岩土工程课程讲义 · 侧向土压力

Rankine侧向土压力

讲义：作用于光滑竖直墙的主动与被动土压力；无黏性和黏性填土、超载、地下水以及分层土；每个主题均配有工程算例。

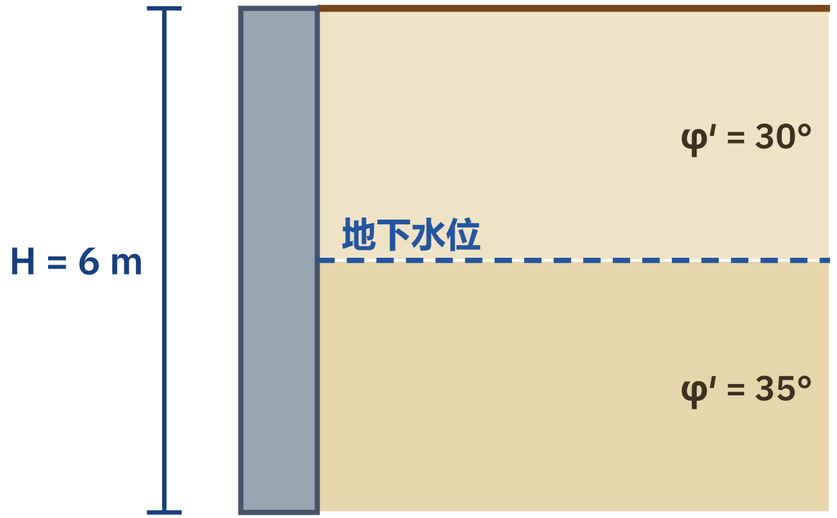
主动与被动状态

$K_a = \tan^2(45° - \varphi'/2)$

地面超载与地下水

分层填土

拉裂缝



引言

本讲内容

- 借助主动和被动状态的Mohr圆，说明**为什么**$\sigma'_a = K_a\sigma'_o - 2c'\sqrt{K_a}$
- 由φ'计算系数K_a和K_p；并与静止土压力系数K_0比较
- 在无黏性土填土中，由压力三角形求**作用力**和**作用点高度**
- 了解超载、地下水及土层分界面对压力图的影响
- 在c'–φ'土和$\varphi = 0$土中区分**受拉区**以及有裂缝/无裂缝时的力
- 计算被动阻力，并了解墙体需要产生多大位移

讲授流程

每个主题按**三个步骤**讲解：

1 · **理论**：规则是什么，为什么如此?

2 · **题目**：已知条件与所求

3 · **解答**：逐步计算，代入数值

各力均按墙的单位长度计(kN/m)；压力单位为kPa，所有应力均为有效应力。

塑性平衡与Mohr圆

理论

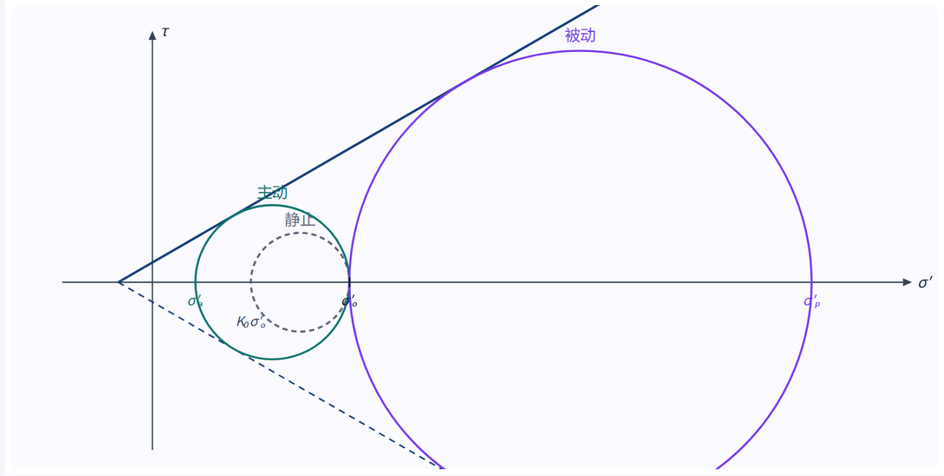
Rankine (1857)研究了土体中每一点均处于破坏临界状态的情形。若竖直光滑的墙**背离土体移动**，水平应力将由静止状态下的$K_0\sigma'_o$值降低，Mohr圆与破坏包络线相切：**主动状态**。若墙**被推向土体**，水平应力将升至σ'_o以上：**被动状态**。

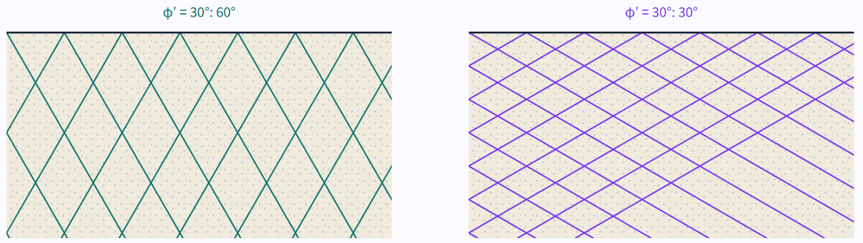
$$\sigma'_a = \sigma'_o \tan^2\left(45^\circ - \frac{\varphi'}{2}\right) - 2c' \tan\left(45^\circ - \frac{\varphi'}{2}\right)$$

$$\sigma'_p = \sigma'_o \tan^2\left(45^\circ + \frac{\varphi'}{2}\right) + 2c' \tan\left(45^\circ + \frac{\varphi'}{2}\right)$$

σ'_o为竖向有效应力（围压）；墙后的大主应力在主动状态下为竖向，在被动状态下为水平向。

滑裂面与水平面的夹角在主动状态下为45° + φ′/2，在被动状态下为45° − φ′/2。





主动状态：破裂面与水平面夹角为 45° + ϕ′/2

被动状态：破裂面与水平面夹角为 45° − ϕ′/2

土压力系数K_a与K_p

理论

由Mohr圆的几何关系定义两个系数，二者互为倒数：

$$K_a = \tan^2\left(45^\circ - \frac{\varphi'}{2}\right) = \frac{1-\sin\varphi'}{1+\sin\varphi'} \qquad K_p = \tan^2\left(45^\circ + \frac{\varphi'}{2}\right) = \frac{1}{K_a}$$

