

土と地盤の常識を再考

「盛土の豪雨時・地震時安定性評価は パラダイムシフトできるのか？」

（実験写真は堤防実験ですが）

平成 30 年 7 月豪雨を踏まえた
豪雨地盤災害に対する地盤工学の課題
- 地盤工学からの提言 -



公益社団法人 地盤工学会

2019 年 5 月

公益社団法人 地盤工学会

平成 30 年度 会長特別委員会

東京都文京区千石四丁目 38 番 2 号

TEL: 03-3946-8677 FAX: 03-396-8678 jgs@jiban.or.jp

（公社）地盤工学会中部支部 支部長
名古屋工業大学・社会工学科・環境都市分野
高度防災工学センター
前田健一



JGS Chubu
公益社団法人地盤工学会 中部支部



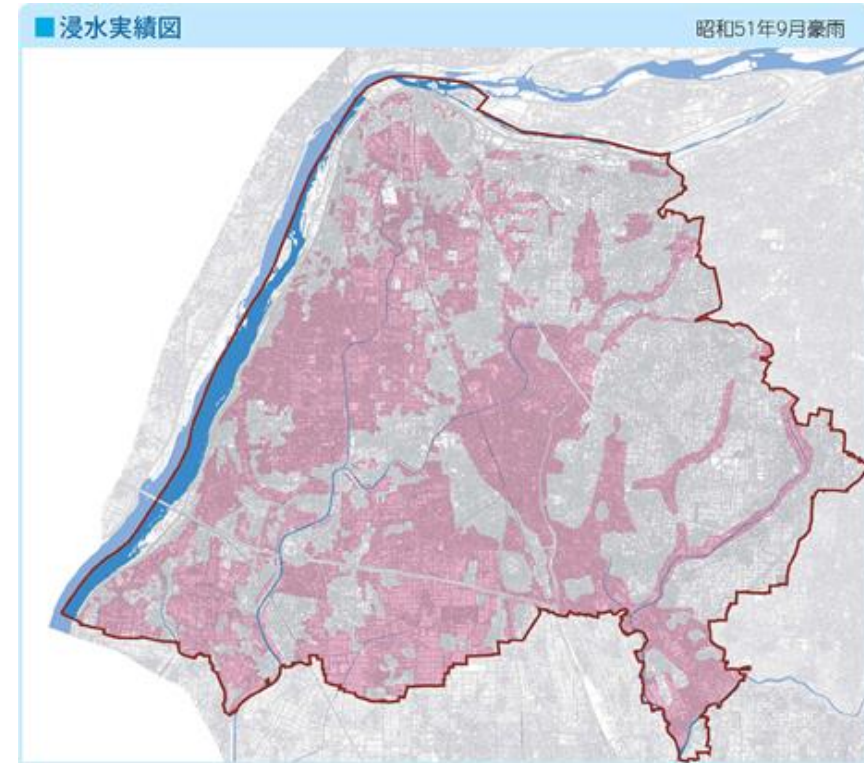
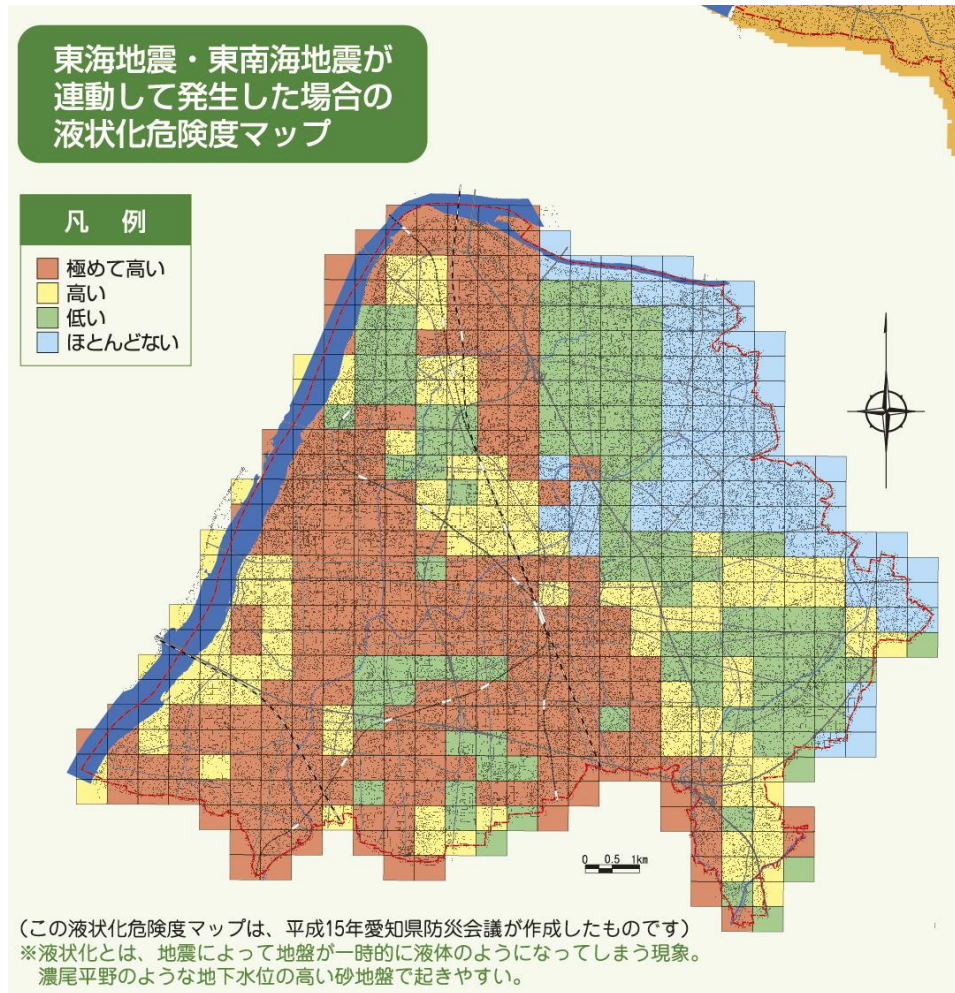
国立大学法人

名古屋工業大学



名古屋工業大学 高度防災工学センター
Advanced Disaster Prevention Engineering Center,
Nagoya Institute of Technology

二つのハザード: (例)一宮市 「液状化」と「浸水」



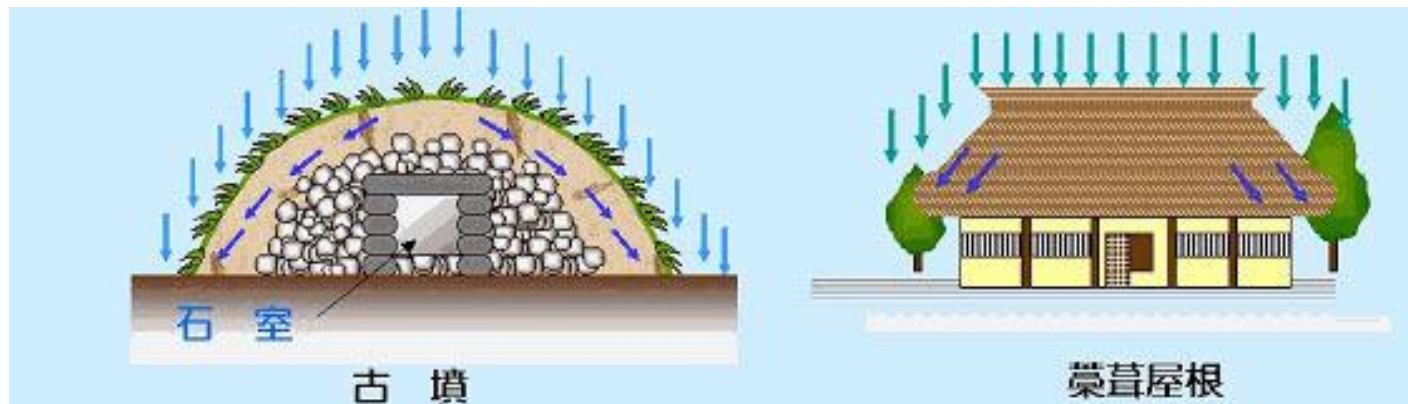
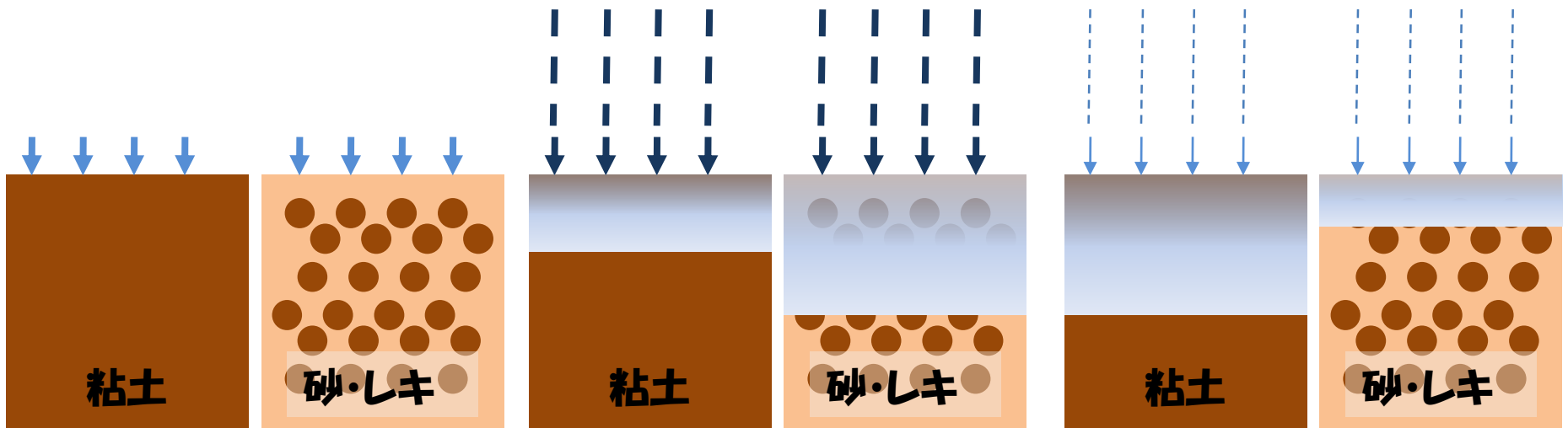
一宮HP:

