

土压力计算与挡土墙设计

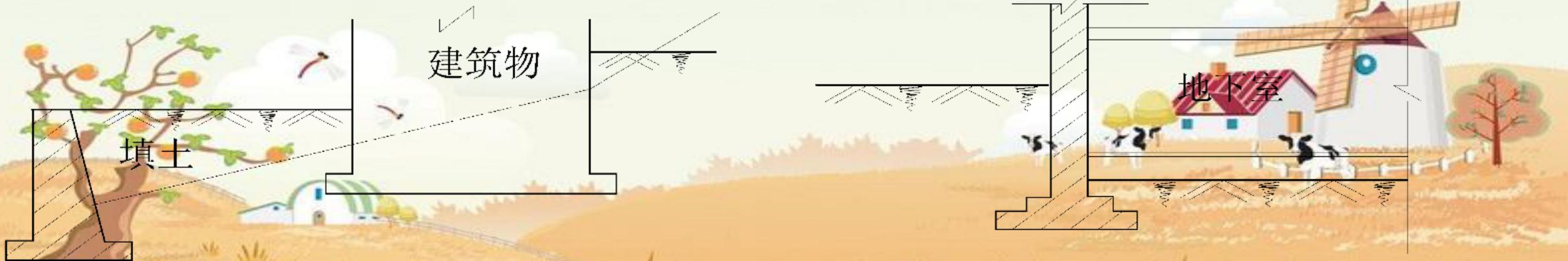
§ 1 概述

一、挡土墙

1. **定义**：为防止土体坍塌而建造的挡土结构物称为挡土墙。

2. **应用**：

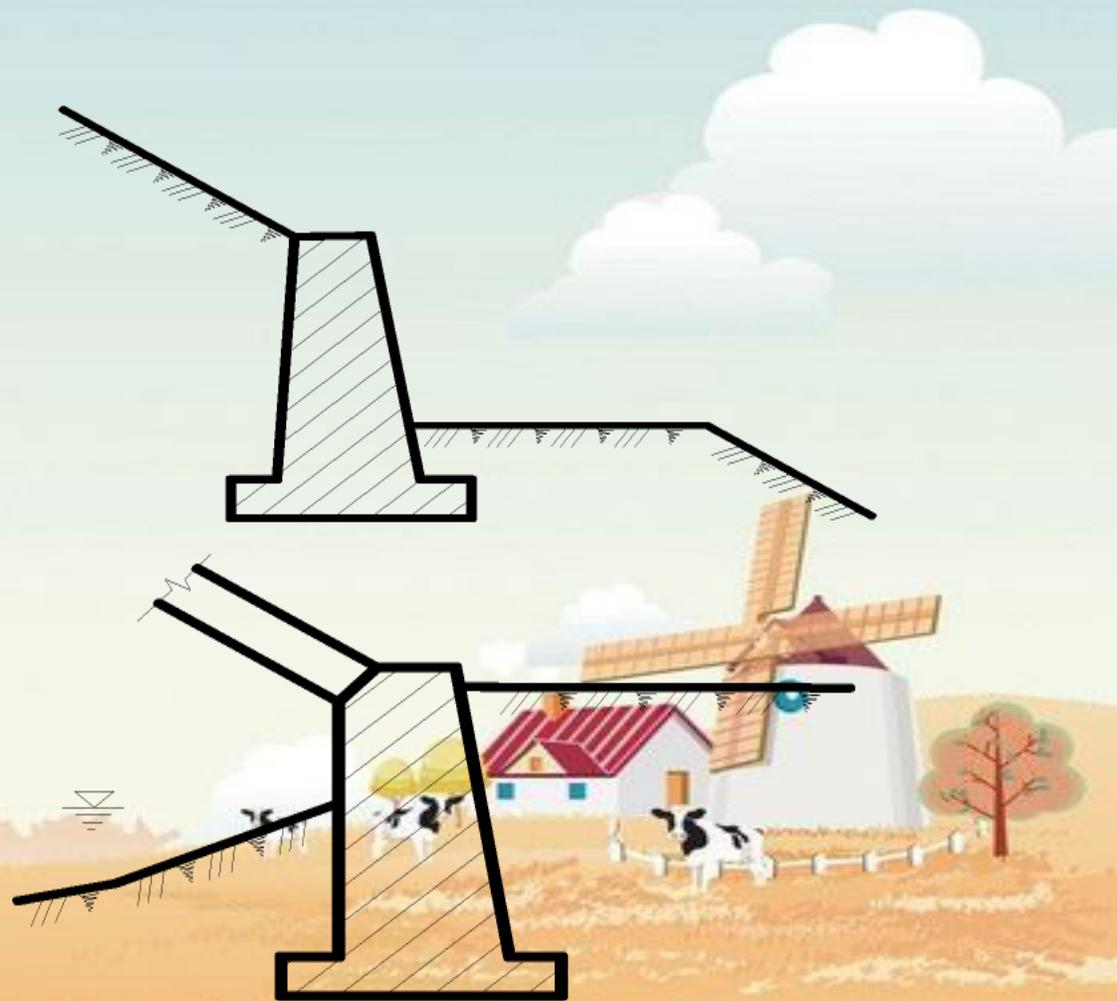
(1) 支挡建筑物周围填土的挡土墙



(2) 地下室的侧墙

(3) 堆放粒状材料的挡墙

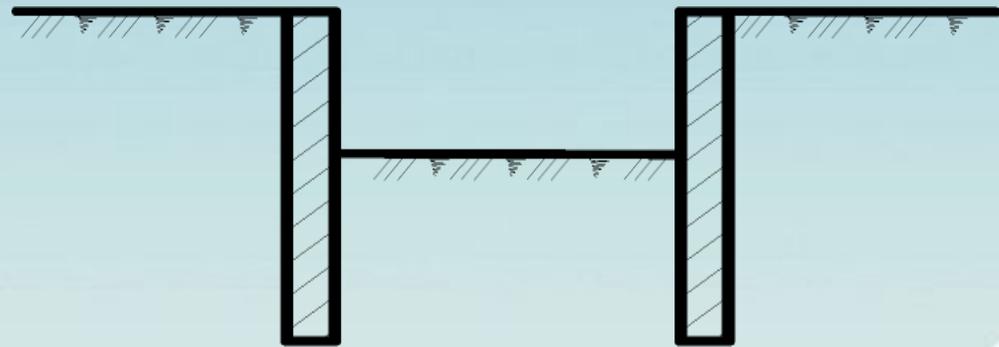
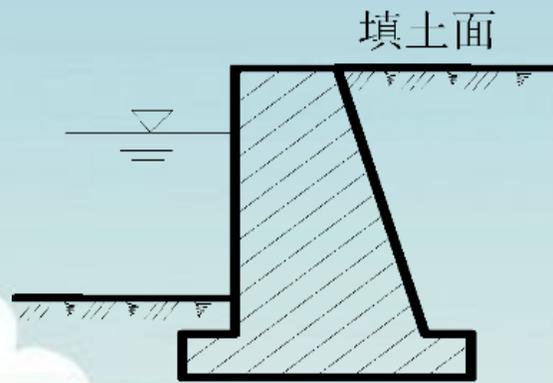
(4) 道路工程中的路堑挡土墙或路堤挡土墙



