

総 括

- 531 基礎形状と隣接基礎が浅い支持力に与える影響
渡部・八木・榎・池田・細井
- 532 下部に粘土層を持つ砂層の支持力
川崎・岡村・竹村・木村
- 533 礫地盤上の帯基礎の遠心模型支持力実験
萩原・竹村・木村
- 534 不攪乱スコリアを用いた支持力遠心実験と現場載荷
試験との比較 日下部・萩原・前田・大内

- 535 均等な粒径に調整された砂の載荷試験
上野・山下
- 536 特殊石灰パイルによる複合地盤の載荷試験(その1)
伊勢本・光成・保井・落合・中村・別所
- 537 特殊石灰パイルによる複合地盤の載荷試験(その2)
保井・光成・伊勢本・落合・中村・別所
- 538 密な砂の浸透過程での気泡発生メカニズムの検討
宮崎・小高・浅岡

杭の支持力1 (鉛直, NF)

総 括

東海大学 冬木 衛

本部門では、杭の鉛直支持力に関する46編の論文について、四つのセッション[(539~550)(551~562)(563~572)(573~584)]に分かれて発表と討議が行われた。最終日(6月4日)にもかかわらず、会場は満員で立つ人もでるほどの盛況であった。

例年に比べ論文数が10編ほど多く、研究の発展にはたいへん望ましいことであるが、一方では討議時間が十分とれず、残念であった。会場の問題も含め善処を希望しておく。

本部門で取り扱われているテーマは例年と同じ傾向にあり、杭の先端支持力、周面摩擦力、ネガティブフリクション、動的支持力、繰返し荷重、群杭効果、あるいは設計・施工など多岐にわたっている。発表された論文も単純には分類できないが、扱っている主テーマで分けるとおよそ次のようになる。

実杭の押込み試験結果の報告11編、実杭の引抜き実験結果の報告4編、模型杭あるいは土の要素試験により摩擦抵抗を評価しているもの3編、特殊な表面形状を有する杭の摩擦抵抗を評価しているもの2編、先端処理が先端支持力に及ぼす影響を扱ったもの2編、波動理論による動的支持力推定に関するもの8編、繰返し鉛直荷重下での杭の挙動に関するもの2編、載荷試験から得られる荷重-沈下量曲線の評価手法に関するもの3編、主として理論的な取扱いをしたもの7編、施工管理手法、支持力確認手法を提案しているもの2編、その他2編。

以下では、筆者が日ごろ感じていることを述べて総括にかえる次第である。

○杭の鉛直支持力は施工法の影響を強く受ける。一般的な工法では、杭周囲の摩擦力が支配的(6~8割)であるが、先端支持力がほとんど期待できない場合もある。一方、しらすやコーラルサンド地盤に打ち込まれた杭や、風化頁岩層にケーシングを用いて施工された場所打ち杭では、摩擦力をほとんど期待できない。このような場合には、杭周面にセメントミルク等を注入して、摩擦力の増強を計ることが大切である。本部門でも、摩擦力の評価に関して多く

の発表がなされた。

○我が国の現行の示方書や指針等に定められている杭の鉛直支持力の算定手法は、過去の莫大な件数の載荷試験結果と地盤調査・試験結果(主としてN値)との対応を調べて定められている。

厳密な地盤調査・試験結果があまり利用されていないのは、杭を施工することによって、先端や周面の地盤の性状が大きく変化すること、試料のサンプリング、運搬、試験時の取扱い方によって強度変化などがあり、支持力との関係があまり良好なものではないためであろう。むしろサウンディングの結果の方がバランスのとれた指標値として評価されるのであろう。このような現状をふまえて、我が国で規定されている支持力算定手法は海外(特に発展途上国)へ、堂々と技術輸出してよいものと思う。

○施工により杭の先端や周面の地盤の性状の変化、杭種、さらには杭体の損傷などが、載荷試験によって得られる荷重-沈下量曲線に反映されることが分かっている。大量の載荷試験結果を比較検討するとき、荷重-変位曲線の評価手法の確立が望まれる。

筆者らがすでに提案している指数関数系数学モデルによる評価手法は、これに応えるものと考えている。

○杭の大径長尺化、施工機械の大型化に伴い、その施工性や支持力の判定にあたり、一般に実施されている地盤調査・試験では能力不足であることが認められる。適正規模の能力を持った調査・試験機械の開発が必要となる。

○波動理論による動的支持力推定法に関して、杭の動的抵抗の測定から静的支持力を知ることができるのか、といった根強い不信がある。この手法の将来を展望するとき、今後詰めるべき項目として次のような点を指摘できる。

理論的取扱いに関しては、地盤のモデル化、地盤関係の入力定数の決定法、鋼杭の製作時の残留内部応力およびPHC杭のプレストレスによる初期応力の評価などあげられる。

計測法・解析法に関しては、ピックアップ性能と安定性、測定機器の性能、プログラムの公開(ブラックボックス化の排除)、解析結果の再現性と安定化などである。

一方、山肩やナダルの論文では、杭の打込み中の摩擦力

は無視しうるほど小さいとの指摘もある。

さらに、前述したように静的支持力の6～8割が摩擦力であることを合わせ考慮すると動的に低減する摩擦抵抗力の研究が重要課題になるであろう。これには、新しい土質の試験手法の開発も必要となる。

