

ISSN 1346-7328

国総研資料 第1125号

令和2年9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.1125

September 2020

令和元年度

道路調査費等年度報告

Annual Report of Road-related Research

in FY 2019

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

令和元年度
道路調査費等年度報告

Annual Report of Road-related Research in FY 2019

概 要

本報告は、国土技術政策総合研究所において令和元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、令和元年度

Synopsis

This report contains the results of the road-related research carried out by NILIM in FY 2019.

Keywords : Road-related Research, Annual Report, Fiscal Year of 2019

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、令和元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、有効活用を図る
- 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、道路資産の効率的な形成
- 領域5 美しい景観と快適で質の高い道空間の創出
- 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 大切な道路資産の科学的な保全
- 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、地球環境の保全

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。

令和2年9月

道路交通研究部長
道路構造物研究部長

高宮 進
福田 敬大

令和元年度 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

- ・交通流動把握手法の高度化に関する研究 (道 路 研 究 室) … 1
- ・渋滞対策実践支援 (道 路 研 究 室) … 3
- ・全国幹線道路における道路交通データ収集の高度化・効率化に関する調査 (道 路 研 究 室) … 5
- ・経済分析手法による道路整備の幅広いストック効果把握に関する調査 (建 設 経 済 研 究 室) … 7
- ・道路事業の効果算出手法の高度化に関する研究※ (道 路 研 究 室) … 9

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

- ・道路空間データの整備・活用手法に関する研究 (社会資本情報基盤研究室) … 11
- ・道路基盤地図情報を活用した道路管理支援システムの高機能化に向けた研究 (社会資本情報基盤研究室) … 13
- ・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) … 15

4. 領域 4：コスト構造を改革し、道路資産の効率的な形成

- ・部分係数設計法の適用性向上に関する調査検討 (橋 梁 研 究 室) … 17
- ・高強度材料の活用による橋梁構造の合理化に関する調査検討 (橋 梁 研 究 室) … 19
- ・土工構造物等の要求性能に対応した変状評価、性能向上に関する調査検討 (道 路 基 盤 研 究 室) … 21
- ・デバイスを用いた道路橋の耐震対策技術に関する調査検討 (構造・基礎研究室、熊本地震復旧対策研究室) … 23
- ・道路事業における入札・契約方式の実用性・実効性向上に関する研究 (社会資本マネジメント研究室) … 25
- ・CIM 展開のための 3 次元データ利活用の高度化に関する調査 (社会資本情報基盤研究室) … 27
- ・土工構造物等の要求性能に対応した変状評価、性能向上に関する調査検討※ (構 造 ・ 基 礎 研 究 室) … 29

5. 領域 5：美しい景観と快適で質の高い道空間の創出

- ・道路植栽地の適正な維持管理に関する研究 (緑化生態研究室) … 31
- ・道路空間再構築の計画・設計手法に関する研究 (緑化生態研究室) … 33
- ・無電柱化事業における円滑な合意形成手法に関する調査※ (道 路 環 境 研 究 室) … 35

6. 領域 6：交通事故等から命を守る

- ・生活道路対策エリアにおける交通安全の向上に関する調査 (道路交通安全研究室) … 37
- ・路上交通安全施設の維持管理に関する検討 (道路交通安全研究室) … 39
- ・自転車活用推進に向けた自転車通行空間の計画・設計に関する調査 (道路交通安全研究室) … 41
- ・交通事故発生状況に関する統計データ分析 (道路交通安全研究室) … 43

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	
・雪に強い道路構造・施設等に関する調査	(道路交通安全研究室) … 45
・災害時調査支援のための道路管理技術の高度利用に関する調査	(道路地震防災研究室) … 47
・冬期道路管理を踏まえた降雪予測情報に関する調査	(道路地震防災研究室) … 49
・冬期道路対策への住民参加の促進に関する調査	(建設経済研究室) … 51
8. 領域8：大切な道路資産の科学的な保全	
・道路橋の点検体系に関する調査検討	(橋梁研究室) … 53
・道路橋管理におけるアセットマネジメント活用に関する調査検討	(橋梁研究室) … 55
・部分係数設計法の補修補強設計への適用に関する調査検討	(橋梁研究室) … 57
・道路橋の補修・補強設計法に関する調査検討	(橋梁研究室) … 59
・盛土・切土等の要求性能に対応した管理手法の調査検討	(構造・基礎研究室) … 61
・盛土・切土等の要求性能に対応した管理手法の調査検討	(道路基盤研究室) … 63
・舗装の長期性能に関する調査検討	(道路基盤研究室) … 65
・地震災害復旧対策技術に関する研究	(熊本地震復旧対策研究室) … 67
9. 領域9：沿道環境を改善し、良好な生活環境を創造する	
・道路交通騒音の予測手法等の改正に関する調査	(道路環境研究室) … 69

地域連携道路事業費

・監督検査の効率化に向けた有効な検査技術に関する調査	(社会資本システム研究室) … 71
・道路工事における土木工事積算システムの高度化に関する検討調査	(社会資本システム研究室) … 73
・働き方改革の実現に向けた労働条件等の改善に関する調査	(社会資本システム研究室) … 75
・道路工事における土木工事積算システムの高度化に関する検討調査*	(社会資本システム研究室) … 77

*平成30年度から令和元年度へと継続して実施した研究を令和元年度成果としてまとめたもの

道路調査費

領域 1

新たな行政システムの創造

交通流動把握手法の高度化に関する研究

Study on advancement of an estimation method for traffic flow of trunk roads

(研究期間 平成 30～令和 2 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

横地 和彦
YOKOCHI Kazuhiko
松田 奈緒子
MATSUDA Naoko
里内 俊介
SATOUCI Shunsuke

It is necessary to grasp and analyze the daily fluctuation and temporal change of the road traffic situation. In this research, the authors examined a method of estimating OD matrix based on observation link traffic volume in Shikoku area where the data acquisition rate of ETC2.0 is low.

【研究目的及び経緯】

OD 交通量は道路交通の現状分析、将来の交通需要推定等に用いられる重要なデータである。国土交通省では、5 年に 1 度の全国道路・街路交通情勢調査において OD 交通量を把握している。しかし、OD 調査はサンプル調査であるため、サンプリングによるバイアスを完全に排除することは困難である。国土技術政策総合研究所では、より適切な OD 交通量の把握のため、比較的容易に実測可能な断面交通量から遡って OD 交通量を推定する方法 (OD 交通量逆推定手法) の開発に取り組んでいる。

【研究内容】

OD 交通量逆推定手法の基本的フローを図-1 に示す。この手法は、既存の OD 調査結果から得られる発生交通量比率と目的地選択率、OD ペア毎のリンク利用率および観測リンク交通量 (断面交通量) を入力データとして、観測リンク交通量に整合するような各ゾーンの発生交通量を推定値として出力する方法である。出力される発生交通量を利用して、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。

過年度において、ETC2.0 プローブ情報 (以下、ETC2.0 という。)によりリンク利用率を算出する方法を開発した。この方法は、ETC2.0 の経路情報から得られるリンク利用率を、OD ごと、経路ごとの ETC2.0 の取得率を用いた成長率法で補正するもの (以下、リンク利用率補正方法という。) である。このリンク利用率補正方法を用いて、近畿地方 (福井県、滋賀県、京都府、大阪府、兵庫県、奈良県、和歌山県) を対象に推定したところ、それまでの交通量配分等を用いた場合と比較し、より確からしいリンク利用率が得られ、OD 交通量逆

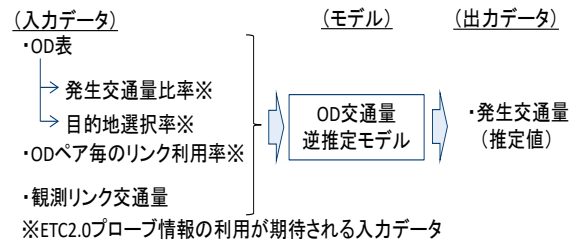


図-1 OD 交通量逆推定手法の基本フロー

推定においてもより確からしい推定結果が得られた。

しかし、OD 交通量逆推定手法の全国的な活用のためには、ETC2.0 の取得率が低い地域を対象とした OD 交通量逆推定手法の適用可能性の検証が必要である。そこで、本研究では、ETC2.0 の取得率が比較的低い四国地方を対象に推定を行った。ここで、ETC2.0 の取得率とは、平成 27 年度全国道路・街路交通情勢調査 (以下、交通センサスという。) による OD ペア数に対する ETC2.0 によって取得される OD ペア数とする。

また、これまで地方整備局単位を対象に推定を行ってきたが、OD 交通量の現場での活用場面を踏まえると、県単位での OD 交通量逆推定手法の適用可能性の検証も必要である。そこで、本研究では、近畿地方と四国地方の 1 府 3 県を対象に推定を行った。

【研究成果】

(1) ETC2.0 の取得率が低い地域における検証

四国地方 (徳島県、香川県、愛媛県、高知県) を対象に、OD 交通量逆推定を行った結果を述べる。推定に用いた入力値を表-1 に示す。なお、推定前リンク交通量とは、交通センサスによる OD 交通量とリンク利用率を用いて算定したリンク交通量である。また、推定後リンク交通量とは、OD 交通量逆推定を行った後のリン

ク交通量の算定値である。

算定結果について、リンク交通量（算定値）と観測値を比較した結果を図-2 および表-2 に示す。

推定前と比較し、リンク交通量の RMS 誤差は減少した（表-2）。また、図-2 から推定後（右のグラフ）は推定前（左のグラフ）と比べ、より観測リンク交通量に近い交通量が算定されているといえる。

また、リンク利用率補正方法を用いず、交通量配分を用いてリンク利用率を算出した場合の推定前 RMS 誤差と、リンク利用率補正方法を用いた場合の推定前 RMS 誤差を比較すると、リンク利用率補正方法を用いた場合は大きく減少した（表-2）。

以上より、ETC2.0 の取得率が低い地域においてもリンク利用率補正方法により確からしいリンク利用率が得られ、OD 交通量逆推定手法を用いてより確からしい OD 推定が可能といえる。

(2) 県単位での OD 交通量逆推定手法の適用可能性の検証

近畿地方と四国地方の 1 府 3 県（大阪府、和歌山県、香川県、高知県）を対象に OD 交通量逆推定手法を用いて推定を行った。ここでは、ETC2.0 の取得率が最も低い和歌山県の結果について述べる。推定に用いた入力値は、断面箇所数については約 170 箇所であり、それ以外については、(1) と同様である（表-1）。

算定結果について、リンク交通量（算定値）と観測値を比較した結果を表-3 および図-3 に示す。推定前と比較し、リンク交通量の RMS 誤差は減少した（表-3）。また、図-3 から推定後（右のグラフ）は推定前（左のグラフ）と比べ、より観測リンク交通量に近い交通量が算定されているといえる。

また、リンク利用率補正方法を用いず、交通量配分を用いてリンク利用率を算出した場合の推定前 RMS 誤差と、リンク利用率補正方法を用いた場合の推定前 RMS 誤差を比較すると、リンク利用率補正方法を用いた場合は大きく減少した（表-3）。

なお、大阪府、香川県、高知県でも同様の結果が得られた。以上より、県単位を対象とした場合においても、リンク利用率補正方法により確からしいリンク利用率が得られ、OD 交通量逆推定手法を用いてより確からしい OD 推定が可能といえる。

【成果の活用】

全国道路・街路交通情勢調査により把握している OD 交通量の補正に活用するとともに、毎時の OD 交通量を把握可能とするマニュアルを作成し、今後の交通需要マネジメント施策等に活用する。

表-1 四国地方の推定に用いた入力値の条件

発生交通量	交通センサによる OD 交通量から算出
目的地選択率	交通センサによる OD 交通量から算出
リンク利用率	ETC2.0 の経路情報を用いて算出したリンク利用率を、成長率法で補正して算出
断面箇所数	約 570 箇所（交通センサ実測箇所）

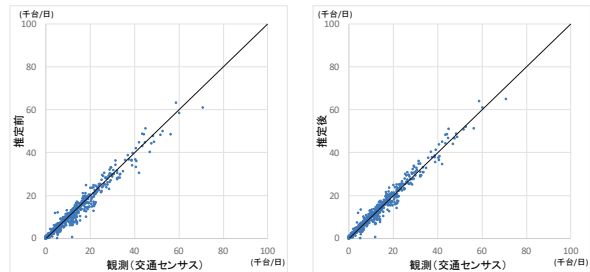


図-2 リンク交通量における推定値と観測値の比較（四国地方）（左：推定前、右：推定後）

表-2 推定前後のリンク交通量と観測値の相関・誤差（四国地方）

	相関係数	RMS 誤差	%RMS
推定前	0.979	2,528	19.6%
推定後	0.984	2,063	16.0%
(交通量配分を用いた場合の推定前)	0.760	12,621	98.0%

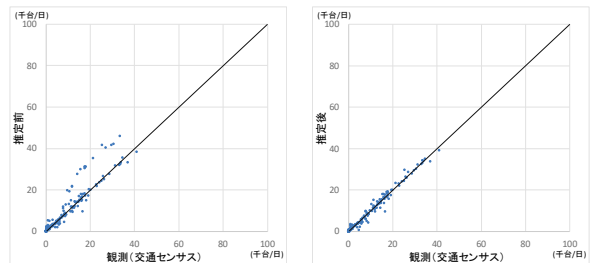


図-3 リンク交通量における推定値と観測値の比較（和歌山県）（左：推定前、右：推定後）

表-3 推定前後のリンク交通量と観測値の相関・誤差（和歌山県）

	相関係数	RMS 誤差	%RMS
推定前	0.941	4,084	45.2%
推定後	0.991	1,328	14.7%
(交通量配分を用いた場合の推定前)	0.750	7,939	87.8%

【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 1006 号 平成 28 年度道路調査費等年度報告 pp.5-6

渋滞対策実践支援

A study on supporting practice of the measures against traffic congestion

(研究期間 平成 28～令和元年度)

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

室 長 横地 和彦
Head YOKOCHI Kazuhiko
主任研究官 松田 奈緒子
Senior Researcher MATSUDA Naoko
研究官 里内 俊介
Researcher SATOUCHI Shunsuke
交流研究員 中田 寛臣
Guest Research Engineer NAKATA Hiroomi

The authors examined an analysis method for finding bottleneck points and its influence section. The Bottleneck Index, which was calculated using dot data of ETC2.0 probe data and represented a relation of traffic condition between upstream and downstream section, was applied.

【研究目的及び経緯】

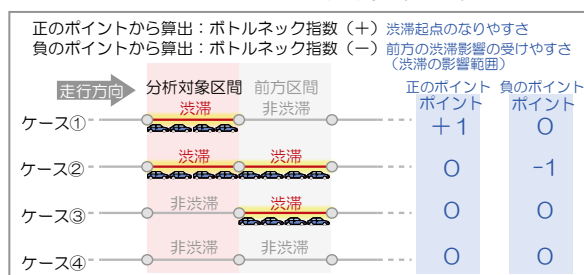
我が国では道路の移動時間の約 4 割が渋滞損失であり、生産性向上のため、交通状況を適切に把握することを通じ、渋滞箇所やその要因を分析し、効果的な渋滞対策を講じていくことが求められている。国総研では、ETC2.0 プローブ情報をはじめとする道路交通データを利用した、道路交通課題と対策効果の把握・分析手法の開発を行っている。その一つとして、調査対象の道路を等間隔で区間割りし、各区間における渋滞発生頻度で評価するボトルネック指数を用いた手法を開発している。本稿では令和元年度に実施したボトルネック指数を用いた渋滞把握手法の有効性に関する研究成果を述べる。

【ボトルネック指数の概要】

ボトルネック指数（以下「BN 指数」という。）は、ある道路区間における「渋滞の起点のなりやすさ」を BN 指数 (+) として、「前方の渋滞影響の受けやすさ」を BN 指数 (-) として表す指標である。まず、分析対象路線を等延長の区間に分割し、区間毎の日別時間帯別の旅行速度より「渋滞」、「非渋滞」を判定する。次に、分析区間とその前方に隣接する区間の「渋滞」と「非渋滞」の組み合わせからポイントを与える（図-1）。分析区間が「渋滞」、前方区間が「非渋滞」であれば分析区間が渋滞先頭であると判断し「+1」、分析区間と前方区間とも「渋滞」であれば分析区間は前方の渋滞の影響を受けていると判断し「-1」のポイントを付与する。BN 指数 (+) は分析期間内の「+1」を、BN 指数 (-) は分析期間内の「-1」を合算（+）と（-）のポイントは合算せず、それぞれで計算し、データ取得日数で除して算定する。BN 指数の絶対値により、渋滞発生頻度を示すことができる。区間分割は 100m 間隔とし、「渋滞」

と「非渋滞」を判定する速度閾値は、高速道路では時速 40km/h、一般道路では時速 20km/h と設定した。なお、区間分割延長と速度閾値の設定値は妥当であることを既往研究で確認している。

図-1 ボトルネック (BN) 指数の考え方



【研究内容】

本研究では、本手法の有効性を確認するために、サグ渋滞や交差点渋滞等が確認される高速道路 3 路線および一般道 3 路線に対してケーススタディを実施した。平休別・時間帯別（7 時台～18 時台）の BN 指数を算定し、各道路管理者へのヒアリングやタイムスペース図（高速道路のみ）により、現地把握されるボトルネック箇所と一致するか確認を行った。また、既往のボトルネック箇所の把握手法である速度コンター図と比べた本手法の有効性の確認を行った。

速度コンター図は分析期間の平均速度を扱うことから、速度低下の頻度が比較的低い道路区間では、分析期間のわずかな渋滞時の速度低下の影響を捉えることができず、適切なボトルネック箇所が把握できない場合がある。また、前方の渋滞影響の有無を区別できないことから、低速度が連続する交差点区間においてどの交差点がボトルネックかを判断することが困難である。それら速度コンター図の特性に対し、BN 指数は発生頻度で整理され、渋滞起点のなりやすさを示すことが可能であることから、低頻度渋滞区間および低速

連続交差点区間に着目した有効性確認を行った。

【研究成果】

(1) ボトルネック箇所の整合確認

検証路線の内、高速道路①で実施した結果を図-2 に示す。渋滞起点のなりやすさを示す BN 指数(+)は 65.8kp の車線減少箇所が高い数値を示しており、他の渋滞起点からの影響を示す BN 指数(-)は 65.8kp 付近から後方にかけて伸びている。このことから 65.8kp 付近をボトルネック先頭とした渋滞が発生していると判定される。道路管理者に確認した現地で把握されているボトルネック箇所も同様に 65.8kp 付近であると共に、タイムスペース図(図-3)における 40km/h 未満の低速度車両の先頭位置から判断されるボトルネック箇所も 65.8kp 付近であり、BN 指数から判断されるボトルネック箇所と一致した。他の検討ケースでも同様の結果であり、BN 指数が現地ボトルネックを適切に評価できていることを確認した。

(2) 低頻度渋滞区間での比較検証

低頻度渋滞区間に着目した速度コンター図との比較について、高速道路②で実施した結果を図-4 に示す。渋滞起点のなりやすさを示す BN 指数(+)は 53.6kp 付近および 56.3kp 付近のサグ後上り坂に集中しており、他の渋滞起点からの影響を示す BN 指数(-)は 53.6kp 付近から後方にかけて伸びている時間帯も確認できる。このことから 53.6kp 付近および 56.3kp 付近をボトルネック先頭とした渋滞が発生していると判定される。なお、道路管理者に確認した現地で把握されているボトルネック箇所とタイムスペース図の低速度開始位置も同様に 53.6kp 付近および 56.3kp 付近の位置であり、BN 指数が示すボトルネック位置と一致している。一方で、速度コンター図では 40km/h 未満の低速度が発生しておらず、ボトルネック箇所が判定できない結果であり、BN 指数とは異なる結果が得られた。低頻度で渋滞が発生している他の高速道路 1 路線における検証においても、速度コンター図と BN 指数が示すボトルネック位置が異なり、BN 指数が正確なボトルネック位置を示す結果が得られた。これら結果より、低頻度渋滞区間において速度コンター図では正確に捉えられないボトルネック箇所が、BN 指数で把握できるといえる。

(3) 低速連続交差点区間での比較検証

低速連続交差点区間に着目した速度コンター図との比較について、一般道路①で実施した結果を図-5 に示す。渋滞起点のなりやすさを示す BN 指数(+)は「交差点 A・E・K・O」の 4 交差点で高い数値を示しており、他の渋滞起点からの影響を示す BN 指数(-)は各交差点位置から後方にかけて伸びている。このことから、主に 4 交差点をボトルネック先頭とした渋滞が発生していると判定される。道路管理者に確認した現地で把握

されているボトルネック箇所は交通量集中による渋滞箇所「交差点 A・E・O」および近隣駅からのバス交通の集中による渋滞箇所「交差点 K」であり、BN 指数が示すボトルネック位置と一致した。

一方で、速度コンター図では 20km/h 未満の低速度が区間全体で広く発生しており、「交差点 A・O」が渋滞先頭と判定できるが、16・17 時台の「交差点 E」や「交差点 O」については渋滞先頭と判定できない結果となった。低速連続交差点区間について他の一般道路 1 路線における検証においても同様の結果が得られた。

これら結果より、低速度連続交差点区間において速度コンター図では正確に捉えられないボトルネック箇所が BN 指数で把握できるといえる。

【成果の活用】

BN 指数によるボトルネック箇所把握手法を「ETC2.0 プローブ情報を利用した道路交通状況の把握・分析方法手順書」としてとりまとめ、今後、地方整備局等が実施する効率的なピンポイント渋滞対策につなげる。

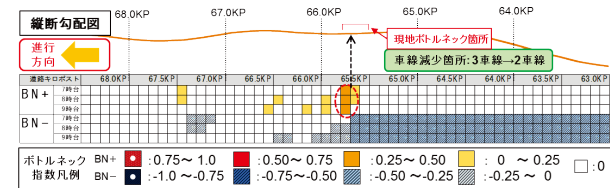


図-2 高速道路① BN 指数結果

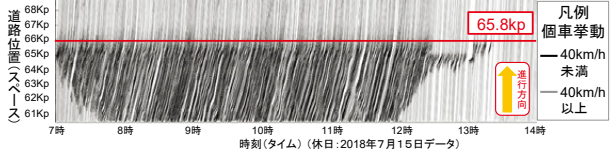


図-3 高速道路① タイムスペース図

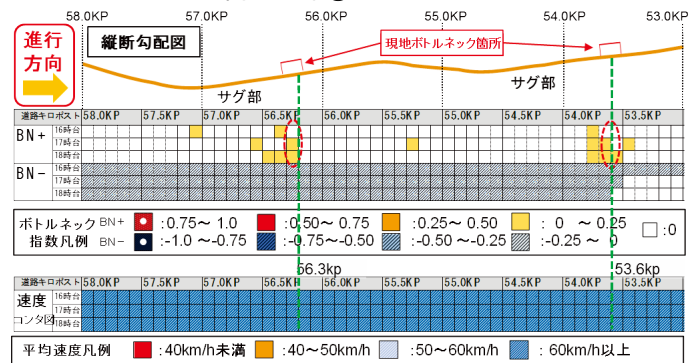


図-4 BN 指数と速度コンター図比較 (低頻度渋滞)

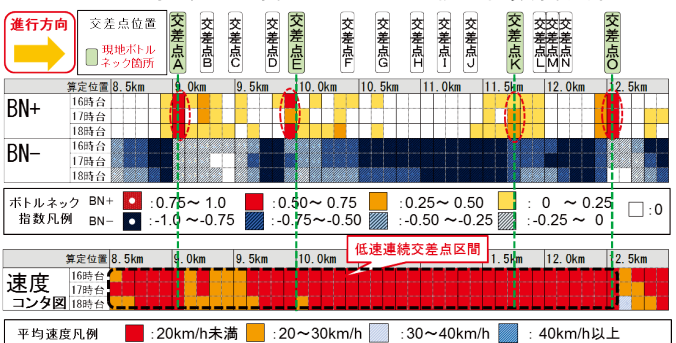


図-5 BN 指数と速度コンター図比較 (低速連続交差点)

全国幹線道路における道路交通データ収集の

高度化・効率化に関する調査

Study on advancement and efficiency of road traffic data collection on arterial road

(研究期間 令和元～3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

横地 和彦
YOKOCHI Kazuhiko
山下 英夫
YAMASHITA Hideo
里内 俊介
SATOUCHI Shunsuke
中田 寛臣
NAKATA Hiroomi
林 泰士
HAYASHI Taiji

The authors studied the method of conducting surveys on traffic volume, travel speed conditions and road condition in the road traffic census, with the aim of the advancement and efficiency of road traffic data collection on arterial road. In addition, they revised the road traffic census guidelines for 2020.

【研究目的及び経緯】

国土交通省では、全国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いる(図-1)。

国土技術政策総合研究所では、全国道路・街路交通情勢調査における交通量調査、旅行速度調査、道路状況調査(3つの調査をまとめて、以下「一般交通量調査」という。)の実施方法の研究開発を行っている。

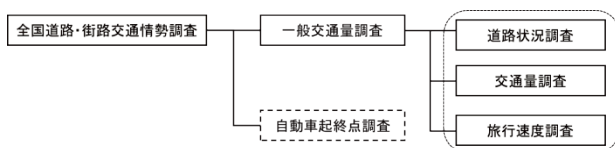


図-1 全国道路・街路交通情勢調査の構成

【研究内容】

本年度は、令和2年度に実施予定の一般交通量調査に向け、調査方法の更なる高度化・効率化について検討するとともに、これらの研究成果等を踏まえ、令和2年度一般交通量調査実施要綱の案を作成した。

本稿では、令和2年度一般交通量調査において新たに導入を予定している調査方法の検討結果について報告する。

(1) 交通量調査における新たな調査方法の検討

交通量調査においては、調査方法の高度化・効率化を図るため、直轄国道を含む国調査区間について、従来の人手観測や推定による交通量の算出を原則廃止し、機械観測を推進することとしている(図-2)。従来から

導入している常設のトラフィックカウンター(以下「トラカン」という。)や可搬式トラカンに追加する、機械観測の新たな観測方法について検討・整理した。

〔H27調査の観測方法(国による調査区間)〕

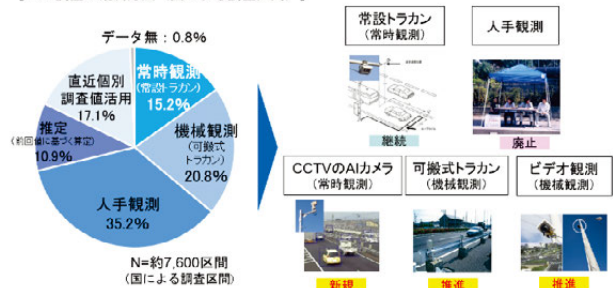


図-2 H27調査の観測方法内訳とR2調査の方針

(2) 旅行速度調査における新たな調査方法の検討

旅行速度調査においては、従来の実走調査に加え、ETC2.0プローブ情報(以下「ETC2.0」という。)等を併用して、調査方法の効率化を進めてきた。平成30年9～11月のETC2.0の全国カバー率を算出したところ、ETC2.0の取得データ数が増加していることから、令和2年度旅行速度調査においては、ETC2.0を基本とした調査へ移行することとしている。

(3) 道路状況調査における新たな調査方法の検討

道路状況調査においては、これまで現地調査や道路台帳による調査を基本としているが、調査方法の効率化を図るため、GISやオープンデータの活用について検討した。

【研究成果】

(1) 交通量調査における新たな調査方法の検討

AIによる画像認識技術を用いた交通量観測（以下「AI交通量観測」という。）の機器仕様（案）を作成した。これにより、交通量の新たな調査方法として、AI交通量観測が追加されることとなった。現在、各地方整備局等において、AI交通量観測機器の導入が進められている。機器仕様（案）の概要を表-1に示す。

表-1 AI交通量観測の機器仕様（案）概要

項目	仕様
対象車線数	4車線以下
観測精度	日中(7~16時)において、上下線別の自動車交通量±10%以内
車種分類	大型車(バス、貨物)、小型車、歩行者、自転車、自動二輪

国調査区間における常時観測区間の割合について、平成27年度調査においては15%であるのに対し、AI交通量観測の導入により、令和2年度調査においては最大で31%に拡大する見込みとなっている（図-3）。

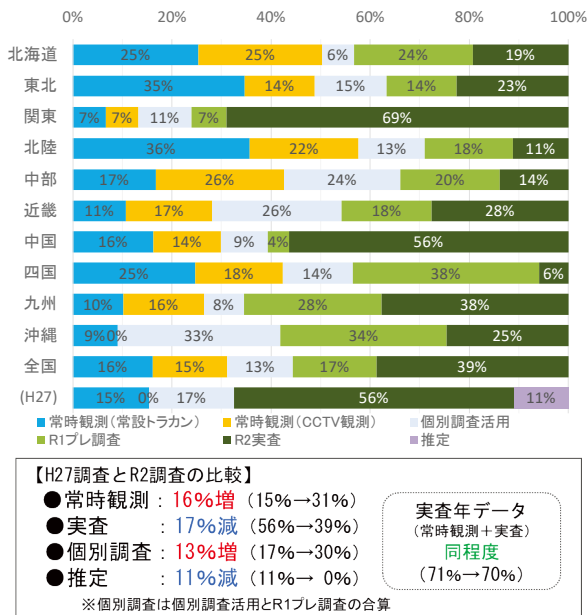


図-3 令和2年度調査における観測方法の内訳見込み（国調査区間）

また、ビデオ観測の導入、個別調査結果の活用の拡大により、令和2年度調査においては、原則全ての国調査区間において、人手観測や推定による交通量の算出を実施せず、機械観測が実施することが可能であることが整理された。これにより、調査方法の更なる効率化やデータの精度向上が図られることとなる。

(2) 旅行速度調査における新たな調査方法の検討

平成27年度調査時及び平成30年9月～11月を対象として、交通調査基本区間単位におけるETC2.0のカバー率を図-4に示す。

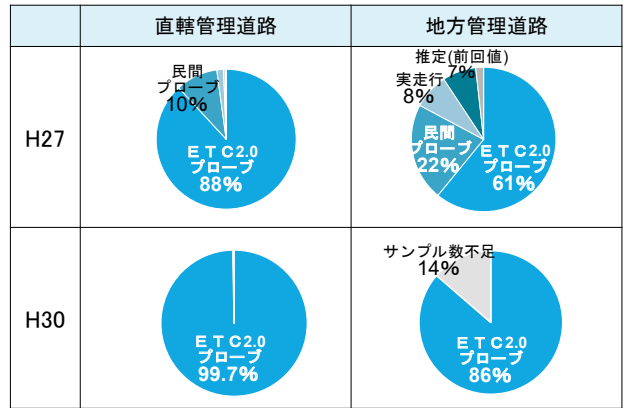


図-4 H27調査時とH30のETC2.0カバー率

平成27年度調査時においては、ETC2.0のカバー率は直轄国道において88%、地方道において61%であるのに対し、平成30年においては、直轄国道は99%以上、地方道においては86%であり、カバー率が大幅に上昇しているため、ETC2.0による調査のみで対応可能であることが整理された。しかしながら、地方の山地部など、ETC2.0の取得が困難なエリアも一部あることから、実走調査を必要に応じて実施する予定である。

(3) 道路状況調査における新たな調査方法の検討

GISやオープンデータを用いた調査方法について検討した。一例として、道路状況調査の項目である「沿道状況」について、調査結果の確認を支援するツール上に、DID（平成27年国勢調査、国土数値情報）を表示させる機能を設けた（図-5）。

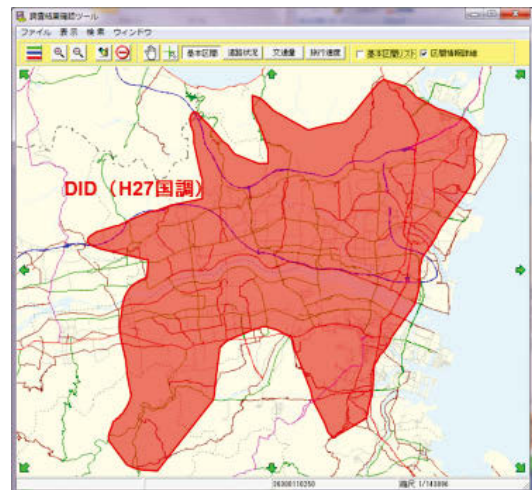


図-5 調査支援ツール

【成果の活用】

これまでの研究成果等を踏まえて作成した、交通量調査、旅行速度調査、道路状況調査の調査実施要綱の案を基本として、令和2年度全国道路・街路交通情勢調査一般交通量調査が実施される予定である。

経済分析手法による道路整備の 幅広いストック効果把握に関する調査

Research on using economic analysis method to grasp wider stock effects by road construction facilities

(研究期間 令和元～2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

室長
Head

小俣 元美
OMATA Motoyoshi

Research Center for Infrastructure Management
Construction Economics Division

The purpose of this research is to grasp and analyze the national and regional economic effects using economic analysis methods to understand the stock effects of road investment. In this fiscal year, we examined the economic effects of road investment using a macro lightweight economic model, collected information on indicators of public investment, investigated the application status and cases of countries adopting the "wider economic impact", and investigated the Economic effects of highway construction by SCGE analysis.

【研究目的及び経緯】

国土技術政策総合研究所では、道路整備のストック効果等の経済効果を把握するための分析手法や仕組み等の調査研究を行っている。

本調査は、①全国マクロ計量経済モデルによる道路整備の経済効果に関する分析、②海外の交通投資等の指標に関する情報収集・整理、③諸外国における広範な経済効果(wider economic impacts)の適用状況に関する情報収集・整理、④SCGE分析(空間的応用一般均衡分析)を用いた高速道路整備による地域別・産業別経済効果の把握を行ったものである。

【研究内容】

1. 全国マクロ計量経済モデルによる道路整備の経済効果分析及び課題の整理等

全国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～平成30年度の経済データ(GDP、人口、消費者物価指数等)及び道路による生活圏間所要時間データを収集し、パラメータを設定し、フロー効果及びストック効果の算定・検証を行った。さらに、本モデルの課題の整理等を行った。

※標準モデル:内閣府の計量経済モデル等を参考に、道路ネットワークの整備量をアクセシビリティとして表し、経済効果を定量的に推計するモデル
改良モデル:上記に物価下落等の経済状況を反映させ、デフレ経済に対応したモデル

2. 海外の交通投資等の指標に関する情報収集

海外の投資判断等で参考として用いられている、国もしくは地域全体の経済状況をマクロ的に表す指標や計測方法等について情報収集を行った。収集対象は、主に主要先進国の政府関係機関等とし、各機関のホームページから情報を取得した。

3. 諸外国における「広範な経済効果(WEI)」に関する情報収集・整理

英国交通省の「ワイドー・エコノミック・インパクト(WEI)」又はそれに類する効果(広範な経済効果)につ

いて、政府の指針等で経済効果の把握方法として採用している国(デンマーク、ニュージーランド、オーストラリア、アイルランド等)を対象に、適用状況に関して、各国にメール照会による情報収集を行った。

4. SCGE分析を用いた高速道路整備による地域別・産業別経済効果の把握

道路整備の地域別・産業別ストック効果の把握のため、空間的応用一般均衡(SCGE)モデルを用いて、全国の高速度道路整備ストックによる経済効果について、地域別、産業別の定量的な推計を行った。

【研究成果】

1. 全国マクロ計量経済モデルによる道路整備の経済効果分析及び課題の整理等

(1) データ収集・整理及び経済効果の算定

全国マクロ計量経済モデルの構築に必要な経済データ(GDP、人口、消費者物価指数等)及び道路による生活圏間所要時間データについて、昭和55年度～平成30年度のデータを収集した。その上で、収集した経済データ及びアクセシビリティ指標に基づき、全国マクロ計量経済モデルのパラメータを設定し、1兆円の道路投資によるフロー効果およびストック効果(10年間)の算定を行った。

標準モデルではデフレ経済下における適切な定量評価への課題が指摘されていたが、改良モデルではモデルに金利・物価を組込む(内生)化により、経済状況を反映するという改善を行っている。算定結果としては、乗数効果(フロー効果)及びストック効果双方で、改良モデルの方が高い結果が導かれている。

(2) 本モデルの課題等の整理等

モデルの課題や改善方法については有識者から以下の意見を戴いた。

・モデルの構造に関しては、物価と金利はモデルでのトレースが難しいことから、物価と金利を内生化す

る必要性についての検討が必要。また、物価と金利を内生化しなければ GDP ギャップは不要となる。

- ・計測に際しては、1~2 年程度の短期の効果は需要型モデル、5 年以上の長期の社会資本ストックの効果は供給型モデルで計測するなど、短期と長期で使い分けていくという手法が考えられる。
- ・乗数効果の値は近年低下傾向にあるが、モデルが複雑になるほど、要因が分からなくなるという課題が生ずる。また、成長率の高い時代のデータを用いた推定では、乗数が高くなる可能性があることから、採用するデータ年次の検討も必要。

なお、本調査でのマクロ計量経済モデルが、利用者が分かりやすく使用できることを目的に、分析ソースやインプットデータの作成方法等を含めたマクロ計量経済分析における作業マニュアル案の作成を行っている。

2. 海外の交通投資等の指標に関する情報収集

海外における交通投資による経済的影響等を表す指標の一つとして、アクセシビリティが生産性に与える影響を示すものが挙げられた。また、関連する既往論文においては TFP (全要素生産性) との関係性も分析されている。

一方、公共投資全体の投資による経済的影響等については、生産関数による GDP に及ぼす影響 (公的資本の弾力性) が多く推計されている。また、乗数等が指標として示されるフロー効果については、VAR (ベクトル自己回帰モデル) や DSGE (動学的確率的一般均衡) モデルによる計測が挙げられた。

3. 諸外国における「広範な経済効果 (WEI)」に関する情報収集・整理

広範な経済効果の適用状況に関する情報収集・整理の一環として、既往論文「ワイダー・エコノミック・インパクト (広範な経済効果) に関する指針のレビュー (Wangsness et al. (2017))」に記載されている各国の活用状況や判定基準の記載内容を参考に、各国適用状況について、情報収集をふまえ整理を行った。

表 1 広範な経済効果 (WEI) の各国の適用状況 (抜粋)

国	ガイドライン公表年	適用条件	WEI1(集積)			WEI2(不完全競争)			WEI3(労働への影響)														
			集積経済			a:生産変化			b:競争増加			a:労働供給増加			b:生産性の高い職への移動			c:超過労働供給の増加					
			A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C			
オーストラリア	2014	△		M				NM															
ベルギー	2013	○						NM															M
デンマーク	2014	-		NM				NM						M									
アイルランド	2016	△		M				M									NM						
ニュージーランド	2016	-	M					M						M									
英国	2019	○		M				M						NM			M						

【凡例】	活用状況
	A: 貨幣化され費用便益分析等に含まれる項目
	B: 定量化されるが、費用便益分析には含まれない項目
	C: 広範な経済効果 (WEI) の効果が定量的に示されている場合等
	算定方法の有無
	M (Method): ガイドラインに算定方法(式)が含まれる項目
	NM (Non Method): 算定方法(式)が含まれない項目
	適用条件の有無
	○: 適用条件あり
	△: 適用条件はないが、関係者協議あり
	×: 適用条件なし
	—: 適用条件不明

広範な経済効果の適用の判断条件については、「事前に関係者で適用の可否について協議 (アイルランド)」、活用については、「初期段階は広範な経済効果を含まない算定で事業判断を行い、後に広範な経済効果を含む算定結果で事業判断が行われる (オーストラリア)」などとされており、投資判断等の評価においては補助的な活用という扱いとなっている模様である。

また、事業規模については「大規模な事業で適用される傾向」、パラメータ項目は「英国に近いものの、算定パラメータは各国独自で推計している」傾向がある。

なお、英国では広範な経済効果の適用に際して、エコミックナラティブ (経済的物語) を明示できるものに適用するという条件が指針において示されている。

4. SCGE分析を用いた高速道路整備による地域別・産業別経済効果の把握

(1) 分析シナリオの整理・設定及びデータの収集

国内外の SCGE モデルに関する既存研究をレビューし、日本国内において SCGE モデルを活用し道路整備効果分析を行う際の標準設定を整理した。

基本シナリオとして、過去 50 年間分の整備効果について「With-Without」(有無比較)により計測している。

検討ケースは、H28 年度末時点で整備済みの高規格幹線道路 (11, 404km) を基本とし、データ整備については、H28 年データを用いて全国 207 生活圏・16 産業分類の基準均衡データを構築した。

(2) 地域別・産業別経済効果の算出

前述の SCGE モデルの標準設定に基づき経済モデルを構築し、地域別・産業別に経済効果の算出を行った。

付加価値額変化を地域ブロック別にみると、関東の変化が最も大きかった。産業別では、その他製造業、化学製品、鉄鋼・非鉄金属・金属製品、一般機械、電気機械・情報・通信機器等で大きな変化が生じている。

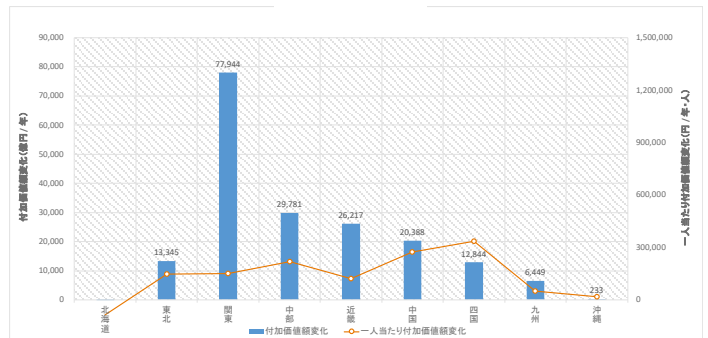


図-1 地域ブロック別の付加価値額の変化 (億円/年)

本分析は、最新の経済統計データ 1 時点での有無比較により算出を行っている。実際の高速道路は段階的に開通していることから、過去の主要時点 (複数時点) でデータを構築して有無比較を行い、効果を累積する等の計測方法により算定を行うというプロセスを採用することで、より精緻な経済効果の算出が可能になるものと考えている。

道路事業の効果算出手法の高度化に関する研究

Study on the advancement of calculation method for effect of road project

(研究期間 平成 30～令和 2 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

横地 和彦
YOKOCHI Kazuhiko
田中 良寛
TANAKA Yoshihiro
根津 佳樹
NEZU Yoshiki
西 公平
NISHI Kohei

The authors collected the cases that measured the various effects except travel time reduction, travel cost reduction and traffic accident reduction of road project, and organized the evaluation methods for evaluating the various effects of road projects. Next, they heard from expert opinions on them, and organized opinions on regarding the appropriateness and improvement methods of the evaluation methods for each case.

