



表紙について

【富山市プールパール広場】

2025年度グッドデザイン賞受賞
土木学会デザイン賞2025奨励賞受賞

NiX JAPAN株式会社が実施設計を担当した「富山市プールパール広場再整備」が、2025年度グッドデザイン賞（主催：公益財団法人日本デザイン振興会）および土木学会デザイン賞2025奨励賞（主催：公益社団法人土木学会）を受賞しました。

富山市はコンパクトシティの実現に向け、富山駅で分断されていた路面電車をつなぎ、南北の移動をシームレスにしました。プールパール広場は、その先のまちの姿として、路面電車をはじめとする公共交通を活用した“歩いて楽しいまちづくり”を具現化するエリアとして整備された場所です。

本プロジェクトでは、「富山市プールパール広場等条例」の施行により、街路空間に新たな自由度が生まれ、従来の公共空間では難しかった多様な取り組みが実現しました。公園のようなオープンスペースの形成、民有地と公共空間が一体となった舗装計画、夜間景観の整備、必要な時に機能が拡張する長尺ベンチや可動タープ、3方向の壁を開放することでカフェのような空間となる「箱ファニチャー」など、多様な使い方に対応できる仕掛けが随所に取り入れられています。

その結果、自然や路面電車、日常生活が交わる富山らしい風景が生まれ、エリアマネジメントや市民によるイベントが日常的に行われるなど、まちに新しい回遊性と賑わいが広がっています。プールパール広場は、都市の未来を示す新しい公共空間のモデルとして、富山のまちづくりを象徴する存在となっています。

NiX Technical Report 2025-2026

テクニカルレポート



事業主体：富山市
基本設計、SF等詳細設計：株式会社GK設計
実施設計：NiX JAPAN株式会社
写真 株式会社GK設計

SOCIAL DESIGN INNOVATOR

テクニカルレポート2025-2026発刊にあたり

平素より格別のご高配を賜り、厚く御礼申し上げます。

弊社では、日々の業務を通じて得られた成果や知見を整理し、今後の技術力および品質の向上に役立てるとともに、発注者の皆様へ弊社の取り組みをお伝えすることを目的として「NiXテクニカルレポート」を編纂しております。

本号「NiXテクニカルレポート2025-2026」では、2023～2024年度にご依頼いただいた案件の中から、技術的な工夫や新たな知見が得られた事例を中心にまとめました。

今後も技術力の一層の向上に努め、社会インフラの調査・設計分野において、迅速かつ的確なサービスの提供を通じて、持続可能な社会の実現に貢献してまいりたいと存じます。

最後になりますが、本レポートの題材となる機会をお与えくださった発注者の皆様に深く感謝申し上げます。

皆様のますますのご発展をお祈り申し上げ、御礼のご挨拶いたします。

2026年1月

NiX JAPAN 株式会社 代表取締役社長 市森 友明

NiX Technical Report 2025-2026

テクニカルレポート 2025-2026

まえがき	テクニカルレポート2025-2026発刊にあたり	1
技術戦略部	生成AIを活用した現場技術支援ツールの検討～河川災害復旧を例として～	3
交通インフラ事業本部	盛土規制法に基づく規制区域設定と衛星画像差分解析を用いた既存盛土抽出の取組み	5
流域保全本部	富山県洪水浸水想定区域図作成における浸水解析適用性の評価と考察	7
構造技術本部	竣工後50年を超える吊橋の長寿命化に向けた調査・点検計画の提案	11
上下水道技術本部	下水道管路クライシス、持続可能な下水道事業を目指して	17
DX推進部	AI技術を用いた道路区画線劣化検出による維持管理の効率化	21
都市政策・デザイン事業本部	レング坂(多摩センター地区)における自転車歩行者専用道路の自転車通行のあり方社会実験	23
空間情報事業本部	大学キャンパス内における3次元測量手法の適用性	27
注目トピックス	震災対応から学ぶ測量DXと技術背景とその展開、ならびに業界構造への示唆 市森 友明	29
	会社概要	

NiX's PURPOSE & VALUES

OUR PURPOSE

存在意義

SOCIAL DESIGN INNOVATOR

社会を築く、デザインを実装するブランド

インフラコンサルタントという貢献のカタチにとどまらず、

新しい暮らしやすさへ、斬新な視点を。

さらなる安全・安心へ、常識を超えていく。

実現のためには、一人一人の「X」が不可欠。

柔軟な発想と意欲的な行動で未来の社会をデザイン。

テクノロジーのイノベーションで新しい価値を生み出す。

その姿が「New infrastructure X」

「X」でまちを創造する。「X」で社会を革新させる。

私たちの使命と実現力は、時代を超えていく。

OUR VALUES

価値観

挑戦、開発、投資し続ける。

NiX JAPAN 成長の原点。

挑戦、開発、投資のサイクルを回し続ける。

技術力×共感力で社会を創造する。

技術を磨き、共感力をもって

より良い社会をデザインする。

INNOVATORである、志をもつ。

新たな価値や社会変革に

挑み続けるINNOVATORである。

生成AIを活用した現場技術支援ツールの検討 ～河川災害復旧を例として～



社会基盤系事業統括本部 技術戦略部
技術戦略グループ グループマネージャー
技術士(総合技術監理部門、建設部門)・博士(学術)



社会基盤系事業統括本部 技術戦略部
技術戦略グループ 担当課長
博士(理学)



社会基盤系事業統括本部 技術戦略部
部長
技術士(総合技術監理部門、建設部門)・博士(工学)

1 はじめに

近年、河川災害復旧現場では、専門的な技術情報の迅速な取得と現場支援の高度化が求められている。特に河川の計画や設計において、現場技術者が必要とする情報を効率的に提供するためのデジタルツールの開発が必要となる。本稿では、河川災害復旧支援を目的とし生成AIを用いた情報提供型チャットボットの試作と、その品質評価を行い、今後の展望について述べる。

2 システム構成と技術的背景

本システムは、検索拡張生成 (Retrieval-Augmented Generation: RAG) 技術を核とし、クラウドサービス上に構築されたAI検索エンジンと大規模言語モデル (LLM) を組み合わせた生成AIによるチャットボットとして構築されている。RAGは、外部資料が事前に格納

されたデータベースから検索AIモデルが情報を検索し、その内容をもとにLLMが回答を生成する仕組みであり、専門的かつ最新の知識を反映した応答が可能となる。

クラウド基盤の選定にあたっては、開発環境の汎用性や生成AIのモデル選択性を考慮し、Azureサービスを採用し、モデルはOpen AIのGPT4oを選択した。

3 RAGシステムの構築手順

RAGの構築は、資料の前処理 (PDFからテキスト化)、データベースへの登録、検索・生成AIの連携という三段階で進められる。まず、現場で参照される河川計画・設計関連の資料をPDFからテキストデータに変換し、ページごとに分割してメタデータ (資料名・ページ番号) を付与する。これにより、回答の根拠を明示できる設計とした。

データベースには、分割されたテキストデータが格納

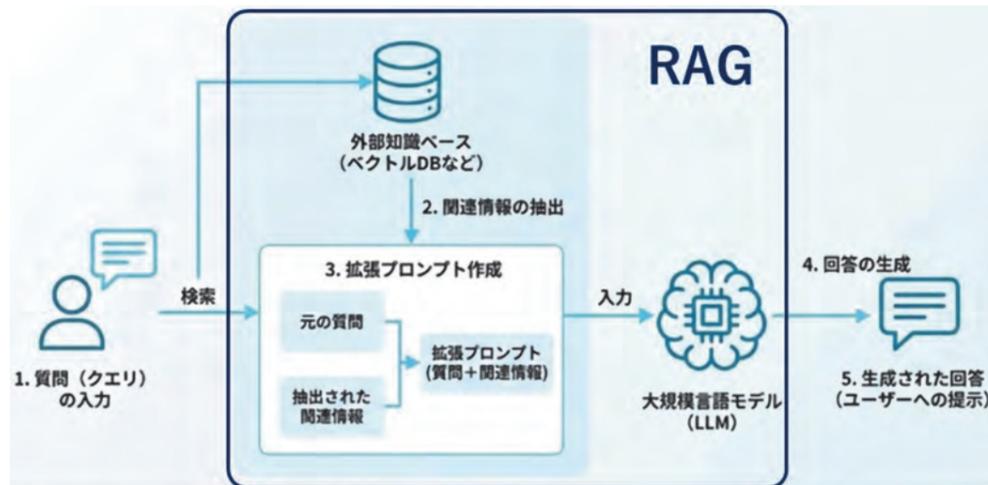


図-1 RAGシステムの模式図

され、検索時にはキーワード検索とベクトル検索を組み合わせたハイブリッド検索を採用した。これにより、表現の違いによる検索漏れや誤情報生成のリスクを低減し、精度の高い情報抽出が可能となった。

さらに、RAGの構築過程では、資料のデータベースへのアップロードからAPI連携まで一連のプロセスを自動化し、資料の量や種類による検索精度・応答速度の違いも検証し、最適なデータベース構成を検討した。加えて、資料の前処理においては、手入力による修正を行うことで、データベースの品質向上を図った。

4 チャットボットの機能と利用環境

利用者はWebブラウザ上でチャットボットにアクセスし、技術的な問い合わせを行うことができる。回答は箇条書きで要点を整理し、関連資料のPDFやテキスト表示も可能とした。

また、利用者環境としては、Webブラウザで利用可能とし、PDF参照機能を備え、現場で必要な情報を即座に取得できる設計となっている。

資料の参照や回答の根拠表示についても、PDFページ数や資料名を明示し、信頼性の高い情報提供を実現している。

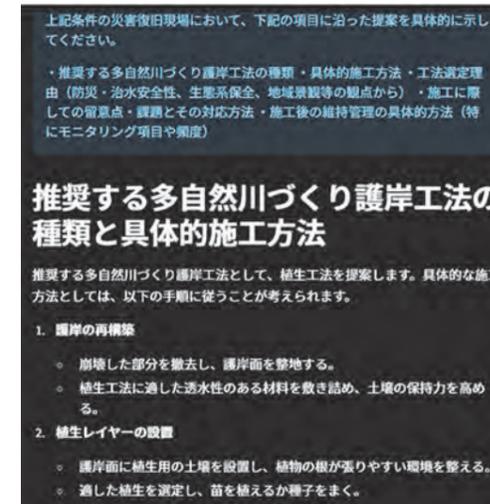


図-2 質問と回答生成の例

5 品質評価の検討

システムの品質評価は、応答速度、回答精度、引用情報の有用性、利用体験、専門用語の適切度、情報量・最新性、誤情報の有無、実務への活用可能性など多岐にわたる項目で実施した。評価方法としては専門家によるヒューマン評価を適用した。

特に、RAGデータベースのチューニング有無や参照資料数の違いによる応答品質の差、入力プロンプトの具体性による回答精度の違いなど、実務現場で

の利用を想定した多角的な検証を行った。利用者からは、曖昧な質問にも対応できる点や、文献・情報源の明示、UIの分かりやすさ、回答スピードの速さなどが高く評価された一方、応答速度や専門外の質問への精度、回答の信頼度表示などに改善要望が示された。

また、現場技術者向けには、実際の事例紹介や図表・数値基準の提示、河川特性を踏まえた情報提供など、より具体的かつ実用的な情報の追加が求められている。

6 他AIモデルとの比較

本システムのRAGチャットボットと、一般的なLLM (ChatGPT4o、Google Gemini2.0、MS Copilot) との比較を行った。RAGチャットボットは、専門資料を根拠とした具体的かつ実務的な提案が可能であり、回答の根拠資料やページ番号の明示が信頼性向上に寄与した。一般的なLLMは汎用性に優れるが、専門性や根拠の明示に課題が残ることが確認された。

7 システム改善策と今後の展望

本システムの改善策として、以下の具体的な方針を検討した。まず、個別河川の特性に即した回答生成を実現するため、利用者が担当する河川の地形・水質・生態系などの情報を事前に設定し、AIがコンテンツとして活用する仕組みを導入する。これにより、一般論から脱却し、現場ニーズに即した具体的な提案が可能となる。

次に、優良事例や図表・写真などの構造化データベース化を進めることにより、視覚的な事例表示が可能となり、特に流域データベースや外部GISデータとのAPI連携により、最新かつ具体的な事例を即時に検索・表示できるようになると考えられる。

UI/UX面では、プログレスバー表示や対話履歴の活用、質問テンプレートの提供など、利用者の利便性向上を目指した改良を進める必要がある。

8 結論

本研究で開発したAIチャットボットは、専門資料を活用した現場技術者支援ツールとして一定の有効性が確認された。今後は、実務現場でのフィードバックを反映しつつ、応答速度や具体性、図表対応、データベース拡充等の改善を進めることで、より実用的な知識支援基盤の構築が期待される。

盛土規制法に基づく規制区域設定と衛星画像差分解析を用いた既存盛土抽出の取組み

 社会基盤系事業統括本部 交通インフラ事業本部 本部長
技術士(総合技術監理部門、建設部門)

 社会基盤系事業統括本部 交通インフラ事業本部 道路保全グループ グループマネージャー
技術士(建設部門)

 社会基盤系事業統括本部 交通インフラ事業本部 道路保全グループ
技術士補

1 はじめに

令和3年7月に静岡県熱海市で大雨に伴って盛土が崩落し、大規模な土石流災害が発生したこと、危険な盛土等に関する法律による規制が必ずしも十分でないエリアが存在することから「宅地造成及び特定盛土等規制法」(通称「盛土規制法」)を令和4年に公布、1年後の令和5年5月に施行した。

規制区域は「宅地造成等工事規制区域(以下、宅造区域と言う)」と特定盛土等規制区域(以下、特盛区域と言う)」の2種類に大別される(図-1)。

本稿は、法改正に基づいて実施した、富山県内(富山市を除く)における初回基礎調査(規制区域の指定および規制区域図の作成、既存盛土等調査)の取組みについて報告するものである。

宅地造成等工事規制区域
市街地や集落、その周辺など、盛土等が行われれば人家等に危害を及ぼしうるエリアを指定

特定盛土等規制区域
市街地や集落などから離れているものの、地形等の条件から、盛土等が行われれば人家等に危害を及ぼしうるエリア等を指定



図-1 宅造区域と特盛区域のイメージ図

2 初回基礎調査における課題

【課題1】規制区域の設定

規制区域の設定手順は「基礎調査実施要領(規制区域指定編)の解説」に示されているが、地域の実情に合わせた条件設定(①~③)を定め、富山県独自の設定手順を策定することが課題である。

宅造区域と特盛区域の条件設定を以下に示す。
[宅造区域]①集落の区域(人家抽出と集落の定義)
②規制区域の境界設定
[特盛区域]③保全対象の設定

【課題2】既存盛土等調査

既存盛土等調査のうち、分布調査は令和3年以降の盛土等の分布が未確認であり、特に人目の少ない広大な中山間地域(図-2 赤枠)の盛土等を正確かつ効率的に抽出することが課題である。



図-2 分布調査範囲(中山間地域)

3 地域要件設定と規制区域の制定

【課題1】の対応として、適切な区域設定および必要な条件設定を行うため、モデル自治体を選定し、複数ケースによる検討を実施した。

(1)モデル自治体の選定

市街地が多く、山間部の集落や保全対象が多く存している事を選定条件とし、富山県西部と東部で各1自治体ずつ「南砺市」及び「黒部市」をモデル自治体を選定した。

(2)条件設定の検討【宅造区域】

- ①集落の区域:建築物情報の選択(人家の抽出) 集落の定義(人家の戸数を比較)
- ②規制区域の境界:バッファとメッシュの比較
- ①、②を組合せ、計19パターンの検討から設定手順と規制方法を策定した。

(3)条件設定の検討【特盛区域】

- ③保全対象は「指定なし」、「道路(1m以下の徒歩道含む)・鉄道」、「道路(高速、国道、県道を対象)・鉄道」の検討から設定手順と規制方法を策定した。

(4)規制区域の指定

モデル自治体で策定した設定手順をその他の市町村に反映し、パブリックコメントを実施した。県内全域が規制区域(図-3)に指定され、宅造区域(ピンク色)は都市計画区域と同じ区域(富山市は除く)、特盛区域(緑色)は都市計画区域外の全域となる。

