

小径杭と土のうを併用した基礎の地震時応答（その1：振動台実験）

鉄道総合技術研究所 正会員 ○土井 達也，押田 直之
正会員 豊岡 亮洋，室野 剛隆

1. はじめに

地盤が比較的軟弱な地点に構造物を構築する場合、杭基礎を用いて支持力を確保するのが一般的である。しかし杭基礎は、大規模地震時における構造物の慣性力に抵抗する部材として設計されるため、しばしば杭の大口径化や杭頭の過密配筋が問題となる。そこで著者らは、表層地盤がやや軟弱な地盤を対象として、図1に示す小径杭と土のうを併用した基礎構造に関する研究を行っている。本基礎構造は小径杭の杭頭に土のうを敷設した上に構造物を構築するものであり、土のうによる振動絶縁効果により杭の小口径化と杭頭接合部の簡素化を目指している。また、直接基礎においては地震時にフーチングが浮き上がり、構造物に入力される加速度が頭打ちとなる¹⁾ことが知られており、本工法では小径杭と土のうを併用して直接基礎化を行うことにより、こうした効果も期待している。

本稿では、小径杭と土のうを併用した基礎が直接基礎と同等の鉛直支持性能を有すること、土のうの敷設により杭の断面力が低下することを確認するために、小径杭のみを配置した橋脚、小径杭と土のうを併用した橋脚の模型を用いた振動台実験を行い、既報²⁾にて報告した支持地盤上の橋脚の振動台実験結果ともあわせて比較検討した結果について報告する。

2. 実験概要

実験装置としては幅2m、高さ1.4m、奥行き1.1mの固定土槽を用い、土槽中に実物の1/25スケールの橋脚模型を2基設置して同時加振した。模型寸法は高さ約400mm、フーチング幅300mm×奥行き270mmとした。地盤の条件としては、支持地盤に粒度調整砕石M40（D値90%）、軟弱層に東北硅砂6号（相対密度80%）を使用した。土のうは1枚で橋脚のフーチング下面全体に敷設できる大きさとして、幅400mm×奥行き400mm×厚さ20mmとした。使用する土のうとしてはジオテキスタイル土のう³⁾を想定し、模型の土のう袋の材質にはジオテキスタイルの強度に対して相似則を考慮し、高密度ポリエチレンのネットを用いた。また、中詰め材には鹿島硅砂2号を用いた。小径杭としては、外径12mm、内径6mmの亚克力製パイプ（ヤング係数 $E=3.4 \times 10^6 \text{ kN/m}^2$ ）を用いた。計測項目は、橋脚天端や周辺地盤の水平加速度、橋脚の水平変位（相対変位）および鉛直変位、小径杭の軸力および曲げモーメントとし、サンプリング周波数は500Hzとした。

実験は、小径杭のみを配置した基礎（Case 1）と、小径杭と土のうを併用した基礎（Case 2）を対象に実施した。図2に実施ケースの概要と計測器配置を、図3に小径杭のひずみゲージ設置箇所を示す。入力波形は、最大加速度100galのホワイトノイズ、L2地震動スペクトルI波形（G3地盤）⁴⁾（最大加速度100galから900galまで100gal刻みで段階加振、相似則を考慮して時間軸を調整）、5Hzの正弦波（最大加速度100gal, 300gal, 500gal, 750galの順