【研究目的及び経緯】

道路事業による効果には、費用便益分析で計測する「走行時間短縮便益」、「走行経費減少便益」、「交通事故減少便益」（以下「3 便益」という。）以外にも多様な効果が存在している。3 便益以外の多様な効果についても国民に分かりやすく示すことが求められており、国土技術政策総合研究所では、道路事業の多様な効果の評価項目、計測手法の研究を行っている。

本研究は、多様な効果の評価事例を収集するとともに、学識経験者への意見聴取を行い、国の道路事業評価への適用に向け検討を行う。

【研究内容】

本年度は、国内で実施された道路事業評価の事例収集を行い、評価項目ごとに代表事例を抽出し、内容を整理した。また、表-1 に示す項目で学識経験者に対して意見聴取を行った。

表-1 意見聴取の項目

項目1	国内の事業評価等における「貨幣換算した効果」や「定量化した効果」について、「便益として計測できる可能性」、「(各地整でマニュアル的に)定量化できる可能性」、「実務での適用性」などについて意見聴取
項目2	過年度までの研究成果に基づき作成された「時間信頼性向上便益の算定マニュアル(案)」に関する有識者からの意見に対する捉え方について意見聴取

【研究成果】

(1) 多様な効果の評価手法の事例収集

国内で実施された道路の事業評価の事例収集を下記の条件に基づき行い、評価項目を整理した。

- ・ 期間：平成 29、30 年度
- ・ 対象：地方整備局等、都道府県、政令指定都市が実施した事業評価
- ・ 方法：各対象ホームページから事例を収集

本研究では、746 評価事例（地方整備局等：254 評価事例、都道府県、政令指定都市：492 評価事例）を収集した。収集した結果 31 項目に分類され、3 便益以外の評価項目では、定量化に留まる事例が多く、貨幣換算している事例は少ないことを確認した(図-1、図-2)。

また、評価項目ごとに代表的な事例を抽出し、評価手法について「将来予測値の利用の有無」、「貨幣換算の有無」、「3 便益からの独立性」、「評価手法の妥当性」、「算定難易度」、「実務利用可能性」の特徴を整理した。

(2) 学識経験者への意見聴取

表-1 に示す項目 1、2 に基づき、学識経験者に対して勉強会形式の意見聴取を実施した。ここでは、(1)で整理した事例の評価手法の妥当性や改善方法、また国土技術政策総合研究所が作成した「時間信頼性向上便益の算定マニュアル(案)」(国土技術政策総合研究所資料 No.790)等について広く意見を頂いた。表-2 に意見聴取結果の要旨を示す。

※本報告は平成 30 年度から令和元年度へと継続して実施した研究の成果を令和元年度研究成果としてまとめたものである。

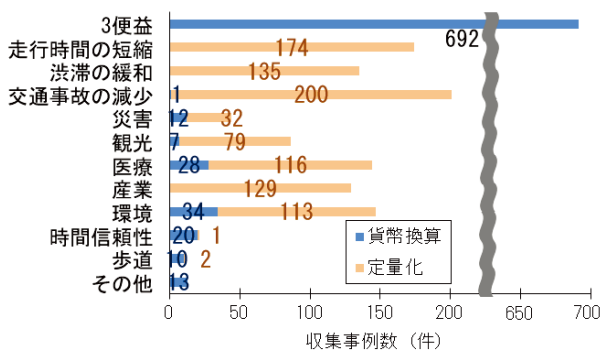


図-1 評価項目別収集事例(全事例)

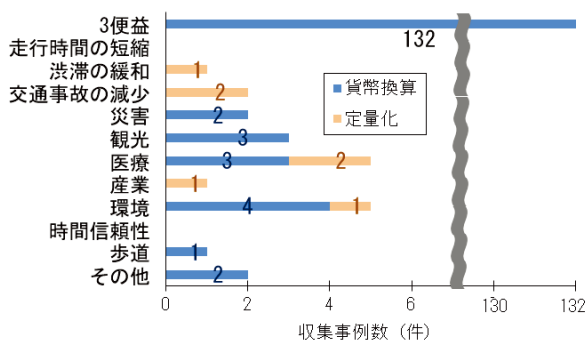


図-2 評価項目別収集事例(新規事業採択時評価)

表-2 意見聴取結果の要旨

評価項目	学識経験者の指摘事項
全般	<ul style="list-style-type: none"> ● 近年の費用便益分析では効率面を主に考慮しており、社会資本整備が基本的権利(災害対策、医療保障等)を守る効果を十分に考慮できていない。 ● 3便益に新しい項目を追加する際には、効率と権利のどちらのストック効果に分類されるのかを整理し、権利関連の項目を無理に計上しない事が肝要。 ● 3便益による評価では、道路の便益の一部しか捉えられていないため、事業間の相対比較に用いるのが妥当な利用方法である。基本的権利を守るという観点からは、費用便益比による評価には必ずしもそぐわないといえる。
災害	<ul style="list-style-type: none"> ● 災害対策の効果について評価する際、基本的権利を守る観点からは発生確率を加味して評価する必要は必ずしもない。確率を加味する事で効果が過少に評価される場合もある点に留意が必要。 ● 災害対策という権利が守られる効果を繰り返し周知していく事が、事業を進める上で重要。

観光	<ul style="list-style-type: none"> ● 基本的には観光消費は所得の移転となるためそのまま便益計上は困難だが、観光消費の促進について、定量化・影響把握を行う事は必要。 ● 観光時の時間価値は、安全側でみて平常時と同等として設定されているが、通常時よりも価値が高いと推察。
医療	<ul style="list-style-type: none"> ● 災害同様、医療保障の権利が守られる効果は非常に大きく、繰り返し周知していく事が、事業を進める上では重要。
産業	<ul style="list-style-type: none"> ● 空間応用一般均衡モデル等を用いれば、波及効果を捉える事は可能であるが便益計上を行う事は困難。Wider Economic Impact は便益計上可能であるが、導入方法は検討の必要がある。
環境	<ul style="list-style-type: none"> ● CO₂排出量等の貨幣換算原単位について、事業間の比較を行う必要性を考慮すれば、少なくとも統一した原単位を設定し、設定根拠を明示する事が必要。
時間信頼性	<ul style="list-style-type: none"> ● 現状のマニュアル案では、時間信頼性の便益の一部しか評価できていない可能性がある。今後どのように時間信頼性の便益計上を行うかを考慮すると広く捉えた効果を計上する方が望ましいが誘発需要の考慮等、課題点も多い。 ● 標準偏差の推定式についても改善の余地がある。少なくともパラメータの大小関係が理論的に整合しているか、実測データとの整合性の確認は必要。

[成果の活用]

本研究では、「走行時間短縮便益」、「走行経費減少便益」、「交通事故減少便益」の3便益を除く道路整備に伴う多様な効果について、評価している国内の道路事業の事例を収集し、評価手法を整理した。また、学識経験者への意見聴取を実施し、各事例の評価手法の妥当性や改善方法等について意見を頂戴した。

本研究の成果は、現行の費用便益分析の3便益に新たな追加効果を検討する際の基礎資料として活用が期待される。

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

道路空間データの整備・活用手法に関する研究

Research on a method of data acquisition and utilization of point cloud data in road space

(研究期間 平成30～令和元年度)

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 Infrastructure Management
Information Platform Division

室長 池田 裕二
Head IKEDA Yuji
主任研究官 糸氏 敏郎
Senior Researcher ITOUJI Toshiro
主任研究官 大手 方如
Senior Researcher OOTE Masayuki
交流研究員 細川 武彦
Guest Research Engineer HOSOKAWA Takehiko
交流研究員 難波 雄二
Guest Research Engineer NANBA Yuji

The purpose of this research is to examine the system configuration for integrating, storing, and sharing point cloud data in road space. The authors analyzed the acquired data and interviewed with some companies, and created a functional requirement necessary for building implementation system.

【研究目的及び経緯】

国土交通省ではMMS (Mobile Mapping System) を各地方整備局等に導入し、道路管理用車両等を用いて大量の点群データを取得している。今後、この点群データを民間企業と共有し、道路交通上の課題解決等につながる多角的な利活用を促すことを目指している。しかし、各地方整備局等が取得したデータを集約・保管し、利用する民間企業と共有するための仕組みが存在しない。このため本研究では、点群データの集約・保管・共有を行うためのシステム要件等の検討を行い、システムの実装に必要な機能要件を作成した。

【研究内容】

(1) 各地方整備局等による取得データの調査

各地方整備局等が保有しているMMSの機材はそれぞれ異なるため、取得するデータの形式やサイズ等、データの諸元が大きく異なる。そこで各地方整備局等が取得した点群データ等を入手して分析を行い、構築するシステムのスペック等について検討を行った。

各地方整備局等で使用されているMMSのレーザスキャナは、「SICK LMS511」、「Velodyne HDL-32E」、「Velodyne VLP-16」の3種類である。また、デジタルカメラは標準カメラと360度カメラの2種類であり、これらの違いによりデータ容量に差が生じる。各地方整備局等で使用しているレーザスキャナおよびデジタルカメラの種類及び1kmあたりのデータ量(入手したデータの平均値)を表-1に示す。

表-1 機材の種類と1kmあたりのデータ量 (GB)

保有する地整	レーザスキャナの機種	カメラ	点群データ	画像データ
関東、中部、近畿、中国、四国、九州	SICK LMS511	標準カメラ 画素数:500万画素	0.17	4.46
北海道、東北	Velodyne HDL-32E	360度カメラ (魚眼カメラ2台で構成) 1200万画素	4.96	2.27
北陸	Velodyne VLP-16	360度カメラ (標準カメラ6台で構成) 500万画素	1.1	7.3

これらのデータから、直轄国道約23,000kmの上下線を合わせて約50,000kmを取得することを想定し、400TBの容量以上をシステムのデータベースの要件であることとした。

(2) データ共有・加工機能の決定

システムが保管・管理する点群データ等を民間企業と共有する際には、データを容易に検索する機能やデータ容量を減らすための加工機能を実装することが望ましい。そのため、点群データを取得・利用している企業へヒアリング調査を行い、システムが備えるべきデータ共有・加工機能を利用者の視点から決定した。

ヒアリングは、MMSを用いた測量業務を各地方整備局等から受託している「パスコ」、「アジア航測」、「アイサンテクノロジー」の3社に、点群データ等を用いて自動運転用地図の作成に取り組んでいる「ダイナミックマップ基盤」を加えた4社に対して実施した。

ヒアリングの結果、各社ともに必要と判断した項目を7つに整理し、データ共有・加工機能としてシステムに実装することとした(表-2)。

表-2 データ利用者の視点から必要な機能等

① データを間引く加工機能は不要 (用途に応じてデータ利用者が行う)
② 計測直後(処理前)のデータ(ローデータ)の提供機能が必要
③ 画像に関しては、 <u>個人情報</u> を削除する加工機能が必要
④ データ取得箇所を容易に検索・特定する機能が必要
⑤ 有償で提供する場合には事前にデータを確認できる機能が必要
⑥ データ共有は、容量が大きいため、ダウンロード機能に加えて <u>郵送による物理的な手法の組み合わせ</u> が望ましい
⑦ データの精度等に関する諸元も提供することが必要 (機材スペック、計測時の車両速度、渋滞状況、計測日時等)

(3) データ納品仕様の決定

取得される点群データ等は、各地方整備局等の機材の種類に応じて格納先やメタデータの項目が異なるだけでなく、取得作業の受注者によっても取得データの形式が異なる。そこで、民間企業が利用する際に必要なデータが漏れなく納品され、自動的にシステムへ登録できるよう、各地方整備局等にデータ納品する際の納品仕様を作成することとした。

特に、表-2⑦にあるデータの精度については、民間企業が活用するにあたり必須となるため、必要な精度管理資料の種類や項目をヒアリングにより整理し、成果物として納品することを必須とした(図-1)。

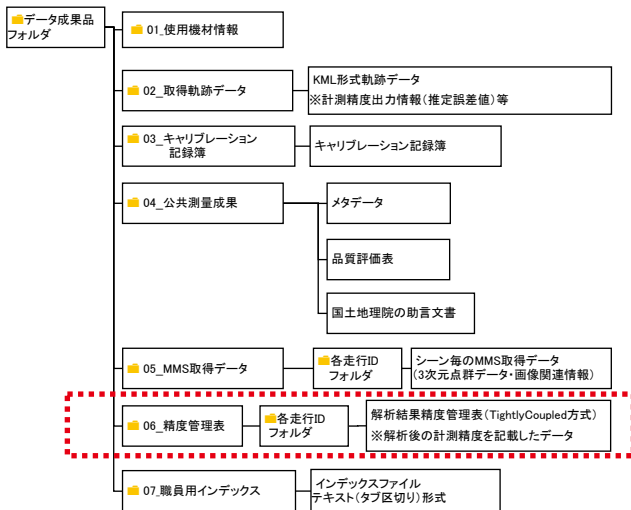


図-1 データ納品仕様の構成

[研究成果]

各地方整備局等が取得したデータの分析から、システムに必要な機材のスペックを仮定し、費用を比較してシステムに必要なサーバ等のスペックを決定した。

データ共有機能のうち、ヒアリングで確認された表-2③の個人情報情報を削除する機能については、共有した画像データによりプライバシーや肖像権の侵害が生じる可能性があるため確実な実施が必要である。しかし、データの取得延長が多いと処理作業の負荷が大きい。そのため、AIを用いて顔やナンバープレートのマスキング処理を自動で一次スクリーニングし、処理後のデータを目視確認する機能を実装することとした(図-2)。



図-2 顔やナンバープレートのマスキング処理

また、表-2④のデータ検索・特定機能については、地図上に取得路線を表示するとともに、各データの路線名、都道府県、データ取得時期、及び道路種別をメタデータとして表示し、容易に求めるデータが入手できる仕様とした。表-2⑤のデータを事前に確認できる環境については、データが存在するすべての場所について利用者がブラウザ上で点群データと画像データを連動させた画像を閲覧できる機能を備えることとした。表-2⑥のデータ共有手法については、管理者にデータ提供を依頼する機能を備えることとした。これらの機能を備えたシステムのイメージ画面を図-3に示す。これらをシステムの機能要件とした仕様の作成を行った。



図-3 システムの機能

[成果の活用]

令和2年度から取得を開始する直轄国道の点群データ等を収集・保管・管理・共有できるように、整理した機能要件に基づきシステム構築を行う予定である。

道路基盤地図情報を活用した道路管理支援システムの高機能化に向けた研究

～MMS の取得データからの道路案内標識の抽出～

Extraction method of road guide signs from MMS data

(研究期間 平成 30 年度～令和 2 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 Infrastructure Management
Information Platform Division

室長	池田 裕二
Head	IKEDA Yuki
主任研究官	糸氏 敏郎
Senior Researcher	ITOUJI Toshiro
主任研究官	大手 方如
Senior Researcher	OOTE Masayuki
交流研究員	細川 武彦
Guest Research Engineer	HOSOKAWA Takehiko
交流研究員	難波 雄二
Guest Research Engineer	NANBA Yuji

The purpose of this study is to collect data on road guide signs efficiently. The authors created the system to extract position data and text data written on board surface of guide signs from point cloud data and image data acquired by MMS (Mobile-Mapping-System). It was demonstrated that the board surface image and its position coordinates can be obtained, and that the guide place name data can be extracted from MMS data.

【研究目的及び経緯】

道路案内標識は、整備主体がそれぞれの目的のために設置していることから、周辺の標識との連続性や整合性が確保されていない事例が見られる。GIS を用いて地図上で一元管理することができれば、連続性や整合性をチェックすることが容易になり、不適切な事例を抽出することができる。しかし、各地方整備局等では道路案内標識の位置や板面の情報を写真や図の形式で紙による管理がなされている場合が多く見られ、電子データの形式でデータベースを用いた管理がなされていない。

そのため本研究では、各地方整備局等が取得を進めている MMS (Mobile-Mapping-System) を用いた点群及び画像データ等から、道路案内標識の位置及び板面に記載された案内地名をデータ形式で抽出するプログラムを作成し、全国の道路案内標識データを効率的に収集する手法を開発することを目指している。

【研究内容】

1. 道路案内標識データの抽出方式

本研究では、図-1 に示す以下の 4 段階の処理を経て、MMS から取得した点群データ、走行軌跡、画像データを入力データとし、道路案内標識の板面画像、位置情報及び案内地名データを出力することとした。

1) Deep Learning による画像からの道路案内標識の抽出

本処理では、Deep Learning 手法の一つである物体

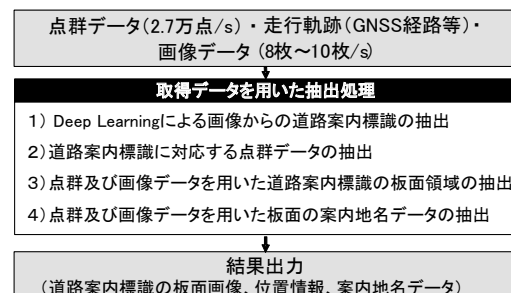


図-1 道路案内標識の抽出処理フロー



図-2 連続画像データより道路案内標識を抽出した例

検出手法 (Detection 手法) を用いて、入力画像データの中から 106/108 系案内標識を含む画像データを抽出した (図-2)。

2) 道路案内標識に対応する点群データの抽出

1) の処理のみでは民地の看板やバスの広告等を誤って認識する場合がある。そこで画像データだけでなく点群データからも標識の抽出処理を行い、これらを組み合わせることで道路案内標識と判断することとした。

点群データから標識を抽出する手法は、柱状部分の

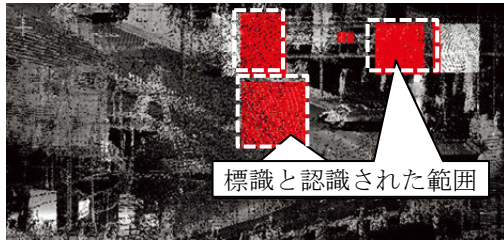


図-3 道路案内標識に対応する点群データの抽出例

検出と、走行車線上の空間に限定して反射強度が高い平面状部分の検出を組み合わせることとした。これらの処理を行い、道路案内標識と認識された範囲の点群データを抽出した (図-3)。

3) 点群及び画像データを用いた道路案内標識の板面領域の抽出

本処理では、1)と2)の結果を組み合わせ、板面領域の抽出を行った。具体的には、道路案内標識を抽出した画像の撮影時刻において、自転車位置前方に道路案内標識に対応する点群データが存在する場合のみ、その画像データは道路案内標識を抽出していると判断し、その画像データから板面領域を抽出した。

4) 点群及び画像データを用いた板面の案内地名データの抽出

本処理では、前処理にて取得した道路案内標識板面の画像データに対して、「Google の OCR ライブラリ (Cloud Vision API)」を適用し、標識板面に記述されている文字列や板面画像上の位置情報を抽出し、さらに案内地名にはアルファベットの記載が付される配置ルールを利用して案内地名データを抽出した (図-4)。

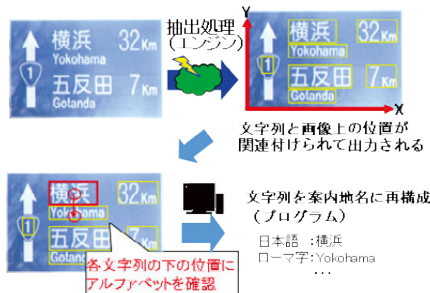


図-4 文字認識エンジン出力結果の再構成イメージ

2. プログラムの試作及び評価

前述の方法で道路案内標識を抽出するプログラム及び板面に記載された案内地名データを抽出するプログラムをそれぞれ試作し、評価を行った。

1) 道路案内標識の抽出プログラムの評価

本プログラムを用いて抽出した道路案内標識の位置を地図上に表示し、目視により確認した正しい位置と比較を行った。その結果、本プログラム処理により90%以上の案内標識で正しい位置を取得できることがわかった。しかし、標識自体を抽出できない場合や、位置座標が異なって抽出される場合も確認された (図-5)。



図-5 プログラムによる抽出位置と目視位置

2) 案内地名の抽出プログラムの評価

案内地名の抽出プログラムにより抽出された案内地名の文字列と目視による案内地名の文字列との比較による抽出率の評価を行った。板面画像から案内地名を過不足なく日本語表記、英語表記ともに抽出できた割合は約60%程度であった。正しく抽出できなかった標識の板面画像例を図-6に示す。

日光による白飛び現象が発生している画像や、文字が小さくつぶれた品質の低い画像、板面の傾いている画像からは文字列が抽出できない、もしくは誤った文字列が抽出されるという結果が見られた。



図-6 正しく抽出できなかった標識の板面画像例

【研究成果】

本研究では、MMSで取得した画像及び点群データから道路案内標識の位置及び標識に記載された案内地名データの抽出を行うためのプログラムの試作及び評価を行った。

その結果、MMSにより取得された画像データより道路案内標識の板面画像、その位置座標を取得可能であること、かつ、案内地名データについて取得精度が低下する条件について知見を得た。

今後、教師データを増加させ検知精度の向上を図ること、板面画像の傾き補正を支援する手法の検討、標識設置基準による『基準地・重要地・主要地一覧表』のデータを用いて、検出した地名とローマ字の組合せの精度を上げること等が必要であると考えられる。

【成果の活用】

全国の道路案内標識の適正な管理のためには、正確な位置座標及び板面に記載された案内地名をテキストデータの形式で効率的に収集し、標識DBを構築する必要がある。本研究の成果は、標識DB構築のために重要なツールとして活用されることが見込まれる。

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～令和元年度)

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

関谷 浩孝
SEKIYA Hirotaka
御器谷 昭央
GOKITANI Akio
今村 知人
IMAMURA Tomohito
岩里 泰幸
IWASATO Yasuyuki

The National Institute for Land and Infrastructure Management (NILIM) has been conducting research and development on driving safety support systems (DSSS) by vehicle-infrastructure (V2I) communication. The results have been put into practical use as an ETC 2.0 service since FY 2011. NILIM has promoted public-private joint research with automobile manufacturers, telecommunications equipment manufacturers, expressway management companies, etc. on for next-generation vehicle-infrastructure cooperative systems (C-ITS) development since 2012. As one of the main topics of this public-private joint research the authors are aiming to develop systems to make Automated driving Vehicles (AVs) be able to merge into expressway mainline safely and smoothly.

【研究目的及び経緯】

国総研では、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 の実現すべきサービスの技術的な検討を行っており、これまで民間と連携して協調 ITS 分野の研究・開発を推進してきたところである(図-1)。本研究は、車両から確認できない前方の道路状況の情報提供(先読み情報提供サービス)や、合流部における本線の交通状況の情報提供(合流支援サービス)など、安全で円滑な運転を支援する協調 ITS サービスの実現に向けた、システム構成、情報収集・提供フォーマットの検討を行うものである。

令和元年度は、先読み情報提供サービスの情報提供フォーマット案を作成した。また車両からの事故等の緊急通報情報を道路管理者に提供することの効果を検証した。

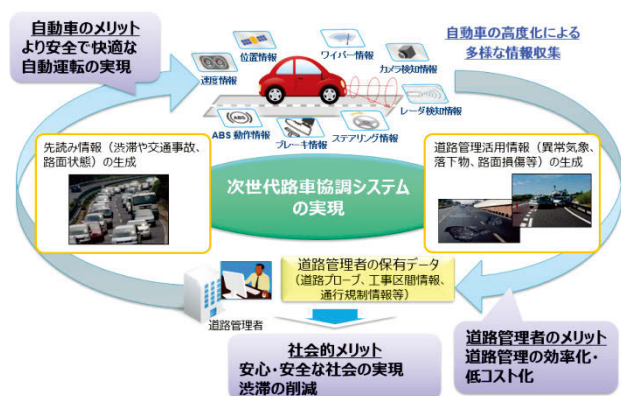


図-1 次世代協調 ITS のサービスイメージ

【研究内容及び成果】

1. 先読みフォーマット案作成

先読み情報提供サービスとは、車載センサでは検知出来ない前方の情報を提供するサービスである。特に自動運転車は、車載センサが自動運転の目となり周辺状況の確認を行うが、その検知範囲に限界がある。このため、車線毎の障害情報が提供されることで、事前の余裕を持った車線変更が可能になり、円滑な自動運転に寄与する。

共同研究の中では、先読み情報提供サービスについて、情報提供フォーマットを作成した。作成にあたっては、考え得る事象を網羅した上で、利用者である自動車会社やカーナビ会社の意見を踏まえ、既存のフォーマットや国際標準との整合をとりつつ、情報の細かさやデータの bit 割等の細部まで検討した。先読み情報には車線規制(路上障害)情報や料金所のブース開閉情報、分流部渋滞の情報などがあり、それぞれにフォーマットを作成した。本稿では車線規制(路上障害)情報のフォーマット案について紹介する。

車線規制(路上障害)情報提供サービスは、「高速道路下流側の障害情報を早期に把握し、上流側のドライバーや自動運転車に情報提供を行うことで、事前の車線変更等の対応を支援するサービス」である(図-2)。これらの事象の情報提供のフォーマット概要を表-1に示す。

※本報告は平成 30 年度から令和元年度へと継続して実施した研究の成果を令和元年度研究成果としてまとめたものである。

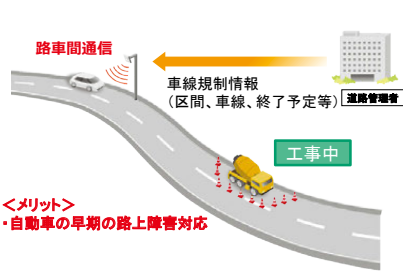


図-2 車線規制（路上障害）情報の提供

表-1 車線規制（路上障害）情報のフォーマット概要

項目	情報提供内容
日時	発生日時
場所リンク	座標、始点・終点リンク番号等
規制内容	通行規制、速度規制、片側規制等
事象内容	事故、火災、故障車、障害物、工事、作業、逆走、動物 等

2. 過去データを用いた緊急通報情報提供の効果検証

路上障害情報の収集は、ドライバーからの通報や道路管理者のパトロール車での発見等により行われているが、近年は車と連動した緊急通報サービスが普及している。これらのサービスでは、エアバックが作動した時や車内の緊急通報ボタンが押された際に緊急通報サービスセンターに通報され、そこから警察や消防等にさらに通報される仕組みとなっている。ただしこれらの情報は警察や消防等を経由して道路管理者に情報提供されることから、道路管理者が事案を認知するまでに時間を要する。そのため、道路管理者が事故車の安全確保のために交通規制等を実施するまでの時間の遅れに繋がって課題となっている。道路管理者が事案を認知するまでの時間を短縮することを目的として、緊急通報サービスで収集した情報を道路管理者の交通管制センターに提供することを検討した。その効果を検証するため、過去の事案について、緊急通報サービスと道路管理者が認知した時間等を比較し、緊急通報サービスの情報が直接道路管理者に提供された場合の時間短縮効果を検証した。

対象となる事案は平成 29 年 4 月～平成 30 年 3 月の緊急通報サービス事業者が取り扱った事案のうち高速道路上で発生した 162 件。これらを各高速道路会社の事故処理簿の時系列等と突合せを行い、各事案について両者が認知した時間を比較した（図-4）。その結果、84%は緊急通報サービス事業者の方が早く認知しており、その認知時間の差を図-5 に示す。緊急通報サービス事業者の方が早く認知した時間差は平均 7 分であった。これらのことから、緊急通報サービスの情報が直接道路管理者に提供された場合、道路管理者の認知が数分早くなる可能性が示された。ただし今回の検証は認知時間の単純比較（図-4 の実線部分）であるが、実際にこのような情報提供を行った場合、緊急通報センターが事案を認知した後にシステムの処理や伝達に時間を要することに留意する必要がある。

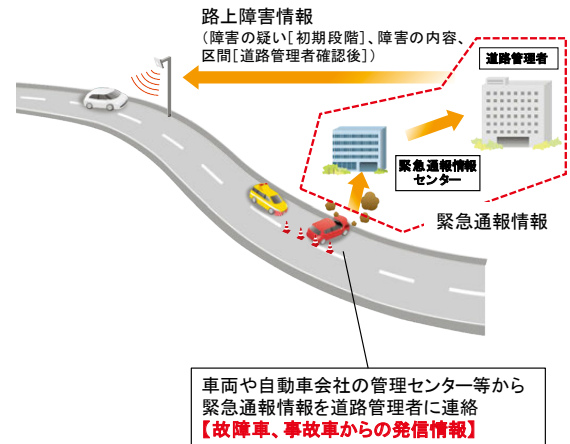


図-3 緊急通報サービスとの連携イメージ図

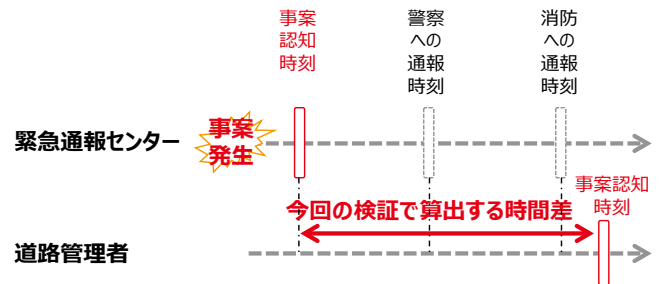
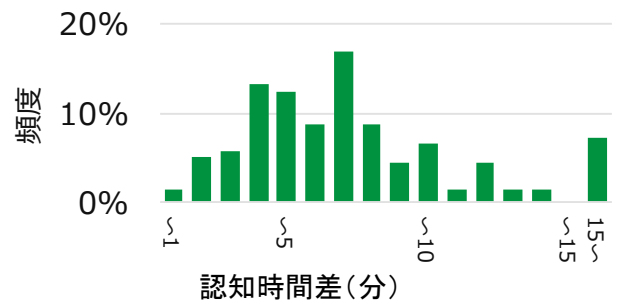


図-4 現状と緊急通報サービス連携後の比較イメージ



※緊急通報サービスの方が認知が早かった結果のみ集計

図-5 緊急通報サービスと道路管理者の認知時間差

[成果の活用]

本研究で作成した先読み情報提供フォーマット等を使用し、内閣府戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 第 2 期 / 自動運転 (システムとサービスの拡張) において、首都高速道路空港西入口に料金所ブース開閉情報提供設備ならびに合流支援システムを設置した。令和 2 年 3 月には情報提供を行う実験を開始し、今後は現地で継続的に実験参加者への情報提供を行い、効果や課題等を検証することによりシステムの改善を図っていききたい。また緊急通報サービスとの連携については、令和元年度に実証実験を実施し、効果や課題等を検証する予定である。

これらの取り組みにより、インフラ協調による円滑な合流支援を実現していきたい。

領域 4

コスト構造を改革し、道路資産の効率的な形成

部分係数設計法の適用性向上に関する調査検討

Study on application of partial factor design for existing bridges

(研究期間 平成 29～令和 2 年度)

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

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

白戸 真大
SHIRATO Masahiro
中尾 勝
NAKAO Masaru
大西 諒
ONISHI Ryo
平野 義徳
HIRANO Yoshinori

The performance of a whole bridge system is usually evaluated as individual parts, because there are no standards to evaluate the system reliability considering the evolution of plasticity at parts. This study seeks a standard design method to evaluate the bridge performance as a system including loads and load combinations as well as the limit states of structural members.

【研究目的と経緯】

H29.7に道路橋示方書が改定され、従来の許容応力度法が廃止され、部分係数法が導入された。また、限界状態設計法が導入され、部材の塑性域の変形特性を直接的に考慮する設計体系に移行した。新規に橋を架橋するだけでなく、既設橋の拡幅や大規模更新を行うときにもこれらの設計法を用いることで、信頼性を確保しつつ合理的な設計を実現できる可能性がある。特に、橋の設計では、完成後の状態だけでなく、施工中についても応力状態をコントロールする必要があり、既設橋の拡幅や大規模更新においては、既設部分を供用しながら新規の部材の追加をしたり、一部を除去して置き換えたりなどの施工も出てくる。したがって、架設中の設計に用いる荷重組み合わせ等の設定を案件ごとに行うことができればよいが、実際には施工期間等を考慮して決定する必要があるので一概ではない。そこで、今年度は、H29年道示の適用性を向上させるために、架設時を念頭にしたときの荷重組合せや荷重係数、荷重組合せ係数の試算を行い、期間に応じた調整方法を検討するうえで基礎的なデータを得ることにした。

【研究内容】

1. 試算の方法と対象

試算は、H29年の道路橋示方書の改定のために当研究室が荷重組合せの試算を行ったものである国総研資料第1031号の方法に準じるものとした。以後、荷重シミュレーションという。ある架橋地点を仮定したときに、各種の荷重の当該地点での発生を確率過程としてモデル化し、予め仮定する期間中の同時載荷過程を考慮し、期間中に橋に最も影響を与える荷重の組み合わせや荷

重どうしの比率を評価しようとするものである。各荷重の確率モデルは国総研資料第1031号と同じにするが、国総研資料第1031号では、複数の橋を対象に、評価期間を100年としたときに橋の各部でそれぞれもつとも厳しい断面力を発生される荷重の組み合わせを評価していた。一方で本検討では、**図-1**に示すニールセンローゼ橋を対象に、また、評価期間については1年と10年を対象に荷重組み合わせを評価することにした。

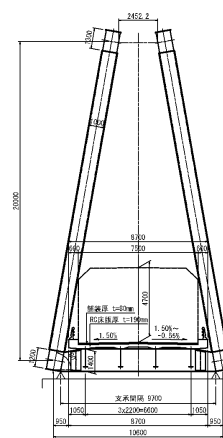
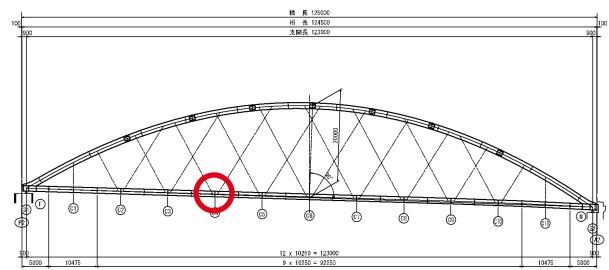


図-1 対象とする補剛桁位置

活荷重や温度変化の影響などは長くても日単位で変動するとも考えられる一方で、温度変化については季節の影響も受けると考えられ、風荷重は季節風や台風など年単位で変動するとも捉えられる。そこで、期間の違いによる荷重組み合わせの違いに特に着目し、風荷重の影響が大きな部材を含むニールセンローゼ橋を用いることにした。たとえば、評価期間が10年であれば、10年間にわたって確率過程として荷重の同時載荷を逐次与え続け、着目断面の最大の断面力とそのときの各荷重の内訳を求める。これを1000回繰り返し、1000個の断面力最大値(1000個の10年極値)から、10年間断面力最大値(極値)分布を作ることができる。本稿では、風荷重の影響が大きい断面として補剛桁の軸力に着目し、整理した結果を示す。

2. 荷重シミュレーション結果

補剛桁の軸力の最大値分布を求めた結果を表-1に示す。各期間について、地震の影響を考慮しない場合、または、考慮する場合のそれぞれについて荷重シミュレーションを行った。

表-1 補剛桁の設計断面力

荷重	設計断面力(kN)	断面力割合
温度変化の影響(TH)	5	0.00
風荷重(W)	4251	0.41
地震の影響(EQ)	6090	0.59
合計値	10346	1.00

これまでの許容応力度法を用いていたときに多く用いられてきた荷重組合せと許容応力度の割増し係数を表-2にまとめた。許容応力度の割増し係数は、複数の荷重が同時に同比率で作用することはまれなことも考慮して、断面力の大きさを補正する役割を有する。そこで、許容応力度法の荷重組合せを載荷したときに計算される断面力を許容応力度の割増し係数で除した値も求めた。

表-2 荷重組合せと割増し係数

本検討の荷重組合せ	①		①/②
	施工時断面力	許容応力度の割増し係数	
(D(死荷重)+) TH	5	1.25	4
(D(死荷重)+) W	4251	1.40	3036
(D(死荷重)+) EQ	6090	1.50	4060

そして、これらが荷重シミュレーションで得られた断面力1年又は10年最大値分布の中でどの程度の確率水準に相当するのかを計算した。結果を表-3に示す。表-1の断面力の確率統計的な位置付けは、評価期間1年の断面力最大値分布の非超過95%相当、又は、評価期間10年の極値となる傾向が見られた。つまり、架設時の状況を想定した荷重組合せや荷重係数は、評価期間を1年とした断面力最大値分布の極値(例えば非超過

確率95%値)を水準とし、キャリブレーションすることが考えられる。

表-3 評価期間別の確率統計的な比較

(a) ケース1: 温度変化の影響、風荷重(季節風・台風)、地震の影響を考慮

評価期間	最大値分布の特性(kN)				施工時断面力の非超過確率	
	平均値	標準偏差	変動係数	95%値	割増し係数考慮有	割増し係数考慮無
10年	5893	1162	0.197	6702	0.0%	84.1%
1年	5021	603	0.120	5698	0.0%	98.7%

注) 割増し係数考慮有は表-2の②/①の値、割増し係数考慮無は表-2の①の値を示す。

b) ケース2: 温度変化の影響、風荷重(季節風)、地震の影響を考慮

評価期間	最大値分布の特性(kN)				施工時断面力の非超過確率	
	平均値	標準偏差	変動係数	95%値	割増し係数考慮有	割増し係数考慮無
10年	2938	1849	0.629	6499	83.5%	94.0%
1年	1237	1110	0.897	2751	98.1%	99.1%

注) 割増し係数考慮有は表-2の②/①の値、割増し係数考慮無は表-2の①の値を示す。

次に、評価期間を1年としたときの荷重シミュレーションから得られた断面力最大値分布の非超過確率95%値周辺の断面力最大値のいくつかに着目して、荷重組合せとそのときの荷重係数(特性値を発生荷重で除した値)を表-4に示す。比較のために、道路橋示方書に示される荷重組合せと荷重係数と荷重組合せ係数の積の例を抜き出して示した。今回の結果から、本体設計の荷重組み合わせと荷重係数等を適用できる可能性も認められる一方で、死荷重(D)と地震の影響(EQ)の組み合わせについては、期間が短い場合には、D+EQの組み合わせに代えて、D+TH(温度の影響)+EQの組み合わせに置き換えられる可能性が確認された。

表-4 評価期間1年の断面力最大値分布における非超過確率95%値周辺の荷重係数との比較

	組合せ	TH	W	EQ
算出結果	(D+) TH+W	0.09~0.61	1.33~1.35	—
H.29 道示	D+W	—	1.25	—
H.29 道示	D+TH+W	0.75	0.94	—
算出結果	(D+) TH+EQ	0.06~0.63	—	0.42~0.53
H.29 道示	D+EQ	—	—	1.0
H.29 道示	D+TH+EQ	0.5	—	0.5

今後試算を追加することで、架設期間と架橋位置の特性に応じた橋の安全性評価方法設定の可能性について、さらに検討を進めたい。

【成果の活用】

道路橋示方書や補修補強に関する技術資料等の技術基準改定のための基礎資料として活用する予定である。

高強度材料の活用による橋梁構造の合理化に関する調査検討

Investigation on rationalization of bridge structure by utilizing high-strength materials

(研究期間 令和元～令和4年度)

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

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

白戸 真大
SHIRATO Masahiro
中尾 勝
NAKAO Masaru
大西 諒
ONISHI Ryo
鈴木 克弥
SUZUKI Katsuya

In order to use high-strength steel for road bridges, it is necessary to establish a more rational design method using the partial coefficient method. In this study, we carry out load-bearing tests and analyze on girder and pier by changing the material, shape, stiffener arrangement, etc., to clarify the load-bearing characteristics, and propose a rational design method.

【研究目的及び経緯】

2017年に道路橋示方書（以下、道示とする）が改定され、設計法が許容応力度設計法から部分係数設計法へと変更された。部分係数設計法ではより合理的で信頼性の高い設計が可能となるが、今回の改定では、鋼桁の曲げ耐荷力についての基本的な基準耐荷力曲線などは踏襲されている。

一方、橋梁用高降伏点鋼板（以下、SBHS）の耐荷力に関する具体的な規定が盛り込まれ、今後はSBHSが広く道路橋に使用されることが期待される。部分係数設計法においては、基準耐荷力曲線を見直すことにより、より合理的な設計が可能となるため、実験や解析により耐荷力特性を把握することが不可欠である。

【研究内容】

本研究では、今後の基準耐荷力曲線改定の根拠となる基礎資料を収集するべく、SM490Y、SBHS500を用いた鋼I桁を製作し、曲げのみおよび曲げとせん断を同時に受ける鋼I桁の静的載荷試験を実施した。また、ウェブの面外座屈に起因する耐力の低下を把握し、桁の耐荷力を規定するために、ウェブの面外変位にも着目し、耐荷力との関係性について考察した。

(1) 材料特性

今回使用した鋼材のSM490YとSBHS500の荷重ひずみ曲線を図-1に示す。最大荷重/降伏荷重は、SM490Yでは1.3～1.4倍程度であるのに対し、SBHS500では1.02～1.08と極めて低い、つまり

SBHS500は降伏荷重到達後、ほとんど荷重の増加がないまま、急激にひずみが増加することがわかる。

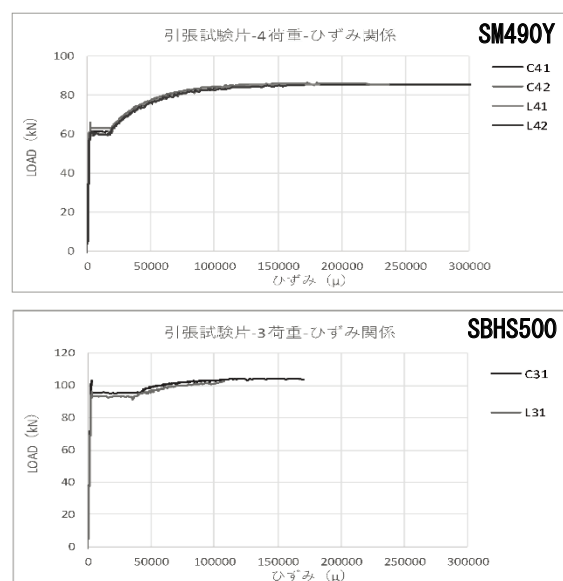
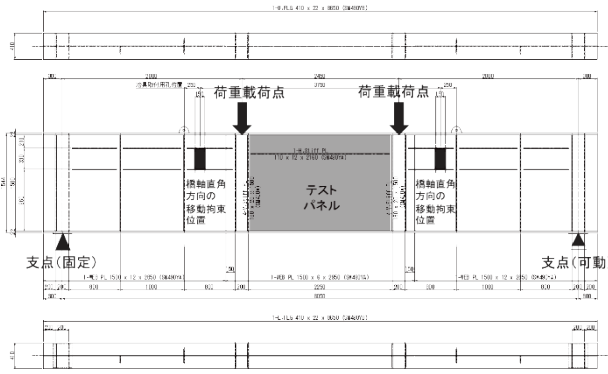


図-1 荷重ひずみ曲線

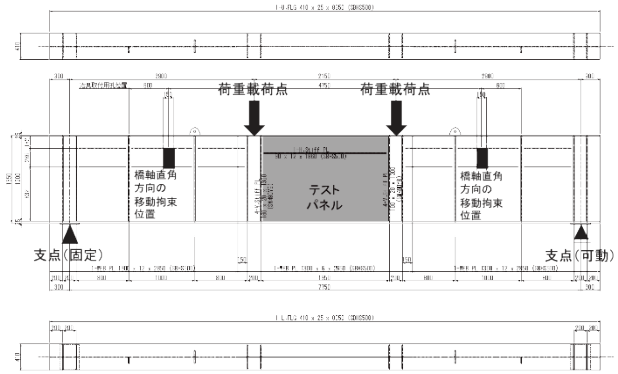
(2) 桁試験体

今回比較のために用意した試験体の形状を、図-2に示す。

試験体は材質以外のパラメータの考え方は同様としている。具体的には、フランジの幅は十分広くすることにより、桁の曲げ破壊を確実に発生させるプロポーションとしたうえで、腹板の幅厚比を道示の最小から緩和（1.2倍）している。載荷は曲げ載荷として最大荷重まで繰り返し載荷としている。



①C 試験体 (SM490Y)



②A 試験体 (SBHS500)

図-2 試験体図

【研究成果】

各桁試験体の荷重試験結果図-3 に示す。

従来の鋼材(SM490Y)を使用した、試験体Cの荷重変位曲線を見てみると、降伏荷重から終局荷重まで約55%程度荷重が増加している。また、降伏後の変形についても、実験では破壊までいたってはいないものの、急激な荷重低下がおこらない範囲で $3\delta_y$ 以上あることが分かる。

一方、SBHS500を使用した、試験体Aの荷重変位曲線を見てみると、降伏荷重から終局荷重まで約15%程度しか荷重が増加してしない。また、降伏後の変形についても、 $1.5\delta_y$ 程度で支持荷重が降伏荷重程度まで落ちている。

一方で、ウェブの面外変形を見てみると、試験体Cは最大荷重時ですでに大きな面外変形が発生しており、最大荷重後は急激に増加していることが分かる、このことより、試験体Aは最大荷重後の挙動として構造的に安定していると言える。

これは(1)で示したように、材料自体の特性が影響しており、従来の鋼材をそのままSBHSに置き換えた場合、降伏強度は材料特性通りに高くなるが、降伏後の挙動を考慮して部分係数等を適切に設定する必要があることを示唆する。

【考察】

上述のように、部材の終局状態までを考慮する場合、桁の材料として、SBHS材を使用すると変形性能は低くなるものの、面外変形が抑制され、安定した挙動が得られるというメリットがある。

一方で、設計上基本的に降伏を許さない部材(鋼製橋脚の隅角部、桁の補剛材)に採用することにより、合理的な設計が可能となることが期待できる。

具体的には、鋼製橋脚の隅角部の場合、従来の鋼材を用いて設計を行うと、非常に板厚が厚くなり、死荷重増加、製作性の低下、輸送時の問題が発生するが、こういった箇所の母材およびリブにSBHS材を用いることにより、上記の問題を解決する一つの方法となりうる。

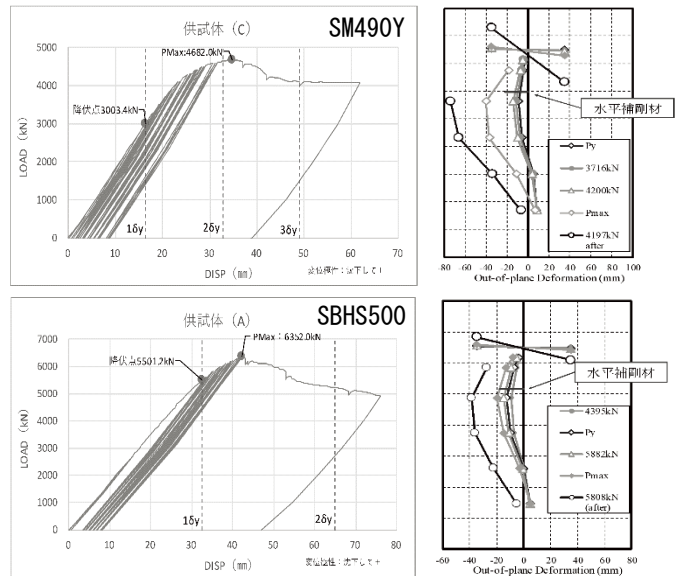


図-3 荷重変位曲線およびウェブの面外変形

また、桁やアーチの圧縮材の補剛材として、SBHSを使用することにより、桁が降伏した後も補剛材が降伏しないため、桁の座屈強度が高まることも期待できる。

しかし、これらの材質を組み合わせた断面は実験結果も少なく、どのような荷重変位履歴をたどりどのような終局状態に至るかは、不明な点が多いため、今後実験で検証を進める必要がある。

【成果の活用】

桁の耐力に関しては、引き続きパラメータを変えた試験をおこない。ハイブリット化やディテールの改善により、残留変形が小さく、降伏後の残存耐力、変形性能が確保される構造の提案を目指す。

また、鋼製橋脚についても、SM580やSBHS材の使用時の、具体的な挙動を実験により確認することで、鋼製橋脚への高強度材の使用方法を明確にすることを目指す。

これらの成果は、示方書の改定時に新たな知見として用いることができる。

土工構造物等の要求性能に対応した変状評価、性能向上に関する調査検討

Study on deformed state evaluation according to required performance and performance improvement of substructures
(研究期間 平成 29～令和元年度)

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

渡邊 一弘
WATANABE Kazuhiro
藤原 年生
FUJIHARA Toshio

Focusing on the cut method surface irregular form of the existing road earthwork structure is unclear, the odd grasp method, based on the latest technical trends, to organize the applicability and variation grasping method of the technology.