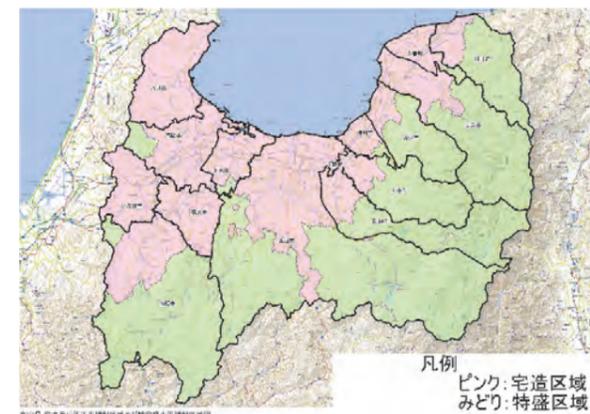


図-3 規制区域図(富山県)

4 既存盛土等調査

(1)既存盛土等分布調査

既存盛土等のうち、令和3年以前の既存盛土等は富山県で調査済であり、計68箇所である。【課題2】の対応として、約24.7万haと広大な中山間地域での盛土確認のため、無償で容易に入手可能な複数時期の衛星画像(sentinel-2:2020年及び2023年)を用いた画像差分解析手法を活用した。解析は画像から色の読み取るため、衛星画像は雲量が少なく、積雪期以外の同一時期のデータを選定した。土地被覆状況を「森林、草地、裸地、人口構造物、水域、雲、雲影」に分類し、2時期の衛星画像から「森林から森林以外へ変化した場所」を自動抽出し、机上での目視確認により盛土可能性箇所を抽出した(図-4)。

次に、衛星画像による抽出箇所をより鮮明な空中写真(Google MAPや国土地理院地図)により、抽出対象外の自然災害や公共工事を除外すると、令和3年以降の盛土可能性箇所は262箇所となった。

最終確認のため、令和3年以前の68箇所を含めた計330箇所を現地確認し、抽出対象外の伐採地(森林の施業を実施するために必要な作業路網の整備に関する工事)等を除外した。その結果、富山県における既存盛土等は計68箇所(令和3年以前は39箇所、衛星画像からの抽出は29箇所)となった。



図-4 衛星画像の比較

(2)応急対策の必要性判断

応急対策が必要な崩壊及び崩壊を示唆する変状は、3箇所を確認されたが、いずれも保全対象との離隔が十分と判断できたため、応急対策は不要と整理した。

5 今後の課題

(1)建築物情報

人家の有無は経年的に変化するため、次回基礎調査では、最新の住宅地図(情報)への更新や補正としての現地調査を行うことが望ましい。

(2)集落の定義(人家の戸数)

富山県の実情を比較検討した結果、人家50戸以上を集落と定義した。次回基礎調査では、都市計画区域の変更の有無や近隣自治体の情報収集、設定戸数に対する妥当性を適宜確認することが必要である。

(3)既存盛土等分布調査

衛星画像を用いた抽出手法では、高さ情報が不明な点や自然災害・森林施業等の誤抽出により、現地確認が膨大となった。高さ情報を補足する数値標高差分解析はデータ整備期間が限られるため、航空レーザー測量を一定期間毎に整備することで、精度の高い分布調査や他分野・他事業への展開も期待できる。

謝辞:本稿は富山県土木部建築住宅課住みよいまちづくり係より受注した業務成果の一部を活用させていただいております。ご協力いただいた皆様に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 基礎調査実施要領(規制区域指定編)の解説 R5.5 国土交通省
- 2) 盛土等の安全対策推進ガイドライン及び同解説 R5.5 国土交通省

Keywords | 洪水浸水想定区域、想定最大規模、iRIC、簡易平面二次元不定流解析

富山県洪水浸水想定区域図作成における浸水解析適用性の評価と考察

 社会基盤系統括事業本部 流域保全本部 担当部長
技術士(総合技術監理部門、建設部門、上下水道部門)

 社会基盤系統括事業本部 流域保全本部 流域保全グループ 係長
技術士(建設部門)

 社会基盤系統括事業本部 流域保全本部 流域保全グループ

1 はじめに

富山県下で水位周知区間に対する洪水浸水想定区域図は平成30年度までに告示されている。しかし、水害リスク情報の空白域を解消するために、令和3年の水防法改正を受けて、富山県下の水位周知区間以外の河川および区間に対して洪水浸水想定区域図が整備されることとなった。

防護対象が1件以上存在する区間での洪水浸水想定区域図を作成する際に、富山県全体において対象となる210河川全てに対し、予算制約の中で従来の解析方法(「洪水浸水想定区域図作成マニュアル(第4版)」(以下、「浸想マニュアル」と記す)による区域設定が不可と見込まれたことから、精度と費用とのバランスを考慮して効率的な洪水浸水想定区域の設定を行うことが必要となった。

本稿では、効率的な洪水浸水想定区域の指定を図るため、事前に条件の統一化・省力化を図ったうえで、洪水浸水想定区域設定を実施したものである。

2 洪水浸水想定区域設定に至る解析手法の検討

(1) 氾濫形態ごとの浸水解析手法の設定

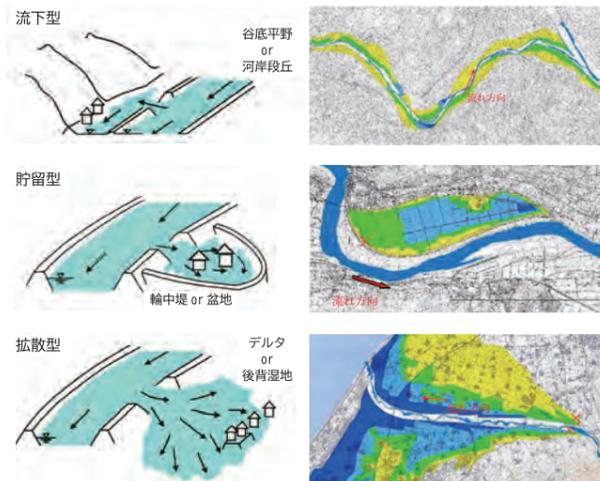
水位周知区間以外の河川・区間は、対象河川・区間ごとに想定される浸水範囲が小さいことから、各河川を対象とした解析を個別に発注することは非効率となる。このため、流域・氾濫域が近接し氾濫形態が類似する河川をまとめて富山県内を18ブロックに分類した業務実施を提案し採用された。

浸水解析手法は、地形情報を基に対象河川の氾濫形態を以下の2通りに分類し、それぞれの氾濫形態に適する解析手法を提案し採用された。

① 流下型氾濫形態の河川: 従来の平面二次元解

析よりメッシュサイズの縮小が容易で、一般的に河道内の流況解析に用いられる一般座標系格子による解析が可能となるiRICの適用を推奨した。

② 拡散型氾濫形態の河川: 業務発注後の条件設定協議の手間を省くため、「浸想マニュアル」による解析諸条件について事前に設定方法及び内容を設定することで精度確保と省力化を図る内容(簡易平面二次元不定流解析)を提案した。



※「小規模河川の洪水浸水想定区域図作成の手引き」(R5.7)p.17より引用
図-1 浸水解析における氾濫形態区分

(2) 氾濫解析手法設定における課題と対応

氾濫形態ごとの氾濫解析手法は、「小規模河川の氾濫推定図作成の手引き」(R5.7)に示されている氾濫解析手法選定の基準となる項目と各手法の特徴を基に、富山県下河川に対して適切な方法を検討した(表-1、表-2)。解析条件設定は、表-3の条件を提示し、富山県における委員会(2回開催)において内容の了承と意見を頂いた。

表-1 解析手法の選定(①流下型氾濫形態の河川)

評価項目	評価内容	解析手法			iRIC (河道断面はメッシュで表現)	
		洪水浸水想定区域図作成マニュアル第4版	中小河川洪水浸水想定区域図作成の手引き第2版【流下型】	小規模河川の氾濫推定図作成の手引き【流下型】		
項目1 氾濫状況に対する適用性	破堤氾濫への適用性	○	○	○	△	
	河道水位計算への現況河道の流下能力の反映に関する適用性	○	△	△	△	
項目2 氾濫解析により得られる情報	浸水域・浸水深のピーク値または時系列変化(時間軸の情報)	○	○	○	○	
	氾濫状況の平面的変化の表現・考慮	最大浸水深	○	○	○	○
		浸水深時系列変化	○	×	×	○
		浸水継続時間	○	×	×	△
	家屋倒壊等氾濫想定区域(氾濫流)	○	×	×	△	
	平面分布の表現	○	△	△	○	
連続盛土・カルバートの考慮	○	△	△	○		
項目3 考慮できる洪水・氾濫流現象	河道からの氾濫及び浸水域からの戻り流れ	○	△	△	○	
	氾濫・決壊発生地点での河道水位の低下とその上下流での水位縦断分布の変化	○	△	△	○	
項目4 解析に要する労力・時間	設定した作成期間との比較	特大	小	小	中	
	解析に要する労力(費用)	特大	小	小	中	

重点評価①

重点評価②

重点評価③

表-2 解析手法の選定(②拡散型氾濫形態の河川)

評価項目	評価内容	解析手法			
		洪水浸水想定区域図作成マニュアル第4版	iRIC (河道断面はメッシュで表現)	(参考) RRIモデル (河道断面は矩形で表現)	
項目1 氾濫状況に対する適用性	破堤氾濫への適用性	○	△	△	
	河道水位計算への現況河道の流下能力の反映に関する適用性	○	△	△	
項目2 氾濫解析から得られる情報	浸水域・浸水深のピーク値または時系列変化(時間軸の情報)	○	○	○	
	氾濫状況の平面的変化の表現・考慮	最大浸水深	○	○	○
		浸水深時系列変化	○	△	△
		浸水継続時間	○	△	△
	家屋倒壊等氾濫想定区域(氾濫流)	○	△	△	
	平面分布の表現	○	○	○	
連続盛土・カルバートの考慮	○	○	×		
項目3 考慮できる洪水・氾濫流現象	河道からの氾濫及び浸水域からの戻り流れ	○	○	○	
	氾濫・決壊発生地点での河道水位の低下とその上下流での水位縦断分布の変化	○	○	○	
項目4 解析に要する労力・時間	設定した作成期間との比較	特大	中	中	
	解析に要する労力(費用)	特大	中	中	

重点評価③

重点評価①

重点評価②

表-3 解析条件一覧

解析条件	簡易平面二次元不定流解析(富山県版)	降雨-流出-氾濫一体化モデル iRIC
対象規模	想定最大規模	
降雨波形	モデル降雨波形(中央集中型)	
流量波形	合成合形式により算定	
計算メッシュサイズ	25m	河道規模に応じて設定
連続盛土	メッシュ地盤高	メッシュ地盤高
カルバート	開口幅を設定 開口高は盛土高	開口幅を設定 開口高は盛土高
河川断面	LPデータより作成	氾濫原と一体的に表現
河川水位の算定方法	不定流計算からの水位を適用する(H-Q式適用無し)	不定流計算からの水位を適用する
下流端水位	対象河川のピーク流量と河口・合流河川のピーク水位と時刻が合うように調整する	
堤防の決壊	考慮しない	考慮しない
氾濫原からの排水	考慮しない	考慮しない

3 浸水解析手法ごとの解析手法の適用成果

(1) iRICによる浸水解析

流下型氾濫形態の河川に適用したiRICは、対象河川の氾濫解析モデルを簡易に構築できる。ただし、以下の点に留意してモデル構築を行う必要があった。

① 湾曲・蛇行が激しい河川に対するモデル化の工夫

湾曲・蛇行が激しい河川は、河川中心線をそのまま適用した場合、内岸側と外岸側とのメッシュサイズが異なる。このような歪曲が大きな格子構成では、一般座標の格子構成が内包する打切り誤差が原因となり計算精度の低下を招く。このため、河川の湾曲は大きく捉えて対象区間を緩やかな湾曲で設定した(図-2)。

② 川幅が小さい河川のメッシュサイズ設定

iRICではメッシュを設定した際の地盤高はメッシュ中央に設定されることから、河川幅が狭い河川に対するモデル化に際し、河川を1メッシュとして設定すると三角形の河川モデルとして表現される。河道形状をより現実的なものとするために、メッシュ幅を河道幅の1/3程度として、河道を台形断面として表現した(図-3)。

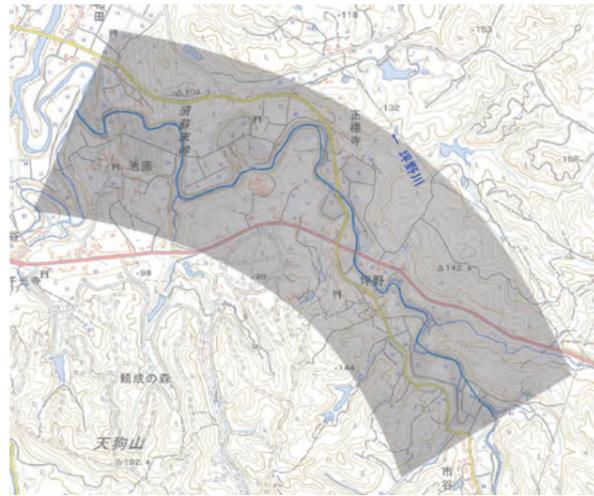


図-2 湾曲・蛇行が激しい河川のモデル化の工夫

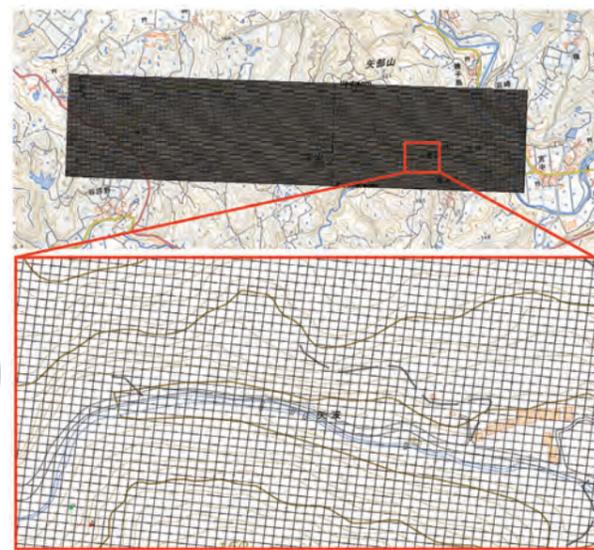


図-3 河道幅が狭い場合のメッシュ設定

③橋梁等の河川横断工作物に対する処理

対象河川に橋梁等の横断工作物が存在する場合には、iRICのメッシュ地盤高に横断工作物の標高が反映され、河道内の流下が阻害されることとなる。これに対しては、視覚的に河道内標高を確認し、InfraWorks (Autodesk社)を用いて、該当する横断工作物メッシュの標高を、上下流河道標高を基に補正し、メッシュの標高に反映した(図-4)。

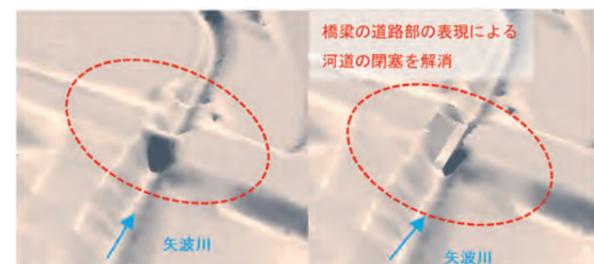


図-4 横断工作物位置における河道内標高の補正

(2)簡易平面二次元不定流解析による浸水解析

拡散型氾濫形態となる氾濫原を有する河川は、簡易平面二次元不定流解析において表-3および以下に示す省力化を行った(図-5)。

- ①連続盛土・カルバート:連続盛土構造物はメッシュ地盤高で表現されていると解釈する。カルバート開口幅は平面図上から幅を設定する。開口高は設定せず盛土高相当とする。
- ②河川断面:測量データは無いためレーザープロファイラデータを用いて作成する。

