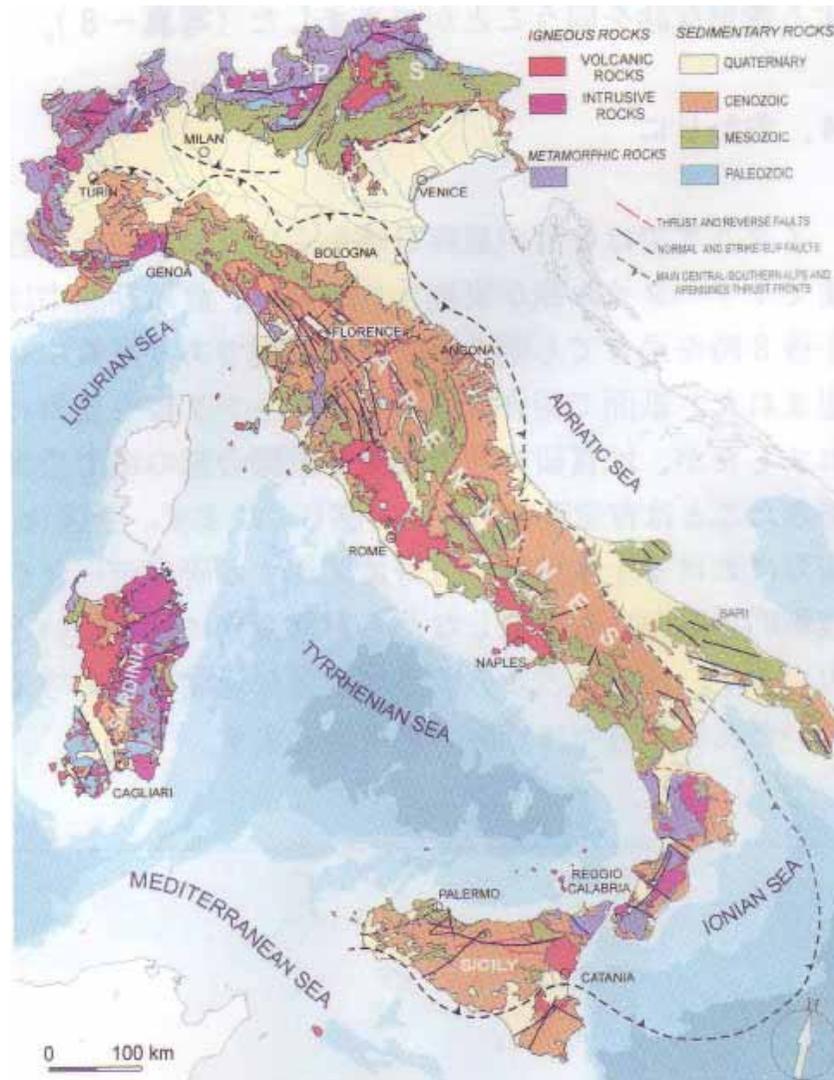


地質・地盤構造及び地盤災害 (落石、擁壁、斜面崩壊等)

