

インフラ地震防災対策の取組と能登半島 地震での知見を踏まえた今後の対応

コーディネーター：研究総務官

パネリスト：河川研究部長

土砂災害研究部長

道路構造物研究部長

管理調整部長

空港新技術研究官

宮武 晃司

川崎 将生

田村 毅

星隈 順一

酒井 浩二

坪川 将丈



国土交通省

国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management

3つの論点

- ①阪神・淡路大震災をはじめとして、これまでの大規模地震を踏まえた耐震基準や耐震補強の取組状況
- ②能登半島地震での被害状況、復旧・復興の支援状況
- ③今回の能登半島地震の被害を踏まえた課題や教訓、今後の技術的な検討の方向性

①阪神・淡路大震災をはじめとして、 これまでの大規模地震を踏まえた耐 震基準や耐震補強の取組状況

インフラ地震防災対策の取組と能登半島地震での知見を踏まえた今後の対応

- ① 阪神・淡路大震災をはじめとして、これまでの大規模地震を踏まえた耐震基準や耐震補強の取組状況

河川・海岸・ダム分野の取り組み

河川研究部長
川崎 将生



国土交通省

国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management

1.大規模地震を踏まえた耐震基準・指針等の策定（河川堤防）



- 兵庫県南部地震を契機に堤防の耐震性確保に関する取り組みが進められ、河川構造物で一般的に用いられている水平震度を考慮した安全性照査、すなわち、「レベル1地震動相当」に対する安全性照査が実施された。
- その後、「土木構造物の耐震設計ガイドライン」(2001 土木学会)、「土木・建築にかかる設計の基本」(2002 国土交通省)を受け、「レベル2地震動」に対する指針が「河川堤防設計指針」(2007.3)、「河川構造物の耐震性能照査指針(案)・同解説(Ⅱ堤防編)」(2007.3)に示され、以降、レベル2地震動に対する点検・照査が進められるとともに、その後の東北太平洋沖地震による被災状況等を踏まえ、指針等の改定が行われてきたところ。
- 国総研は、学識者、土木研究所、国土交通本省等との連携のもと、被災状況の現地調査、指針等の改定に向けた委員会等での議論に参画。

西暦	主な地震	技術基準(法律/省令/局長等通知)	指針(技術基準解説) 等	技術資料 等
1995	兵庫県南部地震 (M7.3) (1995.1.17)	1985 <u>河川砂防技術基準(案)</u> ・軟弱地盤上の堤防で、耐震対策の必要性について検討		1995 <u>河川堤防の耐震点検マニュアル</u> ・ゼロメートル地帯(津波遡上範囲等)の河川堤防 ・液状化・慣性力による堤防の変形を照査 ・供用期間中に発生する確率が高い地震動(L1地震動相当)
2007		1997 <u>河川砂防技術基準(案) 設計編</u> ・震度法により地震時安全率を算出し、堤防天端の沈下量を推定し、照査外水位と比較して評価 ・壊れても二次被害を起こさないことを原則		1997 <u>河川堤防の液状化対策工法設計施工マニュアル</u> ・L1地震動に対する耐震対策の設計・施工の標準手法
2011			2007 [2012、2016改定] <u>河川構造物の耐震性能照査指針(案)・同解説(Ⅱ堤防編)</u> <u>河川堤防設計指針</u> ・耐震性能の照査において考慮する外水位≧堤内地盤高の河川堤防 ・将来にわたって考えられる最大級の強さを持つ地震動(L2地震動) ・東北地方太平洋沖地震により堤体の液状化に起因する堤防の大規模な被害が多数発生したことを踏まえ、基礎地盤と堤体の液状化を同じ方法で一体的に照査するなどの改定(2016)	2010 <u>レベル2地震動に対する河川堤防の耐震点検マニュアル(案)・同解説</u> ・L2地震動に対する耐震点検を効率的に進めるための標準的な手順
	東北地方太平洋沖地震(M9.0) (2011.3.11)	2019 <u>河川砂防技術基準 設計編</u> ・耐震性能の照査について記述 ・「平常時の流水又は計画津波等が越流しないような地震後の堤防の高さ等の許容値を設定した上で、地震動による堤体変形後の高さ等を評価し、許容値を満足することを照査することを基本」		2016 <u>河川堤防の耐震点検マニュアル</u> ・既存データを有効に利用して、耐震性能を満足しないと想定される区間を効率的に抽出するための標準的な手法
				2016 [2024改定] <u>河川堤防の液状化対策の手引き</u> ・レベル2地震動に対応し、地盤変形解析を用いた基礎地盤と堤体の両方の液状化対策(締め固め工法、固結工法、鋼材を用いた対策工法)の設計法 ・間隙水圧消散工法の設計法(2024)

1.大規模地震を踏まえた耐震基準・指針等の策定（海岸保全施設）

- 兵庫県南部地震以前は、「海岸保全施設築造基準(1987年改定時に地震の基準を新設)」に基づき、震度法により、レベル1地震動相当の地震の影響を考慮した海岸保全施設の設計を実施。
- 兵庫県南部地震を経て、仕様規定から性能規定への移行の動きも踏まえ、2004年に「海岸保全施設の技術上の基準(海岸4省庁局長等通知及び同解説)」により、レベル1地震動、レベル2地震動に対する耐震性能等の考え方を整理。
- 東北地方太平洋沖地震を踏まえて最大クラスの津波(L2津波)と比較的発生頻度の高い津波(L1津波)の概念が導入されたことを受け、「設計津波(L1津波)を生じさせる地震の地震動」に対する考え方を整理(2011年)し、技術基準に反映(2015年)。
- 国総研は、学識者、国土交通本省等との連携のもと、被災状況の現地調査、技術基準の改定に向けた検討等に参画。

西暦	主な地震	技術基準(法律／省令／局長等通知)	技術基準解説 等	技術資料 等
1995	兵庫県南部地震(M7.3) (1995.1.17)	1956 海岸法制定 ・第14条(築造の基準)において、海岸保全施設は地震に対して安全な構造でなければならない旨を規定		
		1987 海岸保全施設築造基準の改定 ・海岸保全施設の耐震基準の考え方を整理	1987 海岸保全施設築造基準・同解説 ・海岸保全施設の耐震基準を具体的に解説 ・構造物全体の安定性、基礎地盤のすべりに対する安定性、液状化の影響等を検討 ・原則として震度法により算定	1995 海岸保全施設耐震点検マニュアル ・阪神・淡路大震災による被災原因等を分析し、耐震点検(詳細検討を要する施設及び区間を抽出するための概略調査)を行うためのマニュアルを整備 ・震度法に係る安全率(慣性力、液状化)を確認
2004		1999 海岸法改正 ・築造の基準 ⇒ 技術上の基準		
		2004 海岸保全施設の技術上の基準を定める省令の制定 海岸保全施設の技術上の基準について ・海岸保全施設の目的、機能、性能等を整理 ・レベル1地震動、レベル2地震動に対する耐震性能、耐震性能照査等の考え方を整理	2004 海岸保全施設の技術上の基準・同解説 ・レベル1地震動、レベル2地震動に応じた海岸保全施設の耐震基準の考え方を具体的に解説	
2011	東北地方太平洋沖地震(M9.0) (2011.3.11)		2011 海岸4省庁の課長通知 ・L1津波を生じさせる地震の地震動に対する耐震性能の考え方を通知	
		2015 海岸保全施設の技術上の基準について ・L1津波を生じさせる地震の地震動に対する耐震性能の考え方等を反映	2018 海岸保全施設の技術上の基準・同解説 ・耐震性能の考え方を具体的に解説	2017 海岸堤防(盛土を含む構造)の耐震性能照査に関する技術資料(国総研資料) ・「L1津波を生じさせる地震の地震動」に対する耐震性能照査の考え方等を具体的に整理 ・2018年改定の「同解説」に位置付け

1.大規模地震を踏まえた耐震基準・指針等の策定（ダム）

- ダムの耐震設計は河川管理施設構造令に基づく震度法により行われてきた。1995年兵庫県南部地震後の評価において、同手法により設計されたダムは同地震で生じたと推定される地震動に対しても十分な耐震性を有することが確認されている。
- しかし、地震計の普及に伴い従来の設計地震力を上回る加速度が観測されるようになったこと、兵庫県南部地震を契機とした各種耐震基準の見直しの動き等を踏まえ、国交省では2005年に「大規模地震に対するダム耐震性能照査指針(案)」を作成。各ダム地点で想定される最大級の地震動(レベル2地震動)を考慮しての地震応答解析等による耐震性能照査を開始。
- 全国のダムでの試行を経て2021年、同指針(案)の内容を国交省の技術基準(河川砂防技術基準 設計編)に位置づけ。
- 国総研は、基準・指針の原案作成、指針(案)の運用に必要な技術的解説資料の作成のほか、地震によるダム施設の変状等の現地調査、地震発生時のダム管理者による臨時点検結果の評価に対する技術支援等を実施。

西暦	主な地震	技術基準(法律／省令／局長等通知)	指針(技術基準解説) 等	技術資料 等
1995	兵庫県南部地震(M7.3) (1995.1.17)	1958 河川砂防技術基準 ・建設省の技術基準として制定 1976 河川管理施設等構造令・同施行規則 ・ダムの構造基準として初めての法令 1997 河川砂防技術基準(案) 設計編 ・フィルダムの修正震度法による設計法の掲載	1957 [1971、1978改定] ダム設計基準(日本大ダム会議) ・国内初の統一的なダムの設計基準書。 ・地震力(震度法)、及び地震による動水圧を考慮 1991 フィルダムの耐震設計指針(案) ・フィルダム設計の合理化を図るため、堤体応答を考慮できる修正震度法による設計法 2001 ダム地点での地震動(加速度等)推定式(ダム距離減衰式、H13式)を提案(国総研) 2005 大規模地震に対するダム耐震性能照査指針(案) ・レベル2地震動に対するダムの耐震性能とその照査法を規定 ・照査用地震動はダム毎に周辺の活断層による地震等を考慮して個別に設定することを規定 ・ダム本体の耐震性能照査方法として、動的解析による地震応答解析法(損傷過程も考慮)を規定 ・ダム本体以外の関連構造物(洪水吐きゲート、取水塔等)の照査対象や照査方法も規定	1957 [1971、1978改定] ダム設計基準(日本大ダム会議) ・国内初の統一的なダムの設計基準書。 ・地震力(震度法)、及び地震による動水圧を考慮 1991 フィルダムの耐震設計指針(案) ・フィルダム設計の合理化を図るため、堤体応答を考慮できる修正震度法による設計法 2001 ダム地点での地震動(加速度等)推定式(ダム距離減衰式、H13式)を提案(国総研) 2011 東北地方太平洋沖地震等の観測記録を踏まえてダム距離減衰式を見直し(H23式)(国総研)
2005				
2011	東北地方太平洋沖地震(M9.0) (2011.3.11)	2021 河川砂防技術基準 設計編 ・耐震性能照査指針(案)の内容を技術基準化		

インフラ地震防災対策の取組と能登半島地震での知見を踏まえた今後の対応

- ① 阪神・淡路大震災をはじめとして、これまでの大規模地震を踏まえた耐震基準や耐震補強の取組状況

土砂災害研究の取り組み

土砂災害研究部長

田村 毅



国土交通省

国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management

1.大規模地震等を踏まえた土砂災害研究部の取り組み事例

大規模地震等を踏まえた土砂災害研究部の取り組み事例

地震	特徴的な被害	取り組みの方向性	具体的な取り組み
平成7年 (1995年)兵庫 県南部地震	六甲山系等における表層 崩壊の多発	地震時に発生する斜面崩 壊リスクに関する研究	○相対的な斜面崩壊危険 度を評価する手法の開発 ○定量的な斜面崩壊の発 生状況を推定する手法の 開発
平成16年 (2004年)新 潟県中越地震	深層崩壊・天然ダム（河 道閉塞）の発生	天然ダム等の大規模土砂 災害発生時の緊急対応に 関する研究等	○河道閉塞・深層崩壊の 対応マニュアルの整備 ○衛星SAR画像を活用 した土砂移動判読調査手 法の開発 ○高度な土砂災害対策に 従事する地方整備局等職 員の人材育成支援プログ ラムの実施
平成20年 (2008年)岩 手・宮城内陸地 震			
平成23年 (2011年)紀伊 半島大水害			

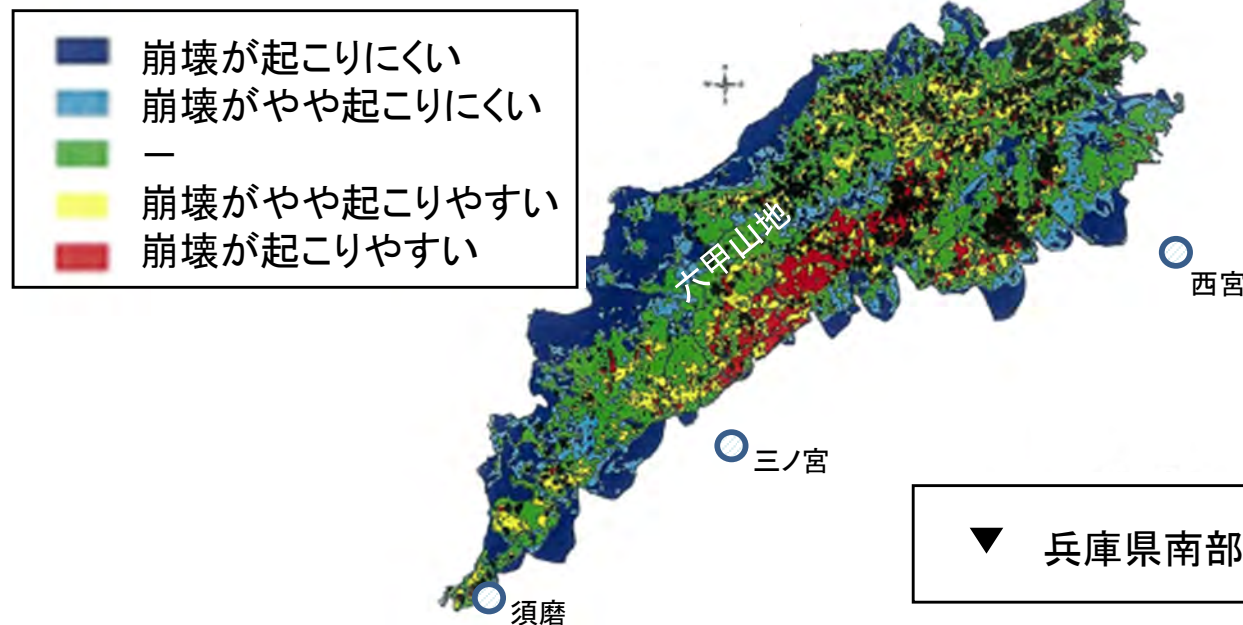
1.地震時に発生する斜面崩壊リスクに関する研究

○相対的な斜面崩壊危険度を評価する手法

- H7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（研究期間：平成14年度～平成15年度）。
- 「地形（斜面勾配、斜面の曲率）」と「地震の規模（最大加速度）」を入力し、「地震時の相対的な斜面崩壊危険度」を評価する経験式（六甲式）を提案。
- 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。

地震時の表層崩壊危険度評価式（六甲式）

$$\text{判別得点} F = 0.075 \times [\text{勾配}] - 8.9 \times [\text{平均曲率}] - 3.2 + 0.0056 \times [\text{加速度}]$$



▼ 兵庫県南部地震による斜面崩壊箇所

1.地震時に発生する斜面崩壊リスクに関する研究

○定量的な斜面崩壊の発生状況を推定する手法

- H28熊本地震を対象として、地盤条件・崩壊発生形態に着目した分類ごとに、「斜面勾配(I)」と「地震動の強さ（最大加速度a）」を指標とした「崩壊面積率(P)」の推定式を作成。
- この崩壊面積率推定式をH20年岩手・宮城内陸地震に当てはめて検証し、崩壊面積率を一定の精度で推定できることを確認。
(研究期間：平成30年度～令和2年度)

地震時の崩壊面積率推定式	
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)	$\log P = 0.0309I + 0.0014a - 4.3740$
⋮	⋮

P ：崩壊面積率， I ：斜面勾配， a ：最大加速度

H28熊本地震を対象として、異なる地盤条件・崩壊発生形態毎に推定式を作成

岩手・宮城内陸地震の実績との比較結果

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%

1.天然ダム等の大規模土砂災害発生時の緊急対応に関する研究等

- 2004年、2008年、2011年と地震・豪雨により深層崩壊・天然ダム災害が相次いで発生し、大規模土砂災害への対応と危機管理の必要性が強く再認識された。
- 国総研土砂災害研究部は、それらの災害に砂防研究者を派遣して現地を支援するとともに、対応を通じて得られた知見のマニュアル化と技術開発、現地に密着した集中的な調査研究、天然ダム災害等に対応できる人材の育成等に取り組んでいる。



2008年岩手・宮城内陸地震で発生した湯ノ倉の河道閉塞(天然ダム)

2008.6.28 湯ノ倉



土砂災害研究部による河道閉塞(天然ダム)の現地調査(2008年岩手・宮城内陸地震)

○河道閉塞・深層崩壊の対応マニュアルの整備

- ・土砂災害防止法に基づく緊急調査実施の手引き(河道閉塞による土砂災害対策偏)
国土交通省砂防部・国総研・土木研究所, 2011年4月
- ・深層崩壊対策技術に関する基本的事項
国総研資料第807号, 2014年
- ・深層崩壊に起因する大規模土砂災害被害想定手法
国総研資料第983号, 2017年

等



1.天然ダム等の大規模土砂災害発生時の緊急対応に関する研究等

○衛星SAR画像を活用した土砂災害判読調査手法

- 昼夜・天候を問わず広域状況を把握する手段として、衛星SAR画像を活用して土砂災害の発生地域等を特定する方法について研究開発を進めてきた。
- 単偏波SAR画像、2偏波SAR画像の順に研究を進め、現在は強度差分SAR画像を活用する方法が実装に至っており、引き続き信頼性向上等に向けて研究を進めている。



令和4年12月12日
国土技術政策総合研究所
土砂災害研究部 土砂災害研究室



国土交通省 近畿地方整備局
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Kinki Regional Development Bureau



