

ISSN 1346-7328

国総研資料 第1006号

平成30年1月

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of

National Institute for Land and Infrastructure Management

No.1006

January 2018

平成28年度

道路調査費等年度報告

Annual Report of Road-related Research

in FY 2016

国土交通省 国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan

平成 28 年度
道路調査費等年度報告

Annual Report of Road-related Research in FY 2016

概 要

本報告は、国土技術政策総合研究所において平成 28 年度に実施した道路調査費、地域連携道路事業費に関する調査・研究の結果をとりまとめたものである。

キーワード：道路調査費、地域連携道路事業費、年度報告、平成 28 年度

Synopsis

This report contains the results of the road-related research carried out by NILIM in FY 2016.

Keywords : Road-related Research, Annual Report, Fiscal Year of 2016

ま え が き

本報告は、国土交通省国土技術政策総合研究所において、平成 28 年度に実施した道路関係調査研究の結果をとりまとめたものである。この道路関係調査研究には、「道路調査費」による試験研究及び「地域連携道路事業費」による試験調査がある。

「道路調査費」による試験研究課題については、行政ニーズに対応して設定された次に示す 10 の「政策領域」において研究に取り組んでおり、本報告ではこの領域毎に整理している。

- 領域 1 新たな行政システムの創造
- 領域 2 経済・生活に活力を生む道路ネットワークを形成し、有効利用を図る
- 領域 3 新たな情報サービスを創造し、利用者の満足度を向上させる
- 領域 4 コスト構造を改革し、道路資産を効率的に形成する（つくる）
- 領域 5 美しい景観と快適で質の高い道空間を創出する
- 領域 6 交通事故等から命を守る
- 領域 7 災害時における対応をスピーディかつ的確に支援する
- 領域 8 大切な道路資産を科学的に保全する
- 領域 9 沿道環境を改善し、良好な生活環境を創造する
- 領域 10 自然環境、地球環境を保全する

また、「地域連携道路事業費」による試験調査については、各地方整備局等からの依頼により実施しており、担当研究室ごとにまとめている。

平成 30 年 1 月

道路交通研究部長
道路構造物研究部長

喜安 和秀
木村 嘉富

平成 28 年度 道路調査費等年度報告

目 次

道路調査費

1. 領域 1：新たな行政システムの創造

- ・ 道路交通情勢調査（一般交通量調査）結果を用いた全国の道路交通状況の分析・整理（道 路 研 究 室）… 1
- ・ 全国幹線道路における道路交通データの収集・整理手法に関する検討（道 路 研 究 室）… 3
- ・ 道路を賢く使うための幹線道路の交通流動の推計手法に関する研究（道 路 研 究 室）… 5
- ・ 道路整備の経済効果把握手法の比較調査（建 設 経 済 研 究 室）… 7

2. 領域 2：経済・生活に活力を生む道路ネットワークを形成し、有効活用を図る

- ・ 道路のサービス向上等のための効率的な道路機能向上策の検討（道 路 研 究 室）… 9
- ・ 道路事業の多様な効果に関する調査（道 路 研 究 室）… 11

3. 領域 3：新たな情報サービスを創造し、利用者の満足度を向上させる

- ・ 次世代の協調 ITS システム開発に関する研究（高度道路交通システム研究室）… 13
- ・ プローブ情報等を用いた道路行政支援に関する研究（高度道路交通システム研究室）… 15
- ・ ネットワーク状道路運用に活用可能な ITS 技術に関する研究（高度道路交通システム研究室）… 17
- ・ 地域における ITS 技術の活用支援に関する研究（高度道路交通システム研究室）… 19
- ・ ITS 技術を活用した特殊車両管理の高度化に関する検討（高度道路交通システム研究室）… 21
- ・ 大型車の通行適正化に向けた重量計測技術の導入に関する調査（高度道路交通システム研究室）… 23
- ・ プローブ情報等を活用する交通シミュレーション共通基盤に関する研究（高度道路交通システム研究室）… 25
- ・ 官民データ融合による物流支援等情報提供サービスに関する研究（高度道路交通システム研究室）… 27
- ・ 国際的動向を踏まえた ITS の研究開発・普及展開方策の検討（高度道路交通システム研究室）… 29
- ・ 道路管理のためのビッグデータの収集・活用技術に関する研究（高度道路交通システム研究室）… 31
- ・ 車両搭載センシング技術による道路管理の高度化に関する研究（高度道路交通システム研究室）… 33
- ・ 道路基盤地図情報の品質確保及び接合・標定に関する技術の実用化検討（社会資本情報基盤研究室）… 35
- ・ 道路基盤地図情報を活用した道路管理支援システムの構築（社会資本情報基盤研究室）… 37
- ・ 道路関連情報の交換・蓄積・活用環境の構築に関する検討（社会資本情報基盤研究室）… 39

4. 領域 4：コスト構造を改革し、道路資産を効率的に形成する（つくる）

- ・ 道路構造物の信頼性に関する調査検討（橋 梁 研 究 室）… 41
- ・ 部分係数設計法の信頼性向上に関する調査検討（橋 梁 研 究 室）… 43
- ・ 高度な構造解析手法を用いた安全性及び耐久性評価法の基準化に関する調査検討（橋 梁 研 究 室）… 45

・部材連結部の損傷制御及び信頼性に関する調査検討	(橋梁研究室) … 47
・土中構造物等の要求性能及び基準体系に関する調査検討	(構造・基礎研究室) … 49
・道路トンネルの要求性能及び維持管理に関する調査検討	(構造・基礎研究室) … 51
・盛土・切土・軟弱地盤対策工・自然斜面対策工の要求性能及び基準体系に関する調査検討	(道路基盤研究室) … 53
・道路特性に応じた舗装の要求性能に関する調査検討	(道路基盤研究室) … 57
・設計基盤地震動と地盤震動特性の評価手法の検討	(道路地震防災研究室) … 59
・道路事業における入札・契約制度の改善効果の評価に関する検討	(社会資本マネジメント研究室) … 61
・調査・計画から維持管理までの全体プロセスにわたる新たな事業執行・監理方式についての検討	(社会資本マネジメント研究室) … 63
・CIMの導入に向けた3次元データの利活用に関する調査	(社会資本情報基盤研究室) … 65
・道路整備等の生産性向上に資するロボット及びICT技術の利活用に関する調査	(社会資本施工高度化研究室) … 67
5. 領域5：美しい景観と快適で質の高い道空間を創出する	
・道路空間の利活用の持続的実施に向けた交通実態・効果把握に関する検討	(道路環境研究室) … 69
・沿道の無電柱化推進に関する調査	(道路環境研究室) … 71
・無電柱化推進に資する施工手法に関する調査検討	(構造・基礎研究室) … 73
・質の高い道路空間の再編・利用に係る計画手法に関する研究	(緑化生態研究室) … 75
6. 領域6：交通事故等から命を守る	
・道路交通安全施策に関する統計データ分析	(道路研究室) … 77
・生活道路の交通安全対策の導入推進に関する検討	(道路研究室) … 79
・自転車通行空間の効果的な計画・設計に関する検討	(道路研究室) … 81
・効果的効率的な交通安全マネジメントに向けた手法・対策導入のための研究	(道路研究室) … 83
・簡易な交通安全対策手法に関する検討	(道路研究室) … 85
7. 領域7：災害時における対応をスピーディかつ的確に支援する	
・災害発生時の被災規模等の早期把握技術に関する調査	(道路地震防災研究室) … 87
・道路橋の耐震補強効果の評価に関する調査	(道路地震防災研究室) … 89
・道路災害発生時の危機管理対応能力に関する調査	(道路地震防災研究室) … 91
・災害対応時の管理基準に関する調査	(道路地震防災研究室) … 93
・降雪パターンの変化に対応した除雪体制評価のための社会経済調査	(建設経済研究室) … 95
8. 領域8：大切な道路資産を科学的に保全する	
・道路構造物の総合的アセットマネジメントシステムの構築のための調査	(橋梁研究室) … 97
・道路橋の補修・補強設計法に関する調査検討	(橋梁研究室) … 99
・補修補強設計に係わる部分係数に関する調査検討	(橋梁研究室) …101
・道路構造物の健全性把握に関する調査検討	(橋梁研究室、構造・基礎研究室) …103
・既設土中構造物等の補修・補強基準に関する調査検討	(構造・基礎研究室) …105
・盛土・切土・軟弱地盤対策工・自然斜面対策工のリスクマネジメント手法に関する調査研究	(道路基盤研究室) …107
・舗装の管理状態評価に関する調査検討	(道路基盤研究室) …111

9. 領域9：沿道環境を改善し、良好な生活環境を創造する

- ・沿道大気環境予測技術の高度化 (道路環境研究室) …113
- ・道路交通騒音の変化を踏まえた遮音壁の更新方針等の検討 (道路環境研究室) …115
- ・現場条件に応じた騒音振動の対応策調査 (道路環境研究室) …117

10. 領域10：自然環境、地球環境を保全する

- ・実測データを活用した道路供用等に伴う自動車からの二酸化炭素排出量変化のモニタリング手法に関する検討 (道路環境研究室) …119
- ・動植物の保全措置の効果把握と効率化に向けた検討 (道路環境研究室) …121
- ・環境情報の共有・活用方策に関する調査 (道路環境研究室) …123
- ・道路事業における土壌汚染等の環境リスク低減に関する調査 (道路環境研究室) …125
- ・エネルギーの技術革新と道路の技術開発に関する検討 (道路環境研究室) …127
- ・街路樹の安全性向上に関する研究 (緑化生態研究室) …129

地域連携道路事業費

- ・土木工事積算システムの効率的運用に関する検討調査 (社会資本システム研究室) …131
- ・道路工事における総合的なコスト構造改善の評価に関する調査 (社会資本システム研究室) …133
- ・土木工事における構造物の修繕設計の品質確保に関する調査 (社会資本システム研究室) …135

領域 1 : 新たな行政システムの創造

道路交通情勢調査（一般交通量調査）結果を用いた 全国の道路交通状況の分析・整理

Analysis of road traffic situation using the results of the road traffic census

（研究期間 平成 28 年度）

道路交通研究部 道路研究室
Road Traffic Department
Road Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher
交流研究員
Guest Research Engineer

瀬戸下 伸介
Shinsuke SETOSHITA
橋本 浩良
Hiroyoshi HASHIMOTO
田中 良寛
Yoshihiro TANAKA
加藤 哲
Satoshi KATOU

The authors collected and analyzed the information on surveys of road conditions, traffic volume and travel speed, which constitute the road traffic census, in order to make the contents of the new road traffic survey more sophisticated and efficient. In fiscal 2016, the results of the road traffic census conducted in fiscal 2015 were summarized.

〔研究目的及び経緯〕

国土交通省では、道路交通の現況と問題点を把握し、将来にわたる道路の整備計画を策定するための基礎資料を得ることを目的として、概ね5年に一度、全国道路・街路交通情勢調査を実施してきた。国土技術政策総合研究所では、本省関係室と連携して道路交通調査体系の検討及び効率的な実施方法の研究開発を行うとともに、平成27年度に全国道路・街路交通情勢調査一般交通量調査（交通量調査、旅行速度調査、道路状況調査）を実施した。

平成28年度は、平成27年度調査結果のとりまとめとして、調査結果マスターファイルを作成の上、箇所別基本表等の集計データを整理した。併せて、調査結果を利用し、走行台キロの推移など全国の道路交通状況の分析を行った。

〔研究内容〕

平成28年度の研究内容は以下の通りである。

1. 平成27年度調査結果のとりまとめ
2. 平成27年度調査結果から見る全国の道路交通状況の分析

〔研究成果〕

1. 平成27年度調査結果のとりまとめ

1) 一般交通量調査マスターファイルの作成

一般交通量調査実施要綱における調査結果整理要領に基づき、一般交通量調査の全調査項目の結果を整理

したファイル（一般交通量調査マスターファイル）を作成した。

2) 箇所別基本表等の作成

一般交通量調査実施要綱における調査結果整理要領に基づき、一般交通量調査マスターファイルから箇所別基本表、時間帯別交通量表、集計結果整理表等の集計データを作成した。

3) 調査手法の改善

平成27年度調査では、情報通信技術の普及進展による新たな交通観測の実用化を踏まえて、調査にかかるコストを削減しつつも、データ収集の高度化、効率化を図るため、次の改善を行った。

交通量調査：

新たな交通計測技術の実用化の状況を踏まえ、観測員が通過車両数を目視により観測する人手観測から、トラフィックカウンターによる機械観測を推進した。主に直轄国道において、可搬式トラフィックカウンターによる機械観測を積極的に導入したことにより、全調査対象区間の約14%（直轄国道では約50%の区間（前回調査の約38%から約12ポイント増））で機械観測が行われた（図1）。

また、交通量調査における観測は、自動車起終点調査結果の照査等のために必要な県境等（ゾーン境界）を跨ぐ区間、前回調査から周辺道路ネットワークに変化があった区間において行うことを基本としていることから、これらの区間に該当せず、交通量常時観測装置等が設置されていない区間は、交通量観測を行っ

た区間の交通量調査結果と前回調査結果を活用した推定手法により交通量を求めることで調査の簡素化を行った。

さらに今回調査から、前回調査（平成 22 年度）以降に個別に実施した交通量調査について、観測日や前回以降の周辺道路網を考慮し交通状況が同一と考えられる場合には、その個別調査結果を活用して年平均日交通量を推定することで調査の効率化を行った。これにより、直轄国道では約 20%の区間で個別調査結果が活用された。

旅行速度調査：

旅行速度調査は、従来、運転手と記録員が同乗した計測車両や料金所の出入時刻差等の実走行から計測を行っていたが、前回調査から始めた民間プローブデータの活用に加えて、今回調査では新たに ETC2.0 プローブデータを活用し、区間毎の平均旅行速度を算出した。

高速道路では ETC2.0 プローブデータの活用を基本とするなど、プローブデータを積極的に活用することとし、交通量が少なくプローブデータの取得が見込まれない区間では従来の方法で調査を行った結果、全調査対象区間延長の約 66%で ETC2.0 プローブデータを活用し、調査結果の精度向上と併せ、実走行調査を大幅に削減した（図 2）。

道路種別別の ETC2.0 プローブデータ活用区間の延長割合は、高速自動車国道・都市高速道路では約 99%、直轄国道では約 87%、都道府県道等では約 56%であった。

2. 平成 27 年度調査結果から見る全国の道路交通状況の分析

とりまとめた一般交通量調査結果を用いて、全国の道路交通状況の基礎的な分析を行った。分析結果の一例として、走行台キロについて示す。

小型車（乗用車・小型貨物車）の走行台キロは、高速道路では前回調査（平成 22 年度）から増加し、一般道路では減少した。全体では概ね横ばいとなった（図 3）。

大型車（大型貨物車・バス）の走行台キロは一般国道で減少したものの、その他の道路では 8~9%増加した（図 4）。

【成果の活用】

本研究の成果である、平成 27 年度全国道路・街路交通情勢調査（一般交通量調査）結果は、国および全国の自治体における今後の道路の計画、建設、維持修繕その他の管理などにおける基礎資料として活用される。

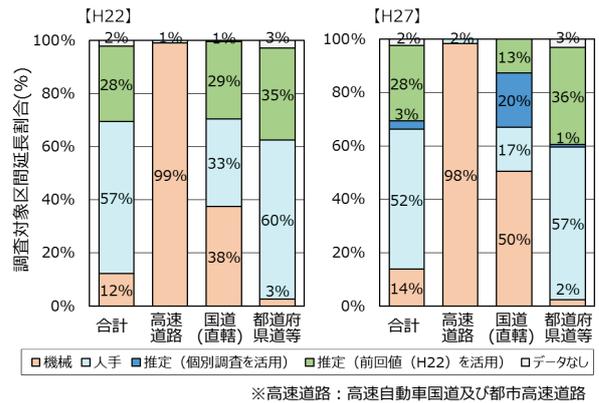


図 1 交通量観測方法別区間延長割合

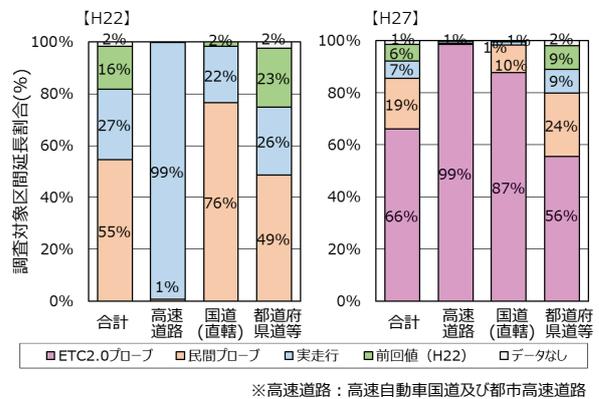


図 2 旅行速度計測方法別区間延長割合

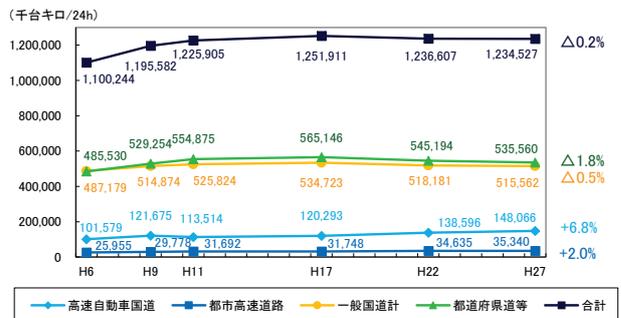


図 3 道路種別別走行台キロの推移 (小型車)

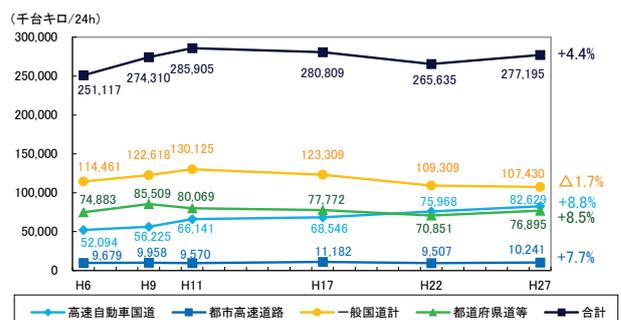


図 4 道路種別別走行台キロの推移 (大型車)

全国幹線道路における道路交通データの収集・整理手法に関する検討

Study on collection and organization of road traffic data on national highway

(研究期間 平成 28 年度～29 年度)

道路交通研究部 道路研究室
Road Traffic Department
Road Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher
交流研究員
Guest Research Engineer
交流研究員
Guest Research Engineer
交流研究員
Guest Research Engineer

瀬戸下 伸介
Shinsuke SETOSHITA
橋本 浩良
Hiroyoshi HASHIMOTO
田中 良寛
Yoshihiro TANAKA
立川 太一
Taichi TACHIKAWA
未成 浩嗣
Koji SUENARI
加藤 哲
Satoshi KATOU

In this research, we carried out the following 3 points. 1. We created “Traffic Survey Platform” that is a platform to manage various data efficiently. 2. We examined Fundamental Geospatial Date of Road information data as a study of continuous and efficient collection and reorganization of road condition data. 3. We did annual renewal about traffic survey basic database and basic intersection data that becomes the foundation of the arrangement of road traffic data.

〔研究目的及び経緯〕

国土交通省では、365日24時間の交通量データ、旅行速度データの収集・利用を目標とする「道路交通データの常時観測体制」の構築を進め、これらデータを利用して、道路における各種対策の立案、効果計測等を実施していくこととしている。

国土技術政策総合研究所では、道路交通データを効率的・効果的に収集・整理する方法を検討するとともに、本省、地整等、高速道路会社等の道路管理者が共同で道路交通データを整理する体制・仕組みを検討している。

〔研究内容〕

平成28年度は、(1)道路交通調査プラットフォーム(以下交通調査PFとする。)の運用、(2)道路状況データの継続的・効率的な収集整理方法の検討、(3)交通調査基本区間の年次更新を行った。

〔研究成果〕

(1) 道路交通調査プラットフォームの運用

国総研では、交通量データや旅行速度データ等の道路交通調査にかかわる各種データを効率的に収集・蓄積・管理する情報プラットフォームとして、交通調査

PFを運用している(図1)。



図1 交通調査PFの全体像

交通調査PFには、以下のデータが登録・蓄積されている。

- ・一般道の交通調査データ
 - 常時観測交通量
 - 個別調査の交通量
- ・高速道路の交通調査データ
- ・プローブデータ

- ▶ 民間プローブデータ
- ▶ 統合プローブデータ

それぞれのデータを、本省、地整等の道路管理者がアップロードし、相互にダウンロードできるようになっている。

また、交通調査 PF 利用者アンケート調査を行い、改善要望を把握した。その中で、都道府県別のデータの一括ダウンロードへの要望が多かったため、同機能を実装することとした。併せて、ダウンロードデータのサイズが大きくなることによりダウンロードできなくなる現象を防ぐため、各データのおおよそのファイルサイズが分かるように修正することとした。平成 28 年度は改良に向けての仕様を整理した。

(2) 道路状況データの継続的・効率的な収集整理方法の検討

道路基盤地図情報を利用することにより、道路状況調査で定められた項目の一部が把握可能である。表 1 に、道路基盤地図情報データの特徴を整理する。

活用上の課題としては、道路基盤地図情報と交通調査基本区間（道路状況調査単位区間）との関連付けを行う必要がある点、道路状況調査の項目の計測に必要な情報を道路基盤地図情報に追加する必要がある点が挙げられる。

表 1 道路基盤地図情報データの特徴

データ収集方法		<ul style="list-style-type: none"> 道路構造を表現する大縮尺の GIS データで、平面的な道路形状および高さ情報から構成 道路工事の電子納品成果を用いて整備
データ仕様	データ項目例	<ul style="list-style-type: none"> 道路中心線 距離標 管理区域界 道路面地物（車道部等） 区画線、停止線 横断歩道、歩道橋、地下道 建築物 橋梁、トンネル
	データ単位	面、線、点
道路状況調査への利用可能性	利用可能項目	一部あり
	所有者	国土交通省
	コスト	無償

(3) 交通調査基本区間の年次更新

道路交通データの整理基盤となる交通調査基本区間¹⁾データベース・基本交差点¹⁾データについて、平成 27 年 4 月 1 日時点のデータを平成 28 年 4 月 1 日時点のデータに更新した。

平成 27 年度に供用された道路については、交通調査基本区間データベースにおいて既に見込みとして登録されている。この見込み登録を確定させるとともに、新たな見込み登録を行う必要がある。見込み登録を確定させることで、新たに供用された道路を反映した交通調査基本区間データベースを作成することができる（図 2）。新たな交通調査基本区間データベースができることで、交通量や旅行速度等の分析が可能になる。

交通調査基本区間データベースの更新にあたっては、その更新内容を道路管理者に登録してもらう必要がある。そこで、道路管理者における更新作業を支援する更新伝票作成支援ツールを配布した（図 3）。

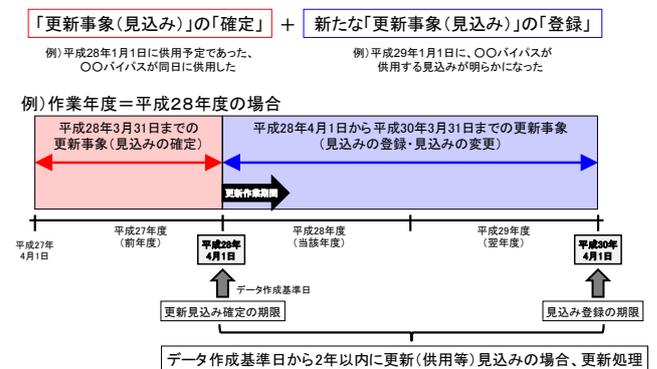


図 2 交通調査基本区間の更新の概要



図 3 更新伝票作成支援ツールの表示例

【成果の活用】

本研究の成果である交通調査 PF や交通調査基本区間データベース・基本交差点データベースは、データに基づく施策立案、施策効果の分析・評価、事業の効果分析などに活用される。

【参考文献】

- 1) 国土交通省国土技術政策総合研究所: 国土技術政策総合研究所資料第 666 号 交通調査基本区間標準・基本交差点標準, 平成 24 年 1 月

道路を賢く使うための幹線道路の交通流動の

推計手法に関する研究

Study on estimation method of traffic flow of trunk roads

(研究期間 平成 28 年度～29 年度)

道路交通研究部 道路研究室
Road Traffic Department
Road Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher
交流研究員
Guest Research Engineer

瀬戸下 伸介
Shinsuke SETOSHITA
橋本 浩良
Hiroyoshi HASHIMOTO
田中 良寛
Yoshihiro TANAKA
未成 浩嗣
Koji SUENARI

In order to use the road wisely, it is necessary to grasp and analyze the daily fluctuation and temporal change of the road traffic situation. In this research, we examined a method of estimating OD matrix based on observation link traffic volume. Work done in FY2016 included: (1) Improvement of the estimation method of traffic flow of trunk roads; (2) estimation of lost time of trunk roads by congestion.

[研究目的及び経緯]

国土交通省では、概ね5年に1度の全国道路・街路交通情勢調査・OD調査により、自動車の動き（いつ、どこからどこへ移動したのか、など）を把握している。道路ネットワーク全体としてその機能を時間的・空間的に最大限に発揮させる「道路を賢く使う取組」では、情報提供や料金施策等の施策の立案や実施効果の確認のため、日々の変動や時間的な変化も含めた道路交通状況のきめ細やかな把握・分析が必要とされている。

国土技術政策総合研究所では、OD交通量やODペア毎の利用経路など道路ネットワーク上を走行する自動車に着目した交通状況（交通流動）の把握手法に関する研究を進めている。あわせて、交通量、旅行速度、損失時間など道路ネットワークを構成する区間に着目し、交通流動を分析する指標の検討と算出方法に関する研究を進めている。

[研究内容]

ETC2.0プローブ情報を利用した幹線道路の交通流動の推計手法の開発を目的として、平成28年度は、(1)ETC2.0プローブ情報を入力データとする交通流動の推計手法の整理、(2)ETC2.0プローブ情報を利用した幹線道路における渋滞損失時間（以下、損失時間）の算定方法の整理を行った。

[研究成果]

(1) 交通流動の推計手法の整理

1) 手法検討の基本的考え方

交通流動の推計には、図1に示すOD交通量逆推定手法を活用する。この手法は、観測された交通量（断面交通量）、既存のOD調査結果を利用して得られる発生交通量比率、目的地選択確率およびリンク利用率を入力データとして、交通量の観測日に対応する発生交通量（推定値）を出力する方法である。出力される発生交通量（推定値）を利用して、OD交通量やODペア毎の利用経路などの交通流動を把握する。

ETC2.0プローブ情報を利用して発生交通量比率、目的地選択確率およびリンク利用率を作成することで、日変動、時間変動の反映が可能となる。これにより、交通流動の把握精度向上が期待できる。平成28年度は、OD交通量逆推定モデル式の作成、ETC2.0プローブ情報を利用した入力データの作成方法を検討した。本稿では作成したモデル式を紹介する。

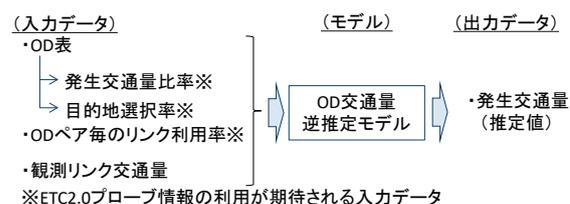


図1 OD交通量逆推定手法の基本フロー

2) 平成 28 年度に整理したモデル式

発生交通量を未知変数とし、第一項にリンク交通量の、第二項に発生交通量の残差項を設け、合計残差を最小化するモデルを整理した (式(1))。

モデルの感度を確認するため、近畿地方を対象に、H22 道路交通センサ交通量調査結果、OD 調査結果を利用して OD 調査ゾーン別の発生交通量を推定し、H22 道路交通センサ発生交通量と比較した (図 2)。発生交通量 (推定値) と H22 道路交通センサ発生交通量とで大きな差異が生じるゾーンが発生している。この差異が、日々の変動であれば良いものの、計算条件の影響も考えられることから、今後、モデル式、計算条件の理論的整合性、計算作業の実務的適用性について、検証する予定である。

モデル式

(目的関数)

$$\Phi = \frac{1}{(0.1/1.96)^2 \sum_a (v_a^*)^2} \sum_a [(\sum_i \sum_j \hat{O}_i m_{ij} P_{ij}^a) - v_a^*]^2 + \frac{1}{(0.2/1.96)^2 \sum_i (O_i^*)^2} \sum_i [\hat{O}_i - O_i^*]^2 \rightarrow \text{Min} \quad (1)$$

ここで、

P_{ij}^a : OD 交通量 ij のリンク a の利用確率

m_{ij} : ij 間の目的地選択確率

v_a^* : リンク a の観測リンク交通量

\hat{O}_i : 発生交通量 (未知変数)

\hat{O} : 総発生交通量 ($\hat{o} = \sum \hat{o}_i$)

O_i^* : 既存データによる発生交通量

o_i^* : 既存データによる発生交通量比率 ($= O_i^* / O^*$)

(制約条件)

$$0 \leq \hat{O}_i$$

(台/日)

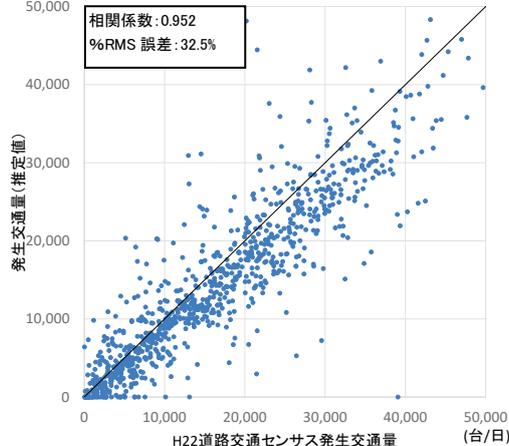


図 2 発生交通量の確認結果

(2) 幹線道路における損失時間の算定方法の検証

ETC2.0 プローブ情報を利用した幹線道路における損失時間の算定方法の検証として、ETC2.0 プローブ情報、民間プローブデータを用いて、平成 28 年 1 月～12 月の全国の一般道路における損失時間を算定し、算定結果を比較した。

表 1 は、ETC2.0 プローブ情報を用いた場合と民間プローブ情報を用いた場合の地域別道路種別別の損失時間の算定結果である。ETC2.0 プローブ情報を用いた場合と民間プローブ情報を用いた場合とで、地域別、道路種別別の損失時間の発生傾向に大きな差は無いことが分かる。しかしながら、ETC2.0 プローブ情報を用いた場合の方が、民間プローブデータを用いた場合より、損失時間が少し多い結果となった (表 1、図 3)。

今後、損失時間算定に用いるデータソースが民間プローブデータから ETC2.0 プローブ情報に変更されることによる差の発生要因を精査し、損失時間の算定方法とともに、算定結果の取扱についても検討する予定である。

表 1 地域別道路種別別の損失時間の算定結果

(上段 : ETC2.0 プローブ情報、下段 : 民間プローブデータ)

地域	(個人時間/年)			
	一般国道 (直轄)	一般国道 (その他)	都道府県道等	一般道路計
北海道	1.0	0.0	1.0	2.1
東北	1.5	0.8	2.1	4.4
関東	1.3	0.7	1.6	3.7
関東	3.5	2.7	10.3	16.5
関東	3.5	2.4	9.1	15.0
北陸	0.6	0.4	1.5	2.5
北陸	0.6	0.3	1.3	2.2
中部	1.9	1.5	5.8	9.2
中部	1.9	1.4	5.1	8.4
近畿	1.9	1.5	5.6	9.0
近畿	1.9	1.4	5.0	8.3
中国	1.1	0.7	2.1	3.8
中国	1.0	0.6	1.8	3.4
四国	0.8	0.2	1.2	2.2
四国	0.7	0.2	0.9	1.8
九州	1.7	1.4	3.4	6.5
九州	1.7	1.2	3.0	5.8
沖縄	0.4	0.1	0.4	0.8
沖縄	0.3	0.1	0.4	0.8

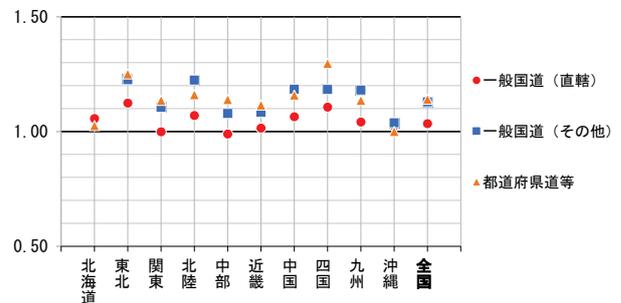


図 3 損失時間比 (ETC2.0 プローブ情報/民間プローブデータ)

[成果の活用]

道路交通状況のきめ細やかな把握・分析手法の検討結果は、道路を賢く使う取組の施策検討に活用される。

道路整備の経済効果把握手法の比較調査

A Study on Effects to Socio-economic Activities by Road Construction

(研究期間 平成 26～28 年度)

社会資本マネジメント研究センター 建設経済研究室
Research Center for Infrastructure Management,
Construction Economics Division

室長
Head

村田 英樹
Hideki MURATA

In order to make sustainable development in Japan, it is necessary to estimate the socio-economic influences of road construction. This research is to investigate and consider the influences to socio-economic by means of macro-economic model as well as to study “Wider Impacts” to be estimated in Japan.

〔研究目的〕

社会資本については、ストック効果の最大化、見える化の推進が求められており、道路についても様々な効果（産業、観光等）に着目し、数値化して評価に活用することが求められている。

英国、米国、EU では、交通インフラの整備にあたり、利用者便益以外の広範な経済効果を計測して、事業実施の優先度の判断や住民・関係者への説明に活用しているが、我が国においてはどの場合にどのような経済分析手法が適切か必ずしも明確になっていない。

本調査は、事業主体が目的に応じた適切なアプローチで道路整備による経済波及効果を推計できるよう、各手法の精度を高めるとともに、目的や状況に応じた経済効果分析手法を整理することを目的とする。

〔研究内容〕

1. マクロ計量経済モデルによる経済効果の把握

「道路の中期計画（素案）」（2007 年 11 月）に用いられたマクロ計量経済モデル（標準モデル）及び金利・物価を内生化した改良モデルの 2 つのモデルについて、昭和 55 年度から平成 27 年度までの経済データを用いてパラメータを設定し、所要時間の短縮によるアクセシビリティの向上を仮定して道路投資による経済効果（フロー効果及びストック効果）を算定した。また、モデルの現況再現性及び定常性の確認を行った。

2. 英国の指針を踏まえた広範な経済効果の算定方法の整理・検証

英国国土交通省が 2014 年 1 月に発表した「交通分析に関する指針 (Transport Analysis Guidance)」において、利用者便益以外の「広範な経済効果 (Wider Impact)」として、「WI1：集積経済」、「WI2：独占的競争市場の是正」、「WI3：労働市場の変化」の算定方法が提示されている。

このうち、WI1 集積経済の算定式を参考に、文献レビューにより道路整備に適した算定式を提案し、圏央道でケーススタディを行った。また、同様のモデル体系による SCGE モデル（空間的応用一般均衡分析）による算定結果及び分布との比較・検証を行った。

3. 道路整備の広範な経済効果把握手法の整理

1. 2. を踏まえ、道路整備の広範な経済効果把握手法として、マクロ計量経済モデル、SCGE モデル及び英国の WI 算定式の 3 つの手法について、理論的立脚点から特徴、留意点等を整理した。

〔研究成果〕

1. マクロ計量経済モデルによる経済効果の把握

(1) 前提条件

道路投資の効果は、道路投資なし（ケース 0）と平成 28 年度に 1 兆円の道路投資（ケース 1）の 2 ケースについてフロー効果とストック効果を算定する。

(2) フロー効果・ストック効果の算定

フロー効果の乗数は、改良モデルは投資初年度で 1.91 となり、標準的なモデルの 1.33 よりも大きい結果となった。これは、改良モデルでは、金利・物価を内生化することにより、デフレギャップによる実質金利が低下し、クラウディングアウト（政府支出の増加が利率を上昇させて、民間の投資を減少させてしまう現象のこと）が抑えられるためと考えられる。

表 1 標準モデル・改良モデルの経済効果比較

経済効果	標準モデル	改良モデル
フロー効果 (乗数)	1.04 兆円 (1.32)	1.49 兆円 (1.91)
ストック効果	1.70 兆円	2.00 兆円
合計	2.74 兆円	3.49 兆円

注・乗数は、道路投資 1 兆円から用地補償費 2,200 億円を除いた 7,800 億円に対する経済効果の割合
・道路整備延長を高速道路 32km、一般道路 119km と想定

(3) モデルの検証

① 現況再現性の確認

実質 GDP の実績値と推計値を比較した結果、MAPE（平均絶対パーセント誤差）は標準モデルで 2.3%、改良モデルで 2.8%と、高い現況再現性を確認した。

② 定常性の確認

標準モデルで使用する各被説明変数について定常性を確認した結果、主要な変数の一部について定常性が確認できず、見かけの相関である可能性が一部残った。

2. 英国の指針を踏まえた広範な経済効果の算定方法の整理・検証

(1) 道路整備に適したモデルの構築

本調査では、道路整備による集積経済は、人口移動から生ずるのでなく、地域間の物流交通の所要時間短縮を通じたアクセシビリティ向上により生ずると想定し、技術的外部性を考慮した地域モデルを採用した。

既往文献のレビューに基づき、Kanemoto and Mera (1985) の地域モデル^{*1}をベースに、技術的外部性^{*2}を考慮したモデルを構築し、WI の算定式を導出した。

^{*1} 地域モデルとは、地域間の交通や取引に着目したモデル

^{*2} 技術的外部性とは、同業種の企業が集積することにより生産性が向上する効果

$$B_1 + B_2 = -d\tau (p_1 x_1^2 + p_2 x_2^2) + p_1 \frac{\partial y_1}{\partial A_1} dA_1 + p_2 \frac{\partial y_2}{\partial A_2} dA_2$$

ここで、 p_i : 地域*i*での財の価格、 x_i^j : 地域*i*から地域*j*へ輸送される財の量、 $\frac{\partial y_i}{\partial A_i}$: 地域*i*での ACC の変化に対する生産量の変化、 dA_i : 地域*i*での ACC の変化。

第 1 項は地域間の金額ベースの輸送費削減効果(物流にかかる直接便益)。第 2 項は集積経済 (WI) の効果。

(2) ケーススタディによる算定結果の比較・検証

① WI の算定式と SCGE モデルとの効果比較

(1) のモデル体系による WI の算定式及び SCGE モデルで集積経済を算定した結果、利用者便益の約 5% ~ 10%程度となり、大きな差はない結果となった。

表 2 圏央道の効果まとめ (億円)

	WI の算定式		SCGE モデル	
	2014 年 -2010 年	全線開通	2014 年 -2010 年	全線開通
総費用	24,904	33,012	24,904	33,012
利用者便益	36,899	50,280	15,083	49,545
集積経済	1,927 (5.2%)	5,544 (11%)	1,017 (6.7%)	2,399 (4.8%)

注：下線は、既存の事業評価の費用便益分析による総費用及び利用者便益は各事業区間を集計して整理各年次の事業費を各区間の利用者便益で按分して算定 () は利用者便益に対する割合

② WI の算定式と SCGE モデルとの発現ゾーン分布比較

WI の算定式と SCGE モデルで、集積経済が発現しているゾーンは、同様の傾向がみられる。

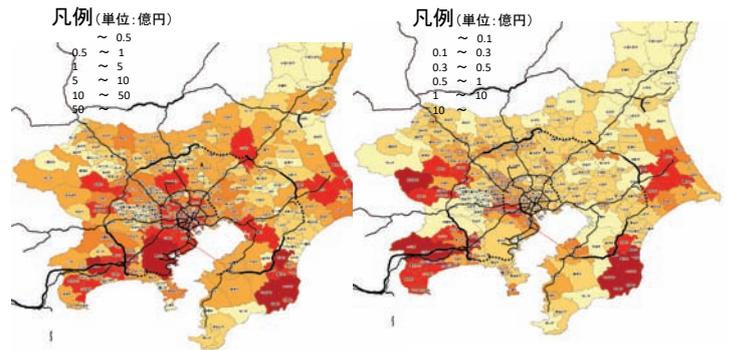


図 1 WI の算定式 (2014-2010)

図 2 SCGE モデル (2014-2010)

3. 道路整備の広範な経済効果把握手法の整理

道路整備の広範な経済効果を把握する 3 手法について、理論的立脚点を踏まえて特徴と留意点を整理した。

いずれの手法についても事業の構想段階、事業評価段階、関係者や住民向け説明に活用可能だが、WI の算定式については、他の手法と比較して、精度は低いものの、計算が容易で透明性が高いため、構想段階での説明や事業優先度検討での活用の可能性があるものと考えられる。

	マクロ計量経済モデル	SCGE モデル	WI の算定式
理論的立脚点	マクロ経済理論 時系列分析 フロー効果も同時に算定可能	ミクロ経済理論 一般均衡モデル	ミクロ経済理論 一般均衡モデル から導出された算定式
簡便性 透明性	モデルが複雑で 透明性低い	モデルが複雑で 透明性低い	算定式を用いる ため比較的容易 で透明性高い
精度	再現性を確認可 能	カリブレーション で調整可能	再現性を確認す ることが困難
算定の 単位	地域全体の効果 を算定	路線単位で算定 可能	路線単位で算定 可能
適用地 域	基本的にどの地 域でも適用可能	集積経済が生ず る大都市圏、特定 産品生産地域等	集積経済が生ず る大都市圏、特定 産品生産地域等
留意点	自己相関の排除 モデルの透明性 確保	カリブレーション による調整 モデルの透明性 確保	適切な算定式、パ ラメータの設定

[成果の活用と今後の課題]

成果については、他のストック効果の計測・表現手法と合わせて国総研資料としてとりまとめる予定。

また、今後、各手法の精度を高めるために以下の検討が必要と考えられる。

- マクロ計量経済モデルについては、見かけの相関の回避するための階差を用いた構造式の検討
- WI の算定式については、地域特性や計測対象とする経済効果に応じた理論整合的な WI の算定式の確立及び産業別・地域別のパラメータの設定による精度の向上

領域２：経済・生活に活力を生む道路ネットワークを形成し、
有効活用を図る

道路のサービス向上等のための効率的な道路機能向上策の検討

Review of efficient measures for improving road functions for better level of service

(研究期間 平成 28~29 年度)

道路交通研究部 道路研究室
Road Traffic Department
Road Division

室長	瀬戸下 伸介
Head	Shinsuke SETOSHITA
研究官	河本 直志
Researcher	Naoyuki KAWAMOTO
研究官	安居 秀政
Researcher	Shusei YASUI
交流研究員	大西 宏樹
Guest Research Engineer	Hiroki OONISHI

The authors analyzed various model of overtaking lanes (2+1 lane) by traffic flow simulation, and organized effects on smoothness. In addition, based on recent improvements in vehicle running performance, the authors conducted field survey and experiments using driving simulators on acceleration lanes, and organized knowledge on safety.

[研究目的及び経緯]

道路のサービス向上等のため、道路の車線等の柔軟な運用による既存ストックの有効活用手法や、車両性能の向上に対応する道路幾何構造、2+1車線等の新たな道路幾何構造の導入等について、施策としての位置づけや計画・設計手法の確立が必要となっている。

このようなニーズを踏まえ、本研究では、道路のサービス向上に資すると考えられる道路機能向上策について、海外事例の収集や、実地観測調査、交通流シミュレーション等により、道路構造基準等への反映に向けた技術的根拠の整理を行っている。

[研究内容]

本年度は、国内外の道路幾何構造の基準に関する動向等を整理するとともに、道路の幅員構成に関する実地観測調査や、追越車線（2+1車線）に関する海外事例の収集及び交通流シミュレーションによる分析、路肩の動的活用に関する海外事例の収集を行った。また、近年の車両走行性能の向上等を考慮し、加速車線や付加車線について、実地観測調査やドライビングシミュレータを用いた実験を踏まえ、安全性に関する分析を行い、基準等への反映のための基礎資料となる知見をとりまとめた。

本稿では、その中から、追越車線（2+1車線）と加速車線に関する検討内容について紹介する。

[研究成果]

1. 追越車線（2+1車線）に関する検討

1) 効果的な車線運用に関する考察

交通流シミュレーションにより、効果的な車線運用に関する考察を行った。シミュレーションを行う2+1車線は、往復3車線構成を想定した、追越車線長とその設置間隔が等しい構造とし、これらの長さが1.0km~2.5kmの4ケースとした。シミュレーションを行うに当たって作成した道路モデルを図1に示す。

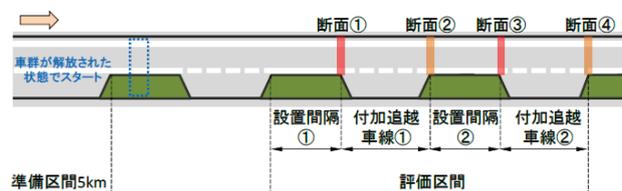


図1 シミュレーションにおける道路モデル

車線減少部において車群の発生により一定の速度低下が発生する場合には、付加追越車線の機能が果たせているとはいえない。ここでは走行速度の15%タイル値が60km/h以下となる場合を付加追越車線の機能が果たせていないものとして、シミュレーションにより付加追越車線の適用できる交通量の範囲を求めた。その結果を表1に示す。

速度低下の点からは、設置間隔が1.0kmの場合に1,100台/hまで、1.5kmと2.0kmの場合に1,400台/hまで適用可能であるなど、付加追越車線長及び設置間隔が長いほど、適用可能な交通量は大きくなるのが分かる。ただし、追従時間率（追従時間を旅行時間で

除した値。大きいほど快適性が低下することを示す。)のように、付加追越車線長及び設置間隔が長いほど悪化する指標もあることに留意する必要がある。

表1 車線減少部の走行速度 15%マイル値
(網掛けは 60km/h 以下)

交通量(台/h)	付加追越車線長及び設置間隔(km)			
	1.0	1.5	2.0	2.5
1,000 台	68.5	74.8	74.9	74.7
1,100 台	64.1	73.4	74.3	74.2
1,200 台	55.7	72.2	72.7	73.1
1,300 台	53.6	67.8	71.6	71.5
1,400 台	48.9	65.8	67.3	69.3
1,500 台	43.6	53.2	55.5	62.2

2) 整備コストの試算

土工区間を想定して、整備形態ごとの整備コストを試算した。なお用地費については、暫定・完成いずれの場合にも完成形における必要額を計上した。試算結果を表2に示す。

完成2+1車線の整備コストは、暫定2車線の整備コストを下回る結果となった。土工バランス、用地費等の条件によって整備コストは変動するため、常にこのような結果となるわけではないが、2+1車線は暫定2車線整備に替わる整備形態として、コストの面からも十分に検討に値するものであるといえる。

表2 整備形態別の整備コスト

整備形態	整備コスト (億円/km)
完成4車線	9.90
暫定2車線 (完成形は4車線)	9.00
暫定2+1車線 (完成形は4車線)	9.28
完成2+1車線	8.24

2. 加速車線に関する検討

1) 実地観測による安全性の検証

加速車線の実地観測を行い、車両の合流時の車両挙動等を整理した。調査時間は1箇所あたりピーク2時間×2日、オフピーク2時間×2日とし、ビデオカメラ2台程度を用いて撮影した。

片側2車線以上の箇所における、ピーク2時間での本線合流時における被合流車両の減速挙動及び避走の発生確率を表3に示す。港北PAが特異に小さい値を示した他は、加速車線長に関わらず10%台の値を示す結果となった。

表3 被合流車両の減速挙動及び避走の発生確率
(ピーク2時間)

観測箇所	加速車線長	減速	避走	合計
東名上り 横浜町田IC	300m	7.9%	4.5%	12.4%
館山道下り 姉崎袖ヶ浦IC	240m	6.9%	10.4%	17.3%
東名下り 港北PA	195m	0%	2.4%	2.4%
千葉東金道上り 野呂PA	160m	5.9%	5.2%	11.1%

2) 被験者による検証

ドライビングシミュレータを用いて、加速車線長や合流部の本線交通量の異なる箇所を被験者に走行させ、合流時の安全性等に関するアンケート調査・分析を行った。走行するケースは加速車線長と本線交通量の組み合わせにより4ケースを設定した。被験者数は16名で、各ケースで同一の被験者により調査を実施した。なお、ドライビングシミュレータは、6軸モーション対応のものを使用した。

被験者へのアンケート結果から、各ケースの合流の難しさについての被験者の評価値を整理したものを表4に示す。被験者の評価は、数値(1~10)が大きいほど合流が難しいことを表す。本線交通量が多い場合は、加速車線長に関わらず、合流の難しさに関する評価値は中位の4~5点台を示す一方で、本線交通量が少ない場合は数値が2.3と小さい(合流しやすい)結果となった。

表4 走行ケース別合流の難しさに関する評価値

走行ケース		合流の難しさに関する評価値 (10段階、平均値)
加速車線長 (m)	本線交通量 (台/車線・h)	
240	1,200	5.9
200		5.8
160	600	4.3
		2.3

この結果から、加速車線における車両の本線への合流の難しさについては、加速車線長よりも本線交通量の影響が大きいものと考えられる。

[成果の活用]

本成果は、地域における柔軟で効率的な道路整備の立案に寄与するための、道路構造に関する基準検討の基礎資料として活用される。

道路事業の多様な効果に関する調査

Study on various effects of road projects

(研究期間 平成 28~29 年度)

道路交通研究部 道路研究室
Road Traffic Department
Road Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher
研究官
Researcher

瀬戸下 伸介
Shinsuke SETOSHITA
橋本 浩良
Hiroyoshi HASHIMOTO
田中 良寛
Yoshihiro TANAKA
安居 秀政
Shusei YASUI

This is a study that estimates various effects of road projects. We develop various evaluation methods according to the purpose and effect of the road project. This study is to organize the current state of the road project evaluation system in other countries and to further develop the road project evaluation system in Japan in the future.

[研究目的及び経緯]

道路事業には、費用便益分析で計測する3便益以外にも多様な効果が存在している。道路事業の説明責任を果たす上では、貨幣価値換算が困難等により計上されていない3便益以外の多様な効果についても、計測手法を確立し、事業評価等に活用することが求められている。国土技術政策総合研究所では、道路事業の多様な効果について、効果計測の考え方、定量化手法の調査・研究を実施している。

[研究内容]

平成 28 年度は、道路事業評価手法に関する諸外国の動向を調査した。

[研究成果]

諸外国では時間信頼性向上便益を導入している国が多いこと、一部で走行の快適性向上を便益として計測している例があること等を把握し、わが国の事業評価制度への導入検討の基礎資料となる知見としてとりまとめた。本稿では、我が国の事業評価マニュアルに記載されていない諸外国の評価項目や評価手法のうち、「集積経済便益」、「快適性向上便益」、「フラストレーション減少便益」の3つを紹介する。

(1)「集積経済便益」(ニュージーランド)

1)考え方

集積経済便益は、インフラ整備による地域の生産性の向上を評価するものである。ニュージーランドの事業評価マニュアル¹⁾では、通勤及び業務目的の移動に

利用する交通手段に係る費用と、雇用人数の変化の関係から実効密度(effective density)を求め、生産性の向上度を算出する。

2)計算方法

①通勤及び業務目的の移動にかかる費用の計算

集積の影響を評価する交通費用の算定は、通勤及び業務目的の移動に利用する交通手段に係る一般化費用の加重平均である。一般化費用は、需要の度合いを重み付けして加重平均される。区間 i-j の一般化費用の加重平均は、以下の計算式を用いて算出される。

$$AGC_{ij}^s = \frac{\sum_{m,p} D_{ij}^{m,p} GC_{ij}^{s,m,p}}{\sum_{m,p} D_{ij}^{m,p}}$$

AGC:平均一般化費用、D:需要度、GC:一般化費用
S:事業後または事業前の場合、m:交通手段
p:移動の目的、i:起点、j:終点

②各シナリオにおける区域毎の雇用の実効密度の計算

雇用の実効密度は、①で算定した平均一般化費用と、区域毎の雇用の合計を用いて、以下の計算式を用いて算出される。

$$ED_j^s = \sum_i \frac{E_j^s}{AGC_{ij}^s}$$

ED:実効密度、E:シナリオ毎の雇人数

AGC:平均一般化費用、S:事業後または前の場合
i:起点、j:終点

③区域毎の集積による生産性の増加率の計算

集積による生産性の増加率は、実証研究から得られ

た集積弾力性の値を、各区域の密度の変化に当てはめて、以下の計算式を用いて算出される。

$$\delta PR_i = \left\{ \left[\frac{ED_i^{OPT}}{ED_i^{DM}} \right] - 1 \right\} \times \varepsilon$$

δPR : 生産性の増加率、 ED : 実効密度
 OPT : 事業後の場合、 DM : 事業前の場合
 ε : 集積弾力性、 i : 区域

④ 生産性の増加額の計算

生産性の増加額は、区域毎に生産性の増加率と区域毎のGDPを掛けることで算出される。

$$dPR_i = \delta PR_i \times GDP_i$$

dPR_i : i 区域のGDPの増加額
 δPR_i : 生産性の向上度、 GDP_i : i 区域のGDPの合計

⑤ 調査地域における全区域の地域GDPの増加の合計
 最後に、調査地域全体の生産額の増加を合計する。

$$Aggl = \sum_i dPR_i$$

$Aggl$: 集積経済便益、 dPR : 区域GDPの増加額

(2) 「快適性向上便益」(フランス)

1) 考え方

快適性向上便益は、道路の整備や改良により、運転者の「不快度」が減少する便益である。ここで考慮されている「不快度」は、道路の規格が高くなるほど低くなり、高速道路では不快度は0と定義されている。

2) 計算方法

フランスの事業評価マニュアル²⁾では、不快度の金銭評価額の原単位(ユーロ/台キロ)が示されており(表-1)、以下の計算式を用いて算出される。なお、表1の原単位は、道路タイプ別の値を優先的に適用し、該当する道路タイプがない場合に、機能別の値を適用することとされている。

$$B = Bb - Ba \\ = (U_1 \times d_1 - U_2 \times d_2) \times TV$$

B : 快適性向上便益
 Bb : 整備前の不快適性
 Ba : 整備後の不快適性
 U_1 : 整備前の不快度の原単位(ユーロ/台キロ)
 U_2 : 整備後の不快度の原単位(ユーロ/台キロ)
 d_1 : 整備前の道路延長(km)
 d_2 : 整備後の道路延長(km)
 TV : 交通量(台)

表1 道路の種類別の原単位

道路の種類、機能別の分類	原単位 (ユーロ/台キロ)
道路タイプ別	
一般道路(幅員7m)	0.054
自動車専用道路(幅員7m)	0.032
都市間幹線道路	0.023
自動車専用道路(2×2車線)	0.007
高速道路	0
機能別	
中央分離帯のない道路	0.025
平面交差道路	0.016
法的規定を満たさない高速道路 (幅員が規定より短い等)	0.007
アクセスコントロールのない道路	0.007

(3) 「フラストレーション減少便益」(ニュージーランド)

1) 考え方

フラストレーション減少便益は、片側1車線の道路に付加追越車線を設置することにより、運転者のフラストレーションが減少する便益である。運転者のフラストレーションは、片側1車線の道路において、前方を走行する低速走行車両に追従運転しなければならない、追い越しすることが出来ないことに起因する。ニュージーランドの事業評価マニュアル^リでは、他の車両に追従している時間に対するフラストレーション費用について原単位(3.5セント/台/km)を設定している。原単位は、Kooreyら(1999)による支払意思額に関する研究³⁾に基づいて設定されている。

2) 計算方法

片側1車線の道路に付加追越車線を設置することによるフラストレーション減少便益は、以下の計算式を用いて算出される。

$$B = 3.5 \times TV \times D \times (TTRa - TTRb)$$

B : フラストレーション減少便益
 TV : 交通量(台/時)、 D : 道路延長(km)
 $TTRa$: 整備前の追従走行時間割合(%)
 $TTRb$: 整備後の追従走行時間割合(%)

[成果の活用]

本研究の成果は、わが国の事業評価制度への導入検討の基礎資料として活用される。

[参考文献]

- 1) Economic Evaluation Manual (NZ Transport Agency)
- 2) Instruction relative aux méthodes d'évaluation économique des investissements routiers interurbains (MEDDE)
- 3) Assessing passing lanes— stage 2. Transfund NZ research report 146. (G F Koorey, P M Farrelly, T J Mitchell, CS Nicholson, 1999)

領域3：新たな情報サービスを創造し、
利用者の満足度を向上させる

次世代の協調 ITS システム開発に関する研究

Research on system development of next-generation C-ITS

(研究期間 平成 28～30 年度)

道路交通研究部
高度道路交通システム研究室
Road Traffic Department
Intelligent Transport Systems Division

室長 牧野 浩志
Head Hiroshi MAKINO
主任研究官 小木曾 俊夫
Senior Researcher Toshio OGISO
研究員 大竹 岳
Research Engineer Gaku OHTAKE
交流研究員 吉村 仁志
Guest Research Engineer Hitoshi YOSHIMURA

The purpose of this study is to investigate and examine cooperative ITS, what realizes various ITS service applications vehicles, infrastructure and mobile phone network cooperate in common platform.

〔研究目的及び経緯〕

ITS 研究室では、欧米政府機関においても実証実験や国際標準化が進められている協調 ITS で実現すべきサービスや技術等について検討を行っている。

また、平成 24 年 9 月から次世代の協調 ITS 開発に関して官民共同研究を進めており、協調 ITS の各種装置の開発、相互接続試験、標準仕様の策定に向けた技術基準・技術仕様の策定を行うこととしている。

平成 28 年度は、4 つの協調 ITS サービス（先読み情報提供、合流部情報提供、分流部情報提供、逆走防止）を運用するにあたっての課題整理に必要な文献調査、サービス概算費用・機器普及予測等の試算等の支援を行うとともに、一部のサービスについて、実現した際の効果についてシミュレーションを行い、結果を整理した。

〔研究内容〕

1. 協調 ITS サービスを運用するにあたっての課題整理の支援

協調 ITS 共同研究において現在検討を行っている、次の 4 つの協調 ITS サービスについて、協調 ITS サービスを運用するにあたっての課題整理に必要な文献調査、サービス概算費用・機器普及予測等の試算等の支援を行った。

- 車両単独では検知できない前方の情報を路側から提供する「先読み情報提供サービス」
- 合流部において交通状況情報を提供する「合流部情報提供サービス」
- 分流部において交通状況情報を提供する「分流部情報提供サービス」

○逆走車両の検知と警告、情報提供を行う「逆走防止サービス」

課題整理にあたっては、平成 28 年度の協調 ITS 共同研究会議における議論の内容を踏まえ、複数の道路管理者間の調整、プローブ情報の集約・活用に向けた自動車会社との合意形成、インフラ整備手法等の制度面、情報生成に必要な情報のデータ量、データの更新頻度等の技術面についても配慮した。

(表 1)

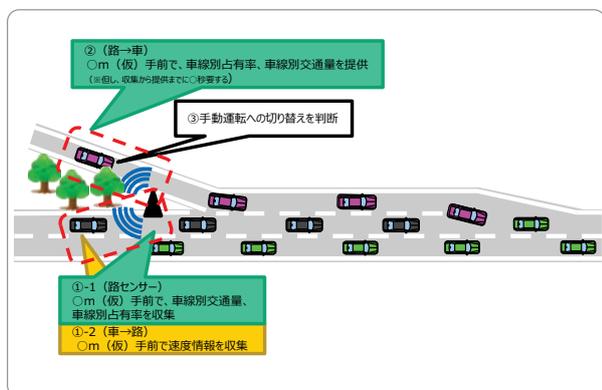
表 1 制度的・技術的課題

分類	課題
制 度 面	① 企画時の課題 ①-1.研究開発の体制 ①-2.国外動向との協調
	② 研究開発時の課題 ②-1.他の道路管理者が有する情報を融通するための連携スキーム ②-2.プローブデータを活用するためのスキーム ②-3.機器の仕様
	③ 導入時の課題 ③-1.路側インフラの整備計画や費用負担 ③-2.サービスの認知向上のための対策 ③-3.車載器の普及促進
	④ 運用時の課題 ④-1.情報提供による車両・ドライバへの影響 ④-2.協調 ITS のセキュリティリスク
技 術 面	⑤ 情報生成に関する課題 ⑤-1.先読み情報等の生成に必要なプローブデータのデータ量や情報項目 ⑤-2.インフラセンサの性能や設置条件
	⑥ 情報処理に関する課題 ⑥-1.情報の集約、加工の方法 ⑥-2.生成する情報の精度や更新頻度

2. 協調 ITS サービスの効果の試算・整理

1. において課題等の整理を行った協調 ITS サービスについて、サービスを実施した際の社会的なメリット、ユーザのメリット、自動運転への活用可能

性を整理した。例として、合流部情報提供サービスのサービスイメージを図1に示すとともに、想定される社会的メリット、ユーザメリット、自動運転への活用可能性を表2に示す。



- ①-1 路センサーにより車線別の交通量、占有率を収集
- ①-2 車→路へ速度情報を提供
- ② 路→車へ合流手前で車線別の本線状況の情報を提供
- ③ 本線状況から、自動運転から手動運転への早期切り替えの判断を支援

図1 サービスイメージ（合流部情報提供サービス）

表2 情報提供による車両・ドライバーへの影響（合流部情報提供サービス）

項目	内容
社会的メリット	ドライバーのヒヤリハットを5割程度削減することができる。 スムーズに手動運転を開始することができる。
ユーザメリット	事前に本線の混雑具合を知ることができる。
自動運転への活用可能性	本線の混雑具合が事前にわかることで、混雑時、自動運転から手動運転への早期切り替えを判断できる。

協調 ITS 共同研究会議における議論では、分合流部では車両の動きが複雑となるため、自動運転の継続が難しい場面が想定されるという課題が挙げられた。そのため、協調 ITS サービスのうち、合流部情報提供サービスを対象にシミュレーションを実施し、効果の試算を行った。

その結果、合流部の長さが長いほど、自動運転車両が無理なく合流することが可能となることが明らかとなった。本シミュレーションでのパラメータにおいて、本線の車両密度低（交通量の目安が720台/時）の場合、合流部の長さが50mでは、合流成功率が50%~60%であるが、合流部の長さが500mとなると一部のケースを除き概ね80%以上と試算された。一方、本線の車両密度高（交通量の目安が1,800台/時）の場合、合流部の長さが100m以下では、合流

成功率が概ね10%以下と試算された。

このような場合には、自動運転車両での合流は難しく、いち早くドライバーによる手動運転へ切り替える必要がある。そのため、少なくとも100mより手前で合流部情報提供サービスによる合流部情報の提供を実施する必要があると考えられる。

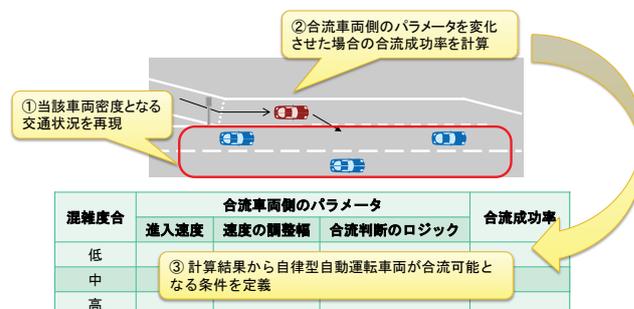


図2 シミュレーション手順

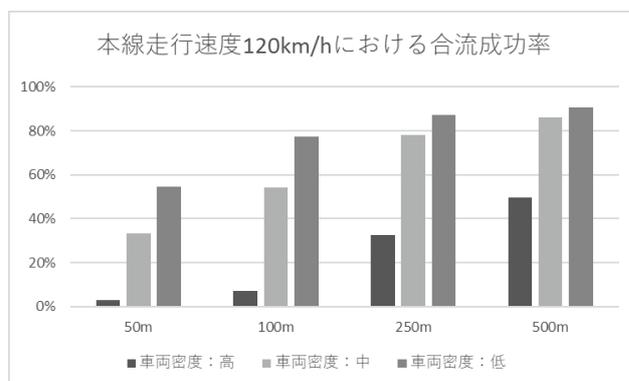


図3 自動運転車両における本線状況と合流成功率の関係

[成果と今後の課題]

協調 ITS サービスを運用するにあたっての課題整理に必要な文献調査、サービス概算費用・機器普及予測等の試算等の支援を行うとともに、一部のサービスについて、実現した際の効果のシミュレーションを行い、結果を整理した。

今回実施したシミュレーションにおいては、隣接車両を走行する車両の挙動に合わせて加減速を行う設定がなされていないため、一部の結果が、実際の合流時のドライバーの感覚と異なる結果となっており、実際の状況を正確に反映したシミュレーションを実施できるまでには至っていない。

今後は、対象場所を特定、当該場所での交通データからより現実的な本線状況の再現し、自動車側のより自然な合流判断ロジックに反映していくことで、先読み情報等のサービス実現に活用できると考えている。

プローブ情報等を用いた道路行政支援に関する研究

Research on road administration support using probe data etc

(研究期間 平成 28～30 年度)

道路交通研究部
高度道路交通システム研究室
Road Traffic Department
Intelligent Transport Systems Division

室長 牧野 浩志
Head Hiroshi MAKINO
主任研究官 井坪 慎二
Senior Researcher Shinji ITSUBO
研究官 鳥海 大輔
Researcher Daisuke TORIUMI
交流研究員 水谷 友彰
Guest Research Engineer Tomoaki MIZUTANI

National Institute for Land and Infrastructure Management (NILIM) has been studying about utilizing ETC2.0 probe data for road traffic management. This study discusses the precision, secular variation and characteristics of the data and how to process the data for sharing with third parties.

[研究目的と経緯]

本研究は、収集した ETC2.0 プローブ情報を道路交通管理へ活用するための方法に関する検討を行うものである。本年度は、ETC2.0 プローブ統合サーバでの情報処理結果の精度検証を実施するにあたり、データや処理の課題の把握、整理を行うとともに、ETC2.0 プローブデータの特性を把握するため、月別の傾向把握および各種データの特性の整理を行った。これらの精度課題およびデータの特性の整理と並行して、ETC2.0 プローブ情報を広く活用することを目的としたオープンデータ化に向けて、ETC2.0 データの第三者提供について専門家へのヒアリングを実施し、その結果の整理を行った。

[研究内容]

1. ETC2.0 プローブ情報の精度課題整理

1-1. 車載器のデータ生成方法のメーカーへの確認

現在販売されている ETC2.0 対応カーナビ、ETC2.0 対応車載器の製造メーカーに対して、アンケート調査(14社)、ヒアリング調査(5社)を実施し、データの生成方法、電波ビーコン 5.8GHz データ形式仕様書およびプローブ統合サーバの各種様式との整合性を確認した(表1)。また、これまでの課題事例の整理・分析から得られたカーナビ、車載器に起因する課題についてもメーカーへ確認を行い、その結果を整理した。

表1 メーカーへのデータ生成方法等の確認結果

項目	データ生成方法
時刻	大半のメーカーが少数以下の時刻を切り捨て処理としている
緯度経度	最新モデルは準天頂衛星に対応しており、未対応のメーカーも大半は今後対応予定
高度	大半のメーカーでデータ未生成
速度	ナビ連動型は車速パルス、GPS 発話型は GPS 測位差分から生成
前後加速度	ナビ連動型は車速パルスから生成するケースが多いが、加速度センサにより計測するメーカーも見られる。GPS 発話型は GPS 速度の差分情報から生成している。
左右加速度	車速パルスとジャイロセンサから生成*
ヨー角速度	ジャイロセンサから生成が一般的*

※GPS 発話型では未取得

1-2. ETC2.0 プローブ情報の精度課題事例の調査

ETC2.0 プローブ情報の精度に関する課題抽出を目的として、交通工学分野などの既存文献および関連機関の分析結果を調査し、ETC2.0 プローブ情報を用いた分析を通じて、その処理の課題について言及したものを収集した。また、1-1 で整理した課題事例と関連する項目について、調査およびヒアリングで原因を特定し、その結果を基にメーカーに改善を依頼した。

2. ETC2.0 プローブのデータ特性分析

2-1. 月別の傾向把握

ETC2.0 プローブのデータ特性について、時系列的変化および月別の傾向を把握するため、四半期毎に道路種別別や地域別にカバー率等を算出した結果を図1に示す。この結果から、高速道路および直轄国道はカバー率が90%以上となっている。逆に、都道府県道はカバー率が50%以下となっていることが確認出来た。

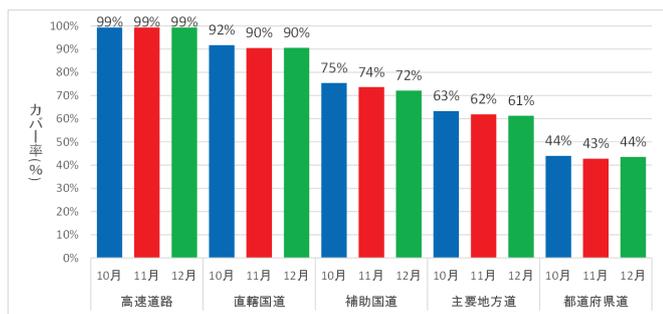


図1 道路種別別のカバー率の推移(2016年10~12月)
カバー率：プローブ取得件数が30台/月以上(平均1台/日以上)
の交通調査基本区間の延長割合

2-2. 各種データ特性の整理

2-1 に示す月別の傾向把握と同様に走行履歴および挙動履歴等の各種データについて、車種構成・平休日別トリップ長の分布割合、都市間・都市内別のトリップ特性等の分析を行い、その結果をデータの特性として整理を行った。この結果から得られるデータの特性を「ETC2.0 プローブ情報のデータ特性に関する注意事項(案)」として取りまとめた。取りまとめた特性のうち、自動車保有台数の構成割合と ETC2.0 プローブの車種構成割合の比較の結果を図2に示す。

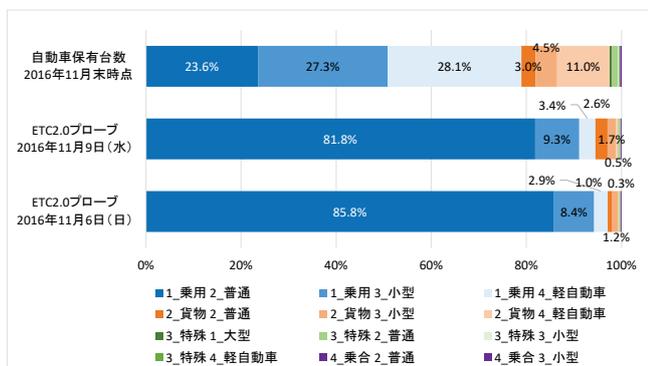


図2 自動車保有台数の構成割合とETC2.0 プローブの車種構成割合の比較

3. ETC2.0 プローブ情報の第三者提供に向けた要件の整理

3-1. 第三者提供に向けた加工処理方法の整理

「行政機関等が保有するパーソナルデータに関する研究会」での議論、匿名加工情報に関する事務局レポートを踏まえ、ETC2.0 プローブデータの第三者提供に向けた匿名化のためのデータの加工処理方法について整理した(表2)。

表2 事務局レポートを踏まえた加工処理方法(案)

	加工処理手法	加工処理の考え方	様式2-1	様式2-2
いつの	時刻情報の一般化	時刻に幅を持たせることで安心感向上	○	—
	対象日の曖昧化	ランダム性を取り入れることで安心感向上	○	○
どここの	起終点の秘匿	自宅や勤務先等、個人の特定につながる可能性のある目的地の秘匿	○	—
どんな	低サンプルの秘匿	習慣性から個人を特定されるリスクを低減	—	○

3-2. 第三者提供に向けた専門家へのヒアリング

3-1 で整理した加工処理方法及び個人情報保護、プライバシーの問題等、法令上の制約について、2名の法令の専門家および1名のプライバシー保護に関するデータ加工処理の技術的専門家に意見を聴取した。専門家から得られた意見を表3に示す。

表3 専門家から得られた主な意見

項目	意見
加工方法	提示された加工方法は匿名加工情報の基準と照らして十分な加工方法といえる。
提供先	悪意を持った利用者等にデータが渡った場合のリスクまでは排除しきれないことから、当面は提供先を絞る必要があると考えられる。
照合容易性	個人情報該当性は低いと考えられるが、照合容易性について完全に排除しきれないことに留意が必要

[成果の活用]

本研究で行ったデータの課題や特性整理により、ETC2.0 プローブ情報を利活用するにあたっての留意事項を利用者と共有でき、より正確な分析が行えると考えられる。また、データの第三者提供に向けたヒアリングの結果の整理から、専門家による検討会を設置しデータ提供に向けた具体的な議論を行って行く必要があると考えられる。

ネットワーク状道路運用に活用可能な ITS 技術に関する研究

Study on the ITS technology Which Can be Utilized for Road Network Operation

(研究期間 平成 28～30 年度)

道路交通研究部
高度道路交通システム研究室
Road Traffic Department
Intelligent Transport Systems Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher
研究官
Researcher

牧野 浩志
Hiroshi MAKINO
松田 奈緒子
Naoko MATSUDA
玉田 和也
Kazuya TAMADA
後藤 梓
Azusa GOTO

This study aims to develop a virtual experiment technology for evaluating ITS scenarios prior implementation. Firstly, the possible scenarios to improve mobility performance of road network are categorized based on the type of subjective sections as well as the ways of their implementation. Secondly, the requirements of virtual experiments are summarized in order to reasonably examine the impact of these scenarios on drivers' behavior by representing the expected road and traffic conditions.

