

片面から排水するグラベルドレーンの効果確認試験

東日本旅客鉄道(株) 正会員 木戸素子 渡邊康夫
 (株)大林組技術研究所 正会員 樋口俊一 松田 隆

1. はじめに

液状化対策のひとつとしてグラベルドレーンを代表とする過剰間隙水圧消散工法がある。間隙水圧消散工法はドレーンを地盤中に設置することにより地盤の透水性を高め、地震時の砂層内で生じる過剰間隙水圧を抑えて液状化を防止しようとするものである。グラベルドレーンは水平地盤内に柱状に多数配置することにより液状化を防止することとなるが、構造物周辺に設置して片面排水となるドレーンの液状化防止効果については定量的に示されていない。そこで、片面から排水されるドレーン材の過剰間隙水圧消散の効果について、ドレーン材を変化させた模型振動試験を行って確認したので、その結果について報告する。

2. 実験方法

地盤模型は図-1に示すようなせん断土槽（長さ2.5m、幅1.5m、深さ2.0m）内に作製した。模型地盤には7号珪砂（ $D_{50}=0.15\text{mm}$ 、 $G_s=2.64$ ）を用いている。図-2に7号珪砂の粒径加積曲線を示す。地盤は1加振ごとに水ぶかしにより成型し、初期地盤の相対密度は38%～47%の範囲に設定している。模型地盤の表面は、液状化層から鉛直方向への間隙水の浸出を抑止するためビニルシートで止水し、その上に乾燥砂を撒き出し作製している。ドレーンの材料としては6号砕石を使用した。ドレーンの透水係数は $k=1.15\text{cm/s}$ であり、液状化層の透水係数のおよそ150倍である。ドレーンは構造物の周辺に配置されることを想定しており、ドレーンは片面（図-1の右側）のみ集水するように箱形の治具に収納するとともに、地盤再構築（水ぶかし）時にドレーンの形状を保つように金網を設置している。今回はドレーンの壁厚を20、30、60cmに変化させ壁厚の影響も合わせて確認している。なお、実験時および水ぶかし時に砂がドレーン内部に流入してドレーンの排水性能に影響を及ぼさないようにするため、集水面には目詰まり防止用のフィルター（ワイヤメッシュ#100；網目間隔0.15mm）を設置している。

試験に用いる入力地震動は、表-1に示すように鉄道構造物設計標準¹⁾のL1地震動およびL2地震動スペクトルに適合する地震波と、L2地震動スペクトルに相当するSin波の4波とした。なお、この震動台試験では模型を実物と考え、基盤波をそのまま入力することとした。レベル1加振時の加速度時刻歴を図-3に示す実験中は図-1に示す位置に、間隙水圧計および加速度計を配置し、加振中および、加振終了後の過剰間隙水圧消散過程の計測を行った。

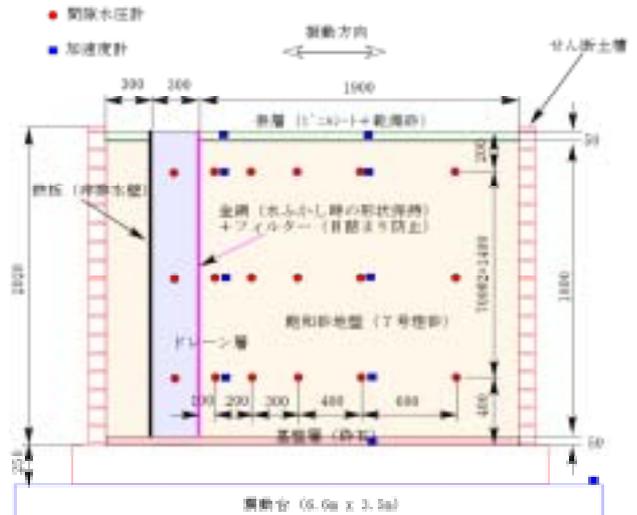


図-1 模型地盤と計測器配置

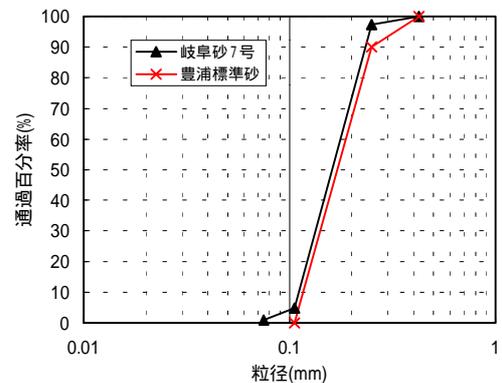


図-2 7号珪砂の粒径加積曲線

表-1 入力地震波

番号	名称	最大加速度	特徴
1	レベル1	138 cm/s^2	鉄道設計標準L1適合波(G1)
2	レベル2	322 cm/s^2	鉄道設計標準L2 Type-I適合波(G1)
3	Sin1	200 cm/s^2	Sin波5Hz 20波(L2 Type-I 加振相当)
4	Sin2	400 cm/s^2	Sin波5Hz 10波(L2 Type-II 加振相当)

