

文章编号:1671-7619(2005)03-0042-03

# 预应力管桩在渝湛高速公路 岩溶区桥梁基础中的应用

石 翔

(广东渝湛高速公路有限公司, 广东湛江 524005)

**摘要:**结合渝湛高速公路九洲江大桥 32#墩设计变更和施工情况,介绍预应力管桩在岩溶地区桥梁基础的应用,以及具体的施工工艺和应用方式,供类似工程参考借鉴。

**关键词:** 桥梁; 岩溶区; 预应力管桩

**中图分类号:** U445.558

**文献标识码:** B

## 1 工程概况

九洲江大桥是渝湛高速公路粤境段的主要控制性工程,桥位区岩面起伏较大,基底的岩溶侵蚀严重,土洞及溶洞发育,桥位钻探结果显示 35% 的桩位存在溶洞。该桥全长 929.04m,采用连续空心板和连续 T 梁结构。为减少桩基穿越溶洞的概率,下部结构采用双柱式设计。其中 32#墩是位于岸上的 30mT 梁和 16m 空心板的过渡墩,墩径 1.8m,桩径 2.0m,设计桩长 62.9m。

32#墩右桩地质柱状图情况显示(图 1),地表标高为 7.9m,浅层为砂砾和亚粘土。在 -21.8m ~ -26.2m 为 4.4m 高的溶洞,半充填,顶部 0.5m 为空洞,余为黄色亚砂土,饱和,松散,由砾砂混粉细粒土组成。在 -27.8m ~ -54.7m 为 26.9m 高的溶洞:半充填,以砾石混粉细粒土为主,黄色,饱和,稍密,石径多为 10~30mm,松软,以亚粘土为主,漏水。

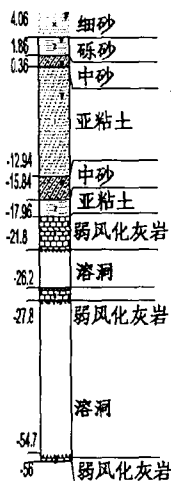


图 1 32#墩右桩地质柱状图

本文以渝湛高速公路九洲江大桥 32#墩设计变更和施工为例,介绍预应力管桩在岩溶地区桥梁基础中的应用形式。

## 2 设计变更方案

该桩原设计为  $\phi 2\text{m}$  的钻孔桩。若采用常规的施工方法,工期长、成孔代价大,在此桩施工前的其他桩施工曾出现过急速漏浆而塌孔的现象。而调整跨径又会影响正在施工的其他跨,也很难避免不碰到新的溶洞。且该桩位于岸上,便于进行打入桩施工,经综合考虑,决定采用 PHC 预应力管桩代替原设计的钻孔桩。

32#墩管桩设计初步方案为在原桩位处设置 560cm  $\times$  560cm  $\times$  200cm 的 C30 砼承台,配 9 根预应力管桩。采用 C80 - PHC - B600 管桩,壁厚 9.5cm,长度根据 PDA 试桩所确定的锤击灌入度控制。管桩设计承载力为 1 700kN。根据该方案先期打入的管桩进行试验,经检测发现承载力偏小,不能达到设计要求。于是修改设计方案,决定在 32#墩原桩位处设两级承台,第一级为 1 060cm  $\times$  1 060cm  $\times$  250cm 的 C30 砼承台,第二级为 500cm  $\times$  500cm  $\times$  150cm,配 41 根预应力管桩。采用 C80 - PHC - B400 管桩,壁厚 9.5cm。管桩设计承载力为 500kN,设计长度为 24m(见图 2)。根据设计要求,先行进行试桩,试验的管桩位于两墩的承台之间,按极限承载力考虑进行静载试验。试桩结果表明该桩极限承载力为 1 300kN,大于两倍的设计承载力,于是按设计要求对全部管桩进行施打。

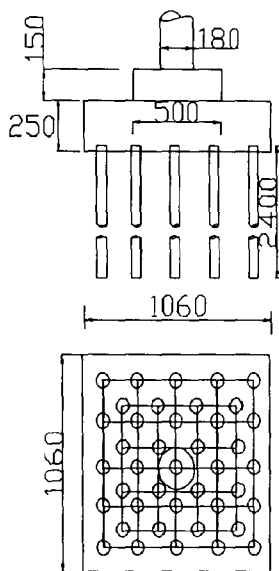


图 2 管桩布置与设计

### 3 施工工艺

#### 3.1 施工前的准备

整平场地,清除桩基范围内高空、地面及地下障碍物,并做好排水措施。堆放场地应平整坚实,宜单层堆放。叠层堆放时 $<4$ 层。当不超过2层,可拖拉取桩,超过2层,应用吊机取桩,严禁拖拉取桩。

#### 3.2 桩锤的选用

桩锤宜选用筒式柴油锤,型号可根据工程地质条件、单桩竖向承载力设计值、桩的规格、入土深度等因素,并遵循重锤低击的原则,综合考虑后选取。

#### 3.3 施工要点

(1) 场地清理。

(2) 施工放样,定出桩位,设立高程指示。

(3) 管桩采用平板车运输,堆放于起重钩工作半径范围内。

(4) 管桩以正方形布置,收锤标准应以达到桩端持力层、最后贯入度或最后1m沉桩锤击数为主要控制指标。每根管桩总锤击数不宜超过2500次,最后1m沉桩锤击数不宜超过300次。

