

矩形环框梁作为内支撑的超深大盾构井地连墙内力分析与设计

李敏瑞 高修海

(中铁第六勘察设计院集团有限公司 天津 300133)

摘要: 为研究使用矩形环框梁作为内支撑的大盾构井地连墙受力情况并进行地连墙设计, 本文依托南京地铁 4 号线二期滨江站, 根据 $k = F/l$, 使用 SAP2000 计算矩形环框梁的最大侧向刚度、最小侧向刚度和等效侧向刚度, 利用获得的侧向刚度对地连墙进行内力计算与分析。最后提出了采用大小侧向刚度下地墙内力包络值进行地墙设计。

关键词: 盾构井; 环框梁; 小刚度; 大刚度; 地下连续墙

Abstract: For research using rectangular ring frame beam as the support of large shield to well even the wall stress distribution and even the wall design, this article based on nanjing subway line 4 phase II binjiang station, according to the $k = F/l$, maximum lateral stiffness, minimum lateral stiffness and equivalent lateral stiffness of rectangle ring frame beam are calculated by using SAP2000, the internal forces of diaphragm retaining wall are calculated and analysed by using lateral stiffness gained from the calculation. At last, it is proposed to design the diaphragm retaining wall by using the enveloping value of internal force.

Keywords: shield shaft; ring frame beam; maximum lateral stiffness; minimum lateral stiffness; diaphragm retaining wall

0 引言

随着我国城市化的迅速发展, 地下空间的开发利用, 以及社会对环境的日益重视, 越江和越海隧道得到了快速发展。为了减小施工与运营风险, 越江大盾构一般都具有超深埋特性, 这也导致了盾构井基坑深度大。由于盾构井需要为盾构提供始发和接收空间, 在盾构井范围内无法设置常规内支撑系统, 在超深盾构井基坑中可采用环框梁作为围护结构内支撑系统以确保基坑的稳定性。文献[1]对比分析三维立体模型和平面模型计算结果, 结合工程经验总结认为可以通过考虑侧墙刚度、弯矩调幅、弯矩削峰的方法优化平面数值计算, 并介绍考虑侧墙作为翼缘的盾构井环梁刚度增大系数计算方法; 文献[2]提出了一种利用 SAP2000 计算等效侧向刚度的方法, 并将环框梁与换撑进行对比计算研究, 结果显示使用两种内支撑系统的围护结构受力差异很小。文献[3]分析了单独的桩顶圈梁水平刚度系数计算方法。文献[4]分析了在单道和多道支撑条件下支撑刚度改变对围护结构内力的影响。矩形环框梁侧向刚度沿长度方向是变化的, 在支座处刚度较大, 在跨中处刚度较小。以往主要采用环框梁采用等效刚度条件下对围护结构内力进行内力分析。本文对比了最大侧向刚度、最小侧向刚度和等效侧向刚度三种条件下地墙内力变化情况, 并给出了使用环框梁做内支撑的地连墙一种设计方法。

1 工程概况

南京地铁 4 号线二期滨江站近邻长江, 与长江水利联系密切, 地貌类型上属长江漫滩平原, 地势较平坦车站现状地面高程在 6.54 ~ 7.73m 之间, 近地表主要由全新统(Q4)人工填土、粉质黏土及淤泥质粉质黏土(混夹粉土、粉砂)等组成。滨江站为地下六层结构, 滨江站端头盾构井基坑纵向长 23.90m, 横向宽 25.50m, 开挖深度 50.08m, 地连墙厚 1.5m。竖向设置十道矩形环框梁, 从上至下依次为第一道~第十道环框梁。围护结构平面布置情况详见图 1。为保证基坑安全半顺半逆法施工, 地下一层~地下三层结构体系采

用顺作法施工, 地下四层~地下六层采用逆作法施工。

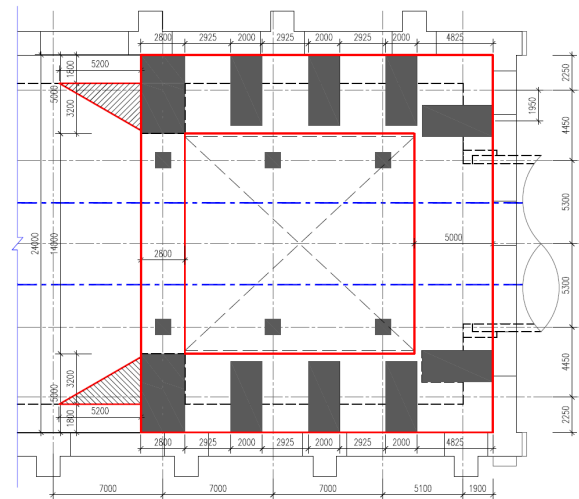


图 1 环框梁平面布置图

Fig.1 The layout plan of ring frame beam

2 工程地质情况

根据地勘报告, 拟建场地自上而下地层主要为①-1 杂填土、①-2 素填土、②-2b4 淤泥质粉质黏土(流塑)、②-3b3+4 淤泥质粉质黏土夹粉砂(流塑~软塑)、②-4d1+2 粉砂(中密~密实)、②-5d1 细砂、中砂(密实)、②-54b3+4 粉质黏土夹粉砂(流塑~软塑)、③-4d1 含圆砾中粗砂(密实)、③-4e1 含卵石砾砂(密实)、K2p-2 强风化泥质砂岩、K2p-3 中风化泥质砂岩。场地范围内自上而下地层参数详见表 1。

