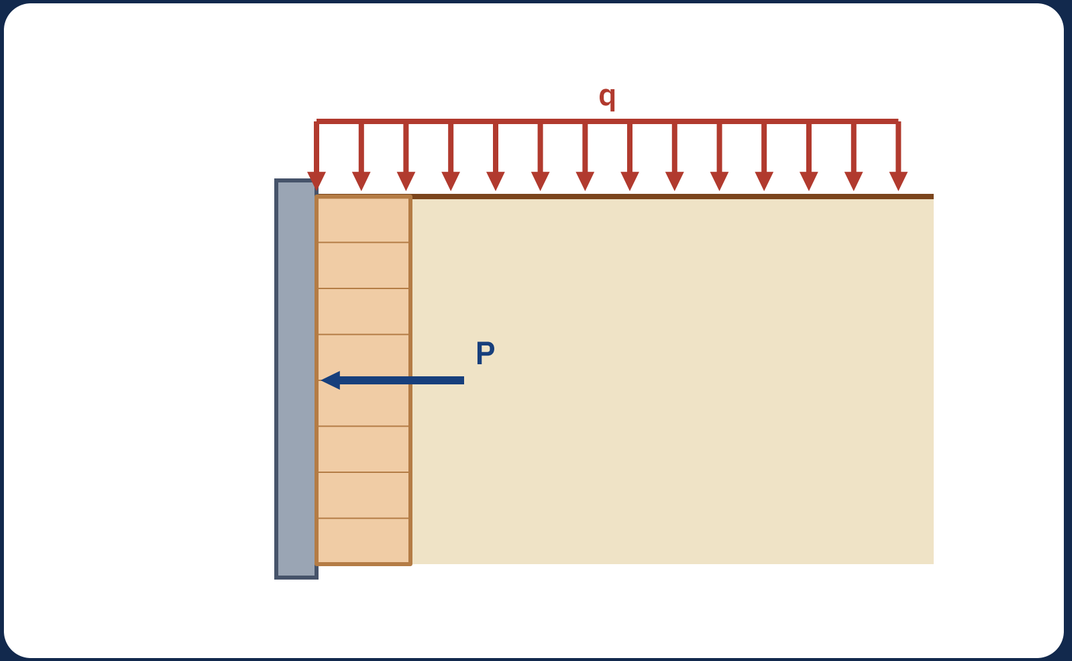
GeoTerva

岩土工程讲义 · 地表超载

均布地面超载

讲义：墙后满布整个地面的均布荷载；侧向压力沿深度保持不变，合力及作用线，工程算例。

$\sigma_H = K \cdot q$ | $K_0 \cdot K_a$ | $P = K\,q\,H$ | $z_R = H/2$ | 矩形分布图



引言

本讲内容

- 均布荷载q如何以**侧向压力**的形式传递到墙上：$\sigma_H = K \cdot q$，各深度处相同
- 根据墙体性状选取**系数K**：静止(K_0, Jaky)、主动(K_a, Rankine)或自行输入的值
- 矩形分布图的**合力**$P = K\,q\,H$与**作用线**$z_R = H/2$
- K_0和K_a随φ'的变化；P随q和H的线性增大
- 地面超载**叠加**到土压力图上的方式及其所占份额

