



自然災害による公共土木施設等の 実用的な被災リスク評価手法の開発 に向けた取り組み ～洪水と地震・津波～

危機管理技術研究センター長
寺田 秀樹

研究の背景

近年の自然災害の多発

厳しい財政的制約

効率的な防災対策の実施が必要

●地震災害

平成16年新潟県中越地震、平成19年新潟県中越沖地震、平成20年岩手宮城内陸地震等

●土砂災害

平成17年台風14号災害、平成18年7月長野県岡谷市豪雨災害

●大規模水害

平成16年新潟、福井、豊岡、平成17年東京、宮崎等

●平成21年に限っても

7月の中国・九州北部豪雨
8月の駿河湾を震源とする地震
8月の台風9号による水害



○効率的な防災対策には施設または地点毎のリスク評価の高度化が不可欠
○しかし、その評価手法が不十分であったり、未確立

例えば、

【水 害】 都道府県管理の中小河川ではデータが不十分のため、治水安全度評価が十分できない

【地震・津波】 地震と津波の両者の影響を考慮した複合災害は評価できない



国総研での取り組み

国土技術政策総合研究所プロジェクト研究

「地域被害推定と防災事業への活用に関する研究」

(平成18～20年度)

研究目的

- ・土砂災害、水害(洪水)、地震災害、津波災害の4つの自然災害を対象として
- 1. 施設または地点ごとの被災リスク評価手法の高度化
- 2. 被災リスクに基づく防災事業の合理化の支援方策の提案

研究開発の実施体制

○危機管理技術研究センター

砂防研究室、水害研究室、地震防災研究室

○河川研究部 海岸研究室

○沿岸海洋研究部 沿岸防災研究室

○地方整備局、自治体等現場との協力・共同作業としても実施

プロジェクト研究の研究テーマ

1. 施設または地点ごとの被災リスク評価手法の高度化

①土砂災害

- ・住民の避難による効果や被災確率を考慮した土砂災害リスク評価手法

②水害(洪水)

- ・データ整備が不十分な中小河川に対する治水安全度評価手法
- ・水害被害額の算定手法

③地震・津波複合災害

- ・地震・津波による海岸・港湾・河川・道路施設の被災度評価手法

2. 被災リスクに基づく防災事業の合理化の支援方策の提案

①地震・津波複合災害

- ・被災想定結果に基づく地震・津波に対する被害軽減対策の検討方法

②災害時対応

- ・実践的な地震防災訓練の実施手法
- ・高潮・津波に対する避難促進施策の進め方

防災対策の効率化

自然災害による被害の軽減



1. 洪水に対する被災リスクの評価手法 の開発

— 中小河川に対する治水安全度評価手法 —

研究の背景と目的

○近年、各地で水害が多発

とりわけ局所的な豪雨の影響を受けやすい中小河川において甚大な災害が発生

平成16年災における堤防決壊

7月・新潟・福島豪雨	新潟県	五十嵐川、刈谷田川
7月・福井豪雨	福井県	足羽川
9月・台風23号	兵庫県	円山川、出石川

- ①効率的・効果的な治水対策の推進
- ②発災時における実効的な危機管理の実現
- ③住民等の危機意識の向上

どこが危険
なのかを
共有する
必要

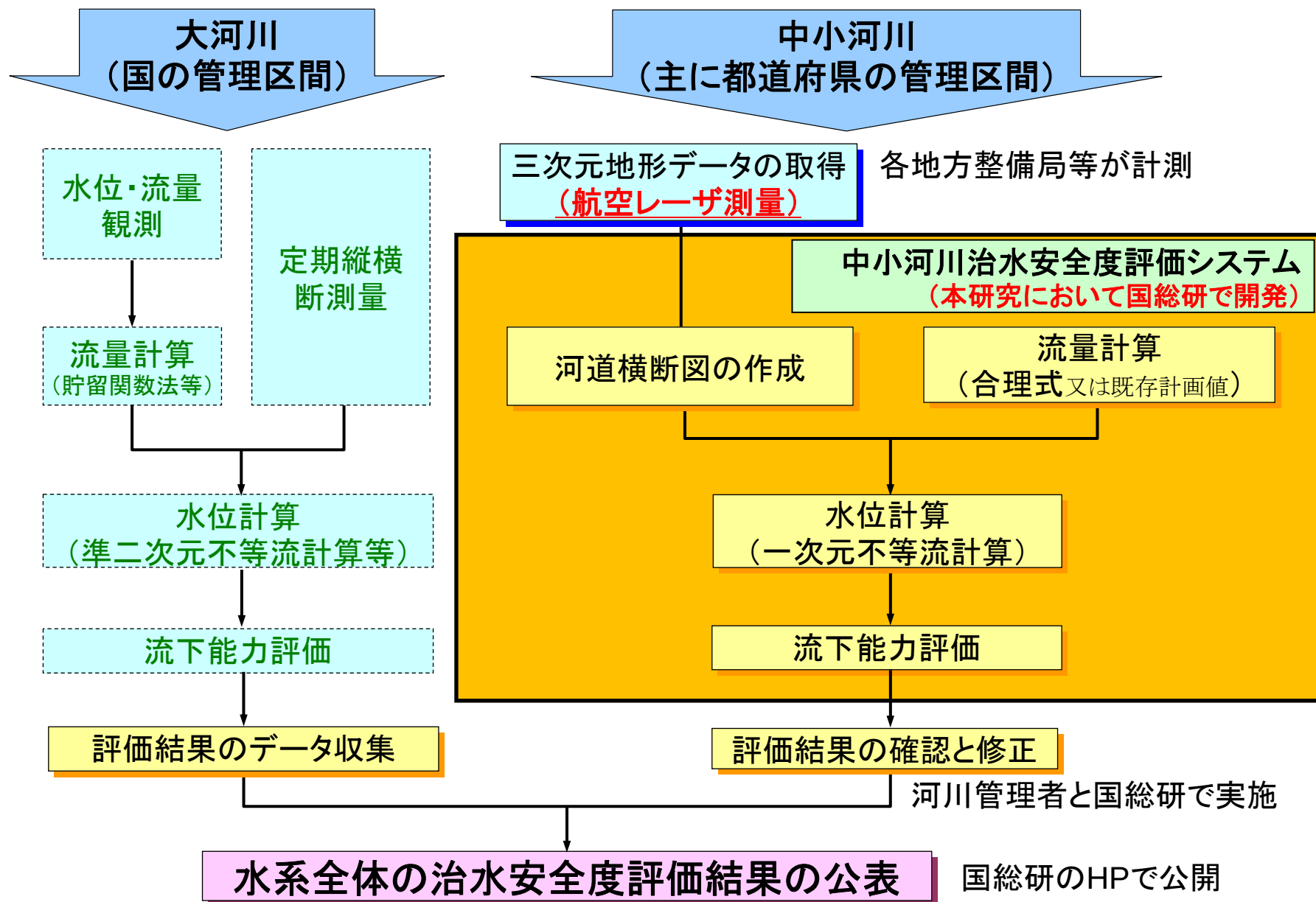
流下能力等のデータにより河川の整備状況を把握、評価し一般に公表していくことが必要

しかしながら、

中小河川では、河道縦横断測量、水位・流量観測等が十分に実施されていない箇所も多く存在し、流下能力などの基本的かつ重要な情報が不足

全国の1級水系内の中小河川について、航空レーザー測量による測量データの利用と簡便な水理計算手法で、安価・簡易な全国同一の尺度による治水安全度評価を実施

研究の流れと成果の公表





治水安全度の評価対象と航空レーザ測量範囲

1. 治水安全度の評価対象区間

1級水系の都道府県管理区間のうち、山付き区間等を除く約32,000km
(1級水系の都道府県管理区間全体:約77,000kmのうちの約42%)

2. 航空レーザ測量範囲

評価対象区間＋直轄管理区間にかかる河道及び氾濫域

(固定翼機での一括計測による測定される山地部分の面積も含めて約12万km²)

●データ取得機関:各地方整備局等

●データ取得スケジュール:平成18～19年度に全水系の測量を実施

●データ内容(取得データ):

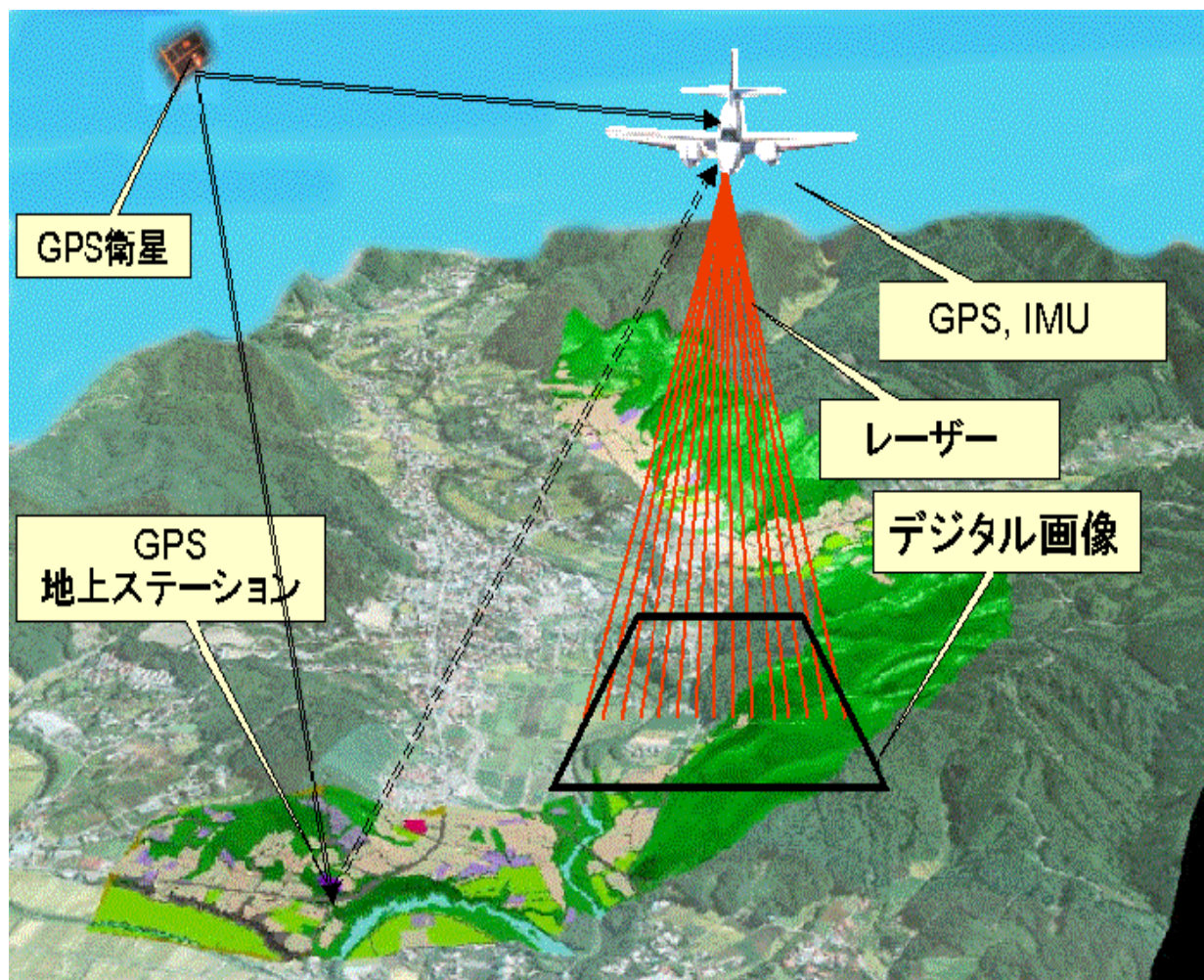
①オリジナルデータ(河道及び氾濫域)

②グラウンドデータ(河道のみ:堤防裏法尻から堤内側へ約20mの範囲)

※オリジナルデータから不要な地物をフィルタリングしたものが
グラウンドデータ

③航空写真(オルソ画像)(河道及び氾濫域)

航空レーザ測量の概要

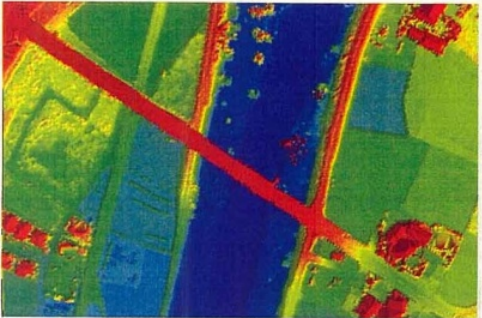
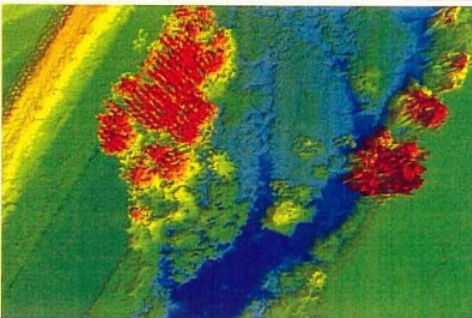
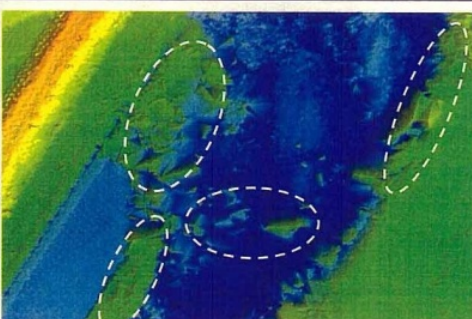
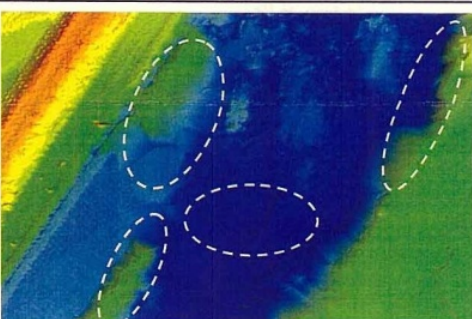


