

資料

令和4年度第4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4年度第4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4年10月19日（水）

場所：TKP 神田ビジネスセンター

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3年度終了の事項立て研究課題の終了時評価＞
 - ・下水道管路の防災・減災技術の開発に関する実態調査
 - ・下水処理場の応急復旧対応を再現可能な下水処理実験施設整備及び検討
 - ・免疫性を考慮した降雨指標に応じた崩壊生産土砂量の予測に関する検討
 - ・斜面・対策施設下部が全面的に水没した場合の崩壊危険度の評価手法の検討
 - ・ICT施工推進に必要な技術基準類整備に係る調査研究
6. 国総研研究総務官挨拶
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	93
資料2 評価方法・評価結果の扱いについて	94
資料3 研究課題資料	
3-1 下水道管路の防災・減災技術の開発に関する実態調査	95
3-2 下水処理場の応急復旧対応を再現可能な下水処理実験施設整備及び検討	102
3-3 免疫性を考慮した降雨指標に応じた崩壊生産土砂量の予測に関する検討	112
3-4 斜面・対策施設下部が全面的に水没した場合の崩壊危険度の評価手法の検討	120
3-5 ICT施工推進に必要な技術基準類整備に係る調査研究	127

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3年度に終了した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（17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。

下水道管路の防災・減災技術の開発に関する実態調査

研究代表者	:	下水道研究部長 三宮 武
課題発表者	:	下水道研究室長 吉田 敏章
関係研究部	:	下水道研究部 下水道研究室
研究期間	:	令和2年度～令和3年度
研究費総額	:	約85.6百万円
技術研究開発の段階	:	後期段階



National Institute for Land and Infrastructure Management, MLIT, JAPAN

1



1. 研究開発の背景・課題

背景

- ◆ 下水道管路施設の被害は、公衆衛生への影響のみならず、道路交通障害のリスクもあることから、大量の雨水が施設に流入してくる状況においても、その機能を確保し、施設の被害を防ぐことが重要となる。しかしながら、施設計画の想定を超えないような大雨時においても、下水道管路施設(人孔の浮上・破損等)の被害が発生している。

課題

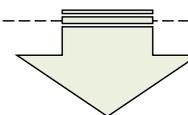
- ◆ 施設計画の想定を超えないような大雨時でも被害が発生。
 - 「下水道施設計画・設計指針と解説」の算出方法に沿った施設計画(計画降雨強度式)となっているか確認が必要。
- ◆ 大雨時の管内の水理現象の複雑さや現地状況の違いにより、定量的な危険度を示した「下水道マンホール安全対策の手引き(案)」(以下「安全対策の手引き」となっていない。
 - 危険度の定量化による安全対策の優先順位付けが必要。
- ◆ 「安全対策の手引き」に沿って安全対策を行った下水道管路施設でも被害が確認されている。
 - 被災要因を分析し、要因に対応できるような対策が必要。

下水道施設計画・設計指針と解説

下水道事業の計画及び計画施設、設備など全般の設計をするための実務手引書

第3章 雨水管理計画
 第3節 雨水管理計画の基本的事項
 第4節 計画降雨に対応する施設計画

第4章 管路施設
 第3節 マンホール



マンホール(人孔)設置に当たっての参照先として紹介。

- ・マンホールふたの飛散・浮上に関する安全対策
下水道マンホール安全対策の手引き(案)
平成11年 日本下水道協会策定
- ・マンホールふたの規格(形状、寸法、性能等)
下水道用鋳鉄製マンホールふた(JSWAS G-4)
平成21年 日本下水道協会改正

基準類体系図

2



2. 研究開発の目的・目標

目的・目標

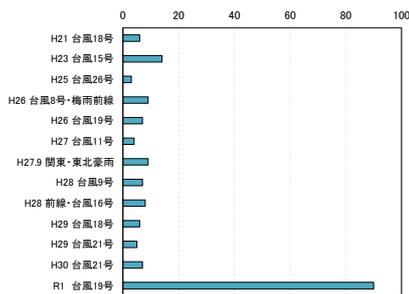
地方公共団体における計画降雨強度式や下水道管路施設の被害状況の把握、人孔破壊時の各種作用外力の整理、定量的な危険度に基づく基準案(以下「人孔蓋安全対策検討フロー(案)」)の作成

必要性

豪雨等による下水道管路施設の被災が多発しており、安全対策が急務である。



人孔周辺の舗装破損



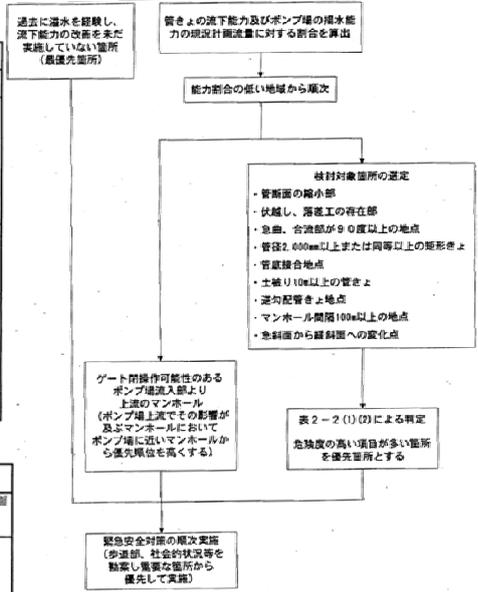
台風別被災箇所数(下水道管路施設の被害状況の整理(令和2年度調査)より)

表2-2(1)危険地点・優先度判定表(最重要項目)

危険度	低い → 高い		備考	
	90%	80%		
構造物	管断面の縮小	90%	80%	下流/上流
	伏越し		有り	
	急曲	90度	90度以上	
	合流(雨水吐き室を含む)	90度	90度以上	
マンホール	落差工		有り	
	マンホール間隔	50m	100m	
地形	ふたの空気抜き	800cm ²	100cm ²	10cm ²
	凹地部		凹地部	
	急斜面から緩斜面への変換点			変換点
能力	管きよ流下能力	100%	50%	計画流量比
	ポンプ揚水能力	100%	50%	

表2-2(2)危険地点・優先度判定表(重要項目)

危険度	低い → 高い		備考	
	φ 1,000mm	φ 2,000mm		
管径	管径	φ 1,000mm	φ 2,000mm	く形の場合は断面積相当
	管きよの接合	管頂	水面	中間
土締め	2m	5m	10m	
	縦断形			逆勾配



緊急安全対策優先箇所検討手順

(「安全対策の手引き」)

危険度の高い項目が多い箇所を優先箇所としており、定量的な危険度となっていない。

3



3. 研究開発の概要とフロー

研究開発の概要

はじめに、地方公共団体における下水道事業の実態を把握するため、計画降雨強度式の算出方法や下水道管路施設の被害状況の整理を行った。次に、整理結果を踏まえ構造力学的な被災メカニズムを推定した上で、近年の豪雨により下水道管路施設に被害が発生した箇所を対象に流出解析を行い、被災当時の発生外力・被災内容を分析した。最後に、5年確率降雨を代表波形とする解析を行い、人孔蓋安全対策検討フロー(案)の作成を行った。

- ①地方公共団体における実態の把握
 - ・計画降雨強度式の算出方法の妥当性の確認
 - ・下水道管路施設の被害状況の整理



- ②人孔破壊時の各種作用外力の整理
 - ・構造力学的被災メカニズムの推定
 - ・流出解析による発生外力・被災内容の推定

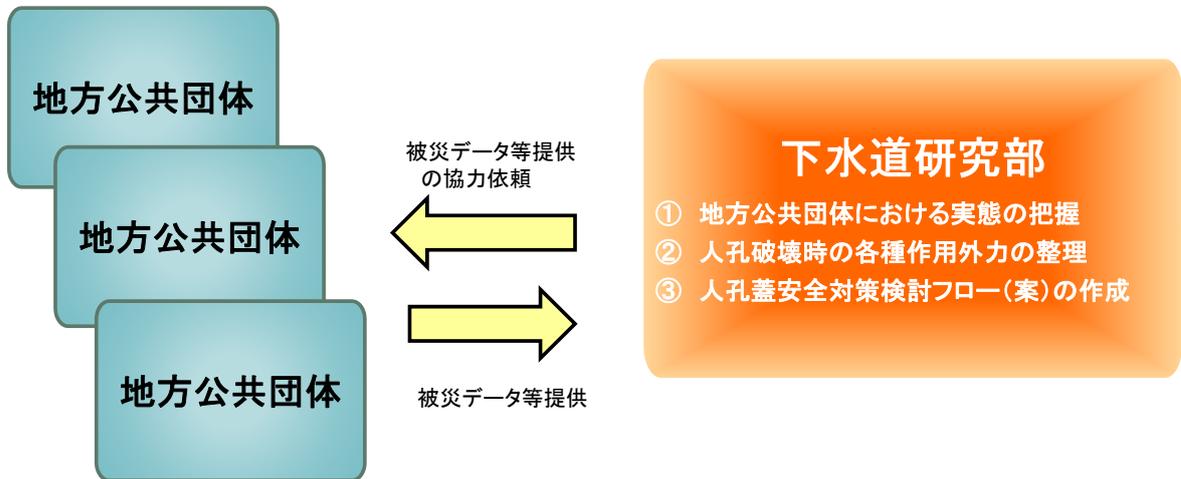


- ③人孔蓋安全対策検討フロー(案)の作成

4

効率性

地方公共団体と連携し、大雨に伴う人孔周辺の被災データ等を効率的に収集した。

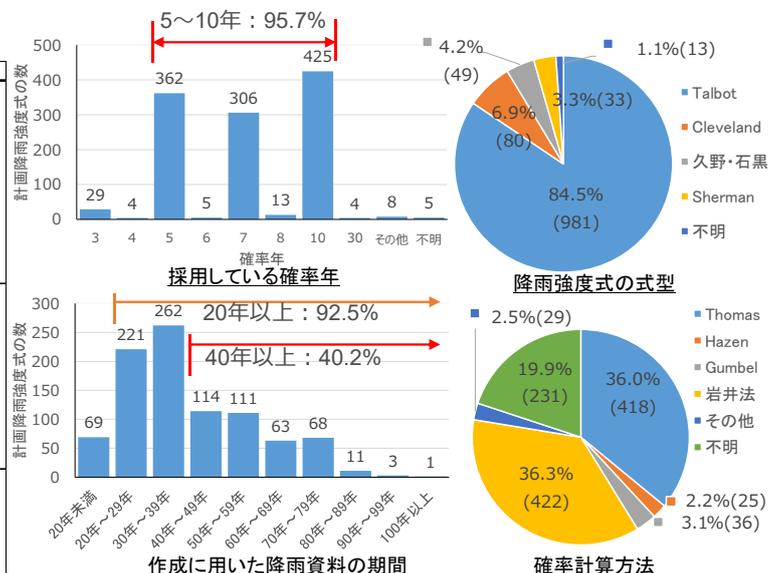


5. 研究成果: ①計画降雨強度式の算出方法の妥当性の確認

- 雨水計画を策定していると想定される1,124団体に、計画降雨強度式に関する全26項目のアンケート調査を実施。
- 1,081団体から回答。その内、計画降雨を設定している914団体1,161の降雨強度式について整理。
- 採用されている確率年は10年が最多であり、5~10年で9割以上を占める。
- 降雨資料として20年以上の期間を採用しているのは9割以上、40年以上の期間は4割程度。
- 計画降雨強度式の式型は8割以上がTalbot型、確率計算方法は岩井法とThomas法がいずれも1/3程度。

各調査項目に係る「下水道施設計画・設計 指針と解説」での記載内容

調査項目	「下水道施設計画・設計指針と解説」第3章雨水管理計画での記載内容
計画降雨強度式	<p>§ 3.3.4 解説(3)1)計画降雨 計画降雨に採用する確率年は、5~10年を標準とし、確率年に相当する計画降雨強度を近年の降雨状況を考慮して適切に設定する。</p> <p>§ 3.4.2 解説(1)3)降雨強度式 合理式における降雨強度式の型式には、次のようなものがある。</p> <p>①Talbot(タルボット)型 ②Sherman(シャーマン)型 ③久野・石黒型 ④Cleveland(クリーブランド)型</p>
確率計算方法	<p>参考 3. 確率雨量の計算 確率雨量を降雨強度式により表す場合、降雨強度式は過去の降雨資料から解析する生起確率から設定する。降雨資料の解析では、適用する分布関数を選定してその定数を決定することとなる。~以下中略~ さらに、この分布関数の定数を決定する主な方法としては次に示すものがある。</p> <p>(i) 確率紙を用いる方法(図式推定法) - Thomasプロット法、Hazenプロット法等 (ii) 確率計算による方法 - 岩井法、Gumbel法、積率法等</p>
資料期間	<p>参考 3. 確率雨量の計算 5年~10年の確率年で確率雨量を計算するための降雨資料は、各年最大値を対象に収集し、収集期間は少なくとも20年なるべく40年以上が望ましい。</p>



ほとんどが「下水道施設計画・設計 指針と解説」第3章 雨水管理計画に記載されているものに基づいて作成されている。

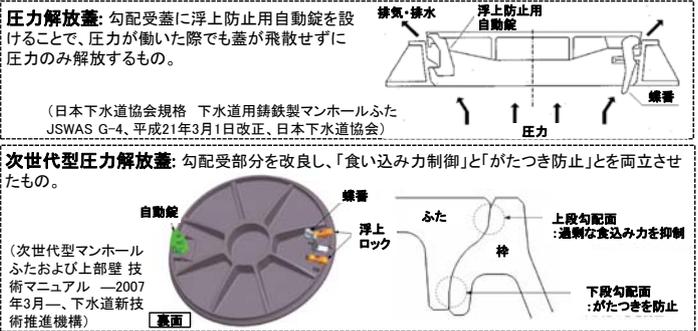
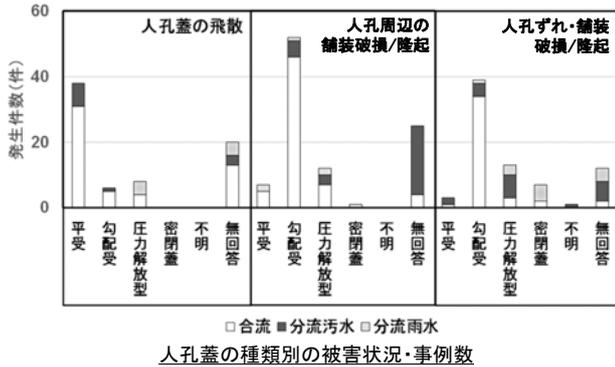
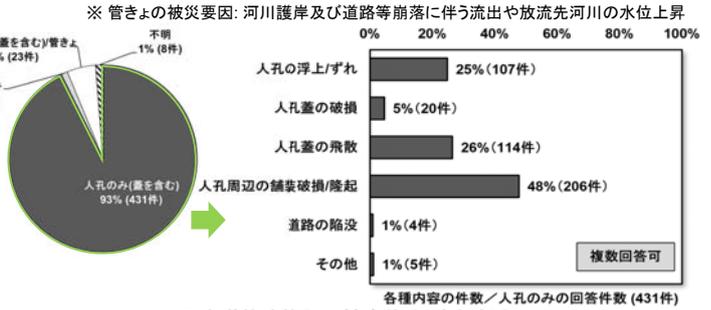


5. 研究成果: ① 下水道管路施設の被害状況の整理

- 過去10年間で大雨に伴い下水道管路施設の被害が発生した地方公共団体(68団体)を対象にアンケート調査を実施。その中でも政令指定都市や規模の大きい地方公共団体(9都市)で現地踏査・ヒアリングを実施。

地方公共団体へのアンケート調査項目

- 被災年月日
- 被災発生時刻
- 被災発生場所
- 道路種別(国道・県道・市道)
- 歩車道種別(車道・歩道)
- 当時の気象条件(台風・集中豪雨)
- 下水道施設種別(合流式・分流式雨水・分流式污水)
- 下水道施設年度(1970年以前・1980年以前・1990年以前・2000年以前・2010年以前・2011年以降)
- 被害状況(マンホールと管きよの種別・被害状況)
- 対策工法の実施の有無及び対策内容(圧力解放蓋への取替え・空気抜き管の設置の有無・その他)
- 浸水履歴の有無
- 雨水放流先(河川・ポンプ場)
- 水位計設置の有無
- 雨水流出解析モデル作成の有無



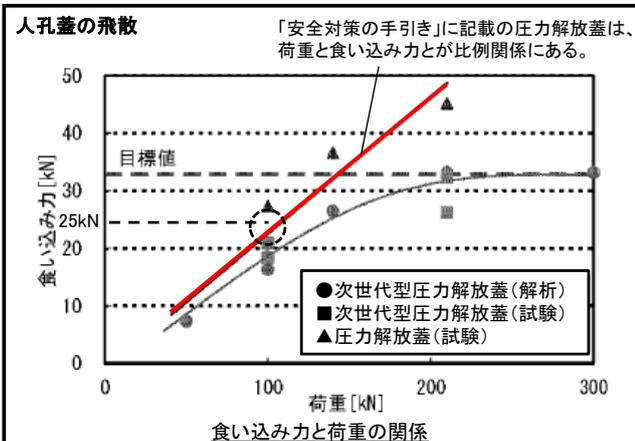
下水道管路施設の被害のうち、人孔蓋の飛散、人孔周辺の舗装破損/隆起等、人孔に関する被害が多く、「安全対策の手引き」で安全対策として挙げられている圧力解放蓋でも30件程度被害が見られた。これは、車両の通行に伴う人孔蓋と受枠との食い込み過剰等で内圧が解放できないことが要因として想定され、被害防止策として大型車両の通行を伴う箇所には内圧解放がしやすい工夫された次世代型圧力解放蓋や格子蓋を用いるべきと考えられる。



5. 研究成果: ② 構造力学的被災メカニズムの推定

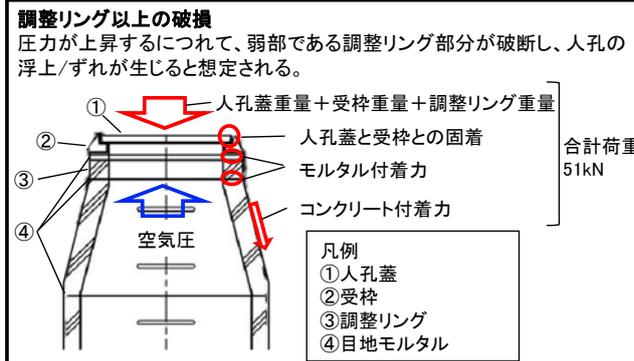
- 既往文献や構造力学的な検討から、日本下水道協会規格 JSWAS G-4の人孔を想定した人孔部材破壊時(調整リング以上の破損、人孔蓋の飛散、内圧破壊)の荷重状況を推定。

破壊形態	破壊時に想定される荷重
調整リング以上の破損	51kN以上
人孔蓋の飛散	25kN~60kN
内圧破壊	14kN以上



車両が通ると食い込み力(人孔蓋が受枠に食い込む力)が増加する。最大食い込み力を60kN(日本下水道協会規格 JSWAS G-4の推定値)、最低値を25kN(100kN程度の荷重を想定)とすると、25kN~60kNで蓋飛散が生じると推定できる。

(マンホールの維持管理性向上に関する研究(一部加筆)、2006年度下水道新技術研究所年報、下水道新技術推進機構)



組立式マンホールの接合部水密性能(JSWAS A-11)

性能区分	水圧	人孔蓋に働く荷重に換算
I種	0.05	-----> >14kN
II種	0.10	-----> >14kN

単位(MPa)

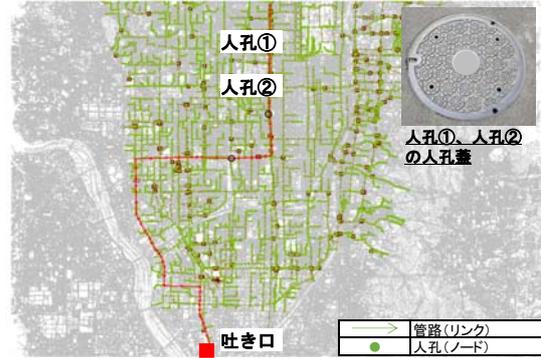


5. 研究成果:②流出解析による発生外力・被災内容の推定

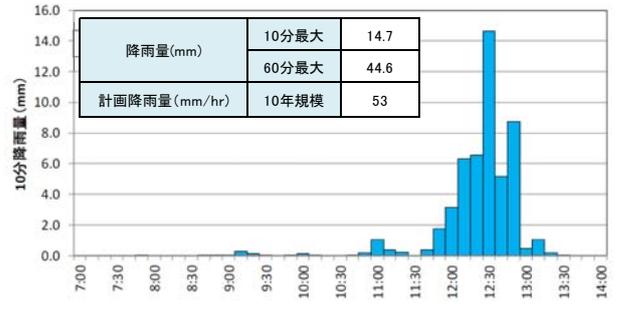
- アンケート調査を行った地方公共団体の中から8都市の被災箇所を対象に被災当時の再現解析を行い、破壊時の荷重状況を基に、発生外力・被災内容を推定。
- K市の事例を示す。

