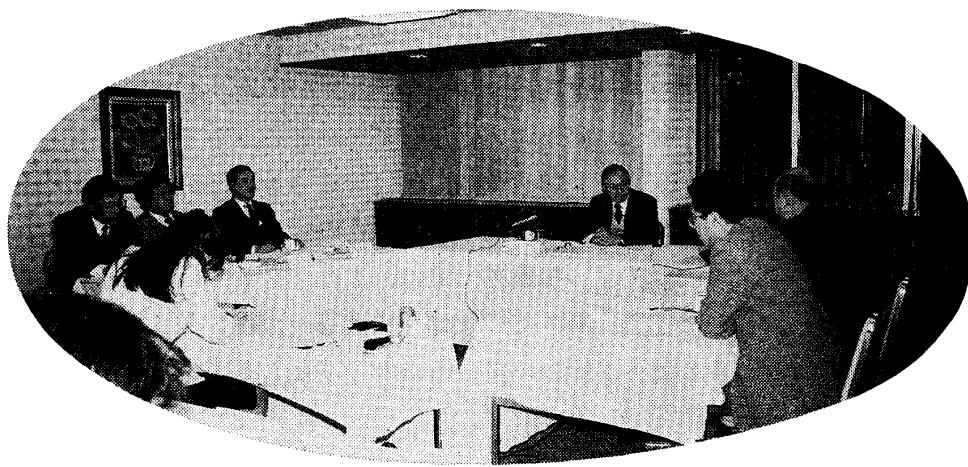


座談会

講 座

場所打ち杭・埋込み杭の支持力と設計 8章

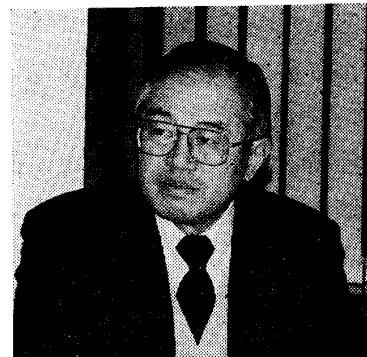


講座委員会

平成2年1月16日(火)
八重洲龍名館 菊の間

出席者

司会：岸田 英明氏 東京工業大学
 執筆者：石井 武則氏 NTT都市開発㈱
 “ 大木 紀通氏 勝先端建設技術センター
 “ 加倉井正昭氏 ㈱竹中工務店
 “ 日下部 治氏 宇都宮大学
 “ 西村 昭彦氏 ㈱鉄道総合技術研究所



岸田氏

岸田 それでは、講座のまとめと、場所打ち杭・埋込み杭の今後の展望等について、座談会を始めたいと思います。

場所打ち杭・埋込み杭の支持力と設計で一番大事なことは、施工によって地盤が緩む、つまり危険側の方に影響が出るのではないかということです。それから、打込み杭の場合には、杭体の検査や、施工管理ができたわけですけれども、場所打ち杭の場合にはできていないんじゃないかな。そんなことで、検査方法の確立が大事ではないかということです。

次に支持力の理論の方にいきますと、この講座では、杭の問題を境界値問題として、力の釣合いだけではなく、変形までを考慮して支持力を考えようということをはっきり打ち出していますが、これは今まで余りなかったことではないかと思うんですけれ

ども、その辺から話に入っていきたいと思います。

変形を考慮した支持力

日下部 私は、支持力の理論を場所打ち杭というテーマの中で書くにはどうしたらいいかということを考えてみたわけですが、三つぐらい問題点があるのかなと思いました。

一つは、掘削をした後に杭をたて込んで載荷をするという、除荷と載荷のプロセスの中で、構造体としての杭と、地盤との境界がどうもはっきり分からぬ。だから、摩擦にしても先端支持にしても、考へる上では大変不明りょうな境界値問題じゃないかという感じはいたしました。ですから、まず掘削というプロセスで地盤がポテンシャルとしてどう動く

講 座

かということをとらえるのが、支持力を考える上での第一ステップじゃないかということです。

それから沈下特性も考える必要があることから、剛塑性一本やりの考え方から弾塑性の考えを入れなくてはいけないんじゃないかということを考えたわけです。

あとは、それを設計に用いるときに、部分安全率というような考えが出てまいりました。限界状態設計の動きを考えると、使用限界としての支持力を考える場合、沈下を無視しては考えられず、極限支持力だけという世界ではないなという感じが強くいたしました。

