



세종특별자치시 도시하천 지역의 홍수대응 방안과 실행 전략

송양호 연구위원

하천재해 예방을 위한 세종시의 준비

세종특별자치시(이하 “세종시”)의 경우 최근 중규모 하천의 둔치를 수변공원, 천변주차장 등으로의 공간적 활용이 증대됨에 따라 홍수발생 시 위험성이 증가하고 있으며, 도시하천에 대한 자체적인 예·경보발령 기준 수립 및 스마트 배수문의 효과적인 운영을 위한 홍수대응 기준을 마련해가고 있다. 다만, 환경부 정책목표인 홍수총량제¹⁾ 이행을 위해서는 세종시의 홍수예보 기준수위 세분화 및 행정구역 공간 기반의 정보를 생산함으로써 세종시 홍수대응을 위한 미래전략의 마련이 필요하다.

이에 도시하천에 대한 홍수대응 정책 및 기술동향 조사를 바탕으로 세종시 홍수대응 정책의 실행 전략을 제시하고자 한다.

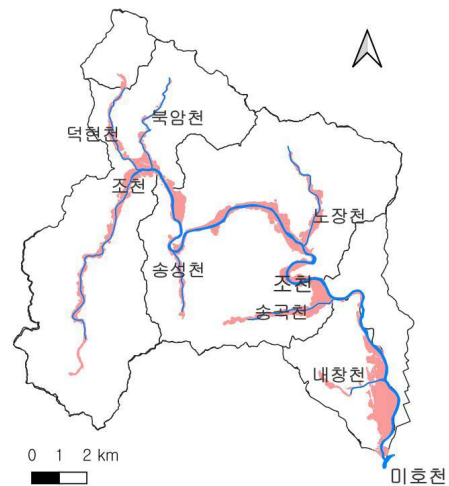
세종시 홍수위험도 검토: 조천유역을 중심으로

GIS 기반의 홍수위험지도 작성

홍수위험지도는 홍수방어 계획수립을 위한 구조적·비구조적 대책 모두를 지원하는 하천공간정보의 기초자료 관리를 위한 특수목적 지도에 해당하며, 환경부에서 제공하는 SHP 형태의 자료를 바탕으로 조천유역의 설계빈도(100년)에 대한 홍수위험지도를 [그림 1]에 도식화 하였다.

홍수위험지도의 제방붕괴 등의 홍수 예상 시나리오는 실제 하천제방의 안정성과 무관하며, 구조적 대책이 실패한다는 최악의 경우를 가정한 것으로 홍수 시 가상의 최대 범람 범위를 산정하기 위한 목적을 지니고 있다. 다만, 홍수위험지도의 경우 대피경로를 제공하고 있지 않아 홍수피해 발생시 효과적인 대피체계를 제공하기에는 미흡한 점이 있으며, 세종시의 경우 하천 인근의 범람위험을 인지하고 비상대처계획 수립이 필요하다.

그림 1. 세종시 조천유역 홍수위험지도(100년 빈도 기준)



제방여유고 분석을 통한 정비(보강·신설)구간 검토

조천유역의 계획빈도는 100년이며, 조천으로 유입되는 6개의 지방 하천 역시 모두 동일한 계획빈도를 지니고 있다. 지속적인 하천환경정비사업을 통하여 고수부지 정비 등의 사업을 추진하고 있음에도 불구하고, 일부 구간의 경우 제방의 보강 및 신설 등 하천정비를 통한 치수 안전도 확보가 필요한 상황이다.

조천유역에 대한 하천정비 현황 [표 1]을 보면, 전반적으로 제방의 보강이 필요한 구간이 다수 존재하며, 덕현천·노장천·송곡천의 경우 기존 하천 구간 대비 약 50% 내외로 제방의 신설이 필요한 것으로 나타났다. 하천에 위치한 치수시설이 장기간에 걸쳐 최대한의 기능을 발휘하기 위해서는 정기적·효과적인 점검·정비를 실시해야 하며, 시설의 원격 운영·조작을 위한 지속적인 시설 투자가 이행되어야 한다.

