オーストリアの
砂防･地すべり･雪崩対策

面積	約8万3858km^2 （日本の0.22倍）
人口	約820万人

太田英将

行程

（社）日本地すべり学会　オーストリア巡検　2007/06/16-25

移動ルート　■ 巡検箇所　● 観光箇所　○ 宿泊地

http://www.ohta-geo.co.jp

行程

移動ルート　巡検箇所　観光箇所　宿泊地

http://www.ohta-geo.co.jp

OHTA-GEO

事業の進め方は「直営方式」

- 企画・調査・設計・施工まで行政が直営
- 地すべり対策＝＞排水路工・植樹工
- 土石流対策＝＞砂防ダム・植生工
- 雪崩対策＝＞Soft・Intensive・Temporal
- 道路＝＞斜面対策は落石対策中心

OHTA-GEO

砂防対策の基本的考え方

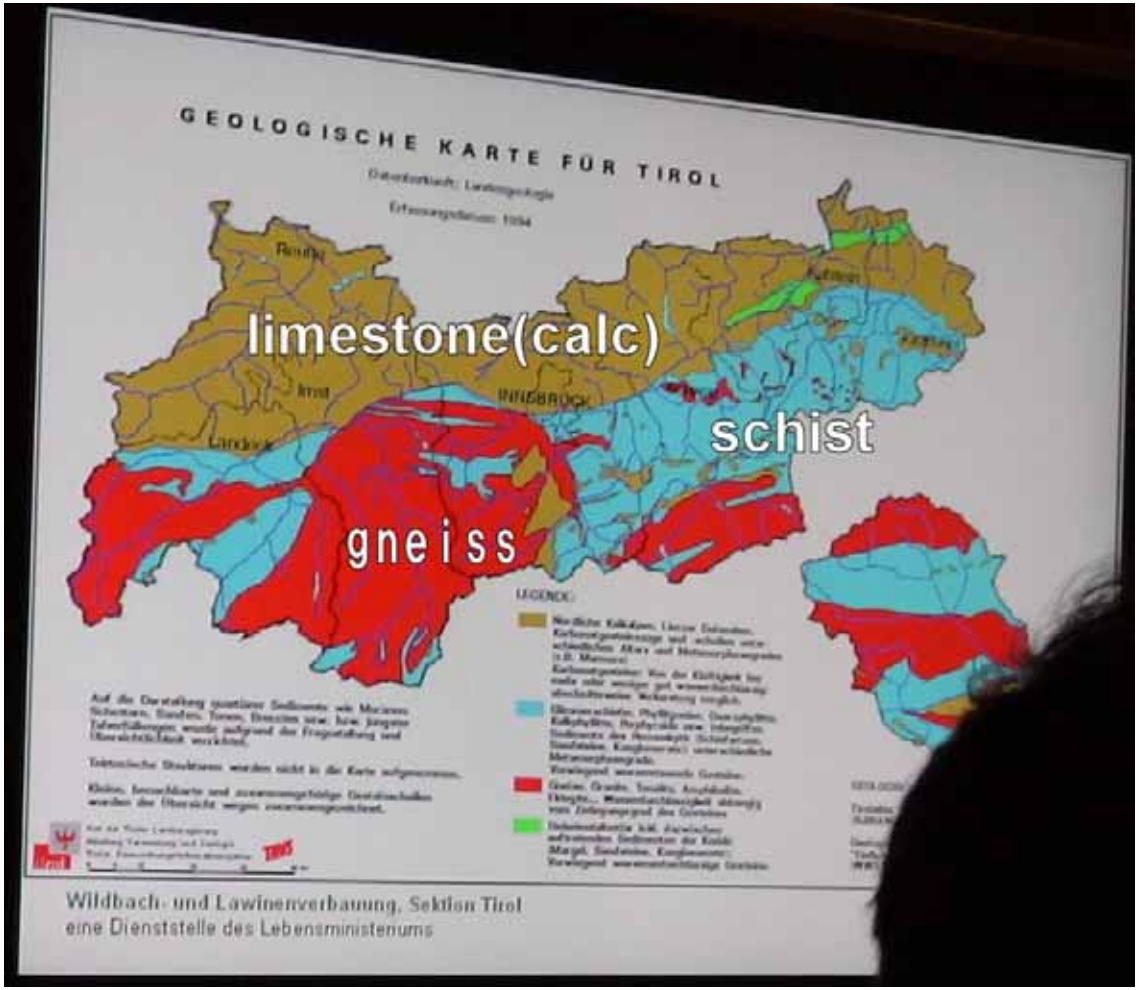
- 1. chronicle　：災害の記録
  2. hazard indicator：要因
  3. Data：データ
  4. air photos：空中写真
  5. interview　：聞き取り
  6. calculation modeling：計算モデル
  ：instead tool（代わりのツールとして）上記のものがない場合には使う）

日本では、出来うる限り理論的、物理的な説明に基づいた評価を指向しているのに対し、オーストリアでは実際問題上の困難性の認識に基づき、理論的な説明を無理に追求せず、実証可能な経験的知見による評価法を重視しながら行う。