岸田 今の日下部さんのお話は、力の釣合いだけではなくて、変形の適合条件も考えようということだと思います。その辺は、建築の基礎構造設計指針では、部分安全率というか、荷重寄与係数という形で入っていると思うんです。石井さん、設計の立場からはどういうふうにお考えでしょうか。

石井 現実に行われている設計では、まだ部分安全率的な考え方をされている例は少ないのでないでしょうか。

確かに、理屈の上からいいますと、部分安全率的な考え方を取るのは正しいと思いますけれども、そうしたときに、フリクションで考慮しなければいけない安全率と、先端で考慮しなければならない安全率をどれぐらいの比率で考えたらいいかということになると、非常に難しい問題なんです。

特に、最近拡底杭のような、先端の支持に多くを期待する杭が開発され、多く使われてきているんですが、それに建築学会指針の考え方で部分安全率を求めますと、ほとんど先端を広げた意味合いが出てこないというような問題が出てまいります。

したがって、部分安全率を取るという考え方方は正しいんでしょうけれども、その取り方をどうしたらいいかということをもう少し今後詰めていく必要があるのかなという気がいたします。

岸田 JRの方でも、構造物設計指針で部分安全率の考え方を入れていると思うんですが、その辺は設計の方ではどういうふうにお使いでしょうか。

西村 鉄道構造物では、沈下量が杭径の10%に相当する荷重を基準支持力と定義して、その時のフリクションと先端支持力の分担割合と、おののの変

動係数をもとに、部分安全係数を求めています。その際、常時、一時荷重、地震時荷重が作用した場合のそれぞれの荷重状態に応じた安全係数を決めていくという形になっております。

岸田 先ほど日下部さんからお話があった、限界状態設計法にもし杭基礎が入っていくとすれば、使用限界状態での正しい地盤応力の分布とか、杭の荷重沈下関係を追求していくと、どうしても部分安全率を考えざるを得ないと思うんです。

加倉井さんは、荷重の分担とか沈下を調べられていますけれども、その辺はどうですか。

加倉井 実は、それに対しては明確な答えがなくて、その前に、構造物の荷重がどういう形で地盤に伝わっているかというところに私は興味を持っているんです。

なぜかといいますと、杭の設計では荷重が杭頭まで来ていると想定しているんですが、実際に測定してみるとそれが来ていない。そういう状態を考えると、特に沈下の問題というのはモビライズの度合い以前に、どこの部分にどういう荷重が伝わっているかというのが大事な話になります。それをクリアにして、設計の中にどういうふうに取り入れられるかということをはっきりさせると、沈下の問題というのがもっとクリアになってくるだろうと思います。

日下部 今、加倉井さんのおっしゃったのは正しいことだと思うんですが、一つの単杭ならば単杭の境界値問題でどうとらえるか、あるいは一つのシステムとしての基礎構造体としてスラブを考えてという、境界値ごとに変形のことを考えていくということの大切さはやはり変わらないんじゃないかなという意識を持っております。

加倉井 ちょっと付け加えさせていただくと、要するに支持力問題というのは力に対する抵抗という形で比較的クリアに求まると思うんですけれども、変形問題、特に沈下の問題というのはいろいろな要素を考慮しなくてはいけない。単杭でいろいろ調べて、群杭になった場合、基礎スラブの問題、それから構造物自体の剛性等に関する荷重の変化自体の問題、この辺がある程度クリアにならないと変形問題は最終的には分からぬということです。

岸田 先端支持力というのは確かに沈下すればするほど増えていくわけです。それに対して摩擦の方



加倉井氏

は非常に小さな変形で出てしまうわけです。だけど、沈下が進んでも摩擦が落ちるということはほとんどなくずっと一定値を保っていく。その辺が、非常に設計では悩むところだと思うんですけれども。