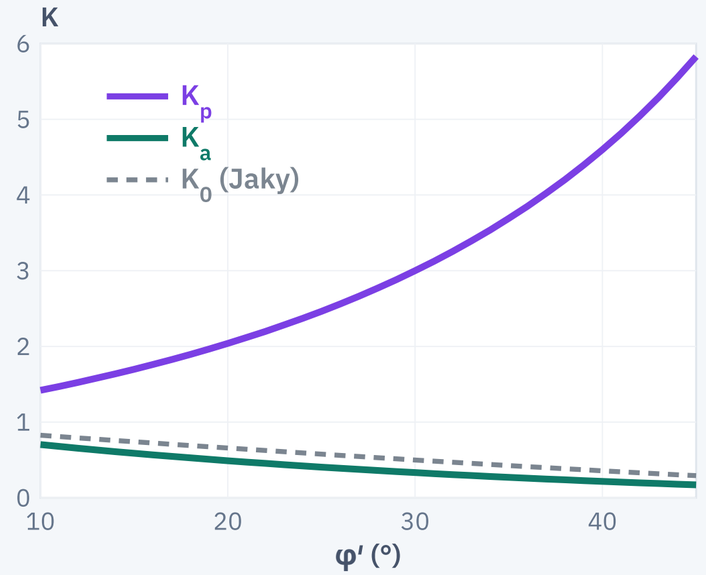
$$\sigma'_a = K_a\sigma'_o - 2c'\sqrt{K_a} \qquad \sigma'_p = K_p\sigma'_o + 2c'\sqrt{K_p}$$

φ′	25°	30°	35°	40°
K_a	0.406	0.333	0.271	0.217
K_p	2.464	3.000	3.690	4.599
K_0 (Jaky)	0.577	0.500	0.426	0.357

$K_a < K_0 < K_p$：墙体发生位移之前的静止土压力介于两个极限值之间。

K_p随φ′迅速增大：φ′ = 40°时，被动土压力超过主动土压力的20倍。

K_a、K_p和K_0 – φ′



题目

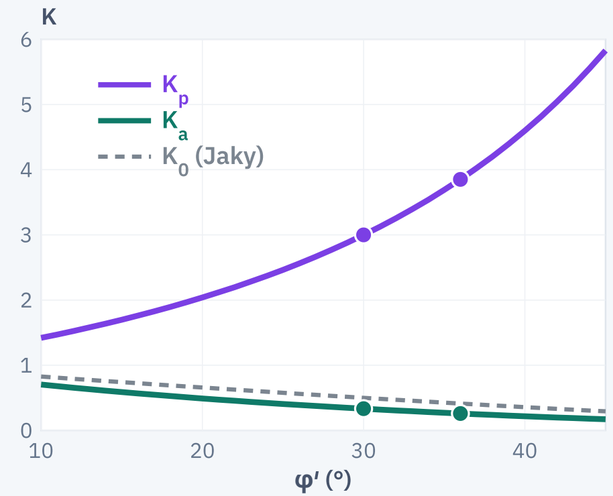
算例

已知条件

土	**无黏性砂土，$c' = 0$；两种情形：$\varphi' = 36°$和$\varphi' = 30°$**
墙	**竖直、光滑；填土表面水平**

求

K_a、K_p和按Jaky公式求得的K_0；验证三者的大小顺序。



解答

解答

1 φ′ = 36°

$$K_a = \tan^2(45^\circ - 18^\circ) = \tan^2 27^\circ = \mathbf{0.2596} \qquad K_p = \tan^2 63^\circ = \frac{1}{K_a} = \mathbf{3.852}$$

2 φ′ = 30°

$$K_a = \frac{1-\sin 30^\circ}{1+\sin 30^\circ} = \frac{0.5}{1.5} = \mathbf{0.3333} \qquad K_p = \frac{1+\sin 30^\circ}{1-\sin 30^\circ} = \mathbf{3}$$

3 静止土压力系数(Jaky)：$K_0 = 1 - \sin\varphi'$

$$\varphi' = 36^\circ:\ K_0 = 1 - 0.5878 = \mathbf{0.4122} \qquad \varphi' = 30^\circ:\ K_0 = 1 - 0.5 = \mathbf{0.50}$$

两种土中均有**$K_a < K_0 < K_p$**；$K_a \cdot K_p = 1$。φ′由30°增至36°时，K_a由0.333降至0.260，K_p由3.00升至3.85。

在GeoTerva中验算解答 ↗

压力三角形、合力及作用点高度

理论

当c′ = 0且填土表面水平时，压力随深度**线性**增大；图形为三角形。作用于墙单位长度上的力等于三角形的面积，作用点为形心（位于底部以上H/3处）：

$$\sigma'_a = K_a \gamma z \qquad P_a = \tfrac{1}{2} K_a \gamma H^2 \qquad \bar{z} = \tfrac{H}{3}$$

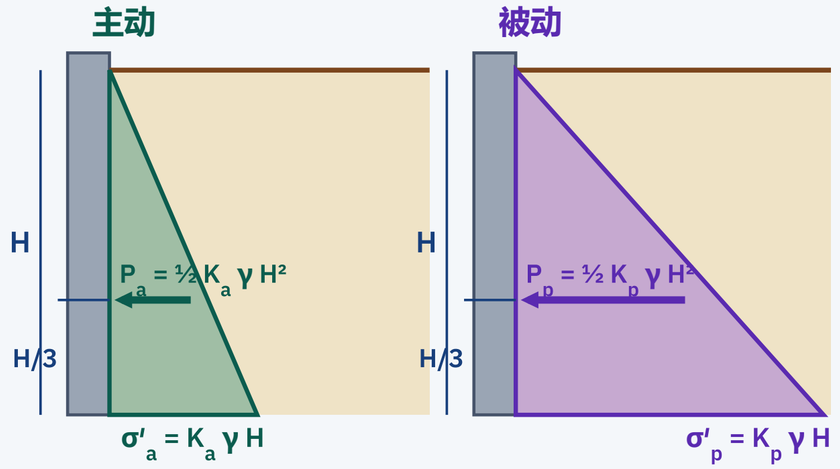
$$\sigma'_p = K_p \gamma z \qquad P_p = \tfrac{1}{2} K_p \gamma H^2 \qquad \bar{z} = \tfrac{H}{3}$$

合力随**H²**增大：墙高加倍，合力增至四倍。

作用力垂直于墙面且为水平方向（光滑墙，δ′ = 0）。

单位：γ取kN/m³、H取m时，P的单位为kN/m。

两种极限状态



题目

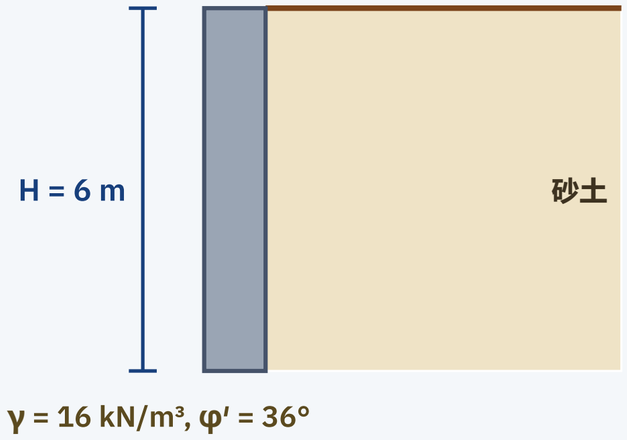
算例

已知条件

墙	$H = 6$ m，**竖直、无摩擦；填土表面水平**
土	**干砂：** $\gamma = 16$ kN/m^3, $\varphi' = 36^\circ$, $c' = 0$

