

気象災害に関する最近の研究開発

防災技術研究部長

布川 修



目次

1. 気象災害に関する最近の研究開発
(本日の発表の位置づけ)
2. 降雨災害に関する研究概要
3. 気象災害に関する研究開発の方向性

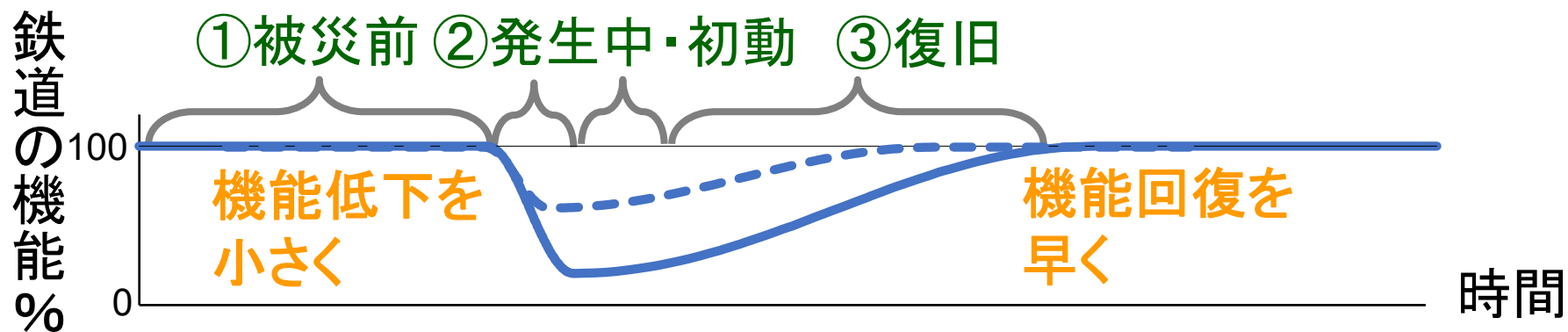
気象災害に関する最近の研究開発

気象災害の激甚化・広域化

気象災害による鉄道の被害を軽減・防止する技術



気象災害に対する強靱化



【写真の引用】雨、風化：鉄道総研、事故に学ぶ鉄道技術 災害編(2012) 風：鉄道事故調査報告書(2008) 雪：鉄道事故調査報告書(2016)

気象災害に関する最近の研究開発

①被災前の対応

事前に要注意箇所を抽出 ⇒ 対策優先順位、詳細調査箇所選定

【降雨・斜面】 強雨時安定性評価箇所の選定手法

【風化・斜面】 のり面工の維持管理手法の構築 (本日発表)

【風化・落石】 割れ目を含む岩石の強度低下予測手法 (本日発表)

③復旧対応

被災後の状況から復旧対策を選定 ⇒ 被災後の復旧の迅速化

【降雨・盛土】 強雨災害時の土構造物の状態評価法

気象災害に関する最近の研究開発

②発生中・初動中の対応

運転規制の精度向上・効率化 ⇒ ダウンタイムの削減

【降雨・斜面】 強雨後の斜面安定性回復傾向の評価手法

【降雨・橋りょう】 河川橋脚の健全度判定システムの実用化

【風・脱線転覆】 強風リアルタイムハザードマップ (本日発表)

【風・脱線転覆】 強風後の運転再開時刻の評価手法

【雪・雪崩】 雪崩警備の要否判定支援手法の開発

【雪・列車立ち往生等】 偏波レーダー情報を用いた降雪密度の評価手法

【雪・車両着落雪】 車輪巻き上げによる着雪メカニズムの解明

目次

1. 気象災害に関する最近の研究開発
(本日の発表の位置づけ)
2. 降雨災害に関する研究概要
3. 気象災害に関する研究開発の方向性

降雨災害に関する研究概要

①被災前の対応 事前に要注意箇所を抽出 ⇒ 対策優先順位、詳細調査箇所選定

【降雨・斜面】 強雨時安定性評価箇所の選定手法

【風化・斜面】 のり面工の維持管理手法の構築 (本日発表)

【風化・落石】 割れ目を含む岩石の強度低下予測手法 (本日発表)

②発生中・初動中の対応 運転規制の精度向上・効率化 ⇒ ダウンタイムの削減

【降雨・斜面】 強雨後の斜面安定性回復傾向の評価手法

【降雨・橋りょう】 河川橋脚の健全度判定システムの実用化

【風・脱線転覆】 強風リアルタイムハザードマップ (本日発表)

