



빌트, 우리가 지어올린 모든 것들의 과학

그림과 원리로 읽는 건축학 수업

로마 아그라왈 지음/ 윤신영, 우아영 옮김

2019년 8월 23일 출간 | 판형 135*210 | 328쪽 | 16,000원 | 분야 과학> 기초과학/교양과학 | ISBN 979-11-90030-15-1 03400

책 소개

미국과학진흥회(AAAS) 2019 올해의 과학책

<뉴욕타임스>, <월스트리트저널>, <사이언스> 추천 도서

엄청나게 커다랗고 믿을 수 없게 계획적인 건축 이야기

주목받는 여성 구조공학자 로마 아그라왈

고대 로마의 아파트 인술라부터, 세계에서 가장 높은 빌딩 부르즈 할리파까지,

거대한 건축물에 숨겨진 은밀한 이야기를 공개한다

그림과 원리로 읽는 건축학 수업!

《랩 걸》 호프 자린, 《사소한 것들의 과학》 마크 미오도닉, 《거의 모든 것의 역사》 빌 브라이슨을 잇는 과학 논픽션 저자의 등장! 영미권에서 가장 주목받는 구조공학자이자 물리학자인 로마 아그라왈. 《빌트, 우리가 지어 올린 모든 것들의 과학》은 그가 우리에게 색다른 지식과 놀라운 관점을 선물하는 건축 교양서이다.

미국과학진흥회(AAAS) 2019 올해의 과학책, <뉴욕타임스> <월스트리트저널> <사이언스>가 강력 추천한 이 책은 다리와 터널, 기차역과 마천루까지 우리가 살고 있는 커다란 세계를 설계하고 만들어온 이야기를 복잡한 수식 하나 없이 위트 있게 풀어낸다. 고층 건물, 다리, 터널 같은 건축물이 중력, 바람, 물의 영향으로부터 우리를 지켜주고 이어주는 일이 가능했던 것은 수백, 수천 년간 기술자와 공학자들이 발견하고 발전시킨 노력의 결과라는 사실을 알 수 있다. 이 책을 읽고 나면 거대한 교각, 화려한 기차역, 하물며 아파트 엘리베이터나 공사장의 크레인도 이전과 같아 보이지 않을 것이다.

과학을 모르는 일반인도 이해할 수 있는

건축의 구조와 원리가 펼쳐진다, 수다스럽게

주요 영미권 언론으로부터 최고의 찬사를 받은 이 책은 세 가지 요소로 구성돼있다. 먼저 로마 아그라왈은 과학적 원리를 우리의 일상에 대한 스케치와 작은 실험을 통해 알기 쉬운 방식으로 설명한다. 타고난 수다쟁이이자 놀랍도록 열정적인 강연자인 그는 건축과 구조의 기본 원리를 수식이나 물리 법칙 하나 없이 간단한 모형과 그림만 사용해서 이해 가능하게 한다. 건축물에 가해지는 힘(압력과 장력), 건축물의 뼈대를 이루는 기둥, 보, 가새, 바람과 지진으로부터 건축물을 단단하게 고정하는 코어와 외골격, 화재를 방지하기 위한 건축자재와 설비 등 건축의 구조와 설계에 관심 가지지 않았던 대다수의 일반인들의 궁금증을 자극하며 이해하기 쉽게 설명한다. 팟캐스트 <빌딩 스토리즈Building Stories>의 진행자이자 TED 강연자이기도 한 그는 수 킬로미터에 이르는 견고하고 거대한 산들을 공학자들이 어떻게 뚫고 터널을 만들었는지, 넓고 깊으며 거대한

강을 가로지르는 다리를 어떻게 건설했는지, 그리고 자연 속 가장 소중한 다리인 물을 어떻게 사용하고 통제했는지 건축물에 관해 우리가 한 번쯤 품었을 궁금증들을 능숙한 솜씨로 풀어낸다.

