

建設省土木研究所

正員 〇谷 口 栄 一

同

同 古 賀 泰 之

同

同 森 下 義

1. まえがき

新潟地震あるいは日本海中部地震等において地中の浄化槽、オイルタンク、埋設管のマンホール等が周辺地盤の液状化のために浮上る被害が数多く見られた。著者等はこのような周辺地盤の液状化による地中構造物の浮上りの安全率の評価手法について、現地の被害調査、振動台実験、解析等^{2,3)}を行ってきた。ここではこれまでの研究成果をまとめて安全率の評価手法を提案したい。

2. 浮上りのメカニズムおよび安全率

地震時に飽和砂地盤が液状化する場合に地盤中に過剰間隙水圧が発生する。この過剰間隙水圧によって地中構造物の底面には動的揚圧力 U_d が作用する。この動的揚圧力に静的揚圧力(浮力) U_s を加えたものが地中構造物の自重 W_1 、上載土の荷重 W_2 より大きくなる場合には地中構造物が浮上ることになる。これが周辺地盤の液状化による地中構造物の浮上りの基本的なメカニズムであると考えることができる。このような考えに基づいて地中構造物の浮上りの安全率 F_u は次式で表わされる。

$$F_u = \frac{W_1 + W_2}{U_s + U_d} \quad (1)$$

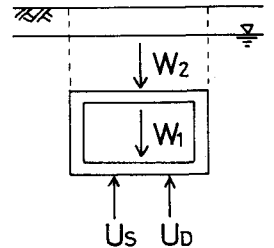


図1 地中構造物に作用する力

なお式(1)の分子に地中構造物の側壁と地盤とのすきすき力、上載土のせん断抵抗力を見ることが出来るが、地盤が完全に液状化した状態ではこれらの力はほとんど0とみなすことができる。

式(1)による浮上りの安全率の算定法の妥当性を調べるために半地下構造物の小型模型を用いて振動台実験を行った。¹⁾その結果、過剰間隙水圧の実測値を式(1)に代入して計算した浮上りの安全率が0.9~1.1のときに半地下構造物模型が浮上り始めた。従って式(1)による浮上りの安全率の計算は妥当なものであると考えられる。

3. 実地盤における浮上りの安全率の計算手法

式(1)を用いて実際の地中構造物の液状化時の浮上りの安全率を算定するためには何らかの方法によって地震時の地盤中の過剰間隙水圧を推定しなければならないが、ここでは図2に示すような算定手法を提案したい。この方法ではまず道路橋示方書の方法を用いて液状化抵抗率 F_L を算定する。この F_L と過剰間隙水圧比の関係を用いて地盤中の過剰間隙水圧を推定し、動的揚圧力に変換して式(1)を用いて浮上りの安全率 F_u を計算する。液状化抵抗率と過剰間隙水圧比の関係については繰返し三軸試験や振動台実験の結果より図3に示すようないくつかの曲線が得られている。これらの曲線は砂の種類、相対密度等によって若干変化するようであるが、これらの曲線の平均的なものとして次式で表わされる曲線を提案したい。

$$\left. \begin{aligned} L_u &= F_L^{-1/2} & (F_L > 1) \\ L_u &= 1 & (F_L \leq 1) \end{aligned} \right\} (2)$$

次に過剰間隙水圧比 $L_u = \frac{u}{\sigma_v}$ を過剰間隙水圧 u に変換するには有効上載圧 σ_v を知る必要がある。ここで言う σ_v とは液状化時に過剰間隙水圧が上昇する上限という意味をもっている。図4は模型振動台実験において半地下構造物模型の直下で測定した過剰間隙水圧を示している。半地下構造物の浮上りを拘束しない場合には図5の点Aにおける過剰間隙水圧はほぼ点Aにおける有効上載圧まで上昇して半地下構造物模型は浮上り始めている。これに対し半地下構造物の浮上りを拘束した場合には点Aの過剰間隙水圧は点Bの有効上載圧よりもさらに大きくなっている。これは半地下構造物模型の上部を押えつけているためである。このように半地下構造物の拘束条件

によって半地下構造物の底面に作用する過剰間隙水圧の上限値が変化するので設計においては各構造物の拘束条件を考慮して決めなければならない。埋設管や洞道等の線状構造物では非液状化層の部分である程度拘束されており、図4のケース1とケース2の中間的な状態にあるので、図5の点Bの有効上載圧を上限値としてとればよいと考えることができる。

