

## 摩擦群杭による基礎の設計の重要性

(一社)基礎構造研究会代表理事 杉村義広

最近の建築基礎設計において摩擦杭が忘れられているのではないかと心配する機会が多い。学生時代を終えて設計実務に携わるようになって間もない若い構造設計者が基礎設計を行う状況を想定して考えてみたい。軟弱で厚い圧密沈下層が続く地盤に中層事務所を設計する場合、この国では最も信頼され、基本とされている基礎指針〔正しくは建築学会建築基礎構造設計指針2019年版〕が先ず参考に読まれるであろう。直接基礎では支持力が不足するので杭基礎を考えたことが多いただろうから、次のような状況になる光景が思い浮かぶのである。

まず、2019基礎指針の用語には杭基礎について「杭を介して上部構造からの荷重を地盤に伝える形式の基礎」とあるので、杭をみると「パイルキャップから荷重を地盤に伝えるために設ける柱状の構造部材」とあり、上部構造との接続部はパイルキャップに限定された支持杭基礎を考えるとことになると思われる。そこでは経験不足もあって、べた基礎状とした基礎スラブは思い浮かべることがまずないだろうと思われるし、ましてやそこに沢山の杭を配置する摩擦群杭を想定することは考えられない。

次に、6章の杭基礎に移り、要求性能についての記述を読み始めてみると、使用限界状態として杭基礎の沈下によって上部構造に不同沈下などの影響を与えないようにとの一般的な言及がなされているが、圧密沈下はその中に隠れて読み飛ばされてしまう印象がある。損傷限界状態については、「…なお、摩擦杭や薄層に支持させた杭基礎については、必ず沈下の検討に基づいて要求性能が確保されていることを確認する必要がある」との言及がなされているが、短い文章なので読み通り過ぎてしまうのではないかと心配になる。終局限界状態に関しては、「地すべりや斜面崩壊、液状化に伴う側方流動など、敷地全体の安定性が失われるような状態が想定されるが、こうした状態が起こりうる敷地地盤については、杭基礎設計以前に地盤改良などの適切な対策によって安定性が確保されている（あるいは敷地地盤として選定しない）ことが原則である」と書かれているのは、地盤に関する注意が示されていることには同意できる。ただ、地震時への言及であって圧密沈下は忘れられているのではないかと心配が増幅する。一般に杭基礎の要求性能に関する記述は地震時の支持杭基礎に集中して書かれている印象が強く、それは図6.1.3

の「常時に作用する荷重-想定される最大級の荷重に対する解析モデル」にも感じられる。杭先端が水平ローラーとされていることには、以前から疑問であると言いつつ続けているが、それは兎も角として、この図は支持杭

