

## 論文の内容の要旨

氏名：森 芳 徳

博士の専攻分野の名称：博士（工学）

論文題名：防災・メンテナンス時代に対応したインフラマネジメントシステムに関する研究

近年、我が国では、東日本大震災、関東・東北豪雨、熊本地震等による大規模な自然災害や、中央道笹子トンネルの天井板崩落等のインフラの老朽化に起因する事故が後を絶たない。これらの対策について、国土交通省では、まず、2013年をメンテナンス元年として、橋梁やトンネル等の個々の構造物について、点検、診断、措置（補修）等のメンテナンスサイクルの構築や取組みを行っている。つぎに、2016年を生産性革命元年と位置づけ、i-Construction、働き方改革や適切な工期設定など、人口減少化社会を見据えた様々な施策に取り組んでいる。

しかしながら、老朽化や崩壊のメカニズムが未解明な部分が多い中で、近年のゲリラ豪雨や大規模化・激甚化する災害への対応、あるいは復旧技術、防災・メンテナンスに対応する組織、体制、統制（ガバナンス）に関するシステムが確立されているとは言い難い。また、地方整備局等の実態としては、慢性的な人員不足の状況の中で、職員は通常業務に加え、目の前の現場で発生する災害等の対応に追われており、新しい施策についても十分な対応が図れない状況にある。このため、今後、防災やメンテナンスが中心となる時代においては、これらのハード技術を適切に活用し、限られた予算・人材にて最大限の効果を生み出し、全体が最適となるマネジメントシステムを構築することが求められている。

本研究では、土工構造物の老朽化や災害対策技術等のハード面と、それらの対応を実施している組織や体制等のソフト面の双方について、現状と課題を明らかにした上で、それらの課題の解決策として、多発する盛土崩壊災害に対する新たな復旧技術手法、老朽化問題に対応するメンテナンスシステムの検討、ISO55000シリーズの考え方を組み込んだインフラマネジメントシステムの提案を行うとともに、これからの防災やメンテナンスの対応を中心としたインフラマネジメントのあるべき方向性について検討を実施した。

本論文は、全6章から構成されており、以下に各章ごとの要旨を述べる。

### 第1章 序論

本章では、これからの防災やメンテナンスの対応を中心としたインフラマネジメントのあり方について本研究の背景を示すとともに、本研究の目的および論文の構成について概説した。

### 第2章 事業執行の現状と課題

本章では、国道事務所等の最前線で事業執行を担う組織において、職員が削減され、限られた人数にて各々が常に情報を共有し、現場で発生する課題を解決しながら、事業のPDCAサイクルを展開している状況を例示するとともに、事業執行の現状と課題について示した。

### 第3章 災害対応マネジメントの改善

近年、大規模な土工構造物が地震等により甚大な被災を受ける場合がある。道路管理者は、単に災害現場の復旧に対応するだけでなく、被災した施設の要求性能や周辺状況も勘案した上で、遮断された交通機能の早期回復のために、適切かつ迅速な復旧工法の選定を行うなど、現場でのマネジメント力を必要とされる。このような状況において、復旧技術に関する改良や新たな手法の適用を検討することは、交通機能の早期回復、予算の効率化など災害時のマネジメントの効率化に大きく寄与することになる。

本章では、道路盛土の災害事例から崩壊形態や現場の制約条件による復旧対策手法等について分析・整理するとともに、応急復旧として活用の多い大型土のうに着目した復旧モデルを考案し、この復旧モデルの本設構造物としての適用性について、動的遠心力载荷模型実験および実大実験、さらに格子状補強材を用いた段差復旧対策の実大実験を実施し、復旧盛土の変形挙動や施工性等を確認・検証した。

その結果、まず、現場実態調査・分析について、道路盛土等の災害復旧現場では、過去の事例等から、施工性や資材調達の迅速性の観点から大型土のうを用いて応急復旧する現場が多いことが確認できた。一般に、応急復旧は適切な時期に撤去し、本復旧盛土を構築するが、土のうを残置したまま本復旧盛土を構築することにより、復旧作業の効率化が図られ、迅速な交通解放にもつながる可能性があることが確認で

きた。

つぎに、復旧モデルに関する動的遠心力载荷模型実験では、土のうの配列形状、排水条件等の違いによる挙動について検証した。これより、配列形状の違いによる挙動に差異がないこと、地震時における構造の安定性、土のうの排水機能の向上等について確認できた。実大実験では、試験フィールドにおいて、実大の大型土のうを用いた復旧盛土を構築し、大型車両による走行試験を実施した。これより、応急復旧および本復旧の各段階において、計画した施工手順に基づき復旧盛土を構築することができ、本復旧までに要する作業時間が短縮し早期の交通解放にも寄与できる可能性が確認できた。また、走行試験の結果からも、車両が走行するのに支障が生じるような変状等も発生しなかったことから、短期的な耐久性には問題ないことが確認できた。