キーワード：液状化，過剰間隙水圧比，グラベルドレーン

連絡先：〒370-8543 群馬県高崎市栄町6番26号 Tel：027-324-9361 Fax：027-324-9368

3. 試験結果

図-4にCase1~Case3のレベル1地震動における深さ1.5m位置での過剰間隙水圧比Rの時刻歴を示す。ドレーン層近傍地盤の最大過剰間隙水圧比は、ドレーンの厚さによらずほぼ同等である。ドレーンから離れた範囲では、過剰間隙水圧比が1.0に達しており地盤は液状化しているが、ドレーンが厚いほど時間経過に伴う過剰間隙水圧の消散が早くなっている。表-2,表-3にレベル1,レベル2地震波加振における,各Caseの深度1500mmにおける過剰間隙水圧比Rが0.6以上となる領域(ドレーン表面からの距離)を示す。この表から層厚が大きいくほど過剰間隙水圧の消散が大きいくことが確認できる。図-5にCase2の20秒時の地盤内の過剰間隙水圧比分布のコンター図を示す。図中で黒枠部分がドレーンであり,コンター図はドレーン表面位置を横軸ゼロとして記載している。この図からドレーン近傍においては過剰間隙水圧比の最大値が1.0に達していない領域があり,ドレーンの効果が発揮されていることが確認できる。地震波加振での主要動継続時間(10~40秒)においては,ドレーンの厚さによる過剰間隙水圧比の明瞭な差は見られない。深度1500mmにおける過剰間隙水圧比が0.6以上となる領域は,ドレーンの厚さに関わらずレベル1加振の場合ドレーン表面から300mm,レベル2加振の場合ドレーン表面から200mmである。また,どのケースにおいても地盤の深部ほど過剰間隙水圧比の低下が顕著で,図において等水圧比コンターはドレーンに対し右下がりの傾斜を示している。

4. まとめ

液状化地盤中に設置した片面砕石ドレーンについて,ドレーン厚をパラメータに排水性能と液状化地盤の過剰間隙水圧分布(液状化の程度)について震動台実験を実施した。以下に得られた知見を示す。

ドレーン近傍においては過剰間隙水圧比の最大値が1.0に達しないことがわかった。また,過剰間隙水圧比は地盤深部ほど小さく,等過剰間隙水圧比コンターはドレーン層に対し右下がりの傾斜を示す。

ドレーン近傍地盤の最大過剰間隙水圧比は,ドレーン層の厚さによらず,入力地震動が同じ場合にはほぼ同等である。

地震後の過剰間隙水圧の消散速度はドレーン層厚が大きいほうが早い。

ドレーン層内部の過剰間隙水圧比はほとんど上昇せず,排水が良好に行われている。

表-2 R=0.6以上となる範囲(レベル1)

Case	層厚(mm)	t=60 sec	t=80 sec	T=100 sec
1	200	500	700	800
2	300	550	800	1000
3	600	800	無し	無し

表-3 R=0.6以上となる範囲(レベル2)

Case	層厚(mm)	t=60 sec	t=80 sec	T=100 sec
1	200	300	380	580
2	300	300	580	620
3	600	400	620	800

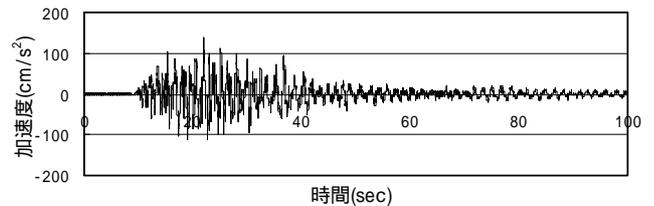
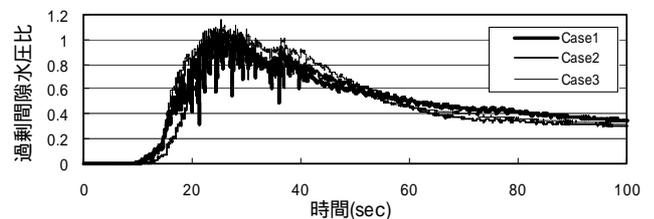
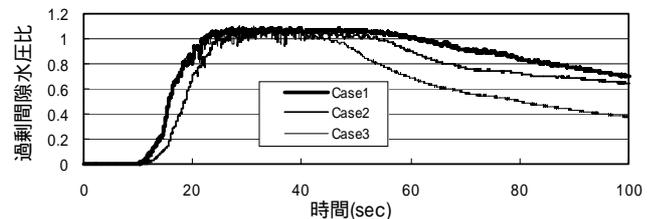


図-3 レベル1加振時の加速度時刻歴



(a) 排水層から0.3m(深さ1.5m)



(b) 排水層から1.0m(深さ1.5m)

図-4 過剰間隙水圧比の時刻歴(レベル1)

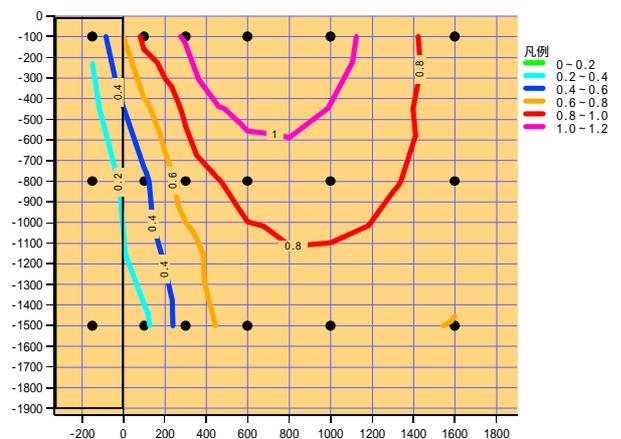


図-5 間隙水圧比のコンター図(L1,T=20sec)