

III-46

建設省 土木研究所

正会員 佐々木 康

建設省 土木研究所

正會員 谷口 栄一

1. まえがき

新潟地震、十勝沖地震、日本海中部地震などでは、周辺地盤の液状化に伴って発生する過剰間隙水圧の上昇により地中構造物が浮上り、沈下などの変状を生じて被害を被った。このような被害を軽減、防止するため各種の対策が実施されてきているが、その一つとして最近実施され始めたグラベルドレーン工法の間隙水圧消散促進の効果を明らかにするために行った有限要素法による解析の結果をここに紹介する。

2. 解析モデル

掘削道路、下水処理施設、共同溝などの地中に埋設された構造物は周辺地盤によって支持されているものであり、地震時に発生する構造物周辺の地盤中の過剰間隙水圧をグラベルドレーンによって速かに消散させたり、周辺地盤から伝播する過剰間隙水圧を遮断することが、浮上りに対する変状を軽減する上で効果的であると考えられる。

ここでは、地震時応力に基づく発生間隙水圧の挙動とグラベルドレーンによる間隙水圧消散効果について主として検討するとともに、地中構造物の施工に際して地盤のゆるみを防止するためにしばしば残置される

鋼矢板が地盤の液状化対策としてどの程度寄与するのかについても併せて検討した。

解析モデルは図-1に示す5ケースであり、構造物中心から長さ10.9mをメッシュ分割して解析対象範囲とした。

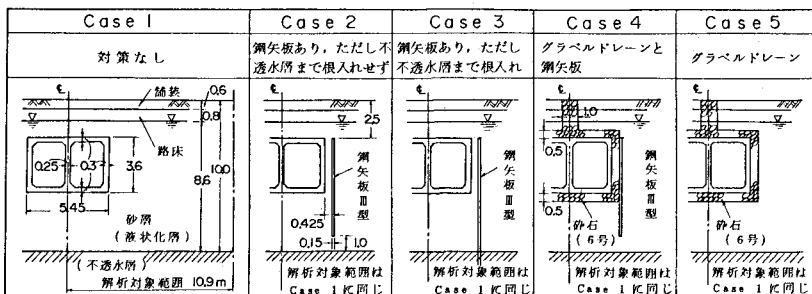


図-1 解析モデル

3. 解析方法

加振中のモデル地盤内に発生する過剰間隙水圧とグラベルドレーンの過剰間隙水圧の消散とを同時に考慮した解析を実施した。解析に用いたプログラムは、建設省土木研究所で開発したSADAPと呼ぶ2次元動的有限要素解析プログラムである。このプログラムを用いれば地盤内に発生する過剰間隙水圧の挙動を相当程度まで再現でき、過剰間隙水圧の妥当な推定値が得られることが、振動実験から確認されている。¹⁾

解析に用いた地盤定数を表-1に示す。また、入力地震動としては繰返し回数20回、振幅130gal、周波数1.0Hz、継続時間20secの正弦波を用いた。なお、間隙水圧発生モデルは、石原らの繰返しせん断中の応力

表-1 解析に用いた地盤定数

定数	内部			ポアソン比			せん断変形パラメータ			加圧水発生パラメータ			透水係数	体 係
	密度 ρ (t/m ³)	摩擦角 ϕ (deg)	粘着力 C (t/m ²)	止土係数 K_v	静的 ν_v	動的 ν_d	$G = K \cdot \rho^2 \cdot (1/\text{mm}^2)$	$\Pi - \Pi$		B_p'	B_u'	θ_p (deg)		
材料名							K (1/tm ²)	n	係 数					
アスファルト舗装	2.20	23.3	41.7	0.5	0.33	0.33	8.000	0	1.0	0	0	0	6.2×10^{-4}	5.0×10^{-4}
砂 質 土	1.90	40.0	0	0.5	0.33	0.49	6.420	0.50	1.0	0	0	0	6.2×10^{-4}	5.0×10^{-4}
砂	1.90	40.0	0	0.5	0.33	0.49	1.800	0.50	1.0	0.186	0.417	36.3	6.2×10^{-4}	5.0×10^{-4}
砕 石	1.90	45.0	0	0.5	0.33	0.49	3.100	0.55	1.0	0.186	0.417	41.2	1.31	5.0×10^{-4}
コンクリート	2.69	0	1,000	0.5	0.17	0.17	1,090,000	0	0	0	0	0	1.8×10^{-18}	1.8×10^{-18}
鋼 矢 張	7.85	0	1,000	0.5	0.30	0.30	283,000	0	0	0	0	0	1.8×10^{-18}	1.8×10^{-18}

4. 解析結果および考察

加振20秒後に周辺地盤に生じる過剰間隙水圧 (Δu) を有効上載圧 (σ) との比で表わすと、図-2 のようになる。また、過剰間隙水圧によって構造物に作用する揚圧力の発生、消散過程を図-3に示す。さらに表-2は構造物の浮上りに対する安全性を評価したものである。

