

LT 新港区高桩码头施工技术问题小议

二航局 温致雨

摘要 本文简要介绍了某大型高桩码头的施工情况, 并对施工中遇到的施工技术问题发表了一些评论意见

关键词 高桩码头 施工

1 概况

LT 新港区位于长江下游右岸, 沿江长度为 930m, 陆域纵深约为 1000m, 总投资为 10.89 亿元, 建设工期为 1095d。

新建 3 个 2.5 万 t 级和 2 个千 t 级集装箱专用泊位, 设计年吞吐能力为 52 万 TEU (标准箱)。

水工码头长度为 910m, 宽 43.50m (设计又称前方 30.00m 为码头, 后方 13.50m 为平台), 前沿水深均为 -12.00m。码头结构均按停靠 3.5~5.0 万 t 级集装箱船设计。码头前沿浚深至 -14.00m 后, 可停靠 5.0 万 t 级集装箱船。

码头采用栈桥式布置, 共设 $B = 18.00\text{m}$ 栈桥 5 座。码头和引桥均采用透空式高桩梁板结构。码头排架间距 7.0m, 基桩为钢筋混凝土方桩 (少数为钢桩)。

码头平面和断面详见图 1、图 2。

混凝土总方量为 7.30 万 m^3 , 其中预制部分为 3.87 万 m^3 。混凝土预制构件总计为 5280 件。共施打 $60 \times 60 \times (2800 \sim 4200)\text{cm}$ 钢筋混凝土方桩 1720 根; 施打 $\phi 80 \times 1.4 \times (3600 \sim 4300)\text{cm}$ 钢桩 88 根; 浇注 $\phi 80 \times (2800 \sim 3100)\text{cm}$ 灌注桩 20 根。

基桩总数为 1828 根, 于 2001.7.25 ~ 2002.2.8 总计 199d 内打完。

码头工程中标价为 1.116 亿元。2001.9.8 正式开工, 合同工期为 486d。

2 方桩下端实心段改为空心段

因为方桩在锤击下沉时, 上、下两端受力较大, 故除桩身部分留有 $\phi 270\text{mm}$ 空心外, 通常方桩上、下两端均为实心段。本工程按常规设计, 桩上端实心段长 200cm, 下端实心段长 120cm。

方桩预制的常规做法是: 桩尖与桩身混凝土一起浇注, $\phi 270$ 胶囊放气后, 由桩下端侧面抽出, 然后用混凝土填补在桩身上留下的空洞。这样做, 施工不够方便, 空洞处虽用混凝土填补了, 该处断面仍较薄弱, 较易因应力集中而在该处折断。

本工程在方桩预制时, 经设计同意, 将桩下端 120cm 实心段改为空心段, 胶囊由桩下端沿轴线方向抽出, 然后再浇注桩尖混凝土。

因本工程基桩持力层为中密粉细砂, 沉桩比较困难, 用 D-80 柴油锤施打, 有一些桩锤击 2000~3000 击才施打到位, 其中 44G 俯桩总锤击数 3753 击, 贯入度为 1.10mm/击, 此时尚差 1.15m 才到设计高程。后采用低应变法检测, 证明桩身混凝土仍是完整的, 故认为此项修改是可行的。

