

上部構造が非線形化する構造物-杭基礎-地盤システム振動台実験

京都大学工学研究科	学生員	○西村	俊亮
京都大学防災研究所	正会員	高橋	良和
鉄道総合技術研究所	正会員	室野	剛隆
鉄道総合技術研究所	正会員	西村	隆義
大林組技術研究所	正会員	江尻	譲嗣

1. はじめに

橋梁や建築構造物は地盤上に建設されるため、その動的応答特性は地盤や基礎の影響を強く受ける。構造物の耐震設計においても、基礎・地盤の効果は見込まれているものの、耐震構設計画では地震後の修復性等を考え、主たる塑性化は地上構造物に発生させ、基礎部は副次的な塑性化に止めることを基本にしている。従来より、構造物と基礎・地盤との動的相互作用問題は広く検討されてきているが、従来実施されてきた実験では、上部構造物を線形構造としてモデル化し、基礎の非線形挙動に着目しているものがほとんどであり、実際の耐震設計に即した動的相互作用実験は実施されていないのが現状である。本研究では、上部構造の非線形挙動を十分に再現しうるモデルによる構造物-杭基礎-地盤システムの振動台実験を実施するものである。

2. 振動台実験概要

実験模型の概要を図-1 に示す。上部構造は、一辺 320mm の正方形断面の RC 柱に、質量 10.1t の重錘を載荷したものである。重錘は柱基部から高さ 1600mm の位置に設置した。上部構造の固有周期は約 0.2 秒である。基礎は、質量 0.7t のフーチングと、直径 190.7mm、厚さ 5.3mm、長さ 3300mm の鋼管杭 6 本で構成しており、杭頭部は剛接合、杭底部は土槽とピン結合とした。土槽はせん断土槽を用いた。地盤には硅砂 6 号の乾燥砂を用い、相対密度を 80% とした。地盤の固有周期は約 0.1 秒である。

実験は水平一方向の振動台実験であり、自由地盤上で JR 鷹取記録北西成分を再現できるよう調整した波形を振動台に入力する。加振は、最大加速度が 100gal, 200gal, 616gal, 924gal の 4 ケースを実施した。

3. 各ケースの非線形レベル

100gal のケースを「構造物、地盤共に線形のケース」、200gal のケースを「構造物線形、地盤弱非線形のケース」、616gal, 924gal のケースを「構造物、地盤共に非線形のケース」とする。図-2 に、構造物が非線形応答を示す時の RC 柱の荷重-変位関係を示す。

4. 杭の曲げモーメントによる動的相互作用の評価

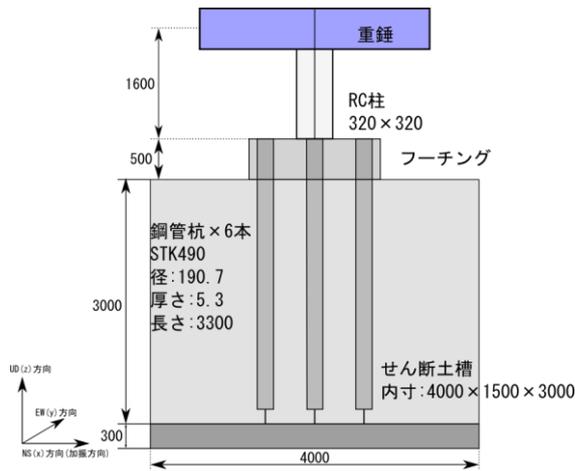


図-1 実験模型概要

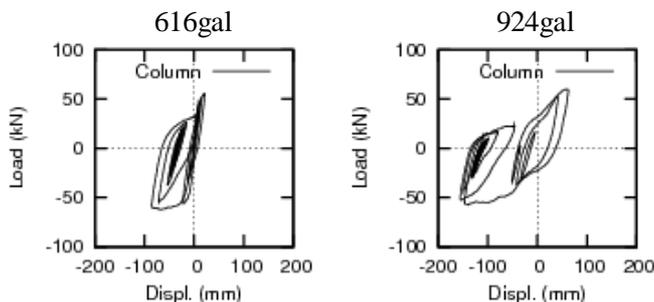


図-2 RC 柱の荷重-変位関係

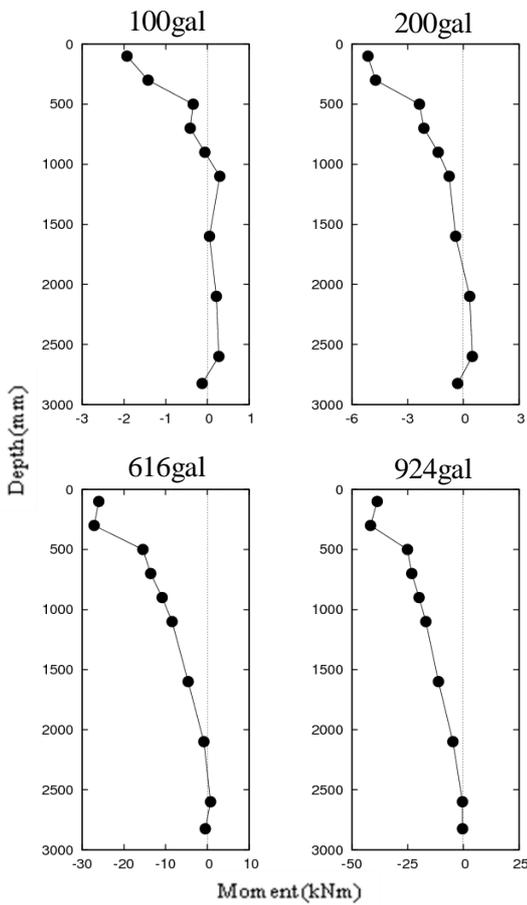


図-3 杭の曲げモーメント分布図

最大の時刻と地盤変位最大の時刻が完全に一致している。一方、慣性力最大の時刻は杭頭モーメント最大の時刻とわずかにずれている。よって 616gal 加振のときは、キネマティックな相互作用の影響が非常に強いが、慣性力の相互作用の影響も無視できないと考えられる。

