



建築基礎の杭の長さが足りなくて建物が傾くことが話題になったことがありますが、事前に防ぐ手だてはありますか？



マンション傾動問題では、基礎杭が支持層まで達していないことや、施工データの改ざんが問題となりました。施工データの改ざんは、建設業の階層構造での責任と連携の問題であり、現在様々な取り組みで改善が図られています。一方、基礎杭が支持層まで到達していなかった問題は、支持層の不陸への対応不足が主な原因と考えられます。

建物が傾く原因は、構造物をささえる支持層に支持杭が到達していない場合や、支持層厚が不足して下位の地層が沈下してしまう、あるいは、支持層上位の緩い粘性土層で圧密沈下が発生し負の摩擦力が杭に働く、等が考えられます。

これらの原因の中で最も多いのが、支持杭が支持層に到達していない場合と考えられます。地中に分布する支持層はその形成要因により凹凸や傾斜していることがあり、地質調査が不足していると支持層の3次元分布の確度が高まらず、支持杭が支持層に到達しないことが生じます。

建物が傾くことを事前に防ぐには、適切な支持層を決定し、その3次元分布を精度よく把握する必要があります。

#### (1) 建物基礎の支持層の検討はなぜ必要なのでしょうか

日本の大きな建物は、人口が集中する平野部に作られることが多いのですが、この平らな地形は、埋め立て等の人口改変によるものを除くと約1万年以降（第四紀完新世）の山地の隆起とその削剥による砕屑物が沈降域に堆積して形成された新しいものです。この新しい堆積物は軟質であることが多く、その上に大きな荷重の構造物を施工すると建物に沈下や傾動が生じます。よって、建物の重さに見合う基礎地盤を選定し、施工性、工費、工期を考慮して建物を支える基礎形式を選ぶ必要があります。

建築基準法施行令（基礎）第三十八条 3によると「建築物の基礎の構造は、建築物の構造、形態及び地盤の状況を考慮して国土交通大臣が定めた構造方法を用いるものとしなければならない。この場合において、高さ13メートル又は延べ面積3,000平方メートルを超える建築物で、当該建築物に作用する荷重が最下階の床面積1平方メートルにつき100キロニュートンを超えるものにあつては、基礎の底部（基礎ぐいを使用する場合にあつては、当該基礎ぐいの先端）を良好な地盤に達することとしなければならない<sup>1)</sup>と定められています。よって、3～4階以上の建物の基礎ぐいは、良好な支持層に着けることが求め

られます。

## (2) 良好な支持層とはどのようなものでしょうか。

良好な支持層とは、構造物を十分に安全に支持する能力があり、かつ沈下に対しても安全である地層とされ、構造物の荷重により設計者が判断することとされています。一般には砂質土、礫質土でN値30～50（または60）以上、粘性土で20～30以上とされています<sup>2)</sup>。

支持層とは上記の条件で5mを超える層厚を持つ地層、または軟質な堆積物下に伏在する埋没した基盤岩になります。

N値：質量63.5 kg のハンマーを760 mm の高さからアンビルに落下させて、SPT サンプラーを打ち込む。N値は、SPT サンプラーを（自重や予備打ちにより貫入させた後）300 mm 打ち込むのに必要な打撃回数である<sup>3)</sup>。

## (3) 支持層の凹凸・傾斜とその成因とはどのようなものでしょうか

堆積層での支持層の凹凸は、旧河川の蛇行による削り込みや、活断層の影響等で急激に支持層が傾く、あるいはなくなるものです。一方、基盤岩の凹凸は、谷地形の伏在や風化帯の厚さ等の影響によるものです。

支持層が凹凸・傾斜していることがわかった場合、ボーリング調査を追加し支持層の上面等高線図を作成して、安全側にゾーニングしながら杭長を決めています。施工時の変更対応を少なくし、高い品質の施工とするためには、設計前の地質調査で少しでも正確に支持層の3次元モデルを作成し、設計に入りたいところです。

## (4) 支持層の凹凸・傾斜に対応するにはどのような方法があるでしょうか

建物の基礎を確実に基礎地盤に着けるためには、上記のように支持層の3次元的な分布状態を理解し、支持層を決定することが重要で、3次元の地盤モデルを用いた評価が必要になります。しかし、取得する情報の質と量、調査者の経験に左右されるところがあり、結果、地質リスク（地質の不確実性がもたらす影響）が生じます。この影響を最小化するためには支持杭の計画地の全てでボーリング調査を行えばいいのですが、一般にはそのような密な調査は費用が大きくなるため行いません。

