

資料

令和3年度第5回国土技術政策総合研究所研究評価委員会

分科会（第一部会） 議事次第・会議資料

# 令和3年度第5回国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会（第一部会）

## 議事次第

日時：令和3年11月2日（火）

場所：WEB開催

1. 開会
2. 国総研所長挨拶
3. 分科会主査挨拶
4. 評価方法・評価結果の扱いについて
5. 評価
  - ＜令和2年度終了の事項立て研究課題の終了時評価＞
  - ・下水道管路を対象とした総合マネジメントに関する研究
  - ・避難・水防に即応可能な情報伝達のための決壊覚知・氾濫実況予測に関する研究
  - ・大規模地震に起因する土砂災害のプレアナリシス手法の開発
  - ・洗掘の被害を受ける可能性が高い道路橋の抽出と改造マニュアルの開発
6. 国総研所長挨拶
7. 閉会

## 会議資料

	頁
資料1 国土技術政策総合研究所研究評価委員会分科会（第一部会）委員一覧	127
資料2 評価方法・評価結果の扱いについて	128
資料3 研究課題資料	
3-1 下水道管路を対象とした総合マネジメントに関する研究	129
3-2 避難・水防に即応可能な情報伝達のための決壊覚知・氾濫実況予測に関する研究	140
3-3 大規模地震に起因する土砂災害のプレアナリシス手法の開発	148
3-4 洗掘の被害を受ける可能性が高い道路橋の抽出と改造マニュアルの開発	156

注) 資料3については、研究評価委員会分科会当日時点のものである。

注) 資料3の一部の図表等について、著作権等の関係により非掲載としている。

国土技術政策総合研究所研究評価委員会 分科会  
(第一部会) 委員一覧

第一部会

主査

古関 潤一 東京大学大学院工学系研究科社会基盤学専攻 教授

委員

鼎 信次郎 東京工業大学環境・社会理工学院  
土木・環境工学系 教授

里深 好文 立命館大学理工学部 教授

菅原 正道 (一社)建設コンサルタンツ協会 技術委員会委員長  
パシフィックコンサルタンツ株式会社  
取締役 常務執行役員

関本 義秀 東京大学空間情報科学研究センター 教授

田村 圭子 新潟大学危機管理本部危機管理室 教授

戸田 祐嗣 名古屋大学大学院工学研究科 教授

中島 典之 東京大学環境安全研究センター 教授

濱岡 秀勝 秋田大学大学院理工学研究科システムデザイン工学  
専攻土木環境工学コース 教授

※五十音順、敬称略

## 評価方法・評価結果の扱いについて

（第一部会）

### 1 評価の対象

令和2年度に終了した事項立て研究課題の終了時評価

### 2 評価の目的

「国の研究開発評価に関する大綱的指針」、「国土交通省研究開発評価指針」に基づき、外部の専門家による客観性と正当性を確保した研究評価を行い、評価結果を今後の研究の目的、計画等へ反映することを目的とする。

### 3 評価の視点

必要性、効率性、有効性の観点を踏まえ、「研究の実施方法と体制の妥当性」「目標の達成度」について終了時評価を行う。

【必要性】科学的・技術的意義、社会的・経済的意義、目的の妥当性等

【効率性】計画・実施体制の妥当性等

【有効性】目標の達成度、新しい知の創出への貢献、社会・経済への貢献、人材の育成等

評価にあたっては、研究開発課題の目的や内容に応じ、研究課題毎に初期、中期、後期の段階に振り分け、それぞれの段階に応じて、以下の留意すべき点を踏まえた評価を行う。

（ 初期段階：先進的あるいは挑戦的な取組  
中期段階：実用化に向けた取組  
後期段階：普及あるいは発展に向けた取組 ）

### 4 進行方法

（1）評価対象課題に参画等している委員の確認

評価対象課題に参画等している委員がいる場合、対象の委員は当該研究課題の評価には参加できない。（該当なし）

（2）研究課題の説明（10分）

（3）研究課題についての評価（15分）

① 主査及び各委員により研究課題について議論を行う。

② 審議内容、評価等をもとに、主査が総括を行う。

### 5 評価結果のとりまとめ及び公表

評価結果は審議内容、評価用紙等をもとに、後日、主査名で評価結果としてとりまとめ、議事録とともに公表する。

なお、議事録における発言者名については個人名を記載せず、「主査」、「委員」、「事務局」、「国総研」等として表記する。

### 6 評価結果の国土技術政策総合研究所研究評価委員会への報告

本日の評価結果について、今年度開催される国土技術政策総合研究所研究評価委員会に分科会から報告を行う。

# 下水道管路を対象とした総合マネジメントに関する研究

研究代表者	: 下水道研究部長 南山 瑞彦
課題発表者	: 下水道研究室長 岡安 祐司
関係研究部	: 下水道研究部
研究期間	: 平成30年度～令和2年度
研究費総額	: 約45百万円
技術研究開発の段階	: 中期段階



National Institute for Land and Infrastructure Management, MLIT, JAPAN



## 1. 研究開発の背景・課題

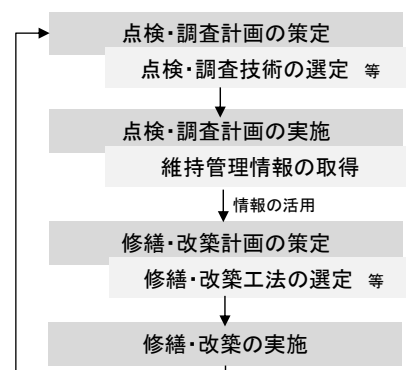
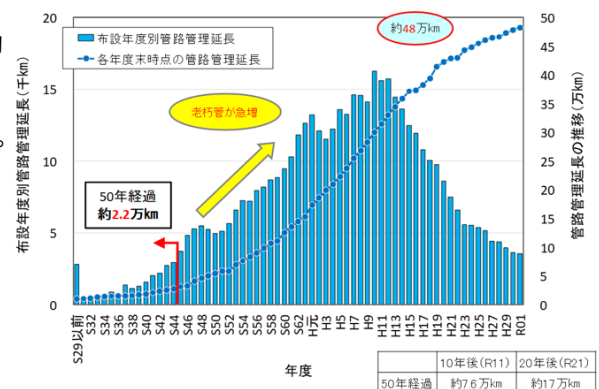
### 背景

- 下水道管路ストックは令和元年度末時点で約48万kmと膨大になり、標準耐用年数50年を経過した管渠の延長は現時点では約2.2万km(総延長の5%)だが、10年後は7.6万km(16%)、20年後は17万km(35%)と今後急速に老朽管が増加する。
- 老朽化等に起因する道路陥没は年間約2,900件発生(R1年度)。
- 平成27年の下水道法改正により、腐食のおそれの大きい箇所5年に1回以上の点検や異常判明時の措置等が地方公共団体に義務づけられ、法定事業計画に基づく点検調査が本格化している。
- これまで、国交省や企業等において、管路の点検調査の効率化・高速化を目的に、机上スクリーニング手法の検討や点検調査技術の開発等に取り組んできている。
- しかし、地方公共団体の下水道職員数が減少し、人口減少による下水道使用料収入の減少など財政状況も厳しくなる中、より効率的な管路の点検・調査や管路管理に係るコストの最適化が必要である。

### 課題

- 現在、管材の種類などに応じた点検・調査技術の選定の考え方が明確でないことに加え、スクリーニング調査方法など新技術の開発加速により技術の多様化が進み、予算・人材の限られる中小都市では効率的な点検・調査手法の選定・実施が困難な状況。
- 平成27年の下水道法改正等により、地方公共団体において点検・調査結果等の情報が蓄積されつつあるが、これら維持管理情報をどのように効率的な修繕・改築等につなげ、適切な管路マネジメントサイクルを構築していくかが課題。

■ 管路施設の年度別管理延長(R1末現在)



基本的な管路マネジメントサイクル



## 2. 研究開発の目的・目標

### 目的・目標

効率的かつ実効性のある管路マネジメントサイクルの構築を実現し、管路システムの持続的な機能確保及びコスト最適化を図ることを研究開発の目的とし、以下の項目を開発目標として研究を実施した。

- ① 効率的な点検調査を実施するため、管材の種類などに応じた点検・調査技術の選定手法を開発する。
- ② 事故リスクの低減を図りながら経済的に管路施設を管理するため、維持管理情報を活用した修繕・改築工法の選定手法を開発する。

### 必要性

#### インフラの維持管理・更新に関する政府の方針(平成29年度:研究開始時)

- 経済財政運営と改革の基本方針2017(H29.6閣議決定),未来投資戦略2017(H29.6閣議決定)  
「快適なインフラ・まちづくり」を戦略分野として、政策資源を集中投入し、老朽化施設の更新において効率性と安全性を両立させ、安定した維持管理・更新を浸透させていくこととしている。
- 下水道法改正(H27下水道法改正)  
管路のうち腐食のおそれの大きい箇所について、5年に1回以上の点検や異常判明時の措置等を地方公共団体に義務づけ、法定事業計画に点検の方法・頻度を記載することとしている。
- 社会資本整備重点計画(H27.9閣議決定)  
政策パッケージとして、「メンテナンスサイクルの構築による安全・安心の確保とトータルコストの縮減・平準化の両立」、「メンテナンス技術の向上とメンテナンス産業の競争力の強化」が位置づけられ、戦略的な維持管理・更新を推進することとしている。

(参考)令和3年度に策定された政府方針

- 経済財政運営と改革の基本方針2021(R3.6月閣議決定)
  - ・ 新技術等の導入促進や集約・再編等の広域的取組による公的ストック適正化も含め予防保全型のメンテナンスへの早期転換を図る。
- 成長戦略フォローアップ(R3.6月閣議決定)
  - ・ インフラメンテナンスの効率化を図るため、新技術やデータの利活用、包括的民間委託等を円滑に導入できる仕組みを2024年度までに検討するとともに、官民の技術マッチング等を図るためインフラメンテナンス国民会議の機能を強化する。

2



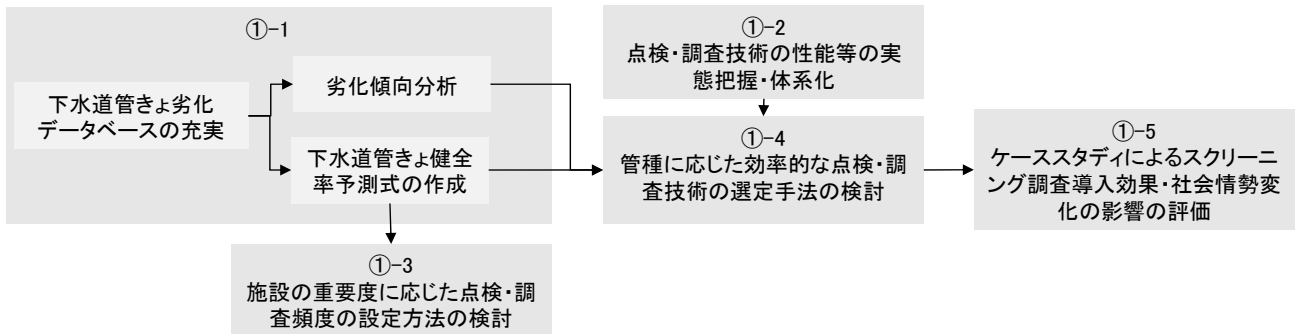
## 3. 研究開発の概要

### 研究開発の概要

- ・ 本研究では、効率的かつ実効性のある管路マネジメントサイクルの構築に向け、管材の種類等の状況に応じた点検・調査技術の効率的な選定手法を検討するとともに、蓄積された維持管理情報を活用した、効率的な修繕・改築工法の選定手法を検討した。

#### 研究開発目標①

管材の種類などに応じた点検・調査技術の選定手法の開発



#### 研究開発目標②

維持管理情報の活用による修繕・改築工法の選定手法の開発



3



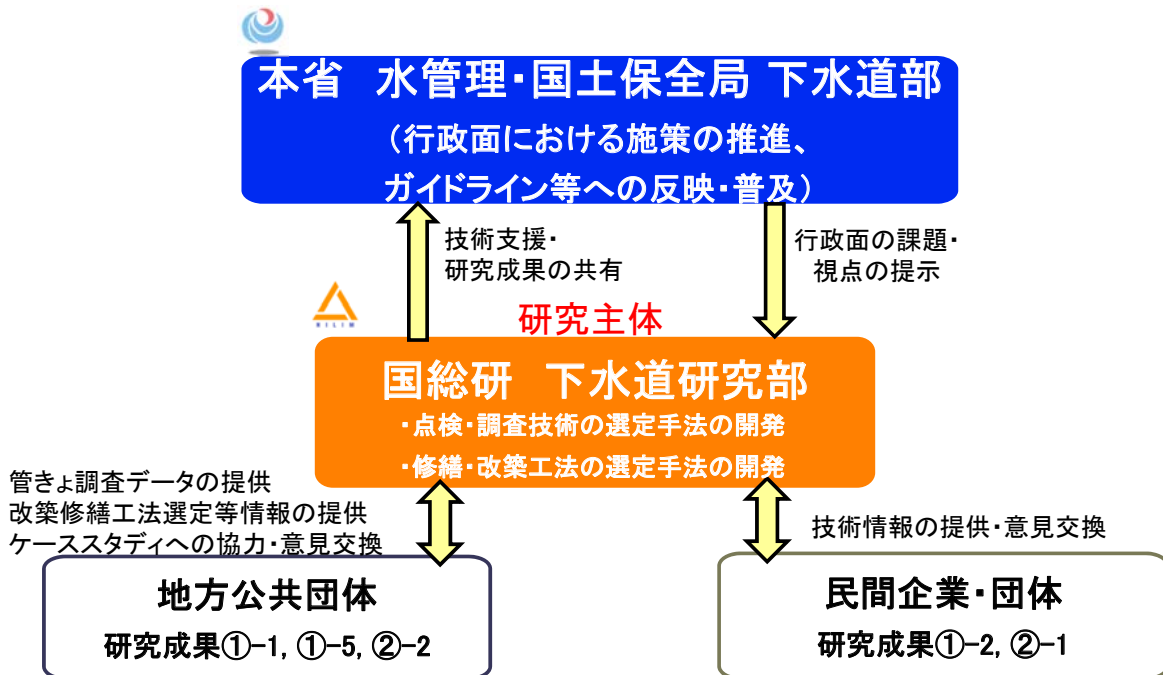
## 4. 研究のスケジュール

区分(目標、テーマ、分野等)		実施年度			総研究費	
		H30	R1	R2	研究費配分	
		(研究費[百万円])	16	16	13	総額45 [百万円]
①	管材の種類など に応じた点検・調査 技術の選定手法の 開発	①-1 下水道管きよ劣化データベースの充実・劣化傾向分析・健全率予測式作成	[Gantt bar spanning H30, R1, R2]			約30 [百万円]
		①-2 点検・調査技術の性能等の実態把握・体系化	[Gantt bar spanning H30, R1]			
		①-3 施設の重要度に応じた点検・調査頻度の設定方法の検討	[Gantt bar spanning R1, R2]			
		①-4 管種に応じた効率的な点検・調査技術の選定手法の検討	[Gantt bar spanning R1, R2]			
		①-5 ケーススタディによるスクリーニング調査導入効果・社会情勢変化の影響の評価	[Gantt bar spanning R2]			
②	維持管理情報の活用による修繕・改築工法の選定手法の開発	②-1 修繕・改築工法の実態把握・工法選定に必要な情報の整理	[Gantt bar spanning H30, R1]			約15 [百万円]
		②-2 維持管理情報に基づく修繕・改築工法の選定手法の検討	[Gantt bar spanning R1, R2]			

4



## 5. 研究の実施体制



### 効率性

地方公共団体や民間企業との連携の下、点検・調査及び修繕・改築等の実施状況や技術等に関する情報を収集するとともに、これまで国総研や他研究機関で蓄積してきた管路劣化等に関する知見も活用して効果的に分析・検討を行うなど効率的に研究を実施した。また、国土交通本省下水道部と連携し、ガイドラインへの反映等により成果の早期普及を図った。

5



## 6. 研究成果:①-1 下水道管きよ劣化データベースの充実・劣化傾向分析・健全率予測式作成

- 下水道管きよ劣化データベースを充実し、公開した(令和3年6月)。
- 劣化傾向の分析を行なった。
- 下水道管きよ健全率予測式を作成し、公開した(令和3年6月)。

### ●下水道管きよ劣化データベースの充実

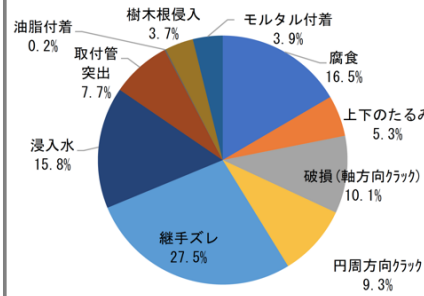
- 平成29年(2017年)公開版(Ver.2)から約5.9万スパン分を追加(24%増)し、計60地方公共団体、約31万スパン分のデータをVer.3として公開(R3.6月)。
- 点検調査データの蓄積の少ない地方公共団体の点検調査優先箇所や改築需要予測の検討に活用可能。



- 【参考】
- 劣化データベース(公開版ver.3)のカバー率:約2%
    - ・データベース約31万スパン:約9,000km
    - ・全国の整備済み下水道管きよ:約48万km
  - 次は、令和7年度初旬を目処に拡充予定

### ●劣化傾向分析

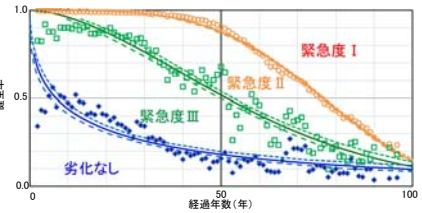
- 劣化データベースのデータに基づき、管種ごとの異常発生傾向を分析した。
- 異常発生傾向を考慮した管きよの点検・調査技術の選定により、異常の発見の効率化と、不具合発生 of 未然防止につながる。



コンクリート管の異常発生割合

### ●下水道管きよ健全率予測式作成

- 劣化データベース(分析用・非公開)のデータに基づき、健全率予測式2021を作成し公開(R3.6月)。
- 点検調査データの蓄積の少ない地方公共団体において、管路施設全体の劣化状態(緊急度)や将来の改築需要を予測する際に活用可能。(→参考資料2参照)



コンクリート管の健全率予測式

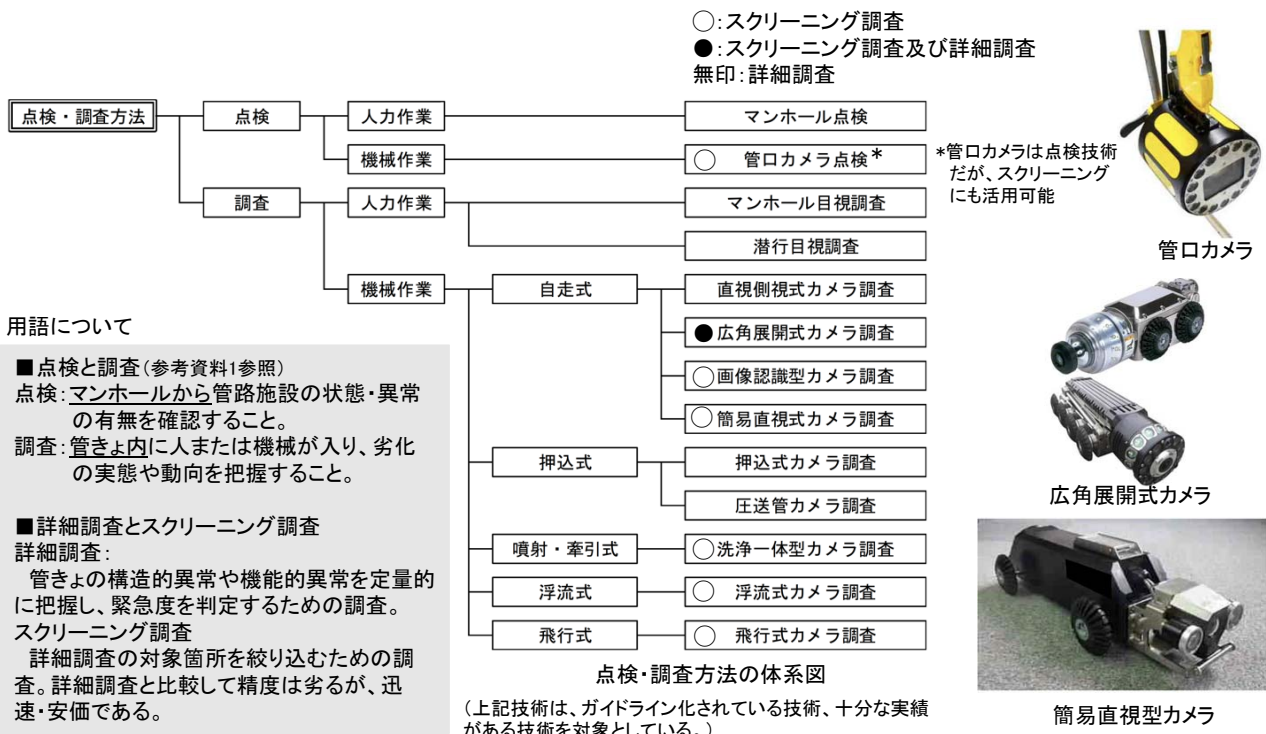
- 【参考】
- 劣化データベース(分析用)のカバー率:約3%
    - ・データベース約46万スパン:約14,000km
    - ・全国の整備済み下水道管きよ:約48万km
  - 次は、令和7年度初旬を目処にデータベースを拡充し、健全率予測式を更新予定

