

土粒子の粒径の違いによる液状化地盤中のせん断抵抗の変化

東北学院大学 非会員 ○阿部 光、杉山 遼多
東北学院大学 正会員 山口 晶
東北学院大学 非会員 斎藤 孝一

1. はじめに

本研究では、粒径の異なる試料を4種類用いて液状化実験を行い、ベーンせん断実験により液状化中の地盤のせん断抵抗の変化を連続的に計測した。この結果から液状化前、液状化中、液状化後のせん断応力比を調べ、粒径の違いが与える影響について調べた。

2. 実験条件

実験システム全体を写真-1に示す。アクリルで作製した土槽は、高さ30cm、幅40cm、奥行32cmである。土槽の直上にあるベーンせん断試験機は、回転の速度を0度/minから7度/minまで調整可能である。ロッド先端のベーンは、8枚の羽で構成されており、高さ3.0cm、全幅3.0cmである。ベーンせん断試験機によりベーンの回転トルクを連続的に計測することができる。

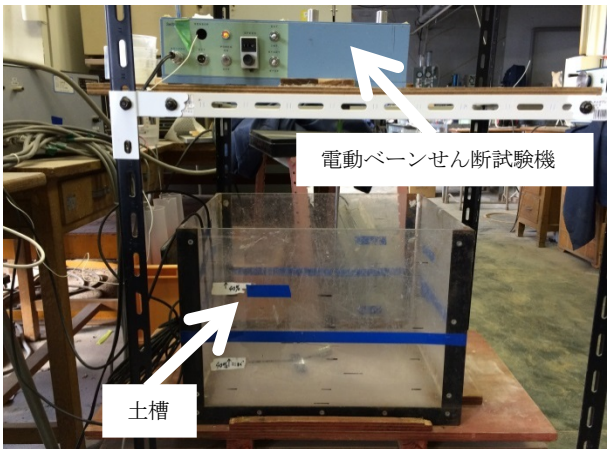


写真-1 電動ベーンせん断試験概要

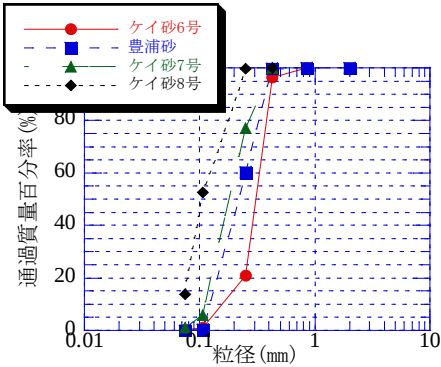


図-1 各試料の粒径加積曲線

実験条件を表-1に示す。液状化させる模型地盤は豊浦砂、ケイ砂6号、7号、8号を用いた。表中のベーンの位置は、地表面からの位置を示している。それぞれの位置に対して、毎回模型地盤を作製した。例えばT-10では、ベーンの地表面の位置を6cm、10cm、13.5cmで、それぞれ模型地盤を作製し、実験を行っている。

各試料の物理的性質を表-2に、粒径加積曲線を図-1に示す。

試験実施の模式図を図-2に示す。アクリル土槽に作製する模型地盤は、孔が多数空いた板を通して試料が水が入った土槽に均等に落下させる水中落下法とした。落下高さは水面まで約10cmの高さとした。全て同様の方法により作製しており、相対密度は調整していない。作製した試料の相対密度は、概ね100%～30%と、超緩詰め状態となっている。

間隙水圧計は土槽底面と、ベーンと同位置になるように模型地盤作製時に設置した。模型地盤作製後、電

表-1 実験条件

実験名	試料名	ベーンの位置	打撃条件
T-10	豊浦砂	6,10,13.5cm	10 秒
T-60	豊浦砂	6,10,13.5cm	60 秒
K-6-10	ケイ砂 6 号	6,10,13.5cm	10 秒
K-6-60	ケイ砂 6 号	6,10,13.5cm	60 秒
K-7-10	ケイ砂 7 号	6,10,13.5cm	10 秒
K-7-60	ケイ砂 7 号	6,10,13.5cm	60 秒
K-8-10	ケイ砂 8 号	6,10,13.5cm	10 秒
K-8-60	ケイ砂 8 号	6,10,13.5cm	60 秒

表-2 各試料の物理的性質

試料	豊浦砂	ケイ砂 6 号	ケイ砂 7 号	ケイ砂 8 号
最大間隙比 e_{max}	0.953	1.064	1.217	1.299
最少間隙比 e_{min}	0.618	0.684	0.726	0.756
土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	2.637	2.640	2.638	2.646

動ベーンせん断試験機を土槽上部の固定台に設置し、ベーンを模型地盤に差し込んだ。ベーンの回転速度を5度/分とした。

全ての実験で、水圧とせん断力の測定時間を6分とする。計測開始後、ベーンの回転を開始し、3分経過後に土槽側面に所定の時間打撃を与え、液状化を発生させる。打撃にはゴムハンマーを使用した。ハンマーの質量は423gで、1秒に2回程度の打撃とした。打撃条件は連続10秒打撃、連続60秒打撃の2つの打撃条件とした。打撃終了後、地表面の沈下量を計測した。