## (5) 支持層の凹凸をどのように把握するのでしょうか

計画域近傍にボーリングデータや地質図が公開されていれば、堆積物の形成場や第四紀の地殻変動の有無等の情報を取得できます。また、航空レーザー測量図等の精度の高い地形図があれば、浅い深度であれば伏在する谷地形の有無を想定することができます。これらの情報より支持層の凹凸の要因を考察し、その検証ができる配置、数量のボーリング調査を実施することが考えられます。しかし、ボーリングは費用が高くなるため、多くボーリング調査を実施するのではなく、3次元常時微動トモグラフィ等の新技術を積極的に活用し（図-1）、3次元の地盤モデルの精度を高め、施工時の品質確保に繋げることが考えられます。

### (6) 最後の砦は丁寧な施工

地質断面図は、ボーリング調査地点の情報に基づく推定であり、地質リスク（地質、地盤の不確実性がもたらす影響）が大きい場合は追加調査を実施し、リスクを低減する必要があります。しかし、地質、地盤の不確実性の影響がゼロになることはありません。よって、施工時の定量的な情報取得と対応が、最後の砦になります。

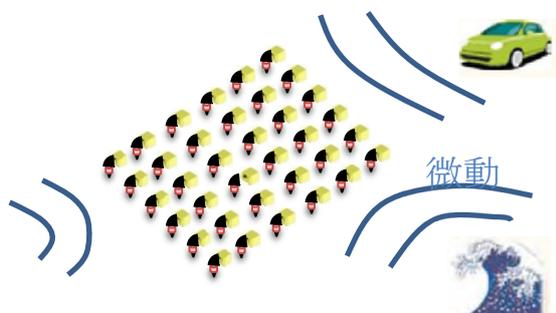
施工時には、実施工とできるだけ同じ条件で試験施工を行い、掘進時抵抗とN値、地質との関係を把握し、実施工時に取得されるデータの解釈を行いながら支持層への到達確認を行います<sup>4)</sup>。

### 【常時微動トモグラフィ 手法の概要とイメージ】

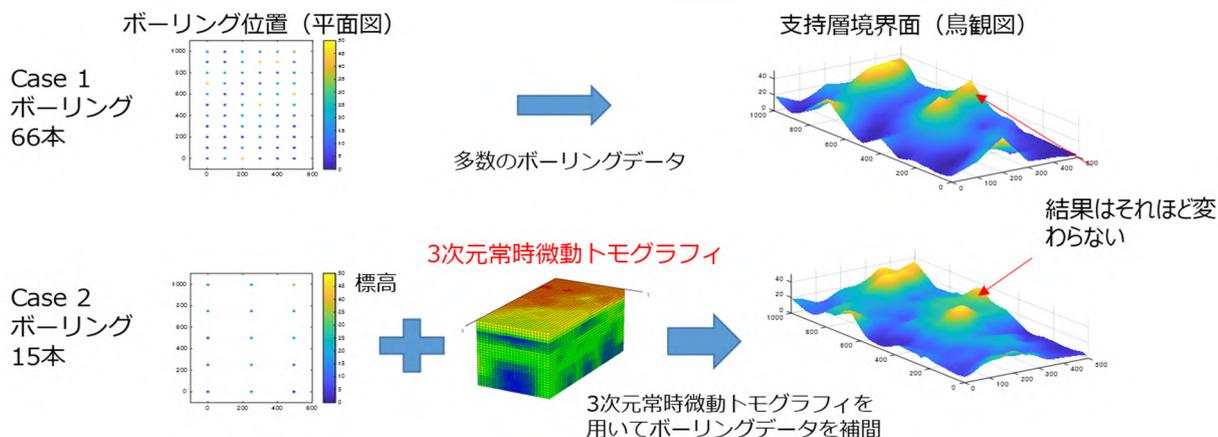
常時微動や走行車両・波浪等さまざまな方向から到来する振動を「震源」として利用し、微動アレイ探査の解析によって、地下の3次元S波速度構造を求め、支持層の上面分布を推定します。



収録装置 (McSEIS-AT)



### 【支持層調査での新技術の活用】



多数のボーリングを実施 (Case 1) する代わりに、少ないボーリングと3次元常時微動トモグラフィ (Case 2) を実施し、概略の支持層境界面を把握し、その結果に基づいて追加ボーリングを実施することで、精度の高い3次元モデルの構築が可能となります。

図-1 支持層の3次元モデルを作成する新技術 (3次元常時微動トモグラフィ)

【引用文献】

- 1) 建築基準法施行令（1950）：（基礎）第三十八条，3
- 2) 日本建築学会（2009）：建築基礎設計のための地盤調査計画指針，第3版，P. 25
- 3) 日本工業規格（案）（2005）：標準貫入試験方法，JIS A 1219：0000
- 4) 一般社団法人 日本建設業連合会 一般社団法人 コンクリートパイプ建設技術協会  
（2017）：杭の施工管理における支持層到達の確認方法（既製コンクリート杭 埋込み工法）

（回答者 山田政典）