

液状化地盤の高間隙水圧継続時間

広島大学 フェロー会員 佐々木 康
広島大学 学生会員 小方 義昭
広島大学 学生会員 ○杉本 勝哉

1.はじめに

地震による地盤の液状化を、すべての場所で完全に防ぐことは経済的にも現実的でないため、最近の液状化に関する研究は、地盤が液状化することのある程度許容した上で構造物に及ぼす被害量を最小限に抑えるという概念で進められている。また、被害量を最小限に抑えるためには、液状化による地盤の沈下量を予測することに加えて、地盤の液状化状態がどれくらいの時間続くのかを予測することが必要である。そこで、液状化した瞬間から一定時間続く地盤内の過剰間隙水圧が高い時間を高間隙水圧継続時間(Td)とし、その支配要因を明らかにすることを目的として研究を進めた。

2.実験概要

本実験では、円筒型液状化再現装置（図 1）に粒度調整したガラスビーズ試料を緩く堆積させ、振り子式ハンマーによる一回の加振により瞬間的に作成地盤を液状化させ、地盤内の過剰間隙水圧の時刻歴を計測すると共に、CCD カメラにより装置側方から直接粒子の挙動を撮影し、沈降時間に関する解析を行った。

実験試料として用いたガラスビーズは、ふるい分析により単一径と見なせるように粒度調整し、3 種類の「単一粒径 0.1mm」、「単一粒径 0.2mm」、「単一粒径 0.4mm」の試料を作った。また、この 3 種類の試料を混合し「混合 5%」、「混合 15%」と呼ぶ 0.1mm 試料をそれぞれ 5%、15%含む粒度分布をもつ 2 種類の試料を作成し、これら 5 種類のガラスビーズ試料を用いて液状化実験を行った。これらの試料の物理特性を表 1 に、また粒径加積曲線を図 2 に示す。また、図 3 に液状化地盤内の粒子を撮影した画像の例を示す。

表 1 ガラスビーズ試料の物理特性					
	単一粒径0.1mm	単一粒径0.2mm	単一粒径0.4mm	混合5%	混合15%
土粒子比重	2.485	2.485	2.485	2.485	2.485
$\rho_s(\text{gf/cm}^3)$					
最大密度	1.567	1.604	1.587	1.632	1.667
$\rho_{\text{max}}(\text{gf/cm}^3)$					
最小密度	1.411	1.409	1.432	1.479	1.463
$\rho_{\text{min}}(\text{gf/cm}^3)$					
平均粒径					
$D_{50}(\text{mm})$	0.089	0.163	0.334	0.241	0.234
最大間隙比					
e_{max}	0.761	0.764	0.735	0.680	0.698
最小間隙比					
e_{min}	0.586	0.549	0.566	0.523	0.491

