

半敞开的非全埋地下室结构设计的研究

陈世南

浙江大学城乡规划设计研究院有限公司

摘要：为解决半敞开非全埋地下室结构设计中，结构受力复杂、四面竖向高差大等问题，本文将结合工程实际，从半敞开非全埋地下室结构特征入手，将结构方案、结构受力嵌固端位置选取以及基础底板抗浮水位选取及抗滑移等问题作为关注点，优化整体的结构设计方案，最后利用YJK模型的介入，分析具体结构参数，发现优化结构设计操作可高效解决结构方案、土压失衡以及结构受力不均等问题，实用性显著。

关键词：半敞开；非全埋；地下室；结构设计

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.14.095

引言

在城市化进程深化的背景下，可开发建筑用地紧张，人们对地下室以及楼下配套设备需求愈发广泛，半敞开式非全埋地下室应运而生。与传统全埋式地下室结构不同，因场地附近的竖向高差变化较大，半敞开非全埋地下室周围场地，对地下室嵌固约束力明显不均。想要合理优化结构设计成效，应依据工程项目实际，定位设计通病，强化整体的结构设计效果，从而解决相关设计难题。因此，研究此项课题，具有十分重要的意义。

一、工程概况

本项目位于某市的商圈地域内，属集高档小区、综合商业区、写字楼以及住宅为一体的复合型项目。项目建筑高度99.6m，层高30层（地上28层、地下2层），结构型式采用的是剪力墙结构，占地面积为8900.56平方米，总面积为155897.58平方米。其中地下一层的东南侧区域不存在覆土。工程抗震的设防烈度为7度，设计基本的地震加速度值为0.1g，基本风压为0.4kN/m²。

二、半敞开的非全埋地下室结构设计

（一）设计准备

1. 建模设计

在具体构建YJK模型期间，要积极结合设计图纸所示意的各参数，并在充分结合布置轴网所落实好各构件的具体布置系数等情况下，完成具体的构件布置。构件布置完成之后，还要及时地设置楼板以及板洞等相关结构。随后即可确定各层层高并依次完成好楼层的组装操作，进而得到最终的YJK模型。

2. 参数设计

在构建完具体的模型之后，再设计相应的参数，参数设计要充分结合结构设计说明来落实具体的工作，针

对嵌固端来讲，要合理将具体的嵌固端设置于地下室顶板区域内，并在结构分析期间，对现实刚度实现精细化验算，在验算完成之后，再对具体的参数实现设置，最后在将地下室结构作为较独立的结构基准上，科学地将嵌固端设置于基础顶板之上。

（二）非全埋地下室结构设计实践

在城市用地日益紧张的今天，诸多边坡场地以及软弱场地等不利地段兴建建筑等行为日益普遍，半敞开式非全埋地下室数量明显增多。而对半敞开的非全埋地下室而言，因该结构四周场地十分有限，所以地下室嵌固不均等问题时常出现，在这种特殊结构的作用下，只有合理地优化具体的地下室结构设计操作，积极从外墙结构设计，嵌固端位置选取、基础底板抗浮水位选取及抗滑移入手，凭借因地制宜式设计操作，高效率解决在传统设计模式背景下所存在的各类安全隐患，为直观满足安全舒适的建设要求夯实保障^[1]。

1. 外墙结构设计

因半敞开式的非全埋地下室结构，其四周的竖向高度差变化较大，所以为有效克服两侧不平衡土压力等影响，对外墙结构实现优化设计势在必行。在具体落实外墙设计期间，考虑侧壁水土压力，一般情况下，都依据单向板进行设计操作的，如若水平跨度较短时，可依据实际情况考虑依据双向板进行设计；

此外，还要严格依据地下工程的防水技术规范标准，将具体的地下室防水混凝土厚度设置高于250毫米，为深化外墙抗震成效，在设计时要充分考虑双重受压状态及受拉状态，并进一步强化基础隔震设计。与此同时，还要采用隔震单元刚度完成模型建设，确定抗压刚度及具体的外墙挡墙设计方案。以常规、传统的地下室为例，其外墙区域挡墙高度通常是由两边覆土厚度高差所决定。而对于半敞开式的非全埋地下室结构设计而言，因其场地四周的竖向高差差异较大，极易存在多处临空面的现象。为此，在具体落实外墙设计期间，要结合现实状况，凭借具体问题具体分析的原则，合理地在临空面内设置相应的外墙，并合理强化覆土外侧遮挡强度，进而促使受力模式架构能够更为合理、科学。只有凭借理论设计及结构设计的有机融合，才能促使整体的外墙构造设计更为科学。以本工程项目为例，为优化具体的设计成效，促使结构受力模式更为均匀，在充分考虑到挡墙存在的扶壁柱构件背景下，笔者将临空墙内存

