## 荷载及内力计算

土层参数计算依据表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 岩土层分布（从上至下）及分布特征序号 | 土层名称 | 厚度(m) h | 重度(kN/m3) γ | 黏聚力(kPa) c | 内摩擦角(°) Ψ | 计算方式 |
| 1 | 人工填土 | 1.2 | 18.0 | 5.7 | 13.5 | 水土合算 |
| 2 | 淤泥质粉质黏土 | 5 | 17.8 | 8.2 | 9.6 | 水土合算 |
| 3 | 粉质黏土 | 3.8 | 20.0 | 14 | 16.2 | 水土分算 |
| 4 | 黏性土 | 7.4 | 20.5 | 22 | 20.8 | 水土合算 |

土压力系数表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 土层名称 | Ka | √Ka | Kp | √Kp |
| 1 | 人工填土 | 0.62 | 0.79 | 1.61 | 1.27 |
| 2 | 淤泥质粉质黏土 | 0.72 | 0.85 | 1.39 | 1.18 |
| 3 | 粉质黏土 | 0.56 | 0.75 | 1.77 | 1.33 |
| 4 | 黏性土 | 0.48 | 0.69 | 2.10 | 1.45 |

根据《建筑基坑支护技术规程》（JGJ120-2012）规定：对地下水位以下的黏性土、黏质粉土，可采用土压力、水压力合算方法。具体公式如下：

$P\_{ak}=\sigma\_{ak}K\_{a,i}-2c\_{i}\sqrt{K\_{a,i}}$

$K\_{a,i}=\tan^{2}\left(45^{\circ}-\frac{\varphi\_{i}}{2}\right)$

$P\_{pk}=\sigma\_{pk}K\_{p,i}+2c\_{i}\sqrt{K\_{p,i}}$

$K\_{p,i}=\tan^{2}\left(45^{\circ}+\frac{\varphi\_{i}}{2}\right)$

式中，$P\_{ak}$—支护结构外侧，第i层土中计算点的主动土压力强度标准值（kPa）；当$P\_{ak}$＜ 0时，应取$P\_{ak}$ = 0；

${\sigma}\_{ak}$、${\sigma}\_{pk}$—分别为支护结构外侧、内侧计算点的土中竖向应力标准值（kPa）；

$K\_{a,i}$、$K\_{p,i}$—分别为第i层土的主动土压力系数、被动土压力系数；

$C\_{i}$、$\varphi\_{i}$—分别为第i层土的黏聚力（kPa）、内摩擦角（°）；

$P\_{pk}$—支护结构内侧，第i层土中计算点的被动土压力强度标准值（kPa）。

## 第1工况:

第1工况参数表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 基坑挖深(m) | 7.0 | 均布荷载(kPa) | 20.0 |
| 坑内水位(m) | 10.5 | 坑外水位(m) | 2.5 |
| 支撑位置(m) | 0.4 | | |

### 主动土压力

$P\_{ak}=\sigma\_{ak}K\_{a,i}-2c\_{i}\sqrt{K\_{a,i}}$

第1层土：

$P\_{ak1}=20.0 \times 0.62-2 \times 5.7 \times \sqrt{0.79}=3.39kPa$

${\mathrm{P}^{\prime}}\_{ak1}=(20.0+18.0 \times 1.2) \times 0.62-2 \times 5.7 \times \sqrt{0.79}=16.79kPa$

第2层土：

$P\_{ak2}=(20.0+18.0 \times 1.2) \times 0.72-2 \times 8.2 \times \sqrt{0.85}=16.01kPa$

${\mathrm{P}^{\prime}}\_{ak2}=(20.0+18.0 \times 1.2+17.8 \times 5) \times 0.72-2 \times 8.2 \times \sqrt{0.85}=80.09kPa$

第3层土：

$P\_{ak3}=(20.0+18.0 \times 1.2+17.8 \times 5) \times 0.56-2 \times 14 \times \sqrt{0.75}=52.14kPa$

${\mathrm{P}^{\prime}}\_{ak3}=(20.0+18.0 \times 1.2+17.8 \times 5+20.0 \times 3.8) \times 0.56-2 \times 14 \times \sqrt{0.75}=94.70kPa$