讲授流程

每个主题按**三个步骤**讲解：

1 · **理论**：公式及其依据

2 · **题目**：已知条件与所求

3 · **解答**：逐步计算，代入数值

算例墙：H = 6 m，q = 10 kPa，φ' = 30°。力均按墙的单位长度计(kN/m)；压力单位为kPa。

作用于墙上的均布荷载

理论

作用于墙后**整个地表**的均布荷载**q**，使各深度处的竖向应力均增加q

墙体只承受其中的一部分：该部分由侧向土压力系数**K**确定

附加压力从墙顶到墙底**大小相同**：压力分布图为矩形

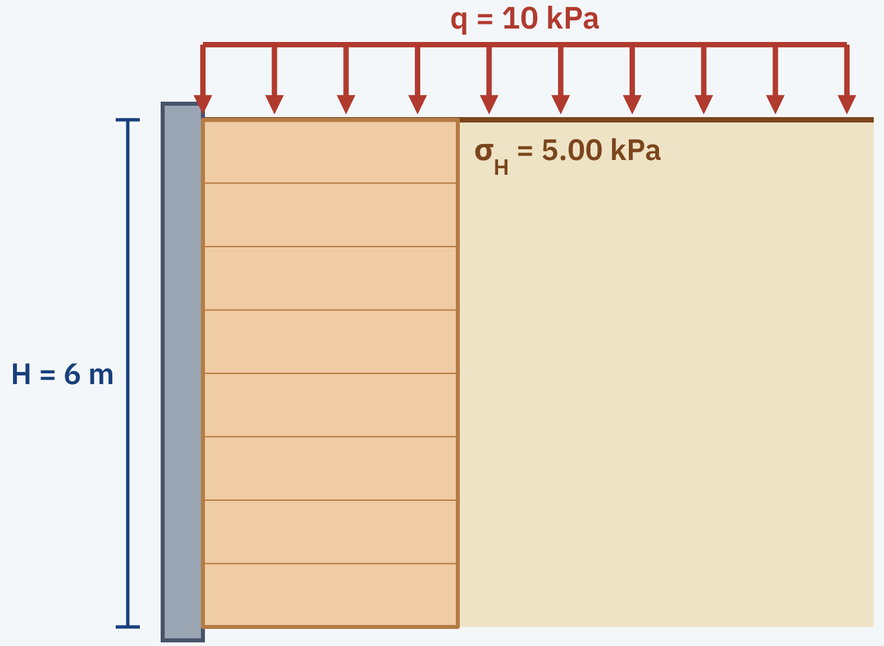
$$\sigma_H = K\,q$$

q——挡土侧地表的均布超载

φ′——被挡土体的有效内摩擦角

K——侧向土压力系数（K_0、K_a或输入值）

σ_H——附加的侧向压力，沿深度为常数



墙体的变形性状决定K

理论

不能发生位移（有支撑）的墙使土体保持静止状态：正常固结土中默认采用**Jaky**系数

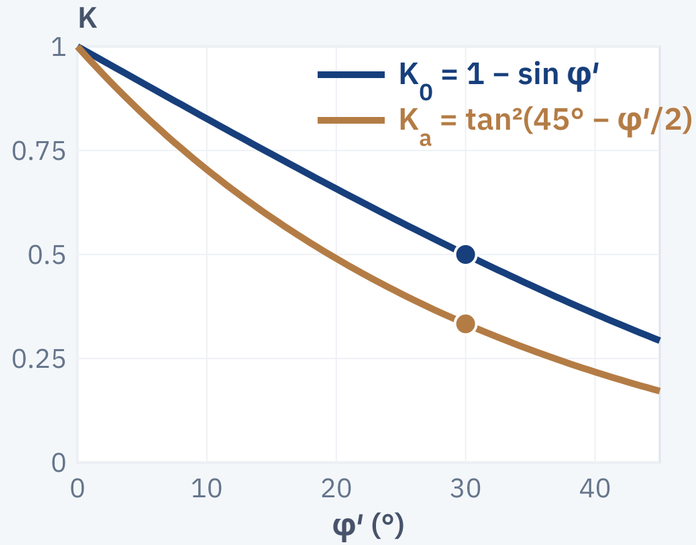
可产生变形的墙体可激发主动状态：竖直墙背和水平地表时取**Rankine**系数

来自其他来源的系数（超固结K_0，用于倾斜或粗糙墙背的Coulomb K_a）**直接输入**

$$K_0 = 1 - \sin\varphi' \qquad \text{（静止，Jaky）}$$

$$K_a = \tan^2\left(45^\circ - \frac{\varphi'}{2}\right) \qquad \text{（主动，Rankine）}$$

K_0与K_a – φ′



两个系数随内摩擦角的变化

理论

φ′ (°)	0	20	25	30	35	40
K_a	1.0000	0.4903	0.4059	0.3333	0.2710	0.2174
K_0	1.0000	0.6580	0.5774	0.5000	0.4264	0.3572

