

III-36 半地下構造物の液状化対策としての砕石ドレーンによる間隙水圧の低減効果

中央開発株式会社 正会員 ○ 若狭 聡

建設省土木研究所 正会員 古賀 泰之 谷口 栄一

1. まえがき

地下オイルタンク、地下浄化槽、掘削道路等の比較的軽い半地下構造物は、その周辺地盤が液状化することによって浮上る可能性があり、過去の大地震においてその被害が報告されている。このような被害を軽減防止するための対策として砕石ドレーン工法がある。ここでは、半地下構造物周辺に設置した砕石ドレーン内の間隙水圧の挙動を有限要素法を用いて解析し、半地下構造物の形状や砕石ドレーンの透水特性を変えた時の、半地下構造物の液状化時の浮上りに関して検討したので以下に報告する。

2. 既往の振動台実験時の間隙水圧挙動と解析方法

半地下構造物の浮上り現象は、地震時に半地下構造物底面に蓄積される過剰間隙水圧^{1), 2)}に起因する。著者らが実施した大小の模型振動台実験の結果では、砕石ドレーン内及び飽和砂地盤内で蓄積される過剰間隙水圧は、加振と共に徐々に上昇し一度ピークに達すると加振中は一定値を保っていた。また、砕石ドレーン内での過剰間隙水圧の最大値は加振中に表われ、振動停止後は速やかに消散する現象が見られた。すなわち、半地下構造物の浮上りに対して最も危険な状態時の砕石ドレーン内の過剰間隙水圧は、ほぼ定常状態を示す。したがって、ここでは定常浸透流解析法によって、半地下構造物の形状（サイズ）、砕石ドレーンの厚さ及び透水特性を変化させた時の半地下構造物底面に蓄積される過剰間隙水圧の最大値を求めることとした。

解析は、砕石ドレーンから一定距離（Y）隔れた地点に一定水圧を与え、砕石ドレーン内の水頭分布を定常浸透流解析で求めた。Yは図-1に示すように砕石ドレーンのある大型振動台実験での砕石ドレーン内の過剰間隙水圧の測定値に良く合う5 cmとした（図-2参照）。また、一定距離Yでの定水圧は、実験結果からその位置の鉛直有効応力 σ_v' とした。図-3は、このようにして決めた同じYの値を用いて解析した砕石ドレーンのない場合の結果と、実験結果を比較したものである。

3. 解析結果

3-1 解析モデルと条件

解析モデルを図-4に示す。解析ケースは図-4の諸元を表-1に示すように変化させた合計13ケースである。なを、飽和砂地盤の透水係数 K_s は全ケース共 1.0×10^{-2} (cm/sec)とした。

3-2 砕石ドレーン内の過剰間隙水圧

まず計算された各ケースの半地下構造物底面での過剰間隙水圧と過剰間隙水圧比を表-1に示した。この過剰間隙水圧の値は、半地下構造物底面の各節点で得られた値を平均したものである。図-5には飽和砂地盤の透水係数 k_s と砕石ドレーンの透水係数 k_d の比と半地下構造物底面の過剰間隙水圧 U_d との関係を、図-6には半地下構造物の高さ H 、幅 $2B$ と U_d との関係を示した。図-

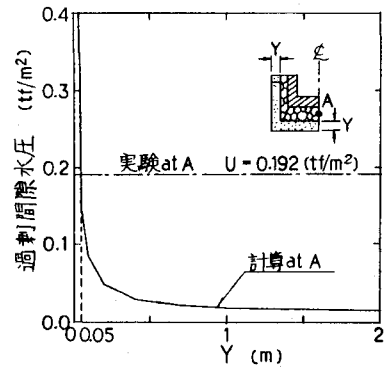


図-1 境界条件の検討

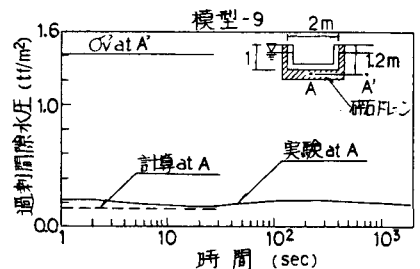


図-2 過剰間隙水圧の時間変化

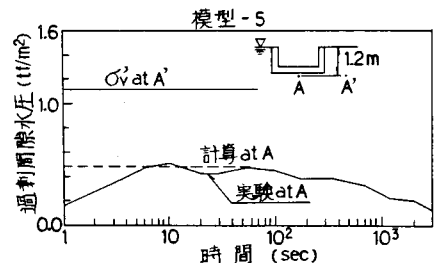


図-3 過剰間隙水圧の時間変化

5によると、 kd/ks

ks が大きくなると
砕石ドレーンの排水
効果が大きくなり、
その効果は kd
/ ks が大きくなる

ほど顕著であるこ

とがわかる。また、 $H=B=3$ mの条

件では $Ud/\sigma'_v < 1$ となるためには kd

/ ks が500 以上必要であった。図-6

は $kd/ks = 10^3$ の条件下での結果であるが、 $Ud/\sigma'_v < 1$ となる
ためには $H=4$ m、 $2B=10$ mの半地下構造物が限界であることが
わかる。また Ud/σ'_v の低減には B よりも H の効果が大きいよう
である。 b_1 、 b_2 の効果は図示してないが表-1のケース5、12、
13の Ud の値を見ると Ud/σ'_v を低減させるには $b_1 > b_2$ が望ましい
事がわかった。