丸井先生“オーストリアの治山事情”治山より

OHTA-GEO

地　質

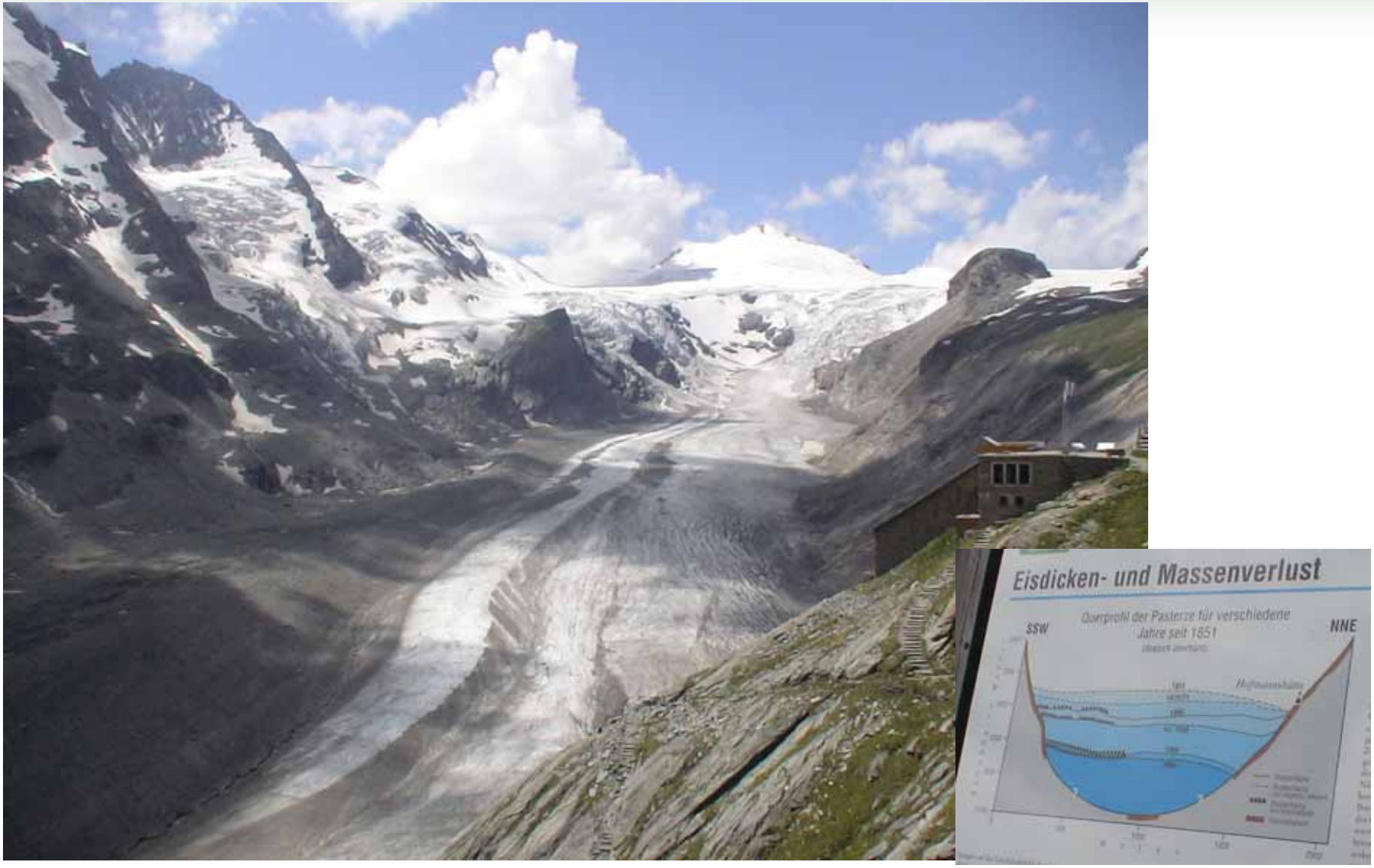


北側

- モラッセ
- フリッシュ
- 北石灰アルプス
- 南側の変成岩類
- 苦灰岩類

南側

氷河・氷河地形



http://www.ohta-geo.co.jp

カール地形

OHTA-GEO

崖錐地形

OHTA-GEO

行ったところ

実際に行ったのはこういうところばかり

ウイーンにある王宮
ヒットラーもここで演説した

ウイーンの教会

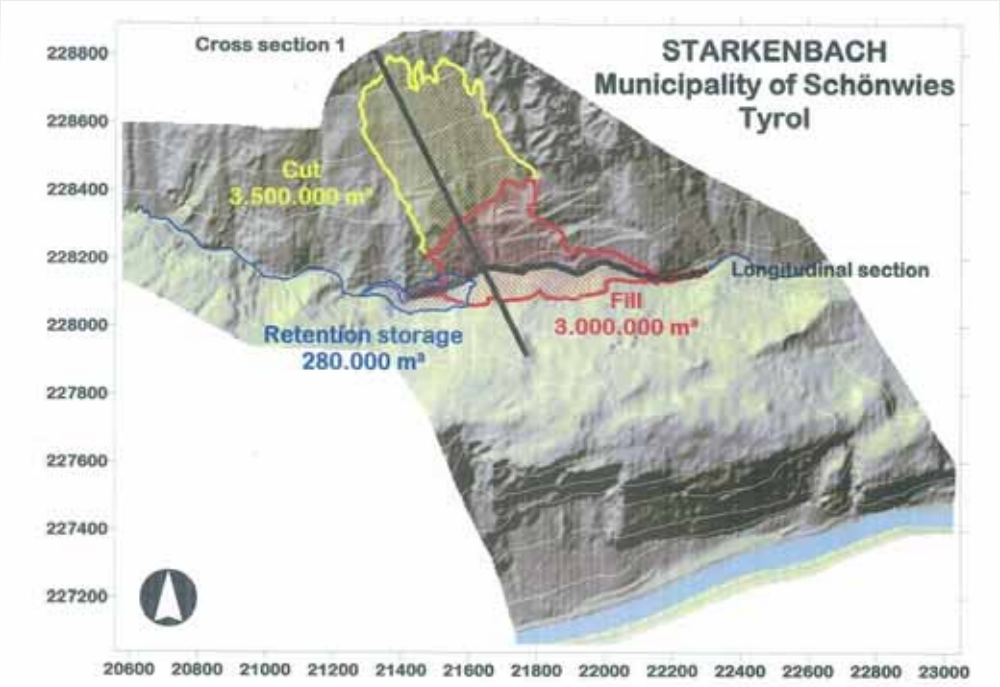
砂防局長（たぶん）にワインの
造り酒屋（ホイリゲン）
に招待していただいた。

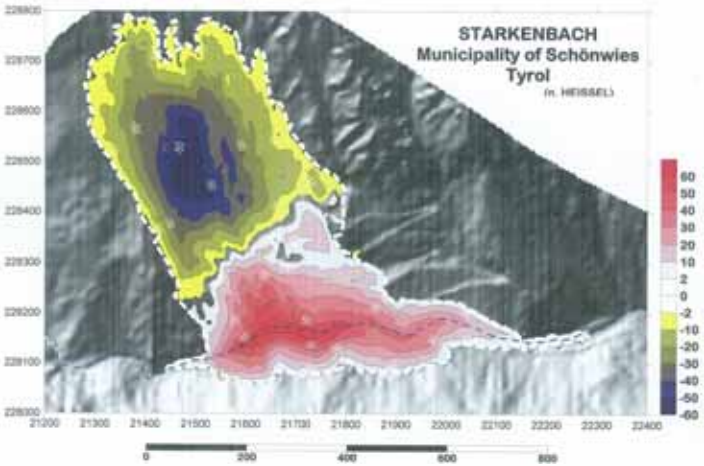
http://www.ohta-geo.co.jp

地すべり対策
Starkenbach

石灰岩斜面の大崩落→河道閉塞→雪解け水が大量

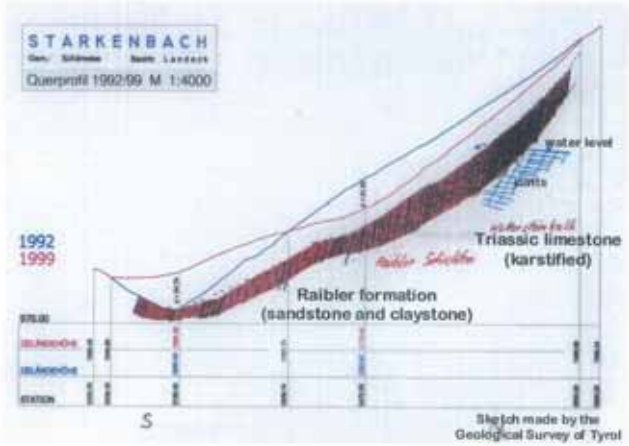
地すべり対策
Starkenbach





Austrian Service for Torrent and Avalanche Control-Tyrol資料

Cross-section: Geological sketch (n. HEISSEL 1999)



Surface of the Deposits of „Scheißet Riepe“ landslide

どう対策して良いのかわからない
教えて欲しい！

http://www.ohta-geo.co.jp

地すべり対策
Starkenbach

大地すべり末端：融雪の水で管きょと盛土が壊された。その時の仮排水量60立米/分

融雪で壊れたコルゲートパイプ

地すべり対策

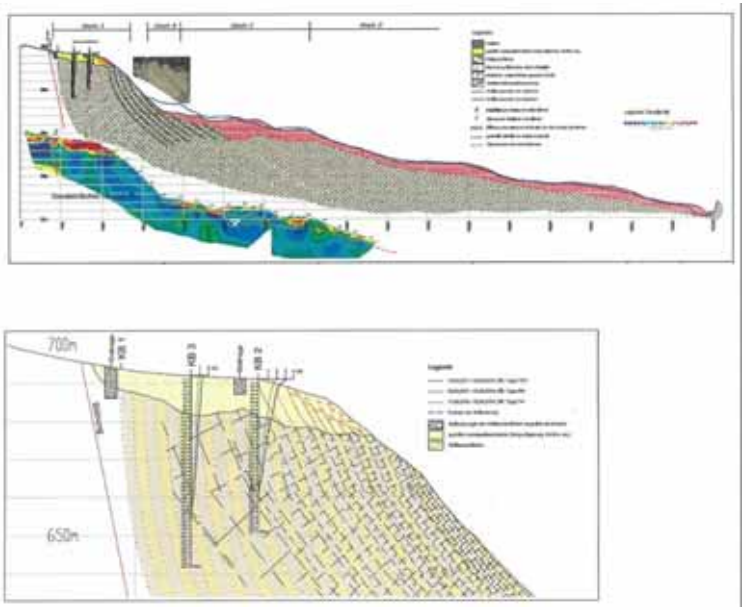
Doren

急勾配で傾斜する地層（砂岩・礫岩からなるモラッセ）の流れ盤地すべり。上位に氷河堆積物が乗っている。対策工は排水工のみ。2007年の崩壊はドライな時期に起きた。それ以外は雨の多いとき。この地には1600年代から人が住むようになった（比較的新しい）

Doren

