



た色砂模様の変形から、流動砂が群杭間をすり抜けるものの、杭近傍では引っかかりのような挙動を示すことが見出された。これらのことは現行設計では無視されている。他方、各杭に作用する流動土圧を合計すると、現行設計の計算値を同様の値になった。このことから設計法の問題は、杭間の荷重分担を考慮していないことであることが、判明した。

第5章では知見を補うために、 $3 \times 3$ の群杭模型で、研究を続行した。実地盤と同様に、地表に不飽和非液状化層を設けたことが、特徴である。特に着目したのは、流動土圧と地盤の流動速度との関係である。実験結果によれば、土圧の時間変化と速度のそれとの間には明らかな相関がある。したがって、後述のように、液状化した砂は粘性流体のような挙動をする、という仮設が可能である。また、流動が停止した後にも残留する土圧がある。後者の発生機構について検討するため、地表面の側方変位分布を詳細に調べ、上流側の杭に前面では地盤が水平に圧縮変形するので、杭に大きな土圧が作用すること（杭による流動せき止め）、下流側では、群杭外部の砂が下流方向へ伸張変形、流失するので、地表面の標高が下がり、杭に偏土圧が作用して残留値を生じること、がわかった。このようなことから、杭に作用する土圧には、流動速度に依存する粘性的成分と、地盤変形に関連する幾何学的成分とがある、と結論した。

第6章は、E-Defense 施設で実施された実物大模型の実験結果を考察している。この実験でも速度依存性が観察された。この性質は液状化砂の粘性流体的性質に起源を持つ、というのが指導教官の所論であるが、他方、杭背後で負圧が生じるために速度依存性が現れる、という主張もある。そこで杭周辺の実測間隙水圧を用いて負圧から生じる土圧を試算し、実測値よりはるかに小さく、定量的には実現象を負圧説では説明できないことを示した。また、この実験では矢板護岸の背後に群杭基礎を設置したため、護岸側の杭周辺で地盤の流動変位、速度が大きく、土圧も下流側で最大となった。残留土圧も大きく、護岸背後では地表の陥没と偏土圧が著しいことが、重要であった。

第7章では、6章の知見を多数の実験で補強するため、護岸模型実験を行った。 $3 \times 3$ の群杭基礎の土圧分担によれば、下流側の杭で流動土圧が最大、上流側で最小であった。護岸の倒壊を再現した実験では、上述した斜面の流動実験とは異なり、下流側の杭ほど大きな流動荷重を受けた。このように日陰効果が見られない理由としては、護岸に近い下流側ほど地盤の流動速度が大きく粘性効果が著しくなること、地表面の陥没と偏土圧も下流側ほど著しいこと、が挙げられている。

第8章では、耐震性に劣る護岸の直近に設置された杭基礎を、地盤流動現象から防護するための技術を、研究した。護岸と杭基礎との間に矢板地中壁を設置し、護岸変状の影響が杭基礎に波及しないようにすると、被害が軽減できた。また前述の日陰現象を利用して、群杭の上流側と下流側とに捨て杭を打設し、これらには上部構造の荷重は負担させないようにする。これにより地盤流動荷重だけを捨て杭が主に分担すれば、万一これらが破壊しても上部構造には影響が及ばず、かつ杭基礎本体を防護することが可能である。

第9章は、以上の結果をまとめた結論である。

以上の内容を通覧すると、1990年代以来問題となってきた液状化地盤流動と杭基礎との関係を、大型群杭や実物大模型実験という、実際ときわめて近い条件で実証的に研究し、一応の結論を得たものである。そして設計に用いるべき荷重値についても、定量的な成果を得ている。また既存杭基礎の防護技術についても研究が及んでいる。これらのことから本研究は耐震工学、特に地盤の耐震技術の進歩への貢献が、きわめて大きい。よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。