

1. はじめに

1. 1 背景

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震では緊急輸送道路の早急な交通確保の重要性が再認識され、確実な緊急輸送道路の確保、整備が強く求められている。また、現在、国土交通省では災害復旧等の迅速化・効率化に関する ICT やロボット技術の活用へ向け、調査研究を行っている。そこで、センサ技術を活用し、道路における災害復旧等の迅速化・効率化を目指している。

東北地方太平洋沖地震では多くの橋梁が被災^{1), 2)}し、緊急輸送道路の早急な交通確保の重要性が再認識され³⁾、様々な研究が進められている⁴⁾。また、今後発生が懸念されている南海トラフ地震等の大規模地震に備え、確実な緊急輸送道路の確保、整備が強く求められている。特に大規模地震による損傷の恐れのある道路橋についてはハード対策だけでなく、迅速かつ効率的な道路啓開を可能にするためのソフト対策として地震後の道路橋の早急な被災状況把握が重要である。

そこで、大規模地震発生後に迅速かつ効率的に道路啓開を行うことを目的として、東日本大震災での道路橋の被災状況を分析し、地震後の道路橋の被災状況把握手法を検討してきている^{5)~12)}。道路橋の通行障害を把握する計測手法については、実物大実験や長期観測を通して、具体的な仕様及び手法を検討した。また、試行フィールドとして構造形式等の異なる道路橋を抽出し、各橋梁の構造特性に応じた計測方法を具体化した。実際にそれらの橋梁に計測装置を設置して実験的観測を行うとともに取得データを分析し、被災状況の把握技術の信頼性を検証した。

1. 2 研究内容

本研究では、大規模地震発生後、迅速、かつ、効率的に道路啓開を行うことを目的として、道路橋の地震被害や通行障害を、面的情報としてリアルタイムに把握する技術について検討した。

はじめに、東北地方太平洋沖地震後、東北地方整備局が、直轄国道本線橋 1,831 橋に対して実施した緊急点検結果の整理・分析を行った。その結果、地震後に通行障害をおこしていた被災橋梁 450 橋のうち約 8 割が、桁端部及び背面盛土アプローチ部の桁端支点部付近に変位（段差等）をきたしていた事が判明した。

さらに、450 橋の中でも、緊急点検において、「路面段差による通行注意」と判定されていた 376 橋に着目し、フォールトツリー分析（以下、「FTA」という）を行った結果、路面段差の約 90%が橋台背面アプローチ部で発生しており、その要因は、「橋台背面盛土の沈下・流出」であった。また、残りの約 10%は、桁端部で発生しており、その要因は、「伸縮装置の変位」、「支承本体の損傷」であった。

前述より、本研究では、桁端部及び背面盛土アプローチ部の桁端支点部の変位を把握することが、道路橋の殆どの通行障害の把握に繋がると考え、桁端部と橋台背面アプローチ部の変位量を計測する手法、及び、変位計測システムの構築を目的とした研究を進めた。

計測手法の確立、及び、計測システムの構築に当たっては、限られた財源でも実現出来るような経済性、技術者不足を補えるようなシステム取扱いの簡便性、継続的なシステムと出来るよう

な維持管理性に重点を置いた。

本研究で開発した道路被災状況把握システムを、実際に、構造形式等が異なる道路橋（試行フィールド）に設置し、実験的観測を行うと共に、取得したデータを分析することで、被災状況の把握技術の信頼性を検証した。

本資料では、東北地方太平洋沖地震後に実施した緊急点検の結果に基づいて、研究・開発を進めた道路状況把握システムの具体的な開発経緯、仕様、及び、検証内容などについて詳述している。試行フィールドによる検証では、全国から実橋 5 橋を抽出して計測・検証を行い、その内容を示している。この 5 橋は、単純な構造形式や複雑な構造形式、多径間の橋梁の長いものであった。複雑な構造形式は、複雑な挙動となることが想定されるため、計測装置の省略が難しく、多径間の橋梁は、計測位置の選定のために地盤条件等から被害想定を行う必要が生じ、工夫を要した。実際には、他にも複雑な構造形式の橋梁もあるが、一般的な構造形式については、効果的かつ確実に被災状況を把握するシステムを開発することができた。そのため、今回、設置要領（案）やシステム仕様（案）を取りまとめた。複雑な構造形式についての具体的な検証方法等の検討は、今後進める必要があり、本システムを設置した橋梁が増え、災害覚知技術の発展につながることを期待している。

また、平成 24 年度版の道路橋示方書では、橋台アプローチ部の構造に関する詳述も追加され、今後、様々な構造形式の橋台が採用される可能性も高い。さらには、平成 28 年熊本地震が発生し、道路橋においても甚大な被害が発生した。これを踏まえて、本システムの改良等を現在実施しているところであり、研究成果については同様にまとめ、公表する予定である。

今後も新技術・新材料の開発や普及が日々進み、道路管理の場に取り入れられることが想定され、このような被災把握技術の開発が必要となる。本研究が被災把握技術に関する調査研究の発展に資することを期待する。

※ FTA は、JIS C 5750-4-4 において、「故障の木解析」と言い、設定した頂上現象の発生原因、潜在的に発生可能性のある原因、若しくは、発生要因を抽出し、頂上現象の発生条件、及び、要因の識別・解析を行う手法のことで、FTA は、Fault Tree Analysis の略である。