求

主动和**被动**土压力P_a、P_p及其作用高度；以及静止土压力P_0。



解答

解答

1 系数（算例1）：$K_a = 0.2596$，$K_p = 3.852$

$$\sigma'_a(6) = K_a \gamma H = 0.2596(16)(6) = \mathbf{24.92}\ \text{kPa}$$

2 主动土压力合力（三角形面积）

$$P_a = \tfrac{1}{2}\sigma'_a(6)\,H = \tfrac{1}{2}(24.92)(6) = \mathbf{74.77}\ \text{kN/m}$$

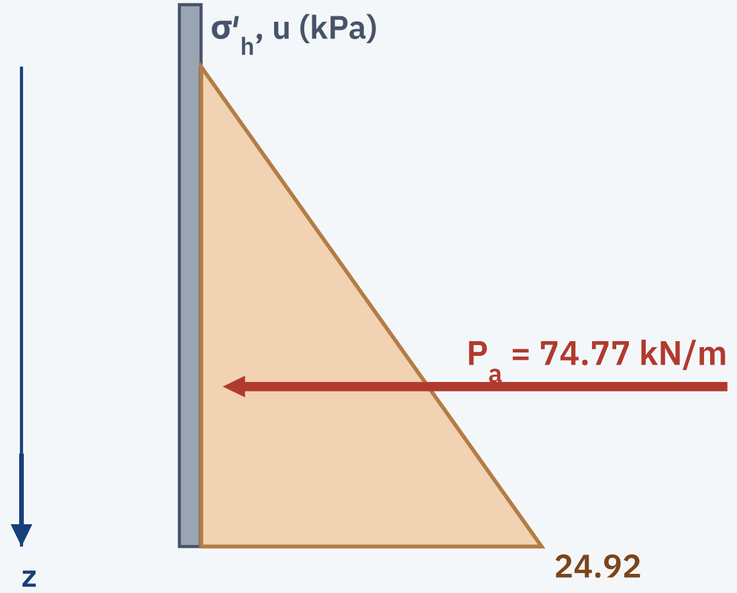
$$\bar{z} = \tfrac{6}{3} = \mathbf{2.0\ m}$$

3 被动土压力合力

$$P_p = \tfrac{1}{2}K_p \gamma H^2 = \tfrac{1}{2}(3.852)(16)(36) = \mathbf{1{,}109.3}\ \text{kN/m}$$

$$\bar{z} = \tfrac{6}{3} = \mathbf{2.0\ m}$$

P_a = **74.77 kN/m**，P_p = **1,109.3 kN/m**，二者均作用于底面以上2.0 m处。被动抗力为主动推力的**14.8倍**；静止土压力合力P_0 = 118.72 kN/m介于二者之间。



在GeoTerva中验算解答 ↗

改变分布图的两种影响

理论

均布超载q在各深度处增加相同的压力：即叠加一个矩形。**在地下水位以下**，有效应力按$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$计算，另外水压力$u = \gamma_w(z - H_1)$**按全值**叠加：

$$P_a = K_a q H + \tfrac{1}{2} K_a \gamma H_1^2 + K_a \gamma H_1 H_2 + \tfrac{1}{2}\left(K_a \gamma' + \gamma_w\right) H_2^2$$

分量	力	力臂（距底面）
地面超载（矩形）	$K_a\, q\, H$	$H/2$
上部三角形	$\tfrac{1}{2} K_a\, \gamma\, H_1^2$	$H_2 + H_1/3$
下部矩形	$K_a\, \gamma\, H_1\, H_2$	$H_2/2$
下部三角形（有效）	$\tfrac{1}{2} K_a\, \gamma'\, H_2^2$	$H_2/3$
水压力	$\tfrac{1}{2} \gamma_w\, H_2^2$	$H_2/3$

各分量对底部点取矩，可得合力作用高度：$\bar{z} = \Sigma P_i z_i \,/\, \Sigma P_i$。

被动力采用相同的分量，改用K_p求得；水压力相同。

为何水的影响如此显著？

水压力**与内摩擦角无关**：乘以的是1，而非K_a。水下区域$\gamma' \approx \gamma_{sat}/2$，有效土压力减小，但水压力的增量远远超过这一减小。

题目

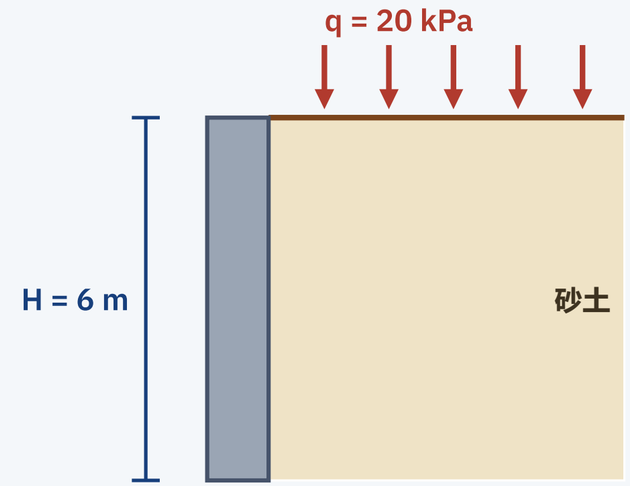
算例

已知条件

墙与土体	**算例2中的墙：** $H = 6$ m，$\gamma = 16$ kN/m^3，$\varphi' = 36°$，**干燥**
超载	**填土表面均布荷载** $q = 20$ kPa

