

요약

SUMMARY

1. 연구의 배경 및 목적

- 최근 기후변화 영향으로 홍수재해의 피해는 꾸준히 증가하는 추세이며, 미래에는 더욱 가속화 될 것으로 전망
 - 최근 방재관련 과학기술 및 정책 등이 급속도로 발전했지만, 자연재해 피해는 지속적으로 증가하고 있으며, 타 재해에 비해 홍수피해는 매우 심각
 - 미래 기후변화는 더욱 가속화될 것으로 전망되며, 특히 홍수와 관련이 높은 강우량 및 강우강도 증가가 예상
- 대형화되는 홍수재해의 완벽한 예방은 현실적으로 불가능하여, 최근 선진국 및 국제기구 등을 중심으로 적응 및 신속한 복구 등의 복원력 개념을 강조하는 추세
 - 대형 재해위험을 완벽하게 제어하는 데는 한계가 있어 예방을 중시했던 기존 방재개념이 재해로의 적응(Adaptation) 및 복구(Recovery)를 중시하는 복원력으로 방재의 개념이 전환되는 추세
- 미래 홍수위험을 감소시키기 위해서는 지역의 방재관련 복원력 평가 및 지역 맞춤형 복원력 강화전략을 마련하는 것이 필요
 - 체계적으로 복원력 개념을 방재정책에 도입하기 위해서는 우선 지역의 복원력을 평가하고, 이를 바탕으로 복원력을 강화하는 방안을 모색할 필요가 있음
 - 지역의 홍수재해 취약성과 재해대응 능력을 종합적으로 평가할 수 있는 한국형 복원력 평가방법 개발 필요

2. 복원력의 개념 및 도입배경

□ 복원력의 개념과 방재분야에서의 복원력 개념 재정립

- 복원력은 여러 연구 분야에서 다양한 개념으로 사용되고 있으며, 그 의미가 취약성(vulnerability), 한계성(marginality), 민감성(susceptibility), 적응성(adaptability), 위험(risk) 등과 혼용되고 있음
- 복원력 관련 선행연구 등을 종합적으로 검토하면, 복원력은 취약성의 반대적인 개념으로 사용되는 경향이 강하며, 다시 말해 취약성이 낮은 것은 복원력이 높은 것과 유사하게 정의되고 있는 추세임
- 방재분야에서의 복원력은 개념적으로 시스템의 유지를 위해 필요한 능력이며, 기후변화 및 도시화 등과 같은 환경변화에 따른 피해를 완화하면서 재해발생 후에는 신속한 복구 등을 통해 피해를 저감시키는 개념으로 논의
- 선행연구 등에서 제시하고 있는 복원력 개념 관련 공통 키워드와 최근 방재연구의 변화동향 등을 종합적으로 검토하여 방재분야의 복원력 개념을 재정립하면, 복원력은 ‘변화하는 환경에 따른 불확실성(재해발생 가능성)에 대응하여 도시 시스템의 지속가능성을 강화하기 위해 예방, 대비, 대응, 복구 등 재해대응 전체 단계를 고려하는 포괄적인 방재개념’으로 정의

□ 해외 선진국의 복원력 도입배경 및 현황

- 미국은 최근 허리케인 카트리나(2005) 및 샌디(2012) 등 대형재해 발생이후 기존 제도의 문제점을 인식하고 복원력 개념을 도입하는 등 재해관리 분야의 패러다임이 변화하는 추세임
- 특히, 주택도시개발부(HUD, House and Urban Development Department)를 중심으로 도시 복원력 강화 관련 정책을 도입하기 시작했고, 복원력 개념을 복구 및 지역발전과 연계한 공모사업으로 추진하여 지역의 적극적 참여를 유도
- 최근 유럽의 경우도 기후변화 및 도시화의 영향에 따른 불확실성을 고려하여, 유럽연합(EU)에서는 FP7프로그램(European Union Framework Programme 7)을 통해 홍수위험관리에 복원력 개념을 도입