測量データのフィルタリング処理

主なフィルタリング項目

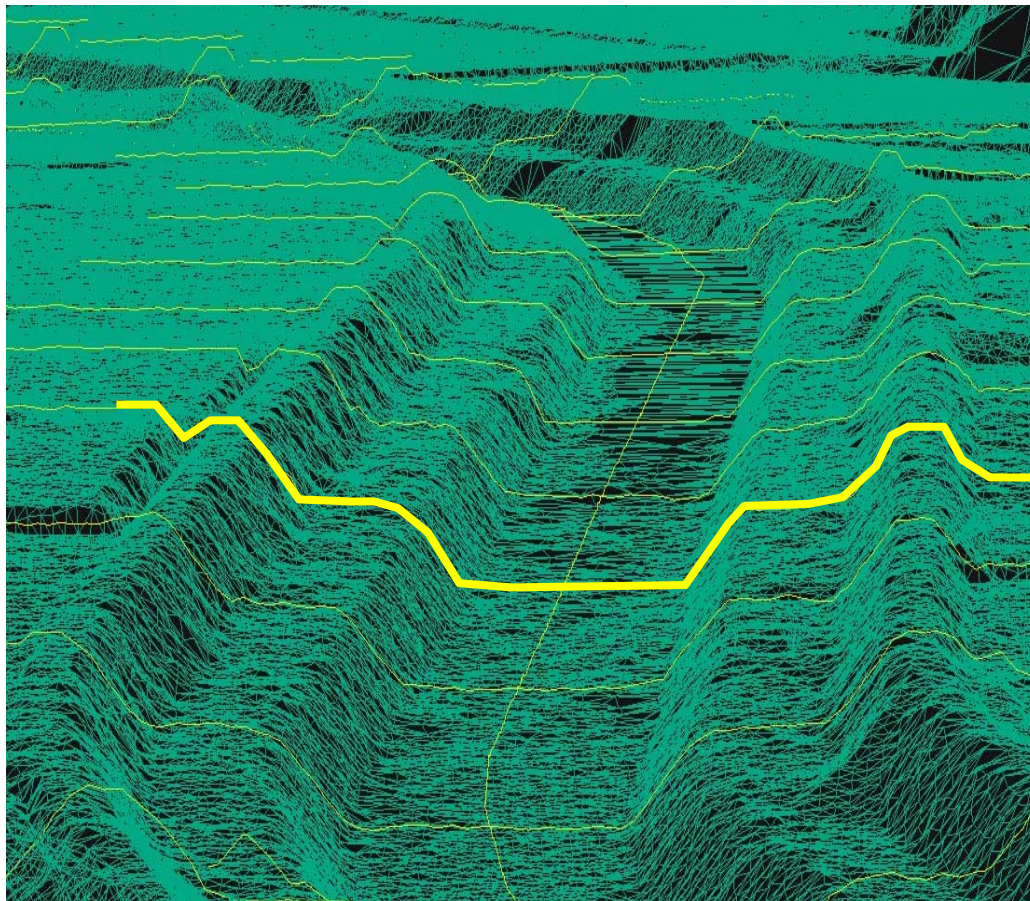
交通施設	道路施設等	道路橋(長さ5m以上)
		高架橋、横断歩道橋
	鉄道施設	鉄道橋(長さ5m以上)
		高架橋(モノレールの高架橋を含む)、跨線橋
植生		樹木、竹林

処理の過程

	橋梁部	樹木部
オルソフォト		
オリジナルデータ		
自動処理 フィルタリング処理		
		

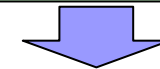
河川横断図面の作成

取得したグラウンドデータから不整三角形網 (Triangulated Irregular Network : **TIN**) を作成し、これを基に100mピッチごとに河道横断図を作成
(国総研で開発したプログラムにより自動生成)



河道横断図生成における誤差

- ・航空レーザ測量の精度
(水平 $\pm 30\text{cm}$ 鉛直 $\pm 15\text{cm}$)
- ・レーザデータの空間分解能による誤差
- ・地物のフィルタリングによる誤差
- ・水面下を計測できないことによる誤差



- 植生の影響を受けにくい冬季を中心に計測
- 河道横断測量が実施されている場合は、その測量断面を用いて精度チェック、補正・補完

航空レーザ測量による断面積と実測との誤差(1)

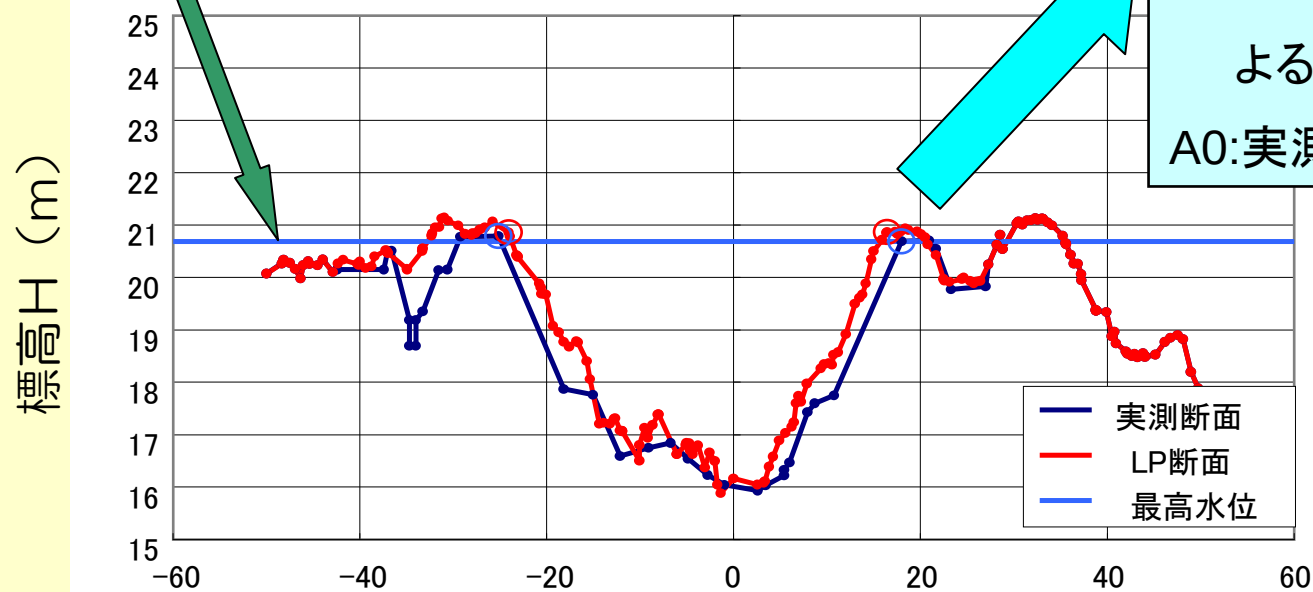


最高水位: 最大限
洪水を流下させる
ことのできる水位

誤差の評価例

$$A/A0=0.856$$

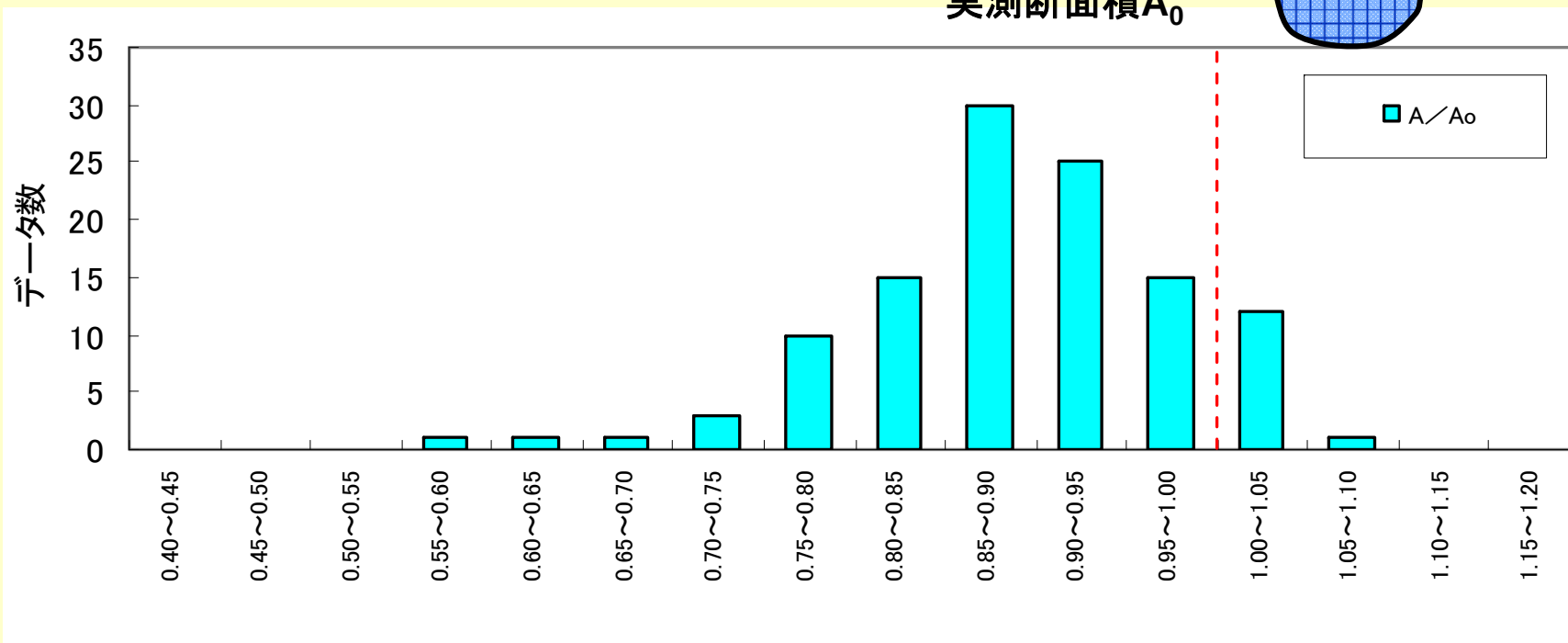
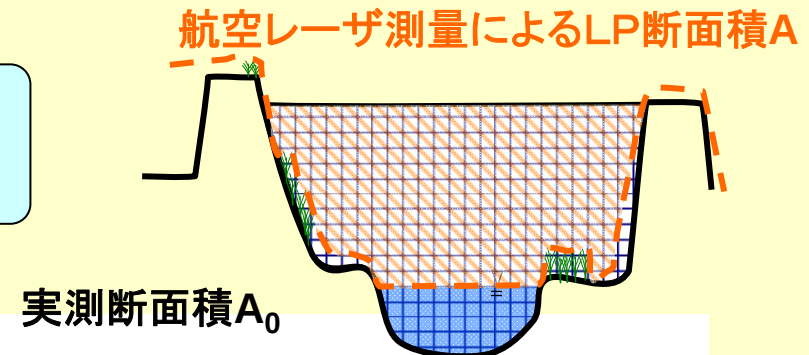
A: 航空レーザ測量による断面積
A0: 実測による断面積



距離L (m)

航空レーザ測量による断面積と実測との誤差(2)

A/A_0 : 航空レーザ測量によるLP断面積と
実測断面積の比



→ LP断面積は、実測断面積に比べて相対的に小さめに評価

流量および水位計算方法

○流量計算

現況の中小河川のデータ収集・解析状況等を踏まえ、安価で効率的かつ簡素な手法である合理式を採用

$$Q_P = \frac{1}{3.6} frA$$

Q_p : 洪水ピーク流量 (m³/s)
 f : 流出係数
 r : 洪水到達時間内の雨量強度 (mm/hr)
 A : 流域面積 (km²)

○流出係数 (f) :

・土地の利用区分(面積)ごとの流出係数の加重平均

○洪水到達時間内の雨量強度 (r) :

・(独)土木研究所が開発した「アメダス確率降雨計算プログラム」を採用
全国の気象庁アメダス観測点の約1,300地点のうち748地点について1971年～2000年までの雨量データを基に、降雨強度式(フェア式)を作成

$$r_t^T = \frac{bT^m}{(t+a)^n}$$

r_t^T : T年t継続時間確率降雨量 (mm/hr)
 T : 確率年(年)
 a, b, m, n : フェア式パラメータ
 t : 洪水到達時間(クラーヘン、角屋、土研式のいずれかを採用)

