

# 课程绪论：土力学及其特点

 什么是土？

 土及土力学有哪些特点？

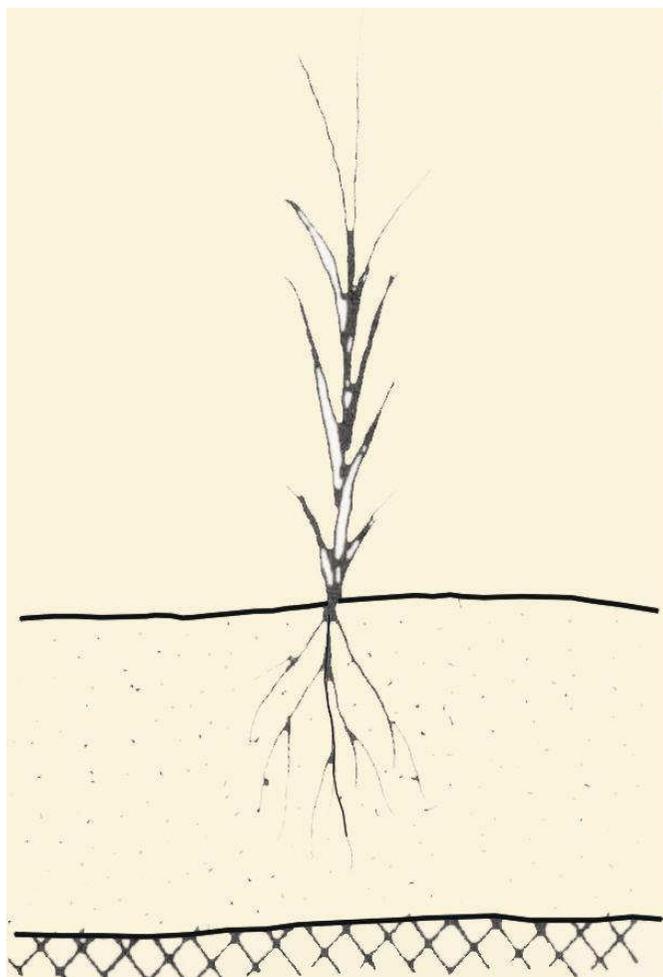
 为什么要学习土力学？

 土力学包括哪些内容？

 如何学好土力学？

1.1 土力学的研究对象  
与研究内容

## 绪论：什么是土？



土，地之生万物者也。‘二’象地之上，地之中；‘丨’物出形也。

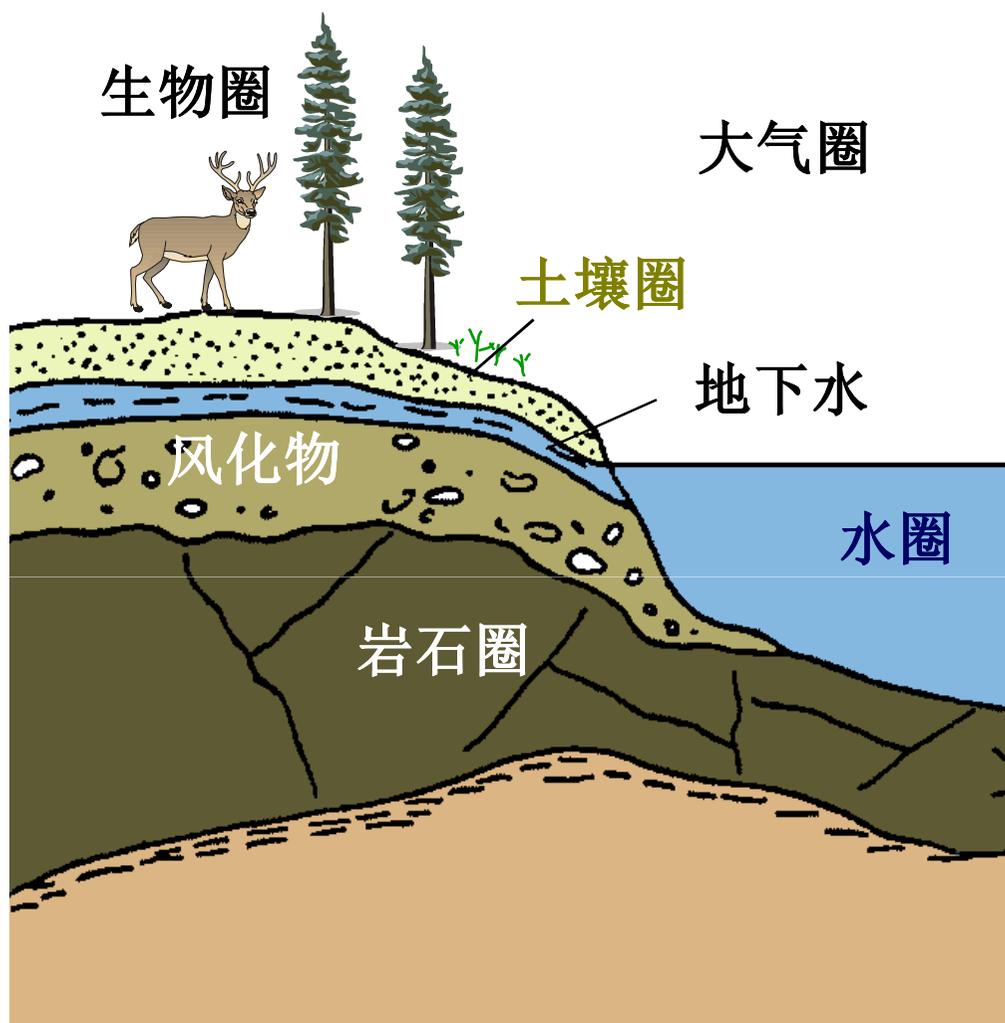
— 《说文解字》

**土字**包括：地上植物部分、表土层、植物地下部分和底土层四个层次。

**土地**系指由地形、水文、局地气候、岩石圈的上层、土壤和生物有机体等相互作用组成的自然地域综合体，是地球表层历史发展的产物。

## 土的一般概念

## 绪论：什么是土？



**土壤**是岩石圈、大气圈、水圈和生物圈综合作用形成的产物。其上界通常是绿色植物层顶，下界达植物根分布层。其垂直范围，恰好是岩石圈的上层、大气圈的下层、水圈及生物圈相互接触的地方，是生物生命及人类生产活动最集中的地方。

“地者，万物之本原，诸生之根苑也”