在的扶壁柱，延伸到了墙体的顶部，并积极在墙体上部位置处设置暗梁，以此形成较为完备系统的框架体系，如图1。该体系的有机介入，规避了传统设计结构受力模式的各类限制，受力状况必将更为科学。待合理布局具体的受力状况之后，还要有意识地对地下室外墙加以配筋，相关人员可凭借现实需求，合理选择在配筋期间是利用水平筋、竖向筋还是拉筋，凭借全方位考虑，促使整体地下室外墙设计能够发挥出最大的功效。

总而言之，在落实具体的外墙结构设计期间，必须要对各类因素做好全方位考究，并借助现实工程状况需求优化整体的设计布局，从而促使设计能够达到经济性设计目标。

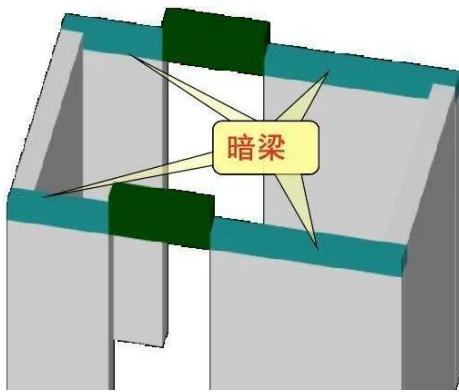


图1 暗梁设计

2. 嵌固端位置选取

规范标准的嵌固端设计工作涉及强度、刚度及黏性内容，为此，在具体设计嵌固端期间，相关设计人员应综合考虑地下室周边的土壤侧向刚度及侧向约束力等相

关因素，凭借长时间的探索及研究，争取做到理想的嵌固端选取工作。在具体假设嵌固端期间，要依据位移计算及极限承载力计算，对于不利值精准定位，并结合结构高度以及位移计算具体值作为嵌固端设计基点，随后依据地下室整体的侧向刚度这一参数，合理设置剪力墙间距，并严格依据结构设计规范要求，对地下室顶板采取接近嵌固端层需求的构造处理措施。

以本工程为例，因本工程属于半敞开式的，非全埋地下室在场地周围四周都存在覆土，整体的竖向高度差，变化较大，且东南面的地下室外墙存在局部的临空面等现象，所以地下室顶板已然不可当作具体的嵌固端。而地下2层作为较完备的全埋式地下层，则高度符合四面完备覆土的条件。依据建筑抗震设计的具体规范要求，考虑到地下室四面已形成完备且封闭的剪力墙，且整体第一层的侧向刚度较大，所以顶板可充分起到嵌固的效用，为优化整体的工作落实成效，地下室2层的顶板都要考虑实际嵌固作用，并有意识地进行包络设计，加强板厚及配筋^[3]。

且考虑到本工程地下一层因只存在三面填土的状况，经初步分析，笔者确定将本工程地下室上部结构嵌固端，选取在地下二层顶板处标高为-4.800m，并建立一定的结构计算模型。分析此嵌固端位置选取是否能够充分满足结构嵌固端条件需求；与此同时，还依据整体的建筑抗震设计规范需求，在设计建筑期间，地下室各边填埋深度差异较大的区域，落实单独设计支挡结构操作，经分析计算发现，地下一层及地下二层剪切刚度具体比值如下表1所示。

表1 地下部分剪切刚度计算数值

楼层	剪切刚度 (单位KN/m)	Y向剪切刚度 (单位KN/m)	刚度度分析	
			X向	Y向
地下1层	3.3550×10^7	1.987×10^7	0.2777	0.2985
地下2层	1.152×10^8	$6.852.8 \times 10^7$		

依据表1的结果显示，地下一层及二层的剪切刚度均满足具体的建筑抗震设计规范需求，将地下二层顶板作为上部架构的计算嵌固端方案可行。

3. 基础底板水平力抗滑移设计

传统的地下室因其四周的覆土高度不存在较明显的差异，为此，侧覆土压力可借助外墙这一媒介，顺利通过地下室各层板传至对面外墙上。但是因此工程属于半敞开式的非全埋地下室类别，四周的覆土高度差相差较大，依据传统的方式加以设计，极易致使平衡出现失调现象。基于此，设计人员在充分考虑相关区域内抗水平推力的具体设计规范需求，设计在主楼采用直径约为1100的灌注桩，随后再依据地下室外墙的土压力以及地

震作用下水平承载力计算公式，计算出具体数值，以此来判断整体的基础底板水平力抗滑移设计，是否真正地满足现实设计需求。在具体落实验算这一环节期间，相关人员可借助单元刚度这一参数，完成模型建设，并定位抗压刚度。为更好地完成刚度异形模拟试验，还需要结合抗水平单元要求，优化实现橡胶支座模拟处置^[2]。

根据对建设后的单元模型开展分析后发现，该模型的轴向特性、力的变形关系可采用下述公式确定，即：

$$f = \frac{k(d + open)d + open < 0}{0d + open \geq 0}$$

其中，k表示滑移系数，至于open则表示开启之后

的初始数,一般情况下取值为正值,若取值为0,则证明模拟对象的压缩刚度为k。此外,若支座本身处于压缩状态,则竖向刚度通常表现为利用连接单元与抗水平单元共同承担。如若支座处于拉伸状态,此时竖向刚度则由连接单元承担。若支座始终保持水平刚度不变的状态,则要借助连接单元完成模拟试验,并进一步探究不同结构的建模处理。

