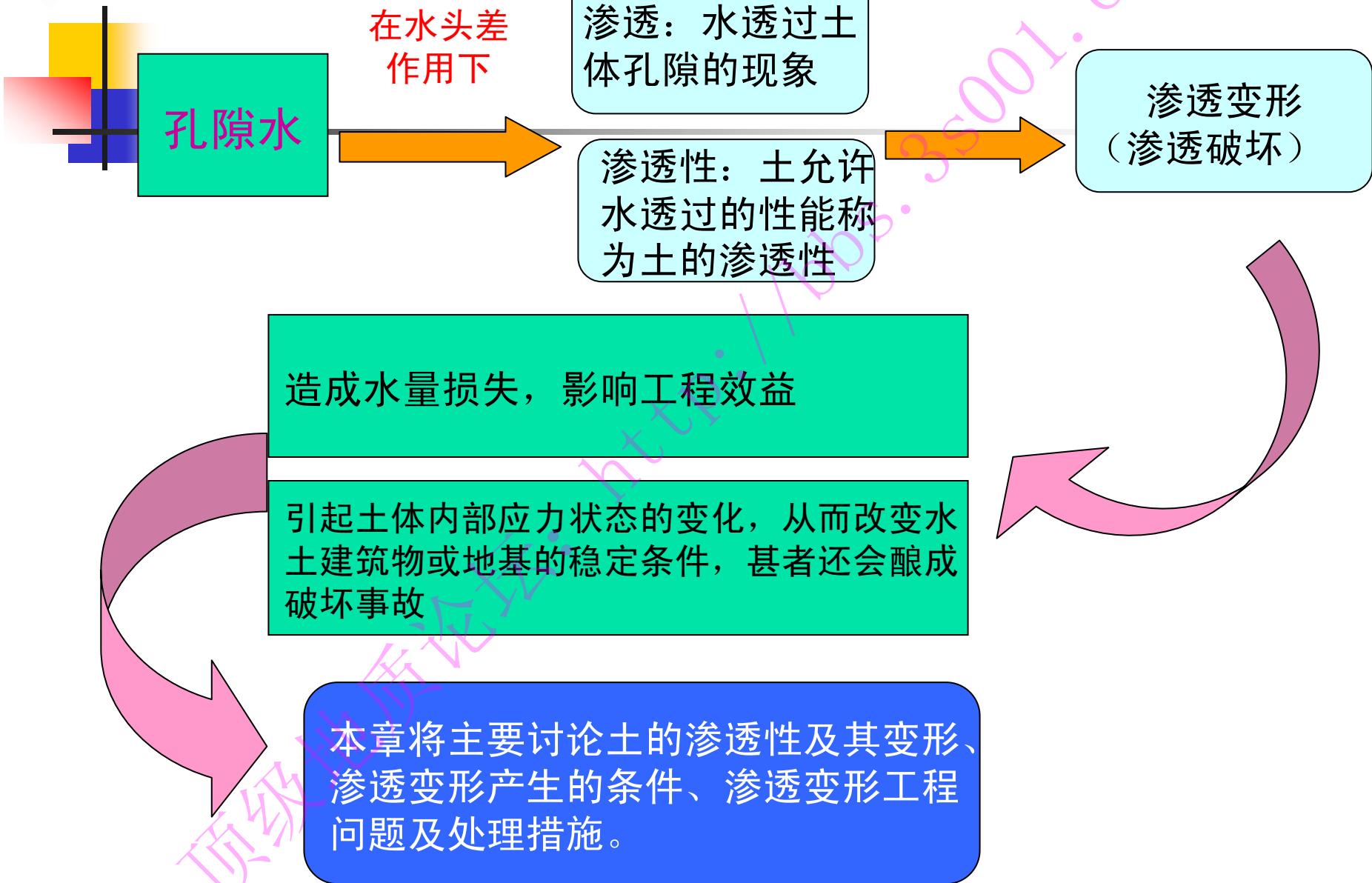


第六章 渗透变形工程地质研究

- ☆ 概述
- ☆ 土的渗透性与渗透变形
- ☆ 渗透变形产生的条件
- ☆ 渗透工程问题及处理措施



Teton坝



概况:

土坝，高90m，长1000m，建于1972-75年，1976年6月失事

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

原因:

渗透破坏—水力劈裂

Teton坝

1976年6月5
日上午10:30
左右，下游坝
面有水渗出并
带出泥土。



Teton坝

11:00左右
洞口不断扩大并向坝顶
靠近，泥水
流量增加



Teton坝

11:30

洞口继续向上扩大，泥水冲蚀了坝基，主洞的上方又出现一渗水洞。流出的泥水开始冲击坝趾处的设施。



Teton坝

11:50左右
洞口扩大加速，
泥水对坝基的冲
蚀更加剧烈。



Teton坝

11:57 坝坡坍塌，
泥水狂泻而下



顶级地质论坛:

Teton坝

12:00过后
坍塌口加宽



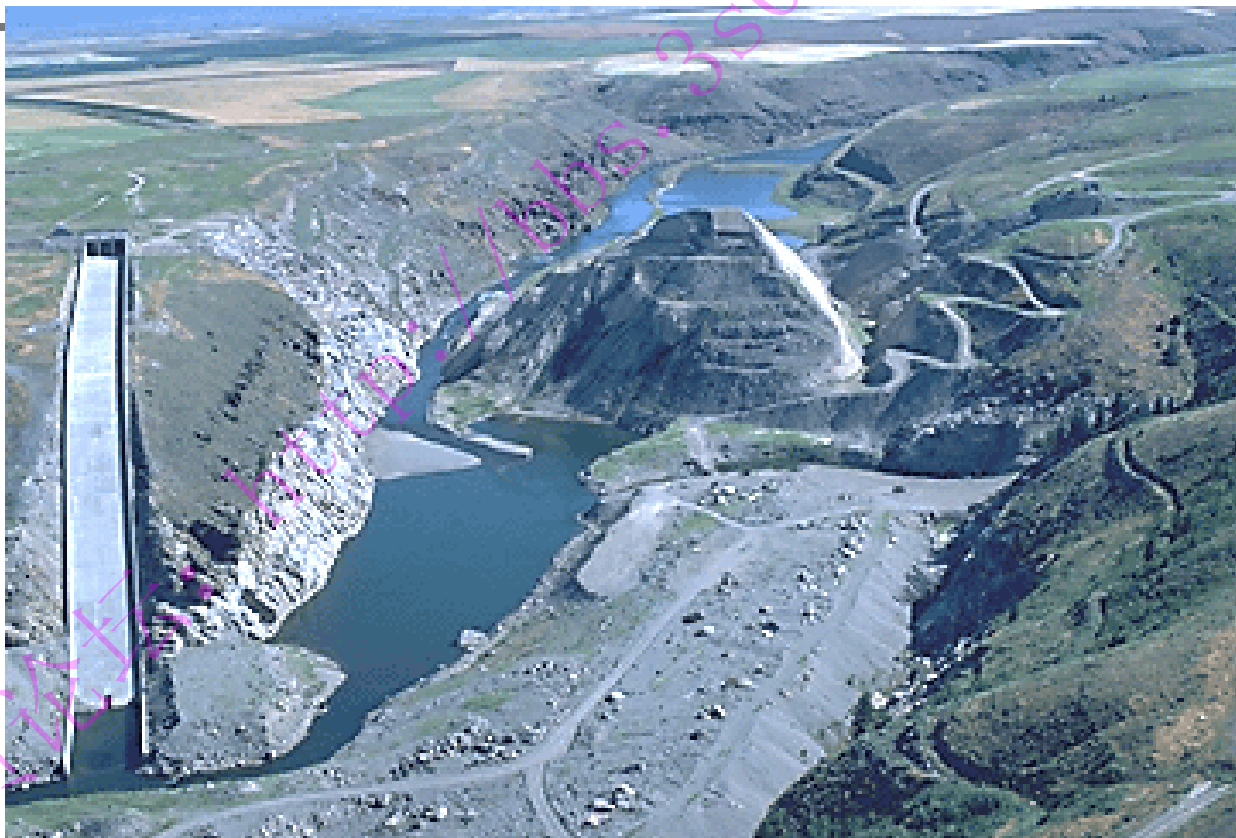
Teton坝

洪水扫过下游
谷底，附近所
有设施被彻底
摧毁

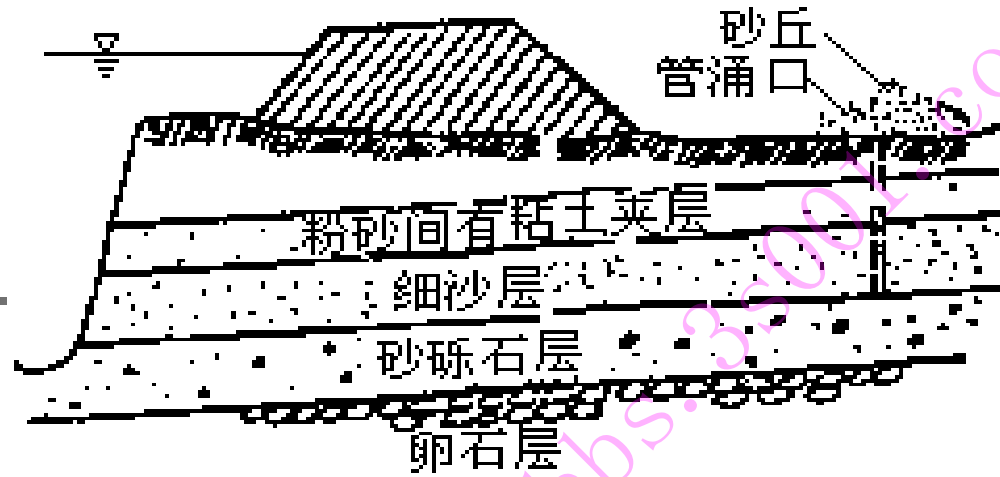


Teton坝

失事现场目前的状况



堤岸



1998年长江洪水险情以渗流险情最为普遍，沿长江6000余处险情中就有400余处属渗流险情。其中管涌被视为险中之险。

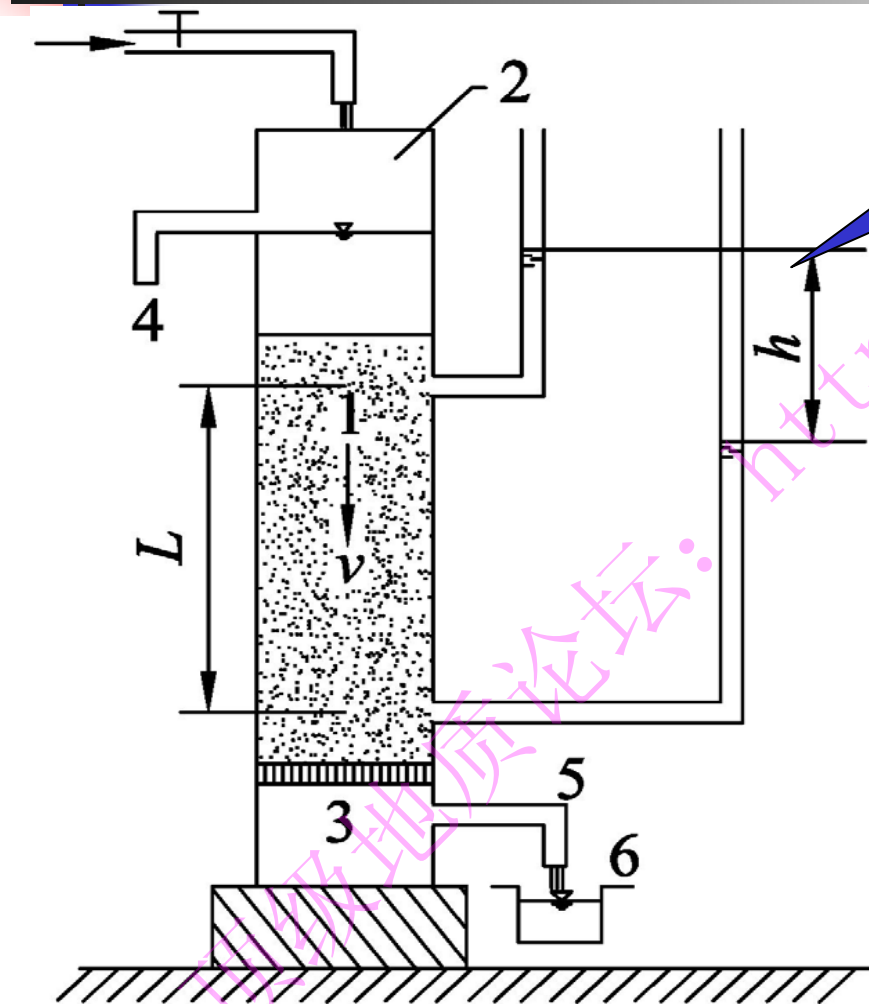
一般来说，长江中下游平原冲积地层，上面是粘性土；往下是粉砂、细砂等，砂层间也有粘性土夹层的，再往下则是砂砾及卵石等强透水层，在河床中露头与河水相通。