○水位計算

同様の状況を踏まえ、安価で効率的かつ簡素な手法である1次元不等流計算を採用

安全度の評価方法と評価結果の表示

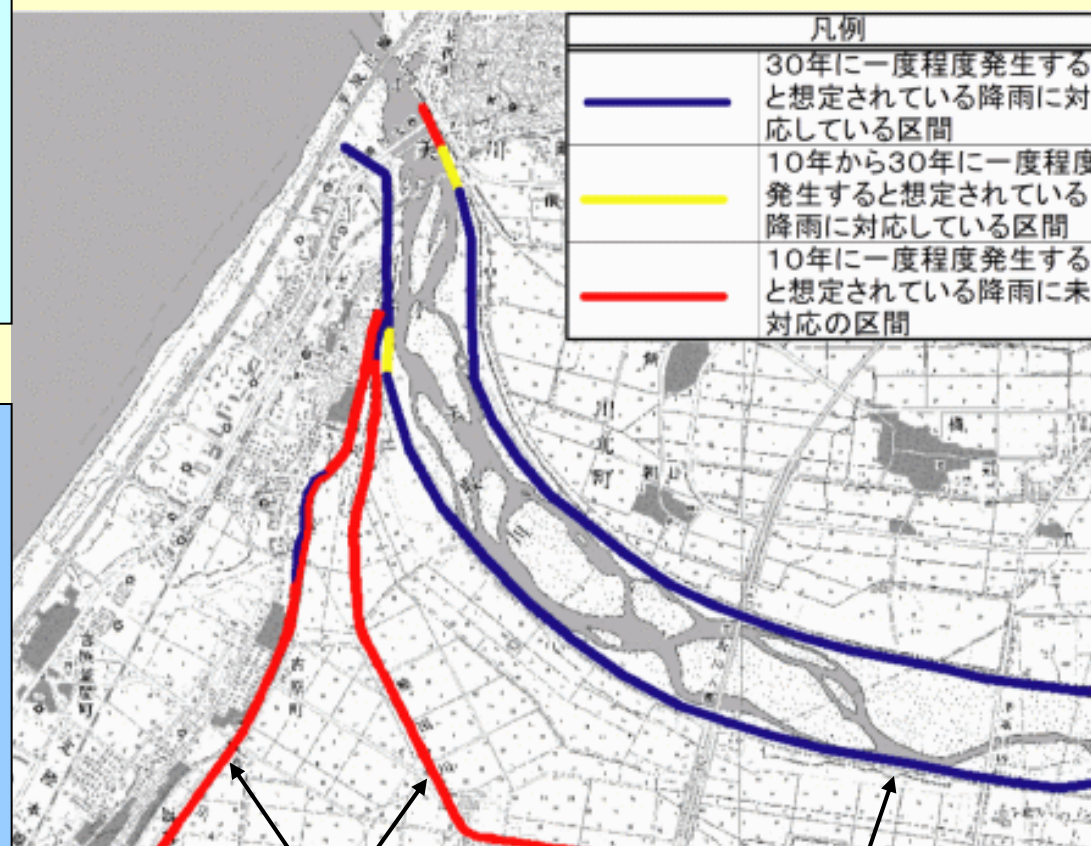
○安全度の評価方法

10年、30年、50年に一度発生すると想定されている降雨に対する水位を計算し、航空レーザ測量による堤防高と比較して500m毎に安全度を評価(実際の評価プログラムはもっと細かく降雨を設定可能)

○評価結果の区分

- ①30年に一度程度発生すると想定されている降雨に対応している区間(青色線表示)
- ②10年から30年に一度程度発生すると想定されている降雨に対応している区間(黄色線表示)
- ③10年に一度程度発生すると想定されている降雨に未対応の区間(赤色線表示)

評価結果の表示イメージ



都道府県管理区間

大臣管理区間の評価
結果も併せて表示



評価結果の公表(1)

河川管理者の確認を経て評価結果を公表

○21年10月現在、71水系にて結果を公表中

○国総研HPに公表サイトを構築

<http://www.nilim.go.jp/lab/rcg/newhp/seika.files/lp/index.html>

○他の水系についても評価結果が出次第順次公表

評価結果の公表(2)

着色している水系が公表済み水系(71／109)

天塩川	常呂川	米代川	鶴見川	神通川	豊川	大和川	日野川	吉井川	松浦川	川内川
留萌川	湧別川	雄物川	相模川	庄川	矢作川	淀川	斐伊川	重信川	本明川	肝属川
石狩川	渚滑川	子吉川	富士川	小矢部川	庄内川	加古川	江の川	肱川	六角川	大淀川
尻別川	阿武隈川	最上川	荒川	手取川	木曽川	揖保川	高津川	渡川	嘉瀬川	小丸川
後志利別川	名取川	赤川	阿賀野川	梯川	鈴鹿川	九頭竜川	佐波川	仁淀川	筑後川	五ヶ瀬川
鵒川	鳴瀬川	久慈川	信濃川	狩野川	雲出川	北川	小瀬川	物部川	矢部川	番匠川
沙流川	北上川	那珂川	関川	安倍川	櫛田川	由良川	太田川	那賀川	菊池川	大野川
十勝川	馬淵川	利根川	姫川	大井川	宮川	円山川	芦田川	吉野川	白川	大分川
釧路川	高瀬川	荒川	黒部川	菊川	新宮川	千代川	高梁川	土器川	緑川	山国川
網走川	岩木川	多摩川	常願寺川	天竜川	紀の川	天神川	旭川	遠賀川	球磨川	

評価結果の公表Webページ(1)



航空レーザ測量を活用した治水安全度評価

[トップページ](#)[LPプロジェクトの概要](#)[治水安全度評価](#)

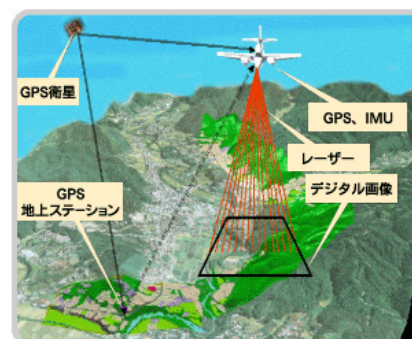
このサイトは、全国一級水系の中小河川を対象として、航空レーザ測量の三次元地形データ(通称LPデータ)から作成した河川横断面図を基に、短期間で効率的かつ統一的な評価を行った"LPプロジェクト"の成果を公表するものです。

LPプロジェクト

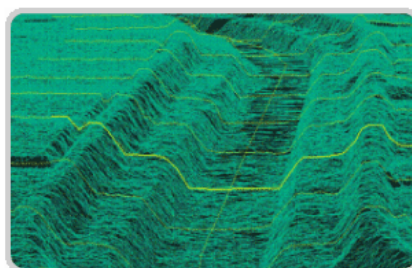
近年、集中豪雨や度重なる台風の上陸により、全国各地で大規模な水害が発生しており、とりわけ、局所的な豪雨の影響を受けやすい中小河川において甚大な災害が発生しています。

しかしながら、中小河川では、河道縦横断面測量、水位・流量観測等が十分に実施されていない箇所も多く存在し、流下能力などの基本的かつ重要な情報が不足しているのが実情です。

そのため、全国の一級水系内の中小河川について、従来のデータ収集・解析手順にこだわらず、簡便な手法で全国同一の尺度による治水安全度評価を実施することを目指して、中小河川の測量"空白区"を一挙に解消すべく、広範囲の地形データを高密度で簡便に取得できる航空レーザ測量を活用して安全度評価を行いました。



航空レーザ測量の概念



TINによる河道横断面図作成



治水安全度評価結果イメージ

→ 国土交通省 河川局

→ 国土技術政策総合研究所 水害研究室

【データ及びシステムのお問い合わせ】

国土交通省 国土技術政策総合研究所 水害研究室
〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地
TEL:029-864-2211 (内線 3937) FAX:029-864-0598

Copyright (C) 2003 Flood Disaster Prevention Division Allright reserved.

<http://www.nilim.go.jp/lab/rcg/newhp/seika.files/lp/index.html>

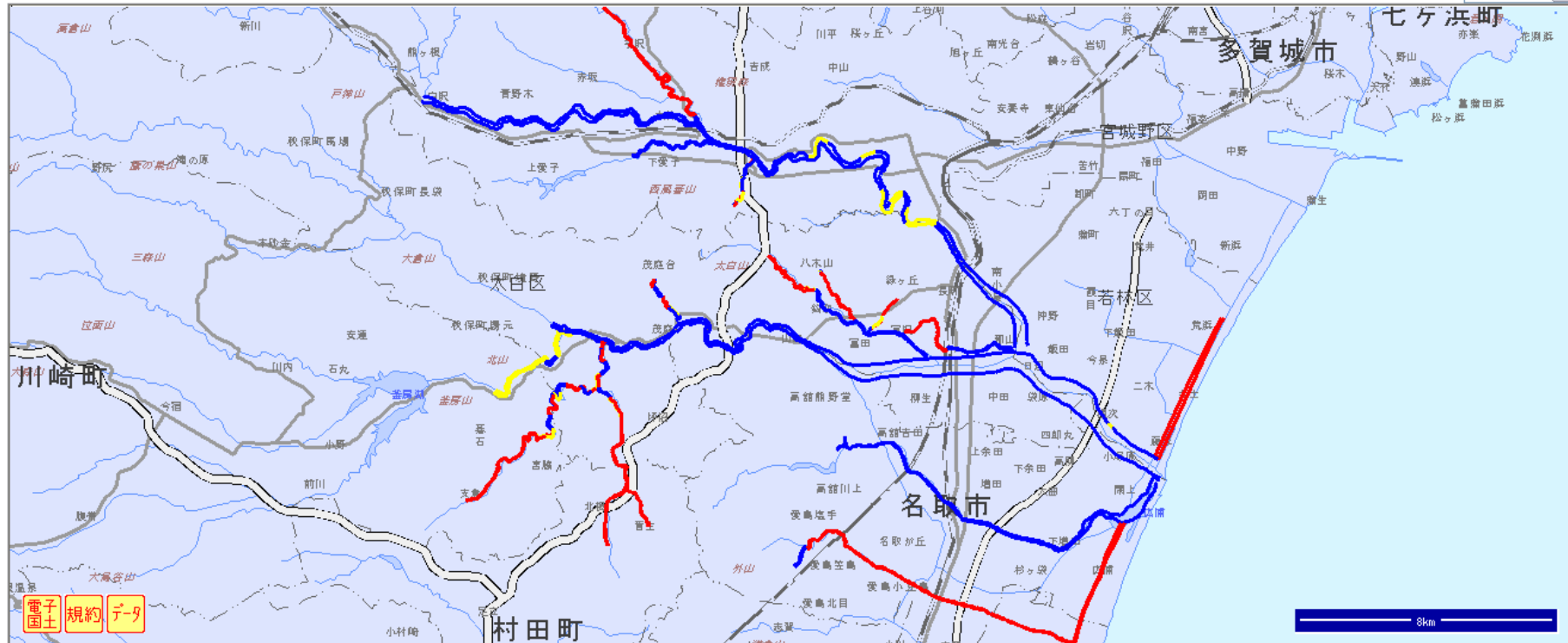
完了

評価結果の公表Webページ(2)

航空レーザー測量を活用した治水安全度評価

名取川水系

支川選択: 本砂金川



電子
国土
規約
データ

地図表示
シリアル
移動 範囲指定 拡大 縮小 印刷
詳細

○ 地図の操作方法 ○ 治水安全度評価の前提条件

凡例
30年に一度程度発生すると想定されている降雨に対応している区間
10～30年に一度程度発生すると想定されている降雨に対応している区間
10年に一度程度発生すると想定されている降雨に未対応の区間

※全国統一の効率的かつ簡素な手法によるものであり、それぞれの河川の特성에応じた他の手法により安全度評価を行った場合においては、結果に差異が生じる場合があります。

※評価結果については河川ごとに評価の断面を設定しているため、表示上、河川合流部等において一部空白となる場合があります。

→ 国土交通省 河川局

【データ及びシステムのお問い合わせ】
国土交通省 国土技術政策総合研究所 水害研究室
〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地

北緯38度13分4秒 東経140度49分39秒 1/150829

インターネット

100%

スタート 受信トレイ... 09:10:09 国... LP 2 Microsoft... 航空レーザー測... Internet E... CAPS KANA デスクトップの検索 13:07