1) 관계부처 합동(2021), 「국가물관리기본계획(‘21~’30)」 내용 중 정책목표로 유역물관리종합계획 하천유역수자원관리계획 등 향후 법정계획 수립 과정에서 유역별 홍수총량제 및 제방평가제 도입 예고

표 1. 조천유역 제방시설물 현황

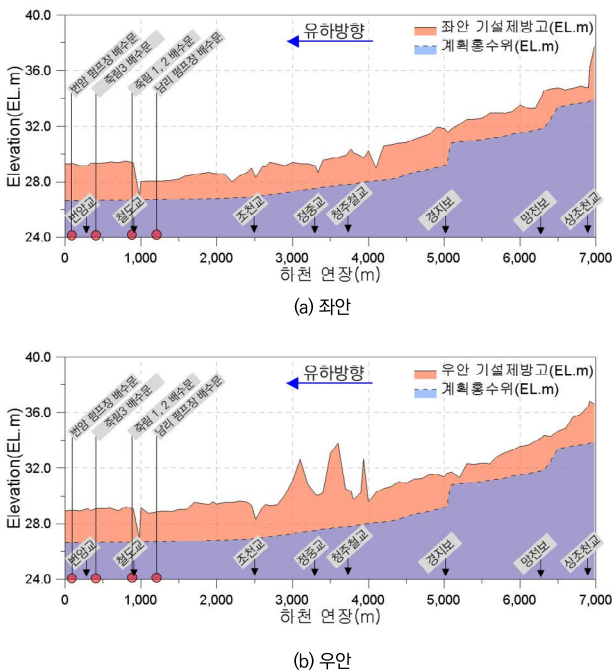
하천명	제방연장 (km)	제방정비 완료구간		제방보강 필요구간		제방신설 필요구간	
		(km)	(%)	(km)	(%)	(km)	(%)
조천	60.9	42.5	69.8	9.4	15.5	9.0	14.7
덕현천	6.5	3.4	51.9	0.5	7.1	2.7	41.1
북암천	8.6	4.0	46.0	1.4	15.6	3.3	38.4
송성천	3.5	2.0	55.7	0.2	5.9	1.4	38.4
노창천	5.5	1.9	34.4	0.8	14.3	2.8	51.4
송곡천	8.3	1.9	22.5	1.9	23.1	4.5	54.3
내창천	6.4	0.4	5.5	6.0	94.5	-	-

자료: 대전지방국토관리청(2019), 「미호천 하류권역 하천기본계획 보고서」.

미호천 합류점부터 상류 7.0km인 상조천교 구간을 살펴보면 해당 구간의 경우 약 595 CMS의 유량이 흐르는 구간에 해당하므로, 1.0m 이상의 제방여유고를 확보해야 한다. 미호천 합류점부터 상조천교 부근까지 좌·우안 모두 충분한 여유고를 확보하고 있는 것으로 나타났으나, 철도교가 지나가는 구간의 경우 충분한 제방여유고를 확보하지 못하는 것으로 검토되었다.

제방여유고가 부족한 구간의 경우 돌발호우 및 집중호우 등의 영향으로 해당 구간에 증가된 홍수량이 발생할 경우 해당 구간을 중심으로 제방월류에 따른 극심한 홍수피해가 발생할 우려가 있다. 아래의 [그림 2]를 보면 해당구간에 위치하고 있는 다수의 배수문의 경우 미호천 합류점 기점수위에 민감하게 반응하는 배수위구간에 포함되는 것으로 파악되었으며, 철도교 구간의 경우 홍수량 증가시 증가된 홍수량이 제방을 월류하여 제내지 침수의 주요 원인으로 작용할 우려가 있다.