<http://www.city.ichinomiya.aichi.jp/division/kenshi/shido/jisinnbousaimattpu/jisinnbousaimattpu.html>

通常の雨と豪雨が何が違う？

浸透の不思議

Q どれが一番、雨が染み込みますか？

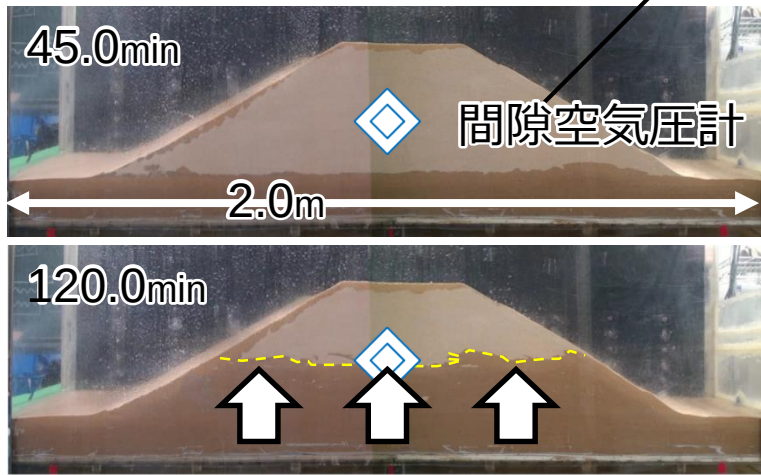


廃棄物処分場にも

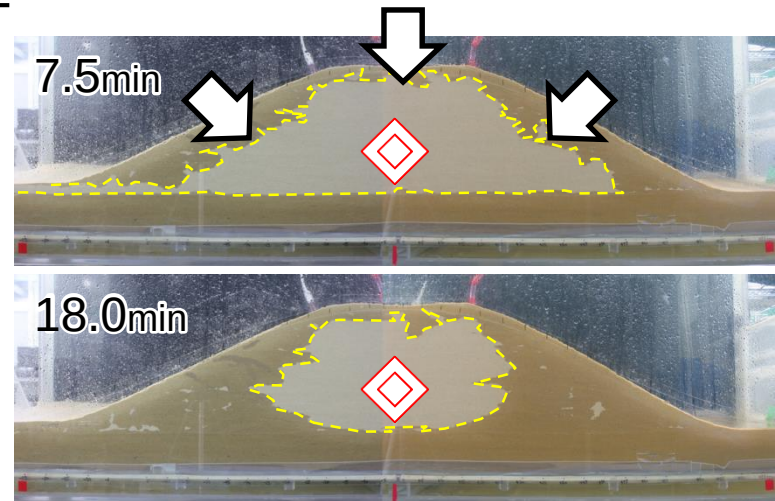
日本国土開発株式会社(http://www.n-kokudo.co.jp/tec_civil/capillary.shtml)

間隙空気による堤防破壊メカニズムの検討

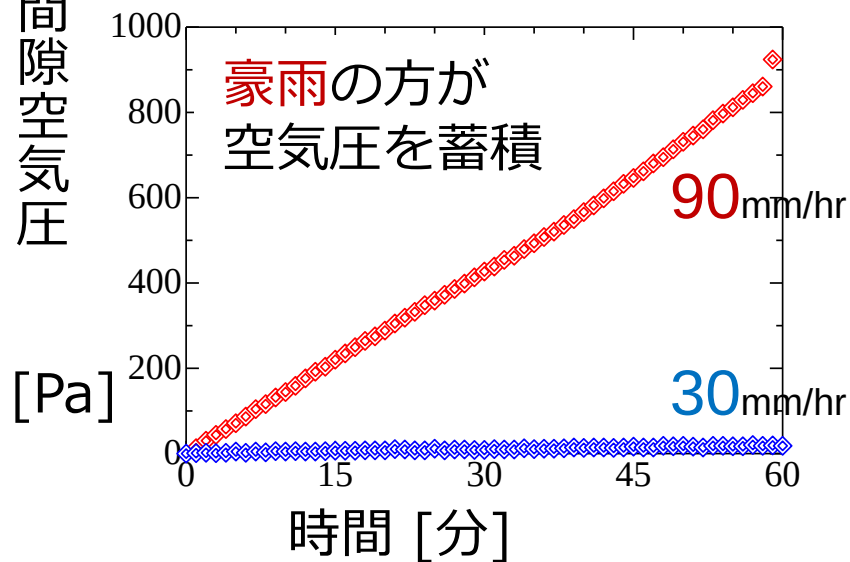
降雨強度30mm/hr 豊浦砂



降雨強度90mm/hr



間隙空気圧

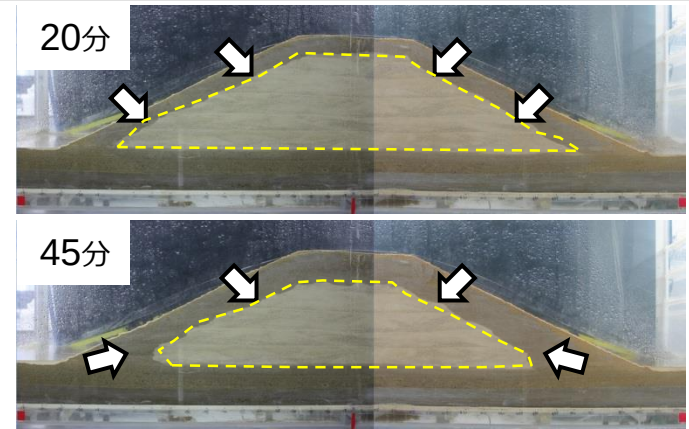
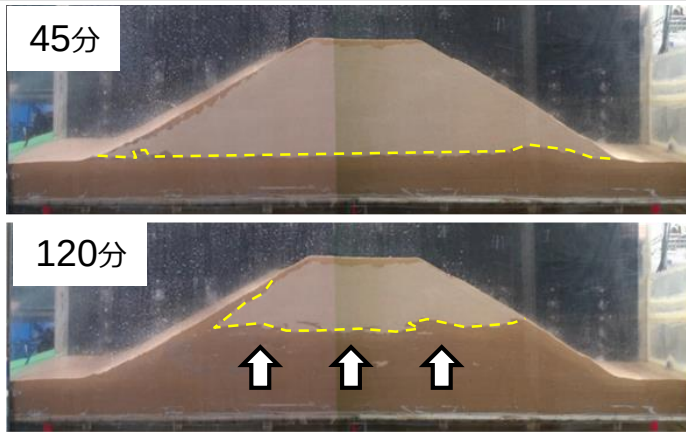