【研究目的及び経緯】

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 年に「道路土工構造物技術基準」が制定されて要求性能を求めているが、定性的な表現が多くなっており、既設構造物の損傷形態の解析や性能評価手法の確立が急務となっている。本年度は、既設の道路土工構造物のうち変状形態が複雑である大規模切土法面に着目し、変状の把握方法について、最新の技術動向を踏まえて、技術の適用性や変状把握方法について整理するものである。

【研究内容】

本研究では、切土法面の点検方法と新技術の整理を行い、法面変状のうち「はらみだし」に着目して検出できる技術を整理し、点群データを活用する技術を抽出した。また、導入上の課題検証のため MMS (モバイルマッピングシステム) を主体に法面の変状の精度確認や一連区間での適用性の確認を行い、点群密度や計測方法の精度確認と留意点を整理した。

【研究成果】

1. 長大切土法面の点検方法と新技術の整理

長大切土法面点検の実施項目ごとに新技術の適用性を整理し、「はらみだし」に着目して、技術の適用性を整理した。

(1) 新技術の適用性

道路土工構造物点検要領や道路防災点検の手引き等のマニュアル類を参考にレーザー測量による点群取得技術の適用にあたっての点検フローと実施内容を個別に整理した。また、点検方法の「事前準備」、「現地調査」、「点検結果とりまとめ」、「維持管理の検討や次回点検」の各場面における課題と解決方法も整理した。

(2) 変状状況 (はらみだし) に着目した点検方法

変状のうち目視では捕らえにくい「はらみだし」に着目して、適応する技術の整理を行った。また、点検技術の技術的特徴、データ密度、精度解像度等の目安、適用可能な部位、制約条件、主な活用例、コストなどについて整理した。

2. 大規模切土法面の変状検出技術の課題検証

(1) 実現場でのデータ取得

1. を踏まえ、西九州自動車道(唐津伊万里道路)の大規模切土法面(法枠工、モルタル吹付)を対象に現場検証を行うこととし、現地計測(MMS計測、TLS(地上レーザースキャナ)計測)と既存 UAV 計測データを整理した。写真-1 にそれぞれで計測したデータを示す。

(2) MMS による計測範囲の検証

MMS による計測では、切土法面高さ 12.0m 程度まで再現することができるが、小段のある 5.0m 付近については、点群データ欠損部があるため、細部形状が再現できない部分がある。

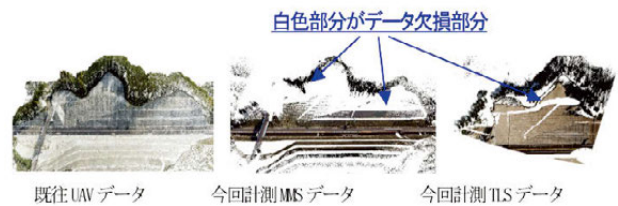


写真-1 点群データの全体図

表-1 UAV・TLSとMMSの比較

機材	データ取得範囲	データ精度	計測コスト	解析コスト	備考
UAV	◎	△	△	○	<ul style="list-style-type: none"> データ取得範囲が最も優れている 機器の特性上、点群密度が低い(地物の細かな形状は点群で再現できない) 事前に飛行許可を得る必要がある 計測時間は約1時間である 解析時間は約1時間である
TLS	○	◎	△	○	<ul style="list-style-type: none"> オクルージョン(他の地物の死角)による点群欠損が一部みられるが、データの取得範囲は大きい 点群密度が高く、地物の細かい形状が点群で再現できる 道路上に機器を設置するため、道路使用許可申請が必要 計測時間は約3時間である 解析時間は約1時間である
MMS	△	○	◎	○	<ul style="list-style-type: none"> 計測位置から約20mの範囲までしか点群を取得できない 点群密度が高く、地物の細かい形状が点群で再現できる 計測するに当たり、特別な許可は不要 計測時間は約1時間である 解析時間は約1時間である

(3)MMS を補足する TLS・UAV の計測

MMS は通常の車両走行で高精度なデータを短時間で低コストに取得が可能である。しかし、前述のとおり小段部や法面上部では点密度が低下することから、調査対象の範囲や規模、法面形状などに応じて、TLS や UAV での補足が必要である。

UAV は、広範囲なデータ取得が必要な現場においては有効である。しかし、点群密度が比較的粗いことや飛行許可等に留意が必要である。

TLS のデータ取得範囲は、UAV と MMS の中位に位置する。遮蔽物などによる点群欠損が一部みられるが、高精度で MMS の計測範囲より広いデータ取得が可能である。道路上への機器設置条件、計測時間、コストなどに留意が必要である。表-1 に UAV・TLS と MMS の比較を示す。

(4)点群表示システム

点群データを有効に活用するツールとして、点群を詳細かつ高速で閲覧できるシステムの汎用版が既に開発されている。これらのシステムを活用することにより、MMS 点群、カメラ画像を一元的に確認できるため、計測時点の法面の詳細な形状の表示が可能になり、法面点検時に法面の状況を迅速、的確に把握できる。

(5)はらみだしの模擬検証

MMS で取得したデータにより、基準面解析を利用したデータ解析を行った。MMS 計測で 2cm 程度のはらみ出しの検出に適用できることを確認した。図-1 にはらみだしの抽出結果を示す。

計測した点群データを活用することにより、目視で把握できない変状を把握できるようになれば、点検精度の向上や作業の効率化に寄与すると考える。

なお、基準面解析の特性より、対象法面の形状や基準面の選択方法が抽出精度に影響を及ぼすため、他の法面形態に対する同手法の適用については個別の検討が必要である。

(6)2 時期点群データの解析手法の検証

2 時期の点群データの差から、法面の変状（はらみだし）の検出精度の確認と計測方法の組み合わせについて、現場での作業効率や、解析の効率、変状の抽出精度の整理と評価を行った。

解析手法の初期値は TLS などにより高密度な点群を取得し、初期値に対する比較データは MMS で点群を取得し、自動で誤差を補正する方法が最も効率よく、抽出精度も高いことが明らかとなった。なお、TLS で広範囲の点群データを整備するには、コスト面などに課題がある。

なお、変状規模が大きい場合は、変状の抽出精度に対する高い要求性能が求められないと考えられるため、経済的なデータの取得方法を選択できる可能性がある。

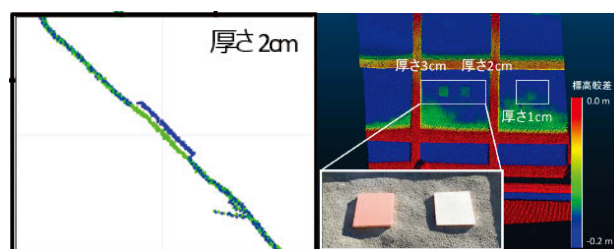


図-1 模擬はらみだしの抽出結果

3. 一連区間の点検における点群データの適用性

一連の区間 (IC 間) の定期点検を想定した効率的な MMS や TLS などの点群データの取得方法や点群データの重ね合わせを行う上での課題を整理した。

(1)一連区間の法面現況と定期点検計画の把握

唐津伊万里道路をフィールドとして、区間内の長大切土法面において MMS などにより点群データを取得して、点検計画の策定上の留意点などを整理した。

(2)有効な点検手法の提案

実証現場での一連区間では、切土 3 段未満は MMS で計測し、その他は目視点検かあるいは TLS 計測することが、コスト面等から当面活用できる範囲と考えられ、切土法面の約 3.9 万 m^2 のうち 2.5 万 m^2 (64%) がカバーできると想定された。また、調査対象が盛土法面の場合については、MMS 計測で法面部のデータ取得が困難であるため、TLS 計測の路面部のデータ解析手法の改善や UAV 計測の実施 (広域の盛土の場合、上空利用が可能な場合あり) または従来点検による目視等の効率化の検討が必要である。

4. 今後の課題

・点群データ処理のあり方

点群データは、異なる手法で取得した場合や 2 期間で取得した場合など、結合処理にデータ補正等が必要であり、これらの点群データの処理方法の効率化が課題である。手動や自動補正など手法の統一が必要である。また、取得方法や点密度、精度も個別の法面点検に適した仕様を検討していく必要がある。

・点群データ取得・取扱上の留意点

レーザーの特性から水たまりなどでは乱反射し、データに歪みや欠損が生じることに留意が必要である。

点群データは、法面のほかトンネルや橋梁などの施設点検などにも活用され始めているため、路線としてのデータ管理の方法が課題である。

【成果の活用】

道路土工構造物の維持管理に必要なデータの蓄積方法と設計条件等への反映の基礎データの取得方法についての具体的な提案

デバイスを用いた道路橋の耐震対策技術に関する調査検討

Research on seismic design for road bridges using seismic control device

(研究期間 平成 30～令和元年度)

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	七澤 利明 NANAZAWA Toshiaki
社会資本マネジメント研究センター 熊本地震復旧対策研究室 Research Center for Infrastructure Management Kumamoto Earthquake Recovery Division	室 長 Head 主任研究官 Senior Researcher	西田 秀明 NISHIDA Hideaki 宮原 史 MIYAHARA Fumi

Seismic control devices can be used for seismic design of road bridges. However, performance requirements of seismic control devices are not specified concretely in Specifications for highway bridges. In recent earthquakes, it was observed that some seismic control devices could not show its performance required in design stage. Therefore, it is needed to specify performance requirements of seismic control devices to utilize the devices appropriately.

This report considered performance requirements, items to verify the performance, and test method to verify the performance of seismic control devices.

【研究目的及び経緯】

道路橋示方書（以下、道示）では、橋の耐荷性能の照査に用いる橋の限界状態を、橋を構成する部材等の限界状態によって代表させる場合には、それぞれの限界状態を適切に設定し、組み合わせなければならないことが規定されている。これを受けて、鋼部材やコンクリート部材に対しては具体的な要求性能が規定されている。しかし、地震動により生じる橋の振動の増幅や持続の抑制・低減を図ることを目的として用いる制震デバイスに対しては具体的な要求性能は規定されておらず、道路橋に制震デバイスを用いる場合、開発者が個別に行った検証内容を踏まえて、設計者が当該橋への適用方法を個別に判断している。また、近年の地震においては、設計で想定した挙動と実際の挙動の乖離に起因する損傷事例も発生している。例えば熊本地震では、耐震補強として端支柱等の斜材に軸降伏型の制震デバイスが取り付けられた鋼アーチ橋において、作動痕跡が確認されないまま端支柱下端の接合ボルトが全て破断する損傷が生じた。

以上の背景から、道路橋の耐震性向上に資する制震デバイス技術が適切に適用されるよう、要求性能と、性能の検証手法を提示する必要がある。そこで本研究では、制震デバイス技術の要求性能、性能を確認するための検証項目、性能検証試験法を検討した。

【研究内容】

1. 制震デバイス技術の実態に関する調査

2. と 3. の検討の基礎資料を得るため、制震デバイス

を用いた耐震補強が行われることが想定される構造形式の一つとしてアーチ橋に着目して制震デバイス技術の実態を調査した。調査は、1995年以降に耐震補強を目的に制震デバイスが用いられた国管理国道のアーチ橋 35 橋を対象とした設置状況調査、及び同年以降に発行された土木学会論文集等の文献調査により行った。

2. 制震デバイス技術の要求性能及び性能を確認するための検証項目の検討

1. で調査する実態を踏まえ、制震デバイス技術の要求性能と、性能を確認するための検証項目を検討した。検討にあたっては、制震デバイス技術の特性を踏まえ、道示の体系と整合するように、材料、品質、設計、施工、維持管理の観点から要求性能及び性能を確認するための検証項目を検討した。

3. 制震デバイス技術の性能検証試験法の検討

2. で検討する制震デバイス技術の要求性能のうち、上部構造や下部構造を構成する斜材として制震デバイスを設置する場合の減衰性能の検証を想定した性能検証試験法を検討した。1. で調査する実態を踏まえ試験装置を試設計した上で 3 次元 FEM による数値解析を行い、性能検証試験を行う上での留意点を整理した。

【研究成果】

(1) 制震デバイス技術の実態に関する調査

設置状況調査の結果から、アーチ橋に用いられる制震デバイスとしては架構構造に斜材として設置される軸降伏型ダンパー（図-1 左）と上下部構造間を接続する粘性ダンパー（図-1 右）が多いことが確認された。

また、軸降伏型ダンパーの取付部のガセットプレート
の設計は、道示に示される通常の斜材を想定した設計
法が適用されることが多く、地震時の破壊順序までは
考慮されていないことが分かった。文献調査の結果か
ら、アーチ橋への適用を想定して開発された制震デ
バイス技術には軸降伏型ダンパーが多いことが確認さ
れた。また、軸降伏型ダンパーに対して開発者が行っ
ている性能検証は単軸載荷試験と斜め載荷試験による
ものが多いこと、主な性能検証項目は変位-抵抗力特性
と、速度や温度等に対する依存性であることが確認さ
れた。

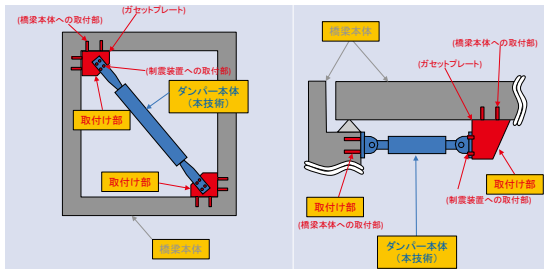


図-1 アーチ橋に設置されるダンパーの例

(2) 制震デバイス技術の要求性能及び性能を確認するための検証項目の検討

制震デバイス技術には多種多様な制震原理や使われ
方等が想定されるが、本研究では道路橋の「上部構造」
「下部構造」「上下部接続部」の少なくともいずれかを
構成する部材として使用することを前提としたものを
対象に検討を行った。このように扱うことができる部
材を対象にしていることから、制震デバイスの要求性
能は、道示に規定される設計の基本理念に照らして、
耐荷性能、耐久性能、使用材料、設計、施工、維持管
理の各観点から特性が明らかであることと整理した。
そして、1. で調査した実態を踏まえ、要求性能の各観
点から性能を確認するための検証項目を表-1 に示す
とおり整理した。整理は、「上部構造」「下部構造」「上
下部接続部」のいずれを構成する部材として使用する
か、制震原理、性能を保证する前提となる条件が明ら
かにされることを前提に、制震原理に依存せず普遍的
な検証項目となるよう行った。

各種の依存性に関する評価項目については、1. で調

査した実態から開発者毎に提示する様式が異なること
が想定されたため、検証データを取りまとめる際の様
式も具体的に提示した。取付部の設計に関する評価項
目では、当該技術が保証する性能を発揮するために、
橋の設計者が取付部の設計を行うにあたって考慮する
必要がある条件等が明らかであることを要求した。

(3) 制震デバイス技術の性能検証試験法の検討

制震デバイスの性能検証を目的とした試験では、取
付部が制震デバイスに先行して破壊しないことが求め
られる。本研究では、図-2 に示すように斜材として設
置した軸降伏型制震デバイスを水平方向に繰返し載荷
して減衰性能を検証する試験を対象に、3次元FEMに
よる試験体及び試験装置の変位漸増解析を実施し、試
験目的に沿った破壊形態となるか確認を行った。なお、
性能検証試験装置は、長さ約3m、降伏軸力750kNの軸
降伏型ダンパーを斜めに設置し、降伏軸力の1.5倍ま
で水平載荷が可能となるよう設計した。

解析結果(最大荷重時の変形)を図-2に示す。制震
デバイスが降伏した後、取付部の腹板が降伏し、最終
的に腹板に局部座屈が生じた。最大荷重時の制震デバ
イスの降伏ひずみは終局ひずみを超過しており、取付
部が先行して破壊することなく減衰性能を検証し得る
ことが確認された。一方、この基本ケースに対して、
制震デバイスの諸元、取付部の諸元、面外方向の初期
変位等のパラメータを変化させたケースの解析結果か
らは、これらのパラメータに応じて損傷順序が変わり
得ることを確認した。このことから、性能検証試験に
あたっては、制震デ
バイスが挙動を保証
する範囲を明らかに
するとともに、その
挙動を保証する取付
部の設計を適切に行
う必要がある。

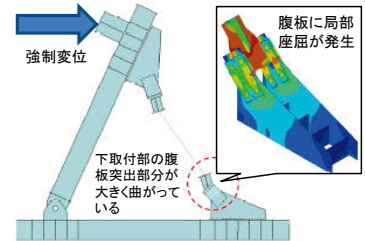


図-2 解析結果
(最大荷重時変形)

【成果の活用】

本調査結果は、
新技術活用システム (NETIS) の技術公募への活用や道
示等の技術基準類へ反映予定である。

表-1 制震デバイス技術の性能を確認するための検証項目 (案)

項目名	内容	
耐荷性能に関する項目	変位-抵抗力の特性	変位-抵抗力曲線の定義が明確となっており、またその再現性が制御できていること
	速度依存性	振幅速度が減衰効果の特性値に及ぼす影響度が明らかであること
	温度依存性	外気温が減衰効果の特性値に及ぼす影響度が明らかであること
	振動数依存性	振動数が減衰効果の特性値に及ぼす影響度が明らかであること
	変位依存性	変位が減衰効果の特性値に及ぼす影響度が明らかであること
	繰返し載荷回数による依存性	繰返し回数が減衰効果の特性値に及ぼす影響度が明らかであること
	荷重載荷方向の変化による依存性	載荷方向の違いにより生じる2次応力などが減衰効果の特性値に及ぼす影響度が小さい又は評価可能で対処方法が明らかであること
耐久性能に関する項目	本技術の耐久性の確保の方法が明らかであること	
材料に関する項目	材料の機械的性質・力学的特性・化学的性質	減衰性能や、減衰性能を確保するために求められる耐久性の確保のために用いる材料の特性が明らかであること
品質管理に関する項目		出荷される製品すべてに対して本技術の減衰性能に係る品質が担保されることを確認できる管理方法が明らかであること
設計に関する項目	解析モデルに関する項目	橋の動的解析を行うにあたって、減衰力に係る解析モデル設定に必要な情報が明らかであること
	取付部に関する項目	保証する性能を発揮するために、橋の設計者が取付部の設計を行うにあたって考慮する必要がある条件等が明らかであること
施工に関する項目	施工方法に関する項目	橋の設計にあたって考慮する必要がある、橋本体への追加(新設橋、既設橋とも)や、既設部材との交換に関する施工の条件等が明らかであること
維持管理に関する項目	点検・診断に関する項目	橋の設計にあたって考慮する必要がある、橋の性能の前提とする維持管理の条件が明らかであること
	維持方法に関する項目	橋の設計にあたって考慮する必要がある、橋の性能の前提とする維持管理のための行為が明らかであること
その他	その他の留意事項	本技術の道路橋での使用に際し、上記以外で考慮する必要がある重要性の高い事項が明らかであること

道路事業における入札・契約方式の実用性・実効性向上に関する研究

Study on improvement of practicality and effectivity on the bidding and contracting system

(研究期間 令和元～令和3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	中洲 啓太	主任研究官	吉野 哲也
Head	NAKASU Keita	Senior Researcher	YOSHINO Tetsuya
主任研究官	大城 秀彰	主任研究官	光谷 友樹
Senior Researcher	OHSHIRO Hideaki	Senior Researcher	MITSUTANI Yuki
研究官	井星 雄貴	研究官	鈴木 貴大
Researcher	IBOSHI Yuki	Researcher	SUZUKI Takahiro
交流研究員	石本 圭一	交流研究員	大野 琢海
Guest Research Engineer	ISHIMOTO Keiichi	Guest Research Engineer	OONO Takumi
交流研究員	小林 靖典		
Guest Research Engineer	KOBAYASHI Yasunori		

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. The objective of this study is to improve diverse procurement methods such as the technical proposal and negotiation method and Public Private Partnership for project acceleration.

【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、また、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いる。令和元年6月に公布・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（令和元年法律第三十五号）」を踏まえ、国土技術政策総合研究所では、工事の性格、地域の実情等に応じた多様な入札契約方式に関する研究を行っている。

本稿は、技術提案・交渉方式に関する検討結果、事業促進 PPP、維持工事の実施状況、工事・業務の入札・契約方式の適用状況に関する調査結果について報告する。

【研究内容・研究成果】

(1) 技術提案・交渉方式

令和2年2月現在、国土交通省直轄工事では、表-1の13工事で技術提案・交渉方式が適用されている。施工に着手している工事について、詳細設計や技術協力の報告書等により技術協力、工事の実施状況を確認するとともに、発注者、設計者、施工者にヒアリングを行い、技術提案・交渉方式の課題、及び課題への対応策

を整理した。本稿では、手順・役割分担、技術協力等の期間について報告する。

表-1 技術提案・交渉方式の実施状況

No	公告月	地整	契約タイプ	工事件名
1	H28.5	近畿	設計交渉・施工	国道2号淀川大橋床版取替他工事
2	H28.7	九州	技術協力・施工	熊本57号災害復旧二重峠トンネル(阿蘇工区)工事
3		九州	技術協力・施工	熊本57号災害復旧二重峠トンネル(大津工区)工事
4	H28.12	北陸	技術協力・施工	国道157号犀川大橋橋梁補修工事
5	H29.9	中国	技術協力・施工	国道2号大樋橋西高架橋工事
6	H30.1	中部	技術協力・施工	1号清水立体八坂高架橋工事
7	H30.5	近畿	技術協力・施工	名塩道路城山トンネル工事
8	R1.6	近畿	技術協力・施工	赤谷3号砂防堰堤工事
9	R1.8	九州	設計交渉・施工	隈上川長野伏せ越し改築工事
10	R1.9	四国	技術協力・施工	国道32号高知橋耐震補強外工事
11	R1.9	九州	技術協力・施工	鹿児島3号東西道路シールドトンネル(下り線)新設工事
12	R1.10	東北	技術協力・施工	国道45号新飯野川橋補修工事
13	R1.12	九州	技術協力・施工	国道3号千歳橋補修工事

1) 設計・技術協力業務の手順・役割分担

設計・技術協力業務は、設計業務（設計者が実施）と技術協力業務（施工者（優先交渉権者）が実施）を発注者が柱となり三者（発注者、施工者（優先交渉権者）、設計者）の情報・知識・経験を融合させ進めることが重要である。三者から、技術提案・交渉方式が初めての経験で、設計・技術協力業務の初期段階で何から着手してよいかわからないといった意見が多くあった。また、発注者から、設計・技術協力の手順や役

割分担の理解が進んでいない結果、受身の姿勢になっているとの意見があった。一方、技術協力業務の初期段階で実施した前提条件や不確定要素の整理、追加調査や協議が手戻りを回避するために有効であったとの意見があった。これらの意見を踏まえ、表-2 に示す初期の対応を充実させた設計・技術協力業務の進め方、役割分担を整理した。

表-2 設計・技術協力業務の役割分担（初期対応抜粋）

項目	発注者	優先交渉権者	設計者
前提条件及び不確定要素の整理	・前提条件等の不明点及び不確定要素の確認	・前提条件等の不明点、不確定要素の提示	・前提条件等の不明点及び不確定要素の整理(資料作成)
優先交渉権者の技術提案の適用可否の検討	・技術提案の適用可否の判断及び設計者への指示	・技術提案に関する技術情報(機能・性能、適用条件、コスト情報等)の提出	・技術提案の内容の確認 ・設計に反映する上での課題の有無や内容の整理
追加調査	・追加調査の必要性の判断、優先交渉権者、設計者への指示 ・追加調査の実施	・追加調査の提案 ・追加調査の実施	・追加調査の提案 ・追加調査の実施
地元及び関係行政機関との協議	・地元及び関係行政機関との協議の必要性の判断 ・優先交渉権者、設計者への資料作成等の指示 ・協議の実施	・地元及び関係行政機関との協議支援(資料作成、同行等)	・地元及び関係行政機関との協議支援(資料作成、同行等)
学識経験者への意見聴取	・学識経験者への意見聴取の必要性の判断 ・優先交渉権者、設計者への資料作成等の指示 ・意見聴取の実施	・学識経験者への意見聴取の支援(資料作成、同行等)	・学識経験者への意見聴取の支援(資料作成、同行等)

2) 設計・技術協力業務の期間の設定

設計・技術協力業務の期間について、提案の自由度を広げず、設計変更の考え方を発注者間で合意することで、短い設計期間に対処した工事があった。一方で、十分な期間を確保した工事では、追加調査や協議の実施、比較的自由度の高い提案の設計への反映が可能になっていることが確認された。これらを踏まえ、工事の緊急度、提案の自由度等の工事特性を踏まえた、設計・技術協力の設定期間の例を整理した。

(2) 事業促進 PPP

近年、国土交通省直轄の大規模災害復旧・復興事業、大規模事業において、調査・設計等の上流段階から官民双方の知識・技術・経験を融合させることにより、効率的な事業マネジメントを行う事業促進 PPP の適用が広がっている。必要な時に速やかに事業促進 PPP を導入しやすい環境を整えるため、事業促進 PPP を導入する際に参考となる実施方法や業務内容等を明確にした「国土交通省直轄の事業促進 PPP に関するガイドライ

ン(国土交通省、平成 31 年 3 月)」が策定されている。ガイドライン策定後、実際に提出された「業務記録簿」のデータ集計・分析により事業促進 PPP の具体的な業務内容を整理した。ガイドライン策定により技術的知見を必要とする業務へと業務内容がシフトしていること、業務によっては受注インセンティブ向上につながる常駐・専任の緩和等の可能性があることを把握した。

(3) 維持工事

国土交通省直轄(北海道開発局、沖縄総合事務局を含む)で平成 30 年度契約中の維持工事のうち、河川・道路の日常的管理に関する工事(緑化、照明、清掃作業のみは除く)を対象にアンケートを行い、維持工事の実施状況を把握した。道路事業においては 1 者応札が約 6 割と高い割合を占めていること、連続して受注している割合が比較的高いこと、維持工事受注者の災害協定締結状況等を把握した。また、これら実施状況を踏まえ、包括・個別二段階契約の実施手法を提案した。

(4) 工事・業務の入札・契約方式

工事については、総合評価落札方式を適用した工事を対象に、工事種別、工種、工事価格、競争参加者数、契約後の条件変更の有無に関する事項、工事の不確実性に関する内容を整理し、規模に比して競争参加者数が多い、または少ない工事の特徴を把握した。

調査・設計業務については、地方整備局等がプロポーザル方式・総合評価落札方式・価格競争で発注した業務を対象に、発注方式選定表に示された発注方式との適合率、入札・契約方式と成果品質との関係を経年的に整理し、業務内容に応じた適切な発注方式選定のための現状、課題を整理した。発注方式の違いが成果品質に及ぼす影響は必ずしも大きいものではなく、発注方式の選定は、手続きの効率性の観点を含め、総合的に検討される必要があることを確認した。

【成果の活用】

本研究の成果は、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の資料等に反映された。

また、技術提案・交渉方式の検討成果は、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(令和 2 年 1 月)に反映された。

CIM 展開のための 3 次元データ利活用の高度化に関する調査

Research on advanced utilization of 3D data for CIM development

(研究期間 平成 29～令和元年度)

社会資本マネジメント研究センター	室 長	池田 裕二
社会資本情報基盤研究室	Head	IKEDA Yuji
Research Center for Infrastructure Management	主任研究官	青山 憲明
Information Platform Division	Senior Researcher	AOYAMA Noriaki
	主任研究官	井上 直
	Senior Researcher	INOUE Tadashi
	研究 官	郭 栄珠
	Senior Researcher	KWAK Young-Joo
	研究 官	寺口 敏生
	Researcher	TERAGUCHI Toshio
	交流研究員	坂藤 勇太
	Guest Research Engineer	SAKAFUJI Yuta

To improve the quality of infrastructure maintenance work and to prevent design errors on the Building / Construction Information Modeling, Management (BIM/CIM) at the design stage, our division developed the prototype of the 3D simulation for construction inspection and modified standard documents of the BIM/CIM utilizing in a practical research application. This report proposed the basic perspective of data management on the BIM/CIM utilizing based on 3D model for dissemination of BIM/CIM.

【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、BIM/CIMの導入普及に取り組んでいる。また、計画・設計から維持管理に至る全体の建設生産プロセスにおいて、3次元モデルを基軸とする ICT 基盤の建設生産・管理システムの開発に取り組んでいる。

本調査では、建設生産プロセス全体で3次元データ利活用の高度化に向けた技術開発のため、点検シミュレーションの機能要件の整理と維持管理における施工及び点検記録結果等の一元管理（登録、参照）方法を開発することを目指している。

【研究内容】

1. 設計段階における BIM/CIM を活用した点検シミュレーションのプロトタイプの開発

(1) 点検シミュレーションの機能要件に関する調査

設計段階で「橋梁を確実に近接目視できる」「支承を確実に交換できる」こと等を確認するため、「点検シミュレーション」に必要な機能要件と有効な場面を明らかにする。そのために、どのようなシミュレーションを実施し、実際の設計の品質向上や点検計画立案に役立つのかを検討し、必要な機能要件を整理する。

(2) BIM/CIM を活用した点検シミュレーションの評価

整理した利用場面及び機能要件をもとに、プロトタイプを開発し、その機能の有効性を評価する。道路管理者、点検業者、橋梁診断者を対象に点検シミュレーションの利用シナリオ案を作成し、ヒアリング調査に伴うデモンストレーションを実施し、点検シミュレーションの有効性の評価を行う。

2. 3次元モデルを活用した施工及び点検記録の一元管理方法

(1) 施工及び点検記録等を BIM/CIM 上に登録する方法の検討

本調査では、維持管理に必要な情報と、その利用頻度を明らかにする。次に、維持管理における施工及び点検記録の管理方法と、3次元モデル上の検索・参照方法を検討する。また、施工及び点検記録の属性として BIM/CIM 上で効率的に管理する方法（データの紐付け方式、ファイル管理方式）を検討する。調査の対象は、「橋梁点検」とする。

(2) BIM/CIM を活用した施工及び点検記録等の管理（登録、参照）の有効な利用場面の調査

施工管理および点検データを3次元モデルに登録し活用する有効な利用場面を検討する。有効な利用場面として、点検業者が点検結果等を BIM/CIM 上に登録して管理者が参照する一連の作業を点検業者及び管理者の視点で抽出する。

紐付け方式（直接・間接参照）、データ管理方式（構造全体、構成要素単位、各部材、ピンおよびテキスト単位等）、ファイル管理方式（フォルダ形式、ファイル名詳細設定、オブジェクトストレージ管理）等の計 80 通りの組み合わせうち、ニーズが高い利用場面（表-1）のデータ登録および参照にかかる手間やデータ検索の容易さ等の時間を計測する試行シナリオを作成し、実データを用いて候補となる計 13 通りの有効な利用場面案を試行する。

表-1 施工及び点検管理の有効な利用場面

	有効な利用場面	対象情報
点検管理	①画像からひび割れを検出して CAD データを自動的に作成し、時系列で比較	点検時の写真、点検調査書（損傷図）
	②点検結果を条件に色分け表示等で描画し、修繕計画の要否や修繕範囲を判断	点検調査書
	③対象部材の変状が進展しているかを確認するため、過去の変状図を並べて比較	点検調査書（変状図）
	④劣化の進行度の高い構造物の点検結果推移を確認	点検調査書
施工管理	①施工時の状況を確認	工事写真
	②鋼橋の各種試験結果に問題がないか確認	鋼橋製作結果(ミルシート等)
	③生コンクリートおよびコンクリート二次製品の品質記録表（骨材）を確認	生コンクリート品質記録表（骨材）
	④問題が発生した橋梁と同じ骨材を用いている橋梁を検索	生コンクリート品質記録表（骨材）

【研究成果】

(1) 点検シミュレーションの機能の有効性の評価

点検シミュレーションが具備すべき機能について、確認項目と確認方法から「画面上の機能」と「内部処理の機能」に大別し、維持管理への配慮事項、点検方法（直接目視の確認）、点検箇所へのアプローチ等の利用場面の有効性を評価した。

有効と評価される内、既存ソフトウェアの機能に新規機能を追加することで、実現可能な点検シミュレーションのプロトタイプを開発した（図-1 を参照）。開発した新規機能の利用のため、現場点検で利用することを想定した利用者マニュアルにとりまとめた。



図-1 点検シミュレーションの適用事例のプロトタイプ一部の画面（点検車両の干渉確認）

(2) 橋梁の施工及び点検モデルの評価

施工及び点検記録データは、土木工事における資料

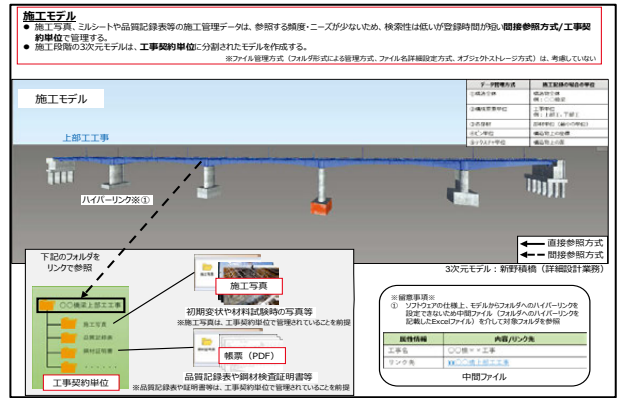


図-2 橋梁構造物の点検記録等を BIM/CIM 上に登録する施工モデルのイメージ

管理の業務効率化と維持管理に関する資料管理の効率に寄与するか、巡回等に併せて日常的に行われる点検で使いやすいか、データ作成者の手間、データ検索のしやすさの観点で定量的に評価した。具体的な評価は以下の通りである。

施工記録データ（工事写真、ミルシートや品質記録表等）の管理方法は、損傷があった場合の原因究明に必要な情報であるが、参照回数は低いので、手間をかけずに紐づける方法で一元管理するのがよいと評価した。そこで、工事写真、品質記録表、ミルシートや品質記録表等は、検索性は低いが登録時間が短い間接参照方式を選定し、工事契約単位で管理することがよいと評価した。図-2 は、工事契約単位に分割された施工モデルに工事写真（帳票）と品質記録を間接参照方式のデータとして管理するイメージを示した。

点検記録データ（写真・損傷図等）は、前回の記録を参照するなど参照回数が多く、3次元モデル上で点検対象の構造体が損傷のある場所で紐づけて管理されると、検索・参照し易くなる。前回の記録の撮影位置と撮影写真を確認する手間がかかっているため、モデル上で撮影位置と撮影写真を確認可能な間接参照方式/ピン単位で管理することがよい。また、点検調査は、検索性は低いが登録時間が短い間接参照方式/径間単位で管理する。さらに、時系列で損傷が見られれば尚良い。

しかし、本調査に基づいた BIM/CIM 上で活用可能な維持管理モデルのデータ作成作業は、ソフトウェア環境に依存するため、関連ツール開発業者と継続的に調整していく等の中長期的な取り組みに推進していく必要がある。

【成果の活用】

本調査の成果の一部は、CIM 導入ガイドライン（案）の維持管理における BIM/CIM の利用方法や維持管理のための CIM モデル作成仕様の改定に反映している。また、本調査結果は、現場で試行可能な点検シミュレーションの開発等への活用が期待される。

土工構造物等の要求性能に対応した変状評価、 性能向上に関する調査検討

Study on deformed state evaluation according to required performance and performance improvement of substructures

(研究期間 平成 29～令和元年度)

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 七澤 利明
Head NANAZAWA Toshiaki
主任研究官 伊藤 浩和
Senior Researcher ITO Hirokazu
研究官 佐々木 惇郎
Researcher SASAKI Atsuo

With regard to road earthworks structure, technical standards were established in 2014 and the required performance was shown, but concrete checking methods corresponding to required performance are not sufficient. In this study, we are investigating and studying for the purpose of preparing the basic data necessary for considering the method of evaluating the function as roads of the section where the road earthwork structure exists.

【研究目的及び経緯】

道路土工構造物については、平成 26 年度に技術基準が制定され要求性能が示されたが、要求性能に対応した具体的な照査手法は明確に示されていない。本研究では道路土工構造物が存する区間の道路としての機能を評価する手法を検討する上で必要となる基礎資料の作成を目的に調査検討を行っている。

本調査では、道路土工構造物のうち従来型カルバートの適用範囲を超えるボックスカルバートの性能照査手法を検討する上で必要となる耐震設計法に関して、応答変位法及び応答震度法の二つの静的照査法による試算を行い、両照査法の比較分析を行った。

【研究内容及び研究成果】

1. ボックスカルバートの常時設計

ボックスカルバートの常時設計計算は、表-1 に示す CASE I～CASEIX の条件に対して実施した。常時設計は部材厚を標準的な厚さで設計した場合とやや厚めに設計した場合と 2 パターンを実施した。

表-1 試算ケース

CASE	内空幅 (m)	内空高 (m)	連数 (連)	土被り (m)	備考
I	6.5	5.0	1	0.5	従来型
II	6.5	5.0	1	1.5	従来型
III	6.5	5.0	1	5.0	従来型
IV	10.0	5.0	1	0.5	
V	10.0	5.0	1	1.5	
VI	10.0	5.0	1	5.0	
VII	14.0	5.0	1	0.5	
VIII	14.0	5.0	1	1.5	
IX	14.0	5.0	1	5.0	

※従来型とは“従来型カルバート”を示す

2. ボックスカルバートの耐震設計法に関する試算

2.1. 検討条件

本調査では、II 種地盤相当の地盤モデルを想定し(図-1)、想定地盤モデルに対し一次元等価線形解析を実施し、算出された地盤の収束せん断剛性を用いて躯体周辺部のばね(応答変位法では節点集中ばね、応答震度法では有限要素の剛性)を設定した。また、各計算手法では等価線形解析において躯体の頂底板間位置の相対変位が最大となる時刻の荷重状態(変位・加速度)を想定した。代表地盤モデルに対し H29 道路橋示方書に示されるレベル 2 地震動を与え、一次元等価線形解析によりカルバートの頂底板位置の相対変位が最大となる 1 波を抽出し、入力地震動として選定している(選定波: T2-I-2)。表-2 に各計算手法における地盤及び躯体の検討条件の概要を示す。

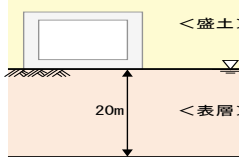
II 種地盤 ⇒TG=4H/Vs=4・20/200 =0.4 (s)	単位体積重量 γ (kN/m ³)	せん断波速度 Vs (m/s)	強度定数	変形特性
	19	150	c=0kN/m ² φ=30°	土木研究所所報 153号 地盤の動的変形特性に関する実験的研究(II)より設定
	19	200	---	
	19	300	---	線形

図-1 地盤モデル

表-2 検討条件概要

地盤モデル	耐震計算手法	応答変位法	応答震度法
	モデル化方法	節点集中ばね	平面ひずみ要素
ばね特性	ばね剛性	収束せん断剛性より設定	収束せん断剛性より設定
	換算載荷幅	10 m	---
躯体モデル	部材直交方向	線形 (受働破壊しないため)	躯体周面部にジョイント要素を付加 ※せん断方向は
	部材せん断方向	バイリニア型非線形 (τf=c+σtanφ)	バイリニア型非線形 (τf=c+σtanφ)
	躯体モデル	非線形 (M~φ 型) ※トリリニア型	非線形 (M~φ 型) ※トリリニア型

※本報告は平成 30 年度から令和元年度へと継続して実施した研究の成果を令和元年度研究成果としてまとめたものである。

2.2. 検討結果

2.2.1. 各計算手法の比較

常時設計を実施した中から、12断面を対象にレベル2地震動に対する応答変位法及び応答震度法による耐震計算を実施し、両手法で得られた結果を比較した。

表-3に両計算手法における照査結果概要を示す。曲げ照査では、CASE Iの応答変位法のケースのみOUTで、応答震度法では全てのケースでOKとなった。せん断照査では、ほぼ全てのケースでOUTとなった。層間変形角照査では、土被りが小さいケース（土被り0.5m）のみOUT（構造安全性照査でOUTとなりカルバートの要求性能3を満足しない結果）となった。

図-2に躯体の内空幅と層間変形角との関係を整理した。これより、同一内空幅であれば土被りが大きい程、同一土被りであれば内空幅が大きい程躯体の層間変形角は小さくなる傾向にあることが確認された。

表-3 両計算手法の照査結果概要

	土被り (m)	内空幅 (m)	内空高 (m)	応答変位法				応答震度法			
				部材照査		層間変形角照査		部材照査		層間変形角照査	
				曲げ照査	せん断照査	使用安全性	構造安全性	曲げ照査	せん断照査	使用安全性	構造安全性
CASE I	0.50	6.5	5.0	OUT	OUT	OUT	OUT	OK	OK	OUT	OUT
CASE II	1.50			OK	OUT	OUT	OK	OK	OUT	OK	OK
CASE III	5.00			OK	OUT	OK	OK	OK	OUT	OK	OK
CASE IV	0.50			OK	OUT	OUT	OK	OK	OK	OUT	OK
CASE V	1.50	10.0	5.0	OK	OUT	OK	OK	OK	OUT	OK	OK
CASE VI	5.00			OK	OUT	OK	OK	OK	OUT	OK	OK
CASE VII	0.50	14.0	5.0	OK	OUT	OK	OK	OK	OUT	OK	OK
CASE VIII	1.50			OK	OUT	OK	OK	OK	OUT	OK	OK
CASE IX	5.00			OK	OUT	OK	OK	OK	OUT	OK	OK
CASE I'	0.50	6.5	5.0	OK	OK	OUT	OUT	OK	OK	OUT	OUT
CASE II'	1.50			OK	OUT	OK	OK	OK	OUT	OK	OK
CASE III'	5.00			OK	OUT	OK	OK	OK	OUT	OK	OK

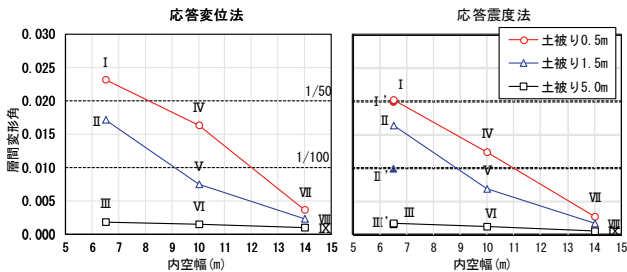


図-2 内空幅と層間変形角との関係

2.2.2. 低土被りカルバートの計算モデルの検討

CASE Iは、道路土工カルバート工指針で示される従来型カルバートに該当するものであるが、応答変位法による照査においてOUTの結果が得られた。従来型カルバートの地震時被災事例はほぼないため、この結果は実現象と乖離したものであるといえる。低土被りの場合、地盤からの拘束力が弱く、地震時にカルバート躯体が地盤変形に追従して挙動せず、耐震計算で想定しているような荷重が躯体に作用していない可能性が考えられる。そこで、耐震計算結果と実現象との乖離を解消する手段として、せん断摩擦力の上限値の設定に着目し、せん断摩擦力の上限値の与え方を杭基礎やケーソン基礎の安定計算にて用いられている設定方法を参考にして、下記の2つのパターンで低減させた。

- [1] $\tau f = 1 \text{ N}$ (NはN値を示す)
- [2] $\tau f = 0.5 (C + \sigma \tan \phi)$

表-4にせん断摩擦力の上限値の設定による影響検討結果を示す。せん断摩擦力の上限値を低減させた場合、部材の曲げ照査及び層間変形角の照査がOKとなる結果が得られた。つまり、低土被りのカルバートの場合、せん断摩擦力の上限値の設定が極めて重要であることが確認された。

また、応答変位法の底面の地盤ばねは、当初盛土相当のものを設定していたが、現地盤（表層地盤）相当の設定で計算すると応答震度法とよく合う結果となった。これにより、応答変位法において地盤ばねの値を精度良く設定することにより応答震度法との結果に大きな差異は生じず、実用的な応答変位法も耐震設計法として選択できることを確認した。

表-4 周面せん断摩擦力に対する影響検討結果

応答変位法 (曲げモーメント図)										せん断摩擦力の上限値の設定による影響検討 (頂版、側壁), $\tau f = 0.5(C + \sigma \tan \phi)$									
$\tau f = C + \sigma \tan \phi$ (基準ケース)										$\tau f = 0.5(C + \sigma \tan \phi)$									
部材番号	引張位置	ϕd (1/m)	ϕa (1/m)	判定	比率	部材番号	引張位置	ϕd (1/m)	ϕa (1/m)	判定	比率	部材番号	引張位置	ϕd (1/m)	ϕa (1/m)	判定	比率		
2	内側	0.00031	0.15030	OK	0.00	2	内側	0.00029	0.15030	OK	0.00	2	内側	0.00018	0.19538	OK	0.00		
33	外側	-0.09608	-0.28244	OK	0.34	33	外側	-0.06943	-0.28244	OK	0.25	33	外側	-0.06943	-0.28244	OK	0.25		
36	外側	0.00375	0.20057	OK	0.02	36	外側	0.04307	0.20057	OK	0.21	36	外側	0.04307	0.20057	OK	0.21		
67	内側	-0.00023	-0.20057	OK	0.00	67	内側	-0.00025	-0.20057	OK	0.00	67	内側	-0.00025	-0.20057	OK	0.00		
70	内側	-0.00016	-0.19821	OK	0.00	70	内側	-0.00015	-0.19821	OK	0.00	70	内側	-0.00015	-0.19821	OK	0.00		
89	外側	0.05214	0.04506	OUT	1.16	89	外側	0.00343	0.04506	OK	0.08	89	外側	0.00343	0.04506	OK	0.08		
92	外側	-0.00171	-0.06213	OK	0.03	92	外側	-0.00172	-0.06213	OK	0.03	92	外側	-0.00172	-0.06213	OK	0.03		
111	内側	0.00018	0.19538	OK	0.00	111	内側	0.00018	0.19538	OK	0.00	111	内側	0.00018	0.19538	OK	0.00		

3. まとめ

耐震計算を実施する上で、躯体周辺部のせん断摩擦力の上限値の設定により結果が大きく変わることが確認されたことから、この設定方法は非常に重要であると考えられる。一方で、今回検討したほぼ全てのケースで部材のせん断照査がOUTの結果となったが、実カルバートにおいてせん断破壊が生じた事例はほぼ確認されておらず、実現象と乖離した結果となっているため、実カルバートの被災事例との整合を図って行く必要がある。

今後は、実用的な応答変位法を基本として検討を行うこととし、せん断摩擦力の上限値の設定を見直し、既往の遠心模型実験結果や地震の影響を受けた実カルバートの被災事例について再現解析を行い、耐震設計法の検証を進めていく。また、盛土内に構築されたカルバートに対する作用として、盛土部の地震動の作用による変形の算定方法についても検討を行い、大型カルバートの耐震設計法を確立していく。

【成果の活用】

本調査結果は、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基礎資料として活用する予定である。

領域 5

美しい景観と快適で質の高い道空間の創出

道路植栽地の適正な維持管理に関する研究

Study on appropriate management of road planting area

(研究期間 令和元～2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 FUNAKUBO Satoshi
主任研究官 飯塚 康雄
Senior Researcher IIZUKA Yasuo

The purpose of this study is to summarize technical materials for use in the field for the appropriate maintenance and management methods so that road planting areas can continue to fulfil their greening function. In fiscal 2019, on-site investigations were conducted of the problems of the exposed roots of roadside trees, the growth of short and medium-height trees and the vigorous growth of weeds, and an understanding was gained of the cause of each problem occurrence.