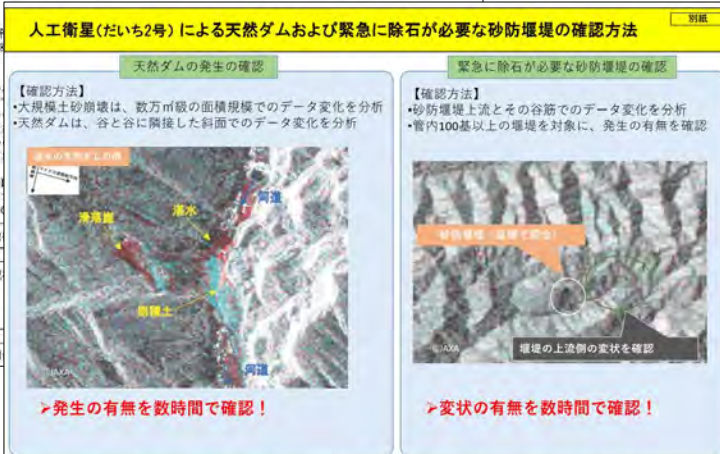
4 SAR画像による土砂災害判読調査
強度差分SAR画像を用いた土砂災害判読調査



国土技術政策総合研究所資料
TECHNICAL NOTE of
National Institute for Land and Infrastructure Management
No.1110 April 2020

実装





人工衛星（だいち2号）による天然ダムおよび緊急に除石が必要な砂防堰堤の確認方法

地方整備局職員向けの研修資料と国総研資料の一部

台風通過直後の判読結果の公表例
(R5年8月台風7号通過後にSAR判読を実施した例)

1.天然ダム等の大規模土砂災害発生時の緊急対応に関する研究等

○高度な土砂災害対策に従事する地方整備局等職員の育成支援プログラム

- 大規模土砂災害が発生すると、被災した地方整備局だけでは土砂災害への対応に精通した職員数が不十分となる状況が予想されるため、国総研で地方整備局等職員に対する能力開発（育成支援プログラム）を2013年度（平成25年度）から実施。



ヘリコプターからの河道閉塞部
計測訓練の状況



緊急調査に用いる数値シミュレー
ション演習の状況



溪流点検訓練の様子



大規模災害対応に関する講義
（講師：当時対応に従事した国交省職員OB）



道路関係の土砂災害調査に関する講義
（講師：道路基盤研究室）



課題研究成果の発表および質疑応答

1.天然ダム等の大規模土砂災害発生時の緊急対応に関する研究等

○高度な土砂災害対策に従事する地方整備局等職員の育成支援プログラム（補足）

- プログラムは土木研究所、近畿地方整備局大規模土砂災害対策技術センターの協力の下、全ての地方整備局及び北海道開発局からの河川部職員（平成25年度～）および道路部職員（平成30年度～）を対象に座学と現地での演習を行っており、令和5年度までに河川部職員92人、道路部職員43人が参加。

主な研修内容：

- ・ 緊急調査・応急対策等に関する最新の技術開発・研究状況に関する講義・演習
- ・ 緊急調査や応急対策における各地整等の課題および対応策に関する分析・討議
- ・ 実際の緊急調査や技術指導における教訓や留意点に関する講義
- ・ 天然ダム形状や対策工の有無を想定した天然ダム越流侵食に関する水路実験 等

スケジュール：数日～1週間@計4回

時期	プログラム	場所	参加対象
4月	オリエンテーション	つくば	河・道
6月	第1フェーズ	つくば	河・道
10月	現地実習	近畿地整	河
11月	第2フェーズ	つくば	河

インフラ地震防災対策の取組と能登半島地震での知見を踏まえた今後の対応

- ① 阪神・淡路大震災をはじめとして、これまでの大規模地震を踏まえた耐震基準や耐震補強の取組状況

道路構造物分野の取り組み

道路構造物研究部長

星隈 順一



国土交通省

国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management

1.「震災→調査→研究→技術基準化(社会実装)」のスパイラルアップ

耐震設計の創生期

1923年関東地震(Mj = 7.9)



世界初の橋の耐震基準

1926年
道路構造に関する細則案
(内務省)

1939年
鋼道路橋設計
示方書案

・ **震度法**による耐震設計のスタート

1948年福井地震(Mj = 7.1)



1956年
鋼道路橋設計
示方書

1964年
鋼道路橋設計
示方書

耐震設計の成長期

1964年新潟地震(Mj = 7.5)



1971年
道路橋耐震
設計指針

・ **液状化判定法**
・ 液状化する地盤の橋に対する耐震設計

・ **落橋防止対策**

・ 強震観測と記録蓄積体制の強化

1978年宮城県沖地震(Mj = 7.4)



1980年
道路橋示方書
V耐震設計編

・ RC構造の配筋細目
・ 変形性能の照査
・ 落橋防止対策の強化

1990年
道路橋示方書
V耐震設計編

1960年
構造物と地盤に対する
強震計配置計画
(建設省土研策定)

新潟地震での被害解明に強震記録が貢献

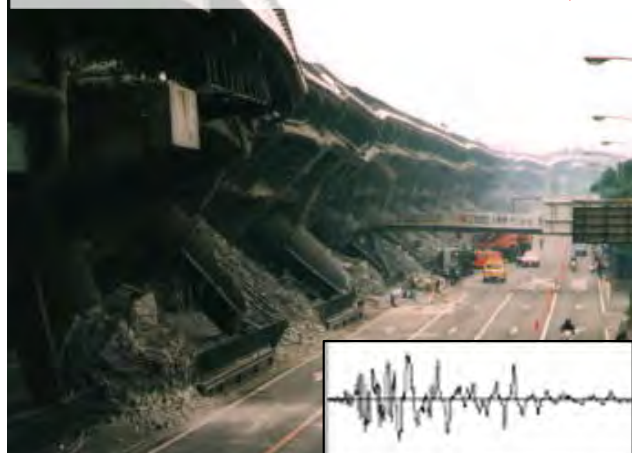
・ 設計地震動の工学的な設定の研究

・ **関東地震における東京での推定地震動を設計地震動として規定**
・ **地震時保有水平耐力法**の導入(RC橋脚)

1.「震災→調査→研究→技術基準化(社会実装)」のスパイラルアップ

耐震設計の発展期へ

内陸直下型地震の本当の脅威が
わかった1995年兵庫県南部地震



＜大改定となった「復旧仕様」を発災から41日で策定＞

※復旧にあたっての明確化された耐震設計の基本方針：

「兵庫県南部地震に余裕をもって耐えられる構造とする」



現実に生じ得る大規模な地震に対する耐震設計法のビジョンを持ち、地震時保有水平耐力法や免震設計等の研究に着手して知見を蓄積していたことが、早期の復旧仕様策定を可能にした。

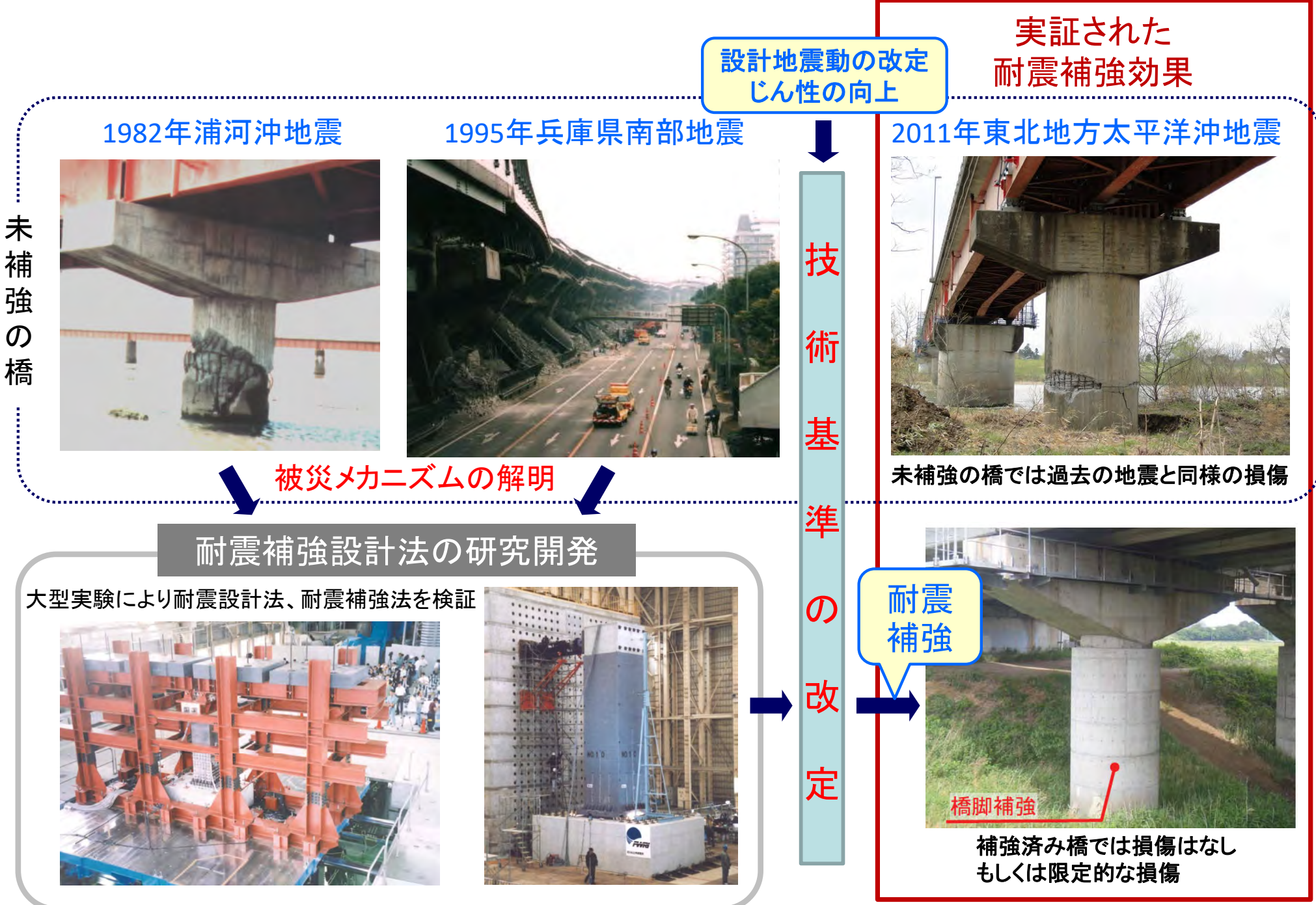
兵庫県南部地震により被災した道路橋の
復旧に係る仕様および復旧仕様の解説(案)

平成7年2月

1. 地震時保有水平耐力法による橋の耐震設計法
 - ・レベル2地震動
 - ・橋の非線形応答の評価(動的解析)
 - ・RC橋脚の耐力、塑性変形性能に基づく耐震設計
 - ・鋼製橋脚の耐力、塑性変形性能に基づく耐震設計
2. 免震橋の設計技術
3. 基礎の地震時保有水平耐力による設計
4. 落橋防止対策技術
 - ・けたかかり長
 - ・落橋防止構造
5. 液状化判定と橋への影響評価

全24ページ

1.耐震設計基準の改定に整合した既設橋の耐震補強法も整備



1.被災メカニズムから技術的課題を見だし、解決方策を提案

- 近年の地震では、構造物が遭遇することを想定するべきリスクではあるものの、作用としての不確実性が大きく、設計上一律の考慮が合理的でないような事象による被災も発生
- このような被災により機能損失に至った橋を検証すると、破壊モードによって機能回復の困難さに違いがあることも判明
- 巨大な津波や大規模な地盤変状のようなリスクに対して、路線計画の段階で道路構造物への影響を回避しきれない場合には、崩壊へ至りにくいこと、復旧しやすいことへの配慮を求めることが必要

津波の影響に対する橋の破壊形態 (2011年東北地方太平洋沖地震)



地盤変状の影響に対する橋の破壊形態
(2016年熊本地震)



1.地質リスク、崩壊への至りにくさ、復旧のしやすさに配慮した構造計画



現場に設置した熊本地震復旧対策研究室が中核となり、国総研・土研の技術の総合力を発揮して復旧された阿蘇大橋地区(2016年熊本地震)

新阿蘇大橋の計画の基本方針

「斜面変状及び断層変位が橋に及ぼす影響を最小化できるように、橋の架設位置や構造形式に配慮して構造計画等を行う。」



技術情報
はこちら



- 「想定外の損傷」から「想定通りの損傷」への構造戦略を立案
- 落橋に至りにくく、機能回復がしやすい損傷シナリオに誘導

1.道路として調和した性能水準が確保できる道路構造物の技術基準へ

災害・事故

T12 関東地震

S23 福井地震

S39 新潟地震

S42 鈴鹿トンネル火災事故

S53 宮城県沖地震

S54 日本坂トンネル火災事故

H7 兵庫県南部地震

H16 新潟県中越地震

H19 能登半島地震

H19 新潟県中越沖地震

H21 駿河湾地震

H23 東北地方太平洋沖地震

H24 笹子トンネル天井板落下事故

H28 熊本地震

R6 能登半島地震

道路橋

T15 道路構造に関する細則案

S14 鋼道路橋設計示方書案

S31 鋼道路橋設計示方書

S39 鋼道路橋設計示方書

S46 道路橋耐震設計指針

S55 道路橋示方書 改定

H7 復旧仕様

H8 道路橋示方書 改定

H13 道路橋示方書 改定

H24 道路橋示方書 改定

H29 道路橋示方書 改定

道路トンネル

S37 道路技術基準(トンネル編)

S42 道路トンネルにおける
非常用施設の標準仕様

S49 道路トンネル技術基準

S56 道路トンネル非常用施設
設置基準

H1 道路トンネル技術基準 改定

H31 道路トンネル非常用施設
設置基準 改定

道路土工構造物

S31 道路土工指針
(道路工法叢書第10集)

S58 道路土工要綱
H2 道路土工要綱 改定

H11 道路土工指針 改定

H21 道路土工要綱 改定
H21~24 盛土工指針ら6指針

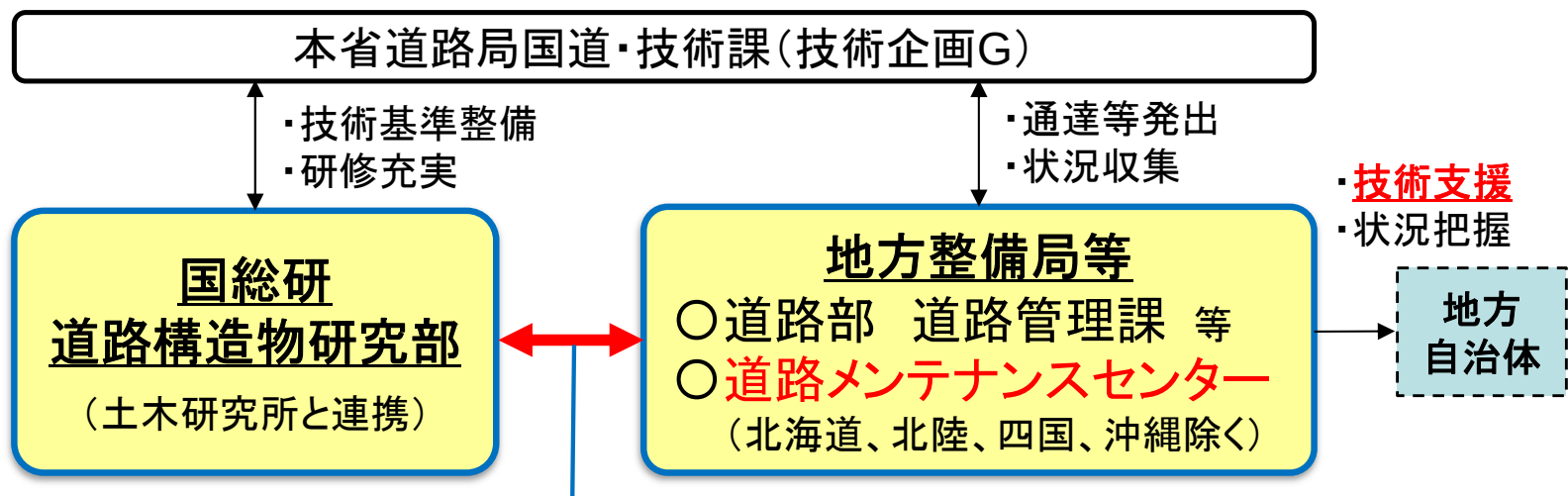
H25 土木工事施工管理基準
及び規格値 改定
H27 道路土工構造物技術基準

H25 道路法の改正, H26 定期点検に関する省令・告示の公布, 定期点検要領の策定

構造種別ごとだけでなく道路という広い視野から技術基準の課題に対応

【参考】地整等と連携した道路構造物メンテナンス技術者の育成

- 国土交通省の技術政策の企画、立案、普及を支えるための研究開発だけでなく、**地方整備局等の現場技術力の向上を支援**することも国総研の根幹となる活動の一つ
- 人材の受入れや研修等により**行政知識と専門性を併せ持つ地域の中核技術者を養成**することや、現場が直面する課題に対して**実務を知る立場ならではの指導・助言を通じて技術力を移転**させていくことも、国総研としての重要な役割



- 各地整から道路構造物研究部へ技術系職員を出向 (H27年度からこれまでに38名受入れ)
- 各地整の道路メンテナンスセンター技術課長等を道路構造物研究部に併任

