

地下室挡土墙设计要点

曹活辉

华诚博远工程技术集团有限公司广东分公司 广东 广州 510000

【摘要】随着经济和城市建设的快速发展,高层建筑层数不断增高,地下空间的利用也日益重要。其既要承受竖向荷载,又要承受侧向水、土等压力作用,正确地进行设计尤为重要。基于此,本文主要对地下室挡土墙的设计进行分析探讨。

【关键词】地下室;挡土墙;设计

地下室挡土墙上的荷载主要是水压力和土压力,先要理清“水土分算”和“水土合算”的概念。

1.水土分算

水土分算是分别计算土压力和水压力,以两者之和为总的侧压力。水位以下的土的重度应采用有效重度(即浮重度),土的抗剪强度指标宜取有效抗剪强度指标;水压力直接按静水压力三角形分布计算。

2.水土合算

水土合算是将土和土孔隙中的水看做同一分析对象,水位以下直接用土的饱和重度和总应力抗剪强度指标计算侧压力(不再计算水压力)。适用于不透水和弱透水的黏土、粉质黏土和粉土。通过现场测试资料的分析,黏性土中实测的水压力往往达不到静水压力值,可认为土孔隙中的水主要是结合水,不是自由的重力水,因此它不易自由流动而不单独考虑静水压力。因为将土粒与孔隙水看作一个整体,然而,黏性土并不是完全理想的不透水层,因此在黏性土层尤其是粉土中,采用水土合算方法只是一种近似方法。这种方法亦存在一些问题,可能低估了水压力的作用。

广东省标准《建筑地基基础设计规范》(DBJ 15-31-2016 备案号 J13311-2016)中第 12.2.2~12.2.4 条对作用于支护结构上的侧压力计算方法有明确规定:

“12.2.2 对砂土应按水土分算方法计算侧压力;对粉土、黏性土可按水土合算方法计算侧压力。

该条的条文说明对“水土分算”和“水土合算”的问题给出了说明,如下“12.2.2 关于水土分算、合算问题说明如下:

对地下水位以下的土体采用水土分算或水土合算,主要是根据土的性质而定。由于黏性土、粉土渗透性较弱,具有黏聚性,地下水对土颗粒不易形成浮力,故宜水土合算,其采用土的饱和重度指标的计算结果已包含了水压力的作用;而碎石土、砂土的渗透性强、无黏聚性,地下水对土颗粒将形成浮力,故宜水土分算,采用

土的有效重度指标计算土压力再加上静止水压力作为最终的水平荷载标准值。”

条文解读:

综合相关文献及规范条文,工程界普遍一致的观点是:对于黏性土宜采用水土合算,黏性土采用水土合算与实测结果比较接近,但理论依据不足;砂性土采用水土分算与实测结果比较接近。

12.2.3 根据支护结构位移条件选择土压力计算方法,主动土压力、被动土压力可采用朗肯土压力理论计算,当支护结构位移受到严格限制时,宜采用静止土压力。

12.2.4 当按变形控制原则设计支护结构时,作用在支护结构的计算土压力可按支护结构与土体的相互作用原理确定,也可按地区可靠经验确定。”

3.土重度的取值

在实际工程的设计中,土的重力密度 γ (一般指天然重度,简称土的重度)一般取值为 18KN/m^3 ,土的饱和重度 γ_{sat} 一般取值为 20KN/m^3 ,水的重度 γ_w 为 10KN/m^3 ,故土的有效重度 γ' 一般取值为 10KN/m^3 ($\gamma' = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w$)。

4.土压力计算

先明确土压力的分类:静止土压力 P_0 、主动土压力 P_a 、被动土压力 P_p ,三种土压力的大小关系: $P_a < P_0 < P_p$ 。

通常地下室挡土墙,一般都是按静止土压力计算(详见《土力学地基基础》陈希哲版)。

4.1.静止土压力计算公式

$$P_0 = K_0 \cdot \gamma \cdot z$$

式中 K_0 ——静止土压力系数; γ ——填土的重度, KN/m^3 ; z ——计算点深度(m)。

静止土压力系数 K_0 ,即土的侧压力系数确定方法:

(a)经验值:砂土, $K_0 = 0.34 \sim 0.45$;黏性土, $K_0 =$

0.50~0.70。

(b) 半经验公式: $K_0 = 1 - \sin \phi'$, 其中 ϕ' 为土的有效内摩擦角, ($^\circ$)。

(c) 日本规范, 日本《建筑基础结构设计规范》建议不分土的种类, 均取值 0.50。

4.2. 静止土压力分布

由上述静止土压力计算公式可知, 静止土压力呈三角形分布。

4.3. 总静止土压力

沿墙长度取 1 延米, 只需计算土压力分布图的三角形面积, 即

$$P_0 = \frac{1}{2} \gamma \cdot H^2 \cdot K_0$$

式中 H 为挡土墙高度。

4.4. 总静止土压力作用点

总静止土压力作用点 O 位于静止土压力三角形分布图形的重心, 即下 $H/3$ 处。

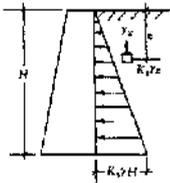


图 5.6 静止土压力计算图

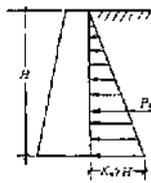


图 5.7 总静止土压力

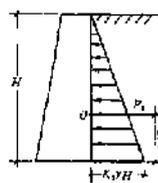
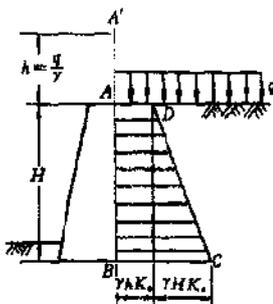


图 5.8 总土压力作用点

5. 填土表面作用有均布荷载对土压力的贡献

当填土表面作用均布荷载 q (kPa) 时, 可把荷载 q 视为虚构的填土 $\gamma \cdot h$ 的自重产生的。虚构填土高度为 $h = \frac{q}{\gamma}$,

$$\frac{q}{\gamma}$$



则作用在挡土墙侧面上的土压力由两部分组成 (按照线性叠加原理), 即实际填土高度 H 产生的土压力 (墙顶土压力为 0, 墙底土压力为 $\gamma \cdot H \cdot K$, 总土压力为 $\frac{1}{2} \gamma \cdot H^2 \cdot K$) 和由均布荷载 q 换算成虚构的填土高 h 产生的

土压力 (h 高度底部的土压力为 $\gamma \cdot h \cdot K = q \cdot K$, 总土压力为 $\gamma \cdot h \cdot K \cdot H = qHK$), 此时墙上作用的总土压力为

