

浅析超高层建筑桩基础承载分析及质量控制

张国平* 张 飞

晨越建设项目管理集团股份有限公司, 四川 638500

摘要: 建筑工程在我国城镇化、现代化建设进程中所占据的位置是十分关键的, 而建筑基础则是主要的保障, 尤其是对超高层建筑而言, 桩基础承载能力更是重中之重, 关乎于整个工程的安全, 因此需要加强质量控制。基于此, 本文首先对超高层建筑桩基础承载进行分析, 包括桩的受力、荷载传递性状的影响因素以及荷载传递分析等, 其次对超高层建筑桩基础承载质量控制措施进行研究, 以期能为整个工程的质量控制提供助力。

关键词: 超高层建筑; 桩基础承载; 质量控制

Analysis on Pile Foundation Bearing Capacity and Quality Control of Super High-Rise Building

Guo-Ping Zhang*, Fei Zhang

Chenyue Project Consulting Group Co., Ltd., Chengdu 638500, Sichuan, China

Abstract: The position of construction engineering in the process of urbanization and modernization in China is very critical, and the building foundation is the main guarantee; especially for super high-rise buildings, the bearing capacity of pile foundation is the top priority. It is related to the safety of the entire project, so it is necessary to strengthen the quality control. Based on this, this paper firstly analyzes the bearing capacity of the pile foundation of super high-rise buildings, including the factors of the pile's stress, load transfer properties, and load transfer analysis. Secondly, it studies the bearing quality control measures of pile foundation of super high-rise building, in order to provide assistance for the quality control of the whole project.

Keywords: Super high-rise building; pile foundation bearing; quality control

一、前言

在建筑行业技术突破发展的推动下, 超高层建筑类型开始出现, 与高层建筑相比较而言, 超高层建筑的楼层更高, 基础承载能力要求也更高, 但由于建筑物的规模宏大, 因而同时也存在安全隐患。为了能够满足超高层建筑的功能需求, 确保使用寿命达到预期, 就需要对建筑桩基础的承载能力做出正确的评价与判断, 避免出现超负荷的现象。与此同时, 应当要对超高层建筑桩基础承载进行有效的质量控制, 确保质量达到标准, 满足工程使用需求, 降低风险。处于这样的背景下, 针对超高层建筑桩基础承载进行分析并探究质量控制措施十分必要, 希望能从中总结一些经验以供参考。

二、超高层建筑桩基础概述

(一) 超高层建筑

超高层建筑指的是高度超过100米, 层数40以上的建筑物^[1]。根据我国现行《民用建筑设计通则》之规定, 只要建筑物的高度超出100米以上, 则无论建筑物的用途是公共建筑或者是居民住宅, 都归属于超高层建筑的概念范畴之内。国内比较知名的超高层建筑有广州塔、中国深圳平安大厦、上海环球金融中心、上海金茂大厦等^[2], 本文是基于南充绿地中心超高层建筑而作。现阶段我国超高层建筑的数量整体上并不多, 原因是尽管超高层建筑可解决城市拥堵问题, 但同时安全隐患仍然存在, 对建筑物内部结构系统、供电、电梯、消防等工作的要求较高, 施工难度较大^[3]。

*通讯作者: 张国平, 1983年3月, 男, 汉族, 四川广安人, 现任晨越建设项目管理集团股份有限公司总监理工程师, 本科。研究方向: 工程技术、工程管理。

面对这样的情况,在超高层建筑的施工过程中,便需要采取深基础的模式,将持力层嵌入至微风化岩层之中,使地基强度足以支撑大体量的建筑需求,而这也正是超高层建筑桩基础的应用价值所在,只有夯实的建筑桩基础,超高层建筑施工才能顺利推进。

