



講演  
災害の示唆から学ぶ

2017. 4. 13

(一般財団法人) 土木研究センター

常田賢一

2004年度～2016年度の主な災害・事故などの発生

2004	10.20	台風23号：円山川の破堤など	* 越流破堤・ため池の決壊
	10.23	新潟県中越地震 M6.8	* 道路盛土のすべり・段差
2007	03.25	能登半島地震 M6.9	* 道路盛土のすべり
	07.16	新潟県中越沖地震 M6.8	
2008	06.14	岩手・宮城内陸地震 M7.2	* 河道閉塞・土石流
2009	08.11	駿河湾を震源とする地震 M6.5	* 盛土のすべり
2011	03.11	東北地方太平洋沖地震 M9.0	* 津波被害/盛土のすべり
	04.11	福島県浜通り地震 M7.0	* 地震断層
	09.03	台風12号：河道閉塞17箇所など	* 相野谷川輸中の被害
2012	12.02	笹子トンネルの天井板崩落事故	* 老朽化
2013	09.16	台風18号：嵐山浸水など	* 越流
2014	08.20	広島豪雨	* 土石流・巨石流出
	09.28	御嶽山噴火	
	11.22	長野県北部の地震 M6.7	* 地震断層
2015	03.31	道路土工構造物技術基準の制定	
	09.10	平成27年9月関東・東北豪雨	* 鬼怒川・越流破堤・落堀
2016	04.16	平成28年熊本地震 M7.3	* すべり・斜面崩壊・落堀
	05.04	鳥根県落石事故	* 落石
	08.30	台風10号：岩手県・北海道洪水	* 橋梁取付け盛土の流出
	11.22	福島県沖地震 M7.4	* 津波：仙台新港 1.4m

卒業後～大学赴任前

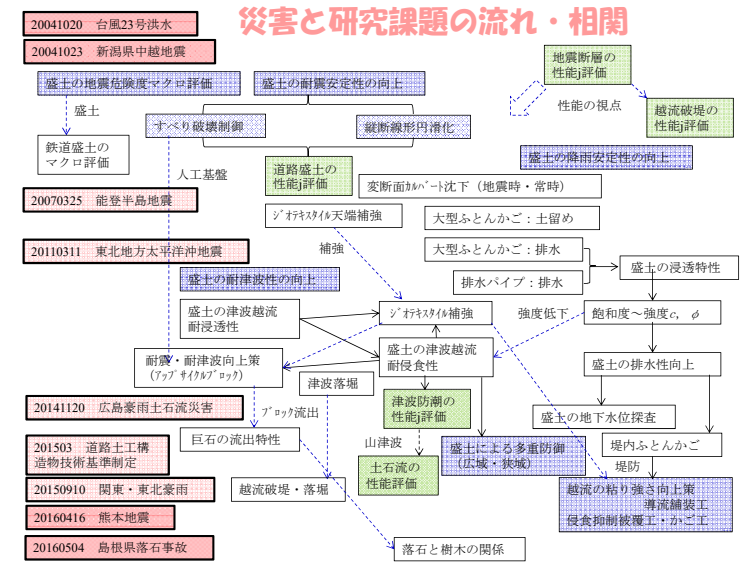
昭和51年 4月	建設省土木研究所	地震防災部振動研究室
昭和57年 4月	同	北陸地方建設局 高田工事事務所調査第二課
昭和58年 5月	同	同 企画部企画課
昭和59年 7月	同	同 技術管理課
昭和60年 6月	(財) 国土技術開発研究センター	研究第二部
昭和62年 9月	建設省土木研究所	企画部システム課
平成 1年 4月	同	同 地震防災部振動研究室
平成 5年 4月	同	北陸地方建設局 金沢工事事務所
平成 7年11月	(財) 日本建設情報総合センター	研究第二部
平成 8年11月	建設省土木研究所	道路部
平成12年 4月	同	耐震技術研究センター
平成13年 1月	国土交通省土木研究所	耐震技術研究センター
平成13年 4月	(独) 土木研究所	耐震研究グループ

以上、28年間 = 土木研究所19年 + その他9年  
所属数12：平均2.3年・最短1年・最長6年

平成16年 4月	国立大学法人 大阪大学大学院 工学研究科
----------	----------------------

以上、13年間 1所属

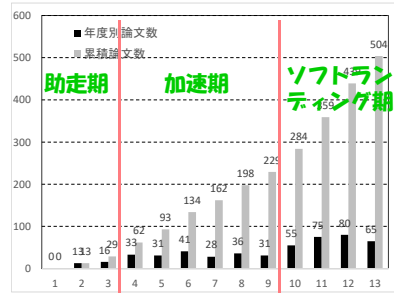
平成29年4月 (一般財団法人) 土木研究所



## 研究の実績・評価

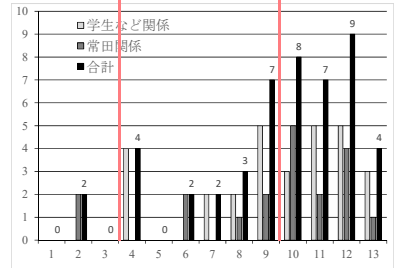
### 論文

査読論文 **130**  
 シンポ関係 **54**  
 その他 **320**  
 計 **504**



### 受賞

指導学生のみ **29**  
 常田関係 (うち、学生含む) **19 (6)**  
 計 **48**  
 (学生関係 **35**)



