～新都市社会技術融合創造研究会～

降雨特性に応じた道路通行規制のあり方に関する研究

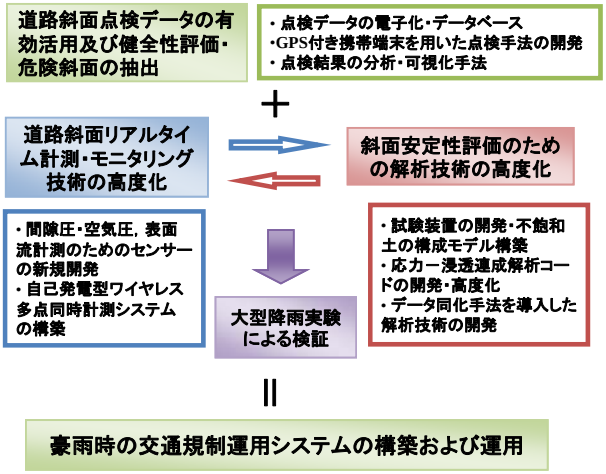
プロジェクトリーダー　小山倫史　関西大学・准教授

■ 研究の背景・目的

豪雨時における国道を対象とした道路通行規制の発令には，**事前通行規制区間**において**連続した時間雨量の累積を基準**としているため，**降雨特性に対応したきめ細やかな事前通行規制**ができないのが現状である．道路斜面は**多種多様な地形，地質構造，土質・岩質，地下水**を有しており，斜面への**豪雨時の雨水浸透・崩壊メカニズム**を考慮することなく，**降雨量の情報のみで，斜面安定性・崩壊危険度の評価・予測は困難**であり，交通規制を発令することは可能であっても，降雨終了後の交通規制の解除を行うことはできない．そこで，**降雨特性**（**降雨強度・降雨波形**など）や斜面の**地形・地質**などに応じた，**「きめ細やかで安全かつ最小限の事前通行規制」**を行うため，降雨特性と斜面安定性の関係を整理・分析・評価するなど，**降雨特性に応じた道路通行規制（発令から解除まで）**に関する研究を行う．

■ 研究の内容　①

安定度調査表に基づいた道路斜面点検データの有効活用（点検記録の電子化を含めて）による**健全性評価および危険斜面の抽出**し，崩壊危険度の高い道路斜面に対して，**現場計測・モニタリング**（正確な斜面の現況把握），**高精度な降雨観測情報**（**Xバンドレーダー**による高精度な降雨外力の把握）および**数値解析（斜面安定性評価）**を組み合わせた統合的な**道路斜面の崩壊・危険度予測**を行うことで，**豪雨時の交通規制運用システム（規制発令から解除まで）を構築**する．

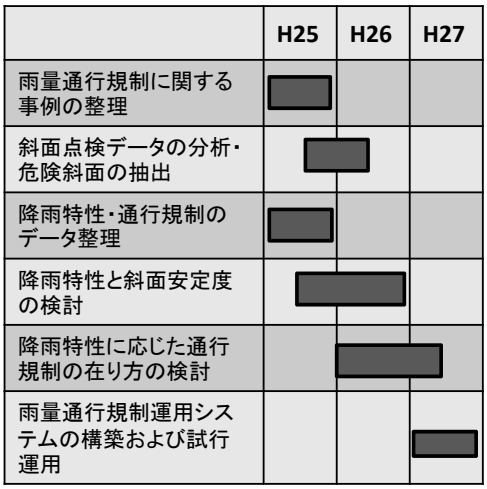


降雨特性に応じた道路通行規制のあり方に関する研究
（研究内容・スケジュール・研究体制）

■ 研究の内容　②

具体的には，以下の項目について詳細な検討を行う．

- 交通規制等に関する雨量基準の事例（道路管理者、鉄道管理者など）の整理
- **斜面安定度調査表**に基づいた**斜面点検データの分析**および**危険斜面の抽出**
- 過去の降雨特性と通行規制（斜面崩壊を含む）のデータ整理および分析
- **降雨特性と斜面安定度の検討**（室内実験，大型降雨実験，数値解析による）
- **降雨特性（降雨強度・降雨波形）に応じた通行規制のあり方**の検討
- **雨量通行規制運用システムの構築・試行運用**および改善点の検討



■ 研究期間

平成25年度～平成27年度

■ 参加予定メンバー（体制）

地盤材料の要素試験，現場計測・モニタリング，数値解析を専門とする**若手研究者・実務者を中心**に構成された産・官・学連携かつ横断的なグループで研究開発にあたる．

顧問　沖村　孝　神戸大学名誉教授（（一財）建設工学研究所）
学　関西大学，京都大学，大阪大学，立命館大学，岡山大学，鹿児島大学，横浜国立大学　＋追加メンバー検討中
産　㈱建設技術研究所，㈱日本工営，㈱アーステック東洋，計測技研㈱，水文技術コンサルタント㈱，日鐵住金建材，環境総合テクノス＋追加メンバー検討中
官　国土交通省近畿地方整備局（近畿技術事務所，兵庫国道事務所），防災科学技術研究所

雨量通行規制の発令・解除の判断支援システムの構築（1）

≪従来≫ 降雨量の情報のみ（例えば，連続雨量：160㎜（発令），無降雨継続時間：3時間（解除）など）

斜面の特徴 ⇩ ＋地質・地形 ＋雨水浸透挙動 など

数値解析と現場計測・モニタリングを組み合わせた統合的なシステム

数値解析：崩壊予測，シナリオの分析（「想定外を想像する！」）

外力，境界条件 ↑ ↕ マッチング ⇒ モデルの高精度化

現場計測・モニタリング：斜面の現状把握

予測精度の向上には，精緻な解析モデル（地質・物性，構成モデルなど）と高精度な観測データ（外力）が必要不可欠！

⇒「どの程度精緻なモデルを作るか」は斜面の重要度・危険度に応じて決定

雨量通行規制の発令・解除の判断支援システムの構築（2）

＜方法・フロー＞

- 雨量通行規制区間内の斜面・法面のうち崩壊危険度の高いもの（あるいは，区間を代表するもの）を抽出
  - 自己組織化マップ（SOM）を用いた安定度調査票の分析.
- 抽出した斜面に対する雨量通行規制基準線の作成
  - 斜面のモデル化（地盤物性，境界条件の把握）（地質調査・土質試験，計測・モニタリング）
  - 斜面崩壊シナリオ（「どこで」，「どのように」）の分析（地質調査，数値解析）
  - 雨水浸透挙動と斜面安定の解析（飽和－不飽和浸透流解析＋円弧すべ解析）（数値解析）
  - 雨量通行規制基準線の作成（一定降雨を与え，「安全率が1を下回る」時点をプロット）（数値解析）

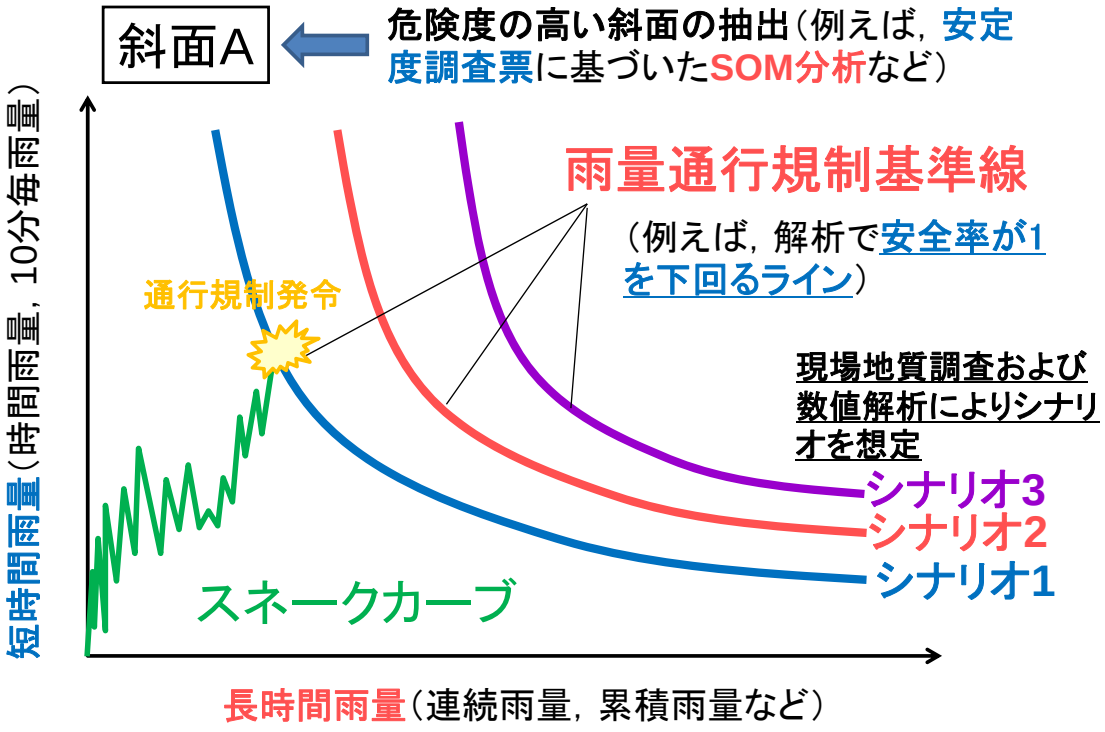
雨量通行規制の発令・解除の判断支援システムの構築（3）

＜方法・フロー（つづき）＞

- 雨量観測データをもとに「スネークカーブ」を作成
  - 短時間雨量（10分毎雨量，時間雨量）と長時間雨量（連続雨量，累積雨量など）をプロット（計測・モニタリング）
  - 斜面内の地下水・雨水の状況（土壌水分量，サクション圧など）の把握（計測・モニタリング）．
- 雨量通行規制の発令
  - 雨量通行基準線とスネークカーブが抵触する時点を規制発令とする