2. 地震・津波災害に対する被災リスク 評価手法の開発

－被害想定手法の開発－

地震・津波複合災害に対する被災リスク評価手法の開発

【従 来】

- ・地域内の各種公共土木施設に対する地震と津波の両者の影響を評価可能な被災リスクの評価手法が十分ではなかった

【本研究】

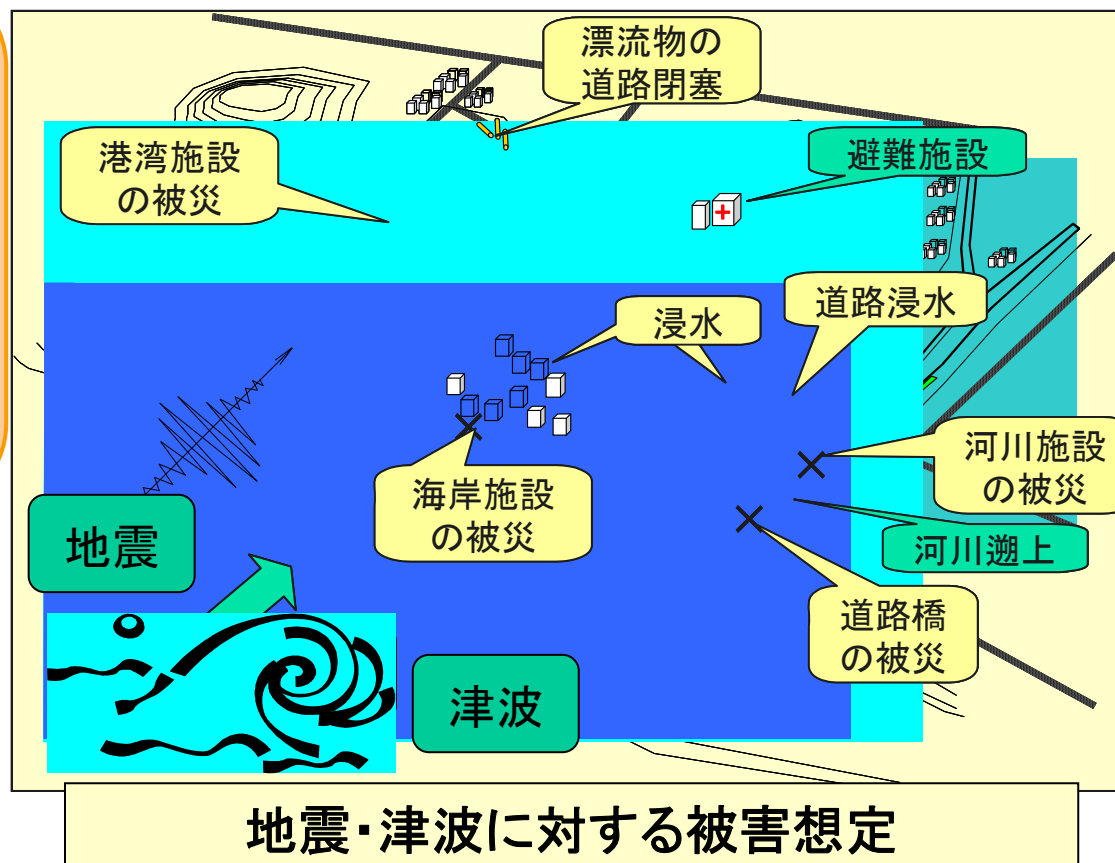
- ①対象地域において共通の地震動と津波に対して、両者の影響を一連的に考慮可能な各種施設の被害想定手法を構築
- ②対象地域全体としての被害想定結果を共有する手法を構築

○対象施設:

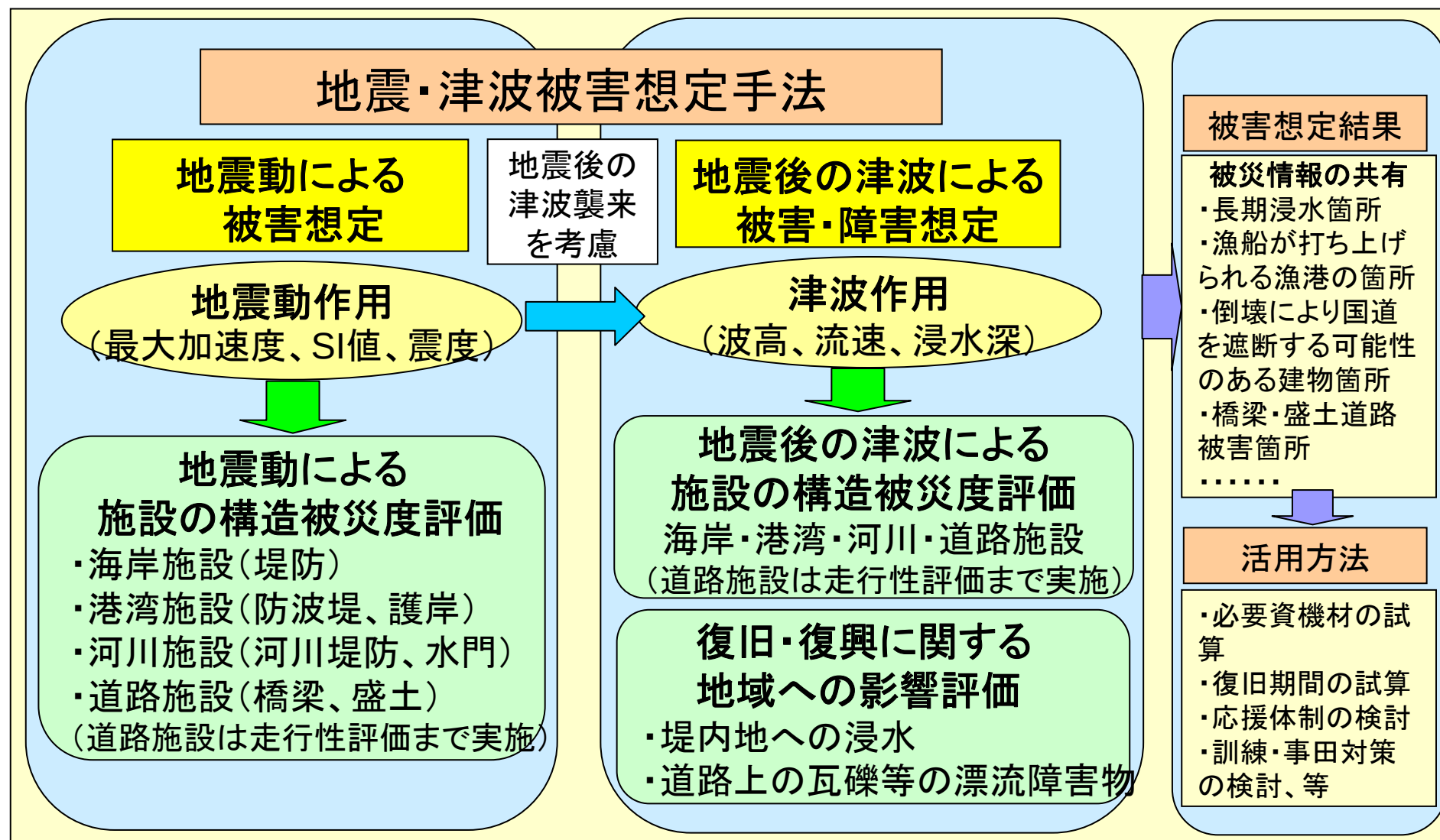
海岸・港湾・河川・道路施設

【成果の活用】

- 「公共土木施設の地震・津波被害想定マニュアル(案)」をとりまとめ
- 防災事業と災害時対応の改善のために活用(九州地整、土佐国道、紀南河川国道))



地震・津波複合災害に対する被災想定手法と 想定結果の活用イメージ



海岸施設の被災リスク評価手法

浸水防護機能を有する**海岸堤防を対象に**
地震動と津波に対する被災度を評価

地震動強さ

海岸保全施設の技術上
の基準・同解説(2004)

