

بسمه تعالی

دانشگاه شهید باهنر کرمان

دانشکده فنی و مهندسی

بخش مهندسی معدن

مهندسی دیواره های شیب دار

ترم دوم ۱۳۹۷

(۱)

سعید کریمی نسب

Rock Slope Engineering Course-1397
Kariminasab

تماس با ما

پیام رسان

iGap

آینده سازان معدن

بسمه تعالی

دانشکدهٔ فنی و مهندسی - بخش مهندسی معدن

نام درس: مهندسی دیواره های شیب دار

نام مدرس: سعید کریمی نسب

ساعت، روز و محل کلاسها: سه شنبه ها ۱۷–۱۵، در کلاس ۴۲۱

ساعت، روز مشاوره: شنبه ها و چهارشنبه ها با وقت قبلی دوشنبه ها ۸ تا ۹/۳۰

مشاورهٔ همه روزه از طریق:

S_karimin@yahoo.com

لینک عضویت در گروه درس مهندسی دیواره‌های شیبدار در نرم‌افزار iGap:

@BSlope_972
iGap.net/join/43BoN9nWeh8jLsw8R26Db64LP

KGMC.ir

اهداف درس:

آشنائی با انواع گسیختگی ها، روش تحلیل پایداری و طراحی نگهدارنده های دیواره های شیبدار سنگی و خاکی است. امید می رود که دانشجویان با فراگیری این مبانی بتوانند به صورت دستی و سپس به کمک نرم افزارهای متداول در پایداری شیب به تجزیه و تحلیل علمی لغزش‌های سنگی بپردازند. پایداری شیب با توجه به توسعهٔ معادن روباز تکیه گاه‌های سدهای آبی و باطله، توسعهٔ فعالیت‌های عمرانی در فعالیت‌های تعیین مسیر شبکه های لوله راه، راه آهن و تعیین محل سازه‌ها و...، از جمله زمینه-های فعالیت و بکارگیری مباحث پایداری شیب می‌باشند.

دانشگاه شهید باهنر کرمان
دانشکده فنی

مراجع:

در تهیهٔ این برنامهٔ درسی از مراجع زیر استفاده شده است:

۱–وایلی، دانکن، ماه، کریستوفر، "مهندسی شیروانی های سنگی، برای پروژه های عمرانی و معدنی"، ویرایش چهارم، (ترجمه امینی، مهدی)، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر، ۱۳۹۵.

۲–معماریان، حسین: "زمین شناسی مهندسی و ژئوتکنیک, انتشارات دانشگاه تهران، چاپ سوم، ۱۳۸۲

3-Abramson, L.W., Lee, T.S., Sharma, S., Boyce G.M., 2001, "Slope Stability and Stabilization Methods", 2nd Edition, Publisher: Wiley.

4. Craig, R.F.; 2005 "Soil Mechanics" 8th Edition, published in the Taylor & Francis e-Library.

5-Duncan, J.M., Wright, S.G., Brandon, T.L., 2014, "Soil Strength and Slope Stability" John Wiley & Sons, Inc.

6-Duncan C. W., Mah, C. 2017, "Rock Slope Engineering" 4th Edition,CRC Press.

7-Giani, P. G., 1992, "Rock Slope Stability", A. A. Balkema, Rotterdam, Brookfieled.

8-Hoek, E., Bray, J.W., 1981, Rock Slope Engineering, Revised 3rd Edition, The Institution of Mining and Metallurgy, London.

9- Hustrulid W. A., McCarter M. K. and Van Zyl D.J. A., 2009, "Slope Stability in Surface Mining", SME.

10-Kliche, C. A., 2009, "Rock Slope Stability", SME. Electronic edition.

11-Read, J, Beale, G, (Editor), 2014, Guidelines for Evaluating Water in Pit Slope Stability Kindle Edition, CSIRO PUBLISHING

12-Singh, R.N. and Ghose, A.K., 2006, "Engineered Rock Structures in Mining and Civil Construction", Taylor & Francis Group PLS; London.

دانشگاه شهید باهنر کرمان
دانشکده فنی

هفته	تاریخ	موضوع درس: مهندسی دیواره های شیبدار
اول	۹۷/۱۱/۲۳	مقدمه، مفاهیم کاربردها و اهمیت پایداری شیب در پروژه های معدنی و عمرانی
دوم	۹۷/۱۱/۳۰	مطالعات صحرائی و جمع آوری داده ها (مطالعات پایه در تحلیل پایداری شیب ها)
سوم	۹۷/۱۲/۷	عوامل مؤثر بر ناپایداری دیواره ها، مصالح تشکیل دهنده شیب دیواره ها (خاک و سنگریزه، سنگ)، نقش ساختارهای زمین شناسی،
چهارم	۹۷/۱۲/۱۴	عوامل مؤثر بر ناپایداری دیواره ها، تأثیر آبهای زیرزمینی، عوامل خارجی مؤثر بر ناپایداری، تنش ها
پنجم (پنج شنبه)۱۰ صبح	۹۷/۱۲/۱۶	طبقه بندی مهندسی توده سنگ
پنجم	۹۷/۱۲/۲۱	آزمایش ها و تعیین داده های طراحی خاک و سنگ
هفتم	۹۸/۱/۲۰	تعیین پارامترهای مقاومت برشی سطوح ناپیوستگی ها، تخمین مقاومت برشی توده سنگ،
هشتم	۹۸/۱/۲۷	ارزیابی پایداری دیواره های شیب دار خاکی و سنگ ریزه ای (۱)، تحلیل پایداری بر اساس اصطکاک صفر
پنج شنبه ۹۸/۱/۲۹ ساعت ۱۰ صبح		میان ترم
نهم	۹۸/۲/۳	ارزیابی پایداری دیواره های شیب دار خاکی و سنگ ریزه ای (۲)، تحلیل پایداری به روش تعادل حدی، روش تحلیل برگشتی
دهم	۹۸/۲/۱۰	تحلیل پایداری دیواره های شیب دار سنگی، تحلیل سینماتیکی، شکست صفحه ای، شکست گوه ای، شکست واژگونی، مخروط اصطکاک
یازدهم	۹۸/۲/۱۷	تحلیل پایداری به روش تعادل حدی (گسیختگی با کنترل ساختاری)، تحلیل پایداری لرزه ای شیب ها
دوازدهم	۹۸/۲/۲۴	روش های پایدار سازی شیب ها) [۱]: عملیات خاکی، دیوارهای حائل، کلیدهای برشی، انواع پیچ سنگ ها، انفجارهای کنترل شده
سیزدهم	۹۸/۲/۳۱	روش های پایدار سازی شیب ها) [۲]: عملیات خاکی، دیوارهای حائل، کلیدهای برشی، انواع پیچ سنگ ها، انفجارهای کنترل شده
چهاردهم	۹۸/۳/۷	روش های پایدار سازی شیب ها) [۱]: انواع زهکشی سطحی و زیر سطحی
پانزدهم(پنج شنبه) ۱۰ صبح	۹۸/۳/۹	روش های پایدار سازی شیب ها) [۲]: انواع زهکشی سطحی و زیر سطحی
شانزدهم	۹۸/۲/۲۱	رفتارنگاری و پایش و مدیریت شیب

نکات قابل توجه:

- در ابتدای هر جلسه از دروس جلسه قبل کوئیز گرفته می شود. که مجموعاً ۲ نمره از کل را در بر خواهد داشت.
- در هر جلسه تعدادی سئوال برای جلسهٔ بعد مطرح می گردد، دانشجویان لازم است که از طریق آدرس پیام رسان به ارسال پاسخ های خود اقدام کنند.
  - ❖ نکته مهم: هربسته تمرین با فرمت Bslope-972-A-Student Number به جای حرف A شماره جلسه درس می بایستی نوشته شود. پیام هائی که این فرمت رعایت نشده باشد مورد توجه قرار نمی گیرند و حذف می شوند. نمره هر تکلیفی بر حسب کیفیت مطلب ارسالی تعیین خواهد شد. مجموع نمرات تکلیف ۲ نمره از کل نمره خواهد بود. افرادی که در هر جلسه غیبت کنند تکالیف آن جلسه محسوب نخواهد شد.
- کلاس تمرین درس پس از هماهنگی با آقای مهندس زارع تشکیل خواهد شد. نمره کلاس های تمرین ۴ نمره از کل خواهد بود.
- کلاسهای همزمان با تعطیلات رسمی کشور، مطابق برنامه داده شده جبران خواهند شد.
- غائبین درکلاس‌های درس، به نسبت تعداد غیبت از امتیازات درسی محروم خواهند شد، ۳ جلسه غیبت برابربا حذف درس خواهد بود.
- کلیهٔ امتحانات کتاب باز (هر نوع کتاب وجزوه ای) و غالباً بصورت تستی می باشد.
- امتحان میان ترم که ۵ نمرهٔ کل را در بر خواهد داشت
- نمرهٔ پایان ترم ۱۰ نمره از کل را در بر خواهد داشت.
- نمرهٔ نهائی برای غائبین در امتحان نهائی صفر منظور خواهد شد.

تاریخ های مهم

- امتحان میان ترم: رو ز پنج شنبه ۲۹ فروردین ماه ۱۳۹۸
- امتحان پایان ترم: بر اساس برنامهٔ تعیین شده در هنگام ثبت نام نهائی

ضروریات اولیه

در تحلیل

پایداری شیب:

- آگاهی و دانش کافی در مکانیک سنگ و مکانیک خاک

هیدرولوژی

مینرالوژی و سنگ شناسی

-زمین شناسی

دانشگاه شهید باهنر کرمان
دانشکده فنی

زمین شناسی ساختمانی

Rock Slope Engineering Course-1397
Kariminasab

دانشگاه شهید باهنر کرمان
دانشکده فنی

زمین شناسی مهندسی

Rock Slope Engineering Course-1397
Kariminasab

- آشنایی کافی با کامپیوتر و پردازش داده ها

خطر!!!!!!!

تحلیل به کمک کامپیوتر بدون داشتن زمینه علمی مناسب در پایداری شیب خطری است که تازه واردان به این عرصه را تهدید می کند.