(二) 超高层建筑桩基础概述

桩基础由基桩、连接桩顶的承台所构成。如果桩身整体都位于土层之下,承台的底面完全和土壤接触,那么把这种桩基础称之为低承台桩基;相反,如果桩身的上半部分暴露在外,承台底面位于地面之上,那么称之为高承台桩基。一般而言,高层建筑施工使用的是低承台桩基础类型,从而才能够为工程稳定性提供保证^[4]。建筑桩基础的竖向单桩承载力较强,位于地质坚硬的持力层之中因而对于超高层建筑所产生的竖向荷载均可消化;建筑桩基础的竖向单桩刚度大,处于相邻荷载环境中,所产生的不均匀沉降也比较有限,继而避免建筑物过度倾斜;由于建筑桩基础的单桩侧向刚度较强,因而具备抗倾覆性,对于地震等自然因素导致的压力,均可消化承受,这恰好是保障超高层建筑稳定性的关键^[5]。

三、超高层建筑桩基础承载分析

(一) 桩基础的受力分析

超高层建筑桩基础可根据受力原理为条件,划分为摩擦型桩、端承桩两种。

1. 摩擦型桩以地层与基桩之间产生的摩擦力作为建筑物的承载力,又包含压力桩、拉力桩。摩擦型桩为大直径桩,桩端位置的持力层以黏性土质居多,桩顶位置荷载遭受横向静荷载的条件下,荷载扩大,桩土随之产生较为明显的位置移动,此时桩侧摩擦力形成阻力,但是如果摩擦力接近水平极限后,便会产生超范围的沉降。

2. 端承桩基桩底部处于承载层之上,由此来承载建筑物。持力层基岩短桩属于嵌岩桩,因而被视作端承桩^[6]。轴向荷载对桩顶产生压力,在荷载增加后,桩身混凝土所存在的弹性将会受到压迫,随后作用于桩侧摩擦力,并将力传递到桩端位置。处于这样的情况之下,桩周土所发生的相对位移作用十分有限,因而桩端承担了桩顶的主要荷载压力。

(二) 桩基础荷载传递分析

桩基础荷载传递属于整个桩基础工作系统中的核心环节,从比较宽泛的视角来看,这一环节是处于外荷载作用之下整个桩基础和土系统的反映情况,包含对荷载力的分配、分布、传递规律以及彼此之间的相互关系,了解并掌握桩基础荷载传递情况,才能更加有效利用并发挥桩基础的性能与作用。桩基础荷载传递基本上可以划分为如下几个主要步骤:桩侧摩阻力、桩端阻力、桩端沉降、桩侧摩阻力极限,以及桩端持力层塑性阶段^[7]。桩侧摩阻力产生并发挥作用的阶段中,桩端所处位置不会出现沉降现象;桩端阻力形成之后,会与桩侧摩阻力联合分担桩顶荷载压力;桩端沉降情况出现之后,最初是沉渣的压实现象,随后转变成为对桩端持力层的压缩作用;当桩侧摩阻力达到极限水平之后,周围的沉降现象会加剧;最后桩端持力层进入塑性状况之中,或者会出现桩身破损的情况。

(三) 荷载传递的影响因素

荷载传递的过程中,可能会受到一些因素的影响,需引起关注。

1. 随着桩身进入土层的深度变化,桩周土层的刚度也可能变化。桩周土刚度越大,桩身受到的摩阻力越大。当桩周土与桩端土两者之间的刚度比值随深度增加而减小时,桩侧摩阻力将随深度逐渐减小,意味着整个桩身轴力会顺着桩深度减小而增大,也就是说此时传递给桩端的荷载压力相对较小。

2. 在桩周土与桩端土刚度比值随深度增加而增大之后,荷载传递给桩端的压力将会升高,桩侧摩阻力的作用空间随之扩大。如果桩周土与桩端土的刚度比值超出1000之后,那么桩端阻力所能够分散的荷载将会降低,甚至会达到忽略不计的水平。

3. 桩端位置扩径比的数值扩大之后,桩端所能分散的荷载数值也将会随之扩大。

4. 当桩基础的长径比数值扩大后,意味着能够传递给桩端的荷载量降低,桩基础下半部分侧阻力的发挥空间比较有限。一般而言,如果长径比的数值超出40以上,均匀土层中端阻荷载靠近无;如果长径比的数值超出100以上,则桩端土的刚度可以被忽略,这也意味着端阻几乎不再承担荷载^[8]。因此,在超高层建筑桩基础承载质量控制中,需要对荷载传递影响因素形成正确的认识与判断,对桩周土与桩端土刚度比值大小及产生的不同影响进行相应的控制与调整。

