

제 36호 2022.01

고양시 지반 침하 이슈와 지하 안전 관리를 위한 정책 제언

시민정책연구실 부연구위원 이정철(행정학 박사)
jcleee@gyri.re.kr

시민정책연구실 위촉연구원 조동익(행정학 석사)
dongik22@gyri.re.kr

Contents

- I. 고양시 내 지반 침하 사고 발생과 안전 관리 필요성
- II. 지반 침하와 싱크홀의 개념 및 고양시 관련 현황
- III. 지반 침하 및 싱크홀 대응·복구 관련 국내외 사례
- IV. 고양시 지하 안전 확보를 위한 정책 제언



지난 2021년 12월 31일 고양시에서는 마두동 상가 건물 주차장 입구 앞 도로 지반이 침하되고 해당 상가 건물 지하 3층 일부 기둥에 균열이 발생하는 사고가 발생하여 고양시가 긴급 대피와 지하 구조물 보강 등의 안전 조치를 취하는 한편, 원인 파악을 위한 정밀안전진단 검사에 착수한 바 있다. 국토교통부 지하안전시스템이 구축된 시점인 2018년부터 2022년 현재까지 고양시에서 지반 침하 및 싱크홀 사고 총 23건이 발생하였는데, 이는 개념적으로 석회암 지대에서 지하수에 의해 용해되거나 침하되면서 자연현상으로서 발생하는 싱크홀과는 구분되는 지반 침하, 도로 함몰 유형의 사고로 진단할 수 있다.

고양시뿐만 아니라 국내 도심지에서 도로 함몰 등 공동(空洞)이 발생하는 사례들의 원인은 노후 상하수관의 파손·손상 등이 주요 원인인 것으로 분석되었다(전체의 약 69% 차지). 경기도 내에도 2020년 기준으로 20년 이상 지난 노후 하수관로가 1만 여km에 이르는 것으로 진단되고 있으며, 고양시 또한 일산 신도시가 조성된 지 30년 가까운 시점에 이르고 있는 만큼 시설 노후화나 개발 공사로 인한 지반 침하 발생 가능성에 선제적으로 대응하고 예방할 수 있도록 적극적인 대책 마련이 필요하다.

이러한 측면에서 지반 침하 및 싱크홀 사고 관련 국내외 대응·관리 사례들을 살펴보면, 일본의 경우 노후화된 하수관 파손으로 인하여 매년 평균 4,700여 건의 도로 침하가 발생하여 지자체가 하수도관 재구축을 위한 5개년 계획을 수립·이행하는 한편, 수시 점검을 위한 지하 안전 정보를 상시적으로 수집하고 있다. 미국의 경우에도 지리적 특성상 싱크홀 사고가 빈번히 발생하는 플로리다 주는 싱크홀 관련 조례를 별도 제정하여 싱크홀 관련 주택 보험을 의무 가입화하는 한편, 싱크홀 및 지반 침하 분석 지도 작성, 건축 기준 및 시공 방법 등급 기준 마련, 일반 주민 대상으로 체크리스트에 기반한 싱크홀 징후 및 대처 요령 홍보·안내 강화 등의 정책적 노력을 기울이고 있다. 이 밖에도 싱가포르, 중국 등의 해외 사례들을 종합해보면, 지역사회 내 지하 안전 확보를 위해 중앙정부 차원의 적극적인 대책 수립과 지원뿐만 아니라 지자체 차원의 지반 침하 분석 지도 작성 및 관련 정보의 데이터베이스 구축, 상시적인 지반 침하 모니터링과 이에 대한 대민 정보 공유·수집·소통이 가능한 플랫폼 운영 등이 강조되고 있다.

향후 고양시는 지반 안전 확보를 위하여 연약 지반에 대한 무분별한 개발 및 건축 공사를 규제하는 한편, 이전에 건설된 건축물 및 시설물의 안전을 확보할 수 있도록 노후화된 상하수도관 정비·보강, 지반 탐사 조사와 DB 구축 및 이에 기반한 지반 침하 위험 지도 작성 등의 정책적 노력이 필요하다. 또한 지반 안전사고에 대한 복구 및 피해 지원 측면에서 이번 마두동 일대 사고 사례를 검토한 결과, 소상공인 등의 신속한 피해 지원을 위하여 고양시 차원에서 피해에 대한 지원을 제공한 후 원인자에게 구상권을 행사하는 방안, 시의 적극적인 안전 지원 차원에서 위로금 형태로 긴급 생계비 등을 일부 지원하는 방안, 원인자·피해자 간 보상 협의 중재에 집중하여 역할을 수행하는 방안 등이 고려될 수 있다. 마지막으로 고양시의 선제적이고 적극적인 지하 안전 확보를 위한 중장기적 과제로 고양형 공동관리 등급 개발, 차세대 지하시설물 탐사 장비 활용 및 지하시설물 전산화, IoT를 통한 실시간 모니터링, 관계부서 간 관리체계 연계 강화도 필요하다.