— 管仲

土壤 土体

沙土 砂土

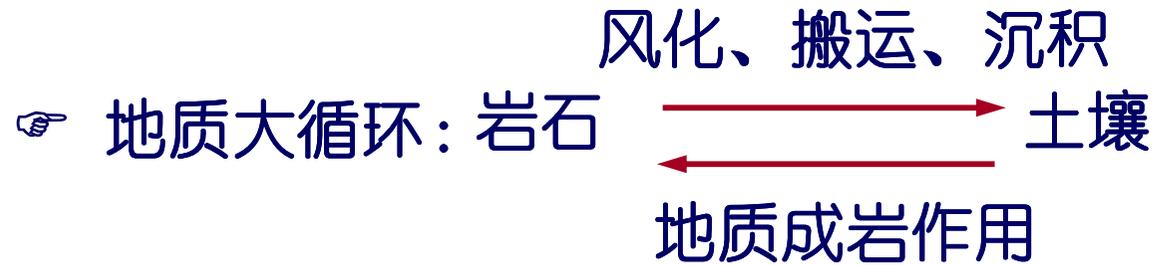
## 土壤在自然界的位置

## 绪论：什么是土？



土壤有非常复杂的形成过程，并具有独特的层状构造。土壤剖面一般包含枯枝落叶层、腐殖质层、淀积层和母质层四个基本层次。

传统岩土工程的范畴



生物小循环：生物活动所造成的土壤有机质的循环

P1

# 土壤的剖面和形成

风蚀蘑菇



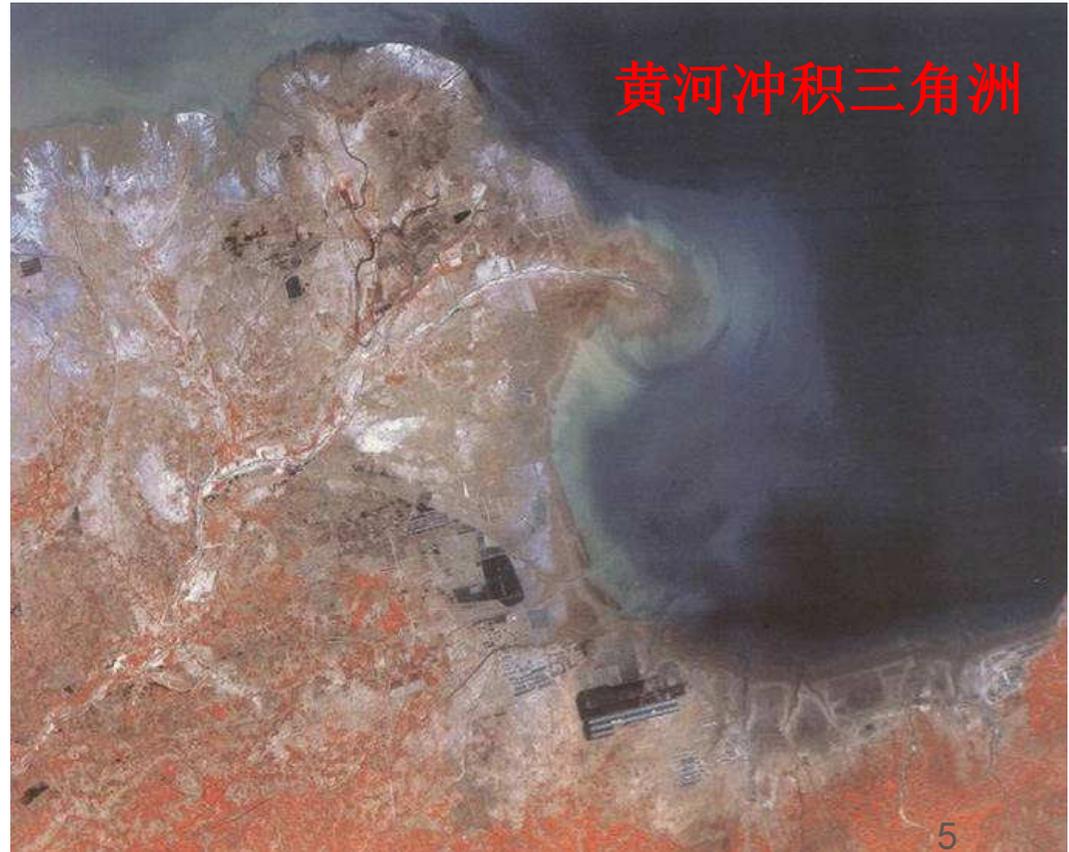
岩石因物理  
风化作用破  
碎，在重力  
作用下堆积  
到山脚



高山下的冲积锥群



黄河冲积三角洲



# 土的形成过程

## 绪论：什么是土？

地球表面的整体岩石在大气中经受长期的风化作用而形成的、覆盖在地表上碎散的、没有胶结或胶结很弱的颗粒堆积物。



砾石料

卵石



砂  
(人工破碎)



粘土

P1 土力学的  
研究对象

# 工程与土力学中的土

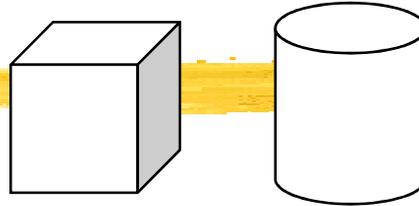
# 课程绪论：土力学及其特点

- 👉 什么是土？      ✓1.1 土力学的研究对象
- 👉 土及土力学有哪些特点？ 1.1土力学的研究内容
- 👉 为什么要学习土力学？
- 👉 土力学包括哪些内容？
- 👉 如何学好土力学？

## 绪论：土及土力学有哪些特点？



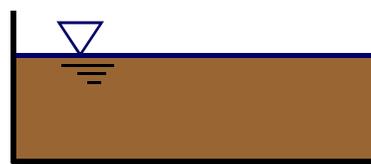
一般固体：



可保持固定的形状



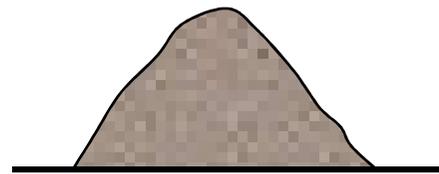
液体：



不具有特定的形状



土体（散粒）：



具有一定但不固定的形状

# 土体的特点

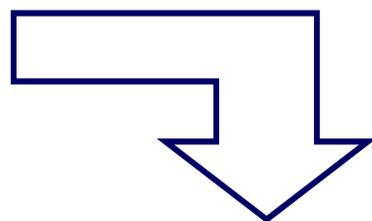
## 绪论：土及土力学有哪些特点？

- **碎散性** 岩石风化或破碎的产物，是非连续体
  - 受力以后易变形，强度低
  - 体积变化主要是孔隙变化
  - 剪切变形主要由颗粒相对位移引起
- **三相性** 固相-土骨架  
液相-水  
气相-空气
  - 受力后由土骨架、孔隙介质共同承担
  - 相间存在复杂的相互作用
  - 孔隙流体流动
- **天然性** 自然界的产物，存在自然变异性
  - 非均匀性
  - 各向异性
  - 时空变异性

# 土体的特点

- 碎散性
- 三相性
- 天然性

P2 总结的三类问题，第三个应改为渗透问题为宜



- 渗透特性
- 变形特性
- 强度特性

物理力学  
特性复杂

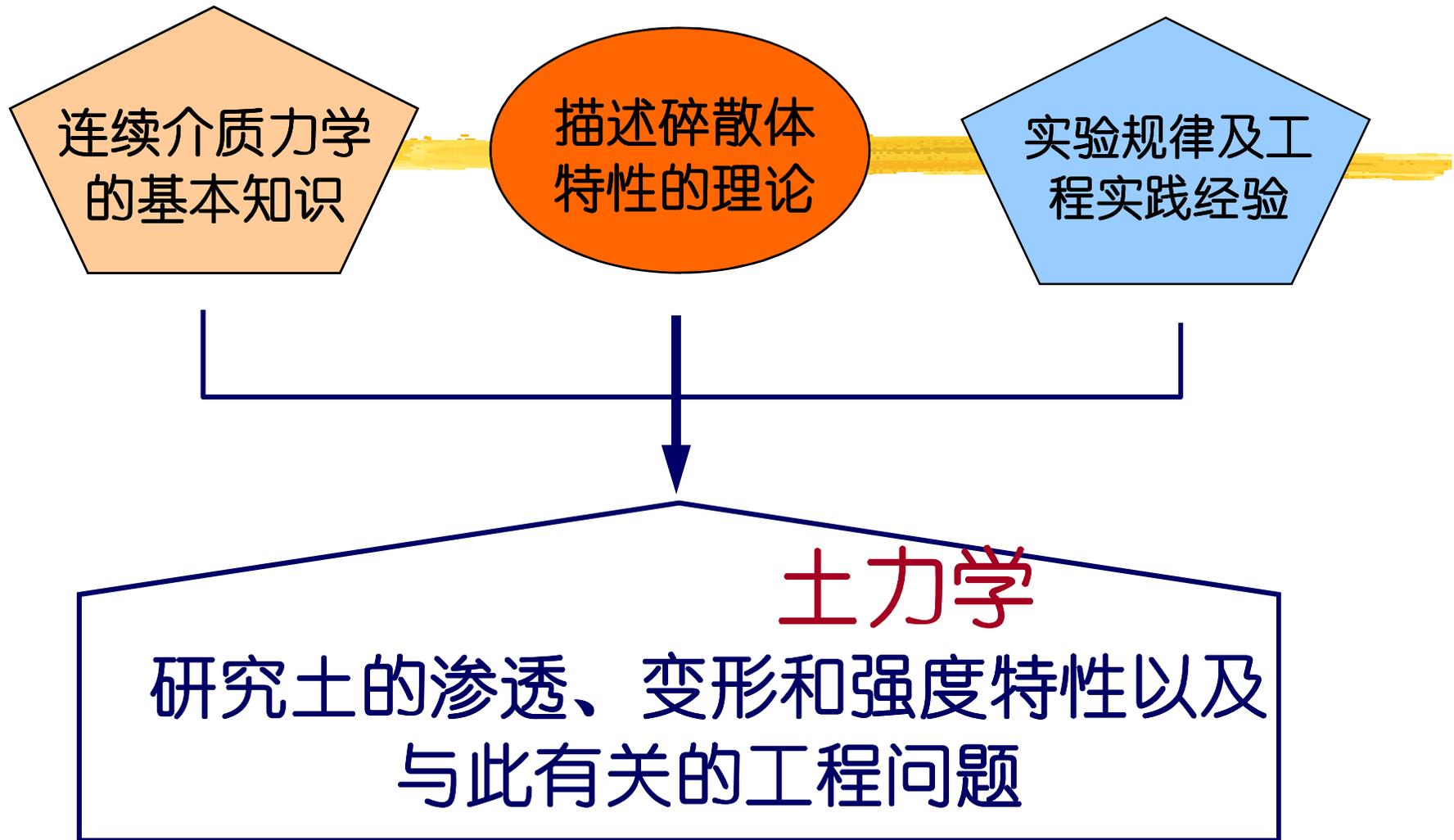
## 土体的特点

## 绪论：土及土力学有哪些特点？

学科	研究对象	
理论力学	质点或刚体	
材料力学	单个弹性杆件（杆、轴、梁）	连续固体
结构力学	若干弹性杆件组成的杆件结构	
弹性力学	弹性实体结构或板壳结构	
水力学	不可压缩的连续流体（水）	连续流体
土力学	天然的三相碎散堆积物	碎散材料

