

I-423 地中管路埋戻し砂礫層の液状化防止効果に関する振動実験

神戸大学 正会員 高田至郎
 大阪ガス(株) 正会員 小川安雄 清水謙司
 (株)鴻池組 正会員 ○ 上野淳一

1. はじめに

地盤の液状化は地表の非液状化層の下部に存在する飽和砂層において発生する事が多い。そのような地層を横断して管路を敷設する場合、管路周囲の埋め戻し土あるいは直下の砂層の液状化により管路が影響を受けることが予想される。そこで管路敷設後の埋め戻し材料として碎石を用いることにより、液状化の発生を抑止し管路への影響を低減する効果を期待できると考えられる。本報告はこれらの効果を検証するために行った振動台を用いた模型実験に関するものである。

2. 地盤の構成

実験においては、層厚3mの液状化層が上下の非液状化層で挟まれている、計3層からなる全層8mの地盤構成を想定した。実際の掘削断面の構成を図1に示す。掘削部は2種の碎石を用いて埋め戻され、その境界には管路を保護するための鉄板（以降、防護板と称する）が置かれる。地表面からGL-1.5mの間は最大粒径が約25mm、透水係数 $2 \times 10^{-1}(\text{cm/s})$ の碎石（以降、碎石Aと称する）を用いて埋め戻され GL-1.5mから-3.0mまでは、最大粒径が約2.5mm、透水係数 $4 \times 10^{-2}(\text{cm/s})$ の碎石（以降、碎石Bと称する）を用いて埋め戻される。

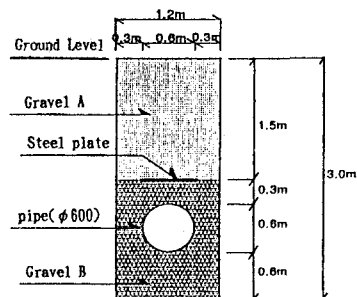


図1 掘削断面

3. 実験装置および実験方法

3層構造の地盤を模型で表現するためには、液状化層の上に非液状化層を構築しなければならない。しかしながら、液状化層作成後にその上で突き固めを行えば液状化層を加振前に液状化させてしまうことが予想される。そこで上部非液状化層を12個のブロックに分割したものを鉄製のモールドを用いて土槽外で作製し、それらを液状化層上に載せることにより上部非液状化層を作成した。その基本となる地盤材料はまき土で、重量比3%の粉末粘土を添加し、最適含水比11.2%となるよう調整したものである。この場合で、透水係数は $7 \times 10^{-4}(\text{cm/s})$ となる。また、ブロックを吊り上げ・移動するために予めワイヤーを埋め込んでいる。ブロックを全数設置した後は、ポリウレタン系の充填材を用いてブロック間の隙間を埋めた。また液状化層は硅砂を用いて、水中落下法により作成した。相似則は長さの縮尺1/10を仮定し、国生らにより提案されている地盤物性の非線形性を考慮した相似率¹⁾の関係式を用いて振動数など他の相似率を決定した。入力に加振開始後10秒間で最大加速度150galに達し5秒間継続した後、5秒間で加速度0に収束する5Hzの正弦波を標準的な波形とした。実験は表1に示す4ケースについて行った。なおこれらに先立ち、土槽の固有周期の把握、入力の設定、計測システムのチェックを目的とした予備振動実験を行っている。

表1 実験のケース

	掘削・埋戻しの有無	管路・防護板の有無	管路の設置方向	地下水位（地表面より）	計測項目
Case1	無	無	土槽長手直角方向	30cm	間隙水圧・加速度 地盤変位
Case2	有	無	土槽長手直角方向	30cm	同上
Case3	有	有	土槽長手直角方向	30cm	同上
Case4	有	有	土槽長手直角方向	15cm	同上および管路歪み

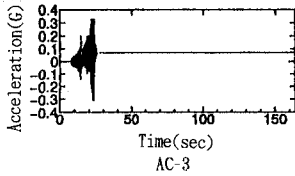
4. 実験結果および考察

原地盤を模したCase1の液状化層中においては水圧がピークを保つこと、加速度が急低下後再増加を示すことなどから完全液状化状態の発生が確認された。最大過剰間隙水圧比は0.7~0.8と推定される。図2にはCase2の液状化層中の加速度と過剰間隙水圧比、図3には碎石層中の水圧の時刻歴を示す。Case1と同様に液状

