

平成 28 年熊本地震によって生じた陥没と阿蘇谷における湖成層の堆積構造の関係性

○福岡大学 学生会員 畠中昇平
 福岡大学 正会員 村上 哲
 福岡大学 正会員 西 智美
 福岡大学 正会員 樋原弘貴

1. はじめに

平成 28 年 4 月 14 日 21 時 26 分熊本地方を震源とする M6.5 の前震と 4 月 16 日 01 時 25 分同地方を震源とする M7.3 の本震、及びその後複数回の余震が発生し、それが原因で阿蘇谷地域では、亀裂（クラック）や陥没が発生し、家屋や道路、農地などに甚大な被害が生じた。地表面に段差を伴うクラックは帯状に 10km 程度、総クラック数 232 本が観測された¹⁾。段差を伴うクラックは地表面帯状に観測されておりそのメカニズムの解明が必要であるといえる。そこで本研究では当該地域の堆積構造に依存して被害が発生していると考え、クラックと湖成層との関係性について明らかにすることを目的とする。本研究では湖成層底面の標高のデータを追加し、ボーリングデータ（以下 BD と表記する）との比較を行い、得られた結果について報告する。

2. 阿蘇谷における堆積物の特徴

阿蘇地域のボーリング調査によって得られた結果によると、カルデラ底堆積物は液性限界を大きく上回る含水状態で堆積している流動化しやすい特性を持っていることがわかった²⁾。さらに石川らによる強振動が作用したことによる、湖成堆積物の軟化現象を考慮した残留変形解析によると、湖成層のせん断剛性が低下したことによって湖成層下面の傾斜に沿ってせん断変形し、地表付近には引張りひずみと圧縮ひずみ領域が生成されていることが分かったと報告されている³⁾。これらのことから、地震によって、阿蘇地域の湖成層はせん断剛性が低下し軟化したことによって、クラックが発生する要因となったと考えた。

3. BD と微動アレイの結果から湖成層の層厚変化検討

ボーリング柱状図解析システムを使用して、BD から当該地域の湖成層の分布について調べるために図 1 に示す通り 4 本(1-2, 3-4, 5-6, 7-8)の断面線について検討した。図 2 に示す通り湖成層の上端面の標高は約 460m 付近であり、標高差はあまり大きくなかった。それに比べ、下端面の標高は約 430~460m となっており、標高差約 30m と非常に大きくなっていることがわかった。

そこで、湖成層の下端面の標高を調べることで湖成層のおおよその層厚を明らかにできると考えた。図 3 は断面線 5-6 の BD を示しており、湖成層は N 値が低く軟弱な層と N 値が高く硬い層があり、前者がクラック発生要因となっている可能性が高い。微動アレイの結果から軟弱湖成層底面のデータを取得するために、微動アレイの結果と

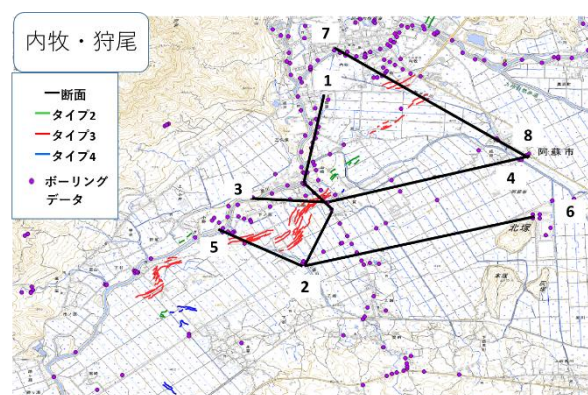


図 1 内牧・狩尾地域に引いた断面線

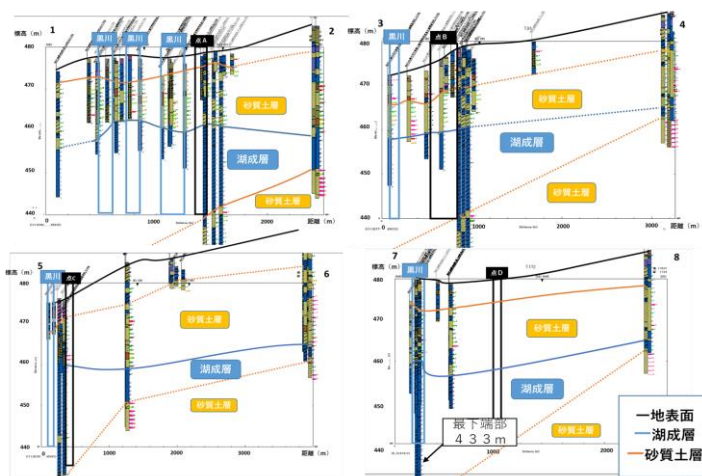


図 2 図 1 における断面図

BD が隣接しているものを比較した。せん断波速度 $V_s=200\sim250$ m/s の位置に湖成層底面が分布していると予想した。図 4 に示す通り微動アレイの断面図と BD を比較し、軟弱湖成層の底面を検討した結果せん断波速度 $V_s=200$ m/s 付近を軟弱湖成層の底面と仮定できた。これらの結果から、図 5 にその等高線を引いたものを示す。等深線の間隔が狭いところでクラックが発生している傾向が見られたことから、軟弱湖成層の層厚変化が大きいところでクラックが発生している可能性が高いことがわかった。