解析諸元

区分	項目
被害発生日時	平成26年8月16日
被害状況	人孔の浮上/ずれ 人孔周辺の舗装破損/隆起
人孔①に係る管径、延長	φ 3300、L=200m
人孔②に係る管径、延長	φ 3600、L=462m
蓋区分	勾配受蓋(空気孔有)
排除区分	合流式



被害状況



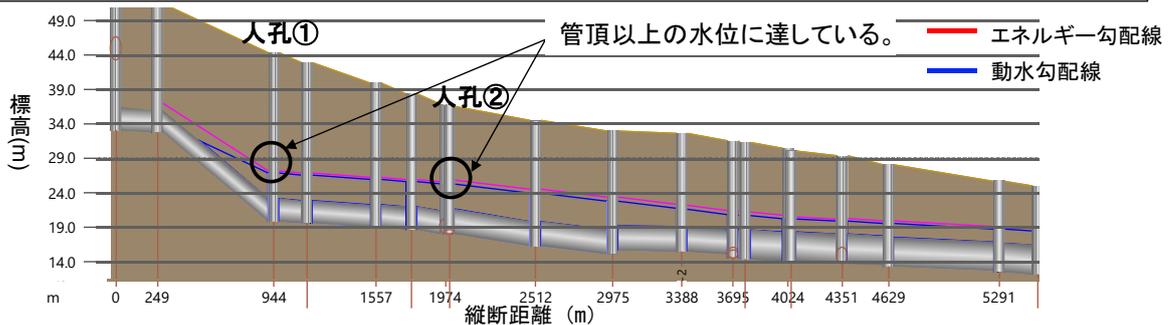
解析に用いた降雨ハイレートグラフ

9

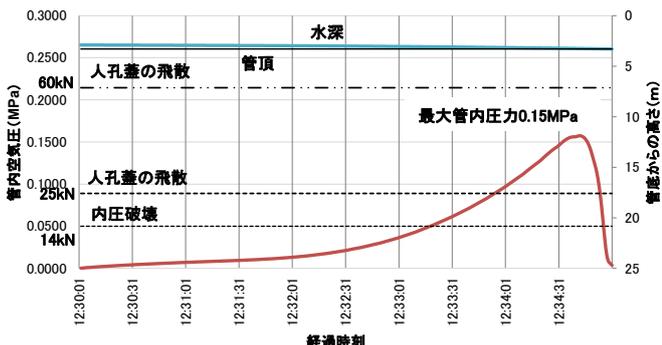


5. 研究成果:②流出解析による発生外力・被災内容の推定

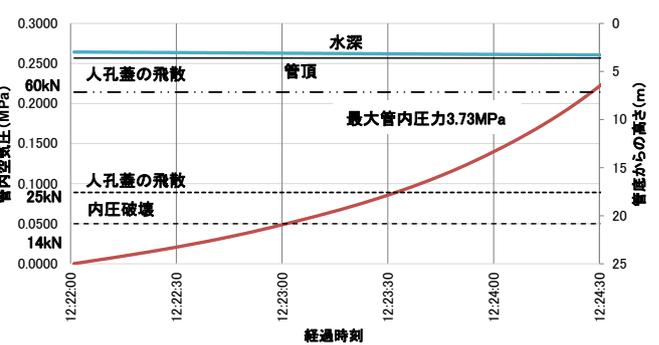
- K市の解析結果



水位縦断面図(箇所①、箇所②の水位ピーク付近)



人孔内空気圧算定結果(人孔①)



人孔内空気圧算定結果(人孔②)

最大管内空気圧が25kNを超過していることから、内圧破壊、人孔蓋の飛散(食い込み力が小さい場合)が生じることが推察された。

最大管内空気圧が60kNを超過していることから、内圧破壊、人孔蓋の飛散、調整リング以上の破壊が生じることが推察された。

10



5. 研究成果: ③人孔蓋安全対策検討フロー(案)の作成

- K市に適用した流出解析モデルを用いて、5年確率降雨を代表波形とした解析を行った。
- 数値解析上で人孔間隔100m、空気抜き面積10cm²、管径φ3600、管頂接合を基準として、構造条件(人孔間隔、人孔蓋の空気孔等)を変化させることで、各構造条件の圧力状況を推定。
- 各構造条件の圧力状況を基に、360点(内圧破壊基準:0.05MPa(14kN))の基準値を超えると、危険と判定されるよう点数化した危険度簡易判定表(例)を作成。

各構造条件の圧力状況

区分	項目		圧力 (MPa)	
最重要項目	構造物	急曲	90度	0.0560
			90度以上	0.0544
	人孔	人孔間隔	50m	0.0231
			100m	0.0567
			400m	0.4240
		人孔蓋の空気孔	800cm ²	0.0001
			100cm ²	0.0027
			10cm ²	0.0567
	重要項目	管径	φ1000	0.0047
			φ2000	0.0327
φ3600			0.0567	
管きよ形状		管きよの接合	管頂	0.0567
			管底	0.0853
土被り		2m	0.0076	
		5m	0.0066	
		10m	0.0057	
		20m	0.0047	

危険度簡易判定表(例)

	空気圧			点数
	小	大		
人孔間隔	50m	100m	400m	100m
	40	100	745	100
人孔蓋の空気孔	100cm ²	10cm ²	0cm ²	10cm ²
	5	100	455	100
管径	φ1000	φ2000	φ3600	φ3600
	10	60	100	100
管きよの接合		管頂	管底	管頂
		100	150	100
合計				400
判定 基準値360				OUT

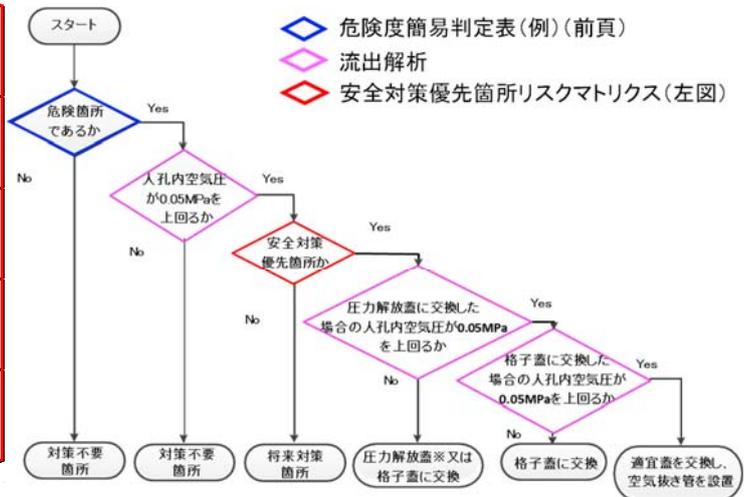
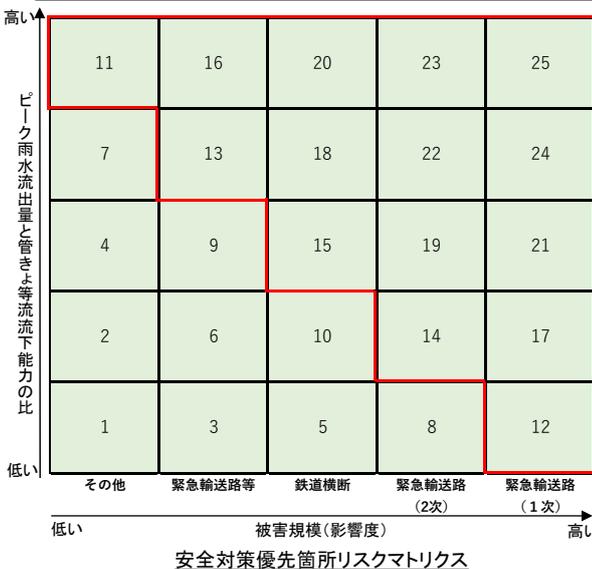
急曲や土被りといった構造条件を変化させても圧力状況の大きな変化は見られなかった。
一方で、管きよ内空気量(人孔間隔、人孔蓋の空気孔、管径)に関わる項目が危険度に大きい影響を与えらる。

11



5. 研究成果: ③人孔蓋安全対策検討フロー(案)の作成

- 効率的・効果的に対策を実施するため、下水道管路施設の被災による影響度や被災の発生確率を基にリスクマトリクスを作成。(赤枠内を安全対策優先箇所と設定)
- 以上の結果を基に、人孔蓋安全対策検討フロー(案)を作成。



12



6. 成果の普及等(今後の課題)

【成果の普及(予定)】

- ・地方公共団体や関連業界への成果の周知
(圧力解放蓋での被害や危険地点優先度判定基準(案)の活用について)
- ・「安全対策の手引き」の参考資料としての活用
(「安全対策の手引き」第2章 2-4. マンホール緊急安全対策の検討手順を想定)

投稿論文

- ①論文名：下水道管路の防災・減災技術の開発に関する実態調査(令和2年度下水道関係調査研究年次報告書集)
著者：(国総研下水道研究室)岡安祐司・田本典秀・山路昂央
 - ②論文名：下水道管路の防災・減災技術の開発に関する実態調査(国土技術政策総合研究所年報(令和3年度))
著者：(国総研下水道研究室)岡安祐司・日下部包・成瀬直人
- 執筆中
- ③論文名：大雨時の人孔被災対策に関する検討(仮)(下水道協会誌)
著者：(国総研下水道研究室)鈴木航平・成瀬直人・吉田敏章

13



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
下水道管路の防災・減災技術の開発に関する実態調査	地方公共団体における実態の把握	地方公共団体の計画降雨強度式の作成方法や降雨資料の取扱いは、ほとんどが「下水道施設計画・設計指針と解説」第3章 雨水管理計画に記載されているものに基づいて作成されていることを確認した。 安全対策として挙げられている圧力解放蓋でも被害が発生しており、被害防止策として大型車両の通行を伴う箇所には内圧解放がしやすいよう工夫された次世代型圧力解放蓋や格子蓋を用いるべきと考えられるとの知見を得た。	○地方公共団体や関連業界への成果の周知(「安全対策の手引き」に沿って対策を行った箇所での被害及びその対策の周知による被害縮減効果の獲得)	○
	人孔破壊時の各種作用外力の整理	破壊時の管内圧力状況を推定する流出解析モデルを構築した。(危険度簡易判定表(例)に活用)	○地方公共団体や関連業界への成果の周知(人孔蓋安全対策検討フロー(案)の活用について)	○
	人孔蓋安全対策検討フロー(案)の作成	管きょ内空気量(人孔間隔、人孔蓋の空気抜き、管径)が危険度に大きい影響を与えるとの知見を得た。 定量的な危険度を示した危険度簡易判定表(例)及び安全対策優先箇所リスクマトリクスの作成並びに人孔蓋安全対策検討フロー(案)を作成した。	○「安全対策の手引き」の参考資料としての活用(第2章 2-4. マンホール緊急安全対策の検討手順を想定)	

<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

人孔蓋安全対策検討フロー(案)を作成した。また、安全対策として挙げられている圧力解放蓋でも被害が発生しており、大型車両の通行を伴う箇所には内圧解放がしやすいよう工夫された次世代型圧力解放蓋や格子蓋を用いるべきとの知見を得た。これらは、優先的な安全対策の推進、人孔被災の発生防止に有効と考えられる。

14

下水処理場の応急復旧対応手法の検討

(下水処理場の応急復旧対応を再現可能な下水処理実験施設整備及び検討)

研究代表者	:	下水道研究部長 三宮武
課題発表者	:	下水処理研究室長 重村浩之
研究期間	:	令和元年度～令和3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

0



1. 研究開発の背景・課題

背景

・令和元年東日本台風による水害により、17箇所の下水処理場が水没し、機械／電気設備の被害により処理場機能が喪失。下水処理場への下水の受入ができなくなり、マンホールや処理場内で下水の溢水等が発生。

課題

・本復旧には相当の期間が必要となるため、被災後の応急復旧段階における下水性状の把握及び性状に応じた速やかな対策手法を明らかにする必要がある。

・被災後の緊急措置として消毒処理を実施し、その後の復旧状況に応じて、沈殿処理、簡易処理を段階的に実施。しかし、流入下水の性状により消毒効果が不十分となる場合があります、その対応方法は明らかとなっていない。

令和元年東日本台風による被災事例

A川の氾濫により
浸水被害を受けた
下水処理場



B川流域における浸水被害を受けた下水処理場



C県内下水処理場流入渠からの下水溢水

1

既往の取組み・残された課題

「災害時における下水の排除・処理に関する考え方(案)」の策定(H24.9国総研)

- ・東日本大震災での被災直後の対応(緊急措置)及び応急復旧段階における対応事例の整理
(水道復旧等により徐々に水量が増加する場合への対応)
- ・応急復旧段階での暫定処理方式の選定、目標水質、達成時期の考え方を提示

<残されている技術的課題>

- ・水害に伴う大規模浸水により処理場の機能が喪失した場合の応急復旧方策の検討が必要(土木躯体の被害は小だが、電気・機械設備は被害大。但し、被災直後より下水が流入。)
- ・被災後に実施する高濃度の塩素消毒による放流先下流域への水質面の影響について詳細な検討が必要(放流先下流に水道水源がある場合には、特に注意が必要。)



上記の技術的課題の解決のため、本研究で以下の手法等を検討

豪雨により浸水した下水処理場の処理機能の応急復旧対策手法

- ・被災後の塩素消毒の効果阻害状況、消毒副生成物の生成状況、対策手法

東日本大震災における緊急措置・応急復旧の対応事例

緊急措置段階:被災者の生活空間から下水を速やかに排除し、水系感染症を防止するための消毒を実施

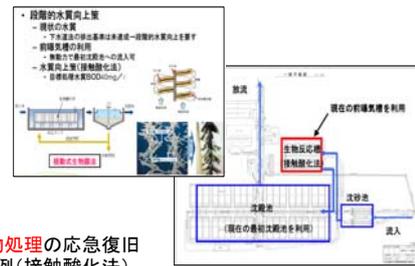
処理場における緊急措置の対応事例

箇所	放流方法	消毒
処理場流入きよ→ 仮設沈殿池または河川	仮設ポンプで導水	次亜塩素酸ナトリウム溶液(移動タンク)
処理場流入きよ→ 最初沈殿池	仮設ポンプで導水	固形塩素

応急復旧段階:本復旧までの間に暫定的に行う処理方式を検討・実施

段階的応急復旧と目標水質

機能	目標水質		備考
	BOD(mg/l)	大腸菌群数(個/cm3)	
沈殿+消毒	120	3000	水濁法一律基準、沈殿除去率
沈殿+簡単な生物処理	60		中級処理除去率
生物処理+沈殿+消毒	60→15		下水道法施行令



生物処理の応急復旧事例(接触酸化法)

目的・目標

- ・下水処理場機能喪失後の応急復旧段階における対策手法の提案
- ・災害時の下水処理の処理・消毒手法の高度化

必要性

- ・近年、台風等による水害で下水処理機能を喪失する被害が頻発しているが、下水処理場の本復旧には相当の期間が必要となる場合もあり、被災後の応急復旧段階における下水性状の把握及び性状に応じた速やかな対策手法を明らかにする必要があった。
- ・被災後に実施する消毒における水質面の影響を明らかにする必要があった。



3. 研究開発の概要

研究開発の概要

浸水により被災した下水処理場での現地調査結果や、様々な下水処理機能を有する実験施設による実験結果等により、下水処理場機能喪失後の応急復旧段階における対策手法や、被災後の塩素消毒による消毒効果及び対策手法を提示した。これにより、周辺住民の公衆衛生確保ならびに放流先下流域への影響軽減を図る。

研究開発項目

- ①被災下水処理場における応急復旧に向けた措置状況の整理
- ②消毒効果の阻害要因や消毒副生成物の挙動等に関する検討
- ③復旧段階に応じた下水の処理・消毒の対策手法に関する検討
- ④復旧に向けた効果的な下水の処理・消毒の対策手法のとりまとめ

研究成果

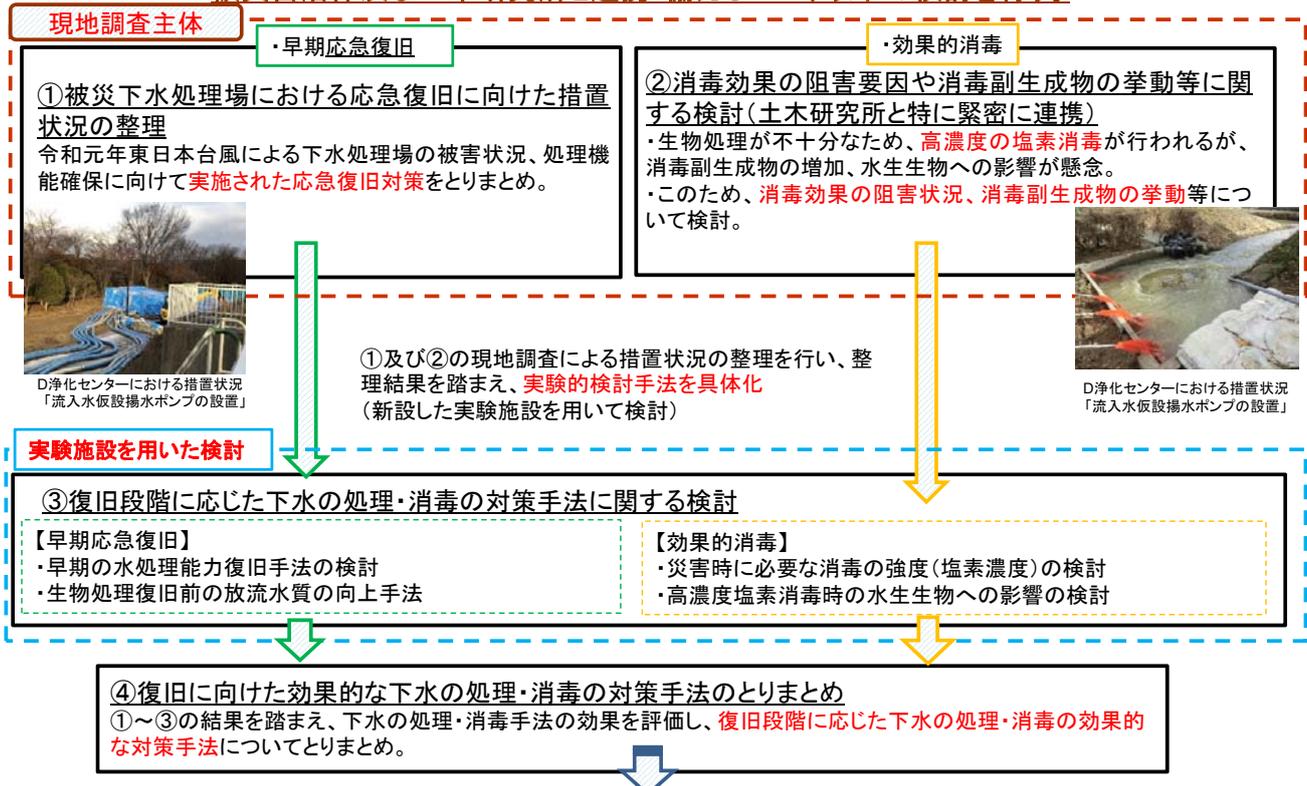
下水処理場機能喪失後の応急復旧段階における対策手法の提案 等
→ 応急復旧段階における早期の水質向上による公衆衛生確保、消毒の適正化による放流先への影響軽減