表 1 岩土物理力学参数

Table1 Physico-mechanical parameters of rocks and soils

层号	名称	土层厚度 /m	重度 kN/m ³	黏聚力 kPa	内摩擦角 °
①-1	杂填土	0.80	19.1	18.0	16.0
①-2	素填土	2.50	19.6	23.0	15.0
②-2b4	淤泥质粉质黏土	16.50	17.9	13.8	14.4
②-3b3+4	淤泥质粉质黏土夹砂	7.80	18.2	15.4	14.9
②-4d1+2	粉砂	6.20	19.1	2.7	30.5

层号	名称	土层厚度 /m	重度 kN/m ³	黏聚力 kPa	内摩擦角 °
②-5b3+4	粉质黏土夹粉砂	13.30	18.2	17.8	15.9
③-4d1	含圆砾中粗砂	1.90	20.8	3.0	31.8
K2p-2	强风化泥质砂岩	2.30	22.4	/	/
K2p-3	中等风化泥质砂岩	/	22.9	/	/

3 计算与分析 算各道环框梁的最大刚度、最小刚度以及等效刚度，具体结果详见表 2。

采用文献[2]中的方法，同时考虑扶壁柱作用，使用 sap2000 计

表 2 环框梁刚度计算结果

Table2 Calculation of lateral stiffness of ring frame beam

编号	小刚度 MN/m ²	大刚度 MN/m ²	等效刚度 MN/m ²
第一道~第四道环框梁	423	2341	717
第五道~七道环框梁	680	4848	1193
第八、九道环框梁	545	3846	955
第十道环框梁	658	4142	1136

表 3 地连墙内力计算

Table2 Calculation of internal force of diaphragm retaining wall

段号	内力类型	大刚度	等效刚度	小刚度
1	基坑内侧最大弯矩(kN.m)	2736.61	2736.61	2736.61
	基坑外侧最大弯矩(kN.m)	1059.88	1164.26	1276.85
	最大剪力(kN)	1039.50	1025.09	1016.10
2	基坑内侧最大弯矩(kN.m)	3728.07	4232.98	4488.87
	基坑外侧最大弯矩(kN.m)	2375.87	2857.68	3262.10
	最大剪力(kN)	2354.54	2065.04	2069.78
3	基坑内侧最大弯矩(kN.m)	279.19	302.10	316.75
	基坑外侧最大弯矩(kN.m)	913.81	882.04	861.78
	最大剪力(kN)	889.78	896.47	900.85

将计算所得刚度带入 Fspw7.0 后计算地连墙弯矩和剪力，分三段统计地连墙内力，计算结果详见表 3。

第一段，因地下一层~地下三层明挖顺作，对撑刚度保持不变，基坑内侧最大弯矩亦为定值。与大刚度相比，等效刚度和小刚度下地连墙基坑外侧最大弯矩分别增加 9.8%和 20.5%，剪力分别减小 1.4%和 2.3%。

第二段，与大刚度相比，等效刚度和小刚度下地连墙基坑内侧最大弯矩分别增加 13.5%和 20.4%，基坑外侧最大弯矩分别增加 20.3%和 37.3%，剪力分别减小 12.3%和 12.1%。

第三段，与大刚度相比，等效刚度和小刚度下地连墙基坑内侧最大弯矩分别增加 8.2%和 13.5%，基坑外侧最大弯矩分别减小 3.5%和 5.7%，剪力分别增大 7.5%和 12.4%。

通过计算分析发现，环框梁跨中位置地连墙弯矩最大，环框梁支座处地连墙弯矩最小，大小刚度情况下地墙弯矩差异较大，最大可达 37.3%。为保证基坑安全，应选取最不利受力状况进行地连墙设计。

4 结论

1 明挖顺作基坑回筑期间，基坑内侧地墙最大弯矩值不会随换撑刚度的改变而改变，基坑外侧地墙最大弯矩随刚度减小而增大。

2 基坑开挖期间，基坑开挖范围内地墙弯矩随支撑刚度增加而减小，地墙剪力随支撑刚度增加而增加。

3 嵌固段地墙剪力与基坑内侧最大弯矩随刚度减小而增大，基坑外侧最大弯矩随刚度减小而减小。

4 为保证基坑安全，推荐采用大、小刚度计算地连墙内力，包络设计。

参考文献

- [1] 马鹏远,阳文胜,黎新亮等.明挖车站盾构井环框梁的受力分析及优化设计[J].铁道标准设计.2017,61(3):134-138
 - [2] 刘亮.盾构井环框梁等效侧向刚度计算及对基坑的影响分析[J].隧道建设.2019,39(10):1620-1626
 - [3] 杨敏,熊巨华等.建筑基坑支撑结构体系水平刚度系数的计算[J].岩土工程技术.1999 (1):13
 - [4] 徐洋,何立波,徐国平等.坑支撑刚度计算方法辨析及其对支护桩内力的影响[J].建筑结构.2006,36(11):62-63
- 作者简介：李敏瑞（1988—），男，汉族，岩土工程专业硕士，工程师，现从事地铁设计工作。