石井 埋込み杭などの場合だと、そのピークが出てから極端に摩擦が落ちてくるケースがあるんです。特に、中掘り工法の場合は、ピークを過ぎると極端に落ちてほとんどゼロに近くなるという現象が出てきます。そうすると、ほとんど先端に頼らざるを得ない。そこから急激に沈下が発生するというようなことがありますから、摩擦にどれくらい期待し、先端にどれくらい期待するかというのは、杭種ごとに施工法も絡めて考えておかなければいけないと思います。

大木 先ほどの部分安全率ですけれども、設計という面から見ると、極限設計を目指しているわけで、その極限に対して幾つの安全率という形で周面なり、先端なりも取っていると思います。そのときに、いろいろメカニズムが分かってきて、それがクリアになってくれれば、基本的には安全率を低下させていいと思うんです。だけど、今までの例ですと、安全率3というのが長期の場合いつまでたっても動いてこない。そうすると、あるところがはっきりと分かっても、極限設計になかなか近づいていかないという面があるんじゃないかなと思うんです。

日下部 大木さんが御指摘のことの大変重要なポイントだと思うんですけれども、極限支持力を考える、あるいは限界状態のことを考えるにしても、施工の精度というのがこれにはものすごく影響してくれるところがあると思うんです。ですから、安全率の大小というのも、恐らく施工の精度をどういうふうに確保して、それをどうチェックするかというとこ

ろをクリアにしないと、なかなか安全率まで踏み込めないというところがあるんじゃないかなと思います。

加倉井 おっしゃるとおりだと思うんです。ただ、最近の傾向として大口径の杭が出てきている。大口径の杭が出てきているということは、支持力はたくさん取れるけれども変形量が大きいよという話になるわけです。そうすると、使用限界状態からあるクライテリアが決まって、最終的な設計値を決めるとなると、今度は支持力論じやなくて、変形問題をより詳細にやること以外に、それをカバーする方法はないんじゃないかなと思うんです。

日下部 ですから、従来ですと地盤が決まると支持力が決まるみたいな発想がありましたけれども、どうもそうではなくて、基礎構造の境界条件が決まって、ようやく支持力が決まるという発想がどうしても必要なんじゃないかと思うんです。

荷重伝達と沈下

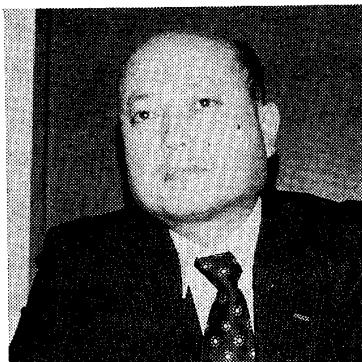
岸田 先ほど、石井さんからお話をあった、大口径で拡底していくことは、先端支持杭は沈下しないという前提があって、一生懸命そちらの方の技術開発が進んでいったと思うんですけども、加倉井さんのお話のように、どんな硬い地盤でも弾性体だから、大きくしていけば、それに応じて沈下が出てきますね。その辺のことを考えていくと技術開発の方法もまた少し違っていくんじゃないかなという気がするんですが、どうでしょうか。

石井 今まででは先端の支持力に頼る、つまり、杭は良い地盤まで入れるのが大原則ということがありましたね。そういう意味では、先端支持を大きくするという方向に今までの技術開発はいっていたと思うんです。

ところが最近のパイルドラフト基礎のような、先端支持ではなくて、むしろ底盤と杭の両方で支持するという方向にだんだんいけば、おのずと杭の考え方も変わってくるのではないかと思っております。

岸田 メキシコの地震の調査を行ったときに、ラティナアメリカーナは完全にフリクションパイルでパイルドラフトの設計ですが、何でもなかったわけです。ああいうものを見ても、先端支持杭ではっきり硬い支持盤に杭を持っていって止めるということも一つの行き方ですけれども、杭をうまく使って、

講 座



石井氏



日下部氏

沈下を同じようにそろえて、要するに建物なり構造物がちゃんと安全に建っていればいいですから、そういう発想から考えると、摩擦杭をたくさん使うというのも一つの方法だと思います。

日下部 この間のブラジル会議のプロシーディングスを見ていきましたら、沈下解析に関してこういう考えは世界中で実務に応用されているような傾向がありますので、やはり正しい方向じゃないかなという感じがいたします。

