

I-645

地下埋設物輻輳箇所でのマンホールの液状化対策

NTTフィールドシステム研究開発センタ 正員○八木 高司

同上

橋爪 忠勝

神戸大学工学部

正員 高田 至郎

1. まえがき

従来から、マンホールの液状化対策として、図-1のように、マンホール底部及び周辺をグラベルで埋め戻す「グラベルドレーン工法」について、その施工上の諸課題について検討してきた。

通信用マンホールは一般的に舗装下にあるため、地表面へ過剰間隙水を排出できないが、この点については、排水先なしでも本工法でマンホールが浮上に至らないことを明らかにしている¹⁾。今回は、大都市部の地下埋設物輻輳箇所において、マンホール周辺のグラベルが施工できない問題点に対して、一般に港湾で使用されてる小断面で透水性のよいプラスチックドレーン材をマンホール周辺のドレーン材として用いることで、液状化対策が可能かどうか、解析により検討した。

2. 解析方法

解析方法は参考文献¹⁾と同様である。図-2のような2次元有限要素モデルで地盤を離散化し、土のせん断剛性と減衰の非線形特性を考慮した式を立てる。この時、履歴型Hardin-Drnevich型モデルと修正Masing規準を使用している。また、過剰間隙水圧の発生予測は八木²⁾の考えによる。その消散と、それに伴う地盤沈下量はBiotの圧密理論を用いて解析した。こうして、算出された過剰間隙水圧を元に、共同溝耐震設計要領(案)³⁾に基づいて、浮上に対する安全率F_uを算出した。

$$F_u = \frac{W_s + W_B + Q_s + Q_B}{U_s + U_D}$$

ここに、W_s：上載土の荷重、W_B：自重、Q_s：上載土のせん断抵抗、Q_B：側面の摩擦抵抗

U_s：底面に作用する静水圧による揚圧力、U_D：底面に作用する過剰間隙水圧による揚圧力。

3. 解析モデル

地盤は図-3のように新潟地震時に液状化した昭和大橋付近の地盤をモデルとし、地盤の上面は道路舗装のため非排水とした。また、入力地震波は8秒間の最大加速度150galの3Hzの正弦波で、最初の4秒間に最大値が0galから150galまで線形的に変化させた。周辺地盤の砂の透水係数は 5×10^{-5} m/s。グラベル層(5号単粒度碎石(粒径13mm~20mm))の透水係数は 1×10^{-1} m/sである。一方、プラスチックドレーン材の透水係数は4m/s。マンホールの大きさは3.5m×1.7m×2.5m(縦×横×高さ)で重量は15.1tonである。マンホールの埋設深さは0.3mである。

4. 解析ケース

- ① 無対策：通常の通りマンホールを設置した場合。(図-4)
- ② 周辺プラスチックドレーン(1重)：マンホール底面には幅30cmのグラベル層を設置し、マンホール周辺には厚さ1.26cmのプラスチックドレーン材を設置した場合。(図-5)
- ③ 周辺プラスチックドレーン(2重)：マンホール底面には幅30cmのグラベル層を設置し、マンホール周辺には同プラスチックドレーン材を2重に設置した場合。(図-6)

なお、プラスチックドレーン材は、他の要素と比べて極めて小さい要素モデルとなる。このため、計算ステップを約1/10000秒にする必要があり計算に時間がかかる。そこで、プラスチックドレーン材の透水係数が周囲の砂より極めて大きいので、プラスチックドレーン材を排水点と見なすことにする。実際にはプラスチックドレーン部の上部と側面は舗装とマンホールで水の動きが止められているので、下部のグラベル層と接する位置から排水されることになる。また、③のプラスチックドレーン材を2重にした場合については、節点毎に排水点があると仮定しモデル化した。

5. 解析結果及び考察

過剰間隙水圧の分布は図-7～9の通り。無対策の場合は、①の過剰間隙水圧比が1.0に達する。②、③では、プラスチックドレーン材で排水点とした節点を中心に水圧比が低くなっており、マンホール底面下の過剰間隙水圧比は最大でも0.25程度であり、過剰間隙水圧比の低減効果がある。しかし、②と③では低減効果に差異は見られなかった。

