第Ⅰ部門　　排水パイプ付きグラベルドレ―ン工法の地震時有効性に関する解析

神戸大学工学部　正会員　　高田至郎
神戸大学工学部　学生員　　西浦克敏
大阪府土木部　　正会員　○中村誠希

1．はじめに　従来から、液状化対策工法として過剰間隙水の排水を目的とした工法が多々考えられてきた。グラベルドレ―ン工法は地盤中にグラベルの柱を設置し水平方向への排水効果を高めるものであった。今回は特に地中管路といったライフライン施設に適用するために透水性の良いグラベルを地中管路の下に長手方向に敷き詰め、更にグラベル層からの排水を行うことで、過剰間隙水圧の累積上昇を抑えるとともに急激に消散させ、液状化による管路の被害を防ぐ排水パイプ付きグラベルドレ―ン工法の地震時有効性をグラベル厚、排水パイプ設置位置の観点から検討した。

2．グラベル厚を変化させた場合の地震時液状化解析

2．1　解析モデル　今回の解析では、図1に示す幅20(m)深さ9(m)の地盤を考えて、4層78節点148要素にモデル化した有限要素モデルを用いた。点字部分がグラベル層であり、斜線部分が液状化可能領域である。P, Q, R点は排水可能節点である。グラベルの透水係数は$k=3.0*10^{-3}$(m/s)、液状化可能領域では$k=5.0*10^{-5}$(m/s)とし、地盤の諸定数は表1に示す。また境界条件は両端の鉛直方向と底部を固定して、地下水位は地表面とした。入力地震波としては、図2に示すロマ・プリエタ地震において観測された地震波を用い解析を行った。

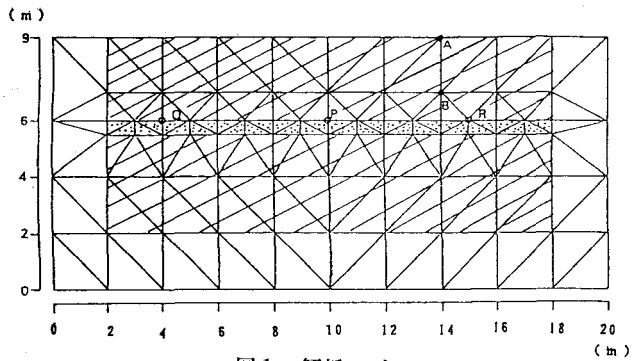


図1　解析モデル

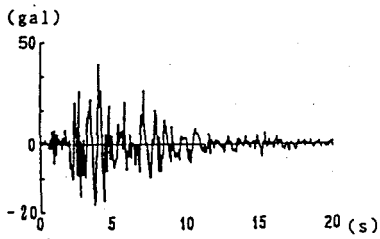


図2　入力地震波

表1　地盤の諸定数

層	相対密度	内部摩擦角（角）
1	0．50	28・00
2	0．60	30．00
3	0．70	33．00
4	0．80	36．00
液状化領域	0．40	27．50

表2　解析ケース

	グラベル厚（cm）	排水点
CASE1	30	P
CASE2	45	P
CASE3	60	P

表3　解析ケース

	グラベル厚	排水節点
CASE1	50	P
CASE2	50	Q，R
CASE3	50	P，Q，R

2．2　解析結果　CASE1～CASE3のA点における過剰間隙水圧比を図3に示し、B点の水平方向変位を図4に示す。その結果、CASE1では過剰間隙水圧比の上昇が他のCASEと比べると少し速く起こる一方で消散も早期

Shiro TAKADA, Katsutoshi NISHIURA and Seiki NAKAMURA

に起こり最大過剰間隙水圧比も0.5程度になっている。これに対して、CASE2とCASE3とでは最大過剰間隙水圧比は0.7程度まで上っている。これは、グラベルと砂との透水係数が60倍違うために厚さの影響をあまり受けず、グラベル厚が30cmと薄く排水点からの累積の流量が少なかったCASE1で水圧比が上がらなかったものと思われる。ただ、グラベル厚が薄い場合には、過剰間隙水圧比の上昇勾配は急なものとなり、入力地震波を大きくすると、いち早く液状化するものと考えられる。水平方向変位ではグラベル上のB点で、グラベル層が厚くなるに従って、その剛性のために永久変位は小さくなっている。