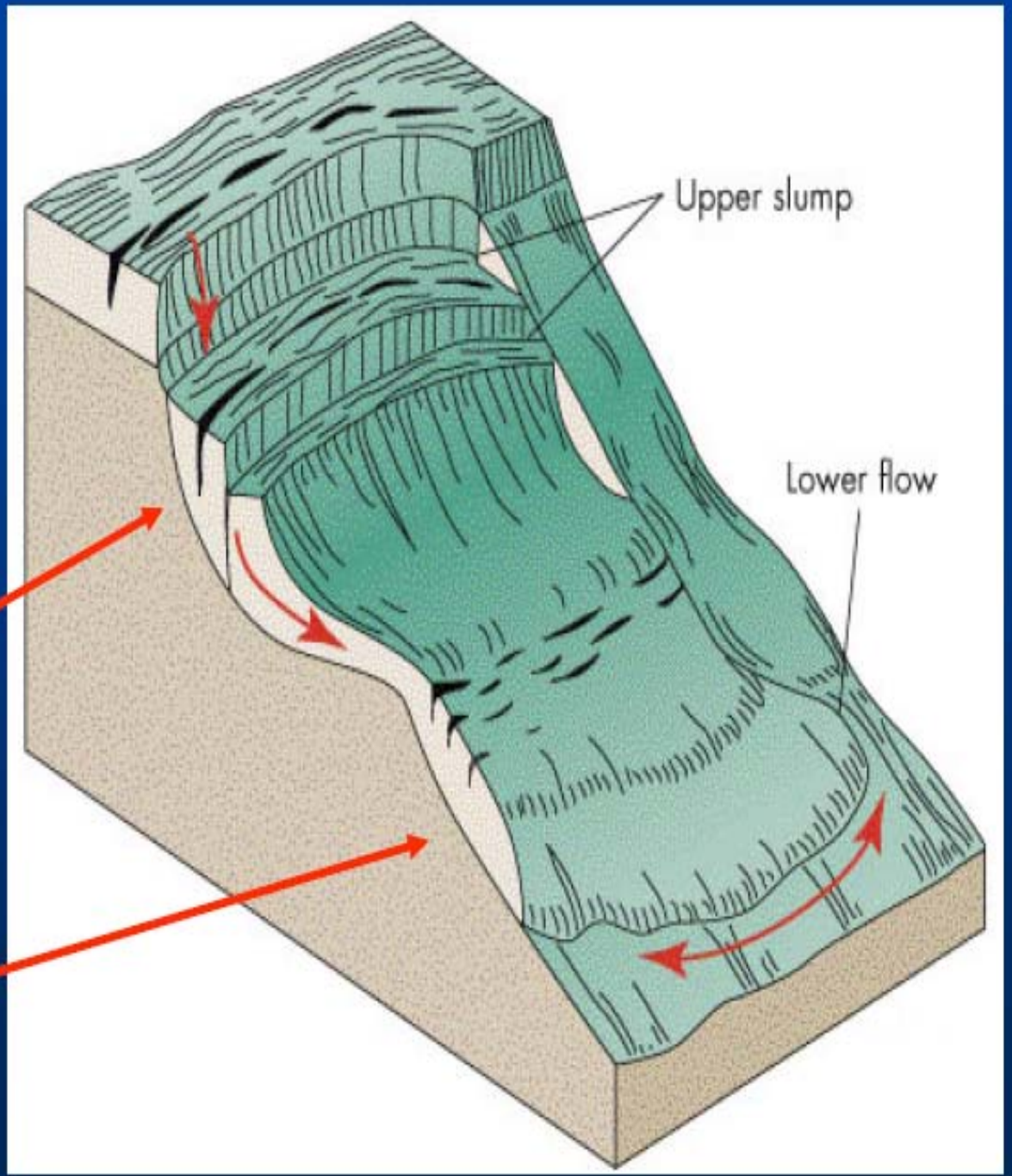
زمین لغزش ها

Landslides

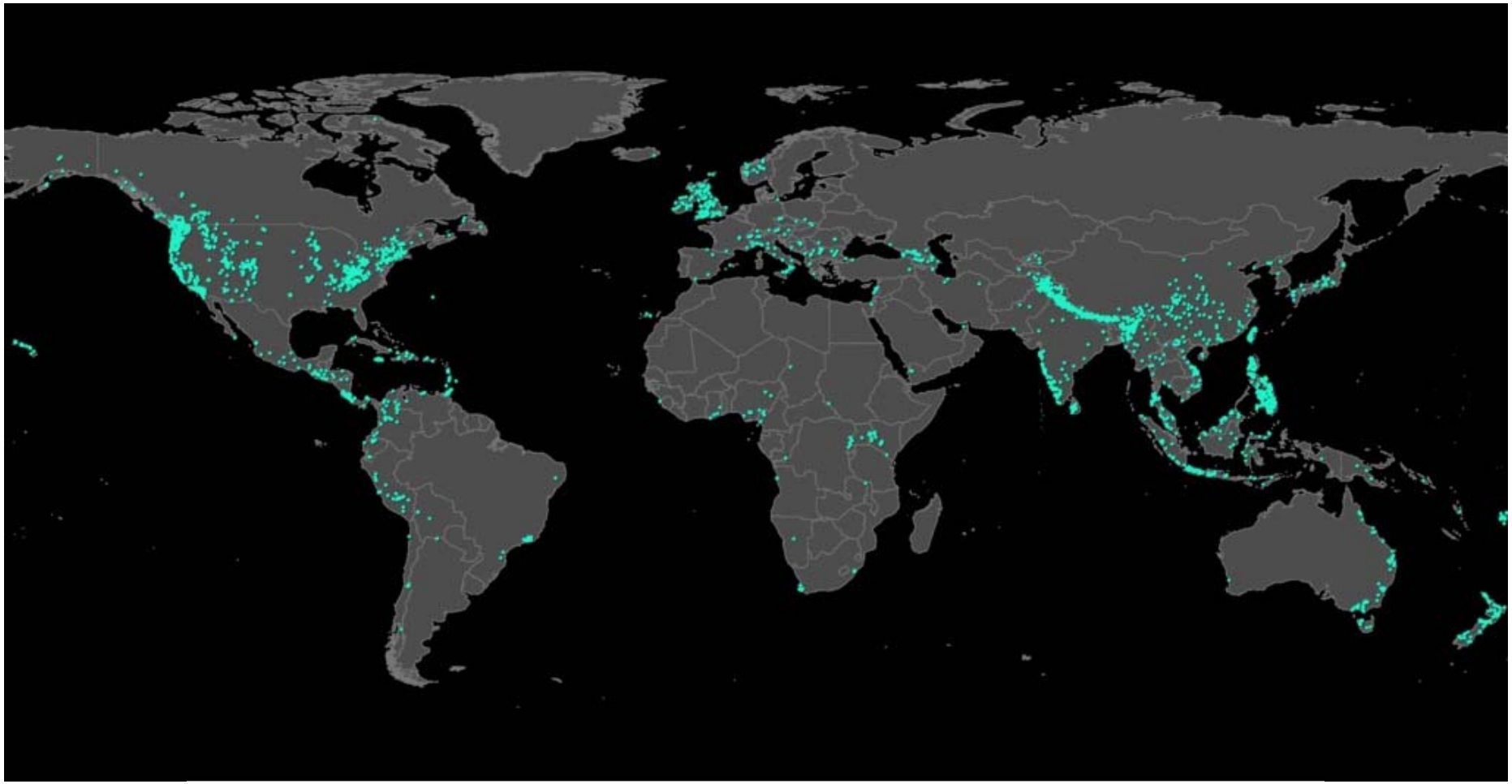
Common type of landslide consisting of an upper slump motion and a lower flow.

Upper slump

Lower flow

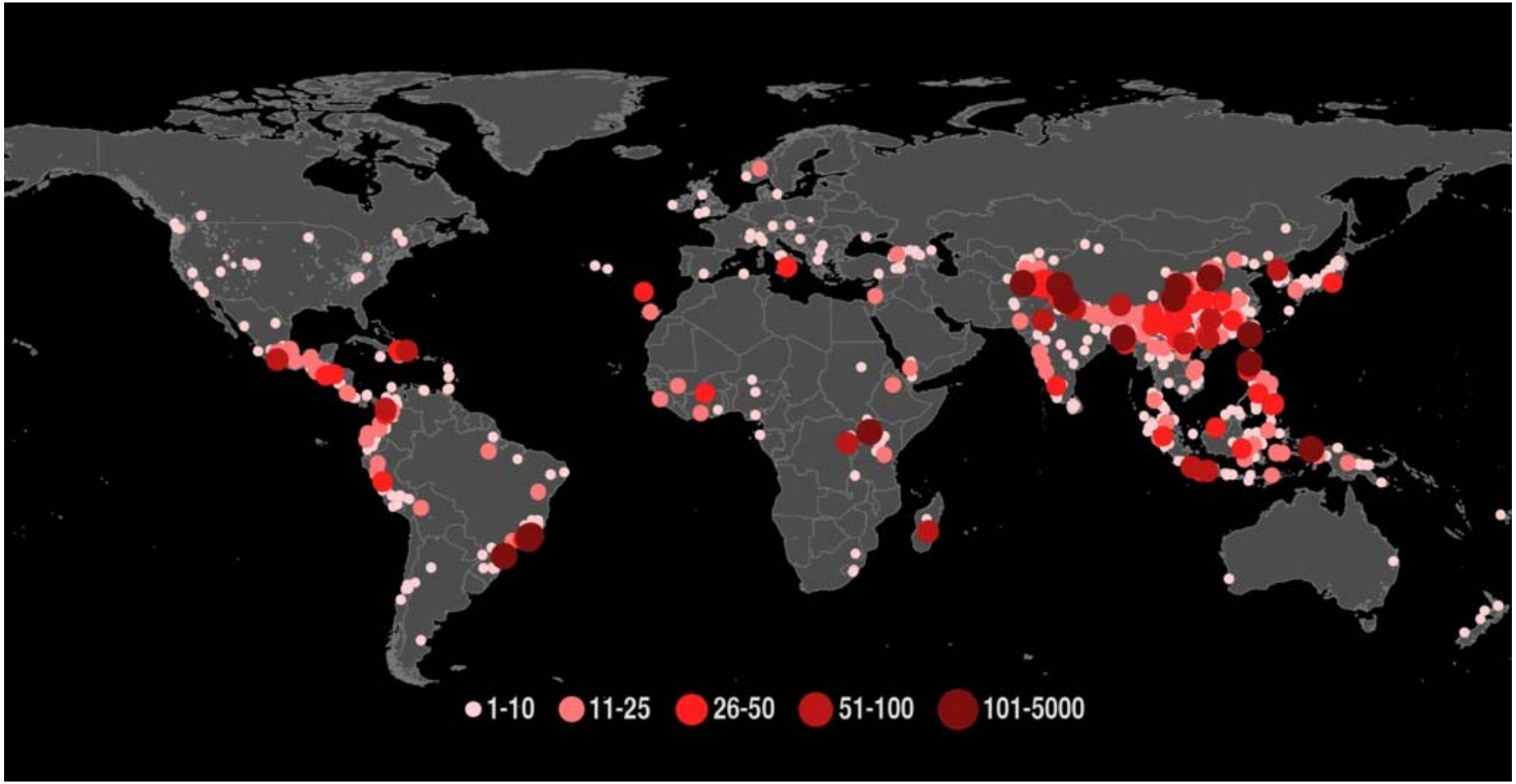


Global Landslides



Location of 5741 rainfall-triggered landslides (2007-2013).

Global Landslides



Distribution and number of fatallities associated with 5741 rainfall-triggered landslides (2007-2013).

Landslides in Europe

Country	No. of landslides	Complete-ness	Date creation
Albania	210	<25%	2008
Andorra (IAE)	274	n.a.	2006
Austria	25,000	25–50%	2000
Bosnia and Herzegovina	1500	25–50%	2008
Bulgaria	1107	<25%	1999
Czech Republic	14,178	25–50%	2007
Former Yugoslav Rep. of Macedonia	150	50–75%	1979
France	10,000	75–100%	1994
Greece	2200	25–50%	2008
Hungary	400	50–75%	1971
Iceland	5000	<25%	1999
Ireland	422	25–50%	2004
Italy (IFFI)	485,004	75–100%	1999
Italy (AVI)	21,159	n.a	1990
Norway	31,500	<25%	2001
Poland	12,150	<25%	2007
Portugal	163	<25%	2008
Slovakia	21,190	75–100%	2006
Slovenia	6602	25–50%	1990s
Spain	569	<25%	1987
Sweden (MSB)	17	50–75%	2007
Sweden (SGI)	550	50–75%	1999
Switzerland	317	<25%	1996
United Kingdom	15,210	n.a.	2000

Some of the main parameters included in national landslide databases in Europe (n.a. question not answered by contact person).

There are two different national landslide databases for Italy:
IFFI is a geomorphological database containing mainly landslides identified during field work and from analysis of aerial photographs.
AVI is a historical database containing landslide events reported in historical documents and scientific/technical reports.