## 1. 災害の示唆と研究の動機

現象を良く視ると、ヒント・示唆、研究シーズが得られる。  
 そのためには、観察眼、センス、気づきが必要性！

- 2004新潟県中越地震：盛土のすべり、段差の規模  
 → すべり破壊制御、縦断線形円滑化の概念
- 2007能登半島地震：盛土のすべりの位置  
 → すべり破壊制御=人工基盤
- 2011東北地方太平洋沖地震：津波による盛土の軽微な被害、ジオテキサ被覆  
 → 防潮盛土、盛土による多重防御、越流対策
- 2014広島豪雨：土石流の被害規模  
 → 巨石の流出・危険度のソーニング
- 2015関東・東北豪雨：越流破堤の発生・拡大  
 → 粘り強さ=破堤抑制+破堤拡大抑制
- 2016熊本地震：連続地震・高速道路の通行止め・斜面崩壊  
 → 道路の性能評価・隣接する構造物の影響
- 鳥根県落石事故：落石の発生要因  
 → 樹木の根茎の影響

## 講演内容

1. 災害の示唆と研究の動機
2. 道路土工構造物技術基準と課題

## 新潟県中越地震の盛土被害からのヒント 1

すべり破壊による被害

道路機能の低下 大

道路機能の低下 小

致命的な被害

軽微な被害

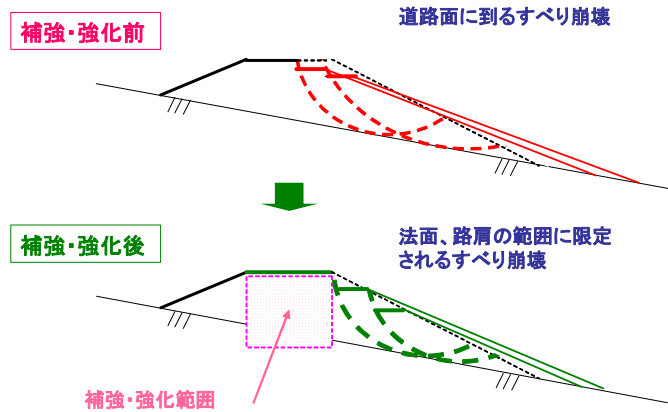


2車線に及んだすべり崩壊事例

法肩付近に止まったすべり崩壊事例

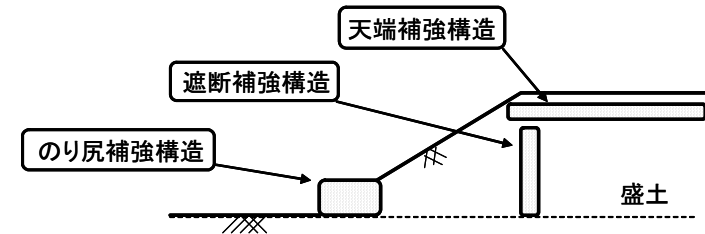
すべり面の位置および変位量を制御し、車道部における損傷を限定的に止める設計法が有効！  
**すべり破壊制御工法** と呼ぶ

## すべり面の位置を制御する 【すべり破壊制御工法】の設計の概念

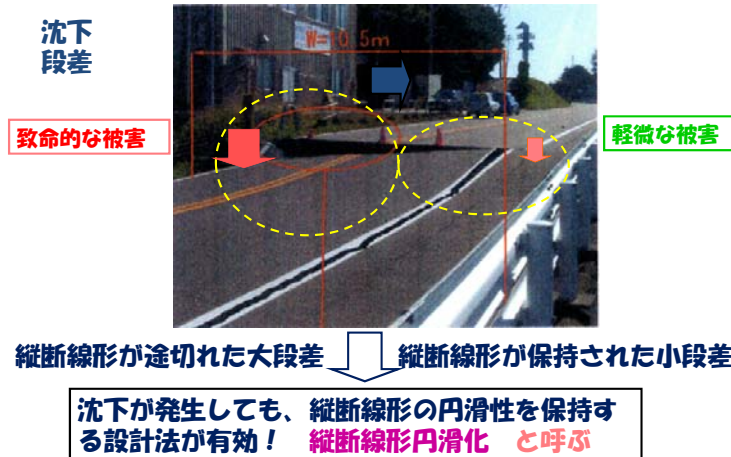


## 3つの設計理念を提示

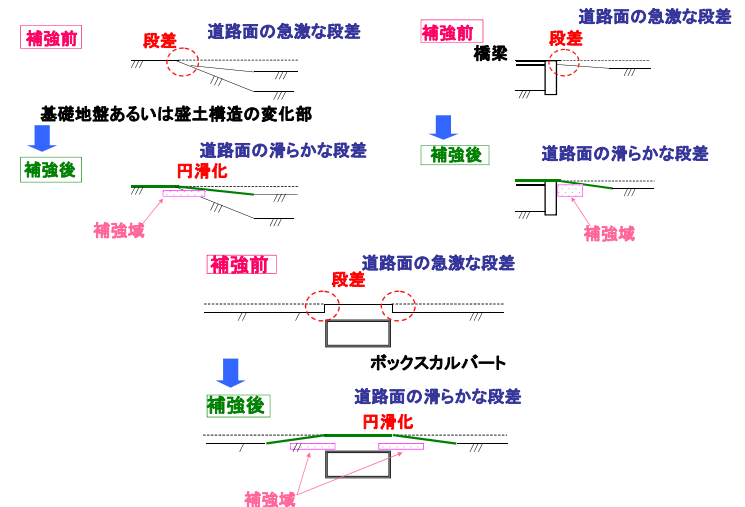
- (1) 盛土の天端付近に限定した部分的な補強により、すべり面の発生位置あるいはすべり量を制御する工法。  
【天端補強構造】
- (2) 盛土ののり尻に限定した部分的な補強により、すべり量を制御する工法。  
【のり尻補強構造】
- (3) 盛土の路肩の直下に建て込んだ構造体の補強により、すべり面の発生位置およびすべり量を制御する工法。  
【遮断補強構造】