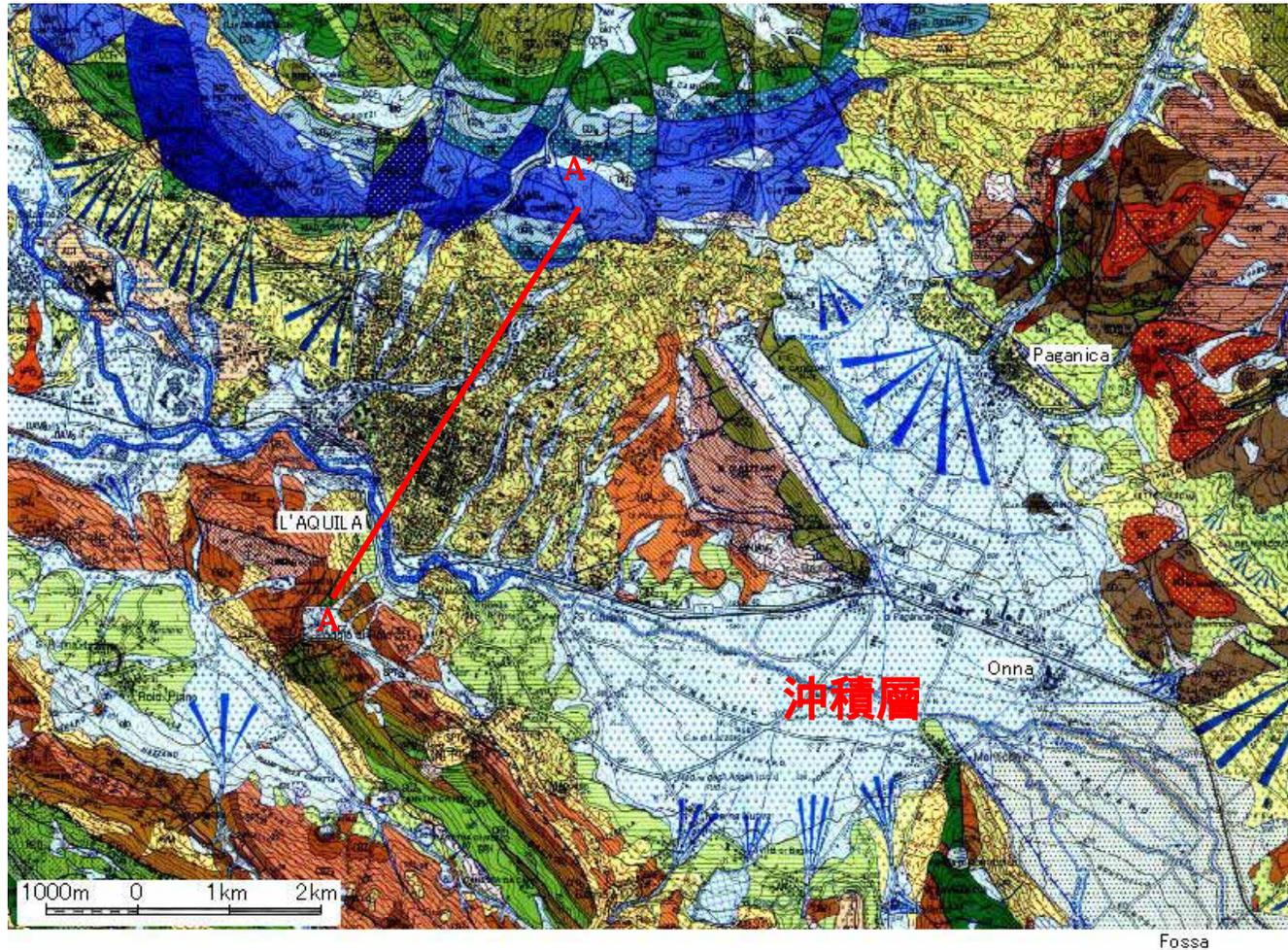


岐阜大学 八嶋 厚



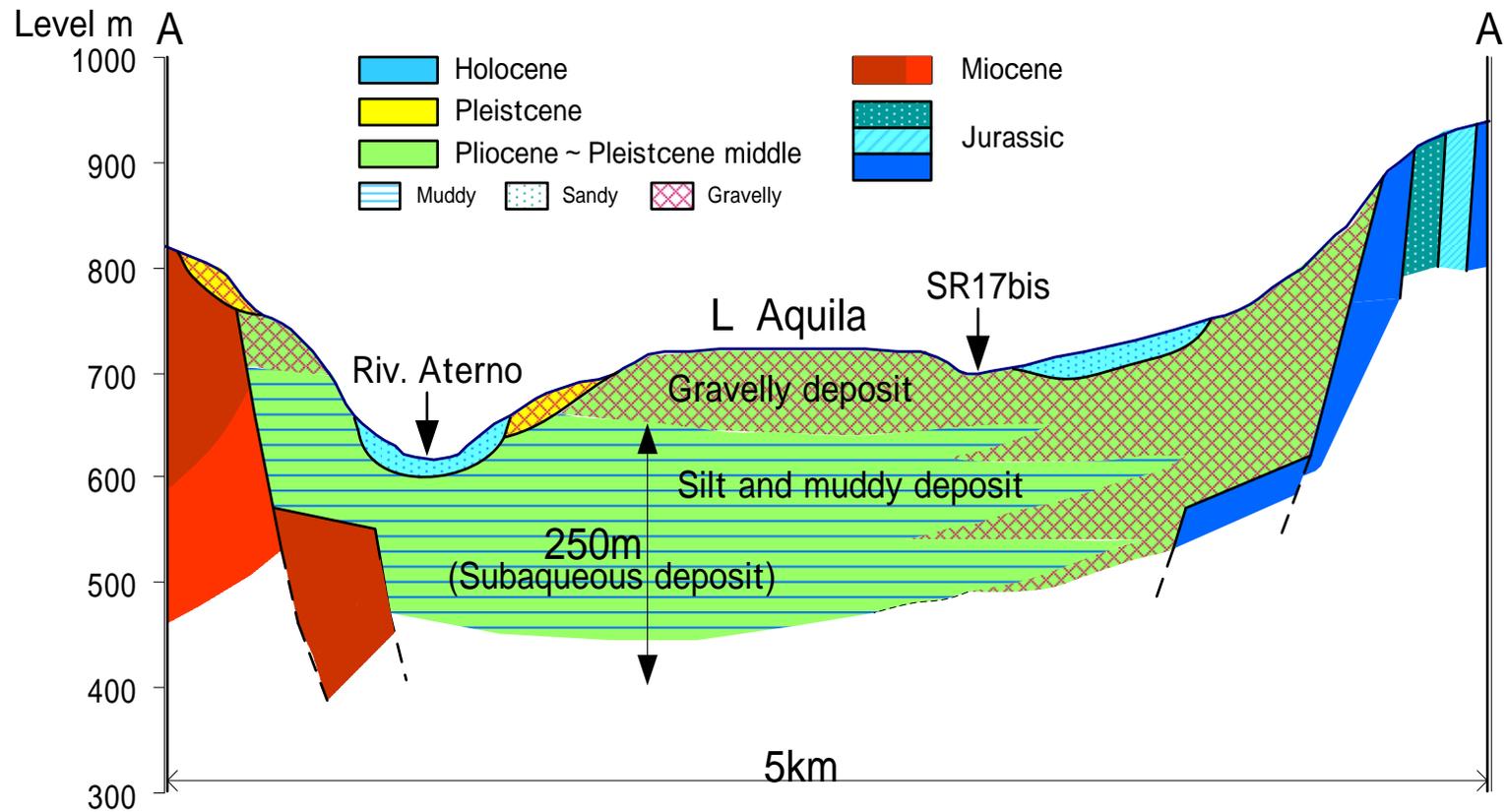
イタリアの地質図 (Geological Survey of Italy: Special Issue for the 32thIGC "Geology of Italy" Episodes, Vol.26, No.3, 2004)
 出典: 北海道開発土木研究所月報No.619号2004年12月