Landslides



1995 La Conchita landslide, California.

Landslides



2005 La Conchita landslide, California.

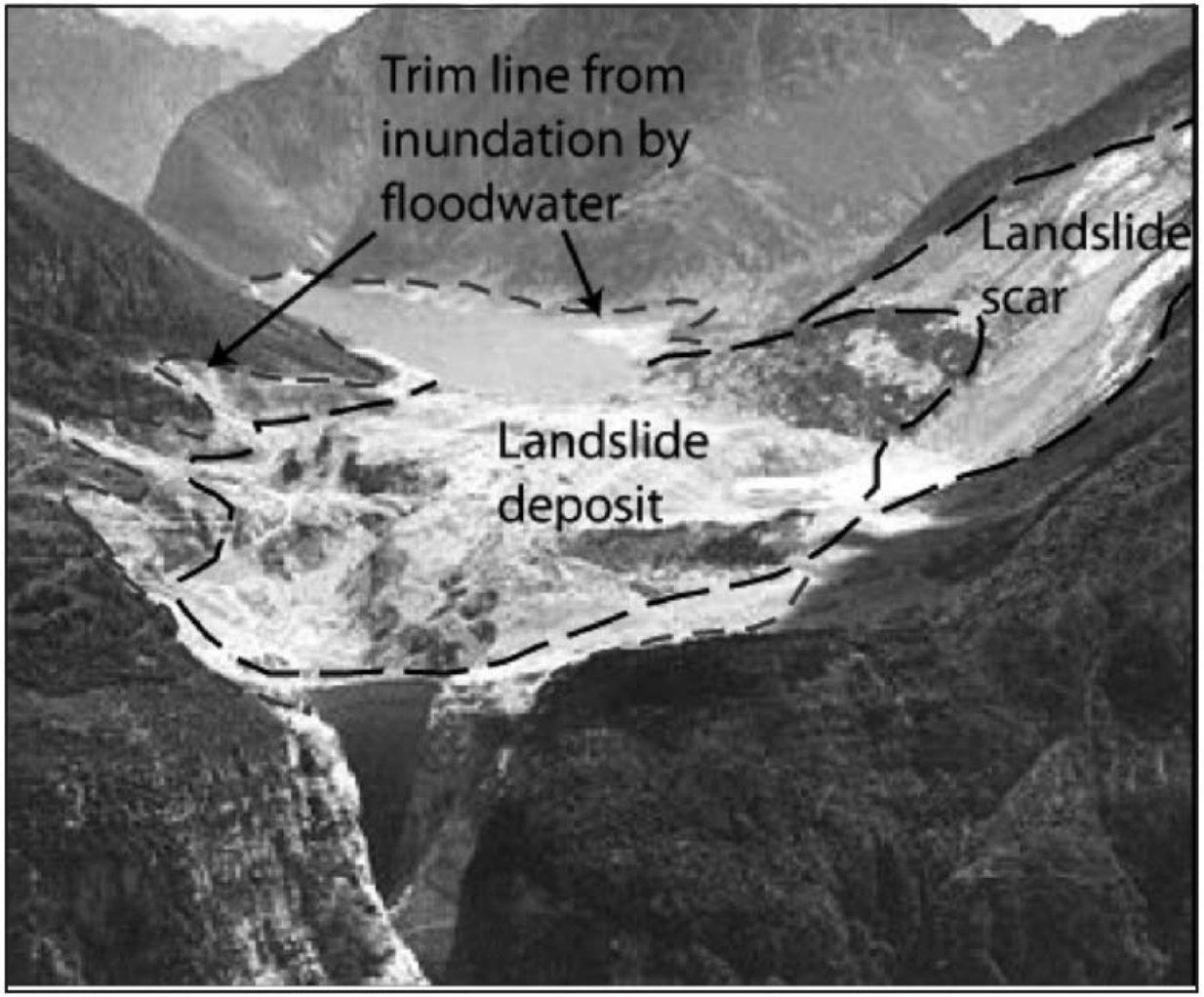


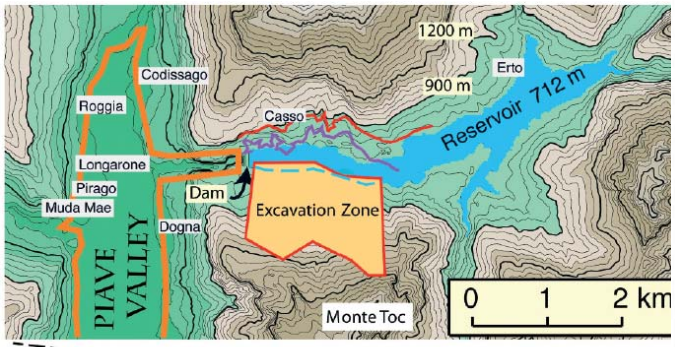


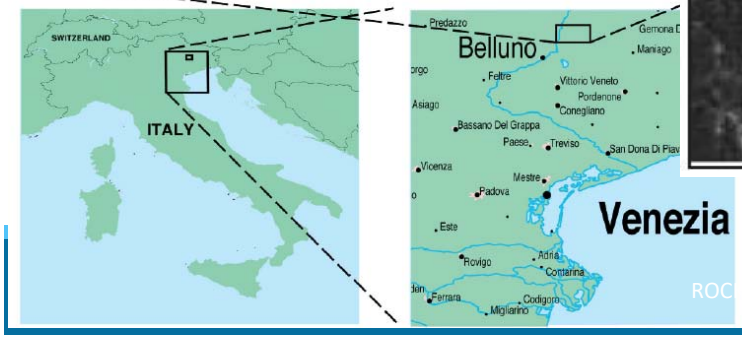
Landslides

The 1963 Vaiont slide, Italy.

Post-slide view looking east.







Rockfalls



Rockfall in Yosemite National Park (August 2006).

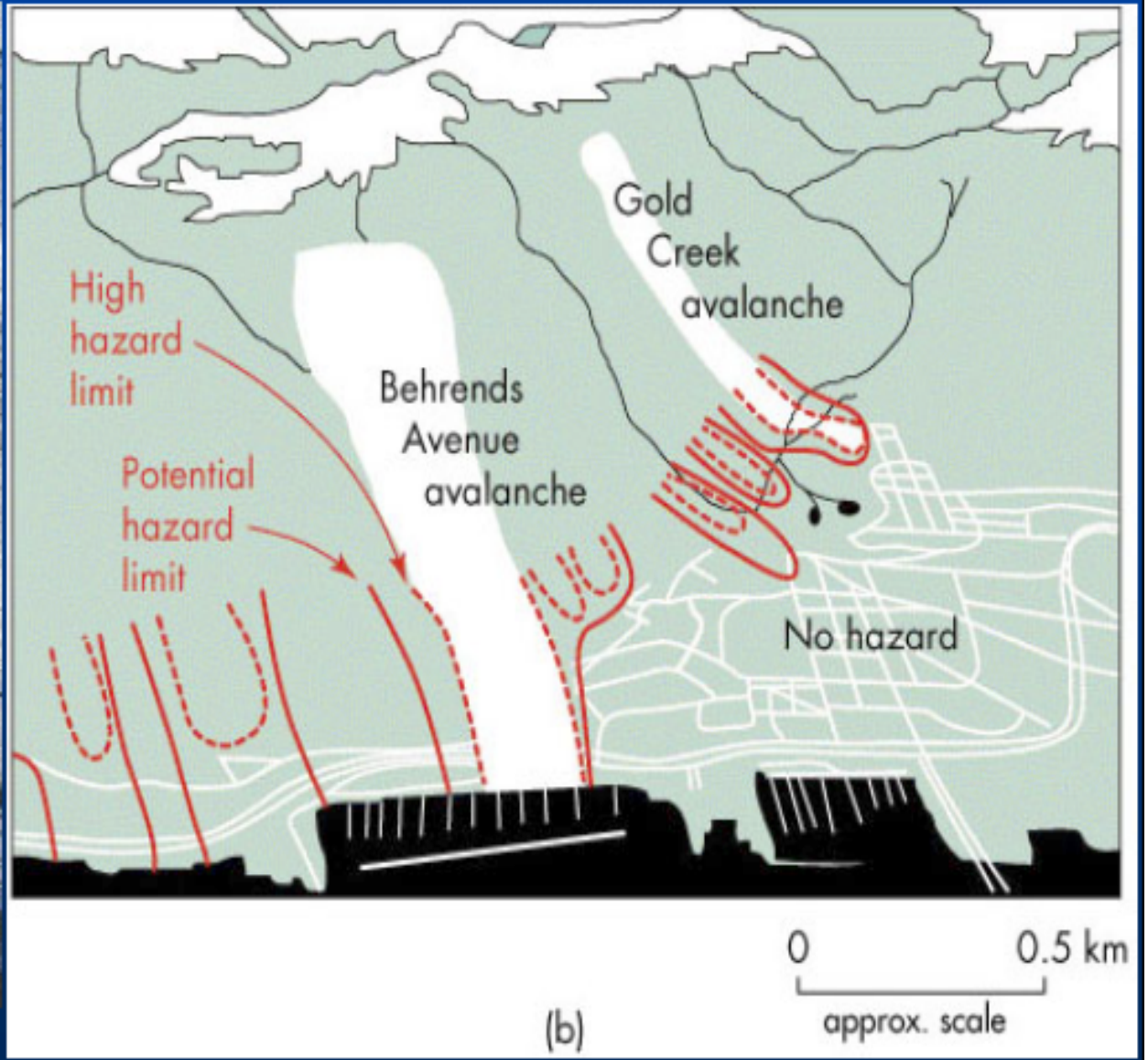
Landslides



Landslide on the Pan American Highway in El Salvador, Central America, 2001.

Avalanche




Gold
Creek
avalanche
High
hazard
limit
Behrends
Avenue
avalanche
Potential
hazard
limit
No hazard
0
0.5 km
approx. scale
(b)

Open Pit Mines



Massive landslide at the Bingham Canyon open pit copper mine, Utah (April 2013).

Embankment Dams

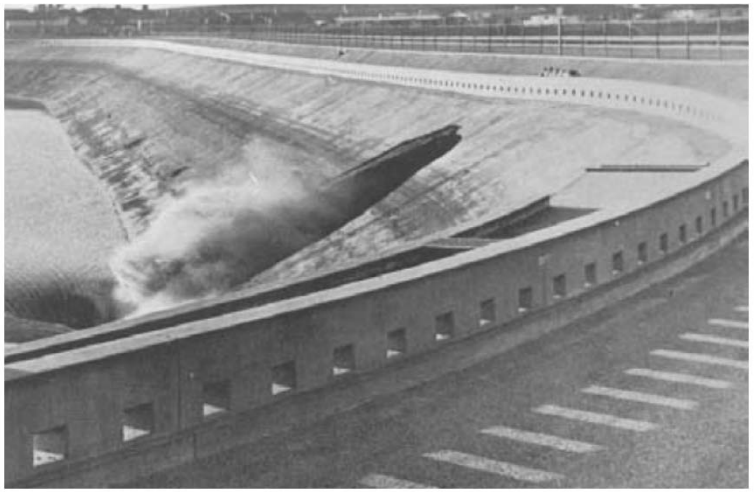
Failure of earth embankment dams contribute to a majority of dam failures.

The most common worldwide causes of embankment dam failures are:

Overtopping ***Internal erosion***



Banqiao earthfill dam after failure due to overtopping during Typhoon Nina in August 1975.



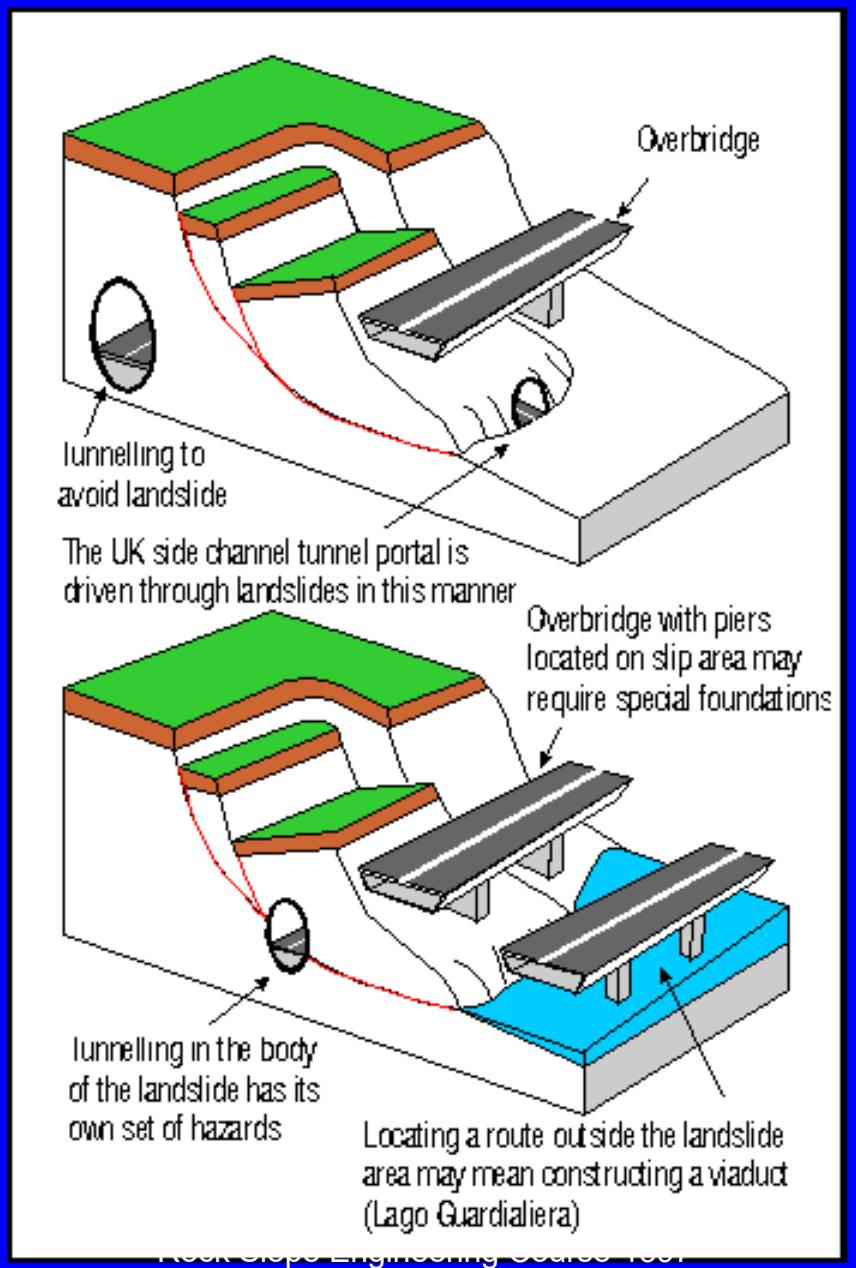
Baldwin Hills earthfill dam during failure due to piping after retaining a flood in December 1963

پایداری شیب در مهندسی عمران

- مبتنی بر اصول مکانیک خاک تحلیل می گردد
- زمینه های مورد کاربرد:
- – پی سازی، ساختمان سازی، محل سدها
- – ترانشه های جاده ها
- – تونل ها به روش Cut &Cover
- – کانالهای آبیاری
- – سدهای باطله
- – دامپهای معدنی