I. 고양시 내 지반 침하 사고 발생과 안전 관리 필요성

GYRI

□ 고양시 마두동의 상가 건물 균열 및 지반 침하 사고 발생

- 2021년 12월 31일 오전 11시 34분경 일산동구 마두동에서 지반 침하 사고가 발생함
 - 상가 건물 주차장 입구 앞 도로에 직경 5m, 깊이 0.5m 가량 지반 침하가 발생하였으며, 지반 침하 및 건축물 노후화 영향으로 상가 건물의 지하 3층 일부 기둥에 균열이 발생하는 등 건축물 붕괴 위험 신고가 접수됨

<그림1> 마두동 지반 침하 및 건축물 붕괴 위험 사고 발생 현장



<출처> 경향신문(2022.01.02.) “고양시 '붕괴 위험' 마두동 상가 건물 정밀진단 돌입”, 중앙일보(2022.01.04.) “‘땅 꺼짐’ 공포에 떠는 30년 된 일산신도시...연약지반 전수 조사”

- 11시 50분 소방서 및 경찰이 현장에 출동한 데 이어, 12시경 고양시 재난대응기동반이 파견되어 상가 입주민, 이용객, 인근 시민 등의 안전 대피 및 통제 조치를 완료하였으며, 13시경 한전, 지역난방공사, 서울도시가스 등 유관기관 입회 하에 현장점검을 진행함
- 14시경 고양시장 주관 하에 육안 안전점검, 현장 안전대책회의를 진행한 데 이어 15시30분부터 현장 통합지원본부를 설치하여 24시간 상황 대응을 하고 있음
- 다음날인 2022년 1월 1일에는 행정안전부(재난안전관리본부장) 방문, 1월 2일 경기도지사 권한대행 방문 등을 통해 후속 대책을 논의하고 1월 3일 정밀안전진단 검사에 착수함
- 정밀안전진단 담당기관인 한국건설안전협회는 약 1개월간 건물과 주변 지반에 대한 검사를 실시할 계획이며, 고양시는 건물 안전을 위해 긴급 보강을 실시하고, 실시간 이상 징후 모니터링을 지속하는

한편, 안전진단 결과에 따라 종합적인 대책을 마련하기로 함

- 고양시는 <그림1>과 같이 1월 4일 긴급 보강을 추가 실시하여 총 154대의 파이프 지지대 설치와 IoT 센서를 통한 유·무선 실시간 모니터링, 현장 일대 하수관로 교체 공사 및 전기선·가스관 등의 안전성 검사 등을 실시하였으며, 안전 점검을 통해 건물 안전에 문제가 없다고 판단될 경우 1월 중순경부터 입주 시설의 영업을 허용할 계획임

□ 지반 침하 및 싱크홀 위험에 대한 안전 관리 필요성

- 국토교통부의 지반 침하 발생 현황 자료(2015년~2021년 6월)에 의하면, 국내 지반 침하 사고 사례는 2015년 186건이었으나, 2020년 284건까지 증가하였으며, 최근 7년동안 연평균 230여 건(총 1,617건)의 지반 침하 및 싱크홀 사례가 발생하였음

<표1> 국내 지반 침하 및 싱크홀 사고 발생 건수(2015-2021)

구분	총계	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년 (6월 기준)
전 국	1,617	186	255	279	338	192	284	83
경기도	334	56	61	19	79	53	47	19

<자료> 국토교통부(2021). “국내 지반 침하 발생 현황” 자료 참조 및 재구성

- 특히 지반 침하 및 싱크홀 사례가 가장 많이 발생한 지역은 경기도로 전체의 약 20.6%인 334건이 경기도에서 발생하였으며, 2021년에도 전체 83건 중 19건(22.8%)이 경기도에서 발생함
- 한편, 국토교통부(2020)¹⁾에 의하면, 이러한 지반 침하 및 싱크홀 사례가 발생하는 주요 원인으로는 2019년 기준 노후 상하수관 및 기타 매설물 손상(58.3%), 다짐 불량(9.9%), 상하수관 및 기타 매설 공사 부실(6.3%) 등으로 노후 시설물 또는 공사 중 과실에 기인한 사고가 대부분인 것으로 나타남
- 이에 대해 환경부는 20년이 지난 노후 하수관을 약 6만 km 수준(전국 하수관의 40%)으로 진단하고 있으며, 고양시 또한 일산 신도시가 조성된 지 30년 가까운 시점에 이르고 있는 만큼 시설 노후화나 개발 공사로 인한 지반 침하 발생 가능성에 선제적으로 대응하고 예방할 수 있도록 적극적인 대책 마련이 필요함

1) 국토교통부(2020). “19년 전국 지반 침하 건수 192건…전년 대비 43% 감소”, 국토교통부 보도자료(2020.02.18.).

II. 지반 침하와 싱크홀의 개념 및 고양시 관련 현황

GYRI

□ 지반 침하 및 싱크홀의 개념

- 한국지질자원연구원에 의하면, 싱크홀과 지반 침하는 개념적으로 구분되며, 2014년 석촌호수 일대 도로 함몰 사고 이후 서울시도 이에 대한 용어를 정리한 바 있음²⁾
- 먼저, 싱크홀은 석회암의 주성분인 탄산칼슘이 이산화탄소가 녹아 있는 빗물이나 지하수에 의해 용해되어 지반 내에 공동이 발생해 지표층이 침하되거나 함몰되어 땅이 꺼지는 자연현상을 의미함
 - 국내 석회암 지대는 남한 면적의 약 18%로 강원도 남부와 충북 북부 등을 중심으로 자리하고 있으며, 전남 무안, 경북 문경 일대 싱크홀 사례가 이에 해당함
- 반면, 지반 침하는 지표면이 상재 하중 이외의 요인으로 넓은 면적에 걸쳐 지반이 가라앉는 현상이며, 지반 함몰은 지표면이 붕괴되어 아래로 꺼져 내려앉는 현상을 의미함(박삼규·방은석, 2014)
 - 국내 도심지에서 도로 함몰 등 공동(空洞)이 발생하는 주요 사례들은 노후화된 지하 매설물의 파손, 토목 공사나 지하 구조물에 의한 지하수 영향으로 흙이 유실되어 발생하는 등 자연현상으로서의 싱크홀과는 구조와 원인 측면에서 구분됨. 그리고 이러한 사례들은 강우량이 많은 여름철, 비가 올 때와 온 후에 많이 발생한다는 특징을 지님
 - 국토교통부(2018) 또한 도심에서 발생하는 지반 침하 및 싱크홀 사례의 약 69%는 노후 상하수관에 의한 것으로 분석하고 있으며, 한국시설안전공단(2015)도 노후 관로에서 새어 나온 물이 주변의 흙을 침식시켜 지반 침하를 일으키는 사례가 대부분인 것으로 진단함³⁾
- 이렇게 볼 때, 국내 수도권이나 도심지에서 발생하는 싱크홀 관련 주요 사례들은 해외 싱크홀 현상과 개념적으로 차별화되며, 지반 함몰이나 지반 침하 등의 개념으로 보는 것이 타당함