求

P_a与$\bar{z}$；超载的影响。



解答

解答

1 压力：地表处$K_a q$，底部$K_a q + K_a \gamma H$

$$\sigma'_a(0) = 0.2596(20) = 5.19 \text{ kPa}$$

$$\sigma'_a(6) = 5.19 + 24.92 = \mathbf{30.12} \text{ kPa}$$

2 各力：矩形（力臂3.0 m）与三角形（力臂2.0 m）

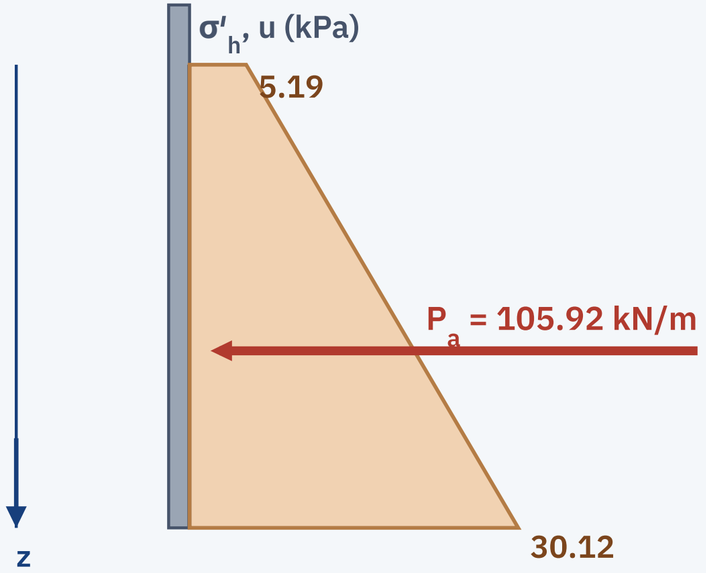
$$P_q = K_a q H = 5.19(6) = 31.15 \text{ kN/m}$$

$$P_\gamma = \tfrac{1}{2} K_a \gamma H^2 = 74.77 \text{ kN/m}$$

3 合力与作用高度

$$P_a = 31.15 + 74.77 = \mathbf{105.92} \text{ kN/m}$$

$$\bar{z} = \frac{31.15(3) + 74.77(2)}{105.92} = \mathbf{2.29} \text{ m}$$



地面超载使合力增加31.15 kN/m (42%)；作用点**由2.00 m升至2.29 m**（矩形分布的力臂为H/2）。

在GeoTerva中验算解答 ↗

题目

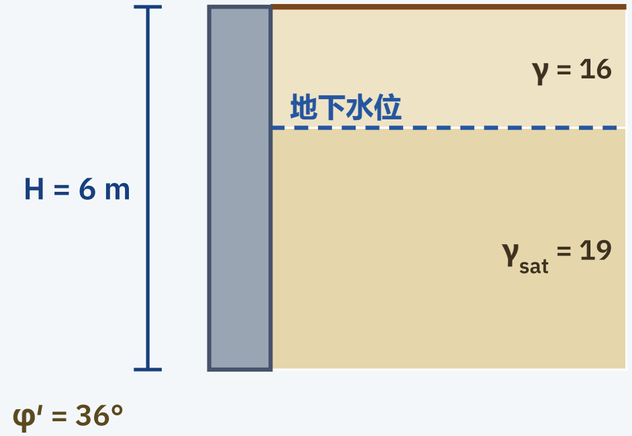
算例

已知条件

墙	$H = 6$ m，竖直；表面水平的砂土填土，无地面超载
土	上部$\gamma = 16$ kN/m^3（干燥）；地下水位位于2 m深度；下部$\gamma_{sat} = 19$ kN/m^3；$\varphi' = 36°$

求

由有效土压力和水压力得到的**总作用力**及其作用高度；水的影响。



解答

解答

1 有效应力（z = 2与6 m）

$$\sigma'_o(2) = 16(2) = 32 \text{ kPa}$$

$$\sigma'_o(6) = 32 + 4(19 - 9.81) = 68.76 \text{ kPa}$$

$$\sigma'_a(6) = K_a\sigma'_o(6) = \mathbf{17.85} \text{ kPa}$$

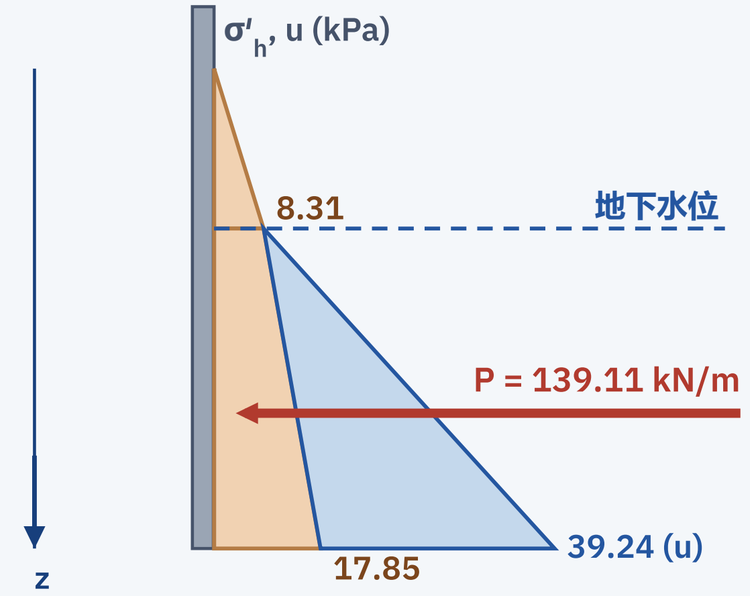
2 底部的水压力：$u = \gamma_w(6 - 2)$

$$u(6) = 9.81(4) = \mathbf{39.24} \text{ kPa}$$

3 各力：上部三角形 · 下部矩形 · 下部三角形 · 水

$$P_a = 8.31 + 33.23 + 19.09 = 60.63 \text{ kN/m} \quad \text{（土体）}$$

$$P_w = \tfrac{1}{2}(39.24)(4) = 78.48 \text{ kN/m}$$



总力：60.63 + 78.48 = **139.11 kN/m**，$\bar{z}$ = **1.69 m**。干墙的力为74.77 kN/m：水压力使其增大到**1.9倍**。

在GeoTerva中验算解答 ↗

每层土采用各自的K值

理论

填土由多层组成时，**竖向有效应力σ'_o是连续的**（在层界面处不发生跳变）；但由于水平应力$\sigma'_a = K_i\sigma'_o$在各层中采用各自的K_i值，**在φ′变化的界面处，应力分布图发生跳变**：

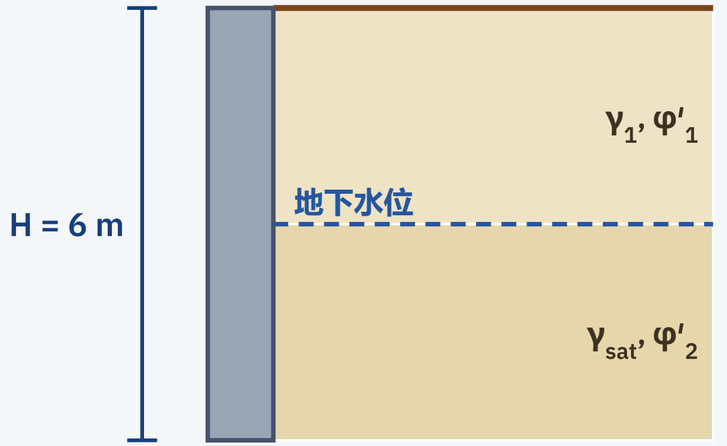
$$\sigma'_a = K_{a,i}\,\sigma'_o(z) \qquad \sigma'_o(z) = q + \sum \gamma_i h_i \;\; (\gamma' \text{ 在水下区域})$$

