


山陰防災フォーラム2010

S.P.Cウォール工法を用いた  
落石対策事例の紹介



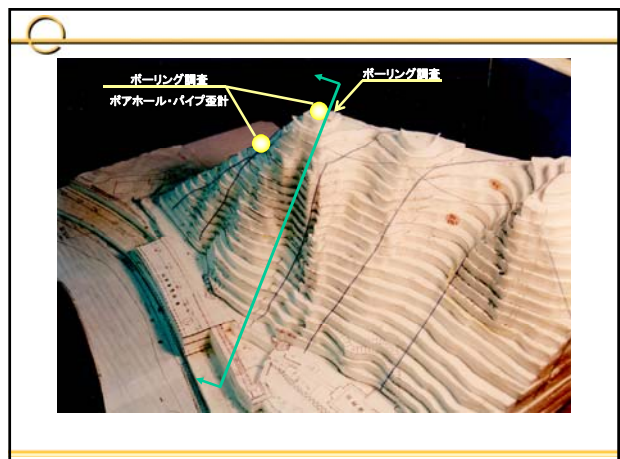
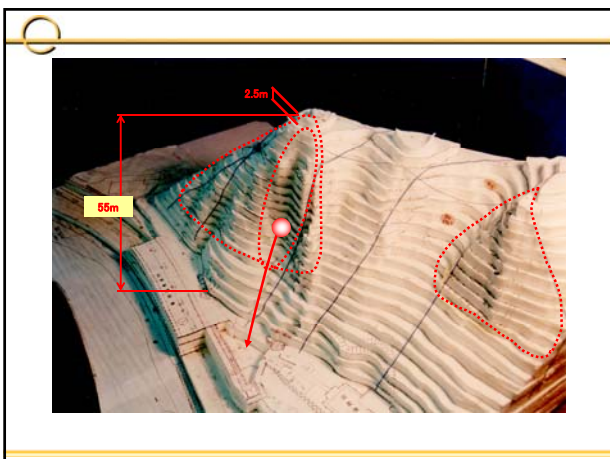
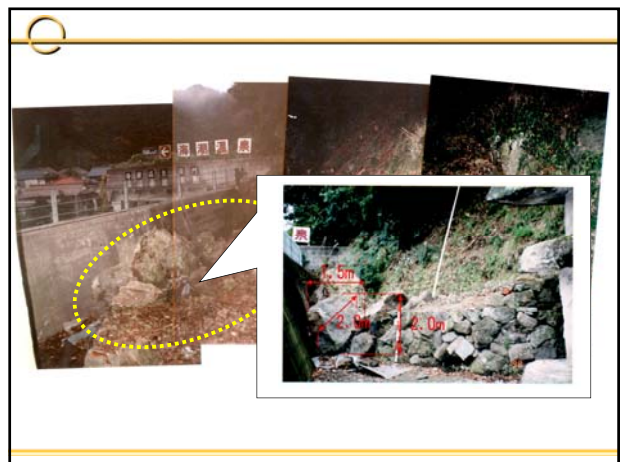
土と基礎に関する設計  
株式会社 藤井基礎設計事務所  
藤井 俊逸

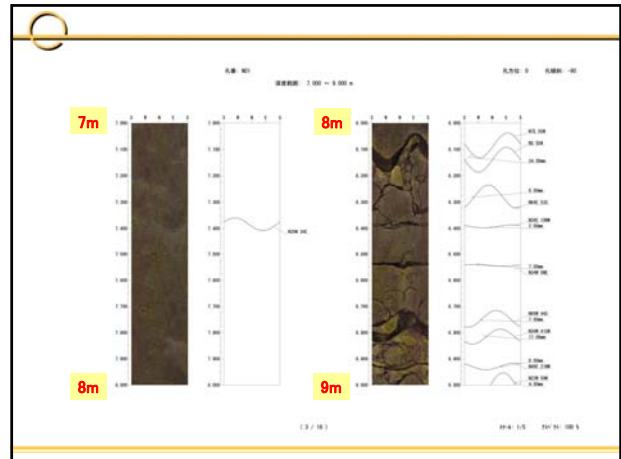
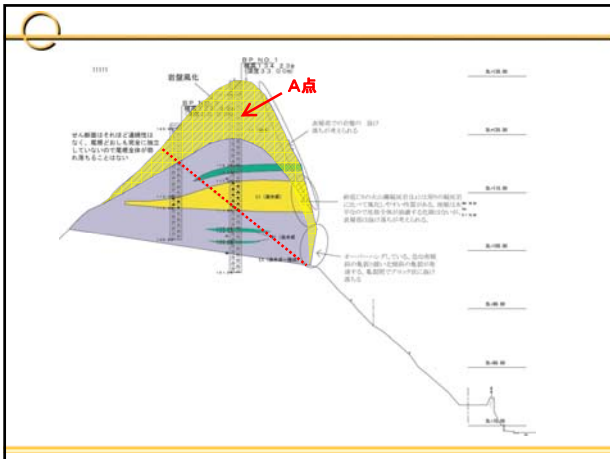
【松江木次線海潮温泉】

- 1.現場状況
- 2.調査結果
- 3.設計に用いる落石荷重
- 4.対策工法の比較・検討
- 5.S.P.C工法の設計概要
- 6.S.P.C工法の構造概要
- 7.S.P.C工法の施工方法
- 8.S.P.C工法の現場実証実験
- 9.S.P.C工法の特徴の整理
- 10.本地の安全管理について