3 预应力钢筋混凝土桩的自然养护龄期要求可适当放宽

《建筑桩基技术规范》7.1.8 条谈到“锤击预制桩, 应在强度与龄期均达到要求后, 方可锤击”。

《港口工程桩基规范》8.4.6.(2) 条更具体规定为“预制混凝土桩在锤击沉桩前, 自然养护龄期不得少于 28d”。

本工程, 业主于 2001.7.19 将中标通知书送达给施工单位, 并要求在正式开工前, 尽快安排施打引桥预制方桩。

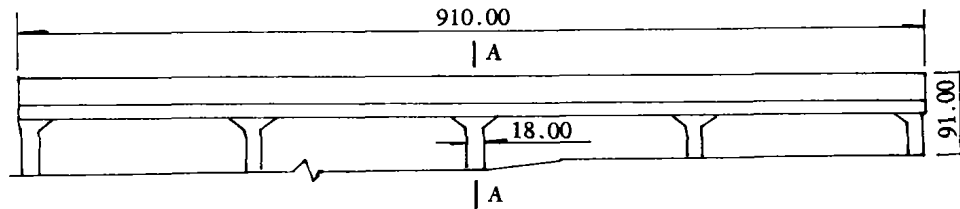
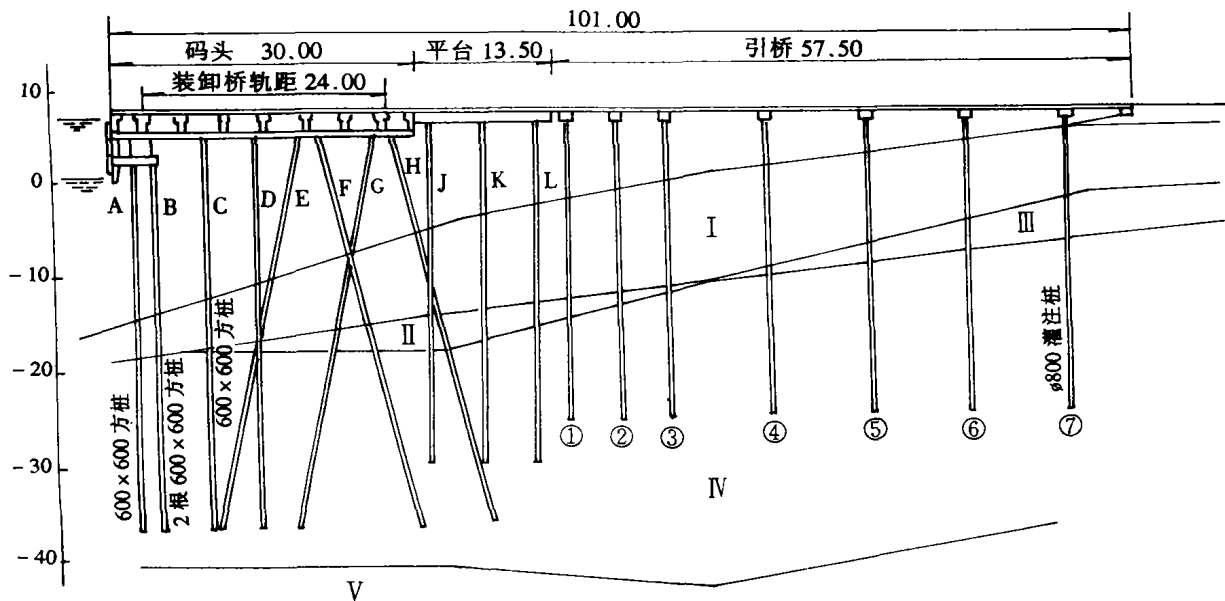


图 1 平面图(单位:m)



I 淤泥质粉质粘土 II 粉质粘土夹粉细砂 III 粉质粘土 IV 灰色粉细砂 $N_{63.5} = 10 \sim 42$ V 灰色砾砂

图 2 A—A 剖面图(单位:m)

因工期紧, 引桥桩施打时, 多数桩自然养护龄期未达到 $\geq 28d$ 的规范要求; 少数平台、码头预制桩也未达到要求, 但只相差几天。

1 号引桥桩比较好打, 如 1 丁桩, 总锤击数为 110 击, 贯入度为 33mm/击, 桩头没有损坏。

5 号引桥有 11 根桩比较难打, 锤击数为 1103 ~ 1388 击, 贯入度为 9 ~ 6mm/击。这些桩的桩头都有不同程度地损坏。

平台施打预制桩 411 根, 锤击数一般为 1000 击, 贯入度约为 5mm/击, 桩头基本完好。

码头施打预制桩 1259 根, 叉桩难打, 一般锤击数为 2000 击左右, 贯入度约为 3mm/击。除极少数桩头有破损外, 桩头基本完好。

为了检查预制桩桩身混凝土的完整性, 采用低应变法抽检了 39 根锤击数偏多、贯入



又桩。检测结果为35根为A类桩, 4根为B类桩。

值得注意的是:

许多混凝土自然养护龄期 < 28d 的预制桩没有被打坏, 而5号引桥那11根被打坏的桩, 桩身混凝土自然养护龄期均 > 28d, 为30 ~ 36d。

从理论上说, 混凝土的耐冲击性能的确是随龄期提高的, 但预制桩是否会被打坏, 却并不由其混凝土耐冲击性一项指标来决定。

1号引桥桩未被打坏, 是因为土质软, 桩好打; 平台、码头桩虽然不好打, 但被打坏的桩仍很少, 主要是因为设计在桩头增设了钢箍(详见本文5所述)。

所以笔者认为:

桩身混凝土自然养护龄期不少于28d, 不应该是防止桩被打坏的必要条件, 故规范措词以“不宜”代替“不得”为好。《建筑桩基技术规范》条文说明7.1.8的提法“为使沉桩顺利进行, 最好能做到强度与龄期双控”就很好。这样比规范的提法“当采用早强措施时, 经论证自然养护期可适当减少”涵盖面更广一些, 也更便于执行。

如能作这样的修改, 在工期较紧的情况下, 如土层较软, 桩比较好打, 如混凝土采取了早强措施, 或者设计采用钢箍加固了桩头……不需论证, 由设计施工共同研究决定, 桩身混凝土龄期 < 28d 时, 也可以安排打桩。

当然, 如无特殊情况, 还是要尽量满足混凝土自然养护龄期 ≥ 28d 的要求。

4 钢桩采用直焊缝卷制

钢桩采用直焊缝卷制(管节焊接)是常规制作方法, 因长江口横沙某码头采用此法制作的钢桩在施工中发生过折断事故, 设计院对此种制作方法丧失信心, 要求采用旋制法制作 $\phi 800 \times 14\text{mm}$ 钢桩, 即采用螺旋焊缝钢桩。

因专业旋制钢桩加工厂距工地约400km, 而距工地20km 施工单位就有简易金

属构件加工厂, 可采用管节焊接法制桩, 该厂采用常规法制桩已有多年的施工经验, 只要认真监控, 质量是有保证的。施工单位自己制桩的要求得到了监理的支持, 设计院在提出一些前提条件后表示同意。

钢桩除两拼缝用手工焊接以外, 其余拼缝均采用自动焊。焊缝采用超声波探伤和X射线拍片法检测, 都符合质量要求。

钢桩表面采用手动工具除锈, 接近达到 $S_a 2 \frac{1}{2}$ 级(喷砂法的除锈质量标准)的质量要求。采用涂刷法涂漆, 采用漆膜测厚仪检查, 达到了底漆干膜厚 $\geq 80\mu\text{m}$ 和面漆 $\geq 200\mu\text{m}$ 的设计要求。

钢桩制作投标价为4203元/t(含桩长23m范围内防腐处理费), 此项设计修改节省费用约40万元。但应指出, 在专业工厂里旋制的钢桩, 全部焊接均为自动焊, 喷砂除锈, 喷涂防腐漆, 其制作质量显然会更有保证、更高一些, 即采用管节焊接桩费用是节约了一些, 但产品质量同旋制桩相比还是有差别的。如有条件, 如增加的费用不是很多, 采用旋制钢桩的设计方案, 应该说也是好的方案。

5 预制桩桩头增设钢箍的作用

因为平台、码头基桩长为33 ~ 42m, 要打入粉细砂层内约8 ~ 18m, 事先设计已预计到沉桩将比较困难, 即要把桩打到设计标高, 需要的锤击能量比较大、锤击数比较多、贯入度比较小。

平台区试桩说明:

