

清水建設(株) 吉見吉昭、玉置克之、○森 信夫
近藤 司、吉村 隆

1.はじめに 地中構造物の周囲に近接して、液状化層を貫通し不透水層に達する止水壁を設置した場合は、周囲の液状化した地盤からの水や砂の流入が無いので、噴砂・噴水が生じなければ構造物下の地盤の体積は一定である。また、水圧の伝達もないことから、止水壁内部の間隙水圧は、内部の地盤が液状化したとしても全応力以上に上昇しない。これらは、構造物が浮上りを生じないことを示しており、構造物の周囲を剛な止水壁で囲うことは、浮上り防止に有効な対策と考えられる。

止水壁を用いた構造物の地震時の液状化による浮上り防止策に関する一連の実験を行ない、効果の把握を行なった¹⁾。しかし、砂地盤の密度が高かったこと、および壁が変形しても構造物の鉛直変位を抑制しないという条件が不明確であったことから、今回緩い砂地盤で実験条件を明確にして実験を行なった。以下に、実験の概要と構造物の浮上り量と壁の曲げ変形に基づく止水壁による浮上り防止効果について示す。

2.実験方法 実験は、1)構造物周囲に止水壁を設け、更に構造物と止水壁の間および構造物底面に排水層を設けた場合と、2)構造物周囲に止水壁のみを設けた場合の2通りについて平面ひずみ状態で実施した。

1)の場合の模型の断面と計器の配置を図-1に示す。構造物の見掛けの単位体積重量は 1.2gf/cm^3 とした。止水壁の模型には、曲げ剛性が実際の仮設山止め壁の場合とほぼ同じになるように、6mmの亚克力板を用いた。なお、液状化層の厚さは、構造物底面下15mの場合を想定した。大きな層厚を想定したのは、現象を明確に観察するためである。なお、止水壁のみの場合、構造物部分での止水壁の間隔は常に構造物の幅以上(構造物幅+2mm)に保ち、止水壁が変形して構造物の鉛直変位を抑制しないようにした。また、排水層を設けた場合も、各々幅15mmの排水溝を止水壁に取付け2mmの隙間を設けることで側面摩擦が生じないようにしている。

実施した全ての実験の相対密度および加振条件

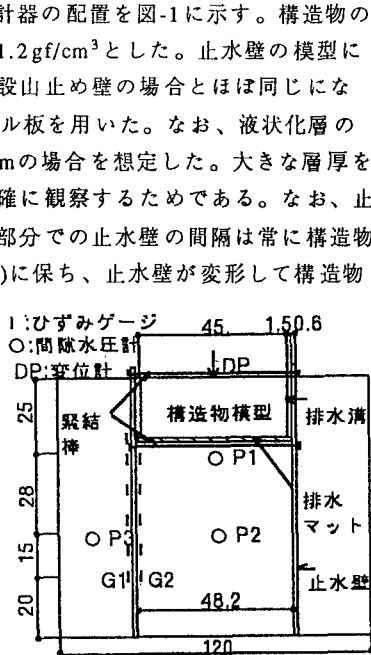


図-1 計器配置図 (単位:cm)

表-1 加振条件および地盤条件

実験ケース	入力加速度 (gal)	相対密度 Dr (%)
止水壁と排水層	1-1	154
	1-2	156
	1-3	156
止水壁のみ	2-1	147
	2-2	149

表-2 使用砂の物性

平均粒径 D ₅₀	0.38mm
最大粒径 D _{max}	2.00mm
均等係数 U _c	2.70
最大間隙比 e _{max}	0.98
最小間隙比 e _{min}	0.64
土粒子比重 G _s	2.70

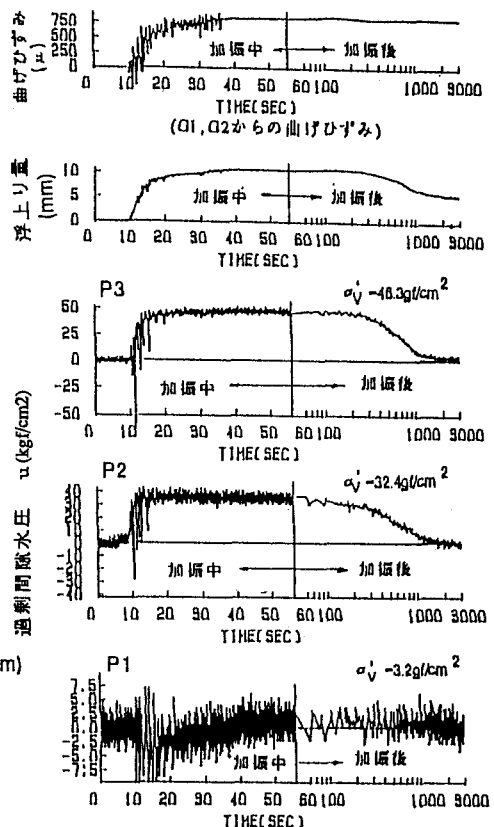


図-2 過剰間隙水圧と浮上り量および壁の曲げひずみの経時変化記録(止水壁と排水層)