4



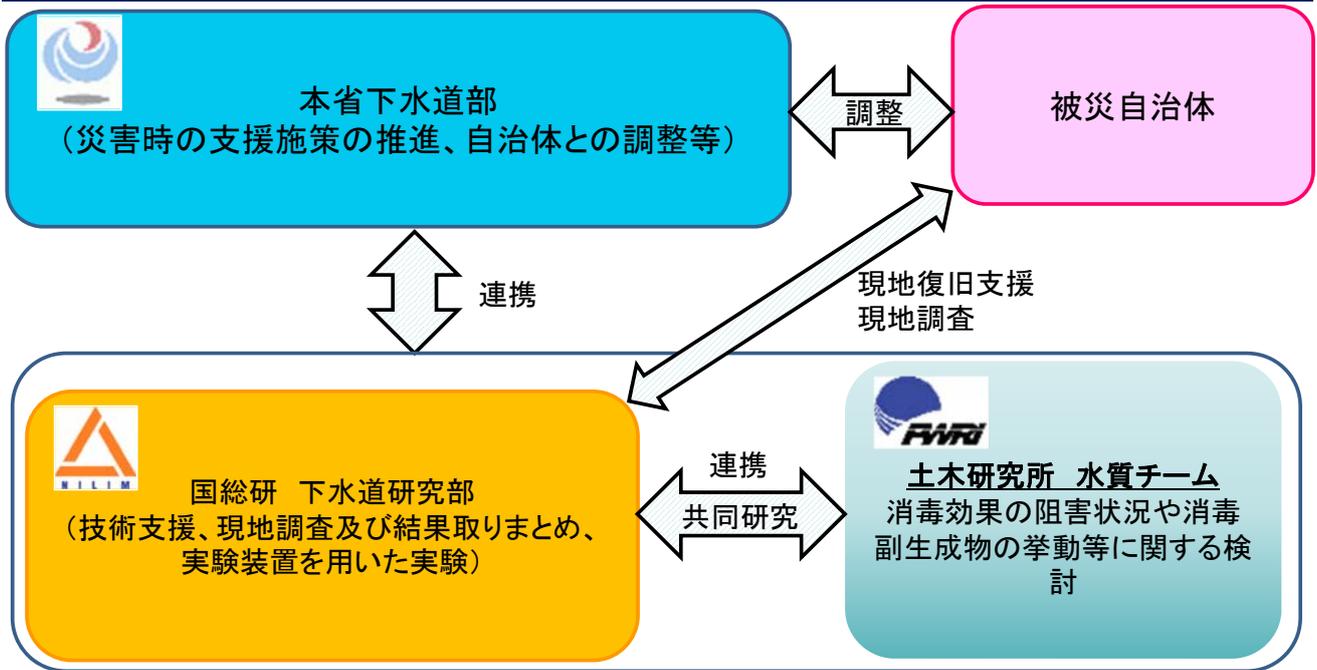
4. 研究の内容・フロー図

被災自治体及び土木研究所と連携・協力しつつ、以下の検討を行う。



「災害時における下水の排除・処理に関する考え方(案)」に反映

5



効率性

水害により下水処理機能が喪失した自治体における現地調査においては本省下水道部との連携を行うこと、応急復旧段階における運転管理手法の検討においては、下水や放流先河川等の水質の挙動について知見を有する土木研水質チームと共同研究を行って研究を進めた。

【豪雨災害の特徴】

○極端な豪雨の増加により、外水氾濫による被害も近年頻発している。

○それに伴い、L1を超える対策をしても被害が発生している。

【豪雨災害に伴う下水道施設の被害状況】

○豪雨災害時には電気・機械設備が被災して処理機能を失うが、管路、処理槽等の土木構造物の被害が少ない。土木構造物は被災直後から使用可能。

○このため、無被害地区からの汚水の流入に加え流域内で浸水した水が下水道管きよを通じて下水処理場に流入する。なるべく早期の処理機能復旧が望まれる。



図1 被災した処理場の設計想定水位
※下水道施設計画・設計指針に定める計画降雨
L1: 指針に定める計画降雨(浸水防除)
L1~L2: 計画降雨とL2の間の降雨(浸水の軽減)
L2: 想定最大規模降雨(安全な避難)

構造物に大きな被害はないが電気室が浸水



機能停止直後から、流入水がポンプ棟のマンホールから溢水

【処理機能の復旧手順】(現地調査を基にとりまとめ)

復旧手順(タイムライン)を以下に示す。

○被災直後は消毒処理のみを行い放流するが、水質浄化の必要性から、早期に対応可能な沈殿処理を実施する。(応急復旧1)

○当初は汚泥かき寄せ機故障のため、汚泥の引き抜きは行わないが、そのまま継続すると汚泥が堆積し、槽の表面が固くなり、復旧に支障が生じる(応急復旧1の写真参照)。このため、なるべく早く汚泥かき寄せ機と仮設汚泥脱水機を設置し、汚泥を取り出して処理する。(応急復旧2)

○その後は、処理水質の向上のため、簡易生物処理を開始する。生物処理には水処理槽に空気を送る(曝気)必要があるが、送風機が故障している場合は、仮設送風機を準備する。送風を行うと、徐々に水処理を行う微生物の集合体(活性汚泥)が増加するが、時間がかかるため、可能であれば、他の処理場の活性汚泥を投入する必要がある。(応急復旧3)

応急復旧1: 沈殿⇒放流
(汚泥引き抜きなし)



表面が固化した
最初沈殿池

応急復旧2: 沈殿⇒放流
(汚泥引き抜き機能回復、仮設脱水機設置)



掻き寄せ機
復旧後



仮設汚泥脱水機

応急復旧3: 沈殿⇒簡易生物処理⇒放流
(活性汚泥(水処理微生物)回復、仮設送風機設置)



仮設送風機



活性汚泥

【段階的な水処理機能の復旧】
(本格的な復旧へ)

○既存施設を活用した応急復旧の場合、複数系列をもつ下水処理場(図1に例示)については沈殿+水処理を系列ごとに復旧させることで早期復旧が可能になる。これにより、放流水質が被災前のレベル(対象処理場が達成すべき、放流水BOD濃度が15mg/L以下のレベル)まで復旧する。(図2参照)

○汚泥処理の処分が出来ないことにより、処理レベルを上げることができない事例があることから災害時の汚泥処分方法について、汚泥処理設備についても段階的に処理能力を向上させ、被災前のレベルまで復旧させる必要がある。



最初沈殿池から最終沈殿池まで、1系列がワンセットとしてつながっている

図1: 下水処理場の水処理系列の事例

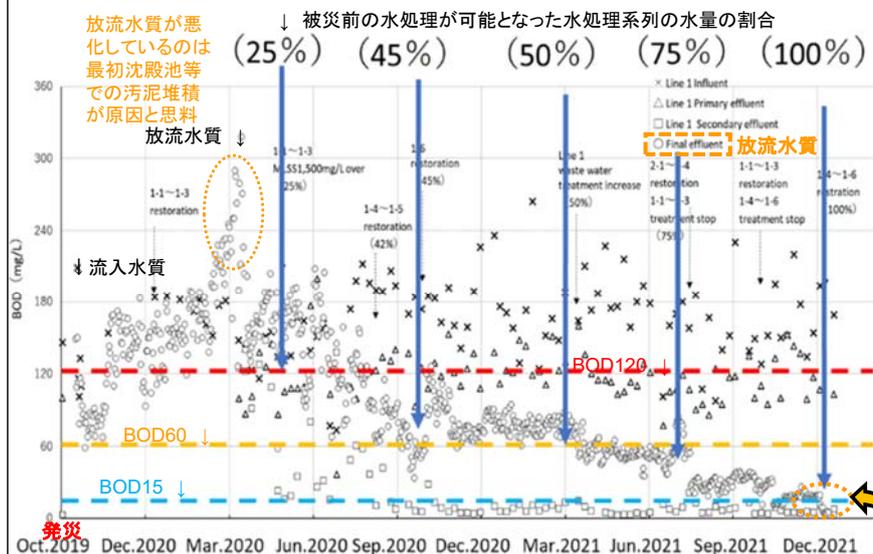


図2: A処理場におけるBOD測定結果及び被災前の水処理が可能となった水量の割合

・令和元年東日本台風で水没したD浄化センターにて国総研と土木研究所と共同で現地調査等を行い、水質改善のための応急対応について技術支援を行った（写真参照）。

・また、「**浸水被害発生後の速やかな下水処理機能の応急復旧手法の開発に関する共同研究**」（R2-R3：国総研・土研）の**枠組み**で、応急復旧時の消毒効果と消毒副生成物の生成状況を調査



写真 復旧段階処理場の現地調査状況

図1 水質改善効果による消毒効果の向上

図2 水質改善効果による消毒副生成物の抑制

図3 残留塩素濃度と消毒副生成物の関係(追試)

- ・沈殿処理では、塩素消毒による通常時(塩素添加濃度1.5mg/L)の2~3倍程度の濃度ではほとんど効果が得られず、**簡易生物処理の導入・向上により、消毒効果が改善した**（図1参照）。
- ・また、人体や水生生物への影響可能性が指摘される**消毒副生成物(TOX)**についても、**簡易生物処理の導入により、生成量を低減**することができた。（図2参照）
- ・消毒副生成物と残留塩素の相関を把握するため、現地調査の追試験を実施し、下水処理場の流入水を3日程放置し、その後残留塩素濃度と消毒副生成物の関係を調査した。その結果、**残留塩素濃度と消毒副生成物濃度**の間に**正の相関**がみられた。（図3参照）

10

図4 接触時間と消毒副生成物の関係

- ・人体や水生生物への影響可能性が指摘される消毒副生成物(TOX)は、簡易生物処理などの導入による**塩素投入量の減少効果で生成量低減**が期待できる。
- ・塩素消毒の効果は「**塩素濃度×接触時間**」で示されるが、塩素濃度一定の時、**接触時間が長くても、消毒副生成物濃度は増加しなかった**（図4参照）。

図5 消毒副生成物と流下距離の関係

- ・処理水が放流された河川では、放流水による消毒副生成物の影響は小さいが、**20km以上流下しても大きく減少しなかった**（図5参照）。

②のまとめ

- ◆ 沈殿処理のみでは消毒効果が出にくく、高い塩素濃度を添加すると消毒副生成物による影響が懸念。
- ◆ 早期に簡易生物処理を行うことで、消毒効果を高め、塩素濃度や消毒副生成物濃度の低減が可能。
- ◆ 組み合わせる消毒管理方法として、塩素混和池での接触時間を長く保つことが有効と提示。

11

- 【災害リスクマネジメント実験施設の特徴】(災害時における処理方法等の検討のため、新たに整備)
 ○実下水処理場と同様の水処理施設構成+災害時における下水性状の変動を再現する「性状変動槽」で構成
 ○性状変動槽は、通常とは異なる流入水質を再現
 ○反応槽は、通常の標準活性汚泥法だけでなく、嫌気無酸素好気法や循環式硝化脱窒法等の高度処理法についても、処理方式を再現可能
 ○処理系列は2系列整備。これにより、異なる条件での処理状況の比較が可能
 ○後段には、塩素消毒、紫外線消毒、凝集剤添加のための装置を付加
 消毒のみ、凝集剤添加のみという、生物処理が回復する前の状態も再現可能

⇒これらにより、通常の生物処理復旧前、生物処理復旧時の水処理手法について検討可能

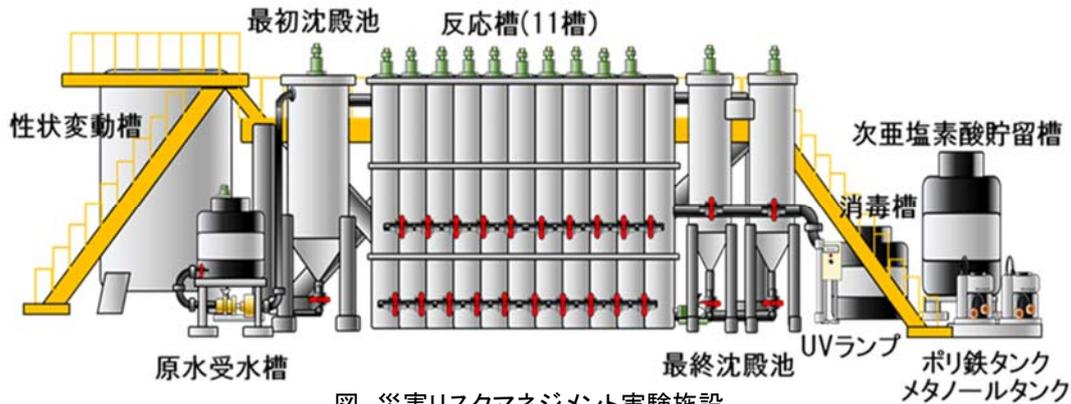


図 災害リスクマネジメント実験施設

平常時流入水量：24m³/日、最大時流入水量：48m³/日

- 早期の処理機能回復のため、活性汚泥投入の必要性について検討した。(p.8応急復旧3関連)
 ※活性汚泥：下水処理に必要な微生物が集合している汚泥

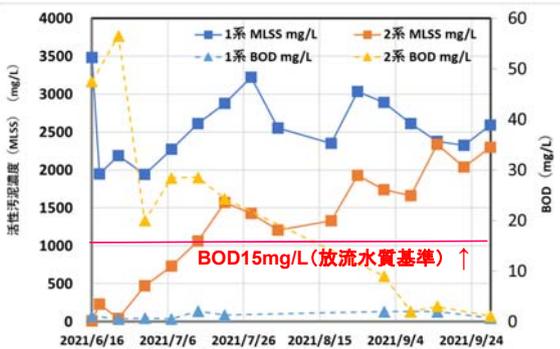


図1 活性汚泥濃度(MLSS)と放流水質

水処理機能回復の初期段階における活性汚泥投入の有無による立上げ時間の違い

- ・1系：汚泥投入系は1日でBOD15mg/L以下
- ・2系：汚泥投入なしでは放流水質の回復に2か月程度

【対策手法】

⇒種汚泥の投入は汚泥早期復旧に効果あり

※ただし、活性汚泥は増加するため、槽内からの汚泥除去機能(汚泥かき寄せ機)と汚泥処理機能(汚泥脱水機等)の回復を併せて行うことが必要。

- 水処理機能回復前(代替機器無し)の応急対策として、化学薬品である凝集剤(PAC)による下水浄化の適用可能性を検討した。
 ※PAC：ポリ塩化アルミニウム。下水処理等で良く用いられる凝集剤。

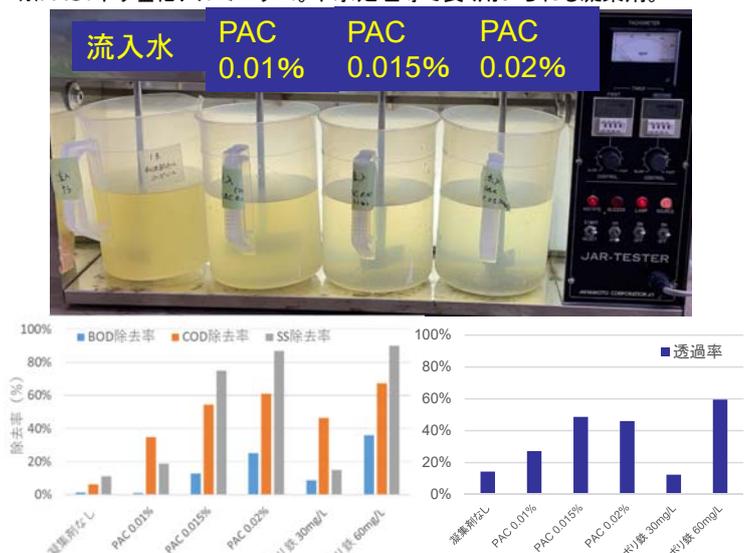


図2 凝集剤による下水処理効果

図3 UV波長において透過度

- ・SS・BOD・CODについて減少を確認
- ・UV波長(254nm)において透過度の向上を確認

【対策手法】

⇒凝集剤添加を行うことにより早期の水質改善に効果あり

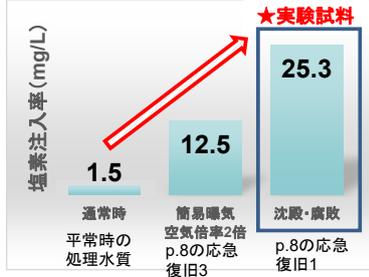
沈殿処理において、汚泥管理が出来ない場合を再現した条件(p.8の応急復旧1)における消毒実験を実施した。

【実験検討内容】 消毒条件や消毒副生成物の状況確認、放流先影響低減方法の検討

実験Ⅰ：消毒条件の検討

災害時における応急復旧段階の処理水について、塩素消毒を実施。

(大腸菌群数3000個/cf以下(下水処理水の放流基準)になるように消毒した時の注入率)



沈殿処理の場合、塩素注入率が通常の10倍以上(塩素が下水中で中和され消毒効果が減少)

⇒通常の10倍以上の塩素
⇒影響懸念のため、処理水質向上が必要

【対策手法】実験により対策手法をとりまとめ

対策Ⅰ：可能な限り早期に還元状態を改善するための簡易曝気(生物処理)を行う。

人間への影響は？

土研

実験Ⅱ：消毒副生成物測定

Iの★実験試料について、水道水質基準である物質を測定。いずれも基準値未満

消毒副生成物の生成状況

⇒人間への影響はほぼない
⇒衛生確保のため消毒実施

対策Ⅱ：人への影響は少ないため、被災後の消毒は、可能な限り早期に実施する。

放流先の生物影響は？

土研

実験Ⅲ：生物影響を確認

Iの★実験試料について、投入割合を変えて藻類(ムレミカヅキモ)に曝露させて、増殖速度を確認

消毒前後における試料投入率とムレミカヅキモの比増殖速度の関係

消毒後の下水で増殖できない。薬品による中和で増殖可能に。

⇒生物影響ありと考える
⇒中和処理で影響回避可能

対策Ⅲ：高濃度消毒を実施後、放流前に中和処理を行うことで、生物影響を低減できる。

これまでの成果を基に、「水害時の応急復旧」と「消毒」に分けて、処理・消毒の対策手法をとりまとめた。

水害時の応急復旧(対策手法)

【現地】

○被災直後の沈殿処理において、当初は汚泥かき寄せ機故障のため、汚泥の引き抜きは行わないが、そのまま継続すると汚泥が堆積し、槽の表面が固くなり、復旧に支障が生じる(応急復旧①の写真参照)。このため、なるべく早く汚泥かき寄せ機と仮設脱水機を設置し、汚泥処理機能を復旧させる。(p.8)

○処理水質の向上のため、簡易生物処理を開始する。送風機が故障している場合は、仮設送風機を準備する。(p.8)

○被災を免れた処理槽等の土木構造物を活かし、複数系列をもつ下水処理場については、沈殿+水処理を系列ごとに復旧させることで、早期復旧が可能になる。(p.9)

○汚泥処理の処分が出来ないことにより、処理レベルを上げることができない事例があることから、災害時の汚泥処分方法について、汚泥設備についても段階的に復旧させることが重要。(p.9)

【実験】

○活性汚泥の生育には時間がかかるため、他の処理場の活性汚泥を投入する必要がある。これにより早期の処理性能回復につながる。(p.13)

○被災直後で生物処理が実施できない場合は、凝集剤を用いた化学処理も有効である。(p.13)

消毒(対策手法)

【現地】

○水処理が沈殿処理のみの場合は、衛生学的な観点から、高い塩素添加濃度による消毒が必要となるが、生物処理の開始に合わせ、消毒副生成物発生抑制(生物影響低減)の観点から、塩素添加濃度を下げる必要がある。(p.10)

○また、消毒副生成物抑制のため、塩素添加濃度を上げるよりも、消毒槽(塩素混和地)での処理水の滞留時間(接触時間)を長く保つことで、消毒効果を確保することが重要。(p.11)

【実験】

○消毒注入率を低減するため、可能な限り早期に、還元状態を改善するための簡易曝気(生物処理)を行う。(p.14)

○人への影響は少ないため、塩素が高濃度であっても、被災後の消毒は可能な限り早期に実施する。(p.14)

○高濃度の消毒は水生生物等への環境影響が大きいので、放流先の状況に応じて、放流前に中和処理を行うことで環境影響を低減できる。(p.14)

【「災害時における下水の排除・処理に関する考え方(案)」(H24.9)の現在の内容と課題】

東日本大震災後の応急復旧事例の取りまとめが中心であり、
・水害に伴う大規模浸水により処理場の機能が喪失した場合の応急復旧に対応できていない。
・衛生学的安全性確保のため、被災後速やかに高濃度の塩素消毒を行うが、放流先下流域への水質面の影響について検討できていない。



