

# 柱帽式筏板基础地下室结构设计探讨

刘海军

(航天建筑设计研究院有限公司 湖南长沙 410000)

**摘要:** 随着社会的不断发展,我国人口基数逐年增加,尤其是越来越多的人选择向城市迁移,导致城市用地形式愈发严重,为了应对这一问题,地下空间的有效利用成为了重点研究方向。目前在建筑工程的基础施工中普遍采用柱帽式筏板的形式,因其具有良好的基础承载能力、防止基础沉降、投资成本小、具有良好的抗滑抗震稳定性以及能够有效利用空间提升经济价值等优势也被用于地下空间建构施工中。本研究将通过分析柱帽式筏板基础地下室结构设计中的优势、难点,研究建筑地下室结构设计的主要内容,并通过案例分析的形式探讨柱帽式筏板基础地下室结构设计的科学性、可行性,研究结果表明柱帽式筏板基础在地下室工程中具有巨大的优势,不仅便于工程的机械化施工,而且能够减少工程成本的投入,具有显著的社会价值及经济效益。

**关键词:** 地下室工程;柱帽式筏板;基础施工;结构设计

## 引言

随着城市用地呈现紧张化趋势,解决建筑空间的合理利用、缓解城市用地紧张成为了人们极为关注的问题。当前越来越多的建筑设计中开始重视地下室空间的设计及利用,如大型商场、写字楼宇等,这些地下空间的结构通常采用柱帽式筏板基础<sup>[1]</sup>。

柱帽式筏板基础是指利用墩基增加受力柱与筏板的整体稳定性以及结构的牢固性,使筏板冲切构件具有更好的承载力,从而避免上部结构荷载过大导致筏板承载程度较低的问题。经过研究发现,根据柱帽式筏板基础的特性其更适用于建筑结构的地下空间中,能够有效地增加地下室的可利用空间,但在实际的应用中依然存在一些结构设计问题<sup>[2]</sup>。由于地下空间与地上结构的位置环境存在差异,若结构设计不当将会降低建筑的功能性<sup>[3]</sup>。因此,柱帽式筏板基础地下室结构的设计科学性、合理性对于建筑物功能性的应用具有重要的作用及意义。

## 1 柱帽式筏板基础在应用中的优势分析

根据以往柱帽式筏板基础工程可以发现其在实际应用中具有显著的优势。①具有良好的基础承载能力:通过柱帽式筏板基础能够在建筑结构在发生少量沉降时针对地基沉降不均匀的问题进行适当的调节;②防止基础发生沉降:建筑物在投入使用过程中,由于种种因素的原因将会造成地基发生沉降,而柱帽式筏板基础具有较大的基础底面积,可降低建筑基础发生沉降的风险;③投资成本小:在实际的工程建筑中柱帽式筏板基础相对于桩基础,其成本投入更低,并且施工周期更短,不会对周边建筑物造成影响;④具有良好的抗滑、抗震稳定性:柱帽式筏板基础在发生地震时具有抗滑稳定性,加之地下结构的外墙作用,将会显著提升结构整体的侧向刚度,因此,能够产生优异的抗震作用;⑤能够有效利用空间、提升经济价值:在当前土地资源紧张的环境下,采用柱帽式筏板基础能够更合理、有效的利用空间,使土地资源更具有经济价值<sup>[4,5]</sup>。

## 2 建筑地下室结构的设计内容分析

### 2.1 地下室顶板结构设计

对于地下室结构而言其设计中的重点便是顶板结构,相对于整体建筑结构,可将地下室顶板视为水平约束支座,为了能够保证其在实际中的约束能力(顶板刚度),需要在进行顶板的设计时确保其厚度 $\geq 16\text{cm}$ ,并按照人防工事标准为设计基础,当地下室顶板作为上部建筑结构的嵌固端时<sup>[6]</sup>。还应在设计中根据相关的抗震设计规范来提升顶板结构的各项参数,如顶板结构的强度、厚度、承载力、配筋率以及侧向刚度等,以此保证地下室顶板结构设计能够达到规范标准以及使用标准。

### 2.2 外墙结构设计

地下室外墙结构的设计侧重点在于其荷载能力、静土压力因数及配筋率。荷载的设计可分为水平、竖向两种形式,其中水平荷载包括地面荷载及人防荷载两种形式,竖向荷载又包括建筑结构的自重荷载及地下室传重荷载<sup>[7]</sup>。地下室外墙结构荷载设计考虑内容如表1所示。