□ 지반 침하 등 지하 안전 이슈 관련 고양시 현황

- 2018년부터 국토교통부가 운영 중인 지하안전시스템에 공개된 고양시의 지반 침하 사고 사례를 정리 분석하면 <표2>와 같음

2) 박삼규·방은석(2014). “싱크홀 유형별 원인조사 및 정책 제언 연구”, 한국지질자원연구원.
 서울시(2014). “석촌 지하차도 하부 지하철 실드터널 공사시 동공 발생원인 및 대처방안”, 서울시 도시기반시설본부.

3) e대한경제(2018), “싱크홀 원인 1위 ‘노후 하수관로’ 해마다 260km 늘어나는데”, 보도자료(2018.10.05.) 및 윤태국 외(2015). “지반 침하 대비 생활속 징후 및 안전관리 매뉴얼 개발 연구”, 한국시설안전공단.

- 2018년부터 최근까지 고양시 내에서는 23건의 지반 침하 사고가 발생하였으며, 이는 같은 기간동안 경기도에서 발생한 지반 침하 사고(216건) 중 부천시(67건) 다음으로 많은 것임
- 또한 그 원인은 대부분 상하수관 노후화 등에 의한 손상임. 2019년까지 고양시에서 발생한 거의 모든 지반 침하 사고는 하수관 손상으로 인한 것이었으며, 굴착공사 부실로 인한 사고도 한 건 있었음(<표2>)

<표2> 고양시 지반 침하 사례 발생 건수(2018-2021)

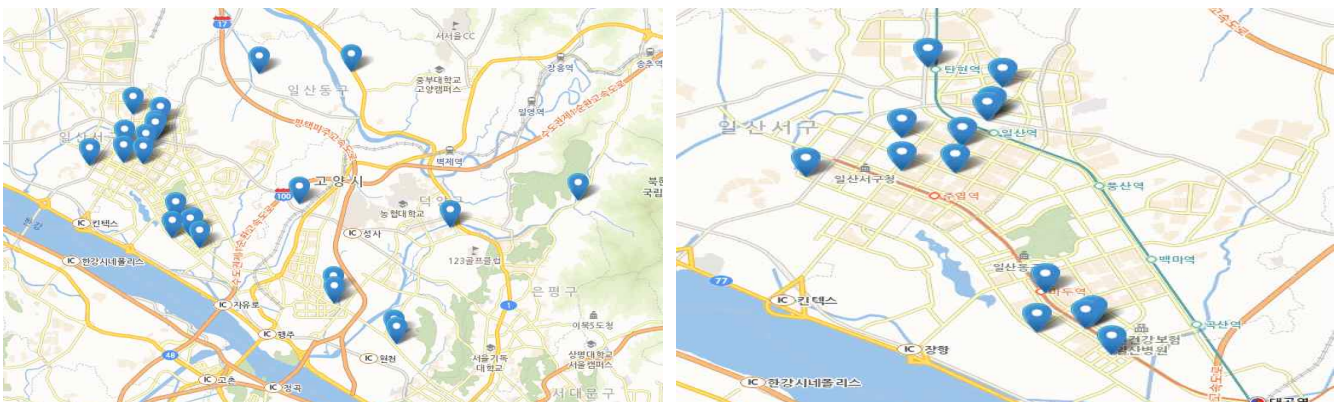
구분	발생일자	사고발생위치	발생원인	구분	발생일자	사고발생위치	발생원인
2021년 (1)	12-30	일산동구 마두동	기타	2019년 (계속)	06-11	일산서구 일산동	하수관 손상
					06-05	덕양구 주교동	하수관 손상
2020년 (4)	08-24	일산동구 백석동	기타		05-23	일산동구 백석동	하수관 손상
	08-14	일산서구 일산동	기타		05-23	일산서구 덕이동	하수관 손상
	08-14	일산서구 대화동	기타		05-14	일산서구 주엽동	하수관 손상
	07-16	일산서구 대화동	기타		05-10	덕양구 화전동	하수관 손상
2019년 (15)	12-21	일산동구 백석동	굴착공사 부실		05-08	덕양구 행신동	하수관 손상
	09-26	일산서구 일산동	하수관 손상		05-03	덕양구 효자동	하수관 손상
	08-22	덕양구 화전동	하수관 손상		02-12	덕양구 내유동	하수관 손상
	07-22	덕양구 행신동	하수관 손상		2018년 (3)	09-03	일산서구 주엽동
	07-03	일산동구 백석동	하수관 손상	08-16		일산서구 일산동	하수관 손상
	07-02	덕양구 동산동	하수관 손상	03-07		일산동구 설문동	하수관 손상

<자료> 국토교통부 지하안전정보시스템(JIS) 홈페이지, “지반침하사고 - 지반침하사고 발생신고”,
https://www.jis.go.kr/accident/acd01001_list.do (검색일: 2022.01.04.)