3. 국내·외 복원력 평가 및 적용사례

□ 지역의 기후 및 물리적 재해취약성을 우선적으로 분석하고 이를 재해대응능력 등에 반영하여 복원력을 종합적으로 평가

- 미국의 U.S. Climate Resilience Toolkit의 경우 복원력 강화를 위한 총 5단계 중 1~2단계에서 선행적으로 기후변화 요인, 지역주민, 건물 및 지역경제에 영향을 미치는 재해요인 등 지역의 재해특성을 분석하고, 재해대응능력을 검토 및 강화하는 형태로 복원력을 도입
- 우리나라의 경우 재해취약성 분석을 활용하여 지역의 기후 및 물리적 재해취약특성을 분석하고는 있지만, 지역의 재해대응능력 등은 고려하지 못하고 있음

표 1 U.S. Climate Resilience Toolkit의 복원력 강화 단계별 주요내용

분류	주요내용	고려사항
1단계	<ul style="list-style-type: none"> • 기후변화 요인 분석 • 지역주민, 건물 및 지역경제에 영향을 미치는 재해요인분석 	<ul style="list-style-type: none"> • 급격히 증가하는 온난화현상 및 기후변화의 요인분석과 그로 인해 발생할 수 있는 대형재해의 종류 및 피해 분석 • 대형재해 발생 후 지역주민, 산업, 교통, 건물 등 지역의 사회경제적 측면에 미칠 수 있는 재해요인분석 • 개인의 입장이 아닌 지역단체 단위의 측면에서 접근필요
2단계	<ul style="list-style-type: none"> • 예측 불가능한 취약점 파악 (천재지변 등) 	<ul style="list-style-type: none"> • 지형, 지역주민, 자원과 관련한 취약성 분류 후, 천재지변 등과 같은 예측 불가능한 요인들에 관한 취약성 조사 분석
3단계	<ul style="list-style-type: none"> • 지역별 상황진단 • 지역별 대비책 마련 • 취약성 감소방안 논의 	<ul style="list-style-type: none"> • 과거 발생했던 재해로 인한 피해정도를 측정 후, 미래 재해 발생시 대응할 수 있는 방안 구축 • 전 단계에서 조사되었던 취약성 분석을 통하여 기후변화에 따른 복원력 강화 방안 논의
4단계	<ul style="list-style-type: none"> • 기간별 예산확보 • 비용평가 	<ul style="list-style-type: none"> • 복원력 강화 방안별 예산확보 및 이윤분석 • 선정된 방안의 모의시행을 통한 평가 및 추가조정
5단계	<ul style="list-style-type: none"> • 반복실험 • 대응조치 수립 	<ul style="list-style-type: none"> • 선정된 복원력 강화 방안의 반복실험 및 효과 측정 • 지속적인 모니터링을 통해 추후 발생할 수 있는 문제점 분석 • 단계별로 진행되었던 사항들의 공유를 통한 복원력 강화 수립방안 소개

출처: <https://toolkit.climate.gov>

- 지방정부의 공무원을 대상으로 재해대응 전체단계를 고려한 재해대응능력을 평가 및 모니터링하며, 지방정부의 복원력 강화참여를 유도함
 - UN-ISDR의 지방정부 재해복원력 자가평가도구, QSAND 등 대부분의 복원력 평가방법은 지방정부 공무원을 대상으로 재해대응 전체단계를 검토할 수 있는 복원력 평가설문 및 체크리스트 등을 제공하여 평가를 수행
 - 복원력 평가결과는 지역사회 개발 보조금, 재정인센티브 제공 등에 활용할 수 있어 지방정부의 자발적 복원력 강화참여를 유도
- 기후변화 분석도구, 교육자료, 활용가능한 평가 시스템 지원 등을 통해 시민참여의 중요성을 강조
 - U. S. Climate Resilience Toolkit에서는 지역사회 민간 구성원을 대상으로 기후변화 분석도구 활용성 증대를 위해 활용예시, 동영상, 교육 콘텐츠 등을 제공
 - 영국의 FRC는 홍수 복원력 강화를 위한 지역주민용 교육자료를 배포하고 있으며, 일본에서는 지자체 및 지역주민이 참여할 수 있는 홍수재해 관리체계(Pafrics) 수립을 통해 지역주민의 참여를 유도
- 우리나라의 경우 지자체 재난관리실태점검을 통해 복원력 개념 도입 및 지자체 재해대응능력을 평가하고 있지만, 지역의 재해취약특성 반영에는 한계가 있음
 - 2015년 발표한 재난관리실태점검은 UN-ISDR 캠페인과 연계한 자체점검 등을 통해 복원력 개념 도입과 재해대응능력의 평가를 수행하고는 있지만, 지역의 기후 및 물리적 재해취약특성 반영은 미흡
- 복원력 평가 및 강화를 위해서는 다양한 부처의 계획과 정책을 연계·보완 필요
 - 복원력은 매우 포괄적인 방재개념이며, 이를 효과적으로 평가 및 강화하기 위해서는 다양한 부처의 협력이 중요
 - 국토교통부의 재해취약성 분석은 적응능력을 고려하지 못하고 있으며, 국민안전처의 재난관리실태점검의 경우 지역의 기후 및 물리적 재해취약특성 반영부분이 부재
 - 방재분야의 복원력 평가 및 강화를 위해서는 지역의 기후 및 물리적 재해취약특성을 반영한 지역의 재해대응능력을 평가하고, 강화방안을 마련하는 것이 필요