※ただし，「安全率1」のラインを発令基準線とするかについては議論の余地あり．過去の崩壊事例の再現解析の結果などからセットするなどの方法も考えられる．

雨量通行規制の発令・解除の判断支援システムの構築（4）



雨量通行規制の発令・解除の判断支援システムの構築（5）

＜方法・フロー（つづき）＞

□ 雨量通行規制の解除

- スネークカーブをどのように「解除」に活用するか？

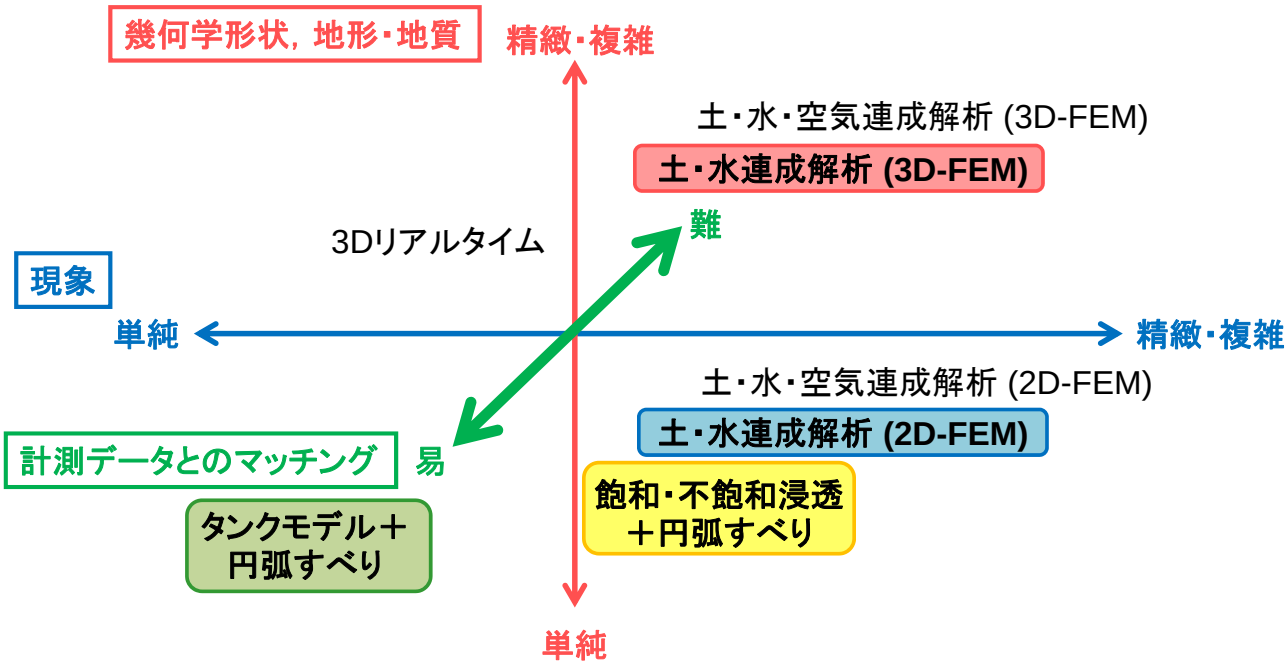
  雨量通行規制発令と解除は同じ評価方法でできないか？

- 降雨量に代わり，斜面内の地下水（あるいは土中水分）の状態を指標として用いる必要がある（例えば，飽和度，地下水位，間隙水圧など）．
- これらは，現場計測・モニタリングにより計測可能．
- 数値解析などにより，土中水分と斜面安定の関係を把握する必要があり，降雨終了後，安全率が1に回復する時点の土中水分の状態を数値解析により把握することは可能．

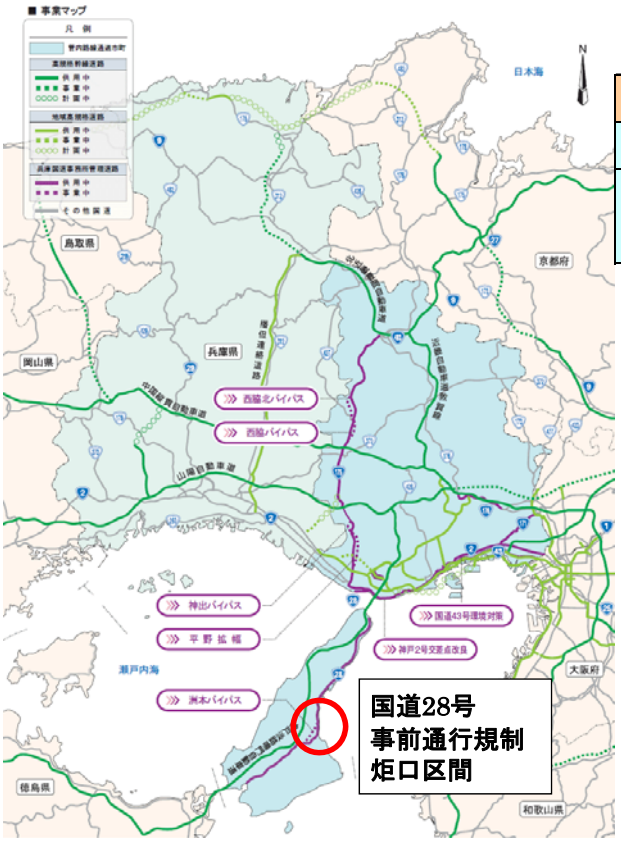
※安全率が1に回復するのに相当な時間を要するケースに対しては，他の指標との併用を検討する（安全率の上昇勾配など）

雨量通行規制の発令・解除の判断支援システムの構築（6）

「どのようなモデル化をし，どのような解析をするのか??」



対象区間：国道28号線「炬口区間」

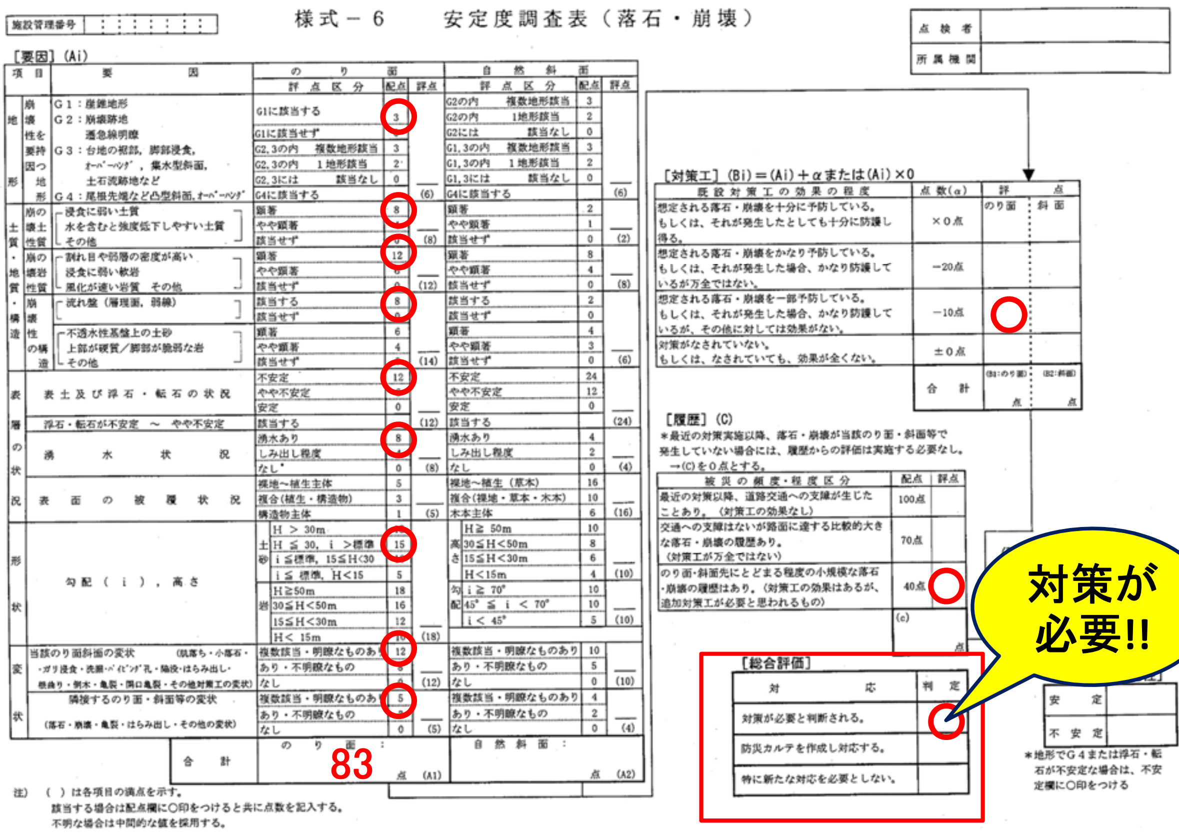


路線	規制区間	延長（km）	規制条件（通行止）	
			気象等基準値	気象等観測所
176号	西宮市塩瀬町名塩 ～ 西宮市塩瀬町生瀬	2.4	連続降雨量 160mm	名塩テレメーター
28号	①兵庫県淡路市塩尾 ～ 洲本市安乎町平安浦	1.8	連続降雨量 160mm	塩尾テレメーター
	②洲本市中川原町厚浜 ～ 洲本市炬口	2.9	連続降雨量 160mm	炬口テレメーター

国道28号線「炬口区間」の概要

年		厚浜～炬口間（炬口区間）		
		区間	基準雨量	防災対象
1969	昭和44年	事前通行規制区間制定 淡路町～南淡町 延長50km	120mm	落石・洗掘
1970	昭和45年	淡路町～炬口 延長30.5km	160mm	
1971	昭和46年	現行基準160mm	140mm	
1972	昭和47年		160mm （S46年点検により変更）	
1973 ～ 2010	昭和48年 ～ 平成22年	規制区間2.9km		

国土交通省における道路の維持･管理手法



施設管理番号

様式－6　安定度調査表（落石・崩壊）

点検者	
所属機関	

［要因］(Ai)

項目	要因	のり面 評点区分	配点	評点	自然斜面 評点区分	配点	評点
地形 崩壊性を要持因つ地形	G1：崖錐地形 G2：崩壊跡地 遷急線明瞭 G3：台地の裾部, 脚部浸食, オーバーハング, 集水型斜面, 土石流跡地など G4：尾根先端など凸型斜面, オーバーハング	G1に該当する	3		G2の内 複数地形該当	3	
		G1に該当せず	[illegible]		G2の内 1地形該当	2	
		G2, 3の内 複数地形該当	3		G2には 該当なし	0	
		G2, 3の内 1地形該当	2		G1, 3の内 複数地形該当	3	
		G2, 3には 該当なし	0		G1, 3の内 1地形該当	2	
		G4に該当する		(6)	G1, 3には 該当なし	0	
					G4に該当する		(6)
土質・地質・構造 崩壊土の性質	浸食に弱い土質 水を含むと強度低下しやすい土質 その他	顕著	8		顕著	2	
		やや顕著	[illegible]		やや顕著	1	
		該当せず	[illegible]	(8)	該当せず	0	(2)
崩壊岩の性質	割れ目や弱層の密度が高い 浸食に弱い軟岩 風化が速い岩質 その他	顕著	12		顕著	8	
		やや顕著	[illegible]		やや顕著	4	
		該当せず	[illegible]	(12)	該当せず	0	(8)
崩壊性の構造	流れ盤（層理面, 弱線）	該当する	8		該当する	2	
		該当せず	[illegible]		該当せず	0	
	不透水性基盤上の土砂 上部が硬質／脚部が脆弱な岩 その他	顕著	6		顕著	4	
		やや顕著	4		やや顕著	3	
		該当せず	[illegible]	(14)	該当せず	0	(6)
表層の状況	表土及び浮石・転石の状況	不安定	12		不安定	24	
		やや不安定	[illegible]		やや不安定	12	
		安定	0		安定	0	
	浮石・転石が不安定 ～ やや不安定	該当する		(12)	該当する		(24)
	湧水状況	湧水あり	8		湧水あり	4	
		しみ出し程度	[illegible]		しみ出し程度	2	
		なし	0	(8)	なし	0	(4)
	表面の被覆状況	裸地～植生主体	5		裸地～植生（草本）	16	
		複合(植生・構造物)	3		複合(裸地・草本・木本)	10	
		構造物主体	1	(5)	木本主体	6	(16)
形状	勾配（i），高さ	土砂 H ＞ 30m	[illegible]		高さ H≧50m	10	
		土砂 H ≦ 30, i ＞標準	15		高さ 30≦H＜50m	8	
		土砂 i ≦標準, 15≦H＜30	[illegible]		高さ 15≦H＜30m	6	
		土砂 i ≦ 標準, H＜15	5		高さ H＜15m	4	(10)
		岩 H≧50m	18		勾配 i ≧ 70°	10	
		岩 30≦H＜50m	16		勾配 45° ≦ i ＜ 70°	10	
		岩 15≦H＜30m	12		勾配 i ＜ 45°	5	(10)
		岩 H＜ 15m	[illegible]	(18)			
変状	当該のり面斜面の変状（肌落ち・小落石・ガリ浸食・洗掘・パイピング孔・陥没・はらみ出し・根曲り・倒木・亀裂・開口亀裂・その他対策工の変状）	複数該当・明瞭なものあり	12		複数該当・明瞭なものあり	10	
		あり・不明瞭なもの	[illegible]		あり・不明瞭なもの	5	
		なし	[illegible]	(12)	なし	0	(10)
	隣接するのり面・斜面等の変状（落石・崩壊・亀裂・はらみ出し・その他の変状）	複数該当・明瞭なものあり	5		複数該当・明瞭なものあり	4	
		あり・不明瞭なもの	[illegible]		あり・不明瞭なもの	2	
		なし	0	(5)	なし	0	(4)
合計		のり面： 83 点 (A1)			自然斜面： 点 (A2)		