第4层土：

$P\_{ak4}=(20.0+18.0 \times 1.2+17.8 \times 5+20.0 \times 3.8) \times 0.48-2 \times 22 \times \sqrt{0.69}=68.81kPa$

${\mathrm{P}^{\prime}}\_{ak4}=(20.0+18.0 \times 1.2+17.8 \times 5+20.0 \times 3.8+20.5 \times 7.4) \times 0.48-2 \times 22 \times \sqrt{0.69}=141.62kPa$

### 被动土压力

$P\_{pk}=\sigma\_{pk}K\_{p,i}+2c\_{i}\sqrt{K\_{p,i}}$

第3层土：

$P\_{pk3}= 2 \times 14 \times \sqrt{1.33}=37.24kPa$

${\mathrm{P}^{\prime}}\_{pk3}=(20.0 \times 3.00) \times 1.77+ 2 \times 14 \times \sqrt{1.33}=143.44kPa$

第4层土：

$P\_{pk4}=(20.0 \times 3.00) \times 2.10+ 2 \times 22 \times \sqrt{1.45}=189.80kPa$

${\mathrm{P}^{\prime}}\_{pk4}=(20.0 \times 3.00+20.5 \times 7.4) \times 2.10+ 2 \times 22 \times \sqrt{1.45}=508.37kPa$

### 土压力零点计算

设土压力零点位于已开挖基坑底面以下x米处。

$\Delta{e\_{3}}=52.14-37.24=14.90Kpa$

$\Delta{\mathrm{e}^{\prime}}\_{3}=61.1-143.44=-82.34Kpa$

$(20.0+18.0 \times 1.2+17.8 \times 5+20.0 \times x) \times 0.56-2 \times 14 \times \sqrt{0.75}=(20.0 \times x) \times 1.77+ 2 \times 14 \times \sqrt{1.33}$

求解得：x=0.62m

故土压力强度零点位于已开挖基坑底面以下x米处以下0.62m。

零点处主被动土压力强度：59.19Kpa

### 土压力合力及作用点计算

计算方法按照前面计算得到的主被动土压力强度按以下公式计算：

设a为土层顶面的土压力强度，b为土层底面的土压力强度，h为所计算的那一层土的土层厚度。

#### 4.1主动土压力合力及作用点位置

第1层主动土顶面压力：3.39Kpa;主动土底面压力：16.79Kpa

合力计算公式：$E\_{a}=\frac{{a + b}}{2} \times h\_{n}$；作用点位置公式：$h\_{a}=\frac{{2 \times a + b}}{{a + b}} \times \frac{h\_{n}}{3}$

$E\_{a1}=\frac{{3.39 + 16.79}}{2} \times 1.2=12.11kN/m$

$h\_{a1}=\frac{{2 \times 3.39 + 16.79}}{{3.39 + 16.79}} \times \frac{1.2}{3}=0.47m$

第2层主动土顶面压力：16.01Kpa;主动土底面压力：80.09Kpa

合力计算公式：$E\_{a}=\frac{{a + b}}{2} \times h\_{n}$；作用点位置公式：$h\_{a}=\frac{{2 \times a + b}}{{a + b}} \times \frac{h\_{n}}{3}$

$E\_{a2}=\frac{{16.01 + 80.09}}{2} \times 5=240.25kN/m$

$h\_{a2}=\frac{{2 \times 16.01 + 80.09}}{{16.01 + 80.09}} \times \frac{5}{3}=1.17m$

第3层主动土顶面压力：52.14Kpa;主动土底面压力：68.04Kpa

合力计算公式：$E\_{a}=\frac{{a + b}}{2} \times h\_{n}$；作用点位置公式：$h\_{a}=\frac{{2 \times a + b}}{{a + b}} \times \frac{h\_{n}}{3}$

$E\_{a3}=\frac{{52.14 + 68.04}}{2} \times 1.42=85.33kN/m$

$h\_{a3}=\frac{{2 \times 52.14 + 68.04}}{{52.14 + 68.04}} \times \frac{1.42}{3}=0.68m$

#### 4.2被动土压力合力及作用点位置

第3层被动土顶面压力：37.24Kpa;被动土底面压力：59.19Kpa

合力计算公式：$E\_{p}=\frac{{a + b}}{2} \times h\_{n}$；作用点位置：$h\_{p}=\frac{{2 \times a + b}}{{a + b}} \times \frac{{h\_{n}}}{3}$