在汛期高水位时由于渗水流经强透水层压力损失很小，堤内数百米范围内粘土层下面仍承受很大的水压力，如果这股水压力，冲破了粘土层，下面的粉砂、细砂就会随水流出（在没有反滤层保护的情况下），从而发生管涌。

2003年7月1日凌晨4时，正在施工中的上海轨道交通4号线（浦东南路至南浦大桥）区间隧道浦西联络通道发生渗水，随后大量流沙涌入，引起地面大幅沉降。上午9时左右，地面建筑物中山南路847号一幢八层楼房发生倾斜，其裙房部分倒塌。由于报警及时，所有人员提前撤出，无人员伤亡。



一、土的渗透性

1、达西定律



1856年法国学者达西对砂土的渗透性进行研究

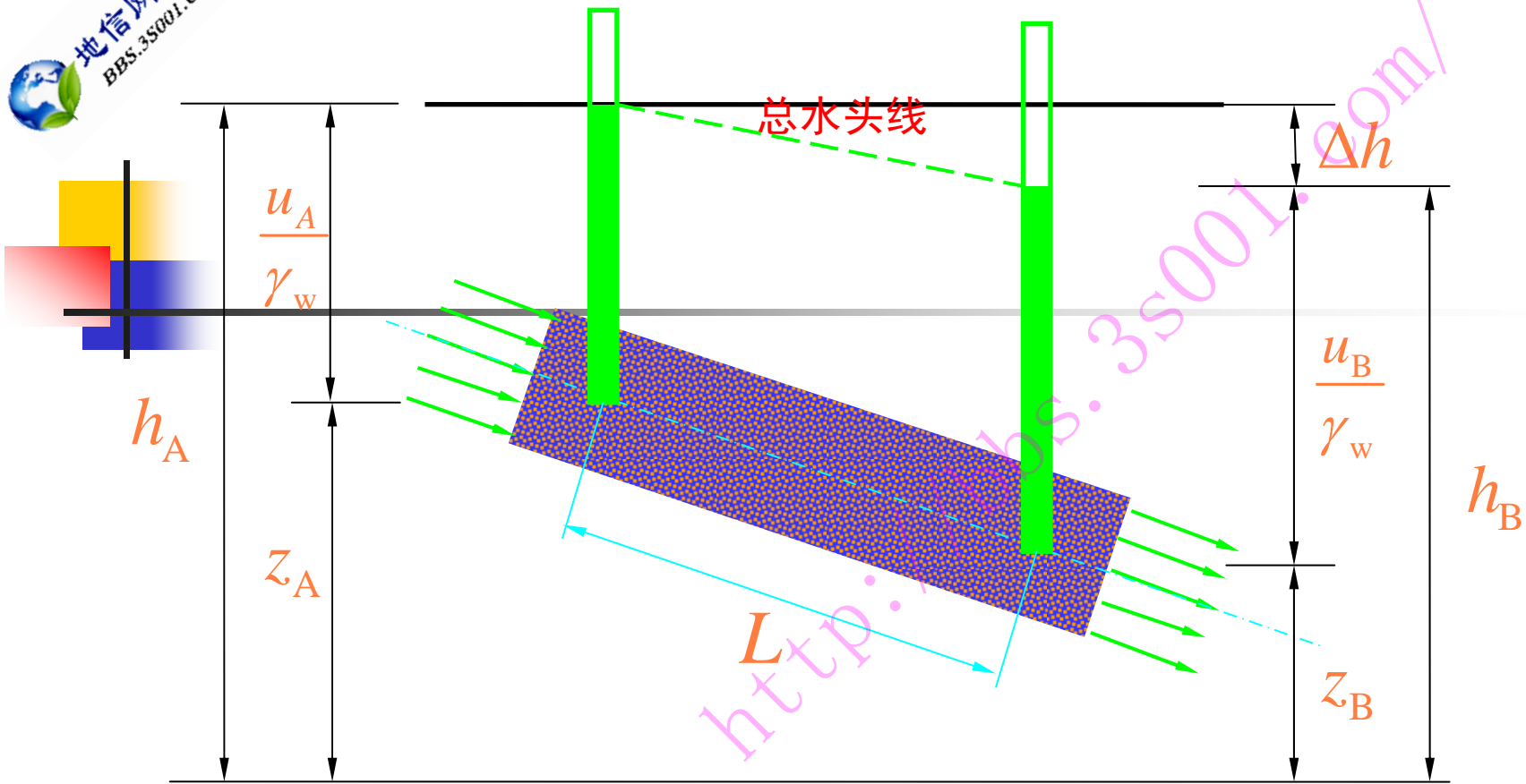
结论:

水在土中的渗透速度与试样的水力梯度成正比

达西定律

$$v=ki$$

水力梯度，即沿渗流方向单位距离的水头损失



水头：单位重量的水所具有的能量。 总水头=势水头+压力水头+动水头

$$h = z + \frac{u}{\gamma_w} + \frac{v^2}{2g} \quad \longrightarrow \quad h = z + \frac{u}{\gamma_w}$$

水力梯度（坡降）

$$i = \frac{h_A - h_B}{L} = \frac{\Delta h}{L}$$

2、达西定律适用范围与起始水力坡降

达西定律

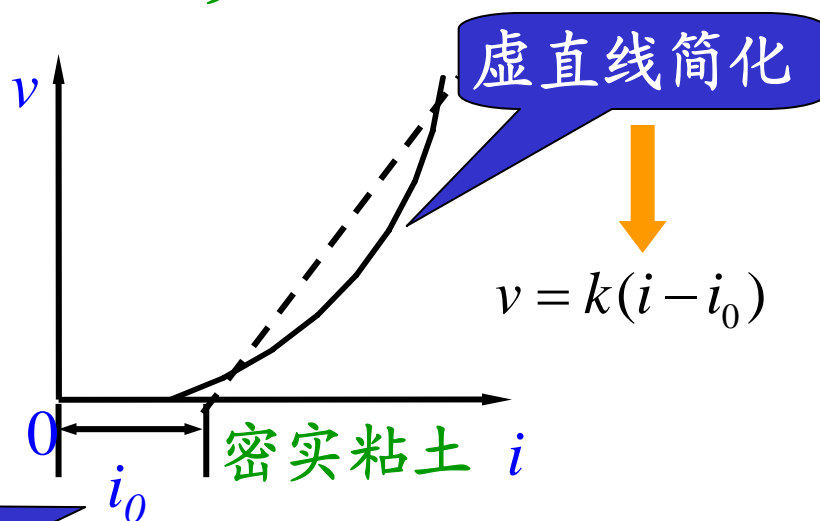
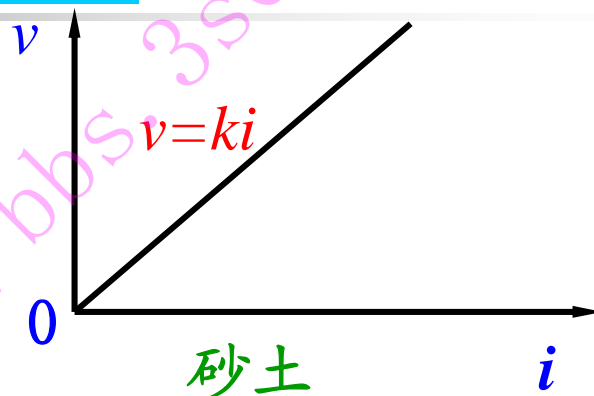
$$v = ki$$

讨论:

砂土的渗透速度与水力梯度呈线性关系

密实的粘土，需要克服结合水的粘滞阻力后才能发生渗透；同时渗透系数与水力坡降的规律还偏离达西定律而呈非线性关系

达西定律适用于层流，不适用于紊流



起始水力坡降

二、渗透变形

土工建筑物及地基由于渗流作用而出现的变形或破坏

基本类型

流土

管涌

流土：在渗流作用下一定体积的土体同时发生移动的现象。

一般发生在均质砂土层或粉土中，可使土体完全丧失强度。

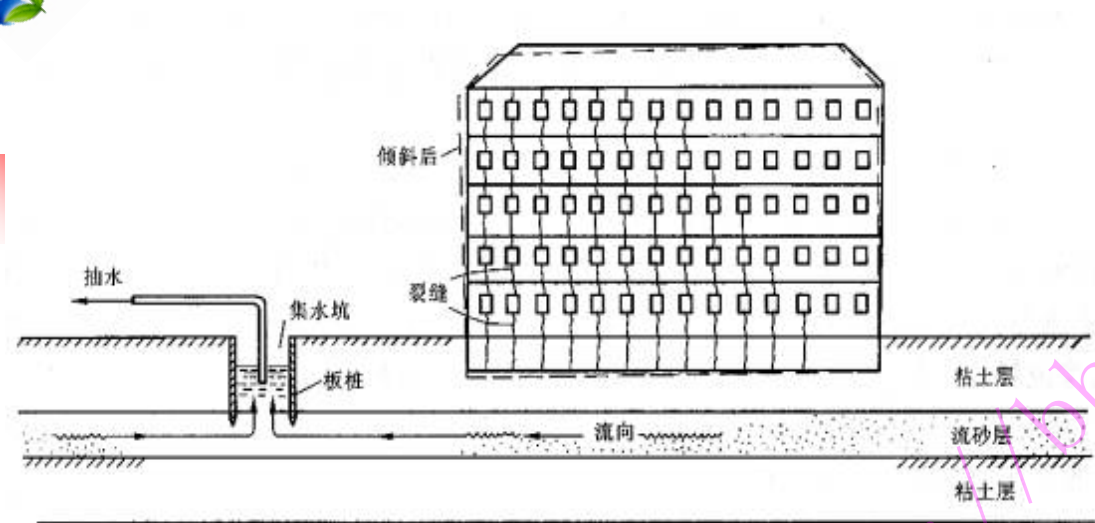


图 3-13 流砂涌向基坑引起房屋不均匀下沉

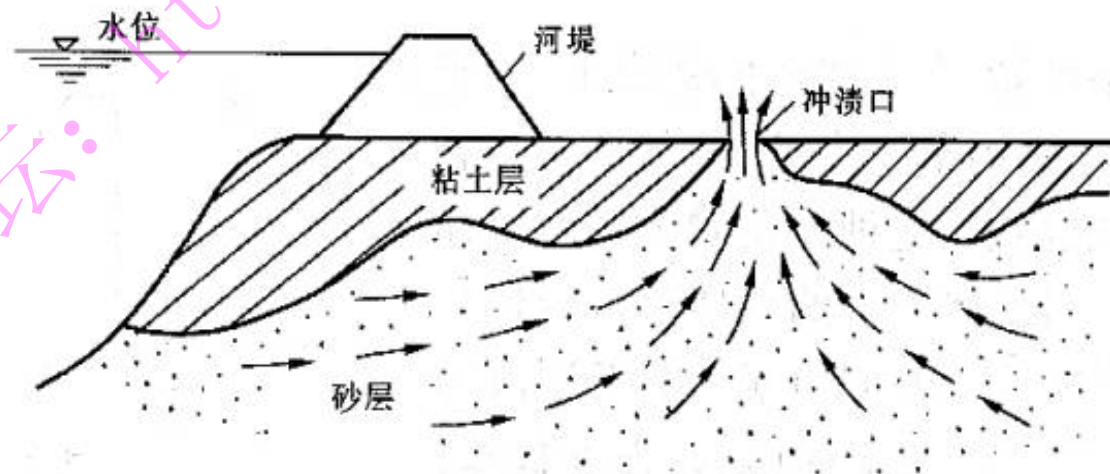
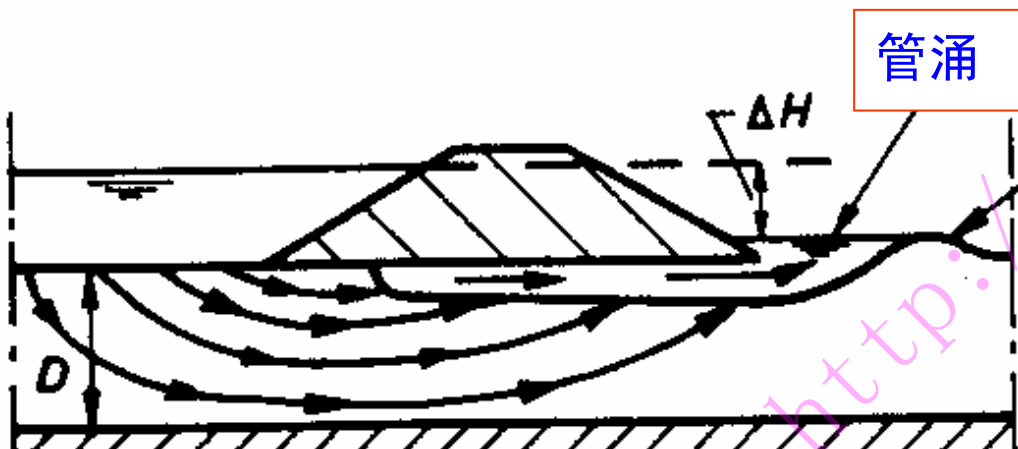


图 3-14 河堤下游覆盖层下流砂涌出的现象

管涌

在渗流作用下，一定级配的无粘性土中的细小颗粒，通过较大颗粒所形成的孔隙发生移动，最终在土中形成与地表贯通的管道。

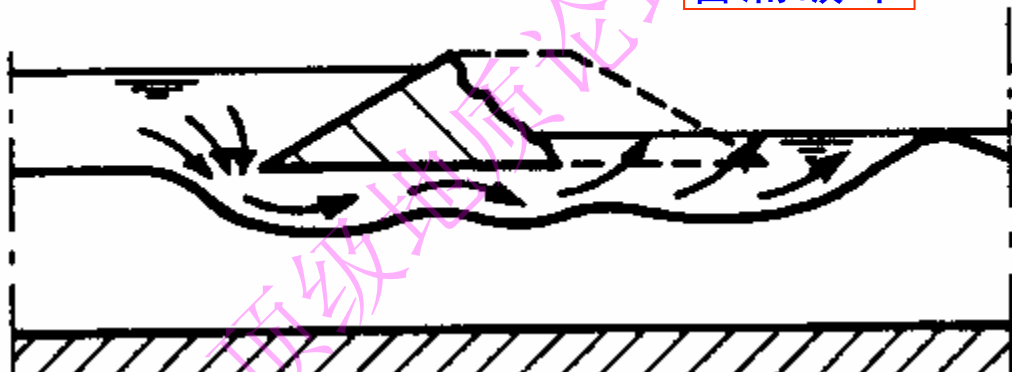


原因:

内因—— 有足够多的粗颗粒形成大于细粒直径的孔隙

外因—— 渗透力足够大

管涌破坏



机械潜蚀

化学潜蚀

流土与管涌的比较

流土

管涌

现象	土体局部范围的颗粒同时发生移动	土体内细颗粒通过粗粒形成的孔隙通道移动
位置	只发生在水流渗出的表层	可发生于土体内部和渗流溢出处
土类	只要渗透力足够大，可发生在任何土中	一般发生在特定级配的无粘性土或分散性粘土
历时	破坏过程短	破坏过程相对较长
后果	导致下游坡面产生局部滑动等	导致结构发生塌陷或溃口



基本条件

渗流的动水压力达到岩土的抗渗强度时，发生渗透变形。

动水压力（渗透力）：地下水在松散土体中渗流时，由于水质点之间以及水流与土颗粒之间摩擦力的作用，产生水头损失，此时每一个土颗粒在水头差作用下承受了来自水流的渗透力。