(5) 桥台

(6) 码头

(7) 基坑支护等



二、土压力

1. **定义**：墙后填土对墙背产生的侧压力。

- 土压力是挡土墙的主要外荷载。因此，在设计挡土墙的结构形式及尺寸时，首先必须确定土压力的分布规律、土压力合力的大小、方向及作用点。

2. 影响土压力的因素

- (1) 填土的类型，包括：①填土的重度；②含水量；③内摩擦角和粘聚力；④填土表面的形状（水平、向上倾斜或向下倾斜）等。

(2) 挡土墙的类型，墙背的光滑程度和结构形式。

(3) 挡土墙的位移方向和位移量

- 上述各因素中，以挡土墙的位移方向和位移量为主要影响因素。

3. 土压力的种类

(1) 静止土压力：挡土

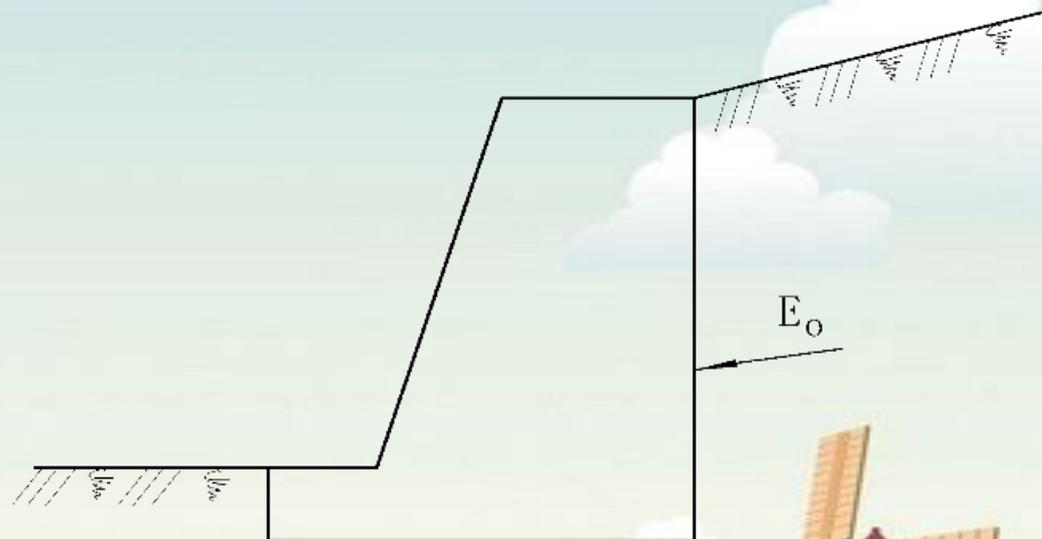
墙在土压力作用下不发生

任何位移或转动，墙后土

体处于弹性平衡状态，这

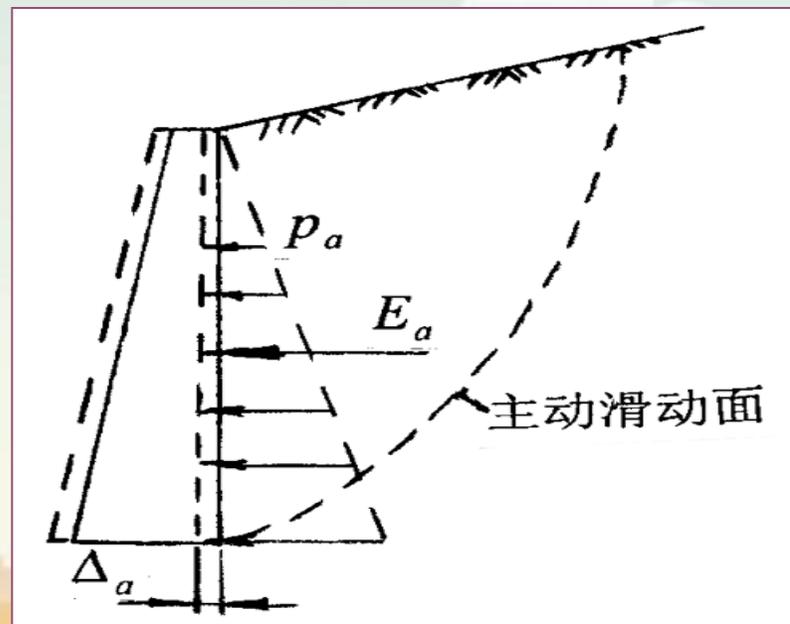
时作用在墙背的土压力称为静止土压力。作用在单位长度挡土墙

上静止土压力的合力用 E_0 (kN/m) 表示，静止土压力强度用 p_0 (kPa) 表示，如上图所示。



(2) 主动土压力：若挡土墙在土压力作用下向前移动或转动，这时作用在墙后的土压力将逐渐减小，当墙后土体达到极限平衡状态，并出现连续滑动面而使得土体下滑时，土压力减至最小值，此时的土压力称为主动土压力。主动土压力的合力用 E_a (kN/m) 表示，主动土压力强度用 p_a (kPa) 表示，如下图所示

(3) 被动土压力：若挡土墙在外荷载作用下，向填土方向移动或转动，这时作用在墙后的土压力将逐渐增大，直至墙后土体达到极限平衡状态，并出现连续滑动面，墙后土体将向上挤出隆起，土压力增至最大值，此时的土压力称为被动土压力。

