

2018 年インドネシア・スラウェシ島地震における大規模地盤流動に関する地盤調査

金沢大学大学院自然科学研究科博士前期課程	学生会員	○府玻ひなの
金沢大学理工研究域地球社会基盤学系	正会員	宮島 昌克
Tadulako University Faculty of Engineering	非会員	Hendra Setiawan
松江工業高等専門学校環境・建設工学科	正会員	芹川由布子

1. 本研究の背景・目的

2018 年 9 月 28 日にインドネシアのスラウェシ島で Mw7.5、震源の深さ約 10km の地震が発生した。BNPB によると 2019 年 2 月 5 日現在、この地震による主な人的被害は、死者・行方不明者 4,340 人、負傷者 4,438 人、避難民 172,635 人である。また、主な建物被害は、住宅 68,451 戸、礼拝堂 327 堂、学校 265 校である。さらに、この地震により発生した災害の 1 つとして、Palu 市内の Balaroa 地区、Petobo 地区、Palu 市外の Jono Oge 村、Sibalaya 村といった傾斜の緩やかな地形での液状化によるものとされる大規模な地盤流動がある。ここで、地震の震央と地盤流動発生地域の位置を図-1 に示す。この地盤流動により最大で家屋が約 1km も流され、その多数が崩壊・埋没した。その様子を写真-1 に示す。日本でもこれまでに 1964 年新潟地震などで液状化による地盤流動が発生しているが、その移動量は最大でも 10m ほどであった。世界でも今回ほどの地盤流動は今まで確認されておらず、その地盤条件や発生メカニズムなどはいまだ明確には解明されていない。本研究ではその大規模地盤流動のしくみを解明することを目的とし、現地調査や土質試験で得られた結果をもとにして地盤条件、発生メカニズムの推測を行う。本稿では Sibalaya 村での調査結果報告を行う。

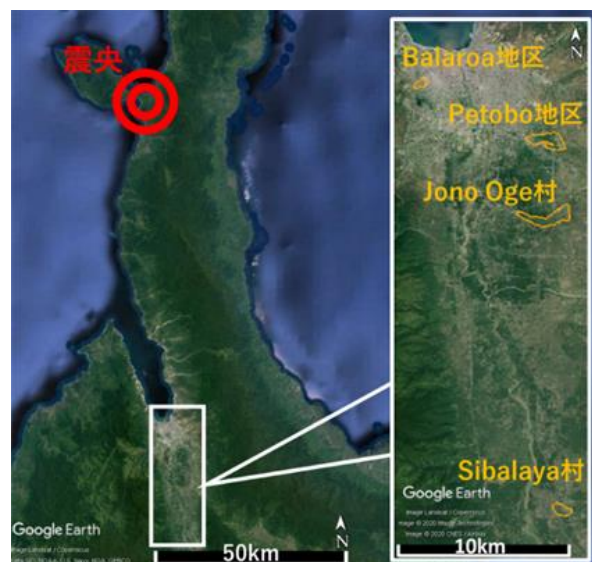


図-1 地震の震央と地盤流動発生地域の位置



写真-1 地盤流動後の様子 (Balaroa 地区)

2. Sibalaya 村での調査概要

Sibalaya 村は Palu 市街地から南に約 30km のところにあり、農地に囲まれた村である。この村の流動範囲は約 550,000m²、地震前の平均勾配は約 2.7% であった。ここではボーリング調査を 2 地点(BH-01, BH-02)、トレンチでの土質試料採取を 2 地点(S-D-T1, S-D-T2)で行った。それぞれの調査地点と Sibalaya 村の流動範囲を Google Earth による空中写真を用いて図-2 に示す。



図-2 Sibalaya 村 流動範囲と調査地点

3. Sibalaya 村での調査結果及び考察

3.1 ボーリング調査

2 地点(BH-01, BH-02)のボーリングデータを図-3に示す. BH-01 は深さ 20m にわたり粘土質砂やシルト質砂などの粒径の細かい砂が厚く存在しており, 20m 以深になると礫混じり砂に変化している. 一方, BH-02 では地表面付近に砂質粘土が存在しており, 深さ 5.0m からは砂とシルト質砂の互層が見られた. 地盤の硬軟を表す N 値について, どちらも地表面付近は比較的小さな値をとり, 軟らかい地層であることが分かる. また, 深さ 10m 以深では N 値 ≥ 20 をとり, 硬い地盤が続いていることが分かる. 地下水位について, それぞれ深さ 9.0m, 8.0m に存在している. しかし岡村ら(2020)⁹より, 現在の地下水位は地震前, 地震直後と大きく異なっている可能性が高い. このことから, Sibalaya 村での地盤流動は地表面付近で発生したと考える.