次に 924gal 加振時について図-4(b)を見ると、616gal 加振同様杭頭モーメント最大の時刻と地盤変位最大の時刻が完全に一致している。また慣性力最大時を見ると、慣性力が最大にも関わらず曲げモーメントはほとんど発生していない。よって 924gal 加振のときは、構造物が非線形化することで慣性力が頭打ちとなり、キネマティック相互作用の影響が卓越すると考えられる。

謝辞：本研究は文部科学省科学研究費補助金(若手研究(S)19676004 番, 代表:高橋良和)の助成を受けて実施したものである。

各ケースにおける、杭頭のモーメントが最大となる時の杭の曲げモーメント分布図を図-3 に示す。100gal 加振のとき、曲げモーメントは杭下端からわずかに正側に発生し、深さ約 0.9m から負側に大きくなっており、慣性力の相互作用の影響が強いと思われる。200gal 加振になると正負が変わる位置が深さ約 2.1m と深くなる。これは、地盤が非線形化し始めて地盤変位の影響が見られ始めたと考えられる。616gal, 924gal 加振になると、曲げモーメントはほぼ下端から発生し始めている。これはキネマティック相互作用の影響が大きいと思われる。

さらに構造物が非線形応答を示すときについて詳しく見る。図-2 の 616gal と 924gal を見ると、加振レベルが 1.5 倍になっているにも関わらず、慣性力(荷重)はほとんど変わらないことが分かる。これは、構造物が非線形化することで慣性力が頭打ちになり、構造物非線形時は慣性力の相互作用は小さくなると考えられる。

図-4 に、杭頭曲げモーメント最大時、地盤変位最大時、慣性力最大時のそれぞれの場合の杭の曲げモーメント分布図を示す。まず 616gal 加振時について図-4(a)を見ると、杭頭モーメント

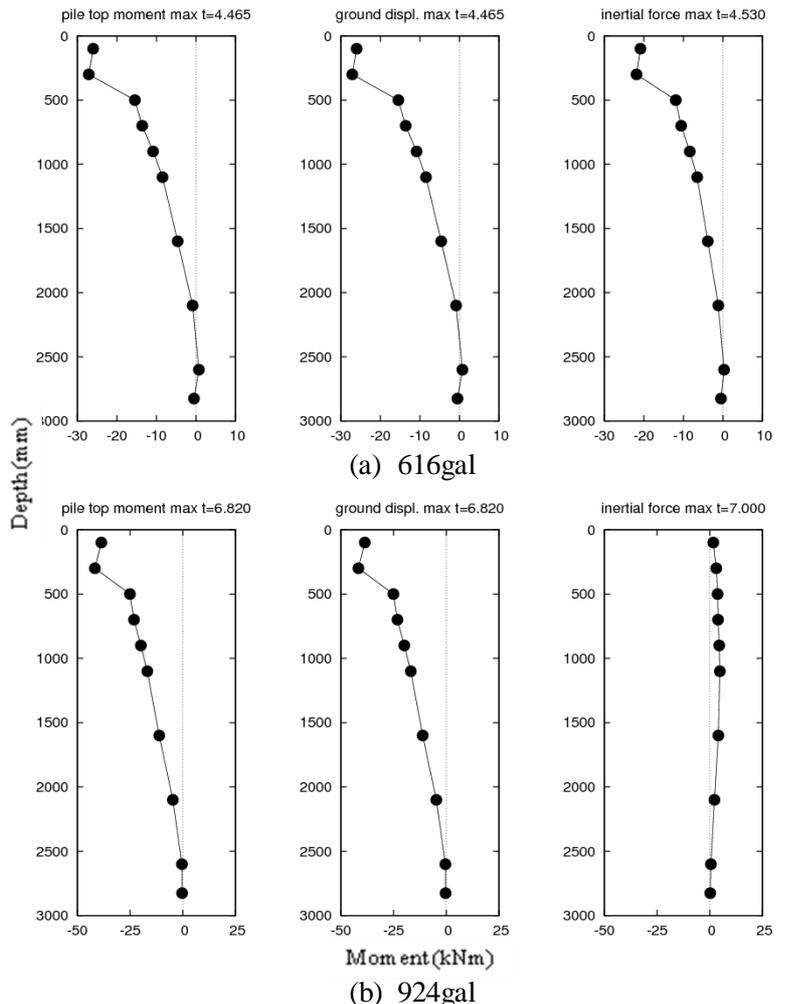


図-4 杭頭曲げモーメント、地盤変位、慣性力がそれぞれ最大となる時の杭の曲げモーメント分布図