在分界面处可读出两个值：上层的$K_{a,1}\sigma'_o$值和下层的$K_{a,2}\sigma'_o$值。若下层的φ′值较大，则压力向下**骤降**。

地下水位按土层分界面处理：γ′自此开始，并加入u。

合力通过累加各部分（三角形/矩形）的面积求得，作用点高度通过取矩求得。

分层填土与水



题目

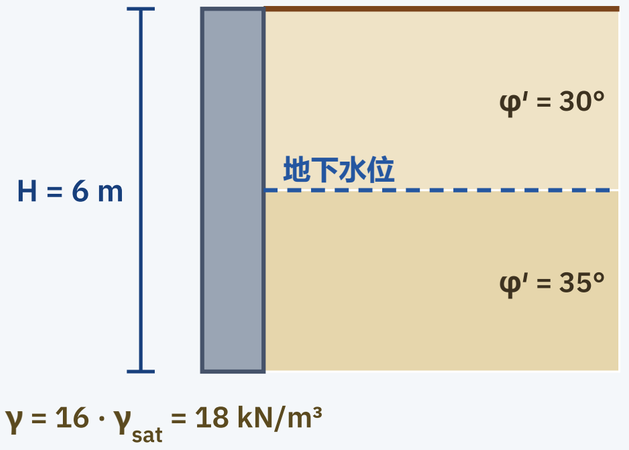
算例

已知条件

墙	$H = 6$ m，**竖直，无摩擦；水平地表；无超载**
上层(0–3 m)	**砂土：** $\gamma = 16$ kN/m^3, $\varphi' = 30^\circ$
下层(3–6 m)	**砂土：** $\gamma_{sat} = 18$ kN/m^3, $\varphi' = 35^\circ$
地下水位	**深度3 m处（土层分界处）**

求

总**作用力**（土 + 水）及**作用高度**。模块打开时载入的算例即为此墙。



解答 (1/2)

解答

1 系数

$$K_{a,1} = \frac{1}{3} = \mathbf{0.3333} \qquad K_{a,2} = \tan^2 27.5^\circ = \mathbf{0.2710}$$

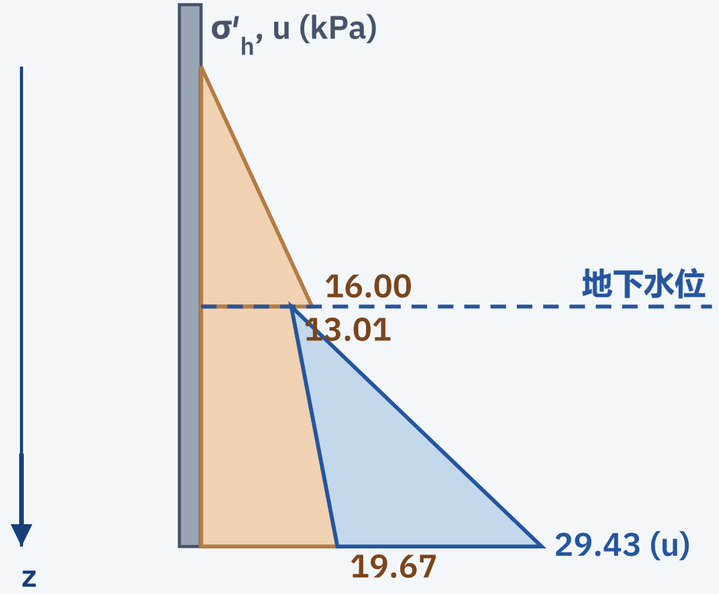
2 3 m深度处（分界面）：$\sigma'_o = 16(3) = 48$ kPa

$$\sigma'_a = 0.3333(48) = \mathbf{16.00}\ \text{kPa（顶部）}$$
$$\sigma'_a = 0.2710(48) = \mathbf{13.01}\ \text{kPa（底部）}$$

3 深度6 m处（底部）

$$\sigma'_o = 48 + 3(18 - 9.81) = 72.57\ \text{kPa} \qquad u = 9.81(3) = \mathbf{29.43}$$
$$\sigma'_a = 0.2710(72.57) = \mathbf{19.67}\ \text{kPa}$$

图形在分界面处跳变：16.00 → 13.01 kPa（φ′变化）；σ'_o 保持连续。



解答 (2/2)

解答

4 各力：上部三角形 · 下部矩形 · 下部三角形 · 水

$$P = \tfrac{1}{2}(3)(16.00) + 3(13.01) + \tfrac{1}{2}(3)(6.66) + \tfrac{1}{2}(3)(29.43)$$
$$= 24.00 + 39.02 + 9.99 + 44.14 = \mathbf{117.15}\ \text{kN/m}$$

5 作用高度：对底点取矩（力臂4、1.5、1、1 m）

$$\bar{z} = \frac{24.00(4) + 39.02(1.5) + 9.99(1) + 44.14(1)}{117.15} = \mathbf{1.78}\ \text{m}$$

总力为**117.15 kN/m**，位于底面以上**1.78 m**处；土压力为73.01 kN/m，水压力为44.14 kN/m。水约占38%，是该力中最大的组成部分。

在GeoTerva中验算解答 ↗

受拉区与拉裂缝

理论

在c′–φ′土中，主动土压力在顶部**为负**（土体趋于拉动墙体）；压力为零处的深度：

$$z_0 = \frac{2c'}{\gamma\sqrt{K_a}} - \frac{q}{\gamma} \qquad \varphi = 0:\ z_0 = \frac{2c_u}{\gamma}$$

