

실패로 배운다/누구라도 가능한 지반(地盤) 판별법

연약지반 침하 사전에 막아야 한다

다카야쓰 마사미찌(高安 正道)/지오테크 기술 스텝실 부장

일반주택의 경우 지반 문제점의 대부분은 부지의 토질을 확실히 파악하고 있다면 막을 수 있다. 난해한 지반 공학의 이야기는 접어 두고 건축 전문가라면 적어도 알아두어야 할 실질적인 지반 판별법을 지질조사 회사 지오테크의 다카야쓰씨에게 전수해 받자.

실 패 예

**기초에 커다란 틈새가 생겨
14cm 이상 부동침하가 발생**

장소는 사이타마현 우라와시. 1991년에 완공된 주문주택이다. 부동침하(不同沈下)를 의심한 시공주로부터 침하측정 의뢰를 받은 것이 97년의 일이다.

시공주는 몇 년 전부터 '뭔가 이상하다'고 느꼈고 몇번의 수리를 했지만, 문제점은 해결되지 않았다. 그러던 중에 건물전체가 기울어져 있다는 것을 발견하게 되

었다고 한다.

지오테크에서는 침하 건물에 대해 레벨측정과 스웨덴식 사운드링 시험을 통해서 건물 밖 주변에서의 지반조사를 실시하여 보고서를 작성하고 필요하다면 침하수정 공사의 설계·시공도 실시하고 있다. 그래서 상당히 많은 침하측정을 타진, 실제로 상당수의 지반검진 기록 등이 있지만 그 가운데에서도 이것은 부동침하의 전형적인 사례이다. 연락을 받고서 현지에 도착, 우선 건물외관부터 관찰하였다. 대강 보아서는 기



일반주택에서 출입구 근처 외벽면에 커다란 웅얼이 발생한 예. 기초가 완전히 파단났다.



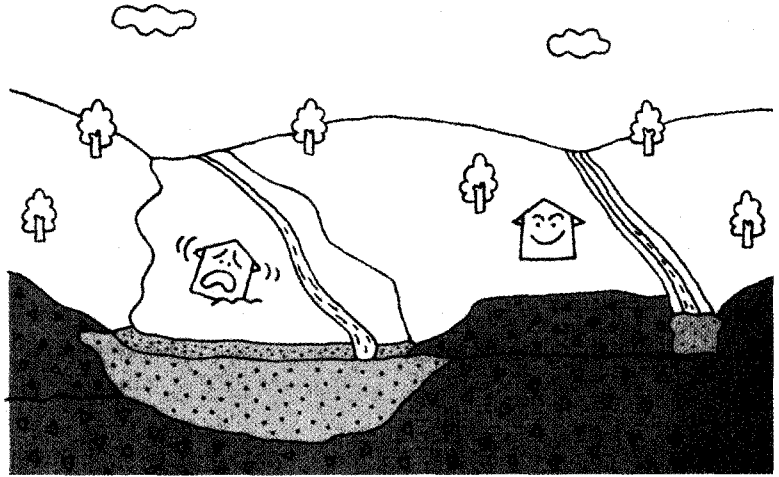
손이 들어갈 정도로 공간이 생긴 예. 원인은 건축후의 지반의 부동침하다.

울어져 있는지 잘 알아차릴 수 없다. 인간의 감각은 우수하여 수직성(垂直性)을 1/300 정도로 식별할 수 있다고 한다. 그러나 일목요연하게 건물이 경사져 있다는 것을 알기란 쉽지 않다.

준비해온 수준기(水準器)로 건물외부 출·입구 구석구석의 레벨을 측정하였다. 그 당시 건물에서 조금 떨어진 도로위의 경계석과 맨홀을 가설벤치마크로 설정하여 건물본체 뿐만 아니라 정원 쪽의 양수기 등과 같은 매립시설물, 현관포치, 블록담의 윗단과 하단에 대해서도 측정하였다. 건물내부에서 벤치마크를 공유하는 것이 곤란할 경우는 레이저 레벨로 각각의 상대적인 수평성과 수직성을 기록한다.

침하측정이라고 하면 건물내부의 바닥경사를 측정한다고 생각하기 쉽다. 사실 주택품질확보측진법에서는 하자가 있는지 없는

● 지표면이 평탄하다고 해서 지중(地中)도 그런 것은 아니다.



지를 판단하는 기술적 기준으로 '바닥의 경사가 6/1000을 넘을 경우에 하자일 가능성이 농후하다' 라고 하는 표현을 쓰고 있다.