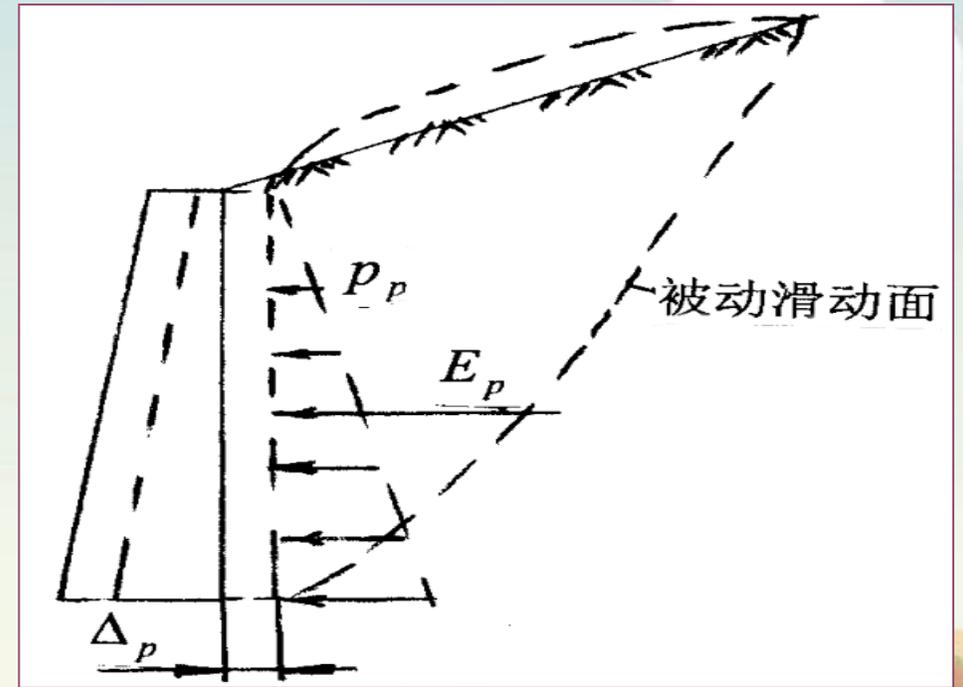


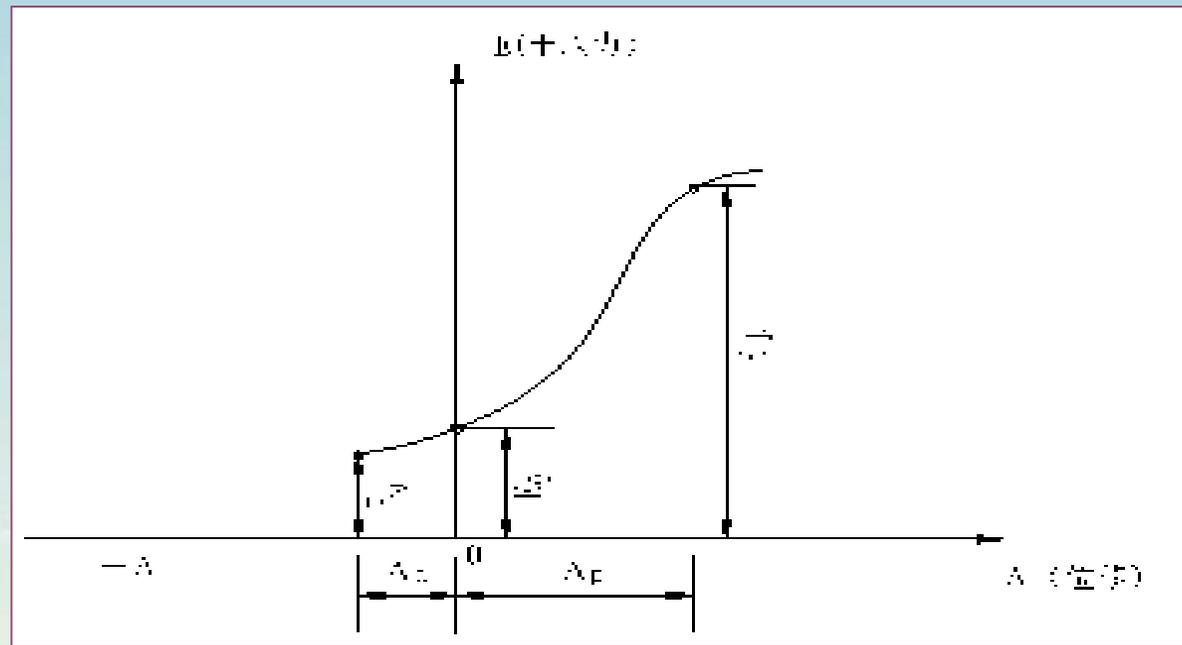
- 被动土压力的合力用 E_p (kN/m) 表示，被动土压力强度用 p_p (kPa) 表示，如下图所示。

- 实验研究表明，三种土压力有如下关系：

- $$E_a < E_0 < E_p$$

- 土压力大小及分布除与挡土墙的位移方向有关外，还与挡土墙的位移大小有关。下图给出了土压力与挡土墙水平位移之间的关系。可以看出，产生被动土压力所需位移 Δ_p 远大于产生主动土压力所需位移 Δ_a 。





§2 静止土压力的计算

一、假设

- (1) 墙背直立、光滑；
- (2) 墙后填土面水平；
- (3) 土体为均质各向同性体。

二、计算公式



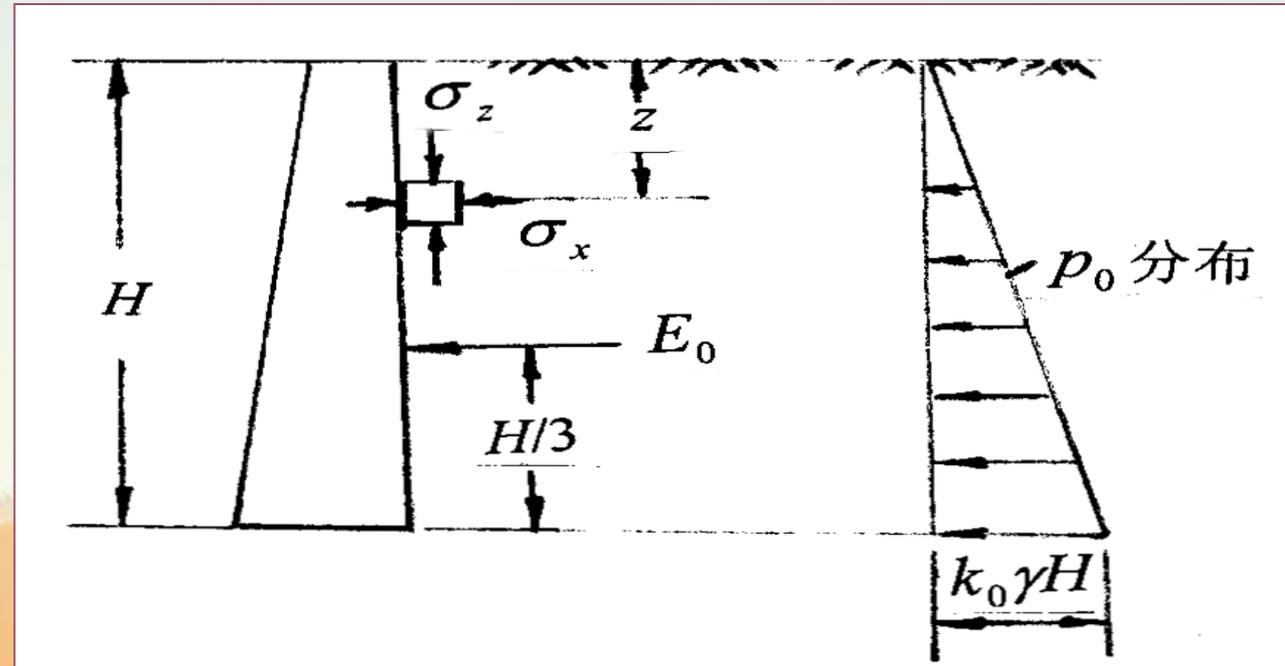
二、计算公式

- 假设挡土墙静止不动，在墙后土体中深度 z 处任取一单元体，若土的重力密度为 γ ，则： $\sigma_z = \gamma z$ ； $\sigma_x = k_0 \gamma z$ 。如下图所示。

- 根据静止土压力的定义，

则静止土压力强度为：

- $P_0 = \sigma_x = k_0 \gamma z$



- 由上式可见，静止土压力强度沿墙呈三角形分布，则作用在单位墙长的静止土压力为：

$$E_0 = \frac{1}{2} k_0 \gamma H \cdot H \times 1 = \frac{1}{2} \gamma H^2 k_0$$

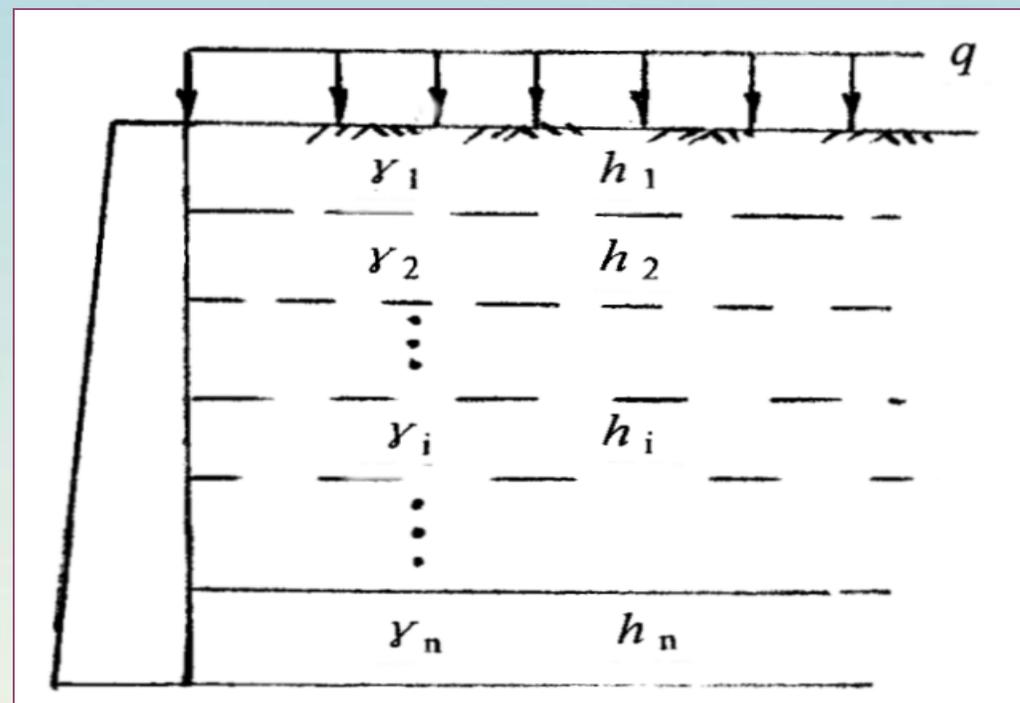
- 式中： p_0 ---静止土压力强度，kPa；
- E_0 ---作用在单位墙长上的静止土压力,kN/m；
- H ---挡土墙高度,m；
- γ ---填土的重度，kN/m³；
- k_0 ---静止土压力系数
 - ①参见表6 - 1；
 - ②通过侧限压缩试验测定；
 - ③自钻式旁压仪在现场实测；
 - ④正常固结土，经验公式 $k_0 = 1 - \sin \varphi'$ （ φ' 为土的有效内摩擦角）。

