

国土庁 正会員 木全 俊雄
建設省 土木研究所 “ 荒川 直土
“ “ “ 近藤 益央

1. まえがき

一般に軟弱層と呼ばれる堆積飽和砂層を貫いて杭基礎が設置された場合、地震時に杭基礎周辺地盤が液状化し、杭基礎に対する地盤バネの低減、杭頭変位の増大、さらには上部工の落橋や破壊に至る。このようなことから、液状化地盤中の動的バネの低減傾向および杭の振動時性を調べる必要がある。本報告は、昭和火橋の復旧後のP5橋脚周辺を想定して行った模型振動実験により得られた液状化地盤中の杭の動的バネ、液状化前後における地盤バネの比較および非液状化砂層中の杭の静的バネと動的バネの比較について報告するものである。

2. 実験方法

今回の実験で対象としたのは、震災復旧後のP5橋脚で模型は橋軸直角方向9本の杭配列も2本のスライスモデルとし、杭基礎の橋軸直角方向の群杭効果は無視したが、杭・地盤は可能な限り現形に忠実に相対率を満足させるようにモデル化した。図-1にその概要を示した。杭基礎は、円管を用いず矩形断面として幅32.0mmの板を模型杭とした。地盤模型は、豊浦標準砂を用いて液状化の可能性の少ない非液状化層（相対密度 $D_r=95\%$ ）と液状化の可能性が高い液状化層（相対密度 $D_r=75\%$ ）をそれぞれ層厚50cmで作成した。地盤はそれぞれ、水中落下法により作成し、非液状化層は作成後5Hz、200galの正弦波で加振を行い、液状化

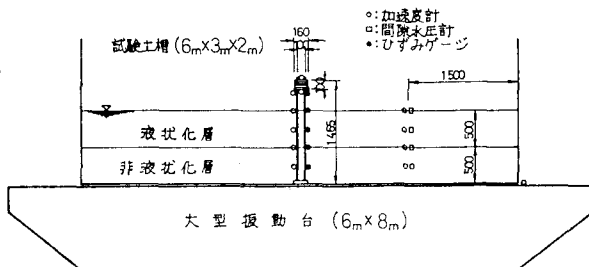


図-1 実験模型概要

による締固めをし、かつその後水締めを行った。計測器は図に示したように、加速度計、間隙水圧計およびひずみゲージを設置した。また、加振実験に使用しに入力波は1~30Hzの周波成分がほぼフラットな人工地震波を用い、10galで3秒間加振した後に入力レベルを徐々に上げ、加振開始後19~33秒までは最大加速度約200galで加振し、その後徐々に入力レベルを下げるような加振方法を行った。

また、今回の実験では3ケースの地盤模型を作成した。ケース1は、図-1に示した地盤模型を用いて水平載荷試験を主にして行ったケースである。ケース2はケース1とほぼ同様の液状化層を作成し、加振実験すなわち液状化砂層中の杭の動的バネの変化に着目して行ったケースである。ケース3は全層非液状化層として地盤を作成し、非液状化砂層中の杭の動的バネと静的バネを比較することを目的として行ったケースである。

3. 実験結果

ケース1として行った液状化地盤内の杭の水平載荷試験では、0~50kgの水平載荷を行った。その結果を図-2に示したが、変位が2.0mm以下では変位の増加にともない急激に増加しており、2.0mm以上では緩やかな曲線を描いて増加している。次にケース2では、加振前後に変位6mmまでの水平載荷試験を行ったが、その結果を図-3に示す。同図では全体に緩やかな傾斜になっており、相対密度をほぼ同じケース1の結果とは異なった傾向を示している。しかし、杭頭変位5mm以上ではケース1・2ともほぼ同じ値を示している。

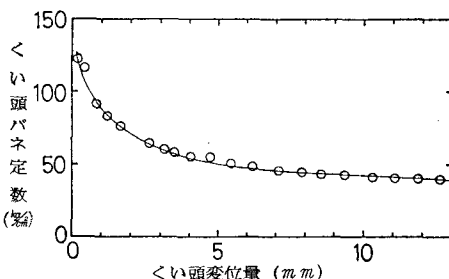


図-2 杭頭変位～杭頭バネの関係(ケース1)

