

실패로 배운다/누구라도 가능한 지반(地盤) 판별법 ③

책상위에서 추리 가능한 방법

다카야쓰 마사미찌(高安 正道)/지오테크 기술 스탭실 부장

문제가 발생할 것 같은 지반이라는 것을 일찍 알아차리면 그만큼 손쓰기도 쉽다. 이번 호에서는 연약지반이라는 것을 뒤늦게 알아 부동산침하해버린 일반주택의 사례에서 그 예방책을 배워보자. 현장으로 발걸음하지 않고서도 지반의 상태를 판단할 수 있는 방법은 여러 가지이다.

공사를 시행, 사전답사하는 과정에서 이와 같이 부동산침하로 기초에까지 균열이 생기는 모습을 계속해서 볼 수 있었다.

생각해보면 이런 경험이 처음은 아니다. 치바현 나라시노시, 마쓰도시, 사이타마현 우라와시에서도 '부동산침하의 전시장' 같은 장면을 여러번 목격했었다.

지질도를 보고 나서야 그 골짜기 지형에 부식토가 두텁게 채적

되어 있다는 것을 알 수 있었다. 고지대로부터 물이 흘러들어와 모인 지형으로 배수가 좋지 않아 습지화되었다. 무성한 습지성 식물이 해마다 겹쳐 쌓여져서 반정도는 부식되어지지만 완전히 분해되지 않고 식물섬유가 스펀지처럼 물을 흡수한 상태로 두꺼운 연약층을 구성하고 있는 것이다.

이처럼 서술하면 습지 그 자체로 생각되어질 수 있으나 수백년

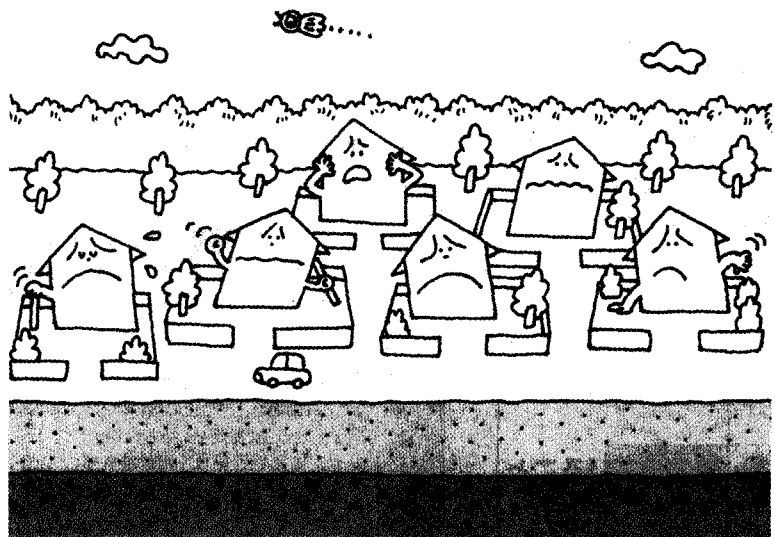
실패예

어느 한 지역일대의 모든 주택이 연달아 기울어졌다

현장은 요코하마시 가나가와 구. 가는 물줄기 일대가 합류 커다란 협곡이 되어 구릉지를 깊게 침식하면서 하류로 흘러가는 장소로 골짜기 일대가 굴곡되어 가파르며 여러 갈래로 분기되어 있다.

놀랍게도 그 골짜기 일대에 부동산침하한 가옥이 연달아 있었다. 그 중 한채의 가옥에서 침하수정

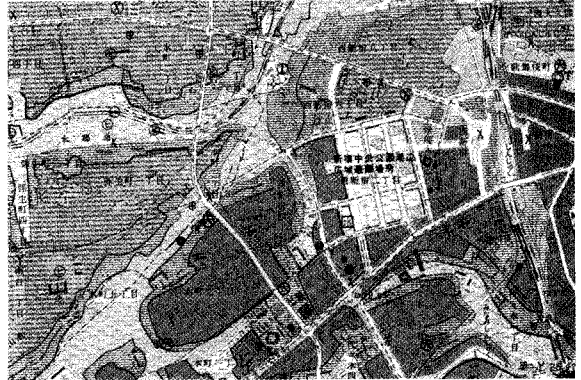
● 주변 일대의 주택이 나란히 기울어졌다



● 연약지반의 여부를 지도를 보고 읽어낸다



낡은 지형도의 예. 육지측량부분이 1909년에 작성된 것으로 동경·나가노의 일부. 니시신주쿠의 초고층 빌딩가는 예전에 정수장이었다.