## 新潟県中越地震の盛土被害からのヒント2

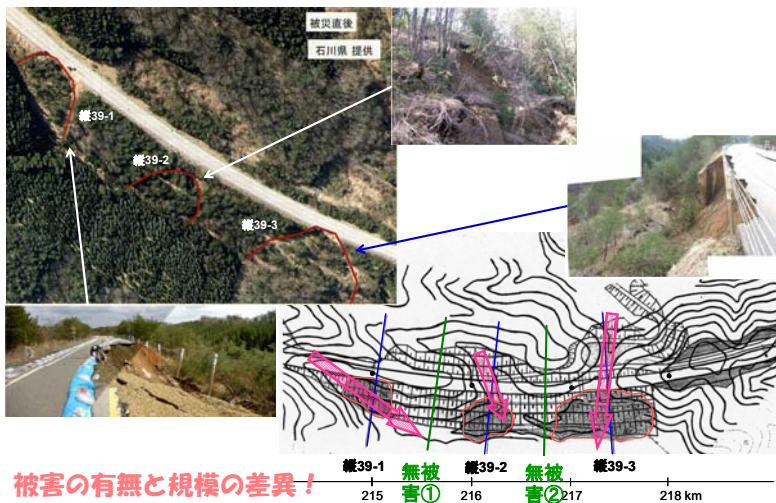


## 【縦断線形円滑化工法】の設計の概念





## 2007能登半島地震の盛土被害からのヒント



被害の有無と規模の差異！

## 地山地形の形状・方向の必要性！

いずれも沢部

39-1と39-3は路面に至るすべり

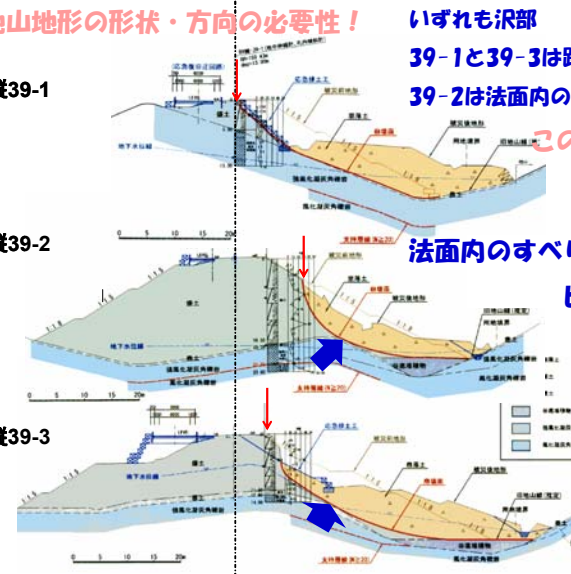
39-2は法面内のすべり

この差異は何故？

縦39-1

縦39-2

縦39-3



法面内のすべりに誘導する

ヒント=対策

↓  
人工地山  
人工基盤

## 被害のヒント・示唆から、 4つの対策構造の設計理念を提示

機能1：すべり面の位置を法面側に移動＝天端への影響を減ずる

機能2：すべり面を小さくする＝すべり量を減らす



## 被害のレベルから分かること



4車線の4車線崩壊



4車線のうち、2車線崩壊



2車線の2車線崩壊



2車線の2車線崩壊



2車線の2車線にかかる崩壊



2車線の2車線にかかる崩壊



4車線のの上り1車線にかかる崩壊



2車線の1車線崩壊:1車線通行



2車線の2路側・のり面崩壊



路肩のすべり:無補修のまま緊急車両走行



のり面内崩壊

道路盛土の被災直後の通行機能を考慮した耐震性能基準(案)の提案

	ランク	被災直後における常時の通行機能の確保の難易	車道路面の段差
性能1	1	通行機能が確保	段差高が2~3cm以下
性能2	2	通行機能は低下するが、その確保は比較的容易	段差高が2~3cmを超えて、20~25cm以下
	3	通行機能が低下し、確保がやや困難	段差高が20~25cmを超えて、50cm以下
性能3	4	通行機能の確保に長期間が必要	段差高が50cmを超える

致命的・壊滅的な津波被害の既存の防潮堤



表法

決壊・流出(山元町坂元)



天端

裏法

決壊と天端決損(岩沼市北新田)