○ <표2>의 발생 사례들에 대하여 지역별 발생지(spot) 현황을 분석하면 <그림2>와 같음

- 지역별로 덕양구 8건, 일산서구 9건, 일산동구 6건 발생하였으나, 덕양구 지역 내 사고의 경우 <그림 2>의 좌측과 같이 상대적으로 산발적이어서 일정한 패턴을 발견하기 어려운 반면, 일산 지역(일산동구, 일산서구)의 경우 우측 그림과 같이 발생지가 상대적으로 집중되어 있음
- 예를 들어 일산서구의 경우 일산동 지역에 주로 발생하고 있으며, 일산동구의 경우 1건(설문동)을 제외하면 백석역-마두역 인근에서 발생하였음

<그림2> 고양시 지반 침하 사고 발생 지역 분포(좌) 및 일산동구·서구 내 발생 지역 분포(우)



- 지반 및 지하 안전 확보를 위하여 고양시는 지하공간정보 데이터베이스 구축, 지표투과레이더 탐사 등의 정책적 노력을 기울이고 있음
 - 고양시는 2019년 지하공간정보 데이터베이스 구축 사업, 공간정보활용시스템 운영 및 유지보수 사업 등을 실시하였고, 2021년에는 지하안전관리계획 수립, 지표투과레이더 탐사를 통한 하부 공동(空洞) 탐사 등을 실시하였음
- 그러나 이러한 노력에도 불구하고 상하수관 노후화 등으로 인한 지반 침하 사례는 지속적으로 발생하고 있으며, 시민들의 불안감과 우려도 여전한
 - 고양시정연구원이 실시한 2019년 고양시민 안전의식 실태 조사⁴⁾에 의하면, 응답자 1,161명 중 싱크홀 등 지하 안전과 관련하여 43.4%가 위험하다(매우 위험하다+어느 정도 위험하다)고 응답하였으며, 지역별 비교시 일산동구에서 지하 안전에 대한 우려가 가장 높은 것으로 나타났음
- 따라서 고양시는 노후화된 기반 시설 및 건축물로 인한 지하 안전 위험을 선제적으로 관리하는 한편, 지반 침하 등으로 인해 발생하는 피해를 최소화하고 신속한 복구를 지원하기 위해 노력할 필요가 있음

III. 지반 침하 및 싱크홀 대응·복구 관련 국내외 사례

GYRI

□ 외국의 지반 침하, 싱크홀 발생 및 대응·관리 사례

- 일본은 노후화된 하수관 파손 등으로 인하여 매년 평균 약 4,700여 건의 도로 침하가 발생하고 있는데 (이기영 외, 2014)⁵⁾, 매설 기간이 30년을 경과하는 시점부터 도로 함몰 가능성이 급증하는 것으로 진단하고 있으며, 국토교통성, 환경성 및 각 지자체들은 다음과 같은 대책을 실시하고 있음
 - 국토교통성은 연약 지반에 대한 지반 침하 방지, 방재 강화 측면에서 「국토 강인화 기본법」에 근거한 ‘국토 강인화 기본계획’을 수립하여 각종 대책을 실시하고 있으며, 환경성은 지하수 이용에 의한 지반 침하 현상을 예방·관리하기 위하여 「물순환 기본법」에 근거한 ‘지반 침하 지역 개형’ 분석 보고서 매년 발표함
 - 각 지자체는 조례를 통해 지하수 채취 규제, 건축물 설치 규제 등 지반 침하 방지를 위한 규제를 실시하고 있음. 일례로 도쿄도는 지반 약화 및 도로 함몰 등의 주요 원인이 되는 하수도관의 재구축을 위한 5개년 계획을 수립하여 노후 하수관 등이 밀집한 곳을 도로 함몰 중점 관리 지역으로 선정하여 보수·재구축하는 한편, 해당 지역의 상황과 일상적인 점검을 위한 정보를 상시 수집하고 있음
 - 또한 오사카시는 1986년부터 지하 공간 개발 시 지하이용 마스터플랜을 준수하도록 규정하고 있음

4) 이정철(2019). “고양시 안전의식 실태조사 및 안전문화 조성 방안 연구”, 고양시정연구원.

5) 이기영 외(2014). “경기도 지반 침하 위험 지도 작성 및 활용을 위한 기초 연구”, 경기연구원.

며, 이러한 지하이용 마스터플랜에는 지하 이용 계획 지구의 선정, 이용 밀도, 깊이 제한 등에 대한 내용이 규정되어 있음(장용구·박창현, 2019)⁶⁾

- 미국의 경우에도 플로리다주는 주요 지반이 석회암으로 구성되어 있어 지하수에 의해 지하에 공동(空洞)이 발생하기 용이하며, 인구 증가에 따른 지하수 사용 증가로 인하여 싱크홀 발생이 매우 빈번한 지역으로 진단됨. 이에 따라 플로리다주는 2010년부터 싱크홀 관련 조례를 마련함
 - 플로리다주는 주택소유자에게 의무적으로 싱크홀 보험에 가입하도록 하여 싱크홀 징후 발견시 보험사에서 해당 주택의 싱크홀 여부를 확인하도록 규정하고 있음(김춘수·강경식, 2016)⁷⁾
 - 또한 플로리다주는 지하수량 보전이 싱크홀 방지에 필수적이라는 판단 하에 싱크홀 방지를 위한 시공 방법, 도시 물순환 체계조성 방안을 제시하는 한편, 싱크홀 관련 8가지 징후를 정하여 징후 발생시 시민들이 신속하게 인지하고 신고·대피할 수 있도록 이에 대한 홍보·안내를 강화함(이기영·강상준, 2014)⁸⁾
- 중국 상하이시의 경우 「지질재해방지 조례」 및 ‘지반 침하 예방 및 관리 방안’에 근거하여 지반 침하 관측, 지반 침하 모니터링 등을 실시하고 있으며, 싱가포르는 24시간 신고접수 창구 운영, 지하 지질도 작성을 위한 지반정보 DB 구축, 지하공사 전 지반 조사와 공법에 대한 적절성 검토 등을 실시하고 있음
 - 이상 지하 안전 확보를 위한 해외의 주요 대응·관리 사례를 정리하면 <표3>과 같음

