 법제화와 표준화가 가장 중요한 국가의 역할이라고 판단**

그림 4 응답결과의 예시



## 4. 정책과제

### 국가건설기준 개선

하천기본계획 수립 시 하천연안의 인명피해, 경제적 손실 등 위험특성에 따라 홍수방어목표를 합리적이고 투명하게 결정할 수 있도록 하천설계기준 개정 필요

- 현장·실무에서 하천기본계획 수립 시 하천설계기준 외 다양한 요인을 종합적으로 따져서 설계빈도를 결정하려고 노력하고 있으나, 여전히 합리성·객관성·투명성 등에 개선할 여지가 많음
- 하천관리청이 주요구간을 지정하는 현재의 방법이나 상위 계획에서 각 구간 홍수방어등급을 지정하는 과거 유역종합치수계획의 방법보다 하천설계기준을 보완하는 방법이 실효성이 높다고 판단

### 산지·녹지 구간의 과도한 홍수방어목표 선정 지양

산지나 자연녹지인 구간에는 상·하류 유수소통을 고려하되 최소한의 설계빈도를 선정함으로써 하천공사와 유지관리 비용감소, 경관·환경 영향 등의 최소화를 도모

- 해당 구간은 홍수방어보다는 토지이용 규제 등 공간계획을 더 중요시해야 하며, 상·하류 유수소통을 위해 필요하다라도 최소한의 설계빈도를 선정하는 게 적절

### 도시구간의 안전기준 강화

인구가 집중된 도시구간에는 사전에 하천연안의 위험도를 평가하고 위험도 허용치 기준 충족 여부를 확인한 뒤 설계빈도를 개별적으로 결정

- 도시구간의 적정 설계빈도에 대한 그룹 간 의견이 저마다 다르나, 하천기본계획 수립 시 위험도 평가 실시, 허용치 기준 적용 등 과학적인 방법으로 설계빈도를 보다 신중하게 선정해야 함

### 다양한 정책방안 마련

해외 사례를 참조할 때 하천설계기준 개정 외에도 위험도 평가기법의 고도화·표준화, 공통자료 활용성 개선, 검증체계 마련, 토지이용규제 보완 등이 필요

※ 본 자료는 2020년 국토연구원의 자체 연구개발적립금 과제(과제명: 하천 연안특성에 따른 선택적 홍수관리제도 도입과 생태·치수대책 활용방안 연구)로 수행 중인 연구내용을 일부 발췌·정리한 것임.

※ 제5회 하천정책연구회 개최를 통해 연구결과를 공유·토론할 수 있도록 지원한 국토교통부 하천계획과에 특별히 감사드립니다.

**이상은** 국토환경·자원연구본부 수자원·하천연구센터장(selee@krihs.re.kr, 044-960-0465)

**이종소** 국토환경·자원연구본부 책임연구원(jslee@krihs.re.kr, 044-960-0648)

