



大管桩沉桩过程中桩头破损原因及对策

丘小标, 卞亚芹

(中交第四航务工程勘察设计院有限公司, 广东 广州 510230)

摘要: 预应力混凝土大直径管桩具有强度大、承载力强等性能, 常应用于海洋与海岸工程的桩基结构。但是在沉桩施工过程中, 常出现桩头破损的情况。结合工程实例介绍大管桩沉桩过程中出现桩头破损的原因及对策。

关键词: 大管桩; 沉桩; 桩头破损; 高应变检测

中图分类号: U 652.7⁺4 文献标志码: A 文章编号: 1002-4972(2015)11-0175-04

Cause and countermeasures for damage of pile head during sinking of large pipe pile

QIU Xiao-biao, BIAN Ya-qin

(CCCC-FHDI Engineering Co., Ltd., Guangzhou 510230, China)

Abstract: The large-diameter prestressed concrete pile, which is of large strength and great bearing capacity, is usually used in pile foundation structure in coastal and marine engineering. But the pile head is often damaged during pile sinking. This paper describes the reasons and countermeasures for the damage of pile head during sinking of the large pipe pile.

Keywords: large pipe pile; pile sinking; damage of pile head; high strain dynamic testing

1 工程概况

山东某项目新建 2.6 km 长引桥一座。总宽 10 m, 其中 4 m 为管架区, 其余为行车区; 桥跨为 50 m; 引桥基础采用高桩墩台结构, 共 52 个墩台, 原设计文件中, 每个墩台 8 根桩; 桩基采用 $\phi 1\ 200$ mmB1 型大管桩, 斜率均为 6:1, 桩尖采用 2 m 长的 $\phi 1\ 000$ mm 钢桩靴。桩位布置见图 1。

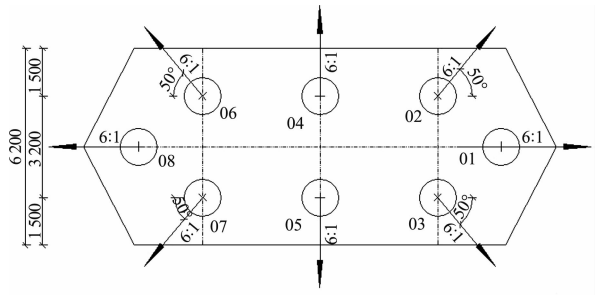


图 1 原设计墩台桩位布置 (单位: mm, 下同)

2 工程地质

该项目土层由上至下由淤泥、粉土、粉质黏土、淤泥质粉质黏土、粉细砂、粉质黏土及黏土及粉砂等土层组成。各单元土体的容许承载力值及桩基设计参数推荐值见表 1。

表 1 地基基础设计参数推荐值

单元土体	预制桩		状态
	q_f/kPa	q_R/kPa	
②淤泥	8		流塑
③粉土	48		松散-中密
③粉质黏土	35		软塑-可塑
④粉质黏土及黏土	45		可塑
⑤粉细砂	80 ~ 100 *	3 000 ~ 4 500 *	中密-密实
⑥粉质黏土及黏土	50	2 300	可塑-硬塑
⑥ ₁ 粉土	90	3 000	中密-密实
⑦粉细砂	120 ~ 130 *	6 000 ~ 7 000 *	密实-极密实

注: * 表示桩尖埋深小者取小值, 埋深大者取大值。

3 桩基设计

该项目引桥跨度为 50 m，上部结构自重较大，桩基内力主要由压桩力控制。按最不利组合，考虑各项分项系数后， $\phi 1\ 200\ \text{mm}$ B1 型大管桩的计算最大压桩力设计值为 5 211 kN。根据《港口工程桩基规范》，桩基抗压承载能力设计值为 9 700 kN，桩基持力层为⑦粉细砂层。

4 沉桩停锤标准

原设计文件中，建议采用 D128 柴油锤二档锤击，沉桩停锤标准如下：

- 1) 沉桩以贯入度控制为主，最后 3 阵的贯入度不大于 50 mm/10 击。
- 2) 当沉桩贯入度已经达到控制贯入度、而桩端未达到设计高程时，应继续锤击贯入 100 mm，或锤击 30 ~ 50 击。
- 3) 当桩端达到设计高程而贯入度仍大于控制贯入度时，应继续锤击使其贯入度达到控制贯入度；若桩顶高程达到设计高程而贯入度仍大于控制贯入度，则应停止沉桩，会同设计、监理等一并处理。

