WP 22-10

탄소중립과 기후변화에 대비한 안전취약시설물 분석 및 관리방향 연구

이종소 건설경제산업연구본부 부연구위원 (jslee@krihs.re.kr)

KRIHS 국토연구원

※ 이 Working Paper의 내용은 국토연구원의 공식 견해가 아니며, 저자 개인의 의견입니다. 연구 내용에 대하여 궁금한 점은 저자의 이메일로 문의하여 주시고, 인용 시에는 저자 및 출처를 반드시 밝혀주시기 바랍니다.

차례

01 서론 05

02 시나리오에 따른 우리나라 기후변화 전망 13

03 국내 시설물 현황 및 취약시설물 분석 19

04 기후변화 영향에 따른 시설물 관리 및 대응방향 모색 29

05 결론 및 정책제언 37

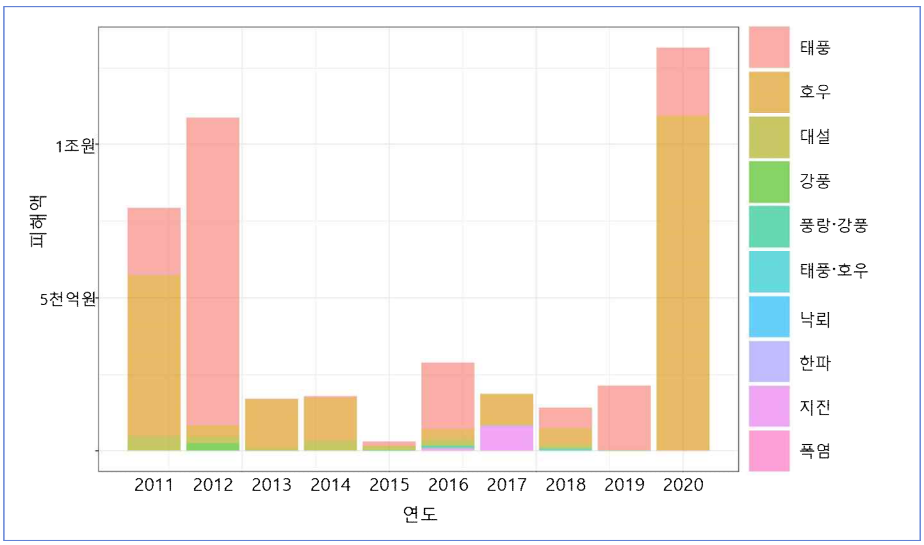
01 서론

1) 연구 배경 및 목적

■ 전 세계적으로 기후변화로 인한 호우·태풍 등의 피해가 대형화되고 있으며, 인명 및 시설물 피해가 빈번히 발생

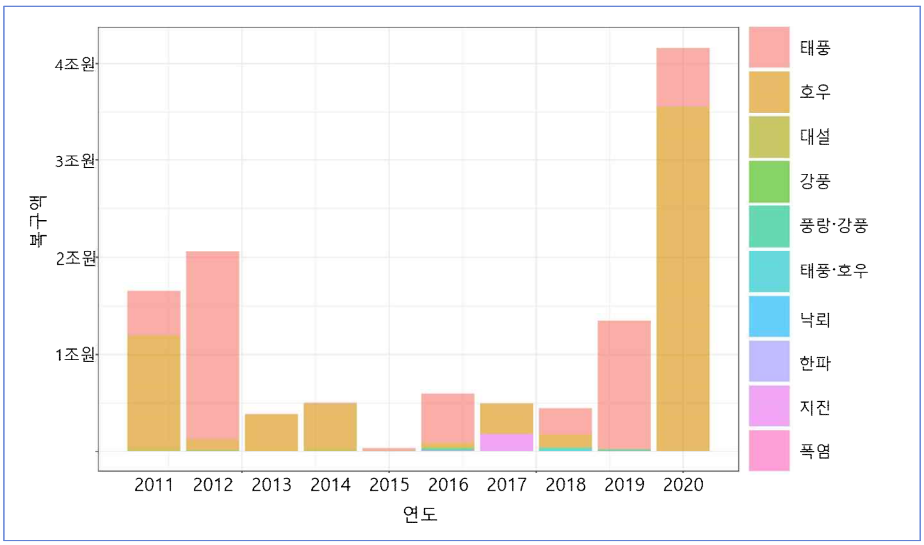
- 2021년 7월 기록적인 폭우로 인해 독일, 벨기에 등에서 최소 240명이 사망하고 430억 달러(한화 약 53조 2,700억) 이상의 경제적 손실이 발생하였으며, 8~9월 미국은 허리케인 아이다로 인해 90명 이상이 사망하고 650억 달러(한화 약 80조 5,300억) 이상의 경제적 손실이 발생(Kak Kramer and Joe Ware 2021, 6)
- 우리나라의 경우에는 최근 10년간(2011~2020년) 호우, 태풍 등 자연재해로 290명의 인명 피해가 발생하고 피해액과 복구액은 약 4조 4,200억 원, 약 11조 6,830억 원에 달하며, 연도별·원인별 현황은 〈그림 1〉, 〈그림 2〉와 같음(행정안전부 2021, 262; 335)
- 이 가운데 호우와 태풍에 의한 피해액과 복구액은 약 4조 1,190억, 약 11조 3,250억 원으로 전체 피해액과 복구액의 93.2%, 96.9%를 차지하고 있음

그림 1 최근 10년간 우리나라 재해 원인별 피해액 현황(당해 연도 가격 기준)



출처: 행정안전부 2021, 262의 통계를 활용하여 저자 작성.

그림 2 최근 10년간 우리나라 재해 원인별 복구액 현황(당해 연도 가격 기준)



출처: 행정안전부 2021, 335의 통계를 활용하여 저자 작성.

■ 국제사회에서 사회경제적 요소를 반영하여 새롭게 제시된 기후변화 시나리오(IPCC 2021, SPM-18)에서는 탄소배출을 적극적으로 감축하는 경우에도 기온과 강수량이 증가할 것으로 전망하여 다양한 기후위기에 대한 적응 및 대응 방안이 필요

- 기후변화에 관한 정부 간 협의체(IPCC)는 2021년 제6차 평가보고서(AR6)를 발간했으며, 새로운 기후변화 시나리오인 공통사회경제경로(Shared Socio-economic Pathway: SSP)를 제시
- 〈표 1〉과 같이 총 다섯 가지의 시나리오[1]로 미래 기후변화를 전망하였으며, 2050년 혹은 그 후에 넷 제로(Net Zero)가 가능한 SSP1-1.9와 SSP1-2.6 시나리오에서도 약 1.0~1.8℃, 2.1~3.5℃ 지구 표면온도가 올라갈 것으로 예측함[2]
- 즉, 2021년 제정된 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」(이하 탄소중립기본법)의 국가비전 및 목표인 2050년까지 탄소중립을 달성하더라도 다양한 기후위기에 대한 적응 및 대응 방안을 마련할 필요가 있음

1) SSPx-y의 형식에서 x는 기본으로 설정된 사회경제적 추세인 공통사회경제경로를 의미하며, SSP1은 친환경적인 성장, SSP2는 완화-적응의 중도성장, SSP3는 기후변화 취약성장, SSP5는 화석연료에 의존한 고속성장을 뜻함. 또한 y는 2100년 기준의 복사 강제력(W/m²)을 의미.
2) 1850~1900년 대비 2081~2100년도의 온도이며, 최신 기준기간인 1995~2014년 대비 변화는 최적 온난화 추정치인 0.85℃를 빼서 근사치를 계산할 수 있음. 또한 지구 표면온도는 20년 단위 평균으로 기록됨.

표 1 기후변화 시나리오별 기간별 지구 표면온도 상승치 추정 결과

시나리오	단기(2021~2040년)		중기(2041~2060년)		장기(2081~2100년)	
	최적 추정치(℃)	매우 가능성 높음(℃)	최적 추정치(℃)	매우 가능성 높음(℃)	최적 추정치(℃)	매우 가능성 높음(℃)
SSP1-1.9	1.5	1.2~1.7	1.6	1.2~2.0	1.4	1.0~1.8
SSP1-2.6	1.5	1.2~1.8	1.7	1.3~2.2	1.8	1.3~2.4
SSP2-4.5	1.5	1.2~1.8	2.0	1.6~2.5	2.7	2.1~3.5
SSP3-7.0	1.5	1.2~1.8	2.1	1.7~2.6	3.6	2.8~4.6
SSP5-8.5	1.6	1.3~1.9	2.4	1.9~3.0	4.4	3.3~5.7

출처: IPCC 2021, SPM-18의 내용을 번역하여 저자 작성.

■ 최근 우리나라는 기후변화와 관련된 법과 시설물 관리와 관련된 법을 제·개정하여 기후위기의 심각한 영향을 예방하고 국민의 안전을 확보하고자 함

- 2021년 9월에 2050년 탄소중립을 법제화하는 탄소중립기본법을 제정했으며, 기존 「저탄소 녹색성장 기본법」에서 별도로 정의하지 않았던 '기후위기'와 '기후위기 적응'의 용어가 법률에서 처음 정의됨(탄소중립기본법 제2조)
- 탄소중립기본법에서는 국가·지방·공공기관의 적응대책에 대한 법적 근거를 명확히 지니고 있으며, 대책의 이행점검 등을 명시함으로써 강제성을 부여하고 있음(탄소중립기본법 제38조, 제39조, 제40조, 제41조)
- 또한 「시설물 안전 및 유지관리에 관한 특별법」(이하 시설물안전법), 「지속가능한 기반시설 관리 기본법」(이하 기반시설관리법) 등을 통해 국가적 차원에서 시설물과 관련된 재해 및 재난의 예방, 그리고 국민의 안전을 확보하고자 함(시설물안전법 제1조, 기반시설관리법 제1조)

■ 선행연구를 살펴봤을 때 기후변화에 따른 시설물, 도시계획 등과 관련된 연구는 존재하나, 기후변화와 시설물 특징 및 분포, 그리고 공간 등을 함께 고려한 연구는 미흡한 실정

- 국토안전관리원(2021a)의 연구는 주로 기후변화에 따른 시설물의 안전 관리체계 관점에서 연구를 수행하였으며, 이상은 외(2018), 서울연구원 외(2015), 심우배 외(2010; 2009) 등의 연구에서는 기후변화와 도시공간의 관점에서 연구를 수행한 바 있음
- 탄소중립기본법을 살펴보면 앞으로 시설물 관리에서도 기후위기 적응이 필요한 시점임

■ 이에 이 페이퍼에서는 탄소중립에 따른 우리나라의 기후변화 전망을 살펴보고 안전취약시설물[3]의 특징과 공간분포를 분석하여 기후위기에 따른 시설물 관리 및 대응 방향을 모색해 보고자 함

- 첫째, 기후변화 시나리오에 따른 우리나라 기후변화 전망 현황을 살펴보고,
- 둘째, 국내 시설물 현황과 안전취약시설물 분석 및 공간분포를 고려하여,
- 최종적으로 기후변화 영향에 따른 시설물 관리 및 대응 방향을 모색하고자 함

3) 시설물의 안전등급이 D,E인 시설물을 의미(국토안전관리원 2021b, 8).

