

超軟弱粘土のせん断抵抗に地震動履歴が与える影響

東北学院大学 非会員 ○畠山 郁哉、千葉 佑稀
渡辺 芽吹
東北学院大学 正会員 山口 晶

1. はじめに

本研究の目的は、超軟弱粘土地盤が地震動履歴を受けた際のせん断抵抗の変化を調べることである。超軟弱粘土を作製した土槽について、ベーンせん断実験により連続的にせん断抵抗の変化を計測しながら、振動を与える実験を、4 日間にわたり繰り返した。

2. 実験条件

実験システム全体を図-1 に示す。ビーカーで作製した土槽は、高さ 14 cm、直径 12 cm、奥行 13 cm 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/分から 7 度/分まで調整可能である。ロッド先端のベーンは、6 枚の羽で構成されており、高さ 3.0 cm、全幅 3.0 cm 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。

実験に用いた試料は、4 種類である。人工粘土（様々な粘土を人為的に混合したもの）、混合粘土（人工粘土とケイ砂を混合したもの 質量比 人工粘土：ケイ砂 7 号：ケイ砂 8 号＝2：1：1）、カオリン、ケイ砂混合カオリン（質量比 カオリン：ケイ砂 7 号：ケイ砂

8 号＝2：1：1）を用いた。各試料の物理的性質を表-1 に、粒径加積曲線を図-2 に示す。

実験手順は次の通りである。まず、間隙水圧計を土槽底面に設置する。次に、超軟弱粘土地盤をビーカー土槽に作製する。実験に使用する試料に対して、液性限界の 3 倍の含水比となるように水を加えてビーカー内で練り混ぜ、ベーンせん断試験機にセットし、ベーンを所定の深さになるように調整して 1 日放置する。その後、ベーンを 6.5 度/分の速度で回転させながら、開始 1 分後に加速度振幅約 2 m/s²、周波数 4 Hz で 240 回、1 分間の振動を加える。さらに振動終了後 1 分間せん断抵抗の計測を行い、ベーンの回転を停止する。これを 1 回とし、24 時間後に上記と同様に 2 回目の計測を行う。これを 4 回まで、計 4 日間実施し、終了後含水比を計測する。4 つの試料に対して、4 日間の実験を同様に行った。なお、ベーンの中心位置は、地表面から 5 cm である。

計測したベーンのトルクから、せん断抵抗を 1) 式¹⁾に基づいて計算した。

表-1 試料の物理的性質

実験名	試料	液性限界 (%)	塑性限界 (%)	密度 (g/cm3)	ケイ砂 7 号(g)	ケイ砂 8 号(g)
Case C	人工粘土	73.4	38.5	2.63	なし	なし
Case K	カオリン	69	NP	2.64	なし	なし
Case CM	混合粘土	29.9	NP	2.64	200	200
Case KM	混合カオリン	39.5	NP	2.66	200	200

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

3. 実験結果と考察

図-3 に case C の 1 - 4 日目のせん断抵抗の変化を示す。計測開始によりせん断抵抗が上昇し、1 分間の振動によりせん断抵抗が減少して、振動停止後にせん断抵抗が回復する様子が分かる。また、経過日数によって、せん断抵抗が増減する様子が見られた。

1 日目のせん断抵抗からそれ以降のせん断抵抗の変化をみるために、1 日目の振動前のせん断抵抗

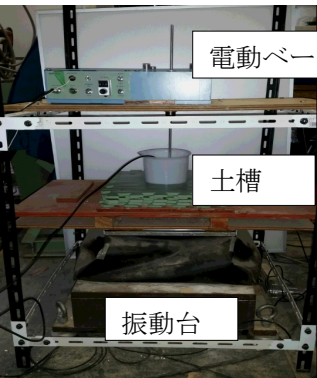


図-1 実験システム全体

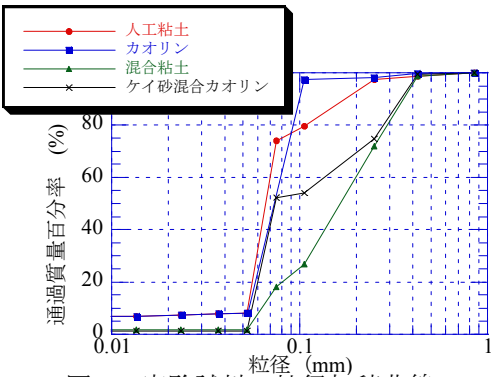


図-2 実験試料 粒径加積曲線

を τ_{10} として、2日目以降の振動前のせん断抵抗 $\tau_{20} \sim \tau_{40}$ を τ_{10} でわった $\tau_{10}/\tau_{10} \sim \tau_{40}/\tau_{10}$ (以降、振動前せん断抵抗比)を考えた。図-4に、この振動前せん断抵抗比を計測日数に対して示した。ここでは、ケイ砂混合カオリンのせん断抵抗比が大きく増加し、それ以外はあまり変化しないか若干低下する結果となった。この図から、試料によって、振動前せん断抵抗比が上昇するものと大きく変わらないものがあることが分かる。