図6は日本海中部地震のときに液状化によって浮上った地下オイルタンクに上記の手法を適用した場合の浮上りの安全率 F_u と実際の浮上り量の間係を示している。²⁾図6によると F_u が約0.5のときに最大2m、 F_u が約0.8のときに最大75cm浮上っていることがわかる。

参考文献

- 1) 谷口他 "液状化による半地下構造物の浮上りに関する振動台実験" 第20回土質工学研究発表会、1985
- 2) 佐々木他 "日本海中部地震による地下オイルタンクの浮上りの被害" 第19回土質工学研究発表会、1984

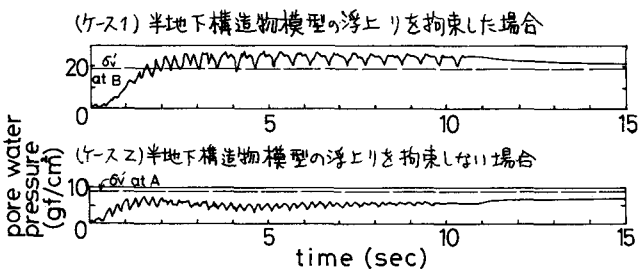


図4 半地下構造物の底面の過剰間隙水圧

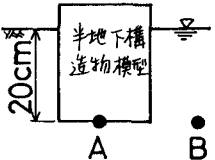


図5

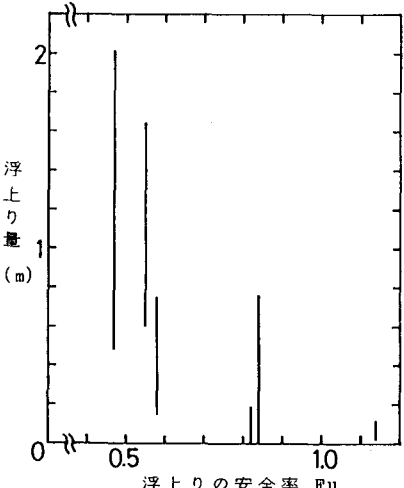


図6 地下オイルタンクの浮上りと浮上りの安全率

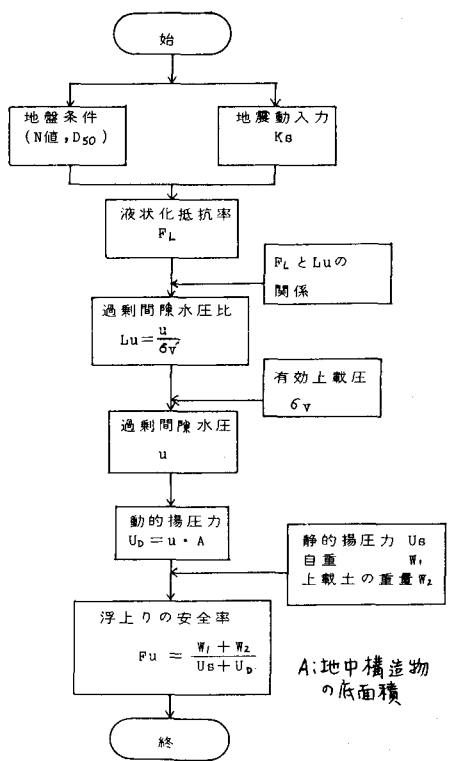


図2 液状化時の地中構造物の浮上りの安全率の算定フローチャート

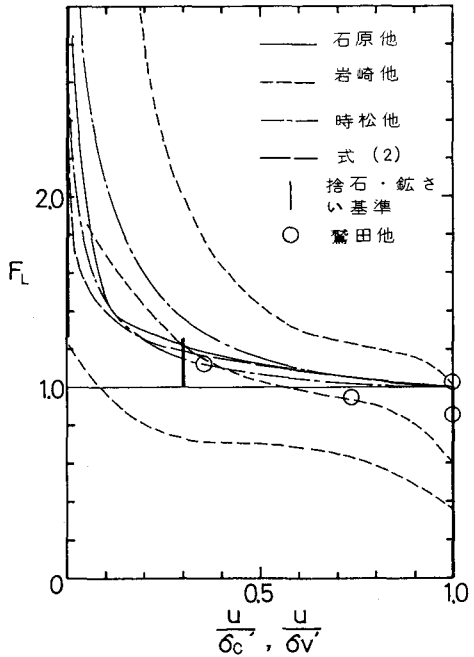


図3 液状化抵抗率と過剰間隙水圧比