注）（ ）は各項目の満点を示す。
該当する場合は配点欄に○印をつけると共に点数を記入する。
不明な場合は中間的な値を採用する。

［対策工］(Bi)＝(Ai)＋αまたは(Ai)×0

既設対策工の効果の程度	点数(α)	評点 のり面	評点 斜面
想定される落石・崩壊を十分に予防している。もしくは、それが発生したとしても十分に防護し得る。	×0点		
想定される落石・崩壊をかなり予防している。もしくは、それが発生した場合、かなり防護しているが万全ではない。	−20点		
想定される落石・崩壊を一部予防している。もしくは、それが発生した場合、かなり防護しているが、その他に対しては効果がない。	−10点	○	
対策がなされていない。もしくは、なされていても、効果が全くない。	±0点		
合計		(B1:のり面) 点	(B2:斜面) 点

［履歴］(C)
＊最近の対策実施以降、落石・崩壊が当該のり面・斜面等で発生していない場合には、履歴からの評価は実施する必要なし。
→(C)を0点とする。

被災の頻度・程度区分	配点	評点
最近の対策以降、道路交通への支障が生じたことあり。（対策工の効果なし）	100点	
交通への支障はないが路面に達する比較的大きな落石・崩壊の履歴あり。（対策工が万全ではない）	70点	
のり面･斜面先にとどまる程度の小規模な落石･崩壊の履歴はあり。（対策工の効果はあるが、追加対策工が必要と思われるもの）	40点	○
	(c) 点	

［総合評価］

対応	判定
対策が必要と判断される。	○
防災カルテを作成し対応する。	
特に新たな対応を必要としない。	

安定	
不安定	

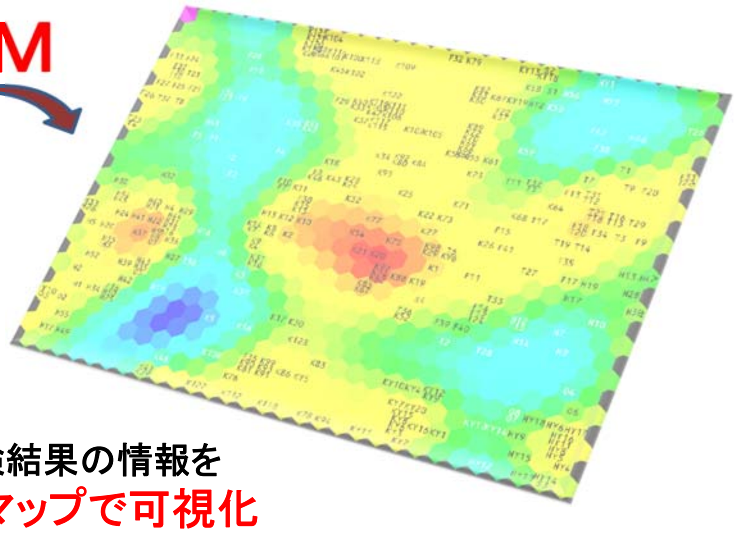
＊地形でG4または浮石・転石が不安定な場合は、不安定欄に○印をつける

SOMを用いた道路のり面のクラスタリング

安定度調査表

膨大な数の点検結果

SOM



全点検結果の情報を
1枚のマップで可視化

- **のり面ごとに作成**
- 地質調査の専門家によって作成
- **点検項目ごとに重みづけ**
- **のり面の健全度を得点で表示**

- **のり面の特徴ごとに分類**
- 全のり面の情報を**1枚のマップで可視化**
- **各点検項目の寄与度がわかる**
  ⇒“点検項目の見直し”
- **道路管理者が各種意思決定に利用**

入力ベクトルと入力値（例）

のり面について

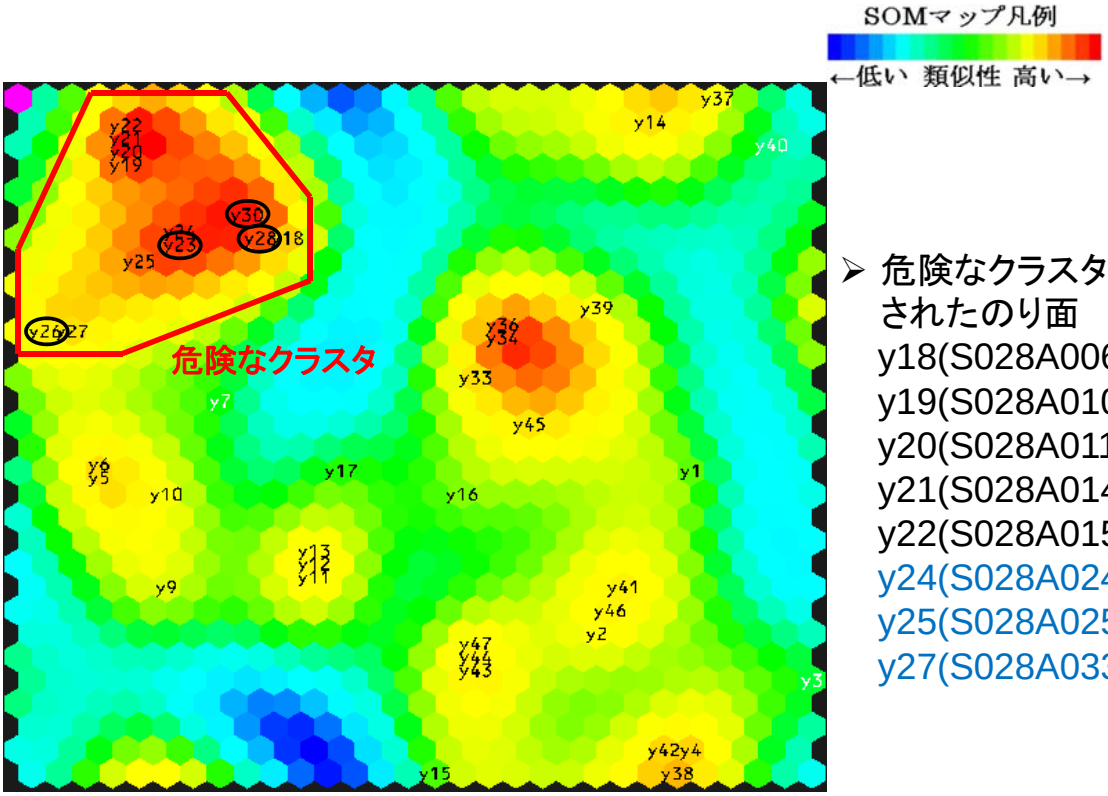
項目	入力ベクトル	入力方法
地形	X1：崖錐地形	1：該当する　0：該当せず
	X2：崩壊跡地，遷急線明瞭or台地の裾部，脚部侵食，オーバーハング	1：複数該当　0．5：1つ該当　0：該当せず
	X3：尾根先端など凸型斜面，オーバーハング	1：該当する　0：該当せず
土質 地質	X4：崩壊性の土質	1：顕著　0．5：やや顕著　0：該当せず
	X5：崩壊性の岩質	1：顕著　0．5：やや顕著　0：該当せず
	X6：崩壊性の構造（流れ盤）	1：該当する　0：該当せず
	X7：崩壊性の構造（不透水性基盤乗の土砂上部が硬質，脚部が脆弱）	1：顕著　0．5：やや顕著　0：該当せず
表層の 状況	X8：表土及び浮石・転石の状況	1：不安定　0．5：やや不安定　0：安定
	X9：浮石・転石が不安定～やや不安定	1：該当する　0：該当せず
	X10：湧水状況	1：あり　0．5：しみ出し程度　0：なし
形状 勾配i 高さH	X11：表面の被覆状況	1：裸地～植生主体　0．5：複合（植生・構造物）　0：構造物主体
	X12：土砂	1：H＞30　0．6：H≦30，i＞標準　0．3：15≦H≦30，i≦標準　0：H＜15，i≦標準
	X13：岩	1：H≧50　0．6：30≦H＜50　0．3：15≦H＜30　0：H＜15
変状	X14：肌落ち・小落石・ガリ浸食・洗掘・パイピング孔・陥没・はらみ出し・根曲がり・倒木・亀裂・開口・その他対策工の変状	1：複数該当・明瞭なものあり　0．5：あり・不明瞭なもの　0：なし
	X15：隣接するのり面・斜面等の変状（落石・崩壊・亀裂・はらみ出し・その他の変状）	1：複数該当・明瞭なものあり　0．5：あり・不明瞭なもの　0：なし

入力ベクトルと入力値（例）

追加項目

項目	入力ベクトル	入力方法
現地状況	X37：地質区分	1：中・古生層　0．75：火成岩　0．5：新第三紀層　0．25：段丘堆積物，洪積層　0：崖錐堆積物，崩積土，沖積層
	X38：谷の次数区分	1：0次谷なし　0：0次谷あり
	X39：オーバーハングの程度	1：割れ目間隔の1/3以上　0．5：割れ目間隔の0~1/3　0：なし
	X40：断層の有無	1：対象個所内にあり　0．5：近傍にあり　0：なし
	X41：斜面方向	1：南東・南　0．6：南西・西　0．3：北・北東・東　0：北西
気象 データ	X42：降水量比率区分	1：2.5以上　0．75：2.0以上2.5未満　0．5：1.5以上2.0未満　0．25：1.0以上1.5未満　0：1.0未満
	X43：土壌雨量指数区分	1：175mm以上　0．8：160mm以上175mm未満　0．6：145mm以上160mm未満　0．4：130mm以上145mm未満　0．2：115mm以上130mm未満　0：115mm未満
	X44：凍結融解比率区分	1：4℃以上　0．8：2℃以上4℃未満　0．6：0℃以上2℃未満　0．4：-2℃以上0℃未満　0．2：-4℃以上-2℃未満　0：-4℃未満
	X45：風速（10m/s）以上の年間日数区分	1：20日以上　0．75：10日以上20日未満　0．5：5日以上10日未満　0．25：1日以上5日未満　0：1日未満