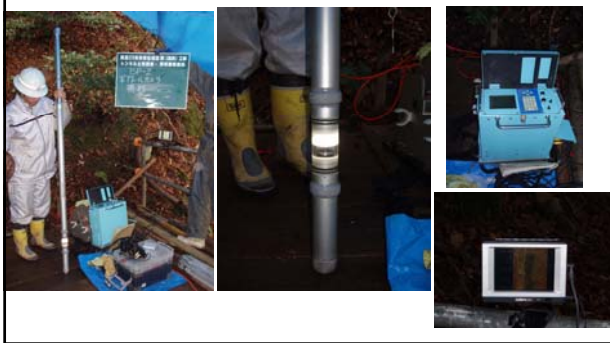
【隠岐災害復旧事業】

- 1.3D測量
- 2.施工時の安全対策  
落石センサー  
ポケット式ロックネット
- 3.施工状況写真





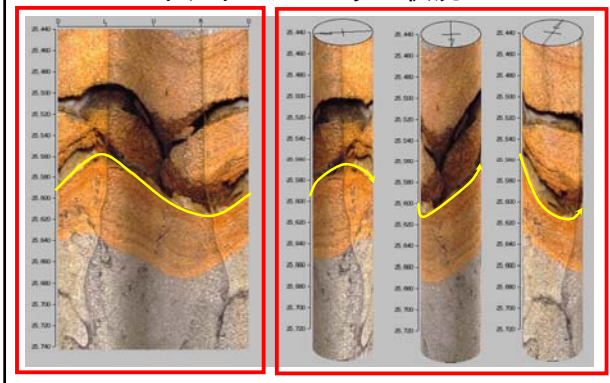
ボアホールカメラの状況



ボアホールカメラの状況



ボアホールカメラの状況



**コア写真**

**ボアホールカメラ展開画像**

**ボアホールカメラ展開画像の拡大写真**

コアの状態とカメラ画像が対応している。カメラ画像では亀裂充填物が確認された。

**コア写真**

**ボアホールカメラ展開画像**

**ボアホールカメラ展開画像の拡大写真**

コアではわかりにくいですが、亀裂が2本複合していた。

**コア写真**

**ボアホールカメラ展開画像**

**ボアホールカメラ展開画像の拡大写真**

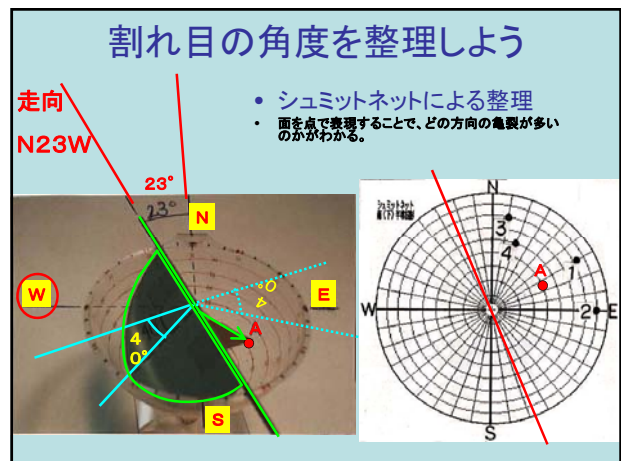
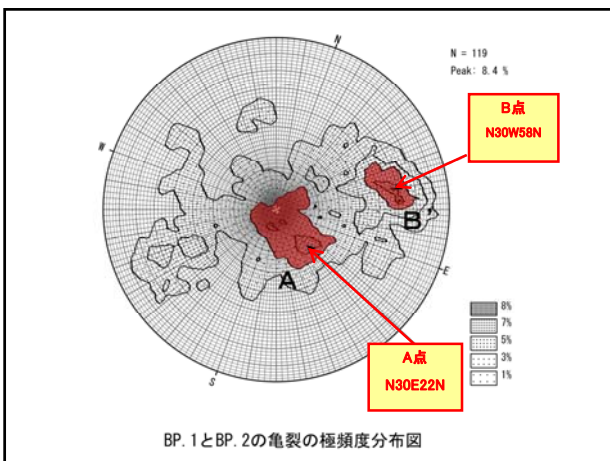
コアでは明瞭な亀裂になっているが、カメラ画像では開きが見られない。

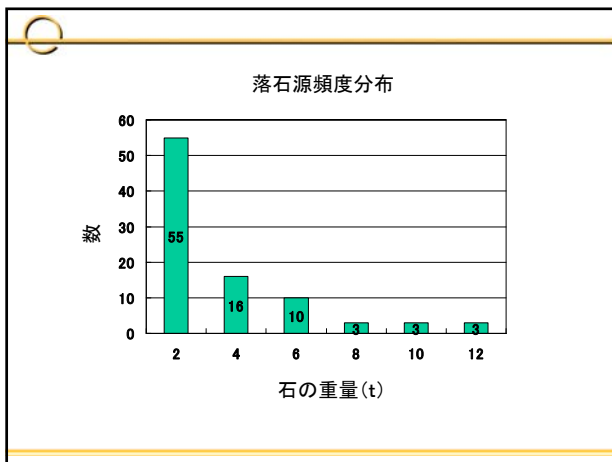
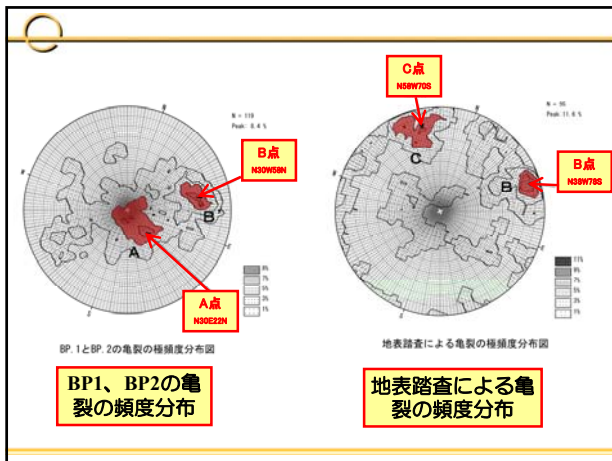
**コア写真**

**ボアホールカメラ展開画像**

**ボアホールカメラ展開画像の拡大写真**

コアでは空洞と思われたが、実際には空洞ではなかった。





対策工法の比較

表 3.4 対策工法が対応可能な落石エネルギー

| 種別                  | 断面図 | 概略工費 (万円)                            | 対応可能な落石エネルギー (kJ) |
|---------------------|-----|--------------------------------------|-------------------|
| ロックアムス              |     | 5~10                                 | 100               |
| 落石防護柵               |     | 40~70                                | 1000              |
| 落石防護壁               |     | 40~150                               | 10000             |
| 落石捕捉工               |     | 200~600                              | 10000             |
| リングネット工法            |     | 網高約 5m<br>40~80<br>網高約 7.5m<br>47~95 | 10000             |
| S.P.C.ウォール工法 (環工方式) |     | 網高 114.5<br>高さ 3m~10m<br>50~100      | E=3027KJ          |