A view down Sau Mau Ping Road in Kowloon showing apartment blocks across the road from the steep rock slopes


Overbridge
Tunnelling to avoid landslide
The UK side channel tunnel portal is driven through landslides in this manner
Overbridge with piers located on slip area may require special foundations
Tunnelling in the body of the landslide has its own set of hazards
Locating a route outside the landslide area may mean constructing a viaduct (Lago Guardialiera)

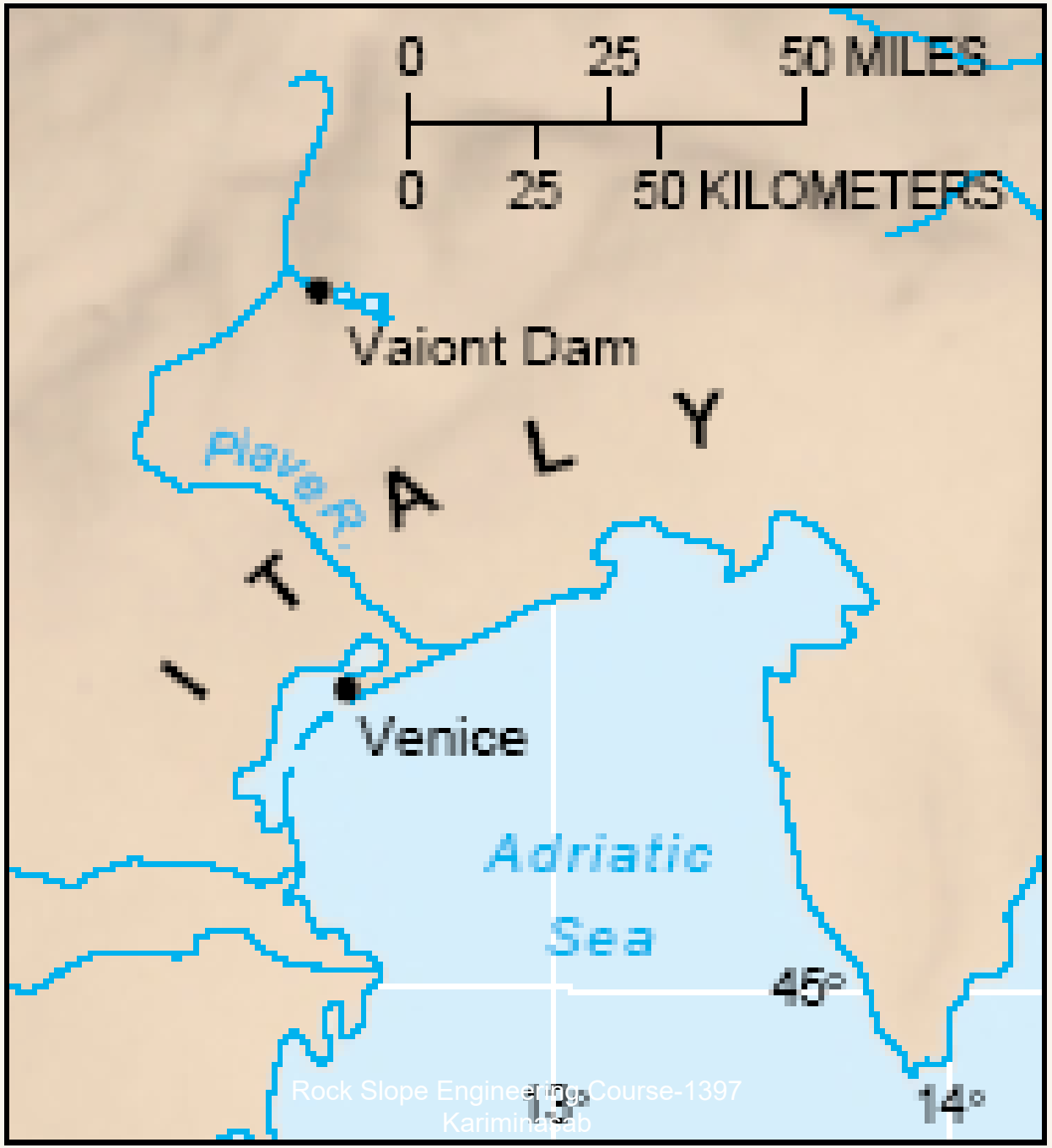

Rock Slope Engineering Course-1397
Kariminasab

Rock Slope Engineering Course-1397
Karimnasab

History of the 1963 Vaiont slide: the importance of geological factors

The Vajont landslide looking from upstream

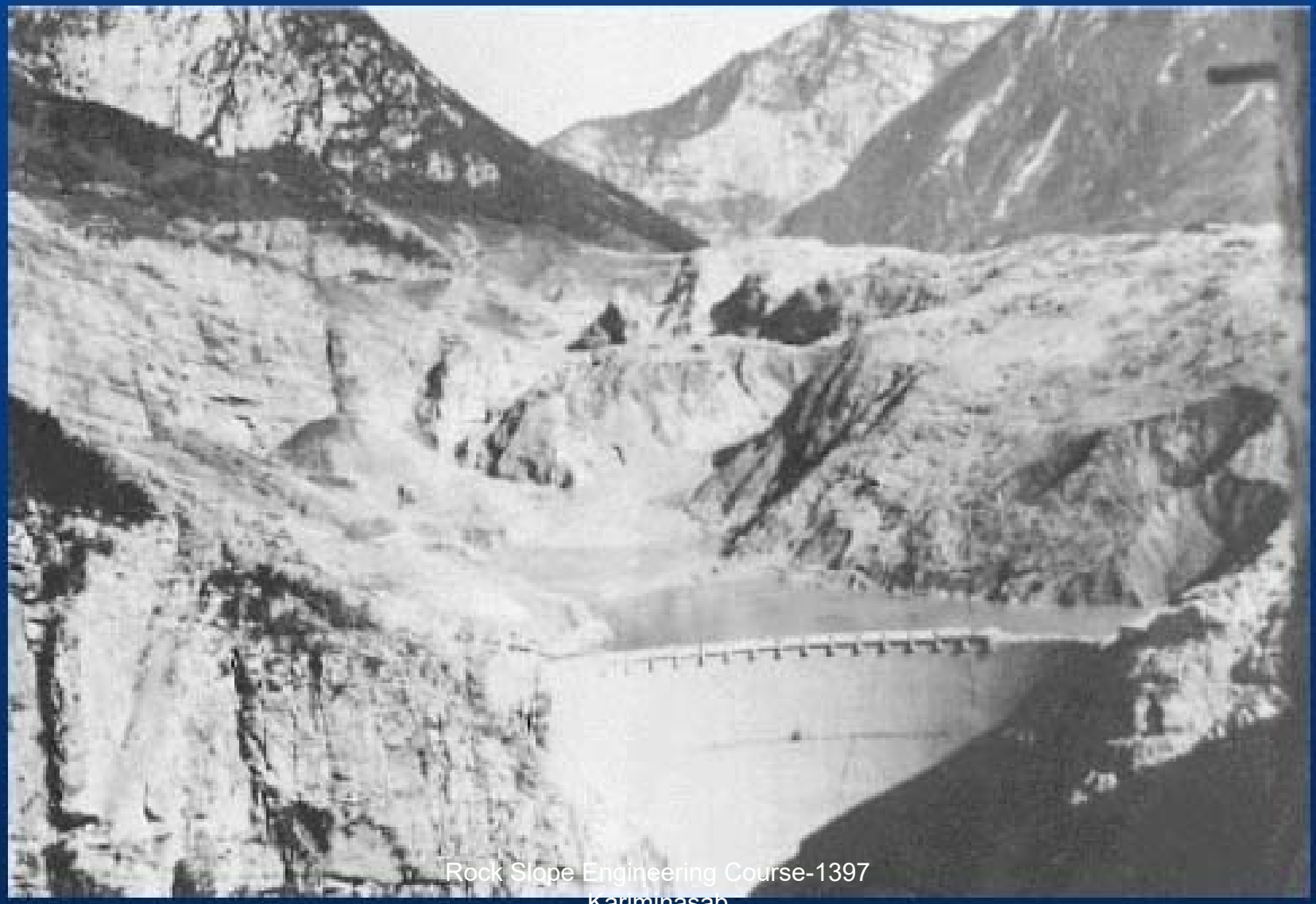



0 25 50 MILES
0 25 50 KILOMETERS
Vaiont Dam
Piave R.
Venice
Adriatic
Sea
45°
13°
14°

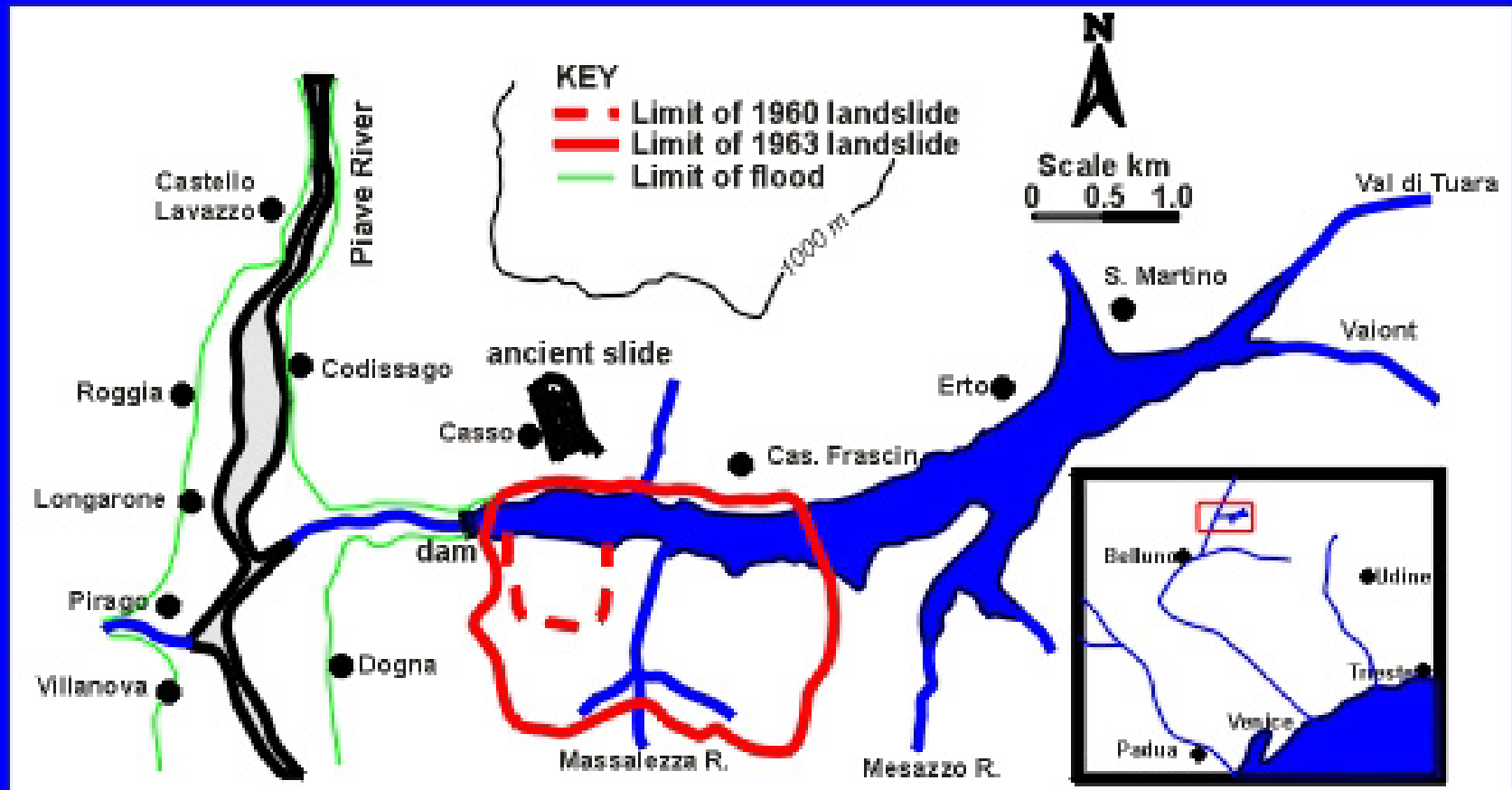
The Vaiont dam, at the time the tallest concrete arch dam in the world at some 260 m high, was built at the entrance to a very narrow and deep valley tributary to the Piave river valley in the Tyrolean Alps of NE Italy.

- The purpose of the dam was to impound water for a hydroelectric power station. As the valley filled with water after completion of the dam in 1960, an ancient landslide on its upper southern side, adjacent to the dam, began to move again, in episodes of slow creeping movement.