いずれにしても、本手法を確立するには、静的載荷試験との対応をきちんととった、多くの実績を裏付けとして万人の納得を得る必要がある。

なお、このテーマに関するものは、杭の支持力2でも発表がなされている。併せて参照されたい。

発表論文のなかには、記載されたデータが不足していて、貴重な研究成果が十分伝わらないものも見受けられ、残念であった。紙数を増やすか、あるいは複数の論文に分けるなどの工夫が望まれる。

この総括は、各セッションの座長（渋谷 修、冨永晃司、八尾眞太郎の各氏）からいただいたメモを参考にして、筆者の責任においてまとめたものである。関係各位に深謝する次第である。

539 鉛直荷重を受ける摩擦杭の長期沈下特性

本村・桑原

540 若齢埋立地盤における摩擦杭の長期挙動調査（関西国際空港）

布施・山城・高橋・田中

541 若齢埋立地盤における摩擦杭の周面摩擦力の解析（関西国際空港）

布施・高橋・水田・高

542 鋼管杭の原位置引抜き試験結果とその評価

佐藤・高橋・鈴木・星野

543 埋込み杭の長期引抜き実験（その1）

柴崎・矢島・青木

544 砂地盤における埋込み杭の引抜き実験（その1）

矢島・柴崎・青木

545 砂地盤における拮底杭の引抜き抵抗に関する模型実験

山肩・伊藤・高尾

546 中掘り最終打撃工法による大径長尺SC杭の二重管を用いた鉛直載荷試験

相沢・牛尾・野村・広瀬・前原

547 大阪南港火力発電所におけるNF測定実大杭実験

山肩・向井・杉山・中路・近江・寺田・平井

548 模型杭の摩擦抵抗について（その2）

田中・石堂・浜村・松尾

549 中型単純せん断試験機を用いた砂～鋼板間の摩擦試験（その4 湿潤砂の単調摩擦せん断試験）

山肩・伊藤・小椋・加藤・小森

550 中型単純せん断試験機を用いた砂～鋼板間の摩擦試験（その5 繰返し荷重を受ける定体積条件での試験結果）

山肩・伊藤・小椋・加藤・小森

551 外面に圧延リブを有する打込み鋼管杭の摩擦特性について

中田・中村・四宮・堀之内・高見

552 節杭の節部形状の影響に関するモデル実験

藪内・平山・山下・染川

553 東京国際空港立体駐車場（南棟）杭の鉛直載荷試験報告

千田・昆・高橋・春日・森

554 東京国際空港中央南北連絡橋杭の鉛直水平載荷試験報告

岩淵・小林・高橋・飯田・田崎

555 珪藻泥岩における鋼管杭試験工事の計画と実施

平野・二口・駒田・道・松本

556 珪藻泥岩における鋼管杭の押込み試験

平野・二口・道・松野・松本

557 大径埋込み杭載荷試験に関する一考察

木谷・田中

558 ソイルセメントH鋼杭室内載荷試験

永井・栗山・斉藤

559 小径杭の支持力性能比較に関する載荷実験結果

池田・平田・八尾

560 場所打ち杭先端地盤改良工法について（その2）注入材料および注入工法

幸村・青木・依田・加藤・稲村

561 回転貫入鋼管杭（ドリル杭）の施工管理手法の提案

櫻井・西澤・橋本・高橋・富永

562 簡易載荷試験法による場所打ち杭の載荷試験（その2：試験の結果と問題点）

小椋・須見・鈴木・川村・岸田

563 杭の動的支持力推定法の適用性の検討(1)

——DWAVE法の関空南ループ基礎杭への適用——
布施・斎藤・小林・岡本・沖

564 杭の動的支持力推定法の適用性の検討(2)

——長尺鋼管杭の波動理論による動的貫入抵抗の測定——

小島・西村・柴田・金井

565 杭の動的支持力推定法の適用性の検討(3)