【風・脱線転覆】 強風後の運転再開時刻の評価手法

【雪・雪崩】 雪崩警備の要否判定支援手法の開発

【雪・列車立ち往生等】 偏波レーダー情報を用いた降雪密度の評価手法

【雪・車両着落雪】 車輪巻き上げによる着雪メカニズムの解明

③復旧対応 被災後の状況から復旧対策を選定 ⇒ 被災後の復旧の迅速化

【降雨・盛土】 強雨災害時の土構造物の状態評価法

降雨災害に関する研究概要

- 【降雨・斜面】 強雨時安定性評価箇所を選定手法
- 【降雨・斜面】 強雨後の斜面安定性回復傾向の評価手法
- 【降雨・盛土】 強雨災害時の土構造物の状態評価法
- 【降雨・橋りょう】 河川橋脚の健全度判定システムの実用化

目的 降雨耐力が相対的に低い盛土、自然斜面等を抽出し、優先的に補強や点検を実施

- 鉄道沿線には多数の盛土、切土、斜面
⇒効果的・効率的に補強や点検を実施するためには相対的に**耐力が低い箇所の抽出**が必要



鉄道総研:事故に学ぶ鉄道技術 災害編(2012)

↓
既往の方法は**詳細な現地調査等**が必要

簡易な机上検討で詳細調査を要する箇所を抽出する手法

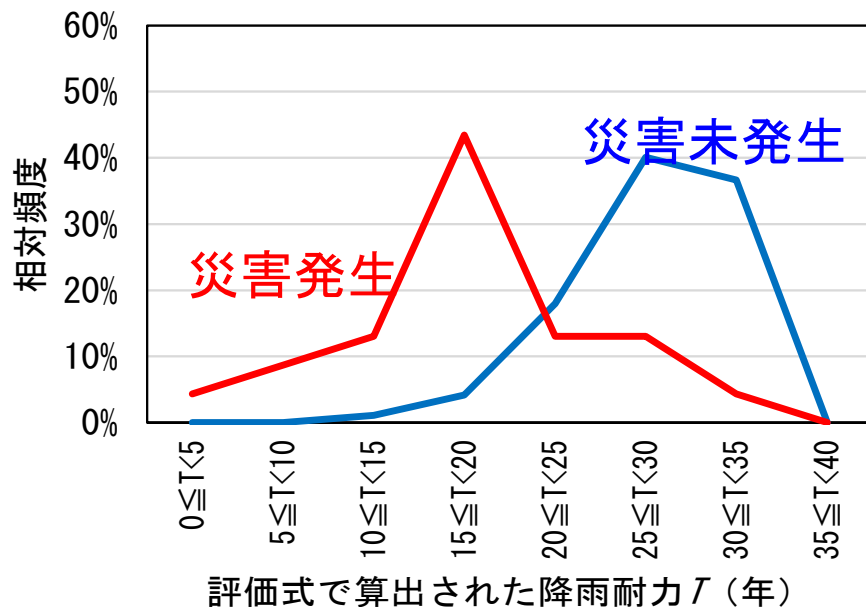
- **公的な地形データ**を活用して、災害に関わる要因(**不安定要因**)を抽出
- 相対的な耐力比較を行うため、**降雨耐力の指標**として**雨量の再現期間**を採用
- 雨量の再現期間を不安定要因から算出する**評価式**を提案

