

泥炭性軟弱地盤における斜杭基礎の耐震性能に関する実験的検討

土木研究所寒地土木研究所 正会員 ○富澤 幸一
 土木研究所寒地土木研究所 正会員 西本 聡
 北海道大学大学院 フェロー会員 三浦 清一

1. はじめに

斜杭基礎のメカニズムに関し、これまでに日本道路公団試験所¹⁾や港湾技術研究所²⁾で種々の研究がなされている。また、木村ら³⁾は水平支持機構に関して解析的研究を実施している。ただし、斜杭基礎の地盤種別における耐震性能の検証は十分とは言えない。そのため既往研究が概ね粘土地盤や砂地盤を対象としていることから、本研究では泥炭性軟弱地盤を対象に遠心力加振実験を行い、設計手法の確立に向けた斜杭基礎の耐震性能を照査した。

2. 遠心力加振実験モデル

遠心力模型実験は、40G 場での斜杭基礎の静的水平載荷実験および動的加振実験とした。図-1 に斜杭の遠心力模型実験のセットアップ状況を示す。模型杭は鋼管杭を想定して、スチール材(SS400)を用いて外径 12.5mm, 厚さ 0.25mm, 長さ 500mm(実物換算径 500mm, 肉厚 10mm)とした。杭は支持杭として下端を石膏で固定した。杭の中心間隔は一般的な $3D(D$: 杭径)とし、斜杭のケースでは斜角を一般的な 12° とした。杭配列は 2 本×2 本の組杭とした。また、模型実験では上部工荷重を想定し 490kN 相当の錘を杭頭に固定した。模型地盤は泥炭性軟弱地盤を想定して乾燥重量比 1:1 のピートモスとカオリン粘土の混合材料とし、初期含水比 $w=300\%$ の飽和地盤とした。泥炭地盤は初期高さを 375mm(実物換算 15m)とした。

遠心力模型実験は①40G 場で泥炭地盤の自重圧密の後、②組杭静的水平載荷実験、③レベル 1(150gal)加振実験、④レベル 1 加振後の組杭静的水平載荷実験、⑤レベル 2(700gal)加振実験、⑥レベル 2 加振後の組杭静的水平載荷実験という手順で実施した。

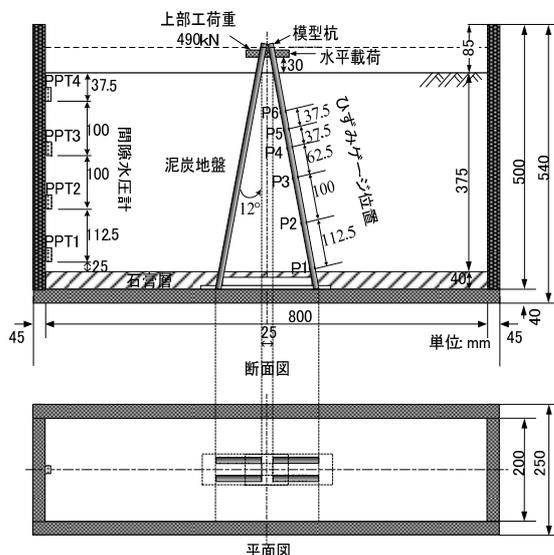


図-1 斜杭模型実験(斜角: 12度)

3. 実験成果

遠心力加振実験のレベル 1 およびレベル 2 地震動の入力波形は 20 波の正弦波とし、周波数は 2.5Hz とした。加振に伴う斜杭の応答水平変位履歴を図-2 に示す。図によれば、レベル 1 加振による斜杭の杭頭水平変位は通常で設定されている許容水平変位量(一般に 15mm)より小さく、水平変形の抑制効果を示している。また、レベル 2 加振による斜杭の杭頭変位でも最大変位量は $6\text{cm}(5D)$ 程度と比較的小さく時刻歴応答での乱れは認められない。この結果より、泥炭性軟弱地盤において斜杭基礎は地震時に所要の耐震性能および健全性が確保されるものと考えられる。

