

# 熊本地震において地表地震断層が直撃した被災建物の 3 次元レーザー測量

15T0263W 小川 浩平  
指導教員：関口 徹

## 1. はじめに

2016 年熊本地震では熊本県内において斜面崩壊や住宅倒壊など甚大な被害を受けた。東海大学阿蘇キャンパスでは地震断層によるものと考えられる地表の亀裂が建物をまたぐように現れ、鉄筋コンクリート造建物が甚大な被害を受けた。このような地表地震断層が直撃した被害例は世界的に見ても稀なものである。

そこで本研究では、沈下、傾斜や変形などの建物の被害状況を把握するため、3 次元レーザースキャナーを用いて被災した建物をレーザー測量し、被災後の建物の 3 次元的な形状を求めることを目的とする。また得られた 3 次元データをもとに地表地震断層と被災した建物の損傷部位の関係について、そして 3 次元データと構造図を比較することで被災した建物にどのような変形が生じたかを考察する。

## 2. 調査対象

図 1 に東海大学阿蘇キャンパスの立地を示す。東海大学阿蘇キャンパスは標高約 420m、阿蘇カルデラの西端に位置する。被災した建物（1 号館）は新耐震設計以前（1981 年）の 1973 年に建てられており、鉄筋コンクリート造 3 階建て杭基礎構造である<sup>1)</sup>。1 号館は 3 つの翼を持つブーメランのような平面形状をしており、各翼部は近年になって耐震補強が実施されている。

## 3. 3 次元レーザースキャナー

本研究では FARO Laser Scanner Focus3D X130 (Focus3D) を用いてレーザー測量を行った。Focus3D は高速、高分解能、高精度、3D カラーสキャンが可能な精密測定機器であり、回転するミラーの中心に赤

外線レーザー光線を放射し、周囲のオブジェクトから散乱光がスキャナーに戻ることで対象物をレーザー測量している。垂直方向は  $300^\circ$ 、水平方向は  $360^\circ$  の範囲がレーザー測量可能であり、距離、垂直角度、水平角度によりデカルト座標 (x,y,z) が得られる。

レーザー測量時には対象物との距離に応じて分解能の設定を変更し、10m 先の対象物を 1.5mm、3mm 間隔でレーザー測量する設定を併用する。

## 4. 現地調査

平成 28 年 11 月 6 日から 3 日間現地調査を行った。1 号館外周をすべてスキャンするため 9 か所の異なる方向からレーザー測量を行った。このとき異なる方向からレーザー測量したデータをつなげて合成するために、基準として 3 個以上の白球が重なるよう 1 号館外周に測量位置にあわせて移動しながら設置した。

## 5. 3 次元現況立体図

現地調査で得られた 9 か所からの 3 次元データを合成ソフト SCENE で合成し、3 次元現況立体図を作成した。図 2 に 1 号館の 3 次元現況立体図、図 3 に 1

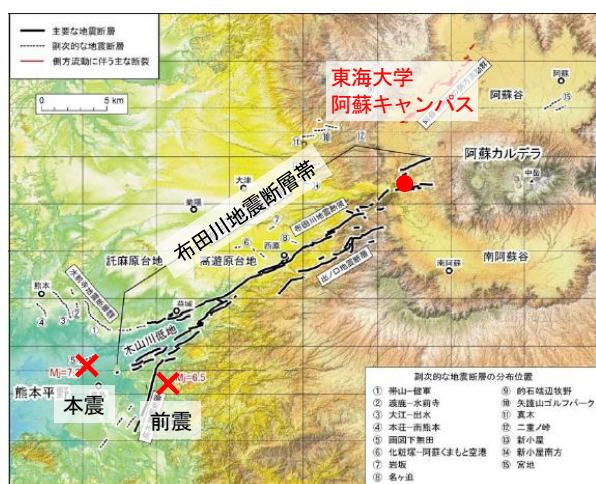


図 1 東海大学阿蘇キャンパス立地 2)に加筆



図 2 1 号館現況立体図

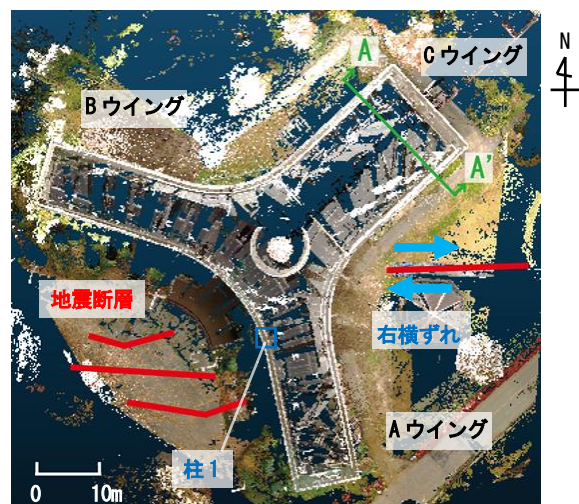


図 3 1 号館平面図

号館の平面図を示す。赤線は地表地震断層を表し、右横ずれ断層である。1号館南側をAウイング、西側をBウイング、東側をCウイングと呼ぶ。

## 6. 各階の沈下量および平面的な変形量

図4に図3のCウイングのA-A'断面を示す。赤線は平面を切り出す際の各階の梁レベルである。GLレベルからレーザー測量しているため、死角部のデータは得られないが、各階のベランダ底裏は見えている状態である。そのため各階のベランダ底裏の高さを用いて高さ分布を作成した。