当用D—80锤开3档(锤击能量约为239kN·m)将桩打到设计标高, 锤击数为693 ~ 1351击, 贯入度为5.7 ~ 8.3mm/击。

为防止将预制桩桩头打坏, 设计在平台桩桩头处四周增设了-10 × 100 × 600mm 钢箍, 在码头桩桩头处四周除设钢箍外, 在桩头端面上还增设了-10 × 130 × 600mm 十字形加固钢板。

平台、码头基桩多数经1000 ~ 3000击

设计标高, 贯入度一般为 1 ~ 10mm/击。后经肉眼观察和低应变检测, 证明大多数基桩桩尖都是完好的。

5号引桥基桩未设钢箍加固桩头, 施打到位后, 有 11 根桩桩头损坏, 有的桩劈角高度约 80cm。这 11 根桩的锤击数和贯入度详见本文 2。

经这样对比, 可以认为, 在预制桩桩头增设钢箍(码头基桩还增设了十字形加固钢板), 对防止桩头被打坏是有效果的。

6 F 排仰桩后打对平台的影响

根据以往的教训——施打码头仰桩时, 由于震动及挤压造成土体破坏, 平台基桩隆起, 平台现浇横梁混凝土开裂, 设计要求在码头仰桩施打到位后才能浇注平台横梁混凝土。按设计要求, F、G、H 轴线上的 2 排仰桩和 1 排俯桩施打到位后, 才能浇注平台横梁混凝土。

施工认为, 如按设计要求施工, 安装平台预制板时, 需选用最大吊幅约为 24m 的大型浮吊来安装, 如 F 排仰桩能够待平台预制板安装到位后再施打, 浮吊最大吊幅可降为 17m, 这样的中型浮吊艘班费较少, 也比较容易租到, 故要求设计同意 F 排仰桩后打。

经施打 G、H 排仰、俯桩后观测, 平台基桩桩顶高程基本没有变化, 故认为, 待平台横梁混凝土浇注完成, 预制板安装到位后, 再施打 F 排仰桩, 平台横梁混凝土不会开裂。

施工实践说明, F 排仰桩后打, 确实没有造成平台横梁开裂等严重后果, 故认为 F 排仰桩后打是可行的。但是由于 F 排桩施打到位后, 其桩尖已接近平台水平投影范围, 在打桩时, 巨大的震动力使层厚近 10m、倾向江侧的软土发生蠕动, 造成平台向江侧移位, 最大值为 75mm。如果能够在 F 排仰桩施打到位后再浇注平台横梁混凝土, 此时虽然平台基桩已产生了向江侧的位移, 平台混凝土横梁仍可按设计位置浇注, 这样以后在浇注面层、护轮坎混凝土时, 控制码头的平面位置, 确保边线顺直就会更容易一些。这样看来, 施工时还是按设计要求先把 F、G、H 排桩都施打到, 再浇注平台混凝土横梁为好。

7 断桩

在施打 1720 根预制桩过程中, 断桩 8 根, 断桩率为 0.47%。有关断桩情况详见表 1。

表 1

桩号	桩长 (m)	锤击数 (击)	贯入度 (mm/击)	断桩情况	断桩原因分析
1 92H(仰桩)	40	1653	5.6	折断(9月16日)	打桩时桩船走锚
2 125K(直桩)	35	318	10	桩头破碎(9月18日)	试用纸桩垫
3 17J(直桩)	35	577	10	折断(10月25日)	穿心缆挂断
4 124H(仰桩)	40	902	7	桩顶下 1.50m 环裂(10月8日)	未确定
5 137F(仰桩)	40	896	10	在泥面处折断(11月8日)	偏心锤击
6 134E(俯桩)	40	2105	3	在泥面处折断(11月11日)	偏心锤击
7 38H(仰桩)	42	742	8	在泥面上 4m 处折断(11月14日)	偏心锤击
8 36G1(俯桩)	40	1061	6	在泥面上 3m 处折断(11月15日)	偏心锤击

