

## 配布資料

(一社) 地域国土強靱化研究所 講演会

# 技術開発の動機付けと展開 -災害の示唆と技術基準類-

2020年8月24日

(一財) 土木研究センター 常田賢一

話題1: 災害の示唆に気づき、学び、活かす

話題2: 道路土工構造物の技術基準類とその反映

## 土木技術者のためのプロフェッショナルの姿勢と視点

一般財団法人 土木研究センター

2020年6月 発行



山田堰: 福岡県朝倉市



カマII堰: アフガニスタン



## 第II部 土木技術者としての多面的な視点

視点1 感性を磨き、災害の示唆を見逃さず、学ぶ

視点2 定式化、モデル化の意義と意味

視点3 個別段階から全段階の最適化と連携

視点4 視野を広げ、発想を転換

視点5 デジタルとアナログ、視覚情報の理解

視点6 現状に留まらない、先を読む

視点7 土木施設は資源

視点8 既存技術を鵜呑みせず、ルーツを知り、さらに展開

視点9 魅力と生き甲斐のある土木に変貌

あとがき

付属資料: 計画・設計で活かせる知見 7項目

[豆知識] 15項目

## 土木技術者

- ・自然に向き合い、英知を出し、出来る限り災害を減らす、減災に努めることが必要。
- ・同種・類似の災害を繰り返さないためには、想定外と言いつくせず、災害の特性を“見極め”て、適切に対応。
- ・“見極める”とは、現地での災害の事象を良く観察し、疑問に思い、“気づく”こと。そのため、災害や被害に対する観察眼、センス、感度が必要。
- ・土木技術者としての**基礎的・専門的な知識**を蓄えることは大前提。
- ・何事にも旺盛な好奇心を持ち、**感度・感性**を高めておくこと。
- ・災害時の被害の甚大さに驚嘆しているだけでは、技術者としては失格であり、ほんやりしては「**災害の暗示、示唆**」を見逃すということ。

**2004年新潟県中越地震**：道路盛土のすべり破壊制御・縦断線形円滑化による性能評価型の設計法・対策

**2011年東北地方太平洋沖地震**：津波に対する盛土の粘り強さ・防潮盛土・広域多重防御と狭域多重防御

**2014年広島豪雨**：甚大な被害に繋がる巨石の流出機構の解明と巨石・被害レベルに着目した危険度ソーニング

**2015年関東・東北豪雨**：洪水被害の減災のための越流破堤の抑制に止まらない破堤拡大の抑制

**2016年熊本地震**：性能に基づく道路盛土の設計・道路啓開および分野横断的な視点による複合構造被害

**2016年鳥根県落石事故**：斜面の安定に関わる樹木のプラス効果に止まらないマイナス影響

**2004年新潟県中越地震**：道路盛土のすべり破壊制御・縦断線形円滑化による性能評価型の設計法・対策

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



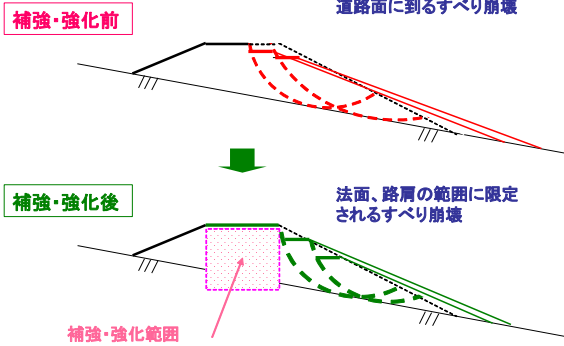
被害のある箇所だけを見ていない  
被害の有無、程度の差異に、ヒント

2車線に及んだすべり崩壊事例

法面付近に止まったすべり崩壊事例

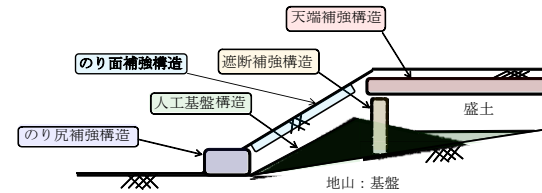
すべり面の位置および変位量を制御し、車道部における損傷を限定的に止める設計法が有効！  
すべり破壊制御工法 と呼ぶ

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

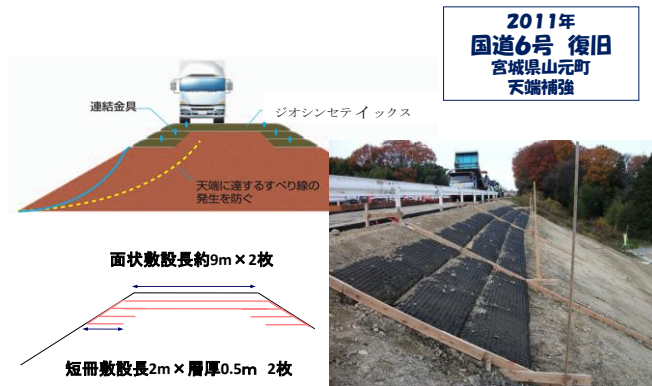


5つの設計理念を提示

- (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】
- (4) 盛土の堤内にすべり面が通らない堅固な人工基盤を設けて、すべり面の発生位置を制御する工法。【人工基盤構造】
- (5) 盛土ののり面から堤内にかけて堤体を補強し、すべり面が通らない発生しないように制御する工法。【のり面補強構造】

