

III-113 液状化層内の地中構造物の浮き上がりに関する実験的研究

建設省土木研究所 正員 二宮 嘉朗
建設省土木研究所 正員 常田 賢一
建設省土木研究所 正員 松本 秀應
建設省土木研究所 正員 東 拓生

1. まえがき

現在、地震時の液状化に対する地中構造物の安定性は浮き上がりの有無により確認されるのが一般的であるが、より合理的な耐震設計法、対策工法の検討のためには浮き上がり量といった変状程度を考慮した評価が必要となる。

本研究では、長方形断面をもつ地中構造物について、液状化による浮き上がり特性および浮き上がりに関する要因を明らかにするために、地中構造物下方の液状化層厚を変えて行った振動台実験の結果を報告する。

2. 実験概要

実験は、前後面アクリル製の土層（長さ1.8 m、高さ1.1 m、幅0.6 m）を振動台上で加振して行った。図1に実験模型、標準的な計測位置の概要を示す。模型地盤はよく締固められた非液状化砂層とその上のゆるい液状化砂層で構成され、それぞれ豊浦砂を用い、ゆるい液状化砂層はホッパーを使用した水中落下法で作成した。液状化層中には長方形断面（幅15 cm、高さ15 cm、奥行き59 cm）の中空

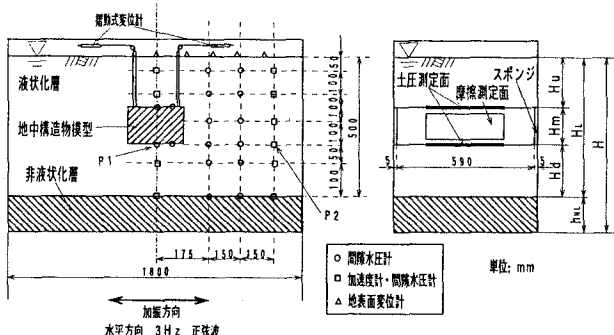


図1 実験模型概要例（CASE 3）

のアルミニウム製地中構造物模型（比重0.94）を埋設した。模型地盤は表1に示すように、構造物上方の液状化層厚（ H_u ）を一定（20 cm）として、構造物下方の液状化層厚を3種類（5、10、15 cm）に変化させた。入力は最大加速度110 g a 1、3 Hzの正弦波で20秒間加振して行った。なお、計測は地盤模型では過剰間隙水圧、加速度、地表変位、地中構造物模型では過剰間隙水圧、上下面土圧、側面摩擦力、浮き上がり量について行った。

表1 実験条件

実験 CASE	各 層 の 厚 さ (cm)					全総厚 H (cm)
	H_u	H_m	H_d	H_s	H_{total}	
1	20	15	5	40	55	95
2	20	15	10	45	50	95
3	20	15	15	50	45	95

3. 実験結果と考察

地震時の地中構造物の浮き上がりの主要な要因として構造物底面の過剰間隙水圧の上昇が挙げられるが、本実験では地中構造物模型底面および同深度の周辺地盤の過剰間隙水圧と浮き上がり変位量との関係に着目して比較・検討した。

CASE 1～3の浮き上がり量の時間変化、構造物底面中央（図1のP1）と周辺地盤（図1のP2）の過剰間隙水圧、同過剰間隙水圧比の時間変化を図2に示す。また、CASE 3について、構造物底面中央の過剰間隙水圧と同深度の周辺地盤の過剰間隙水圧と加速度の時刻歴および地中構造物模型の浮き上がり量が1 mmのときの過剰間隙水圧分布を図3に示す。

図2(a)によれば、構造物模型下の液状化層厚（ H_d ）が厚いほど早く浮き上がり、かつ浮き上がり速度

も大きくなっている。また、図2(b)、図3(d)によれば構造物底面では周辺地盤と比べると過剰間隙水圧の上昇は小さくなっている。一方、構造物底面(P1)での有効上載荷重を構造物模型（比重0.94）とその上載土（湿潤単位体積重量 1.89 g f/cm^3 ）の荷重で、また周辺地盤(P2)のそれは上載土で算定した図2(c)の過剰間隙水圧比では、浮き上がり初期で構造物模型底面中央の値（0.8～1.0）が周辺地盤の値（0.7～0.8）より大きくなっている。なお、図2(b)、(c)、図3(d)の構造物底面の過剰間隙水圧は構造物の浮き上がりに伴って静水圧が減少する分を過剰間隙水圧上昇分に加算している。