3-3 半地下構造物の浮上り安全率

周辺地盤が液状化した時の半地下構造物の浮上り安全率 F_u は文献2)
で示すように模型実験の結果から次式で表わされる。

$$F_u = (W + Q) / (U_s + U_d) \quad \text{----- (1)}$$

ここに、 W : 半地下構造物の自重、 Q : 半地下構造物と地盤の摩擦力
ここでは全てのケースで0とした。

U_s : 静水圧による浮力、 U_d : 液状化時の過剰間隙水圧による揚圧力

この解析で得られた過剰間隙水圧 (Ud) (表-1に示す) を式(1)に
代入して求めた浮上り安全率を図-6に示す。図-6に示すように、
今回の解析の対象とした砕石ドレーンの諸元 ($b_1 = b_2 = 80$ cm、 $kd = 10$
cm/sec) の下では、高さ4 m、幅10 m以内であればその半地下構造
物は液状化時の浮上りに対しての安全率が1.0 以上であった。

4. あとがき

液状化時に半地下構造物周辺に設置した砕石ドレーン内に蓄積され
る過剰間隙水圧の振動台実験での最大値は、定常浸透流解析では説明
できる。したがって、半地下構造物の浮上りに対して最もきびしい
条件での安定性は定常浸透流解析で求めた過剰間隙水圧で論ずること
ができる。ただし、過剰間隙水圧の上昇や消散の過程における安定性
を解析するためには、非定常の浸透流解析または体積変化他を考慮し
た有効応力による応答解析が必要である。

(参考文献)

1. Y.Sasaki, E.Taniguchi: Shaking Table Tests on Gravel
Drains to Prevent Liquefaction of Sand Deposits, Soil and Foundations, Vol.22, No.3, Sept
1982.
2. 谷口, 森下, 古賀 ; 周辺地盤の液状化による半地下構造物の浮上りの安全率, 第12回土木学会関東支
部年次研究発表会講演概要集, 1985.

表-1 解析ケースと結果

CASE	H (m)	B (m)	kd (cm/sec)	b1 (m)	b2 (m)	Ud (t/m ²)	Ud/ σ'_v
1	5	5	10	0.8	0.8	1.76	1.23
2	10	10	10	0.8	0.8	3.67	1.97
3	2	2	10	0.8	0.8	0.35	0.30
4	4	4	10	0.8	0.8	1.28	0.95
5	3	3	10	0.8	0.8	0.78	0.62
6	3	6	10	0.8	0.8	1.08	0.86
7	3	9	10	0.8	0.8	1.30	1.04
8	6	3	10	0.8	0.8	2.17	1.44
9	5	2	10	0.8	0.8	1.60	1.12
10	3	3	1	0.8	0.8	2.13	1.70
11	3	3	5	0.8	0.8	1.22	0.97
12	3	3	10	0.4	0.8	1.08	0.86
13	3	3	10	1.6	0.8	0.58	0.46

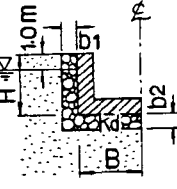


図-4 解析モデル

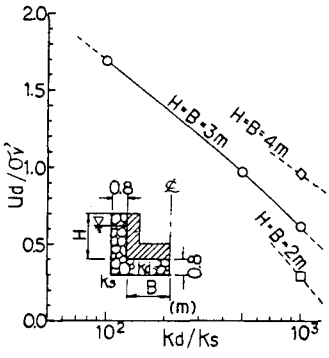


図-5 kd/ks と Ud/σ'_v との関係

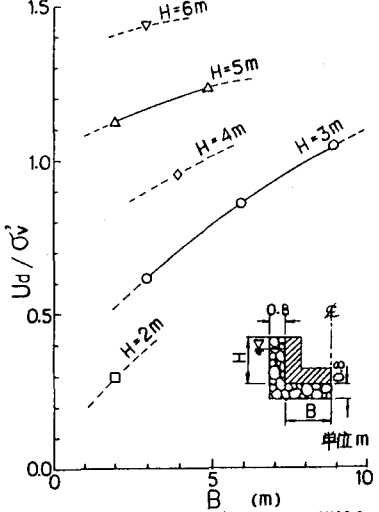


図-6 H 、 B と Ud/σ'_v との関係

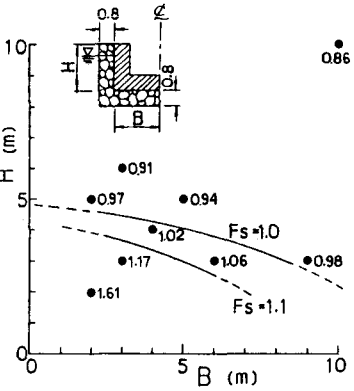


図-7 H 、 B と F_u との関係