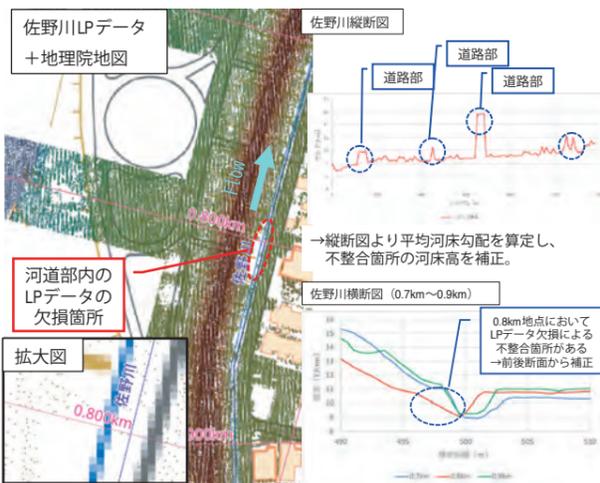
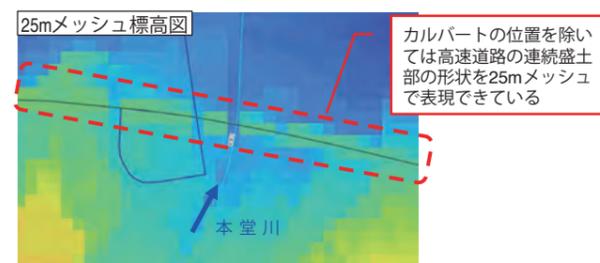
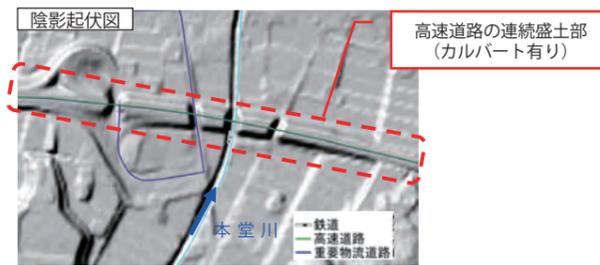


図-5 河川の条件設定

4 浸水解析の実施による特徴の把握

(1)流下型氾濫形態(iRIC)に対する浸水解析

流下型氾濫形態を有する氾濫原に対して浸水解析を行った結果例を図-6に示す。流下型氾濫形態を有する区間においては、氾濫原幅が狭く、河道と氾濫原が平行となった氾濫流が見られる。

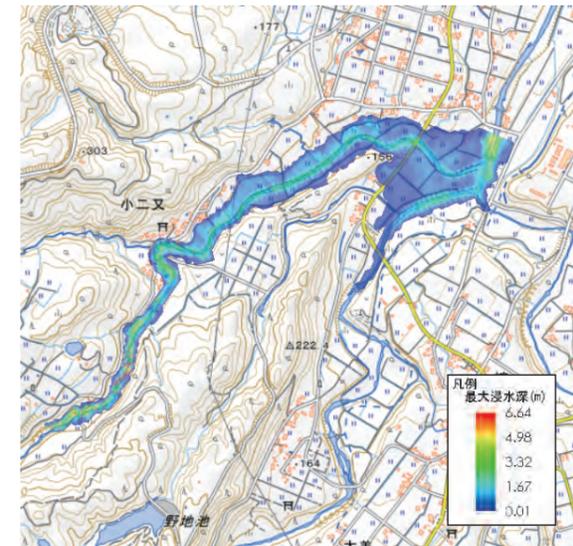


図-6 浸水解析結果例(iRIC)

一般的な平面二次元不定流解析において氾濫原は25mメッシュで表現されるため、図-6に示す区間を25mメッシュで表現した場合とiRICでのモデルでの地盤高分布の比較を図-7に示す。

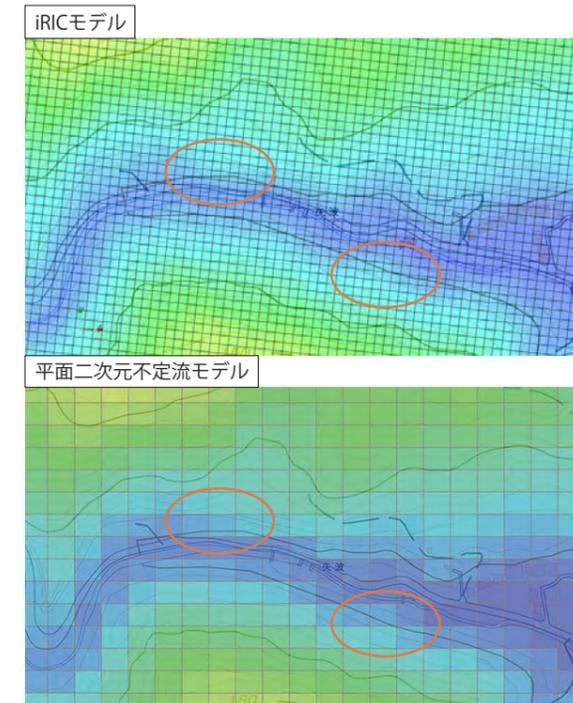


図-7 地盤高分布比較

この図より、25mメッシュ地盤高では、川際など局所的な地盤高の変化を十分には表現していない箇所(○で示す箇所)が存在し地盤高の補正が必要である一方、iRICはメッシュサイズを細かく設定する(本図ではメッシュサイズ3m相当)ことにより、川際の細かい標高差を表現しており、iRICが地形および浸水を簡単な手法で精度よく表現しうるといえる。

(2)拡散型氾濫形態(簡易平面二次元不定流)に対する浸水解析

貯留型・拡散型氾濫形態を有する氾濫原に対して浸水解析を行った例を図-8に示す。

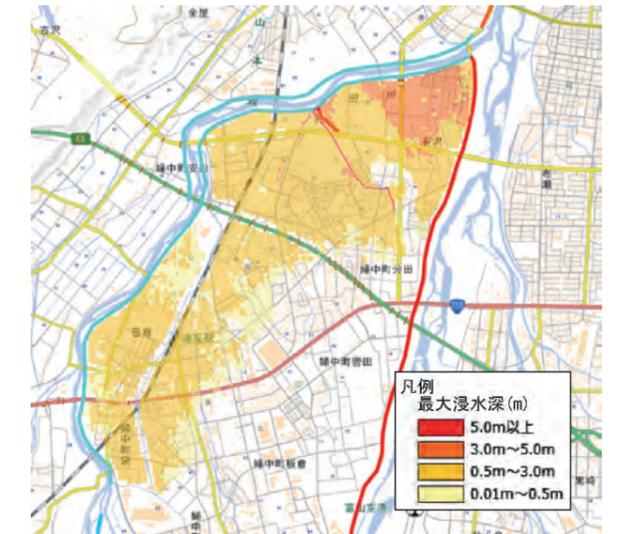


図-8 浸水解析結果例(簡易平面二次元不定流)

簡易二次元不定流解析においては、基礎式は一般的な浸水解析と同等としていることから、精度面では特に問題はない。

連続盛土構造物による浸水伝播の阻害は地盤高で代表させているが、浸水範囲の結果に大きく影響する連続盛土構造物に対して事務所との協議により連続盛土構造物を明示的にモデル化した。

5 今後の展望と課題

現在一級水系において進められている水害リスクマップ・多段階浸水想定区域図作成を今後二級河川に展開する場合において、要求事項と省力化の知見とを照合して、効率的に二級水系に対する水害リスクマップ・多段階浸水想定区域図の作成に寄与するよう務める所存である。

謝辞:本業務は富山県河川課ならびに富山県各土木センター・土木事務所からの発注により実施されました。ここに記して感謝申し上げます。

参考文献

- 1)洪水浸水想定区域図作成マニュアル、国土交通省水管理・国土保全局、H27.7、H29.10
- 2)小規模河川の洪水浸水想定区域図作成の手引き、国土交通省水管理・国土保全局、R5.7
- 3)小規模河川の氾濫推定図作成の手引き、国土交通省水管理・国土保全局、R2.7
- 4)星野、安田:自然河川の水理解析における一般座標格子が有する打ち切り誤差の理論的評価としての緩和手法、土木学会論文集A2(応用力学)、Vol.69、No.2、pp.I_573-I_582、2013

Keywords | 予防保全型の維持管理、全体形状測定、亀裂調査、吊材張力測定、健全性の診断

竣工後50年を超える吊橋の長寿命化に向けた調査・点検計画の提案



インフラ・イノベーション統括本部
構造技術本部 構造橋梁グループ 係長
RCCM(鋼構造及びコンクリート)、
技術士補、道路橋点検士



インフラ・イノベーション統括本部
構造技術本部 本部長
技術士(建設部門)、RCCM(鋼構造及びコンクリート)、
コンクリート診断士



インフラ・イノベーション統括本部
構造技術本部 構造橋梁グループ 担当課長
RCCM(鋼構造及びコンクリート)、道路橋点検士



インフラ・イノベーション統括本部
構造技術本部 構造橋梁グループ
コンクリート診断士、技術士補、橋梁点検士

1 はじめに

日本国内約73万橋(橋長2m以上)の道路橋は、社会基盤の一躍を担ってきたが、竣工後50年を超える橋梁の割合が40%(2023年時点)¹⁾に及ぶ。多くの橋梁は、設計上の耐用年数を一斉に迎え、補修により健全度を回復させて長寿命化を図るか、更新・撤去等の対応が迫られる。これらの対処法を決定する際の情報として重要となる「調査・点検」は、点検新技術等の導入が進んでいるが、いまだ外観上の目視点検が主である。吊橋等の特殊型式は、アクセス困難な箇所があること等により、欠陥の見逃しや劣化の評価が不十分になることがある上、損傷が深刻化した場合には補修工事の規模が大きくなる。大規模補修を避け、予防保全型の維持管理を行うことを目的に、構造物の構造特性を踏まえた詳細調査を実施することで、定期点検で把握ができていない橋の状態を考慮した健全性の診断を行い、補修が必要と判断された部材の対策を検討する必要がある。

2 昭和63年詳細調査を踏まえた詳細調査の提案

(1) 橋梁概要及び調査履歴

大渡橋は昭和33年(1958年)12月に架設された2ヒンジ吊橋(橋長104m)である。

架橋後、経年によりRC床版などに損傷が顕在化していたため、供用から30年後の昭和63年に詳細調査²⁾(以下、「S63調査」と称す)が実施された。

当時の調査項目及び結果の概要を表-1に示す。異常があり、何らかの対応が必要な損傷(表中の×)とその対応策(案)が示されており、対応策(案)の「定期点検要」は、全部材を対象とする定期点検と

異なる扱いとされている。このS63調査結果について考察し、今回実施する詳細調査内容を検討した。

表-1 S63調査の主要部材異常と対応策(案)一覧

部材	異常	対応		対応策(案)
		要否 [※]	緊急性 [※]	
ケーブル	車両接触による外傷 サグの変位	×	B	高さ制限板の設置 サグの変位は定期点検要
吊材	若干の錆、塗装の退色、ズレ	×	C	塗装塗替、 ズレについて定期点検要
補剛トラス	キャンバーの変位	△	-	定期点検要
床組	局部的な著しい腐食、断面欠損	×	A	塗替塗装
RC床版	著しいひびわれ、遊離石灰・漏水、たわみ劣化、耐荷力不足	×	A	全面打換
支承	アンカボルトのうき	×	B	アンカボルト取替
塔	防食機能の劣化、たおれ	×	C	塗替塗装、 たおれについて定期点検要
橋台、アンカー部	ハコ部外部のひびわれ	△	-	定期点検要

(凡例)
 ※要否 ○…軽微な異常、△…異常有、今後の観察必要、×…異常有、何らかの対応が必要
 ※緊急性 A…早急な対応が必要、B…できるだけ早い時期に対応、C…時期を見て対応

(2) 全体形状の変化

塔のたおれに起因した全体形状の変化が認められたが、本橋に重大な影響を及ぼしていないと判断されている。この判断について以下の検討を行った。

1) 大渡橋の設計・施工の特徴

大渡橋の設計・施工について記された著書³⁾より構造的な特徴を以降に示す。

①設計における重要仮定: ケーブルの変形を無視した弾性理論により、死荷重は全てケーブルで受け、補剛桁にはそのために応力は生じない。

②補剛桁にプレストレス導入: 補剛桁完成後に付加される床版・舗装等の荷重の方が補剛桁(床組合む)の荷重に比べて大きく、①の仮定を満たすために補剛桁キャンバーの上越しを導入している。

2) 全体形状測定結果とそれに対する考察

図-1に当時の補剛桁計測キャンバーを示す。設計キャンバー256mmに対し、143mm小さい。設計では想定していない死荷重による応力が補剛桁に発生していることになる。また、橋に与える影響の程度を概略判断するため、静的載荷試験(径間中央に2台×20t)を実施しており、そのたわみ計測結果を図-2に示す。上流側のキャンバー減少量(たわみ量)は、74mmと上記143mmの5割に相当する。よって、補剛桁キャンバーの減少は、「橋に重大な影響を及ぼしていない」とは言い切れないと判断される。

したがって、S63調査で提示された「定期的な形状測定」を実施する必要がある。

(3) 吊材の特性に着目した調査の必要性

吊材は、道路吊橋では事例の少ない鋼棒タイプである。吊材がロープの場合は曲げに抵抗できないが、鋼棒の場合はある程度抵抗するため、ねじ部で曲げによる疲労が問題となり、実際に下端ねじ部での破断事例(図-3)が報告されている。なお、構造的に弱部である下端ねじ部に対し、大渡橋ではS63調査で若干の錆があげられていた。このため、疲労と腐食の複合劣化により、亀裂が生じている恐れがあることから、下端ねじ部の亀裂調査が必要である。

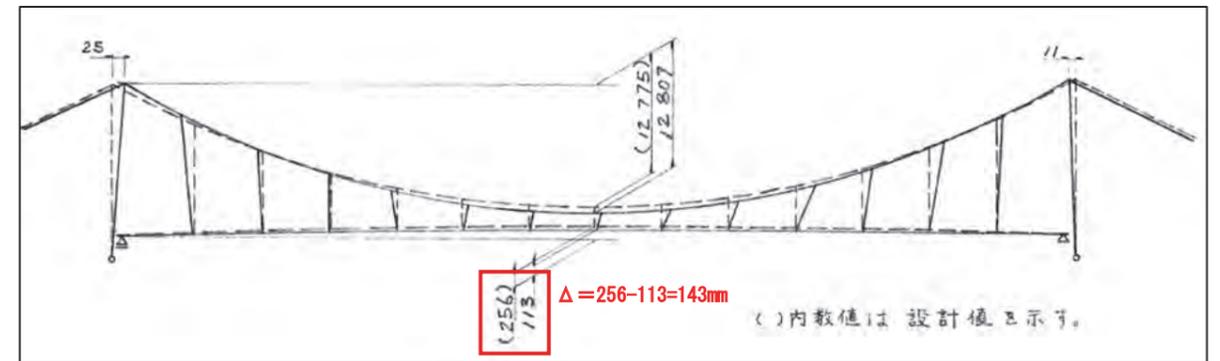


図-1 全体形状計測の補剛桁キャンバー(上流側)