5 试沉桩施工情况

该工程进行了水上沉桩试打施工，试打桩共 4 根，分别为 1[#]墩台的 02、03、04、05 号桩。桩型为 B1 型 1 200 mm 大管桩，斜度为 6:1，设计底高程为 -49. m。采用 D138 液压锤二档进行沉桩。在沉桩施工过程中，02、03、04 号桩的桩尖到达高程约 - 35 m 时出现沉桩困难，贯入度约 4 mm/击。由于此时桩尖距设计底高程尚有 14 m 左右，未达到设计高程范围，因此未停锤，继续施打，并且沉桩锤击数超过了 2 200 锤，其中 04 号桩总锤击数达到了 2 870 锤，桩头出现了混凝土剥落、钢筋外露等严重破损情况。05 号桩在桩尖到达高程约 - 35 m 时也出现了沉桩困难，贯入度约 6 mm/击，尚未达到设计要求的停锤标准；桩尖到达 -39 m 时，发现桩垫已被打烂，桩头破损严重，此时总锤击数为 960 击。试沉桩记录见表 2。

现场对桩头出现破损的 04、05 号桩进行了低应变和高应变检测，综合评价结果表明二者均为Ⅱ类桩（基本完整桩），且满足承载力要求（桩总阻力大于单桩极限承载力标准值 7 817 kN），可作为工程桩。高应变检测结果见表 3。

表 2 1[#]墩台沉桩综合记录

桩位 编号	桩尖高程/m		泥面 高程/m	入土 深度/m	- 35 m 高程处贯入度/ (mm·击 ⁻¹)	最后 3 阵贯入度/ (mm·击 ⁻¹)	总锤 击数	桩头 情况
	设计	实际						
02	- 49	- 49. 24	- 14. 3	34. 94	3. 3	8. 3	2 455	完整
03	- 49	- 48. 76	- 14. 3	34. 46	4. 4	5. 0	2 247	完整
04	- 49	- 47. 07	- 14. 3	32. 77	3. 3	8. 0	2 870	破损
05	- 49	- 39. 40	- 14. 3	25. 10	6. 0	7. 5	940	破损

表 3 基桩承载力高应变检测结果

桩号	桩尖高程/m	贯入度/mm	锤击数	阻力(实测曲线拟合法)/ kN			是否满足设计要求
				总阻力	侧阻力	端阻力	
04	- 47. 07	8. 0	2 870	8 512	5 264	3 248	满足
05	- 39. 40	7. 5	940	8 090	4 136	3 954	满足

6 桩头破损原因

- 1) 桩头保护措施不到位。
- 在打桩过程中，由于经受高能量桩锤的反复冲击，在桩顶和桩身均产生较大的锤击应力^[2]。

为减少锤击应力和保护桩顶，需在桩锤与桩顶之间设置锤垫、替打及桩垫。锤垫及桩垫具有适当弹性，可以减少锤击应力。在施工过程中，锤垫及桩垫经反复锤击易出现变形、不平整等情况，

此时应及时更换。

1#墩台的 05 号桩沉桩施工过程中出现了桩垫被打烂, 失去缓冲作用, 由于施工人员未及时发现并更换, 造成偏心锤击或“硬打”, 导致桩头破损。

2) 地质勘察资料土层分类不够详细^[3]。

该项目距离黄河入海口较近, 地质复杂, 土层连续性差。由于部分土层顶部与底部强度指标相差较大, 如果土层分类不够详细, 将影响设计人员对桩基持力层的选取。在沉桩施工过程中, 当桩尖到达高程约 -35 m 时出现沉桩困难。地质勘察资料显示 -35 m 处为⑤粉细砂层, 该层厚度分布为 4 ~ 10 m, 标贯击数 $N = 15 \sim 65$ 击。由于⑤粉细砂层的厚度不均匀, 对于厚度较小的砂层, 其击数较低, 大管桩易穿透, 不宜作为桩基持力层; 对于砂层厚度较大的区域, 上部的砂层击数较低, 管桩易穿透, 但底部砂层击数较大、密实性好、桩端阻力大、沉桩贯入度约 3 ~ 5 mm/击, 虽然贯入度已达到停锤标准, 但由于桩尖高程离设计高程还有 10 m 多, 因此设计单位未通知停锤, 此时仍继续反复锤击, 导致桩头疲劳破坏。

7 对策

1) 变换桩垫并及时更换。

由传统的纸桩垫变换为新型桩垫 (新型桩垫厚 15 cm, 由上下 2 层木胶板与中间层棕绳组成), 增加桩垫抗击打和减小锤击应力的能力。且在施工过程中如发现桩垫破损应及时进行更换^[4]。

2) 详细分析地质资料, 调整持力层和基桩数量。

地基勘察资料提供相应阶段地基基础设计、施工所需的岩土参数, 是项目设计和施工的重要依据, 详细的地质分布情况和合理的土层分类有利于设计与施工的顺利进行。在地质复杂的工程区应适当增加勘探点, 并根据不同埋深土层给出相应强度指标, 尽可能反映工程区域地质分布情况。