Landslide near Dam



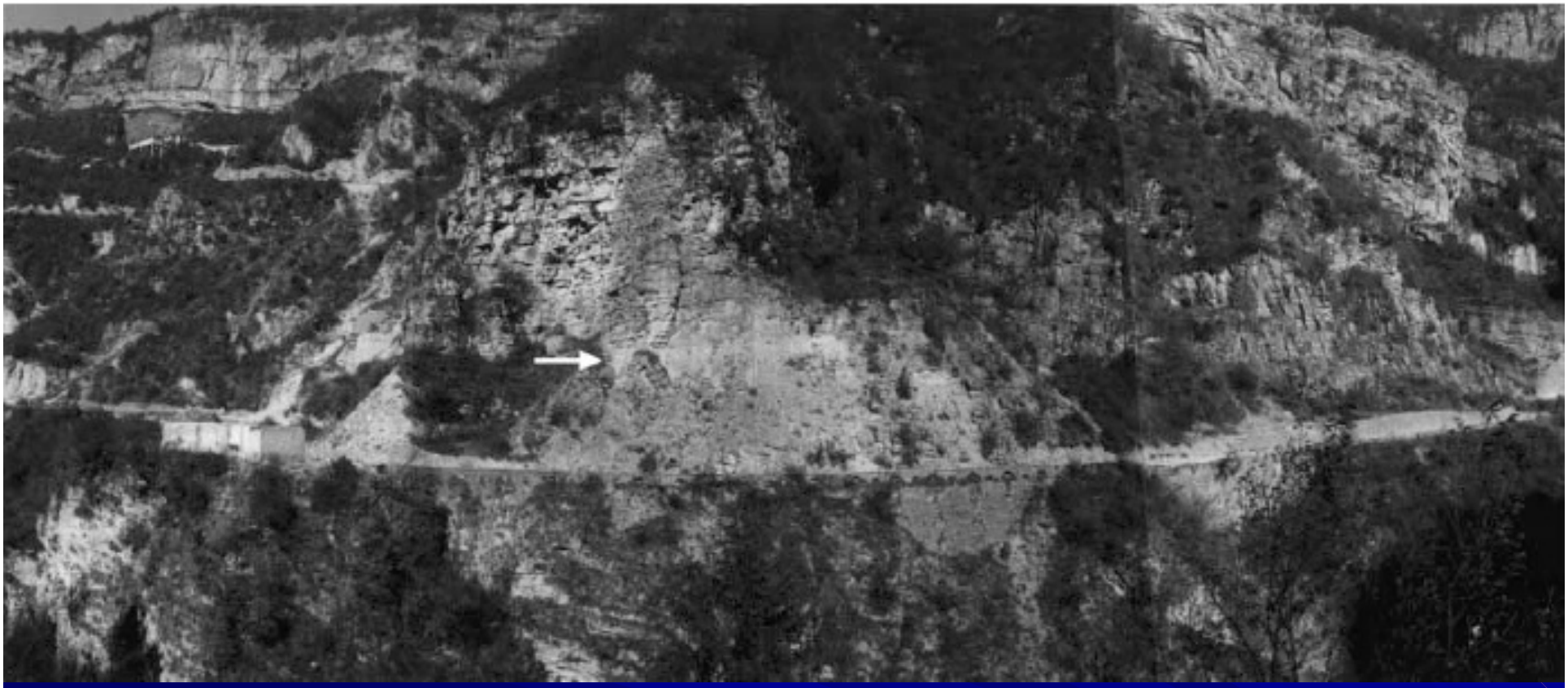
Schematic map of the location of the Vajont dam and reservoir



- It was later established that this was due to groundwater, unable to escape into the floor of the now - flooded valley, saturating a layer of clay within the rocks beneath it.

- This accumulation of water high in the slope was most marked during periods of heavy rain, although the association of heavy rainfall and creep went unnoticed.

However, the presence of the impermeable clay layer in the bedrock was also not recognized at the time.



left slope of the Vaiont valley.

A thin horizontal band of white mylonite (*arrow*) separates in-situ rock
from subhorizontal layers of overlying ancient landslide

- It was assumed that the movement was due to local saturation of the rocks below the level of water in the reservoir, at the toe of the creeping landslide.

It was therefore proposed to regulate the movement of the landslide, and thus allow it to settle to a new equilibrium, by lowering the level of water in the lake when an episode of creep was in progress, until the toe of the landslide was no longer saturated and the creeping stopped .

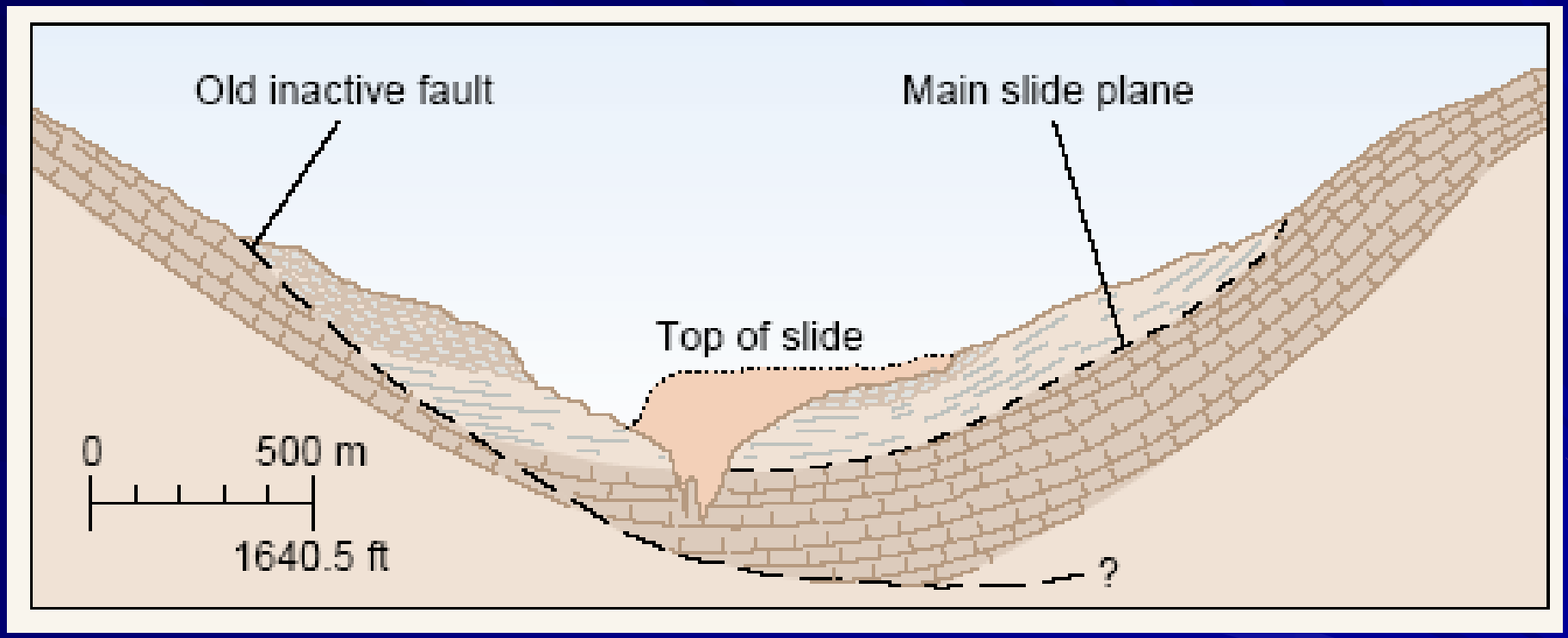
On 8 October, after ten days of heavy rain, the dam engineers attempted to arrest the creeping motion of the landslide by partially draining the reservoir again.

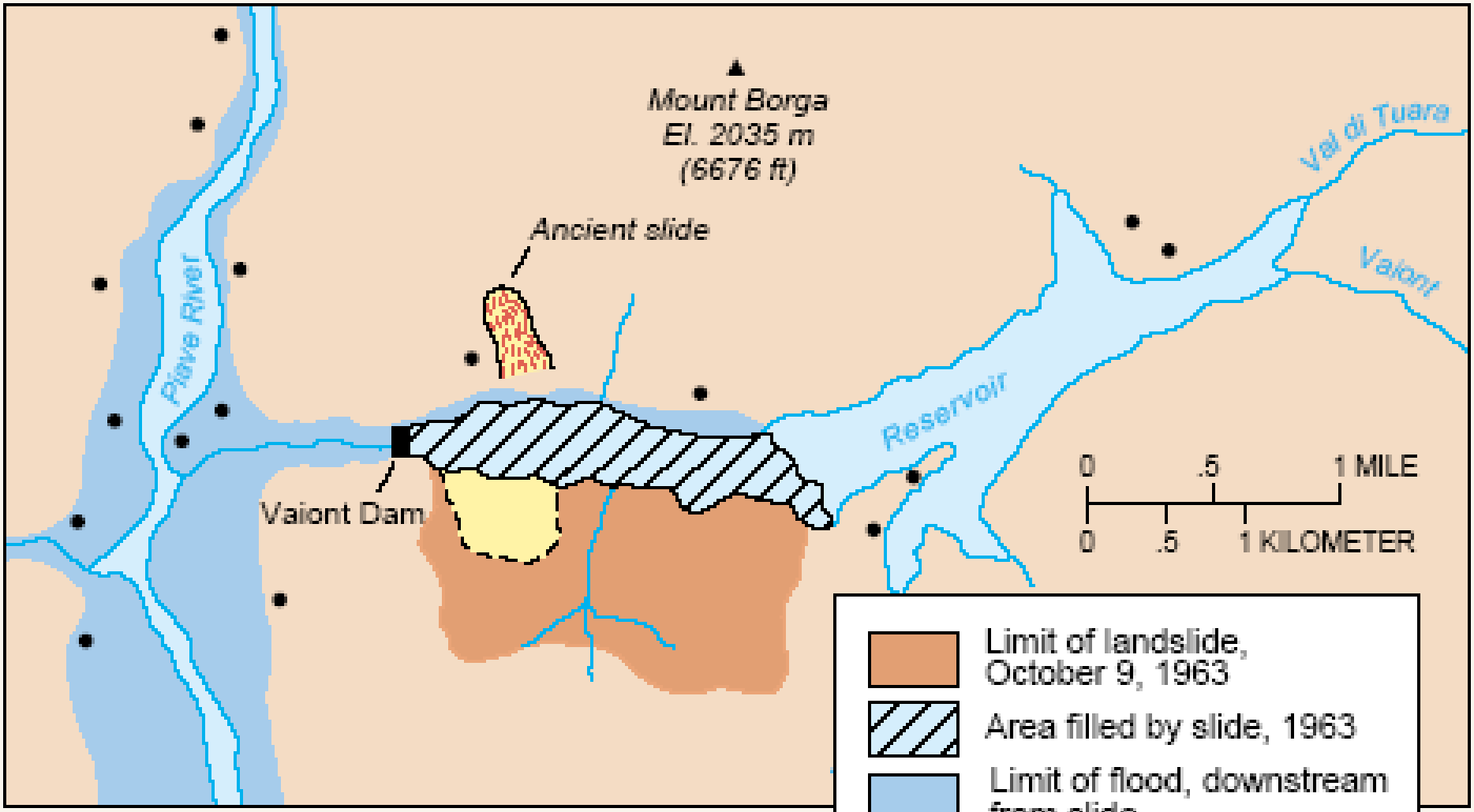
- However, because lowering the level of the lake immediately removed a stabilizing force, that of the weight of water in the lake pushing against the toe of the landslides, whilst not immediately draining water from the upper part of the mountain because of the barrier to flow represented by the clay layer, the net effect of their action was actually to destabilize the landslide rather than stabilize it.

The movement accelerated through 9 October, as the engineers continued to attempt to arrest movement of the slide by lowering the reservoir level (although in fact their efforts merely served to remove the arresting buttress provided by the weight of water on the toe of the slide).

Late that evening, the moving rock mass, with a volume of 240 million cubic metres, failed catastrophically and slide into the reservoir within about 30 seconds, at an average velocity of 20-30 metres per second, or up to 110 km/h.