以上の結果から、地震によって、阿蘇地域の湖成層はせん断剛性が低下し軟化したことによって、湖成層が変形し、クラックが発生する原因となり、軟弱湖成層の層厚変化が大きいところで変形が大きく生じた結果、クラックが発生している可能性があることが確認できた。今後は、硬い湖成層の底面、軟弱湖成層の上端面も微動アレイの結果と BD を比較し、同様に標高を検討し、クラック発生との関係性をより詳細に調べていく必要がある。

4. まとめ

本研究で得られた知見は以下のとおりである。

1) 当該地域の湖成層の上端面の標高は約 460m 付近であり、標高差はあまり大きくなかった。それに比べ、下端面の標高は約 430～460m となっており、標高差約 30m と非常に大きくなっていることがわかった。微動アレイの断面図と BD を比較し、軟弱湖成層の底面を検討した結果せん断波速度 $V_s=200$ m/s 付近を軟弱湖成層の底面と仮定できた。

2) 軟弱湖成層底面の等高線を引いたところ、等深線の間隔が狭いところでクラックが発生している傾向が見られたことから、軟弱湖成層の層厚変化が大きいところでクラックが発生している可能性が高いことがわかった。

【謝辞】本研究は、JSPS 科研費基盤研究 (B) 17H03306 研究助成を受けて実施したものである。本研究を進めるにあたり、国土地理院より空中写真を提供頂いた。記して敬意を表します。

【参考文献】

- 1) 公益社団法人 地盤工学会 熊本地震地盤災害調査団：平成 28 年熊本地震地盤災害調査報告書、pp.136-141、2017
- 2) 石川 敬祐、安田 進、伊東 周作、永瀬 英生、村上 哲、野村 勇斗：熊本地震により阿蘇で発生した帯状陥没に関する地盤調査(その 5)ーボーリング調査による浅部の地質構造の特徴ー、第 53 回地盤工学会発表会レジュメ、2018
- 3) 石川 敬祐、安田 進、勝山 考太、野村 勇斗：2016 年熊本地震による阿蘇カルデラ内の湖成堆積物の軟化現象を考慮した残留変形解析、2019 年 7 月第 54 回地盤工学研究発表会レジュメ、2019
- 4) 先名 重樹(防災科研)・若井 淳・谷田貝 淳・稲垣 賢亮・松山 尚典・藤原 広行：阿蘇地域全域における微動アレイ観測結果、2019 年 7 月第 54 回地盤工学研究発表会レジュメ、2019

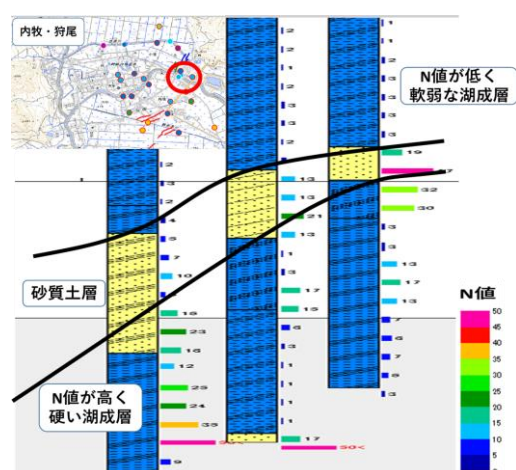


図 3 N 値が低く軟弱な層と N 値が高く硬い層の層区分

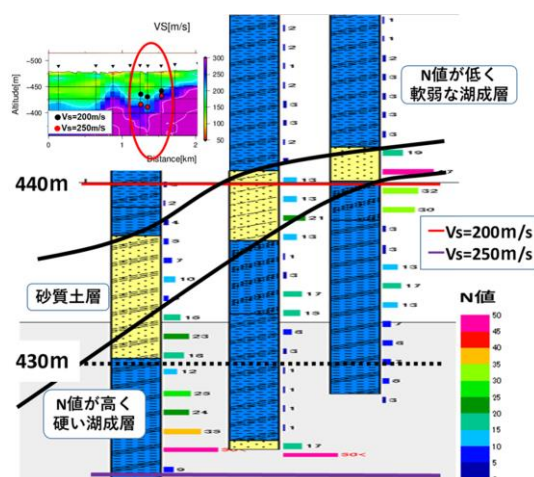


図 4 BD と微動アレイの結果比較 4)

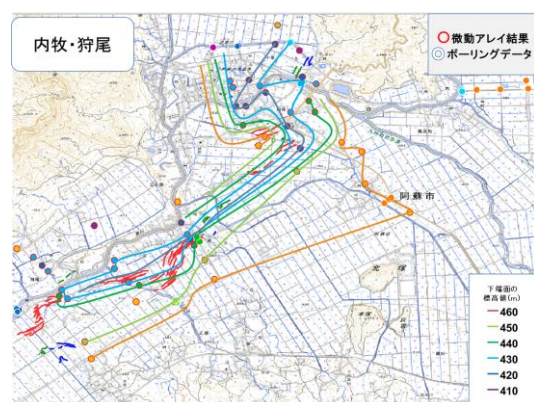


図 5 内牧・狩尾地域の軟弱湖成層の等高線