今から3千万年前から始まったアペニン山脈の造山運動に伴うティレニア海の広がりによってイタリア半島が東に押される一方、アフリカ大陸プレートがヨーロッパ大陸に潜り込みをすることで、アドリア海ならびにイオニア海にいくつもの弧状の衝上境界が発達しアペニン山脈を形成している。アペニン山脈の地質は、アフリカ大陸のプレートがヨーロッパ大陸のプレートに潜り込む以前の海洋プレート上に堆積、削り取り、山積みされた土砂が岩石化した海性堆積岩類(中生代～新生代)からなっている。



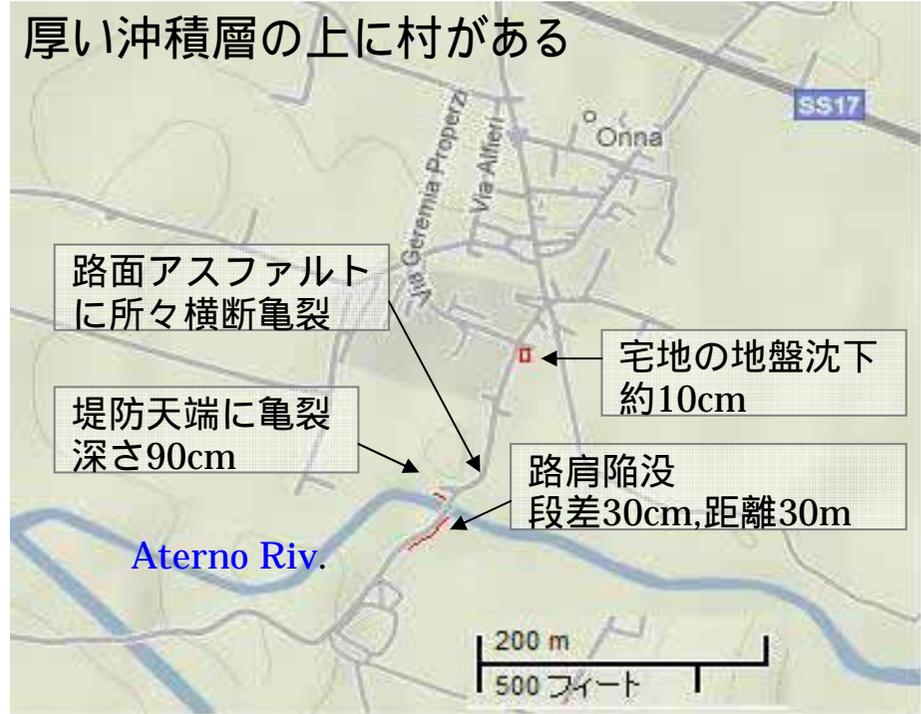
ラクイラ周辺の地質図

ラクイラは、標高700mほどの段丘上に発達する街である。アペニン山脈の造山運動は、アドリア海側の衝上帯とは反対にあたる山脈の裏側の地殻を膨張させて亀裂(断層)を入れ始め、さらに地溝が形成されると、雨水が土砂を堆積させ、ひいては湖沼化して地溝帯に厚く土砂を堆積させたと考えられる。ラクイラは、地質図に示すように、北側を中生代ジュラ紀～白亜紀の石灰系岩石(青色～緑色)、南側と東の一部を中生代白亜紀～第三紀中新世(Miocene)の石灰系岩石(緑色～茶色)に囲まれた地溝帯に位置しており、更新世(洪積世)に形成された礫を含む段丘堆積物(肌色～黄色)が厚く分布する。市街地の南端を東に流下するアテルノ川沿いには、地溝帯一杯に平坦な沖積低地(水色)が形成されている。



A - A'断面図

ラクイラの市街地を南西～北東方向に横断する地質断面を模式的に示す。ラクイラは、第三紀鮮新世 (Pliocene) から更新世にかけて形成された段丘上に発達する。段丘を構成する地質は、下部は地溝帯が湖沼化した(もしくは海水の浸入を受けた?)ことから細粒分を主体とした堆積物が厚く堆積し、これを覆うように礫質土からなる段丘堆積物が分布する。このため、表層の段丘堆積物には地下水が豊富で、完新世の枝谷が多く発達している。