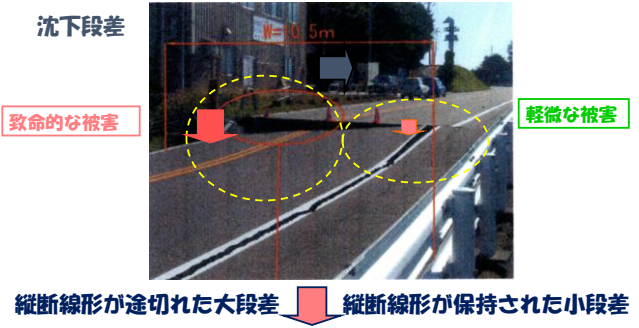


**ジオテキスタイルを用いた天端補強による  
既設盛土の安定性向上策 仙台河川国道事務所**



2011年  
国道6号 復旧  
宮城県山元町  
天端補強

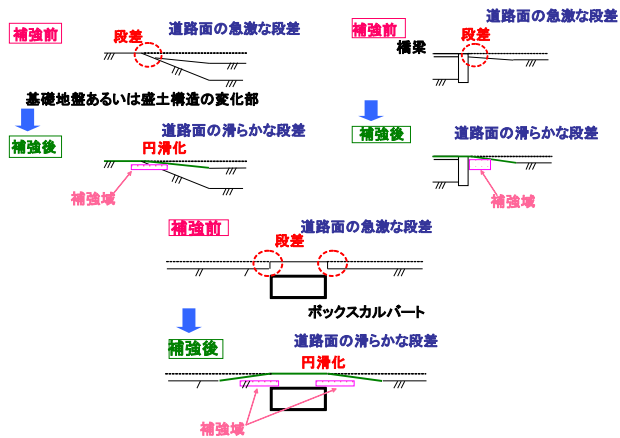
**道路の縦断方向の盛土被害からのヒント**



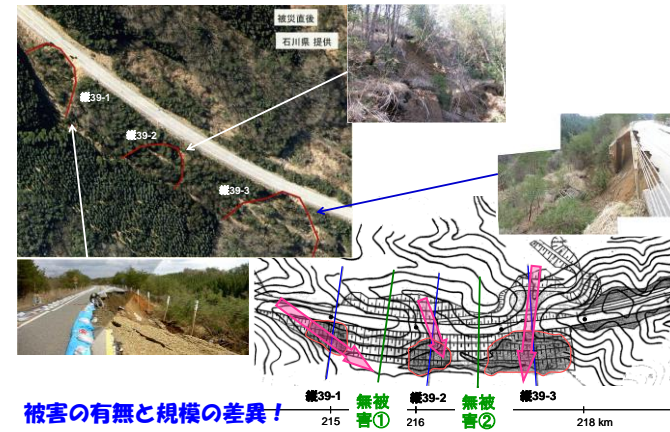
縦断線形が途切れた大段差 ↓ 縦断線形が保持された小段差

沈下が発生しても、縦断線形の円滑性を保持する設計法が有効！  
**縦断線形円滑化** と呼ぶ

**【縦断線形円滑化工法】の設計の概念**



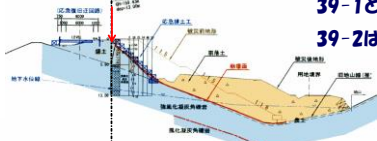
**2007能登半島地震：盛土被害からのヒント**



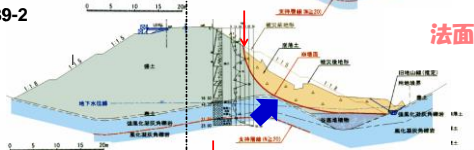
被害の有無と規模の差異！

**地山地形の形状・方向の必要性!**

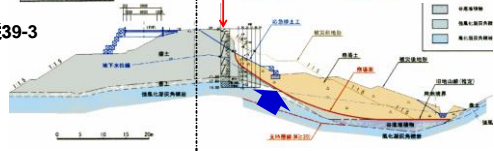
縦39-1



縦39-2



縦39-3



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?

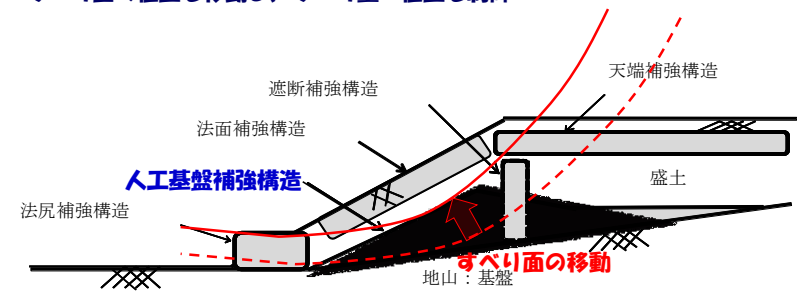
法面内のすべりに誘導する

ヒント=対策

↓  
人工地山  
人工基盤

**盛土横断方向のすべり破壊制御法の一つ  
人工基盤の概念**

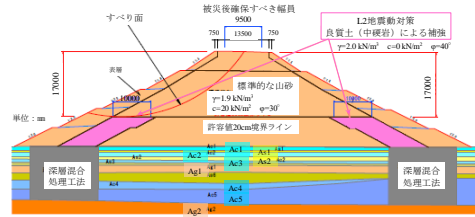
すべり面が通らない人工的基盤を設け、  
すべり面の位置を移動し、すべり量・位置を制御



大型ふとんかごを基盤として! セメント改良土と異なり、排水性あり

**先行事例：三陸沿岸自動車道歌津・本古道路**

三陸沿岸自動車道（新設）：2011年東北地方太平洋沖地震の復興の要。  
歌津・本古道路：平成23年度より東北地方整備局仙台河川国道事務所が事業化。  
道路土工構造物技術基準の制定の以前に、盛土の性能評価を実施。



(注意)  
(1) 盛土の造成段階において、適宜、強度試験を実施して、各施工段階で完成断面に対する要求性能(許容段差)を照査。  
(2) 仮に要求性能が満足されない状態にある場合は、適宜、対策(例えば、天端補強工法)を検討すること。

**本事例の特徴**

- 1) 性能2を明示するとともに、レベル2地震動に対する機能を考えたこと。
- 2) 通行確保を緊急車両に止めず、一般車も対象にしたこと。
- 3) すべり安全率だけでなく、ニューマーク法によりすべり量を算出したこと。
- 4) 性能2の確保のため、最小幅の通行帯(路肩部を除いた9.3m)を明確にしたこと。
- 5) 路面変状の発生を許容した通行帯の許容段差(20cm程度以下)を設定したこと。
- 6) 岩ずりを利用した人工基盤構造を設けて、路面段差を抑制したこと。

**2011年東北地方太平洋沖地震：津波に対する盛土の粘り強さ・防潮盛土・広域多重防御と狭域多重防御**

致命的・壊滅的な津波被害の既存の防潮堤：仙台海岸



海岸工学  
防潮堤前面の侵食は考えているが、  
越流、背面の侵食は想定外  
∴ 被害は必然



決壊と天端決損(岩沼市北新田)

## 河川堤防の難侵食性を示唆する事例1

仙台市井土浦

津波（押し波）が越流するも、表法面は無被害、天端は軽微な被害、裏法面は表層の侵食、裏法先地盤は侵食（落堀）であり、破堤はしていない！



堤防高：3.9m 越流深（推定）3.85m 越流時間（推定）30分程度

## 道路盛土の難侵食性を示唆する現場2

大槌町浪板

津波（押し波と引き波）が越流するも、天端は無被害、表法面と裏法面はやや深く侵食するも、破堤はしていない！



三陸国道事務所によ

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 引き波の影響 ・盛土の山側の侵食 押し波の影響  
 ・天端の路肩が侵食 舗装が残留・破堤なし ・舗装により侵食の進行が抑制