## 土力学与其他学科的比较

绪论：土及土力学有哪些特点？



**土力学的特点**

## 绪论：土及土力学有哪些特点？

- ✦ 1773 Coulomb（后Mohr发展）：摩尔-库仑强度理论  
→ 有关土力学的第一个理论
- ✦ 1776 Coulomb：库仑土压力理论
- ✦ 1856 Darcy：达西渗流定律
- ✦ 1857 Rankine：朗肯土压力理论
- ✦ 1920 Prandtl：普朗特极限力承载公式
- ✦ 1921-1923 Terzaghi：有效应力原理及固结理论
- ✦ 1925 Terzaghi：出版《土力学》  
→ 土力学成为一门独立学科的标志
- ✦ 1936 第一届国际土力学及基础工程会议
- ✦ 1960's后 现代土力学

萌芽时期

古典时期

现代

P3 土力学的发展概况

# 土力学发展的历史

## Karl von Terzaghi



Karl Terzaghi (1926)

<b>Born</b>	October 2, 1883 Prague, Austria-Hungary
<b>Died</b>	October 25, 1963 (aged 80) Winchester, Massachusetts, United States of America
<b>Spouse(s)</b>	Ruth Dogget Terzaghi
<b>Awards</b>	Frank P. Brown Medal (1946)

known as the "father  
of soil mechanics"

Terzaghi, K., Theoretical Soil  
Mechanics, John Wiley and  
Sons, New York (1943) ISBN  
0-471-85305-4.

Terzaghi's Method – Civil  
Engineering Bible

[https://en.wikipedia.org/wiki/Karl\\_von\\_Terzaghi](https://en.wikipedia.org/wiki/Karl_von_Terzaghi)