表1 地下室外墙结构荷载设计考虑内容

荷载方向	内容
水平荷载	地面荷载
	人防荷载
竖向荷载	建筑结构自重荷
	地下室传重荷载

除了上述的荷载类型外,在进行外墙结构设计时还应考虑到地震对地下室结构造成影响,因为当发生地震后地下室墙体将会产生内应力,在不断地发展过程中将会墙体结构的稳定性造成巨大的影响。不过地震因素产生的结构内应力变化无法进行有效地控制,所以在进行墙体结构的设计时应将结构的水平荷载作为主要的控制因素,当结构的水平荷载与墙体结构为垂直状态时将会产生弯矩,便于建筑工程在进行施工时的墙体配筋<sup>[8]</sup>。此外,地下室墙体与土体相接触将会形成侧向土压力,墙体也会形成永久性荷载,此时墙体受到

被动土压力将会造成一定的不利影响。为了能够进一步降低土体对墙体的压力,在进行墙体的设计时应采用静土压

在进行具体的设计时应首先计算设置弯矩调幅,加之地下室结构为固定支座,因此,需要进行结构荷载分项系数的计算,如地下室为多层结构时需要以多跨连续梁的形式进行计算,并注意结构的外墙侧壁底部弯矩应与临近底板弯矩相同的同时不可小于侧壁弯矩,且结构的厚度以及配筋率能够达到相符合。地下室墙体与土体相接触将会形成侧向土压力,墙体也会形成永久性荷载,此时墙体受到被动土压力将会造成一定的不利影响<sup>[9]</sup>。为了能够进一步降低土体对墙体的压力,在进行墙体的设计时应采用静土压,并进行实际数值的测定,计算静土压时需要通过实施试验测定真实压力,若无法达到试验要求时应提升砂土压力。针对地下室外墙配筋的设计,应首先以扶壁柱尺寸为计算的标准,若无法实施可采用双向板为计算标准,并使用单向板进行地下室其他区域的设计计算。墙体结构设计分项系数取值如表 2 所示。

表2 墙体结构设计分项系数取值

标准	类型	分项系数	
永久荷载	水位稳定水压力	有人防要求、效应不利于墙体结构	1.2
		有人防要求、效应有利于墙体结构	1.0
可变荷载	水位急剧变化水压力		1.3

### 2.3 抗震能力设计

地下室结构对于建筑物整体具有重要的作用,其中地下室结构的抗震性能直接影响到建筑物整体的抗震性能,在进行地下室结构的抗震性能设计时需将地下室地基作为设计的重点区域,通过合理设计地下结构与建筑地上结构的比例以及各项参数以实现提升建筑整体的抗震性能<sup>[10]</sup>。另外,地下室结构的使用材料以及墙壁建筑形式也是影响抗震性能的因素,在实际设计中需要以建筑图为基础,提升墙壁的稳固性,以满足结构的抗震要求,并且满足地下室的抗震等级与地上结构相一致,避免因紧密结合出现问题。

### 2.4 抗渗、抗浮设计

建筑结构在实际使用过程中还要注意降水、积水渗透的问题,由于地下室结构处于地下,其排水能力较差,因此在结构的抗渗、抗浮性能设计方面应加以重视,当前广泛采用的设计方式为在设计要求允许的范围内通过提升建筑结构的基坑底高以实现增加地下室抗渗、抗浮的能力<sup>[11]</sup>。有研究显示采用无梁楼盖与宽扁梁的方式起到提升地下室抗渗、抗浮的能力的效果。也可通过提升地下室结构重量的方式增加地下室抗渗、抗浮的能力,相对于其他设计方式,这种方法具有较高的可行性、可操作性。此外,通过在地下室结构中增加抗拔桩也是实现抗渗、抗浮的效果,这种设计方式也是目前地下室结构中最为常用的方式之一,具有很好的应用效

果,其主要操作方式为是通过将抗拔桩深埋至地下岩层内部并进行灌浆加固。

### 2.5 结构平面设计

对地下室进行结构的设计时,需要根据实际情况以及建筑工程的需要考虑到是否设置变形缝,原则为如无特别的要求尽量避免变形缝的设置,主要原因是变形缝设置在地下时需要非常严密的防水处理,但在实际工程中变形缝的防水处理极为复杂,若施工中发生纰漏将会导致地下室出现漏水,后期修补不仅极为地麻烦而且往往效果不太理想。

### 3 实际工程案例

某商场大楼共 8 层,其中分为地上 5 层建筑、地下 3 层建筑,建筑主体采用框架结构的形式,其中柱网设置规格为 8.5m × 8.5m,根据工程现场的实际情况以及工程建设方的要求的能综合分析后决定使用筏板基础,经过对地质进行勘查后显示第五层粉质粘土层为基础的持力层,经过计算地基承载力特征值  $f_{ak}=170kPa$ ,通过对地基承载力特征值进行修正后其数值  $f_{ak}=430kPa$ ,通过进一步的对梁板式楼板、平板式筏形基础和柱帽式筏板基础进行相应的试验分析后,将选在柱帽式基础形式。由于建筑结构柱采用柱帽式基础时,可进行灵活的调整,如柱帽式筏板基础能够上下进行突出。当柱帽式筏板基础进行朝上突出时,结构的受力状态处理正常状态,在进行实际施工时将无需使用排水沟折板,对于现场的施工而言有效地减少了人工、材料的投入,不过若工程项目在地面平整度角度方面具有一定的需求的话,则需要实施回填土方,因此将会提升工程中土方的用量;但是,当柱帽式筏板基础进行朝下突出时,可以有效地减少土方量的使用。根据多方面的综合考虑后该工程最终采用朝下突出形式的柱帽式筏板基础。