日本S.P.C.ウォール工法研究会「S.P.C.ウォール工法」p52より

工法比較

|               |        |
|---------------|--------|
| 第1案 SPC工法     | 71万/m  |
| 第2案 リングネット工法  | 156万/m |
| 第3案 ロックシェッド工法 | 300万/m |

SPC工法の採用理由

- ① 経済的であること
- ② 斜面末端での施工となり施工性が良いこと
- ③ 落石が発生した場合、道路際から落石が除去できるので維持が簡単であること

SPC工法の設計基準

S.P.C.ウォール工法

片持式キャンティレバー方式自立部材と気密適合材を使用する永久構造物

(スロープ・リングネット・プレキャストコンクリートウォール工法)

- ・道路構築方式 S.P.C.ウォール工法
- ・落石壁工方式 S.P.C.ウォール工法

大隈 典樹人 (熊本大学)  
奥田 誠之 (九州産業大学)  
竹内 剛雄 (海城大学) 監修  
日本S.P.C.工法研究会 編纂

日本S.P.C.工法研究会

**S.P.C.工法設計の主な項目**

- ①必要天端幅
- ②岩盤境界部のせん断破壊
- ③擁壁としての施工性
- ④エアームルクの安全性

**S.P.C.工法設計項目**

①必要天端幅

落石が幅Wで止まるかどうか!

↓

幅を確保できる高さを定める

**S.P.C.工法設計項目**

②岩盤境界部のせん断破壊

衝撃力P

岩盤とエアームルクの間でせん断破壊がないか

**S.P.C.工法設計項目**

③擁壁としての施工性

水色部を擁壁とみなし転倒、滑動、支持力に対して安全であるか

**S.P.C.工法設計項目**

④エアームルクの安全性

エアームルク内で破壊が生じないか

S.P.C.工法P182より  
衝撃力4300kNまで安全

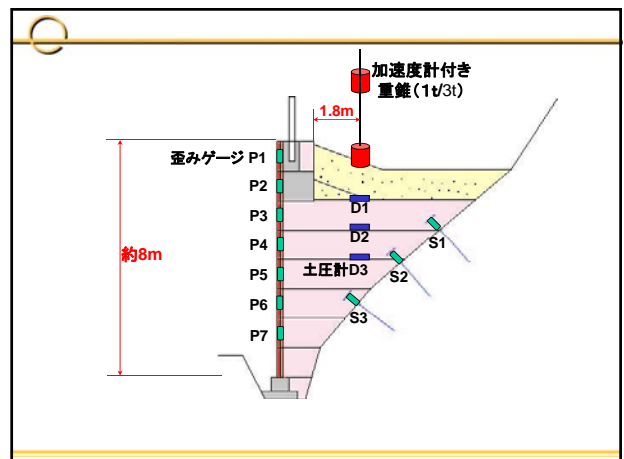
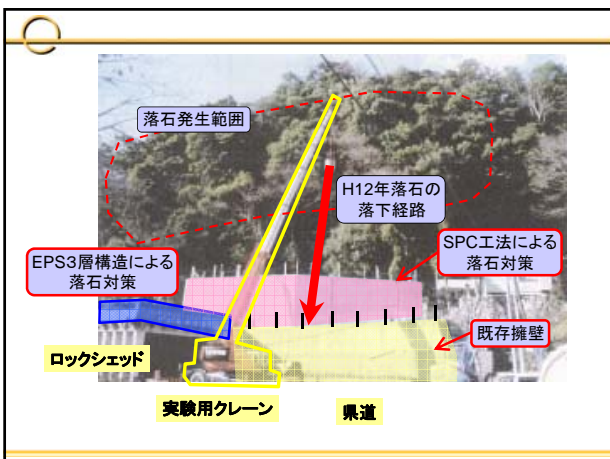
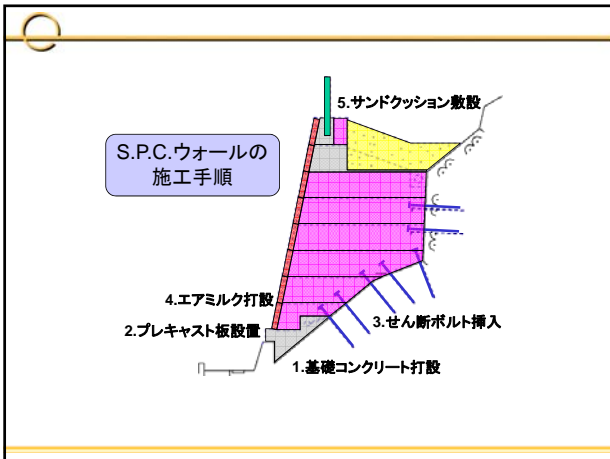
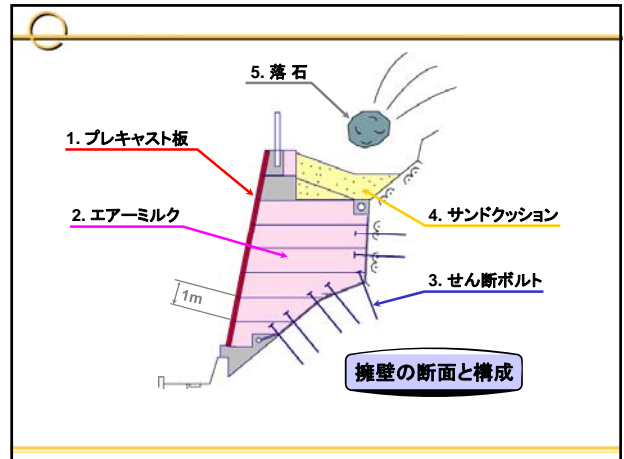
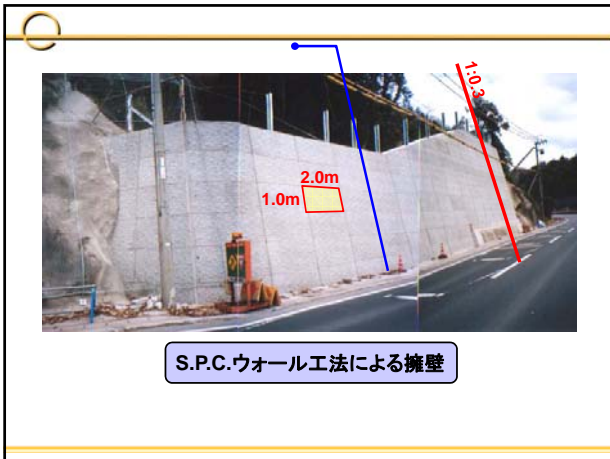
**S.P.C.の安定性 (破壊について)**