〔研究目的〕

高速道路ネットワークの整備が進む中、道路を賢く使うには、情報提供等により需要を平準化する等、ITS 技術を活用した運用施策が必要である。これらの運用施策の検討及び実施には、交通状況への影響を予測して、施策の要件及びシナリオ等の妥当性を検証することが不可欠である。そのために必要な運転挙動データは、実施例のない施策の場合、ドライビングシミュレータ（以下、DS）等の仮想実験環境を用いて取得する必要がある。

しかし、車外・車内からの多量の情報提供に対する運転者の対応や、分合流部など交通が錯綜する場面での判断や挙動を正確に計測するための仮想実験手法及び実験環境構築手法は確立されていない。このため、DS に関する機械工学的知見、交通現象を再現するためのモデルや交通シミュレーションに関する交通工学的知見、挙動等の適切な計測や施策の受容性を高める運転環境設定等に関する人間工学的知見等に基づく技術開発が必要となっている。

国土技術政策総合研究所では、道路ネットワークの機能を最大限に利用するための運用施策の実現に向けて、ITS 技術を活用した施策の実施手法及び評価手法に関する調査研究を行っている。本研究は、このうち施策の評価手法に関して、施策の事前評価に活用可能な仮想実験技術の開発を目的としたものである。本年度は、1. 事前評価を行う施策の目的等を考慮して、これを再現する仮想実験環境の要件を体系的に整理する

と共に、2. これを実現するために求められる運動力学的、視聴覚的、交通工学的な再現性を検討した。

〔研究内容と成果〕

1. 施策の事前評価等のための仮想実験環境の要件に関する研究

(1) 仮想実験で再現する道路運用施策の目的及び具体施策、評価場面

環状高速道路の交通円滑化に資する施策を、目的別に交通需要分散、交通容量の拡大（単路部、合流部・織り込み区間）に分類した。さらに、分類した目的別施策毎に、国内外の都市間高速道路、都市内高速道路、自動車専用道路等に導入されている（または構想段階のものも含む）「渋滞削減」や「交通流の整流化」、「交通容量の拡大」等に寄与するサービスを対象に事例を調査した。ここで抽出した目的別施策及び事例調査結果を踏まえ、DS を用いて局所的に評価すべき施策について、図 1 の通り分類・整理を行った。

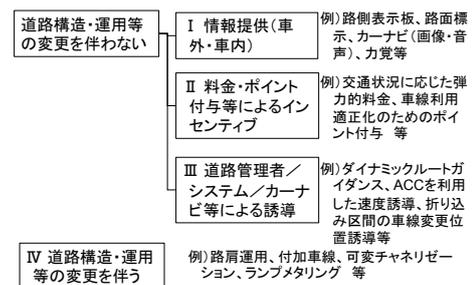


図 1 局所的評価 (DS) での実施方法による施策の分類

(2) 仮想実験環境に必要な機能・性能、要素技術・論理モデルの体系的整理表の作成

まず、(1)で分類した施策を評価するために必要となる評価内容と評価項目及び、仮想実験環境が具備すべき機能・性能を整理し、この機能・性能に対して、必要となる要素技術、理論モデルを分類した。次に、これらに基づいて、施策と場面毎の評価内容、必要な再現性等をまとめ、表1のように、施策の目的毎に、仮想実験環境の要件の体系的整理表を作成した。

2. 仮想実験環境における施策評価実施に関する研究

(1) 仮想実験環境に求められる再現性

DSに求められる再現性について、①運動力学的な再現性(自車両の挙動)、②視聴覚的な再現性(周辺環境、自環境の見え方・聞こえ方)、③交通工学的な再現性(周辺車両、歩行者等の挙動)の3種類に分類し検討した。

例えば、②視聴覚的な再現性の検討においては、ドライバの視点位置とスクリーンとの関係を考慮して、プロトタイプとなるDSの視環境を構築した。また、自然光や照明、周辺車両のライトなどの輝度を近似的に再現するため、図2に示す通り、①路面アスファルト、②白線、③青空の輝度比を一致させるように、DSスクリーンの調整を行った。さらに、施策評価に重要となる標識等について、現実と同じように視認できるように、文字の大きさやコントラストの修正を行った。

(2) 施策シナリオの検討

(1)の再現性の全てを含み、かつ、道路構造・運用などの変更を伴う施策として、「動的路肩運用」、「可変チャネリゼーション」に着目し、仮想実験環境を用いて

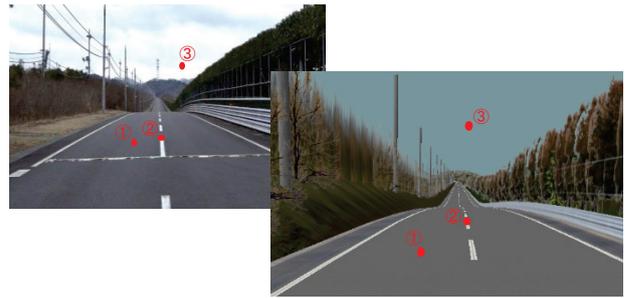


図2 実道路風景(左)の路面・白線・青空の輝度比を一致させたDSスクリーン(右)での再現

評価する施策シナリオ及び仮想実験環境において考慮すべき因子について検討した。

その結果、動的路肩運用については、可変情報板による表示の内容(文字、数字、記号、色)、表示の大きさ、情報板の設置位置や、これらに日照、天候条件などの因子が及ぼす影響を考慮する必要があることが示された。また、車内に設置されたディスプレイによる視覚情報、音声情報、ハンドルから伝達される力覚情報についても、情報板との組み合わせを考慮した情報提供内容やタイミングを検証する必要性が示された。可変チャネリゼーションについては、規制区間の手前までに、いかに安全に車線変更を行わせられるかどうかという評価視点が特に重要であることが確認された。

[成果の活用]

この成果を受けて、平成29年度以降は、交通運用施策の仮想実験環境を開発、実装する予定である。

表1 「単路部の交通容量拡大」に寄与する施策と、その評価に必要な仮想実験環境の要件の体系的整理表

	実施方法による分類				評価すべき項目	必要な再現性	
	I 情報提供(車外・車内)	II 料金・ポイント付与等によるインセンティブ	III 道路管理者/システム/カーナビ等による誘導	IV 道路構造・運用等の変更を伴う			
道路構造による分類	直線・カーブ	・速度運用(可変速度規制、車線ごとの速度規制) ・車間運用(混雑時の最適車間情報提供)	・速度運用	・速度運用(ACCによる可変速度規制、ACCによる車線ごとの速度規制) ・車間運用(混雑時のACCによる最適車間)	・(本線)料金所におけるフリーフロー	①, ②	(a), (b), (c), (1), (2), (3)
	勾配変化部(サグ部)	・車線利用適正化(左に寄れ) ・速度運用(速度低下注意)	・車線利用適正化(左に寄ったらポイント付与) ・速度運用	・車線利用適正化(左に寄るようカーナビが指示、システムで左に寄る) ・速度運用(カーナビが速度を指示、ACCに速度一定化)	-	①, ②, ⑤	(a), (b), (c), (d), (1), (2), (3), (4)
	明暗変化部(トンネル部)	・車線利用適正化(左に寄れ) ・速度運用(速度低下注意)	・車線利用適正化(左に寄ったらポイント付与) ・速度運用	・車線利用適正化(左に寄るようカーナビが指示、システムで左に寄る) ・速度運用(カーナビが速度を指示、ACCに速度一定化)	-	①, ②, (⑤), ⑨	(a), (b), (c), (d), (1), (2), (3), (4)
	車線減少/増加部	-	-	-	・路肩運用(特定時間帯・時間帯変更) ・付加車線	①, ②, ⑤	(a), (b), (c), (d), (1), (2), (3), (4)
	合流部	-	-	-	-	①, ②, ⑤	(a), (b), (c), (d), (1), (2), (3), (4)
	織り込み区間	-	-	-	-	①, ②, ⑤	(a), (b), (c), (d), (1), (2), (3), (4)
評価すべき項目	①, ③, ④	①, ③, ④, ⑥	①, ③, ④, ⑦	①, ③, ④, ⑧			
必要な再現性	(a), (b), (c)	(a), (b), (c)	(a), (b), (c)	(a), (b), (c), (e)			

【凡例】①ドライバへの情報提供(HMI)、②ドライバへの情報提供タイミング、③情報提供による行動変容、④情報提供による悪影響(ネガティブチェック)、⑤情報提供による他車両への影響、⑥料金変更等にかかる情報提供方法、⑦誘導にかかる情報提供方法、⑧道路構造・運用変更にかかる情報提供方法、⑨環境変化時(トンネル進入時等)のドライバ挙動の変化、⑩悪天候時のドライバ挙動、(a)路側情報板の表示機能、(b)車載器(カーナビ画面・HUD、画像・音声・力覚等)の表示機能、(c)DS運転者と自車両の相互作用の再現、(d)DS運転者と他車両の相互作用の再現、(e)道路構造・運用の表現(レーンマーキング・発光板・可変表示板・可変標識等)、(1)現実感のある視覚環境表現、(2)交通状況(交通量等)、(3)車線変更状況、(4)車線利用率

地域における ITS 技術の活用支援に関する研究

Research on utilization support of ITS technology in the region

(研究期間 平成 28~30 年度)

道路交通研究所
高度道路交通システム研究室
Road Traffic Department
Intelligent Transport Systems Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
主任研究官
Senior Researcher
研究員
Research Engineer

牧野 浩志
Hiroshi MAKINO
松田 奈緒子
Naoko MATSUDA
小木曾 俊夫
Toshio OGISO
大竹 岳
Gaku OHTAKE

NILIM organizes the short-term and long-term issues and needs of the region systematically, compiles examples of application of domestic and international ITS technologies. And we have prepared a specification draft and examined how to utilize portable ETC2.0 road-side units.

【研究目的及び経緯】

IT 総合戦略本部 地方創生 IT 利活用促進プラン (H27.6)において、地方公共団体における IT 利活用支援等により、2020 年までに「実感できる地方創生」を実現することが求められている。

そこで ITS 研究室では、地方が抱える課題やニーズに対し、ETC2.0 プローブデータを用いた生活道路の安全、道の駅や観光に関する分析方法の検討や可搬型の路側機・路側処理システムの構築等の ITS 技術に関する調査研究を行い、地方創生の取組みを支援できる ITS 技術について検討を進めている。

平成 28 年度は、地域の短期・長期的な課題やニーズを体系的に整理するとともに、可搬型 ITS スポット路側機の仕様案の作成を行った。

【研究内容及び成果】

1. 地域の課題・ニーズの整理

ITS の地域展開を図るための PDCA サイクルを動かすには、ニーズ収集が重要であることから、表 1 の観点・方法でニーズの収集を行った。

北海道地区、京都地区、沖縄地区の 3 地区については、意見交換会を通じて、各地で委員会や協議会で委員等を務める研究者が「地域の観点から見た」、「普段から話題となっている」課題およびニーズを多様な観点や実務的な観点から取りまとめた。(表 2)。

さらに WEB アンケートにより、地域の課題・ニーズを整理し、ITS 技術やサービスの利活用が期待される課題・ニーズ項目をマトリクス表で明確にした。(表 3)

表 1 地域のニーズを収集するための観点及び方法

観点	① 日本全体のニーズを幅広く収集すること
	② 表面のニーズに惑わされない「真のニーズ」、あるいは「ニーズが出てくる真の原因」を深く探求しておくこと
方法	① 土木学会WEBによるアンケート調査
	② 代表的地域の課題・ニーズの直接調査(意見交換会) 北海道地区、京都地区、沖縄地区
	③ ミニシンポジウムによる道路交通の課題の把握

表 2 各地区の課題・ニーズ

地区	課題・ニーズ
北海道地区	・ 農産物流の生産性向上 ・ 持続的な除雪作業の確保 ・ インバウンド観光への対応
京都地区	・ 観光の魅力度を高める情報提供 ・ インセンティブ付加による観光エリア訪問および順序の変更促進 ・ 一時滞在者の存在を考慮した遊離場所の配置と誘導の在り方
沖縄地区	・ 観光(観光振興、負の影響軽減、観光危機管理) ・ 陸上交通対応(都市部渋滞対策、僻地公共交通等)

表 3 地域の課題ニーズと地域パターン別・ITS サービスの整理 (一部)

地域の課題・ニーズ		道路・交通に着目した課題及びニーズ	重要性	緊急性	優先性	地域パターン			課題解決に向けて利活用の可能性の高いITS技術と関連技術
主な課題	地域のニーズ					大都市・県庁所在地	中小都市	中山間地・過疎地	
WEBアンケート調査・ヒアリング・意見交換会で判明した地域の主な課題	大都市の複雑な移動の難しさ(乗り換えなど) 交通拠点・結節点での移動の難しさ (複雑な構内、不適切な案内など) 駅部、交通ターミナルの周辺渋滞 地元説明、地域住民への事業説明 地域コミュニティにおける情報共有と連携強化 交通情報(ビッグデータの)まちづくりへのフィードバック 市民や地域をとりこんだ施策展開 都市化への対応 歩きたい街の構築・歩行者空間の安全性とに賑わい 公共交通の充実(鉄道・BRT・路線バス・コミュニティバス等) 公共交通の維持、利用の促進(モータリシフトの促進) 公共交通の運営コスト、事業面、ICTの導入 新たな自動車利用の在り方 (パーク&ライド、カーシェアリングなど)	● 地域の実態把握、地域住民との情報共有・コミュニケーションのための交通ビッグデータの活用(見えるか) ● 行政業務、まちづくり、道路整備等に利用できる交通ビッグデータの収集	○	-	-	○	○	-	交通シミュレーション ・ ETC2.0プローブデータ ・ 利用しやすい交通データ (接続可能、準リアルタイム) ・ スマフォ ・ 多目的ETC
		● 中心部の賑わい・歩きたい街の演出、トランジットモール ・ 歩行空間の創出 ・ 歩行空間の通過交通の排除 ・ 自家用車からの移動手段転換 ・ 中心部でのモビリティ確保(自転車、超小型モビリティ等)	○	-	-	○	◎	-	・ 歩行者シミュレーション ・ 歩行者プローブデータ ・ 歩車分離・流入防止策 ・ ライティングシステム ・ 交通シミュレーション (迂回路予測・評価)
		● 市町村合併による広域化、緑辺部による広域化 ・ 都市緑辺部から中心部への異動を支えるバス交通など	○	○	○	△	○	◎	・ コミュニティバス運行支援 ・ バスロケ、到着時間情報通信 ・ 駐車場事前予約、決済 (公共、民間、イベント型) ・ 自動走行支援技術

2. 可搬型 ITS スポット路側機の機器仕様書案作成

さらに、地域のニーズに対応するITS技術の内の1つとして、ETC2.0プローブ情報の収集が十分でない箇所(中山間地域や生活道路等)や災害時等の突発的な事象においても、簡単に設置・利用することが可能となる路側機(以下、可搬型路側機という)を開発した。

開発にあたっては、利用シーンを想定して、必要となる事項を抽出し、開発に向けて次の3つのリクワイアメントを整理し、諸元を検討した。(表4、表5)

表4 可搬型路側機のリクワイアメント

項目	リクワイアメント内容	
①簡単な設置・利用	災害時やイベント開催時においては、簡単に設置でき、迅速にETC2.0プローブ情報を収集できることが必要であり、道路パトロール車両等で容易に運搬ができ、かつ人力での設置が可能であることが求められる。	
②場所を限定しない利用	電源	設置箇所に必ずしも商用電源があることが保証されないことから、電源については商用電源に限定しないことが求められる。
	通信回線	既存の路側機は、高速道路会社や国土交通省の保有する専用の光ネットワークで支社や地方整備局と結ばれ、収集したETC2.0プローブ情報をプローブ情報収集サーバへ送信している。一方、可搬型路側機の設置場所には、専用光ネットワークが無いことも想定し、収集したETC2.0プローブ情報のプローブ情報収集サーバへの送信は、無線・有線を含む民間の事業者回線の使用を前提とする必要がある。
③低コスト化	既存の路側機は、高速道路での利用を想定し、100km/hの速度で走行する車両と通信できることとしている。しかし、可搬型路側機は中山間地域や生活道路での利用を想定していることから、60km/h程度の速度で走行する車両と通信可能であれば良い。そのため、通信可能範囲や出力を抑えることが可能となり、より安価な路側機を製作することが可能と考えられる。	

表5 可搬型路側機的主要諸元

項目	主要諸元
電源	商用電源およびバッテリー
通信回線	国土交通省専用光ネットワーク、携帯電話・衛星携帯電話、WiMAX、等の民間事業者回線
無線の変調方式	$\pi/4$ シフトQPSK変調方式 ASK変調方式
大きさ重量等	寸法：(H)330mm×(W)550mm×(D)440mm以内 重量：20kg以下 (機器を収納した状態で全ての構成部分、金具等を含む)

これら検討を元に試作機を製作し、国総研試験走路において、平成29年2月に通信実験を実施した。

本実験においては、利用シーンを想定して、アンテナ設置高、方向角、起し角を設定して電界強度測定を行い、その後、複数台の車両、車載器を用いて通信の可否について確認を行った。その結果、想定される全ての利用シーンについて、通信エリアが確保できていることを確認した。(表6)

一例として、2車線の幹線道路において空中線部設置高5mを想定した際の電界強度測定結果を図1に示す。

車載器の規格では、電界強度が-60.5dBm以上の連続した領域を通信エリアとしており、この例ではアンテナ位置から26.5mの範囲が通信エリアであることが確認できる。車載器が4キロバイトのデータを路側機に送信するためには約750ミリ秒の通信時間が必要であり、60km/hで走行する車両では12m以上の通信エリアを必要とする。この場合、第1車線・第2車線とも12m以上の通信エリアを確保しており通信可能と判断できる。

以上の実験結果を踏まえ、可搬型路側機の機器仕様書案を作成した。

表6 通信実験結果

車両走行パターン	車線数	速度	無線部設置高	結果
1台単独	1車線	60km/h	5m,4m,3m,2m	○
1台単独(第1車線)	2車線	60km/h	5m	○
1台単独(第2車線)	2車線	60km/h	5m	○
4台(千鳥)	2車線	60km/h	5m	○
4台(並行)	2車線	60km/h	5m	○

[今後の予定]

今後は、地域に資するITSサービスについて、実用性や機能検証に向けた研究に取り組む予定である。

また可搬型路側機の本運用に向けて、実道に設置し検証・評価等を行っていく予定である。

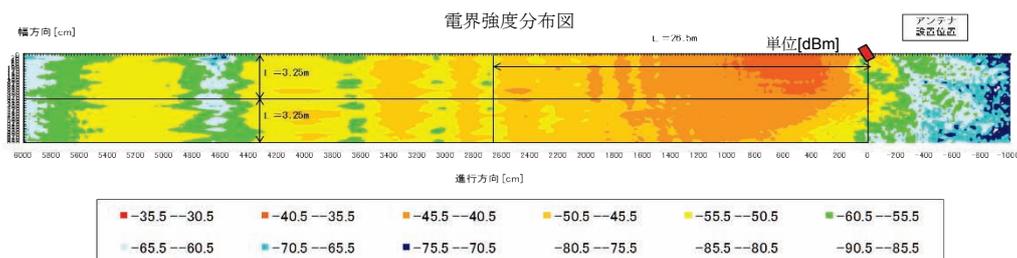


図1 電界強度測定結果(例)

ITS 技術を活用した特殊車両管理の高度化に関する検討

Study on advanced management of heavy vehicles using ITS technologies

(研究期間 平成 28-29 年度)

道路交通研究部
高度道路交通システム研究室
Road Traffic Department
Intelligent Transport Systems Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher
交流研究員
Guest Research Engineer

牧野 浩志
Hiroshi MAKINO
大嶋 一範
Kazunori OOSHIMA
玉田 和也
Kazuya TAMADA
根岸 辰行
Tatsuyuki NEGISHI

The purpose of this study is to investigate weight measurement technologies for proper road use by heavy vehicles, which is considered to have a significant impact on the life span of road infrastructure.

〔研究目的及び経緯〕

国土交通省では、「好循環実現のための経済対策」(平成 25 年 12 月 5 日閣議決定)に基づき、「競争力強化策」の一環として、交通・物流ネットワーク等の都市インフラ整備、ITS 技術の活用などによる渋滞対策等を推進することとしている。高度道路交通システム研究室では、上記対策等の一部として、ITS 技術を活用し、プローブ情報(ETC2.0 車載器から収集される自動車の走行履歴等を含むデータ)を用いた大型車両の走行状況確認技術の確立に取り組んでいる。

平成 28 年度は、特殊車両の実験システムから得られる実験データを用いて大型車両の走行状況を分析するとともに、車両自動計測装置の追加配備候補箇所の整理、重量計関係法令及び、国内外の技術基準を調査した。また、特車ゴールドの実施に伴い ETC2.0 装着車から得られる走行履歴等のデータを用いて、特車ゴールドにおける特殊車両通行モニタリング状況の確認、特車ゴールドの効果分析等を行った。

〔研究内容及び成果〕

1. 走行履歴データの抽出・整理

実験システムを用いて、モニタ車両(4,109 台)の走行履歴データを収集し、高速道路上の ITS スポットおよび直轄国道上の路側機からの走行履歴データの収集状況を確認した(表 1)。また、路側機単位だけでなく、車載器単位での集計や総アップリンク回数など特殊車両や大型車の走行履歴データの基礎となるデータを整理した。

表 1 平成 29 年 3 月末時点のデータ件数の状況

No.	対象データ	備考
1.	特車リンクデータ	114,112 件
2.	路側機情報	3,595 件
3.	車載器情報	4,109 件
4.	許可証情報	3,612,583 件
5.	重量計測データ	40,486 件
6.	走行履歴(地点数)	1,465,315,756 件
7.	走行履歴(アップリンク回数)	23,753,434 件

2. 車両重量自動計測装置の追加配置候補箇所の整理

重量計測データが付加されていない走行履歴データ及び高速道路における車両重量計測装置の配置計画を踏まえ、車両重量自動計測装置の追加配置候補箇所を整理した。大型車需要が高い高速道路と直轄国道が並走している区間のうち、既設の計測装置や高速道路に配置予定箇所等の位置関係を踏まえ、追加配置候補箇所として整理した。

3. 重量計の関係法令及び国内外の技術基準等の整理

重量計測装置の重量データを活用するにあたり、求められる計測精度や検定方法を整理するために、計量法における特定計量器および船舶安全法(改正 SOLAS 条約関係部分)関係法令における非特定計量器の取り扱いについて調査、整理を行った。

また、重量計測データの活用方法を整理するにあたり、活用目的に対して求められる重量計測装置の精度や検定方法について参考とするため海外の重量計測装置に関する技術基準を調査し、重量計測装置の精度、検定方法等について整理した。海外の事例としては OIML134-1(国際計量機関)、COST323(COST 323

Management Committee)、CMI No.0111-OOP-C010-10 (チェコ 計測研究所)、ASTM E1318-09OST323 (米国 材料試験協会) の4つの事例について調査を実施した。

その結果、

- ・ 特定計量器の精度については一部の例外的な条件・環境下を除いては、検定公差が5%を越えるものはなかった
- ・ 国際海上輸出コンテナ総重量の確定においても非特定計量器を用いた場合の計量器の精度は±5%とされており、5%程度の精度が確保されれば、重量計測としては問題がない

ということがわかった。

4. 特車ゴールドの効果試算

1.で抽出した走行履歴データ(2016年5月～10月:6ヶ月分)を対象として、表2の指標を設定し、特車ゴールドの効果である経路選択の自由度が増加しているかどうかを検証し、特車ゴールドの効果について試算を行った。

表2 特車ゴールドの効果試算の指標と目的

効果試算における指標		メリット 享受者※	効果試算の目的
(1)	通行経路の利用状況	運	経路選択の自由度を定量的に把握
	特車ゴールド参加車両1台毎の、通行許可の申請を行った、ある特定の起終点間での、申請経路に対する、実際に通行した経路の割合		
	経路数		
	走行回数		
(2)	大型車誘導区間の利用率	管	特車ゴールド参加車両に対して適正な道路に誘導できているかを定量的に把握
	特車ゴールド参加車両と非参加車両それぞれの、大型車誘導区間の利用率(台キロベース)		
(3)	経路遵守率及び違反率	管	特車ゴールド参加車両の経路遵守状況を把握し、適正通行に寄与するかを定量的に把握
	特車ゴールド参加車両と非参加車両それぞれの、許可経路遵守率及び違反率		
	スパン数		
	延長		

※「管」: 道路管理者、「運」: 運送事業者

試算の結果、通行経路の利用状況について、対象とした特車ゴールド参加車両100台のうち、28台の車両が37のOD(特定の起終点間)において申請経路以外の大型車誘導区間を選択して走行する車両が3割程度存在したことが確認できた。走行経路数に着目すると、特定のODにおいて最大4経路を選択しているような申請経路より申請経路以外の経路を利用する割合が多い車両の存在や、事故による通行止めの影響で経路変更を行った事例も把握できた。走行回数分析においても3回に1回は申請経路以外の経路を走行しており、特車ゴールドによって経路選択の自由度を確認することができ、特車ゴールドの効果が現れていることがわかった。

表3 通行経路の利用状況の試算結果

項目	申請経路	申請経路以外の経路	全走行経路	申請経路との比率		割合
				申請経路	申請経路以外の経路	
走行経路数	49	52	101	1.0	1.1	2.1
走行回数	696	372	1,068	1.0	0.6	1.6
走行延長(km)	22,113	12,079	34,192	1.0	0.6	1.6

一方、大型車誘導区間の利用率並びに経路遵守率については、特車ゴールド参加車両と非参加車両で比較した結果大きな差はなく、今回試算に用いたデータからは道路管理者のメリットを示すことはできなかった。

5. ETC2.0 車載器における新たなデータ形式への対応

ETC2.0 車載器において新規に追加された以下の付加データについて実際のETC2.0プローブデータの内容を解析することによって利用可能性の検討を行った。

- ・ エンジン ON フラグ
- ・ GPS 不感フラグ
- ・ デッドレコーディング※機能の有無フラグ

※GPS 単独での測位が難しい環境下において、ジャイロセンサ等の情報と合わせることで高い精度での測位を可能とする技術

- ・ 準天頂衛星への対応有無フラグ
- ・ 加速度作成方法(GPSのみ/加速度センサー)フラグ

表4 新たなデータ形式・機能に対応したプローブ点数の分布

準天頂衛星対応	エンジンON/GPS不感フラグ	プローブ点数	構成比
未対応	無し	3,751,259	56.3%
未対応	GPS不感時フラグ	2,790	0.04%
未対応	エンジンONフラグ	24,184	0.4%
対応	無し	2,866,450	43.0%
対応	エンジンONフラグ	14,450	0.2%
合計		6,659,133	

※平成28年5月～10月のプローブデータより整理

プローブ点数の分布を調査した結果、デッドレコーディング機能有りの車載器及び、加速度作成方法で加速度センサーを利用している車載器のデータは存在しなかった。一方で準天頂衛星への対応については約4割が対応していたことが分かった。また、エンジンONフラグ、GPS不感フラグに対応している車載器は1%以下であり、実質的に利用できないことがわかった。

【成果の活用】

本検討では重量計測データを付加した走行履歴を把握できることから、特殊車両自動計測装置の追加設置候補箇所の検討等様々な分析を行うことが可能であり、今後の特殊車両通行許可制度の効率的・効果的な施策への展開が可能である。

大型車の通行適正化に向けた重量計測技術の導入に関する調査

Research on weight measurement technologies for proper road use by heavy vehicles

(研究期間 平成 27-28 年度)

道路交通研究部
高度道路交通システム研究室
Road Traffic Department
Intelligent Transport Systems Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher
交流研究員
Guest Research Engineer

牧野 浩志
Hiroshi MAKINO
大嶋 一範
Kazunori OOSHIMA
玉田 和也
Kazuya TAMADA
根岸 辰行
Tatsuyuki NEGISHI

The purpose of this study is to investigate weight measurement technologies for proper road use by heavy vehicles, which is considered to have a significant impact on the life span of road infrastructure.

〔研究目的及び経緯〕

高度道路交通システム研究室では、持続可能で活力ある国土・地域づくりを推進するため、道路インフラへの影響が大きいとされている大型車の通行適正化および適正利用者に対する負担軽減・優遇を実現する方策について調査・研究を行っている。

平成 27 年度から 28 年度にかけては、現状の特殊車両通行許可制度の下で用いられている大型車の重量計測方法における課題の抽出を行うとともに、遵法車両への負担軽減・優遇と違反車両に対する取締り強化を同時に実現していくための大型車両走行管理施策案の検討等を実施した。平成 28 年度は、現状の特殊車両通行許可制度の下で用いられる車両重量自動計測装置（以下、自動計測装置という）について、重量計測機器のコスト削減策の検討を行うとともに、車載型重量計を用いた大型車走行管理への活用の検討等を推進した。

〔研究内容及び成果〕

1. 中央処理装置導入に関しての実証・評価方法の検討と機能要件案の改訂

直轄国道上の自動計測装置のコスト削減に向けて、自動計測装置により取得したデータ（重量情報、車両番号情報 等）の路側処理装置での結合を中央処理装置に集約するための機能要件整理を実施し、自動計測装置の機能要件案を作成した。また、導入シナリオ案を整理した。機能要件整理にあたって、路側処理装置での処理から中央処理装置での処理に変更することによる課題を整理した上で、中央処理装置で結合する機能と路側処理装置で結合する機能をコスト、通信容量や

保存すべきデータ等の観点から考慮し、複数案について比較検討を行った（表 1）。

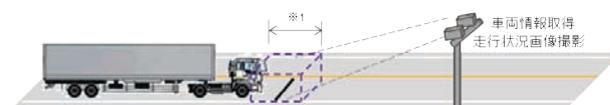
変更案では、中央処理装置のインシヤルコストは必要となるが、路側 1 箇所あたりのコストが安価となり、箇所数の増加に対して、現状の方式よりコストを削減することが可能となる。

表 1 複数案の比較

方式	路側処理装置で結合する方式（現状）	中央処理装置で結合する方式（変更案）
概要		

変更案における機能要件を以下に示す。

- ・ 「重量情報」、「車両情報」の各々で計測し、タイムスタンプを付与し、中央処理装置に送信
- ・ 時間性能は現状の 1 秒からセンチ秒で管理
- ・ 時刻補正は短周期で補正し、正確な時刻で管理
- ・ 中央処理装置でタイムスタンプにより結合
- ・ 車両検知範囲、車両ナンバー認識範囲には幅があることから、複数メーカーが導入可能な技術レベルから、検知・認識範囲を設定（図 1）
- ・ 走行速度に応じた結合条件を設定



※1 車両情報取得（ナンバー認識）するポイントの幅
図 1 車両情報取得機能の撮影幅のイメージ

上記の機能要件の実現にあたり、タイムスタンプ付与における留意事項として、重量情報に付与される車両検知時刻、車両情報に付与される車両ナンバー認識時刻の計測・認識範囲の幅を考慮した結合条件を整理した。また、表2に示す観点で結合精度の検証を行った。

表2 結合精度の検証方法

計測誤差範囲の条件からの検証	・誤マッチングの可能性が高くなる車間が詰まった走行状態で検証 ・前方を軽自動車、後方を特殊車両が走行する条件で検証
機器設置条件からの検証	・カメラ設置高さと同認識位置までの距離から、ナンバー認識可能な走行状態を検証 ・前方を軽自動車、後方を特殊車両が走行する条件で検証。

さらに、現地取締時に活用するため、即時に現地取締基地において中央処理装置で集約したデータを確認できるように、以下の機能要件整理を実施した。

- ・中央処理装置との通信は、「定周期処理モード」と「リアルタイムモード」を実装
- ・軸重 10t 超または車両総重量 20t 超の車両を対象に車両情報との紐付けを行い、現地取締基地の端末にデータ送信（許可証データとの照合は行わない）等

2. 自動計測装置における維持管理の考え方の作成

平成 27 年度成果において確認した故障状況や頻度及び修理費用等を踏まえ、「重量計測センサ」を対象に自動計測装置の稼働率向上とライフサイクルコストの最適化を目的とした維持管理の考え方を作成した。ライフサイクルコストの最適化や自動計測装置の稼働率向上のためには、適切な時期に路面補修を実施し、重量計測センサへの影響を最小限にすること、また経年劣化により重量計測センサが壊れる前に計画的に更新することが望ましい。

そのため、大型車交通量や舗装種別の異なる複数の自動計測装置において、年 1 回程度、定期的に路面状態（段差等を計測）、計測精度（調整前の計測精度）を調査し、十分なデータを蓄積する必要がある。

3. 車載型重量計等の重量計測技術に関する調査

車載型重量計について、関連企業へのヒアリングを実施し、出力可能なデータ形式や計測精度、耐用年数、メンテナンス頻度、導入・試行事例等について調査した。表3にヒアリング調査結果を示す。

表3 ヒアリング調査結果（一部抜粋）

ヒアリングメーカー	車載型重量計メーカー		
	A社	E社	
計測方式	車軸のひずみを取付けたセンサにより計測	エアサスペンション空気圧よりトレーラ後軸総和荷重を計測	
計測重量	計測範囲	架台の積載重量（軸重計測可）	軸重（軸下を除く）
	計測可能重量	～60t 10 kg単位	空車重量～30t 超迄
	計測時の状態	停止時	停車時
	計測誤差	校正時 最大積載重量±2.5%以内	±20kg 程度
コスト	導入	機器費用 500 千円 取付費用 500 千円	10～15 万円程度 機器費用に含む
	メンテナンス	メンテナンスコスト 200 千円 メンテナンス頻度 校正半年に 1 回推奨	1Hour×作業単価程度と予測。 車検毎の構成が望ましい。
導入実績・試行事例等	約 2,800 台の販売実績あり。	過去に販売した EBS 装着車の 9 割方に装着	

ヒアリング結果より車載型重量計の現状について、以下のとおりとりまとめを行った。

- ・車載型重量計の購入は、複数メーカーを選択可能な状況にある
- ・特車への取付けや軸重計測に対応不可な社はあるが、概ね特車かつ軸重が計測可能な製品である
- ・CAN データから総重量を推定する手法も開発されており、センサ等の取付けが不要な製品もある
- ・トレーラに関して、エアサスペンションに加えてメカニカルサスペンション用の製品も存在する
- ・コスト面では、保証期間も概ね 1 年程度であることから、ライフサイクルコストは高くなると想定される

【成果の活用】

自動重量計測装置の機能仕様要件案については現在、各地方整備局に意見照会中である。今後は本機能仕様要件を基に発注が行われることによって自動重量計測装置の調達コストが削減されることが考えられる。また、自動重量計測装置の維持管理方法や車載型重量計の活用については今後の大型車の走行管理に向けて、特殊車両通行許可制度の効率的・効果的な施策への展開に寄与できると考える。

プローブ情報等を活用する 交通シミュレーション共通基盤に関する研究

Study of data platform for traffic simulation using probe data

(研究期間 平成 26~28 年度)

道路交通研究部
高度道路交通システム研究室
Road Traffic Department
Intelligent Transport Systems Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher
研究官
Researcher
交流研究員
Guest Research Engineer

牧野 浩志
Hiroshi MAKINO
松田 奈緒子
Naoko MATSUDA
鳥海 大輔
Daisuke TORIUMI
後藤 梓
Azusa GOTO
吉村 仁志
Hitoshi YOSHIMURA

This study developed a methodology to estimate and visualize traffic conditions by integrating the ETC2.0 probe data into traffic simulation for monitoring and operation. It was confirmed that traffic condition in three-ring roads of Tokyo Metropolitan area could be well represented by inputting the updated OD-matrix in the prototype of the simulator. Furthermore, an online system was developed so that the traffic condition can be visually monitored.

〔研究目的及び経緯〕

首都圏三環状など高速道路ネットワークの整備が進む中、道路運用により道路ネットワークの機能を最大限に発揮させる「賢く使う取組」の必要性が指摘されている。道路運用施策を効果的に実施するためには、交通状態を日常的にモニタリングし、渋滞等の問題箇所をピンポイントで把握する必要がある。交通状態のモニタリングに対して、既存の車両感知器データやETC2.0 プローブデータは有効ではあるが、車両感知器は設置断面に限られる一方、ETC2.0 プローブでは全数を把握できないのが現状である。そこで本研究では、ETC2.0 プローブデータと交通シミュレーション技術を組み合わせることで、リアルタイムに環状高速道路の交通状態を把握可能な手法の開発を行っている。

本研究では過年度までに、**図 1** のように、シミュレータ上で ETC2.0 プローブデータを観測された軌跡の通りに走行させ、後続車両をそれに追従させることで、交通状態を推計するシミュレータのプロトタイプ（以降、プロトタイプ）を構築した。また、このプロトタイプを用いて、首都圏三環状道路を対象に、シミュレーションを行い、旅行速度について一定の再現性が得られることを確認した。

本年度は、このプロトタイプによる再現性の向上を図るとともに、推計された交通状態を可視化するため

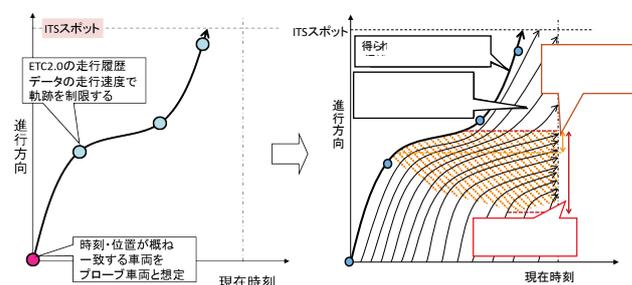


図 1 プロトタイプによるシミュレーションの仕組み

の方法の整理、Web 閲覧環境の構築を行った。

〔研究内容と成果〕

1. プロトタイプによる再現性の向上

プロトタイプで算出される首都圏三環状道路の交通状態の再現性を向上させるため、高速道路会社別の最新の ETC トリップデータを統合し、さらに高速道路会社別 ETC 利用率を考慮した「拡大 ETC-OD 表」の推定を行った。また、従来用いていた旅行速度、交通量に加え、渋滞損失時間や仕事率（＝交通量×速度で求められ、最大仕事率＝交通容量×臨界速度との比較によって、容量に対してどれだけ効率的に利用されているかを表す）の指標による再現性の検証も行った。

シミュレーション結果を車両感知器データによる値

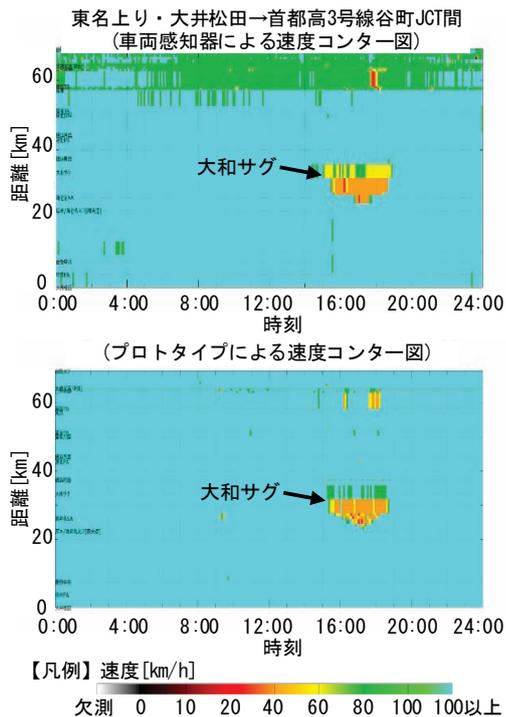


図2 車両感知器（上）とプロトタイプ（下）による旅行速度カウンター図の比較による精度検証

と比較した結果、図2に示すように、渋滞による旅行速度の低下傾向が再現可能であることが確認された。また、ETC利用率を考慮した場合に、いずれの指標においても再現性が向上することを確認した。ただし、プロトタイプでは交通量の調整を行っていないため、車両感知器データに比べて、交通量や渋滞損失時間が過小傾向にあることが課題である。

さらに、複数経路を持つ特定のOD（JCT間）に着目して、どの経路をどれだけ利用したかを割合で表す経路分担率などの交通流動状況を表す指標の算出も行った。これにより、放射道路と環状道路への交通分散状況などが把握可能であることを確認した。

2. プロトタイプによる推計結果の可視化方法の整理

プロトタイプによる推計結果について、道路管理者が必要な情報を理解、把握しやすいように、集計、分析し、グラフや地図情報を活用して可視化する方法を整理した。この結果、道路管理者による施策評価の事例等を参考に、旅行速度、渋滞損失時間、仕事率、経路分担率などを指標とすることとした。また、可視化の形式について、データ取得間隔及び集計範囲を考慮し、表1の通りとした。

3. Web 閲覧環境の構築

可視化された算出結果を、国交省内イントラで Web 閲覧可能な環境を構築した。環境構築に当たっては、データ容量、システム処理能力、コスト等の効率性を

表1 可視化対象指標の表示方法の整理

形式	指標	データ取得間隔				集計範囲	
		5分	15分	60分	1日	リンク	路線 NW
NW 図	渋滞損失時間			○	○	○	
	旅行速度	○	○	○	○	○	
	交通量	○	○	○	○	○	
	仕事率	○	○	○	○	○	
	渋滞量			○	○	○	
カウンター 図	旅行速度	○			○		
	交通量	○			○		
グラフ	渋滞損失時間			○		○	圏央道内側全線
	旅行速度			○		○	
	交通量			○		○	
	仕事率			○		○	
	渋滞量			○		○	圏央道内側全線
	経路分担率			○		○ (JCT間)	
	OD 構成比 ^{※1}			○		○ (JCT間)	
集計 QK ^{※2}			○			首都高都心環状線内側	

※1: ある断面を通過した交通のOD（路線）の構成比、※2: 対象NWを構成する全リンクを平均化した集計交通流率Qと集計交通密度Kにより、NW全体の最大交通流率や最適な密度に対する混雑状況を把握するもの。

表2 可視化指標の表示例（旅行速度の例）

可視化指標	活用場面	表示方法
旅行速度	交通状況の時間推移を確認することで、ボトルネック位置、渋滞の立ち上がり時間やピーク時間、解消時間を把握する。	NW図を使ってエリア全体の交通状況を示すとともに、路線単位の時系列の遷移状況についてはカウンター図で示す。

Web 表示画面

考慮し、計算用 PC、Web サーバを調達・設置した。これにより、表2の例のように、活用場面に応じて表1で示した各指標が閲覧可能となった。

【成果の活用】

本研究により、従来の旅行速度、交通量等に加え、仕事率、経路分担率など様々な指標により交通状態を可視化可能となり、交通運用施策検討への活用が見込まれる。今後は、車両感知器データを用いた再現性の向上や、動的運用施策をシミュレータ上で表現するためのモデル構築、将来 OD 表の推計等を行う予定である。

官民データ融合による物流支援等情報提供サービスに関する研究

Research on the logistics support information services by public and private data fusion

(研究期間 平成 26～28 年度)

道路交通研究部
高度道路交通システム研究室
Road Traffic Department
Intelligent Transport Systems Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher
研究員
Research Engineer
交流研究員
Guest Research Engineer

牧野 浩志
Hiroshi MAKINO
大嶋 一範
Kazunori OOSHIMA
松田 奈緒子
Naoko MATSUDA
玉田 和也
Kazuya TAMADA
大竹 岳
Gaku OHTAKE
根岸 辰行
Tatsuyuki NEGISHI

National Institute for Land and Infrastructure Management (NILIM) is conducting R&D on a logistic support system using ETC 2.0 probe data. NILIM organized system specifications and interface specifications for sharing the probe data in public and private sector. And, we have compiled the operation rule of logistics support services.

[研究目的及び経緯]

国土技術政策総合研究所では ETC2.0 プローブプラットフォームを活用した研究に取り組んでいる。本研究では ETC2.0 プローブ情報やプローブ情報を加工することで提供可能なサービスを実際の物流事業者等に活用してもらい、サービス可能性を検証することを目的としており、平成 27 年度から社会実験を開始している。図 1 に ETC2.0 プローブ情報を活用した物流支援サービスのシステム構成を示す。

平成 28 年度は ETC2.0 物流支援サービスの効果評価及び、特定プローブ情報の取得状況等の評価を実施し、個々の物流事業者等にプローブ情報を提供する際の効果及び、課題について検討を行った。

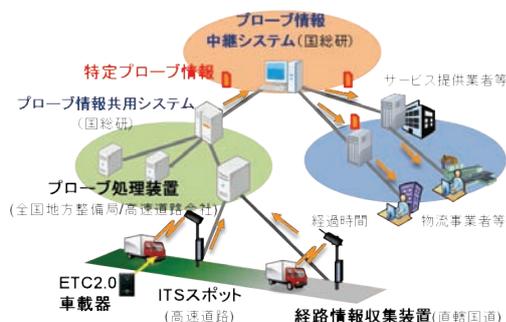


図 1 ETC2.0 プローブ情報を活用した物流支援サービスのシステム構成図

[研究内容及び成果]

1. ETC2.0 物流支援サービスの効果評価

社会実験参加事業者（第Ⅰ期募集分：7 サービス提供者 11 サービス利用者、第Ⅱ期募集分：5 サービス提供者 9 サービス利用者）の実験内容より、評価対象の 5 サービスを整理した。民間で実施されている物流支援サービスの実態を把握し、物流支援サービスの効果を整理した上で、各効果の評価方法を整理した。

表 1 評価対象の物流支援サービス

機能	利用社数	機能概要
A 位置把握	7社	最新の路側機通過時刻とそれまでの移動履歴を地図上に自動表示もしくはGIS等により手動で表示する
B 到着時刻予測	物流3社+レンタカー1社	「A.位置把握」の情報に基づき、配送先等への到着時刻を予測する
C 経路把握（運行計画改善）	3社	プローブ情報（走行履歴）を蓄積し、走行経路や曜日、時間帯による所要時間の变化状況等を把握。さらにその結果を分析し、最適な運行計画の策定に活用する
D 日報作成	3社	プローブ情報を活用し、日報作成の一部自動化を実施する
E ヒヤリハット（安全運転啓発）	1社	プローブ情報（挙動履歴）により、急減速（急ブレーキ）多発箇所や運転手ごとの発生回数等を分析し、安全運転指導に活用する

第 I 期事業者の評価は以下の通り。

■アンケートによるサービス評価

各サービスの役立ち度、運転手への現在位置問い合わせ回数、時間等の削減 (A.位置把握)、荷捌き担当者の待ち時間の短縮 (B.到着時刻予測) 等、各サービスの効果をアンケート調査により把握した。位置把握サービスでは運転手への問い合わせ回数が約 1 分減少、到着時刻予測サービスでは荷捌き担当者の待ち時間が約 10 分短縮するという効果が得られた。



図 2 位置把握サービスの効果 (運転手への問い合わせ時間の減少)



図 3 到着時刻予測サービスの効果 (荷捌き担当者の待ち時間の短縮)

■プローブ分析

ETC2.0 プローブデータの挙動履歴 (急減速) を活用した安全運転啓発 (E.ヒヤリハット) の効果として、指導後に急減速回数が約 16%削減 (100km 走行あたりの急減速発生回数 : 3.78 回⇒3.17 回) した。



図 4 安全運転啓発サービスの効果 (急減速発生回数の削減)

2. 特定プローブ情報の取得状況等の評価

1) 欠落の評価

分析対象とした走行全体のうち、その一部に車載器の容量超過による欠落が含まれる走行の生じた割合のグラフを図 5 に示す。全体の集計では、車載器の容量超過による欠落を含む走行は、170 件中 22 件であり、全体の 13%となっている。

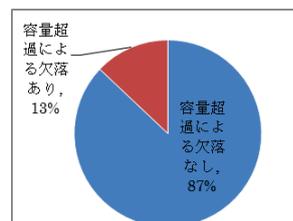


図 5 欠落の割合

2) 遅延の評価

転送遅延時間の発生要因としては、①プローブ処理装置から特定プローブ処理装置までの配送、②官民接続処理装置の取得タイミング、③中継システムの取得タイミング、④参加者システムの取得タイミング、⑤データ量に依存した ZIP 圧縮・配信処理が挙げられる。①～⑤の各段階では最小値から最大値までの範囲で均一な離散分布だが、その組み合わせを積算すると、統計量として平均値近傍の度数分布が大きくなるため、転送遅延全体では平均値を中心とした正規分布となることがわかった。転送遅延の測定結果を図 6 に示す。

母数	23,405 件
最大	3,264 秒
最小	51 秒
平均	378.9 秒

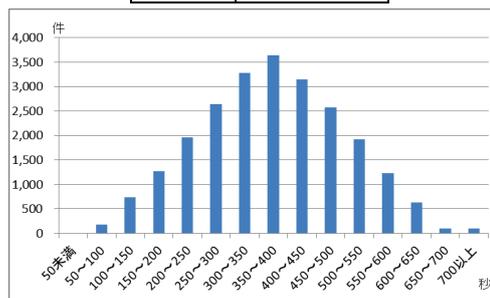


図 6 転送遅延の統計分布

[成果の活用]

本研究で得られた成果および知見については、今後実施予定である ETC2.0 プローブ情報を活用した物流支援サービスにおいて活用される予定である。本研究の成果をもとに実運用時のサービスを構築することで物流事業者等の運行管理の効率化やドライバーの安全性の向上につながり、物流事業者の生産性の向上を目指すことが可能となる。

国際的動向を踏まえた ITS の研究開発・普及展開方策の検討

Study on R&D and dissemination policy of ITS based on the international trends

(研究期間 平成 28～31 年度)

道路交通研究部
高度道路交通システム研究室
Road Traffic Department
Intelligent Transport Systems Division

室長	牧野 浩志
Head	Hiroshi MAKINO
主任研究官	井坪 慎二
Senior Researcher	Shinji ITSUBO
主任研究官	大嶋 一範
Senior Researcher	Kazunori OOSHIMA
研究官	玉田 和也
Researcher	Kazuya TAMADA
交流研究員	水谷 友彰
Guest Research Engineer	Tomoaki MIZUTANI

The purpose of this study is to coordinate technologies and standards developed in Japan with international standards by investigating the international standardization activities and by researching ITS related projects underway abroad and in Japan.

[研究目的及び経緯]

ITS においては、世界に日本の取り組みを発信し、情報共有することにより、協調しつつ進めることが重要である。また、ITS など国際規格の存在する領域において、国内技術を海外展開するためには、国際標準規格として制定されていることが最低条件となることが多くなっている。そして、発展途上国等が未知の分野の情報を収集する際には、国際標準のガイドライン的な規格や、PIARC 等の国際的な機関によるガイドブック等を参考にするため、それらに日本の技術が適切に収載されていることも海外展開にあたっての重要な要素である。

そのことから、高度道路交通システム (ITS) 研究室では、国際的な ITS 技術に関する情報収集や日本の ITS 技術の海外展開支援を目的として、日米欧当局間での協力覚書に基づく共同研究、道路関係の国際機関 (PIARC、OECD/TRC^{*1}) における技術委員会等への参画、ITS 国際標準規格に関する国際標準化機構専門委員会 204 (ISO/TC^{*2}204) への参画等を通じた国際活動を継続的に実施しているところである。

[研究内容]

1. ITS に関する欧米当局との共同研究

国土交通省、米国運輸省 (US-DOT) と欧州委員会 (EC) の三者は、協力覚書 (図 1) に基づき、長年にわたり ITS 技術及び ITS の国際的な調和化等について、共同研究及び情報交換を行ってきている。

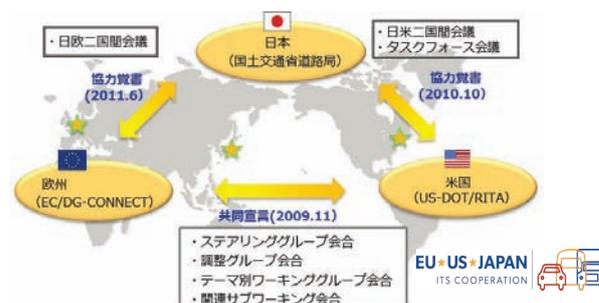


図 1 日米欧三極 ITS 協力会議

平成 28 年度は、欧米当局との実務者会議を 7 月 (サンフランシスコ)、10 月 (メルボルン)、11 月 (東京)、平成 29 年 1 月 (ワシントン DC) にて実施し、プローブデータに関する施策や自動運転及び路車協調システムに関する各国の最新動向の情報共有、プローブデータに関する WG^{*3} の立ち上げに向けた議論を行った。

2. ETC2.0 サービスの国際標準規格制定に向けた調査

ITS 研究室では、ETC2.0 関連サービスの国際標準規格制定に向けた取り組みを進めている。

平成 28 年度は、ISO/TC204 における経路別道路課金サービス及び大型車両走行管理サービスの国際標準化に向け、国際標準規格案の作成や提出対象の各 WG との調整を進めるとともに、ISO/TC204 のそれぞれの WG における各審議項目についての調査を行った。

3. 国際機関 (PIARC、OECD/TRC) における活動

ITS 研究室では、PIARC における TC B.1 (道路ネッ

トワーク運用と ITS) 及び TF B.1 (協調 ITS) の委員会活動に参画している。また、OECD/TRC においては、SMART USE OF ROADS WG の議長として WG の取りまとめ役を担っているところである。PIARC TC B.1 では、「ITS/RNO WEB マニュアルの更新」、「低コスト ITS アプリケーション」、「道路交通におけるビッグデータ」の3つのテーマについて、平成31年度までに報告書をまとめる計画としており、PIARC TF B.1 及び OECD/TRC の WG では、各設定テーマで平成29年度中に各国の効果的な事例を集めた報告書を作成する予定となっている。それら報告書に我が国の ITS 技術の事例を反映することにより、日本企業が国際展開する際の後押しができるよう活動を実施しているところである。

[研究成果]

1. ITS に関する欧米当局との共同研究

日米欧共同研究では、プローブデータを優先分野の一つとして研究してきており、「プローブデータに関する日米欧共同研究評価報告書」を作成し、平成28年11月に US-DOT ホームページに公表した。プローブデータに関する共同研究は、当初は日米の2国間において実施し、平成25年にも共同研究報告書を作成している。その後、欧州委員会も参画し、三者での共同研究成果を本報告書(図2)にとりまとめている。本報告書においては、プローブデータの定義、各国のプローブデータの状況、主な活用用途、優先活用用途、国際標準などの国際連携分野との関係、今後の展開について、日米欧のそれぞれの状況を計172ページの資料としてまとめている。本資料は、英語で記述され US-DOT のホームページからダウンロードできることから、途上国等にも参考となるものとなっている。



図2 日米欧共同研究 評価報告書

2. ETC2.0 サービスの国際標準規格制定に向けた調査

2.1 経路別道路課金サービス(WG5)について

経路別道路課金サービスは、ETC2.0 サービスにより

収集されるプローブ情報を活用し、走行経路に応じてインセンティブ付与を行う新たな動的道路課金サービスである。本サービスに関する国際標準化は、自動料金収受に関する情報、通信、制御システムを対象とする TC204 WG5 が担っている。平成28年度は、WG5 の委員への説明資料として、海外諸国における EFC^{※4} 技術の事例整理を行うとともに、経路別道路課金サービスの国際標準規格案を作成し、平成29年1月のウィーン会議で NP 投票に向けたドラフトを提案した。

2.2 大型車両走行管理サービスについて(WG7)

大型車走行管理サービスは、ETC2.0 プローブ情報や路上に設置された重量計測装置(Weigh in Motion)により収集される車両重量情報、行政機関による大型車両走行に対する許認可情報等を用いて、大型車両走行状況のモニタリングを行うことで、道路ネットワークの適正利用を実現するものである。本サービスに関する国際標準化は、商用貨物車運行管理を担当する TC204 WG7 が担っている。平成28年度は、本サービスにおける国際標準規格案を作成し、平成28年10月のオークランド会議において CD^{※5} 投票が承認され、平成29年1月に CD 投票を通過した。なお、国際標準規格制定の手順は図3に示すとおりである。

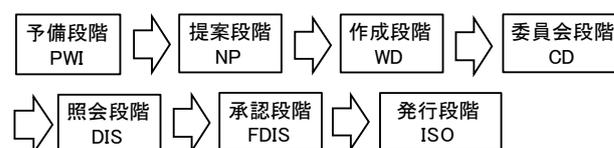


図3 国際標準規格制定の手順

3. 国際機関 (PIARC、OECD/TRC) における活動

平成28年度は、各機関の委員会に提出する報告書の作成に必要な国内外事例の調査を行うとともに、報告書のドラフト版の作成に着手した。また、委員会との会合や WEB ミーティングにより、海外の ITS に関する最新情報を収集した。平成29年度からは各報告書のフルペーパーの作成に入る予定である。

[成果の活用]

本調査で得られた成果は、日本の ETC2.0 サービスの国際仕様化や、日本が開発する技術やそれに付随する基準と国際規格との整合性を確保していくために活用されている。

※1) TRC: Transport Research Committee

※2) TC: Technical Committee

※3) WG: Working Group

※4) EFC: Electric Fee Collection

※5) CD: Committee Draft

道路管理のためのビッグデータの収集・活用技術に関する研究

Study on collection and utilization technology of big data for road management

(研究期間 平成 27～29 年度)

道路交通研究部
高度道路交通システム研究室
Road Traffic Department
Intelligent Transport Systems Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher
交流研究員
Guest Research Engineer

牧野 浩志
Hiroshi MAKINO
小木曾 俊夫
Toshio OGISO
鳥海 大輔
Daisuke TORIUMI
水谷 友彰
Tomoaki MIZUTANI

This study did the design which are communication courses between National Institute for Land and Infrastructure Management and systems, etc. with Kanto Regional Development Bureau to build the traffic data DB processing system to forward and accumulate ETC2.0 probe information efficiently in national general Institute.

〔研究目的及び経緯〕

国土技術政策総合研究所（以下、「国総研」という。）では、交通ビッグデータの1つであるETC2.0プローブ情報の道路管理者間での共有方法等について検討を進めている。これまで、関東地方整備局（以下、「関東地整」という。）に設置されているETC2.0プローブ統合サーバで蓄積するETC2.0プローブデータの蓄積可能期間が3年間であることから、将来的なデータ保存の課題を解決するために、ETC2.0プローブ情報のデータの転送・蓄積・共有方法にかかる検討を行っている。

本研究では、ETC2.0プローブ情報を効率的に転送・蓄積するため国総研内にデータベースシステムのプロトタイプ構築を行った。また、ETC2.0プローブ情報の生データを適切に加工、修正、保管していくためのシステムのあり方について、有識者（5名）を交えた意見交換会（全2回）を実施した。

〔研究内容と成果〕

1. ETC2.0 プローブ情報保管データベースの機能要件整理・基本設計
- 1.1. ETC2.0 プローブ情報保管データベースの機能要件整理

国総研のイントラを通じて、ETC2.0プローブ情報を閲覧・ダウンロード可能となるシステムを構築するための機能要件の整理を行った。機能要件の整理にあたっては以下の点について留意してとりまとめた。

- ・関東地整のプローブ統合サーバから自動的にデータを収集すること
- ・データの蓄積容量は70TB以上を確保すること
- ・国総研等においてデータ精度の検証や交通分析などへの活用できること
- ・国総研のイントラ内からダウンロードできること
- ・変換後ASL-ID、RSU-ID、受信時刻により管理する
- ・走行履歴テーブルを追加し、データ蓄積対象とする
- ・保管対象のデータのみで実現可能な、簡易的な検索・閲覧機能を構築する
- ・様式データについても取得・保管する

今回、システム構築に併せて、データ収集、データ処理、データ保管、データ閲覧・ダウンロードの4つに関して機能要件を整理した。表1、表2に、整理した機能要件の例を示す。表1に、データ収集に関する要件を示す。ここでは、プローブ統合サーバより定期的、自動的に収集するデータを3種類整理した。また、表2には、データ閲覧・ダウンロードに関する要件として蓄積したプローブデータをデータ精度の検証や交通分析などへ活用を想定した検索条件を整理した。

表1 データ収集に関する要件

No	保管データ種類	データ取得頻度	取得対象とした理由
1	プローブ生データ [バイナリ]	5分周期	プローブ統合サーバ側で障害等が発生した場合でも極力障害発生直前のデータまでを保管できるようにするため

2	ASL-ID プローブ生データ [バイナリ]	5分周期	プローブ統合サーバ側で障害等が発生した場合でも極力障害発生直前のデータまでを保管できるようにするため
3	様式データ (確定値) [テキスト]	1日1回	データ検証や道路交通分析では、様式データの確定値を用い、加工・集計途中の速報値については使用しないため

表2 プローブデータ検索条件

No	検索条件	検索条件としての指定のポイント
1	RSU-ID	特定のRSUにおける分析に活用
2	機器識別子	特定の機器識別子における傾向分析に活用
3	受信日時 (期間指定)	特定の受信期間における分析に活用
4	プローブデータ区分	プローブデータごと、ASL-ID プローブデータごとの分析に活用
5	RSU 付加情報 (地域)	特定の地域単位での交通分析等に活用
6	RSU 付加情報 (都道府県)	特定の都道府県単位での交通分析等に活用
7	処理状況	データ処理時の異常の発生状況の傾向分析に活用
8	DSRC メーカー情報	特定の車載器メーカーにおける傾向分析に活用
9	ナビメーカー情報	特定のナビメーカーにおける傾向分析に活用

1.2. ETC2.0 プローブ情報保管データベースの基本設計

1.1. で整理した機能要件を踏まえて ETC2.0 プローブ情報保管データベースの基本設計を行った。図1に機能全体の流れ、図2に画面設計の例を示す。

2. ETC2.0 プローブ情報保管データベースの構築

1. で検討、整理した設計内容を基に、システム構築を行った。システム構築にあたっては、今後分散処理のためのサーバ増設等を考慮し、機能別にサーバに配置できる構成とした。また、動作検証、関東地整に設置されているプローブ統合サーバとの対向試験を実施した。

3. 有識者との意見交換会

ETC2.0 プローブ情報の生データを適切に加工、修正、保管していくためのシステムのあり方について、有識者(5名)を交えた意見交換会(全2回)を実施した。有識者との意見交換会では、ETC2.0 プローブ情報の課題解決方法などについて助言を求めた。

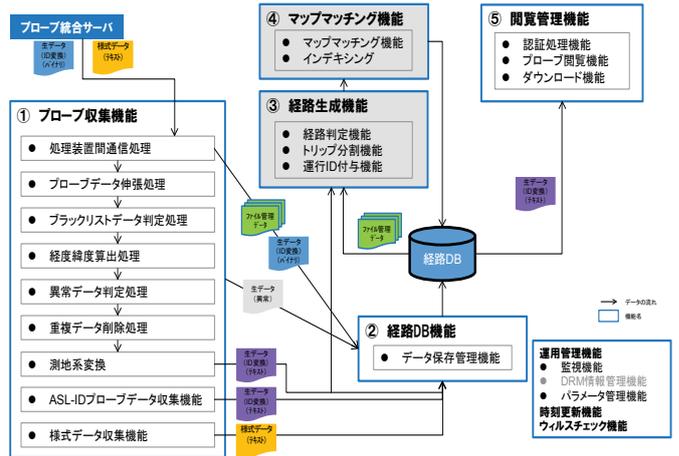


図1 機能全体の流れ



図2 画面設計(例)

表3 意見交換会の開催概要

回	概要
第1回	<ul style="list-style-type: none"> ○平成29年3月2日(木) ○経済産業省別館 302号会議室 ○主な議論 <ul style="list-style-type: none"> ・ETC2.0 プローブデータの概要について ・プローブデータの安定的な収集について ・ETC2.0 データベースシステム(プロトタイプ)の構築についてのご報告
第2回	<ul style="list-style-type: none"> ○平成29年3月23日(木) ○中央合同庁舎4号館 1211会議室 ○主な議論 <ul style="list-style-type: none"> ・ETC2.0 システムの現状 ・ETC2.0 DBシステムのデータについて ・ETC2.0 システムの整理に向けて

[今後の予定]

本研究により、過年度整理された「ETC2.0 データ保管システム概略設計書(案)」に基づき ETC2.0 データを保管するシステムの要件整理・構築を行った。今後は、マップマッチング処理や経路生成処理を構築範囲としてシステム設計・構築を実施していく予定である。

車両搭載センシング技術による道路管理の高度化に関する研究

Study for Improvement of Road Management by Onboard Sensing Technology

(研究期間 平成 28～30 年度)

道路交通研究部
高度道路交通システム研究室
Road Traffic Department
Intelligent Transport Systems Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher

牧野 浩志
Hiroshi MAKINO
大嶋 一範
Kazunori OOSHIMA
鳥海 大輔
Daisuke TORIUMI

MLIT aims to utilize sensing technologies such as camera image utilization technology and laser measurement technology which are remarkable technological advances recently in order to improve road management and labor saving. NILM investigates the sensing technology that can be easily mounted and mounted on patrol vehicles and is examining evaluation methods such as required performance of scenes to be utilized for the purpose of sophistication and labor saving of road management, existing commercial technology.

[研究目的及び経緯]

国土交通省では、道路管理の高度化および省力化を目的として、近年技術進歩が著しいカメラ画像活用技術やレーザー計測技術等のセンシング技術の活用を目指している。

このため、国土技術政策総合研究所では、巡視車両等に容易に装着・搭載が可能なセンシング技術について調査するとともに、道路管理の高度化、省力化を目的として活用する場面の要求性能、既存市販技術等の評価方法等について調査検討を進めている。

本研究では、道路管理への車両搭載センシング技術の活用に関する調査、比較検証方法の検討、車両搭載センシング技術の比較検証等を行っている。本年度は、上記に必要な基礎資料として、車両搭載センシング技術に関する情報収集および道路管理へ活用する場合の機能要件整理、車両搭載センシング技術の比較検証方法の整理、比較検証用のデータ収集および整理等を行った。

[研究内容及び成果]

1. 車両搭載センシング技術に関する機能要件の整理

まず、地物地図管理・道路情報便覧管理・道路管理・災害対応の4つの道路管理業務に対して、車両搭載センシング技術の要求事項を整理した。次に、4つの道路管理業務に対して、5W1H（いつ、どこで、誰が、何をなぜ、どのように）の観点で車両搭載センシング技術の機能要件を整理した。最後に、各道路管理業務に車両搭載センシング技術を適用した場合の要求性能を整理した。(表1)

表1 要求性能の整理結果

業務	業務小分類	車両搭載センシング技術 要求事項	計測機器		ソフトウェア	
			カメラ、 レーザー	GNSS ・IMU	自動 認識	差分 抽出
地物地 図管理	道路基盤 地図情報 作成	絶対精度1/500の地図作 成	高	高	○	-
	自動運転 用地図作 成	相対精度1/500の地図作 成	高	低	○	-
		地図の更新	高	低	○	○
道路情 報便覧 管理	特車申請	相対精度1/500の車道交 差部地図作成	高	低	○	-
道路管 理	-	舗装等の管理(ひび割れ、 凹凸検知)	超高	低	○	○
	-	落下物等の路上異常検知	低	低	○	○
	-	法面変位等測定	超高	低	○	○
	-	道路照明灯の確認	低	低	○	○
災害時 対応	-	幅員確認等の通行障害の 確認	高	低	○	○
	-	除雪のための積雪量計測	高	低	○	-
	-	除雪時の障害物計測	超高	超高	○	-
-	災害時の道路構造物被害 箇所の判定	低	低	-	○	

凡例 超高：1/500以上の精度が必要、高：1/500 精度、低：高精度の計測が不要

2. 車両搭載センシング技術の比較検討方法の整理

2.1. 車両搭載センシング技術の評価事項の整理

車両搭載センシング技術を各道路管理業務への活用を想定した場合に、車両搭載センシング技術の評価事

項を整理した。今回は、精度・機器費用・地物取得有無・図化作業の自動化を評価対象とした公募実験による市販技術の検証を行うこととした。

2.2. 比較検討方法の検討

公募実験において車両搭載センシング技術の精度検証を行うため、精度検証時に対象とする地物、絶対精度検証方法、相対精度検証方法を検討し、以下の通り設定した。

【対象地物】車道交差点、横断歩道、停止線、単路部区間線、沿道標識、距離標

【絶対精度検証方法】

- ・誤差 5cm 程度（地図レベル 1/100）の高精度測量を行った点を公募実験で取得し、取得結果との標準偏差で評価する。

【相対精度検証方法】

- ・誤差 5cm 程度の高精度測量の実施箇所間の距離と公募実験で計測を行った同一箇所の 2 点間の距離を比較する。

さらに、センシング技術について、車両搭載を想定した場合の作業内容や課題等を把握するための実験参加企業へのヒアリングを行うこととした。

2.3. 検証フィールドの検討

公募実験の実施時の検証フィールドに必要な要件について検討し、検討した要件に従い、3 箇所の検証フィールドを選定した。

表 2 検証フィールド選定結果

No.	検証箇所	箇所詳細
1	国総研試走路	アスファルト舗装部(延長 500m)、コンクリート舗装部(延長 500m)、トンネル部(延長 700m)、車道交差点
2	国道 16 号	千葉国道事務所管内 168.0kp~170.0kp (延長 2 km)
3	国道 126 号	千葉国道事務所管内 76.0kp~78.0kp (延長 2 km)

2.4. 公募実験の実施

実験の公募を行い全 9 社の参加があった。公募実験では、参加者による各検証箇所の現地計測を実施した。

国総研試走路 : 平成 29 年 1 月 11 日~13 日
 国道 16 号・国道 126 号 : 平成 28 年 12 月 19 日~21 日
 平成 29 年 1 月 17 日、19 日



図 1 計測実施状況 (国道 126 号)

3. 比較検証データの収集および整理

3.1. 比較検証用データ収集

公募実験結果に対しての評価のため、各検証フィールド内の比較検証地物を国土交通省公共測量作業既定

(準則第 17 条適用を含む) に沿った測量作業を実施した。

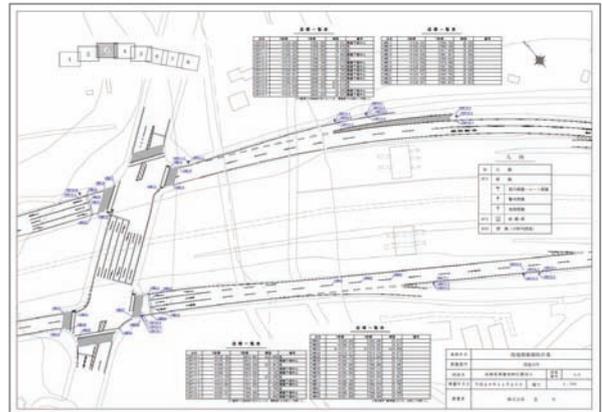


図 2 測量成果図面 (国道 16 号)

3.2. 比較検証用データ整理

公募実験結果の計測データを 2. で整理した検証方法に沿って整理した。ヒアリング結果及び検証結果を踏まえて、各公募実験参加技術に対しての評価を実施した。

表 3 公募実験参加技術 評価結果

評価項目	評価内容(要件)	評価方法	要件を満たす企業数
精度	絶対精度 1/500 の取得が可能な技術	指定した地物の計測結果と検証用に測量を行った地物との標準偏差を算出	8 社/9 社
機器費用	絶対精度 1/500 の取得でき、尚且つ機器コスト 1500 万円程度の技術	公募参加企業へのヒアリング結果にて評価	4 社/9 社
地物取得有無	検証箇所の計測対象地物の取得有無	計測結果の地物取得結果から評価	9 社/9 社
図化作業の自動化	計測データからの図化作業の自動化の有無	公募参加企業へのヒアリング結果にて評価	0 社/9 社

[まとめ及び今後の予定]

本研究により、公募参加のあった 9 社全社の技術を用いれば、地物取得が可能であることが確認できた。また、9 社のうち 8 社の有する技術で絶対精度 1/500 の地物取得が可能であることが確認できた。さらに、4 社の技術は、当初想定していた機器費用の範囲内で機材調達できる可能性が確認できた。一方、運用面で図化作業の完全自動化には全社が非対応という課題も確認された。今後は、道路管理者への機材調達に向けて機材管理・搭載の容易さ及び図化作業の省力化に確認を行っていきたい。

道路基盤地図情報の品質確保及び接合・標定に関する技術の実用化検討

Practical applications of ensuring quality, bonding and orientation of fundamental geospatial data of road
(研究期間 平成 27～29 年度)

社会資本マネジメント研究センター
Research Center for Infrastructure Management
社会資本情報基盤研究室
Information Platform Division

室長
Head
研究官
Researcher
交流研究員
Guest Research Engineer
交流研究員
Guest Research Engineer

関谷 浩孝
Hirotaka SEKIYA
今野 新
Arata KONNO
石田 大輔
Daisuke ISHIDA
山岡 大亮
Daisuke YAMAOKA

The Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism has been working on the accumulation and utilization of the fundamental geospatial data of road. In this study, we developed the check program equipped with new three functions contributing to the efficient quality checking of the fundamental geospatial data of road.