間隙空気圧の蓄積は、内部から
堤防を傷つけ、劣化させる。

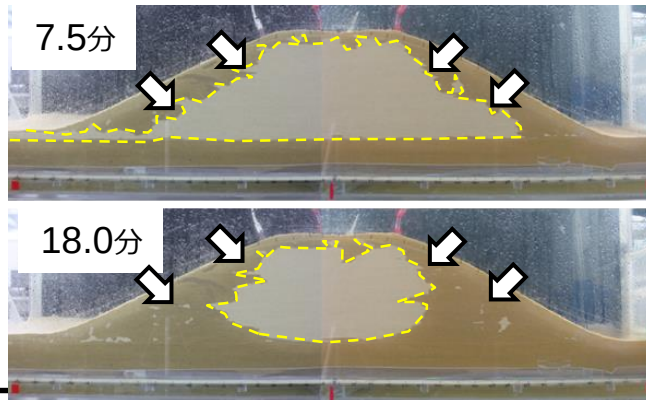
豊浦砂 $k \doteq 10^{-2} \text{cm/s}$

まさ土 $k \doteq 10^{-3} \text{cm/s}$

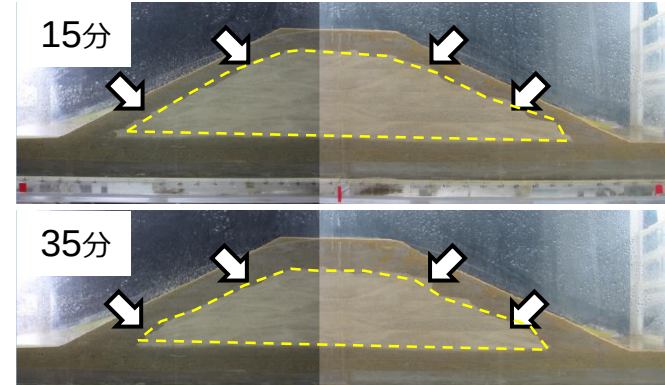
30
mm/hr



90
mm/hr



透水係数 : 10^{-2}cm/s
 D_{50} : 0.173mm
 U_c (均等係数): 1.6
 U_c' (曲率係数): 0.9

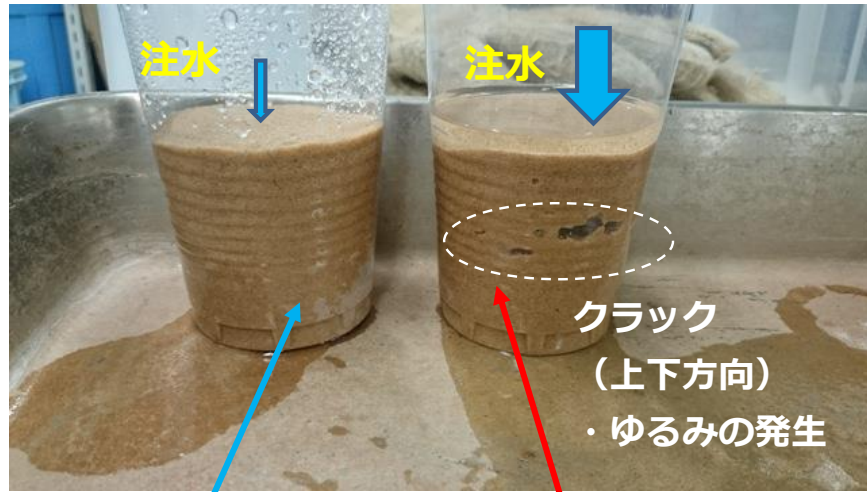


透水係数 : 10^{-3}cm/s
 D_{50} : 0.744mm
 U_c (均等係数): 9.0
 U_c' (曲率係数): 0.8

表層すべりが
起きる (広範
囲であれば被
害は大きい)

飽和透水係数が 10^{-3}cm/s のオーダー, さらに土質材料に注意

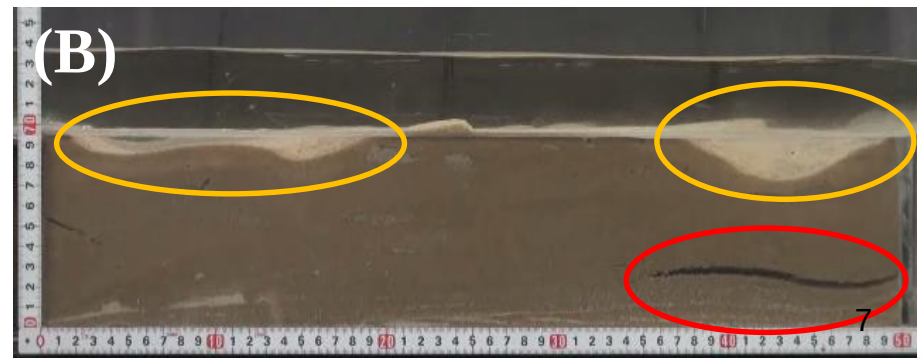
間隙空気によって地盤が不安定化する？



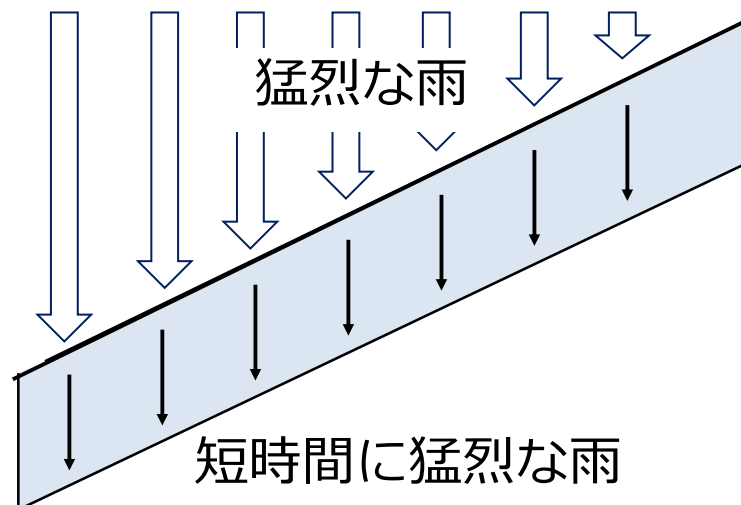
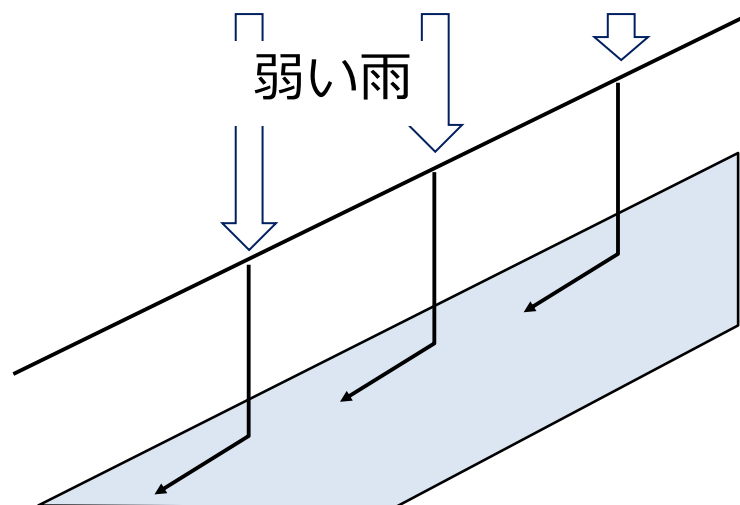
(左) 乾燥砂を入れたコップにゆっくりと水を注いだ場合

(右) 乾燥砂を入れたコップに一気に水を注いだ場合

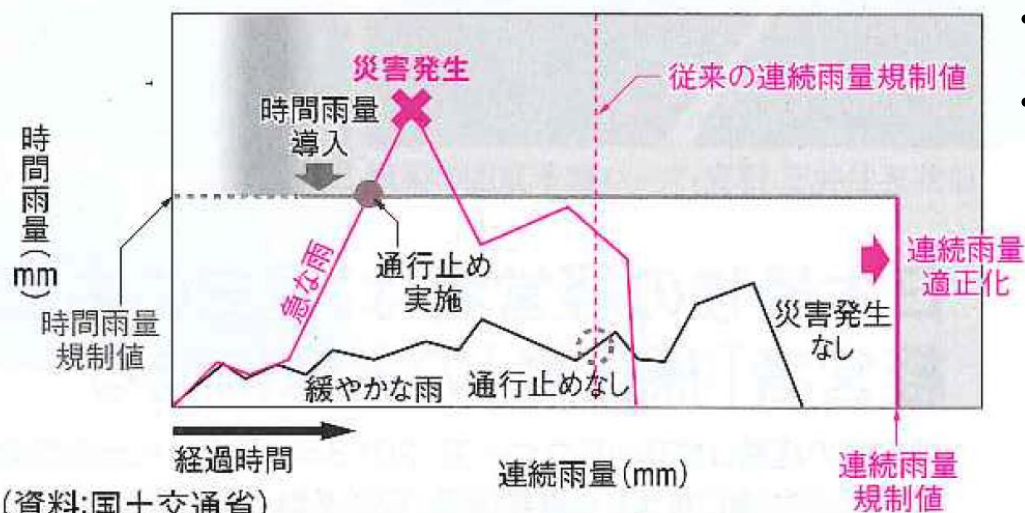
如雨露 (じょうろ) と 柄杓 (ひしゃく)



降雨強度による浸潤挙動の違い



■ 時間雨量による通行規制のイメージ



(資料:国土交通省)

引用: 日経コンストラクション2015.7.27

- ・ 法面内の水分量が急激に増加
- ・ 特に法面表層において一様に増加

表層が急激に浸潤 ⇒ 表層すべりが起きる (広域で起きれば被害は大きい) ⇒ 急斜面の上に緩斜面があると...加速した土砂が...