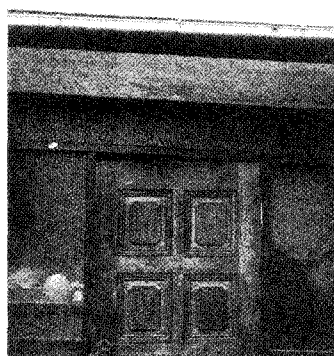
그렇지만 바닥의 경사 이상으로 중요한 것이 기초 경사다. 바닥은 여러 가지 공정 및 부재가 함께 어우러지는데, 부재의 마무리와 건조의 정도에 따라서 기초는 침하하지 않았는데 바닥조직

에만 틈새가 생기는 경우가 있다. 바닥의 경사를 측정하는 것만으로는 원인을 파악하기 어렵다.

여기서 기초의 윗단을 측정하면 재의 거칠음이나 조작(造作)의 정도 등으로부터 생기는 변형량을 노이즈로 해서 배제할 수 있고, 지반이 침하하고 있는지 여부를 판단하는데 효과가 있다고 할 수 있다.



기초에 생긴 커다란 금. 바닥밀 환기구 근처는 특히 금이 생기기 쉽다.



건물이 기울어져서 현관의 문을 윗부분에 커다란 틈새 공간이 생겼다.

보수후에 또다시 기초에 금이 발생

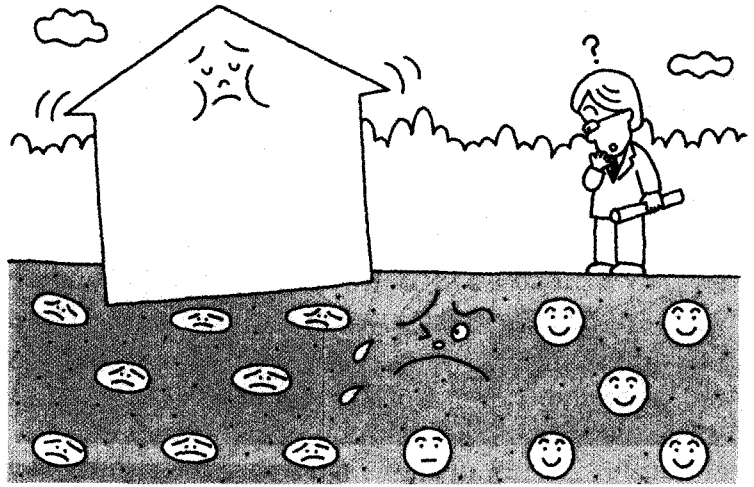
이렇게 해서 측량한 결과로부터 판명된 것은 건물이 전체적으로 침하하고 있는 가운데에서 가장 높은 남서각과 가장 낮은 북동각에서 최대 146mm의 침하량 차이가 있다는 것이다. 북동각을 포함

한 동측 대들보간 방향의 양끝에서도 33mm의 차이가 확인되었다. 게다가 건물전체의 경사는 동서방향이 현저하지만, 정확히는 남서에서 북동의 대각선 방향으로 기초의 상단에 146mm 부동침하가 있었다.

기초는 RC조의 기초로 원래 기본 폭은 450mm. 가로수 기준 수직방향의 기초에 북측에서 2군데, 남측에서 1군데, 그리고 바닥 밑 환기구의 측단에서 금이 생긴 것을 발견하고 확인했다. 안쪽 한 군데는 기초의 바깥쪽에서 안쪽으로 관통하는 크랙이다. 금이 잦다고 하기보다 파손에 가깝다. 모르타르 보수 흔적이 있는데 그후에 다시 폭 1.5mm 정도의 크랙이 생겼다.

거주자가 침하를 인식한 것은 알루미늄 사시 개폐시 힘이 들게 되어서 이다. 측정당시에는 건물의 내외를 불구하고 동서방향에 있는 절반정도의 문과 창문, 미닫이의 개폐가 곤란한 상태였다. 침하량이 큰 동쪽에 있는 현관도어의 하단부는 건물의 기울어짐 때문에 생긴 틈새공간을 통해 바깥의 찬기운이 그대로 들어왔다. 북측옆 경계면에 쌓은 콘크리트 블록 8단 담장에도 여러개의 균열이 있고, 담의 윗단이 물결이 치듯이 어긋나 있는 것을 관찰할 수 있었다.

● 건물하중을 지지할 수 있는지의 여부를 걸보기로 판단하는 것은 금물이다.