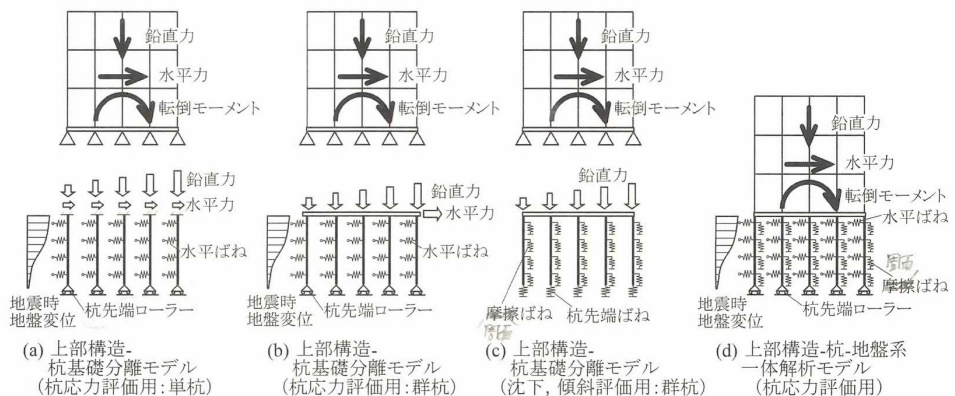


図 6.1.3 解析モデル（常時に作用する荷重-想定される最大級の荷重に対する解析モデル）

をイメージしたものであって、摩擦杭とは言えないのは誰もが感じるであろう〔この図に限らず、ほかに出てく

る図もほとんどが、同様に支持杭を思わせるものとなっているのが気に掛かる]。

では、7章のパイルド・ラフト基礎はどうかと調べてみても、7.3節沈下の3の「基礎からの荷重によって、地盤が圧密沈下しないことを確認する」との記述に出会うことでドキッとしてしまう。その理由は、せっかく杭を用いた基礎を想定して読んできたのに、この基礎形式でもダメなのかと思わせられるからである。もし、若い構造設計者が1988基礎指針まで遡って読むことがあれば、まだ解決の糸口が見つかるかも知れないのだが、と無い物ねだりの気持ちにもなる。その序文に書かれている内容を読み返してみると次のようなことが書かれている。

従来の基礎規準の時代には学術の発展が行政に反映される関係が矛盾なく保たれていたが、時代を経るに至って学会の出版物は学術書に徹することが重要であるとの考えから、名称は建築基礎構造設計指針と変更することになった。内容はリコメンデーションであるべきだが、カタカナで書くとニュアンスが伝わらないので **Recommendations for Design of Building Foundations** と英語で表題の添え書きにすることが吉見主査の意向で決まった経緯も思い出される。

そのような基礎設計の理念を議論していた経緯を思い出してみると、基礎の設計は敷地の地盤条件に適合することを第一に考えるものであることが確認出来るのである。以上に示した7.3の3の解説文〔いしづえ通信88号で全文を引用したので参照〕は、見当外れの視点で書かれていることに気付くであろう。すなわち“圧密沈下地盤では、ほとんどの荷重を杭で分担するので、パイルド・ラフト基礎というよりは摩擦杭基礎になってしまう”との意味のことが書かれている点である〔敷地地盤の条件に最も適する基礎を見出すのが基礎の設計理念である筈なのに、パイルド・ラフト基礎にすることが目的になってしまっているからである〕。経験の少ない若い設計者がそのことに気付いて読んでくれるかが心配されるので、ここでは次のように明記しておきたい。この文章は“圧密沈下地盤にはパイルド・ラフト基礎は向かず、摩擦杭基礎の方が適している”と解釈するべきであると。若い設計者にはそのように読んでいただきたいものだと思う。

圧密沈下地盤において摩擦杭基礎〔実際には摩擦群杭基礎〕が採用される理由は以下のようなプロセスを踏んでなされていると想像される。地表近くの地盤の支持力が足りないし、沈下量も大きくなるので直接基礎は無理な状況となっている。そのために、代わって杭基礎を考えることになる。そこで、杭の支持層を探すと深い位置まで該当する層が存在しないので、上部構造の規模との関係を考えて支持杭では長すぎて不適であり、費用の面からも高すぎるために、先端を途中の軟弱層で止める摩擦杭が適当と判断することになる。したがって、最終的に摩擦杭基礎に行き着くとなるプロセスである。

摩擦杭は、先端支持力が小さいので沈下することを前提として用いるしかない基礎形式である。そのため、パイルドラフトにならざるを得ないのであるが、不同沈下を小さくするためには沢山の杭を用いる設計が適切となるので、建物底面全体をべた基礎状とし、多数の杭を満遍なく配置する形式が採用されることが多くなる。これが圧密沈下地盤において摩擦杭基礎がよく採用される実態ではないかと思われる。

筆者は“摩擦杭基礎こそがパイルドラフトである”と、言葉についても“パイルドラフト”に拘泥している。Burlandらの論文で7番目の結論として示された沈下抑止杭がパイルドラフトの一形態であることは間違いがないが、摩擦杭もまたパイルドラフトの一形態であると主張したいのである。基礎指針が「パイルド・ラフト基礎はBurlandらが提案した」と書いているのは間違いであって「指摘した」と書くのが正しいと言いたいと同時に、結論の8で具体的な基礎形式として「慣習的に方法で設計された摩擦群杭は不同沈下の低減に非常に効果的