——φ400鋼管杭の測定事例と粘性抵抗に関する考察——
川端・片山・高野

566 共振法（RPT）による杭の支持力と健全性の測定

——PHC節杭での試験結果——

史・徐・小椋・上紺屋

567 東京国際空港立体駐車場（南棟）杭の打撃試験報告

丸山・小林・高橋・沖・龍田

568 東京国際空港立体駐車場（北棟）杭の打撃試験報告

丸山・小林・高橋・津田・宮坂・漆畑・村上

569 長尺SL鋼管杭の打撃応力波解析

三反畑・山口・内田

570 開端・閉端模型杭の動的貫入抵抗・静的支持力の比較

藤田・西原・友近・田中・松下

571 繰返し荷重変動を受けた杭の沈下特性について

西川・安福・村田・兵動・森

572 杭の繰返し鉛直載荷試験における荷重～沈下性状（その3）

山肩・伊藤・倉本

総 括

- 573 埋込み杭の先端荷重～先端沈下量特性に関する統計的検討（杭先端直径に拡大掘削径を採用した場合）
山肩・伊藤・倉本
- 574 根固め杭の先端支持力に及ぼす形状の影響
倉知・日下部・上野・加倉井・横山
- 575 荷重 - 沈下量曲線の形状と支持条件
——場所打ち杭の場合——
林・白波瀬・阪口
- 576 数学モデルによる杭の鉛直載荷試験結果の支持力判定
宇都・冬木・佐藤・桜井
- 577 杭の鉛直載荷試験の解析法
椿原・岸田
- 578 三成分コーン貫入試験による杭の set-up の推定について
松本・河内・入江・続・二口
- 579 杭の沈下による地盤内部の体積変化
八木・榎・矢田部・細井・向谷・都丸
- 580 模型砂地盤における排土杭の側方土圧
多田・安田・上杉
- 581 テーパー杭の周面摩擦抵抗の円筒空洞拡大理論による解析
平山・藪内・山下・染川
- 582 群杭の沈下における周辺地盤の挙動解析
真野
- 583 浮上式鉄道における場所打ち杭の支持力算定式
岡田・佐藤・村田・古川
- 584 有限要素解析による薄層支持杭の設計法に関する研究
松井・小田・中林・下山

杭の支持力 2 (水平, 杭一般)

総 括

読売東京理工専門学校 高野昭信

この部門は、杭の水平抵抗および鉛直支持力関係（杭の支持力 1）を除く杭一般が対象であり、水平抵抗に関するもの 22 編、杭一般に関するもの 14 編の計 36 編の論文について、3 セッションで発表と討論が行われた。水平抵抗に関する発表論文数は、昨年より著しく増加している。その内容は、限界状態設計法に関連して大変形時の群杭の水平抵抗挙動に関する実験的研究および遠心力模型実験に関する研究が多くなってきたことなどが指摘できる。水平抵抗に関する研究は、実験的研究と理論的研究に大別される。実験的研究は、さらに実大実験、重力場での模型実験および遠心力場での模型実験に分けられる。

実大実験 (585～587, 594) は、杭の水平挙動を直接推定するものであり、実験の諸条件とその結果を正確に記録することにより貴重な資料となりうる。結果は限定された条件下での事象であるから、一般化するために理論的解析は不可欠である。585 は橋梁の基礎杭として約 30 年間供用されてきた場所打ち杭であり、種々の理論的検討が加えられており、貴重な研究であると思われる。

重力場での模型実験 (588～590, 606) は、相似則をすべて満足させることが困難であるから、実験結果から実大杭の挙動を予測するためには、研究目的を明確にし、再現性の良い実験を系統的に行うとともに、模型実験の挙動を解釈するための理論の確立が必要である。

遠心力場での模型実験 (591～593, 607) は、相似則を満足させることができる有力な手段である。杭の場合には遠心力場において杭に水平力を加えたり、種々の測定を行うための装置、実験手法や測定技術など多くの問題があるが、これらを解決し実験が行えるようになってきたことは大きな成果である。実験結果を実大杭に対応させるためには実大杭による検証が重要だと思われる。

理論的研究は、実用的な設計法の改善を目指したもの (595～597, 601～603)、基本的あるいは取り残した課題に関するもの (598, 605)、新しいモデルを用いた解析法に関するもの (604, 608) に分類される。605 は崖地などの有限平面地盤に設置されている杭の水平抵抗を三次元 FEM で解析しているが、崖地は平地に比べて振動しやすいので、地震時を対象としているのなら静的解析では不十分との意見があった。理論と実験との対比は、理論を検証するための必要条件であるが、モデル実験のみでなく、できるだけ現場実験との比較が望ましい。また、コンピューターの発達と解析法の開発は、より複雑な現象の解析を可能にしているが、解析しようとする問題の本質を見極めた適切な解析法の適用が必要であろう。

杭一般に関する発表論文数は、ここ数年ほとんど変わらないが、その内容は広範囲に及んでいる。発表された論文は、杭体の波動伝播に関するもの (599, 600, 609～612)、杭工法の開発に関するもの (613～616)、杭の施工管理に関するもの (609, 617, 618)、その他 (619, 620) に分類される。波動伝播から鉛直支持力を推定する問題は、1988 年の波動理論に関する国際会議が開催されてから論文数が増加している。杭工法の開発に関しては、1988 年以降、場所打ち杭および埋込み杭について毎年 4～7 件が報告されている。

599, 600 はポアソン効果による杭体の横変位を考慮したものであるが、実験値との比較検討を期待したい。609 は埋込み杭先端の形状を杭体の波動伝播から推定するものであり、施工後の経過時間と形状測定の関係について興味ある討論が行われた。610 は杭打設後の支持力回復（セットアップ）に関して、周面摩擦のみを考慮しているが、先端に関しても考慮する必要があるとの意見があった。

最後に、いずれも特徴のある論文ばかりであり活発な討論が期待されたが、時間の関係で十分な討論ができなかったことは残念であった。また、会場についてもやや狭かつ