caused by the 2018 Sulawesi earthquake, Volume 60, Issue 4, August 2020, Pages 1050-1063, Soils and Foundations, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038080620336878>

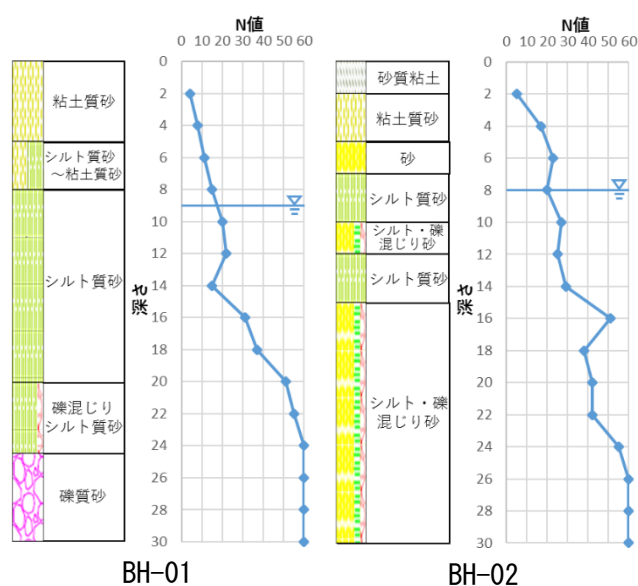


図-3 ボーリングデータ

3.2 土質試料のふるい分析

トレンチ 2 地点(S-D-T1, S-D-T2)から採取した土質試料を用いてふるい分析を行った. その結果を図-4, 図-5 にそれぞれ示す. これより, S-D-T1 -0.5m, -1.5m といったいくつかの土質試料が液状化しやすい粒径範囲に収まることから, 地表面付近の土は液状化する可能性を持つと考える. ただし, 粒径 0.075mm 以下の分布が明らかとなっていないため, 沈降分析を行う必要がある.

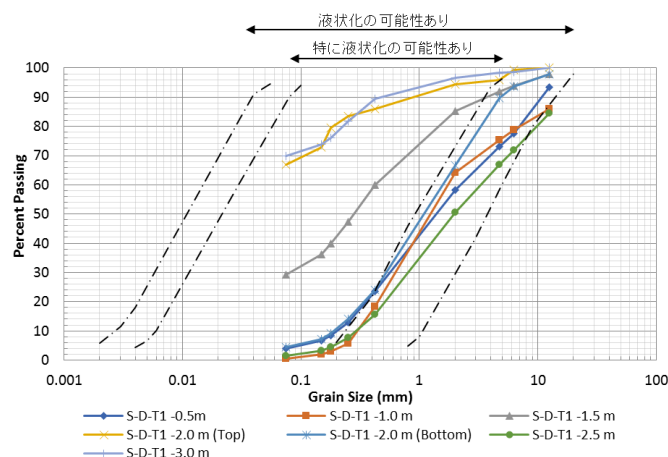


図-4 トレンチ S-D-T1 の粒径分布

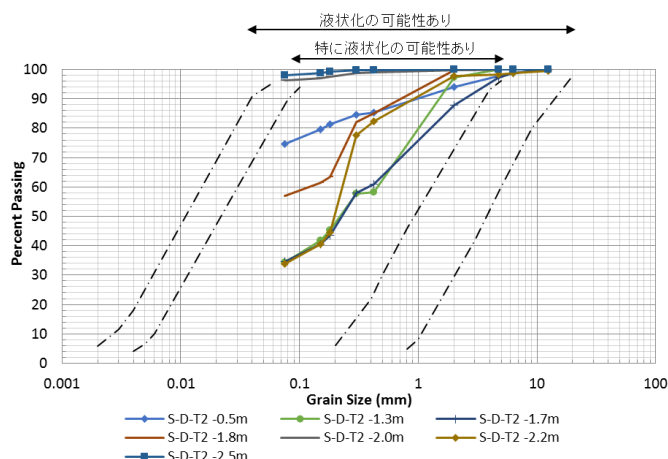


図-5 トレンチ S-D-T2 の粒径分布

4. まとめ

本稿では Sibalaya 村での調査結果報告を行った. ボーリング調査より, 地表面付近に軟らかい地層があること, 土質試料のふるい分析より, 地表面付近の土は液状化する可能性を持つこと, この 2 点から Sibalaya 村での地盤流動は地表面付近の液状化によって発生したと考える. 今後の方針として, 地盤条件をより詳細にすること, 本調査で示した地盤条件で実際に流動が発生するかなどを, 模型実験を用いて検討していく.

参考文献

1) Mitsu Okamura, Kohei Ono, Ardy Arsyad, Utari S. Minaka, Sukiman Nurdin: Large-scale flowslide in Sibalaya