Schematic cross-section through the Vajont valley



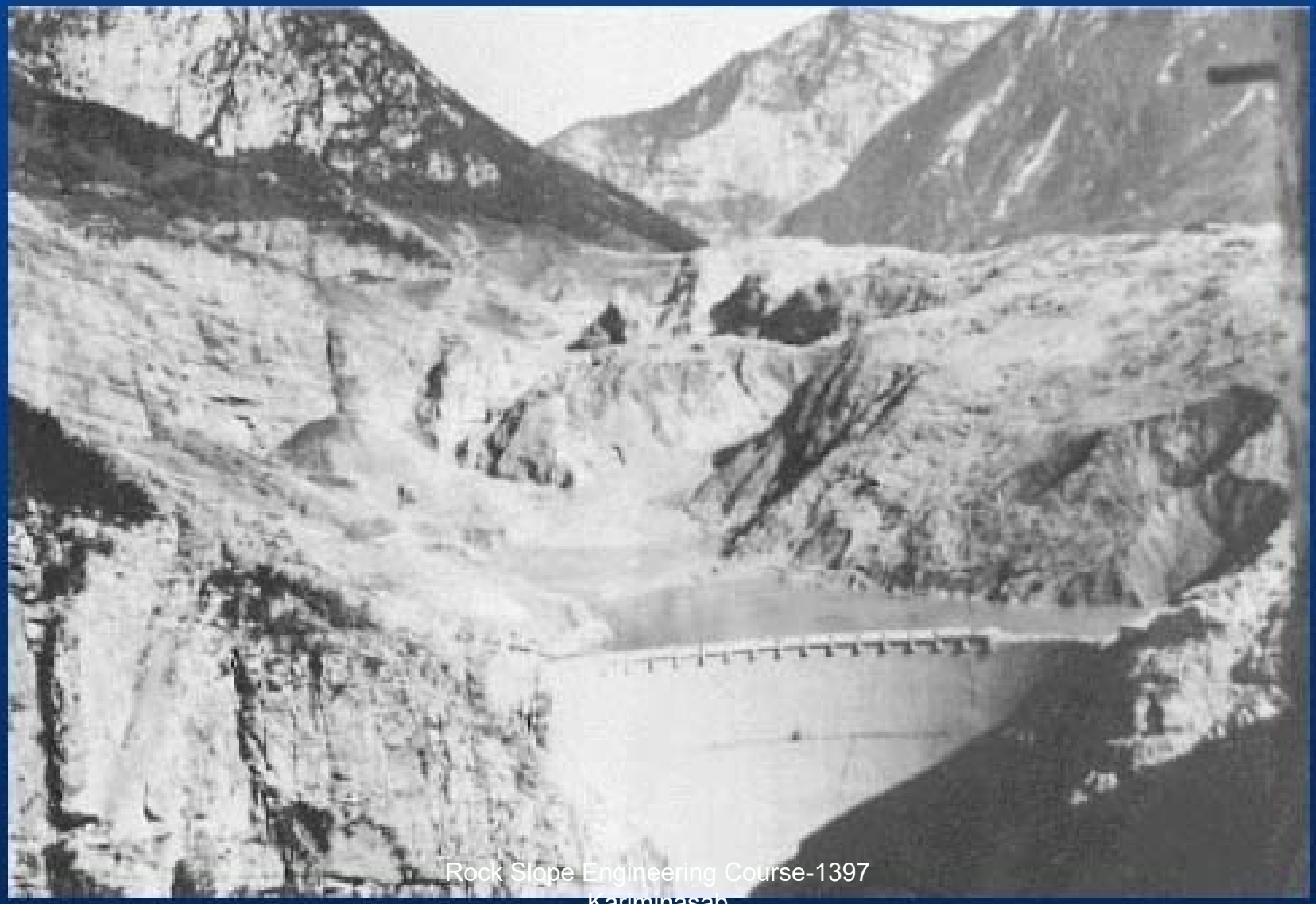


Rock Slope Engineering Co
Karminasab

Remarkably, the dam withstood the weight of rock piling up behind it and it remains largely intact to this day.

- However, the landslide displaced as much as 50% of the water within the lake: a tsunami wave traveled east up the reservoir, destroying two villages, whilst to the west tsunami-like surges of water swept up the valley sides to heights of 300 m above the reservoir level and over the top of the dam.

Landslide near Dam



A flood wave 70 m high swept over the town of Longarone and both up and down the Piave valley.

- A total of 2600 people were killed; economic losses have never been definitively assessed, as a result of the litigation mentioned above.

پایداری شیب در مهندسی معدن

- غالباً مبتنی بر اصول مکانیک سنگ است.
- مکانیک سنگ بعلل زیر پیچیده تر از مکانیک خاک است لذا تحلیل پایداری در محیطهای سنگی نیز پیچیده تر است.
- سنگ یک ماده هتروژن و آنیزوتروپ است.
- خصوصیات مقاومتی توده سنگ بشدت متغیر است.
- ارائه یک مدل کلی برای رفتار سنگ بسیار پیچیده است.
- شرایط صحرایی بسیار متفاوتند و غالباً کپی سازی آن در آزمایشگاه غیرممکن است.
- آزمایشات صحرایی پیچیده، گران و وقت گیر است.

نگاهی به ریزشهای رخ داده در معادن دنیا


Mina Romeral, La Serena,
CHILE
22.06.1999
h = 200 m
l = 150 m
m = 7.000.000 ton


Rock Slope Engineering Course-1397
Kariminasab


Rock Slope Engineering Course-1397
Kariminasab


Rock Slope Engineering Course-1397
Kariminasab

Rock Slope Engineering Course-1397
Karimnasab


scarp
165Mt
toe
500 m
N

Kennecott uses different monitoring systems to measure slope movement trends. The proactive monitoring allowed taking preemptive measures to keep employees safe.

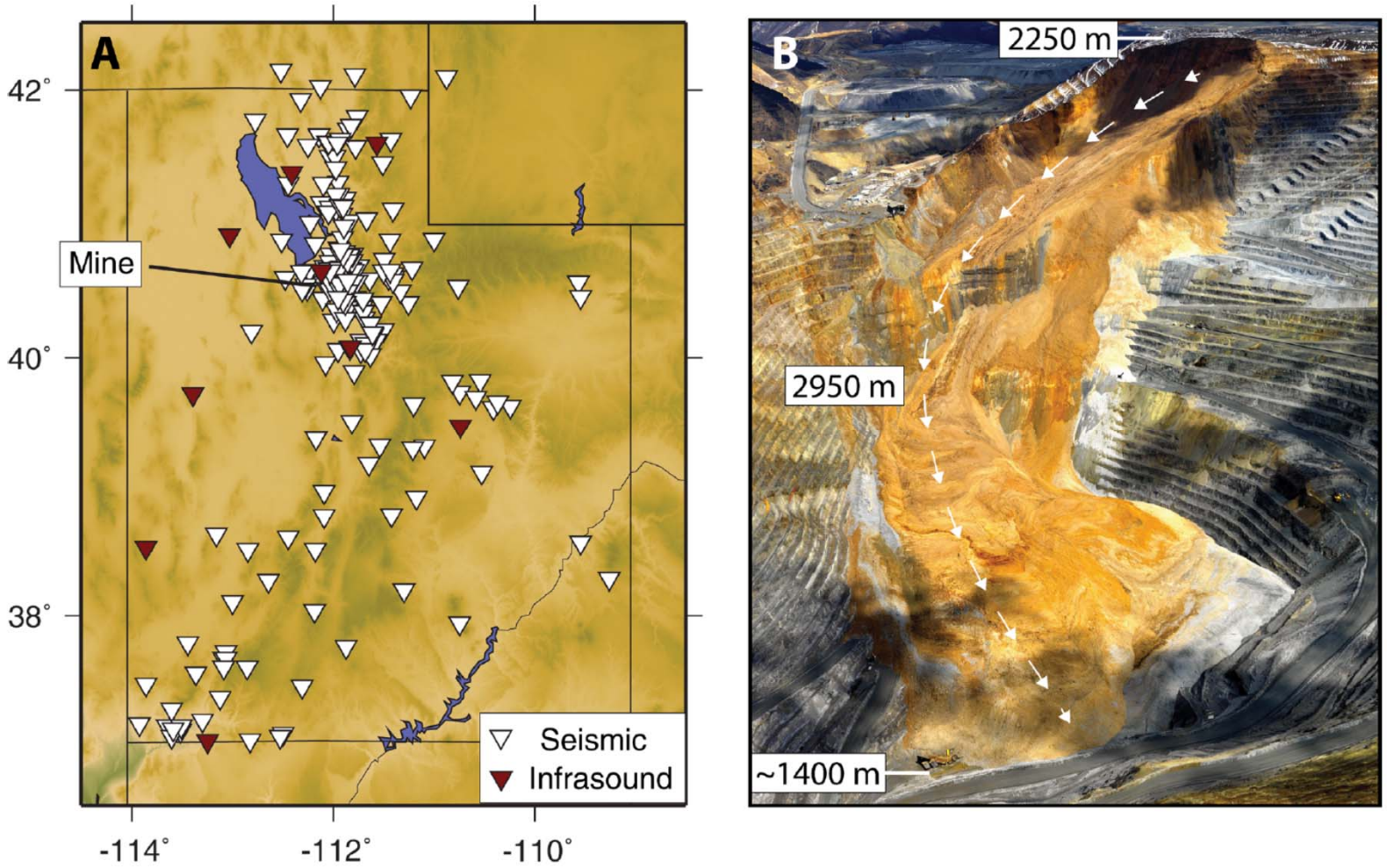
IDS **radar system for identifying hotspots of instability.**

GroundProbe **radar to keep a closer watch on potentially unstable slopes.**

Some older monitoring techniques.







(A) University of Utah seismic and infrasound network. (B) Photograph of the rock avalanche.

Seismic signals from the Bingham Canyon landslide were recorded at distances ranging from ~6 to over 400 km, while infrasound signals were recorded at seven arrays at distances from 13 to 400 km.

طراحی شیب های سنگی درمعادن روباز

در طراحی شیب های سنگی که بسیاری از معادن روباز با آن مواجه اند، عموما دو مساله پیچیده وجود دارد.

طراحی شیب های سنگی درمعادن روباز

در طراحی شیب های سنگی که بسیاری از معادن روباز با آن مواجه اند، عموما دو مساله پیچیده وجود دارد.

از یک سو افزایش شیب دیواره و در نتیجه کاهش حجم مواد حفر شده موجب صرفه جویی قابل توجه در هزینه های معدن می شود.

طراحی شیب های سنگی درمعادن روباز

در طراحی شیب های سنگی که بسیاری از معادن روباز با آن مواجه اند، عموما دو مساله پیچیده وجود دارد.

از یک سو افزایش شیب دیواره و در نتیجه کاهش حجم مواد حفر شده موجب صرفه جویی قابل توجه در هزینه های معدن می شود.

اما از سوی دیگرمی تواند به کاهش ضریب ایمنی دیواره ها و بروز خسارتهای قابل توجه جانی و مالی در عملیات بهره برداری از معادن شود.

طراحی شیب های سنگی درمعادن روباز

یکی ازمهمترین مسایل طراحی شیب در اکثر معادن روباز، تعیین ساز و کار شکست است.

توده سنگ تشکیل دهنده هر شیب سنگی با توجه به مقیاس عملیات، ویژگیهای منحصر به فردی دارد.

امکان یافتن دو شیب سنگی شبیه هم وجود ندارد و تغییر مصالح این سازه ها تنها در صورت تغییر موقعیت ساختگاه امکانپذیر است.

میزان پایداری مورد نیاز در شیب های سنگی بر حسب نوع پروژه و نتیجه ناپایداری متفاوت است.

طراحی شیب های سنگی درمعادن روباز

ارتفاع دیواره، شرایط زمین شناسی، مقاومت سنگ، وضعیت آبهای زیرزمینی و شرایط آتشباری در معدن از جمله عوامل تاثیرگذار در پایداری شیب و دیواره های معدن محسوب می شوند.

با در نظر گرفتن داد ههای زمین شناسی، اطلاعات ژئومکانیکی، مشاهده وضعیت آب زیرزمینی و قضاوت صحیح مهندسی می توان راه حلی علمی برای این مساله ارایه داد.

