

文章编号: 0451-0712(2005)02-0050-02

中图分类号: U443.15

文献标识码: B

# 特殊条件下的嵌岩桩设计

杜引光<sup>1</sup>, 徐卫<sup>2</sup>

(1. 杭州市交通设计研究院 杭州市 310006; 2. 桐庐县交通工程勘察设计有限公司 杭州市 310006)

**摘 要:** 现行的《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTJ024-85)在弱风化岩层及岩溶地段条件下的嵌岩桩设计规定不尽全面或欠合理,在通过对桩基承载性状的分析后,对规范有关嵌岩桩设计提出了一些不同意见和建议。  
**关键词:** 嵌岩桩; 设计; 弱风化岩层; 岩溶地段

## 1 规范对特殊条件下嵌岩桩的规定

在桥梁建设中,嵌岩桩由于具有承载力大、沉降小、抗震性能好等优点在工程中得到广泛应用,而现行的《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTJ024-85)对在某些特殊条件下的嵌岩桩设计的规定有不尽全面或欠合理的地方,值得探讨。

### 1.1 置于弱风化岩层中单桩承载力的计算

按现行规范,灌注桩的单桩轴向受压承载力计算公式有两个,即按摩擦桩计算和按支承在基岩上或嵌入岩层中的单桩计算,并明确规定桩嵌入基岩深度,不包括风化层。按字面理解,嵌入弱风化岩层的桩不能算作嵌岩桩,则在竖向承载力的计算时只能按摩擦桩计算。按摩擦桩计算时:在 $[p]=0.5\times(Ul\tau_p+A\sigma_R)$ 计算过程中,一是计算桩侧摩阻力 $Ul\tau_p$ 时,由于弱风化岩层的桩周极限摩阻力 $\tau_i$ 值不易测试,地质勘察部门在地质报告中又极少提供,且规范中亦无明确规定,因此设计人员在 $\tau_i$ 取值方面随意性较大;二是在计算桩尖处极限承载力 $\sigma_R=2m_0\lambda\times\{\sigma_0+k_2\gamma_2(h-3)\}$ 值时,由于弱风化岩节理较发育,按规范规定不作深度修正,取 $k_2=0$ ( $k_2$ 为桩尖土容许承载力随深度的修正系数),使得计算出的 $\sigma_R=2m_0\lambda[\sigma_0]$ 值很低,有的甚至不如上层卵石土的极限承载力值高,这显然与实际不符。由于上述原因,嵌入弱风化岩层的桩基竖向承载力的计算难以明确。

### 1.2 岩溶地区的桩基设计

在岩溶地区的桥梁桩基设计时,我们不得不考虑桩底下的溶洞对桩基的安全隐患有多大,溶洞顶

板距桩底究竟多少尺度桩基才算安全?而这些问题在我们的桥规中亦没有涉及。

## 2 嵌岩桩的受力及破坏特性的分析

要解决上述问题,我们首先分析一下嵌岩桩的受力及破坏特性。

桩基的竖向承载力主要体现在两个方面,一是桩侧摩阻力,二是桩端承载力。桩侧摩阻力主要是由桩身的竖向变形而与侧向土体产生的相对位移而产生剪切力。桩身的竖向变形主要由两部分组成:即桩身混凝土的弹性压缩和桩底岩层的应变。一般情况下,钻(冲)孔成桩过程中,孔底总会残留一部分沉渣,形成可压缩性“软垫”,“软垫”的压缩增大了桩体与岩(土)体的位移,使桩侧(桩身和嵌岩段)阻力得以充分发挥,使嵌岩桩表现出更多的摩擦桩性状。根据国内许多试验及研究成果表明,土体发挥极限侧摩阻力所需的位移值较小,表1给出部分岩土의 极限侧阻所需位移的经验值。

表1 各土层发挥极限侧阻所对应的相对位移

岩土名称	砂性土	粘性土	破碎砂质粘土岩和细砂岩	完整细砂岩	完整石灰岩和花岗岩
s/mm	10~20	5~10	4	3	≤2

从表1中可以看出,在相对位移非常小的情况下,桩的侧阻力就可充分发挥,所以在嵌岩桩承载力确定时,应充分考虑其上覆土层及嵌岩部分的侧阻力承载作用。对于长径比 $L/d>(15\sim20)$ 的泥浆护壁钻(冲)孔嵌岩桩,无论嵌入风化岩或完整基岩中,

嵌岩桩的桩侧摩阻力一般先于端阻力发挥出来,在上部覆盖层不太软弱的情况下,一般桩端阻力所占比例不超过20%。所以在一般的情况下,桩身的侧阻力将首先承受上部竖向荷载,当上部荷载大于桩身的侧阻力时,则超出部分全部由桩尖岩体承载力来承担,直至桩尖岩层刺穿或桩基破坏。