φ′增大时，**两个系数均减小**：土体越好，墙所承受的份额越小

在相同的φ′下，**$K_0 > K_a$**：不能移动的墙比可变形的墙承受更大的荷载

φ′ = 0时$K_0 = K_a = 1$：荷载如同在液体中一样完全传递到墙上

合力P = K q H，位于高度中点

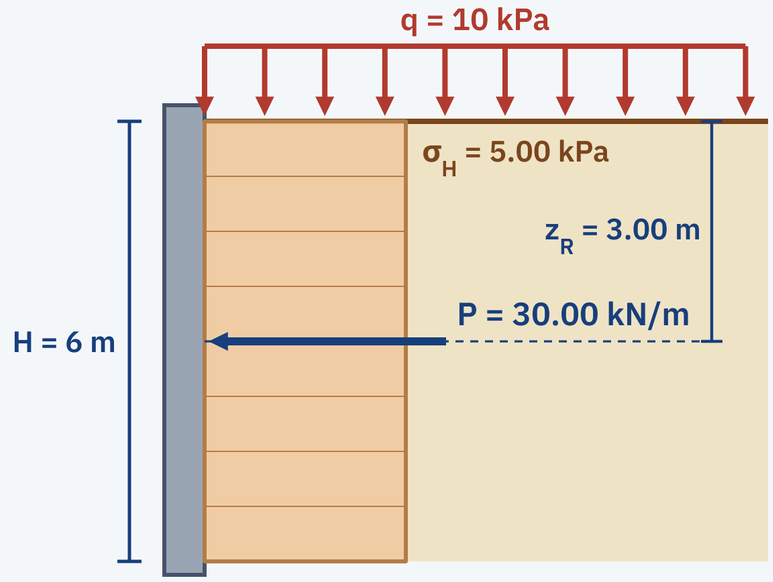
理论

该压力图为矩形：墙体**单位长度上的合力**即其面积，**作用线**通过矩形的中心

合力作用于高度的**中点**：在地表以下H/2处（距底面也为H/2）

这仅是**超载分量**：需叠加到土压力图和水压力图上

$$P = \sigma_H H = K q H \qquad z_R = \frac{H}{2}$$



P——单位墙长的合力(kN/m)

z_R——合力距地表的深度

题目

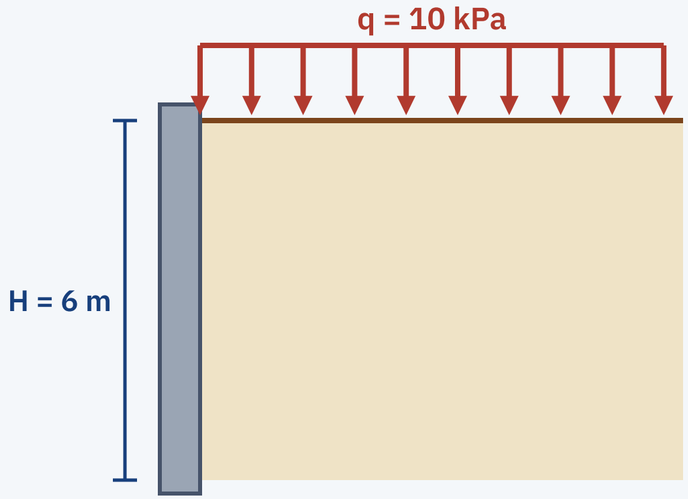
算例

已知条件

墙	$H = 6.00$ m，**刚性（不发生位移）墙**
荷载	**整个地表面作用**$q = 10.00$ **kPa**
土	$\varphi' = 30^\circ$

求

K、附加侧向压力σ_H、合力P及其深度z_R。



解答

解答

1 系数：墙体不能移动，静止状态(Jaky)