渗透力：

$$j = \gamma_w i$$

临界水力坡降：

$$i_{cr} = \frac{\gamma'}{\gamma_w}$$

流土

$$i < i_{cr}$$

土体处于稳定状态

$$i > i_{cr}$$

土体发生流土破坏

$$i = i_{cr}$$

土体处于临界状态

经验判断:

$$i \leq [i] = \frac{i_{cr}}{F_s}$$

$[i]$: 允许坡降

F_s : 安全系数1.5~2.0



土的抗渗强度：取决于岩土本身的结构。

结构特性包括：土中粗细颗粒直径比例、细粒物质的含量和土的级配特征、颗粒形状及排列方式等。

除上述基本条件外，宏观地质因素和工程因素也是决定渗透变形的两个因素。



一、渗流工程问题

(1) 地下水的浮托作用

地下水不仅对水位以下的土体产生静水压力和浮托力，并对建筑物基础产生浮托力

(2) 地下水的潜蚀作用

在施工降水等活动过程中产生水头差，在渗透力作用下，土颗粒受到冲刷，将细颗粒冲走，破坏土的结构。通常产生于粉细砂、粉土地层中

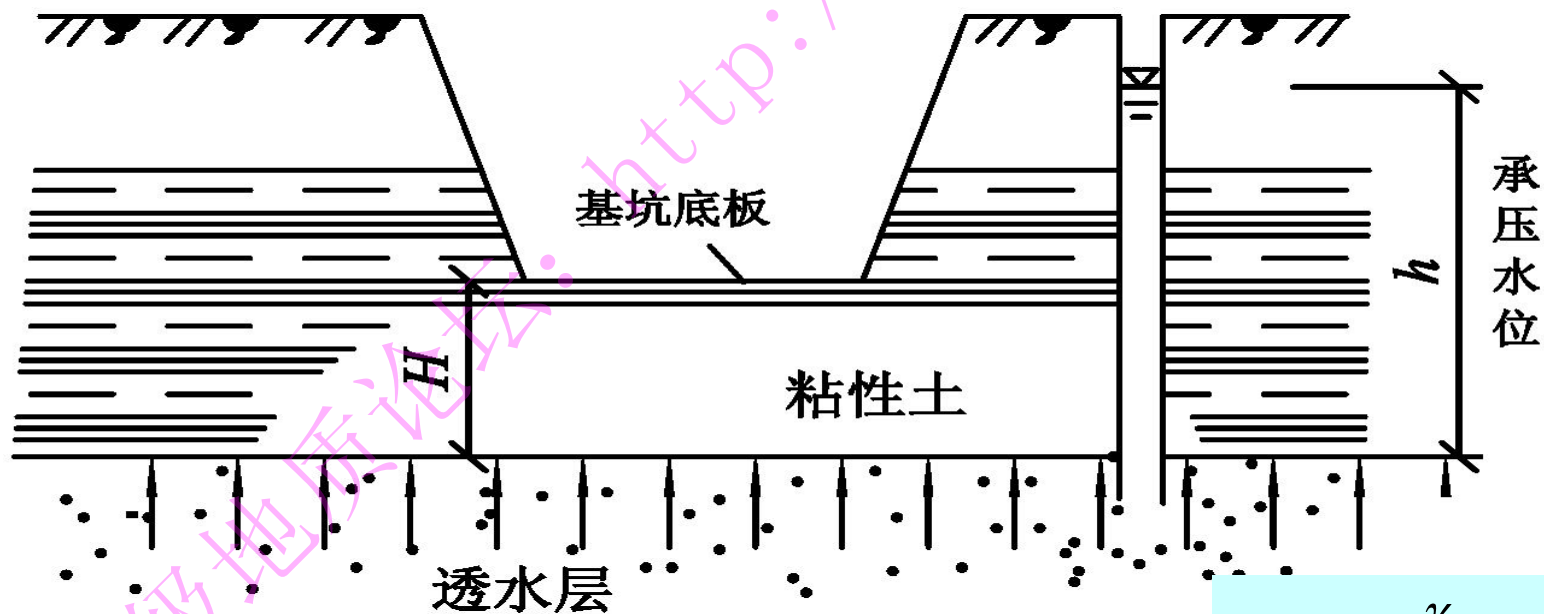
(3) 流砂

流砂在工程施工中能造成大量的土体流动，使地表塌陷或建筑物的地基破坏，给施工带来很大的困难，影响建筑工程的稳定。通常易在粉细砂和粉土地层中产生，在地下水位以下的基坑开挖、埋设地下管道、打井等工程活动中常出现