〔研究目的及び経緯〕

国土交通省では、平成 18 年度から大縮尺道路地図の「道路基盤地図情報」の整備を推進し、道路基盤地図情報を活用した道路管理や道路サービスの高度化の実現に向けて取り組んでいる。

国土技術政策総合研究所（以下、「国総研」という。）では、道路基盤地図情報を「道路工事完成図等作成要領（平成 20 年 12 月）」での規定に基づく品質で適切に作成し、また更新作業を支援するために必要となる技術開発を行っている。

国総研では、道路工事完成図等作成要領での規定に基づく品質で図面が作成されていることを確認するためのプログラム（以下、「チェックプログラム」という。）を平成 18 年度に開発した。その後、対象となるデータや機能の追加を都度異なる言語で開発してきたため、内部的に複数の異なるプログラム言語が含まれている。このため、古い世代に開発されたプログラムが、OS アップデート等による動作環境の変化に対応できなくなるといった課題がある。

また、CAD 製図基準、及び工事完成図書の電子納品等要領の改訂が平成 27 年度に行われ、道路工事完成平面図の形式について従来の SXF (2.0/3.x) 形式（拡張子.p21）に加え、SXF (3.x) 形式を Zip 形式で圧縮した P2Z 形式（拡張子.p2z）への対応が必要である。

本研究は、上記の課題をこれまでに残された課題も含めて対応するために、チェックプログラムを改良するものである。

〔研究内容〕

基本ソフトウェア（Windows OS）のアップデートな

どへの対応のため、現行、複数のプログラムで開発されたチェックプログラムを単一の言語で統一し、動作環境の変化に柔軟に対応できるようにプログラム言語を C# に統一した。

これは、既存チェックプログラムの一部に含まれる Java、或いは C# ではない言語を選択した場合、既存チェックプログラムに多く含まれている C# で構築されているプログラムの、選択した言語への書き換えに伴うコストが生じてしまうためである。

次に、課題に対応する次の 4 つの機能を、既存のチェックプログラムに追加した。

- ①改訂後の CAD 製図基準に対応した機能
- ②要修正項目を示す機能
- ③属性情報をチェックする機能

- ①改訂後の CAD 製図基準に対応した機能

CD に電子格納された P2Z 形式の圧縮ファイルを解凍して検証する機能を開発した。



図 1 CAD 製図基準改訂の概要

具体的には、SXF (P2Z) 形式内に複数の図面ファイルが格納されていることを前提に、チェックプログラムとの受け渡しを行う。SXF (P2Z) 形式のファイルは、電子納品用に格納されている場所から一時的なフォルダにファイルを移し、その内容をチェックプログラムに受け渡す。完成平面図をチェックプログラムで読み

込む際、SXF (P21) 形式の図形ファイル内に設定されているバージョン情報を取得し、属性ファイル形式のチェックを加える。

チェック対象ファイル	拡張子	<ul style="list-style-type: none"> SXF(P21)形式の図形ファイルのバージョンの判断は、SXF(P21)形式ファイル内のバージョン情報を取得して判断
図形SXFデータ (Ver3.x)	.p21	
属性XMLデータ	.saf	

チェック対象ファイル	拡張子	SXF(P21)形式ファイル内のバージョン情報 バージョン情報 対応する属性ファイル
図形SXFデータ (Ver2.0)	.p21	
距離標・測点属性データ	.csv	

チェック対象ファイル	拡張子	
道路施設基本データ	.xml	2.0 CSV形式

図2 SXF (P2Z) 形式の属性ファイルの対応

②要修正項目を示す機能

チェックプログラムが検出する 118 項目のエラーのうち、具体項目が特定されていないエラーメッセージが 13 項目含まれている。例えば、エラーを検出した際「図形データの図形識別番号が重複しています」というメッセージのみが通知され、具体的なエラー項目を表示しない。これにより、利用者はエラー発生項目の特定に時間を要し、修正作業が非効率となっている。そこで、具体のエラー項目を図示・表示する機能を開発した。

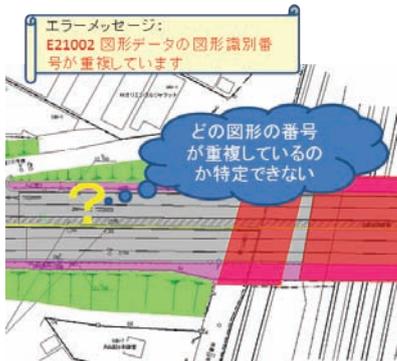


図3 要修正項目が示されないイメージ

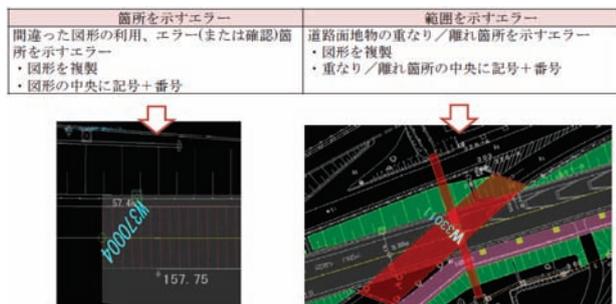


図4 エラー位置の出力例

③属性情報をチェックする機能

道路工事完成図の属性データ (.SAF) は、XML 形式のテキストファイルのため、数字の半角・全角の混在や、漢字の変換ミスなど、想定されない事項が入力されて

いる。このため、ファイル作成の年月日や図形データのファイル名など、頻度の多い軽微な入力ミスを検出する機能を開発した。さらに、データ形式 (文字か、数値かなど)、書式 (日付の場合、YYYY/MM/DD=西暦 (数値4桁/月 (数値2桁) /日 (数値2桁) など、DB 定義が明確なデータ項目については、詳細なデータチェックを行う機能を開発した。

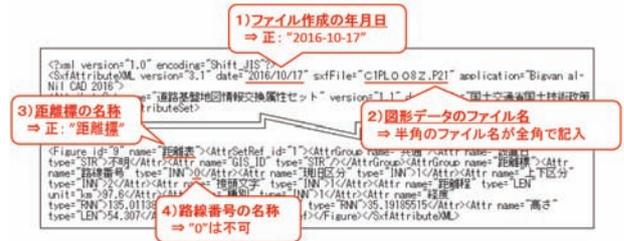


図5 発生頻度の高い属性データの軽微な誤記例

【研究成果】

プログラム言語を統一し、下記機能を実装したチェックプログラムを作成した。

- ①改訂後の CAD 製図基準に対応した機能
- ②要修正項目を示す機能
- ③属性情報をチェックする機能

【成果の活用】

改良したチェックプログラムを公表し、地方整備局等が道路基盤地図情報の品質を確認する作業の省力化を図り、適切な品質での作成を支援する。

道路基盤地図情報を活用した道路管理支援システムの構築

Road management support system using fundamental geospatial data of road

(研究期間 平成 27～29 年度)

社会資本マネジメント研究センター
Research Center for Infrastructure Management
社会資本情報基盤研究室
Information Platform Division

室長
Head
研究官
Researcher
交流研究員
Guest Research Engineer
交流研究員
Guest Research Engineer

関谷 浩孝
Hiroataka SEKIYA
今野 新
Arata KONNO
石田 大輔
Daisuke ISHIDA
山岡 大亮
Daisuke YAMAOKA

The Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism has been working on the accumulation and utilization of the fundamental geospatial data of road. In this study, we defined four requirements contributing to the efficient road management.

〔研究目的及び経緯〕

国土交通省では、平成 18 年度から大縮尺道路地図の「道路基盤地図情報」の整備を推進し、道路基盤地図情報を活用した道路管理や道路サービスの高度化の実現に向けて取り組んでいる。

国土技術政策総合研究所（以下、「国総研」という。）は、事務所では紙ベースで散在している道路管理に必要な情報（点検・補修履歴、占用物件、苦情）を一元的に管理・重畳し、多角的視点からの管理業務の見直しや要因分析に活用するための仕組みの構築に必要な技術開発や基準類の整備を行っている。

本研究は、既存の「道路平面図等管理システム」に具備すべき、道路管理の効率化に資する 4 つの機能の要件定義書を作成するものである。

〔研究内容〕

1. インターフェース機能の要件整理

「道路平面図等管理システム」とは、道路基盤地図情報が整備されている箇所を地図上で旗揚げ表示し、当該箇所を選択すると cad や pdf のデータ形式でダウンロードするシステムである。本研究では、道路基盤地図情報の整備や活用を推進するための行政ニーズを、「道路平面図等管理システム」に追加すべき機能の要件として整理した。

道路基盤地図情報が整備されていない区間を補完するためには、工事完成図に加え道路台帳附図等の pdf データを登録することが有効だと考えられるため、図 1 の①で示す機能の要件を整理した。また、道路基盤地図情報の「品質を確認するチェックプログラム」が示す、要修正箇所に対応する作業に時間を要すること

が課題として挙げられるため、改善策として図 1 の③の機能を整理した。

また、道路基盤地図情報が道路管理に活用されていない課題として、他システムと連携する機能を有していないことや、現場で災害時に撮影した写真データを本省と迅速に情報共有されていないことが挙げられる。これらを改善するため、図 1 の②及び④の機能を整理した。

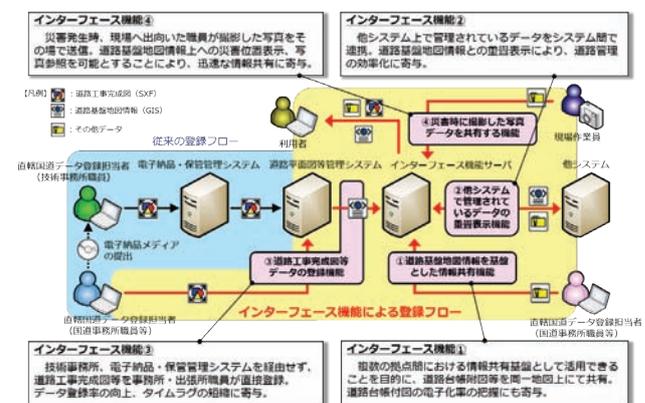


図 1 道路管理に関わる課題と対応機能

- ①道路台帳附図等を登録・参照する機能
道路台帳附図等の pdf データを登録・参照する機能の要件を次のように整理した。
例：＜登録機能＞
 - ・地図上に図面の延長方向を示す始点と終点を指定。
 - ・一定距離の横断方向をもつ面図形を自動生成。
- ②他システムと連携する機能
他システムで管理されている占用物件等のデータを

道路基盤地図情報と重畳表示する機能の要件を図2のように整理した。

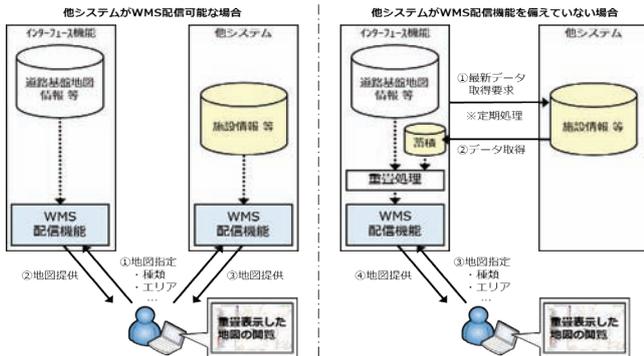


図2 他システムで管理されているデータを重畳表示するシステム図

③ 工事完成図を部分登録する機能

「品質を確認するチェックプログラム」に不合格である工事完成図も含めて一括登録し、修正した工事完成図を部分登録する機能について、図3のような機能の要件を整理した。

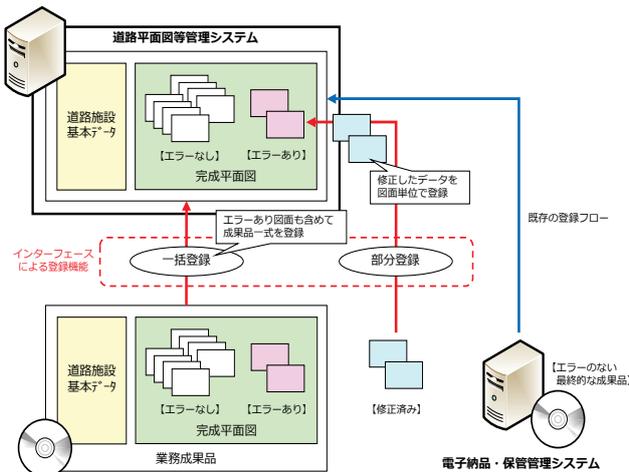


図3 工事完成図を部分登録するシステム図

④ 災害時に撮影した写真データを共有する機能

現場で災害時に携帯端末を利用して撮影した写真データを、撮影した方向情報と合わせて重畳表示する機能の要件を図4のように整理した。

整えた後、本省や国総研の担当者から得られた意見に対し、対応すべき要件を追加した。



図4 災害時に撮影した写真データを共有するシステム図

それぞれの機能に対する主な意見は、下記の通りである。

- 機能①の試行に対する意見と対応した要件
意見) 複数図面の一括登録において記入する図面の位置情報は、緯度・経度ではなく距離標にしたい。
対応) 複数図面の一括登録において記入する図面の位置情報は、路線情報と距離標値とする。
- 機能③の試行に対する意見と対応した要件
意見) データ参照、登録作業を行うにあたり、任意の距離標地点へ地図移動する方法があると効率的。
対応) 任意の距離標地点へ地図を移動できるよう、距離標位置の検索機能を追加する。
- 機能④の試行に対する意見と対応した要件
意見) 登録済みデータの検索機能があると効率的。
対応) 写真撮影者の所属、登録時期を条件に、登録済みデータを検索できる機能を追加する。

[研究成果]

下記機能の要件定義書(案)を作成した。

- ①道路基盤地図情報を基盤とした情報共有機能
- ②他システムで管理されているデータを重畳表示する機能
- ③工事完成図等の登録率向上に資する機能
- ④災害時に撮影した写真データを共有する機能

[成果の活用]

上記要件定義書に基づき、平成29年度に既存の「道路平面図等管理システム」に4つの機能を実装し、道路管理業務の効率化を支援する。

道路関連情報の交換・蓄積・活用環境の構築に関する検討

A Study for construction of exchange and storage and utilization environment of road-related information

(研究期間 平成 27～28 年度)

社会資本マネジメント研究センター
Research Center for Infrastructure Management
社会資本情報基盤研究室
Information Platform Division

室長
Head
研究官
Researcher
交流研究員
Guest Research Engineer

関谷 浩孝
Hiroataka SEKIYA
今野 新
Arata KONNO
石田 大輔
Daisuke ISHIDA

The Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism has been working on the accumulation and utilization of the fundamental geospatial data of road. In this study, we developed the existing manual contributing to the use of local government.

[研究目的及び経緯]

国土交通省では、平成 18 年度から大縮尺道路地図の「道路基盤地図情報」の整備を推進し、道路基盤地図情報を活用した道路管理や道路サービスの高度化の実現に向けて取り組んでいる。

国土技術政策総合研究所（以下、「国総研」という。）は、地方公共団体が管理する道路も含めた広域な道路ネットワーク上において、道路基盤地図情報の整備や活用を促進するために必要となる技術開発や基準類の整備を行っている。

地方公共団体では、来庁者に対する道路管理境界を案内する際の背景図として大縮尺道路地図が活用されている。さらに、豪雪地域においては除雪車のオペレータ不足を補うためのマシンガイダンスの背景図としてのニーズがある（図 1）。

しかし、地方公共団体が保有する道路管理図面の多くが紙媒体であることから、このようなニーズに対応した大縮尺道路地図の整備を支援する必要がある。

本研究は、地方公共団体の道路管理に活用可能な道路基盤地図情報の内容を示した「製品仕様書（案）」及び作成手順を示した「整備・更新要領（案）」を作成するものである。

[研究内容]

まず地方公共団体での先進的事例（道路管理図面を用いた道路管理システムを導入している事例や、道路台帳附図を電子化している事例）を調査し、直轄国道や高速道路を対象とした、既存の「道路基盤地図情報（整備促進版）製品仕様書（案）」及び「既存資源を活用した道路基盤地図情報整備・更新要領（案）」（国総研資料 No. 848※）に対する追補版を机上検討した。

次に、当該区間の道路管理者が有用性を評価するため、移動体計測車両（MMS）により道路基盤地図情報を試作した。道路管理者へのヒアリングを通じて、既存の製品仕様書（案）及び整備・更新要領（案）に対する追補版（案）を作成した。

（1）追補版の机上検討

大縮尺道路地図を用いた道路管理システムを導入し、道路台帳附図を電子化している 3 つの地方公共団体より、扱う情報の内容を定義した製品仕様書を調査した。今後道路管理システムを導入予定の地方公共団体も合わせて 4 団体が扱う地物と、既存の道路基盤地図情報が扱う地物を比較した。この結果、追補版として追加



図 1 道路基盤地図情報の活用場面

すべき以下の地物情報と属性情報を明らかにした。

- ・追加する地物情報：石段（図2）
- ・追加する属性情報（例）：
 - ①地物「管理用開口部」に対して「マンホール（共同溝、ガス、電話、電気、下水、上水）」、
 - ②地物「側溝」に対して「VS側溝、V側溝、R側溝」（図3）

石段
道路又は道路に隣接して存在する階段状の構造物。

【取得根拠】
参考資料
・国土交通省公共測量作業規程 大縮尺地形図式規定(石段)

石段の例

上位クラス：道路関連地物

抽象/具象区分：具象

属性：

データ有効期間：TM_Period
データ作成からデータ更新（又は削除）までの期間。
データ作成日は、道路基盤地図情報を作成した日を取得する。
また、データ更新（又は削除）日は、作成されている道路基盤地図情報の更新（又は削除）を行った日を取得する。
管理者{0..1}：管理者
取得レベル{0..1}：CharacterString
例：地上測量、航空写真測量（撮影縮尺）、既成図数値化（道路台帳附図）、既成図数値化（完成図書）、既成図数値化（道路台帳附図）+補備測量、既成図数値化（道路台帳附図）+部分的補備測量、既成図数値化（完成図書）+補備測量、既成図数値化（完成図書）+部分的補備測量、既存資料活用+部分的補備測量
なお、航空写真測量を行った場合、撮影縮尺を入力する。 入力例：航空写真測量（1/4000）
設置期間：TM_Period
地物が設置されてから撤去されるまでの存在する期間。
設置年月日が不明な地物については時間位置を示すTM_TemporalPositionを用い、属性 indeterminatePosition(不確定位置)の属性値をunknownとする。
範疇：GM_Surface
石段の外面を領域として取得する。

図2 「石段」の内容

側溝
主として道路の表面水を排除するために地表面に設置される排水溝。路面又は歩道等に降った雨水を集め、排水するため路側又は歩道境界等に設置する溝。

属性：
種別 {0..1}：CharacterString
側溝の種類。
定義域
L型側溝、U型側溝、側溝、アスファルトコンクリートカーブ、洗車溝、VS側溝、V側溝、R側溝

VS側溝の例 V側溝の例 R側溝の例

図3 「側溝」に追加する属性情報の内容

作成した製品仕様書の追補版（素案）に基づき、移動体計測車両（MMS）による点群座標データを用いて道路基盤地図情報を試作した。追加する地物（石段）が路側に位置する場合には計測可能であるが、進行方向上に位置する場合には計測困難で有り、補備測量が必要であることを明らかにした。

試作した道路基盤地図情報を用いて当該区間の道路管理者へヒアリングを行い、道路管理の効率化に資する、以下の新たな地物情報を明らかにした。

- ・追加する地物情報：屋外広告物、ゴミ収集のステーション

[研究成果]

机上検討に基づいた道路基盤地図情報の試作や、当該区間の道路管理者へのヒアリングを通じ、既存の製品仕様書（案）及び整備・更新要領（案）に対する追補版（案）を作成した。

[成果の活用]

既存の製品仕様書（案）及び整備・更新要領（案）に対する追補版（案）を公表用資料として作成し、地方公共団体における道路管理の効率化（図4）の支援を図る。

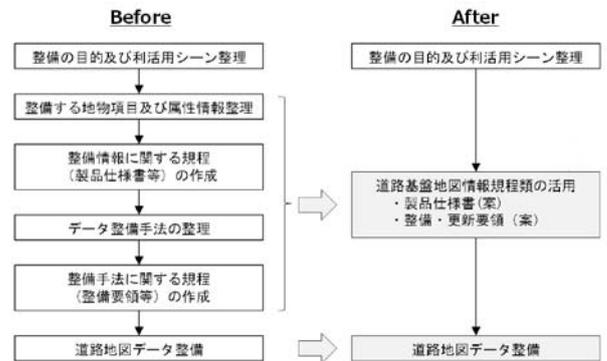


図4 道路基盤地図情報の整備作業削減イメージ

※<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0848.htm>

(2) 試作及び道路管理者へのヒアリングを通じた追補版(案)の作成

領域4：コスト構造を改革し、
道路資産を効率的に形成する（つくる）

道路構造物の信頼性に関する調査検討

Study on reliability of road structures

(研究期間 平成 26～28 年度)

道路構造物研究部 橋梁研究室
Road Structures Department
Bridge and Structures Division

室長 星隈 順一
Head Junichi HOSHIKUMA
主任研究官 白戸 真大
Senior Researcher Masahiro SHIRATO
研究官 宮原 史
Researcher Fumi MIYAHARA
交流研究員 松村 裕樹
Guest Research Engineer Yuuki MATSUMURA

NILIM has studied a risk assessment method to prevent road furniture from falling down that could hurt people under the bridge. This paper proposes a risk assessment method for the collapse of road furniture with consideration of structural redundancy and deterioration. Some trial calculations have shown that the proposed method can compare the change in the collapse risk when changing structural details for a typical sign structure.

〔研究目的及び経緯〕

本研究は、道路構造物の統一的な信頼性の確保策の確立の一環として、これまで設計基準類において信頼性の観点から統一的な評価手法が確立されていない構造冗長性（リダンダンシー）に着目した構造設計手法の実現性を検討するものである。

道路構造物のうち、標識・照明柱などの「非構造部材」は、落下、倒壊すると第三者被害に直結する可能性がある一方、構造系の単純さから、部材の数や配置に配慮して構造冗長性を改善することで第三者被害リスクを低減できる可能性が高い。そこで本研究では、非構造部材に着目し、構造冗長性を考慮したリスク評価法を提案した。提案した評価法は、非構造部材の落下、倒壊を FT (Fault Tree) を用いてモデル化した上で、FT の基本事象の発生確率の設定に初期品質のばらつき、経年劣化のばらつきも考慮し、リスクの経年変化を評価するものである。また本研究では、提案した評価法を標識板の落下に適用し、その有効性を示した。

〔研究内容及び成果〕

1. 非構造部材の落下、倒壊事故事例調査

非構造部材の落下、倒壊リスクをモデル化するにあたり、モデル化する必要がある部位を絞り込むとともに、落下、倒壊事象と因果関係を有する事象を絞り込む必要がある。そこで、文献等で過去の落下、倒壊事故事例を調査した。

表 1 に示すように、事故が発生する原因となった破壊箇所はいずれも部材同士の接合部か基部であった。

表 2 には事故原因を作用（荷重等）側と抵抗側に分けて整理した。抵抗側に着目すると、想定される原因は初期強度のばらつき（材料や施工の品質のばらつき）と経年劣化に分類できた。

表 1 事故が発生する原因となった破壊箇所

分類	破壊箇所
部材接合部	ボルト(6)、ピン(4)、その他の取付金具(11) コンクリート付着(4)、溶接部(3)、接着部(3)、 埋込部(3)、岩綿付着(1)
基部	柱基部(19)

()内は件数を表す

表 2 事故の発生原因として想定された事象

分類	発生原因として想定された事象	
作用側	強風(16)、車両衝突(2)、乾燥収縮(1)、 その他の荷重(3)	
抵抗側	初期強度	ピンの引抜き抵抗力のばらつき(1)、 接着材強度のばらつき(1)
	経年劣化	腐食(24)、亀裂(4)、樹脂の劣化(2)、 疲労(2)、接着材の劣化(1)

()内は件数を表す

2. リスク評価法の提案

本研究では、非構造部材の落下、倒壊リスクを評価するにあたって、構造冗長性を考慮した検討と親和性が高いと考えられる FT (Fault Tree) を用いてモデル化することを提案する。図 1 に示すように、1.の結果を踏まえ部材同士の接合部と基部の破壊に着目して、構造系全体から接合部へ、各接合部からそれを構成する各パーツへというように、階層ごとに FT を構築することで、構造冗長性を表現することが可能である。また、リスク評価にあたっては以

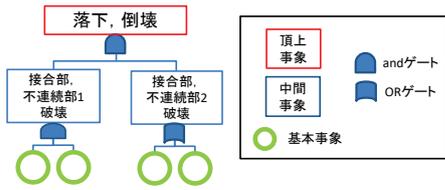


図1 非構造部材の落下、倒壊を表す FT

下のパラメータを考慮することを提案する。

- ・初期強度の期待値及びばらつき
- ・経年劣化の速度の期待値及びばらつき
- ・維持管理行為の頻度と内容

設計段階で、本リスク評価法を用いてリスクの観点から優位になるよう使用材料の選定、構造形式の選定、部材接合部の数や位置の選定、前提とする維持管理行為の設定が行われることが期待される。

3. FT (Fault Tree) を用いたリスク評価の一例

代表的な例として、標識板の落下を取り上げ、図2に示すFTを用いたリスク評価の一例を示す。FTから、2本のボルトが同時に破壊した場合のみ標識板が落下する。また、一定の頻度で行う点検時に破壊しているボルトは、その都度交換されると仮定する。なお、以下の試算で用いる初期破壊確率や経年劣化の速度は、根拠がない仮定値である。このため、試算結果からリスクの基本的な傾向は考察できるものの、試算結果の

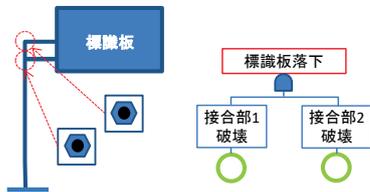


図2 標識板落下の FT (F型(接合部2, ボルト1))

表3 試算ケース1

	ボルトの初期破壊確率		ボルトの破壊確率の上昇値			点検間隔
	平均値	標準偏差	下限値	平均値	上限値	
ケース1-1	0.03~ 0.15	0.01	0.015	0.02	0.025	5年
ケース1-2	0.03~ 0.15	0.01	0.005	0.01	0.015	5年
ケース1-3	0.03~ 0.15	0.01	0.025	0.03	0.035	5年

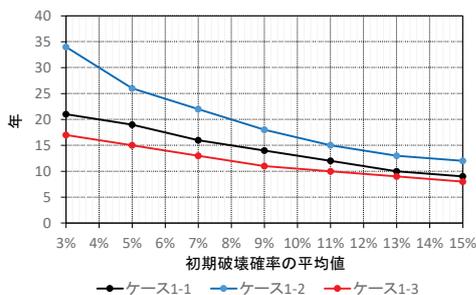


図3 寿命の平均値 (初期破壊確率に着目)

絶対値は意味をなさない。試算で用いるパラメータ設定のためのデータ蓄積は今後の課題である。

まず、表3のケース1-1~1-3に示す個々のボルトの破壊確率及び点検間隔の設定でリスク評価を行った。それぞれのケースで、ボルトの初期破壊確率の平均値を2%ずつ変化させ、構造系の状態の経年変化に関してそれぞれ1,000回のモンテカルロシミュレーションを行った。得られた構造系としての寿命の平均値を図3に示す。図4から、初期品質を改善するにつれ寿命が長くなる傾向があることが確認できる。特に経年劣化の速度が比較的小さいケース1-2では初期破壊確率を10%以下にすると寿命が大幅に長くなることから、初期品質を改善することによるリスク低減効果が大きいことが分かる。一方、経年劣化の速度が比較的大きいケース1-1,1-3では初期破壊確率を小さくしてもケース1-2と比較して寿命が長くなり、初期品質の改善によるリスク低減効果に限界があることが分かる。

次に表4のケース2に示す設定で、点検間隔を2年ずつ変化させ、それぞれ1,000回のモンテカルロシミュレーションを行った。得られた構造系としての寿命の平均値を図4に示す。図4から、点検間隔が短くなるにつれ構造系としての寿命が長くなる傾向があることが確認できる。本ケースとケース1-1~1-3の結果の対比からは、経年劣化速度が比較的大きく、初期品質の改善によるリスク低減効果に限界がある条件においても、点検間隔を短くすることで大きなリスク低減効果を期待できる可能性があることが分かる。

表4 試算ケース2

	ボルトの初期破壊確率		ボルトの破壊確率の上昇値			点検間隔
	平均値	標準偏差	下限値	平均値	上限値	
ケース2	0.05	0.01	0.015	0.02	0.025	2年~ 10年

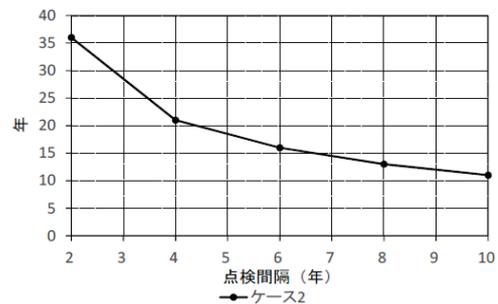


図4 寿命の平均値 (初期破壊確率に着目)

【今後の課題】

本研究で提案した方法論の設計実務への導入を図る。

【成果の発表】

各種論文で発表済み。国総研資料としても発表予定。

【成果の活用】

道路標識に関する技術基準類に反映する。

部分係数設計法の信頼性向上に関する調査検討

Study on the enhancement in the reliability of partial factor design method

(研究期間 平成 26～28 年度)

道路構造物研究部 橋梁研究室

Road Structures Department

Bridge and Structures Division

主任研究官

Senior Researcher

研究官

Researcher

交流研究員

Guest Research Engineer Mamoru MASAKI

白戸 真大

Masahiro SHIRATO

河野 晴彦

Haruhiko KOUNO

正木 守

室長

Head

研究官

Researcher

交流研究員

Guest Research Engineer

交流研究員

Guest Research Engineer Ryota NAKAMURA

星隈 順一

Junichi HOSHIKUMA

宮原 史

Fumi MIYAHARA

窪田 真之

Masayuki KUBOTA

中邨 亮太

To ensure required bridge performance based on reliability, NILIM has studied partial factor design for road bridges. The present study has proposed and verified the validity of load combination factors and load factors for different types of bridges.

〔研究目的及び経緯〕

国土技術政策総合研究所（国総研）では、信頼性設計の考え方を基礎とし、国際的技術基準の標準書式でもある部分係数設計体系への転換を視野に、道路橋の技術基準の見直しに必要な検討を進めてきた。

荷重係数や荷重組合せの設定方法については、ISO2394にB-C(Borges-Castanheta)モデルやTurkstra法といった理論的手法や経験的手法が紹介されているが、それらの方法を実際に適用して荷重係数や荷重組合せ係数を包括的に検討した例は少ない。国総研では、平成 25 年度までに、B-C モデルに基づいた荷重同時載荷状況の確率過程をモンテカルロシミュレーションで再現する方法を提案し、また、約 20 橋の橋に対してシミュレーションを実施した結果から Turkstra 法の考え方をもとに橋に影響を与える荷重組合せとそれに対応する荷重係数を同定する方法を提案した。

本研究は、道路橋が様々な路線条件、環境条件、構造条件に対して設計されることを考慮し、幅広く一般の橋に適用できるように荷重係数と荷重組合せ係数を精査し、信頼性の向上を図るものである。

そのために、過年度までに提案したモンテカルロシミュレーションで用いた活荷重や風荷重といった荷重の持続特性や頻度分布について精査し、また、対象とする橋梁数を増やして検証計算を実施することで信頼性の向上を図った。

〔研究内容及び研究成果〕

1. シミュレーション方法の検討

国総研では、荷重の作用過程を考慮するためにモンテカルロシミュレーションを用いる以下の方法を提案している。これは、設計供用期間に時々刻々と変化する作用の組合せに対して、断面力とそこに占める各作用の寄与分の内訳の変化を把握するために、B-Cモデルが考慮しているように一定時間間隔で同時載荷状況を離散化し、確率過程としての荷重同時載荷シミュレーションを実施するものである。そして、代表的な断面における断面力の供用期間最大値を求め、100年間のモンテカルロシミュレーションを1000回繰り返し、各断面の断面力100年最大値分布（極値分布）を作成するものである。1000回繰り返すのは断面力最大値の標本依存性をなくすためで、別途、感度解析を実施した上で各種荷重の極値を取りこぼす可能性が低いことを確認している。

図1に、シミュレーションのイメージ図を示す。

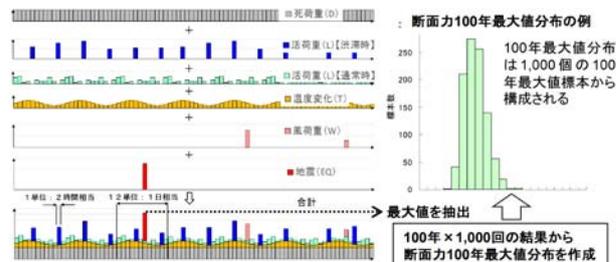


図 1 シミュレーションのイメージ図

全着目断面と着目断面力それぞれから、予め設定する非超過確率の範囲内にある断面力100年最大値標本を抽出し、断面力の100年最大値を与えた荷重組合せとその時の荷重係数の標本を得たのちに、Turkstra法の考え方に基づいて起こり得る荷重組合せとそのときの荷重係数の取り得る範囲を絞り込む。

Turkstra法は、着目する変動荷重の一つを固定したときに、その他荷重は必ずしも最大値を重ねる必要はなく、平均値程度にするのがよいという経験則である。このTurkstra法の考え方を利用すれば、ある変動荷重1つに着目したときに、その他の荷重の荷重係数が0.1以上となるときの荷重組合せを抽出し、着目変動荷重の荷重係数の範囲とその荷重に対して重なるその他の変動荷重の種類と荷重係数の範囲を整理することを全ての変動荷重に対して行うことでもれなく主要となる荷重組合せを抽出できると考えた。

2. 対象橋梁

シミュレーションは、橋の種類や形式に出来るだけ依存しないよう以下の①～③の観点で選定し、過年度より40橋ほど多い全60橋を対象とした。

- ① 従来実績が多い形式（鋼鈹桁やPCT桁など）
- ② 近年実績が増えつつある形式（鋼少数鈹桁や波型鋼板ウェブ箱桁など）
- ③ 部分係数法の導入に伴い各作用の影響度に大きな変化が生じると予想される形式（鋼床版箱桁、PC連続ラーメン箱桁など）

3. 荷重組合せと荷重係数のシミュレーション結果

表1に、得られた荷重組合せおよび荷重係数を示す。シミュレーションの結果、上部構造主桁のうち地震の影響を受けない着目断面の断面力100年最大値分布は、収束性が特に高い結果（最大値分布の変動係数が10%以下と設定）となり、対象橋梁の着目断面の8割で現在の道路橋示方書の規定に従い算出した断面力は100年最大値分布の非超過確率95%値に相当した。一方で、ラーメン橋の主桁及び下部構造の橋脚のように地震の影響を受ける着目断面の断面力100年最大値分布は収束性が低い結果（最大値分布の変動係数が20%以上と設定）となり、現行の道路橋示方書に規定に従い算出した断面力を許容応力度の割り増し係数で除した値は、大半の橋梁や断面で100年最大値分布の平均値から平均値 -0.5σ の付近に相当している。そのため、最大値分布の収束性が高い場合は断面力100年最大値分布の非超過95%値、最大値分布の収束性が低い場合は断面力100年最大値分布の平均値および平均値 -0.5σ 値を基準として、荷重組合せと荷重係数を整理した。

表1内の着色部は、荷重係数の大半の抽出値が小さいものを示している。

W（風荷重）とEQ（地震の影響）が同時に作用する組合せは発生しなかった。また、D（死荷重）+EQの組合せに対してL（活荷重）を、D+EQ+SWの組合せに対してL, TH（温度荷重）を、D+TH+EQの組合せに対してLを重ねる必要はないとみなせる。重なる荷重の種類が増えると荷重係数の値が小さくなる傾向が見られ、各荷重の最大値の単純和を取ったものとはならない。

例えば、D+LとD+L+Wの組合せにおけるLの荷重係数はD+L+Wの組合せの方が小さい。また、D+L+THとD+L+TH+SWにおけるTHの荷重係数は、雪荷重(SW)を含む場合は荷重係数が小さい傾向を示した。

表1 荷重組合せと荷重係数の算出結果

荷重組合せ	抽出位置	D	L	TH	W	EQ	SW	該当数
D+L	95%値	0.97~1.09 (1.04)	0.62~1.24 (0.96)					46橋272断面 標本数 5739
D+L+SW	95%値	1.00~1.08 (1.04)	0.66~1.24 (0.84)				1.00	5橋31断面 標本数 527
D+EQ	平均値	1.01~1.07 (1.04)	0.01~0.54 (0.03)			0.88~1.10 (1.06)		19橋31断面 標本数 114
	平均値 -0.5σ	1.00~1.07 (1.04)	0.01~0.62 (0.03)			0.57~1.03 (0.83)		20橋39断面 標本数 136
D+EQ+SW	平均値	1.01~1.07 (1.03)	0.01~0.22 (0.01)	0.01~0.39 (0.14)		0.88~1.08 (0.94)	1.00	3橋9断面 標本数 31
	平均値 -0.5σ	1.01~1.07 (1.03)	0.01~0.64 (0.03)	0.02~0.37 (0.18)		0.31~0.83 (0.70)	1.00	3橋10断面 標本数 55
D+L+TH	95%値	1.00~1.08 (1.03)	0.73~1.24 (0.95)	0.10~0.93 (0.48)				9橋29断面 標本数 333
	平均値	1.02	0.95	0.38~0.58 (0.48)				1橋1断面 標本数 2
	平均値 -0.5σ	1.01~1.04 (1.03)	0.84~0.85 (0.85)	0.16~0.51 (0.40)				1橋2断面 標本数 5
D+L+TH+SW	95%値	1.00~1.05 (1.02)	0.83~1.22 (0.96)	0.10~0.74 (0.27)			1.00	3橋7断面 標本数 58
	平均値	1.01~1.03 (1.02)	0.91~0.98 (0.91)	0.18~0.23 (0.20)			1.00	1橋2断面 標本数 4
	平均値 -0.5σ	1.00~1.03 (1.03)	0.77~1.07 (0.78)	0.18~0.30 (0.21)			1.00	1橋3断面 標本数 7
D+L+W	95%値	1.03~1.07 (1.05)	0.60~0.89 (0.67)		0.22~1.26 (1.11)			2橋4断面 標本数 15
	平均値	1.05~1.06 (1.06)	0.55~0.75 (0.65)		1.33~1.57 (1.41)			1橋2断面 標本数 3
	平均値 -0.5σ	1.03~1.06 (1.05)	0.16~0.68 (0.48)		1.18~1.51 (1.34)			2橋4断面 標本数 24
D+TH+EQ	平均値	1.00~1.08 (1.03)	0.01~0.53 (0.03)	0.11~0.83 (0.39)		0.62~1.11 (0.92)		20橋41断面 標本数 500
	平均値 -0.5σ	1.00~1.08 (1.03)	0.01~0.51 (0.03)	0.10~0.84 (0.40)		0.37~1.04 (0.70)		21橋41断面 標本数 486
D+L+TH+W	95%値	1.04~1.08 (1.06)	0.67~0.88 (0.77)	0.19~0.56 (0.45)	0.98~1.60 (1.14)			1橋4断面 標本数 30
	平均値	1.03~1.07 (1.05)	0.35~0.86 (0.69)	0.11~0.52 (0.36)	1.23~1.64 (1.46)			1橋3断面 標本数 12
	平均値 -0.5σ	1.02~1.07 (1.05)	0.25~0.91 (0.47)	0.15~0.62 (0.42)	0.97~1.51 (1.36)			1橋4断面 標本数 47

※()の値は荷重係数の中央値を示す。また、着色部は荷重係数の値が小さい荷重を示す。

荷重シミュレーションの手法を見直し、シミュレーション対象橋梁数を増加させたことで、表1に示したように信頼性を向上させた荷重組合せと荷重係数を得ることができた。

[成果の発表]

本研究の成果を国総研資料として公表予定である。

[成果の活用]

本研究で得られた荷重組合せや荷重係数を道路橋示方書等、技術基準改定のための基礎資料として活用した。

高度な構造解析手法を用いた安全性及び耐久性評価法の基準化に 関する調査検討

Study on practical design norms for the strength and durability of bridges refined structural computation
(研究期間 平成 26~28 年度)

道路構造物研究部 橋梁研究室

Road Structures Department

Bridge and Structures Division

主任研究官 白戸 真大
Senior Researcher Masahiro SHIRATO
研究員 河野 晴彦
Researcher Haruhiko KOUNO

室長

Head

研究官

Researcher

交流研究員

Guest Research Engineer Mamoru MASAKI

星隈 順一

Junichi HOSHIKUMA

宮原 史

Fumi MIYAHARA

正木 守

This research has been seeking a design practice using refined analyses to examine structural details for strength and durability simultaneously. From the viewpoint of practice, the constant shear panel model is employed and the trial design of a steel bridge and a concrete bridge are performed. The trial shows that the model enables to give nominal stress distributions that are compatible with the allowable stresses given in the design specifications. The test also shows the potential to be capable of seeking better structural details for fatigue and concrete crack using the calculated principal stress distributions while conducting the strength capacity check with nominal stress distribution simultaneously.

〔研究目的及び経緯〕

道路橋の設計は、初等はり理論に基づく骨組解析を前提として行われ、公称応力を用いて耐荷力を照査する。耐久性の検討においては主応力分布や 2 次応力分布まで把握することが有効であるが、主応力や 2 次応力を計算で把握するためには別途シェル要素やソリッド要素を用いた FEM モデルを作成し、検討しなければならず合理的ではない。他方、初めからシェル要素やソリッド要素を用いて耐荷力設計をしようとしても、解析により得られる 2 次応力を含む応力度の分布と、公称応力を用いることを前提に実験結果等に基づく現行の許容応力度とを直接比較できない。

そこで、本研究では、一度の解析で公称応力成分と 2 次応力成分を独立して取り出すことができる一定せん断流パネルを用いた解析（以下、「せんパネ解析」という）を用いて、耐荷力設計の過程の中で耐久性上有利なディテールを同時に検討できる設計手法を検討した。具体的には鋼橋と PC 橋に対する試設計を行い、公称応力を用いて直接的に耐荷安全性を確認すると同時に、鋼橋や PC 橋の耐久性低下要因の一つとなる 2 次応力やそれに起因するひび割れ等を低減できる構造詳細を確認できることを示した。

〔研究内容及び研究成果〕

1. 解析手法の違いによる照査内容の関係

従来設計とせんパネ解析、ソリッド要素やシェル要素を用いた FEM 解析を比較すると、せんパネ解析は、従来の格子解析モデルを基本としつつ骨組み間の結合をせん断流パネル要素で補完するモデルであるため、格子部分の応力を取り出すことで、従来の公称応力や許容値と相対比較が可能である。すなわち、計算結果のあと処理等も不要で、現在の道路橋示方書の許容値をそのまま用いて耐荷力設計ができる。そして、せんパネ解析は FEM 解析と同様に 3 次元的に要素を配置できることから、格点部や 2 次部材などの局所のモデル化や（図 1）、横桁や PC 鋼材のモデル化が可能になり、せん断流として立体的な応力分布が得られる（図 2）。その結果、全橋モデルで耐荷力の照査をしつつ、同時に局所の作用応力やプレストレスによる腹圧力等の応答値を算出し、構造詳細を検討できると期待できる。

2. せんパネ解析を用いた試設計

せんパネ解析を用いることで合理的な設計ができることを検証するために、全橋モデルを用いて試設計を行った。鋼橋では図 1 に示した単弦ローゼ橋、PC 橋では PC 箱桁橋を例として示す。その結果、主桁や横

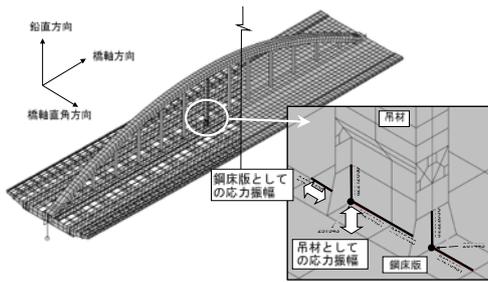


図1 鋼橋全橋解析モデルと局所部分の詳細図

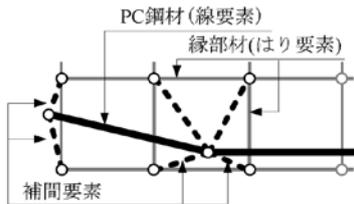


図2 PC鋼材のモデル化

桁の作用応力について格子解析と同様な公称応力として算出できることを確認した。また、鋼橋では、複雑な応力性状となる部位において、単なる格子モデルでは計算できないような、想定する疲労損傷毎の要因となるそれぞれの向きの応力振幅を、せん断流を介し複数の断面力の同時性を考慮して算出でき、応力振幅を小さくするよう詳細構造を検討できることがわかった。PC橋では、プレストレスによる腹圧力の特徴が現れるように桁高変化のあるPC箱桁橋を対象とし、下床版のPC鋼材を分散配置したケースと、集中配置したケースをモデル化した。その結果、PC箱桁を一本棒でモデル化したときと同様に、橋軸方向の格子の応力分布を用いて桁としての応力計算を行いつつ、横方向格子の応力計算を行い、せん断流パネルのせん断流分布を用いることで、PC鋼材を集中配置したケースではウェブ付近に分散配置したケースと比較して4倍程度の腹圧力が生じる結果が得られるなど、合理的なケーブル配置を検討できることがわかった(図3)。

このように、全橋モデルを用いたせん断パネル解析により、局所応力状態やPC鋼材配置の違いによる腹圧力の影響を把握できることから、局所的な部位の安全性や耐久性に関する評価について、部材の断面計算による公称応力を用いた各限界状態の照査や断面の決定と同じ設計段階で同時に行うことができることを確認した。本検討により、定量的な判断を踏まえた設計品質の信頼性を向上させる手法を提案することができた。

3. せん断パネル解析のマニュアル化の検討

数値解析の応答値は、要素分割の影響を受けるので、設計の品質の信頼性を確保するためには、数値解析モデル作成の要領を確立する必要がある。そこで、せん断パネル解析の要素分割に関する検討を行った。例として、

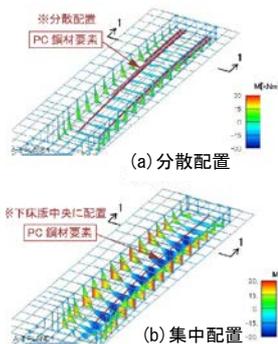


図3 腹圧力の評価
横方向曲げモーメント分布

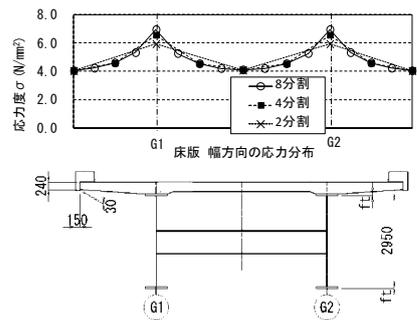


図4 床版の幅方向の要素分割数と応力分布

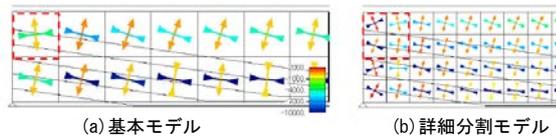


図5 プレストレス作用下の上床版の主応力分布

図4に、鋼連続合成2主I桁における床版の主桁作用の幅員方向に分布する曲げ応力度と要素分割数の関係、図5にPC箱桁橋におけるプレストレス作用下のウェブの主応力分布を示す。鋼橋のモデルにおいて2分割では主桁間の応力分布が三角形となるものの、4分割及び8分割では2次放物線となる曲げ応力分布を再現できることがわかった。主桁から外側の張出部も主桁間と同様に、4分割以上で解析の精度が確保されることがわかった。一方、PC橋において主桁高さを2分割から4分割にすることで、PC鋼材定着部の主応力の流れをより細かく表現できることが確認された。しかし、必要以上に分割数を多くすることはモデル化の煩雑性や収束計算速度にも影響するため、有効伝達長、有効断面、せん断遅れ等の従来設計との関係(精度)を個々に対比して適切に設定する必要がある。

本研究の結果から、せん断パネル解析による全橋モデルを主体とした設計手法が、必要な照査や評価を同じモデルによって効率的かつ整合のとれた形でできる合理的な設計手法になり得ると考え、現段階で整理できる設計手法および解析モデル作成要領を取りまとめた。

[成果の発表]

- 1) 玉越隆史、白戸真大、横井芳輝、水口知樹：鋼道路橋の合理的な設計解析手法に関する研究、国土技術政策総合研究所資料、No.841、2015.3
- 2) 水口知樹、玉越隆史、白戸真大、横井芳輝：一定せん断流パネル要素を用いた解析を主体とした鋼道路橋の設計手法に関する検討、鋼構造論文集、Vol.23、No.89、pp.1-13、2016.3

[成果の活用]

今後さらに検討を進め実務者のための設計ガイドラインや基準等への反映を目指す。

部材連結部の損傷制御及び信頼性に関する調査検討

Study on the damage control reliability of bridge joint fastened with bolts

(研究期間 平成 27-30 年度)

道路構造物研究部 橋梁研究室

Road Structures Department

Bridge and Structures Division

主任研究官 白戸 真大

Senior Researcher Masahiro SHIRATO

研究官 河野 晴彦

Researcher Haruhiko KOUNO

室長

Head

研究官

Researcher

交流研究員

Guest Research Engineer Masayuki KUBOTA

星隈 順一

Junichi HOSHIKUMA

宮原 史

Fumi MIYAHARA

窪田 真之

To stiffen damaged area of bridges due to fatigue cracks found at road bridge welds caused by a large traffic volumes these days, stiffening plates jointed with single-sided construction bolts have been widely used for the seriously damaged member which is flat. But it seems that it hasn't been confirmed if this method is useful for pipe shaped members yet.

Our studies investigated that, in comparison to flat specimens, pipe shaped specimens stiffened by single-sided construction bolts have enough fatigue durability within a given range by fatigue tests. As a result, it was observed that these specimens were elastic under 240kN-50kN range of fatigue test, which indicates that the structure has less effect on fatigue at limited range.

[研究目的及び経緯]

鋼道路橋の溶接部からの疲労亀裂等に対する補修補強において、高力ボルト摩擦接合継手が用いられる場合があるが、構造上の制約により部材の片側からしかボルト締付が行えない部位が存在する。これに対して、片側から施工できる特殊な高力ボルト（以下、「片側施工高力ボルト」という）が使用されることがある。

しかし、片側施工高力ボルトに関する規定はなく、標準すべり試験に準じた引張試験や疲労耐久性試験により個別に検証が行われている。また、鋼道路橋の部材には曲面を有する部材があり、片側施工高力ボルトによる曲面部材への摩擦接合継手について、母材と当て板の接触状態や片側施工高力ボルトの曲面への追随性が耐荷力および疲労耐久性に与える影響については明らかにされていない。

本研究は、補修補強における部材接合の高度化を目的として、片側施工高力ボルトによる継手の性能評価方法について検討するものである。

平成 28 年度は、閉断面曲面部材に対する片側施工高力ボルト摩擦接合継手による当て板補強を模擬した供試体の疲労試験を行い、継手の疲労耐久性について確認した。

[研究内容]

1. 供試体作成

本研究では、疲労損傷が確認された閉断面曲面部材への当て板補強を想定し、図 1 に示す管部材 $t=9.3\text{mm}$ 、

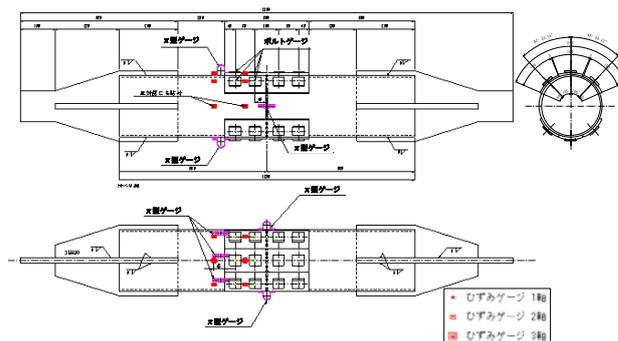


図 1 管部材の当て板補強を模擬した供試体

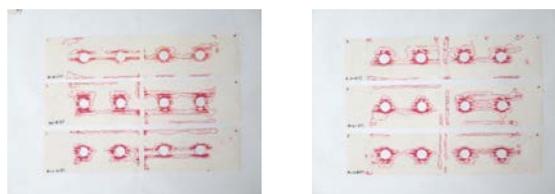


写真 1 感圧試験結果

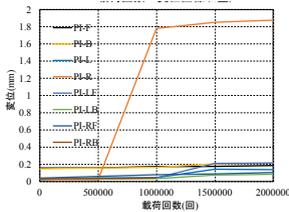
$\Phi 267$ (STK400) と連結板 $t=9\text{mm}$ (SS400) を片側施工高力ボルトにより一面摩擦接合した供試体を作成した。なお、表面処理はブラストによる 1 種ケレン後、無機ジンクリッチペイントによる塗装を各部材に施した。また、ボルト締めは片側からしか施工ができないことを考慮して、管部材外側のみ曲面座金を使用した。そして、接合面に感圧紙を設置して一度組立てた後、分解して接触圧を確認したところ、平板で試験した場合は異なり、ボルト孔周辺に均等な圧力がかかっていないことがわかった（写真 1）。



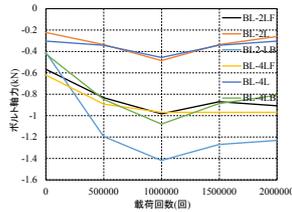
写真2 疲労試験状況



写真3 接合部状況



(a) 載荷回数-変位 (π型)



(b) 載荷回数-ボルト軸力

図2 疲労試験結果

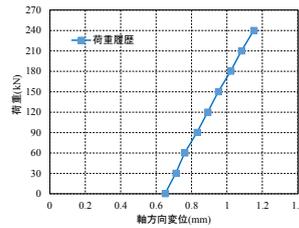
計測機器の設置にあたっては、管部材同士の変位や管部材と連結板との変位を計測するためのπ型ゲージの他、一面摩擦接合継手の偏心等の影響を把握するため連結板の中央及びボルト孔間、管部材の内外面にひずみゲージを設置し、ボルト軸力を確認するためボルト軸中心を削孔した内部にボルトゲージを埋設した。

2. 疲労試験

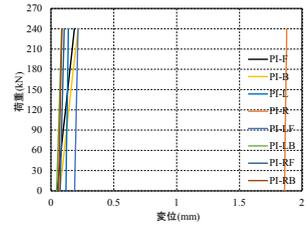
疲労試験は国土技術政策総合研究所が所有する油圧サーボ式疲労試験機を用いて、繰り返し荷重（上限：240kN、下限：50kN）を6～7Hzで片振引張繰り返し載荷し（写真2、写真3）、繰り返し載荷回数200万回を上限として試験を行った。なお、載荷回数50万回毎に繰り返し載荷を中断し、240kNまで荷重を漸増載荷して段階毎に計測後、テストハンマーによりボルトの緩みを確認した。

図2に疲労試験時のπ型変位計とボルトゲージによる計測結果を示す。π型変位計で大きく変化している変位計があるが供試体外観に異常は確認されなかったため、載荷中に変位計の固定部分にずれが生じたものと推察される。その他の変位計については、顕著な変化は見られなかった。また、ボルト軸力に変動が見られるものの、導入軸力に対して最大で1%程度の軸力変化であり、顕著な低下は見られなかった。

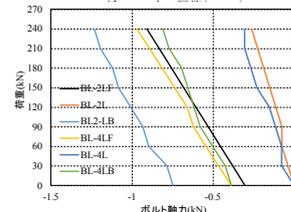
繰り返し載荷200万回終了後に漸増載荷した際の計測結果から（図3）、変位、母材のひずみ、ボルト軸力いずれも線形的に変化し、弾性挙動を示していることが分かる。



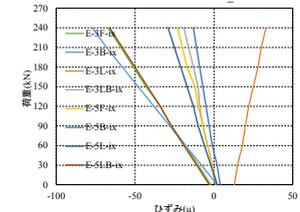
(a) 荷重-軸方向変位



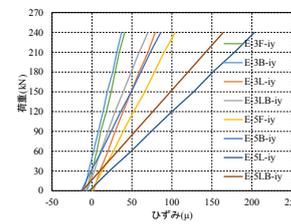
(b) 荷重-変位 (π型変位計)



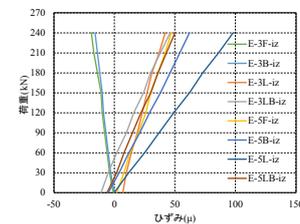
(c) 荷重-ボルト軸力



(d) 荷重-ひずみ (母材 x 軸)



(e) 荷重-ひずみ (母材 y 軸)



(f) 荷重-ひずみ (母材 z 軸)

図3 200万回試験後の漸増載荷による計測結果



(a) 管部材の浸透探傷試験



(b) ボルトの磁粉探傷試験

写真4 疲労損傷の非破壊検査

接触圧が不均等であることによるボルトの緩みが懸念されたが、計測終了後にボルトの緩みは見られなかった。また、母材及び連結板のボルト孔周辺、並びに片側施工高力ボルトに対して浸透探傷試験及び磁粉探傷試験をそれぞれ実施した結果（写真4）、亀裂等の損傷が確認されなかったことから、本試験条件においては疲労耐久性を有していることを確認した。

しかし、対象とする部材、部位によっては応力状態が複雑な場合もあるため、引き続き構造特性に応じた供試体の設計、試験方法の検討を行い、性能検証法としてとりまとめる必要がある。

[成果の公表]

国総研資料で発表予定。

[成果の活用]

既設橋の補修補強に関する技術基準に反映する。

土中構造物等の要求性能及び基準体系に関する調査検討

Survey study on required performance and standards system such as underground structures

(研究期間 平成 26 年度～28 年度)

道路構造物研究部
道路構造物研究部 構造・基礎研究室
Road Structures Department
Foundation, Tunnel and Substructures Division

室長	間渕 利明
Head	Toshiaki MABUCHI
主任研究官	西田 秀明
Senior Researcher	Hideaki NISHIDA
主任研究官	高木 繁
Senior Researcher	Shigeru TAKAGI
研究官	西藤 淳
Researcher	Jun NISHIFUJI

The purpose of this research is understanding at designing necessary technical standards corresponding to required performance for road constructions, such as soil structure (culvert, retaining wall, shed, etc.). It aims to clarify various problems concerning design methods. In this year, the authors have investigated the trends of deformations of retaining walls by inspection data, and have evaluated the seismic performance of cantilever retaining wall and RC rock shed which were designed by empirical design methods.

[研究目的及び経緯]

本研究は、道路構造物のうち、土中構造物（カルバート、抗土圧を主目的とした擁壁、シェッド等）を対象として要求性能に対応した技術基準の整備のために必要となる設計条件や手法等に関する各種課題を明らかにすることを目的としている。

本年度は、擁壁について、直轄の国道において定期的に行われている点検等で把握されている変状についての特徴や傾向の把握を行った。さらに、道路土工指針に基づいて設計した擁壁・シェッドの地震時での躯体安定性及び部材安全性について、道路土工構造物技術基準で規定される性能との対応関係について検討を行った。

[研究内容及び成果]

1. 擁壁の変状の現状

直轄国道においては、過去の道路防災点検において防災上対策が必要と思われる箇所等について、防災カルテを作成し毎年点検を実施しているところである（カルテ点検）。今年度の調査では、平成27年度に実施したカルテ点検のうち、擁壁についての変状の部位・程度・進行状況等（約4,000箇所）について傾向を確認した。

擁壁全体としては、ブロック積擁壁での変状件数が最も多く（図-1）、その中で多い変状は壁体におけるひび割れであった。

さらに、カルテ点検対象擁壁のうち、変状が比較的大きく、躯体傾斜による天端の水平変位量について記録さ

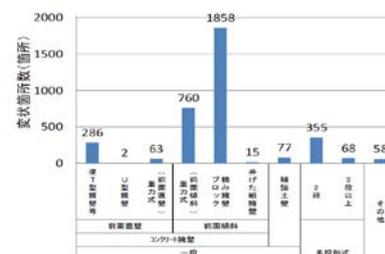


図-1 擁壁のタイプ別変状箇所数 (H27 直轄)

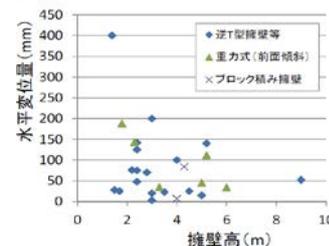


図-2 擁壁の傾斜に伴う天端の水平変位量の分布

られている（傾斜角等の情報から推定できるものを含む）事例をとりまとめると図-2に示すように水平変位量で概ね200mm以下であり、いずれも現時点で道路交通への影響は生じていない状況であった。

その他の変状としては、擁壁躯体の沈下が確認されているものについてみると、図-3に示すように100mm程度までの沈下が認められているが、いずれも道路交通への影響は認められていない状況である。

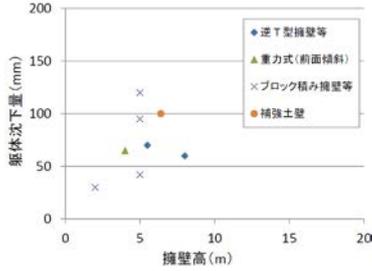


図-3 擁壁躯体の沈下による天端変位量

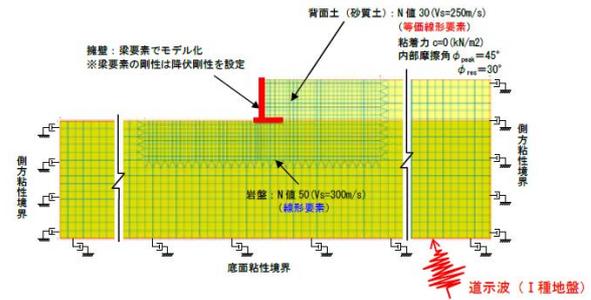


図-4 擁壁の地震時の挙動に関する解析

2. 逆T式擁壁の耐震性検討

道路土工-擁壁工指針では、擁壁の重要度や擁壁の形式、高さ等に応じて設計における照査項目を示している。そのうち、擁壁高さなどが一定条件を満たすものについては、経験的設計法に基づいたものであれば、これまでの被災事例や損傷程度を勘案し、レベル2地震動に対して計算による照査を省略しても要求性能が確保できるとみなすことができることとされている(以下、みなし規定)。

みなし規定は、高さ8m以下の擁壁について、構造細目を満たした上で常時の作用に対する照査を満たすように設計することで、重要度2(万一損傷すると交通機能に著しい影響を与える場合あるいは隣接する施設に重大な影響を与える場合 以外の場合)であれば、レベル2地震動に対して性能3(想定する作用による損傷が擁壁として致命的とならない性能)は満足するとみなせるとするものである。今回の検討では、こうした設計法により設計された擁壁に対して、H24年道路橋示方書で規定されているレベル2地震時に相当する地震動が作用したときの擁壁の変位や応力度を試算し、部材としての安全性を検証するとともに実変状事例と対比した。

解析は2次元FEMにより行い、図-4に示すようにモデル化した。ここで、躯体は線形梁要素、表層地盤は等価線形要素、下層地盤は線形弾性要素を設定した。解析ケースは常時の作用に対して設計した高さ5、8、10mの擁壁の3ケースとし、レベル2(タイプ2)地震動が作用した際の躯体安定性、部材安全性を検討した。

解析結果を表-1に示す。安定性については残留水平変位が生じるものの、その程度は図-2に示す実事例で確認されている変状(概ね200mm以下)より小さく、道路交通に影響を及ぼすレベルではないことが確認された。また部材の安全性については、主鉄筋の降伏応力度をこえるもののその程度はわずかである。

以上より、みなし規定に基づき設計された逆T式擁壁は、擁壁自体に大きな損傷は生じず、道路交通に影響を及ぼすレベルの変状も生じないことから、道路土工技術基準で規定される性能2は概ね確保されているといえる。

表-1 擁壁の照査結果と保有性能

擁壁高	躯体安定性照査		部材安全性照査	保有性能
	滑動照査	転倒照査	曲げ照査	
5m	残留変位僅かに有り(32mm) 交通への影響は小	残留変位僅かに有り(6mm) 交通への影響は小	僅かに降伏応力度を超過(1.04倍)	性能2
8m	残留変位僅かに有り(183mm) 交通への影響は小	残留変位僅かに有り(17mm) 交通への影響は小	降伏応力度超過しない	性能2
10m	残留変位僅かに有り(169mm) 交通への影響は小	残留変位僅かに有り(26mm) 交通への影響は小	降伏応力度を超過(1.10倍)	概ね性能2

*交通への影響は既設擁壁の点検で確認されている変位量を参考としたため、実際の設計では個々の状況にあわせて保有性能を検討する必要がある。

3. RC箱形ロックシェットの耐震性検討

RC箱型ロックシェットの耐震性について、落石の設計衝撃力の違いによる諸元の違いが及ぼす影響を検討した。設計衝撃力の異なる3事例に対し、山側からの荷重を想定した荷重漸増解析(背面土 $\theta=50^\circ$)を行った(図-5)。

設計衝撃力が小さいクラスに属する620kNのロックシェットでは、水平震度0.6で降伏し、その後変形が大きく進んでいる。それに対し、1580kNでは水平震度0.7で降伏し、道示のレベル2(タイプ2)地震動の設計水平震度では降伏変位の2倍程度で留まっており損傷は限定的と考えられ、落石の衝撃力が大きいほど耐震性能が向上する傾向があることが確認された。

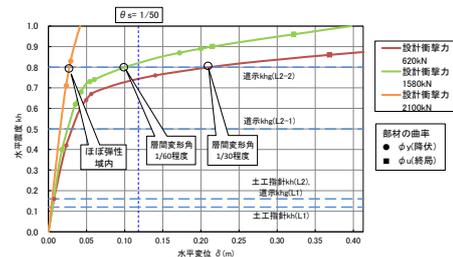


図-5 落石による設計衝撃力の違いによるRC箱型ロックシェットの水平震度と水平変位の関係の比較

【今後の課題と成果の反映】

今後は、道路土工構造の要求性能に対する設計法の確立のために、経験的設計法の適用範囲外も含めた設計条件や手法等に関する検討が必要である。

これらの検討成果は、道路土工構造物技術基準に定められた要求性能に対応した設計法の構築に活用する。

道路トンネルの要求性能及び維持管理に関する調査検討

Study on required performance and maintenance of road tunnel

(研究期間 平成 27～29 年度)

道路構造物研究部 構造・基礎研究室

Road Structures Department

Foundation, Tunnel and Substructures Division

室長

Head

主任研究官

Senior Researcher

研究官

Researcher

間瀬 利明

Toshiaki MABUCHI

高木 繁

Shigeru TAKAGI

上原 勇氣

Yuki UEHARA

In this study, efficiency and simplification of inspection method of the road tunnel, the development of design criteria of the evaluation of the concrete as well as the new performance of the road tunnel lining design of the way of the tunnel inspection of non- mountain tunnel, the road tunnel to the strange shape investigation for the purpose of development of selection methods and design methods of repair and reinforcement design, are studied.

[研究目的及び経緯]

本研究は、道路トンネルの点検方法の効率化や、新設道路トンネル覆工設計の性能を評価した設計基準の策定、道路トンネルの変状に対する補修・補強対策の選定方法や設計手法の策定を目的に調査、検討を行っている。

本年度は、直轄国道の道路トンネル定期点検結果の分析を行い、変状の種類や進行性等の傾向について、トンネル構造や建設年代等の観点から整理した。また、覆工設計において、低土被り部等における坑口部支保パターンが支持できる土被り荷重について検討した。さらに、地震動によって生じる地山の変形により、覆工に生じる損傷・変状について、試算した。

[研究の内容]

1. 平成 27 年度道路トンネル定期点検結果の分析

平成 27 年度に定期点検を実施した直轄国道の山岳トンネル (n=400) について、点検調書に記された全変状について、建設年代別に整理した。また、3種類の変状区分(【外力】【材質劣化】【漏水】)に分類し、それぞれの変状数の割合を同様に整理した。なお、変状数の整理にあたっては、トンネル 1 本あたりの延長の差を考慮し、100m あたりの箇所数としている(図-1)。

図-1 より、建設年代が古いトンネルほど、100m あたりの変状数が増加傾向にあり、特に 1989 年以前のトンネルにおいて、2m に 1 箇所程度の変状が発生していることが確認できる。

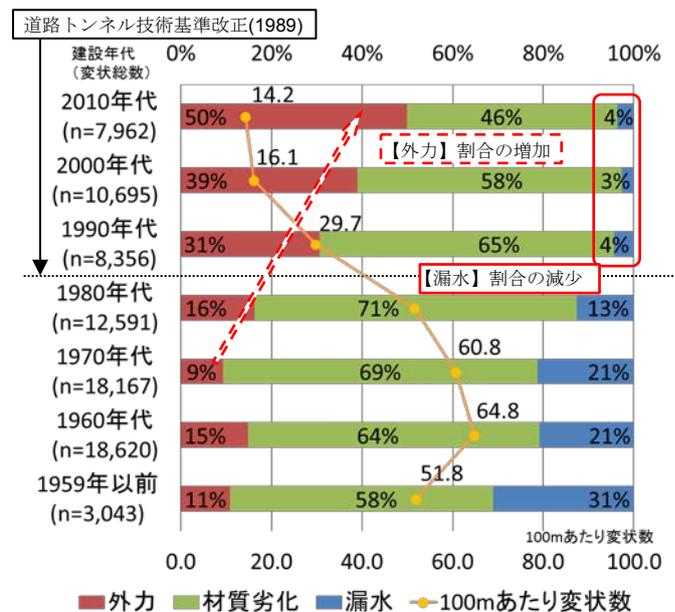


図-1 建設年代別の変状数割合

変状区別では、1959 年以前では【漏水】が全変状の約 3 割を占めていたのに対し、1990 年代以降は約 3～4%と大幅に減少していることが確認できる。これは、1989 年の道路トンネル技術基準の改正により、山岳トンネルの標準工法が矢板工法から NATM へ切り替わり、防水工が施工されるようになったためと考えられる。また、1970 年代以降、【外力】が増加傾向にあり、2010 年代では全変状の約 5 割を占めていることが確認できる。これは、建設年代が新しくなるに連れて、変状総数及び【漏水】が減少傾向にあることにより、相対的に増加したと考えられる。なお、今回得られた点検結果では、変状の程度が小さい段階においては、変状区

分（特に【外力】及び【材質劣化】）の区別が必ずしも明確でない場合があることに留意する必要がある。

次に、平成27年度に定期点検を実施した山岳トンネルのうち、過去にも定期点検を実施している山岳トンネル(n=100)について、トンネル覆工コンクリートのスパン毎の健全性に関する判定区分を比較し、建設年代別に整理した。

なお、道路トンネル定期点検要領が平成26年度に策定されたことに伴い、変状の判定区分が、従来のS、B、AからⅠ～Ⅳへと変更されているため、判定の比較に際して、読み替えを行っている(表-1)。

表-1 スパン別判定区分の新旧対比

道路トンネル定期点検要領(平成26年6月)		従来(平成26年度以前)
判定区分(5区分)		判定区分(3区分)
Ⅰ:健全		S(変状無、軽微)
Ⅱ:予防保全段階 (要監視)	Ⅱb: 予防保全段階 (要監視)	B(変状有:危険性低、要調査)
	Ⅱa: 予防保全段階 (要監視・要対策)	
Ⅲ:早期措置段階(要早期対策)		A(変状大:危険性高、要応急対策、要調査)
Ⅳ:緊急措置段階(要緊急対策)		

図-2より、1960年代及び1990年代において、【Ⅲ(要早期対策)】もしくは【Ⅳ(要緊急対策)】の判定へ進行したスパンの割合が突出していることが確認できる。特に1960年代については、全体の半数以上のスパンで変状が進行している。その一方で、1970年代及び1980年代では、変状の進行したスパン数が1960年代と比較して半減していることが確認できる。考えられる理由の一つとして、対策工の実施による判定の改善が挙げられる。

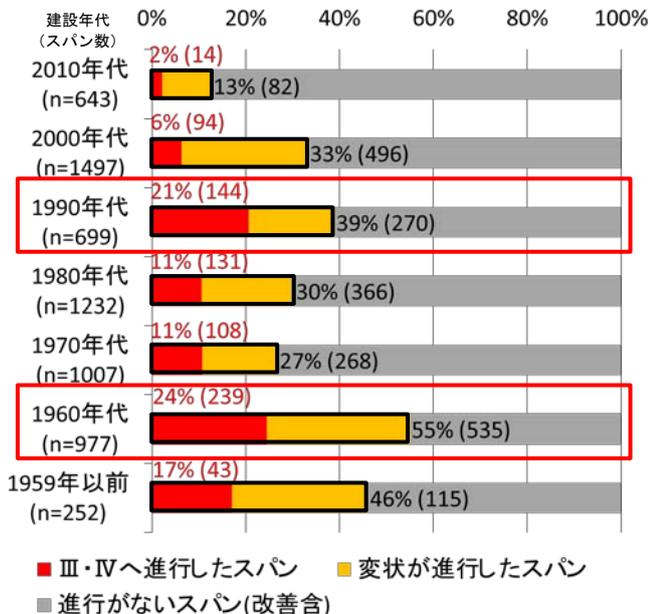


図-2 建設年代別のスパン判定の進行性割合

2. 低土被り部等における坑口部支保パターンが支持できる土被り荷重の検討

坑口部以外の土被りが小さい箇所等で、坑口部支

保パターンが適用されている標準的な道路トンネルに関して、その覆工が支持できる土被り荷重を骨組み構造解析により試算し、整理した。

試算にあたっては、側圧係数(水平土圧/鉛直土圧)や地山の変形係数を変化させ、許容応力度及び限界状態(使用・終局)の各設計法について、各ケースの解析結果から設計土被り荷重の比(土荷重高さH/トンネル幅D)を算出した。地山等級DⅡの時の設計土被り荷重比の検討結果を以下に示す(図-3)

トンネル天端部においては、側圧係数が大きくなるに連れて、耐える土被り荷重比は大きくなっている一方で、インバートについては小さくなっていることが確認出来る。これは、トンネル天端部においては周辺地山のアーチ効果が現れている一方、インバートについては軸力がかかる事による影響が大きくなっていることによるものと考えられる。また、いずれの側圧係数においても、終局限界状態では、許容応力度の約2倍の土被り荷重比に耐える結果となった(図-3)。

なお、測点や地山の変形係数の違いによって、耐える土被り荷重比は大きく変化するため、耐荷力や安全係数の設定時には留意する必要がある。

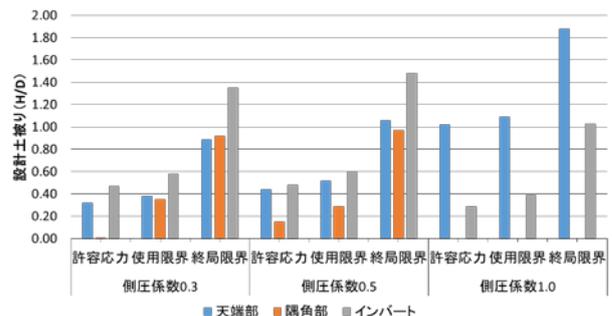


図-3 側圧係数と設計土被り荷重比(地山等級:DⅡ)

[今後の課題]

定期点検結果の蓄積、建設後の経過年数や工法・建設条件等との比較、及びトンネル坑口部からの距離による変状に関する傾向把握など、定期点検の合理化に向けた調査・検討が必要である。

また、特殊な建設条件や、維持管理の効率性を考慮するなど、合理的な設計条件・手法等に関する分析・検討が必要である。

[成果の発表]

各種論文等で発表予定である。

[成果の活用]

道路トンネル技術基準見直し、道路トンネル定期点検要領の改定へ反映させる。

盛土・切土・軟弱地盤対策工・自然斜面对策工の

要求性能及び基準体系に関する調査検討

Study on required performance and framework of guidelines for embankment, cut slope and countermeasures for weak ground and natural slope

(研究期間 平成 26 年度～29 年度)

道路構造物研究部 道路基盤研究室

Road Structures Department, Pavement and Earthworks Division

室長	久保 和幸
Head	Kazuyuki Kubo
主任研究官	谷川 征嗣
Senior Researcher	Masatsugu Tanigawa
研究官	榎本 忠夫
Researcher	Tadao Enomoto

The objective of this study is to establish the framework of the performance based design method for earth structures. In the third fiscal year, based on the case studies of earth structures with and without earthquake/rain-induced damage in the past, an attempt was made to discuss their quantitative “required performance” which should be employed in the design guidelines. In addition, for 13 examples of road embankments, a comparison between their seismic performances, which were evaluated using the current design guide book, and the actually observed earthquake-induced damage was conducted.

