

# 山地建筑地基基础设计分析

邱乐梅

中煤科工重庆设计研究院(集团)有限公司

DOI: 10.12238/cms.v6i3.7051

**[摘要]** 当前, 我国的城市化进程快速发展, 对于山地区域的开发也持续增多, 由此使得山地建筑的建设数量也在不断增加。但是由于山地建筑的地基基础较为复杂, 如果处理不当, 很容易导致建筑的整体稳定性受到损害, 进而影响到建筑的投入使用寿命。为了更好地解决这样问题, 必须要针对山地建筑的地基基础进行优化设计, 以保障整体建筑结构的设计水平提升。本文主要分析了山地建筑地基基础存在的问题, 提出了应对策略, 并以具体案例分析地基基础设计策略, 保障山地建筑地基设计的科学性。

**[关键词]** 山地建筑; 地基基础; 设计方法

## Analysis of Foundation Design for Mountainous Buildings

Qiu Lemei

Middling coal Technology&Industry Chongqing Design&Research Institute (Group) Co., Ltd

**[Abstract]** Currently, China's urbanization process is developing rapidly, and the development of mountainous areas is also continuously increasing, resulting in an increasing number of mountain building constructions. However, due to the complex foundation of mountainous buildings, improper handling can easily damage the overall stability of the building, thereby affecting its service life. In order to better solve such problems, it is necessary to optimize the design of the foundation for mountainous buildings to ensure the overall design level of the building structure is improved. This article mainly analyzes the problems existing in the foundation of mountain buildings, proposes corresponding strategies, and analyzes the design strategies of foundation with specific cases to ensure the scientificity of mountain building foundation design.

**[Key words]** Mountain architecture; Foundation foundation; Design methods

在山地建筑建设过程中, 由于所在区域较为复杂, 导致地基基础设计存在诸多困难, 因此对于设计人员也提出了更高的要求。为了进一步提高地基基础设计质量, 必须要充分考虑山地建筑的特点及地基基础设计存在的问题, 然后针对这些问题采取科学的应对措施, 以保障地基基础的科学设计, 提升整体的地基稳定性, 进而为山地建筑的建设提供可靠支持。

### 一、山地建筑地基基础存在的问题

在山地建筑项目中, 地基条件受到自然地貌和地质结构的复杂影响, 地基基础设计存在诸多问题。

#### 1、地势高差悬殊

在山地建筑过程中, 地势高差问题尤为突出, 经常出现的情形是同一建筑物的基础需要跨越极不相同的高度区域, 如一端位于经过挖削的低地, 而另一端则设置在被填充土壤的较高地<sup>[1]</sup>。这样的地形条件不仅对地基基础设计提出挑战,

而且对地基的稳定性和均匀性也提出了高要求。若地基处理不当, 极可能导致建筑基础发生不均匀沉降问题。

#### 2、基岩起伏变化大

在山地建筑建设中, 基岩不均匀起伏常常引起一系列地基问题<sup>[2]</sup>。具体来说, 建筑的不同部分可能建立在具有不同稳定性的地质结构之上, 例如一侧可能安置在经过中度风化的岩石上, 而另一侧则位于较为松散的残积土之上。由于地质差异导致地基承载能力不一, 从而增加了建筑发生不均匀沉降的风险。

#### 3、土层结构复杂

山区建筑地基的显著特点是土层结构的复杂性, 不仅体现在土层的多样性和不同层次的厚度变化上, 还反映在其物理和力学属性的广泛差异上<sup>[3]</sup>。由于多变性影响, 土层在不同位置的地基承载力和压缩模量等关键指标都会有显著不同, 由此导致在建筑物基础设计时, 必须对每一个地点的地

基条件进行详细评估,以确保地基基础的适应性。

#### 4、局部软弱土层

在山地建筑地基基础设计中,经常会发现局部区域存在软弱土层,如老泥塘或排洪沟中的淤泥和软塑粘土。这些区域虽然面积不大,但会对地基稳定性构成显著威胁。软弱土层由于承载力低、压缩性高,容易导致建筑物地基在区域内发生不均匀沉降,进而影响整体结构的安全性。

#### 5、地基填料粒径过大

在山地地基基础设计中的常见问题是地基填料中含有过大粒径的碎石,这通常源自山体爆破活动所致<sup>[4]</sup>。过大的填料粒径会导致地基填土的密实度不均,影响其整体稳定性。而且由于大块石块在填土中的分布不均,会造成局部地基承载力不一致,进而引发地基沉降和结构变形。

## 二、山地建筑地基基础设计对策

### 1、桩基础处理

桩基础处理在高大建筑物的基础设计中应用广泛,通过使用灌注桩和爆扩桩技术,打入深达坚固土层或岩石层的桩体,穿透较软弱的土层,从而确保建筑物基础的稳固性,并达到预期的沉降标准,避免不均匀沉降问题发生<sup>[5]</sup>。而且使用桩基础处理还可以显著减少地基处理所需的材料和时间,同时减轻土方和基坑开挖的工作量,以有效地减少对环境的影响和施工成本。针对山地建筑特殊的地质条件,当局部基岩埋深较浅,即桩长不大于5m、直径不小于800mm的情况下,建议将挖孔桩设计成墩基,从而确保建筑物能够安全稳固地建立在复杂的山地环境之上。