技術基準類に関する
研究を通じた育成

- 技術基準の見直しに係る課題解決を思考**
- ✓ 点検データの分析
 - ✓ 劣化損傷メカニズムと進展性の把握
 - ✓ 定期点検要領の運用における課題解決

維持管理に関する
研修を通じた育成

- 法令が求める知識と技能の教授**
- ✓ 研修テキストの作成
 - ✓ 研修カリキュラムの策定
 - ✓ 研修の講師

災害や不具合への支
援活動を通じた育成

- 技術的知見の習得と組織への蓄積**
- ✓ 対象構造物の技術的評価
 - ✓ 技術的知見と教訓の発掘
 - ✓ ナレッジの更新と他地整等との共有



インフラ地震防災対策の取組と能登半島地震での知見を踏まえた今後の対応

- ① 阪神・淡路大震災をはじめとして、これまでの大規模地震を踏まえた耐震基準や耐震補強の取組状況

港湾分野の取り組み

管理調整部長
酒井 浩二



国土交通省

国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management

1.大規模地震を踏まえた港湾における取組状況

地震	特徴的な被害	取組状況	基準類への反映
昭和58年 (1983年)日本 海中部地震	秋田港、能代港などの岸壁や埋め立て地で、液状化による著しい被害が発生。	耐震強化岸壁の整備。	1989年 港湾の施設の技術上の基準・同解説 ・液状化判定・予測湯方の本格的な導入。
平成7年 (1995年)兵 庫県南部地震	神戸港など、地盤の液状化や設計震度を超えた地震動による慣性力等により著しい被害が発生。	耐震強化岸壁について、レベル1、レベル2の地震動を想定して設計する2段階の設計法を導入。	1999年 港湾の施設の技術上の基準・同解説 ・レベル2地震動の導入、有効応力解析の導入、栈橋設計へ修正震度法と保有水平耐力法を導入、液状化判定・予測手法の改良（細粒分含有率の影響を考慮）。
平成12年 (2000年)鳥取 県西部地震	鳥取県弓ヶ浜半島の地下にある堆積層が、地震動を大きく増幅させた事を確認。	港空研・地方整備局と連携し、全国の港湾所在臨海部において、サイト増幅特性やばらつきを観測・評価、ゾーンイングを行う取り組みを継続。	2007年 港湾の施設の技術上の基準・同解説 ・サイト増幅特性を考慮した時刻歴波形による設計入力地震動の導入 ・レベル1地震動に対する変形を考慮した照査用震度（フィルター処理）の導入。

港湾の耐震設計基準の変遷

○1976年 港湾構造物設計基準

- ・震度法による設計震度について、新たな算出方法の導入
設計震度＝地域別震度×地盤種別係数×重要度係数
- ・砂地地盤の液状化に関する規定の導入



○1989年 港湾の施設の技術上の基準・同解説

- ・液状化判定・予測手法の本格的な導入
(粒度、等価加速度、等価N値)



港湾における過去の地震被害

- 1923年 関東大震災
- 1964年 新潟地震
- 1968年 十勝沖地震
- 1978年 宮城県沖地震
- 1982年 浦河沖地震
- 1983年 日本海中部地震

1983年 日本海中部地震

秋田港、能代港などの岸壁や埋め立て地で、液状化による著しい被害が発生した。



秋田港 大浜地区の陥没

港湾の耐震設計基準の変遷

○1999年 港湾の施設の技術上の基準・同解説

- ・耐震強化岸壁の設計にレベル2地震動を導入
- ・上記とあわせた有効応力解析の導入
- ・栈橋設計への修正震度法と保有水平耐力法の導入
- ・液状化判定・予測手法の改良(細粒分含有率の影響を考慮)

耐震強化岸壁の設計にレベル2地震動を導入

地震動レベル	耐震設計で考慮する地震動	対象施設	耐震性能
レベル1	再現期間75年の期待地震動	全ての施設 (他の基準等で規定のある施設を除く)	施設の健全な機能を損なわない
レベル2	再現期間数百年の期待地震動、プレート内地震動、あるいはプレート境界地震動	耐震強化施設(耐震強化岸壁、防災拠点等のうち耐震強化の必要な護岸)。その他、橋梁、沈埋トンネル等の港湾の施設でレベル2地震動を考慮すべき施設	所期の機能を保持する



港湾における過去の地震被害

- 1993年 釧路沖地震
- 1993年 北海道南西沖地震
- 1994年 北海道東方沖地震
- 1994年 三陸はるか沖地震

○1995年 兵庫県南部地震

1995年 兵庫県南部地震

- ・地盤の液状化や設計震度を超えた地震動による慣性力等により、港湾構造物が被災した。



神戸港の重力式係船岸の被害

港湾の耐震設計基準の変遷

○2007年 港湾の施設の技術上の基準・同解説

- ・サイト増幅特性を考慮した時刻歴波形による設計入力地震動の導入
- ・レベル1地震動に対する変形を考慮した照査用震度(フィルター処理)の導入
- ・有効応力解析の全面的な導入



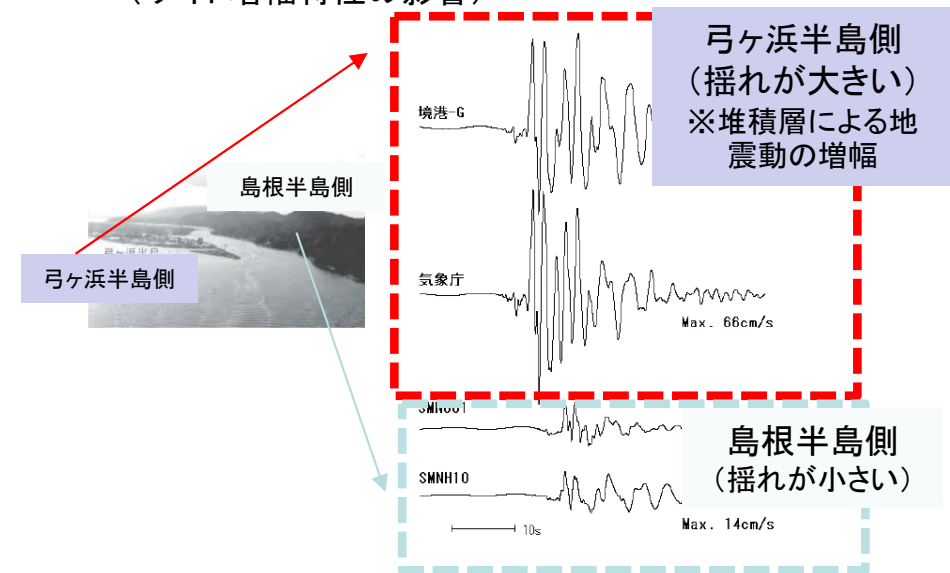
○2018年 港湾の施設の技術上の基準・同解説

- ・耐津波設計の高度化
(最大クラスの津波、津波に先行して来襲する地震動、粘り強い構造)
- ・栈橋の鋼管杭の耐力評価手法の見直し(レベル2地震動)
- ・液状化判定・予測手法の改良(継続時間の長い地震動、余震への対応)

港湾における過去の地震被害

○2000年 鳥取県西部地震

- ・弓ヶ浜半島の地下にある堆積層が、地震動を大きく増幅させたことが確認された。
(サイト増幅特性の影響)



○2005年 福岡県西方沖地震

○2007年 能登半島沖地震

○2011年 東北地方太平洋沖地震

○2016年 熊本地震

○2024年 能登半島地震

インフラ地震防災対策の取組と能登半島地震での知見を踏まえた今後の対応

- ① 阪神・淡路大震災をはじめとして、これまでの大規模地震を踏まえた耐震基準や耐震補強の取組状況

空港の滑走路等に関する取り組み

空港研究部 空港新技術研究官
坪川 将丈



国土交通省

国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management

1. 空港基本施設(滑走路・誘導路・エプロン・着陸帯)

滑走路 (主にアスファルト舗装) ↔ 誘導路 (主にアスファルト舗装) ↔ エプロン (主にコンクリート舗装)

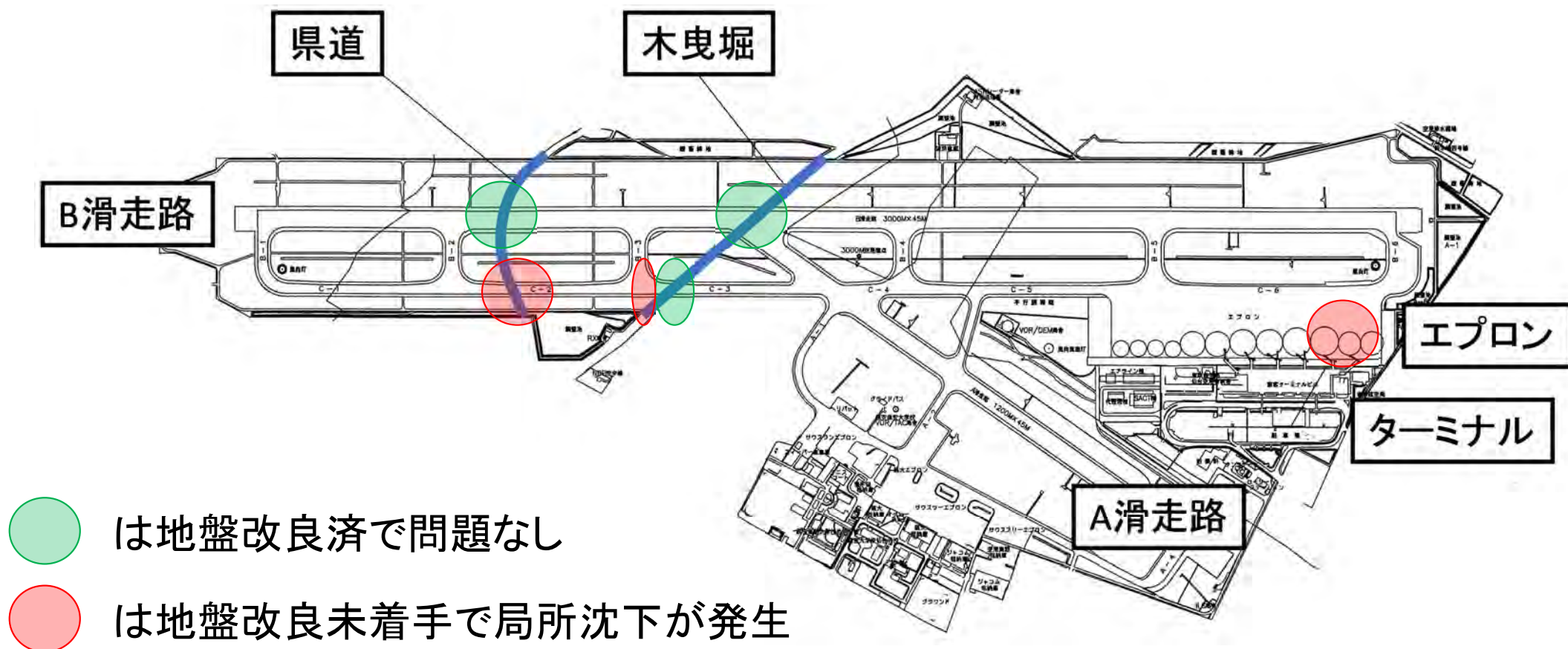


着陸帯
(芝地)

1.近年の地震による滑走路等の被害

地震名	空港名	空港舗装等の被害内容	運航状況
平成12年 (2000年) 鳥取県西部地震	米子空港 震度6弱	滑走路・誘導路に多数のひび割れ 過走帯・着陸帯で液状化発生	5日後に再開
平成13年 (2001年) 芸予地震	松山空港 震度5強	着陸帯で液状化発生 (空港舗装は被害なし)	運用支障なし
平成19年 (2007年) 能登半島地震	能登空港 震度6強	滑走路・誘導路に多数のひび割れ	翌日に再開
平成23年 (2011年) 東北地方 太平洋沖地震	仙台空港 震度6弱	滑走路・誘導路・エプロンに 多数のひび割れ 誘導路・エプロンの液状化による沈下	4日後に救難活動用ヘリ受入 5日後に緊急物資輸送固定翼機受入 33日後に民航機再開
平成28年 (2016年) 熊本地震	熊本空港 震度6弱	滑走路・エプロンに軽微なひび割れ	4/14前震後: 平常運航 4/16本震後: 3日後に民航機再開 (ターミナル被害に起因)
令和6年 能登半島地震	能登空港 震度6強	滑走路・誘導路に多数のひび割れ (滑走路で最大15cmの段差)	翌日から救難ヘリ等の受入 11日後に緊急物資輸送固定翼機受入 26日後に民航機再開

- コスト縮減等を目的として2007年に航空局・国総研・港空研が実施した【実大規模液状化実験】の成果を生かし、拠点空港の液状化対策が進められている。
- 仙台空港の滑走路は地盤改良済で液状化被害なし。

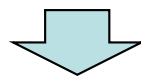




平行誘導路のアスファルト舗装が
液状化により局所沈下



エプロンのコンクリート舗装が
液状化により局所沈下



舗装下の空洞検出の簡単な指標を国総研が開発し
点検・応急復旧マニュアルに反映

国総研が【地震後の空港舗装の点検・応急復旧マニュアル】の原案を作成し、2021年4月に航空局がWEBで公開.

1. 重要なポイント(1頁)

- 2cm未満の段差ひび割れは運航の支障にならない.
- 【液状化による局所沈下】【段差ひび割れ】の発見が重要.
- 応急復旧では通常仕様にこだわるべきではない.

2. 目視点検(3頁)

3. 詳細点検(7頁)

4. 応急復旧(4頁)



国総研が主催する空港管理者等向けの研修※で
2021年度から使用

(※)国・自治体・空港会社・空港運営権者から毎年概ね40名前後が参加

資材調達の迅速性・容易性を考慮した
【臨機応変な応急復旧の例】を掲載

- アスファルトバインダ
通常は改質Ⅱ型が多い → ストアスでもよい
- 骨材最大粒径
アスファルト舗装：通常は20mm → 13mmでもよい
コンクリート舗装：通常は40mm → 20mmでもよい
- 配合設計 → 省略してよい
- コンクリート舗装の鉄網・ダウエルバー → 省略してよい

- ②能登半島地震での被害状況、復旧・
復興の支援状況
- ③今回の能登半島地震の被害を踏まえた課題や教訓、今後の技術的な検討
の方向性

インフラ地震防災対策の取組と能登半島地震での知見を踏まえた今後の対応

②能登半島地震での被害状況、復旧・復興の支援状況

③今回の能登半島地震の被害を踏まえた課題や教訓、今後の技術的な検討の方向性

港湾分野の状況

管理調整部長

酒井 浩二



国土交通省

国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management

2.能登半島地震への対応（TEC-FORCE派遣と技術支援チーム）

- 令和6年1月1日、マグニチュード（M）7.6（最大震度7）の地震が発生。
- 国総研・港空研では、発災後速やかに、TEC-FORCEの派遣を行うとともに、久里浜における技術支援チームを組織し、被災施設の利用可否判断、応急復旧等のための総合的な技術支援を行っている。

【港湾】

1. 第1回派遣 日程 1月2日(火)～1月6日(土)

竹信 正寛 国総研 港湾・沿岸海洋研究部 港湾施設研究室長
大矢 陽介 港空研 地震防災研究領域 耐震構造研究グループ長

2. 第2回派遣 日程 1月5日(金)～1月9日(火)

小林 怜夏 国総研 港湾・沿岸海洋研究部 港湾施設研究室 研究官
野津 厚 港空研 地震防災研究領域長(*1)
小濱 英司 港空研 地震防災研究領域 上席研究官
近藤 明彦 港空研 地震防災研究領域 耐震構造研究グループ 主任研究官(*2)
毛利 惇士 港空研 地震防災研究領域 耐震構造研究グループ 研究官
千田 優 港空研 沿岸水工研究領域 津波高潮研究グループ 主任研究官(*2)

(*1:1月11日まで派遣、*2:1月10日まで派遣)

3. 第3回派遣 日程 1月8日(月)～1月12日(木)

長坂 陽介 港空研 地震防災研究領域 地震動研究グループ 主任研究官
鶴田 修己 港空研 沿岸水工研究領域 耐波研究グループ 主任研究官

4. 第4回派遣 日程 1月13日(土)～1月15日(月)

岩本 匠夢 港空研 沿岸水工研究領域 津波高潮研究グループ 主任研究官

5. 第5回派遣 日程 1月14日(日)～1月18日(木)

里村 大樹 国総研 港湾・沿岸海洋研究部 港湾・沿岸防災研究室 主任研究官
鈴木 高二朗 港空研 沿岸水工研究領域長(*3)
藤木 峻 港空研 海洋利用研究領域 海象情報研究グループ 主任研究官
中澤 祐飛 港空研 沿岸水工研究領域 耐波研究グループ 研究員

(*3:1月17日まで派遣)

6. 第6回派遣 日程 1月21日(日)～1月23日(火)

野津 厚 港空研 地震防災研究領域長
長坂 陽介 港空研 地震防災研究領域 地震動研究グループ 主任研究官

7. 第7回派遣 日程 1月29日(月)～1月31日(水)

菅原 法城 国総研 港湾・沿岸海洋研究部 港湾施設研究室 主任研究官
野津 厚 港空研 地震防災研究領域長
長坂 陽介 港空研 地震防災研究領域 地震動研究グループ 主任研究官

8. 第8回派遣 日程 2月7日(水)～2月9日(金)

藤木 峻 港空研 海洋利用研究領域 海象情報研究グループ 主任研究官

9. 第9回派遣 日程 2月20日(火)～2月22日(木)

佐野 新 国総研 港湾・沿岸海洋研究部 港湾技術担当係員
野津 厚 港空研 地震防災研究領域長
長坂 陽介 港空研 地震防災研究領域 地震動研究グループ 主任研究官(*4)

(*4:2月23日まで派遣)

【空港】

1. 第1回派遣 日程 1月6日(土)～1月9日(火)

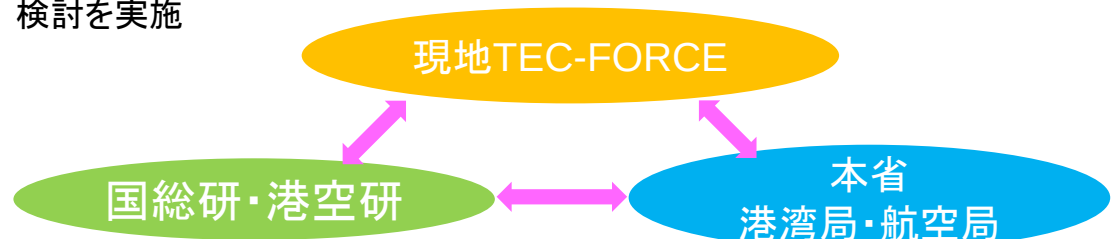
坪川 将丈 国総研 空港研究部 空港施設研究室長
河村 直哉 国総研 空港研究部 空港施設研究室 主任研究官

能登半島地震対応技術支援チーム

- 国土交通省 国土技術政策総合研究所
港湾・沿岸海洋研究部、空港研究部、
港湾情報化支援センター
- 国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所
港湾空港技術研究所
沿岸水工研究領域、海洋利用研究領域、
地盤研究領域、地震防災研究領域、構造研究領域