2) 연구 방법

■ 이 페이퍼는 시설물들에 대하여 안전취약시설물 분석, 기후변화 취약시설물 여부, 공간 특성을 고려하고 종합한 시설물 관리 방향을 도출하고자 하며, 다음의 방법으로 수행하고자 함

- (안전취약시설물) 시설물통합정보관리시스템 상의 시설물 안전등급을 기반으로 안전취약시설물을 선별
- (기후변화 취약시설물) 시설물 평가지침 및 선행연구를 토대로 기후변화 취약시설물을 선별하고 시설물안전법상의 세부 종류로 분류
- (공간 특성) 공간 특성은 기후변화에 상대적으로 취약할 수 있는 지역을 뜻하며, 적용 가능성을 선험적으로 알아보고자 도시 기후변화재해취약성 분석의 결과를 활용하고자 함

■ 즉, 안전취약시설물 여부와 등급, 기후변화에 취약한 시설물 종류 여부, 기후변화에 상대적으로 취약할 수 있는 지역의 시설물 분포 여부 등을 복합적으로 고려하여 관리 및 대응 방향을 제시

- 안전등급에 따른 안전취약시설물, 기후변화 영향에 취약한 시설, 기후변화에 취약한 지역에 있는 시설물 등은 안전에 대한 위험이 다소 높을 것으로 생각되며, 복합적으로 해당하는 시설물을 선별하여 관리의 비교우선순위(안)을 제시

3) 연구의 범위

■ 우리나라 기후변화 영향은 친환경적 지속가능한 경제성장을 가정한 SSP1-2.6과 화석연료 사용이 높고 도시 위주의 무분별한 개발 확대를 가정한 SSP5-8.5에 대하여 검토

- SSP1-2.6은 CO_2 배출량이 2050년 혹은 그 후에 넷 제로(Net Zero)가 가능하고 친환경적 지속가능한 경제성장을 가정하는 기후변화 시나리오로 탄소중립기본법 제7조 국가비전 및 전략과 일치한다고 할 수 있음
- SSP5-8.5는 빠른 발전에 중점을 두고 기후정책을 거의 수립하지 않은 기후변화 시나리오로 극단적인 상황을 가정한 시나리오임

■ 시설물의 경우 시설물안전법에서 정의하고 있는 시설물의 종류로 한정하여 연구를 수행

- 법령별로 시설물의 정의 및 종류 차이가 다소 있기 때문에 안전과 관련이 깊은 시설물안전법상의 시설물을 대상으로 연구를 수행
- 시설물안전법 제7조와 제8조, 그리고 동법 시행령 별표 1과 1의 2를 참고한 제1종, 제2종, 제3종 시설물의 종류와 범위는 〈표 2〉, 〈표 3〉과 같음

표 2 제1종 및 제2종 시설물의 종류 및 범위

구분	제1종시설물	제2종시설물
교량	- 상부구조형식이 현수교, 사장교, 아치교 및 트러스교인 도로교량 - 최대 경간장 50m 이상의 도로교량 (한 경간 교량은 제외) - 연장 500m 이상의 교량 - 폭 12m 이상이고 연장 500m 이상인 복개구조물 - 고속철도 교량 - 도시철도의 교량 및 고가교 - 상부구조형식이 트러스 교 및 아치교인 교량 - 연장 500m 이상의 철도교량	- 경간장 50m 이상인 한 경간 교량 - 제1종시설물에 해당하지 않는 교량으로서 연장 100m 이상의 교량 - 제1종시설물에 해당하지 않는 복개구조물로서 폭 6m 이상이고 연장 100m 이상인 복개 구조물 - 제1종시설물에 해당하지 않는 철도교량으로서 연장 100m 이상의 철도교량
터널	- 연장 1천m 이상의 터널 - 3차로 이상의 터널 - 터널구간의 연장이 500m 이상인 지하차도 - 고속철도 터널 - 도시철도 터널 - 연장 1천m 이상의 터널	- 제1종시설물에 해당하지 않는 터널로서 고속국도, 일반국도, 특별시도 및 광역시도의 터널 - 제1종시설물에 해당하지 않는 터널로서 연장 300m 이상의 지방도, 시도, 군도 및 구도의 터널 - 제1종시설물에 해당하지 않는 지하차도로서 터널구간의 연장이 100m 이상인 지하차도 - 제1종시설물에 해당하지 않는 터널로서 특별시 또는 광역시에 있는 철도터널
항만	- 갑문시설 - 연장 1천m 이상인 방파제 - 20만 톤급 이상 선박의 하역시설로서 원유부이식 계류시설(부대시설인 해정송유관 포함) - 말뚝구조의 계류시설(5만 톤급 이상 시설)	- 제1종시설에 해당하지 않는 방파제로서 연장 500m 이상의 방파제 - 연장 500m 이상의 파제제 - 방파제 기능을 하는 연장 500m 이상의 호안 - 제1종시설물에 해당하지 않는 원유부이식 계류시설로서 1만 톤급 이상의 원유부이식 계류시설 (부대시설인 해저송유관을 포함) - 제1종시설물에 해당하지 않는 말뚝구조의 계류시설로서 1만 톤급 이상의 말뚝구조의 계류시설 - 1만 톤급 이상의 중력식 계류시설
댐	- 다목적댐, 발전용댐, 홍수전용댐 및 총저수용량 1천만 톤 이상의 용수전용댐	- 제1종시설물에 해당하지 않는 댐으로서 지방상수도전용댐 및 총저수용량 1백 만톤 이상의 용수전용댐

건축물	- 21층 이상 또는 연면적 5만m^2 이상 건축물 - 연면적 3만m^2 이상의 철도역시설 및 관람장 - 연면적 1만m^2 이상의 지하도상가 (지하보도 면적 포함)	- 제1종시설물에 해당하지 않는 건축물로서 16층 이상 또는 연면적 3만m^2 이상의 건축물 - 제1종시설물에 해당하지 않는 건축물로서 연면적 5천m^2 이상(각 용도별 시설의 합계를 말함)의 문화 및 집회시설, 종교시설, 판매시설, 운수시설 중 여객용 시설, 의료시설, 노유자시설, 수련시설, 운동시설, 숙박시설 중 관광숙박시설 및 관광휴게시설 - 제1종시설물에 해당하지 않는 철도 역시설로서 고속철도, 도시철도 및 광역철도 역시설 - 제1종시설물에 해당하지 않는 지하도상가로서 연면적 5천m^2 이상의 지하도상가 (지하보도면적을 포함)
하천	- 하굿둑 - 포용조수량 8천 만톤 이상의 방조제 - 특별시 및 광역시에 있는 국가하천의 수통문 - 국가하천에 설치된 높이 5m 이상인 다기능 보 - 특별시 및 광역시에 있는 국가하천 배수펌프장	- 제1종시설물에 해당하지 않는 방조제로서 포용조수량 1천만 톤 이상의 방조제 - 제1종시설물에 해당하지 않는 수문 및 통문으로서 국가하천의 수통문 - 특별시, 광역시, 특별자치시 및 시에 있는 지방하천의 수통문 - 국가하천의 제방(부속시설인 통관 및 호안을 포함) - 제1종시설물에 해당하지 않는 보로서 국가하천에 설치된 다기능 보 - 제1종시설물에 해당하지 않는 배수펌프장으로서 국가하천의 배수펌프장 - 특별시, 광역시, 특별자치시 및 시에 있는 지방하천의 배수펌프장
상하수도	- 광역상수도 - 공업용수도 - 1일 공급능력 3만 톤 이상의 지방상수도	- 제1종시설물에 해당하지 않는 지방상수도 - 공공하수처리시설 (1일 최대처리용량 500톤 이상인 시설만 해당)
옹벽 및 절토사면	-	- 지면으로부터 노출된 높이가 5m 이상인 부분의 합이 100m 이상인 옹벽 - 지면으로부터 연직높이 (옹벽 있을 경우 옹벽 상단부터) 30m 이상을 포함한 절토부로서 단일 수평연장 100m 이상인 절토사면
공동구	-	- 공동구

출처: 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법 시행령[별표1].

표 3 제3종시설물의 종류 및 범위

구분		대상범위
토목 분야	교량	- 「도로법」 제10조에 따른 도로에 설치된 연장 20m 이상 100m 미만인 도로교량 - 「도로법」 제10조에 따른 도로 외의 도로에 설치된 연장 20m 이상인 교량 - 연장 100m 미만인 철도교량
	터널	- 연장 300m 미만의 지방도, 시도, 군도 및 구도의 터널 - 「농어촌도로 정비법 시행령」 제2조제1호에 따른 터널 - 연장 100m 미만인 지하차도 - 제1종시설물에 해당하지 않는 터널로서 특별시 및 광역시 외의 지역에 있는 철도터널
	육교	- 보도육교
	옹벽	- 지면으로부터 노출된 높이가 5m 이상인 부분이 포함된 연장 100m 이상인 옹벽 - 지면으로부터 노출된 높이가 5m 이상인 부분이 포함된 연장 40m 이상인 복합식 옹벽
	그 밖의 시설물	- 그 밖에 중앙행정기관의 장 또는 지방자치단체의 장이 재난예방을 위해 안전관리가 필요한 것으로 인정하는 교량 · 터널 · 옹벽 · 항만 · 댐 · 하천 · 상하수도 등의 구조물(부대시설을 포함)과 이와 구조가 유사한 시설물
건축 분야	공동주택	- 5층 이상 15층 이하인 아파트 - 연면적이 660m^{2}를 초과하고 4층 이하인 연립주택 - 연면적 660m^2 초과인 기숙사
	공동주택 외 건축물	- 11층 이상 16층 미만 또는 연면적 5천m^2 이상 3만m^2 미만인 건축물 (동물 및 식물 관련 시설 및 자원순환 관련 시설은 제외) - 연면적 1천m^2 이상 5천m^2 미만인 문화 및 집회시설, 종교시설, 판매시설, 운수시설, 의료시설, 교육연구시설(연구소는 제외), 노유자시설, 수련시설, 운동시설, 숙박시설, 위락시설, 관광 휴게시설, 장례시설 - 연면적 500m^2 이상 1천m^2 미만인 문화 및 집회시설(공연장 및 집회장만 해당), 종교시설 및 운동시설 - 연면적 300m^2 이상 1천m^2 미만인 위락시설 및 관광휴게시설 - 연면적 1천m^2 이상인 공공업무시설(외국공관은 제외) - 연면적 5천m^2 미만인 지하도상가(지하보도 면적을 포함)
	기타	- 그 밖에 중앙행정기관의 장 또는 지방자치단체의 장이 재난예방을 위해 안전관리가 필요한 것으로 인정하는 시설물

출처: 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법 시행령[별표1의2].