$E\_{p3}=\frac{{37.24 + 59.19}}{2} \times 0.62=29.89kN/m$

$h\_{p3}=\frac{{2 \times 37.24 + 59.19}}{{37.24 + 59.19}} \times \frac{{0.62}}{3}=0.29m$

### 支撑处水平力计算

支反力计算通过如下公式：

$T\_{c1}=\frac{{{h}\_{a1}}\sum{{{E}\_{ac}}-{{h}\_{p1}}\sum{{{E}\_{pc}}}}}{{{h}\_{T1}}+{{h}\_{c1}}}$

$h\_{p1}$—被动合力至反弯点的距离；

$\sum{{E}\_{pc}}$—各层土的被动合力；

$T\_{c1}$—轴向支反力；

${h}\_{T1}$—支点至基坑底面的距离；

${h}\_{c1}$—基坑底面至反弯点的距离；

$h\_{a1}$—主动合力至反弯点的距离；

$\sum{{E}\_{ac}}$—各层土的主动合力；

结合土压力合力带入公式可得：

$T\_{c1}=\frac{(12.11 \times 6.89+240.25 \times 2.59+85.33 \times 1.42-29.89 \times 1.42)}{(7.62-0.4)}=108.64kN$

## 第2工况:

第2工况参数表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 基坑挖深(m) | 7.0 | 均布荷载(kPa) | 20.0 |
| 坑内水位(m) | 10.5 | 坑外水位(m) | 2.5 |
| 支撑位置(m) | 0.4 | | |

### 主动土压力

$P\_{ak}=\sigma\_{ak}K\_{a,i}-2c\_{i}\sqrt{K\_{a,i}}$

第1层土：

$P\_{ak1}=20.0 \times 0.62-2 \times 5.7 \times \sqrt{0.79}=3.39kPa$

${\mathrm{P}^{\prime}}\_{ak1}=(20.0+18.0 \times 1.2) \times 0.62-2 \times 5.7 \times \sqrt{0.79}=16.79kPa$

第2层土：

$P\_{ak2}=(20.0+18.0 \times 1.2) \times 0.72-2 \times 8.2 \times \sqrt{0.85}=16.01kPa$

${\mathrm{P}^{\prime}}\_{ak2}=(20.0+18.0 \times 1.2+17.8 \times 5) \times 0.72-2 \times 8.2 \times \sqrt{0.85}=80.09kPa$

第3层土：

$P\_{ak3}=(20.0+18.0 \times 1.2+17.8 \times 5) \times 0.56-2 \times 14 \times \sqrt{0.75}=52.14kPa$

${\mathrm{P}^{\prime}}\_{ak3}=(20.0+18.0 \times 1.2+17.8 \times 5+20.0 \times 3.8) \times 0.56-2 \times 14 \times \sqrt{0.75}=94.70kPa$

第4层土：

$P\_{ak4}=(20.0+18.0 \times 1.2+17.8 \times 5+20.0 \times 3.8) \times 0.48-2 \times 22 \times \sqrt{0.69}=68.81kPa$

${\mathrm{P}^{\prime}}\_{ak4}=(20.0+18.0 \times 1.2+17.8 \times 5+20.0 \times 3.8+20.5 \times 7.4) \times 0.48-2 \times 22 \times \sqrt{0.69}=141.62kPa$

### 被动土压力

$P\_{pk}=\sigma\_{pk}K\_{p,i}+2c\_{i}\sqrt{K\_{p,i}}$

第3层土：

$P\_{pk3}= 2 \times 14 \times \sqrt{1.33}=37.24kPa$

${\mathrm{P}^{\prime}}\_{pk3}=(20.0 \times 3.00) \times 1.77+ 2 \times 14 \times \sqrt{1.33}=143.44kPa$

第4层土：

$P\_{pk4}=(20.0 \times 3.00) \times 2.10+ 2 \times 22 \times \sqrt{1.45}=189.80kPa$

${\mathrm{P}^{\prime}}\_{pk4}=(20.0 \times 3.00+20.5 \times 7.4) \times 2.10+ 2 \times 22 \times \sqrt{1.45}=508.37kPa$

