

设置内衬框架层的地下水池结构设计

许建宝

(中国市政工程华北设计研究总院有限公司,天津市 300074)

摘要:地下水池结构不断加高加深,其支护和主体结构的内力变形控制越来越困难。通过工程实例,对设置内衬框架层的地下水池结构设计进行了分析研究,探讨了内衬框架层的位置和刚度对支护结构的影响;并对地下水池结构池壁和内衬框架层的结构设计进行了分析研究。研究表明,内衬框架层的位置和刚度对主体和支护结构的内力变形均有重要影响,设计时应综合考虑支护结构和内衬框架的内力变形,合理设计其位置和刚度;内衬框架层的结构设计应增加换撑工况的正常使用极限状态设计,且与其他工况进行包络设计。

关键词:内衬框架;地下水池;支护结构设计;主体结构设计

中图分类号: TV6

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2024)07-0148-03

0 引言

水池结构是给水排水工程构筑物的主要结构型式,随着城市建设用地紧张加剧,建设环境越来越复杂,水池结构经常需要采取超高、超长、合建等形式才能实现其功能。对于地下调蓄池、泵站、全地下水处理构筑物等地下水池结构,随着其埋深和净高不断加大,其主体结构受力和截面也越来越大,支护结构的内力变形控制也越来越困难。王卫东等^[1-2]提出“两墙合一”和“桩墙合一”的支护做法,将支护结构和主体结构的设计相结合;李连祥等^[3]采用在支护桩与地下室主体梁板之间设置支撑构件,将支护桩作为主体结构的一部分发挥永久作用。王宁等^[4]对软土地区临河调蓄池的主体结构和支护结构设计进行分析,并提出了利用支护桩共同抗滑的设计方案;张毅等^[5]针对地下调蓄池结构提出了主体结构和支护结构分离和结合设计的两种方案,并从多方面进行了对比分析;汪军等^[6]和张自光等^[7]针对雨水调蓄池结构提出了主体结构和支护结构“桩墙合一”和“永临一体化”的设计方法;钱宏伟等^[8]针对水池结构的特点,总结了水池类基坑的一般换撑思路,并提出了利用水池主体扶壁柱进行换撑的新思路。总结起来,目前“两墙合一”和“桩墙合一”的做法在工程中已有一些应用,但是其计算理论和方法目前并没有统一成熟

的做法,存在连接节点复杂、施工质量要求高、耐久性不足、施工阶段结构次应力较大等问题难以解决;另外针对地下水池结构特点的主体和支护结构结合设计相关研究较少。

针对以上问题,并结合目前地下水池结构的超高、超深的特点,采用内衬框架层对地下水池的主体结构和支护结构进行结合设计,可以在传统主体结构和支护结构分离设计的基础上,有效控制主体和支护结构的内力变形,并且计算方法和计算理论较为成熟,施工质量易于控制,可有效节约工程造价。采用某工程实例,对设置内衬框架层的地下水池结构设计进行分析研究,探讨了内衬框架层的位置和刚度对支护结构的影响;并对地下水池结构池壁和内衬框架层的结构设计进行了分析。

1 计算模型及参数

1.1 计算模型

某地下调蓄池平面尺寸约 50 m × 17.9 m,调蓄池池体净高为 8 m,池顶覆土厚度约 4 m 左右。对调蓄池主体结构计算模型进行合理简化,并采用 PKPM 水池结构有限元软件对调蓄池主体结构进行整体建模计算分析;调蓄池支护结构采用同济启明星深基坑支挡结构设计计算软件 FRWS 进行分析计算。对于在调蓄池池壁中间部位设置内衬框架层的调蓄池典型横断面图和主体结构模型分别见图 1 和图 2。