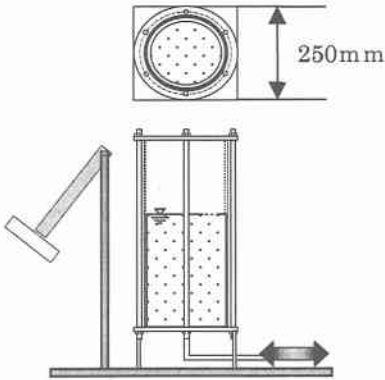


図 1 円筒型液状化再現装置

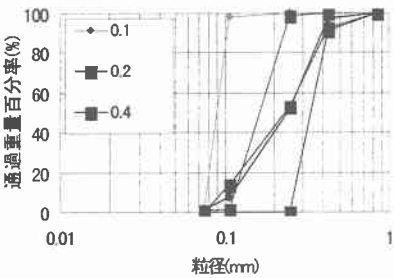


図 2 試料の粒径加積曲線

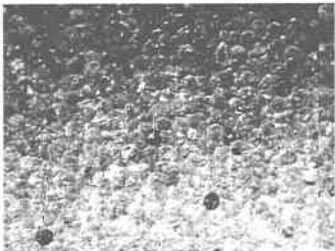


図 3 撮影画像

3.実験結果及び考察

・高間隙水圧継続時間

図 4 に初期層厚が約 20cm である各単一粒径試料の高間隙水圧継続時間と相対密度の関係を示す。どの試料においても、相対密度が小さくなる

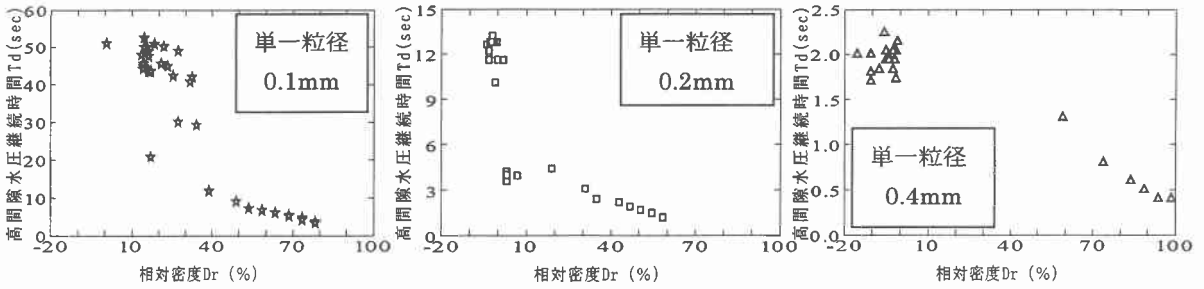


図4 高間隙水圧継続時間～相対密度関係

ほど高間隙水圧継続時間が長くなっているが、試料によって高間隙水圧継続時間が異なることが分かる。相対密度が約20%、初期層厚が約20cmの地盤で高間隙水圧継続時間を比較すると、単一粒径0.1mmでは約50秒、単一粒径0.2mmでは約5秒、単一粒径0.4mmでは約1秒であり、粒径が高間隙水圧継続時間に大きな影響を与えていると考えられる。また、図5に高間隙水圧継続時間と初期層厚の関係を示す。初期層厚が大きいほど高間隙水圧継続時間が長くなることが分かる。

・粒子挙動解析結果

粒子の挙動を撮影した画像から、地盤が液状化した瞬間から粒子同士が接触していない懸濁状態となり、一定時間浮遊した後地盤下方から順に再堆積していく様子を観察することができた。また、浮遊粒子が再堆積するまでの時間（粒子移動停止時間とする）を撮影画像から解析し、高間隙水圧継続時間との関係を示したのが図6である。この図から分かるように、高間隙水圧継続時間と粒子移動停止時間はほぼ一致していると言える。つまり、高間隙水圧継続時間は粒子が懸濁状態にある時間と考えられる。しかし、単一粒径0.1mmでは粒子移動停止時間より長い間、高間隙水圧継続時間が持続しているケースも観察された。また、本実験から得られた、一度懸濁状態になった粒子が再堆積する過程の体積圧縮係数は、三軸試験による体積圧縮係数の約1000倍の値であった。

結論

1. 同一地盤の高間隙水圧継続時間は、液状化層厚が大きく、また、相対密度が小さいほど長くなる。
2. 液状化地盤内の粒子の粒径が小さいほど高間隙水圧継続時間は長くなる。
3. 高間隙水圧継続時間には、地盤を構成する粒子の粒径や粒度分布による液状化地盤の透水性や粒子の沈降特性が大きく影響していると考えられる。
4. 液状化した瞬間から、地盤内の粒子は粒子同士が接触していない懸濁状態となり、一定時間浮遊した後地盤下方から順に再堆積していく。
5. 高間隙水圧継続時間は、液状化地盤内の粒子が懸濁状態にある時間であり、地盤の液状化時間とすることができると考えられる。

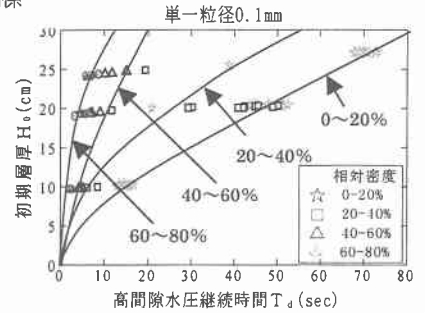


図5 高間隙水圧継続時間～初期層厚関係

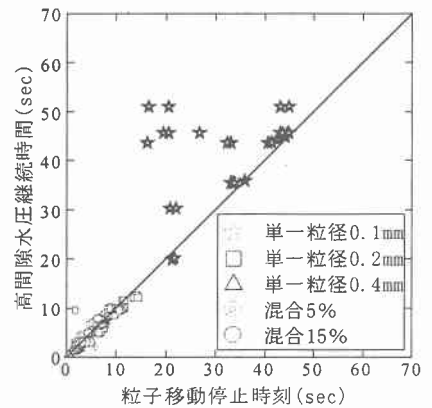


図6 高間隙水圧継続時間～
粒子移動停止時間関係