

## 第二回 群杭挙動の実証的研究委員会

日 時：2009年7月9日 14:00～17:00

場 所：地盤工学会 3階大会議室

出席者：東畑委員長，伊藤委員，金田委員，川邊委員，木村委員，斉藤委員，佐藤委員，関委員，高橋委員，千明委員，寺倉委員，中澤委員，沼田委員，平出委員，松木委員，松島委員，吉川委員，山田委員，吉富委員，後藤（記録）

欠席者：角田委員

配付資料：

- 2-1 議事次第
- 2-2 模型実験装置の仕様検討
- 2-3 前回議事録
- 2-4 縮小杭試験への光ファイバーセンサの適用について
- 2-5 群杭基礎の崩壊系（パターン，イメージ）
- 2-6 Full Displacement Pile

議事内容：

### 1. 前回議事録確認

東畑委員長より前回議事録記載内容の紹介があり，修正なく承認された。

### 2. 模型実験装置の概要

東畑委員長より，資料 2-2 を用いて，模型実験装置の概要が報告された。

主な点は以下の通り。

- 土槽寸法は幅 1m×深さ 1m 程度とし，奥行き寸法はモデルを半モデルとするか全モデルとするかで決める。
- 地盤は砂地盤とする。
- 上部から風船で拘束圧をかける（2気圧程度）。
- 模型は上から荷重をかけて押し込むイメージであり，ロードセル・フーチング・杭からなっている。
- 杭の直径や間隔は変えられるようにしておく。
- フーチング底面には土圧計を配置する。
- 杭周囲の摩擦力や先端の圧力などいろんな情報が取れるようにする。
- 杭模型 3cm とするとフーチング寸法は 40cm 程度になる。
- 杭模型の素材はまだ決めていないが，変形の大きい方が計測はしやすい。
- ひずみ分布を計測するためには多数のゲージを貼附する必要があるが，光ファイバー

等の適用を考える。

- 土槽正面は透明にしておき，実験を目視観察や画像解析をできるようにする。
- 模型は奥行き方向に全モデルとするか半モデルにするかを決めたい。
- 载荷は空気圧（荷重制御）とするか電動（変位制御）とするか決める。
- 砂材料は硬い砂（珪砂）や破碎しやすい砂（サンゴ砂，猫砂）等を使う。
- 大きめの単杭模型も使って先端支持力発現機構の観察もやりたい。
- 先端でのせん断や粒子破碎を AE（アコースティックエミッション）等で観察する。
- 暫定の研究項目は次の 3 項目を考えている
  - ① 先端支持機構，周面摩擦における杭間相互作用：群杭効果
  - ② 横抵抗における群杭効果
  - ③ 大型単杭模型による先端支持機構の詳細研究
- 大学院生 3 グループで手分けして研究を行う。当委員会のメンバーも希望があれば参加することは可能。当面は研究計画やデータ検討などでお力をいただきたい。

この報告に対する主な質疑・意見等は以下の通りである。

- AE は花崗岩の微少破壊で使っているが，破壊に近づくと小さな音がする。高性能圧電素子が必要。音が小さく砂などでは難しいのではないか。
- 砂ではいろんなところから音が出てしまい，閾値を決めるのは難しいかもしれないが，破碎の起こっている場所を同定する程度ならやってみたらよいのではないか。
- センサーを多く 3 次元配置して、破壊場所の同定に使えるかもしれない。
- 1 m × 1 m × 1 m の土槽で、アクリル壁（or ポリカーボネート 50 万円くらい）の側か、土槽中心か、両方で模型実験ができるようにすればよい。そうすれば、模型は半モデルと全モデルの両方をできるようなる。
- 空気圧で上載圧をかけるのは難しいのではないか。鉛散弾を積む等して上載圧を作作用させたほうが容易。杭全長への応力への応力分布等は遠心载荷を行ったほうがよい。
- 上載圧は地盤の状態を再現することはできないが，支持力や粒子破碎のためには必要。
- 杭の設置の仕方では押し込むのは困難だろう。まず杭を設置してから地盤を作成するのが無難であろう。
- その方法では，模型地盤はゆるくなるので、締め固める必要がある
- フーチングは、単なる载荷枠と考え地表から離す。杭同士の相互作用に専念した方がよいかもしれない。