三、成层土且有超载

对于成层土且有超载的情况，第n层土底面处静止土压力分布大小可按下式计算，即

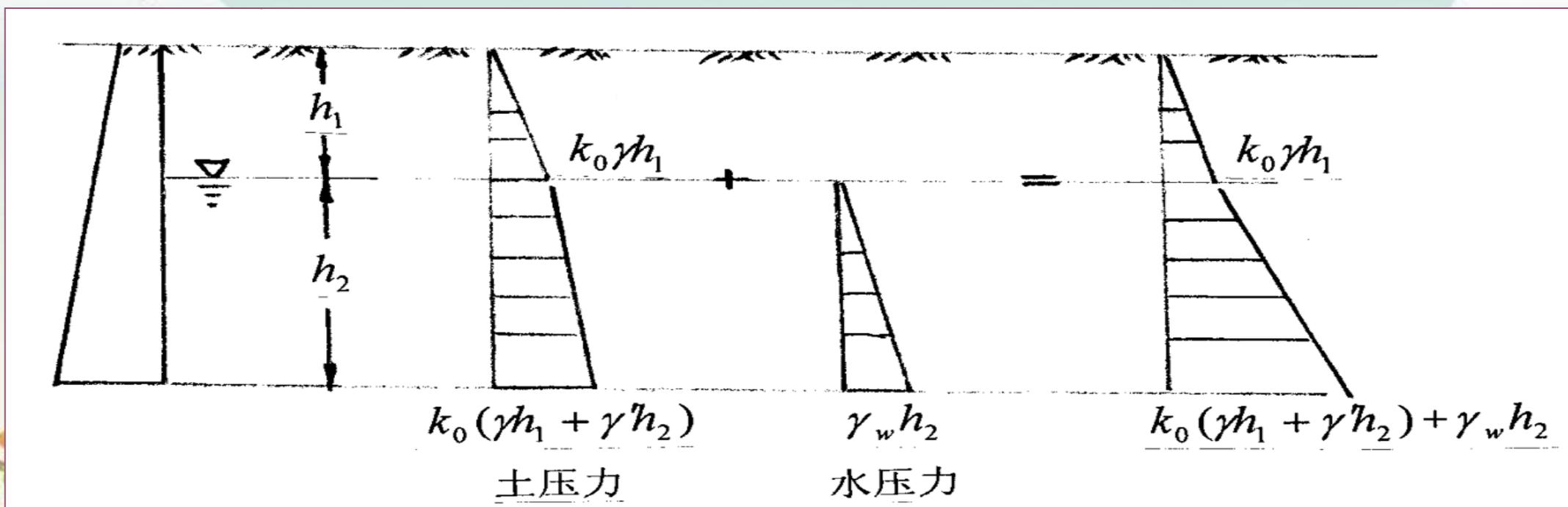
$$p_{0n} = K_{0n} \left(\sum_{j=1}^n \gamma_j h_j + q \right)$$

- 式中： γ_i ——第i层土的重度， kN/m^3 ；
- h_i ——第i层土的厚度， m ；
- K_{0n} ——第n层土的静止土压力系数；
- q ——填土面上的均布荷载， kPa 。

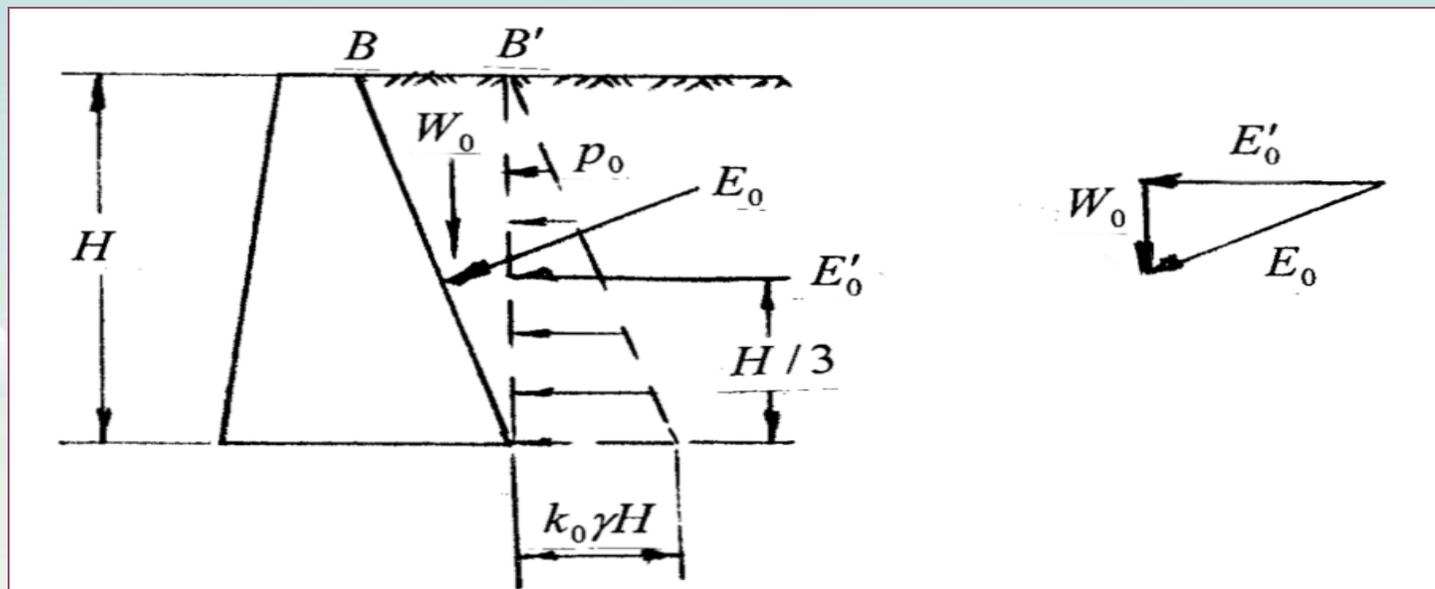


四、墙后有地下水时

- 若墙后有地下水时，水下应取浮重度，同时应考虑静水压力，如下图所示。



• 五、墙背倾斜时



$$E_0 = \sqrt{E_0'^2 + W_0^2} = \sqrt{\left(\frac{1}{2} k_0 \gamma H^2\right)^2 + W_0^2}$$

