

3D スキャナーを用いた建築構造実験の活用事例

藤平 剛久

京都大学大学院工学研究科技術部

E-mail :y.fujihira@archi.kyoto-u.ac.jp

1. はじめに

様々な形状や空間を 3 次元データ化ができる 3D スキャナーは、あらゆる分野において積極的に利用されている。教育・研究機関においてもニーズは高まり、対象物の寸法、形状、損傷の確認など、今まで計測できなかった複雑な形状を画像データ化し、高い精度で分析することができる。本学の建築学専攻の構造実験でも、複雑に変形した試験体の 3 次元形状を確認するために活用されている。コンパクトで操作が容易であり、誰もが扱いやすい装置であることから、作業や分析の効率が飛躍的に向上すると考えられる。今回は、建築構造分野における実験後の変形した試験体を、3D スキャナーを用いて、3 次元計測した活用事例を紹介し、今後の活用法を語る。

2. 3D スキャナー

3D スキャナーとは、対象物の形状を 3 次元座標に画像データとして取り込み、パソコンなどで簡易に編集分析できる装置である。取り込んだ画像データは点の集まりである「点群データ」から構成され、画像処理ソフトにより四面または三角面の集合体である「メッシュデータ」に変換して複雑な立体を生成する。スキャン方式は、対象物の凹凸に接触させる接触式と、対象物に触れずに光を照射し反射の時間差や反射角度を解析する非接触式がある。また CAD ソフトとの互換性が高いため、成形品、製品の寸法検査や測定など、幅広い分野で利用されている。

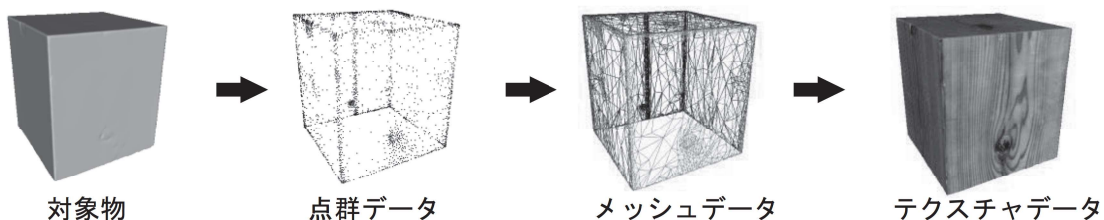


図 1 3次元スキャンデータ

3. Artec3D スキャナーの特長

Artec3D 社製の Eva3D スキャナーの本体を図 2 に、性能を表 1 に、特長¹⁾を以下に示す。画像データの解析ソフトは、点の集まりを繋ぎ合わせ、立体を生成できる Artecstudio9 と、その形状分析を行う Leios2 を使用する。

- ・ハンドヘルドの非接触式の計測器
- ・計測器と PC のみで持ち運びが容易
- ・画像データをリアルタイム表示
- ・動いている対象物をスキャン可能
- ・人物を安全にスキャン
- ・形状や色情報を画像データ化
- ・ターゲットやキャリブレーションが不要

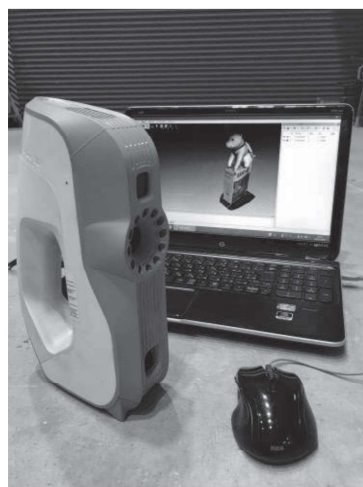


図 2 Eva3D スキャナー

表 1 Eva3D スキャナー性能

3D 解像度(最大)	0.5mm
3D 精度(最大)	0.1mm
テクスチャ精度	1.3mp
作業範囲	0.4~1m
最短距離範囲	214×148mm
最高距離範囲	536×371mm
データ取得速度	200 万 point/sec
光源	フラッシュバルブ
出力形式	CSV,DXF,XML
本体重量	0.85kg
バッテリー	最長 6 時間

4. 建築分野の鋼構造に関する活用事例

建築の構造実験では、実験後の試験体の形状を分析するため、複雑な形状をした試験体を計測することがある。引張、圧縮、せん断、曲げなどの力により変形した試験体は、面外や面内変形、座屈などが生じて複雑な形状へと変形し、正確に形状を計測することは困難である。今回は鋼構造に関する実験における変形後の試験体の形状を確認するため、3D スキャナーの活用事例を紹介する。