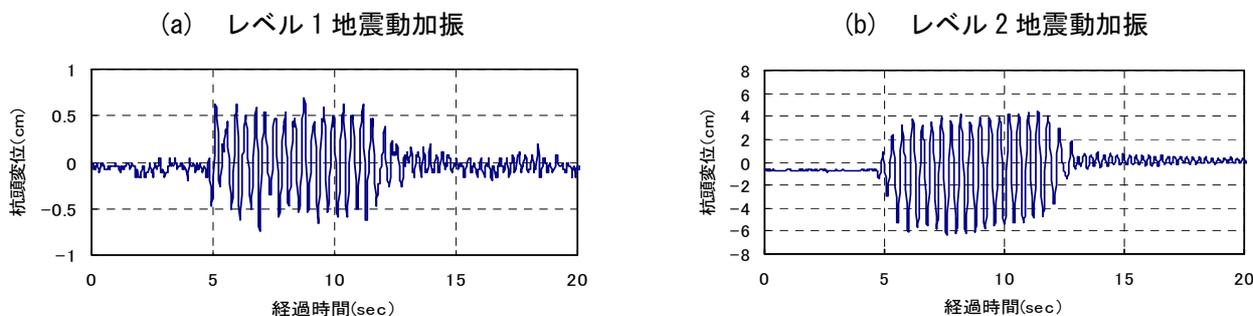


図-2 遠心力加振実験の斜杭の杭頭応答水平変位

キーワード 斜杭, 泥炭, 耐震性能, 遠心力模型実験

062-8602 北海道札幌市平岸 1 条 3 丁目 1 番 34 号 TEL 011-841-1709(365) FAX 011-841-7333

レベル 1 およびレベル 2 地震動に対する斜杭の水平抵抗の変化を確認するため、それぞれの加振後に斜杭の組杭静的水平載荷実験を実施した。載荷実験で得られた斜杭基礎の荷重～水平変位の関係を図-3に示した。図からも分かるように、レベル 1 およびレベル 2 地震動の加振前後で斜杭の水平抵抗に差異はなく、杭体にも特異な変形や損傷がないことから、斜杭基礎は地震動に対し所要の耐震性能を持つと判断される。

4. 地震時の杭応力度照査

最大加振であるレベル 2 地震動における杭体応力の照査を実施した。地震時における杭体の応力度のチェックは、杭頭部が式(1)で地中部が式(2)で行われる。

$$\frac{N'_0}{A_p} + \frac{M'_0 + M_{0c}(1 \pm K_v)}{Z} < \sigma'_a \quad (1)$$

$$\frac{N'_0}{A_p} + \frac{M'_{max} + M_{cmax}(1 \pm K_v)}{Z} < \sigma'_a \quad (2)$$

ここに、 N'_0 ：杭頭軸力(kN)、 M'_0 ：杭頭曲げモーメント(kNm)、 A_p ：杭断面積(m²)、 Z ：杭断面係数(m³)、 σ'_a ：杭材許容応力度(kN/m²)、 M_{0c} ：圧密沈下による曲げモーメント(kNm)、 M'_{max} ：地中部最大曲げモーメント(kNm)、 M_{cmax} ：圧密沈下による地中部曲げモーメント(kNm)、 K_v ：鉛直震度である。計算パラメータの軸力および杭曲げモーメントは図-4、図-5、図-6に示すレベル 2 加振実験の結果より設定した。

その結果、以下に示すようにレベル 2 加振に対して杭体応力度に問題ないことが判定された。

杭頭部 $\sigma_1 = 48588 \text{ kN/m}^2 < \sigma'_a = 210000 \text{ kN/m}^2$

地中部 $\sigma_2 = 52694 \text{ kN/m}^2 < \sigma'_a = 210000 \text{ kN/m}^2$

5. まとめ

遠心力加振実験より、レベル 1 地震動に対して斜杭の水平変位は許容水平変位量以下であり、レベル 2 地震動に対しても最大変位量は 6cm(5D 程度)と比較的小さい応答変位であった。杭体応力も問題ない照査結果であった。また、レベル 1 およびレベル 2 地震動の加振前後で斜杭の水平抵抗に差異は認められない。これらの成果より、斜杭基礎は泥炭性軟弱地盤において実務上問題なく所要の耐震性能を有すると判断される。