強雨時安定性評価箇所を選定手法

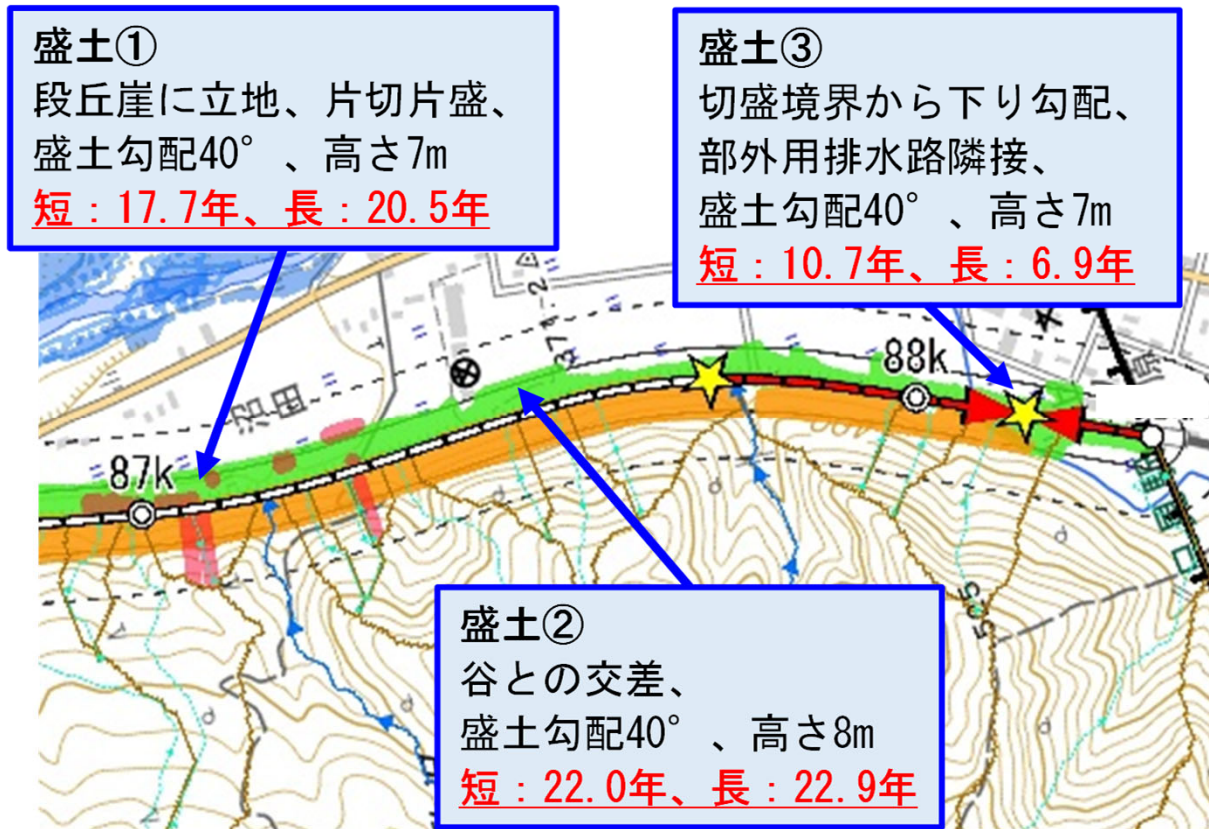
不安定要因の例(盛土)

段丘崖に立地、切盛境界から下り勾配部外用の排水路が隣接 など

降雨耐力(再現期間)の算定例 (盛土:災害発生/未発生事例による比較)



国土地理院地形データ(無償)を用いた降雨耐力算定例



地理院地図に加筆

➤ 切土の評価方法の精度を検証中

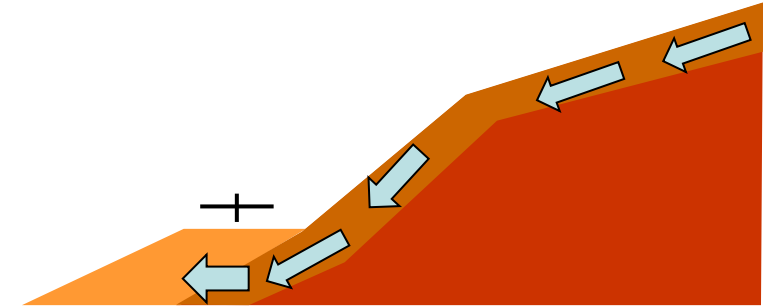
降雨災害に関する研究概要

- 【降雨・斜面】 強雨時安定性評価箇所を選定手法
- 【降雨・斜面】 強雨後の斜面安定性回復傾向の評価手法
- 【降雨・盛土】 強雨災害時の土構造物の状態評価法
- 【降雨・橋りょう】 河川橋脚の健全度判定システムの実用化