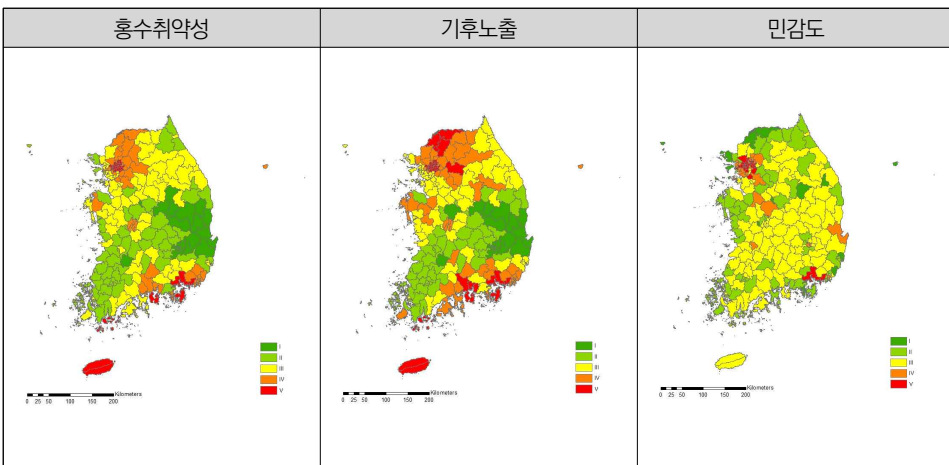
4. 복원력 평가방법 개발 및 사례지역 적용

가. 복원력 평가방법 개발

□ 지역의 기후 및 물리적 재해취약특성 분석

- 홍수에 대한 방재대책 마련시 지역마다 재해취약특성이 다르기 때문에 재해취약 성분석방법(2011)¹⁾에 기초하여, 기후 및 물리적 홍수취약특성을 우선적으로 분석하고 그에 따른 대책마련 필요
- (기후노출 분석방법) 전국 69개 유인관측소의 30년(1986~2015년) 일단위 관측자료를 활용하여 연평균 80mm/일 이상 강우일수를 산정하고, 이를 Theissen Polygon 방법을 통해 면(Area)단위 값으로 변환하여 229개 지자체 별 값을 최종적으로 도출
- (민감도 지표 분석방법) 민감도 지표는 취약지역, 시민, 도시기반시설, 건축물로 구성되어 있으며, 최신 자료를 활용하여 4개 지표별 표준화 및 등급화 수행

그림 1 전국단위 홍수취약성 분석결과



1) 재해취약성분석방법(2011) : 국토교통부의 재해취약성 분석방법 개발의 초창기 연구인 '기후변화 적응도시 조성방안 연구(2011)'에서는 전국 지자체별로 재해취약성을 분석

□ 재해대응능력 평가항목 선정 및 분석

- 재해대응능력 평가항목은 UN-ISDR의 지방정부 재해복원력 자가평가도구의 10 스코어카드 평가항목 자료를 활용하며, 우리나라의 방재, 공간, 하천 관련 법 등과 연계성을 분석