を表-1に、用いた砂の物性を表-2に示した。砂地盤中の間隙水には、過剰間隙水圧の消散に関する相似則を満足するためにグリセリン水溶液(濃度70%、比重1.17)を用いた。地盤は、グリセリン水溶液で浸した砂試料をグリセリン水溶液中に自重落下させる方法で作成した。

加振は十勝沖八戸(EW成分)を用い、水平方向加振で行ない、加振中は地盤中の加速度、間隙水圧、構造物の変位、壁のひずみなどを測定した。

3. 実験結果 構造物の周囲に排水層のある場合の各測定の経時変化記録例を図-2に示す。図の横軸の時間スケールは、加振中の56秒間とそれ以降とで変えている。加振開始後約10秒から15秒で急激な浮上りおよび曲げひずみが発生している。その後やや増加するが、加振後36秒から加振終了時までほとんど増加していない。なお、壁の曲げひずみは、壁下端より20cmの位置の値であり、壁が内側にたわむ場合を正としている。

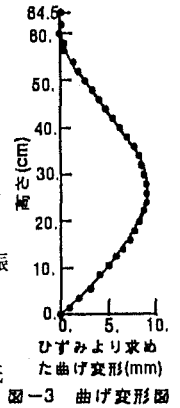


図-3 曲げ変形図

一方、地盤内の過剰間隙水圧は、構造物直下(P1)でほとんど増加していない。しかし、底面下31cmの壁内(P2)と壁外(P3)は、構造物の浮上りと壁の曲げひずみが発生したのと同

時期に急激に上昇し、いずれも図中に示した初期有効上載圧(σ'_v)に達している。加振終了後は時間とともに過剰間隙水圧が消散し、構造物は沈下するが、曲げひずみは加振終了後もほとんど変化せず、曲げひずみ分布から求めた図-3の加振終了時の壁の変形は残留している。したがって、構造物の沈下は壁内地盤の液状化後の圧密によるものである。なお、壁の変形は、曲げひずみ分布から、壁の下端部で回転支点、緊結部で固定支点として求めた。以上、排水層を設置した場合の例を示したが、これらの性状は排水層のない場合についてもほぼ同じであった。

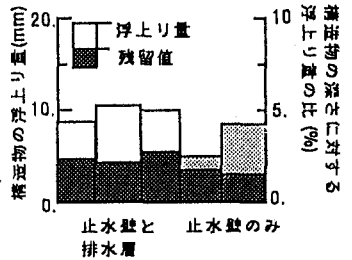


図-4 各実験における浮上り量

4. 構造物の浮上りと止水壁の変形 各実験の加振終了直後の模型中央部の浮上り量を示したのが図-4であり、止水壁のみの場合と排水層がある場合の浮上り量に明瞭な差がない。また、浮上り量の残留値は、各実験において最大浮上り量の約1/2程度となっている。今回の実験では液状化層を構造物底面下15mと想定しているため、浮上り量および比は大きな値となっている。実際には液状化層が10m以下の場合が多く、図-4の1/5以下の小さな値になると考えられる。ちなみに、止水壁のない無対策の場合の浮上り量は、約30mmであった。

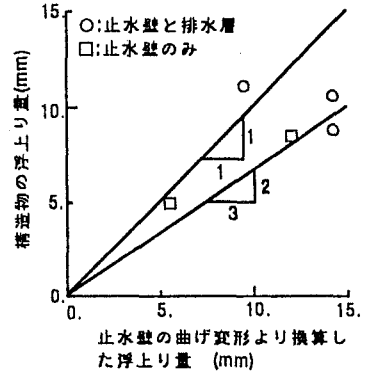


図-5 構造物の浮上り量と止水壁の曲げ変形より換算した浮上り量との関係

各実験における加振終了後の壁の変形を構造物の浮上り量に換算した値と、実測による構造物の浮上り量の関係を示したのが図-5である。図中の実線は壁内側の地盤に体積変化がなく両者の関係が等しいとした場合と、実測による浮上り量が計算によるものの2/3の場合を示したものである。

浮上り量の実測値が壁の変位から計算した値より小さい傾向がある。これは、排水層を設けた場合は排水層を通して、止水壁のみの場合は構造物の変位抑制防止のために構造物と壁の間に設けた隙間を通して加振中に排水があったことを確かめており、壁内側の地盤の排水による圧縮があったためと考えられる。構造物の浮上りと過剰間隙水圧の発生が同時に発生していること(図-2)と図-5を考え合わせると、構造物の浮上りは壁内外の過剰間隙水圧の差による壁の変形によるものと判断できる。

5. まとめ 周囲を止水壁で囲った場合の構造物の浮上りは、液状化に伴う壁内外の過剰間隙水圧の差による壁の変形により生じることが分かった。したがって、壁の剛性を増すなどにより壁の変形を小さくすることで浮上りを抑制することができる。なお、今回の実験では、排水層の有無により浮上りの顕著な差はなかった。 **参考文献** 1) 吉見他:「止水壁を用いた地中構造物の浮き上がり防止策」、pp263-268、地盤の液状化対策に関するシンポジウム(土質工学会)、1991年1月