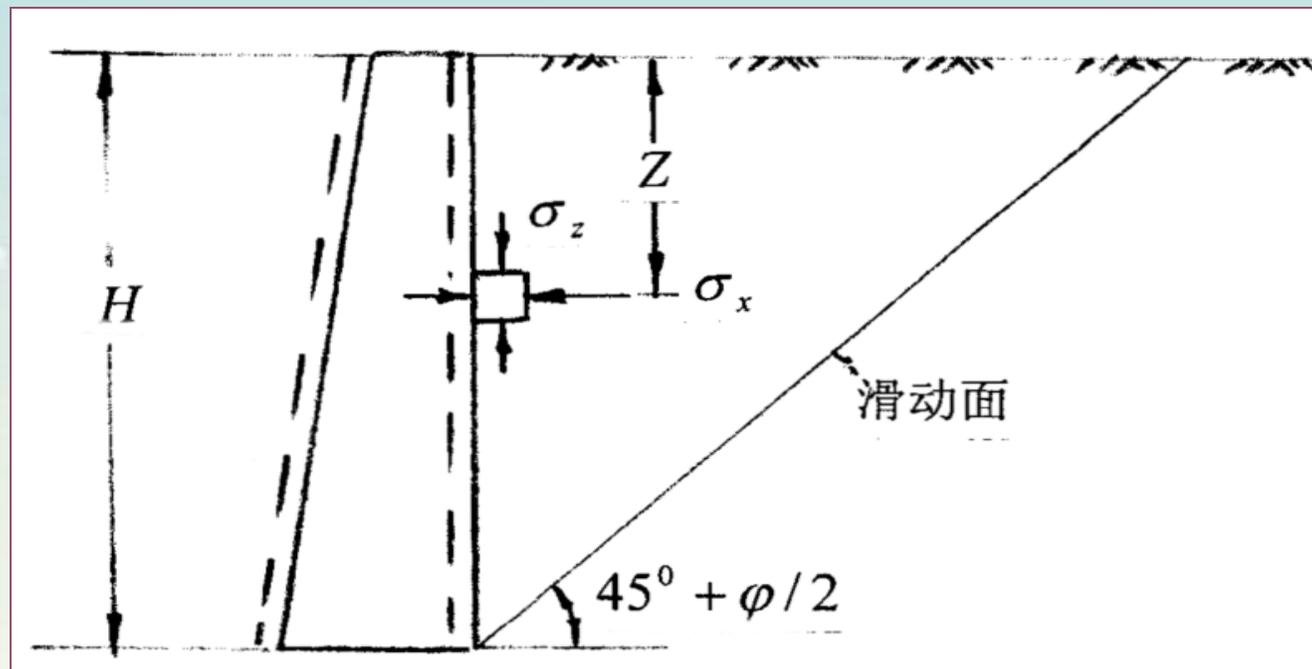
• 式中： W_0 ——楔体 ABB' 的自重。

§3 朗肯土压力理论

一、基本概念

1. 假设

- (1) 墙背直立、光滑；
- (2) 墙后填土面水平；
- (3) 土体为均质各向同性体。



2. 主动朗肯状态

- 如上图所示，在墙后土体中深度 z 处任取一单元体，当挡土墙静止不动时，则两个主应力分别为：

$$\begin{cases} \sigma_1 = \sigma_z = \gamma z \\ \sigma_3 = \sigma_x = k_0 \gamma z \end{cases}$$

- 当挡土墙离开填土向前发生微小的转动或位移时， $\sigma_1 = \sigma_z = \gamma z$ 不变， $\sigma_3 = \sigma_x$ 而却不断减少，相应的莫尔圆也在逐步扩大。当位移量达到一定值时， σ_3 减少到 σ_{3f} ，由 σ_{3f} 与 $\sigma_1 = \gamma z$ 构成的应力圆与抗剪强度曲线相切，如图 II 所示，称为主动极限应力圆。此时，土中各点均处于极限平衡状态，达到最低值的小主应力 σ_{3f} 称为朗肯主动土压力 p_a （即 $p_a = \sigma_{3f}$ ）。与此同时，土体中存在过墙踵的滑动面（剪切破坏面），滑动面与大主应力作用平面（水平面）的夹角为 $45^\circ + \phi/2$ 。



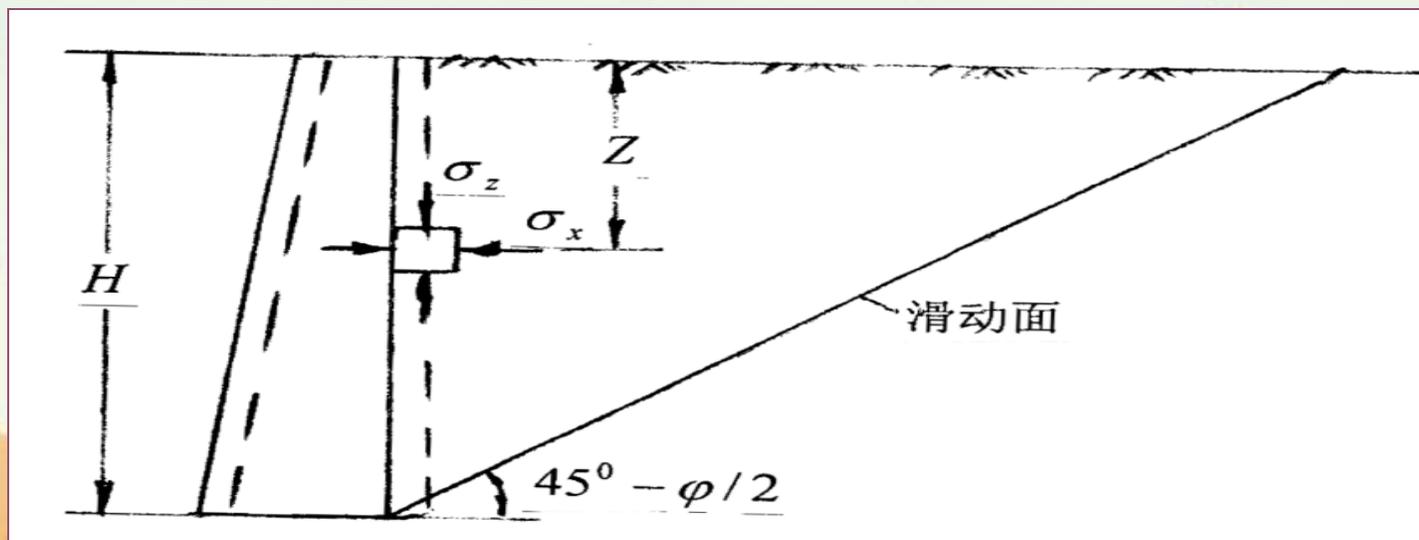
3. 被动朗肯状态

- 当挡土墙在外力作用下推向土体时， σ_x 不断增加，直至超过 σ_z 而变成大主应力，而 $\sigma_z = \gamma z$ 变为小主应力，且始终保持不变。当 σ_x 增大到 σ_{1f} ，由 σ_{1f} 和 $\sigma_z = \gamma z$ 构成的应力圆与抗剪强度曲线相切。

- 如图 II（下图）所示，称为被动极限应力圆。此时，土体处于被动极限平衡状态，称为被动朗肯状态。最大值 σ_{1f} 称为朗

肯被动土压力 p_p （即 $p_p = \sigma_{1f}$ ），此时土体中存在过墙踵

的滑动面，与最大主应力作用面（竖直面）的夹角为 $45^\circ + \phi/2$ ，则与水平面的夹角为 $45^\circ - \phi/2$ 。



二、朗肯主动土压力计算公式

- 以前，我们推出土的极限平衡条件为：

$$\sigma_1 = \sigma_3 \tan^2\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right) + 2c \tan\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right)$$

$$\text{或： } \sigma_3 = \sigma_1 \tan^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) - 2c \tan\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right)$$

- 当墙后土处于主动朗肯状态时，朗肯主动土压力强度为小主应力，而为大主应力。

则有：

$$p_a = \gamma z \tan^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) - 2c \tan\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right)$$