## 土堤防の耐津波性が示唆された場所！

仙台中林区井土浦



## 3.11津波による盛土の軽微な被害からのヒント

表法の侵食は軽微、天端の侵食は僅か、  
裏法先が侵食・落堀形成 → 致命的ではない  
何故か？ → 研究動機

越流深  
推定  
3.85m

堤防高  
3.9m



表法

裏法

天端



## 砂浜の人工盛土による津波抑止が示唆された場所！

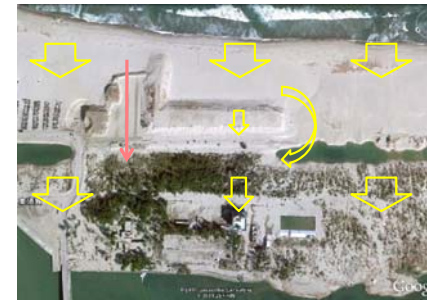
名取市関上



津波来襲時の状況：海上保安庁による

## 3.11津波による盛土背面の浸水状況、残留ジオテキからのヒント

盛土でも高さがあれば、  
浸水が防げる  
ジオテキによる侵食限定化、  
形状保持の機能  
→ 実験で検証  
対策の示唆



高盛土

低盛土

保安林

ジオテキスタイル



**水路越流模型実験：東洋建設・鳴尾研究所**



越流前

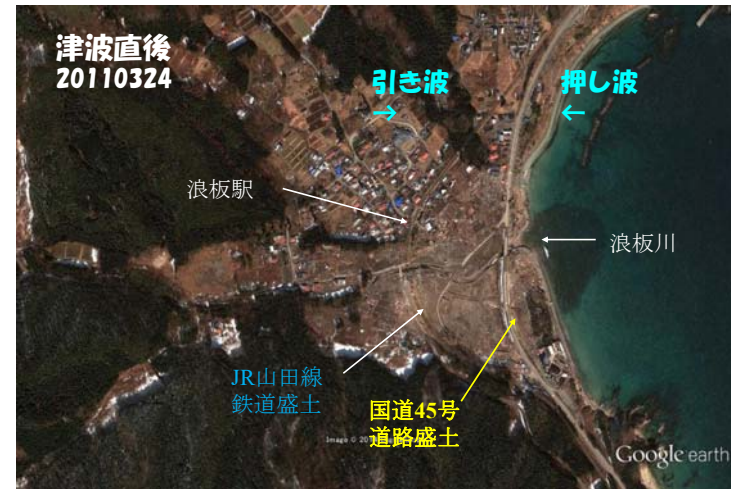


越流後

補強域の  
形状保持

ジオテキスタイル

**盛土の多重防御が示唆された場所！  
大槌町浪板地区**



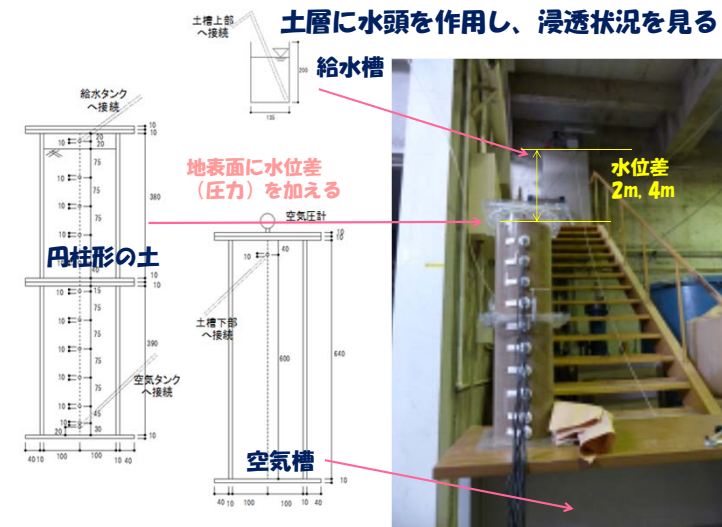
**道路盛土の難浸食性を示唆する現場！ 大槌町浪板**



- 三陸国道事務所による
- 越流深：10m 越流時間：10-15分
  - 押し波と引き波が越流
  - ・盛土の海側の侵食が顕著
  - ・引き波の影響が大
  - ・舗装の表層・基層が剥離
  - しかし、路床が残留・破堤なし
  - ・残留した舗装により侵食の進行が抑制



