

第Ⅲ部門

熊本県益城町の粘性土の動的特性に関する基礎的研究

京都大学大学院 学生会員 ○宗 哲仁

京都大学大学院 正会員 三村 衛 肥後 陽介 澤田 茉伊

(一財)地域地盤環境研究所 正会員 北田 奈緒子

(一社)関西地盤環境研究センター 正会員 中山 義久

1. はじめに

平成 28 年 4 月に発生した熊本地震において、被害が集中した熊本県益城町では町内の近接した地域間で建築物被害の程度に明確な差が生じた。本研究では、建築物被害が小さかった地点から採取した粘性土試料に対し一連の室内土質試験を行い、物理特性と繰り返し载荷に対する動的特性を調べた。

2. ボーリング調査と用いた試料

図 1 に調査対象とした 2 地点を示す。地点間の距離は約 200m であるが、被害程度は明確に異なった。図 2 にボーリング調査結果を示す。建築物被害がほぼ無かった地点 MS1 の表層には軟弱な粘性土が厚く堆積しており、建築物被害が大きかった地点 MS2 と地盤構造が大きく異なることが分かった。本研究では MS1 の上部砂質粘土(A)、中央部高有機質粘土(B)、下部粘土(C)の 3 種類の粘性土を用いて、物理特性と力学特性を把握するための実験を行った。

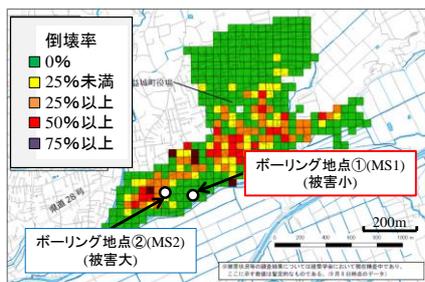


図 1 被害エリアの倒壊率分布とボーリング地点

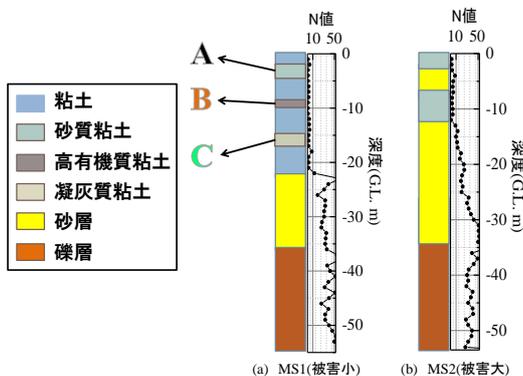


図 2 ボーリング調査結果 (A、B、C は実験試料)

3. 物理試験および標準圧密試験

表 1 に物理試験の結果を示す。A と C は似た特性を有し一般的な粘性土と分類できる。一方で B はこの 2 つと全く異なる結果を示した。大量の有機物を含み、平均含水比は 441.35% であり、空隙の多い構造であることがわかった。加えて土粒子密度も 2.10g/cm^3 と小さく、非常に特徴的な粘性土であった。

標準圧密試験により得られた $e\text{-log}p$ 曲線を図 3 に示す。いずれの粘性土も、原位置応力(図中に p_0 で示す)は p_c 以下の過圧密状態であった。A、C は一般的な粘土に類似した特性を示すが、B は強熱減量 35.92% の高有機質粘土で、初期間隙比が 4.9 と大きく、 $C_c=3.45$ と高い圧縮性を示すことがわかった。

表 1 物理試験結果

試料	A	C	B
深度(G.L. -m)	4.00~4.85	11.00~11.90	8.30~9.20
$\rho_s(\text{g/cm}^3)$	2.66	2.61	2.10
強熱減量(%)	—	—	36.0
液性限界(%)	66.3	76.8	209.3
塑性限界(%)	46.1	41.7	105.7
液性指数	0.99	0.59	1.04
塑性指数(%)	20.2	35.1	103.7
細粒分含有率(%)	71.8	69.7	80.3
平均含水比(%)	71.4	72.4	441.4

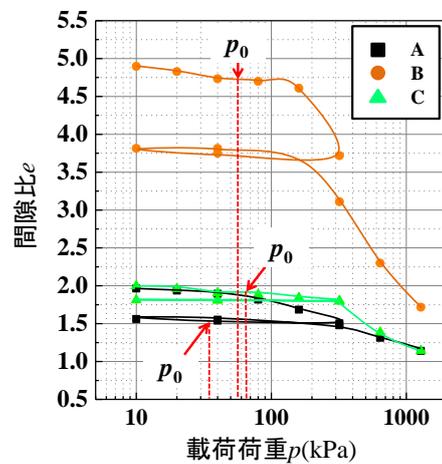
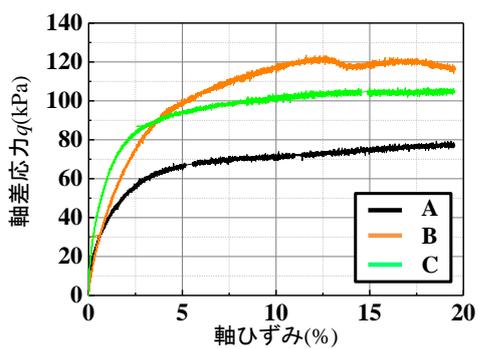