Fig. 1: Landslide area of Doren after the event of 1988. At the left side of the upper image border the center of the village Doren is visible.

Fig. 2: Landslide area of Doren after the event of 2007.



Austrian Service for Torrent and Avalanche Control-Vorarlberg資料

Doren

地元の人は対策を早急にして欲しいと願っている。費用負担は連邦政府60%、州20%、自治体20%

上位の氷河堆積物

写真左側に断層があって地層が急傾斜している。対策は周辺部の暗渠排水工が主体。今後土塊内の垂直排水工やアンカー工について検討中。いまは計測のみ。

地すべり対策
Rindberg

Fig. 2: Rindberg End of May 1999

Fig. 3: Rindberg August 1999

1999年5月に豪雨と急速な融雪（推定1000mm相当）で地すべり発生。炭素年代だと、4000-4500年前、2000年前、800年前に地すべり発生。地すべりは1.6平方キロに及び、標高は830m-1500mである。地質は北Penninicフリッシュユニットのフォイアシュテット層に位置する。このナッペは石灰岩、頁岩（マール）、砂岩で構成される。強く変形を受けている。

Austrian Service for Torrent and Avalanche Control-Vorarlberg資料

地すべり対策
Rindberg

しばしば地すべりの原因となっているマール（頁岩）

傾いた家屋；左右に揺れながら530m移動した。

地すべり対策
Rindberg

対策工

応急処置として亀裂をふさぎ浸透防止をし、その後延長30kmの表面排水工を実施。調査としては物理探査をした。下部ブロックは流動的なすべりで、20m/日、400m/年の動きがあった。土量は700万立米。すべり面の推定深度80m。70軒が被災した。5/18にすべりが始まって、6月に大きな動きが起き、秋から表面排水路工を施工した（延長30km)

