

水平荷重を受けた際のパイルド・ラフト基礎の挙動（模型振動実験）

大成建設(株) 正 堀越研一 渡邊 徹
金沢大学 学 福山英樹 正 松本 樹典

1. 概要 著者らは、パイルド・ラフト基礎の耐震設計法の確立を目指した一連の遠心載荷模型実験を実施しおり¹⁾²⁾³⁾,別報⁴⁾では静的水平載荷試験結果（以下、静的実験と略記）を報告した。本報告は、同じモデルに地震力を入力した際の応答特性を把握し、静的実験結果と比較することを目的とした動的遠心載荷実験結果を報告するものである。実験では 1/50 の縮小模型に 50 g の遠心加速度を作用させ、加振を実施した。なお、以下に示す結果は、すべてモデルスケールで記載されている。

2. 実験モデルの概要 図-1 に実験モデルの概要を示す。振動実験では、幅 560 mm 奥行き 250 mm 高さ 300 mm のせん断土槽中に別報⁴⁾で報告したものと同一パイルド・ラフトモデルを設置した。使用した模型杭、地盤作製方法、ラフト質量（4.7 kg、50 g 場では、2.3 kN の荷重に相当）などは、すべて静的実験と同様である。すなわち、模型杭には、軸力、曲げモーメント、杭頭せん断力を計測するためのひずみゲージを貼りつけ、地盤は乾燥豊浦砂を空中落下法にて相対密度 60 %となるように作製した。なお、静的実験での地盤厚さ 470 mm と比較して、振動実験では、土槽サイズの関係で小さめである。杭長(170 mm)との比を考えると初期の沈下性状に若干の差が生ずる可能性があることは否めない。また、以下で記載する振動実験は、2 回実施しており、地盤強度の再現性ならびに振動実験結果の再現性は確認している。実験では、杭の応力に加えて、パイルド・ラフトの鉛直・水平変位、地中ならびにモデルの加速度応答特性を計測した。

3. 実験結果 遠心加速度(50 g)を作用させた段階における、ラフトの鉛直荷重分担率は 47～55%（静的実験では 38 %）であった。図-2 は、モデルに入力した加速度波形を示したものである。振幅 100 gal、周波数 50 Hz（実物換算 1 Hz）の正弦波を 20 波入力した。なお、事前に測定したパイルド・ラフト模型の固有振動数は約 140 Hz（実物換算 2.8 Hz）であった。

図-3 は、加振中のモデルの沈下挙動を示したものである。加振中にモデルと地表面との間の相対沈下が増加しており、モデルが徐々に地中に貫入していく状況が示されている。モデルの最終相対沈下量は、約 2.3 mm（実物換算で 115 mm）であった。図-4 は、パイルド・ラフトの加速度応答を示したものである。加振初期で 300gal 程度、終盤で 200 gal 程度で振動しており、加振が進むにつれて応答が小さくなる傾向が見られる。これは、加振中のモデルの相対沈下(図-3)ならびにラフトの水平荷重分担率増加(図-9)に起因しているものと考えられる。