### 2例からの気付き

海岸堤防は破堤しているが、土堤はなぜ破堤していないのか？

## 2014年広島豪雨：甚大な被害に繋がる巨石の流出機構の 解明と巨石・被害レベルに着目した危険度ソーニング



### 気付き

泥土よりも巨石が被害の甚大さに関係  
 → 破壊力

巨石はどこから？

深床から 何故、流出？



### 気付き

住宅の致命的な被害（倒壊・流出）は巨石によるが、巨石の発生源はどこか？ 致命的な被害を抑制するためには、巨石に着目することが必要！

**離災（離れる）**：災害に繋がる土石流の可能性のある場所から離れること。  
 これは「防災」にも通じるが、離災はソフト対策、防災はハード対策として区別する。この姿勢の例は、土地利用規制、移転・移住が考えられる。

**避災（かわす）**：災害に繋がる土石流が発生した場合の影響を避けること。  
 これにはソフト対策とハード対策があり、前者は避難、後者は導流堤の整備などがある。

**抑災（抑える）**：災害に繋がる土石流が発生した場合の影響を抑制すること。  
 これには治山ダム、砂防ダムによるハード対策などがある。

**防災（防ぐ）**：災害に繋がる土石流が発生しないようにすること。  
 これには源頭部・沿川斜面の対策および深床の対策が考えられ、前者は山腹工、後者は深床工がある。これらは発生源対策であり、防災と考える。

**致命的被害に関わる巨石の流出に焦点を当てた、土石流の危険度評価例  
 木造2階建て/垂直避難を想定**

性能の水準を明確にすることにより、被害のレベル、影響が具体的にになり、住民の理解、認識も向上する。 **分かり易い危険度基準！**

要求性能は以下の5つに区分。

- 性能1：土石流が発生しない、流入しない。
- 性能2：浅い（床下）土砂の流入があるが、岩石の流入がない。
- 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。
- 性能4：やや厚い（床上～1階）土砂・岩石の流入がある。
- 性能5：かなり厚い（1階以上）土砂・岩石の流入がある。

望ましい被害レベル ↑

致命的 ↓

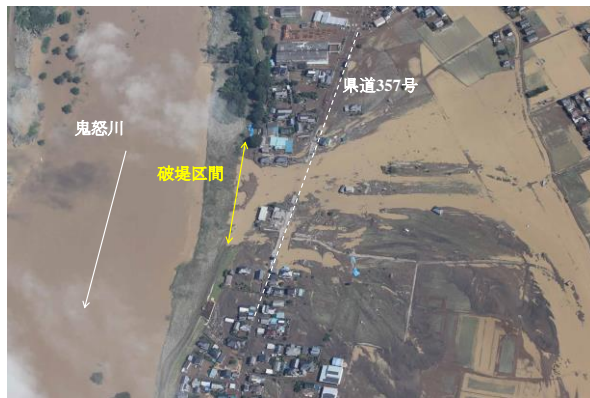
\* 木造住宅2階建ての被害レベルを対象。岩屑・巨石の有無、侵入する土砂・土石の堆積厚に着目。

**土石流対策の性能区分・対策・危険度ゾーニング例**

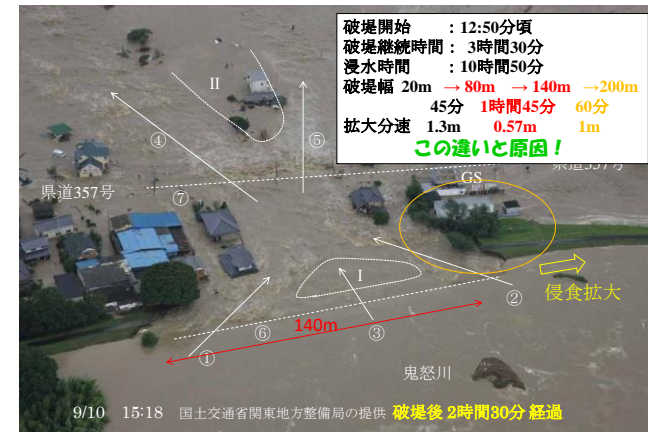
区分	性能の水準	対策の姿勢	対策例	危険度ゾーニング	
				性能の水準による	参考：土砂災害防止法
性能1	土石流が発生しない、流入しない。	離災、避災（導流）、防災	土地利用規制・移転・移住、導流堤・河川堤防、山腹工・溪流保全工（完備）	E	C
性能2	浅い（床下）土砂の流入があるが、岩石の流入がない。	避災（城内）、抑災（透過）	透過型砂防ダム・ネット工	D	B 前面部から下流で勾配が2度以上
性能3	やや厚い（床上～1階）土砂の流入があるが、岩石の流入がない。	避災（城内）、抑災（透過）	2F以上の避難、透過型砂防ダム	C	
性能4	やや厚い（床上～1階）土砂・岩石の流入がある。	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	B	A 土石流の高さ・移動の力による細分化
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	木造住宅2階建てを対象とする	高所があれば、城外でなく、城内も対象になる	各機能が發揮されることが前提である	ゾーニングの評価基準が異なるので、参考対比である	

致命的 ↓

**2015年関東・東北豪雨：洪水被害の減災のための越流破堤の抑制に止まらない破堤拡大の抑制**



**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

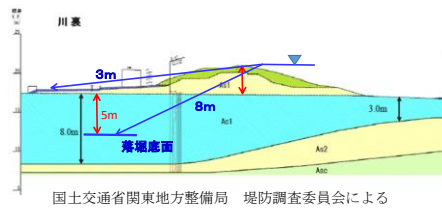


落堀は、破堤拡大の進行に間与している？

\* 堤防調査委員会では言及なし  
↑  
管理区域外／隣接・連続！

落差大＝流速大＝侵食力大

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	水田	<b>2つの粘り強さが必要</b> 破堤抑制＋破堤拡大抑制
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	<b>破堤原因に止まらず、被害の状況をよく視る</b>
8. 住宅(地)の浸水対策	土の	
	ブロック塀	



## 2015年鬼怒川の越流破堤を受けて 大規模氾濫に対する減災のための治水対策検討小委員会 提言骨子(案)から

○ 決壊までの時間を少しでも延ばし、被害軽減を図るための堤防構造の工夫等

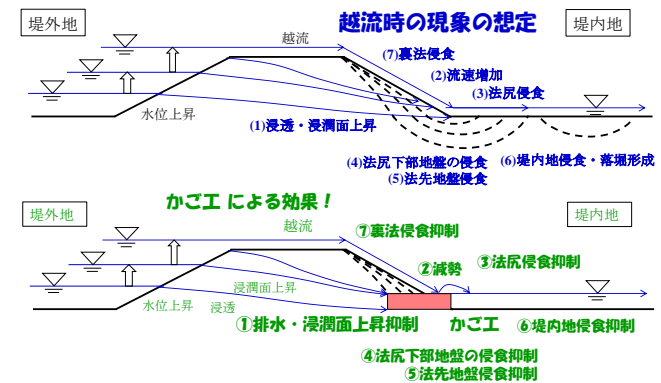
**被害軽減を図るための堤防構造の工夫(対策例)**

○ 決壊までの時間を少しでも延ばし、被害軽減を図るための堤防構造については、堤防天端の保護や堤防裏法尻の補強などが考えられる。なお、詳細な構造については、早急に技術的な検討を進める。

