

双排桩支护在某水利基坑中的应用

杜秀忠^{1,2}, 杨光华^{1,2}, 孙昌利^{1,2}, 方大勇^{1,2}, 张挺^{1,2}, 李川^{1,2}, 王飞^{1,2}

(1. 广东省水利水电科学研究院, 广东 广州 510635; 2. 广东省岩土工程技术研究中心, 广东 广州 510635)

摘要: 某水闸基坑采用双排桩支护, 通过支护结构的内力、位移分析计算对 MIDAS/GTS 程序和理正双排桩程序进行了对比, 在计算模型基本相同的情况下计算结果有较好的一致性; 采用理正双排桩程序对基坑支护断面的内力、位移及前后排桩不同土压力分担系数进行了比较分析, 并对分担系数影响支护结构的内力、位移的原因进行了分析; 最后对支护结构的位移进行了严密的监测, 对双排桩的位移特性有了初步了解, 对双排桩支护设计有较好的参考价值。

关键词: 双排桩; 基坑支护; 监测

中图分类号: TU473

文献标识码: A

文章编号: 1000-4548(2012)S0-0490-05

作者简介: 杜秀忠(1969-), 男, 浙江东阳人, 教授级高级工程师, 主要从事地基处理、基坑工程及堤坝边坡等方面的研究与咨询工作。E-mail: xzdu@gdsky.com.cn。

Application of retaining structure with double-row piles in a hydraulic excavation

DU Xiu-zhong^{1,2}, YANG Guang-hua^{1,2}, SUN Chang-li^{1,2}, FANG Da-yong^{1,2}, ZHANG Ting^{1,2}, LI Chuan^{1,2}, WANG Fei^{1,2}

(1. Guangdong Reserch Institute of Water Resources and Hydropower, Guangzhou 510635, China; 2. Guangdong Geotechnical

Engineering technology research centres, Guangzhou 510635, China)

Abstract: The retaining structure with double-row piles is used in an excavation of sluice. The internal force and displacement of the retaining structure with double-row piles are compared with those of MIDAS/GTS and double-row pile program of Lizheng. In the case of the same computational model, the calculated results are in good agreement. The sectional drawings of the retaining structure with double-row piles are analyzed from the internal force, displacement and different sharing ratios of lateral earth pressures on front-and rear-row piles. Finally, it provides certain reference value in designing the retaining structure with double-row piles. The displacement characteristics of double-row piles are preliminarily understood, by monitoring the displacement of the retaining structure with double-row piles.

Key words: double-row pile; excavation retaining structure; monitoring

0 引言

双排桩支护结构是一种新型的支护结构型式, 它是由两排平行的钢筋混凝土桩及连梁(板)形成的空间门式钢架结构体系。这种结构与单排桩相比, 具有较大的侧向刚度, 前、后排桩共同作用, 分担开挖产生的侧向土压力。

目前双排桩具有广泛的应用^[1-3], 关于双排桩的计算理论, 何颐华^[4]等人提出了双排桩计算模型的基本假定: ①前后排桩与桩顶连梁看成一个刚架结构, 节点视为直角刚性节点; ②连梁只能产生平移而不产生转角; ③连梁看成没有变形的刚体, 连梁不产生压缩或拉伸变形, 前后桩顶的水平位移相等。

1 工程概况

1.1 基本情况

某水闸位于江门市新会区, 工程的主要任务是防御台风暴潮, 兼顾排涝、排洪和通航。水闸闸址下卧层存在较厚淤泥层, 设计水闸底板埋深较大, 闸址右岸为已有厂房, 需进行基坑支护。基坑开挖深度较深, 支护结构顶以下开挖深度为 8.5 m, 支护结构顶以上还有 4.9 m 高的岸坡。基坑支护采用双排桩方案, 平面布置如图 1 所示, 剖面如图 2 所示。2011 年 5 月在基坑降水过程中, 厂房出现不同程度的沉降和开裂现象。鉴于基坑支护结构安全对整个工程影响较大, 同时, 为了确保水闸工程顺利展开, 需对基坑开挖后支护结构的安全性进行安全复核。