6



## 6. 研究成果:①-2 点検・調査技術の性能等の実態把握・体系化

- スクリーニング調査方法など新技術の開発加速により多様化が進む下水道管きよ点検・調査技術に関し、文献調査や企業へのヒアリング等を通じ、その技術概要や適用範囲等を調査し、整理体系化した。
- 「維持管理情報等を起点としたマネジメントサイクル確立に向けたガイドライン(令和2年3月 国交省下水道部・国総研下水道研究部)【参考資料3】」に反映された。→点検・調査手法の選定の円滑化を促進につながる。



### 用語について

- 点検と調査(参考資料1参照)  
点検:マンホールから管路施設の状態・異常の有無を確認すること。  
調査:管きよ内に人または機械が入り、劣化の実態や動向を把握すること。
- 詳細調査とスクリーニング調査  
詳細調査:  
管きよの構造的異常や機能的異常を定量的に把握し、緊急度を判定するための調査。  
スクリーニング調査  
詳細調査の対象箇所を絞り込むための調査。詳細調査と比較して精度は劣るが、迅速・安価である。

(上記技術は、ガイドライン化されている技術、十分な実績がある技術を対象としている。)

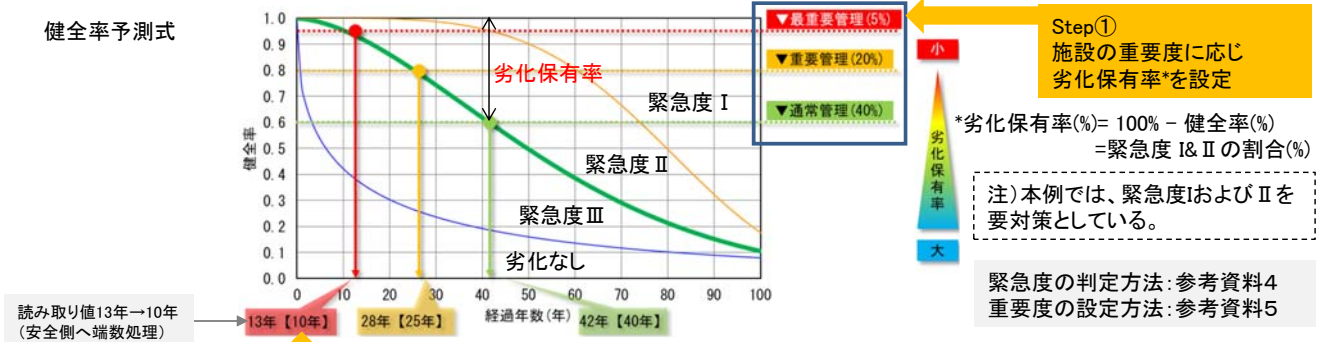
7





## 6. 研究成果: ①-3 施設の重要度に応じた点検・調査頻度の設定方法の検討

- 予算や人員の制約等により、下水道維持管理指針で示されるような頻度(10年に1回)での詳細調査が困難な場合が多いため、管きよの重要度に応じたメリハリのある調査頻度を設定する必要がある。
- 本研究では、管きよの重要度に応じて「劣化保有率」を設定することで、点検・調査頻度を設定する手法を提示した。
- 本手法は、「維持管理情報等を起点としたマネジメントサイクル確立に向けたガイドライン(令和2年3月 国交省下水道部・国総研下水道研究部)」に反映された。
- 従来手法(信頼性重視保全)と比較して設定が容易であり、維持管理情報が少なく独自に点検・調査頻度の設定が困難な都市における活用が期待される。



Step②  
劣化保有率が設定値となる経過年数 = 点検調査1回目(着手時期)とする。

頻度区分	前回点検・調査結果		最重要管理 【線的管理】	重要管理 【線的管理】	通常管理 【面的管理】
	判定	対策区分			
1回目 (着手時期)	—	—	10年	25年	40年
2回目以降 (サイクル)	劣化なし	改築を実施 修繕を実施	5年*	10年*	20年*
	緊急度 I または II				
	緊急度 III				

※ 予防保全の観点から1回目の頻度の概ね1/2以下に設定。

Step③  
2回目以降の頻度は、前回の点検調査結果もしくは対策に応じ設定。

例えば、1回目の点検調査の結果、改築を実施した場合、2回目の調査点検時期は、1回目と同様の時期とする。

8

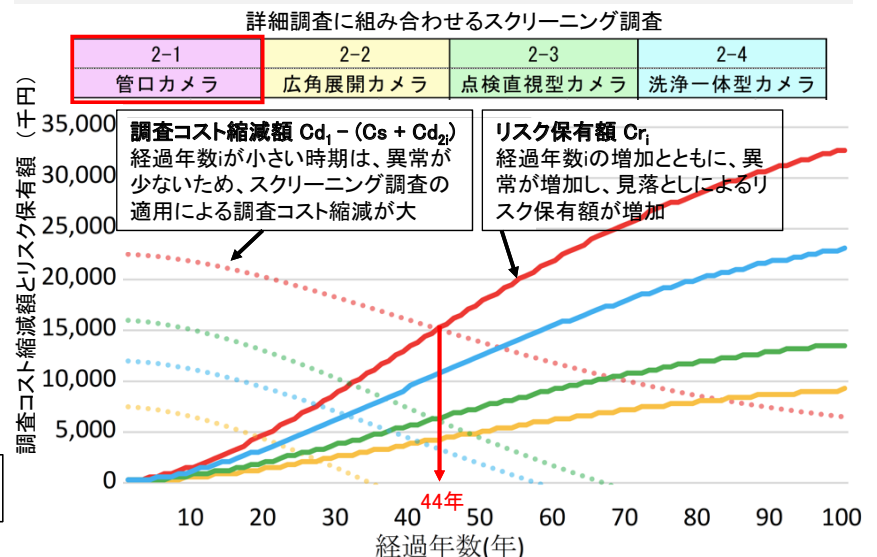
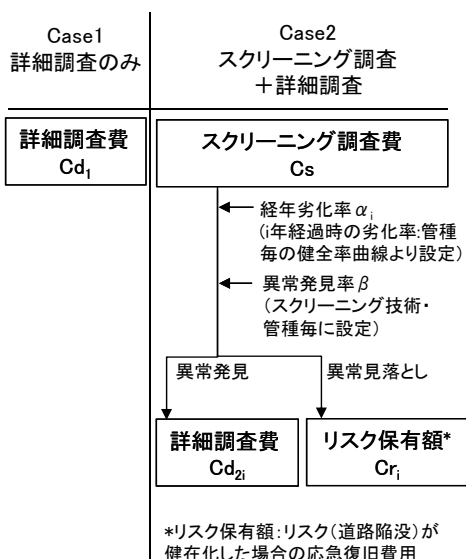


## 6. 研究成果: ①-4 管種に応じた効率的な点検調査技術の選定手法の検討

- 膨大な下水管きよに対し詳細調査を行うことは、コスト・人員面等の制約の中で困難な状況にある。
- そのため、迅速かつ安価なスクリーニング調査で、ある程度の異常を把握した後に、詳細調査を実施することが有効。
- しかし、スクリーニング調査は異常を一定程度見落としすることがあり、リスクを保有することにつながる。
- 本研究では、スクリーニング調査による異常見落としによるリスク保有も勘案した経済性比較により、管種に応じた点検調査技術の選定を行う手法を提示した。

スクリーニング調査の活用の  
経済性比較手法

コンクリート管※におけるスクリーニング調査の活用による調査コスト縮減額とリスク保有額の試算例 (※本研究では、陶管・塩ビ管についても同様の手法を提示。)



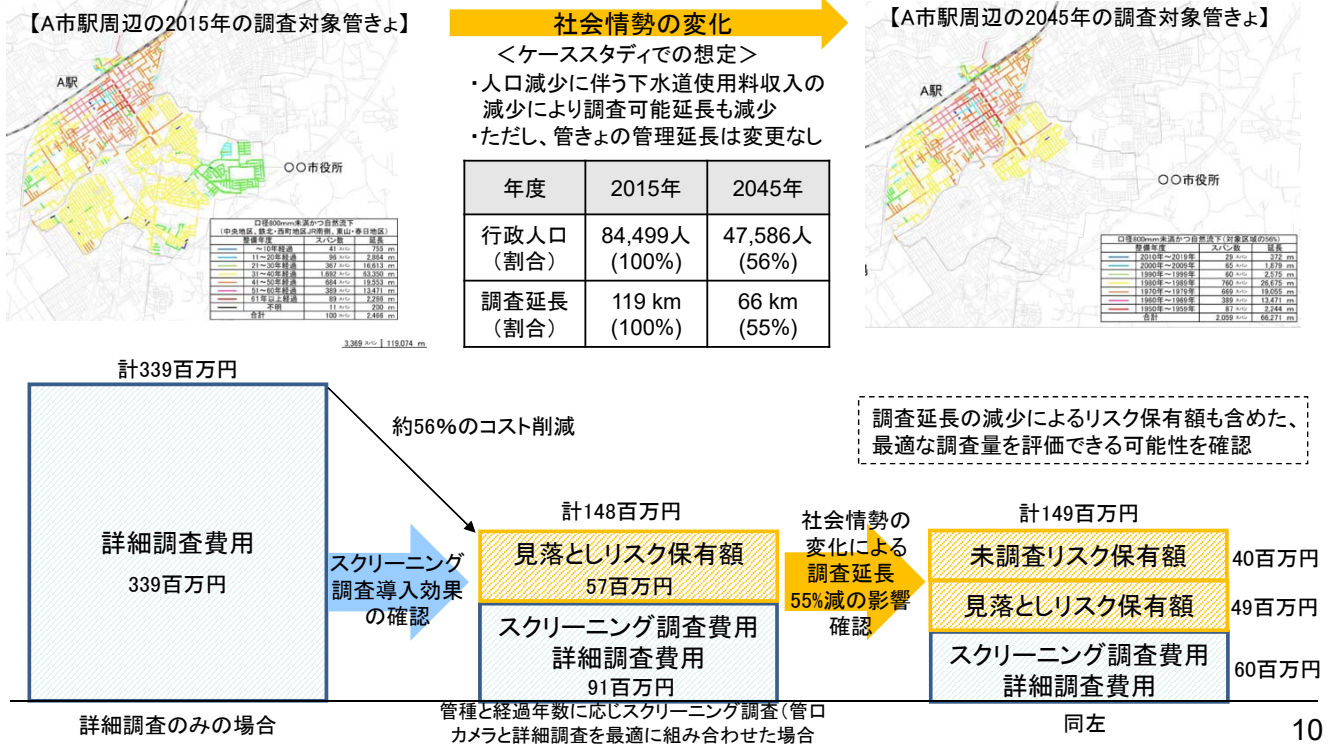
→ 本試算例では、コンクリート管設置から44年までは、管口カメラ(スクリーニング) + 詳細調査の組合せが経済的であり、それ以降は、詳細調査のみが経済的。

9



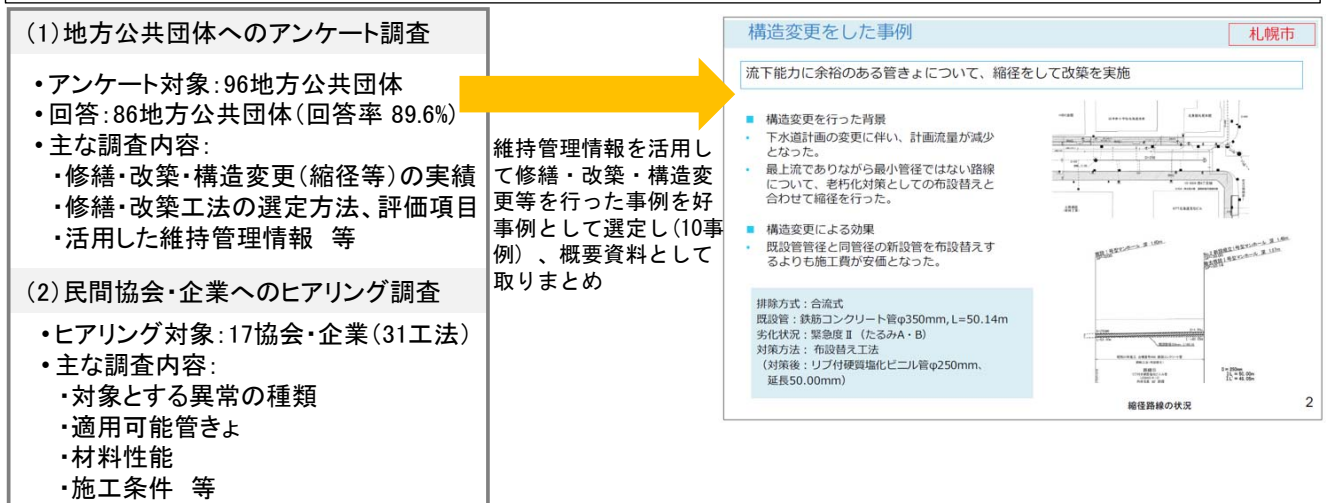
## 6. 研究成果:①-5 ケーススタディによるスクリーニング調査導入効果・社会情勢変化の影響の評価

- 研究成果①-4で検討した点検・調査技術の選定手法を用いたケーススタディにより、スクリーニング調査の導入によるコスト削減効果を確認した。
- また、人口減少に伴う下水道使用料収入の減少の影響で調査延長が縮小した場合における、リスク保有の影響を定量的に評価した。



## 6. 研究成果:②-1 修繕・改築工法の実態把握・工法選定に必要な情報の整理

- 地方公共団体に対し、修繕・改築工法選定に関する実態調査を実施し、修繕・改築工法選定に用いた維持管理情報や判断基準等を確認するとともに、工法選定の参考となる好事例(10事例)を抽出し、概要資料として取りまとめた。
- また、多種多様な修繕・改築工法について、民間協会・企業ヒアリングを通じ適用範囲等を整理した。
- 以上の成果に基づき、修繕・改築工法選定に必要な維持管理等情報を整理した。



### 修繕・改築工法の選定に必要な維持管理等情報

情報の種別	工法選定に必要な維持管理等情報
維持管理情報 (調査により把握した異常項目)	腐食、たるみ、逆勾配、マンホール部逆段差、破損、軸方向クラック、円周クラック、継手ズレ、浸入水
管きよ情報	管種・形状・管径・最大施工延長・施工幅・取付管同時施工の必要性
施工条件	供用中の施工・滞留水の水深・施工スペース・施工時間の制約



## 6. 研究成果:②-2 維持管理情報に基づく修繕・改築工法の選定手法の検討

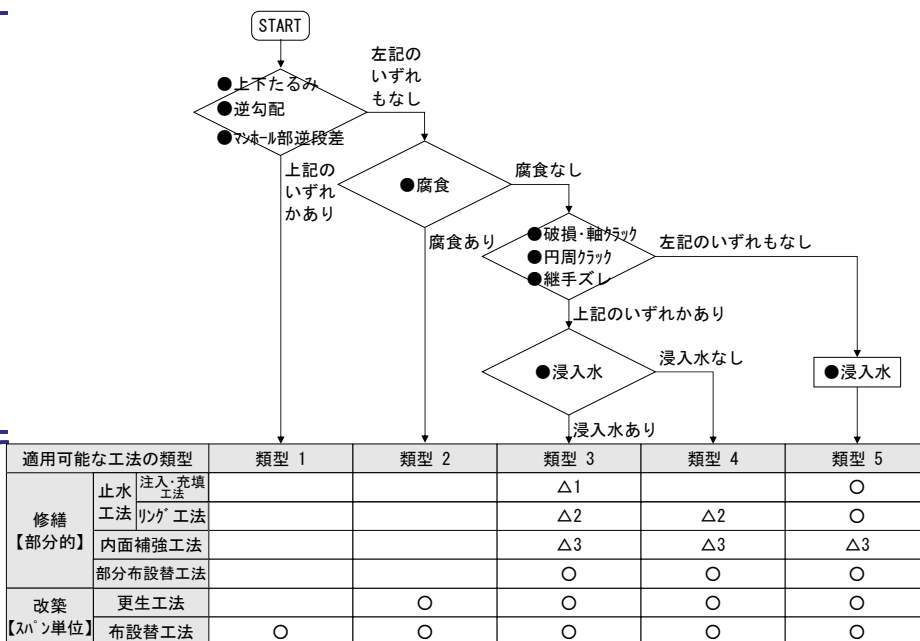
- 20工法以上\*の多種多様な修繕・改築工法のすべてについて経済性(LCC)比較等の詳細検討を行うことは非効率。
- そこで、修繕・改築工法選定プロセスを効率化するため、研究成果②-1で整理した、異常項目と適用可能な修繕・改築工法の整理に基づき、詳細検討すべき工法の類型を絞り込むための一次選定(スクリーニング)のフローを提示した。

\*「下水道事業のストックマネジメント実施に関するガイドライン-2015年版-(H27.11)」に示された修繕・改築工法の種類数

維持管理情報  
(●調査により把握した異常項目)

技術的に適用可能な工法の  
類型を絞り込み

絞り込まれた工法の類型に対し、  
経済性比較を実施し工法を選定  
(地方公共団体の参考となるよう、本研究  
では経済性比較のケーススタディを提示)



△1：内面補強工法では対応できない浸入水がある場合に、内面補強工法と併用して実施する。  
△2：円周方向クラックのみ対応可能。止水工法の位置づけであるが、管きよ内の土砂流入の効果も期待できる。  
△3：異常の程度(ランク)によっては、対応できない場合もある。

修繕・改築工法の一次選定(スクリーニング)のフロー



## 7. 成果の普及等

### 実施済みの取組み

- 下水道管きよ劣化データベースVer.3を公開【令和3年6月】  
(平成29年(2017年)公開版(Ver.2)から約5.9万スパン分を追加し、計60地方公共団体、約31万スパン分のデータを掲載)
- 下水道管きよ健全率予測式2021を公開【令和3年6月】
- 「維持管理情報等を起点としたマネジメントサイクル確立に向けたガイドライン(国交省下水道部・国総研下水道研究部)」への反映【令和2年3月】
  - ・下水管きよの点検・調査手法の体系
  - ・管きよの重要度に応じて「劣化保有率」を設定し、点検調査頻度を設定する手法

### 今後の取組み

- 多くの地方公共団体職員や下水道関連企業社員が参加する下水道研究発表会において研究成果を発表。
- 地方公共団体職員やコンサルタント、点検・調査・改築関連企業が事業実施や技術開発の参考として活用できるよう、技術資料(国土技術政策総合研究所資料)として公表。
- 本省下水道部と連携し、今後の下水管きよマネジメントに関連するガイドライン等の策定/改定の資料として活用。
- 現在データが不足している塩ビ管に関するデータ蓄積や劣化メカニズムに関する研究を進め、点検・調査技術の選定手法の精度向上等を図る。

### 発表論文等

- 川島ら(2019),下水管きよの異常に伴うリスクの発生傾向,第56回下水道研究発表会講演集(日本下水道協会),p883
- 川島ら(2019),下水道における管路閉塞の発生傾向に関する調査,土木技術資料(土木研究センター),令和元年11月号,p28-31
- 原口ら(2020),下水道管路の点検調査頻度設定方法に関する検討第,57回下水道研究発表会講演集(日本下水道協会),p79
- 田本ら(2021),下水道管路における道路陥没の実態と新たな点検調査手法の提案,土木技術資料(土木研究センター),令和3年3月号,p8-11

## 8. 事前評価時の指摘事項と対応

### 【総合評価】

研究の実施にあたっては、利用者にとって使いやすい管路の劣化データベースの充実や、中小規模自治体の実情や官民の役割分担も踏まえた社会実装のあり方に留意して勧められたい。