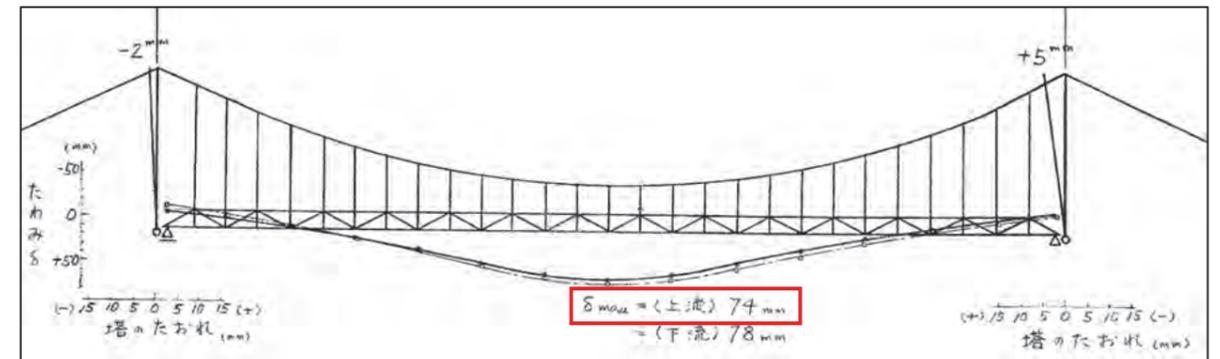


図-2 静的載荷試験の補剛桁のたわみ⁴⁾

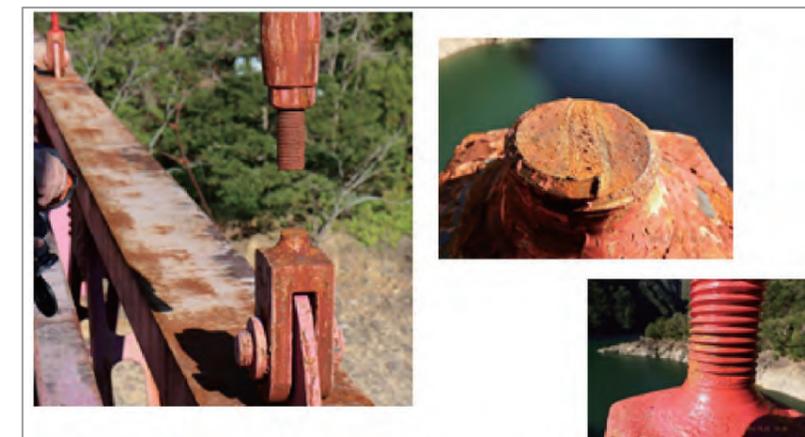


図-3 吊材の下端ねじ部破断事例⁵⁾

(4) 詳細調査の提案

経年により生じた橋の形状変化が、本橋の構造特性に対して、どのように影響を及ぼしているかを検証するため、詳細調査を提案した(表-2)。

着目部材を吊材(鋼棒)とし、吊橋の構造特性として、「設計条件:主ケーブルおよび吊材は軸力のみで曲げは負担しない」、「対称性:橋軸及び支間中央に対して対称である」の2点を検証する。これらは、地上型レーザースキャナを用いた全体形状測定と静的載荷試験による吊材の張力測定の結果を用いて検証することとして提案した。また、構造的に影響を及ぼす主ケーブルの残存亜鉛めっき厚調査や主ケーブルの腐食・解れの有無の目視調査、塔頂サドル内ケーブルの目視調査等、通常の定期点検では確認することが困難な調査についても併せて実施することを提案した。

表-2 大渡橋詳細調査項目と調査結果

調査項目	単位	数量	調査結果	備考
全体形状測定	橋	1	・補剛桁キャンバーがS63調査の値より高くなる。 ・吊材が鉛直ではなく、橋軸方向、橋軸直角方向共にズレ発生。	3級基準点測量 地上型レーザースキャナ
吊材の張力測定	本	12	・下流側吊材⑭において、他吊材より大きな発生応力を測定。 ・下流側吊材⑭において、測定位置によって発生応力の正負が交番(圧縮応力と引張応力が作用)となる。	静的載荷試験
吊材下端ネジ部の亀裂調査	本	14	・上流側吊材⑯に亀裂が発生。	
主ケーブルの残存亜鉛めっき厚調査	点	30	・亜鉛めっきの消耗速度は0.31 μ m/年であり、残存亜鉛めっき厚は確保される。	
主ケーブルの腐食調査	点	3	・断面減少率は最大0.35%。	健全部、腐食部
塔頂サドル内ケーブル目視調査	箇所	4	・腐食、ロープ解れは無し。	
吊材下端と垂直材接合部の近接目視点検	箇所	1	・ガセットプレートやウェブ等に亀裂は無し。	橋梁点検車
吊材ターンバックル内調査	箇所	8	・内部に腐食は無し。	高所作業車
アンカレイジのひび割れ目視調査	箇所	24	・錆汁等発生無し。	



図-4 大渡橋の三次元点群データ

3 調査結果と健全性の診断

表-2に提案した詳細調査の内容とその結果を示す。また、この調査結果を踏まえ、部材毎及び橋としての健全性を診断した。以降では、異状が認められた調査結果を記す。

(1) 全体形状測定

日射による熱膨張影響を避けるため、調査は早朝に実施し、三次元点群データを取得することで①補剛桁のキャンバー計測、②ケーブルのサグ、③主索と吊材のずれ、④主塔の倒れを計測した。

(a) 補剛材キャンバー

A2側端部の補剛桁天端高を基準として、各吊材位置の補剛桁天端高を計測した結果、下流側補剛桁のキャンバーが、S63調査結果における最大値140mmに対して156mmであった。(図-6、表-3)

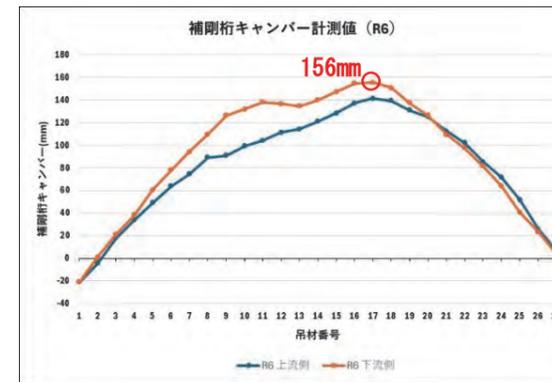


図-6 静的載荷試験の補剛桁のたわみ

表-3 S63調査時の補剛桁キャンバー

橋点No.	測定値		合計	設計値		差		
	上流	下流		上流	下流			
①	39	36	+10	47	46	68	-19	-22
②	57	66	+29	86	95	150	-64	-55
③	76	95	+41	117	136	235	-118	-97
④(中央)	68	86	+45	113	131	256(272)	-143	-125
⑤	64	77	+41	105	140	235	-103	-75
⑥	45	73	+28	73	101	150	-77	-49
⑦	19	21	+10	29	31	68	-37	-37

(注)・⑤内は、完成時における実測結果。

これは、平成2年の鋼床版への取替えにより、死荷重強度が9.0%減少していることが原因である。

補剛桁はたわみ影響により下方に凸型の形状とならないよう、架設時は上方に凸型形状となるキャンバーを設けるため、計測形状は安全側と判断される。

(b) 主索と吊材(下端ピン中心)のずれ

点群データから、主要点の座標値を計測した結果、吊材が傾いており、橋全体にゆがみが生じていることから、橋梁形状は対称性が確保されていない。

補剛桁キャンバーが確保されており、耐荷性能を有していると判断されるが、対称性が確保されていない点と腐食状況を考慮し健全性IIと診断した。

(2) 吊材の張力測定(吊材の耐荷性能評価)

静的載荷試験の実測値について、載荷位置によっては計算値と異なる応力が測定され、軸力に加えて曲げ作用も生じていることが確認された。橋台付近の長い吊材は耐荷性に問題はなかったが、支間中央の短い吊材(吊材⑭)は荷重影響を最も受け、耐荷性に問題があったため、同部材について以降に記す。

(a) 吊材⑭の耐荷性能評価

図-7に吊材の応力状態の模式図を示す。下流側吊材は、橋梁全体のゆがみにより、鉛直方向の軸力に加え、橋軸直角方向の水平力作用による曲げ応力も発生し、上流側と比べ応力が大きくなる。

図-8より、下流側吊材は、車両の載荷位置により測定応力の正負が交番し、また部材の測定応力の範囲が大きいと、他吊材と比較し、疲労耐久性が低い部材である。下流側の吊材⑭の耐荷性能の確

認は、疲労の影響を考慮するものとし、発生応力は、道路橋示方書 鋼橋編⁶⁾に基づいて算出した。

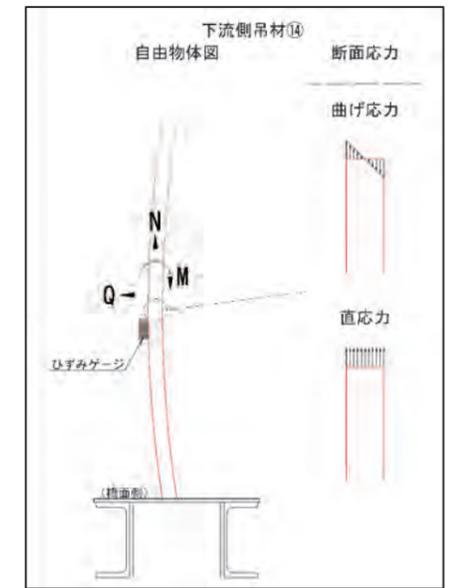


図-7 吊材に作用する応力(吊材⑭)

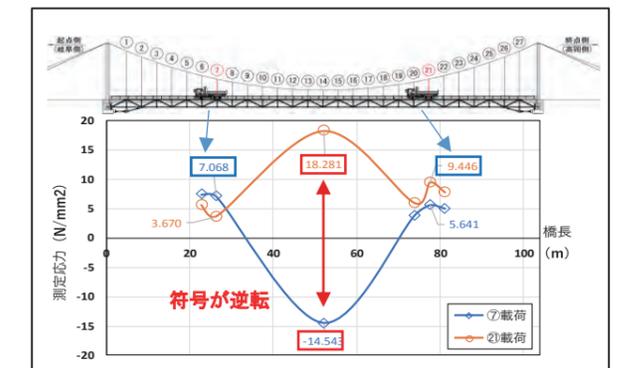


図-8 吊材⑭に作用する応力(吊材⑦、②載荷時)

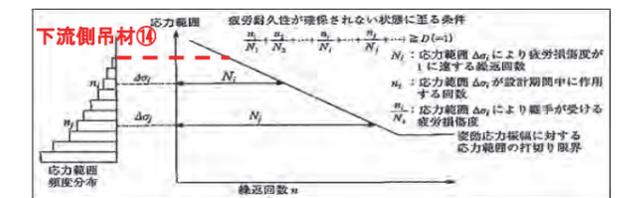


図-9 疲労耐久性の考え方(道路橋示方書抜粋)⁶⁾

疲労を考慮した応力照査の結果(表-4)、発生応力が許容応力度を超過し、部材長の短い下流側吊材は耐荷性能を満足しないと考えられるため、本部材は健全性IIIと診断した。

表-4 疲労を考慮した発生応力と許容応力度

正の発生応力 (N/mm ²)	負の計算応力 (N/mm ²)	疲労を考慮した発生応力 (N/mm ²)	許容応力度 (N/mm ²)	安全率	判定
112.156	34.599	129.456	127	1.019	NG

※下流側吊材⑭

(3) 吊材下端ねじ部の亀裂調査

吊材長が短い支間中央付近の計14本を対象に、磁粉探傷試験による吊材下端ねじ部の亀裂調査を行った結果、上流側の吊材⑩に亀裂が確認された。同部材の調査結果について以降に記す。

(a) 吊材⑩の亀裂調査結果

上流側吊材⑩の下端ねじ部の岐阜側の端面に長さ26mm、深さ1.3mmの亀裂が確認された。(図-10)

これは、全体形状測定の結果から、橋軸方向の変位により岐阜側の端面が凸となる曲げを受けたことが原因である。亀裂が進展すると、破断が生じる可能性があり、早急な対応が必要であると考えられるため、本部材は健全性Ⅲと診断した。

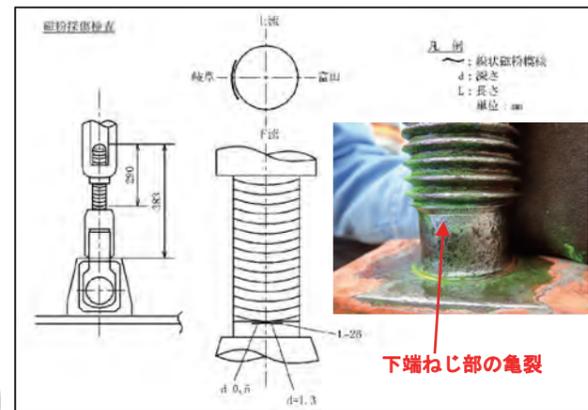


図-10 磁粉探傷試験結果(上流側吊材⑩)

4 対応策の方針検討

S63調査、今回の詳細調査を踏まえた今後の対応策(緊急対策と恒久対策)を表-5に示す。吊材の交換は、十分な設計検討が必要であることに加え莫大なコスト及び工事に伴う利用者への交通影響が大きいことから、吊材⑩のねじ部の亀裂を緊急補修するものとし、それ以外は今後の対応策(案)とともに通常の定期点検に加えて実施する詳細調査の内容と頻度を提案し(表-6)、継続的に実施することにより、健全性を確認するものとした。

5 おわりに

本調査では、構造特性を把握し、目視点検では把握できない劣化状態を詳細に確認することで定期点検における健全度判定と異なる結果を得ることができ、また定量的な変状確認等により、今後の維持管理において具体的な補修対策や継続監視を行うための基礎的データを構築することができたと考える。

当該橋梁は、迂回路が無い上、観光シーズン中は多くの車両の往来があるルートであり、架替えが必要となる場合、社会的影響が甚大である。したがって、立案した対策方針と継続的な調査を確実に実施することにより、橋の健全性を正確に把握し、予防保全型の維持管理を推進することで健全性を維持し、安心して使用できるインフラ環境を提供することが今後の重要な使命である。

謝辞: 詳細調査全般の実施に際し、ご指導頂いた東京都立大学都市環境学部都市社会基盤環境学科村越潤 教授、富山県砺波土木センター 西出副主幹に深く謝意を表します。

参考文献

- 1) 国土交通省 道路局:道路メンテナンス年報、2024年8月。
- 2) 富山県福野土木事務所/川田工業(株):一般国道156号大渡橋調査業務報告書、昭和63年12月。
- 3) 川田忠樹:吊り橋の設計と施工、理工図書、1962。
- 4) 川田工業株式会社:一般国道156号大渡橋荷重試験調査業務報告書、平成3年7月。
- 5) 国土交通省四国地方整備局 道路部ほか:小規模吊橋等の点検に関する管理者のための参考資料(案)、平成28年3月。
- 6) 日本道路協会:道路橋示方書・同解説 II鋼橋編、平成24年3月、180頁。

表-5 健全性診断と対応策

部材	状態	健全性	対応策
主ケーブル	・ケーブル腐食 	Ⅱ	・ケーブル断面を維持できれば長期間の供用が期待できるため、常温亜鉛めっき塗料による補修する。 ・形状ゆがみは体的に測定を実施。
吊材	吊材⑭	Ⅲ	【緊急対策】亀裂調査(上端) ・亀裂が有る場合、吊材⑩と同措置 ・亀裂が無い場合、定期的な亀裂調査実施。
	吊材⑩	Ⅲ	【緊急対策】亀裂先端をグラインダーにより平坦にし、先端の応力集中を緩和。 【恒久対策】吊材を交換など。
	その他	Ⅱ	・定期的形状測定、亀裂調査を実施。
補剛桁	キャンバーはS63調査時より大きいが、設計の仮定を満たしている。	Ⅱ	・定期的形状測定を実施。
アンカレイジ	・ひびわれはS63調査時から進行していない。 ・ひびわれからの錆汁、定着具の腐食は生じていない。	Ⅱ	・予防保全の観点から補修を実施。

表-6 詳細調査項目

調査項目	調査方法	頻度	備考
定期点検	近接目視(ロープアクセス)	5年	
+			
全体形状測定	3Dレーザースキャナ	10年	
吊材の張力測定	静的荷重試験	20年	
吊材下端ねじ部の亀裂調査	亀裂有無目視、磁粉探傷試験	5年	定期点検時に実施
主ケーブルの残存亜鉛メッキ調査	電磁式膜厚計	10年	
主ケーブルの腐食・減肉調査	全磁束法	10年	
塔頂サドル内ケーブル目視調査	塔頂サドルを取り外し目視	10年	
吊材下端と垂直材接続部の近接目視点検	亀裂有無目視、磁粉探傷試験	5年	定期点検時に実施
吊材ターンバックル内調査	目視(ファイバースコープ)	5年	定期点検時に実施
アンカレイジのひび割れ目視調査	目視	5年	定期点検時に実施

Keywords | 下水道管路、老朽化、耐震、調査・診断技術、WPPP

下水道管路クライシス、持続可能な下水道事業を目指して

インフラ・イノベーション統括本部
上下水道技術本部 担当部長
技術士(上下水道部門)

インフラ・イノベーション統括本部
上下水道技術本部 上下水道グループ
グループマネージャー
技術士(上下水道部門)、RCCM(上水道及び工業用水道)