### 2、强夯处理

在山坡建筑的工程场地上,经常面临需要进行大面积且厚度显著的土体回填问题,其中回填深度可达数十米,而且回填土的厚度和均匀性往往存在较大差异<sup>[6]</sup>。在此种情况下,为了确保浅基础结构的稳定性,可应用强夯法以达到理想的地基加固效果,通过高能量的夯击作用于填土,有效提升地基的承载能力和土体均匀性。实施强夯加固时,需要根据不同地段的回填厚度制定具体的夯击参数,并按照参数进行夯击施工,以确保地基加固效果。由于强夯法在提升地基稳定性方面的显著效果,以及施工过程的简便性,其在成本效益上通常优于桩基础方案,且在效果上超过传统的振冲或碾压方法。然而,强夯加固在边缘地带由于缺乏侧向支撑,容易导致加固效果不佳。尤其是在雨季施工时,必须额外注意护坡措施的实施,以防止因强夯引起土体滑移问题。

### 3、换土处理

换土处理是解决地基不均匀沉降问题的有效对策,通过人工移除原有不稳定或弱性的土层,并替换为坚硬或适宜的材料,以改善地基整体性能。具体来说,换土法可以根据现场实际情况采取不同的策略如软换硬或硬换软,以达到理想

的处理效果。在软地基占主导的建筑场地,推荐采用软换硬策略,即移除一部分硬质岩石或土体,用可压缩性较低的材料替换,以此来提高地基的整体稳定性<sup>[7]</sup>。相反,当场地中硬地基较多而软地基较少时,应采取硬换软方法,针对软弱地基部分专门处理,比如在遇到老泥塘或水沟的局部区域,一般通过抽水、清除松软土壤和分层夯实换填材料,直达到设计标准。通过换土处理,可以有效地改善地基的承载力和变形特性,使之能够满足多层建筑荷载的设计要求,不仅能够解决地基不均匀问题,还可以根据具体的地质和结构需求,提供更为稳固可靠的建筑基础。

### 4、梁板跨越软弱土层区

梁板结构跨越是应对软弱土层区的一种较为特殊但有效的方法,通常用于处理可溶性岩石地区如白云岩或石灰岩等,这些地方可能存在溶洞、土洞或溶蚀裂隙等地质问题。针对较小洞隙,可以采用局部补强措施如镶补、嵌塞或覆盖。然而,对于洞口较大的洞隙,更有效的方法是运用梁、拱或板等结构进行跨越。而且跨越结构必须有足够稳固的支承面,以保证安全稳定。对于梁式结构的特别要求,其在岩石上的支承长度应大于梁高的1.5倍,以确保足够的支撑强度。对于围岩不稳定或风化严重的地区,可采取清理、填塞或灌浆加固等措施,以改善地基条件。而面对规模较大的洞隙,可以考虑在洞底增设支撑结构或通过调整建筑柱距来分散荷载,减少对软弱土层的影响。

### 5、复合地基处理

复合地基处理是针对特定地质条件进行地基改良的有效方法,可以根据地基的沉降控制或承载力需求来定制,以确保建筑稳定性。从沉降控制角度出发,设计时主要考虑地基沉降量控制,设计人员需根据沉降控制要求进行初步设计,然后对地基的承载力进行验算,以确认是否满足建筑需求。在大多数情况下,如果沉降控制得当,地基承载力也能达到预期标准。但如果发现承载力不足,可以通过增加复合地基的置换率或延长桩体长度来强化地基承载力,直至满足设计要求。实际应用中,复合地基处理经常用于解决浅基础的承载力可以满足要求,但对于沉降量超标问题,可通过设置合适的桩型来减小沉降量。在承载力控制设计中,首先要确保地基的承载力满足要求,然后再考量地基沉降情况,如果初步设计的地基承载力满足要求,但沉降量超标,则需要通过增强地基承载力方法来降低沉降量,直至达到设计标准<sup>[8]</sup>。在选择复合地基桩型时,需要根据具体的地质情况和工程需求进行选择,对于以建筑垃圾为主的杂填土地基,若底土条件良好且无明显湿陷问题,可考虑采用振冲碎石桩或柱锤夯扩桩等方法。在周围环境允许的情况下,强夯或强夯置换也是可行选择。对于含有淤泥或质地不均的地基,首先考虑是否可以使用碎石桩或水泥搅拌桩,若这些方法不可行,可以

选择刚性桩方案,如CFG桩,这种桩由于其材料均一性和高强度特性,适合于承载较重的建筑负荷。对于可液化地基,碎石桩是常见的处理方法,可以有效减少地基的液化潜力,根据具体的施工条件,可以选择振动沉管挤密碎石桩或振冲碎石桩等不同的施工技术。