【研究を実施するにあたっての留意事項】	対応
<b>＜下水道管きよ劣化データベース＞</b> ・利用者にとって使いやすい下水道管路情報に関するデータベースの構築に期待する。 ・維持管理情報の収集やデータベースのあり方について十分な検討を進められたい。 ・調査過程で得られる管路内の画像データ等は、今後AIの活用を進める上での貴重な資料であるため、データベースでの蓄積・公開を期待する。	・令和3年6月、「下水道管きよ劣化データベース Ver.3」を公開した。（平成29年のVer.2と比較し5.9万スパンのデータを追加し、登録総データは60団体約31万スパン分となった。） ・データベース拡充に向け、劣化傾向の分析等を実施した。（継続検討） ・画像データは容量が膨大であるため、公開については、用途・利用方法・管理方法等について今後検討していく。（継続検討）
<b>＜社会情勢の変化への対応＞</b> 人口減少等の社会情勢の変化に伴う下水道インフラの将来像予測とそれへの対応について検討すべき。	人口減少に伴う下水道使用料収入の減少を考慮したケーススタディにより、社会情勢の変化に対応した効率的な点検調査技術の選定手法を提示した。
<b>＜施設重要度の視点＞</b> 管路の不具合が下水道インフラの機能に与える影響は施設ごとに異なるため、施設重要度という視点も入れると良い。	施設の重要性に応じた点検調査頻度の設定方法を提示し、「維持管理情報等を起点としたマネジメントサイクルの確立に向けたガイドライン（管路施設編）-2020年版-（国交省 下水道部・国総研下水道研究部（R2.3月）」に反映された。
<b>＜官民の役割分担＞</b> 将来的な官民の役割分担も踏まえて研究を進める必要がある。	官民連携の推進により、民の役割がマネジメント領域にも拡大していることを踏まえ、データベースの公開・拡充等を通じ、引き続き官民の情報の共有化に努めていく。

14

## 9. まとめ

研究開発の目的	研究開発の目標	研究成果	研究成果の活用方法 (施策への反映・効果等)	目標の達成度
効率的かつ実効性のある管路マネジメントサイクルの構築を実現し、管路システムの持続的な機能確保及びコスト最適化を図る	①管材の種類などに応じた点検調査技術の選定手法の開発	①-1下水道管きよ劣化データベースの充実、劣化傾向分析、健全率予測式作成を行なった。	「下水道管きよ劣化データベース Ver.3」、「下水道管きよ健全率予測式2021」を公開（令和3年6月）。地方公共団体等の管路マネジメントに活用されている。	○
		①-2点検・調査技術を体系化した。	「維持管理情報等を起点としたマネジメントサイクル確立に向けたガイドライン（国交省 下水道部・国総研下水道研究部）」へ反映（令和2年3月）。地方公共団体等の管路マネジメントに活用されている。	
		①-3施設の重要度に応じた新たな点検・調査頻度の設定手法を提示した。	本省下水道部と連携し、今後の下水道管きよマネジメントに関連するガイドライン等の策定/改定の資料として活用予定。	
		①-4管種に応じた効率的な点検調査技術の選定手法を提示した。（スクリーニング技術適用による見落としリスクの考慮）		
		①-5ケーススタディによりスクリーニング調査導入効果および社会情勢変化の影響を評価した。		
	②維持管理情報の活用による修繕・改築工法の選定手法の開発	②-1修繕・改築工法の実態把握を行い、修繕・改築工法選定の好事例の概要をとりまとめた。また、修繕・改築工法の選定に必要な維持管理等情報を整理した。	本省下水道部と連携し、今後の下水道管きよマネジメントに関連するガイドライン等の策定/改定の資料として活用予定。	○
		②-2維持管理情報に基づく修繕・改築工法の選定手法（スクリーニング）を提示した。		

＜目標の達成度＞ ◎：目標を達成することに加え、目標以外の成果も出すことができた。○：目標を達成できた。

△：あまり目標を達成できなかった。

×：ほとんど目標を達成できなかった。

有効性

- ・地方公共団体における効率的かつ実効性のある管路マネジメントサイクルの構築を促進するために有効な情報（下水道管きよ劣化データベース、下水道管きよ健全率予測式等）の作成や具体的な手法（点検・調査技術および修繕・改築工法の選定手法等）の開発を実施したことから、研究開発の目標を達成できたと評価できる。
- ・また、研究成果の一部を迅速に公開するとともにガイドライン等に反映させるなど、研究成果の早期普及および実務の現場への還元を図った。

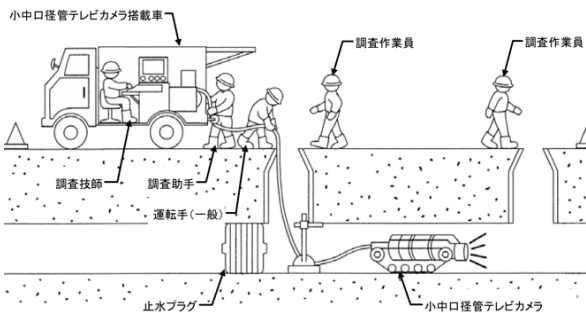
15



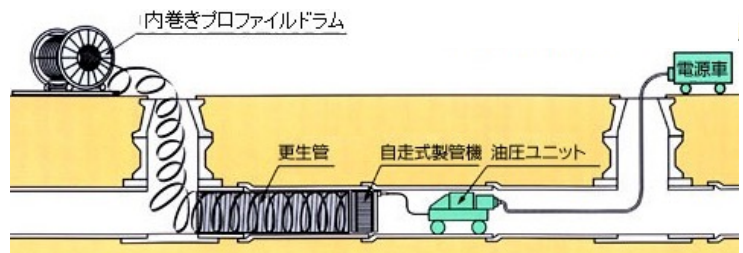
## 参考資料 1 下水道管きよの点検・調査および修繕・改築の定義

管理の種別	実施内容
点検	施設の状態および異常の有無を確認すること。 マンホール内部からの目視、地上からマンホール内に管口テレビカメラを挿入する方法等。
調査	施設の健全度評価等のため、定量的に劣化の実態や動向を確認すること。 調査員による管内潜行目視、テレビカメラ挿入等。
修繕	老朽化、故障、損傷した施設を対象として、所定の耐用年数内において機能を維持させるために行われるもの。
改築	更新または長寿命化対策により、所定の耐用年数を新たに確保するもの。 ・更新: 施設を新たに取替えること。 ・長寿命化: 施設の一部を新しくすること。

「維持管理情報等を起点としたマネジメントサイクルの確立に向けたガイドライン(管路施設編)-2020年版-(国土省下水道部・国総研下水道研究部(R2.3月))」に基づき作成



テレビカメラ調査の例



日本SPR工法協会HPより引用

改築(更生工法)の例



## 参考資料 2-1 下水道管きよ健全率予測式とは

- 下水道管きよの健全率 : 布設済みの全管きよに対する健全な(ある緊急度ランク以上の)管きよの割合のこと。
- 健全率予測式 : 健全率と経過年数の関係式。TVカメラ調査結果や改築状況等を基に算定する。国総研では、地方公共団体から提供された下水道管きよ劣化データベースのデータ(約46万スパン)に基づき、管種毎に算定し公表。  
→ 管路施設全体の劣化状態(緊急度)を管種・経過年数毎に予測することが可能となる。

例えば、設置後50年を経過したコンクリート管の全体(100%)のうち、

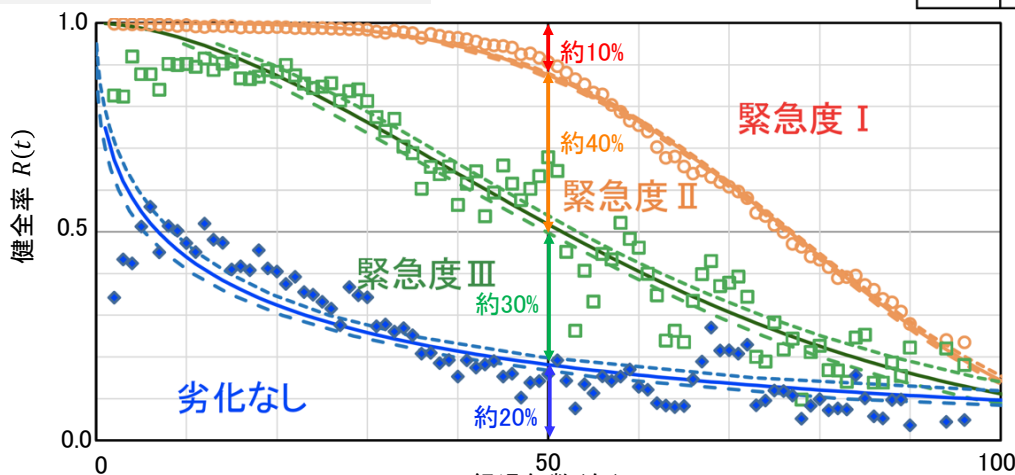
- ・緊急度Ⅰ(重度)の管きよ: 約10%
- ・緊急度Ⅱ(中度)の管きよ: 約40%
- ・緊急度Ⅲ(軽度)の管きよ: 約30%
- ・劣化なし(健全)の管きよ: 約20%

要対策  
簡易対策  
対策不要

緊急度Ⅱ以上を要対策とすると、50年経過したコンクリート管全体の健全率は0.5と予測できる。

### 緊急度の区分

区分	緊急度の区分	
緊急度Ⅰ	重度	速やかに措置が必要な場合
緊急度Ⅱ	中度	簡易な対応により必要な措置を5年未満まで延長できる場合
緊急度Ⅲ	軽度	簡易な対応により必要な措置を5年以上に延長できる場合
劣化なし	健全	特別な措置を講じる必要がない場合



健全率

$$R(t) = \exp\left(-\left(\frac{t}{a}\right)^b\right)$$

t: 経過年数, a, b: 定数, R<sup>2</sup>: 決定係数

項目	劣化なし	劣化なし~緊急度Ⅲ	劣化なし~緊急度Ⅱ
a	20.55	57.75	84.15
b	0.68	1.82	3.92
R <sup>2</sup>	0.89	0.95	1.00

健全率予測式(コンクリート管, 2021年6月公表)



## 参考資料 2-2 ワイブル分布を用いた健全率予測式の導出

- 下水道管きよの経過年数と劣化割合の実測データがワイブル分布に精度良く近似することから、国総研では、ワイブル分布を下水道管きよの健全率予測式の関数モデルとして使っている。
- ワイブル分布とは、機械や物体の故障確率を数式化するのに適した確率分布。ワイブル係数( $b$ )により、初期故障、偶発故障、摩耗故障等の時間経過に応じた故障確率を数学的に記述することが可能。

以下に、ワイブル分布の関数と健全率予測式の関係を示す。

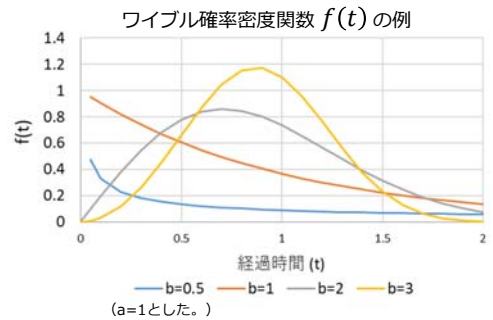
ワイブル確率密度関数  $f(t)$  (時間  $t$  で最初の故障が起こる確率を示す)

$$f(t) = \left(\frac{b}{a}\right) \left(\frac{t}{a}\right)^{b-1} \exp\left(-\left(\frac{t}{a}\right)^b\right)$$

$a$ : 尺度係数 (時間のスケールを決める係数)

$b$ : 形状係数 (ワイブル係数) (分布の形を決める係数)

- $0 < b < 1$  : 初期故障確率
- $b = 1$  : 初期故障後の安定状態における「偶発故障確率」
- $1 < b$  : 劣化に伴い時間と共に故障が多くなる「摩耗故障確率」



ワイブル累積分布関数  $F(t)$

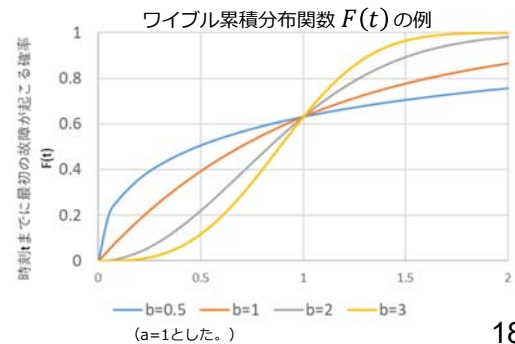
$f(t)$  を 0 から  $t$  まで積分したもの = 時間 0 から  $t$  の間に故障が起こる確率

$$F(t) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{t}{a}\right)^b\right)$$

➡ 健全率予測式は、時間 0 から  $t$  の間に故障が起らない(=健全)確率として表すため、以下の式となる。

$$\text{健全率 } R(t) = 1 - F(t) = \exp\left(-\left(\frac{t}{a}\right)^b\right)$$

(健全率予測式の作成においては、最小二乗法でパラメータ  $a, b$  を決定している。)



18



## 参考資料 3 「維持管理情報等を起点としたマネジメントサイクル確立に向けたガイドライン(管路施設編)」

(令和2年3月 国土交通省下水道部・国総研下水道研究部)

- 本ガイドラインは、管路施設を対象に、既存の「下水道維持管理指針(日本下水道協会)」や「下水道事業のストックマネジメント実施に関するガイドライン(国土交通省下水道部・国総研下水道研究部)」を補完し、マネジメントサイクルの実現に必要な情報の内容や、データベースシステムの効率的な運用方法、維持管理情報等の活用等に関する技術事項を整理したもの。

(ガイドラインP10より抜粋)

【既存のガイドラインに対して充実を図った主な内容】

(ガイドラインP10より抜粋)

### (1) 管路施設における情報管理の内容及びデータベースシステムの運用方法

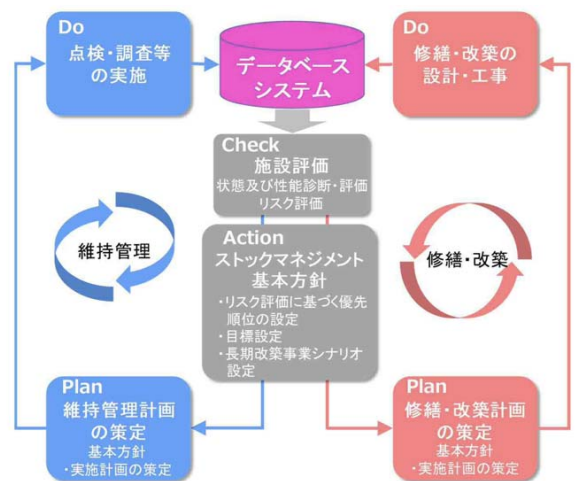
- スtockマネジメントに必要な情報の充実を図るために、管理すべき具体的な情報項目・内容を整理するとともに、情報の段階的な整備方法を整理。
- 各種情報を効率的、効果的に蓄積・活用するために、必要なデータベースシステムの機能や運用形態及び導入方法を整理するとともに、他システムとの情報連携のあり方やシステム管理体制を整理。

### (2) 維持管理情報等を起点としたマネジメントサイクルの実施方法

- 維持管理情報等のデータベースシステムを活用したマネジメント業務の手順を整理するとともに、地方公共団体、維持管理者、コンサルタント等の関係者が連携した各種情報の蓄積・共有・活用方法を整理。
- ICT 等を用いた効率的な維持管理情報等の収集・蓄積技術を整理。

### (3) 点検・調査方法の充実

- 技術開発の進むICT 等を用いた点検・調査技術を体系的に整理して示すとともに、維持管理情報を活用したリスク評価により、点検・調査の優先順位や頻度を設定する方法を整理。



維持管理情報等を起点としたマネジメントサイクル

研究成果①-2, ①-3が反映された箇所

19

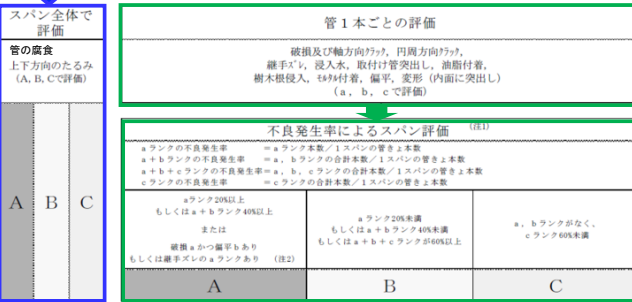


## 参考資料4 緊急度の判定方法

- 調査の結果発見された異常の程度を、判定基準により診断評価し、その結果をもとに緊急度の判定を行い、修繕・改築等対策の必要性を判断する。

### 【スパン全体評価①】腐食・たるみに関しスパン全体でA,B,Cランク評価

項目		ランク			
		A	B	C	
スパン全体で評価	管の腐食	鉄筋露出状態	骨材露出状態	表面が荒れた状態	
	上下方向のたるみ	管きよ内径700mm未満	内径以上	内径の1/2以上	内径の1/2未満
		管きよ内径700mm以上1650mm未満	内径の1/2以上	内径の1/4以上	内径の1/4未満
管きよ内径1650mm以上3000mm以下	内径の1/4以上	内径の1/8以上	内径の1/8未満		



### 【管一本ごと評価】クラック・継手ズレ等に関し管一本ごとにa,b,cランク評価

項目		ランク		
		a	b	c
管の破損及び軸方向クラック	鉄筋コンクリート管等	欠落 軸方向のクラックで幅5mm以上	軸方向のクラックで幅2mm以上	軸方向のクラックで幅2mm未満
	陶管	欠落 軸方向のクラックが管長の1/2以上	軸方向のクラックが管長の1/2未満	—
管の円周方向クラック	鉄筋コンクリート管等	円周方向のクラックで幅5mm以上	円周方向のクラックで幅2mm以上	円周方向のクラックで幅2mm未満
	陶管	円周方向のクラックでその長さが円周の2/3以上	円周方向のクラックでその長さが円周の2/3未満	—
管の継手ズレ		脱却	鉄筋コンクリート管等：70mm以上 陶管：50mm以上	鉄筋コンクリート管等：70mm未満 陶管：50mm未満
浸入水		噴き出ている	流れている	にじんでいる
取付け管の突出し		本管内径の1/2以上	本管内径の1/10以上	本管内径の1/10未満
油脂の付着		内径の1/2以上閉塞	内径の1/2未満閉塞	—
樹木根侵入		内径の1/2以上閉塞	内径の1/2未満閉塞	—
モルタル付着		内径の3割以上	内径の1割以上	内径の1割未満

### 【スパン全体評価②】管一本毎のa,b,c評価からスパン全体でA,B,Cランク評価

### 【緊急度評価】スパン全体評価①&②から、スパン全体の緊急度I, II, III,劣化なしを判定

緊急度の判定 (A, B, Cの合計で判定)	
緊急度 I	スパン評価Aが2項目
緊急度 II	スパン評価Aが1項目もしくはスパン評価Bが2項目
緊急度 III	スパン評価Aがなく、スパン評価Bが1項目もしくはスパン評価Cがある
劣化なし	スパン評価Cもない健全な状態

区分		緊急度の区分	
緊急度 I	重度	速やかに措置が必要な場合	
緊急度 II	中度	簡易な対応により必要な措置を5年未満まで延長できる場合	
緊急度 III	軽度	簡易な対応により必要な措置を5年以上に延長できる場合	
劣化なし	健全	特別な措置を講じる必要がない場合	

下水道維持管理指針2014年版(実務編)  
(日本下水道協会)に基づき作成

20

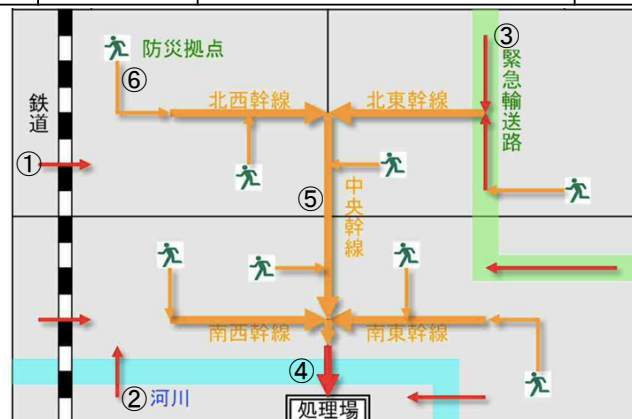


## 参考資料5 重要度の設定方法

- 施設の重要度は、被害規模(影響度)の評価に基づき、「最重要管理」、「重要管理」、「通常管理」等に区分する。
- 被害規模(影響度)の評価にあたっては、「社会的な影響が大きな施設」、「機能上重要な施設」、「事後時等に対応が難しい施設」等の施設特性を総合的に評価する。

### ■事故発生時の社会的影響の大きさを重視した管きよの重要度の区分の例

施設特性	凡例	重要度の区分	対象管きよ	対象管きよ選定の考え方
社会的な影響が大きな施設	→	最重要管理	①鉄道・軌道横断管きよ	日常または緊急時の交通機能等を確保する
			②河川横断管きよ	
			③緊急輸送路下の管きよ	
			④処理場に直結した管きよ	
機能上重要な施設	→	重要管理	⑤幹線管きよ	各処理区域の流下機能を確保する
			⑥重要な防災拠点につながる管きよ	
上記以外	□	通常管理	上記以外の管きよ	—



「維持管理情報等を起点としたマネジメントサイクルの確立に向けたガイドライン(管路施設編)-2020年版-(国交省下水道部・国総研下水道研究部(R2.3月)」に基づき作成

21

# 避難・水防に即応可能な情報伝達のための 決壊覚知・氾濫実況予測に関する研究

研究代表者	:	河川研究部長 福濱方哉
課題発表者	:	水環境研究官 服部 敦
関係研究部	:	河川研究部
研究期間	:	令和元年度～令和2年度
研究費総額	:	約30百万円
技術研究開発の段階	:	中期段階