<표3> 지반 침하 및 싱크홀 관리 대책 관련 해외 사례

구분	내용
일본	- 「국토강인화 기본법」에 기반하여 도로 내 공동 조사 정기 실시 - 탐사장비(GPR)를 통한 동공 탐사, 지반 함몰 조사 및 평가, 보수에 관한 메커니즘·방법론 구축 - (도쿄도) 지질 정보 구축, 도로 지하공간 공동 조사, 하수관로 정비, 매뉴얼 작성, 굴착공사 이후 다짐(되메우기) 작업 개선
미국	- 레이더 자료를 통한 싱크홀 및 지반 침하 예측 기술 범용화 추진 - (플로리다주) 싱크홀 및 지반 침하 분석 지도 작성, 건축 기준 및 시공 방법 등급 기준 마련, 보험업 시작 시 싱크홀 관련 보험 상품 의무 가입
싱가포르	- 24시간 신고 접수 창구 운영으로 실시간 유지·보수 관리체계 구축 - 지반정보 DB 구축, 대규모 지하 공사 전 지반 조사 및 지하수 관리 시스템 구축 - ‘지하철 공사를 위한 지반 굴착 시 지하수 관련 지침’을 통한 지하수 관리 시스템 구축
중국	- (상하이시) 「지질재해방지 조례」, ‘상하이 지반 침하 예방 및 관리 방안’을 근거로 지반침하 모니터링, 지반 침하 관측, 지하 수위 관측 등 방법 제시

<출처> 이석민·윤형미(2017). “도심지 지반 함몰에 대한 예방 정책 개선안 연구”, 서울도시연구, 18(1): 27-42, p.33.

6) 장용구·박창현(2019). “지하공간통합지도 갱신 자동화 및 탐사현장 활용지원 기술 개발 기획”, 국토교통부.
 7) 김춘수·강경식(2016). “도심 지역의 지반 침하(싱크홀)의 원인과 관리적 대책에 대한 제언”, 대한안전경영과학회지, 18(4): 1-9.
 8) 이기영·강상준(2014). “도시를 삼키는 싱크홀, 원인과 대책”, 경기연구원 이슈&진단, 156: 1-23.

□ 국내 지반 침하, 싱크홀 발생 및 대응·관리 사례

○ 현재 우리나라는 2014년 이후 서울 등 대도시를 중심으로 지반 침하가 잇달아 발생함에 따라 국민 불안 해소, 도심지 지반 침하 사고 예방 및 체계적인 안전관리를 위하여 ‘국가지하안전관리 기본계획’을 수립하여 시행하고 있으며, 지하안전 영향평가 실시 등을 주요 내용으로 하는 「지하안전관리에 관한 특별법」도 제정하여 운용하고 있음

- 「지하안전관리에 관한 특별법」(이하 ‘지하안전법’)의 주요 내용 및 특징은 <표4>와 같음

<표4> 「지하안전법」에 따른 주요 지하 개발 및 지하 시설물의 안전관리체계

구분	지하안전 영향평가	소규모 지하안전 영향평가	사후 지하안전 영향조사	지하 안전 점검	지반 침하 위험도 평가
근거	특별법 제14조	특별법 제23조	특별법 제20조	특별법 제34조	특별법 제35조
대상	굴착 깊이 20m 이상 또는 타널공사 포함 사업	굴착 깊이 10m 이상 사업	지하안전영향평가 대상 사업	지하 시설물 및 주변 지반	지하 시설물 및 주변 지반
시기	사업계획 인가/승인 전	사업계획 인가/승인 전	굴착공사 완료 후	매년 정기 점검	지반 침하 우려시
실시자	지하개발 사업자	지하개발 사업자	지하개발 사업자	지하시설물 관리자	지하시설물 관리자
평가자	전문기관	전문기관	전문기관	지하시설물 관리자	전문기관
협의 및 제출 기관	국토교통부 장관	국토교통부 장관	국토교통부 장관 및 승인기관의 장	시·군·구의 장	시·군·구의 장

<출처> 박희대(2019). “「지하안전관리에 관한 특별법」 시행 1년과 과제”, 한국건설산업연구원 건설동향브리핑, 694: 1-3, p.2.

○ 서울시의 경우 2014년 6월 송파구 석촌호수 일대에서 4개의 지반 침하가 연달아 발생한 데 이어, 8월에 대형 공동 1개와 추가 공동 7개가 발견됨에 따라 본격적으로 이에 대한 대책 마련이 추진됨

- 서울시는 지반 침하 사전 탐지 차원에서 최근 5년(2015년-2019년)간 총 9,385km의 구간을 조사하여 3,993개의 공동(空洞)을 발견하고 이를 굴착·복구하여 사고를 예방한 바 있으며, 2020년 5월에는 기존에 일일이 사람이 수동으로 분석하던 공동 탐사 방식에서 AI(인공지능) 기반 공동 자동분석 방식으로 전환하여 공동 탐지 소요 일수를 단축함(서울시, 2020)⁹⁾
- 이를 통해 서울시는 최근 3년간 지반 침하 사고 건수가 약 1/4 수준으로 감소한 것으로 진단하고 있음
- 서울시는 또한 상·하수도관 등 지하시설물 정보를 통합적으로 조회·관리하는 ‘지하시설물 통합정보시스템’을 구축하였으며, ‘서울형 공동관리등급’에 기반하여 지반 함몰 현상을 관리함