## 決壊までの時間を少しでも伸ばし”＝粘り強い” of 津波

<p><b>堤防天端の保護</b></p> <p>○ 堤防天端をアスファルト舗装等で保護し、法頂部の崩壊の進行を遅らせることにより、決壊までの時間を少しでも延ばす</p>	+	<p><b>堤防裏法尻の補強</b></p> <p>○ 裏法尻をブロック等で補強し、深掘れの進行を遅らせることにより、決壊までの時間を少しでも延ばす</p>
---	---	--

## 越流により発生する事象の想定 → 効果的な対策



## かご工による法尻補強例 (1)

淀川河川事務所：宇治川  
2016年度



通常型：標準

提案型(非認知)：端部でのみ試行

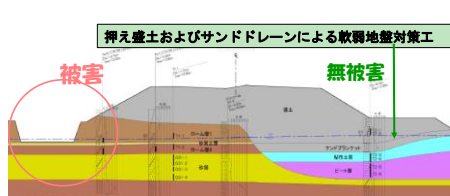


\*覆土してもよい

## 高速道路盛土と隣接する河川・水路

九州自動車道下り線 kp. 177.8付近  
付け替え河川(護岸整備)に隣接した道路盛土のすべり崩壊。  
河川部直下は有効拘束力が小さい。河川周辺部は初期せん断が大きく作用。

→河川底部およびのり尻部のローム層Zおよび砂層は、過剰間隙水圧比が上昇し、地盤強度が低下。河川護岸周辺の変形が進展し、盛土の崩壊を誘発。



## 2016年熊本地震：性能に基づく道路盛土の設計・道路啓開および分野横断的な視点による複合構造被害

被害の特徴：単一あるいは独立した構造物の被害ではなく、連続、隣接あるいは一体化している、あるいは付属している複数の構造物間において、一方の被害が他方の安定や機能に影響する因果関係がある、複合構造的な被害(「複合構造被害」)、分野横断型の被害。  
ポイント：従来の単一構造物の設計に留まらず、その安定性などの機能に影響する範囲、要因まで考慮した設計が必要。

基礎地盤のすべりによる橋台の沈下

橋梁の隣接斜面の崩壊による落橋



## 予防保全の効果例

大切畑橋

熊本地震

斜面崩壊の危険性がある箇所を避けて、橋梁による迂回道路の改築が実施済

→ 直接被害の回避

復旧の迅速化

\* 橋梁にも被害





## 2016年島根県落石事故：斜面の安定に関わる樹木のプラス効果に止まらないマイナス影響

- ・ 事故発生場所：島根県邑智郡邑南町戸河内地内 (主) 浜田作木線
- ・ 事故発生日時：平成28年5月4日 15:55頃
- ・ 事故発生状況：県道脇の斜面より発生した落石が通行する車両に直撃し、助手席に乗っていた女子大学生の尊い命が失われた

■ 事故状況写真(島根県警提供)



## 気付き 岩石の不安定化に関わる樹木の根系



発生源の状況  
オニグルミの根が上下に存在



亀裂に入り込む根系



樹木を残した対策

## 落石の危険度評価

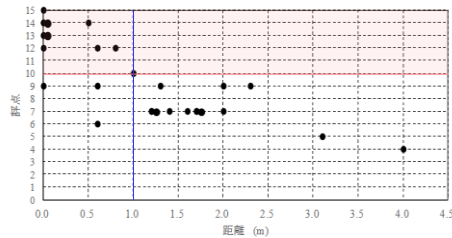
経年変化があるので、現在の安定性だけでなく、将来の岩石および樹木の状態の変化をも考慮した評価が必要

### 評価結果の扱い例

10点を想定し、10点以上の場合、樹木の「影響有り」と評価し、危険度ランクを1段階上げるなど。

影響度などの客観的評価には、何らかの定量化を図ることが実用的であり、工学的に意義。

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



## 段階施工の実施

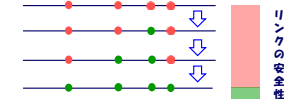
\* 従来にない発想

箇所別の安全性の確保：リンクの安全性の解消にならない

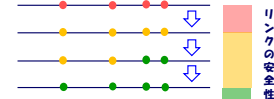
→ 全体的なネットワークの安全性の底上げ

全体最適!

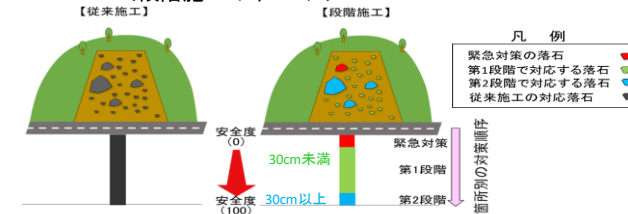
従来施工



2段階施工



### <段階施工のイメージ>



### ① 第1段階の施工

- 第1段階は今後10年間を目途に落石頻度の高い**30cm未満**の石を対象とした対策。
- 当初の5年間は「落石履歴」、「交通量」、「迂回路の有無」、「緊急輸送道路指定の有無」を考慮した優先度の高い箇所を先行。



### ② 第2段階の施工

- 「第1段階」の対策が完了し、県全体での安全性が底上げされたのちに、引き続き「第2段階」として、「第1段階」で対応できない大きな落石源（**30cm以上**）の対策を行う



## 道路土工構造物に関わる基準類の推移

背景・経緯

機熟す！

盛土の性能評価と強化・補強の実務

2014.10 平成26年8月豪雨

道路土工構造物技術基準

2015. 3 平成27年9月関東・東北豪雨

道路土工構造物技術基準・解説

2016. 3 平成28年4月熊本地震

道路土工構造物点検要領

2017. 8 平成29年7月九州北部豪雨

道路土工構造物点検必携

2018. 7 平成30年7月豪雨

土工構造物の性能の評価と向上の実務

2019. 8 台風19号



## 話題2：道路土工構造物技術基準の概要と性能の考え方

道路土工構造物技術基準の制定 平成27年3月 国土交通省道路局  
 同上・同解説の発刊 平成29年3月 日本道路協会  
 \*新設又は改築の際の性能評価型設計の義務化

【関連】

道路土工構造物点検要領の制定 平成29年8月 国土交通省道路局  
 同上 必携の刊行 平成30年7月 日本道路協会  
 \*5年に1回の目視点検の義務化

参考 (一財) 土木研究センター：土工・道路防災分野の強化

- 1) 土工構造物の性能評価に関する研究
- 2) 土工構造物の点検・診断・対策に関する研究
- 3) 土工構造物のデータベース化・活用に関する研究
- 4) その他