岸田 プーラスとかランドルフのような考え方を基にして、地盤を連続体と考えて沈下解析をしていく、杭の場合には杭周辺の地盤のせん断変形による沈下ということになってきましたが、その辺は実測をしてみるとどうなんでしょうか。

有名なのは、クークの実測がありますね。ずっと杭の横に穴を掘って地盤の傾斜を調べた。ただ、あれは物すごく硬いロンドンクレーでやっているわけで、その辺が日本のような軟弱地盤でもこういう弾性論がどこまで適用できるかですね。

加倉井 JRでおやりになった場所打ち杭の群杭の載荷試験があるんですが、これがクークほどじゃないんですけれども、周辺地盤の変形の影響範囲がどの程度まで及ぶかというのを調べているものがあります。

それによると、杭と地盤との境界で結構大きな変形がでているんですね。弾性論でいくと相当遠くまで変形が伝わるんですけれども、実測してみるとそれほど伝わらない。これは、クークも同じようなことを言われているんですけれども、これを一般的な設計にまで持っていくには幾つかの経験を積まなくてはいかぬかなという気がします。今後、そういう形の実測をなるべくたくさん集めて、簡単な方法、

等価の弾性定数かもしれませんけれども、そういうものの評価の中に取り入れていく必要があるんじゃないかなと思います。

日下部 施工時の緩みということで、恐らく均質な弾性計算をやる以上に杭の周辺が弱いですから、よけいにそこがどんどんやられるという形で、ごくごく周辺だけで挙動が決まっているというのは、恐らく実測でもそうなっていると思いますし、計算もそこを入れないとうまく合わないだろうという感じがいたします。

ですから、緩みの領域の実測事例がたくさん出ますと、将来うまい沈下予測までつながるという気がいたします。

地盤の評価法の問題

岸田 この講座では、支持力の理論から始まって荷重伝達、沈下と、比較的理論的にきっちり詰めてきましたけれども、実際の設計では結局N値に頼ることになるわけですが、その辺のギャップをどう埋めていくかというのは、すごく大事なことだと思います。

石井 砂質地盤の場合は、N値以外のいい定数がなかなか見当たらないですね。今まで、粘性土地盤もどちらかというとN値で評価されがちだったですね。それが少しずつ改善されてきていると思います。

岸田 杭基礎で非常にまずいのは、理屈は理屈でどんどん進んでいくわけですが、それを裏づけて設計に持ってこようすると、地盤調査で分からぬからN値で割り切っちゃうよとか、そのギャップが余りにも大き過ぎると思うんです。せめてプレッショメーターとか、そういうものでもう少し合理

的に定数が入ってきて、理屈に合った形で設計が取り入れられるといいなと思っているんですけども。プレッショナーメーターなどは、水平抵抗では使うけれども、もっと積極的に、鉛直支持力もとか、そこまではまだやっていないようですね。

大木 フリクションメーターみたいなものが最近やられていて、データとしては少し出てくるみたいですけれども。

岸田 ケンブリッジは、比較的セルフボーリングプレッショナーメーターを支持力に結び付けようとする仕事をしているようですが。

日下部 CPT は、日本でももうちょっと使ったらどうかという感じがしますね。特にヨーロッパの動きから考えますと、ブラジルで提出された論文などでも、CPT から支持力を推定するいくつかの手法の中で、どれが一番いいというような報告もありますし、やはり N 値だけではない地盤調査を是非取り入れるべきだなという気がしますね。

加倉井 荷重～変形は、とにかく載荷試験をやって求めるのが一番いいと思うんです。もっと載荷試験が行われれば、それに伴ってやる地盤調査の位置づけもクリアになってくる。そうすると、最終的にはそういう地盤調査の方法というのが進歩する可能性を持っていると思うんです。

石井 ただ、最近のように大径杭になると、載荷試験は实际上不可能に近いんです。もし実際にやるとすれば、莫大な費用が掛かる。かといって、小径のモデル杭で大径のものを推定しようとしても、それを推定する技術といいますか、理論的なものを含めてよく分からぬところがあります。だから、即ち載荷試験結果を実際の設計に生かすというのはなかなか難しい面があるんじゃないかと思うんです。