■ 공간 특성의 경우 기후변화에 상대적으로 취약할 수 있는 지역을 선별하기 위해 심도 있는 연구가 필요하나, 이 페이퍼에서는 적용 가능성을 선험적으로 알아보기 위해 기존의 도시 기후변화 재해취약성분석 결과를 활용

- 기후변화 영향 정도를 공간단위로 파악하기 위해서는 정밀한 분석이 요구되나, 과업의 범위와 시간을 고려하여 기존 도시 기후변화 재해취약성분석의 결과를 활용
- 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제20조와 제27조에 따라 도시·군 기본계획 및 도시·군 관리계획 수립 시 재해취약성분석을 실시하고 그 결과를 반영토록 의무화되어 있기 때문에 관련 자료 구득이 비교적 용이함
- 현재 기후노출과 현재 도시민감도를 통해 현재 취약성을 도출하고 미래 기후노출과 미래 도시민감도를 통해 미래 취약성을 도출한 뒤, 이 현재 취약성과 미래 취약성을 중첩하여 도시 종합재해취약성 결과를 도출하는 구조로 되어 있음
- 기후요소는 폭우, 폭염, 폭설, 가뭄, 강풍, 해수면상승 총 6개의 유형이며, 지자체에 따라 재해현황분석, 전문가 의견수렴 등을 통해 분석대상에서 제외할 기후요소 검토 가능
- 공간과 관련된 도시민감도 요소는 최근 10년간 피해지역, 방재지구, 자연재해위험개선지구, 노약자 및 어린이 수 등이 포함되어 있음
- 최종적으로 기후별로 집계구 단위의 도시 종합재해취약성 등급이 결정되며, I~IV등급으로 구분하고 I등급이 가장 취약한 지역에 해당됨
- 이와 관련된 분석 방법 및 활용 방법에 대해서는 국토교통부 훈령의 도시 기후변화 재해취약성분석 및 활용에 관한 지침에 자세히 명시되어 있음

02 시나리오에 따른 우리나라 기후변화 전망[4)]

1) 시나리오별 우리나라의 기온과 강수 변화 전망 검토

■ 친환경적 지속가능한 경제성장을 가정하는 SSP1-2.6 시나리오의 경우 단기까지의 기온과 강수량은 약간 상승할 것으로 나타났으며, 장기로 갔을 때 기온과 강수량 모두 소폭 상승할 것으로 전망됨

- (연평균기온) 현재 대비(2000~2019년) 21세기 단기 +1.3℃, 장기 +2.3℃이며, 상승폭은 충청권[5)], 전라권에서 다소 높고 제주권에서 다소 낮을 것으로 전망
- (강수량) 현재 대비 21세기 단기는 2.9%, 장기에 +3.4% 증가할 것으로 전망되며 수도권과 제주권에서 7.7%, 8.1%의 비교적 큰 상승폭을 보임

■ 빠른 발전을 중점에 두고 기후정책을 거의 수립하지 않는 SSP5-8.5 시나리오의 경우 단기까지의 기온은 약간 상승, 강수량은 큰 변화가 없지만, 장기로 갔을 때 기온과 강수량 모두 크게 상승할 것으로 전망됨

- (연평균기온) 현재 대비 21세기 단기 +1.5℃, 장기+6.3℃이며, 상승폭은 수도권, 강원권 등 고위도 지역에서 높고 제주권에서 변화가 가장 작을 것으로 전망
- (강수량) 현재 대비 21세기 단기는 큰 변화가 없고, 장기에는 +18.3% 증가(모델 앙상블 범주가 매우 큰 점을 감안할 필요가 있음)할 것으로 전망되며, 전국적으로 16.7~20.1%의 큰 상승폭을 보임

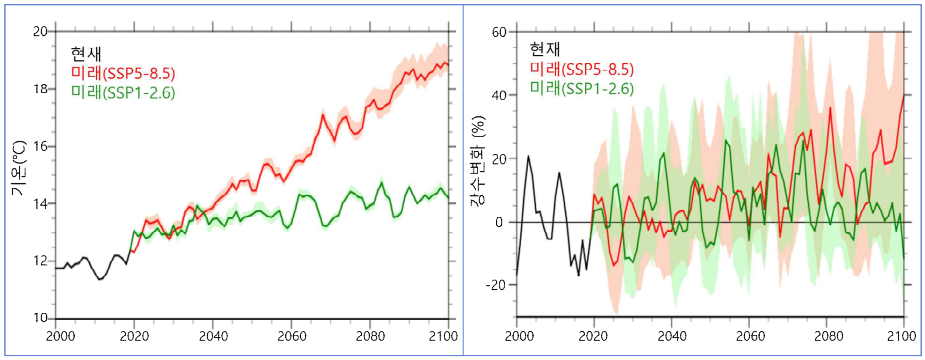
표 4 현재 대비 기후변화 시나리오별 기온 및 강수 변화

구분	현재	단기(2021~2040년)		중기(2041~2060년)		장기(2081~2100년)	
		SSP1-2.6	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP5-8.5
평균기온(℃)	11.9	+1.3	+1.5	+1.6	+2.9	+2.3	+6.3
평균강수량(%)	-	+2.9	-0.7	+4.6	+6.6	+3.4	+18.3
강수일수(일)	110.9	-9.0	-7.4	-7.0	-5.5	-6.0	-5.6

출처: 국립기상과학원 2021, 20; 23의 자료를 참고하여 저자 작성.

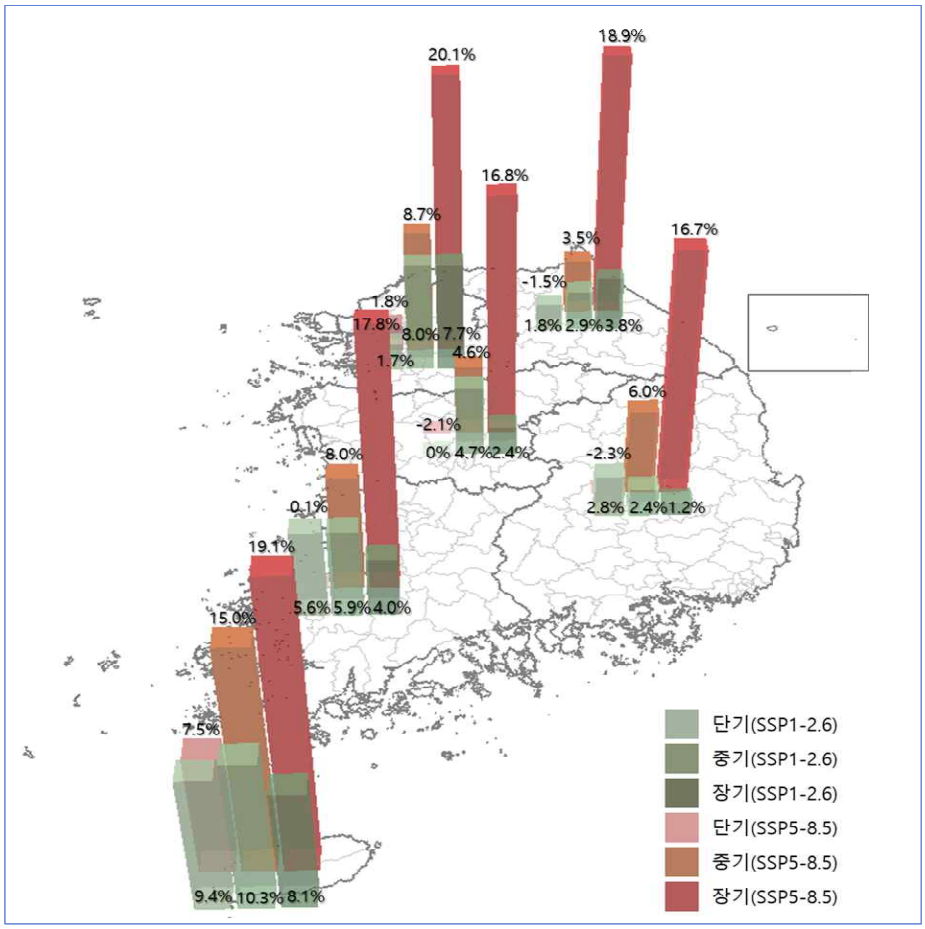
4) 이 장은 국립기상과학원(2021)의 자료를 활용하여 시나리오별 우리나라 기후변화를 전망함.
5) 권역은 수도권, 강원권, 충청권, 경상권, 전라권, 제주권 총 6개의 권역으로 나뉨.

그림 3 현재 대비 기온 및 강수 변화



주: 실선은 앙상블 평균값, 음영은 5개 모델 범주.
출처: 국립기상과학원 2021, 19와 21 그림 서식을 일부 수정하여 작성.

그림 4 현재 대비 기후변화 시나리오별 권역별 강수량 변화(단위: %)



출처: 국립기상과학원 2021, 23의 자료를 참고, ArcScene 10.8을 활용하여 저자 작성.

2) 시나리오별 우리나라의 극한기후지수 변화 전망 검토

■ 극한기후지수는 세계기상기구(World Meteorological Organization: 이하 WMO)에서 제시했으며, ETCCDI[6](Expert Team on Climate Change Detection and Indices)의 극한기후지수를 활용하여 영향과 빈도를 분석할 수 있음(WMO 2009, 49~52)

- 우리나라의 극한기후지수는 WMO 기후변화 지수에 기반한 '전지구 기후변화 전망보고서'(국립기상과학원 2019, 32) 기준 및 국립기상과학원(2021, 7)의 자료를 활용
- 기온과 강수에 관련된 다양한 극한기후지수 가운데 고온은 폭염일수, 강수는 1일 최대 강수량과 상위 1% 극한강수일수를 대표적으로 살펴보고자 하며 지수에 대한 정의는 〈표 5〉와 같음

표 5 극한기후지수의 정의(WMO ETCCDI 기후변화지수 기반)

분석요소		정의	단위
기후 요소	일 평균기온	일 8회 정시관측값(03,06,09,12,15,18,21,24시) 평균	℃
	일 최고기온	연속된 24시간(01~24시) 중 가장 높은 기온	℃
	일 최저기온	연속된 24시간(01~24시) 중 가장 낮은 기온	℃
	일 강수량	연속된 24시간(01~24시) 동안 누적된 총 강수량	mm
	강수일수	일 강수량이 0mm 이상인 날의 연중 일수	일
기온 극한 지수 (고온)	**폭염일수**	**일 최고기온이 33℃ 이상인 날의 연중 일수**	**일**
	열대야일수	일 최저기온이 25℃ 이상인 날의 연중 일수	일
	온난일	일 최고기온이 기준기간의 90퍼센타일을 초과한 날의 연중 일수	일
	온난야	일 최저기온이 기준기간의 90퍼센타일을 초과한 날의 연중 일수	일
	일 최고기온	일 최고기온의 연중 최대값	℃
	일 최저기온	일 최저기온의 연중 최대값	℃
기온 극한 지수 (저온)	한파일수	일 최저기온이 -12℃ 이하인 날의 연중 일수	일
	서리일수	일 최저기온이 0℃ 미만인 날의 연중 일수	일
	한랭일	일 최고기온이 기준기간의 10퍼센타일 미만인 날의 연중 일수	일
	한랭야	일 최저기온이 기준기간의 10퍼센타일 미만인 날의 연중 일수	일
	일 최고기온	일 최고기온의 연중 최소값	℃
	일 최저기온	일 최저기온의 연중 최소값	℃
강수 극한 지수	**1일 최대 강수량**	**연속된 24시간(0~24시) 동안 기록된 최대 강수량**	**mm**
	5일 최대 강수량	연속된 5일 동안 기록된 최대 강수량	mm
	상위1% 극한강수일	**일 강수량이 기준기간의 상위 1%보다 많은 날의 연중 일수**	**일**
	상위5% 극한강수일	일 강수량이 기준기간의 상위 5%보다 많은 날의 연중 일수	일
	호우일수	일 강수량이 80㎜ 이상인 날의 연중 일수	일

출처: 국립기상과학원 2021, 7의 자료를 참고.