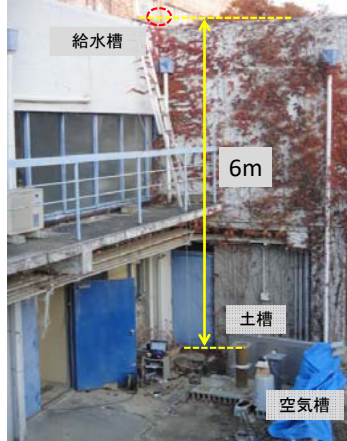
**盛土の難浸透性の検証実験**



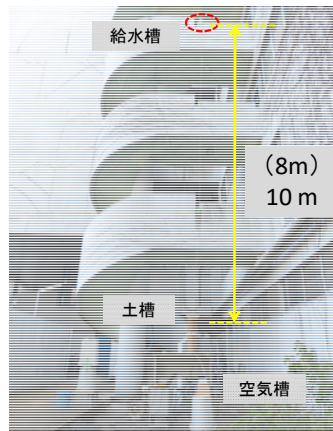


## 越流水深6~10m、越流時間30分の再現

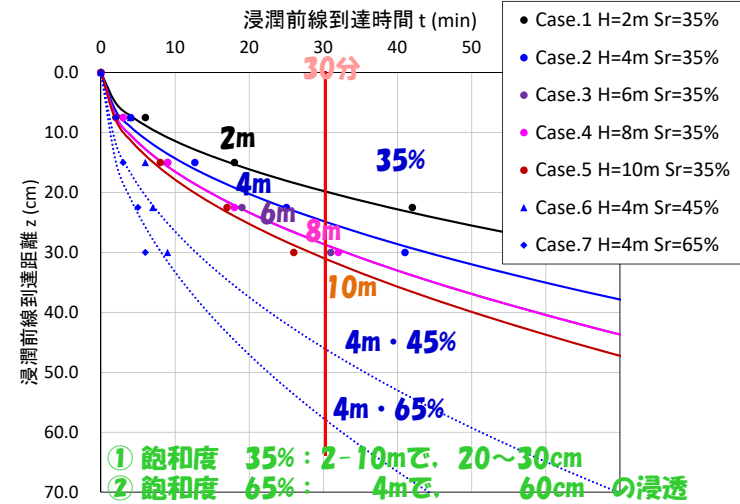
【水位6mの場合】



【水位8m、10mの場合】



## 30分で 水は何センチ浸透するか？



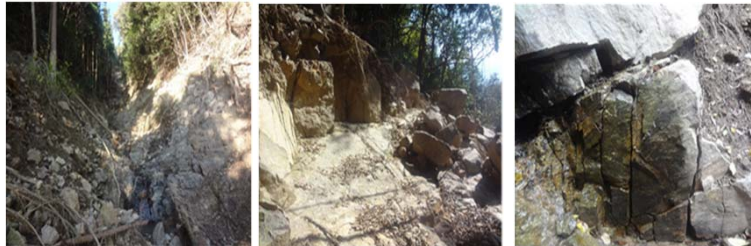
## 広島豪雨・土石流の被害状況からのヒント

泥土よりも巨石が被害の甚大さに関係



疑問：巨石はどこから？

溪床から 何故、流出？



## 泥土型、石礫型止まりでなく、巨石の影響に焦点を当てた性能評価、危険度ゾーニングがより効果的

区分	性能の水準	対策の姿勢	対策例	危険度のゾーニング	
				現在：想定	改善例
性能1	土石流が発生しない、流入しない。	離災、避災（導流）、防災	土地利用規制・移転・移住、導流堤・河川堤防、山腹工・溪床工（完備）	C	E
性能2	浅い（床下）土砂の流入があるが、岩石の流入がない。	避災（城内）、抑災（透過）	透過型砂防ダム・ネット工	B	D
性能3	やや厚い（床上～1階）土砂の流入があるが、岩石の流入がない。	避災（城内）、抑災（透過）	2F以上の避難、透過型砂防ダム		C
性能4	やや厚い（床上～1階）土砂・岩石の流入がある。	避災（城外・城内）、抑災（堆積）	避難（城外・高台・高層建築）、治山ダム・堆砂型砂防ダム	A	B
性能5	かなり厚い（1階以上）土砂・岩石の流入がある。	避災（城外・城内）	避難（城外・高台・高層建築）		A
備考	津波の水・流木との差異に留意が必要である	高所があれば、城外でなく、城内も対象になる	各機能が発揮されることが前提である	Bは性能の幅が広い	C～Eの性能が望ましい



## 鬼怒川の破堤拡大状況からのヒント



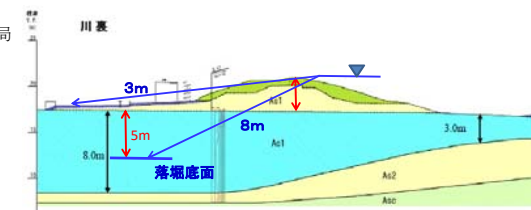
## 鬼怒川の破堤による落堀からのヒント



落堀は、破堤拡大の進行に関与!

\* 堤防調査委員会では言及なし

9/16 15:18  
国土交通省関東地方整備局の提供:加筆



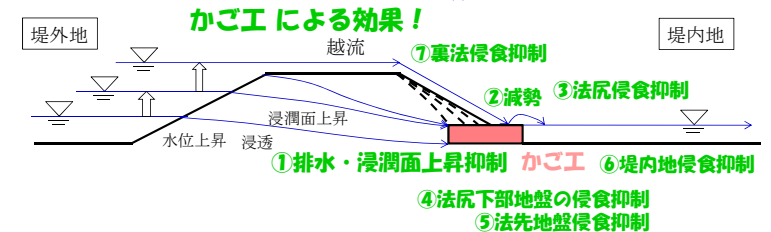
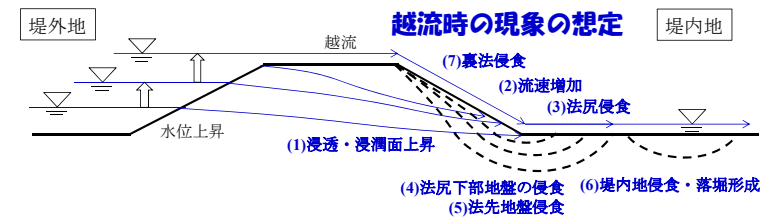
国土交通省関東地方整備局 堤防調査委員会による

越流浸水被害を勘案すれば、2つの視点による粘り強さが必要 \* 通常は、破堤抑制のみ / 堤防調査委員会も言及なし  
→ 研究動機: かご工による対策の実験的検討へ

- |                  |                                     |         |
|------------------|-------------------------------------|---------|
| 1. 堤体の不飽和化       | 堤内基盤ドレーン工                           | かご工     |
| 2. 天端構造の裏法侵食抑制   | 改良舗装工                               |         |
| 3. 裏法面の難侵食化      | 侵食抑制被覆工 植生被覆工                       | 堤防断面拡大工 |
| 4. 裏法尻・法先地盤の難侵食化 | かご工                                 |         |
| 5. 落堀形成の抑制       | <b>2つの粘り強さが必要<br/>破堤抑制 + 破堤拡大抑制</b> |         |
| 6. 破堤拡大の抑制       | 根固めブロック                             | かご工     |
|                  | 樹林帯                                 | 堤防断面拡大工 |
| 7. 水防活動の越水抑制     | 土のう積み<br>土のうの代替構造・設備                |         |
| 8. 住宅(地)の浸水対策    | ブロック塀                               |         |



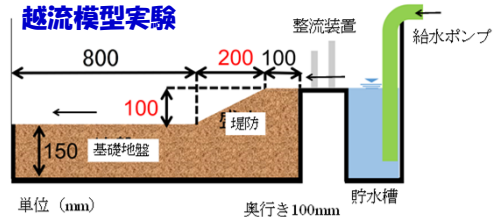
## 越流により発生する事象の想定 → 効果的な対策



## かご工の越流実験

津波越流で用いた実験装置を援用

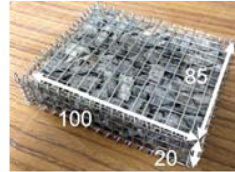
### 越流模型実験



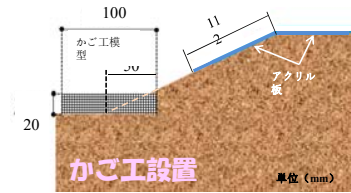
単位 (mm)

奥行き100mm

### かご工模型



単位 (mm)



### 笠間砂

最大乾燥密度 : 1.78 (g/cm<sup>3</sup>)  
 最適含水比 : 14.4%  
 土粒子密度 : 2.67 (g/cm<sup>3</sup>)  
 締固め度 : 90%  
 (乾燥密度 : 1.60 g/cm<sup>3</sup> 含水比 80%)  
 盛土模型および基礎地盤を作成

