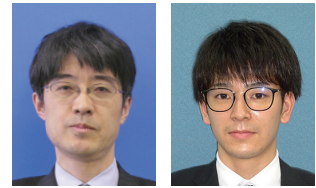


平成 28 年熊本地震からの復旧に向けた 熊本地震復旧対策研 5 年間の軌跡

(研究期間：平成 29 年度～令和3年度)

社会資本マネジメント研究センター 熊本地震復旧対策研究室
室長 西田 秀明 研究官 西村 海知



(キーワード) 熊本地震、ケーブル、3次元点群データ

1. はじめに

平成29年に設置された熊本地震復旧対策研究室(以下、復旧研)は、平成28年熊本地震の復旧・復興事業をより加速化させるため、復旧現場に常駐して高度専門技術を要する課題の解決にあたった。これに加えて復旧研では、復旧事業を通じて得られる技術的な知見の収集と技術基準類等へ反映させていくための研究等に取り組んできた。この5カ年で取り組んできた主な研究課題と成果概要は表-1のとおりである。本報ではこの中から、現地調査等を踏まえて見出した新たな課題に関する研究事例を紹介する。

2. 主な研究成果

(1) ケーブルの耐荷力・耐久性評価に関する研究

斜張橋である桑鶴大橋では、地震によりケーブルのよれや、照明柱との接触などによる被覆材の損傷などが生じた。この被災を通じて、ケーブルの耐荷力や耐久性に関する状態把握と診断を如何に行うか

が課題として認識された。そこで外観上の変状が見られたため本橋から撤去したケーブルを活用し、高密度ポリエチレン(PE)で被覆されたケーブルの耐荷力・耐久性評価に関する研究を実施した。

ケーブルの内部にある鋼線の耐荷力調査では、ケーブルの鋼素線の引張試験を行い、防錆状況や外部の変形状況と引張強度に関する知見を得た。また、ケーブル被覆内部の腐食状態について、PE被覆に微小な孔をあけて内部を確認する方法を提案した。削孔の位置や孔径の提案にあたっては、確認作業のしやすさや確認後に孔を塞ぐための補修方法等を考慮して検討した。被覆の補修方法については、撤去ケーブルを活用し、溶着補修する際の熱の与え方や、適切な品質であることを確認するために色を付けた高水圧下の水の中に補修した試験体を入れる耐水性検証方法を考案した(図-1)。以上の成果は、残置ケーブルの内部鋼線の状態確認、確認のために削孔した部分の補修で反映された。

表-1 熊本地震復旧対策研究室の主な研究課題と成果

研究課題	主な成果
地盤変状が橋に及ぼす影響の最小化	・落橋しにくくかつ早期の道路機能回復に資する支点部の損傷制御法(破壊形態・設計法)の提案 ・道路沿いの斜面変状の早期把握手法の提案
震災復旧した橋の補修効果の確認方法	ICT技術を活用した震災復旧工事における補修効果確認のためのモニタリング方法の提案
ケーブルの耐荷力・耐久性評価	・ケーブルの耐荷力に関する知見の蓄積 ・ケーブル被覆の補修方法及び耐水性検証方法の提案
基礎の状態把握及び損傷が生じにくい基礎の条件	・基礎損傷調査における高周波衝撃探査法の活用方法の提案 ・基礎の構造形式や地形条件が基礎の損傷に及ぼす影響に関する知見の蓄積
維持管理を行う上で有用となる震災復旧工事で取得すべき情報とその活用方法	震災復旧工事で得られる情報の維持管理への活用方法と記録・保存方法案の提示

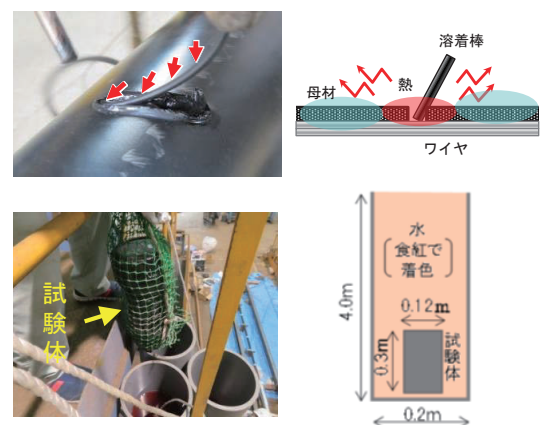


図-1 補修方法(上)と耐水試験方法(下)