National Institute for Land and Infrastructure Management, MLIT, JAPAN



## 1. 研究開発の背景・課題

### 背景

- 近年、立て続けに洪水氾濫が発生。死者数が2桁に及ぶなど甚大な被害。
- 人的被害等の軽減(災害対策基本法改正：H25年)
  - 市町村長から、立ち退き避難や屋内待避等の避難の勧告・指示
  - 国土交通省は市町村長からの要請に応じて必要な助言を行う
- 被災者が避難行動を起こしたきっかけ(関東・東北豪雨後の調査)
  - 身近な人の呼びかけや自治体等からの通知
  - 氾濫や浸水の発生に関する情報
- 自治体からは氾濫発生や氾濫水到達見込み等を十分に周知できなかった(中央防災会議：H28年)
 

↓
- 大規模氾濫減災協議会の設置、河川管理者からのホットライン等による情報提供・助言をより一層強化(水防法改正：H29年)
- 流域治水プロジェクト(R2年～)：「リアルタイム浸水・決壊把握」を対策の一部として挙げている。

### 課題

- 本研究の切り口⇒よりの確な助言のための裏付けとなる情報のより一層の強化
- 「よりの確」＝「住民等の避難、自衛水防を促すことに繋がる」
  - 「浸水」に関する情報の追加(従来の「雨量」「水位」「巡視」情報に加えて)
  - 氾濫発生により早期把握のための手段の拡充(従来のCCTV、巡視、水位状況に加えて)





## 2. 研究開発の目的・目標

### 目的・目標

- 目的
  - 国河川管理者による「河川・氾濫状況に関する信頼性の高い情報」に裏付けされた助言
- 目標
  - ①決壊・氾濫発生を捉える解析法の構築
    - 1: 決壊覚知
    - 2: 氾濫実況予測
  - ②上記情報の提供(インターフェース)の提案
    - 氾濫水の到達見込み
    - 避難場所、浸水・倒壊想定ゾーンなど
    - 地図上に重ね合わせて表示

### 必要性

- 第5期科学技術基本計画 (H28閣議決定)
  - 自然災害に対して、国民の安全・安心を確保してレジリエントな社会を構築する
- 未来投資戦略2018 (H30閣議決定)
  - 危機管理型水位計を洪水予測等の高度化に活用する



3

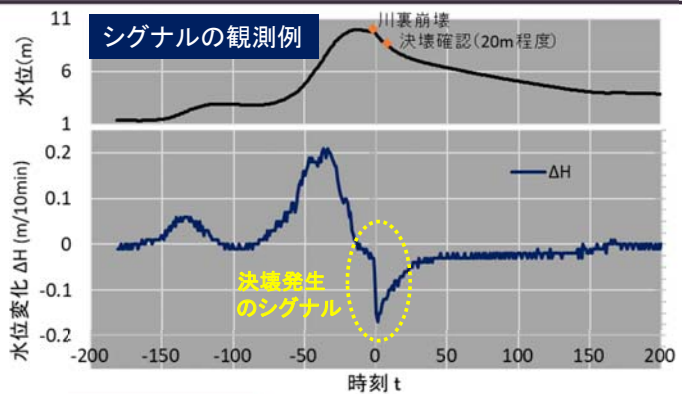


## 3. 研究開発の概要

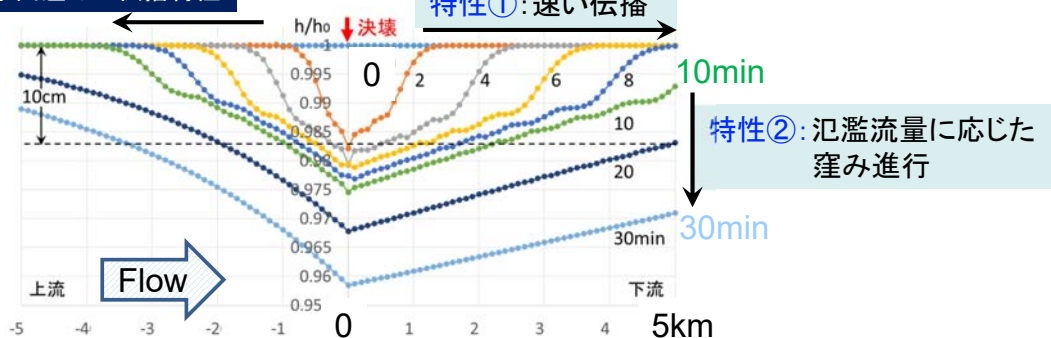
### 研究開発の概要

- 目標①、②について、危機管理型水位計等による水位観測と水位予測との組み合わせによる技術開発を実施
- その水理的な背景は「決壊による水面窪みの伝播」(決壊直後の段波とその後の拡散波の伝播特性)

### 水位計でシグナルをキャッチ



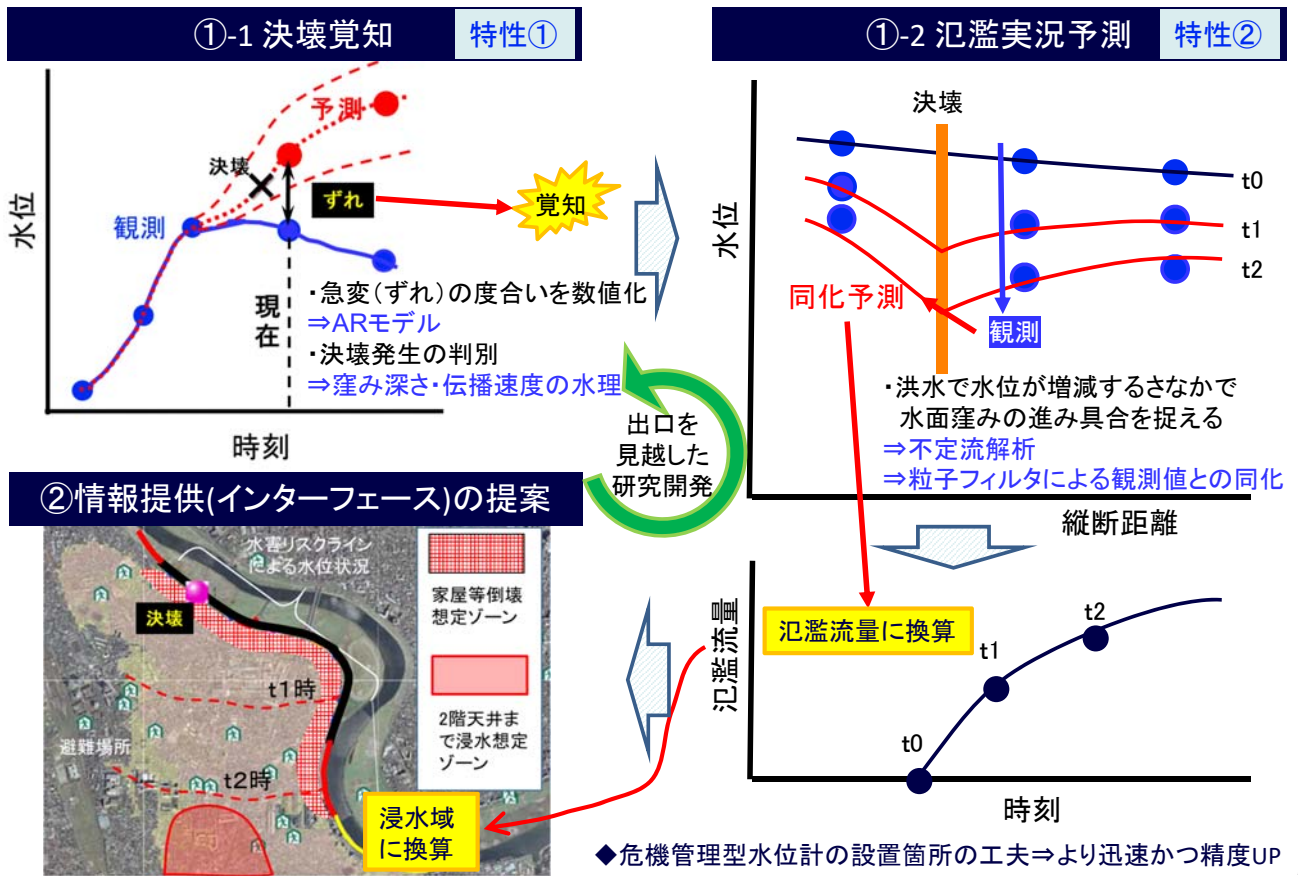
### 水面窪みの伝播特性



4



### 3. 研究開発の概要



5



### 4. 研究のスケジュール

### 5. 研究の実施体制

区分(目標、テーマ、分野等)	実施年度		総研究費
	R1	R2	研究費配分
(研究費[百万円])	15	15	総額30
① 決壊覚知および氾濫発生の実況予測手法の開発			約26 [百万円]
② 水防活動に即応できる情報提供の提案			約4 [百万円]



#### 効率性

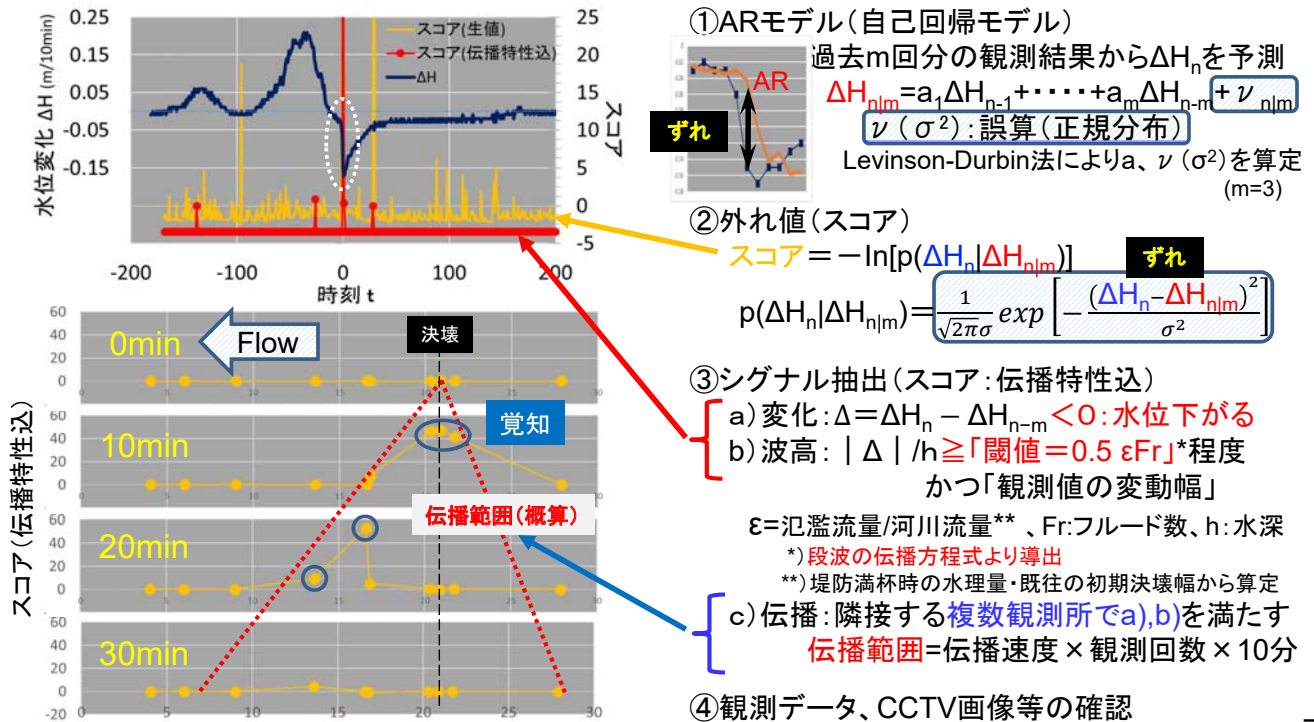
- ・国総研は、「『水害リスクライン』による連続的な水位等の情報提供」のためのシステム開発を進めており、本省・地方整備局と協働で社会実験を行っている。
- ・本研究で開発する解析法は、『水害リスクライン』に用いられている解析法をもとに機能拡張を加えることで開発されるものである。
- ・また既に構築されている協働体制を活用することで、インターフェースなど「情報提供の提案」のための情報を本省・地方整備局・減災対策協議会(事務所)から得ることが可能である。

6



## 6. 研究成果: ①-1 決壊の覚知

- ①~③からなる覚知手法を提案
- <観測データへの適用> 決壊発生から2回目の観測(20分後)で覚知可能なことを確認(3河川で検討)
- [今後の課題] 観測値の時間変動の大きさが、覚知の確からしさ、時間(観測回数)に影響  
決壊発生個所のさらなる絞り込み(観測所間(区間)→地点へ)



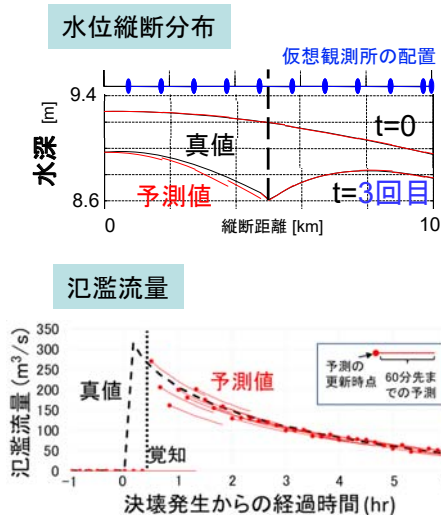
7



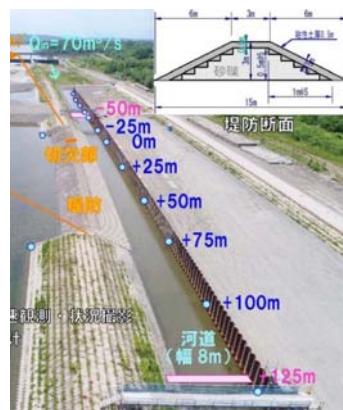
## 6. 研究成果: ①-2 氾濫発生の実況予測

- 決壊発生から2回目観測で検知できるとの前提で、3回目以降の観測水位を粒子フィルタで同化することで氾濫流量を推定する一次元不定流解析を提案(氾濫推定の2回分の遅れを3回目を取り戻す解析手順の検討)
- <手法の検証> 決壊氾濫を伴う不定流解析結果を真値として、その再現予測計算を実施: ⇒ 良好な再現性
- <実際の決壊・氾濫への適用> 越流決壊実験※を対象に再現計算⇒増加傾向を「実況」予測は概ね再現(過小評価)
- 10min先予測は観測と乖離: (約10分間での氾濫流量の急増を予測できない)
- [今後の課題] 十分な再現性が得られる観測環境(観測所の配置間隔など)を含めた再現性向上の検討  
より実河川の破堤氾濫状況に近い実測データによる検証

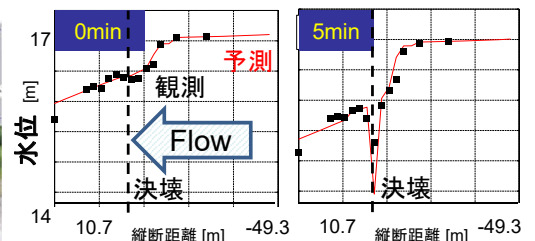
### 手法の検証



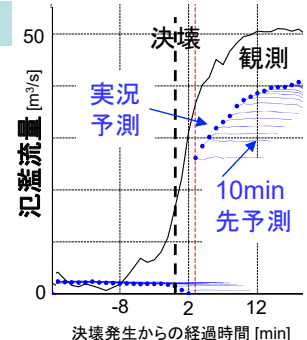
### 氾濫実験の再現計算



### 水位縦断分布



### 氾濫流量



8

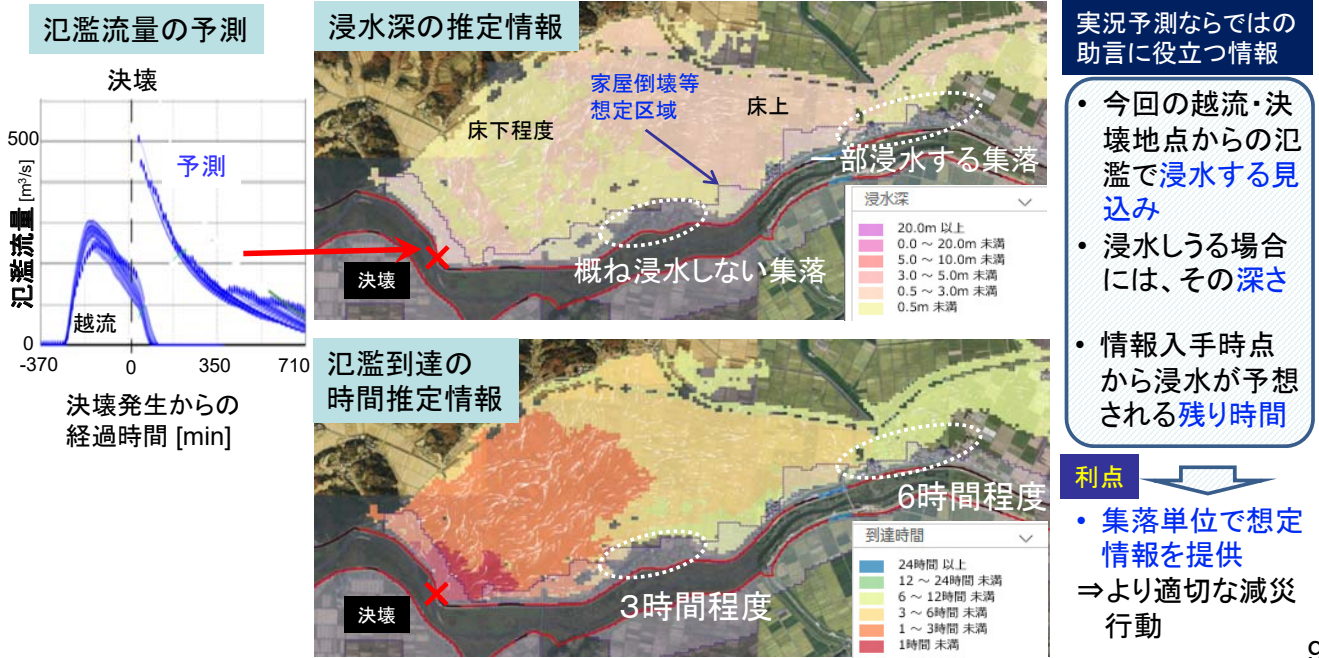


## 6. 研究成果：② 水防活動に即応できる情報提供

<越水・決壊を伴う洪水が生じたモデル河川で事例検討>

- ①の成果を適用⇒予測情報として使用
- 空中写真、既往の家屋倒壊等想定、2階床上浸水想定と重ね合わせた情報インターフェースを作成
- 避難等への助言に役立つ実況予測ならではの情報(利点)を確認

[今後の課題] 決壊地点や氾濫流量などの予測のブレが情報に及ぼす影響 (氾濫解析技術の向上は当然として)  
地点別の氾濫解析の即時提供(例:国土交通省地点別浸水シミュレーション検索システム「浸水ナビ」との連携)

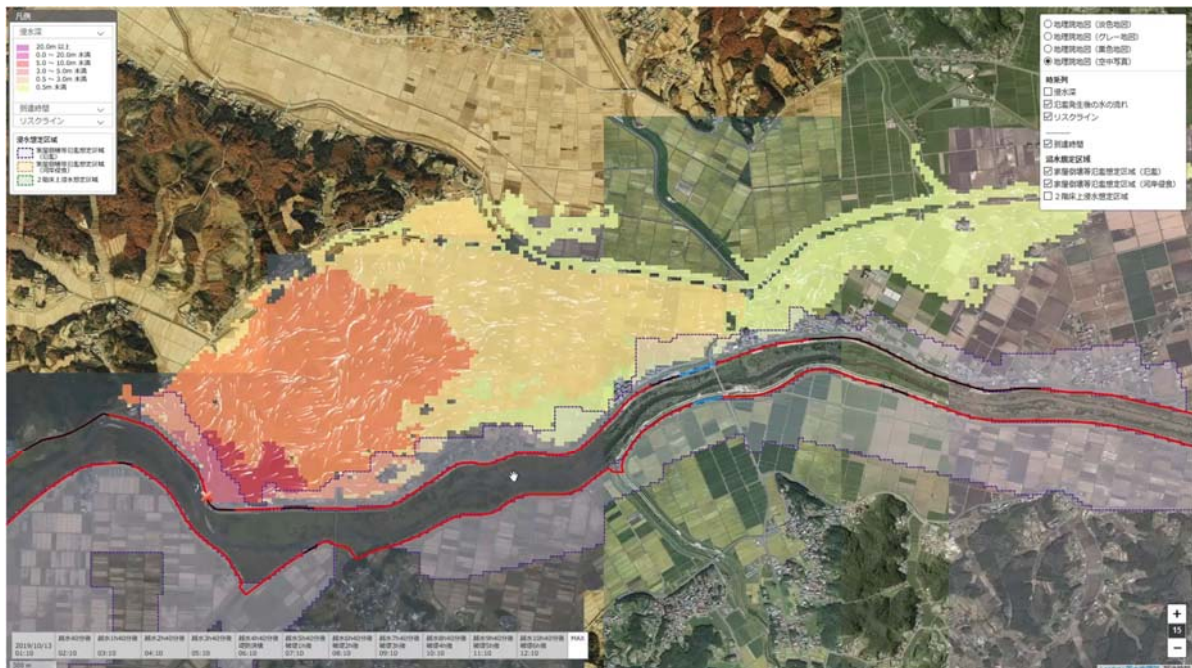


9



## 7. 成果の普及等

- 研究開発中の2か年に「国総研レポート」に途中成果をとりまとめた記事を掲載した。
- 6.に記載した[今後の課題]について引き続き検討を加える。
- 「氾濫発生 of 早期把握の実用化」について本成果が有効活用されるよう努めていく。
- 一般の方々も視野に入れて、目を繋ぎ止めるインターフェイスの工夫についても同様に検討を進めていく。



