

何年ぶりかの建築学会大会での発表

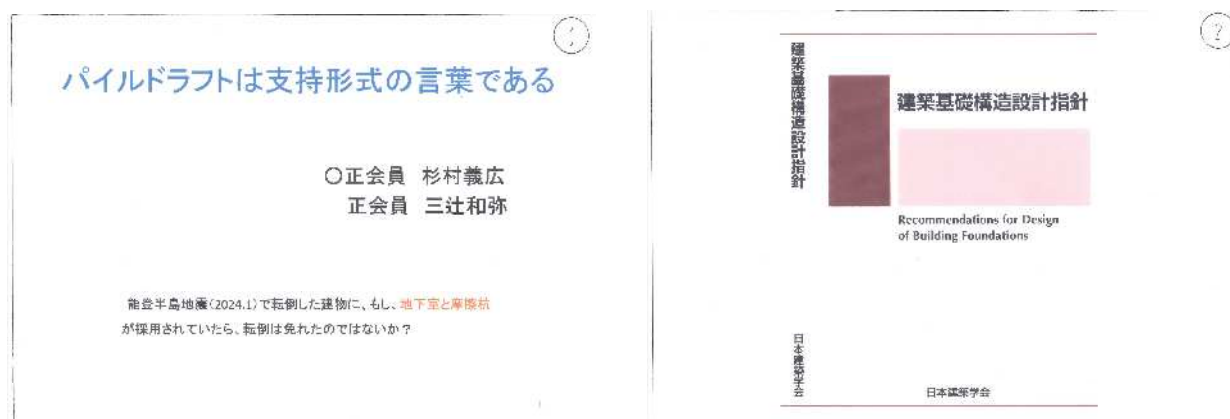
—摩擦杭の復活（その10）—

（一社）基礎構造研究会代表理事 杉村義広

これまで考えて来た内容を今年の日本建築学会大会で久しぶりに発表することにした。

自分のパソコンでは操作がうまくいかずに、急遽共著者三辻和弥先生のパソコンを使用させて貰ったため、その操作にも手こずって、パニックに陥ったままの話し方になったので、聴衆者に主旨をうまく伝えられたかどうか残念な思いで終わってしまった。そのため、ここではリベンジの意味で発表の全体像を書き留めておきたい。

スライド① この論文の切っ掛けは能登半島地震で転倒した建物です。もし、あの建物に地下室と摩擦杭の組み合わせが採用されていたら、転倒は免れていたのではないか、と思われるからです（お二人の命を失うことはなかったのではないかとその思いを強く持つ）。そこで、基礎指針では摩擦杭がどのように書かれているかを調べたのですが、意外なことに気がついたわけです。タイトルの中点のない“パイルドラフト”は基礎形式ではなく支持形式の言葉であるとの特別の意味をふくんでおり、基礎指針は本来の姿に改定されるべきだとの思いを込めています。

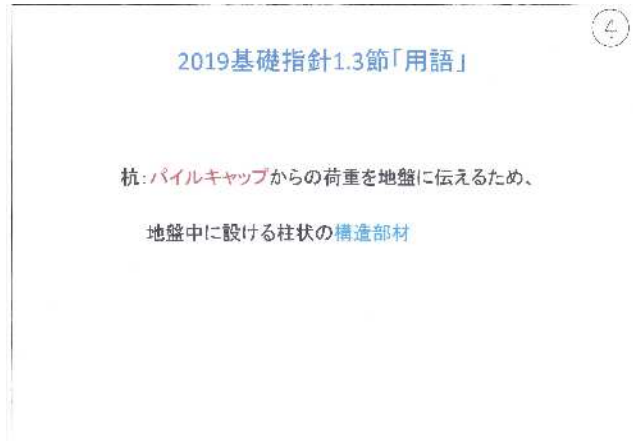
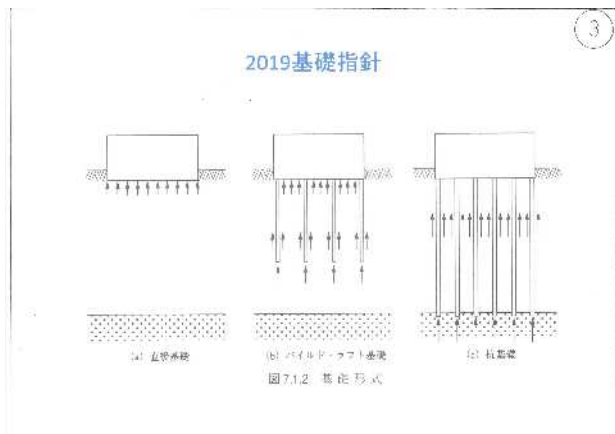


