

# 熊本地震における火山灰性粘性土基礎地盤の支持力低下と擁壁土圧増加に関する考察

茨城大学 フェロー会員 ○安原一哉  
田尻技術士事務所 正会員 田尻雅則

## 1. はじめに

2016 年熊本地震では、熊本県益城町において火山灰性粘性土上の住宅と擁壁が壊滅的なダメージを受けた。この大規模な住宅の地震災害の原因を特定することは難しいが、本文では、これまでに行ってきた地盤調査と土質試験に基づいて、住宅基礎を形成している火山灰性凝灰質粘性土の繰返し劣化に注目して、それらが住宅と近隣の擁壁の変状に及ぼした影響について考察した。

## 2. 火山灰性凝灰質粘性土の概要

初期含水比 70~75%，塑性指数  $I_p$  30~35 で、土質分類では、 $VH_1-S$  に属し、塑性図や粒度分布からは、“圧縮性の高い silt-rich な粘性土”と判断される。

## 3. 静的せん断を伴う繰返し三軸試験結果と考察

繰返し応力比 0.25 から 0.35，周波数 0.1 Hz. のもとで、応力制御の非排水繰返し載荷試験をおこない、その後、発生した過剰間隙水圧が安定するのを確認後、ひずみ制御の非排水せん断試験を実施した。その結果、ともに、繰返し載荷によって生じた過剰間隙水圧の大きさに伴って低下していくことを明らかにした。

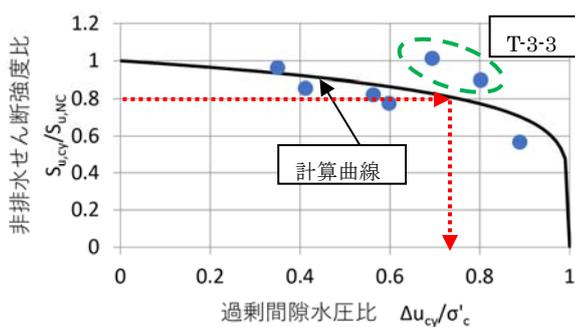


図1 繰返し荷重による非排水強度の低下

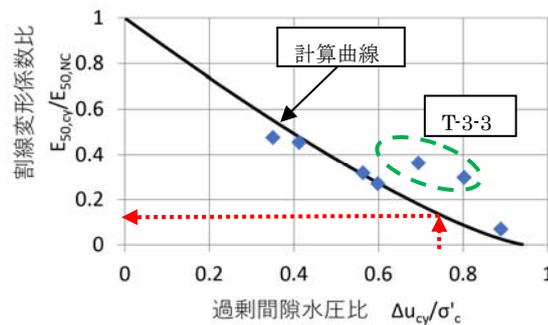


図2 繰返し荷重による変形係数の低下

## 4. 地震時における基礎地盤の支持力と擁壁に作用する土圧の評価

### 4.1 住宅の支持力

益城町の擁壁近い、ある住宅の敷地内で地震の前後（平成27年11月24日（地震前）と平成28年4月22日（地震後））にスウェーデン貫入(SWS)試験を行った事例がある。図3はSWS 試験結果を纏めたものである。これらの結果を利用して、「小規模建築物基礎設計指針」（日本建築学会、2014）で推奨されている次式

$$q_a = 30 \overline{W_{sw}} + 0.64 \overline{N_{sw}} \quad (1)$$

を用いて長期許容支持力度  $q_a$  を求めてみると、地震前の  $35.5 \text{ kN/m}^2$  から  $28.6 \text{ kN/m}^2$  になっており、約20%減少している。一方、Terzaghi の支持力理論によれば、根入れのない場合の地震履歴前後の極限支持力 $q_u$ および $q_{u,cy}$ は、構造物の値入深さ  $D_f=0$ 、基礎地盤の粘性土の内部摩擦角  $\phi=0$  とすると、

$$q_u = 5.14 s_{u,NC} \quad (2a) \quad , \quad q_{u,cy} = 5.14 s_{u,cy} \quad (2b)$$

で与えられることになる。したがって、支持力が約20%低下したとすると、 $q_{u,cy}/q_{u,NC} = s_{u,cy}/s_{u,NC} = 0.8$  と仮定できる。これに相当する、地震時に発生したと思われる過剰間隙水圧は、図1から、ほぼ、 $\Delta u_{cy}/\sigma'_c = 0.75$  になることが推測される。