# 课程绪论：土力学及其特点

- ☞ 什么是土？ ✓
- ☞ 土及土力学有哪些特点？ ✓
- ☞ 为什么要学习土力学？
- ☞ 土力学包括哪些内容？
- ☞ 如何学好土力学？

土是工程中应用最广泛的建筑材料。由土层所构成的广袤大地

- 是工程建设的基地
- 是建筑物的地基
- 是地下建筑的环境
- 为土工构筑物提供填筑材料

因此，对土工程性质认识的偏差可能会导致损失巨大的事故。

## 土力学的重要性

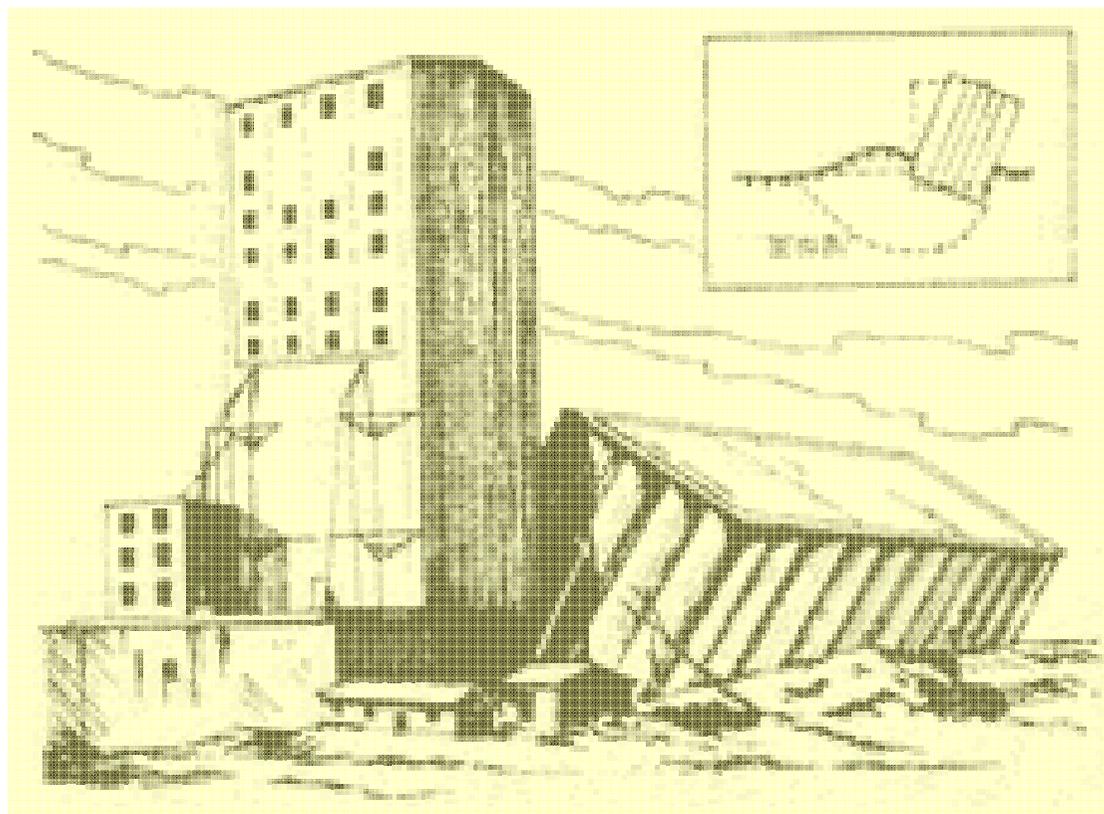
绪论：为什么要学习土力学？

**概况：**长59.4m，宽23.5m，高31.0m，共65个圆筒仓。钢混筏板基础，厚61cm，埋深3.66m。1913年完工，自重2万T。

### 事故：

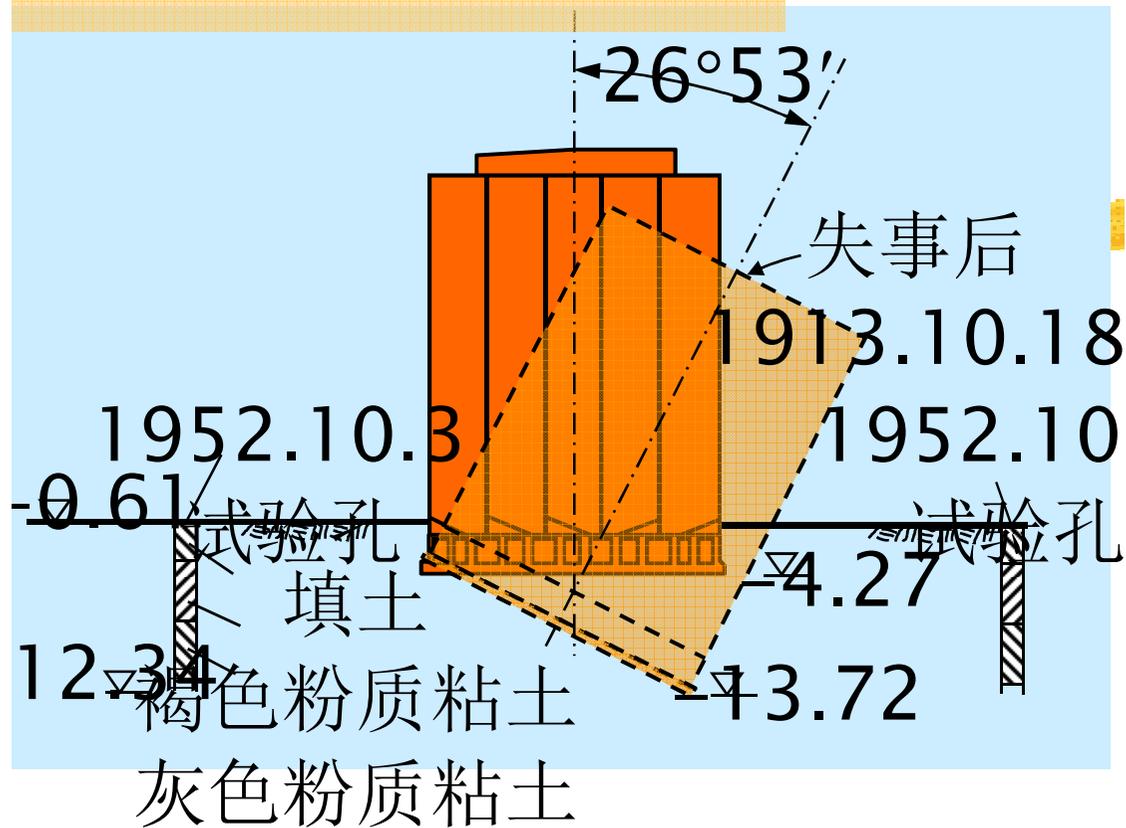
1913年9月开始装谷物，至10月17日共装入3万多T谷物，但此时发生破坏：

- 1小时竖向沉降达30.5cm
- 24小时倾斜 $26^{\circ} 53'$
- 西端下沉7.32m  
东端上抬1.52m
- 上部钢混筒仓完好无损



## 加拿大特朗斯康谷仓

## 绪论：为什么要学习土力学？



**原因：**谷仓的地基承载力按邻近结构物基槽开挖取土试验结果计算。1952年经勘察试验与计算，地基实际承载力远小于谷仓破坏时发生的基底压力。因此谷仓地基因**超载发生强度破坏而滑动。**

**处理：**事后在下面做了七十多个支撑于基岩上的混凝土墩，使用388个50t千斤顶以及支撑系统，才把仓体逐渐纠正过来，但其位置比原来降低了4米。

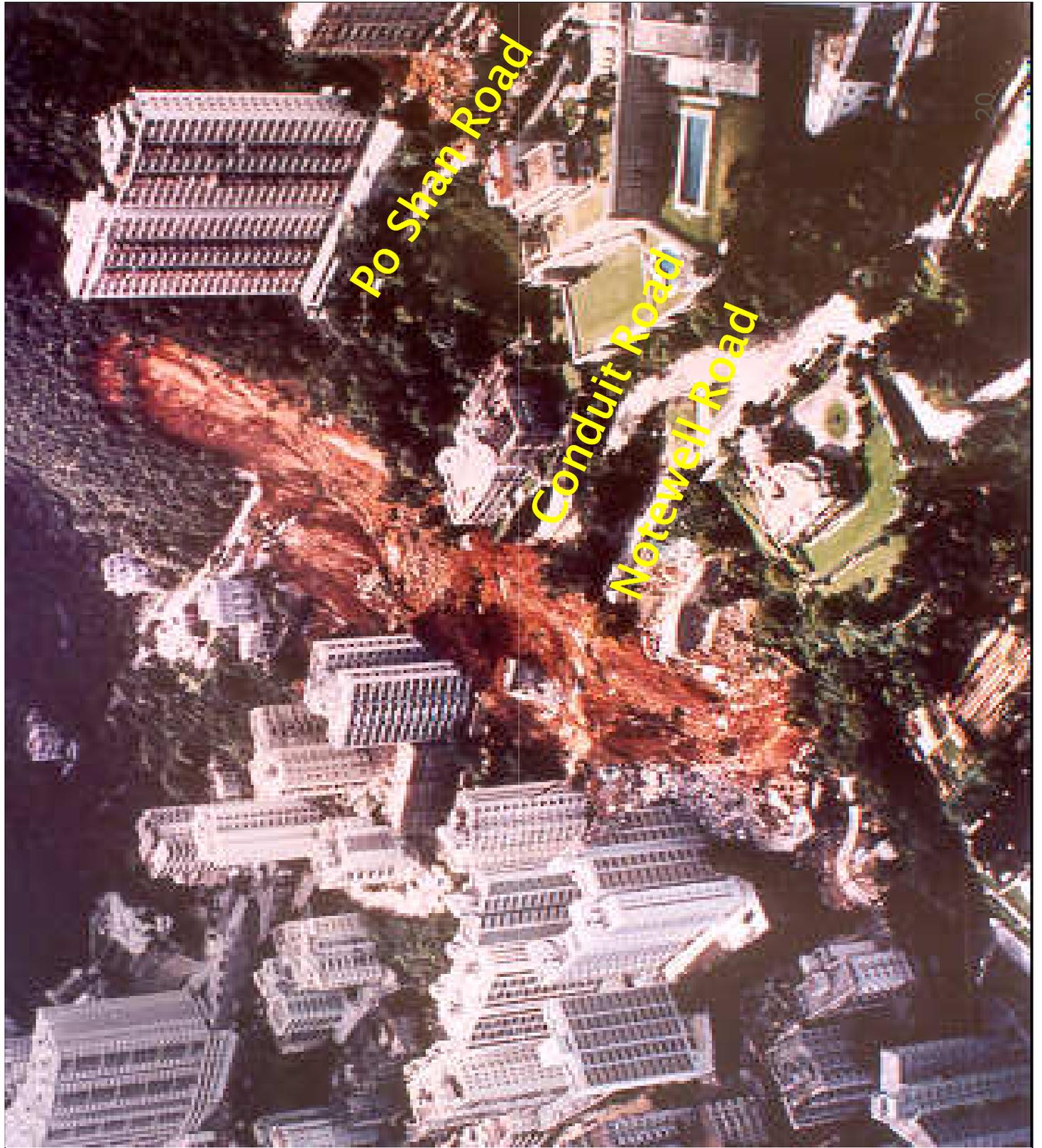
## 加拿大特朗斯康谷仓

## 绪论：为什么要学习土力学？

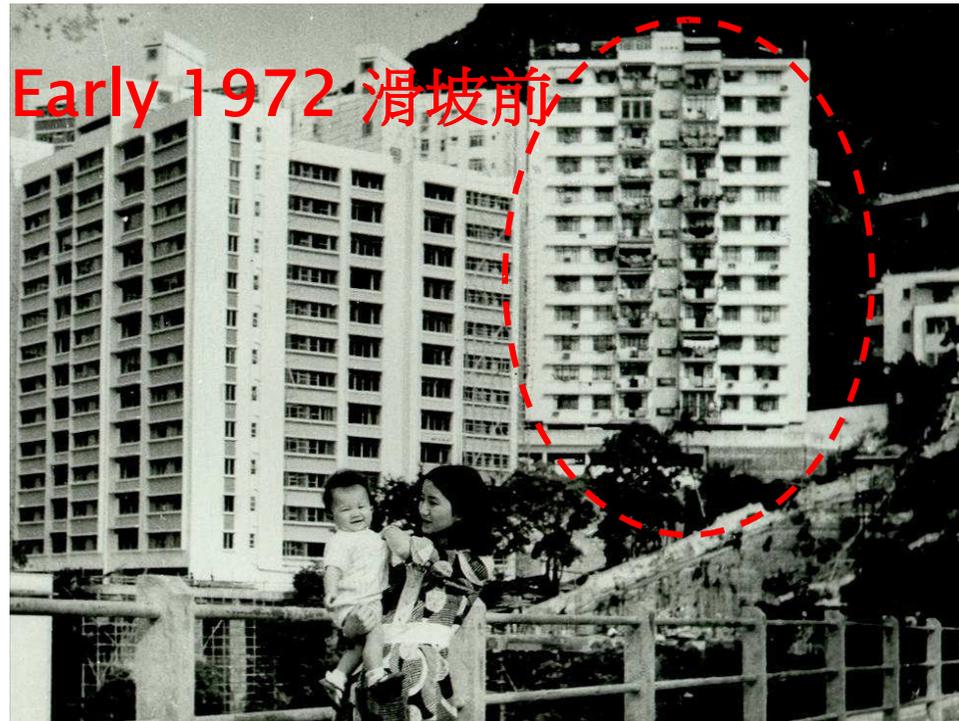
1972年7月某日清晨，香港宝城路附近，两万立方米残积土从山坡上下滑，巨大滑动体正好冲过一幢高层住宅——宝城大厦，顷刻间宝城大厦被冲毁倒塌并砸毁相邻一幢大楼一角约五层住宅。死亡67人。