【研究目的及び経緯】

道路植栽地においては、維持管理水準の低下や植栽の経年的な変化等により、街路樹の根上り、中低木植栽の劣化、雑草の繁茂により、道路利用者の通行障害や見通しの阻害、景観の悪化等の問題が発生している。このような状況の中で、道路緑化技術基準（平成27年3月改定）においては、道路交通機能の確保を前提として、緑化機能を総合的に発揮できる質の高い緑化を行うことにより道路空間や地域の価値向上を図ることとしている。

本研究では、街路樹の根上り対策、中低木植栽の再生、雑草対策の最適化について検討を行い、道路植栽地が緑化機能を継続して発揮できる適正な維持管理手法について、現場で活用できる技術資料をとりまとめることを目的としている。

【研究内容】

1. 街路樹の根上り発生状況と対策効果

根上りの発生状況について、根上りによる縁石・舗装の浮き上がりの障害規模を調査することにより、樹種の違いや植栽地形状、樹木の経年的成長の関係を把握した（調査樹種：9種、調査対象木：99本）。また、街路樹や公園植栽木において根上り対策工を実施した10事例を調査し、経年的な状況を踏まえた対策効果を確認した。

2. 中低木植栽の生育実態

道路に植栽されている中低木（主として樹高3m未満の形状寸法で用いる樹種）について、中低木植栽に求められる①道路緑化機能、②道路交通機能、③生育の健全性の3つの観点から現地調査により適切・不適切となる生育実態を把握した（調査地：33事例）。

3. 雑草の繁茂実態と対策工

道路植栽地における雑草の繁茂実態について、周辺土

地利用が異なる地域での植栽地別の現地調査により、生育状況（植物種名、植物高さ、植被率等）、植栽環境、交通障害の発生状況等を把握した（調査地：16事例）。また、道路植栽地において現状で実施されている雑草対策工について、既存文献や公表資料等をもとに抽出し、代表的な工法について現地確認を行った。

【研究成果】

1. 街路樹の根上り発生状況と対策効果

根上りの発生は、樹種毎に多少の違いは見られるものの、総じて樹木が大きく成長する一方、植栽空間が狭小である場合に被害が大きくなる傾向が認められた（図-1）。また、根上り対策工の効果として、代表的な①カツラの「根切り+防根シートの設置」、②モミジバフウの「根切り+防根シート+植栽基盤の拡幅」、③ケヤキ「根切り+防根シート+植栽基盤の改良（根上りに有効とされる単粒碎石を主とした基盤材）」の3工法について、対策工を実施後10年程度経過した根上りの再発状況とその原因を以下のとおり整理した（図-2）。

①根切り+防根シート

施工12年後において舗装の浮き上がりが確認され、原因として防根シートの不確実な設置や劣化が考えられた。

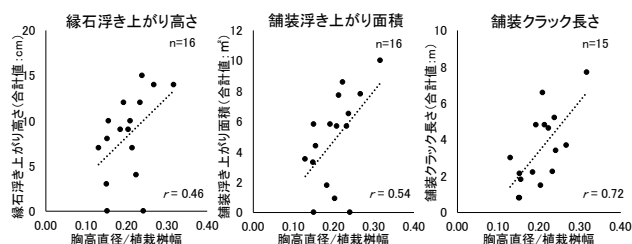


図-1 根上り発生と植栽環境との関係（イチョウ）

②根切り+防根シート+植栽基盤の拡幅改良

施工 12 年後において再発は見られなかったものの、植栽柵内に浮き上がった根が見られた。この原因としては、植栽基盤の改良の際に根系伸長範囲が拡幅されたことによると考えられた。

③根切り+防根シート+植栽基盤材の改良

施工 10 年後において縁石と舗装の浮き上がりが再発していた。この原因としては、植栽基盤材が改良されたことでケヤキの成長が良好になったことにより根系においても肥大成長が見られる一方、根系伸長範囲が拡幅されなかったことで根上りが再発したと考えられる。

2. 中低木植栽の生育実態

調査結果から中低木植栽の生育実態として、適切・不適切となる以下の項目が確認された (図-3)。

- ①道路緑化機能：修景機能、環境保全機能、遮光機能、交通分離機能、視線誘導機能、衝撃緩和機能
- ②道路交通機能：歩車道・交差点見通し、標識視認、照明照射、道路附属物や占用物との競合、建築限界越境
- ③生育の健全性：樹勢、樹形、緑被度、病虫害、雑草
これら不適切となる要因としては、「植栽場所の不適合」、「生育不良」、「過繁茂」及び「雑草の侵入・繁茂」があり、各々について以下の原因が考えられた。

- ①植栽場所の不適合：不適切な植栽配置、植栽地に不適合な樹種選択、これらに対応した剪定の不足
- ②生育不良：植栽地に不適合な樹種選択、剪定の不足、植栽基盤の劣化、歩行者による踏み固め等の行為、気象
- ③過繁茂：植栽地に不適合な樹種選択、剪定の不足
- ④雑草の侵入・繁茂：不適切な植栽配置、雑草に対応した維持管理の不足、空地の発生・放置等の行為

3. 雑草の繁茂実態と対策工

雑草繁茂の実態としては、全 16 調査地点において合計 98 種の雑草が確認された。分類別の種数では、1 年生草本 26 種、多年生草本 44 種、ツル性草本 9 種、タケ・ササ類 1 種、木本 18 種が確認され、多年生草本が最も多かった (図-4)。これらの雑草繁茂による主な交通障害等の発生状況としては、建築限界の越境、視認性の阻害、中低木の生育阻害、不法投棄の誘発が確認された。また、雑草対策工については、大きく分類すると物理的防除法、生態的防除法、化学的防除法があり、他に植栽地を住民協働等で花壇活用を行い除草することや、これらを複合

的に行う総合的防除法が確認された (図-5)。

【成果の活用】

本結果を基に、根上り対策、中低木植栽の再生、雑草繁茂対策の効果・効率的な手法を検討する予定である。

対策方法	対策工の経年変化
①: 根切り+防根シート	根上りの再発: あり(施工後12年)
②: ①+植栽基盤の拡幅	根上りの再発: なし(施工後12年)
③: ①+植栽基盤材の改良*	根上りの再発: あり(施工後10年)

図-2 根上り対策工の経年的な変化

	①道路緑化機能 (修景機能)	②道路交通機能 (建築限界の確保)	③生育の健全性 (樹勢)
適切事例			
不適切事例			

図-3 中低木植栽の生育実態

植樹帯・植樹樹	分離帯・交通島	環境施設帯
商業地域: ヨモギ等 	商業地域: セイカアワダチソウ等 	住居地域: イタドリ等
工業地域: ススキ等 	分離帯: チガヤ等 	工業地域: クス等

図-4 雑草等の繁茂実態

物理的防除法		生態的防除法		化学的防除法	
種類	事例	種類	事例	種類	事例
<ul style="list-style-type: none"> ・人力刈り取り ・土質改良工舗装工、コンクリート構造物 ・シート敷設工 ・防草テープ ・歩車道境界ブロック ・防草タイプ ・マルチング敷設工 		<ul style="list-style-type: none"> ・地被植物 ツタ類、ササ類、多肉植物、コケ類 ・品種改良シバ ・アレロパシー植物 ・樹林化や植生管理 ・施肥管理 		<ul style="list-style-type: none"> ・除草剤 非選択的除草剤、植生改良剤、発芽抑制剤、生長抑制剤等 ・重曹 ・石灰窒素 	

図-5 雑草対策工

道路空間再構築の計画・設計手法に関する研究

Research on the Methods of Planning and Designing for Road Reconstruction

(研究期間 平成 30～令和元年度)

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
Infrastructure Management
Landscape and Ecology Division

室長
Head
研究官
Researcher
招へい研究員
Visiting Researcher

舟久保 敏
FUNAKUBO Satoshi
岩本 一将
IWAMOTO Kazumasa
西村 亮彦
NISHIMURA Akihiko

This paper has aimed to organize the methods of Planning and Designing for Road Reconstruction through the ninety-six cases of the projects in Japan. In order to carry out it, this paper investigated into abstract of the project, consideration of the process from the plan to construction, ingenious point, and trouble point. Afterward, the second survey has done focusing key fifteen cases in order to make the model of ideally process on the Road Reconstruction. Finally, this paper has shown the model which have twenty-seven recommendation point with three phases.

【研究目的及び経緯】

近年、まちなかの道路空間について、都市再生や中心市街地の活性化、観光振興等の一環として、歩行者中心の公共空間へと転用する動きが高まっている。既成市街地でこれらの空間を創出するにあたっては、道路空間再構築（元の道路幅員を維持したまま、幅員構成の再編や施設更新による再整備を行う取組）により多様なモビリティ・アクティビティの共存、及び良好な景観形成とが両立した空間構成の計画・設計を行うことが必要となるが、その手法についての知見は整理されていない。

本研究では、全国における道路空間再構築の先行事例を対象に、空間構成の検討プロセス、及び計画・設計上の課題とその解決策を調査し、上述の目的に資する道路空間再構築の計画・設計手法を整理することを目的とした。

【研究内容】

全国の道路空間再構築の事例 96 件を対象としてアンケート調査を行った。アンケート項目は、計画・設計上の課題とその解決策を分析する上で必要なデータとして、事業の概要、検討プロセスにおける留意事項、計画・設計の考え方、事業実施にあたり工夫した点・苦勞した点に関する情報を効率的に収集できるよう設定した。

回答が得られた 88 事例の結果を踏まえ、道路空間再構築における多様なモビリティ・アクティビティの共存、及び良好な景観形成とが両立した空間構成の計画・設計にあたり、課題となる技術的事項を抽出するとともに、各課題の解決策を検討する上で参考となる事例 15 件を選定し、課題解決の留意点に係る詳細な情報を収集し、課題毎に整理した。

【研究成果】

調査の結果、道路空間再構築の事業実施にあたり工夫した点・苦勞した点として関係機関との調整が多く挙げられていた。そのため、実事例より整理された事業を進める上での留意点を分かりやすく示すために、構想・計画から設計、施工に至る一連の「事業段階」と、各事業の目的や課題の類似性で 3 つに分類した「検討項目」の 2 軸を用いた事業実施のフロー図（図-1）により課題を列挙するとともに、各課題における協議・合意形成の対象を図-2 のように整理した。以下に各事業段階における具体的な課題および解決策の例を示す。

1) 「構想・計画段階」では、事業対象地の現況整理（地域における主要施設の位置関係や路線の位置づけ、既存施設の整理など）を行い、同時に対象地が持つ現況課題を把握した上で、事業の検討を行うことが必要となる。

具体例として、道路を舞台に地域の活動を促進することを企図した場合、地域のニーズに合わせた利用しやすい空間を適宜適切に確保できることが求められる（図-1 の課題番号①）。福岡市の承天寺通りでは、使い勝手に配慮した横断構成としてセミフラット形式の歩道整備を採用し、そこに着脱式のボラードを設置することによって、イベント時の対応と平常時の歩行者保護を両立させることが検討された。（図-3）

2) 「設計段階」では、構想・計画段階で方向づけた道路空間のあり方や利活用時の使い勝手等に対する地域要望の実現に向けて、歩行空間の快適性や利活用を促進する施設の配置や道路構造に係る施設等の確定、地上機器の集約等の道路空間の使い勝手やディテールに関する詳細な設計が必要となる。

具体例として、沿道価値の向上を目指した修景整備

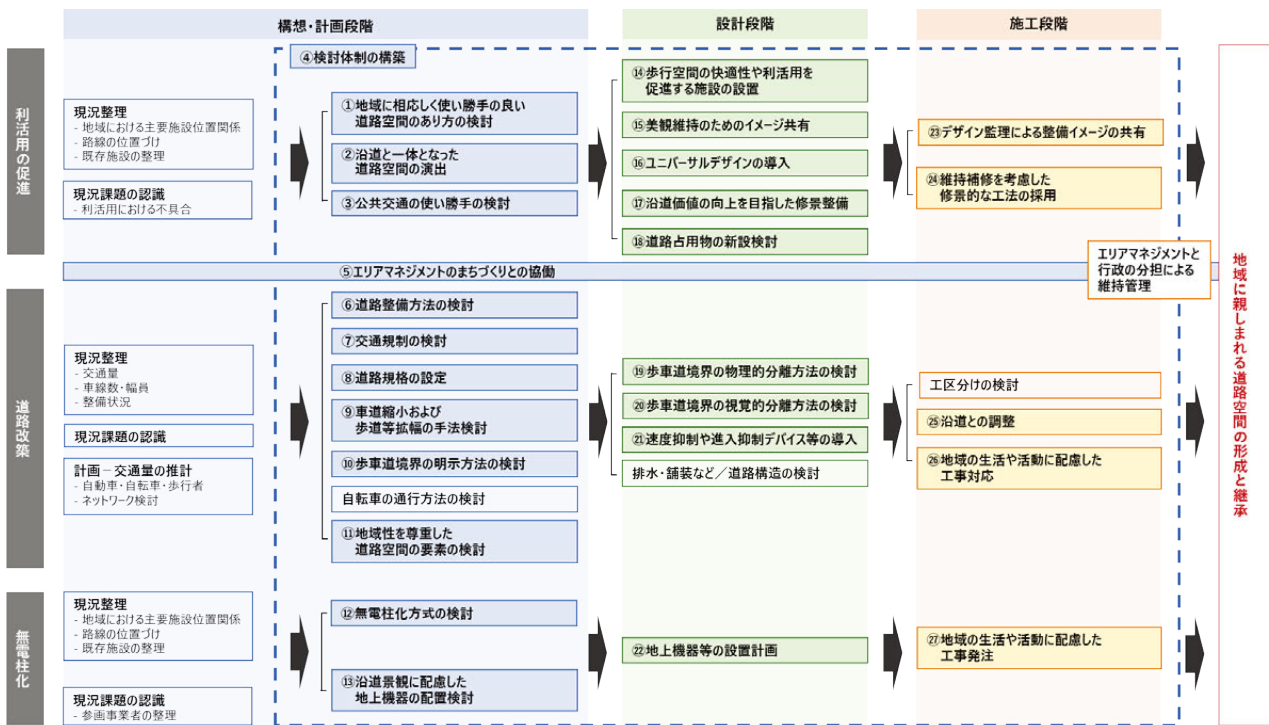


図-1 事業段階と検討項目の2軸を用いた事業実施のフロー

構想・計画段階		協議・合意形成の対象						
検討項目ごと整備の技術的な課題	事例からみた課題解決の具体的対応	市内	地域関係者	警察	道の他の行政機関	その他の事業者	交通運輸事業者	供給始理系
(1) 利活用の促進	① 地域に相応しく使い勝手の良い道路空間のあり方の検討	a.	●	●				
		b.	●	●				
	② 沿道と一体となった道路空間の演出	c.	●	●				
	③ 公共交通の使い勝手の検討	d.	●	●	●		●	
	④ 検討体制の構築	e.	●	●	●	●	●	●
	⑤ エリアマネジメントのまちづくりとの協働	f.	●	●	●	●		

図-2 協議・合意形成の対象を示したインデックス (図-1に掲載した課題番号①—⑤の部分を抜粋)



図-3 使い勝手に配慮した横断構成：セミフラット形式の歩道（左）と着脱式のポラード（右）【福岡市承天寺通り】（※市提供）

を企図した場合、歩行者が視認することのできる空間における施設のおさまりや、地域により親しまれる景観の検討が必要となる（図-1の課題番号⑩）。岐阜市の川原町通りでは、道路の舗装材について行政と沿道住民が一緒に材料のサンプル比較や現地での試験施工を通じて検討を行い、その結果が設計内容にまとめら



図-4 地域との協働による材料サンプルの比較（左）と現地での景観検討（右）【岐阜市川原町通り】（※市提供）

れた（図-4）。

3) 「施工段階」では、沿道の住民や商業への影響を軽減する各種路面標示の扱いや工事時期の調整等に関する事項が必要となる。また、構想・計画、設計の各段階で地域との合意を得ていたとしても、工事の進捗にあわせた丁寧な説明対応を行い、その都度相互理解や合意を得ながら事業を進めることも必要となる。

具体例として、地域の生活や活動に配慮した工事対応を企図した場合、沿道への影響を可能な限り軽減するための効率的な工区割りや工事時間の設定といった配慮が求められる（図-1の課題番号⑳）。輪島市の本町・朝市通りでは、沿道地権者のほか、工事期間中も開催される朝市関係者とともに工事の時間帯を調整した結果、全ての工事が夜間に実施された。

【成果の活用】

本研究成果については、今後、参照しやすいよう課題別のシート形式での整理などを行い、道路空間再構築の業務担当者が活用できる技術資料としてとりまとめ、公表する予定としている。

無電柱化事業における円滑な合意形成手法に関する調査

Survey on building smooth consensus for projects of removing utility poles

(研究期間 平成 30～令和元年度)

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

室 長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研 究 官
Researcher

間渕 利明
MABUCHI Toshiaki
大城 温
OSHIRO Nodoka
大河内 恵子
OHKOUCHI Keiko

Removing utility poles are effect for strengthen disaster prevention, improve safety etc. Efficient consensus building with local residents is very important for the smooth and fast completion of removing utility poles.

This survey focuses on the actual state of the consensus building process at the planning stage, design stage and construction stage of the removing utility poles. Based on this survey results, the guideline on how to build consensus in the utility pole removal projects was created for local government officials.

【研究目的及び経緯】

平成 28 年に公布・施行された無電柱化推進法にもとづき策定された「無電柱化推進計画」を着実に実施し、道路の防災性の向上、安全性・快適性の確保、良好な景観形成や観光振興を推進する必要がある。それには、住民の理解を得て無電柱化を円滑に実施し早期に完成することが重要である。

そのため本調査は、無電柱化事業の計画・実施における合意形成の進め方に関する手引きを作成することにより、無電柱化事業の合意形成の円滑化を図ることを目的としている。無電柱化の計画策定や設計・施工における合意形成プロセスの実態を調査するとともに、調査成果に基づき合意形成において重要なポイントを整理した。無電柱化を担当する地方公共団体等が事業を実施する際に参考となるような手引きとした。

【研究内容】

1. 無電柱化事業における合意形成に関する実態調査

無電柱化事業を進める際の住民・電線管理者との合意形成プロセスの実態、住民説明・協議・調整等における課題を把握するため、無電柱化を担当する行政組織（道路管理者、街づくり部署等）を対象にアンケート調査を実施した。

アンケート期間は、2019 年 5 月 22 日～6 月 6 日で、調査対象とした行政組織は、国土交通省および内閣府沖縄総合事務局の国道事務所等、都道府県、政令市を中心とした市町である。

また、無電柱化事業を行った 3 地方公共団体に対して個別にヒアリングを実施し、合意形成の時期・内容や実際の事業における課題・取組等を把握した。

2. 計画・実施における合意形成の進め方の整理

これまでのマニュアルや事例等から円滑な合意形成の進め方について、事業の進捗状況に応じて体系的に整理を行った。この整理を基に、無電柱化事業の計画・実施における合意形成の進め方について、初めて無電柱化事業を担当する地方公共団体職員等の参考資料とすることを想定した手引きを作成した。作成にあたっては、学識者、国、東京都、電力事業者、通信事業者、CATV 事業者、建設コンサルタント、NPO から構成される「合意形成ワーキンググループ(以下、「合意形成 WG」という)」（座長：屋井鉄雄 東京工業大学副学長）を設立した。合意形成 WG では、電線共同溝法に基づく無電柱化以外の事業方式（要請者負担方式及び単独地中化方式）も含めた手引きとすることを前提に、手引きの内容等について意見をいただいた。

【研究成果】

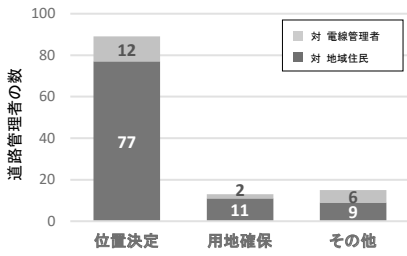
1. 無電柱化事業における合意形成に関する実態調査

無電柱化事業における合意形成の特徴として、道路管理者と地域住民だけでなく、電線管理者（電力事業者・通信事業者・CATV 事業者等）、警察、他の占用事業者など、関係者が多岐にわたり調整事項も多いことが挙げられる。

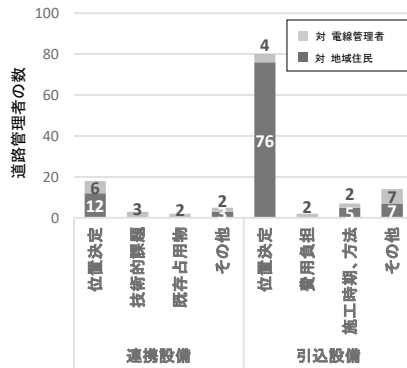
合意形成に時間を要することが多い調整事項として、変圧器や低圧分岐装置等の地上機器の設置が挙げられる。電力会社によって規格が異なるが、高さが 0.9～1.4m 程度の金属製の箱が歩道上に設置されるため、景観や乗り入れを阻害するとして、沿道の地権者から設置に反対されることが多い。一方で、電線管理者側の技術的な制約でどこにでも地上機器を設置できるわけではない。

本調査により、地上機器の設置における合意形成は、地域住民に対して困難なケースが特に多いが、電線管

※本報告は平成 30 年度から令和元年度へと継続して実施した研究の成果を令和元年度研究成果としてまとめたものである。



(1) 地上機器設置



(2) 引込管等設置

図-1 道路管理者が合意形成に困難を感じている道路管理者の数

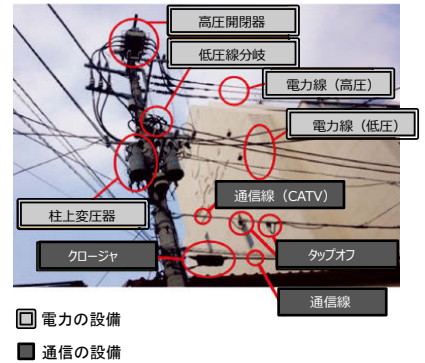


図-2 架空設備の解説例

理者に対しても多いことが明確になった。(図-1(1))
また、同様に道路から民地への引込管等の設置においても、その設置位置の調整に困難を感じている道路管理者が多いことがわかった。(図-1(2))

2. 合意形成のための技術ガイドの作成

合意形成WGにおける意見や助言を踏まえて、無電柱化技術や法制度に関する解説、合意形成の進め方に関する解説を技術ガイド(案)としてとりまとめた。

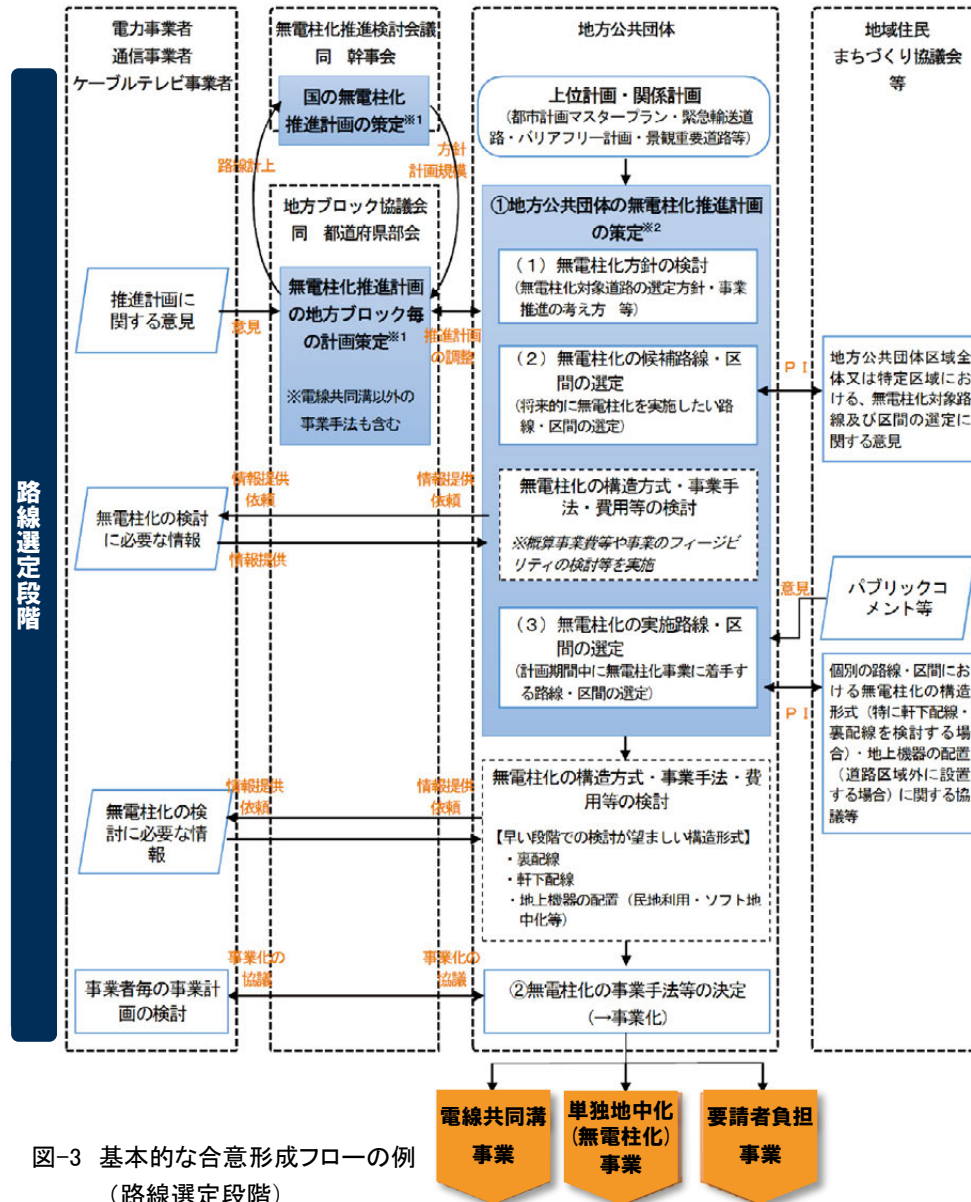


図-3 基本的な合意形成フローの例 (路線選定段階)

無電柱化技術や法制度に関する解説については、初めて無電柱化事業を担当する地方公共団体の職員にはわかりにくい電力・通信関係の設備や構造等を図や写真を用いて理解しやすくなるように努めた。(図-2)

合意形成の進め方に関する解説については、無電柱化する路線を選定する段階(路線選定段階)、無電柱化が事業化され設計を行う段階(設計段階)、施工を行う段階(施工段階)の3段階に分割し、各段階において関係者毎の合意形成の進め方について、具体的な事例を多く取り入れて整理した。また、多様な合意形成事項について、実施時期や関係者との関係を分かりやすく表現した。(図-3)

【成果の活用】

とりまとめた技術ガイド(案)については、地方公共団体等の無電柱化の担当者に広く活用していただく予定である。

領域6

交通事故等から命を守る

生活道路対策エリアにおける交通安全の向上に関する調査

Study on improvement of traffic safety in strategic areas for residential road safety improvement

(研究期間 令和元～3年度)

道路交通研究部 道路交通安全研究室
Road Traffic Department
Road Safety Division

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

小林 寛
KOBAYASHI Hiroshi
大橋 幸子
OHASHI Sachiko
野田 和秀
NODA Kazuhide
杉山 大祐
SUGIYAMA Daisuke

There is a need for safe and secure space for pedestrians on residential roads. MLIT is promoting traffic safety measures in "strategic areas for residential road safety improvement". In order to improve traffic safety on residential roads, it is necessary to reduce speed and traffic throughout the area.

The purpose of this study is to present effective speed control methods utilizing humps and narrowings, and effective passing traffic control methods. In this survey, the evaluation of the effect of the measures for the areas such as humps and narrowings is performed in the areas where the measures have been completed, the factor analysis of the occurrence of passing traffic and effective countermeasures is considered, and the social benefits of area measures on residential roads are considered.

In this fiscal year, surveys of area measures using humps and narrowings in the area for residential roads were conducted, a survey of the effects of installing a two-stage crossing facility was conducted, the characteristics of the route of the passing traffic were presented, and a survey of foreign literatures was conducted on examples of calculating the social benefits of area measures on residential roads.

【研究目的及び経緯】

交通安全基本計画において生活道路等での人優先の安全・安心な歩行空間の整備が求められており、国土交通省では全国の「生活道路対策エリア」をはじめとする生活道路での交通安全対策の推進に取り組んでいる。

生活道路における交通安全の向上のためには、エリア全体として速度抑制や通過交通の進入抑制を図っていく必要がある。本調査は、凸部、狭窄部等の物理的デバイス等を活用した面的で効果的な速度抑制手法、実効性のある通過交通抑制手法を提示することを目的に、対策済みのエリアでの凸部、狭窄部等の面的対策の効果の評価、通過交通発生の要因分析と効果的な対策の検討、生活道路におけるエリア対策の社会的便益の整理を行う。

令和元年度は、生活道路対策エリアでの凸部、狭窄部等を利用した面的対策や二段階横断施設設置による効果の調査、通過交通の経路の特徴整理、生活道路におけるエリア対策の社会的便益の海外での試算事例の文献調査を実施した。

【研究内容】

1. 生活道路対策エリア等における対策効果調査

対策によるエリア内の車両挙動の変化と事故減少への効果を確認するため、対策が実施された生活道路対策エリアを対象に、ETC2.0プローブデータをもとに速度、急挙動の変化を分析した。そのうえで事故データをもとに事故件数の減少が見られたエリアを抽出し、速度等の変化の傾向を分析した。

あわせて、ハンプを活用した面的対策として交差点ハンプの連続設置に着目し、当該対策を実施したエリアを対象に、交差点間の単路部の速度が高くなりやすい箇所を取り上げ、ビデオ撮影調査により対策前後の速度を比較した。

また現在、生活道路対策エリアにおける対策実施に対し、国からの支援として ETC2.0 プローブデータ分析結果の提供が行われている。この分析結果の活用をさらに効果的なものとするため、生活道路対策エリアを対象にアンケートを行い、PDCAの各段階での活用のメリットや分析の種類ごとの有用性等を調査した。

凸部、狭窄部等以外の歩行者事故対策として、道路の中央部の交通島を設け歩行者の横断を二段階にする二段階横断施設がある。この二段階横断施設について、

幅員に余裕のない道路を想定した横断面構成の適用範囲を構内走行実験により調査するとともに、交通流シミュレーションにより想定される遅れ時間を整理した。あわせて、横断歩道の有無や食い違い構造について海外の運用状況を調査した。

2. 通過交通経路の特徴整理

効果的な通過交通対策の提案に向け、生活道路対策エリアにおいて、通過交通が課題となっている経路を対象に、実際の交通状況から特徴を整理した。

3. 生活道路エリア対策の社会的効果の算定手法調査

各箇所の対策効果のみならずエリア全体で対策を実施する効果を把握するため、歩行者優先とするエリア対策の社会的な効果について、海外事例を中心に文献調査を実施し、その算定手法を整理した。

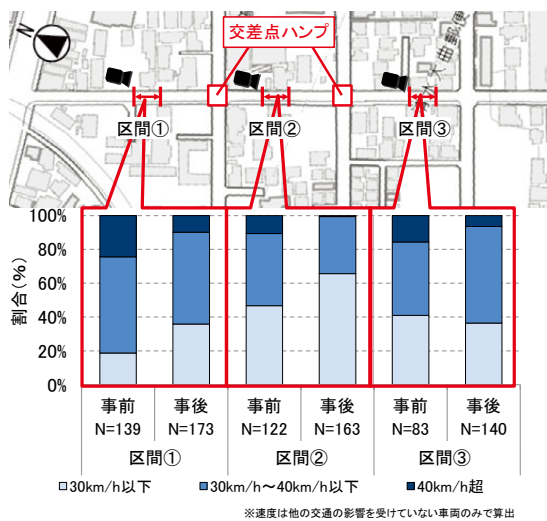


図-1 交差点ハンプの連続設置効果

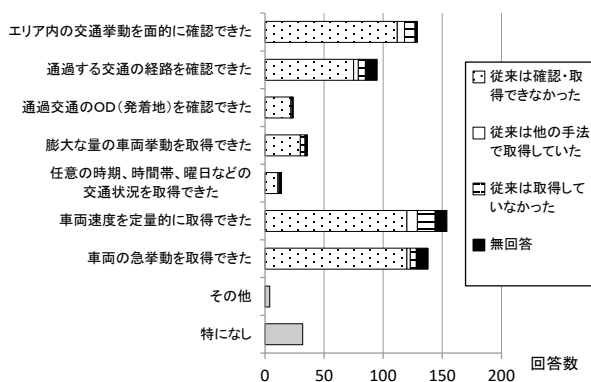


図-2 ETC2.0プローブデータ活用の効果 (調査段階)



図-3 横断歩道なしの二段階横断施設

【研究成果】

1. 生活道路対策エリア等における対策効果結果

(1) 対策による車両挙動と事故の変化

対策が実施された生活道路対策エリアでは、エリア全域での平均速度、急挙動発生頻度が低下する傾向が見られた。また、事故件数が減少したエリアに絞った分析では、エリア全域での平均速度、急挙動の発生頻度が特に低下しており、これらの値が事故の減少につながる車両挙動の変化を示すものである可能性が考えられた。

(2) 交差点ハンプの連続設置の効果

交差点ハンプが連続的に設置されたエリアでは、交差点間の単路部の速度が出やすい箇所において速度が高い車両が減少しており(図-1)、交差点ハンプの連続設置が交差点間の速度抑制に効果があるといえた。

(3) ETC2.0プローブデータ分析結果の活用効果

国から提供されたETC2.0プローブデータ分析結果の活用の有用性として、車両速度を定量的に取得できたことやエリア内の交通挙動を面的に確認できたことなどが挙げられた。これらの事項の多くは、従来は確認・取得ができないあるいは極めて困難であったと回答されており、生活道路対策においてETC2.0プローブデータが有効に活用されている状況が確認された(図-2)。そのほか、活用により関係者の現況の認識の共有が容易になるなど、合意形成の面でも効果が確認された。

(4) 二段階横断施設の効果

幅員に余裕のない道路を想定した横断面構成での二段階横断施設について、交通島での歩行者の待機が発生する場合には、60km/h程度で車両が走行する道路では利用者の不安感が大きいこと等が分かった。交通流シミュレーションでは、交通量ごとの遅れ時間を試算した。英国での調査では、無信号の場合横断歩道なしで運用されるケース(図-3)が多いこと等を確認した。

2. 通過交通経路の特徴

通過交通の経路の特徴として、幹線道路を利用した場合に比べ時間や距離の面で優位であること、生活道路の幅員が広いことなどがみられた。また、時間の面で有意でなくとも、幹線道路より距離が短く幅員の差が小さい路線は、通過に利用されやすいことなども分かった。

3. 生活道路エリア対策の社会的効果の算定手法

歩行者優先とするエリア対策の社会的な効果について、海外においては、事故回避の便益、地価、賃料等で算定された例があることなどが分かった。

【成果の活用】

本調査結果は、生活道路対策エリアにおける対策推進支援の基礎資料として活用する予定である。

路上交通安全施設の維持管理に関する検討

Study of maintenance management of roadside traffic safety equipment

(研究期間 平成 29～令和元年度)

道路交通研究部 道路交通安全研究室
Road Traffic Department
Road Safety Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher

小林 寛
KOBAYASHI Hiroshi
池原 圭一
IKEHARA Keiichi
久保田小百合
KUBOTA Sayuri

The base of poles etc. of roadside traffic safety equipment are the parts that deteriorate most with age, but the fact that they do not deteriorate uniformly and require a huge number of inspections makes it difficult to determine their condition from ordinary inspections and to find countermeasures. Considering the functions required of traffic safety equipment, this study summarizes the most effective inspection methods and countermeasures.