2015.9.10 air blows from the top of a levee



longitudinal direction of
the river levee

On the top of
the river levee

鬼怒川 決壊
“前兆現象” 漏水とは

茨城 筑西

10日午前5時すぎ

撮影 筑西市消防団

ref.: NHK NEWS WEB

先人の知恵・経験工学：空気抜きの設計例

- 越流堤の内部に溜まった気泡塊を堤体外へ逃がすための抜け孔が設置してある。

例) 庄内緑地公園の越流堤(愛知県名古屋市)



土らしさ：強みと弱みの定説はほんとうか？

- 施工性
- 履歴：締固めとゆるみ
- ねばり
- 経年：強くなる？劣化する？
- 弱点：固定？シナリオベース？

土らしさ

土構造物の管理では、

- ① 水を入れない、
- ② 侵入した水は速やかに排水する

乾燥

【不飽和】

湿润

【飽和】

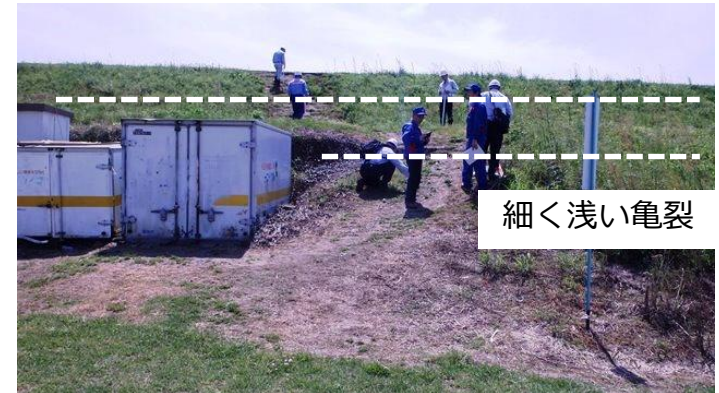
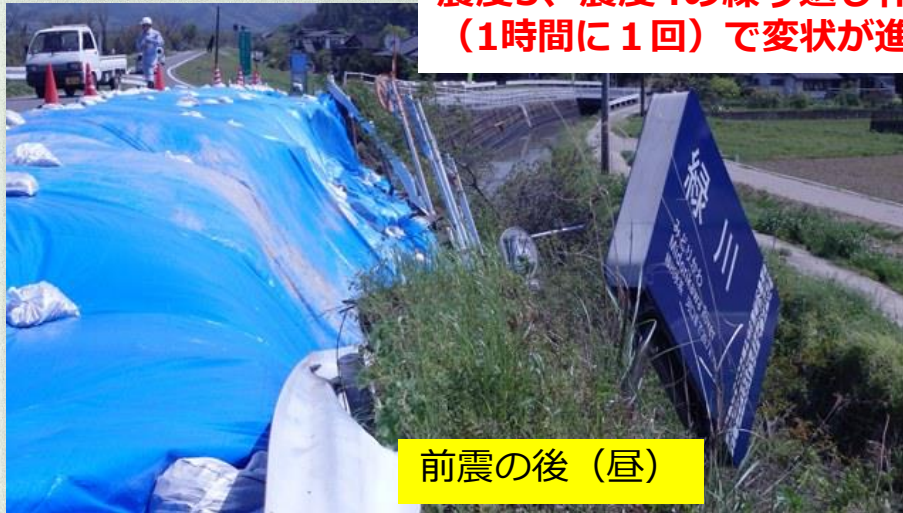
かるい
振動

履歴に弱い土： 熊本地震前震：河川堤防（緑川左岸20k700付近 乙女橋）

緑川左岸20k700付近 乙女橋



震度3、震度4の繰り返し作用
（1時間に1回）で変状が進行



交通量が多い、堤体が狭く、他よりも高くなっている

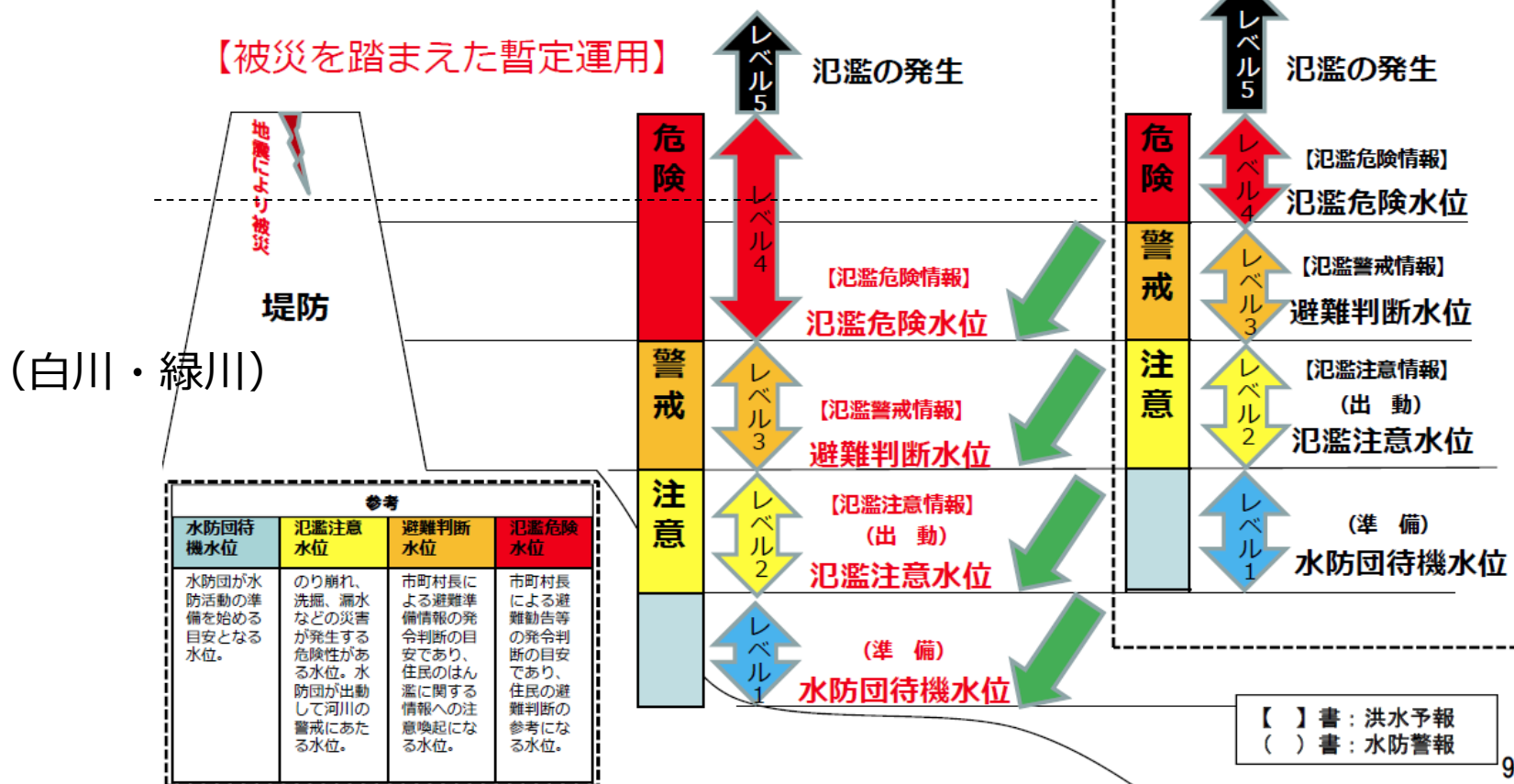
問題は

- 出水期前
- 明日からは雨….