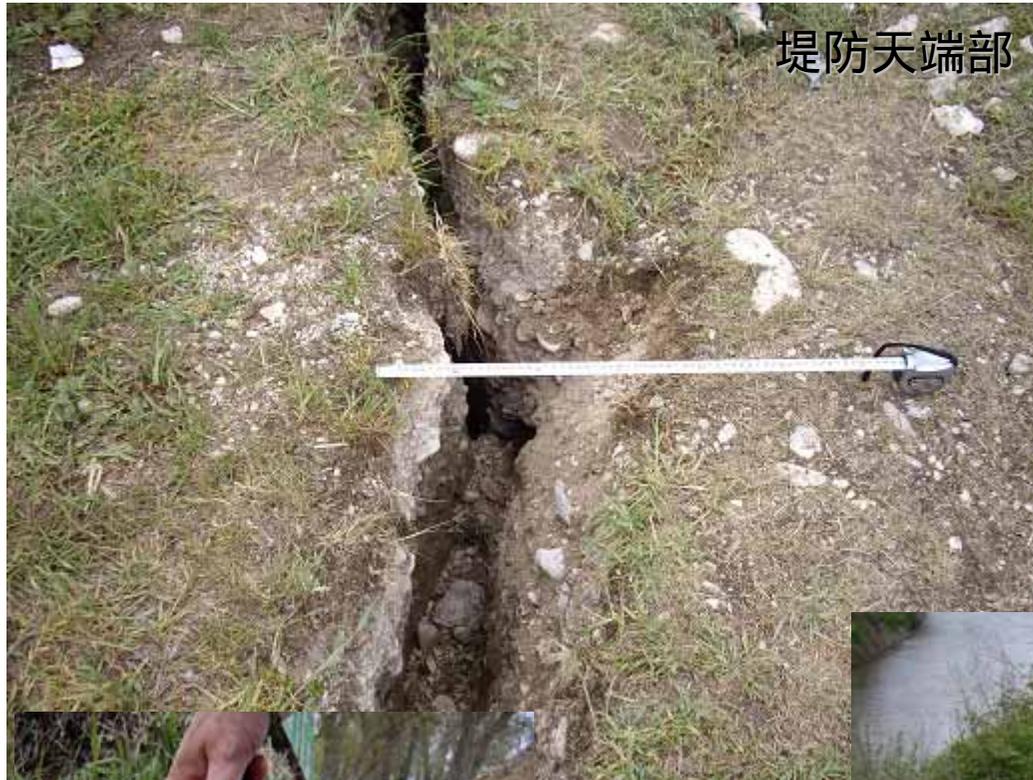
Onna村周辺空中写真 (Google map)



Onna村の目抜き通り(封鎖区域)



Aterno川右岸に直行する道路盛土肩部の沈下による段差



Aterno川左岸堤防に連続する亀裂
(深さが90cmに達する)





Aterno川左岸から200m離れた住宅
周辺地盤の沈下(約10cm程度)





SS17号とFossaを結ぶ道路 (Google map)



Aterno川に架かる橋の破壊の様子(左岸側下流より撮影)



Aterno川右岸堤防の内水側



Aterno川右岸に直行する道路盛土

落橋した位置の河川堤防はしっかりしている

橋のまわりの河川護岸の様子



右岸側上流部は水衝部、堤防の下部は
コンクリート張であるがコンクリートは流さ
れている



右岸側は簡易なふとんかごによる護岸、
浸食されることなくしっかりしている



Lake Sinizzoのまわりの側方流動 (Google map)



白く見えるのは歩行者が歩いた跡であることが地震前の写真からわかる

池のまわりの地盤が側方流動によって移動している

名前の付いた2つの泉



枯れた泉



新たに出現した泉

地震によって地下水経路が変わったことがわかる



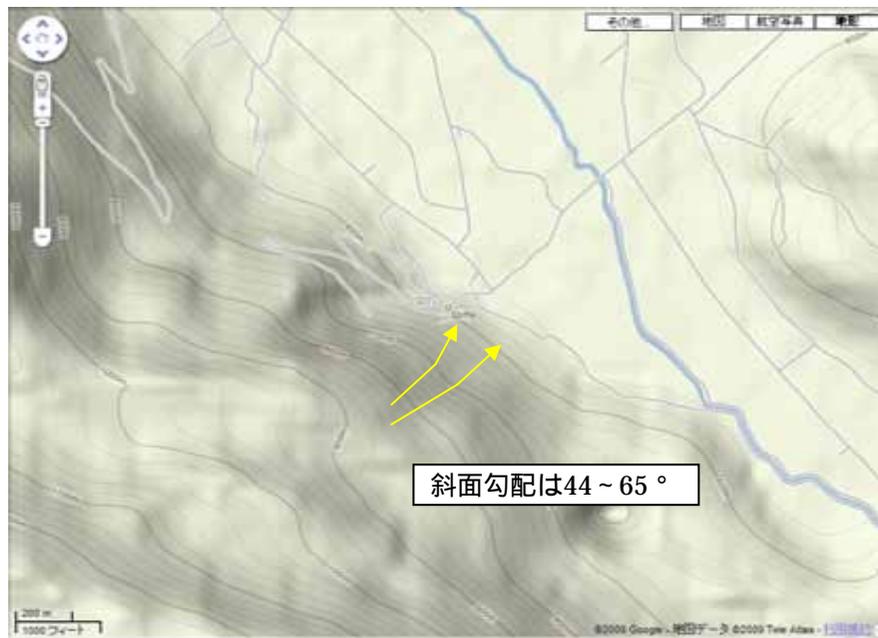
滑落崖を伴った地すべり的な運動によって池岸が水中に没している



池の東側に位置する石灰質礫岩で構成される岩盤斜面の表層崩壊



Stiffeの落石現場 (Google map)