図2(a)、(c)および図3(a)、(b)、(c)によれば、浮き上がり始める時刻（図中①）において、周辺地盤では過剰間隙水圧が急増しているものの0.7程度であり、その地盤の加速度もまだ応答しているが、構造物底面中央での過剰間隙水圧はほぼ1.0になっている。その後は、浮き上がりが進行し、周辺地盤が完全に液状化する時刻（図中②）までにおいて、構造物底面中央の過剰間隙水圧は一度減少して、再度上昇に転じ、1.0を超える過剰間隙水圧比が発生している。ここでの減少動向は浮き上がりによる静水圧の減少を、また上昇動向は周辺からの浸透圧の伝達であると考えられる。

写真1はCASE3の浮き上がり量5cmでの状況を土層正面より写したものである。この写真で黒い帯は液状化砂層の砂と同じ豊浦砂を黒く着色したものである。同写真より、周辺地盤から構造物下方に砂が回り込むことにより構造物模型が浮き上がっていることがわかる。したがって、構造物の浮き上がりの容易さ、その進行の度合に関係する要因の一つとして構造物下方への周辺地盤からの土砂の回り込み易さを左右する要因（例えば、Hd、図2(a)参照）が考えられる。

4. あとがき

液状化地盤中の地中構造物の浮き上がり特性について、模型実験を実施したが、構造物底面及び周辺地盤の過剰間隙水圧特性、構造物下方の液状化層の影響および浮き上がりに関与する液状化砂の回り込み等が明らかとなった。今後は浮き上がりに関与する他の要因についてさらに検討を進める予定である。

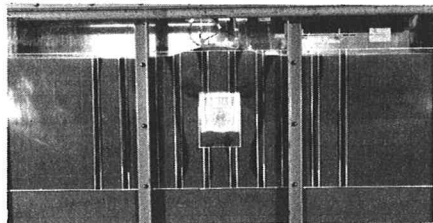
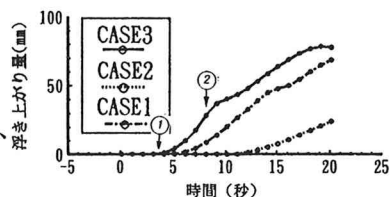
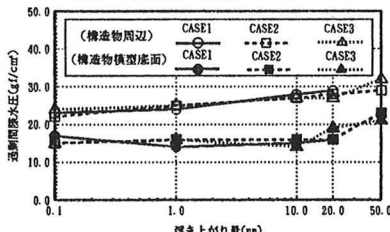


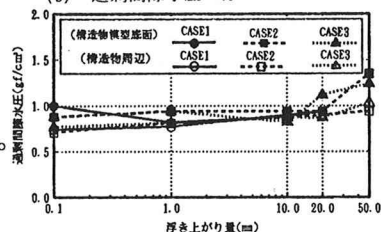
写真1 5 cm浮き上がり時の地盤変状状況



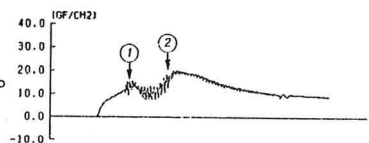
(a) 浮き上がり量の時刻歴



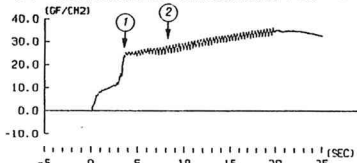
(b) 過剰間隙水圧と浮き上がり量



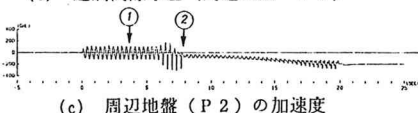
(c) 過剰間隙水圧比と浮き上がり量
図2 CASE1～CASE3の比較



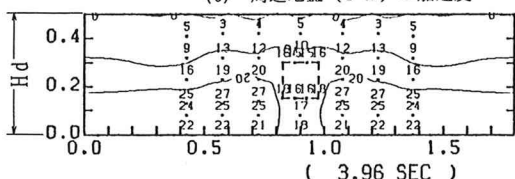
(a) 過剰間隙水圧(構造物底面中央 P1)



(b) 過剰間隙水圧(周辺地盤 P2)



(c) 周辺地盤(P2)の加速度



(d) 過剰間隙水圧分布(3.96 SEC)

図3 時刻歴の比較