浮上安全率の判定基準は1.1で大きいほど安全である。①無対策の場合の浮上安全率は約0.6である。一方、②及び③では浮上安全率は約0.9であった。また、浮上安全率の式で〔分子-分母〕を仮に均衡力とすると、①では-15.4tfであるのに対し、②・③は-5.9tf、-5.3tfであり、②、③の場合は、簡易な対策を追加することで浮上を抑制することが可能となった。

6. おわりに

解析の結果、プラスチックドレーン材を用いた本対策では浮上安全率は1.1を満足できないが、過剰間隙水圧比を約1/4に低減させる効果があった。そこで、マンホールの自重を増加させる等の工法と合わせれば、浮上安全率を1.1程度まで改善でき、地下埋設物輻輳区間での液状化対策実施の見通しが得られた。

参考文献

- (1)八木、高田ら：舗装下マンホールの液状化対策に関する研究、第8回日本地震工学シンポジウム、1990。
- (2)八木則男：繰り返し荷重を受けた砂の力学特性とその応用に関する研究、京都大学提出学位論文、1974.10。
- (3)建設省土木研究所：共同溝耐震設計要領（案）昭和59年10月

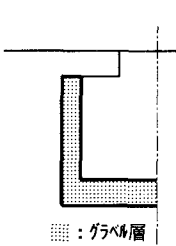


図-1 グラベルドレーン設置図

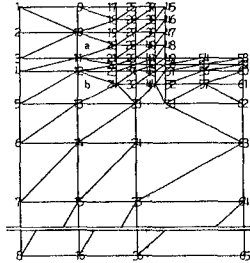


図-2 有限要素モデル

Depth (m)	Boring No.	N Value				Dr (cm)	Dr' (cm)	Dr'' (cm)	S _u (kg/cm ²)
		10	20	30	40				
5	1	12.5	12.5	12.5	12.5	6.10	42	5.0	1.0
		12.5	12.5	12.5	12.5				
10	2	12.5	12.5	12.5	12.5	6.12	60	5.0	1.0
		12.5	12.5	12.5	12.5				
15	3	12.5	12.5	12.5	12.5	6.18	80	5.0	1.0
		12.5	12.5	12.5	12.5				
20	4	12.5	12.5	12.5	12.5	6.18	80	5.0	1.0
		12.5	12.5	12.5	12.5				

図-3 地盤ボーリング 柱状図

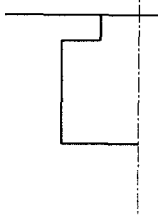


図-4 無対策

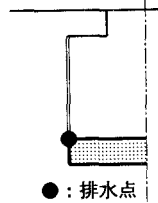


図-5 プラスチックドレーン設置図(1重)

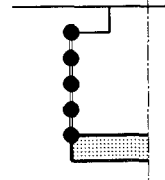


図-6 プラスチックドレーン設置図(2重)

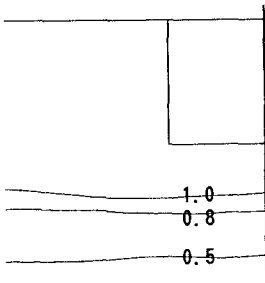


図-7 ①過剰間隙水圧分布(t=7)

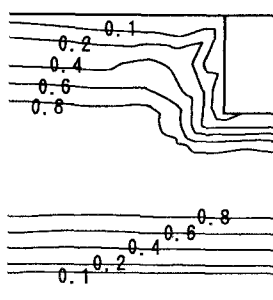


図-8 ②過剰間隙水圧分布(t=7)

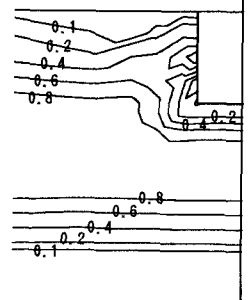


図-9 ③過剰間隙水圧分布(t=7)