斜面上の木を折って飛躍

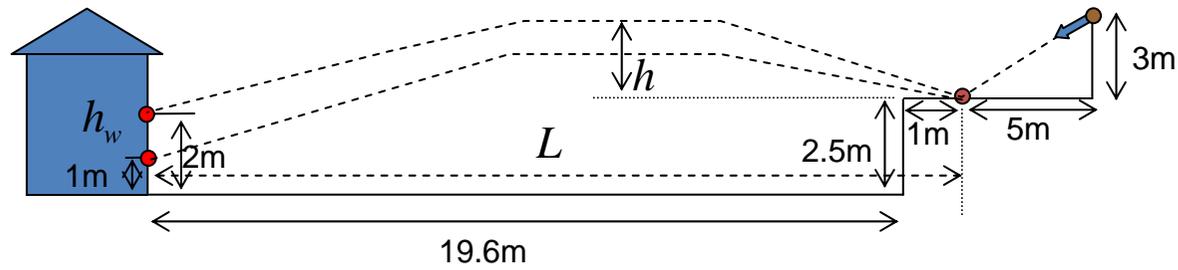
高さ3mのところで木に接触
木が折れ曲がっている



バウンド、回転してから建物の壁まで飛躍

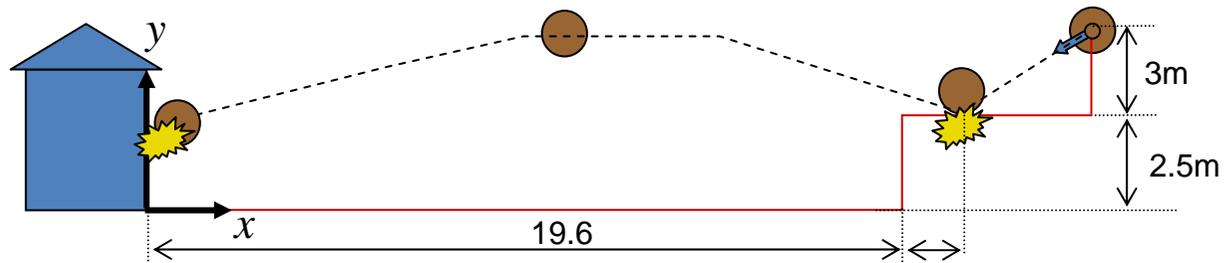


衝突により破壊された建物の壁(壁厚:約30cm)



$$V_v = \sqrt{2hg} \quad t^2 + 2\frac{V_v}{g}t - 2\frac{h_w}{g} = 0 \quad t = \frac{-2\sqrt{2hg} + \sqrt{2hg + 8gh_w}}{2g}$$