$$K_0 = 1 - \sin\varphi' = 1 - \sin 30^\circ = 1 - 0.5 = \mathbf{0.5000}$$

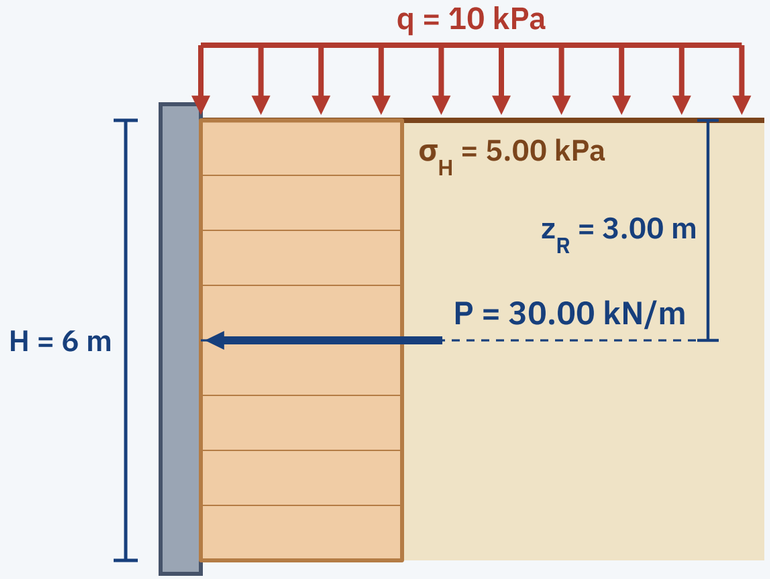
2 附加侧向压力：各深度处相同

$$\sigma_H = K\,q = 0.5000 \times 10.00 = \mathbf{5.00}\ \text{kPa}$$

3 合力与作用线

$$P = \sigma_H\,H = 5.00 \times 6.00 = \mathbf{30.00}\ \text{kN/m}$$

$$z_R = \frac{H}{2} = \frac{6.00}{2} = \mathbf{3.00}\ \text{m}$$



墙体在全高范围内承受**5.00 kPa**的侧向压力；合力为**30.00 kN/m**，位于地表以下**3.00 m**处（即底面以上3.00 m）。

在GeoTerva中验算解答 ↗

题目

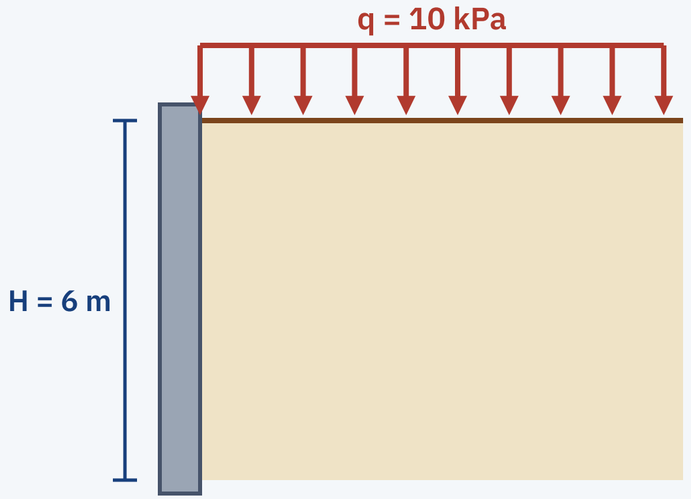
算例

求

K_a、σ_H、P、z_R；与静止土压力状态比较。

已知条件

墙与荷载	**同一墙体：$H = 6.00$ m，$q = 10.00$ kPa，$\varphi' = 30^\circ$**
差值	**墙体变形到足以激发主动状态（竖直墙，水平地面）**



解答 (1/2)

解答

1 系数：主动状态(Rankine)

$$K_a = \tan^2\left(45^\circ - \frac{\varphi'}{2}\right) = \tan^2 30^\circ = 0.5774^2 = \mathbf{0.3333}$$

2 叠加的侧向压力

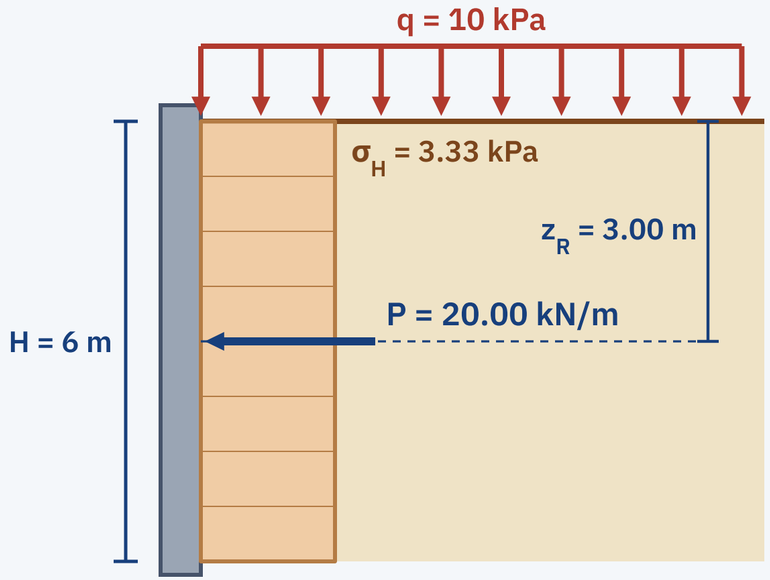
$$\sigma_H = K_a\, q = 0.3333 \times 10.00 = \mathbf{3.33}\ \text{kPa}$$