地震による機能低下熊本地震：地震後の洪水に対して

5. 水防警報、洪水予報の基準水位の暫定な引き下げ【4月28日から】九州地方整備局 Kyushu Regional Development Bureau

早期の警戒体制を確立し、早めの水防活動や早めの避難に資するため、水防警報及び洪水予報の基準水位を暫定的に引き下げます。



見えている亀裂以外にもある可能性と基盤が液状化したのであれば地盤が損傷している可能性あり。

土の「ねばり」を持つもの？：ねばりの議論例

■（構造）1968年十勝沖地震，1971年のサンフェルナンド地震：

鉄筋コンクリートの柱がもろく崩れる「剪断破壊」現象，構造物の強度を上回る地震力に対しても，崩壊という大破壊を防ぐためには，「剪断破壊」を絶対避け，構造物に「粘り」を．（設計で想定したように壊す：想定破壊モード）

■（地盤）1995年阪神・淡路大震災：レベルⅠ・Ⅱ，性能規定・照査

引用：1991年 吉見吉昭 「砂地盤の液状化」，技報堂出版，第7章 液状化対策

『一般に，耐震設計では，不確定な地震を相手にするため，構造的多重性（リダンダンシー）と材料靱性（ダクティリティ）を兼ね備えた“ねばり強い”構造物が必要とされる（中略）このような考え方は，もう一つの不確定要素である地盤をも対象とする液状化対策では，なおさら重要である．地盤改良，基礎構造，または両者の組み合わせによって，ねばり強いシステムを構築するように努めるべきである．また，いろいろな手段を複合的に用いて，相乗効果をねらうことは，多重防御という意味でも賢明であろう．絶対確実・万能・経済的な液状化対策はまだ存在しないので，現状では，リスクとコストを天秤にかけて決める保険のようなものであることを施主側にも理解してもらわなければならない．』巨大津波による防災施設の被災とレベルⅠとレベルⅡへの対応 一粘り強い防災施設を目指して：

■（海岸）2011年：東日本大震災

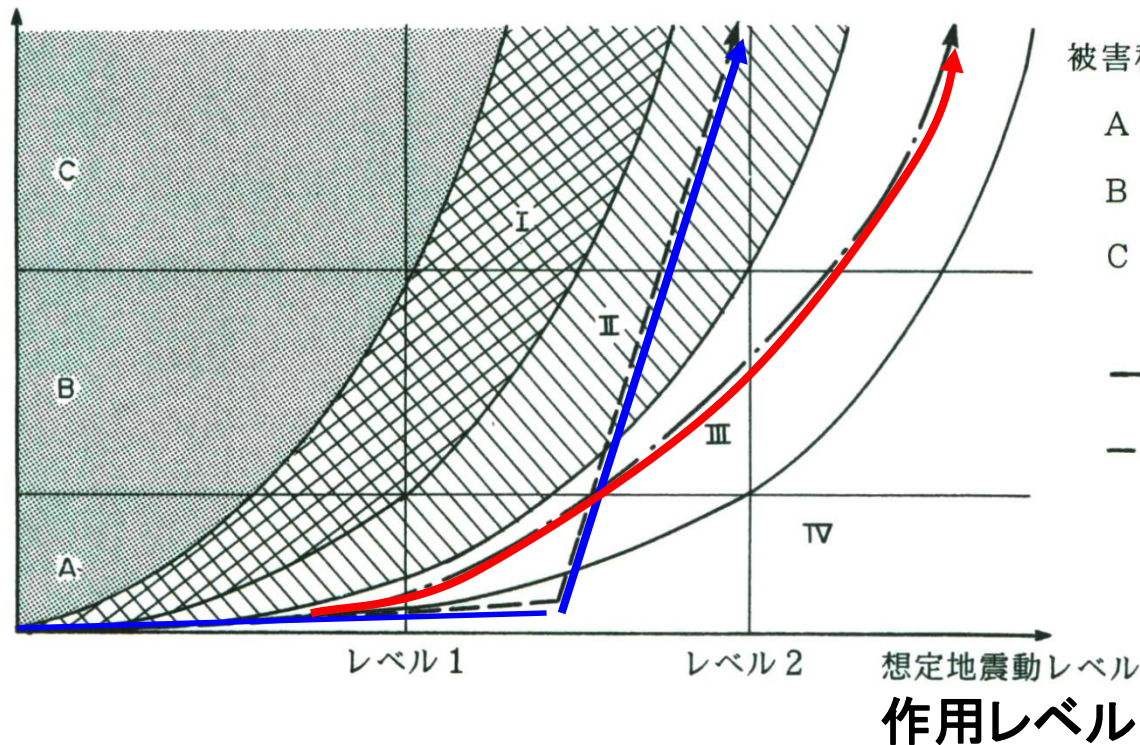
巨大津波による防災施設の被災とレベルⅠとレベルⅡへの対応 一粘り強い防災施設を目指して：

● 力学として最も起き得る変状・破壊現象を理解・予測できるのか！

性能照査の概念図の例

被害程度・損傷程度

被害程度



被害程度

A：無被害または軽微な被害

B：短期間の応急復旧で機能回復

C：著しい被害を受けるが崩壊はしない

--- 構造物 a の特性

— 構造物 b の特性

レベル 1

レベル 2

想定地震動レベル

作用レベル

耐震性能照査の結果の例

構造物 a：耐震性能Ⅲを満足する。

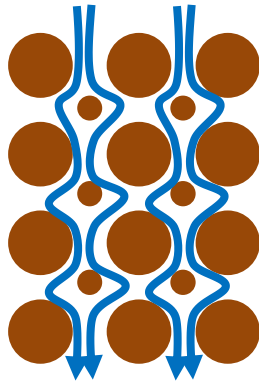
構造物 b：耐震性能Ⅱは満足するが、耐震性能Ⅲは満たさない。

沿岸開発センター：
埋立地の液状化対
策ハンドブック(改定
版)，1997

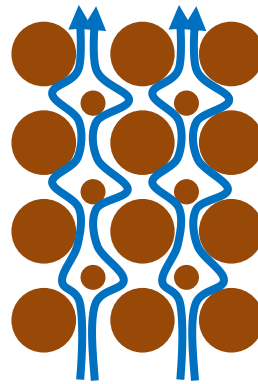
- 対策すれば強くなる。強くなった分だけ大きな外力に耐える。
- 対策した壊れ方と、違った壊れ方をしたら。。。