【研究目的及び経緯】

交通安全施設は、設置環境により経年劣化の状況が異なることから、日常的な巡視等により異常等の有無を確認している。中でも防護柵の場合は、設置総数が膨大であることに加え、防護柵としての機能を維持する観点が必要であるが、これらを踏まえた統一的な巡視・点検の要領が整備されていない。本研究は、防護柵の機能を踏まえ、効率的かつ有効な巡視・点検手法、対策手法をまとめるものである。

29年度は、海岸に近接する路線や凍結防止剤を散布する路線を対象として、30年度は一般的な路線を対象として、防護柵等の損傷状況や巡視・点検の状況等を調査した。調査結果より、「腐食」、「変形・欠損」、「ゆるみ・脱落」の出やすい部位の特徴などを整理してきた。

【研究内容】

令和元年度は、過年度に収集した防護柵等の損傷状況データをもとに、着目すべき損傷状況をまとめ、それらを踏まえた巡視・点検の枠組みと求められる対応を整理し、道路管理者とメーカー等から意見収集を行った上で、今後の巡視・点検手法の方向性と対策手法の実行性をとりまとめた。

【研究成果】

1. 過年度の現地調査

29年度と30年度に行った防護柵等の損傷状況の現地調査は、一般的な路線（2路線）、海岸に近接する路線（2路線）、凍結防止剤を散布する路線（3路線）を対象にして、各路線で防護柵等の延長5km程度を調査した。調査した防護柵等の内訳を図-1に示す。ガードレール（以下「Gr」という。）が全体の74%を占めており、以降のデータ整理や考察等の根拠データは、ほぼGrの調査結果をもとにしている。

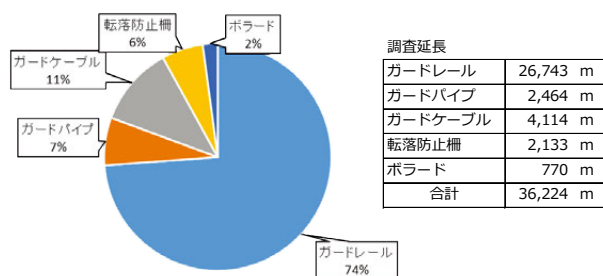


図-1 調査した防護柵等の内訳

2. 損傷程度の区分

Grの損傷として、「腐食」、「変形・欠損」、「ゆるみ・脱落」に着目し、「附属物（標識、照明施設等）点検要領」等を参考に、損傷程度を表-1の3段階に区分した。

表-1 損傷程度の区分

区分	腐食	変形・欠損	ゆるみ・脱落
a	損傷が認められない	損傷なし	ゆるみ・脱落がない
c	さびは表面的であり、著しい板厚の減少は視認できない	変形又は欠損がある	—
e	表面に著しい膨張（層状さび）が生じているか又は明確な板厚減少が視認できる	著しい変形又は欠損がある。変形余地がない	ゆるみ・脱落がある

3. 損傷状況の整理結果

表-2と図-2にGrの損傷状況と構成部材を示す。「腐食e」の発生率は、路線毎に大小はみられるものの、いずれの路線も支柱基部の発生率が高い。特に凍結防止剤を散布する路線は発生率が非常に高い。凍結防止剤は路面に散布され、滞留する雪とともに支柱基部に長く接することが発生率に強い影響を与えていると考えられる。「腐食c+e」の発生率は、軽微な腐食（腐食c）が主体となり、点付け溶接部に塗膜劣化が生じやすい支柱蓋や、部材の中でも塗膜が薄くなりやすいエッジを多く持つビーム本体やブラケットで高い。特に支柱蓋は一般的な路線でも腐食が多く発生していることから、

路線の腐食環境よりも、点付け溶接時の塗膜劣化の影響が大きいことが推察される。また、海岸に近接する路線は、ビーム本体、支柱本体及びブラケットの腐食が他の路線に比べて多く発生している。これは路側や歩車道境界に設置されたGrの背面かつ全高に、海からの飛来塩分が付着することによるものと推察される。

表-2 Grの損傷状況（腐食の発生率）

損傷区分	部材	部位	一般的な路線	海岸に近接する路線	凍結防止剤を散布する路線
腐食 e	支柱	基部	1.2%	7.3%	25.8%
		本体	0.0%	0.1%	3.1%
		蓋	0.0%	0.6%	0.1%
	ビーム	そで	0.0%	0.0%	15.4%
		本体	0.0%	0.2%	1.4%
		ブラケット	0.0%	0.5%	0.3%
腐食 c+e	支柱	基部	3.0%	24.3%	45.4%
		本体	0.2%	52.4%	17.4%
		蓋	46.4%	42.8%	24.0%
	ビーム	そで	12.5%	6.6%	19.0%
		本体	14.0%	52.1%	17.6%
		ブラケット	19.8%	53.3%	4.7%

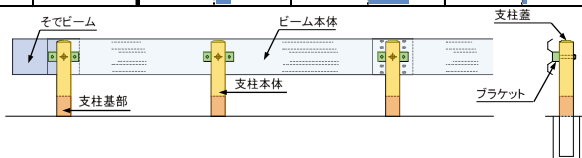


図-2 Grの構成部材

「変形・欠損」と「ゆるみ・脱落」は、路線の特徴による明確な違いは見られなかった。「変形・欠損」の中で最も発生率が高いのはそでビームとなり、全路線の5%程度の発生率であった。そでビーム自体はGrの本質的機能を発揮する部材ではないことから、変形が確認されてもすぐには交換されないことが影響していると考えられる。

ボルトの「ゆるみ・脱落」の発生率は全路線で0.3%であった。発生率は高くないもののGrは車両衝突時の衝撃に対し、ビームの高さとビームの引張で抵抗するため、「ゆるみ・脱落」はGrの本質的機能の低下に直結することから特に留意して巡視・点検を行う必要がある。

4. 設置経過年数と損傷状況の関係

Grの設置年情報が確認できたのは全体の3割程度であった。少ない情報ながらも、海岸に近接する路線や凍結防止剤を散布する路線では、設置から10年を超えると腐食が見られ、15～20年を経過すると重大な腐食が生じていた。一方、一般的な路線では大半が10～20年経過しても健全であり、20年経過後に、ごく一部の支柱で重大な腐食が生じていた。

5. 巡視・点検手法の方向性

防護柵等の巡視・点検は、突発的に起きる車両衝突による「変形・欠損」、数年をかけて進行するボルトの「ゆるみ・脱落」及び各部の「腐食」を適切に把握できる頻度で行う必要がある。現状の通常巡回や定期巡回の実施状況と、これら巡回に防護柵等を含めた場合の

実行性等を踏まえ、新たな巡視・点検の枠組みを道路管理者の意見を踏まえて整理した（表-3）。防護柵等の通常巡回は、現状と同様にパトロール車内から事故損傷の把握を行うこととした。定期巡回は、徒歩により防護柵等の本質的機能の低下に直結するボルトのゆるみ・脱落や連結部のガタツキを把握することとした。ただし、発生率が少ないことと実行性を考慮し、頻度は1～5年の範囲で計画的に行うこととした。加えて防護柵等の状態を外観から把握して詳細点検の必要性を判定することとした。詳細点検は、近接目視で各部の損傷を把握することになるが、定期巡回等で必要と判断された時点で実施することとした。

表-3 防護柵等の巡視・点検の枠組み（案）

	現状		防護柵等の巡視・点検（案）	
	手法	頻度	手法と巡視・点検内容	頻度
通常巡回	パトロール車内からの目視を主体	平均交通量に応じた頻度（2日に1回等）	手法は、現状と同様。主に防護柵等の事故損傷を把握。 ・防護柵本体の変形 ・そでビームの変形	平均交通量に応じた頻度（2日に1回等）
定期巡回（簡易点検）	徒歩等により行う	原則年1回	手法は現状と同様。防護柵等の状態を概観から把握。詳細点検の必要性を判定。 ・外観から把握できる腐食 ・ゆるみ・脱落 ・連結部のガタツキ	1～5年に1回（各年で、重点項目を設定するなど、計画的に実行）
詳細点検	なし	なし	徒歩で近接目視。主に腐食損傷を把握。定期巡回が困難な路線は、ゆるみ・脱落も併せて調査。 ・各部の腐食、変形 ・ゆるみ・脱落 ・連結部のガタツキ	通常巡回と定期巡回で必要とされた時点で実施

6. 対策手法の実行性

防護柵に適用実績のある腐食対策について、経済性と維持管理性を整理し、道路管理者とメーカー等に対し、実行性等に関して意見収集を行った。主な腐食対策として、①樹脂系等のテープを支柱基部に巻き付ける対策と、②各部材にフッ素系等の高耐食塗装を施す対策を対象にした。想定される状況としては、支柱基部の腐食c段階で延命するための①と、腐食e段階で防護柵全体を更新する際の①又は②が考えられる。得られた意見として、延命のための①は交通規制や現地の補修作業の精度の確保に問題があり採用は難しいとのことであった。更新時の①と②は採用を検討したいとのことであり、また、路線の腐食環境に応じ、新設時に①と②を採用しておくことは有効とのことであった。

【成果の活用】

本成果は、今後、巡視・点検において着目すべき部位や対策手法等に関し、基準等へ反映するための根拠資料として活用する予定である。また、巡視・点検の要領（案）をまとめる予定である。

自転車活用推進に向けた自転車通行空間の計画・設計に関する調査

Study on planning and design of bicycle traveling space for promotion of utilization of a bicycle

(研究期間 平成30～令和2年度)

道路交通研究部 道路交通安全研究室
Road Traffic Department
Road Safety 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 TAKAHASHI Ayumu

小林 寛

KOBAYASHI Hiroshi

掛井 孝俊

KAKEI Takatoshi

久保田 小百合

KUBOTA Sayuri

川瀬 晴香

KAWASE Haruka

高橋 歩夢

In order to form a safe and comfortable bicycle passage space, NILIM are studying road improvement method of bicycle traffic space considering various bicycles and the utilization method of communication technology for bicycle.

In this study, the authors examined the various bicycle characteristics and issues in the bicycle traffic space, and the method to grasp traffic routes of bicycles using ICT.

【研究目的及び経緯】

自転車活用推進法（2016年12月公布、2017年5月施行）に基づき、自転車活用推進計画が2018年6月に閣議決定された。国土交通省では、自転車活用推進計画の推進を図るため、自転車の活用推進に関する各種施策を実施し、安全で快適な自転車通行空間の整備を促進している。本研究は、安全な自転車通行空間の整備を支援するため、自転車の多様性（健康増進や通勤などに利用されるスポーツ自転車、運送に利用されるリアカー付き自転車、観光や福祉で利用されるタンデム自転車等（以下、「特殊な自転車」という。))に配慮する必要がある箇所での自転車通行空間の整備手法及び自転車のIoT化の促進を支援するため、自転車へのICタグの導入・活用手法を提案するものである。

本年度は、文献等から国内及び海外の特殊な自転車の定義（長さ、幅等）、法的位置づけ等の基礎情報を整理した。また、国内で走行している自転車の走行速度、通行空間、危険事象等を調査し、利用特性や課題等を整理した。さらに、ICタグを用いた構内での自転車の走行実験を実施し、自転車の交通量や走行速度の観測等にICタグを活用するために必要な知見を得た。

本稿では、特殊な自転車の基礎情報の整理、利用特性及び課題の整理の一部を紹介する。

【研究内容】

(1) 自転車の基礎情報の整理

特殊な自転車の走行を想定した自転車通行空間の構造要件、通行空間の配分の考え方を検討する際の基礎情報として、日本及び海外6ヶ国（オランダ、フランス、中国等）を対象とし、各国10車種の自転車等の定

義（長さ、幅等）、法的位置づけ、通行空間等を文献等により調査し、整理した。（表-1及び表-2に示す。）

(2) 自転車の利用特性の整理及び課題の抽出

特殊な自転車の利用特性や課題は、地域（都市部、観光地）、道路形状（単路部、交差点部）、自転車通行空間の整備形態（自転車道、自転車専用通行帯、車道混在（自転車専用の通行空間を設けず、車道に自転車と他の車両が混在している状態））により異なると考えられる。このため、各特殊な自転車が通行すべき空間や整備時の留意事項等を検討する際の情報として、地域別、道路形状別に特殊な自転車の利用特性や自転車通行空間の課題を、ビデオ撮影及び走行調査（各自転車道で調査地を実際に走行した。）により整理した。なお、対象車種をa)に、調査項目をb)に示す。

a) 対象車種：

- ①普通自転車、②子乗せ自転車、③スポーツ自転車
- ④三輪自転車・リアカー付き自転車（都市部）、タンデム自転車（観光地）

b) 調査項目：

- ①走行速度、②走行上課題となる事象や危険に結びつくような事象等、③通行空間、④利用者属性（男女、年齢層）、⑤電動アシスト機能の有無

【研究成果】

(1) 自転車の基礎情報の整理

例として、日本及びオランダにおける自転車の主な基礎情報を表-1及び表-2に示す。オランダは日本と比較して、通行空間の使い方が明解であり、歩道は一律に通行できないが、自転車道や自転車通行帯は一律に通行できる。また、各車種の長さ及び幅が、日本より

も小さかった。

日本とオランダでは自転車の通行空間や大きさの規格が異なる結果であったが、日本と海外では、自転車通行空間の構造や設置の背景、自転車走行に対する考え方も異なると考えられる。これらを調査し、日本との違いを把握した上で、特殊な自転車に対応した日本に適した形の自転車通行空間の整備手法を検討する必要がある。

表-1 日本の自転車等の主な基礎情報

No.	車種	法的位置付け	免許有無	大きさ(mm)			通行空間			
				最大長	最大幅	最大高	歩道	自転車道	自転車通行帯	車線
1	軽快車	普通自転車	不要	1,900	600	-	△	◎	●	○
2	ロードバイク									
3	電動アシスト自転車									
4	子乗せ自転車									
5	タンDEM	自転車	不要	4,000 [※]	2,000 [※]	3,000 [※]	×	◎	●	○
6	カーゴバイク									
7	子乗せ用カーゴ									
8	三輪自転車	自転車(3輪)	不要	4,000 [※]	2,000 [※]	3,000 [※]	△	◎	●	○
9	リアカー付きアシスト	自転車(他の車両を牽引)	不要	4,000 [※]	2,000 [※]	3,000 [※]	×	×	○	○
10	電動アシスト自転車	軽車両	不要	4,000	2,000	3,000	×	×	○	○

※普通自転車の規定を超えた場合、軽車両となるものと判断。

表-2 オランダの自転車等の主な基礎情報

No.	車種	法的位置付け	免許有無	大きさ(mm)			通行空間			
				最大長	最大幅	100%	歩道	自転車道	自転車通行帯	車線
1	軽快車	普通自転車	不要	1,780	450	4,800	×	◎	●	○
2	ロードバイク									
3	電動アシスト自転車									
4	子乗せ自転車									
5	タンDEM	自転車	不要	1,780	610	4,800	×	◎	●	○
6	カーゴバイク									
7	子乗せ用カーゴ									
8	三輪自転車	軽車両	不要	2,000	1,000	該当なし	×	◎	●	○
9	リアカー付きアシスト									
10	電動アシスト自転車	軽車両	不要	2,000	1,000	該当なし	×	◎	●	○

【凡例】

- ◎ 歩行者や自動車等に対し排他的に通行できる
- 指定されている場合、歩行者や自動車等に対し排他的に通行できる。指定が無い場合は、自動車等と混在。
- 自動車等と混在して、通行できる
- △ 歩行者と混在して通行できる
- ×

(2) 自転車の利用特性の整理及び課題の抽出

ここでは、主目的が移動手段と考えられる都市部(東京都内)の自転車通行空間の整備形態別の利用特性を整理し、課題を抽出した結果を示す。

①利用特性の整理

各整備形態の場所で自転車が走行していた通行空間の割合を表-3に整理し、各整備形態別に自転車が通行すべき空間を太字で、走行の割合が多かった通行空間を太字で示している。なお、車道混在箇所におけるリアカー付き自転車の通行すべき空間は車道のみである。

自転車道では各車種の約60%以上、自転車専用通行帯では各車種の約25~45%が通行すべき空間を走行していた。車道混在では普通自転車と子乗せ自転車は約40%が歩道内通行位置明示箇所を、スポーツ自転車は60%が車道を、リアカー付き自転車では約40%が車道を、約50%が歩道内通行位置明示箇所を走行していた。

(リアカー付き自転車については、ほぼ宅配用であり、調査箇所の近くに宅配の拠点があり、車道を逆走せずに目的地に向かおうとすると遠回りになることから、歩道内通行位置明示箇所を走行していたと考えられる。)

自転車が走行していた通行空間を車種同士で比較すると、子乗せ自転車は普通自転車と同じような傾向であり、縁石や柵等の構造物で分離されている空間(自

転車道、歩道内)での走行が多く、スポーツ自転車は車道(自転車専用通行帯を含む。)での走行が多かった。

各自転車の通行空間別の走行速度(普通自転車を1.0とした場合)を表-4に整理した。普通自転車と比較すると、子乗せ自転車はほぼ差がなく、スポーツ自転車は2割程度速かった。リアカー付き自転車は、車道ではほぼ差がなく、歩道内通行位置明示箇所では8割程度の速度であった。

表-3 走行していた通行空間の割合(都市部)

	車道 (自転車専用通行帯以外)	自転車 通行空間	歩道内通行 位置明示	歩道	全体
自転車道(双方向)					
普通自転車(子乗せ、スポーツ以外)	2%	75%	-	23%	100%
子乗せ自転車	1%	79%	-	20%	100%
スポーツ自転車	28%	59%	-	14%	100%
自転車専用通行帯					
普通自転車(子乗せ、スポーツ以外)	0%	35%	-	65%	100%
子乗せ自転車	0%	26%	-	74%	100%
スポーツ自転車	1%	45%	-	54%	100%
車道混在(車道明示なし、歩道内通行位置明示)					
普通自転車(子乗せ、スポーツ以外)	15%	-	39%	46%	100%
子乗せ自転車	10%	-	41%	49%	100%
スポーツ自転車	60%	-	24%	15%	100%
リアカー付き自転車	38%	-	49%	13%	100%

表-4 通行空間別の走行速度(都市部)
(普通自転車を1.0とした場合)

	車道 (自転車専用通行帯以外)	自転車 通行空間	歩道内通行 位置明示	歩道	全体
自転車道(双方向)					
普通自転車(子乗せ、スポーツ以外)	1.0	1.0	-	1.0	1.0
子乗せ自転車	1.1	1.0	-	1.1	1.0
スポーツ自転車	1.4	1.2	-	1.2	1.2
自転車専用通行帯					
普通自転車(子乗せ、スポーツ以外)	1.0	1.0	-	1.0	1.0
子乗せ自転車	-	1.1	-	1.0	1.0
スポーツ自転車	-	1.2	-	1.1	1.2
車道混在(車道明示なし、歩道内通行位置明示)					
普通自転車(子乗せ、スポーツ以外)	1.0	-	1.0	1.0	1.0
子乗せ自転車	1.0	-	1.0	1.0	1.0
スポーツ自転車	1.2	-	1.1	1.3	1.3
リアカー付き自転車	1.0	-	0.8	0.9	0.9

は、10台以下のため、考察対象外

②課題の抽出

各自転車が各通行空間を走行する際の課題を、通行空間別、位置別、想定される要因別に整理した。

道路構造が要因と想定される課題として、ビデオ撮影から「自転車道(双方向)の交差点での2段階右折の原動機付自転車と直進自転車の交錯」、「車道上での逆走」等が、走行調査から「坂道では、子乗せ自転車、タンDEM自転車はふらつくため(通行空間に)幅が必要」等が挙げられた。

自転車個別の課題としては、走行調査から「子乗せ自転車が曲がる時などにバランスを崩しやすい、段差で子供が落ちないか心配」、「スポーツ自転車は、速度が出るので自転車道(双方向)2.0mでは幅員が狭く感じる」等が挙げられた。

なお、維持管理の課題として、走行調査から「自転車通行空間上に張り出した草木や路面の石や落葉」が挙げられた。

【成果の活用】

本調査結果は、各地域で走行が見込まれる特殊な自転車に配慮する際の自転車通行空間の整備手法(各車種に対応した構造要件や整備時の留意事項等)を提案する際の基礎資料として活用する予定である。

交通事故発生状況に関する統計データ分析

Statistical Data Analysis of Traffic Accidents

(研究期間 平成 29～令和元年度)

道路交通研究部 道路交通安全研究室
Road Traffic Department
Road Safety Division

室 長 小林 寛
Head KOBAYASHI Hiroshi
主任研究官 池原 圭一
Senior Researcher IKEHARA Keiichi
研 究 官 久保田 小百合
Researcher KUBOTA Sayuri
交流研究員 野田 和秀
Guest Research Engineer NODA Kazuhide

This study looks at the incidence of traffic accidents over recent years based on traffic accident databases and so on, summarizing changes in traffic accidents over the years, summarizing accidents according to road conditions, type of accident, persons involved, and the like, and analyzing trends and characteristics of traffic accident incidence.

【研究目的及び経緯】

令和元年の交通事故死傷者数は 461,775 人（対前年 64,071 人減）、うち交通事故死者数は 3,215 人（対前年 317 人減）となり、近年は減少傾向が続いている。諸外国の人口 100 万人あたりの死者数を比較すると、我が国は高速道路と非市街地の死者数は先進国の中でも少ない一方で、市街地の死者数は先進国の中でも比較的多いことから、更なる交通事故削減に向けた取り組みが求められている。

本研究は、今後の道路交通安全施策を展開するための基礎資料とすることを目的として、近年の交通事故発生状況の傾向・特徴に関する分析を行うものである。

【研究内容】

交通事故データベースなどをもとに、交通事故発生状況の経年変化や道路形状別、事故類型別、当事者種別などの近年の交通事故発生状況について集計・整理を行った。

【研究成果】

(1) 道路形状別の事故発生状況

道路形状別の死傷事故件数の経年変化を見ると（図-1）、どの道路形状も減少傾向にある。

次に、地域別及び道路形状別の死傷事故件数の構成割合を見ると（図-2）、一般道等の市街地の交差点が最も事故が多い（34%）。また、非市街地を含めても交差点が最も事故が多い（41%）。

交差点の死傷事故の内訳は、約 85%（151,206 件）が車両相互事故であり、そのうち約 60%（87,656 件）が出会い頭事故であった（H30）。そこで、交差点の出会い頭事故に着目した分析を行った。

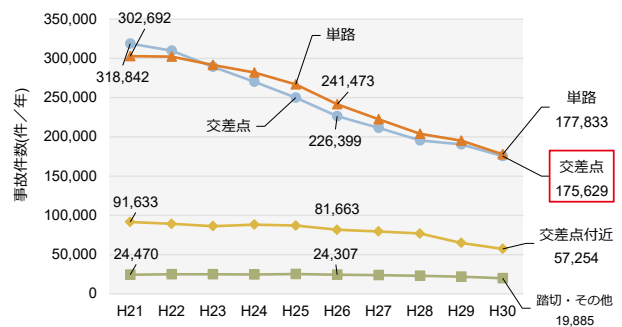


図-1 道路形状別の死傷事故件数の経年変化 (H21～30)

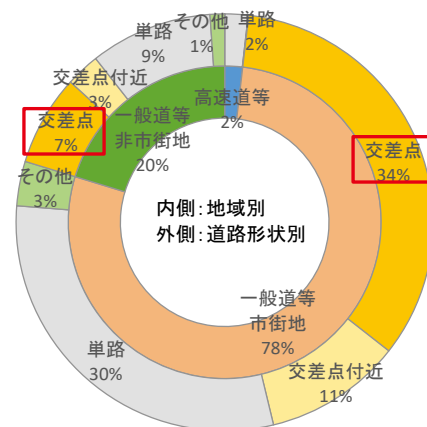


図-2 地域別及び道路形状別の死傷事故件数の構成割合 (H30)

(2) 交差点の出会い頭事故に関する分析結果

① 交差点の出会い頭事故の特徴

まず、H21～30年の交差点の車両相互事故を対象として、1当（事故当事者のうち最も過失の重い第1当事者）側の交差点規模別の死傷事故件数を確認した。

結果は、49%が中規模交差点(車道幅員 5.5m 以上 13.0m 未満)、37%が小規模交差点(車道幅員 5.5m 未満)、14%が大規模交差点(車道幅員 13.0m 以上)であった。しかしながら、車両相互事故の内訳別に1当側の交差点規模を見ると(図-3)、出会い頭事故のみ小規模交差点での事故が多いことが分かった。これは、1当側の当事者種別別(四輪車、二輪車、自転車)に確認しても同じ傾向であり、特に自転車と二輪車では出会い頭事故における小規模交差点の割合が大きかった。

また、1当側が小規模交差点での出会い頭事故(623,230件)の内訳は、1当が四輪車の場合が84%であり、1当と2当(2番目に過失の重い、もしくは過失が無い第2当事者)の組み合わせでは、四輪車同士(39%)、1当四輪車と2当自転車(32%)、1当四輪車と2当二輪車(13%)の順に事故が多かった。

②1 当側が小規模交差点での出会い頭事故の特徴

1当側が小規模交差点での出会い頭事故について、「信号機の有無(消灯及び故障は、「なし」に含む。)」と「一時停止規制(標識及び法定外表示)の有無」を確認した。なお、分析の対象は、一時停止規制の集計が可能なH29、30年を対象とした。

1当側が小規模交差点での出会い頭事故における「信号機の有無」の事故割合は、91%が信号機なしであった。なお、1当の当事者種別別に確認しても、信号機なしの割合は同程度であり、四輪車91%、二輪車92%、自転車93%であった。

信号機なしの事故について、さらに1当及び2当の「一時停止規制の有無」を確認した(図-4)。1番目に事故が多い状態は、「1当及び2当側のどちらにも標識及び法定外表示がない状態」であった。2、3番目に事故が多い状態は、「1当側の標識及び法定外表示がある、又は標識のみがある状態、2当側の標識及び法定外表示がない状態」であった。なお、当事者種別を見ると(図-5)、1番目に事故が多い状態では、四輪車と自転車の事故が最も多く、2、3番目に事故が多い状態では、四輪車同士の事故が多い結果であった。

これらの状況から、事故の発生原因としては、優先・非優先が明確ではないことや、1当側(小規模交差点側)の一時不停止、安全不確認等が考えられる。一時不停止、安全不確認の理由としては、当事者の意識によるところが大きいと考えられるが、その他に、維持管理の面(例えば、樹木の枝等が標識に覆い被さる、路面表示が薄くなるなど、一時停止規制が視認しづらい状態。)からも、一時停止規制の効果を十分に発揮できる状態ではなかったことも考えられる。

以上のことから、交差点事故の対策の一つとして、優先・非優先を明確にすることによる効果が期待できると考えられる。また、四輪車と自転車の事故が多いことから、一時停止規制に限らず、四輪車が自転車に注意を払うような表示の工夫等が有効だと考えられる。

既に一時停止規制がある箇所においても、適切な維持管理とともに、交差点の手前から歩道等の存在に気付きやすい道路構造や車道中央線等の設置で優先・非優先を明確にすることも考えられる。

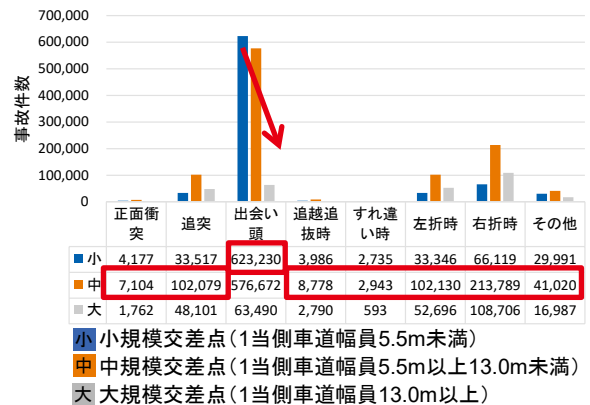


図-3 1当側の交差点規模別の死傷事故件数 (H21~30 合算)

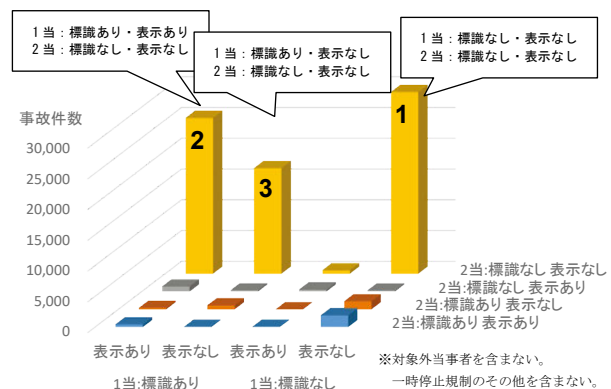


図-4 1当側が小規模交差点(信号機なし)の出会い頭事故における一時停止規制の有無(H29、30 合算)

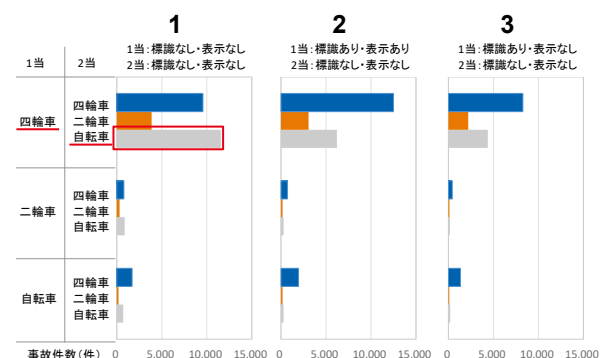


図-5 一時停止規制の有無において事故が多い状態の当事者種別 (H29、30 合算)

【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。今後も本成果を踏まえた原因分析に加えて、引き続き交通事故発生状況の経年変化や近年の事故の傾向・特徴に関する整理を行う。

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

雪に強い道路構造・施設等に関する調査

Study of snow-resistant road structures and facilities

(研究期間 平成 29～令和元年度)

道路交通研究部 道路交通安全研究室
Road Traffic Department
Road Safety Division

室 長 小林 寛
Head KOBAYASHI Hiroshi
主任研究官 池原 圭一
Senior Researcher IKEHARA Keiichi
研 究 官 川瀬 晴香
Researcher KAWASE Haruka
交流研究員 高橋 歩夢
Guest Research Engineer TAKAHASHI Ayumu
交流研究員 郭 雪松
Guest Research Engineer Guo Xuesong

This study investigates the incidence of stuck vehicles in order to set out the causes, challenges, and the like that should be shared nationwide and to summarize the trends in finding solutions through road structure in particular.

【研究目的及び経緯】

近年、大雪に伴う大規模な車両滞留や長時間の通行止めが問題となり、このような交通障害は、雪の多い地域以外でも局所的な大雪により度々発生している。国土交通省では「冬期道路交通確保対策検討委員会」を設置し、集中的な大雪による道路交通への障害を減らすための対策等の提言をとりまとめた（平成 30 年 5 月「大雪時の道路交通確保対策 中間とりまとめ」）。

本研究では、立ち往生車の発生に関し、全国で共有すべき原因、課題等を整理し、特に道路構造上の工夫によって解決する方向性をまとめるための研究を行った。

平成 29 年度は、北陸地方整備局管内（以下「北陸」という。）でヒアリング調査を行い、立ち往生車の発生状況には、主に気象、利用者、道路構造の特性が影響することを整理し、これら特性の具体的内容を洗い出した。

平成 30 年度は、さらに地域性を把握するため、北陸に加え、北海道開発局管内（以下「北海道」という。）と東北地方整備局管内（以下「東北」という。）を含め、立ち往生車の発生状況に関し、合計 50 箇所の標本調査を行った。また、北海道、東北、北陸において立ち往生車の発生に備える対策の具体的内容を洗い出した。

令和元年度は、これまでに把握した立ち往生車の発生状況と対策の具体的内容をもとにアンケート票を作成し、北海道、東北、北陸の合計 180 箇所に対し、アンケート調査を行い、立ち往生車発生の特徴、対策の効果等を整理し、対策の方向性をまとめた。

【研究内容】

北海道、東北、北陸における立ち往生車は毎年のように発生し、また多く、これら地域の予防的観点における対策を調査し、整理することは、その他の地域で局所的

な大雪による交通障害に備えるための有用な情報になると考えられる。よって、本調査ではアンケート調査等により、立ち往生車発生の特徴、対策、対策の効果の整理を行うこととした。また、現行基準等の規定に照らし、道路構造や施設により解決する方向性をまとめた。

【研究成果】

(1) アンケート調査の概要

アンケート調査は、地形や気象条件を踏まえ、表-1 に示す 180 箇所を対象に行った。各箇所について、立ち往生車の発生につながる気象、利用者、道路構造の特性や、対策の実施状況等について調査した。

表-1 地形・気象条件別のアンケート箇所数

箇所数	平地部（山地の割合 50%未満）	山地部（山地の割合 50%以上）	計
a 平均気温 0℃前後（平均降水量多い）	46 (主に東北、北陸)	71 (主に東北、北陸)	117
b 平均気温 -5℃前後（平均降水量少ない）	42 (主に北海道)	21 (主に北海道)	63
計	88	92	180

* 気温は、最寄気象観測所の冬期間(12月～2月)、過去10年の平均値
* 平地部/山地部の分けは、道路交通センサス(路面性状調査)の沿道区分をもとに1km単位で山地の割合を算出して分類

以降のとりまとめは、表-1 の 4 分類毎に行った。参考として、平地部 a, b の気象条件を図-1 に示す。a は主に東北と北陸、b は主に北海道となり、これは山地部でも同じ分布状況であった。

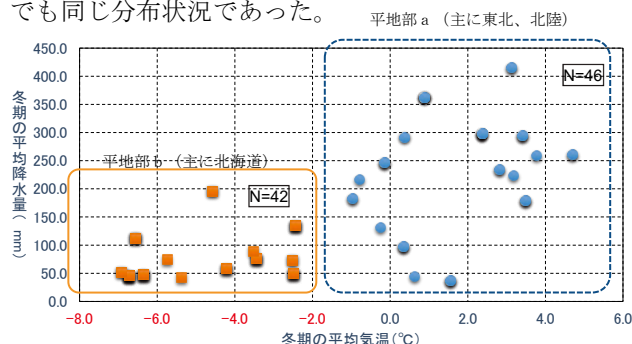


図-1 平地部 a, b の気象条件

(2) 立ち往生車発生の特徴

発生の特徴に関するアンケート結果を表-2に示す。主な発生要因として、路面凍結と積雪は共通して多く、平地部bはさらに視程障害と吹溜りの発生も多い。気象特性は、時間降雪量が多い、気温が氷点下以下の発生が共通して多い。また、平地部bや山地部bは風による発生(吹雪、地吹雪等)が多い。利用者特性は、全体的にチェーンやタイヤの不備等に関わる回答が多い。道路構造特性は、平地部bは長い坂道などで発生が多いものの、風による発生が多い地域であることから、他よりも道路構造特性による発生が少ない。平地部b以外では、平地部aは長い坂道、交差点、信号機で発生が多く、山地部aと山地部bは急勾配、長い坂道、カーブで発生が多い。

表-2 立ち往生車発生の特徴

主な発生要因	平地部b (主に北海道)		平地部a (主に東北・北陸)		山地部b (主に北海道)		山地部a (主に東北・北陸)	
	割合	割合	割合	割合	割合	割合	割合	割合
路面凍結	50%	61%	100%	85%				
積雪	67%	87%	95%	99%				
視程障害	52%	9%	19%	10%				
吹溜り	62%	4%	10%	13%				
その他	0%	15%	14%	17%				
気象特性								
時間降雪量が多い	60%	63%	76%	96%				
気温が氷点下以下	52%	76%	100%	89%				
風による凍結	10%	24%	33%	6%				
吹雪	81%	15%	38%	17%				
地吹雪	60%	7%	43%	10%				
その他	0%	2%	0%	4%				
利用者特性								
冬タイヤ・チェーン未装着	40%	70%	81%	93%				
冬タイヤの劣化・摩耗	60%	54%	81%	39%				
冬道に不慣れな運転	29%	54%	19%	65%				
過積載の貨物車	21%	48%	76%	23%				
空車の貨物車	31%	50%	43%	52%				
その他	24%	4%	34%	8%				
道路構造特性								
急勾配	31%	37%	76%	85%				
長い坂道	57%	70%	81%	85%				
カーブ	48%	30%	57%	72%				
交差点	10%	85%	5%	6%				
信号機	5%	70%	5%	6%				
沿道施設の出入り	2%	17%	0%	3%				
狭い道路幅員	10%	2%	5%	8%				
橋梁・高架	0%	22%	10%	11%				
その他	19%	4%	0%	11%				

(3) 立ち往生車発生の対策と効果

対策の実施状況と効果に関するアンケート結果について平地部aの例を図-2に示す。また全4分類について、防災等の観点毎に整理した対策において効果大と評価されている上位3位までの対策を表-3にまとめた。

表-3 上位3位までの対策

観測	順位	平地部b (主に北海道)		平地部a (主に東北・北陸)		効果大割合	実施割合
		効果大割合	実施割合	効果大割合	実施割合		
防災	1	凍結防止強化	31%	60%	凍結防止強化	17%	41%
	2	冬タイヤ・チェーン着用の指導	31%	55%	黄信号点滅	15%	20%
	3	視線誘導標	5%	21%	消雪パイプ	13%	13%
防災・減災	1	堆雪帯など幅の広い路肩	14%	36%	関係機関との連携	24%	67%
	2	隣接区との連携除雪	5%	31%	隣接区との連携除雪	20%	52%
	3	チェーン着脱場・駐車場等	0%	43%	除雪機械事前配備	13%	17%
減災	1	ITV	43%	71%	ITV	48%	67%
	2	登坂車線	19%	29%	登坂車線	7%	7%
	3	訓練	0%	69%	訓練	4%	35%

観測	順位	山地部b (主に北海道)		山地部a (主に東北・北陸)		効果大割合	実施割合
		効果大割合	実施割合	効果大割合	実施割合		
防災	1	凍結防止強化	10%	19%	凍結防止強化	25%	48%
	2	冬タイヤ・チェーン着用の指導	5%	48%	視線誘導標	13%	51%
	3	防雪柵	5%	14%	新道路の建設	10%	14%
防災	1	堆雪帯など幅の広い路肩	14%	48%	関係機関との連携	18%	45%
	2	除雪機械事前配備	10%	19%	隣接区との連携除雪	15%	42%
	3	隣接区との連携除雪	10%	14%	除雪機械事前配備	13%	21%
減災	1	登坂車線	19%	38%	ITV	48%	83%
	2	ITV	19%	62%	訓練	15%	66%
	3	付加車線	5%	5%	登坂車線	11%	35%

(4) 対策の他地域への展開に関する考察

表-3において、防災の観点で凍結防止強化が効果大

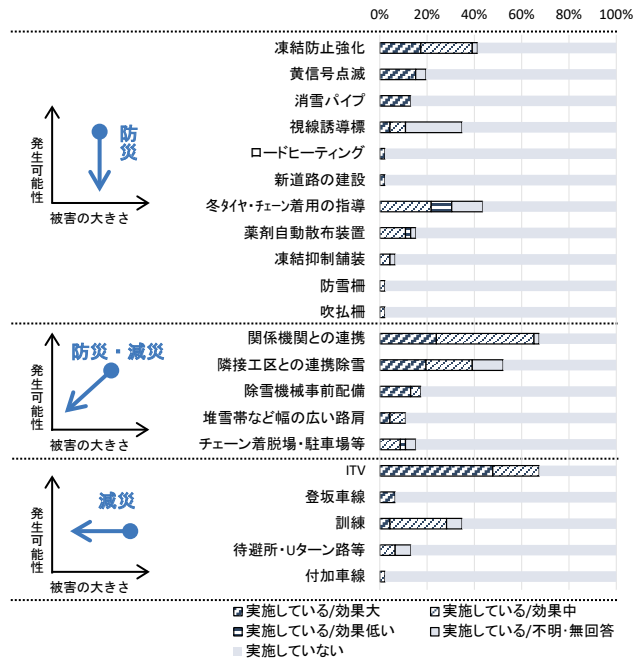
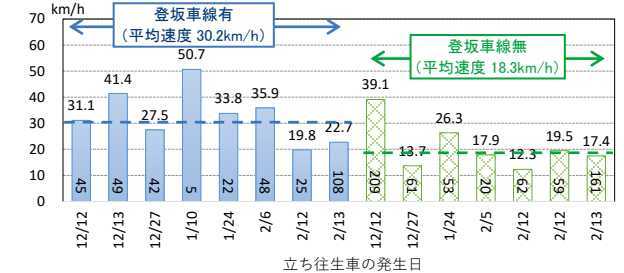


図-2 対策の実施状況と効果(平地部aの例)

となっているものの、雪の少ない地域は除雪車や凍結防止剤散布車の常備台数が少ないことから、大雪時を想定した対応の強化には限界がある。同じ理由で、連携除雪や除雪機械の事前配備を機能させる余地も少ないと考えられる。これら状況を踏まえると、道路構造等の面からの備えが有効であり、例えば幅の広い路肩や登坂車線は交通障害が発生してもすれ違い等のための余裕幅を確保でき、有効な対策になり得る。また視線誘導標は特筆して高い評価ではないものの、対策の実施割合が高く雪の多い地域では一般的な対策である。降雪時の道路線形の明示は交通障害に繋がる自損事故等の防止に有効であると考えられる。これら幅の広い路肩、登坂車線、視線誘導標は、現行の基準等の規定において、冬期の交通障害に備えるための運用は想定されていない。今後は、これら対策の有効性をさらに検証し、予防対策としても採用しやすい運用に変えることが求められる。

対策の有効性に関し、ETC2.0プローブ情報を用いて登坂車線の効果を検証した例を紹介する。図-3は近傍の同一路線の登坂車線の有る区間と無い区間において、それぞれ立ち往生車が発生した日時以降3時間の通過車両の平均速度を比較したものである。登坂車線の有る区間は総じて平均速度が高く、登坂車線が立ち往生車の退避場所や通過車両の側方余裕幅として機能すると考えられ、速度低下の抑制に一定の効果がみられる。



* グラフ内側の値は算出に用いた走行履歴数(※現状データは少ない)

図-3 登坂車線有無による立ち往生車発生時の平均速度

【成果の活用】

本成果を踏まえ、今後も対策の効果計測を進め、基準等改定の検討に資するデータ蓄積を行う予定である。

災害時調査支援のための道路管理技術の高度利用に関する調査

Study on enhanced use of road management technologies for disaster investigation support

(研究期間 令和元～2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
研究官
Researcher

片岡 正次郎
KATAOKA Shojiro
梅原 剛
UMEBARA Takeshi

When a large-scale disaster occurs, the damage is enormous, the distribution is wide, and it may take a lot of time to grasp the damage situation. Therefore, for the purpose of quickly grasping the damage situation of road facilities due to earthquakes, heavy rain disasters, etc., an efficient method of grasping the damage situation using road management technology and remote sensing technology is studied in cooperation with a national highway office.

【研究目的及び経緯】

地震や豪雨等による大規模災害が発生すると、被災が甚大となり、被災分布が広範囲にわたる場合や夜間に発生した場合などは、被災状況の把握に多大な時間を要することがある。そこで、地震や豪雨災害等による道路施設の被災状況の迅速な把握を目的として、現在用いられている道路管理技術やリモートセンシング技術（以下、道路管理技術等という。）を活用した災害時の調査支援の検討を行っている。

本年度は、ある国道事務所管内における災害時の道路被災情報の取得方法及び意思決定の際の情報ニーズの整理を行うとともに、各々の道路管理技術等に関する被災時の適用条件の整理を行い、道路管理者のニーズに対応させた道路管理技術等の適用条件早見表の検討を行った。また、上記の結果を踏まえた当該事務所管内における災害時の道路被災情報の効率的な取得方法の検討を行った。

【研究内容】

1. 道路管理技術等の適用条件早見表の検討

道路管理者である事務所、出張所職員に対するヒアリング調査や文献調査により、現場における災害時の道路被災状況の把握に関する情報ニーズを整理した。

一方で、道路管理技術等（CCTVカメラ、MMS、光ファイバー、光学衛星、衛星 SAR、航空写真、航空レーザ、UAV等）を対象とし、各技術における適用条件（時間帯、天候、気温、風速条件、通行条件等）や情報提供時間、計測可能範囲、計測精度等について、文献調査や開発者・災害時での利用経験者へのヒアリングにより整理した。また、上記の結果を組み合わせることにより、現場のニーズに合わせ技術の選択が可能となるよう図化し、道路管理技術等の適用条件早見表を作成した。

2. 道路被災情報の効率的な取得方法の検討

当該事務所管内における災害発生時の道路被災情報取得方法の現状について、事務所へのヒアリングや過去の災害対応事例等の資料を用いて整理するとともに、1.の整理結果を踏まえ、道路管理技術等を効率的に活用した際の道路被災情報の取得方法について検討した。

なお、検討の際の道路被災要因及び時間帯は、地震及び豪雨災害がそれぞれ昼間と夜間に発生すると想定した4ケースとした。

【研究成果】

1. 道路管理技術等の適用条件早見表の検討

（1）情報ニーズの整理

道路管理者へのヒアリングにより、管理対象物毎に、いつまで（即時性）に、どの程度の精度（信頼性）の情報か、どの程度の範囲（網羅性）にわたり必要であるか調査した。その結果、即時性・網羅性については、3時間以内に管内全域における道路通行可否の把握、12時間以内に管内全域における個別の施設の被災程度を含む被害状況の把握を行いたいとのニーズが得られた。また、信頼性については、ヒアリングに加え文献調査により、点検時の目安となる事象を管理対象物毎に整理した。整理結果を表-1に示す。

（2）道路管理技術等の適用条件早見表

計測精度（信頼性）においては、意思決定の目安となる、一般車両の安全な通行に支障がでる15cmの段差や応急的に段差解消を図り緊急車両の通行を可能とさせるための50cmの段差、また道路障害物の確認が可能なスケールを指標として、技術の選択が可能となるような適用条件早見表の検討を行った。図-1に適用条件早見表を示す。

図-1より3時間以内の道路通行可否の把握において、

表-1 管理対象物毎の信頼性指標の整理結果

管理対象物	計測内容	計測精度
路面	段差	2cm(バーストの危険性が高くなる段差の高さ) 5cm(緊急点検で報告を行う目安) 15cm(安全な通行が困難になる段差の高さ)
	冠水	30cm (ブレーキ性能の低下、車を移動させる必要がある)
	ポットホール・陥没	20cm(一般車両のタイヤの幅くらい)
	障害物(放置車両)	3m(路上の車両放置の有無)
	障害物(電柱の倒壊)	10m(電柱等の倒壊による道路閉塞の有無)
橋梁	段差	15cm(安全な通行が困難になる段差の高さ) 50cm(土臺等で解消可能な橋台と路面の段差)
	落橋	発生の有無
	ひび割れ	発生の有無
トンネル	冠水	30cm (ブレーキ性能の低下、車を移動させる必要がある)
	崩落	発生の有無
法面	土砂崩落	発生の有無

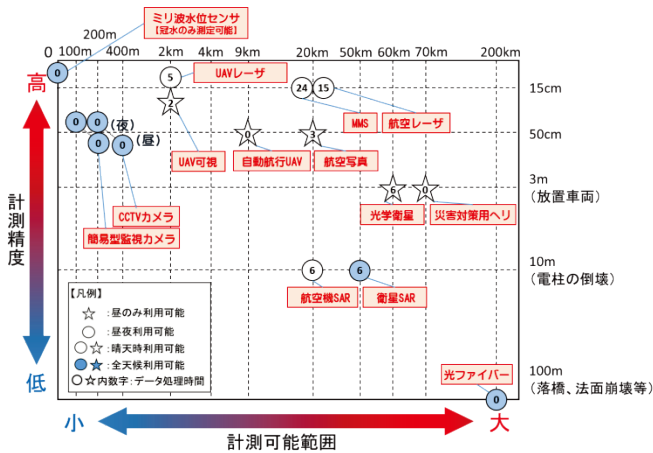


図-1 適用条件早見表

晴天時の昼間であれば、光ファイバー、災害対策用ヘリ、自動航行 UAV、UAV 可視、CCTV カメラ等が活用可能であり、数 m 単位以下の精度で、事務所管内の海岸沿い(約 50km)の範囲の計測を行い得る技術があることが分かる。一方で雨天時や夜間に関しては、計測精度の低い光ファイバーを除くと、UAV 可視、CCTV カメラ、水位センサ等の局所的な範囲の計測を行い得る技術に限定される。当該事務所において、CCTV カメラで視認可能な範囲は、管内海岸沿いの約 16km(約 32%)の範囲となり、雨天時の 3 時間以内の情報取得は、この範囲に限定される。さらに夜間になると管内海岸沿いの約 8km(約 16%)の範囲まで限定される。

以上より、雨天時や夜間における管内全域の 3 時間以内の道路通行可否の把握は、道路管理技術等の活用のみでは困難であるとともに、今後の技術開発の促進が望まれることが把握できた。

2. 道路被災情報の効率的な取得方法の検討

道路管理者等が日常管理において、災害に至る因子を早期に発見し、対策を適切に進めるために用いられる防災カルテや宮崎県の津波浸水想定箇所等を管内図に整理するとともに、それを基にヒアリングにて聞き

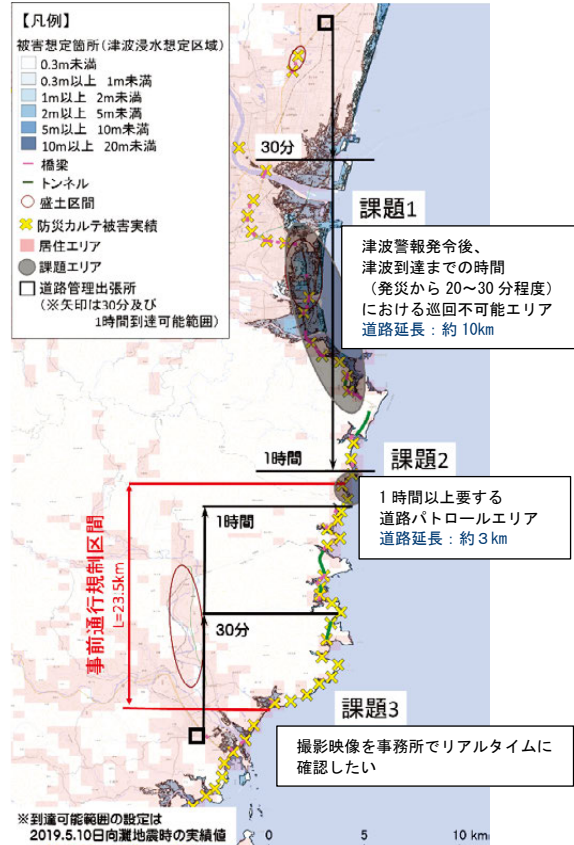


図-2 防災カルテや津波浸水想定箇所等を整理した管内マップ(地震時昼間)

とれた地震時昼間の課題を付加して、図-2 に示した。

課題は、すべて発災初期段階に関するものであり、このニーズに応えられる適用可能技術は、図-1 から自動航行 UAV と CCTV カメラ等に限られる。なお自動航行 UAV は、任意に設置したドローンポートから自動で飛行し、リアルタイムに映像配信する技術である。

本技術では 30 分で 9km 程度の範囲の情報取得が可能であることから、道路パトロールに加え、同時に 3 台の UAV を活用することにより、約 1 時間以内に管内の海岸線全区間の被災情報の取得が可能となる。また、津波警報発令時においても危険を冒すことなく、30 分以内に情報取得が可能となり、現状よりも迅速かつ安全な情報取得が行えると推測される。

ただし、現状の UAV 飛行においては、目視外飛行の禁止など運用に関する法規制や現場における通信回線に関する課題等もあるため、今後、実証実験等により実用化に向けた課題解決を図る必要がある。

[成果の活用]

今回整理した災害時に利用可能な道路管理技術等の適用条件早見表は、現場における迅速かつ効率的な情報収集や意思決定の際に役立つツールまたは技術開発計画の推進のための一助となることが期待される。

冬期道路管理を踏まえた降雪予測情報に関する調査

Study on snowfall forecast information applicable to winter road management

(研究期間 令和元～令和2年度)

道路構造物研究部 道路地震防災研究室 室 長
 Road Structures Department Head
 Earthquake Disaster Management Division 主任研究官
 Senior Researcher

片岡 正次郎
 KATAOKA Shojiro
 横田 昭人
 YOKOTA Akito

In order to set a timeline and perform snow removal properly, it is necessary to know the snow depth on the road. This study aims to summarize the method of estimating the snow depth on the road using the weather forecast by the Japan Meteorological Agency (JMA). The method for estimating the snow depth on the road is developed and examined by field observation data.