技術支援体制

国総研、港空研、本省が連携し、現地調査の結果、維持管理計画書、設計図書等やこれまでの災害対応の経験を基に、利用可否判断や応急復旧の技術検討を実施



2.輪島港:マリンタウン岸壁の利用可否判断について

○令和6年1月2日、現地からの写真、設計図書等から国総研・港空研において、総合的に当該施設の利用可否判断を実施。

輪島港



【マリンタウン岸壁(水深-7.5m)】
・背後段差、法線ズレ



「フェリー栗国」入港時の様子



岸壁(-7.5m)
被害状況



調査結果概要

- 1) 全延長にわたって、岸壁法線から約13m背後に、50cm～2mの段差が生じているが、一部に段差すりつけの仮設道路を設置したことにより、岸壁まで車両の進入が可能。
- 2) 地震に伴う地盤隆起により、1～1.5m程度浅くなっている状況。
- 3) 被災により、西から7基目の防舷材は落下、西から9・10基目の防舷材は損傷しているため、注意すること

※国土交通省港湾局のホームページで主な港湾施設の利用可否情報を公開しています。
(URL)

https://www.mlit.go.jp/kowan/kowan_mn7_000018.html

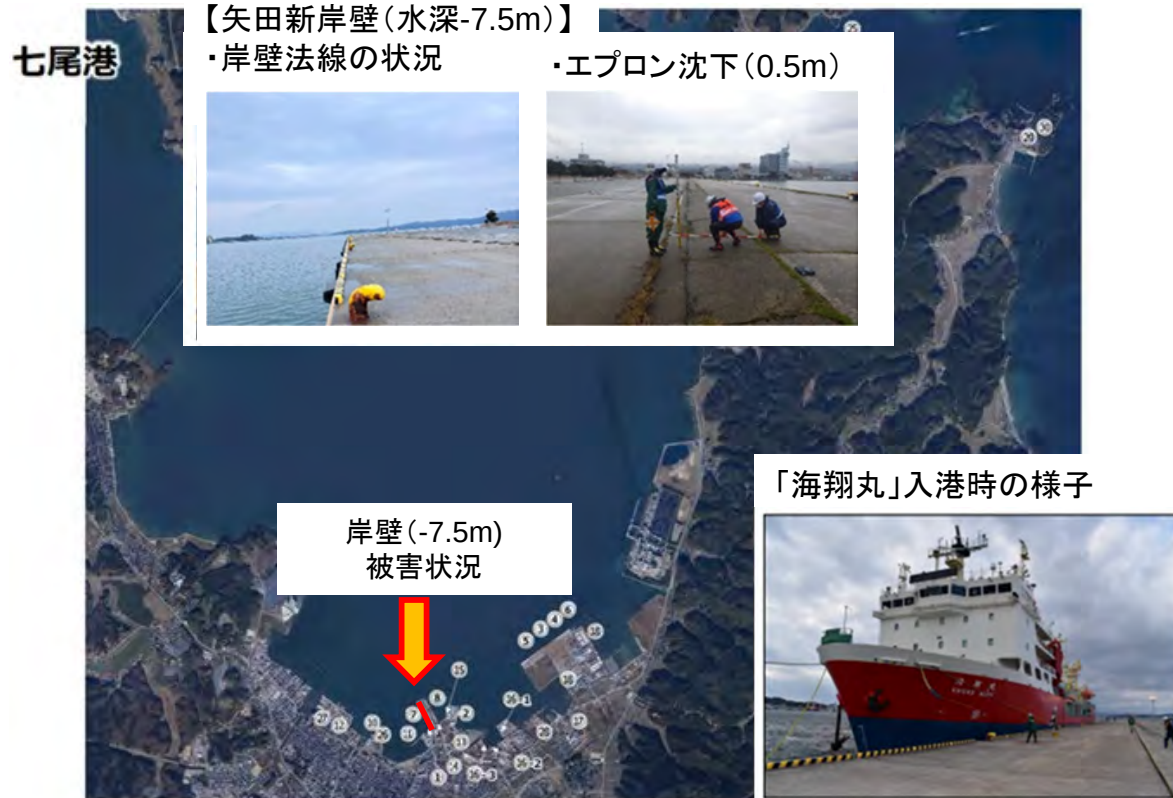
参考

- 1月4日、北陸地方整備局により岸壁応急復旧（仮設道路築造）を実施。
- 1月4日、海上保安庁「巡視船さど」が給水支援のため入港。
- 1月7日、海上自衛隊「多用途支援艦ひうち」が災害支援物資の運搬をするため入港。
- 1月10日、公益財団法人日本財団が手配した「フェリー栗国」が災害支援物資の運搬をするため入港。

2.七尾港:矢田新さん橋(第一西)(耐震)利用可否判断について

○令和6年1月3日、TEC-FORCEにより現地調査を行うとともに、国総研・港空研において、設計図書等を基に当該施設の利用可否判断を実施。

・1月3日(高度技術指導班:国総研1名)



調査結果概要

- 1) 慎重に接岸させること。
- 2) 陸側から海側への強風等による牽引力に注意し、栈橋上部工の変位発生等異常が見られた場合には速やかに離岸すること。
- 3) エプロン部及び渡版部(あわせて岸壁法線から約11m程度)には重量物を載せないこと。

※国土交通省港湾局のホームページで主な港湾施設の利用可否情報を公開しています。

(URL) https://www.mlit.go.jp/kowan/kowan_mn7_000018.html

参考

○1月3日、海上保安庁「巡視船のと」が給水支援のため入港。

○1月5日、九州地方整備局「浚渫兼油回収船 海翔丸」が災害支援物資の運搬をするため入港。

2.七尾港:矢田新さん橋(第一西)(耐震)の利用状況

- 海上保安庁のXによる投稿のスクリーンショット

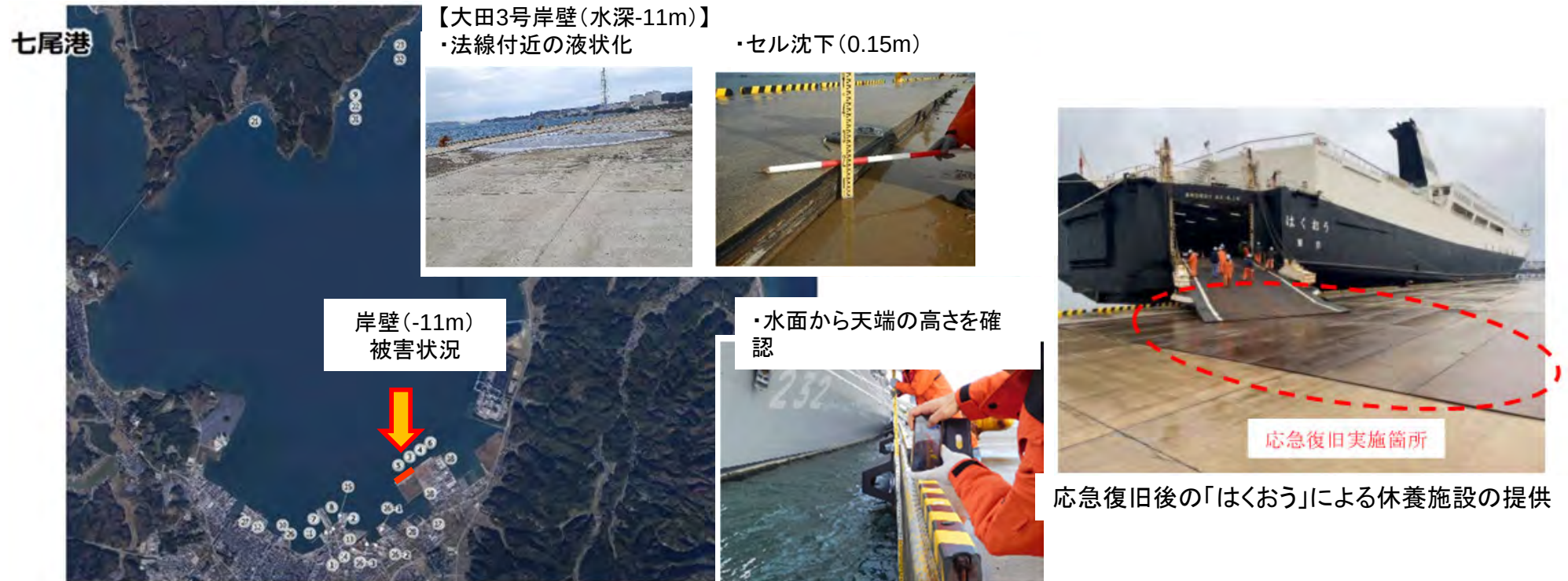


2.七尾港:大田3号岸壁の利用に向けた技術支援について

○令和6年1月5日、8日、TEC-FORCEによる現地調査を実施。現地調査の結果や設計図書等を基に、国総研・港空研・本省港湾局・北陸地整により応急復旧のための施工方法に関する検討を実施。

1月5日（高度技術指導班：国総研1名、港空研1名、本省港湾局2名、北陸地整3名、中部地整2名）

1月8日（高度技術指導班：国総研1名、港空研2名、北陸地整1名）



参考

○1月4日、海上保安庁「巡視船ざおう」が災害支援物資の運搬のため入港。

○1月7日、海上自衛隊「護衛艦せんだい」が陸路入りした災害対応部隊員の後方支援のため入港。

○1月12日、東ソー物流株式会社「東駿丸」が災害支援物資の運搬のため入港。

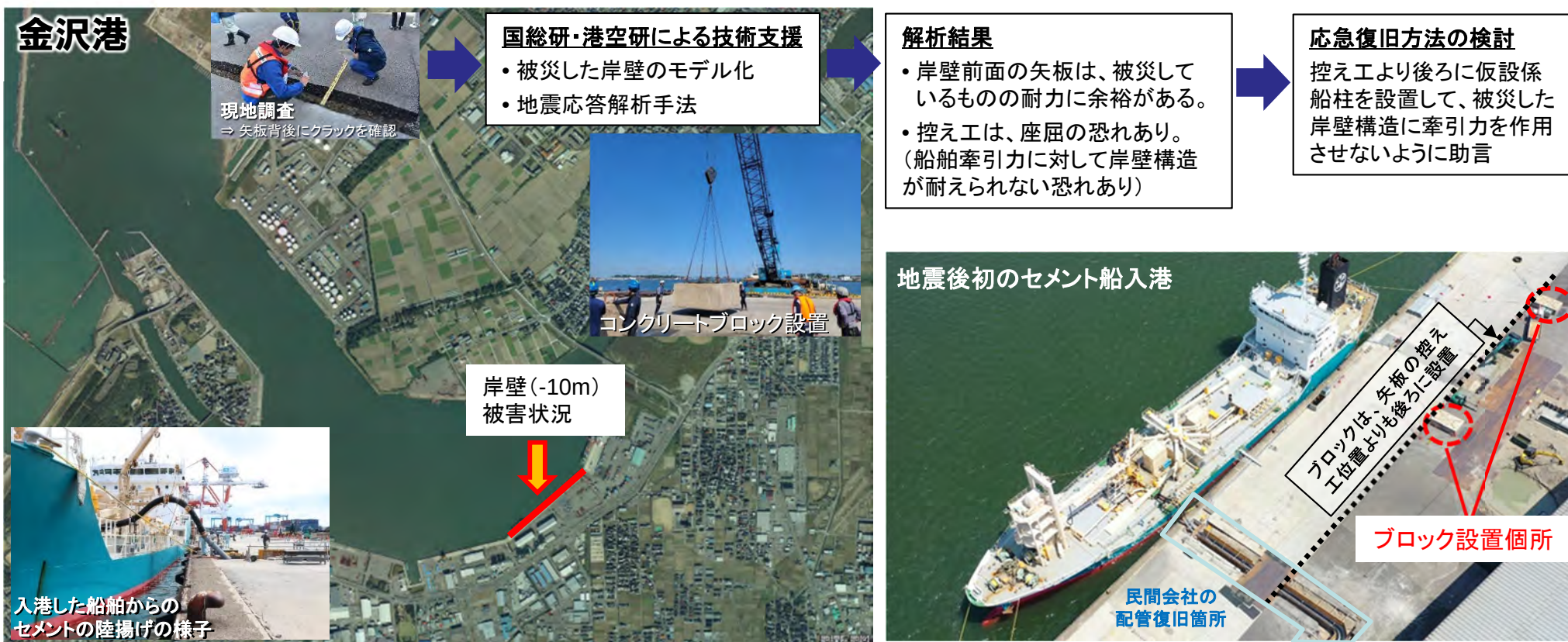
○1月13日、防衛省「はくおう」が入港。（14日より被災者の休養施設として活用。）（1月17日20時00分時点）

2.金沢港:御供田1号岸壁の活用に向けた技術支援

- 令和6年1月4日および17日、TEC-FORCEによる現地調査を実施。1月中旬より、国総研・港空研は北陸地整等に対して、現地調査の結果や設計図書等を基に、被災状況に応じた解析方法および応急復旧方法に関する技術支援を実施。

1月4日（高度技術指導班：国総研1名、港空研1名、本省港湾局2名、北陸地整2名）

1月17日（高度技術指導班：国総研1名、港空研2名、北陸地整1名）



参考

- 国による技術検討・係船ブロックの設置、県によるふ頭用地舗装復旧、民間セメント会社による配管復旧工事の実施
- 6月5日、セメント運搬船「平尾山丸」が地震後初の入港

2.飯田港：東防波堤の被災調査と原因究明の取り組み

- 国総研・港空研、北陸地整において、津波の浸水や越流における港湾被害調査を実施。
- 飯田港の東防波堤において、直進してきた津波と海岸線に沿って進んできた津波がほぼ同時に到達し、重ね合わせで巨大化する現象を映像から確認。また、防波堤下部の地盤が地震で緩み、その後の津波と複合して防波堤が被災した可能性があり、実験で検証中。
- また、防波堤を越流した波のたたきつけにより港内で新たな津波が生成された結果、内防波堤にも甚大な被害が発生している可能性をシミュレーションにより検証中。

被災後の航空写真

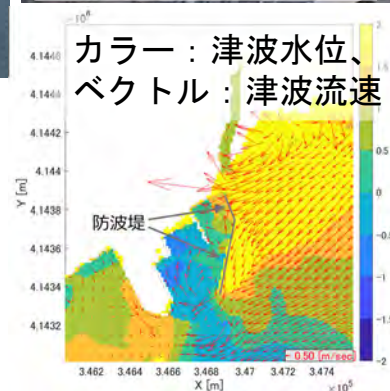


ドローンの撮影映像より

地震発生後 30分58秒

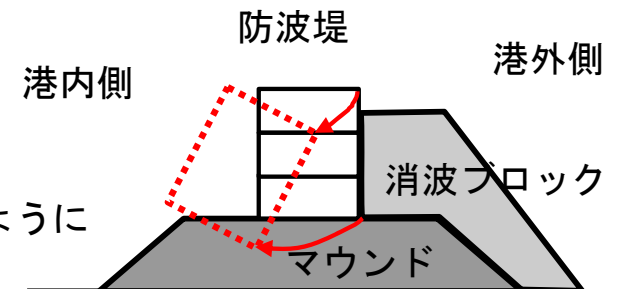


提供：HAB北陸朝日放送



数値シミュレーション（時刻31分）と珠洲市役所屋上で撮影された映像の比較。津波の来襲時間・方向ともに良い一致を示す。

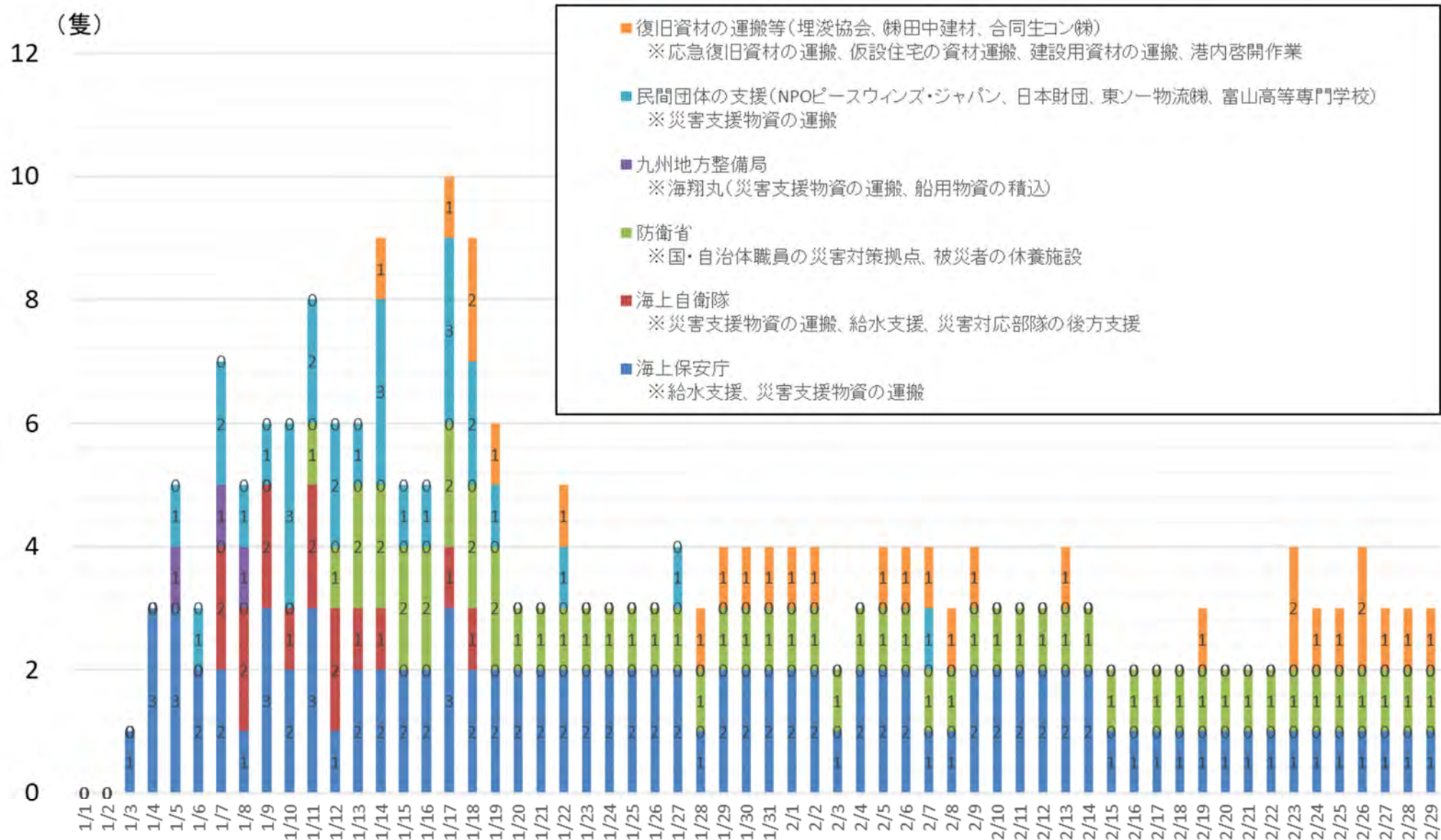
防波堤を構成するブロックが港外側に押むように変形。マウンドや基礎地盤の変形が影響？