고대 로마의 아파트부터 오늘날 두바이의 마천루까지 위대한 건축물에 숨어있는 역사적, 과학적 비밀을 탐사한다

둘째로, 그는 고대 로마부터 중세 건축, 그리고 근현대의 고층 빌딩에 이르기까지 각 시대의 기술적 도전들을 극복해낸 유명한 건물들에 얽힌 이야기를 들려준다. 독자는 로마가 제시하는 풍성한 사례를 통해 인더스 문명권 가마에서 구운 벽돌이 오늘날 사용되는 것과 이미 같은 비율을 가지고 있었다는 사실과, 타지마할의 돔은 불에 구운 생석회, 곱게 간 조개껍데기, 대리석 가루, 설탕, 달걀흰자 그리고 과일즙 등을 섞은 추나로 재료를 서로 붙였다는 사실을 알게 된다. 또한 그의 책은 시공간을 넘나드는 세계일주를 즐길 수 있는 기회를 제공하기도 한다. 기원전 8세기 말, 로마보다 수백 년이나 앞서 길이 27미터, 폭 15미터, 높이 9미터의 수로교를 건설한 아시리아(현재 이라크 북부)의 수도 니네베에서부터, 19세기 당시 세계에서 가장 긴 현수교인 브루클린 브릿지를 건설한 뉴욕, 그리고 2010년 완공된 이래 세계에서 가장 높은 건물 타이틀을 차지하고 있는 828미터의 두바이 부르즈 할리파까지 시공간을 넘나드는 모험으로 독자들을 초대한다.

높은 곳을 무서워했던 소녀가 도시의 스카이라인을 수놓는 스타 구조공학자가 되기까지

그리고 셋째, 그녀는 이 모든 것을 개인적인 일화들과 엮어서 이야기를 전개하는데, 이것이 바로 독자를 사로잡은 이 책의 매력이다. 로마 아그라왈은 남성 위주의 건축·공학계에서 편견과 통념을 넘어 뛰어난 성취를 거둔 것으로 이미 업계와 언론에서 많은 주목을 받아왔다. 서유럽에서 가장 높은 건물인 더 샤드(The Shard)의 설계팀에 참여해 세간의 찬사를 받았고, 뉴캐슬의 근사한 인도교와 런던의 크리스털 팰리스 역 캐노피 건축에도 관여한 바 있다. 옥스포드 물리학과 졸업생이자 높은 곳을 무서워했던 그 스스로가 두려움에도 불구하고 마천루 전문가가 되었다는 자신의 이야기를 꺼내는 순간 독자는 이 주인공에게 순식간에 빠져들게 된다.

당장 발 딛고 선 땅, 들어간 건물, 지나가는 도로, 통과한 터널 세상의 모든 건축과 구조물들이 새로운 눈으로 보이기 시작한다

로마 아그라왈은 자신의 책을 건축의 연대순으로 나누는 대신, 건물에 영향을 미치는 건축 자체와 요소로 분류해 이야기를 전개한다. 예를 들어, 그녀는 흙, 물, 벽돌, 바위, 금속으로 책의 챕터를 나눈다. 이야기는 다양한 건축의 재료와 그것의 특성으로부터 시작하여 건축사, 특히 19세기의 건축과 공학 분야에서 수많은 난제를 해결한 환상적인 방법까지, 그리고 그 주인공들의 일화로 이어진다. 완벽한 벽돌을 만들어낸 고대의 장인의 기술을 보여주고(흙 이외에 세 가지 유형의 과일에서 추출한 주스가 추가되었던) 철 대신 강철을 사용하는 것이 더 좋은 이유와 강철의 발명에 대해 이야기한다(철은 너무 부드러워서 큰 힘을 떠받치기 힘들기 때문이다). 이를 통해

독자들은 건물의 기초가 어떻게 세워졌는지, 대형 동형 건물, 초고층 빌딩, 다리, 제방 등이 중력, 바람, 물 및 지진으로부터 어떻게 견디고 단단한 모양과 기능을 유지하는지 그 방법과 이유를 이해할 수 있다.

기술 중심의 딱딱한 구조공학 이야기에서는 보이지 않았던 건물 속 재료, 구조의 역할과 가치를 일상 속에서 발견하는 경험을 선사하는 책이다. 이 책을 읽고 난 독자라면 지금 당장 발 딛고 선 땅, 들어간 건물, 지나가는 도로, 통과한 터널 등 세상의 모든 건축과 구조물들이 새로운 눈으로 보이기 시작할 것이다.