○ 석촌호수 일대 지반 침하 사고 외에도 서울시에서는 2012년 9월 관악구의 한 쇼핑몰 앞 도로에서 지반 침하가 발생해 8층 옥외 간판 보수 작업을 하던 작업차가 넘어지면서 보수 작업 근로자와 보행자 등 8명이 다친 사례가 존재함

9) 서울시(2020). “서울시, 지반침하 유발 공동 5배속 탐색… 국내최초 ‘AI 분석기술’ 도입”, 서울시청 보도자료(2020.05.11.).

- 당시 작업차의 자동차 보험사인 삼성화재는 차 주인 및 피해자들에게 차량 피해액과 치료비 등을 보험금으로 지급하는 한편, 2013년 10월 도로와 하수관 관리 책임 측면에서 서울시 등을 상대로 청구 소송을 제기함. 이에 재판부는 2017년 10월 판결에서 도로와 하수관의 관리 주체로서 서울시와 쇼핑몰관리단(하수관설치업체)의 책임을 일부 인정하여 손해 배상금의 60%를 부담하도록 판결한 바 있음
- 2014년 10월에는 의정부시에서 아파트 단지 앞 인도 보도블록 지반 침하로 보행자가 2m 깊이의 공동에 빠져 다치는 사고가 발생하였으며, 천만 원대의 피해보상금 지급이 이루어진 사례가 존재함
 - 당시 의정부시와 경찰 조사 결과 아파트 단지 정화조에서 흘러나온 유수가 지반을 침하시킨 것으로 원인이 규명되었으나, 의정부시는 보도블록 관리 책임과 지자체 차원의 적극적인 피해 지원 측면에서 한국지방공제회에 사고 보상을 요청하여 위로금 등의 지원이 이루어질 수 있도록 함
- 수원시에서는 2015년 수인·분당선 지하철 수원시청역과 매탄권선역 개통 이후 수원시청역 사거리 인근에서 지반 침하가 지속적으로 발생하였으며(2018년 6회, 2019년 3회), 2019년 조사 결과 지하철 공사 주체인 현대건설의 다짐(되메우기) 작업 불량에 주된 원인인 것으로 밝혀짐
 - 이에 대하여 수원시는 향후 5년간 해당 구역의 유지 보수 책임을 현대건설에 일임하는 한편, ‘유지 관리 기간 중 도로침하 발생 시 추가 조사를 통한 원인 규명 이행, 도로침하 및 싱크홀 등 발생 시 즉시 보수, 유지 관리 기간 종료 전 지반 안정화 확인 및 추가 공동 발생 위험 해소를 위한 지표 투과 레이더 탐사 시행’을 요구한 바 있으며, 시와 현대건설 측은 2019년 말부터 2020년 초까지 정밀 검사를 통해 공동 10개를 발견하고 사전 보강 공사를 진행한 바 있음
 - 그 밖에도 수원시는 2016년부터 지표 투과 레이더를 활용한 공동 탐사를 통해 2021년 3월까지 총 440km 구간을 탐사하였으며, 179개 공동을 발견하고 이에 대해 안전 조치를 실시함
- 구리시에서는 2020년 8월 지하철 별내선 3공구 터널 굴착공사 중 인근 도로에 폭 16.6미터, 깊이 21미터의 지반 함몰이 발생함
 - 2020년 11월 구리시 사고조사 및 안전대책 위원회는 중간 조사 결과 상하수관과는 관계없는 것으로 진단하였으며, 같은 해 12월 국토교통부 중앙지하사고조사위원회는 터널 공사의 시공사인 현대건설 측이 취약 지반 인지 등 위험성을 예측할 수 있었음에도 지반 보강 대책 등 적절한 조치를 취하지 않은 것으로 최종 진단함
 - 이에 구리시는 경기도에 관내 별내선 전구간 공사 중지 및 안전 점검을 요구하였으며, 재발 방지를 위하여 해당 공사 구역에 이중 건물경사계, 균열 측정계 등 총 5,627개의 계측기를 설치하여 실시간 안전 모니터링을 실시함
 - 또한 2021년 1월 구리시는 지역 재난안전대책본부를 통해 도로·교통시설물 피해, 도시가스 등 공공시설 피해 등 피해조사 결과를 경기도에 통보하여 복구 등 협조를 요청하였으며, 인접 아파트와 상가 등에서 접수된 민간 피해에 대하여 원인 부담자를 통한 보상과 복구가 이루어질 수 있도록 중재·조정 역할을 수행함