□ 복원력 평가자료 구축

- 평가자료의 객관성, 최신성, 구득 가능성 등을 종합적으로 고려하여 재난관리 실태점검 자료를 활용하고, 전국 229개 시·군·구에 개별적인 연락을 통해 116개 지자체의 2015년도 재난관리실태점검 세부지표의 결과자료를 획득
- 재난관리실태점검에서 다루는 다양한 재해 중, 홍수와 관련된 56개 평가항목만 도출하여, UN-ISDR의 지방정부 재해복원력 자가평가도구의 평가항목과 연관성을 검토

□ 복원력 평가틀 개발

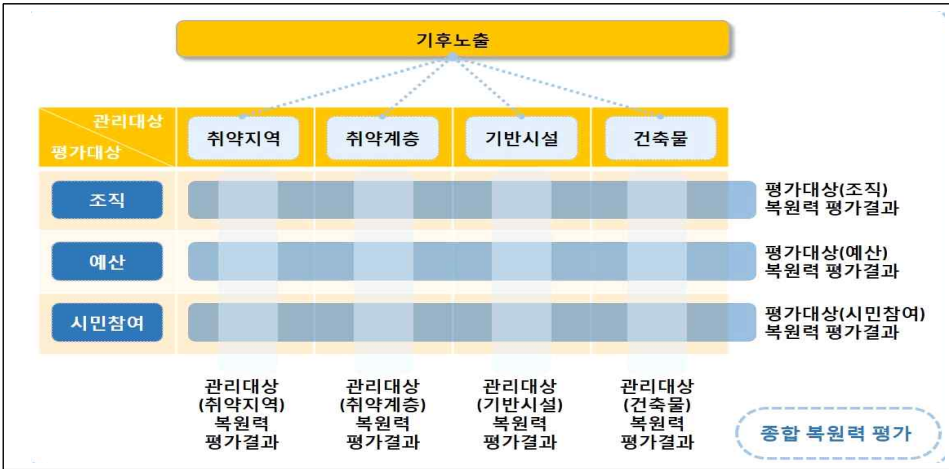
- 재난관리실태점검의 세부 평가항목별로 수행하는 주체(평가대상 : 조직, 예산, 시민)와 수행하면 개선될 수 있는 항목(관리대상 : 취약지역, 기반시설, 취약계층, 건축물)으로 구분하고, 매트릭스에 재분류하여 복원력을 평가할 수 있는 평가틀을 개발

나. 복원력 평가결과 분석

□ 복원력 평가 및 분석방법

- 관리대상 및 평가대상으로 분류한 복원력 평가틀에 기초하여 지자체별 재해대응능력을 산정하고, 지자체별 재해취약성분석으로 산정된 민감도(관리대상)와 기후노출 값을 가중치로 적용하여 지자체별 복원력을 평가
- 관리대상과 평가대상으로 구성된 12개의 복원력 평가틀의 셀값과 각 열(Column)의 합인 관리대상별 복원력 4개, 각 행(Row)의 합인 평가대상별 복원력 3개, 그리고, 복원력 평가틀의 전체값의 합인 종합복원력 1개 등 20개 항목을 대상으로 각각 I~V등급화(V 등급의 복원력이 가장 낮음)

그림 2 복원력 평가결과 (개념도)



- 홍수피해액, 재해취약성분석, 재난관리실태점검 등을 종합적으로 비교·분석한 결과, 피해가 높은 지자체는 대체로 재해에 취약하며 재해대응 능력도 미흡
 - 고피해 지자체(IV, V 등급)를 대상으로 재해취약성 분석, 재난관리실태점검 등을 분석한 결과, 고취약 등급 지자체 비율이 44%이며, 재난관리실태점검 미흡 또는 보통 비율도 60%
- 민감도별 재해대응능력 분석결과 홍수취약성이 높지만 재해대응 능력이 미흡한 지자체가 많으며, 많은 지자체에서 재해취약 특성을 고려한 대응책 마련은 미흡
 - 고취약 지자체(IV, V 등급)의 재난관리실태점검 점수를 분석한 결과 미흡은 54%, 보통은 14%를 차지
 - 도시 민감도(취약지역, 기반시설, 취약계층, 건축물)별 고취약 지자체를 도출하고 관리대상별 재해대응능력을 검토한 결과, 지역의 취약특성을 고려한 맞춤형 대책마련은 미흡한 것으로 분석
- 전국 지자체 복원력 분석결과, 피해액이 높은 지자체는 대체로 복원력이 낮은 것으로 분석되었으며, 관리대상별로는 취약지역, 평가대상별로는 조직 및 예산의 복원력이 낮은 것으로 분석
 - 고피해 지자체(IV, V 등급)의 종합 복원력 분석결과, 미흡은 48%, 보통은

