

III-36

堀割道路の液状化対策としてのグラベルドレーンの適用に関する解析

建設省土木研究所 正 員 ○谷口 栄一

同 古賀 泰之

同 森下 義

1. まえがき

堀割道路等の半地下構造物周辺地盤の液状化対策としてグラベルドレーンを用いる場合、ドレーンを鉛直のみならず水平方向にも配置しなければならないため2次元の取扱いが必要となる。ここでは2次元動的有限要素法を用いてグラベルドレーンを堀割道路の液状化対策として用いる時の効果について解析を行った。

2. 解析方法

解析には2次元非線型動的解析プログラム“SADAP”を用いた。解析対象とした堀割道路を図1に示す。解析においてパラメータとした項目は、入力地震動の加速度、地盤の強度、ドレーンの配置、堀割道路の重量、地下水位である。入力地震動は振動数2Hzの正弦波であり、7.5秒間加振した。入力加速度は地表面の加速度が約110gal、約160galとなる場合の2種類とした。砂地盤の相対密度を51%、72%とした。この時の深さ10m地点のN値はそれぞれ10、20である。

解析ケースを表1に示す。堀割道路を重くしたケースDは図1に示す堀割道路の底版、側壁のコンクリートを50cm厚くした場合に相当する。なお地震時の間隙水圧上昇モデルはSeedのモデルを用いている。

3. 解析結果

図2に間隙水圧の計算結果の1例を示す。この図によると、堀割道路の周囲にドレーンがある場合には、ドレーンがない場合に比べて加振中の堀割道路直下の間隙水圧が小さくなっている。またドレーンから少し離れた位置においては加振中の間隙水圧はドレーンの有無に拘らずあまり変わらないが、加振終了後の間隙水圧の消散はドレーンがある方がかなり早くなっており、ドレーンの効果が現われている。

図3にドレーンの配置等を変えた場合の堀割道路の浮上りの安全率の変化を示す。浮上りの安全率 F_s は次式により計算した。

$$F_s = \frac{W + Q}{U_s + U_D + F} \quad (1)$$

ここに W : 堀割道路の自重, Q : 堀割道路側面と地盤との摩擦力, U_s : 静水圧による浮力,

U_D : 地震時の過剰間隙水圧による揚圧力, F : 浸透水力による揚圧力

図3によるとドレーンの幅が広くなる程、また柱状のドレーンの本数が増える程、浮上りの安全率は大きくなっている。また今回の加振条件下ではNo.3のドレーンの配置では液状化対策として不十分であり、浮上りの安全率 F_s が1を越えるためには堀割道路直下の柱状のドレーンが必要であることがわかる。

表2は式(1)の U_D , F の計算結果の1例であり、過剰間隙水圧による揚圧力はNo.3, No.7であまり変わらないが、No.7では浸透水力による揚圧力が柱状のドレーンの効果で0になっている。このように堀割道路直下に柱状のドレーンを設置すると地盤下部の高い水圧が上部に速かに伝わるために、堀割道路底面に作用する過剰間隙水圧による揚圧力は柱状のドレーンがない場合に比べて同じ程度かむしろ若干増えてしまうが、浸透水力による揚圧力が0になるため、合計の揚圧力は少くなる。

図4に堀割道路の浮上りの安全率 F_s の時間変化を示す。図4によるとドレーンがない場合には加振開始後500秒経過後においても安全率は1を下回っているが、堀割道路の底面と側面にドレーンのあるNo.3では約120秒で安全率が1を越えている。さらに柱状のドレーンのあるNo.7では約15秒で安全率が1を越えている。安全率が1を下回ると堀割道路は浮上るが、浮上り量は安全率が1を下回っている時間に関係する。従って堀割道路の被害程度を考える場合には安全率の値のみではなく、安全率が1を下回っている時間も考慮する必要がある。

図5はドレーンがない場合の $(U_D + F)_0$ に対するドレーンを設置した場合の $(U_D + F)_1$ の比 α とドレ

ーンの配置方法の関係を示したものである。この α はドレーンを設置することによる堀割道路底面に作用する揚圧力の低減係数であり、堀割道路の液状化対策としてグラベルドレーンを設計する時に用いることができる。ただしここで行った計算条件以外の場合における適用性については今後さらに検討が必要である。