**原因：**山坡上残积土本身强度较低，加之雨水入渗使其强度进一步大大降低，使得**土体滑动力超过土的强度**，于是山坡土体发生滑动。

# 香港宝城滑坡



# 香港宝城滑坡现场

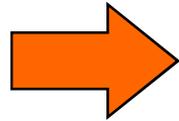


绪论：为什么要学习土力学？

**液化：** 松砂地基在振动荷载作用下丧失强度变成流动状态的一种现象

**神户码头：**

地震引起大面积砂土地基液化后产生很大的侧向变形和沉降，大量的建筑物倒塌或遭到严重损伤



**阪神大地震中的地基液化**

绪论：为什么要学习土力学？



阪神大地震中地基液化

绪论：为什么要学习土力学？



1964年日本新泻地震地基的  
大面积液化

绪论：为什么要学习土力学？

# 泥石流室外试验

**时间：1971年11月9-11日**

**地点：神奈川县川崎市生**

**研究机构：地质研究所(通产省)**

**消防研究所(自治省)**

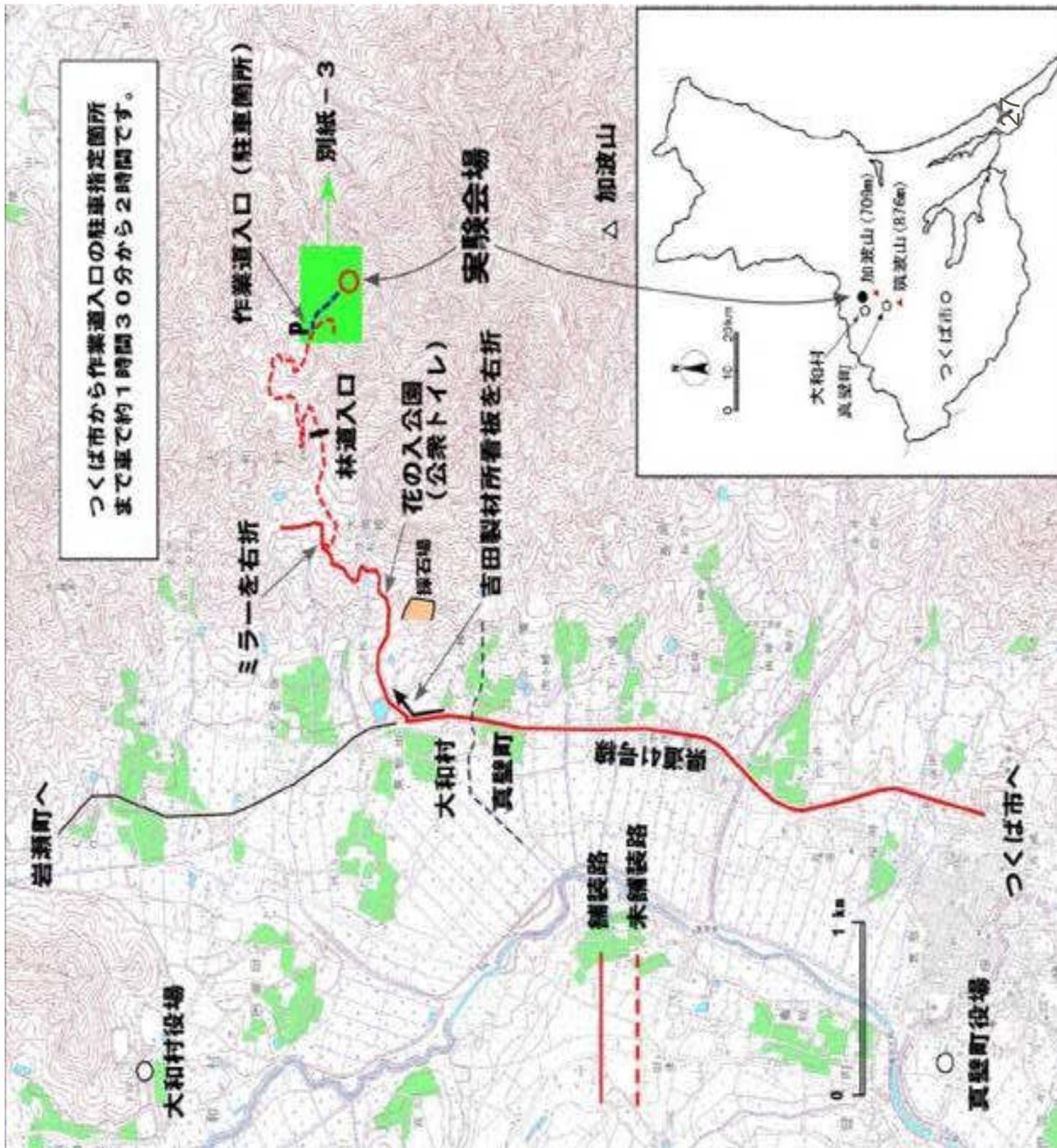
**土木研究所(建设省)**

**防灾科学技术中心(科技厅)**

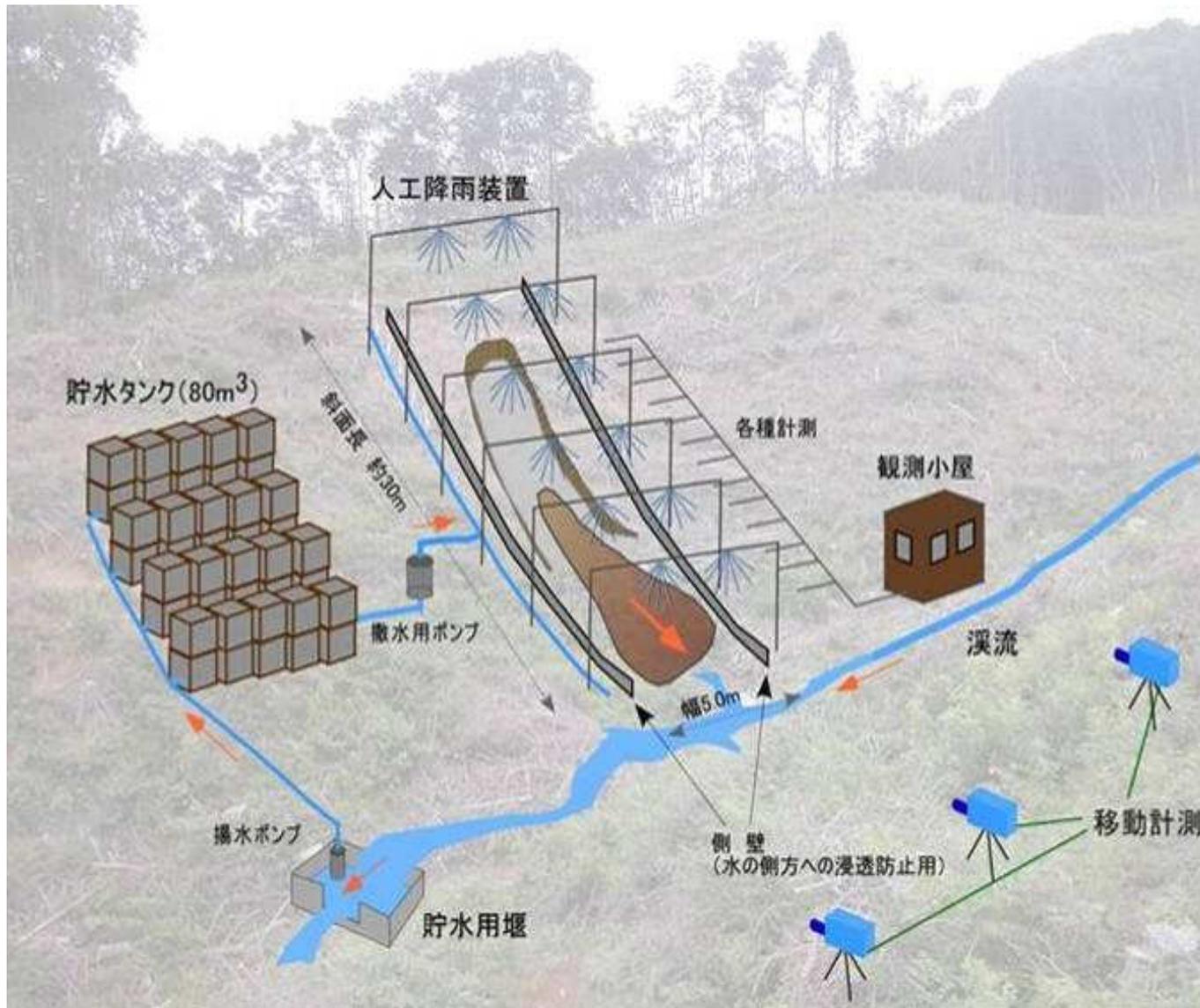
## 壤土 (loam) 斜坡崩塌（泥石流）实验

- 9日15:00人工降雨开始
- 11日15:00左右降雨量达500mm
- 陡坡中泥土突然以20-30m/s流出，斜坡崩塌，泥石流产生
- 泥石流推倒28米外的护栏，一直冲到55米外的水池中央，造成31人被埋

