

文章编号:1671-6833(2003)03-0029-04

椭圆形排桩支护结构的工程优化选型

郭院成¹, 王立明¹, 秦会来¹, 周同和²

(1. 郑州大学土木工程学院, 河南 郑州 450002; 2. 郑州大学综合设计研究院, 河南 郑州 450002)

摘 要: 椭圆形支护结构通过合理选型可以成为以受压为主的支护结构, 水泥土桩施工简单, 经过适当咬合可起到止水帷幕作用, 因此在开挖深度不大情况下, 可优先采用椭圆形水泥土支护结构. 根据某水泥土桩基坑支护工程的实践, 以水泥土桩挡墙结构的承载力为控制条件, 研究分析了椭圆形水泥土支护结构的优化选型方法, 对椭圆形支护结构的工程应用具有一定的工程意义.

关键词: 水泥土桩; 椭圆形支护结构; 承载力准则; 优化选型

中图分类号: TU 378 **文献标识码:** A

0 引言

椭圆形平面结构在(法向)外荷载作用下, 主要产生切向内力和法向弯矩, 当椭圆结构的长短轴形状合理时, 所产生的主要内力为切向内力, 是内支撑结构体系的常用形式. 椭圆形支护结构在土压力作用下成为空间受力体系, 主要产生水平面内的切向压力和弯矩以及垂直面内的竖向弯矩和剪力, 因此合理选型使椭圆形支护结构成为以受压为主的受力体系是结构设计的关键. 目前关于此类结构的优化设计的研究还未见报道, 本文

即基于某椭圆形基坑工程的支护设计, 研究椭圆形支护结构的优化选型问题.

1 工程概况

某场地工程地质条件如表 1 所示. 根据工程要求基坑需平面呈长条形, $5.5\text{ m}\times 26.5\text{ m}$, 开挖深度为自然地面以下 7.5 m , 地下水位位于自然地面以下 6.5 m . 经支护方案对比筛选, 拟采用椭圆形水泥土桩挡墙, 既可止水又可支护边坡土体, 如图 1 所示.

表 1 工程地质勘察报告
Tab. 1 Engineering geology reconnaissance report

分层 编号	岩 性	层底 埋深/m	天然含水 量/%	天然重度/ ($\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$)	饱和度 S_r /%	塑性指数 I_p	液性指数 I_L	内聚 力 c /kPa	内摩 擦角 ($^\circ$)	承载力 标准值 f_{ck} / kPa	桩周摩 擦力标 准值/ kPa
1	杂填土	0.0~1.5									
2	粉土	1.5~5.4	24.3	17.5	79	7.2	0.931	10	18	120	20
3	粉土	5.4~9.5	18.5	18.7	90	8.1	0.874	15	20	135	25
4	粉土夹 粉砂	9.5~14.8	23.1	18.0	96	6.7	0.700	10	25	95	30
5	粉砂夹 粉土	14.8~21.2	23.3	18.5	98	6.6	0.400	0	30	130	35
6	粉砂	21.2~	19.4	18.8	93						40

收稿日期:2003-04-20; 修订日期:2003-07-01

基金项目:河南省自然科学基金资助项目(0211063200); 河南省高校青年骨干教师计划资助项目

作者简介:郭院成(1965-), 男, 河南省辉县人, 郑州大学教授, 博士, 主要从事复合地基和深基坑支护结构的研究.