道路土工構造物技術基準の制定 平成27年3月 道路局資料から一部加筆  
 【 】は制定年

	新設・改築に関する基準	
橋梁	橋、高架の道路等の技術基準【H24】	
トンネル	道路トンネル技術基準【H元】	
	道路トンネル非常用施設設置基準【S56】	
舗装	舗装の構造に関する技術基準【H13】	
	電線等の埋設物に関する設置基準【H11】	
土工	道路協会図書(指針類)を準用	→ 技術基準の制定
付属物等	立体横断施設技術基準【S53】 ※	
	道路標識設置基準【S61】 ※	
	道路照明施設設置基準【H19】 ※	
	道路緑化技術基準【S63】 ※	

※新設、改築の基準に一般的な内容として一部点検、維持管理に係る記述有り

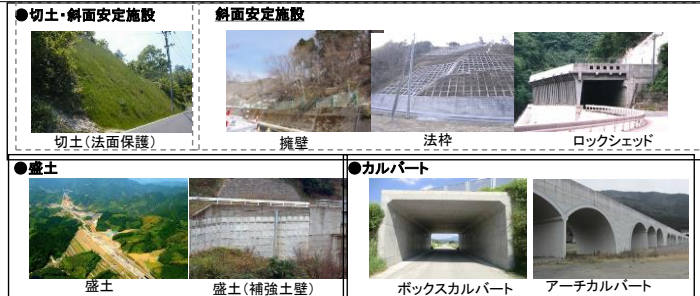
【目次】

基準をどう読み、技術に結びつけるか？

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

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。



道路土工構造物を定義することにより、基準の対象を明確化

第4章 道路土工構造物の設計

4-3 要求性能

(1)道路土工構造物の要求性能は、(3)に示す重要度の区分を勘案し、かつ、当該道路土工構造物に連続あるいは隣接する構造物等の要求性能・影響を勘案して、4-2の作用及びこれらの組合せに対して(2)から選定する。

(2)道路土工構造物の要求性能は、安全性、使用性、修復性の観点から次のとおりとする。  
**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

性能を、道路土工構造物の損傷による、道路の機能への支障及び修復性に応じ、3段階に明確化

(1) 性能区分の意義・効用と方法の具体化

第4章 道路土工構造物の設計

追加

4-1 設計に際しての基本的事項

(2)道路土工構造物の設計は、理論的で妥当性を有する方法や実験等による検証がなされた方法、これまでの経験・実績から妥当とみなせる方法等、適切な知見に基づいて行うものとする。

(2) 見なしの位置づけの明確化

(3) 技術的な裏付け方法・検証方法の明確化

(4) 性能評価のための指標、算出方法と評価基準の明確化

設計の妥当性の検証は、適切な知見によることを明示。\* 土工要綱などで既に「みなし」の用語の使用を避ける。

### 第3章 道路土工構造物の基本

(3) 道路土工構造物の調査、計画にあたっては、当該地域及びその周辺の地形、地質、環境、気象、水理、景観、過去の点検、維持修繕及び災害履歴、個々の道路土工構造物の特性、使用する材料、対象とする災害、**連続あるいは隣接する構造物等がある場合はその特性、維持管理の方法を考慮しなければならない。**

### 第4章 道路土工構造物の設計

#### 4-3 要求性能

(1) 道路土工構造物の要求性能は、(3)に示す重要度の区分を勘案し、かつ、当該道路土工構造物に**連続あるいは隣接する構造物等の要求性能・影響を勘案して**、4-2の作用及びこれらの組合せに対して(2)から選定する。

調査、計画、設計における要求性能の設定にあたっては、**橋梁と盛土等、連続あるいは隣接する構造物との整合を義務化**

## (5) 土工構造物の粘り強さ・連続化の具体化

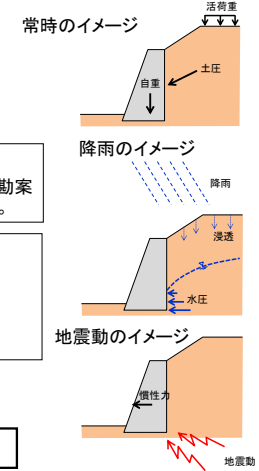
### 第4章 道路土工構造物の設計

#### 4-2 作用

- (1) **常時の作用**  
常に道路土工構造物に影響する作用とする。
- (2) **降雨の作用**  
地域の降雨特性、道路土工構造物の立地条件、路線の重要性を勘案して設定される供用期間中に通常経験する降雨に基づく作用とする。
- (3) **地震動の作用**
  - 1) **レベル1地震動**  
供用期間中に発生する確率が高い地震動
  - 2) **レベル2地震動**  
供用期間中に発生する確率は低いが大きな強度をもつ地震動

## 2章 地震動の設定と適用

設計にあたり考慮すべき作用を明確化するとともに統一



### 第4章 道路土工構造物の設計

#### 4-4 各道路土工構造物の設計

##### 4-4-1 切土・斜面安定施設

- (4) 切土は、雨水や湧水等を速やかに排除する構造となるよう設計する。
- (5) 斜面安定施設は、雨水や湧水等を速やかに排除する構造となるよう設計する。

##### 4-4-2 盛土

- (3) 盛土は、雨水や湧水等を速やかに排除する構造となるよう設計する。

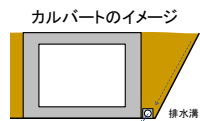
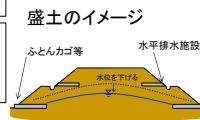
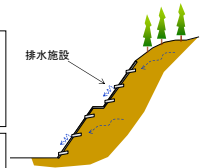
##### 4-4-3 カルバート

- (2) カルバート裏込め部は、雨水や湧水等を速やかに排除する構造となるよう設計する。

**排水設計を義務化し、土中の水が原因となる損傷や災害の発生を防止**

## 4章 浸透挙動把握と排水対策

切土・斜面安定施設のイメージ



### 第5章 道路土工構造物の施工

- (1) 道路土工構造物の施工は、**設計において前提とした条件が満たされるよう行わなければならない。**

### 第6章 記録の保存

道路土工構造物の維持管理に必要な記録は、当該道路の機能を踏まえ、適切に保存するものとする。

**設計条件と施工条件の適合を義務づけるとともに、維持管理に必要な設計・施工時の記録の保存を義務づけ、損傷や災害が発生した場合における補修設計等に反映**

## 3章 設計・施工・維持管理

## 5章 健全性評価→既設が対象

## 土工構造物の性能の評価と向上の実務

### 検討課題と目的

#### 1章 性能評価の課題と対応

性能に関わる諸課題の提示と具体化

#### 2章 地震動の設定と適用

耐震性評価のための地震動特性の解明

#### 3章 設計・施工・維持管理

設計 + 施工と維持管理の一貫性の確保

#### 4章 浸透挙動把握と排水対策

不安定化の主要因の浸透水に対する処方

#### 5章 健全性評価

既設構造物の点検・診断方法の具体化

\* 技術資料の紹介：具体的工法例

### 土工構造物の性能の評価と向上の実務



2019年3月

編集 一般財団法人 災害科学研究所 土工構造物の性能向上技術普及研究会  
発行 一般財団法人 土木研究センター

## 第1章 土工構造物の性能評価の課題と対応

### 課題認識と検討目的

- (1) 性能区分の意義・効用と方法の具体化  
曖昧な性能の定義の具体化を図る
- (2) 見なしの位置づけの明確化  
見なしの意味を考え、対処を考える
- (3) 技術的な裏付け方法・検証方法の明確化  
技術を検証する具体的な方法を知る
- (4) 性能評価のための指標、算出方法と評価基準の明確化  
性能評価に必要な指標、算出方法と基準の具体化を志向する
- (5) 土工構造物の粘り強さ・連続化の具体化  
土工構造物の粘り強さ、連続化の具体化を考察する