2.権限代行により国が管理する港湾への入港実績

七尾港、輪島港、飯田港における入港実績

※国土交通省港湾局HPに掲載されている入港実績データをグラフ化



3.能登半島地震の被害を踏まえた課題と今後の技術的な検討の方向性

能登半島地震の被害を踏まえた課題・教訓	技術的な検討の方向性
・人材育成・技術の伝承 被害があった港湾施設において、利用するための条件整理を行う利用可否判断を迅速に行う技術力向上。	・国総研（横須賀）における研修の充実。 ・利用可否判断に関するガイドラインの整備。 ・地方整備局・国総研等の連携によるリモートによる利用可否判断訓練の実施。 ・被災した構造物の研修材料・将来への教訓としての保管・公開。
・設計段階での検討 設計段階で想定した外力を超えた場合、構造物の応答が不明。	・係留施設の地震後の即時利用や容易な応急復旧を可能とする新たな耐震設計法の開発。
・利用可否判断を行うための技術 能登半島地震において、半島での災害、地方港湾での災害であったこと等を踏まえ、効率的・効果的な利用可否判断を行う技術開発が必要。	・構造物診断、波浪・津波把握、通信等の新技術開発。

3.地震後に素早く利用できる係留施設の整備に向けて

係留施設の地震後の即時利用や容易な応急復旧を可能とする新たな耐震設計法の開発



概要

地震後の施設利用に対する即応性が高くかつ合理的な係留施設の整備を実現するため、係留施設の地震後の即時利用や容易な応急復旧を可能とするような新たな耐震設計法を開発する。

背景

- ①R6能登半島地震では、係留施設の種類や水深によらず、緊急物資輸送をはじめ様々な用途で地震後すぐに利用したいとの要請があった。
- ②地震で係留施設に変状が生じた場合、その施設をどのように使えるかの判断は技術的な難易度が高く、対応に時間を要する。

目的

係留施設の設計時に、地震後の点検・診断や応急復旧の難易度をあらかじめ考慮できるような耐震設計法を開発する。

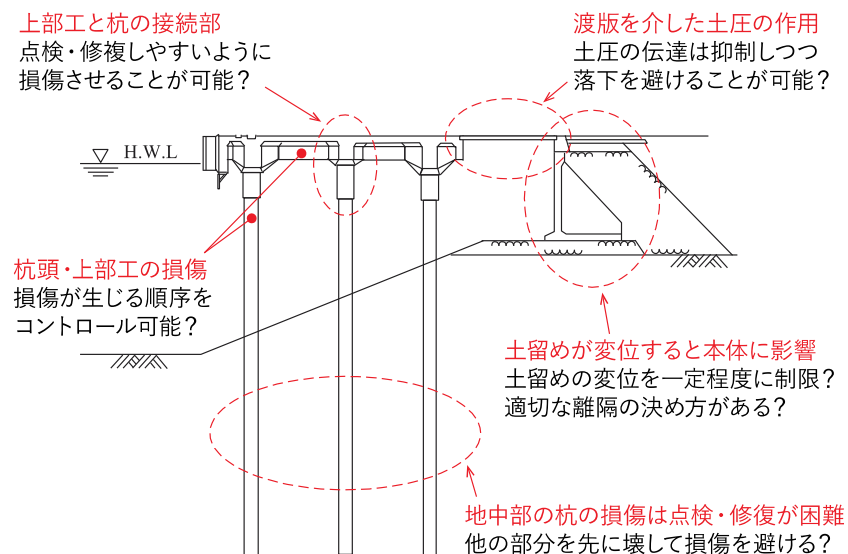
目的を実現するための問題点

- 現在の係留施設の耐震設計法では、
- ①地震後の様々な利用形態、利用条件への対応可否等を定量的に評価できない。
 - ②構造全体の冗長性や地震後の点検・診断、応急復旧の難易度を考慮した構造計画を十分に取入れられない。

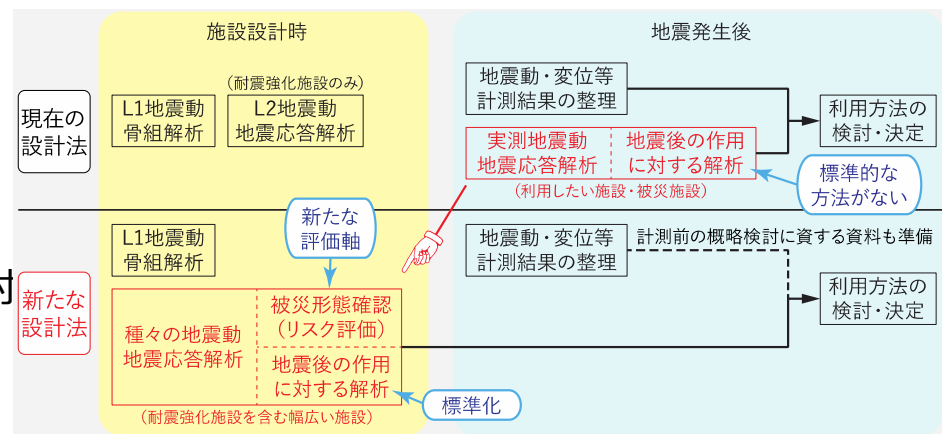
研究内容

- ①地震後の施設の性能を定量的に評価する方法の標準化
- ②地震後の即時利用の可能性や応急復旧の難易度の評価方法の検討
- ③係留施設の新たな耐震設計法の開発

地震後の利用に対する即応性が高い係留施設の整備に貢献



地震後の点検・診断や応急復旧が容易な構造を模索する



開発する新たな耐震設計法のイメージ

インフラ地震防災対策の取組と能登半島地震での知見を踏まえた今後の対応

②能登半島地震での被害状況、復旧・復興の支援状況

③今回の能登半島地震の被害を踏まえた課題や教訓、今後の技術的な検討の方向性

空港の滑走路等の状況

空港研究部 空港新技術研究官

坪川 将丈

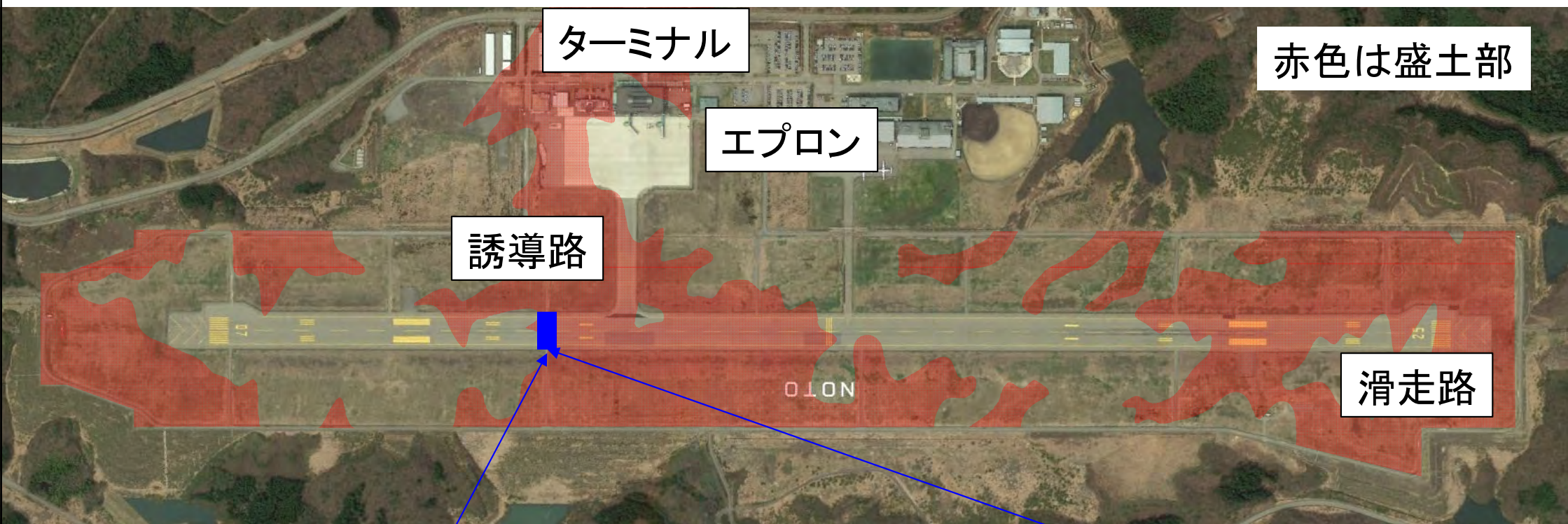


国土交通省

国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management

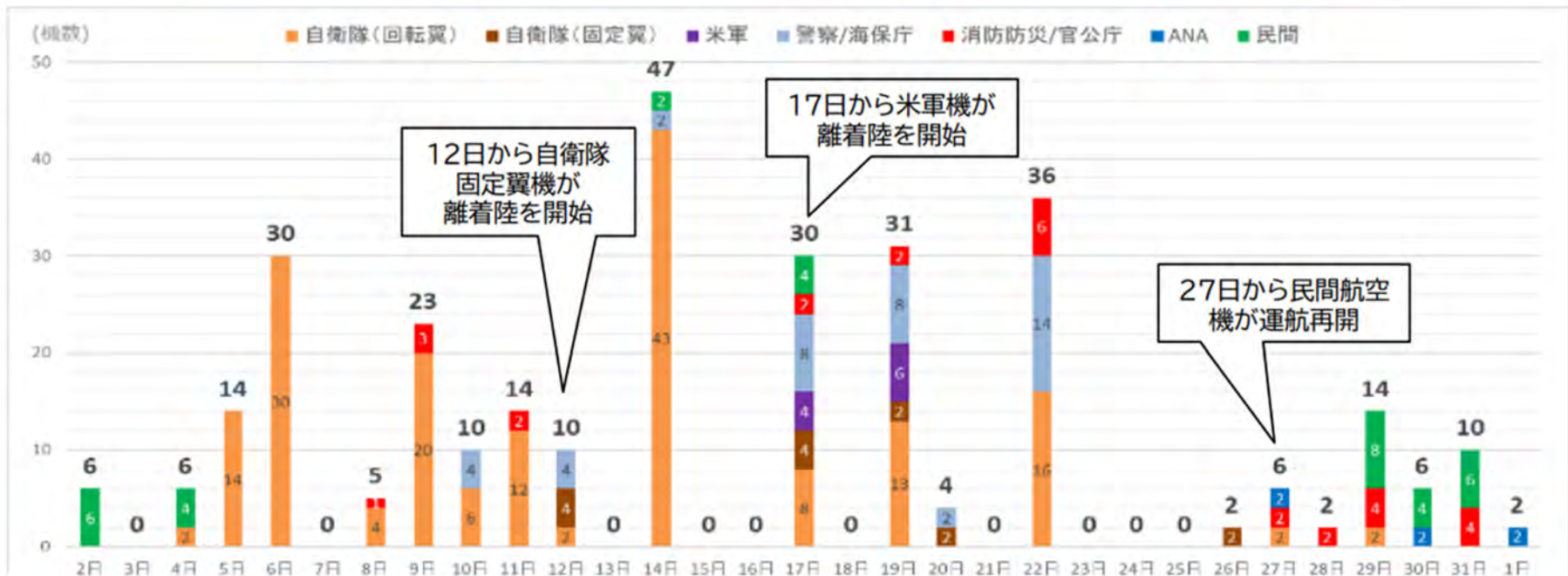
2. 3.能登空港～令和6年能登半島地震



最大15cmの段差が発生

2. 3. 能登空港～令和6年能登半島地震

救援機(ヘリ・輸送機等)の離着陸回数 (1/2～2/1の合計:308回)[航空局データ]



自衛隊固定翼機による支援



自衛隊ヘリ



米軍機による支援



ANA再開初便出発



出典:国土交通省航空局「空港における自然災害対策に関する検討委員会」分科会資料, 2024.7.

2. 3. 能登空港～令和6年能登半島地震

★ 羽咋市以北の
アスファルト合材工場



1/2 救援ヘリ受入開始

～常温合材による応急復旧～
1/12 自衛隊固定翼機が離着陸を開始

1/12 自衛隊輸送機による物資輸送



～加熱合材による応急復旧～
1/27 民間航空機が運航を再開

1/27 民間航空機運航時の様子



再開初便到着

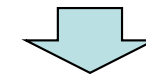
【参考】 今後に向けて

- 加熱合材 通常のアスファルト混合物. 合材工場から出荷. 運搬・施工時は高温, 冷めれば固まる.
- 常温合材 常温で備蓄可能. 通常時の面積小の破損用. 加熱合材に比べ耐久性が低い. 面積大の破損の場合は大量調達が課題.



【再加熱用アスファルトミキサー】

事前に作成しストックしたアスコン・空港内で採取した既設アスコンを再加熱し加熱合材を製造.



早期復旧対策の
マニュアルへの反映を検討

道路構造物分野の状況

道路構造物研究部長

星隈 順一



国土交通省

国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management

2. 道路構造物の被災と道路ネットワークに及ぼした影響

- 奥能登（珠洲市、輪島市、能登町及び穴水町）にアクセスするための幹線道路は能登半島を周回している国道249号と能越自動車道
- 国道249号と能越自動車道の両路線に整備された土工構造物やトンネルに甚大な被害が生じるとともに、大規模な斜面崩落による道路途絶も生じ、道路ネットワーク機能が低下して奥能登へのアクセスが困難な状態へ



2.大規模災害時における国総研の高度技術支援の3つのフェーズ

緊急調査と技術的評価の支援(1月)

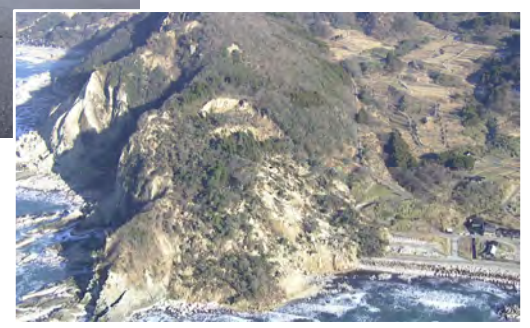


緊急の要請に即応するため、地震発生の翌日(1月2日)から道路構造物の専門家職員が現地入りして調査活動を開始

覆工コンクリートが崩落したトンネルの状態の技術的評価と二次災害の危険性について助言



崩壊した道路盛土の状態を調査



トンネル坑口周辺で発生した大規模斜面崩壊の状態を上空から調査

被災メカニズムや新たな課題の把握のための調査(1~2月)

鋼製支保の変形状態と地盤条件との関係を調査



兵庫県南部地震以降の基準で設計された橋の橋台アプローチ部(土工構造)に生じた被災のメカニズムを調査



盛土法尻に設置されたふとんかごや排水施設(水平排水ボーリング)からの排水状態を調査



復旧方法の助言や技術基準見直しの方向性の提案(2~3月)



被災メカニズムを踏まえて復旧方法を助言



被災を総括して技術基準見直しの方向性を提案

3. 令和6年能登半島地震による道路構造物の被災総括

- 現行の技術基準の妥当性を覆す事象や知見は確認されていないが、要求性能を確保する信頼性を高める観点から技術基準の充実化が必要である。
- R249沿岸部における大規模な斜面崩落や地すべりによる通行途絶、地山の変位による影響と推測されるトンネル覆工コンクリートの崩落など、構造物のみで被害を防ぐには限界がある事例が見受けられる。
- 橋本体としては通行機能を確保できていても橋に接続している土工構造物の被災により通行機能が損なわれた事例、トンネル本体としては通行機能を確保できていても、トンネル坑口の斜面崩落により通行機能が損なわれた事例等、構造物の境界部付近での変状が交通機能に著しい障害を及ぼした事例が見受けられる。



地すべり・斜面崩壊（R249逢坂トンネル坑口斜面）



覆工コンクリート崩落（R249大谷トンネル）



橋に接続している沢埋めの高盛土被災
（のと里山海道能登大橋南側）

3.能登半島地震の被害を踏まえた道路構造物の技術基準の方向性

被害を踏まえた課題・教訓	対応の方向性(案)	検討が必要な課題の例
<u>路線や路線内での構造物の配置計画等の道路計画段階の検討</u>において、周辺の地形や地質条件に関する情報とともに道路リスク評価の観点も踏まえ、<u>安全で信頼性の高い道路計画</u>となるように配慮に努める必要がある	● ルート検討段階では、適宜、<u>地滑り地帯や断層地帯等のコントロールポイントを把握</u>することとしており、その運用を適切に実施 ● 道路構造物の設計、施工の計画段階で、隣接する構造物間も含め、<u>道路機能に支障となる災害リスクを把握</u> ● 地形・地質状況や被害発生予測などを、より確度高く把握可能な<u>新技術の活用</u>（3D測量、シミュレーション、データベース等）	● ルート検討段階における<u>地質・地盤等のリスクに対する配慮</u>事項の明確化 ● 選定したルート内での<u>道路構造物の配置計画段階での配慮</u>事項の明確化 ● 地質・地盤の「<u>不確実性</u>」および施工段階・維持管理段階で「<u>設計の前提と異なる条件が判明した場合</u>」の<u>対応</u>の明確化
<u>道路に求められる様々な性能（走行性能、壊れにくさ、復旧のしやすさ）に合理的に対応し、かつ、道路区間として整合的に道路機能を満足</u>させられるよう、道路構造物の<u>技術基準の性能規定化</u>を方策の一つとして検討を進める必要がある	● 道路に求められる様々な性能（走行性能、壊れにくさ、復旧のしやすさ）について、<u>各道路構造物の特性に応じて技術基準類を充実</u>	● 性能規定において明確化が必要な要求事項 ・ 短期間に<u>最大級の地震が続発</u>することの考慮 ・ 構造物として<u>致命的な状態への至りにくさ</u> ・ 地震後に<u>点検、診断、復旧ができることの確実さ、容易さ</u> ・ 隣接する異なる道路構造物の<u>境界部（例：橋台背面アプローチ部）の性能</u>
調査、設計、施工、維持管理において、性能規定も適用し、<u>新技術・新工法の活用</u>に努める必要がある	● 最新の技術動向に基づき、性能規定による対応も含め、<u>各技術基準類を充実</u>	