1.2 计算参数

地基土的主要物理性质指标见表 1。

收稿日期: 2023-07-27

作者简介: 许建宝(1990—),男,硕士,工程师,从事结构、岩土及水工方面的设计研究工作。

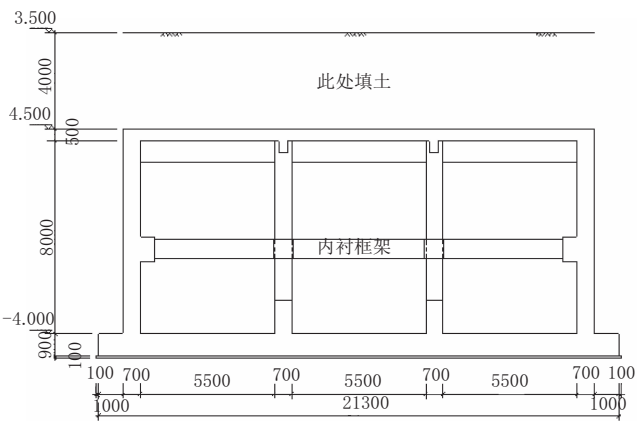


图 1 调蓄池典型横断面图 (标高单位:m,尺寸单位:mm)

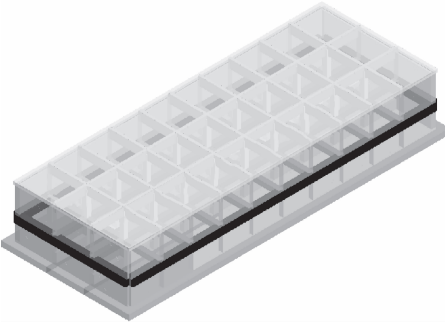


图 2 调蓄池主体结构模型

表 1 地基土的主要物理性质指标

层序及岩性	土重度 / ($\text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$)	黏聚力 C/kPa	内摩擦角 $\varphi/(\circ)$	地基承载力特 征值 f_{ak}/kPa
耕填土	18.5	10.0	5.0	—
粉质黏土	18.9	15.73	11.53	110
粉质黏土	19.2	30.75	13.20	140
粉质黏土夹粉土	18.5	17.92	10.99	160

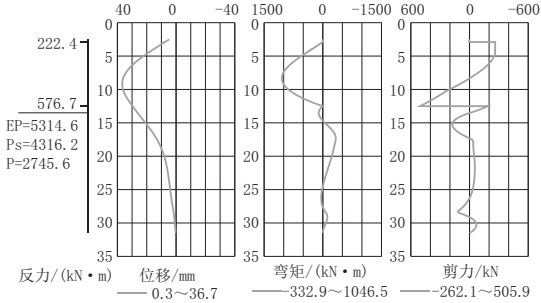
2 支护结构设计分析

由于建设用地条件受限较为严重,周边环境保护要求高,须严格控制基坑变形,经过方案比选,采用钻孔灌注桩+二道内支撑的支护型式。在池内设置永久内衬框架层,一方面可以减小水池主体壁板的计算跨度,另一方面可以利用永久内衬框架层作换撑层。

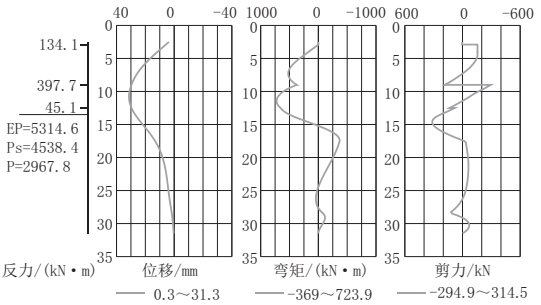
2.1 内衬框架层位置对支护结构的影响分析

分别对无内衬框架换撑、-0.50 m 处设置内衬框架层、-1.50 m 处设置内衬框架层进行支护结构单元分析计算,支护桩在换撑工况下最不利的内力和变形计算结果分别见图 3(a)、图 3(b)和图 3(c)。由图 3 可以看出,相比无内衬框架换撑条件,设置内衬框架层换撑能更加有效控制基坑支护桩的水平变形,且能够有效的减小支护结构的内力。同时可以发现,内衬框架层的标高越靠下,对基坑支护桩的水平变