加倉井 今とにかく頭に荷重を掛けていく載荷試験というものが唯一だと思うんですけども、何かもう少し工夫した載荷試験というものを考えていたらどうでしょうか。

石井 深層載荷みたいなものとか。

加倉井 そうですね。サイズの問題とかいろいろあると思うんですけども、そういうものをもう少しオーソライズするようなことができれば、いろいろな形の載荷試験から求まった支持力なり、荷重～変形というのは使えるんじゃないでしょうか。

上部架構との一体解析

岸田 場所打ち杭ということに問題を限れば、大きな直径、拡底杭ということになってくると思うんですけども、そうすると設計の方からいうと柱の下に杭 1 本ということになりますね。水平抵抗を考えるときに、今まで上部は上部で設計して、その上部からきたモーメントを杭に配分するぐらいで、水平力だけを杭の頭に掛けるとか、そういう設計が行われていたと思うんですけども、その辺を合理的にするためには上部構造と杭を一体にした水平抵抗の計算が必要になってくるんじゃないでしょうか。

大木 上部と下部を一体的に解析するというのも必要なんでしょうけれども、場所打ち杭ということを考えたときの特性というのは、場所打ち杭だからこれだけ違った値が出るんだよというものは余りないと思うんです。だけど、場所打ち杭というのは今おっしゃいましたように大口径であるし、それなりの問題は含んでいると思います。

岸田 この講座で面白いなと思ったのは、一体化して計算しないと危険側になるよ、今の設計の方は危険側だよということが出ていますね。この辺はどうなんですか。

大木 危険だよというのは、例えば杭頭は固定で計算して、杭中はフリーで計算して、大きいところのモーメントで設計した場合に、果たしてこの辺がどうなるのかなというのが、ちょっとまだ疑問としてあるんです。

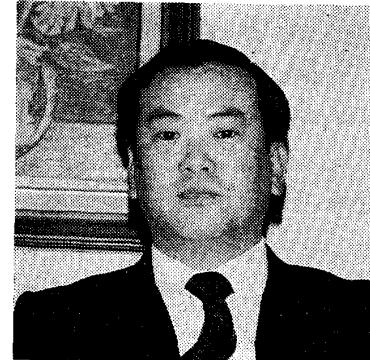
西村 危険と書かれているのは、杭について言えば、多分応力の分布系が変わってきて、地中の方のモーメントが大きくなる場合があるということですね。鉄道構造物の設計では、杭頭のモーメントは固定条件が高いほど大きくなるわけですから、それで杭頭の鉄筋量を決めまして、さらに地中のモーメントが大きくなるということに対しては、杭頭をヒンジと仮定して、そのモーメントにも対応できるような形をとっています。

岸田 土木の場合には主として橋梁ですから、ずっと下まで伸ばしてもそれほど計算は面倒ではないんですね。建築の場合には、結構上が何層があるから、今まで比較的こういう計算はやっていなかった

講 座



大木氏



西村氏

と思うんです。

大木 あくまで静的設計が基本になっているわけですけれども、合理的な設計にいこうとするならば、こういう考え方必要じゃないかと思うんです。

岸田 最近は計算機が楽に使えるようになったから、1本の杭だったら下まで弾性支承か何かでやる方がずっと合理的ですよね。

石井さん、最近の設計などの傾向を見ると、1柱1本の場所打ち杭は完全な構造部材と考えるんでしょうか、どうでしょうか。

石井 そう思いますけれども。ただ、解析法として本講座に示されているような方法ではやっていません。ただ現在の設計法が危険側に出るとなれば、このような方法で解析しなければならないと思うんですけれども。

岸田 やはり、この辺はもう少し一体と考えた設計法というのを考慮する必要があるかもしれないですね。

動的な水平抵抗

岸田 鉛直変位も大事だけれども、水平の方も変位が大事だと思います。

西村 特に地震の問題になりますと、水平力が作用したときの変位をどう考えるかというのは非常に大きな問題になると思います。水平の場合は、地盤は上方から下方へと順次塑性化して行きますから、水平荷重と変位の関係を把握することが大事になってくると思います。それからもう一つは繰返しの問題で、その影響をどう考えるかというようなことも問題になってくる気がします。