이 책에 쏟아진 찬사들

“로마는 구조공학의 복잡한 원리를 명확한 설명과 매력적인 삽화로 모든 사람이 이해할 수 있게 도와준다. 이 책을 읽은 뒤부터 나는 내가 지나치는 모든 건물을 새로운 눈으로 보기 시작했다.” (엘렌 스토폴, 前 NASA 수석 과학자)

“현재 가장 주목받는 구조공학자의 공학과 건축에 대한 열정이 가득 담긴 놀랍고 매력적인 책.” (마크 미오도닉, 《사소한 것들의 과학》 저자)

“로마 아그라왈의 《빌트, 우리가 지어 올린 모든 것들의 과학》은 지금 세계에서 가장 뛰어난 공학자 중 한 명이 도시의 구조에 관해 쓴 가장 생생하고 역동적인 책이다.” (헨리 페트로스키, 《포크는 왜 네 갈퀴를 달게 되었나》 저자)

이 책에서 발견할 수 있는 놀라운 사실들

- 카드로 만든 집(3장 화재)

로마 아그라왈은 책에서 공학자들이, 그리고 책을 읽는 일반 독자까지 우리가 재난으로부터 올바른 교훈을 얻는 것이 매우 중요하다고 강조한다. 3장 ‘화재’에 소개된 아이비 호지의 이야기는 그의 의지를 뚜렷하게 보여준다.

1968년 아침, 아이비 호지는 차를 끊이기 위해 부엌으로 갔다. 그녀는 가스를 켜고 성냥에 불을 붙였다. 잠시 후, 그녀는 바닥에 누워 하늘을 보고 있는 자신을 발견했다. 부엌과 거실의 벽은 모두 사라졌고 그녀의 집 아래 몇 층이 카드로 만든 집처럼 무너져 내렸다. 재난으로 침대에서 자고 있던 4명이 죽었다. 놀랍게도, 아이비의 고막이 터지지 않았다. 폭발력 자체가 고막을 손상시킬 정도로 크지 않았던 것이다. 하지만 그녀가 머무르던 아파트는 실제 폭발의 3분의 1 수준의 폭발력만으로도 벽이 파괴될 수 있는 것으로 나타났다.

런던의 주거용 건물인 이 아파트가 이처럼 심하게 파손된 이유가 이후 사고 분석에서 나왔다. 철근 콘크리트 슬래브 대신 조약한 패널로 만들어진 이 건물은 약간의 마찰력과 콘크리트 ‘풀’로 고정돼 있을 뿐이었다. 때문에 폭발이 밀어내는 힘이 마찰력과 콘크리트의 저항력을 이길 수 있었고 카드로 만든 집처럼 순식간에 무너져내리고 만 것이다.

서유럽에서 가장 높은 건물인 더 샤드(The Shard)를 설계하기도 한 그녀는 전문 지식을 바탕으로 2001년 9월 11일 테러 공격 이후 뉴욕의 쌍둥이 타워가 완전히 붕괴된 이유를 설명하기도 한다. 이

어서 멕시코시티라는 도시의 일부가 호수 위에 세워져 있어도 침몰하지 않는 이유를 설명한다. 그리고 그녀는 왜 중국인들이 만리장성 축조에 끈적거리는 쌀을 사용했는지 이야기한다. 이 모든 이야기들을 통해 로마 아그라왈은 로마인에 의한 콘크리트의 발견과 같은 현대 건축 방법까지 이어진 역사적 교훈과 돌파구들을 능숙하게 이야기한다.

- 누구도 똥에는 신경 쓰지 않는다면(11장 하수도)

11장 ‘하수도’는 이 책의 챕터 중에서 아마도 가장 흥미로운 제목일 것이다. 하수구의 세계를 여행하는 즐거움은 어디서도 만나보지 못했을 것이다. 이 챕터는 오늘날 일본의 화장실에서 시작된다. 음악이 흐르고, 수많은 기능이 작동하는 비데가 있고, 손을 자동 소독하는 세정 스프레이가 달려있기도 한, 소소하지만 동시에 놀라운 이벤트 공간이라고 부를 만한 곳이다. 그리고 이야기는 중세 일본으로 넘어간다. 대변 무역이 번창했던 그곳으로. 비료를 얻기 위해서 은으로 분노를 사기도 했다고 하는 그곳의 이야기는 지금의 하수도가 어떤 역할을 하고 있는지, ‘똥’을 처리하기 위해 어떤 설계와 노력이 이뤄지는지 질문하고 답을 찾아가게 한다. 그리고 이야기는 런던에서 끝이 난다. 런던에서는 페스트 등 수많은 전염병이 발생한 후 19세기가 되어서야 그것을 통제할 수 있는 하수 시스템이 건설되었다. 그리고 지금 런던 시민들은 하나의 프로젝트가 완료되기를 기다리고 있다. 19세기의 시스템이 현재는 작동하지 않기 때문이다. 현재 템스강에는 ‘매주’ 한번 이상 유량이 흘러들고 있고 매년 6200만톤의 처리되지 않은 하수가 배출되고 있다. 2020년에는 이 수치가 거의 두 배 늘어날 것이고, 그럼 소변과 대변이 템스강을 온통 더럽힐 수도 있다고 한다. 때문에 2023년을 목표로 시작된 것이 템스 타이드웨이 터널 프로젝트다. 새로운 ‘창자’를 만들어 템스강을 다시 흐르게 하겠다는 것이다.