(4) 基坑突涌

当基坑下部有承压水层时，开挖基坑减小了底板隔水层的厚度，当隔水层较薄经受不住承压水头压力，承压水头压力就会冲毁基坑底板，这种现象称为**基坑突涌**



$$H > \frac{\gamma_w}{\gamma} h$$



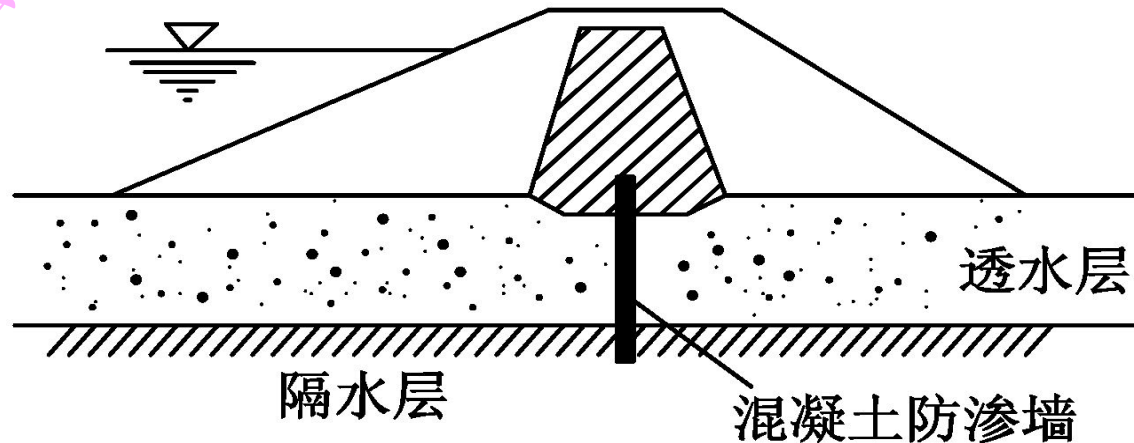
二、防渗处理措施

1. 水工建筑物渗流处理措施

水工建筑物的防渗工程措施一般以“**上堵下疏**”为原则，上游截渗、延长渗径，下游通畅渗透水流，减小渗透压力，防止渗透变形。

①垂直截渗

主要目的:延长渗径，降低上、下游的水力坡度，若垂直截渗能完全截断透水层，防渗效果更好。**垂直截渗墙、帷幕灌浆、板桩**等均属于垂直截渗。

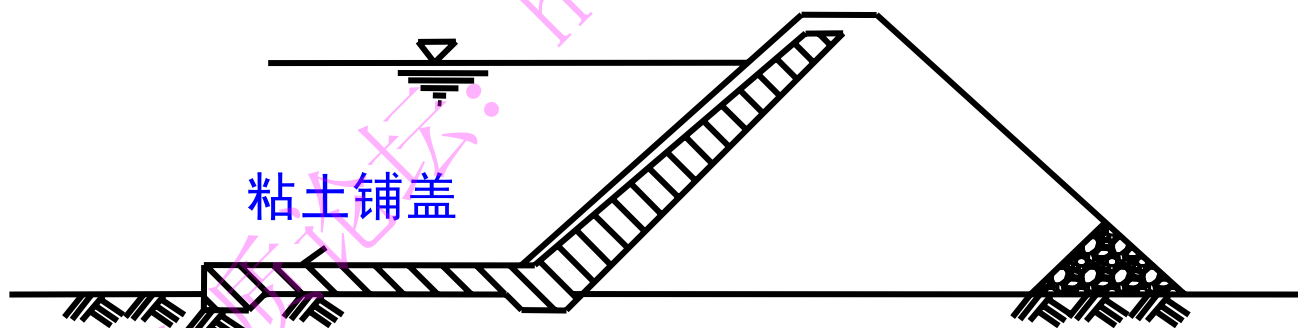




长江大堤灌浆

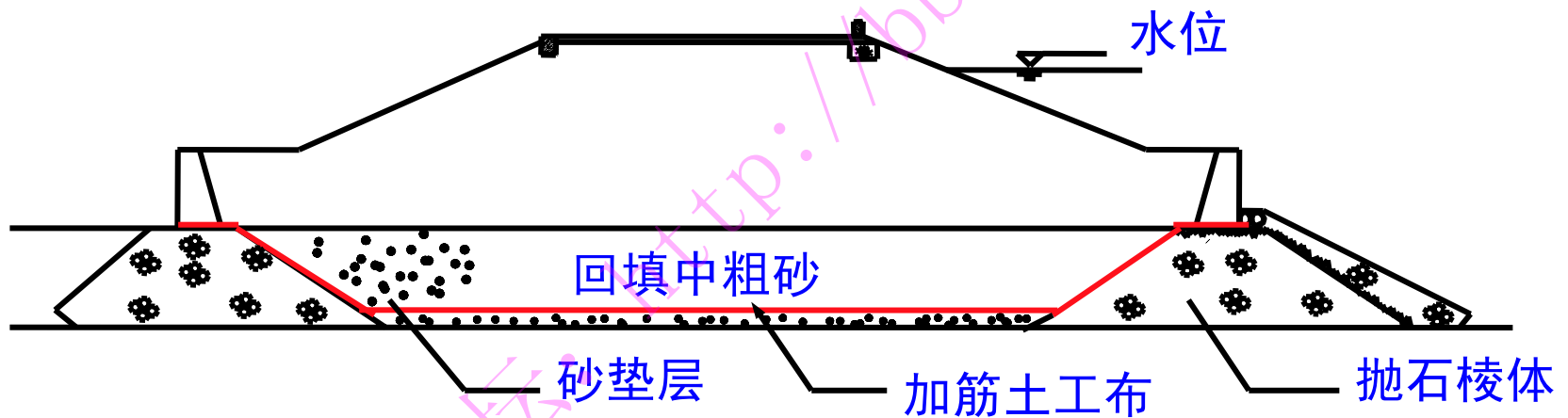
②设置水平铺盖

上游设置水平铺盖，与坝体防渗体连接，延长了水流渗透路径。



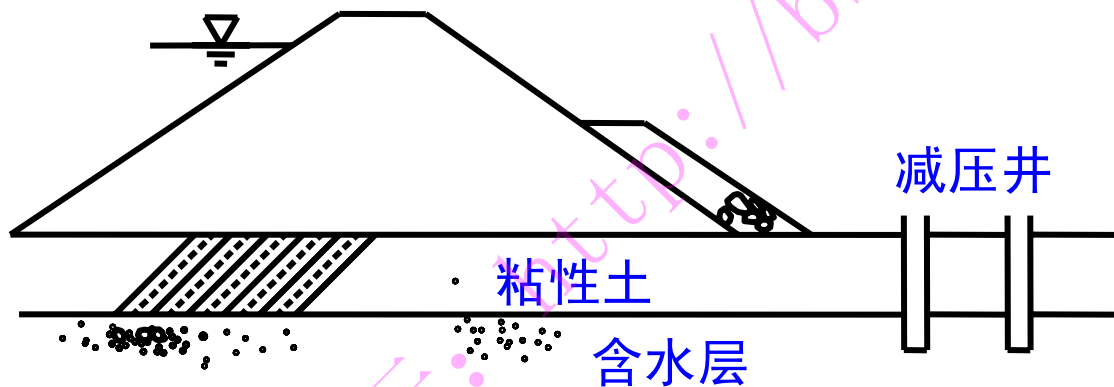


③设置反滤层



设置反滤层，既可通畅水流，又起到保护土体、防止细粒流失而产生渗透变形的作用。反滤层可由粒径不等的无粘性土组成，也可由土工布代替，上图为某河堤基础加筋土工布反滤层。