地すべり対策工

Grandenbachの巨レキワイヤー掛け工。千枚岩地帯の巨大地すべり。河床が5～8m隆起した。

OHTA-GEO

地すべり対策工

土堤工：地すべりの上部と下部を土堤により分断して動きを連動させない工法

Fuerwag（ﾌｫｲｱﾊﾞｰｸﾞ）地すべりで使われている工法

地すべり対策工

代表的地すべり対策工：
排水路工

Fuerwag**地すべり：排水量は、**1500**立米/日～**150**立米/日。**
A＝12ha、W=100～600m、D=30m

地すべり対策工

ハンノキ

ハンノキ（アルムス）を植樹し、地盤内の水を吸い取らせている（蒸発散による地下水排除）

Fuerwag地すべり

OHTA-GEO

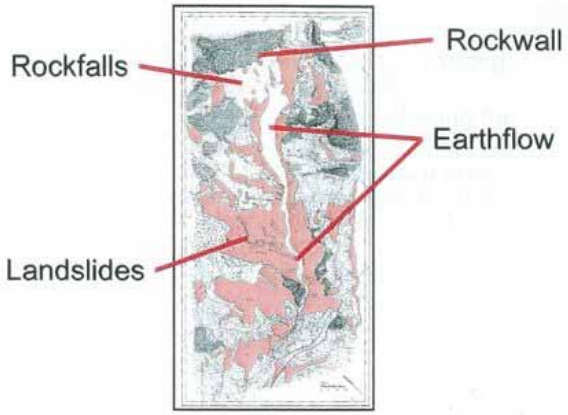
地すべり対策工のまとめ

- 調査が細かく行われることはない（巨大地すべりでもボーリング１箇所程度）。
- 地すべり対策工は排水路工中心である。
- 集水ボーリング工、頭部排土工などは検討されることがあるが、用いられることは少ない。
- 土堤工で地すべりの動きを分断する工法や、ハンノキなどの植物で地下水を吸い上げ蒸発散させる工法などが利用されていた。
- 保全対象に鉄道・道路などがあっても、抑止工が用いられることはほとんどない。

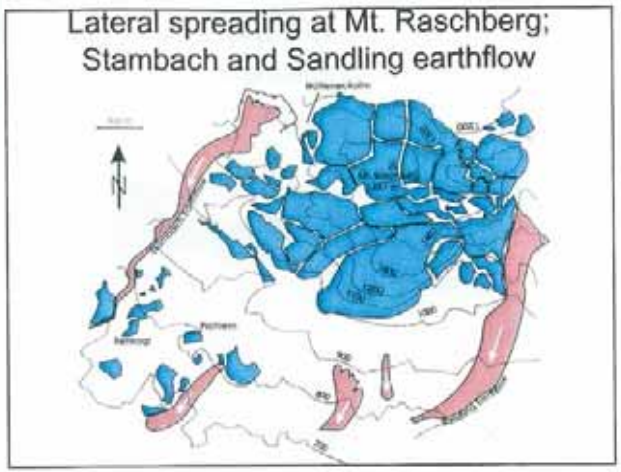
地すべり・土石流対策
Mountain Spreading

Stambach・Zlambach

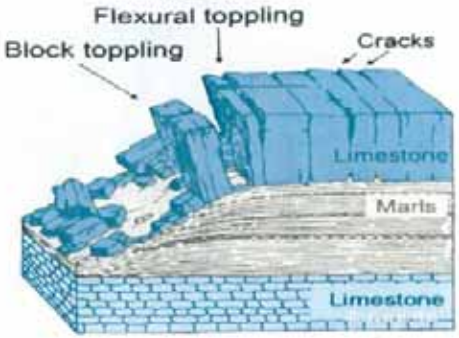
Geotechnical map: Stambach Earthflow



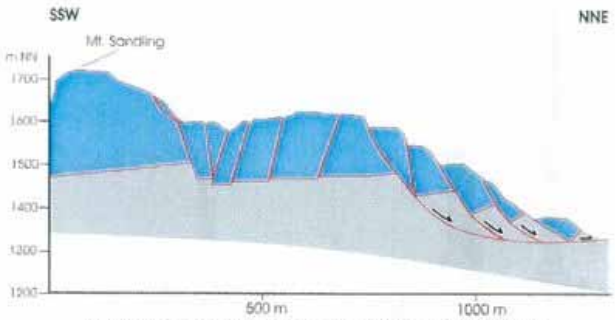
Lateral spreading at Mt. Raschberg; Stambach and Sandling earthflow



Block diagram: Toppling



Lateral Spreading
Mt. Sandling/Austria



•Brittle rock cap over a ductile substratum
•Spreading and slumping near the edges

(1)キャップロックがジグソーパズルのように分かれる
(2)端部でトップリング・落石が下位のマール上に落ちる
(3)下位のマール（頁岩）で非排水の載荷が起こる
(4)アースフローが活性化
(5)上位の石灰岩岩壁の不安定化
→(2)に戻る