実験に適用できる先端技術のセンサーの例として，東畑委員長からニッタ株式会社の超薄型圧力センサおよび三次元ベクトル分布触覚センサの紹介があった。

### 3. 光ファイバーセンサの適用性調査結果

後藤委員より、資料 2-4 を用いて、光ファイバの調査結果を報告した。

- センサーの形式には **FBG** 方式と分布ひずみ方式がある。
- **FBG** 方式とはファイバー中に **FBG** と呼ばれる回折格子をもうけ、そこから反射してくる光の波長のずれ等からひずみを同定する。
- **FBG** 方式ではアンプ（発光器）から出したファイバーをアンプ（発光器）に戻す必要はない。
- **FBG** 方式には **WDM** と **TDM** があり、**WDM** では反射する波長を変えてそれぞれの回折格子を識別し、**TDM** では反射波が帰ってくる時間によって回折格子を識別する。
- 従って、**WDM** では 1 本のファイバーに設けられる **FBG** の数が制限され、1 本のファイバーにつけられる **FBG** の数は 7~8 箇所である。
- **TDM** では **FBG** 同士の間隔が制限される。
- 沼田委員より、飛鳥建設の **FBG(TDM)**方式では **FBG** の間隔を 2m としているという補足があった。
- **FBG(OFDR)**という方法ではひずみ検出点の位置を 1mm 程度で識別できると報告されているが、最先端の技術であり容易に入手できるものではなさそう。
- 分布ひずみ方式のセンサーは光ファイバー全域で生じる微弱な反射光を用いて測定を行う。
- 分布ひずみ方式ではアンプ（発光器）から出したファイバーをアンプ（発光器）に戻すことが必要。
- 分布ひずみ方式では **B-OTDR** が知られているが、これは 1m 程度の範囲ごとに平均ひずみを測定できるだけなので。模型実験への適用性が低いと考えられ、資料に記載していない。
- 資料に記載した **PPP-BOTDA** と **BOCDA** はひずみ検出範囲の判別能力を高めている。
- 両者とも最先端の技術であり、研究段階と考えたほうがよいのではないかと。
- これらの情報の信頼性が自信を持ってないので専門家（業者）の意見を聞いたほうがよい。

東畑委員長より杭体のひずみ分布の測定で使いたいのでセンサーを細かく配置できることが重要であり、業者をヒヤリングしてみる旨の発言があった。

佐藤委員より、共和電業等に頼めばかなり細かくひずみゲージが貼れるとの意見があった。

川辺委員より、杭模型実験に光弾性実験の実績があるのではないかと意見があった。（最上武雄著「土質力学」で支持力問題の模型として記載されていることを確認した。）

アコースティックエミッションに関連して破碎しやすい砂の例として後藤委員から猫砂

の特性の報告がされた。

#### 4. Full Displacement Pile について

東畑委員長より、資料 2-6 をもちいて、Full Displacement Pile の説明がされた。

- カザフスタンの学位論文であり、西ドイツの杭工法をカザフスタンで施工したとして紹介された。
- 葉巻状のねじの切っただけのものを回転させて押し込むことによって地盤を締め固めて孔をつくる無排土工法である。
- 引き抜きは逆回転させてセメントミルクを満たしながら抜きあげる。
- 鉄筋籠を挿入することにより杭ができる。
- 摩擦は効くが先端支持力はそれほど期待できない。

この工法に関連して以下の意見があった。

- よっぽど柔らかい地盤でなければ施工できないのではないか。
- 不動テトラの SAVE コンポーザーは N 値 20 程度の地盤でも施工可能であり、砂杭を杭体に置き換えられれば施工ができるのではないか。
- この杭工法は去年の地盤工学会年次大会で鹿島建設から施工報告がされている。
- 打ち込み杭は優れた性質を持っているが日本では施工できないためにそれに変わるものがほしい。
- 非排土の鋼管ソイルセメント杭があるが（ガンテツパイル）、これでは周辺地盤を締め固めない。

#### 5. 群杭基礎の崩壊パターンについて

川辺委員から、資料 2-5 を用いて、群杭の実験についての検討課題等の報告がされ、偏荷重による基礎の回転による破壊も考えたかどうかという提案があった。

#### 6. 連絡委員会の報告

寺倉委員からの資料に基づき、東畑委員長から関東支部委員会グループの活動について報告があった。「今年の支部発表会では本意委員会のディスカッションセッションの開催は断ったが、支部発表会に参加して他の委員会のディスカッションセッションで発言してほしい」旨が述べられた。

#### 7. その他

この委員会の運営・その他に関連して以下の内容が東畑委員長から述べられた。

- 委員会について、実験装置の検討など以外にも情報収集的な役割もはたささせたい。
- 工法の最新パンフレットや腕自慢などをやってもらいたい。
- 見学会なども考えたい。提案があれば委員長から公的な機関に願う。

- 8月の年次大会で田中真紀子議員，中村英夫学長の講演会を行うので聴衆が集まるように情報を広めてほしい。
- 国交省次官や関連学会の会長を招いて記念式典を開催するので参加してもらいたい。
- 不動テトラの森藤委員が会社をお辞めになったため，不動テトラから吉富委員が参加される。幹事は後藤委員が引き継ぐ。
- 次回委員会は9月15日15時より東京大学で行う。議事予定は①話題提供：東畑委員長，佐藤委員，木村委員，②試験装置の作成状況報告，③その他