今回の解析結果より、この解析条件のもとでは次のことがいえる。

- 1) 碎石ドレーンの影響範囲は、図-2に示すcase 5のように構造物から水平方向に 1.5~ 3.0m程度、鉛直方向に 1.5m程度であり、相当広範囲にその影響が及ぶ。
- 2) グラベルドレーンを設置しないcase 1,2,3では、図-3に示すように発生した過剰間隙水圧により地中構造物に大きな揚圧力が作用し、表-2のように浮上りに対する安全率が 1.0以下となり地中構造物が浮上るおそれがある。
- 3) 一方、碎石ドレーンを構造物周辺に設置したcase 4,5では、図-3のようにcase1,2,3 に比べて揚圧力を1/10程度に軽減することができ、浮上りに対する安全性を十分確保することができる。また、加振終了後、過剰間隙水圧の消散がきわめて速い。
- 4) 図-2より、鋼矢板を不透水層へ根入れしたcase 3の場合には、構造物から 1m以深の過剰間隙水圧がcase1,2 の6~7割となるが、構造物直下の過剰間隙水圧はほとんど変わらず、構造物に作用する揚圧力もあまり変わらない。

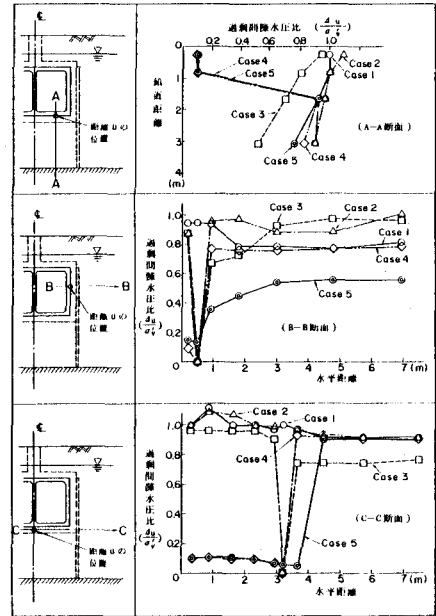


図-2 周辺地盤に生じる過剰間隙水圧 (加振20秒後)

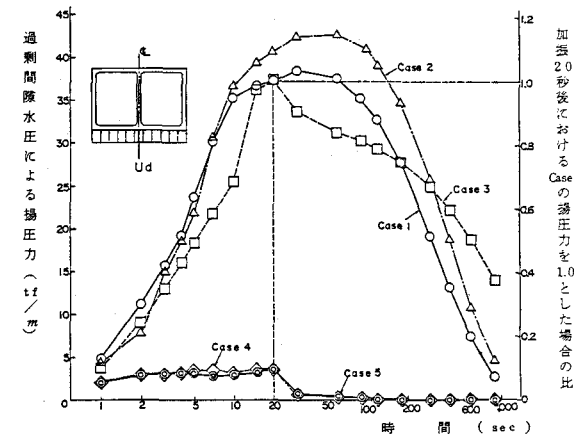


図-3 構造物に作用する揚圧力

5. あとがき

周辺地盤に比べて透水係数が約 2,000倍の碎石を地中構造物の埋戻し材として用いることが、液状化対策として十分有効であると、この解析結果からいえる。今後は、間隙水の排出に伴う沈下の評価、ドレーンの目詰りの防止対策、矢板による地盤の拘束効果などの課題についてさらに研究を進めたい。

最後にこの解析に当り御協力をいただいた建設省東京、名古屋、大阪、広島の各国道工事事務所の各位および(株)日本技術開発の佐伯、真鍋の両氏に深く謝意を表する。

(参考文献) 1) Sasaki.Y, Taniguchi.E; SHAKING TABLE TESTS ON GRAVEL DRAINS TO PREVENT LIQUEFACTION OF SAND DEPOSITS; SOILS AND FOUNDATIONS, VOL.20, NO.3, Sept, 1982.

表-2 浮上りに対する安全率

Case	$W_s+W_s(tf/m)$	$Q_s(tf/m)$	$U_s(tf/m)$	$U_d(tf/m)$	F_u
1	42.20	1.40	25.38	38.48	0.68
2				42.74	0.64
3				37.20	0.70
4	4.77			3.60	1.50
5				3.70	1.50

浮上りに対する安全率 $F_u = \frac{W_s + W_s + Q_s + Q_b}{U_s + U_d}$ ここに、
 W_s : 構造物の自重 (tf/m)
 W_s : 上載土荷重 (tf/m)
 Q_s : 上載土せん断抵抗 (tf/m)
 Q_b : 構造物側壁の摩擦抵抗 (tf/m)
ここでは全ケースとした。
 U_s : 静水圧による揚圧力 (tf/m)
 U_d : 過剰間隙水圧による揚圧力 (tf/m)