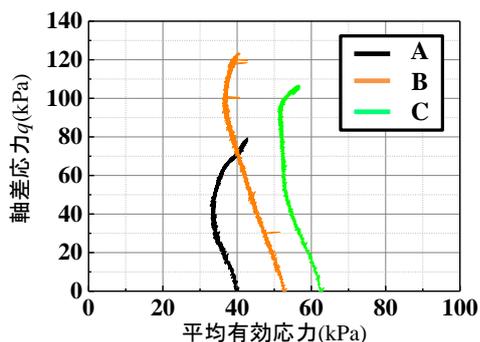
図 3 $e\text{-log}p$ 曲線

4. 圧密非排水繰返し三軸試験

まず原位置応力相当のせん断強度を求めるために、 \overline{CU} 試験を行った(図 4)。いずれもひずみ硬化型の応力ひずみ関係を示し、有効応力経路は過剰間隙水圧の発生が少なく過圧密粘土に特徴的な挙動を示した。この結果に基づき繰返し応力比を決定し、非排水繰返し三軸試験を行った。DA=5%で規定した各粘性土の繰返し強度曲線を図 5 に示す。繰返し回数 20 回相当の応力比は A:0.465、B:0.545、C:0.375 となり、いずれも一般的な沖積粘土に比べて大きな値をとることがわかった。



(a) 応力ひずみ関係



(b) 有効応力経路

図 4 圧密非排水三軸圧縮試験

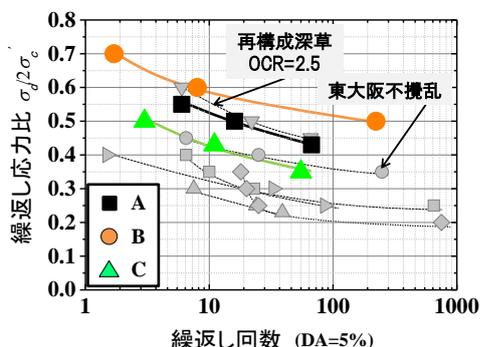


図 5 繰返し強度曲線(DA=5%)

5. 動的変形試験

動的変形試験により得られた $G, h-\gamma_{SA}$ 関係を図 6 に示す。A、C に比べて B の初期せん断剛性率 G_0 は 3.09MPa と極めて小さく、また h が増大し始める γ_{SA} の

値が高くなっていることがわかる。MS1 の粘土のせん断剛性比 $G/G_0-\gamma_{SA}$ 関係を、東大阪、和歌山粘土²⁾と比較して図 7 に示す。A、C は東大阪、和歌山粘土と同様の挙動を示すのに対し、B は G/G_0 の低下し始める γ_{SA} 他の粘性土に比べて 1 オーダー程度高く、特異な挙動を示すことが分かった。

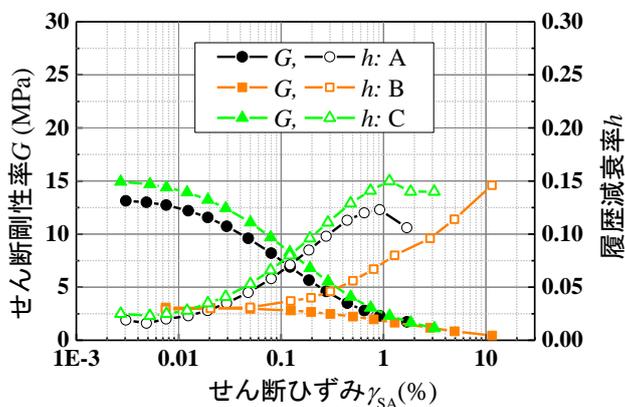


図 6 $G, h-\gamma_{SA}$ 関係

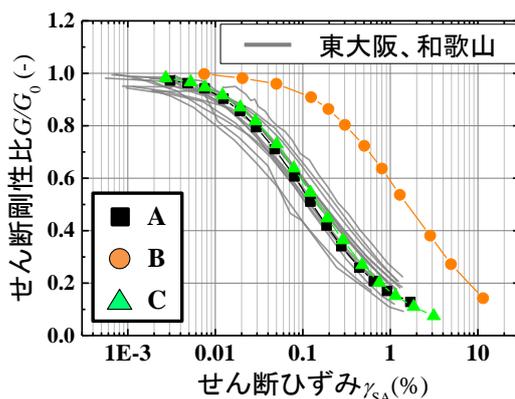


図 7 東大阪、和歌山粘土との比較($G, h-\gamma_{SA}$ 関係)

6. 結論と今後の課題

熊本地震による被害がほとんど無かった地域から採取した粘性土に対する一連の試験により、高含水比状態にある高有機質粘土が、非常に低い剛性を有する一方で、比較的高いせん断強度を有し、繰返し载荷に対して減衰沿いにくいという特性を示した。得られた土質定数を適用した数値解析を行い、建築物被害と地盤構造の関係を検討することが今後の課題である。

参考文献

- 1) 国土技術政策総合研究所:熊本地震における建築物被害の原因分析を行う委員会報告書, 2016
- 2) KG-NET・関西圏地盤研究会:新関西地盤-和歌山平野-, 第 I 編 第 6 章 地震動と地盤挙動, p.174, 2011