インフラ・イノベーション統括本部
上下水道技術本部 本部長
技術士(総合技術監理部門、上下水道部門)

インフラ・イノベーション統括本部
上下水道技術本部 上下水道グループ
係長
技術士(上下水道部門)

1 はじめに

下水道管路は、1960年代以降の高度経済成長期に集中的に整備され、今後さらに老朽化が進むことが想定されている。2025年、埼玉県八潮市で発生した大規模な道路陥没事故は、下水道管路の破損が原因であった。また、過去の度重なる大規模地震(1995年:阪神・淡路大震災、2004年:新潟県中越地震、2011年:東日本大震災、2024年:能登半島地震)においては、地盤の変位や液状化等により、下水道管路に甚大な被害が発生した。下水道管路の被災は、人命に関わる二次被害や生活環境の悪化、復旧活動の停滞など、広範囲かつ長期的な影響を及ぼす。

下水道管路の老朽化や被災は大きな社会問題であり、如何に早期かつ効率的に対策を推進していくかが求められている。本稿では、下水道管路施設に対し、近年抱える課題を、事例をもって整理するとともに、当該課題に対し、持続可能な下水道事業運営に資する提案を論述する。

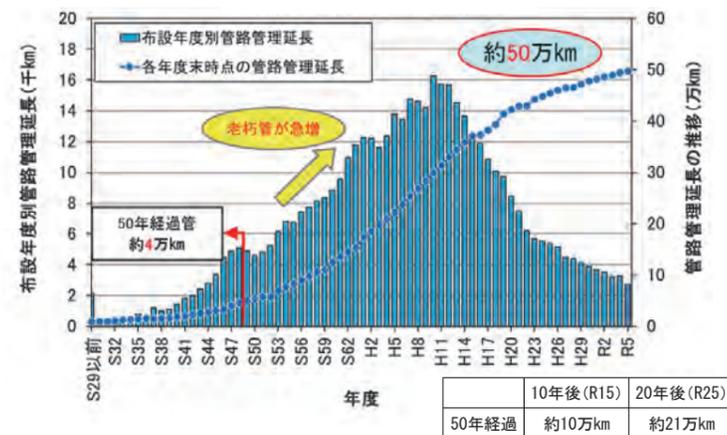


図-1 管路施設の年度別管理延長(R5末)

2 下水道管路の老朽化

2.1 下水道管路の老朽化と道路陥没

布設年度別の管路管理延長を図-1に示す。全国の下水道管路の総延長は、令和5年度末時点で、約50万kmであり、このうち、標準耐用年数50年を経過した管路延長は約4万km(総延長の約7%)である。10年後は約10万km(約20%)、20年後は約21万km(約42%)に到達し、耐用年数を超過した施設は、急速に増加する。

近年、老朽化の進行により、管路施設の破損による道路陥没事故が問題となっている。下水道管路に起因する道路陥没の発生件数を図-2に示す。陥没件数は減少傾向にあるが、過去3年間では、横ばい傾向にあり、毎年2500件を超える道路陥没が発生している。なお、2014年以降からは、減少傾向にある。この理由として、2009年度に創設された「下水道長寿命化支援制度」による調査・診断、修繕・改築により管路施設の健全化に取り組んできた成果であると考えられる。

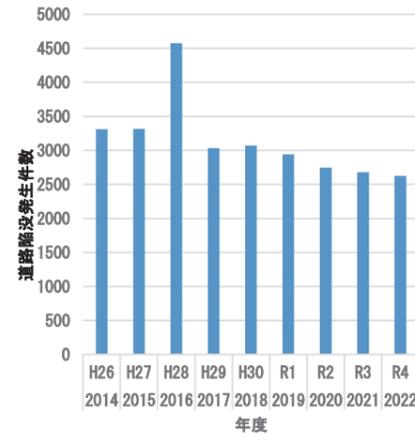


図-2 下水道管路に起因する道路陥没発生件数(R4末)
出典:国土交通省HP

2.2 大規模道路陥没

(1) 八潮市における陥没事故の概要

2025年1月、埼玉県八潮市において、幹線下水道管の硫化水素による劣化が原因で大規模な道路陥没が発生し、約120万人の市民が下水道の使用自粛を求められるなど、重大な事態が発生した。当該管渠は、平常時水量、約4m³/s(関連12市町約120万人)、管径はφ4500mm、管種はシールド管、土被りは、約10mと大深度、大規模な流域幹線である。また、当該管渠は、事故の3年前に点検を実施していたが、この地点に特化した問題を発見できていなかったと報告されている。巨額の費用と高度な技術を要する老朽化した上下水道管の調査・点検・維持管理の在り方が、全国的な問題であることを改めて浮き彫りにした。

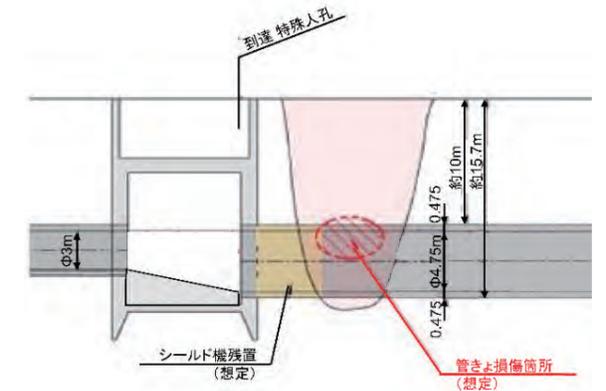
(2) 大口径管渠の調査・点検における課題

大口径管渠の調査における課題を以下に示す。
①危険な環境:管渠内は硫化水素濃度が高く、酸欠状態、高水位・高流速であるなど、作業員にとって非常に危険な環境であり、調査員の立ち入りができ

ない。
②広い範囲の目視困難:管渠内が暗く、かつ管渠延長が長く、カメラやライトなどの機器を搭載しても、全範囲を目視で確認することが困難である。

2.3 今後の対応策

作業員が安全にかつ精度よく調査・点検が可能な技術の開発が不可欠である。管内での作業は極力無人化・省力化を目指すべきであり、DXとして、点検・調査等を自動化する技術の高度化・実用化に取り組む必要がある。現在、国土交通省にて、多様な技術開発が進められている。カメラやセンサーを搭載した自走式ロボット、ドローン、複数のセンサーを組み合わせたマルチセンサー技術などが活用されることが期待されている。なお、八潮市の事故を受け、全国の自治体において、「特別重点調査」を実施し、国土交通省が発表した調査結果によると、35都道府県で合わせて約72kmの下水道管が1年以内の対策が必要な「緊急度I」と判定されている。早期対応による事故の未然防止が期待される。



出典:国土交通省「報道発表資料【別紙1】全国特別重点調査(優先実施箇所)の結果の概要」
図-3 八潮市道路陥没の状況



管の腐食から緊急度Iと判定

令和7年8月時点		
優先実施箇所該当延長	約813km	備考
先行目視やテレビカメラによる目視調査実施済み延長	約730km	
打音調査等実施済み延長	約137km	
緊急度Iと判定された要対策延長	約72km	※1
緊急度IIと判定された要対策延長	約225km	※2
空洞調査実施済み延長	約285km	※3
空洞が確認された延長	6箇所	※4

※1: 原則1年以内の速やかな対策が必要となる推計延長
 ※2: 応急措置を実施した上で5年以内の対策が必要と見込まれる推計延長
 ※3: 路面や管路内からの空洞調査、簡易な貫入試験など
 ※4: 貫入試験などにより空洞があることが確認した箇所数(うち4箇所対策済み、残り2箇所は陥没の可能性は低いと緊急に対策実施予定)

出典:国土交通省「報道発表資料【別紙1】全国特別重点調査(優先実施箇所)の結果の概要」
図-4 国土交通省 下水道管路の全国特別重点調査結果の概要

3 下水道管路の耐震性

3.1 能登半島地震における被害状況

令和6年1月1日、石川県能登地方でマグニチュード7.6・最大震度7を記録した大地震「令和6年 能登半島地震」が発生した。震源は、能登半島西方沖から佐渡島西方沖にかけて伸びる活断層によるものであり、活断層を震源とする地震としては日本観測史上最大の地震であった。

下水道管路の被災率は能登6市町において、6.2～69.0%と過去の地震と比較して高いものであった。

下水道管路の被災内容は、「たるみ・蛇行」の箇所数が最も多く、液状化などによる地盤の変動による被害が顕著であった。また、比較的新しい管路であっても、マンホールの浮き上がり対策が不十分な箇所では、被害が発生していた。



出典：産総研地質調査総合センター「第四報 2024年能登半島地震の緊急調査報告（海岸の隆起調査）」

図-5 観測史上最大規模の海岸隆起

表-1 能登半島地震における下水道管路の被害状況

自治体	最大震度	下水道管路全延長 ^{※1} (km) A	被災延長 ^{※2} (km)		被災率 (%) B/A	応急工事実施延長 ^{※3} (km) C	流下機能喪失率 (%) C/A
			A	B			
新潟県	6弱	6,271	14.8	0.2	0.4	0.01	
富山県	5強	5,956	41.0	0.7	0.8	0.01	
石川県	7	6,334	372.0	5.9	16.3	0.3	
七尾市	6強	231.1	64.7	28.0	2.3	1.0	
輪島市	7	171.6	44.2	25.8	0.4	0.2	
珠洲市	6強	104.3	72.0	69.0	1.5	1.4	
志賀町	7	148.2	9.2	6.2	0.7	0.5	
穴水町	6強	39.0	23.2	59.5	1.4	3.6	
能登町	6強	78.5	19.9	25.4	0.5	0.6	
福井県	5強	303	0.8	0.3	0.0	0.0	
【参考】熊本地震H28.4.16							
熊本県	7	3,195.9	85.8	2.6	-	-	
益城町	7	166.4	22.2	13.3	-	-	

※1下水道管路の全延長は、被害が発生した自治体の管路の総延長
 ※2建物倒壊地域等を除く調査実施済み箇所の集計値であり今後変更可能性がある
 ※3管路の被災により流下機能が喪失され、応急工事を実施して流下機能を確保した管路延長
 ※4「-」はデータなし

マンホール浮上(輪島市)



管内滞水(七尾市)



出典：国土交通省「上下水道施設の被災概要と復旧状況」

3.2 復旧・復興における課題

(1) 被害調査の困難さ

被災地では広範囲にわたる地盤変動が発生しており、正確な被害状況の把握が難航した。

一部の自治体では、調査がなかなか進まなかったという報告がある。

(2) 施設基礎情報の把握

管路台帳が電子化されていないことにより、地震発生時の被害状況の把握、調査、迅速な復旧計画の策定に支障があった。

(3) 事業運営の持続性

被災地の多くは以前から人口減少と高齢化が進んでおり、将来的な下水道事業の持続性が大きな課題となっている。技術者や作業員の不足により、復旧作業にあたる人材・人員の確保が困難な状況にあった。

3.3 今後の対応策

被災時には、情報の早期集約化が必要であり、デジタル技術を活用した管路台帳の整備や、被害状況の迅速な把握に向けた調査技術の導入が必要である。

特に地方においては、被災時の技術者不足が大きな課題である。当該課題を解決するため、行政による広域的な支援体制の構築や、民間企業・専門家団体による協力体制の強化、調査・点検技術の強化(小型ドローンによる調査やAIによる画像認識技術等)が不可欠である。

下水道管だけでなく水道管の被災もあったことから、早期復旧を実現するため、上下水道が一体となった調整体制の構築や、復旧活動の連携強化の重要性が再認識された。

4 持続可能な管路マネジメントの実現に向けて

少子高齢化による人口減少や技術職員の不足が深刻化する一方、施設の老朽化や激甚化する自然災害への対応など、業務の多様化・高度化が進んでいる。ヒト、モノ、カネ、情報、という経営資源のなかで、これからの下水道管路のマネジメントにおいては、特に「人と情報」の効率化により、「モノ」、「カネ」の課題を解決していくことが優先課題であると考えている。今後取り組むべき事項を示す。

(1) 調査・点検技術の高度化

自律走行型ロボットやドローンによる調査を導入することにより、人間が立ち入ることが危険な大口径管や深部にある管路に対し、点検調査が可能となる。有毒ガスや酸欠の環境下でも安全に調査でき、緊急時の迅速な状況把握に貢献できる。

(2) AI・IoTによる情報収集・分析

AIを活用した劣化予測や、IoTによる遠隔監視システムを導入し、施設の状況をリアルタイムで正確に把握する。管内映像をAIが解析し、ひび割れ、腐食、木の根の侵入といった損傷を自動的に識別する。これにより、人間による見落としや判断のばらつきを防ぎ、点検の精度と効率が大幅に向上する。

(3) 官民連携(WPPP)、広域連携等の推進

複数の自治体が連携して事業を運営したり、民間企業と共同で事業に取り組むWPPPを導入するこ

とで、人材の確保や技術力の向上、ノウハウの共有を図る。民間事業者との連携体制が構築されているため、災害発生時等の非常時においても迅速な対応が可能となる。調査・点検や、工事関連の情報共有システムを導入することにより、関係者間の情報共有の効率化が図れ、これにより、技術者はより専門的・高度な業務に集中できるようになる。ヒトの問題の解決策として挙げられる。

また、最新の調査・診断技術の導入がシームレスに行われ、管路施設としての性能確保の観点から効率的な点検、調査、補修、更新が可能となり、カネの問題に対する解決策として挙げられる。

5 今後の展望と取り組み

下水道事業が持続的に発展していくためには、人的資源の確保と育成に加え、デジタル技術を活用した情報管理・分析が不可欠である。人と情報の効率化を進めることは、限られた経営資源を最大限に活用し、住民サービスの向上と事業の効率化を両立させるための鍵となる。当社は、持続可能な下水道資産の運営、国民の安全・安心の確保を目指して新たな価値を創造する次世代型インフラマネジメントプラットフォームとなるべく土木技術とIT技術、先端技術の開発・導入・融合を積極的に進めていく所存である。



図-6 民間活力、新技術を活用したWPPPによる持続可能な下水道事業運営の実現

Keywords | 道路維持管理、区画線劣化診断、AI、画像解析

AI技術を用いた道路区画線劣化検出による維持管理の効率化



インフラ・イノベーション統括本部 DX推進部
DX推進グループ グループマネージャー
情報処理安全確保支援士
Deep Learning for ENGINEER



社会基盤系事業統括本部 技術戦略部
技術戦略グループ 担当課長
博士(理学)

1 背景

交通安全の確保や道路走行の円滑化のため、道路維持管理者には道路区画線の維持管理が求められているが、現状では目視点検が中心で人件費や時間がかかっており、管理対象道路全体の区画線劣化状況を把握するのが困難である。道路パトロールなどに撮影した動画より、自動的に区画線の剥離を検出する技術を取り入れることで、定量的で管理対象路線を網羅した区画線の状態把握を実施することで、区画線補修の優先順位付けが可能になる。

最近では、AIによる画像診断技術が進歩してきており、剥離した区画線を学習させた劣化診断モデルにより、ドライブレコーダーやスマートフォンで撮影した映像より区画線の劣化を診断することが可能になっている。又、区画線劣化の診断結果を地図情報データベースに蓄積することにより、区画線劣化の進行具合や区画線補修の結果を把握することができ、計画的な区画線の維持管理や、補修の実施結果を把握することができる。

R6年度の業務において、AIによる画像診断技術により区画線の劣化診断が可能であり、維持管理において有用であることを、富山県のフィールドを利用して実証した。

2 AIによる区画線診断方法

区画線診断で用いるドライブレコーダーは、2Kの解像度で撮影するケンウッド製のDRV-830の機種を用いる(図-1)。



図-1 撮影に用いるドライブレコーダー

ドライブレコーダーにより撮影した動画を静止画像化した後、物体の領域を識別するAIモデルにより、区画線に対し診断対象メッシュを自動的に作成する(図-2)。

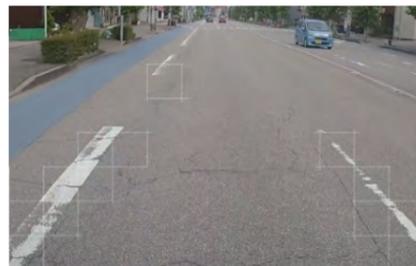


図-2 診断対象メッシュ

各診断対象メッシュ画像に対し、物体検出のAIモデルにより区画線の剥離を判定する。(図-3)。

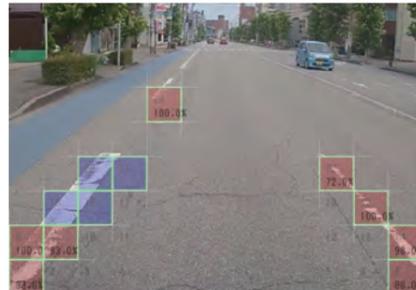


図-3 区画線の剥離の判定

区画線剥離の検出精度は、約30,000枚の画像に対して検証した。区画線以外の物体(公安委員会管轄の指示標識や消雪装置など)を誤検出しないように再学習することで検出精度の向上を行い、78%の正解率を得ることができた(表-1)。