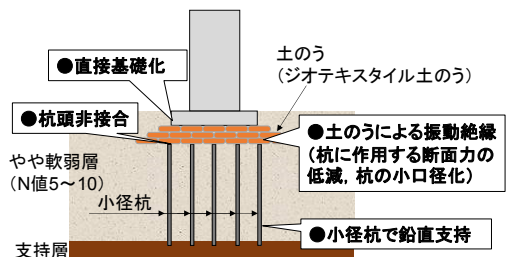


図1 工法の概要図

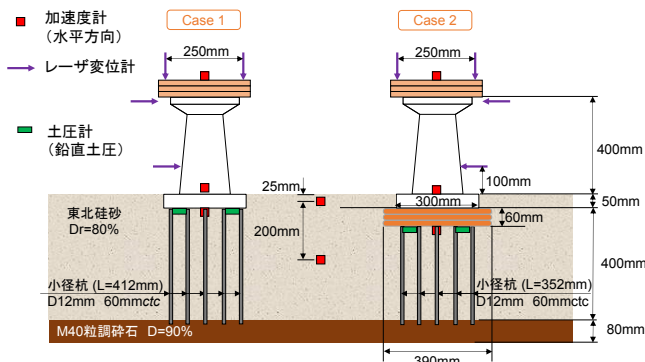


図2 実施ケースの概要と計測器配置

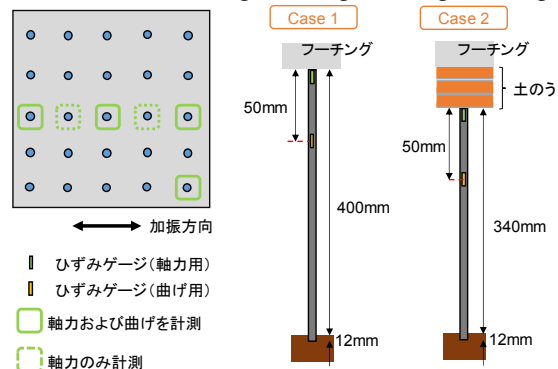


図3 小径杭のひずみゲージ設置箇所

キーワード 小径杭，土のう，支持力

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 TEL 042-573-7336

に段階加振)とした。なお、紙面の都合上、本稿では L2 地震動スペクトル I 波形を入力した結果について述べる。

3. 実験結果

(1) 最大応答加速度の分布 加振レベルごとの最大入力加速度と橋脚天端位置における最大応答加速度の関係を図 4 に示す。図 4 より、天端最大応答加速度は、Case 1, Case 2 とも支持地盤上の橋脚と同程度の値で頭打ちになっており、フーチングの浮き上がりに伴う応答加速度の頭打ち効果が確認できる。直接基礎において、支持地盤が抵抗するモーメントには限界がある⁵⁾ことから、頭打ちを示す応答加速度の値は橋脚の鉛直支持力と対応する。以上から、Case 1, Case 2 とも鉛直支持力の性能は支持地盤上の橋脚と同等程度といえる。

(2) 小径杭の断面力 L2 地震動スペクトル I 波形 (最大振幅 900gal) に対する小径杭の軸力および曲げモーメントを図 5 に示す。図 5(a-1), (a-2) より、小径杭と土のうを併用した Case 2 では、小径杭のみを配置した Case 1 に比べて軸力が均される傾向があることがわかる。これは、図 6 に示す土圧計の時刻歴 (Case 1 はフーチング下, Case 2 は土のう下) をみるとわかるように、土のうを敷設した Case 2 では杭間の地盤が鉛直応力を分担していることが原因と考えられる。また、図 5(b-1), (b-2) より、土のうを敷設したケースでは曲げモーメントの発生が抑制される傾向がある。この原因としては、Case 1 ではフーチングからの水平力が直接杭頭に作用する一方で、Case 2 では土のうが水平力を受け持って土のう底面や前面に水平力が分散するため、杭頭に伝達する水平力が低減することが考えられる。また、別の原因として、Case 1 では橋脚がロッキングすることにより軸力が小径杭の中心に対して偏心して作用することも考えられるが、今後検討を深度化する必要がある。

以上の結果より、土のうを敷設することによる小径杭の軸力および曲げモーメントの低減効果が確認できた。

4. まとめ

小径杭と土のうを併用した基礎構造が直接基礎と同等の鉛直支持性能を有すること、土のうを敷設することにより杭の断面力の低減効果があることを確認するため、模型を用いた振動台実験による地震時応答の確認を行った。その結果、小径杭のみを配置した基礎、小径杭と土のうを併用した基礎とも支持地盤上の橋脚と同程度の鉛直支持性能を有し、さらに、土のうを敷設することで小径杭の断面力の低減効果が付加されることを確認した。