【今回提示した手法と、今後対応可能な内容】

「水害時の応急復旧対策手法」

○現地調査により、処理機能の段階的な応急復旧対策手法を示した。(pp.8～9)
○実験施設を用いて、処理機能の早期復旧手法、被災後の化学処理手法について示した。(p.13)
⇒水害による被災において、この手法をもとに、簡易生物処理までの応急復旧や、本復旧までの段階的な対応が可能となる。

「被災後の消毒における対策手法」

○現地調査・現地実験により、塩素消毒による消毒副生成物発生状況、消毒副生成物抑制手法を示した。(pp.10～11)
○実験施設を用いて、被災後に必要な塩素濃度、それによる水道水源や生物への影響、生物への影響軽減手法を示した。(p.14)
⇒被災後の塩素消毒において、生物影響を考慮した対応や、消毒による生物影響の低減が可能となる。

16

学会発表

- 令和3年8月 下水道研究発表会、日本下水道協会、浸水被害を受けた下水処理場の復旧事例に関する調査報告
→災害事例及び緊急措置の実施事例について報告した。
- 令和4年8月 下水道研究発表会、日本下水道協会、浸水被害を受けた下水処理場の復旧に伴う放流水質改善に関する調査報告
→被災し、復旧までに長期間を要した下水処理場についての応急復旧方法と段階的な水質改善効果について事例を報告した。
- 令和4年8月 下水道研究発表会、日本下水道協会、“Study on the comparison of emergency recovery measures and water quality in wastewater treatment plants damaged by flooding”.
→応急復旧方法と段階的な水質改善効果と未処理汚水量と処理量の割合から簡易な水質予測モデルを作成し、解析結果と実測値との比較を行い、概ね予測式により放流水質が予測ができることを報告した。
- 令和4年11月 7th JSWA/EWA/WEF Specialty Conference, JSWA/EWA/WEF
“Research on emergency restoration of functional recovery at wastewater treatment plants damaged by natural disasters”
⇒台風19号の下水道施設被害の概要と災害時における下水の排除・処理に関する考え方(案)に示される応急復旧方法について台風被害での効果を検証し、処理系列毎の段階復旧の実施が完全に水没し、復旧に長期間を要する大きな処理場において効果的であることを報告した。
⇒国内だけでなく、国際会議においても、英文で、災害時における処理系列毎の処理機能段階復旧の考えを公表。

マニュアル等

「災害時における下水の排除・処理に関する考え方(案)」に本調査で得られた豪雨災害時の対応等を記載予定。本省等と調整し、国総研ホームページに公表予定

17



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
下水処理場機能喪失後の応急復旧段階における対策手法の提案	①被災下水処理場における応急復旧に向けた措置状況の整理	現地調査を踏まえた、豪雨災害時における有効な応急復旧対策の取りまとめ	「災害時における下水の排除・処理に関する考え方(案)」(H24.9)への反映 (国総研より周知予定)	○
	②消毒効果の阻害要因や消毒副生成物の挙動等に関する検討	災害時の緊急措置における消毒効果阻害状況、消毒副生成物の生成状況把握		
	③復旧段階に応じた下水の処理・消毒の対策手法に関する検討	豪雨災害時における復旧に向けた効果的な下水の処理・消毒手法、応急対策の提案		
	④復旧に向けた効果的な下水の処理・消毒の対策手法のとりまとめ	効果的な下水の応急処理・消毒に係る対策手法の提案		

<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

本成果は、「災害時における下水の排除・処理に関する考え方(案)」に反映させることで災害時に被災した下水処理場の早期復旧に寄与することができる。

免疫性を考慮した降雨指標に応じた崩壊生産土砂量の予測に関する検討

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	:	令和2～3年度	
研究費総額	:	約24百万円	
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

- 近年頻発している土砂・洪水氾濫は、斜面崩壊が多発した地域で発生し甚大な被害をもたらすため、崩壊土砂量を精度良く予測する必要がある。
- 一方で、斜面崩壊の発生・非発生は不確実性が高く、同程度の降雨量であっても地域によって崩壊土砂量は大きく異なる。
- また、その地域が経験したことがないような降雨に対して崩壊土砂量がどのように増加していくか分析されていない。

課題

- 同程度の降雨でも地域によって崩壊土砂量が大きく異なる要因の一つに、過去のその地域における降雨状況(降雨に対する免疫性)が影響していると考えられるが、その影響は明らかになっていない。
- 過去に経験したことがないような降雨を受けた地域の崩壊土砂量の実態と降雨指標との関係が十分分析されていない。



平成29年九州北部豪雨による多発した斜面崩壊の状況(福岡県朝倉市)



平成30年7月豪雨による土砂・洪水氾濫の発生状況(広島県呉市)

2

目的・目標

過去の降雨状況を踏まえた(免疫性を考慮した)崩壊土砂量予測のための降雨指標の検討、経験したことの無い降雨に対する崩壊土砂量の増加傾向に対する分析とその予測手法に関する検討を行う。

- 長期間にわたる斜面崩壊発生履歴データの作成
- 過去の当該地域の降雨状況を反映した降雨指標による分析
- 経験したことの無い降雨に対する崩壊土砂量の分析と予測手法の検討

免疫性について:いわゆる“雨慣れ”と“周期性”があり、本研究では“雨慣れ”について検討した

雨慣れ



参考:平成30年7月豪雨における土砂災害発生件数
 広島県:1242件
 愛媛県:413件
 高知県:126件

高知県では広島県や愛媛県よりも倍以上の雨が降っているが、土砂災害発生件数は相対的に少ない

平成30年7月豪雨の期間降水量分布(6月28日0時~7月8日24時) ※気象庁HPより引用

周期性

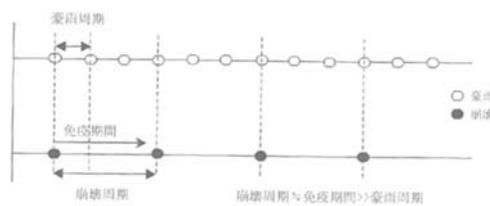


図 1.8 豪雨周期よりも免疫期間が長い場合の崩壊周期

必要性

甚大な被害をもたらす土砂・洪水氾濫の発生予測や被害想定のため、崩壊土砂量の予測精度の向上は喫緊の課題である。

3

研究開発の概要

- 降雨による斜面崩壊が過去に複数時期で発生した地域を抽出して、斜面崩壊の高品質な判読を行い、長期間にわたる斜面崩壊発生履歴データを作成する。
- 斜面崩壊発生履歴データを用いて、過去の降雨状況を考慮した降雨指標と斜面崩壊に関する指標(崩壊密度、崩壊面積率)との関係を分析する。
- 近年の大量の雨が降った豪雨事例の内、高品質なデータがそろっている事例に対して、経験したことがないような降雨を受けた地域における崩壊土砂量の増加傾向を分析する。
- 上記で得られた結果を踏まえた崩壊土砂量の予測手法について検討する。

① 斜面崩壊発生履歴データの作成



② 過去の降雨状況を考慮した降雨指標と斜面崩壊の関係分析

③ 経験したことの無いような降雨を受けた地域の分析

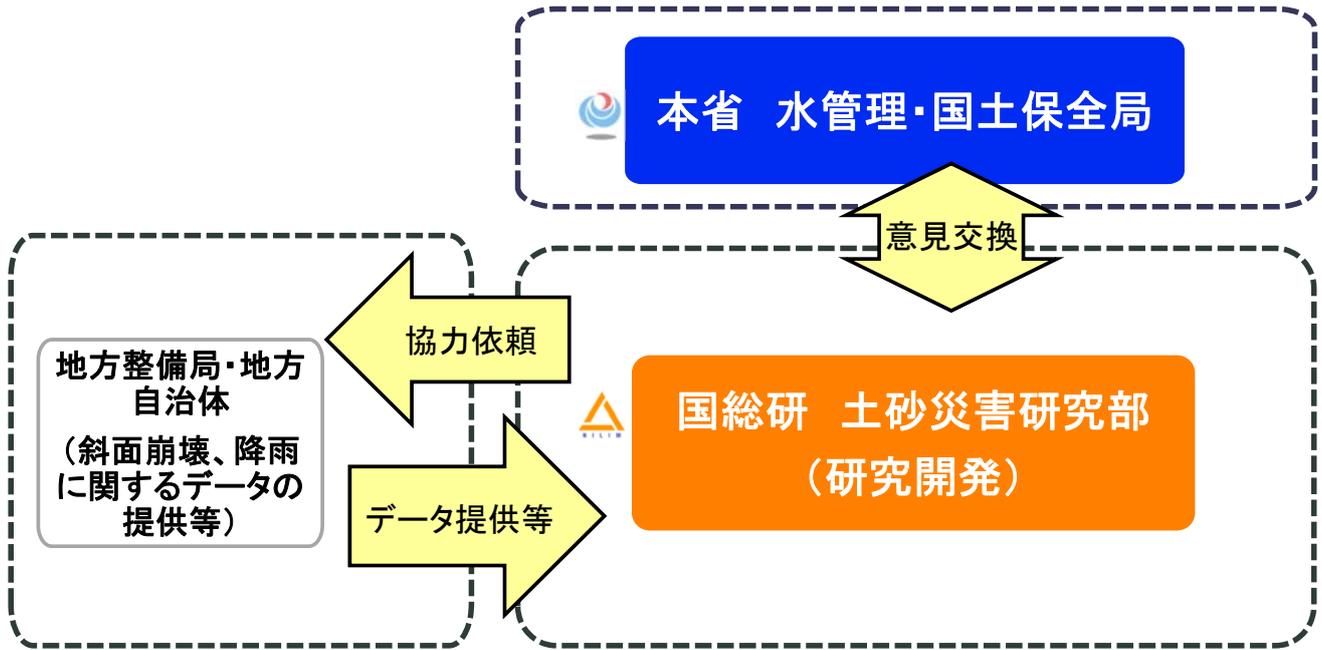


④ 崩壊土砂量の予測手法(崩壊面積率予測式)の検討

4



5. 研究の実施体制



効率性

斜面崩壊発生履歴データの作成に必要な空中写真・航空レーザ測量データ、降雨指標の分析に必要な降雨データ等を地方整備局および地方自治体から収集し、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。

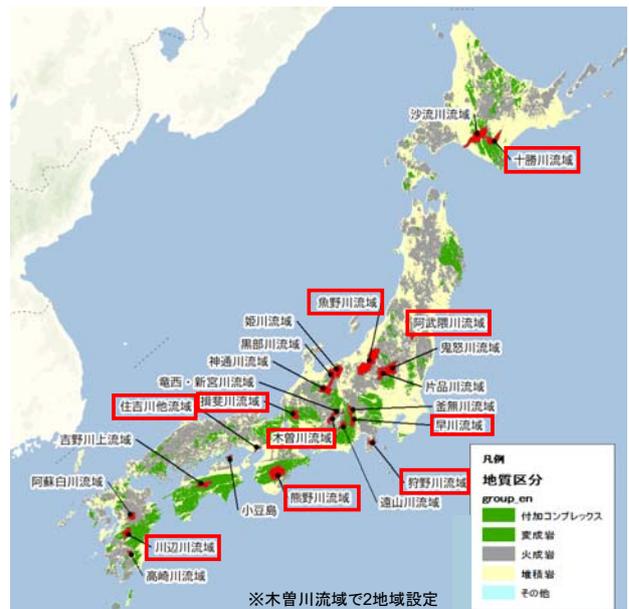
5



6. 研究成果:① 斜面崩壊発生履歴データの作成

- 直轄砂防事業が実施されている流域や過去に大規模な土砂災害が発生した流域のうち、過去の災害記録等を確認して候補地23箇所を選定
- 斜面崩壊の判読に必要な空中写真の存在、災害前後での判読可能範囲、分析に必要な降雨データの観測状況を調査した上で、斜面崩壊発生履歴データを作成する対象地11地域(1地域あたり100km²)を選定

【候補地と作成対象地】



【候補地の選定作業】

管轄	事務所	流域	S30	S31	S32	S33	S34	S35	S36	S37	20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	R1	R2		
近畿	六甲砂防	住吉川他							●																
	紀伊山地砂防	熊野川					●		●					●									●		
		那智川					●		●					●											
		白置川					●		●					●											
		木津川上流					●		●					●											
福井河川国道	真名川																								

● 災害記録等有り

6

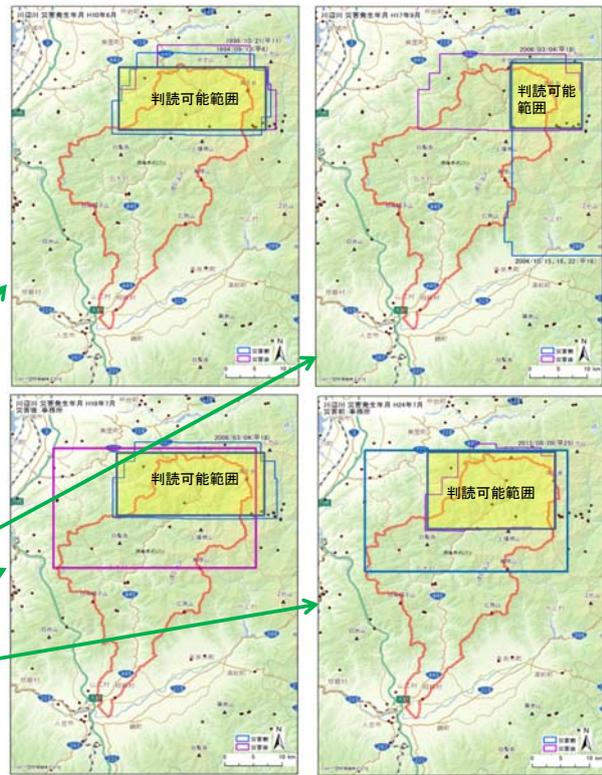
【作成対象地の選定作業】

データの存在状況の確認

調査地点No.:	1	川辺川
空中写真等	土砂災害	雨量観測
1940		
1950		
1960		
1970		
1980		
1990		
2000		
2010		
現在		

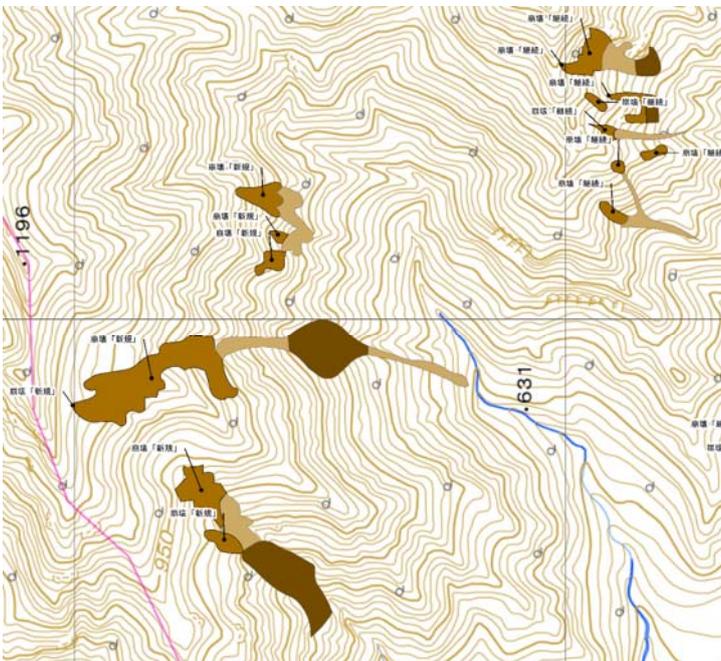
調査年	空中写真等	土砂災害	雨量観測
1947.2	空中写真		
1948.5	空中写真		
1962.5	空中写真	1963.8.16~18 1964.8.19~24 1965.6.28~7.6	
1973.6	空中写真		雨量観測
1976.10	空中写真		雨量観測
1977.5	空中写真		雨量観測
1979.9	空中写真		雨量観測
1982.7.24		土砂災害	雨量観測
1983.5	空中写真		雨量観測
1984.6	空中写真	1984.6.29	雨量観測
1987.4	空中写真		雨量観測
1989.10	空中写真		雨量観測
1990.10	空中写真		雨量観測
1991.7.1	空中写真		雨量観測
1992.5.1	空中写真		雨量観測
1994.9	空中写真		雨量観測
1995.11	空中写真		雨量観測
1998.7.1	空中写真	1998.6.22	雨量観測
2000.3	空中写真		雨量観測
2001.3	空中写真		雨量観測
2002.4	空中写真	2004.8.30, 2004.9.7★	雨量観測
2004.7	空中写真	2005.9.6★	雨量観測
2006.5、7、9	空中写真	2006.7.21~23	雨量観測
2009.8	空中写真	2012.7.12	雨量観測
2013.8	空中写真		雨量観測
2016.4	空中写真		雨量観測

判読可能範囲の確認

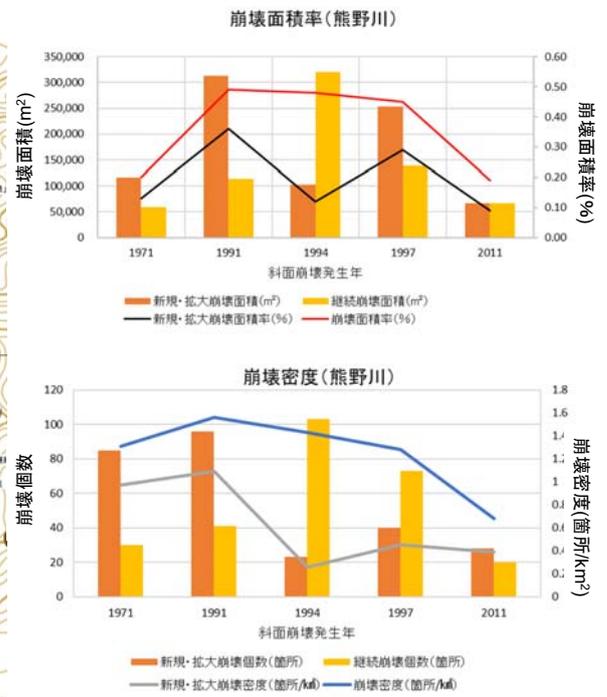


- 災害前後の空中写真から斜面崩壊の崩壊面積および崩壊箇所数を新規崩壊、拡大崩壊、継続崩壊に分類して判読

【斜面崩壊の判読】



【斜面崩壊発生履歴データ】





6. 研究成果:② 過去の降雨状況を考慮した降雨指標と斜面崩壊の関係分析

- ・ 斜面崩壊の誘因となったと考えられる一連の降雨の最大N時間雨量(N=1・3・6・12・24・48・72)と土壌雨量指数を整理
- ・ 過去の降雨状況を考慮した降雨指標として、最大N時間超過確率年、土壌雨量指数超過確率年等を算出し、斜面崩壊に関する指標と降雨指標との関係进行分析

【分析に用いた指標】

降雨指標

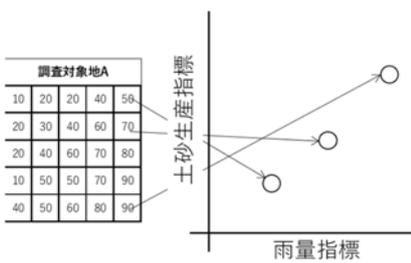
- ・ 最大時間雨量 (1・3・6・12・24・48・72時間雨量)
- ・ 超過確率年 (1・3・6・12・24・48・72時間雨量)
- ・ 土壌雨量指数
- ・ 土壌雨量指数超過確率年
- 等

- × 斜面崩壊に関する指標
- ・ 崩壊面積率 (新規・拡大崩壊面積 / 対象面積)
 - ・ 崩壊密度 (新規・拡大崩壊箇所数 / 対象面積)