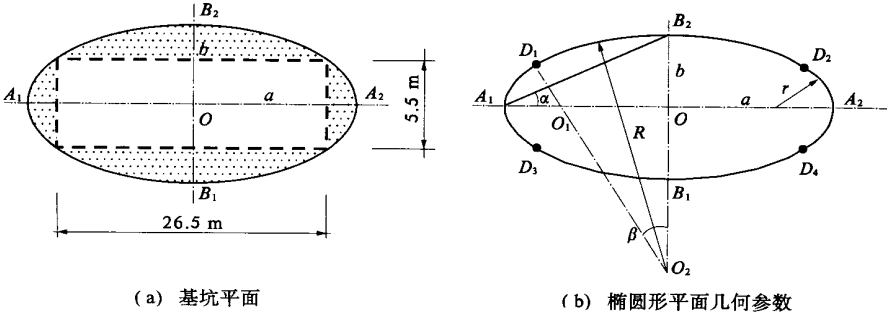


图 1 某椭圆形基坑平面

Fig. 1 A certain oval foundation pit plan

2 椭圆形支护结构的内力计算

椭圆形平面在水平土压力作用下呈拱形受力, 工程中可将椭圆形结构视为四段圆弧组成, D_1 、 D_2 、 D_3 、 D_4 分别表示大小圆弧的连接点, 因此其受力可分段近似计算. 插入土中水泥土桩作为挡土结构时, 上端边界条件可视为自由端, 开挖坑底位置视为固定端.

根据工程要求的基坑平面尺寸, 其外接椭圆形平面基坑的大小圆弧半径分别为
 $\alpha=18.43^{\circ}; R=40.8\text{ m}; r=3.05\text{ m}$

根据圆柱壳几何特征 $\zeta \frac{H^2}{2R}$, 可查表得环向力系数 $k_{N\theta}$ 、竖向弯矩系数 k_{M_x} 、剪力系数 k_{V_x} , 由下式计算圆柱壳体内力.

竖向弯矩: $M_x = k_{M_x} p_x H^2;$

环向弯矩: $M_{\theta} = \frac{1}{6} k_{M_{\theta}} p_x H^2$

环向力: $N_{\theta} = k_{N_{\theta}} p_x r;$

剪力: $V_x = k_{V_x} p_x H$

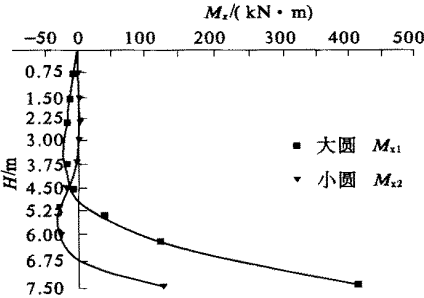


图 2 竖向弯矩计算结果

Fig. 2 The result of vertical moment

3 确定椭圆形状条件下的优化设计

根据图 3 可以看出, 在 4.4 m 以上圆弧段 2 提供的环向力 $N_{\theta 2}$ 平衡圆弧段 1 产生的环向力 $N_{\theta 1}$, 圆弧段 1 在土压力作用下产生的竖向弯矩成

为椭圆形支护结构的设计控制条件.

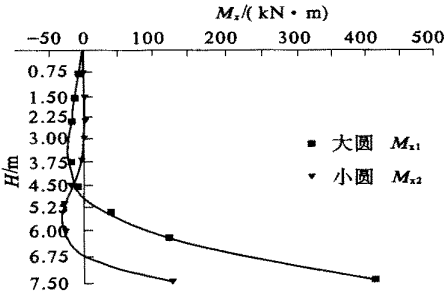


图 3 环向轴力计算结果

Fig. 3 The result of loop axle force

因此在保持支护结构椭圆形形状不变条件下, 能使两个圆弧段在全高范围内环向力均保持平衡, 并有效降低圆弧段 1 的竖向弯矩的措施可以是: ①在支护结构的顶端设置环形冠梁; ②根据工程要求的基坑开挖尺寸, 在坑内放坡处理.

3.1 支护结构顶端设置冠梁

在椭圆形支护结构顶端设置冠梁, 在土压力作用下冠梁可以协调不同圆弧段产生的环向力, 相当于将椭圆形支护结构顶端的约束条件由自由端变为铰支端. 查表得如图 4 竖向弯矩计算结果, 图 5 环向轴力计算结果. 大圆底端剪力为 254 kN; 小圆底端剪力为 227 kN. 非配筋墙体抗剪能力为 474.3 kN (两排桩).