## 性能区分を考察 道路土工構造物技術基準に準拠して。

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



### 性能の定義、取り扱いの明確化が必要




- 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・・・??  
→ 今後、明確化、共通化が必要！

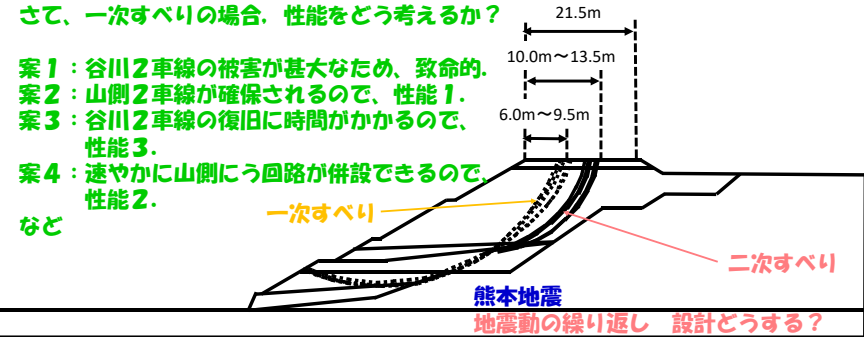
## 斜面安定施設の性能 イメージ例

視点：構造物の性能・機能ではなく、  
道路としての性能・機能  
構造物の損傷が、道路の機能に  
及ぼす影響がポイント

\* 他の構造物は、基準・同解説に例示

斜面安定施設	
性能	損傷イメージ
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	

**課題例**  
推定地震による強震動による一次すべりの残留変形量は最大3m以上  
臨界すべり面は車道部にまで達する →大規模な崩壊・道路交通機能への影響  
ただし、すべり面の位置は片側車線に留まり、他方の車線の交通機能は確保  
二次すべりを考慮しても、4車線のうち1車線の交通機能は確保

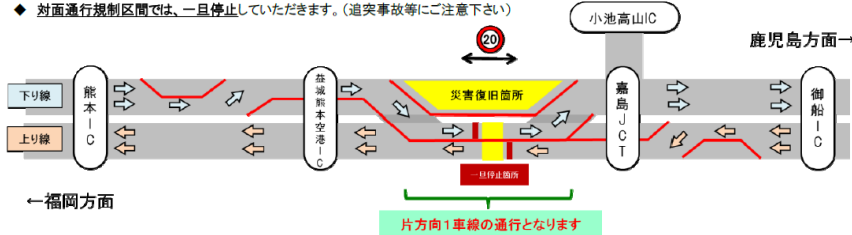


## 通行止め解除と性能の対応

平成 28 年(2016 年)熊本地震による九州自動車道(植木 IC~嘉島 JCT)の  
通行止め解除予定および一部区間等の通行制限について

道路名	上下線	区間	通行止め日時
① 九州自動車道	上下線	益城熊本空港 IC~嘉島 JCT	4月14日 21時27分~ 4月29日 9時00分目途
② 九州自動車道	上下線	植木 IC ~ 益城熊本空港 IC	4月16日 1時26分~ 4月29日 9時00分目途

- ◆ 終日対面通行規制(片方向1車線)及び20km/hの速度規制を実施します。
- ◆ 対面通行規制区間では、一旦停止していただきます。(追突事故等にご注意下さい)



道路の機能：緊急車両・大型車両と一般車両、暫定的な機能の回復・恒久的な機能などの視点により、想定する性能が変化。  
基準で明記される道路の機能は、恒久的で通常のそれと思われるが、仮に、限定的、暫定的、部分的な性能でも良ければ、要求水準が緩和されるので、設計が弾力的かつ経済的になることが期待。

想定する“すみやかな復旧時間”、対象車両、対象区間で、性能は変化

機能: 本震からの日数	熊本IC		益城熊本空港IC		嘉島JCT		御船IC	
	緊急車 大型貨物車	一般車	緊急車 大型貨物車	一般車	緊急車 大型貨物車	一般車	緊急車 大型貨物車	一般車
機能: 恒久的	性能3	性能3	性能3	性能3	性能3	性能3	性能3	性能3
機能: 部分的、すみやか ≤ 1day	性能3	性能3	性能3	性能3	性能3	性能3	性能3	性能3
"、すみやか ≤ 3day	性能2	性能3	性能3	性能3	性能3	性能3	性能3	性能3
"、すみやか ≤ 10day	性能2	性能3	性能3	性能3	性能3	性能2	性能2	性能2
"、すみやか ≤ 13day	性能2	性能2	性能2	性能2	性能2	性能2	性能2	性能2

## 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間が必要	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。

### 第3章 道路土工構造物の基本

(3)道路土工構造物の調査、計画にあたっては、当該地域及びその周辺の地形、地質、環境、気象、水理、景観、過去の点検、維持修繕及び災害履歴、個々の道路土工構造物の特性、使用する材料、対象とする災害、**連続あるいは隣接する構造物等がある場合はその特性、維持管理の方法を考慮しなければならない。**

### 第4章 道路土工構造物の設計

#### 4-3 要求性能

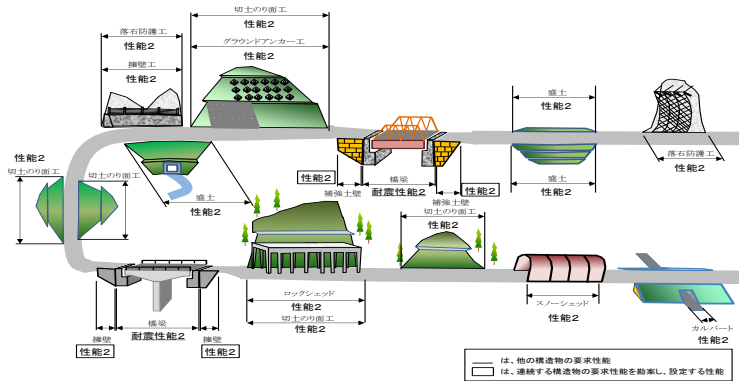
(1)道路土工構造物の要求性能は、(3)に示す重要度の区分を勘案し、かつ、当該道路土工構造物に**連続あるいは隣接する構造物等の要求性能・影響を勘案して**、4-2の作用及びこれらの組合せに対して(2)から選定する。