[研究目的及び経緯]

盛土等の道路土工構造物の地震や豪雨による被害が依然として多い。平成 27 年 3 月に制定された道路土工構造物技術基準（以下、土工基準）では要求性能等に関する定性的な表現が多いため、技術者により解釈が異なる可能性がある。また、道路土工指針等による耐震性照査結果と実際の被災程度との関係性は十分明らかになっていない。そこで、平成 28 年度は、道路土工構造物の地震・豪雨等による被災事例について、土工基準に示される要求性能 1～3 との対応関係を整理し要求性能の定量化を試みた。また、地震による盛土の被災事例に関して、現行の盛土工指針による耐震性照査結果と実際の被災程度との関連性について検討した。

[研究内容及び研究成果]

要求性能の定量化では、過去に収集された道路盛土・切土・擁壁、自然斜面に関する、地震または豪雨等による被災事例 約 50 件について、被災箇所、被災程度、周辺施設への影響、通行機能への影響、復旧に要した時間等の観点から整理し、これらの整理結果から当該事例を性能 1～3 に分類した。また、これらを事例集として取りまとめるとともに、被災原因分析、被災程度と性能の関係などについて考察した。

耐震性照査については、2007 年能登半島地震、2011 年東北地方太平洋沖地震において被害を受けたもしくは無被害であったそれぞれ石川県内 5 箇所、福島県内 8 箇所の盛土を対象に実施した。現地にてブロックサンプリング法による乱れの少ない試料採取、及び攪乱試料採取を行うとともに、採取地点近傍で、簡易動的コーン貫入試験、現場密度試験を実施した。採取した試料に対して種々の室内土質試験を実施し、得られたパラメータを用いて震度法およびニューマーク法による耐震照査を行い、安全率または解析による変位量と被災程度の関連性などについて分析した。

1. 道路土工構造物の被災事例の整理

(1) 整理方法

土工基準においては、道路土工構造物の道路としての機能に着目して性能が分類されている。したがって、連続又は隣接する構造物等の要求性能のことを規定していると解釈できるが、今回、性能評価を行うのは個別の土工構造物である。個別の道路土工構造物の性能評価においては、「道路土工構造物技術基準 関係資料」（平成 27 年 3 月、国土交通省 道路局）p. 28～30 のイメージ図を参考にした。

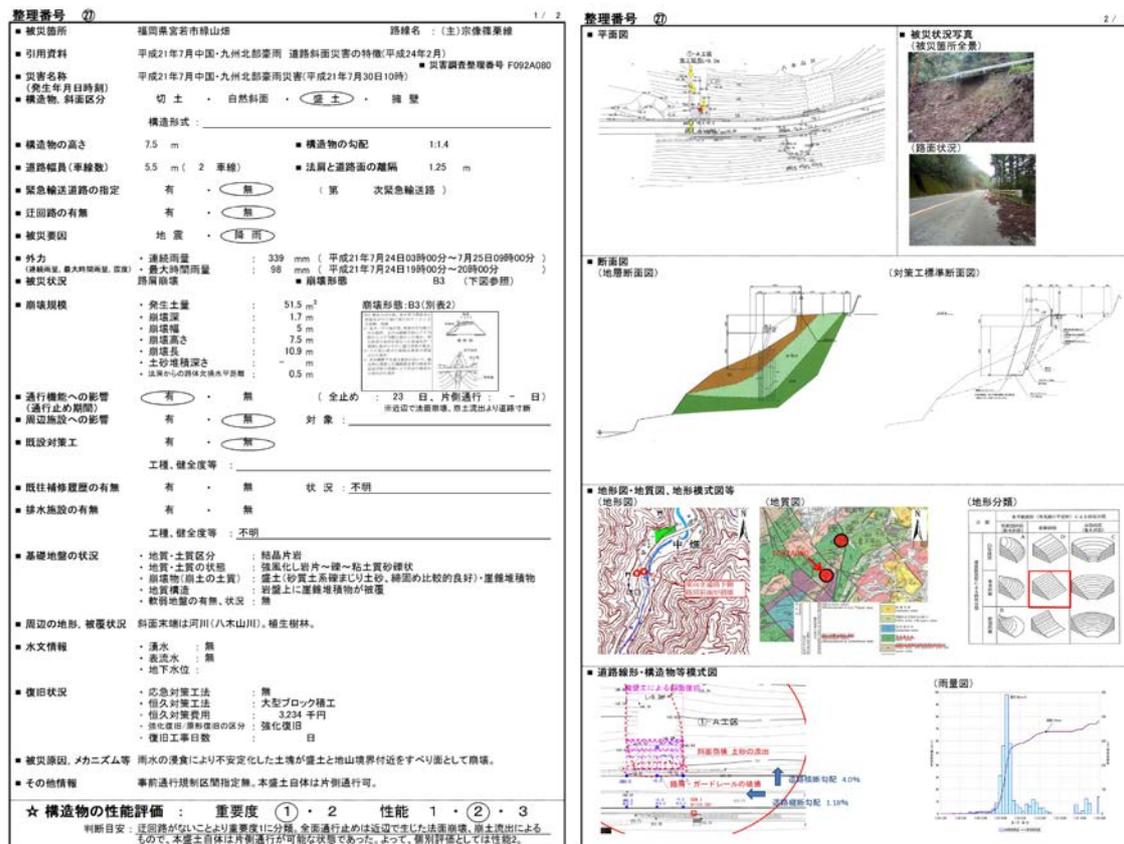


図1 被災事例の整理結果の一例

表1 性能評価方法の整理

性能	安全性	使用性	修復性	記述の補完・本業務での解釈
1	○	○	○	「道路としての機能に支障を及ぼさない」程度の損傷とは、「通常の維持管理程度の補修で土工構造物の機能を確保できる」(土工要綱)よりことである。
2	○	×	○	「機能の一部に支障を及ぼすが、すみやかに回復できる性能」とは、基準関係資料より、切土・自然斜面の場合、「片側交互規制は行うが、道路の通行機能は確保」できる性能。盛土・擁壁の場合、「一時通行規制を行うが、簡易な復旧により通行機能を回復」できる性能と考える。なお、「簡易な復旧」とは、土のう袋による応急復旧程度と想定する。また、「すみやかに回復」とは7日程度以内での通行機能確保を想定する。
3	○	×	×	「当該支障が致命的なものにならない」とは、復旧工事日数に関わらず、道路の復旧が可能であることと考える。

○：満足する必要がある
×：満足しない

要求性能を1～3にグルーピングする上で、土工基準における記述のうち、解釈が必要な用語及び文章については、その他参考文献の記述により補完、あるいは、本研究では表1に示すとおり解釈した。ただし、本解釈は本研究内における試行的な記述である。同表には要求性能と安全性、使用性および修復性との関連も示している。

(2) 性能評価の流れ

性能評価を行う際、切土(斜面下に道路があるもの)および自然斜面の場合(以下、切土と称する)、ならびに盛土、擁壁および切土(切土上面に道路があるもの)の場合(以下、盛土と称する)のそれぞれでフロー図を作成し、それによって判定を行った。これらのフロー図は、設計時に用いることも想定し、沈下量や道路の路肩幅等の具体的な数値を示した。数値の根拠は「盛土の性能評価と強化・補強の実務」(平成26年6月、一般財団法人 土木研究センター) p. 58, 59 に示される交通機能に対する道路盛土の性能評価基準(大阪大学大学院工学研究科 常田賢一教授の研究成果)を参考とした。修復性の有無によって性能2と性能3に分けるケースがあるが、このフローでは収集した被災事例の被災程度と通行止め期間の関係および道路構造令第八条に示される路肩の幅員(第三種第一級小型道路、第二級～四級普通道路)を参考としてグルーピングするものとした。

なお、交通機能の確保に要する日数については、道路の重要度や連続する区間の土工構造物の被害の程度によっても変わることから、ここでは具体的な数字を示していない。ただし、今回の調査では、試行的に、切土の場合は全面通行止めを24時間程度以内に解除で

きた事例、盛土の場合は全面通行止めを7日程度以内に解除できた事例を「修復性がある」と定義した。この定義についても試行的なものであり、今後さらに検討していく必要がある。

(3) 整理結果

収集した被災事例の整理結果の一例を図1に示す。また、性能評価を実施した結果を表2に示す。

表2 道路分類による性能評価結果の比率

道路の分類	重要度		性能評価		
	重要度1	重要度2	性能1	性能2	性能3
一般国道	19	0	1	12	6
能登有料道路	9	0	0	0	9
主要地方道	9	5	0	6	8
一般県道以下	1	7	0	1	7

2. 現行の耐震性照査法による照査結果と実際の被災程度の関連性の整理

2.1 原位置試験ならびに土質試験結果

表3に今回現地調査を実施した地点の一覧を示す。この13地点の盛土において、法面法肩付近、法尻付近及びその中間付近で攪乱試料採取および乱れの少ない試料採取(磐城_盛08と東北_盛13の2地点のみ)を実施した。乱れの少ない試料採取方法はネイルサンプリング法により行った。採取深さは50cm~100cmである。試料採取地点近傍において簡易動的コーン貫入試験、現場密度試験を実施した。

盛土層の採取位置での換算推定N値は1~5回程度で非常に緩い状態であった。湿潤密度の平均値は能登で1.51g/cm³、福島で1.48g/cm³、乾燥密度の平均値は能登で1.06g/cm³、福島で1.10g/cm³であった。

表3 試料採取地点一覧

番号	箇所名	路線名	距離標号(kp)	事務所	住所	被災状況	解析断面盛土高(m)	被災程度
①	能登_盛02	能登有料道路(東の上里山寄側)	6.300	中能登	七尾市中島町土川	道路欠陥(盛土崩壊)	27	大
②	能登_盛04	能登有料道路(東の上里山寄側)	11.700	中能登	七尾市中島町谷町	道路欠陥(盛土崩壊)	14	大
③	能登_盛05	能登有料道路(東の上里山寄側)	14.700	中能登	七尾市中島町小牧	道路欠陥(盛土崩壊)	37	大
④	能登_盛07	能登有料道路(東の上里山寄側)	17.700	中能登	七尾市中島町田岸	道路欠陥(盛土崩壊)	32	大
⑤	能登_盛18	249		羽咋	志賀町深谷	陥没陥没	26	中~大
⑥	磐城_盛05	8(常備BP)	##### ~ #####	磐城	いわき市平野田目	特になし	16	無
⑦	磐城_盛09	8(常備BP)	##### ~ #####	磐城	いわき市平野田目	特になし	27	無
⑧	磐城_盛10	8(常備BP)	##### ~ #####	磐城	いわき市平野	特になし	36	無
⑨	磐城_盛06	49	0.715 ~ 0.835	磐城	いわき市常盤上矢田町南ノ沢	特になし	25	無
⑩	磐城_盛11	49	8.140 ~ 8.310	磐城	いわき市好間町	特になし	12	無
⑪	磐城_盛08	49	31.700 ~ 31.980	磐城	いわき市三和町	特になし	12	無
⑫	郡山_盛03	4	#####	郡山	西郷村大字小田倉	積断クラック	2.5	小
⑬	東北_盛13	6	##### ~ #####	磐城	双葉郡富岡町大字上郷山字大田~関名吉	盛土崩壊、舗装破壊	15	大

表4 土質試験結果と限界水平震度

箇所名	土質試験値			土質試験値を用いたときの解析結果			
	γ_t (kN/m ³)	cd (kN/m ²)	ϕ_d ($^{\circ}$)	安全率			限界水平震度 k
				常時	L1地震時	L2地震時	
① 能登_盛02	14.3	7	20.3	0.889	0.768	0.618	0.18
② 能登_盛04	14.1	19	20.9	1.366	1.216	1.055	0.164
③ 能登_盛05	16.0	12	30.7	1.207	1.031	0.887	0.082
④ 能登_盛07	14.5	23	22.1	1.513	1.304	1.129	0.199
⑤ 能登_盛18	15.0	12	20.7	1.378	1.198	1.019	0.170
⑥ 磐城_盛05	15.0	11	21.9	1.342	1.122	0.958	0.137
⑦ 磐城_盛09	14.4	30	24.4	1.836	1.540	1.306	0.310
⑧ 磐城_盛10	15.6	8	30.6	1.626	1.292	1.041	0.221
⑨ 磐城_盛06	14.5	16	29.7	1.757	1.470	1.248	0.283
⑩ 磐城_盛11	14.7	7	27.0	1.425	1.233	1.053	0.188
⑪ 磐城_盛08	14.1	3	30.0	1.470	1.183	0.957	0.178
⑫ 郡山_盛03	14.2	7	32.4	3.056	2.854	2.440	0.711
⑬ 東北_盛13	13.4	3	35.7	1.263	1.072	0.933	0.126

土質試験ではまず、粒度試験を行い最大粒径、細粒分含有率を把握し、圧密排水三軸圧縮試験(CD試験)の供試体直径を決定した。また、このうち9地点では比較的大きな礫が混入することから三軸試験の供試体

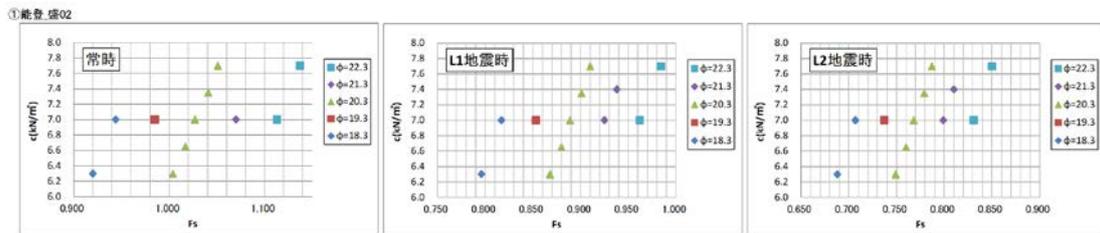


図2 常時、L1地震時、L2地震時の安全率(強度定数を変化させた場合)能登_盛02

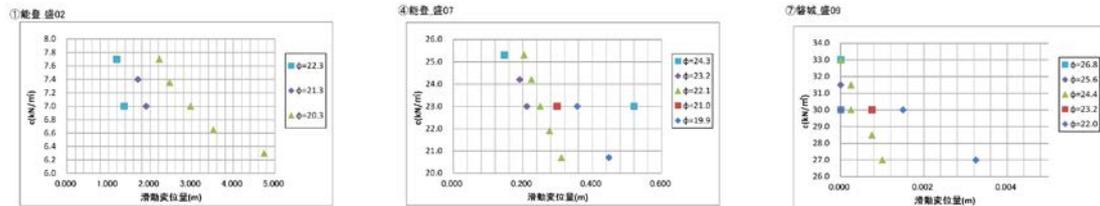


図3 NM法による滑動変位量(強度定数を変化させた場合)能登_盛02

初期密度を設定する際に礫補正を行うため、礫の密度及び吸水率試験を実施した。結果として、4地点において、礫補正した密度に調整して供試体を作製した。

2.2 現行の耐震性照査法による照査結果

上記の土質試験で得られたパラメータ（表4参照）を用いて、a)限界水平震度、b)円弧すべり法による常時・L1地震時・L2地震時安全率、c)ニューマーク法（以下、NM法と略称）による滑動変位量、d)盛土高さが高い7断面では地震応答解析により盛土内加速度の増幅を考慮した場合のNM法による滑動変位量を算出した。また、土質定数を±10%の範囲内位で変化させた場合のパラメータ感度分析、ならびに福島県内の盛土8断面に対しては2種類の地下水位に対して、a)～d)を算出した。

a)限界水平震度を表4に示す。パラメータを変化させた場合の限界水平震度の変化率としては0.5倍から2.9倍であった。

b)常時、L1地震時、L2地震時の安全率解析結果の一部（能登_盛05）を図2に示す。どの断面の結果も図2のように土質定数と安全率は概ね線形関係にある。

c)NM法による滑動変位量と土質パラメータの関係図の一例を図3に示す。これも安全率同様、概ね線形関係にある。

d)地震応答解析結果に基づくNM法による滑動変位量は図表等に示していないが、全般にc)の結果より大きな変位量となった。

2.3 実際の被災程度との関連性の整理

図4(①、②、③)は常時、L1地震時、L2地震時の安全率と実際の沈下量との関係を示したものである。安全率と沈下量の間にはよい相関が見られ、地震時に生じるであろう沈下量を震度法による安全率から概ね推定し得る結果となった。沈下量が急激に増大する安全率は、①から③の順に1.5、1.5、1.0程度となった。

図5は推定最大加速度と限界水平震度の関係を示したものである。小被害・無被害のデータは、「盛土工指針 p306-p307」に記述されている「最大加速度 800gal 程

度を有するようなレベル2地震動に対して設計水平

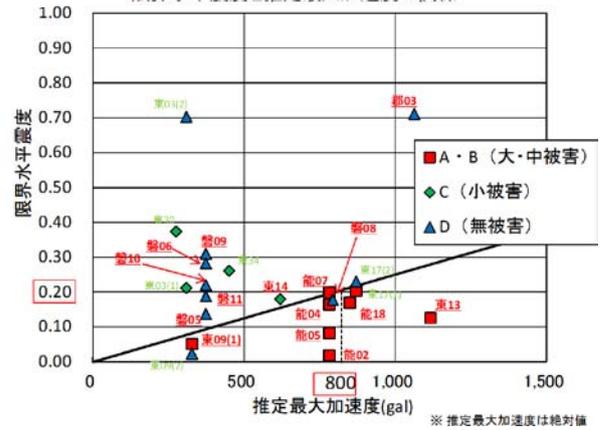


図5 推定最大加速度と限界水平震度の関係

震度0.2程度」の関係に対し、概ね左上（未崩壊領域）にプロットされ、大被害・中被害のデータは同ライン上または右下側にプロットされる。

3. まとめ

平成28年度は、道路土工構造物の地震・豪雨等による被災事例について、土工基準に示される要求性能1～3との対応関係を整理し要求性能の定量化を試みた。また、これらを事例集として取りまとめるとともに、被災原因分析、被災程度と性能の関係などについて考察した。今後、定量的な要求性能のあり方については、本事例集を基に（国研）土木研究所の関係部署や大学の有識者と議論を深めていく予定である。

さらに、地震による盛土の被災事例に関して、現行の盛土工指針による耐震性照査結果と実際の被災程度の関連性について検討した。その結果、道路土工指針に記載されている最大加速度と限界水平震度の関係性を裏付ける結果が得られた。

[成果の発表] 第52回地盤工学研究発表会に論文投稿済み。

[成果の活用] 道路土工構造物技術基準解説、道路土工指針類に反映予定。

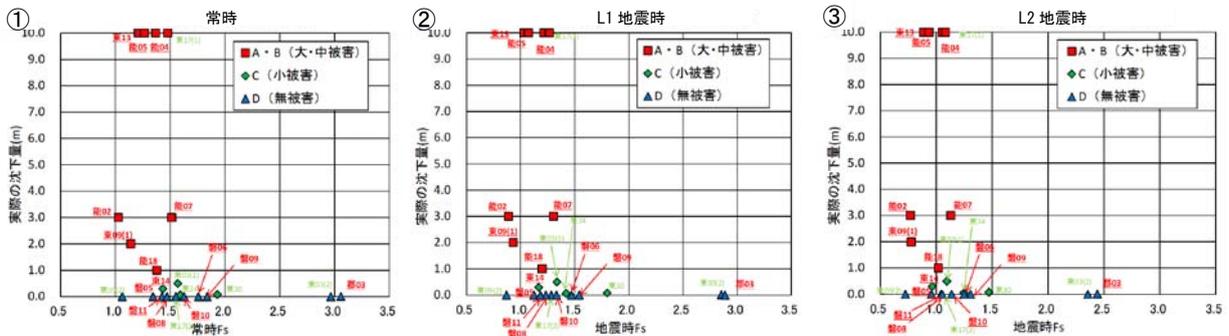


図4 安全率と実際の沈下量の関係

道路特性に応じた舗装の要求性能に関する調査検討

Study on pavement serviceability requirement based on road characteristics

(研究期間 平成 28 年度～30 年度)

道路構造物研究部 道路基盤研究室
Road Structures Department,
Pavement and Earthworks Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher

久保 和幸
Kazuyuki Kubo
谷口 聡
Satoshi Taniguchi
船越 義臣
Yoshiomi Funakoshi

The objective of this study is to follow up "The Technical Standard for Pavement Structure" established in June, 2013. For this purpose, pavement serviceability requirement and long-term pavement warranty are studied in this study. In the first fiscal year, eye-estimation by road administer and measurement by mobile mapping system were conducted to grasp the actual damages. Besides, the possibility of porous asphalt pavement evaluation were conducted to propose evaluation indexes of porous asphalt pavement.

〔研究目的及び経緯〕

本課題では平成 13 年 6 月に制定された「舗装の構造に関する技術基準」をフォローアップするため、舗装の要求性能及び長期保証制度に関する研究を実施している。

今年度は、排水性舗装の破損実態の把握と評価指標の提案のため、現場職員による目視及び聞き取り調査、並びに MMS (移動計測車両による測量システム) による調査結果の比較を行い、排水性舗装の評価の可能性を検討した。

〔研究内容及び研究成果〕

1. 調査の概要

今回の調査対象は中国地方整備局岡山国道事務所管内、福山河川国道事務所管内及び広島国道事務所管内の国道 2 号、30 号及び 180 号である。調査対象区間は 66 箇所、測定延長は約 2km である。本調査では、はじめに道路管理者による目視点検を行い、次に MMS を用いて骨材損失量を算出した。

2. 目視点検結果

目視点検は『舗装点検要領』の 3 区分を参考に、表 1 に基づいて 5 段階評価とした。また、目視の結果は図 1 に示すシートにとりまとめた。

表 1 目視点検の評価

指標	状態
5	健全
4	軽度の異常あり (経過観察)
3	中度の異常あり (補修が必要)
2	重度の異常あり (早急な補修が必要)
1	より重度の異常あり (至急の補修が必要)

図 1 評価シートの例

目視点検結果を図 2 に示す。評価 4 の箇所が最も多く 49 箇所あり、次いで評価 3 が 16 箇所、評価 1 が 1 箇所 (写真 1) あった。また、聞き取り調査を行った結果

- ・局所的な判断と 200m 区間での判断は異なる場合が多い
- ・排水性舗装の開口幅 1mm 程度の亀裂は、空隙等の存在により現場で認識することは難しい
- ・排水性舗装は特に交差点付近 (バス、大型車の制動により摩耗剥離している可能性が大) が課題等のコメントが得られた。

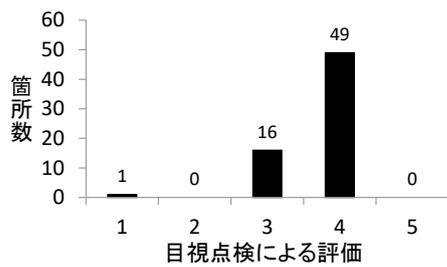


図2 目視点検結果



写真1 評価1と判定された筒所の舗装

3. MMSによる骨材損失量算出

評価1と評価された筒所(写真1)でMMS測定により得られた点群画像を図3に示す。また、点群データから作成した断面図を図4に示す。これらの画像からわだち掘れや路面の荒れの状況が確認できた。



図3 評価1と判定された筒所の点群画像

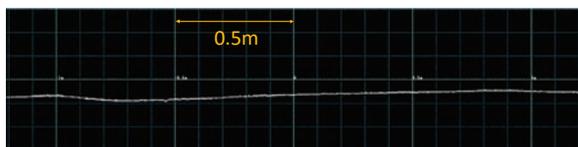


図4 点群データから作成した断面図

骨材損失量算出の概念を図5に示す。算定は、道路路面での最高標高部と路面幅での平均高さを算出し、その差分量を骨材損失量として算出した。今回の調査では、道路幅員約2.7m間の横断面図から、その頂部の高さから平均的な横断方向の高さを差し引いて求めている。その際、路面の横断方向における傾斜を補正するため、

道路の両端部の標高を補正後に算出している。

MMSにより骨材損失量を算定した結果、骨材損失量のヒストグラムは図6のとおりとなった。道路幅員約2.7m幅あたりの骨材損失量は2~15mm程度であり、平均値は約6.6mmであった。また、わだち掘れ量との比較を行った結果を図7に示す。相関係数が約0.46であり、ある程度の相関性が認められた。

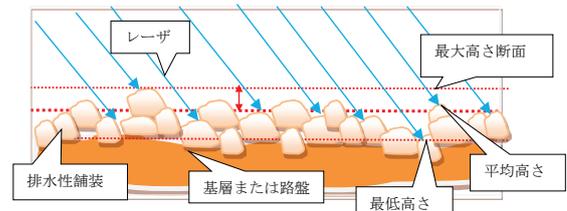


図5 骨材損失量算出の概念

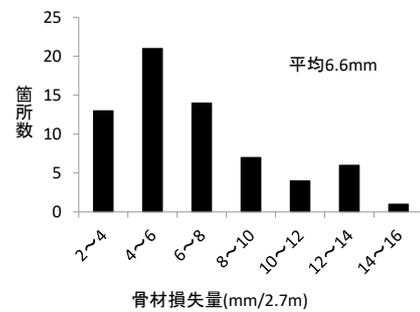


図6 骨材損失量のヒストグラム

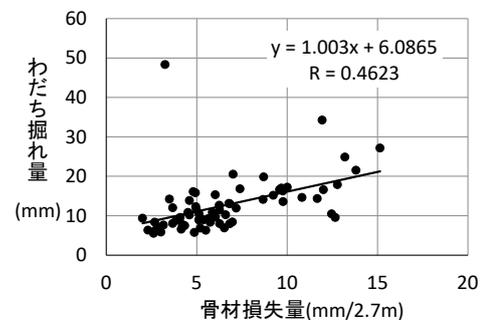


図7 骨材損失量とわだち掘れ量の関係

4. まとめ

本研究により、三次元点群データを用いた骨材損失量の算定方法を提案することができた。今後は、骨材損失量の管理目標について検討していきたい。

[成果の活用]

各種論文(日本道路会議)等で発表予定。

[成果の活用]

『舗装設計施工指針』及び『舗装の維持修繕ガイドブック』等へ反映予定。

設計基盤地震動と地盤震動特性の評価手法の検討

Study on design bedrock earthquake motion and evaluation of ground shaking characteristics

(研究期間 平成 27～29 年度)

道路構造物研究部道路地震防災研究室
Road Structures Department
Earthquake Disaster Management Division

室長	片岡 正次郎
Head	Shojiro Kataoka
主任研究官	中尾 吉宏
Senior Researcher	Yoshihiro Nakao
研究官	中川 量太
Researcher	Ryota Nakagawa

Design bedrock earthquake motion is required for seismic design based on ground-structure earthquake response analysis. This study aims to study ground shaking characteristics during major earthquakes and propose design bedrock earthquake motions taking account of the characteristics.

〔研究目的及び経緯〕

既設道路橋には、耐震補強による合理的な安全性の確保に際し、地盤と一体で耐震性を検討することが不可欠なものがあることから、基盤面で定められた設計地震動（以下、「設計基盤地震動」とする。）が必要とされている。そこで、本研究は、強震記録の分析により地盤震動特性を評価し、地表面で定められた現行の設計地震動と整合する設計基盤地震動を取りまとめることを目的としている。

28 年度は、平成 28 年熊本地震により強い地震動が繰り返し各種施設に作用して被害が生じた状況に対応し、同地震で観測された強い地震動の繰り返し入力が道路橋の耐震性に及ぼす影響について検討を行った。また、熊本地震の強震記録を用いた地盤の地震応答解析により基盤地震動を求め、過年度に既往の被害地震を対象として求めた基盤地震動のデータを補強した上で、設計基盤地震動の素案を作成した。

〔研究内容〕

1. 強い地震動の繰り返し入力の影響に関する検討

熊本地震で強い地震動が生じた地域を対象として道路橋を設計し、熊本地震により同一地点で繰り返し生じた地震動を順次作用させて非線形動的解析を行う。解析には、繰り返し入力による橋脚の耐力低下が考慮できる履歴モデルを用いる。履歴モデルには、既往の実大実験で確認されている繰り返し載荷時の橋脚の応答特性を踏まえた修正を施す。解析結果に基づき、熊本地震によって生じた強い地震動の繰り返し入力に道路橋の耐震性に及ぼす影響について検討する。

2. 設計基盤地震動の素案作成

熊本地震で代表的な強震記録が得られた観測点のう

ち、地盤の地震応答解析に必要な地盤情報が整備されている地点で地盤モデルを作成する。地表面又は地中で観測された地震動を用いて、等価線形化手法により地盤の地震応答解析を行うことで、基盤地震動を求める。地表面と地中で強震記録が得られている地点は、地表面又は地中の強震記録を入力地震動として用いた地盤の地震応答解析を行い、他点で観測されている地震動の再現性を確認することで、作成した地盤モデルの妥当性を検証する。熊本地震による基盤地震動の算定結果を過年度成果に加えることにより基盤地震動に関するデータを補強した上で、内陸直下型地震及びプレート境界型地震の設計基盤地震動の素案を作成する

〔研究成果〕

1. 強い地震動の繰り返し入力の影響に関する検討

図-1 に熊本地震で観測された代表的な地震動の加速度応答スペクトル（減衰定数 5%）を示す。図から、一般的に構造物への影響が大きいとされる固有周期 1～2 秒程度の加速度応答スペクトルは、Ⅱ種地盤及びⅢ種地盤で大きい。そこで、熊本地震による地震動の繰り返し入力の影響について、ここでは、Ⅱ種地盤及びⅢ種地盤の地震動を用いて検討した結果例を示す。検討に用いた道路橋のモデル（Ⅱ種地盤：3 モデル、Ⅲ種地盤：5 モデル）と入力地震動の組み合わせを表-1 に示す。入力地震動の情報としては、地震動の観測点名と、解析対象とする地震動を生じさせた地震を示している。なお、K-NET 熊本及び K-NET 宇土は、地下 20m までの地盤情報が得られており、Ⅱ種地盤と推察されるが、S 波速度 300(m/s)までの地盤情報がないため、Ⅲ種地盤としても扱う。

ここで、レベル2地震動に対する道路橋の耐震設計で考慮されている限界状態（損傷修復を容易に行うる状態）は、鉄筋コンクリート橋脚の正負交番載荷実験に基づき求められている。実験で考慮された地震動の繰り返し作用は、塑性率2~3及び塑性率3~4の応答が、それぞれ6回である。一方、表-1には、繰り返し入力により道路橋モデルに塑性率2~3及び塑性率3~4の応答が生じた回数を示している。何れの道路橋モデルの結果も入力地震動によらず実験で載荷された6回を下回る。従って、熊本地震により繰り返し同一地点で生じた地震動は、現行規準の限界状態の設定で考慮された繰り返し載荷の範囲に収まるものであり、現行基準で耐震設計された橋脚は、熊本地震による地震動の繰り返し入力に対応している。

2. 設計基盤地震動の素案作成

熊本地震の代表的な強震記録を用いて基盤地震動を求めた結果を図-2(1)に示す。図-2(1)及び(2)には、それぞれ、既往の内陸直下型地震及びプレート境界型地震により生じた基盤地震動を求めた結果も示している。

設計基盤地震動の設定では、基盤地震動の一つ一つの特性よりも、平均的な特性を踏まえることが重要であることから、個々の基盤地震動の加速度応答スペクトルの凹凸を平滑化し、図-2に示す設計基盤地震動の素案を作成した。ここで、個々の基盤地震動の中には、短い固有周期でスペクトルが著しく卓越するものもあるが、これまでの被災状況から、こうした地震動の短周期成分により橋の構造安全性に大きな影響は生じていない。この様な経験上の事実を踏まえ、短い固有周期における特別に大きなピークは平滑化している。設計基盤地震動の素案は、S波速度300~500(m/s)程度の基盤面における地震動のスペクトルを概ね包絡するが、S波速度 ≥ 600 (m/s)の基盤面の地震動のスペクトルに比べやや大きい設定となっている。今後、設計基盤地震動の本設定に向け、以下の検討が必要である。

- ① 設計基盤地震動を設定する基盤のS波速度
- ② 地表面の設計地震動との整合
- ③ 基盤地震動を用いた耐震設計の導入の影響
- ④ ①~③を踏まえた設計基盤地震動の更なる見直し

[成果の活用]

道路橋耐震補強便覧に反映する。

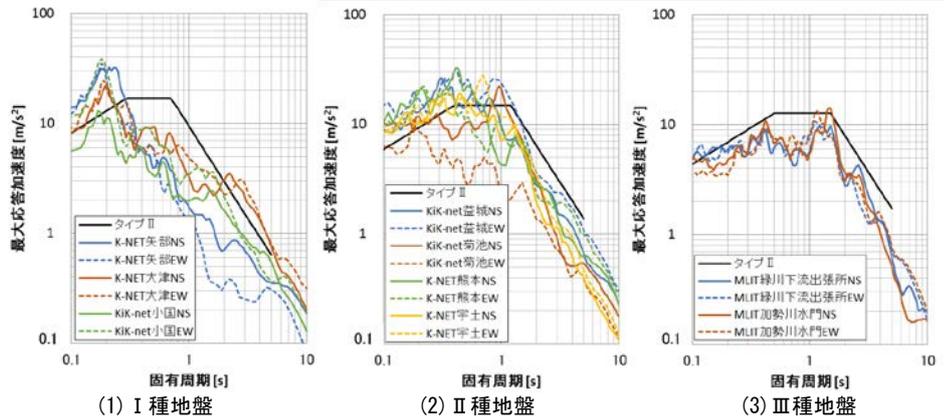


図-1 熊本地震で生じた地震動

表-1 道路橋モデルと繰り返し入力に用いた地震動

地盤種別	橋梁	固有周期	繰り返し入力	塑性率	
				2~3	3~4
II	A	1.00	KiK-net 益城 最大前震+前震①+前震②+本震+余震	1	0
			K-NET 熊本 最大前震+本震+余震	0	0
			K-NET 宇土 最大前震+本震	0	0
			KiK-net 豊野 最大前震+本震	0	0
	B	1.64	KiK-net 益城 最大前震+前震①+前震②+本震+余震	0	0
			K-NET 熊本 最大前震+本震+余震	0	0
			K-NET 宇土 最大前震+本震	0	0
			KiK-net 豊野 最大前震+本震	0	0
	C	1.83	KiK-net 益城 最大前震+前震①+前震②+本震+余震	0	0
			K-NET 熊本 最大前震+本震+余震	0	0
			K-NET 宇土 最大前震+本震	0	0
			KiK-net 豊野 最大前震+本震	0	0
III	D	0.50	K-NET 熊本 最大前震+本震+余震	2	0
			K-NET 宇土 最大前震+本震	2	0
			加瀬川水門 最大前震+本震	0	0
			緑川 最大前震+本震	0	0
	E	0.69	K-NET 熊本 最大前震+本震+余震	0	0
			K-NET 宇土 最大前震+本震	0	1
			加瀬川水門 最大前震+本震	0	0
			緑川 最大前震+本震	0	0
	F	0.88	K-NET 熊本 最大前震+本震+余震	0	0
			K-NET 宇土 最大前震+本震	3	0
			加瀬川水門 最大前震+本震	0	0
			緑川 最大前震+本震	0	0
G	1.00	K-NET 熊本 最大前震+本震+余震	0	0	
		K-NET 宇土 最大前震+本震	3	1	
		加瀬川水門 最大前震+本震	0	0	
		緑川 最大前震+本震	0	0	
H	1.08	K-NET 熊本 最大前震+本震+余震	0	0	
		K-NET 宇土 最大前震+本震	1	0	
		加瀬川水門 最大前震+本震	2	0	
		緑川 最大前震+本震	0	0	

最大前震:4/14 21:26 発生、前震①:4/14 22:07 発生、前震②:4/15 00:03 発生、本震:4/16 01:25 発生、余震:4/16 01:45 発生

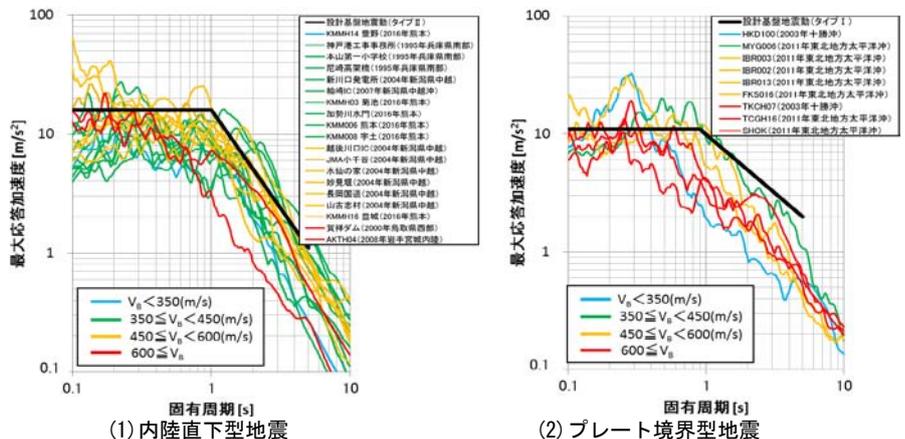


図-2 基盤地震動の素案

道路事業における入札・契約制度の改善効果の評価に関する検討

Study on the evaluation of improvement effect on the bidding and contracting system

(研究期間 平成 28～30 年度)

社会資本マネジメント研究センター 社会資本マネジメント研究室

Research Center for Infrastructure Management Construction and Maintenance Management Division

室長 小川 智弘

Head, Tomohiro OGAWA

主任研究官 菊田 友弥

Senior Researcher, Tomoya KIKUTA

研究官 根津 佳樹

Researcher, Yoshiki NEZU

交流研究員 大沼 孝之

Guest Research Engineer, Takayuki OONUMA

主任研究官 富澤 成実

Senior Researcher, Narumi TOMISAWA

研究官 大野 真希

Researcher, Masaki ONO

交流研究員 尾浦 猛人

Guest Research Engineer, Taketo OURA

The Quality and Cost Based Selection (QCBS) has merits such as improvement of quality of infrastructures through the competition not only by price bidding but also by advantage of technical proposal. The object of this study is to develop measures for evaluating of improvement effect on the bidding and contracting system.

〔研究目的及び経緯〕

「公共工事の品質確保の促進に関する法律」の成立を契機に、国土交通省発注の工事では、平成 17 年度より総合評価落札方式を拡大し、現在では、ほぼ全ての工事で同方式を適用している。また、国土交通省発注の調査・設計等業務においても、平成 20 年度より発注方式の 1 つとして同方式を本格導入しており、同方式による発注の際には、企業・技術者の技術力を評価した上で、技術と価格が総合的に優れた者と契約している。

国土技術政策総合研究所では、工事及び調査・設計等業務の入札・契約制度を研究しており、これまでに、総合評価落札方式の制度設計、低入札等の入札・契約の諸課題について調査・分析を行い、改善策を提示してきた。また、国土交通省の各地方整備局等から入札・契約の実施状況の情報を収集し、実態をモニタリングすることなどにより、これまでの改善策の効果計測や、新たな課題の抽出等を行っている。

本稿では、調査・設計等業務の入札・契約の動向、制度改善に向けた取組の分析結果を報告する。

〔研究内容及び成果〕

1. 国土交通省発注の調査・設計等業務の入札・契約の動向

平成 19 年度以降の発注方式別の契約件数の推移を図-1 に示す。平成 27 年度の調査・設計等業務の総発注件数は 11,608 件で、前年度 (12,225 件) より 5.0%減少した。平成 20 年度の総合評価落札方式の本格導入以

降、同方式による件数の割合は経年的に増加し、平成 26 年度に 5 割を超え、平成 27 年度には過去最大 (51.8%) となった。この傾向と対照的に、価格競争方式の割合は減少傾向が続いている。また、プロポーザル

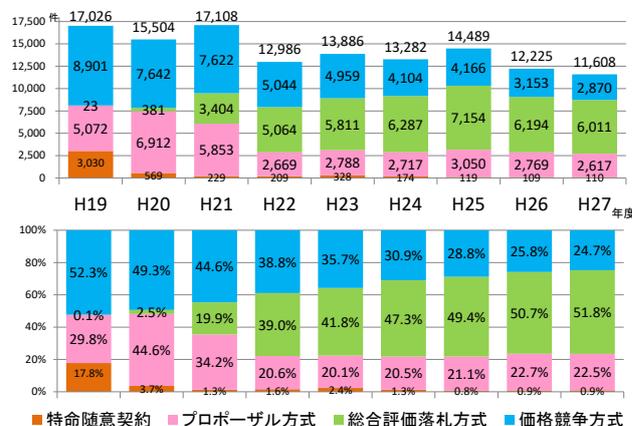


図-1 発注方式別契約件数・割合の推移



図-2 総合評価落札方式の配点比率別の契約件数の推移

方式は、平成 22 年度以降は 2 割程度で推移している。平成 20 年度以降、価格競争方式・プロポーザル方式から総合評価落札方式への移行が進み、近年では、価格競争方式から総合評価落札方式への移行が継続していると見ることができる。

総合評価落札方式の配点比率（価格点：技術点）別の契約件数の推移を図-2 に示す。平成 27 年度は、1：1 は 60.0%、1：2 は 37.1%、1：3 は 2.9% となった。経年的に 1：1 の件数の割合は増加しており、評価テーマに対する技術提案を求めずに実施方針のみで評価を行う「簡易型」が選好される傾向にある。

2. 技術者評価を重視した選定の試行

2.1 試行の背景

総合評価落札方式で評価テーマに対する技術提案を求める「標準型」（1：2 または 1：3）の業務では、受注者側では技術提案の作成、発注者側では技術提案の審査など、双方に負担感が大きい状況となっている。このため、評価テーマに対する技術提案に代えて、技術者の過去の成績と実施方針のみで評価する試行を平成 26 年度より地方整備局が発注する一部の業務で実施している。

2.2 試行内容

以下に平成 26 年度と平成 27 年度の試行の内容をまとめた。

- (1) 対象工種：総合評価落札方式「標準型」で発注すべき業務のうち、河川事業の堤防・護岸設計、道路事業の道路予備設計（用地幅）、構造物予備設計（一般）、構造物詳細・補修設計（一般）、道路詳細設計（一般）の 5 工種。
- (2) 試行規模：対象業務の概ね 2 割程度。
- (3) 発注方式：総合評価落札方式（1：3）、評価テーマは設定しない。
- (4) 入札段階の技術評価：予定技術者の「実績等」「成績・表彰」及び「実施方針」に対する評価ウェイトは、図-3 のとおり。

2.3 試行結果の分析及び評価

(1) 実施規模

対象工種の契約件数は 276 件（平成 26 年度と平成 27 年度の合計）。このうち、84 件（30%）で試行を実施した。なお、総合評価落札方式「標準型」の全体（4,898 件）に占める割合は 2% となった。

(2) 入札の競争性・占有率

試行の有無による入札参加等の傾向を表-1 に示す。1 業務あたりの入札参加者数、1 業務あたりの参加表明者数、落札上位 3 社占有率、入札上位 5 社占有率のいずれについても試行の有無による大きな差は生じなかった。

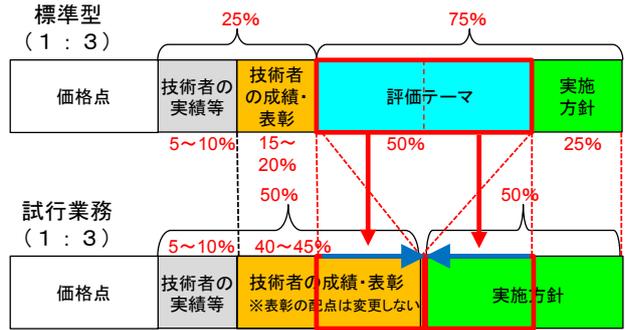


図-3 配点のイメージ

表-1 試行の有無別の入札参加等の傾向

業務件数	入札参加者数		参加表明者数		
	延べ	1業務あたり	延べ	1業務あたり	
試行あり	84	646	7.7	697	
試行なし*	192	1,430	7.4	1,633	
		落札件数上位3社		入札参加上位5社	
		総落札件数	占有率	延べ参加件数	占有率
試行あり		22	26%	169	26%
試行なし*		51	27%	368	26%

*本試行の対象工種のうち、評価テーマを設けて通常どおり調達した業務。

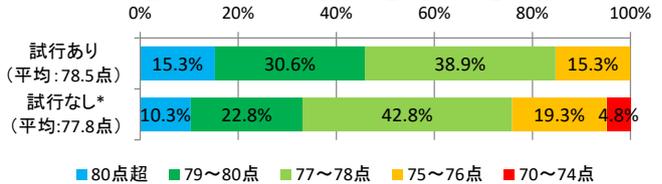


図-4 試行の有無別の業務成績評定点の分布

(3) 業務成績評定点の分布

試行の有無による業務成績評定点の分布を図-4 に示す。試行した業務の成績評定点の平均は、試行しない業務より高く、また、得点の分布も高い傾向を確認した。このことは、本試行の対象の設計を中心とした 5 工種では、入札時に評価テーマを設定して技術提案を求めるよりも、過去の技術者成績を重視する方が、成績評定点の向上に貢献したと捉えることができる。

(4) その他

上述の入札状況、業務成績評定点のほか、落札者の技術点・価格点の順位、入札率・落札率の分布、技術点・価格点の 1 位と 2 位の差の分布等についても分析評価を行った結果、試行の有無による大きな差は確認されなかった。

【成果の活用】

国土交通省発注の調査・設計等業務の入札・契約の動向については、年次報告としてとりまとめ、「調査・設計等分野における品質確保に関する懇談会」に報告するとともに、ウェブサイト上 (<http://www.nilim.go.jp/lab/peg/theme03.html>) で公表した。

また、技術者評価を重視した選定の試行状況についても分析結果を同懇談会に報告し、今後の入札・契約制度の改善のための基礎資料として活用された。

調査・計画から維持管理までの全体プロセスにわたる

新たな事業執行・監理方式についての検討

Study on cross staging construction and maintenance management system for public works

(研究期間 平成 28～30 年度)

社会資本マネジメント研究センター 社会資本マネジメント研究室

Research Center for Infrastructure Management Construction and Maintenance Management Division

室 長 小川 智弘

Head, Tomohiro OGAWA

研 究 官 大野 真希

Researcher, Masaki OONO

交流研究員 尾浦 猛人

Guest Research Engineer, Taketo OURA

主任研究官 中洲 啓太

Senior Researcher, Keita NAKASU

交流研究員 大沼 孝之

Guest Research Engineer, Takayuki OONUMA

In order to improve the quality and productivity of public works, NILIM is carrying out study on cross staging construction and maintenance management system from survey, planning to management. In this study, NILIM collected lessons by reviewing several projects in Japan and the world under the new methods such as Design-Build Early-Contractor-Involvement and Construction Management etc.

【研究目的及び経緯】

国土交通省では、2014年6月4日に公布され、即日施行された「公共工事の品質確保の促進に関する法律の一部を改正する法律（平成26年法律第56号）」を踏まえ、工事の性格、地域の実情等に応じた多様な入札契約方式の活用に取り組んでいる。近年、労働人口の減少等を背景に官民を問わず担い手の確保が課題であり、官民双方の資源や知見を融合しながら、大規模災害、更新、修繕等への対応が求められる。

本調査は、設計・施工一括発注方式、技術提案・交渉方式、事業監理業務（事業促進 PPP、コンストラクション・マネジメント）、維持管理の包括契約、災害時の契約等の実施状況を把握し、調査・計画から維持管理までの全体プロセスにわたる新たな事業執行・監理方式を提案することを目的とする。

【研究内容及び成果】

① 設計・施工一括発注方式の実施状況整理

平成17～28年度に実施された国土交通省直轄工事における総合評価落札方式・技術提案評価型（A型/設計・施工一括発注）工事でのリスク発現事例を整理した。調査対象は、AII型23件（橋梁13件、トンネル10件）、AIII型3件（トンネル3件）とし、本調査では、リスクを「設計図書と異なる、あるいは入札時に想定していなかった

自然条件・社会条件等の発生」と定義した。リスクの種類別の発生状況を図-1に示す。リスクは、関係機関協議（19件）、土質・地質条件（11件）、地中障害物（9件）の順に多く生じた。

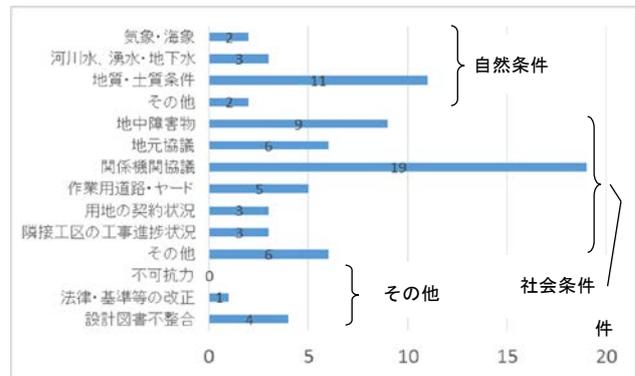


図-1 リスクの発現状況

設計・施工一括発注工事では、施工者の高度な技術力を積極的に活用する観点から、発注者が構造、工法等の詳細を指定しない場合がある。一方で、リスクの発現状況を分析すると、安全や品質に係る協議等、発注者の関与が重要となる協議に係るリスクが存在し、発注者が発注時に標準案を示さず、施工者の創意工夫に期待する場合でも、受発注者が協力的に課題解決にあたることの重要性が示された。また、設計・施工一括発注方式は、受注者の責任で対処可能なレベルまで、発注者が設計・施

工条件を明示できる状況での適用が前提となる。

② 技術提案・交渉方式等の課題整理

国土交通省直轄工事における技術提案・交渉方式の運用ガイドライン（平成 27 年 6 月）に対する地方整備局等からの問合せ状況、国内他機関における技術提案・交渉方式の実施状況、米国の CM/GC 契約の実施状況等を踏まえ、技術提案・交渉方式等の課題を整理した（表-1）。

表-1 技術提案・交渉方式適用上の課題

区分	内容
適用条件	<ul style="list-style-type: none"> ・技術提案、工費の柔軟性とリスク管理 ・設計・施工一括タイプでのリスク管理 ・小規模工事への適用のしやすさ
優先交渉権者選定	<ul style="list-style-type: none"> ・条件未確定段階でのテーマ設定 ・理解度等のヒアリング結果反映方法
実施設計（協力含む）	<ul style="list-style-type: none"> ・施工者の協力開始時期の早期化 ・純分な設計（協力含む）・交渉期間確保 ・設計と価格交渉の同時進行化
発注者支援	<ul style="list-style-type: none"> ・発注者側の評価、交渉、設計体制
リスク分担	<ul style="list-style-type: none"> ・提案内容の契約図書（仕様書）への反映 ・契約不履行時のペナルティ ・設計変更ガイドライン等踏まえた対応
支払い方式	<ul style="list-style-type: none"> ・見積りの妥当性評価

③ 事業監理業務の実施状況

災害復興市街地整備において、発注者の委託を受けた CMR（コンストラクション マネージャー）が、専門業者に対し、調査・測量・設計・工事等の業務委託等を行う事業監理業務（図-2）の実施状況を調査した。CMR が調査・測量・設計・工事を一体的にマネジメントすることにより、設計完了前での工事着手、大規模機械の導入等による工期短縮等の効果がみられた。一方で、調査等が未着手の段階で業

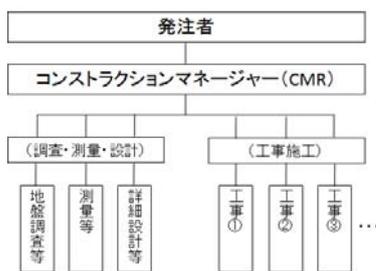


図-2 復興市街地の実施体制

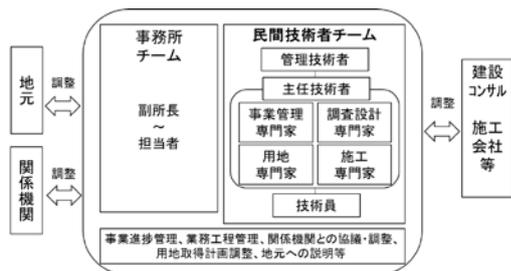


図-3 事業促進PPPの実施体制

務契約を結ぶことから、地質、協議等のリスクが発現し、設計変更を行う例が見られた。

東北地方整備局の復興道路事業における事業監理業務（事業促進PPP）は、発注者と調査・設計、用地、施工等の民間技術者が一体となった体制（図-3）を構築し、工事発注前に、調査、設計、用地、施工等に係る知見、体制を導入し、工事契約前の期間短縮と施工契約後の手戻り回避に重点を置いた方式である。

調査対象とした事業監理業務（復興市街地、復興道路）は、いずれも地質、協議等に係る一定のリスクを発注者が負い、監理業務の受発注者から受発注者間の協力的な関係構築、円滑な情報伝達の重要性が指摘された。

④ 実費精算による支払い方式

技術提案・交渉方式のように、施工者が設計に関与し、施工者との交渉により工費を定める場合、支払いの透明性確保が課題となる。そのため、実費精算による支払い方式（コスト+フィー、オープンブック方式）の国内他機関における適用事例を収集し、方式の概要、課題等を整理した。また、実費精算による支払い方式の簡素化を検討するため、原価/率の設定範囲の変更、工事の一部（積算基準、類似実績がない部分）で原価開示を求める方法等について調査した。

⑤ 災害等の非常時における入札契約方式

過去 5 年間で激甚災害に指定された災害のうち、直轄管理施設の被害が特に大きかった 5 件の災害を対象として、入札契約方式の適用状況等を収集した。その上で、随意契約、指名競争、一般競争等の入札契約方式を、被害の状況、施工者側の状況等を踏まえつつ、短期間で適切に選択できるよう、災害時における入札契約方式選定の基本的考え方を整理した。

【成果の活用】

本調査の成果は、発注者責任を果たすための今後の建設生産・管理システムのあり方に関する懇談会（平成 28 年度 1～3 回）、総合評価方式の活用・改善等による品質確保に関する懇談会（平成 28 年度 1～2 回）の資料等に反映された。

29 年度以降は、総合評価落札方式の運用ガイドライン、技術提案・交渉方式の運用ガイドライン、災害等の非常時の入札契約方式適用のガイドラインの改定、作成において成果を活用する。また、地方整備局の災害復興等における事業監理業務の実施状況を含む新たな事業執行・監理方式のレビューを継続し、地方整備局の新たなマネジメント体系の検討における基礎資料としても活用する。

CIM の導入に向けた 3 次元データの利活用に関する調査

Research on Utilization of Three Dimensional Data for Introduction of CIM

(研究期間 平成 26～28 年度)

社会資本マネジメント研究センター
社会資本情報基盤研究室
Research Center
For Land and Construction Management
Information Platform Div.

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher
交流研究員
Guest Research Engineer

関谷 浩孝
Hiroataka SEKIYA
青山 憲明
Noriaki AOYAMA
川野 浩平
Kouhei KAWANO
山岡 大亮
Daisuke YAMAOKA

The Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism has been working on Construction Information Modeling/Management (CIM) application, with the aim to improve our construction production system and the productivity using ICT technology. This research find the effect and the problem for using the CIM model in the maintenance phase of civil engineering structures.

〔研究目的及び経緯〕

国土交通省では、インフラの安全安心と建設生産性の向上を図るために、3次元データを活用した建設生産システムを構築し、公共調達の品質向上、コスト縮減、維持管理の高度化を達成することを目標として、Construction Information Modeling/Management（以下、CIM という。）の導入普及に取り組んでいる。

CIM は、3次元の形状情報（以下、3次元モデルという。）に加え、（材料・部材の規格、出来形・品質、点検結果等といった）特徴や状態を示す情報（以下、属性情報という。）を併せ持つ3次元モデル（以下、CIMモデルという。）である。これを利用することで、建設生産プロセス全体の効率化、高度化を図るものである。調査・設計の段階からCIMモデルを作成し、施工・維持管理へと流通・発展させる中で、各フェーズにおける計画検討、合意形成や意思決定支援等に利用することが想定されている。

3次元モデルの利活用については、設計・施工段階での利活用が進み、その有効性も確認されつつあるが、維持管理においてはCIMの活用が進んでいない。

当研究室ではこれまでに、維持管理段階でのCIM活用に向けた研究を行ってきた。過年度の研究成果のひとつとして、維持管理段階で必要となるCIMモデルの詳細度や、CIMモデルへ付与する属性情報を整理した「CIMモデル作成仕様【検討案】1」（以下、「CIMモデル作成仕様」という）を作成し、維持管理に必要なCIMモデルの要件を示した。しかし、実際の維持管理業務へ適用した検証は行われていなかった。

そこで、本研究では、維持管理業務での現場試行を通し、CIMモデル作成仕様の妥当性を検証するものである。

〔研究内容〕

CIMモデル作成仕様に基づき、実存する橋梁のCIMモデルを作成した。また、このCIMモデルをベースとして、GISとCIMモデルを組み合わせた維持管理情報の統合管理システムのプロトタイプ（以下、統合管理システムという。）を構築した。

次に、この統合管理システムを点検業務に適用し、現場活用を通し、CIMモデル作成仕様の妥当性を検証した。検証の観点を以下に示す。

A) CIMモデルの詳細度やモデルの分割

CIMモデル作成仕様では、目的に応じた詳細度でCIMモデルを作成することや、点検要素単位での分割による属性情報の可視化を提案している。このような目的別の詳細度設定および要素分割について維持管理業務の中で妥当であるかを検証した。

B) 属性情報の付与

維持管理におけるCIMモデルの活用場面として、情報の一元管理を担うプラットフォームとしての役割が期待されている。属性情報として付与すべき情報の種別が十分であるか、また、外部ファイルとのリンクといった情報の紐付け方法や、情報の検索性、更新にかかるとの時間等の面から検証した。

C) CIMモデル活用の効果

損傷の3次元的な記録等、これまで2次元図面上で

管理していた情報を 3 次元の空間上に記録することによる効果を確認した。

【研究成果】

主な研究成果の概要を以下に示す。

1. 属性情報を付与した統合管理システムの構築

構築した統合管理システムの利用イメージを図-1 に示す。これは、道路管理は広域が対象となるため、GIS を用いて関連施設の位置情報を管理し、個別の橋梁について詳細な情報は、GIS とリンクした CIM モデルを参照して資料を検索する仕組みである。



図-1 統合管理システムの利用イメージ

2. CIM モデル作成仕様の妥当性

点検業務に統合管理システムを適用し、現場試行およびヒアリングにより CIM モデル作成仕様の妥当性を検証した。

主なヒアリング結果を以下に示す。

■効果

A) CIM モデルの詳細度やモデル分割

- ・点検要素単位の評価で可視化されており、点検の漏れ（見落とし）を防ぐ効果もある。
- ・属性情報として 3 次元モデル上で可視化され、視覚的に理解しやすい。従来は、一般図・損傷図・損傷写真の 4 種類の点検調書を見比べる必要がある。特に経験の浅い技術者には有効。

B) 属性情報の付与

- ・変状ごとの写真や、構造体ごとの図面等が検索・参照できることは有効。現状は、書架で該年度の報告書を全て探しており、比較すると効率化に繋がる。

C) CIM モデル活用の効果

- ・ 3 次元的な損傷表現があることにより、点検結

果の診断会議等で合意形成が迅速に行える。

■課題

- ・ひとつの点検や補修工事に複数橋が含まれるケースが多い。そのため事務所にて橋梁毎に情報を分けて登録する行為は煩雑。
- ・点検記録を後から整理する作業は手間が多い。例えば、撮影した写真は、似たような写真が並び、どの部位を撮影した写真かわからない。写真位置が自動で分かると良い。

結果、CIM モデルの詳細度や要素分割による可視化については、十分に効果が得られていると言える。次に、属性情報については、情報が一元管理されていることで現状よりも情報の検索性が高まり作業効率化に繋がるとの意見が多くあった。また、情報を可視化することにより、特に経験の浅い技術者をサポートする仕組みとして CIM モデルの有効性が実証された。

この試行で得た知見は以下の各資料に反映している。

- ・ CIM モデル作成仕様【検討案】H28.4 版の更新
 - 3 次元的な損傷の記録といった活用効果等を追記。
- ・維持管理用の情報基盤の要件定義（案）
 - CIM モデルからの情報検索や、情報更新等、維持管理用の情報基盤に求められる要件について取りまとめた資料として新規に作成
- ・維持管理用の情報基盤を用いた維持管理情報の統合／運用ガイドライン（案）
 - 統合管理システム構築で得たノウハウを元にシステム構成等の動作環境を取りまとめた資料として新規に作成
- ・維持管理用の情報基盤の利用マニュアル（案）
 - 維持管理用の情報基盤の利用方法について、具体的な手順としてまとめた資料として新規に作成

【成果の活用】

国土交通省にて策定を進めている「CIM 導入ガイドライン」が H28 年度末に公開される。本ガイドラインに基づき、土木の様々な場面で CIM の運用事例が積み上げられていくことになる。その中で、CIM 導入ガイドラインがブラッシュアップされ、より発展していくと考えており、本研究の内容についても維持管理での活用事例として、得られた知見を整理し、今後 CIM 導入ガイドラインへ掲載することを予定している。また、課題については今後の研究テーマとして検討を進め、更なる維持管理業務の効率化を目指していく。

道路整備等の生産性向上に資するロボット及び ICT 技術の利活用に関する調査

Survey on utilization of robot and ICT technology that contributes to productivity improvement such as road maintenance

(研究期間 平成 28 年度)

社会資本マネジメント研究センター
Research Center
for Infrastructure Management
社会資本施工高度化研究室
Advanced Construction
Technology Div.

室長
Head
研究官
Researcher

森川 博邦
Hirokuni MORIKAWA
長山 真一
Shinichi NAGAYAMA

In this research, in the effort of "i-Construction", as a countermeasure to new measuring instruments, follow-up survey of RTK-GNSS, etc., formulation management method using currently-used UAV, etc. and preparation of proposals such as procedure .

〔研究目的及び経緯〕

生産年齢人口の減少することが予想されている中において、我が国が経済成長を続けるためには、生産性向上は避けられない課題であることから、国土交通省では「i-Construction」により建設現場の抜本的な生産性向上を図ることとしている。

国土交通省では、i-Construction 施策として、平成 28 年度から国土交通省発注工事のうち一定規模以上の土工工事で施工プロセスの各段階において ICT を全面的に活用する「ICT 活用工事」を導入することとなった。

本研究では、情報化施工技術の 1 つである TS を用いた出来形管理の適用工種の拡大として擁壁工への導入に向けた検討を行った。さらに、「i-Construction」の取り組みで、新たな計測機器の対応として RTK-GNSS の利用の検討と現在行われている空中写真測量（無人航空機：UAV）を用いた出来形管理要領等のフォローアップ調査による適用性の確認を行った。

〔研究内容・研究成果〕

1. RTK-GNSS を用いた効率的な施工管理手法構築に向けた整理

ICT を活用した面的な出来形管理のうち、小規模工事や再測に有効な計測方法として RTK-GNSS を用いた計測手法について検討した。

1) 計測性能と精度管理

RTK-GNSS の計測精度は衛星の状態によって、計測結果が変わることから、確実な出来形計測結果を取得するための計測手法および精度管理方法が求められる。計測性能については、国土地理院認定 1 級（2 周波）と同等以上の性能であること。精度管理

については、検定機関が発行する有効な検定証明書あるいは測量機器メーカーが発行する有効な校正証明書で確認ができることとした。

2) 出来形計測手法

① 出来形計測の前に、GNSS 座標系を現場座標系に変換する作業（ローカライゼーション）を実施することとした。

② 出来形計測時には、計測精度を確保しながら計測するため、工事基準点上で初期化を行い、直後のその基準点の計測値に大きな誤差がないことを確認する。出来形計測対象点に設置した上で、FIX 解を得てから 10epoch 以上を計測することとした。

出来形計測終了後は、再度、既知点確認を実施し、誤差がないことを確認することとした。

3) 出来形計測の精度と効果

計測精度は、GNSS による出来形計測と、基準とする TS による計測結果との比較を行なった。その結果、標高差は、天端部：平均-11mm、標準偏差 7mm、法面部：平均-19mm、標準偏差 8mm であり、差の平均に標準偏差の 3 倍を加えた値は、土工の面的な出来形管理に必要な計測精度の 50mm を満たしており、

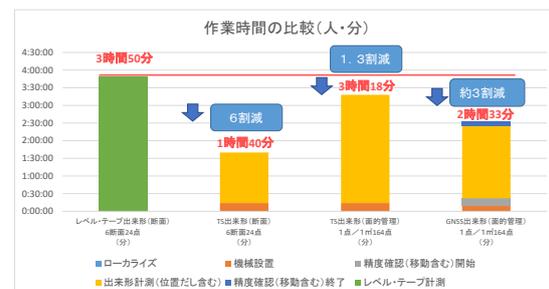


図-1 時間短縮効果 (RTK-GNSS)

GNSS で出来形計測が可能であることがわかった。

また、適用効果については、現地調査結果およびヒアリング結果から RTK-GNSS の面的な出来形管理への適用に関する時間短縮効果を検証した。(図-1)

2. 多点観測による出来形管理手法の改善に向けた整理

多点観測による出来形管理手法の適用性の調査として、i-Constructon 型工事を実施している現場において、多点計測機器による出来形管理と従来手法による出来形管理の二重管理を行い、精度比較や現場適用性と課題整理を実施し、多点観測による出来形管理手法の改善に向けた調査を行った。

1) 面的な出来形確認手法の計測精度

精度確認についての比較方法は施工者が取得した多点観測による計測点から T I N (不等辺三角網) データを作成し、同現場の T S で計測した座標の同一平面座標上における標高差を抽出することで、高さ精度を比較した。(表 1)

表 1 空中写真測量 (UAV) による出来形計測の精度

高さ精度	平均 (m)	標準偏差	最大 (m)	最小 (m)	母数
天端部	0.007	0.011	0.052	-0.019	130
法面部	0.001	0.012	0.022	-0.053	52

土工の面的な出来形管理に必要な計測精度は 50mm であるが、差の平均に標準偏差の 3 倍を加えても 50mm 以下となっていて、必要な精度が確保されている結果となった。

2) 適用効果

従来の出来形管理手法 (TS 計測) と空中写真測量 (UAV) の計測時間を比較し、作業時間の変化を確認した。比較時間は各作業時間に人工を掛けたものとした。

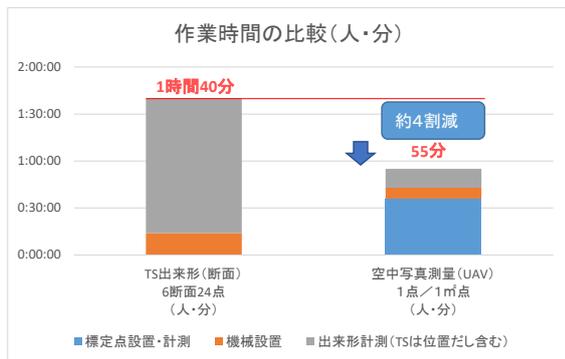


図-2 空中写真測量 (UAV) による出来形の作業時間

作業時間の比較結果より、多点観測技術の面的管理は、TS 手法の断面管理よりも作業時間が 4 割程度削減される結果となった。多点観測技術では計測自体が一度に広範囲の計測が可能であるため、現場計

測においては効率化する結果となった。

3. 施工データの納品仕様に向けた整理

i-Constructon で取得されたデータを電子納品工事完成図書としてどのように規定し納品させるべきかについて整理し、納品仕様の素案を整理した。

表 2 施工データの納品仕様案

項目	必要な属性
点群データ	<ul style="list-style-type: none"> 点群データの計測日時 →経時変化の基準時間の特定 計測機器名称 →データの精度
3次元設計データ (特に線形情報)	災害等の復旧作業等に元の線形情報を利用して復元
出来形管理結果	帳票様式あるいは3次元ビューワ

5. 出来形管理資料(設計と出来形の差)の同一性が担保できる機能要求仕様書の整理

出来形管理資料の同一性が担保できる体系を TS 出来形管理等の既存の体系を参考に整理し、開発者が自主的に検証できるようなサンプルデータや機能確認方法・評価基準を策定した。

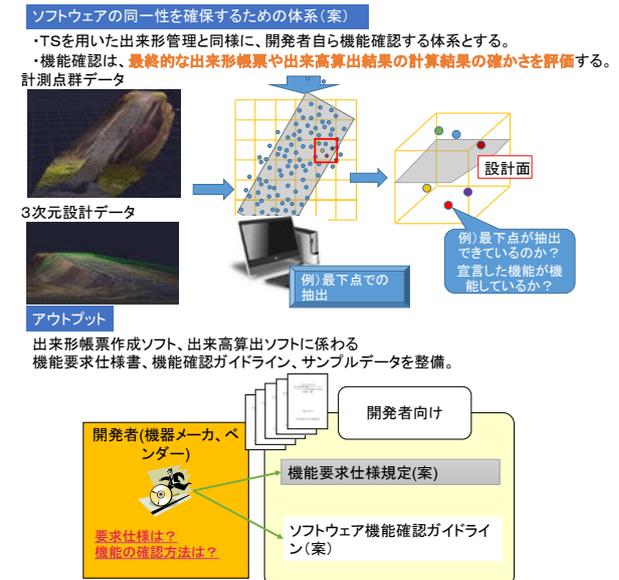


図-3 出来形管理資料の同一性を確保する体系 (案)

4. 成果の活用

i-Constructon の対応として新たな 3 次元計測機器である RTK-GNSS について適用可能であることが確認できた。また、要領化されている、空中写真測量 (UAV) についても、実工事における出来形管理での精度と適用効果を確認できた。それらの検討結果について ICT を活用した出来型管理要領 (案) 等の改定ために活用していきたい。さらに今後も現場試行等を重ねていき要領等の課題への対応を図って行きたい。

領域5：美しい景観と快適で質の高い道空間を創出する

道路空間の利活用の持続的実施に向けた交通実態・効果把握 に関する検討

Study on Traffic Actual Conditions and Effects for Sustainable Use of Road Space

(研究期間 平成 28～29 年度)

道路交通研究部 道路環境研究室
Road Traffic Department
Road Environment Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher

井上 隆司
Ryuji INOUE
小栗 ひとみ
Hitomi OGURI
瀧本 真理
Masamichi TAKIMOTO

This research aims to present a method of effective and efficient consensus formation to promote the utilization of road space. In order to facilitate consensus building, it is necessary to explain the realities of the traffic and the effect of utilization. Therefore, in this research we investigate cases of utilization of road space and create guidelines focusing on traffic impact and utilization effect.