(5) 打桩时自中间向四周对称施打,避免按一个方向进行。

(6) 采用锤击法打桩,用导板夹具或桩箍将桩嵌固在桩加两导柱中,桩位置及垂直度经校核后开始沉桩,注意桩锤、桩帽与桩身中线要一致,桩

顶平时用纸板垫平。

(7) 桩帽及垫层的设置。桩帽筒体深度宜取350~400mm,内径应比管桩外径大20~30mm,桩帽与桩头的弹性衬垫经锤击压实后的厚度不宜小于120mm。打桩期间,应经常检查,及时更换或补充。

桩锤、桩帽和桩身的中心线应重合,桩身倾斜率不得超过0.8%,保持垂直不偏打。

(8) 接桩。接桩时上下节桩段应保持顺直,错位偏差不宜大于2mm。先在坡口圆周上对称点焊4~6点,再分两层焊满接缝。焊好后自然冷却时间不宜少于8min,才可继续锤击。

任一单桩的接头数量不宜超过4个。持力层标准贯入击数大于50时,不宜用截桩余下部分作接长之用。

(9) 管桩与承台锚固。所有管桩施工完毕后,采用专用设备割齐桩头。管桩顶的连接筋为5 $\Phi$ 22,且填芯砼深度不得小于2.0m,砼为C30。桩顶嵌入承台深度200mm。

(10) 试桩。单幅桥第一根管桩施工完毕隔1~2周后采用PDA打桩分析仪进行承载力测定,根据现场地质条件,确定桩长、收锤标准等参数,以作为其余管桩施工的依据。

第(10)条适用于未确定桩长的情况。在设计桩长已确定情况下,管桩全部施打完毕后,在施工记录中按规范要求选取1%,且不小于2根桩基进行静载试验,选取的管桩为总锤击数最小和最后10击贯入度最大的(即最不利情况)。试验结果表明均能满足2倍设计承载力要求可进行下一步施工。

由于岩溶地区的不确定性,为了确保结构安全,在上部结构施工完毕,结构连续形成之前,按照设计恒载的1.3倍进行堆载,进行沉降观测。静载试验采用慢速维持核载法,分级进行加载,最终的观测结果应满足设计要求。

### 4 经济性分析

预应力管桩具有施工简便、工期短(缩短一半以上工期)的优点,在岩溶地区的桥梁基础,特别是对钻孔桩较长的桩基具有明显的经济性。以32#墩变更设计为例,造价对比情况列于表1。变更方案共节约造价24万元。

表 1 造价对比

钻孔桩			预应力管桩		
项目	数量	金额/元	项目	数量	金额/元
200cm 陆上嵌岩桩/m	125.8	559 000	D40PHC 管桩/m	1 968	275 000
钢护筒/t	68	350 000			
I、II 钢筋/t	3.6	17 000	II、III 钢筋/t	42	191 000
C30 砼/m <sup>3</sup>	54	25 000	C30 砼/m <sup>3</sup>	636.8	247 000
		951 000			713 000

## 5 管桩应用条件探讨

预应力管桩桩身砼强度高,采用工厂化生产,质量易于控制,与其他打入桩一样,在土层较厚,持力层为强风化的条件下最为适用。本工程实践表明:

(1)当覆盖土层较厚,有较好的持力层,基岩溶洞发育,连续 5m 以上的微风化岩层埋深较深时,若采用单根大直径钻孔摩擦桩设计,土层的厚度又不够,若采用钻孔支承桩,又必须穿过溶洞进行溶洞处理,此种情况下最适宜采用管桩,设计为群桩基础。对承载力的确定主要靠试验桩取得,同时尽可能采用多桩低承载力的设计思路。

(2)当覆盖土层较薄,此时采用管桩,如果桩底不落在顶层岩面,也会因覆盖土层过薄而使单桩承载力过低,若把桩打到岩面又面临诸多不利情况。可采取的措施是先把管桩打到距岩面一定高度处,然后采用注浆或高压旋喷等工艺把桩底到岩面的土层加固到一定强度(通常可得到单轴极限抗压强度 5MPa 以上的复合土体),从而使管桩的承载力大为提高。但在这种情况下应根据溶洞的发育程度、溶洞的大小、充填情况、顶层岩面的厚度及倾斜情况,谨慎考虑。通常一个桩基须有 2 个以上的钻孔,如有条件可通过物探等

技术手段得到更为准确、全面的地质断面情况。如果顶层岩面厚度较小,应同时加固桩底一定深度内的溶洞,并结合其它方案进行分析比较。如果顶层岩面过于倾斜,应考虑其它方案,实际工程中因岩面倾斜而导致断桩的情况并不少见。

(3)如果覆盖土层土质松软或为厚层的软土,覆盖层有土洞时,也不宜选用管桩。由于打桩设备比较笨重及相关的静载试验设备对便道的要求较高,采用管桩时需考虑经济成本。

## 6 结语

岩溶地质在我国南方地区分布广泛,高速公路设计受路线技术指标和控制点的限制,不可避免需要在溶洞区架设桥梁。对于基岩溶洞发育,溶洞体积大,或形成串洞的,采用普通的冲击成孔的办法,施工工艺复杂,容易出现塌孔、地陷等事故,且成孔周期长,造成费用和进度损失。近年来随着预制高强预应力管桩的广泛应用,在公路桥梁中采用打入桩基础,避免了桩基成孔的高风险,不仅加快了施工进度,同时在造价上也具有经济可行性。

渝湛高速公路九洲江大桥 32<sup>#</sup>墩设计变更和施工的实践表明,在条件适合的情况下,岩溶地区采用预应力管桩是一个比较好的选择。

(收稿日期:2005-07-22)