3.続発する地震への対応の方向性

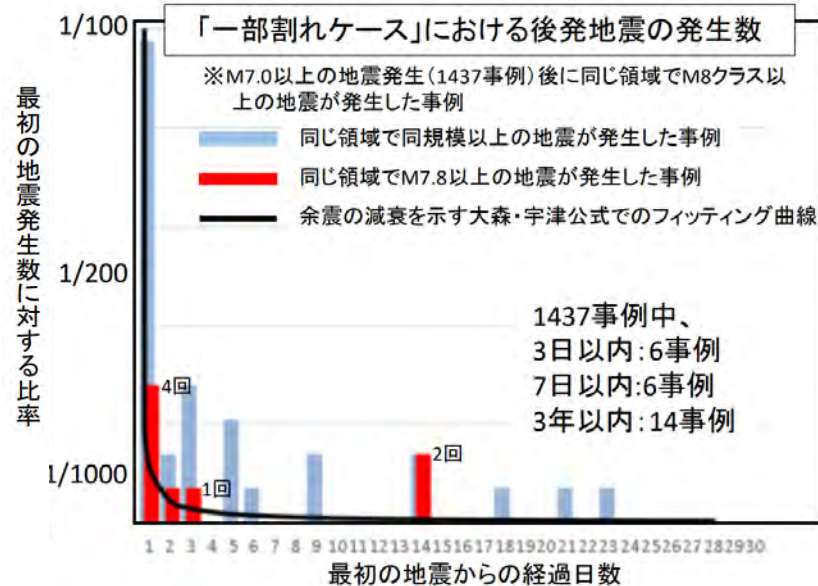
【課題】

- 現行の道路橋の技術基準では、レベル2地震動を考慮しているが、大規模な地震が、調査・復旧の最中の短期間のうちに複数回生じている。また、それらが現行基準に規定がない。
- 一部の部材では、残留変形が残り幾何形状が変化したり、遊間が広がることで、続発する地震に対して目標性能が達成できない可能性がある状態となった事例がある。

【技術基準における対応の方向性(案)】

- 短期間のうちに最大級の地震の続発を考慮することを規定
- 続発に対しても初回後の状態に留めるために損傷が進展しないことを要求

- Mw7.0以上の地震発生後、7日以内にMw7.8以上の大規模地震が発生するのは数百回に1回程度
- 異常な現象が観測される前の状況(30年以内に70～80%の発生可能性があると言われる状況)に比べて数倍高い



Mw 7.0以上の地震発生後にMw 8クラス以上の地震が発生した世界の事例
※南海トラフ沿いの異常な現象への防災対応のあり方について(報告)(平成30年12月25日公表)より引用

上部構造の変位を制限する部材の損傷(道路橋)



衝撃力によって、変位制限のためのコンクリート部材が破壊され、遊間がひろがり、固定機能が変化した事例

- ・靱性の付与など、破壊形態を要求
- ・衝撃力を想定した性能検証試験法の導入

インフラ地震防災対策の取組と能登半島地震での知見を踏まえた今後の対応

②能登半島地震での被害状況、復旧・復興の支援状況

③今回の能登半島地震の被害を踏まえた課題や教訓、今後の技術的な検討の方向性

土砂災害研究の状況

土砂災害研究部長

田村 毅



国土交通省

国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management

2.能登半島地震での土砂災害発生状況

令和6年能登半島地震(最大震度7)による土砂災害発生状況

国土交通省

令和6年7月1日13時00分時点

土砂災害発生件数
456件^{※1}

【被害状況】

人的被害：死者	36名
行方不明者	3名
負傷者	3名
家屋被害：全壊	95戸
半壊	53戸
一部損壊	55戸

(いずれも土砂災害による被害と判明した箇所のみ)

石川県	424件
新潟県	18件
富山県	14件

③石川県珠洲市仁江町 【道の駅すず塩田村の西側】



凡例
 ●：土砂災害発生箇所(石川県)



※1:都道府県から土砂災害発生箇所として報告された件数

①石川県輪島市熊野町



②石川県輪島市市ノ瀬町



④石川県鳳珠郡穴水町川島



※これは速報値であり、今後数値等が変わる可能性があります。

2.能登半島地震による土砂移動規模(土砂移動マグニチュード'暫定値)



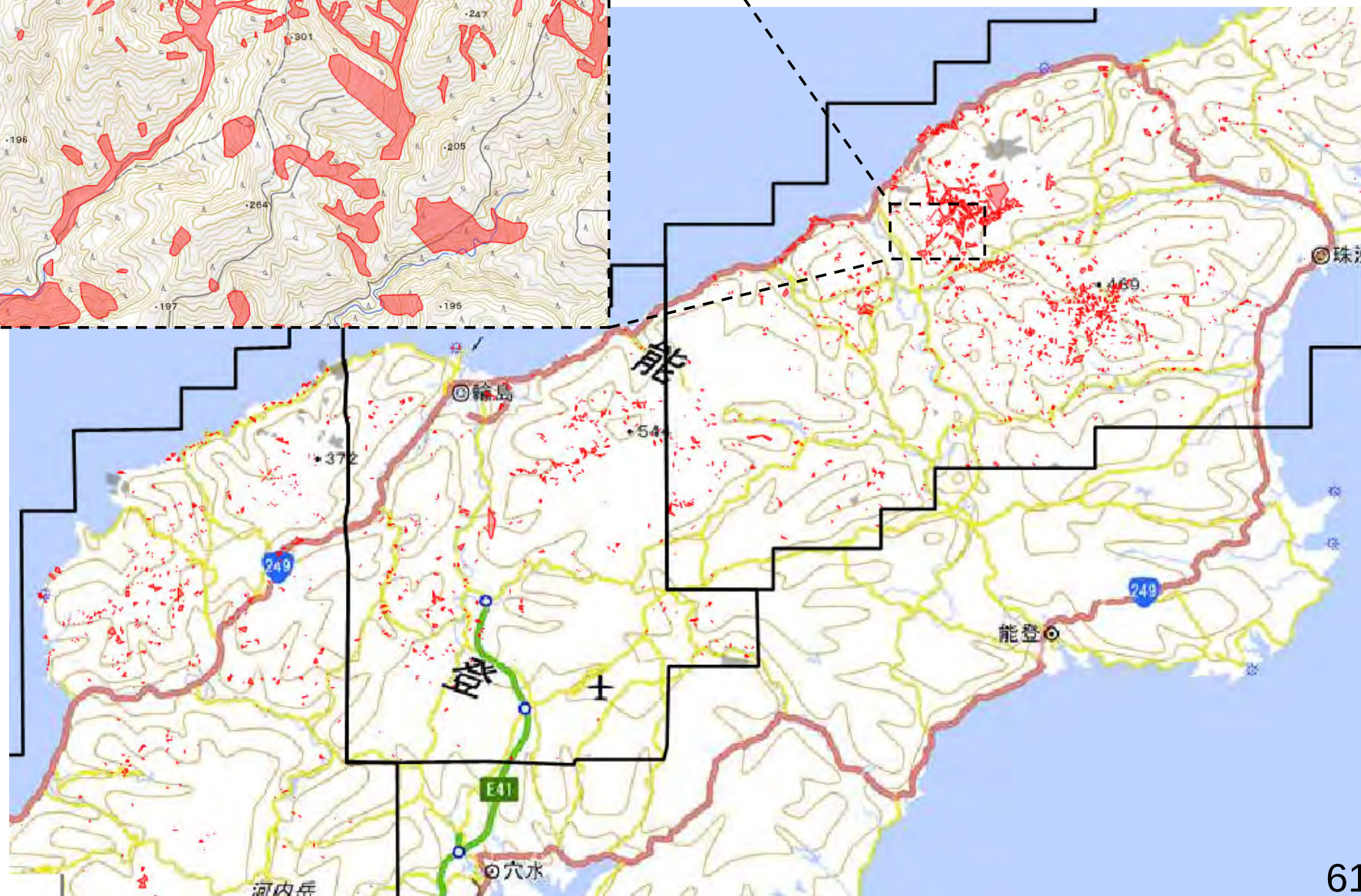
図は、令和6年能登半島地震による
斜面崩壊・堆積分布図の一部
(地理院地図より)

2,070箇所の斜面崩壊・堆積分布ポリゴン

↓
規模の大きさが概ね
上位10%の210箇所
を抽出

↓
土砂移動マグニ
チュード(SMMevent)
の算定
(暫定値9.5※)

※今後の調査等により
変動する可能性あり



土砂移動マグニチュード(SMMevent)

1つの豪雨や地震で崩壊や土石流が同時多発する現象に対して、個別の土砂移動現象において移動土塊が流下する際に失う位置エネルギーを積算することによって、その規模を表現するもの。

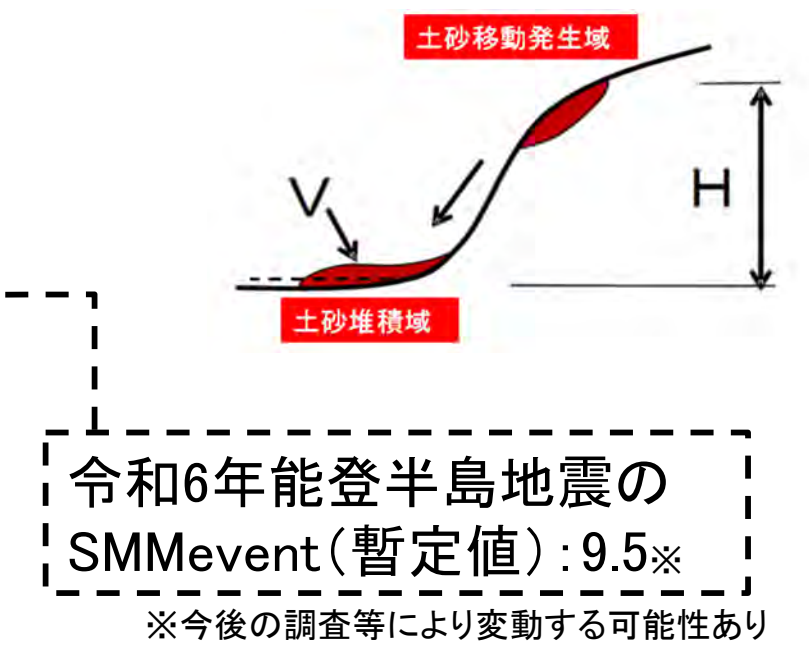
SMMevent=log₁₀ (∑_{i=1}ⁿ H_iV_i)

n:1イベントで発生した土砂移動現象数

H_i, V_i:それぞれ1イベントで発生した土砂移動現象のうちSMMが大きい方からi番目の土砂移動現象の移動比高、移動土砂量

既往災害の土砂移動マグニチュード(内田・林(2019)より)

発生年	災害名	原因	SMMevent	移動土砂量(m³)	人的被害	家屋被害
2011	紀伊半島大水害	豪雨	10.5	10000万	62	190
2008	岩手・宮城内陸地震	地震	10.4	13000万	18	3
2004	新潟県中越地震	地震	9.9	10000万	4	93
2005	台風14号(九州地方)	豪雨	9.9	2300万	11	76
2018	西日本豪雨(広島県)	豪雨	9.4(9.6)	800万	87	711
2017	九州北部豪雨(筑後川右岸)	豪雨	9.3(9.5)	1100万	41	1134
2016	熊本地震	地震	8.8	440万	10	35
2015	関東・東北豪雨(日光芹沢地域)	豪雨	8.3(8.5)	80万	0	7
2014	長野県南木曽土石流	豪雨	8.1	10万	1	13
2014	広島豪雨	豪雨	8	50万	74	429
2009	山口県防府市	豪雨	8	240万	14	91
2013	伊豆大島豪雨	豪雨	7.9	18万	39	203
2014	京都府丹波市	豪雨	7.8	100万	1	43
2006	長野県岡谷市	豪雨	7.4	10万	8	27
2003	熊本県水俣市集川	豪雨	7.5	9万	19	16
2003	福岡県太宰府市	豪雨	6.7	1.5万	1	40
2013	秋田県仙北市	豪雨	6.4	1.5万	6	6



(参考文献)
内田太郎・林真一郎:土砂移動マグニチュードと土砂災害の特徴の関連性及び早期算出方法、土木技術資料、第61巻、第5号、pp.30-33、2019

2.能登半島地震による河道閉塞の発生状況

河道閉塞等の箇所と対策状況

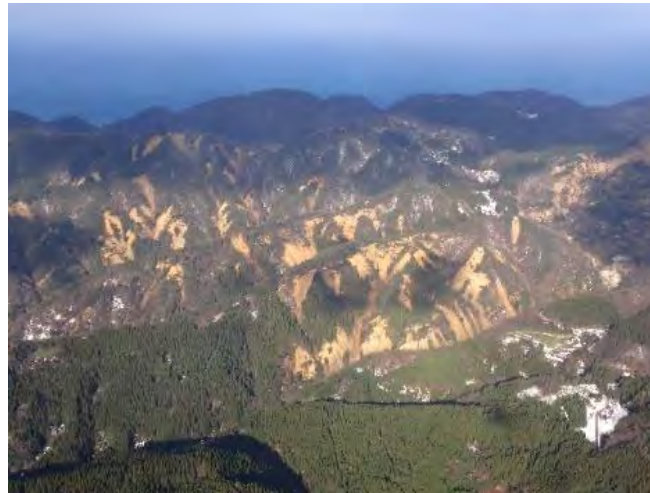
国土交通省
R6.1.23 14時時点



2.地震後初動期における土砂災害専門家派遣の状況(1月5～8日)



ヘリコプター(ほくりく号)からの調査状況
(輪島市上空、1月5日撮影)



集中的に発生した斜面崩壊の状況(町野
川流域、1月5日撮影)



溪流内への土砂・流木の斜面からの流入(1月5日撮影)



河道閉塞部の地上調査状況(市ノ瀬
地区、1月6日撮影)



UAVによる調査(市ノ瀬地区、1月6日撮
影)



北陸地整、石川県への説明(1月8日撮影)

2.地震後初動期における土砂災害専門家派遣の状況(1月11~14日)



河道閉塞部の状況
(市ノ瀬地区、1月11日撮影)



河道閉塞の通水状況
(市ノ瀬地区、1月11日撮影)



ヘリコプター(ほくりく号)からの
調査状況(1月14日撮影)



市ノ瀬町の地すべり・河道閉塞
(1月14日撮影)



3次元BIM/CIMを用いた技術的支援(1月13日撮影)



北陸地整TEC-FORCE撮影のUAV
画像から作成したBIM/CIMモデル

○初動期の土砂災害専門家派遣を通じて、道路被災等による地上からのアクセス困難により状況把握に時間を要することを改めて実感。



○優先的に地上調査を行う範囲の絞り込みや、地上調査の代替として役に立つような、早期状況把握技術の精度や信頼性の向上に取り組んでいく。

- ・地震の揺れからの斜面災害発生可能性予測の精度向上
- ・衛星SARを活用した土砂移動判読の信頼性向上

等

3.衛星SARを活用した土砂移動判読の信頼性向上の取り組み例

2方向のSAR衛星画像の活用による不可視領域の低減

SAR調査の課題

現行のSAR調査は、災害発生直後の緊急観測1回で実施。しかし、山間部等の地形の起伏が大きな場所の観測では、判読できない**不可視領域**が必ず発生する(場合によっては、観測した範囲の5～6割しか見えない。)

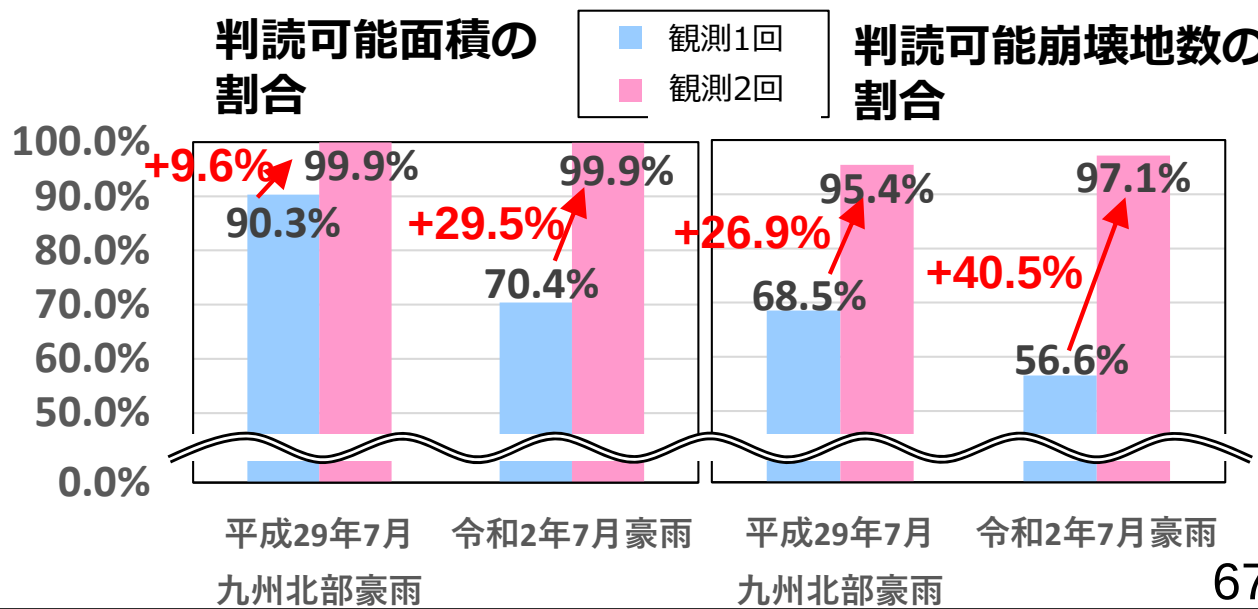
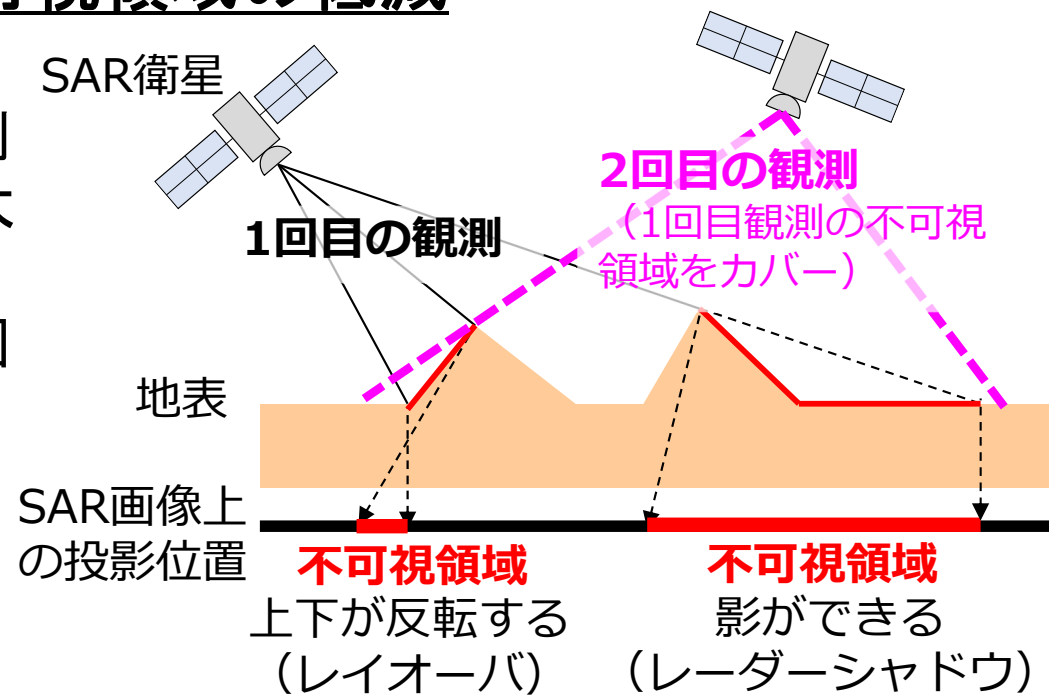
→判読結果の信頼性が低い。