### 事故发生过程要点



# 事故发生地点



关东壤土：风  
化花岗岩上火  
山灰堆积层

$$\rho = 1.45$$

$$w = 5\%$$

倾角：30°

厚：1.2~3m

## 现场泥石流实验布置简图



# 试验现场照片



试验现场照片

5:53

80000000

斜面の崩壊  
32年ぶり実験

'71年

川崎市生田での実験の映像

绪论：为什么要学习土力学？



15人不幸遇难，11人受伤

死者当中

实验人员 1人

参观者 10人

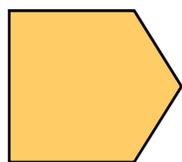
报社记者 1人

电视采访人员 3人

事故伤亡情况

## 绪论：为什么要学习土力学？

- ➡ 加拿大特朗斯康谷仓地基失稳
- ➡ 香港宝城滑坡
- ➡ 阪神等大地震中地基液化
- ➡ 泥石流室外试验事故



可归结为与土有关的  
强度问题

案例总结（一）

## 绪论：为什么要学习土力学？



1360年：再复工，至1370年竣工，  
全塔共8层，高度为55m

1272年：复工，经6年，至7层，  
高48m，再停工

1178年：至4层中，高约29m，  
因倾斜停工

1173年：动工

# 比萨斜塔

绪论：为什么要学习土力学？



1590年：伽利略在此塔做  
自由落体实验

目前：塔向南倾斜，南北两端沉  
降差1.80m，塔顶离中心线已  
达5.27m，倾斜 $5.5^\circ$

原因：  
地基持力层为粉砂，下面为粉土  
和粘土层，强度低，变形大。

比萨斜塔

绪论：为什么要学习土力学？

## 处理措施

1838-1839：挖环形基坑卸载

1933-1935：基坑防水处理  
基础环灌浆加固

1990年1月：封闭

1992年7月：加固塔身，用压重法和取土法进行地基处理

目 前：已向游人开放。



## 比萨斜塔

## 苏州虎丘塔



- 👉 概况：位于虎丘公园山顶，建于宋太祖建隆二年(公元961年)。塔高47.5m，平面呈八角形。
- 👉 问题：塔身向东北方向严重倾斜，塔顶离中心线达2.31m，底层塔身发生不少裂缝，成为危险建筑物。
- 👉 原因：坐落于不均匀粉质粘土层，产生不均匀沉降。
- 👉 处理：在四周建造圈桩排式地下连续墙并对塔周围与塔基进行钻孔注浆和打设树根桩加固塔身。

绪论：为什么要学习土力学？



世界最大的人工岛

1986年：开工  
1990年：人工岛完成  
1994年：机场运营  
面积： $4370\text{m} \times 1250\text{m}$   
填筑量： $180 \times 10^6\text{m}^3$   
平均厚度：33m

~~日本~~  
关西机场

绪论：为什么要学习土力学？

## 关西机场

问题：沉降大且不均匀

- 设计沉降：5.7–7.5 m
- 完成时(1990年)实际沉降：8.1 m，5cm/月
- 预测主固结需：20年
- 比设计多超填：3m





20180904 25  
年一遇超强台风  
关西机场浸水半  
米





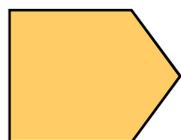
**a landslide caused by an earthquake,  
on September 7, 2018 in Atsuma.**