【研究目的及び経緯】

道路管理者には集中的な大雪時に備えてタイムラインを作成し、道路ネットワークへの影響を最小化する取り組みが求められる。現在道路管理では気象庁予測情報を利用し、主要地点で降雪量を推定し除雪等の判断を行っている。

今後大雪には広域的に連携し部隊を集中配置して除雪対応する計画もあり、これを実施するためには点的な降雪量の推定ではなく線的な積雪量の推定が必要となる。また実施の判断には、早い時点で路面への積雪量推定が必要である。

本調査はタイムラインの実行判断に資する推定情報の入手を目的として、気象庁予測情報を利用した路面積雪量推定方法の開発を行った。また積雪を現場観測し、推定値と観測値の比較検証を行った。

【研究内容及び研究成果】

気象庁から配信される予測情報を利用して、道路管理者が路線全域で路面積雪量を把握するために、路面積雪量推定方法を具体化した。この推定方法に対して現場観測値を基に精度検証を行い、気象庁予測情報を入力した路面積雪量推定値について大雪時のタイムラインへの適用性を検討した。

(1) 路面積雪量推定方法の具体化

路面積雪量に影響する要因を整理した(図-1)。今年度は路面積雪量推定方法として融雪(路面に降る雪の融解による路面積雪量の減少)と圧密(自らの自重による積雪表面の沈降)を考慮し具体化を行った。

具体化した路面積雪量推定方法を図-2に示す。時間毎に路面積雪質量と路面積雪密度から路面積雪量を計算し、各層を積算し路面積雪量を得る。

路面積雪質量は、図-3(左)の質量収支を条件として、熱収支法で計算した融雪量を減じた値としている。融雪量は外部との熱のやり取りを図-3(右)で定義し算出する。

路面積雪密度には粘性圧縮モデルを用いることで、雪の沈降による圧密の影響を反映するものとした。

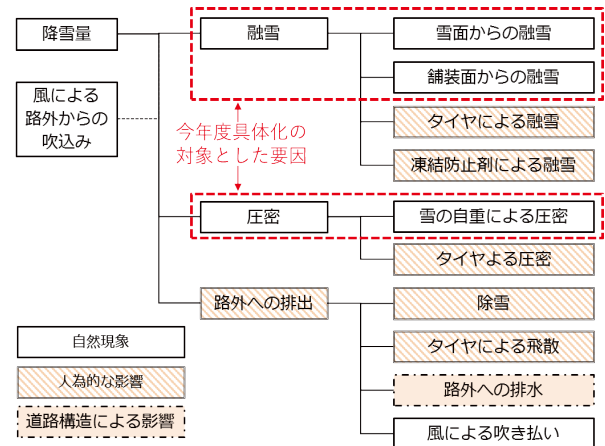


図-1 路面積雪量に影響する要因

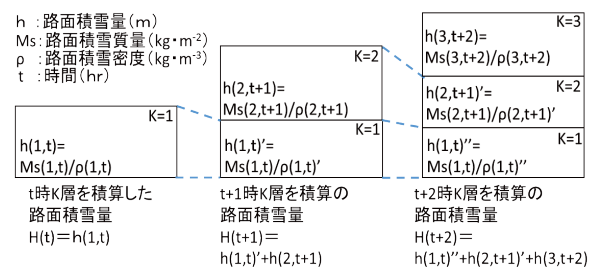


図-2 路面積雪量推定方法

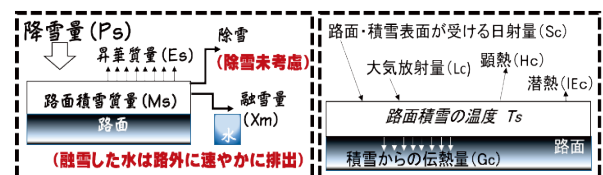


図-3 路面積雪の質量収支(左)と路面積雪と外部との熱エネルギー交換(右)の模式図

(2) 路面積雪量推定方法への入力値概成

路面積雪量推定方法は、タイムラインの判断を必要とする時点で、すでに配信されている気象庁予測情報を入力値とする。利用可能な要素は表-1に示すものであり、大雪の発生2日前では、メッシュの広いGSMか5kmメッシュのMSMで予測された要素を利用する。路面積雪質量の算出に必要な大気放射量等は、気象庁予測情報から推定し入力値とする方法を概成した。

表-1 時間による気象庁予測情報と要素

		判断を必要とする時間例					大雪の発生
		3日前	2日前	1日前	半日～6時間前	6時間前～	
気象庁予測情報	全球モデル GSM	(時間毎の配信情報) 【20kmメッシュ】					大雪の発生
	メソモデル MSM	(時間毎の配信情報) 【5kmメッシュ】					
	局地モデル LFM	(時間毎の配信情報)には、 気温・湿度・風・降水量・雲量の要素が存在					
	降水短時間予報	降水量のみ 【1km】					

(3) 現場観測と路面積雪量推定方法の検証

本調査で開発した路面積雪量推定方法を検証するために、宮城県仙台市の作並除雪ステーションで気象観測を実施(写真-1)し、観測された4日分の積雪量と推定値を比較し検証を行った。図-4は2020年1月21日の観測値と推定値を比較したものであり、他の3日分でも値が大きく外れることは見られず路面積雪量推定方法は積雪傾向を良好に表現した。

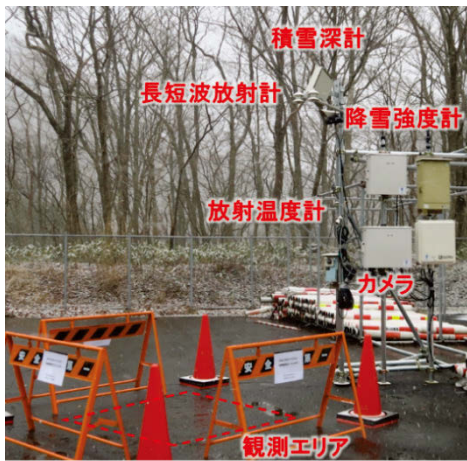


写真-1 気象観測実施状況

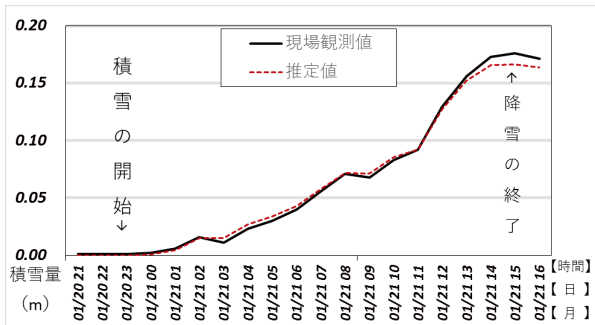


図-4 路面積雪量推定方法の現場観測値との検証

(4) 気象庁予測情報を用いた路面積雪量推定

広域的に連携する本部・支部のタイムラインを想定し、積雪情報を必要とする時点設定をしたものが図-5である。12時間前まで応援要請を判断しなければ大雪の発生で滞留が発生し移動できない事態となる。他にも48時間前、24時間前に判断情報が必要と時点設定した。

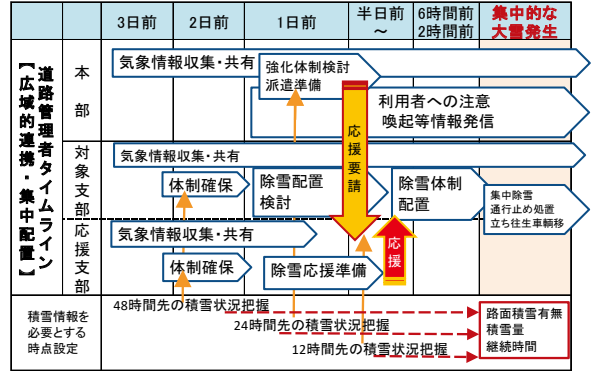


図-5 大雪時広域的連携・集中配置のための道路管理者タイムラインと推定時点の想定

この時点(48時間前、24時間前、12時間前)で配信されている気象庁予測情報を用いて路面積雪量推定を行った。図-6は観測値と路面積雪量推定値の差を推定誤差として雪の積もり始めから8時間経過までを示したものである。

48時間前の推定は気象庁が全球モデルGMSをベースにしている予測値であるためメッシュ間隔が広く、ここでは過小評価となった。さらにその後の時間帯で変動が大きくなり、重要な決定事項を判断する情報としては扱いにくいと考えられる。

1月7日-8日に観測した積雪量に対する推定誤差以外は5cm以内の推定を行うことが実証され、24時間前12時間前の推定はタイムラインを運用する情報となり得るものと考えられる。

[成果の活用]

本調査結果は、他の場所へ応援に向かわせる判断に必要な情報となり、タイムラインの実効性を向上していく上で現場の活用が期待される。

研究成果は2020ふゆとびあ in とまこまいで発表している。

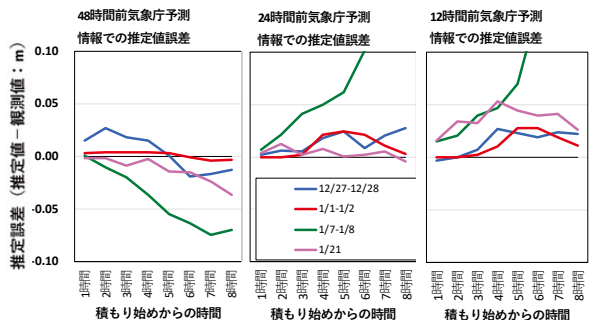


図-6 観測された積雪量との推定誤差

冬期道路対策への住民参加の促進に関する調査

Research on promotion of community participation in countermeasures against snowfall on the road

(研究期間 令和元～3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 小俣 元美
Head OMATA Motoyoshi
主任研究官 原野 崇
Senior Researcher HARANO Takashi
研究官 齋藤 貴賢
Researcher SAITOU Takayoshi

In recent years, very strong snowfall has been intensive and continuous. At the same time, the population is declining, the birthrate is aging, and the shortage of business successors is increasing. These conditions make road snow removal more difficult. For this reason, we aim to establish a system that allows local residents to actively cooperate with snow removal on roads.

In this study, we investigated cases of snow removal activities by local residents in heavy snowfall areas and their support measures.

【研究目的及び経緯】

近年、非常に強い降雪が集中的かつ継続的に発生するなど雪の降り方が変化する一方、人口減少や少子高齢化、除雪作業の担い手・後継者不足など、除雪を取り巻く環境は一層厳しさを増している。平成30年1～2月の豪雪災害を受けて国土交通省道路局が設置した冬期道路交通確保対策検討委員会は「大雪時の道路交通確保対策 中間とりまとめ」(2018.5)の中で、地域や民間団体による除雪作業への協力体制の構築について提言している。

こうした昨今の情勢を受け、国総研では、地域や民間団体が道路除雪へ積極的に協力できる仕組みの構築を目指し、冬期道路対策への住民参加を促進する方策の検討を行っている。

本調査では、豪雪地域における地域住民等の道路除雪活動やその支援策等に関する事例について調査を行った。

【研究内容】

1. 全国各地の事例の概略調査

豪雪地域において地域住民やボランティア団体等が行っている冬期道路管理について、既往の調査結果である「冬期道路管理における自助共助の取組み事例」(国土交通省道路局：平成27年度)や「雪処理の担い手の確保・育成のための克雪体制支援調査」(国土交通省国土政策局：平成25年度～)等から16道府県41市町村(表一)で実施されている除雪活動や支援制度など延べ53件の事例を収集・整理した。

調査項目は、対象地域の社会条件(人口、高齢化比

表一 概略調査の対象地域

地整	道府県	市町村
北海道	北海道	旭川市、三笠市、岩見沢市、札幌市、北広島市(2)、函館市、苫前町、上富良野町、当別町、仁木町、
東北	青森県	青森市(2)、弘前市(4)、十和田市、南部町、
	岩手県	盛岡市、滝沢市(3)、奥州市、
	秋田県	秋田市、大仙市
	山形県	酒田市(2)、鶴岡市、尾花沢市、上山市、長井市、米沢市
関東	福島県	二本松市、西会津町、会津坂下町、
	群馬県	片品村、榛東村、
北陸	長野県	長野市(2)
	新潟県	長岡市、糸魚川市、
近畿	富山県	南砺市(2)、
	石川県	金沢市
	福井県	福井市(2)、小浜市、
中国	京都府	京丹後市
	兵庫県	香美町
	島根県	飯南町(2)
	広島県	安芸太田市

※()内は同一自治体内で複数事例の調査件数

率、降雪状況等)、活動主体(自治会・町内会、NPO、ボランティア団体、消防団等)、実施期間等、活動の種類や内容の概略などである。

2. 代表事例の詳細調査

概略調査の53事例から、歩道や生活道路の除雪活動を対象に、地域性や人口規模、活動内容等を考慮して6地域を選定し、それぞれの地域の活動団体関係者からのヒアリング調査を行った(表二)。

表-2 ヒアリング対象機関

調査地区	札幌市（北海道）、青森市（青森県）、弘前市（青森県）、滝沢市（岩手県）、長井市（山形県）、金沢市（石川県）
調査期間	2019年11月～12月
ヒアリング対象機関・団体等	市役所（道路除雪担当部署、市民活動担当部署、社会福祉担当部署）、社会福祉協議会、地域住民組織（自治会・町内会、まちづくり協議会、地域コミュニティ協議会、交通安全協会、任意住民団体）、学生ボランティア組織、大学事務局、除雪事業者（市の委託事業者）

【研究成果】

(1) 概略調査結果

概略調査の対象 53 事例の活動について整理した（表-3）。地域は、北海道、東北、北陸を中心とした日本海側や山間部に分布しており、豪雪地帯対策特別措置法が指定する豪雪地帯、特別豪雪地帯と概ね類似した分布状況であった。

活動内容等については、主な活動主体である自治会・町内会に小型除雪機械や除雪道具を行政から貸与することで住民の除雪活動を支援する事例が多く見られた。他には行政が行う道路除雪より高レベルな除排雪（除雪頻度を増やす、除雪に加え排雪も行う、等）を希望する自治会がその上乗せ作業分の費用を負担し、その一部を行政が助成する受益者負担的な制度が見られた。また、道路除雪は冬期道路管理の側面だけではなく福祉の側面をもつケースも多く、社会福祉協議会が活動への助成や支援を行う事例もみられた。

表-3 概要調査 53 事例の活動まとめ

活動主体	自治会・町内会(25)、その他住民組織（まちづくり協議会、地域振興会、除雪協議会、等）(6)、小中学校PTA(6)、学生ボランティア組織(9)、NPO(5)、市町村役場(18)、社会福祉協議会(13)、その他（企業・任意団体等）(13)
活動内容	生活道路の除雪(33)、排雪(13)、除雪講習会(15)、消融雪(2)、消融雪施設整備(3)、シンポジウム・啓発活動(11)、人災育成(9)、雪かき体験ツアー(7)等
行政からの支援内容	小型除雪機械の貸出(8)、大型除雪機械の貸出(1)、排雪用トラックの貸出(5)、除雪道具の貸出・整備(8)、除雪ボランティアのコーディネート(8)、除雪委託費の助成(3)、設備投資への助成(3)、除雪活動への謝礼・実費等支給(7)、除雪機の燃料支給(2)、資格取得費用の助成(1)

(2) 代表事例の詳細調査

表-2の6地域での除雪活動の関係者からヒアリングを行った（表-4）。これらは、自治会や町内会等の地域住民組織を主とした活動主体が、行政による除雪が行われない生活道路や歩道等を対象に、行政から何らかの支援や助成等を受けて除雪活動を行っている事例である。

6地域の活動を取り巻く状況は多様で、同一自治体

内でも雪の降り方や除雪事情が異なる、市町村合併前の旧制度が混在している、など自然的社会的特性の違いや、行政が道路除雪するのは公道の全てか一部かという除雪範囲、除雪のみか排雪まで行うのかという実施内容にも違いがあった。これらの様々な条件の違いを抱えつつ、調査した各地域ではそれぞれ住民等による除雪活動が成功裏に実施されている事例があった。

共通的な成功要因として、各事例で程度の差はあるものの、①行政と住民との間での現状認識と危機感の共有、②地域住民が自分達で地域の問題に対応しようという意識の萌芽、③地域住民の除雪活動を後押しする行政の働きかけ（助成制度や支援など）が挙げられる。①行政担当者が自治会役員ら地域住民との連絡を密にして問題意識を共有していく中で②住民の間に自助共助に対する意識が醸成され、③行政の後押しもあって住民による除雪活動が始まり定着していく過程がみられた。

除雪活動への住民参加の意識が高い地域においてもその意識を地域全体で醸成し共有するまでに相当の時間と労力を要しており、多くの場合はその活動が自治会等役員や一部有志による熱意とボランティア精神に支えられている段階にとどまっていた。活動継続のためには地域全体としての合意の醸成が喫緊の課題と考えられる。

表-4 詳細調査のまとめ

整理項目	詳細調査結果のまとめ(概要)
実施項目 実施内容	・地域住民の費用負担による排雪・除雪(札幌市) ・住民による生活道路・間口等の除雪活動への支援(弘前市、滝沢市、長井市)
実施主体	・市、自治会を基本に、地元企業(札幌市)、除雪業者(滝沢市)、地域組織(長井市)等が主体となり実施
その地域の課題や対応方針	・市の予算不足、業者のオペレーターの不足・高齢化による除雪の担い手の減少が共通の課題 ・除雪活動支援者への報奨金等の新たな制度設計の必要性和合わせ、気軽に除雪依頼が出来る体制の構築等の対応が必要
取組の経緯	・幹線道路等の除雪に係る行政への負担から、市が主導し取組を検討(札幌市、弘前市) ・地域住民や地域組織が、地域の除排雪の問題を認識し、行政に呼びかけ取組を検討(滝沢市、長井市)
取組の体制や活用した制度	・市が除雪活動に係る助成制度(除雪費用、車両保険、除雪機燃費補助等)を設定(札幌市、弘前市、長井市) ・国交省克雪体制制度の活用(滝沢市)
住民と行政の関与や費用負担	・市が目的に応じて除雪活動に係る費用負担や資器材の貸与等(除雪費用、車両保険、除雪機燃費補助等)により支援(弘前市、滝沢市、長井市) ・市が除雪業者を手配し、住民が費用負担(札幌市)
活動の規模や効果の範囲等	・市内の広範な道路を対象に取組を実施(札幌市) ・一部の協力可能な自治会のエリアを対象に取組を実施(弘前市、滝沢市、長井市)

【成果の活用】

本調査結果は、地域住民等による除雪活動の促進に係るガイドラインや指針等として取りまとめ公表する予定である。

領域 8

大切な道路資産の科学的な保全

道路橋の点検体系に関する調査検討

Study on inspection system of road bridges

(研究期間 平成 30～令和元年度)

道路構造物研究部 橋梁研究室

Road Structures Department

Bridges and Structure Division

室 長 白戸 真大
Head SHIRATO Masahiro
研 究 官 高橋 慶
Researcher TAKAHASHI Kei

主任研究官 藤田 裕士
Senior Researcher FUJITA Yuji
交流研究員 鍋田 仁人
Guest Research Engineer NABETA Kimihito

This study analyses nation-wide bridge inspection data to improve both the quality and the efficiency of inspection procedure. This year, statistic characteristics were examined for three cycles of bridge inspection data to clarify the issues to be solved in the data analysis for bridge inspection data.

【研究目的及び経緯】

道路の老朽化や大規模な災害の発生の可能性等も踏まえた道路の適正な管理を図るため、平成 25 年に道路法の一部等が改正され、道路管理者は、平成 26 年より、トンネル、橋などは 5 年おきに定期点検を行うことが義務付けられた。国では平成 26 年に道路橋の定期点検に関する技術的助言である「道路橋定期点検要領」を全道路管理者に発出するとともに、平成 31 年には、それまでの定期点検結果の分析結果など本研究課題の成果も踏まえて、技術的助言の改定を行った。

最終年度である令和元年度は、国が管理する道路橋の定期点検で平成 16 年～29 年度に蓄積された 3 巡分の定期点検データを用い、今後の道路橋の設計・点検基準の改定や充実に有用な知見を得るための統計分析の課題を整理することにした。

【研究内容及び研究成果】

1. 定期点検の実施期間の違いによる統計的な劣化傾向の変化

国が管理する道路橋約 24,000 橋については、平成 16 年から、現在の法定事項だけでなく、部材等を要素と呼ばれる単位で分割し、要素内の損傷の種類や外観を客観的に区分する、損傷程度の評価を記録している。これを用いると、ある橋について 2 回の定期点検結果 (i 回目とその 5 年後の $i+1$ 回目) があれば、定期点検間隔 5 年の間の同一要素の損傷程度の変化を追跡できる。これまでも全国の道路橋の統計的な劣化特性を調べてきており、その結果は、例えば国総研資料第 985 号等でまとめている。

本年は、平成 16 年度から平成 29 年度の間で 3 回 (i 回目 → その 5 年後の $i+1$ 回目 → その 5 年後の

$i+2$ 回目) の損傷程度の評価が行われている道路橋約 2 万橋を取り上げ、 i 回目から $i+1$ 回目の要素の状態の遷移確率行列と $i+1$ 回目から $i+2$ 回目の遷移確率をそれぞれ求めた。確率値だけではその違いの特徴を考察しにくいことから、遷移確率行列をべき乗し、経年の状態の確率を計算して、結果を比較してみた。

鋼主桁の腐食について、比較した結果を図-1 に示す。損傷程度 a は変状が見られないかあっても軽微、 e は腐食であれば腐食面積が大きく、深さも深い。なお、 i 回目から $i+1$ 回目、又は、 $i+1$ 回目から $i+2$ 回目の間で状態が改善している要素は、遷移確率の行列でデータから取り除き、参照した要素数は、 i 回目から $i+1$ 回目が約 110,000、 $i+1$ 回目から $i+2$ 回目が約 162,000 である。これを見ると、 i 回目から $i+1$ 回目のデータより $i+1$ 回目から $i+2$ 回目のデータから得られた劣化特性のほうが経過年が増えても損傷程度 a に留まる確率が高いことが分かる。たとえば、損傷程度が b 又は b よりも悪い状態となる割合が計算上 50% を超える年数を矢印で示しているが、 i 回目から $i+1$ 回目のデータからの計算結果では 15 年、 $i+1$ 回目から $i+2$ 回目のデータからの計算結果では 20 年となっている。

一般的に、橋は損傷程度 e に至る前に修繕されることが多く、どの損傷種類についても損傷程度 e のデータ数はそもそも少ないので、 e の割合でデータ間を比較することは適当でない可能性がある。しかしながら、 d と e を合算して比較しても、 i 回から $i+1$ 回のデータより $i+1$ 回から $i+2$ 回目のデータから計算した方が、経年でそれらの状態に達する確率が低い。

同じ主桁でも桁端と支間中央部付近の要素を区別して、遷移確率行列を求めてみると、同様の傾向がみら

れた。

以上の傾向は、状態の悪い要素を含む橋について、修繕が進み、結果的に、状態のよい橋が増えていることが原因と考えられる。i 回目から i+1 回目の定期点検より、i+1 回目から i+2 回目の定期点検では補修後の要素が多く含まれた結果、d、e のデータ数が減っているものと考えられる。

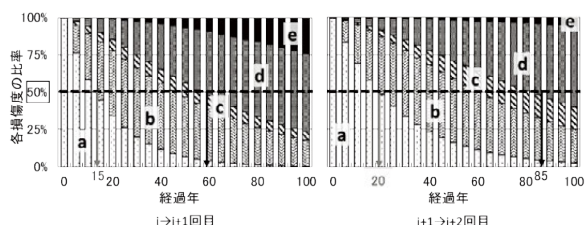


図-1 鋼主桁の腐食

図-2 にプレテン PC 主桁の端部のひびわれについての分析結果を示す。これも、i+1 回目から i+2 回目のほうが、劣化の進展が遅いという結果になる。これも、補修後の要素が多く含まれると考えられる。

以上から、統計的に橋の劣化特性を把握するにあたっては、たとえば、分析結果の活用目的に応じて、遷移確率を計算するサンプルとする定期点検結果を変えるなどの注意が必要となること、様々な部材種別や変状種類について既に遷移確率をまとめているところであるが、それで終わりということではなく、定期的に作り直すことが良いことが分かった。

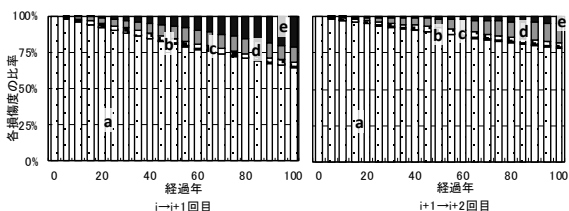


図-2 プレテン PC 主桁端部のひびわれ

2. データ数の少ない材料等に関わる統計分析

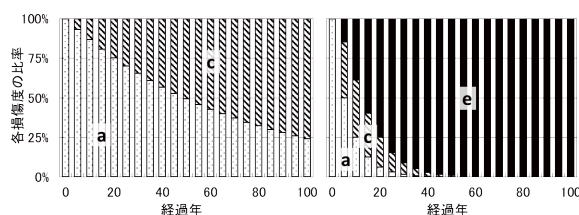
今後、補修補強が進むにつれ、様々な材料や工法が補修補強で用いられると考えられる。それらの材料や工法の適用にあたっての留意点等の助言を充実していくためにも点検データの分析が期待される。しかし、個々の材料や工法に着目すれば、必ずしも多くのデータが集まらないことも想定される。点検データ数が少ない場合、遷移確率の信頼性が劣ることは既に国総研資料第 985 号でも実例で示しており、少なくとも数百橋のデータが必要と考えられる。また、そのような材料や工法が現場で使用され始めてからの期間が短いと損傷程度が d や e に至るデータが得られにくいことも予想され、かなり長期のデータの蓄積を待たなければならない。

そこで、データ処理上の工夫により、有用な知見を

早期に得られる可能性を見出したい。今回、過去に補修された記録があるプレテンの PC 主桁について、補修後の 2 回分の点検結果がある橋 (28 橋) 及び要素 (540 要素) を取り出し、その要素の i 回目から i+1 回目の状態の推移から遷移確率を異なる統計手法で求めてみた。1 つは国総研資料 985 号で用いているマルコフ数え上げによる集計的な手法、もう 1 つは劣化過程に斉時性を仮定したハザード関数を用いた非集計的な手法である。なお、将来は、補修材料や工法毎にも分析したいところであるが、今回は簡単のため区別していない。

マルコフ数え上げは、図-1 や図-2 の結果を得たのと同じ計算方法であり、遷移確率を用いて、これをべき乗し、経年の状態の確率を計算したものである。その結果を図-3(a) に示す。これは、データに含まれる損傷程度の種類やその比率に依存するため、たとえば永遠に e には至らないという非現実的な結果であることが分かる。一方のハザード関数は、a から e の全てが現れ得ることを数学上の仮定としているものであり、その結果を図-3(b) に示す。これを見ると、補修後 20 年程度で 7 割程度が非常に悪い状態に再び達することが分かる。

どちらの方法でも材料や工法等の違いによる劣化速度の違いを相対的に比較できる可能性が見出される可能性があるが、ハザード関数を用いた方が、計算上は大きな差が現れやすいと考えられる。今後、比較的データ数が多い補修補強材料等を対象に、たとえば補修補強材料や母材の違い、変状の種類の違いごとにハザード関数の形状を決める方法について検討を進めるのがよいと考えられる。



(a) マルコフ数え上げ (b) ハザード関数
図-3 算出モデルの違いによる劣化傾向の違い

3. まとめ

点検データを統計的に集計することにより得られる結果は物理化学的な原理を再現していないが、損傷の種類や発生傾向が把握できる手段として有効である。統計分析の活用範囲の拡大に向けて、引き続き調査を行うのがよいことが分かった。

【成果の活用】

本研究で得られた成果は、道路橋定期点検要領の改定に反映される予定である。

道路橋管理におけるアセットマネジメント活用に関する調査検討

Study to utilize asset management for road bridges

(研究期間 平成 29～令和元年度)

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

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher

白戸 真大
SHIRATO Masahiro

藤田 裕士
FUJITA Yuji

研究官
Researcher
高橋 慶
TAKAHASHI Kei

交流研究員
Guest Research Engineer
鍋田 仁人
NABETA Kimihito

Life cycle cost (LCC) is commonly utilized as one of the indicators to make a plan of long-term bridge management. However, many parameters are involved with various uncertainties in the estimation of LCC. Accordingly this research tackles to clarify the major sources of uncertainty in the estimation of LCC and give notices to bridge owners on the planning for long-term bridge management. This year, we proposed a relevant set of parameters and assumptions to estimate LCC and ascertained the degree of unavoidable error in the calculation of LCC.

【研究目的及び経緯】

道路橋維持管理に関する中長期計画を検討するにあたって、将来の維持管理費用（以後、この報告では、ライフサイクルコスト又はLCCと呼ぶ）の計算値が評価指標の一つとして用いられ、様々な比較検討がなされる。しかし、計算を行う上での様々な仮定の違いによってLCCの計算値はばらつく。図-1にLCCを計算する際に必要となる仮定の例を示す。劣化や補修の実績を調べることでこれらの仮定の方法を改善する努力は必要だが、それでも、仮定と現実とは一致しないので、計算値を確定値として活用することはできない。そこで、使用目的に応じた仮定の与え方や結果を解釈する方法論を確立する必要がある。

令和元年度は、図-1の計算上の劣化過程や修繕実施の判定式の与え方についてパラメトリックスタディーを行った上でそれらの設定方法を提案するとともに、それでも残る推計の不確実性を明らかにした。

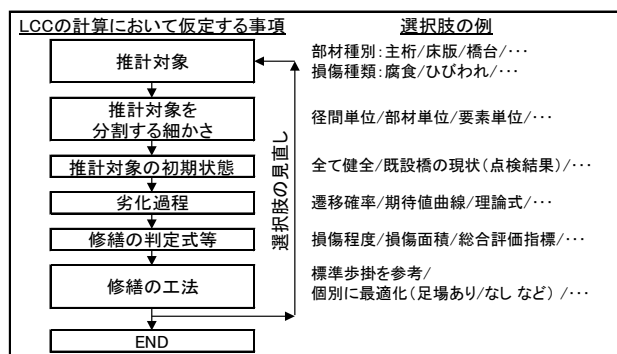


図-1 LCC 推計のフローと選択肢の例

【研究内容及び研究成果】

1. 推計方法の設定

図-1に示すように、どの程度細かくパラメータを区分するか、また、それぞれのパラメータにどのような仮定を置くかには無数の選択肢がある。そこで、劣化の進行のモデル化や修繕実施の判定に様々な仮定を組み合わせる様々な試算を行った。その結果、国総研資料第776号の総合評価指標を算出するときの部材や要素等の評価単位に合わせるのが、様々な橋について平均的には最も実情に近いLCC推計になりそうということが分かった。表-1に示すように、劣化過程は要素単位でモデル化する一方で、補修補強を行うのかどうかの判断と補修補強の実施の単位は、基本は部材単位とすることや、その中でも主桁については桁端部とその他部位に分けて行うこと、さらに支承や伸縮装置は、劣化の進行に関わらず、一定年で修繕や交換することを仮定する方が現実的な計算値となった。

2. 道路橋の状態推移や維持修繕費用の実績値と計算値の比較

過去の修繕の時期や費用の記録が比較的残っている道路橋50橋を対象に計算をする。各部材は要素に分割したうえで、要素単位で複数の変状の種類と劣化の推移を仮定する。ただし、亀裂については、個々の橋の特性に大きく依存するため、劣化曲線等を当てはめて検討することは適切でないと考え、対象としていない。推計劣化の推移は、国総研資料第985号にまとめている国管理の道路橋の定期点検結果を統計処理した劣化曲線を用いる。実際には、平成30年度に検討したように劣化に関する遷移確率を用いたモンテカルロ

シミュレーションによる予測の方が現実に近いLCCの推計値を与えたが、実務での適用を考えて以下では劣化曲線によったときの結果を紹介する。

計算上の修繕の判断と実施の単位は前述のように総合評価指標の計算単位に合わせ表-1のように仮定し、5年ごとに判定、積み上げを行う。また、計算上の修繕の判断と工法は表-2のように仮定した。修繕工法は、積算単価が定まっている工法を基本にした。これは、全国の道路橋という母集団において広く用いられている基本的な工種と見なせること、また、その平均的な費用を代表すると考えられる単価が仮定できると考えられるためである。

なお、付属物（排水設備、高欄、検査路設置など）、橋の耐荷性能に直接は関連しない工種（剥落防止など）は試算の対象には含まない。

表-1 実績の費用推移を考慮した推計単位

橋種	部材	損傷種類	劣化予測	修繕判断*	修繕範囲
鋼橋	主桁など	防食機能の劣化、腐食	要素単位	桁端:径間単位 中間:径間単位	桁端:径間単位 中間:径間単位
	コンクリート床版	床版ひびわれ	要素単位	径間単位	径間単位
RC橋 PC橋	主桁など	ひびわれ、剥離・鉄筋露出	要素単位	要素単位	部材単位
下部構造		ひびわれ	要素単位	要素単位	要素単位
支承・伸縮装置		—	—	定期修繕交換	径間単位

※総合評価指標の評価単位による

表-2 計算上の修繕の判断規範と工法

橋種	部材	損傷の種類	修繕の判断指標	修繕工法
鋼橋	主桁など	防食機能の劣化	桁端部:損傷程度 e 中間部:損傷程度 a の 残存率<10%	部分塗装塗替え (Rc-III) 20%
		腐食	桁端部:損傷程度 d 中間部:損傷程度 d+e の 発生率>10%	全面塗装塗替え (Rc- I) 100%
	コンクリート床版	床版ひびわれ	損傷程度 a の残存率<50% 損傷程度 d+e の発生率>10%	ひびわれ注入 炭素繊維接着
RC橋 PC橋	主桁など	ひびわれ、剥離・鉄筋露出	損傷程度 c	ひびわれ注入
		ひびわれ、剥離・鉄筋露出	損傷程度 d	ひびわれ注入 +断面修復
下部構造		ひびわれ	損傷程度 c	ひびわれ注入
			損傷程度 d	ひびわれ注入 +断面修復
支承		—	50年経過	支承本体及び 杓座モルタル補修
伸縮装置		—	30年経過	取替え

(1) 橋梁群での実績値と計算値の比較

各橋の修繕費の50年目までの累計値を算出し、その後、50橋分を足し合わせた計算値と実績値の比較結果を図-2に示す。実績値は合計費用の25%まで積み上がるのに20~25年を要し計算値も同じであった。比較の結果、50年目の計算値と実績値の比率は0.73となり、最も実績値に近い30~35年での比率は0.93となった。つまり、計算結果の活用にあたっては、大凡30%程度の誤差があると考えられることを前提にするのがよいことが分かった。

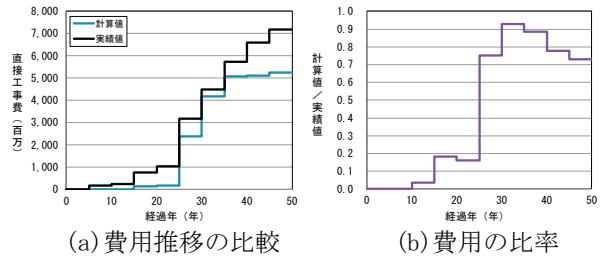


図-2 LCC算出結果(50橋足し合わせ)

(2) 橋梁個別での実績値と計算値の比較

あるポステンT桁橋を取り上げ、計算値と実績値の比較結果を図-3に示す。実橋では塩害に対して断面修復と表面被覆を繰り返しており、計算値も適用している工法に違いはないが実績値の方が対策範囲や修繕数量が大きく取っていたことで差がでたと考える。

このように1橋1橋で見れば、LCC額も補修時期も全く一致せず、表-1及び表-2の仮定の組合せでの補修時期や金額の計算は、個々の橋の修繕計画を立てる際には補修時期や金額についてはあまり参考にできないと考えるのがよいことが分かった。一致しない理由は、多くの橋についての統計的な平均的な性質を個別の橋に当てはめて仮定していることにあると考えられる。たとえば、劣化の仮定も多くの橋の平均的かつ統計的な性質を表すに過ぎない。修繕工法も、積算単価が定まっている工法を基本にしているが、これは、全国の道路橋という母集団において広く用いられて基本的と考えられる工種で、その平均的な費用を代表すると考えられる単価を用いていることになる。個々の橋の劣化も修繕の方法も、統計的な性質に対するばらつきが非常に多い。したがって、統計的な仮定の組合せ下でのLCC推計の結果は、個々の橋について着目するよりも、橋の集団をまとめて扱うことで意味を持つようになると思われる。

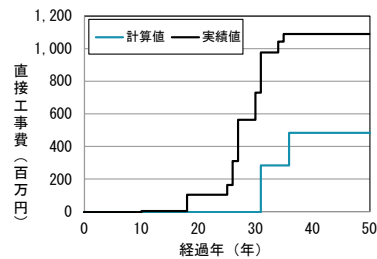


図-3 LCC算出結果(ポステンT桁橋の例)

3. まとめ

複数の橋のLCCの総計を行うための標準的なLCC推計方法を提案した。それでも、30%程度の誤差は避けられないことは、結果の活用にて反映することが必要である。

[成果の活用]

LCC推計マニュアルを作成する際に活用する予定。

部分係数設計法の補修補強設計への適用に関する調査検討

Study on the application of partial factor design for existing bridges

(研究期間 平成30～令和2年度)

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

室 長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究 官
Researcher

白戸 真大
SHIRATO Masahiro
藤田 裕士
FUJITA Yuji
高橋 慶
TAKAHASHI Kei

The present study has been developing for the rational structural evaluation of existing road bridges. Live road factors may change with changing the assumed service period. This year stochastic simulations were conducted to estimate live load factors with different reference periods based on a WIM dataset.