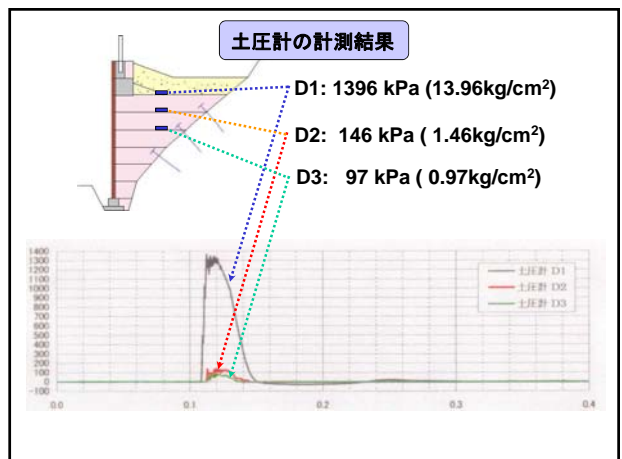
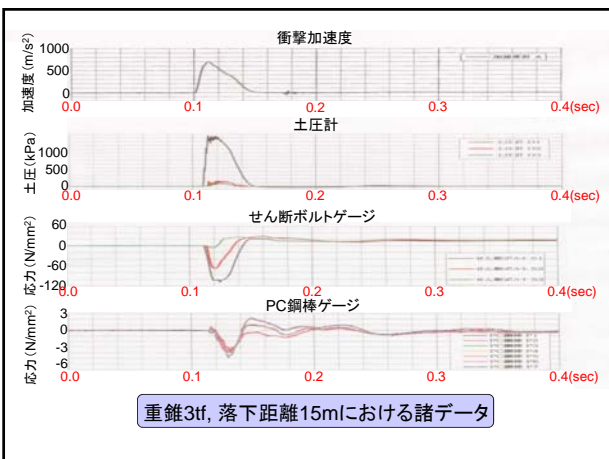
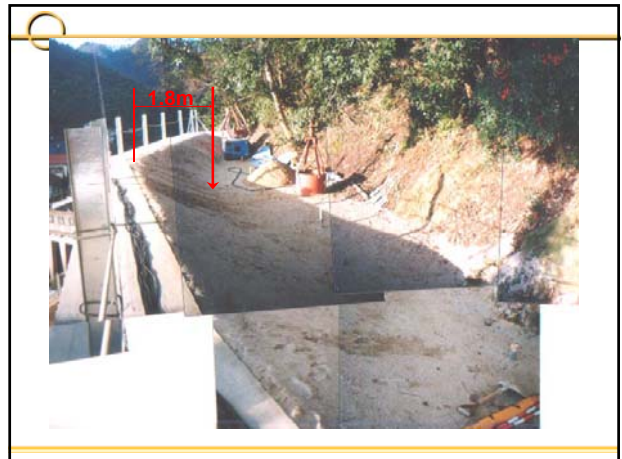
STEP 21 ENIN 1.00000  
STEP 5 ENIN 0.52231

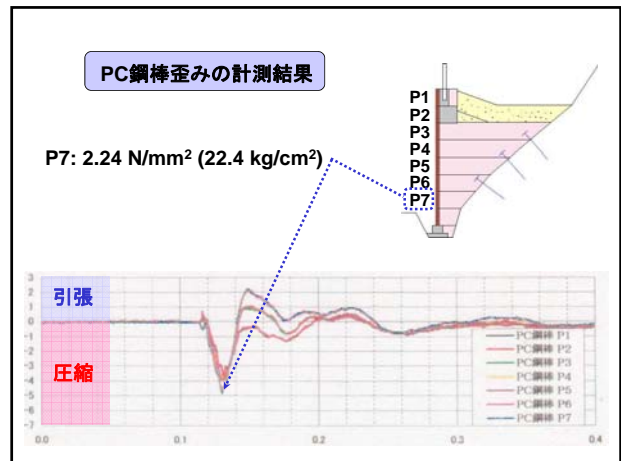
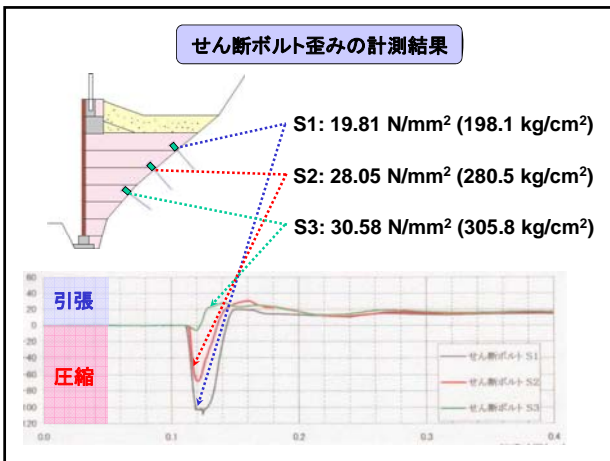
STEP 21 ENIN 1.00000  
STEP 5 ENIN 0.70116

STEP 21 ENIN 1.00000  
STEP 21 ENIN 1.00000

S.P.C.工法P182より  
衝撃力4300kNまで安全

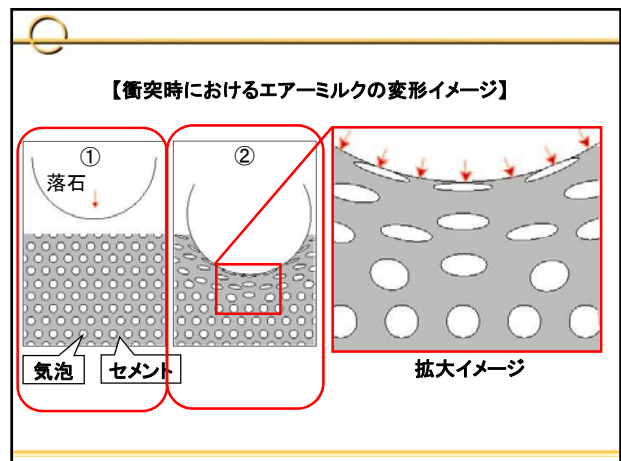






**【実験結果より判明したこと】**

- ・落石衝撃力はエアミルク内で減衰し、深さ1mで1/10に低減される。
- ・斜面に楔状に張り付いた擁壁形状でも、せん断力は発生しない。
- ・落石衝突時に壁面側にはらみ出すことはない。