10



## 8. 事前評価時の指摘事項と対応

事前評価時の指摘事項	対応
<ul style="list-style-type: none"> <li>・大規模な本川の堤防決壊を対象としているが、タイトルだけ見ると中小河川も対象にしているように思われるため、もっと限定的なタイトルに修正してはどうか。</li> <li>・研究のタイトルを「情報提供に関する研究」と設定するのであれば、システム開発のみに留まるのではなく、システムについての意見をフィードバックし、アウトプットとして役立つ情報を提供するという形で成果をまとめると良い。</li> </ul>	<p>事前評価結果を踏まえ、本研究の力点を置く部分を決壊覚知・氾濫実況予測の技術開発に見直し、それに合わせてタイトルを修正した。 (以前のタイトル: 避難勧告等の助言に資する洪水情報提供に関する研究)</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・開発したシステムによる洪水情報提供が助言や自衛水防の促進に資するものとなるよう、情報提供のあり方についての付加的な検討を期待する。</li> </ul>	<p>氾濫水の到達見込みなど解析情報提供の具体像(インターフェース)を描き、実況予測ならではの役立つ情報が得られるように予測技術開発にフィードバック(2回目観測で覚知)した。</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・推定値に誤差があったとしても、実用的には相当程度役に立つことも考えられる。推定値の精度を上げると同時に、この程度の誤差があっても役に立つという勘所についても検討してほしい。</li> <li>・データ同化の精度や計算時間について、2年間の研究期間における目標を具体的に設定すると良い。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・決壊のシグナル判定について、1カ所の観測所では判定誤差が生じうるが、複数個所で判定することで判定精度と実用性をともに向上させる工夫を加えた。</li> <li>・水位観測の時間間隔内に一連のデータ同化・解析を行うことを目標として、決壊発生～覚知以降の解析手順や粒子数など設定した。</li> </ul>

11



## 9. まとめ

研究開発の目的	研究開発の目標	研究成果	研究成果の活用方法(施策への反映・効果等)	目標の達成度	備考
河川管理者による信頼性の高い情報に裏付けされた助言により、水防災意識社会の再構築に寄与し、逃げ遅れゼロを達成する	決壊の覚知および氾濫発生の実況予測手法の開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>・危機管理型水位計等データから決壊・氾濫発生を捉える解析法開発</li> <li>・決壊地点を挟んだ上下流の河道内流量の差分として氾濫流量を推算する技術開発</li> </ul>	既存システムを氾濫発生を考慮した洪水予測システムへとさらにレベルアップ	◎	既存システム水位予測改善(粗度係数-水深関係の導入と同化地点の追加)
	水防活動に即応できる情報提供の提案	<ul style="list-style-type: none"> <li>・決壊、越水の切迫度の高い区間別の氾濫想定区域の表示など分かりやすいインターフェースの工夫</li> <li>・氾濫水の到達見込み時刻など通知項目・内容の提案</li> </ul>	河川管理者が自治体に助言するにあたっての裏付けとなる情報として活用	○	

<目標の達成度> ◎:目標を達成することに加え、目標以外の成果も出すことができた。 ○:目標を達成できた。  
 △:あまり目標を達成できなかった。 ×:ほとんど目標を達成できなかった。

### 有効性

- ・危機管理型水位計や水害リスクラインなどから構成されている洪水情報の既存システムに、本研究の解析法を組み込むことで、氾濫発生を考慮した洪水予測システムへとレベルアップするのが、施策への反映の目標像である。
- ・本研究は、その早期達成を念頭に置き基本となる技術開発から実装の具体像である情報提供までを2年間に集中的に実施したことで、実用性、実効性を十分に踏まえた技術として成果をとりまとめることができた。
- ・今後、必要とされる追加検討およびさらなる改善を加えつつ、別途技術開発中の「河川堤防の変状検知システム」などと連携して実装に向けた検討を進めて参りたい。

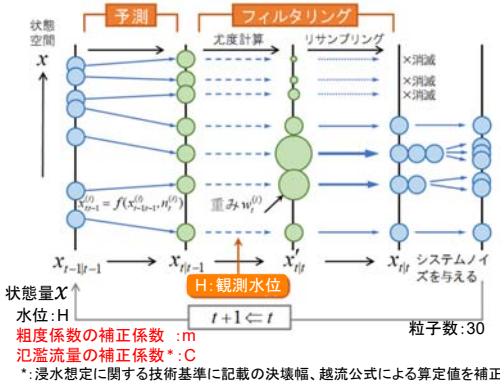
12



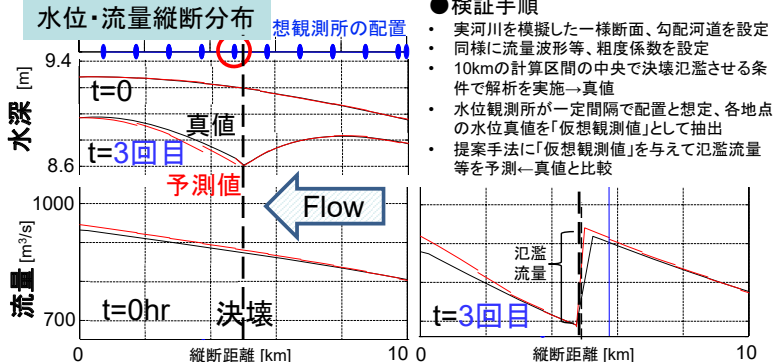
## 参考資料1: ①-2 氾濫発生の実況予測 ＜手法の検証＞ 追加説明資料

- ・ 決壊発生から2回目観測で検知できるとの前提で、3回目以降の観測水位を粒子フィルタで同化することで氾濫流量を推定する次元不定流解析を提案(氾濫推定の2回分の遅れを3回目に取り戻す解析手順の検討)
- ＜手法の検証＞ 決壊氾濫を伴う不定流解析結果を真値として、その再現予測計算を実施
- ・ 水位・流量・氾濫流量いずれも良好な再現性を確認⇒解析手順は妥当と判断

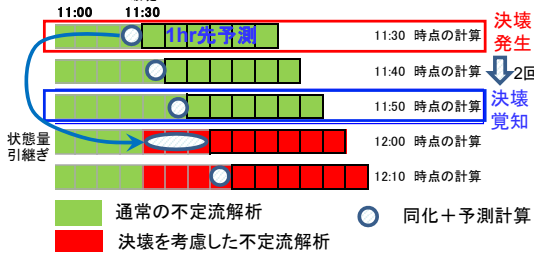
### 粒子フィルタの概要



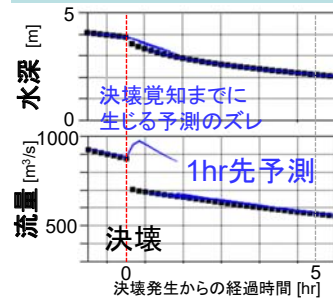
### 手法の検証



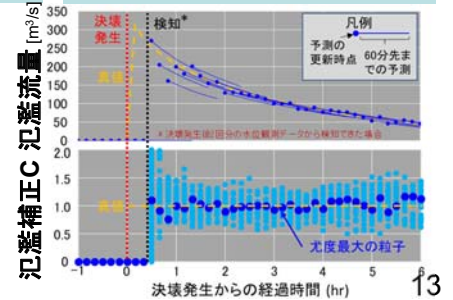
### 決壊発生～覚知以降の解析手順の概要



### 上図○地点の水位・流量の経時変化

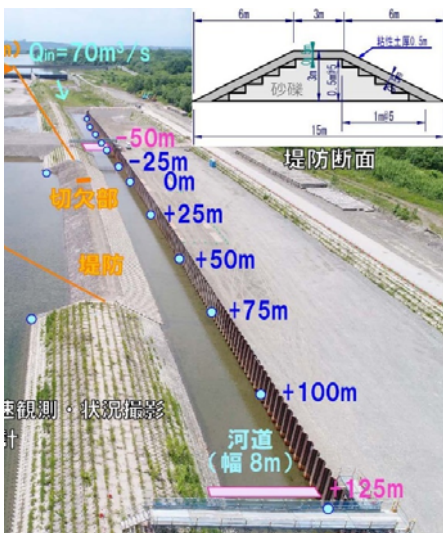


### 氾濫流量と補正係数C値の経時変化



## 参考資料2: ①-2 氾濫発生の実況予測 ＜実験の再現計算＞ 追加説明資料

- ＜実際の決壊・氾濫への適用＞ 十勝川千代田実験水路で実施された越流決壊実験※を対象に再現計算
- ・ 決壊幅の拡大に伴って約20分程度で氾濫流量が急増する、その傾向を「実況」予測は概ね再現(過小評価)
  - ・ 10min先予測は観測と乖離
- 【今後の課題】 十分な再現性が得られる観測環境(観測所の配置間隔など)を含めた再現性向上の検討より実河川の状況に近い実測データによる検証

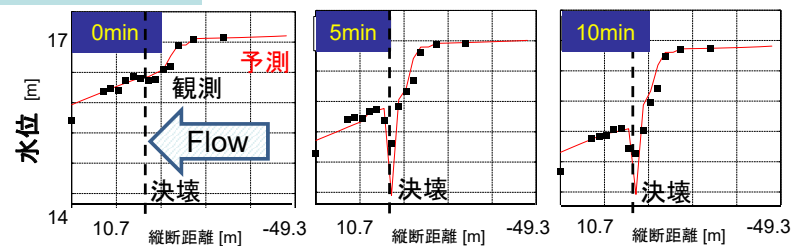


出典: 第13回十勝川千代田実験水路アドバイザー委員会H31.1

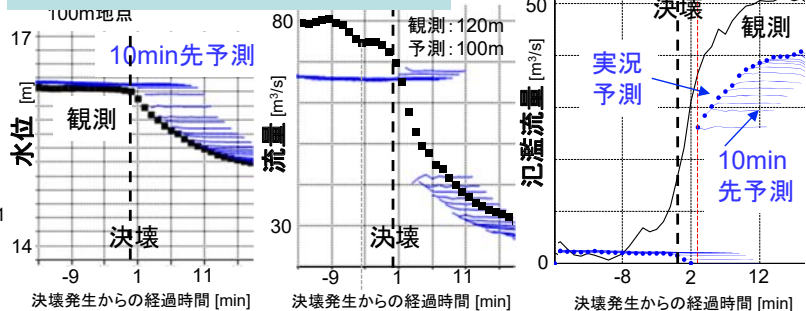
### 水路実験の概要

- ・ 概ね一定流量を通水、切り欠き部から堤防越水させる
- ・ 越水箇所から決壊、さらに決壊幅が氾濫流によって拡大
- ・ 上記の一連の過程を観測(水位、流量など)

### 水位縦断分布



### 水位・流量・氾濫流量の経時変化



※本検討で使用した実験データは国交省北海道開発局・(国研)寒地土木研究所より提供されたものである。 14

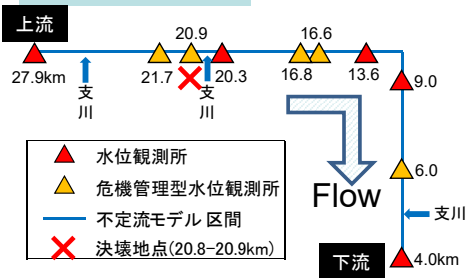
<越水・決壊を伴う洪水が生じたモデル河川で事例検討>

- ・ 「①決壊覚知・氾濫実況予測」を適用。
- ・ 決壊・氾濫に関する予測情報として使用

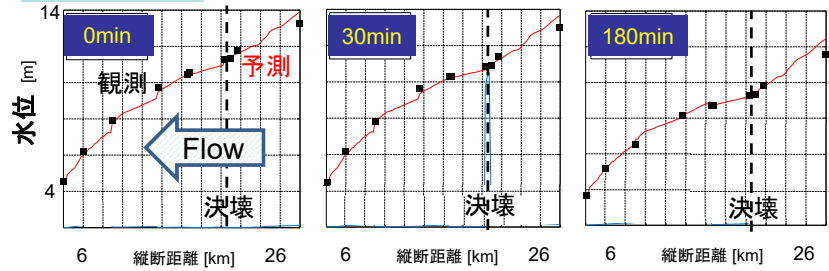
### 越水・決壊氾濫状況



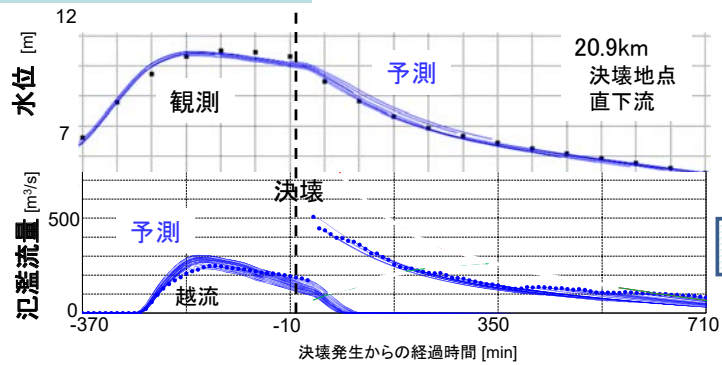
### モデル河川の概況



### 水位縦断分布



### 水位・氾濫流量の経時変化



氾濫解析

# 大規模地震に起因する土砂災害の プレアナリシス手法の開発

研究代表者	:	土砂災害研究部長	富田陽子
課題発表者	:	砂防研究室長	山越隆雄
関係研究部	:	土砂災害研究部	
研究期間	:	平成30年度～令和2年度	
研究費総額	:	約36百万円	
技術研究開発の段階	:	初期段階	



National Institute for Land and Infrastructure Management, MLIT, JAPAN

1



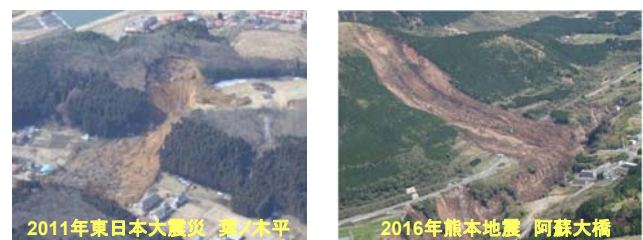
## 1. 研究開発の背景・課題

### 背景

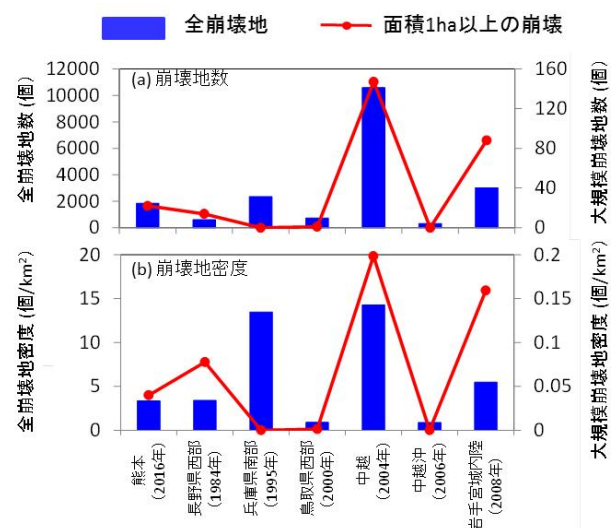
- 近年の大規模地震時では**大規模な斜面崩壊が被害拡大の主要因のひとつ**となっている。地震による被害を最小限に食い止めるためには、早期に斜面崩壊発生状況を把握し、迅速な復旧・復興への対応が必要不可欠。
- しかし、大規模地震後は、地上等からの詳細調査や緊急対応を行う範囲を絞り込むために、**地震後の被害状況の概略把握**が行われる。概略把握は、ヘリコプターからの目視や空中写真の判読によるところが大きく、**数日以上かかる**ことが少なくない。

### 課題

- 速やかに調査、対応が実施できるように**大規模地震後早期に斜面崩壊状況を想定・把握する技術が無い**。



地震による大規模崩壊の事例



地震による斜面崩壊・大規模崩壊の発生状況

2

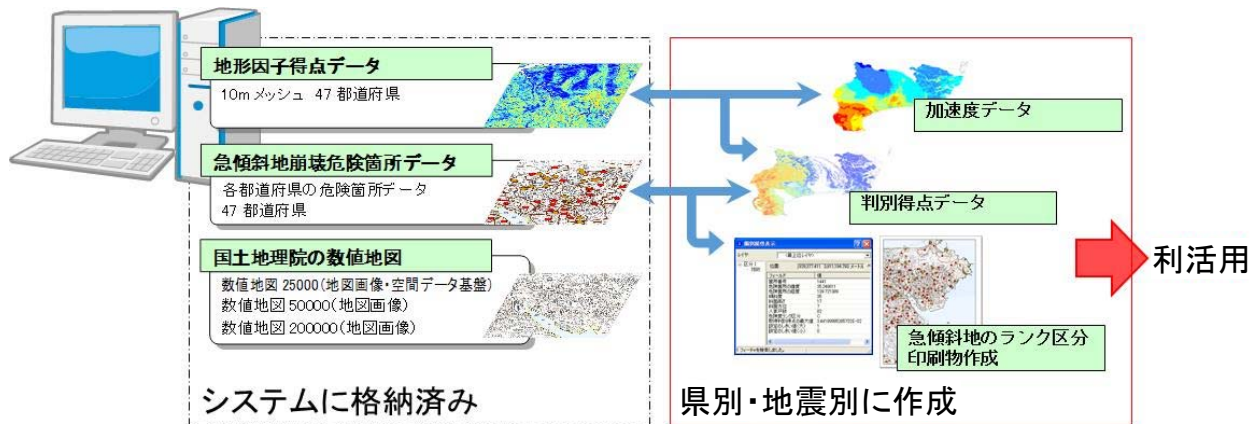




## 1. 研究開発の背景・課題

### ○地震時斜面崩壊危険度評価システムについて

- ・平成7年の兵庫県南部地震で、六甲山地で表層崩壊が多発したことを踏まえて、国総研砂防研究室により開発。
- ・斜面勾配、斜面の平均曲率、最大加速度を入力し、相対的な斜面崩壊危険度を評価。
- ・多くの大規模地震で検証を行い、表層崩壊はある程度評価できることを確認。



### 課題

- ・ 現行の地震時斜面崩壊危険度評価システムでは、規模の小さながけ崩れを対象に開発したために大規模斜面崩壊については評価できない、特定の地域を対象に開発したために他地域へ適用する際に精度が劣る、相対的な危険度を算出するため定量的な評価に使いにくい

3



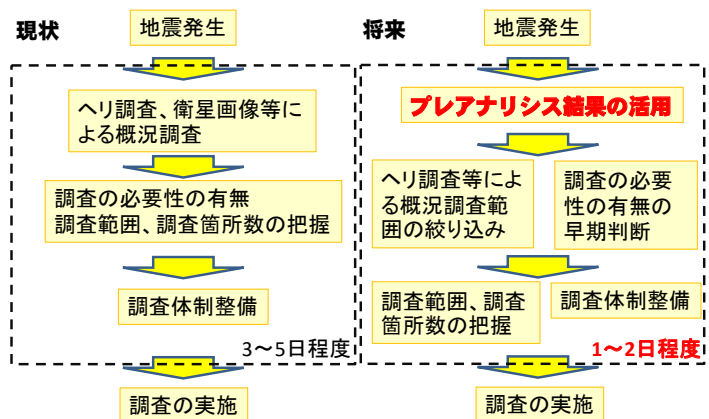
## 2. 研究開発の目的・目標

### 必要性

- ・ 地震発生時には迅速かつ効率的に応急対応や復興に向けた活動を実施することが、2次被害発生防止や避難期間短縮など被害を最小限にするために必要不可欠である。
- ・ そこで、斜面崩壊の発生状況の概略把握に要する期間を短縮するために、地震発生前に、想定される斜面崩壊発生状況を推定しておくことは、被害を最小限にするために必要である。

### 目的・目標

- ・ 地震発生時の緊急的な対応を迅速かつ効率的に進めるために、想定地震における大規模な斜面崩壊を含む斜面崩壊の発生状況を事前に精度良く定量的に推定することができる手法の開発。



