

復元設計に着目した 3D 計測の利活用について

長崎大学大学院 学生会員 鈴木航作・大山智也・伊勢田幹太
長崎大学大学院 正会員 山口浩平・出水亨・松田浩

1. 研究目的

我が国では、橋梁構造物の老朽化が全国各地で発生しており、老朽化するインフラを戦略的に維持管理・更新することが求められている。また、日本国内には設計図書もなく架設年も不明な橋梁が多数存在する¹⁾。

そこで本研究では、既設橋梁において、3D 計測から得られる点群データを用いて寸法計測を行い、復元設計を行う際の図面化におけるコストや労働力の削減を図る。さらに、鉄筋露出や剥離といった劣化および損傷を含めた 3D 計測により、劣化および損傷を反映させた数値解析を行うことで、橋梁の劣化および損傷を含んだ通常交通時の安全性残存耐力などを評価することを目的とする。

なお、本稿では数値解析に関してのみ記述する。

2. 手計測と 3D 計測の概要

復元設計を行う際に設計図が存在しない場合は、橋梁の写真や人手による各部位の寸法の計測（手計測）により一般図を復元している。今回、実際に復元設計業務を行っている 3 名にヒアリングを行った。その結果を踏まえ、手計測による問題点とその問題点に対する 3D 計測の利点を表 1 に示す。

3D 計測は地理空間、大型構造物など広範囲をスキャンし、3 次元座標（点群）として記録を行う、非接触型計測システムである。3D レーザスキャナは複数回計測を行い、計測されたデータを結合し、1 つの点群データとして記録する。橋梁の点群データの計測には、図 1 に示した 3D レーザスキャナを

表 1 手計測と 3D 計測の比較

問題点	手計測	3D 計測
高所の計測	高所作業車等が必要な場合あり	高所作業車等は不要
寸法差を用いる計測	あり（床版厚は差を用いて計測する。）	隠れていない範囲で計測可能
記録漏れ	生じる可能性あり	なし

キーワード 復元設計, 3D 計測, 数値解析

連絡先 〒852-8135 長崎市文教町 1-14 長崎大学大学院工学研究科構造工学コース 電話 095-819-2590

用いた。

3. 供用後 85 年経過した 6 径間単純 RCT 桁橋

対象橋梁は、図 2 に示す熊本県内の損傷の著しい 6 径間単純 RCT 桁形式の歩道橋(以下、橋梁 A)である。橋梁 A の概要を表 2 に示す。橋梁の計測は 1 回約 5 分の計測を橋面上から 5 箇所、桁下から 11 箇所、合計 16 箇所の計測を行った。計測時間は約 1 時間 30 分である。

4. 計測した点群データを活用した数値解析

3D 計測によって得られた点群データから作成した FEM モデル(図 4)を用いることの妥当性について検証した。鉄筋探査の結果と過去の道路橋標準設計²⁾を参考に配筋図(図 5)を復元し、それを元に FEM モデルを作成した。本解析では、コンクリート単体のモデルと鉄筋要素を埋め込んだモデルの 2 つを用いて、10 トントラックによる現場載荷試験の結果と比較した。現場載荷試験の状況を図 6 に示す。結果を図 7 に示す。図 7(a)は縦軸の値を橋軸方向ひ



図 1 3D レーザスキャナ



図 2 橋梁 A

表 2 橋梁諸元

架設年	1934 年	斜角	73°14'24"
橋長	64.01m	総幅員	8.3m
桁下高	1.8~5.8m		



図 3 点群データ

ずみ、横軸の値を幅員方向距離としている。図7(b)は縦軸の値を鉛直方向変位、横軸の値を幅員方向距離としている。図7が示すように、ひずみは10 μ のオーダー、変位は0.1mmのオーダーで現場載荷試験の結果を再現できていることがわかる。このことから、点群データから作成されたFEMモデルを用いることは妥当であるといえる。

次に、点群データから作成したFEMモデルを用いて、耐荷力の評価を行った。本解析では、載荷方法の検討と耐荷力の評価方法の検討を行うことを目的としている。まず、載荷方法は、道路橋示方書が規定する死荷重とT荷重を採用した。T荷重の載荷位置を図8に示す。G1中央部を基準とし、片側車線の通行を想定してG1側に寄せている。道路橋示方書により、T荷重の載荷面は長辺が500mm、短辺が200mmの長方形と定められているため、本解析では、この長方形を面を含む剛体ブロックを接触させることによって載荷した。個々の剛体ブロックは一定の幅で伝達する力を漸増させるように設定した。また、耐荷力の評価方法として、主桁の曲げ補強筋が最初に降伏する荷重を降伏荷重とし、設計荷重と比較した。T荷重の載荷位置を図8に、最初に降伏した曲げ補強筋の位置を図9に示す。降伏