137F、134E、38H、36G1 这 4 根桩, 均在 11 月份施打时在泥面附近折断, 特别是 11 月 14



被打破后,次日 36G1 桩又被打断,这引起了大家的重视。经分析认为,偏心锤击是造成断桩的主要原因,当然与锤击数偏多、贯入度偏小也有关系。

在采取措施解决了偏心锤击这一问题后,又按设计要求对打桩贯入度和锤击数作了适当的限制——当贯入度 $< 3\text{mm}$,总锤击数 > 1500 击,桩尖距设计标高 $< 1\text{m}$ 时可以停锤,此后施打的约 900 根预制桩,无一断桩。

事实说明,只要设计和施工采取的措施得当,在较密实的粉细砂层中施打 $60 \times 60 \times (3500 \sim 4200)\text{cm}$ 预制桩,断桩率也能控制在较低范围之内。

8 灌注桩接桩处理

引桥⑥、⑦轴上基桩为 $\phi 800\text{mm}$ 灌注桩,总计 20 根。设计要求“整桩混凝土必须一次浇注完毕,不得留有施工缝”。

因施工区地面高程较灌注桩桩顶高程低 3m 左右,施工单位就将桩身混凝土浇注到地面高程,然后待混凝土达到一定强度后,将桩身上部混有泥浆的软弱混凝土凿除后,支模浇注混凝土到桩顶标高。

设计了解到此情况后,认为施工不满足设计要求,提出要在施工缝处浇注 $1.20 \times 1.20 \times 1.60(\text{H})\text{m}$ 包桩混凝土(竖筋 $\phi 20 @ 173\text{mm}$,箍筋为 $\phi 12 @ 100\text{mm}$)。

施工虽然按设计要求做了包桩处理,但仍认为包桩是多余的,因为《建筑桩基技术规范》(JGJ94—94)中 6.3.22.4 就指明:“灌注桩水下混凝土必须连续施工……”。

当然,设计也可以提出高于“规范”的要求,这就要请设计院在设计交底时重点指明,以免施工误解。

9 采用拉桩法纠偏

《港口工程桩基规范》(JTJ254—98)8.5.2.2 规定“在夹桩时严禁拉桩”,此句似可理解为——严禁采用拉桩法纠偏。

本工程在施打到位的 1808 根桩中,约有

40 多根桩(主要为自由长度较大的码头桩)采用拉桩法纠偏。拉桩方法为 2 根桩对拉,或以 2 根桩为锚桩去拉另 1 根桩,拉力约为 10kN ,纠偏值一般为 $10 \sim 15\text{cm}$ 。如将锚桩也计算在内,受拉桩总数约为 70 多根。

由于采用拉桩法纠偏,使得施打的 1808 根桩,桩头在设计高程上,均在横梁或下节点的水平投影范围之内,即不需采用局部扩大断面的方法来包住偏位较大的桩,这样外观较好。

监理发现施工单位采用拉桩纠偏后,都能及时按规范要求予以制止,但考虑到预制桩的断面较大,自由长度为 $10 \sim 15\text{m}$,软土层厚约为 10m ,而且拉桩力不大,纠偏值较小,拉桩数日后如解除外力,观测到的桩回弹量较小,故未要求在浇注横梁混凝土之前将拉桩用的 $\phi 8$ 钢筋剪除。业主和设计院对这一情况也是了解的,均未坚持要求将拉桩力解除。

在此谈到拉桩纠偏问题,主要目的是:

(1)希望能让设计人员了解到,在高桩码头施工中,虽然规范明令禁止,但施工单位采用拉桩法纠偏的事还是时有发生。

(2)希望科研人员能作为课题研究一下,拉桩纠偏到底有多大危害。

如经论证,当纠偏力不大,纠偏值较小时并无多大危害,那么规范对此的规定就可以放松一点;如会产生严重后果,那么设计、监理人员认识到这点后,就会对拉桩纠偏这一做法予以严禁,而不是像现在这样:禁止了,但又不严格。