IV. 고양시 지하 안전 확보를 위한 정책 제언

GYRI

□ 지반 안전 사고 예방 및 대비 측면: 안전 관리 체계 강화 방안

- 고양시는 2019년 12월 백석동 지반 침하 사고 당시 사고 원인이 인근 공사장의 지하 4층 터파기 공사 중 발생한 누수 때문인 것으로 진단됨에 따라 백석, 마두 등 지역 일대가 연약 지반이라는 지리적 특성과 지하수위 등을 고려해 지하 3층 내외 하부층 공사는 원칙적으로 금지하겠다고 발표한 바 있음
 - 이에 고양시는 2020년 10월 건축위원회의 심의 대상으로 지하 3층 초과 또는 지하 10미터 초과 굴착을 수반하는 건축물이 포함되도록 「고양시 건축 조례」 제8조를 개정하였으며, 제19조에서도 굴토 위원회에서 지하굴착 10미터 이상의 공사를 수반하는 경우 해당 건축물을 심의하도록 규정함
- 또한 최근 마두동 일대 지반 침하 사고 이후 고양시장은 일산신도시 지역 전반에 대한 연약 지반 조사에 즉시 착수하겠다고 발표함
- 따라서 향후 고양시는 지반 안전 확보를 위하여 연약 지반에 대한 무분별한 개발 및 건축 공사를 규제하는 한편, 이전에 건설된 건축물 및 시설물의 안전을 확보할 수 있도록 노후화된 상하수도관 정비·보강, 지반 탐사 조사와 DB 구축 및 이에 기반한 지반 침하 위험 지도 작성 등의 정책적 노력을 기울일 필요가 있음
 - 고양시가 발표한 바와 같이, 일산 지역 전반에 대한 연약 지반 조사를 통해 지반 침하 위험 지도를 작성하는 동시에, 이를 바탕으로 우선 집중관리지역을 선정하여 이에 대한 지하 안전 보강 사업을 추진할 필요가 있음
 - 기존 노후 상하수관 조사를 실시하고 지속적인 정비를 시행하는 한편, 국토교통부 ‘지하 안전점검 표준 매뉴얼’ 등을 바탕으로 하여 공사장 유출 지하수 관리방안 등을 마련할 필요가 있음. 국토교통부 매뉴얼에 ‘지하공간 개발 안전관리에 관한 체크리스트’ 등이 제시되어 있으므로 이를 활용하여 안전 점검을 실시할 필요가 있음. 그리고 미국의 예와 같이 지반 침하에 대한 징후 안내·홍보, 체크리스트 예 등을 통해 일반 시민들 입장에서라도 상시적 모니터링·신고·접수가 가능하도록 기반을 마련할 필요가 있음
- 현재 「지하안전법」에 근거하여 국토교통부 주관 하에 지하공간정보 통합구축시스템 및 3D 지하공간 통합지도 작성이 이루어지고 있음
 - 2019년 서울·부산 등 8개 광역시와 수원·성남·용인 등 수도권 7개 시에서 구축된 데 이어, 2020년 고양시 또한 추가로 시스템 연계가 이루어짐
 - 그러나 지하공간통합지도의 품질 검사 과정이 육안 검사 방식으로 이루어지고 관리 기준이 구체적이지

- 얇아 관리상의 비효율성뿐만 아니라 성과물의 일관성과 신뢰성 측면에서도 문제가 제기되고 있음(배상근 외, 2020). 이러한 예로 3D 지하 공간통합지도 내 지하 시설물의 위치, 깊이(심도), 관의 크기(관경) 등에 대한 정보에 오류 또는 누락 사례가 발견된 바 있으며, 제한된 활용도 또한 한계점으로 지적되고 있음¹⁰⁾
- 따라서 고양시는 서울, 수원 등 타 지자체 사례와 같이, 지반 탐사를 통한 공동(空洞) 발견 및 진단·보강을 위해 노력하는 동시에 센서 등을 통한 지하 안전 실시간 모니터링과 고양시 차원의 지하 안전 관련 정보에 대한 체계적인 DB 구축·관리를 위해 노력할 필요가 있음(백남철, 2022)¹¹⁾. 이러한 구체적인 예로 DB 구축을 통해 하수관로나 도로 함몰 발생 등에 대한 이력 관리 등이 이루어질 필요가 있음
- 그리고 이러한 지하 안전 관련 DB와 모니터링 정보, 시민들의 신고·접수 등의 정보들이 종합적으로 관리·운영되는 개방적이고 통합적인 플랫폼의 구축과 운영이 필요함
- 그밖에 지반 침하 및 싱크홀 사고에 대한 대비 측면에서 관련 조례 또는 안전관리계획에 노후 하수관로 관리, 지하수 관리(대형 굴착공사 시 지하수 영향조사 의무화, 대형 공사장 및 주변 관리 강화 등), 굴착공사장 안전관리 강화 관련 항목 등을 반영하는 방안도 고려할 필요가 있음
 - 중장기적인 차원에서는 해외 사례에서 볼 수 있듯이, 물 순환적 관점에서 LID 기법·비점 오염 저감 기법 등과의 연계, 수자원 이용 관리 측면에서의 빅데이터 활용·관리체계 마련 노력이 요구됨
- 또한 2018년 제정된 「지하안전법」에 의거하여 경기도뿐만 아니라 수원시, 안산시, 하남시, 파주시 등은 시민들의 생명과 공공 안전 확보를 위하여 각 지역별로 「지하안전관리 및 유지에 관한 조례」를 제정한 바 있음
 - 해당 조례는 지하안전관리계획의 수립, 위원회의 설치·운영, 주체(시장·시민·지하개발사업자 및 지하 시설물 관리자)별 책무, 지하시설물 및 주변 지반에 대한 안전점검 등에 관한 사항을 명시하고 있음
 - 고양시도 「고양시 지하안전위원회 구성 및 운영에 관한 조례」를 제정하고 2019년 초대 위원회를 구성한 바 있는데, 위원회 구성뿐만 아니라 지하안전관리계획에 대한 사항 등 지하 안전에 대한 적극적인 관리 측면에서 조례의 내용과 범위를 확장하는 방안을 모색할 필요가 있음

□ 지반 안전 사고 대응 및 복구 측면: 피해 복구 및 지원 관련 대응 방안

- 지반 침하 등 지하 안전사고의 최소화 노력뿐만 아니라 이로 인하여 발생하는 인명 및 재산 피해에 대한 복구·지원 또한 지자체 차원의 적극적인 안전 관리 차원에서 중요한 과제임
 - 고양시 마두동 사례의 경우에도 지반 침하 지역 인근의 건물 붕괴 위험 가능성으로 인하여 해당 건물에 입주한 약 78개 점포들의 운영이 마비된 상황임
 - 건물 붕괴나 지반침하(싱크홀) 등 사회 재난은 「재난 및 안전관리 기본법」상 사고 피해에 대하여

10) 배상근·김상민·유은진(2020). “지하공간통합지도 품질관리 개선방안 연구”, 지적과 국토정보, 50(2): 221-235.