3 合力与作用线

$$P = \sigma_H\, H = 3.333 \times 6.00 = \mathbf{20.00}\ \text{kN/m}$$

$$z_R = \frac{H}{2} = \mathbf{3.00}\ \text{m}$$

主动状态下压力为**3.333 kPa**，合力为**20.00 kN/m**；作用线位于同一高度(z_R = 3.00 m)。



解答 (2/2)

解答

状态	K	σ_H (kPa)	P (kN/m)	z_R (m)
静止(K_0)	0.5000	5.00	30.00	3.00
主动(K_a)	0.3333	3.33	20.00	3.00
比值K_a / K_0	**0.6667**	**0.6667**	**0.6667**	1

对于$\varphi' = 30°$，$K_a / K_0 = 2/3$：产生变形的墙所承受的超载压力，为不能移动的墙所承受超载压力的**三分之二**。两种情形下压力图均为矩形，合力位于墙高中点。

该选择的唯一依据是墙体是否真正发生位移：有支撑或带锚杆的墙体达不到主动状态，应取K_0。

在GeoTerva中验算解答 ↗

题目

算例

已知条件

墙与荷载	$H = 6.00$ m, $q = 10.00$ kPa
土	$\varphi' = 0^\circ,\ 20^\circ,\ 25^\circ,\ 30^\circ,\ 35^\circ,\ 40^\circ$

求

对每个φ′，求K_0、K_a、σ_H和P（两种情形）；φ′ = 40°时的手算验算。

解答 (1/2)

解答

φ′ (°)	K_0	K_a	σ_H静止(kPa)	σ_H主动(kPa)	P静止(kN/m)	主动土压力P(kN/m)
0	1.0000	1.0000	10.00	10.00	60.00	60.00
20	0.6580	0.4903	6.58	4.90	39.48	29.42
25	0.5774	0.4059	5.77	4.06	34.64	24.35
30	**0.5000**	**0.3333**	**5.00**	**3.33**	**30.00**	**20.00**
35	0.4264	0.2710	4.26	2.71	25.59	16.26
40	0.3572	0.2174	3.57	2.17	21.43	13.05

φ′ = 30°一行对应算例1和算例2。随着φ′增大，合力减小：静止状态下由60.00 kN/m (φ′ = 0°)降至21.43 kN/m (φ′ = 40°)，主动状态下降至13.05 kN/m。

解答 (2/2)

解答

1 系数

$$K_0 = 1 - \sin 40^\circ = 1 - 0.6428 = \mathbf{0.3572}$$

$$K_a = \tan^2(45^\circ - 20^\circ) = \tan^2 25^\circ = 0.4663^2 = \mathbf{0.2174}$$

2 压力

$$\sigma_{H,0} = 0.3572 \times 10.00 = \mathbf{3.57}\ \text{kPa}$$

$$\sigma_{H,a} = 0.2174 \times 10.00 = \mathbf{2.17}\ \text{kPa}$$

3 合力（z_R = 3.00 m，两种情形均如此）

$$P_0 = 3.572 \times 6.00 = \mathbf{21.43} \qquad P_a = 2.174 \times 6.00 = \mathbf{13.05}\ \text{kN/m}$$

表中φ′ = 40°一行也可手算得出：**21.43**和**13.05 kN/m**。

在GeoTerva中验算解答 ↗

题目

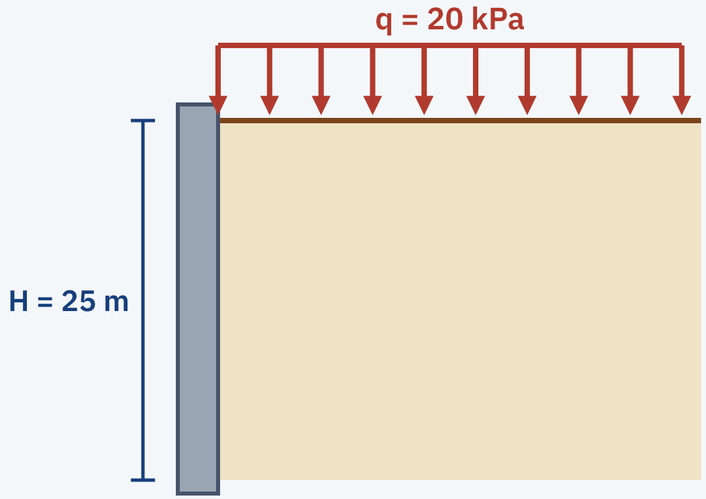
算例

已知条件

墙	$H = 25.00$ m
荷载	**整个地表面作用**$q = 20.00$ kPa
系数	**取自其他来源的**$K = 0.30$**（不使用φ′）**