원인

지표면은 평탄(平坦)하지만 지중(地中)의 연약층은 경사져 있다

정원 앞의 외구(外構)와 공작물(工作物)의 레벨 측정은 작업 과정에 늘 포함되는 것은 아니다. 이러한 과정은 건물의 나쁜 상태가 건물본체에 사용된 재의 거칠어짐, 야됨, 조작(造作)의 실수 등에서 기인하는 것이 아니고, 지반이 연약하기 때문에 생긴 부동침하라는 것의 확실한 증거가 되기 때문이다. 게다가 부동침하를 결정짓기 위해서 실시하는 또 한 가지의 작업과정으로 정점(定点) 관측이 있다. 약 6개월 후에 두 번째의 침하측정을 실시해서 레벨차가 크게 날 경우 부동침하가 계속 진행 중이라는 것을 추정하는 측정법이다.

목재의 건조는 완공 후 1년간 급속도로 진행되고 점차적으로 완만해 진다. 그렇지만 부동침하는 완공후 5년은 경과해야만 나타난다. 그 중에 약 3/4은 5년후 정도에는 종식하지만, 연약지반이 두터우면 건축 후 10년이 가깝도록 매년 침하량을 갱신하는 것이다.

그 사례에는 침하측정과 동시에 스웨덴식 사운드 시험의 결과 서쪽부근 두군데와 동쪽부근의 두군데에서 연약층의 두께에 현저한 차이가 인식되었다. 서쪽은 연약층이 약 2m인데 반해 동쪽에는 약 3.5m의 연약층이 분포하고 있다는 것이다. 지표면은 평탄하지만, 지중은 약 1.5m의 낙차로 경사져 있었던 것이다. 지반의 불균형과 부동침하량이 대략 정리되어 원인이 입증된 전형적인

사례이다.

일반주택의 경우 지반 때문에 생긴 실패사례는 가옥의 침하가 대부분이지만, 침하 한가지를 놓고 보더라도 그 종류가 다양하기 때문에 실패하지 않기 위한 노하우도 여러 가지이다. 어떡하면 부동산침하 사고를 방지할 수 있을까.

대 책

전문가의 도움 없이 지형으로부터 지반의 좋고 나쁨을 읽을 수 있다

건물이 침하한다고 하는 것은 요컨대 지반이 건물하중과의 힘겨루기에서 진 것이다. 구조물을 지지할 수 없는 지반을 일반적으로 '연약지반'이라고 평가하는데 실패의 시작은 지반이 연약할 수 있다는 것에 대해 무심코 지나쳐 버리는데 있다.

지반은 언제나 견고한 것처럼 보여서 침하할 것이라고는 상상할 수 없다. 당연히 구조물을 지지하는 것으로 생각한다.

걸리버 여행기에서처럼 공중에 떠있는 라푼타성이 아닌 한 건물은 예외 없이 지반에 접해있다. 그렇다면 지반이라는 것은 건물의 전 중량을 지지하는 기초를 밑에서부터 지지하는 또 하나의 구조재(構造材)인 것인데, 누구도 지반을 구조재로 인식하고 있지 않다. 공장에서 생산되어 현장에

가능한한 빨리 지반의 상태를 살펴보는 것이 가장 중요하다. 가장 첫단계로 '지반을 의심'하라는 것이다. 지금 그곳에 있는 지반에는 위험이 도사리고 있을지도 모른다는 의심, 즉 상상력이 우선은 필요하다. 기초 지반을 의심하는 것으로 어이없는 사고나 실패의 발생으로 궁지에 몰리는 것을 막을 수 있다.

반입되어 온 부품과 건재(建材)라면, 규격에 적합한지, 재질에 열화는 없는지 여부를 살펴볼데 비해 지반에 대해서는 자연의 생성물이라는 것만으로 성능과 성질을 의심하지 않고 안심해버려 개의치 않고 건축계획을 진행해 버리는 것이다.

어떡하면 이같이 비참한 상황으로 빠지지 않고 해결 할수 있을까. 특히 '연약지반을 구분한다'라고 하는 관점에서 현장에서 분별 가능한 방법을 알아보자.

부동침하라고 하는 상태는 건물이 준공되고 난 후에는 기초를 교환할 방법이 없다는 의미와 마찬가지로 그러한 기미를 알아차렸을 때는 이미 늦었을 경우가 많다. 치료방법이 확립되지 않은 병에 대한 예방의학의 중요성과 마찬가지로 조기발견, 조기치료가 궁극적인 대책이 된다.

즉, 가능한한 빨리 지반의 상태를 살펴보는 것이 가장 중요하다. 가장 첫단계로 '지반을 의심'하라는 것이다. 지금 그곳에 있는 지반에는 위험이 도사리고 있을지도 모른다는 의심, 즉 상상력이

우선은 필요하다. 기초 지반을 의심하는 것으로 어이없는 사고나 실패의 발생으로 궁지에 몰리는 것을 막을 수 있다.