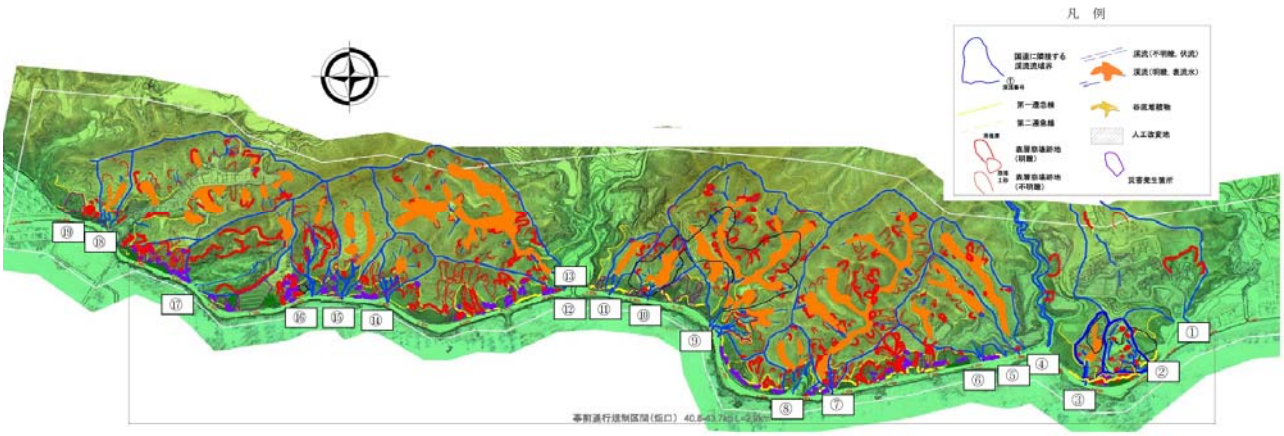
全体マップ（のり面）



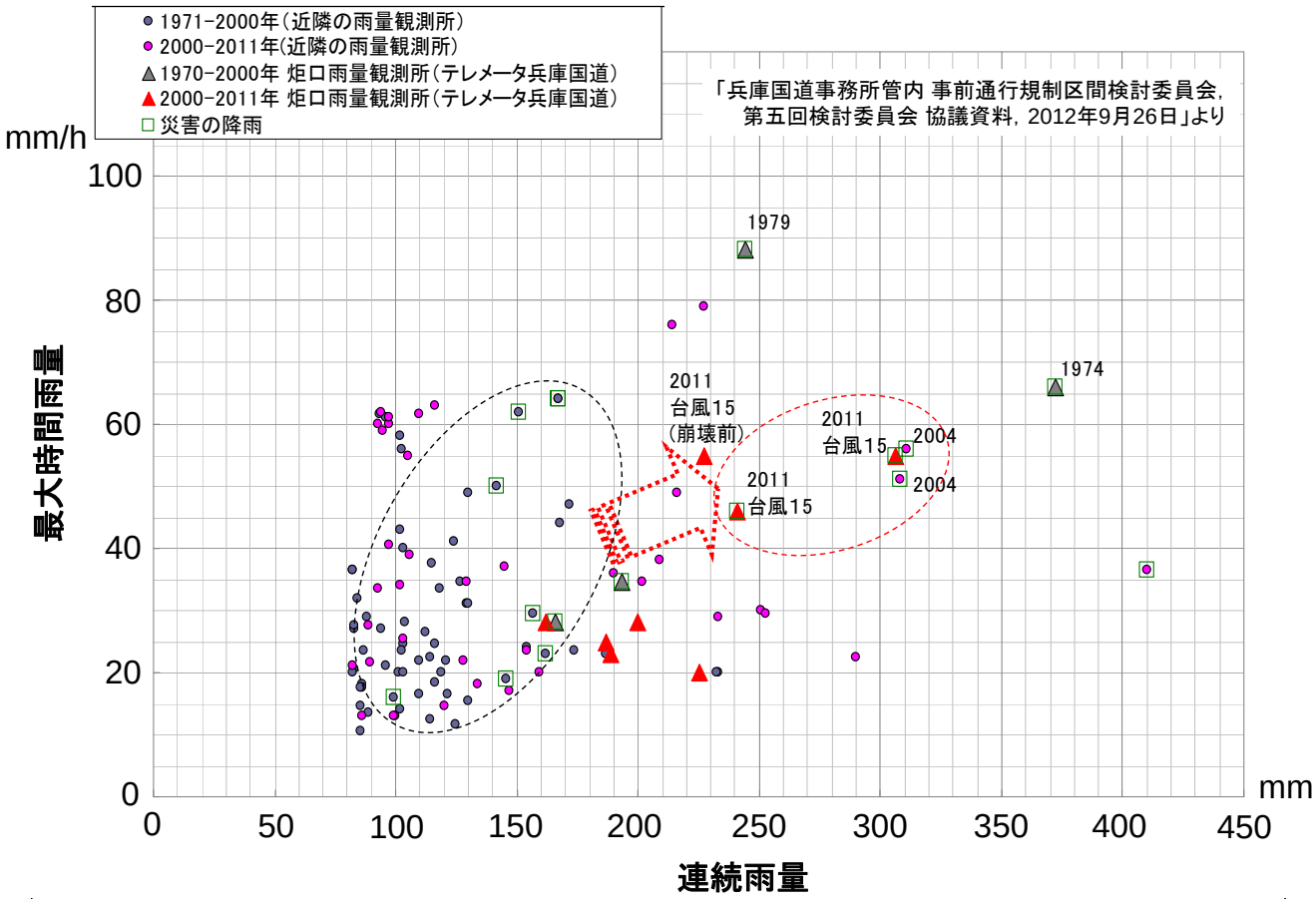
- 危険なクラスタに分類されたのり面
  y18(S028A006)
  y19(S028A010)
  y20(S028A011)
  y21(S028A014)
  y22(S028A015)
  y24(S028A024)
  y25(S028A025)
  y27(S028A033)

流域単位でみた地形の特徴

1. **炬口区間内**には，**国道へ影響を及ぼす恐れがある渓流は，19渓流**である．
2. **流域面積は6,000～100,000㎡**であり，極めて広い面積の渓流がある．
3. 渓流奥の河床勾配20°以下の緩地形が広い範囲を占める．
   渓流出口付近では河床勾配30-40°の急斜面が狭い範囲で分布することが多い．
4. 渓流奥の緩い河沿いは平坦地が谷底に分布し，土砂が堆積する．



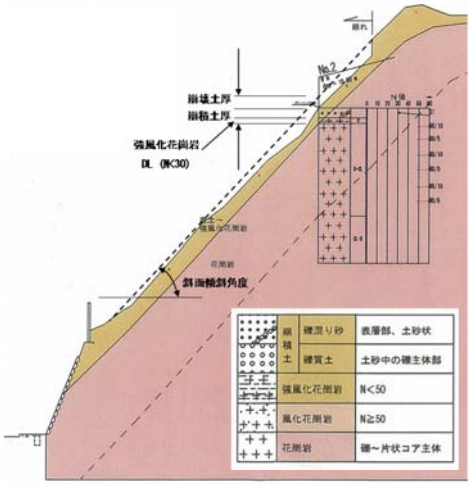
時間雨量・連続雨量および災害の有無



地層概要

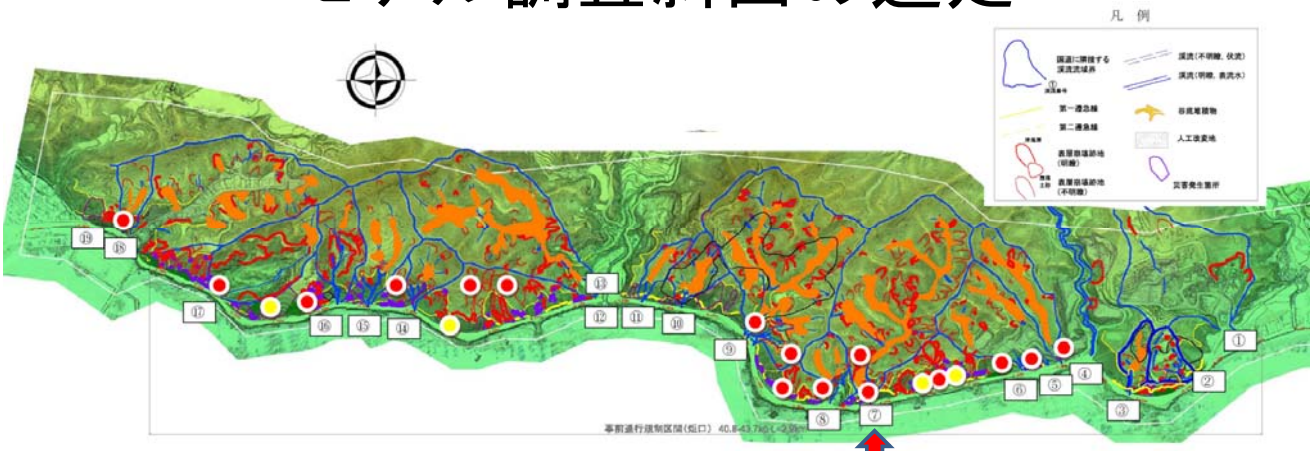
1. 既往調査ボーリングは崩壊範囲の内外で実施されているため，斜面傾斜角度や崩壊土の厚さは崩壊前の斜面地形から推定した．
2. **豪雨による斜面崩壊は，30～52°程度の比較的急峻な斜面傾斜角度で発生**．
3. 崖錐性堆積物や地すべり性堆積物の崩壊を除けば、
   - **崩壊土と崩積土の層厚は，2.0m程度**．
   - **DL級（N<30、強風化花崗岩）の層厚は1.0m程度**．
   - 斜面上に分布する**DL級（N<30、強風化花崗岩）以浅の層厚さは3.0m程度**と推定される．

孔番	位置（KP）	層厚（m）				斜面傾斜角度（°）	備考
		崩壊土厚	崩積土	強風化花崗岩	層厚計		
		崩壊土	Dt	DL（N<30）	DL以浅		
No. 1	35.275	0.5	1.7	0.3	2.5	45	
No. 2	35.526	0.8	0.6	0.4	1.8	47	
No. 3-1	37.173	1.0	0.6	0.4	2.0	32	
No. 3-2	37.173	1.0	1.0	1.0	3.0	30	
No. 4	37.336	1.7	2.2	1.0	4.9	45	崖錐性堆積物の崩壊
No. 5-1	37.863		1.9	0.3	2.2	52	
No. 5-2	37.863	1.2		1.8	3.0	42	
No. 7-1	42.098	1.4	2.8	0.8	5.0	40	地すべり性堆積物の崩壊
No. 7-2	42.098		4.1	1.4	5.5	40	
No. 8	42.258	1.2		1.0	2.2	40	
No. 9	42.606	0.5	0.5	4.5	5.5	52	斜掘のため参考値
No. 10	42.784	0.3	1.5	1.0	2.8	40	
No. 11	42.895	2.0		1.0	3.0	44	



既往ボーリング調査結果のまとめ一覧表（「28号法面災害復旧設計業務」報告書（H17・3）より整理）

モデル調査斜面の選定

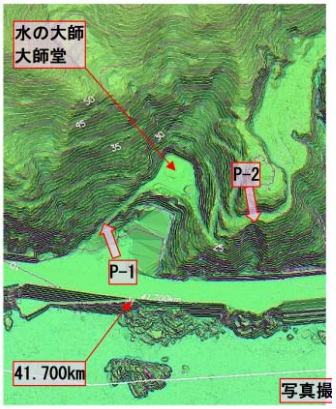


● 既往委員会による危険判定箇所
● SOM結果

モデル斜面候補地
渓流⑦：41.6kp

1. 検討結果から危険個所と判断されている.
2. 近年の被災履歴から，**20年以内に5回程度出水や土砂流出が確認**され，**対象箇所の周辺は崩壊箇所**となっている.
3. **流域面積**が，河川部を除き，**最も大きい渓流の流末に位置**する.
4. 地層概要として，**上層から表層**は**強風化花崗岩**および**花崗岩**からなると想定され，**層構成および層厚は概ね区間内で類似している（代表的な斜面）**と判断できる.