参考文献 1) 西村ら：地盤改良併用型直接基礎の免震効果に関する実験的検討，土木学会論文集 A1 (構造・地震工学)，2012. 2) 日野ら：土のう上に設置した直接基礎橋脚の振動台試験による地震時挙動の評価，土木学会年次学術講演会，2017. 3) 野中ら：パイルスラブ式盛土における改良杭頭部ジオテキスタイル土のうの特性評価，ジオシンセティックス論文集第 27 巻，2012.11 4) 鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計，丸善，2012. 5) 鉄道構造物等設計標準・同解説 基礎構造物，丸善，2012.

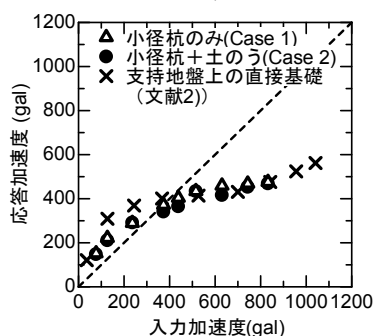


図 4 最大入力加速度と最大応答加速度の関係

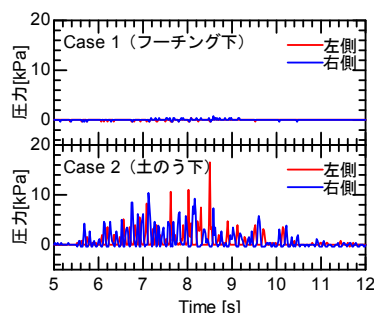


図 6 土圧計の時刻歴

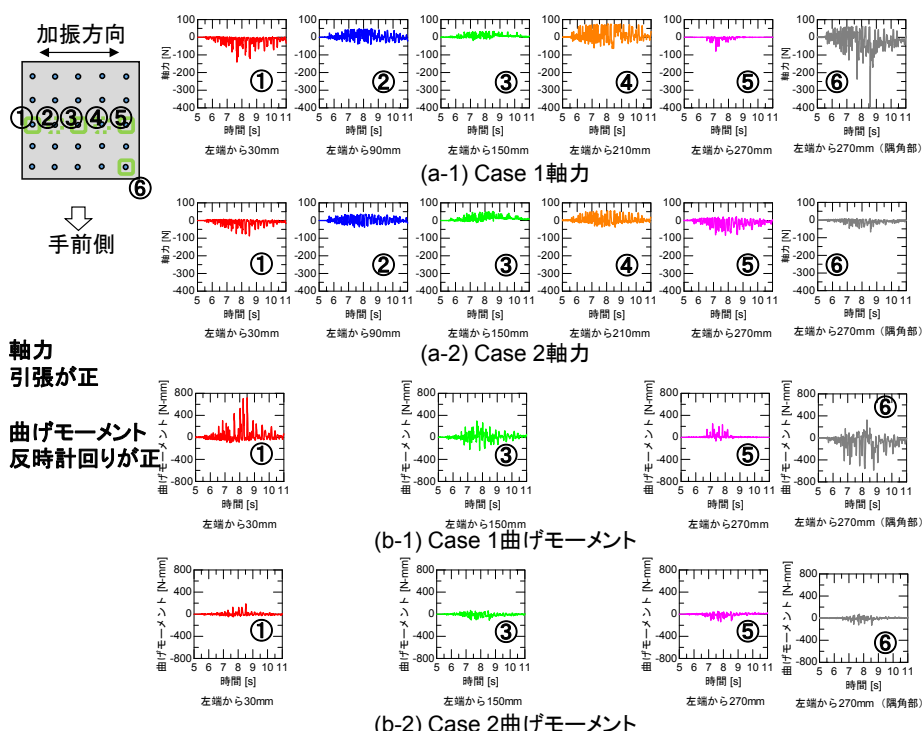


図 5 L2 地震動スペクトル I 波形 (最大振幅 900gal) に対する小径杭の軸力および曲げモーメント