

地铁基坑支撑体系变形计算方法

房昕

吉林建筑大学土木工程学院

DOI:10.32629/bd.v3i8.2646

[摘要] 基于钢支撑与混凝土支撑的特点与应用范围,本文选取钢与混凝土组合支撑作为地铁车站基坑的支撑体系,即第一道钢筋混凝土支撑,其余为钢支撑,布置形式采用对撑和角撑结合形式。根据支撑体系的受力情况,总结计算模型,即混凝土冠梁为双向受弯构件,钢围檩为简支梁,对撑为偏心受压构件。根据计算得出的变形调整支撑类型、间距和截面尺寸。

[关键词] 地铁基坑; 钢与混凝土组合支撑; 双向受弯构件; 偏心受压构件

引言

随着城市化步伐的加快,为满足人们日益增长的出行需要,在用地愈发紧张的城市,地铁出行已成为一种必然,地铁基坑的深度也越来越深。这些深大基坑通常都位于密集的城市中心,常常紧邻建筑物、地铁隧道及各种地下管线,施工场地紧张、施工条件复杂、工期紧迫。按照地铁设计规范要求,地下结构的设计,应根据工程建筑物特点及其所在场地的具体情况,通过技术、经济、工期、环境影响等多方面综合评价^[1],所以地铁基坑的设计除了满足强度要求之外,还需控制变形。本文主要介绍地铁车站基坑的支撑体系计算简化方法与公式。

1 支撑体系选型

根据工程实践,支撑体系分为基坑内支撑和基坑外拉锚两大类。在场地条件狭窄,地质条件以粘土和淤泥粘土(软土地区)为主的地层中,锚杆孔不易形成,不能采用基坑外拉锚体系,应选择内支撑体系。内支撑体系常用形式有单层或多层平面支撑体系和竖直斜撑体系。按照材料组成主要有两种,钢支撑和钢筋混凝土支撑。按照受力作用,基本构件为冠梁(腰梁或围檩)、水平支撑和立柱。

地铁车站基坑形状比较规则,首选钢支撑体系。对撑布置的钢支撑体系,平面布置变化受限制,只能受压,不能受拉。这种支撑刚度小,整体变形大,稳定性取决于现场拼装的质量,个别节点的失稳会造成整体破坏,不宜用作深基坑的第一道支撑。

钢筋混凝土支撑易于通过调整断面尺寸和平面布置形式为施工留出较大的挖土空间,既能受压,又能受拉,亦经得起施工设备的撞击。这种支撑材料可以承受荷载水平高,布置不受限制,可放大截面尺寸以满足较大间距的要求。支撑体系刚度大,整体变形小,现浇钢筋混凝土体系节点牢固,支撑体系的稳定性可靠。

综上所述,地铁基坑应选取钢与混凝土组合支撑作为地铁车站基坑的支撑体系。

2 支撑布置形式

对于地铁车站这类长条形的基坑优先采用相互正交、均匀布置的平面对撑体系;建议地铁车站基坑第一道钢筋混凝土支撑采用短边方向的对撑,基坑四角设置水平角撑。其余

几道支撑材料换成钢支撑。钢支撑与围护结构连接处应设置围檩(腰梁)。当相邻支撑之间水平距离较大时,应在支撑端部设置八字撑以减小围檩的计算跨距,八字撑宜左右对称,长度不宜大于9m,与围檩之间的夹角宜为60°^[2]。相邻钢筋混凝土支撑间距取9m,相邻钢支撑间距取3,二者之间取倍数关系,便于出土。

3 简化的计算方法与计算公式

为了得到冠梁(腰梁或围檩)和水平支撑的数值位移与水平位移,需要先分析其荷载情况。确定荷载之后,变形可按照结构力学图乘法计算,验算是否满足需求。

深基坑工程中,作用在围护墙的水土压力由内支撑有效地传递和平衡。围檩可以加强围护墙的整体性,将其所受的水平力传递给支撑构件,水平支撑的作用是平衡外侧围护墙水平作用力。立柱的作用是保证水平支撑的纵向稳定,加强支撑体系的空间刚度和承受水平支撑传来的竖向荷载。所以做如下简化:

冠梁或腰梁按以对撑和角撑等构件为约束支座的多跨连续梁,计算跨度可取相邻支撑点的中心距。对撑与角撑离散为以竖向围护结构及立柱作为竖向约束的连续梁或单一构件,两端受压,竖向承受自重及其他施工荷载。

3.1 冠梁(腰梁或围檩)

