

広島デルタにおける液状化時の河岸背後地盤の大変形領域

広島大学大学院工学研究科 フェロー会員 佐々木 康
 広島大学大学院工学研究科 学生会員 楠木 勝也
 広島大学大学院工学研究科 学生会員 ○井上 英彦

1.はじめに

広島市の存在する広島デルタは若い地盤であり、緩い砂層が広く分布している。このため、ひとたび大規模な地震に見舞われた場合、市内の中心施設や河岸付近の埋設管等の地中構造物は、地盤液状化に伴う地盤の側方流動の被害を受けると考えられる。そこで、護岸背後の被害を予測するために液状化時の護岸背後地盤の流動的な大変形のメカニズムを解明し、その影響及び影響範囲を解明することが必要である。そこで、円筒型液状化再現装置を用いた実験と擁壁模型実験を行い両者を比較することにより背後地盤の大変形領域の範囲の解明を試みた。

2.実験方法

円筒型液状化再現装置を用いた実験は、図 1 に示す実験装置を用い、地盤を一回だけ加振することにより地盤を瞬時に液状化させ、その時の粒子の挙動を CCD カメラで撮影し、地盤中の過剰間隙水圧と液状化後の体積ひずみを測定した。実験試料には公称粒径 0.4mm、0.2mm、0.1mm のガラスビーズ (以下 GB) と、豊浦砂、広島砂 (広島市紙屋町地下街にて採取、 $D_{50}=0.61$) を用いた。また、地盤層厚は 20cm とした。

擁壁模型を用いた実験は、図 2 に示す実験装置を用い、地盤を一回だけ加振することにより地盤を瞬時に液状化させ、そのときの背後地盤の粒子の挙動を CCD カメラで撮影し、液状化中の背後地盤の過剰間隙水圧、擁壁の水平変位量、および液状化後の背後地盤の変形量を測定した。実験試料には豊浦砂を用いた。また、擁壁の高さは 9.4cm、背後地盤のスケールは高さ 9.4cm×幅 40cm×奥行き 30cm とした。

3.実験結果

円筒模型実験の結果から得られた液状化前の地盤の間隙比と

液状化後の体積ひずみの関係を図 3 に、液状化前の相対密度と体積ひずみの関係を図 4 に示す。この結果から液状化後の体積ひずみは粒子の粒径・密度・粒度分布等により違いがあることが分かる。また、広島砂は同相対密度地盤では他の粒子に比べ液状化後の体積ひずみが他よりも大きくなる結果となった。

図 5 は高間隙水圧継続時間 T_d と粒子移動時間 T_{mv} の関係を表した図である。この図から、水平地盤の場合では粒子の粒径・密度・粒度分布にかかわらず高間隙水圧継続時間と粒子移動時間はほぼ等

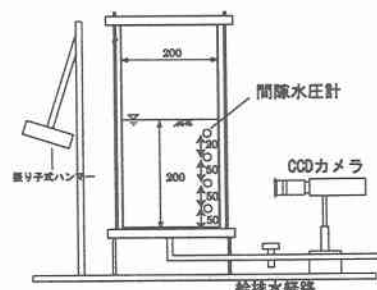


図 1 円筒型液状化再現装置

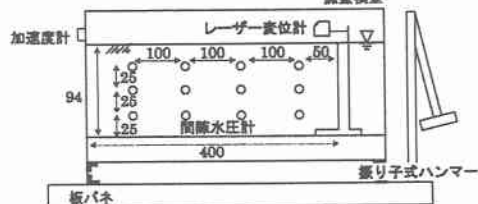


図 2 擁壁模型実験装置

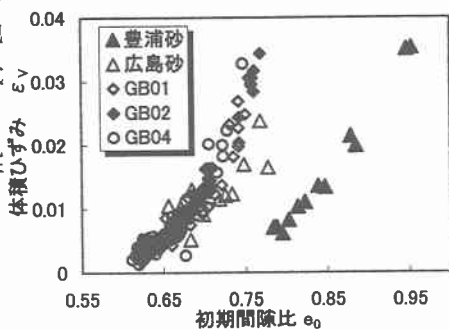


図 3 初期間隙比-体積ひずみ

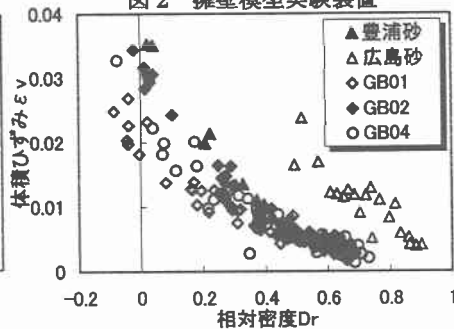
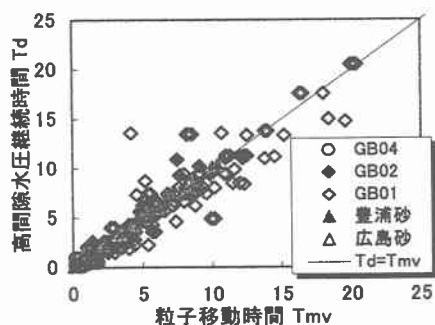


図 4 初期相対密度-体積ひずみ

図 5 T_d - T_{mv} 関係

しくなることが分かった。すなわち、水平地盤では高間隙水圧継続時間中に体積ひずみの大部分が生じていることが分かる。

図 6 は擁壁模型実験の結果より得られた擁壁の最終水平移動量と地盤の初期相対密度の関係である。この図から擁壁の最終水平移動量は相対密度が大きいほど小さくなるという傾向が見られる。