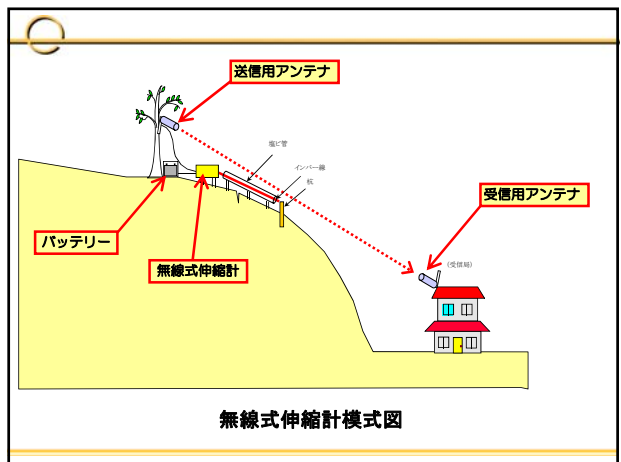
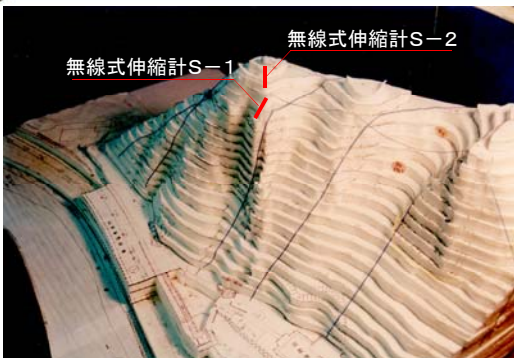


【SPCウォール工法の特徴】

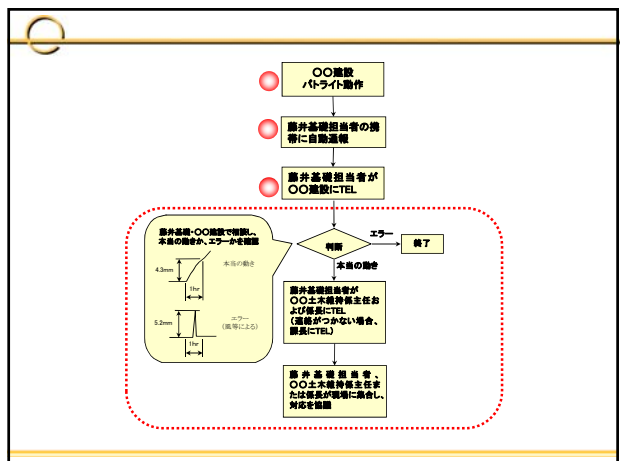
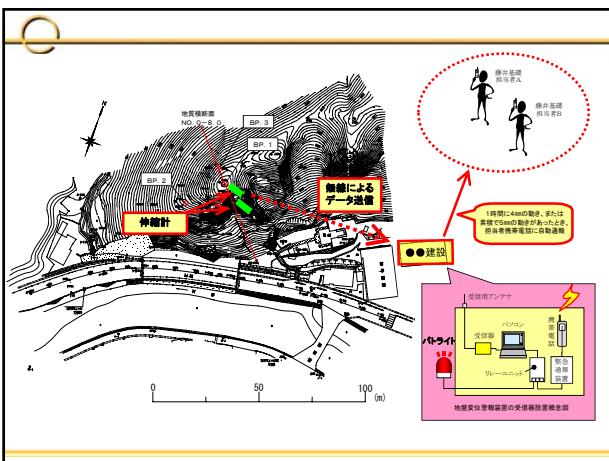
- ・エネルギー吸収効果が高い
- ・費用対効果に優れ経済的である
- ・落石があった場合、  
道路から落石岩塊を取り除くだけでよい。
- ・衝撃力が大きい場合でも、落石岩塊を取り除いた後、  
サンドクッションとエアミルクの部分補修だけで済む。

安全対策について

目的は、落下岩塊の背後岩塊の2次崩落予知

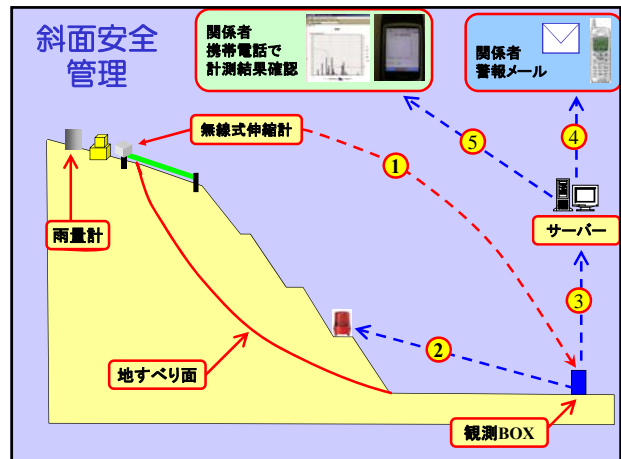


無線式伸縮計模式図

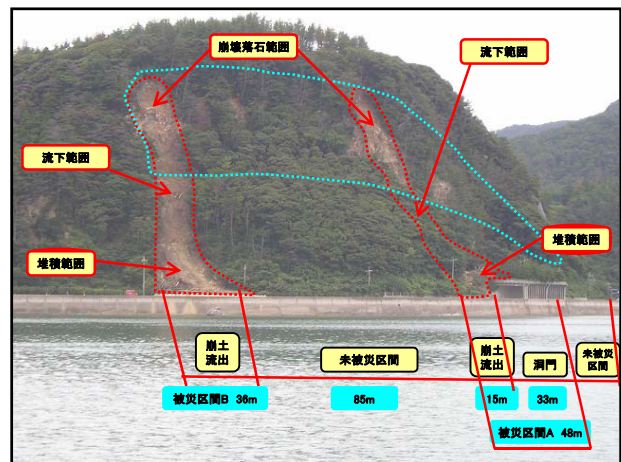


### 計測結果のインターネット観測

- 伸縮計を用いた計測を中心にインターネット表示。
- 安全管理の流れ
  - 2mm/時間で携帯電話に自動でメールを入れる。
  - メール時には、携帯電話・PCで移動量をグラフで確認する。
  - 交通止め基準、避難基準（4mm/時間が多い）になるまでの間に、関係者で対応方法を考える。