(2)3次元点群データを活用した道路沿い斜面の変状把握手法の検討

熊本地震では、地盤変状の影響により道路機能に支障をきたす被害が発生し、その中には急峻な斜面沿いにあり復旧に長時間を要した道路もあった。このような条件の道路で地震後に通行可否や応急復旧判断をできる限り速やかに行うためには、斜面の状態を早期かつ面的に把握することが重要な要素の一つとして課題認識された。復旧研では、近接が容易でない斜面の状態を安全で早期かつ面的に把握できる方法として、UAVレーザ測量で取得した3次元点群データを活用した変状把握手法の研究を実施した。

レーザ測量では、公共測量マニュアルに基づいてオリジナル点群データに対する要求点密度を満たすように計測がされる。しかしながら、異なる2時期のデータの差分から斜面全体の変状を同程度の精度で評価しようとする場合は、さらに対象斜面の角度や表面の凹凸の程度などによる点密度のばらつきが小さいことや、2つの時期で同等の計測精度であることも必要と考えられる。そこで、差分から変状評価するために要求すべき事項について検討した。

ここでは、その一つとしてUAVの飛行高度に関する検討結果を示す。この検討にあたっては、戸下大橋の下側斜面を対象に、UAVの飛行高度を一定とした条件と飛行高度を斜面に沿って変化させた条件で同一時期に点群データを取得した（図-2）。

精度の検証は、高度一定条件の3次元点群データから3次元モデル（TINモデル）を作成した上で、高度変化条件で取得した計測点からTINモデルで形成される面までの法線距離を差分として評価した結果に基づいて行った。

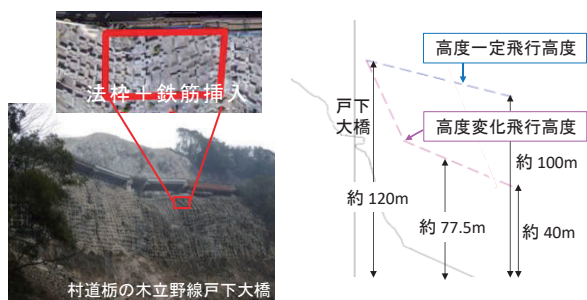


図-2 計測対象箇所

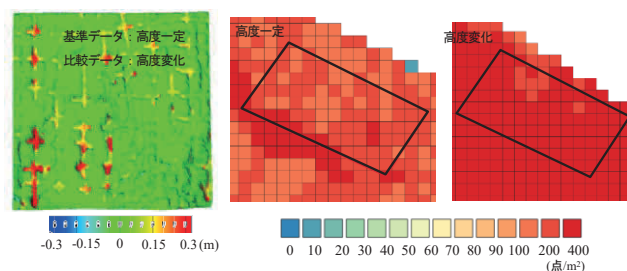


図-3 差分図

図-4 点密度分布図

図-3、図-4に法枠と枠内アンカーの施工が行われた箇所（図-2）での差分図及び点密度分布図を示す。同一時期に同一箇所を取得したデータなので本来差分はないが、図-3では特に斜面下方の受圧板周辺で有意な差がみられた。点密度は高度変化の場合に比べて、高度一定の方がやや密度が低い。図-3、図-4から、高度一定による測定では受圧板の影響でこの周辺の斜面形状を捉え切れていないと考えられる。以上より、斜面全体にわたって同等の精度で変状を把握するためには、特に斜面上の凹凸部分付近でのデータ密度を確保できるよう、UAVの飛行高度を変化させるなど多角度からレーザを照射して点群データを取得する必要があることを確認した。

このような検討を踏まえて、対象斜面の変状把握精度に影響を与える主たる要因を整理し（表-2）、斜面変状をUAV測量による3次元点群データを活用して行う場合のデータ取得等に関する要求事項についてとりまとめた。

3. おわりに

復旧に係る技術支援や研究の実施にあたっては、国土交通省九州地方整備局、国総研、土木研究所、道路管理者である熊本県や南阿蘇村、調査・設計・施工関係各事業者等多くの方から様々なご助力を頂いた。ここに記して感謝の意を表します。

表-2 UAVレーザ測量による点群データを活用した場合に斜面変状評価精度に影響する主な要因

項目	内容（主な要因）
1. オリジナル点群データの取得方法	○計測方法 ○飛行条件 （コース（高度・重複度）、速度）
2. 点群データの処理方法	○標定点設置位置・設置数 ○樹木等の影響を取り除くためのフィルタリング手法 ○3次元モデル作成方法
3. 変状の評価方法	○差分の評価方式