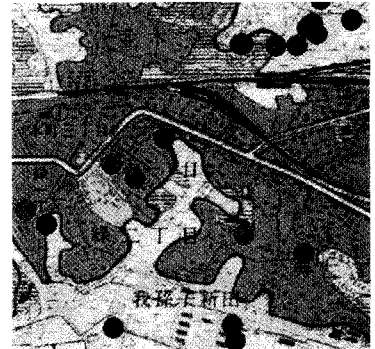
국토지리원이 1981년에 발행한 동경 서북부의 토지조건도. 왼쪽의 지형도와 거의 같은 부분을 발췌했다.

이전부터 완만한 천수담으로 개간되어져 현재는 평평한 단상 형태로 성토 조성이 행해져서 보기 좋게 가옥들이 나란히 세워졌다. 습지의 흔적은 찾아볼 수 없다.

형성되어진 밸런스가 아주 나쁜 지반이다.

그곳에 간단한 방토만으로 성토를 시행하면 겉보기에는 평탄한 택지가 완성된다. 하지만 그 상태로 가옥을 건축하면 결과는 뻔한 것이다. 넓다고 해도 겨우 가구 단위 정도로 그 폭이 일반주택 4.5세대분 정도의 협소하고 가늘고 긴 골짜기 지형이거나 골짜기 지대에 인접한 구릉사면의 가장자리 완만한 지대로 짧은 거리의 사이에서 극적으로 지형이 변화하는 점이 공통적이다.

그리고 부동산침하의 원인은 이 같은 지반을 못보고 지나친 경우에만 해당하는 것은 아니다. 침하 수정공사의 사전답사를 한 가옥에서는 건설 당시의 지반조사를 실시했던 것까지는 좋았지만 그것은 조명기구와 도어노브의 품목번호까지 결정하여 공사비가



지오테크의 지반 데이터베이스는 '지오다스·수도권판'과 같이 국토지리원의 토지조건도(수지치도 2500)에 지반조사 데이터를 조합한 것도 있다. 푸른색의 지점은 양호한 지반, 검색과 적색은 연약지반을 나타낸다.

확정된 후에 지진제(地鎮祭)를 올리기 직전이었다. 지반이 연약하다고 판명되어도 시공주에게는 손에 쥘 자금이 남아있지 않고 기초의 사양을 베타기초로 변경하는 것이 곤란하였다.

연약지반은 두께 80cm의 성토로 건물 양방향의 하중을 견디지 못하고 완공 직후부터 침하하기

원 인

겉보기에 평탄하지만
연약층의 두께가 불균일함

부동침하성 트러블은 지반이 연약한 장소에서 발생하지만 그 중에서도 발생율이 아주 높은 장소가 있다. 그 전형적인 곳이 예전에 습지로 있었던 가늘고 좁은 골짜기 지대를 택지화한 장소다.

골짜기 지형 양측에는 급사면으로, 지형을 반영하듯이 골짜기 가장자리에서 중앙쪽으로 오면서 연약층의 두께가 변화하고 있다. 게다가 상류에서 하류쪽으로 향하면서도 연약층이 점점 두껍게

시작했다. 주택보증기구의 면책 기간인 2년을 버티지 못하고 바닥의 경사와 여닫이의 틈새 불량 이 드러났다. 4개월마다 침하 측정 을 2회에 걸쳐 실시하였는데 역시나 침하가 진행중이었다. 약 700만엔이라는 거액의 비용을 건 축회사가 전액 부담하여 세경강 관(細徑鋼管)을 기초의 수직으로 압입(壓入)하는 방법으로 침하수 정공사를 행하였다.

대 책 1

**지형을 구분한 지도를
입수하여 조사한다**

지반은 지형으로 결정지어진다 고 말해도 좋을 정도로 고지대와 저지대에서는 지반의 상태가 다르다. '지형도' 상에서 계획지가 어디에 위치하는가를 판독하면 지반의 상태를 추정할 수 있다.

지형도의 축척은 2만5천분의 1로써 전국을 4,363면으로 남김 없이 수록하고 있다. 국토교통성 국토지리원이 발행한다. 해발 높 이가 기재되어 있고 기록을 나타 내는 등고선이 표시되어 있다. 지형도에 그려져 있는 논이나 습 지의 마크를 구분할 줄 알면 지 반이 부실한 저지대 습지를 구별 할 수 있다.