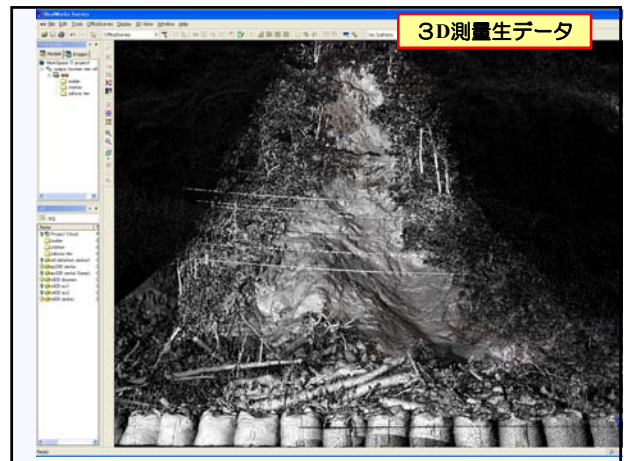


### 隠岐の災害復旧工事事例



### 3D測量の応用





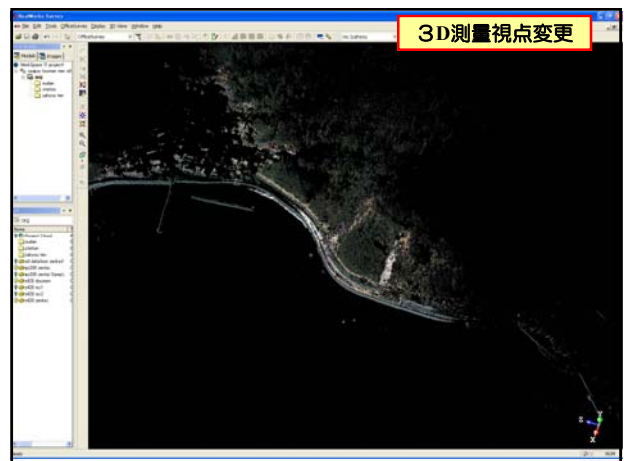
全景写真崩壊地Dの道路際からの3D測量結果白い点は3Dデータを取得した点を表す。レーザーがぶつかる全ての点を拾うため、地表面以外のものは除去する必要がある。

木が繁茂している箇所は、大地に抜ける点があれば地表面の形を算出できる。少ない場合は航空測量と同じように、木の高さを配慮して地形を出さなければならない。そのため木が繁茂している箇所では精度が低くなる。

木のあるところ

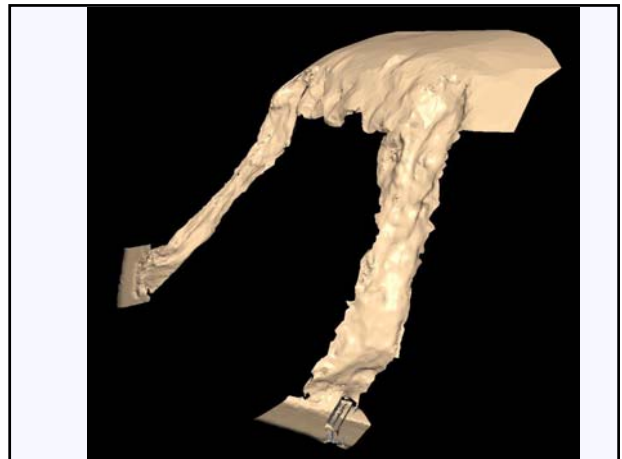
**3Dデータの鳥瞰図**

取得したデータは色情報を持っている。取得した3D座標値に色をつけて3次元空間にプロットすると、通常人が見るのと同じような状態が再現される。ユニークなのは視点を任意に変えることができるので、鳥瞰図のような表現が可能となる。



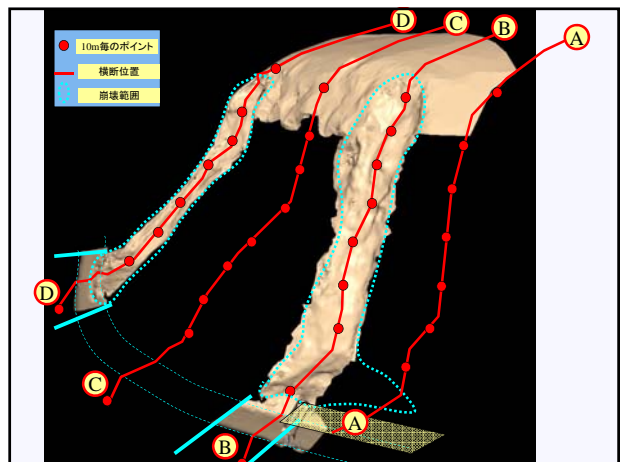
### 崩壊地表面の地形

崩壊地は木が無いので直接地表面形状が測定できる。その結果から、30cmメッシュの座標を求め、地表面形状を出したものである。崖面上部は木があるため、木の隙間を抜けた点から地表面形状を想定しているため、精度が低くなっている。A～Dの各ブロックの代表断面を3D測量結果から復元した。青破線の範囲は崩壊部で植生がないため精度が高いが、その他の部分は木があるため精度が低くなっている。