〔研究目的及び経緯〕

国土交通省では、道路空間の利活用ニーズの高まりを受け、道路空間を活用した地域活動の推進に取り組んでいる。道路空間の利活用における合意形成では、交通への影響や安全性等の要件が議論されているが、占用時の交通等の実態や利活用効果等の知見が蓄積されておらず、その対応に苦慮する状況となっている。

そこで、本研究では、道路空間の利活用促進に向けて、効果的・効率的な合意形成の進め方を提示することを目的とし、道路空間の利活用の実施事例から、関係者との合意形成において必要となる、交通の実態および道路空間利活用効果の把握手法等に関する技術的知見をとりまとめるものである。

〔研究内容〕

平成28年度は、道路空間の利活用事例65件（オープンカフェ27件、広告16件、コミュニティサイクル10件、その他12件）を対象とした実態調査により、事業導入・合意形成フロー、合意形成円滑化のための留意点、交通機能への影響および効果項目の体系について整理を行った。

〔研究成果〕

1. 道路空間利活用事例における合意形成プロセスの分析

実態調査で収集した情報をもとに、導入手順、実施体制、空間利用の違いに着目して事例の特徴を整理す

るとともに、事例ごとの合意形成プロセスを、検討前（背景）、企画・調査段階、計画・申請段階、実施・継続段階の流れに沿ってフロー図の形で整理し、合意形成にあたっての課題 8 項目と、その解決ポイント 16 項目を抽出した。

それらを踏まえ、道路占用目的（事業分類）別に、行政が発意・主導するケースと、民間が発意・主導するケースに分けて、事業導入・合意形成の流れを整理し、各種の協議や手続きにおける合意形成の円滑化ポイントをとりまとめた。図1に、行政の発意・主導で一定期間継続してオープンカフェを実施する場合の合意形成の円滑化ポイントを示す。この場合、実施主体となる事業推進組織に道路管理者や警察等の参画を得ることや、社会実験を通じて交通への影響やその回避策を検討しておくことが有効であることが整理された。

2. 交通機能への影響の整理

各事例について、道路の有効幅員と占用範囲、歩行者通行スペースとの関係を図面化し、占用による交通機能への影響の有無を確認した。その結果、広告、コミュニティサイクルは、あらかじめ歩行者通行スペースに支障のない設置位置の選定が行われており、またオープンカフェ、その他は、いずれも歩行者通行スペース（最低2m幅）が確保されていたことで、通行障害などの問題は生じなかったことがわかった。

なお、交通管理者から、緊急車両の通行幅確保（1件）や歩行者の通行幅確保（2.0m、4.0mなど）（5件）、

誘導ブロックの確保および死角となるところへの占有物の設置回避（4件）について指導があった事例（図2）が確認されたことから、交通管理者との協議にあたって、あらかじめこれらの事項に留意しておくことが、合意形成を円滑に進める上で有効であることがわかった。

3. 事業効果の体系化

道路空間の利活用における効果について、直接的な「人の動きの変化」からの効果の連関に着目するとともに、取り組みの持続性の観点も含めて効果項目を体系的に整理した。まず事例ごとの効果について、図3のような連関図を作成し、それらをもとに①オープンカフェ、②コミュニティサイクル、③広告、④その他（イベント）、⑤その他（特定目的活動）の事業分類別に効果項目を整理した。

図4にオープンカフェの効果項目の整理を示す。この場合、道路空間における「座る、くつろぐ」といった滞留行動が（滞留効果）、通行者の利用意欲や事業者の出店意欲を刺激し（利用意欲刺激効果、出店意欲刺激効果）、それが消費機会の増大につながることで経済的波及効果をもたらす。また、道路空間での活動は、地域らしさの認識に結びつくとともに（地域個性創出効果）、さらなる活動を呼び起こす契機ともなる（パブ

リックライフ充実効果）。さらに、占有主体の道路清掃等により道路環境が良好に保たれることや（道路環境向上効果）、出店料等が新たなまちづくり活動を支える資金となって、取り組みの持続性が担保される（まちづくり組織支援効果）といった効果が発現する。

【成果の活用】

本研究では、道路空間の利活用の実事例における課題・効果等の情報をガイドラインにとりまとめ、関係者間での合意形成を円滑に進めるための参考資料として活用を図る予定である。

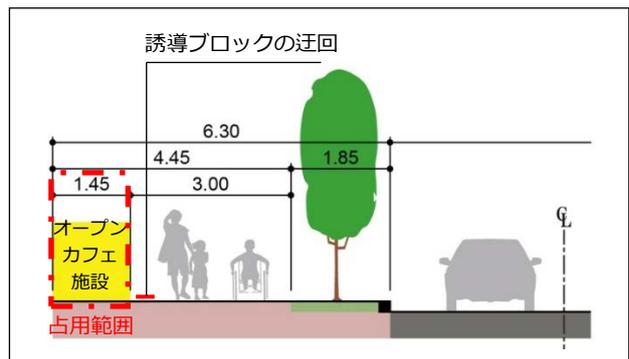


図2 誘導ブロックの迂回例
(高崎まちなかオープンカフェ)

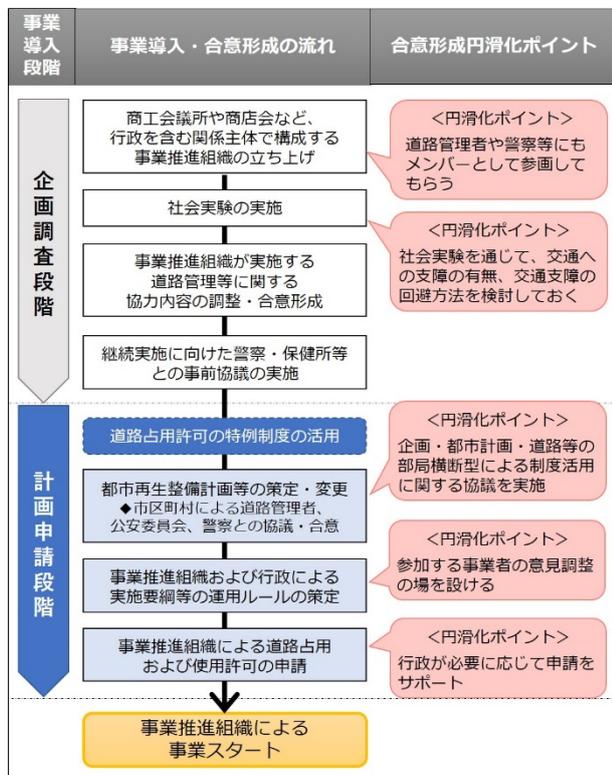


図1 オープンカフェを実施する場合の合意形成プロセス（行政による発意・主導／継続実施型）

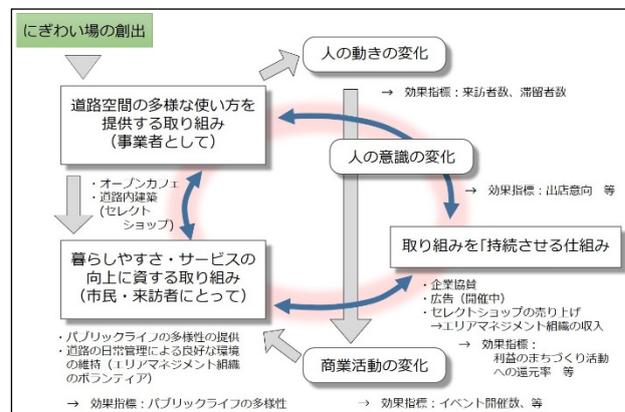


図3 効果の連関図
(東京シャンゼリゼプロジェクト／オープンカフェ)

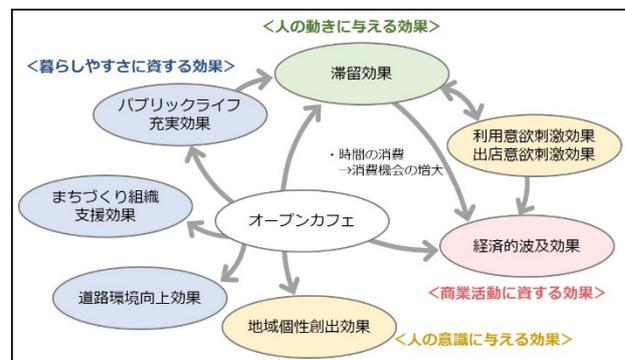


図4 オープンカフェの効果の体系

沿道の無電柱化推進に関する調査

Study on promotion measures of utility pole removal

(研究期間 平成 27～28 年度)

道路交通研究部 道路環境研究室
Road Traffic Department
Road Environment Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher

井上 隆司
Ryuji INOUE
大城 温
Nodoka OSHIRO
小栗 ひとみ
Hitomi OGURI
光谷 友樹
Yuki MITSUTANI

For promoting further utility pole removal, this study aims to consider effect of utility pole removal corresponding to policy purpose: the improvement of disaster prevention, formation of landscapes and tourism development, and ensuring safe and comfortable traffic spaces. In addition, hearing and bibliographic search about policy and technical standard of underground cables is conducted in advanced cities promoted utility pole removal in Western Europe, America and Asia.

[研究目的及び経緯]

国土交通省では、道路の防災能力の向上、安全で快適な通行空間の確保、良好な景観の形成や観光振興等の観点から無電柱化を進めているが、欧米の主要都市では無電柱化が概成しているのに対して、日本の無電柱化率は立ち遅れている。平成 28 年 12 月には「無電柱化の推進に関する法律」が公布・施行され、無電柱化への期待が高まっている。

これまで日本で実施されている電線共同溝では、整備費用が約 5.3 億円/km (電気・通信設備に係る費用を含む) と高く、無電柱化を推進するためにはコストを下げるのが重要である。海外と比べて立ち遅れた我が国の無電柱化を推進するため、海外における無電柱化推進施策、直接埋設等の技術基準を参考にする必要がある。また、無電柱化の必要性に対する認識向上のため、効果を分かりやすく示す必要がある。

[研究内容]

1. 無電柱化の政策目的に応じた効果把握

無電柱化の 3 種の施策目的 (「防災」「安全・快適」「景観・観光」) に対応した事業効果を整理するとともに、各効果について参考となる事例を収集した。また、効果の一部については、定量化を試みた。

2. 海外の政策や技術基準等の調査

無電柱化が進捗しているドイツ・ハンブルク、アメリカ・ニューヨーク及びワシントン DC、台湾・台北

について文献調査、および道路管理者、配電事業者、通信事業者を中心とした調査を実施した。また、イギリス・ロンドンとフランス・パリの 2 都市については文献調査を行った。主な調査項目は表 1 の通りである。

表-1 主な調査項目

工事における事故対策に関する事項
・ 地中ケーブルの防護に関する基準・要領等 ・ 地中の埋設物の位置等のデータベース等の整備状況 ・ その他工事事故の防止・抑制に関する事項 (試掘等、掘削前の既存埋設物の検査 等)
電線類の埋設に関する事項
・ 電線類の埋設方法に関する基準・要領等 ・ 電線類の埋設位置に関する基準・要領等 (電圧等による違い、歩道幅員等の地上条件 等) ・ 電線類の埋設条件に関する基準・要領等 (埋め戻し方法や材料、施工方法、施工管理基準 等)
その他施工・維持管理コストに関する事項
・ 電線類の埋設のための施工機材や施工技術等 ・ 占用工事に関する規制等 ・ 地中化の費用 (工事費の詳細、費用の負担者 等)

[研究成果]

1. 無電柱化の政策目的に応じた効果把握

無電柱化の政策目的ごとの事業効果について、防災面では電柱折損による道路閉塞、安全面では歩行者の回避行動、景観面では地価への影響等に着目し、体系

的に整理した。

また、検討は電柱の被災状況や歩行者挙動等の事業効果を整理する上で参考となる資料を収集整理したうえで行った。

i) 「防災」の効果

「防災」への効果として、地震による電柱折損による道路閉塞が避難・救援に与える影響に着目し、避難時間の短縮や避難・救援ルート数の変化について評価方法の検討を行った。検討した評価方法について、避難場所に接する 200m 四方の範囲で試算した結果、救援・避難時間の短縮の効果が最大で 9.2 分 (約 44%)、平均で 3.2 分 (約 20%) であり、無電柱化区間の他、隣接街区にも及ぶことを確認した。

ii) 「安全・快適」の効果

「安全・快適」への効果として、専用歩道の無い道路において、歩行者・自転車等と自動車との離隔距離に着目し、電柱による歩行者の回避行動より有効幅員が減少することによる安全性への影響の検討を行った。ある地方自治体における通行中の事故を分析した結果、電柱のある区間における事故においては離隔距離が 1.0m 未満が割合が 76% であり、多くで離隔距離が十分でない状況を確認した。無電柱化により、これらの区間における安全性の向上の可能性が示唆された。

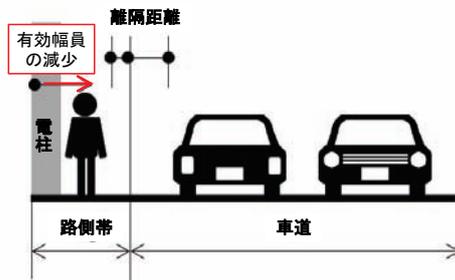


図-1 電柱による有効幅員減少の概念図

iii) 「景観・観光」に関する効果

「景観・観光」への効果として、無電柱化が地価に与える影響、商業地・観光地においては、観光入込客数等に与える影響について検討を行った。

無電柱化が地価へ与える影響については、住宅値において、最寄り駅からの距離が同じ、或いは遠くても無電柱化エリアが周辺より高い地価を示す場合があることを確認した。地域の状況に応じて異なるところであるが、最寄り駅から近い地域と比較して最大で 40% 地価が高い地域があった。観光地では、停滞・下落基調にあった観光客数等が無電柱化整備後に増加基調に転じた事例が複数あり、観光地の魅力向上に寄与していることを確認した。

2. 海外の政策や技術基準等の調査

海外ではケーブルを地中に直接埋設する方式も採用されており、これらの都市における電線類の埋設基準 (直接埋設・埋設深さ等) や埋設技術 (掘削・敷設・埋め戻し等) など低コスト化につながる取り組みや技術を把握した。特に低コスト化につながる特徴的な取り組みとしては、機械化施工 (図-2)、側溝敷設ケーブル (図-3)、地下埋設物探知技術 (図-4) 等を把握した。



図-2 機械化施工の例

(出典: <http://www.co.cal.md.us/>)

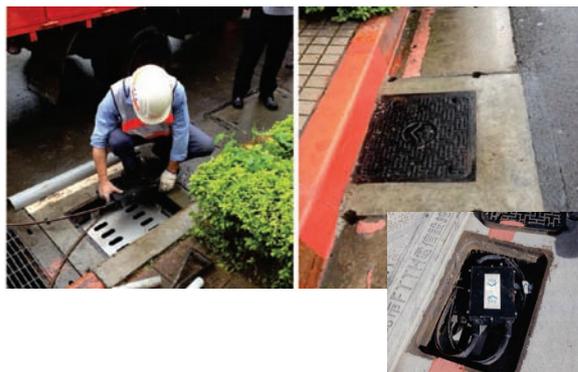


図-3 側溝を活用した通信線の設置

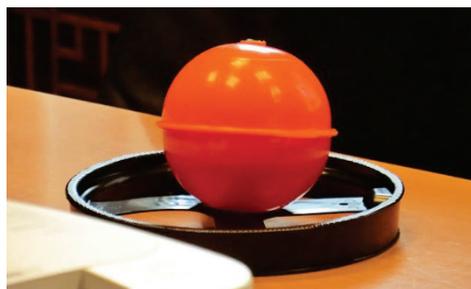


図-4 地下埋設物件の探知技術 (IC タグ)

【成果の活用】

今後、体系的に整理した無電柱化の政策目的 (防災、安全、環境) に応じた事業効果については、本省、地方整備局で共有し、現場での合意形成促進及び事業効果の把握に活用する。また、諸外国における無電柱化の技術基準等についても、知見を共有し低コスト化の検討に活用する。

無電柱化推進に資する施工手法に関する調査検討

Survey study on construction techniques that contribute to the promotion utility poles removal

(研究期間 平成 27～28 年度)

道路構造物研究部 構造・基礎研究室
Road Structures Department
Foundation, Tunnel and Substructures Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher

間渕 利明
Toshiaki MABUCHI
西田 秀明
Hideaki NISHIDA
西藤 淳
Jun NISHIFUJI

道路基盤研究室
Pavement and Earthworks Division

室長
Head

久保 和幸
Kazuyuki KUBO

In order to make clear the problems when cables covered by sand are placed inside pavement at shallower level than the conventional case, cyclic loading tests were carried out. These results showed that wheel load propagation depended on the buried electric cable setting direction, especially.

[研究目的及び経緯]

電線類の地中化等による無電柱化は、道路の防災性の向上、安全で快適な通行空間の確保、良好な景観の形成や観光振興等の観点から必要性が高まっている。しかし、事業コストが高いこと等により我が国の無電柱化率は最も進んでいる都市でも7%程度と低い状態である。

本研究では、このような背景を踏まえ、施工コストの低減の可能性がある技術としてケーブル等の埋設深さの浅層化や直接埋設等を行う場合を対象に舗装機能に影響を与えない施工手法の検討を目的としている。

本年度は、ケーブル等を浅層埋設する際におけるケーブルを保護するための砂層(砂巻)の条件が道路機能に及ぼす影響に関する実験及び解析的検討を行った。

[研究内容及び成果]

1. ケーブル等を浅層埋設する際におけるケーブルを保護するための砂層の条件に関する載荷実験

(1) 実験方法

① 実験模型と実験ケース

実験模型は、直径1m、深さ1mの筒状の舗装体内にケーブル保護層を構築したものである。舗装構成は、表層(アスファルト層)5cm、上層路盤(M-30)20cmとし、その下に下層路盤(C-40)75cmとした。この中に、上層路盤上面から下方10cmにケーブル上面が来るように配置し、そのまわりに砂巻によるケーブルの保護層を設置した。このケーブル深さは、「電線等の埋設に関する設置基準」(以下、「通達」)での埋設深さの考え方に準拠して設定したものである。保護層厚はケーブル径が大きいものに対して、

ケーブル表面から5cmと10cmのケースとした。ケーブルはCVケーブル(架橋ポリエチレン絶縁ビニルシースケーブル、断面積250mm²)と、これが4本より線になっているCVQケーブルを用いた。これらを組合せて行った実験ケースを表-1に示す。

表-1 実験ケース

ケース	条件
1	砂巻10cm, ケーブル径大 (CVQ)
2	砂巻11.5cm, ケーブル径小 (CV)
3	砂巻5cm, ケーブル径大 (CVQ)
4	ケース1からケーブルを除いたもの
5	砂層なし, ケーブル無し

② 載荷方法及び計測項目

実験は、表層中心位置を直径30cmの載荷版で繰返し載荷して行った。繰返し載荷条件は載荷荷重49kN、累積回数10万回で、頻度2Hzで行った。なお、載荷回数の条件は過年度舗装走行実験施設にて実施したケーブル等を埋設した舗装における車両走行実験における条件(49kN換算で10万輪相当の載荷)に合わせたものである¹⁾。土圧の測定位置は図-1のとおりであり、路面から60cm下で、平面位置では、載荷版直下(土圧計1)、載荷版中心からケーブル配置方向(土圧計2)及びその直角方向(土圧計3)にそれぞれ

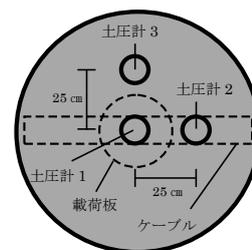


図-1 土圧計平面図

25cm 離れた位置に配置した。途中 1 万, 3 万, 5 万, 7 万回載荷時点での舗装状態を確認するとともに、累積載荷による影響を確認するため加振再開時及び 10 万回載荷後において土圧を約 40 秒間計測した。なお、各載荷段階における土圧は、土圧がほぼ一定となった段階から、1 回載荷するごとに発生する最大土圧を 10 回分求め、この平均値とした。

③実験結果

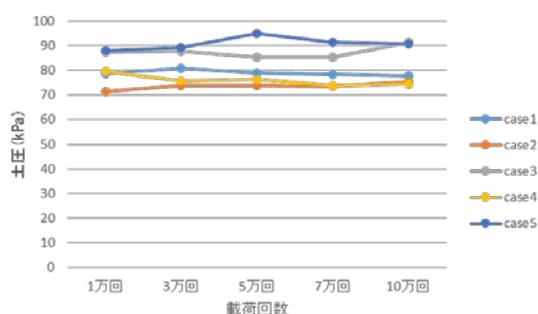
砂層がないケース 5 での土圧は、載荷点直下の土圧計 1 に対して、等距離に離れた 2 つの土圧計 2, 3 では概ね同程度(土圧計 1 の 5~6 割)が生じている。これを基準として他のケースを見た場合を以下に示す。

もっとも砂巻の範囲が小さいケース 3 での土圧は、土圧計 1 はケース 5 と同程度であるが、ケーブル直下に配置した土圧計 2 で土圧計 1 の 9 割が生じているのに対し土圧計 3 では 5 割程度である。これに比べて砂巻範囲が大きいケース 1 の土圧は、土圧計 1 でケース 5 よりやや小さいが、土圧計 2 が土圧計 3 より大きい傾向はケース 3 の場合と同様である。この傾向は、ケース 1 に対してケーブル径を小さくしたケース 2 でも見られるが、土圧計 1~土圧計 3 の発生土圧はケース 1 に比べて小さくなっていること、また、土圧計 1 に対する土圧計 2 の割合がケース 1 では約 9 割に対して 7 割強程度と小さい。さらに、砂層のみでケーブルが入っていないケース 4 の土圧は、土圧計 1 ではケース 2 と同程度であるが、土圧計 2, 3 とともに発生土圧が全 5 ケースの中で最も小さくなっている。

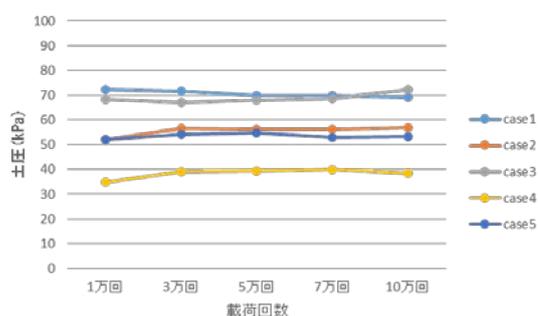
これらより、載荷中心位置における土圧は、ケーブル埋設深が同じであれば、砂巻厚さが 5cm 程度なら砂層やケーブルがない場合(ケース 5)と同等であるが、10cm となると土圧が低減されること、さらに、ケーブルがある方向にはこれがない方向に比べて大きな土圧が伝達され、この傾向はケーブルの径が大きいほど顕著であることが明らかとなった。

ただし、今回の実験では、全ての実験ケースにおいて 10 万回載荷終了後までの範囲における土圧の生じ方の変化の傾向は特に見られなかった。また、10 万回終了後において舗装面にひび割れ等の変状は生じていなかった。さらに、今回の実験では集中荷重を同一箇所に繰り返し載荷しており、実際の道路における車両走行での載荷状態とは同じではない。

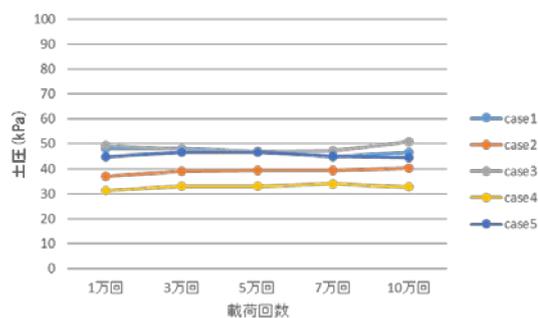
したがって、今回の実験をもとに、車両走行に伴う輪荷重がどの程度作用したときに舗装に損傷が生じるかを推定することまではできないが、少なくとも今回と同程度の載荷状況なら直ちに舗装が損傷す



(1)土圧計 1



(2)土圧計 2



(3)土圧計 3

図-2 土圧計測結果の変化

ることはない。しかしながら、舗装内に不均一な応力が生じており、ケーブル設置方向に大きな荷重(土圧)が作用する頻度が高くなることから、長期的に見た場合、この方向に変状が生じると想定されること、また、砂巻厚さだけでなく内部のケーブルにも依存し、今回使用したケーブルでは、ケーブル径が大きいほどその影響は大きい可能性が高いことを示唆していると考えられる。

よって、舗装体内へのケーブルの直接埋設が舗装へ与える影響を検討する際には、砂巻厚さだけでなくケーブル径や剛性も合わせて考慮する必要がある。

[成果の活用]

電線等の埋設に関する通達や施工要領等に反映させる。

参考 1) 無電柱化低コスト手法技術検討委員会：無電柱化低コスト手法の技術検討に関する中間取りまとめ,2015.12

質の高い道路空間の再編・利用に係る計画手法に関する研究

Research on planning method of improvement in the quality of urban space through road reconstruction and street management

(研究期間 平成 26～28 年度)

社会資本マネジメント研究センター
Research Center for
Infrastructure Management
緑化生態研究室
Landscape and Ecology Division

室長
Head
研究官
Researcher

舟久保 敏
Satoshi FUNAKUBO
西村 亮彦
Akihiko NISHIMURA

This study aims to figure out planning method of road reconstruction and street management which is effective for area development and improvement in townscape. In order to reveal recent trends, the authors carry out analysis of 100 domestic projects and 10 overseas projects, which are classified into 5 groups according to their strategies. In order to establish practical methodology for effective road reconstruction and street management, the authors also carry out case study research. According to its results, the authors propose a set of strategic criteria which corresponds to different phases of project.

〔研究目的及び経緯〕

近年、一体的な景観形成や地域振興の観点から、沿道の施設や公共交通機関等と連携した、公共空間としての道路の機能向上が求められている。こうした中、空間の再配分や沿道の修景を伴う道路の再整備が進められるとともに、道路空間を利用した多様なサービス、地域活動が全国各地で展開されてきたが、その事業スキームについては十分な検証がなされていない。

このため、本研究では、全国から道路空間の再編・利用事例を収集し、事業の組織体制、補助金・制度の活用、デザイン上の工夫、整備後の維持管理・運用方策等を明らかにした上で、各事業の計画手法と効果について検証を行い、道路と他施設の一体的な整備や複数事業の連携、地域活動の効果的な活用等を通じて、地域づくりや景観形成を拡充できる、道路空間の再編・利用手法を提案することを目的とする。

〔研究の内容〕

平成 26・27 年度は、国内各地における道路空間の再編・利用事例 100 件、平成 28 年度は、国外における道路空間の再編・利用事例 10 件を選定し、各事業の経緯、実施体制、整備内容、関連事業、事業効果等の情報を収集・整理した。

国内 100 事例について、再編・利用の目的や手法、幅員構成、道路の性格等、様々な視点から類型化を行うとともに、各類型の特徴に着目しながら、近年の道路空間再編・利用の動向を把握した。

また、道路空間の再編が地域へもたらす効果を体系

的に整理した上で、地域づくりへの貢献が顕著に見られる国内外の事例を対象に、事業の進め方についての横断的なレビューを行い、地域づくりを支える道路空間再編における役割分担のパターンと、効果的かつ円滑に事業を進める上での具体的な留意事項を抽出した。

〔研究の成果〕

1. 国内における再編・利用の動向

人口減少や都市構造の変化を受けて車両交通の需要が減少した路線では、異なる交通モードの分離・共存の方式を見直し、幅員再構成や施設更新による再構築を採用する傾向にあることが分かった。現道拡幅を伴う改築が、用地取得にかかる費用に加え、調整に多くの時間を要するのに対し、幅員再構成や施設更新による再構築は、比較的少ない費用で短期間に道路空間の機能を更新することができるのが特長である。

一方、幅員再構成や施設更新を採用した場合、沿道建築物に対する行為制限の策定実績が、現道拡幅を採用した場合の約半分の割合に止まっていることが分かった。沿道建築物の建替えを伴わない場合も、協定やガイドラインによる規制・誘導を図るとともに、修景補助等のインセンティブを与えるなど、沿道も含めた一体的な景観形成に向けた積極的な創意工夫の取り組みが望まれる。商店街や観光地において、壁面付属物を統一するなどの簡易な方法で、一体的な街路景観を実現した事例も 2 件見られ、今後の展開が期待される。

また、昨今、公共事業における市民参加の重要性が高まる中、道路空間の再編についても協議会や検討委

員会を組織し、住民等の意向を計画・設計へ取り込むのが一般的となっているものの、ハード整備に係る官民連携組織が整備後の維持管理についても継続的に関与しているケースは、わずか3件であった。一方、7件の事例においてまちづくり会社や地元協議会がエリアマネジメントの一環として、利活用の企画・運営を行っていたほか、民間事業者が道路管理者の許可を得て、沿道建築物と道路空間の一体的な整備を行っている事例も3件見られ、今後の動きが注目される。(各動向の代表的な事例については、図-1を参照のこと。)



図-1 国内における道路空間再編・利用の動向

2. 地域づくりを支える道路空間再編の進め方

地域づくりと連動した道路空間再編におけるステークホルダーの役割分担については、道路空間再編の目標に応じた5つのパターンを抽出した。(図-2) 実際の道路空間再編においては、複数の目標の組合せとなることが一般的であるため、組合せに応じた多角的な視点からステークホルダーの役割分担を定めるとともに、適切な合意形成の場を構築することが求められる。

また、地域づくりを支える道路空間再編を進める上での留意事項については、6つの事業段階別に15の留意事項を抽出した。(図-3) 地域づくりへの貢献が顕著な事例では、何れも持続的な管理・運営体制を構築していたことから、事業の初期段階から空間デザインだけでなく、プロセスやプログラムの検討を総合的に行うとともに、PLANからMANAGEMENTにいたる各段階の検討サイクルを円滑に回すことが重要であると言える。

[成果の活用]

国内100事例について、写真や図面とともに事業の概要を整理した事例集を作成するとともに、地域づくりへの貢献が顕著で、学ぶべきポイントを数多く有する国内外の事例について、ポイントとなる事項を整理したベストプラクティス集を作成する予定である。

また、地域づくりを支える道路空間再編を実践する上での留意事項を分かりやすく説明した手引きを取り

まとめ、上記事例集・ベストプラクティス集とともに国総研HPで公開する予定である。

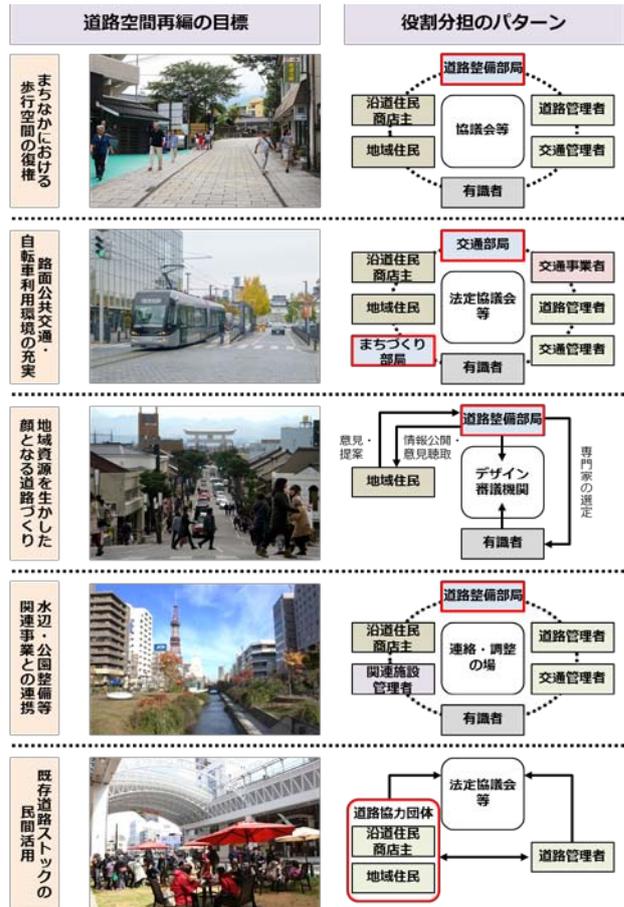


図-2 道路空間再編における役割分担のパターン



図-3 道路空間再編における段階別の留意事項

領域 6 : 交通事故等から命を守る

道路交通安全施策に関する統計データ分析

Statistical Data Analysis for Road Traffic Safety Measures

(研究期間 平成 26 年度～28 年度)

道路交通研究部 道路研究室
Road Traffic Department
Road Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher
研究官
Researcher

瀬戸下 伸介
Shinsuke SETOSHITA
池原 圭一
Keiichi IKEHARA
尾崎 悠太
Yuta OZAKI
木村 泰
Yasushi KIMURA

In this research, in order to further reduce traffic accidents, the authors analyzed trends and characteristics of traffic accident occurrence situation in recent years.

In addition, the prototype system which can summarize the data, for example traffic accident data or probe-car data to abstract dangerous positions and areas is studied.

[研究目的及び経緯]

近年、交通事故死傷者数及び死者数とも減少傾向が続いてはいるが、特に人口 10 万人あたりの歩行中・自転車乗用中の死者数は先進国の中でも多く、これらの半減を目指し、交通安全基本計画に基づく交通事故削減に向けた取り組みの推進が求められている。

本研究では、近年の交通事故発生状況の傾向・特徴に関する分析を行った。また、交通事故データやプローブデータを用いた危険箇所・エリアの抽出等を実施する際に利用するデータ集計システムの構築に向けた検討を行った。

[研究内容]

近年の交通事故発生状況の傾向及び特徴を分析するため、交通事故データベースなどをもとに、交通事故の経年変化や、交通事故に関する道路状況別、事故類型別、当事者別などの集計を行い、特に歩行者や自転車に関わる近年の交通事故発生状況の傾向・特徴を整理した。

また、緯度経度等の位置情報を有する交通事故データやプローブデータを集計するシステムについて、プロトタイプを作成した。本集計システムについては、幹線道路における危険箇所や生活道路における危険エリアを抽出する際に利用することを想定し、その機能を設定した。具体的には、道路上に任意に設定した交差点・単路の区間内、又は幹線道路等を境界として任意に設定したエリア毎に、データの集計が可能なシステムとした。また、集計する項目は、事故データを用

いた事故件数、プローブデータを利用した急挙動発生回数や通過交通台数、走行速度の統計値等とした。

[研究成果]

(1) 交通事故発生状況の傾向・特徴の整理

以下に本研究で実施した分析結果の例を紹介する。

a) 歩行者に関する交通事故発生状況

低年齢層の歩行中死傷者数を、自宅からの距離別に整理すると、小学生の歩行中の交通事故は自宅から 500m 以内で約 6 割発生していた。また、年齢層別人口 10 万人あたりの歩行中死傷者数では、小学校低学年 (7～9 歳) の年齢層では、全年齢に比べて 2.5 倍、突出して多いことがわかった (図 1)。

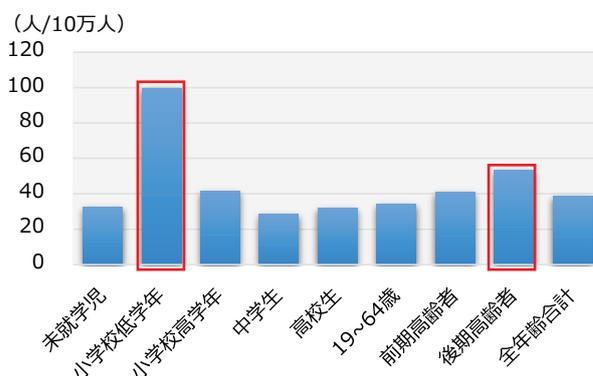


図 1 年齢層別人口 10 万人あたり歩行中死傷者数 (H27)

これらの結果を踏まえ、特に、小学生の交通事故対策として、通学路などの身近な道路の対策の推進が必

要と考えられる。

b) 自転車に関する交通事故発生状況

自転車に関わる事故の多くは、交差点で発生している。そこで、交差点での自転車と自動車の進行方向別の事故件数を整理したところ、小規模道路（幅員 5m 未満）から中規模（幅員 5m 以上）または大規模（幅員 13m 以上）の交差点に進入する自動車と、左から進入してくる自転車との事故が多いことが確認され（図 2）、ここで、自転車が車道を右側通行していた（違反に区分される）事故の特徴を整理すると、その多くは歩道のある道路での交差点における出会い頭事故が占めていたことを確認できた。

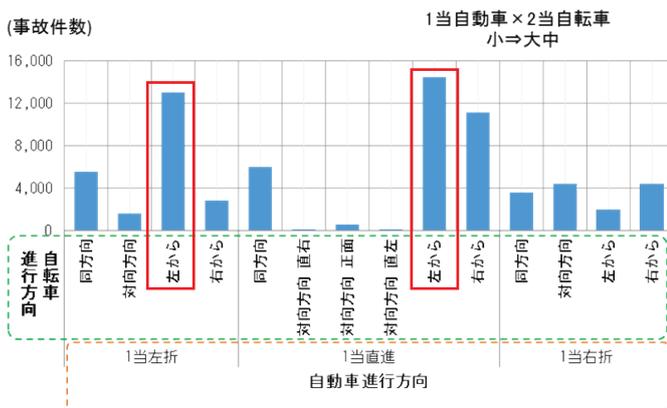


図 2 自動車が小規模道路から大・中規模交差点へ進入する際の自動車と自転車の進行方向別の事故件数 (H26)

また、自転車事故で分類される事故類型のうち、最も多いのは出会い頭事故（約 5 割）、次いで右左折時の事故（約 3 割）であるが、これらの基本的な事故類型に分類されない「その他車両相互」の事故が多い（約 1 割強）ことも自転車事故の特徴である。そこで、「その他車両相互」に分類される自転車事故の特徴を見るため、当事者の行動類型に着目した整理を行った。その結果、歩道のある道路における交差点において、自動車が右左折時に自転車が「横断」している場合の事故も相当数発生していることが確認された（図 3）。



図 3 交差点における歩車道区別、行動類型別の事故件数 (H27)

これらの結果を踏まえ、交差点において自転車の通行方向や通行位置を適切に誘導させる対策（交差点内における自転車通行位置の明示による自転車通行位置の整序化や自動車への注意喚起、自転車の左側通行を遵守させる（逆走防止）対策など）が必要であると考えられる。

(2) データ集計システムのプロトタイプ作成

本研究において作成したシステムは、主に「交差点・単路区間・エリアの設定」を行うものと「事故データ・プローブデータの集計」を行うものに分けられる。

「交差点・単路区間・エリアの設定」を行うシステムは、電子地図上で任意に、交差点・単路区間・エリアを設定するものである。このシステムには、デジタル道路地図等を本システムに取り込むことにより、交差点等の設定案を自動で生成する機能を持たせている。この設定案と電子地図や航空写真を確認しながら、交差点の形状や単路区間の延長、エリアの範囲を調整することにより、交差点等を設定する。「事故データ・プローブデータの集計」は、上記で設定した交差点等の範囲毎に、その内部で発生した事故の件数や、通過交通の台数等を集計するシステムである。図 4 には、設定したエリア毎の事故件数を集計した結果を示す。本システムでは事故件数の他、ETC2.0 プローブ情報を利用した各交差点・単路区間・エリア内の急減速発生回数等を集計することができる。

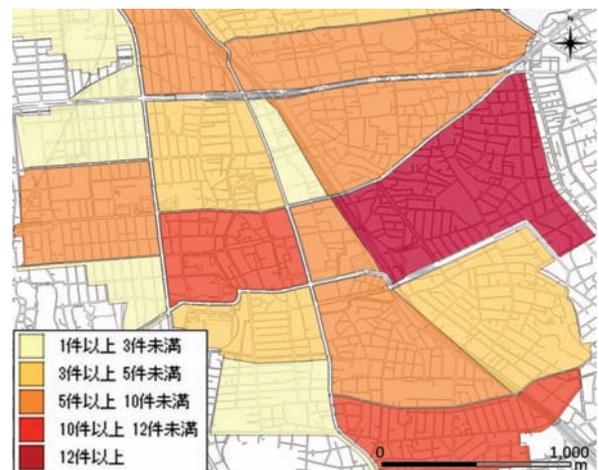


図 4 事故件数の集計結果

[成果の活用]

本成果は、今後の交通安全施策を展開する際の基礎資料として活用が期待される。また、データ集計システムについては、試行を通じて効果的な使用方法の整理等を行う予定である。

生活道路の交通安全対策の導入推進に関する検討

Study about promoting traffic safety measures for residential roads

(研究期間 平成 28～30 年度)

道路交通研究部 道路研究室
Road Traffic Department
Road Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
交流研究員
Guest Research Engineer

瀬戸下 伸介
Shinsuke SETOSHITA
大橋 幸子
Sachiko OHASHI
関 皓介
Kosuke SEKI

This study aims to present how to promote traffic safety measures for residential roads. For this study, surveys about road safety measures of local areas are being conducted, and research into traffic calming devices are being carried out. The first survey looks at the problems of planning measures on residential roads under the current technical standards which were published in March 2016. The other survey looks at how to get resident's consensus when making changes to the roads, such as the installation of traffic calming devices. The research aims to clarify an effective way of installing special kinds of humps, narrowings, chicanes not mentioned in the technical standards.

This year, the study found out how the road managers use the technical standards when planning traffic safety measures in residential areas, and the information required for the consensus of planning humps were summarized.

[研究目的及び経緯]

平成 28 年 3 月の「凸部、狭窄部及び屈曲部の設置に関する技術基準（以下、「技術基準」）」の策定や、自治体が設定した対策エリアをはじめとする各地域への国からの技術的支援など、交通安全対策の導入のための施策が進められつつある。このような状況の中、生活道路におけるさらなる交通安全の確保に向け、実効性の高い交通安全対策の確実な導入推進が求められている。

そこで本研究では、対策の実施における技術基準の運用状況や運用上の課題の調査、技術基準策定後の凸部等の設置における合意形成状況調査、凸部・狭窄部・屈曲部の応用的な形状での設置状況調査を行い、各地域での対策の導入における技術的支援を目指すとともに、技術基準の運用改善に向けた基礎資料とすることとした。

平成 28 年度は、主に対策の検討段階について、対策エリアを中心に、技術基準の運用状況調査、凸部等の設置における合意形成状況調査を実施し、実態を把握した。

[研究内容]

1. 対策の検討段階における技術基準の運用状況調査

対策エリアの登録は、平成 27 年度から始まり、平成 28 年 12 月現在、全国で 240 を超える登録がある。

これらの対策エリアに対して、進行状況の実態を踏まえ、対策検討段階までを中心に技術基準の運用状況を調査した。調査では、対策の検討に際しての技術基準の参照状況を確認するとともに、技術基準が対象としている凸部、狭窄部、屈曲部についてはその形状と設定理由を調査し、地域の状況に応じた運用の方法を把握することとした。平成 29 年 1 月時点の状況を調査した。

また、実際の対策検討においては、段階を経て検討が進められることから、これらの各段階における技術基準の運用上の課題把握等を目的に、対策エリアからモデル地区を設定し、対策立案のケーススタディ調査を行った。

2. 凸部等の設置の検討における合意形成状況調査

実際の対策エリアにおいて、対策立案における合意形成状況を調査し、合意の形成に寄与した事象・他地域への展開が考えられる事例等を調査した。あわせて、特に合意形成が重要となる凸部について、住民、関係者らの理解促進の支援となる情報を調査し整理した。

[研究成果]

1. 対策の検討段階における技術基準の運用状況調査

243 の対策エリアに調査票を送付し、202 の対策エリアから回答を得た。

凸部については、凸部を具体的に計画したエリアのほぼ全てで、技術基準を参照していたことが確認された。その計画形状を図-1に示す。凸部の高さは、約9割のエリアで基準の標準である10cmを採用していた。傾斜部の勾配は、8割以上のエリアが、基準の標準である平均5%を採用、平坦部の延長は、約9割が基準の標準である2m以上を採用していた。なお、2mより長い平坦部としては、横断歩道幅に合わせ4mとしたもの、歩道幅に合わせ4mとしたもの等があった。全体として、基準の標準形状と同様の形状が多かった。また、形状の設定理由からは、基準を参考にしつつ、社会実験等により決定した経緯がみられた。

狭窄部については、計画された最も狭小な車道の幅員は、技術基準で標準として示されている3mが5割程度と最も多かったが、3mよりも広くしているエリアも4割程度あった(図-2)。これらの形状については、基準を参考にしたうえで、社会実験や現場での立会いなどにより決定している例が多くみられた。

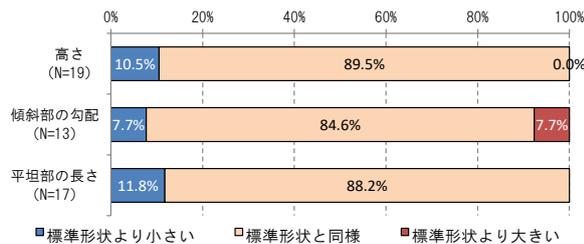


図-1 凸部の形状

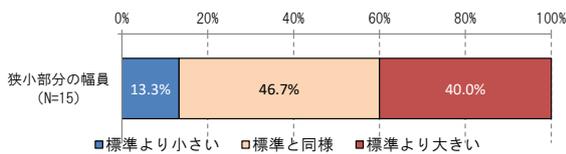


図-2 狭窄部の形状

計画された凸部、狭窄部の形状と技術基準の標準形状の関係をみると、形状の設定理由は凸部と狭窄部で傾向の大きな差異はなかったものの、決定した形状は狭窄部のほうが多様な値が選択されていることから、狭窄部のほうが地域の状況や道路構造に合わせて設定されている実情が考えられる。

調査ではこのほかにも、計画の検討状況及び対策実施にあたってノウハウの共有が求められる事項等を確認した。ケーススタディ調査では、危険箇所の面的な把握にビッグデータの活用が有効であることが分かった。また、交差点での凸部設置、狭窄部の張出部の形状等、基準に詳細の手法の明示はない事項について、地域で状況に応じた運用がされている

ことを確認した。今後、これらについて支援となる有用な情報提供手法を検討する必要が考えられた。

2. 凸部等の設置の検討における合意形成状況調査

対策検討が進められている対策エリアの調査から、合意形成のポイントを抽出し、他地域への展開可能性を含め、有用性を検討した。調査は、横浜市、浜松市、久留米市において実施した。

例えば、ハンプ体験会(図-3)での住民アンケートからは、「ハンプについて知ることができた」という感想が多く(図-4)、分かったこととしては、実際の形状や走行状況という回答が多かった。このことから、体験会では、ハンプに関する情報を十分に提供することが重要であるといえる。また、国から提供されたビッグデータ分析結果を、地元での勉強会等において活用し、危険箇所の共有の円滑化等に効果を上げている事例も確認された。

これらの事例では、自治体の担当者からの十分な説明が住民の関心の向上に寄与したことが考えられ、国としての合意形成支援のためには、広く一般に交通安全対策の浸透を図るのみならず、自治体担当者へ有用となる情報の提供も重要であることが考えられた。



図-3 ハンプ体験会の状況

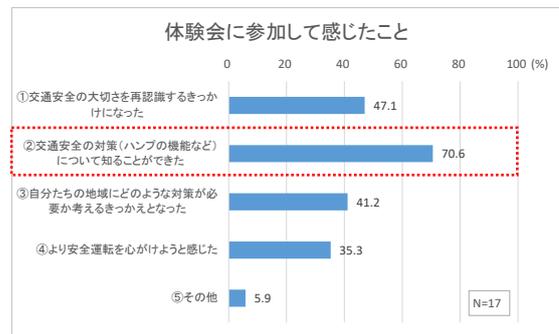


図-4 ハンプ体験会のアンケート結果

[成果の活用]

本研究の成果は、各地域での対策の導入における技術的支援へ活用するとともに、技術基準の運用改善に向けた基礎資料として活用する予定である。

自転車通行空間の効果的な計画・設計に関する検討

Study on effective planning and design of bicycle traveling space

(研究期間 平成 28～29 年度)

道路交通研究部 道路研究室
Road Traffic Department
Road Division

室長
Head
研究官
Researcher
研究官
Researcher
研究官
Researcher
交流研究員
Guest Research Engineer

瀬戸下 伸介
Shinsuke SETOSHITA
木村 泰
Yasushi KIMURA
河本 直志
Naoyuki KAWAMOTO
安居 秀政
Syusei YASUI
大西 宏樹
Hiroki ONISHI

In this study, in order to consider effective and efficient planning and design of bicycle traveling space, examples of improvement of bicycle traveling space were gathered, and the improvement contents and effects were arranged. The authors considered the occurrence of bicycle-related accidents and examined tasks and countermeasures on the design of the bicycle traveling space. In addition, the directions and tasks for setting bicycle traffic capacity in a bicycle traveling space were arranged.

[研究目的及び経緯]

平成 24 年 11 月に、「安全で快適な自転車利用環境創出ガイドライン」(以下、「ガイドライン」。)が警察庁との共同で発出された。一方、自転車ネットワーク計画を策定した市区町村は一部に留まっている状況にあり、平成 28 年 7 月には、安全な自転車通行空間の早期確保を目的としてガイドラインが改定され、同年 12 月には自転車活用推進法が成立した。このような状況から、今後ますます自転車通行空間の早期確保に努める必要があるとともに、地域の様々なニーズに応える自転車利用環境の創出の在り方が求められている。

本研究では、各地域において効果的・効率的な自転車通行空間の計画・設計に取り組めるよう、自転車通行空間整備事例や自転車関連事故の発生状況に基づく自転車通行空間設計上の課題及び効果的な対策方法の検討、自転車通行空間における自転車交通容量の設定にあたっての基礎的な整理を行った。

[研究内容]

1. 自転車通行空間整備事例の整理

今年度は、自転車の逆走防止対策、交差点部における 2 段階右折に関する対策、バス停部における対策について、整備事例や既存研究等を参考に整理を行い、設計上の課題の整理及び対策方法の検討を行った。

2. 自転車関連事故発生状況の分析

事故状況図をもとに、事故発生時における自転車の通行位置(歩道・車道)及び通行方向(左側通行・右側通行)などを読み取り、自転車関連事故の特徴を整理した。整理した結果を踏まえ、事故発生状況に基づく自転車通行空間設計上の課題及び対策方法について検討を行った。

3. 自転車の交通容量に関する検討

自転車交通量に応じた自転車通行空間設計に関する諸外国の規定や考え方、既往の研究等を参考に、自転車のサービスレベルに影響する要素を整理し、自転車交通容量の設定にあたっての基礎的な整理を行った。

[研究成果]

1. 自転車通行空間整備事例の整理

(1) 逆走防止対策

自転車の逆走防止対策に関する事例として、看板・路面表示による注意喚起対策を実施している事例を収集し、対策内容や整備効果等について、道路管理者へのヒアリング調査等を行い整理した。加えて、自転車利用者からの視点を考慮した看板・路面表示の望ましい設置位置・設置高さ、文字の大きさについて、既存研究等から整理を行った。図 1 に、整理結果に基づく逆走防止対策の例を示す。

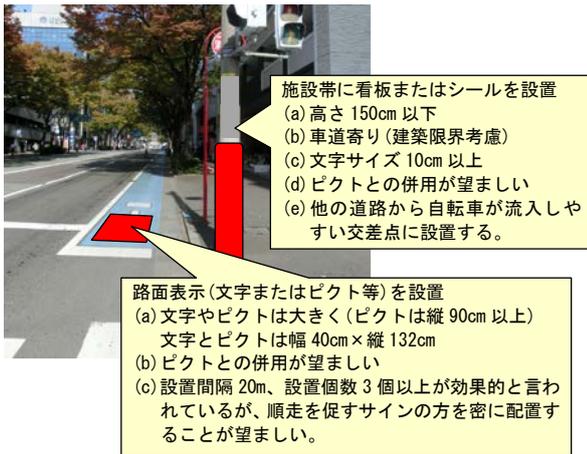


図1 逆走防止対策の例 (看板・路面表示による場合)
(2)2 段階右折に関する対策

ガイドラインに基づく自転車通行空間の場合、交差点では基本的に 2 段階右折をする必要がある。一方、これまで一般の自転車利用者にとって、自転車は歩道通行することが浸透しており、交差点で右折する際には、多くの場合、自転車は交差点隅角部の歩道上で滞留している状況であるため、2 段階右折による通行方法には、馴染みがないものと考えられる。そこで、安全でわかりやすく、自転車利用者を適切に誘導させるための 2 段階右折の方法について検討するため、交差点において 2 段階右折の対策を実施している事例を収集し、整備内容や整備効果等について、道路管理者へのヒアリング調査等を行い、効果的な対策例について整理を行った。図 2 に、整理結果に基づく自転車用の 2 段階右折滞留スペースの対策例を示す。

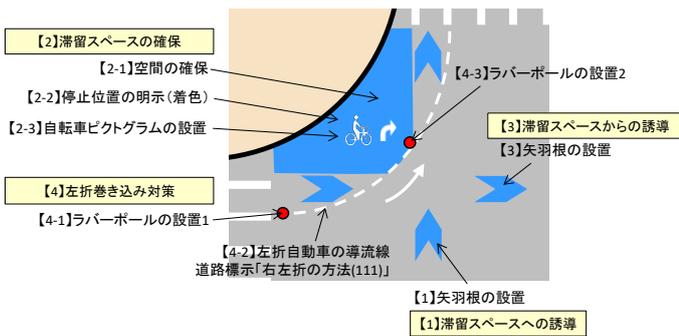


図2 2 段階右折滞留スペースの対策例

(3)バス停部における対策

自転車通行空間を整備する際、バス停部の処理は、バスと自転車との交錯、バスの乗降客と自転車との交錯、後続の自動車等に大きく影響する。ガイドラインでは、バス交通量に応じて、交通島、バスベイ型、ストレート型の 3 種類の処理方法を例示しているが、使い分けの具体的な目安等は記されていない。そこで、上記 3 種類について、それぞれバスの交通状況の異なる整備事例を収集し、整備効果や課題等について道路

管理者へのヒアリング調査等を行い整理するとともに、バスと自転車の交錯頻度について、それぞれの交通量に応じた簡易的な試算を行った。その結果、バス交通量 (バス停における停車台数) が 10 台/時 (片側) を超える程度の場合には「バスベイ型」、自転車交通量が 120 台/時 (片側) を超える程度の場合には「交通島」とすることなどが考えられたものの、効果評価を行った事例が少ない状況であり、今後、詳細な検討が必要であると考えられた。

2. 自転車関連事故発生状況の分析

自転車関連事故を削減するためには、自転車関連事故の発生状況の特徴を捉え、それに基づく対策の検討・実施が必要になる。自転車の場合、事故の相手方当事者の多くは自動車であり、自転車が歩道を通行するか車道を通行するか、左側通行するか右側通行するかによって、事故発生状況も異なってくると考えられる。そこで、東京都区内の直轄国道における事故発生状況の特徴を整理した結果、自転車関連事故の中で最も多い出会い頭事故の場合、単路部、交差点ともに歩道を右側通行してきた自転車と自動車との事故が多い傾向が見られたことから、自転車の左側通行の促進により出会い頭事故の削減効果が期待される。

一方、交差点での左折時事故では、左側通行する自転車との事故が多い傾向にあり、左折時事故に対する対策の検討が必要と考えられた。なお、今回の分析では自転車交通量や自動車交通量を加味していない点に留意が必要である。

3. 自転車交通容量に関する検討

諸外国における自転車通行空間設計に関する基準類を整理した結果、例えば、自転車道の幅員については、自転車交通量ランクに応じた幅員設定を規定しており、我が国における自転車道の設計にあたって参考になるものと考えられた。

また、車道混在や自転車専用通行帯での自転車と自動車の錯綜に関して、既存研究等も参考にしながら、自転車交通量と自動車交通量に応じた追い越し頻度を簡易的に試算したところ、車道混在の場合には、自転車交通量が 60 台/h (片側) を超えてくると、自動車交通に影響を及ぼす可能性があること、自転車専用通行帯の場合には、自転車交通量が 200 台/h (片側) を超えてくると、自転車同士の追い越しにより自動車交通に影響を及ぼす可能性があると考えられた。

【成果の活用】

本研究で得られた成果及び知見については、今後の自転車施策の推進に活用していく予定である。

効果的効率的な交通安全マネジメントに 向けた手法・対策導入のための研究

Research on the introduction of methods and countermeasures for effective and efficient traffic safety management
(研究期間 平成 28~30 年度)

道路交通研究部 道路研究室
Road Traffic Department
Road Division

室長
Head
研究官
Researcher
研究員
Research Engineer

瀬戸下 伸介
Shinsuke SETOSHITA
尾崎 悠太
Yuta OZAKI
川瀬 晴香
Haruka KAWASE

In this study, the method using big data for road safety countermeasures such as identifying dangerous areas, analyzing emergency braking factors and measurement of effect is considered.

In this paper, applying big data to identification of dangerous areas and the method of analyzing emergency braking factor were considered.

〔研究目的及び経緯〕

より安全・安心な道路の実現をめざし、効果的・効率的に交通安全対策を実施するためには、対策を実施すべき危険箇所を的確に抽出し、正確な事故要因分析とそれに基づく的確な対策の立案・実施が必要である。

そこで国土技術政策総合研究所では、ETC2.0プローブ情報等を活用することにより、効果的・効率的に交通安全対策を実施する方法について研究を行っている。ここでは、ETC2.0プローブ情報等を活用した生活道路交通安全対策における対策エリアの抽出手法の検討と、ETC2.0プローブ情報から得られる急減速等の発生要因分析と発生特性の整理を行った。

〔研究内容〕

ETC2.0では、広域に大量のデータを収集すること、車両の移動経路を点データとして収集すること、急減速等の危険な運転動作をデータとしてとらえることなどが可能である。

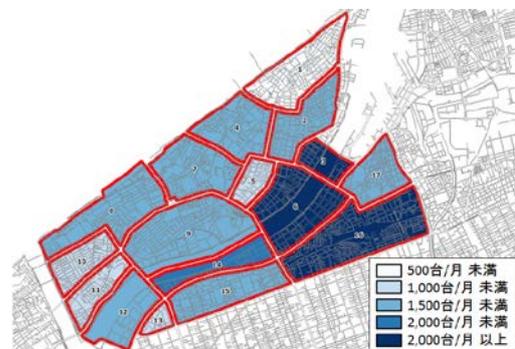
本研究では、10km²程度の地域を対象に0.15~1.5km²程度に分割した生活道路で構成されるエリア毎にETC2.0プローブ情報等のデータを集計・分析し、各エリアの特徴を整理し、その特徴と交通事故に対する安全性の関係を分析した。その結果を基に生活道路交通安全対策における対策エリア抽出の際に利用が期待されるデータとその利用方法を検討した。

また、ETC2.0プローブ情報から得られる急減速等の発生状況分析、及び現地調査を実施して、急減速等の発生要因分析を試行した。その結果に基づき、急減速等の発生特性の整理、及び分析方法の検討を行った。

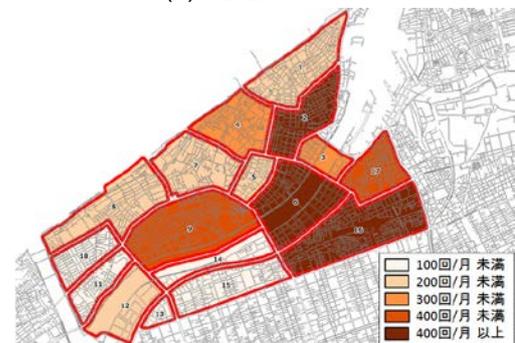
〔研究成果〕

(1)生活道路対策エリア抽出指標の検討

対象とした5つの地域について、事故データやETC2.0プローブ情報等について集計、整理を行い、それをもとに各エリアの特徴を整理した。例えば図1は、



(a) 通過車両台数



(b) 急減速発生回数

図1 データ整理結果

ETC2.0 プローブ情報を利用して、ある1つの地域の各エリア内を通過した車両台数と急減速発生回数を色の濃淡で示したものである。

次に、各エリアの特徴と交通事故に対する安全性の関係を相関分析により分析した。その結果、交通事故件数と通過交通量、急減速発生回数については相関があることがわかった(図2参照)。

これまでに整理した内容に基づき、対策エリアを抽出する際に利用が期待されるデータとそのデータにより示される抽出指標、及び各抽出指標の利用場面と利用時の留意事項を整理した。例えば抽出指標としては、通過交通量や急減速発生回数の他、通過車両の速度が大きい路線や地域を抽出することを目的としてETC2.0 プローブ情報に含まれる速度情報を基に算出した85%マイル速度等があることを整理した。一方で、このようなデータを利用する際の留意事項として、データの位置情報に誤差がある場合があるためデータクレンジングを実施する必要があるといったことを整理した。

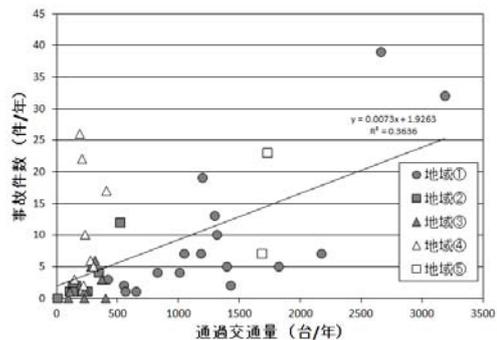
(2) 急減速発生特性整理

図3は、ある交差点について、交差点からの距離別に急減速発生回数を整理したものである。交差点から距離が離れるにつれて回数が逓減している傾向があることがわかる。このような特徴は多くの交差点で共通して見られる特徴である。しかし、その増減を詳細に見ると、急減速発生回数が特徴的に増加している箇所が見られる。この箇所について現地調査を実施したところ、細街路との交差点や沿道施設からの出入り口がある場所であり、車両が出入りすることが原因で急減速が発生している箇所であると推測された。このように急減速等の発生状況を整理し、急減速が多発している箇所などその特徴を把握した上で現地調査を実施し、現地における道路構造や交通状況、沿道環境等を観測することで、急減速等の発生過程や発生要因の分析が可能であると考えられる。

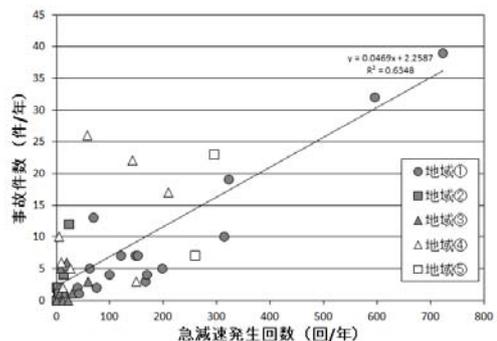
上記のような試行を基に、ETC2.0 プローブ情報から得られる急減速等の発生特性の整理、及び発生要因分析方法の検討を行った。

【成果の活用】

本研究では、引き続き効果的・効率的な交通安全対策の実施のため、ETC2.0 プローブ情報等を有効に活用する方法について検討を行っていく。検討結果を基に、道路管理者が交通安全対策を実施する際に ETC2.0 プローブ情報を活用する方法について、参考資料となる実施要領案の作成を予定している。



(a) 通過交通量と事故件数



(b) 急減速発生回数と事故件数

図2 各エリアの特徴と交通事故に対する安全性の相関分析

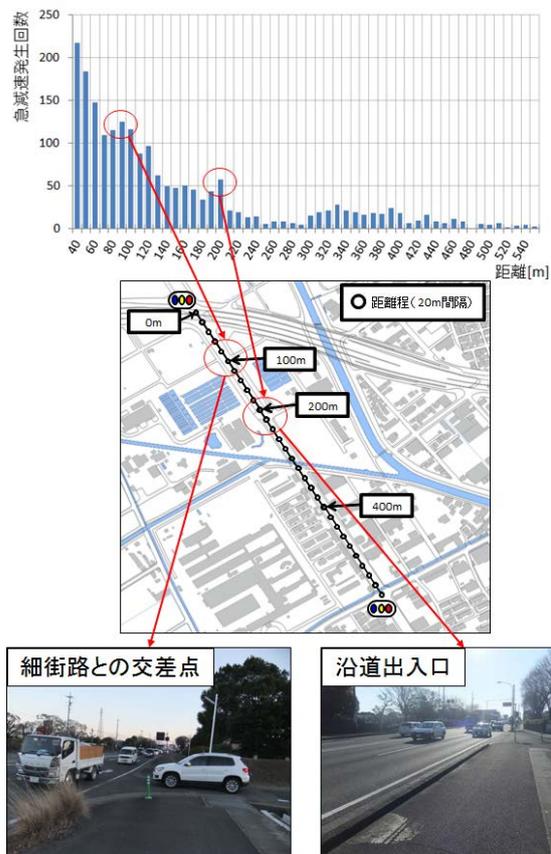


図3 交差点からの距離別急減速発生回数

簡易な交通安全対策手法に関する検討

Study of simple traffic safety countermeasure methods

(研究期間 平成 27～28 年度)

道路交通研究部 道路研究室
Road Traffic Department
Road Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher

瀬戸下 伸介
Shinsuke SETOSHITA
池原 圭一
Keiichi IKEHARA
木村 泰
Yasushi KIMURA

Bollards, colored pavement, and other simple countermeasures are in wide use as traffic safety countermeasures on neighborhood roads. It has been pointed out that because the needs for these simple countermeasures have diversified, problems have occurred. For example, they are installed at locations where their functions are not necessarily needed or they stand out conspicuously against the surrounding scenery. In response to such circumstances, this research project will study installation conditions for simple countermeasures in order to implement them more effectively and more efficiently.

〔研究目的及び経緯〕

生活道路の交通安全対策として、ボラード、カラー舗装等による簡易対策が広く活用されている。これら簡易対策の設置状況は、機能が十分に発揮しない場所に設置されていたり、周辺景観の中で目立ちすぎていることなどが指摘されている。本研究では、簡易対策をより効果的・効率的に活用していくための設置要件等の検討を行うものである。

〔研究内容〕

27年度は、幹線道路で活用されている簡易対策のニーズ、有効性等の整理を行った。28年度は、幹線道路の簡易対策をそのまま生活道路の対策として活用した場合には、周辺景観の中で目立ちすぎしてしまうことによる影響を踏まえて、簡易対策としての機能を確保した上で、周辺景観に馴染ませながらも、効果的に目立たせる方法（適切な色彩等）について整理した。

〔研究成果〕

1. 簡易対策のニーズ、有効性等の整理

幹線道路で活用されている簡易対策のニーズ、有効性等を整理するため、事故危険箇所（平成15年指定、全国3,956箇所、平成21年指定、全国3,396箇所）等の箇所別データのうち、簡易対策の用途に関する情報と簡易対策の効果に関する情報を用いて分析した。使用したデータは、簡易対策を含んだ箇所別データのうち、欠損データを除き、事故件数の増減率のデータを有していた箇所別データを抽出して用いた。

対策工種と事故件数の増減率との整理結果を図1に示す。180箇所中162箇所（90.0%）で対策後の事故件数は減少していることから、幹線道路で活用されている簡易対策は、有効な交通安全対策となっている。

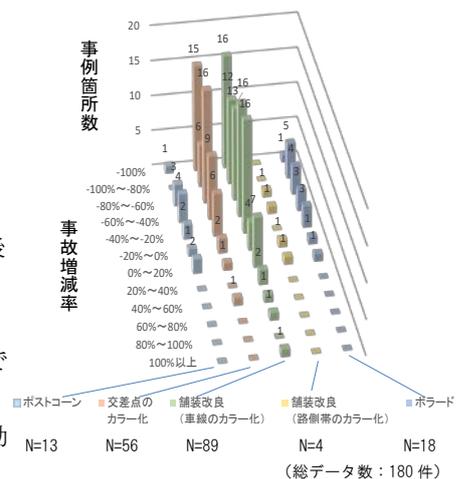


図1 対策工種別の事故件数の増減率

2. 生活道路の簡易対策

近年では、幹線道路の簡易対策をそのまま生活道路に適用することが多く、生活道路で簡易対策の現地調査を行うと、①目立ちすぎたり、②複数の対策を重ねすぎたり、③維持管理されていないなどの問題が見受けられた。

①は、例えば、ポストコーンとして使用されている赤いラバーポールの色のスケールは、マンセル値^{*}で10R5/14 (10R:色相、5:明度、14:彩度)であり、彩度は14である。この彩度は、赤の中でも彩度が最も高

^{*}マンセル値とは、色の表現形式の一つであり、色相、明度、彩度を記号と数値で表したもの。

色相には、R(赤)、Y(黄)、G(緑)、B(青)、P(紫)と、中間色相のYR(黄赤)、GY(緑黄)、BG(青緑)、PB(紫青)、RP(赤紫)がある。

く、JISの安全色の赤(7.5R4/14)を採用している規制標識(例えば「車両進入禁止」)と同等に目立つことになる。幹線道路と生活道路では、両者の背景とスケール感(道路幅員、交通量、車両速度)が異なることから、両者の適度な彩度は同じではなく、幹線道路の手法をそのまま生活道路に持ち込むと、過剰な印象を与えることがある。また、背景を例にとると、生活道路の背景は穏やかな色彩であり、建築物の色彩は彩度を4程度にとどめる指導が行われていることが多い。穏やかな色彩の中で高い彩度のものの存在は、目立ちすぎてしまい、他の重要なものの存在を薄めてしまうことがある。例えば、生活道路では、道路標識の他にも、見通しの悪い交差点のカーブミラーや無信号交差点の横断歩道は、生活道路の交通安全対策の中でも、特に重要なものに位置づけられる。これらの存在を薄めてしまう高い彩度の採用は、視認性を阻害しており、交通安全上、好ましいことではないと考えられる。

②は、同じ場所に路面標示やカラーペイントにより、複数の対策を重ねすぎて、何に注意すべきか明確ではなくなっている事例がある。また、多色の利用や大面積のカラーペイントにより、注意を引き付けられ、交差点の横断歩道の存在が埋没している事例がある。これらも、交通安全上、好ましいことではない。

③は、壊れたまま放置されている事例やカラー舗装の退色や摩耗が補修されないままの事例がある。このように、交通安全上の機能が消失または著しく低下している事例も少なくない。

以上の①～③は、簡易対策としての機能上の課題、維持管理上の課題であるとともに、景観形成上の課題である。これらを踏まえ、簡易対策の機能を確保した上で、周辺景観に馴染ませながらも、効果的に目立たせる方法として、次の(1)～(3)の考え方をまとめた。

(1)簡易対策の色彩に求められる適度な彩度のあり方

JISの安全色は、注意を急速に引き付けて、特定のメッセージについての迅速な理解をさせることを目的とした色彩であることから、背景が空や木々や建物であっても、この目的を果たせるように、高彩度色が採用されている(JISの安全色の彩度は10～14)。一方、穏やかな色彩で構成される生活道路の背景となる建築物の彩度が4程度以下の低彩度色であるとすると、簡易対策としての視認性や注意喚起機能を保ちながらも、周辺景観を阻害しない彩度は、概念的には中彩度色を採用することが適切ではないかと考えられる(図2)。

(2)周辺景観に馴染ませて効果的に目立たせる方法

(株)日本カラーデザイン研究所は、色相毎に色彩のトーン(明度と彩度の組み合わせによる色調)を、色彩が与える印象に基づき、4つに分類(派手、明るい、

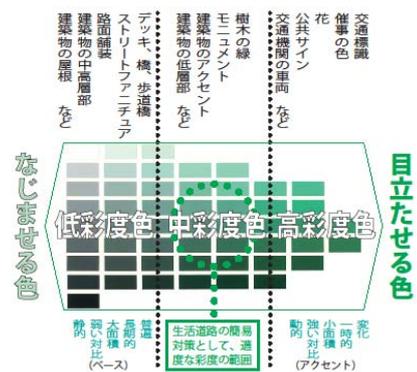


図2 生活道路の簡易対策に求められる色彩

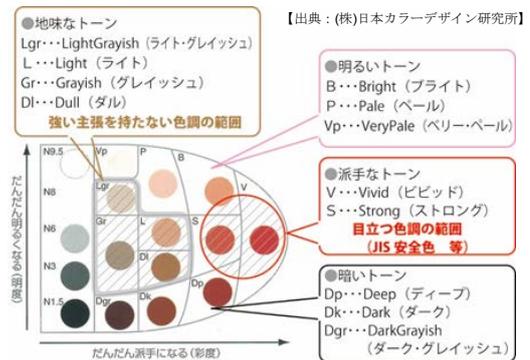


図3 色相&トーンシステム(色相Rのトーン図の例)

地味、暗い)している。「派手」や「明るい」は強い主張を持つトーンであることから、生活道路の周辺景観に与える影響も少なからずあると考えられる。「地味」に分類されるLgr, L, Gr, Dlの範囲であれば、明度と彩度の関係が中間的な値となることから、周辺景観に馴染ませながらも、簡易対策として効果的に目立つ適度な彩度の範囲になると考えられる(図3)。この範囲の彩度は、いずれの色相も彩度6以下に収まる。

(3)簡易対策別の適度な彩度や明度の範囲

防護柵は、地域の特性に応じた適切な色彩を選定することが基本とされており「景観に配慮した防護柵の整備ガイドライン」に基づいた色彩が基本となる。ポラードも同様に、周辺景観に馴染む色彩を基本とし、必要に応じて反射材やアクセントカラーを配して視認性を確保することを提案した。ハンプは、道路舗装材と凸部の素材との明度差で示す方法と、カラーペイントによる場合の色調(彩度4以下、明度6程度)を提案した。カラー舗装は、原色に近い色の使用を避けることとし、赤色系、青色系、緑色系に関し、彩度2～6程度、明度3～8程度の中間的な色調を提案した。

【成果の活用】

上記(1)～(3)の考え方などについてとりまとめ、ガイドラインを作成する予定である。

領域 7 : 災害時における対応をスピーディかつ的確に支援する

災害発生時の被災規模等の早期把握技術に関する調査

Study on technologies of a damage survey on road in first stage after a disaster

(研究期間 平成 27～29 年度)

道路構造物研究部 道路地震防災研究室
Road Structures Department
Earthquake Disaster Management Division

室長	片岡 正次郎
Head	Shojiro KATAOKA
研究官	梶尾 辰史
Researcher	Tatsushi KAJIO
研究官	中川 量太
Researcher	Ryota NAKAGAWA
研究員	石井 洋輔
Research Engineer	Yosuke ISHII

In this study, The damage situations of the highway bridges and road structures in the 2016 Kumamoto Earthquake are analyzed. An automatic device to find damaged road structures is developed for early detection of traffic obstacle after disaster.