求

σ_H、P、z_R及压力随深度的变化。



解答

解答

1 压力：直接乘以输入的K值

$$\sigma_H = K\,q = 0.30 \times 20.00 = \mathbf{6.00}\ \text{kPa}$$

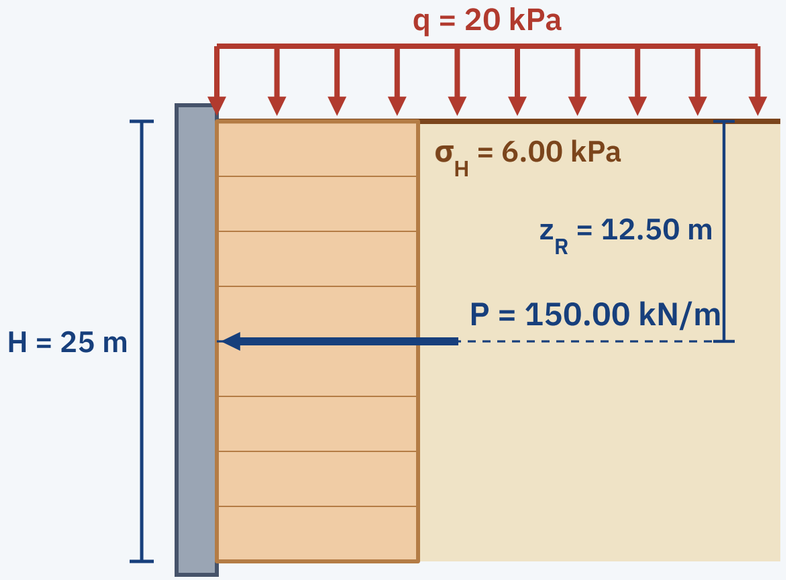
2 合力与作用线

$$P = \sigma_H\,H = 6.00 \times 25.00 = \mathbf{150.00}\ \text{kN/m}$$

$$z_R = \frac{H}{2} = \frac{25.00}{2} = \mathbf{12.50}\ \text{m}$$

3 压力随深度的变化

z (m)	0.0	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0
σ_H (kPa)	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00



压力在**各深度均为6.00 kPa**；合力为**150.00 kN/m**，作用于地面以下12.50 m处。

在GeoTerva中验算解答 ↗

题目

算例

已知条件

墙与土体	$\varphi' = 30^\circ$；**静止状态与主动状态**
变量1	$q = 0,\ 5,\ 10,\ 20,\ 30,\ 50$ **kPa** ($H = 6.00$ **m**)
变量2	$H = 2,\ 4,\ 6,\ 8,\ 10$ **m** ($q = 10.00$ **kPa**)

求

合力随**q**和**H**的变化；压力与作用线。

解答

解答

q (kPa)	σ_H静止(kPa)	P静止(kN/m)	主动土压力P(kN/m)
0	0.00	**0.00**	**0.00**
5	2.50	**15.00**	**10.00**
10	5.00	**30.00**	**20.00**
20	10.00	**60.00**	**40.00**
30	15.00	**90.00**	**60.00**
50	25.00	**150.00**	**100.00**

当**q**增大一倍时，P也增大一倍；q = 0时无超载。

H (m)	σ_H静止 (kPa)	P静止 (kN/m)	主动土压力 P(kN/m)	z_R (m)
2	5.00	**10.00**	**6.67**	1.00
4	5.00	**20.00**	**13.33**	2.00
6	5.00	**30.00**	**20.00**	3.00
8	5.00	**40.00**	**26.67**	4.00
10	5.00	**50.00**	**33.33**	5.00