土砂災害発生箇所の緊急点検・復旧の迅速化

4



### 3. 研究開発の概要

#### ①地震により大規模斜面崩壊が生じるプロセスを把握

- 近年の大規模崩壊の事例を中心に地形、地盤の特徴を分析
- 特に、火山灰など特殊な地盤条件に着目
- また、地震のタイプ、地震断層との位置関係（上盤、下盤等）に着目



#### ②大規模斜面崩壊を含む斜面崩壊の発生状況を事前に推定することができる手法の開発

- ①の検討結果を踏まえて、地形、地質、地震動特性を入力条件とする斜面崩壊危険度評価手法の提案

#### 素因による絞り込み

#### ③大規模斜面崩壊発生のおそれのある地域・場所を推定する技術の開発

- 地形、地盤条件等から大規模崩壊危険度を評価する手法の検討
- LPデータ、SARを活用した前兆変形地形を抽出する手法の検討
- 振動解析+斜面安定解析による評価方法の検討

#### 誘因による絞り込み

#### ④大規模斜面崩壊発生のおそれのある地震動の特徴の解明

- SARの解析による強震域の地盤変位の実態把握
- 振動解析による地震動特性値の空間分布状況の再現
- 大規模崩壊分布状況と地盤変位、地震動特性の関係分析

5



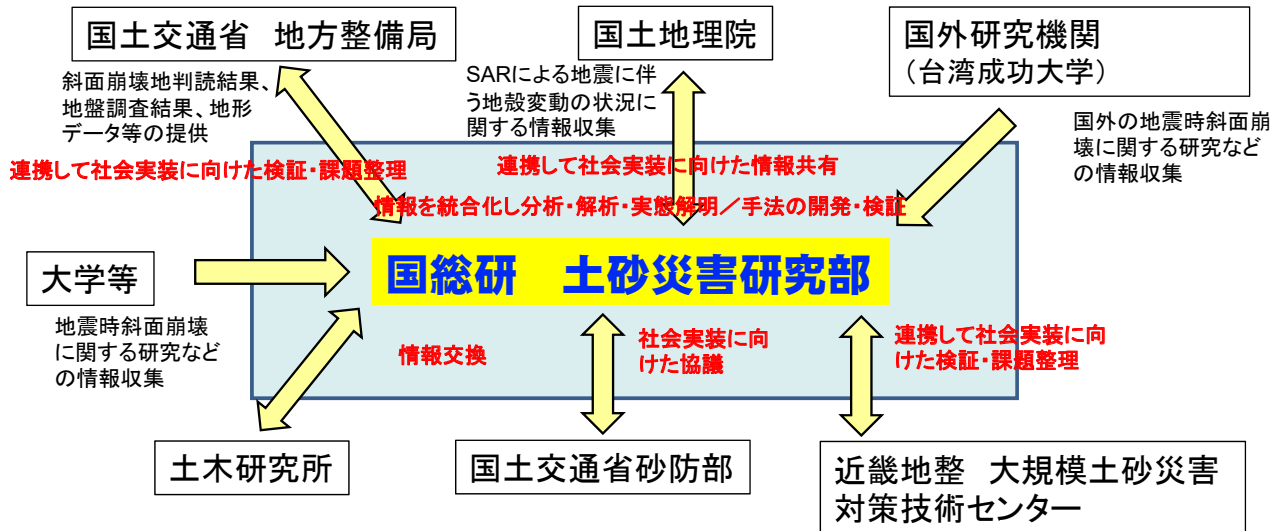
### 4. 研究のスケジュール

区分(目標、テーマ、分野等)	実施年度			総研究費
	H30	R1	R2	研究費配分
(研究費[百万円])	13	13	10	総額36
① 地震により大規模斜面崩壊が生じるプロセスを把握				約6 [百万円]
② 大規模斜面崩壊を含む斜面崩壊の発生状況を事前に推定することができる手法の開発				約14
③ 大規模斜面崩壊発生のおそれのある地域・場所を推定する技術の開発				約8
④ 大規模斜面崩壊発生のおそれのある地震動の特徴の解明				約8

#### 効率性

直轄砂防事務所、国土地理院等、諸外国の研究機関からデータ・情報を収集し、新たなデータ取得を必要最低限にするなど、効率的に研究を実施した。

6



直轄砂防事務所、国土地理院、大学、諸外国の研究機関等からデータ・情報を収集する。国総研土砂災害研究部においてこれらのデータ、情報、技術を十分に活用し、実態把握、機構解明、手法開発を行った。

また、社会実装に向けて、国土交通省地方整備局、近畿地整 大規模土砂災害対策技術センター、国土交通省砂防部、国土地理院と協議・検討を実施した。

7

## 6. 研究成果: ① 地震により大規模斜面崩壊が生じるプロセスを把握

- 既往文献を整理し、大規模崩壊事例を含む地震時斜面崩壊が生じる崩壊発生形態を整理
- 崩壊発生形態は地盤条件によって推定できると考え、地盤条件-崩壊発生形態の関係に着目して分析を実施

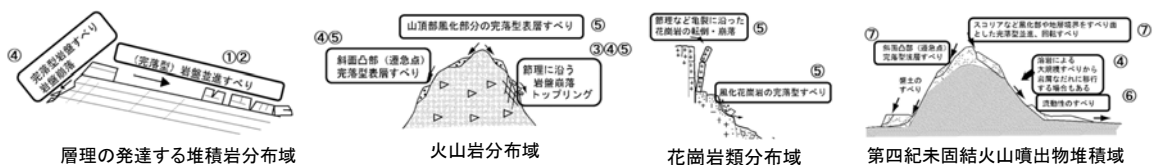
地盤条件-崩壊発生形態に着目した分類とイメージ (イメージは阿部・林; 2011に加筆)

崩壊発生形態	①流れ盤地すべり	②岩盤すべり	③キャップブロック崩壊	④亀裂質地山崩壊	⑤強風化地山崩壊	⑥火山灰流動すべり	⑦火山灰崩壊
層状軟質地山 (新第三～四紀堆積岩類)	◎	◎	○	-	-	-	-
亀裂質硬質地山	-	-	◎	◎	○ (風化残留岩塊の場合)	-	-
未固結～強風化地山	-	-	-	-	◎	◎	◎
火山灰地山	-	-	-	-	◎	◎	◎
流れ盤構造	◎	○	-	-	○	◎	○
キャップブロック構造	-	○	◎	△	-	-	-
硬軟境界 含水弱層存在	△	○	-	-	-	◎	△

要因影響度 = ◎ 影響大 / ○ 影響あり / △ 影響の可能性あり

対象事例	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
2004新潟中越: 東竹沢・塩谷神沢川・寺野ほか多数 2007新潟県中越沖: 米山町 2008岩手宮城内陸: 市野々原ほか							
2004新潟中越: 一ツ峰沢 2008岩手宮城内陸: 荒砥沢・祭時大橋 2011東北太平洋沖: 松島							
1993北海道南西沖: 奥尻町 2008岩手宮城内陸: 一迫川 崩壊地・産女川・トソウ沢							
2007能登半島: 中野屋・熊野・竜ヶ崎西 2016熊本: 阿蘇大橋							
1995兵庫県南部: 六甲山系 2000鳥取県西部: 日野町 2008岩手宮城内陸: 秋田株岳周辺 2011福島浜通り: いわき市周辺							
1986長野県西部: 御嶽山 2011東北太平洋沖: 葉ノ木平・岡ノ内 2016熊本: 高野台 (京大火山研) 2018熊本: 山王谷川							
1968十勝沖: 八戸五戸 2016熊本: 山王谷川							

既存の地震時斜面崩壊システムの分析対象



○大規模崩壊は様々な地盤条件で発生しその要因は様々、また小規模崩壊も併せて発生

→大規模斜面崩壊のみを推定することは困難

→地盤条件-大規模崩壊発生形態に着目して分類し、小～大規模崩壊事例を含めて分析することで、**大規模な斜面崩壊を含む斜面崩壊の発生状況を推定できる手法**を検討

8



## 6. 研究成果: ② 大規模斜面崩壊を含む斜面崩壊の発生状況を事前に推定することができる手法の開発

- H28熊本地震を対象として、地盤条件-大規模崩壊発生形態に着目した分類ごとに、斜面勾配と地震動の強さを指標とした崩壊面積率推定式(大規模斜面崩壊を含む斜面崩壊の発生状況を事前に推定することができる手法)を作成 ※地震動の強さは、プレアナリスの汎用性を考慮して、南海トラフ地震等で公開されている最大加速度を採用
- この崩壊面積率推定式をH20岩手・宮城内陸地震に当てはめて検証

熊本地震を対象として作成した崩壊面積率推定式

分類	崩壊面積率推定式
溶岩・火砕岩 (キャップロック崩壊 or 亀裂質地山崩壊)	$\log P = 0.0023I + 0.0014a - 2.2914$ (40°未満) $\log P = 0.0541I + 0.0010a - 4.1204$ (40°以上)
先阿蘇火山岩類 (強風化地山崩壊)	$\log P = 0.0309I + 0.0014a - 4.3740$
崖錐・扇状地堆積物 (参考)	$\log P = 0.0549I + 0.0009a - 4.7541$

P: 崩壊面積率, I: 斜面勾配, a: 最大加速度



○大規模崩壊を含む斜面崩壊の発生状況を事前に推定することができる手法について

【新たな知見】

崩壊面積率という定量的な数値で危険度を把握できる手法を開発

また、他地域においても一定の精度で適用できる推定手法の開発ができた

岩手・宮城内陸地震の実績と対応する崩壊面積率推定式による推定結果の比較

岩手・宮城内陸地震		熊本地震で作成した崩壊面積率推定式		実際と推定の崩壊面積比
地盤条件 (崩壊発生形態)	総面積 (ha)	実際の崩壊面積率	対応する崩壊面積率推定式 推定した崩壊面積率	
第四紀火山岩類 (キャップロック崩壊)	15,327	1.00%	溶岩・火砕岩 (キャップロック崩壊 or 亀裂質地山崩壊) 1.16%	115%
新第三紀溶岩・火砕岩 (亀裂質地山崩壊 or 強風化地山崩壊)	17,784	0.83%	先阿蘇火山岩類 (強風化地山崩壊) 0.54%	66%
崖錐・段丘堆積物 (参考)	1,980	0.14%	崖錐・扇状地堆積物 (参考) 0.20%	143%

地震によって発生する斜面崩壊の規模を倍半分の精度で推定可能

9



## 6. 研究成果: ③ 大規模斜面崩壊発生のおそれのある地域・場所を推定する技術の開発

- 規模が大きい斜面崩壊が発生しやすい条件を把握するため、個々の斜面崩壊の崩壊面積と地形条件・地盤条件との関係を分析
- 崩壊面積に影響を与える条件(比抵抗値、起伏量)の階級ごとに崩壊規模の確率密度を分析

崩壊面積に影響を与える地形条件・地盤条件

分類	崩壊面積に影響を与える条件
降下火山灰、火山灰・軽石	・比抵抗 ・起伏量
溶岩・火砕岩、Aso1-4、先阿蘇火山岩類 ※火山灰に関する地盤条件を統合	・斜面勾配 ・起伏量

※降下火山灰、火山灰・軽石を火山灰に由来する分類として統合

※溶岩・火砕岩、Aso1-4、先阿蘇火山岩類を火山岩に由来する分類として統合

※崩壊面積に影響を与える条件は、個々の斜面崩壊との相関関係を分析し、決定係数の上位2条件を記載



確率密度の算出例(溶岩・火砕岩 起伏量100m未満の階級)

集計前			集計後				
No	崩壊面積 A(m <sup>2</sup> )	log(A)	崩壊面積の階級 log(A)	階級幅 log(A+d/A)	崩壊数 log(dA)	階級幅 dN	確率密度P dN/dA/N
1	1,039.2	3.0	0	3	3	871	7.4E-04
2	457.8	2.7	3	3.1	0.1	58	1.9E-04
3	1,984.9	3.3	3.1	3.2	0.1	57	1.5E-04
4	744.7	2.9	3.2	3.3	0.1	42	8.7E-05
5	1,909.8	3.3	3.3	3.4	0.1	45	7.4E-05
..	..	..	..	..	..	..	..
..	..	..	..	..	..	..	..

総崩壊数N= 1,176

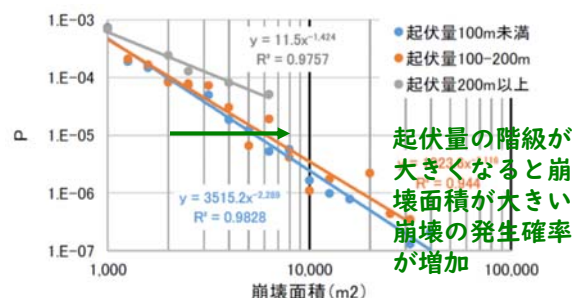
A. Valagussaら(2019)の方法に準じて確率密度を算出

○斜面崩壊規模(崩壊面積)に影響を与える条件について、確率密度を用いて表現

【新たな知見】

地盤条件-大規模崩壊発生形態に着目した分類毎に崩壊面積に影響を与える条件が異なることを確認

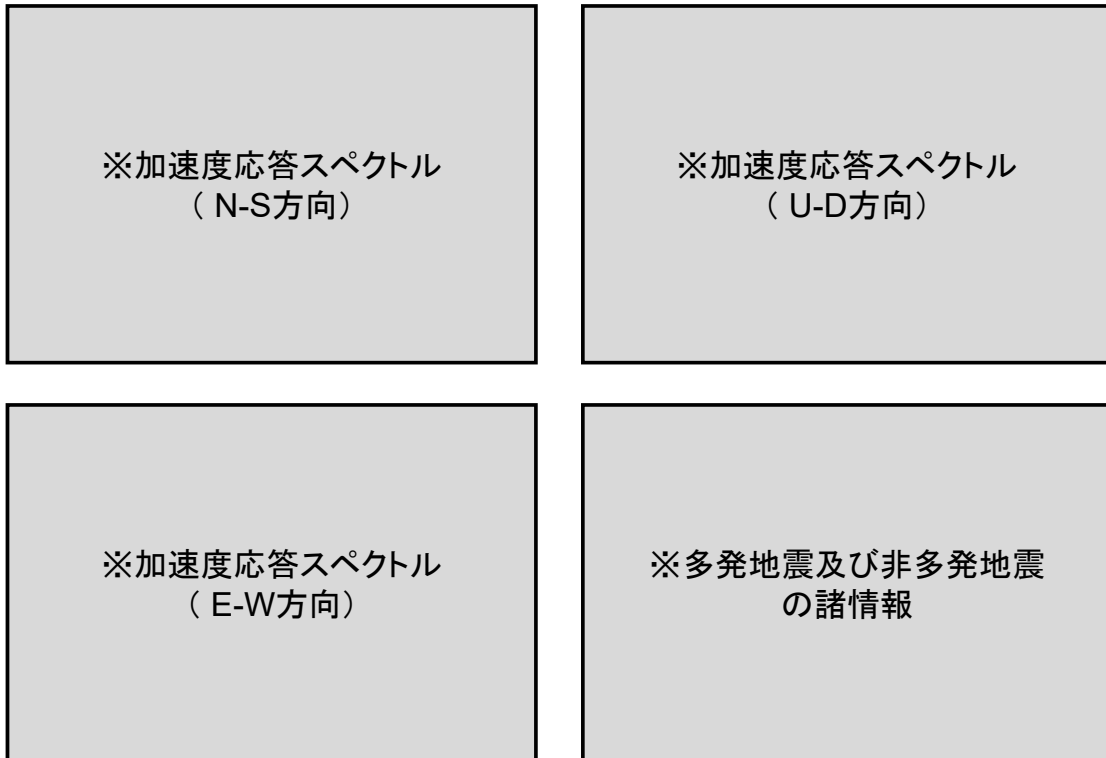
起伏量の階級別 崩壊面積の確率密度





## 6. 研究成果:④ 大規模斜面崩壊発生のおそれのある地震動の特徴の解明

- 大規模崩壊を含む土砂災害が多発するような地震(多発地震)と土砂災害がほとんど発生しない地震(非多発地震)の加速度応答スペクトルの違いを比較



11



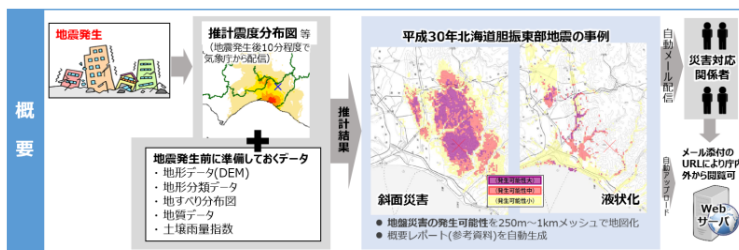
## 7. 成果の普及等

- 本研究で得られた成果を本年度に国総研資料として取りまとめる予定
- 本研究成果を活用して、地方整備局等で地震時斜面崩壊リスクの評価に向けた検討を実施中
  - 火山灰の影響を考慮した地震時斜面崩壊リスク評価手法
  - 南海トラフ地震を想定した地震時斜面崩壊のリスク評価とその活用方法
- 協定を締結し、地震時地盤災害推計システム(SGDAS)を運用する国土地理院へ本研究成果を情報提供
- 今後は、本研究成果を踏まえて、以下の取り組みを実施する予定である。
  - 大規模斜面崩壊を含む斜面崩壊の発生状況を推定する手法と大規模崩壊発生のおそれのある地域・場所・地震動の研究(比抵抗、起伏量、長周期帯加速度応答スペクトル)の連携
  - 大規模崩壊を含む斜面崩壊の発生状況を推定する手法について、本研究で対象としなかった地盤条件-崩壊発生形態に着目した分類の分析を行い、カバーできる地域を増やす

<査読付き発表論文等一覧>

- Sakai et al.: Interrelated impacts of seismic ground motion and topography on coseismic landslide occurrence using high-resolution displacement SAR data (Landslides投稿中)
- 坂井ら: 観測地震波のスペクトル解析を用いた土砂災害が多発する地震動に関する研究(砂防学会投稿予定)

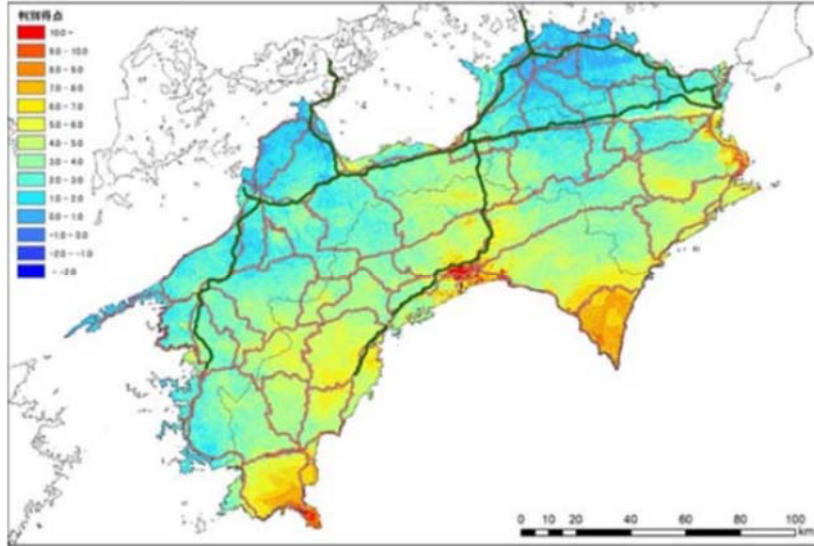
<地震時地盤災害推計システム(SGDAS)について(国土地理院)>



国土地理院が保有する地形・地質等の膨大なデータベースと、気象庁が発表する地域の震度分布データを活用し、地震発生直後に、斜面崩壊・地すべり・液状化の発生している可能性がある場所を推計するシステム

12

事前評価時の指摘事項	対応
プレアナリシスのアウトプットイメージをより具体的に検討されたい。	南海トラフ地震等の対応検討のため、崩壊面積率推定式を用いた危険度リスクマップの作成について地方整備局と連携して検討を実施



南海トラフ地震を想定した危険度評価イメージ(高原ら、令和3年度砂防学会研究発表会概要集より引用)

事前評価時の指摘事項	対応
プレアナリシス手法の開発にあたっては、地盤変位の経時変化(地震前と地震後/継続的な変化)を上手く活用されたい	継続的な変化は検出されず、検討できなかった。地震後の地盤変位量と崩壊面積率に明瞭な傾向が確認でき、成果にも反映

- ・ 斜面崩壊と地震動の強さを分析するには、KiK-NET等で観測された観測データを用いることが多いが、10数mに1点の情報であり、地震動の強さに関するデータの空間分解能が低いことが課題であった。
- ・ 地震動の強さが斜面崩壊に与える影響をより精度良く分析するため、地震動の強さのデータに、より空間分解能の高いSARデータによる地盤変位量(国土地理院より提供)を用いて、崩壊面積率との関係を分析