調査、設計における要求性能の設定にあたっては、**橋梁と盛土等、連続あるいは隣接する構造物との整合を義務化**

## 連続・近接する構造物との性能の整合が必要

道路橋示方書になかった新たな視点

路線・ネットワークとしての性能評価



## 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、φ）。安定性は、定数次第！

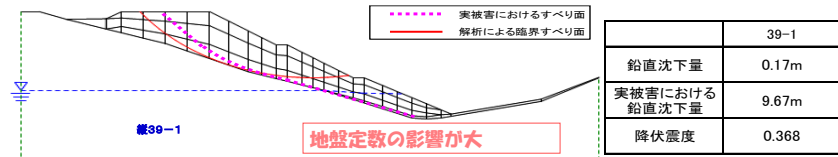
施工は、締固め度。

→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、φ）に左右される  
地盤調査、モデルの重要性

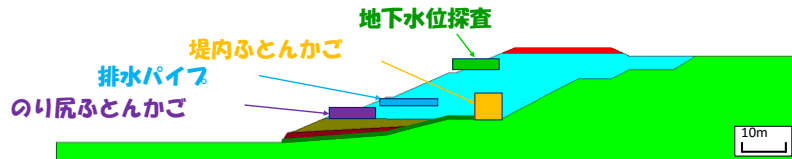
**経年による状態変化（悪化）＝性能変化の認識！**  
特に、浸透水の影響

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



**多機能化例：大型ふとんかごの活用 2つの機能！**

- ▶低コスト
- ▶透水性が良い：排水機能
- ▶災害復旧工法としての実績が多い
- ▶耐久性が向上している

施工性が良い

+土留機能 の活用！  
設計法を提示

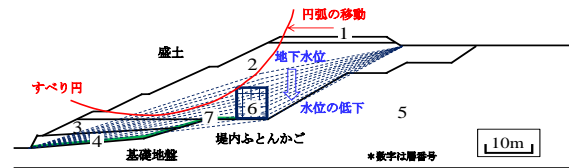


**応用例：堤内ふとんかごの設置**

すべり面位置の制御と排水性を向上させて、盛土の安定性を向上

ポイント：単一機能から複合機能、多機能の構造へ  
→ 経済性、機能性の向上

\*発想力



類似例：盛土の法尻に設置するふとんかご

→ 排水機能（従来）と土留め機能（新規）

気付き

すべり崩壊の発生位置、路面段差の被害規模の差異から、被害規模・影響を制御できないか！

**健全性評価**

既設土工構造物の点検・診断

道路土工構造物点検要領  
2017.8

道路土工構造物点検必携  
2018.7

\* 日本道路協会

法定点検の開始

5年1回近接目視  
1巡目 2018-2022

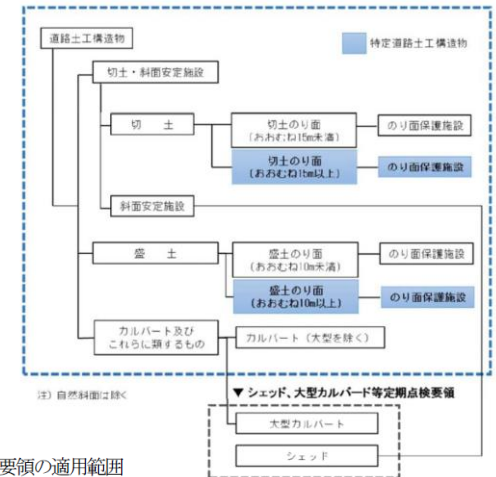


図 3.4 道路土工構造物点検要領の適用範囲



表 3.8 特定道路土工構造物の健全性判定区分

判定区分	判定の内容
I 健全	変状はない、もしくは変状があっても対策が必要ない場合（道路の機能に支障が生じていない状態）
II 経過観察段階	変状が確認され、変状の進行度合いの観察が一定期間必要な場合（道路の機能に支障が生じていないが、別途、詳細な調査の実施や定期的な観察などの措置が望ましい状態）
III 早期措置段階	変状が確認され、かつ次回点検までさらに進行すると想定されることから構造物の崩壊が予想されるため、できるだけ速やかに措置を講ずることが望ましい場合
IV 緊急措置段階	変状が著しく、大規模な崩壊に繋がるおそれがあると判断され、緊急的な措置が必要な場合（道路の機能に支障が生じている、又は生じる可能性が著しく高く、緊急に措置を講ずべき状態）

**2020～ 道路局：近接目視以上の代替手段の検討**

\* 土研センター：導入促進機関

テーマ1：繊維補強コンクリート床板技術

テーマ2：土工構造物点検及び防災点検の効率化業務

**今後の課題**

1. 道路土工構造物技術基準の理解と実践 ～ 新設
2. 道路土工構造物点検要領の理解と実践 ～ 既設

**3. 道路土工構造物を理解した産学官の技術者の育成**

**4. 新たな技術開発とその評価・普及**

\* 技術審査証明事業／土木研究センター、NETIS

**5. 道路土工構造物技術基準・同解説**

→ 共通編、擁壁工、カルバート工、盛土工、切土工・斜面安定工・・・改訂予定（道路協会）

**性能評価などの最近の研究例**

- 1) 角野 充・村上博基・石井一知（本州四国連絡道路(株)）・常田賢一：神戸淡路鳴門自動車道における高盛土の性能評価、第32回日本道路会議、No.4015、2017.10
- 2) 藤木孝則（共和ハーモテック(株)）・常田賢一：堤内ふとんかごによる道路盛土の排水性および耐震性の向上、第32回日本道路会議、No.4011、2017.10
- 3) 吉川登代子（JR西日本(株)）・常田賢一：道路盛土のすべり安全率とすべり量に及ぼす強度定数の変動の影響、第32回日本道路会議、No.4014、2017.10
- 4) 常田賢一・上田勝久（阪神高速道路(株)）：地震時の道路盛土のすべり形態による道路性能の評価、No.4001、第32回日本道路会議、2017.10
- 5) 田山 聡（NEXCO西日本(株)）・常田賢一：高速道路の地震被害復旧から土工構造物の性能を考える、No.4003、第32回日本道路会議、2017.10
- 6) 三好忠和（NEXCO西日本エンジニアリング関西(株)）・常田賢一・三谷浩司・木村武雄（五大開発(株)）：盛土内の地震応答加速度を考慮したニューマーク法における解法の違いについて、第32回日本道路会議、No.4013、2017.10
- 7) 吉越正浩・折橋一慎・中川充雄・前田和哉：能越道七尾水見道路における高盛土構造の安定解析検討方法について、平成24年度北陸地方整備局 管内事業研究発表会、2012.
- 8) 佐藤 忍：道路盛土における大規模地震時の評価手法と対策について、第32回日本道路会議、No.4004、平成29年10月.
- 9) 山口卓位：新名神 宝塚北SAにおける高盛土の設計・施工について、第32回日本道路会議、No.4045、平成29年10月.