조선비즈(2020). “400억 쏟아부은 지하정보화 사업, 부실 우려”, 보도자료(2020.10.19.).

11) 백남철(2022). “연이은 '땅꺼짐'사고, 상시적 지하DB구축 필수다”, 고양신문 기고문(2022.01.07.).

원인 제공자 부담 원칙을 준용하며, 이에 따라 앞선 사례에서도 살펴본 바와 같이, 수원시 수원시청 역 인근 지반 침하 사례(2019)나 구리시 터널 인근 지반 침하 사례(2020), 서울시 용산역 인근 지반 침하 사례(2015) 등 대부분의 지반 침하 사고에서는 안전사고를 야기한 안전관리 책임자·원인자를 규명하여 해당 주체가 피해 보상의 책임을 이행하는 방식으로 배상이 이루어짐

- 최근의 마두동 사례 또한 향후 정밀 안전진단 결과에 의해 원인자가 규명될 가능성이 높은 만큼 소상공인들의 영업 손실 보전 및 지원 방안과 관련하여 신중한 접근이 필요한 가운데, 지자체 차원의 적극적인 시민 안전 보호 및 피해 지원 측면에서 다음과 같은 대안들을 고려할 수 있음
 - 지반 침하, 도로 함몰 사고에서 흔히 발생하는 차량 피해의 경우 우선적으로 자동차 보험회사에서 보험금 지급이 가능함. 반면, 건물의 경우 지반 침하 사고의 원인이 노후화된 상·하수도나 도로 관리 부실 등으로 규명될 시 시설 및 도로 관리 책임 주체인 지자체에 책임 보상이 인정됨
 - 그러나 차량과 달리 건물의 경우 즉각적인 보상이 현실적으로 불가능하고, 책임 소재 규명에 오랜 시간이 소요되기 때문에 이로 인하여 피해가 누적되는 시민들에 대하여 긴급 생계비 등을 지원하자는 의견도 존재함¹²⁾
 - 「고양시 도로 복구 원인자 부담금 징수 조례」 제7조(원인자 확인)는 원인자 확인에 시일이 오래 걸리는 경우 시장은 피해복구에 필요한 모든 조치를 취하는 한편 원인자에게 차후 부담금을 추징할 수 있도록 규정하고 있으며, 「재난 및 안전관리 기본법」 제66조도 지자체가 부담한 지원 비용에 대하여 원인 제공자에게 구상권 행사가 가능하도록 규정하고 있음
 - 이러한 측면을 고려하였을 때, 소상공인 등의 신속한 피해 지원을 위하여 고양시가 피해에 대해 먼저 지원한 후 원인자에게 구상 청구하는 방안, 의정부 사례와 같이 적극적인 안전 지원 차원에서 위로금 형태로 긴급 생계비 등을 일부 지원하는 방안, 구리시 사례와 같이 원인 제공자에 대한 규명과 원인자·피해자 간 보상 협의 중재 역할에 집중하는 방안 등을 고려할 수 있음

□ 지하 안전 확보를 위한 중장기적 개선 과제

- 지반 침하 및 싱크홀 사고와 관련하여 아직까지 국내에서는 대규모 인명 피해나 재산 피해가 발생한 사례는 없으나, 최근 지속적으로 발생하고 있는 일련의 사례들과 같이 도시화에 따른 개발 공사 확대, 지하 매설물의 노후화와 지하수위 감소 등의 현상을 고려할 때, 향후에도 지하 안전 이슈는 계속하여 발생할 것으로 예상할 수 있음
- 따라서 고양시는 지하 안전 확보를 위하여 선제적이고 적극적으로 노후 하수관로 관리·점검 개선, 첨단 기술을 활용한 사전 탐지 강화, 지하수 관리체계 개선 및 연계, 굴착공사장 관리 규제 강화, 전담 조직 과 인력의 양성 및 역량 제고 등의 노력을 강화할 필요가 있음
- 나아가 미국·일본, 서울시와 같은 고양형 공동관리등급 개발, 차세대 지하시설물 탐사 장비 활용 및 지하시설물 전산화, IoT를 통한 실시간 모니터링, 관계부서 간 관리체계 연계 강화 방안 마련 등이 필요함

12) 한국일보(2019). “싱크홀’ 날벼락… 파손된 내 차·내 집 누가 책임지나?”, 보도자료(2019.12.27.)

고양시정연구원 이슈브리프

제36호

발행일 2022. 01. 21.

발행인 정원호

발행처 고양시정연구원

TEL 031.8073.8341

FAX 031.8073.0710

HOME PAGE www.gyri.re.kr

ADDRESS 10393 경기도 고양시 일산동구 태극로 60 빛마루방송지원센터 11층 **고양시정연구원(GYRI)**

- 이 보고서에 실린 내용은 고양시정연구원의 공식의견과 반드시 일치하는 것은 아닙니다.
- 이 책에 실린 내용을 인용할 시 반드시 출처를 명시해야 하며 무단전재 또는 복제하는 것을 금합니다.