H增大时，P线性增大；压力保持不变，合力下移至H/2深度处。

P = K q H：与q和H的**乘积**成正比；K的影响则是一个单独的乘数（主动/静止 = 2/3，每一行皆如此）。

在GeoTerva中验算解答 ↗

题目

算例

已知条件

墙	$H = 6.00$ m，$\gamma = 18.0$ kN/m³，$\varphi' = 30°$ **（干填土）**
超载	**整个地表面作用**$q = 10.00$ kPa
工况	**静止状态(K_0)与主动状态(K_a)**

求

土压力三角形的合力、超载的合力、**总力**及总力距底面的高度；超载所占份额。

解答 (1/2)

解答

1 土压力（三角形分布图），静止状态

$$P_z = \tfrac{1}{2} K_0 \gamma H^2 = \tfrac{1}{2}(0.500)(18.0)(6.00)^2 = \mathbf{162.00}\ \text{kN/m} \quad (\text{自底部 } 2.00\ \text{m})$$

2 超载分量（算例1）

$$P_q = K_0\, q\, H = 0.500 \times 10.00 \times 6.00 = \mathbf{30.00}\ \text{kN/m} \quad (\text{自底部 } 3.00\ \text{m})$$

3 总力与作用线（底部力矩）

$$P = 162.00 + 30.00 = \mathbf{192.00}\ \text{kN/m}$$

$$L = \frac{162.00(2.00) + 30.00(3.00)}{192.00} = \frac{414.00}{192.00} = \mathbf{2.156}\ \text{m}$$

静止状态下合力共**192.00 kN/m**，作用于墙底以上**2.156 m**处；超载所占部分为30.00 kN/m(15.6%)。

解答 (2/2)

解答

1 主动情形的相同步骤($K_a = 0.3333$)

$$P_z = \tfrac{1}{2}(0.3333)(18.0)(6.00)^2 = \mathbf{108.00}\ \text{kN/m}$$

$$P_q = 0.3333(10.00)(6.00) = \mathbf{20.00}\ \text{kN/m}$$

$$L = \frac{108.00(2.00) + 20.00(3.00)}{128.00} = \mathbf{2.156}\ \text{m}$$

状态	K	P_{soil} (kN/m)	$P_{surcharge}$ (kN/m)	P总(kN/m)	超载分量	L（m，自底面起）
静止	0.5000	162.00	30.00	**192.00**	%15.62	2.156
主动	0.3333	108.00	20.00	**128.00**	%15.62	2.156

由于K在两项中均为系数，**超载所占比例及其作用线与K无关**：比例2q / (γH + 2q) = 15.62%，L = 2.156 m。只有总力随K按比例变化。

在GeoTerva中验算解答 ↗

小结

要点回顾

$\sigma_H = K \cdot q$：满布整个地面的均布荷载对墙施加**各深度均相同**的侧向压力；分布图为矩形

K按墙的性状取值：静止**$K_0 = 1 - \sin \varphi'$**(Jaky)，主动**$K_a = \tan^2(45° - \varphi'/2)$**(Rankine)或所输入的值；$\varphi' = 30°$时分别为0.5000和0.3333

$P = K\,q\,H$和**$z_R = H/2$**：在初始设定的墙($H = 6$ m, $q = 10$ kPa)上，静止状态下$\sigma_H = 5.00$ kPa, $P = 30.00$ kN/m；主动状态下为3.33 kPa和20.00 kN/m

线性：P与q及H成正比；$K_a / K_0 = 2/3$($\varphi' = 30°$)

叠加：将超载分量叠加到土压力和水压力分布图上；超载所占比例为$2q / (\gamma H + 2q)$，其作用线与K无关

参考文献

Das, B.M. (2016). Principles of Foundation Engineering, 8th ed. Cengage Learning; 本页面遵循该书。

Jaky, J. (1944). The coefficient of earth pressure at rest. Journal of the Society of Hungarian Architects and Engineers, 7, 355–358.

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。模块的默认初始墙体为H = 6 m，q = 10 kPa，φ′ = 30°（静止土压力），第二个算例为H = 25 m，q = 20 kPa，K = 0.30。

GeoTerva

在线岩土工程计算

从理论到应用

在GeoTerva中输入自己的墙、地面超载及系数的选取；模块一并给出K、σ_H、P和z_R的值、压力图、分步解答及报告。

打开模块→

理论页面 →

用手机打开

试用模块无需注册。