Austrian Service for Torrent and Avalanche Control資料

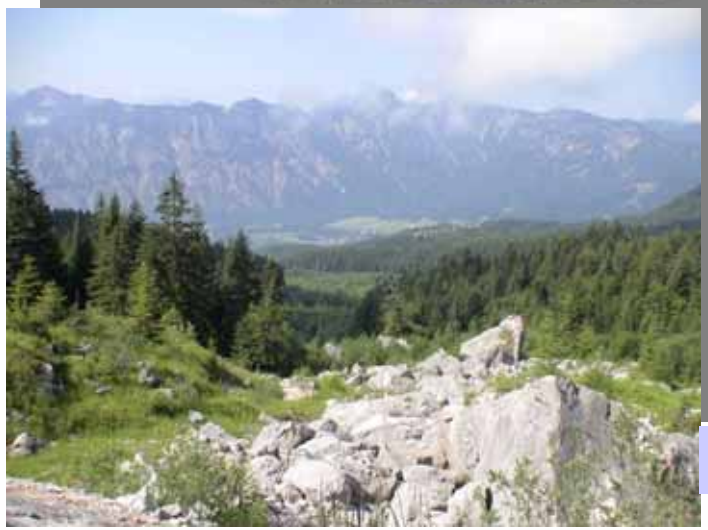
OHTA-GEO

地すべり・土石流対策
Mountain Spreading

Stambach・Zlambach

石灰岩キャップロックの端部

下位のマール（頁岩）



アースフローの流れた方向

http://www.ohta-geo.co.jp

土石流対策
Stubenbach

チロル州のStubenbachの災害発生地：2005年8月に2週間雨が降り続いた。500～1000年確率の雨 に相当。

・土石流対策→砂防ダム

・岩盤崩壊、落石対策→リングネット

土石流対策
Stubenbach

土石流の出口と、イン川との合流点が近かったので、合流点を遠く離れさせる対策を行ったとのこと。

OHTA-GEO

土石流対策
Braubach

右岸側はヘンマ岩の崩壊
左岸側は千枚岩の崩壊
変位量はＧＰＳ観測している

対策は植生工＋排水路工

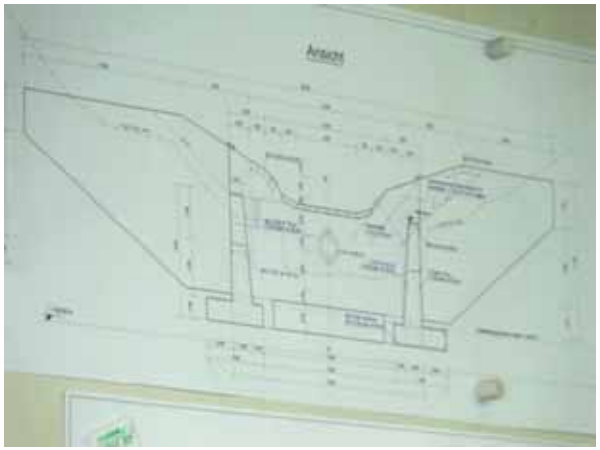
土石流対策
Braubach

砂防ダムの袖部は側圧で破壊しないように可動となっている。

流木が浮き上がるような構造

土石流対策
Durnbach

オーストリアの典型的な砂防ダム



工事は直営：68人が常時雇用されているがその人達は公務員ではない。ダム工事の工費は110ユーロ/立米

土石流対策
Durnbach

古いダムが側圧で破壊している

砂防ダムが短いピッチで建設されている

OHTA-GEO

土石流対策
Muhlbach

ミュールバッハ
最上部は土石流対策ダム、中流はスリットダム（大レキと流木）、下流は流木対策ダム（スリットダム）

スリットダム。8mmの鉄板がコンクリートの周りにまいてある。

土石流対策
Muhlbach

工事中に大雨があったが、ほぼできていたので防ぐことができた

OHTA-GEO

土石流対策のまとめ

- 土石流は砂防ダムで防止される（河川との合流部では流路付替も行われる）
- 最上流は土石流対策ダム、中流域はスリットダム（大レキと流木）、下流域は流木対策ダム（スリットダム）とするのが基本。
- 発生源対策は、植生工と排水路工主体。
- 観測はＧＰＳや空中写真で変位量の計測が経時的に行われる
- 直営工事が終わると、竣工・チェック後、地元の水利組合に管理が移管される。

OHTA-GEO

雪崩対策

- 雪崩対策はオーストリアの主産業であるスキーリゾート保護のために徹底して行われる。
- 対策は次の3つ
  (1) SOFT的対策：ハザードマップなど
  RedZoneは居住禁止など
  (2) INTENSIVE対策：防止柵工など
  7000ユーロ／人の費用（110万円／人）
  (3) TEMPORAL対策：人工雪崩など暫定策
  直下に家屋がある場所ではダメ
  交通遮断やスキー場閉鎖して行う

雪崩対策
Lech

山頂付近の黒いものは雪崩防止策群

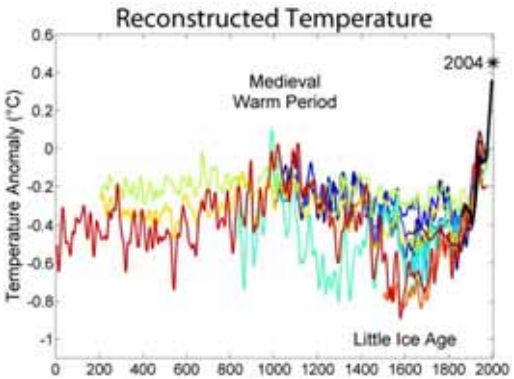
OHTA-GEO

雪崩対策

Lech

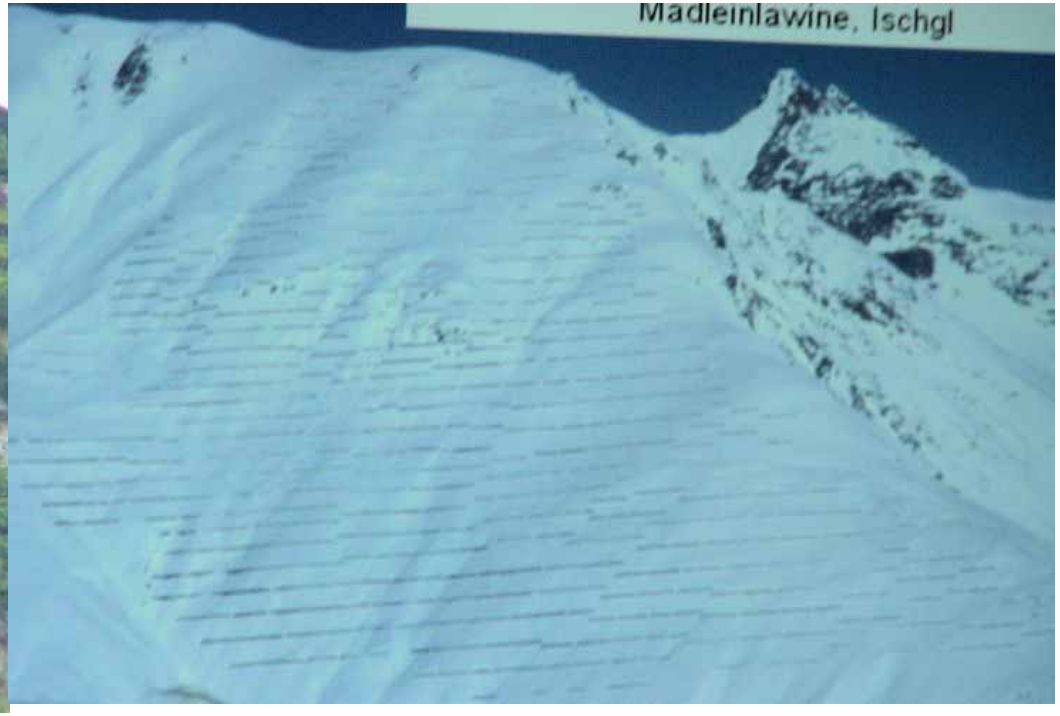
雪崩防止は徹底して行われている

Lechの町と雪崩対策



1400年代から人が住み始めているが、当時は温暖（中世の温暖期）で雪崩の危険性が小さかったが、その後寒冷化して雪崩の危険性が高まった。1950年以降雪崩対策を積極的に行っている。