3.1.1 混凝土冠梁

混凝土冠梁为双向受弯构件,所受荷载有竖直自重和围护墙体传来的轴力(水平方向)。计算简图如图1。中间1/2出挠度最大,分别验算水平和竖直方向的位移,根据规范规定^[3],现浇混凝土支撑构件的抗弯刚度,乘以折减系数0.6。计算公式如公式1和公式2所示,验算是否满足支撑构件在竖直平面内挠度小于其计算跨度的1/600-1/800^[3]。水平挠度小于其计算跨度的1/1000-1/1500^[3]。如不满足,需要调整选用的混凝土强度等级和截面尺寸。

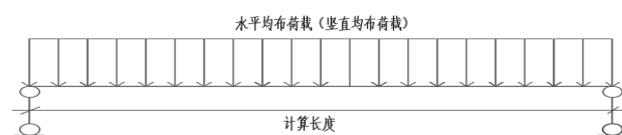


图1 混凝土冠梁计算简图

$$\frac{\Delta_x}{l} = \frac{5q_x l^3}{384 \times 0.6EI} \quad (1)$$

$$\frac{\Delta_y}{l} = \frac{5q_y l^3}{384 \times 0.6EI} \quad (2)$$

3.1.2 钢围檩

钢围檩拼接点按铰接考虑, 内力与变形按简支梁计算。荷载主要有两个方向的荷载, 竖直方向自重和水平方向水土压力施加给围檩的力, 竖直方向自重很小可以忽略, 水平方向水土压力即为横撑传来的轴力, 计算简图如图2。计算公式如公式3所示, 验算是否满足支撑构件在水平挠度小于其计算跨度的1/1000-1/1500^[3]。如不满足, 需要调整选用的钢支撑型号。

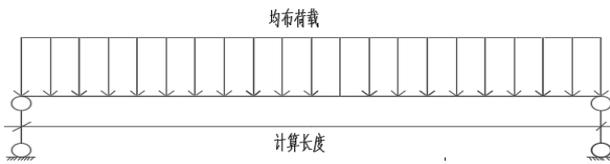


图2 钢围檩计算简图

$$\frac{v}{l} = \frac{5ql^3}{384EI_x} \quad (3)$$

3.2 对撑

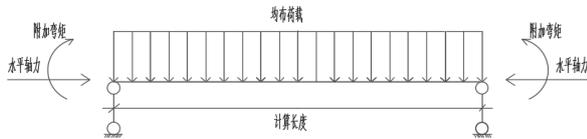


图3 对撑计算简图

支撑构件按偏心受压构件计算, 支撑水平轴力按挡墙沿冠梁或腰梁长度方向的水平反力乘以支撑中心距计算, 当支撑与冠梁或腰梁斜交汇时, 取水平反力沿支撑长度方向的投影计算。竖直荷载只考虑自重。计算简图见图3。构件截面的初始偏心距取值不宜小于支撑计算长度的1/1000, 且对于混凝土支撑不宜小于20mm, 对于钢支撑不宜小于40mm^[3]。

3.2.1 混凝土对撑荷载

(1) 水平轴力p

$$p = N \cdot d \cdot K \cdot \delta \quad (4)$$

式中 N — 支撑轴力 (kN/m);

d — 计算跨度 (m);

K — 安全系数, 取1.5~2.0;

δ — 考虑支撑预压力或温度变化的轴力扩大系数, 取1.1~1.2。

(2) 竖直荷载q

$$q = \gamma \cdot b \cdot h \quad (5)$$

式中

γ — 钢筋混凝土容重 (kN/m³)

b — 混凝土支撑宽 (m);

h — 混凝土支撑高 (m);

$$M = p \cdot e \quad (6)$$

式中

M — 偏心弯矩

e — 混凝土支撑初始偏心距

3.2.2 钢支撑荷载

水平轴力和附加弯矩计算公式与混凝土支撑相同, 钢支撑初始偏心距取值与混凝土支撑不同。竖直荷载只考虑自重。

4 结论

根据地铁基坑所在场地的具体情况及其特点, 经过技术、经济、工期、环境影响等分析, 本文选取钢与混凝土组合支撑作为支撑体系。第一道为钢筋混凝土支撑, 其余为钢支撑, 布置形式采用对撑和角撑结合形式。分析受力情况, 提取支撑体系的计算模型, 混凝土冠梁按双向受弯构件计算, 钢腰梁的内力与变形按照简支梁计算, 对撑按偏心受压构件计算。根据计算得出的变形调整支撑类型、间距和截面尺寸。

[参考文献]

[1] GB50157—2013 地铁设计规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2013: 43.
 [2] JGJ120—2012 建筑基坑支护技术规程[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012: 17.
 [3] DG/TJ08—61—2018 基坑工程技术标准[S]. 工业出版社, 2018: 24.

作者简介:

房昕(1987--), 女, 吉林省松原市人, 汉族, 博士, 讲师, 主要从事激光技术应用、材料成型等方面的研究。

基金项目:

吉林省教育厅“十三五”科学技术研究项目(吉教科合字 2016 第 154 号)。