## 斜面における樹木と岩塊の関係からのヒント

落石において、樹木はプラス要因なのか？

島根県



根元に押し出され、風により揺動し、抜け出して落下  
 根元の成長 浮石化 強風による



岩に関わる樹木・根系

樹木に遠慮したロープネット  
 何故 木を残すのか？

## 成長する樹木の影響の評価が重要

### 評価方法の提案

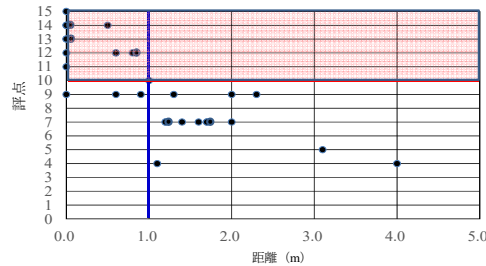
- 要因
1. 岩石と樹木の距離
  2. 樹木の胸高直径
  3. 樹木の被覆状態 (根系の亀裂侵入)
  4. 岩石の亀裂状態

15点満点

対策では、適宜、伐採する：伐採工の導入

\* 既往では、伐採の意識は無い

落石対策便覧への反映が望まれる！



評価項目・区分	評点
岩石と樹木の距離 (m)	
1m以下	6
1~3m以下	3
3mを超える	0
樹木の胸高直径 (m)	
0.3m以上	3
0.3~0.15m以上	2
0.15~0.05m以上	1
0.05m未満	0
樹木の被覆状態 (根茎の亀裂侵入)	
深い	3
浅い	2
表面被覆のみ	1
被覆無し	0
岩石の亀裂状態	
顕著	3
普通	2
少ない・無い	1
評点合計	Max 15

## 以上の災害の示唆からの教訓

現象に示唆あり、見逃さない

- ・現象を感知する、見つけ出す \* 足で稼ぐ
- ・現象をじっくり、問題意識を持って視る
- ・現象の有無、規模の差異を視る
- ・既成概念に囚われない、容認しない

○ 示唆から、要点を見出す

○ 研究シーズに結びつける

○ 工学的・実務性を意識

→ 実験・検証

→ 実用化・汎用化



## 災害の示唆・実態を知っているとよい事例

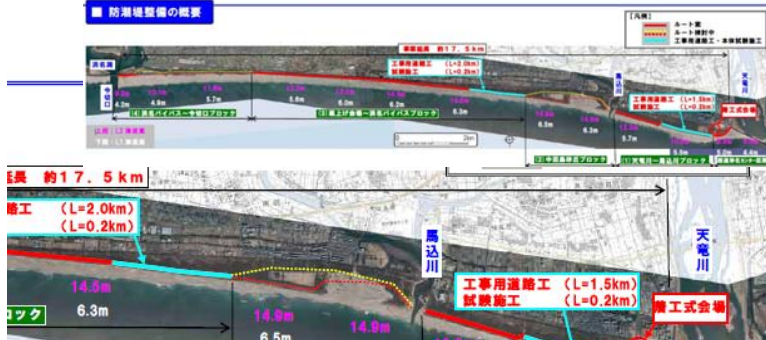
盛土構造による防潮堤

浜松市

民間の寄付300億円で17.5kmの防潮堤整備

静岡県が設計・施工

2013/04~



防潮堤にはCSG (Cemented Sand and Gravel) を採用、盛り土で被覆して植林。

CSGは、元来ダム、砂防では実績がある。

CSG堤の目的は、津波の波力に対抗する“芯”と説明。



## 2. 道路土工構造物技術基準と課題

道路土工構造物を取り巻く環境の変化

これまで

直轄など：道路土工要綱など。ただし、参考資料。義務なし。

震度法が基本。性能の評価は、後回し。

NEXCO：要綱でNewmark法などが規定。適用。

↓

平成27年3月：道路土工構造物技術基準の制定

↓

平成29年3月：道路土工構造物技術基準・同解説の発行

今後、新設・改築は、基準が義務化、遵守！

ようやく道路橋と肩を並べた！

しかし、

従来は、甲乙ともに、盛土の耐震設計の経験が無い恐れ？

∴基準制定の意義、義務化の周知と実行が必要！

## 道路土工構造物の定義 多種多様！

道路土工物技術基準（2017.3）から

### 第2章 用語の定義

#### (1) 道路土工構造物

道路を建設するために構築する土砂や岩石等の地盤材料を主材料として構成される構造物及びそれらに附帯する構造物の総称をいい、切土・斜面安定施設、盛土、カルバート及びこれらに類するものをいう。

#### ●切土・斜面安定施設



#### ●盛土



#### ●カルバート



近い過去、さらに甚大な被害が発生している事実 盛土でも復旧に時間がかかり、影響が大きいことがあることを再認識



## 道路土工構造物技術基準の構成

### 【目次】

第1章 総則	
第2章 用語の定義	4-3 要求性能
第3章 道路土工構造物の基本	4-4 各構造物の設計
第4章 道路土工構造物の設計	4-4-1 切土・斜面安定施設
	4-4-2 盛土
	4-4-3 カルパート
4-1 設計の基本	第5章 道路土工構造物の施工
4-2 作用	第6章 記録の保存

道路局HP 社会資本整備審議会 道路分科会 第2回 道路技術小委員会

## 道路土工構造物技術基準からの現時点の私見

- ① 新設又は改築の場合：既設構造物の更新も！
- ② 論理的に妥当な方法、実験等により検証された手法、既往の経験・実績から妥当とみなせる手法・仕様等による設計：性能設計の主旨。土工構造物の特異性。論理性、実験等の検証方法、特に、既往の経験・実績による評価の位置づけの明確化が必要。
- ③ 供用期間中に通常経験する降雨量を考慮：豪雨などの異常降雨は、交通規制などの対応。通常降雨はレベル1津波、異常降雨はレベル2津波が対応し、異常降雨に対する土工構造物の“粘り強さ”を考えると、技術展開の方向。