6) 극한기후지수 생산 관련 국제협력을 담당하는 전문가 그룹

■ SSP1-2.6 시나리오의 경우 검토한 세 가지 극한기후지수 모두 단기에 증가하지만, 이후의 증가폭은 크지 않을 것으로 전망됨

- (폭염일수) 현재 대비 21세기 단기 8.1일, 장기 15.4일 증가할 것으로 전망되며, 상승폭은 충청권과 전라권에서 높고 제주권에서 낮을 것으로 전망
- (1일 최대 강수량) 현재 대비 21세기 단기 17.7%, 장기 20.6% 증가할 것으로 전망되며, 수도권과 제주권에서 큰 상승폭을 보임
- (상위 1% 극한강수일수) 현재 대비 21세기 단기와 장기 모두 0.3일 증가할 것으로 전망되며, 제주권과 전라권에서 비교적 크게 증가할 것으로 전망
- 그 외 강수와 관련된 대부분의 극한기후지수는 제주권에서 가장 큰 증가폭을 보이고 경상권과 충청권에서 가장 작은 증가폭을 보일 것으로 전망됨

■ SSP5-8.5 시나리오의 경우 검토한 세 가지 극한기후지수 모두 단기에 증가하고 이후 매우 큰 폭으로 증가할 것으로 전망됨

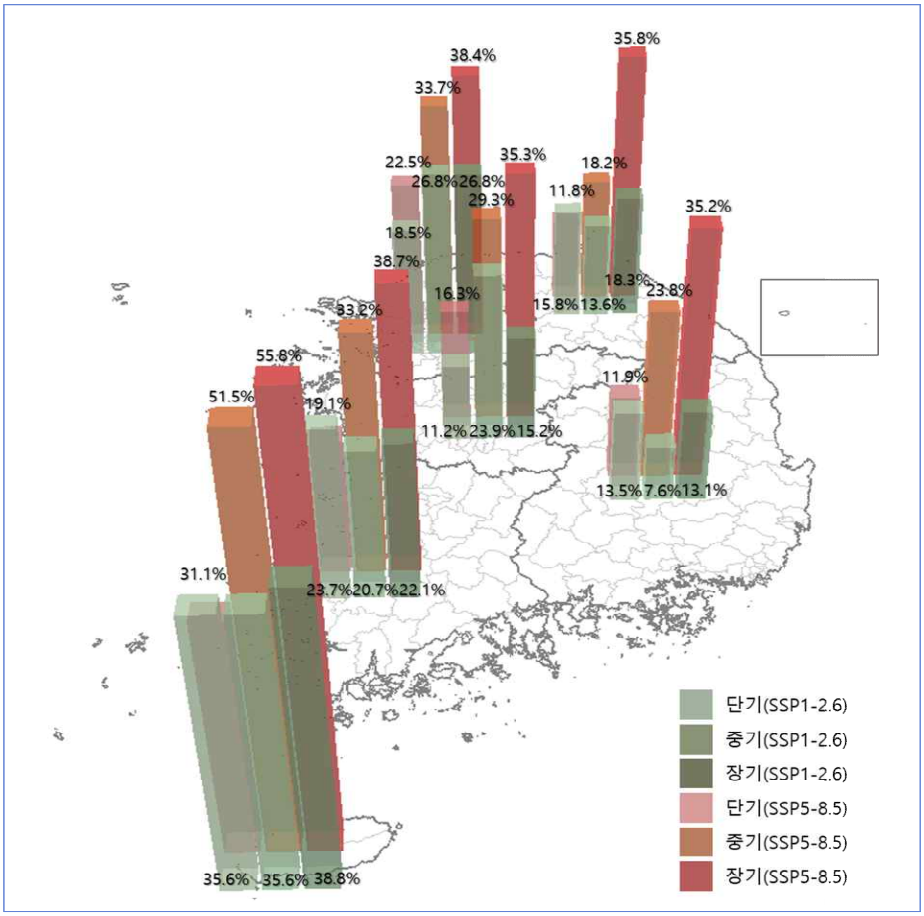
- (폭염일수) 현재 대비 21세기 단기 9.1일, 장기 70.7일로 매우 크게 증가할 것으로 전망되며, 상승폭은 충청권과 수도권에서 높고 제주권에서 낮을 것으로 전망
- (1일 최대 강수량) 현재 대비 21세기 단기 17.3%, 장기 39.5% 증가할 것으로 전망되며, 수도권·전라권·제주권에서 큰 상승폭을 보임
- (상위 1% 극한강수일수) 현재 대비 21세기 단기 0.2일, 장기 0.8일 증가할 것으로 전망되며, 제주권에서 크게 증가할 것으로 전망
- 그 외 강수와 관련된 대부분의 극한기후지수는 제주권에서 가장 큰 증가폭을 보이고 경상권과 충청권에서 가장 작은 증가폭을 보일 것으로 전망됨

표 6 현재 대비 기후변화 시나리오별 극한기후지수 변화

구분	현재	단기(2021~2040년)		중기(2041~2060년)		장기(2081~2100년)	
		SSP1-2.6	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP5-8.5
폭염일수(일)	8.8	+8.1	+9.1	+13.3	+22.9	+15.4	+70.7
1일 최대 강수량(%)	-	+17.7	+17.3	+17.9	+29.4	+20.6	+39.5
상위 1% 극한강수일수(일)	0.9	+0.3	+0.2	+0.3	+0.5	+0.3	+0.8

출처: 국립기상과학원 2021, 26; 34; 35의 자료를 참고하여 저자 작성.

그림 5 현재 대비 기후변화 시나리오별 권역별 1일 최대 강수량 변화(단위: %)



출처: 국립기상과학원 2021, 34의 자료를 참고, ArcScene 10.8을 활용하여 저자 작성.

3) 소결

■ 기후변화 전망을 살펴본 결과, 탄소중립을 달성하더라도 기온, 강수량, 그리고 관련 극한기후지수는 증가할 것으로 전망되므로 안전을 위해 기후위기에 대한 적응 및 대응방안 마련이 필요할 것이며, 특히 시설물은 국민의 안전과 직결되기 때문에 중요하다고 할 수 있음

- 시나리오에 따른 우리나라 기후변화를 전망해본 결과, 탄소중립 실현이 가능한 SSP1-2.6 시나리오에서도 기온과 강수량은 증가할 것으로 보이며, 극한기후지수 역시 어느 정도 증가할 것으로 전망됨
- 즉, 탄소중립을 달성하더라도 다양한 분야에서 기후위기에 대한 적응과 대응 방안을 마련할 필요가 있음

03 국내 시설물 현황 및 취약시설물 분석

1) 국내 시설물 현황 자료 및 안전등급 자료 구축

■ 정부는 시설물안전법 제55조와 제55조의2에 따라 시설물 통합정보 관리체계를 구축·운영하고 안전확보를 위한 정보를 공개하고 있음

- 국토교통부는 시설물통합정보관리시스템(https://www.fms.or.kr)을 운영 중에 있으며, 이를 통해 시설물 안전관리 현황을 공개하고 있음
- 시스템 내에서 시설물은 크게 교량(도로교량, 복개구조물, 철도교량, 육교), 터널(도로터널, 지하차도, 철도터널), 항만(갑문시설, 방파제와 파제제 및 호안, 계류시설), 댐(다목적댐, 발전댐, 홍수전용댐, 용수전용댐, 지방상수도 전용댐), 건축물(공동주택, 대형건축물, 다중이용건축물, 철도역시설, 지하도상가, 기타), 하천(하굿둑, 수문 및 통문, 제방, 보, 배수펌프장), 상하수도(광역상수도, 공업상수도, 지방상수도, 공공하수처리시설, 폐기물매립시설), 옹벽(도로옹벽, 철도옹벽, 항만옹벽, 댐옹벽, 건축물옹벽, 기타옹벽), 절토사면(도로사면, 철도사면, 항만사면, 댐사면, 건축물사면, 기타사면), 기타로 구분되어 있으며, 시설물명, 위치, 종류, 종, 안전등급 등의 다양한 정보를 갖고 있음
- 다양한 정보 가운데 시설물별 안전등급은 시설물안전법 시행령 제12조 및 [별표 8]에 따라 점검진단일 기준 〈표 7〉과 같이 5개의 등급으로 구분됨

표 7 시설물의 안전등급 기준

안전등급	시설물의 상태
A (우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며, 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C (보통)	주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태
D (미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E (불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축해야 하는 상태

출처: 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법 시행령[별표8].

■ 시설물 현황을 분석하기 위해 국토교통부 시설물통합정보관리시스템상의 정보를 토대로 시설물 현황자료를 구축하였으며, 총 15만 6,687개의 시설물이 등록되어 있는 것으로 나타남

- 2022년 4월 6일부터 14일까지 시설물통합정보관리시스템(https://www.fms.or.kr)에 접속하여 관련 자료를 구축
- 다양한 정보 가운데 시설물 명, 위치, 종류, 안전등급 등을 〈표 9〉와 같이 구축하였으며, 시설물의 위치는 17개의 광역시·도를 기준으로 함

■ 17개 광역시·도별로 봤을 때 시설물 등록 개수는 경기도, 서울특별시, 경상북도 순으로 나타났으며, 종류별로 봤을 때에는 건축물과 교량이 가장 큰 비중을 차지하고 있음

- 경기도(3만 9,516개, 25.22%), 서울특별시(1만 7,828개, 11.38%), 경상북도(1만 2,328개, 7.87%) 순으로 많은 시설물이 등록되어 있으며, 세종특별자치시(1,675개, 1.07%)와 제주특별자치도(1,054개, 0.67%)는 많지 않은 것으로 분석됨
- 시설물 종류로는 건축물(10만 1,288개, 64.64%)과 교량(3만 1,880개, 20.35%)이 가장 큰 비중을 차지하고 있으며, 항만(463개, 0.30%)과 기타(458개, 0.29%)가 가장 작은 비중을 차지하고 있는 것으로 분석됨

■ 안전등급을 기준으로 주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수보강이 필요한 D등급 시설물과 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축해야 하는 E등급 시설물은 총 630개(0.40%)임

- 전체 시설물의 안전등급은 〈표 8〉과 같이 A등급 17.43%, B등급 73.43%, C등급 8.74%, D등급 0.37%, E등급 0.03%로 분포하고는 것으로 나타남
- 17개 광역시·도별로 보면 전라북도 0.90%, 충청남도 0.75%, 부산광역시 0.74%의 순으로 D와 E등급 시설물 비중이 높았으며, 대구광역시와 세종특별자치시는 0.02%, 0.00%로 비중이 낮은 것으로 분석됨
- 안전등급이 D와 E인 시설물을 종류별로 봤을 때 건축물과 교량이 389개, 203개로 가장 많았으며, 터널, 댐, 상하수도, 옹벽의 경우 0~1개인 것으로 분석됨

표 8 안전등급별 시설물의 개수

구분	A등급	B등급	C등급	D등급	E등급
개수	2만 7,305(17.43%)	11만 5,058(73.43%)	1만 3,694(8.74%)	584(0.37%)	46(0.03%)
D, E 시설물	교량 203개, 터널 0개, 항만 3개, 댐 1개, 건축물 389개, 하천 10개, 상하수도 1개, 옹벽 1개 절토사면 16개, 기타 6개				

출처: 시설물통합정보관리시스템의 자료를 구축(2022년 4월 6~14일) 및 분석하여 저자 작성.