水の浸透による破壊と土塊の液状化

土粒子は間隙水によって下に引きずられ、土粒子間のスクラムは強くなる

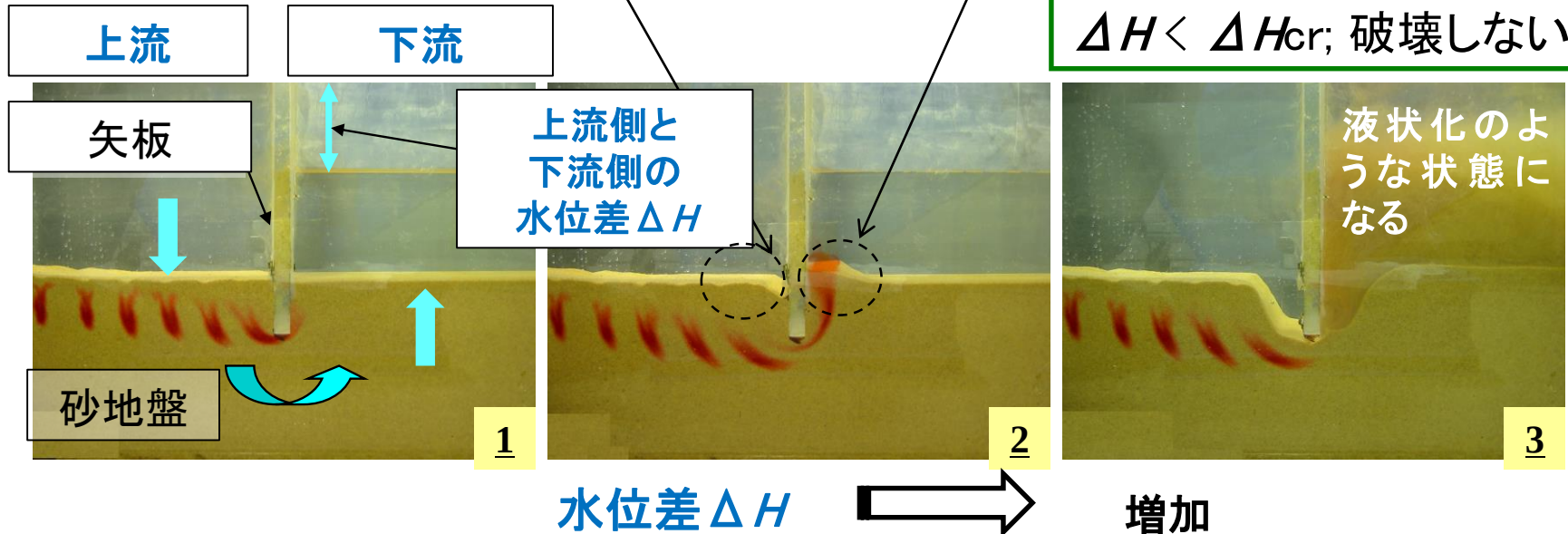


土粒子は間隙水によって上に引きずられ、土粒子間のスクラムは弱くなる液状化

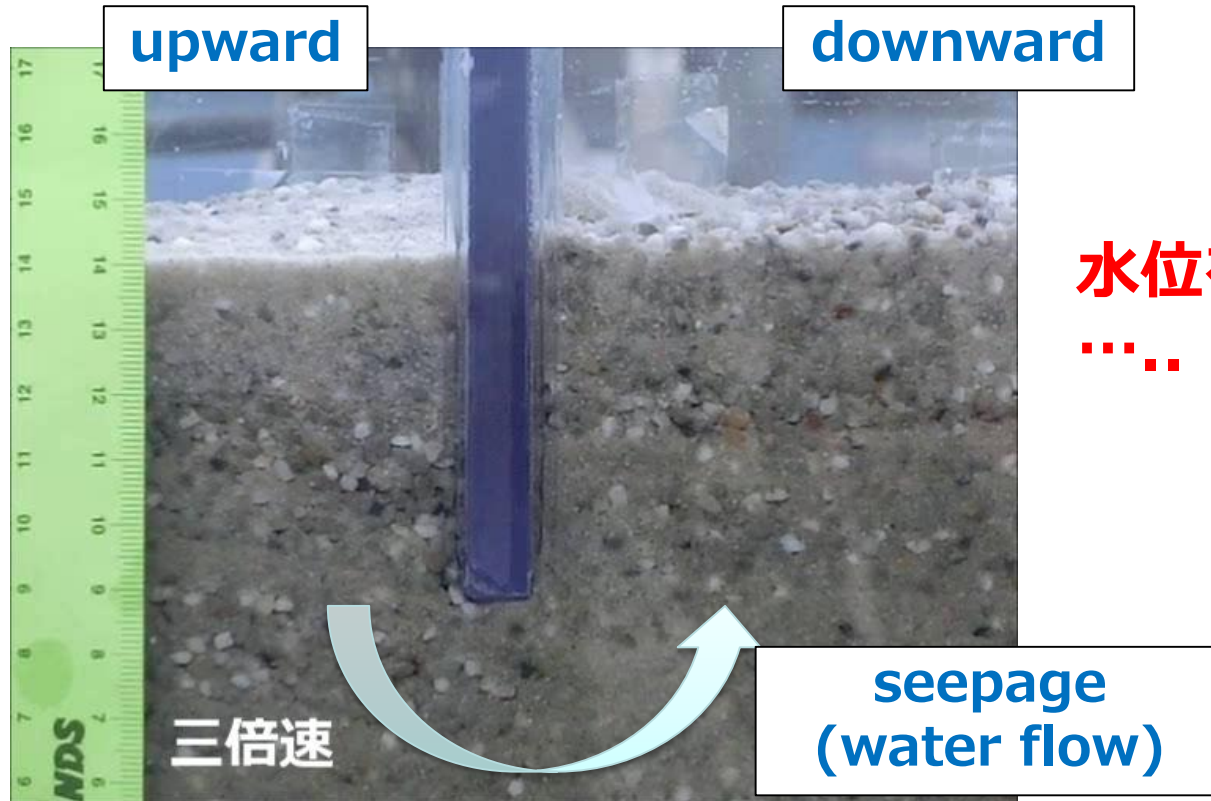


$\Delta H = \Delta H_{cr}$; 一気に破壊

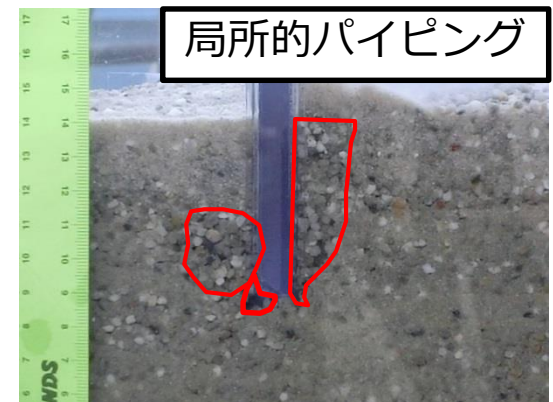
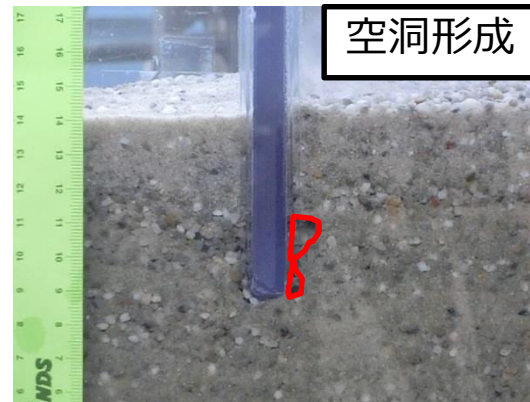
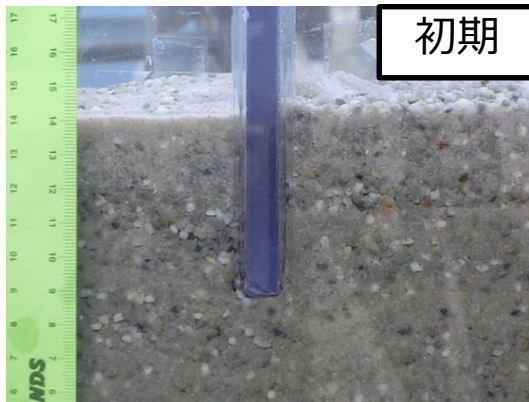
$\Delta H < \Delta H_{cr}$; 破壊しない