### 土压力零点计算

设土压力零点位于已开挖基坑底面以下x米处。

$\Delta{e\_{3}}=52.14-37.24=14.90Kpa$

$\Delta{\mathrm{e}^{\prime}}\_{3}=61.1-143.44=-82.34Kpa$

$(20.0+18.0 \times 1.2+17.8 \times 5+20.0 \times x) \times 0.56-2 \times 14 \times \sqrt{0.75}=(20.0 \times x) \times 1.77+ 2 \times 14 \times \sqrt{1.33}$

求解得：x=0.62m

故土压力强度零点位于已开挖基坑底面以下x米处以下0.62m。

零点处主被动土压力强度：59.19Kpa

### 土压力合力及作用点计算

计算方法按照前面计算得到的主被动土压力强度按以下公式计算：

设a为土层顶面的土压力强度，b为土层底面的土压力强度，h为所计算的那一层土的土层厚度。

#### 4.1主动土压力合力及作用点位置

第1层主动土顶面压力：3.39Kpa;主动土底面压力：16.79Kpa

合力计算公式：$E\_{a}=\frac{{a + b}}{2} \times h\_{n}$；作用点位置公式：$h\_{a}=\frac{{2 \times a + b}}{{a + b}} \times \frac{h\_{n}}{3}$

$E\_{a1}=\frac{{3.39 + 16.79}}{2} \times 1.2=12.11kN/m$

$h\_{a1}=\frac{{2 \times 3.39 + 16.79}}{{3.39 + 16.79}} \times \frac{1.2}{3}=0.47m$

第2层主动土顶面压力：16.01Kpa;主动土底面压力：80.09Kpa

合力计算公式：$E\_{a}=\frac{{a + b}}{2} \times h\_{n}$；作用点位置公式：$h\_{a}=\frac{{2 \times a + b}}{{a + b}} \times \frac{h\_{n}}{3}$

$E\_{a2}=\frac{{16.01 + 80.09}}{2} \times 5=240.25kN/m$

$h\_{a2}=\frac{{2 \times 16.01 + 80.09}}{{16.01 + 80.09}} \times \frac{5}{3}=1.17m$

第3层主动土顶面压力：52.14Kpa;主动土底面压力：68.04Kpa

合力计算公式：$E\_{a}=\frac{{a + b}}{2} \times h\_{n}$；作用点位置公式：$h\_{a}=\frac{{2 \times a + b}}{{a + b}} \times \frac{h\_{n}}{3}$

$E\_{a3}=\frac{{52.14 + 68.04}}{2} \times 1.42=85.33kN/m$

$h\_{a3}=\frac{{2 \times 52.14 + 68.04}}{{52.14 + 68.04}} \times \frac{1.42}{3}=0.68m$

#### 4.2被动土压力合力及作用点位置

第3层被动土顶面压力：37.24Kpa;被动土底面压力：59.19Kpa

合力计算公式：$E\_{p}=\frac{{a + b}}{2} \times h\_{n}$；作用点位置：$h\_{p}=\frac{{2 \times a + b}}{{a + b}} \times \frac{{h\_{n}}}{3}$

$E\_{p3}=\frac{{37.24 + 59.19}}{2} \times 0.62=29.89kN/m$

$h\_{p3}=\frac{{2 \times 37.24 + 59.19}}{{37.24 + 59.19}} \times \frac{{0.62}}{3}=0.29m$

### 支撑处水平力计算

支反力计算通过如下公式：

$T\_{c2}=\frac{{{h}\_{a2}}\sum{{{E}\_{ac}}-{{h}\_{p2}}\sum{{{E}\_{pc}}}}}{{{h}\_{T2}}+{{h}\_{c2}}}$

$h\_{p2}$—被动合力至反弯点的距离；

$\sum{{E}\_{pc}}$—各层土的被动合力；

$T\_{c2}$—轴向支反力；

${h}\_{T2}$—支点至基坑底面的距离；

${h}\_{c2}$—基坑底面至反弯点的距离；

$h\_{a2}$—主动合力至反弯点的距离；

$\sum{{E}\_{ac}}$—各层土的主动合力；

结合土压力合力带入公式可得：

$T\_{c2}=\frac{(12.11 \times 6.89+240.25 \times 2.59+85.33 \times 1.42-29.89 \times 1.42)-108.64 \times 7.22}{(7.62-0.4)}=0.00kN$