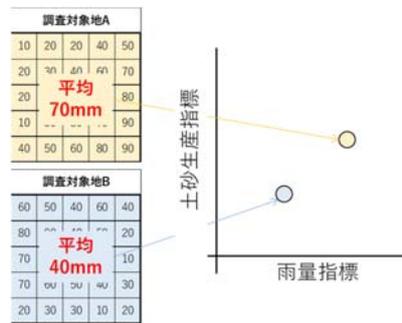
※雨量データには解析雨量 (1988年～) を用いた

【集計方法】

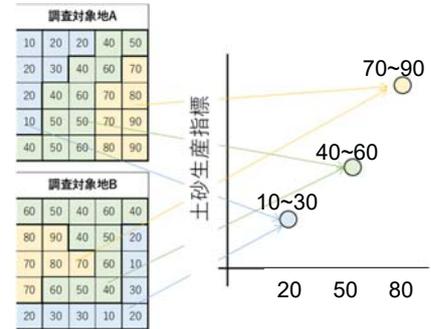
解析雨量メッシュ(1km²)で集計



対象地ごと(100km²)に集計



全対象地を雨量指標の階級別で集計



9



6. 研究成果:② 過去の降雨状況を考慮した降雨指標と斜面崩壊の関係分析

【解析雨量メッシュで集計】

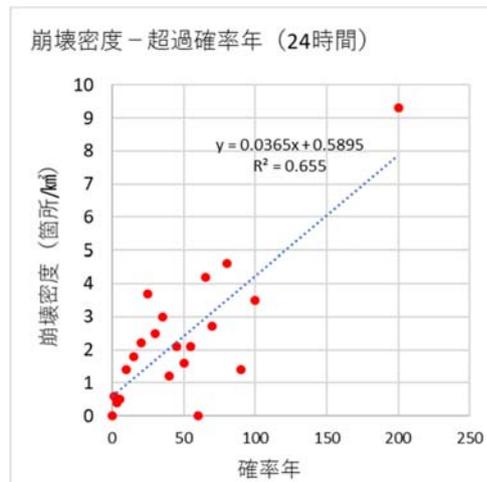
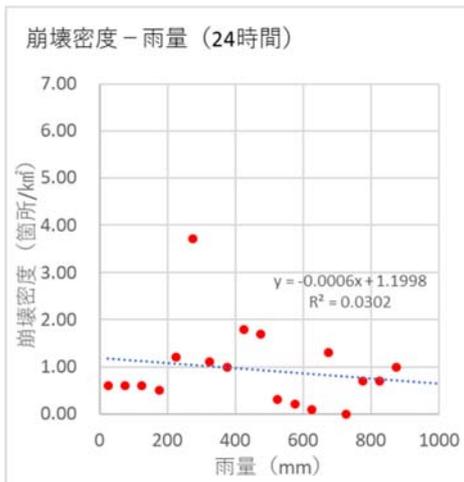
【調査対象地ごとに集計】

降雨指標と斜面崩壊に関する指標

に明瞭な相関は確認できなかった

メッシュごとの地形・地質の違いが土砂生産に大きく影響か？

【階級別で集計】



- 超過確率年で表現することで、崩壊密度や崩壊面積率との相関性が向上
- 特に、崩壊密度は超過確率年を指標とすることで相関が強くなる傾向を確認
 - 超過確率年は、斜面崩壊の発生・非発生に関係している可能性
 - 免疫性(いわゆる“雨慣れ”)の影響がわかりやすく示された

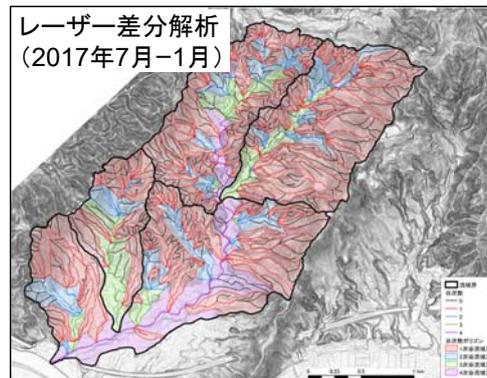
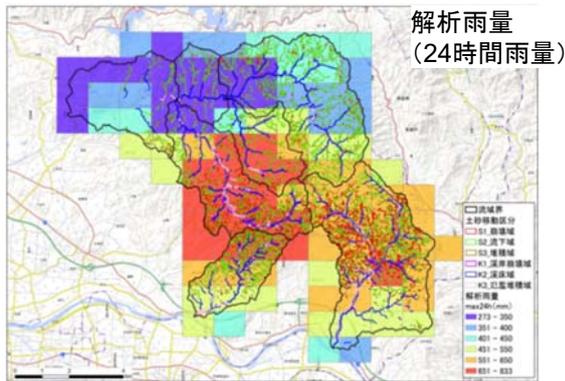
10



6. 研究成果:③ 経験したことの無いような降雨を受けた地域の分析



- 大量の雨により土砂・洪水氾濫が発生した事例 (H29九州北部豪雨_筑後川右岸流域)を対象
- 災害前後の航空レーザ差分解析により崩壊土砂量を算出
- 分割流域毎に崩壊土砂量と降雨指標の関係性を分析



小分割流域単位で崩壊土砂量と雨量を集計



6. 研究成果:③ 経験したことの無いような降雨を受けた地域の分析

最大24時間雨量(mm)と比崩壊土砂量(m³/km²)の関係

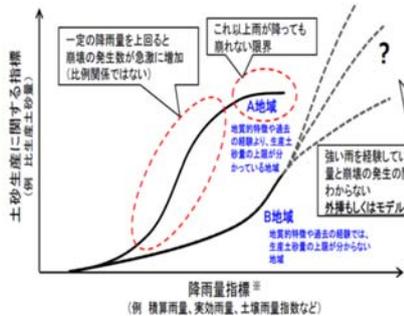
最大24時間雨量 確率規模(年)と比崩壊土砂量(m³/km²)の関係



・同じ雨量等に対して、比崩壊生産土砂量は概ね $10^3 \sim 10^6 \text{ m}^3/\text{km}^2$ というように大きく分散するものの、全体的には右上がりの傾向が見られた。
 ・一定の雨量・確率年を越えると、比崩壊土砂量の平均値、上限値ともに頭打ちになる傾向が、近年の高品質なデータのある事例の分析によって客観的に示された

- 比崩壊土砂量の頭打ち傾向を表現した崩壊土砂量の予測手法として、崩壊土砂量と相関の強い崩壊面積率と降雨指標の関係をロジスティック関数によって表現した予測式を試行的に構築
- 降雨指標に超過確率年を使用

<ロジスティック関数>

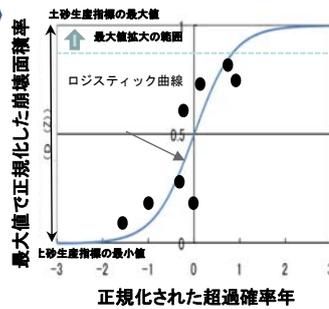


※気候変動を踏まえた砂防技術検討会 第1回 資料6より抜粋

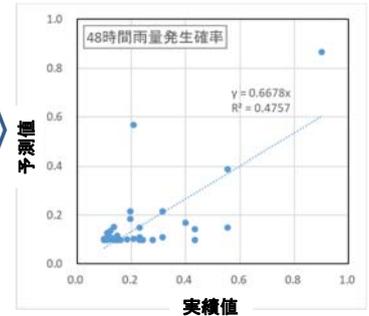
$$D(Z) = \frac{1}{1 + \exp(-Z)}$$

$$Z = \beta_0 + \beta_1 x_R$$

β_0, β_1 : 定数
 x_R : 降雨指標



<予測式の試行>



- 斜面崩壊履歴データを作成した対象地毎に分析
- 最も崩壊面積率が大きい値を1として正規化した値で、実績値とロジスティック関数による予測値を比較



- 超過確率年を用いることで、ロジスティック関数による予測式でも一定の精度で崩壊土砂量が予測できることを、限定的であるが確認
- 研究データをさらに蓄積し、ロジスティック関数での生産土砂量の予測式の精度向上を図る。

- 本研究で得られた成果について、2022年砂防学会研究発表会にて発表し、成果の普及を図った。
澤村朱美・坂井佑介・西脇彩人・山越隆雄・山田友・佐藤匠・久保毅・皆川淳・朝比奈梨花: 流域面積の違いを考慮した土砂生産・土砂流出に関する分析
- また、国土交通省水管理・国土保全局砂防部が本年度開催する「気候変動を踏まえた砂防技術検討会」にて報告して成果の普及を図る予定。
- 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。
 - 斜面崩壊発生時点の超過確率年を算出して分析するなど、超過確率年と斜面崩壊の発生・非発生の分析を進める
 - 斜面崩壊の発生・非発生に関わる超過確率年、崩壊土砂量に関わる雨量の双方を考慮したより精度の良い崩壊土砂量の構築手法に関する研究を行う。
 - 研究データをさらに蓄積し、経験したことのない降雨に対する崩壊土砂量の増加傾向に関する知見を増やすとともに、個々の地域において崩壊生産土砂量を予測する手法の改良を進める



8. 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
免疫性を考慮した崩壊土砂量予測のための降雨指標を検討し、崩壊土砂量予測精度の向上を図る	長期間にわたる斜面崩壊発生履歴データの作成	11地域において、土砂生産イベント毎の高品質な斜面崩壊発生履歴データを作成した。	斜面崩壊発生履歴データを活用して、今後の研究をさらに進める。また、生産土砂量予測精度向上のための斜面崩壊発生履歴データの作成方法に関する提案を行う	○	
	過去の当該地域の降雨状況を反映した降雨指標による分析	崩壊密度には超過確率年、比生産土砂量には超過確率年と雨量が関係していることを示した。	国土交通省水管理・国土保全局砂防部が本年度開催する「気候変動を踏まえた砂防技術検討会」にて報告して成果の普及を図る。	○	
	経験したことのない降雨に対する崩壊土砂量の分析と予測手法の検討	近年の豪雨災害の一事例を分析し、一定の雨量、確率年を超えると崩壊土砂量が頭打ちになる傾向をデータによって客観的に示すとともに、ロジスティック関数によってその関係性を表現することで、崩壊土砂量の予測手法(崩壊面積率を予測する式)を提案した	今後、研究データをさらに蓄積し、経験したことのない降雨に対する崩壊土砂量の増加傾向に関する知見を増やすとともに、個々の地域において崩壊生産土砂量を予測する手法の改良を進める。	○	

＜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

近年頻発する土砂・洪水氾濫の発生分析や被害想定のための数値計算に必要となる、斜面崩壊の発生・非発生の予測、生産土砂量予測の精度向上につながる成果を得ることができた。この成果を踏まえてさらに研究を進めることで、斜面崩壊の発生・非発生の予測精度向上による土砂・洪水氾濫の発生の蓋然性が高い地域の把握、生産土砂量の予測精度向上による河床変動計算における確度の高い境界条件の設定が可能になり、的確な土砂・洪水氾濫対策計画の立案と推進に資する。

斜面・対策施設下部が全面的に水没した場合の崩壊危険度評価手法の検討

研究代表者	:	土砂災害研究部長	富田	陽子
課題発表者	:	土砂災害研究室長	中谷	洋明
関係研究部	:	土砂災害研究部		
研究期間	:	令和2年度～令和3年度		
研究費総額	:	約30百万円		
技術研究開発の段階	:	後期段階		



1. 研究の背景・課題

■ 背景、現状の問題点

- 東日本大震災以降、福島県をはじめとする沿岸部は繰り返し余震を受け、急傾斜地対策施設等にも亀裂等損傷が多数発生。
- 台風19号大規模浸水により福島県を中心に広範囲で急傾斜地崩壊対策施設下部が水没。設計想定と大幅に異なる事態が発生。
- 現在、斜面对策施設は全面的に水没することを想定しておらず、斜面上部からの計画外の表面水流入を含む斜面全層飽和による斜面の土質強度の低下や排水機能の低下など対策施設の安定性に大きな影響をあたえることが懸念される。
- 対策施設によって安全が確保されているはずの避難場所や避難路等でかけ崩れが発生する等、警戒避難体制が機能しなくなる恐れ。



施設下部浸水による崩壊



斜面下部浸水による急傾斜地崩壊



2. 研究開発の目的・目標

■目的

水没リスクのある地域における急傾斜地崩壊防止施設の機能評価を織り込んだ危険度評価手法(案)を作成。

⇒対策施設の安全性を向上させ、浸水等水没による施設損傷のリスクを低減。

■研究開発の目標

従来の危険度評価手法は経年的な老朽化や地震等による亀裂を対象とした定性的な評価手法であり、浸水による施設内部、施設基礎への影響を定量的に評価していない。また、施設の排水性等については施設安定性評価の中で扱っている。

⇒施設の内部構造等の推定に用いるために従来の危険度評価手法を、定量的、解析的な手法に拡張する必要性がある。

■必要性

内閣府の国土強靱化基本計画で謳われている、防災のための重要インフラ等の機能維持に資する調査研究である。都道府県が急傾斜地崩壊対策事業を実施する際に従わなければならない急傾斜地法で定める国の技術基準に関するものである。近年全国各地で頻発している大規模な河川の氾濫や浸水による直接的な被害が多く発生し、近年の斜面の水没事象に対する危険度評価手法の開発は喫緊の課題である。

3



3. 研究概要

擁壁等が洪水及び内水氾濫により冠水した場合、擁壁水抜き管等を通じて、擁壁背面に水が浸入し、擁壁前面・背面一様に冠水した状態になることが考えられる。

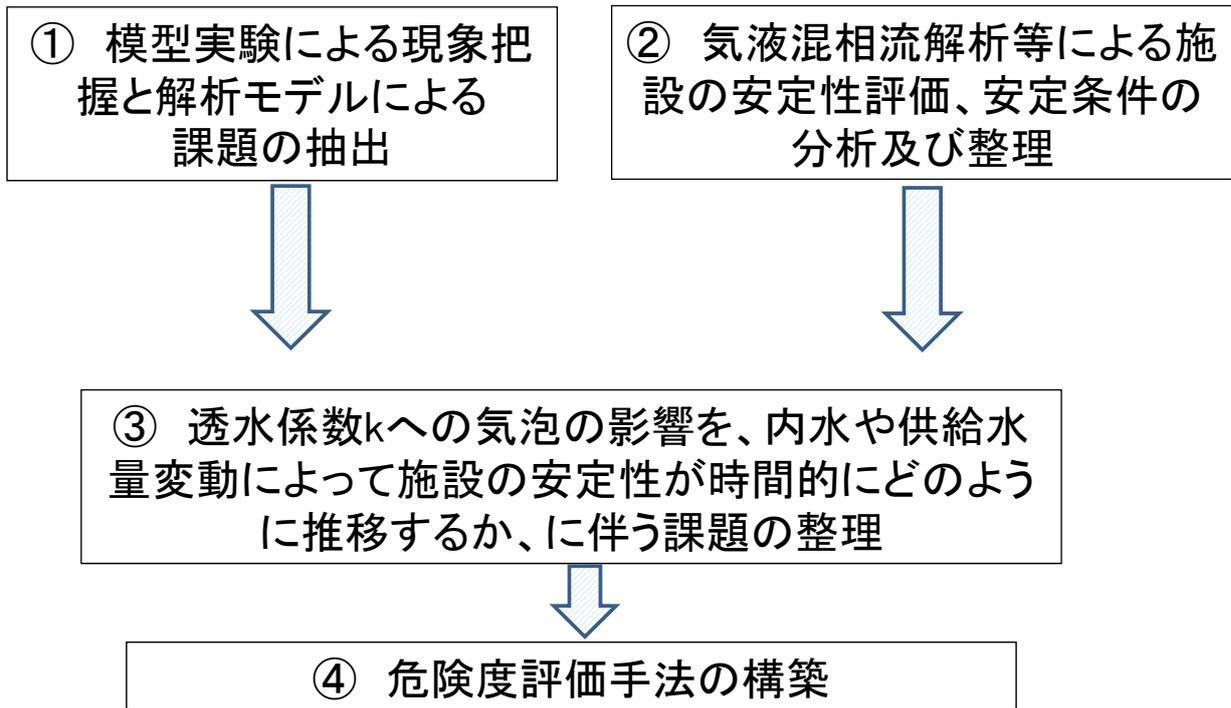
その後、擁壁前面の水が比較的速やかに排水されると擁壁背面の水が斜面内に残留し、残留地下水となり擁壁の安定性を損なう恐れがある。

そこで、氾濫・浸水の被災地域を中心に、従来の老朽化調査に加え、水没等の斜面全層飽和による施設機能低下を緊急に調査し有効な対応策を検討するための危険度評価手法案を開発した。

4



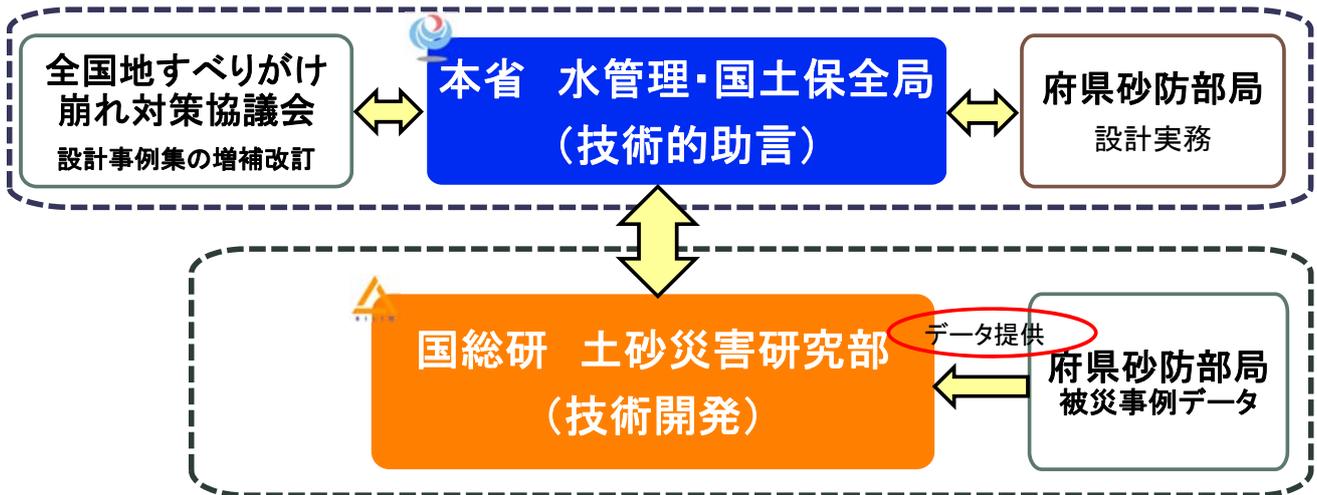
4. 研究フロー図



5



5. 研究の実施体制



効率性

施設管理者の協力を得て必要なデータを効率的に収集するなどの工夫を行っている。また、研究・実装を効率的に進めるため、以下の説明等を実施した。

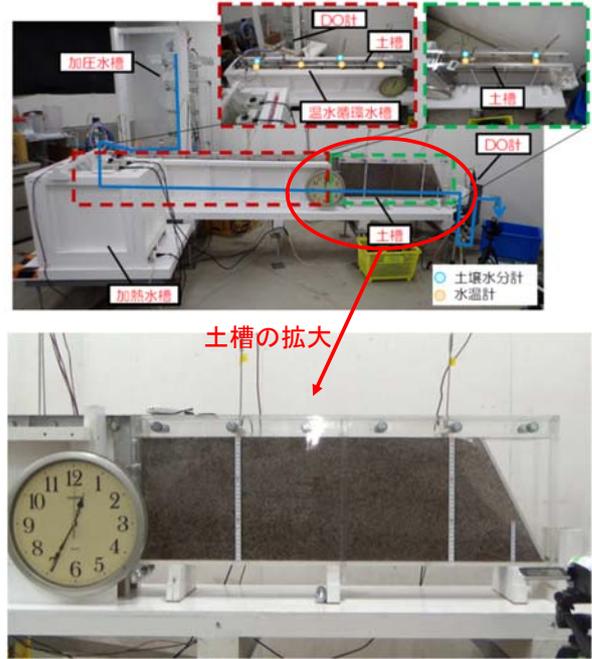
- ・全国地すべりがけ崩れ対策協議会の定例会において関係都道府県担当者向けの説明
- ・全国防災協会の災害復旧実務担当者講習会において内容を説明

6

- ・通水試験を実施し、気液混相流解析モデルで用いるパラメーターセットを設定した。
- ・気液混相流実験を実施し、通水性、排水性に関する課題を抽出した。

■課題の抽出

- ・擁壁等が洪水及び内水氾濫により冠水した場合、擁壁水抜き管等を通じて、擁壁背面に水が浸入し、擁壁前面・背面一様に冠水し斜面が全層飽和した状態になることが考えられる。その後、擁壁前面の水が比較的速やかに排水されると擁壁背面の水が斜面内に残留し、残留地下水となり擁壁の安定性を損なう恐れがある。この現象について以下の項目を検討した。
- ・擁壁が洪水及び内水氾濫により冠水した場合を想定して擁壁前面を冠水させる通水試験を実施し、現象を把握した。また気液混相流解析モデルで用いるパラメーターセットを設定した。
- ・擁壁周辺が一定レベルの冠水状態となったケース、擁壁前面が冠水状態から排水状態への変化したケース等を想定し、具体的な気液混相流実験を実施し、通水性、排水性に関する課題を抽出した。