## 绪论：为什么要学习土力学？

👉 意大利比萨斜塔

👉 苏州虎丘塔

👉 日本关西机场



可归结为与土有关的  
变形问题

## 案例总结（二）

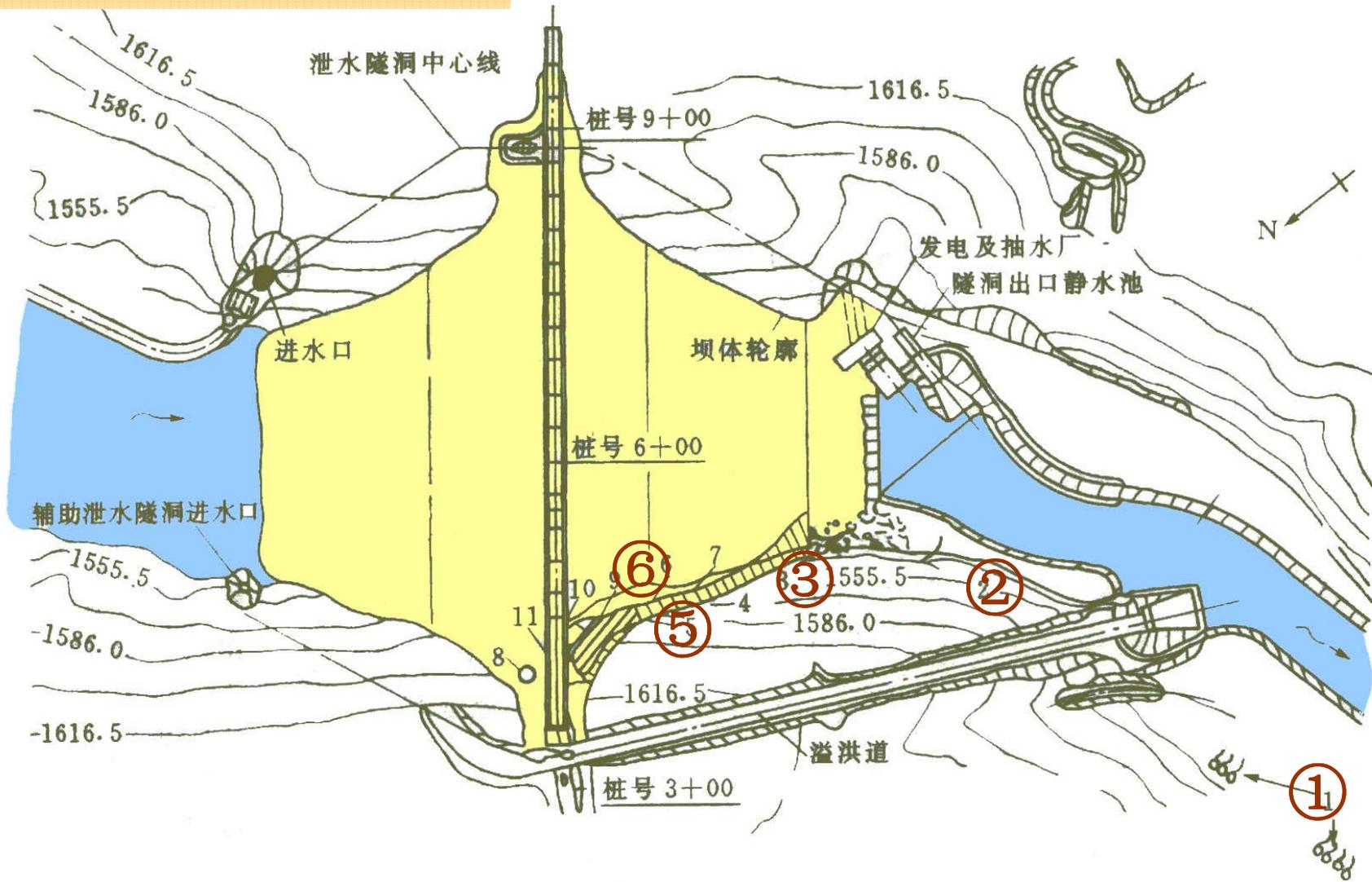
绪论：为什么要学习土力学？

# Teton坝（美国）

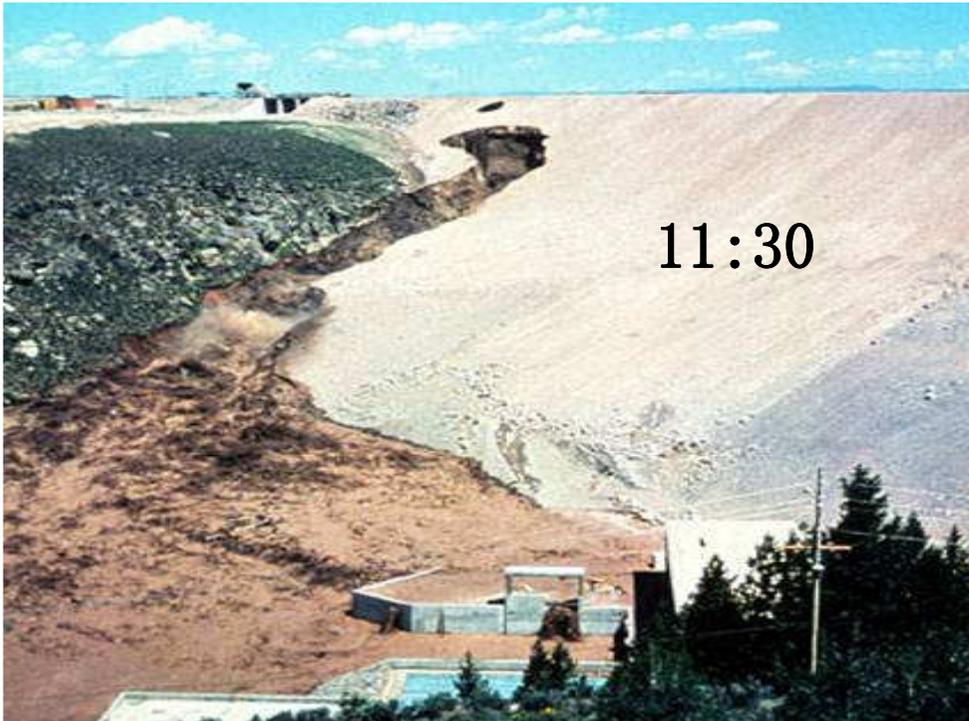


土坝，  
高90m，  
长1000m，  
1975年建成  
次年6月失事

绪论：为什么要学习土力学？



## Teton坝渗流破坏过程



绪论：为什么要学习土力学？



## 损失

直接8000万美元，  
起诉5500起，2.5  
亿美元，死14人，  
受灾2.5万人，60  
万亩土地，32公里  
铁路被冲

## 原因

渗透破坏：冲蚀  
水力劈裂

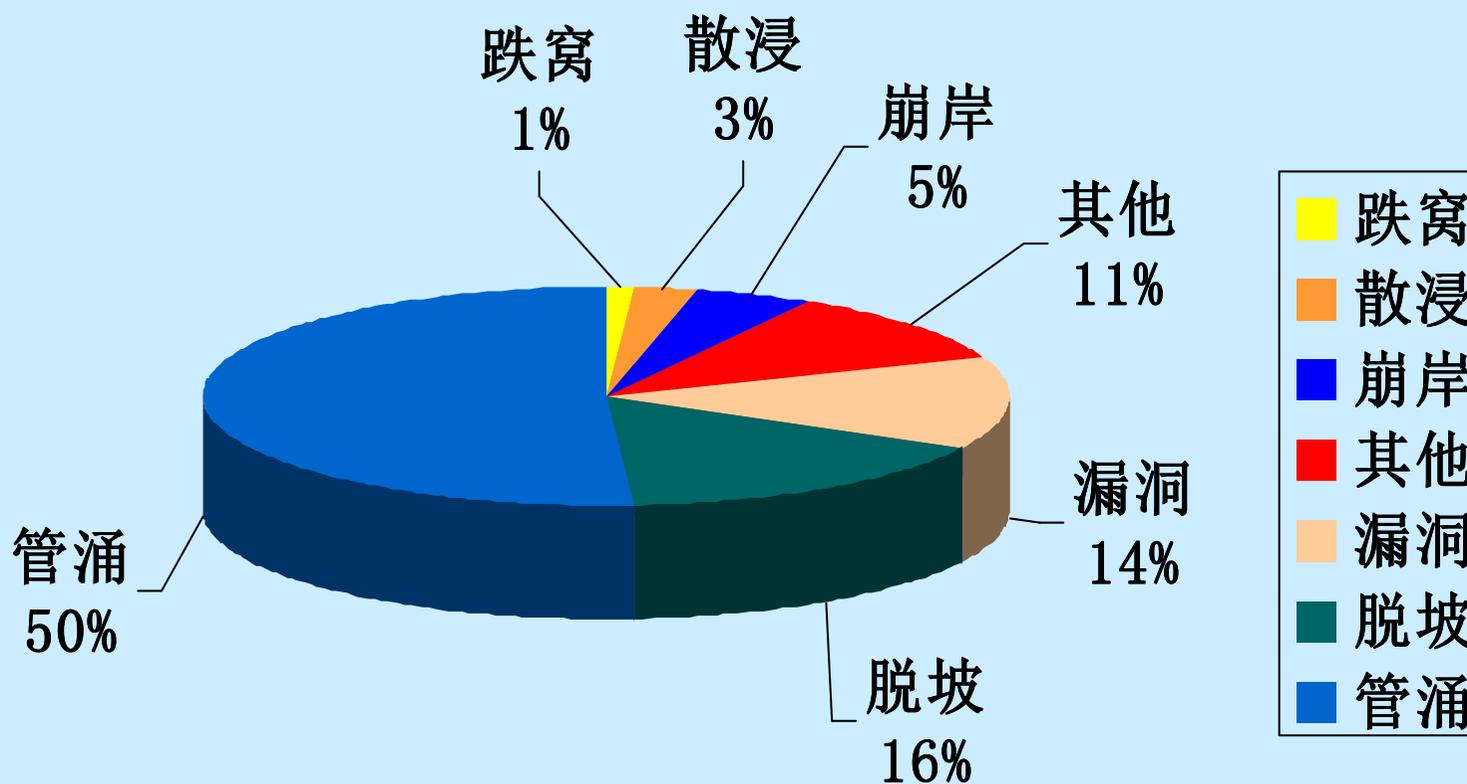
# Teton坝失事现场现状

绪论：为什么要学习土力学？



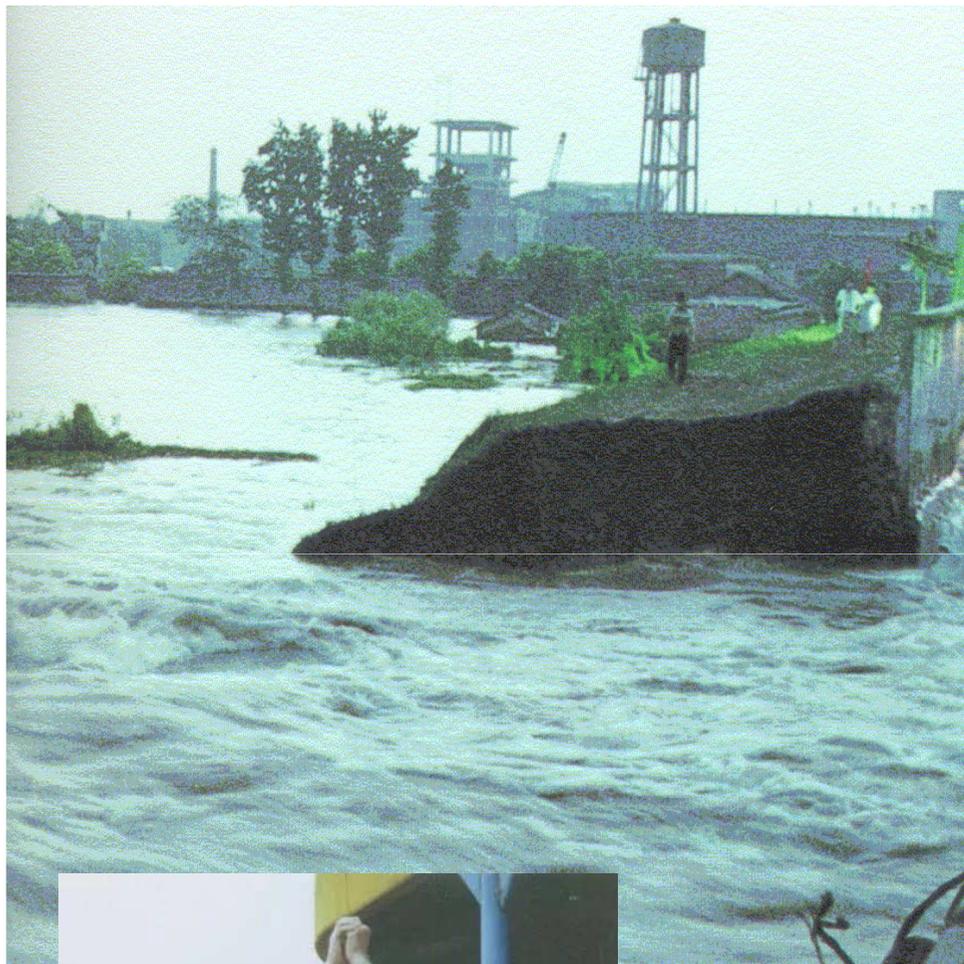
1998年长江大堤

## 共发生各种险情6000余处



## 98洪水长江堤防险情统计

## 绪论：为什么要学习土力学？



1998年8月7日13:10发生管涌险情，20分钟后，在堤外迎水面找到2处进水口。

又过20分钟，防水墙后的土堤突然塌陷出1个洞，5 m宽的堤顶随即全部塌陷，并很快形成宽约62m的溃口。

溃口原因：**堤基管涌**

焦点词汇：**豆腐渣工程**



# 九江大堤决口

## 绪论：为什么要学习土力学？

位于青海省，高71米，长265米，建于1989年。

1993年8月7日突然发生溃坝，瞬间冲毁1000多户房舍，288人丧生，上千人受伤。



溃坝原因：  
面板止水失效，下游坝体排水不畅，  
造成坝坡失稳

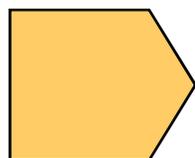
沟后面板砂砾石坝溃坝机理模型试验研究

刘杰，丁留谦，缪良娟，杨凯虹，水利学报，1998

# 沟后面板砂砾石坝

## 绪论：为什么要学习土力学？

- ☞ 美国Teton坝失事
- ☞ 98洪水长江堤防险情
- ☞ 沟后面板砂砾石坝溃坝



可归结为与土有关的  
渗透问题

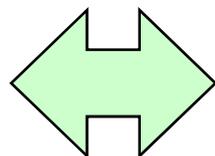
## 案例总结（三）

绪论：为什么要学习土力学？

土工结构物或地基

土

◇ 强度问题  
◇ 变形问题  
◇ 渗透问题



□ 强度特性  
□ 变形特性  
□ 渗透特性

土力学可以解决工程实践问题，这正是土力学存在的价值以及我们学习土力学的目的。

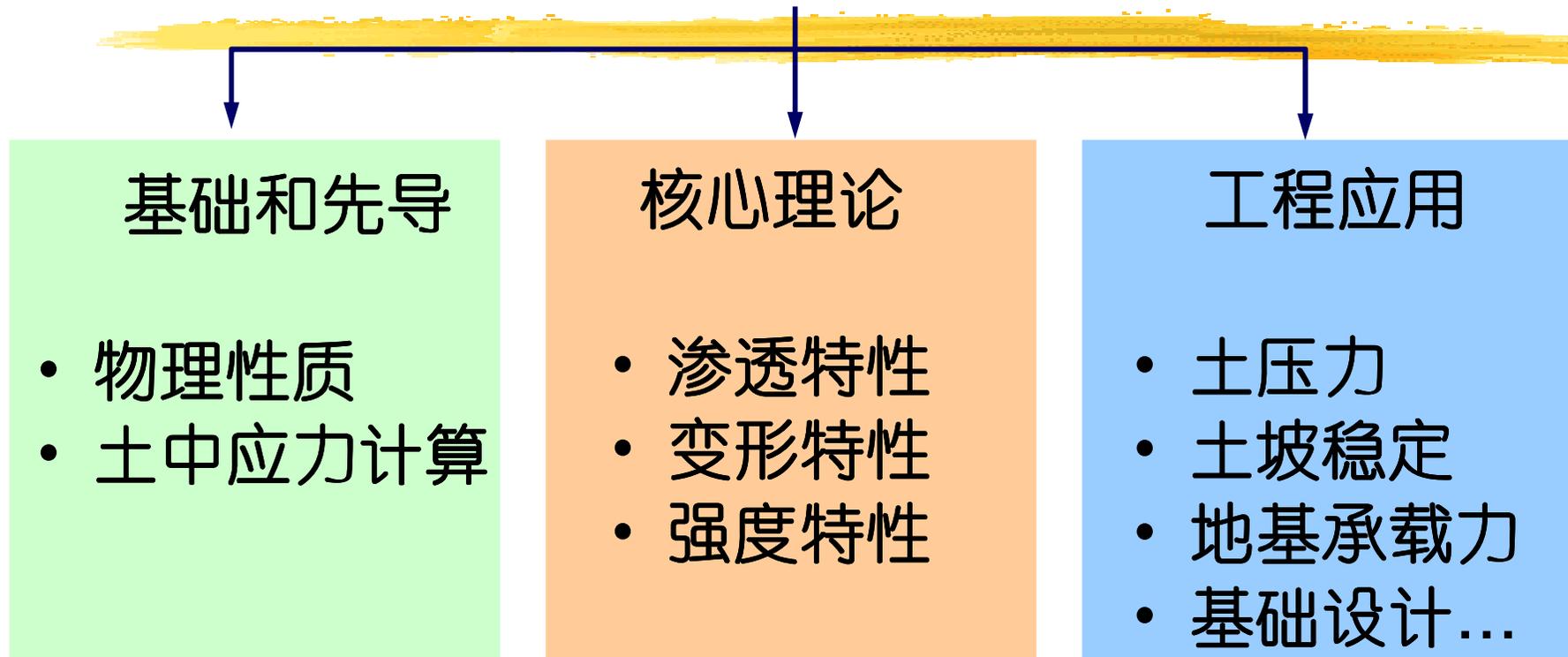