強雨後の斜面安定性回復傾向の評価手法

目的 強雨後に小降雨が継続する場合の適正な運転規制解除判断による安全性向上

- 降雨による斜面・盛土崩壊
- ⇒ 地形的な「水の集まりやすさ」が影響
- 例) 自然斜面に隣接する盛土
- ⇒ 自然斜面からの水の流入が影響



未曾有の豪雨後に小降雨が継続した場合、運転規制の解除判断が難しい

広域的な水の流れを考慮した斜面・盛土の安定性評価

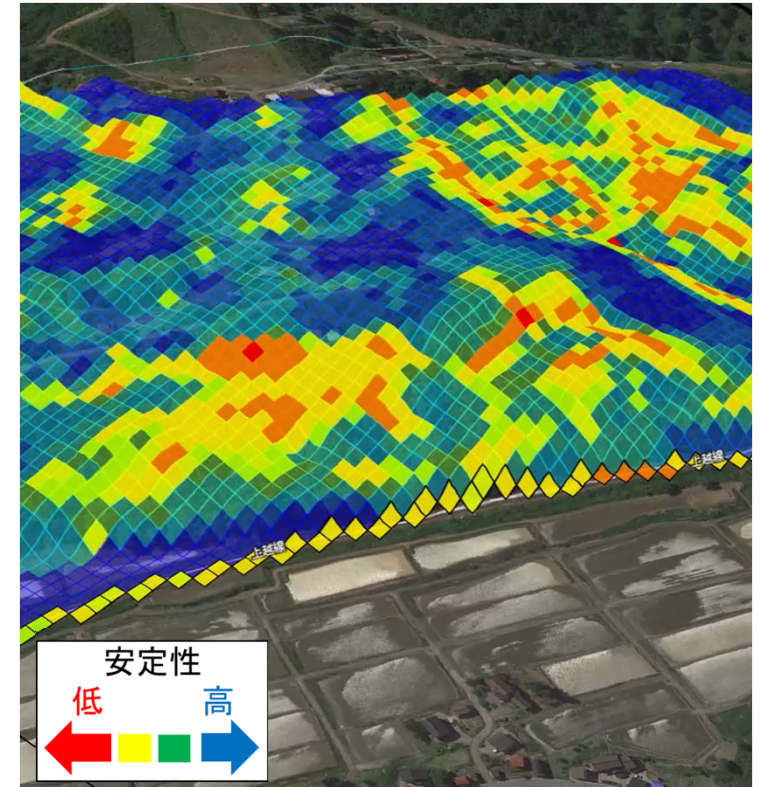
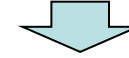
- 詳細な解析(三次元FEM等)は計算負荷が高く、様々な評価が困難

計算負荷の低いアルゴリズムを実装した**評価プログラム**

強雨後の斜面安定性回復傾向の評価手法

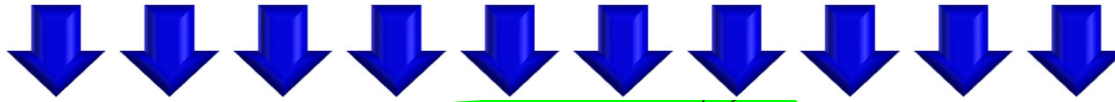
公的な広域情報

- ・数値標高
- ・線路位置
- ・降雨データ



自然斜面に隣接する盛土の安定性評価

降雨



自然斜面(尾根・谷)

盛土

①盛土への
流入水量モデル

②盛土からの
流出水量モデル

地下水位

③平均飽和度による
盛土安定性評価モデル

- 実盛土での地下水位等計測とこれに基づく解析プログラムの精度検証中

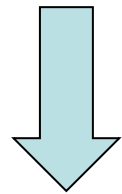
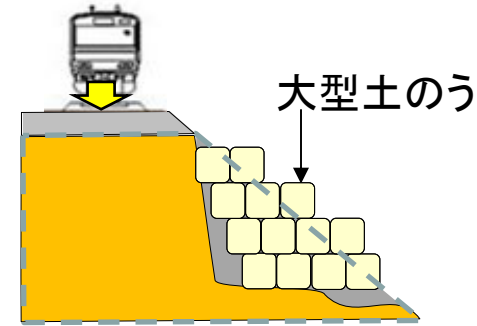
降雨災害に関する研究概要

- 【降雨・斜面】 強雨時安定性評価箇所を選定手法
- 【降雨・斜面】 強雨後の斜面安定性回復傾向の評価手法
- 【降雨・盛土】 強雨災害時の土構造物の状態評価法
- 【降雨・橋りょう】 河川橋脚の健全度判定システムの実用化