解決策

災害発生後に2方向から観測することで、不可視領域を低減する。

→2回の観測が必要であるため観測に多少時間がかかるものの、判読できる領域は大幅に増加し、判読結果の信頼性が向上する。

今後、衛星コンステレーションの利用など短時間で観測できるような効果的・効率的な2回目観測方法を検討。



インフラ地震防災対策の取組と能登半島地震での知見を踏まえた今後の対応

②能登半島地震での被害状況、復旧・復興の支援状況

③今回の能登半島地震の被害を踏まえた課題や教訓、今後の技術的な検討の方向性

河川・海岸・ダム分野の状況

河川研究部長

川崎 将生



国土交通省

国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management

2.能登半島地震による被災状況の調査概要（河川分野）

・地震や津波による河川管理施設等の被害を調査



①町野川



- ・砂丘地形上の堤防が激しく液状化。
- ・天端アスファルト、護岸や樋門も崩壊。

②若山川



- ・褶曲(断層)による1～2mの段差が河川を横断。
- ・下流が相対的に高くなった箇所では、湛水が発生。

④河原田川



- ・地震動で左右岸の護岸が中程で折れた亀裂が縦断的に連なる(オレンジ矢印先端部)
- ・土砂がはらみだして、護岸際为天端部は沈下。

③般若川



- ・津波高が大きかった奥能登の東向き海岸に流れ込む河川では、津波が河川を遡上し、護岸や沿川の家屋等に甚大な被害が発生。

3.調査結果を踏まえた今後の技術的な検討の方向性（河川分野）

- ・能登半島地震における河川管理施設の被害は、概ね、これまでの地震で見られた被災形態。
- ・特徴的な現象としては、河口部の隆起。国土地理院の干渉SAR解析によれば、北西部や北部で2m以上隆起。例えば、八ヶ川では河口部で3m以上隆起。海岸線が沖側に後退。

八ヶ川河口部
地震前



地震後



9/27撮影
(能登半島豪雨後)

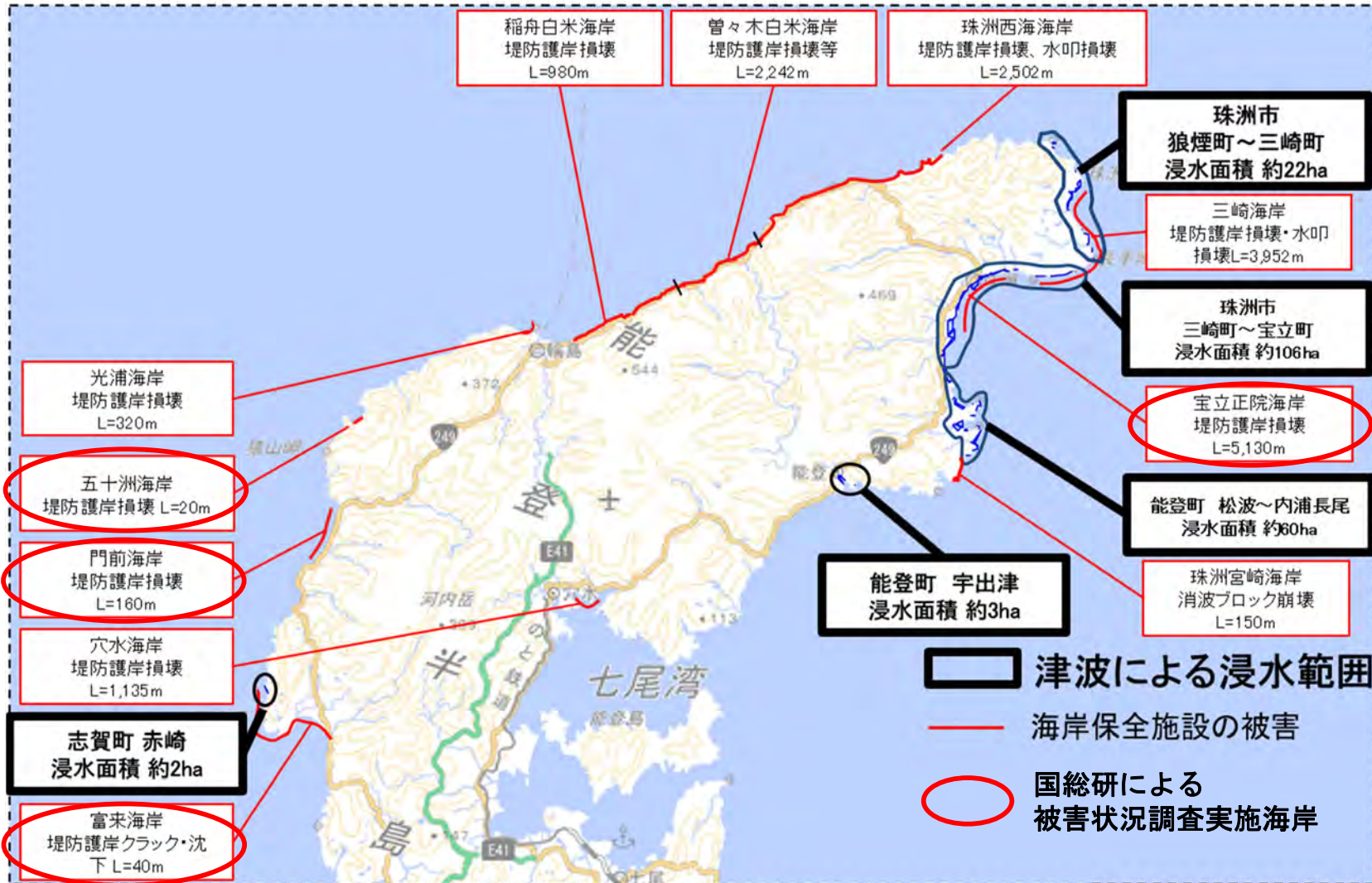
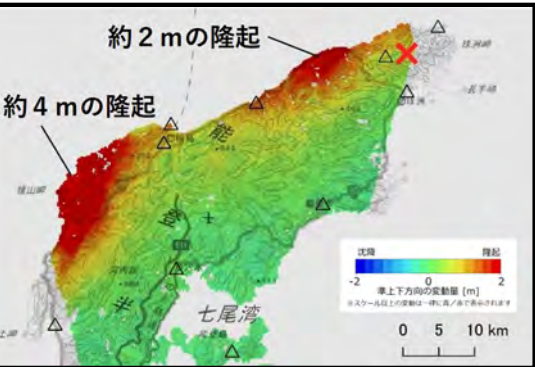


※9月の能登半島豪雨では、地震に伴う陸側の隆起により急勾配化した河口付近で河床低下。(右写真:護岸の被災)。

→ 地震によって広域的な地殻変動等が生じた場合、地震後の河床変動のモニタリング、応急段階に生じる出水によるリスクを踏まえた対策、河川管理者への技術支援の重要性を再認識。

2.能登半島地震による被災状況の調査概要（海岸分野）

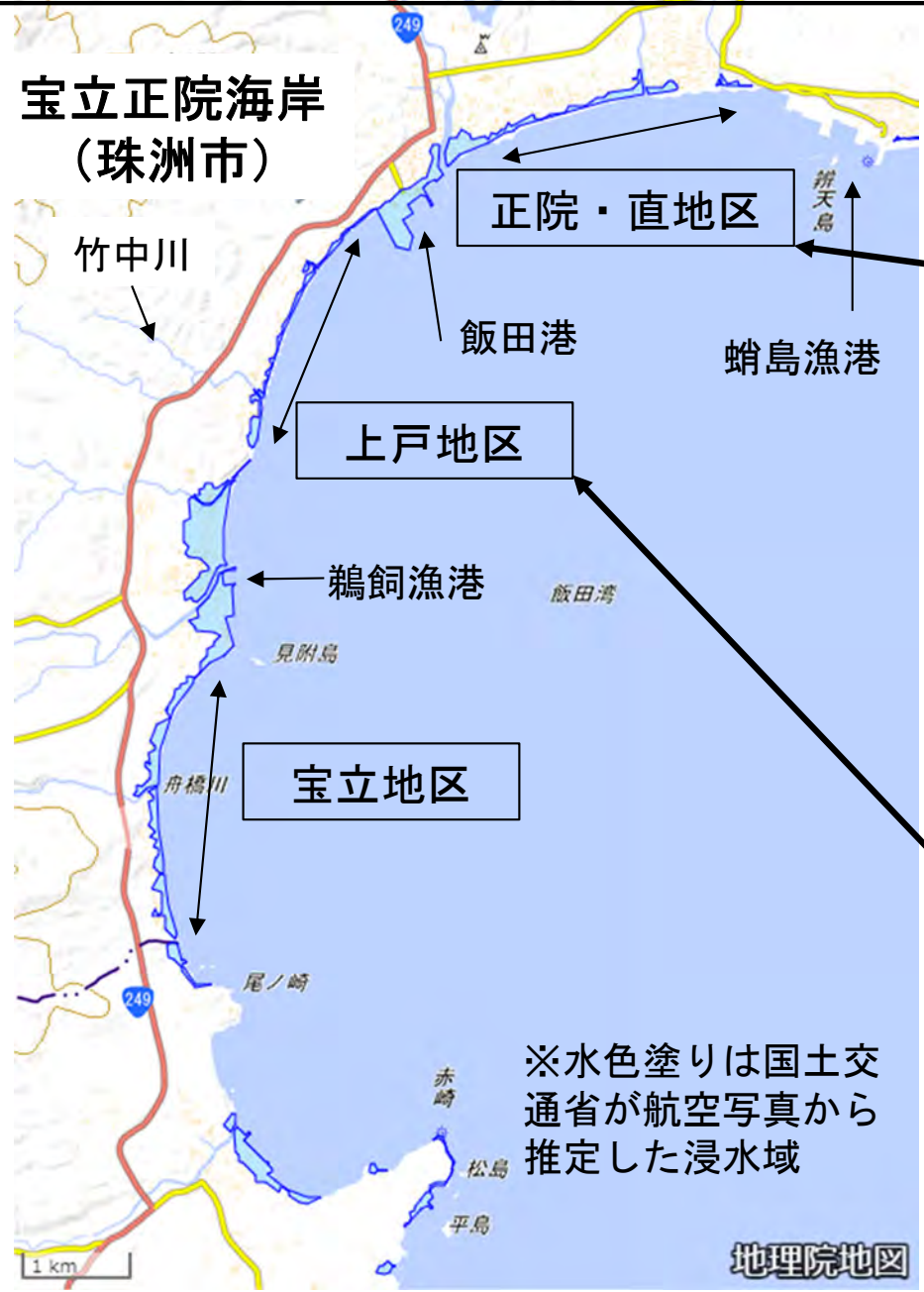
- 地震後の津波により、石川県珠洲市、能登町、志賀町の3市町で合計約190haの浸水。
- 石川県が管理する水管理・国土保全局所管の12海岸で海岸保全施設の損壊等が確認された。
- 国総研では、地震動に加えて津波の影響による被災があった珠洲市の宝立正院（ほうりゅうしょういん）海岸、地震動のみによる被災があった輪島市の五十洲（いぎす）海岸、門前（もんぜん）海岸及び志賀町の富来（とぎ）海岸の被害状況調査を実施。



※国土交通省水管理・国土保全局資料をもとに作成
※図中のものの他に根上海岸でも施設被害あり

2.能登半島地震による被災状況の調査概要（海岸分野）

➤ 地震動に加えて津波の影響による被災があった珠洲市の宝立正院海岸では、波返工のひび割れ、転倒、流失や天端被覆工の陥没等が確認された。



- ・ 天端被覆工の海側に設置されていた波返工（天端被覆工からの比高70cm）が延長5mにわたって流失
- ・ 周辺では波返工のひび割れや護岸のずれを確認



- ・ 天端被覆工の陥没や波返工の海側への転倒を確認



3.調査結果を踏まえた今後の技術的な検討の方向性（海岸分野）

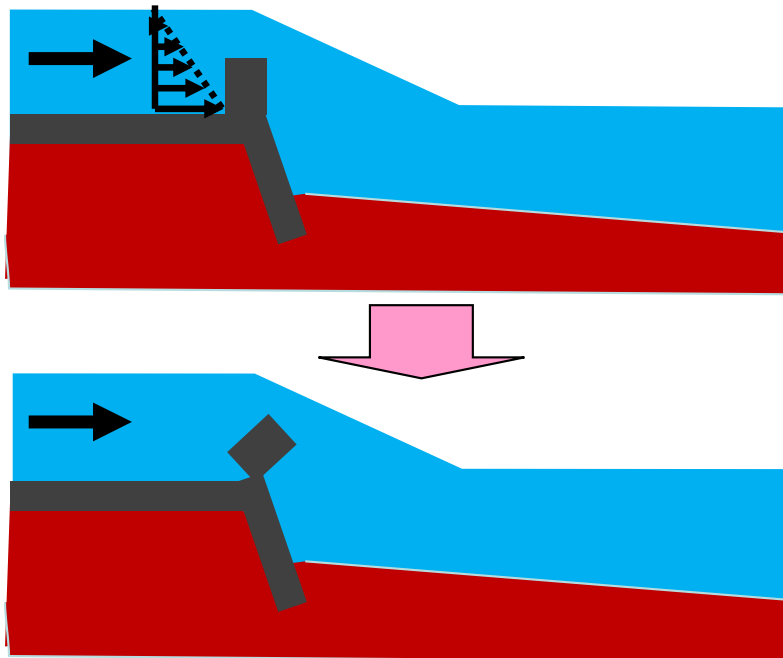
- 国総研は、被害状況調査を実施し、地震動及び津波による海岸護岸等の被災過程を分析。地震動により構造物のひび割れ、ずれ、破断が生じ、津波の作用を大きく受けた箇所では、引き波による波返工の転倒・流失や、河口部への引き波の集中による天端被覆工の陥没が生じたものと推定される。
- 今回確認された波返工の傾斜や転倒、天端被覆工のひび割れや沈下等の被災形態は過去の地震で確認されているものと同様であり、現行の海岸保全施設の耐震基準に基づき、津波等に対する粘り強い構造の考え方も踏まえた耐震対策に取り組むことの重要性が再確認された。
- また、被災直後の状況把握に資する、衛星画像等も活用した現地観測技術の開発、普及について検討する必要がある。