調査対象候補地の現地踏査状況（1）

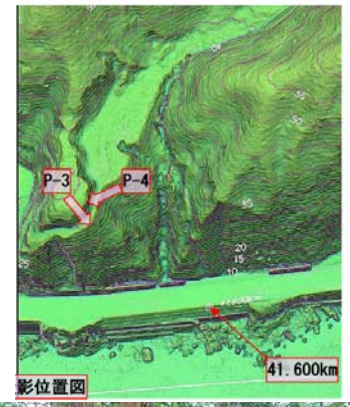


現地踏査の状況写真

P-1 大師堂入口階段部の斜面　表層数十cmが強風化

P-2 大師堂奥の沢部　吹付工施工済みで国道が見える

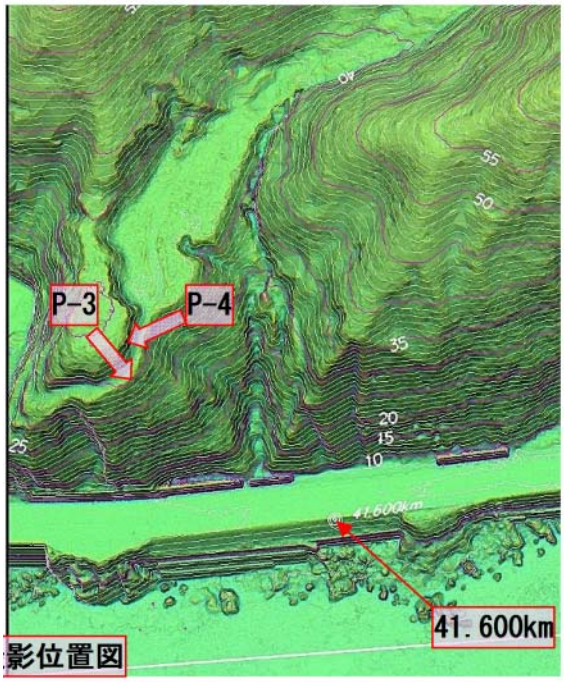
調査対象候補地の現地踏査状況（2）



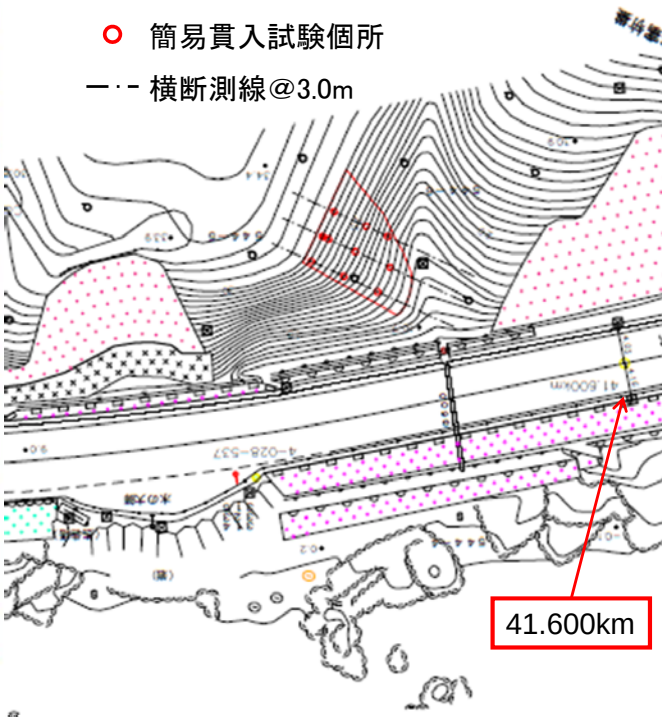
P-3 調査対象箇所の斜面状況
急傾斜を呈するが斜面下部はやや緩傾斜

P-4 調査対象箇所直上の尾根部
表層部は風化進行し土砂状

調査対象候補地の現地踏査状況（3）



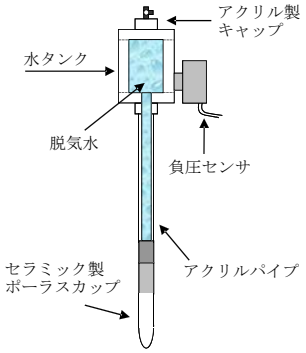
□ 調査対象範囲
● ボーリング調査個所
○ 簡易貫入試験個所
一・- 横断測線@3.0m



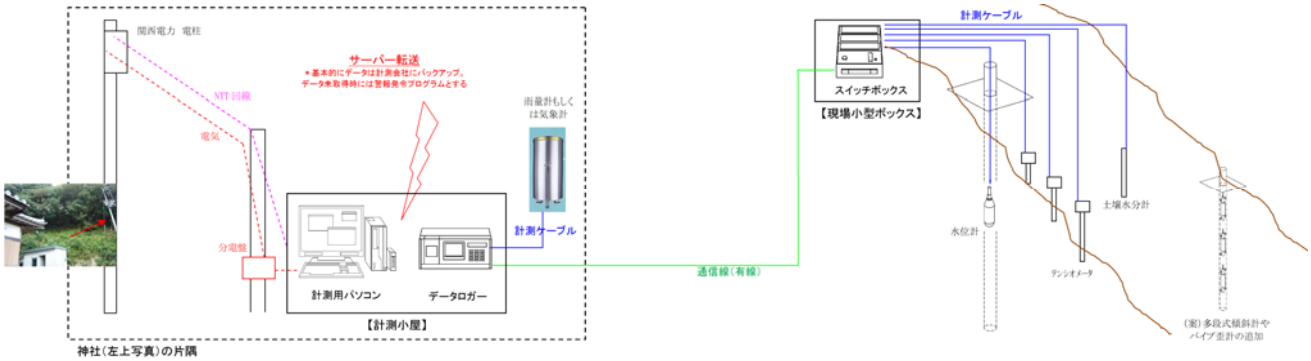
気象観測・地下水の計測・モニタリング

＜設置機器＞
①土壌水分計
②テンシオメータ
③水位計
④気象ユニット（雨量計測）

多深度型土壌水分計



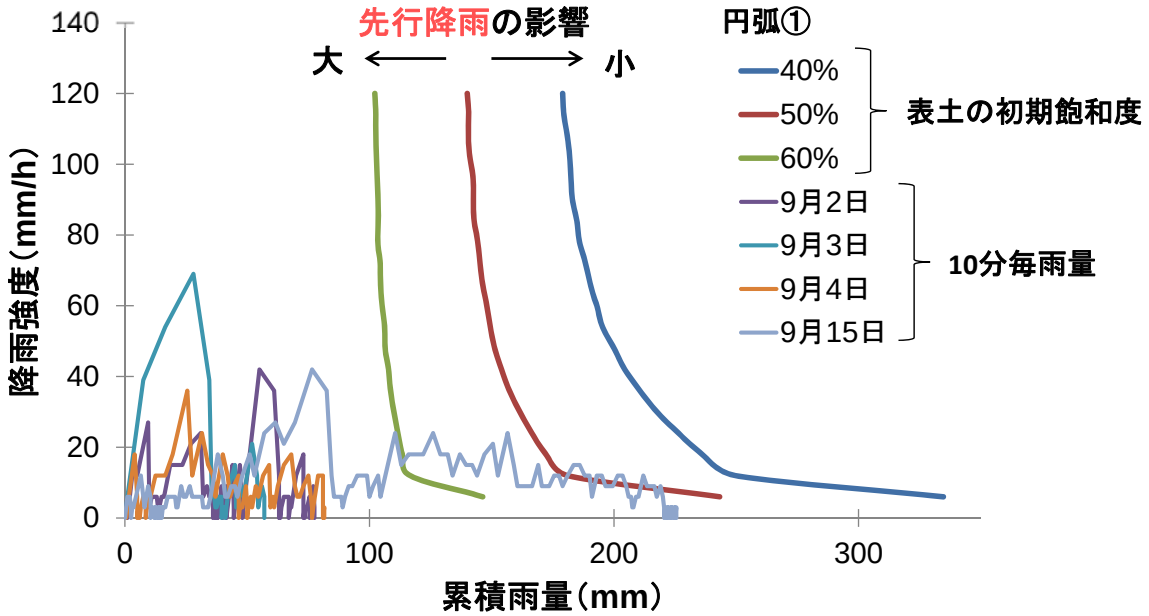
テンシオメータ



計測機器のシステム図

雨量通行規制の発令・解除に関する判断支援システムの適用事例

2013年9月の集中豪雨



- 先行降雨の影響を考慮するため，表土の飽和度（現場計測により取得）に応じて用いる雨量通行規制基準線を変更する．

土質調査結果

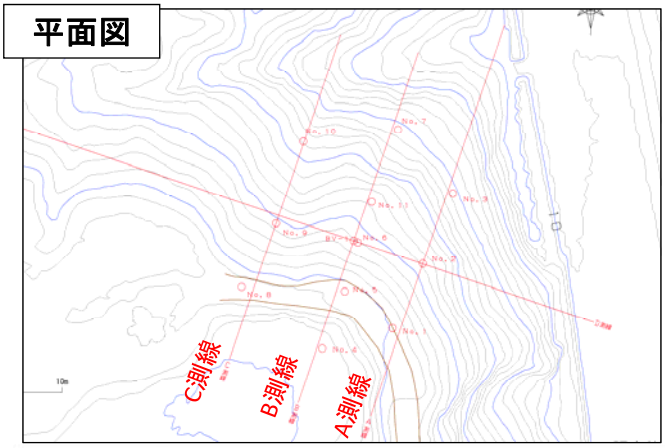
調査概要

ボーリング調査　1個所
簡易動的コーン　10か所
(3測線)