参考文献

- 1)佐藤 昭, 赤井公昭, 舟崎恒義：負の周面摩擦力と斜ぐいに発生する曲げの計算法に関する研究 —その 1, 負の周面摩擦力と斜ぐいに発生する曲げの計算法—, 日本道路公団試験所報告, pp.76-82, 1969.
- 2)高橋邦夫, 沢口正俊：地盤の圧密沈下による斜杭の曲げに関する実験的研究, 港湾技術研究所報告, 第 17 巻, 第 4 号, pp.121-167, 1978.
- 3)木村 亮, 牧野洋志, 大川賢紀, 亀井宏之, 張 鋒：斜杭を有する群杭基礎の静的水平支持力特性, 土木学会論文集 No.722/III-61, pp.97-107, 2002.

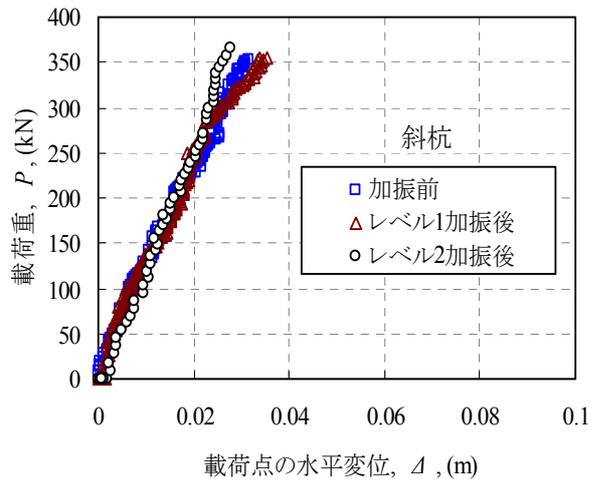


図-3 加振前後の斜杭の静的水平載荷実験

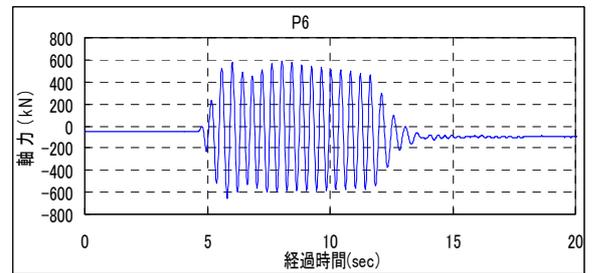


図-4 レベル 2 加振時の杭頭軸力

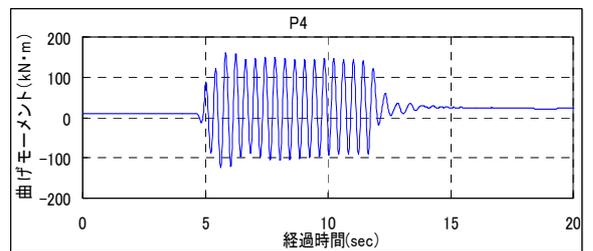


図-5 レベル 2 加振時の杭頭曲げモーメント

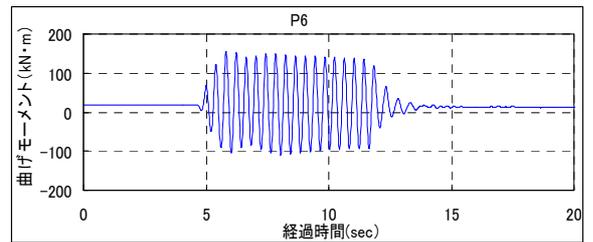


図-6 レベル 2 加振時の地中部曲げモーメント