

建筑工程抗浮设计要点

徐志豪 王继收 李营

(山东省建筑设计研究院有限公司, 山东 济南 250000)

摘要:近年来,建筑工程因抗浮问题导致地下结构底板出现开裂、渗水,甚至地下结构底板隆起变形、柱顶节点破坏、整体浮起等问题时有发生,造成质量问题甚至危及工程安全。在建筑工程结构设计工作中,抗浮设计是地下室和基础设计的重要内容,设计人员应严格遵守结构设计相关规范和设计标准,准确确定抗浮设计参数,不断完善抗浮设计方案,确保建筑地下室结构抗浮安全。本文首先分析出现抗浮问题的原因,其次探讨抗浮设计要点,最后以抗浮板法的应用提出工程抗浮设计的一些看法,以供参考。

关键词:建筑工程;抗浮设计;结构设计;抗浮板
中图分类号:TU201.7; TU723.3 **文献标志码:**A



1 分析抗浮问题出现的原因

在建筑工程结构设计过程中,地下室可以使建筑充分利用地下空间设置车位、机房、消防水池等附属功能,同时使结构设计满足嵌固端和基础埋深的要求,解决建筑物的抗倾覆问题。但是设置地下室就会遇到抗浮问题,尤其是层数不多的多层建筑或地下车库,需要更加严谨地对待抗浮问题。尤其是近年来随着建筑工程建设高周转的实施,设计、施工等各方面工期被全面压缩,造成各个环节不能很好地按照合理、高质量的方向实施,抗浮问题就是其中一个方面。出现抗浮问题的具体原因有以下几点:

(1) 因资料、经验、考虑工程费用等致使抗浮设防水位确定过低。抗浮水位的确定需要根据现场水文地质试验数据资料确定,同时在收集一个地区众多工程实例与地下水长期观测数据资料的基础上参考使用。但由于抗浮设防水位影响因素较多,按资料、经验、考虑工程经费等因素确定的抗浮设防水位可能与实际条件的符合性、时限性等存在一定的差异,无法控制工程设计使用期可能出现更高水位的风险。我国疆域辽阔、地大物博,从南到北、沿海到内陆有截然不同的地质、水文情况,地层结构变化、地下水的补给、径流及排泄条件千差万别,不同地区的试验数据资料及地区经验各不相同。这就要求进行结构设计时应准确把握当地情况,统筹考虑资料、经验及工程费用等因素。

(2) 因施工过程中地下水控制不当和抗浮构件施工质量出现缺陷造成抗浮失效。在《建筑工程抗浮技

术标准》实施前,地下结构的抗浮设计一般只考虑使用阶段的抗浮问题,施工阶段的抗浮问题只说明应采取降水到基础底板下1 m。对实际的施工现场来说,平时工况下可以满足此条要求,但夏季暴雨的工况难以采取有效的降水措施,有可能造成地下室结构出现上浮、开裂、进水,对结构造成严重损害。此外抗浮构件的施工质量与抗浮有效性密切相关,一旦施工质量出现缺陷将造成抗浮失效。比如对抗拔锚杆来说,锚杆在岩层中的锚固、预应力筋的预拉力、锚杆的防腐处理等都是施工过程中的重点和难点,一旦把握不好将造成锚杆失效或降低抗拔承载力,出现连锁反应,引起工程抗浮事故。再比如抗拔桩的扩底或后注浆以及施工工艺均为施工重点,后注浆的装置及配比应满足工程试验标准,施工工艺不得导致抗拔桩抗拔承载力的降低,一旦降低要求就会造成工程出现抗浮风险或事故^[1]。

(3) 因基坑肥槽回填密实程度不足引起地表水下渗形成超出预期的浮力。肥槽回填施工质量对场地地下水的补给、排泄通道有较大影响,结构设计图纸要求地下室周边采用灰土或密实的黏性土进行回填,同时确保达到相应的压实系数。但根据目前施工现场情况和管理状态,密实度不满足地表水下渗的要求,且肥槽内有大量的建筑垃圾,形成事实上的聚水盆效应,造成工程抗浮事故。

2 建筑工程抗浮设计要点

《建筑工程抗浮技术标准》(JGJ 476—2019)的实施解决以往建筑工程抗浮设计中一些不明确的问题。对一般工程,可采取以下抗浮设计流程:

2.1 确定建筑抗浮工程的设计等级

建筑抗浮工程设计等级分为甲级、乙级和丙级,根据工程地质和水文地质条件的复杂程度、不同基础设计等级或抗浮失效危害性以及对上浮隆起及其裂缝有无特殊要求的地下结构,并根据抗浮技术标准确定正确的抗浮设计等级,该方法的出现解决原来抗浮设计等级不清、执行标准模糊的问题^[2]。