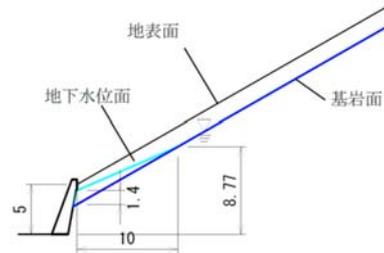
通水試験の実験の状況

- ・通水試験を実施し、気液混相流解析モデルで用いるパラメーターセットを設定した。
- ・気液混相流実験を実施し、通水性、排水性に関する課題を抽出した。

【実験結果】

- ・粘性土では、冠水時水位から排水されるまでの速度が遅く、排水後5時間経過しても水位はほとんど低下しない。
- ・一方、砂質土は、排水速度が速いため、冠水時水位から排水後5時間経過すると6~9%程度排水される。
- ・ただし、砂質土でも施設の排水管が閉塞された場合は、排水が遅くなるため、斜面が不安定な状態が長引くこととなる。

(a) ケース 1, 2



解析断面の例

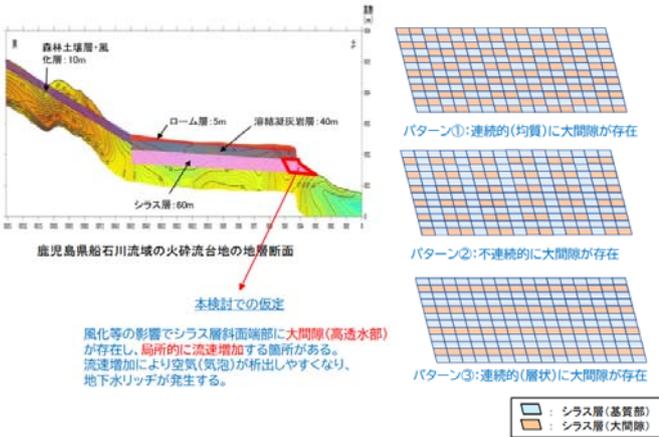
ケース名	土質	水位条件	抑止力 kN/m	滑動力 kN/m	斜面 安全率 (-)	水位による 抑止力低下 (-)	擁壁による 抑止力相当 (kN/m)	擁壁込み [®] 安全率 (-)
ケース1	粘性土	なし	206.0	206.5	1.00	0.0	41.82	1.20
排水時水位		172.2	206.5	0.83	33.7	41.82	1.04	
ケース2	砂質土	排水時水位-排水管閉塞	172.1	206.5	0.83	33.9	41.82	1.04
なし		219.5	219.3	1.00	0.0	43.64	1.20	
ケース3	粘性土	排水時水位	194.4	219.3	0.89	25.2	43.64	1.09
排水時水位-排水管閉塞		183.3	219.3	0.84	36.2	43.64	1.03	
ケース4	砂質土	なし	106.4	106.5	1.00	0.0	21.46	1.20
排水時水位		101.1	106.5	0.95	5.3	21.46	1.15	
ケース5	粘性土	なし	112.8	113.2	1.00	0.0	23.05	1.20
排水時水位		100.6	113.2	0.89	12.2	23.05	1.09	
ケース6	砂質土	排水時水位-排水管閉塞	97.3	113.2	0.86	15.5	23.05	1.06
なし		168.5	167.6	1.01	0.0	32.61	1.20	
ケース7	粘性土	排水時水位	155.4	167.6	0.93	13.2	32.61	1.12
なし		169.9	169.8	1.00	0.0	33.79	1.20	
ケース8	砂質土	排水時水位	127.1	169.8	0.75	42.8	33.79	0.95
排水時水位-排水管閉塞		120.4	169.8	0.71	49.5	33.79	0.91	

※擁壁込み安全率:抑止力に、擁壁による抑止力相当を足した斜面の安全率

水位条件の違いによる斜面安定性評価の結果

6. 研究成果:② 気液混相流解析等による施設の安定性評価、安定条件の分析及び整理

- シラス台地(溶結凝灰岩台地端部)のモデル的に浸透流解析を実施した。
- 計算上出力される施設の安定条件と、実際の施設被災事例とを照合し分析した。



本検討での仮定
風化等の影響でシラス層斜面端部に大間隙(高透水路)が存在し、局所的に流速増加する箇所がある。流速増加により空気(気泡)が析出しやすくなり、地下水リッチが発生する。



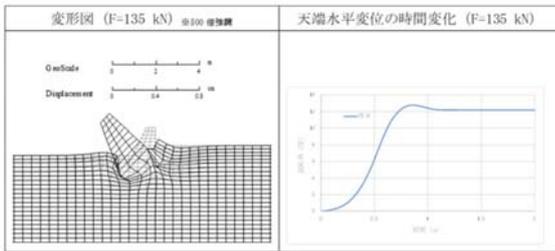
実際の被災事例の分析

- 崩壊時 60分間雨量:67.0 mm 連続雨量:372.0 mm (SWI = 280)
- 崩壊は台風による大雨で発生し、周辺でも土砂災害・浸水被害があった。
- 崩壊の深さは約3mとやや深く、擁壁は転倒し、周辺の落石防護柵も損傷した。
- 斜面は耕作放棄地と見られ、草本類の少ない竹林となっており、植生の活着不良が示唆された。
⇒崩壊土砂の衝突によって擁壁は大きく転倒したが、多くの土砂を捕捉し住宅や住民への被害は最小限に抑えられたと考えられる。

施設の転倒条件について、有限要素法(FEM)を活用することで、被災事例を概ね良好に再現できた。

→**衝撃力等の外力の作用の評価には有限要素法(FEM)を用いることが適切と判明した。**

9



計算の一例

6. 研究成果:③ 施設の全面水没に伴い付随する課題の整理

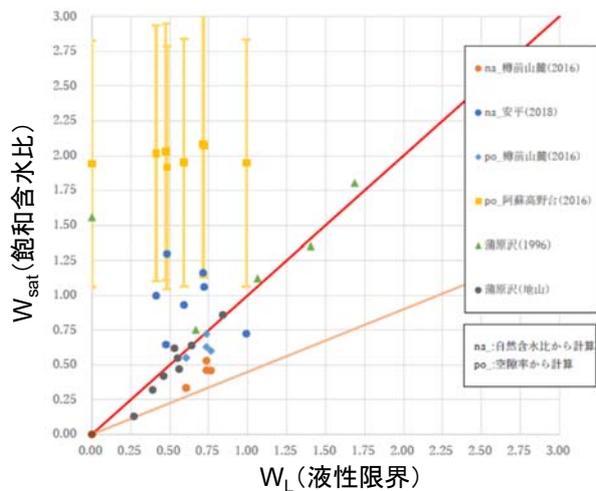
- 安定性評価の中に取り込む項目(排水性、流動性、崩壊土砂の空間分布等)の整理

本研究では、詳細な模型実験の繰り返しと、気液二相流(混相流)の併用により斜面の安定性評価の中に下記の事項の取り込みを行うための技術的な課題の整理に取り組んだ。

- 排水性等、透水係数の変化(θ - ψ 、ならびに k - θ と空隙率との関係)
- 流動性に関する物性(流体抵抗係数 f_b 及び概略流動化指数AMI)
- 基礎地盤の変形
- 崩壊土砂の空間分布



課題整理の結果、**流動性に関する物性**など危険度評価に大きな影響を及ぼす因子をAMIを用いて判定し、提案する安定性評価手法に反映。



土砂災害事例のAMI換算値
(赤線: AMI = 1.0、橙線: AMI = 0.45)

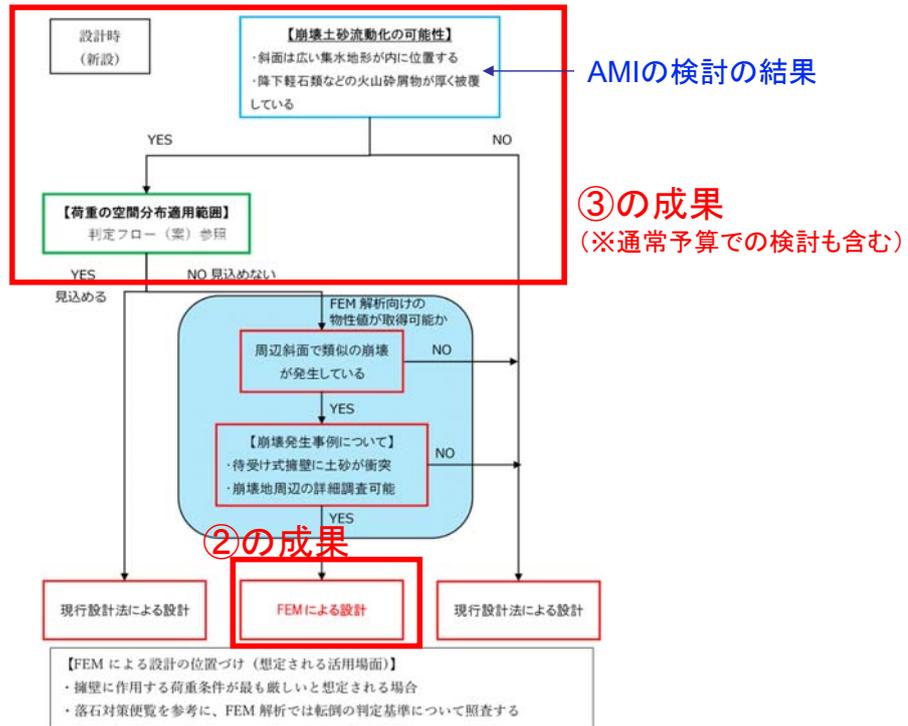
※
AMI (Approximate Mobility Index): 概略流動化指数。土砂の流動しやすさを示す指標。
 f_b : 流体抵抗係数。土石等が移動する際の抵抗を表す係数。

10



6. 研究成果:④ 危険度評価手法の構築

- 本研究の成果を踏まえて、安定性評価手法を提案



11



7. 成果の普及等

学会発表等で成果の普及を図った。成果公表の一覧は下記表のとおり。青ハッチングは、本研究成果が基となった水理水文関係の発表である。また、学会発表に加えて以下の取組みを行った。

- 国総研資料第1163号「急傾斜地崩壊対策における有限要素法を用いた待ち受け擁壁安定解析手法」を公表。
- 全国地すべりがけ崩れ対策協議会の定例会において関係都道府県担当者向けに説明
- 全国防災協会の災害復旧実務担当者講習会において内容を説明
- 全国地すべりがけ崩れ対策協議会の設計事例集の増補改訂作業に協力・支援

〈学会発表〉

R2	2020	令和2年度砂防学会研究発表会	急傾斜地崩壊対策施設の機能状況調査による施設点検手法の検討	金澤瑛・中谷洋明・長谷川陽一・柴崎達也・寺田秀樹・山崎勉・佐藤亜貴夫
		第55回地盤工学研究発表会	待受式擁壁の挙動推定における各要因の影響度比較	金澤瑛・中谷洋明・遊佐直樹・長谷川陽一・寺田秀樹
			待受式擁壁に作用する崩壊土砂の延長方向平均荷重の統計—H29九州北部豪雨における事例—	長谷川陽一・井上沙久綾・金澤瑛・中谷洋明
R3	2021	令和3年度砂防学会研究発表会	冠水時に不安定化する急傾斜地斜面および崩壊対策施設の諸条件について	長谷川陽一・遊佐直樹・大野亮一・寺田秀樹・金澤瑛・瀧口茂隆・中谷洋明・小嶋孝徳
			荷重の空間分布を考慮したFEM 動的変形解析による擁壁安定性の評価	遊佐直樹・長谷川陽一・大野亮一・寺田秀樹・金澤瑛・瀧口茂隆・中谷洋明
		第56回地盤工学研究発表会	待受式擁壁の設計に用いられる流体抵抗係数の設定に関する検討	長谷川陽一・遊佐直樹・金澤瑛・瀧口茂隆・中谷洋明・小嶋孝徳
R4	2022	土木学会西部支部 第11回土砂災害に関するシンポジウム論文集	被災した急傾斜地崩壊対策施設の調査—急傾斜地斜面管理の課題検討—	長谷川陽一・小嶋孝徳・中谷洋明・遊佐直樹
			水理模型実験を用いた地下水溶存気体の析出・溶解に関する考察	吉武央気・市山誠・小津貴則・中谷洋明・小嶋孝徳・金澤瑛
		令和4年度砂防学会研究発表会	斜面表層の大間隙を考慮した場合の地下水水面及び流速分布に関する数値実験	稲毛孝章・古川正修・齊藤泰久・中谷洋明・金澤瑛・小嶋孝徳

青ハッチングは水理水文関係発表

12



8. 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
水没リスクのある地域における急傾斜地崩壊防止施設の機能評価を織り込んだ危険度評価手法(案)を作成。	施設の内部構造等の推定に用いるために従来の危険度評価手法を拡張。	<ul style="list-style-type: none"> ・水没や全層飽和となる集中的な表流水流入等がある場合には、衝撃力等の外力の作用の評価には、有限要素法(FEM)を用いることが適切と判明した。 ・流動性に関する物性など危険度評価に大きな影響を及ぼす因子を判定。 ・有限要素法(FEM)を踏まえた安定性評価手法を提案。 	本手法を、国総研資料第1163号「急傾斜地崩壊対策における有限要素法を用いた待ち受け擁壁安定解析手法」に反映し、有限要素法を用いる設計事例集を都道府県と協力して作業中。	○	

<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。

- ・本事業は、近年の豪雨災害により大規模な氾濫・浸水が発生し急傾斜地及びその対策施設下部が全面的に水没した場合の斜面の安定性を確保する施設機能が十分に発揮されないリスクの定量化を試行し、有意な成果が得られた。
- ・本省及び関係自治体の協力を得て、予定通り令和3年度に事業を終了している。
- ・今後は、擁壁等の管理者である自治体において有効に活用されるよう留意して取り組みを進める。

有効性

従来の手法では評価されていない浸水による施設内部、施設基礎への影響を織り込んだ危険度評価手法(案)を作成した。本手法を「急傾斜地崩壊防止施設の危険度評価マニュアル」「河川砂防技術基準(調査編)」等に反映することにより、対策安全施設の浸水等水没による施設損傷リスクの低減に貢献できる。

ICT施工推進に必要な技術基準類整備に係る調査研究

- 研究代表者 : 社会資本マネジメント研究センター長 齋藤博之
 課題発表者 : 社会資本施工高度化研究室長 山下 尚
 関係研究部 : 社会資本マネジメント研究センター
 研究期間 : 令和2年度～令和3年度
 研究費総額 : 約20百万円
 技術研究開発の段階 : 中期・後期段階



National Institute for Land and Infrastructure Management, MLIT, JAPAN

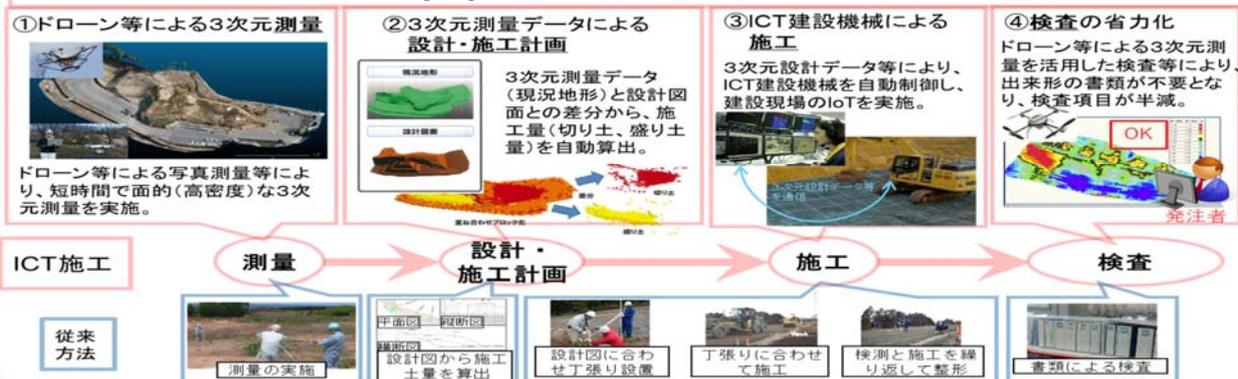
1. 研究開発の背景・課題

背景

- ICT施工に係る技術基準類の策定・改正には、ICTを活用した施工データと従来技術による施工データの比較、精度検証などを行う必要があるため、技術内容の確認、現場等における計測データが必要となる。
- i-Constructionの推進に必要なICT施工について、新技術が適応できる技術基準類の策定・改定の提案を例年民間から多くいただいている中、提案された技術内容の確認や精度確認等の検証方法については、新技術毎に対応していた。

●ICTの全面的な活用(土工の例)

ICT施工の技術基準類 : 出来形管理要領:①～④に至る標準的な手順、精度管理等の基準・手法を示したもの(受注者向け)
 監督・検査要領:①～④の過程での監督・検査の項目、内容等を示したもの(発注者向け)



課題

- ICT活用工事の普及とともに、計測技術や施工技術の開発が進んできた。これらの新たな技術を公共工事の技術基準類へ速やかに適用する必要があるが、標準的な検証方法が確立されていないため、検証に大きな手間、期間を要する。



2. 研究開発の目的・目標

目的・目標

- 【目的】・ ICT施工の技術基準類の策定・改定に関して、民間からの提案内容を技術基準の策定・改定につなげる方法の標準化を図る。
- 【目標】・ ICT施工の技術基準類の策定・改定に関して、民間からの提案内容を検証する審査方法の標準化
 - ・ 審査基準等の標準化のため、民間からの実際の提案に対し、提出資料、ヒアリングによる情報収集を行うとともに、工事現場・試験フィールドにおける提案技術の検証を試行

必要性

- 国土交通省では、建設現場の生産性を向上させ、魅力ある建設現場の実現を目指す「Construction」を推進しており、このトップランナー施策の一つである「ICTの全面的な活用」について、平成28年度の土工への活用を皮切りに、幅広い工種について、ICT活用工事に必要な出来形管理要領、監督・検査要領等の技術基準類を順次整備してきたところである。（右表）
- 建設現場の生産性向上を実現するため、民間からの提案制度を設け、提案された新たな計測技術、施工技術を適正、迅速に評価し、技術基準類に反映する必要がある。そのためには、提案の審査基準等を標準化するとともに、提案者にも示す必要がある。

工種・技術別のICT活用状況

工種	技術	UAV	地上写真測量	TLS	地上移動体搭載型LS	UAV搭載型LS	TS(ノンプリズム)	TS等光波方式	RTK-GNSS	音響測深機器	施工履歴データ	モバイル端末
土工		○	○	○	○	○	○	○	○		○	
舗装工				○	○		○					
路面切削工			○					○			○	
河川浚渫工										○	○	
護岸工		○		○	○	○		○				
地盤改良工(表層・中層)											○	
固結工											○	
法面工		○		○	○		○	○	○			
トンネル工							○					
基礎工				○	○		○	○				
擁壁工		○		○	○	○	○	○	○			
橋台・橋脚		○		○		○		○				
小規模土工等		○	○	○	○	○	○	○	○		○	○