【活用事例 1】

- ・スプリットティ引張試験での活用 [2]

柱と梁の接合に用いられるスプリットティ形式接合は、高力ボルトによる引張接合法であり、施工性と信頼性の高い工法である。試験体は、図 3 に示すように、H-400×200×8×13 をウェブで半分に切断し、2 つのスプリットティのフランジ面を合わせ、高力ボルトにより接合したものである。試験体に単調引張力を与え、ティフランジが面外変形する力学的挙動を確認する。

分析手法は、図 4 に示すように、試験体の引張方向を基準とした等高線で表し、ティフランジの面外変形の分布を確認する。高力ボルトの軸力の作用方向に引張り外力が働き、ボルト接合位置とウェブフィレットで曲げ降伏が生じている。また引張直行方向の軸の任意の箇所の断面図を作成し、変形を数値で確認する。

【活用事例 2】

- ・柱梁接合部の繰り返し実験での活用 [3]

大地震時に鋼構造建物の柱と梁の接合部では、応力集中が生じ、後に梁端接合部近傍で破断や局部座屈が生じる可能性がある。柱梁接合部を模する試験体に多数回繰り返し塑性変形を生じさせる載荷実験を行い、梁端接合部の亀裂進展や座屈発生状況を観察し、破断まで至る過程を確認する。

分析手法は、図5に示すように、梁接合部をポリゴンデータで表すことにより、色の濃淡や3次元スキャンデータで、梁の座屈発生状況や梁端部の破断状況を確認する。また梁の断面図を作成し、梁のフランジやウェブの座屈状態を視覚的に確認する。

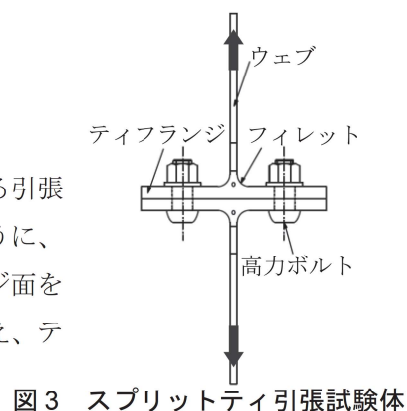


図 3 スプリットティ引張試験体

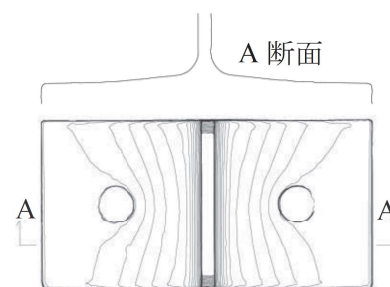


図 4 等高線で表した面外変形の分布

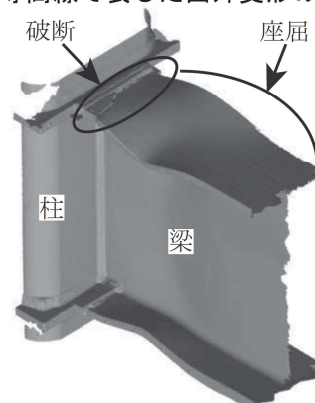


図 5 梁接合部の局部座屈と破断

5. まとめ

上記で示した活用事例では、実験後の試験体の面外変形の分布を等高線で表し、変形度合いの数値化を図り、また座屈形状を3次元データで表し、断面の形状を視覚的に確認した。いずれのスキャン方法も、3D スキャナーを固定し試験体を動かして、形状と色のデータを取得した。本学の授業や構造実験など教育・研究機関に導入することは、今まで困難とされてきた複雑な形状でも、高い精度で分析を行うことが可能となり、理解を深めることに役立っている。今後も建築の構造実験分野における 3D スキャナーの効果的な活用法を探っていきたいと考える。3D スキャナーの他にも、3D プリンターや画像計測など様々なデジタル計測技術がある。各計測技術の特徴を理解し、実験中にリアルタイムに計測できる技術に繋がりたいと考える。

参考文献

- [1] Artec3D 公式サイト : <https://www.artec3d.com/ja> (最終閲覧日 2018.11.11)
- [2] 構造・材料実験 2017 「鋼材および高力ボルト接合部の引張試験」
- [3] 原田周, 高塚康平: 局部座屈を伴い破断するノンスラップ形式柱梁接合部の変形能力評価, 塑性歪履歴を受ける鋼構造柱梁応接接合部の変形能力 その 27, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造III, pp.1203-1204, 2018.9