

국외출장노트

(멕시코 멕시코시티)

부서 : 재난안전연구센터

자료제공 : 이석민

작성일 : 2026년 3월 13일

게시요망일 : 2026년 3월 23일

제목:

1. 출장목적

- 지반침하 및 지하안전관리 체계 고도화를 위한 정책 및 기술조사
 - 도심지 지반침하 연구를 주도하고 있는 멕시코시티 지질물리 연구소, 공학연구소의 동향 조사
 - InSAR 기술을 활용한 멕시코시티 인프라 및 지반침하 특성
 - 인프라에서의 지반침하 관련 문제 논의
 - 지하수 이용에 따른 지하수위 저하와 지반침하 영향 논의
- 멕시코의 대표적인 지반침하 및 공동 발생 지역(Acatitla역, Historic Centre 구역 등) 현장조사를 통한 지반침하 취약성 검토
 - 현장의 지반침하 및 위험요인, 관리대책 조사
- 이를 통하여 도심지 지반침하 예측, 지반침하 관리정책 등 멕시코 지반침하 관리의 최신 이슈 분석과 지반침하 지도 등 공개 자료 수집을 통해 서울시 지반침하 관리 개선을 위한 시사점 도출

2. 출장내용

2.1 멕시코시티 지반침하 개요

- 멕시코시티는 과거 호수였던 지형 위에 세워진 도시로, 과도한 지하수 추출로 인해 세계에서 가장 빠른 속도로 지표면이 가라앉고 있는 도시 중 하나임.

(1) 지반침하 주요 지역

- 멕시코시티의 지반침하는 주로 동쪽 지역(과거 호수 바닥이었던 연약 지반)에서 심각하게 나타남.
- 최고 위험 지역 (Red Zone): 연간 21~30cm 이상 침하가 진행
 - 이스타팔라파(Iztapalapa): 인구 밀집 지역으로 지반 균열과 침하가 가장 심각함.
 - 차코(Chalco) 및 텍스코코(Texcoco): 호수 퇴적층이 두꺼워 매년 급격히 낮아지고 있음.
- 중간 위험 지역 (Orange Zone): 연간 11~20cm 침하가 진행
 - 역사 지구(Centro Histórico): 메트로폴리탄 대성당 등 고대 건축물이 기울어지는 현상이 지속
 - 베누스티아노 카란사(Venustiano Carranza): 멕시코시티 국제공항(AICM)이 위치한 곳으로 활주로 및 터미널 변형이 잦음.
- 지반침하는 단순한 고저 차이를 넘어 도시 인프라의 붕괴를 초래
 - 가뭄으로 인한 지하수 고갈이 임계점을 넘으며 도심 가스관 폭발 및 지하철 터널 균열 사고가 보고됨.
 - 2021년 지하철 12호선 고가도로 붕괴 사고(20여 명 사망)의 주요 원인 중 하나로 지반침하에 따른 구조물 피로 누적이 지목됨.

2.2 주요 연구기관 방문

(1) 지구물리학 연구소, UNAM

- 지반침하 등 지반재해 관련 연구를 지속적으로 수행함. 멕시코시티내 지반침하 및 계측시스템 운영, 지반침하 지도 제공 등으로 서울시와의 비교가 가능
- 특히, 지반침하 모니터링, GIS 지도, 위성 관측 기반 연구가 활발히 수행됨.
- InSAR, GPS/지반변형 모니터링, 지질 및 지반 역학 분석 등 지반침하 연구 수행한 내용 수집

(2) 공학연구소, UNAM

- InSAR 기술을 활용한 멕시코시티 인프라 및 지반침하 특성 연구 수행
- 인프라에서의 지반침하에 따른 피해 및 관련 대책 논의
- 일부 메트로 구간의 구조물 및 지반침하에 대한 지상 및 교각의 안정성 검토

- 2014년 11월부터 2017년 11월까지 Sentinel-1 SAR 데이터의 간접계 분석을 통해 멕시코시티와 그 지방 자치 단체(검은 선)의 침하 속도 지도가 도출됨.