【研究目的及び経緯】

既設橋の補修補強設計に適用基準として平成29年道路橋示方書を用いる場合には、そこに規定されている新設橋の設計に用いる設計活荷重や活荷重係数を適用して設計することとなる。一方で、規制の必要性、補強の必要性を検討するため、又は、対策を実施するまでの当面の間に供用させることができるかどうかの判断においては、新設橋の設計に用いる設計活荷重や活荷重係数をそのまま用いるのではなく、想定する供用期間や架橋地点特有の交通特性に応じて、架橋地点の特性を踏まえた活荷重や活荷重係数の調整をすることで、より合理的な判断を行える可能性がある。

本年度は、想定する供用期間に応じた活荷重規模を統計的に推定するために必要となる交通流の計測方法を提案するための基礎データを得るため、実在する複数の橋梁に対し活荷重実態調査から得られた交通流データをもとに確率過程を考慮したモンテカルロシミュレーション(以下、「荷重シミュレーション」という。)を実施し、大型車混入率や橋梁形式、支間長をパラメータとして計測期間と断面力最大値との関係を整理した。

【研究内容】

1. 荷重シミュレーション

荷重シミュレーションに用いる対象橋梁は、表-1の8橋を選定した。

荷重シミュレーションは、平成29年道路橋示方書の部分係数の設定においても参考にされた国総研資料第1031号「道路橋の設計状況設定法に関する研究」によった。車種や重量の比率は、国総研資料第295号「道路橋の設計自動車荷重に関する試験調査報告書-全国活荷重実態調査-」に収録されている有明曙橋における72時間のWIM(Weigh-in-Motion)記録に基づくものとした。大型車の混入状況による荷重係数の計算値の変

化を調べるため、橋上に表れる車両列の期間中の平均大型車混入率が30%、45%になるようにした。断面力最大値を得るための評価期間は、3日、6日、1年、5年、10年とした。そして、各期間の最大値1,000個から最大値分布を作れるように、それぞれの期間等の設定ケースに対して1,000回のシミュレーションを行った(表-2)。

表-1 対象橋梁の概要

橋梁形式	支間長
単純鋼合成鈹桁	20m, 40m, 60m
単純鋼非合成鈹桁	20m, 40m, 60m
単純PCプレテンションT桁	20m
単純PCポストテンションT桁	40m

表-2 荷重シミュレーションの条件

BWIM計測	平均大型車混入率	評価期間	繰り返し回数
有明曙橋	30%, 45%	3日、6日、1年、5年、10年	1,000回

2. 支間長と断面力最大値分布の変動係数の関係

荷重シミュレーション1,000回の各ケースの曲げモーメントとせん断力それぞれの最大値の分布(以下、「断面力最大値分布」という。)が正規分布に従うと仮定した場合のばらつき(以下、「変動係数」という。)について、橋梁形式・支間長をパラメータとして関係性を整理した。例えば、大型車混入率が45%のとき、外桁の端支点断面におけるせん断力について、計算結果を表-3に示す。いずれの橋梁形式でも支間長の増加につれて、断面力最大値分布の変動係数が減少する傾向がみられた。これは、支間長の増加につれて、橋梁上に載荷される車両台数が多くなり、個々の大型車の重量や軸配置のばらつきが桁発生断面力に与える影響

が小さくなったことによるものと考えられる。また、期間が短いほど、断面力最大値のばらつきが大きくなる。現在、現地でのWIM計測は、72時間（3日間）で行われることが多いが、これを6日間にしても橋が受ける断面力最大値の推定に関わる信頼性水準が改善される程度は限定的である。

表-3 断面力最大値分布の変動係数

		橋梁形式・支間長								
		鋼合成鉄桁			鋼非合成鉄桁			PCポステンションT桁		
		20m	40m	60m	20m	40m	60m	20m	40m	
参照期間	3日	31%	23%	21%	30%	23%	20%	32%	46%	
	6日	28%	21%	18%	27%	22%	18%	27%	55%	
	1年	16%	12%	10%	15%	12%	10%	15%	47%	
	5年	13%	9%	8%	13%	9%	8%	12%	14%	
	10年	11%	8%	7%	11%	8%	7%	11%	9%	

3. 評価期間の断面力最大値分布の傾向

現在、現地でのWIM計測は、72時間（3日間）で行われることが多い。ここでは、それは、計測される応力の最大値を荷重シミュレーションによる断面力最大値分布の荷重評価期間3日間平均値（非超過確率50%値）と一致すると仮定し、評価期間3日間非超過確率50%値に対する各期間の同じ断面での断面力最大値分布における非超過確率50%値・95%値の比率について、整理した。

まず、全体的な傾向を把握するために、支間長40mの鋼合成鉄桁・鋼非合成鉄桁・PCポステンションT桁に対して、大型車混入率30%の交通流により外桁・内桁それぞれの端支点せん断力及び支間中央の曲げ応力について、評価期間を変えて試算した結果を表-4a)に示す。これをみると、橋梁形式、内桁外桁、せん断力曲げ応力によらず、概ね同様の傾向であった。

このことを踏まえ、評価期間・支間長・大型車混入率を変えて試算した結果のうち、代表事例として、鋼合成鉄桁橋の外桁の端支点せん断力に関する結果を表-4b)に示す。これをみると、評価期間が増加するほど、支間長が短いほど、大型車混入率が小さいほど、荷重評価期間3日間非超過確率50%値に対する比率が大きくなる傾向があった。

これらの試算から、例えば3日程度の応力計測を現地で行ったときに得られた最大値（非超過確率50%値）に2~3倍程度することで、1年から10年程度までの最大値分布の非超過95%~50%程度に調整できそうであることが分かった。したがって、地点ごとの大型車の車種比率等、交通特性の違いについての検討を増やし、このような傾向が一般化できるか、引き続き、検討を続ける必要がある。

表-4 断面力最大値分布の

荷重評価期間3日間非超過確率50%値に対する比率

a) 評価期間・橋梁形式・せん断・曲げによる違い

(支間長40m、大型車混入率30%、荷重非超過95%値)

		外桁					
		鋼合成鉄桁		鋼非合成鉄桁		PCポステンションT桁	
		せん断	曲げ	せん断	曲げ	せん断	曲げ
評価期間	1年	2.59	2.72	2.58	2.74	2.72	2.88
	5年	2.89	2.99	2.89	3.01	3.05	3.17
	10年	2.97	3.07	2.96	3.10	3.17	3.28

		内桁					
		鋼合成鉄桁		鋼非合成鉄桁		PCポステンションT桁	
		せん断	曲げ	せん断	曲げ	せん断	曲げ
評価期間	1年	2.69	2.42	2.68	2.42	2.78	2.34
	5年	3.09	2.66	3.08	2.66	3.20	2.59
	10年	3.23	2.71	3.20	2.71	3.35	2.64

b) 評価期間・支間長・大型車混入率・荷重非超過確率による違い

(鋼合成鉄桁・外桁の端支点せん断力)

		荷重非超過95%値					
		大型車混入率45%			大型車混入率30%		
		20m	40m	60m	20m	40m	60m
評価期間	1年	3.11	2.33	2.09	4.05	2.59	2.43
	5年	3.57	2.56	2.28	4.81	2.89	2.57
	10年	3.70	2.67	2.35	5.13	2.97	2.70

		荷重非超過50%値					
		大型車混入率45%			大型車混入率30%		
		20m	40m	60m	20m	40m	60m
評価期間	1年	2.28	1.88	1.75	2.80	2.05	1.92
	5年	2.78	2.20	1.98	3.49	2.43	2.22
	10年	3.00	2.30	2.07	3.78	2.55	2.35

【今後の課題】

今後は、様々な交通流を考慮した荷重シミュレーションを行うとともに、過年度の結果と併せて、既設橋の補修補強設計に用いる荷重組合せ係数・荷重係数の提案、及び、現地で活荷重計測を行った結果から当面の供用可否に関する判定をするときの活荷重係数の設定法について、提案することとしたい。

【成果の活用】

補修補強設計の技術資料作成の参考資料として活用する予定である。

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～令和 2 年度)

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

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

白戸 真大
SHIRATO Masahiro
中尾 勝
NAKAO Masaru
大西 諒
ONISHI Ryo
鈴木 克弥
SUZUKI Katsuya

Bolted doubler plates are widely used to repair existing steel bridge girders and columns. This method requires to ensure a degree of the friction at the junction surface between the added plate and the existing plate. Existing corroded plates have an uneven thickness and the corroded part is usually disregarded as the junction surface, sometimes resulting in the enlargement of doubler plates. This study has conducted specimen friction tests of bolted doubler plates between new adding plates and corroded plate specimens. Corroded plate specimens were made by cutting out of a decommissioned bridge girder that had corrosion. The test result has shown that corroded plates may mobilize a friction coefficient around 0.40 in average but the variation in the coefficient tends to increase with increase in the unevenness of corroded plate surface.

【研究目的及び経緯】

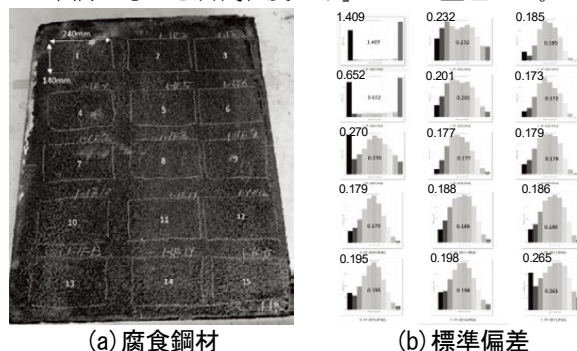
鋼桁の補修補強工法のひとつとして用いられるあて板工法は、摩擦接合によって既設部材とあて板部材を一体化し作用力を協同で分担させるものである。腐食等によって凹凸が生じている既設部材では、その凹凸の影響で板と板との接触面で片あたりが生じ、新設部材の継手で期待しているような摩擦力が発揮されないことが懸念される。そこで従来の設計では、腐食の程度によらず、凹凸部を避けた位置まであて板を延長して定着を行っており、補修補強範囲が大きくなることもある。一方で、腐食程度に応じて継手としての性能がある程度確保できることが確認できれば、あて板を既設部材の腐食箇所に着することでより合理的な設計が可能となる。令和元年度は、撤去した鋼道路橋から切り出した腐食鋼材を用いてあて板箇所を模擬した小型試験体を製作し、その引張試験により鋼材の腐食程度に応じた性状を把握することを試みた。

【研究内容及び研究成果】

(1) 鋼材の腐食程度の評価

試験体の製作に先立って、腐食鋼材の腐食程度を定量的に評価することを目的に、3D スキャナーを用いて鋼材表面の形状計測を行い、凹凸の標準偏差によって腐食程度を分類した。分類した鋼材の一例を図-1 に示す。形状計測は縦横 0.4mm 毎に鋼材表面の標高を計測し、その平

均標高と各測定点との差の度数分布と標準偏差を算出し、標準偏差が 0.3 以上のものを腐食程度「大」、標準偏差が 0.2 以上、0.3 未満のものを腐食程度「中」、標準偏差が 0.2 未満のものを腐食程度「小」として整理した。



(a) 腐食鋼材 (b) 標準偏差

図-1 腐食程度の評価結果

(2) すべり試験片の製作

(1) で分類した腐食鋼材を用いて標準すべり試験¹⁾用試験片を製作した。実施工においては、母材に腐食鋼材、あて板に新規鋼材を用いる。しかし、本試験で用いた腐食鋼材の板厚が 10mm 程度と薄いこと、結局は摩擦面でのすべり係数が評価できればよいことから、本試験片においては、母材に新規鋼材、あて板に腐食鋼材を用いた。各試験片の諸条件を表-1 及び図-2 に、試験片の一例を写真-1 に示す。実施工においては、ケレン後の母材の防せいや不陸修正の目的で、母材とあて板との間に充填材を

塗布することがあり、充填材によるすべり係数への影響を確認するために充填材ありの試験片も製作した。

表-1 すべり試験片の諸条件

試験片No.	母材		あて板			充填材
	使用鋼材	素地調整	使用鋼材	腐食程度	素地調整	
T-A-1~5	新規鋼材	1種ケレン	腐食鋼材	大	2種ケレン	無
T-B-1~5				中		
T-C-1~5			小			
T-D-1~5			—	1種ケレン		
T-Asa-1~3			新規鋼材	大	2種ケレン	
T-Asb-1~3	腐食鋼材	大	b			
T-Asc-1~3	大	c				

充填材 a: エポキシ樹脂系接着剤、b: 金属用補修材、c: 高摩擦有機ジンクリッチペイント

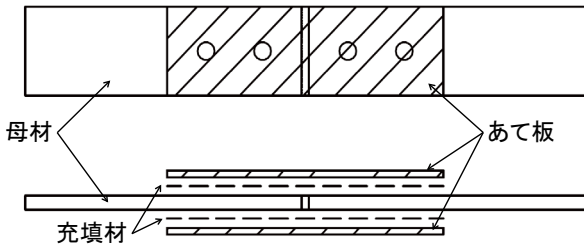


図-2 すべり試験片



写真-1 すべり試験片

(3) 腐食鋼材を用いたすべり試験

1) すべり試験

(2)で製作したすべり試験片を用いて標準すべり試験を実施した。試験状況を写真-2に示す。荷重は、母材とあて板の間にすべりが生じるまで行うものとし、ボルト軸力のリラクセーションの影響を考慮して、ボルト締付け後12時間以上経過したのちに実施するものとした。なお、充填材を塗布した試験片は充填材の養生期間(約1か月)を確保したのちに荷重を行った。

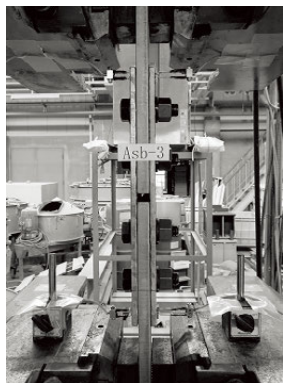


写真-2 すべり試験の状況

2) すべり試験結果

図-3に鋼材の凹凸の標準偏差とすべり係数の関係を

示す。すべり係数は導入ボルト軸力から算出した。なお、図中では新規鋼材の凹凸の標準偏差は0として整理している。

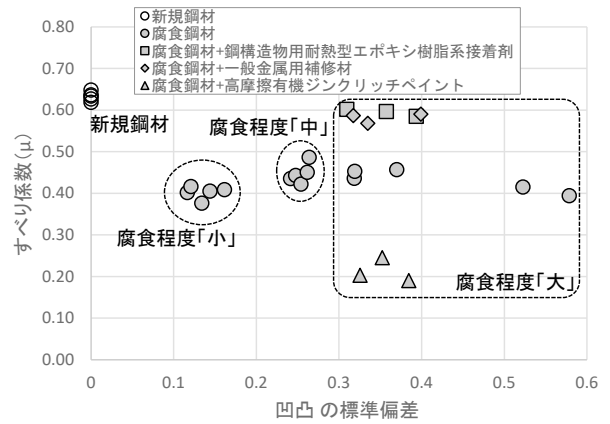


図-3 鋼材の凹凸の標準偏差とすべり係数

本試験から得られた知見は以下のとおりである。

- ・本試験の範囲では、腐食程度(凹凸の標準偏差)の違いによるすべり係数の明確な違いは見られない。
- ・2種ケレンによる素地調整を行った腐食鋼材であて板したときのすべり係数は、新規鋼材であて板したときのすべり係数に比べて25~40%程度低い値となるが、平均するとすべり係数0.4程度は期待できそうである。ただし、新規鋼材であて板したときに比べてばらつきの程度が大きくなる傾向が見られる。
- ・腐食程度「大」の試験結果と腐食程度「大」に充填材を塗布した試験結果から、充填材がすべり係数に影響を与えることがわかった。ただし、充填材は付着強度を持つため、本試験結果を摩擦の効果として整理することの是非は今後の検討の課題である。
- ・充填材の種類によっては、すべり係数が低下し、継手の設計として危険側となる場合もあることがわかった。

(4) 今後の課題

引き続き、あて板工法の既設部材への適用性や設計施工時の留意点を把握するため、試験結果の分析をすすめること、またここでのような要素試験だけでなく、局部腐食した鋼桁を模擬した供試体にあて板を設置した曲げ・せん断荷重試験により、要素試験の結果を実構造へ適用することが可能か検証を行う必要がある。

【成果の活用】

あて板を用いた補修補強の留意点をとりまとめ、腐食鋼材に対する補修補強設計手法の確立に活用する。

【参考文献】

- 1) 土木学会, 高力ボルト摩擦接合継手の設計・施工・維持管理指針(案), 平成18年12月

盛土・切土等の要求性能に対応した管理手法の調査検討

Study on Management method corresponding to required performance for cut slope and embankment

(研究期間 平成 30～令和 2 年度)

道路構造物研究部 構造・基礎研究室
Road Structures Department

Foundation, Tunnel and Substructure Division

室長

Head

主任研究官

Senior Researcher

研究官

Researcher

七澤 利明

NANAZAWA Toshiaki

伊藤 浩和

ITO Hirokazu

佐々木 惇郎

SASAKI Atsuo

It is required to efficiently maintain and manage road structures concentrated in the high economic growth period in the future, and from July 2014, once every five years Legal inspections are conducted for road structures such as tunnels. This research analyzes the inspection results in order to maintain and manage the road structure efficiently, and examines how to reflect it on asset management in the revision of inspection request.

【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 年度からトンネル等の道路構造物について 5 年に 1 回の法定点検が行われている。

本研究は道路土工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、点検の合理化及び資産管理への反映方法について検討するものである。

令和元年度は平成 26 年度～30 年度の 5 箇年で定期点検を実施した国が管理するシェッド等約 810 施設及びカルバート約 2,660 施設を対象としてその結果を整理した。あわせて、構造形式や設置環境などの条件ごとの変状傾向や特性等も分析し、部材の重要度の設定も試みた。

【研究内容及び研究成果】

1. シェッドの定期点検結果の分析

国が管理している施設を対象に、平成 26 年度～30 年度の定期点検結果より変状及び健全性に関する分析を実施した。

健全性の診断結果は I (健全) が約 1 割、II (予防保全段階) が約 5 割、III (早期措置段階) が 4 割で、IV (緊急措置段階) は無かった (図-1)。これを材料別 (上部構造) で整理した結果を図-2 に示す。施設数では鋼製シェッドが約 7 割の施設で健全性 III となっており、RC 製・PC 製に対して高い比率となっている。これは、鋼製シェッドが完成年度の古い施設で多

くを占めていること (図-3) や厳しい環境条件に多く設置されていることが影響していると考えられる。

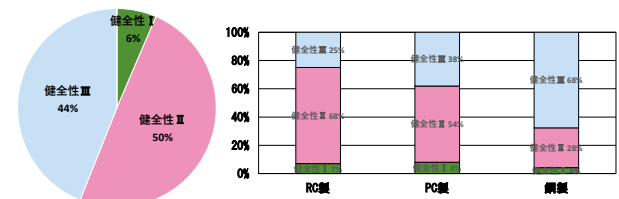


図-1 判定区分ごとの比率 図-2 材料別の健全性の比率 (シェッド)

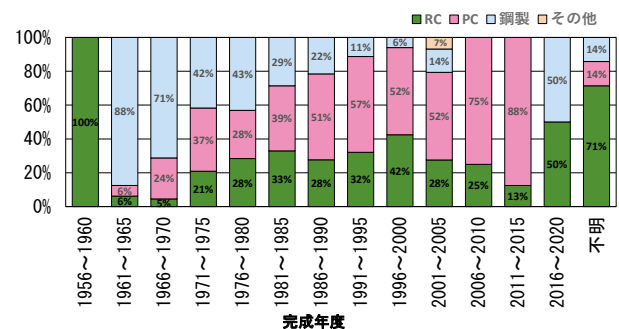


図-3 材料別の完成年度の比率 (シェッド)

シェッドの設置環境と部材の変状程度 (a: 変状無し～e: 変状程度大) 及び発生位置の傾向を確認するために、RC 製シェッドの谷側構造 (谷側柱・谷側受台) におけるうきについて、塩害対策区別に整理した結果を図-4 に示す。塩害の影響が激しい S 区分ではその他の区域に比べ変状があったとされる e の比率が高い。これは、谷側構造が飛来塩分に曝さ

れ、内部鋼材の腐食等の塩害劣化が生じやすい環境にあったためと考えられる。その他の区域については、S区分よりも比率は低いものの、下部でeの比率が高くなっている。これは、散布した凍結防止剤等が下部に付着し塩害劣化が生じやすいことが影響していると考えられる。

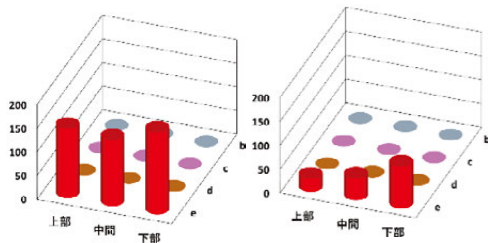


図-4 塩害の影響とうきの程度(RC製シェッド谷側構造)

シェッド等の部材の重要度の評価は、以下の流れで検討した。図-5に頂版(RC製シェッド)での設定例を示す。

- ①部材で発生する恐れのある最も影響が大きい変状とそれらの要因(外力作用、環境、材料劣化)及び対策工を、「機能の確保」、「構造形式の形状保持」及び「利用者被害の懸念」に着目して整理した。
- ②整理した事項に対して懸念事項の「発生頻度」、「発生影響度」及び「補修・補強工事(対策工)の難易度」を設定した。なお、補修・補強工事の難易度は、国土交通省で運用されている工事難易度評価の小項目別運用表を参考に「難、やや難、容易」で評価した。前述のRC製シェッドは谷側の擁壁基礎を重要度の高い部材と評価しており、図-4の整理結果からも今後重点的に管理することも検討する必要が示唆された。

部位	部材	整理の着目点	懸念	対策工	重要度の設定		
					懸念事項 A: 頻度	C: 補修・補強の難易度	被害度評価
上部構造	頂版	機能の確保	緩衝設置なし	基石を置き、部材を取り換える	⇒ 中	高	⇒ 高
		機能の確保	実物が痒う	部材取換え工	⇒ 低	高	⇒ 高
		構造形式の形状保持	部材の破壊や腐蝕力増	部材取換え工	⇒ 低	高	⇒ 高

図-5 頂版(RC製シェッド)の重要度の設定(一部抜粋)

2. 大型カルバートの定期点検結果の分析

大型カルバートの健全性の診断結果はIが約3割、IIが約6割、IIIが約1割でIVは無かった(図-6)。

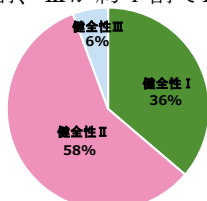


図-6 判定区分ごとの比率(カルバート)

全施設を対象とした変状種類及び変状発生数の傾向

を把握するため変状を種類ごとに集計した(図-7)。変状は「ひびわれ」が最も多く、全変状数の約52%(33,116/62,933箇所)を占めている。

カルバートの構造形式と部材の変状程度及び発生位置の傾向を確認するために、場所打ちボックスカルバートにおけるひびわれについて、変状の生じている各部材ごとに変状程度の比率を整理した(図-8)。頂版と側壁で変状程度の大きいd~eの比率が高くなっている。頂版については上部道路からの活荷重や鉛直土圧が常態的に作用し、曲げひびわれが発生しやすい状況が影響していると推察される。一方、側壁では鉛直方向のひびわれが多くなっている。ひびわれの発生状況から、多くは底版部の拘束による温度ひびわれや乾燥収縮ひびわれであることが推察される。

カルバートにおいてもシェッドと同様に部材の重要度の設定を行った。頂版は、変状時の部材落下による利用者被害の懸念等から重要度の高い部材と評価している。

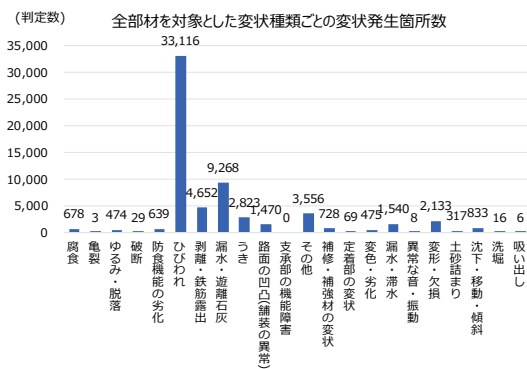


図-7 変状種類ごとの変状発生箇所数

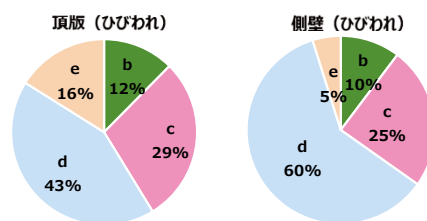


図-8 ひびわれの変状程度の比率(場所打ちボックスカルバート)

【まとめ】

今年度の研究では1巡目の点検結果を整理し、構造形式や設置環境などの条件ごとの変状傾向や特性等を分析した。既に2巡目の定期点検が開始されており、今後とも劣化傾向等の健全性に影響を与える変状や変状の進行性等を分析し、維持修繕計画や定期点検の合理化等の提案につなげていく予定である。

[成果の発表] 国総研資料や各種論文で発表予定

[成果の反映] 定期点検要領や各種基準へ反映予定

盛土・切土等の要求性能に対応した管理手法の調査検討

Survey and investigation on management method corresponding to required performance of road embankment and cut
(研究期間 平成 30～令和 2 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

渡邊 一弘
WATANABE Kazuhiro
藤原 年生
FUJIHARA Toshio

The purpose of this study is to analyze the inspection results of directly controlled national roads, to organize trends in variation, and to propose an organized evaluation method for damage cases that are helpful in determining soundness.

【研究目的及び経緯】

平成 27 年 3 月に「道路土工構造物技術基準」が、平成 29 年 8 月には「道路土工構造物点検要領」が定められ、体系的な観点から設計・施工・点検を含む維持管理などを行うこととなった。本研究では、直轄国道の点検結果を分析し、変状の傾向に関する整理等を行うとともに健全性の判定を行う上で参考となる損傷事例を施設別に整理し、今後の点検精度を向上させることを目的とするものである。

【研究内容】

本研究では、平成 30 年度の道路土工構造物の点検結果を基に信頼性向上、効率化の方法及び効果的な補修・補強手法の検討に必要な基礎資料を得るため、点検結果を整理し、変状の傾向に関する分析を行っている。

【研究成果】

1. 点検データ整理

各地方整備局、北海道開発局及び沖縄総合事務局が管理する道路土工構造物の平成 30 年度定期点検結果（有効施設数：1,926 施設）を用いて整理した。なお、変状要因との関係を明確にするため、「単純集計」手法に加えて、確率統計手法の一つである因子分析（数量化理論Ⅱ類）を用いて、対象とする変状に対して各要因が与える影響の有無やその程度を定量的に示した。点検結果のうち切土及び盛土対象箇所の 1,926 施設を対象に、単純集計した結果を図-1 に示す。なお、初年度の結果であり地域における点検結果に偏りがあることに留意が必要である。変状有無・健全度判定区分に関してクロス集計した結果、施設毎における変状有無を図-2 に示すが、コンクリート・モルタル吹付や排水施設が他の施設と比較して変状が発生している傾向が確認される。また、最大斜面高毎における判定区分を

図-3 に示すが、切土（のり面：崩壊等）の変状に関して、斜面高が高くなるに伴って、変状発生の傾向が確認される。これは、盛土も同様の傾向である。

土工構造物（切土・盛土）としてのデータ整理結果（建設年度）として、図-4 に完成年度別における健全

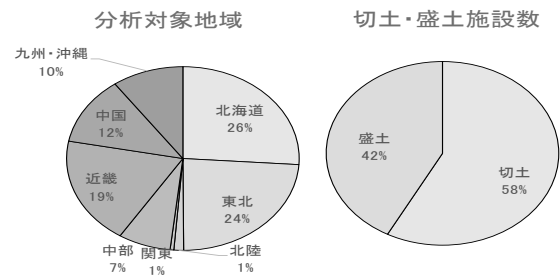


図-1 単純集計結果

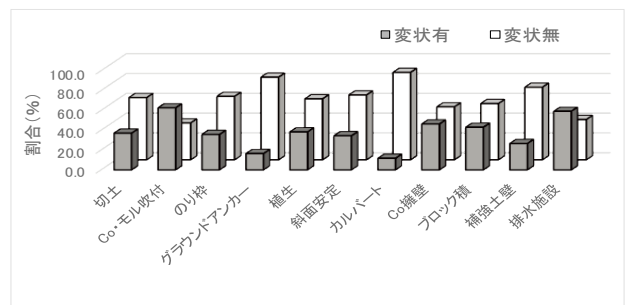


図-2 クロス集計結果（切土：施設－変状発生有無）

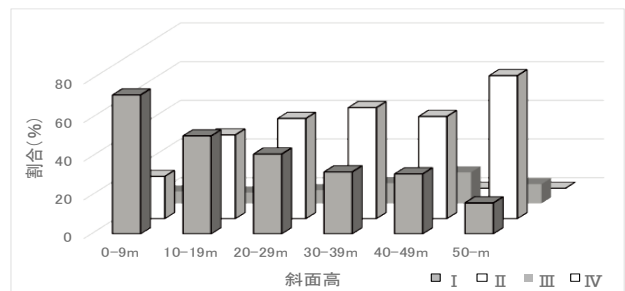


図-3 クロス集計結果（切土：最大斜面高-判定区分）

完成年度別における健全性の数

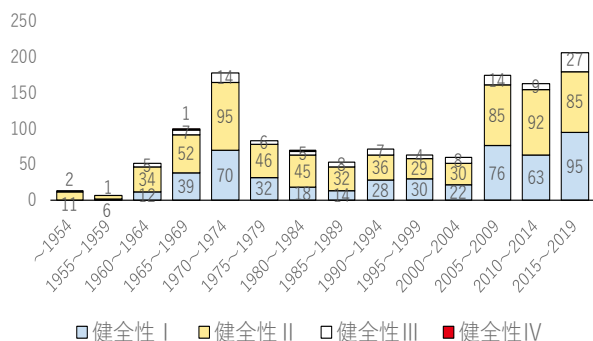


図-4 完成年度（建設年度）毎における健全性の分布

性の状況を示すが、一般的に考えられる完成年度と健全性との間には、明確な関係性が示されなかった。このことは、鋼・コンクリート構造物とは異なる土工構造物の特性であると示唆される。

各因子の違いが各変状に与える影響に関して、数量化理論Ⅱ類による分析結果を、図-5 に示す。なお、図左側に示す各因子が、変状の発生有無に与える影響度に関して、棒向き（右向+：影響有、左向-：影響無）と棒長とで表している。「延長・最大斜面高（斜面規模、面積）」の大きさ、「日最大降水量」の多さが「変状」に

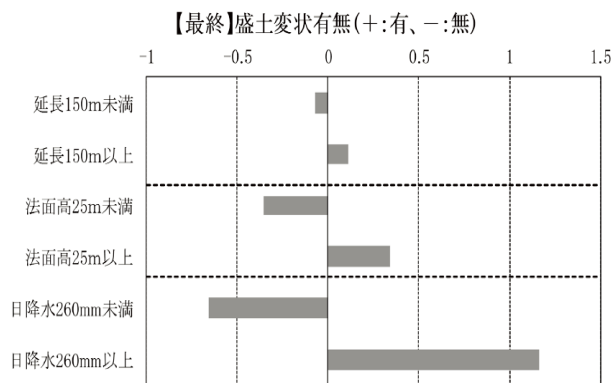


図-5 数量化理論Ⅱ類分析結果（盛土：812 施設）



判定区分Ⅲ
ひびわれは滑落崖に沿って連続し、割れ目に沿って植生が成長している。吹付背後の土砂化・空洞化が認められる。
周辺を打音調査し、背面との密着状況を確認する必要がある。

図-6 変状事例（吹付けモルタル-亀裂・空洞化）

影響を与えることについては、一般的に妥当性があると考えられる。今後、「斜面規模」の大きな盛土のり面において、特に、一般的な長期降雨等の発生時に留意する必要があると考えられる。

2. 点検留意事項の整理

点検結果の診断を行う上での留意事項と点検様式などの改善点を抽出した。

- ・写真撮影に関する留意点
定点での継続可能な撮影、変状状況が把握可能な近接撮影
- ・変状把握に関する留意点
次回点検時ひび割れ幅等の継続計測が可能となるマーキングや計測用ピン設置、切土法肩上部の崩壊可能性の把握
- ・点検記録様式作成に関する留意点
記載の脱字や矛盾、健全性の分散ばらつきがある
- ・点検表の種別が「その他変状」の場合に関する留意点
安易に「その他変状」に分類されているものがある。

3. 変状事例の整理

点検データの中から変状事例を抽出してとりまとめた（例：図-6）。その際、変状の規模や特徴等について、着眼して整理した。

4. まとめ

- ・点検は、初年度であり、次年度以降整理を継続しデータの蓄積を行う必要がある。
- ・点検の留意事項では、「写真撮影」における継続性の観点や遠近の撮影位置などに留意する必要があることが再確認できた。
- ・変状事例については、一定の事例収集ができたが、各構造物の事例としては不足するものがあり、継続的な事例収集・確認が必要である。
- ・健全性判定区分の精度向上のため、定量化指標の検討が必要である。
- ・点検結果の整理を効率化するための支援ツールの活用を検討が必要である。

【成果の活用】

道路土工構造物点検要領の改定に向けた基礎資料であり、また、点検者・道路管理者の道路土工構造物に対する技術力向上を図る技術資料として本研究は活用される。

舗装の長期性能に関する調査検討

Research on the long-term performance of road pavement

(研究期間 平成 29～令和元年度)

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

渡邊 一弘
WATANABE Kazuhiro
桑原 正明
KUWABARA Masaaki
若林 由弥
WAKABAYASHI Yuya

Since the renewal cycle of pavements is short and the amount of stock is huge, it is an urgent issue to reduce the life cycle cost by extending the service life under an appropriate maintenance cycle. In this background, the "pavement inspection guidelines" formulated in October 2016 requires road administrators to try to extend the life of pavements by maintaining them with an awareness of the number of years they will be renewed.

The purpose of this research is to organize the issues for the revision of the guideline in order to further streamline the pavement management.

【研究目的及び経緯】

道路構造物を管理する国や地方自治体等では人口減少や少子高齢化等に伴う技術者不足や財政難が深刻化している。その中でも舗装は更新周期が短いストック量が膨大であるため、メンテナンスサイクルを確立し、長寿命化によるライフサイクルコスト削減を目指すことが喫緊の課題である。こうした中、平成 28 年 10 月に「舗装点検要領」が策定され、道路管理者は舗装の更新年数を意識した維持管理を行うことで舗装の長寿命化を図ることが示された。

本研究では、舗装マネジメントのさらなる合理化のため、舗装点検要領の改定に向けた検討を目的とし、要領に基づき実施された過去 2 年分の直轄国道の点検結果について整理するとともに、実際に早期劣化したアスファルト舗装の各種調査に基づく劣化メカニズムの推定、詳細調査結果に基づいて修繕工法が決定された修繕事例の整理を実施した。

【研究内容】

(1) 直轄国道の点検結果の整理

平成 29 年度および平成 30 年度に実施した舗装点検結果について、点検データの整理を実施した。図-1 に地方整備局等における点検実施延長を示す。これらのデータについて、診断結果やデータの入力率などの整理を行った。

(2) アスファルト舗装の早期劣化区間の各種調査

前回修繕時または新設施工時から間もない時期に路面のひび割れが進展したアスファルト舗装の早期劣化区間および周辺の劣化の進展が予想される区間を対象

点検実施延長 (km)

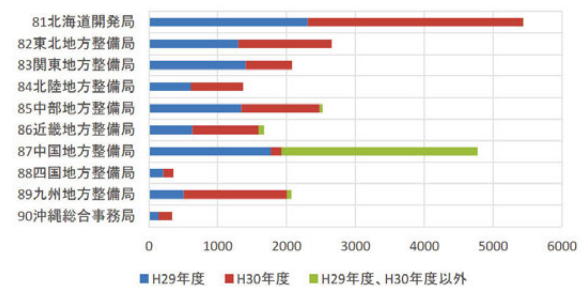


図-1 各地方における点検実施延長

表-1 早期劣化区間の調査概要

調査年度	調査対象区間	調査内容
H29	前回修繕後13年以内にひび割れ率30%以上(1路線)	開削調査、コア採取、たわみ量調査
H30	前回修繕後13年以内にひび割れ率30%以上(6路線)	コア採取、たわみ量調査
R1	新設後6年でひび割れ率15%以上(1路線)	コア採取、たわみ量調査

に、各種調査を実施した。表-1 に調査内容を示す。また、調査結果に基づき劣化メカニズムの推定を行った。

(3) 舗装修繕工事の整理

平成 29～30 年に実施した舗装修繕工事の工事データ 81 件の工事内容を整理し、その中から詳細調査結果に基づいて修繕工法が決定された事例を抽出した。

【研究成果】

(1) 直轄国道の点検結果の整理

図-2 にアスファルト舗装およびコンクリート舗装それぞれの診断区分の割合を示す。アスファルト舗装における診断区分 III は全体の 15%であり、うち 3%が

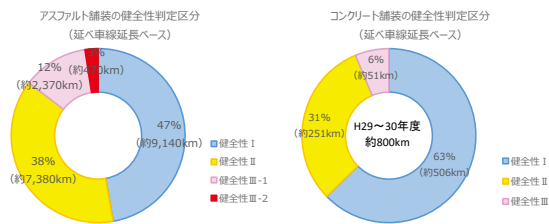


図-2 診断区分の割合

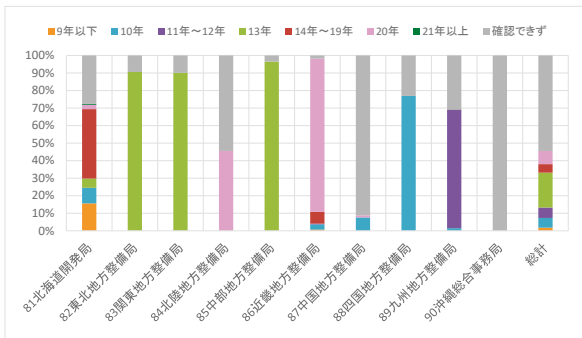


図-3 使用目標年数の設定状況

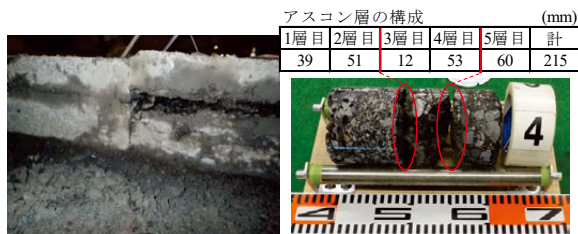


図-4 アスファルト混合物内の滞水・層間はく離

早期劣化区間であった。コンクリート舗装における診断区分 III は全体の6%であり、概ね健全な状態が保たれていることが分かった。

図-3に各地方整備局におけるアスファルト舗装の使用目標年数の設定状況を示す。整備局ごとに地域特性などを考慮し多様な設定がされていることが分かった。一方、何らかの理由により使用目標年数が確認できないデータも存在し、様式への入力方法や確認方法など、今後対策を検討する必要がある。

(2) アスファルト舗装の早期劣化区間の各種調査

平成29年度の調査では、修繕後早期にひび割れが発生した1路線のアスファルト舗装区間およびその付近を対象に開削調査やFWDたわみ量調査を実施した。その結果、早期劣化区間では、図-4のようにアスファルト混合物層内の滞水及び層間はく離が確認されるとともに、図-5のようにFWDたわみ量が大きくなっていることから舗装支持力の低下が確認された。これらの結果から、図-6に示すように、アスファルト混合物層内部での水の滞水や層間はく離に伴い、劣化が進行していくと推察された。

上記の劣化メカニズムについて検証するため、平成30年度に修繕後早期にひび割れが進展した複数の箇所を対象にコア採取やたわみ量調査を実施したところ、劣化メカニズムの各段階に対応した損傷の進展が確認

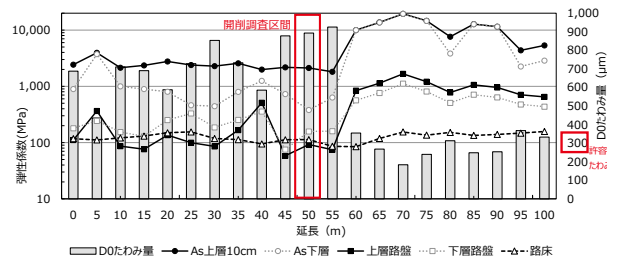


図-5 早期劣化区間前後のFWDたわみ量調査結果

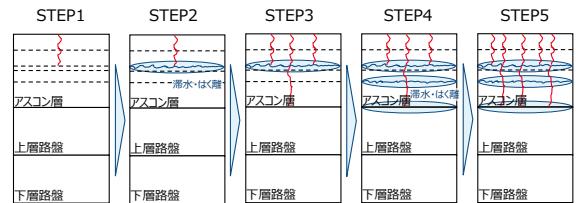


図-6 層間はく離に伴う早期劣化メカニズム

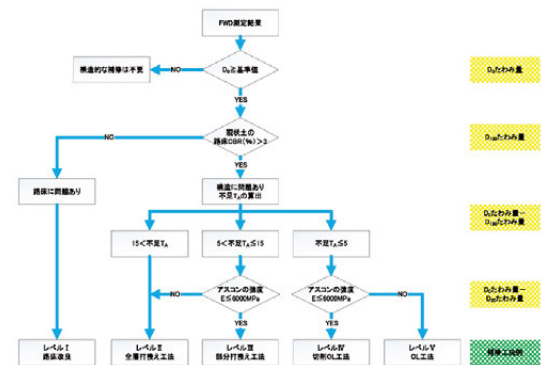


図-7 たわみ量調査結果に基づく修繕工法の選定例

された。さらに、令和元年度は新設工事後6年で部分的にひび割れが進展した区間でコア採取を実施した結果、層間はく離は生じていないもの、アスファルト混合物層内への滞水が確認され、劣化メカニズムの初期状態に該当すると推察された。

以上の結果から、図-6に示す劣化メカニズムが早期劣化の大きな劣化要因の1つであることが確認された。引き続き、水の浸入を防ぐための予防的措置やはく離の生じにくい層間の性能照査法などの対策を検討する必要がある。

(3) 舗装修繕工事の整理

収集した81件の修繕工事データを整理し、その中から詳細調査を実施しその結果に基づき修繕工法を選定した事例を11件抽出した。図-7に工法選定のフローの例を示す。抽出した事例はいずれも既存の詳細調査(コア採取、たわみ量調査)に基づくものであり、他の工事で十分適用可能なものであった。

【成果の活用】

本研究成果は、点検要領の改定において点検時の留意点や措置の考え方の基礎資料として活用するとともに、早期劣化の対策として技術資料に反映していく予定である。

地震災害復旧対策技術に関する研究

Research on Recovery Technique of the Bridge damaged by Earthquake

(研究期間 平成 29～令和 3 年度)

社会資本マネジメント研究センター
熊本地震復旧対策研究室
Research Center for Infrastructure
Management
Kumamoto Earthquake Recovery
Division

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

西田 秀明
NISHIDA Hideaki
宮原 史
MIYAHARA Fumi
田中 謙士朗
TANAKA Kenshiro
鈴木 慎也
SUZUKI Shinya

This study performs the rational diagnosis, investigation, design method and the improvement of the reliability of restoration of the road structures damaged by the earthquake so as to perform prompt recovery of road function. In FY 2019, a pushover analysis for the steel I-girder bridge supported by rubber bearings was carried out, and it was found that the rupture of rubber bearing was occurred before the strength of the main girder support point was deteriorated. Additionally, a case study was given of reasonably recording/storage useful data which should be taken in the restoration work of the bridge damaged by the earthquake through the use of BIM/CIM.

【研究目的及び経緯】

平成 28 年熊本地震では、地震動の揺れとともに地盤変位の影響も伴って、橋梁等の構造物に被害が生じた。このような被害を受けた橋の復旧においては、地盤変状等の不確実性の高いリスクが橋に及ぼす影響を軽減する観点や、損傷した橋の状態評価とその復旧設計への見立てに含まれている不確実性に配慮する観点を考慮して復旧の信頼性の向上等を図る必要がある。また、速やかな復旧が行えるようにする観点から、道路構造物の地震被災リスクを低減できる構造形式にするとともに、早期復旧を合理的・効果的に行うための調査・診断技術や対策技術が必要となっている。

【研究内容】

(1) 地盤変状が橋に及ぼす影響の最小化に向けた検討

熊本地震では、地震動だけでなく斜面崩壊等による地盤変状の影響も伴って、道路橋の上下部構造間に大きな相対変位が生じ、橋の機能回復に長期間を要した事例があった。これを踏まえ、橋の早期機能回復に及ぼす影響をできるだけ小さく留めることができる橋の破壊形態として、支承部に破壊を誘導する形態を選定し、この破壊形態が一定の信頼性を持って実現する設計の考え方について検討を行っている。本年度は、支承部よりも先に上部構造支点部が破壊しない構造設計の考え方の確立に向けて、ゴム支承に支持された鋼 I 桁橋を対象に、支点部構造や外力の入力方向の違いが

支承及び支点部の破壊形態に及ぼす影響について検討するための解析を行った。

(2) 震災復旧工事を行った橋の維持管理に必要な施工段階で取得すべき情報の記録・保存方法の検討

震災復旧した橋では、新設の橋を設計する場合にはない特有の不確実性を考慮したうえで所要の性能を確保できるように補修・補強を行っている。しかし、補修効果の経年劣化による耐荷力低下など、補修設計や施工の段階では考慮することが困難な不確実性が残る。このため、残る不確実性については、補修・補強した部材の状態を維持管理段階で確認できるようにすることが有効である。このためには、維持管理段階で必要となる情報をあらかじめ整理し、復旧工事の過程で適切に取得する必要がある。さらに、それらの情報を維持管理段階で有効に活用するためには、情報の相互関係が分かるように記録・保存を行うことが重要であり、その方法の一つとして BIM/CIM モデルの活用が考えられる。本年度は、維持管理段階で活用する観点から、震災復旧した鋼橋を対象に 3 次元モデルを作成する過程を通じて、BIM/CIM モデルを活用した合理的な情報の記録・保存方法について検討した。

【研究成果】

(1) 鋼 I 桁橋支点部の耐荷力に関する解析

橋長 128m の 3 径間連続鋼 I 桁橋を対象とし、支点部付近の変形を精度よく表現するために上部構造を図

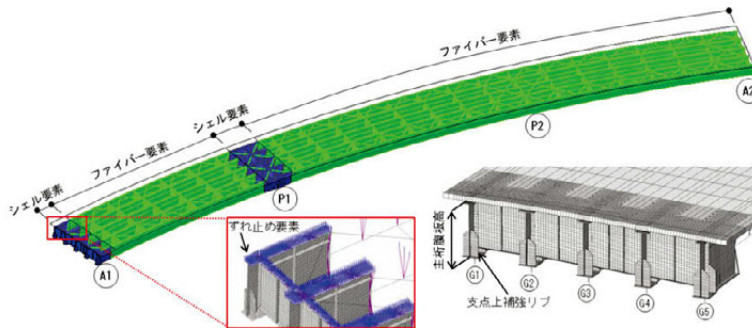


図-1 対象橋梁のモデル化

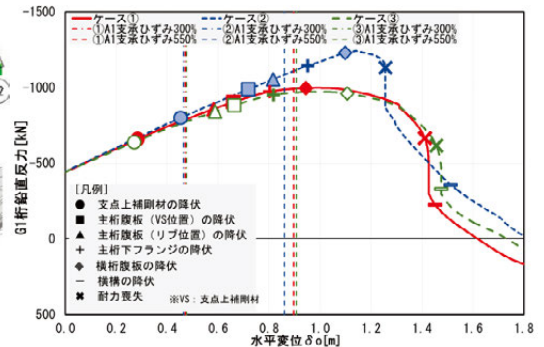


図-2 G1 桁鉛直反力-水平変位関係

-1 のとおり 3次元有限要素でモデル化した。また、支承部はバネ要素でモデル化し、支承下端には仮想の剛部材を接続し端部を拘束するモデルとした。作成した解析モデルに対し、各部材に死荷重を載荷したうえで、床版の全節点に対し G5 桁から G1 桁方向に水平力を漸増させる解析を実施した。解析は、表-1 に示す、支点上補強リブ高さおよび外力の入力方向をパラメータとした 3 ケースで実施した。

表-1 解析ケース

	支点上補強リブ高	載荷水平力が A1 支承線となす角度
①	主桁腹板高の 1/2	0°
②	主桁腹板高	0°
③	主桁腹板高の 1/2	約 10°

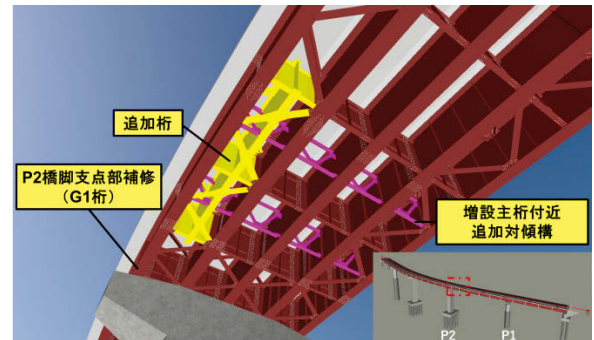


図-3 作成した 3次元モデル (追加桁付近)

各ケースの G1 桁鉛直反力と水平変位の関係を図-2 に示す。支座位構造や外力の方向によらず、支座位の耐力喪失がゴム支承 (支承ひずみ 550%) の破断に先じて生じることはない一方で、ゴム支承の破断よりも先に支座位主桁腹板の降伏が生じることや、支座位構造により部材の降伏順序が異なることが確認された。主桁腹板など一次部材に損傷が生じると、復旧作業は容易ではなく、速やかな機能回復を阻害することとなる。以上から、橋の機能回復に及ぼす影響をできるだけ小さく留めることができるように支承と支座位の関係を制御する観点からは、上部構造と支承部の破壊順序にのみ着目して鉛直耐荷力が保持できるかどうかだけではなく、早期復旧を合理的に行えるように、主桁腹板など一次部材の降伏がゴム支承の破断に先じて生じないことを一定の信頼性をもって実現する設計法の検討が引き続き必要であるといえる。

(2) 震災復旧した橋の維持管理に必要な情報の抽出

熊本地震で主桁の一部が座屈する等の損傷が生じた 5 径間連続曲線鋼 I 桁橋を対象とした。本橋は特に P1 ~ P2 間の曲線外側にあたる主桁 2 本に、面外変形を伴う損傷が比較的大きく生じたため、復旧に際しては、主桁を撤去した場合に部材内に残留している応力が他の部材に与える影響の程度に不確実性を伴うことなどを勘案し、大きな損傷が生じた主桁は戦略的に残置しつつ、損傷に伴い低下した主桁の耐荷力を補えるような断面剛性を有する主桁 (以下、追加桁) を設置した

ことに特徴がある。

本橋の維持管理段階に必要な情報を抽出したうえで、既存の 2 次元の構造一般図に基づいた全体構造の 3 次元モデルを、外形形状を正確に表現して作成したうえで、追加桁や追加対傾構などの追加部材のモデル化を行った (図-3)。追加部材は既存部材との違いが分かりやすいよう配色を工夫した。

一方で、残置した主桁の損傷箇所は、位置をマーキングするに留め、このマーキングの属性情報として、損傷状況が分かる写真にファイルリンクするように設定した。これは損傷の 3 次元的な形状は目視により確認することが合理的であり、モデル化までする必要はないと考えたためである。また、桁の連結部についても添接板の位置を示すのみで、ボルト形状といった詳細については属性情報として図面にファイルリンクするように設定した。これは、部材の状態を把握するうえでは、接合位置をモデル化することは有効であるものの、ボルト形状までモデル化する必要はないと考えたためである。以上のように、熊本地震で被災し復旧した橋を対象に、維持管理段階で必要になる情報を抽出するとともに、BIM/CIM モデルを活用して合理的に情報を保存する一例を示した。

【成果の活用】

本研究で得られた橋の早期復旧に資する構造や、震災復旧工事を行う橋の維持管理での活用を考慮した情報等に関する知見は、技術資料として取りまとめ提示していく。

領域 9

沿道環境を改善し、良好な生活環境を創造する

道路交通騒音の予測手法等の改正に関する調査

Research on revision of road traffic noise prediction method

(研究期間 令和元年度)

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

間 渕 利 明
MABUCHI Toshiaki
澤 田 泰 征
SAWADA Yasuyuki
大 河 内 恵 子
OHKOUCHI Keiko

The National Institute for Land and Infrastructure Management is conducting a study to reflect the latest scientific knowledge and advanced cases in " Environment Impact Assessment for Road Project " used by road operators when conducting environmental impact assessments.