표 9 17개 광역시·도 기준 시설물 현황자료 구축

시도 및 등급		교량	터널	항만	댐	건축물	하천	상하수도	옹벽	절토사면	기타	총계
서울특별시	A	61	97	1	0	1,999	34	14	97	0	17	2,320
	B	556	478	0	0	12,221	335	116	208	10	79	14,003
	C	69	3	0	0	1,297	24	0	24	3	26	1,446
	D	4	0	0	0	49	0	0	0	0	2	55
	E	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	4
	총계	691	578	1	0	15,569	393	130	329	13	124	17,828
부산광역시	A	72	67	0	0	1,170	38	31	263	4	13	1,658
	B	515	156	34	1	6,132	42	97	250	38	47	7,312
	C	82	4	5	0	281	2	3	5	4	28	414
	D	4	0	0	0	61	0	1	0	0	0	66
	E	1	0	1	0	2	0	0	0	0	0	4
	총계	674	227	40	1	7,646	82	132	518	46	88	9,454
대구광역시	A	62	20	0	0	844	48	0	67	0	1	1,042
	B	389	118	0	2	4,237	158	20	31	20	4	4,979
	C	58	7	0	3	72	12	1	1	31	0	185
	D	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	총계	509	145	0	5	5,154	218	21	99	51	5	6,207
인천광역시	A	28	64	0	0	1,085	11	12	64	0	2	1,266
	B	388	76	53	2	4,525	52	47	38	4	9	5,194
	C	55	1	5	9	360	13	1	2	2	1	449
	D	0	0	0	0	9	0	0	0	0	1	10
	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	총계	471	141	58	11	5,979	76	60	104	6	13	6,919
광주광역시	A	54	13	0	0	565	19	2	47	1	0	701
	B	274	54	0	1	2,751	91	9	27	10	1	3,218
	C	71	3	0	3	161	5	0	0	5	0	248
	D	2	0	0	0	10	0	0	0	0	0	12
	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	총계	401	70	0	4	3,487	115	11	74	16	1	4,179
대전광역시	A	37	42	0	0	334	30	0	48	3	1	495
	B	382	55	0	2	2,612	19	11	17	16	4	3,118
	C	71	5	0	2	161	0	0	0	12	0	251
	D	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3
	E	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2
	총계	490	102	0	4	3,112	49	11	65	31	5	3,869

표 9 17개 광역시·도 기준 시설물 현황자료 구축(계속)

시도 및 등급		교량	터널	항만	댐	건축물	하천	상하수도	옹벽	절토사면	기타	총계
울산광역시	A	113	94	4	0	301	24	7	132	29	5	709
	B	434	26	56	2	1,465	41	53	51	50	12	2,190
	C	85	2	2	2	95	0	0	2	46	0	234
	D	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	11
	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	총계	632	122	62	4	1,872	65	60	185	125	17	3,144
세종특별자치시	A	24	19	0	0	356	30	15	9	2	0	455
	B	141	28	0	1	892	50	12	2	8	1	1,135
	C	62	2	0	0	3	3	0	0	14	1	85
	D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	총계	227	49	0	1	1,251	83	27	11	24	2	1,675
경기도	A	384	321	0	3	5,681	319	132	653	21	5	7,519
	B	4,706	563	16	10	23,243	701	333	212	277	40	30,101
	C	799	18	1	32	633	65	6	5	233	2	1,794
	D	15	0	0	0	81	1	0	0	1	0	98
	E	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	4
	총계	5,904	902	17	45	29,642	1,086	471	870	532	47	39,516
강원도	A	345	204	4	2	691	53	54	259	9	9	1,630
	B	2,644	256	30	13	1,523	136	110	46	331	24	5,113
	C	749	78	1	30	222	7	1	5	520	5	1,618
	D	47	0	0	0	4	0	0	0	4	0	55
	E	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	4
	총계	3,788	538	35	45	2,441	196	165	310	864	38	8,420
충청북도	A	169	106	0	0	666	52	42	159	16	7	1,217
	B	1,850	140	0	15	2,183	191	74	25	134	9	4,621
	C	446	27	0	21	236	26	1	3	304	2	1,066
	D	13	0	0	0	12	1	0	0	0	0	26
	E	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	총계	2,479	273	0	36	3,097	270	117	187	454	18	6,931
충청남도	A	306	47	6	3	725	252	45	112	8	6	1,510
	B	1,723	116	56	13	3,417	486	129	16	146	13	6,115
	C	550	3	7	55	171	106	3	1	210	2	1,108
	D	29	0	0	0	33	0	0	0	0	0	62
	E	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	4
	총계	2,610	166	69	71	4,348	844	177	129	364	21	8,799

표 9 17개 광역시·도 기준 시설물 현황자료 구축(계속)

시도 및 등급		교량	터널	항만	댐	건축물	하천	상하수도	옹벽	절토사면	기타	총계
전라북도	A	199	86	0	2	470	158	51	72	3	2	1,043
	B	1,863	160	19	25	2,714	236	139	17	152	4	5,329
	C	389	5	0	52	362	67	13	0	120	2	1,010
	D	15	0	0	1	44	4	0	0	0	0	64
	E	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	총계	2,469	251	19	80	3,590	465	203	89	275	8	7,449
전라남도	A	407	159	3	0	586	159	40	119	11	5	1,489
	B	1,889	225	66	35	1,832	297	137	29	185	16	4,711
	C	387	8	2	88	383	50	3	4	149	2	1,076
	D	17	0	1	0	22	1	0	0	0	0	41
	E	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	7
	총계	2,700	392	72	123	2,830	507	180	152	345	23	7,324
경상북도	A	344	182	2	3	794	272	34	242	34	3	1,910
	B	3,437	315	29	65	3,946	623	162	65	445	4	9,091
	C	596	48	3	52	111	80	5	4	372	2	1,273
	D	26	0	0	0	6	1	0	0	8	3	44
	E	8	0	0	0	2	0	0	0	0	0	10
	총계	4,411	545	34	120	4,859	976	201	311	859	12	12,328
경상남도	A	222	124	3	0	1,264	225	51	310	18	8	2,225
	B	2,283	267	31	17	4,060	808	132	95	238	23	7,954
	C	641	9	3	50	332	145	5	5	184	3	1,377
	D	11	0	0	0	15	2	0	1	3	0	32
	E	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	3
	총계	3,158	400	38	67	5,672	1,180	188	411	443	34	11,591
제주특별자치도	A	16	0	0	0	96	0	1	3	0	0	116
	B	233	0	16	2	598	0	20	3	0	2	874
	C	17	0	2	0	41	0	0	0	0	0	60
	D	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	4
	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	총계	266	0	18	2	739	0	21	6	0	2	1,054
합계		31,880	4,901	463	619	101,288	6,605	2,175	3,850	4,448	458	156,687

출처: 시설물통합정보관리시스템의 자료를 구축(2022년 4월 6~14일) 및 분석하여 저자 작성.

2) 안전등급에 따른 지역별·시설물별 안전취약시설물 분석

■ 안전등급이 D, E등급인 시설물(이하 안전취약시설물)에 한해 시설물의 세부종류, 특징, 공간정보 자료 구축 등의 정밀 분석을 실시

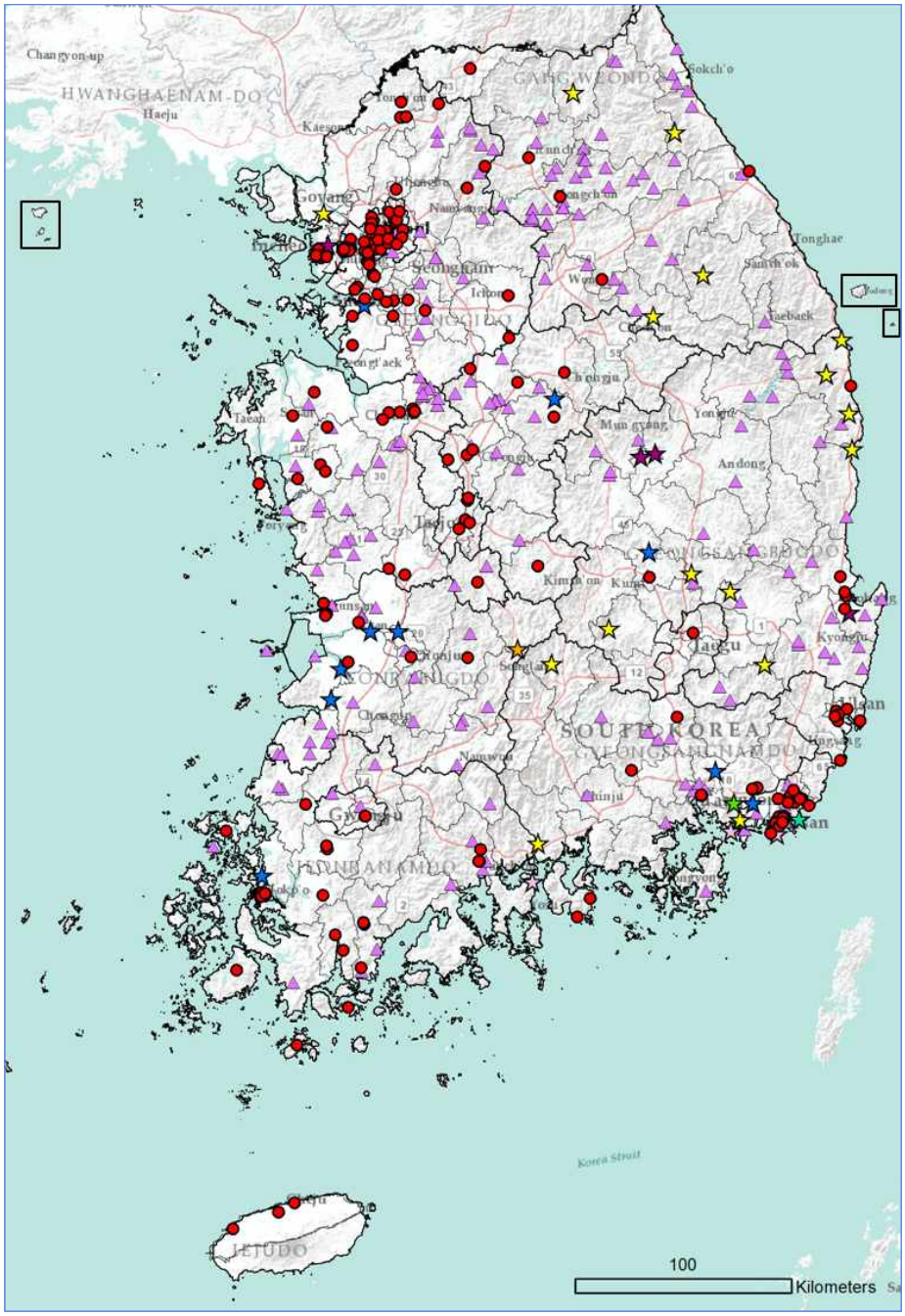
- 안전취약시설물을 〈표 10〉과 같이 세부적으로 분류해 보면 교량(도로교량 201개, 육교 2개), 항만(계류시설 1개, 방파제, 파제제 및 호안 2개), 댐(용수전용댐 1개), 건축물(공동주택 271개, 대형건축물 17개, 다중이용건축물 76개, 기타 25개), 하천(수문 및 통문 4개, 배수펌프장 4개, 하굿둑 1개, 제방 1개), 상하수도(지방상수도 1개), 옹벽(도로옹벽 1개), 절토사면(도로사면 14개, 기타사면 2개), 기타(기타 6개)로 분류할 수 있었음
- 또한 안전취약시설물 위치를 시군 단위로 재구축한 뒤 〈그림 6〉과 같이 Arc-GIS를 활용하여 공간정보 자료로 구축

표 10 안전취약시설물 종류 및 개수

종류	세부종류	D등급	E등급	총합
교량	도로교량	182	19	201
	육교	1	1	2
항만	계류시설	1	0	1
	방파제, 파제제 및 호안	0	2	2
댐	용수전용댐	1	0	1
건축물	공동주택	259	12	271
	대형건축물	16	1	17
	다중이용건축물	68	8	76
	기타	22	3	25
하천	수문 및 통문	4	0	4
	배수펌프장	4	0	4
	하굿둑	1	0	1
	제방	1	0	1
상하수도	지방상수도	1	0	1
옹벽	도로옹벽	1	0	1
절토사면	도로사면	14	0	14
	기타사면	2	0	2
기타	기타	6	0	6
총합		584	46	630

출처: 시설물통합정보관리시스템의 자료를 구축(2022년 4월 6~14일) 및 분석하여 저자 작성.