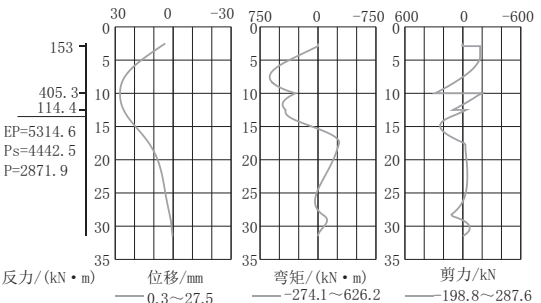
形和内力控制效果越好,但内衬框架所受的支撑反力也有所增大。



(a) 无内衬框架换撑



(b) -0.50 m 处设置内衬框架层



(c) -1.50 m 处设置内衬框架层

图 3 拆第二道撑工况下支护结构内力变形

2.2 内衬框架层刚度对基坑支护的影响

内衬框架层不同于传统的楼板,其刚度对基坑支护桩的水平变形和内力也有非常重要的影响,内衬框架层的支撑刚度与内衬框架的长度、截面尺寸、支撑间距、材料等均有较大关系。在 -0.05 处设置内衬框架换撑层条件下,并分别取内衬框架层刚度 $K=50、150、250 \text{ MN/m}^2$ 计算分析支护结构的内力和变形,计算结果分别见图 4(a)、图 4(b)和图 4(c)。

由图 4 可以看出,内衬框架层换撑刚度对支护结构的内力和变形均有一定的影响,换撑刚度越大,支护结构的水平变形越小,内力越大;同时随着换撑刚度的增大,支撑反力也逐渐增大,但是随着换撑刚度的增大,其对支撑反力的影响幅度越来越小。因此须同时考虑支护结构和内衬框架层内力和变形计算,合理对内衬框架层的刚度进行取值。

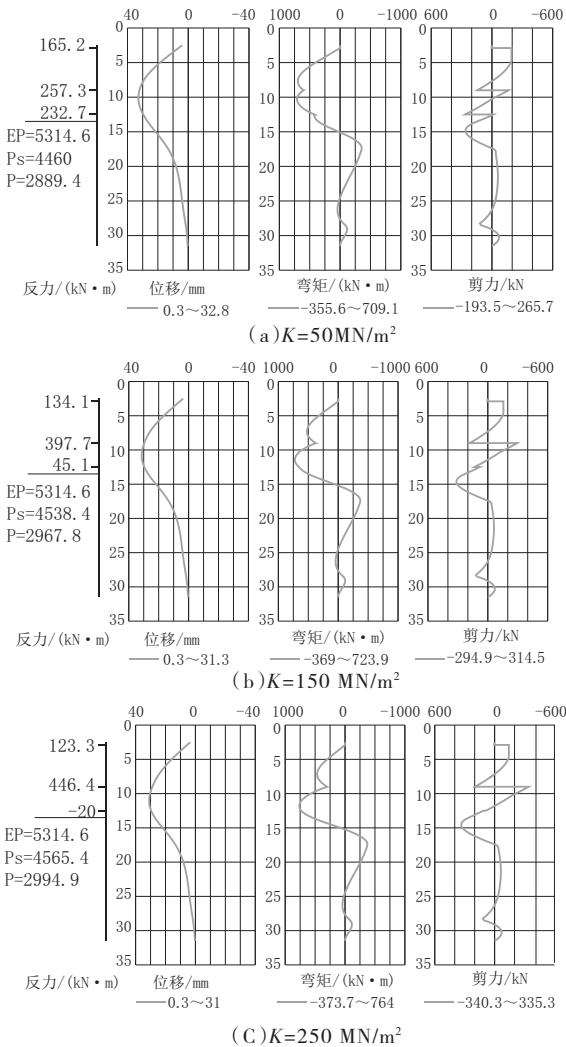


图 4 不同换撑刚度下支护结构内力变形

3 主体结构设计分析

3.1 水池侧壁结构设计

分别对无内衬框架、-0.50 处设置内衬框架层、-1.50 处设置内衬框架层的水池主体结构进行有限元数值分析计算，得到了水池主体结构准永久值组合的应力云图分别见图 5(a)、图 5(b)和图 5(c)。