四、超高层建筑桩基础质量控制措施

(一) 钻孔偏斜质量控制

钻孔偏斜指的是施工过程中,设计中的空间位置与实际施工的空间位置两者之间发生了偏差,实际情况偏离了原本的目标,与设计轴线之间不能符合,该情况产生之后,将会对桩基础的承载能力造成巨大的干扰,因而需对此进行质量控制。具体来看,使用钻孔机进行钻孔的施工活动当中,务必要时刻关注到校核钻孔垂直度情况,如果有倾斜的迹象,就需要立即停止钻孔作业,并对倾斜部分进行纠正。为了避免不必要的返工,在整个工程项目开始之前,就要开展大量前期的调查工作,内容包括地基均匀情况、土层分布、土层内岩石及其他硬物分布情况等等,提前做好准备工作。如果施工环境位于不均匀土层之中,可以选择自重大的钻机、刚度高的钻杆,这对于钻孔作业的推进较为有益;如果钻孔作业中遭遇硬层、岩层以及孤石,则对钻机的速度进行调整,处于慢档状态下进行操作,并且也可以选择复合式牙轮钻头替换原本设备,以加强钻孔效率,降低钻孔偏斜现象的发生可能性。

(二) 钻孔漏浆质量控制

钻孔漏浆是超高层桩基础作业过程中可能会发生的工程质量问题。施工处于地下水流动、透水性较强的环境之中,对施工防水性的要求较高,如果在此过程中护筒所埋设的深度不够,或者回填时,土壤没有压实、护筒的接缝不贴合,那么在护筒的刃脚、护筒接缝的位置便极有可能会出现问题,因此便需要进行有效的质量控制。为避免钻孔漏浆情况的出现,使用过程中可以添加黏土或者稠泥浆,慢速状态下进行搅动,也可以选择继续回填土壤、石子来加强护壁;为预防护筒接缝位置漏浆的风险,施工人员可加入棉絮进行堵塞,使接缝位置相贴合,降低漏浆可能性。

(三) 缩径与扩径质量控制

缩径与扩径是地下水、软土层、砂土层当中较为常见的质量问题,表现为空心、串桩以及蜂窝等,甚至有断桩的可能性。缩径与扩径问题的产生主要是与孔内砵压力、土层侧压力之间偏差过大有关,混凝土质量不过关、承载力与预计值之间的差距过大,也有可能引起缩径与扩径出现问题。为降低缩径与扩径的发生风险,需要加强缩径与扩径的质量控制,具体措施如下。

1. 泥浆的质量必须得到保障,选用质量合格的原材料,并且对泥浆的比值、泥浆的黏性、泥浆的黏稠度等指标进行调整,从根源上降低风险。
2. 对钻头进行适当的调整。必要的情况下,可以将钻头的直径扩大,对导正器进行改装,焊接若干个合金刀片,所起到的作用是钻孔作业时,加强扫孔效果,这对缩径与扩径问题的控制可产生积极影响。

(四) 坍孔与断桩质量控制

坍孔指的是孔壁中的泥浆上涨并溢出护筒之外,冒出气泡且出渣增加,钻机压力加大。断桩指的是混凝土灌注作业时,泥浆混入混凝土之中,正常灌注的混凝土被分割为两段,导致截面受损,断桩不能荷载。如图1所示。坍孔与断桩的质量控制中,可以采取如下措施。



图1 断桩示意图

1. 处理流砂、松散沙土时，钻孔进尺需进行适当的控制，并选择优质泥浆，黏性、胶体率以及比重都需要进行严格的检查；施工期处于汛期时，地下水位势必会发生较大的变动，对于此类现象，可将护筒升高到一定水平线，保证水头，采用虹吸管来进行连接。

2. 如果出现坍塌的情况，应及时回填，并埋设护筒之后再次钻孔；如果坍塌位置位于孔内，则回填的高度需超出坍孔1米左右。此外，为避免桩基础不连续所引起的荷载受限的情况，应重新进行计算和配置，明确混凝土的配合比值，保证流动性良好。