岸田 確かに、静的と動的では荷重として繰返し荷重になることと、それから物性値が違ってきます

ね。

西村 そうですね。地震時では、杭体の問題と同時に、地震動の性質の問題、地震を受けて地盤自体の物性が変わってくることも大きな問題となります。例えば、一番顕著な現象が液状化という状態ですね。

岸田 もう一つは、地盤そのものが動くんですね。静的な場合には地盤が動かないとして杭の頭に水平荷重を掛けるけれども、動的な場合には地盤の変形モードを考えなきやなりませんね。

西村 地盤の影響というのはかなり大きくて、計算や模型実験では杭の挙動はほとんど地盤の挙動に近い結果がです。それから、軟弱地盤などでは地盤自体の揺れによって杭が動かされて、本来ならば杭頭の方に大きなモーメントが発生するはずですが、杭の中間でも地盤が変化をする境界付近でかなり大きなモーメントが生じるということが地震観測などでも分かってきていますので、この問題にも配慮が必要という気がします。

岸田 動的な設計というのは、特殊な場合じゃないとやらないですね。

石井 杭まで含めては、なかなかやらないですね。上部構造に対して、ロッキングやスウェイを考慮するぐらいがやっとですね。

西村 スパンが長いものとか、背の非常に高いものとか、固有周期が1.5秒を超える程度の構造物について動的解析をして決めるということになるんですけども、弾性域で済めばいいんですが、塑性域まで考慮していきますと、相当解析に手間が掛かりますし諸定数の値のとり方も難しく、これから努力しなければならない事項と考えています。

施工の信頼性

岸田 今、どのぐらい施工法があるんですか。場所打ち杭、埋め込み杭、いろいろな特許や何かがあるようですが。

石井 場所打ち杭は、そんなに種類はないと思います。アースドリル工法、リバースサーキュレーションドリル工法、オールケーシング工法、それと狭い敷地などではBH工法とか、それぐらいに整理されると思いますが、埋込み杭については非常に種類が多いですね。しかも、支持力性状といいますか、沈下性状はかなり違いがある。しかも、同じ工法でやっても相当なばらつきが出ております。

岸田 場所打ち杭の場合には、最近は掘った穴の形というのは超音波で相当きっちり出ていますよね。きれいな形が出てくるけれども、コンクリートを打設したときどういうふうにできているかとか、それは定量的に評価できないんですね。穴を掘るまでは信用できるんですけども、どういうふうにきっちりコンクリートが打てているかということがなかなか分からないので、そこが物すごく不安なわけです。

加倉井 その辺が、コンクリート強度を小さく取って、ある意味では考慮されているんでしょうけれども、ただ形だとか、部分的に変なものがあるとか、その辺に関しては不確定要素が多いと思いますね。最近、頭をたたいて非破壊的に調べるというものがやられ始めていますけれども、まだ性能を評価するまではいっていないみたいな気がするんですけれども。

日下部 場所打ち杭で試してみて、実際に掘ってみて欠陥部分を探してみたというような事例報告も幾つかありますが、横方向に割れているのはうまくとらえられるらしいんですけども、縦方向にあると全然分からぬようです。

岸田 杭というのは、本には支持杭とか、摩擦杭とか、単純に書いてあるけれども、そのとおり地盤の中にできているかということは分からぬわけですね。場所打ち杭などというとそう簡単に掘るわけにはいかないので、品質保証に関しては施工の信頼度に大きく依存しますね。

石井 先端のスライムというのは、基本的にゼロにはできないと思います。非常に入念な処理をした

にもかかわらず、やはり数センチのオーダーのスライムというのはどうしても残ってしまう。それなのになぜ問題が起きないかというと、日本の場合は、沖積層が厚いですからほとんどが長い杭となり、フリクションが相当大きいからだと思うのです。特に、場所打ち杭の場合はでこぼこにできますから、フリクションにとってはプラス効果なんです。そのために、設計上で考慮されているフリクションよりずっと大きいフリクションが期待できるものですから、先端にはほとんど荷重が到達しないわけです。