[研究目的及び経緯]

平成 23 年東北地方太平洋沖地震や、平成 28 年熊本地震では、緊急輸送道路の早急な交通確保の重要性が再認識された。大規模地震発生時には、道路橋が被災することで通行障害が発生し、職員の現場到着が遅れ、被災状況把握に時間を要する恐れがある。また道路啓開時には、安全に通行できる道路橋の選定が求められることから、被災位置や被災規模などの状況把握を早期に行い、通行の可否を判断することが地震後の初動対応において効果的である。

本研究は、地震発生時の道路管理等に必要な被災情報を早期に把握するため、既存の道路情報や新技術・新材料、ICT を活用し、低コストで効率良く必要な被災情報を道路管理者へ提供する早期把握技術の検討及び検証を行う。

平成 28 年度は、熊本地震における道路橋の被災状況を整理した結果、過年度成果である道路橋被災状況把握システム(図-1)では計測できない被災が複数確認された。その結果を踏まえ、道路橋被災状況把握システムに新たな計測機器を追加した。そして、熊本県と大分県の実橋 4 橋を試行フィールドとして選定し、改良した道路橋被災状況把握システムの設置を行い、計測機器の要求性能を整理した。

[研究内容及び成果]

1.被災分析から得られた既存システムの改善点

熊本地震では、2 度の強い揺れにより図-2 のような

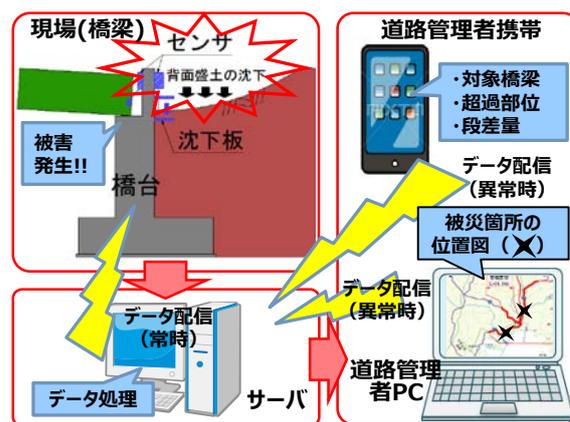


図-1 道路橋被災状況把握システムの概要

道路橋の被災が発生し、通行障害により復旧活動に影響を及ぼした。そこで、熊本地震の道路橋の被災状況を整理し、被災の特徴と桁の変位量を計測できる既存の道路橋被災状況把握システムの機能を比較することで、道路橋の被災度を把握するために必要な追加機能を抽出した。その結果、上部工や下部工の変状、支承周りの各部材の損傷状況を把握する機能追加の必要性が明らかとなった(表-1)。これらの各部材の損傷状況を把握するために、ウェブカメラや傾斜計、加速度計を新たに追加することとした(図-3)。なお、ウェブカメラについては、過年度に設置した道路橋被災状況把握システムの試行運用時に、桁の変位量だけでなく、写真などによって被災状況を確認したいとのニーズが道路管理者より得られたことから採用を決定した。

また道路管理者の意見を踏まえ、詳細な点検ができない夜間でも被災状況を撮影できるような性能の機器を採用した。

加速度計はウェブカメラや傾斜計とは違い、直接的な数値により被災度を把握することが困難なため、今後、振動台実験等のデータを分析し、被災が発生した時に作用した外力と被災度の関係を整理することで、被災度把握手法を検討していきたい。

2.新たな道路橋被災状況把握システムの実橋への設置

1.の結果を踏まえ、既存5橋の試行フィールドに加えて、新たに熊本県と大分県の4橋(2橋上下線)を選定し、システムの設置を行った。

システム設置の際には、道路橋の被災を想定することで設置計画を取り決めた。曲線橋に関しては、熊本地震の被災による桁の移動を踏まえ、計測機器の設置箇所や個数を決定した。また、多くの橋脚を有する多径間の道路橋に関しては、地震時の水平力が最も大きくなる橋脚を動的解析により算出し、監視すべき箇所を選定した。設置橋梁や設置した計測機器の状況を図-4に示す。本研究での設置計画や設置後の状況から、計測機器の検証方法や仕様を整理した検証項目(案)を表-2に示す。この検証項目は、試行を継続する中で詳細に整理していく予定である。

今後、本研究において改良した道路橋被災状況把握システムを実際の道路管理に活用するため、試行フィールドでの観測を継続し、運用するための計測機器の要求性能を確立していく。

[成果の活用]

本研究成果を地方整備局等が使用することにより、地震時の道路管理者の迅速な初動対応を支援する。また、地方整備局が策定している道路啓開計画に本研究成果を反映し、道路啓開計画の高度化に貢献する。



図-2 熊本地震における道路橋の特徴的な被害 (H28.6.24第5回道路技術小委員会配布資料より引用)

表-1 熊本地震を踏まえたシステムの改善点の整理

主な被害内容	計測内容	既存システムによる計測	改善の必要性
上部工の移動	・上部工の相対変位 ・支承の損傷	計測可	—
上部工の変状	・主桁、横桁、横構の変形 ・支点上補剛材の変形	計測不可	○
支承、落橋防止システムの損傷	・支承部材(サイドブロック等)の変形 ・支承周りの部材(コンクリートブロック等)の損傷	計測不可	○
下部工の変状	・下部工の傾斜 ・下部工の沈下 ・下部工のひび割れ	計測不可	○
橋台背面盛土部の変状	・橋台背面盛土の段差 ・橋台背面盛土の流出	計測可	—

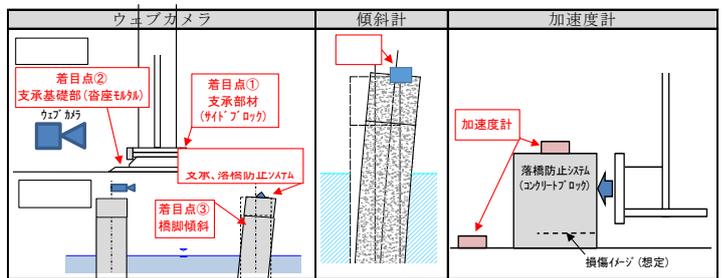


図-3 新たにシステムに追加した計測機器



図-4 道路橋被災状況把握システムの設置状況

表-2 計測機器の要求性能検証項目(案)

計測機器等	検証項目	検証内容
ワイヤー式変位計 ウェブカメラ 傾斜計 加速度計	計測位置	計測目的と被災内容の整合、設置位置、設置方法
	計測値	計測精度、誤差、計測範囲
	被災度判定の閾値	判定方法、設置環境条件の影響
	設置環境	設置位置、雨水、温度、塩害、草木、小動物

道路橋の耐震補強効果の評価に関する調査

Study on effectiveness of seismic retrofit for highway bridges

(研究期間 平成 28～30 年度)

道路構造物研究部道路地震防災研究室
Road Structures Department
Earthquake Disaster Management Division

室長 片岡 正次郎
Head Shojiro Kataoka
主任研究官 中尾 吉宏
Senior Researcher Yoshihiro Nakao
研究官 中川 量太
Researcher Ryota Nakagawa

This study aims to show effectiveness of seismic retrofit for highway bridges clearly in order to encourage regional administrators to implement seismic retrofit. The study also intends to show how seismic retrofitting of highway bridges should be promoted for further efficient improvement.

〔研究目的及び経緯〕

本研究は、これまでに実施されてきた道路橋の耐震補強の効果を分かりやすく示すことで、地方公共団体による耐震補強を促すことを目的としている。また、道路橋の耐震補強を一層効率的に進めていけるよう、地震による道路橋の被災状況を分析し、未補強橋梁に対する今後の耐震補強の進め方を検討するものである。

28 年度は、平成 23 年東北地方太平洋沖地震及び平成 28 年熊本地震を対象として、道路橋の被災状況や地震発生当時の耐震補強の実施状況等に関する情報を地方整備局等から収集した上で、耐震補強による道路橋被害の軽減効果を分析した。また、耐震補強により道路機能が地震の発生直後から確保できたことによる効果について分析を行った。

〔研究内容〕

1. 耐震補強による道路橋被害の軽減

地震による道路橋の被災状況等、以下の①～④に示す情報を地方整備局、地方公共団体、高速会社から収集し、耐震補強による道路橋被害の軽減を分析する。

- ①道路橋の地震による被災状況
- ②道路橋への耐震補強の実施状況(地震発生当時)
- ③道路橋の耐震設計、補強設計、適用基準
- ④道路橋の構造諸元 等

2. 道路橋の耐震補強の様々な効果

道路橋への耐震補強により、道路機能が地震直後から確保できたことや、被災したとしても速やかに機能回復できたことによって得られた様々な効果を、道路橋、道路土工・自然斜面、トンネル等の被災による道路の実際の通行止めの状況や、応急復旧による通行止め解除の状況を踏まえて分析する。

〔研究成果〕

1. 耐震補強による道路橋被害の軽減

耐震補強による道路橋被害の軽減に関する分析例を図-1 に示す。図は、東北地方太平洋沖地震による直轄国道の道路橋の被災度を、「大被害」、「中被害」、「小被害又は被害無し」に分類し、それぞれの発生状況を道路橋への適用基準毎に整理したものである。平成 7 年兵庫県南部地震では、昭和 46 年以前の技術基準を適用した橋脚に倒壊や変形などの甚大被害が多く生じたが、その様な傾向は図には認められない。これは、1978 年宮城県沖地震の被災により耐震性が低い道路橋の更新・補強が進められたこと、また、兵庫県南部地震と同程度の地震動に対しても落橋等の甚大な被害を防止する「緊急輸送道路の橋梁耐震補強 3 箇年プログラム(平成 17～19 年度)」等により、地震による橋の損傷が致命的とならない耐震性能 3 を確保する補強が進められてきたことによる。

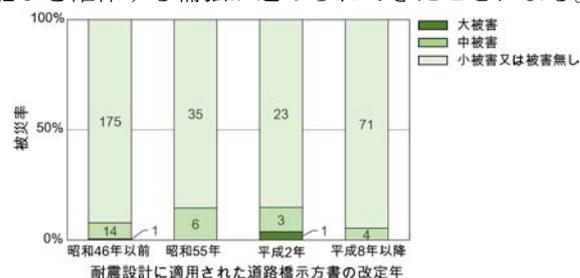


図-1 適用基準毎の被災率

2. 道路橋の耐震補強の様々な効果

(1) 東北地方太平洋沖地震

東北地方太平洋沖地震では、津波被害を受けた太平洋沿岸部への救援路を速やかに確保するための「くしの歯作戦」が決行された。これにより、内陸を縦貫する東北自動車道及び国道 4 号の縦軸ラインを確保した上で、沿岸主要都市への国道を中心とするアクセス 15

ルート等を確保する早期啓開が実現された(図-2(1))。この様な早期啓開が可能となったのは、上述の耐震補強により、昭和46年以前の技術基準が適用された道路橋の被害が軽減されたためである。実際、例えば震度6弱以上の地域(図-3(1))に着目すると、くしの歯作戦の啓開対象路線(以下、「啓開路線」とする)には道路橋が約170橋あり、昭和46年以前の技術基準が適用された橋に耐震性能3を確保する補強が全橋で完了していた。補強済み橋梁に生じた比較的大きな被害としては、亀田大橋(下り)で橋脚横梁部にひびが入る被害が唯一生じたが、応急復旧により6日後には通行止めが解除できるものであった。これに対し、啓開路線以外は、耐震補強が進んだ直轄国道及び高速道路を除くと、約400の道路橋のうち補強未対応が約2割残っていたため、大被害が6件発生し、通行止め解除に9ヶ月を要するものもあった。なお、啓開路線の速やかな道路啓開には、くしの歯作戦により道路啓開を集中的に進める路線が絞られたことや、啓開にあたり災害協定に基づく地元建設業等の協力が得られたことも寄与したとされる¹⁾。

同地震では、東北地方の石油拠点である仙台と塩竈の沿岸施設や、鹿島や千葉の石油沿岸施設が津波で被害を受けた。比較的被害の小さかった塩竈は早期復旧され、苫小牧や西日本の拠点からタンクローリー等を使って石油が集約された。この様な対処が可能となった背景には、道路の早期啓開・復旧がある。

(2) 熊本地震

九州自動車道は、ロッキング橋脚を有する跨道橋等の被災で、植木IC～松橋IC間が通行止めとなった。その間、道路橋の耐震補強が各所でなされていたために地震直後から通行可能であった国道3号が、九州自動車道の代替路の役割を果たし(図-2(2))、九州北部からの緊急物資の搬入拠点となった熊本県民総合運動公園(以下、物資拠点とする)への輸送を支えた。実際、例えば震度6弱以上の地域(図-3(2))に着目すると、国道3号には道路橋が約50橋あり、昭和46年以前の技術基準が適用された橋に耐震性能3を確保する補強が全橋で完了していた。九州自動車道では、ロッキング橋脚を有する跨道橋等の被災に加え、本線橋の木山川橋及び秋津川橋の被害も通行止めの要因となったが、耐震性能3を確保する補強がこれら2橋を含む全橋で済んでいたことから、ロッキング橋脚を有する跨道橋以外で致命的被害は発生せず、これら2橋の被災も応急復旧により本震から13日後に通行止め解除できるものであった。この結果、九州自動車道の通行止めは比較的早期に解除され、国道3号で地震直後から生じていた渋滞が劇的に緩和したことが民間プローブデータの解析で

明らかとなっている。これに対し、地方公共団体が管理する道路橋は震度6弱以上の地域に約40橋あり、耐震性能3を確保する補強が未対応の橋が約3割あった。この様な状況を受け、大被害が9件発生し、通行止め解除に11ヶ月以上(H29年3月現在も通行止め)を要するものが出ている。

3. まとめ

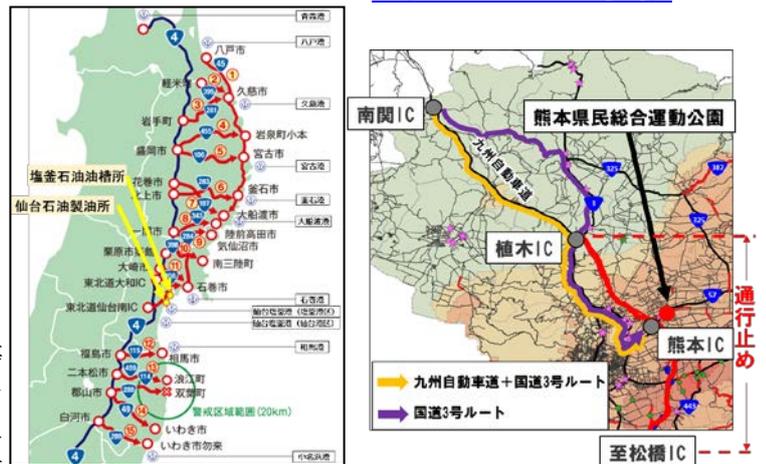
熊本地震等による道路橋の被災状況等に関する情報を収集した上で、これまで実施されてきた耐震補強の主な効果を分析した。今後は、耐震補強の様々な効果を見える化する検討を更に進めるとともに、地方公共団体が管理する道路橋の被災状況を踏まえた課題分析を行い、未補強橋梁への耐震補強を効率的に進めるための検討を行うことを予定している。

[成果の活用]

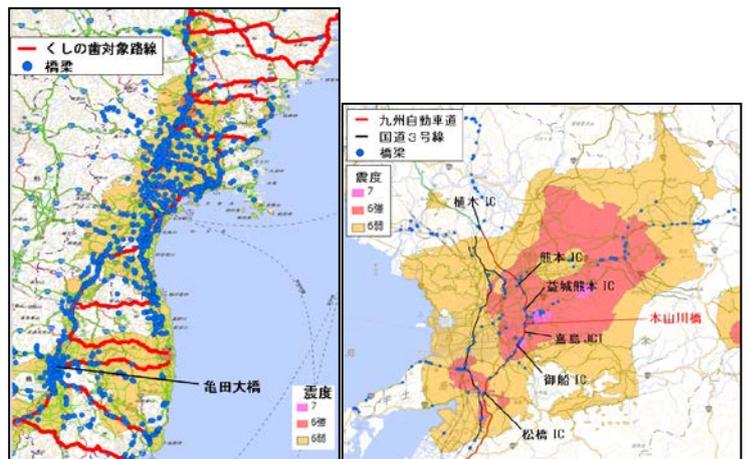
震災対策便覧(震前対策編)に反映する。

[参考文献]

- 1) 東北地方整備局HP:「東日本大震災 復興までの道のり」及び「震災伝承館」、<http://www.thr.mlit.go.jp/>



(1) くしの歯作戦¹⁾の説明図に加筆 (2) 緊急物資の輸送
図-2 耐震補強等による道路機能の早期確保



(1) 東北地方太平洋沖地震 (2) 熊本地震

図-3 震度6弱以上の地域の道路橋

道路災害発生時の危機管理対応能力に関する調査

Survey on crisis management ability in case of road disaster

(研究期間 平成 28～30 年度)

道路構造物研究部 道路地震防災研究室
Road Structures Department
Earthquake Disaster Management Division

室長 片岡 正次郎
Head Shojiro KATAOKA
主任研究官 今長 信浩
Senior Researcher Nobuhiro IMACHOU
研究員 石井 洋輔
Research engineer Yousuke ISHII

Appropriate road opening is necessary in order to provide relief activities and emergency supplies promptly after large-scale earthquake disasters occur. To that end, it is necessary to consider the amount of debris assuming large-scale earthquake disasters, the roadside situation, and the ease of opening based on the road structure.

We gathered and organized the large-scale earthquake disaster data prepared by the Regional Development Bureau etc., and made various studies on the construction of a rubble calculation formula and the road opening.

[研究目的及び経緯]

大規模地震災害発生後の救援活動や緊急物資の輸送を適切且つ迅速に行うには、道路啓開を適切に実施する事が必要不可欠である。そのためには、事前に大規模地震災害を想定して、道路閉塞の要因である瓦礫量の適切な算定、沿道環境及び道路構造を踏まえた路線毎の啓開容易性把握、道路用地以外を啓開路線の一部として活用する等の検討が必要になる。

本調査では、この様な経緯を踏まえ、地方整備局等が策定している大規模震災に関するデータを収集、それを基礎データとすることで道路啓開検討に必要な各種要件について検討を行ったものである。

[研究内容]

(1) 瓦礫の原単位と瓦礫発生推定式の作成

道路啓開計画策定の事前策定においては、沿道環境毎に瓦礫量を限られたデータで簡易に且つ適切な方法で算定することが重要となるため、瓦礫の原単位と瓦礫発生推定式の作成を行った。

(2) 道路用地以外を活用した啓開の事例と課題整理

道路用地以外を活用した道路啓開に関する課題及び民地や河川敷などを道路啓開ルートの一部として利用する案について、関東、中部、四国の各地方整備局、熊本県等へヒアリングを実施して整理した。

(3) 啓開の容易性から見た道路の特徴整理

道路の啓開は、救援救急活動や震災後の復旧に大きな影響を与える。そのため、啓開計画の検討においては、事前に啓開の容易な条件について整理しておく必

要がある。そのため、道路管理者に対してヒアリングを実施し整理した。

[研究成果]

(1) 瓦礫発生量の原単位と瓦礫発生推定式の作成

原単位は、過去の地震被災路線を撮影した航空写真の判読により道路上の瓦礫量を求め、主要交差点間などのある一定区間の道路延長で除して設定した。原単位へ影響を与える条件として、沿道建物の密度、建物種別の割合(木造・非木造)が考えられるため、それぞれの組合せごとに瓦礫原単位を設定することとした。

航空写真判読より設定した瓦礫原単位を表 1 に示す。表中、正体文字は航空写真判読により実数の把握ができた箇所、斜体文字は判読値から推定した値である。

表 1 地震瓦礫原単位 (m³/km)

建物種別の割合	建築分類		建物密度				
	木造	RC、S造	0~20%	20~40%	40~60%	60~80%	80~100%
20%未満	80%超		0	59	228	397	565
20~50%	50~80%		120	210	412	463	612
50~80%	20~50%		198	240	454	652	762
80%超	20%未満		437	490	629	690	809

また、推定式は、次式(1)のとおり瓦礫量(m³/km)原単位に道路延長を乗じることで瓦礫量が算出されるものとした。なお、作成した瓦礫原単位と推定式を用いて、H28 熊本地震で被災した熊本県益城町を対象に瓦礫量の算定を行い、当該箇所の航空写真実体視判読から求めた実態量と比較する事により、その妥当性を確認した。

妥当性確認の結果、本推定式を用いる場合には、1 km程度以上の道路延長を算定単位とする必要があることが判った。なお、この場合における推定式による算出瓦礫量と実量の相関は0.86であった。

$$V_r = q \times L \cdot \dots \cdot (1)$$

ここで、 V_r ：(瓦礫量 (m³/Km)) q ：原単位 (m³/km) L ：道路延長 (Km)

(2) 津波瓦礫原単位と推定式

津波により発生する瓦礫は外部から運ばれてくる物であり、道路沿道の建物倒壊等により発生する物とは性質が大きく異なる。また、周辺の地形や建物等の密度によっても大きく変化するため、正確な瓦礫量の推定は困難である。そのため、津波が発生した場合の大まかな瓦礫原単位について推定することとし、東日本大震災時の沿岸市町村における津波浸水範囲で発生した瓦礫量と最大波高に着目し検討した。最大波高と津波浸水面積あたりの瓦礫量 (m³/km²) を図1に示す。最大波高が高くなるに従って発生瓦礫量が多くなる傾向にある事が分かる。瓦礫量算定式は、図1から2次近似式として以下のとおり求めた。ただし、最大波高が20mを超える実データが得られなかったため、本式は最大波高20mまでを適用範囲としている。

$$V_t \text{ (瓦礫量 (m}^3/\text{km}^2)) = -0.27H^2 + 10H - 34$$

ここで、 H ：最大波高 (m)

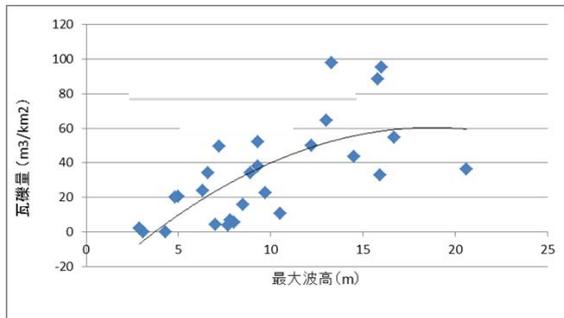


図1 最大波高と瓦礫量の関係

(3) 道路用地以外を活用した啓開の事例と課題整理

1) 民地利用に関する課題

道路啓開時、道路用地以外を使用することは道路法第42条、土地収用法第122条の適用により可能である。ただし、民地を使用する場合、土地所有者による確認作業が必要となるが、不在や所有者被災等により確認作業が困難となることが課題として挙げられている。そのため、事前に啓開路線沿線の土地所有者の状況について調査を行っておくことが重要である。

2) 道路用地以外を啓開路線の一部とした活用事例

原則として道路啓開時、民地など道路用地以外を利用することは基本的には想定されていない。ただし、

道路密度が低い山間部等において道路閉塞が発生し迂回路等が存在しない場合や、他に啓開ルートが存在しない場合は道路用地以外の活用事例がある。前者は、熊本地震の被災県道の迂回路として道路側方の民地を活用した事例がある(写真1)。

後者は中部地方整備局で名神高速道路の河川渡河部と揖斐川堤防天端部分を接続し、災害時には堤防天端を道路の一部として活用するといった計画があり、それに対応した緊急開口部などが整備されている。いずれの事例も道路啓開を迅速に進めるという効果を有している。



写真1 道路用地以外を迂回路として整備した事例

(4) 啓開の容易性から見た道路の特徴整理

啓開の容易性に影響を与える要因として道路構造と沿道環境が整理された。

1) 道路構造から見た啓開の容易性

幅員、車線数が多いこと、地震によって被害を受ける橋梁などの構造物が少ないこと、中央分離帯や横断防止柵など既設構造物が少ないこと、縦断勾配が小さいこと、軟弱地盤通過路線では無いこと等が啓開容易路線として整理された。

2) 沿道環境から見た啓開の容易性と啓開作業に影響を与える要因

倒壊の可能性を有する建造物種別や密度、土砂崩落の要因となる地形などが啓開の容易性に影響を与える項目として整理された。また、地震発生後、啓開の進捗に影響を与える要因として、夜間時の初動遅れ、情報収集の遅延、余震による作業中断、新たな点検、啓開箇所が発生することなどが挙げられる。道路啓開作業の実施においては、これらの要因を考慮し適切な啓開路線の選定を行う必要がある。

[成果の活用]

各地方整備局、自治体等における道路啓開計画の策定等への活用が期待できる。特に瓦礫原単位と算定式は限られたデータのみで瓦礫発生量が想定可能なので、市町村等の防災計画での活用が有効である。

災害対応時の管理基準に関する調査

Survey on management standards at the time of disaster response

(研究期間 平成 28～30 年度)

道路構造物研究部 道路地震防災研究室
Road Structures Department
Earthquake Disaster Management Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究員
Research Engineer

片岡 正次郎
Shojiro KATAOKA
今長 信浩
Nobuhiro IMACHOU
石井 洋輔
Yousuke ISHII

The Ministry of Land, Infrastructure Transport and Tourism has set a timeline to respond when abnormal snowfall occurs. In order to enhance its effectiveness, it is necessary to analyze regional characteristics and snow cover patterns in detail. In addition, in order to properly perform snow removal, it is necessary to accurately grasp the snowfall situation and construct a prediction method. In this survey, we conducted analysis of regional characteristics, meteorological conditions that are likely to cause disturbance, road characteristics, and investigation of snow cover radar technology, etc.

[研究目的及び経緯]

近年、積雪量は減少しつつある一方で、短時間に局所的な豪雪が各地で発生する傾向にある。また、自動車交通は国内輸送の主体であり、高速自動車国道網等の整備が進捗したこともあり、九州から東北等、長距離トリップが日常茶飯事となっている。この様な状況下で降雪による道路交通障害（以下、道路雪害と称す）が発生した場合、極めて大きな社会的影響が発生する。このため、国土交通省では、異例の降雪が発生した場合、具体的対応を行うタイムラインを設定しているが、その実効性を向上させるためには、地域特性や積雪パターンを詳細に分析し、それらから得られた情報をタイムラインに反映する必要がある。さらに、適切な除雪を実施するためには、正確な降雪状況の把握、予測技術の構築も必要になる。

本調査では、この様な経緯を踏まえ地域特性を踏まえた道路管理行動、道路雪害の発生し易い気象条件及び道路構造の整理、降雪状況を把握するセンサ技術等の検討を行った。

[研究内容]

(1) 積雪、非積雪地域毎の道路管理行動の把握

積雪地域として北陸地方整備局整長岡国道事務所、関東地方整備局長野国道事務所、非積雪地域として四国地方整備局に対して積雪時の行動と必要とする情報についてヒアリングを行った。

(2) 道路交通障害発生時の気象条件及び道路特性の整理

過去に発生した道路雪害による通行止め時の気象条件、

道路周辺状況、道路構造等、25 事例について整理した。

(3) レーダによる降雪把握技術の検討

2015 年以降、道路雪害が発生した 7 カ所について、Xバンドレーダで取得した降雨データと気象庁が保有する近傍地点における降雪及び降雨量データを比較することにより検出性能の検討を行った。

[研究成果]

(1) 積雪、非積雪地域毎の道路管理行動の把握

積雪地域においては、除雪機材や人員等の体制も一定量確保されているため、除雪効率を高める情報、特に将来的な降雪場所や量に関する予測情報が必要との結果になった。一方、非積雪地域においては、積雪に対する資機材や体制が十分では無く、積雪が発生した場合は十分な除雪は不可能であるため、道路利用者に対して運転経路の変更、中止等に資する情報提供が重要との結果になった。

(2) 道路雪害時の気象条件及び道路特性の整理

1) 道路雪害時の気象条件

気圧配置は南岸低気圧型と西高東低型の 2 パターンに分類された。南岸低気圧は太平洋側での降雪が特徴的であり、関東地方において発生する降雪の多くがこのパターンに属する。また、西高東低型は、典型的な冬型気圧配置であり、気温にもよるが日本海側の地域で大量の降雪が発生することが多い。これらの気圧配置が予測された場合、道路管理者は早めの体制構築を行う必要がある。

2) 道路特性の整理

道路雪害が発生した路線について存在する地域（積雪寒冷地、非積雪寒冷地）、道路勾配、周辺道路状況の整理を

行った。その結果、道路雪害は、積雪・非積雪地域の区分無く発生していること、路面に積雪した状態で車輛が一時停止した場合、再発進が困難となる道路勾配5%以上の勾配を有する路線に多く発生していた。(図1)

また、当該路線と並行する高速道路が周辺に存在する場合にも同様の傾向が見られた。これは、並行する高速道路は積雪が発生した場合、一般国道よりも早めに通行止めを行う可能性が高く、通行止めにより一般国道に車輛が流入する状況が発生した場合、交通量の増大や雪道に不慣れたドライバーによるスタック発生等により道路交通障害が発生することが原因と考えられる(図2)。

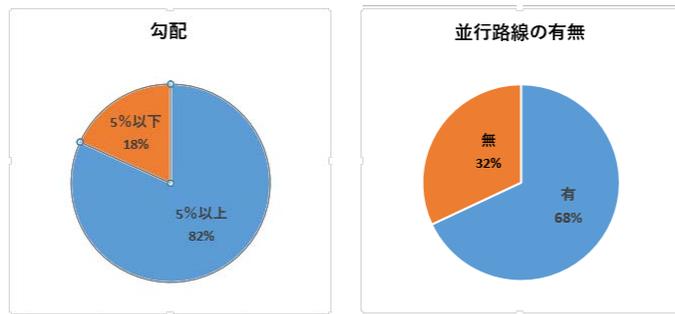


図1 道路雪害と勾配の関係 図2 道路雪害と並行高速道路の関係

(3) レーダによる降雪把握技術の検討

除雪を行う際に必要となる情報は、「いつ」、「どこで」、「どの程度(量)」の雪が「どの程度降り続くか」等に関する情報である。これらの情報は気象(予測)データの他、雨量計、積雪深計、CCTV等各種センサから入手することができ、それらを道路管理者が総合的に判断し、除雪を行っている。

国土交通省では、集中豪雨等を把握すべくXバンドMPレーダ雨量計(以下、Xバンドレーダと記す)の整備を進めている。これは、マイクロ波(9.7GHz帯)を利用したレーダであり、250mメッシュで降雨データとその量が把握可能であり更新頻度は1分、検出可能距離は半径60km~80km、24時間でデータ取得が可能な特徴を有している。このレーダで一定範囲且つ、任意地点で常時降雪に関する情報が把握可能となれば、有効な冬期道路センサの一部となり得る。本来、Xバンドレーダは集中豪雨を観測するために整備されたものである。そのため、一種の積雪深計の一部として活用するため、降雪の有無とその量が把握可能であるかの検証を行った。図3は、2016年1月24日~25日にかけて発生した新潟県長岡市における大雪による交通障害発生時の気象庁データとXバンドレーダデータである。降雪の有無は、気象庁データとXバン

ドレーダは一部に乖離が見られるものの、ほぼ一致していた。一方、降雨(雪)量については、大きな乖離が生じている時間帯が散見された。

そのためXバンドレーダによる降雪量把握には、Cバンドレーダにおける降雨量把握補正法であるダイナミックウインドウ法等の活用や、テレメータやCCTV等から得られる降雪量や降雪状況に関する観測機器の組み合わせ活用についても検討を行う予定である。また、図4に示すとおり比較を行った幾つかの地点データでは、レーダにより把握した雨量が一定の時間帯において連続して低くなった。これはXバンドレーダの検知エリア前面に密度の濃い雨滴群が存在するとその面でレーダ波が反射し(電波消散)、その後方に存在する雨滴群は検出が困難になる事の影響と考えられる。そのため、正確な降雪を把握する場合、把握対象とするエリアについては、複数のレーダ波を重複させる運用が必要になると考えられる。さらに、Xバンドレーダは風向、風速も測定可能であるため、それを活用した短時間降雪予測に関する検討も実施する予定である。

[成果の活用]

道路雪害発生時の気象条件及び道路特性は各地方整備局が策定しているタイムラインの実効性向上データとして、Xバンドレーダによる降雪把握技術は、道路除雪実施の判断支援に活用できる可能性がある。

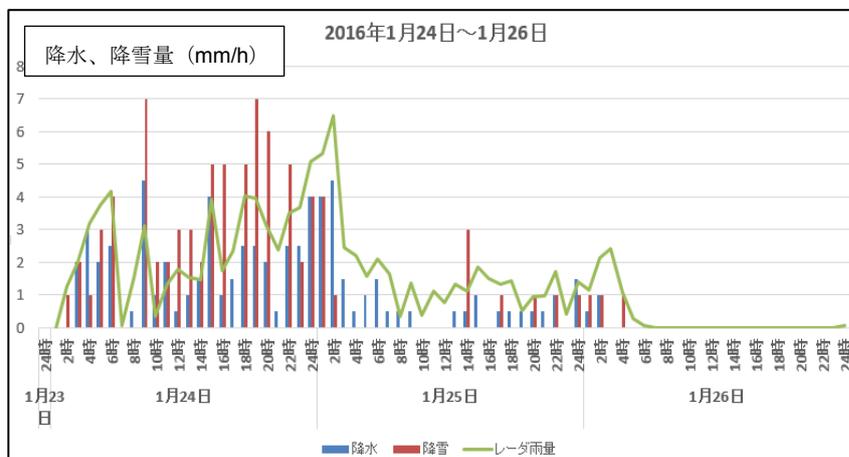


図3 Xバンドレーダと気象庁降水量データの比較

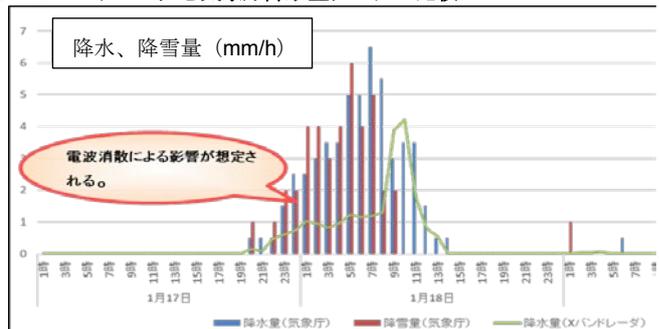


図4 電波消散の影響

降雪パターンの変化に対応した除雪体制評価のための社会経済調査

Study on socio-economic effects of the framework to remove snow on changing trend of snowfall

(研究期間 平成 27～28 年度)

社会資本マネジメント研究センター 建設経済研究室
Research Center for Infrastructure Management,
Construction Economics Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher

村田 英樹
Hideki MURATA
竹本 典道
Norimichi TAKEMOTO

The disasters occur due to heavy snowfall recently. Because the trend of snowfall and the traffic environment change, the framework in winter is not enough to remove the snow on the road. On this study, the economic loss for traffic is evaluated and the advantages are declared on the different framework in winter. It is contributed to construct the ideal framework.

【研究目的及び経緯】

大雪時にスタック車両や放置車両が発生し、それに起因して 1000 台を超える立ち往生が発生するなど、道路除雪の体制・対応が課題となっている。一方、災害時に大量の放置車両や立ち往生車両が発生すると消防や救急活動、緊急物資輸送などの災害応急対策に支障が生ずる。これに対応するため 2014 年、災害対策基本法の改正がなされた。

本調査は、大規模な立ち往生等の発生するリスクを降雪量の長期的トレンドから評価した上で、大規模な降雪時における道路交通に与える社会的経済損失を除雪のオペレーションやタイムラインの違いを考慮して評価し、実施されている雪対策の手法やタイミングの妥当性を確認する。これにより、今後あるべき除雪体制の構築と大雪による損失の最小化を目指すものである。

【研究内容】

本調査では、近年の雪対策に関する法令等の見直し状況、取組みを強化している雪対策の状況を調査した。また、降雪パターンの長期的トレンド変化を把握するため、文献調査及び過去 40 年分の気象データの整理を行った。法令では災害対策基本法の改正(2014 年)における放置車両対策が最も道路交通確保に関係深いものである。取組みを強化している対策は集中除雪により交通回復までに掛かる時間を短縮する方策、関係機関との連絡協力体制の充実などが挙げられる。降雪パターンは少雪傾向であり、大雪の発生回数も減少傾向にあることがわかった。また、大規模な降雪時の被害項目を抽出し、経済損失を計測する項目について体系的整理を行い、交通

障害に起因する経済損失項目について算定の考え方を明らかにした。さらに、実際に発生した大規模な立ち往生の事例に対し、近年行われるようになった集中除雪を行う場合の対策シナリオを想定し、実際の対応で発生した経済損失と新たな対策シナリオを実施した場合の経済損失を試算し、集中除雪により早期の交通回復を図った場合の有効性を確認した。

【研究成果】

1. 雪対策に係る法令・制度・運用の見直し状況

災害時に大量の放置車両や立ち往生車両が発生すると消防や救急活動、緊急物資輸送などの災害応急対策に支障が生ずる。これに対応するため 2014 年に災害対策基本法の改正がなされた。災害対策基本法改正のポイントは、(1) 緊急車両の通行ルート確保のための放置車両対策、(2) 土地の一時使用等、(3) 関係機関・道路管理者間の連携・調整についてである。特に放置車両対策については、道路管理者が対策の必要がある区間を指定して、支障となっている車両の運転者等に対して移動を命令し、運転者の不在時等には、道路管理者自ら車両を移動できることを規定した。

自治体に対して制度・基準・運用の見直し状況をアンケート調査により確認した。災害対策基本法の改正に直接起因するものは少ないが、多くの自治体で近年何らかの見直しがなされていた。例えば北海道では住民からの苦情や問合せを背景として「作業方法」を見直しており、日本海側では人員不足を背景に「人員配置計画」や「委託方法」を、内陸部では大雪等の教訓から「除雪基準」、「作業方法」、「連絡体制」の見直しが行われていた。

2. 降雪パターン変化と通行止め等発生リスクの整理

(1) 気象データにみる降雪パターン変化

「年合計降雪量」、「年最大積雪深」、「雪の降り方」、「大雪頻度」の経年変化を検証した。検証では、北海道、日本海側、太平洋側、内陸から合計 27 地点を対象として選定し、降雪パターンの経年変化を分析した。使用データは、気象庁 HP より収集した。分析の結果、以下の点が把握された。

- ・ 近年、過去と比べていずれの地域でも降雪量は減少している(表-1)
- ・ 一般的に、降雪強度や大雪が増加している印象はあるが、熊谷や甲府、松江など一部地域で大雪がみられるものの、総じて雪の降り方は安定的となり、大雪も減少している

表-1 降雪パターンの長期的変化

項目	直近10年(2005~2014年)は		
	30~40年前 (1976~1984年) と比べて	20~30年前 (1985~1994年) と比べて	10~20年前 (1995~2004年) と比べて
年合計降雪量	減少 (特に日本海側)	変化なし	変化なし
年最大積雪深	減少 (特に日本海側)	変化なし	変化なし
雪の降り方	降雪日数	減少	増加
	降雪強度 (降雪日あたりの平均降雪量)	減少 (特に北海道と日本海側)	減少 (特に北海道と日本海側)
	日降雪量の標準偏差	減少 (内陸の一部除く)	減少 (内陸の一部除く)
大雪頻度	最大日降雪量	減少 (日本海側と内陸の一部除く)	減少 (日本海側と内陸の一部除く)
	大雪日数	減少	減少

(2) 大雪による通行止め等発生リスクの整理

大雪による通行止めと停滞の発生条件と規模(通行止め時間)を分析した。分析の結果、積雪、雪崩・倒木、スタック・スリップを原因とした通行止めは、直前の合計降雪量やピーク時降雪量、降雪時間が一定の条件を満たすと発生する傾向を確認した。吹雪(視界不良)による通行止めは、合計降雪量と平均風速の関係で発生条件が決まり、降雪量が少なくても平均風速が大きい場合や、平均風速が小さくても降雪量が多い場合に発生することを確認した。また、何れの原因も通行止め時間は、通行止め発生後の降雪時間や最大降雪量、累積降雪量、最大風速等の関数で表現することができる。なお、停滞も通行止めと概ね発生条件は同様である。

3. 大雪時の対策シナリオ設定による経済損失縮減効果の試算

(1) 大雪時の対策シナリオ設定

大雪による経済損失の試算事例として、2014年福島県(国道4号、東北道)で大規模な立ち往生等が発生し

た事例を取り上げる。この事例は、広域かつ大量の降雪により、東北道と国道4号の通行止めを伴う交通障害が3日間にわたった事例である。

対策シナリオ(図-1)として、東北道で早期の通行止めによりスタック車両を発生させない除雪を行う。国道4号ではStop&Go作戦と呼ばれる交通規制を伴う集中的な除雪を行う方法を適用した場合を想定した。これらの対策を効果的に実施するためには、「集中除雪方法の策定」、「タイムラインの策定」等の事前のソフト対策、「マスコミとの連携」、「情報提供サイト」等の情報提供の継続実施などを組合せて行う必要がある。

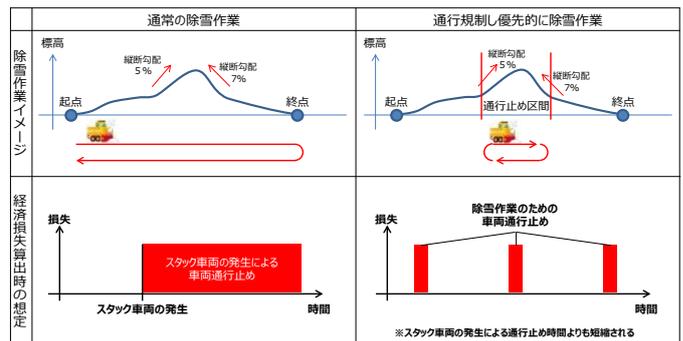


図-1 対策シナリオのイメージ

(2) 経済損失縮減効果の試算

実際の大雪事例の経済損失と対策シナリオを実施した場合の経済損失をそれぞれ試算し比較することで、対策シナリオの経済損失縮減効果を求めた。

経済損失を計測する被害項目として、立ち往生、渋滞の発生、他のルートへの迂回、移動の取り止めの4つを設定した。これらについて、費用便益分析マニュアルに基づき、走行速度、走行経費、交通事故の観点から計測方法を整理した。

実際の大雪事例では3日間交通障害が発生しており、移動の取り止めによる経済損失がほとんどを占めている。対策シナリオを実施した場合には、交通障害発生時間を3分の1以下に短縮できるため、経済損失も約30億円から6億円以下に大幅に縮減される。(図-2)

■ 渋滞(速度低下) ■ 迂回 ■ 立ち往生 ■ 移動の取り止め

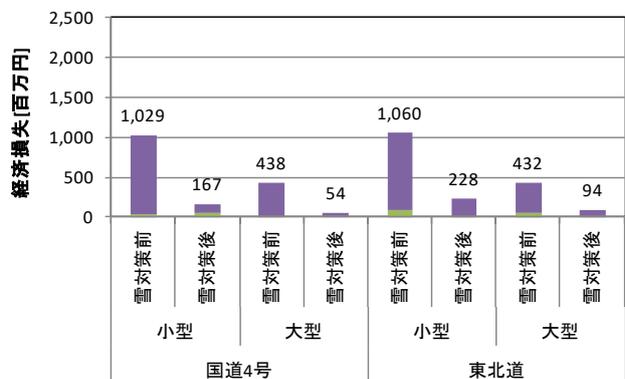


図-2 大雪事例(2014福島)の経済損失試算結果

領域 8 : 大切な道路資産を科学的に保全する

道路構造物の総合的アセットマネジメントシステムの構築のための調査

Study to establish comprehensive asset management system for road structures

(研究期間 平成 26 年度～28 年度)

道路構造物研究部 橋梁研究室
Road Structure Department
Bridge and Structures Division

研究官 宮原 史
Researcher Fumi MIYAHARA
交流研究員 中邨 亮太
Research Engineer Ryota NAKAMURA

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher

研究官
Researcher
交流研究員
Guest Researcher

星隈 順一
Takashi TAMAKOSHI
白戸 真大
Masahiro SHIRATO
河野 晴彦
Haruhiko KONO
松村 裕樹
Yuki MATSUMURA

NILIM studies how to utilize inspection data to make bridge management more strategic and rational. Using periodic bridge inspection data this study has modeled mean variant deterioration characteristics as a function of applied design specifications, materials types, structural element types, surrounding conditions and so on. This study also has shown that such deterioration characteristics will affect a huge variation in the life cycle costs estimation.

[研究目的及び経緯]

中長期的な維持管理の合理化のために道路構造物の維持管理に関わるデータを収集・蓄積し、分析することが期待されている。国が管理する道路橋では、効率的な予防保全を行うための知見を得ることも目的に、平成 16 年以降、定期点検において、従来の部材単位での診断に加え、さらに細かく分けた要素単位での客観的かつ詳細な状態記録を蓄積してきている。この詳細な状態記録を統計的に整理することで、劣化特性の把握や部材の状態予測のための遷移確率及び劣化曲線の作成ができる。また、これらの劣化特性が得られ、さらに、補修を行うと判定する状態指標と補修を行う範囲、補修単価を仮定すれば、将来の維持管理費(以下、LCC)について何らかの計算値は得られる。しかし、問題はその信頼性と解釈である。

橋梁の劣化過程は、本来ばらつきが大きいことから、LCC の計算結果を確定的に扱うことができず、計画策定時には、計算結果の取り扱いに注意を要する可能性が高い。また、実際の補修判断は、その時々で工学的に行うが、LCC 計算上の補修判断は、補修を行うと判定する状態指標と補修を行う範囲、補修単価の仮定に応じて得られるが、実際とは常に異なる。仮定方法には正解がないため、仮定方法の違いが LCC 計算結果にどのように影響を及ぼすのかも維持管理計画策定時に、注意を払うべきと考えられる。

そこで、本研究では、まず、点検結果を分析し、ばら

つきを含めた経年劣化特性をモデル化した。次に、劣化のばらつきと補修を行う状態の違いが個々の橋梁の LCC 計算結果に与える影響を整理した。

[研究内容及び成果]

1.劣化特性に関するデータ集の作成

本研究では、必ずしも実際の劣化を再現するものではないものの、様々な推計に使えるように、橋梁定期点検結果から要素データを集計し、主要な部材の主要な損傷に対して、劣化特性をモデル化した。

国の定期点検では、診断とは別に詳細かつ客観的な状態データを取得している利点を生かし、劣化モデル

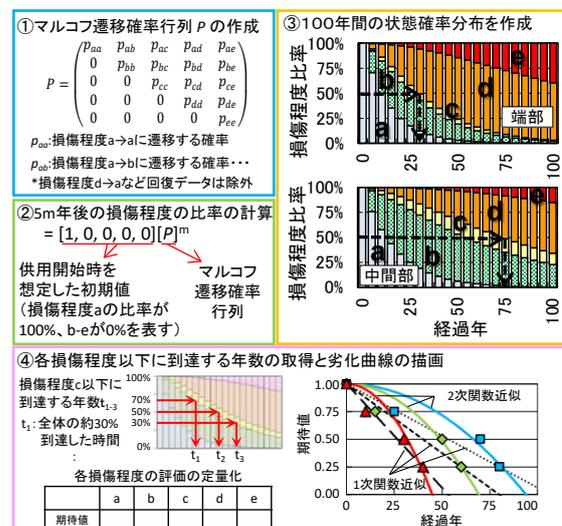


図 1 劣化特性データの作成の流れ(鋼主桁腐食の例)

は、架設環境、構造形式、部材の平面的な位置などの条件を組み合わせた合計 272 通りの条件で求めた。それぞれ、マルコフ遷移確率行列、状態確率分布、劣化曲線を作成し、データ集として取りまとめた。劣化のばらつきは上位・中位・下位の劣化曲線として、状態確率分布を基に期待値および期待値周りのばらつきを求め、数種の関数近似によって表した。(図 1)

2. LCC 推計の課題

一般的に、状態データを利用した LCC の計算は、以下の流れで行われる。

- ①各部材と各損傷種類に劣化特性を仮定
- ②試算条件 i)~vi)の仮定
 - i)評価期間、ii)補修を行う状態、iii)補修を行う範囲
 - iv)補修工法、v) 補修単価、vi) 補修後の部材の状態
- ③各部材の劣化予測と補修判定
- ④補修が必要な場合、部材状態の回復と費用の計上
- ⑤評価期間中、③~④を繰り返し計算

しかし、部材の劣化はばらつきが大きく、損傷種類や損傷部位などにも劣化の特徴が異なる。また、補修を行う状態や補修を行う範囲の与え方については、予め仮定する必要があり、その設定法に正解はない。

そこで、これらのばらつきや仮定の違いが LCC の計算結果に与える影響をモンテカルロシミュレーション(以下、MCS)を用いて調べた。劣化のばらつきは、1. で作成した遷移確率を基に、5年毎に各部材、各要素の損傷程度を確率的に得ることで考慮できる。

補修の判定方法の仮定は、以下の 2 通りを考えた。いずれも定期点検と同じ損傷程度評価 a~e (a は最小の被害、e は最悪の被害を示す) を用いるが、一つ目の仮定は、1 つの要素が損傷程度 d または e に達した時に補修を行うと判定する。このとき、その要素を含む部材のみならず径間全体を損傷程度 a に回復させ、補修費用を計上し LCC を算出する。これは、全体的に劣化の進行が早く、ばらつきが小さい特性を有する部材に対して合理的と考えたものである。何故ならば、1 つの要素が d に達した時、他の多くの要素も劣化が生じ始めており、次の点検時には一斉に劣化が広がっている場合が想定されるためである。

もう一つの仮定は、状態確率分布(図 1-③)の損傷程度の推移を利用し、径間内の損傷程度 d 及び e の発生率が 20%を超えた時に補修を行うと判定する。このとき、損傷程度 d や e の要素のみならず径間全体を損傷程度 a に回復させ、補修費用を計上し LCC を算出する。これは、全体的に劣化の進行が遅く、ばらつきが大きい特性を有する部材に対して合理的と考えたものである。何故ならば、1 つの要素が d や e に達した時、他の多くの要素は損傷がないか軽微な損傷状態あり、時間を掛

けて劣化が広がる場合が想定されるためである。

3. 将来の維持管理費用の試算

対象は、1970 年代に架設された単径間単純非合成鉄桁橋(橋長 20.2m、全幅員 10.45m)である。当該橋の点検結果を参考に経過 0 年での部材の損傷状態を設定した。

図 2 に対象橋梁の LCC の MCS 計算結果を示す。各 5 年の LCC の分布から、平均値 μ と標準偏差 σ を算出し、 μ 、 $\mu \pm \sigma$ として表した。 μ は平均的な LCC の推移を示す。図から、劣化のばらつきが縦軸及び横軸方向の計算結果の幅として反映されている。また、補修を行うと判定する状態指標の仮定の違いが計算結果の平均値の違いとして表れている。要素が 1 つでも d や e に達したら補修を行う場合は、累積費用が 60 百万円になるまでに、 μ で約 18 年、 $\mu \pm \sigma$ で約 15~25 年と同水準までの到達年に関がある。30 年時点で必要な補修費用を見ると、 μ で約 80 百万円、 $\mu \pm \sigma$ で約 70~90 百万円と幅がある。また、損傷程度 d 及び e の発生率が 20%に達したら補修を行う場合は、60 百万円になるまでに、 μ では約 30 年、約 25~40 年と同水準までの到達年に関がある。30 年時点で必要な補修費用を見ると μ では約 60 百万円、 $\mu \pm \sigma$ では約 50~70 百万円と幅がある。

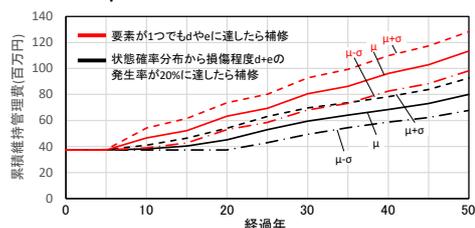


図 2 異なる補修判定を用いた LCC 推計結果の比較

4. まとめ

一般的な桁橋 1 橋について、劣化のばらつきを考慮し、かつ、補修を行う状態指標を 2 つ仮定して LCC の計算を行い、結果を比較した。その結果、劣化のばらつきも補修を行うと判定する状態指標の仮定も LCC の計算結果に影響を及ぼすこと、そして、計算値はばらつくとため確定的には扱うことはできないことを確認した。

したがって、計画の策定にあたっては、LCC 計算結果がばらつくことを認識して慎重に取り扱う必要がある。また、LCC 計算時の補修の判定方法に用いる状態指標や補修範囲などの仮定方法には正解はなく、実際の補修時には、それらの仮定を工学的判断として用いることはできない。そのため、LCC の計算結果の通りに計画を実施することができないことにも注意を払うべきである。

今後は、各管理者に共有するため LCC 計算や計算結果の取り扱いなどの留意事項をまとめる必要がある。

[成果の発表] 国総研資料及び各種論文等で発表予定。

[成果の活用] 長寿命化計画策定に関する参考資料に反映。

道路橋の補修・補強設計法に関する調査検討

Study on Design Standards for Repair and Reinforcement Works of Highway Bridges

(研究期間 平成 28～31 年度)

道路構造物研究部 橋梁研究室

Road Structures Department

Bridge and Structures Division

主任研究官 白戸 真大
Senior Researcher Masahiro Shirato
研究官 宮原 史
Researcher Fumi Miyahara
交流研究員 正木 守
Guest Research Engineer Mamoru MASAKI

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
交流研究員
Guest Research Engineer
交流研究員
Guest Research Engineer

星隈 順一
Junichi Hoshikuma
加藤 豊
Yutaka Katou
松村 裕樹
Yuuki MATSUMURA
中邨 亮太
Ryota NAKAMURA

With the rapid increase in the number of aging highway bridges, needs for repair works or reinforcement works will be increasing. However, the design standards for repair works and reinforcement works have not been developed in Japan. For the purpose of developing the design standards for repair works and reinforcement works, NILIM studies the deterioration characteristic of repaired bridges and reinforced bridges, through analyzing inspection data and load carrying test.

[研究目的及び経緯]

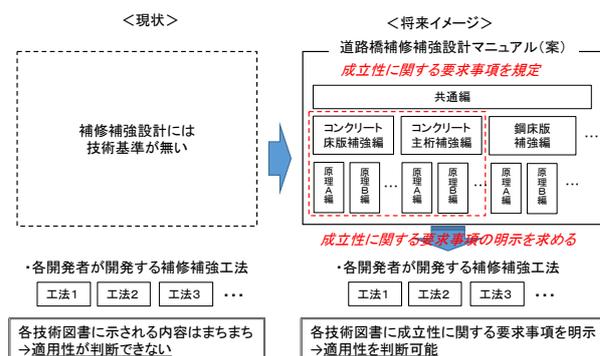
我が国の道路橋は高齢化の進展に伴い様々な劣化や損傷の事例が報告されており、既設の道路橋に対する補修補強の必要性は今後も増加が見込まれる。一方、補修補強設計には技術基準が無く、様々な技術図書を参考に行われる。これらの技術図書に示される内容はまちまちであり、結果として、当該技術図書に基づいた補修補強設計の成立性は必ずしも明らかでない場合もあると考えられる。このため、個別の条件に応じて各補修補強設計の成立性が判断できるよう、補修補強設計の成立性に関する要求事項をとりまとめる必要がある。これをまとめたものを仮に「道路橋補修補強マニュアル案」と呼べば、同マニュアル案は、図-1に示すように補修補強設計全般に共通する事項をとりまとめた共通編、対象部材・材料毎にとりまとめた各工種編、さらに補修補強原理毎にとりまとめた各原理編と階層毎に整理できると考える。

平成 28 年度は、図-1 において破線で囲んだ範囲にあたる、コンクリート部材の補修補強設計法に対する要求事項の整理と、既存技術図書の調査を行った。

[研究内容及び研究成果]

1. コンクリート部材の補修補強設計法に対する要求事項の整理

コンクリート部材の補修補強設計の成立性に関する普遍的な要求事項を整理するため、コンクリート部材の補修補強の最上位の要求事項から、設計における具



体の照査方法までの階層における、各要求事項と各要求事項を満足するとみなすことができる条件の主従関係の体系化を試みた。普遍的な要求事項を整理するためには、まずは我が国の道路橋の補修補強設計において既に多くの適用実績がある個別の工法において用いられている補修補強原理を念頭に要求事項の体系化を行い、それらに共通する事項を抽出することが有効と考え、以下の補修補強原理を対象に要求事項の体系化を試みた。体系化にあたっては、主従関係が視覚的に分かるよう樹形図を用いて整理した。

<コンクリート床版に対する補修補強原理>

部分又は全面のコンクリート打ち替え、上面又は下面のコンクリート増厚、下面コンクリートへの補修補強材料貼り付け

<コンクリート桁に対する補修補強原理>

断面修復、補修補強材接着、プレストレス導入

補修補強設計の成立性に関する要求事項の体系化の例を図-2に示す。図-2の要求事項は3層から成る階層構造となっている。上位の階層はコンクリート部材一般に共通する要求事項を表しており、設計時における要求事項を表す要求事項1と、完成後の維持管理段階における要求事項を表す要求事項2に分けた。中位の階層は工種毎に上位の要求事項を具体化した要求事項を示しており、図-2はコンクリート床版の補修補強を対象に整理した例である。下位の階層は補修補強原理毎に中位の要求事項をさらに具体化した要求事項を示しており、図-2は床版下面コンクリートへの補修補強材料貼り付けを対象に整理した例である。本整理結果からは、下面に補修補強材料を貼り付けることによりコンクリート床版を補修補強しようとする設計法が成立性を有することが確認できるためには、補修補強材料によらず図-2に示す要求事項1~16を満足することが要求される。当該原理による補修補強設計法の開発者がこれら要求事項を満足していることを工学的根拠をもって示せば、設計者はその妥当性を判断することで、補修補強効果の成立性を間接的に判断することが

できるようになると考えられる。

図-2に示した原理毎の要求事項を、補修補強材料として鋼板を用いることを前提にさらに具体的に書き下せば、表-1に示すように具体の照査事項が得られる。

2. 既存技術図書の調査

各学協会、各道路管理者が作成する技術図書を収集し、1.で体系化した補修補強設計の成立性に関する要求事項の記載の有無を整理した。例として、コンクリート床版に対する鋼板接着に関する既存技術図書の整理結果を表-2に示す。表-2の整理から、1.で整理した要求事項だけをみても、各技術図書に示される内容がまちまちであることが分かる。

[今後の課題]

今年度対象としなかった工種である鋼部材に対する補修補強設計に対しても同様の整理を行い、成立性に関する要求事項を体系化する必要がある。

[成果の発表]

国総研資料や論文等で公表。

[成果の活用]

補修補強設計基準や補修補強設計便覧に反映する予定。

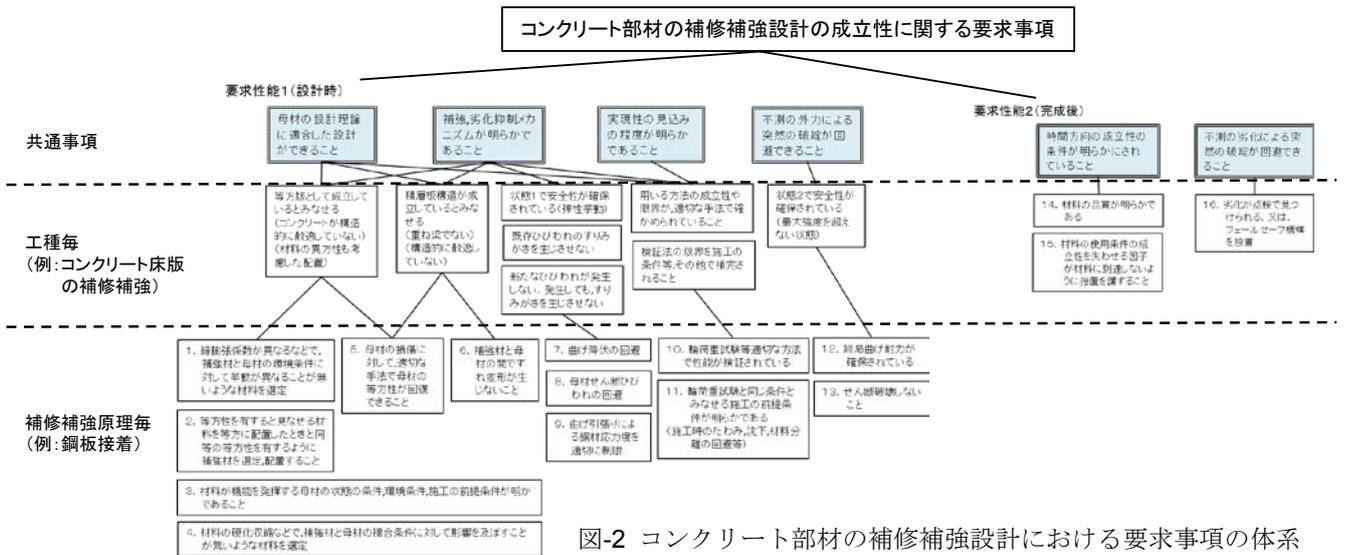


図-2 コンクリート部材の補修補強設計における要求事項の体系

表-1 コンクリート床版に対する鋼板接着工法の成立性に関する要求事項

要求性能	工法における要求性能の読み替え		具体の照査
	要求性能1	要求性能2	
1	鋼板とコンクリート、接着剤の線膨張係数の違いによる影響検証	補強鋼板とコンクリートの線膨張係数は同等であり影響は無いが、接着剤は異なるため、その影響を確認する必要がある。	
2	必要鋼板厚さとアンカーピッチの照査	施工性を加味した厚さの鋼板を、ほぼ等間隔のアンカーで固定	
3	鋼板接着工法が成立する母材劣化程度の適用限界の設定	変形の種類とひびわれ間隔	
4	接着剤の硬化収縮の影響検証	接着剤は硬化収縮が生じるのでその影響を確認する必要がある。	
5	ひびわれ注入工法の適用範囲の設定	ひびわれ注入により樹脂が充填され、当方性(剛性)が回復する	
6	析コンクリートと樹脂の界面、樹脂と鋼板の界面ですれを許容しない。	施工時にコンクリート表面の引張試験を実施、鋼板との接着強度は施工時にテストピースを採取して室内試験で強度を確認	
7	断面計算方法、制限値の設定	実として応力計算し、曲げ応力度が制限値内であることを確認	
8	断面計算方法、制限値の設定	斜め引張応力度の照査	
9	断面計算方法、制限値の設定	曲げ応力度の照査	
10	耐荷機構の把握	既往研究によるはり試験での性状確認	
11	施工時の振動対策の照査	既往研究による試験結果での確認	
12	終局曲げ耐力の照査	破壊抵抗曲げモーメントによる照査	
13	せん断破壊に対する照査	ウェブコンクリートの圧壊に対する断面耐力照査	
14	接着樹脂の耐久性照査	暴露試験による品質変化の把握	
15	接着樹脂の劣化を抑制する手法の検討	接着樹脂が紫外線によって劣化しないことを確認	
16	点検項目の設定と第三者被害防止対策の照査	橋梁点検項目(鋼板のうき、等) 鋼板の落下防止策の照査	

表-2 既存技術図書における補修補強設計の成立性に関する要求事項に関する記載の有無

要求性能	調査対象の図書番号															
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
3	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
4	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5	X	O	△	△	△	△	△	△	X	O	O	O	O	O	X	X
6	X	△	△	X	△	X	X	△	△	O	X	X	X	X	X	X
7	O	O	X	O	X	O	△	O	O	O	O	O	O	O	O	O
8	X	O	X	O	△	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
9	O	O	X	O	△	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
10	△	O	△	O	X	X	△	O	X	X	X	X	X	X	X	X
11	X	△	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	X	△	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
14	X	O	X	X	X	X	X	△	△	X	X	X	X	X	X	X
15	O	O	△	△	X	X	X	△	O	△	△	△	△	△	△	△
16	X	X	X	△	△	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

補修補強設計に係わる部分係数に関する調査検討

Study on partial factor design for existing bridges

(研究期間 平成 27-29 年度)

道路構造物研究部 橋梁研究室

Road Structures Department

Bridge and Structures Division

主任研究官 白戸 真大

Senior Researcher Masahiro SHIRATO

研究官 河野 晴彦

Researcher Haruhiko KOUNO

交流研究員 正木 守

Guest Research Engineer Mamoru MASAKI

室長

Head

研究官

Researcher

交流研究員

Guest Research Engineer Masayuki KUBOTA

交流研究員

Guest Research Engineer Ryota NAKAMURA

星隈 順一

Junichi HOSHIKUMA

宮原 史

Fumi MIYAHARA

窪田 真之

Masayuki KUBOTA

中邨 亮太

Ryota NAKAMURA

The present study has been developing the partial factor design formant for the structural assessment of existing road bridges. In the earlier year, we conducted the Monte Carlo simulation considering a stochastic loading model based on the B-C model and proposed a concept that the load and load combination factors should be divided so that the load factors should be changed with the given design life which may be optional for existing structures. This year, we have tested and proposed a practical method to modify load factor values with a given design life based on their statistics.

[研究目的及び経緯]

国土技術政策総合研究所では、信頼性設計の考え方を基礎とし、国際的技術基準の標準書式でもある部分係数設計体系への転換を視野に道路橋の技術基準の見直しに必要な検討を進めてきた。

既設橋の補修補強設計においては、新設橋の設計に用いる荷重係数をそのまま用いるのではなく、補修補強設計において想定する供用期間や架橋地点の交通特性に応じて荷重極値分布を評価し直すことで、架橋地点の特性を踏まえた部分係数を調整し、より合理的な設計を行える可能性がある。

そこで、平成 27 年度は、既設道路橋に用いる荷重係数を「荷重ばらつき係数」と「荷重組合せ係数」に分解することを提案した。荷重ばらつき係数は、主として活荷重、温度変化、風荷重、地震荷重など、想定する期間内に常に変動する性質を有する変動荷重に対して、想定期間の最大値（極値）分布に基づき、荷重の最大値をあらかじめ定めた確率水準に調整するための係数である。

荷重組み合わせ係数は、複数の荷重が組み合わせとして橋に同時載荷されるときに、確率過程として、想定期間における最大値どうしが同時に重なることは稀であることを調整するための係数である。

例えば、活荷重は橋に常に載荷されているものと考えられるのがよく、荷重組み合わせ係数は 1.0 に近い数値になるが、風や地震のようなものは、他の変動荷重と組み合わせにおいては、0.50～0.75 に近い数値に設定できる可能性があることを過年度までに提案している。

過年度には、荷重ばらつき係数と荷重組み合わせ係数を B-C モデルの考え方に基づく、確率過程を考慮したモンテカルロシミュレーションから算出した。しかし、荷重ばらつき係数は、本来、荷重単体の統計量から決定できると考えられる。そこで、本年度は、実務において、詳細なシミュレーションをせずとも荷重ばらつき係数を決定できることを検証した。

[研究内容及び研究成果]

1. 荷重シミュレーション

ある橋の交通流データを用いて支間中央の活荷重断面力力の 100 年最大値をシミュレーションで 1000 回求めた。シミュレーションでは、大型車の混入率は平均的な値として 30% と仮定し、交通量モデルを調整した。その結果、100 年最大値分布は正規分布を用いて、B 活荷重断面力に対して、平均値 0.95 程度と変動係数 0.15 程度で近似できることが分かった。ただし、近似にあたっては安全側に評価するため、分布の裾野部分の一致度はあまり高くないようにしておく必要がある。

べき乗則を用いれば、これを10年最大値分布、30年最大値分布、50年最大値分布に変換できる。各供用期間の最大値分布非超過確率95%の活荷重断面力が算出されるように荷重ばらつき係数を丸めれば、供用期間10年で0.95、30年で1.05、50年で1.10、100年で1.15程度の値となる。

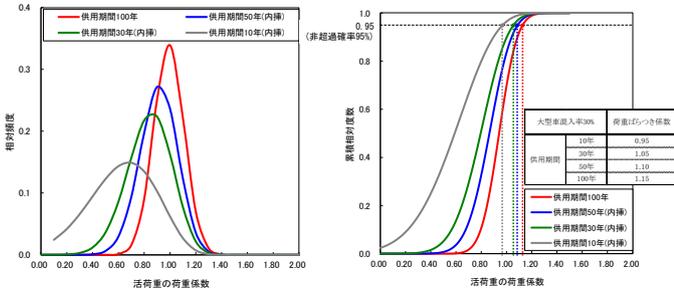


図1 活荷重係数の分布と累積相対度数

2. 実橋に対する荷重シミュレーション

いくつかの橋梁に対して異なる期間を仮定し、荷重シミュレーションを実施した。幅広い橋梁形式に適用できる可能性を確認するために、今年度は表1に示す鋼橋およびコンクリート橋の計8橋に対して検証を実施した。橋梁の選定においては、活荷重の荷重係数が著しく小さな値にならないように、鋼橋及びコンクリート橋の単純橋を対象とした。また、活荷重の荷重係数が大きい連続橋やトラス橋等の構造も対象とした。

表1 対象橋梁の概要

No	橋梁形式	最大支間長	着目断面	B活荷重係数 (供用期間100年)
1	鋼単純非合成鉄桁	18.3m	主桁支間曲げ	1.01
2	PC単純バルブT桁	30.5m	主桁支間曲げ	0.93
3	鋼単純鋼床版箱桁	75.0m	主桁支間曲げ	0.99
4	鋼2径間連続非合成鉄桁	49.0m	主桁端径間曲げ	1.01
5	PC2径間連続箱桁	49.0m	主桁端径間曲げ	0.98
6	鋼2径間連続非合成鉄桁	40.8m	主桁端径間曲げ	1.09
7	PC5径間連続コンポ橋	35.2m	主桁端径間曲げ	1.21
8	鋼単純トラス橋	95.1m	上弦材軸力	0.92

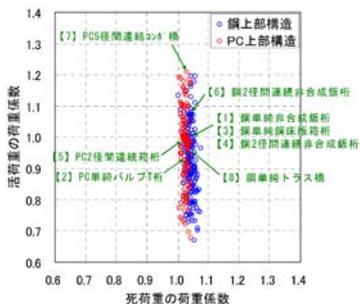


図2 対象橋梁の荷重係数(大型車混入率30%)

これらの橋梁に対して、供用期間中の平均大型車混入率を平均的な30%と仮定し、供用期間を10年、30年、50年、100年と仮定した荷重シミュレーションを実施した。検討結果を単純化するために、死荷重(D)、活荷重(L)が支配的になる断面に着目した。

過年度までの検討から、D+Lの時のLの荷重組合せ係数は1.00と仮定したときに逆算で得られるDやLの荷重ばらつき係数を求めた。

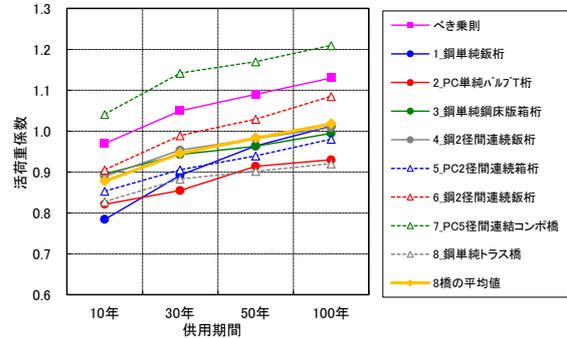


図3 供用期間に荷重ばらつき係数

表2 各橋の活荷重ばらつき係数

平均大型車混入率30%	べき乗則	対象橋梁番号									
		1	2	3	4	5	6	7	8	平均	
供用期間	10年	0.95	0.78	0.82	0.90	0.89	0.85	0.91	1.04	0.83	0.88
	30年	1.05	0.89	0.86	0.94	0.95	0.91	0.99	1.14	0.88	0.95
	50年	1.1	0.96	0.91	0.96	0.98	0.94	1.03	1.17	0.90	0.98
	100年	1.15	1.01	0.93	0.99	1.01	0.98	1.09	1.21	0.92	1.02

図3および表2に、供用期間に対する活荷重の荷重ばらつき係数をまとめた。

1.にて統計的にべき乗則を用いて算出した結果と比較すると、対象とした実橋8橋の荷重シミュレーション結果に対してべき乗則で求めた結果の方が荷重ばらつき係数が安全側(大きな値)であった。これは1.で極値分布のあてはめにて裾野を安全側に評価したり、数値を丸めたことが理由として考えられる。詳細の確認は今後必要であるが、各荷重の極値分布のあてはめを安全側に行い、べき乗則を用いると、現地で荷重計測を十分、密に行うことで詳細なシミュレーションを実施しなくても、現地の計測データに基づき、荷重ばらつき係数を供用期間に応じて見直せる目途を得ることができた。

【今後の課題】

既設橋の損傷事例を考慮し、主として新設橋の設計を想定している荷重モデル(荷重形状や載荷方法)の見直しの必要性がないか検討を進める必要がある。

また、既設部材の劣化を考慮する方法について検討を進める必要がある。

【成果の発表】

本研究の成果を国総研資料として公表する予定である。

【成果の活用】

補修補強設計の技術資料作成の基礎資料として活用する予定である。

道路構造物の健全性把握に関する調査検討

Study on soundness grasp of road structures

(研究期間 平成 27～29 年度)

道路構造物研究部 橋梁研究室
Road Structures Department
Bridge and Structures Division

研究官 河野 晴彦
Researcher Haruhiko KOUNO

構造・基礎研究室
Foundation, Tunnel and Substructures Division
主任研究官 西田 秀明
Senior Researcher Hideaki NISHIDA
研究官 西藤 淳
Researcher Jun NISHIFUJI

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
交流研究員
Guest Research Engineer

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher

星隈 順一
Junichi HOSHIKUMA
白戸 真大
Masahiro SHIRATO
松村 裕樹
Yuuki MATSUMURA

間瀬 利明
Toshiaki MABUCHI
阿部 稔
Minoru ABE

This study analyzes road structures inspection results to feedback into design standards, inspection standards, and asset management strategies. This year, NILIM analyzed the inspection result of pedestrian bridges, sheds, and culverts. The data analysis has characterized the difference in distribution depending on structural types and surrounding environment.