SARデータによる地盤変位量(3成分合成値)と阿蘇カルデラ内の斜面崩壊分布

斜面勾配および地盤変位量(3成分合成値)と崩壊面積率の関係



## 9. まとめ

研究開発の目的	研究開発の目標	研究成果	研究成果の活用方法 (施策への反映・効果等)	目標の達成度
地震発生時の緊急的な対応を迅速かつ効率的に進めるための地震時斜面崩壊危険度評価手法の開発	想定地震における大規模な斜面崩壊を含む斜面崩壊の発生状況を事前に推定することができる手法の開発。	地震による斜面崩壊の発生状況を事前に推定することができる手法	土砂災害危険箇所緊急点検における緊急点検本部の手引き(案)(本省作成)に反映 →本研究で得られた成果を活用して、地方整備局等(北海道、四国)で実際の地震時斜面崩壊リスクの評価に向けた検討を実施中	◎
		素因の観点から見た大規模斜面崩壊発生のおそれのある地域・箇所の抽出手法	大規模地震による斜面崩壊状況の推定のための手引き(仮称)に反映 →本研究で得られた成果を本年度国総研資料として取りまとめる予定	○
		誘因の観点から見た大規模斜面崩壊発生のおそれのある地震のタイプ・地域の抽出手法	地震時地盤災害推計システム(SGDAS)を運用する国土地理院へ本研究成果を情報提供	○

<目標の達成度> ◎:目標を達成することに加え、目標以外の成果も出すことができた。 ○:目標を達成できた。  
 △:あまり目標を達成できなかった。 ×:ほとんど目標を達成できなかった。

### 有効性

南海トラフ巨大地震など想定される地震(複数のケースを想定)に対して事前に大規模斜面崩壊を含む斜面崩壊の発生を推定できるようになった。あらかじめ想定される地震に関する被害推定を実施しておけば、地震発生直後の状況把握が従来以上に迅速かつ効率的に実施可能となるとともに、定量的な被害推定に基づく地震直後の応急対応や復興に向けた活動が効果的に実施することが可能となる。

# 洗掘の被害を受ける可能性が高い道路橋の抽出と 改造マニュアルの開発

研究代表者 : 道路構造物研究部長 福田 敬大  
 課題発表者 : 橋梁研究室長 白戸 真大  
 関係研究部 : 道路構造物研究部  
 研究期間 : 令和元年度～令和2年度  
 研究費総額 : 約50百万円  
 技術研究開発の段階 : 初期段階



National Institute for Land and Infrastructure Management, MLIT, JAPAN



## 1. 研究開発の背景・課題

### 背景

- 令和元年台風19号では、基礎の洗掘※が原因で、長期間通行止めとなる橋も発生。
  - 令和2年7月豪雨では、球磨川にかかる道路橋が複数流失。
- ※当初は洗掘だけを対象にしていたが、R2年球磨川での橋梁流失被害を受け、流失も対象にした。



### 課題

- 基礎の洗掘や上部構造の流失が生じる可能性は構造に応じて一様ではなく、水害を受ける危険性の高い橋梁を抽出する手法は確立されていない。
- 洗掘対策のためであっても、基礎の補強、改造には計画上の高いハードルがある。
- 橋梁の架け替えには時間を要する。





## 2. 研究開発の目的

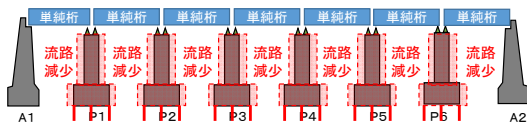
### 研究開発の目的・目標

台風等による洗掘や流失被害を受ける危険度の高い道路橋の抽出方法から、危険度の高い橋に対して、既存の洗掘防止工だけでなく、橋をかけ替えることなく、現位置で橋を改造し、流路を広げられるような新たな対策方法やその設計法まで一連でマニュアル化されることが期待される。

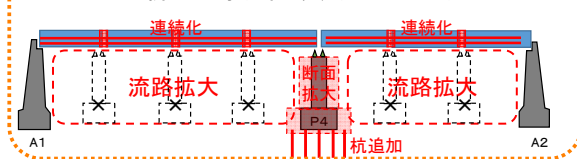
そこで、本研究では、上記の一連からなるマニュアル作成に必要な要素技術について研究を行う。

- 洗掘や流失に対する危険度の高い橋梁の抽出法
- 鋼桁の塑性設計法の提案
- 洗掘や流出に対する道路橋の原位置改良方法の提案

現行基準による対策：基礎の補強



新たな原位置改良のアイデア



### 必要性

近年大型台風の発生が頻発するなか、ライフラインを繋ぐ、道路ネットワークの確保と道路被害への迅速な対策が重要

3

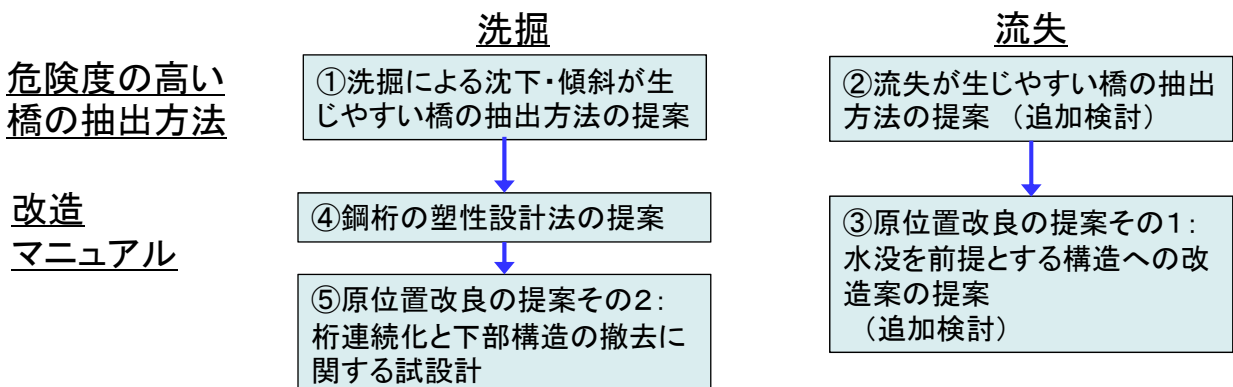


## 3. 研究概要のフロー

### 研究開発の概要

- 特別な計算を行うことなく、河川条件や道路橋の構造の特徴から、洗掘や流失に対する危険度の高い橋梁を安全側に抽出する方法の提案(①②)
- 桁連続化構造を合理化でき、鋼桁の塑性設計法の提案(④)
  - ※鋼桁については、材料の塑性域の特性を生かした設計式の基準は未策定
- 道路橋の原位置改良方法の提案
  - 洗掘：桁連続化と下部構造の部分撤去という改造方法の成立性の確認(⑤)  
(残る下部構造へは、既存の洗掘対策や耐震補強方法を流用することが前提)
  - 流失：水没を前提とする構造への改造方法の成立性の確認(③)

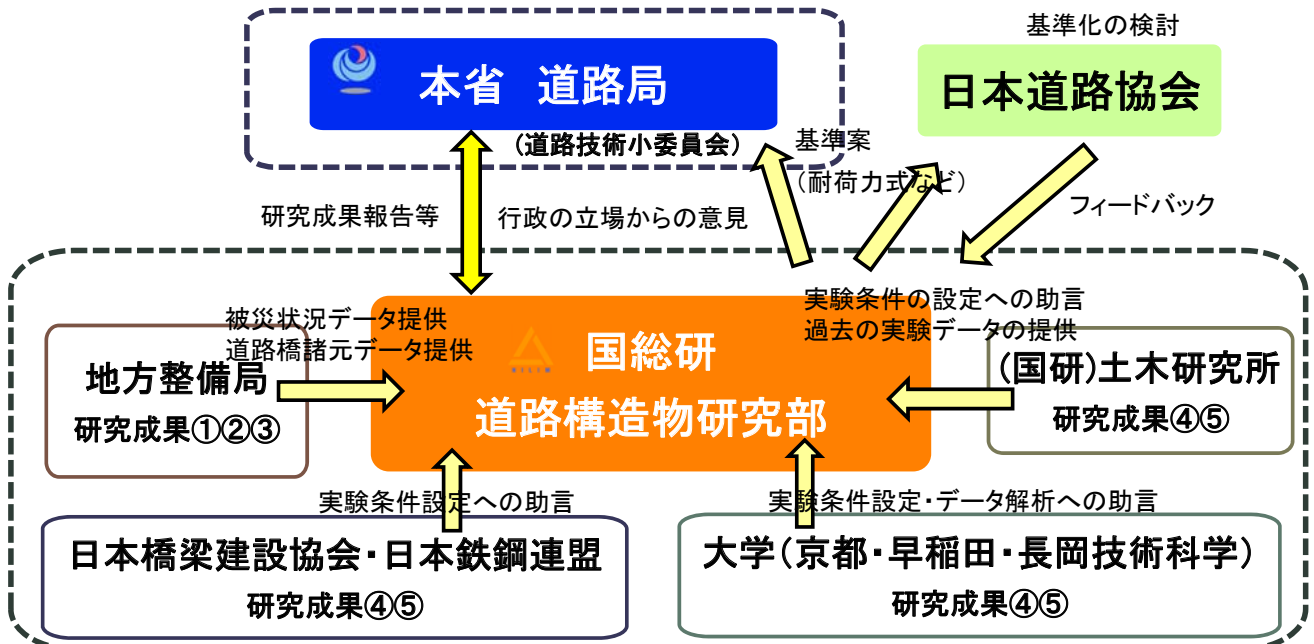
※なお、通常、橋の設計では、堤防高さよりも高い位置に上部構造を計画する



4



## 4. 研究の実施体制



**効率性**

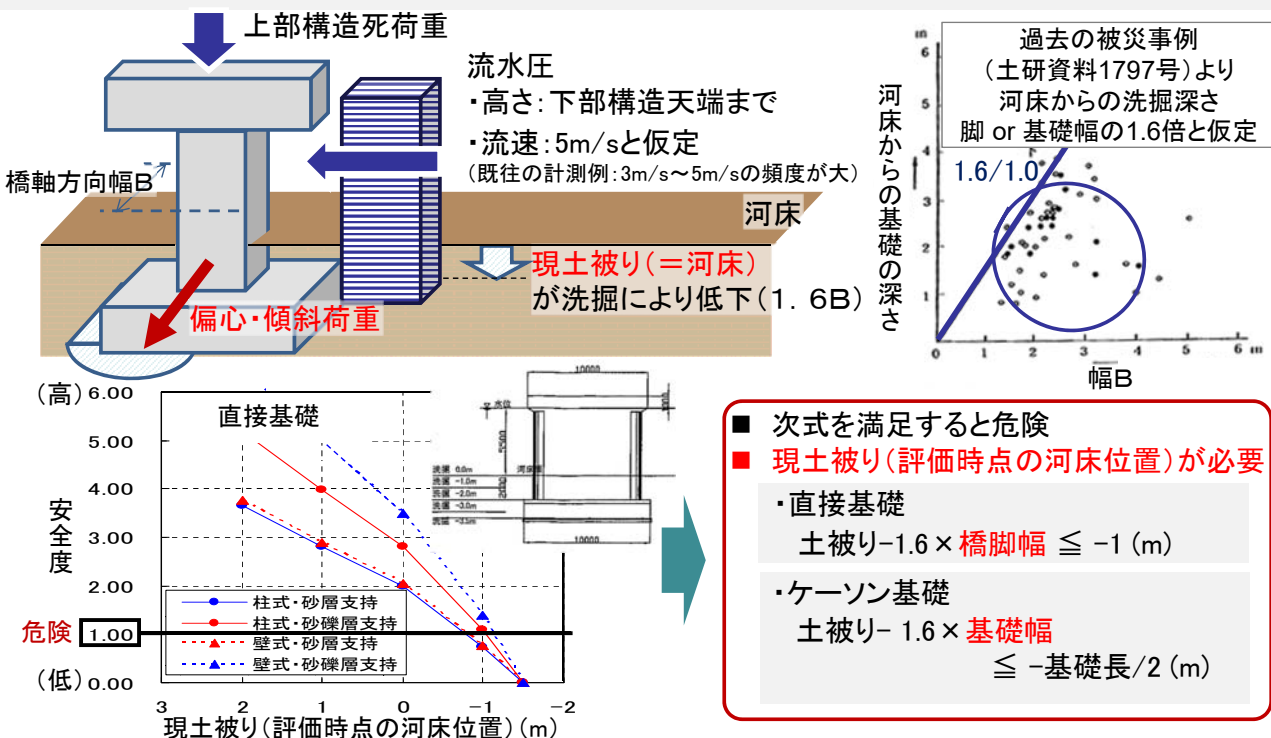
橋梁を維持管理する地方整備局から諸々のデータを手に入れた。鋼桁の設計法に関しては、土木研究所、大学、関係協会等と連携し、試験結果を共有することで効率的に実施した。



## 5. 研究成果 ①道路橋の洗掘に関する被災可能性の評価方法の検討

$$\text{安全度} = \frac{\text{洗掘が生じた際の支持力}}{\text{(流水圧 + 死荷重)}}$$

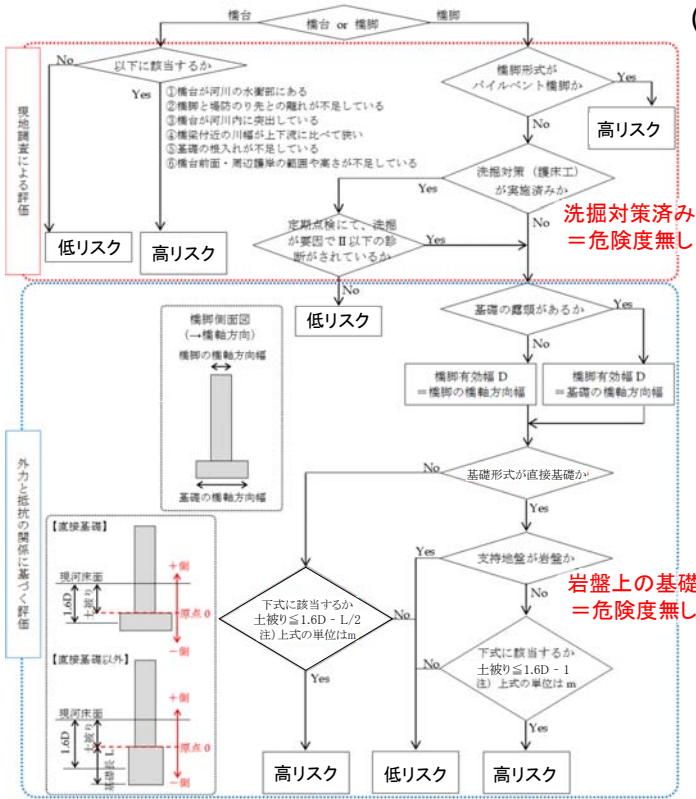
- 整備局設計図書より、基礎形式や地盤条件の異なる12橋脚を選定
- 現土被り位置を変えていく ⇒ 洗掘後に安全度が1を下回る現土被りを計算





## 5. 研究成果 ①道路橋の洗掘に関する被災可能性の評価方法の検討

### 危険度評価フローの提案



被災例を含む8橋の橋脚に対して、危険度を評価  
(前項の12橋とは異なる)

- 河床位置が入りできたもの
- 砂、砂れき、粘性土地盤
- 直接基礎、ケーソン基礎
- 川島橋を除く7橋は令和元年台風19号により被害が発生
- 川島橋は、河床低下が顕著であるためモニタリングしていたもの(関東地整管理)

橋梁名	橋脚基礎形式	洗掘の被災判定・結果 (×:被災あり)	
		フロー	実際の被災状況
法雲寺橋(笹子川、山梨)	直接基礎	×	×
大善寺橋(谷田川、福島)	直接基礎	×	×
内村橋(車道)(依田川、長野)	直接基礎	×	×
内村橋(側道)(依田川、長野)	直接基礎	×	×
小林橋(鬼怒川、栃木)	ケーソン基礎	×	×
吉野橋(吉野川、山形)	ケーソン基礎	×	×
日野橋(多摩川、東京)	ケーソン基礎	×	×
川島橋(鬼怒川、茨城)	ケーソン基礎	×	

見逃し無し、空振り有

7



## 5. 研究成果 ②③道路橋の流失に関する被災可能性の評価方法の検討

### ①防護柵の破壊



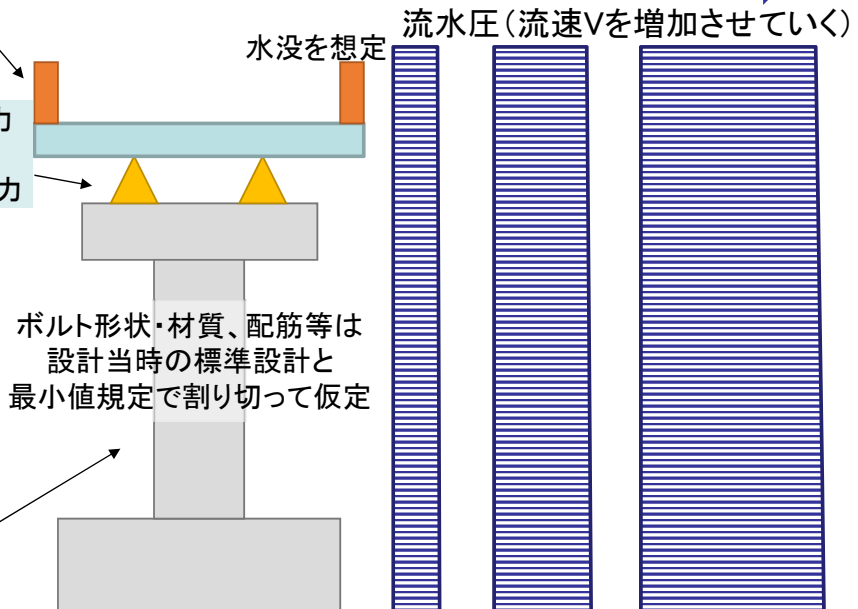
水平力  
VS  
アンカーボルトのせん断耐力

- 掘込構造や山付堤の河川を渡河する橋梁を想定
- R2.7豪雨において、球磨川にて、橋面が浸水した14橋
- 流速を徐々に増やす ⇒ 各部の断面力・安全率を算出
- ①②③で最初に安全率が1.0に達した箇所と実際の破壊位置を比較

### ②流失=支承部の破壊 (ボルト引き抜き等)



水平力+浮力  
VS  
水平・鉛直耐力



### ③橋脚のせん断・曲げ破壊 (圧壊・ひび割れ)



水平力  
VS  
柱耐力

8



## 5. 研究成果 ②③道路橋の流失に関する被災可能性の評価方法の検討

危険度が1になる流水圧の上部構造作用分 / 上部構造重量 = 水平震度

- 計算上の損傷箇所と実際の損傷箇所が一致 ⇒ モデルに一定の妥当性あり
  - ✓ 破壊に至る流速は1~4m/s程度 ⇒ 他河川での過去の流速計測結果とオーダーが一致
- レベル2地震動に対する耐震補強を進めることで、流失対策にもなる可能性がある。
  - ✓ 支承が損傷し流失した橋で、逆算した外力は、水平震度に換算すると0.6以下

令和2年7月豪雨で球磨川を渡河する**水位が橋面を超えた12橋**を対象に検討

※デザイン防護柵など特殊な構造を有するものは除いた12橋

支承が損傷した橋梁				その他の橋梁					
橋梁名	逆算流速 (m/s)	逆算震度	計算上の損傷箇所	実際の損傷箇所	橋梁名	逆算流速 (m/s)	逆算震度	計算上の損傷箇所	実際の損傷箇所
西瀬橋	4.0	0.58	支承	支承	深水橋	4.0	0.56	橋脚	橋脚
相良橋	1.0	0.53	支承	支承	人吉橋	4.5	0.49	防護柵	防護柵
鎌瀬橋	3.5	0.38	支承	支承	紅取橋	5.0	0.78	橋脚	損傷無し
坂本橋	3.0	0.38	支承	支承	中谷橋	3.0	0.32	橋脚	損傷無し
沖鶴橋	2.0	0.17	支承	支承					
大瀬橋	2.5	0.25	支承	支承					
神瀬橋	3.0	0.17	支承	支承 橋脚					
松本橋	2.0	0.13	支承	支承					