- 令， $K_a = \tan^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right)$ 为朗肯主动土压力系数，则：

$$p_a = \gamma z K_a - 2c \sqrt{K_a}$$

- 式中： p_a -----朗肯主动土压力强度， kp_a ；
- γ ----- 填土的重度， kn/m^3 ；
- Z -----计算点距填土表面的深度， m
- C -----填土的粘聚力， kp_a ；
- ϕ -----填土的内摩擦角，度；
- k_a -----朗肯主动土压力系数，

$$k_a = \tan^2\left(45^\circ - \frac{\phi}{2}\right)$$



1.无粘性土的主动土压力

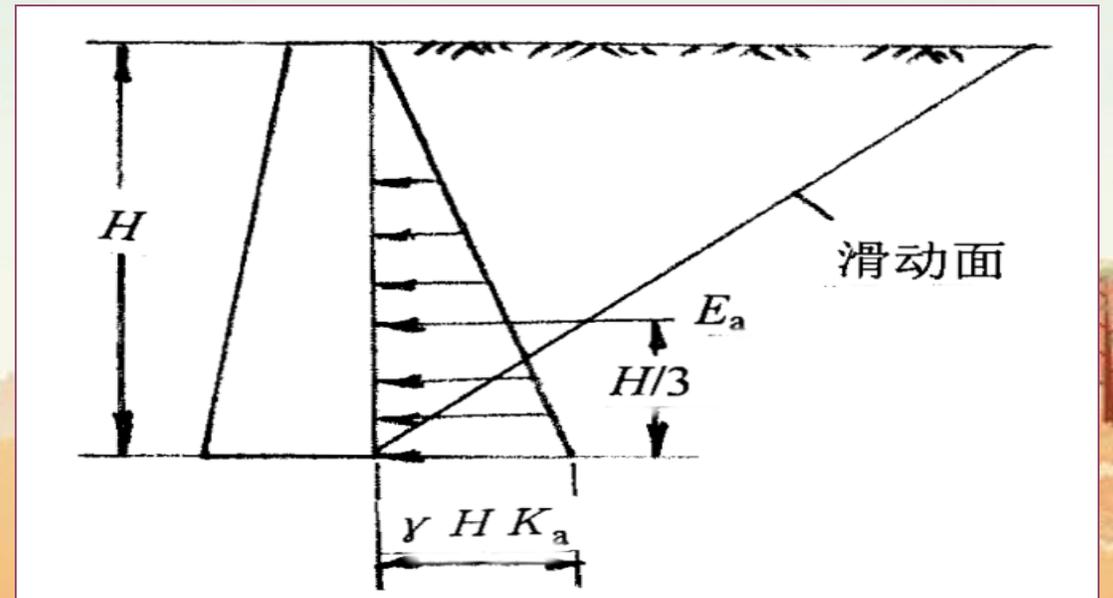
- 对于无粘性土， $c=0$ ，则主动土压力强度

$$p_a = \gamma z k_a$$

- 由上式可见，主动土压力强度与深度成正比，沿墙高呈三角形分布，如下图所示。
- 则单位墙长上的主动土压力为：

$$E_A = \frac{1}{2} \gamma H^2 k_a$$

- E_a 作用方向垂直于墙背，作用点 $H/3$ 在处。



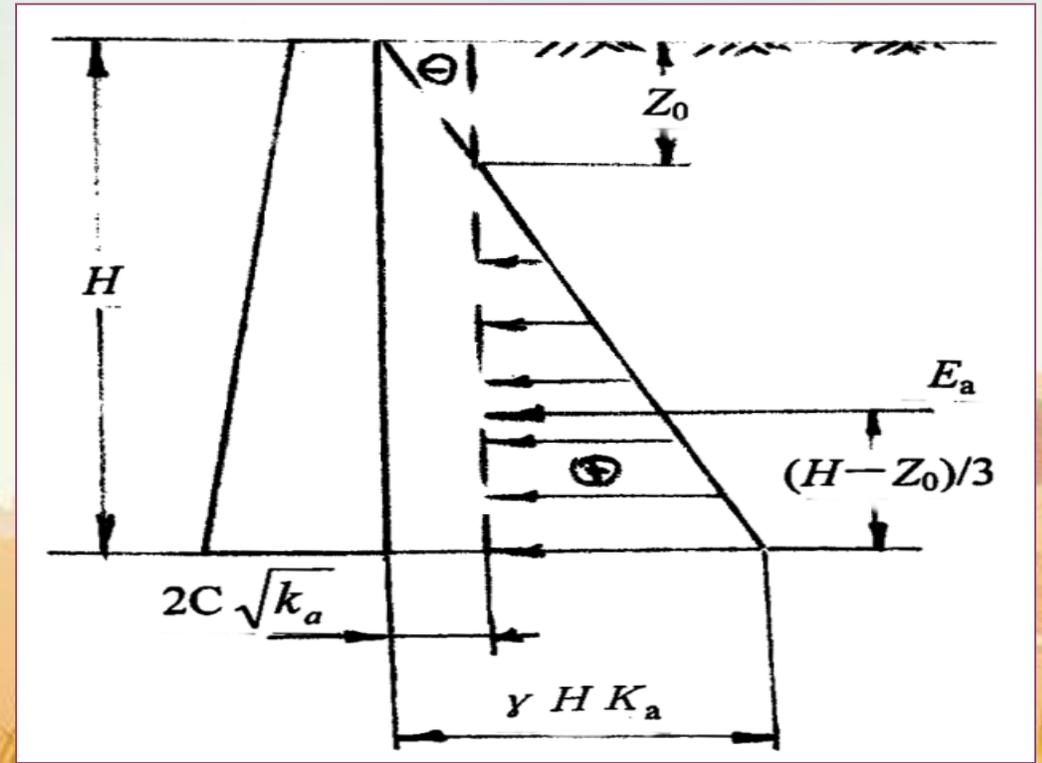
2. 粘性土的主动土压力

- 对于粘性土， $c \neq 0$ ，则主动土压力为：

$$p_a = \gamma z k_a - 2c \sqrt{k_a}$$

- 由正负两部分叠加而成，一部分是由土自重引起的土压力 $\gamma z k_a$ ，为正值，另一部分是由于粘性土内聚力的存在而引起的负侧压力
- 起的结果如下图所示。

二部
 $2c \sqrt{k_a}$



- 深度 z_0 称为开裂深度(临界深度)，此处的主动土压力强度为零，即：

$$\gamma z_0 k_a - 2c \sqrt{k_a} = 0$$
$$\therefore z_0 = \frac{2c}{\gamma \sqrt{k_a}}$$

- 单位墙长上的主动土压力为：

$$E_A = \frac{1}{2} (\gamma H k_a - 2c \sqrt{k_a}) (H - z_0)$$
$$= \frac{1}{2} \gamma H^2 k_a - 2cH \sqrt{k_a} + \frac{2c^2}{\gamma} \text{ (kN/m}^3\text{)}$$

- 主动土压力 E_a 垂直于墙背，作用点在 $(H-h_0)/3$ 处。

三、朗肯被动土压力计算公式

- 当挡土墙在外力作用下推向土体，并达到极限平衡状态时，称为被动朗肯状态。此时，被动土压力强度 p_p 是大主应力，而 $\sigma_x = \gamma z$ 是小主应力，则根据极限平衡条件有：

$$p_p = \gamma z \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) + 2c \operatorname{tg} \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right)$$