1.2 地质情况

场区位于珠江三角洲西部, 河水水位受潮汐影响

1515 kN·m, 最大水平位移为 35 mm。

有限元 MIDAS/GTS 程序计算结果如图 6 所示, 最大弯矩为 1576 kN·m, 最大水平位移为 32 mm。

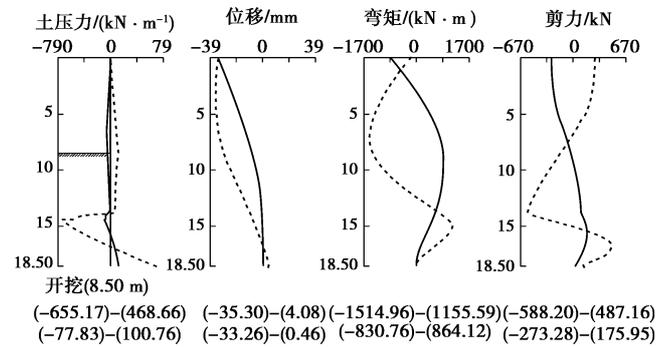


图 5 理正双排桩计算结果图 (虚线为前排桩, 实线为后排桩)
Fig. 5 Calculated results of retaining structure with double-row piles by Lizheng (dotted line represents front pile, and solid line represents rear pile)

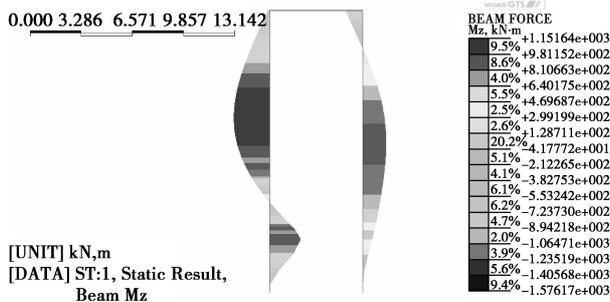


图 6 有限元计算 Y 方向弯矩图
Fig. 6 Bending moments along Y direction by FEM

对两种计算方法的计算结果对比如下表 1 所示, 可以看出, 在计算边界条件相同的情况下, 采用理正双排桩程序和采用有限元程序计算得到的最大弯矩及最大位移都比较接近, 说明采用理正双排桩程序的计算结果是可信的。考虑到理正程序输入简单, 计算方便, 因此在以下的计算中选用理正双排桩程序。

表 1 两种计算方法结果对比

Table 1 Comparison of results by two methods

计算方法	最大弯矩/(N·m)	最大位移/mm
理正程序	1515	35
有限元程序	1576	32

3 理正双排桩程序断面计算及土压力分担系数的影响

实际断面如图 2 所示, 采用理正双排桩程序对不同土压力分担系数时支护结构的弯矩和位移进行计算比较, 结果如下表 2 所示。

从上面的计算结果可知, 土压力分担系数对支护

结构的弯矩和位移影响较大, 前排桩分担系数减小, 后排桩分担系数增大时, 前、后排桩的弯矩、位移和连梁弯矩都同时减小。

表 2 不同土压力分担系数时支护结构的内力和位移

Table 2 Internal forces and displacements of retaining structure with different sharing ratios of lateral earth pressure on front-and rear-row piles

前排桩分担系数 a_1	后排桩分担系数 a_2	前排桩最大弯矩/(kN·m)	后排桩最大弯矩/(kN·m)	连梁弯矩/(kN·m)	前排桩最大位移/mm	后排桩最大位移/mm
1	0	2500	1405	5300	56.6	52.6
0.9	0.1	2245	1238	4852	52.2	48.9
0.8	0.2	1991	1101	4404	47.7	45.2
0.7	0.3	1736	990	3960	43.3	41.5
0.6	0.4	1483	878	3512	39.0	37.8
0.5	0.5	1232	766	3064	34.7	34.2

为分析后排桩分担的土压力对支护结构的影响, 取消后排桩的分担系数, 对支护结构进行计算, 计算结果如表 3 所示。

表 3 前排桩不同土压力分担系数而后排桩分担系数为 0 时支护结构的内力和位移

Table 3 Internal forces and displacements of retaining structure with different sharing ratios of lateral earth pressure on front-row piles and share ratio of lateral earth pressure on rear-row piles of zero