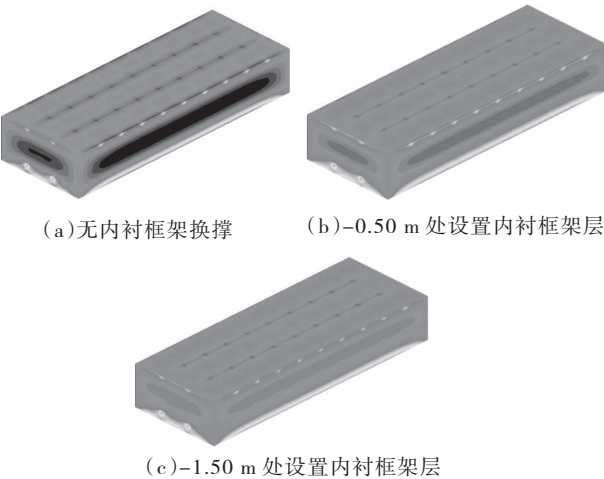


图 5 主体结构准永久值组合下应力云图

经过整理水池池壁的准永久值组合下弯矩控制值见表 2。由表 2 可以看出，设置内衬框架的情况下，水池侧壁弯矩控制值有较大幅度的减小，侧壁内力得到了较大的优化；-1.50 m 处设置内衬框架层相比 -0.5 m 处设置内衬框架层条件下壁板弯矩值有一定程度的增大，因此内衬框架的位置设置对于主体结构壁板应尽量使其计算跨度减小，并与支护结构受力变形综合考虑。

表 2 水池池壁准永久值组合下弯矩控制值

内衬框架情况	池内测		池外侧	
	竖向弯矩 / (kN·m)	水平弯矩 / (kN·m)	竖向弯矩 / (kN·m)	水平弯矩 / (kN·m)
无内衬框架	207.5	198.0	950.2	320.0
-0.50 m 处设置 内衬框架层	115.27	113.4	786.7	183.4
-1.50 m 处设置 内衬框架层	180.7	121.5	788.8	240

3.2 内衬框架的结构设计

内衬框架结构由于既做主体结构受力构件，又做支护结构换撑受力构件，因此对其进行结构设计时应充分考虑两种条件下内衬框架受力的区别，内衬框架的计算在水池进行闭水试验之前只是起到换撑的作用，一般支护结构的临时支撑构件只需要进行承载力极限状态设计，但是由于内衬框架同时作为主体结构的一部分，此工况下仍然需要对其进行正常使用极限状态设计。因此对于内衬框架的结构设计，应考虑在传统主要设计工况组合下增加换撑工况下，对其进行包络设计。对于本工程调蓄池结构，换撑工况下和其他主要设计工况下外部环梁和内部支撑梁准永久值组合下的内力值见表 3。

表 3 内衬框架准永久值组合下弯矩控制值

内衬框架情况	环梁水平弯矩 / (kN·m)		支撑梁轴力 / kN	
	换撑工况	其他工况	换撑工况	其他工况
-0.50 m 处设置 内衬框架层	828.54	715.2	1 988.5	1 083.11
-1.50 m 处设置 内衬框架层	844.38	545.02	2 026.5	957.94

由表 3 可以看出，对于本工程调蓄池内衬框架结构，换撑工况下内衬框架层的内力控制值相比其他工况下均有所增大，因此一般情况下换撑工况对内衬框架层的结构设计起到控制作用。

4 结 论

通过工程实例，对设置内衬框架层的地下水池结构设计进行分析研究，探讨了内衬框架层的位置

(下转第 177 页)