依据实际的计算公式得出主楼桩基水平承载力及水平地震力都十分贴近设计需求,经实际分析,发现本工程在水平范畴内抗滑移验算可高效满足设计要求。计划所落实的基础底板水平力抗滑移设计工作,实用性较强,可依据计划执行。

(三) 设计其他问题

以基础埋置的具体深度为例,在一般情况下,础埋置深度,指的是从基础基底开始算起一直到建筑室外地面的具体距离。以本工程为例,该工程3#楼区域、存在的埋深实际水准很难满足具体的建筑地基设计规范需求,在这种基础埋置深度不满足具体需求背景下,设计人员要充分借助基础硬面的零应力控制等行为,优化具体的基础埋置深度设计操作^[4]。

此外,因半敞开式的非全埋地下室结构,其场地四面整体的竖向高差变化较大,这也为排水系统的建立提供了十分显著的优越条件。在具体落实抗浮设计水位取值期间,相关人员要充分结合建筑总平面的实际高程,依据2-3个柱距为一个具体区域的原则,科学地把地下室划分为若干个小区域,随后在充分结合地下水渗流原理的背景下,快速定位各区域抗浮水头,并依据新确定建筑高度,优化整体的设计结构,为进一步深化整体的设计成效提供保障。在实际设计筹划期间,考虑到本工程地下一层东南方向无覆土,所以在落实抗浮水位具体设计期间,设计抗浮水位由西北至东南逐渐降低。

最后,因半敞开式的非全埋地下室属于坡地型建筑,根据具体的建筑抗震防震设计规范要求,在面对此种不利地段具体设计期间,除了要有有效保障整体的地震作用性能更为稳定之外,还要充分考虑场地为不利地段,适当有计划地放大水平地震影响系数最大值,以此优化现实设计成效。

(四) 设计成果分析

经过上述的优化设计实践发现,在半敞开式的非全埋地下室建筑项目设计中,地下室各边埋设深度差异大、结构受力不均、土压力失衡以及设计问题以及嵌固端设计困难等问题都得到解决。

1. 结构方案问题

此项目在结构方案落实期间,因该地下室各边的埋设深度存在一定的差异,所以在本项目之中,笔者单独

设立了较独立的支挡结构系统,凭借在地下室四周设计钢筋混凝土外墙等行为,达到优良的闭合钢砼结构,随后再高效判断半敞开非全埋地下室所属结构是否存有多塔楼结构、地下室各楼板能否将侧土压力快速传递至竖向构件、结构场地四周高差是否需要加强临高覆土的外墙基础上,优化整体的结构方案设计成效,为之后顺利满足安全适用、经济合理的建设要求夯实保障。

2. 土压力失衡问题

传统的地下室因其四周的覆土高差相对较小,所以,一般情况下不会诱发高幅度水平差等问题的出现。但是,在本项目工程之中,因工程项目属于半敞开式的非全埋地下室结构,整体的倾覆土压力会致外墙向地下室的层板实现持续性传递,并最终传到对面外墙上。为有效解决土压力失衡等相关问题,在本项目优化设计期间,凭借YJK模型的有机介入,笔者对结构参数实现精准化分析的同时,还积极地展开了具体的结构验算。经验算表明,发现整体的设计可高效满足水平抗滑设计需求^[5]。

3. 嵌固端设计问题

嵌固端设计落实重点,主要是为高效率满足嵌固端的现实设计需求。因地下室顶板不可独自作为具体的嵌固端,所以在具体设计嵌固端期间,为高效率达到四面全方位覆土的需求,优化设计方案计划将地下室顶板作为接近嵌固端的实体构造操作,即借助在负一层与地下室之间的墩柱落实层次化设计等行为,促使嵌固端可被顺利地设置在基础的顶板之上。

结论

综上所述,在半敞开的非全埋地下室结构设计期间,因四周场地的竖向高差相对较大,且整体的受力途径也十分繁杂。为此,在具体结构设计期间,相关人员必须有意识将结构方案,结构受力以及嵌固端设计等相关问题作为具体的研究重点,凭借切实强化对各类别步骤优化设计操作,促使此工程项目能够高效率满足国家相关建筑规范需求。

参考文献

- [1] 曲世振. 地下室结构施工技术研究——以英桂名邸工程为例[J]. 大众标准化, 2023(01): 77-79.
- [2] 潘种鹏. 半敞开的非全埋地下室结构设计探析[J]. 福建建筑, 2022(08): 44-47.
- [3] 唐宗鹏. 非全埋地下室顶板作为结构嵌固部位的探讨[J]. 山西建筑, 2021, 47(06): 46-48.
- [4] 高萍. 坡地高层建筑非全埋式地下室结构设计分析[J]. 建筑知识, 2020, 37(08): 54.
- [5] 马鑫. 非全埋地下室顶板作为高层建筑嵌固端的研究[D]. 西华大学, 2020.