- 令 k_p 称为朗肯被动土压力系数。

$$k_p = \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right)$$

- 则有：

$$p_p = \gamma z k_p + 2c \sqrt{k_p}$$

1. 无粘性土的被动土压力

- 对于无粘性土， $C=0$ ，则被动土压力强度为：

$$P_p = \gamma z k_p$$

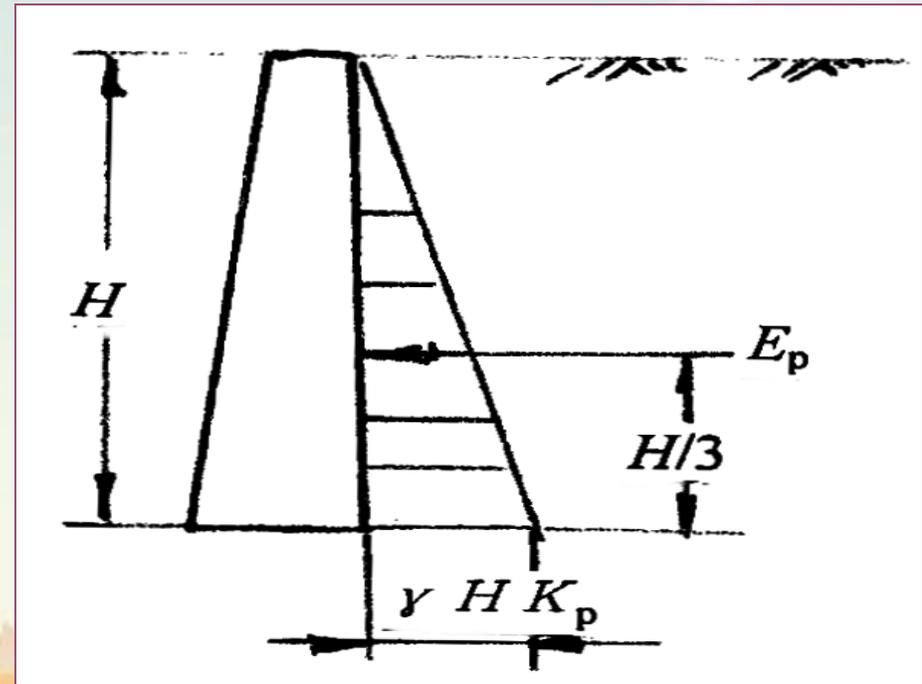
- 被动土压力强度与 z 成正比，沿墙高呈三角形分布，如下图所示。

- 则单位墙长上的被动土

- 压力为：

$$E_p = \frac{1}{2} \gamma H^2 k_p$$

- 其作用方向垂直于墙背，作用点在离墙底 $H/3$ 处。



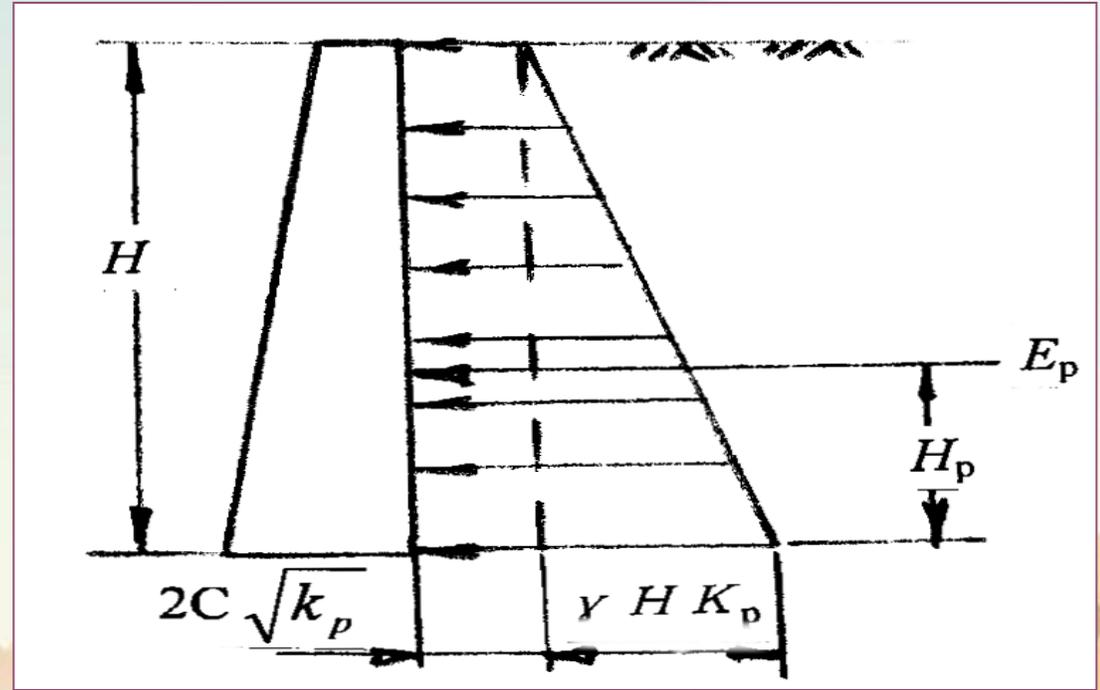
2.粘性土被动土压力的计算

- 对于粘性土， $c \neq 0$ ，则被动土压力强度为：

$$p_p = \gamma z k_p + 2c \sqrt{k_p}$$

- 由两部分叠加而成，
如上图所示，则单位
墙长上的被土压力为：

$$\begin{aligned} E_p &= \frac{1}{2} \gamma H k_p \cdot H + 2c \sqrt{k_p} \cdot H \\ &= \frac{1}{2} \gamma H^2 k_p + 2c H \sqrt{k_p} \end{aligned}$$



- 的作用方向垂直于墙背，其作用点通过梯形的形心，距墙底的高度可用下式计算：

$$H_p = \frac{\left(\frac{1}{2} \gamma H^2 k_p \cdot \frac{H}{3} + 2cH \sqrt{k_p} \cdot \frac{H}{2} \right)}{E_p}$$