雪崩対策
Lech

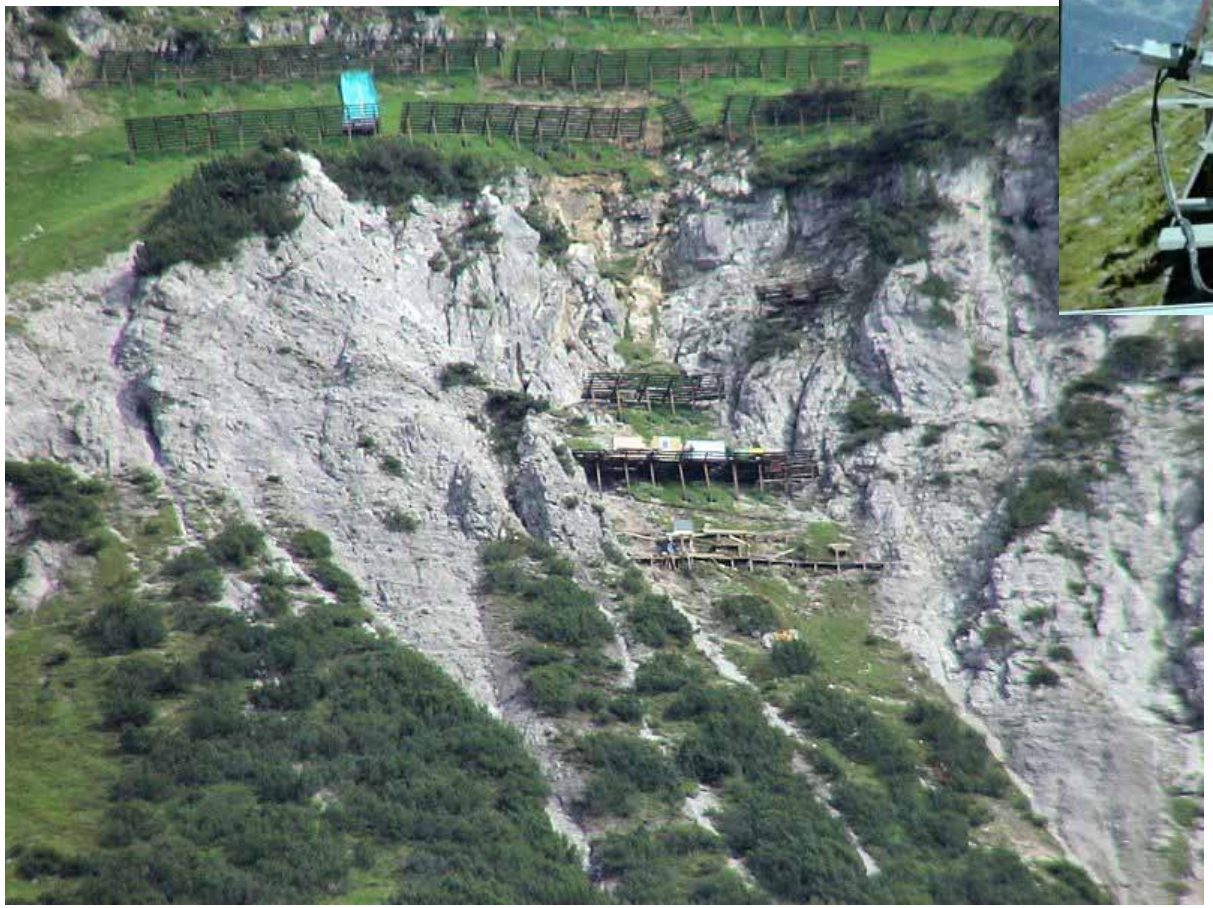


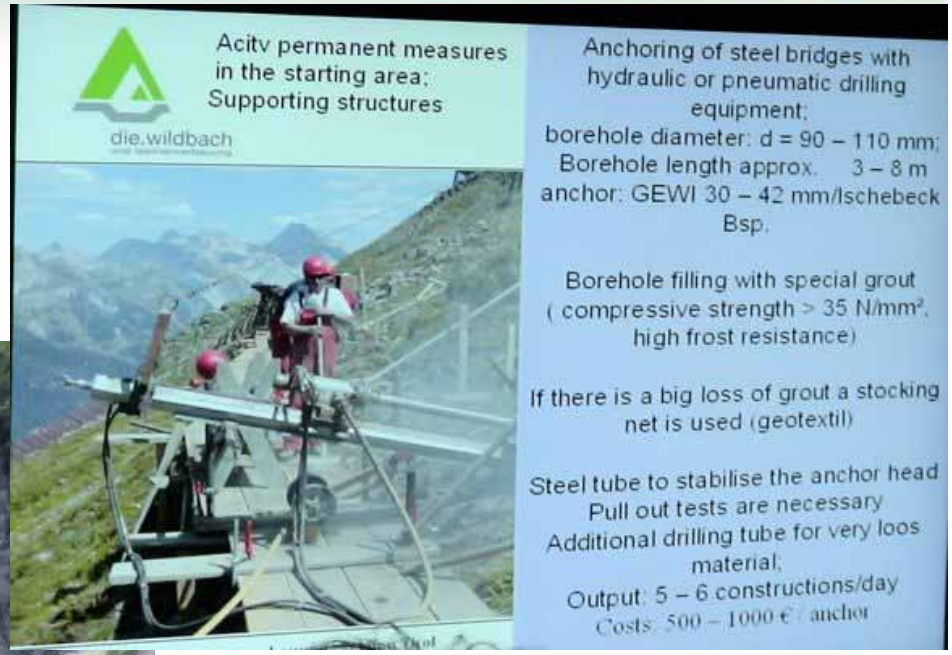
雪崩防止策の夏と冬

OHTA-GEO

雪崩対策
Lech

雪崩防止策の施工





・ザイルバー（リフト）で労働者を運ぶ
・資材はヘリコプターで運ぶ（ザイルバーの上は飛べない）
・軽量アルミ製の掘削機を開発した
削孔径φ90-110mm、掘削長3-8m
1日あたり5～6本施工できる
500-1000ユーロ／本（8-16万円／本）
平均5mとすると1.6-3.2万円m

個々の家屋雪崩防止策

雪崩対策
ソフト対策

- 雪崩警報サービス
  広域：5段階で危険表示
  地域版：①エキスパートシステム
  ②物理的評価法
  ③統計的方法
  3つの方法で診断
- パラメータ：太陽光線、雪質（密度・せん断強度）、風
- 情報の伝達方法：警報発令の責任者のみに伝達
  スキー場の責任者、村長など
  （住民個人への情報伝達はしない）
- システム開発者：ベースシステムは民間と共同で作成したが実用段階では役所のみが行っている（住民の防災意識のレベルが高い）