計測したベーンのトルクによりせん断抵抗を、1)式¹⁾に基づいて計算した。

$$\tau = \frac{M_{\max}}{\pi \left(\frac{HD^2}{2} + \frac{D^3}{6} \right)} \quad \dots 1)$$

3. 実験結果と考察

図-3に計測したせん断応力比の(K-6-60、ベーンが10cm)の模式図を示す。液状化前・液状化中・液状化

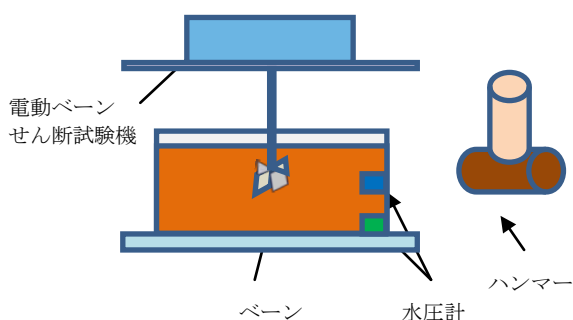


図-2 実験の模式図

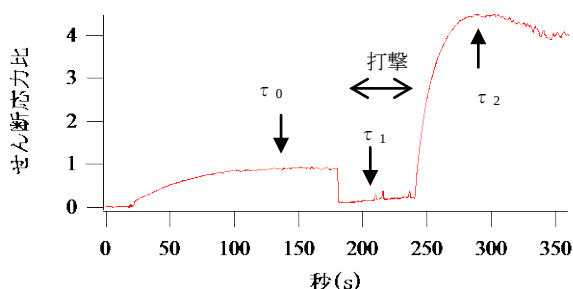


図-3 せん断応力比の模式図

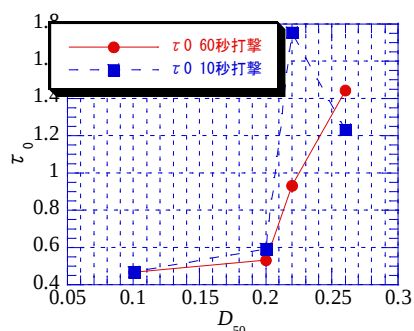


図-4 平均せん断応力比 τ_0

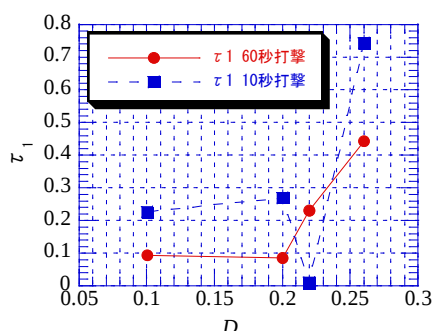


図-5 平均せん断応力比 τ_1

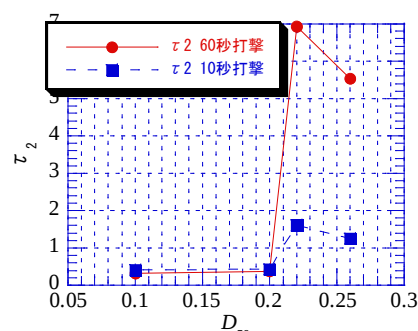


図-6 平均せん断応力比 τ_2

後のせん断応力に対して、それぞれの状態でピーク値を示す前後5秒間の平均を読み取り、有効応力で割った平均せん断応力比をそれぞれ τ_0 、 τ_1 、 τ_2 とした。ここでは、ベーンの地表面からの位置が異なる3条件の平均をとった。

図-4に液状化前の平均せん断応力比 τ_0 を示す。打撃を与える前であり、両打撃条件ともほぼ同じ値を示したことから、液状化前はほぼ同じ模型地盤が作製できたと考えられる。平均せん断応力比 τ_0 は平均粒径が大きいほど大きくなる傾向がある。

図-5に液状化中の平均せん断応力比 τ_1 を、図-6に液状化後の平均せん断応力比 τ_2 を示す。液状化前、液状化中の平均せん断応力比は10秒打撃、60秒打撃でほぼ同程度の値を示しているが、液状化後の平均せん断応力比では60秒打撃のほうが大きくなる。また、どちらのグラフも、平均粒径が大きいほど大きくなる傾向となった。

以上の結果より、粒径が細かいほど液状化前、液状化中、液状化後の平均せん断応力比が小さい結果となった。液状化前と液状化中においては、粒径が小さいほど透水性が悪くなり、非排水状態に近くなったためと考えられる。また、液状後の平均せん断応力比は粒径が小さいほど小さい理由は、粒径が細かいほど堆積するのに時間がかかり、密に再堆積しなかったためと考えられる。

4. まとめ

本研究から粒径が細くなるほど、液状化前、液状化中、液状化後のせん断応力比が小さくなることが分かった。また、粒径が細くなると液状化後のせん断応力比も上昇せず、密にならず緩い地盤になるということがわかった。

参考文献

- 1) 河上房義、森北出版株式会社、土質力学第6版