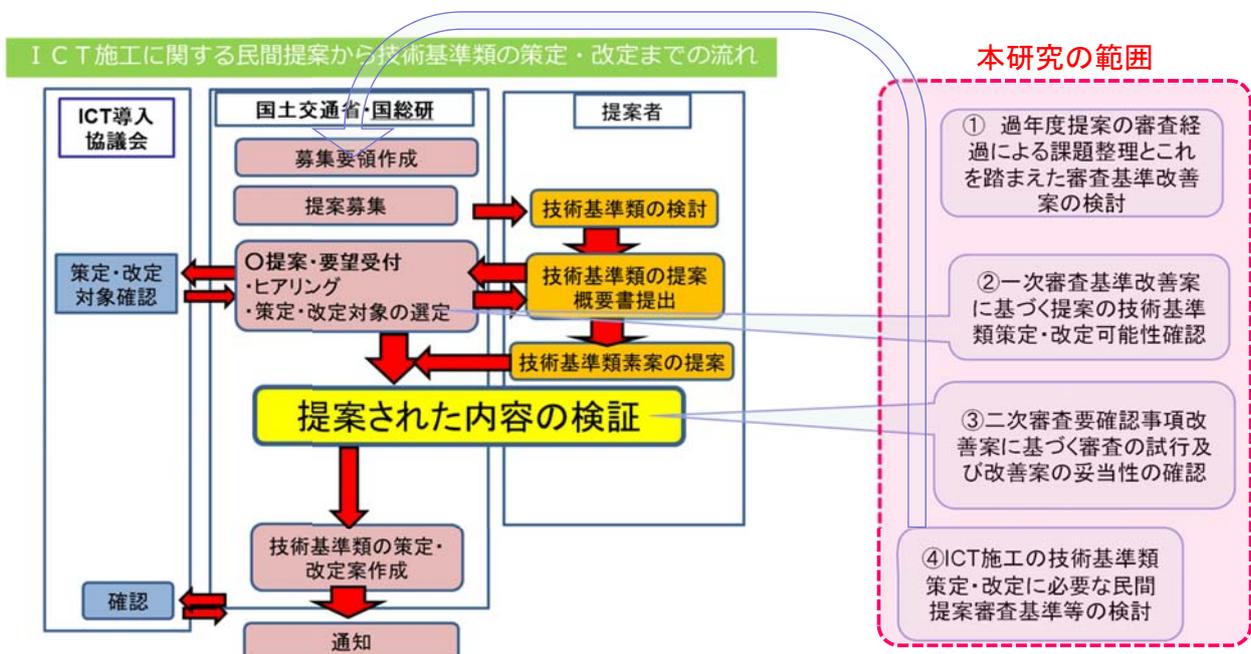
3



3. 研究開発の概要

研究開発の概要

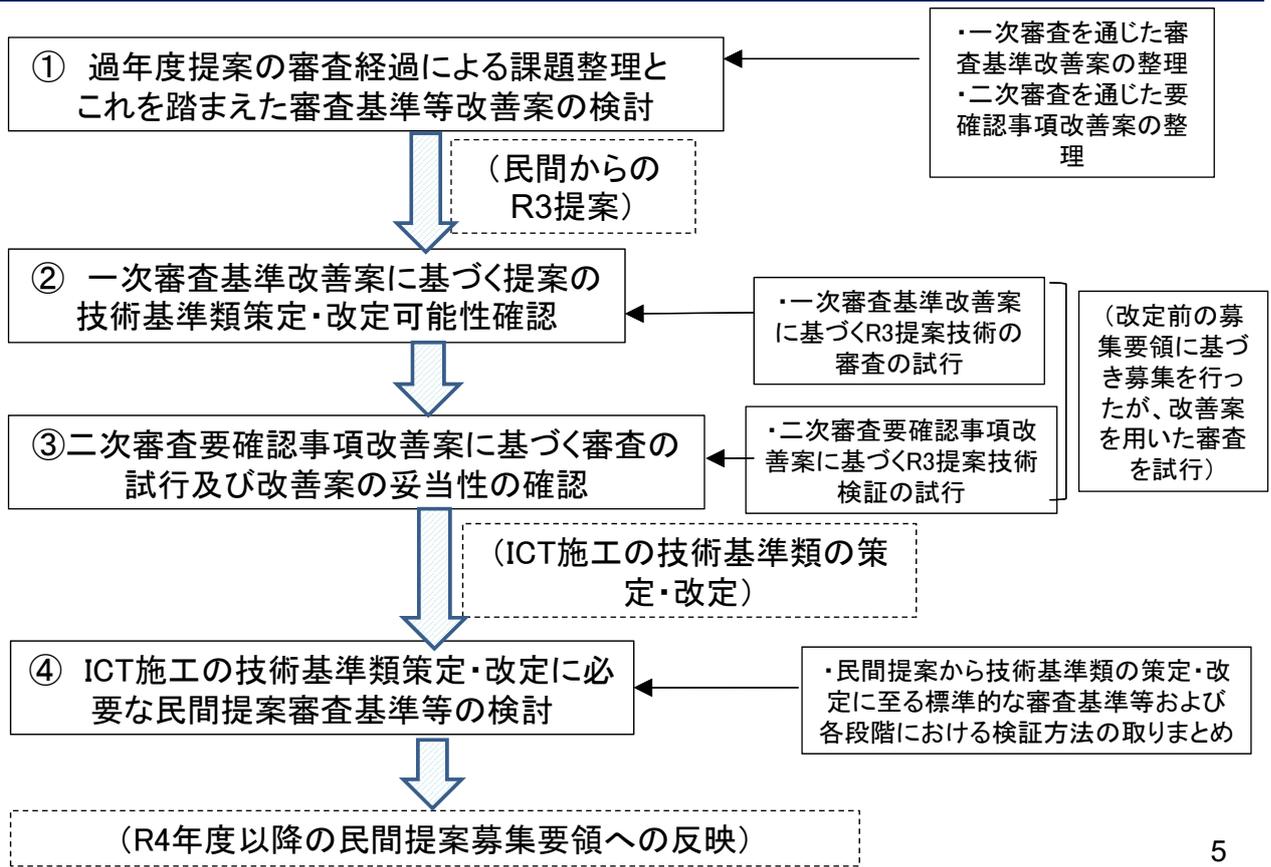
- 民間提案をもとにしたICT施工の技術基準類策定・改定に必要な審査基準等の標準化を図る。
- 審査基準等の標準化にあたって、民間からの提案に対し、提出資料、ヒアリングによる情報収集を行うとともに、工事現場・試験フィールドにて技術の検証を実際に試行する。



4



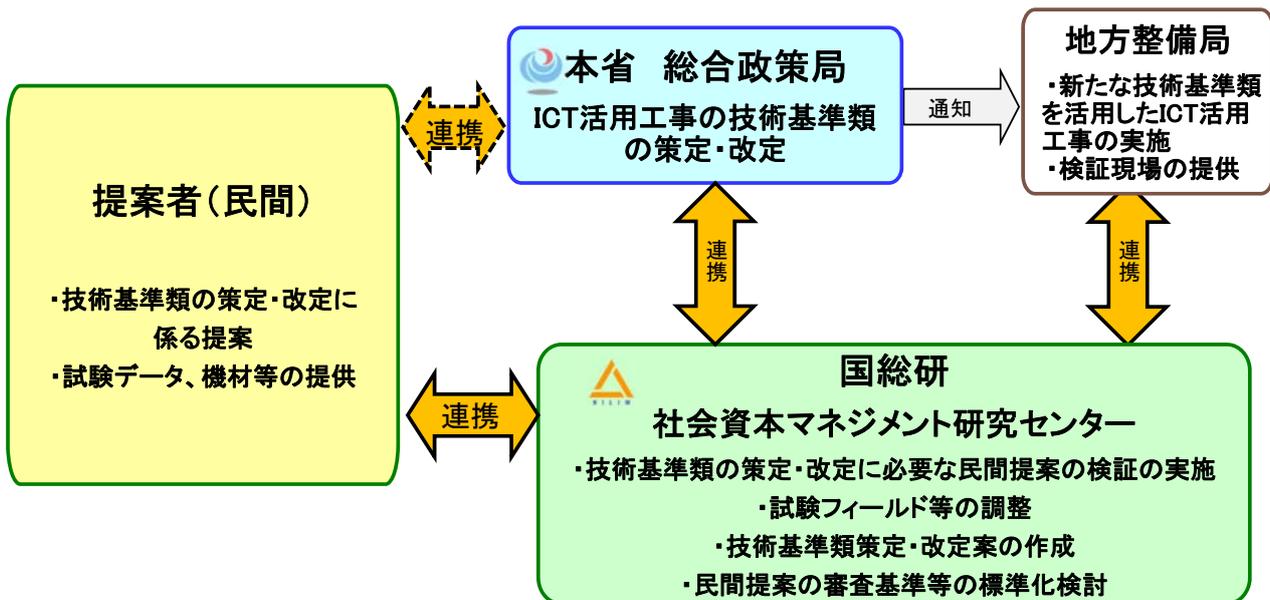
4. 研究フロー図



5



5. 研究の実施体制



効率性

・ 実際にICT活用工事の施工、計測に関わってきた民間からの新たな技術を適切に審査することにより、現行の技術基準類に新たな技術を効果的に導入する速やかな策定・改定が可能となる。もって、生産性向上にも寄与する。技術基準類を所掌する国土交通本省と連携し対応する。

6



6. 研究成果：①過年度提案の審査経過による課題整理とこれを踏まえた審査基準等改善案の検討

- ・ 国交省では、民間提案制度をR1年度より開始しており、募集要領に従い提案を受け付けている。
- ・ 一次審査、二次審査を経て技術基準類の策定・改正を進めているが、それぞれの審査の観点の一部が明確でない。

令和3年度 IoT 施工の基準類作成に関する募集要領

1. 募集概要

国土交通省では、建設業における生産性の向上を図るため、全ての建設生産プロセスにICT等を活用する i-Construction を推進しており、ICT施工の普及促進にむけて必要となる基準類の整備を進めています。

公共工事に用いられる工種は多岐にわたること、またICTの進展が非常に早いことから、新技術を迅速に現場導入するため、民間企業等から基準類の提案を募集し、より迅速に基準類を整備する取組みを、令和元年度から行ってきたところです。

令和3年度も引き続きICTを用いた新たな出来形管理手法の提案（「民間提案技術」という）の募集を行います。本募集要領では、民間提案技術の応募を行う際の手続き、必要な資料、審査方法を示します。

2. 募集対象

以下に定める対象技術Ⅰa、Ⅰb、Ⅱ、Ⅲの区分に該当する技術を募集します。各技術について、所定の応募様式により技術概要等を提出していただくとともに、現場適用性が確認できるバックデータを提出していただきます。

募集技術Ⅰa 新たなICTを用いた新工種の出来形管理を行う手法

出来形管理にICTが適用されていない工種（「新工種」という）に、新たなICTを活用する手法

募集技術Ⅰb 新たなICTを用いた既存工種の出来形管理を行う手法

出来形管理にICTが既に適用されている工種（「既存工種」という）に、新たなICTを活用する手法

募集技術Ⅱ 既存のICTを用いた新工種の出来形管理を行う手法

新工種に既存のICTを活用する手法

募集技術Ⅲ その他の提案（既存の基準類の改訂等）

上記Ⅰa、Ⅰb、Ⅱのいずれにも当てはまらないカイゼン提案（例：出来形管理以外の提案で、新たなICT建設機械、ICTを活用した施工法を用いることによりさらなる管理の効率化・生産性向上を実現する提案）。

その他、ICTを効率的に活用するために、既存のICT施工関連基準類の規定をカイゼンする提案。

3. 提案募集に関するスケジュール

提案内容の審査については一次審査と二次審査により段階的に審査されます。

(1) 一次審査

提案に関する提出資料、および各提案に対して実施するヒアリング結果を基に、技術の完成度、精度、期待できる効果の程度、現場のニーズ等の観点で総合的に判断し、基準化の検討対象となる提案を選定します。

(2) 二次審査

一次審査で選定された提案については、さらに詳細なバックデータおよび既存基準の改訂案を提出いただけます。この提出された内容を精査し、要領化を実施する提案を選定します。

(3) 現場調査

要領化を実施する提案として選定された提案を対象として、必要に応じて実施する実現場等での追加のバックデータ収集にご協力いただきます。現場調査の実施時期は、2021年9月～12月を予定しています。現場調査結果を踏まえ、最終的に有効性が高いと判断された提案については、新たな基準案作成や既存基準の改訂を行います。

【提案募集に関するスケジュール】

2021年4月27日	民間提案の募集開始、一
2021年5月28日	一次審査資料の提出期限
2021年6月1日～6月25日	提案者へのヒアリング
2021年7月中旬	ICT導入協議会（一次
2021年7月30日	一次審査結果の通知、二次審査資料の受付開始
2021年8月31日	二次審査資料の提出期限
2021年9月～12月末	実現場における検証実験
2022年1月	新基準案・改訂基準案の検討開始

一次審査・二次審査における採否の基準が明確でない

7



6. 研究成果：①過年度提案の審査経過による課題整理とこれを踏まえた審査基準等改善案の検討

●一次審査の改善案整理

これまでの審査経過を踏まえ、一次審査の課題および改善案を整理した。

■R3年度の年度民間提案募集要領での記載内容

○一次審査

提案に関する提出資料、および各提案に対して実施するヒアリング結果を基に、**技術の完成度、精度、期待できる効果の程度、現場のニーズ等の観点で総合的に判断し、基準化の検討対象となる提案を選定します。**

■過年度の民間提案一次審査において生じた課題と改善案

【課題】

- ・ 一次審査基準が明示されていないため、申請者自らが提案の良否を判断できない。
- ・ 審査機関(国総研)が、提案の採否を明確な根拠をもとに判定できない。
- ・ 一次審査で不採用となった提案について、提案者に結果を通知する場合、採否とともに不採用となった理由を審査基準に基づいて説明することが望ましいが、そのためには募集段階であらかじめ審査基準を明示することが有効である。

【改善案】

R3年度までの審査基準を精査して一次審査基準案としてとりまとめ、民間提案募集要領へ明文化する。一次審査基準案が適切か否かを確認するため、旧審査基準に基づく審査と併せ、新たな審査基準案に基づく審査を試行する。

8



6. 研究成果：①過年度提案の審査経過による課題整理とこれを踏まえた審査基準等改善案の検討

■民間提案募集要領「一次審査基準」の改善案

これまでの審査の課題を踏まえ、「一次審査基準」の審査基準となるべき8項目を、改善案として整理した。

過年度基準	課題	一次審査基準改善案
—	提案された改善要望が、既存基準のどの箇所についての改善を求めるものか、そもそも提案者が理解していない場合、提案の意図が不明確となる。	(1) 現行の要領での対応範囲 ・提案の対象となる既存技術基準類の改訂箇所・範囲をあらかじめ提案書に明記することを求めた ・技術基準類の改訂に向け具体的な提案が可能になるとともに、提案の意図を審査機関が正しく理解できるようにした。
技術的完成度	—	(2) 技術的完成度
期待できる効果の程度	期待できる効果として求める内容が不明確	(3) 経済性 (4) 作業性 ・ICT活用の主目的は現場における生産性向上である。生産性向上は作業性の改善とそのため必要となるコストの低減の両方で達成される。 ・効果として求めるのは経済性・作業性であることを明記
	過年度提案の「法枠工の出来形管理」では、危険を伴う高所作業をTLS計測で代替し、安全性が飛躍的に向上した。生産性向上の観点だけでは評価できない安全性向上効果についても評価すべき。	(5) 安全性 安全性の向上は生産性向上以上に評価すべき項目であるから、経済性・作業性の評価とは別に安全性向上効果についても明記
計測精度	—	(6) 計測精度
現場のニーズ	過年度の提案で、ICTを開発したメーカーの想定で、現場のニーズが記載される例が見られたが、これは現場のニーズとは一致しているとは限らない。	(7) 施工者のニーズ ・ICT施工の主な目的が建機周り作業の減少や若いオペレーターの活躍など、施工者の施工効率化が中心であることに鑑み、現場のニーズを「施工者のニーズ」に改め、実際に現場で出来形管理に従事する施工者の視点からのニーズを確認
—	過年度の提案で、特許が設定されている提案があったが、基準化にあたっては、特許権者が独占使用せず一般利用が可能なものである必要がある。	(8) 特許等の権利関係 特許が設定されている提案については、独占利用され一般化にそぐわないものもあることから、提案時点で特許等の権利関係を明記

9



6. 研究成果：①過年度提案の審査経過による課題整理とこれを踏まえた審査基準等改善案の検討

●二次審査の改善案整理

これまでの審査の課題を踏まえ、二次審査の課題および要確認事項の改善案を整理した。

■R3年度の民間提案募集要領での記載内容

○二次審査

一次審査で選定された提案については、さらに詳細なバックデータおよび既存基準の改訂案を提出いただきます。この提出された内容を精査し、要領化を実施する提案を選定します。

■これまでの民間提案二次審査において生じた課題と改善案

・二次審査の具体的な方法が明確でないため、二次審査での要確認内容の改善案を検討した。

■民間提案募集要領「二次審査での要確認事項」の改善案

二次審査での要確認内容の改善案

出来形計測精度	出来形管理に必要な精度を満足するか実験により確認する。特に、様々な誤差要因の存在する実現場においても、あらかじめ提出されたバックデータと同等の精度が得られるかを、実測により確認する。
現場で生じる誤差要因	ICTの出来形計測精度についてメーカーの保証や公的機関の認証が与えられないものについては、実現場において精度を確認する必要がある。この精度確認は、実現場で生じる誤差要因をすべて網羅した、最も厳しい条件にて実施する必要がある。生じる誤差要因は、実現場における実験において確認する。
作業性	ICTを用いた新たな出来形計測手法は従来手法よりも計測の労力が増大しないか実際の計測作業を行って確認する(現行の出来形計測方法よりも労力が増大する手法は基準化に不適)
計測上の留意点	所要の出来形計測精度を担保するために必要となる出来形計測時の留意点を、実現場における計測作業を確認したうえで見出し、要領に記載する。

10



6. 研究成果：②一次審査基準改善案に基づく提案手法の技術基準類策定・改定可能性確認

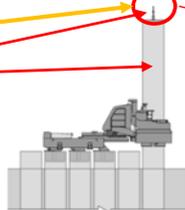
- 一次審査基準改善案に基づいてR3提案(15提案)の一次審査を試行した結果、技術基準類の策定・改正の検討対象として9提案を決定した。【参考資料参照】(以下に、一次審査の3技術を例示)
- 審査基準改善案はR3の募集要領に明記されていないため、ヒアリングにより補足しつつ確認した。

適用 ICT	工種	提案の概要	一次審査基準改善案に基づく評価結果	結論
施工履歴データ (杭打機)	矢板工 既製杭工	・矢板工・既製杭工において、施工履歴データやTS計測により、貫入深度・変位・傾斜等の出来形管理を行うことを認める	(1) 現行の要領での対応範囲 →矢板工・既製杭工のICT管理基準は未整備 (2) 技術的完成度→高(市販技術) (3) 経済性 →優(施工者が保有するTSを活用可能) (4) 作業性→改善(従来手法より器械の盛り換え回数が低減) (5) 安全性 →従来と同等 (6) 計測精度 →可(従来手法と同等) (7) 施工者のニーズ→大(従来のトランシットを用いる手法は準備・計測の労力が大きいICTによる効率化が期待される) (8) 特許等の権利関係→問題なし(特許が設定されている技術ではあるが類似技術が他メーカーから販売・レンタルされており、広くユーザーが利用出来る状況にある)	基準化を検討 (構造物工編 (基礎工))

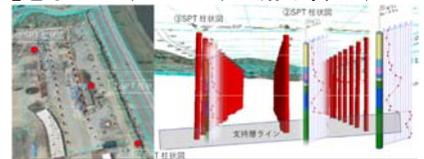
当該提案の審査への効果

一次審査基準改善案への評価

- 特許権の設定された技術ではあるが、一般のユーザーが幅広く利用できることを確認できた。
- 施工者のニーズが明確化された。
- 一次審査基準として、「特許等の権利関係」「施工者のニーズ」を予め示すことが、円滑な審査、提案者の提案の判断へ適切に寄与



施工中の杭をTSで計測し、座標データを取得。



計測データは自動的にノートパソコンに蓄積されるため出来形管理帳票が自動作成可能。

11



6. 研究成果：②一次審査基準改善案に基づく提案手法の技術基準類策定・改定可能性確認

適用 ICT	工種	提案の概要	一次審査基準改善案に基づく評価結果	結論
UAV写真	土工	・高低差のある場所において等対地高度での撮影を認める(現状は等高度撮影のみ可能)	(1) 現行の要領での対応範囲 →現行要領に提案手法の実施を妨げる記載があり要改定 (2) 技術的完成度→高(市販技術) (3) 経済性 →優(普及が進みICTが低価格化している) (4) 作業性→改善(高低差のある現場で飛行回数を1回に) (5) 安全性 →高(ただし有資格者によるUAV操縦が原則) (6) 計測精度 →可(既存UAVと同等) (7) 施工者のニーズ →大(計測作業が効率化への期待大) (8) 特許等の権利関係 →既存特許権を侵害しない	基準化を検討 (土工編)