'토지조건도'는 지형을 보다 세분화하여 채색하여 구분되어

있기 때문에 지형도보다 읽기 쉬 운 지도이다. 고지대는 오렌지색, 저지대를 대표하는 골짜기 지형 과 평야는 녹색, 배후습지는 짙은 청색으로 표시되어 있다.

이즈만태풍 침수범위가 명확하 게 작성되어 있는 홍수예측도와 완전히 일치하기 때문에 수해 예 방과 산지사면의 재해예측도(하 버드 맵)로 작성되었다.

축척이 지형도와 같은 2만5천 분의 1이기 때문에 동이나 구번 호까지 핀포인트로 구분되어져 있어서 건축예정지의 대부분의 지반상태가 추측 가능하다. 아쉬 운 것은 전국을 망라하지 못한 점 과 초기 발행판의 손상이 현저하 기 때문에 일부가 누락되어 있는 점이다.

지형도와 토지조건도는 규모가 큰 대형서점에서 판매하고 있다. 국토지리원의 외부단체인 일본지 도센터에 신청하면 된다. 수도권 의 토지조건도는 지오테크 홈페이지(<http://www.jiban.co.jp/geodas/>)상에서 공개하고 있는 지반 데이터베이스에서 검색도 가능하다. 지도는 작성된 연도가 오래될수록 시가지화되기 이전의 원 지형을 나타내고 있다. 한부 구입해서 소중하게 보관해두면 그 지역내에서 발생할 건축계획 의 전부에 이용할 수 있다. 또 그 것에 의해서 개개의 물건마다의

● 지명에서도 알 수 있는 지반상태



동경의 JR山手線내의 지도. 높은 지대 (검은 부분)과 저지대의 차이가 지명에 잘 나타나 있다.



'川' '谷'의 문자가 예전에 저지대였음을 말해주고 있다.

지반정보가 지도상에 통합되어 지면상의 정보로 토지감별서가 되는 것이다.

대 책 2

**지명에 포함된
'위험신호'를 읽어낸다**

건축계획이 수립되면 등기부를 보고 지목과 지적을 확인할 기회가 있을 것이다. 그때 건축확인신청서에 기입된 지번(地番)에도 신경을 쓸 필요가 있다.

지번은 토지의 고유명으로 특별한 이유말고는 변경되지 않는다. 지반에는 아자(字) 지명(우리나라의 읍·면·동과 같은 구획명)이 남아있는 장소가 있다.

그곳에 지형과 토사재해를 떠

올리게 하는 한자가 눈에 띄일 것이다. 기술이 발달하기 이전에 지반침하, 침수, 산사태 등의 위험 정보를 주민 모두가 공유, 나아가 자손에게도 알려주기 위해서 지명이 고안된 것이다.

수만년에서 수천년을 걸쳐 형성된 지층의 퇴적이 현재 수백년 정도에서 변용될 리가 없다. 일찍이 지반이 연약했던 장소에는 지금도 그에 걸맞는 지명이 사용되

고 있는 경우가 많다.

위험한 신호를 나타내는 지명의 대표적인 예로는 물가를 나타내는 '瀨' '浜' '池', 저지대와 구덩이 지형을 나타내는 '澤' '溝' '田', 물가에 살고 있는 동식물이 지명화된 '鴨' '鷺' '管' '蓮' 등이 있다.

이미지를 우선적으로 부여하는 지금의 지명 명명방식에서는 골짜기 지형에 '○○의丘' (○○의

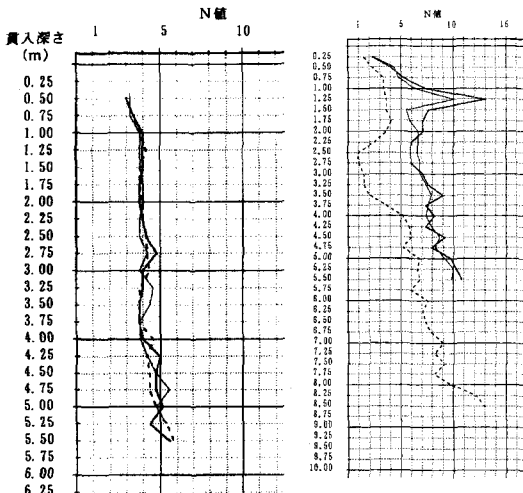
● 지반조사 데이터를 활용한다

스웨덴식 사운당시험

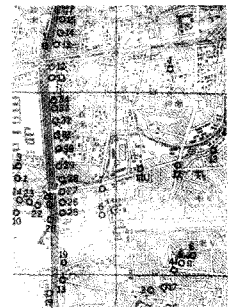
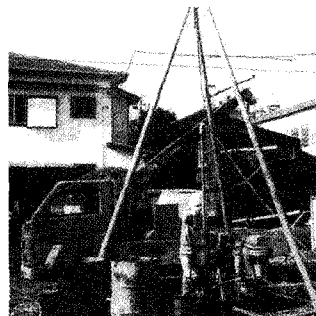


왼쪽과 같이 앞부분에 스크류를 연결한 봉위에 추를 놓고 회전시켜 관입하는 상태에 따라서 지반의 강도를 추정하는 방법이다. 간편하기 때문에 일반주택 건설시에 자주 이용된다.