2.2 选择合适的抗浮设计水位

从安全和简化角度分析,施工期和使用期可按统一的抗浮设防水位进行稳定性分析和设计。抗浮设计水位一般由岩土工程师根据抗浮标准和地区经验等要求在地质勘察报告中明确。但是受技术、经济、环境的改变等限制,勘察单位各方面的经验和资料不可能都满足各项需求。因此对实际工程设计中拟采用的抗浮设计水位,当设计单位、业主单位或地勘单位有争议时应进行专项论证确定,这是一个非常重要的流程,关系到工程质量的安全和造价的合理性,应综合考虑。通常情况下,地质勘察报告中明确提供抗浮设防水位时,针对项目实际情况仔细判断其提供数值有效后,方可按其提供值进行抗浮设计。地下室基础坐落于岩石上,在勘察期间往往没有地下水,实际上在这种地质条件下开挖形成的地下室,后期施工用水、雨水、基岩裂隙水、工程竣工后管道漏水等进入地下,无法消散,形成集聚水,对地下室底板和侧墙产生水压力,因此即使勘察报告明确指出不必抗浮,在设计底板和侧墙时也应适当考虑一定的水头。工程设计时,应仔细对照总平面图竖向标高。对斜坡地段的地下室或可能产生明显水头差场地的地下室进行抗浮设计时,应考虑地下水渗流在地下室底板产生的非均布荷载对地下室结构的影响,不能笼统地采用勘察报告提供的远高于室外地坪的地下室抗浮水位进行设计。在有水头压差的江河岸边,若存在滤水层,应按设计基准期的最高洪水位确定其抗浮水位^[3]。

2.3 选择合适的抗浮方案

常见的抗浮方案有以下几种:

- (1) 抗浮板法。
- (2) 压重法。
- (3) 排水限压法、隔水控压法与泄水降压法。
- (4) 锚杆法。
- (5) 锚桩法。

不同抗浮方案的设计标准有明确的规定,需要根据具体工程的实际情况选择最经济合理和切实有效的方案进行抗浮设计。本文最后以抗浮板法为例进行抗浮设计的说明。

通常来说,当抗浮水头高出建筑基础顶板高度不多且建筑整体满足抗浮要求时,可采用抗浮板法。当

抗浮水头高出建筑基础顶板高度不多且建筑物整体抗浮要求稍微欠缺时,采用压重法比较经济合理。在实际工程中可联合采取抗浮板法和压重法。对有条件的地质情况可采取排水限压法、隔水控压法与泄水降压法。对水头较高,高于建筑自重较多时,可根据地勘中下部土层或岩层情况采取锚杆法或锚桩法。具体的工程可单独采取某种抗浮方案或联合采取几种抗浮方案,以抗浮方案安全、合理、经济为原则。

2.4 进行建筑工程抗浮稳定性设计计算

建筑工程抗浮稳定性应符合下式规定:

$$G/N_{w,k} \geq K_w$$

式中, G 为建筑结构自重、附加物自重、抗浮结构及构件抗力设计值总和(kN); $N_{w,k}$ 为浮力设计值(kN); K_w 为抗浮稳定安全系数。

对抗浮稳定性验算的总抗浮力抗浮标准有具体规定。结构自重、永久堆积物和填筑体分别有不同的组合系数,这样在计算抗浮力时有具体明确的数值,改变以前覆土等填筑体组合系数取值不一的问题。

《建筑工程抗浮技术标准》(JGJ 476—2019)提出的抗浮稳定安全系数不仅包括使用期还包括施工期,相对应的是不同的抗浮稳定安全系数。

抗浮稳定性计算包括整体抗浮稳定性计算和局部抗浮稳定性计算。根据抗浮标准,建筑工程应进行下列抗浮稳定性计算:(1)上部结构荷载不同分布区之间刚性连接且地下结构刚性底板的整体稳定性。(2)区域间结构非刚性连接、荷载较小且各区地下结构刚性底板的区域整体稳定性。(3)抗震缝或变形缝分隔区且地下结构刚性底板的区域整体稳定性。(4)后浇带或沉降缝分区且地下结构刚性底板的区域整体稳定性。(5)不同地下结构底板刚度、不同基础形式分区且地下结构刚性底板的区域整体稳定性。

对实际工程来说,需要注意地下车库范围内顶部无覆土的单层或二层网点、层高加大而抬高的设备用房、坡道处、窗井处、其他错标高处和覆土厚度变化处。

2.5 抗浮治理

一旦工程出现抗浮问题或事故,需要进行抗浮治理。抗浮治理方案应根据抗浮稳定状态、抗浮设计等级和抗浮概念设计及综合治理要求、对周边环境的影响、施工条件等因素进行技术经济比较后确定。初步设计时可采用以上提及的抗浮设计方案,同时根据抗浮标准中的适用条件对比施工工程中可以满足的条件综合确定。

3 抗浮板法应用

在建筑工程抗浮设计过程中,当设防水位超出基础顶面高度不高且建筑物整体质量满足设防水位的要求时,抗浮板法是非常常见的方法,最为常见的就是

独立基础+抗浮板方法。抗浮板设计计算模型与其是否设有锚固构件、是否与独立基础联合承担上部荷载密切相关,因此在进行结构受力计算分析时,应根据具体的约束条件选用适当的模型,尤其在对变形有一定要求时更应如此。抗浮板不承担上部结构荷载时应独立设计,承担上部结构荷载时宜与基础联合设计。独立设计时应按支承在基础上的双向板或无梁楼盖进行计算,联合设计时应按承受浮力和基础分配荷载进行包络设计^[4]。