ریزش در معدن انگوران

- **زمان دقیق اولین ریزش دیواره معدن انگوران در ساعت ۲۰، شنبه شب(۸۵/۷/۲۲) می باشد،**

- **ریزش تا پایان روز یکشنبه (۸۵/۷/۲۳) هم ادامه داشته است.**

- **میزان استخراج خاک از معدن انگوران روزانه ۳ تا ۴ هزار تن می باشد.**
- **از این میزان حدود ۶۰۰ تن روی استحصال می‌شود که دارای عیار و قیمت‌های متفاوتی است..**

- **در زمان ریزش حدود ۲۰۰ تا ۳۰۰ هزار تن خاک روی استخراج شده از این معدن قابل فروش به صنایع موجود بوده است که تا حدی نیاز آنها را برطرف کرد.**
- **با ۷ برابر شدن قیمت خاک روی طی چند ماه بعد از ریزش و عدم وجود نقدینگی لازم در شرکت‌های مصرف‌کننده خاک روی، باعث دپو شدن خاک معدن شد.**

- **ریزش دیواره معدن انگوران باعث افزایش قیمت خاک روی و کاهش ارزش سهام شرکت‌های روی شد؛ زیرا صنعت روی به این معدن وابسته است.**

- **۳۵سال پیش، کارشناسان خارجی با تجهیزات و ادوات دوران خود، کار مطالعاتی معدن انگوران را انجام و در اختیار بهره بردار قرار دادند .**

- **بعد از پیروزی انقلاب اسلامی مطالعات جدیدی در معدن صورت نگرفت و استخراج ماده معدنی بر اساس همان مطالعات اولیه انجام شد.**

- **یک سوم کف کاواک توسط ریزش اشغال شده است.**

- **اولین نشانه شکاف مهرماه سال قبل در معدن مشاهده شد، درست زمانی که شرکت توسعه معادن روی ایران پیمانکار معدن بوده است.**
- **بعد از مشاهده شکاف، شرکت تهیه و تولید مواد معدنی ایران (ایمپاسکو) برای بررسی علت آن، یک تیم خارجی را به معدن آورد و در مطالعات مشخص شد قسمتی از معدن روی لایه رسی قرار گرفته است.**

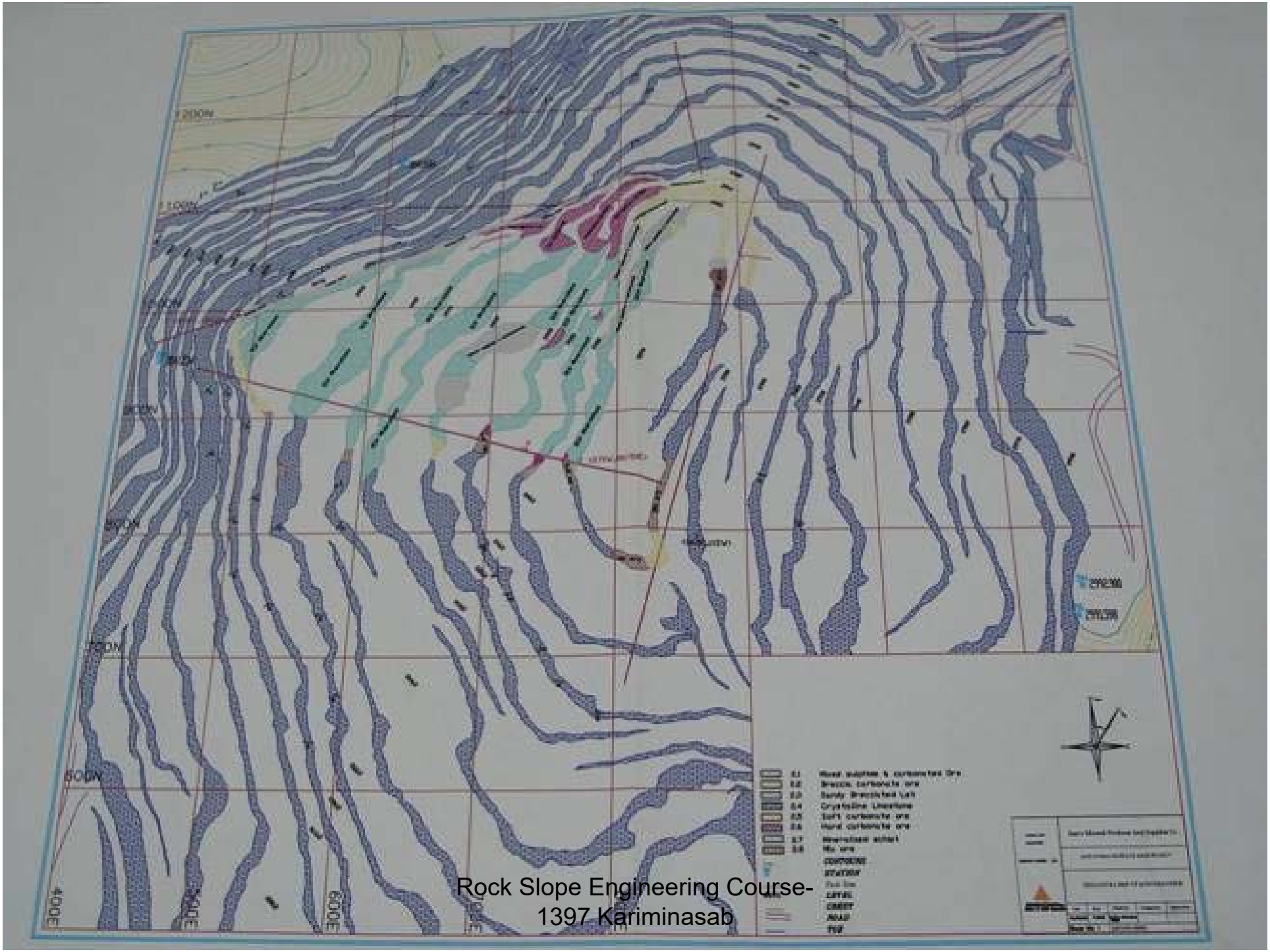
- **تیم خارجی پیشنهاد داده بود برای جلوگیری از حرکت دیواره، قسمتهای بالا و پایین دیواره به هم دوخته شود که متاسفانه بارندگیهای اول سال آب شدن برفها حرکت این شکاف را بیشتر کرد و نهایتا تمهیداتی که برای مهار ریزش دیواره پیش بینی شده بود، موثر واقع نشد.**