(五) 灌注桩补强质量控制

为保证桩基础作业顺利完成，需要加强对灌注桩补强的质量控制。操作地质钻机钻两个取芯孔，其中一个取芯孔的用途是进浆，另外一个取芯孔用作出浆。钻孔作业时，需保证孔深不小于补强位置。随后，使用高压水泵，向进浆孔内泵入清水，随后混杂的混凝土碎渣将会从出浆孔流出，到清水排出为止。随后使用压浆泵，将水灰比0.8的纯水泥稀浆，全部泵入进浆孔之中，进浆管需进入钻孔内至少1米的位置，必要的情况下，使用棉絮把周围缝隙塞满，避免水泥浆流出。此外，为保证水泥浆的扩散充分，需进行压、停穿插操作，如果出浆孔内流出浓浆，暂停压浆操作，以土石进行填缝，在此基础上，调配比例为0.4的水泥浆泵入其中，关闭进浆孔。最后，检查效果，确认无误即可。

(六) 钢筋笼浮沉质量控制

钢筋笼浮沉指的是钢筋笼在上浮、下沉的过程中，所处的位置与设计中的预期位置产生偏差的情况，如果钢筋笼上浮范围过大，会削弱桩基础抵抗水平剪切的能力；如果钢筋笼的上浮范围过大，则会干扰施工正常秩序。

1. 为加强钢筋笼浮沉的质量控制，需要确认钢筋笼初期位置是否有偏离预期，确认之后才能够与孔口之间联系，并进行固定。
2. 吊装、联合套管使用，顶住钢筋笼上方位置，避免铁丝被拉长的情况发生。
3. 加强灌注作业流程控制，尽可能控制混凝土浇筑的时间，在必要的情况下，添加缓凝剂，控制混凝土在钢筋笼内的流动性。通过这样的方式，避免钢筋笼的上浮、下沉发生可能性，避免钢筋笼与设计位置发生偏差，确保质量。如图2就是正常的钢筋笼，能够起到抗拉作用，约束柱身的混凝土，使其承受一定的水平力。



图2 钢筋笼示意图

在整个高层建筑桩基础承载施工的过程中，需要进行全方位的质量控制，消除其中潜在的不稳定因子，为整个工程质量奠定基础。

五、结语

综上所述，在现代化城市建设持续推进的情况下，国内城市对超高层建筑的需求增加，而超高层建筑本身的难度较高，为了能顺利完成建筑任务，确保建筑物投入使用之后的安全与质量达标，就务必要对建筑物桩基础予以重视，尤其是要对桩基础承载力形成客观的认识与评价。在此基础上，需要对建筑物桩基础承载力进行有效的质量控制，落实质量要求，进行规范化操作。希望通过这样的方式，能为超高层建筑夯实基础，稳定结构，推动建筑工艺水平的突破，继而促进整个超高层建筑物工程的成熟发展。

参考文献：

[1]汪大绥,包联进.我国超高层建筑结构发展与展望[J].建筑结构,2019,49(19):11-24.
 [2]潘小旺,邹良浩,梁枢果等.基于极值相关性的超高层建筑风荷载组合研究[J].建筑结构学报,2019,:1-10.
 [3]冷冬梅,张建亮,谢龙宝等.高烈度区某超高层建筑加强层结构优化设计[J].建筑结构,2019,49(16):19-24.

- [4]赵峰,王莹,刘士清等.连体超高层建筑风压偏度与峰度分布特征分析[J].湖南科技大学学报(自然科学版), 2019, 34(02):35-41.
- [5]罗学锋.超高层建筑桩基础选型及承载力控制[J].住宅产业, 2019,(06):65-67.
- [6]刘正龙.超高层建筑工程中巨型斜交钢框柱的施工技术[J].中外建筑, 2019,(06):236-237.
- [7]李旭.某沿海地区超高层建筑桩基础优化设计[J].山西建筑, 2018,44(11):87-88.
- [8]戴嘉琦.深圳地区超高层建筑桩基础优化设计研究[J].山西建筑, 2019,45(10):56-58.