3.1 抗浮板计算

在进行抗浮板计算时,首先需要确定抗浮板的支承条件。一般情况下抗浮板可以以独立基础为支承的复杂受力双向板或按无梁楼盖双向板计算。以独立基础为支承的复杂受力双向板的方法可以采用PKPM或者盈建科等软件进行有限元分析。如果按无梁楼盖双向板,可以采用手算方法,要点如下:

(1) 板带的划分。柱下板带、跨中板带均可采用1/2板跨的宽度。

(2) 板带的弯矩计算。首先计算分布荷载引起的总弯矩,根据截面位置和板带类型,按板带弯矩分配系数计算相应截面弯矩设计值。

3.2 独立基础计算

独立基础的计算,关键是应合理考虑抗浮板水浮力对独立基础的影响,结构设计可采用包络设计。

当水浮力 $q_w \leq$ 建筑做法 q_a 和抗浮板重 q_s 之和时,可按常规设计方法计算。当水浮力 $q_w >$ 建筑做法 q_a 和抗浮板重 q_s 之和时,需考虑因水浮力作用,引起的独立基础边缘的等效分布线荷载和等效分布线弯矩,然后进行基础的设计计算。

将抗浮板的支承反力(取最大水浮力计算)按四角支承的实际长度转化为沿独立基础周边线型分布的等效分布线荷载和等效分布线弯矩。

计算独立基础基底“静反力”引起的控制截面的内力 M_1 和 V_1 ,以及等效分布线荷载和等效分布线弯矩引起的控制截面的内力 M_2 和 V_2 ,两者叠加就是控制截面的内力 M 和 V 。取计算方法中的两种工况的大值,进行独立基础的包络设计。

3.3 构造要求

(1) 为保证结构设计模型与实际工程受力状态相符,软垫层可采用焦渣垫层或聚苯板。抗浮板软垫层的敷设范围应沿独立基础周边设置,软垫层的厚度不宜小于基础边缘计算沉降量,宽度宜为基础边线中点计算沉降量的20倍且不宜小于500 mm,具体可根据《建筑工程抗浮设计标准》(JGJ 476—2019)^[5]中的7.2.5条确定。

(2) 抗浮板的构造措施。抗浮底板设计不仅考虑

水浮力,还应控制基础的沉降,同时采取构造措施,地下空间结构,如地下停车场、地下商场等,为满足使用功能,常常采用较大柱距的框架结构,基础采用独立基础,独立基础间采用抗浮板连接,但常在独立基础和抗浮板连接处开裂,原因是独立基础较大的沉降产生应力,连接处应力最大。在具体设计中,应尽可能控制独立基础的沉降量,因为独立基础与抗浮底板之间不能设置后浇带,还需要减小抗浮板下的地基土刚度,采取构造措施,避免独立基础和抗浮板连接处刚度发生突变。构造措施可采用独立基础和抗浮板之间加腋连接构造,可以避免或减小独立基础与抗浮板连接处的应力,同时混凝土与钢筋用量增加不多,对砌筑砖胎膜无不利影响,施工简单方便^[6]。

3.4 设计建议

(1) 在软垫层设计中,可采取控制软垫层强度和变形的构造措施。

(2) 抗浮板与基础共同分担上部荷载时,抗浮板钢筋应与基础钢筋连同配置。抗浮板不分担基础承担的荷载时,抗浮板钢筋深入基础长度、抗浮锚固构件钢筋锚入抗浮板长度不应小于自身配置钢筋最大钢筋直径的35倍。

4 结束语

综上所述,地下室结构的抗浮设计对建筑工程整体结构质量和安全产生重要影响,因此,设计人员应充分认识地下室结构抗浮设计工作的重要性。在地下室结构抗浮设计中,设计人员要严格遵守《建筑工程抗浮技术标准》(JGJ 476—2019)的各项要求,同时结合建筑工程的实际情况准确把握地下室结构抗浮设计中各个环节的设计要点,确保地下室结构抗浮设计方案科学、合理,全面提高建筑结构的安全性和稳定性。

参考文献

- [1] 朱炳寅.对独基加防水板基础的设计[J].建筑结构, 2007(7): 4-7.
- [2] 赵健.关于抗浮设计中软件计算问题的解析[J].建筑技艺, 2019(18): 21-15.
- [3] 黄健,光军.建筑结构的抗浮设计探讨[J].建筑结构, 2021(5): 135-139.
- [4] 耿慧玲.带防水板基础的抗浮设计研究[J].山西建筑, 2016(34): 77-78.
- [5] 中华人民共和国住房和城乡建设部.建筑工程抗浮技术标准: JGJ 476—2019[S].北京: 中国建筑工业出版社, 2020.
- [6] 中华人民共和国建设部.建筑地基基础设计规范: GB 50007—2011[S].北京: 中国建筑工业出版社, 2012.