海岸堤防の
地震被災度評価

地震動で変形しても高さは
津波(高潮)に十分か？

- 津波シミュレーションに用いる
海岸堤防の条件設定に活用
- 海岸堤防の補強必要性の判断に
活用

津波高・流速

波返工の破損評価

法先の洗掘量評価

被覆工の流出評価

堤体の安定性評価

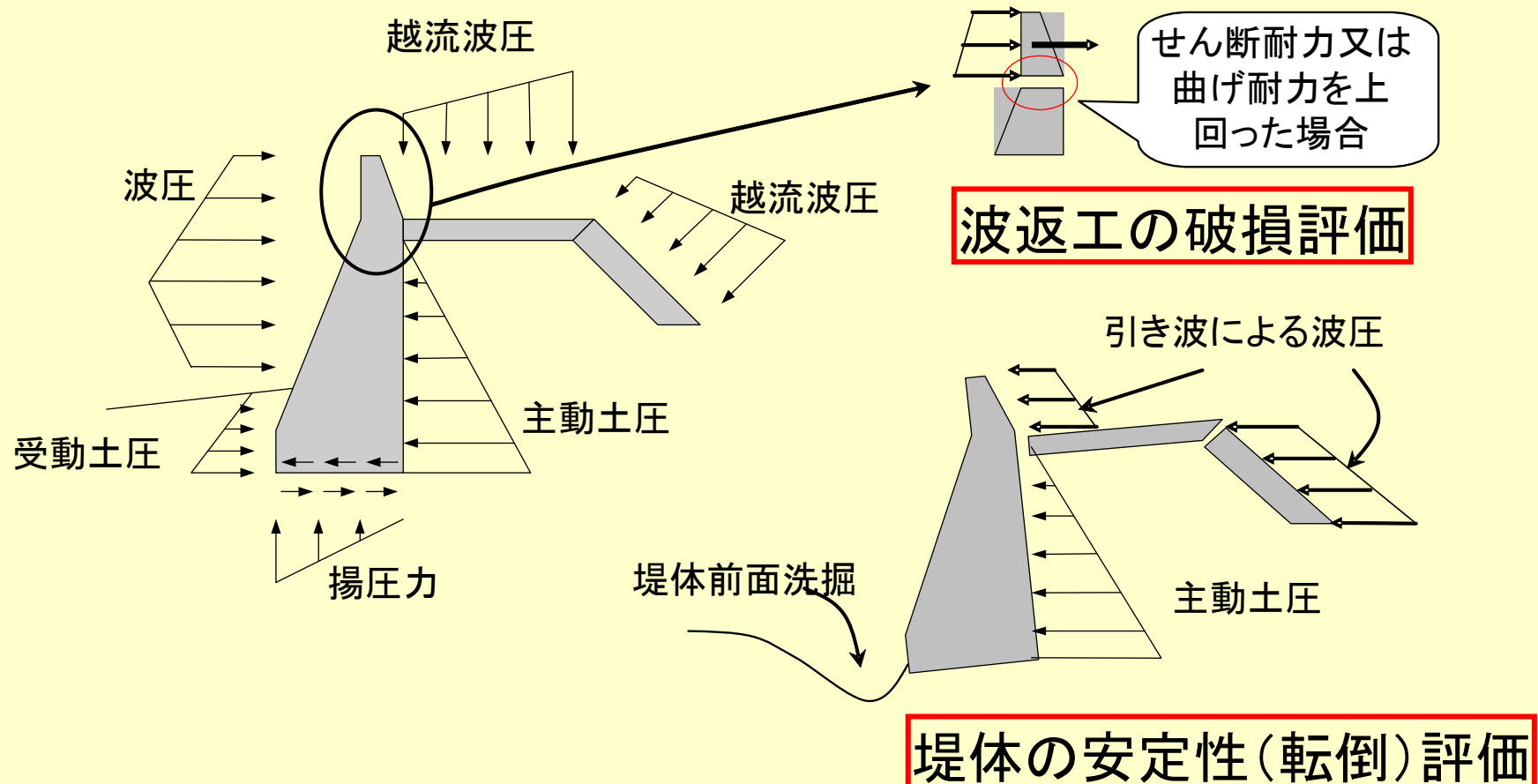
海岸堤防の
津波被災度評価

波圧・土圧・洗掘に対して安全か？

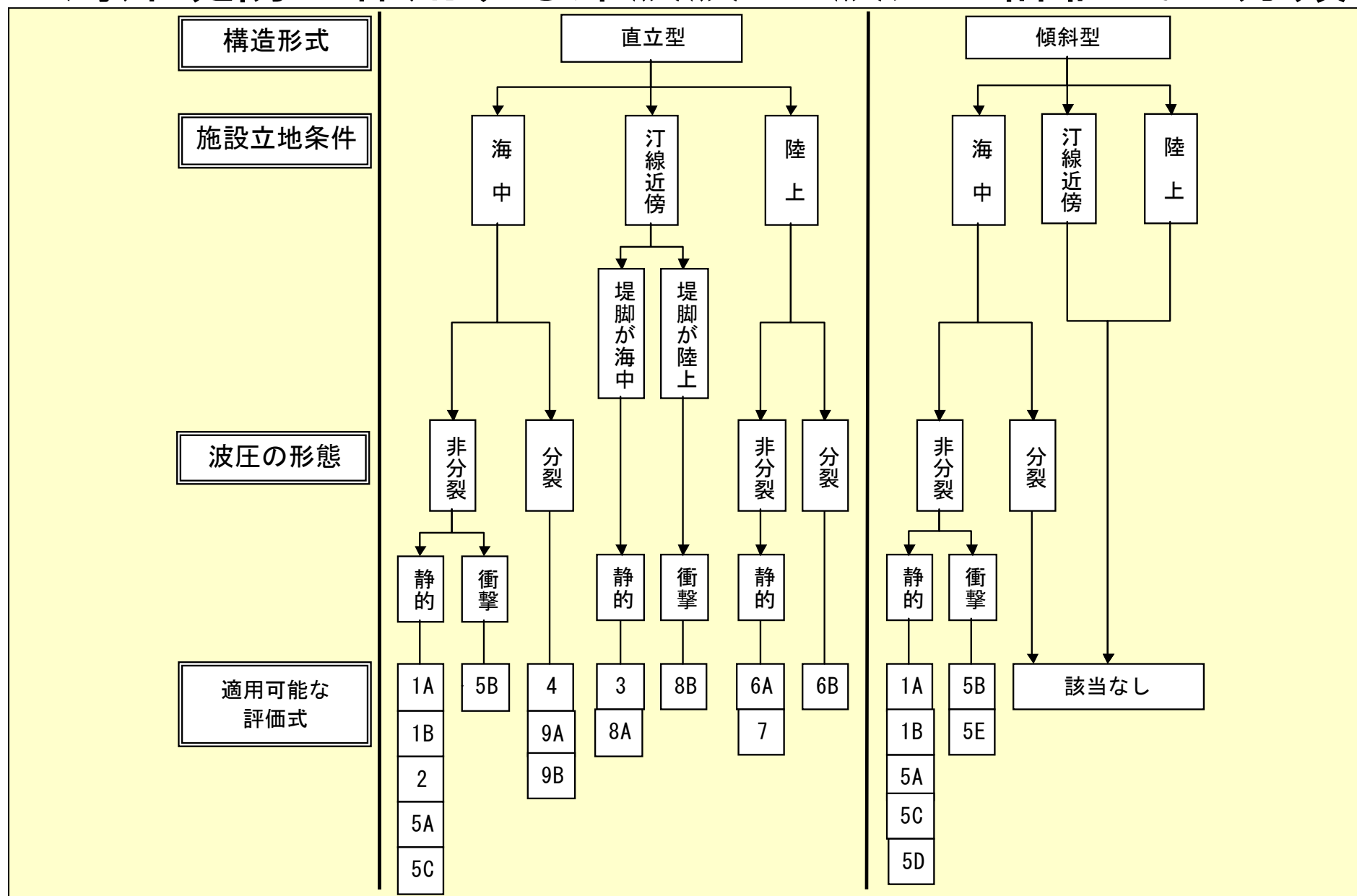
海岸堤防の被災度の評価手法

想定津波に対する海岸堤防の安定性の照査手順を新しく提案

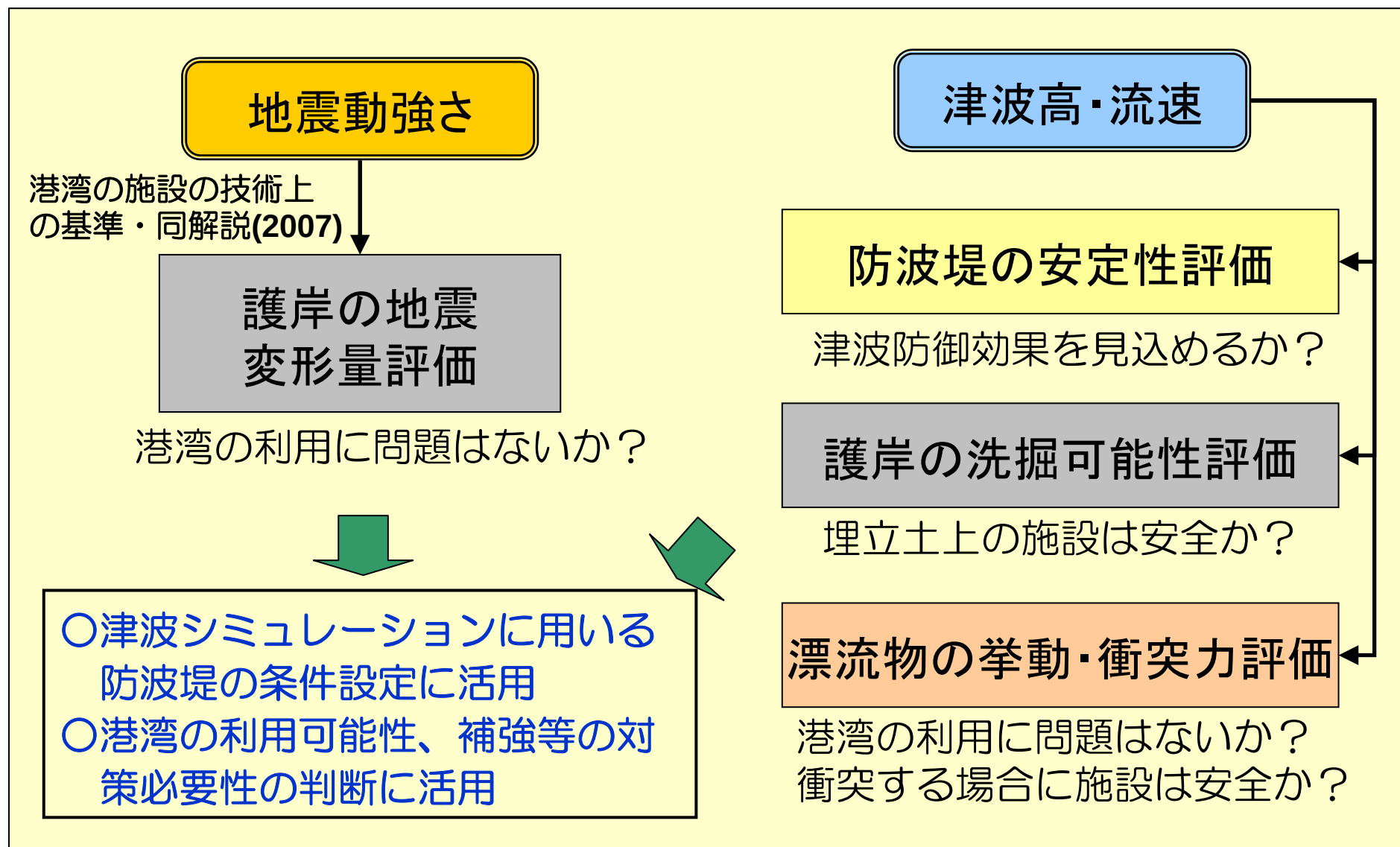
→ 主要な被災機構(波返工の破損、堤体の転倒)について照査



海岸堤防に作用する津波波圧・波力の評価式の分類



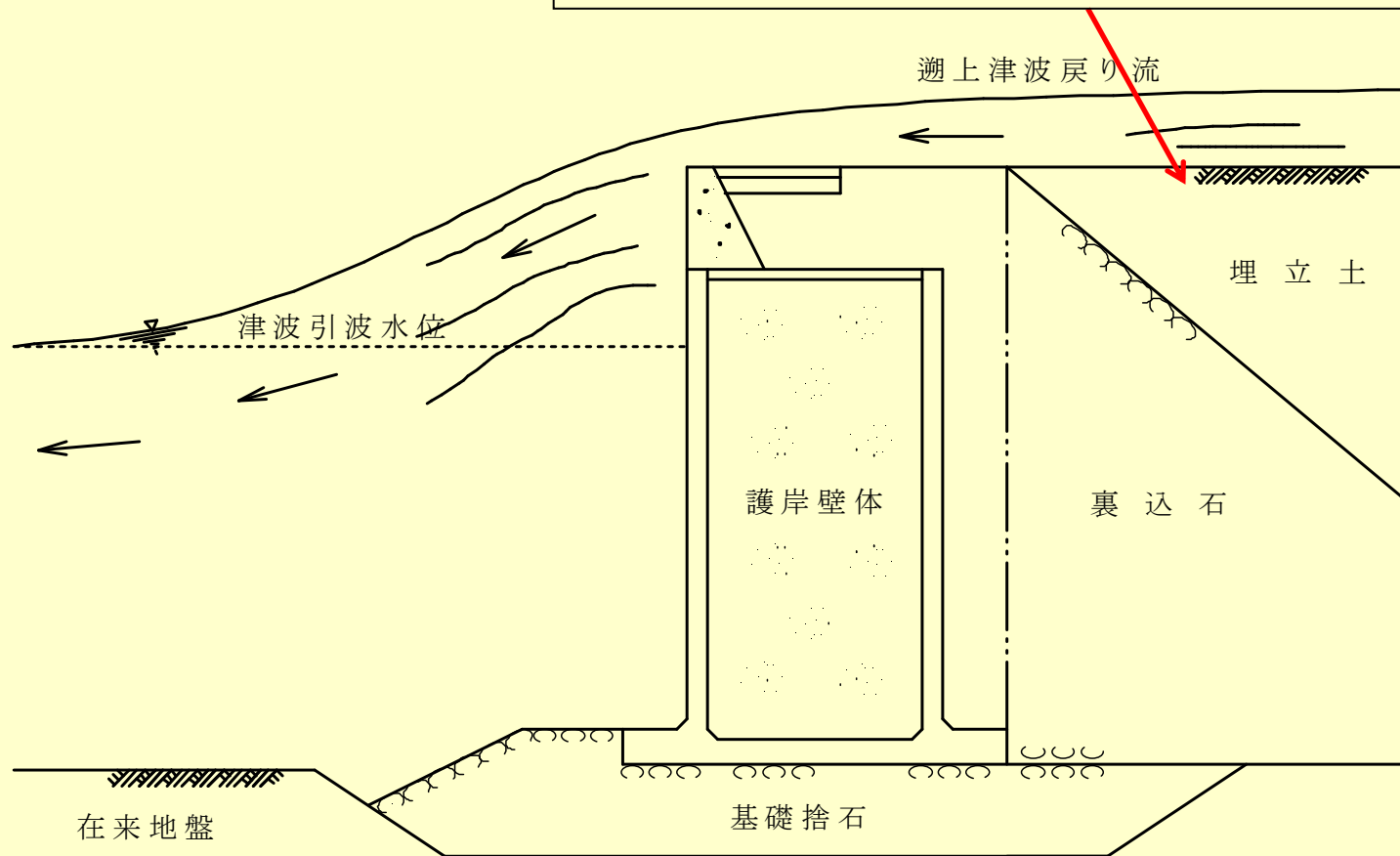
港湾施設の被災リスク評価手法



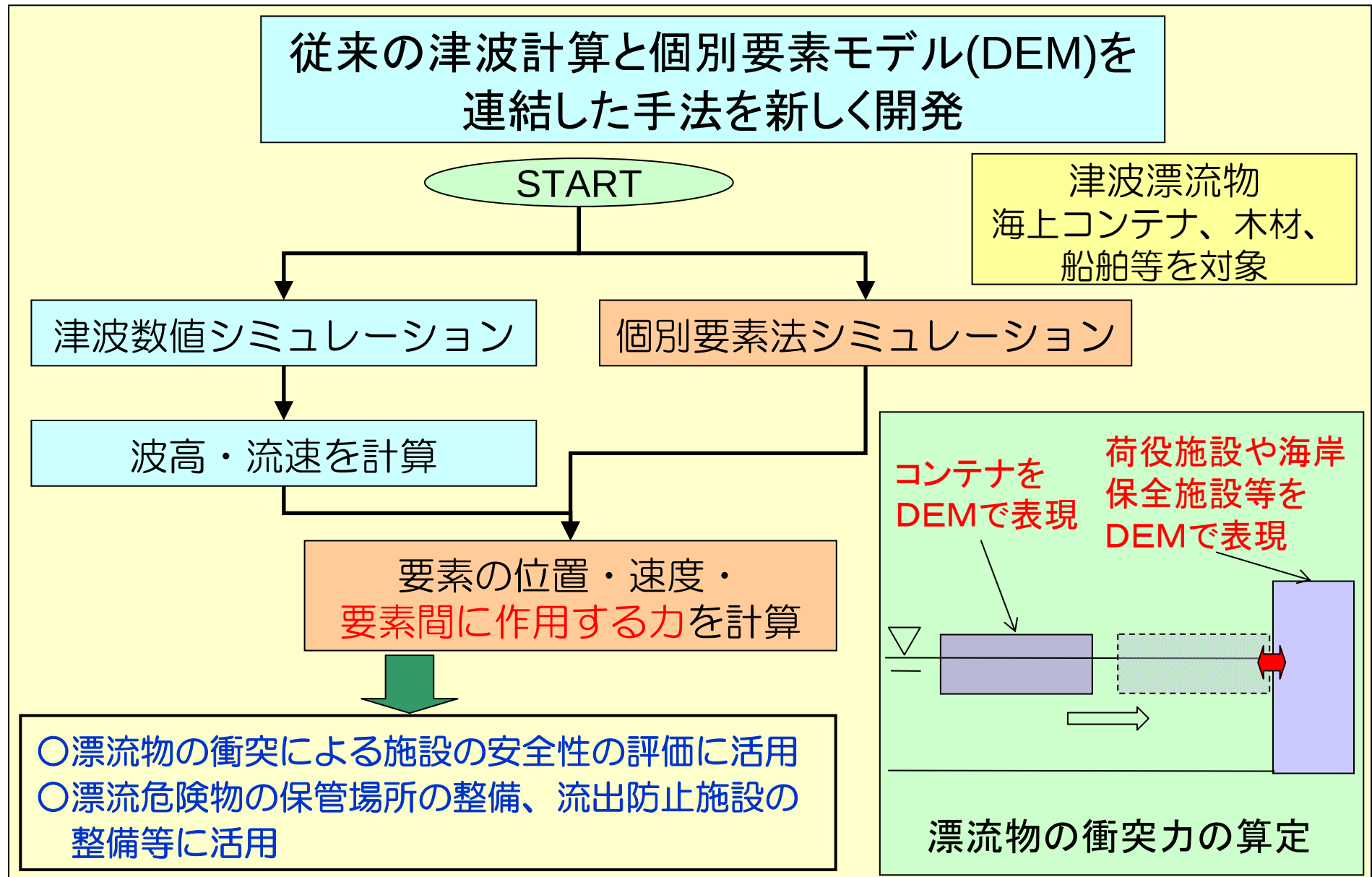
護岸の洗掘可能性の評価手法