さらに、格子状補強材を用いた路面段差復旧の適用性については、従来の土のうによる段差復旧に比べ、施工性および耐久性に優れていること、補強材の材質の違いによる施工性の違いはなかったこと、交通荷重に直接接触するタイプの方がわだちの発生が抑制され、補強効果が高いことを確認した。

#### 第4章 メンテナンスシステムの構築

日本の道路において、橋梁やトンネル構造物を除く多くの区間が盛土や切土といった土工区間で構成されている。土工区間において、道路の安全性を確保するために設置される盛土、切土、擁壁、カルバート等の構造物の総称が道路土工構造物である。道路土工構造物は、崩壊のメカニズムに関する技術的知見の蓄積や地質構造等に関する情報が少ないため、このような不確実性を考慮したメンテナンスサイクルの構築が必要である。土工構造物については国において、2014年6月に「シェッド・大型カルバート等定期点検要領」が策定され、2015年3月に「道路土工構造物技術基準」が制定された。このようにインフラメンテナンスに関わる各種の取り組みがなされているが、メンテナンスサイクルを実行する事業執行システムの体制整備は不十分な状況にある。

本章では、まず、インフラストックが増大し、それに伴い老朽化する構造物や降雨・地震動等による被災構造物も増加する中で、予算や技術者が減少する現状でも、点検の実施体制や点検精度を確保するメンテナンスシステムの構築が必要であることを示した。つぎに、現場でのメンテナンスに関わるマネジメントの実践においては、継続的に改善する枠組みの構築や組織横断的な体制を構築することが、緊急時や突発的な対応等の直接的な効果だけでなく、得られた知見のフィードバック、技術者の育成、技術の伝承等としても有効となることを示した。これらの解決のために、インフラ管理者は、増大するインフラストックに対して、膨大な点検対象を効率的・効果的に点検することが可能なツールを開発・導入するとともに、予算執行システムとも連動した統合データベースを構築するという前提で、これらを活用したスパイラルアップメンテナンス、およびこれを実現するための事業執行スキームと組織・体制を提案した。

上記に取り組む結果として、横断的組織体系を構築することにより、少数の人員・縮小した組織でありながらも迅速な事業執行が可能となること、効率的・効果的な点検ツールの開発・導入、および統合データベースの構築により、計画、調査・設計、施工、維持管理の各段階のデータをリアルタイムに共有可能となり、予防保全的管理が可能となること、データベースと連動する予算執行システムの構築により、より費用対効果の高い事業執行が可能となり、人材の適正な配置とメンテナンス時代に対応した組織運営が可能となるという効果が期待できることを明らかにした。

#### 第5章 インフラマネジメントシステムの提案

近年の集中豪雨や大規模地震は、過去に経験しなかった外力が土木構造物に作用し災害を引き起こす要因となっているが、老朽化に起因する事故は、構造物の点検を適切に実施していれば未然に防止出来るケースも少なくない。一方で、国土交通省直轄の国道事務所や出張所等の組織は、過度な人員削減が先行し、事業執行の形態は旧態依然どころかメンテナンスや大規模災害への対応など、これまで以上の負荷が増大しつつあり危機的な状況である。今後、首都直下型や南海トラフ等の巨大地震の発生が予測される状況において、現状の組織体制で十分に対応出来る状況とは言い難い。

本章では、まず、道路行政分野において、現在の建設事業を取り巻く課題を抽出・整理するとともに、TEC-FORCEや技術エキスパート制度などを活用し、継続的に改善する枠組みの構築や組織横断的な体制構築の重要性について言及した。その上で、道路行政分野を事例に、担当職員が激減する中で、防災やメンテナンスを含む多様化する業務に対応し、技術力の向上を目指すことの可能なインフラマネジメントシステムについて提案した。

このインフラマネジメントシステムは、現場で実践している活動や取組みをISO55001における要求事項を取り込んだフレームワークに組み込み、実施、計画、組織・体制の3つの階層とマトリックスな組織

体系に整理したもので、このシステムを構築することで、現状では対応が不十分な領域の発見や気づきに繋がり、全体を俯瞰したマネジメントサイクルの運用効果が期待できることを示した。

## **第6章 結論と今後の展望**

本章では、各章から得られた結果を総括した上で、今後の防災とメンテナンスを中心としたインフラメンテナンスシステムのあり方と今後の課題について言及した。