《公路桥涵地基与基础设计规范》中的嵌岩桩公式: $[p]=(C_1A+C_2Uh)R_a$  只单纯地考虑了基桩嵌岩部分的作用,而完全忽略了上覆土层的侧阻力,这在理论上就把嵌岩桩的受力特性几乎归结为端承效应,这个公式在上覆土层很浅,桩底清孔绝对干净,桩的竖向位移极微小等理想状态下固然适用,但与实际工程不符。再说大多弱风化岩的极限强度超过10 MPa,而规范规定嵌岩桩不论其上面风化岩层的强度如何,一律要求嵌入新鲜基岩也是不妥的。在风化层很厚的情况下,嵌岩很深,只会导致经济上的浪费、工期上拖延与施工难度的增大。

3 对桥规有关嵌岩桩设计的建议和补充

通过以上的嵌岩桩基的受力及破坏特性分析,现对于嵌岩桩设计提出两点看法。

3.1 对嵌岩桩单桩轴向抗压承载力公式进行修正

应参考《港口工程嵌岩桩设计与施工规程》(JTJ 285—2000)或《建筑桩基技术规范》(JGJ 94—94),对嵌岩桩单桩轴向抗压承载力公式进行修正。这两种规范对于嵌岩桩竖向抗压承载力的计算公式,除了在某些系数的选取略有不同之外,均一致认为其单桩竖向抗压承载力由上覆土层的桩侧摩阻力、嵌岩段的侧摩阻力和桩底端阻力联合作用;当桩端嵌入弱风化岩时,亦按嵌岩桩计算,但对嵌岩部分的作用进行折减。

以《港口工程嵌岩桩设计与施工规程》为例,嵌岩桩单桩轴向抗压承载力设计值公式为:

$$Q_{cd}=u_1 \sum \zeta_{fi} q_{fi} l_i / \gamma_{cs} + (u_2 \zeta_s f_{rc} h_r + \zeta_p f_{rc} A) / \gamma_{cs}$$

式中: $\zeta_{fi}$  为覆盖层桩周第*i* 层土的侧阻力计算系数。当  $D \leq 1.0$  m 时,岩面以上10*D* 范围内的覆盖层, $\zeta_{fi}$  取 0.5~0.7,10*D* 以上的覆盖层取1;当  $D > 1.0$  m 时,岩面以上 10 m 范围内的覆盖层, $\zeta_{fi}$  取 0.5~0.7,10 m 以上的覆盖层取1。*D* 为覆盖层中桩

的外径; $\zeta_s$ 、 $\zeta_p$  为嵌岩段侧阻力和端阻力修正系数,与嵌岩段深径比  $h_r/d$  有关,详见表 2。

表 2 嵌岩段侧阻和端阻修正系数

嵌岩深径比 $h_r/d$	1	2	3	4	5
侧阻修正系数 $\zeta_s$	0.07	0.096	0.093	0.083	0.070
端阻修正系数 $\zeta_p$	0.72	0.54	0.36	0.18	0.12

这个公式充分体现了嵌岩桩的竖向承载特性,并较合理地对某些状况作了修正,如嵌岩桩覆盖层的侧摩阻力虽能充分发挥,但为了安全起见,按传统的以位移量衡量其发挥程度再进行折减;当嵌岩桩嵌岩深度  $h_r$  为 3 倍左右桩径时,轴向承载力发挥最佳,而当嵌岩深度超过 5 倍桩径时,传递至桩端的应力已接近于零,故  $h_r > 5d$  时取  $h_r = 5d$ ;当嵌入弱风化岩时,侧阻力和端阻力修正系数进行 0.7~0.8 折减。

3.2 岩溶地段的桩基设计原则

(1)岩溶地区的桩基宜采用冲、挖孔桩,当单桩荷载较大,岩层埋深较浅时,宜采用嵌岩桩,嵌岩桩应全断面嵌入基岩。

(2)嵌岩桩的桩侧摩阻力一般先于端阻力发挥出来,在上部覆盖层不太软弱的情况下,桩身的侧阻力将分担绝大部分的上部竖向荷载。所以我们在桩底存在溶洞的情况下,忽略嵌岩段的桩底端阻力作用,保守地以桩的摩阻力(包括上覆土层的桩侧阻力及嵌岩部分的桩侧阻力)大于桩的上部竖向作用,来确定桩长。

(3)桩基以下完整基岩厚度大于 3 倍桩径或虽小于 3 倍桩径,但洞体为微风化岩石且桩底与洞体顶板间厚度大于或等于洞跨的,可不考虑岩溶稳定性的不利影响。当桩以下相当桩径的 3 倍范围内有溶洞可将洞体顶板视为结构自承重体系按冲剪条件验算顶板稳定。

参考文献:

[1] JTJ 285—2000,港口工程嵌岩桩设计与施工规程[S].  
[2] JGJ 94—94,建筑桩基技术规范[S].  
[3] 林宗元. 简明岩土勘察设计手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2003.  
[4] 地基与基础[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2003.