$$V_h = L/t$$



衝突時の落石の速度算定

地表面から1mの高さの位置で衝突



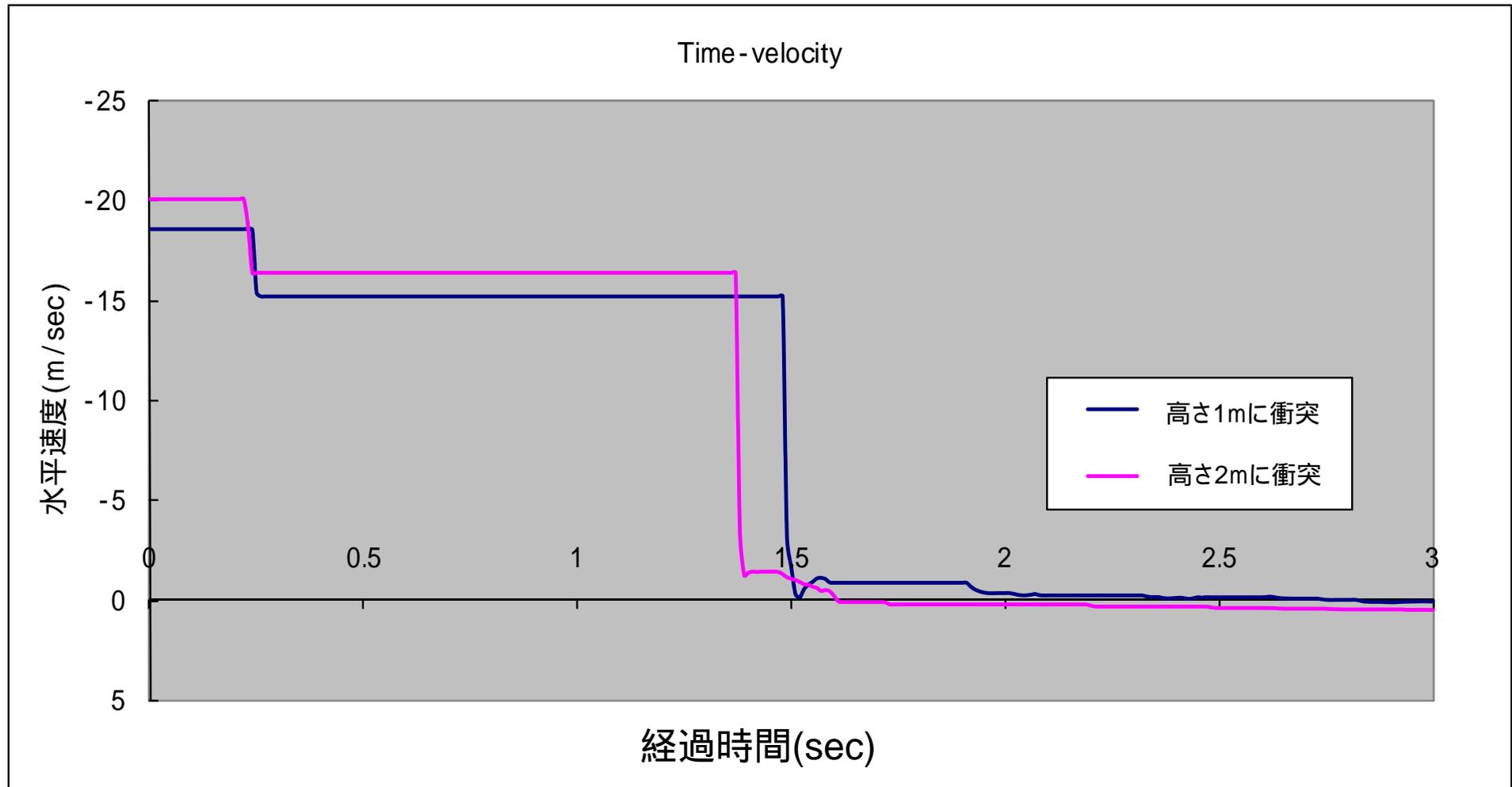
地表面から2mの高さの位置で衝突



DEMによる落石・衝突シミュレーション

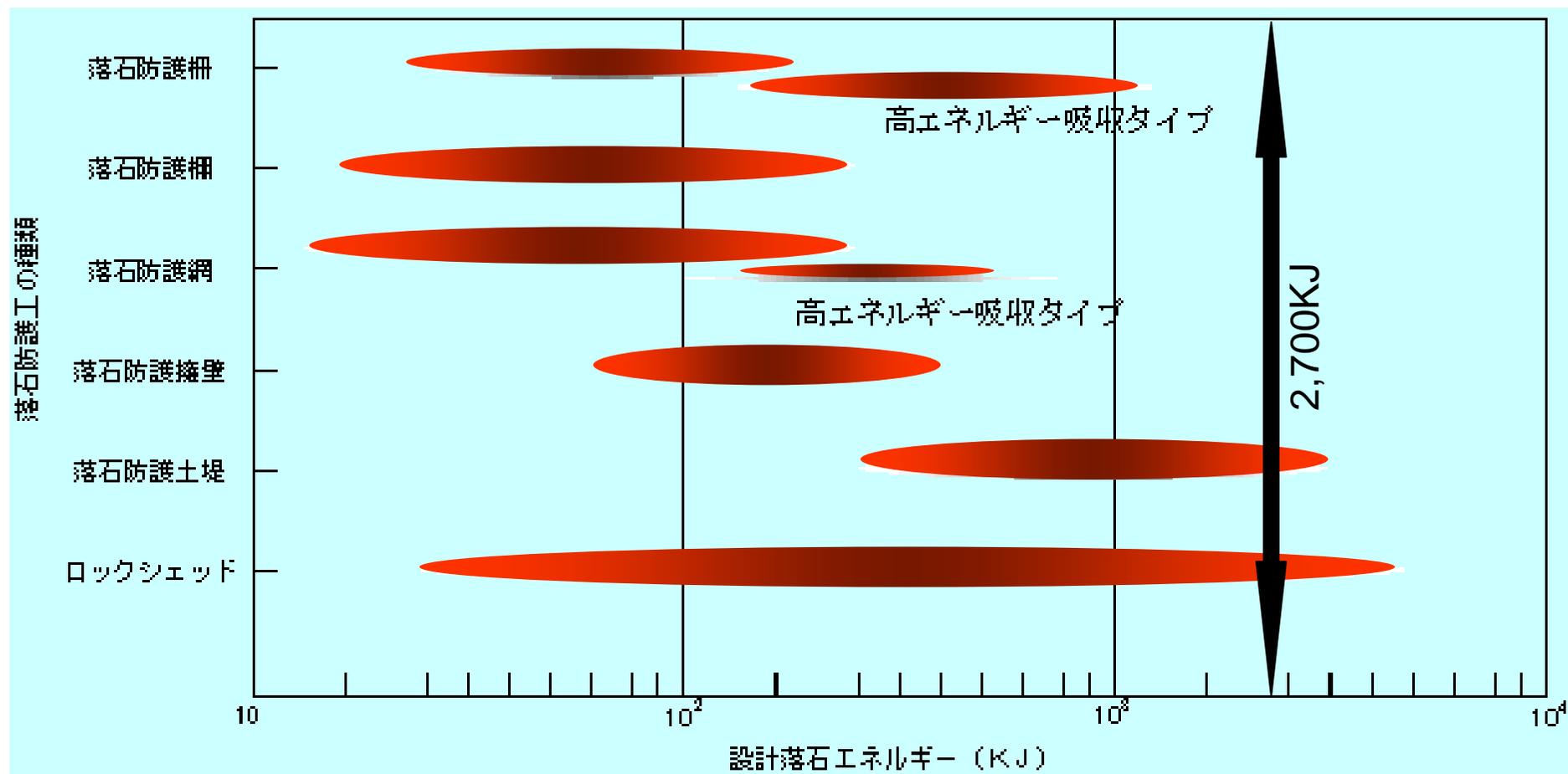
落石モデル: 密度 2.5kN/m^3 , 直径 1.6m

落石衝突時のエネルギーは約2,700KJ程度



落石の速度 ~ 時間関係 (DEMによる解析結果)

ロックシェッドでなければ耐えられないような大きな落石エネルギーであった



落石防護工の適用範囲の目安 (出典: 落石対策便覧)