(الف) نمایی از پیت و (ب) ژئومتری پیت معدن سرب و روی انگوران در خرداد ۱۳۸۵

معدن انگوران قبل و بعد از ریزش




Rock Slope Engineering Course-
1397 Kariminasab

BEFORE FAILURE

Rock Slope Engineering Course-
1397 Kariminasab



Rock Slope Engineering Course-
1397 Kariminasab

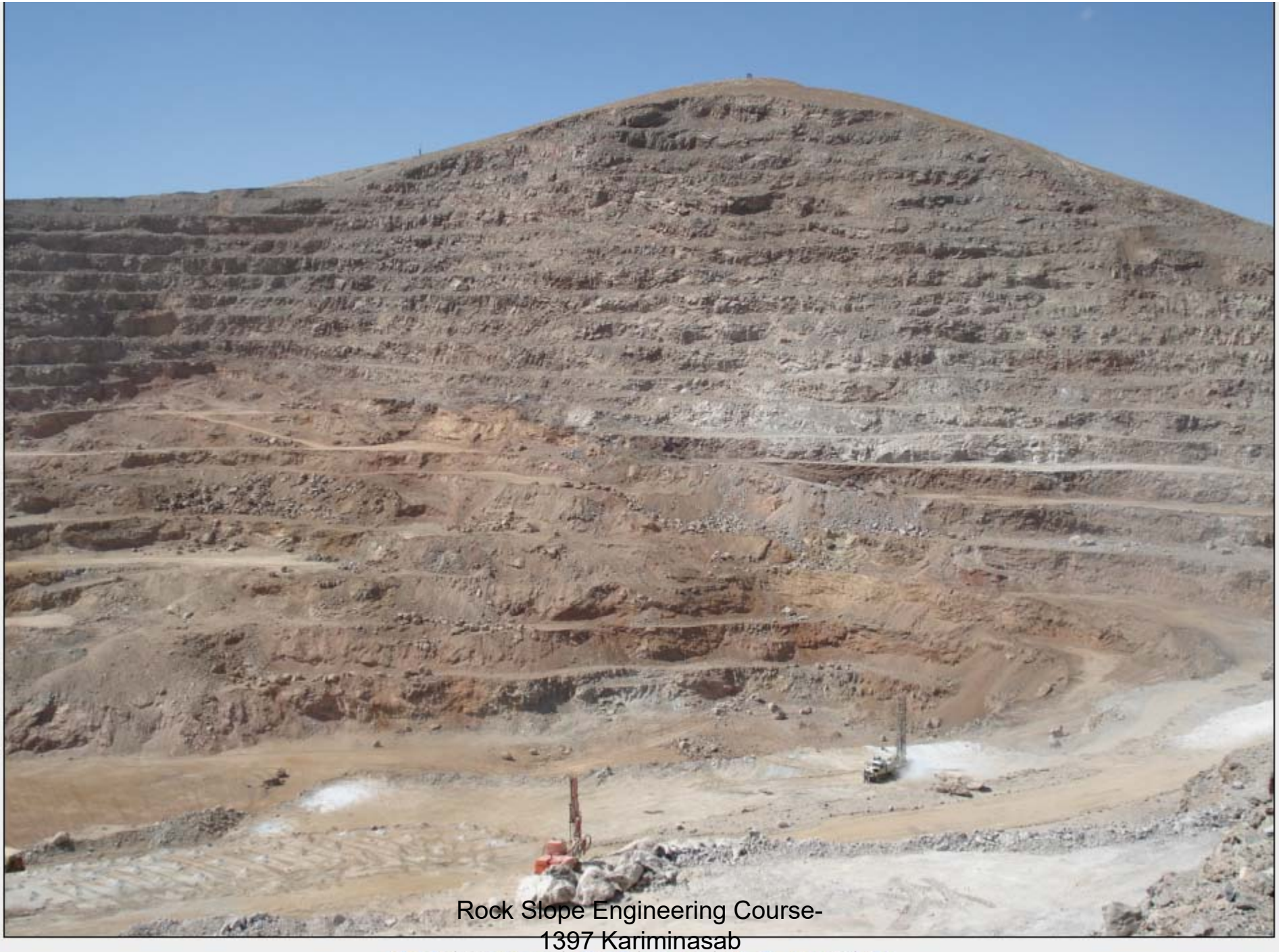

Rock Slope Engineering Course-
1397 Kariminasab


Rock Slope Engineering Course-
1397 Kariminasab


Rock Slope Engineering Course-
1397 Kariminasab


Rock Slope Engineering Course-
1397 Kariminasab

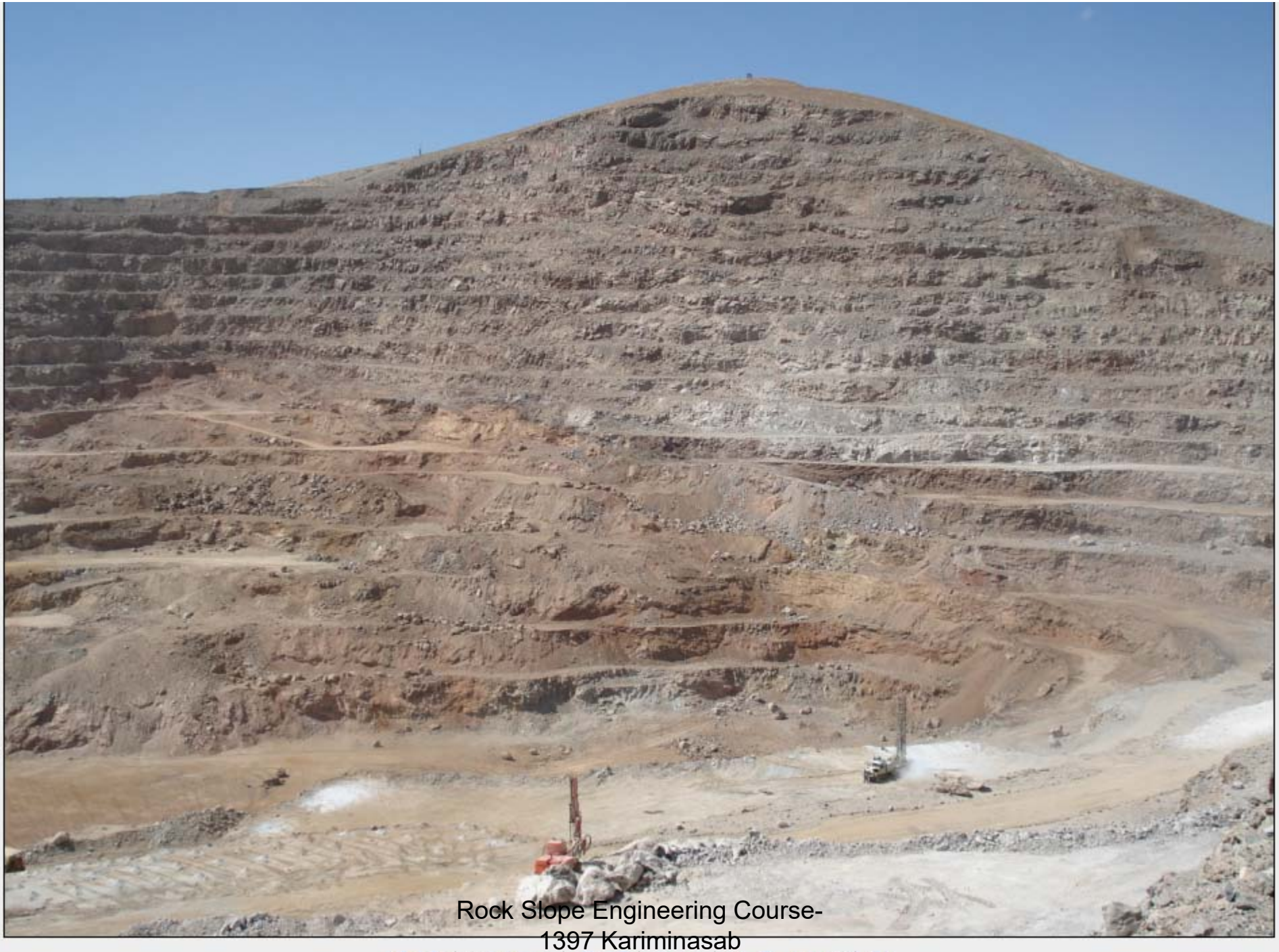

Rock Slope Engineering Course-
1397 Kariminasab



Rock Slope Engineering Course-
1397 Kariminasab

DURING FAILURE

Rock Slope Engineering Course-
1397 Kariminasab



Rock Slope Engineering Course-
1397 Kariminasab

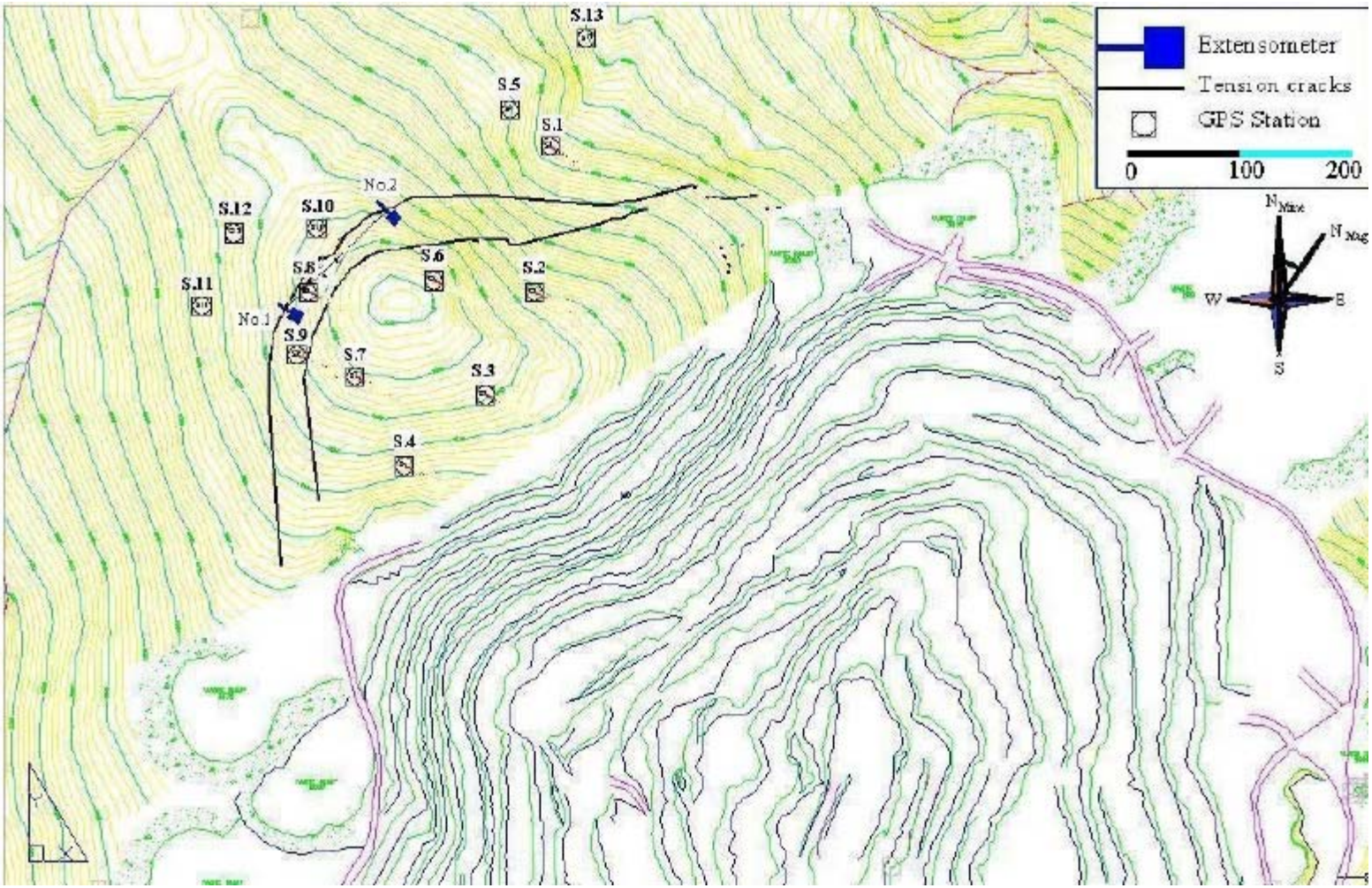












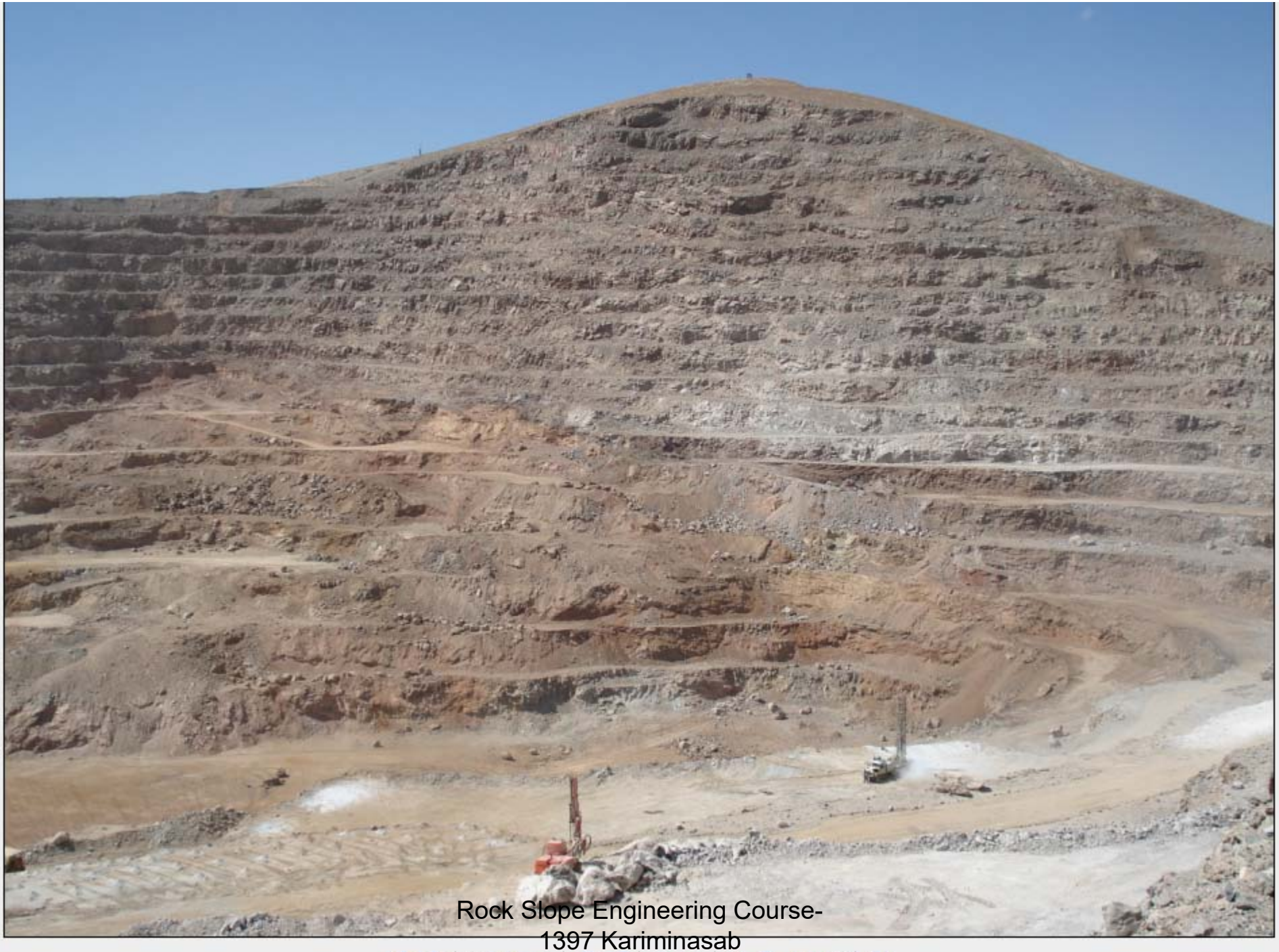
Rock Slope Engineering Course-
1397 Kariminasab

گسترش ترک کششی از تیرماه (سمت چپ) تا مهر ماه ۱۳۸۵ (سمت راست)





Rock Slope Engineering Course-
1397 Kariminasab



Rock Slope Engineering Course-
1397 Kariminasab

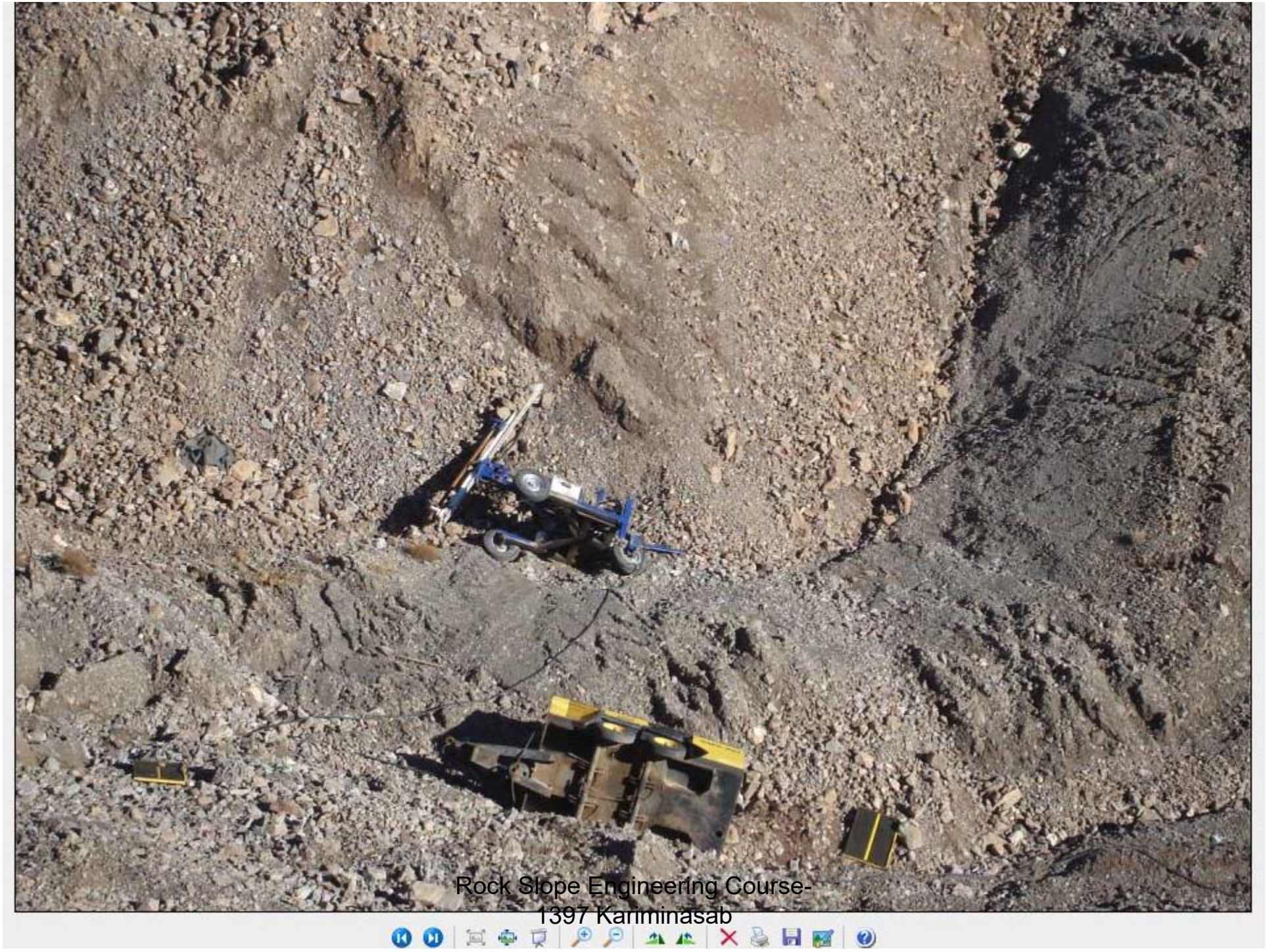
AFTER FAILURE

Rock Slope Engineering Course-
1397 Kariminasab


Rock Slope Engineering Course-
1397 Kariminasab


Rock Slope Engineering Course-
1397 Kariminasab


Rock Slope Engineering Course-
1397 Kariminasab




Rock Slope Engineering Course-
1397 Kariminasab


Rock Slope Engineering Course-
1397 Kariminasab







