

設計例集への質問に対する回答を受ける

(一社) 基礎構造研究会代表理事 杉村義広

建築学会の事務局から筆者が送った設計例集に対する質問 [いしずえ通信 74 号に記載] への回答メールが届いた。あわせて正誤表も公開したので活用くださいとのメッセージがあったので、それを見てみると筆者への回答は正誤表には含まれていなかった。個人的に回答すればよいと判断されたものと思われる。確かに質問の 2 などは説明のために個人的な経験も書いているが、これら 2 つの質問は広く一般にも知って貰った方がよいと思って送ったものなので、記録として残すために文末に掲載することにする。

質問の 1 については、その後、“場所打ち鋼管コンクリート杭” が世の中にどのくらい浸透している言葉なのかを知りたいと思ってインターネットで調べてみると、“場所打ち鋼管コンクリート杭工法” が企業名とともに、それも複数出ているので驚いた。理想的な断面を造るには C (コンクリート) と S (鋼) の組み合わせを最大限に生かすのが最適であるのは誰もが知るところであり、建築では上部構造の慣性力の影響が大きいので、鋼管を巻く箇所としてまず杭頭部が対象とされたのであろうと想像した。そう言えば、「基礎部材の強度と変形性能」の本の解説図 4.1 を見た時にも“いよいよ場所打ちコンクリート杭でも鋼管を巻く例が出始めたか”との感想を持ったのは事実である。建築基礎の分野では、営利目的で先行して新しい工法が開発されるのはよくあることであり、“場所打ち鋼管コンクリート杭”もその一つではないかと気付いたのである。ただ、場所打ちコンクリート杭の特殊なものとして開発する意図であることは間違いなく、筆者はそうした“より良きものを造り出す開発”までを否定する積もりはない。言葉の問題として、“鉄筋”を追加した“場所打ち鉄筋コンクリート杭”はおかしいのではないかという点、すでに学術用語として定着している“場所打ちコンクリート杭”をそのように呼び直す必要があるのか、との疑問を挙げたい。回答にある「場所打ち鋼管コンクリート杭と鋼管巻き場所打ちコンクリート杭が併存している」という表現も、そのまま併存させておいてよいのか、整理する必要があるのではないかと。これらの名称については交通整理が必要となる時期がすぐにでも来るのではないかとと思われる [設計例集 3.4 では杭頭部だけでなく杭先端も高剛性型の SC 杭 (SC*杭) とされている。場所打ちコンクリート杭でもそれ以上の工法が出て来るとも限らず、表現の仕方に困ってしまうのではないかと、ということである]。

質問の 2 については、耐震設計におけるモデル化上の杭先端は地盤の応答モードとの関係を考えて設定するのが普通であることを指摘したい。地震動は工学的基盤 [杭の支持層とされることが多い] より深い位置から伝わって来るが、上層とのインピーダンス比の影響で工学的基盤の上端位置で極端に増幅することが多いので、支持杭の場合は支持層 [したがって工学的基盤] 内に根入れするので、支持層上端位置を杭先端として固定と仮定するモデル化が多い。回答では、支持層に深く根入れした場合の杭側面の地盤反力の効果を考えれば、その拘束効果を表現出来ると記述されている。まさにその効果を想定して支持層の上端位置で固定という境界条件を仮定している訳である。回答では、その効果を表現出来ると言うだけで、杭先端境界条件については単に「群杭フレームモデルの杭先端水平ローラーと設定しました」と記述するだけで、なぜ水平ローラーとしなければならないのかについては何らの説明もない。それでは質問に対する回答になってはいないので

はないか？

杭先端境界条件に関しては鉛直方向のモデル化についてさらに施工性との関係に述べたいことがある。回答では“杭先端の鉛直変形を止めたモデル”としていることへの言及があるが、かつての打込み杭ならば水平方向の拘束のみならず、鉛直方向もほぼ止められるのでそれでよいが、最近の埋め込み杭や場所打ちコンクリート杭など掘削を伴う杭の場合には、事情が全く違っていることを考える必要がある。掘削によって応力解放があること、スライムの残存によって沈下の余地があることなどの影響が大きく、極限支持力とみなされる〔これはむしろ間違いで、基準支持力と呼ぶべきであるが〕杭径の10%沈下時はまた荷重-沈下関係の途中段階であることを忘れてはならない。将来、解析力がもっと向上した暁にはそれをばねとして表現することの方が学術上は望ましいのである。回答にある群杭フレームモデルは推奨すべきものとして提案されているのに、鉛直方向は止めてしまい、水平方向は施工性から見ても拘束されている筈であるのにローラーとして評価するのは全く逆のことを示していると言わざるを得ないのではないか？

以上、2つの質問の回答に対しての感想を付言しておきたい。

…………… 以下、質問と回答のコピー ……………

杉村 義広 様

(一社) 日本建築学会 基礎構造運営委員会
建築基礎構造設計例集改訂小委員会
基礎構造の性能グレート設計例作成 WG

『建築基礎構造設計例集』改訂講習会へご参加いただき、誠にありがとうございました。いただいた本講習会へのご質問・ご意見について、以下に回答いたします。

【質問】①

「場所打ちコンクリート杭」で学術用語としてすでに定着しているのに、なぜ「鉄筋」を追加して別の言葉にする必要があるのですか？

「場所打ち鋼管コンクリート杭」を新しく記述したための対応と思いますが、同じ場所打ちコンクリート杭があるので「鋼管巻き場所打ちコンクリート杭」の方が適切です。また「強度と変形性能」の本で解説図 4.1 として示すと、この図が定義と誤解され、この図以外は（全長や部分的に鋼管を巻くようなケースもありうるのに）除外されてしまい、鋼管巻きする範囲を限定してしまいます。同書では 9 章が「場所打ち鉄筋コンクリート杭のパイルキャップ」となっていて、「場所打ち鋼管コンクリート杭」には使えない構成になっています。それを避ける意味でも是非「鋼管巻き」とすることを再考ください。