16%로 대체로 피해액이 높은 지자체는 복원력이 낮음

- 고피해 지자체(IV, V 등급) 중 관리대상별로는 취약지역 관련 복원력이 낮은 지자체(미흡 : 52%, 보통 : 24%)가 많으며, 평가대상별로는 조직 및 예산 관련 복원력이 낮은 지자체가 많은 것으로 분석

□ 개별 지자체²⁾ 복원력 분석 및 지자체 맞춤형 복원력 제고방안 제시

- 개별 지자체의 복원력 평가결과 및 홍수취약성, 재난관리실태점검 세부지표 검토 등을 통해 지자체 맞춤형 복원력 제고방안을 제시

표 2 개별 지자체의 복원력 평가 결과 및 대책

지자체	종합복원력 등급	평가대상 및 관리대상별 미흡부분	복원력강화 우선대책
A	II	예산-취약지역(IV) 예산-기반시설(IV)	<ul style="list-style-type: none"> • 하천, 하수도, 재해위험지구, 수해상습지 개선 등과 관련한 재해예방사업비 투자 및 복구계획수립 등을 통한 예비비의 확보 • 재난관리기금의 적립비율을 법정기준액 이상 확보를 통한 재해예방 및 복구사업의 원활한 계획수립 및 사업추진
B	IV	시민참여-취약지역(V) 시민참여-취약계층(V) 시민참여-기반시설(V) 시민참여-건축물(V)	<ul style="list-style-type: none"> • 지자체와 지역의 공동체, 민간영역 사이의 재해대응과 관련한 다양한 협력관계를 구축 • 안전문화운동, 안전점검의 날 등의 홍보 • 재해대응 관련 교재 개발 및 자체교육 등을 통한 지자체 관할 지역자율방재단 활성화
C	V	조직-건축물(V) 예산-건축물(V) 시민참여-건축물(V)	<ul style="list-style-type: none"> • 방재지구·급경사지·자연재해위험개선지구에서의 개발행위허가 및 건축·토질형질변경 허가 협의 등을 우선적으로 실시 • 재해위험개선지구의 지정·고시, 건축, 형질변경 등의 행위허가에 관한 조례 제정 및 재해예방을 위한 건축물의 지하층 등에 대한 건축허가 제한 지침 등의 마련 • 안전신문고 홍보를 통한 취약지역, 취약시설물 및 건축물 등에 대한 시민들의 자발적인 신고율 제고
D	III	예산-취약지역(IV) 시민참여-취약지역(V) 시민참여-기반시설(IV)	<ul style="list-style-type: none"> • 재해예방 및 복구비의 확보를 위해, 재난관리기금 적립비율을 법정기준액 이상 확보 • 안전신문고의 활용도를 높이기 위한 교육 및 홍보 방안을 마련 • 주민, 유관기관들과 간담회 개최 등을 통해 신속한 복구를 위한 사전협조체계 구축