スライド② 基礎指針は日本語で書かれている本なのに **Recommendations for...** という英語が付されている理由を知っている人は、世代交代が進んだせいか、ほとんどいなくなってしまったようです。

その実態は、基礎規準から基礎指針に変わったときの運営委員会の主査であった吉見吉昭先生の意向によります。建築学会は学術・技術・芸術を謳っていますが、このうち吉見先生はとくに学術を強調されていて、学会の書物は学術的根拠に基づいたリコメンデーションの集まりでなければならないという考えを示されていました。前身である基礎規準には行政的な参考書のような記述が混入しているので、学術的な内容に改めるべきである。ただ、リコメンデーションとカタカナで書くと意味がよく伝わらないとともに、場合によっては主旨が変わってしまう心配もあるので、もともとの英語で示したという経緯があります（私は当時幹事を務めていたので吉見先生の考えは身に沁みているつもりです）。基礎指針のあるべき姿は、上部構造の実体をよく考えた上で、それを支えるために敷地地盤の条件に最も適する基礎形式を探し出すという点にあるということです。その理念にそぐわない点が現行の基礎指針にはいくつかあることに気がついたのです。

スライド③ パイルド・ラフト基礎は杭基礎の筈なのに別の章となっていて、別の基礎形式を思わせるのはおか

しいと思って読んでみると図 7.1.2 が基礎形式とされているのが出て来る。a) は直接基礎で問題はないが、b) は先端が支持層に届いていないもので、こうした基礎は摩擦杭基礎というのだと、学生時代講義で聞いた覚えがあるし、基礎規準の時代から摩擦杭基礎として定着していたのに、ここではパイルド・ラフト基礎とされている。学生さんや若い技術者がこの絵を見て、こういう「杭先端が支持層に届いていない」基礎はパイルド・ラフト基礎というのだとの誤解が蔓延するのではないかと心配されるわけです。c) は先端が支持層に届いていて杭基礎となっているので、支持杭の場合だけを杭基礎というのか、摩擦杭は杭基礎ではないのかとの疑問を持たせられます。

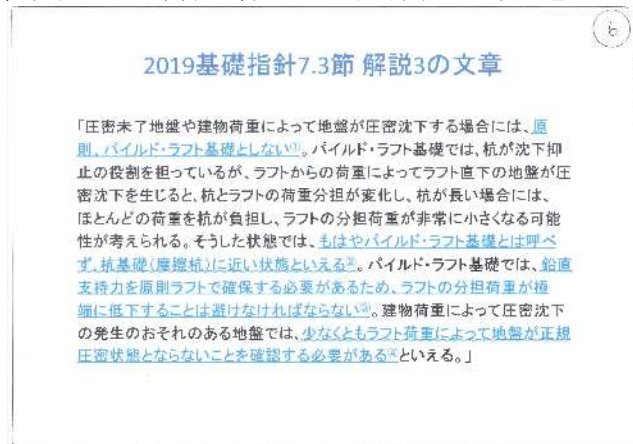
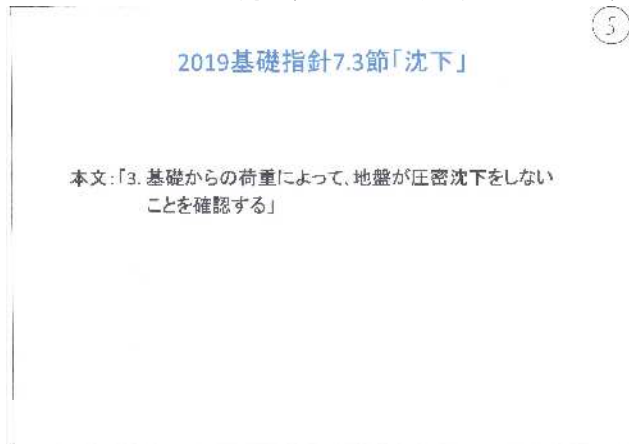


