苏	长城大学	フェ	ロー会員	○安原一哉
	茨城大	学	学生会員	渡邊大樹
産業技	b 術総合	研究所	正会員	吉見雅行
4	□央開発	(株)	非会員	細矢卓志
4	□央開発	(株)	正会員	荒井靖仁

1. はじめに

2016年の熊本地震において熊本県益城町では,伴に震度7に見舞われて,多くの家屋が厳しいダメージを受けた.その災害は、顕著な地震動の非線形性に伴う基礎地盤の劣化が大きなかかわりがあったことが指摘されている¹⁾.その成果を受けて家屋の基礎を構成する火山灰性粘性土の沈下・変形を予測した事例を報告した²⁾. 本文ではこのような課題における重要なパラメータであるせん断剛性の特異性について考察した.

2. G-y 関係を求めた火山灰粘性土の代表的物性

2.1 物性の試験結果のまとめ

最も家屋被害の顕著だった熊本県益城町で サンプリングされた代表的な粘性土試料に対 して行われた室内試験は,基本的な物理試験と 動的三軸変形試験であり,これらの結果をまと めたものが表1である.

2.2 G~y関係と G_{max}

まず,このうち代表的な物性試験結果として 整理された塑性図と粒度試験結果をまとめた ものが図2と図3である.これらを総合すると, 用いた試料は、"圧縮性の高い silt-rich な粘性 土"と判断される.

表1火山灰性粘性土の物性のまとめ

次料妥旦	GS-MSK-2	GS-MSK-2	GS-MSK-3	GS-MSK-3	GS-MSK-3
貝科宙方	T2-1	T2-2	T3-1	T3-2	T3-3
深度 (m)	0.50~1.00	1.50~2.00	4.55~5.00	5.55~6.00	9.55~10.00
土粒子密度 ρ_s (t/m ³)	2.487	2.646	2.763	2.771	2.756
初期間隙比 e_0	3.06	2.098	2.15	2.094	1.728
初期含水比 w ₀ (%)	112.1	78.8	74.2	73.3	63.3
飽和度 S,(%)	91.1	99.4	95.3	96.9	100
液性限界 W _L (%)	131	106	72	69.6	63.4
塑性指数 / _p	55.4	51.6	34.8	35	31.1
細粒分混合率 F_c (%)	91	84	88	84	60
土質分類	MH-S	VH ₂ -S	VH ₁ -S	VH ₁ -S	MHS-G
せん断剛性 G_o (MN/m ²)	8.27	9.34	27.47	27.47	35.34
有効拘束圧 σ'_{c} (kN/m ²)	30	35	65	75	90
土質特性	盛土(クロボク、ローム、 シルトの混合土)		凝灰質シルト		



次に、これらの資料の動的変形試験結果を図5に纏めている.これらの資料のそれぞれのデータを外挿して、初期せん断剛性 G₀(または、G_{max})を求めた結果はすでに示した表1にまとめられている.

キーワード 熊本地震,火山灰性粘性土,せん断剛性,住宅災害
連絡先 〒310-5012 茨城県水戸市文京 2-1-1 茨城大学 ICAS TEL 029-228-8724

-505-

2.3 初期せん断剛性と既成の評価式の適用性

 $G_0/P_0=44.5F(e)(\sigma'_P_0)^{0.5}$

図4は5つのサンプルの三軸動的変形試験による G~ γ 関係を示している.G/Go 関係はすでに吉見ら³⁾によって報告 されている.各試験の拘束圧は表1に示しているように各 サンプルが受けていた土被り圧σ。を用いている.図4から 初期せん断剛性G。を求めて、拘束圧依存性を示したものが 図5である.ここで用いた試料では、既存の提案式のうち、 Marcuson-Wahls⁴⁾と國生ら⁵⁾による提案式の中間に位置して いる.加えて正規化せん断剛性の間隙比依存性を既存の提案 式による計算結果と比較したものが図6である.ここでは、 上記提案式とHardin-Black⁶⁾による提案式のいずれ計算結果 も示しているが実験結果をうまく説明できていないので、 火山灰性粘性土特有の提案が必要かもしれない.

10

有効拘束圧σ'c(kPa)

初期せん断剛性の拘束圧依存性



図6 初期せん断剛性の間隙比依存性

3. まとめ

10000

1000

100

10

1

1

図 5

(k Pa)

G0/F(e)

2016 年熊本地震において大きなダメージを受けた住宅基礎を構成する火山灰性粘性土のせん断剛性の特異性について考察した.動的三軸変形試験結果によれば,初期せん断剛性の間隙比や拘束圧への依存性は従来の 提案式のいずれ計算結果も実験結果をうまく説明できていない.したがって,火山灰性粘性土特有の提案が必要かもしれない.ただ,このことを確認するためにはもう少しデータの蓄積が必要である.

100

<T-3>

<T-2>

 $G_0/P_0=14.3F(e)(\sigma'_P_0)^{0.6}$

謝辞:本研究の一部は,文科省科研費基盤研究 A (課題番号 16H02362 研究代表者 安原一哉)の助成を 受けて実施された.また、茨城大学・小林薫教授,福岡大学・村上 哲教授には,本件について、ご助言いた だいている.伴に付記して深甚の謝意を表する次第である.

引用文献

(1) Yoshimi, M., Hata, T. Y., Goto, H., Hosoya, T., Morita, S. and Tokumaru, T. (2016). Boring exploration result in Kumamoto-ken Mashiki-machi, *Proc. of Fall Meeting, Japanese Society for Active Fault Studies*, S21–P17. (2) Yasuhara, K. et al. (2017). Instability of residences on volcanic ash cohesive soils during the 2016 Kumamoto Earthquake, *Proceedings of the International Workshop on the 2016 Kumamoto Earthquake, March 6, 2017, Fukuoka, Japan.* (3) 吉見雅行・後藤浩之・秦吉 弥・吉田望 (2017): 益城町市街地の 2016 年熊本地震被害集中域における非線形地盤応答特性, 平成 28 年度京大 防災研究所研究発表講演会, A05. (4) Marcuson, W. F. and Wahls, H. E. (1972). Time effects on dynamic shear modulus of clays, *Proc. SMFD, ASCE*, 98(12), 1359-1373. (5) Hardin, B. O. and Black, W. L. (1968). Vibration modulus of normally consolidated clay, *Proc. SMFD, ASCE*, 94(2), 353-369. (6) Kokusho, T. Esashi, Y. and Yoshida, Y. (1982). Dynamic properties of soft clay with strain range, *Soils & Foundations*, 13(1), J. JGS, 1-18.