図 7 は擁壁模型実験の背後地盤の過剰間隙水圧の時刻歴を示したものである。これより、擁壁位置に近くなると高間隙水圧継続時間は短くなり、さらに近い位置では過剰間隙水圧は加振直後に減少し、時間が経過するとともに回復するという傾向がみられた。

図 8 は実験結果より得られた高間隙水圧継続時間と粒子移動時間を元に作成したコンターである。この結果より、擁壁から近い位置では高間隙水圧継続時間は存在しないが、そこでの粒子移動時間は水平地盤と比べて長いことが分かった。

また、擁壁の移動による高間隙水圧継続時間が減少する範囲は擁壁から $3H$ (H : 擁壁高さ) 程度の距離であることが確認できる。

図 9 は擁壁模型実験における CCD カメラで撮影した粒子の移動距離を擁壁変位量、地盤沈下量、で除した地盤内部の粒子の移動割合 ($Disp.pH/S_H$, $Disp.pv/S_v$) と、その合成ベクトルの割合 ($Disp.p/S$) を表すコンターである。大変形領域が合成ベクトルの移動割合の 20%~30%以上の部分であるとすると、その境界は地盤上部で擁壁から $1.0H \sim 1.3H$ (H : 擁壁高さ) または $6S_H \sim 8S_H$ (S_H : 擁壁の最終水平変位量) の範囲にあり、地盤下部では $0.3H \sim 0.7H$ または $1.5S_H \sim 2.5S_H$ の範囲にある。また、その角度は $50^\circ \sim 70^\circ$ 程度であるということが分かった。(図 10)

液状化前と液状化後の体積ひずみを計算すると、 $\epsilon_v = 0.027$ 程度、同相対密度の水平地盤の体積ひずみは、 $\epsilon_v = 0.021$ 程度となり、擁壁が存在する方が体積圧縮量が多いことが分かった。また、地盤内部の体積ひずみを求めると、擁壁付近のひずみの方が大きい。この原因としては、加振直後は擁壁近くの過剰間隙水圧は減少し負の値を示すことから、地盤内の有効応力が負の間隙水圧に応じて増加して地盤が圧縮されるためと考えられる。

4. 結論

水平地盤では粒子の粒径・形状・密度・粒度分布にかかわらず高間隙水圧継続時間と粒子移動時間はほぼ等しくなり、また、体積圧縮のほとんどは高間隙水圧継続時間中に起こることが明らかとなった。また擁壁模型実験のような境界が移動する場合すなわち液状化した領域が変形する場合には、高間隙水圧継続時間よりも粒子移動時間が長くなる領域が存在することが明らかとなった。

擁壁実験の結果より液状化に伴う擁壁移動の背後地盤の大変形領域は地盤上部で $1.0H \sim 1.3H$ または $6S_H \sim 8S_H$ 、地盤下部で $0.3H \sim 0.7H$ または $1.5S_H \sim 2.5S_H$ ということが明らかとなった。また、擁壁近くの地盤は遠い位置の地盤よりも圧縮量が大きくなるということが明らかとなった。

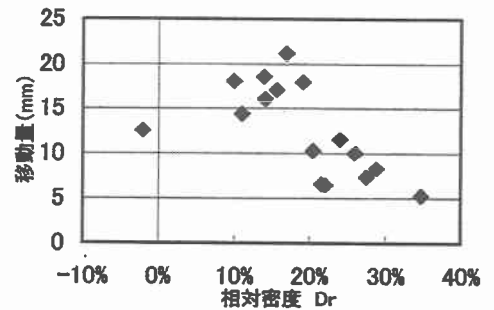


図 6 相対密度—移動量

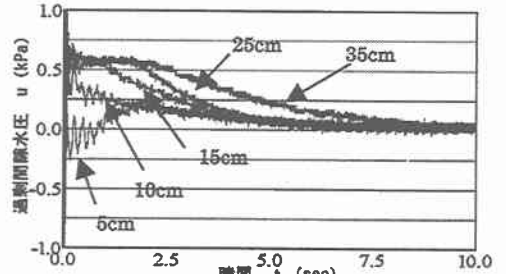


図 7 各位置における過剰間隙水圧

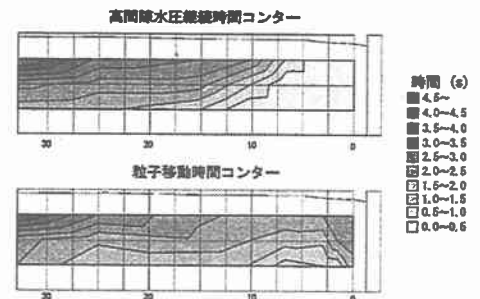


図 8 粒子移動時間・

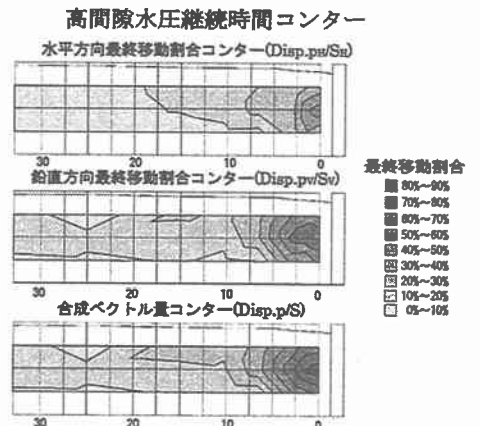


図 9 粒子最終移動コンター

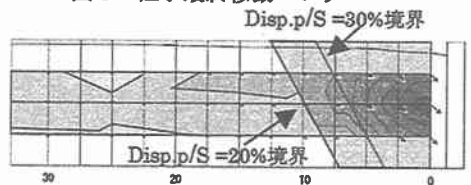


図 10 大変形領域