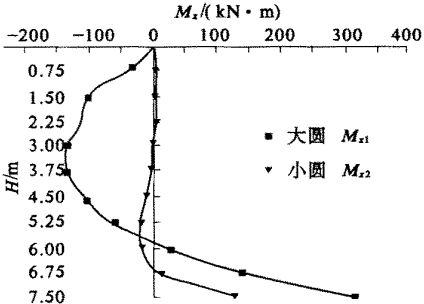


图 4 竖向弯矩计算结果

Fig. 4 The result of vertical moment

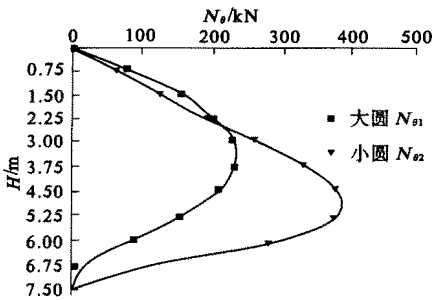


图5 环向轴力计算结果
Fig.5 The result of loop axle force

3.2 坑内放坡

坑内放坡是在离坑底4 m 高度开始放坡,该位置距离桩顶3.5 m. 计算时按两种情况分别计算:一种情况仅考虑坑内土的土压力作用(对坑内土体无特殊要求),桩墙悬臂长度仍按7.5 m 计算,得最大弯矩为315 kN·m;另一种情况为悬臂长度按4 m(要求坑内土体不能发生显著位移)计算,不考虑坑内土压力作用,得大圆最大弯矩112.5 kN·m,小圆最大弯矩为59 kN·m.

4 确定支护结构形式条件下的优化选型

4.1 按承载力准则反算椭圆最佳形状

逐步调整角β的大小,通过计算可知,当角β约为60°时,大圆底部弯矩与小圆底部弯矩基本相等,如图6所示.此时大圆每米高度环向力最大值约为580 kN,小圆每米高度轴力最大值约为400 kN,如图8所示.而当角β约为63°时,大、小圆交接线上每米高度环向轴力差最大值最小,其值为260 kN,如图7所示.当β取60°~63°时,支护结构的内力状态最为合理,大小圆底部弯矩相等,每米高度轴向力差值最大值最小.相应地大圆半径R 约为15.0 m;小圆半径r 约为5.6 m.

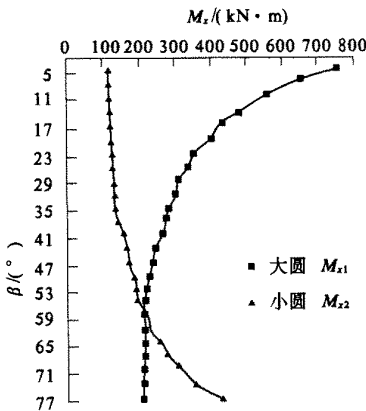


图6 M_e 随 β 角的变化规律

Fig.6 The variety orderliness of M_e with angle β

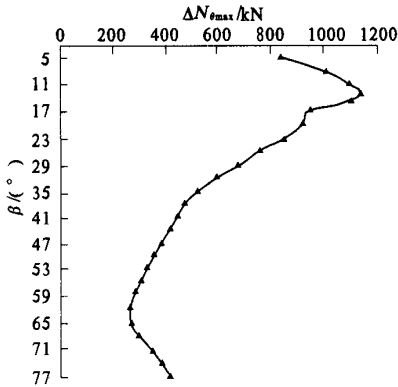


图7 最大环向轴力差随β角的变化规律
Fig.7 The variety orderliness of maximal loop axle force odds with angle β