アウトバーン沿いの落石対策

延々とリングネット工が山裾に施工されている

OHTA-GEO

道路防災
Zinthwald

道路沿いの地すべり

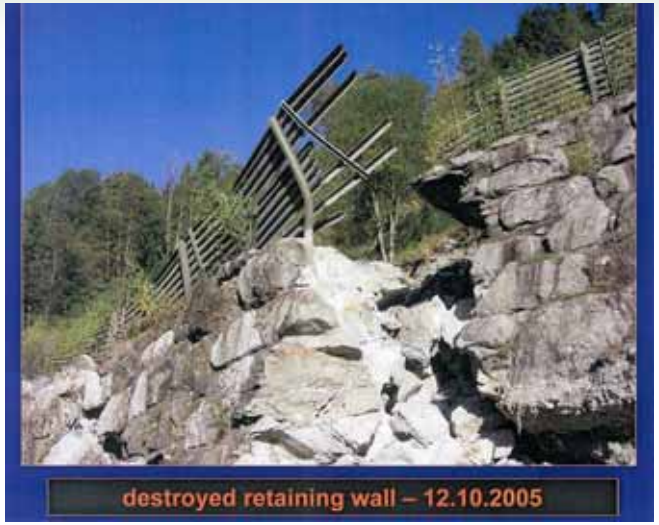
道路より上側は落石対策（リングネット）

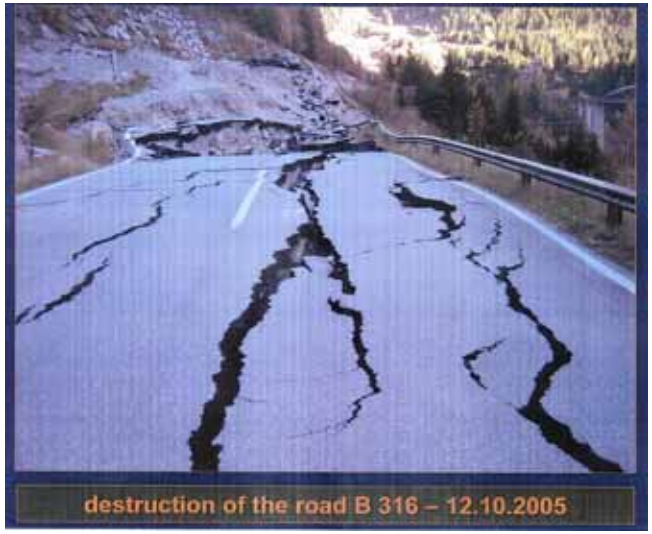
http://www.ohta-geo.co.jp

OHTA-GEO

道路防災

Zinthwald





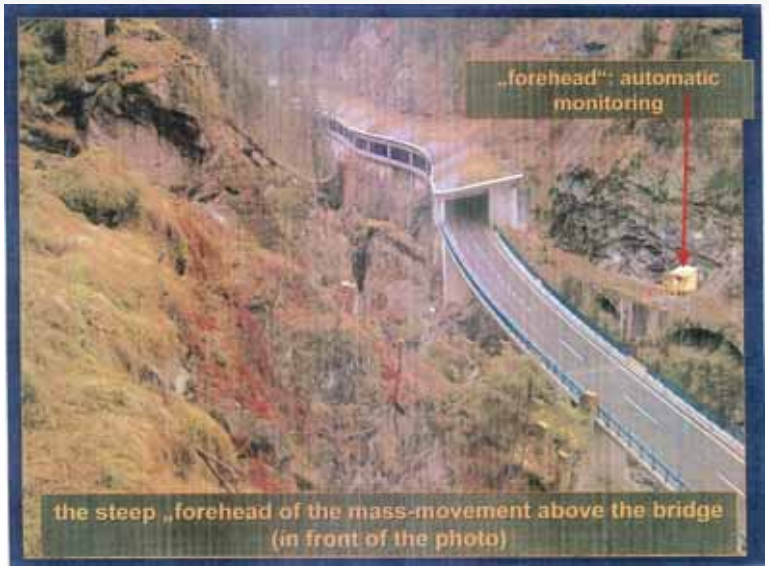
落石以外の対策は排水路工のみで、他の対策は行われていない。地すべりの動きが止まったら、補修して開通。

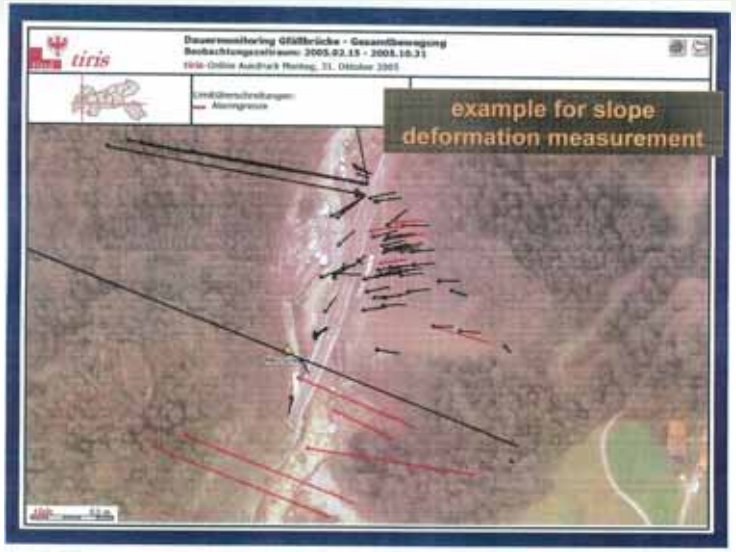
Austrian Service for Torrent and Avalanche Control-Tyrol資料