前排桩分担系数 a_1	后排桩分担系数 a_2	前排桩最大弯矩/(kN·m)	后排桩最大弯矩/(kN·m)	连梁弯矩/(kN·m)	前排桩最大位移/mm	后排桩最大位移/mm
1	0	2500	1405	5300	56.6	52.6
0.9	0	2250	1265	4772	51.0	47.3
0.8	0	2000	1124	4240	45.3	42.1
0.7	0	1750	984	3708	39.6	36.8
0.6	0	1500	843	3180	34.0	31.5
0.5	0	1250	702	2648	28.3	26.3

对比表 2 和表 3 的可知, 前排桩分担系数不变, 后排桩是否分担的土压力, 对前排桩的弯矩影响很小; 对后排桩的弯矩稍有影响, 最大为 8%左右; 对连梁的弯矩有一定的影响, 最大为 14%左右; 对前后排桩的位移产生一定影响, 最大为 18%~23%。总体而言, 相对于分担系数的变化为 50%即总土压力减小 50%, 模型的弯矩、位移变化均不大。分析认为, 主要原因是后排桩分担系数增大时, 根据图 3 的计算模型, 作用在后排桩的土压力主要由后排桩的弹性支点承担。特别是本工程双排桩排距相对较大, 后排桩的等效开挖深度仅为 1.9 m, 后排桩的弹性支点在大部分桩长范围内发挥作用。

按本工程实际及理正程序, 前排桩分担系数为 $a_1=0.967$, 后排桩分担系数为 $a_1=0.033$, 计算得到前

排桩最大弯矩为 2417 kN·m, 灌注桩所需配筋为 38D25, 原设计配筋为 24D25, 不能满足要求; 后排桩最大弯矩为 1351 kN·m, 原设计配筋为 24D25, 可以满足要求; 连梁的间距为 4 m, 单根连梁最大弯矩为 5156 kN·m。原设计配筋为 6D28, 不能满足要求。按计算结果需要对支护结构或者断面进行调整, 实际施工中并没有进行调整。

4 双排桩位移监测结果

在双排桩支护结构同一断面的前、后排桩分别布置了测斜管, 前排桩测斜管编号为 CX7, 后排桩测斜管编号为 CX6, 监测平面如图 1 所示。

通过理正程序计算, 前、后排桩的桩顶位移为 51.4 mm, 前排桩的最大位移位于基坑开挖面以下, 最大位移为 55.2 mm。

将位移实测值与计算值对比, 前排桩的位移曲线如图 7 所示, 实测最大位移位于桩顶处, 最大位移为 46.1 mm, 小于计算值。分析其位移曲线, 计算位移曲线呈抛物线型, 随深度增大位移明显向开挖面凸出, 而实测位移曲线基本呈线性变化。这是由于双排桩计算的基本假定是连梁为刚性体, 不考虑连梁的压缩或拉伸, 因此理论曲线桩顶有一个明显的约束。同时前、后排桩的桩顶位移相等。根据实测, 连梁刚度有限, 会产生一定的变形, 本工程连梁呈压缩状态, 后排桩对前排桩产生一个“推动”作用。

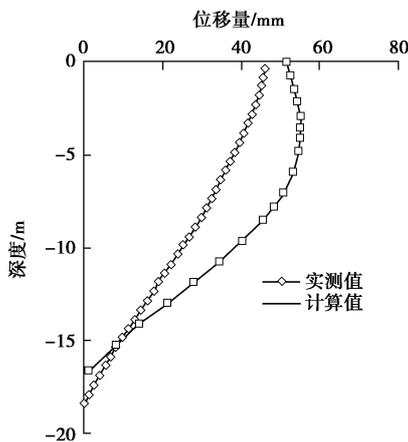


图 7 前排桩位移对比

Fig. 7 Comparison of displacements of front pile

后排桩的位移曲线如图 8 所示。计算值和实测值的最大位移均位于桩顶处, 计算值最大位移为 51.4 mm, 实测值最大位移为 52.5 mm, 两者较为接近。但开挖面以下, 位移计算值明显小于实测值。这是由于计算中弹性支点的刚度较大, 因为计算中没有考虑两桩之间土的侧向变形对后排桩支撑的“削弱”作用, 这也是目前计算理论存在的一个缺陷, 如何考虑桩土

