

## パイルドラフトについて(2019 地盤工学研究発表会での話題その2)

(一社) 基礎構造研究会代表理事 杉村義広

今回は地盤工学研究発表会での話題の二つ目としてパイルドラフトについて記述する。建築学会では、2001年版基礎指針に併用基礎という新しい概念の第7章が設けられ、異種基礎とパイルドラフト基礎が並べられているが、筆者は学生時代から研究者になった若い頃に基礎の支持形式について聴いたいくつかの記憶があって、それらに基づけば“パイルドラフトは確かに新しい言葉であり、考え方としての提案であることは分かるが、基礎形式として分類するまでには至っていないのではないかと”の考えを拭いきれていない心境にある。基礎の分類はあくまで直接基礎、杭基礎、異種基礎の3つであって、杭基礎は支持杭基礎と摩擦杭基礎に細分類されるが、とくに摩擦杭基礎がまさにパイルドラフトそのものであって、両者の関係が見事なというか、正確に整理されない限り“パイルドラフト基礎”という分類項目を追加してしまつては混乱を招くだけであるとの懸念から脱しきれないのである。

以下には筋道だったものではないいくつかの記憶であるが、思い出すままに若干の考察とともに記してみたい。

筆者は若い頃に、杭基礎の設計は杭の支持力と基礎スラブ〔今日風に言えばラフト〕底面での接地圧の和で行うと聴いた覚えがあり、そういうものだと思っていた。杭先端を支持層まで届かせるか、途中で止めるかで支持杭、摩擦杭の選択となり、両者の分担率は変わることになる。摩擦杭の場合は杭先端での抵抗力が大きくないので沈下の検討を合わせて行うのが必須であるから、ラフトの接地圧比率が大きくなり、支持杭の場合はその比率は小さく、大部分を杭の支持力に期待することになるなどと想像していた<sup>注1参照</sup>。

研究者になって経験を重ねるようになってしばらくした頃、ジョサイヤ・コンドルの「造家必携」〔ジョサイヤ・コンドル口述、松田周次、曾瀬達蔵筆記、績文舎、明治19年4月〕に出逢い、その書〔と言っても実際には古い染みなどが混じり合った文字の読み取りにくいコピーであるが〕を読んでいるうちに、この国の杭基礎は木杭から始まっていることを知った。記憶を頼りに今回の話題に関係するあたりを探して読み返してみると、以下のような内容が書かれている部分があった。

「杭の間隔は家屋の構造、重量および土質などによって算出するので一様にはならないが、およそ2尺以上3尺とする〔1尺=30cmとして換算すると60~90cmとなる〕。杭打ち後、杭頭を切りそろえ、およそ1, 2尺〔30~60cm〕の土を掘り出し、割り栗石などを撒き出すか、練り砂利を詰め込む。杭頭には格子状に組んだ木材を取り付ける。これは“捨”と呼ばれるが、後年捨が腐食して失われても杭間の充填物が十分に圧搾されて空隙を残さなくなる。」

これはまさに杭間充填物の支持力〔今日的にはラフトの接地圧〕を期待する考え方ではないか。歴史的に見れば、すでにパイルドラフトの思想が現れているということであり、木杭がパイルドラフトの原型とも言えるから、パイルドラフトはとくに新しい概念〔言い換えれば新しい基礎形式〕

と定義するほどのものではないことになる。

ただ、昭和 40 年代の高度経済成長期真っ最中に東京都心周辺地域で支持層深くに打ち込まれた鋼管杭支持の建物が負の摩擦力によって不同沈下を起こすという被害が起き、社会問題となったことがある。当時住宅公団の集合住宅で地盤の沈下により地盤面との段差が生じてしまい、入り口に数段の階段を設けて出入りすることを余儀なくされたという例があちこちで見られた。最も有名な被害は千葉県浦安市の小学校での不同沈下であり、これが切っ掛けとなって建築学会の 1974 年版建築基礎構造設計規準・同解説〔「基礎指針」と通称している「基礎構造設計指針 1988 年版」に改定されることになった前身の規準である〕の 30 条に新しく負の摩擦力が示されることになり、また、当時建設省の課長通達「負の摩擦力を考慮したくいの設計指針」にもつながったことなどは、筆者もいろいろな所で書いた覚えがある。