그림 6 시군별 안전취약시설물 분포



건축물 교량 항만 댐 하천
상하수도 옹벽 절토사면 기타

출처: 시설물통합정보관리시스템의 자료를 구축(2022년 4월 6~14일) 및 분석, ArcMap 10.8을 활용하여 저자 작성.

■ 안전취약시설물 분포를 시군별로 봤을 때 B시, S시, E시, G시, C시, H군에 30개 이상의 안전취약시설물이 존재하고 있음

- B시 70개, S시 59개, E시 45개, G시 44개, C시 31개, H군 30개의 안전취약시설물이 존재함
- 그 다음으로 많은 지자체는 A시로 안전취약시설물의 개수가 16개인 점을 감안할 때 위 지자체와 큰 차이가 있는 것으로 분석됨
- 안전취약시설물 가운데 건축물의 비중은 B시 90.00%(63개), S시 88.14%(52개), E시 100%(45개), G 93.18%(41개)로 건축물의 비중이 압도적으로 높은 것으로 분석됨
- 하지만 C시와 H군의 경우 안전취약시설물 가운데 교량의 비중이 61.29%(12개)와 93.18%(41개)인 것으로 분석됨

■ 안전취약시설물 가운데 즉각 사용을 금지해야 하는 E등급은 총 46개로 시설물의 위험성을 감안하면 상당히 많다고 할 수 있음

- E등급 시설물을 세부종류로 살펴보면 도로교량(19개)이 가장 많았으며, 다음으로 공동주택(12개)과 다중이용건축물(8개)인 것으로 분석됨
- E등급 시설물의 대부분은 규모가 작은 3종 시설물이지만 비교적 규모가 있는 2종 시설물도 4개가 있는 것으로 나타남(도로교량 1개, 방파제, 파제제 및 호안 2개, 다중이용건축물 1개)
- 댐, 하천, 상하수도, 옹벽, 절토사면, 기타의 경우 D등급 시설물은 다수 존재하지만, E등급 시설물은 없는 것을 확인할 수 있었음

3) 기후변화 영향에 따른 취약시설물 선정

■ 시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(성능평가편)에서는 정성적이기는 하나 시설물의 성능을 평가할 때 기후변화 관련 영향인자를 고려하도록 하고 있음

- 대상시설물의 적절한 안전수준과 장기적인 유지관리의 효율성을 확보하기 위해 합리적인 시설물 성능목표를 설정하고 있음
- 관리주체는 기존 성능목표 조건 외에 위험도 및 취약도를 고려하여 성능목표 등급을 상향 조정할 수 있다고 명시하고 있으며, 특히 지진, 기후변화 관련 영향인자가 시설물의 안전에 미치는 영향이 크다고 판단될 경우, 이를 정성적으로 평가할 수 있다고 명시하고 있음

■ 시설물안전법에서 관리하는 시설물의 평가지침을 종합적으로 분석한 결과, 도로교량, 철도교량, 댐, 하굿둑, 수문, 제방, 터널, 건축물 중 공항, 항만, 옹벽, 절토사면 등의 시설이 기후변화 취약성과 관련이 있는 것으로 검토됨(국토안전관리원 2019, 82)

- 교량 및 하천 제방은 강설, 습도 등의 기후변화 영향에 따라 내구성능에 대한 영향을 줄 수 있는 것으로 나타남
- 댐, 하천의 하굿둑의 경우 기후변화로 인한 홍수량의 증가, 양압력의 변화 등이 주요 영향 인자로 작용하여 구조안전성능에 영향을 줄 수 있는 것으로 나타남
- 터널, 공항, 항만 등 역시 호우와 대설 등으로 인해 기후변화 취약성과 연관이 있는 것으로 나타남

■ 즉, 시설물안전법에 따른 시설물 종류 가운데 기후변화에 취약할 수 있는 세부 시설물은 총 28종류인 것으로 분석됨

- 위의 기후변화 취약성 시설물 분석 결과를 시설물통합정보관리시스템 내의 세부 시설물 종류에 맞춰 분류한 결과 다음과 같이 분류됨
- 기후변화에 취약할 수 있는 세부 시설물 종류는 〈표 11〉과 같이 도로교량, 철도교량, 다목적댐, 발전댐, 홍수전용댐, 용수전용댐, 지방상수도 전용댐, 하굿둑, 수문 및 통문, 제방, 도로터널, 철도터널, 건축물 중 공항, 갑문시설, 방파제와 파제제 및 호안, 계류시설, 도로옹벽, 철도옹벽, 항만옹벽, 댐옹벽, 건축물옹벽, 기타옹벽, 도로사면, 철도사면, 항만사면, 댐사면, 건축물사면, 기타사면으로 나타남

표 11 기후변화 취약 관련 시설물 세부 종류

종류	기후변화 취약 관련 시설물의 세부 종류
교량	도로교량, 철도교량
터널	도로터널, 철도터널
항만	갑문시설, 방파제와 파제제 및 호안, 계류시설
댐	다목적댐, 발전댐, 홍수전용댐, 용수전용댐, 지방상수도 전용댐
건축물	공항(여객터미널)
하천	하굿둑, 수문 및 통문, 제방
상하수도	-
옹벽	도로옹벽, 철도옹벽, 항만옹벽, 댐옹벽, 건축물옹벽, 기타옹벽
절토사면	도로사면, 철도사면, 항만사면, 댐사면, 건축물사면, 기타사면
공동구	-
기타	-

출처: 시설물통합정보관리시스템의 세부 항목을 참고한 뒤 분류하여 저자 작성.

4) 소결

■ 국토교통부 시설물통합정보관리시스템상의 정보를 토대로 시설물 현황 자료를 구축했으며, 안전에 취약할 수 있는 시설물은 안전등급 D·E등급의 안전취약시설물과 기후변화에 취약한 시설물로 볼 수 있음

- 2022년 4월 14일 기준 전국의 안전취약시설물은 총 630개가 있는 것으로 분석됨
- 기후변화에 취약할 수 있는 시설물은 시설물안전법의 세부 시설물 종류로 분류하였을 때 총 28종류인 것으로 분석됨

■ 시설물통합정보관리시스템상 15만 6,687개의 시설물 가운데 D·E 등급의 안전취약시설물이면서 동시에 기후변화에 취약할 수 있는 시설물은 총 231개가 존재

- 해당되는 시설물은 도로교량(201개), 계류시설(1개), 방파제와 파제제 및 호안(2개), 용수전용댐(1개), 수문 및 통문(4개), 하굿둑(1개), 제방(1개), 도로옹벽(1개), 도로사면(14개), 기타사면(2개), 기타(옹벽 및 담장 1개, 교량 2개)인 것으로 분석됨

■ 안전등급에 따른 안전취약시설물과 기후변화 영향에 취약한 시설은 다른 시설물들보다 안전에 대한 위험이 클 것으로 생각되며, 두 가지 모두 해당하는 시설물의 경우 조금 더 신중하게 접근하여 관리할 필요가 있을 것으로 보임

- 특별히 이러한 시설물들은 관리하는 데 있어 시설물의 안전등급, 공간분포, 기후변화 관련성 등 다양한 관점에서 신중하게 고려해야 할 것임

04 기후변화 영향에 따른 시설물 관리 및 대응방향 모색

1) 기후변화 영향과 시설물 안전등급에 따른 시설물 관리 비교우선순위 도출(안) 제시

■ 위의 연구 결과들을 종합해 볼 때, 앞으로 시설물을 관리하는 데 있어 시설물의 안전등급, 기후변화 취약시설물 여부, 기후변화 영향 등을 다양하게 고려할 필요가 있을 것으로 생각되며, 이번 장에서는 이 세 가지를 활용하여 관리방안을 모색해 보고자 함

- 국가, 지방자치단체, 공공기관 등 시설물별 관리주체에 따라 관리 방법과 예산 상황이 다르나 이 페이퍼의 수행 규모를 고려할 때 세부적으로 다룰 수 없다는 점을 감안하여 전체적인 틀에서 방안을 모색

■ 첫째, 시설물의 안전등급은 시설물통합정보관리시스템상의 시설물안전등급을 기준으로 구분

- 안전취약시설물인 D와 E등급을 기준으로 하며, 특히 E등급의 경우 심각한 결함을 내포하고 시설물 안전 위험성으로 인해 즉각 사용금지에 대한 언급을 하고 있으므로 최우선으로 고려할 필요가 있음

■ 둘째, 기후변화 취약시설물 여부는 교량, 터널, 항만, 댐, 건축물, 하천, 옹벽, 절토사면에서 도출된 세부 시설물 28종류를 대상으로 함

- 〈표 11〉의 기후변화 취약 관련 시설물 세부 종류에 해당하는 도로교량, 철도교량, 다목적댐, 발전댐, 홍수전용댐, 용수전용댐, 지방상수도 전용댐, 하굿둑, 수문 및 통문, 제방, 도로터널, 철도터널, 건축물 중 공항, 갑문시설, 방파제와 파제제 및 호안, 계류시설, 도로옹벽, 철도옹벽, 항만옹벽, 댐옹벽, 건축물옹벽, 기타옹벽, 도로사면, 철도사면, 항만사면, 댐사면, 건축물사면, 기타사면, 총 28종을 대상으로 함

■ 셋째, 기후변화 영향에 관련된 분석은 정밀한 기상자료 분석이 필요하나 일차적으로 적용 가능성을 파악하기 위해 기존 도시 기후변화 재해취약성 분석의 결과를 활용하고자 함

- 기후변화 영향 정도를 공간단위로 파악하기 위해 기상자료의 정밀한 분석이 요구되나, 과업의 범위와 시간을 고려해 기존에 수행한 도시 기후변화 재해취약성분석 틀에서의 결

과를 활용

- 지자체의 경우 도시 기후변화 재해취약성분석 및 활용에 관한 지침에 따라 기후현황, 과거 피해이력 인구분포 등을 고려해 도시 기후변화 재해취약성분석을 실시하고 있음
- 또한 해당 지자체에서 상대적으로 재해에 취약 정도를 공간단위별로 I~IV등급으로 구분하며 I등급이 가장 취약한 지역에 해당

■ 세 가지의 조건을 고려한 시설물 관리의 비교우선순위 도출(안)은 다음과 같이 요약할 수 있음

① 안전취약시설물 가운데 E등급의 경우 심각한 결함을 내포하고 즉각 사용금지 부분까지 언급하므로 최우선 순위로 고려할 필요가 있음

② E등급을 최우선 순위로 한 뒤, D등급 가운데 시설물의 기후변화 취약 여부를 고려

③ 또한 기후변화와 재해취약지역을 객관적으로 판단하기 위해 시설물이 속해있는 위치에 도시 기후변화 재해취약성분석 결과 등급을 고려

■ 즉, 시설물 안전등급 E등급의 경우 시설물 안전관리의 비교우선순위가 매우 높으며, D등급 가운데 기후변화에 관련성이 있고 도시 기후변화재해취약 등급이 높은 지역(I·II 등급)에 있는 시설물의 경우 관리의 비교우선순위가 그 다음으로 높다고 할 수 있음(〈표 12〉 참조)

- D등급 가운데 기후변화 관련성이 있고 도시 기후변화 재해취약 등급이 낮은지역(III·IV 등급)이거나 기후변화 관련성이 없고 도시 기후변화 재해취약성 등급이 높은지역(I·II 등급)은 비교우선순위가 보통이라 할 수 있음
- 마지막으로 D등급 가운데 시설물의 기후변화 관련성이 없으며, 도시 재해취약성분석 등급이 낮은 지역(III·IV 등급)의 경우에는 관리의 비교우선순위가 비교적 낮다고 할 수 있음

표 12 시설물 관리의 비교우선순위 도출(안)

시설물 등급	시설물의 기후변화 관련성	도시 기후변화 재해취약성분석 등급	비교우선순위
E등급	관련 있음	I 또는 II등급	매우 높음
	관련 있음	III 또는 IV등급	
	관련 없음	I 또는 II등급	
	관련 없음	III 또는 IV등급	
D등급	관련 있음	I 또는 II등급	높음
	관련 있음	III 또는 IV등급	보통
	관련 없음	I 또는 II등급	
	관련 없음	III 또는 IV등급	낮음

출처: 저자 작성.