強雨災害時の土構造物の状態評価法

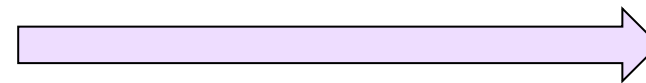
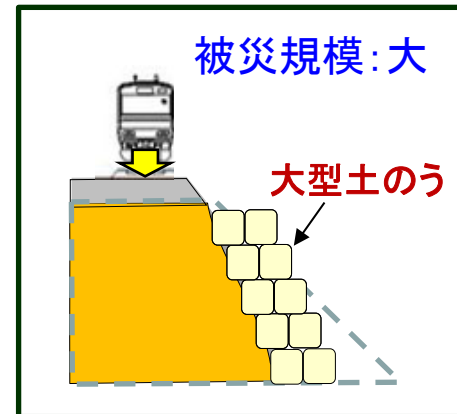
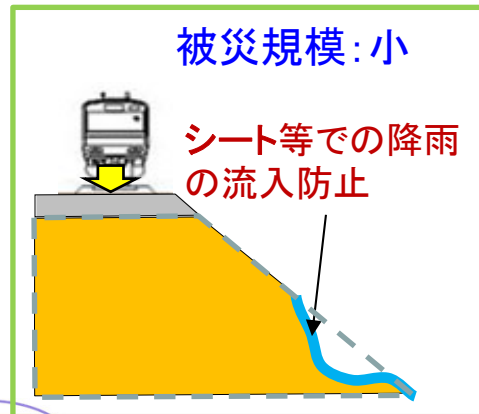
目的 強雨で被災した盛土箇所における列車の早期運行再開