4. まとめ

堀割道路の液状化対策としてグラベルドレーンを用いる場合には堀割道路の直下に柱状のドレーンを設置すると効果が大きい。また堀割道路底面に作用する揚圧力とドレーンの配置の関係は図5のようになった。

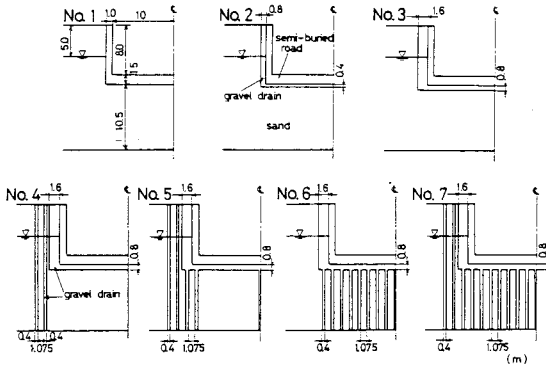


図1 解析対象断面

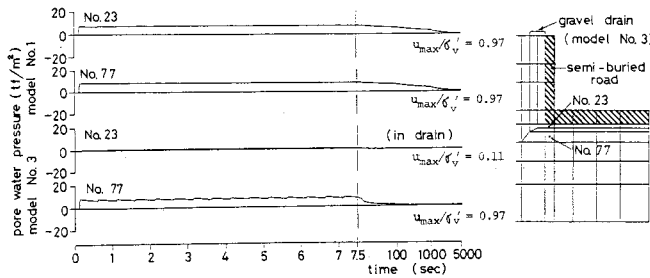


図2 間隙水圧の計算例（ケースC）

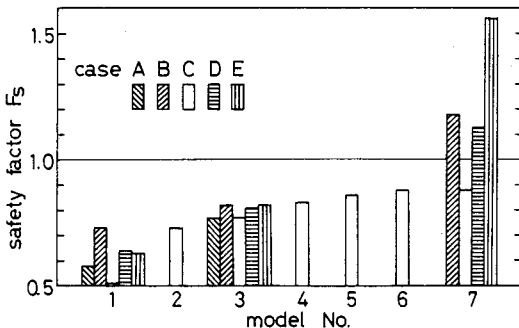


図3 ドレーンの配置と堀割道路の浮き上がりの安全率

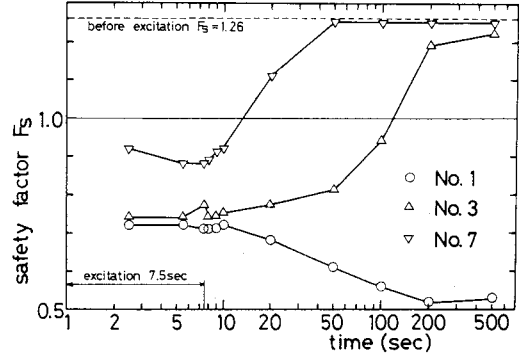


図4 堀割道路の浮き上がりの安全率の時間変化（ケースC）

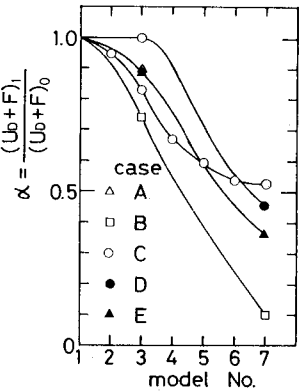


図5 ドレーンの配置と揚圧力の低減係数

表1 解析ケース

ケース	地表面の 加速度 (gal)	地盤の相 対密度 (%)	堀割道路 の重量 (tf)	地下水位 (m)	常時の浮 上りの安 全率
A	110	51	118	5	1.26
B	110	72	118	5	1.26
C	160	51	118	5	1.26
D	160	51	160	5	1.68
E	160	51	118	8	3.91

表2 浮上りの安全率の算定（ケースD）

No.	過剰間隙 水圧による 揚圧力 U_0 (tf)	浸透水力 による揚 圧力 F (tf)	$U_0 + F$ (tf)	浮上りの 安全率 F_s
1	160.3	0	160.3	0.64
3	45.7	61.8	107.5	0.81
7	48.6	0	48.6	1.13

地表面加速度160gal，相対密度51%
堀割道路の重量160tf，地下水位5m