表-1 剥離検出モデルの精度

		モデルの検出結果		再現率(%)
		剥離あり	剥離なし	
目視確認結果	剥離あり	5,607(TP)	1,776(FP)	76 TP / (TP + FP)
	剥離なし	5,084(FN)	18,134(TN)	78 TN / (FN + TN)
正解率(%) (TP + TN) / (TP + FP + FN + TN)				78

区画線剥離度合いの指標として、剥離率(剥離ありと判定したメッシュ数 / 検出した区画線のメッシュ数)を定義し、各画像の外側線、中央線に対して平均剥離率を求め区画線の剥離度合いを分類する(表-2)。

表-2 診断結果分類

分類	剥離率	状態
検出なし		区画線が検出できなかった
1	50%以上	全体的な剥離が確認できる
2	50%未満	剥離が確認できない 又は剥離が部分的である

3 診断結果の運用方法

区画線劣化診断結果は、補修工事の発注単位となる200m~400mの範囲で、区画線剥離度合いの区間平均により分類し、地図画面上で可視化することで区画線の劣化が進行している箇所を把握することができる(図-4)。区画線が検出されなかった箇所は、劣化の進行により区画線そのものが検出できなかった可能性があるため、優先的に調査を行う必要がある。



図-4 区画線剥離度合いの可視化

劣化診断結果は一覧で整理し、緊急輸送道路や大型車通行台数等の情報を付与して並べ替えを行うことで、区画線の点検箇所や補修箇所の優先順位付けをすることができる(図-5)。

区画線診断結果一覧

路線種別	路線番号	路線名	上り/下り	外側線/中央線	区間番号	区画線検出率	剥離率	診断分類	緊急輸送道路	大型車通行台数
国道	1-1-472-001	472号	下り	中央線	60	70.00%	85.71%	2	○	158
国道	1-1-472-001	472号	下り	中央線	61	70.00%	42.86%	1	○	158
国道	1-1-472-001	472号	下り	中央線	62	100.00%	65.00%	2	○	158
国道	1-1-472-001	472号	下り	中央線	63	80.00%	81.25%	2	○	158
国道	1-1-472-001	472号	下り	中央線	64	60.00%	100.00%	2	○	158
国道	1-1-472-001	472号	下り	中央線	65	30.00%	100.00%	検知なし	○	158
国道	1-1-472-001	472号	下り	中央線	66	80.00%	6.25%	1	○	158
国道	1-1-472-001	472号	下り	中央線	67	65.00%	0.00%	1	○	158
国道	1-1-472-001	472号	下り	中央線	68	85.00%	23.53%	1	○	158
国道	1-1-472-001	472号	下り	中央線	69	35.00%	71.43%	検知なし	○	158
国道	1-1-472-001	472号	下り	中央線	70	33.33%	100.00%	検知なし	○	158
国道	1-1-472-001	472号	下り	中央線	72	10.00%	100.00%	検知なし	○	158
国道	1-1-472-001	472号	下り	中央線	73	20.00%	25.00%	検知なし	○	158
国道	1-1-472-001	472号	下り	中央線	74	45.00%	77.78%	検知なし	○	158
国道	1-1-472-001	472号	下り	中央線	75	65.00%	84.62%	2	○	158
国道	1-1-472-001	472号	下り	中央線	76	25.00%	20.00%	検知なし	○	158
国道	1-1-472-001	472号	下り	中央線	77	0.00%	100.00%	検知なし	○	158

図-5 区画線診断結果一覧

区画線が検出されなかった区間については、道路パトロールアプリで該当箇所を地図上に表示し、現地では区画線の目視点検を行う。幅員の狭い箇所や追い越し禁止を示す黄色線の設置箇所など、道路維持管理者による区画線の設置が不要な箇所があるため、補修履歴と併せて地図情報データベースに蓄積することにより、区画線の管理対象を把握する必要がある。



図-6 区画線の点検

4 今後の課題

区画線の劣化診断を継続的に実施することで、劣化の経年変化や、除雪車による区画線の破損を把握することができるため、過去の診断結果の比較を可視化することにより劣化の進行を把握ことができ、効率的な補修工事計画作成が可能になる。

最近では区画線の認識を前提とする自動運転技術や車線逸脱防止システムが搭載された車両が増加しており、区画線の維持管理の高度化は自動運転の安全走行にもつながり、スマートシティの実現に寄与することとなる。

Keywords | 社会実験、AIシステム、交通安全、徒歩促進、自転車利用促進、態度・行動変容分析

レンガ坂（多摩センター地区）における自転車歩行者専用道路の自転車通行のあり方社会実験

**都市政策・デザイン事業本部 本部長
技術士(建設部門)
認定都市プランナー(プロジェクトマネジメント・エリアマネジメント)**

**都市政策・デザイン事業本部 計画系グループ 担当課長
技術士(建設部門)
RCCM(都市計画及び地方計画)**

**都市政策・デザイン事業本部
計画系グループ 主任
認定都市プランナー(プロジェクトマネジメント・エリアマネジメント)**

**都市政策・デザイン事業本部
計画系グループ
認定准都市プランナー**

1 背景と目的

多摩センター地区は、多摩ニュータウンのセンター地区として約45年前に開発されており、ペDESTリアンデッキの設置など、歩車分離の思想が重要なコンセプトとして採用されている。本思想の下に設置された自転車歩行者専用道路(レンガ坂)について、施設老朽化等への対応として再整備を実施することになったが、その中で歩行者と自転車との通行が混合しており危険性が高いことから、自転車通行のあり方が議論となった。そのため今回社会実験を行い、そのあり方を検証することになった。



改修後のレンガ坂

2 プロジェクトの内容・効果測定

通行区分の適正化を社会実験で検証するため、令和5年度の社会実験では、再整備されたレンガ坂において、自転車通行のあり方のパターンを二つに分けて実施した。1回目(R5年10月)は、歩行者通行帯及び自転車通行帯について明確に線を引くことにより区分して実施した。2回目(R6年3月)は、自転車歩行者専用道路全体を歩行者優先として、明確に線

で区分することなく、自転車通行帯のみを路面表示等により示して実施した。なお、2回の社会実験ともに道路脇の施設等にカメラを設置して、その動画を基にAIシステムによりゾーン別の通行量や速度の計測を行った。



社会実験 1回目

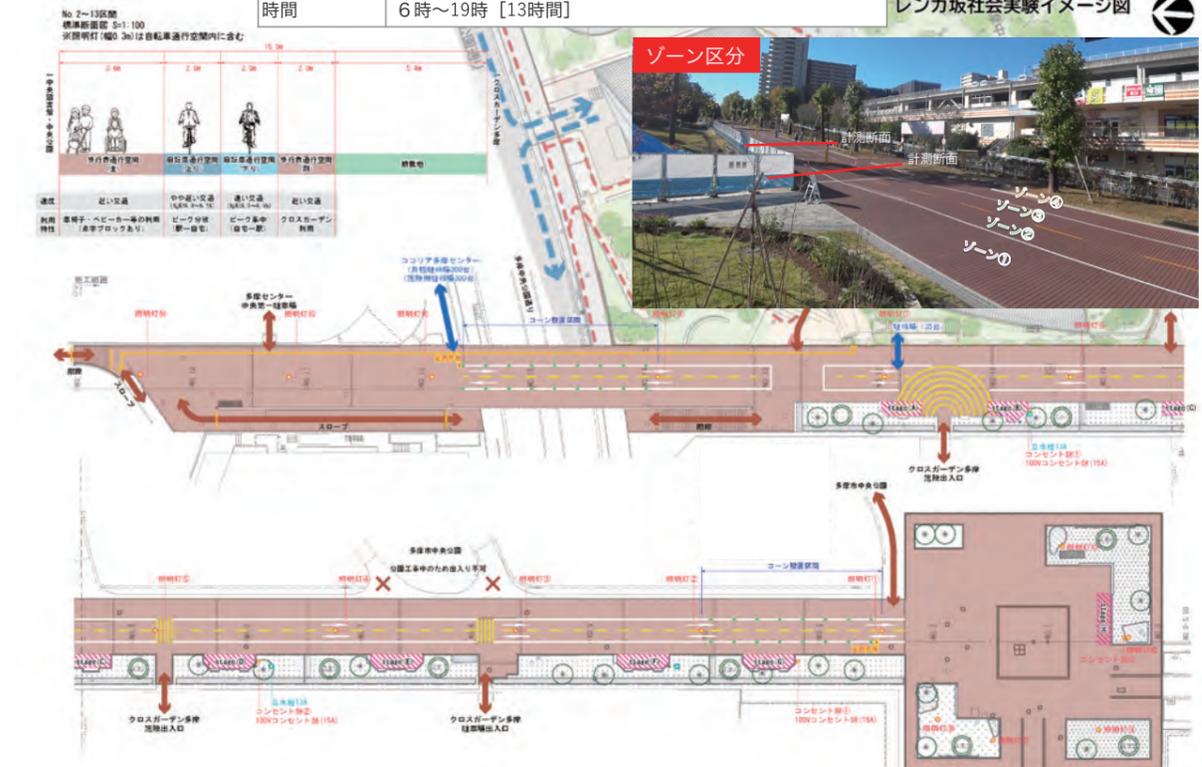


社会実験 2回目

社会実験の通行区分表示
(上:ゾーン区分 下:路面表示等)

1回目の社会実験(R5年10月)では、下図のとおり歩行者通行帯及び自転車通行帯について明確に線を引き、4ゾーンにより効果測定を行った。

社会実験 1回目	実施日(R5年)	ゾーン区分なし	ゾーン区分あり
平日	10月25日(水)	10月30日(月)	
休日	10月22日(日)	10月28日(土)、29日(日)、11月3日(祝)	
時間	6時~19時 [13時間]		



レンガ坂社会実験イメージ図

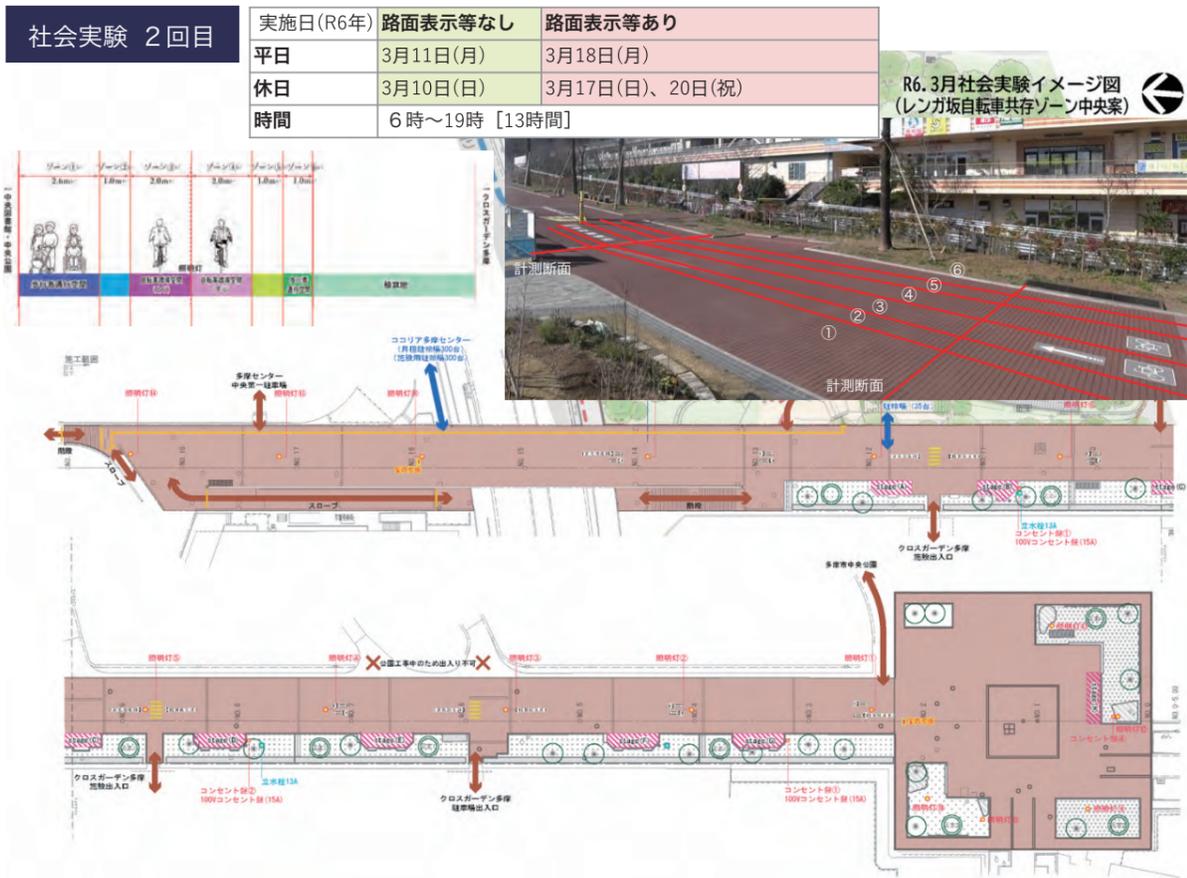
1回目では、自転車通行帯を明確に区分した結果、自転車の約8割が中央の自転車通行帯を通行する傾向が見られた。しかし一方で、自転車が中央を直線的に通行することによる道路全体への圧迫感や、朝の通勤・通学の時間帯で速度が速くなる傾向が見られたことから、歩行者の安全性に対する懸念が多く指摘された。



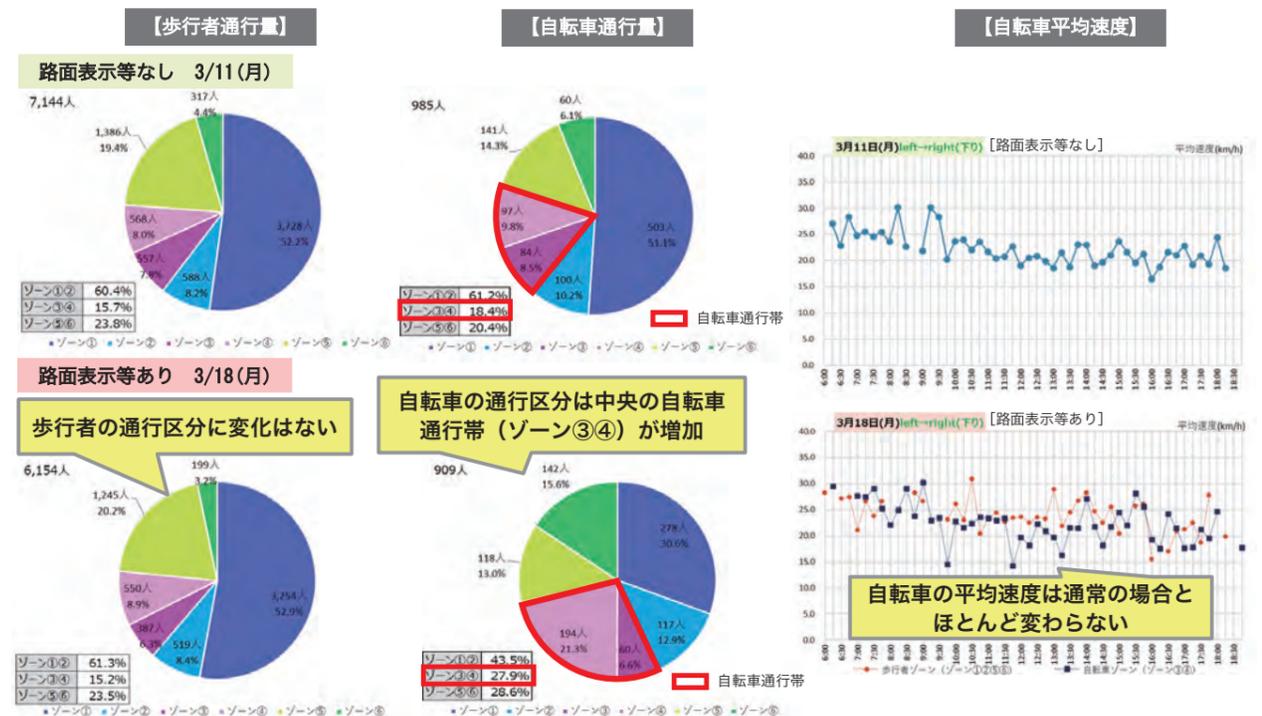
都市政策・デザイン

都市政策・デザイン

1回目の課題を踏まえて実施した2回目(R6年3月)では、自転車歩行者専用道路全体を歩行者優先として、下図のとおり明確に線で区分することなく、自転車通行帯のみを路面表示等により示して実施した。なお、ゾーン別の交通量を詳細に把握するため、6ゾーンにより効果測定を行った。