学习土力学的目的

# 课程绪论：土力学及其特点

- ☞ 什么是土？ ✓
- ☞ 土及土力学有哪些特点？ ✓
- ☞ 为什么要学习土力学？ ✓
- ☞ 土力学包括哪些内容？ P4
- ☞ 如何学好土力学？

绪论：土力学包括哪些内容？

# 土力学



土力学 (1)

土力学 (2)

绪论：土力学包括哪些内容？

- 第一章 绪论 土力学及其特点
- 第二章 土的物理性质与工程分类
- 第三章 土的渗透性和渗透破坏
- 第四章 土中应力计算
- 第五章 土的变形特性
- 第六章 土的强度

土力学(2) – 工程应用

## 土力学的主要内容

# 课程绪论：土力学及其特点

- ☞ 什么是土？ ✓
- ☞ 土及土力学有哪些特点？ ✓
- ☞ 为什么要学习土力学？ ✓
- ☞ 土力学包括哪些内容？ ✓
- ☞ 如何学好土力学？

## 绪论：如何学好土力学？

- 👉 注意土的基本特点：通过与其它材料对比
- 👉 注重理论联系实际：通过现场观察与试验
- 👉 注重正确学习方法
  - 概念，原理，方法
  - 内容间联系
  - 要记忆，但不能死记

有些情况要活学活用，很难归类为一种学科的问题，参见下页

# 土力学的学习方法



This isn't likely to happen on the East Coast, but it could. This is an aerial view of damage to Sukuiso, Japan, a week after the **earthquake** and subsequent **tsunami** devastated the area in March, 2011.



volcanic eruptions in Hawaii  
in May of 2018



Lava engulfs a sports car in Puna, Hawaii, on May 6. A local resident caught the moment on video.

教学环节：讲课+习题课（42学时）

考核及成绩：60%（期末考试）  
35%（平时作业）  
5%（平时表现）

课程要求：

- 必须出席
- 积极参加课堂讨论
- 独立按时完成作业。抄袭、迟交或不认真完成者在平时成绩中扣分。为鼓励个人独立完成，作业允许出错。

## 土力学课程的安排和要求

# 答疑安排：



1. 课前课后教室答疑
2. 根据要求，安排集中答疑

QQ :2231020028



The end

文件名格式：班级 学号 姓名 简略实验名称  
邮件标题同文件名

Any questions please 发送至  
[xingzhengwu@163.com](mailto:xingzhengwu@163.com)