(3)希望施工人员能认识到拉桩纠偏毕竟不是好办法,还是要严格控制打桩偏位值,以避免拉桩纠偏。

10 控制面层混凝土龟裂的措施

引桥现浇面层混凝土厚度为 $130 \sim 180\text{mm}$,每次浇注约 1000m^2 ;平台面层厚 $180 \sim 220\text{mm}$,每次浇注约 900m^2 ;码头面层厚 $210 \sim 250\text{mm}$,每次浇注约 2000m^2 。



面层混凝土的总面积约为 4500m²。

因为面层混凝土是浇注在预制板下面的,其凝固硬化过程中产生的收缩变形受到下面预制板的约束,且面积较大,厚度较小,虽采取了优化混凝土配比、加强养护等措施,混凝土表面龟裂现象仍难以避免。

为提高面层混凝土的外观质量,提高混凝土的耐久性,减少龟裂,在面层混凝土中试掺了一些聚丙烯网状纤维。

据介绍,这种纤维具有较好的抗酸、碱性,不易老化,通过分散在混凝土中的纤维,可增强混凝土的韧性和抗冲击能力,能够抑

制混凝土龟裂。

掺用这种纤维不需改变混凝土配合比。

在混凝土中的掺量约为 1kg/m³;

纤维长度为 38mm;

搅拌程序与时间为:用有浆板混凝土搅拌机,先将纤维与干料一起搅拌 2',然后加水再拌 3';

混凝土常规养护;

增加的费用约为 25 元/m³。

实践说明,在混凝土中掺用聚丙烯网状纤维,对控制现浇混凝土面层龟裂的效果是比较好的。

(上接第 12 页)

由于本桥所处江段的水位在海潮的作用下时起时落,再加上钢吊箱自身的平面尺寸大,钢吊箱的精确调位及固定受到了很大影响,为了确保钢吊箱安装位置的准确,钢吊箱的调位工艺按实际情况进行了变通,即先将钢吊箱在低潮位期间灌水下沉至约低于设计标高的位置,在下一个低潮位来临之前,将封底平台的主梁搁置并固定在护筒顶上,同时主梁底与钢吊箱内外壁板顶之间按测量的要求塞垫钢板以定标高,当水位上涨、钢吊箱浮起并顶住主梁时,其顶标高即到位,此时利用葫芦调整钢吊箱的平面位置。当钢吊箱调整就位后,立即将其临时固定,并开始将拉杆与钢护筒及钢管桩焊接,在拉杆焊接过程中,根据需要对夹壁的水位进行调整。

钢吊箱的灌水下沉采取均匀对称进行,以便使钢吊箱在下沉过程中始终处于正浮状态(水平)。下沉过程中,随时检查钢吊箱壁体的渗漏情况,并严格控制相邻隔舱的水头差。

4.5 堵缝

钢吊箱调整到位并固定后,由潜水员水

中合拢哈佛,封堵钢护筒(钢管桩)与吊箱底板间的间隙,并在哈佛上堆码一层袋装水泥、砂子的混合料。

5 结束语

润扬长江公路大桥南汊悬索桥北索塔大型钢吊箱采用整体拼装、整体吊装的施工工艺,有效地提高了钢吊箱的加工及定位精度,且加快了施工进度。在具体操作中,由于解决了多点起吊、单点多绳的不均匀性问题,钢吊箱在起吊过程中非常平稳,且各吊索的索力比较均衡;由于认真反复地测量并分析了每一根钢护筒及钢管桩的平面位置、椭圆度、倾斜度及倾斜方向,钢吊箱底板开孔位置的确定较为准确,没有影响钢吊箱的顺利下沉及精确调位;由于及时调整了钢吊箱在潮水影响下的调位方案,增加了调位的有效工作时间,减小了对潮水的依赖性,因而调位的速度快、精度也高。本次大型钢吊箱吊装的成功,充分证明了整体吊装工艺的可行性,同时也体现了该工艺的优越性及先进性,为今后大型钢吊箱的施工拓宽了思路。