また、加振前後での杭頭バネの変化は、図-3によれば液状化後に杭頭の静的バネは1.4~1.5倍になり液状化前より変位が小さい時に集束する傾向が見られる。また、ケース1・2の加振実験では、それぞれの入力最大加速度は約180galで行ったが、非液状化地盤を含む全層で液状化が発生している。従って杭基礎の特性としては、非常に突出長の長い杭基礎モデルとなった。ケース2では加振開始後21秒で液状化層（上部層）が液状化し、その後10秒後には全層にわたって液状化している。図-4に示したランニングスペクトルによれば、上部層の液状化した21秒付近で杭の卓越周波数が約3.5Hzまで減少した。この周波数は、模型地盤が50cmだけの時の杭の固有振動数3.3Hzにほぼ一致している。しかし、液状化が全層にわたっても、杭の卓越周波数はほとんど変化しておらず、杭のみの固有振動数2.1Hzと若干異なった値を示している。図-5には、動的バネ定数の変化を示した。a)にケース1の結果、b)にはケース2の結果を示したが、ケース1・2ともに初期および加振終了時の動的バネ定数は、ほぼ同じ値を示しているものの、ケース1ではバネ値が急速に減少しているのに対して、ケース2では徐々に減少している。これはケース1の静的バネが初期に急速に減少するのに対して、ケース2は全般的に緩やかであり、このような特性の違いによるものと思われる。また、動的バネと静的バネの比較では、最小動的バネ定数と杭頭と振動台の最大応答変位差より求められた静的バネ定数とを比べると、ケース1ではほぼ同じ値を示したものの、ケース2では若干動的バネ定数の方が大きな値を示した。また、全層が非液状化層であるケース3では、静的バネ定数の方がやや大きい値を示した。

4. まとめ

今回の実験は、杭基礎へ地盤のバネ定数に着目して行った。全体的な傾向としては、過剰間隙水圧の発生にともない動的バネ定数は減少し、液状化時の地盤反力係数は杭の共振周波数からも零となることがいえる。

5. 謝辞

本実験に際し、株式会社長大橋設計センターの協力を得た。末筆ながら感謝の意を表する次第である。

参考文献

1. 飽和砂質土の液状化模型実験；荒川・不全・近藤・常田・高松
第37回土木学会学術講演会講演概要集，P61~62
2. 砂質土の流動化および杭基礎構造物の動的応答特性に関する模型振動実験；岩崎・常田・吉田・後藤，土木研究所資料1605号

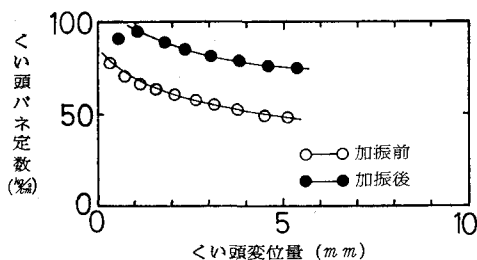


図-3 杭頭変位と杭頭バネの関係(ケース2)

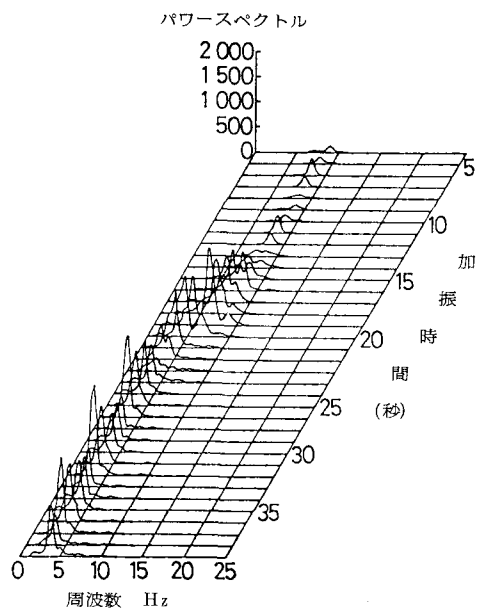


図-4 杭頭部ランニングスペクトル

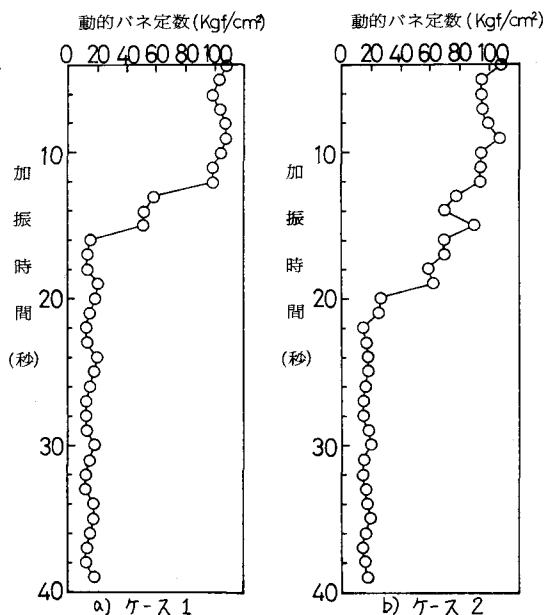


図-5 液状化地盤中の動的バネ定数の時間変化