2) 지자체의 요청에 따라 지자체명은 가명으로 분석

5. 홍수재해 대응을 위한 복원력 제고방안

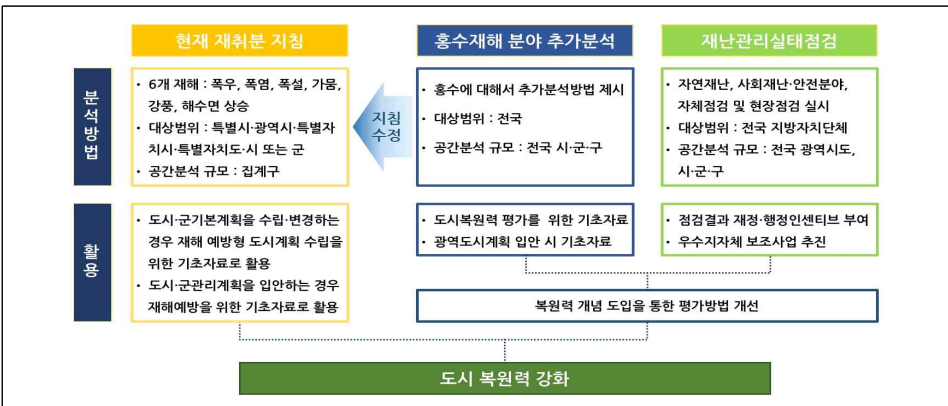
□ 도시계획적 측면의 복원력 개념 도입

- 기후변화에 대응하여 도시계획, 환경계획, 방재계획 등 다양한 분야의 통합적인 계획 및 전략을 수립하기 위해서는 현재 부족한 도시/방재/환경 정책의 연계성 강화를 통해 복원력을 강화하는 방안 마련이 필요
- 우선적으로 광역도시계획, 도시·군기본계획, 관리계획 등 국토교통부의 도시방재관련 규칙 및 지침 등에 도시계획적 측면의 도시복원력 개념을 도입하고, 추후 각 지침과 연계된 환경부, 국민안전처 등 타부처 정책에 확대·연계하는 방안을 마련하는 것이 필요

□ 재해취약성 분석 관련 지침 개정

- 체계적인 복원력 평가체계를 구축하기 위해서는 「도시 기후변화 재해취약성분석 및 활용에 관한 지침」의 개정을 통해 전국 광역시·도 및 시·군·구 단위의 분석자료를 구축하는 것이 필요
- 현재 도시 기후변화 재해취약성분석에서 다루는 6개 재해 중 우리나라에 가장 심각한 피해를 야기하는 홍수를 대상으로 우선 복원력 개념 도입을 통한 평가체계를 구축하고 기타 재해로 확장할 필요가 있음

그림 3 도시 기후변화 재해취약성 분석 개선을 통한 복원력 평가체계 구축



□ 중앙부처간 협력강화

- 복원력은 포괄적인 방재개념으로 특성상 방재계획뿐만 아니라 공간계획과도 연관성이 높으며, 매우 광범위한 범위를 종합적으로 고려해야하기 때문에 복원력 개념 도입 및 강화를 위해서는 다양한 중앙부처의 협력이 필요
- 국민안전처에서 재난관리실태점검의 세부지표 수립시에는 국토교통부, 환경부 등 도시방재 관련 다른 부처들과 협의하고 도시계획 및 환경적 측면을 고려한 복원력 평가지표를 개발하는 등 공동 활용방안 모색 필요

□ 복원력 모니터링 강화 및 정보공유를 위한 지식공유 플랫폼 개발

- 지자체별로 기후변화, 민감도, 도시화율, 기관역량 등의 변화를 고려하여 포괄적으로 복원력을 강화할 수 있도록 지속적인 모니터링 수행 필요
- 모니터링을 위한 기후노출, 민감도, 재난관리실태점검 결과 등과 같은 복원력 관련 데이터는 방재·공간계획 등을 전문적으로 수행하는 국가 또는 공공기관에서 주기적으로 구축 및 보관하며, 우수사례 발굴 및 정보공유 등을 위해 지식공유 플랫폼 개발 및 운영

□ 지역 맞춤형 복원력 강화를 위한 가이드라인 구축 및 컨설팅 지원

- 복원력 평가결과 및 지역맞춤형 복원력 강화정책 마련을 위해서는 관련 가이드라인을 구축하고 지자체에 배포하는 것이 필요
- 가이드라인은 지역의 복원력 평가결과 및 재해취약특성 등을 종합적으로 고려하여 유형화하여 제시하고, 관련 계획 수립시 방재·공간계획 등을 전문적으로 수행하는 국가 또는 공공기관에서 컨설팅을 지원하는 것이 필요

□ 재해 취약계층 및 지역경제 지원방안 마련

- UN-ISDR의 지방정부 재해 복원력 자가평가도구의 스코어카드에서는 복원력을 강화하기 위한 10가지 필수항목 중 ‘(2) 저소득가정 등 민간부문을 위한 예산 확보’ 부분에서 재해발생 후 취약계층 및 지역경제 활성화에 대한 지원을 강조
- 취약계층 조사, 재난도우미 지정, 임시 주거시설 활성화, 심리안정지원 등 취약계층 지원 및 지역경제 활성화를 위한 지역사업체 지원 등 다양한 지원방안 마련 필요