キーワード 熊本地震, 火山灰性凝灰質粘性土, 繰返し劣化, 基礎地盤支持力, 擁壁土圧

連絡先 〒1310-8512 茨城県水戸市文京 2-1-1 茨城大学 地球変動適応科学研究機関 TEL 029-228-8824

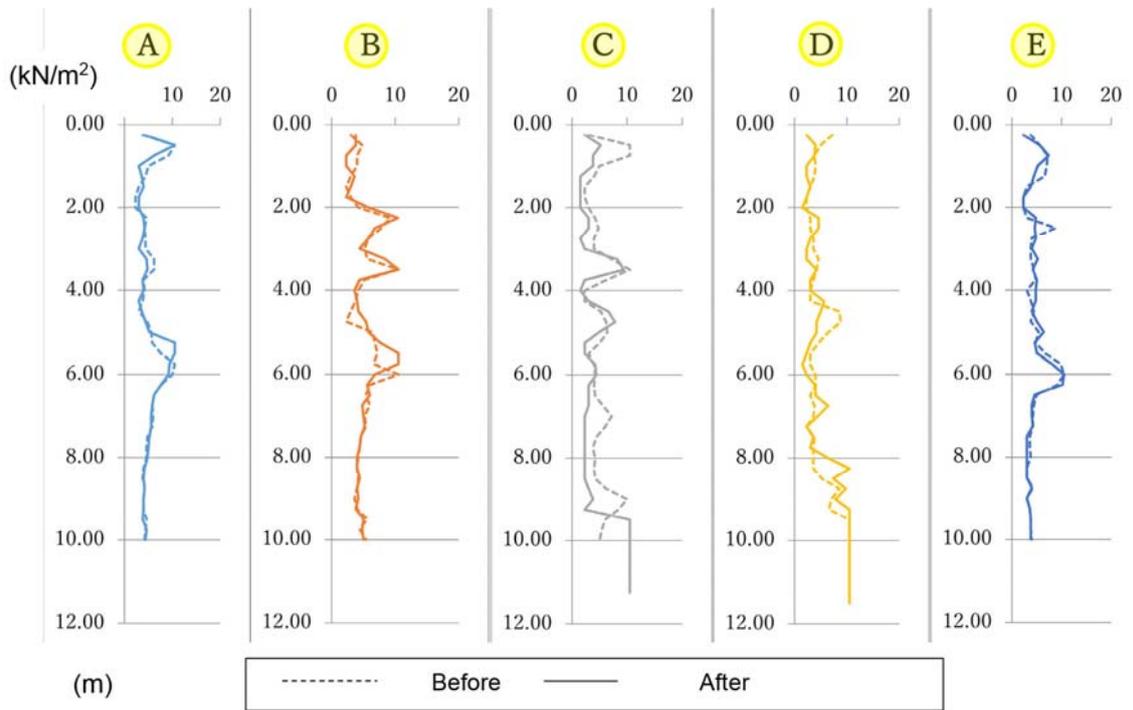


図3 ある家屋の敷地の5地点におけるSWS試験結果 (積水ハイム九州 (2017) ご提供による)

5.2 擁壁土圧

ランキンの土圧理論にならって擁壁に作用する地震時土圧を考える。擁壁裏込め粘性土の非排水強度が $s_{u,NC}$ から $s_{u,cy}$ に減少したとすると、擁壁土圧は次式で表される。

$$P_{AE} = \frac{1}{2} \gamma_t H^2 - 2s_{u,cy} H \quad [3a]$$

$$P_{PE} = \frac{1}{2} \gamma_t H^2 + 2s_{u,cy} H \quad [3b]$$

そこで、図4のような擁壁を想定して、 $\gamma_t = 15.5 \text{ kN/m}^3$ 、 $H = 5.0 \text{ m}$  と仮定すると、 $s_{u,cy}/s_{u,NC} = 0.8$  から、

$$s_{u,cy} = s_{u,NC} \times 0.8 = 6.91 \times 0.8 = 5.56 \text{ kN/m}^2$$

が得られるので、地震後の主働土圧と受働土圧はそれぞれ、 $P_{AE} = 79.3 \text{ kN/m}$ 、 $P_{PE} = 168.2 \text{ kN/m}$  と求まる。一方、平時の主働土圧と受働土圧はそれぞれ、 $P_A = 99.2 \text{ kN/m}$ 、 $P_P = 178.3 \text{ kN/m}$ であるので、地震に伴って主働土圧は26%増加し、受働土圧は6%低下することになる。

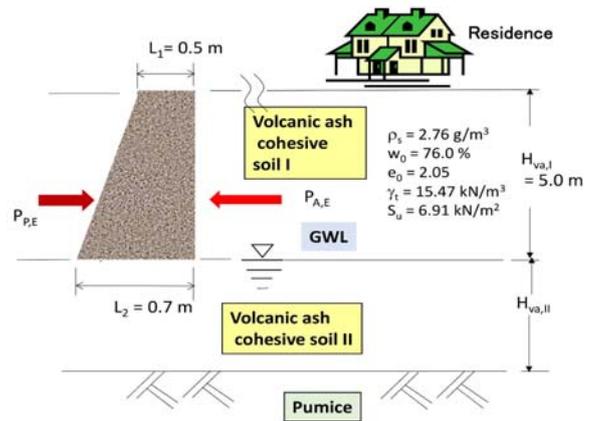


図4 簡易な地震時土圧計算のためのモデル

5. まとめ

益城町から採取された火山灰性凝灰質粘性土の静的せん断を伴う繰返し三軸試験をおこなった結果、繰返し荷重によって強度と剛性が低下することを指摘した。次いで、住宅基礎地盤の支持力低下と擁壁の水平土圧の増加に伴う変状には、それぞれ地震時繰返し荷重による強度低下が関わっていることを指摘した。

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した。付記して深甚の謝意を表する次第である。