通过对该工程的工程资料等情况进行分析后发现,该工程施工中采用的柱网形式非常的规则,对柱体下方的荷载值进行计算后为  $1 \times 104kN$ ,因此,在实际的施工中将采用厚度为 60cm 的筏板以及厚度为 120cm 的柱帽,参数选定后,为了验证择选的正确性将所采用的数据导入到基础设计软件中进行筏板的有限元分析,并进行模型的构件,以进行仿真验证,验证的结果为:①主体中心下筏形基础以及地基相接触位置的土体具有较大的土反力,而两个柱体轴线的中心点位置的土反力数值为最小状态;柱体的中心区域的应力应变曲线为朝下突起状态,而两个柱体轴线的中心点位置的应力应变曲线为朝上突起状态,符合曲线规律变化状态。②根据分析结果还可以发现,地基基础土体的弹性模量数值越大,土反力越是向柱体下的筏板聚集。

此外,在进行实际的施工时需要注意保持上部结构的荷载合力重心及筏基形心的重合,以此计算出确切的底板形状与规格,当需要采用悬挑板为设计的底板时应需要对实际因素进行分析,防止基础的弯矩受到基础端部基底反力的影

(下转第 21 页)

(上接第 19 页)

响;采用抗冲切以及抗剪强度进行底板厚度的选择时,如果柱网间距过大时需要在柱体之间增加加强版以获得足够的抗冲切强度,而当减小板厚时也可以采取后张法以便能够有效地减少施工中混凝土的使用量。进行锚杆施工时,若施工过程中存在较高的地下水位,应采用抗浮锚杆来减少底板所受到的浮力,当地下室中积水无法被地下室结构及上部结构所抵消时就会产生地下室上浮问题,此时浮力未达到筏板基础底板的结构重量时,基础结构便能保持较好的稳定性。

根据验证的结果可以发现,结构采用柱帽式筏板基础时仅在柱体下部受力较大位置增多配筋便可使其受力情况处于最佳状态;对于柱帽间的筏板可根据实际情况妥善缩减配筋的用量以及板的厚度,这样不仅可以保障其受力状态,还能有效地减少人工以及工程成本的投入。

#### 4 结语:

随着城市人口基数的不断攀升、城市用地资源的日益匮乏,对于地下室空间的需求不断的提升,柱帽式筏板基础在天然地基基础当中有着广泛的应用,也非常实际地应用于天然地基当中,采用此形式不仅可以有效的减少建筑物沉降的发生、确保建筑物整体的安全性、稳定性,提升建筑的抗震、抗渗、抗浮效果,还可以有效的拓展地下室空间,提升建筑物的使用率以及社会经济价值。

#### 参考文献:

- [1]顾晓星. 超长地下室设计中的关键技术问题的应用研究[D]. 东南大学, 2017.
  - [2]万宗伟. 某地下室筏板柱下墩的有限元分析[D]. 安徽建筑大学, 2017.
  - [3]李哲. 地下室楼盖体系选型的探讨[J]. 建材与装饰, 2016, (15): 70-71.
  - [4]奚震勇, 杨宁, 张涛, 等. 上海市某地下车库桩筏基础设计[J]. 结构工程师, 2020, 36(02): 199-204.
  - [5]何志锋, 钱铭, 吴生祥. 某公共地下建筑上浮结构检测及抗浮加固处理研究[J]. 工程质量, 2020, 38(11): 31-34.
  - [6]杨学林, 祝文畏, 周平槐. 某既有高层建筑下方逆作开挖增建地下室设计关键技术[J]. 岩石力学与工程学报, 2018, 37(S1): 3775-3786.
  - [7]陈勋刚. 高层住区普通地下车库设计优化研究[D]. 安徽建筑大学, 2017.
  - [8]王超, 王丽霞, 刘长武, 等. 柱帽平板式筏形基础与独立基础加防水板联合基础差异分析[J]. 吉林建筑大学学报, 2016, 33(04): 25-30.
- 作者简介:姓名:刘海军;性别:男;出生年月:1981.7.24;民族:汉;籍贯:湖南郴州;学历:大学本科;职称:工程师;研究方向:结构设计。