2) 시범지역 선정 및 적용

■ 도출된 시설물 관리 비교우선순위(안)을 적용하여 시설물 관리 및 대응방향을 모색하기 위해 시범지역을 A시로 선정

- A시의 경우 안전취약시설물의 개수가 16개로 B시, S시, E시, G시, C시, H군에 이어 일곱 번째로 많은 안전취약시설물이 존재
- B시, S시, E시, G시의 안전취약시설물은 대부분이 건축물이며, C시와 H군의 안전취약시설물은 대부분이 교량으로 시설물의 종류가 한쪽으로 치중되어 있어 시범지역으로 선정하기에 적절하지 않은 것으로 판단되었음
- 반면, A시는 안전취약시설물의 종류가 교량, 항만, 하천, 절토사면, 건축물 등 다양하게 존재하고 시설물의 위치 역시 고르게 분포되어 있음
- 또한 기후변화와 관련된 공간분석 역시 도시 기후변화 재해취약성분석 검증을 직접 수행한 경험이 있으므로 시범지역으로 선정하기에 적절한 것으로 판단하였음

■ A시 안전취약시설물을 살펴보면, 도로교량 5개, 방파제와 파제제 및 호안 1개, 배수펌프장 1개, 기타사면 1개, 공동주택 8개가 W구, X구, Y구, Z구에 분포되어 있으며, 기후변화에 취약할 수 있는 세부 시설물 종류는 3종류임

- W구에는 B-A교(도로교량), B-D교(도로교량), A-A연립 1~9동(공동주택)이 분포하고 있으며 X구에는 B-B교(도로교량), B-C교(도로교량), D-A배수장(배수펌프장)이 분포하고 있음
- Y구에는 B-E교(도로교량)이 분포하고 있으며, Z구에는 H-A호안(방파제, 파제제 및 호안), S-A사면(기타사면)이 분포하고 있음
- 기후변화에 취약할 수 있는 세부시설물 종류는 도로교량, 방파제와 파제제 및 호안, 기타사면인 것으로 분석됨

■ A시의 도시 기후변화 재해취약성분석은 폭우재해의 결과를 주로 반영(단, 방파제와 파제제 및 호안의 시설물의 경우 해수면상승까지 같이 고려)하고자 하며, 공간단위는 집계구 단위임

- A시의 경우 5명의 전문가 자문을 통해 폭염, 폭설 등을 제외한 폭우, 가뭄, 강풍, 해수면 4가지 기후변화 재해취약성분석을 실시했었음
- 분석등급은 현재와 미래의 기후, 최근 10년간 피해지역, 방재지구, 자연재해위험개선지구, 산사태취약지역 등을 종합적으로 고려하여 등급 산정

■ 안전취약시설물의 안전등급, 기후변화 취약여부, 기후변화 영향 등을 고려하여 분석한 세부적인 결과는 〈표 13〉과 같으며, 위치 및 폭우재해 등급은 〈그림 7〉과 같음

- 안전등급 E등급의 시설물은 H-A(방파제, 파제제 및 호안)이 있는 것으로 나타났으며, 항만 안벽의 법선변위 및 침하가 결함의 원인인 것으로 분석됨
- 안전취약시설물 가운데 기후변화 취약시설물과 관련이 없는 시설물은 D-A배수장과 A-A연립1~9동(4동 제외)이 있는 것으로 분석됨
- 폭우재해 등급은 〈그림 7〉과 같으나 해수면상승과 관련이 있는 H-A호안은 해수면상승 관련 재해등급 II등급에 위치하고 있는 것으로 분석됨

표 13 A시 안전취약시설물 종합분석 결과

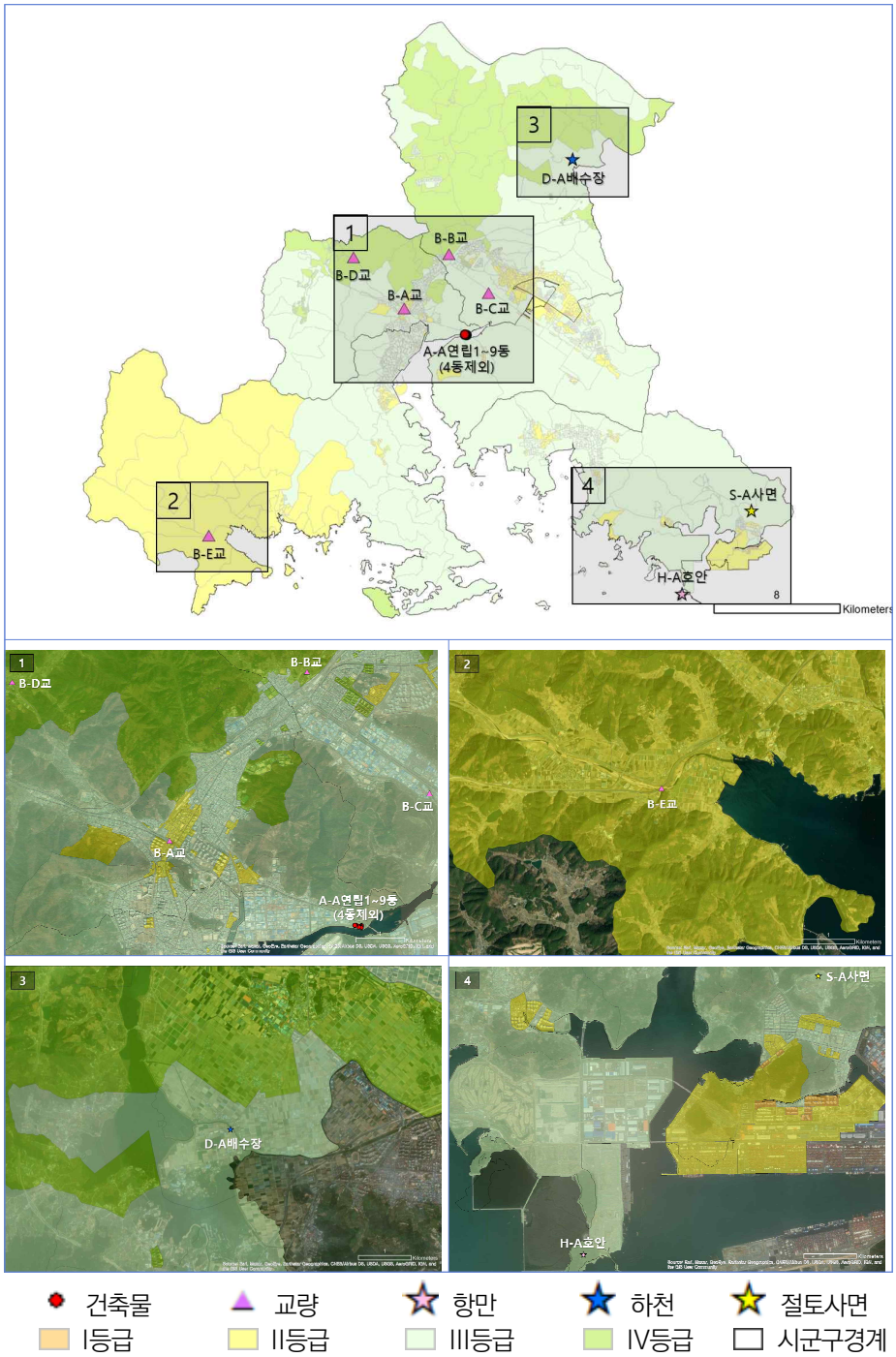
시설물	시설물 명칭 / 시설물 종류	안전 등급	기후변화 취약성 여부	기후변화 분석 등급	비고
	B-A교 / 교량 (도로교량)	D	O	2	· 교량 교대, 교각의 균열 발생
	B-B교 / 교량 (도로교량)	D	O	4	· 교량 주형의 균열 심화
	B-C교 / 교량 (도로교량)	D	O	3	· 교량 교대, 교각의 균열 발생

표 13 A시 안전취약시설물 종합분석 결과(계속)

시설물	시설물 명 시설물 종류	안전 등급	기후변화 취약성 여부	기후변화 분석 등급	비고
	B-D교 교량 (도로교량)	D	O	4	· 교량 주형의 균열 심화
	B-E교 교량 (도로교량)	D	O	2	· 교량 주요 구조부위 철근량 부족
	H-A호안 항만 (방파제, 파제제 및 호안)	E	O	2	· 항만 안벽의 법선변위 및 침하
	D-A배수장 하천 (배수펌프장)	D	X	3	-
	S-A사면 절토사면 (기타사면)	D	O	3	· 절토, 성토사면의 균열과 이완 등에 따른 옹벽의 균열 또는 파손
	A-A연립 1~9동 (4동 제외) 건축물 (공동주택)	D	X	3	-

출처: 시설물통합정보관리시스템의 자료를 구축(2022년 4월 6~14일) 및 분석하여 저자 작성.

그림 7 A시 폭우재해 등급 및 안전취약시설물 분포



출처: 시설물통합정보관리시스템의 자료를 구축(2022년 4월 6~14일) 및 분석, ArcMap 10.8을 활용하여 저자 작성.

■ A시 안전취약시설물 분석 결과와 비교우선순위(안)을 종합한 결과 A시 시설물 관리 비교우선순위는 〈표 14〉와 같이 도출할 수 있었음

- H-A호안의 경우 안전등급 E등급, 기후변화 취약시설물에 해당, 기후변화 재해취약에 II등급인 점을 감안할 때, 관리해야 할 비교우선순위가 매우 높을 것으로 판단됨
- B-A교, B-E교의 경우 안전등급 D등급, 기후변화 취약시설물에 해당, 기후변화 재해취약에 II등급인 점을 감안할 때 관리해야 할 비교우선순위가 높을 것으로 판단됨
- B-B교, B-C교, B-D교, S-A사면의 경우 안전등급 D등급, 기후변화 취약시설물에 해당, 기후변화 재해취약에 III~IV등급인 점을 감안할 때 관리해야 할 비교우선순위가 보통일 것으로 판단됨
- 마지막으로 D-A배수장, A-A연립1~9동(4동 제외)의 경우 안전등급 D등급, 기후변화 취약시설물에 해당하지 않음, 기후변화 재해취약에 III~IV등급인 점을 감안할 때 관리해야 할 비교우선순위가 비교적 낮을 것으로 판단됨

표 14 시범적용을 통한 A시 시설물 관리의 비교우선순위 도출(안)

시설물 명	안전등급	기후변화 취약성 여부	기후변화 분석 등급	비교우선순위
H-A교	E	O	II	매우 높음
B-A교	D	O	II	높음
B-E교	D	O	II	
B-B교	D	O	IV	보통
B-C교	D	O	III	
B-D교	D	O	IV	
S-A사면	D	O	III	
D-A배수장	D	X	III	낮음
A-A연립 1~9동(4동 제외)	D	X	III	

출처: 저자 작성.