### 三、案例分析

#### 1、工程概况

某工程项目位于山顶位置,项目整体占地面积为6.3万平方米,总建筑面积2.11万平方米,本项目多为1-2层的多层建筑,且均数仿古建筑。

#### 2、地质条件

本项目位于山顶,这一区域是典型的低中山剥蚀地形,其自然形态呈现出中央高、四周低的浑圆状地势。在山地,地形波动相当明显,其中最低和最高的高程差达到了54.37米,分别为1909.00米和1963.37米。为了适应建设需求,施工初期将对超过绝对标高1959.050米的山体部分进行平整,创造出合适的施工平台。周边山体的自然坡度大体在20°到25°之间,展现出该地区地形起伏的自然特点。由于过去的人工挖掘活动,某些坡脚地带已形成高度介于5至12m的陡峭斜坡,但当前这些地段的地貌已趋于稳定。对于建筑主体结构而言,大部分建设在山坡上,需要在设计中着重考虑以适应地形条件。

#### 3、地基基础设计

##### 3.1 基础选型

在本项目中,考虑到上部结构主要为轻质多层建筑且山体主要由风化岩石构成,结合坡度相对较缓的地形特性(约1:2.5),项目基础设计采取顺应自然地形、因地制宜原则。在初步选型阶段,设计采纳天然基础方案,既能充分利用现有的地形优势,也能在一定程度上减少施工复杂度。考虑到部分建筑基础需要落脚在坡地,设计方案中特别提出每当落差增加5m便设置一层框架梁,从而在建筑的底层楼板下方形成分层退台的结构形式。在最深处,项目设置三层框架梁,以适应地形变化,增强基础稳定性。此外,四周城墙设计为维护墙,无需额外的挡土墙,以进一步降低建设成本。对于西南区的建设部分,由于其处于填方区,局部填方厚度最大可达12m,导致天然基础埋深过深,且地基承载力无法满足结构要求。在此种情况下,结合山坡场地的限制条件,不适宜大型机械操作,因此要选择人工挖孔桩基础来解决。在桩基设计时,还需考虑到回填土对桩基的负摩阻力影响,以确保整个基础的稳定性。综合考量后,项目确定采用天然基础与人工挖孔桩基础相结合的混合基础形式。

##### 3.2 基础设计

本项目位于山地区域,考虑到建筑所处的不同基底标高和自然地形,基础设计采取分层退台方式以适应山坡地的特

性,从而有效处理建筑基础落差问题。具体来说,基底划分为三个主要台地,标高分别设置为-2.0米、-5.0米和-9.0米,以反映地形的自然变化,并且与周围环境形成协调。尤其是第三阶台地的标高设定为-9.0米,与设计要求的回填地坪标高相匹配。在此基础结构上,位于-9.0米标高以下的基础采用桩基设计,桩顶标高设定为-9.1米,略低于台地标高。为了进一步提高整体结构稳固性,天然基础与桩基础之间设有拉结系梁,共同抵抗由风荷载和地震等引起的水平力。

##### 3.3 沉降差控制

在本项目地基基础设计中,建筑基础的沉降差异必须满足地基变形的允许值限制,以确保结构整体稳定性。通过采用分层总和法对各柱基的沉降值进行估算,结果表明天然独立基础的计算沉降值在85至105mm范围内波动,而桩基的计算沉降值则在90至96mm范围内。两种基础形式的计算沉降值均满足建筑规范对绝对沉降量的限值要求,即不超过200mm。相邻基础之间的沉降差值大约在5至10mm之间,确保符合规范对相邻柱基沉降差不超过柱距2%的要求,从而确保建筑的使用功能和外观质量不会由于基础沉降不均引起损坏。

### 结语

总的来说,山地建筑对于地基基础设计有着更高的要求,是保障建筑物投入使用效能的关键。因此,设计人员必须对地基基础进行深入分析,明确影响因素及存在的问题,积极采取对应措施以促进建筑物整体设计水平提升,进而为建筑物的使用寿命延长奠定坚实基础。

### [参考文献]

- [1]戴丽薇. 民用建筑结构设计中的基础设计[J]. 工程建设与设计, 2023, (22): 16-18.
- [2]蒋晓华, 吴胜达, 陈昌海. 重庆某高填方边坡及结构基础设计[J]. 建筑结构, 2023, 53 (S1): 2473-2477.
- [3]毛罗, 杨刚, 邱鸿. 山地模式下剪力墙结构基础设计问题探讨[J]. 重庆建筑, 2022, 21 (S1): 358-361.
- [4]蔡程辉. 山地建筑地基基础设计若干问题的分析及应对措施[J]. 广东建材, 2022, 38 (07): 43-46.
- [5]徐麟, 隋晓, 张文华, 周定, 彭林海, 范圣杰, 杨轶宇. 复杂山地建筑基础稳定性分析[J]. 建筑结构, 2021, 51 (24): 122-129.
- [6]林天洋. 山地建筑结构设计研究[J]. 福建建筑, 2021, (07): 70-75.
- [7]蔚清. 山地建筑结构设计要点分析[J]. 房地产世界, 2020, (20): 42-43.
- [8]张小良, 齐建林, 马帆. 某山地高层住宅基础设计与研究[J]. 建筑结构, 2020, 50 (10): 122-128+121.