四、几种情况下朗肯土压力计算

(一) 填土面有超载

- 当填土面有均布荷载作用时，如下图所示。通常将均布荷载换算成当量土重，即用假想的土重代替均布荷载，则当量土层厚度为：

- $$h=q/r$$

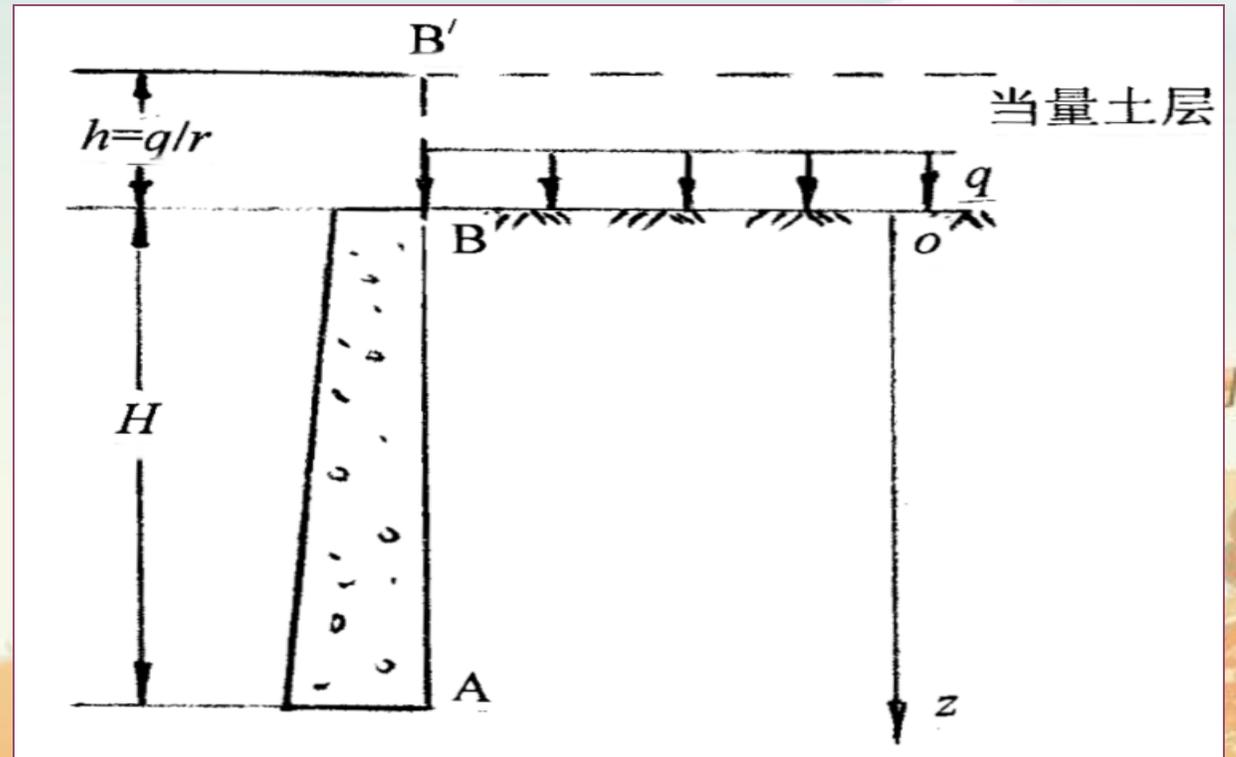
- 式中

- h ——当量土层厚，m；

- q ——填土面上的

- 均布荷载；

- γ ——填土重度。



- 将均布荷载用当量土层代替，并以AB'为假想墙背，分别计算主动土压力和被动土压力。

1. 主动土压力的计算

- 主动土压力强度为：

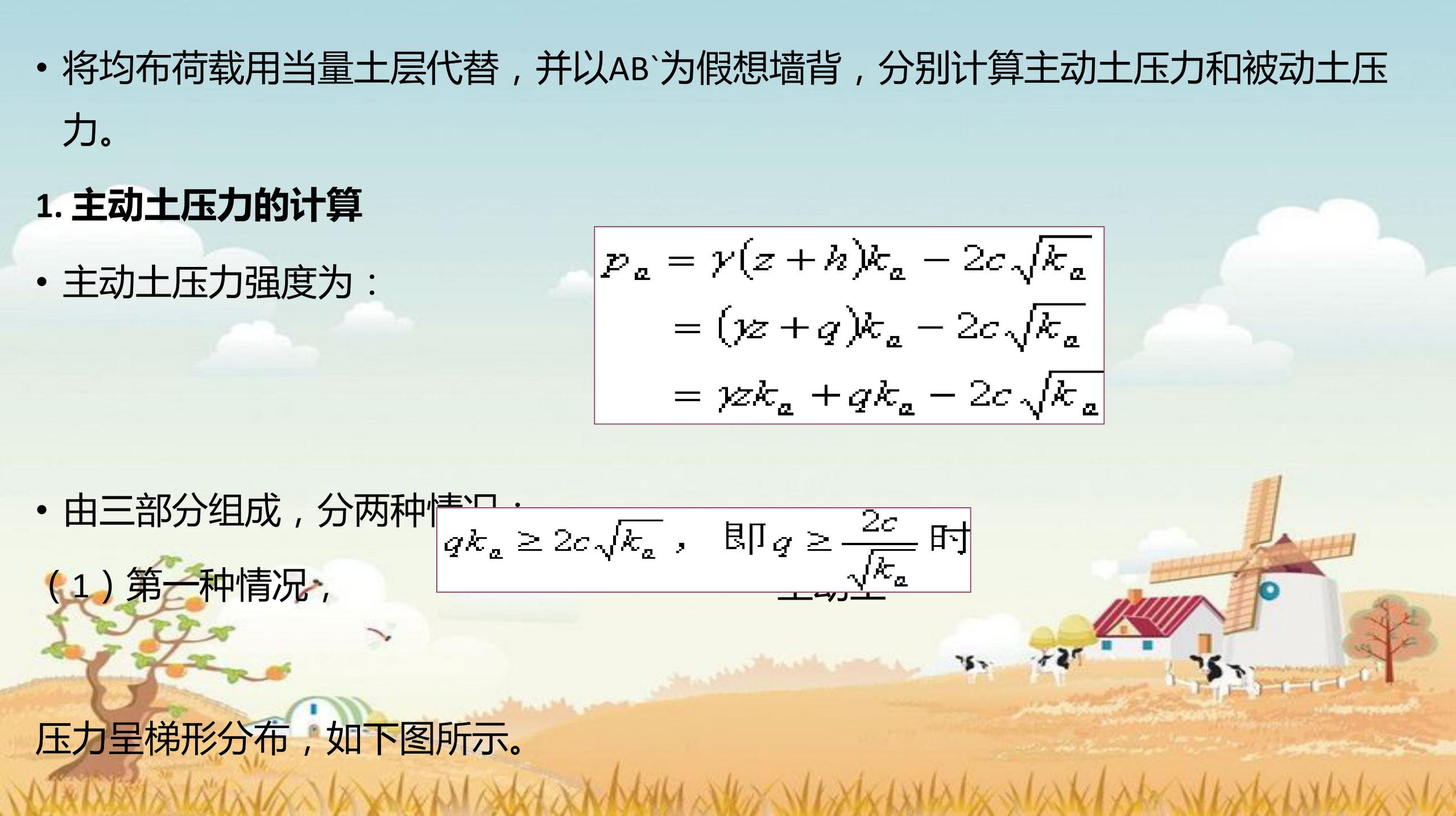
$$\begin{aligned} p_a &= \gamma(z+h)k_a - 2c\sqrt{k_a} \\ &= (\gamma z + q)k_a - 2c\sqrt{k_a} \\ &= \gamma z k_a + q k_a - 2c\sqrt{k_a} \end{aligned}$$

- 由三部分组成，分两种情况。

$$q k_a \geq 2c\sqrt{k_a}, \quad \text{即 } q \geq \frac{2c}{\sqrt{k_a}} \text{ 时}$$

(1) 第一种情况，

压力呈梯形分布，如下图所示。



- 则单位墙长的主动土
- 压力为：

$$E_A = \frac{1}{2} \gamma H^2 k_a + (q k_a - 2c \sqrt{k_a}) H$$

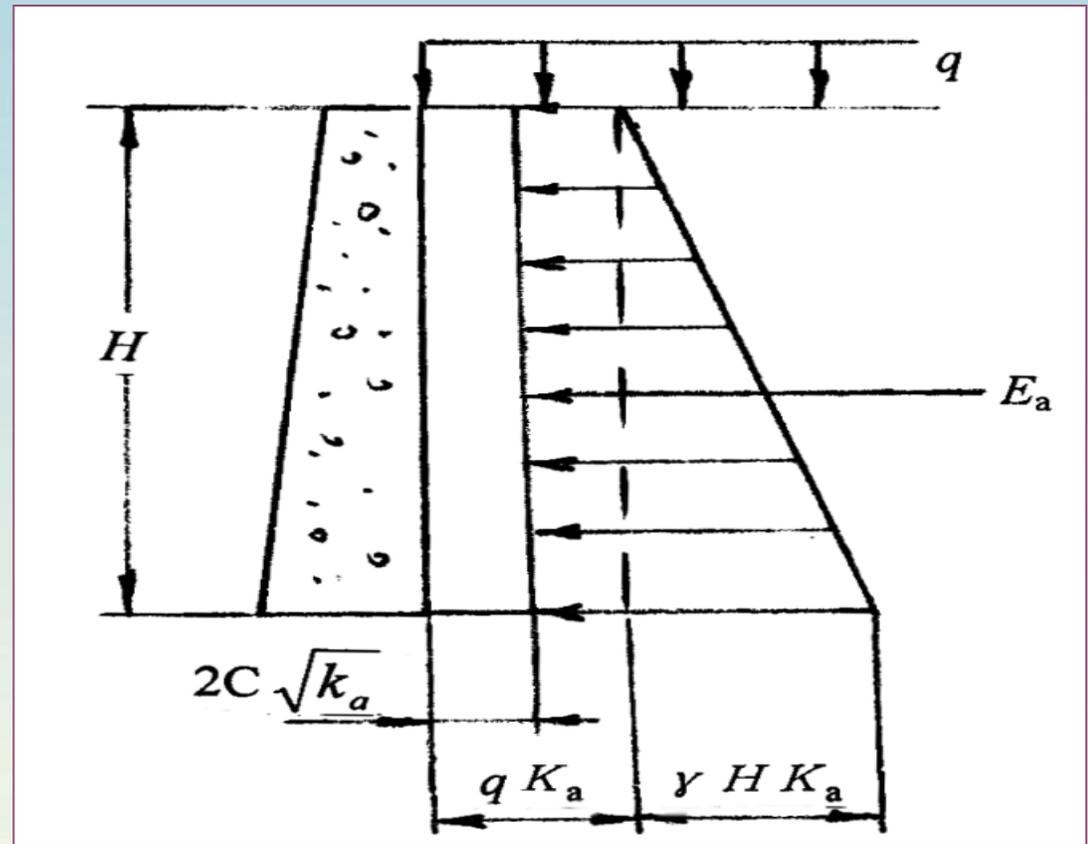
- 其作用方向垂直于墙背，
- 作用点通过梯形的形心。

$$q k_a < 2c \sqrt{k_a}, \quad \text{即 } q < \frac{2c}{\sqrt{k_a}}$$

(2) 第二种情况，

主动土压力呈

三角形分布，如下图所示。



以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：
<https://d.book118.com/505242243034011341>