저자 소개

지은이 로마 아그라왈 Roma Agrawal

거대한 건축물을 만드는 구조공학자다. 2004년 옥스퍼드 대학에서 물리학 학사학위를 받고, 2005년 런던 임페리얼 칼리지에서 구조공학 석사학위를 받았다. 물리학자의 길 대신 구조공학자로 돌아선 이유를 그는 다음과 같이 말했다. “나는 항상 과학과 디자인을 좋아했어요. 공학은 그 둘 사이의 훌륭한 조합이었죠.” 어린 시절 레고를 가지고 놀면서 만들거나 부수는 것을 좋아했던 소녀는 현재 서유럽에서 가장 높은 건물인 더 샤드(The Shard)를 포함해 다리와 터널, 기차역과 마천루까지 우리가 살고 있는 세계를 설계하고 만드는 가장 중요한 구조공학자 중 한 명으로 성장했다.

그는 젊은 사람들, 특히 여성들에게 공학과 기술 분야의 길을 열어주는 전문가이자 멘토로도 활동하고 있다. 또한 정책 입안자들에게 과학 교육에 대해 조언하기도 하고, TEDx, BBC, ITV를 포함한 전 세계 대학, 기관, 기업을 대상으로 활발하게 강연을 펼치고 있다. 2011년 구조공학자협회가 선정하는 올해의 젊은 공학자상, 2014년 올해의 여성공학자상, 2017년 영국왕립공학회가 가장 뛰어난 공학자에게 수여하는 루크상을 받았고, 2018년 영국제국 훈장(MBE)을 받았다.

《빌트, 우리가 지어 올린 모든 것들의 과학》은 그의 첫 번째 책이다. 미국과학진흥회(AAAS)가 2019 올해의 과학책으로 선정했고 <뉴욕타임스>, <월스트리트저널>, <사이언스>에서는 그의 책을 “도시의 구조에 관한 우리의 시야를 확장시키는 책”이라고 강력 추천했다.

윤진이 윤신영

과학 전문지 <과학동아> 편집장을 거쳐 현재 <동아사이언스> 데일리뉴스팀 기자로 활동하고 있다. 과학 저널 <사이언스(Science)>를 발행하는 미국과학진흥회(AAAS)에서 2009년 과학언론상을 받았다. 《사라져 가는 것들의 안부를 묻다》, 《인류의 기원》(공저)을 쓰고, 《사소한 것들의 과학》, 《왜 맛있을까》 등을 옮겼다. 연세대학교에서 도시공학과 생명공학을, 서울대학교 대학원에서 환경학을 공부했다.

윤진이 우아영

고려대학교에서 기계공학을 전공하고 동 대학원에서 연료전지를 공부했다. 5년 동안 <과학동아>를 만들고 유튜브 콘텐츠 <과학 읽어주는 언니>로 독자들과 소통했다. 발화 원인을 과학으로 밝히는 소방관들의 노고를 담은 기사로 2017년 1월 한국과학기자협회 ‘이달의 과학기자상’을 받았다.

차례

- 1 층: 우리가 지어올린 모든 것들에 대하여
- 2 힘: 중력, 바람, 지진으로부터 안전한 건물은 어떻게 만들어질까?
- 3 화재: 수많은 재난으로부터 얻은 교훈
- 4 벽돌: 피라미드부터 피렌체 대성당까지 그리고 우리집에도
- 5 금속: 강철을 사용하기 전까지 철길도 초고층 건물도 없었다
- 6 바위: 콘크리트는 어떻게 전 세계를 평정한 재료가 되었을까?
- 7 하늘: 크레인과 엘리베이터를 발명한 사람들
- 8 땅: 건물 아래에는 무엇이 건설돼 있을까?
- 9 지하: 우리 발밑의 도시가 만들어지기까지
- 10 물: 물이 흐르기 전까지 건물은 아무것도 아니다
- 11 하수도: 어느 누구도 똥에는 신경 쓰지 않는다면?
- 12 우상: 가장 진보한 다리를 만든 가장 진보한 여성의 이야기
- 13 다리: 계곡과 강을 건너는 수천 가지 창의적인 방법들
- 14 꿈: 무엇을 상상하든 그 이상을 지어올릴 것이다