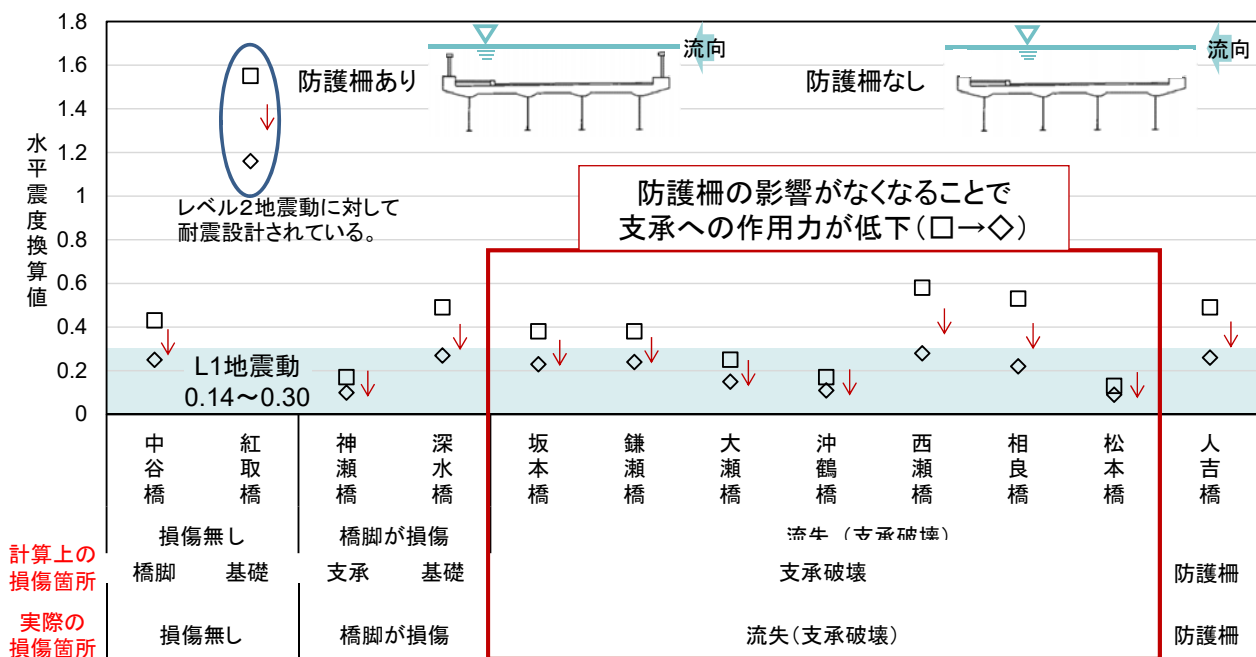


9



## 5. 研究成果 ②③道路橋の流失に関する被災可能性の評価方法の検討

- **防護柵を事前に外すことができれば、流失を防げる可能性がある。**  
(過去の許容応力度法での耐震設計で考慮されている水平震度は0.2程度)  
⇒洪水時に外せるような防護柵の技術開発ニーズを示すことができた



10

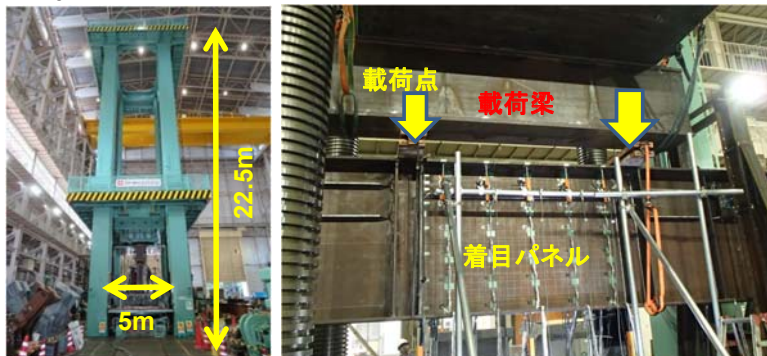
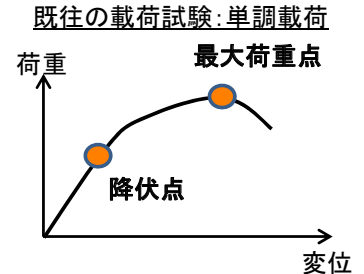
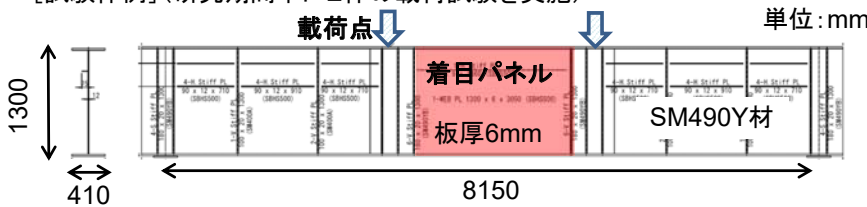


## 5. 研究成果 ④鋼桁の塑性設計法の提案

- 鋼桁・コンクリート桁に関する既往の研究では、設計合理化のために、単調荷重の実験や数値解析が行われ、塑性域の最大耐力に着目した耐力式が提案されている。
- しかし、供用中に大型車の満載が複数回繰り返されることも考えると、最大耐力に達することは許容できず、桁の変位が増加しない限界の耐力の範囲に留める必要がある。

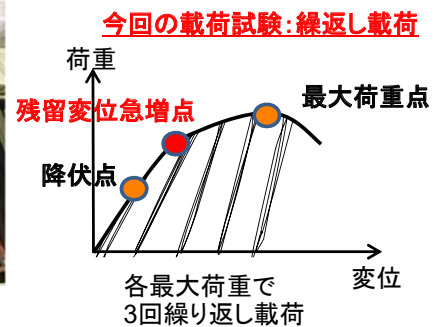
⇒ 鋼桁・コンクリート桁のいずれも、**繰返し荷重実験を行うこと、及び、**  
 ⇒ **塑性域で同一荷重での繰返し振幅を与えても、残留変位が急増しない点に着目することを提案**

[試験体例] (研究期間中に2体の荷重試験を実施)



載荷試験機

試験体

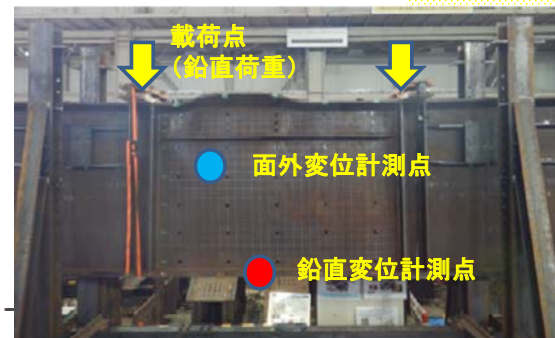
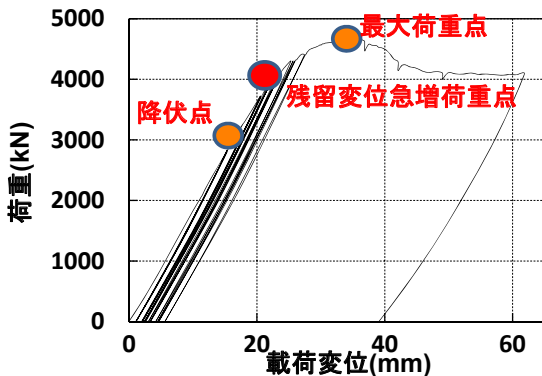
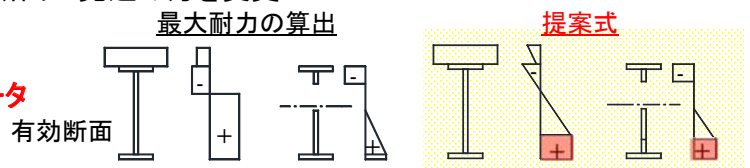


## 5. 研究成果 ④鋼桁の塑性設計法の提案

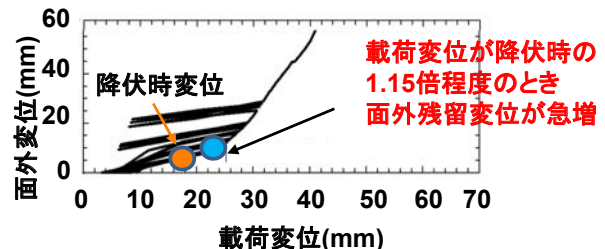
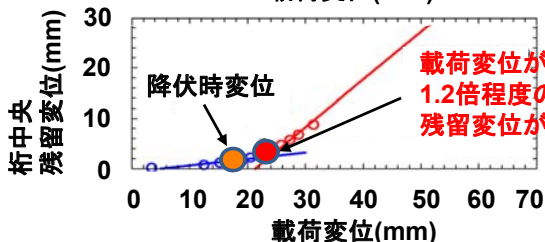
研究成果

- 本研究の範囲では、鋼桁の実験を実施 ⇒ 桁断面の一部で材料が降伏したり、局部座屈が始まっても、残留変位が急増するわけではないことが分かった。
- 論文「プレートガーダーの曲げ耐力に関する新しい理論(長谷川ら)」の理論式などを参考に、残留変位急増点に適合するように有効断面の見込み方を変更

⇒ 従来より、鋼桁耐力が10%~15%程度大きくできる見通し  
 ⇒ 国総研・他機関の鋼桁試験30体のデータにて、追加検証中



↑ 床版上縁の圧縮破壊とウェブ下端10%の塑性化を考慮

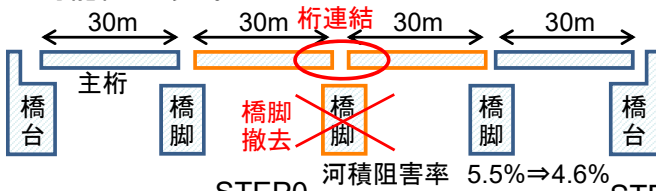




## 5. 研究成果 ⑤鋼桁連続化と下部構造の撤去に関する試設計

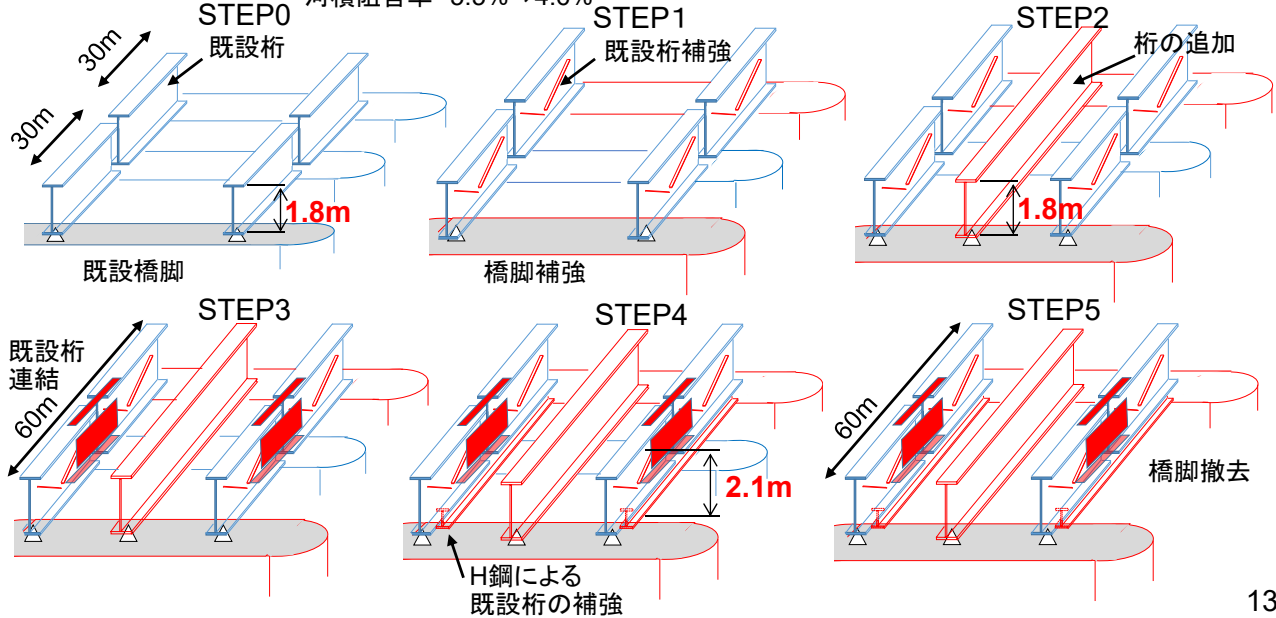
■相対的に軽量である鋼桁について、構造の成立性を確認。(コンクリート桁は検討未実施)

■期間は掛け替えと同程度か、それよりも短くなる可能性がある。



	H29道示 & 提案耐荷力式	H24道示 (許容応力度法)
既設桁	一部降伏を許容 & 高強度鋼	弾性範囲 & 従来鋼
追加桁		
補強重量	97t (1.00)	138t (1.42)

カッコ内は、提案耐荷力式に対する比率



13



## 6. 成果の普及等

社政審道路分科会 第13回道路技術小委員会(R2.9.4):

道路のリスク評価の議論が始まっている

← 道路防災点検要領の改定などリスク評価のための施策、基準類の見直しの検討に、本研究で得られた道路橋の洗掘、流失リスクの評価法も反映

### 昨今の災害を踏まえた今後の検討の方向性(案)



気象状況、道路の被災状況等	今後の検討の方向性	[参考]防災・減災プロジェクトとの関連
<p>&lt;気象&gt; 観測史上最大の10日間降水量を観測 (令和2年7月豪雨)</p> <p>1時間降水量50mm以上の発生回数が約1.4倍に増加 (令和2年7月豪雨、令和元年東日本台風)</p>	<p>① 昨今の雨の降り方の変化に伴う道路の事前通行規制基準のあり方を検討 (土工分野会議) ※事前通行規制要領の改定 (現在、事前通行規制基準として連続雨量を活用)</p>	58. 国民生活・社会経済へのダメージを最小化する道路オペレーション
<p>&lt;被災&gt; 河川を渡河する橋梁で上部工の流出や橋脚の洗掘が発生 (R219等球磨川渡河橋梁群、R20法雲寺橋)</p>	<p>② 昨今の変化する外力を踏まえた点検すべき新たな災害リスクについて審議 (土工・橋梁分野会議) 〔点検により要対策箇所をとりまとめ〕 ※必要に応じ技術基準類の見直しを検討</p>	55. 河川・鉄道・道路分野が連携した橋脚等の防災・減災対策
<p>&lt;被災&gt; 河川に隣接する区間で道路の流出が発生 (R41岐阜県下呂市、R210大分県日田市、R144群馬県妻恋村等)</p>	<p>③ ②及び技術の進展も踏まえた災害リスク箇所のマネジメント(注)のあり方を検討 (土工・橋梁分野会議) (注)災害リスク箇所の把握や評価、対策の立案の手法等 ※道路防災点検要領の改定</p>	1-1. インフラ分野における防災・減災のための新技術の活用
<p>&lt;被災&gt; 道路区域外や防災点検対象外で大規模土砂災害が発生 (R3熊本県芦北町、R418長野県天龍村、R20神奈川県相模原市等)</p>		55. 河川・鉄道・道路分野が連携した橋脚等の防災・減災対策

14

社政審道路分科会 第8回道路技術小委員会(H29.6.30):  
 道路橋の設計基準の次回改定においては、鋼桁の耐荷力式の検討課題の一つ  
 ← 検討にて、本研究で得られた桁の新しい耐荷力式や載荷試験方法を反映

### 道路技術小委員会 橋梁分野会議 委員長報告

- ◇ 「橋、高架の道路等の技術基準」の改定にあたり、「橋梁分野会議」において、専門的見地から検討したので、その状況を報告する。
- ◇ 橋梁分野会議の論点として、
  - ① 多様な構造や新材料に対応する設計手法をどのように導入していくべきか
  - ② 長寿命化を合理的に実現するために、どのような規定を充実すべきか
  - ③ 点検結果等を踏まえ、どのような規定を充実すべきか
 などについて、審議を行ってきた。
- ◇ これらの検討事項について、橋梁分野会議では、以下のような意見があった。

#### 【橋梁分野会議における主な意見】

- ① 多様な構造や新材料に対応する設計手法をどのように導入していくべきか
  - ・設計の枠組みを作ることで技術の開発も進むと考えられるため、早急に改定を行うのがよい。
  - ・耐荷性能は、路線の重要度に応じて設定することを共通編で明確にすべき。耐荷性能についても、路線の重要度に応じて選択するようにしてはどうか。
- ② 長寿命化を合理的に実現するために、どのような規定を充実すべきか
  - ・設計供用期間100年について、耐久性の観点だけでなく説明するのではなく、耐荷性能とも密接に関係していることを示した方がよい。
  - ・橋の耐久性確保の方法や部材の交換等について、維持管理や構造上の留意事項を示してはどうか。
  - ・部材交換が容易な構造とすることの規定について、この規定ばかりが重視されて設計耐久期間が短く、頻繁に部材交換をせざるを得ない構造が採用されることのないよう、注意が必要ではないか。



#### ③ 点検結果等を踏まえ、どのような規定を充実すべきか

- ・PCボスطن桁のひびわれについて、特殊な形状の橋については、PC鋼材の配置等について特に注意が必要。
- （熊本地震を踏まえた対応については、平成28年9月の道路技術小委員会の審議を踏まえ、改定案を作成）

- ◇ 以上の意見を踏まえ、「橋、高架の道路等の技術基準」の改定案を作成した。

- ◇ なお、今回の改定は、許容応力度設計法から限界状態設計法、部分係数設計法へと、設計の枠組みを大きく変更するものである。今後、継続して取り組むべき課題として、以下のような意見があった。

#### 【橋梁分野会議における主な意見】

- ・コンクリート構造におけるPRC構造や鋼部材におけるコンパクト断面等、限界状態設計法の特性を生かした新しい構造の規定、又、橋全体系で限界状態を直接照査するための標準的な方法など、標準的な設計法に新しいものを充実させることについては、引き続き検討を行っていただきたい。
- ・耐震設計において桁端部や支承まわりでの損傷過程を制御する設計法、耐力階層化係数なども、引き続き検討を行っていただきたい。
- ・塩害等耐久性の設計法についても、実態データの蓄積を行い、合理的なものとなるように、継続的に検討を行っていただきたい。
- ・限界状態設計法や部分係数設計法について、新技術や新材料の開発を行う民間企業等に対して、評価の方法論だけではなく評価に必要なデータや知見をわかりやすい形で示していくことも必要ではないか。
- ・国際競争性に関するメリットについて、もっと打ち出していくことも必要ではないか。

### ■ 既発表論文等

IABMAS 2020

- ・「An Experimental Study on the Steel Girders with a Horizontal Stiffener in Bending」

令和3年度全国大会 第76回年次学術講演会

- ・「水平補剛材を有する鋼I形断面桁のせん断強度に関する実験的研究」
- ・「腹板の幅厚比を緩和したSBHS500の合成桁のせん断耐力に関する実験的研究」

### ■ 現在作成中

技術基準の改定に密接に関係する国総研資料2冊を優先にして作成中

- ・被害を受ける可能性の高い橋梁の抽出マニュアルの提案
  - ・洗掘による沈下・傾斜が生じやすい橋の抽出方法の提案(①)
  - ・流失が生じやすい橋の抽出方法の提案(②)
- ・鋼桁の塑性設計法の提案(④)

### ■ 今後

鋼桁載荷試験に関する設計式について他機関のデータなども精査したうえで、下記2項目から改造マニュアル(メニューと計算例)をまとめる

- ・原位置改良の提案その1: 水没を前提とする構造への改造案の提案(③)
- ・原位置改良の提案その2: 桁連続化と下部構造の撤去に関する試設計(⑤)



## 7. まとめ

研究開発の目的	研究開発の目標	研究成果	研究成果の活用方法 (施策への反映・効果等)	目標の達成度	備考
洗掘被害を受ける可能性が高い道路橋の抽出と改造マニュアルの開発	洗掘や流失に対する危険度の高い橋梁の抽出法	<ul style="list-style-type: none"> <li>主成分分析などの統計的方法でなく、力学的なメカニズムを考慮した、被災要因の分析ができた。</li> <li>その結果から、危険度の高い橋梁を抽出する方法を提案した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>技術資料(国総研資料)を発刊し広く周知する。</li> <li>道路技術小委員会に提出し、リスク評価法などとしての基準化の検討を進める。</li> </ul>	◎	◎とした理由は、いずれも、当初は「流出」は対象でなかったため。研究に組み込み、成果を得ることができた。
	鋼桁の塑性設計法の提案	<ul style="list-style-type: none"> <li>桁の載荷実験と分析方法、新たな限界状態の定義を提案した。</li> <li>鋼桁の耐荷力式を提案した。従来に比べて10~15%大きく強度を見込めることが分かった。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>技術資料(国総研資料)を発刊し広く周知する。</li> <li>日本道路協会橋梁委員会や道路技術小委員会に提出し、設計式の基準化の検討を進める。</li> </ul>	○	
	道路橋の原位置改良方法の提案	<ul style="list-style-type: none"> <li>流失: 水没時を前提したとき、高欄の取り外しによる外力の低減や支承の耐震補強による抵抗の増加が有効なことを示した。</li> <li>洗掘: 鋼桁橋については、桁連続化と下部構造の撤去という方法が成立することを確認した。</li> </ul>	技術資料(国総研資料)として、既存の方法だけによらない新たな改良方法や計算例をまとめた改造マニュアル案を作成する。	◎	

### 有効性

- 水害危険度の高い橋の優先度付けができるようになった。また、新たな対策方法の充実が図られた。
- 鋼桁の塑性設計法は、新設設計や腐食に対する補強設計の合理化にもつながる。
- 原位置改良方法は、渡河橋の耐震補強の推進にも寄与できる可能性がある。