间的相互作用, 有待更好的解决。

总体而言, 在没有考虑空间效应的情况下理论值的位移与实测值的位移较为接近, 且略高于实测值, 采用该方法进行双排桩位移计算是基本可行的。

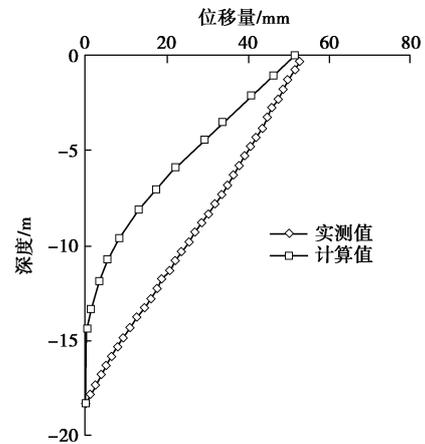


图 8 后排桩位移对比

Fig. 8 Comparison of displacements of rear pile

5 结论和建议

(1) 通过对支护结构的内力、位移分别采用有限元程序(MIDAS/GTS)和理正双排桩程序的对比分析, 在计算方法、土压力一致的情况下, 两者的计算结果非常接近。

(2) 前后排桩的土压力分担系数对支护结构的内力、位移影响较大, 主要原因是后排桩分担系数增大时, 作用在后排桩的土压力主要由后排桩的弹性支点承担。对此应进一步研究双排桩的实际土压力分布、后排桩的弹性支点作用及后排桩弹性支点反力和前排桩之间的相互作用, 使计算结果更符合实际。

(3) 从监测结果看, 监测位移值与计算值较为接近, 说明采用该方法进行双排桩位移计算是基本可行的。同时基坑开挖过程肉眼未见支护桩和连梁出现开裂现象, 理正双排桩程序的内力计算结果可能偏大。

(4) 理论结果与实测结果的位移曲线有一定的差别, 这是由计算理论的基本假定引起的, 实际情况可能是后排桩分担了较多的土压力, 并通过连梁和桩间土推着前排桩向基坑内位移。因此如何考虑土压力分担比和桩土的相互作用显得比较关键。

参考文献:

- [1] 杨明辉, 汪罗成, 赵明华. 考虑土拱效应的双排抗滑桩桩侧土压力计算[J]. 公路交通科技, 2011, 28(10): 12 - 17. (YANG Ming-hui, WANG Luo-cheng, ZHAO Ming-hua. Calculation of soil pressure against double-row anti-slide piles considering soil arching effect[J]. Journal of Highway

- and Transportation Research and Development, 2011, **28**(10): 12 - 17. (in Chinese))
- [2] 黄 凭, 莫海鸿, 陈俊生. 双排护支结构挠曲理论分析 [J]. 岩石力学与工程学报, 2009, **28**(增刊 2):3870-3875 (HUANG Ping, MO Haihong, CHEN Junsheng. Theoretical analysis of double row piles retaining structure deflection[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2009, **28**(S2): 3870 - 3875. (in Chinese))
- [3] 陈学秉. 双排护支结构在软土基坑工程中的应用[J]. 福建建筑, 2012(1): 81 - 83. (Chen Xue-bing. Application of retaining struture with double-row pile in soft ground excavation engineering[J]. Fujian Architecture & Construction, 2012(1): 81 - 83. (in Chinese))
- [4] 何颐华, 杨 斌, 金宝森, 等. 双排护坡桩试验与计算的研究 [J]. 建筑结构学报, 1996, **17**(2):58-66. (HE Yi-hua, YANG Bin, JIN Bao-sen, et al. A study of the test and calculation of double-row fender piles[J]. Journal of Building Structures, 1996, **17**(2):58-66. (in Chinese))
- [5] GJB 02—98 广州地区建筑基坑支护技术规定[S]. 1998. (GJB 02—98 Technical specfucation for retaining and protection of building foundation exacacation in guangzhou area[S]. 1998. (in Chinese))

(本文责编 孙振远)