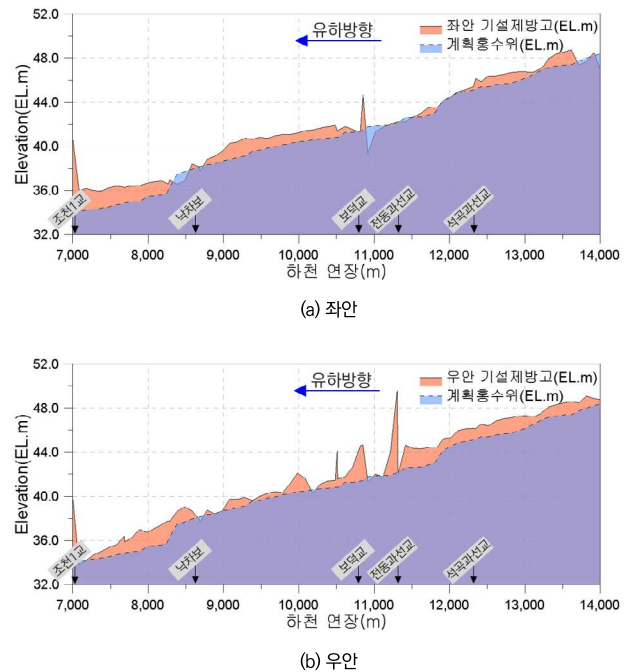
그림 2. 조천유역 제방여유고 분석 결과(미호천 합류점~7,000m 구간)



미호천 합류점부터 상류 7.0km부터 14.0km 구간을 살펴보면 해당 구간의 경우 약 595 CMS의 유량이 흐르는 구간에 해당하므로, 1.0m 이상의 제방여유고를 확보해야 한다.

아래의 [그림 3]을 보면 좌안의 경우 낙차보와 보덕교 부근에서 제방여유고가 부족한 것으로 나타났으며, 우안 역시 낙차보와 보덕교 상류의 일부 구간에서 충분한 제방여유고를 확보하지 못하는 것으로 나타났다. 수치해석 연구는 지역이 외수재해(하천)와 내수재해(관로)의 피해로부터 얼마만큼 위험성에 노출되어 있음을 파악함으로써 방재대책 수립의 우선순위 결정 과정의 참고자료로 활용하기 위함이다. 기성시가지 일대에 그치지 않고 지역별 재해위험 검토와 배수부구 단위의 수치해석 분석을 실시하여 상대적 위험도 산정을 통한 관거 증설 및 개량의 우선순위 도출이 필요하다.

그림 3. 조천유역 제방여유고 분석 결과(7,000~14,000m 구간)



조천유역에 대한 홍수재해 영향은 계획홍수위 대비 많은 지점에서 좌안과 우안의 계획홍수위가 여유고 부족과 더불어 제방고를 초과하여 하천월류에 따른 피해발생 가능성이 있는 것으로 판단되었다. 다만, 본 글의 여유고 분석과정에서는 기후변화에 영향을 고려하지 않고 기존에 설계된 하천본래의 통수능력만을 검토한 결과에 해당한다. 실제 현장의 여유고 정비과정에는 하천과 제방의 중요도, 제내지 상황, 주변 접속도로, 사회 및 경제적 여건 등을 고려하여 결정이 필요하며, 유량규모에 따른 최저치의 여유고에 얽매이지 않도록 주의해야 한다.

세종시 도시하천 유역의 홍수대응 전략

지능형 하천방재관리시스템 구축 방향에 대한 개선

축적된 하천 수위 관측 DB를 통해 향후 시스템이 유역 전체 하천방재시설(수문, 배수펌프장 등)을 자동으로 관리할 수 있는 지능형 하천방재관리시스템의 중요성이 강조되어야 한다. 세종시를 포함해 타 시도에서 구축·운영중인 하천방재관리시스템은 단순히 수위를 기준으로 수문이 자동으로 개폐되도록 제어하는 전통적인 운영기준을 따르고 있다. 시시각각으로 변화하는 수문정보로부터 보다 유연하게 통문을 운영하기 위해서는 예측 및 계속되는 수리수문정보, 배수(통)문 배수구역의 규모 및 특성, 배수구역 내 위험정보를 종합적으로 활용한 자동운영 기준을 개발할 필요가 있다.

시스템 내부에 효율적인 기술 구현을 위해서는 예측 강수 및 시나리오 기반 홍수량예측 기술, 스마트 운영을 위한 수위예측 기술, 스마트 통합 플랫폼 구축 및 운영기술 등을 접목해야 한다. 예로 선행시간 3시간 확보를 위한 인공지능 기반 강우예측 및 시나리오 생산 기술, 정보전이를 활용한 미계측유역 소규모 배수구역의 홍수량 예측기술, 빅데이터 기반 원격탐사 지형자료를 활용한 실시간 3차원 침수예측시스템 개발, 디지털 트윈 기반의 스마트 배수문(Gate) 운영 지원 플랫폼 구축 기술개발 등을 추진해야 한다.