2.3 지반침하지역 주요 현장조사

(1) 혁명기념비 MOCS 관측소

- MOCS 관측소는 멕시코시티의 상징적인 건축물인 혁명 기념비에 설치
- 이 지역은 지반 공학적으로 '호수 지역(Lake Zone)'에 해당하여 도심 한복판의 지반 변동을 감시하는 중요한 지점임
- 이로 인해 기념비의 원래 바닥 계단이 지면보다 점점 높아져, 나중에 추가로 설치한 보조 계단들을 확인

(2) 지하철 12호선 (Línea 12) - 고가 및 지상 구간

- 지하철 12호선은 설계 당시부터 지반침하 문제를 겪었으며, 2021년 올리보스(Olivos)역 인근 교량 붕괴 사고의 원인 중 하나로 지반 변동이 지목됨.
- 역사 아래를 지탱하는 교각들이 강철 프레임으로 튼튼하게 감싸져 있는 모습을 바로 확인 가능함.

(3) 이스타팔라파(Iztapalapa) 조사

- 멕시코시티 내에서도 지질학적 변천 과정과 지하수 추출로 인해 지반침하와 지반 균열(Fracturamiento) 현상이 가장 뚜렷하게 나타나는 지역
- 지반침하와 불균등 침하로 인해 지붕이 기울어지거나 벽면이 갈라진 주택들, 그리고 지면이 물결치듯 변형된 도로

(4) 메트로폴리탄 대성당 (Catedral Metropolitana)

- 성당 내부 바닥에 가보면 지반침하로 인해 건물이 뒤틀리는 것을 측정하기 위한 황동 추(추이선)가 매달려 있음.
- 성당 외관에서도 건물이 미세하게 한쪽으로 쏠려 있는 모습을 볼 수 있음

(5) 예술 궁전 (Palacio de Bellas Artes)

- 예술궁전은 대리석 건물로 그 무게 때문에 주변보다 더 빨리 가라앉고 있음.
- 건물 정문 앞 도로와 건물 본체 사이의 높이 차이를 확인
- 원래 지면과 수평이었던 입구가 현재는 지면보다 낮아져서 계단으로 내려가야

하는 형태가 됨.

(6) 독립기념비

- 기념비 자체가 하나의 지반침하 측정기 역할
- 기념비는 암반층까지 깊게 박힌 말뚝 위에 세워져 있어 지반침하에도 가라앉지 않지만, 주변 지면은 계속 내려앉고 있음.

(7) 과달루페 성당

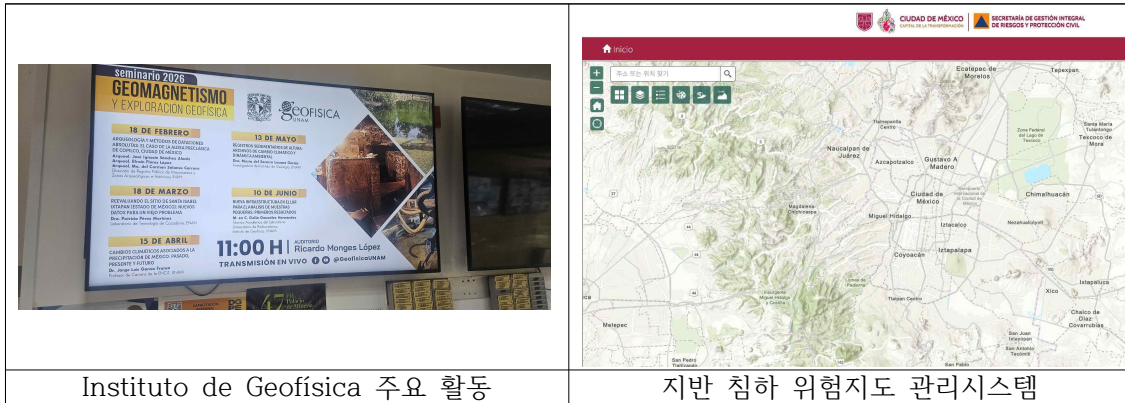
- 과거에 지어진 구(舊) 성당과 현대식으로 지어진 신(新) 성당이 나란히 있는데, 지반침하와 그에 따른 공학적 대응을 극명하게 비교