### 崩壊地表面の地形

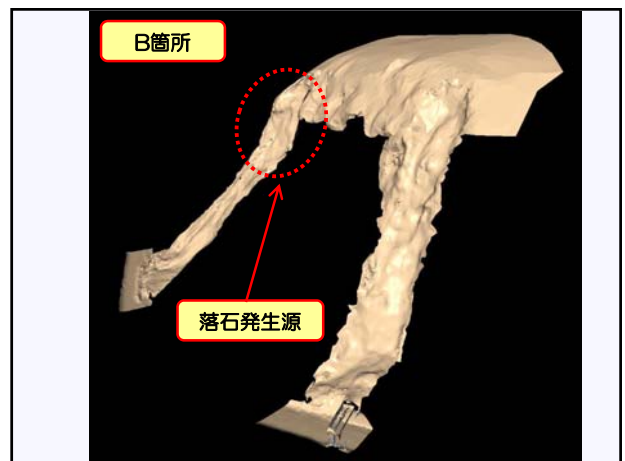
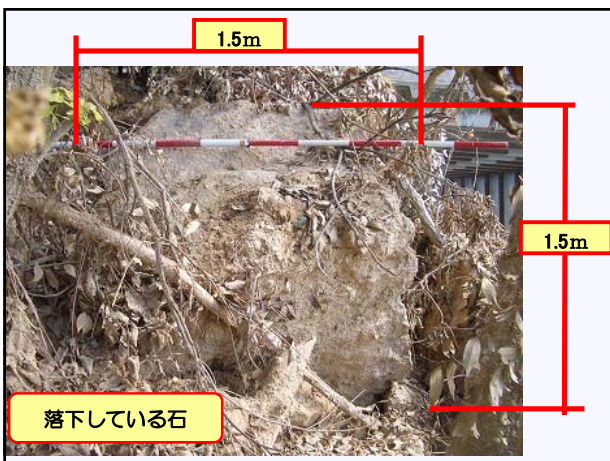
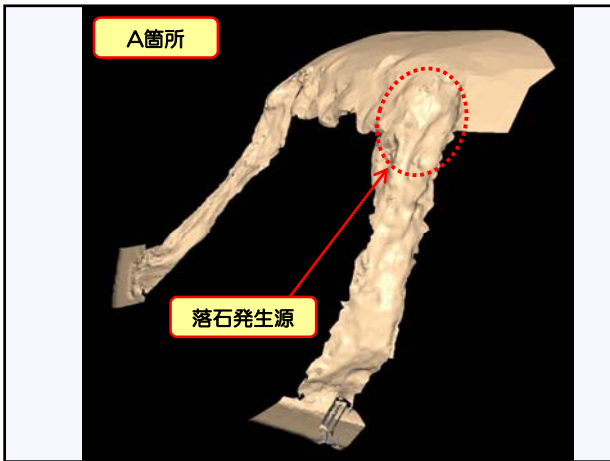
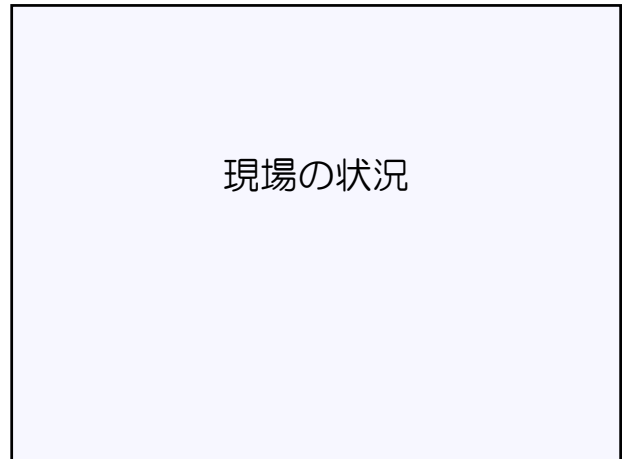
地表面形状がでたら、任意断面図が作成できる。今回は赤線位置で横断面を作成した。立入りが危険な箇所でも測量が可能となる。