➤ 近年、強雨による盛土被害が多く発生
⇒ 大型土のうで形状を戻す復旧

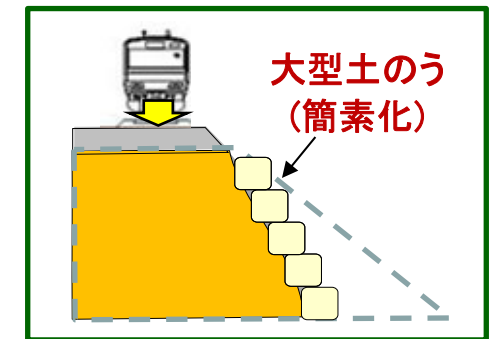


- ・経験に基づいた復旧要否の判断
- ・安全側に過大な復旧構造

- 列車走行時の安定評価に基づいた応急復旧要否の判断
- 復旧が必要な盛土での適正な土のう数の算定

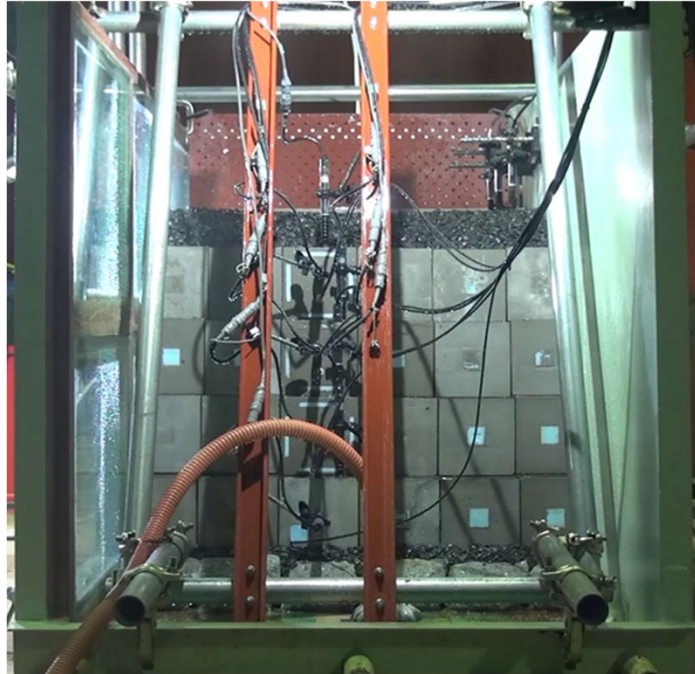


試験等で盛土の状態が良好なことを確認した場合はさらに簡素化



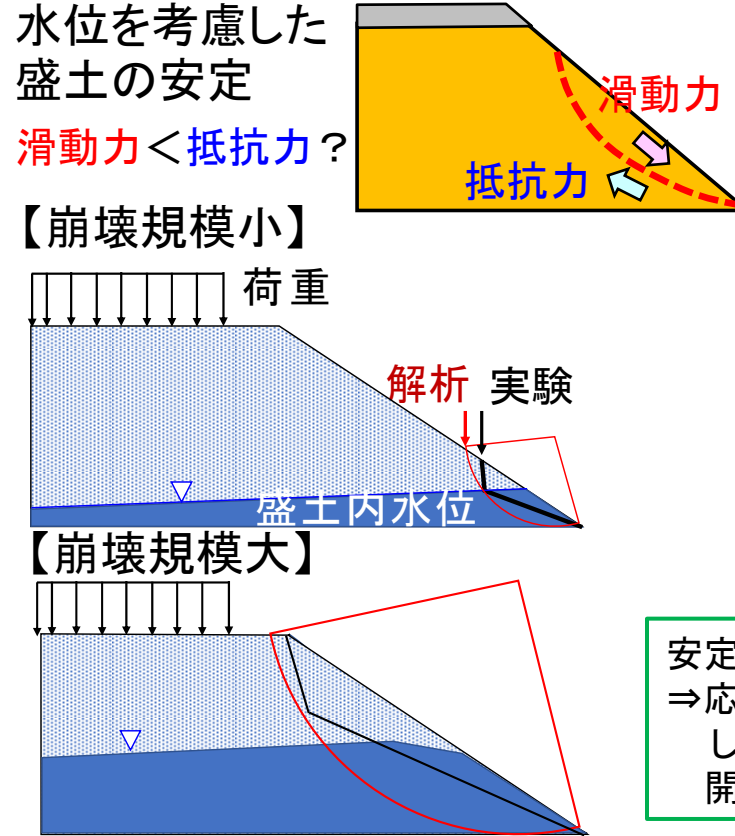
強雨災害時の土構造物の状態評価法

被災盛土・復旧盛土の降雨実験