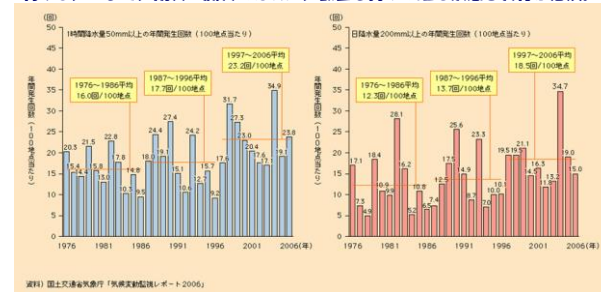
**国土強靱化の姿勢**

\* 土木技術者のためのプロフェッショナルの姿勢と視点から

**国土強靱化、防災・減災は土木の宿命**

我が国では、豪雨や地震などの自然災害の発生は宿命的。今後も対応は避けて通れない。

土木技術者：国土および基本インフラを整備し、保全するため、災害列島において、災害に対して強靱な国土造りとともに、将来の災害の発生を防止あるいは抑制する、つまり、防災・減災のために、叡智を持って臨む決意と実行が必須。



## 災害に取り組む多様な姿勢

「防災」 → 「減災」  
 対処の可能な災害は防ぎ、それを超える災害は減ずる

(公助) → (共助) → (自助)  
 必要性や有効性が認識



全体最適 (Total Optimization) 冗長性・代替性 (Redundancy)

粘り強い (Toughness) 堅牢性 (Robustness)

復元性 (Tenacity)

順応性 (Elasticity, Flexibility) 簡易化・単純化 (Simplicity)

## 最後に

将来に向けて、土木技術者は、発生した事象の示唆を読み取り、防災・減災のために、謙虚かつ大胆に臨み、現在、知り得る状況、予想可能な範囲を与条件として、現在できることに最善を尽くすこと。

つまり、「その時にベスト、故に、その時はベスト」。

後からは、何でも言い訳できるが、そうならないように日々の精進が必要。

関連：バックフィット／現在 (のルール、基準) を過去に当てはめて、過去の功罪 (特に、罪) を問い詰める姿勢。

これからの土木、土木技術者を取り巻く社会的環境は、少子高齢化、人材不足、予算縮減などにより厳しくなることが予想されるが、他方、災害の頻発、施設の老朽化など、今までは未経験な状況を迎えるので、土木、土木技術者に対する社会的期待は一層高くなると思われる。

温故知新：古きを尊び、学び、新しきを知る、挑戦する

如何なる状況にあっても、土木技術者はプロフェッショナル、専門家としてのプライドをもって臨み、国民の付託に応えるとともに、自らの自信、満足感、生き甲斐に繋げることが最良である。

## 災害に対する土木の実務の場面における 取り組みの姿勢の変化、流れ

- 流れ1: 耐震から免震、さらに制振へ
- 流れ2: 仕様設計から性能設計へ
- 流れ3: 部位・部材設計から全体系設計へ
- 流れ4: 一方向から双方向へ
- 流れ5: 一極集中から多極分散へ
- 流れ6: リンクからネットワーク化へ
- 流れ7: 単一要因評価から複数要因クロス評価へ
- 流れ8: 単一構造から複合構造へ

共通点 → 柔軟、複眼、多様、全体 線・面 → 総合的な技術力 T型

↑ 強硬、単眼、画一、個別 点 → 特定の技術 I型

## 参考資料 (1)

### 地表地震断層の対応

ISBN978-4-8446-0808-0  
 C3051 V3000 E  
 定価 (本体 3000 円 + 税)  
 土木  
 土質工学 / 活断層



活断層とどう向き合うか

活断層と  
 どう向き合うか



発行：理工図書

発行：2012.11

常田 賢一  
 片岡 正次郎 共著

常田 賢一  
 片岡 正次郎  
 共著

理工図書

**参考資料 (2) 津波対策での盛土の活用**



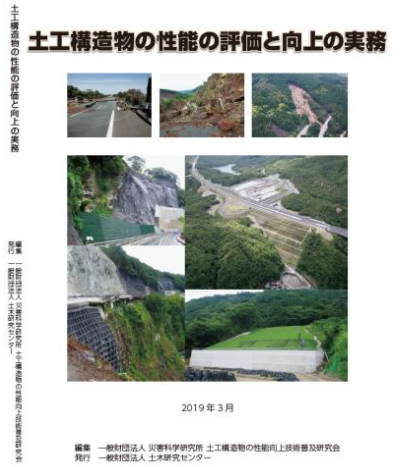
**参考資料 (3)**

**土工構造物の性能評価**

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究センター

発行：2019.8  
\*道路土工構造物技術基準の制定から4年  
\*道路土工構造物点検等領の制定から2年

問い合わせ：土木研究センターHP



土木技術の総合情報誌 **土木技術資料**  
CIVIL ENGINEERING JOURNAL

**土木行政に関わる研究組織**

国土交通省 国土技術政策総合研究所  
国立研究開発法人 土木研究所

\*最新、先導的研究の実務書  
読者に分かり易く cf.学会：論文

窓口：土木研究センターHP →

特集 我が国の生産性向上に資する建設技術

No. 1  
1st JANUARY 2017

雑誌構成

1 論説  
土木に係わる分野に関して、国研研や土研を始め様々な立場の方が技術政策の提言や、技術の方向、将来展開などを議論します。

2 報文  
特集号では、話題性のあるテーマを取り上げ、一般層で広く様々な分野に關して、国研研や土研の調査、研究の進捗を中心に、論文著者以上の事象的な様々な最新情報を提供します。

3 記事  
最近の国内、外の技術動向や新しい事業、新しい技術の活用事例の紹介を行います。また、国研研や土研によって有用な新しい土木用語や土木関連法規の解説をします。さらに、読者募集と記事の両方に「読者の活用」及び「読者の声」のコーナーを設けます。

月刊 土木技術資料 (毎月第4日発行) 定価500円(税別)  
購読料 ¥1,000(税別) 送料別 ¥1,000(税別)  
〒80-8024 京都府京都市中京区西本町1-1-1 土木研究センター 庶務・広報部  
TEL: 029-864-2515 FAX: 029-864-2515 E-mail: mail@owrc.or.jp

購読申し込み用紙

お名前(姓) \_\_\_\_\_ (姓) \_\_\_\_\_ (名) \_\_\_\_\_  
〒 \_\_\_\_\_ 市 \_\_\_\_\_ 区 \_\_\_\_\_ 丁目 \_\_\_\_\_ 番 \_\_\_\_\_ 号 \_\_\_\_\_  
TEL/FAX \_\_\_\_\_ TEL \_\_\_\_\_ FAX \_\_\_\_\_  
E-MAIL \_\_\_\_\_

**技術の研鑽、普及に努めましょう!**

**ご清聴ありがとうございました。**