である」との記述は非常に重要であると思われるのに、それに触れていないのは片手落ちであるとの指摘もしたいわけである。

この点は基礎構造の設計理念から見ても当然のことである。したがって、次回の基礎指針改定では“圧密沈下が問題とはならない地盤では沈下抑止杭が有効である”ことと並べて、“圧密沈下が避けられない地盤の場合は摩擦群杭基礎が適切である”という点も明記するように望まれる。

摩擦杭基礎は群杭とすることが多いので、べた基礎状の床底面積の大部分を杭で占めてしまうのが実際である。そこで、設計では杭先端の支持力だけでなく、ラフトの支持力もゼロとして扱うことが多い。そのためにパイルドラフトとは別形式と考える人々がいるかも知れないが、それらをゼロとするのは設計上の安全性への配慮であって、いわばフェイルセーフの一種であると筆者は考えている。故に“摩擦杭こそパイルドラフトの一形態である”と言い続けているのである。

人間の心理として、摩擦杭は支持杭のように先端が支持層に届いていないので不安感を持たせるのは事実である。ただ、実際に長期や短期の荷重時に先端が止まっていて沈下しないのは、硬い支持層内へ十分に打ち込まれた杭の場合だけであるという点も併せて考えておく必要がある〔筆者は若いときに東京赤坂の東急ホテルの山留め工事の根切り底現場で、当時、親杭横矢板の親杭先端部が“提灯座屈”している現象を観察したことがある。職人さんが“これはよく入るな”と打ち込み続けたとのことで、H鋼先端がたたまれた提灯のようになっている状況を鮮明に覚えている〕。市街地での打ち込み杭が禁止されている現在では、掘削を伴う場所打ちコンクリート杭や埋込み杭がほとんどとなっているので〔回転貫入杭と呼ばれる工法はあるが、それも打ち込み杭とは違ってむしろこれらの杭に近い〕、打ち込み杭では極限支持力とみなせる杭径の10%沈下時は、これらの杭の場合は先端が支持層に届いていても、さらに大きい荷重が加われば、すぐに沈下が起こると考えなければならない。したがって、支持杭なら安心できるというのは単なる幻想に過ぎないことを忘れてはならない。摩擦杭は群杭効果で地盤と一緒に箱のような状態となり、圧密沈下が生じても船のように浮かんでいるのであって、いわばバランス構造となっていると考えればよい。

以上をまとめると、地盤条件として洪積粘性土層など、いわば圧密沈下を起こさない場合にはパイルド・ラフト基礎、すなわち沈下抑止杭が有効であり、圧密沈下を起こす条件の沖積粘性土層では群杭からなる摩擦杭基礎が適しているということになる〔これは“弾性論が適用できるような粘性土地盤では沈下抑止杭が、弾性論が適用できない圧密沈下地盤では摩擦杭が有効と考えておけばよい”との考えに通じる〕。

摩擦杭基礎は、地震時のことを考えると液状化の可能性のある砂質土地盤でも有効である。液状化の場合は側方流動が最も厄介な問題となるが、支持杭では致命的な損傷が生じる恐れがあるが、摩擦杭の場合は船のように浮かぶ性質というものがあるので、そのような被害を避ける可能性が考えられるからである。

また、昨年の能登半島地震で転倒した五島屋ビルについて、いしずえ通信76号から何回かにわたって書いたことも思い出す。もし、あの建物が地下室と摩擦杭基礎の組み合わせで設計されていたら、意外にあのような被害は受けなかったのではなかろうかと想像されるのである。少なくとも転倒することは免れたのではないか？摩擦杭基礎はそのような有効性も持ち合わせているのである。