化状態に至ってはいるものの、過剰間隙水圧の発生からピークに至るまでの時間が若干長くなった。砕石部においては水圧消散時の上向き浸透流による、いわゆる表層の2次液状化状態は発生せず静水圧のみが発生した。地下水は砕石上面から排出され、掘削・埋戻し部の地表面沈下量は増加した。Case3において管路はφ60のPVC管で、防護板はステンレス板で表現した。図4には液状化層中の加速度および過剰間隙水圧、図5には砕石層中の水圧の時刻歴を示す。図6にはセンサーの配置を示す。それらの推移の傾向はこれまでと同様であるが、砕石層直下の液状化層で発生した過剰間隙水圧の最大値、継続時間はCase2とほぼ同じながら、上部砕石層の間隙水圧計に水圧は発生せず地下水位上昇量はCase2を下回った。またD-4の沈下量は5.5mmであり、Case2の8.5mmを下回った。これらは管路および防護板の影響であると思われる。Case4においては、液状化時の管路の挙動をみることを主目的とした。図7には管路の変位を示す。加振終了後、砕石が大きく陥没するのが観察された。管路の沈下量は最大でも10mm以下であり、管路を残して砕石が大きく液状化層に食い込んだ可能性がある。

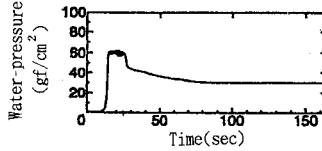
5. 結論

今回使用した砕石では、直下の砂層での間隙水圧の上昇速度を若干低下させる効果はあったが、液状化に至るのを防ぐほどの排水性能はなかった。しかしながら、締固めの困難な管路周囲の埋戻し材料として、液状化しにくいという特長は検討に値すると思われる。管路が上方に変位することはなかったが、埋め戻し材の砕石と共に沈下する現象がみられた。液状化層中においては、完全液状化に至る直前とせん断剛性が回復する過程で、非常に大きな応答倍率を示すが、埋戻し部分における振幅は振動台入力と同程度であった。なお、本実験で用いた地表部の非液状化層の再現方法は所要の目的を果たした。今後は、砕石の透水性、加振前の地下水位などの影響についても検討する必要があると思われる。

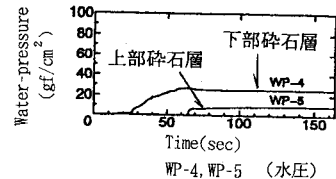


加速度

図2 計測結果 (CASE 2 液状化層)

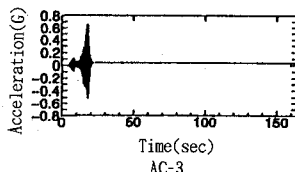


過剰間隙水圧



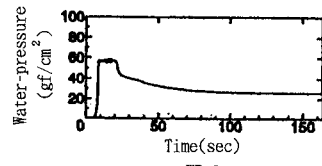
WP-4, WP-5 (水圧)

図3 計測結果 (CASE 2 砕石部)

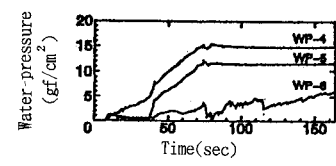


加速度

図4 計測結果 (CASE 3 液状化層)



過剰間隙水圧



WP-4~6 (水圧)

図5 計測結果 (CASE 3 砕石部)

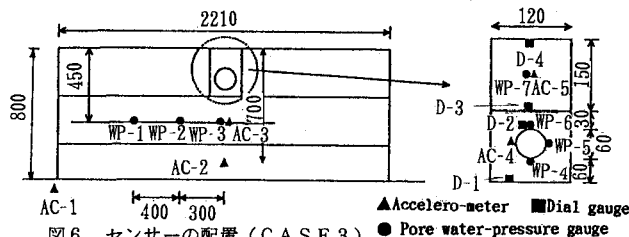


図6 センサーの配置 (CASE 3)

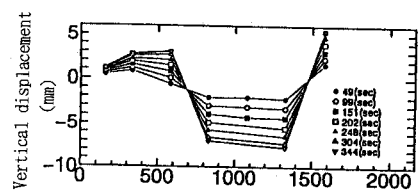


図7 管路のひずみ分布

参考文献

- 1) 国生剛治・岩楯敏広：軟弱地盤の非線形振動特性についての模型振動実験と解析、土木学会論文報告集、第285号、pp57-67、1979.5.