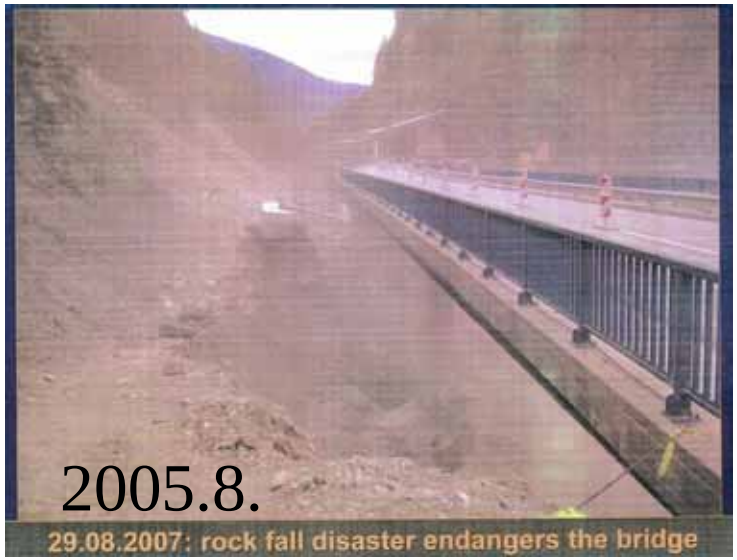
http://www.ohta-geo.co.jp

OHTA-GEO

道路防災
Gfaell







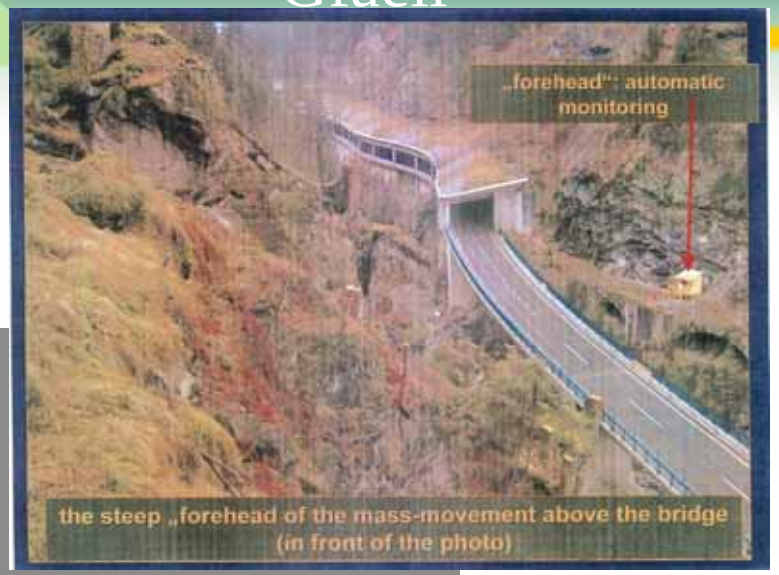
Austrian Service for Torrent and Avalanche Control-Tyrol資料

OHTA-GEO

道路防災

Gfaell

崩壊により道路・橋梁が失われた
この先のスキーリゾートに行く道がなくなった



OHTA-GEO

道路防災

Gfaell

スキーシーズン前の3ヶ月で迂回トンネルを掘った

地質を軽視したルート選定が崩壊事故を多くしている

1800年代に建設された鉄道；地質屋が時間を掛けて調査しルート選定している。

1800年代は地質屋がルート選定していたが、第二次大戦後スピードとコストを追求し、地質屋の意見が聞かれなくなったので危険箇所に道路が通るようになった、そうです。道路技術者も大学で地質学を少し学ぶので、それですべてがわかったつもりになっているのが原因だと地質技術者（写真左）は話し、右のチロル州局長は「地質屋のいうことを聞いていたら金が高くつく」と話しました。

http://www.ohta-geo.co.jp

OHTA-GEO

道路防災
その他の対策工

モルタル吹付工と鉄筋補強土工（基本的に防錆処理はなされない）

アンカー受圧板（格子状のものは皆無）

OHTA-GEO

オーストリアの土砂災害対策のまとめ

- 移動速度の速い雪崩や落石･土石流はハード対策
- 移動速度の遅い地すべりは排水路工、道路の地すべりは止まれば補修して使う
- 調査で原因究明を過度に突き詰めない
  実証可能な経験的知見による評価法を重視
  →定量的根拠より定性的知見を重視
- 防災対策はすべて直営。行政の技術者は異動が少なく専門性が高い。

OHTA-GEO

ゲビッター (集中豪雨)

オーストリアには梅雨も台風もないが、ゲビッターと呼ばれるスコールのような嵐がある。ちょうど山に入っている最中にゲビッターがあり、オーストリア全体で5人が死亡した。

OHTA-GEO

歓　迎

標高2000mの山頂で

ウイーンのホイリゲンで

Natural hazards present a variety of threats to the basic functions of human existence including home, work, goods and services, education, recreation, transport and communication, against which the individual can no longer effectively protect him/herself. The protection from torrents and avalanches was therefore proclaimed the responsibility of the national government and given the utmost priority in the Austrian Constitution.
The Service for Torrent and Avalanche Control (known as "the.wildbach"), a department of the Federal Ministry of Agriculture and Forestry, Environment and Water Management, is responsible for these tasks. Regional presence is ensured by the country and district offices.

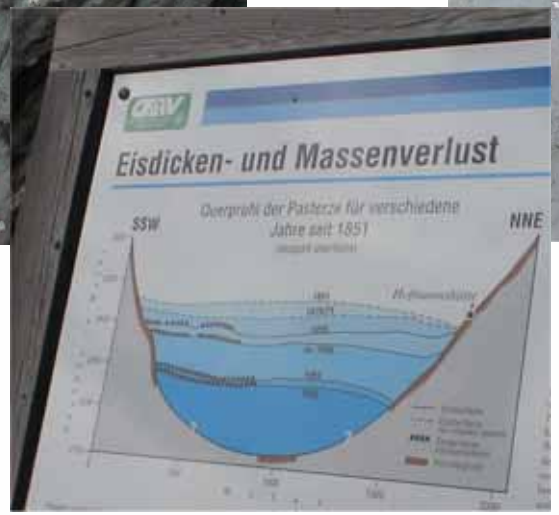
This report of the country department Tyrol is testimony to the far-reaching and innovative spectrum of services of "the.wildbach" for the protection of our population.

MR DI Maria Patek
Director of the Austrian Service for Torrent and Avalanche Control

http://www.ohta-geo.co.jp

OHTA-GEO

温暖化



ケーブルカーが建設された1960年には終点が氷河の上面だった。いまはそれより200m以上下がっている。