岸田 その辺のことが、今日の話の一番最初の使用限界状態とか、部分安全率にまた跳ね返ってくるわけですね。

西村 現在の支持力公式は実際の載荷試験を解析した結果などに基づいて定められていますので、スラムの存在はある程度許容されると思います。

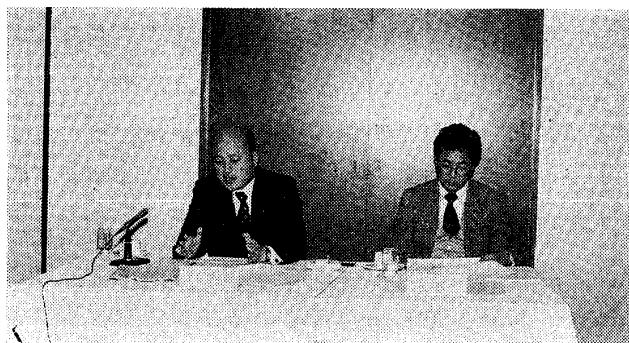
ただ、今おっしゃったように、確かに使用限界状態のときには極限支持力に比べてかなり小さい範囲の荷重しか作用しませんが、大地震が生じたときは先端にも相当の荷重が伝達されると考えられるので、スライムの影響は現れてくると思います。

岸田 そうなんですね。局部的に大きな軸力が掛かったときにどうか。それは、やはり終局限界状態とか、そういう極限限界状態的なもので、また安全率の分担を変えればいいわけですね。

地盤の緩みに関連して、ドイツ辺りでポスト・グラウティング、地盤がいいからですけれども、場所打ち杭を作つてコンクリートの杭のく体ができると、それを反力にして圧力モルタルを注入して緩んだ地盤を堅めちゃおうという論文などもあります。日本の場合には地盤が軟弱だから、圧力モルタルを入れるとどこに行っちゃうか分からなくなっちゃう可能性もあるし、なかなか難しいですか。



講 座



石井 しかし、実際には、地盤アンカーでこういう方法をやっているわけですから、どれぐらい逃げるかは別にして、圧力を掛けてセメントミルクをどんどん注入していけば、それなりの補強はできると思います。

岸田 場所打ち杭は地盤が緩むのは当たり前のことですから、その緩んだものをもう一ぺん改良するというか、そういうことも大事だと思います。

さて、施工上の留意点というのは掘削、孔壁の崩壊防止、孔底処理、コンクリートというふうに、非常に基本的なことがきっちりあるわけですね。

石井 スライム処理というのは時間を掛けなければ掛けるほどいいんです。というのは、スライムが沈降するまでにはかなりの時間が掛かりますから、スライムがある程度沈降してから処理をする。またしばらく待ってから再度処理をする。こういうことを繰り返していけば、スライム量というのを非常に減らすだろうと思うんです。

ところが、現実問題として工期が決められた中でやらなきゃいけないということになると、できるだけ杭を施工する時間は短縮したいというのがどこでも考えることです。ですから、施工方法はこうしなきゃいけないということは決められていても、なかなかそのとおりにできないのが実態だろうと思います。

今後の展望

加倉井 私は実測という観点から興味を持って見ているんですが、これからはその結果をどういう形で設計に取り入れてくるかという問題になると思います。解析法はある程度のレベルまで来ていると思うんですが、問題は地盤の定数をしっかりとつかむためにどんなことをやらなくちゃいけないか。それが、

場合によっては施工法と非常に密接な形で結び付いた弾性定数という形になるかもしれませんけれども、そういう形で地盤定数をしっかりと把握する方法をまず詰めていくことが必要であろうと思います。

もう一つは、特に場所打ち杭の変形の問題を考えるときにはどういう境界条件を解析に当てはめるか。なぜかというと、変形問題というのではなく杭自体の問題ではなくて、それを支える上部構造の問題の場合がほとんどです。だから、上部構造がどういう形のクライテリアを持っているかということが重要であって、そのクライテリアが上部構造から決まったときに、それに対して一番フィットした境界条件をセットして変形問題を解く。こういうふうにできていけば、変形問題は大まかなところは解決していくんじゃないかなと思います。

日下部 大変難しいんですけども、恐らく解析的にこの現象をとらえるということでは、時系列で掘削、載荷、周辺の地盤の照査を考えるというようなことを一連の流れとしてやっておくことは多分必要なんじゃないかと思います。