調査箇所

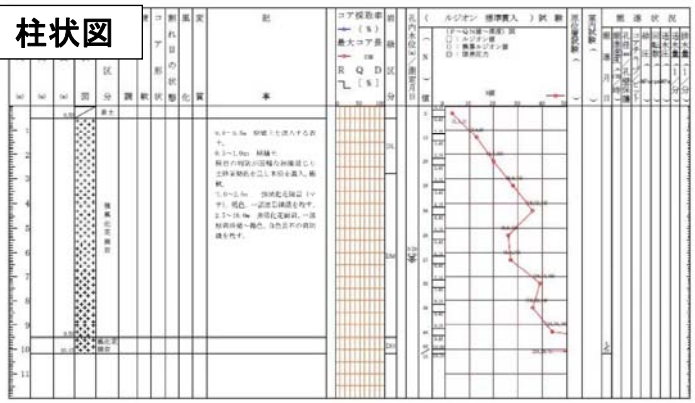
41.600付近

平面図

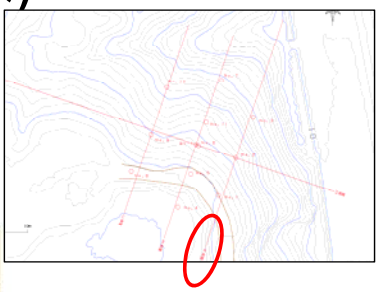


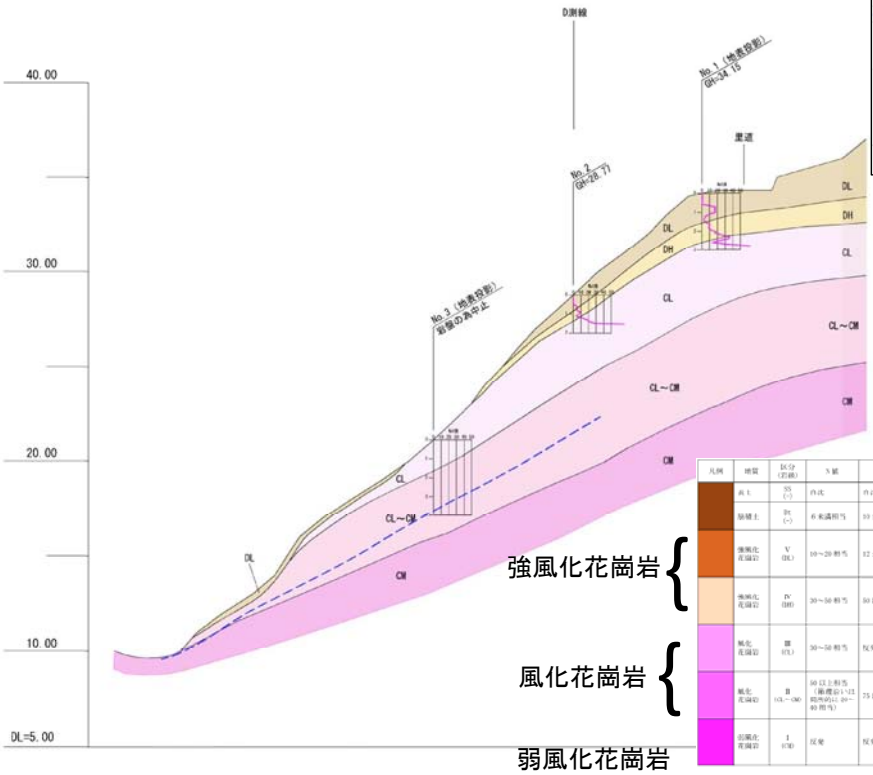
コア写真

柱状図



土質調査結果(A測線)

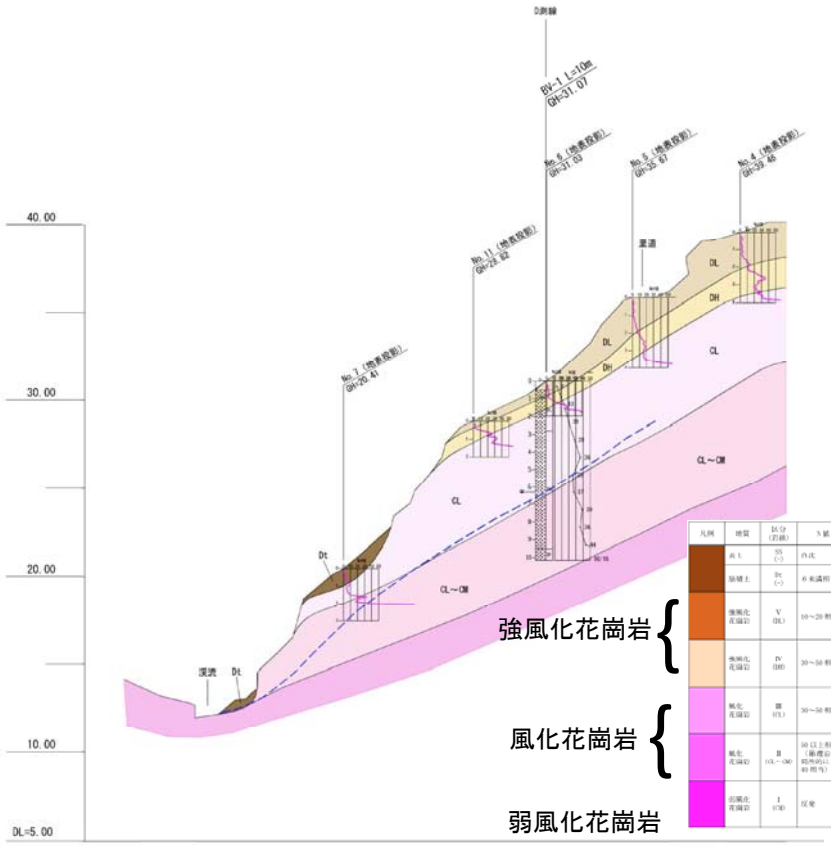


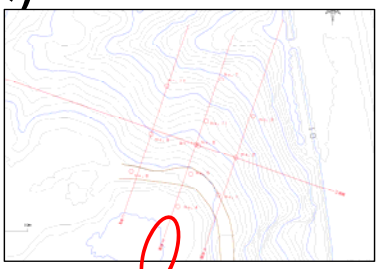


凡例

凡例	地質	区分(岩級)	N値	Qu値	特徴	想定される基礎タイプ
	表土	SS(-)	0以	0以	黒色土層。 盛土。	表層基礎、杭基礎すべり
	旧盛土	Bt(-)	6未満相当	10未満相当	黄褐色～黒色が混在。 「改変盛」とマサ～岩状風化物と認定できないマサ。 ムース状盛土は、	
	強風化花崗岩	V(DL)	10～20相当	12未満相当	黄褐色 マサ状強風化部。岩組織を認定できない（部分的には岩組織を認識できる場合もある）。 指圧で容易に崩せる。	
	強風化花崗岩	IV(DH)	20～50相当	50以上	黄褐色 マサ状強風化部。 岩組織を認定できる。 ハンマーで容易に崩れる。	
	風化花崗岩	III(CL)	50～50相当	反発	黄褐色～黄灰色 コアストーンをのせたマトリックス部は、V と同様であるが、補強部を除くコアストーンが認識可能なもの。 ボーリングマシンの入念な作業は残っている。 節理が発達し、節理ないのコアは棒状～砕状を呈する。	小規模な岩盤崩落
	風化花崗岩	II(CL～CM)	50以上相当（節理ないは時間的に 20～40相当）	75以上相当	黄灰色を主体とし、岩盤調査として認識できる。 一部節理が発達し、節理ないのコアは棒状～砕状を呈する。	－
	弱風化花崗岩	I(CM)	反発	反発	暗灰色 強度的に硬質である。 新鮮で、亀裂ないも含めて風化は認められない。	－

土質調査結果(B測線)

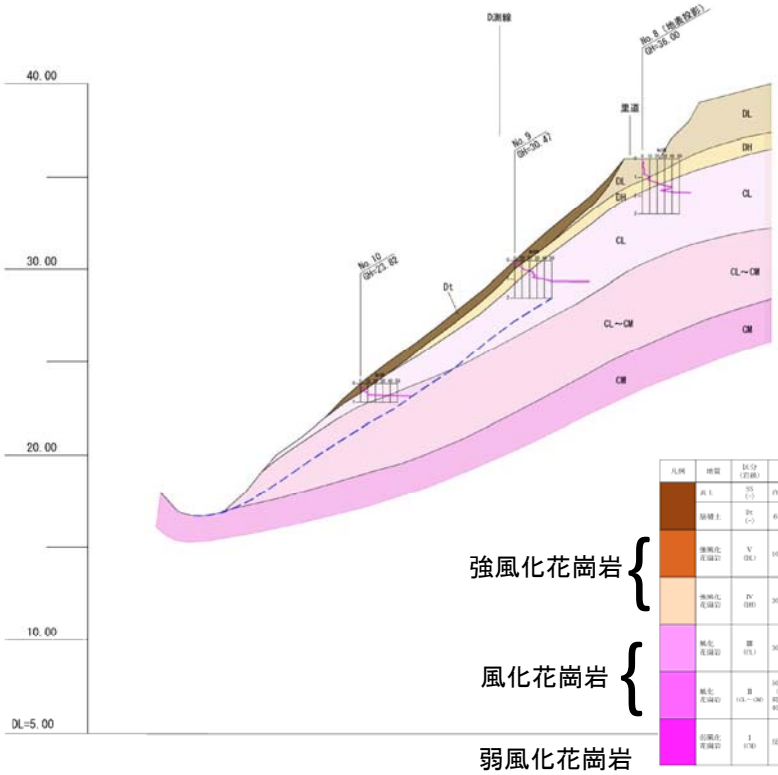


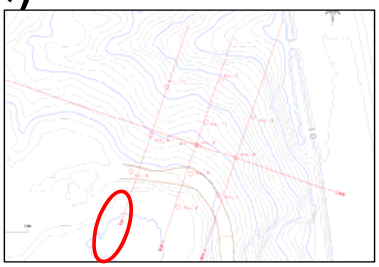


凡例

凡例	地質	区分（岩級）	N値	Vs値	特徴	想定される基礎タイプ
	表土	SS (-)	自沈	自沈	黒色土層。腐植土。	表層基礎、杭基礎
	腐植土	Bt (-)	6未満相当	10未満相当	黄褐色～黒色が顕著。二次堆積したマサ～原位置風化物と認定できないマサ。ルーズな砂質土状。	
	強風化花崗岩	V (DL)	10～20相当	12未満相当	黄褐色マサ状強風化部。岩組織を認定できない（部分的には岩組織を認識できる場合もある）。指圧で容易に崩せる。	
	強風化花崗岩	IV (DH)	30～50相当	50以上	黄褐色マサ状強風化部。岩組織を認定できる。ハンマーで容易に崩れる。	
	風化花崗岩	III (CL)	50～50相当	反発	黄褐色～黄灰色コアストーンをのぞいたマトリックス部は、Vと同様であるが、硬質部を残すコアストーンが認識可能なもの。ボーリングコアの大部分で岩組織は残留している。節理が発達し、節理ないのコアは砕状を呈する。	小規模な岩盤崩落
	風化花崗岩	II (CL～CM)	50以上相当（節理ないは相当的に20～40相当）	75以上相当	黄灰色を主体とし、岩盤構成として認識できる。一部節理が発達し、節理ないのコアは棒状～砕状を呈する。	－
	弱風化花崗岩	I (CM)	反発	反発	暗灰色。温泉対流に顕著する。新鮮岩、亀裂ないも含めて風化は認められない。	－