3. 주요 시사점

- 지반침하 관리를 위한 선제적 통합 모니터링 체계 구축
 - 지하수위-지반변위 연동 감시: 멕시코시티의 사례는 지하수 관리가 지반 안정성의 핵심임을 보여줌.
 - 서울시 역시 지하철 공사 및 대형 건축물 지하 굴착 시 발생하는 지하수 유출을 실시간 감시하고, 이를 지반 변위 데이터와 통합 관리하는 시스템이 필요
- IoT 기반 위험 징후 포착
 - 산 로렌소 테손코의 교각 보강 사례처럼, 노후 고가 구조물이나 연약 지반 통과 구간에 광섬유 센서나 경사계를 설치하여 붕괴 전조 현상을 조기에 포착 필요
- 노후 하수관거 정비 가속화
 - 멕시코시티 싱크홀의 주원인이 지반 변동에 따른 관로 파손인 점을 감안할 때, 서울시 내 노후 하수관을 유연성이 있는 신소재 관으로 교체하거나 보강하는 작업을 최우선 과제로 설정
- 사회적 안전망 결합
 - 멕시코시티의 'Sendero Seguro(안전한 길)' 시스템처럼, 지반침하 위험 지역의 가로등, 비상 벨 등 공공 인프라를 통합 관리하여 시민들의 심리적 불안감을 해소하고 비상시 신속한 대피/신고 체계를 마련
- 지반침하 위험 지도(Risk Map) 고도화
 - 멕시코시티 공식 위험 지도 포털(Atlas de Riesgos)과 같이 서울시 전체의 지반 등급과 균열 밀도를 시각화하여 시민에게 공개하고, 고위험 지역 내 건축 허가

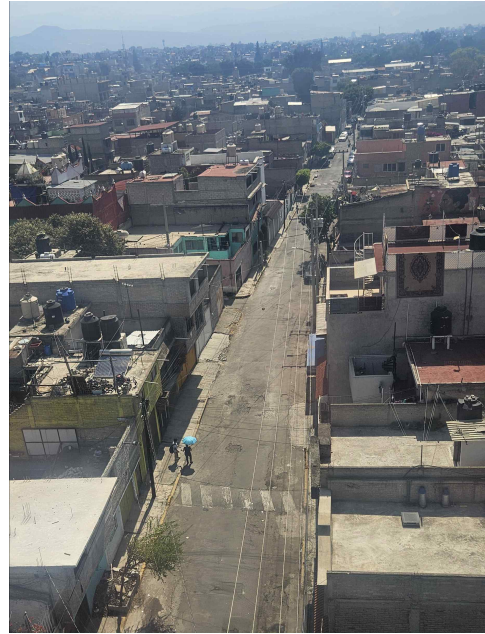
시 지반 보강 공법 적용을 의무화하는 등 제도적 장치가 보강

[주요 사진]

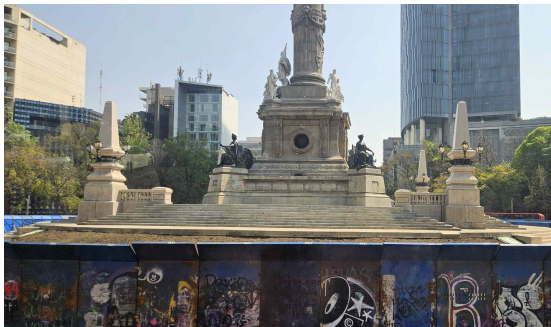




건물이 뒤틀리는 것을 측정하기 위한 황동 추(추이선)



도로 바닥에 길게 이어진 보수 흔적



독립기념비 : 현재 장막으로 접근이 어려우나 주변 지반의 침하에 따라 계단 설치



콘크리트 교각 주위를 거대한 강철 프레임과 지지대

자료제공 및 문의처 :

재난안전연구센터 이석민 선임연구위원(2144-1302)