아래 그래프는 왼쪽이 양호한 지반의 예, 오른쪽은 오주의 지반의 예로 둘 다 부지내의 3개소에서 측정한 것이다. 저마다의 지점에서 데이터가 거의 같은 경우는 문제가 없으나 커다란 차이가 있는 부분은 그 원인을 확실하게 해 둘 필요가 있다.



보링 · 표준관입시험



일반주택에서 보링 · 표준관입시험을 실시하는 것은 그다지 현실적이지 않지만 부지 주변에서 행한 시험데이터를 활용하는 방법이 있다. 오른쪽의 데이터는 동경도 토목기술연구소의 '동경도 종합지반도'에서 발췌한 것이다. 과거에 시험을 행했던 지점을 표시한 지도와 그것이 대응하는 지반데이터가 기재되어 있다.

이와 같은 자료는 공공도서관에서 관람할 수 있다. 반드시 부지쪽의 데이터를 얻을 수 있는 것은 아니지만 부지와 근접한 일대의 지반상태를 참고 자료로 하는데 효과가 있다.

언덕)이라고 명명하는데 이런 지명에서 지반을 읽어내는 것이 어렵게 된 것은 사실이다. 하지만 유래를 물어 거슬러 가다보면 어딘가에서 위험신호가 잠재되어 있다는 것을 참고해서 조사해 보길 바란다.

또한 자신이 살고 있는 지명에 관심을 갖지 않을 시설주는 없을 것이므로 좀 어렵게 느껴지는 지반에 관한 이야기를 도입부로 지명은 좋은 소재가 될 것이다.

대 책 3

몇몇 지점에서 SS시험으로 연약층의 두께를 파악

일반주택에 있어서 15년정도 전부터 보급·실시되어 온 지반 조사가 스웨덴식 사운딩(SS) 시험이다.

중량구조물의 지반조사에서 정해진 순서로 돼 있는 보링·관입

시험(SPT)은 작업공간과 비용면에서 적당하지 않다. 또한 기존 가옥을 해체한 후 부지가 단단해질 때까지 기다려야만 한다. 이에 비해서 SS시험은 가옥이 건축되어진 정원 바로 앞에서 3, 4군데 조사가 가능하다. 따라서 미묘한 연약층의 두께 변화를 파악할 수가 있다.

경량 건물의 부동침하의 주요 원인은 지반의 지지력(강도) 부족보다는 지반 밸런스의 불균형에 있다. 이런 점에서 생각해 보면 한군데에서 실시하는게 고작인 SPT보다 지층구성변화를 파악할 수 있는 SS시험쪽이 택지에 적합하다.

SS시험의 조사보고서를 판독하는 요점에는 몇군데의 조사데이터를 상호 비교하여 심도(深度) 수치와 실제 묻은 관입심도 수치에 차이가 있는지 여부를 체크하는 것이다.

구조안전성과 관계깊은 설계변경을 상세설계 단계에서 시설주에게 보이게 되면 신뢰관계를 잃을 수 있다. 지반이 연약하다는 것을 초기에 알려 대책안으로 기초의 사양 변경과 지반보강공사가 필요하게 될 지 모른다는 것을 시설주에게 전달해 두고 자금에 대한 계획을 어느 정도 느슨하게 조절할 수 있도록 심적으로 준비할 수 있는 시간을 주는 것이 중요하다.

건평률과 용적율을 산출할 타 이밍에서 대부분의 지반 상태를 파악해 두는 것이 최적이다. 지반 상태가 나쁜 저지대 습지에서는 부동침하 뿐만 아니라 방습대책에도 주의를 갖는 것이 필요하다. 경우에 따라서는 지하실이 계획될 수 없는 곳도 있을 것이며 지진시에 흔들림이 증폭되기 때문에 내력벽의 위치에도 신중을 기하는 등 대책을 세우지 않으면 안 된다. <外誌에서> 