地震動によるコンクリート構造物のひび割れ、ずれ、破断

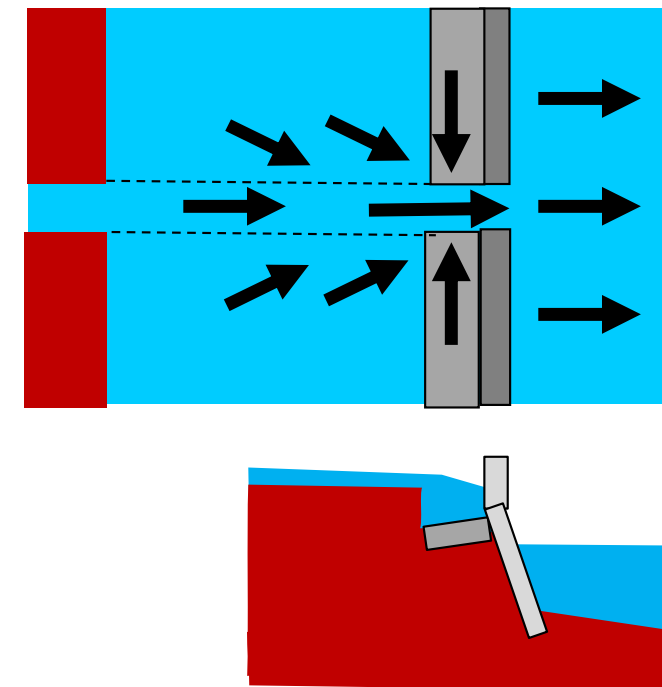
↓（津波の作用が大きい箇所のみ）

津波による構造物の転倒・流失・陥没

引き波による波返工の転倒



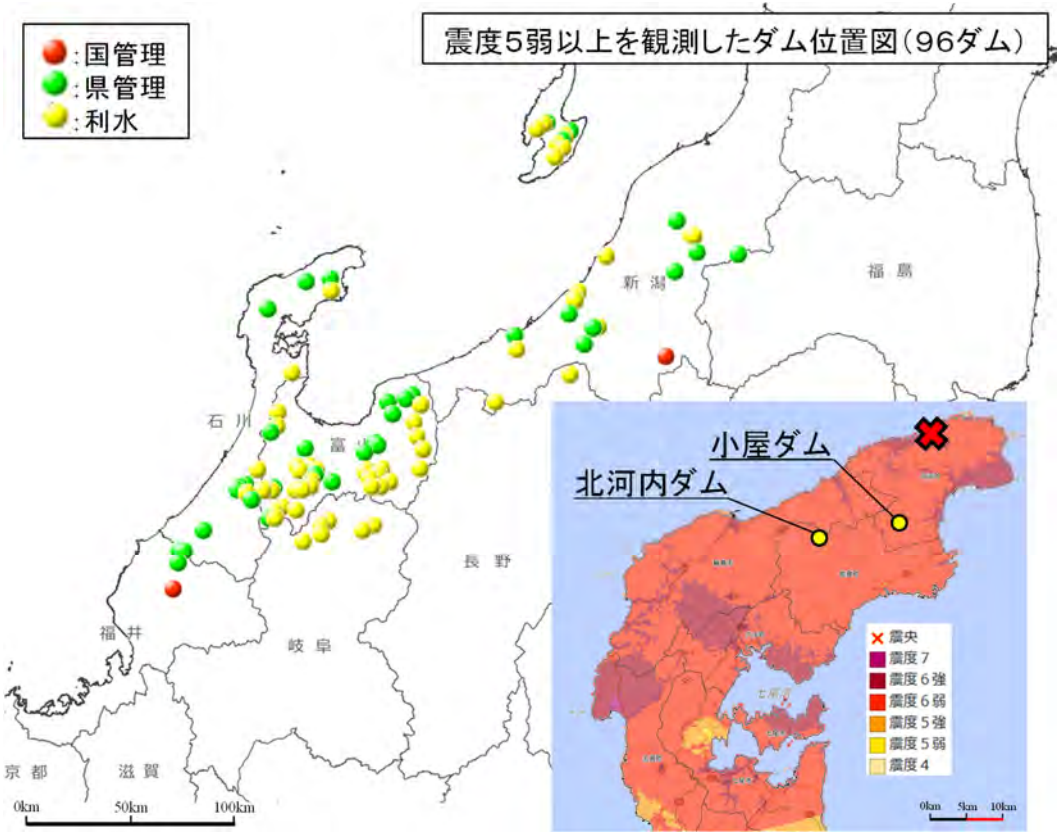
河口部への引き波の集中による天端被覆工の陥没



2.能登半島地震による被災状況の調査概要（ダム分野）

➤ 地震後の臨時点検結果

- ・ 臨時点検結果の報告対象となるダム（震度5弱以上）は96ダムに上った。
- ・ 臨時点検の結果、多くのダムでは異常は報告されなかったものの、石川県が管理する震源近傍の2ダムから変状が報告された。



堤体の沈下、天端舗装クラック、リップラップ目開き等が発生



堤体横継目部の変状(天端舗装クラック・コンクリート剥離等) 監査廊内の一部浸水(排水ポンプ停止による)等が発生

2.能登半島地震による被災状況の調査概要（ダム分野）

➤ 国総研河川研究部における主な初動対応（ダム関係）

月 日	対 応
1/1 16:10	令和6年能登半島地震（本震）発生
1/1 16:26	震源情報よりダム地点での 加速度等を概略推定 、関係者に情報配信
1/1 17:35	国交省（本省等）と 臨時点検に関する情報共有 を開始 震源周辺のダムに関する既存資料等での情報確認を開始
1/1 21:16	臨時点検結果を入手 ※アクセス道路不通等により一部ダムは未了
1/2～1/3	北河内ダム 臨時点検（一次点検）実施（石川県）、小屋ダム 臨時点検（一次点検）実施（石川県） ※ 異常あり との情報
1/3～	ダム周辺情報も含め 情報収集 を継続（ 航空写真画像、人工衛星データ等 ）
1/6	小屋ダム臨時点検（二次点検）実施（石川県） 変状箇所（外観） 等の報告
1/6～1/8	臨時点検結果等を受け、 直接現地にて安全確認が必要と判断 、国交省（本省等）とTEC-FORCE派遣の調整
1/11	現地調査（第1回）実施（TEC-FORCE） 終了後、現地確認結果を関係者に報告・共有（石川県庁にてオンライン）、今後の対応を協議



現地調査（第1回）でダム堤体及び周辺状況を確認（1／11）

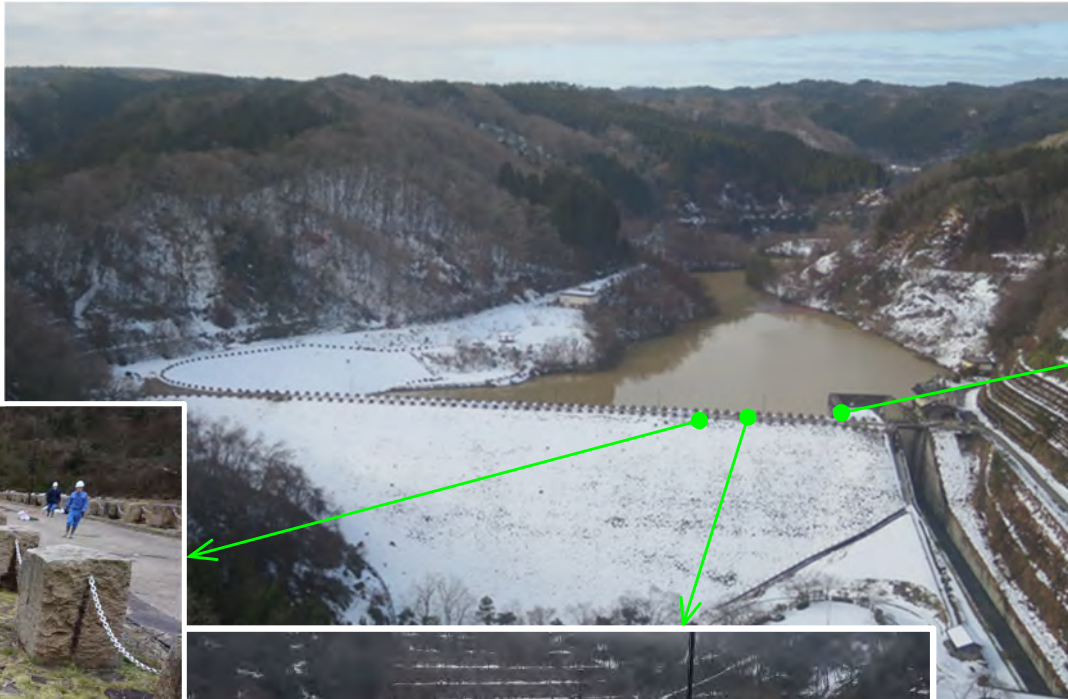


調査結果の共有と対応策の確認（同日）

2.能登半島地震による被災状況の調査概要（ダム分野）

- 国交省（本省・北陸地方整備局）の要請を受け、TEC-FORCEとして専門家を現地派遣（計3回）
- 変状箇所のほか計測監視状況の確認、必要な追加調査や各種計測データの分析等の結果、変状は軽微でダムの安全性に関わるものではないと判断

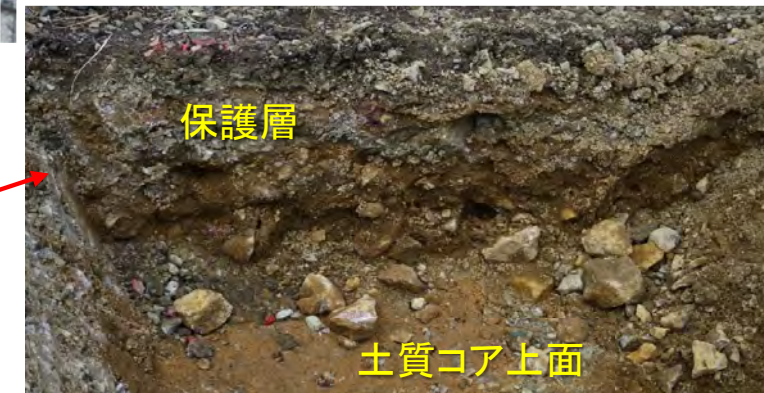
現地確認状況 （小屋ダム）



ダム堤体の沈下
（洪水吐きコンクリートとの接合部での状況）



ダム下流面リップラップ材の目開き
（背面調査により堤体に異常がないことを確認）

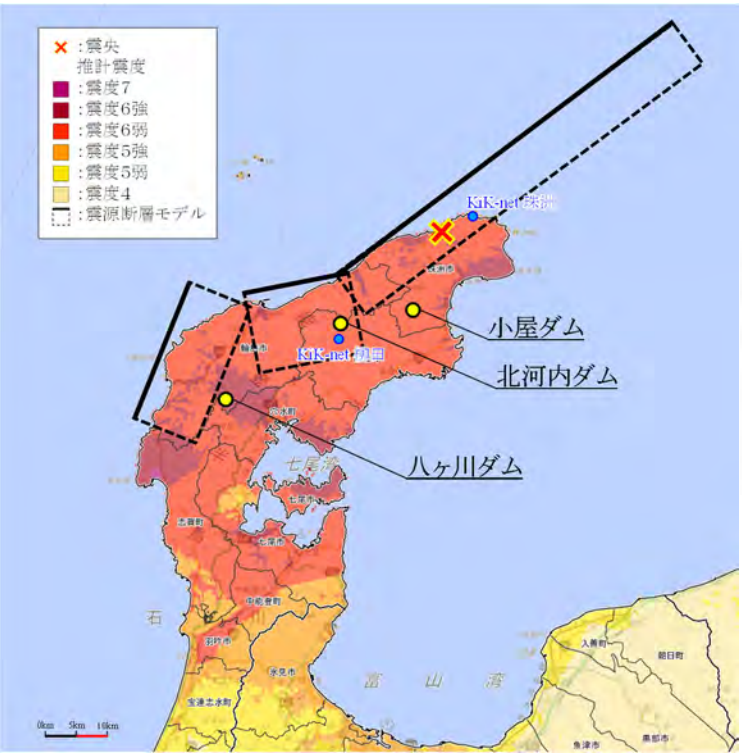


天端舗装面のクラック
（開削調査により堤体内土質コアに損傷がないことを確認）

2.能登半島地震による被災状況の調査概要（ダム分野）

➤ ダムで観測された地震動

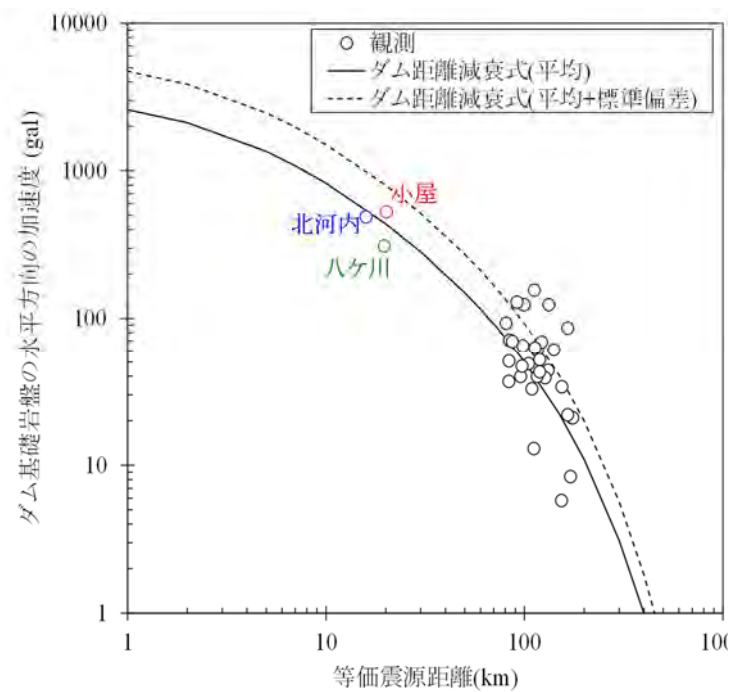
- 震源近傍3ダムでは、同一型式ダムでの記録として国内の既往最大を上回るものではなかったが、震度法での設計地震力(L1相当)を上回るかなり大きな加速度が観測された。
- ただし、今回の地震の震源断層に対する地震動としては、概ね既往推定式(L2地震動作成に用いられるダム距離減衰式)により想定しうる範囲のものであった。



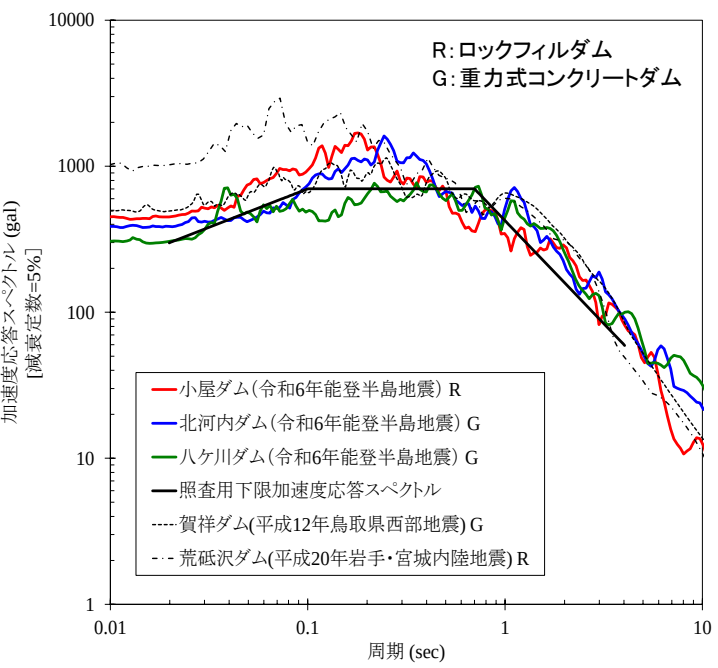
震源断層と強い地震動が観測された
周辺のダムの位置

※推計震度分布は気象庁、断層モデルは国土地理院による。

震源周辺のダム基礎で観測された地震動



最大加速度(推定式との比較)



加速度応答スペクトル
(既往地震等との比較)

※照査用下限加速度応答スペクトル
ダムの耐震性能照査において、活断層での地震によるレベル2地震動の加速度応答スペクトルとして最低限考慮するもの

3.調査結果を踏まえた今後の技術的な検討の方向性（ダム分野）

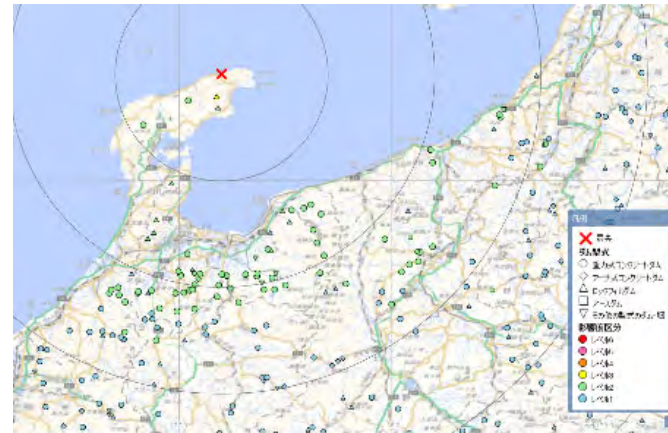
○令和6年能登半島地震により得られた教訓

- ダム自体の変状は軽微であったが、周辺での斜面崩壊等によりアクセス道路、商用電源、通信ケーブルが途絶し、ダムの状態把握や管理用電力の確保、外部との通信が困難となった。
- 余震が続く中、ダム管理者は降雨や下流河道の状況、水道水源としての機能維持も考慮した貯水池操作が求められた。
- 国総研は、このような状況下でのダムの安全性の確認など、非常時のダム管理を技術面から支援する役割が求められた。

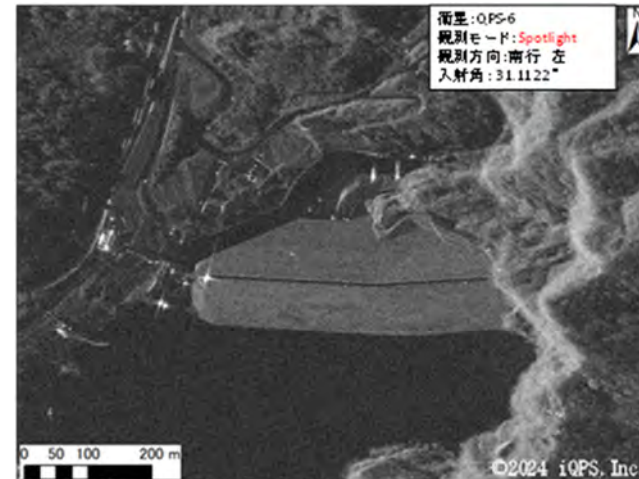


○教訓を踏まえての地震後のアクション

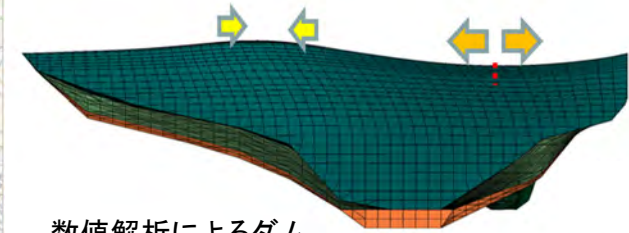
- 今回事例を教訓として共有し、非常時のダム管理を支援する技術面でのバックアップのあり方について考えていく必要。
- 情報が限られる初動時から現地展開、その後の復旧まで一貫した技術支援に有効な技術の開発・向上を進めていく。
 - 大規模地震時のダム挙動の数値解析等による再現・検証（変状発生メカニズムの解明を通じ、重点確認箇所を事前想定）
 - 発災初期の初動体制構築のための変状等想定技術の向上（震源情報に基づく地震動の即時推定精度の検証等）
 - 広域災害も想定した遠隔での現地状況把握・支援技術の開発・普及（衛星データ活用、映像伝送による遠隔技術支援等）



震源情報に基づくダム地点の
加速度や影響の即時推定



衛星データの活用（小型SAR衛星での観測例）



数値解析によるダム
挙動の再現・検証



ダム現場



リアルタイム接続
or
動画データの送信



国総研

遠隔での現地状況把握・技術支援の試行
（360度カメラの活用等）