土体不能承受拉力：随时间推移，直至深度z_0处会出现**拉裂缝**。力仅取压力分布图形的正值部分：

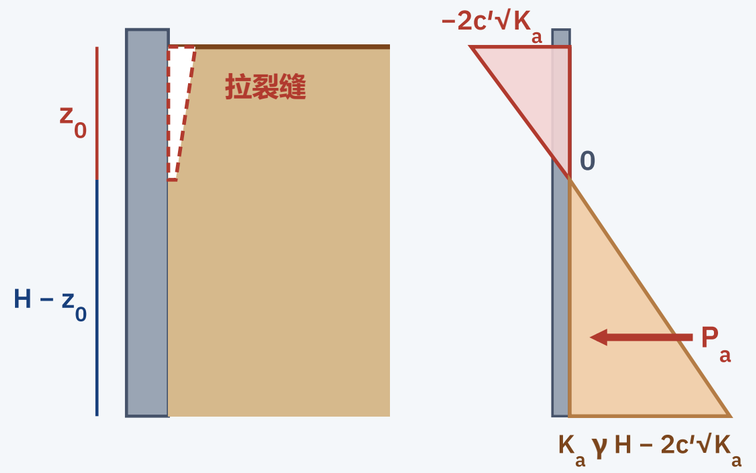
$$P_a = \tfrac{1}{2}\left[K_a(q+\gamma H) - 2c'\sqrt{K_a}\right](H - z_0)$$

拉裂缝出现前，按整个压力分布图形计算（所得合力较小）：$P_a = \tfrac{1}{2}K_a\gamma H^2 - 2c'\sqrt{K_a}\,H + K_a qH$。

设计中以有裂缝（较大）的合力为准；裂缝充水时，还需加上静水压力$\gamma_w z_0^2/2$。

作用高度即正压力三角形的形心高度：$(H - z_0)/3$。

受拉区



负压力：顶部以下深度z_0范围内与墙无接触。

题目

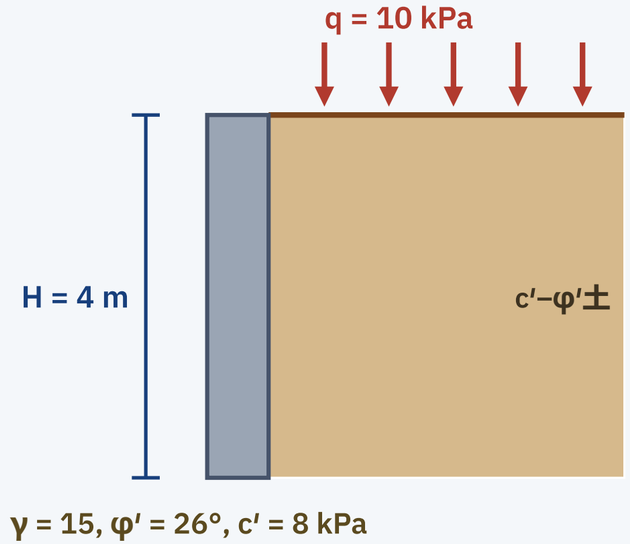
算例

已知条件

墙	$H = 4$ m，**竖直、光滑；水平地表**
土	$\gamma = 15$ kN/m^3, $\varphi' = 26°$, $c' = 8$ **kPa**
超载	$q = 10$ **kPa**

求

受拉区深度z_0、有裂缝时的主动土压力合力及其作用点高度；与无裂缝时土压力合力的比较。



解答 (1/2)

解答

1 系数：$K_a = \tan^2(45° - 13°)$

$$K_a = \tan^2 32^\circ = \mathbf{0.3905} \qquad \sqrt{K_a} = 0.6249$$

$$2c'\sqrt{K_a} = 2(8)(0.6249) = 10.00 \text{ kPa}$$

2 顶部与底部压力

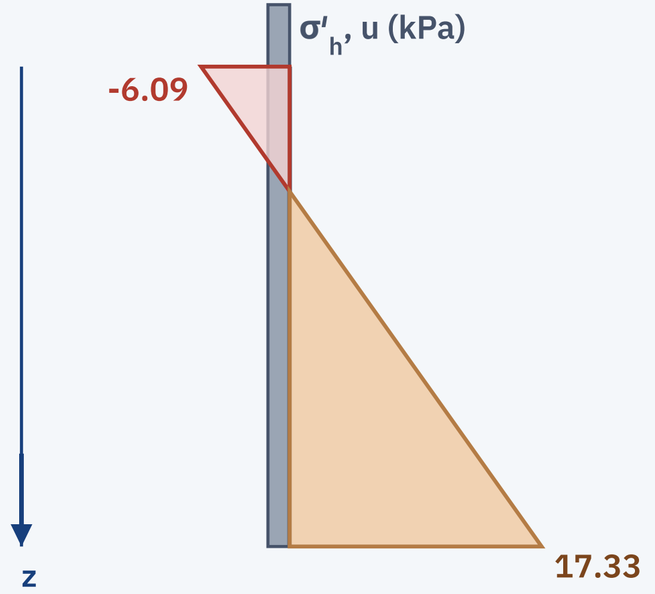
$$\sigma'_a(0) = 0.3905(10) - 10.00 = -\mathbf{6.09} \text{ kPa} \quad \text{（受拉）}$$

$$\sigma'_a(4) = 0.3905(10 + 15 \cdot 4) - 10.00 = \mathbf{17.33} \text{ kPa}$$

3 受拉区深度（压力为零处）

$$z_0 = \frac{2(8)}{15(0.6249)} - \frac{10}{15}$$

$$= 1.707 - 0.667 = \mathbf{1.04} \text{ m}$$



解答 (2/2)

解答

4 含拉裂缝的合力（仅取正值三角形）

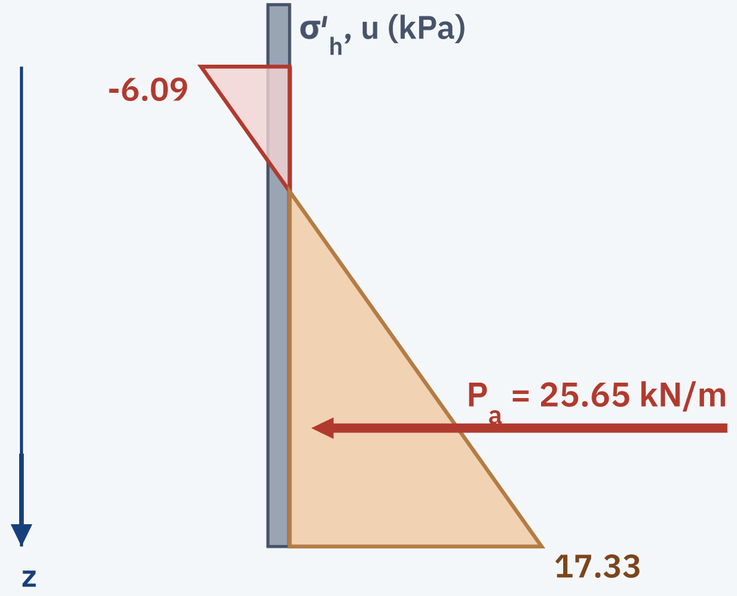
$$P_a = \tfrac{1}{2}(17.33)(4 - 1.04) = \mathbf{25.65}\ \text{kN/m}$$