津波戻り流れによる護岸背後地盤の洗掘の評価手法を新しく提案

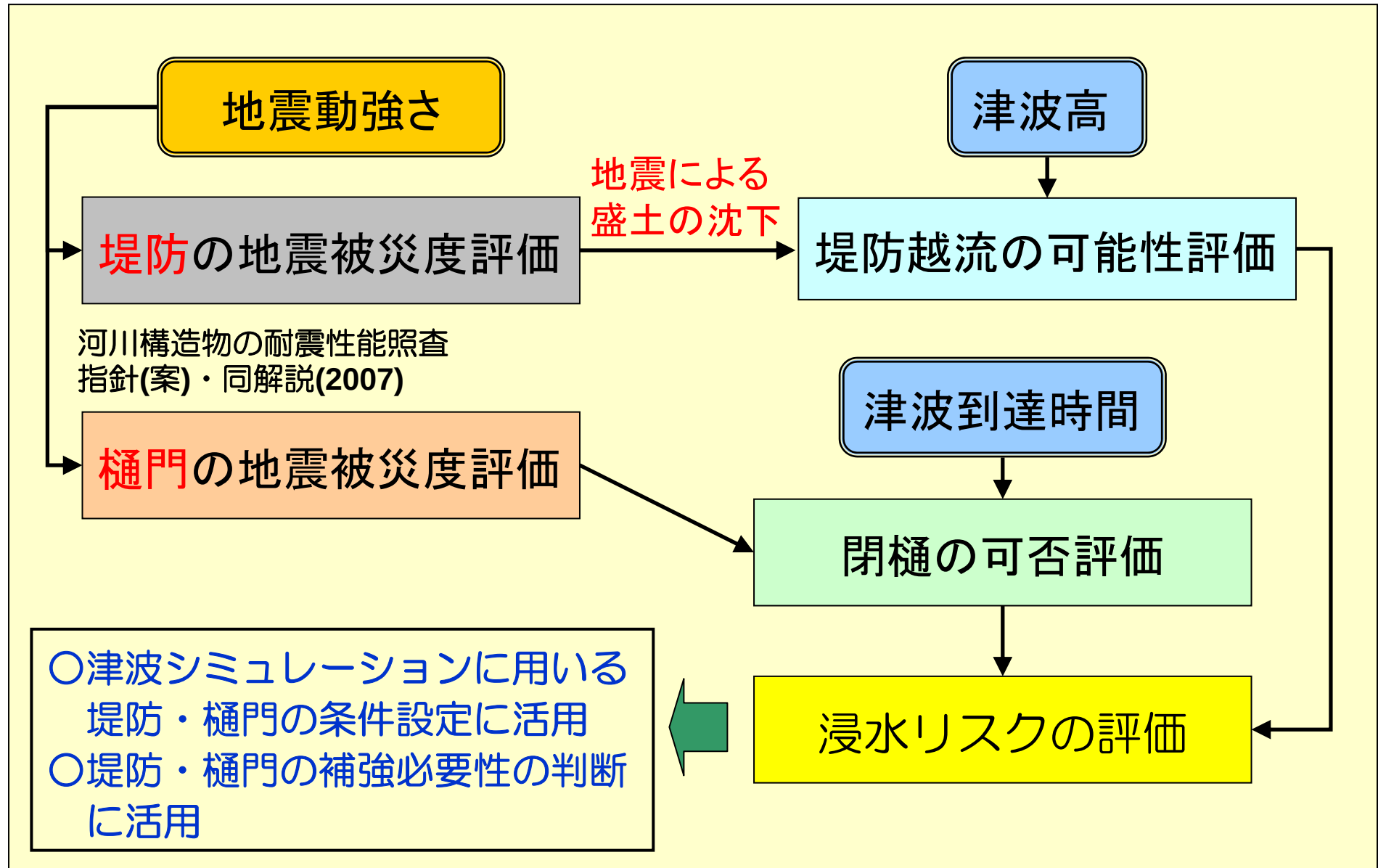
流砂の移動限界式を応用し洗掘の可能性推定



津波漂流物の挙動・衝突力の評価手法



河川施設の被災リスク評価手法



津波の河川遡上シミュレーション例

シミュレーションによる浸水リスク評価

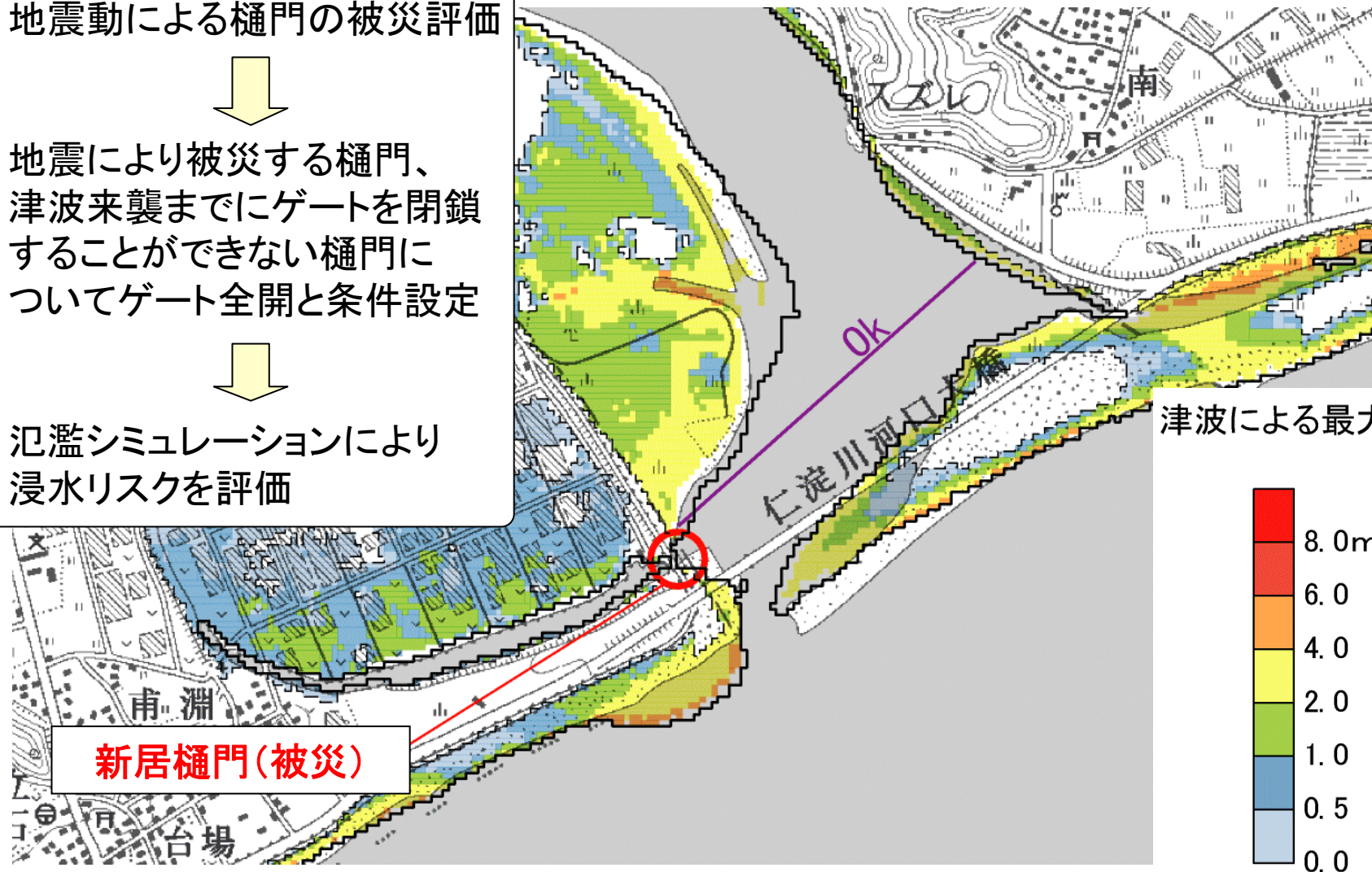
地震動による樋門の被災評価



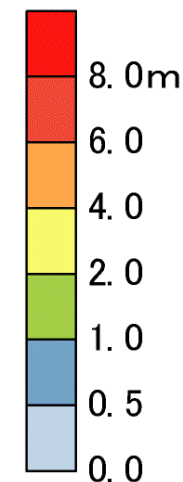
地震により被災する樋門、
津波来襲までにゲートを閉鎖
することができない樋門に
ついてゲート全開と条件設定



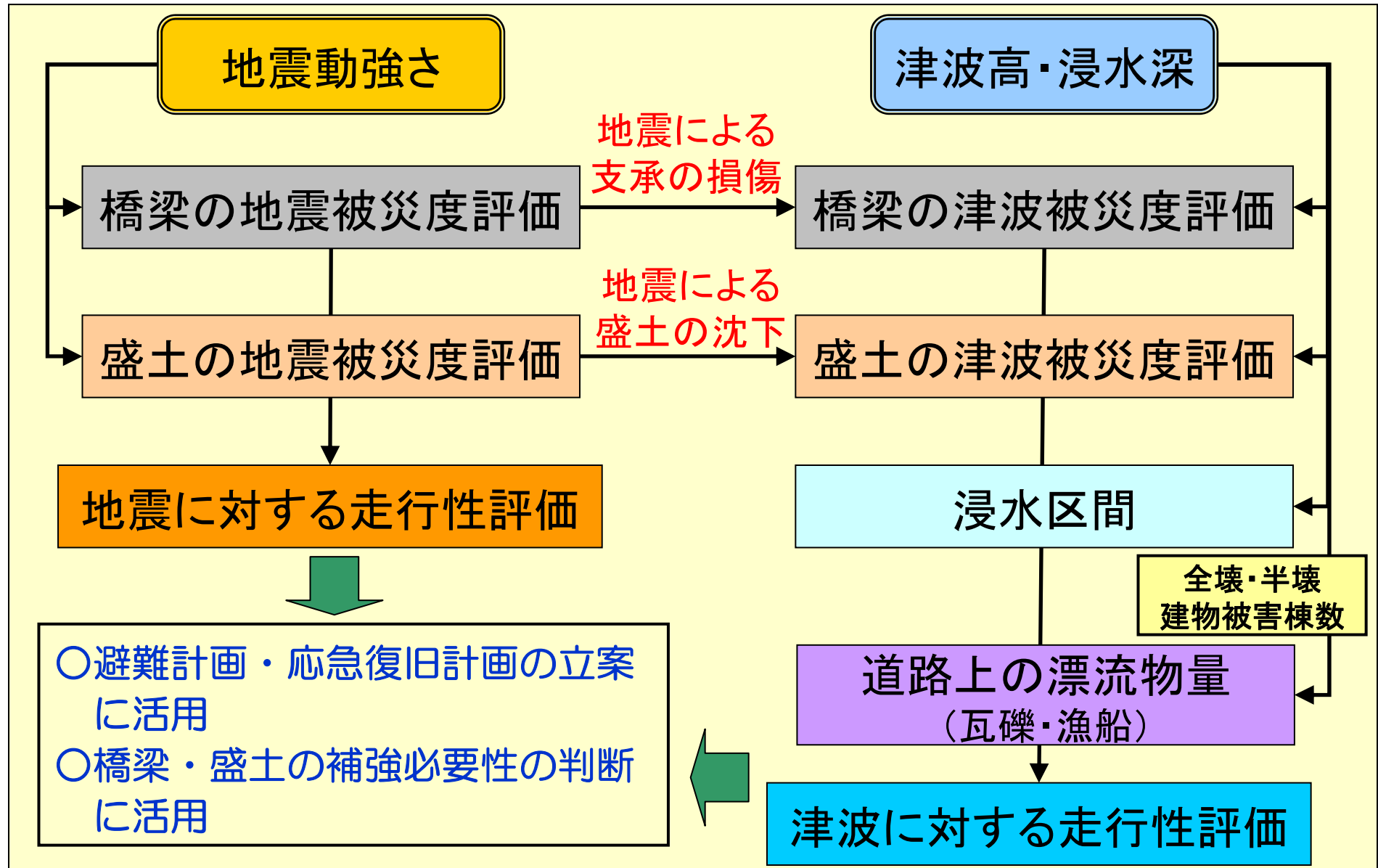
氾濫シミュレーションにより
浸水リスクを評価



津波による最大浸水深



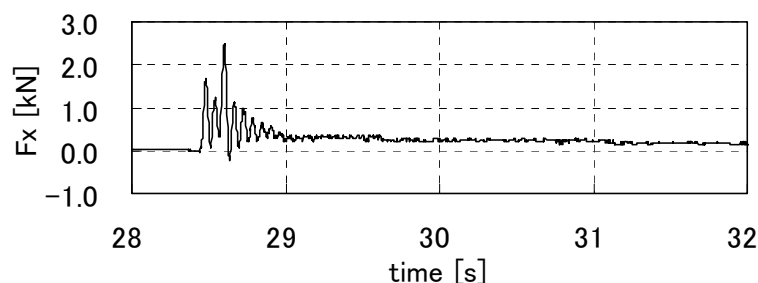
道路施設の被災リスク評価手法



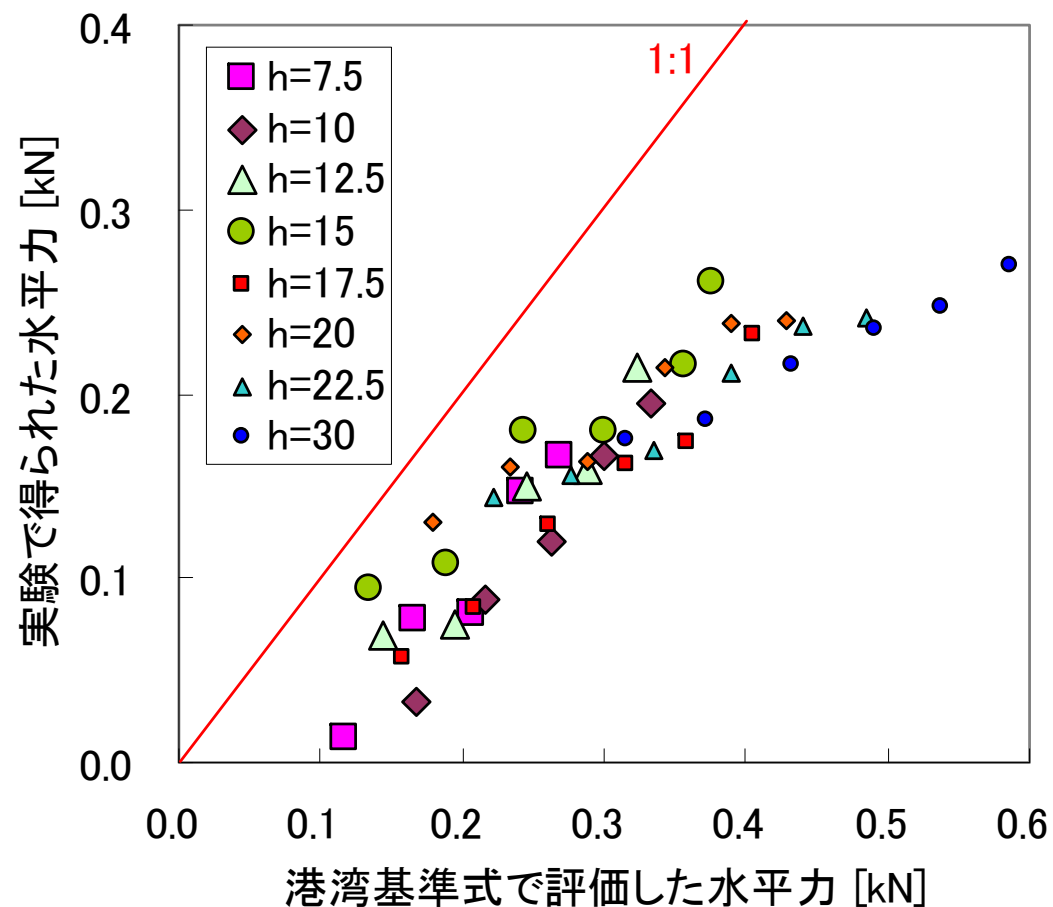
橋梁の津波被災度評価手法(波力の評価法)