- ④ レベル1地震動及びレベル2地震動を考慮：道路橋における設計地震動と土工構造物のそれとの類似・差異を検証。
- ⑤ 要求性能1・2・3は安全性、使用性、修復性：性能の評価指標と定量的な評価基準の設定が必要。
- ⑥ 要求性能は連続する、隣接する構造物の要求性能・影響を勘案：道路土工構造物は関連する構造物が多様という特異性。\*境界領域・新分野の技術！
- ⑦ 施工は設計条件を満たし、十分な品質を確保：土工構造物の特異性！施工管理の重要性。品質の明示が必要。
- ⑧ 維持管理に関しては別途規定：技術基準の対象外。土工構造物に特異な土質、地下水位、植生などの経年変化により、土工構造物の設計性能が変化する危惧。\*管理の充足・管理を考えた設計！

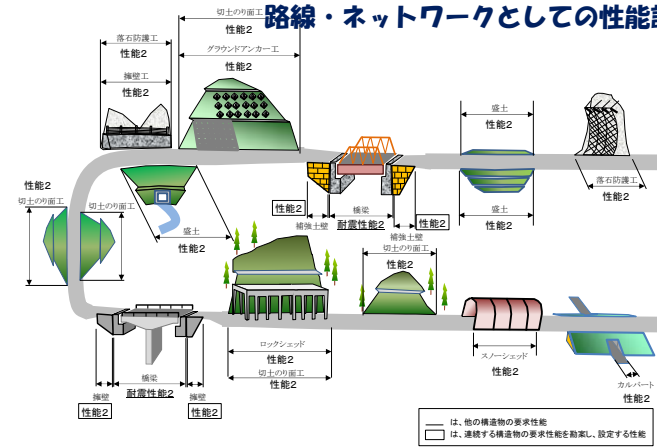


### ①性能の定義、取り扱いの明確化を

- 性能1：道路土工構造物は健全、または、道路土工構造物は損傷するが、当該区間の道路としての機能に支障を及ぼさない
- 性能2：道路土工構造物の損傷が限定的なものにとどまり、当該区間の道路の機能の一部に支障を及ぼすが、すみやかに回復できる
- 性能3：道路土工構造物の損傷が、当該区間の道路の機能に支障を及ぼすが、致命的なものとならない

道路の機能、支障、限定的、すみやか、致命的  
曖昧！ → 今後、明確化、共通化が必要！

### ②連続・近接する構造物との性能の整合が必要 道路橋示方書にない新たな視点 路線・ネットワークとしての性能評価



### ③道路盛土の性能の評価指標と評価基準が必要

→ 定量化を！ 研究・開発の余地

既往地震被害調査 段差走行実験

ランク	被災直後における常時の通行機能の確保の難易	被害の評価項目			
		車道路面の段差	すべり破壊	天端の沈下	
				横断方向	縦断方向
1	通行機能が確保	段差高が2~3cm以下	すべり面が発生しない	沈下が発生しない	沈下が発生しない
2	通行機能は低下するが、その確保は比較的容易	段差高が2~3cmを超えて、20~25cm以下	すべり面が路肩あるいはのり面内の発生に止まる	小規模で一様に沈下する	小規模で一様に沈下する
3	通行機能が低下し、確保がやや困難	段差高が20~25cmを超えて、50cm以下	すべり面が片側車線に掛かる	小規模だが不均一に沈下する	小規模だが不均一に沈下する
4	通行機能の確保に長期が必要	段差高が50cmを超える	すべり面が上下方向車線に掛かる	大規模で不均一に沈下する	大規模で不均一に沈下する

盛土の耐震性能ランク区分が可能に

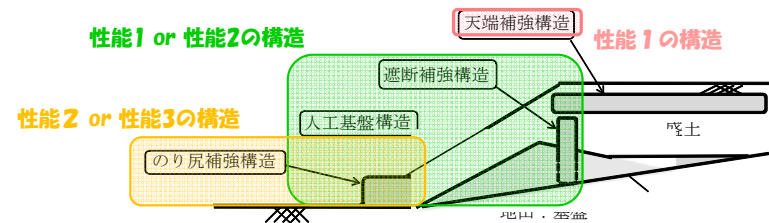
課題：評価基準としての活用

具体的な管理基準（値）は、道路特性、復旧体制などに  
応じて、管理者が設定。

### ④要求性能に応じた盛土構造、補強・強化法の整理、開発を！

→工法の実現性能の表示が必要かつ有効に！

→ 研究・技術開発の余地・必要



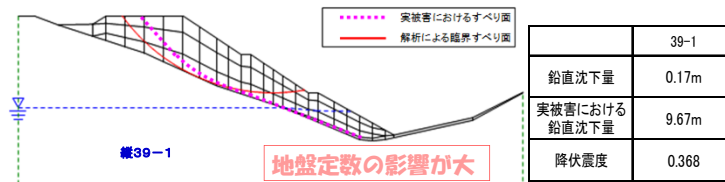
例：\*\*工法は、性能\*に対応している

## ⑤設計条件と施工条件の整合方法が必要

現状：設計は、強度（ $c$ 、 $\phi$ ）。安定性は、定数次第！  
 施工は、締固め度。

→設計と施工の品質は、整合しているか？

課題：1) 整合性の照査  
 2) 施工管理方法の見直し・Ex. (原位置)強度試験  
 → 研究・技術開発の余地・必要



注：すべり量は、強度定数（ $c$ 、 $\phi$ ）に左右される  
 地盤調査、モデルの重要性

## 今後の姿勢・課題

### 道路土工構造物技術基準の理解・遵守

- まず、**実行**、**事例づくり**。例：紀勢線・三沿道・・・  
 \* 学ぶ、馴染む、慣れる → 技術水準のアップ
- 安易に、**みなし**に流れないこと。  
 \* “みなし”の用語の排除（言い換え）から
- 新たな研究・技術開発の動機付けに**。新たな**活路**に。  
 \* **研究者・技術者の育成・充実が望まれる**  
 → **大学への期待**