[研究目的及び経緯]

高度経済成長期に集中的に整備された道路構造物を将来にわたり効率的に維持管理していくことが求められており、平成 26 年 7 月から、全国でトンネル等の道路構造物について定期点検が行われている。

本研究は、道路構造物を効率的に維持管理していくために点検結果を分析し、点検要領の改定並びに資産管理への反映方法について検討するものである。

平成 28 年度は、横断歩道橋の平成 26、27 年度定期点検結果から、損傷程度の進行を遷移確率により推定し、劣化予測式を作成した。また、シェッド、カルバートの平成 26、27 年度定期点検結果から、構造形式や設置環境などの条件毎の変状傾向や特性等を整理した。

[研究内容及び成果]

1. 横断歩道橋の損傷程度の特徴整理

歩道橋定期点検要領(平成 26 年 6 月 国道・防災課)制定以降、約 2 カ年に渡って蓄積された直轄横断歩道橋約 1,000 橋の定期点検データを用いて、年代別に分布を整理すると、架設後 40 年以上経過したものが 5 割以上を占める(図-1)。また、部材毎に対策区分判定を整理した結果、主桁や床版、階段部において対策区分判定 C1(予防保全の観点から速やかな補修が必要なもの)以上の早期に対策が必要な割合が大きく(図-2)、

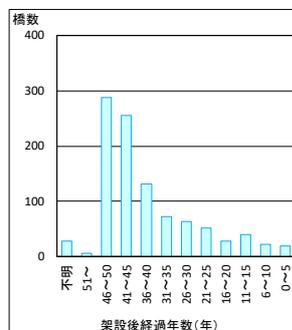


図-1 架設後経過年ごとのストック数

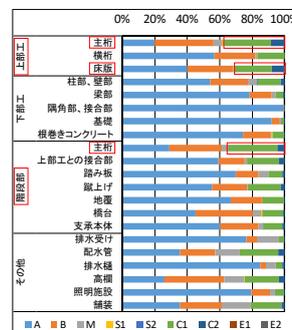


図-2 部材別の対策区分判定の割合

損傷の内訳を見るとその殆どを腐食及び防食機能の劣化が占めていた。

上部構造の主桁の腐食を例に、架設後経過年数毎に径間単位で整理した損傷程度の比率を図-3 に示す。損傷程度 a は健全とみなせる状態、e は損傷が顕著であるなどリスクの高い状態であり、損傷程度は a から e の 5 段階で表される。主桁の腐食は早期に発生し、10 年経過後には既に約半数が d 以上の判定結果となっているが、以降、分布に大きな変化は見られない。この原因として、補修を実施した横断歩道橋が一部含まれている可能性が考えられる。

速やかな補修が必要な割合が比較的大きい部材の損

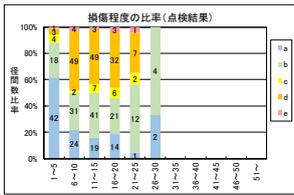


図-3 損傷程度比率（上部構造の主桁の腐食）

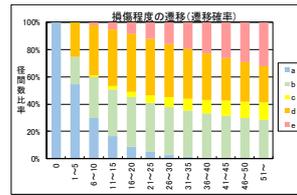


図-4 損傷程度の推移予測（上部構造の主桁の腐食）

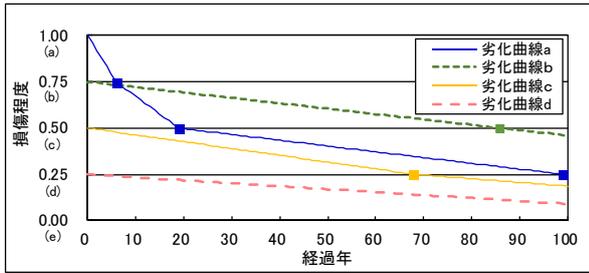


図-5 劣化曲線（上部構造の主桁の腐食）

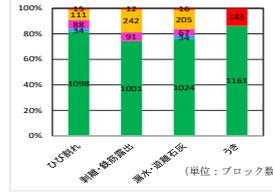
傷について、予防保全時期の目安が得られないかどうかを検討するために、構造形式の類似した横断歩道橋約500橋を抽出し、損傷の発生及び進行の経年変化をモデル化する遷移確率行列を推定した（図-4）。遷移確率行列の推定では、各年代の損傷程度の比率を予測したときに実際の誤差が最小となるように遷移確率を繰り返し調整した。遷移確率の予測結果から、損傷程度a～eを重み付けして各損傷程度の劣化進行を線形補間により求め、劣化予測式を作成した。上部構造の主桁の腐食に対する劣化予測を図-5に示す。

上部構造の主桁の腐食に対する劣化予測結果では、約20年程度で損傷程度cとなる結果が得られた。効率的な維持管理の観点から対策時期等の計画立案に活用できる可能性があることから、今後も引き続きデータを蓄積し、架設環境の違いや、補修等による影響について分析し、資産管理への活用方法を検討する。

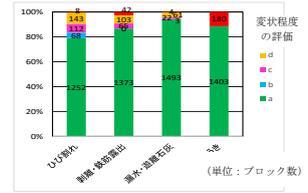
2. シェッド及びカルバートの定期点検結果分析

平成26年度及び27年度の直轄国道を対象とした定期点検結果（シェッド約290施設、カルバート約650施設）より変状及び健全性に関する分析を実施した。

シェッドでは、構造形式別で構造物の健全性Ⅲの割合は、PC製約5割、鋼製約6割でRC製（約3割）に対して高い。構造形式別の点検実施施設数が最も多いPC製で部材の健全性がⅢの割合が相対的に高い上部構造及び谷側構造（柱・受台・基礎）のコンクリート部材の変状程度の評価（a～e）を図-6に示す。ひび割れは上部、谷側構造とも約2割（b～eの合計）で生じている。これに対して、剥離・鉄筋露出、漏水・遊離石灰は上部構造でも2割程度に対して谷側構造では1割程度と少ない。これを塩害対策区別で比較すると、塩

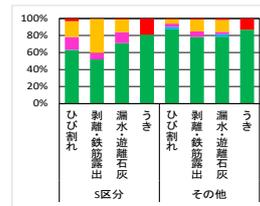


(a) 上部構造

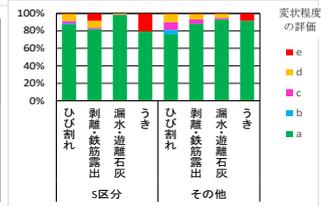


(b) 谷側構造

図-6 PC製シェッド（逆L式と単純梁式）の変状種類と変状程度



(a) 上部構造



(b) 谷側構造

図-7 PC製の塩害対策区別の変状

害の影響区域（S区分）の方がその他の区域にあるものより剥離・鉄筋露出に対してe判定の割合が多いこと（特に谷側柱）、上部構造のひび割れ発生（b～e）の割合が3倍高い特徴がある（図-7）。これより、PC製シェッドでは、塩害の影響の有無が構造物の健全性評価に比較的大きな影響を与える要因であるといえる。

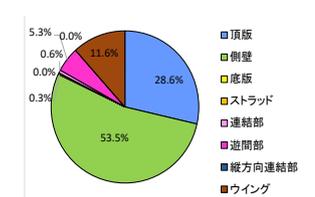


図-8 カルバートの部材の健全性の内訳（Ⅲのみ）

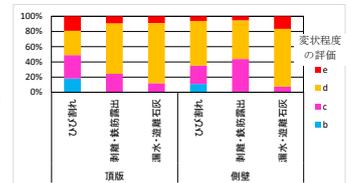


図-9 カルバートのコンクリート部材における変状種類と変状程度の評価（頂版・側壁）

カルバート（構造形式は2/3が場所打ちボックスカルバート）の構造物の健全性の診断結果は、Ⅰが約4割、Ⅱが約5割、Ⅲが約1割で、Ⅳはなかった。このうち構造物の健全性Ⅲの判定に支配的となった部材の健全性がⅢである割合は、頂版と側壁で8割強を占める（図-8）。頂版及び側壁の変状（コンクリート部材）は、ひび割れが最も多いが、剥離・鉄筋露出、漏水・遊離石灰、うきも生じている。変状の程度は、頂版ではひび割れ、側壁では漏水・遊離石灰でそれぞれe判定が2割程度と他の変状種類より変状程度が悪い評価である（図-9）。これらから部材により損傷内容と程度に差があるといえる。

【成果の発表】

国総研資料や各種論文で発表予定。

【成果の活用】

定期点検要領の改定や設計基準原案の検討に反映。

既設土中構造物等の補修・補強基準に関する調査検討

Survey study on repair and reinforcement criteria for existing underground structures

(研究期間 平成 26～28 年度)

道路構造物研究部 構造・基礎研究室
Road Structures Department
Foundation, Tunnel and Substructures Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher

間渕 利明
Toshiaki MABUCHI
阿部 稔
Minoru ABE
西藤 淳
Jun NISHIFUJI

This research aims to propose the repair and reinforcement criteria for existing damaged underground structures (culvert, shed, etc.) to be used for long term. In FY 2016, the contents of repair methods and the situation of the re-deterioration for damaged structural members of culverts and sheds were analyzed, and it was shown the point to keep in mind in the repair design of underground structures.

〔研究目的及び経緯〕

本研究は、既設土中構造物等の総点検等の点検結果及び被災経験等を踏まえ、重大事故に至る可能性のある損傷形態を対象に、損傷状況及び補強効果の調査分析を行い、補修・補強要領の提案のための課題を明らかにすることを目的としている。

本年度は、平成 27 年度の定期点検を行った大型カルバート及びシェッドのうち、過年度に補修補強履歴がある部材を対象に、補修補強内容や、補修補強後の部材の変状等の状態とその要因について整理・分析した。

〔研究内容及び成果〕

1. カルバートの補修補強の内容と再劣化状況

カルバートの定期点検結果より、補修・補強(以下、補修等)履歴がある 83 施設を対象にその内容を整理した。具体的には、定期点検調査書において 1) 補修履歴の欄に記載がある、2) 所見やメモ欄に「補修跡」「再劣化」のコメントがある、3) 損傷状況写真から補修跡がある、ものを対象として抽出した。補修・補強内容が実施された部材・部位とその工法の内訳を図-1 に示す。なお、1つの施設で複数工法実施されている場合は全て計上している。補修等はその多くが側壁及び頂版を対象としており、その大半は断面修復工、表面保護工、ひびわれ注入工であった。

定期点検において補修等が行われたことが確認された部材のうち、変状が生じているものを対象に、変状の内訳を図-2 に示す。ここで、変状が生じているもののみを示しているのは、補修等を行った後に変状が生じていない場合は記録されていないものがあるため

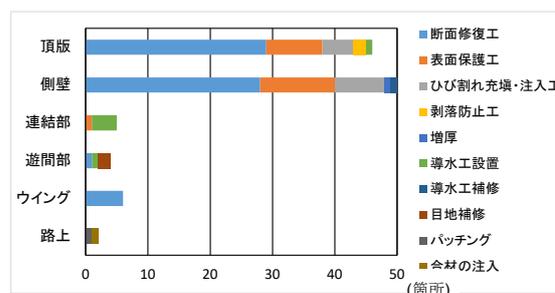


図-1 補修補強した部材と工法内訳 (カルバート)

ある。また、1施設で複数の補修等を行っている場合は補修内容毎にそれぞれ計上している。変状の種類としては、補修・補強材の変状、うき、ひびわれ、漏水・遊離石灰が多く発生していた。この

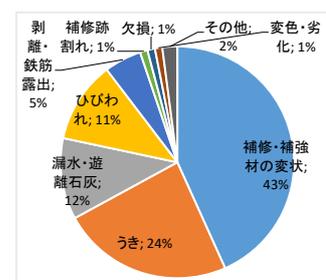


図-2 補修補強部材に確認された変状種類 (カルバート)

うち補修等の実績が多い工法に着目すると、断面修復工を行った部材についてはうき及び補修・補強材の変状が、表面保護工を行った部材については、補修・補強材の変状がそれぞれ多い。再劣化の例を図-3 に示す。事例(a)では、断面修復が行われた箇所であらうきが発生している。また、事例(b)では表面保護工が行われた後に、保護工を行っていない範囲から連続する鉛直ひびわれが生じている。このような損傷は補修部周辺の変状が



(a) 断面修復工 (b) 表面保護工
図-3 補修箇所の再劣化の例(カルバート)

ある箇所(図-3の場合はひび割れ)や断面端部(目地部、出入口付近)で生じているものが多い傾向がみられる。

2. シェッドの補修補強の内容と再劣化状況

カルバートと同様に、定期点検結果より補修等の履歴がある39施設を対象にその内容を整理した。その結果、補修等の多くは山側・谷側柱及び頂版(頂版上も含む)で実施されており、工法としては、断面補修工、ひびわれ注入工、表面保護工及び防水工が多い(図-4)。

補修補強を行った部材の変状は、うき及び補修・補強材の変状が多く発生していた(図-5)。断面修復工を実施した部材ではうき及び補修・補強材の変状、表面保護工を実施した部材は補修・補強材の変状がそれぞれ多く、これらはカルバートと同様の傾向であった(図-6)。

補修補強を行った施設のうち、海岸部及び海岸から100mまでの位置にある施設が約半数の21施設ある(他の18施設は海岸線から1km以上に立地)が、海岸からの距離で補修等を行った部材の変状程度の評価を比較すると、海岸から遠い位置に設置されたものより近いものの方が変状程度の大きい箇所数が多い(図-7)。

3. 既設土中構造物の補修補強における留意点の整理

定期点検結果から見られるカルバート及びシェッドの補修・補強内容とその後の変状状況から、断面修復やひび割れ注入などの断面形状を元に戻す対策が多くを占めること、これ以外の対策を行った場合も含め再劣化している事例が少なくないことが明らかとなった。

この理由としては、1)当該変状が生じた要因の推測が適切でない、または、十分に行われていないこと、2)変状要因の除去や必要な耐荷力・耐久性の確保ができる対策が選定されていないこと、等が考えられる。このうち、1)については、変状が生じた箇所やその周辺の変状の状況、土圧や上部道路の活荷重などによる発生応力の変化や、継続的な水の供給の有無など当該変状を生じた要因を適切に推定する必要がある。これを踏まえて、要因に応じて補修等の効果が十分に期待できる適切な対策を選定する必要がある。しかし、カ

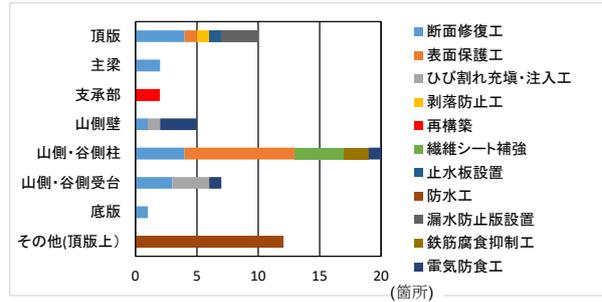


図-4 補修補強した部材と工法内訳 (シェッド)

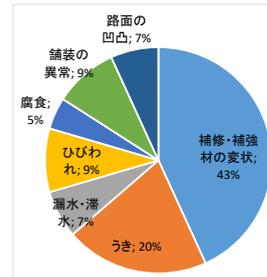


図-5 補修補強部材に確認された変状種類 (シェッド)



(a) 断面修復工 (谷側柱)



(b) 止水板

図-6 補修箇所の再劣化の例(シェッド)

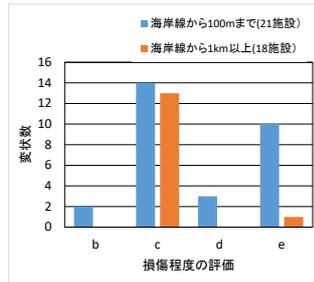


図-7 海岸からの距離別の変状程度割合

ルバートやシェッドの山側壁のように背面に容易には除去ができない土砂がある場合、補修は一般的に内空側からしか行えないため、例えばカルバート外部からの水の浸入が変状要因と推定できても、外部に防水対策を施せず結果的に再劣化につながっていることも考えられる。したがって、既設土中構造物の補修等に際しては、構造物本体だけで行える対策に限界があることを前提に、土かぶり部や裏込め部の表層からの水の供給を減らす排水対策など構造物本体以外の対策との併用や、定期的な交換・更新を前提とした補修材料の選定や取付け方等についても考慮する必要がある。

【今後の課題】
荷重や気象などの外的条件、構造条件、補修補強の内容の詳細や再劣化までの経過変化等について、更なる分析を進め、合理的な補修補強基準の提示を目指す。

【今後の課題】

荷重や気象などの外的条件、構造条件、補修補強の内容の詳細や再劣化までの経過変化等について、更なる分析を進め、合理的な補修補強基準の提示を目指す。

【成果の活用】

補修補強設計・施工基準原案への反映を目指す。

盛土・切土・軟弱地盤対策工・自然斜面对策工の リスクマネジメント手法に関する調査研究

Study on risk management method for embankment, cut slope and countermeasures for weak ground and natural slope

(研究期間 平成 26 年度～28 年度)

道路構造物研究部 道路基盤研究室
Road Structures Department,
Pavement and Earthworks Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher

久保 和幸
Kazuyuki Kubo
谷川 征嗣
Masatsugu Tanigawa
榎本 忠夫
Tadao Enomoto

The objective of this study is to establish the rational inspection method for earth structures in terms of the disaster management. In the third fiscal year, some important inspection points were summarized based on the qualitative case studies of the earth structures with rain-induced damage. Furthermore, to predict the geo-disaster risk of earth structures, actually observed precipitation data led to rain-induced failure in the past were analyzed. As a result, it may be seen that the precipitation parameter taking into account the water content of ground tended to be effective in predicting the disaster risk of earth structures.

[研究目的及び経緯]

これまでに建設された道路施設が今後急速に高齢化しつつあるが、道路土工構造物は老朽化よりも大雨等の災害によって損傷することが多いため、道路ネットワーク機能とリスク管理の観点から維持管理手法の構築が必要である。このため、道路土工構造物の点検結果や維持管理実態、災害発生要因等の調査を行い、リスク低減の観点から合理的な維持管理手法を検討するものである。

今年度は、既往の防災カルテ点検結果等から危険性の高い変状・損傷及び箇所について、日常の巡回における着目点及び対応等の留意事項を整理した。また、異常気象時の事前通行規制で用いている連続雨量のほかに他分野での手法により、災害発生と雨量指標との関係について分析・整理した。

[研究内容及び研究成果]

1. 道路のり面・斜面の点検の留意事項の整理

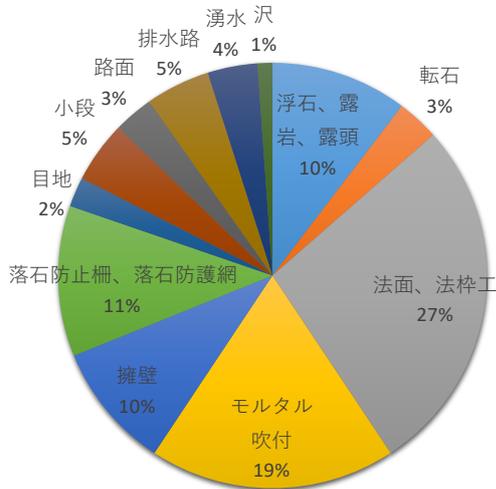
直轄国道の「落石・崩壊」及び「盛土」の防災カルテ点検結果から以前より評価がランクアップした箇所や変状着目点に進行が認められる 220 事例を抽出し、図 1 に示すように防災カルテに記載されている着目すべき点や点検項目から着目すべき変状、災害に至る危険性が高い変状の分析・整理を行い、巡回時の留意事項等を取りまとめた。



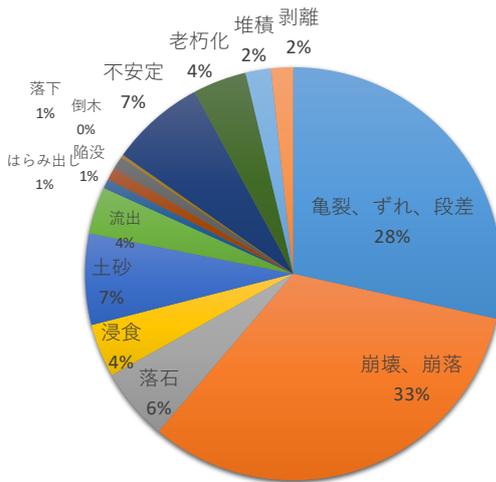
図 1 防災カルテに記載されている着目点 (例)

抽出した事例を対象に、「施設・構造物・自然対象物」と「変状・現象」に分類し、施設・対象物の着目点のキーワードで分析した。図 2 に山側施設が対象となる「落石」「切土のり面崩壊」「自然斜面崩壊」の 166 事例における着目点の割合を示す。施設等ではのり面・のり

砕工が 27%、次いでモルタル吹付が 19%、落石防護柵・落石防護網が 11%と多く、のり面保護工や落石対策工が約 70%を占めている。同様に着目している変状等では崩壊・崩落が 33%、亀裂・ずれ・段差が 28%と多い。



(施設・構造物・自然対象物)



(変状・現象)

図 2 山側施設における着目点の割合

一方、谷側施設となる「盛土」の 54 事例における着目点の割合は、施設等では路面、のり面・盛土が 51%、擁壁が 16%と多く、変状等では亀裂が 64%と多くなっており、主に路面や路面に近い第 1 段目法面における崩壊・崩落、亀裂・ずれ・段差を点検の着目点としていることが判明した

また、災害が発生する危険性の高い変状・損傷および箇所としては、例えば、山側施設のモルタル吹付法面では、水平方向の開口亀裂、モルタルの剥離・小崩壊の発生が崩壊に至る危険性の高い変状・損傷例としてあげられ、谷側施設では路面の亀裂、路肩の沈下があげられる。

上記の結果から日常の巡回（通常巡回および定期巡回）における着目点について、切土のり面、自然斜面および斜面安定工の山側施設、盛土の谷側施設に区分して整理した。また、災害発生の前兆現象を捉える観点から巡回時に車上または路上から目視確認できると推定される着目点を選定し、巡回時の留意事項等を整理した。

切土のり面及び自然斜面では、カルテ点検で特に着目されていた路面や最下段のり面または擁壁、第 2 段のり面において次の事項に留意する必要がある(図 3)。

- ・のり砕や砕内に亀裂の発生、砕内モルタル吹付等の崩落
- ・のり面からの湧水の増加
- ・擁壁目地のズレ、擁壁面の転倒、水平亀裂の発生
- ・のり尻部路面の隆起、側溝の閉塞
- ・複数の立木の倒木状況

また、留意事項に対して異状・変状が見られた場合には次の対応が考えられる。

- ・のり砕や砕内の亀裂の拡大が進行していないか、変状の見られたのり面・斜面の上方や周辺含めて点検確認
- ・土砂の吸出しや亀裂やはらみ出しなどの、のり面・斜面の変状を点検確認
- ・擁壁の傾斜が進行していないか点検確認
- ・のり尻部路面周辺の状況が進行していないか点検確認
- ・倒木が路上へ影響するか点検

なお、成育中の立木が、複数本傾倒するような現象が確認された場合、斜面崩壊等の可能性もあるため、倒木周辺の斜面状況や構造物の状況等を確認する必要がある。



図 3 山側施設の巡回時の留意事項

同様に、斜面安定工について、落石には既往の発生地点での反復性があるため、過去に発生した落石箇所において次の事項に留意する必要がある。

- ・落石防護柵工および落石防護網工の背面に堆積し

た土石・岩塊（落石）等の増加状況

- ・のり尻や路面に認められる（小）落石の状況
- また、留意事項に対して異状・変状が見られた場合には次の対応が考えられる。

- ・落石防護施設の損傷を点検確認
- ・落石発生源の変状を点検確認

一方、谷側施設では、カルテ点検で最も多く着目されていた路面（車道・歩道）、路肩及び路肩と連続するのり面、横断排水施設において次の事項に留意する必要がある（図4）。

- ・路面に発生している馬蹄形状または並行の亀裂及び段差
- ・オーバーレイ等補修箇所での新たな亀裂等の発生
- ・山岳部沢地形の盛土内横断管呑み口の土砂堆積状況

また、留意事項に対して異状・変状が見られた場合には次の対応が考えられる。

- ・盛土のり面の湧水や崩壊などの変状を点検
- ・擁壁と盛土の沈下の拡大を点検
- ・縁石、路面の横方向に生じた亀裂や段差、歩道部の段差の拡大を点検
- ・土砂撤去と排水施設の損傷を点検

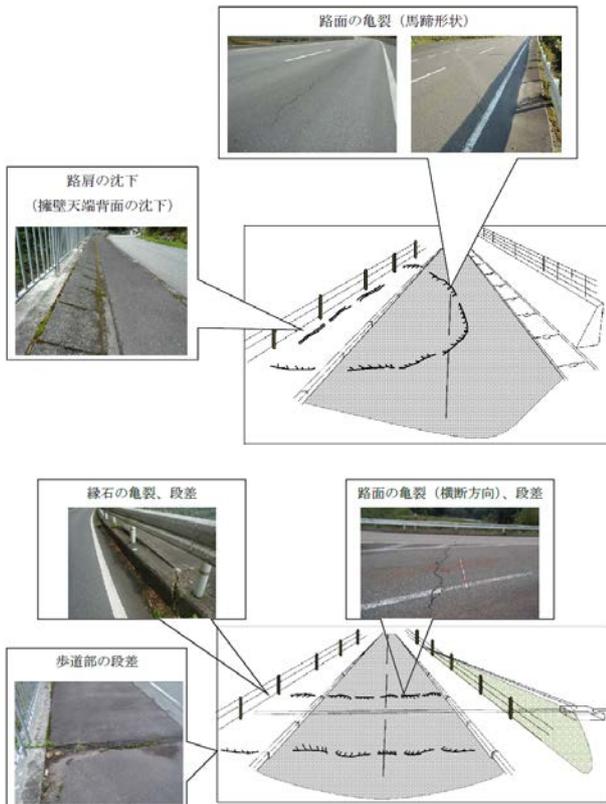


図4 谷側施設の巡回時の留意事項

なお、路面の亀裂については、盛土の変形ではなく、

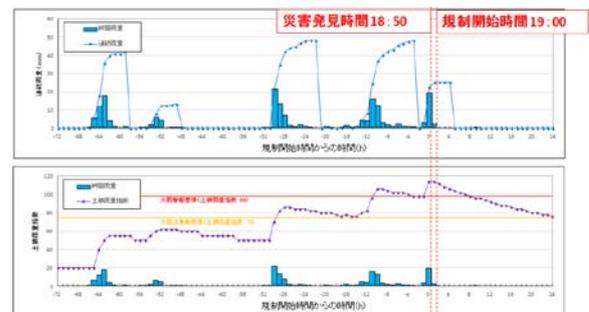
舗装の損傷・劣化によって発生している場合があるため、亀裂の発生方向、連続性など、盛土構造との関係を考慮して判断する必要がある。

2. 降雨状況による災害危険性の分析・整理

直轄国道の異常気象時通行規制では連続雨量を用いているが、通行規制区間以外でも災害は発生することから、平成20～23年度に発生した直轄国道の災害のうち50事例を対象として、災害発生時の降雨状況を気象庁のレーダー解析雨量及び土壌雨量指数を用いて、事例ごとに次に示す雨量指標を整理し、降雨特性の分析、降雨パターンの分類を行い、災害発生と降雨状況との関係を整理した。

- ① 時間雨量
- ② 連続雨量
- ③ 土壌雨量指数
- ④ 実効雨量（半減期1.5時間、24時間、72時間）
- ⑤ 連続雨量及び連続雨量と時間雨量の組み合わせ雨量の併用法による雨量基準
- ⑥ 「国土交通省河川局砂防部と気象庁予報部の連携による土砂災害警戒避難基準雨量の設定方法(案)」の指標及び基準

分析の結果、図5に示す断続的な降雨の事例では災害発生危険性の把握に連続雨量よりも土壌雨量指数のほうが有効であることが確認された。



【考察】

- ✓ 断続的な降雨であり、降雨の終盤に災害が発生
- ✓ 降雨期間中に数回の無降雨時間帯があったため、連続雨量はリセット
- ✓ 災害発生時の連続雨量は30mm未満
- ✓ 一方、土壌雨量指数は気象庁の大雨警報基準値を超えてピークとなり、災害発生の危険性を示唆

図5 断続的な降雨の事例

また、災害非発生時間も含め1988年4月以降の各事例位置に対応する雨量データから図6に示すように各災害発生降雨の時間雨量最大値及び土壌雨量指数最大値の履歴順位を整理した結果では、表1に示すとおり

50 事例のうち約 5 割の 24 事例の災害は時間雨量最大値の履歴順位が 5 位以内、約 8 割の 41 事例の災害は土壌雨量指数最大値の履歴順位が 5 位以内となっており、土壌雨量指数が災害発生危険性の把握に有効な指標であることを示唆していることがわかった。

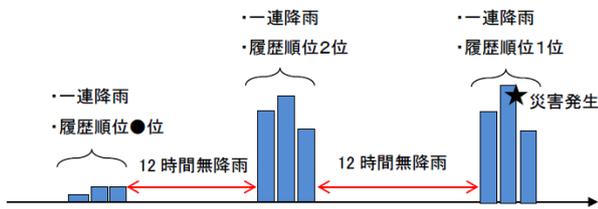


図 6 履歴順位の整理イメージ

表 1 履歴順位 5 位以上の降雨数 (全 50 事例)

	履歴順位 5 位以上の降雨	
	最大時間雨量	最大土壌雨量指数
降雨 (事例) 数	24	41
割合	48%	82%

表 2 災害形態ごとの災害発生危険性

災害形態	地域特性	降雨特性
切土のり面	のり面が 40° 以上の急勾配で、半固結～固結類や火山性類、花崗岩類の地山強度が低く、表層部が風化しやすい地質条件である切土のり面は、降雨時に雨水の浸透により崩壊発生しやすいと考えられる。	降雨形態は断続的な降雨で長時間降雨が多く、長時間にわたる降雨イベントにより総雨量が上昇し、災害が発生した事例が多く、連続雨量等の長期降雨指標による災害発生危険性の判断は重要であると考えられる。
自然斜面	道路上方の斜面が 40° 程度の急勾配で、半固結～固結類や花崗岩類の地山強度の低い、または表層部が風化しやすい地質条件の自然斜面は、降雨により崩壊し、崩壊土砂が道路まで到達して道路災害を引き起こす可能性が高いと考えられる。	降雨形態は、後方集中および中盤集中の降雨で長時間降雨が多く、長時間にわたる降雨イベントの中盤や後方に現れる降雨ピークにより、土層の飽和度や地下水位の上昇により災害発生した事例が多いと見られ、長期降雨指標と短時間降雨指標の併用により災害発生危険性の判断は重要であると考えられる。
盛土	のり面勾配は 27° ～ 63° の範囲に分布し、特徴はなく、勾配より盛土材料の土質条件の影響が大きいように思われる。	降雨形態は、中盤集中の降雨が比較的多いものの、降雨期間や降雨強度は、ほかの災害形態のような特徴的な降雨パターンは明確ではなかった。盛土災害は、地域特性の影響要因が大きく、地形や地質条件から災害発生危険性のある箇所を洗い出して、降雨時に路面の冠水や近傍河川の増水等、水の状況を監視することは重要であると考えられる。

さらに、各事例の整理結果から切土のり面、自然斜面及び盛土ごとに災害発生危険性と地域特性（地質条件、法面勾配）及び降雨特性の関係を分析した結果を表 2 に示す。

同様に、災害発生危険性に関する災害形態別の雨量指標ごとの考察は次のとおりである。

① 切土のり面

- 時間雨量や半減期 1.5 時間の実効行雨量といった短期雨量指標による把握が困難であるが、連続雨量や土壌雨量指数、または半減期の長い実行雨量といった長期雨量指標が有効であると考えられる。
- 連続雨量については、先行降雨の影響をよりよく反映できるよう、リセット条件（現状 2mm 以下 3 時間リセット）の見直しが望ましい。

② 自然斜面

- 連続雨量や土壌雨量指数、または半減期の長い実効雨量といった長期雨量指標は極めて有効である。
- 降雨ピーク時に発生したことも多く、この場合には短期雨量指標である時間雨量や半減期 1.5 時間の実効雨量により把握可能であり、短期雨量指標と長期雨量指標の組合せ案の適用はより有効と考えられる。

③ 盛土

- 短期雨量指標より長期雨量指標のほうがやや有効である。
- ほかの災害形態と比べて傾向が不明瞭であるが、短期雨量指標と長期雨量指標の組合せ案は時間雨量または連続雨量の単独の運用より効果が期待できると考えられる。

【成果の活用】

道路土工構造物点検要領（仮称）や道路土工指針類の改訂に反映予定。

舗装の管理状態評価に関する調査検討

Research on management state evaluation of pavement

(研究期間 平成 26～28 年度)

道路構造物研究部 道路基盤研究室
Road Structures Department
Pavement and Earthworks Division

室長 久保 和幸
Head Kazuyuki KUBO
主任研究官 谷口 聡
Senior Researcher Satoshi TANIGUCHI
研究官 船越 義臣
Researcher Yoshiomi FUNAKOSHI

This research consider about long life technique of pavement and rational state evaluation method according to each type of characteristic of pavement.

In this study, the authors analyzed the features and degradation cause of early deterioration section of asphalt pavement based on the results of state investigation of the road surface. And the authors conducted structural survey of pavement in the actual road.

As a result, the authors found that the early deterioration of the pavement occurs in particularly cold areas. In addition, about 60% of the early deterioration section did not have the necessary performance, which is shown in the technical standards. The authors found that the early deterioration section has occurred reduction in rigidity and the outflow of the fine fraction of the roadbed and the roadbed, from the structural survey of pavement.

[研究目的及び経緯]

2014 年 4 月の社会資本整備審議会道路分科会建議「道路の老朽化対策の本格実施に関する提言」においては、「舗装、照明柱等構造が比較的単純なものは、経年的な劣化に基づき適切な更新年数を設定し、点検・更新することを検討」とされた。また、2016 年 10 月には舗装の点検に関する基本的な事項を記した「舗装点検要領」が公表されている。これに伴い舗装の維持管理においては、舗装の「更新年数」を意識した維持管理を行うとともに、舗装の長寿命化による長期的なコスト削減を図ることが求められている。

これらを踏まえ、本研究は、各種舗装の特性等に応じた合理的な状態評価方法及び舗装の長寿命化手法について検討するものである。

今年度は、舗装の点検手法検討に係る基礎資料を得るため、舗装に関する各種調査結果の整理や、舗装の早期劣化区間における構造調査を行うとともに、予防的舗装修繕工法の延命効果を整理した。

[研究内容]

1. 舗装に関する各種調査の整理

国土交通省が実施した舗装関連の各種調査について、早期劣化区間の抽出、及び延命効果の整理に活用するため、過年度の調査結果を整理した。

2. 早期劣化区間の構造調査

劣化区間と健全区間の舗装各層の材料試験や現地調査を行い、劣化区間と健全区間の構造状態を比較・分析した。

3. 予防的舗装修繕工法の延命効果の整理

1. で整理したデータ及び気象情報等を活用して、主要な予防的舗装修繕工法であるクラックシールの延命効果を算出し整理した。

[研究成果]

1. 舗装に関する各種調査の整理

舗装関連の各種調査結果を、分析等を効率的に実施できるよう同一のファイルにデータ化した。データ整理においては、設計条件や劣化環境等の「特性」が類似するものは一纏めにして整理し、複数の劣化要因を組み合わせて分析を行った。また、経過年、累積 49kN 換算輪数、その他（温度、降水量等）の影響を確認するためデータをグラフ化し、傾向を確認した。

一例として、図-1 に「初期のたわみ量 D_0 」と「破壊までの累積 49kN 換算輪数 N 」との関係を示すが、これによると初期のたわみ量から疲労破壊輪数を超過している 5 箇所 (②) について M6 (①) についてはひび割れ率 20%以上であるが、他 4 箇所は 20%未満であり、全体における累積 49kN 換算輪数と路面性

状（ひび割れ率）との関係を踏まえると、舗装性能評価法（日本道路協会）に定義される「たわみ量 D_0 から疲労破壊輪数を算出する推定式、及びそのグラフ」は概ね妥当であると考察される。

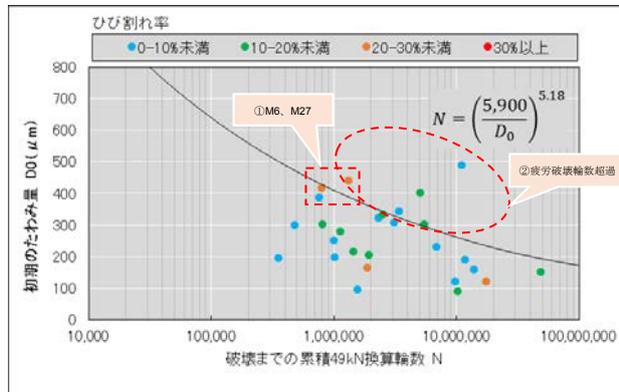


図-1 傾向確認の例
(たわみ量 D_0 と累積 49kN 換算輪数との関係)

2. 舗装の早期劣化区間の構造調査

構造調査は、早期劣化区間（経年数 10 年未満でひび割れ率 40%以上またはわだち掘れ量 40mm 以上）及び比較用の健全区間（早期劣化区間と同じ経年数かつ近接しており路面性状が健全）について、栃木県内の国道 4 号バイパス上においてボーリングコアにて試料採取し、各種試験を実施した。試験内容を表-1 に示す。

表-1 試験内容

材料	調査項目	試験方法	単位	数量	備考
舗装体	支持力	FWD によるたわみ量測定方法 (S047)	箇所	10	
	クラック状況	目視観察	個	4	φ20cm コア
	舗装の厚さ	舗装の厚さの測定方法 (G006)	個	4	目視観察用コア
	密度	密粒度アスファルト混合物等の密度試験方法 (B008-1)	個	24	φ10cm コア
路盤	圧裂強度	圧裂試験方法 (B006)	個	24	密度試験後コア
	厚さ		個	4	φ15cm ボーリング
路盤	骨材粒度	骨材のふるい分け試験方法 (A003)	個	8	上層路盤、下層路盤

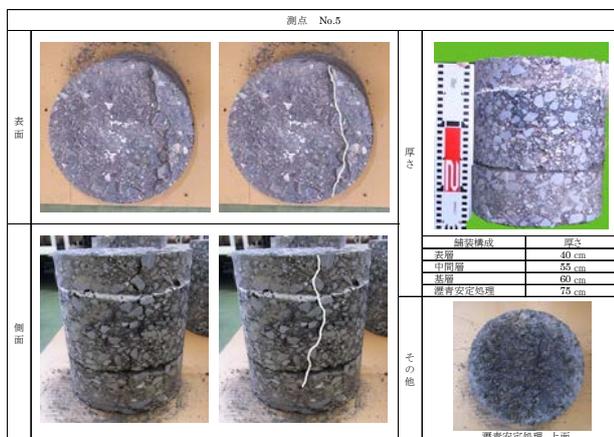


図-2 構造調査の例（劣化部における目視観察）

調査例として図-2 に、目視点検結果を示す。これによると、ひび割れは舗装上面から瀝青安定処理の途中にまで達しており、基層と瀝青安定処理は界面で剥離していた。路面ひび割れから水が浸入したこと、及び繰り返しの荷重を受けたことにより劣化が早期に進行したものと考えられるが、これについては今後、同じ調査箇所において開削調査を実施し、詳細に原因等を究明していく予定である。

3. 予防的舗装修繕工法の延命効果の整理

1. で実施した舗装関連の各種調査結果をもとに、クラックシールの適用箇所と非適用箇所におけるひび割れ率及びわだち掘れ量の変位量から進行速度を推定し、比較することで延命効果を求め、評価した。

結果の例として、予防的舗装修繕工法を施した区間と施していない区間において、ひび割れとわだち掘れの進行度から、予防的舗装修繕工法を施す水準（対策水準：ひび割れ率 40%、わだち掘れ量 40mm）に至る年数（期間）を求めたものを表-2 に示す。これによると、予防的舗装修繕工法を施した方が未対策に比べて対策水準までの年数が延びており、予防的舗装修繕工法を適用することによる延命効果が確認された。また、ひび割れについては、大型車交通量が多いほど対策水準までの年数が長く、逆にわだち掘れについては、大型車交通量が少ないほど対策水準までの年数が長いという傾向も見受けられた。

表-2 延命効果推定の例

	平均ひび割れ進行度(%/年)	平均わだち掘れ進行度(mm/年)	対策水準(ひび割れ率 40%)までの年数	対策水準(わだち掘れ 40mm)までの年数
N7 対策適用区間	1.2	1.0	8.2	9.7
N7 対策非適用区間	1.7	1.3	6.0	7.4
N6 対策適用区間	2.9	—	3.5	—
N6 対策非適用区間	4.1	—	2.4	—
N5 対策適用区間	3.4	0.7	3.0	13.7
N5 対策非適用区間	4.9	0.7	2.1	13.6

[成果の発表]

各種論文（日本道路会議等）で発表予定。

[成果の活用]

「舗装設計施工指針」及び「舗装の維持修繕ガイドブック」等へ反映予定。

領域 9 : 沿道環境を改善し、良好な生活環境を創造する

沿道大気環境予測技術の高度化

Study to develop the advance technique of the roadside air quality prediction

(研究期間 平成 26～28 年度)

道路交通研究部 道路環境研究室
Road Traffic Department
Road Environment Division

室長
Head
研究官
Researcher

井上 隆司
Ryuji INOUE
瀧本 真理
Masamichi TAKIMOTO

The case is increasing in which estimation and evaluation of PM_{2.5} are demanded concerning about the environmental impact assessment after the environmental standard of PM_{2.5} has been announced. In this study, the authors observed the air quality of the roadside and analysed dispersion and the source of the air pollutant.

[研究目的及び経緯]

平成 21 年 9 月に微小粒子状物質 (PM_{2.5}) の環境基準が告示された後、環境影響評価において、PM_{2.5} の予測・評価が求められる事例が増えつつある。一方、中央環境審議会答申によると「その発生源は多岐にわたり大気中の挙動も複雑であることから、当面、科学的知見の集積が必要である。」とある。

本調査では、冬季及び夏季に実施した沿道における PM_{2.5} 等の大気汚染物質濃度の現地調査データを用いて沿道大気汚染物質の発生源及び拡散性状を分析するとともに、都道府県等が設置する常時監視局のデータを用いて年平均値と年間 98% 値の関係性について整理した。

[研究内容]

1. 沿道における PM_{2.5} の発生源由来解析

過年度の冬季及び夏季(平面、切土、盛土、高架、道路端から風下側 0～150m、風上側後背地)において道路沿道で調査を行った PM_{2.5} の成分含有量(炭素成分、イオン成分、元素成分)のデータを用いて、PMF (Positive Matrix Factorization) 法により PM_{2.5} の発生源由来解析を行った。さらに、CMB (Chemical Mass Balance) 法による推定も加え、発生源別寄与率を推定した。

道路沿道の大気質調査における調査地点位置の例を図 1 に、発生源由来解析に用いた成分分析の項目と方法を表 1 に示す。

2. 沿道における PM_{2.5} の拡散性状解析

拡散性状解析については、道路からの風下直角風が卓越する日を選んで、PM_{2.5} と NO_x の道路寄与濃度の距離減衰性状を比較した。道路寄与濃度は、各測定点濃度からバックグラウンド濃度 (BG 濃度)

を差し引いて求めた。

3. PM_{2.5} 濃度の年平均値と年間 98% 値の関係性の整理

平成 22 年度～平成 26 年度の一般環境大気測定局及び自動車排出ガス測定局の PM_{2.5} の年平均値と日平均値の年間 98% 値(以降、「年間 98% 値」)を用い、下記の式型による年間 98% 値換算式(以降、「換算式」)を算出した。算出にあたっては、[PM_{2.5}]_{BG}=0 のとき、一般局の換算式となることを条件として加えた。

$$[\text{年間98\%値}] = a([\text{PM}_{2.5}]_{BG} + [\text{PM}_{2.5}]_R) + b \quad \cdots (1)$$

$$a = A + B \cdot \exp(-[\text{PM}_{2.5}]_R / [\text{PM}_{2.5}]_{BG})$$

$$b = C + D \cdot \exp(-[\text{PM}_{2.5}]_R / [\text{PM}_{2.5}]_{BG})$$

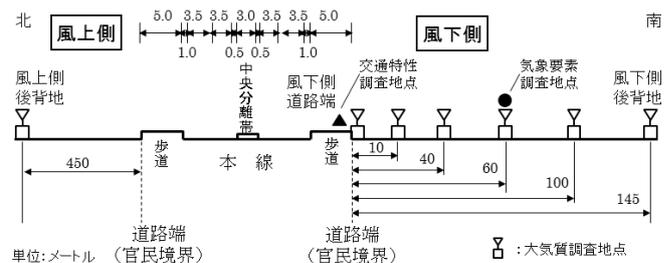


図 1 調査地点位置の例(夏季・平面)

表 1 成分分析の項目と方法

分析項目	分析方法
イオン成分	SO ₄ ²⁻ ・NO ₃ ⁻ ・Cl ⁻ ・Na ⁺ ・K ⁺ ・Ca ₂ ⁺ ・Mg ²⁺ ・NH ₄ ⁺
元素成分【日平均値】	Al・Si・Sc・Ti・V・Cr・Mn・Fe・Ni・Cu・Zn・As・Sb・Pb
元素成分【1時間値】	主要元素 (Al・Si・Sc・Ti・Cr・Mn・Fe・Ni・Cu・Zn・Pb)
炭素成分	EC、OC、炭素成分のフラクション)
	水溶性有機炭素

[研究成果]

1. 沿道におけるPM_{2.5}の発生源由来解析

発生源由来解析により得られたPM_{2.5}の発生源別寄与率を図2に示す。自動車排出ガスの寄与率はおおよそ15%、ブレーキ粉じんが1%、道路粉じん(土壌を含む)が6%と推定された。自動車排出ガスについては、既存文献におけるPMF法による推定結果と比較し、ほぼ同じ寄与率であった。

2. 沿道におけるPM_{2.5}の拡散性状解析

平面道路におけるPM_{2.5}とNO_xの道路寄与濃度の距離減衰性状を図3に示す。PM_{2.5}の道路寄与濃度は、冬季では、NO_xと同様に距離減衰の傾向を見ることができた。一方、夏季では、道路近傍では距離減衰が見られるものの、道路から離れた地点で道路寄与濃度が高くなる傾向がみられた。

そこで、夏季について、PM_{2.5}の成分毎に道路寄与濃度の距離減衰を確認した。自動車排出ガスの主成分である元素状炭素(EC)はNO_xに類似した距離減衰が見られた。道路粉じん(ブレーキ・タイヤ粉じん等)の指標成分であるFe、Cu、Zn、Sbは僅かな濃度であり、道路近傍と遠方の差も小さい。

以上のことから、PM_{2.5}の道路寄与濃度は、BG濃度に比べて低いため、他の発生源の影響も受けやすく拡散性状を把握しにくい、道路寄与のうち自動車排出ガス由来の粒子はNO_xと同様の拡散性状であるといえる。

3. PM_{2.5}濃度の年平均値と年間98%値の関係性の整理

全国データにより換算式(1)式のA、B、C、Dの各係数を算出した結果、A=3.012、B=-1.181、C=-14.626、D=24.973となった。PM_{2.5}濃度の年平均値と年間98%値((換算式により算出した計算値及び実測値)の関係を図4に示す。換算式は地域差を考慮するため道路寄与比([PM_{2.5}]_R/[PM_{2.5}]_{BG})を関数としているが、PM_{2.5}はBG濃度に比べて道路寄与濃度が小さいため、計算値はばらつきが小さく、直線回帰に近い値をとっていると考えられる。

また、PM_{2.5}濃度は「西高東低」等の地域性があることがいわれており、この違いを考慮して、地域別の換算式を算定して換算値を比較したところ、[PM_{2.5}]_R/[PM_{2.5}]_{BG}が極端に大きな場合であっても1μg/m³以下の違いしかなかった。このことから、全国データから算出した換算式を同一の式として用いることができると考えられる。

[成果の活用]

沿道における大気汚染物質の適切な予測手法の検討に活用する。

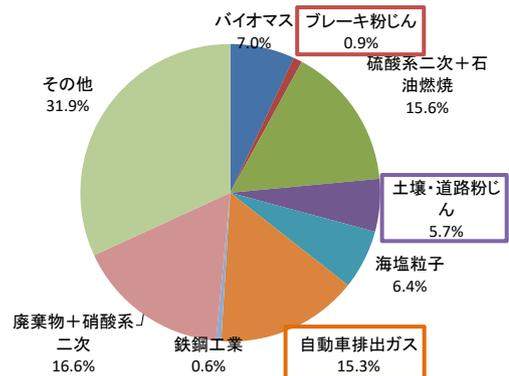


図2 PMF法による発生源寄与率の推定結果

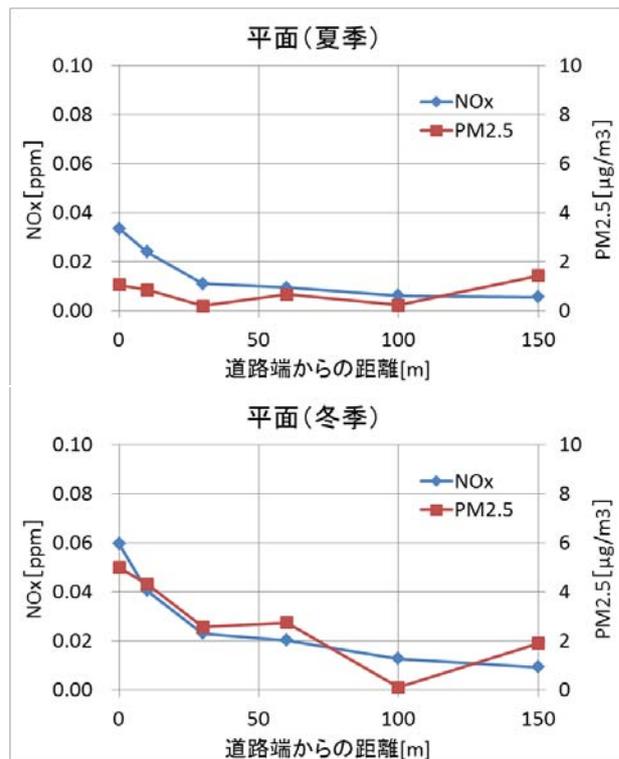


図3 道路からの距離減衰性状の比較(平面道路)

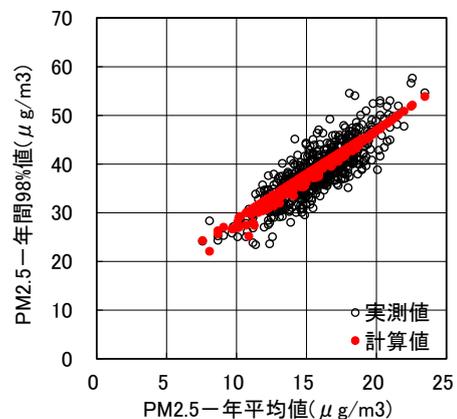


図4 PM_{2.5}濃度の年平均値と年間98%値の関係(全国)

道路交通騒音の変化を踏まえた遮音壁の更新方針等の検討

Research on update policy of noise barrier considering the change of road traffic noise

(研究期間 平成 28 年度～29 年度)

道路交通研究部 道路環境研究室
Road Traffic Department
Road Environment Division

室長
Head
研究官
Researcher
研究官
Researcher

井上 隆司
Ryuji INOUE
大河内恵子
Keiko OHKOUCHI
瀧本 真理
Masamichi TAKIMOTO

This report has the purpose of clarifying the future issues about road noise barriers, summarizing the basic information on the preservation methods for making the roadside environment better by understanding current road noise barrier conditions and the opinions of scholars and experts.

〔研究目的及び経緯〕

道路交通騒音対策は、国道 43 号公害訴訟の最高裁判決(平成 7 年 7 月)を契機とし、単体規制の強化、排水性舗装の敷設、遮音壁の設置、新型遮音壁の技術開発等、多面的・総合的に進められてきた。遮音壁をはじめとする道路交通騒音対策施設は、今後、経年変化対策の必要性が高まることを想定し、維持管理・更新に関する検討を進めていく必要がある。検討にあたっては、自動車単体騒音規制の強化等により沿道騒音が変化し、騒音対策の必要性も変化することを考慮する必要がある。

そこで、平成 28 年度は、遮音壁をはじめとする道路交通騒音対策施設の現状把握、将来の沿道騒音の変化及びそれに伴う遮音壁の必要量の変化の試算を行い、今後の課題を整理した。

〔研究内容及び成果〕

1. 道路交通騒音対策施設の現状把握

(1) 調査方法

遮音壁、高架裏面吸音板、吸音ルーバー等を製造・供給する企業を対象にヒアリング調査を実施し、経年劣化の現状、課題への対応状況等を整理した。

(2) 製造・供給企業への調査

道路交通騒音対策施設の製造・供給企業 8 者を対象に調査するにあたり、各社の製品情報や経年劣化の現状・問題、問題への対応等について把握することを目的に、次の 3 段階で実施した。

第 1 段階：アンケート調査（事前調査）

第 2 段階：座談会形式ヒアリング調査

第 3 段階：個別ヒアリング調査

(3) 製造・供給企業における現状・課題整理

製造・供給企業へのアンケート調査およびヒアリング調査により、以下の課題を抽出した。

① 既設の道路交通騒音対策施設について

・道路交通騒音対策施設の経年変化の問題は徐々に進んでいる。

・遮音板補修技術は、取り替えよりもコストがかかるため、普及していない。

② 更新対応の考え方について

・製品耐用年数等の基準が明確になっていない。

・仮に道路交通騒音対策施設の需要が減少すると、現況復旧時の供給に支障をきたす恐れがある。

2. 騒音低減効果を有する舗装に関する文献収集・技術情報の整理

(1) 文献の収集

騒音低減効果を有する舗装として、表 1 に示す各舗装技術について、NETIS 情報や発表論文等から過去 15 年程度の文献 33 件を収集し、騒音低減の効果、課題等について整理した。

(2) 技術情報および課題の整理

文献調査の結果、次の技術情報および課題を抽出した。

① 騒音低減の効果等

・低騒音舗装は騒音低減の要素となる空隙率、骨材粒径あるいは混合物等の配合を変え、騒音低減に有効な技術が開発されている。

② 課題等

・最も施工されているポーラスアスファルト舗装は、供用から 3 年程度で効果が低減する。その原因は、隙塵埃等による空隙の詰まりや空隙つぶれである。また、

積雪寒冷地では、タイヤチェーン等により劣化が早く、騒音低減効果の持続する期間が短い。

- ・ポーラスアスファルト舗装に代わり、小粒径 SMA 舗装や表面樹脂塗布、樹脂モルタル充填が提案されているが、試験段階であり、騒音低減効果等の経年変化が不明である。
- ・ポーラスコンクリート舗装の積雪寒冷地での適用のため、凍結融解作用を受けた後の強度・耐久性・機能性についての研究が必要である。
- ・多孔質弾性舗装の実用化の課題は、走行安全性・施工性・耐久性・コストの縮減等である。

表1 騒音低減効果を有する舗装の種類

分類		低騒音舗装
アスファルト系材料 (混合物系)	ポーラスアスファルト混合物	<ul style="list-style-type: none"> ・ポーラスアスファルト舗装(一層式) ・小粒径ポーラスアスファルト舗装 ・二層式ポーラスアスファルト舗装
セメント系材料	ポーラスコンクリート	<ul style="list-style-type: none"> ・ポーラスコンクリート舗装
樹脂系材料 (混合物系)	透水性樹脂モルタル	<ul style="list-style-type: none"> ・表面処理工法 ・透水性樹脂モルタル充填工法
	ゴム、樹脂系薄層舗装	<ul style="list-style-type: none"> ・砕石マスチック(SMA)舗装 ・小粒径 SMA 舗装 ・多孔質弾性舗装 ・マイクロサーフェンシング

3. 学識経験者への意見聴取

(1) 意見聴取対象

検討開始時およびとりまとめ時の合計2回にわたり、材料劣化に精通している黒田真一教授(群馬大学)および塚田和彦准教授(京都大学)ならびに騒音対策全般に精通している山本貢平理事長(小林理学研究所)の意見聴取を実施した。

(2) 学識経験者への意見聴取結果

意見聴取の結果、次のような意見が得られた。

- ・道路交通騒音対策施設の経年変化による第三者被害への懸念等を注意喚起した方がよい。
- ・ポリカーボネート材は紫外線により黄変し、黄変した部分は、紫外線を吸収しやすくなる。
- ・透光板等の有機材料の黄変およびヘーズ進行の要因は、車両振動、降雨、建物からの反射光、煤の付着が影響している可能性がある。
- ・点検・補修方法を検討するための根拠となるデータが少ない中で適切に維持管理するためには、耐用年数を定め、それを超えた場合は適切に点検を実施する等をルール化すると良い。
- ・一般国道と高速道路とで、アクセス道路との交差、

路肩、歩道空間の有無等の条件が異なるため、道路交通騒音対策施設の強度・安全性等を確保する上での設計・施工の要領等の考え方も異なるものと考えられる。

4. 将来の道路交通騒音等の試算と課題整理

自動車単体騒音規制の強化や次世代自動車の普及等による、沿道騒音の変化、遮音壁の必要量の変化について、計算条件を変えて16ケース試算した。その結果、2040年までに直轄国道の遮音壁延長9割以上で高さを下げる又は撤去することができる可能性があることを明らかにした。

沿道騒音の試算に必要なA特性音響パワーレベルの予測・低減にあたっては、図1のように、自動車単体規制の導入や次世代自動車の普及を踏まえ、タイヤ音とエンジン音を分けたパワーレベル式が必要で、そのための知見を積み重ねていくことが重要である。

また、遮音壁設置箇所における騒音予測においては、将来、タイヤ音とエンジン音の比率が変わることによって周波数特性がどのように変わっていくかを捉える必要がある。(図2)

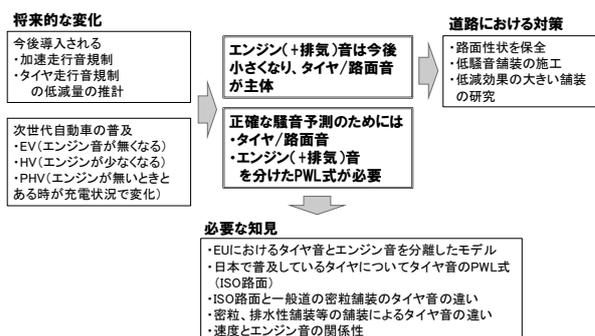


図1 A特性音響パワーレベルの予測・低減の課題

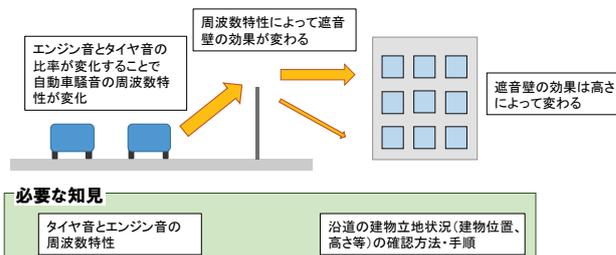


図2 遮音壁設置箇所における騒音予測の課題

[成果の活用]

抽出された課題を踏まえて、遮音壁の維持管理・更新事例・ポイント、将来の遮音壁必要量の推計方法を示す参考資料を作成・周知し、遮音壁維持管理の合理化・更新の円滑化を支援する予定である。

現場条件に応じた騒音振動の対応策調査

—今後の規制や技術開発による低減効果を考慮した騒音・大気質の適切な予測・評価手法の検討に向けて—
Study on countermeasures for road traffic noise in accordance with the site condition
(研究期間 平成 28 年度)

道路交通研究部 道路環境研究室
Road Traffic Department
Road Environment Division

室長
Head
研究官
Researcher
研究官
Researcher

井上 隆司
Ryuji INOUE
大河内 恵子
Keiko OHKOUCHI
瀧本 真理
Masamichi TAKIMOTO

It is demanded that environmental impact assessment includes the method that reflected the latest scientific knowledge. In this study, the authors investigated regulation and technology development of motor vehicle which affected the prediction of road traffic noise and problem of updating road traffic noise prediction method.

[研究目的及び経緯]

環境影響評価は、最新の科学的知見を反映し、効果的・効率的に実施することが求められる。沿道の環境改善、自動車からの排出規制強化等の動向を踏まえ、環境影響評価の業務の軽減・迅速化に向けて、沿道環境の調査・予測・評価の最適な手法を検討する必要がある。

本調査は、今後の予測・評価手法の更新を検討するための基礎調査として、近年の環境影響評価での沿道環境の予測評価における、諸条件の設定状況・予測結果を整理するとともに、条件設定が予測結果に与える影響を試算した。また、沿道環境の予測・評価手法に影響を与えうる、発生源対策や、交通量・排出量のデータ取得方法の今後の動向を整理した。

[研究内容及び成果]

1. 環境影響評価における自動車の走行に係る騒音・大気質の予測評価手法に関する整理

(1) 近年の道路環境影響評価における騒音・大気質の予測結果の整理

近年、評価書が縦覧された 13 件の道路事業の環境影響評価について、予測評価における諸条件の設定状況・予測結果を整理した。

計画路線以外の道路の影響も考慮された予測結果であり、騒音については、13 事業中 3 事業で計画路線以外の道路からの寄与分が基準を超過する地点があるが、10 事業においては、遮音壁の設置等の環境保全措置を実施することで、環境基準との整合が図られると予測評価されている。なお、排水性舗装の

敷設は、6 事業で保全措置案として挙げられたが、そのうち 3 事業で、空隙詰まりにより減音効果が経時的に低下する傾向があることを理由に採択されなかった。

大気質（二酸化窒素、浮遊粒子状物質）については、13 事業すべてにおいて環境基準との整合が図られると予測評価されている。予測結果における道路寄与はバックグラウンドと比べて低い濃度であった。

(2) 予測における条件設定が結果に与える影響の試算

騒音及び大気質の予測に用いる諸条件が予測結果に与える影響の程度について試算を行った。試算にあたっては、交通量は約 3 万台/日（大型車混入率：約 50%）、走行速度は 60km/h と設定した。

① 自動車の走行に係る騒音

騒音の予測の参考手法である日本音響学会の道路交通騒音の予測モデル（ASJ RTN-Model）では、自動車のパワーレベルや音の伝搬を計算する際の補正係数が用意されており、これら補正の影響について、下記の 4 つの補正を考慮したケースと、補正なしの基準ケースについて試算を行った。

ケース 1 自動車走行騒音の指向性

ケース 2 空気の音響吸収による減衰

ケース 3 地表面の影響による減衰（「スポーツグラウンドなどの固い地面」を設定）

ケース 4 排水性舗装による騒音の低減効果

基準ケースと各比較ケースの道路交通騒音の予測結果の差（補正量）について図 1 に示す。

空気の音響吸収、地表面効果の補正量は、道路事業の環境影響評価における騒音の基本的な予測評価

地点（官民境界、背後地（15m 又は 20m）：図 1 の赤点線）遠方になるほど大きくなり、沿道から離れた住居を対象とする予測を行う場合に影響は大きいといえる。また、排水性舗装の効果による補正は、基本的な評価地点でも一定の影響がある。

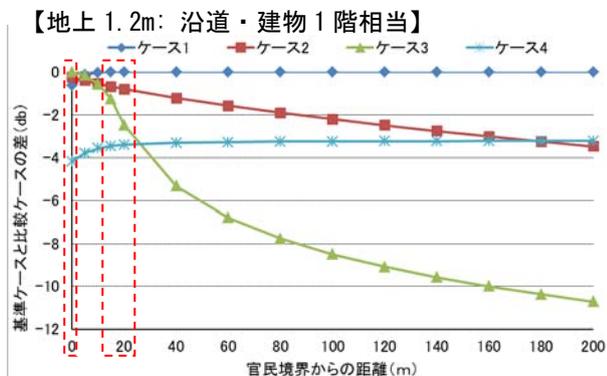


図 1 騒音の予測式の補正に関する試算結果

②自動車の走行に係る大気質

現在、大気質の予測に用いている自動車排出係数については、平成 21・22 年ポスト新長期規制、平成 28～30 年挑戦的目標といった排ガス規制導入による低減効果を考慮した係数であり、平成 22 年に更新を行ったものである。排出係数の更新が予測結果へ与える影響について試算を行った。ここでは、旧排出係数（更新前の排出係数（平成 17 年新長期規制目標値まで考慮した係数））と現行の排出係数を比較するため、二酸化窒素の年平均値を算出した。

試算結果を図 2 に示す。現行排出係数で算出した濃度は、旧排出係数で算出した濃度より、3 分の 1 程度であった。これは旧排出係数と現行排出係数で考慮している規制目標値の差が大きい（例.ディーゼル重量車:新長期規制 1.69g/kWh→挑戦目標 0.4g/kwh）ためである。現時点では、これほど大きな規制値の変更は見込まれていないこと、現行排出係数での予測値は十分小さいことから、今後の排出係数更新が予測値に与える影響は大きくないと考えられる。

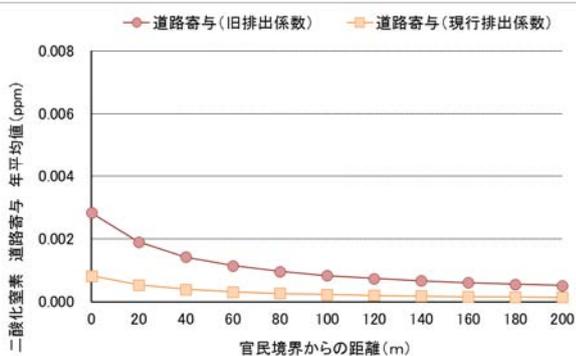


図 2 自動車排出係数の更新の影響に関する試算結果

2. 騒音の予測・評価手法に影響を与えうる社会情勢、技術の動向の整理

沿道を取り巻く社会情勢の変化や技術開発により、自動車の環境性能は向上している。騒音・大気質の予測・評価手法に影響を与えうる、発生源対策や、交通量・排出量のデータ取得方法の今後の動向を整理した。

(1) 発生源対策

単体規制は自動車走行騒音のパワーレベルや自動車排出ガスの係数に直接影響するものである。騒音では、加速走行騒音規制の強化、タイヤ騒音規制の導入等が進められている。大気質では、排出ガスの世界統一試験法の導入とそれに伴う新たな排出ガス許容限度目標値の設定等が進められている。

また、次世代自動車は、自動車排出ガスの低減のみならず、エンジン音や駆動音の減少により低速度域のパワーレベルの低減が見込まれることから、普及状況を把握することが必要である。道路側の対策としては、通常の排水性舗装をコーティングし騒音低減効果を持続させる技術などの動向に着目する必要がある。

(2) データ取得方法

現在、騒音及び大気質の予測に用いる車種別時間別交通量は、全国道路交通情勢調査（道路交通センサス）や現地調査の結果を用いているが、今後、ETC2.0 等の普及に伴い、プローブデータの収集・分析によって、最新の交通量・車種構成等を容易に取得できる可能性がある。

3. 予測・評価手法の更新に向けた留意点の整理

以上を踏まえ、今後の予測・評価手法の更新を検討する際に留意すべき点を整理した。

- ・環境影響評価の基本的事項では「環境への影響の程度が極めて小さいことが明らかな場合」には、簡略化された調査・予測手法を選択することができるとされている。今後、単体規制等に伴う自動車走行騒音・自動車排出ガス量の低減の動向を把握しながら、周辺の道路と比べて交通量が少ないような場合は、簡略した手法で予測できることを検討することが考えられる。
- ・騒音予測式の補正は、道路遠方の地点に影響が見られることから、活用の省略を含めた保全対象の位置に応じた活用法を検討することが考えられる。

【成果の活用】

沿道環境の予測・評価手法に影響を与えうる要因、更新に向けた留意点等は、将来の予測・評価手法の妥当性の検証、適切な更新への活用が期待される。

領域 1 0 : 自然環境、地球環境を保全する

実測データを活用した道路供用等に伴う自動車からの二酸化炭素排出量変化のモニタリング手法に関する検討

Examination about the monitoring technique of CO₂ emissions from vehicles by utilizing measured data

(研究期間 平成 26～28 年度)

道路交通研究部 道路環境研究室
Road Traffic Department
Road Environment Division

室長
Head
研究官
Researcher

井上 隆司
Ryuji INOUE
長濱 庸介
Yosuke NAGAHAMA

Because the speed improvement of vehicles by easing traffic congestion leads to the reduction of fuel consumption, road improvement and proper routes choice will contribute to the reduction of carbon dioxide emissions. However, a study on how to quantitatively grasp their effects is still under way.

In this research, we aims to develop methods that estimate carbon dioxide emissions from vehicles by utilizing vehicle travel data.