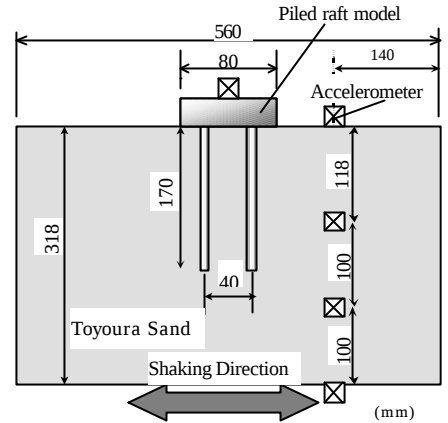


図-1 振動実験で用いたモデル

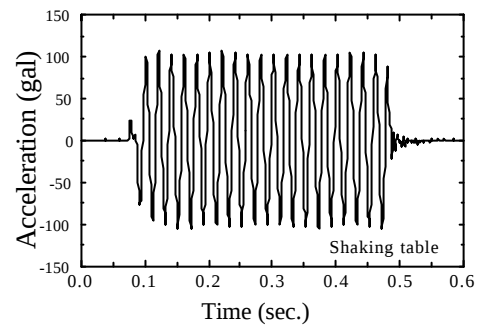


図-2 入力加速度波形

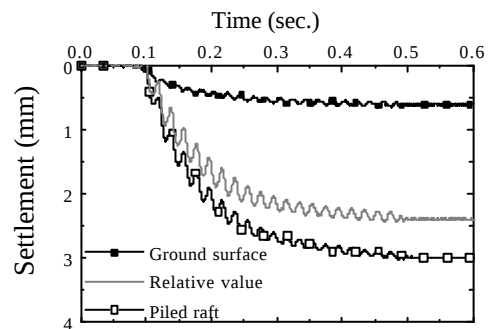


図-3 パイルド・ラフトの沈下性状

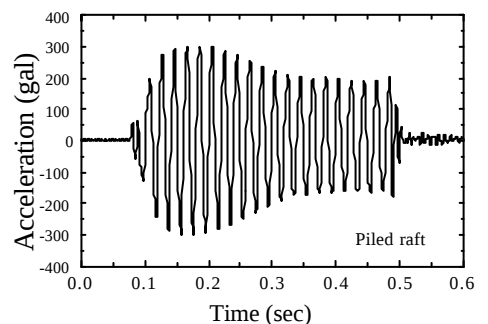


図-4 パイルド・ラフトの加速度応答

キーワード：遠心載荷実験，杭，パイルド・ラフト，振動実験

連絡先：〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設㈱技術センター Tel:045-814-7236, FAX:045-814-7253

また、図-5は、パイルド・ラフトの水平変位時刻歴を示したものである。水平方向の残留変位が約0.7 mm生じているが、加振の進行に伴い、加速度応答と同様、変位振幅が徐々に小さくなっている。変位振幅は、片振りで最大0.3-0.4 mm程度であり、静的実験で扱った水平変位（片振幅で約10 mm）と比較するとかなり小さい。本報告には、記載していないが、杭の応力は、弾性範囲内にとどまっている。

図-6は、パイルド・ラフトに作用する全水平荷重と水平変位との関係を静的実験結果とともに示したものである。振動実験における全水平荷重は、パイルド・ラフトの加速度計測値をもとにしたラフト部分の慣性力を示している。この図によれば、静的実験と振動実験で得られた変位剛性(stiffness)はほぼ類似しており、静的実験によって地震時の荷重-変形関係を推察することの妥当性を示している。なお、振動実験の結果では、図-5に示したように残留水平変位が生じた関係で履歴曲線が徐々に右側にシフトした形となっている。

図-7は、加振中の鉛直荷重分担率の推移を杭に対して示したものである。パイルド・ラフトは、約2 mm地中に入り込む形で沈下しているが、加振前後での杭の鉛直荷重分担率は大きく変化していない。ただし、加振のごく初期の段階で分担率が増加する傾向が見られるが、後述するようにラフトと地表面部の接地状況が、十分でなくなった影響が考えられる。静的実験結果²⁾によれば、水平変位の小さい段階では、分担率はほとんど変化しないが、変位の増大につれてラフトの傾斜による接地圧増加の影響を受けてラフトの鉛直荷重分担率が大きくなっている。今回の振動実験ではこの状態に至るまでの十分な変位を与えておらず、この意味で、さらに大きな地震力を受けた際の荷重分担性状の変化を把握する必要がある。

図-8は、各構成要素の水平荷重の推移を示したものであり、図-9は、これをラフト分担率の形で示したものである。全荷重は、パイルド・ラフトの慣性力から算出し、杭に作用する荷重は、杭頭のせん断力ゲージの総和から算出したものである。これらの図によれば、加振ごく初期の段階では、ラフトが大部分の荷重を受け持つものの、この割合はすぐに低下し、その後の振動につれて、ラフトの分担率が回復する傾向にあることがわかる。これは、加振の初期に地表面の沈下の影響を受けラフトと地表面の接地状況が十分でなくなるものの、モデル本体がその後の振動で沈下を続け接地状況がある程度回復するためであると考えられる。