図-5に振動中、図-6に振動後のせん断抵抗比と日数の関係を示す。なお、この比の分母となるせん断抵抗は、全ての実験で τ_{10} とした。カオリンでは、せん断抵抗比が振動中と振動後で大きく増加する傾向にある。それ以外は低下する傾向となった。やはりここでも、試料によって、履歴の影響が異なることがわかる。

ここで、せん断抵抗比が増加する傾向にあるか、低下する傾向にあるかという違いが、試料の粘土的性質といったものと相関があるかを考えてみる。ここでは、粘土的性質を表す指標の一つとして、液性限界を考える。

図-4～図-6のグラフのうち、減少傾向があるものは最小値を、増加傾向があるものは最大値をとり、これをせん断抵抗変化量として、液性限界に対して示したものが図-7である。図-7をみると、液性限界が大きくなると、せん断抵抗変化量は、振動前は減少し、振動中と振動後は若干増加する傾向にある。繰り返し履歴によるせん断抵抗の変化の傾向は液性限界で整理できる可能性が示された。

4. まとめ

本研究では、せん断抵抗を連続的に計測しながら、振動を与える実験を数日間にわたって行い、振動前と振動中、振動後、開始1日目から4日目までのせん断抵抗を比較した。その結果、超軟弱粘土地盤のせん断抵抗は、繰り返し履歴を与えることによって、せん断抵抗が増加する傾向の土と、低下する傾向にある土の2種類あることがわかった。また、この傾向は液性限界で整理できる可能性があることが確かめられた。せん

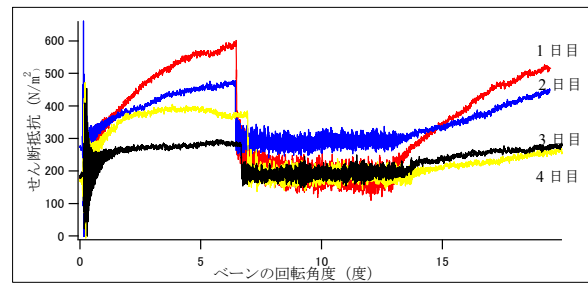


図-3 case C の1～4日目のせん断抵抗

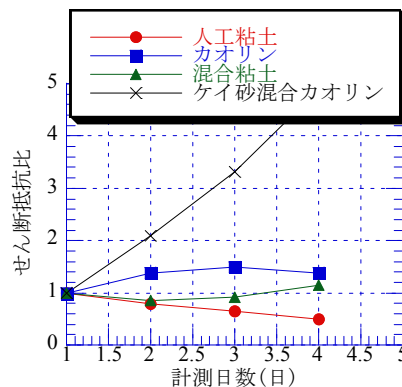


図-4 振動前せん断抵抗比と日数

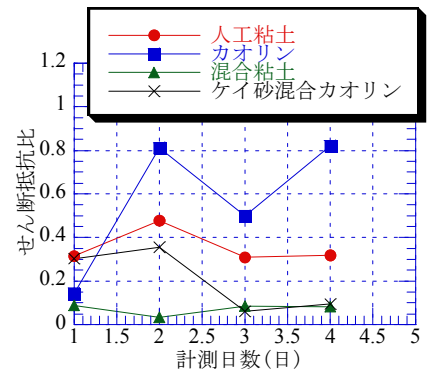


図-5 振動中せん断抵抗比と日数

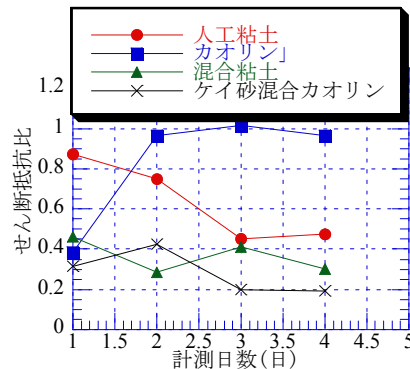


図-6 振動後せん断抵抗と日数

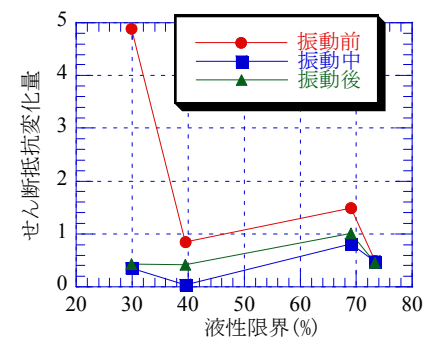


図-7 液性限界とせん断抵抗

断抵抗が減少していく土については、地震動履歴を受けるとせん断抵抗が減少する可能性を示すことになるため、特に注意が必要である。

今後は、さらにデータ数を増やし、この傾向を確かめるとともに、メカニズムについても考察を行う必要がある。最終的には、地震動履歴によるせん断抵抗の変化を系統的に整理できるような指標を見つけたいと考えている。

なお、本研究は、科研費基盤研究A（研究代表者：東北大学 風間基樹）による研究の一環としておこなったものである。

参考文献

- 1) 河上房義、森北出版株式会社、土質力学第6版