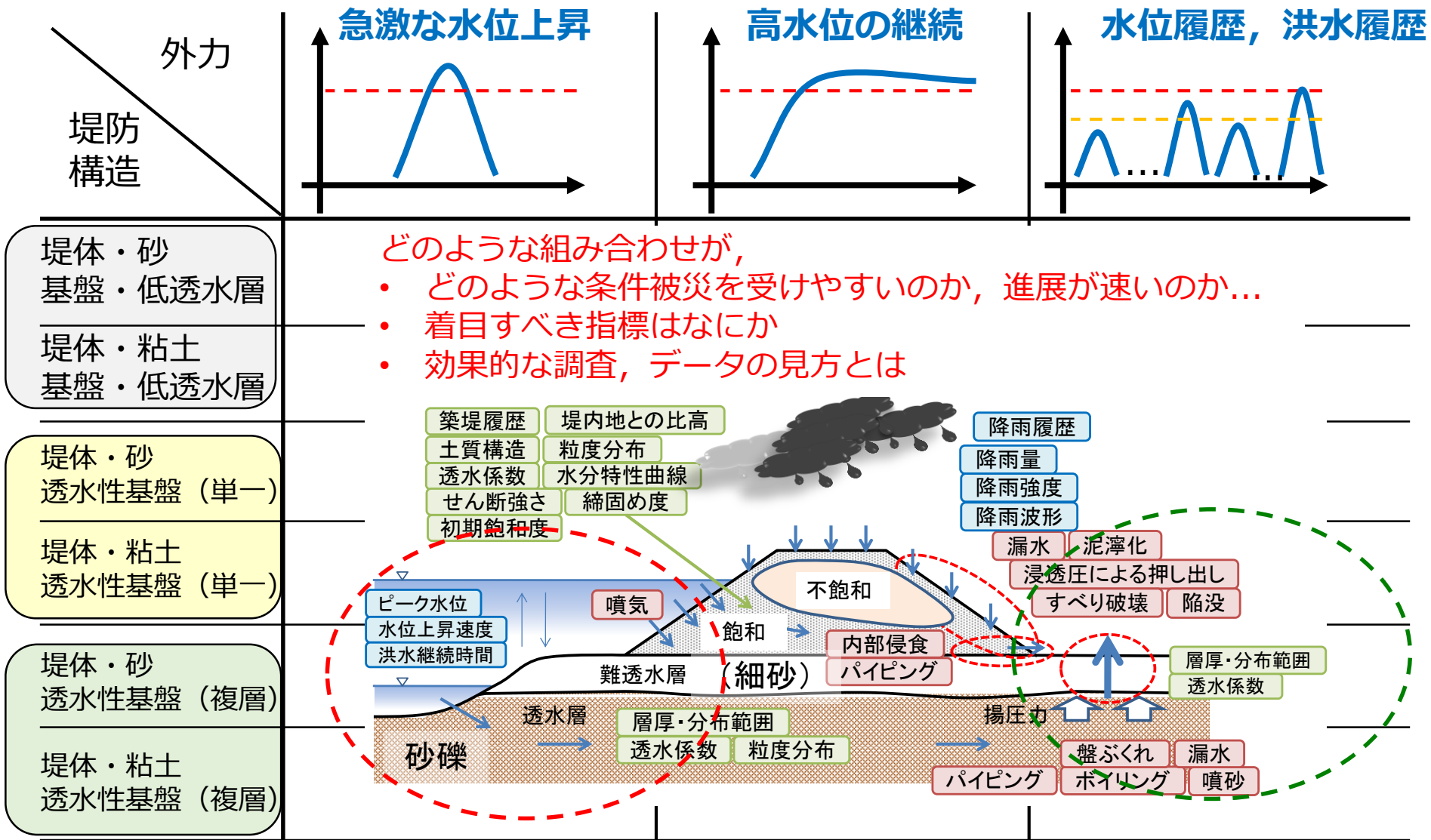
土は劣化する！ 内部侵食を伴う浸透破壊（珪砂の大・小径試料混合）



水位を一定に保つても
… ⇒ 破壊の進展

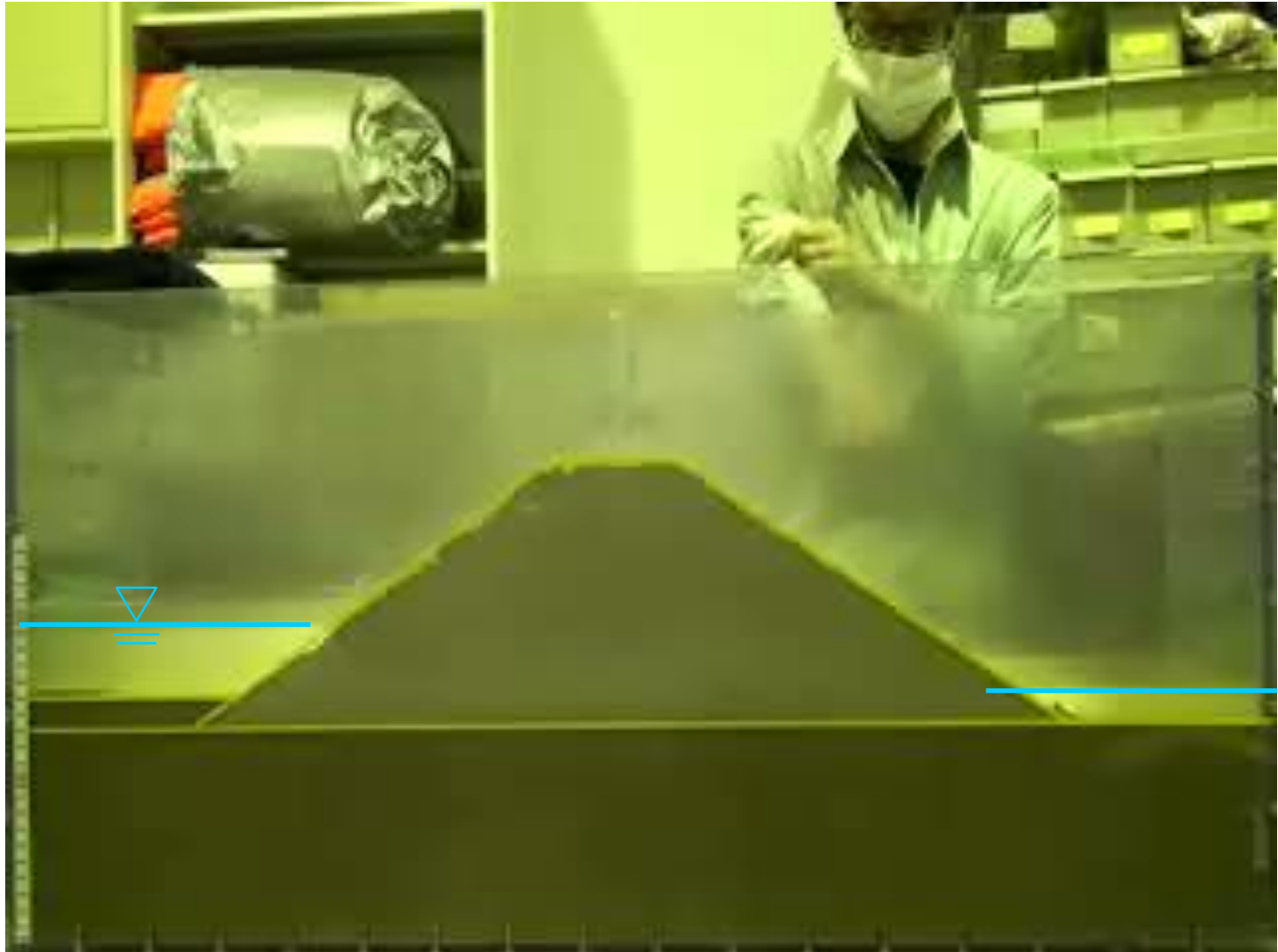


堤防の例ですが？シナリオベース：外力特性と堤防特性を一体に考えた安定性の評価の重要性：シナリオで弱点が変わらないかを確認する必要！



浸透と地震：（例）あらためて低平地の意味とは？

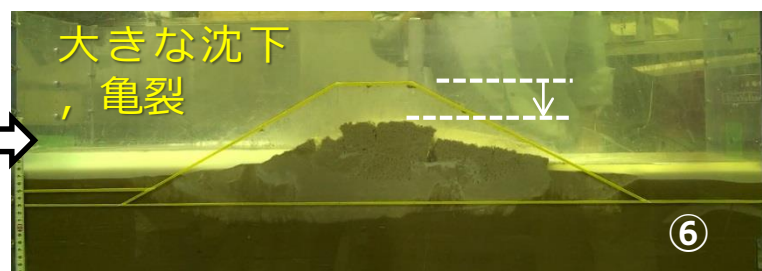
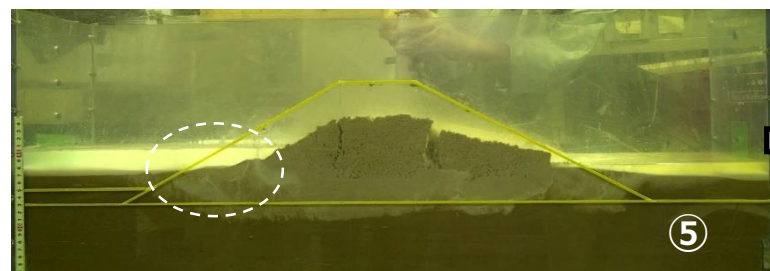
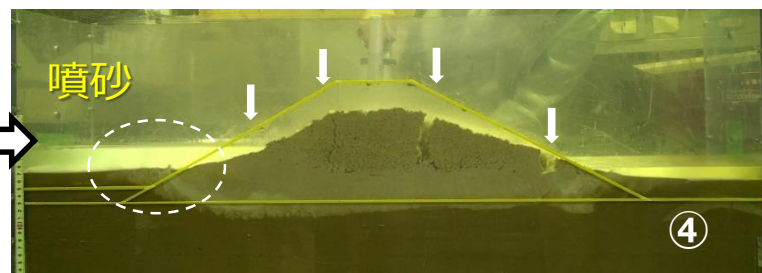
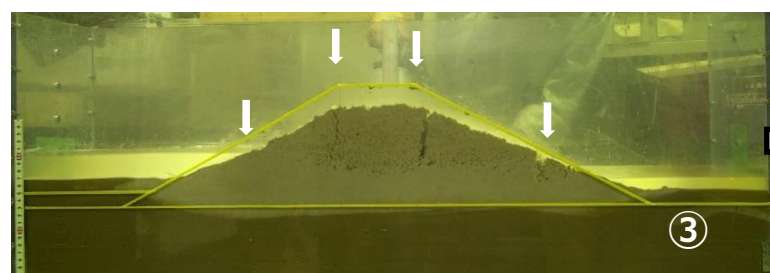
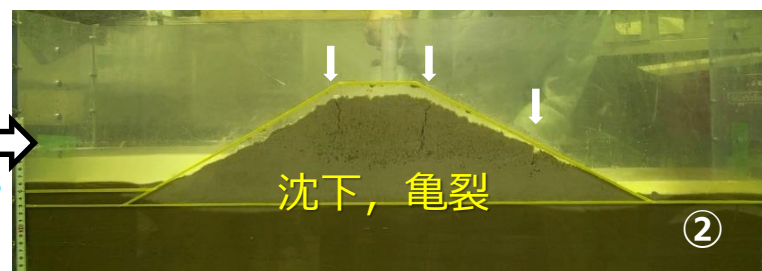
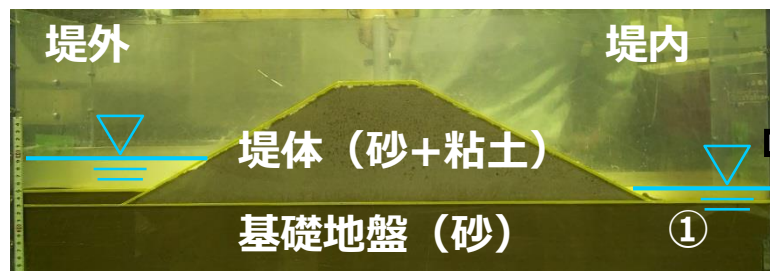
河川水位が低い時： 地震，液状化