块业主、居委会沟通并建立良好关系。针对噪音干扰,在开工前张贴安民告示,召开文明施工和交通配合会,在施工中强噪音施工的项目避开居民休息的时间,并定期虚心走访周围居民区^[6]。

c. 深化各参建单位协调管理,过程中的深化设计和大量协调工作是可预见的,要积极深化各参建单位的进度,利用其互相制约性,建立微信群工作机制,能极大的把提出问题、解决问题、问题反馈一一呈现,确保了最终施工质量和工期的重点保证措施。

4 施工效果

近年来,我国经济社会快速发展,上海中心城区发展也备受瞩目。为了适应生态文明建设的总体要求,和“人民城市人民建,人民城市为人民”的新要求,在本工程全面运行安全质量保证体系标准,系统地采用“PDCA”动态管理手段。本工程地处中心城

区,又在四行仓库附近,针对施工管理的难点,通过采取相应的施工管理措施,使得工程项目顺利完工,取得了预期的效果,获评市级文明工地,得到各方的褒奖。

参考文献:

- [1] 王志新.中心城区市政下水道工程一体化施工的难点及管理措施[J].城市道桥与防洪,2013(12):127-130.
- [2] 游奕相.论工程施工的现场管理[J].中小企业管理与科技,2011(22):143.
- [3] 朱田胜.浅谈施工组织设计在建筑工程施工中的重要性[J].甘肃水利水电技术,2003,39(4):345-346.
- [4] 李静,李江红,王迪.市政道路桥梁工程的施工管理措施[J].科技与企业,2013(3):82-83.
- [5] 赵训言.水利系统文明建设工地的创建[J].科技信息(科学·教研),2008(10):322-323.
- [6] 郑锦龙.建筑工地文明施工概述[J].科技资讯,2007(15):186-187.
- [7] DGJ08-96—2013,上海市城市道路平面交叉口规划与设计规程[S].

~~~~~  
(上接第150页)

和刚度对支护结构的影响;并对地下水池结构池壁和内衬框架层的结构设计进行了分析研究。得到以下主要结论:

(1)内衬框架层的位置和刚度对支护结构的内力变形均有重要影响,设计时应综合考虑支护结构和内衬框架的内力变形,合理设计其位置和刚度。

(2)设置内衬框架层条件下,可有效减小水池主体池壁的弯矩;内衬框架层的位置设置对于主体结构壁板应尽量使其计算跨度减小,并与支护结构受力变形综合考虑。

(3)内衬框架层的结构设计应增加换撑工况的正常使用极限状态设计,且与其他工况进行包络设计。

#### 参考文献:

- [1] 王卫东,徐中华.深基坑支护结构与主体结构相结合的设计与施工[J].岩土工程学报,2010,32(增刊1):191-199.
- [2] 王卫东,沈健.基坑围护排桩与地下室外墙相结合“桩墙合一”的设计与分析[J].岩土工程学报,2012,34(增刊1):303-308.
- [3] 李连祥,刘兵,李先军.支护桩与地下主体结构相结合的永久支护结构[J].建筑科学与工程学报,2017,34(2):119-126.
- [4] 王宁,付东王,高健,等.软土地基临河调蓄池结构及基坑支护设计分析[J].水利技术监督,2021(2):151-156.
- [5] 张毅.软弱地层的地下调蓄池优化设计[J].中国农村水利水电,2014(2):105-107.
- [6] 汪军,李大华,张自光.“桩墙合一”技术在深基坑工程中的应用[J].安徽建筑大学学报,2021,29(1):26-32.
- [7] 张自光,孟源,陶佳佳.基于“永临一体化”的调蓄池深基坑内支撑设计优化[J].安徽建筑大学学报,2022,30(2):21-25,32.
- [8] 钱宏伟,李玉磊.水池类基坑换撑设计新思路与工程实践[J].城市道桥与防洪,2022(7):227-229,238.