[研究目的及び経緯]

2015年にパリで開催されたCOP21に向けて日本が提出した、2020年以降の二酸化炭素等温室効果ガス削減目標を含む約束草案¹⁾や地球温暖化対策計画²⁾では、2030年度の温室効果ガスの削減目標を2013年度比マイナス26.0%としている。また、このうち運輸部門では、6,200万t-CO₂の削減が目標とされている。

運輸部門において二酸化炭素を削減するには、自動車の燃料消費量を削減する必要がある。したがって、地球温暖化対策計画の運輸部門における主な取組みとして、燃費改善や次世代自動車の普及による削減(2,379万t-CO₂)が掲げられている。一方、道路事業においても二酸化炭素排出量の定量的な把握が必要であり、道路管理者が実施する交通流対策の推進において、100万t-CO₂を削減することとされている。

交通流対策とは、幹線道路の整備や、道路を賢く使う取組による渋滞解消などにより、自動車の速度を向上させ燃費を改善するものである。道路管理者は、交通流対策の実施による二酸化炭素排出量の削減効果についてモニタリングし、その結果を新たな交通流対策の検討へ反映させることが求められていると考えられる。

モニタリングでは、旅行速度や交通量等を用いて二酸化炭素排出量を推計するが、旅行速度や交通量を実測することは費用や労力の面から現実的な方法ではない。そこで、自動車の走行データ(民間プローブデータ、ETC2.0プローブデータ、トラフィックカウンターデータ等)を活用することが有効である。

そこで本研究では、ICTの進展に伴い収集が可能となった交通量及び旅行速度等の実測データを活用し、道路事業の実施による自動車からの二酸化炭素排出量変化をモニタリングする手法の開発を目指し、道路事業の実施による自動車からの二酸化炭素排出量等の可視化を実施するとともに、これをモニタリング手法(案)として整理した。

[研究内容及び成果]

1. 自動車からの二酸化炭素排出量等の可視化

(1) 可視化に用いたデータ

自動車からの二酸化炭素排出量は、図1に示した考え方で推計した。また、推計に用いた自動車の走行データは、全国の2010年度道路交通センサス対象区間における、2013年度～2015年度の自動車走行データとした。また、二酸化炭素排出原単位は、過去に国総研がシャシダイナモ試験より作成した値³⁾を用いた。

(2) 可視化の項目

可視化する項目は、様々な条件における二酸化炭素排出量の他、その変動要因が分析できるよう、交通量や旅行速度も把握できるように設定した(表1)。

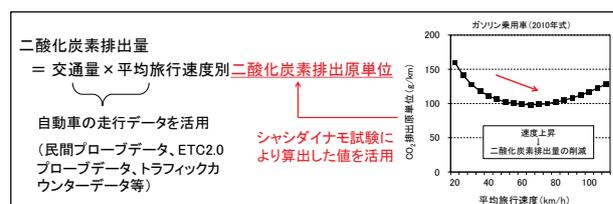


図1 自動車からの二酸化炭素排出量の推計方法

表1 可視化したデータ項目

項目	集計単位
二酸化炭素 排出量	単位道路延長当たりの年間排出量
	自動車台キロ当たりの年間排出量
	単位道路延長当たり 月別/平日休日別/時間別/ 上下線別/大型小型車別
交通量	月別/平日休日別/時間別/上下線別/大型小型車別
旅行速度	月別/平日休日別/時間別/上下線別

(3) 可視化の方法

可視化に要する処理時間の短縮化や自動車の走行データの追加及び集計機能の追加等、システムの拡張性を考慮して、あらかじめデータベースに必要なデータを格納しておき、GISよりデータベースに格納したデータを読み込んで地図上に表示する構成とした。

(4) 可視化の事例

図2に、単位道路延長当たりの月別/平日休日別/時間別/上下線別/大型小型車別の二酸化炭素排出量を可視化した例を示す。二酸化炭素排出量に応じた色分け表示を行うことにより、指定の時間における二酸化炭素排出量を容易に把握することが可能である。この他に、二酸化炭素排出量に変化が見られた場合にその要因が分析できるよう、二酸化炭素排出量の算出に用いた交通量及び旅行速度についても、可視化や数値の抽出が行えるように設定した。なお、メッシュ単位で道路を集約した場合における二酸化炭素排出量の可視化(図3)や、二酸化炭素排出量を過去の特定の時点と比較した場合における差分値の可視化についても実施できるように設定した。

そして、実際の道路事業での活用方策を検討するため、最近の道路供用事例について、現場の事務所の意見も聞きながら可視化の活用や効果分析を数事例実施した。なお、分析を進めるなかで、今回使用した自動車の走行データには入手可能な時期や路線に制約があること、道路事業の実施が自動車からの二酸化炭素排出量の変動に影響を及ぼす範囲を客観的に把握することは困難であることなどの課題も明らかとなった。

2. モニタリング手法(案)の整理

可視化の結果を踏まえ、「手法の活用シーン」、「手法の適用範囲や条件」、「準備するデータ」、「モニタリング手順」、「結果の解釈」の観点から、事例を交えつつモニタリング手法(案)を整理した。

[まとめ]

本研究により、自動車の走行データを活用して、二酸化炭素排出量を視覚的かつ定量的に捉えることは、二酸化炭素排出量の程度や、その変化を把握する際に活用が期待できることが示唆された。

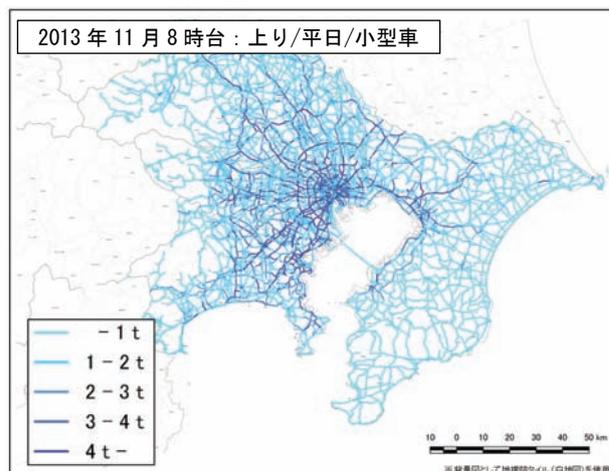


図2 単位道路延長当たりの二酸化炭素排出量の一例

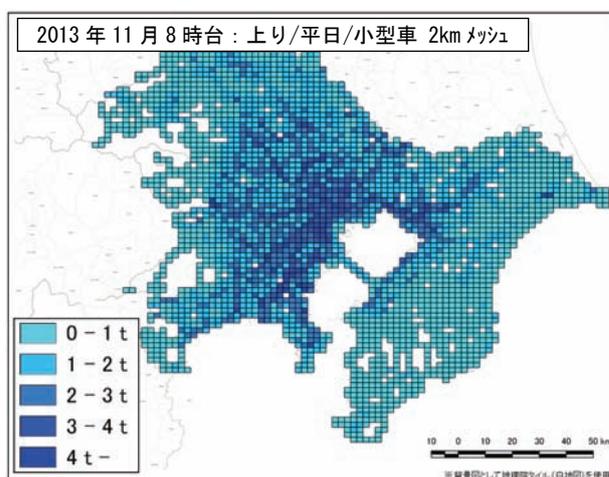


図3 メッシュ単位の二酸化炭素排出量の一例

[成果の活用]

本研究で得た自動車からの二酸化炭素排出量の可視化や、それを踏まえて整理したモニタリング手法(案)は、ETC2.0の普及が進むことで、将来的に道路の供用による自動車からの二酸化炭素排出量の削減効果の評価に活用することが期待できると考えられる。

[参考文献]

- 1) 環境省：「日本の約束草案」の地球温暖化対策推進本部決定について(お知らせ)、報道発表資料、2015年7月17日
<http://www.env.go.jp/press/101241.html>
- 2) 環境省：「地球温暖化対策計画」の閣議決定について、報道発表資料、2016年5月13日
<http://www.env.go.jp/press/102512.html>
- 3) 国土技術政策総合研究所：国総研資料第671号「道路環境影響評価等に用いる自動車排出係数の算定根拠(平成22年度版)」、2012年2月

動植物の保全措置の効果把握と効率化に向けた検討

Study on Rationalization and Improvement of Wildlife Preservation Measures for Road Environmental Impact Assessment

(研究期間 平成 26～29 年度)

道路交通研究部 道路環境研究室
Road Traffic Department
Road Environment Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher

井上 隆司
Ryuji INOUE
大城 温
Nodoka OSHIRO
長濱 庸介
Yosuke NAGAHAMA

This study aims to rationalization and improvement of wildlife preservation measures. The study focuses on two topics. The first is transplant method for difficult-to-transplant plants. The second is collecting and analyzing cases of wildlife preservation measures in Japan.

〔研究目的及び経緯〕

道路事業における動植物の保全措置は、希少種の情報を含むために詳細が公開されたり、関係者の間で共有されたりしにくい中で、保全措置の必要な範囲や効果的な手法を現場ごとに模索しているのが現状である。したがって、保全措置の必要な範囲や効果的な方法を明らかにすることで、効率化・簡素化・低コスト化を図ることが期待できる。平成 28 年度は、道路事業における自然環境分野の保全技術向上及び合理化を目的として、移植困難種等の保全技術の検討及び持続可能な自然環境保全措置に資する情報収集・分析を行った。

〔研究内容〕

1. 移植困難種等の保全技術の検討

これまでの環境保全措置の実施結果より、環境保全措置技術の確立が喫緊の課題と考えられた、キンラン属および攪乱依存種¹を対象とした環境保全措置に関する実証実験を、平成 27 年度に引き続き実施した。

2. 持続可能な自然環境保全措置に資する情報収集・分析

道路用地内に整備されたビオトープ等の自然環境保全措置の効果を持続させるには、継続的な維持管理が必要であるが、行政サービスが多様化・複雑化する中で、維持管理の全てを道路事業者だけで実施することは難しい。そこで、持続可能な道路事業の自然環境保全措置を検討するため、参考となる事例に関する情報収集を行うとともに、持続可能性に影響する要因の抽出・分析を行った。

〔研究成果〕

1. 移植困難種等の保全技術の検討

(1) キンラン属を対象とした環境保全措置に関する実証実験

キンラン属は、菌根菌との共生関係を持ち、自ら光合成を行うものの部分的に菌根菌からの栄養を受けて生育する部分的菌従属栄養植物である。道路事業ではキンラン属の移植事例は多い一方で、活着率が低いため、効果的な保全手法を確立することが必要である。

そこで本実験では、キンラン属の移植好適箇所を選定する手法を検討するため、キンラン属が生育する箇所において、キンラン属と共生関係を結ぶための菌根菌が存在する樹木を対象とした毎木調査を実施した。調査項目は、樹種、胸高直径、樹高、樹木の活性度(樹木診断、リター・シードトラップ調査、空中写真による樹冠の広がり調査及び NDVI²値の調査)とした。

調査の結果、キンランの自生箇所周辺は、ブナ科樹木の樹高が相対的に高く、NDVI 値が高いことが確認されたことから、移植好適箇所を把握するために「ブナ科の樹高」や「NDVI 値」に着目する手法は、効果的である可能性が示唆された(図 1)。この他にも、株移植の最適な方法を検討するための株移植実験、キンラン属との共生関係を結ぶ菌の探索方法の検討や種子による保全手法を検討するための播種実験、生育環境を改善し株数を増加させる手法を検討するための林床管理実験を実施した。

なお、これらの実験はモニタリングの中間段階であり、今後も引き続き検証が必要である。

¹ 攪乱(自然的、人為的要因による生育地の劣悪化や破壊)条件下に適応した生存戦略をとる種。攪乱により十分な光や温度、酸素を供給され発芽する¹⁾。

² 正規化差植生指数(normalized difference vegetation index): 光学センサを用いた植生の状態の把握において、簡便かつ一定の評価を得やすい方法の一つ。値は-1~+1で示され、植生が密であるほど、また植生の活性度が高いほど大きな値を示す²⁾。

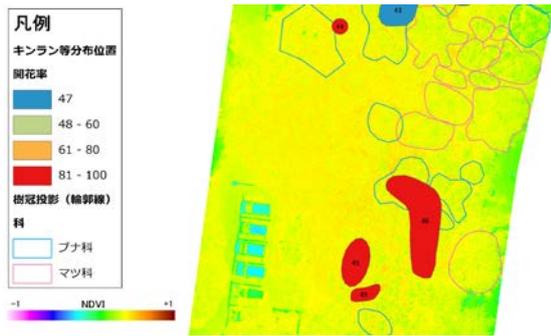


図1 キンラン自生地におけるNDVI値の調査結果
(空撮写真から計算したNDVI値と、樹冠の広がりやキンランの分布箇所を重ねて表示している)

(2) 攪乱依存種を対象とした環境保全措置に関する実証実験
道路事業における保全措置として移植が行われている一年草や二年草については、移植株が寿命を迎えた後の代替わりが難しいのが現状であるため、種子を含んだ表土の移植など、別の方法の活用を検討する必要がある。そこで、道路事業予定地等から表土を採取し、播きだし試験を実施して発芽状況(種名、個体数、生育状況等)をモニタリングした(写真1)。なお、採取した表土の一部は、一定期間保管(土嚢保管、沈水保管、乾燥保管の3パターン)したうえで、播きだしを行った(写真2)。

実験の結果、カワヂシャ等の希少種が確認された。また、表土の保管パターンで発芽率が異なる傾向が確認された。

なお、この実験はモニタリングの中間段階であり、今後も引き続き検証が必要である。



写真1 播きだし試験の様子



写真2 表土の保管(土嚢、沈水、乾燥)

2. 持続可能な自然環境保全措置に資する情報収集・分析

これまでに実施された道路事業および道路事業以外の公共事業(河川整備・面整備等)から、参考となる事例を収集し、事例の概要(事業概要・事業者および連携者・参考となる取り組みの内容・結果等)を取りまとめた。情報収集の対象は表1に示した観点に着目して情報収集を行った。そして、特に参考となる事例を選定し、実施経緯や手法等の詳細情報を入手するため、事業者に対するヒアリングを実施した。

その結果、直轄道路事業において持続可能な自然環境保全措置が実現するための要件とそれらの実現に向けた課題を抽出・整理した(図2)。

今後は、具体的な取り組み方法等について検討するため、地域・住民との協働を活用した自然環境保全に関する事例を把握・分析する必要がある。

表1 事例収集/整理の観点

分類	内容
①維持管理	維持管理の継続性
②連携と機能	地域連携
	事業者間連携
	連携による多機能性
③利益(win-win)	事業者の利益
	地域の利益
④経済活動	地域経済活動への寄与

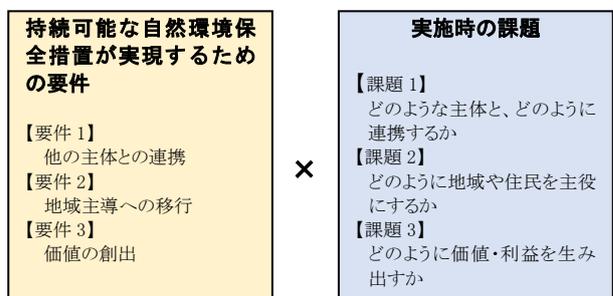


図2 持続可能な自然環境保全措置に向けた要件と課題

[成果の活用]

キンラン属の効果的移植手法、及び希少種を含む攪乱依存種を含有する表土を効果的に移植する手法について、実証試験・モニタリングを継続し、現場での実践方法を手引きにとりまとめる予定である。また、直轄道路事業における持続可能な自然環境保全措置を実現するための方法等を取りまとめ、現場での活用を図る予定である。

[参考文献]

- 1) 日本緑化工学会(2005):環境緑化の事典. 朝倉書店, 81pp, 88pp.
- 2) 日本緑化工学会(2005):環境緑化の事典. 朝倉書店, 435pp.

環境情報の共有・活用方策に関する調査

Research on Sharing and Utilizing Information for Road Project Environmental Impact Assessment

(研究期間 平成 28～29 年度)

道路交通研究部 道路環境研究室
Road Traffic Department
Road Environment Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher
研究官
Researcher

井上 隆司
Ryuji INOUE
大城 温
Nodoka OSHIRO
長濱 庸介
Yosuke NAGAHAMA
光谷 友樹
Yuki MITSUTANI

Because of limited release period, confidentiality on rare species and so on, sharing information of road project Environmental Impact Assessment is difficult, so utilization of information and practices in other project is not sufficient. For more efficient implementation of road Environmental Impact Assessment, this research examines sharing information and effective utilization. And rationalizations of wildlife preservation measures for road environmental impact assessment are analyzed.

[研究目的及び経緯]

道路事業における環境影響評価図書や環境保全の実施手法・実施結果は、現場で実施された保全措置等の希少種に関する情報は密猟・盗掘防止等の観点から公表されない等、地方整備局・事務所間での共有が難しく、効率的・効果的な取組みが普及しにくい状況である。そのため、希少種の保護に留意しつつ、保全措置等の検討が必要な事業者間で情報を集約・共有できる仕組みを構築することが必要である。国総研では、収集した環境影響評価図書、保全措置の情報を収集・整理・分析することにより、調査や環境保全措置の共有と効率化等の現場の支援を図っている

実施内容や効果を整理して、効率化に繋がる取り組みを抽出するとともに、標準的な調査項目を整理した。

表 1 - 分析対象事業

事業種	事業名
道路	(仮称)都市計画道路 鈴鹿亀山道路
	(仮称)福岡都市計画道路 1・4・3 号 都市高速道路 3 号線延伸
	地域高規格道路 中九州横断道路(熊本市～大津町)
	一般国道 20 号 (長野県諏訪市～下諏訪町間)
鉄道	奈良線第 2 期複線化事業
土地区画整理	川口土地区画整理事業
飛行場	成田空港の更なる機能強化
公有水面埋立	名古屋港浚渫土砂新処分場計画
風力発電所	むつ小川原港洋上風力発電事業
火力発電所	夢洲天然ガス発電所建設事業

[研究内容]

1. 環境影響評価配慮書の分析

環境影響評価配慮書について、表-1 に示す道路事業（4 事業）及び道路事業以外の事業（6 事業）における環境影響評価配慮書を対象に、「事業特性」、「把握された地域特性（自然的状況、社会的状況）」、「選定された計画段階配慮事項」、「選定された調査・予測・評価の手法」、「調査・予測・評価の結果」の記載内容の分析を行った。

2. 道路事業における自然環境分野の調査・環境保全措置の効率化に向けた分析

道路事業における自然環境保全措置の技術向上と効率化を目指して、過去の自然環境保全措置の事例（猛禽類、植物、猛禽類・植物以外）を対象として、その

[研究成果]

1. 環境影響評価配慮書の分析

記載内容を分析し、記載内容が関連する法令を満たし、道路事業の計画熟度を考慮した妥当な調査・予測・評価であることを確認した。また、道路事業において配慮書作成の際の留意点を整理した。

「選定された計画段階配慮事項」について、道路事業においては全ての事業で、大気質、騒音、動物、植

物及び生態系が選定されていた。位置・構造等が概ね決まっている他の事業に比較して、道路事業においては詳細なルート・構造等が決まっておらず、熟度と予測・評価可能な範囲に留意して選定する必要があることが確認された。

「調査・予測・評価の結果」について、重要な種の生息地等を回避しており「影響を与える可能性は小さい」との評価結果に加えて、他の案と比較して山側に回避しトンネル等の構造が可能であるため「構造形式による更なる影響低減の検討が可能」と記載されている事例がみられた。計画段階配慮事項やルート・構造等の特性を踏まえて今後の環境配慮の方向性を示すように留意する必要があることが確認された。

2. 道路事業における自然環境分野の調査・環境保全措置の効率化に向けた分析

(1) 自然環境保全措置の実施内容や効果等の整理

① 猛禽類

猛禽類の保全措置としては、「目視監視（異常行動の基準等を設定して工事現場へ通知する体制があるもの）」、「工事事業者への周知」、「時期の制限」、「低騒音・低振動重機」等が比較的多く実施されていた。

また、工事の有無に着目して繁殖成功率を比較したところ、オオタカ、クマタカ、サシバの3種は、繁殖成功率にほとんど差は生じておらず、環境保全措置の実施により、工事への影響が抑えられたことが示唆された。

② 植物

植物移植後の維持管理に着目して整理を行った。良く実施されている維持管理の手法としては、除草、樹木伐採や剪定であり、施肥が行われている例も比較的多くみられた。

また、人間の目が届きやすい場所に移植されると、管理されやすい傾向があるものと考えられた。播種と株移植では、維持管理の有無によって結果に差が生じていた。

③ 猛禽類・植物以外

猛禽類・植物以外のデータベースについては、生物間相互作用の強く働く種として、「タナゴと二枚貝」、「チョウと食草」、「ホタルとカワニナ」の保全事例を分析した。

その結果、「タナゴと二枚貝」、「ホタルとカワニナ」に関しては、双方をあわせて保全している例が少なく、今後、これらの生態を踏まえた保全手法を検討することで、より確実性が高まる可能性が確認できた。「チョウと食草」については、草丈が低い食草の場合はセットで保全される例が多いが、木本類の場合に相互作用を考慮して保全されている例が少なかった。

上記の他に、哺乳類の横断構造物の利用状況を整理した。整理の結果、ボックスカルバートを設置することで、小型獣～大型獣まで幅広く利用されていること

が確認された。

(2) 自然環境保全措置を効率化するための標準的な調査項目の整理

道路事業において、動植物の事前調査、保全対策の実施及び保全対策効果のモニタリングが多数実施されているが、これらの調査項目や方法が事業ごとに異なる場合が多い。したがって、自然環境保全措置を効率化するためには、標準的な調査項目を整理しておくことは重要である。

そこで、自然環境調査の経験が豊富な建設コンサルタント会社を対象にアンケートやヒアリングを行い、保全措置検討段階・モニタリング段階の各段階について、調査を実施し事業者内で共有すべき項目を整理した（表-2）。

表-2 標準的な調査項目の例（猛禽類）

分類	記録項目	事業内で共有すべき事項	
		保全措置検討段階	モニタリング段階
利用個体	繁殖成否	●	●
	巣立ち雛数	●	●
	抱卵開始日	●	●
	巣立ち日	●	●
	隣接つがいの状況	●	●
	個体識別情報	●	●
	雌雄	●	●
飛翔状況	行動圏と内部構造	●	●
	とまりの状況	●	●
	餌運びの状況	●	●
営巣木情報	確認位置(図面)	●	●
	確認位置(座標)	●	●
	巣の写真	●	●
	斜度	●	○
	斜面方位	●	○
	斜面位置	●	○
	樹種	●	●
営巣林情報	樹高	●	○
	胸高直径	●	○
	林のタイプ	●	●
	階層別植生	●	○
	林内の写真	●	○
	植生被度	●	○
巣の状況	立木密度	●	○
	植生の概況(優占種程度)	●	○
	長径	●	●
	短径	●	●
	厚さ	●	●
	架巢高さ	●	●
	架巢型	●	●
保全措置	巢材	●	●
	巢の状態	●	●
	工事状況	●	●
	環境保全措置の種類	●	●
環境保全措置の効果	環境保全措置の効果	●	●
	有識者の意見	●	●

●は共有の必要性が高い項目

[成果の活用]

今後、整理した情報について本省・地整と共有し、より効果が高く効率的な環境保全措置が行われるよう支援していく。

道路事業における土壌汚染等の環境リスク低減に関する調査

Study on Risk Reduction of Land Contamination in Road Project Sites

(研究期間 平成 27～29 年度)

道路交通研究部 道路環境研究室
Road Traffic Department
Road Environment Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher

井上 隆司
Ryuji INOUE
大城 温
Nodoka OSHIRO
光谷 友樹
Yuki MITSUTANI

This study focuses on the risk of land contamination that causes to project delays and project cost increases. The examples of land contamination in existing national road projects are surveyed and analyzed. And, helpful information and knowledge for road project coordinator are selected from the examples.

[研究目的及び経緯]

平成22年に改正土壌汚染対策法（以下、「土対法」という）が施行され、自然由来重金属等も法の規制対象とされたことにより、道路事業においても対応が必要になっている。また、土対法上の土壌に該当せず対象外の「岩石」の汚染についても、法の対象ではないものの、対応が求められるケースが多く発生している。しかし、現状では土壌や岩石等の汚染（以下「土壌汚染等」）の全国的な確認状況や対応状況は明らかでない。

本調査は、道路事業において土壌汚染等が確認された事業について、土壌汚染等の状況、事業遅延や事業費増大の状況、土壌汚染等確認後の対応（対策検討の結果、対策不要と判断することも含む）等の現状を調査・分析することにより、今後の道路事業における土壌汚染等への対応について共有化を図ることを目的としている。

27年度は、全国の地方整備局・北海道開発局・沖縄総合事務局の実施する国直轄の道路事業における土壌汚染等の遭遇状況およびその対応状況について、アンケートを実施することにより把握した。28年度は追加的な情報収集を行うとともに、収集した事例から事業者が土壌汚染対策を検討するにあたり、有益な情報を抽出し、整理した。

[研究内容]

1. 道路事業で遭遇した土壌汚染等の整理・分析

過年度調査で抽出された事例に加え、他事業における情報の追加収集として、一般に公表されている事例から新たに事例を抽出した。これら計106事例に対し

て、事業への影響の低減の観点で他事業の参考になると考えられる事項を含む好事例を抽出し、事業段階ごとに整理した。

また、整理した好事例について、事例において参考となる事項、例えば実施に至った経緯や、住民とのリスクコミュニケーションの方法等について、整理し、事業者の参考になる技術情報を整理した。

2. 土対法の適用外となる岩石の対策事例の整理・分析

岩石については粒径が土壌と比較して大きいことから、汚染物質が溶出しにくい傾向にある。そのため、溶出特性を把握し環境リスク評価を行ったうえで、土対法にもとづく対策を簡略化したり、異なる方法を採用したりすることで、より効率的な対応が可能である。

そこで、過年度調査および今年度調査で収集した事例のうち、岩石を対象とした事例（汚染の確認契機のうち、対象が「岩石」および「岩石・土壌」と分類された事例）74事例を対象に整理・分析を行った。

整理分析にあたっては、土対法に定められた対策方法との違いに着目し、土対法と同じ方法を採用した事例、方法は同じだが基準等の緩和や対策の簡略化を行った事例、土対法に定められた方法と異なる対策方法を採用した事例に分類した。これらのうち、土対法に定められた対策方法と相違点がある事例については、その対策を採用した経緯、考え方について整理した。また、収集した既存の事例から、岩石への対策にかかる技術的課題を抽出し、整理した。

[研究成果]

1. 道路事業で遭遇した土壌汚染等の整理・分析

本調査により、事業段階ごとに以下のような参考事例が抽出された。

①事業計画段階・環境影響評価段階

- ・重金属汚染のリスク評価の結果をルート選定に反映した事例

②調査・設計段階

- ・重金属の吸着層に現地発生材を活用しコストを削減した事例
- ・地下水への影響リスク等を評価し対策を合理化した事例
- ・先進ボーリングの分析結果から要対策土発生量を予測し、対策が必要な土を絞り込んだ事例
- ・重金属汚染のリスクが高い地質分布域に対し共通対応を図るために施工管理マニュアルを作成した事例
- ・簡易試験により要対策土の判定を行い、対策に要否の判断や対策に要する時間の短縮を図った事例

③施工段階

- ・汚染岩石を判別するために試験施工を実施し、判別表を作成した事例
- ・風雨の影響が避けられる掘削岩砕の仮置き場を設けて余裕をもって要対策土の判定を実施した事例
- ・当初の管理手法について施工中のデータをフィードバックし、判定手法を適宜修正した事例

2. 土対法の適用外となる岩石の対策事例の整理・分析

①土対法にもとづく対策との対比

土対法と同じ方法を採用した事例が全体の約4割、土対法にもとづく方法を簡略化した事例が約2割、異なる方法が約3割を占めていた。このように、土対法対象外の岩石の対策においては、一般的に土壌より汚染物質が溶出しにくいことから、土対法にもとづく対策に依らない（簡略化あるいは異なる）事例が全体の半数近いことがわかった。（図1）

②土対法にもとづく対策と相違点がある事例の整理

土対法にもとづく方法の簡略化とは、手法としては土対法にもとづく措置と同様であるが、遮水条件等をより簡易にした事例を指す。具体的には、二重遮水構造を採用せずに一重とし、かつ遮水材料にシートまたは他の材料を用いた事例（他の遮水工封じ込め）が多く、管理型盛土として道路盛土に利用されていた事例が大半であった（表1）。

また、土対法にもとづく方法と異なる対策方法を採用した事例については、重金属等を吸着する能力のある薬剤を母材としての砂質土に混合し、重金属

等を溶出する掘削ブリの盛土底面に敷設して盛土からの浸出水に含まれる重金属等の濃度低減を図る「吸着層」工法を採用した事例が5割弱と多かった。なお、対策を行った場所をみると、吸着層を採用した事例では管理型盛土として道路盛土に利用されていた事例が大半であった（表2）。

[成果の活用]

調査した事例から参考となる取り組みを整理し、各事業段階で最低限実施すべき調査・配慮事項を体系的に整理することにより、効率的な土壌汚染調査・対策の参考となるよう手引きを作成する予定である。

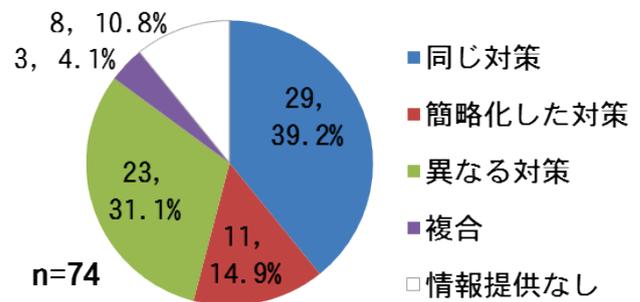


図1 岩石の対策事例における土対法にもとづく対策との対比

表1 土対法にもとづく対策を簡略化して岩石に適用した事例における対策方法の内訳

対策方法	対策を行った場所	事例数(件)	割合(%)
他の遮水工封じ込め	土捨場	1	90.9
	管理型盛土	9	
その他	管理型盛土	1	9.1
合計		11	100.0

表2 土対法にもとづく対策と異なる対策を岩石に適用した事例における対策方法の内訳

対策方法	対策を行った場所	事例数(件)	割合(%)
二重遮水工封じ込め	その他	1	4.3
他の遮水工封じ込め	その他	1	4.3
吸着層	土捨場	1	43.5
	管理型盛土	8	
	その他	1	
複数方法の組み合わせ	管理型盛土	2	17.4
	その他	2	
その他	最終処分場	1	30.4
	その他	6	
合計		23	100.0

エネルギーの技術革新と道路の技術開発に関する検討

Research on technological innovation of energy and road technical development

(研究期間 平成 28 年度～29 年度)

道路交通研究部 道路環境研究室
Road Traffic Department
Road Environment Division

室長
Head
研究官
Researcher

井上 隆司
Ryuji INOUE
大河内恵子
Keiko OHKOUCHI

Energy system reform has proceeded and technological innovation has advanced rapidly in recent years in Japan. It has increased the need to consider effective utilization of energy in the field of road administration. The purpose of this study is to understand the current situation on the energy of the road facilities and to examine energy conservation of road facilities.

〔研究目的及び経緯〕

2016 年 11 月にパリ協定が発効し、地球の気温上昇を産業革命前に比べ 2 度未満とし、今世紀後半には温室効果ガス排出量の実質ゼロを目指すこととなった。一方、近年、エネルギー分野において制度改革・技術革新が進展している中、道路分野においては、2013 年 7 月に道路法施行令の改正に伴い、道路占用料が約 9 割減額され、道路空間への再生可能エネルギーの積極的導入が期待されており、道路空間においてもエネルギーの有効活用を検討する必要性が高まってきている。

本調査では、道路での電力使用傾向を踏まえ、道路管理者と周辺地域が連携して、道路施設および周辺地域の設備（次世代自動車を含む）がエネルギーを賢く利用する方策等を検討した。

〔研究内容及び成果〕

1. 道路施設および周辺地域の設備で活用できる技術動向調査

「生産・供給」・「消費・需要」の 2 つの視点から、道路施設・再生可能エネルギー技術・省エネルギー関連技術の動向の整理を行った（表 1）。

「生産・供給」については、太陽光発電の供給拡大が最も多いと予想されている。また、風力発電及び地熱発電も最大導入量と比較すると、現況では数%の導入に留まっており、環境アセスの迅速化や系統の強化などによる今後の拡大が期待されている。一方で、バイオマス発電も時間帯に依存しないため、道路管理施設との相性も良く、地産地消の観点からも適用の拡大が求められるため、安定供給に向けた課題が解決することで道路施設に大きな影響を与える要素になると想定される。

「消費・需要」については、次世代自動車（EV・PHV）

が 2015 年の約 14 万台から 2030 年には 100 万台まで増加することが予想されており、自動運転の実用化と合わせることで、エネルギーマネジメントに大きな影響を与えると想定される。また、需要家用の定置型蓄電池は 2020 年頃から普及期に入ると共に、EMS (Energy Management System) も導入・普及段階に入ることが予想されることから、地域のマイクログリッドの構築が進む中で道路管理者も含めたシステムの構築ができるように取り組みを進めることが求められる。

2. 道路管理者と周辺地域との連携方策案作成

道路行政が対象とする施設のエネルギー特性および国内外でのスマートコミュニティ実証事業を踏まえ、「①道の駅など道路と地域の双方のエネルギー需要が高い地区」、「②地域側のエネルギーインフラの周辺地区」、「③自動車の蓄電能力に着目した、車両単体を使った連携」の 3 つのフィールドで、道路管理者と周辺地域との連携方策案を作成し、各連携方策案の経済面・環境面・防災面に与える効果を検証した。

3 つともに経済面、環境面、防災面から一定のメリットが道路と地域の双方にあることを確認した。

また、システムの具体化にあたっては、課題や考慮すべき事項として、「①道の駅など道路と地域の双方のエネルギー需要が高い地区」では、立地条件やインフラの整備状況、道の駅の役割などにより、効果的な 1 次エネルギーが異なることから、具体化に向けては、地域特性との関係性の整理が必要となることを確認した。また、「②地域側のエネルギーインフラの周辺地区」では、既存施設を有効活用することで、熱需要の効率的なマネジメントにつながるものの、需要の多くが特定の季節及び時間帯に集中することから、季節間・昼夜間のエネルギーシフトのための空間の使い方を検討

表 1 : 技術動向まとめ

	今後の動向 ○: 技術が確立しており、普及が期待される △: 技術は確立されているが、普及に課題がある
太陽光発電 (家庭用)	○ ・普及段階にある。 ・普及に向け、高性能化、高機能化、低コスト化が必要。 ・系統制約への対応が課題。
風力発電	○ ・普及段階にある。大規模に開発が期待される。 ・環境アセスの迅速化や地域内送電線や地域間連系統線の強化が課題 ・洋上風力はポテンシャルが高いが、港湾や航行など他の海域利用者との地域協力が課題。
地熱	△ ・設備利用率、地熱資源ポテンシャルが高い。 ・ただし地熱探査技術はまだ発展途上であり、発電設備の建設には時間、コストがかかる。
バイオマス	△ ・原料収集・運搬に多額の費用を要するなど構造的にコスト高となりやすい。 ・①スケールメリット、②原料の安定的な調達、③地産地消の確立が課題。
ガスコジェネレーション	○ ・日本製ガスエンジンコジェネは、世界的にトップランナーの発電効率技術を誇っている。 ・BCPの観点からも注目されている ・低廉な天然ガス等の燃料供給体制の構築が課題
温度差熱利用 (地中熱等)	△ ・熱エネルギーは送電可能な電気と異なり、需要と供給が地理的に近接していることが必要。 ・導入のための経済性確保と評価方法確立が課題
太陽熱利用	○ ・太陽熱冷暖房システムについては 技術的にはほぼ確立されている ・太陽光発電と設置要件が重複する
雪氷熱	△ ・熱エネルギーは送電可能な電気と異なり、需要と供給が地理的に近接していることが必要。 ・導入のための経済性確保と評価方法確立が課題
次世代自動車 (EV・PHV)	○ ・普及段階にある。 ・将来的なEVの普及に向けては、時間がかかる充電インフラの整備が課題。 ・レアアースに依存しない電池の開発が必要。
蓄電池 (自動車用)	○ ・普及初期段階にあり、今後普及が拡大していくと想定される。
蓄電池 (定置用)	○ ・系統用は現在実証段階にあるが、今後普及していくと想定される。 ・需要家は普及初期段階にあり、今後普及が拡大していくと想定される。
次世代自動車 (FCV)	○ ・現在普及初期段階にあり、今後は拡大していくと想定される。 ・水素ステーションの整備や設置・運営コスト低減のための規制見直しが課題。
燃料電池コジェネ	○ ・家庭用は普及段階にあるが、コスト面で課題がある。 ・業務用は実証段階である。
水素技術	○ ・現在普及、拡大期にある。 ・FCV普及に合わせ拡大していくと想定される
非接触充電	△ ・運用が始まった段階である。2030年を目途に一般に普及が想定される。 ・走行中給電はまだ技術的に確立されていない
EMS	○ ・研究開発、実証により、基盤技術は確立されつつあり、今後普及していくと想定される。
センシング技術 (維持管理)	○ ・現在は研究開発、実証の段階である。 ・社会的要請から今後普及していくと想定される。
次世代照明	△ ・一般照明への利用と共に建材等普及が期待される。
有機EL	△ ・一般照明への利用と共に建材等普及が期待される。

することにより、双方のメリットを明確にすることができると確認した。そして、「③自動車の蓄電能力に着目した、車両単体を使った連携」では、全体の需要マネジメントにおける需給効果だけでなく、ピークカットとしての効果を適切に評価することで、システ

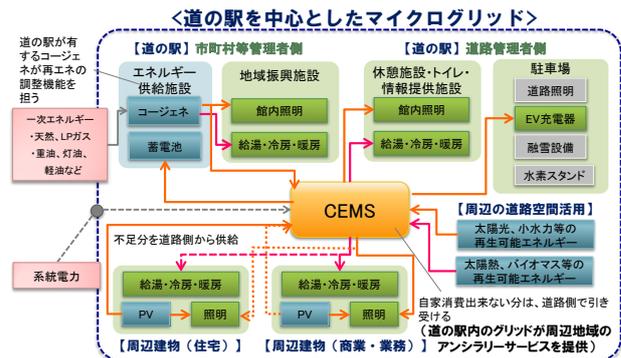


図 1 「①道の駅など道路と地域の双方のエネルギー需要が高い地区」の連携方策案 (平時：昼間)

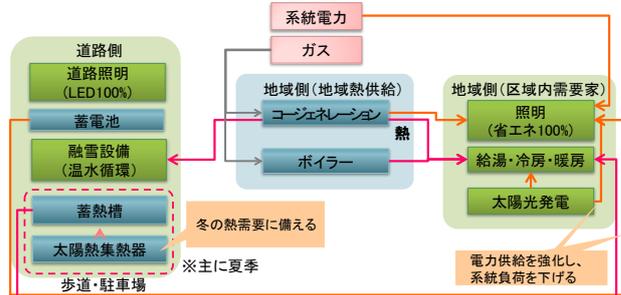


図 2 「②地域側のエネルギーインフラの周辺地区」の連携方策案 (平時：昼間)

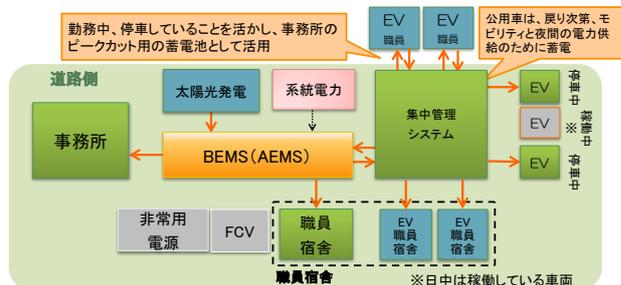


図 3 「③自動車の蓄電能力に着目した、車両単体を使った連携」の連携方策案 (平時：昼間)

ムとしての実現可能性を引き続き検討する必要があることを確認した。

【成果の活用】

平常時及び非常時における道路と道路周辺地域のエネルギー連携・有効利用に関する技術資料を作成・周知し、将来の技術革新や災害時を見据えたシステム導入を支援する予定である。

これらの取組により、地域全体の低炭素化が進むことを期待している。その際、エネルギー需要の高い地域で、それぞれの地域性を考慮して実施することで、より高いエネルギー削減効果が得られることを期待している。

街路樹の安全性向上に関する研究

Study on maintenance method of street trees

(研究期間 平成 27～28 年度)

社会資本マネジメント研究センター 緑化生態研究室
Research Center for Land and Construction Management
Landscape and Ecology Division

室長 舟久保 敏
Head Satoshi Funakubo
主任研究官 飯塚 康雄
Senior Researcher Yasuo Iizuka

In this study, after grasping the status of the fallen roadside street trees and branches, along with their growth status, the authors attempted to clarify why they fell. There are examined an effective way for road administrators to maintain street trees, along with a maintenance method to reduce the occurrence of falling street trees and branches.

【研究目的及び経緯】

街路樹は、植栽後から長期間経過したことにより大径木化・衰弱化が見られるものが増加し、台風等の強風時には一部に倒伏や落枝による交通障害等が発生している。このような状況の中で、街路樹の点検により危険性が高い樹木を抽出し、剪定や伐採等の対策を行うことが着手され始められてはいるものの、今後は通常の維持管理時での対応策や再整備にあたっての倒伏しにくい植栽方法等の確立が求められている。

本研究は、街路樹の倒伏・落枝の実態と不健全性（生育不良、樹体の構造上の異常等）の現状を把握し、それらの発生要因を明らかにすることで、道路管理者による街路樹の効率的な維持管理方法や倒伏・落枝を発生しにくい整備方法等について検討を行うことを目的とした。

【研究内容】

1. 街路樹の倒伏等の実態調査

街路樹の倒伏・落枝に関する過去の新聞報道検索や道路管理者へのヒアリング等により、倒伏・落枝の発生状況と発生形態（樹種や被害形態等）について特徴を整理した。

2. 街路樹の健全性に関する調査

関東地方整備局が過去に実施した街路樹点検データを収集し、街路樹の不健全性（樹勢不良、樹体の構造上の異常等）の現況を把握した。

3. 街路樹の倒伏・落枝の発生要因の検討

1. 及び 2. の調査結果を照合することにより、街路樹の倒伏・落枝の発生に繋がる素因や誘因等について推測を行った。

4. 街路樹の倒伏・落枝に配慮した緑化方法の検討

3. の調査結果から街路樹の倒伏・落枝に配慮した緑化方法について、設計段階・施工段階・維持段階毎にとりまとめた。

【研究成果】

1. 街路樹の倒伏等の実態調査

街路樹の倒伏等に関する報道件数は、過去 10 年間で増加傾向にあったが、台風の襲来数との連動がみられないことから、被害の増加とともに発生する障害の重大さにも影響されていると考えられた（図-1）。

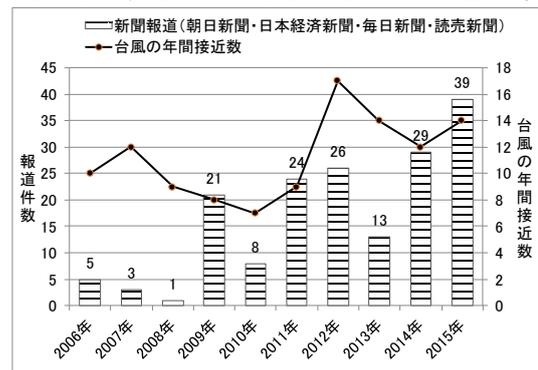


図-1 新聞報道件数¹⁾と台風の年間接近数²⁾

1) 国立国会図書館蔵書検索・申込システム (NDL-OPAC)

2) 気象庁 HP (<http://www.data.jma.go.jp>)

また、発生形態等について以下の傾向が把握できた。

- ①樹種：全国的にはケヤキ、ニセアカシア、シダレヤナギ、プラタナス類、ハナミズキ等において被害が多発し、地域別では北海道、東北のナナカマド、関東、北陸のエンジュ、中部、近畿、九州のナンキンハゼ、沖縄のフクギ等が特徴的な種としてあげられた。
- ②被害形態：被害形態では、傾斜が最も多く、次いで根返り（根ごと倒れた状態）、幹折れの順となっていた。さらに、被害が多発している樹種をみると、傾斜ではハナミズキ、根返りではニセアカシア、幹折れではプラタナス類、枝折れではナンキンハゼ等、種によって違いがあることが認められた。

2. 街路樹の健全性に関する調査

街路樹（本数：7,868本）の点検データから、健全性について以下の傾向が把握できた。

- ①樹木形状別：大径木になるにしたがって不健全な状況を示す街路樹が増加する傾向がみられ、特に幹周30cm以上では「植替が必要」、「大きな異常・被害がある」の割合が約20%程度となった（図-2）。
- ②樹種別：「植替が必要」の割合が高い（10%以上）樹種としては、ニセアカシア、シダレヤナギがあげられ、「植替が必要」、「大きな異常・被害がある」の割合が30%以上としては、ニセアカシア、トウカエデ、ハナミズキ、カツラ、エンジュがあげられた。

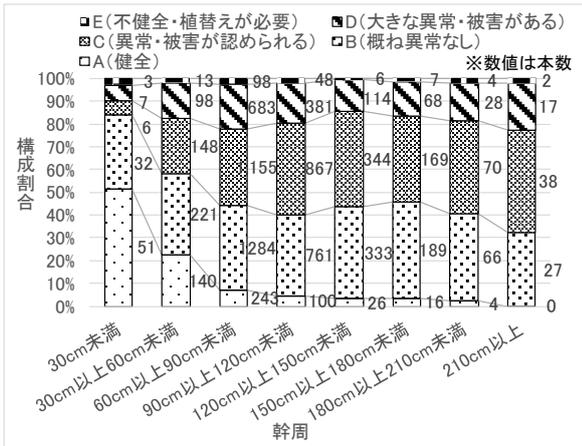


図-2 樹木形状（幹周）別の健全度

3. 街路樹の倒伏・落枝の発生要因の検討

街路樹の倒伏・落枝は強風・豪雪等の気象害が直接の要因となっているが、樹木の幹・枝の材や分枝部の強度の低下、根系の支持力の低下などを含めた複合的な要因が重なり発生するケースが多いと考えられた（図-3）。

発生要因	樹木の被害		
	枝折れ	幹折れ	根返り
気象害			
強風	○	○	○
着雪	○	○	○
雷	○	○	○
豪雨(滞水)			○
樹木生理・特性			
地上部の樹種特性	○		
不完全結合(入皮)	○		
枝枯れ	○		
病虫害	○	○	○
不完全結合(双幹・入皮)		○	
傾斜		○	○
樹形異常(形状比)		○	
根系の樹種特性			○
外力・人的影響			
ライオンテイル(枝葉の偏り)	○		
剪定不良	○		
車による接触傷害	○	○	
ガードリングルート(根株に巻き付いた根)		○	
支柱不良		○	○
植栽基盤の不良			○
根元の地下工事			○

図-3 倒伏・落枝における主な発生要因と被害の関係

4. 街路樹の倒伏・落枝に配慮した緑化方法の検討

倒伏・落枝の発生を未然に防止することを目的として、樹種選定や植栽地構造の適切な設計方法及び施工・維持管理段階での樹木への傷害を最低限とする緑

化技術について整理した（図-4）。また、樹体の弱点を定期的かつ的確に点検・診断する方法についてとりまとめた（図-5）。

事業段階	項目	関連する倒伏・落枝の発生要因		緑化方法(留意点)
		主要因	副要因(作用する条件)	
設計	(1) 植栽樹種の選定	幹・枝の樹種特性と植栽地の条件との不適合	狭い歩道幅員に大径木となる樹種を植栽した場合 材が脆いなど、折れやすい腐朽が入りやすい樹種	成長後の樹形を想定し、植栽地の条件に適した樹種を選定 植栽環境や管理内容に適した樹種を選定
	(2) 植栽配置の検討	根に障害が出やすい樹種	大径木となる樹種や根の垂直分布が浅い樹種、根の密度が粗い樹種	成長後の根系の伸長を想定し、植栽地の条件に適した樹種を選定
	(3) 植栽地構造の検討	狭小な幅員の植栽地 狭い植栽間隔 周辺施設との競合	狭小な幅員・規模の植栽樹に高木を植栽する場合 隣接する高木との間隔が枝張り 비해狭い場合 標識や道路照明等との隣接、地下構造物等で植栽基盤に制約が生じる場合	道路幅員に応じた植栽地の配置 キャノピー率から植栽間隔を算出し、適切に設定 周辺施設の位置を変更するか、変更できない場合は、樹木を隔離して配置
	(4) 樹木保護材の検討	根系特性と植栽地構造の不適合 周辺施設との競合 不良な土壌	狭小な植栽地で外側に根が伸長できない場合 地下構造物等で植栽基盤に制約が生じた場合 植栽基盤の土壌として透水性や硬度、酸度等が不適な層が分布した場合	「道路構造令・同基準」等に示された植栽幅員以上の根の伸長空間を確保 競合しない方向に植栽基盤を確保、根系誘導を図る 土壌調査を確実にし、必要に応じて客土や土壌改良材等の植栽基盤改良を検討・実施

図-4 倒伏・落枝に配慮した緑化方法（設計段階）

点検：定期巡回	街路樹の主な点検・診断の着眼点				
	①亀裂	②腐朽・空洞(兆候を示すキノコ)		③樹体の著しい揺れ	④土壌の隙間
診断：樹木の健全度調査	⑥防護柵の変形等		⑦支柱や路圧防止板の設置不良等		
	①定期巡回時における確認項目の補完(不自然な傾斜、キノコの有無等)				
②点検器具(木づち、鋼棒等)による異常確認		③幹・枝の不完全結合			
④ガードリングルート		⑤幹に棲息する昆虫等	⑥腐朽・空洞割合の測定		
⑦道路隣接地の樹木状態(倒伏等で道路交通に支障が発生する危険性)					

図-5 街路樹の点検・診断における着目点（一例）

[成果の活用]

本研究成果は、図表や写真での解説を加えて現場道路管理者が活用できる「街路樹の倒伏・落枝対策に関する技術資料」としてとりまとめる予定である。

地域連携道路事業費

土木工事積算システムの効率的運用に関する検討調査

Research on efficiency operation using public works estimation system

(研究期間：平成 28～29 年度)

社会資本システムマネジメント研究センター
社会資本システム研究室
Research Center for Infrastructure Management,
Construction and Maintenance System Division

室長	古本 一司
Head	Kazushi FURUMOTO
主任研究官	森 芳徳
Senior Researcher	Yoshinori MORI
研究官	吉田 武教
Researcher	Takenori YOSHIDA
交流研究員	竹屋 宏樹
Guest Research Engineer	Hiroki TAKEYA

To optimize and enhance the construction estimation system, NILIM studied system requirements of the new construction estimation system, and estimated the necessary costs for development.

【研究目的及び経緯】

政府の IT 戦略である「世界最先端 IT 国家創造宣言 (2013.6.14 閣議決定)」に基づき、国の行政情報システム全体の運用コストの削減、セキュリティ強化等を図ることを目的に、各府省の情報システムを総務省が整備する政府共通プラットフォーム (以下、共通 PF という) へ統合・集約化し政府情報システムのクラウド化を促進することが掲げられている (「政府情報システム改革ロードマップ」)。国土交通省の情報システムは 72 種類が移行対象となっており、積算システムについても 2020 年 (平成 32 年) までに移行する方針で盛り込まれている。一方、土木工事積算システムは、昭和 44 年に初めて電子計算機によるシステムを導入後、平成 7 年度にクライアント・サーバ方式の現行システム (16bit 版) に移行、平成 13 年度から 32bit 版を運用し、その後も施工パッケージ型積算方式への対応など改良を実施しているところである。しかしながら現行システムは、開発後 20 年以上経過しており、逐次機能改良・拡張を進めてきた結果、システムが肥大化・複雑化しており、近年ではシステム改良する際に多大な時間とコストを要し、タイムリーな改良が困難といった課題も生じている。

【研究内容】

本研究は、積算システムの更なる効率化・高度化に向け、現行の土木工事積算システムにおける課題を整理し、システムの統廃合、クラウド化、共通 PF への移行等を検討する。また、改正公共工事品確法を踏まえ、積算システムの地方公共団体との共有についても検討する。

H28 年度は、現行の土木工事積算システムにおける課題整理、積算システムの更なる効率化・高度化に向けた方針検討、共通 PF に搭載する場合のシステムの改良 (案) の検討及び

概算費用の算定等について検討した。

【研究成果】

1. 現行システムの課題整理

国総研では、毎年、本省および各地方整備局と連携し、土木工事積算システムに関する改良要望の収集整理を実施している。H28 年度末時点で約 200 件の改良要望が提案されているが、それらの要望、昨今の積算手法の多様化、システムを取り巻く環境等を踏まえ、下記の視点にて現行システムの抱える課題を整理した。

1) システムの効率化に関するもの

- ・システムプログラムの見直し、不要機能の整理によるスリム化
- ・積算結果の確認作業の改善・設計書入力作業の改善
- ・設計書作成作業の効率化
- ・運用・保守作業の効率化

2) システムの高度化 (機能拡張等) に関するもの

- ・新しい法令・制度への素早い対応・改定対応の迅速化
- ・実績 DB システムの見直し
- ・機械設備に関連する積算機能の見直し

3) その他・システム改良のためのコストと時間の縮減

2. 効率化・高度化に向けた方針検討

1. で整理した課題を踏まえ、現行の土木工事積算システムの効率化・高度化に向け、必要なシステム要件について検討整理した。現行の積算システムの構成イメージを図-1 に示す。現行システムはクライアント/サーバ方式であることから、積算サーバが各地方整備局に配置されている。その為、積算システム保守作業 (プログラム及びデータ等の更新) は、拠点毎 (各地方整備局) で行っているため、運用・保守作業

が分散、多重化されている。また、積算実績データの収集においても、各地方整備局に作業を依頼し、CD等の媒体を郵送で収集する状況となっており、各地方整備局の担当者への負担がかかっている。これらは、積算サーバが各地方整備局に分散されている為であり、分散されている積算サーバを集約するとともにネットワーク化を図ることで、運用・保守作業及び積算実績データの収集作業の効率化が図れる。

また、現行システムの大きな課題の一つとしてシステム改良する際の時間とコストを要することがあげられる。これは現行システム開発当初と比較して、積算手法が多様化するに伴い、逐次、機能を改良・拡張したことにより、既存機能と新機能が輻輳化してきていることが主要因である。この課題

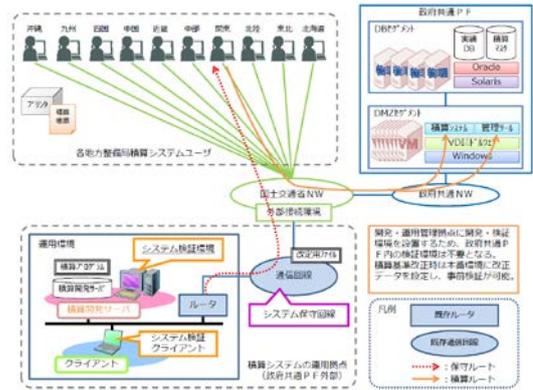


図-2 共通PF移行後の積算システム構成イメージ

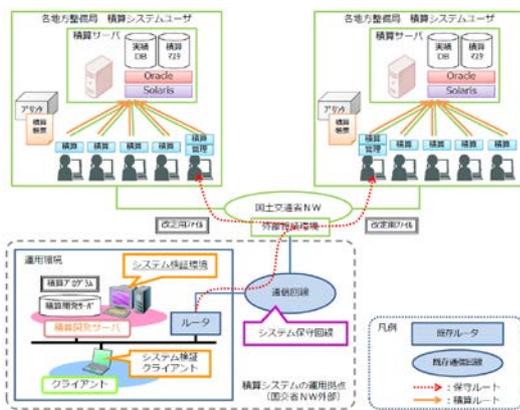


図-1 現行の積算システム構成イメージ

を解決する手法として、システムのコンポーネント化とWeb化への移行が有効である。輻輳した現行のシステムをコンポーネント化して、独立したサブシステムとして改修することにより、機能改良する際も影響範囲が限定的となり改良コストの低減が図られる。併せてクライアントをWeb化することによりクラウドコンピューティングが実現し、運用・保守のさらなる効率化やコスト縮減が見込まれる。

3. 共通PFへの移行検討

共通PFとは、各府省が個別に運用している情報システムを順次統合・集約し、政府全体の運用コスト削減、セキュリティ強化を図るための基盤であり、平成25年3月から運用が開始されている。図-2に移行した場合の積算システムの全体構成イメージを示す。移行する条件としては、運用コストが現行システムより縮減されることが前提であることから、現状で各地整に分散している積算サーバを集約することによるコスト縮減効果を見込み移行可否の検討を実施した。図-3に現行システムと共通PFに移行した場合の運用コスト比較を示す。各地整に分散しているサーバを1台に集約した場合でも、共通PFの回線使用や保守管理に関する費用負担等により現行の2倍以上の運用コストとなることが明らか

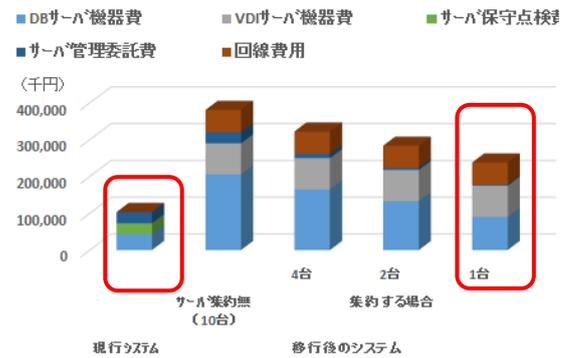


図-3 現行と共通PFに移行した場合の運用コスト比較

となった。このことから、現時点では移行せず、まずは国交交通省内のネットワークを基本とした更なる効率化を進めることが必要であることが確認出来た。

4. 地方公共団体との共有化

現状では国と地方公共団体において、様々な積算システムが利用されており、今後の共有化の方向性としては、工種体系の統一化を図り、工事工種体系ツリー及び細別内訳モジュール等の積算基準データの共有化を図ることで、将来的には国及び地方公共団体の積算実績データの傾向分析等が可能となることを確認出来た。

【成果の活用】

土木工事積算システムのハードウェア、ソフトウェアに求められる機能要件を整理し、更なる効率化・高度化に向けた方針を整理した。また共通PFに搭載する場合の整備、運用及び維持管理するための概算費用を算定し、現行システムの運用コスト等と比較整理した。検討の結果、共通PFに移行した場合、回線費用や機器費など共通PF運用上の共通経費等が負担となり、少なくとも現行の2倍程度となることが判明したことから、現行システムのサーバ集約化等の合理化・効率化を進めることにより、現行以下の運用コストとすることが妥当との結論に至った。上記の結論を踏まえ、今後は次期積算システムの調達仕様の検討を進める。

道路工事における総合的なコスト構造改善の評価に関する調査

Investigation for evaluation of integrated cost structure improvement

(研究期間 平成 23 年度～)

社会資本マネジメント研究センター
社会資本システム研究室
Research Center
for Infrastructure Management ,
Construction and Maintenance Systems Division

室長 古本 一司
Head Kazushi FURUMOTO
主任研究官 市村 靖光
Senior Researcher Yasumitsu ICHIMURA
研究官 行野 芳紹
Researcher Yoshitsugu YUKINO
交流研究員 笹川 隆介
Guest Research Ryusuke SASAKAWA
Engineer

MLIT is promoting the activities of construction cost structure improvement program in public works. In this year, the supervision and inspection system for public works were investigated from the point of view of outsourcing to external organizations in order to look into making construction system further efficient.

【研究目的及び経緯】

コスト削減のみを重視した取り組みから、コストと品質の両面を重視する取り組みとした「国土交通省公共事業コスト構造改善プログラム」(平成 20 年度～平成 24 年度)に基づき、平成 20 年度から 5 年間で、15% (平成 19 年度比) の総合コスト改善を目標とした「総合的なコスト構造改善」に取り組んだところであり、プログラム終了後も引き続きコスト構造改善に資する取り組みを実施しているところである。

図-1 は、平成 24 年度までのコスト構造改善実績を示す。

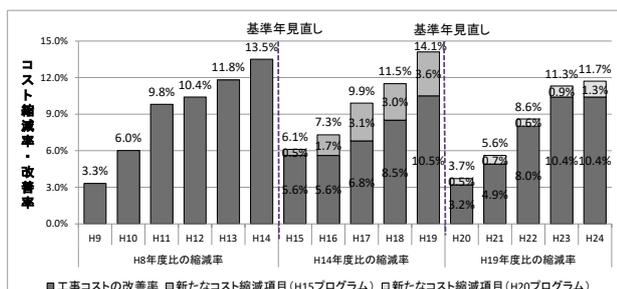


図-1 コスト削減・改善の実績

また、厳しい財政事情等を踏まえ、今後も継続してコスト構造改善に資する取り組みを実施していく必要があり、公共事業を効率的に実施していることを説明し、示していくためにも、プログラムの考え方に基

いた継続的なフォローアップを実施し、効果の把握や、さらなる建設コスト構造改善に向けた建設生産システムの効率化、合理化について研究を進めていく必要がある。

【研究内容】

本年度は、建設生産システムの一部である監督・検査に焦点を置いて、監督・検査業務の外部委託化による効率化、合理化効果や課題を把握するため、積極的に外部委託を進め効率化・合理化を図っている米国の州政府における監督・検査制度に関する調査を行い、我が国の制度との比較検討を行った。

【研究成果】

主な調査内容の概要を以下に示す。

1. 米国における監督・検査の外部委託

米国における監督・検査業務は CEI (Construction Engineering & Inspection) との名称で発注者側の技術者もしくは委託された民間コンサルタントが担っている。

図-2 は 2014 年 11 月から過去 1 年間に発注、あるいは公示された米国の各州政府における CEI の発注件数を示したものであり、着色された州政府においては、従来、発注者側で担っていた技術的役割としての監督・検査業務について外部委託が積極的に進められている。

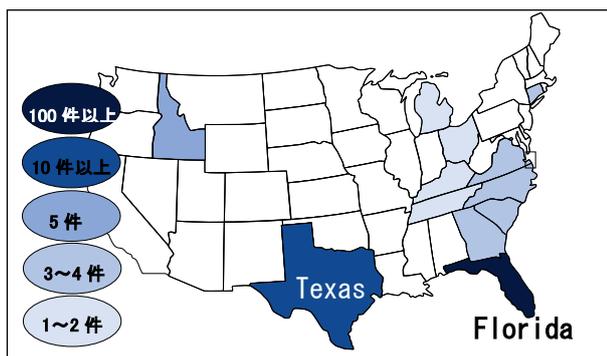


図-2 CEI 業務の外部委託状況（件数）

今回は CEI の外部委託に関して多くの知見を有していることが想定されるフロリダ州交通局（以下、「FDOT」という。）を主な対象として調査を行った。

2. 外部委託化の経緯

FDOT では、州議会の方針によって職員数削減が進められる一方、公共事業量が増大し、発注者の技術者のみでの工事の監督・検査業務の実施が困難となっていた。

このため 1980 年代中盤より監督・検査業務において民間の建設コンサルタントを活用する CCEI (Consultant's CEI) という仕組みを用いて大部分の監督・検査業務について外部委託を行っている。

3. CCEI の職務と責任

CCEI の職務内容には、発注者側の技術者が工事実施段階で行っている監督・検査業務の大部分が含まれており、発注者への追加工事の必要性や変更事項などの提言、施工者との変更事項の交渉や根拠の整理等を実施している。ただし、工期や契約金額、設計変更等の契約内容の変更が伴う意思の決定については、発注者側の責任者として CCEI を管理する建設プロジェクトマネージャー (CPM: Construction Project Manager) の承認が必要となる。

一方、我が国で民間建設コンサルタントへの外部委託を行っている工事監督支援業務は、監督職員の補助的な役割として監督職員の指示の下、臨場での材料確認や工事の履行に必要な書類の作成を行っており、施工者への直接的な指示、権限は有していない。

なお、CCEI の契約は通常、工事発注の 3~6 ヶ月前に締結され、工事の入札に至るまでの入札書類のチェックや現場条件の整理等を行い、入札説明会への参加や、関係機関協議のための会議の運営、工事終了後においても施工会社からのクレーム処理の対

応も行うなど、我が国の工事監督支援業務と比較して幅が広い。

4. 品質管理と品質検査

FDOT では、米国連邦道路庁 (FHWA: Federal Highway Administration) の規定に基づき、州政府による資格試験プログラムの制定、品質検査の結果を確認・監査する Verification/Assurance Program を整備し、発注者及び施工者による品質管理を行っている。

施工者は工事の施工管理を行う技術者とは別に、建設資格認定研修制度 (CTQP) の資格を有する品質管理マネージャー (QC Manager) と、品質管理検査担当者 (QC Inspector/ Technician) を常駐で配置し、独立的に品質管理の業務に従事させ、材料の受け入れ検査を実施し、発注者は施工者が行った品質管理 (CQC: Contractor Quality Control) の結果に対して抜き取りでの確認検査 (VT: Verification Test) や、さらには試験方法、試験機材等の精度確認のため、同じサンプルを用いた検証 (Independent Verification) を行い、試験精度の検証と試験結果の改ざん防止を図っている。

〔成果の活用〕

FDOT では CCEI の契約額が総事業費の 12~14% に上り、米国内でも民間コンサルタントの活用に積極的な州である。民間の建設コンサルタントへの委託範囲は我が国に比べて幅が広く、施工者との変更事項の交渉や根拠の整理、関係機関協議のための会議運営等まで外部委託を行っている。

我が国において、監督・検査の外部委託化を進める場合には、参考となる点もあると考えられるため、今後、関連する仕組みや、制度の詳細について引き続き調査を行うとともに、我が国の文化や法制度、仕組みとの違い等を踏まえて監督・検査のあり方について整理、研究を進めていきたい。

一方、カリフォルニア州交通局 (Caltrans) のように依然として発注者側の技術者の役割について外部委託に否定的な組織もあり、米国の CEI 業務を一括りにできない点には留意が必要である。

土木工事における構造物の修繕設計の品質確保に関する調査

Study on the improvement of detailed maintenance and repair design quality control of public works

(研究期間：平成 28～平成 30 年度)

社会資本マネジメント研究センター
社会資本システム研究室
Research Center
for Infrastructure Management
Construction and Maintenance
Systems Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher
交流研究員
Guest Research Engineer

古本 一司
Kazushi FURUMOTO
市村 靖光
Yasumitsu ICHIMURA
梅原 剛
Takeshi UMEBARA
笹川 隆介
Ryusuke SASAKAWA

It is important to secure the quality of the construction design result. Therefore, in this study, the faults of maintenance and repair work design was investigated and the improvement method for detail design quality control was proposed.

〔研究目的及び経緯〕

現在及び将来にわたる建設工事の適正な施工及び品質の確保と、その担い手の確保を目的として、2014年6月に改正された品確法を受け、国土交通省では、建設生産システムの中でも上流段階に位置し、成果が事業全体の品質やコストに大きく影響を及ぼす設計業務において、より一層の品質確保に向けた取り組みを進めている。

国総研においては、なかでも今後、急速に老朽化することが懸念されている社会資本施設の補修・補強設計（以下、修繕設計という）を対象として、その特性を踏まえた設計の現状や不具合事例を調査し、修繕設計成果に関する品質確保対策について研究を進めているところである。

〔研究内容〕

（1）調査概要

平成 26、27 年度に行われた三者会議（発注者、設計者、施工者が施工前に実施する会議）において不具合の指摘があった橋梁に関する修繕設計成果を対象とし、不具合の種類、内容、発生要因、工程への影響などを明らかにするため、受発注者へのアンケート及びヒアリング調査を実施した。加えて、修繕設計のプロセス全般を視野に入れた品質確保対策の検討を行うための基礎資料とするため、補修・補強に関する

点検～診断～設計～施工の一連のプロセスに関する意見や発注方式に関する意見を収集・整理した。

（2）調査結果

①分類別不具合事例の分析

発注者へのアンケート調査を基に、設計成果の不具合に関して表-1に示す定義に基づき、不具合を分類・整理した結果を図-1に示す。図-1より「現場条件の設定ミス（施工に係わる事項）」、「図面作成ミス」が多く発生しており、こ

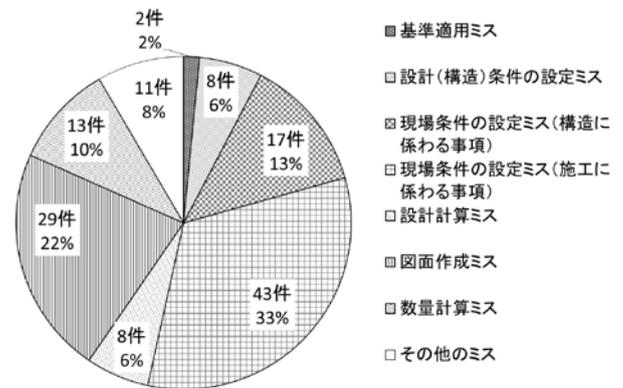


図-1 分類別の不具合事例の構成割合

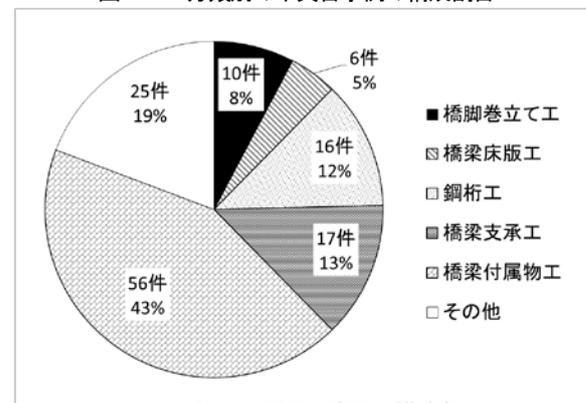


図-2 工種別の不具合事例の構成割合

表-1 不具合の分類の定義

不具合分類	定義
基準適用ミス	旧基準の適用、対象工種以外の基準の適用、基準の規定事項を満足していない 等
設計(構造)条件の設定ミス	必要な荷重条件が設定されていない、地盤定数が不適切であった。構造モデルの設定が不適切であった 等
現場条件の設定ミス(構造に係る事項)	現地測量等の調査不足、地形・地質等の調査不足、埋設物・支障物件の調査不足等による検討不足・設計不足 等
現場条件の設定ミス(施工に係る事項)	工程計画や仮設計画の不備、実施工への配慮不足等に伴うミス
設計計算ミス	設計条件と設計計算の入力値の不整合 等
図面作成ミス	計算書と図面の不整合、設計図面間の不整合 等
数量計算ミス	数量計算における過不足 等

これらの不具合で半数以上を占めている。この結果は過年度に調査した新設建造物の設計業務と比較しても「現場条件の設定ミス」が多い結果となっており、修繕設計においては、受発注者での確実な合同現地踏査の実施をより重点的に行っていく必要があるものと考えられる。また、今後は業務途中における合同現地調査を行う対策の検討も視野に入れていきたいと考えている。

②工種別不具合事例の分析

工種別の不具合事例構成割合を図-2に示す。

図-2より今回の調査においては、「橋梁付属物工」に関する不具合が約4割を占め、次いで「橋梁支承工」、「鋼桁工」に関する不具合事例が多く見られた。また、「橋梁付属物工」のうち半数は「落橋防止装置工」であり、近年の耐震補強工事の増加を反映した傾向が見られたものと考えられる。今後、「橋梁付属物工」等の橋梁の耐震補強に関連する部位を重点的に分析していく必要があるものと考えられる。

③設計不具合の工程への影響度の分析

修繕設計不具合の工程への影響度（修正設計や施工計画見直し等、不具合への対応に要した時間）を調査した結果を図-3に示す。図-3より工程への影響は、ほとんどのケースで1ヶ月以内に収まっており、大きな手戻りは発生していない。しかし、「設計（構造）条件の設定ミス」や「現場条件の設定ミス（構造に係わる事項）」の構造に係わる不具合に関しては、「落橋防止構造計算を行うモデル設定に不備があり、結果構造的に成り立たない」事例など、再計算のため多少の期間が必要となる傾向があることがわかった。

④不具合防止策に関する認識

不具合事例に関して、どのような対策を行っていただければ不具合を防止することができたか、受発注者に確認した結果の一例（発注者の認識）を図-4に示す。図-4より、受発注者ともに「確実な照査の実施」との意見が半数以上を占め、次いで「受発注者による設計条件確認の徹底」との意見が多く見られた。これらの認識から、修繕設計においても現在整備されていない条件明示チェックシートや照査要領等の必要性の高さが伺える結果となった。

⑤修繕設計のプロセス全般に関する意見の整理

建造物の補修・補強に関する点検から施工までの各段階における課題（成果の引き渡しが十分か等）やそれらを踏まえた発注方式に関する意見等について、受発注者に確認し整理した。

その結果、修繕設計の品質に関わる現場調査等の実態として、「近接目視ができず、現況調査が不十分」、「材料搬入計画等の仮設検討が不十分」等、既設建造物の影響が大きい修繕設計特有の意見があがった。上記の意見を踏まえ、調査が不可能な箇所や仮設検討が不十分なケー

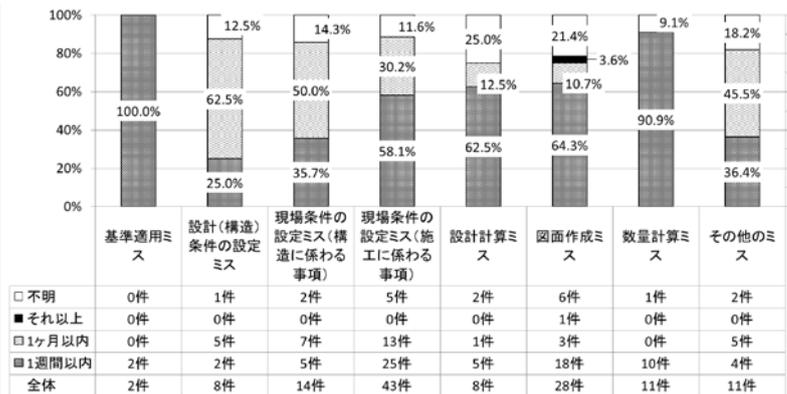


図-3 不具合分類別の工程への影響

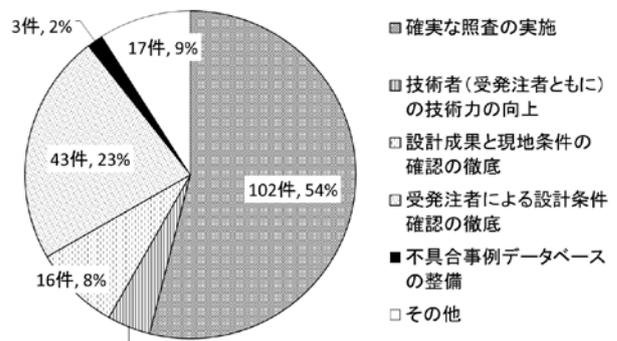


図-4 不具合防止策に対する認識（発注者）

スに関して継続的に事例収集していくとともに、そのような箇所においては、施工時に十分留意できるように申し送り事項として、後工程に引き継ぐ等の検討をしていく必要があるものと考えられる。

⑥修繕設計の発注方式に関する意見の整理

発注方式に関する意見では、受発注者ともに「点検・設計一括発注又は設計・施工一括発注とすることにより不具合が減少する」との意見が目立った。ただ一方で、「施工者の利益に偏った設計となる可能性がある」、「点検～施工の一連の業務に精通した高度な技術者が必要となり対応が難しい」、「設計者・施工者の二重照査の現状から施工者のみの照査となり、不具合を見逃してしまう可能性がある」などの課題があることも見えてきた。今回の意見は一部の受発注者からの意見であり、今後更なる調査を行い、具体的な工種、現場条件等も想定しながら各方式の適用性を精査していく必要があるものと考えられる。

最後に、本調査においては修繕設計の不具合による大きな手戻りを生じている事例はなかったが、現場条件の設定が十分ではないことによる不具合等は、少なからず発生していることがわかった。今後は、本調査でわかった重点項目に着目した分析等を行い、建造物の補修・補強のプロセス全体を視野に入れた新たな品質確保対策について研究していきたいと考えている。

国土技術政策総合研究所資料
TECHNICAL NOTE of NILIM
No.1006 January 2018

編集・発行 ©国土技術政策総合研究所
本資料の転載・複写の問い合わせは
〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地
企画部 研究評価・推進課 TEL 029-864-2675