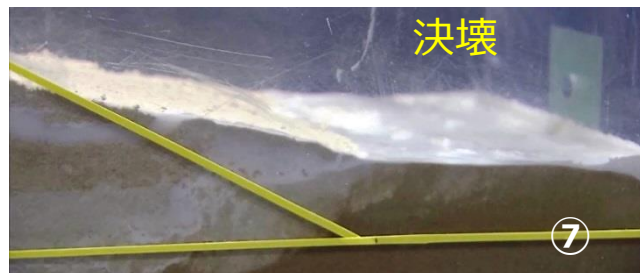
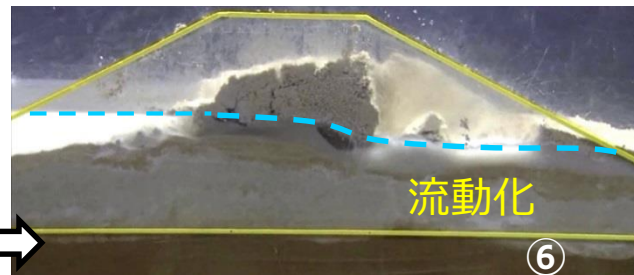
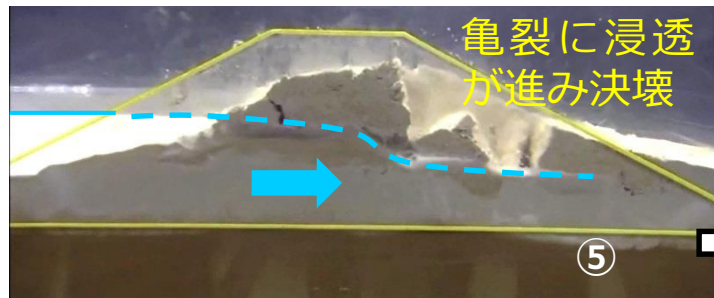
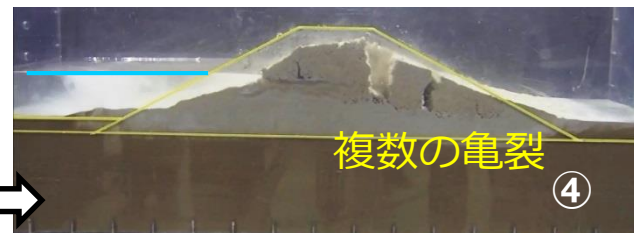
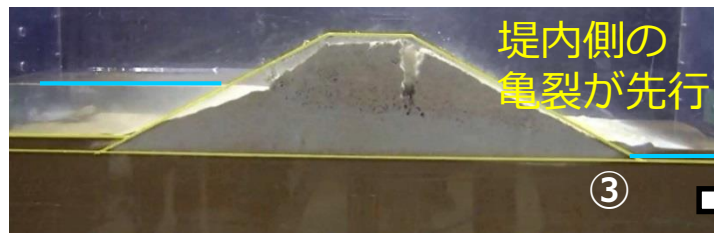
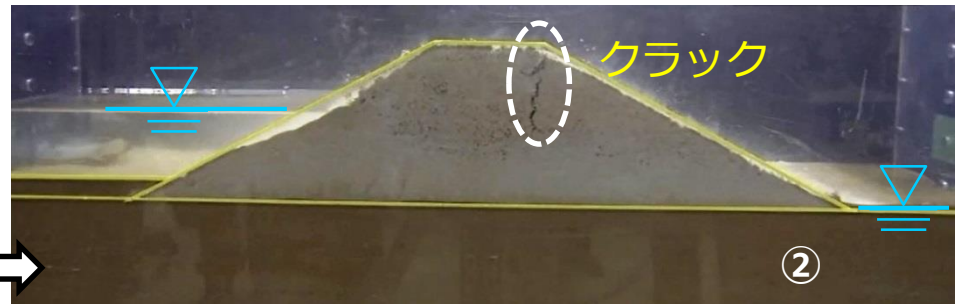
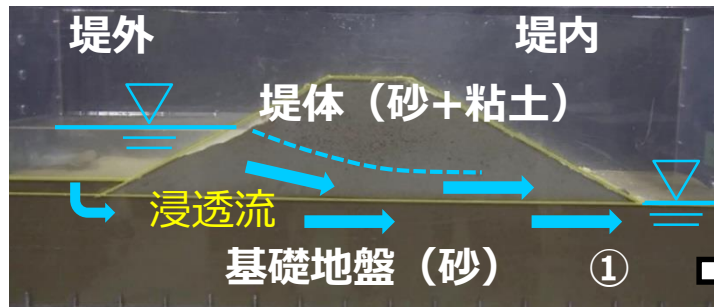
河川水位が高い時： 地震, 液状化



河川水位が低い場合



河川水位が高い場合



ホリスティックな医療： 医者と地盤技術者

地震時の宅地の被害：普段の表情を見逃した？



学会の動き：被災分析の着目点（近年の豪雨・豪雨）

- ① 外力の大きさと被害の規模の関係は**従来の予測の範疇**にあるか。
- ② 被災における主要因は特定されているのか。「雨が降って地盤が緩んでるので...」「地震があったので...」。**地震と浸透の複合作用**はどの程度の影響かはわかっていないけど、可能性はある。
- ③ 崩壊に対する**粘り強さ**は発揮されたのか。甚大な**崩壊箇所以外**に残された、**被災プロセス**の重要な情報は残されているのか。**被災箇所・非被災箇所（非被災条件、現地での破壊の進展プロセスを捉える）**を分かつ理由は何か。ステークホルダーに説明できるのか。
- ④ 既に施工された**対策効果**は発揮されたのか。また、**当初の対策目的以外**の変状に対しても効果を発揮したのか（ex.通常の浸透対策が地震対策に働いた？ また、逆もある？ かえって悪さをしていないか？）。
- ⑤ 今後の豪雨災害対策に資するために、**国・自治体（合流部も含め）のどんな情報**をどのように収集・蓄積するか→**維持管理**（**国際**でのレベルは？）
- ⑥ 災害調査・情報収集**マニュアルとICT**：地盤工学会，堤防研究小委員会，LINEを使った堤防被災情報収取システム（北見工大，東大生研DIAS）

今後の地盤災害調査・研究の体制

(公社) 地盤工学会

災害連絡会議

座長（副会長）
幹事長（総務部長）
専門委員（9分野）
地方委員（9地方）
地方連絡委員（都道府県52）

災害連絡会議は、災害の発生に対して、時機を失すること無く社会的責務を果たすための地盤工学会の初動方針の決定にあたる。災害連絡会議の対応する災害は、地盤工学会の技術領域に関わりの深い災害で、技術的に重要な災害、あるいは、社会的な関心が高い災害であって、学会の対応が望まれると判断される災害とする。

- ・ 初動活動（災害緊急調査団の設置）
- ・ 災害調査委員会の設立
- ・ 報告書の作成，報告会の開催



関連団体と連携

- ・ 土木学会，他
- ・ 防災学術連携体
（日本学術会議）
- ・ 国交省各地整
- ・ 都道府県，その他

災害調査データの収集と活用委員会

1. 調査項目，方法

- ・ これまでは調査団，団員任せ
- ・ 緊急調査と詳細調査

2. データの蓄積

- ・ データベースの構築 DIAS
- ・ 過去のデータの利用
- ・ 関連団体との連携 国交省

3. データの利用

- ・ データを用いた研究

データサインエスも

- #### 4. 多くの会員を巻き込んだ活動： 会員の主体者意識，学会活性化

学会本部主動研究員会が久しぶりに 発動！（堤防分野
2021.04.15 ⇒ 今後斜面分野が立ち上がる）

医療と工学・技術：最適化・総合化

ホリスティックな医療へ

- A) 患者の各症状をみて、いままでの経験から、治療法と薬をきめる対処
→ 典型的方法
- B) もし、複数の症状がみられ、複合的な重度の病気だとしたら → 従来の
様々な複数の薬や方法を試す → これも一見すると総合的治療
- C) でも、ちょっと待てよ、根本的な原因・病巣をみなおして、最適で効果的
な方法、プロセスを考え直してみる→「これぞ名医」！

総合的工学(防災・減災も)に当てはめると

- A) 個々の問題を解決するために個別の技術の適用、その開発や高度化、
最適化に力を注ぐ(地震、豪雨、津波など複数外力来襲…)
- B) もし、複雑・複合的な問題に出くわしたら、課題に対して最適化された技
術を複数個いっきに投入 → それも一見総合的な技術 → これぞ、
地盤技術者！？→.....
- C) でも、ちょっと待てよと、そもそも、目指すべき社会やシステムの姿って
なんだっけ→それに必要な、実現に必要な技術を考えていく → これ
ぞ体系的、総合技術....？