$$\bar{z} = \frac{4 - 1.04}{3} = \mathbf{0.99}\ \text{m}$$

5 比较：不考虑拉裂缝（含负值区）

$$P_a = \tfrac{1}{2}(-6.09 + 17.33)(4) = 22.48\ \text{kN/m}$$

考虑拉裂缝时的力为**25.65 kN/m**，比不计拉裂缝时的力大14%；偏于安全的是考虑拉裂缝的取值。



在GeoTerva中验算解答 ↗

题目

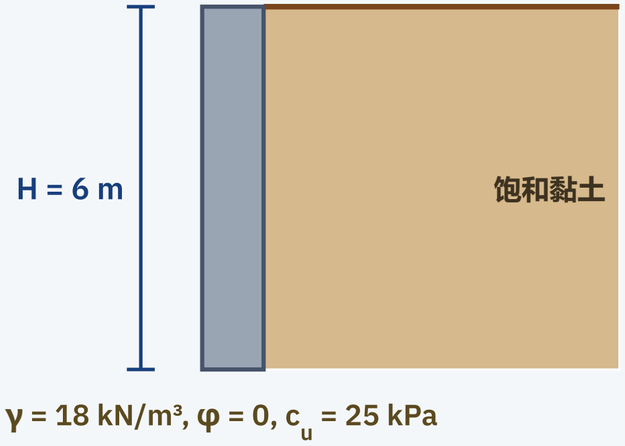
算例

已知条件

墙	$H = 6$ m，**竖直；水平地表；无地面超载**
土	**饱和黏土，不排水：** $\gamma = 18$ kN/m^3, $\varphi = 0$, $c_u = 25$ **kPa**

求

z_0，有裂缝与无裂缝时的主动土压力合力；被动土压力合力；不设挡土墙时可直立开挖的高度H_c。



解答 (1/2)

解答

1 φ = 0时，$K_a = K_p = 1$：拉应力区深度和底部压力

$$\sigma_a = \gamma z - 2c_u = 18z - 50 \text{ kPa}$$

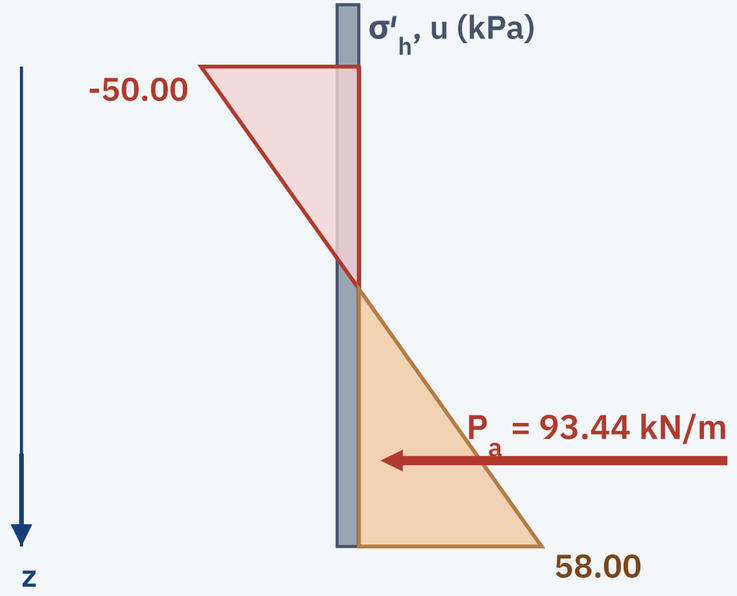
$$z_0 = \frac{2c_u}{\gamma} = \frac{50}{18} = \mathbf{2.78} \text{ m}$$

$$\sigma_a(6) = 108 - 50 = \mathbf{58} \text{ kPa}$$

2 含拉裂缝的主动土压力合力

$$P_a = \tfrac{1}{2}(58)(6 - 2.78) = \mathbf{93.44} \text{ kN/m}$$

$$\bar{z} = \frac{6 - 2.78}{3} = 1.07 \text{ m}$$



解答 (2/2)

解答

3 无拉裂缝时的主动力与被动力

$$P_a = \tfrac{1}{2}\gamma H^2 - 2c_u H = 324 - 300 = \mathbf{24}\ \text{kN/m}$$

$$P_p = \tfrac{1}{2}\gamma H^2 + 2c_u H = 324 + 300 = \mathbf{624}\ \text{kN/m}$$

4 无支挡时可直立开挖的高度（无裂缝时$P_a = 0$）

$$\tfrac{1}{2}\gamma H_c^2 - 2c_u H_c = 0 \;\Rightarrow\; H_c = \frac{4c_u}{\gamma} = \frac{4(25)}{18} = \mathbf{5.56}\ \text{m}$$

有裂缝时的力(93.44 kN/m)是无裂缝时的力(24 kN/m)的**3.9倍**：黏性土中，是否假定存在裂缝决定结果。由于H = 6 m大于H_c = 5.56 m，即使无裂缝时的力也为正值。

在GeoTerva中验算解答 ↗

黏聚力提高被动抗力

理论

被动状态下，黏聚力在**各个深度**都增加抗力；不存在受拉区和裂缝。顶部的压力不为零：

$$\sigma_p'(z) = K_p\,(q + \gamma z) + 2c'\sqrt{K_p}$$

$$P_p = \tfrac{1}{2}K_p\gamma H^2 + K_p q H + 2c'\sqrt{K_p}\,H \qquad \varphi = 0:\ P_p = \tfrac{1}{2}\gamma H^2 + 2c_u H$$

压力分布图呈**梯形**：黏聚力和超载叠加一个矩形，γz叠加一个三角形。

作用高度通过取矩求得（黏聚力部分位于H/2处）。

被动抗力取决于墙体是否发生足够的位移；设计中不取全值，而是乘以系数折减。

主动与被动对比

	主动	被动
系数	$K_a < 1$	$K_p > 1$
黏聚力	**减小**压力($-2c'\sqrt{K_a}$)	**增大**抗力($+2c'\sqrt{K_p}$)
受拉区	存在(z_0)	无
滑裂面	$45° + \varphi'/2$	$45° - \varphi'/2$
所需位移	小	大

