



도시의 무게가 지반을 위협한다

샌프란시스코 전경. 사진=shutterstock

도시화는 도시의 무게를 늘린다. 인구가 늘면서 사람들이 일하고 생활하는 건물과 설비도 함께 늘어나기 때문이다. 인구 전문가들은 전 세계 인구에서 도시가 차지하는 비중이 지금의 50%에서 2050년엔 70%에 육박할 것으로 예상된다. 갈수록 무거워지는 도시는 지반의 안정성을 얼마나 위협할까?

지난 26일 '한겨레'에 따르면 미국지질조사국(USGS)의 지구물리학자 톰 파슨스(Tom Parsons) 연구원은 대규모 도시 개발이 지구의 표면에 얼마나 영향을 미치는지 계산해 본 연구 결과를 미국지구물리학회(AGU)가 발행하는 공개학술지 '에이지유 어드밴시스'(AGU Advances)에 발표했다.

그는 지구 온난화에 따른 해수면 상승 위험 지역 가운데 하나로 꼽히는 샌프란시스코를 표본으로 선정해 도시 무게의 계산을 시도했다. 샌프란시스코는 2050년까지 해수면이 약 30cm 상승할 것으로 예상되는 지역이다. 2018년 '사이언스 어드밴시스'에 발표된 한 연구에 따르면 샌프란시스코 해안 지역은 연간 2mm씩 가라앉고 있다. 일부 지역은 연간 10mm에 이른다.

■ 건물 무게만으로도 지반 80mm 침하 가능성

파슨스 연구원은 96만5천여 동에 이르는 도시의 모든 건물 목록을 기본 자료로 건물 높이, 바닥 면적과 미국토목공학회의 설계 하중 기준 등을 고려해 도시의 총 중량을 계산했다. 이렇게 해서 나온 샌프란시스코 베이 에어리어의 무게는 약 1조6천억kg(16억 톤)이다. 이는 보잉 747 여객기 870만 대, 또는 코끼리 2억5천만 마리의 무게에 해당한다. 그는 "이는 도심 지역이 자리하고 있는 암석권을 휘게 할 뿐더러 더 나아가 지각을 구성하는 단층에도 영향을 미칠 수 있다."고 밝혔다.

더욱이 이는 샌프란시스코 광역 도시권 775만 인구와 도로나 교량 같은 운송 인프라, 차량 등 건물 이외의 요소는 포함하지 않은 것이다. 그는 "계산 결과는 보수적인 추정치"라고 설명했다.

파슨스 연구원은 계산 수치에 이 지역의 지각 구조 특성을 반영해 본 결과, 향후 샌프란시스코의 지반이 80mm(3.1인치)까지 내려앉을 수 있는 것으로 추정됐다고 밝혔다. 해안가에 있는 샌프란시스코국제공항 아래의

퇴적물과 대수층은 이미 해마다 4mm씩 쪼그라들고 있다. 이 공항은 샌프란시스코에서 가장 무거운 건물이다. 2009년 완공된 400가구 규모의 58층 주상복합아파트 밀레니엄 타워는 2016년 지반이 40cm 가라앉은 것이 발견돼, 지난해 말 이를 막기 위한 1억 달러 프로젝트가 시작됐다고 '블룸버그'가 최근 보도했다.

파슨스 연구원은 "다른 주요 도시에서도 샌프란시스코와 같은 결과가 나올 수 있다."며 "도시의 무게는 지



▲ 샌프란시스코공항 전경. 샌프란시스코에서 가장 무거운 건물인 이 공항 아래의 최적물은 해마다 4mm씩 줄고 있다. 사진=shutterstock



▲ 나이지리아 항만도시 라고스 전경. 라고스는 향후 30년 안에 도시 무게가 두 배 늘어날 것으로 예상된 가운데 지반이 빠른 속도로 침하하고 있다. 사진=shutterstock

금은 큰 문제는 아니지만 앞으로 해수면 상승과 맞물릴 경우 도시의 침수 위험을 악화시킬 수 있다."고 지적했다.

■ 대륙 경계선 해안지대, 도시화 빠른 개도국 더 취약

도시의 무게 증가는 오랜 기간에 걸쳐 서서히 진행되는 샌프란시스코 지역의 경우 인구가 1860년 10만 명에서 지금의 700만 명대로 늘어나기까지 160년이 흘렀다. 따라서 지각에 미치는 영향도 서서히 커진다. 문제는 지각은 한 번 변형되면 복구할 수 없다는 것이다.