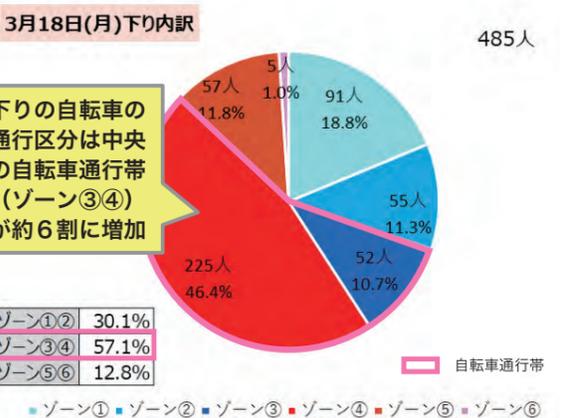
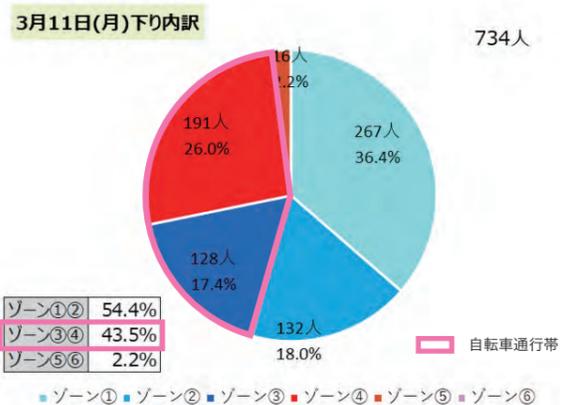
2回目では、路面表示等の有無により歩行者の通行区分に変化がないことが確認された。自転車においては、路面表示等ありの場合に中央の自転車通行帯の通行が通常時より1割程度増加して約3割となっており、一方で平均速度は通常の場合とほとんど変わらないことが確認された。



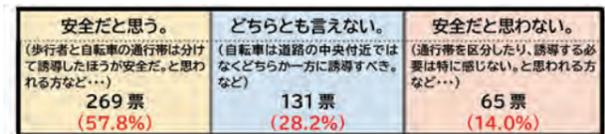
3 社会実験の検証結果

1回目の検証結果を踏まえて、2回目では歩行者優先の下で社会実験を実施したところ、歩行者は通常どおり通行する中で、自転車の通行区分は中央の自転車通行帯への集中が進み、特に下り方向では約6割の自転車が中央帯を通行する結果となった。また、自転車の通行速度も通常と大きく変わらず、街頭アンケート結果を見ると、「安全だと思う。」が最も多く約6割となっている。以上より、歩行者からの評価も向上し、路面表示等による自転車の中央帯への誘導に対して、一定の効果が確認された。

社会実験 2回目【自転車通行量(下り)結果】



社会実験 2回目【街頭アンケート】



465名が回答

4 社会実験結果に基づく暫定運用の開始

今回の社会実験の結果より、自転車歩行者専用道路全体において歩行者優先の考え方の下で、路面表示等により自転車を中央帯に概ね誘導することが可能となった。そのため、多摩市では説明会等による事前周知を行った上で、令和7年3月末より道路上に路面表示のペイントを行い、暫定運用を行っている。この暫定運用では、自転車の通行のあり方としては歩行者との交錯を避けるために、中央寄りをゆっくり走行するものとし、歩行者の通行のあり方としては通行方法に制約を設けるものではないとしている。

現在は、隣接している多摩中央公園のリニューアル整備が完了して、令和7年4月より開園していることから、それによる人流の変化等を見ながら、暫定運用の状況を確認しているところである。

暫定運用 レンガ坂 ~安全な通行のあり方~

暫定運用周知ポスター



暫定運用中の様子

Keywords | 3次元測量、UVAレーザ、MMS、地上レーザ、LiDARSLAM

大学キャンパス内における3次元測量手法の適用性



空間情報事業本部 計測グループ 担当課長
空間情報総括監理技術者/測量士



株式会社東光測建
測量一課 計測情報部 計測グループ
測量士



空間情報事業本部 計測グループ 担当課長
測量士



空間情報事業本部 計測グループ 担当課長
測量士補/地理情報標準認定資格

1 はじめに

近年の測量技術の発展は著しく、衛星測位システムの拡充や社会のニーズに即した3次元化の推進により、これまでの「点」の測量から「面」での測量へと進化している。

「面」を計測する3次元測量機器の利活用に向けた特色として、①UAV本体の多機能化、②各種レーザスキャナの普及、③新技術の導入と普及(LiDAR SLAM)、④作業マニュアル等の整備、⑤改正航空法の施工などが挙げられる。今回、大学キャンパス内の地形・建物等について、3次元測量機器を利活用した事例を紹介する。

2 測量範囲の特徴

大学キャンパス内の測量を行うにあたって、以下の地形的特徴を踏まえ、最適な3次元計測機器を選定し、複合的な利用により3次元地形(測量成果)を作成した。

- ・林地を含む広域なキャンパス敷地 (A≒65,000m²)の3次元計測
- ・主要国道を含むキャンパス敷地内の3次元計測
- ・横断道や建物周辺の工作物の3次元計測

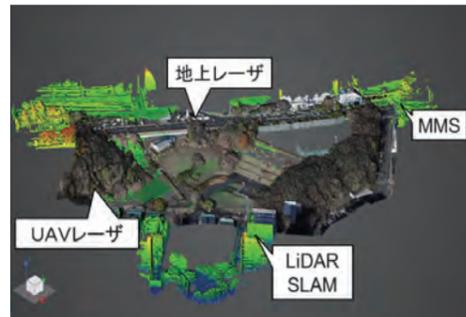


図-1 測量範囲

3 測量機器の複合的な利活用

作業規程の準則や各作業マニュアルの整備により新しい技術を用いた測量作業が可能となっている。これらの新技術の活用と大学キャンパス内の地形的特徴に対して、UAVレーザ・MMS・LiDARSLAM技術を複合的に利活用することで、今後の施設計画や維持管理等に資する測量成果を作成した。

(1) 林地を含む広域なキャンパス敷地の対応

林地を含む広域的な地形測量において3次元点群取得を目的としてUAVレーザによる測量を行った。

地図情報レベル1/500、要求精度400点/m²以上を確保するため、UAVの高度・スピードに適したダブルグリッド飛行により要求精度を確保した。

また、主要構造物や林地のグラウンドデータをより高密度に計測するために、地上レーザスキャナ(TLS)を用いて、空からの計測と陸からの計測による3次元点群を構築し、各種図面を作成した。

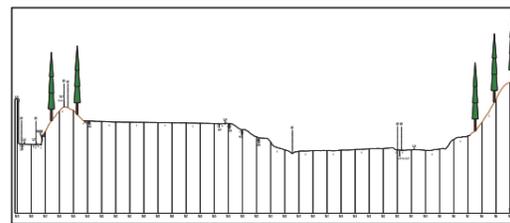


図-2 3次元点群(UAV)、横断面図

(2) 主要国道を含むキャンパス敷地の3次元計測

24時間交通量約50,000台となる片側2車線の主要道路であり、道路利用者の安全確保と交通規制等を回避するため、車載写真レーザ測量システム(MMS)を使用した。また、計測精度を十分に確保するため、計測時間帯の調整や車線毎の計測を行った。



図-3 車載写真レーザ測量システム(MMS)

(3) 横断道や建物周辺の工作物の3次元計測

UAVやMMSによるデータ取得困難箇所である橋梁桁下や横断地下道、建築物空間に対応するため、LiDARSLAM技術を用いて敷地内の歩行計測を行い、施設周辺の地形・工作物を詳細に再現した。



図-4 作業状況、3次元点群(RGB)

4 成果データの作成

取得した3次元点群は、オリジナルデータ(建物や樹木の高さ有)であり、地形図等の作成には、グラウンドデータ(地表面)等の作成が必要である。

(1) グラウンドデータの作成

フィルタリング作業では、3次元点群処理ソフトによる全体処理を行い、細部処理は、オルソ画像や360度画像による点検確認に加え、トータルステーションでの補備測量により、地表の点密度を確保した。

(2) TINデータと等高線データの作成

詳細な3次元地形を表現するため、TINによる構造化を行った。TIN作成では、構造物の端部と法肩及び法尻の傾斜変化点は、TS補備測量により計測し地形を表現した。また、グラウンドデータから等高線データを作成し、数値地形図に反映した。

(3) 各種図面の作成

3次元点群データを活用して、平面図・高低図・縦横断面図・樹木配置図等を作成した。

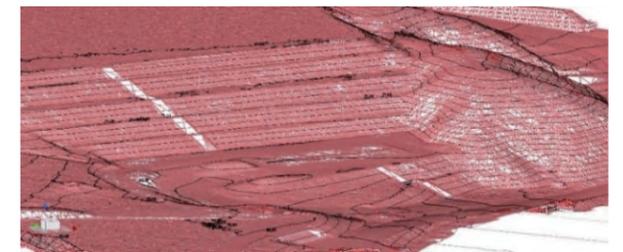


図-5 TIN+等高線データ

(4) 3次元点群の利活用

目的と条件に適応した3次元測量機器を用いたことで、現場作業時間の短縮と安全を確保することができた。また、取得した3次元点群データにより任意の断面抽出が容易となり、従来のTS測量に比べ詳細地形が把握できるメリットがある。

本業務では、3次元点群データの利活用について、発注者とのビューソフト勉強会を開催した。ユーザー側でも3次元点群データが手軽に利用できるよう、現地の地形把握と施設及び構造物等の正確な計測に加え、自在に縦横断面図を作成することができることをご理解いただいた。



図-6 建物外観の3次元点群

5 今後の展望

今後、3次元地形空間のデータを利用して、ライフラインを含むインフラ施設と既存建築物及び将来建築物の3次元モデル(BIM/CIM)と統合し、各々の施設情報等の属性を付与することで、キャンパス内の施設情報の一元管理や将来計画に向けたデータベース構築が可能である。

また、これらのデータベースをGISと連携を図ることにより、より広域的な3次元空間の統合管理が可能になることが期待される。

その一方、測量精度を満たす3次元点群はデータ容量も大きく、後工程(設計・施工・維持管理)での利活用に課題も残っている。これらの課題に対応するため、「点群データを活用した地形モデル作成ガイドライン(案)」(令和7年3月)が策定されており、後工程の目的に応じたデータ範囲・密度・測量項目を把握した上での測量を行うことが重要である。

震災対応から学ぶ測量DXと技術背景とその展開、 ならびに業界構造への示唆



市森 友明
代表取締役社長
技術士(総合技術監理部門、建設部門)
博士(経営科学)

1 はじめに

測量技術は、社会資本整備および防災・減災を支える基盤技術として発展してきた。近年では、UAV(無人航空機)やレーザー測量、三次元点群データの活用を中核とする測量DXが急速に進展し、測量業務の手法のみならず、業務プロセスや役割分担にも大きな変化をもたらしている。とりわけ災害対応分野においては、現地の安全性確保と迅速な状況把握が強く求められることから、これら新技術の重要性が一層高まっている。

また災害時には、従来型の地上測量のみでは対応が困難な場面が多く、UAVを母機とした写真測量や三次元レーザー測量の活用により、安全性と迅速性の両立が図られている(図-1)。また、公共測量マニュアルもこれら新技術を前提とした体系へと段階的に更新されており、制度面においても技術進展への対応が進んでいる。

UAVによる被災箇所調査が主力に

UAVを母機とした最新測量機器の搭載により様々な災害現場で活躍



図-1 災害で活用するUAVを主体とした測量

本稿は、2025年10月に開催された、一般社団法人富山県測量設計業協会創立60周年における筆者講演「災害対応における測量DXの活用」の内容を基礎としつつ、講演時間の制約により十分に論じることができなかった点群処理技術の発展過程や制度的背景について補足し、災害対応を切り口とした測量DXの技術的意義および実務への展開を整理することを目的とする。

2 LAStoolsが点群処理技術に与えた影響

UAV写真測量やレーザー測量等により取得される点群データは、地表面のみならず、樹木や建物等の地物を含む三次元点群データである。これらの点群データは、そのままでは地形解析や設計作業

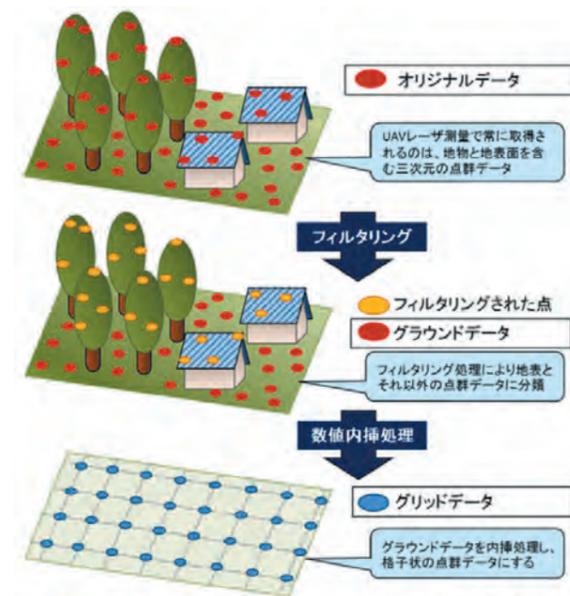


図-2 オリジナル・グラウンド・グリッドデータの概念図

に直接利用することができず、適切な処理工程を経る必要がある(図-2)。まず、取得された点群に対してフィルタリング処理を行い、地表面を構成する点(グラウンドデータ)と、それ以外の点群とに分類する。次に、抽出されたグラウンドデータは、不規則に分布しているため、数値内挿処理を施し、一定間隔の格子点に再配置することで、グリッドデータ、すなわち数値地形モデル(DTM)を生成する。この一連の処理により、地形形状を連続的に表現可能なデータ構造が得られ、等高線作成、土量算出、地形解析等への利用が可能となる。

現在、点群データが測量実務において広く利用されている背景には、これら一連の処理技術がソフトウェアの発展により商業的に利用可能になったことが大きく寄与している。以下に、点群処理技術の発展過程を整理する。

(1) LAStools誕生以前の点群処理技術

1990年代後半から2000年代初頭にかけて航空レーザー測量は実用化されていたものの、点群処理技術は未成熟であった。当時の点群処理は、測量機器メーカーや研究機関ごとに独自開発されたソフトウェアに依存しており、データ形式、処理アルゴリズム、ワークフローはいずれも標準化されていなかった。特に地表面抽出については、手動編集や経験則に大きく依存しており、処理結果の再現性や客観性に課題が存在していた。また、点群データ量の急増に対して計算機性能やアルゴリズムが十分に対応できておらず、大規模点群処理は膨大な労力を要する作業であった。この時代の点群処理は、熟練技術者の技能に依存した属人的作業であったと位置付けられる。