それだけではなく、ラフトの矢印が描かれていないので、かつて打込み鋼管杭が全盛の時代に杭先端で突っ張るために、旧住宅公団の建物が地表から浮き上がって階段を造らないと出入りが出来ないという社会問題が思い出され、そうした狭い打込み杭基礎だけを杭基礎と呼ぶのか、b) と合わせると、摩擦杭基礎はどこへ行ってしまったのかとの思いが増幅します。

スライド④ そこで用語ではどうなっているのかを調べてみると、一つだけ取り出してみますが、杭: パイルキャップから荷重を地盤に伝えるため、地盤中に設ける構造部材とあります。パイルキャップは1柱1杭基礎に象徴されるように、上部構造の荷重を柱下に集中させ、杭だけで支える支持杭基礎を思わせます。

スライド⑤ 内容になると、7.3 節の沈下で本文が「3. 基礎からの荷重によって、地盤が圧密沈下をしないことを確認する」とされ、…

スライド⑥ 解説になると「圧密未了地盤や建物荷重によって地盤が圧密する場合には、…」となります。全部は読まないことにしますが、パイルド・ラフト基礎とは呼べず、杭基礎（摩擦杭）に近い状態といえる」など、パイルド・ラフト基礎にすることが目的となった文章で、本来の地盤条件に最適な基礎を探すという理念から逸



脱してしまっています。〔ある意味では、このスライドで基礎指針のあるべき姿を逸脱していることを言いたかったのであるが、機

器操作の不手際から自分自身のパソコンで十分な説明が出来なかったことを後悔しているので、ここで改めてポイントを追加することにした。スライドの文章中に注記した②は、パイルド・ラフト基礎とすることが目的となった内容であり、③ではそれをさらに増幅しており、④に至っては本来の地盤条件に最適の基礎形式を探すのではなく、パイルド・ラフト基礎とすることが目的となっており、本末転倒を起こしていると言いたかったわけである。]

スライド⑦ このようなミスは、実は 2001 基礎指針に遡っているのです。Burland らの論文は、全部で 11 の結論が並べられていますが、杭基礎については 3 つの結論があり、3 番目の結論 (9) は砂質土地盤の場合で、沈下なども小さいので問題は少ないから、ここでの対象とはならないので省きます。ほかの 2 つが粘性土地盤の場合で、その一つ (7) 番目の結論を基礎指針は「Burland らがパイルド・ラフト基礎を提案した」としています。Burland らの論文は国際土質工学会議での state of the arts なので“指摘した”と表現するのが正しく、単に何かを提案するという性質のものではない。それと、肝心の 8 番目の結論を引用するのを忘れてるのが最も問題です。日本語の方だけ読みますが「慣習的方法で設計された摩擦杭群は不同沈下の抑止に非常に効果的である」[不同沈下は、圧密沈下するような地盤で大きくなるので、実はこのスライド、すなわち摩擦杭基礎はその対策として重要であること

7	8
このミスは、2001基礎指針に遡る Burlandらの論文の(7)を「パイルド・ラフト基礎を提案した」としているが、肝心の結論(8)の引用を忘れた。 (8) 慣習的方法で設計された摩擦杭群は不同沈下の抑止に非常に効果的である (4.5.4 節)。 (8) Friction pile groups designed by conventional methods can be very effective in reducing differential settlements (of Section 4.5.4). Burland ら論文の結論 (8)	結論:基礎構造運営委員会での検討を期待したい 基礎指針は、基礎構造設計のバイブルでもあるので、次回の改定では Recommendations として相応しい内容になるように議論していただきたい。