橋桁模型に衝突する波



大型模型実験により橋桁に作用する波力を検討



港湾基準式で水平力が安全側に評価できることを実験的に検証

橋梁の津波被災度評価手法 (被災度評価フローを新しく提案)

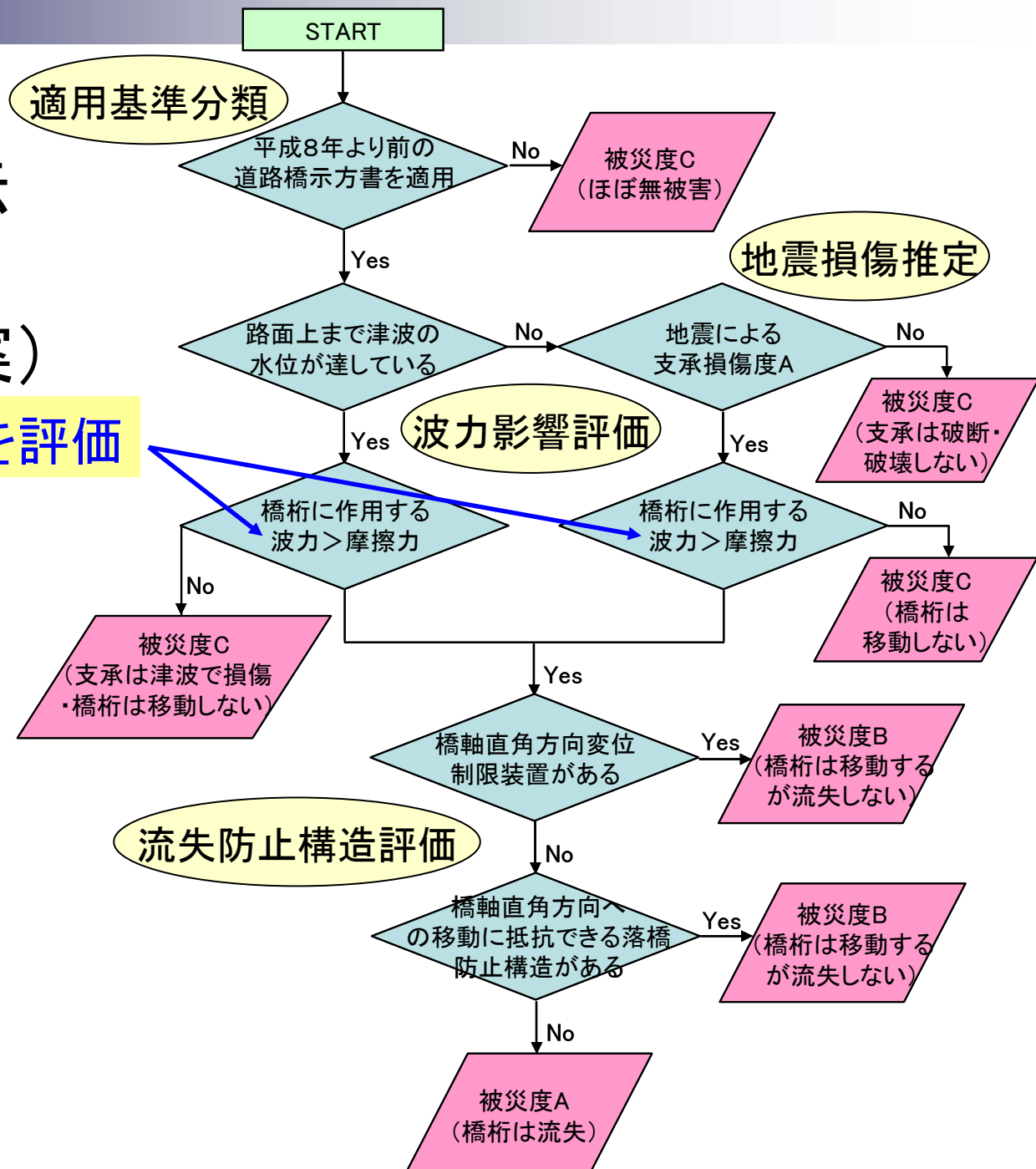
港湾基準式で水平力を評価

判定被災度

被災度 A : 大被害(耐荷力に著しい影響)

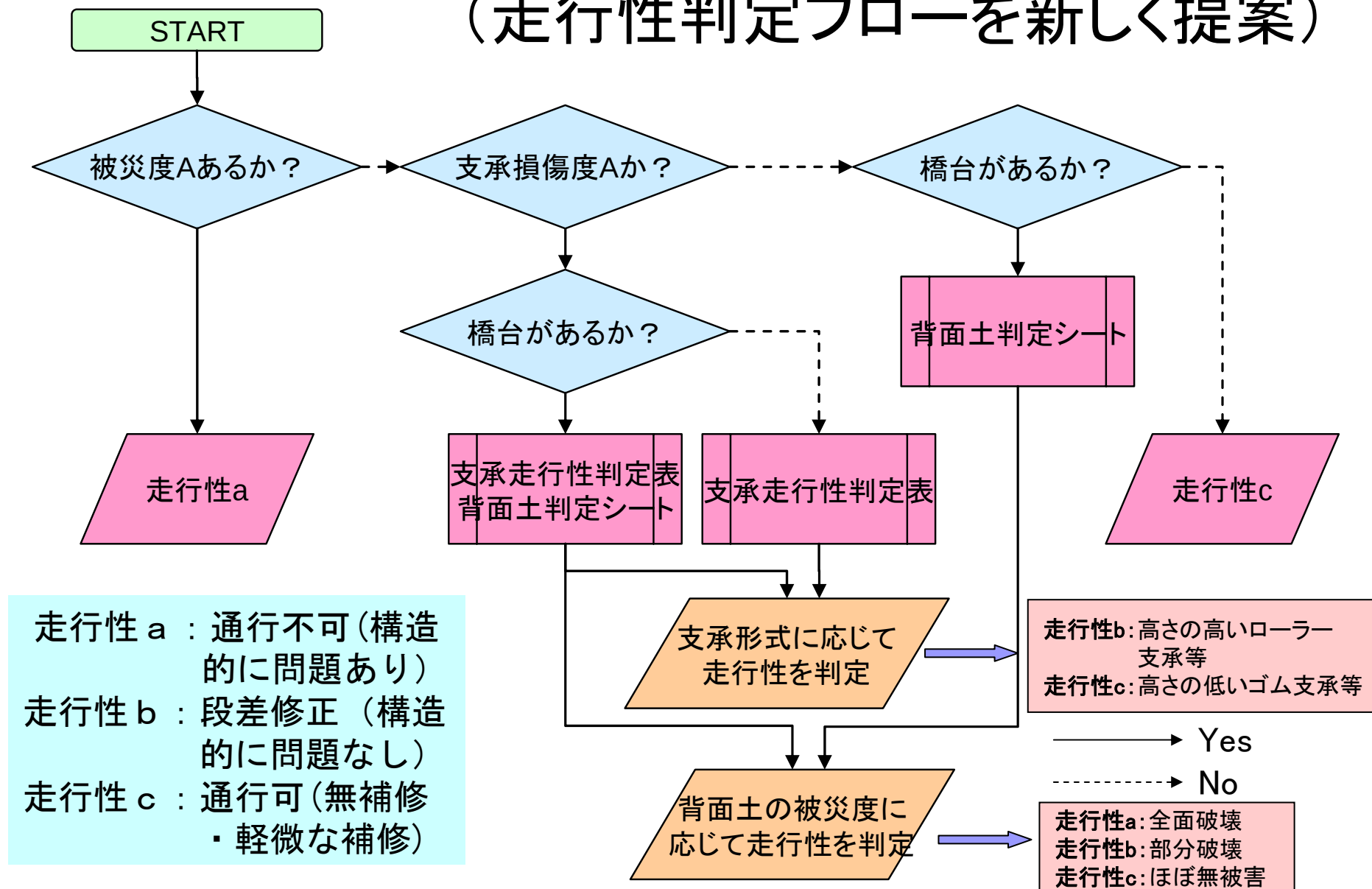
被災度 B : 中被害(耐荷力に影響)

被災度 C : 小被害(耐荷力に影響なし)



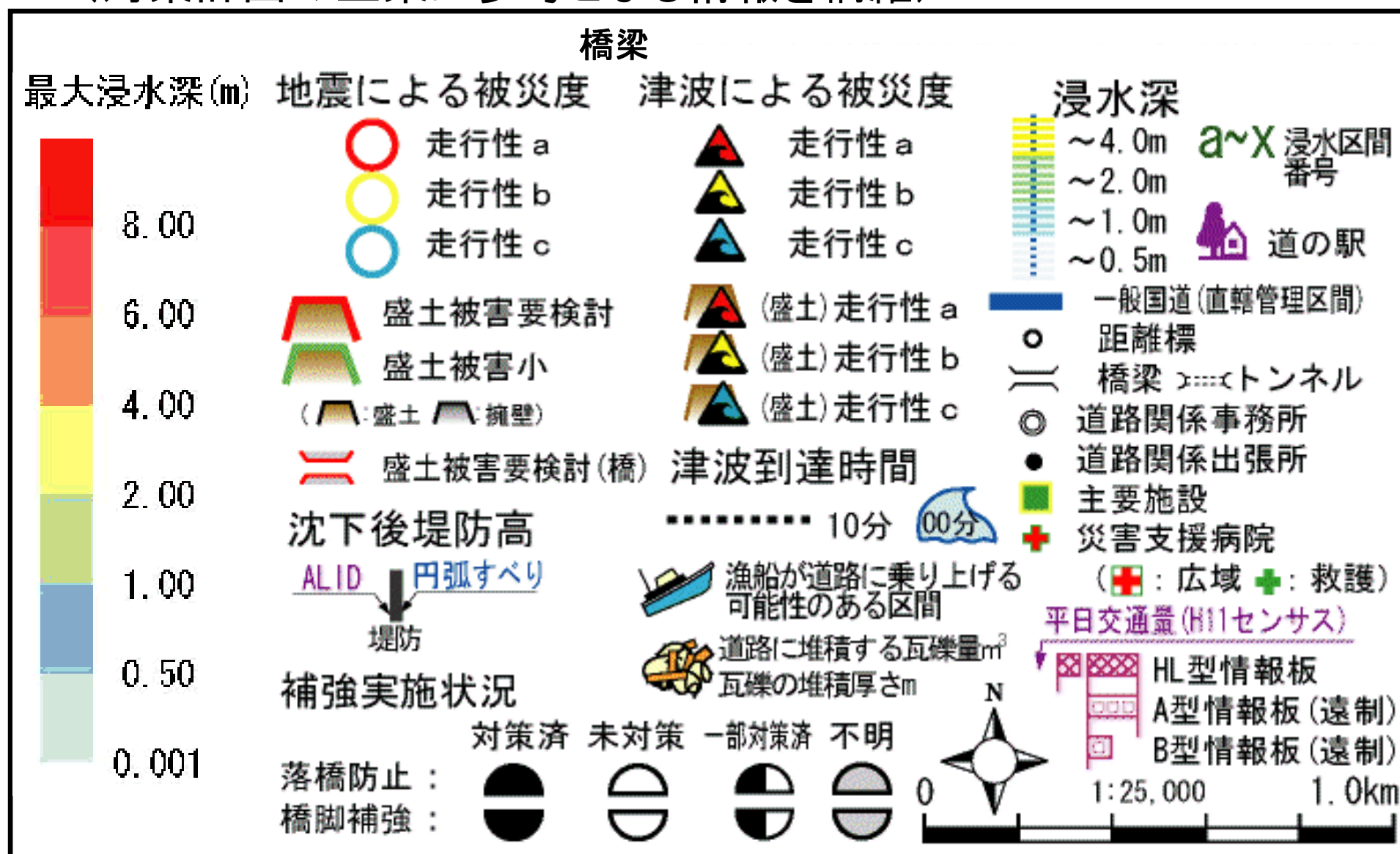
橋梁の津波被災度評価手法

(走行性判定フローを新しく提案)