SR261、San-Demetrio Ne'vestiniのアーチカルバートの破壊



かぶりの薄い石積アーチカルバートの
天端が崩壊している



碎石による埋め戻しにより応急復旧
通行規制はない

擁壁の変形、液状化現象、斜面崩壊



SS17号とSr615 合流部 (Google map)



盛土(?)の局所的沈下と水平変位



擁壁の上部が凸状に折れて変形。木材により応急復旧。



すぐそばの擁壁の破壊：
地震動により擁壁の一部が破壊して
いるが、背面の土はしっかりしている



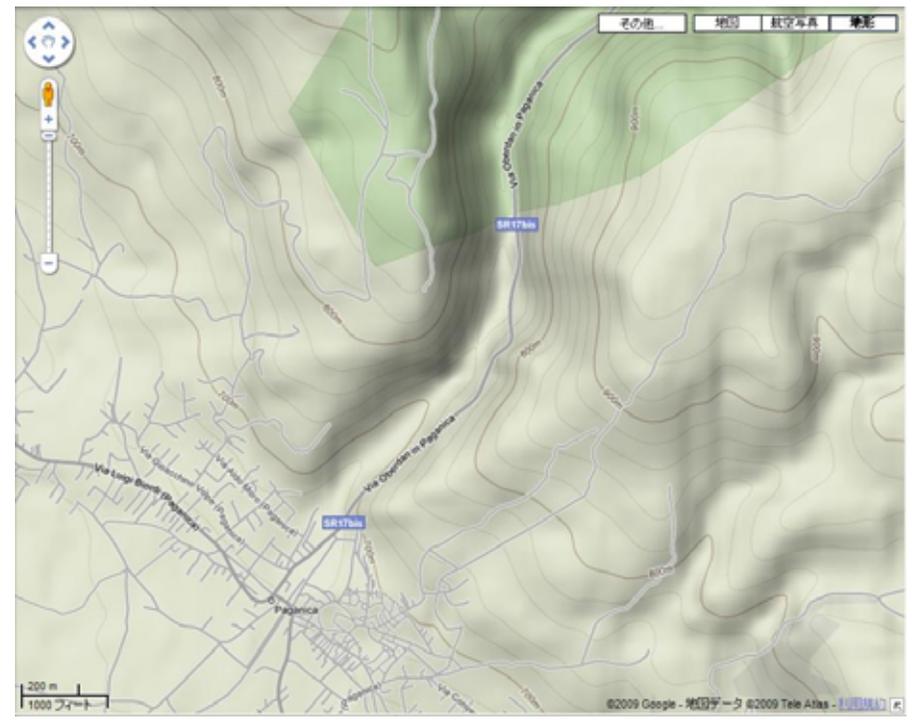
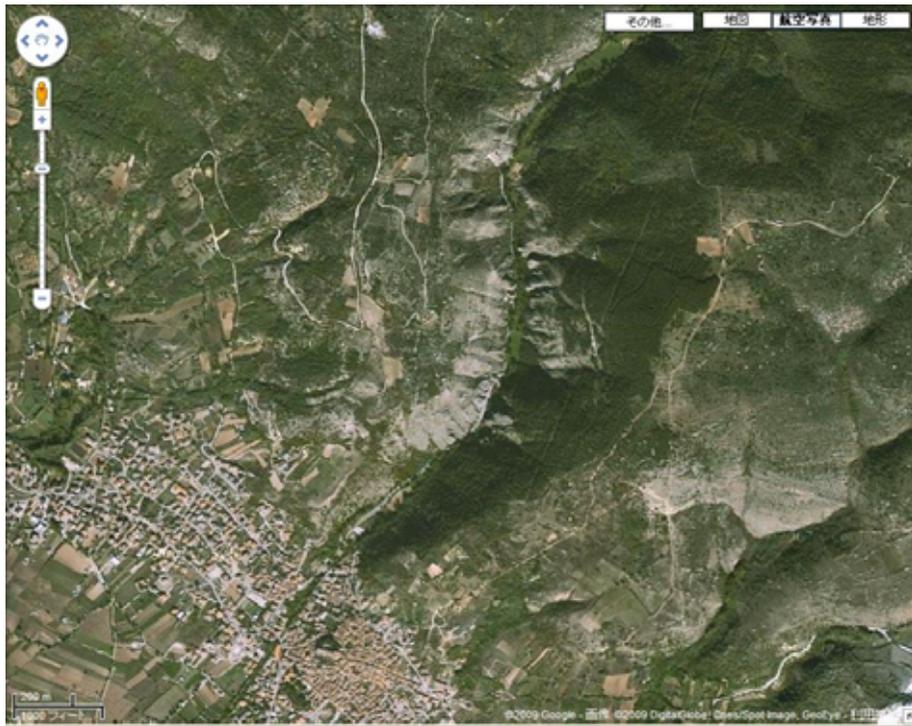