④排水减压



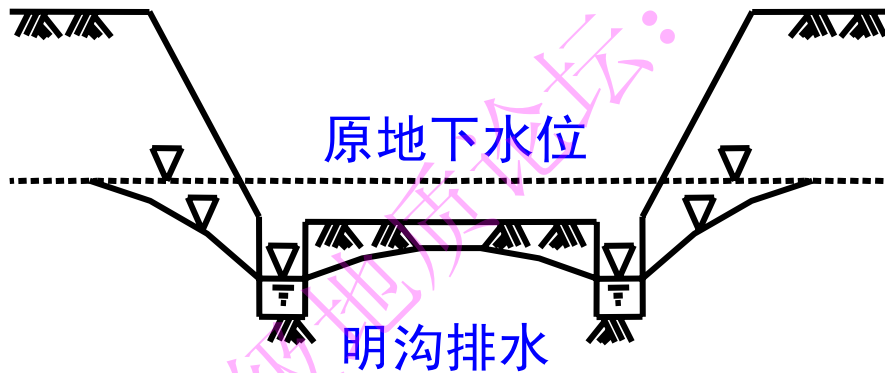
为减小下游渗透压力，在水工建筑物下游、基坑开挖时，设置减压井或深挖排水槽



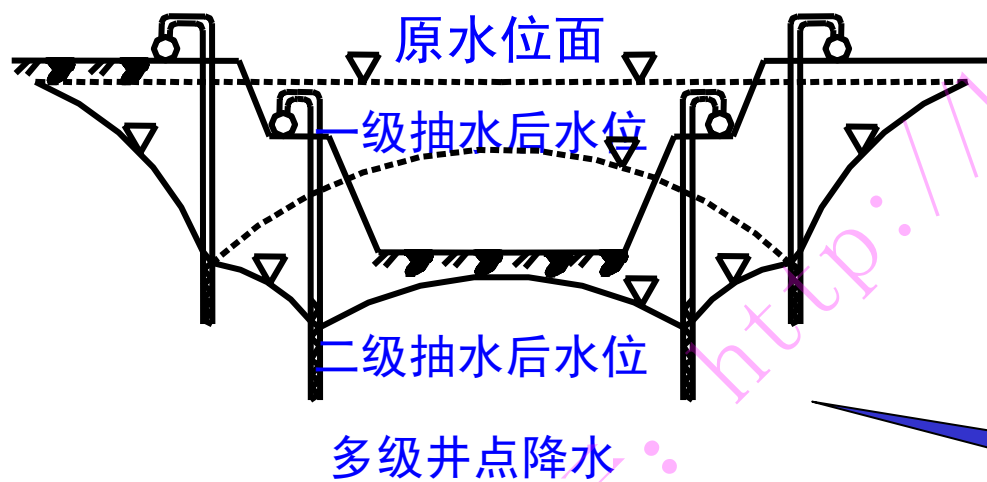
2. 基坑开挖防渗措施

①工程降水

采用明沟排水和井点降水的方法人工降低地下水位。



在基坑内（外）设置排水沟、集水井，用抽水设备将地下水从排水沟或集水井排出

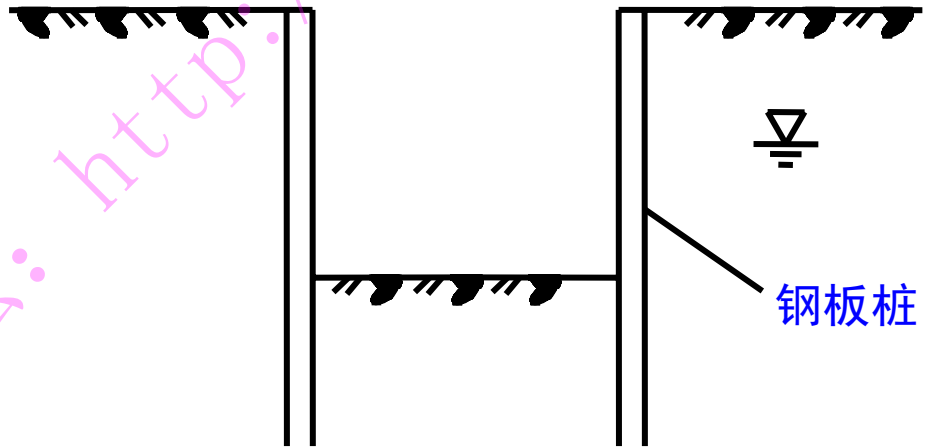


要求地下水位降得较深，采用井点降水。在基坑周围布置一排至几排井点，从井中抽水降低水位



②设置板桩

沿坑壁打入板桩，它一方面可以加固坑壁，同时增加了地下水的渗流路径，减小水力坡降。



③水下挖掘

在基坑或沉井中用机械在水下挖掘，避免因排水而造成流砂的水头差。为了增加砂的稳定性，也可向基坑中注水，并同时进行挖掘。

本章主要要求掌握

- 渗透、渗透性、渗透变形
- 达西定律
- 渗透变形的基本类型及特点
- 渗透变形产生的基本条件
- 渗透变形的工程问题与防治措施