대륙의 안쪽은 상대적으로 암석권이 두텁고 단단하지만 샌프란시스코처럼 지각운동이 활발한 대륙 경계 지역에서는 인위적으로 늘어나는 도시의 무게가 지반에 끼치는 영향이 상대적으로 더 크다.

아직까지 도시의 무게가 지반 침하에서 차지하는 비중이 그리 큰 것은 아니다. 지하수 추출, 지하자원 개발, 지진에 의한 지각판 이동 등 전통적 요인들의 영향력이 훨씬 더 크다.

하지만 도시화 속도가 빠른 개발도상국에선 인위적 무게 증가가 더 빨리 영향을 미칠 수 있다. 인구 1400만인 나이지리아의 항만도시 라고스는 향후 30년 안에 두 배로 늘어날 것으로 예상된다. 지층이 단단하지 않아 연간 2~87mm의 속도로 가라앉는 마당에, 무거운 구조물이 건설된 해안지역에선 이미 지반이 더 빠른 속도로 침하하고 있다고 파슨스 연구원은 밝혔다.

이번 연구는 몇가지 가정을 토대로 모델링한 것이지만 앞으로 지형의 변화, 해수면 상승 위험을 분석할 때 도시의 무게를 또다른 변수로 고려해야 할 수 있음을 보여준다. 특히 이미 지반 침하 위험을 받고 있는 도시에서는 도시 인공물 무게의 영향에 더 주목할 필요가 있다. 세계 인구 이동 방향의 대부분이 대륙 내부에서 해안 쪽을 향하고 있는 것도 위험을 더할 수 있는 요소다. 해안 지역은 해수면 상승, 침식, 홍수에 훨씬 취약하다. 전 세계 인구의 37%가 해안에서 100km 이내에 살고 있다.

파슨스 연구원은 "도시의 무게가 끼치는 영향은 아직까지는 미미하지만 인구 유입에 따른 개발이 계속되면 문제가 커질 것"이라고 강조했다.

SC FOOT AND ANKLE CENTER

YouTube "건강한발TV"를 검색, 구독/좋아요/알림 설정으로 더 많은 정보를 받아 보세요!

강현국 김상엽 발&발목 전문센터

Southern California Foot and Ankle Center scfootnankle.com

당뇨 신발
보험 적용 & 문의 환영

Medi-Cal
0세부터 20세까지

— 전문 발&발목 질환 진료과목 —

- 발 통증 (Plantar Fasciitis)
- 평발 (Flat Feet)
- 무지외반증 (Bunion)
- 작은발가락 기형 (Hammer toe)
- 당뇨병성 질환 (Diabetic Ulcer, Neuropathy)
- 내성 발톱질환 (Ingrown Toenail, Fungal Toenail)
- 신경종 (Neuroma)

- 발통풍 (Gout Attack)
- 발·발목 골절 (Foot and Ankle Fracture)
- 사마귀 (Plantar Warts)
- 무좀 (Athlete's Foot)
- 아킬레스 건염 (Achilles Tendonitis)
- 발 성형수술 (Foot Plastic Surgery)
- 소아 안짱다리 교정 (Intoe gait)

★ 레이저 곰팡이 발톱 치료 Special ★

강현국
Hyun Kang DPM
University of California, Irvine BS
Medical Education: School of Podiatric Medicine at Barry University
Residency: Kendall Regional Medical Center, Trauma Surgery Center
Hospital Affiliation: La Palma Intercommunity Hospital, West Anaheim Medical Center

김상엽
Sang Kim DPM
University of California, Irvine BS
Medical Education: School of Arizona Podiatric Medicine at Midwestern University
Residency: Bridgeport Hospital Yale New Haven Health
Hospital Affiliation: La Palma Intercommunity Hospital, West Anaheim Medical Center

각종 보험 PPO, HMO, Medicare, 저렴한 Cash Plan

LA 월~금 9am-1pm/ 2pm-6pm 토 9am-2pm
OC 월~금 9am-12pm/ 1pm-5pm 토 9am-2pm
Torrance 월~금 9am-12pm/ 1pm-5pm

LA Office
213) 352-1090
520 S. Virgil Ave. #105
Los Angeles CA 90020

OC Office
714) 735-8588
5451 La Palma Ave. #26
La Palma, CA 90623

Torrance
424) 305-4417
3400 Lomita Blvd. #305
Torrance, CA 90505

FAX 562)249-8443
TALK ID : scfoot
scfootnankle@gmail.com