応急復旧盛土
降雨量30mm/h
累積雨量317mmのときに崩壊

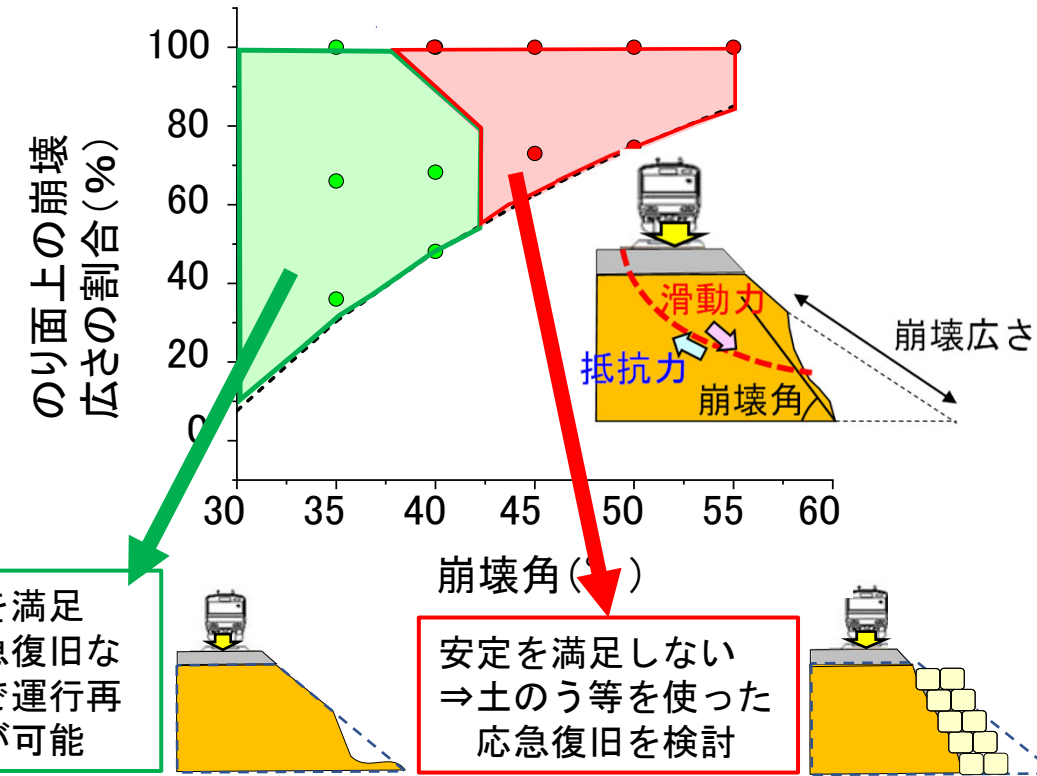
解析モデルによる安定評価



実験の崩壊を解析モデルで再現

様々な崩壊形態に対する盛土の安定評価

崩壊盛土に対する列車走行時の安定を多数検討



グラフから応急復旧の要否を判断可能

➤ 上記応急対策後の復旧対策工法を検討中

降雨災害に関する研究概要

- 【降雨・斜面】 強雨時安定性評価箇所を選定手法
- 【降雨・斜面】 強雨後の斜面安定性回復傾向の評価手法
- 【降雨・盛土】 強雨災害時の土構造物の状態評価法
- 【降雨・橋りょう】河川橋脚の健全度判定システムの実用化