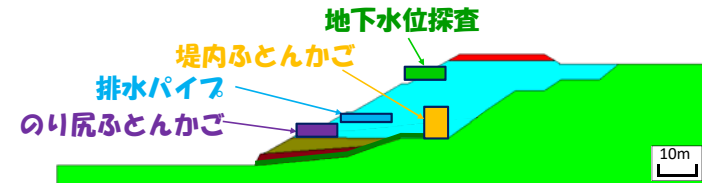
道路土工構造物技術基準・同解説  
 日本道路協会 H29.3 発行

## ⑥土工構造物の安定に深く関わる水の扱い 経年により状態変化（＝悪化）の認識！

技術基準では“排水の義務化” → 重要。流入防止も！  
**注意**

経年により排水機能、含水状態が変化することを認識

- ・状態変化を見込んだ排水機能
  - ・後付け排水機能の回復・強化・・・
- 研究・技術開発の余地・必要



## 出版（1） 地表地震断層の対応法

ISBN978-4-9444-0828-0  
 C3051 ¥3000 E  
 定価（本体3000円＋税）  
 土木  
 土工工学 / 活断層



9784844408280  
 1923051030002

### 活断層と どう向き合うか



発行：理工図書

発行：2012.11

定価：3000円（税抜き）

常田 賢一  
 片岡 正次郎 共著  
 理工図書

常田 賢一  
 片岡 正次郎 共著  
 理工図書



## 地表地震断層による被害

2016年熊本地震でも発生



根尾谷断層 濃尾地震



橋桁の落下および河床の段差出現



軌道の蛇行

## 出版（2） 盛土の耐震性・強化補強

編集：一般財団法人災害科学研究所  
発行：一般財団法人土木研センター

盛土の性能評価と強化・補強の実務

発行：2014.10

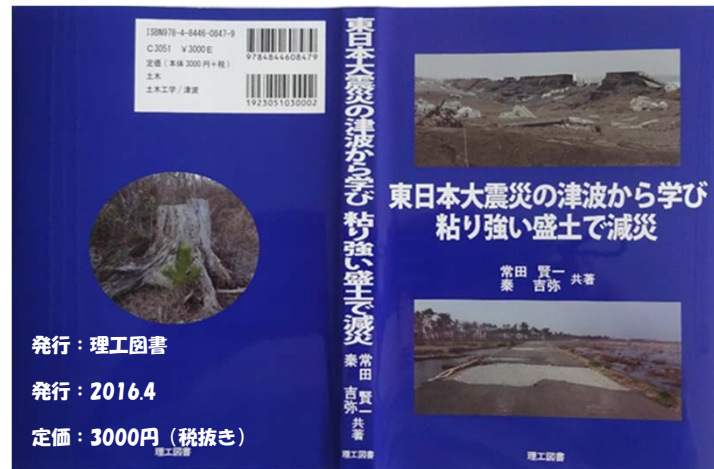
定価：3000円（税抜き）



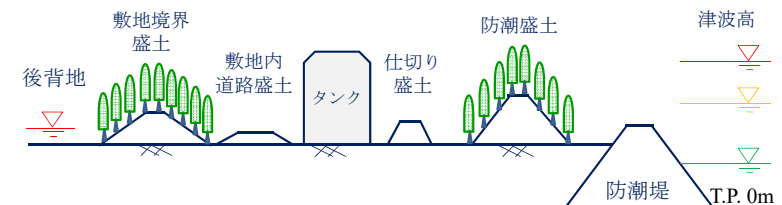
平成26年10月

編集 一般財団法人 災害科学研究所・盛土の性能向上技術普及研究会  
発行 一般財団法人 土木研センター

## 出版（3） 津波対策での盛土の活用



## 狭域多重防御の概念・盛土活用の提案 -石油コンビナートの場合-



## 新規出版 (4) 土質力学の教科書+問題集

2017.3 刊行

テキスト：基礎からの土質力学 理工図書  
 問題集：土質力学の理解を深める320問

大阪大 (常田、秦)、神戸大 (渋谷、片岡)、近畿大 (河井)  
 大阪府立高専 (新納)、神戸市立高専 (鳥居)

テキストと対応させた  
 問題集

問題集  
 ・計算問題 194  
 ・記述問題 115  
 ・総合+公務員 11  
 計 320

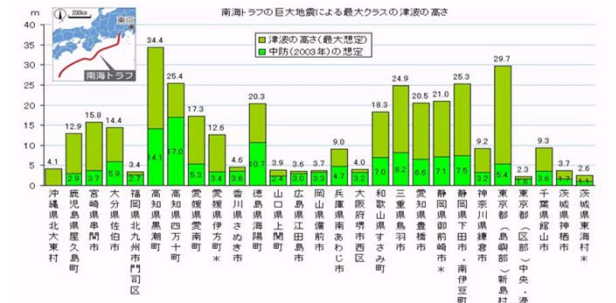
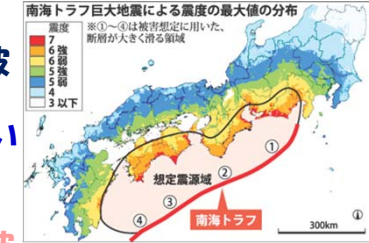
全て解答付き



## 南海トラフ巨大地震・津波

3.11地震・津波よりも厳しい  
 条件：震源が近い

- \* 強い地震動
- \* 到達が早く、大きい津波



## 今後の課題認識

南海トラフ巨大地震、豪雨災害・・・

今後も続く、宿命的な災害に対する防災、  
 減災に真摯に取り組み、安全で安心できる  
 国土の創造と保全に取り組むこと

- ・道路土工構造物技術基準の普及
- ・盛土の耐震対策、防潮盛土の活用
- ・・・