【回答】①

本会「基礎材の強度と変形性能」では「場所打ち鉄筋コンクリート杭」「場所打ち鋼管コンクリート杭」の2つが使用材料の違いにより強度や変形性能の評価方法も異なることを明確に示すため、このような呼び方になっています。本会「建築工事標準仕様書・同解説 JASS3・JASS4」(2022)でも、現場でコンクリートを打設する杭の総称は「場所打ちコンクリート杭」ですが、杭頭に鋼管を巻く場合は「場所打ち鋼管コンクリート杭」と区別しています。逆に、「基礎材の強度と変形性能」では、それぞれ強度と変形性能が違うので総称を使う必要ありません。一般的には「場所打ち鋼管コンクリート杭」、 「鋼管巻き場所打ちコンクリート杭」が併存していますが、本書では前者で統一しています。また、「基礎材の強度と変形性能」では、構造実験で性能が確認されている解説図 4.1 に示すタイプの杭のみが適用範囲で、鋼管巻きの範囲を意図的に限定しています。

本会「基礎構造の強度と変形性能」第9章の「場所打ち鉄筋コンクリート杭のパイルキャップ」は、場所打ち鋼管コンクリート杭（鋼管巻き場所打ちコンクリート杭）には適用できません。これは、場所打ち鉄筋コンクリート杭と鉄筋コンクリート同士の接合であるのに対し、場所打ち鋼管コンクリート杭は鋼管の存在によりパイルキャップとの応力伝達機構が異なると考えられるものの、この形式のパイルキャップについての構造実験例がほぼないこともあり、現状では学会の指針として示せる状況ではないと判断したためです。そのため、章のタイトルも適用範囲を明確に示す表現としています。

【質問】②

図 3. 6. 13 や図 3. 7. 10 で杭先端が水平ローラーとされている理由は？

杭基礎の地震応答解析についての最初の論文(Parmelee, R. A., Penzien, J., Schffey, C. F., Seed,

H. B. & Thiers, G. R. (1964) :Seismic Effects on Structures Supported on Piles Extending through Deep Sensitive Clays, Report to California State Division of Highways under State of California Standard, Institute Engineering Research, University of California および Penzien, J., Schffey, C. F. & Parmelee, R. A. :Seismic Analysis of Bridges on Long Piles, ASCE Vol. 90, EM3, pp. 223-254, 1964) では杭先端が支持層に固定された解析モデルが示されています。それ以降も、解析的研究のモデルは杭先端が固定かピンかのいずれである場合が多いことを経験してきた筆者には、杭先端水平ローラーを示されると違和感を持たざるを得ません。単に「ローラーとする」の表現では納得することが出来ません。“水平ローラーでなければならぬ”理由を明記してください。

以前建築学会大会で土方教授と“杭先端水平ローラーはおかしい”との観点から議論したことがあり

ます。故田蔵隆さんらの鋼管杭支持の橋の地震観測で先端付近の応力が杭頭と同じほど大きくなる結果を得たことについて支持杭の場合の杭先端は固定に近いとの議論をしました。答えは、支持層の地盤反力による拘束を採用すれば杭先端が水平ローラーとしても応力が大きくなることは表現できるというものでした。その拘束効果を加味して筆者は支持層上端で固定とする先端境界条件を考えているのに対して(いわば“先端部”の考え方)土方教授は杭先端面を文字通り考えており、根入れがあるために支持層上端は杭先端より上方に位置することで、その間をモデル化しているという違いが半明しました。ただし、“水平ローラーとしても評価は出来る”であって、“水平ローラーでなければならぬ”説明はなされておらず、例えば自由という境界条件でもよいではないかとの問題を生じています。図 3. 6. 13や図 3. 7. 10のモデル化図は“杭先端”を“支持層上端位置”で考える筆者の境界条件を表しているのではないかと思います。いかがなものでしょうか？

場所打ち工法や埋込み工法としての施工面からみても、2次設計で対象とする支持力・沈下の領域では鉛直方向ではまだ沈下の途中であるのに対して、水平方向は支持層内での拘束が大きい。この点からも杭先端水平ローラーはおかしい。なぜ水平ローラーでなければならぬのか、納得のいく理由を示してください。

【回答】②

本設計例集の群杭フレームモデルでは、杭全長をモデル化し、支持層に根入れしている杭先端付近においては、固い層に見合った地盤ばねを根入れ長さに合わせて設定しているため、杭先端の水平変形に対して地盤の固さに応じた拘束効果を發揮し、現実と近いモデルになっているものと考えております。

また、杭先端の鉛直変形を止めたモデルとしたのは、杭先端の沈下を生じさせてしまうと、地震時の変動軸力による隣接杭との沈下差(鉛直変位差)により、基礎の回転が生じることにより、杭頭応力を過小評価する場合があります。地震力による杭体の応力を算出する場合の解析モデルとして、杭先端の沈下を許容しないものとなりました。

上記を考慮して本設計例集では、杭の水平抵抗の検討においては群杭フレームモデルの杭先端を水平ローラーと設定いたしました。

以上