홍수대응 계획에 기후변화 영향 반영 명시화

기후변화에 따른 취약성·불확실성 대응력 강화를 위해 첨단기술을 접목한 홍수대응 방향(지자체 단위의 준비 사항) 등을 명시화해야 한다. 기후위기 대응 홍수 방어기준 상향의 일환으로 기후변화에 따른 홍수 증가량을 홍수방어시설 설계 등에 반영하기 위해 증가된 홍수량 등 위험요소에 대한 대응 가능수치를 분석하고, 홍수량 증가 정도를 하천 정비 등 각종 홍수 관련 계획 수립 시 증가된 홍수량을 반영하도록 의무화해야 한다. 더불어 하천 주변의 차등화된 방어목표를 적용하기 위해 사회·경제적 가치 평가방식 마련 및 등급별 설계빈도 세분화, 권역별 하천기본계획에 단계적으로 적용해야 한다.

이상홍수에 대응하기 위한 시나리오 기반 지능형 홍수대응 기술 활용

기후변화에 따른 이상홍수에 대응하기 위한 시나리오 기반 홍수대응 기술을 개발·적용해야 한다. 대규모 피해를 초래하는 폭우의 빈도는 수십 년에 한 번이며, 피해 형태를 좌우하는 강우의 시공간적인 패턴은 방대하기 때문에 경험에만 의존한 위험 산정은 재현성에 한계가 명확하다. 따라서 고해상도 폭우 시나리오 및 고정확 예측 자료를 이용하여 유출부터 범람까지의 통합 모델에 따라 불확실성을 고려한 홍수 피해범위 예측이 수행되어야 한다.

호우시나리오에 따른 도시 침수 시나리오의 선행적 모의와 이에 대한 분석을 수행하고, 시나리오별 침수 예상 정보를 기반으로 실제 호우 특성에 따른 침수 정보를 제공하기 위한 기술을 접목해야 한다. 이러한 정확도와 신뢰도 높은 예측자료를 기반으로 세종시 스마트 통합홍수예보 체계를 구축 운영해야 홍수 대책에 대한 시민의 만족도를 제고할 수 있다.

세종시 관내 댐-하천, 본류-지류 합류부에 대한 관리방향 명확화

댐-하천, 본류-지류 합류부(소하천-지방하천, 지방-국가하천)에 대한 관리방향을 명확히 설정해야 하며, 상습적인 하천재해가 발생하거나 홍수발생 시 피해 규모가 클 것으로 예상되는 중소하천을 선정, 해당 하천의 설계빈도를 개선하는 등 홍수 대응력 증대 방안의 수립이 필요하다. 현재는 하천 등급에 따라 하천 중요도가 판단되고 있으나, 치수계획의 규모(설계빈도)의 격차 발생을 저감하기 위한 본류-지류 합류부 등 종합적인 홍수대응 규모 향상 방안을 마련해야 한다.

소하천에 대한 하천관리의 중요성을 강조하고 소하천 정비사업의 원활한 수행을 위한 자체적인 평가가 필요하다. 국가하천 및 지방하천은 두 개 이상의 시·군·구를 관통하여 흐를 경우 「특정하천유역치수계획」으로 특별관리하고 있으나, 소하천은 연계가 미흡한 상황이다.

초과홍수 고려 저류 및 배수 시설 확충 및 토지이용·건축규제 대책 수립

2022년 8월 서울 강남 일대에서 발생한 초과홍수로 인한 피해 사례와 같이 기존에 경험하지 못한 기록적 홍수가 최근 발생하고 있고 이로 인해 기존 홍수대응 체계의 효율적 운영만으로는 감당하기 어려운 상황에 직면하고 있다.

하천으로 유출을 최대한 억제하기 위한 방재용 저류지, 공공시설 저류 공간 확보, 저류·분담 시설 개발 및 각 지자체의 방재계획 반영 방안을 검토하고 구체적인 대책 마련이 필요함. 더불어 홍수가 예상되는 지역의 토지 이용이나 건축에 대한 규제와 안내의 시행, 계획된 조절 수준을 초과하는 홍수에 대응하기 위한 토지나 건물 관리 대책을 마련해야 한다.