図5に各階のベランダ底裏の高さ分布を示す。この高さ分布は、山側にあり比較的被害の少ないCウイングの東側角を各階で基準とした相対変位である。Cウイングは大きな上下変動は見られないが、Aウイング、Bウイングともに先端に向かって大きく傾斜し、Aウイングは最大28cm、Bウイングは最大46cm基準より傾斜していることがわかった。

図6は図4で示した3F梁レベルの平面と構造図を重ね合わせたものである。Bウイング、Cウイングは変形が見られないが、Aウイングは図6(b)に示すよう、構造図とずれが生じている。先端ほどその差は大きく東側で43cm、西側で42cmになった。2F、RFも3Fと同様の結果であった。このようにAウイングのみ変形しており、これは地表地震断層による影響と考えられる。図3で示す地表地震断層の延長上に位置すると考えられている柱1はねじれたように破壊されており、Aウイングはこの柱を起点にして時計回りに回転していると考えられる。

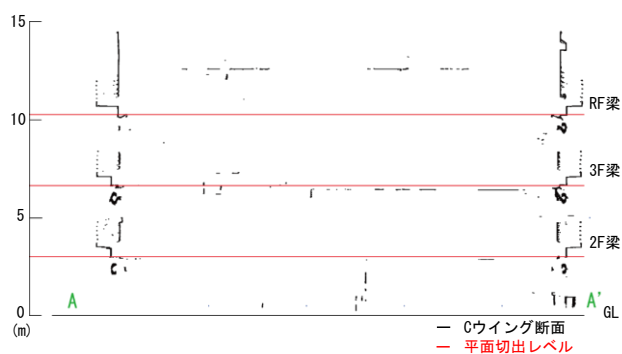


図4 Cウイング断面図

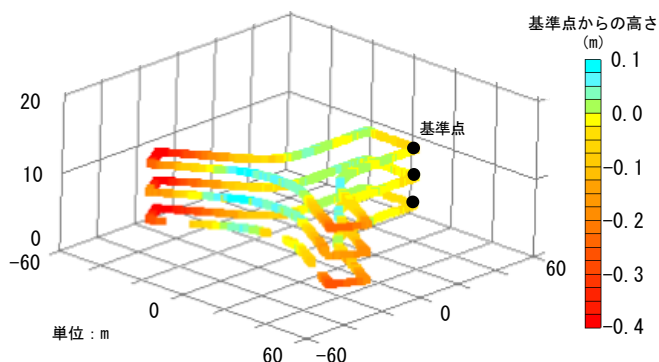


図5 各階ベランダ底裏の高さ分布

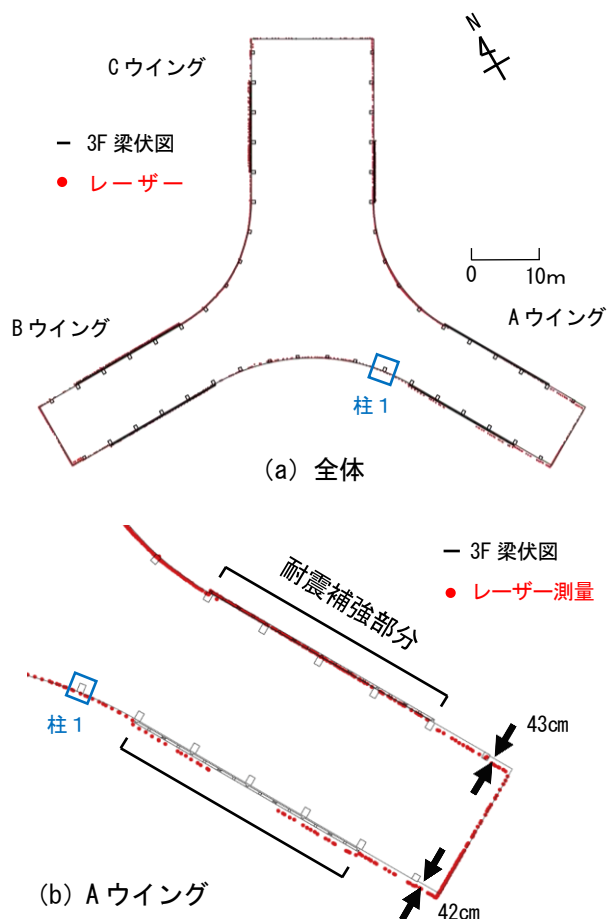


図6 3F梁位置でのレーザー測量結果と構造図の比較

## 7. まとめ

本研究では、3次元レーザースキャナーを用いて地表地震断層が直撃した被災建物の3次元現況立体図を作成した。またその3次元データをもとに各階のベランダ底裏の高さ分布を作成し、各階の梁レベルと構造図を比較した。

その結果、Aウイング、Bウイングともに先端に向かって大きく傾斜していることがわかった。そして各階の梁レベルと構造図の比較により、地表地震断層の延長上に位置すると考えられている柱1を起点にして時計回りに回転するような変形が起きていることがわかった。

## 謝辞

本研究を進めるにあたり、電力中央研究所金澤健司博士には現地調査、データ解析においてご指導を賜りました。厚く感謝申し上げます。

## 参考文献

- 1) 東海大学阿蘇校舎地盤調査委員会：東海大学阿蘇校舎地盤調査報告書、2016.8
- 2) 地震本部：平成28年熊本地震を踏まえた総合的な活断層調査
- 3) 杉山、渡辺ら：建築学会大会梗概集 2016年熊本地震による東海大学阿蘇キャンパスの被害 その1、その2、2016
- 4) 気象庁：災害時地震報告、2016.12
- 5) FARO LASER SCANNER FOCUS<sup>3D</sup>X130 取り扱い説明書