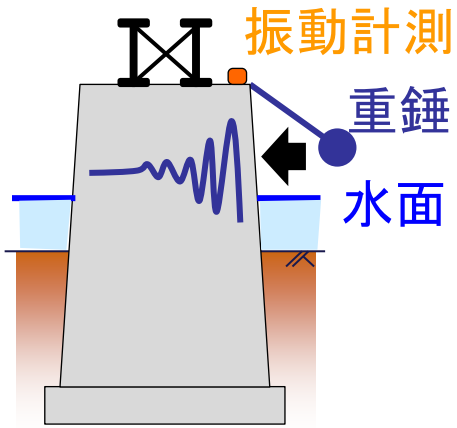
河川橋脚の健全度判定システムの実用化

目的 増水時における橋脚の安全性を評価し、列車の安全を確保する

橋脚の健全度評価⇒固有振動数を指標

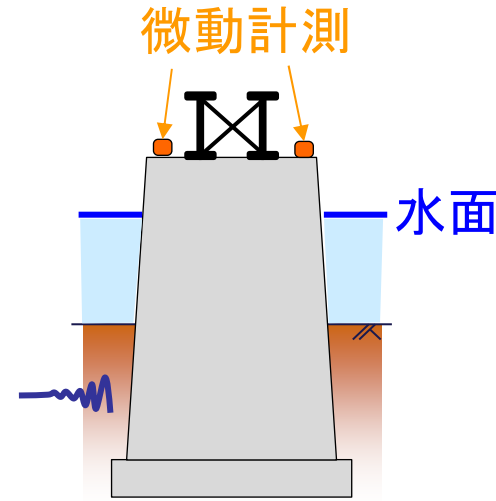
根入れの低下⇒固有振動数の低下

➤ 衝撃振動試験



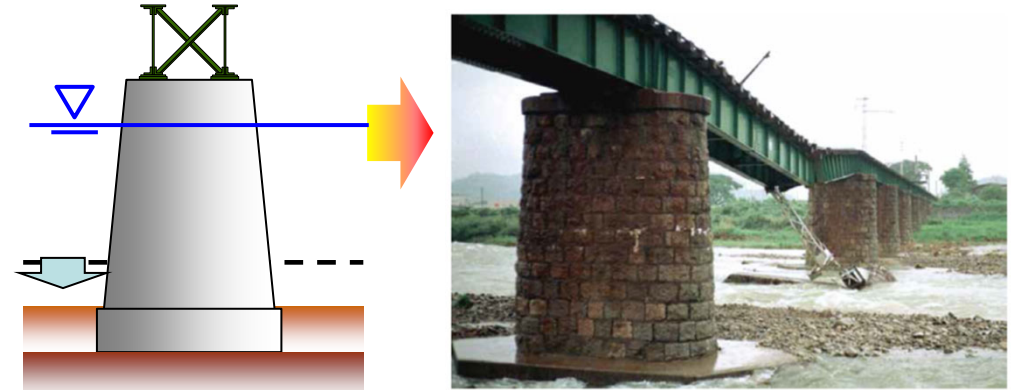
重錘打撃
⇒ 振動計測
⇒ 固有振動数の推定

➤ 微動計測による手法



微動計測 (橋脚天端2箇所)
⇒ 固有振動数を推定

※デメリット
衝撃振動試験よりも適用
できる橋脚が限定される



➤ 微動計測により上記の進行を把握
するシステムの試作機を構築
⇒ 増水時にも評価可能
・常設型、可搬型を試作。
・可搬型はインパクトIVに実装

➤ 試作機の実橋脚での稼働試験を実施中

増水時は安全面から困難

目次

1. 気象災害に関する最近の研究開発
(本日の発表の位置づけ)
2. 降雨災害に関する研究概要
3. 気象災害に関する研究開発の方向性

気象災害に関する研究開発の方向性

- 激甚化する気象災害
- 働き手不足

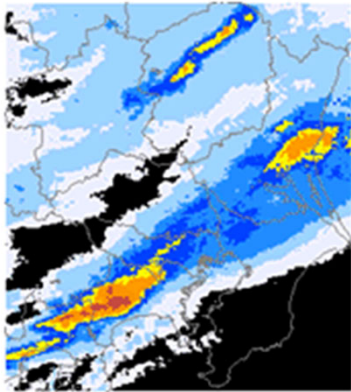


ハード対策: 優先順位評価、低コスト化
ソフト対策: ダウンタイム削減、省力化

気象災害・・・広域的な気象条件・地形条件が大きく影響する

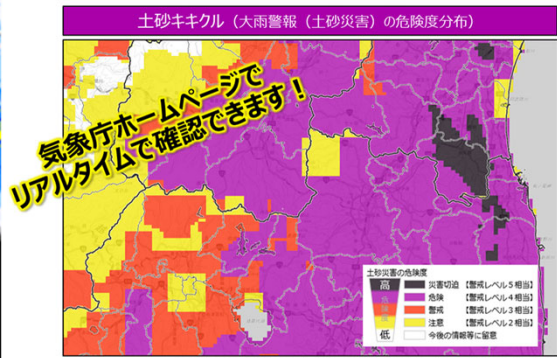
➤ 公的な広域情報の充実化・精度向上

- ・気象データ
- ・地形(空間)情報



気象庁HP

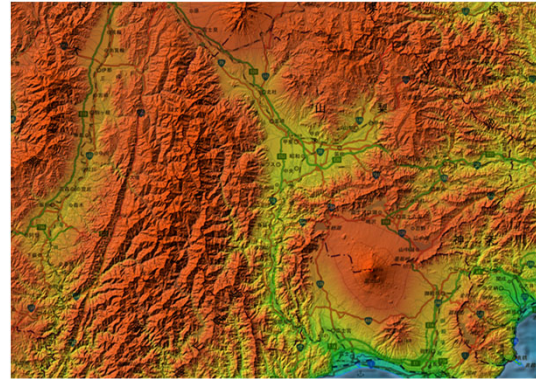
面的降雨



気象庁HP 土砂キキクル (大雨警報 (土砂災害) の危険度分布) | <https://www.jma.go.jp/bosa/risk/#elements:land/>

気象庁HP

土砂災害危険度



地理院地図

電子国土Web



広域情報の
積極的な活用

- ・防災業務の効率化
- ・運転規制等の高精度化

気象災害に関する研究開発の方向性

【ソフト対策に関する研究開発の方向性】

【部内情報】

気象観測
データ

設備
データ

【広域情報】

外部気象
データ

人工衛星
データ

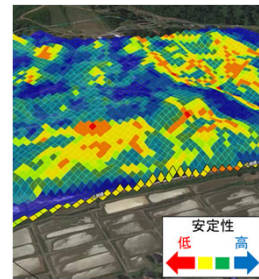
地形・地理
データ



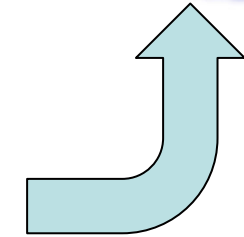
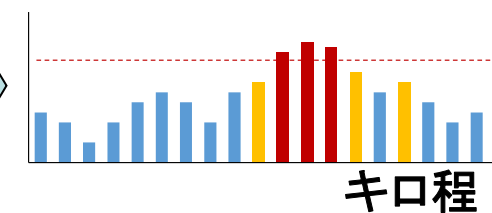
外力評価・予測

耐力評価・予測

危険度評価



危険度



- ・高精度な
- ・きめ細やかな
情報

激甚化する気象災害に対して、安全性を向上させつつダウンタイムを削減することを目指す

- ◆「強雨災害時の土構造物の状態評価法」の一部は、国土交通省鉄道技術開発費補助金により実施した。
- ◆「河川橋脚の健全度判定システムの実用化」の一部は、国土交通省鉄道技術開発・普及促進制度(2022)により実施した。