갑자기 전문가를 두고 지반조사를 해야 한다라는 말은 하지 않는다. 최악의 시나리오를 회피하는 방법은 의외로 아주 간단하다.

물 있는 저지대 주의하라

부동침하가 일어나는 것은 지반이 연약한 장소이다. 그러나 연약지반이라고 하는 장소에는 그럴만한 이유가 있다. 연약지반의 최적의 장소로는 '물이 고이기 쉬운 저지대'이다. 택지는 저지대에도 고지대에도 있는데, 이러한 지반들의 차이가 무엇인가 하면 수분량이 전적으로 다르다는 것이다.

지반뿐만이 아니라 물질의 경도(硬度)를 좌우하는 것이 수분량이다. 암반은 수분을 거의 포함하고 있지 않기 때문에 단단하며 배수가 좋기 때문에 말라있는 고지대의 지반은 잘 다져져 있다.

토립자(土粒子)의 성분보다도

수분이 많은 저지대의 지반은 연약하다. 지구에 인력이 있는 한 저지대에 물이 모이고, 체류하는 것은 당연하다. 따라서 저지대지반이 양호하다고 하는 것은 있을 수 없다.

그래도 저지대에는 미세한 토사가 물에 의해 끊임없이 운반, 유입되어 완만한 상태로 퇴적되고 있다. 수천년에 걸쳐 퇴적작용이 계속되면 저지대에는 두터운 연약층이 형성된다. 즉, 지반상태는 지형에 의해 결정된다고 말해도 과언은 아니다. 지층 연약지반은 특수한 투시술 등을 사용하지 않고서도 지상의 저지대를 찾는 것만으로도 대강 예측을 할 수 있을 것이다.

기존 가옥의 나쁜 상태의 원인도 참고하자

지반의 상태를 추측하는 방법은 언제나 아무렇지도 않게 바라보는 주위 경관 속에 숨겨져 있다. 그 중에서도 가장 알기 쉬운

예가 '비탈져 내려가는 언덕길'이다. 건축예정지에 있는 길 도중에 내리막 언덕이 나오면 자신은 지반이 연약한 저지대를 향해 걷고 있다고 해석해야 한다. 거꾸로 오르막 언덕이라면 지반은 양호하다고 안심해도 좋다.

언덕을 내려온 장소에 하천 등의 수로가 있다면 그곳의 지반은 말라있을 리가 없다. 지반의 상당 부분이 연약하다고 각오하지 않으면 안 된다. 모여들어 온 빗물과 지하수가 지반으로부터 넘쳐 흘러나온 것이 수로인 것이다. 그러기 때문에 부근 일대의 지반은 다량의 물을 함유하고 있음에 틀림없다.

수로 외에도 연못이 있는 공원, 논 등에 주의해야 한다. 또 다른 종류로는 수로를 매립하여 암거(지하에 낸 도랑)화 한 산책길이다. 입구에 주차장이 설치되어 있는 것을 볼 수 있다. 주차장이 설치된 이유를 말하자면, 차량을 통행시키면 지반이 연약하기 때문에 진동이 발생하여 지층의 흠판

이 깨져서 침수(浸水)소동이 발생하기 쉽기 때문이다.

또 자연의 경관이 아닌 인공적인 경관에서도 연약지반을 읽어낼 수 있다. 그것은 RC조의 L형 옹벽이다. L형 옹벽의 벽의 내면에는 반드시 성토를 쌓아두었다. 계획건물을 옹벽 가까이 배치할 경우에는 주의가 필요하다. 계획지의 주위를 넓은 범위에서 걸어보고 기복을 체감하는 것과는 별도로 기존 가옥이 있다면 건물 본체와 외구에 나쁜 상태가 없는지를 관찰하는 것도 중요하다. 기존 가옥은 실물의 침하 실험 모델인 것이다. 지반이 연약하면 근린 가옥에는 반드시 부동침하의 조짐이 나타나 있을 경우가 많다.

블록벽과 문기둥의 쓰러짐, 기초의 금가는 정도, 현관문의 틈새 등, 흔히 보이는 부분만이라도 체크한다. 특히 기초에 금이가 있는 것은 최근에 대지진을 경험하지 않은 지역에서라면 가옥이 부동침하하고 있는 증거라고 말할 수 있다. <外誌에서> ㉞



하천(좌)과 수로(중)의 근처에는 지반이 수분을 다량 함유하고 있기 때문에 연약하다. 그 외에 논(우) 등도 주의가 필요하다.