3) 기후변화 영향에 따른 시설물 관리 및 대응방향 모색

■ 이번 장에서는 시설물의 안전등급, 기후변화 취약성 여부, 공간분포, 그리고 기후변화 영향을 고려하여 안전취약시설물 관리의 비교우선순위(안)을 제시하고 시범지역에 적용하였음

- 전문가 자문 및 설문조사를 활용하여 AHP분석 등을 실시(요인들의 가중치를 도출)하는 등 관련된 연구가 심도 있게 이뤄진다면, 보다 객관적인 비교우선순위 결정이 가능할 것임

■ 앞으로 탄소중립기본법에 따른 기후위기 적응을 생각해 볼 때 시설물 관리 시 시설물의 상태뿐만 아니라, 기후변화, 공간 등을 함께 고려하여 관리방향을 수립할 필요가 있을 것으로 판단됨

- 현재 시설물의 성능평가 및 성능개선 시 상태안전성능, 구조안전성능, 내구성능, 사용성능 등을 고려하나(국토교통부 2021), 기후변화와 국토공간 등에 대한 사항은 미흡한 실정이기 때문에 반영할 필요성이 있음
- 또한 추후 연구를 통해 시설물 등급 및 종별, 기후변화 취약성 여부, 공간분포 기후변화 영향 외에 다른 요인들도 다양하게 고려할 수 있을 것임

■ 특히, 지자체의 경우 도시·군 기본계획, 시설물 유지관리 계획, 예산 상황 등 시설물을 관리하기 위한 여건이 상이하므로 시설물 관리 비교우선순위(안)와 같이 우선적 관리가 필요한 시설물의 관리 방향을 제시해 준다면 관련 담당자 및 정책결정권자 의사결정에 도움이 될 수 있을 것으로 생각됨

- 다만, 앞서 언급한 바와 같이 국가, 지방자치단체, 공공기관 등 시설물별 관리주체에 따른 관리 방법과 상황이 다양하므로 모두 고려하지 못하고 전체적인 틀에서 방안을 모색했기 때문에 이에 대한 지속적이고 세부적인 연구가 필요할 것으로 생각됨

05 결론 및 정책제언

1) 연구 요약

■ 이 연구는 탄소중립에 따른 우리나라의 기후변화 전망을 살펴보고 안전취약시설물 분포를 분석하여 기후위기에 따른 시설물 관리 및 대응 방향을 모색해 보고자 하였음

- '기후위기'와 '기후위기 적응'의 용어가 탄소중립기본법에서 처음 정의되었으며, 관리주체의 기본원칙과 책무에서 적응에 대해 구체적으로 언급
- 특히 시설물 관리는 기후변화를 차치하더라도 국민의 안전과 직결되는 사안으로 중요하다고 할 수 있음

■ 우리나라 기후변화 전망을 살펴본 결과, 친환경적 지속가능한 경제성장을 가정하는 시나리오에서도 기온과 강수량이 현재 대비 증가할 것으로 전망됨

- 탄소중립 실현이 가능한 SSP1-2.6 시나리오에서도 기온과 강수량은 증가할 것으로 보이며, 극한기후지수 역시 어느 정도 증가할 것으로 전망됨
- 즉, 탄소중립을 달성하더라도 다양한 분야에서 기후위기에 대한 적응과 대응 방안을 마련할 필요가 있음

■ 시설물 현황자료를 구축하고 안전등급 D와 E등급의 안전취약시설물과 기후변화에 취약할 수 있는 시설물을 검토하였음

- 시설물통합정보관리시스템에 등록되어 있는 총 15만 6,687개의 시설물 가운데 안전취약시설물은 630개인 것으로 분석되었음
- 선행연구를 토대로 기후변화에 취약할 수 있는 시설물의 종류를 시설물안전법에 따른 시설물 종류로 구분하였을 때, 총 28종류인 것으로 분석됨

■ 시설물안전법상의 안전취약시설물을 분석하고 기후변화 영향에 취약할 수 있는 시설물을 선정했으며, 해당 시설물의 기후변화 영향과 공간분포를 함께 고려하여 관리 비교우선순위(안)을 제시

- 다른 시설물들보다 안전에 대한 위험이 클 것으로 생각되며, 두 가지 모두 해당되는 시설물의 경우 더욱 신중하게 접근하여 관리해야 할 것임
- 적용 가능성을 알아보기 위해 A시를 시범지역으로 선정한 뒤 비교우선순위(안)을 적용하였으며, A시 시설물 관리의 비교우선순위를 도출함

2) 결론 및 정책제언

■ 이 연구는 시설물 관리 비교우선순위(안) 제시를 통해 우선적 관리가 필요한 시설물의 관리 방향을 제시했으며, 이는 관련 담당자 및 정책결정권자의 의사결정에 도움이 될 수 있을 것임

- 기후변화 취약시설물 선별, 시설물별 기후영향 요인 분석, 기후변화 영향의 국토공간 반영 방안, AHP를 통한 시설물별 영향 가중치 선정 등의 연구가 심도 있게 이뤄진다면, 보다 더 객관적인 판단이 가능할 것으로 생각됨
- 또한, 시설물별 관리주체에 따른 관리 방법과 상황이 다양하므로 모두 고려하지 못하고 전체적인 틀에서 방안을 모색하였으므로 향후 지속적이고 세부적인 연구가 필요할 것임

■ 최근 탄소중립기본법 제정 및 시행으로 인해 시설물의 기후변화 적응대책 수립이 의무화되어 가고 있는 시점에서 이 연구는 활용 가능성이 있을 것으로 판단됨

- 시설물의 관점에서 볼 때, 시설물안전법, 기반시설관리법 등은 탄소중립기본법과 연관성이 있는 부분이 있기에 지침 등 세부적인 법령에서 개정의 필요성이 있음
- 앞으로는 개별적이 아니라 시설물, 기후변화, 국토공간 등을 종합적으로 고려한 적응대책 수립이 필요하다고 생각되며, 이에 이 연구가 활용 가능성이 있을 것으로 판단됨

■ 앞으로 시설물의 성능개선 및 성능평가 시 기후변화와 시설물의 공간분포를 반영할 필요가 있음

- 시설물의 성능개선과 관련이 있는 안전등급 평가 시, 시설물의 상태안전성능, 구조안전성능, 내구성능, 사용성능 등을 평가하나 공간분포와 기후변화에 따른 외력 증가에 대한 부분은 미흡하기에 앞으로 기후변화 영향, 시설물의 공간분포 등을 고려하여 성능개선 및 성능평가가 이뤄져야 할 것임

■ 국토공간 차원에서 기후위기와 시설물 안전에 관련된 연구 등 지속적인 연구가 필요

- 국토공간 차원에서 기후위기와 시설물 종류별 안전에 관련된 연구, 최근 제정된 탄소중립기본법과 기존 시설물 관련 법과의 연계, 기후변화를 고려한 시설물 안전등급 평가 방법론 개발 등 관련 연구를 지속적으로 수행해나간다면, 국민의 안전에 이바지할 수 있을 것으로 기대함

참고문헌

국립기상과학원. 2019. 전지구 기후변화 전망보고서. 제주: 국립기상과학원.

_____. 2021. 남한상세 기후변화 전망보고서. 제주: 국립기상과학원.

국토교통부. 2021. 시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(성능평가 편). 세종: 국토교통부.

국토안전관리원. 2019. 시설물 기후변화 리스크 평가 및 관리 방안 기초연구. 진주: 국토안전관리원.

_____. 2021a. 기후변화에 따른 시설물 안전관리체계 개선방안 연구. 진주: 국토안전관리원.

_____. 2021b. 2021 시설물 통계연보. 진주: 국토안전관리원.

서울연구원·서경대학교·동아대학교·㈜제일엔지니어링. 2015. 폭우재해 저감을 위한 도시설계 실무매뉴얼(안). 도시 기후변화 폭우재해 적응 안전도시 기술개발. 세종: 국토교통부·국토교통과학기술진흥원.

심우배·왕광익·이범현·차정우·김학열. 2009. 기후변화에 안전한 재해통합대응 도시 구축방안 연구(I). 안양: 국토연구원.

심우배·김걸·지승희·김학열. 2010. 기후변화에 안전한 재해통합대응 도시 구축방안 연구(II). 안양: 국토연구원.

이상은·김종원·한우석·이병재·이종소·김슬예·송찬근·함영한. 2018. 도시 침수지역 및 영향권 분석을 통한 재난안전 정책지원 시스템 구현(III). 세종: 국토연구원.

행정안전부. 2021. 2020 재해연보. 세종: 행정안전부.

IPCC. 2021. Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Pean, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L.Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield,O. Yelekci, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. London: Cambridge University Press.

Kak Kramer and Joe Ware. 2021. Counting the cost 2021: A year of climate breakdown. London: Christian aid.

World Meteorological Organization(WMO). 2009. Guidelines on Analysis of extremes in changing climate in support of informed decisions for adaptation. WCDMP-No.72.

[국가법령정보센터 http://www,law.go.kr]

국토계획 및 이용에 관한 법률 (2022년 6월10일 검색).

기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법 (2022년 4월 20일~ 6월 23일 검색).

도시 기후변화 재해취약성분석 및 활용에 관한 지침 (2022년 6월 10일 검색).

시설물 안전 및 유지관리에 관한 특별법 (2022년 4월 20일 ~ 6월 23일 검색).

시설물 안전 및 유지관리에 관한 특별법 시행령 (2022년 4월 20일 ~ 6월 23일 검색).

저탄소 녹색 성장 기본법 (2022년 4월 20일 ~ 6월 23일 검색).

지속가능한 기반시설 관리 기본법 (2022년 4월 20일 ~ 6월 23일 검색).

[인터넷 자료]

시설물통합정보관리시스템. http://www.fms.or.kr (2022년 4월 6~14일 검색 및 자료 구축에 활용).

국토연구원 Working Paper는 다양한 국토 현안에 대하여 시의성 있고 활용도 높은 대안을 제시할 목적으로 실험정신을 가지고 작성한 짧은 연구물입니다. 투고된 원고는 정해진 절차를 거쳐 발간되며, 외부 연구자의 투고도 가능합니다. 공유하고 싶은 새로운 이론이나 연구방법론, 국토 현안이나 정책에 대한 찬반 논의, 국내외 사례 연구나 비교연구, 창의적 제안 등 국토분야 이론과 정책에 도움이 될 어떠한 연구도 환영합니다.
투고를 원하시는 분은 국토연구원 연구기획·평가팀(044-960-0438, bbmoon@krihs.re.kr)으로 연락주십시오. 채택된 원고에 대해서는 소정의 원고료를 드립니다.

WP 22-10

탄소중립과 기후변화에 대비한 안전취약시설물 분석 및 관리방향 연구

연 구 진 이종소
발 행 일 2022년 7월 14일
발 행 인 강현수
발 행 처 국토연구원
홈페이지 http://www.krihs.re.kr

© 2022, 국토연구원

이 연구보고서의 내용은 국토연구원의 자체 연구물로서 정부의 정책이나 견해와는 상관없습니다.

이 연구보고서는 한국출판인협회에서 제공한 KoPub 서체와 대한인쇄문화협회가 제공한 바른바탕체가 적용되어 있습니다.

KRIHS 국토연구원