これら基礎下すなわち杭頭部に空隙が生じた事例が多数認められたために、“杭基礎では基礎スラブの接地圧を支持力として加算するのを禁止した方がよい”と、建研の先輩である亡くなられた阪口理博士がいろいろな委員会や講習会の席で発言している姿を見て、“そこまで言うとし少し言い過ぎではないか、杭基礎には摩擦杭もあって摩擦杭の場合は地盤の沈下に伴って沈下するのでラフトの接地圧は生きたままであると考えられるから、そのケースまでを含めて〈杭基礎ではラフトの接地圧を加算してはいけない〉と誤解されるのではないか”との危惧感を持って聞いていたことも思い出す。

上記の負の摩擦力による建物の不同沈下や杭基礎の突出という不具合は、地下水の汲み上げが原因であることがわかって規制されるようになったこともあるが、建築学会基礎規準 30 条や課長通達による効果が発揮されたことも大きかったようで、その後、負の摩擦力による被害が出たということは余り聞こえて来なくなっている〔マンションが傾斜した原因が負の摩擦力にありそうだった事例が希にあるので、負の摩擦力による不具合が皆無になったということではないが…〕。それに加えて筆者は、市街地での打込み杭が禁止されたことがその変化の最も大きな理由であると考えている。なぜなら、そのことによって建築では杭先端で突っ張る完全支持杭と呼ばれる杭基礎は最早存在しなくなったからである。それに代わって場所打ちコンクリート杭など掘削を伴う工法〔埋込み杭もこの概念に含まれる〕による基礎だけが用いられるようになったことが負の摩擦力による被害を減らしたものと考えているからである。事実、載荷試験などによって、この種の杭〔打込み杭が Displacement pile と呼ばれるのに対して Nondisplacement pile と呼ばれることがある〕は、荷重の小さい初期の領域から沈下量が大きく出ることが知られており〔このことから筆者は“支持杭として設計されていても場所打ちコンクリート杭は事実上摩擦杭である”と言い続けている〕、実際の建物に使用された場合も事実上は不完全支持杭を通り越して摩擦杭の性格となっているのではないかと思われるのである。これはまさに先端支持力の効果が意外に小さいために、実はパイルドラフトとなっているのではないかと、との疑念に繋がっているのである。

これらの点、すなわち少なくとも摩擦杭は事実上パイルドラフトであるとの疑念、あるいは場所打ちコンクリート杭などのように支持杭と思っていた杭が実はパイルドラフトとなっているのではないかと疑念も含めて概念が綺麗に整理されない限り、パイルドラフトは支持形式の分類用語ではなく、支持形式の説明用語であるとの考えは変えようがない。

建築学会の基礎指針〔現状では2001年版〕では、パイルドラフトはバーランドら〔Burland, J.B., Broms, B.B., and de Mello, V.F.B.: Behaviour of foundations and structures, Proc. 9<sup>th</sup> ICSMFE, Vol. 2, pp.495～546, 1977〕が提案したもので、杭を直接基礎の沈下を低減させる部材 (settlement reducer) とみなす考え方に基づいているとされている。これに基づいて、ラフトの接地圧がほとんどを占め、杭は沈下抑制のためだけに用いるとする〔あくまで直接基礎であって杭は補助部材にすぎないとして位置づける〕基礎の場合に限定して「パイルドラフト基礎」と定義することはあり得ると思える。しかし、それでも上記の2つの疑念との関係が明確にされる必要性は残る。パイルドラフトとはいえ、パイルの効果がまだ広い意味をも持っていると思われる点は解決しておく必要があるからである。この点は、今後も時間をかけて考え続ける必要があるであろう。

(注1) 確かに古い時代の設計では杭とラフトの支持力分担を考えている実例があったと記憶しているのだが、実設計の資料というものは残っていないのか、なかなか見つけることが出来ていない。