$$P_0 = \frac{1}{2} \gamma \cdot H^2 \cdot K_0 + q \cdot H \cdot K_0$$

6. 水面以下某一深度 z 处的挡土墙侧向压力计算公式

(1) 水土分算时土压力的计算公式

$$P = K_0 \cdot \gamma' \cdot z + \gamma_w \cdot z + q \cdot K_0$$

(2) 水土合算时土压力的计算公式

$$P = K_0 \cdot \gamma_{sat} \cdot z + q \cdot K_0$$

7. 挡土墙在土压力和水压力共同作用下的 SAP2000 有限元计算分析

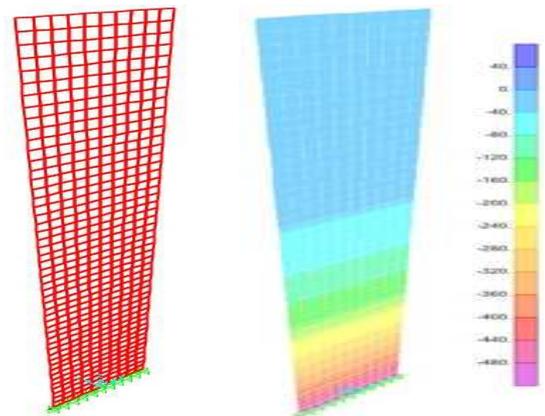
7.1. 土压力、水压力、填土表面作用均布活荷载的分项系数

荷载组合	土压力	水压力	平时地面活载
基本组合	1.2	1.4	1.4
准永久组合	1.0	0.5	0.5

注意: 为对比验证, 分项系数取值与理正工具箱取值一致。

7.2. 内力和变形计算

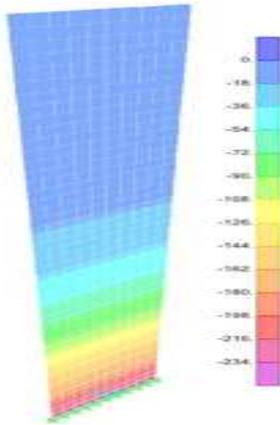
模型条件: 悬臂式挡土墙, 高度 5 米, 取 1 米计算宽度为计算单元; 边界条件: 底端按固接, 顶端自由, 侧边自由, 地下水埋深 0.000, 填土饱和重度 γ_{sat} 取值 20KN/m³, 有效重度 γ' 取值 10KN/m³, 地面均布活荷载 10kPa。按水土分算, 按壳单元建模, 厚度 400mm, 通过节点样式施加土压力和水压力, 静止土压力系数 K_0 取 0.50, 模型及计算结果如下:



MIN=-504.167, MAX=0., Right Click on any Area Element for detailed diagram

由上图知, 基本组合工况下的最大负弯矩值为

504.167KN*M, 该结果与理正的计算结果吻合(理正计算结果为 504.17, 与手算结果一致)。

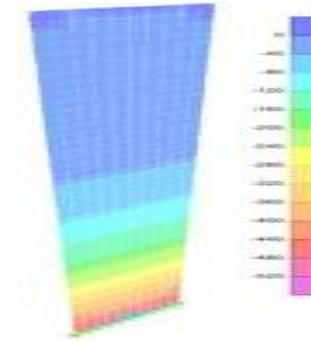


MIN=-239.583, MAX=0., Right Click on any Area Element for detailed diagram

由上图知, 准永久组合工况下的最大负弯矩值为 239.583KN*M, 该结果与理正的计算结果吻合(理正计算结果为 239.6, 与手算结果一致)。

在实际工程中的手算中, 我们一般是忽略挡土墙的面内刚度的, 如果不忽略这个面内刚度会有什么结果呢? 通过对比发现, 如果不忽略这个刚度, 挡土墙的内力计算结果会稍大,

忽略抗弯刚度, 则计算的结果与手算结果完全吻合。但是如果不忽略抗弯刚度, 发现有限元计算的结果要比手算理论解稍大, 如下:



MIN=-550.339, MAX=0.088, Right Click on any Area Element for detailed diagram

基本组合下的弯矩最大值为 550.369KN*M。其他工况下的结论一致。

8.结论

综上所述, 关于地下室挡土墙计算是采用“水土分算”还是“水土合算”的, 个人理解要结合地质勘察报告、结合工程项目实际情况综合确定选用计算模型, 如果地质较复杂, 建议偏保守选用“水土分算”。通过有限元的对比计算, 理正软件的计算结果可靠, 在实际项目设计中可以直接采用, 大大节约设计工作量, 提高工作效率。

【参考文献】

- [1]陈希哲编著,《土力学地基基础》(第四版).北京,清华大学出版社.
- [2]李广信.基坑支护结构上水土压力的分算与合算.岩土工程学报,2000,22(3):348~352.
- [3]刘发前.再论“水土合算”与“水土分算”.科技研究,2016,01(1):173~175.
- [4]SAP2000 中文版技术指南及工程应用 2018 年公开版.人民交通出版社股份有限公司.