3．排水パイプ設置位置を変化させた場合の液状化解析　ここでは、排水パイプ設置位置を変化させて液状化に及ぼす影響を調べた。

3．1　解析モデル　解析モデルとしては、2．1で用いたものを使用する。また、解析ケースは表3に示す3ケースを行った。

3．2　解析結果　図5に震動開始6秒後のCASE1～CASE3における過剰間隙水圧比分布を示す。CASE1では排水点を中心とした過剰間隙水圧比が0.1以下の釣り鐘型の影響線が形成されており、排水点付近で液状化が防止されていることが良く分かる。5m間隔で3点排水を行ったCASE3では過剰間隙水圧比が0.1以下の領域が1つにつながり相乗効果が現れている。また、グラベル層の上面から排水を行っているために排水に伴う地盤上部での過剰間隙水圧比上昇を引き起こしている。

4．結論

グラベル厚さの影響については、今回のモデルでは透水係数の差異により、排水に及ぼす影響はあまりなかった。むしろ、排水を行うことによる少し離れた周辺地盤の水圧比を高める効果が大きいことが分かった。また、グラベル上部ではその剛性のため永久変位が小さくなり不等沈下に強くなること[1]が確認できた。排水パイプ設置位置の影響については、排水点を増やせばグラベル層上部に過剰間隙水圧比の低い層が形成され、地中管路の液状化防止対策として有効であることが確認できた。

参考文献

1）北浦勝・宮島昌克・北島孝：グラベルドレーンを用いた地中埋設管路に関する基礎的研究、第19回地震工学研究発表会、pp.533-536、1986.

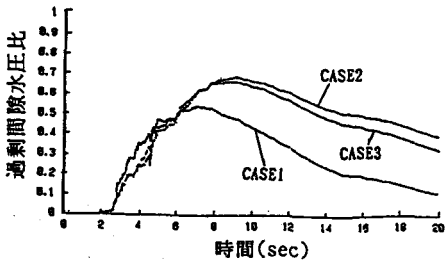


図3　A点の過剰間隙水圧比

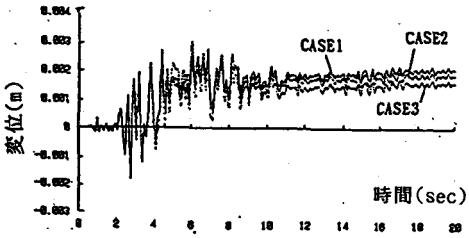
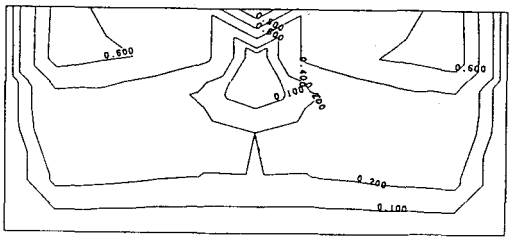
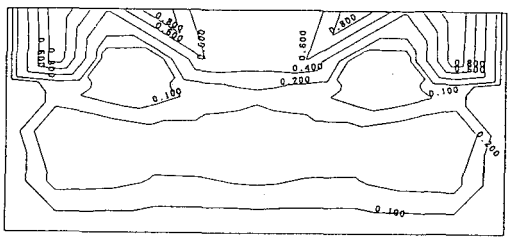


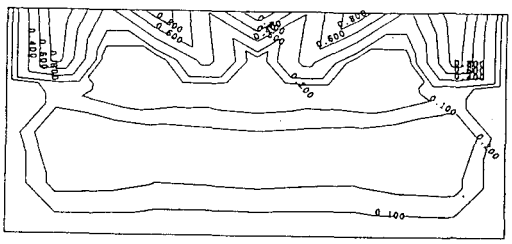
図4　B点の水平方向変位



CASE1



CASE2



CASE3

図5　6秒後の過剰間隙水圧比分布