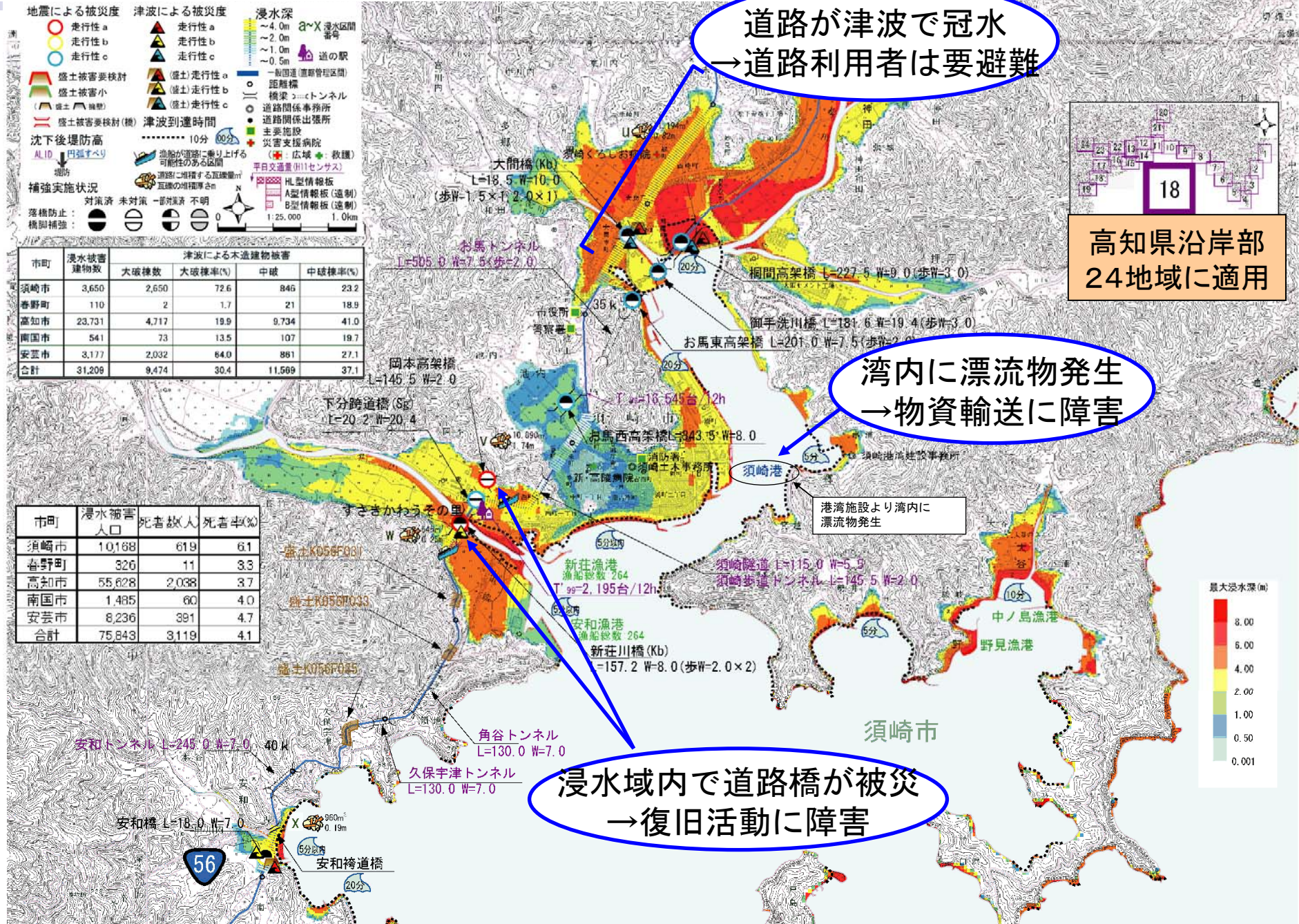


評価結果の表示：被害想定マップの凡例

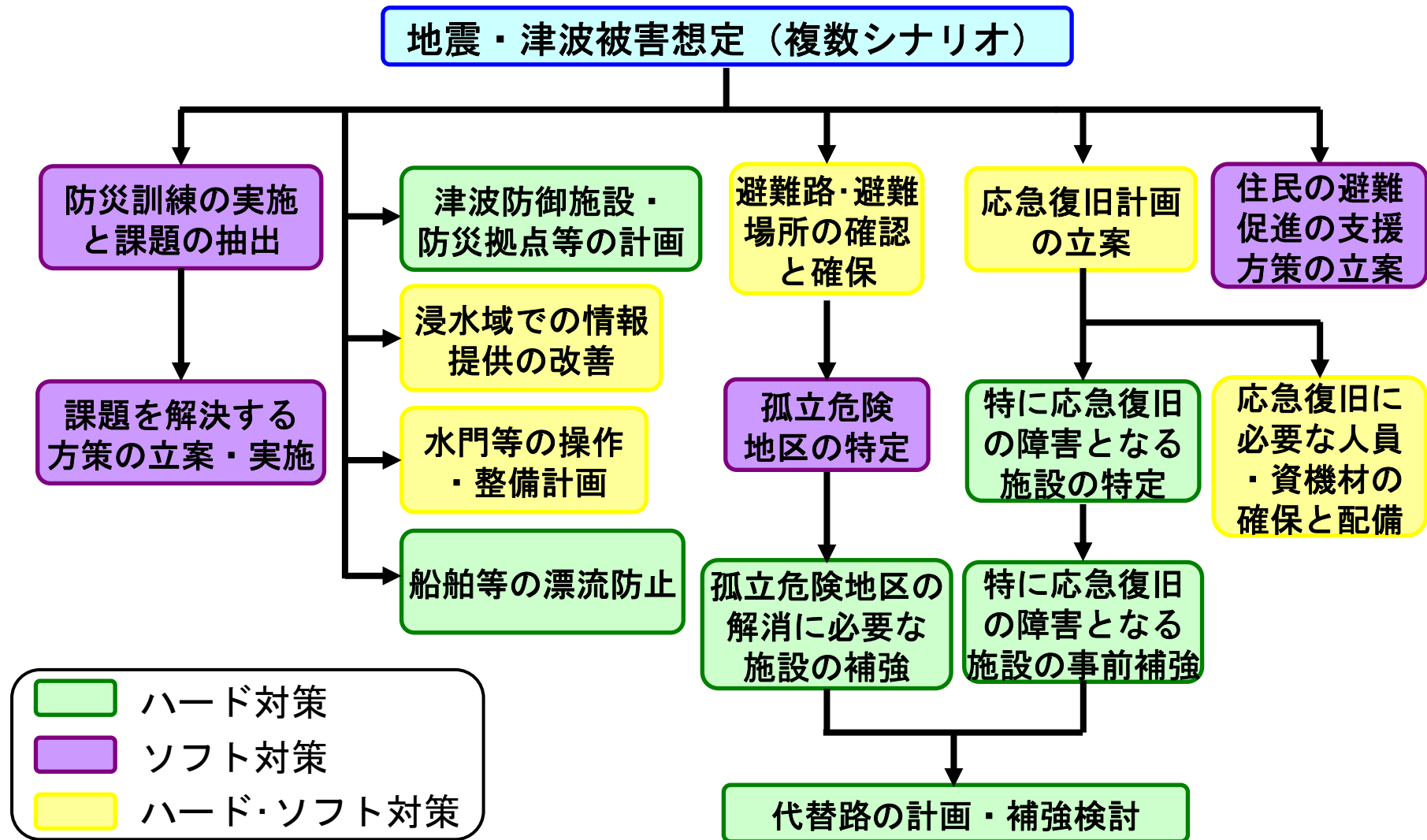
(対策計画の立案に参考となる情報を網羅)



被災リスク評価手法の適用例



3. 地震・津波に対する被害軽減対策の検討方法



被害想定結果に基づく地震・津波対策の検討項目

応急復旧に必要な復旧資源の分析イメージ

	作業量 R	復旧能力 $C = \min(C_1, C_2)$		復旧日数 R/C	復旧資源の不足量		対応策等
		資機材 C_1	オペレータ C_2		資機材	オペレータ	
A市	10	65	20	<1	－	－	復旧資源に余裕がある。近隣市の応援が可能。
B市	30	3	15	10	27	15	復旧資源が不足。近隣市との応援協定の締結を検討。
C市	60	80	10	6	－	50	オペレータが不足。応援協定の締結を検討。特にオペレータの育成・確保が必要。

R : 各自治体の被害想定結果から総合的な復旧作業量を定量化した値

C : $R=1$ の作業が1日のできる能力を $C=1$ として復旧能力を定量化した値

作業量・復旧能力の算定に用いるベンチマーク例

岩佐(2008)

地滑り崩壊（延長100m）

- ・ 24時間体制（3交代）、3日間で復旧
- ・ 国土交通省土木工事積算基準により算定

$$V=5000\text{m}^3$$

30°

機械出力4,000PS、機械オペレータ12人が必要と算定

- ・ バックホウ3台
- ・ ブルドーザ1台
- ・ ダンプトラック10台

この作業量を10として各種被害の作業量を定量化

例：落橋10、盛土被害5



まとめ

- 国総研のプロジェクト研究として実施した「洪水および地震津波災害に対する被災リスク評価手法」に関する研究成果を報告
- 洪水
 - 一級河川指定区間における安全度評価結果を国総研のWebサイトに公表（平成21年12月現在、71/109水系を公表）
- 地震津波災害
 - 海岸・港湾・河川・道路施設を対象とする「公共土木施設の地震・津波被害想定マニュアル（案）、国総研資料No.485」を出版（国総研Webサイトからダウンロード可）

今後の取り組み

本成果を踏まえた、以下の研究が必要

- ①提案手法の検証、精度向上のためのデータ蓄積と手法の高度化、防災対策事業の合理化の支援策としての提案
- ②災害に対する地域全体の防災力向上の観点での研究開発
 - ・ソーシャルキャピタルの特性に応じた地域防災力向上方策
 - ・複合災害（マルチハザード）のリスク評価と防災事業の効率化

参考1:プロジェクト研究の成果概要

研究目的	対象災害	研究成果
1. 施設または地点ごとの被災リスク評価手法の高度化	①土砂災害	(1) 氾濫モデル・住民の避難行動モデルを組み込んだ土石流災害リスク評価手法を開発
		(2) 19,000件のデータに基づく発生頻度と損失予測に基づく斜面崩壊リスク評価手法を開発
	②水害	(1) データ整備が不十分な中小河川において航空レーザ測量データに基づく治水安全度評価システムを開発
		(2) 市町村等職員の活用を意図したGISデータの取り込み・解析から表示までの洪水ハザードマップ作成システムを開発
		(3) 本支川や上下流の治水安全度のバランスを調査するための治水安全度バランス調査方法を作成
		(4) これまで算定方法が提示されていなかった事業所の営業停止波及被害による水害被害額算定手法を作成
2. 被災リスクに基づく防災事業の合理化の支援方策の提案	③地震・津波複合災害	評価手法が十分ではなかった地震・津波複合作用による海岸・港湾・河川・道路施設の被災度評価手法を構築
	①地震・津波複合災害	被害想定結果に基づき道路管理者が被害軽減のために実施する地震・津波対策検討手法を作成
	②災害時対応	(1) 既往地震による課題と教訓に基づき、震後対応能力の向上を図るための実践的な地震防災訓練実施手法を作成
		(2) 高潮・津波に対する住民の避難意志決定要因の解明とこれに基づく避難促進施策の進め方を提案

参考2:プロジェクトの研究成果の活用状況

研究目的	対象災害	研究成果	成果の活用先
1. 施設 または地 点ごとの 被災リス ク評価手 法の高度 化	①土砂災害	(1)土石流災害リスク評価手法	開発モデルの実被害での検証後、防 災事業への活用を提案予定
		(2)斜面崩壊リスク評価手法	
	②水害	(1)航空レーザ測量データに基 づく治水安全度評価システム	71/109水系に対する安全度評価を実施、 結果を国総研Webで公表。H19年に開発 システムの説明会を全地整で開催
		(2)簡易な洪水ハザードマップ作 成システム	開発システムを公表
		(3)治水安全度バランス調査手 法	H19年に地方整備局に配布
		(4)水害被害額算定手法	次期の治水経済調査マニュアル(案) の改訂に活用予定
	③地震・津 波複合災害	公共土木施設の地震・津波被害 想定手法	九州地整(H19-)、土佐国道事務所(H18-)、紀南河川国道事務所(H18)における東 南海、南海地震対策で活用
2. 被災リ スクに基 づく防災 事業の合 理化の支 援方策の 提案	①地震・津 波複合災害	地震・津波対策検討手法	関係機関との連携事項を追加の上、 H21に発刊予定
	②災害時対 応	(1)実践的な地震防災訓練実施 手法	H21.3に本省と国総研の連名で地方 整備局の事務所等に配布
		(2)避難促進施策の進め方の提 案	H21年度にマニュアル化、地方自治 体に配布予定