题目

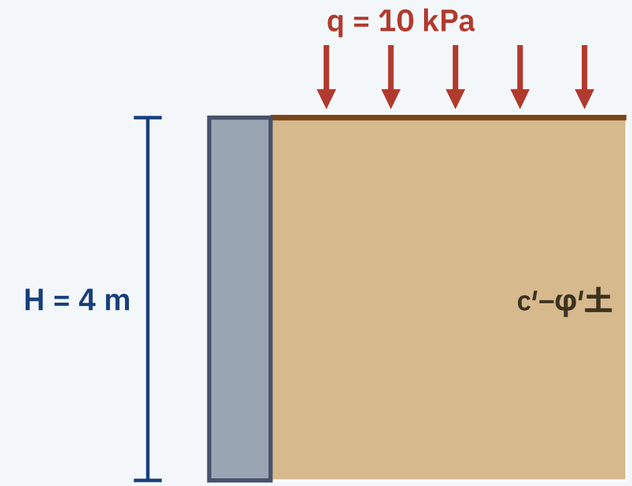
算例

已知条件

墙与土体	**算例6中的墙与土体：** $H = 4$ **m**，$\gamma = 15$ kN/m^3，$\varphi' = 26°$，$c' = 8$ **kPa**
超载	$q = 10$ **kPa（被动侧）**

求

被动土压力合力P_p及其作用高度。



解答

解答

1 系数：$K_p = \tan^2(45° + 13°)$

$$K_p = \tan^2 58° = \mathbf{2.561} \qquad 2c'\sqrt{K_p} = 2(8)(1.600) = 25.61 \text{ kPa}$$

2 顶部与底部压力

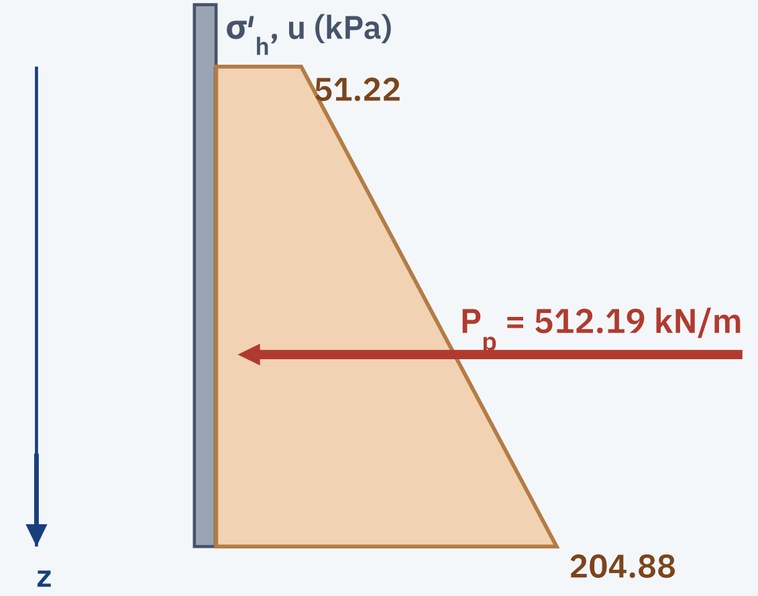
$$\sigma'_p(0) = 2.561(10) + 25.61 = \mathbf{51.22} \text{ kPa}$$

$$\sigma'_p(4) = 2.561(10 + 60) + 25.61 = \mathbf{204.88} \text{ kPa}$$

3 梯形的面积与形心

$$P_p = \tfrac{1}{2}(51.22 + 204.88)(4) = \mathbf{512.2} \text{ kN/m}$$

$$\bar{z} = \frac{51.22(4)(2) + \frac{1}{2}(153.66)(4)(\frac{4}{3})}{512.2} = \mathbf{1.60} \text{ m}$$



被动抗力为**512.2 kN/m**，作用点位于底面以上1.60 m处；约为同一墙体考虑拉裂缝的主动土压力的**20倍**。

在GeoTerva中验算解答 ↗

产生主动和被动状态需要多大的位移?

理论

要达到Rankine状态，墙必须离开土体（主动）或向土体靠近（被动）。**被动状态所需的位移远大于主动状态**；相对于高度H：

土	主动$\Delta L_a/H$	被动$\Delta L_p/H$	H = 6 m时的主动土压力	H = 6 m时的被动土压力
松散砂土	0.001–0.002	0.01	6–12 mm	60 mm
密实砂土	0.0005–0.001	0.005	3–6 mm	30 mm
软黏土	0.02	0.04	120 mm	240 mm
硬黏土	0.01	0.02	60 mm	120 mm

若位移未达到这些数值，土压力介于K_a与K_p所对应的土压力之间；若墙体完全受约束，则产生静止土压力K_0。

对于绕底部转动的墙，这些比值适用于墙顶位移。

Rankine解的适用范围

理论

墙：竖直且光滑(δ′ = 0)；压力水平并垂直于墙面。实际上墙摩擦会减小主动土压力、增大被动土压力；对主动土压力，Rankine解略偏安全，对被动土压力则偏保守（安全）。

填土：地表水平，各土层均匀；滑裂面为平面。倾斜填土和倾斜墙背的情形，参见Rankine（倾斜填土）模块。

应力：以有效应力为基本；水压力另行叠加，对黏土，不排水(φ = 0)解也可按总应力使用。

超载：指均布荷载；条形荷载、集中荷载和线荷载模块另行处理。

地震：Rankine解为静力解；地震工况采用Mononobe–Okabe模块和地震被动土压力模块。

小结

要点回顾

状态：主动（墙远离土体）$\sigma'_a = K_a\sigma'_o - 2c'\sqrt{K_a}$；被动（墙被推向土体）$\sigma'_p = K_p\sigma'_o + 2c'\sqrt{K_p}$

系数：$K_a = \tan^2(45° - \varphi'/2)$，$K_p = 1/K_a$；$K_a < K_0 = 1 - \sin\varphi' < K_p$

无黏性填土：$P = \frac{1}{2}K\gamma H^2$，作用点距底面H/3；力随$H^2$增大

超载增加一个矩形分布（K q H，力臂H/2）；**水**则增加与φ′无关的完整孔隙水压力$u = \gamma_w(z - H_1)$，使合力成倍增大

分层土中σ'_o连续，σ'_a在φ′变化的分界面处发生突变；合力分块计算，$\bar{z}$由取矩求得

c′–φ′土中$z_0 = 2c'/(\gamma\sqrt{K_a}) - q/\gamma$；有拉裂缝时合力仅为正值三角形，其大于无裂缝时的合力

被动土压力随黏聚力增大，且不存在受拉区；但墙体所需的位移比主动状态**大得多**

参考文献

Das, B.M. (2018). Principles of Geotechnical Engineering, 9th ed. Cengage Learning.

Rankine, W.M.J. (1857). On the stability of loose earth. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 147, 9–27.

注

所有数值算例均由模块自身的计算引擎生成；模块给出相同的数值。模块打开时载入算例5中的双层墙。

GeoTerva

在线岩土工程计算

从理论到应用

在GeoTerva中输入自己挡土墙的土层、超载和地下水位；模块同时给出压力分布图、力和作用高度。

打开模块→

理论页面 →

用手机打开

试用模块无需注册。