駐車場と畑に噴砂跡がみられた
噴砂は比較的均質で堆積厚さは
約15cm





Aterno川左岸の畑にみられる噴砂跡、対岸の攻撃斜面(水衝部)にみられる斜面崩壊



Paganica北部の落石 (Google map)



「落石注意」の標識から北側の道路西側は急峻な石灰質礫岩もしくは石灰岩の斜面

道路に近接した岩盤は、覆式ロックネットが施工されている
小規模な表層剥離に対しては有効に機能





斜面からはたくさんの小石が落下している

一部の落石は、道路を越えて反対側の川に達している





Abruzzo Engineering近くの自然空洞アーチ部の破壊による陥没

ラクイラ旧市街の道路において、地下レーダーを用いた網羅的探査を実施し、浅い位置における空洞の有無を把握する。空洞が存在すると考えられる地域、もしくは存在が疑われる地域において、表面波探査を実施して、地盤のゆるみを評価することが望まれる。一連の探査および結果の評価に基づいて、今後の恒久対策等を検討していただきたい。

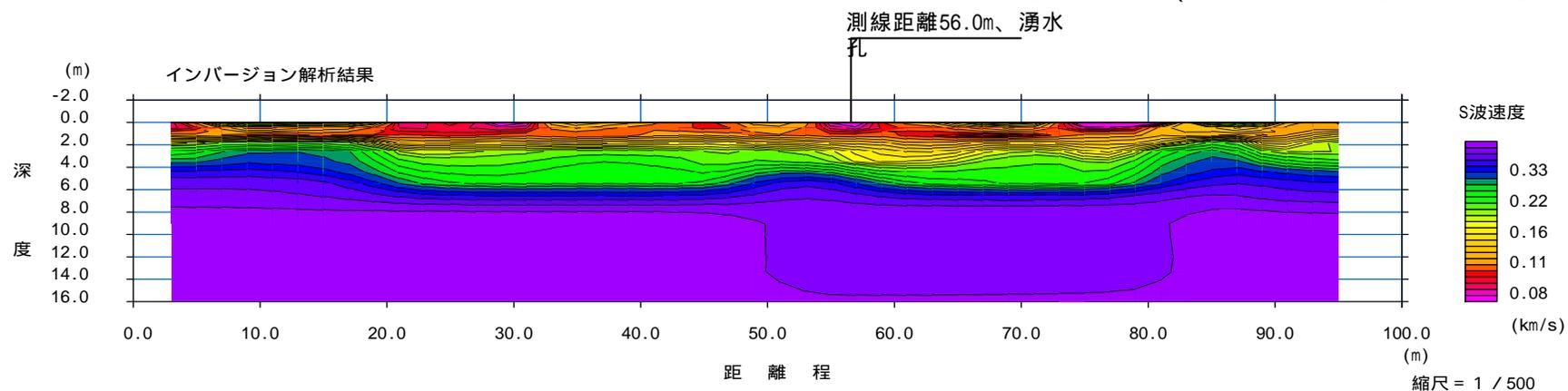
たとえば、亜炭廃坑陥没の復旧対策のための簡易調査で2次元表面波探査を使えば：



河川護岸改修の床堀中に亜炭廃坑が陥没



2次元表面波探査により堤防沿いのゆるみ域を確認
(2009年4月10日調査)



探査の結果、変状ならびに湧水の生じた箇所には、深さ4m付近まで低速度域が分布することが確認された。一方、深さ4m以深には速度の低下域は認められなかった。



2009年4月6日 直径約10mの空洞
(イタリア政府 防災庁HPより)



2009年4月21日
埋め戻された陥没空洞

右側の住宅の外構壁が陥没穴に落下したが、
道路面から確認できないほど深かったとのことである。