(2) LAStoolsの登場と点群処理の転換点

2000年代後半、Martin Isenburg 博士によって開発された LAStoolsは、点群処理技術に大きな転換点をもたらした。LAStoolsは、LAS / LAZ 形式の事実上の標準化を実現するとともに、地面抽出、分類、フィルタリング処理を体系化し、バッチ処理を前提とした処理思想を導入した。特に、progressive filtering やmorphological filteringに代表される地



図-3 LAStoolsからの系譜図(筆者イメージ)

面抽出アルゴリズムは、地形条件に応じた自動処理を可能とし、点群処理を属人的作業から再現性の高い技術へ発展させた。これにより、点群処理は研究用途にとどまらず、実用レベルでの大量処理が可能となった。LAStools思想の波及とオープンソース化LAStoolsによって確立された処理思想は、その後、PDAL(Point Data Abstraction Library)に代表されるオープンソースソフトウェアへと継承された。PDALは、モジュール化、拡張性、他GISソフトとの連携、プラットフォーム非依存を志向したライブラリとして発展している。これにより、点群処理技術は特定の開発者や企業に依存するものではなく、共有可能な技術基盤として広く普及し、点群処理技術は成熟期へと移行したと評価できる。

(3) 商用ソフトウェアへの展開と産業化

LAStools、および、PDALの技術的成果は、Trimble、Autodesk、Bentley等の商用ソフトウェアにも取り込まれ、GUIを備えた操作性の高い点群処理環境が整備された(図-3)。これにより、点群処理は専門技術者に限らず、設計者や施工管理者にも利用可能な技術へと拡張された。

(4) 日本におけるローカライズと実務定着

日本では、公共測量制度、成果作成要領、座標系、精度管理などの制度的要件が存在するため、海外製の汎用点群処理ソフトをそのまま適用することは困難であった。この課題に対し、国産の点群処理ソフトウェアは、LAStools やPDAL 系アルゴリズムを基礎としつつ、日本の公共測量マニュアルに適合した実務フローを内包することで、国際標準技術を国内実務へ定着させてきた。

注目トピックス

注目トピックス

軍事技術開発と共に発展する測量DX技術

- GPS (グローバル・ポジショニング・システム)
 - ・原 点: アメリカ国防総省が開発した衛星ナビゲーションシステム。
 - ・民間応用: 自動車やスマートフォンのナビゲーションシステム、位置情報サービス、測量計画、農業オートメーション。
- ドローン技術
 - ・原 点: 軍事偵察および監視のための無人航空機。
 - ・民間応用: 空撮、農業監視、インフラ検査、配送サービス、創造的製作分野。
- レーザ技術
 - ・原 点: 航空機の探知や追尾のために開発されたレーザ技術。
 - ・民間応用: 気象観測、地形調査、無人機(ドローン)障害物回避システム。
- レーザ技術・LIDAR SLAM (ライダースラム) 技術
 - ・原 点: 軍事目的での高精度な標的探知と距離測定。
 - ・民間応用: 自動運転技術、3D地図作成、建設測量、森林や都市の精密な地形分析。
- ソナー技術
 - ・原 点: 潜水艦探知のために開発された音響ソナー技術。
 - ・民間応用: 海洋調査、漁業用魚群探知機、環境調査、海底地形図作成。
- 衛星画像技術
 - ・原 点: 偵察衛星を使った軍事的監視。
 - ・民間応用: 地球観測、農作物モニタリング、災害管理、都市計画、環境保護。

図4 商業化される軍事技術

3 軍事技術と測量技術の関係

測量技術の進展は、軍事技術と密接な関係を有している。GPS、レーザ測距技術、衛星リモートセンシングなど、多くの基礎技術は国防上の要請を背景とした研究開発により先行的に開発され、その後、民生分野へと転用されてきたものである(図-4)。

これらの技術開発は、国家安全保障を最優先とする性質上、短期的な経済合理性よりも技術的達成や戦略的価値が重視される傾向にある。このため同様の規模やリスクを伴う研究開発を、純粋に民間主導で実施することは容易でない場合が多い。測量分野においても、こうした軍事技術を起点とする技術的蓄積の恩恵を受け、計測精度の向上や観測手法の高度化が実現してきた。

以上のような技術史的背景を理解することは、測量技術がどのような社会的要請のもとで発展してきたかを把握する上で重要であり、将来的な展開を考察する上でも有用である。

4 災害対応における測量DXの意義

災害対応においては、通常時以上に迅速性が重視され、現況復旧設計が主流となる。そのため UAV を用いた写真測量、および、三次元レーザ測量の有効性は一層高まっている。特に、能登半島地震においては、これら技術が最大限に活用され、災害査定プロセスの迅速化に大きく寄与した

災害時こそ徹底した測量DX



図5 災害時に有効な測量DX

(図-5)。近年大規模災害では、詳細な図面作成を必要としない簡易査定方式が採用される傾向にあり、UAV写真測量等による迅速な現況把握の有効性がさらに高まっている。一方で、簡易査定は後工程において設計作業の負担が増大する側面を有する。しかしながら、査定段階で取得した三次元数値地形データを設計段階へシームレスに活用することで、後工程の負担軽減と迅速な復旧設計対応が可能となる。

一方で、迅速な復旧設計は、設計コンサルタントが三次元数値地形データを適応に取り扱う能力に大きく依存する。三次元データを設計に直接活用できない企業においては、従来型の平面図・縦断面図・断面図といった二次元成果を測量段階で求める傾向があり、測量から設計への移行フェーズでの負荷が高くなる。このことは、復旧設計の迅速化を阻害する要因の一つである。

以上より、迅速な復旧設計を実現するには、災害対応に関与するすべて測量設計関連企業が、三次元データを前提としたDXへ適応していくことが不可欠であるといえる。

5 災害時フロントローディングの重要性

国土交通省が推進するi-Constructionでは、調査・設計段階に十分なリソースを投入するフロントローディングが重要な概念として位置付けられている。災害時には、このフロントローディングの効果により顕著に現れ、初期段階での高精度データ

災害時フロントローディング
最も困難な局面に、最も高度な技術をコストを制約とせず、先行投入する

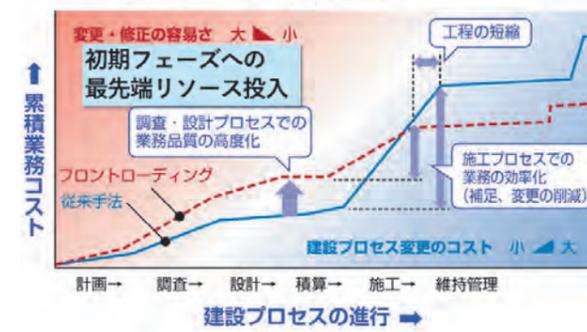


図6 災害時のフロントローディング

取得が迅速かつ合理的な復旧対応を可能とする。

特に、災害対応において最も困難とされる初期調査段階においては、後工程の効率化を見据え、可能な限り高度な測量技術を投入することが重要である。この際、通常時におけるコスト制約を前提とした判断ではなく、復旧全体の迅速化、および、合理化を目的として、調査初期段階にリソースを投入する考え方、すあわち「災害時フロントローディング」が有効であると考えられる(図-6)。

6 縦軸経営としての測量業の将来像

測量技術の進化が加速する中、従来のOJT中心の技術継承に加え、新技術の活用を軸とする縦軸型の人材育成、および、経営が求められている。ジェームズ・マーチが提唱した両利きの枠組みに照らすと、経験の蓄積に依存するOJT中心の経営

技術進化への対応が現在の測量

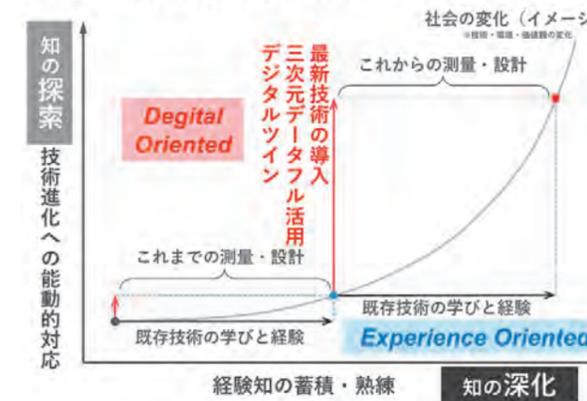


図7 測量業の縦軸経営

は、既存知識の深化を志向する横軸に位置付けられる(図-7)。

一方、近年の測量業において縦軸型の経営がより適合すると考えられる背景には、従来測量手法から三次元点群処理を前提とした新たな手法への転換がある。点群処理技術は、かつては熟練技術者の経験に依存する属人的作業であったが、処理アルゴリズムとソフトウェアの発展により、現在では汎用性の高い標準化された作業へと移行してきた。この技術的変化に伴い、測量業に従事する人材に求められるスキルの内容も大きく変化している。

さらに、人材不足が深刻化する測量業界においては、個々の豊富な経験と高度な専門性に依存した体制を維持することが困難となりつつある。そのため、人材に求められる能力は、特定分野の専門性のみならず、標準性された技術を横断的に活用できる汎用性や再現性の高い技能へと重心が移りつつある。このような縦型経営を前提とした人材育成は、測量業界が持続的に発展していくための重要な視点であると考えられる。

7 終わりに

本稿では、災害対応を切り口として測量DXの技術的背景と点群処理技術の発展過程を、制度的変遷および実務への適用という観点から整理した。特に、LAStoolsに代表される点群処理技術の標準化が、測量実務の再現性向上と大量処理を可能とし、オープンソース化や商用展開を経て社会実装へと進展してきた過程を示した。

これらの技術的進化は、災害対応の迅速化や安全性向上に寄与するとともに、測量業界の業務構造や人材育成の在り方にも影響を及ぼしている。

今後は、技術の高度化に加え、制度との整合や実務への適切な実装、組織的な対応力の強化が重要となる。測量DXは一過性の技術潮流ではなく、測量業界の持続的発展を支える基盤であり、今後も災害対応を含む多様な分野において、その役割は拡大していくものと位置付けられる。

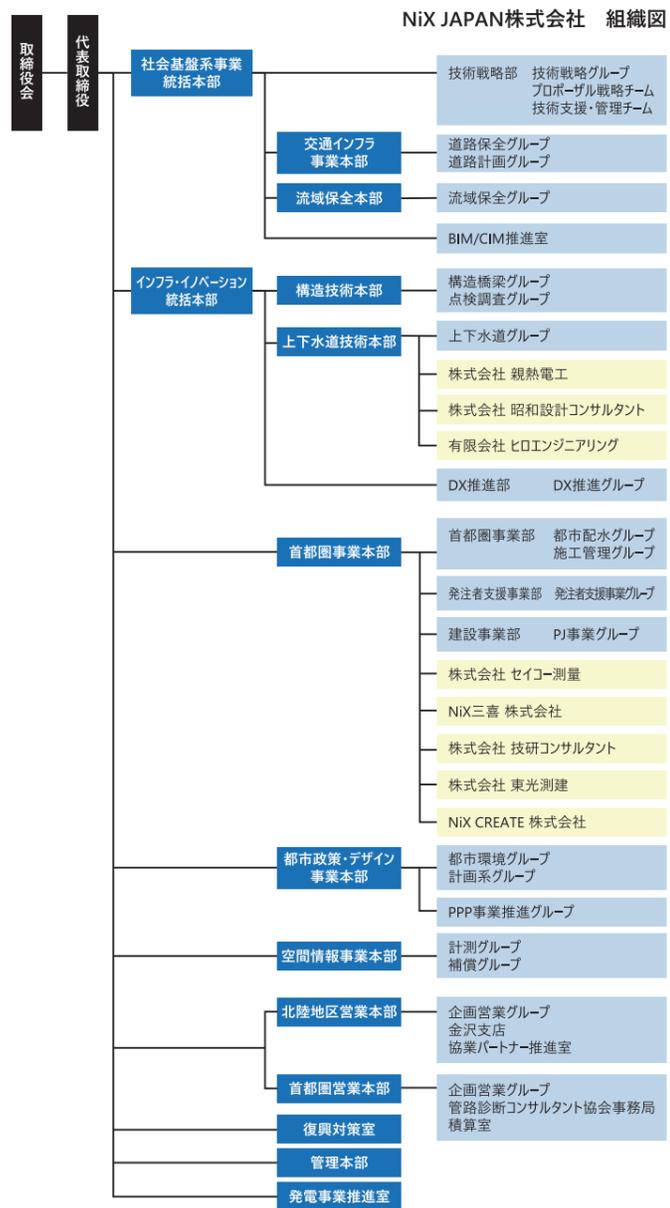
注目トピックス

注目トピックス

NiX JAPAN株式会社 会社概要

商号 NiX JAPAN株式会社 (NiX JAPAN Co. Ltd.)
 代表者 代表取締役社長 市森 友明
 設立 1979年4月25日
 資本金 8,000万円
 事業内容 インフラ技術サービス事業(総合建設コンサルタント、補償コンサルタント、測量調査業、新エネルギー開発事業)
 本社所在地 富山本社 〒930-0857
 富山県富山市奥田新町1番23号
 TEL 076-464-6520
 東京本社 〒101-0031
 東京都千代田区東神田二丁目5番12号
 TEL 03-6802-8876

2026年度組織図



各種設定など



有資格者数

技術士	建設部門	河川、砂防及び海岸・海洋	10名	89名			
		道路	15名				
		都市及び地方計画	14名				
		土質及び基礎	2名				
		鋼構造及びコンクリート	5名				
		トンネル	1名				
		建設環境	4名				
		施工計画、施工設備及び積算	1名				
		上下水道部門	上下水道及び工業用水道		4名		
		下水道	10名				
	農業部門	農業土木	4名				
	環境部門	環境保全計画	1名				
		自然環境保全	1名				
	森林部門	森林環境	1名				
	電気電子部門	電気設備	1名				
RCCM	建設・河川、砂防及び海岸・海洋	建設・道路	4名	36名			
		建設・都市及び地方計画	3名				
		建設・土質及び基礎	1名				
		建設・鋼構造及びコンクリート	1名				
		建設・トンネル	1名				
		建設・建設環境	1名				
		上下水道・下水道	1名				
		環境・環境保全	1名				
		河川、砂防及び海岸・海洋	6名		6名		
		港湾及び空港	2名				
道路	5名						
上下水道及び工業用水道	1名						
下水道	1名						
都市計画及び地方計画	2名						
廃棄物	1名						
土質及び基礎	2名						
鋼構造及びコンクリート	11名						
トンネル	1名						
博士	工学	工学	3名	35名			
		学術	2名				
		経営科学	1名				
		補償業務管理士	土地調査		土地調査	10名	35名
					土地評価	1名	
					物件	7名	
					事業損失	6名	
					機械工作物	2名	
					営業補償・特殊補償	2名	
					補償関連	5名	
総合補償	2名						
土地改良補償業務管理士	3名			6名			
測量士	35名						
空間情報総括監理技術者	1名						
地籍主任調査員	9名						
地籍工程管理士	4名						
地籍総合技術監理者	1名						
1級土木施工管理技術士	42名						
1級造園施工管理技術士	7名						
1級電気工事施工管理技術士	1名						
一級建築士	5名						
1級建築施工管理技術士	2名						
農業土木技術管理士	4名						
畑地かんがい技術士	1名						
上級土木技術者	1名	6名					
1級土木技術者	銅・コンクリート		1名				
	流域・都市		3名				
	河川・流域		1名				
	メンテナンス		1名				
河川維持管理技術者	1名						
下水道事業団第1種技術検定	2名						
下水道事業団第2種技術検定	5名						
下水道事業団第3種技術検定	2名						
下水道管理技術者(処理施設)	1名						
コンクリート診断士	8名						
1級構造物診断士	1名						
道路橋点検士	24名						
地質調査技術士	1名						
基本情報処理技術者	1名						
高度情報処理技術者	3名						
第2種ダム水路主任技術者	1名						

グループ企業一覧

NiX JAPANグループは、NiX JAPAN株式会社を基幹企業とし、国内15社、海外7社のグループです。成長事業ドメインを「インフラ技術サービス事業」、「DXサービス事業」、「エネルギー・海外事業」の3事業に定義し、事業拡大とグループ全体のシステム連携を強化し、グループ全体でSOCIAL DESIGN INNOVATOR(社会を築く、デザインを実装するブランド)を目指してまいります。



NiX JAPAN 株式会社