あとは設計との絡みだと思いますが、ポーランドでは場所打ち杭の100個の例から限界状態の部分係数みたいなものを施工法にまで拡張したものを提案しておりますし、そういうデータバンクを作つて、ある程度の統計処理ができるような状態にするということは大事じゃないかと思います。

もう一つ、品質の管理の問題では、波動の問題はまだ未熟ではあろうかと思いますが、ポテンシャルはかなり高いという認識で努力していくということは大事じゃないかと感じます。

西村 これから基礎の設計法は限界状態設計法に移行すると思われますが、そのためには、地盤を精度よく評価すること、杭体の強度と地盤の強度の関係を評価することが必要だと考えます。また、変位の問題、特に荷重と変位の関係をいかに評価するかを勉強する必要があると考えています。

それからもう一つは、地盤の緩み範囲を小さくする施工法が開発されて行くだろうと思います。

石井 設計者の立場からすると、部分安全率の取り方をもう少し明確にしないと、なかなか実際の設計まで取り入れにくいという気がいたします。それから、上部構造と杭とを一体化した設計もおいおい

取り入れていかなければいけないかなと思います。

施工に関してみれば、地盤をできるだけ緩ませないで、しかも先端の地盤も改良するような工法をどうしとし開発していただきたいなという気がいたします。

大木 水平抵抗のことでいいますと、最終的な設計というのは相互作用を考慮した応答解析的なものにはなると思うんですけれども、そこまでいくにはまだまだ時間が掛かりそうですので、やはり従来からの静的な設計の延長線上で我々は勝負していくかなくちゃいけないんじゃないかな、その場合、応答変位法的な設計法を確立するのが目標じゃないかなと思うんです。その場合に、地盤定数の評価で、原位置調査法というものがもうちょっと日本で発展してもいいんじゃないかなという感じはしているわけです。

それと、あとは載荷試験をもっとやって、載荷試験と原位置調査のデータ解析、その辺の対応をはつきりさせていくことによって、もっと設計法自身が進歩していくんじゃないかなと思います。

岸田 場所打ち杭とか埋込み杭がどんどん伸びてきたのは、環境問題、騒音とか振動が出ないということで伸びてきたわけです。だけど、今度は逆に穴を掘れば産業廃棄物としてベントナイト泥水をどう捨てるとか、そういう問題が出てきたわけです。

だから、建設工事も環境問題と絡めて考えていく必要があるのではないか。一番理想的なのは、排土をしないで騒音や振動が出なくてうまい具合に杭も押し込めば一番いいわけです。現実にはそれらの問題をどこまで皆で我慢してうまく環境問題を処理していくか。そういうことも、これは支持力理論とか設計方法じゃなくて、施工との絡みで大事になってくるんじゃないかなということを考えています。

では、どうもありがとうございました。これで座談会を終わりにしたいと思います。

本座談会をもちまして講座「場所打ち杭・埋込み杭の支持力と設計」を終了いたします。

表-8.1 講座「場所打ち杭・埋込み杭の支持力と設計」掲載一覧表

章	標 題	執筆者	掲載号	掲載ページ
1.	講座を始めるに当たって	岸田 英明	1989年 4月号	86~ 87
2.	工法の変遷と問題点		〃	87~ 88
3.	支持力の理論	日下部 治 桑原 文夫	5月号	97~103
4.	荷重伝達と沈下	加倉井正昭 桑原 文夫	6月号	101~106
	〃	〃	7月号	83~ 88
5.	静的な水平抵抗	岡原美知夫 中澤 瑠子	8月号	81~ 89
6.	動的な水平抵抗	大木 紀通 西村 昭彦 福和 伸夫	11月号	73~ 80
7.	施工法と支持力性状	石井 武則 岡原美知夫 茶谷 文雄	1990年 1月号	73~ 82
	〃	石井 武則	4月号	73~ 80
	〃	石井 武則 村上 浩	5月号	69~ 75
8.	座談会	講座委員会	6月号	

本講座担当委員

伊勢本昇昭 戸田建設㈱ (平成1年5月退任)

棚村 史郎 勘鉄道総合技術研究所

千葉 晴紀 パシフィックコンサルタンツ㈱
(平成2年5月退任)

森 紘一 フジタ工業㈱ (平成1年5月退任)

吉本 祐二 住宅・都市整備公団
(平成2年5月退任)