In order to enable environmental impact assessment using ASJ RTN-Model 2018, which was reviewed in April 2019, the description of the road traffic noise-related part of the technical method will be reviewed.

【研究目的及び経緯】

国土技術政策総合研究所では、道路事業者が環境影響評価を実施する際に参照する「道路環境影響評価の技術手法」(以下「技術手法」という。)に、最新の科学的知見と環境影響評価の先進事例を反映させる検討を継続的に実施している。日本音響学会は最新の研究成果を基に5年ごとに予測モデルの見直しを行っており、ASJ RTN-Mode2013を基本に一部を更新した新たな予測モデルASJ RTN-Mode2018を平成31年4月に発表した。

この最新の知見を活用して環境影響評価を行えるようにするため、技術手法(道路交通騒音関係)の改定が必要となった。

【研究内容】

本調査では、これまでに行われた環境影響評価での道路交通騒音の予測計算条件等を整理するとともに、新旧の予測モデルの騒音予測値の試算により変更の影響を把握するなど必要な検討を行い、技術手法(道路交通騒音関係)の改定案を作成した。

【研究成果】

1. 環境影響評価における道路交通騒音予測計算条件の整理

これまでに作成された環境影響評価書59件を対象として道路交通騒音予測計算条件等を調査し整理した。調査項目は表-1のとおりである。

計算条件等を調査した予測箇所数は過年度調査分も含めて合計478箇所、断面構造別では多い順に盛土(138箇所)、IC・JCT部(125箇所)で、続いて高架、トンネル坑口、切土、高架併設、平面、掘割、盛土平面併設、交差点部、函渠部となっている。

調査の結果、伝搬計算を行う際に考慮する反射や地

表面吸収、空気吸収などの条件について、評価書毎に適用の有無は記載しているものの、予測箇所ごとの適用条件までは未記載のものが多かった。

将来的に予測の再現性を担保するためには、どのような計算条件を適用したかについて、可能な範囲で予測箇所別に記載することが望ましい。

表-1 予測計算条件等の調査項目

調査項目	内容
計算条件 (無対策時)	・予測モデル、断面構造
	・音源(音源位置、車種分類、走行状態、舗装種別、縦断勾配補正、速度)
	・伝搬(遮音壁の有無、反射音、地表面吸収、気象の影響、指向性、空気の音響吸収)
	・受音(横断範囲、高さ範囲、建物の遮蔽)
環境保全措置の有無	
計算条件 (対策時)	・音源(舗装種別、排水性舗装経過年数)
	・伝搬(遮音壁、挿入損失、反射音、その他対策)
	・受音(受音対策)
評価	・目標値、評価方法
交通条件	・日交通量(台/日)、大型車混入率(%)、速度(km/h)

2. 新たな予測モデルの影響調査

ASJ RTN-Modelでは、騒音予測地点近傍の道路上を1台の自動車が単独で走行したときのユニットパターン(遠方から騒音測定地点に近づき遠方に去る間の騒音値)を車線別、車種別に求め、車種別交通量を考慮して積分し、時間平均値を求めることにより騒音予測値(等価騒音レベル)を算出している。

ユニットパターンを求める際は、車線上に離散的に配置された点音源から平均的な自動車1台からの騒音(自動車走行騒音パワーレベル)を発生させ、点音源から予測地点までの伝搬計算を行っている。

ASJ RTN-Model 2018では、音源特性としての自動車走行騒音パワーレベル、伝搬計算方法の一部(回折補

正量の計算方法、トンネル坑口周辺部の計算方法、建物群背後の計算方法)等が更新されている。以下にその概要と騒音予測等への影響を述べる。

(1) 自動車走行騒音パワーレベルのモデル式見直しの影響

最新の知見に基づき計算式(速度の関数)が見直され、特に小型車は実測調査結果等を反映して定数項が見直され、密粒舗装の定常走行(40~140km/h)でASJ RTN-Model2013の計算式より0.9dB低くなった。

また、排水性舗装についてはASJ RTN-Model2013までは密粒舗装の計算式から騒音低減効果を補正項として差し引いていたが、ASJ RTN-Model 2018では、舗装種別別(密粒舗装、排水性舗装、高機能舗装II型)に計算式が設定された。

排水性舗装の騒音低減効果については、従来は5年程度で効果が見られなくなるとされていたが、測定結果を踏まえた見直しにより経年変化が小さいとされた(図-1)。この見直しにより環境保全措置としての排水性舗装の有用性が増すものと考えられる。

なお、排水性舗装のモデル式の適用は自動車専用道路のみであり、一般道は従来通りのモデル式が適用される。

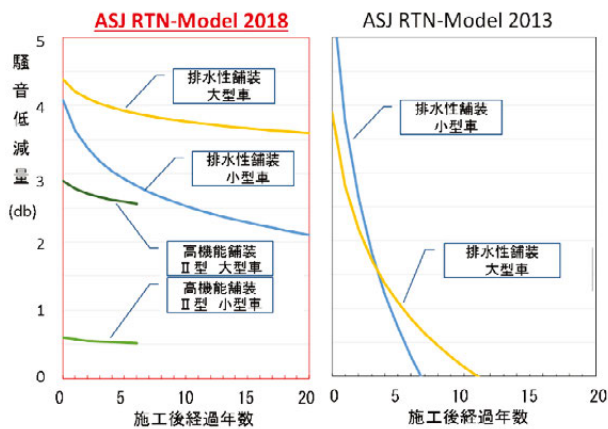


図-1 密粒舗装と比較した排水性舗装等の騒音低減効果の経年変化(dB)

(2) 新たな予測モデルによる騒音予測値の試算

新たな予測モデルへの変更による騒音予測値の変化の傾向を把握するため、ASJ RTN-Model 2013、ASJ RTN-Model 2018それぞれ同一の条件で道路交通騒音(等価騒音レベル)を試算・比較した。

交通条件については環境影響評価を行う新設の国道を想定した設定とした。試算を行った予測箇所と計算条件は表-2のとおりである。

試算の一例として断面予測を行った平面道路(標準型遮音壁背後)の例を図-2、表-3に示す。

新旧のモデルで比較すると、ASJ RTN-Model2018では設定した計算条件(速度、大型車混入率)の場合はパ

ワーレベルが約0.4dB減少しているため、遮音壁の影響の及ばない道路近傍の高い位置の受音点では等価騒音レベルが0.4dB程度減少している。

また、遮音壁高さよりも低く回折による減衰の大きい受音点では等価騒音レベルの計算値が最大1dB程度減少している。これは、回折補正量の計算式および係数が一部見直されたことによる減少分と、パワーレベルの減少分の両方の影響と考えられる。

表-2 試算を行った予測箇所および計算条件

予測箇所(断面予測)	平面道路、平面道路(標準型遮音壁背後)、平面道路(張り出し型遮音壁背後)、盛土道路、盛土道路(標準型遮音壁背後)、切土道路、築堤背後、建物背後、高架・平面道路併設、複層高架 合計10種類	
予測箇所(平面予測)	トンネル坑口周辺、建物群背後 合計2種類	
計算条件(共通)	道路区分・横断構成	第1種第3級 車線数:4 車線幅員3.5m 路側帯1.75m 中央帯3.0m
	交通条件	2万台/日 (昼7~19時13,000台 夜19~7時7,000台) 大型車混入率 20% 走行速度80km/h

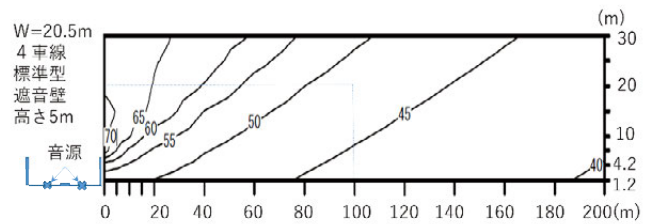


図-2 等価騒音レベルの試算断面と結果の例(平面道路(標準型遮音壁))

表-3 ASJ RTN-Model2013と2018の等価騒音レベル試算結果の比較(差分)の例(平面道路(標準型遮音壁))

高さ(m)	官民境界からの距離(m)								
	0	5	10	15	20	40	60	80	100
20.0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.7	-0.8	-0.9
15.0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.7	-0.8	-0.9	-0.9
10.0	-0.4	-0.4	-0.2	-0.5	-0.7	-0.9	-0.9	1.0	1.0
7.2	-0.4	-0.4	-0.7	-0.8	-0.9	-0.9	-1.0	-1.0	-1.0
4.2	1.0	-0.9	-0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1
1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1

(Model 2018の計算値-Model 2013の計算値)(dB)

■ 増加(1dB以上)
□ 減少(1dB以上)

(3) 技術手法(道路交通騒音関係)の改定案作成

以上の成果をもとに、計算方法が見直された箇所の注釈や環境保全措置としての排水性舗装の解説等について記述を追加・修正した。

[成果の活用]

本調査結果は、技術手法(道路交通騒音関係)の改定に活用する予定である。

地域連携道路事業費

監督検査の効率化に向けた有効な検査技術に関する調査

Research on effective new technology for efficient supervision and inspection

(研究期間 平成30～令和元年度)

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 関 健太郎
Head SEKI Kentaro
主任研究官 市村 靖光
Senior Researcher ICHIMURA Yasumitsu
研究官 鈴木 宏幸
Researcher SUZUKI Hiroyuki

In order to ensure the quality of construction work, stage confirmation is currently being conducted by the orderer. However, the contractor requires a lot of time and effort for the preparation work, and a long waiting time may occur. On the other hand, in recent years, it has become possible to acquire continuous measurement data at the time of construction using a new technology or the like and to remotely monitor the construction status. By utilizing these new technologies, it is expected that the contractor's waiting time and inspection documents will be reduced.

【研究目的及び経緯】

公共工事においては、会計法に基づき、契約の適正な履行を確保するために必要な監督をしなければならない。このため、工事の進捗状況に応じて発注者立ち会いによる段階確認が行われている。段階確認においては、工事受注者の準備作業に多くの時間と手間を要する、発注者の立ち会いのために長時間の待機が発生する場合がある等の課題もある。

一方、近年は新技術等による施工時連続計測データの取得、遠隔臨場による監督業務(図-1 参照)が可能となっており、これらを活用することで発注者の立ち会いを省略できれば、工事受注者の準備作業や待機時間、確認書類(写真等)の削減が期待できる。本調査は、施工件数の多いコンクリート構造物を対象に、従来の発注者立ち会いによる段階確認に替わる新技術等を用いた効率的な方法の確立を目的としている。

【研究内容】

本年度は、コンクリート構造物の配筋状況の確認方法の効率化を目的とし、現行基準類に基づく段階確認の実態把握、既往研究・実証実験(デジタルカメラの撮影画像から鉄筋の出来形を自動計測する手法等)のレビュー等を行った。

【研究成果】

1. 現行基準類に基づく段階確認の実態

(1) 確認頻度

土木工事監督技術基準(案)では、発注者は鉄筋組み



図-1 遠隔臨場による監督業務の概要

立て完了時に、立会いによる段階確認を実施することとなっている。確認頻度については、目安(例:30%/1構造物)が示されているだけなので、具体的な回数、箇所等は受発注者の協議により決定される。例えば、高さ10m程度の橋脚の場合、コンクリート打設ブロック毎(フーチング、柱、梁、沓座)の配筋完了時に段階確認を実施している。

(2) 確認項目

段階確認では設計図書との対比を行うため、主鉄筋だけではなく、配力筋等についても、鉄筋の規格(圧延マーク等)、径、間隔、定着位置、定着長、フックの掛け方、スペーサー等全般にわたって確認している。確認方法については、表-1に示すように、ノギスやスタッフ等で直接計測することが一般的である。工事受注

表-1 配筋に関する確認項目と確認方法

配筋に関する確認項目		現行の確認(計測)方法
鉄筋の材質		材料証明書 圧延マーク
鉄筋の外観		目視
鉄筋の本数		目視
鉄筋径		ノギス
鉄筋間隔		リボンテープ スタッフ(標尺)
鉄筋の定着	フックの形状	目視
	フック長	コンベックス
鉄筋の重ね継手	継ぎ手の位置	リボンテープ スタッフ(標尺)
	重ね継手長	コンベックス
	結束線による緊結	目視
かぶり厚	スペーサーの個数	リボンテープ スタッフ(標尺)
	スペーサーの寸法	コンベックス

表-2 配筋検査の効率化に関する新技術の一例

(http://www.mlit.go.jp/tec/tec_fr_000053.html)

開発者	技術の概要
IHIインフラ建設、オフィスケイワン、アイティーティー、インフォマテクス、千代田測器	UAVにより撮影取得した配筋画像データにより、配筋3Dモデルを作成後、AIにより配筋状態を計測、合否判定をCIMモデル上に出力 (R元年度 建設現場の生産性を飛躍的に向上するための革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト試行対象技術)
JFEエンジニアリング、ACES	床版の配筋検査において、UAVにより撮影した画像を解析し、出来形確認に活用 (R元年度 建設現場の生産性を飛躍的に向上するための革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト試行対象技術)
清水建設、シャープ	カメラ撮影画像により配筋の出来形確認を省力化、撮影データをクラウドで共有し遠隔での検査に活用 (R元年度 建設現場の生産性を飛躍的に向上するための革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト試行対象技術)

表-3 ステレオカメラで撮影した画像による鉄筋の出来形計測の課題

課題	課題の原因	改善の方向性
異形棒鋼の径を誤判定する場合がある	異形棒鋼は、均一の断面ではないため、方向によって径が異なる(メーカー、製造ロットによっても一定ではない)。ワンランク違いの鉄筋(例:D19とD22)では、径の範囲が重複している	・異形棒鋼の径を正確に判定するように、画像解析の精度向上を図る(AIの活用等) ・他のアプローチ(鉄筋自体への判定マークの付与等)を検討する
重ね継ぎ手部では、正確な計測ができない場合がある	重ね継ぎ手部では、2本の鉄筋が隙間無く存在しているために1本の鉄筋と誤判定する場合がある	・重ね継ぎ手部を正確に判定するように、画像解析の精度向上を図る(AIの活用等)
広域の検査結果の取得には時間を要する	手持ちカメラでは、1回の撮影での検査範囲は1m四方に限られる	・工種によっては、ドローン等での広域撮影を適用する ・ビデオ撮影等による連続データ取得・解析技術を開発する
全数データの取得について、ルール化されていない	全数データ取得により、完成時の配筋データ保存が可能となるが、維持管理時のユースケースが明確ではない	・維持管理を行う上で、完成時の配筋データがどのような場面で有用となるのかを具体的に示す必要がある

者からは、段階確認のための準備(発注者が計測するための鉄筋へのマーカー設置、調書作成等)や発注者が計測している状況の写真撮影及び写真の整理等で多大な手間と時間を要しているとの意見もある。さらに、現場条件によっては希望通りに発注者が臨場できず、工事受注者の待機が発生している場合も考えられる。また、現場への長時間の移動が発注者の大きな負担となっている場合もある。

2. 課題の整理と改善の方向性

表-2に示すように、「建設現場の生産性を飛躍的に向上するための革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト」等で、施工者の配筋検査(自主管理)を効率化する目的の研究、実証実験等がいくつか行われている。これらの技術は、ステレオカメラで撮影した画像から鉄筋の出来形(径、間隔、本数等)を自動計測するもので、遠隔監視を併用することにより、発注者の段階確認を代替できる可能性がある。

しかしながら、現状では表-3に示すように、計測精度の他、運用面でもいくつかの課題があり、来年度以降、これらの課題の改善策について引き続き検討していく必要がある。特に、異形棒鋼の径については、構造物の安全性を考えると誤判定は容認できないため、改善策の確立が重要である。

[成果の活用]

今後は、地方整備局等で実施する工事において、ステレオカメラで撮影した画像から鉄筋の出来形を自動計測する方法の試行を行い、工種や現場条件に応じた撮影手順、撮影頻度等を確認し、現場実装を図っていく予定である。

道路工事における土木工事積算システムの高度化に関する検討調査

Research on efficiency operation using public works estimation system

(研究期間：平成 30～令和元年度)

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	関 健太郎
Head	SEKI Kentaro
主任研究官	北見 裕二
Senior Researcher	KITAMI Yuji
研究官	杉山 泰啓
Researcher	SUGIYAMA Yasuhiro
交流研究員	伊沢 友宏
Guest Research	IZAWA Tomohiro
Engineer	蔵島 清志
	KURASHIMA Kiyoshi

To optimize and enhance the construction estimation system, NILIM studied system requirements of the new construction estimation system, and researched improvement and optimization of the system.

【研究目的及び経緯】

国土交通省は、積算の合理化・容易化等を目的に現行の新土木工事積算システム（以下、積算システム）を平成8年から導入し、施工パッケージ型方式等の新たな積算方式への対応等の積算手法の多様化に向けた取組を行っている。

国土技術政策総合研究所は、社会資本整備を取り巻く社会環境の変化を考慮し、積算方法、積算基準に関する研究開発を実施するとともに、これらを踏まえた積算システムの研究開発を国土交通本省と連携して実施している。また、建設生産システムにかかる行政施策の検討に資するデータを得るため、各地方整備局等から工事設計書や合意単価の実績データを収集し、これらの情報を蓄積している。

【研究内容】

本研究では積算システムの高度化、利便性向上を図るべく、積算実績データの検索機能の構築、積算システムのコンポーネント化に向けた要件の整理等を行った他、今後の積算システムのフィージビリティの整理として、現場のヒアリングを踏まえた積算システムに必要とされる各機能の改良・追加における課題の整理と解決策の検討を行った。

【研究成果】

1. 積算実績データ検索機能の構築

積算実績データベースに登録された情報から、特定の検索

内容に合致した対象工事の抽出や工事件数の集計作業を容易にするため、積算実績データベースの検索機能を構築した。システム仕様設計、詳細設計、開発によるテストを経て、新たにサブシステム「実績データベース検索機能」を作成することとし、抽出条件は、工事設計書における鏡情報、工種体系情報、単価情報での検索を可能とする。検索結果の出力は、検索条件に合致した設計書名を一覧として表示し、該当の設計書ファイル等のダウンロードを可能とした。

本検討により、膨大な積算実績データから必要な情報を検索し、任意のデータ形状で出力する事が可能となり、データ活用の利便性が大幅に向上した。

2. 積算システムのコンポーネント化に向けた要件の整理

現行の土木工事積算システムのデータ処理機能等を担うために構築されているシステムについて、土木工事積算システムの改良や改修の際のコスト削減や迅速な対応を可能とするため、機能単位で分解・整理可能なコンポーネント化に必要な時間と費用を整理した。

土木工事積算システムは毎年の基準改定及び要望対応に伴い改良を重ねてきており、近年では土木工事標準単価、被災地での工事を考慮した補正、週休2日補正等の導入を行っている。コンポーネント化によりシステムの安定化、設計コスト、開発期間、開発規模を削減する事が可能となり、システム改良に係るコストを大幅に削減する事に繋がる。

コンポーネント化に必要な時間・費用を整理するにあたり、必要な開発規模から、新規開発した場合の必要工数を検討した。更にコンポーネント化に加え、ミドルウェアの変更対応、システム構造の見直し、建設行政WANとの接続を想定し、今後の開発スケジュールと、これに伴う費用を整理した(表-1)。これに基づき、今後は具体的なシステム構造の見直し(各

表-1 今後のスケジュール(案)

項目		概算額	1年目	2年目	3年目	4年目
積算実績DBシステム関連						
建設行政WANとの接続	表3-5-2-2 No1	導入時別途見積もり(HWベンダ)	設計及び確認	機器導入		運用管理
自動収集機能の開発	表3-5-2-2 No1	20百万円程度			開発	
土木工事積算システム関連(サブシステム含む)						
システム構造の(スリム化)見直し	表3-5-2-1 No3	開発要件を機動的に再見積	開発要件の検討			
システム構造の見直し(土木工事積算システムのコンポーネント化)	表3-5-2-2 No3				開発	
サブシステムコンポーネント化	今回検討項目	100百万円程度		開発		
サーバOS変更対応	表3-5-2-1 No1	50百万円程度				開発
ミドルウェアの変更対応	表3-5-2-2 No4					

機能の分解・整理方法の検討(コンポーネント図の作成)、スリム化(不要な機能の整理)等)を行い、コンポーネント化の検討を進めるものとする。

3. 今後の積算システムのフィージビリティの整理

建設生産システムの基本的なあり方を検討する知見を得るため、積算システムに必要とされる下記の機能の改良・追加における課題の整理と解決策の検討を行い、今後の積算システムのフィージビリティ(実現可能性)を整理した。

1) 工期と積算(予定価)の連携

工期及び予定価は標準歩掛(日当り施工量)により算定されるが、施工の実態と乖離しているという現場からの意見が多い。現場の施工実態を記録した日報データを的確に標準歩掛に反映させる方法が考えられるが、現場の日報は、原価管理に使用することを主目的としているため、作業員個々の作業内容・作業時間等を記載する習慣がない。また、日報データはその工事特有の条件が反映されており同じ工種でも工事間のバラツキが大きい他、受注者の企業努力、技能者の熟練により短縮された実績工程も含まれてしまう。よって、工事に携わる全作業員の作業内容・作業時間及び使用機械、材料等を記載した日報の作成を習慣づけるとともに、受注者の意見等を踏まえた日報作成のルール、標準歩掛に反映する日報データの選定方法、標準歩掛や積算基準(積算方法)の改定等の制度改良を行い、新たな標準歩掛の改定システムを構築するために官民の連携が必要となる。これにより実態を的確に反映した予定価格の適正な設定と適正な工期設定を可能とする、今後の積算システムが実現可能となる。

2) BIM/CIM を活用した設計との連携

BIM/CIM を活用した3次元モデル設計の成果品は、基本的に土木工事数量算出要領に基づいて作成されているが、積算システムとの連携に必要な積算条件等が属性条件として成果品に設定されていない為、積算時に現場条件等を踏まえて積算システムに入力する必要がある。よって、使用頻度の高い工種及びICT 土工やBIM/CIM 優先工種について、先行して土木工事数量算出要領と土木工事標準積算基準書との連携を強める必要がある。また、数量算出の結果を取りまとめる集計表様式を定めているが、工事工種体系のレベル4~6の設計条件に合わせて、数量集計表様式の時点修正を適切に行い、土木工事数量算出要領との一体的な運用を図り、工事数量算出の品質を高めることにより課題が解決されると考える。BIM/CIM を活用した設計、積算システム、積算関係基準類の連携を図り、土木工事標準積算基準書とリンクした土木工事数量算出要領に基づき、3次元モデル設計により作成された数量集計表のデータを積算システムに取り込むことで積算の半自動化が可能となり、BIM/CIM を活用した設計と積算システムとの連携による積算の効率化が実現する。

3) 当初積算の工程と実績工程との比較

実績工程は、現場の作業内容・作業時間等の情報を基に作成されるものである。しかし、実績工程作成に必要な日報データ等は発注者に提出する義務がないため、発注者が実績工程の内容まで確認することは実質不可能である。実績工程は現場の実行予算と深く関係しており、工期短縮の企業努力や創意工夫等も含んだ工程であるため、単純に官積と比較できるものではないが、適切な工期設定の確認の為に、積算者による実績工程との比較は有用と考える。

1) で述べたように、作業員の作業内容・作業時間及び使用機械、材料等を記載した日報の作成を工事現場に習慣づけることが必要となる。現状の標準歩掛が現場の実態に合っていない工種や、標準歩掛にない工種の場合は、現場の要望を調査し、適宜、該当工種の日報データを標準歩掛の改定や新規標準歩掛の策定に活用する仕組みが必要である。ただし、企業努力等で工期短縮を実現したデータについては、標準歩掛に反映する日報データを受発注者の合意の上で選定する等のルール設定が必要。

1) ~ 3) の検討から、建設生産システムの生産性向上には、システム全体での連携が重要であることが確認された。更に、既存の3D地図データや3Dボーリングデータ等との連携により、関連する業務全体で新たな「連携型建設生産システム」のフィージビリティを継続的にブラッシュアップしていくことで、必然的に今後の積算システムのフィージビリティも進化を続けるものとする。

働き方改革の実現に向けた労働条件等の改善に関する調査

Research on the improvement of working conditions, etc. for the realization of working style reform

(研究期間 平成 30～令和元年度)

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 関 健太郎
Head SEKI Kentaro
主任研究官 市村 靖光
Senior Researcher ICHIMURA Yasumitsu
研究官 鈴木 宏幸
Researcher SUZUKI Hiroyuki

In order to contribute to efforts such as securing appropriate wage standards listed in Work Style Reform, it investigated relevant systems in Europe.

【研究目的及び経緯】

日本における生産年齢人口の減少が続く中、建設業界において安定的に建設工事、公共事業を実施するためには、働き方改革による中長期的な技能労働者の確保や i-Construction の推進、新技術の導入による生産性向上が重要である。そのためには技能労働者が安心して働くための雇用条件や労働環境等に関する施策や制度、新技術等の現場への導入を促進する取り組み等について検討する必要がある。

そこで本調査は、諸外国の建設業界における関連施策・制度について調査を行い、日本の建設業界における労働環境の向上とそれに伴う施策、制度の検討に資する知見を得ることを目的としている。

【研究内容】

本年度は、日本と比して自然条件や国民性の類似するスイスについて、文献調査及び現地ヒアリング調査を実施するとともに、欧州主要国のドイツ、英国について文献調査を実施した結果を報告する。

【研究成果】

各国の技能労働者の賃金の設定とその保証に関する制度について表-1 に整理した。日本、ドイツ、イギリ

スでは、労働者の最低賃金が国の法律、またはそれに準ずる制度によって定められている。スイスでは法律に基づく最低賃金制度はないが、労働協約により職業資格の有無や経験をベースとした職級に基づく基準賃金が定められていた。

このスイスの労働協約に着目すると、建設業において広く利用されている「建設全国労働協約 (LMV)」という協約がある。この協約は、スイス建設業協会およびスイスの代表的な労働組合である UNIA、SYNA の間で合意された労働協約で、編集および発行は労使関係に中立な立場であるスイス建設共同実行委員会 (SVK) が行っている。

ここで決められた労働協約は国会で承認され、一般拘束力表明 (AVE) が宣言されることで、結果として法律と同等の影響を持つことになる。

国会が承認する理由には、AVE により労働者全てに基準賃金が適用されることで組合への非加盟者を守ることがあげられる。また、海外建設企業が参入する際にも同様のルールを適用することで、参入企業が比較的悪い労働条件 (低賃金等) による競争上の利点を獲得することを防ぐためともされている。

表-1 各国の賃金及びその保証に関する制度

	日本	スイス	ドイツ	イギリス
賃金設定に関する制度	<ul style="list-style-type: none"> 原則として企業～被雇用者の雇用契約に依存 一部の自治体が公共契約条例で最低賃金を規定 	<ul style="list-style-type: none"> 資格/経験に応じた最低賃金を労働協約で規定 	<ul style="list-style-type: none"> 手工業マイスター制度に基づく階層性に応じた賃金体系が確立 これを労働協約が担保する仕組み 	<ul style="list-style-type: none"> 職級に応じた基準賃金が建設業連合協議会によって設定されるが、法的な拘束力はない
賃金保証に関する制度	<ul style="list-style-type: none"> 最低賃金法 (都道府県別) 公共契約条例 (一部) 国交省が職種・地域別の公共工事設計労務単価 (=労働者が受け取るべき賃金) を公表 	<ul style="list-style-type: none"> 国による最低賃金に関する制度は無い ただし労働協約は国会で承認後、一般的適用宣言 (AVE) がなされ、非組合員に対しても適用される 	<ul style="list-style-type: none"> 全国一律の最低賃金<一般的最低賃金法>の他、多くの州で個別に規定 多くの業界で統一最低賃金を上回る最低賃金基準を、地域別、職業別に設定され、法的な拘束力を持つ 	<ul style="list-style-type: none"> 全国一律の最低賃金 (4つの年齢区分) <全国最低賃金法>

LMVに記載される賃金は、建設業協会などの雇用者団体と被雇用者を代表するユニオンの間で協議のうえ決定される。LMVでは賃金に関する項目（諸手当等含む）のほか、損害賠償や病気、事故時の保険、前述の労働時間等についても定められており、道路工事や地下工事といった土木分野や、建築工事など建設分野の幅広い業種で用いられている。またその賃金水準は、保有する知識、スキル、経験等によって5段階（表-2）に分かれている（さらにスイス内を3つの地域に分けて設定されている）。この賃金水準は労働組合と建設業協会が協議の上で決定されており、これが守られない場合、従業員は組合を通じて企業と交渉できる仕組みとなっている。なお現地ヒアリングとスイス建設業協会年報によると、通常この賃金水準よりも高い賃金が支払われているとのことであった。

これらの制度によって定められた賃金が適切に技能労働者へ支払われるためには、企業がそれらの制度を遵守しなければならない。日本では2018年に一般社団法人日本建設業連合会が「労務費見積尊重宣言」として、企業が一次下請企業への見積依頼に際し、適切な労務費の内訳明示とその見積を尊重する取り組みの試行が始まっている。欧州3カ国では、いずれも表-3に示す調達法内の契約（入札）者要件として、入札企業に労働協約の遵守を義務付けており、労働条件を守らない企業は入札できない仕組みがとられている。

また適切に賃金を支払うためには、技能労働者の労働時間を正確に把握する必要がある。スイスではその方法として労働日報が活用されている。労働日報は、その作成と10年間の保管義務がスイス技師/建築家協会の作成する共通仕様書のような文書で決められており、技能労働者の15~30分ごとの作業内容の記録とともに、資材・機械の使用や外注状況といった情報が含まれている。公共工事では、労働日報を発注者に対しても日報を提出することになっており、発注者は日報を確認することで作業時間のチェックを行い、請求書の妥当性を判断する資料として活用できる仕組みとなっている。

ここで各国の労働時間とそれを規定する制度について表-4に示す。建設業の労働時間を見ると、業種別の労働時間を見つけれなかったドイツ以外で、スイスのみ全産業の平均労働時間をわずかが下回っていた。

これはスイスの労働環境（資格や経験に応じた明確な賃金設定）と労働管理（日報を活用した厳格な時間管理）がその一助となっていると思われる。

【成果の活用】

本調査で得られた成果は建設現場における働き方改革の推進と、技能労働者の適切な労働環境を形成するための制度検討に資する基礎資料として活用する。

表-2 スイスの建設業における技能労働者の分類

建設作業員	
作業員	専門知識を有さない作業員
経験を持つ作業員	専門知識を有するが、専門認定を受けていない作業員
建設専門職	
建設専門職	建設技能工 2年間の普通作業員/道路補助工の職業訓練(EBA)を修了した技能工で連邦の専門認定を受けていない者
訓練を受けた建設専門職	壁工または交通系建設技能工(道路)等で、連邦資格認定(SVK)または他国の同等の認定を受けており、かつ3年間の現場経験(研修時期含む)を有する者
管理・監督職	
チームリーダー	SVK公認のチームリーダー養成学校修了者または雇用主に管理・監督職を任命された者

表-3 欧州3カ国の調達法内における、労働条件に関する要件

スイス	<ul style="list-style-type: none"> 発注機関は労働者の雇用条件への遵守する入札者のみと契約を行う 発注機関は労働者の雇用条件への遵守状況を検査する、あるいは、検査させる権利を持つ 入札者は、上記の遵守に関する証明を提出しなければならない
ドイツ	<ul style="list-style-type: none"> 一定労働基準の遵守を公共事業・サービスの民間委託要件として公共調達法の中に規定
イギリス	<ul style="list-style-type: none"> 労働協約への遵守を受注者要件として規定

表-4 各国の労働時間に関する制度と平均労働時間

	日本 (2019)	スイス (2018)	ドイツ (2018)	イギリス (2019.7-9)
労働時間に関する制度	労働基準法 (40 時間/週、8 時間/日)	雇用契約や団体労働協約 (40~44/週、2,112 時間/年) LMV (建設全国労働協約) (48 時間/週)	労働時間法、連邦労働者最低休暇法 (8 時間以内/日)	-
建設業平均	168.2 時間/月	40.5 時間/週	-	37 時間/週
全産業平均	139.1 時間/月	41.1 時間/週	38.2 時間/週	31.8 時間/週

道路工事における土木工事積算システムの高度化に関する検討調査

Research on efficiency operation using public works estimation system

(研究期間：平成 30～令和元年度)

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	関 健太郎
Head	SEKI Kentaro
主任研究官	北見 裕二
Senior Researcher	KITAMI Yuji
研究官	杉山 泰啓
Researcher	SUGIYAMA Yasuhiro
交流研究員	伊沢 友宏
Guest Research	IZAWA Tomohiro
Engineer	蔵島 清志
	KURASHIMA Kiyoshi

To optimize and enhance the construction estimation system, NILIM studied system requirements of the new construction estimation system, and researched improvement and optimization of the system.

【研究目的及び経緯】

国土交通省では働き方改革の実現のため、週休2日の実現に向け工期設定支援システムの活用等により、直轄工事の適切な工期設定に取り組んでいる。平成 28 年度には、週休2日の推進に向けた適切な工期設定に資するため、工期設定支援システムを一般公開している。

また品確法においても、工事受注者は、技術者・技能労働者等の育成及び確保、賃金等の労働条件、安全衛生等の労働環境の改善が責務として位置づけられており、発注者は、受注者が上記の責務を果たすために必要な利潤を確保できるよう、適正な工事費の積算、工期の設定を行う必要がある。

上記の経緯及び前年度までの検討内容を踏まえ、工期設定支援システム（以下、システム）の機能改良等について検討した。

【研究内容】

令和元年6月の品確法の改正により、発注者等の責務に適正な工期の設定が規定されことを踏まえ、令和元年度、システムの改良版を一般公開した。

改良に伴い、工期設定支援システムの更なる機能・利便性向上のため、工程表作成アシスト機能の強化、変更設計への対応を行った他、地方公共団体の利用を考慮し、システムの詳細仕様等を公開した。

また、当初の官積工程と比較する為、現場の作業日報デー

タから実績工程を自動で作成する機能の検討を行った。

【研究成果】

1. 工程表作成アシスト機能の強化

工期設定支援システムは、工程表作成の際、過去に本システムで作成した官積工程表をベースに教師データを作成、その教師データから工事に類似するものを AI により検索し、抽出された全ての工程表情報をもとに自動で工種の接続を行うものである。この機能により、工程表の作成・調整手間の軽減が出来る。今回、教師データの数がこれまでの 368 件から 1,940 件と大幅に増加し、工程表作成アシスト機能の強化を図ったことで、更なる効果が期待出来る。（図-1）

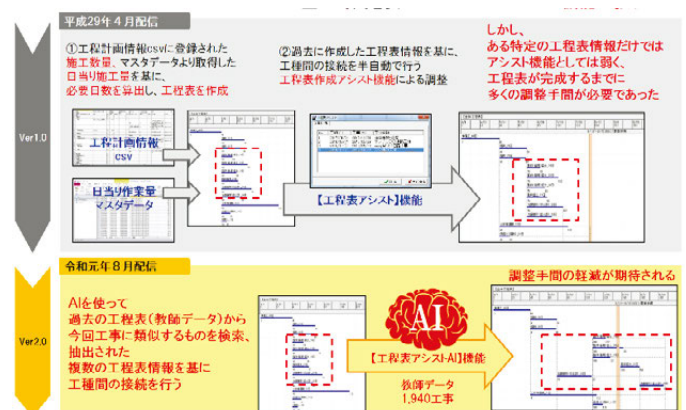


図-1 工程表アシスト AI 機能の導入

※本報告は平成 30 年度から令和元年度へと継続して実施した研究の成果を令和元年度研究成果としてまとめたものである。

2. 変更設計への対応

本システムは、これまで当初設計の工事のみに対応していたが、今回、変更設計における工程表作成にも対応させた。当初と変更の工程を並べて表示することで、当初設計と変更設計における工程の比較が可能となった。(図-2)

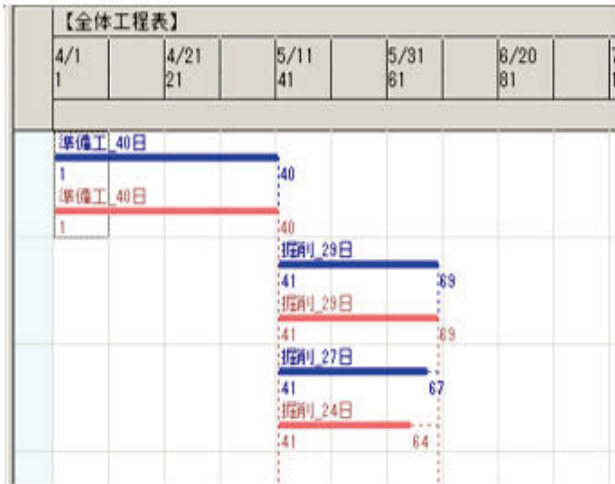


図-2 変更設計への対応

3. 地方公共団体での利用に向けた対応

本システムは、直轄工事で用いる積算システムから出力された工程計画情報のファイルを読み込むことで工程表が作成されるもので、これまで地方公共団体の利用を想定していなかった。今回、地方公共団体の積算システムでも本システムが利用可能となるよう、システムの公開に伴い、以下に示す必要なデータ仕様等を公開した。

(公開したデータ仕様等)

- ・ 工程計画情報の CSV 形式ファイルの仕様
- ・ 日当たり作業量マスターデータの仕様
- ・ 歩掛コード、施工パッケージコードと名称の対応表
- ・ 新土木工事積算システムに対応した入力基準表
- ・ 工程計画情報の簡易版

4. 建設現場の実工程データ作成ツールの開発

当初の官積工程に対し、実際に現場でかかった工程を確認する為の機能として、現場の作業内容・作業時間等を記録したデータ(以下、日報データ)を取り込み、工期設定支援システム上に実工程を表示するためのツール(以下、実工程データ作成ツール)を開発した。

実工程データ作成ツールにより作成される実工程のデータ(以下、実工程データ)は、発注時の工期設定支援システムで工期設定した工程表データと比較分析できるデータ形式とし、比較分析するために工期設定支援システムの改良

を行うものとして、実工程データ形式の検討を行った。様々な形式の日報データを実工程データ作成ツールが読み取り、AI機能等(日報データの認識する技術)を用いて、実工程データを作成できる様にした。(図-3)

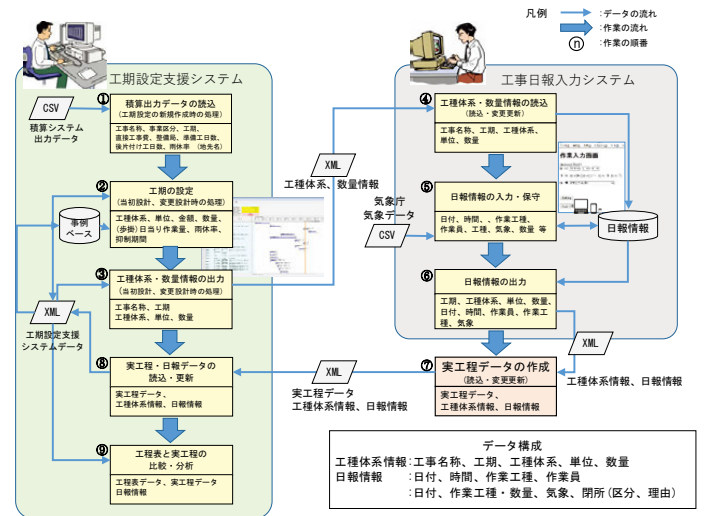


図-3 実工程データの作成、読取のイメージフロー

また、実工程作成ツールの開発に合わせて、現場での利便性や、実工程データ作成ツールによる読取を考慮した日報データの様式について検討を行った(図-4)。

工事名	時 (気温)	(降雨)	(降雪)	(風)	(天候)	閉所	年月日
気象	時 (気温)	(降雨)	(降雪)	(風)	(天候)		閉所 (理由)
責任者	作業	区分2	区分3				
工種	単出率	合計時間					

図-4 日報データの様式

【成果の活用】

本研究において、土木工事積算システムの高度化・効率化に向け工期設定支援システムの機能改良を実施した。日報データを基にした実工程の作成を円滑なものとし、工期設定支援システムとの連携強化が期待される。また、図-4の様式に記載された情報は、工事履行報告書等の提出書類の作成や、工事工程表の作成にも活用できる。今後は官積工程だけでなく、実績工程の教師データ化についても検証を行い、本省や地方整備局と連携し、積算システムの高度化・効率化の改良を順次推進して参りたい。

国土技術政策総合研究所資料
TECHNICAL NOTE of NILIM
No.1125 September 2020

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