### 崩壊地に写真データをマッピング (道路際からの写真なので上側は変になる)

3次元データに、写真をマッピングしたもの。赤線の横断面を3Dデータから作成した。道路直交断面としたため、崩壊方向と多少ずれがある。



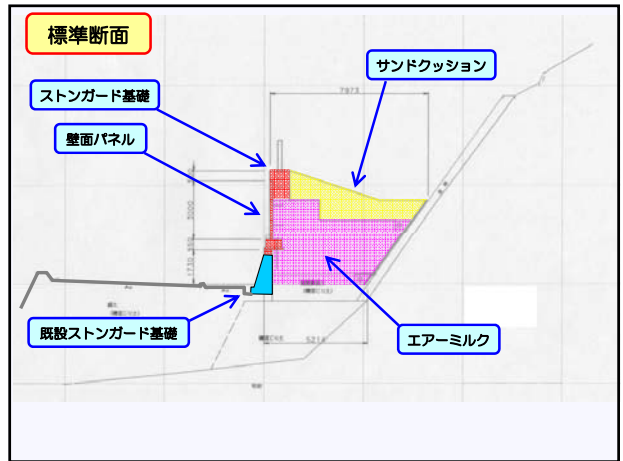




対策工法

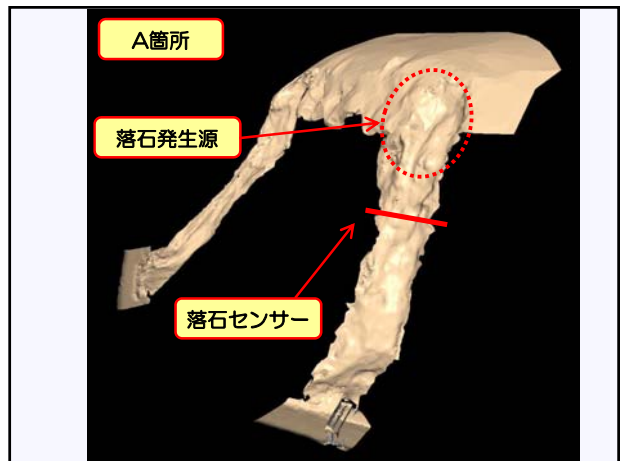
発生源対策は工事が危険  
従って、防護工を採用。

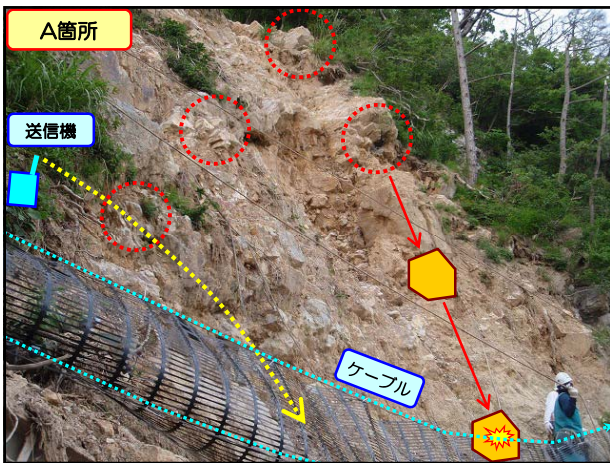
A箇所 S.P.C.工法  
B箇所 RCF工法

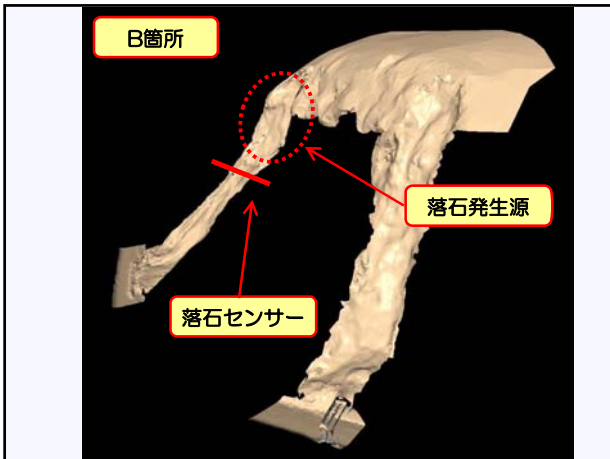


安全対策

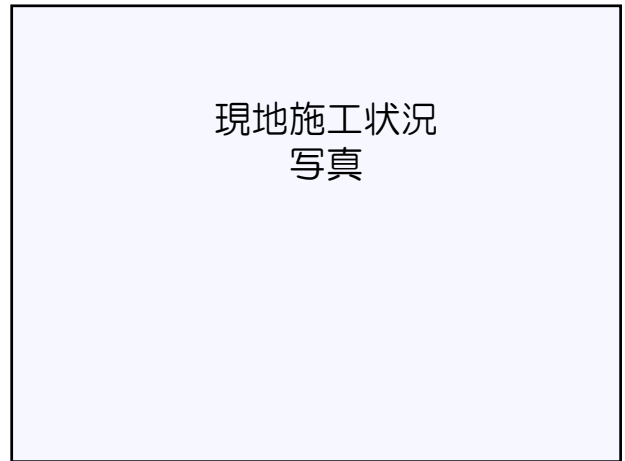
落石センサー  
ポケット式ロックネット













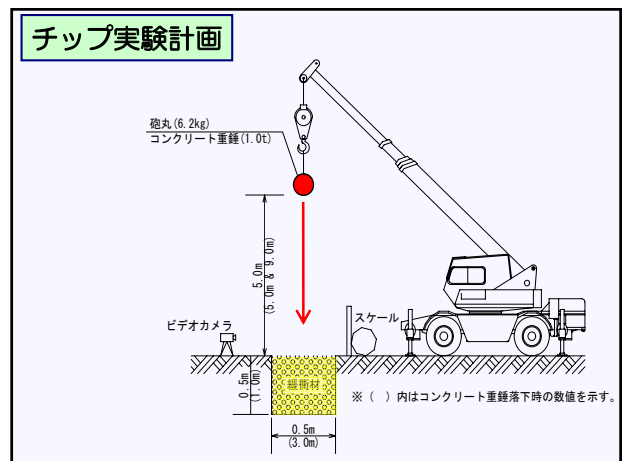


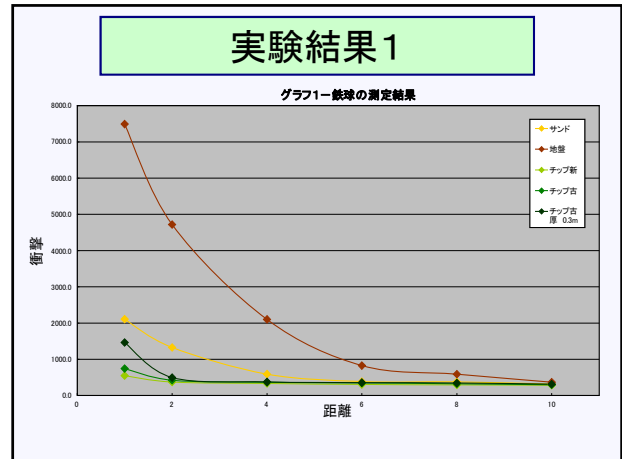
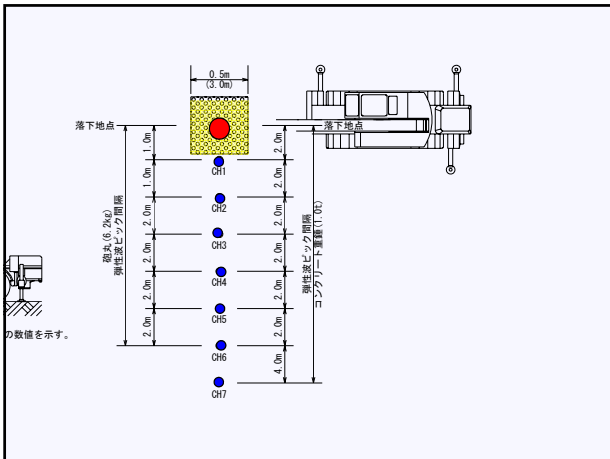




木材チップを用いた  
落石緩衝効果の実験

技術部 藤井 俊逸  
仲佐 拓





### おわりに

SPC工法の説明と、それに関連する技術の説明。

- 1) 調査では
  - 亀裂の状態方向などの解析
  - ポアホールカメラなどの併用
- 2) 測量では3D測量などの新しい技術の有効利用
- 3) 変化する落石対策
  - 高エネルギータイプの新工法
  - S.P.C.I法、EPS3層構造、RCF工法
- 4) 新工法を適用する場合の情報
  - 信頼できる工法なのかの判断
- 5) 安全管理手法
  - 新しい安全管理手法 (査定設計で計上しておく)
- 6) 現地の状況に合わせて材料検討
  - 災害でチップが過剰→有効利用