になります。沈下抑止杭はそれ以外の粘性土地盤に有効であり、圧密地盤対策の摩擦杭基礎と合わせて粘性土地盤対策が完了するという構図になっているのです。この結論の 8) を引用しなかったという重大なミスを犯しているわけで、修正する必要があります。

スライド⑧ 基礎指針は基礎構造設計のバイブルでもあるので、このミスの修正などについて基礎構造運営委員会でよく話し合っ、次回の改定では Recommendations として相応しい内容になるように改定していただきたいというのが結論です。

以上が発表したかった内容であるが、以下にはいくつかの補足を書き足すことにしたい。

1) 粘性土地盤の場合に対する Burland らの論文のもう一つの結論 (7) は右に示すような内容であり、主旨を訳すと以下のようである。「杭群が全く許容出来る沈下まで減少させるように設計する際には、杭の支持能力を一杯になるまで考えるべきである。もし、

(7) When designing pile groups purely to reduce settlements to tolerable amounts, consideration should be given to using the fully mobilized load carrying capacity of piles. If this approach is adopted care must be taken to ensure that the load-settlement characteristics of the piles are 'ductile' and that there is a suitable factor of safety against failure of the pile material (of Section 4.2).

Burland らの (7) 番目の結論

このアプローチが採用された場合は、杭の荷重-沈下特性が ductile であること、また、杭材の破壊に対して適切な安全率が保証されていることに配慮するべきである (4.2 節)。

この記述から本文に戻って 4.2 節を読んでみると「4.2 PILES AS “SETTLEMENT REDUCERS” [沈下抑止材としての杭]」とあり、次のように書き出されている。「In many situations the decision to use piles is taken, not because of a lack of bearing capacity in the near surface strata, but because the settlements of footings or rafts are deemed to be too large. The purpose of such a **piled foundation** is to decrease settlements tolerable amounts and they may therefore be termed “settlement reducing piles”.... [表層近くの支持力不足だけでなく、フーチングあるいはラフトの沈下が過大になると思われる時に杭の採用を決断する多くの機会がある。そのような**杭付き基礎**の目的は許容出来る沈下まで減じることであり、それ故に“沈下抑止杭”(地盤工学用語辞典 2006 ではこのように訳されている)と呼ばれる]」

ここで気づくのは、**piled foundation** (杭基礎 (pile foundation) とは別なので杭付き基礎と訳しておく) という言葉が使われているだけで、「パイルド・ラフト基礎 [piled raft foundation] という言葉はどこにも見られないことである [2001 基礎指針には図 7.3.1 に上記スライド③と同じ図が示されていると同時に、p.339 下 3 行目に「この基礎形式は Burland らが提案した」として同じ文献が参考文献 7.3.1 として挙げられている]。確かに foundation には raft の意味が含まれていて省略されたとも思える類推は出来るが、言葉としては基礎指針が先回りして独自の解釈により、「such a piled foundation」を「パイルド・ラフト基礎」と表現し直して、その上で「提案した」とまで言ったとしか思えないわけである [学術的に厳しく言えば、引用した論文の言葉を用いるのではなく、“別の言葉に言い換えて使うのはフェア (正当) ではない”ということになる。その上で“指摘した”ではなく“提案した”とするのは決めつけに当たり、“間違い”を犯していると言わざるを得ない。これはカタカナ語 (しかも中点付き) の恐ろしさとも言えそうである]。正確には“piled foundation をさらに詳述すると piled raft foundation と解釈出来ること”を示し、その上で「指摘した」と表現しておく慎重さが必要であり、そうした姿勢があつて初めて学術的には正当性が認められることになるであろう。

2) Burland らが “settlement reducing piles” と呼んでいることは重要である。ラフトの支持力が主体的であり、杭はその支援材のように使われるもので、Burland らは “ductile” でなければならないと言っている。すなわち、設計支持力を超えて相当に荷重の大きい範囲までの使用を期待している杭なのである。我が国の状況との比較を試みてみると、地震のない国であるので [イギリスやスウェーデンなどでこの種の杭がよく使われているらしい]、Burland らが言う設計支持力が我が国の長期許容支持力に対応するとみられ、その先は終局まで設計荷重に対する検討というものはなく、耐力一杯まで使う領域ではクリープ変形などが検討の対象となっているのが実態のようである [このあたりが Burland らの言う ductile に繋がるのであり、我が国では地震時の終局時の検討で初めて ductile が重要となることと比べて、それぞれの国での状況の違いが想像出来る]。