책 속에서

우리는 자주 건축물의 존재를 무시하거나 잊는다. 하지만 건축물은 많은 이야기를 지니고 있다. 거대한 다리를 위에서 당기고 있는 장력 케이블, 높은 건물의 유리 표면 이면을 떠받치고 있는 철골 구조. 이런 것들이 건축물로 둘러싸인 우리 세계를 만들고 있다. 이런 건축물은 인류가 지닌 창의력을 보여준다. 타인 그리고 자연과의 교감 능력을 드러내주기도 한다. 끊임없이 변화하는, 우리가 만들어 낸 세상은 이야기와 비밀로 가득 차 있다. 만약 듣고자 하고 보고자 한다면 환상적인 경험을 할 수 있을 것이다. (15p, 1장 층)

나는 건축가의 드로잉 위에 검은 마커펜으로 뼈와 살까지 덧붙인다. 다양한 색으로 그린 드로잉에 내가 추가한 굵고 검은 선은 일종의 견고함을 더해준다. 여기에는 반드시 건축가와 나 사이의 활발한 토론이 뒤따른다. 우리가 답을 찾으려면 서로 타협할 줄 알아야 한다. 건축가가 탁 트인 공간으로 묘사한 곳에 반드시 기둥을 세워야 하는 경우도 많다. 반대로 건축가들이 생각하기에 뭔가 구조물이 있어야 하는 곳이지만, 내가 보기에는 없어도 괜찮은 경우도 많다. 이 경우 건축가들은 좀 더 많은 공간을 얻게 된다. 기술적인 문제에 봉착했을 때, 건축가와 엔지니어는 서로의 관점을 이해할 수 있어야 한다. 시각적인 아름다움과 기술적 완결성 사이에서 균형을 잡아야 한다. 이런 과정을 거친 끝에 우리는 건축 구조와 심미적 통찰력이 거의 완벽한 조화를 이루는 설계안에 다다르게 된다. (29p, 2장 힘)

로마 대화재 이후 네로 황제는 도시에 몇 가지 변화를 지시했다. 거리를 확장하고 건물은 6층 이하로 짓게 했다. 그리고 제빵사와 판금업자들의 점포는 빈 공간을 품은 이중벽으로 거주 구역과 분리시켰다. 그는 발코니를 방화 공간으로 만들어 화재 시에 탈출을 쉽게 했다. 또한 화재 진압을 위해 수리 시설에 투자했다. 로마인들은 전통에서 배웠고, 우리 역시 그렇게 어렵게 얻은 지혜로부터 배워왔다. 수천 년 뒤, ‘방, 집, 건물을 방화재와 공간 이격을 통해 분리한다’는 단순한 원칙이 여전히 현대적인 건축물을 화재로부터 보호하기 위해 이용되고 있다. (71p, 3장 화재)

나를 둘러싸고 있는 아치는 수천 년을 살아남았다. 고대 아라비아의 아름다운 격언이 떠올랐다. “아치는 절대 잠들지 않는다.” 아치가 잠들지 않는 이유는 아치를 이루는 요소가 끊임없이 압축 상태이기 때문이다. 아치는 끝없는 인내심으로 무게를 견딘다. 베수비오 화산에서 흘러나온 용암이 폼페이를 덮쳐서 사람과 건물을 싹 쓸어갔을 때에도 아치는 도시를 바라보며 남아 있었다. 아치는 땅 밑에 묻혀도 원래 역할을 절대 멈추지 않는다. (84p, 4장 벽돌)

엔지니어의 일이란 접시 돌리기와 꽤 비슷하다. 많은 문제들에 대비해 계획을 세워야 하고, 문제를 즉시 통제해야 한다. 온도를 예로 들어보자. 모든 건축물과 마찬가지로, 내가 설계한 다리도 온도의 영향을 받는다. 연중 온도가 변하면서(계절에 따라 달라진다) 가열되거나 식혀진다. 강철은 ‘열팽창계수’가 12×10^{-6} 이다. 온도가 1도 변할 때마다 1밀리미터 길이의 재료가 0.000012밀리미터씩 팽창하거나 수축한다는 뜻이다. 아주 작은 값으로 보이지만, 내가 설계한 다리는 길이가 거의 40미터였고 40도의 온도 차이를 견디도록 설계됐다. (110p, 5장 금속)