おわりに パイルド・ラフトの振動実験事例は少ない。今後、大きな加振レベルでの振動実験、ならびに、同じ上載荷重をもつ群杭の振動実験を行い、本報告で示した結果と比較検証する方針である。

参考文献 1) 福山他：遠心載荷実験による単杭およびラフトの沈下特性の検討，第55回土木学会年次学術講演会，III-A207 2) 福山他：遠心力場におけるパイルド・ラフトの静的水平載荷実験，第36回地盤工学研究発表会（投稿中） 3) Watanabe, T., Fukuyama, H., Horikoshi, K. and Matsumoto, T.: Centrifuge modeling of piled raft foundations subjected to horizontal loads, Submitted to 5th Int. Conf. “Deep Foundation Practice”, 2001. 4) 福山他：水平荷重を受けた際のパイルド・ラフト基礎の挙動（静的載荷実験），第56回土木学会年次学術講演会（投稿中）。

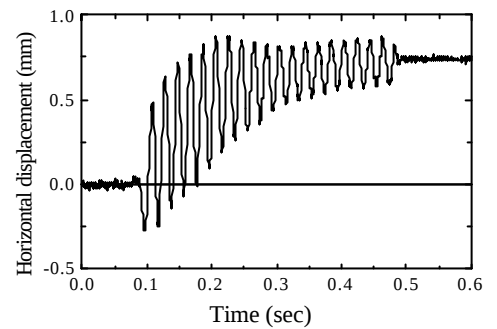


図-5 パイルド・ラフトの水平変位

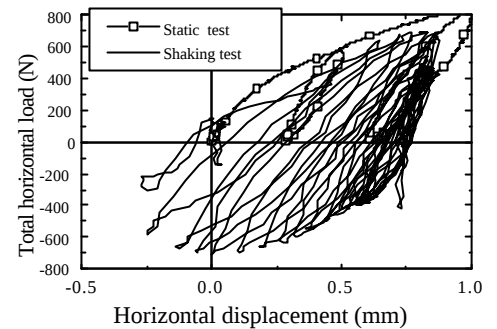


図-6 水平荷重-水平変位関係の比較

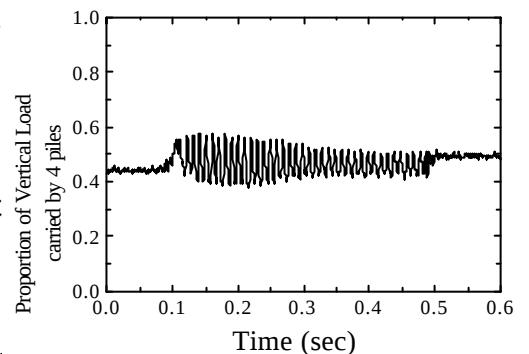


図-7 杭が分担する鉛直荷重の割合

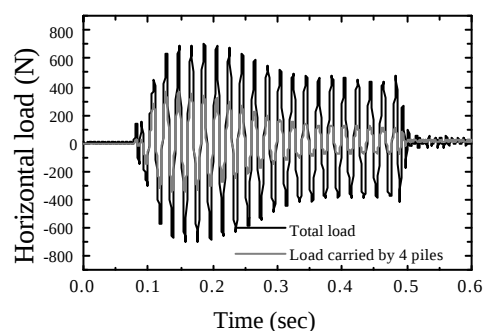


図-8 水平荷重の分担率の推移

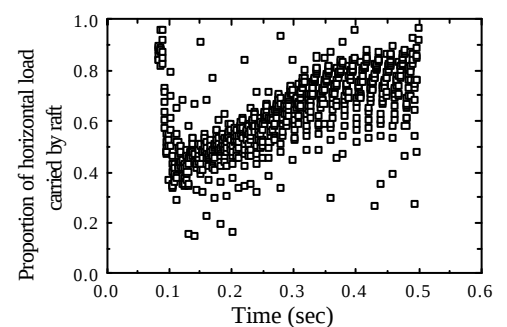


図-9 ラフト水平荷重分担率の推移