根据试沉桩情况, 部分桩头破损的桩虽经低应变检测评为基本完整桩, 但桩头破损将对结构的耐久性产生不利的影响。为确保沉桩进度、降低沉桩的施工难度, 设计单位根据检测结果和沉桩施工数据对原方案进行了适当调整, 具体方案调整如下:

- ①调整桩基持力层。
 - ②增加基桩数量。
- 调整桩基持力层后, 桩基抗压承载力不能满足结构使用要求, 因此采用增加基桩数量的方法, 减小桩基最大压桩力设计值, 由每个墩台 8 根桩调整为每个墩台 9 根桩, 桩位布置见图 2。

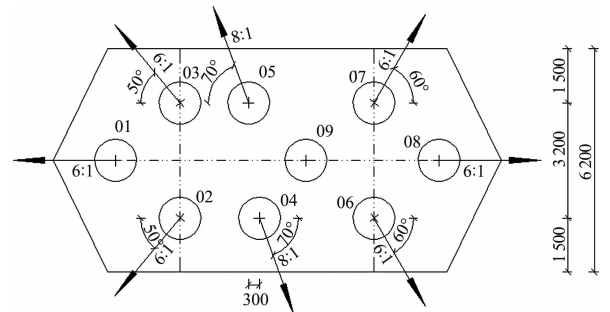


图 2 调整方案后墩台桩位布置

经过专业软件计算, 结构最不利受力情况时的桩基设计最大压桩力为 4 829 kN, 则单桩极限承载力标准值应大于 7 244 kN (4 829 kN × 1.5)。调整方案之后, 由于抬高了桩尖设计高程, 并调整了停锤标准, 从而大大减少了沉桩锤击总数, 加快了沉桩进度, 并且避免了桩头破损情况的发生。表 4 为调整后的 13#墩台的沉桩记录。

表 4 13#墩台锤击沉桩综合记录

桩位 编号	桩尖高程/m		泥面高程/m	入土深度/m	最后 3 阵贯入度/ (mm·击 ⁻¹)	总锤击数	桩头情况
	设计	实际					
01	-36	-35.98	-14.5	21.48	5.6	662	完整
02	-36	-36.03	-14.5	21.53	5.3	598	完整
03	-36	-36.14	-14.5	21.64	4.5	690	完整
04	-36	-36.28	-14.5	21.78	5.6	646	完整
05	-36	-36.31	-14.5	21.81	5.0	642	完整
06	-36	-36.09	-14.5	21.59	6.7	635	完整
07	-36	-36.00	-14.5	21.50	5.0	591	完整
08	-36	-36.03	-14.5	21.53	5.6	679	完整
09	-36	-36.00	-14.5	21.50	5.0	653	完整

③复核桩基承载力。

桩基检测方法有静载试验法、钻芯法、反射波法、高应变法及声波透射法等，较为普遍的做法是高应变法，它的主要功能是判定桩竖向抗压承载力是否满足设计要求。根据该项目高应变检测结果可以得出调整方案后的基桩承载力满足设计要求。高应变检测结果见表 5。

表 5 基桩承载力高应变检测结果

桩号	桩尖高程/m	贯入度/mm	锤击数	阻力(实测曲线拟合法)/kN			是否满足设计要求
				总阻力	侧阻力	端阻力	
YD1201	-36.2	4.4	767	7 518	2 758	4 760	满足
YD1302	-36.6	5.3	598	7 260	3 074	4 186	满足
YD1704	-34.1	5.0	794	7 448	2 674	4 774	满足
YD2308	-34.9	5.0	838	7 532	2 978	4 554	满足

8 结语

- 1) 在地质复杂、土层连续性差的工程区，应适当增加勘探点，并根据不同埋深土层给出相应强度指标，尽可能反映工程区域地质分布情况，为项目设计和施工提供有效参考依据。
- 2) 设计根据试打桩数据，调整桩基持力层及停锤标准，大大减小了锤击次数，既避免了桩头破损情况，又提高了沉桩效率。并通过桩基检测验证基桩调整方案的可行性，保证结构安全稳定。
- 3) 桩垫应使用具有适当弹性，可减少锤击应力的材料。在沉桩施工过程中，施工人员应经常检

查桩垫的损坏程度，出现破损或平整度较差时，应及时更换。

参考文献：

[1] JTS 167-4—2012 港口工程桩基规范[S].

[2] 赵春磊,庄乾宝. 浅谈大直径预应力管桩沉桩过程中桩头破损原因分析及避免措施[J]. 城市建设理论研究, 2013(14):1-4.

[3] 胡东,黄松涛. PHC 桩在沉桩过程中出现纵向裂缝的原因分析及相应对策[J]. 水运工程, 2013(S1): 189-195.

[4] 张浩森. 锤击 PHC 管桩桩头破损原因分析与预防[J]. 城市建设理论研究, 2013(33): 1-11.

(本文编辑 郭雪珍)