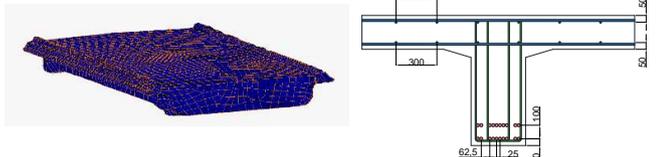
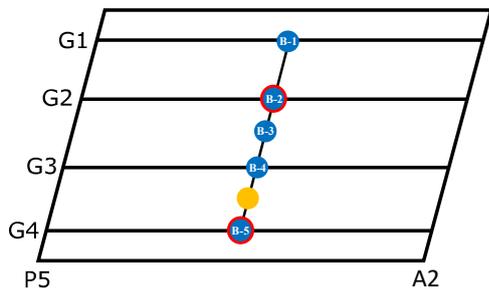
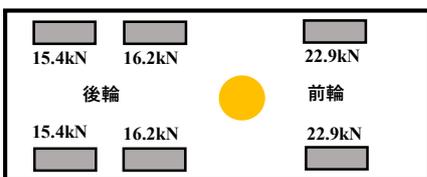


図4 FEMモデル 図5 復元した配筋図



● 変位計設置箇所(横桁) ● 載荷位置
○ ひずみゲージ設置箇所(鉄筋・橋軸方向)
(a) 変位計・ひずみゲージ設置箇所



(b) 輪荷重の詳細

図6 現場載荷試験状況

荷重と設計荷重を比較した結果を図10に示す。図10が示すように、降伏荷重は現行の設計荷重と比較して約6倍、架設当時の設計荷重と比較して約13倍という結果が得られた。本解析の結果から、鉄筋の降伏までの挙動を確認できることがわかった。また、現行の設計荷重が想定する25トントラックの走行に対して十分な耐荷性能を有していることがわかった。

5. 今後の展望

本研究では、3Dレーザスキャナを用いて得た点群モデルから作成したFEMモデルの妥当性の検証と耐荷力の評価を行ったが、耐荷力の評価では鉄筋露出などの劣化損傷を含んでいないため、今後は劣化損傷を含んだFEMモデルによる解析を行い耐荷力を求めていく。

参考文献

- 1) 国土交通省、インフラメンテナンスの時代について、2018.http://www.zenken.com/kensyuu/kousyuukai/H30/643/643_all.pdf
- 2) 公益社団法人日本道路協会：道路橋示方書・同解説 <1> 共通編、公益社団法人日本道路協会、pp.92-102、2017

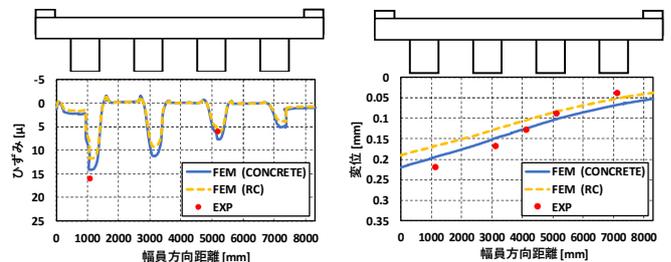


図7 現場載荷試験とFEM解析の比較

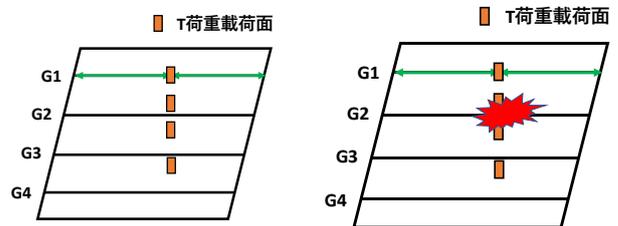


図8 T荷重載荷位置 図9 曲げ補強筋降伏位置

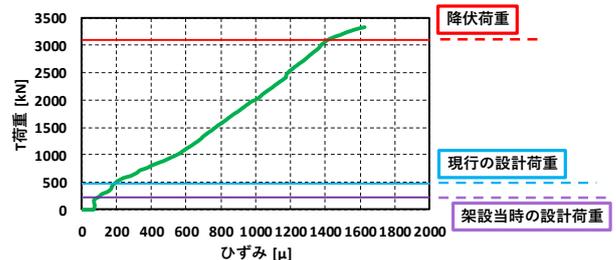


図10 降伏荷重と設計荷重の比較