土質調査結果(C測線)





凡例

凡例	地質	区分（岩級）	N値	Vs値	特徴	想定される基礎タイプ
	表土	SS (-)	自沈	自沈	黒色土層。腐植土。	表層基礎、杭基礎
	腐植土	Bt (-)	6未満相当	10未満相当	黄褐色～黒色が顕著。二次堆積したマサ～原位置風化物と認定できないマサ。ルーズな砂質土状。	
	強風化花崗岩	V (DL)	10～20相当	12未満相当	黄褐色マサ状強風化部。岩組織を認定できない（部分的には岩組織を認識できる場合もある）。指圧で容易に崩せる。	
	強風化花崗岩	IV (DH)	30～50相当	50以上	黄褐色マサ状強風化部。岩組織を認定できる。ハンマーで容易に崩れる。	
	風化花崗岩	III (CL)	50～50相当	反発	黄褐色～黄灰色コアストーンをのぞいたマトリックス部は、Vと同様であるが、硬質部を残すコアストーンが認識可能なもの。ボーリングコアの大部分で岩組織は残留している。節理が発達し、節理ないのコアは砕状を呈する。	小規模な岩盤崩落
	風化花崗岩	II (CL～CM)	50以上相当（節理ないは相当的に20～40相当）	75以上相当	黄灰色を主体とし、岩盤構成として認識できる。一部節理が発達し、節理ないのコアは棒状～砕状を呈する。	－
	弱風化花崗岩	I (CM)	反発	反発	暗灰色。温泉対流に顕著する。新鮮岩、亀裂ないも含めて風化は認められない。	－

土質調査結果

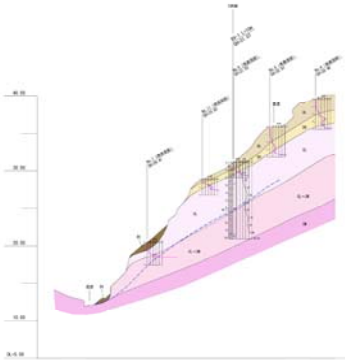
＊撮影の前日に降雨あり。

表土
湿潤である

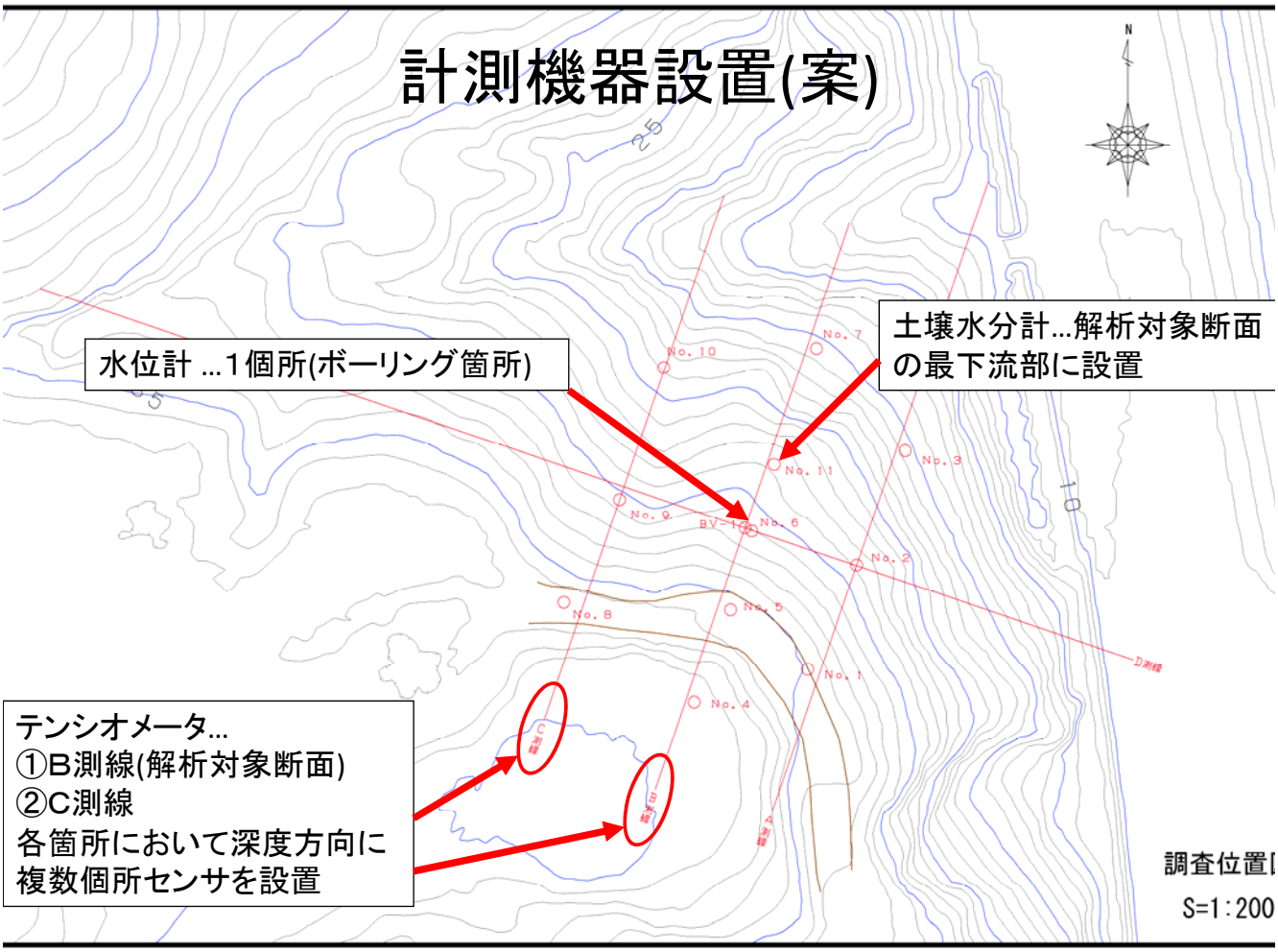
強風化花崗岩
指圧で容易に崩せる.

強風化花崗岩
ハンマーで容易に削れる.

崩積土
写真では表層を覆う
崖錐堆積物



計測機器設置(案)



水位計 ...1個所(ボーリング箇所)

土壌水分計...解析対象断面の最下流部に設置

テンシオメータ...
①B測線(解析対象断面)
②C測線
各箇所において深度方向に複数個所センサを設置

設置機器(※7/18現在設置済機器)

テンシオメータ

地盤内の間隙水圧を測定するためセラッミク製のポーラスカップ，塩ビパイプ，アクリルパイプから構成.

雨量計

転倒ます雨量計.
計測場所から南側に下った神社に設置.

水位計

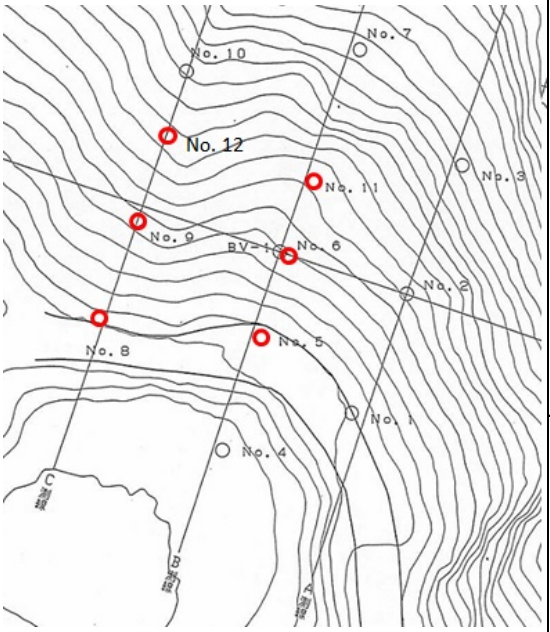
圧力センサー、温度センサー、記録装置、電池を内蔵.

計測項目

計測地点
・B側線：3点
・C側線：3点

6地点計22箇所にテンシオメータを設置

各地点のテンシオメータの計測深度を表の通り.



側線	計測地点	深さ(cm)
B	No.5	20
		40
		95
		194
		287
	No.6	20
		40
		95
		190
	No.11	20
		40
		95
		139
C	No.8	20
		40
		95
		194
	No.9	20
		34
	No.12	20
		40
		60

計測機器設置状況

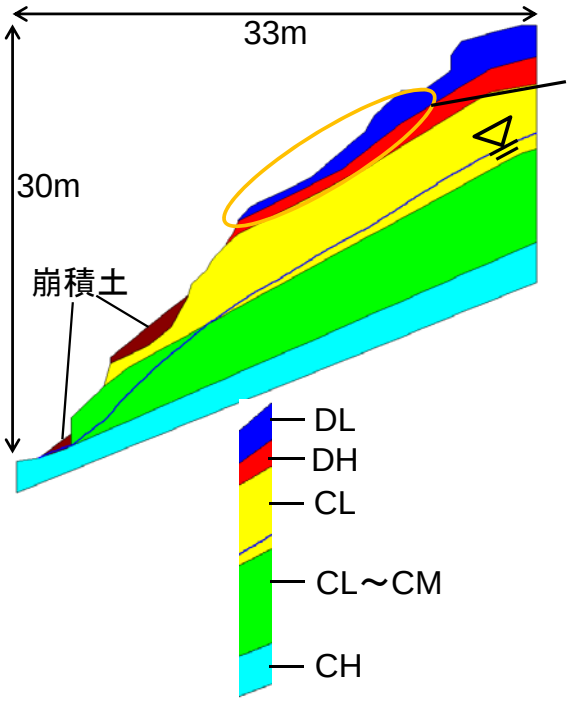
計測状況・予定

- 設置時にテンシオメータが破損した箇所があり，修理・交換対応を行う。
- 故障とは別にデータが異常値を示しているものに対してシステムの動作確認を行う。
- ボーリング孔の水位の計測を7月10日に開始。
- 遠隔でのデータ確認ができるようにシステムの設定を再度行う（現況で来ていない原因は不明）。

降雨特性と斜面安定度の検討(暫定)

現場概要

- 兵庫県洲本市中川原町厚浜～洲本市炬口の規制区間内の自然斜面（延長2.9km）
- 平成18年度安定度調査の結果より，SOMを用いて危険斜面を抽出
- 表層部（0～2.5m）はマサ状風化花崗岩，表層以下（2.5m～）は弱風化花崗岩.