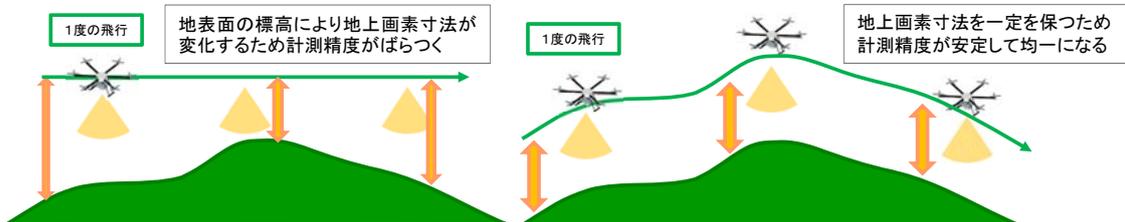
当該提案の審査への効果

一次審査基準改善案への評価

- 等対地高度のプログラム飛行が一般的かつ安価な技術になっていることが確認できた。
- 作業性の改善程度が大きいことが確認できた。
- 一次審査基準として、「技術的完成度」「経済性」「作業性」を予め示すことが、円滑な審査、提案者の提案の判断へ適切に寄与

従来の計測方法: 直線かつ等高度の撮影

新たに検討する計測方法: 対地高度を一定とした撮影



12



6. 研究成果：②一次審査基準改善案に基づく提案手法の技術基準類策定・改定可能性確認

適用 ICT	工種	提案の概要	一次審査基準改善案に基づく評価結果	結論
擁壁工 TLS出来形	擁壁工	<ul style="list-style-type: none"> ・擁壁工(プレキャスト擁壁、場所打擁壁工、補強土壁工)の出来形管理をTLSで実施することを認める ・規格値は現行基準と同じ 	(1) 現行の要領での対応範囲 → 擁壁工のICT管理基準は未整備 (2) 技術的完成度 → 高(市販技術) (3) 経済性 → 中(普及が進みTLSが低価格化している) (4) 作業性 → 高(ワンマンで計測可能) (5) 安全性 → 高(擁壁天端での作業をなくし転落事故を防止) (6) 計測精度 → 可(従来手法と同等) (7) 施工者のニーズ → 大(安全性向上への期待大) (8) 特許等の権利関係 → 既存特許権を侵害する手法ではない	基準化を検討(擁壁工編)

当該提案の審査への効果

一次審査基準改善案への評価

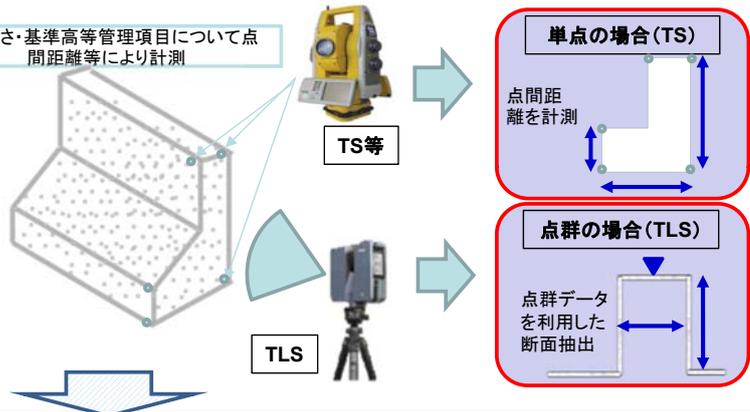
→ 従来手法と比べ、施工者ニーズの高い安全性向上効果が極めて高いことが確認できた。

→ 一次審査基準として、「安全性」「施工者のニーズ」を予め明示することが、円滑な審査、提案者の提案の判断へ適切に寄与

擁壁工で行う断面管理の計測を、TLSまたはTS等で計測した点で代替する。

幅・高さ・基準高等管理項目について点間距離等により計測

工種	測定項目	規格値	測定基準	測定箇所
場所打擁壁工	基準高さ	±50	擁壁天端から、基準距離(10m)以内の位置に、計測した点から、基準距離(10m)以内の位置に、計測した点	
	幅	±20		
	高さ	±50		
	傾斜	±30		
プレキャスト擁壁工	基準高さ	±50	擁壁天端から、基準距離(10m)以内の位置に、計測した点から、基準距離(10m)以内の位置に、計測した点	
	幅	±20		
	傾斜	±30		



一次審査基準改善案の妥当性が確認された。

13



6. 研究成果：②一次審査基準改善案に基づく提案手法の技術基準類策定・改定可能性確認

○ R3年度民間提案の一次審査結果一覧(内容は参考資料参照)

NO	適用 ICT	工種	一次審査結果
1	建設機械の施工装置位置履歴(ローラ)	土工	基準化を検討(土工編)
2	写真測量	路面切削工	基準化を検討(路面切削工編)
3	UAV写真(等対地高度撮影)	土工	基準化を検討(土工編)
4	TLS	橋梁上部工	基準化を検討(構造物工編(上部工))
5	レーザートラッカー	橋梁上部工(床板工)	
6	空中写真測量(無人航空機)(斜め撮影)	土工	基準化を検討(土工編)
7	GNSS(撮影動画からの点群生成)	土工	基準化を検討(土工編)
8	ノンプリズムTS等	トンネル吹付工	基準化見送り
9	施工履歴データ(杭打機)	矢板工・既製杭工	基準化を検討(構造物工編(基礎工))
10	擁壁工TLS出来形	擁壁工	基準化を検討(擁壁工編)
11	空中写真測量(無人航空機)(使用カメラレンズによるラップ率緩和)	土工	基準化見送り
12	空中写真測量(無人航空機)	舗装工	基準化見送り
13	無人航空機搭載型レーザーキャナ(SLAM機能付きUAV)	土工	基準化見送り
14	TLS	吹付工	基準化見送り
15	3次元出来形(TLS)	アンカー工	基準化見送り

14



6. 研究成果:③二次審査要確認事項改善案に基づく審査の試行及び改善案の妥当性の確認

- 改善案に基づいてR3提案の二次審査を試行(以下に二次審査対象の9提案のうち1事例を例示)
- 審査の結果、9の提案全てについて、技術基準類策定・改定を実現した。

施工履歴データ(杭打機)についての二次審査結果

出来形計測精度	従来手法による計測値を真値とした場合のICTIによる出来形計測精度は ・杭の偏心量:平均誤差2mm、最大誤差6mm、標準偏差が3mm ・杭の基準高:平均誤差が10mm、最大誤差が17mm、標準偏差が5mm →規格値(偏心量100mm、基準高50mm)に対して十分な精度があることが確認された
現場で生じる誤差要因の確認	TSと杭との距離が増えると誤差が増大する傾向 →計測距離を制限することで精度が担保できるため要領に追記
作業性の確認	・従来は杭1本毎にトランシットの盛り換えが必要であった(1.5人工/日)。 →提案手法は作業開始時に1回だけTSを設置すればよく、計測作業自体も自動で計測されるため、作業性の向上が認められた(0.5人工/日)
計測上の留意点の確認	打撃工法、中掘り工法については杭頂部に360°プリズムが設置出来ない、または衝撃で動揺し精度が保てないことが明らかとなった →圧入工法のみ適用可能のため、その旨要領に追記

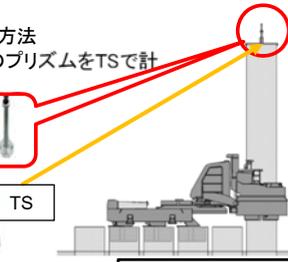
二次審査での要確認事項改善案への評価

二次審査での要確認事項として、4項目を予め明示することにより、基準類策定・改定に盛り込むべき要素等が明らかとなり、円滑かつ漏れのない技術基準類策定・改定に寄与

□既製杭の基準高計測方法

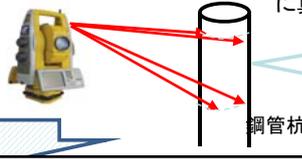
・施工完了時に杭天端のプリズムをTSで計測し、基準高を求める

360°プリズム



□鋼管杭の杭芯位置等算出方法

・鋼管杭の上部・下部で、側面をTS(ノンプリズム方式)で各2点計測。
 ・上部・下部それぞれについて、計測した2点を通る円の中心点(x,y)を幾何的に算出。これを杭芯位置とする。



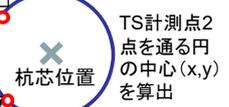
平面図

TS計測点

TS計測点

TS計測点

TS計測点



二次審査基準改善案の妥当性が確認された。

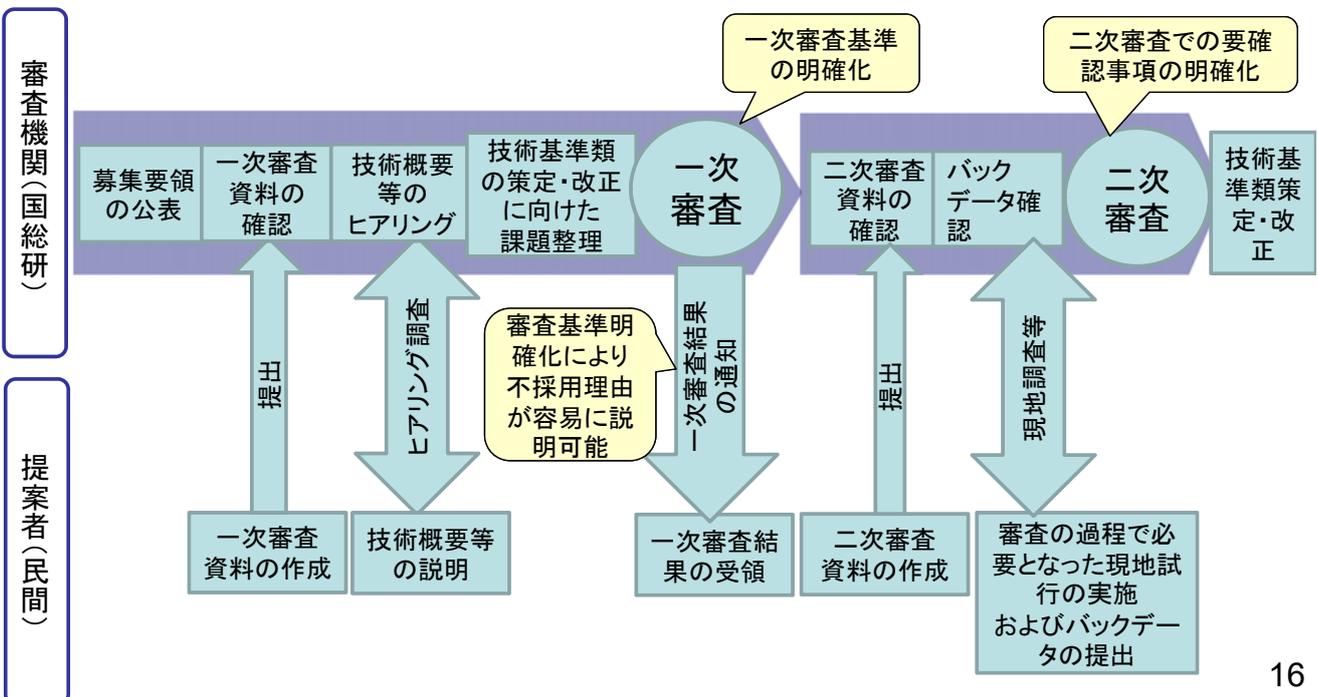
15



6. 研究成果:④ ICT施工の技術基準類策定・改正に必要な検証方法の標準化検討

①～③の過程・結果等を踏まえ、民間提案から技術基準類の策定・改定に至る標準的な検証手順および各段階(一次、二次)における審査基準等を取りまとめた。

民間提案技術の技術基準類策定・改正に向けた検討手順



16



7. 成果の普及等

- 研究成果を踏まえ、R4年度実施の民間提案募集要領の内容へ反映。
- 今後とも、民間提案の審査過程・結果を踏まえ、募集要領の不断の見直しを図る予定。

令和4年度民間提案募集要領 改善の概要

■「一次審査の観点」の明示

○技術的完成度

- 提案技術の完成度を確認する(技術としては完成しており市販されている等)
- 技術が開発段階であるもの、アイデアだけのもの、ICTの紹介のみのもの等は基準化の対象としない。

○経済性

- 提案された技術の経済性が従来手法より劣る場合でも、得られるメリットがコストに見合うのであれば、施工者のニーズが期待できるため、施工者が自由に選択できるような基準化の対象とする。
- ただし、従来施工と比較して著しく高価である技術については基準化の対象としない。

○作業性

- 技術概要書に記載の従来手法に対する提案技術の優劣の内容を確認し、比較の対象としている従来手法が妥当か、優劣の評価に客観性があるかを確認する。

○安全性

- 技術概要書に記載の計測手法を確認し、作業の安全性に問題が無いか確認する。安全性が確認出来ないものについては、基準化の対象としない。

○計測精度

- 技術概要書に記載されている提案技術の仕様上の計測精度や申請者が実施した精度確認結果を確認する。
- 出来形管理を行うための所要の計測精度(表-2参照)を満足していることを確認する。

○特許等の権利関係

- 提案技術に関する特許などの権利関係の情報を確認する。
- 特許等の権利が特定の組織等に独占されており普及が見込めない、または公共性に乏しいものについては基準化の対象としない。

■その他一次審査における改善点

○現行の要領の対応範囲 : 「応募様式1 提案概要書」に記載すべき内容として明示

○施工者のニーズ : 観点「経済性」において配慮すべき内容として明示

■「二次審査において提出する資料」の明示

○新ICTの精度確認手法案

- 新ICTの精度を現場において確認する手順を説明する資料
- 実現場において施工着手前に実施できる簡便な方法とする

○ICTの計測精度に関するバックデータ

- 新たなICTによる出来形計測を提案する場合、当該技術による計測データ(例 施工現場または施工現場相当の規模の試験場(以下、「現場等」という。))において、従来の出来形管理手法と提案された手法により同じ箇所の出来形を計測・比較したデータ)
- 提案するICT活用により生産性向上を期待する場合、その効果検証データ(例 作業日数・工数等の減少、手待ち・手戻り減少などの根拠となるデータ)
- その他の提案については、基準類改訂の根拠となる資料、施工時計測データ、検証データ

17



8. 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
ICT施工推進に必要な技術基準類策定・改正のための審査基準等の標準化	ICT施工の技術基準類の策定・改定に関して、民間からの提案内容を検証する審査方法の標準化	民間提案から基準化に至る標準的な検討手順及びそれぞれの段階毎の審査基準等を取りまとめた。	・本省・国総研より発出される民間提案募集要領の内容へ反映	○	
	審査基準等の標準化のため、民間からの実際の提案に対し、提出資料、ヒアリングによる情報収集を行うとともに、工事現場・試験フィールドにおける提案技術の検証を試行	審査基準等の改善案に基づき、民間からの提案に対する審査のためのデータ取得、現場検証を行った結果、当該提案にかかる技術基準類の策定・改定につながる成果を得た。	・提案に基づく出来形管理等の技術基準類の策定・改定 ・策定・改定された技術基準類を、各地方整備局等が実施するICT施工に活用	○	

<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

- 技術基準類作成を所掌する国土交通本省と連携し、対応できるよう、民間提案募集要領の内容へ反映した。
- 提案者、審査機関(国総研)ともに、実際にICT活用工事の施工、計測に関わってきた民間の技術を取り入れるための技術基準類策定・改定の作業が効率化された。
- 路面切削工において写真測量技術を用いた出来形管理を行う民間提案など、9項目について、技術基準類策定・改定を実現。(参考資料参照)

18

- ・一次審査として、提案者からの提出資料、提出データを踏まえ、提案者へのヒアリングを行い、提案内容が技術基準類に反映が可能かを総合的に審査した。
- ・なお、一次審査の結果「基準化を検討」と判定された提案については、二次審査での確認を経て、R3年度末に技術基準類に反映された。

	一次審査の結果、「基準化を検討」と判定された提案
	一次審査の結果、「基準化見送り」と判定された提案

R3年度民間提案の一次審査結果(1)

NO	適用 ICT	工種	提案の概要	技術基準類策定・改定に向けた課題・要検討内容	一次審査結果
1	建設機械の施工装置位置履歴(ローラ)	土工	・路体あるいは路床において、振動ローラの走行軌跡軌跡(施工履歴データ)を、当該路体・路床の出来形データとする	施工履歴データと出来形計測データとの比較検証	基準化を検討(土工編)
2	写真測量	路面切削工	・写真測量技術を用いて路面切削の出来形を計測することを認める	バックデータの確認	基準化を検討(路面切削工編)
3	UAV写真	土工	・高低差のある場所において等対地高度での撮影を認める(現状は等高度撮影のみ可能)	バックデータの確認	基準化を検討(土工編)

19

R3年度民間提案の一次審査結果(2)

NO	適用 ICT	工種	提案の概要	技術基準類策定・改定に向けた課題・要検討内容	一次審査結果
4	TLS	橋梁上部工	・橋梁上部工においてTLSで計測した三次元点群データから橋梁の断面形状を自動抽出し出来形管理を行うことを認める	バックデータの確認	基準化を検討(構造物工編(上部工))
5	レーザートラッカー	橋梁上部工(床板工)	・橋梁上部工においてレーザートラッカー(端点計測とTLSのような面計測が可能な光波式測定器)で床板の出来形を計測することを認める	バックデータの確認	
6	空中写真測量(無人航空機)	土工	・計測対象面に対してUAV搭載カメラを斜めに設置する撮影手法を認める	バックデータ追加収集・計測精度確認 斜め撮影の場合のラップ率の考え方の整理	基準化を検討(土工編)
7	GNSS	土工	・GNSSでカメラ位置を計測しながら撮影した動画から点群を生成し出来形管理に使用することを認める	バックデータの確認	基準化を検討(土工編)
8	ノンプリズムTS等	トンネル吹付工	・ノンプリズムTS・レーザー距離計等を用いて吹付前後の計測を行い、吹付け厚を確認することを認める。・従来の検査孔の削孔による厚さ確認を省略する。	バックデータが所要の精度を満足しなかった	基準化見送り
9	施工履歴データ(杭打機)	矢板工 既製杭工	・矢板工・既製杭工において、施工履歴データやTS計測により、貫入深度・変位・傾斜等の出来形管理を行うことを認める	バックデータの確認	基準化を検討(構造物工編(基礎工))

20

R3年度民間提案の一次審査結果(3)

NO	適用 ICT	工種	提案の概要	技術基準類策定・改定に向けた課題・要検討内容	一次審査結果
10	擁壁工TLS出来形	擁壁工	<ul style="list-style-type: none"> ・擁壁工(プレキャスト擁壁、場所打擁壁工、補強土壁工)の出来形管理をTLSで実施することを認める ・規格値は現行基準と同じ 	バックデータの確認	基準化を検討(擁壁工編)
11	空中写真測量(無人航空機)	土工	<ul style="list-style-type: none"> ・UAV写真計測時、使用するカメラのレンズにより、UAV写真撮影時の縦断・横断ラップ率を緩和する 	データの蓄積が不十分 今後バックデータを蓄積(カメラのレンズ仕様・ラップ率と精度の関係)	基準化見送り
12	空中写真測量(無人航空機)	舗装工	<ul style="list-style-type: none"> ・舗装の出来形(面管理)にUAV写真の適用を認める 	データの蓄積が不十分 今後バックデータを蓄積(黒舗装・路盤における精度検証)	基準化見送り
13	無人航空機搭載型レーザースキャナ	土工	<ul style="list-style-type: none"> ・UAVレーザーには2周波GNSSを搭載することが基準で定められているが、GNSSを搭載していない機体であっても、SLAM機能を持つUAVを許容 	データの蓄積が不十分 現行手法との計測精度比較	基準化見送り
14	TLS	吹付工	<ul style="list-style-type: none"> ・法面工(吹付工)の「厚さ」の出来形管理をTLSで実施することを認める ・吹付前後で2回計測 ・規格値は現行基準と同じ 	データの蓄積が不十分 現行手法との精度比較・作業性比較・点群から厚さを採寸する解析手法の妥当性の検証が必要	基準化見送り
15	3次元出来形	アンカー工	<ul style="list-style-type: none"> ・アンカー工の「配置誤差d」の出来形管理をTLSで実施することを認める ・規格値は現行基準と同じ 		基準化見送り

21