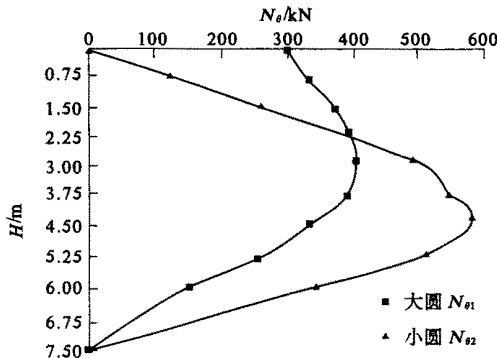


图8 β=60°时环向轴力
Fig.8 The loop axle force on β=60°

4.2 排桩的承载力计算

排桩承载力计算分为:竖向弯矩最大值计算;法向抗剪计算;环向轴力计算;环向弯矩计算.具体于某一实际基坑,其坑深是一确定的值.当考虑基坑降水抗渗流验算时,其入土深度也是一个确定的值.因此只有通过改变大小圆的半径来实现结构计算的优化.以下将分别按不同的控制条件,计算结构关键部位的内力并进行比较.

取水泥土开挖期抗压强度平均值为6 MPa,水泥土排桩桩径为600 mm,咬合150 mm,两排桩净宽 $b=846$ mm,三排桩净宽 $b=1296$ mm,按此条件分别计算其单位长度、单位高度的竖向抗弯承载力、水平抗弯承载力、水平抗剪承载力. 竖向抗弯承载力

$$M_1=330\times\frac{0.846^2}{6}=39.36; M_2=330\times\frac{1.296^2}{6}=92.38$$

$$M_1=39.36\text{kN}\cdot\text{m}; M_2=92.38\text{kN}\cdot\text{m}$$

环向抗弯承载力

$$M_1=180\times\frac{0.846^2}{6}=21.48; M_2=180\times\frac{1.296^2}{6}=50.38$$

$M_1=21.48\text{kN}\cdot\text{m}; M_2=50.38\text{kN}\cdot\text{m}$

法向抗剪承载力

$V_1=474.3\text{kN}; V_2=725.76\text{kN}$

经计算比较可知,水泥土桩墙作为支护结构,其法向抗剪承载力、环向轴力均可满足要求,但竖向、环向抗弯承载力均不能满足支护要求,需要采取其它措施来加强.

5 结语

实际工程中,通常基坑平面尺寸及基坑深度是根据功能条件预先确定的,因此基坑支护结构的优化设计可包括平面形状、支护形式以及排桩承载力和有无坑内放坡等内容,应根据现场施工

空间、施工条件以及工程地质条件等进行综合设计.本文依一实际工程,针对上述每一种影响因素进行了对比分析,得出了初步结论,可作为实际工程的参考方案,若采用综合优化设计其效果应更为显著.

参考文献:

[1] 王秀逸,张平生. 特种结构[M] . 北京:地震出版社,1997.
[2] 黄强. 建筑基坑支护技术规程应用手册[M] . 北京:中国建筑工业出版社,1999.
[3] 郭院成,周同和,王立明,等. 椭圆形支护结构的简化计算[J] . 河南科学,2003,21(5) :579~583.

The Engineering Opti mum Selection of Elliptical Retaining Structure of Piles

GUO Yuan -cheng¹, WANG Li -ming¹, QIN Hui -lai¹, ZHOU Tong -he²

(1.College of Civil Engineering ,Zhengzhou University , Zhengzhou 450002,China ; 2. Comprehensive Design and Research Institute , Zhengzhou University ,Zhengzhou 450002,China)

Abstract : An elliptical retaining structure can be the retaining structure mainly bearing the compressure force by reasonably selecting types . Cement -soil piles can be water -proof walls by adequately lapping , with the advantage of simple constructing . In case of shallow excavation , thereby , ellipse cement -soil retaining structures are adopted . In the paper , the opti mum design method is researched according to the engineering practice of a foundation pit retaining project with the cement -soil pile retaining walls , on the controlling condition of the bearing of cement -soil pile retaining walls . It has certain engineering significance for the engineering application of elliptical retaining structures .

Key words : cement -soil pile ; elliptical pit retaining ; load bearing principle ; opti mized structure selection