テンシオメータ，水分量計を設置
地下水位の変動も観測

飽和・不飽和浸透流解析

支配方程式

$$\frac{\partial}{\partial x_i}\left\{K_r(\theta)K_{ij}^s\frac{\partial\psi}{\partial x_j}\right\}-q=\left\{c(\psi)+\beta S_s\right\}\frac{\partial\psi}{\partial t}$$

水の収支　　間隙の排水/貯留

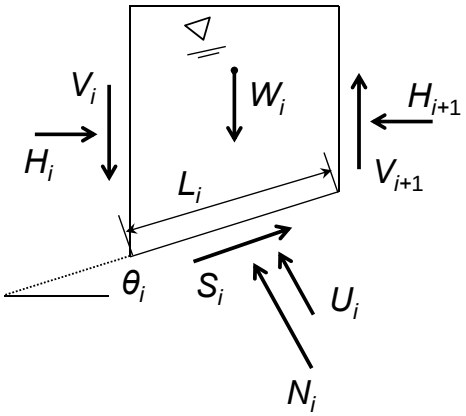
i, j=1，2 (1:x，2:y)

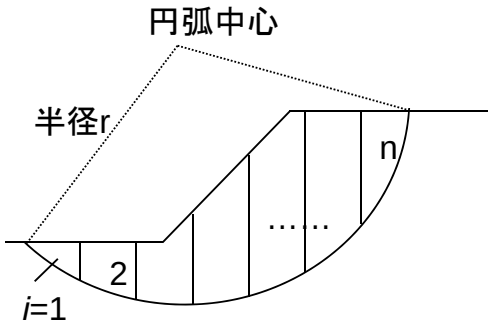
θ：体積含水率，　ψ：負の圧力水頭(マトリックサクション)
q：単位体積当たりのシンク/ソース流量，　K_r：相対透水係数
K^s：飽和透水係数，　S_s：比貯留係数，　$C(\psi)$：比水分容量
β：飽和領域=0，不飽和領域=1

円弧すべり解析（フェレニウス法）

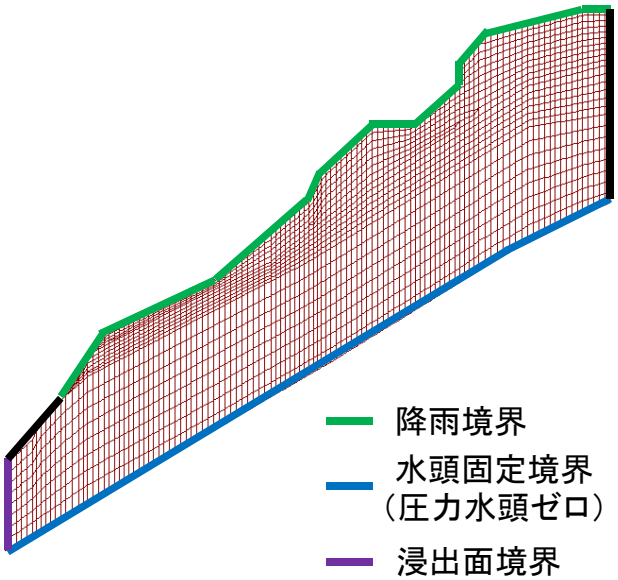
安全率の計算式

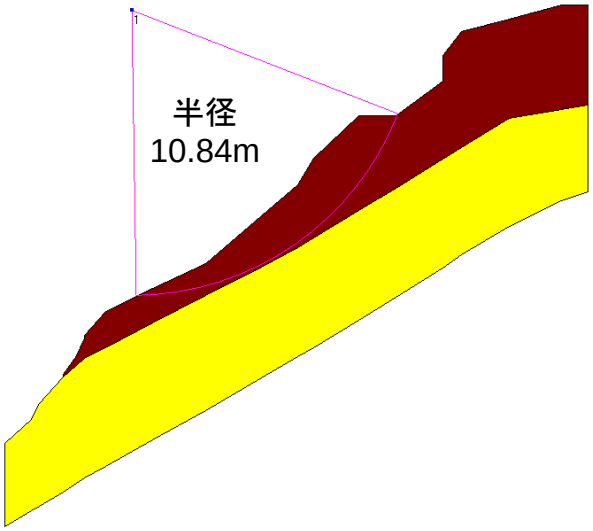
$$F_S = \frac{\sum_{i=1}^{n} \left(c_i l_i + N_i \tan \varphi_i \right)}{\sum_{i=1}^{n} W_i \sin \theta_i}$$





解析モデル

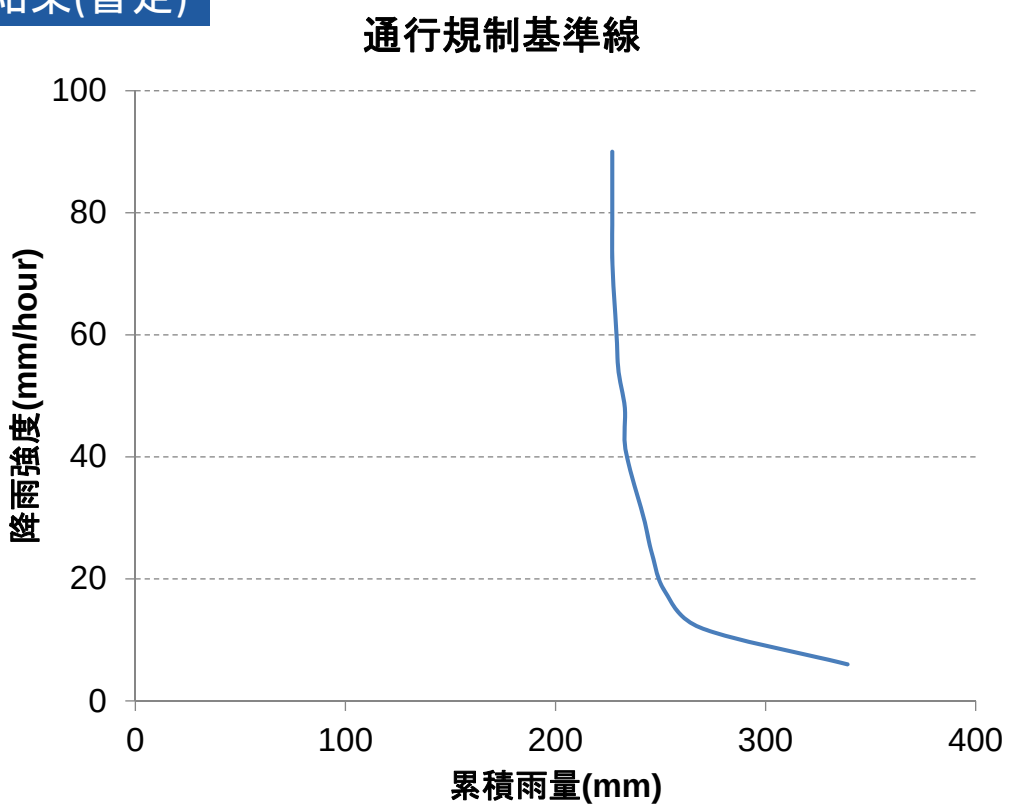




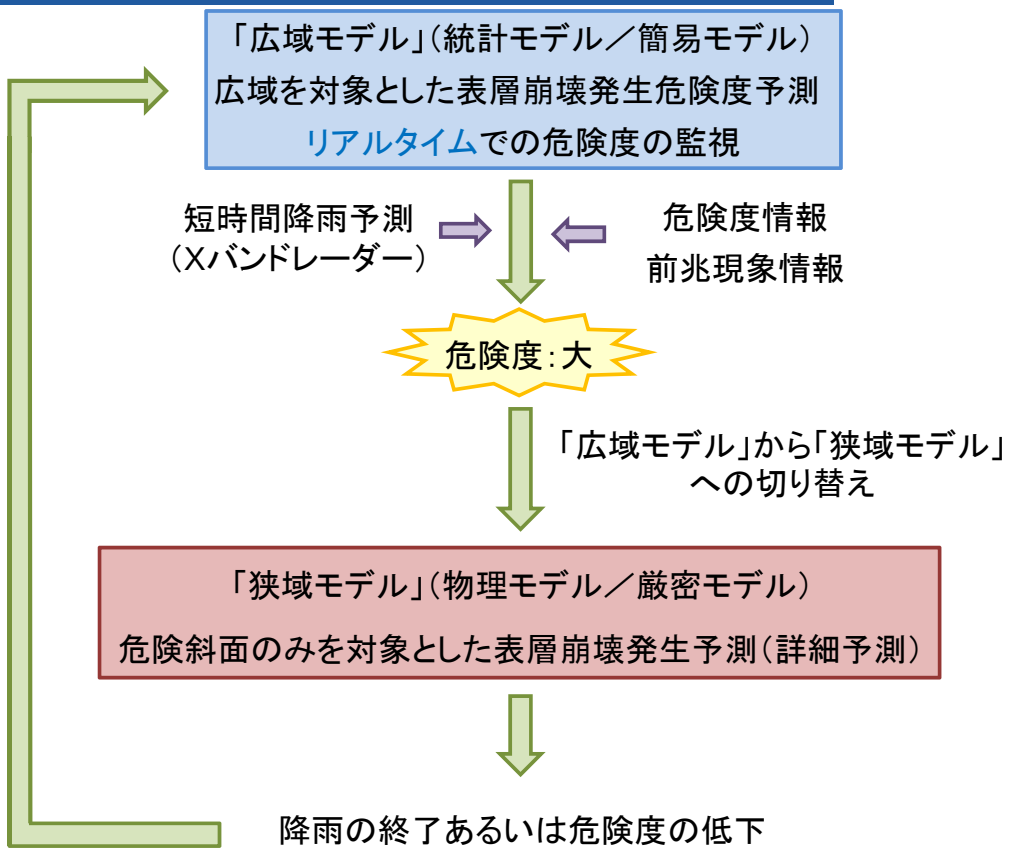
表層と岩盤層の境界付近にすべり面を想定

- 表層及びその下の岩盤層一層のみをモデル化（表層崩壊のみを対象としているため）
- 表層の飽和透水係数k=5.26×10^{-4} cm/sec(定水位透水試験より)

解析結果(暫定)



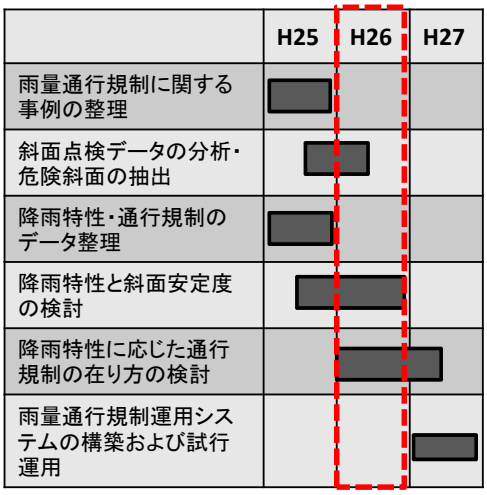
解析結果の炬口区間全域への適用性について



降雨特性に応じた道路通行規制のあり方に関する研究
（今年度の研究内容）

■ 今年度の研究内容

- 追加調査・計測機器の設置
- 計測データの蓄積・整理・評価
- **降雨特性と斜面安定度の検討**（数値解析による）
- **降雨特性（降雨強度・降雨波形）に応じた通行規制のあり方**の検討



■ 今年度のWG実施状況

5/8 本年度初回WG；今年度の検討方針
ﾎﾞｰﾘﾝｸﾞｺｱ観察

6/12～13 現場WG； 計測機器設置
現地状況確認

7/10 第3回WG； 地盤モデルと計測機器設置状況の確認
検討条件に関する協議

9月下旬 第4回WG； 観測データを基にした考察，協議