筆者は Burland らの settlement reducing piles [沈下抑止杭] には余り明るくないので言及はこの程度でやめるが、長期許容支持力の次に短期許容支持力の検討を必要とし、そのレベルを超えた領域で ductile が問題になる我が国の杭基礎とは沈下抑止杭は随分違うという認識を持つことが肝要である。

3) Burland らの沈下抑止杭を基礎指針が “パイルド・ラフト基礎を提案した” として受け取ったことは前述したが、パイルド・ラフト基礎に関するその後の研究の経緯を見ると、少なくとも四半世紀の積み重ねがあり、今日では超高層建物でもパイルド・ラフト基礎が応用されるようになった現状にあることを考えることも必要である。なぜなら、言わばパイルド・ラフト基礎が自己増殖するかのよう沈下抑止杭の領域を大幅に超えて杭基礎一般であるかのように変質してしまった状況にあるからである。とくに最近ではパイルド・ラフト基礎と冠した耐震に関する研究が多くなり、その貢献も見落とせない状況になっているが、なぜパイルド・ラフト基礎を名乗る必要があるのかと思えるほど、広く杭基礎一般に関わる内容に変貌している現状にある。

要するに“パイルド・ラフト基礎”は当初の Burland らの settlement reducing piles から本来の杭基礎に変質してしまっていると言い換えてもおかしくない現状となっているのである。基礎規準、指針の歴史の中でラフトの支持力の扱いの流れを見てみると、1952 基礎規準には「許容地耐力度の 1/2、かつ $3t/m^2$ 以下を基礎底面積に乗じて加えてよい」との記述があった。しかし、1960 基礎規準からは「杭基礎の許容支持力は杭の支持力のみによるものとし、とくに検討した場合のほかは、基礎スラブ底面における地盤の支持力を加算しない」の文章に変わり、同じ主旨の文章が 1988 基礎指針まで続いている。当初、ラフトの支持力はある程度考慮してよいと考えられていたが、1960 基礎規準以降では、学術的にはよく解らないことが多いので安全側に考えるために加算しないとしたものであると想像される。それが慣習的に続いているうちに、いつの間にか“杭基礎ではラフトの支持力を加算しない”が、学術的にも定説として根付いてしまったのではないかと。その上、高度成長期に打込み支持杭が全盛の時代となり、先端支持力の割合が極端に大きくなると共にラフトの支持力への期待はほとんど無くなってしまったという背景がある。と同時に、前述した旧住宅公団の階段を造らないと出入り出来ないなどの事例が起きたのである。そんな時に“パイルド・ラフト基礎”が新しい“基礎形式”として出現したという構図になっているのである。沈下抑止杭は“杭基礎にはラフトの支持力もある”という点を思い出させる切っ掛けになったのは事実であるが、支持形式の言葉であるパイルドラフトが基礎形式として扱われていることが問題として残るのである。

筆者は、最近のパイルド・ラフト基礎と冠した研究の貢献は本来の杭基礎に関する研究〔ラフトと杭の支持力分担を考えた研究〕であると認めている者であるが、上述して来たように言葉としての“パイルド・ラフト基礎”は種々の問題点を包含しているので、それらを払拭するためにもせめて“パイルドラフト”と中点を外すことで本来の杭基礎であることを明示して貰いたいと考えているのである。そうすれば、ラフトの支持力を無視している現状の杭基礎は“慣習的な杭基礎”と呼ぶことで綺麗に整理出来るからである。

長々と書いて来てしまったが、この稿の主旨は以下の 2 点であることを明記して筆を置きたい。

- ・本来の杭基礎として“パイルドラフト基礎”の呼び方を採用し、慣習法としての杭基礎との関係を再整理すること
- ・摩擦杭をないがしろせずに正當に位置づけること