

# 简支T形梁转连续刚构桥设计

刘昌义

(铁道第二勘察设计院,四川成都 610031)

**摘要:**结合粤赣高速公路老庄田大桥采用40mT梁先简支后墩梁固接形成连续刚构桥的设计,介绍了该桥型的设计方案、桥型特点、构造处理、结构分析及计算等。从工程项目最终的实施情况看,该桥型确实是山区高墩桥的理想桥型。

**关键词:**简支T梁;体系转换;连续刚构;高墩桥

**中图分类号:**U448.231 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-7716(2006)03-0021-03

## 1 国内现状及发展趋势

近年来,我国山区高速公路发展较快,装配式简支梁桥以其施工快捷、造价便宜而成为首选。对于墩高大于30m的桥梁采用一般简支梁桥式则不适宜了,为满足结构安全及行车的舒适性,则需要增大桥墩刚度和稳定性。国内已建高墩桥梁主要有以下两种代表形式:

(1)变截面矩形空心墩,矩形实体墩,桥面连续。这种形式的桥梁桥面连续处的强度和刚度显弱,上下部结构变形不协调,进而形成桥面凹凸不平,甚至出现开裂,影响行车的舒适度和行车的安全。

(2)先简支后结构连续的连续梁体系。这种结构体系其施工复杂、技术难度大,工期长、工程造价高。

为适应我国目前山区高速公路迅速发展趋势,有必要结合工程实践并通过详细理论分析与研究,确立一种适宜

收稿日期:2006-04-17

作者简介:刘昌义(1964-),男,高级工程师,院副总工程师,从事桥梁设计及技术管理工作。

山区高速公路施工快捷方便、结构安全、简化的墩梁固接形式,可提高行车舒适性的高墩桥-墩梁固接连续刚构桥结构形式。

## 2 工程概况

本文系对国家重点公路阿(荣旗)深(圳)公路(粤境段)上(陵)至埔(前)段高速公路(全长135.60km)老田庄大桥40m跨径T梁墩梁固结体系进行的设计,其墩梁固接桥式方案总体布置如图1。

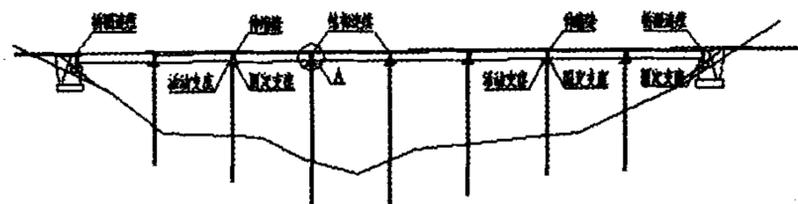


图1 墩梁固接连续刚构桥方案图

老庄田大桥是该高速公路跨越深谷的一座山区高架桥梁,是粤赣高速公路(粤境段)桥梁工程中的一座重点工程,是作为“墩梁固接连续-刚构桥”的高墩桥梁试点工程。该桥桥

道路的服务水平就是指道路使用者根据交通状态,从道路上所能得到的服务效果程度。服务水平是个重要的新概念,合理地反映了通行能力的取值标准。由于我国的道路服务水平仍在调查研究之中,按《城市道路规划与设计》中借鉴美国的规定,把服务水平分为六个等级。

A级——畅行车流。特征为交通量少、车速高、交通密度低,驾驶员在客观许可的条件下可按自己的意愿控制车速而无任何干扰和延误。

B级——稳定车流。特征为车速开始受到交通条件的限制而有所降低,但驾驶员仍能较为自由地选择合理的车速。

C级——稳定车流。特征为车速开始受到较大交通量的影响,驾驶员已不能自行决定车速,但还能得到较满意的车速。

D级——接近不稳定车流。特征为车速受到相当大的影响,能勉强维持所需要的车速,行车性和舒适性变得较差。

E级——不稳定车流。特征为行车不畅,车速很低,处于时开时停状态,交通量接近于道路的通行能力。

F级——强制车流。特征为能勉强行驶,车速极低,道路通行能力低于实际交通量。出现排队甚至完全堵塞现象。

各级服务水平与交通量、通行能力、行车速度的关系见图5。

我国《城市道路设计规范》将道路服务水平综合地体现在前述的道路分类系数 $a_c$ 中。

## 3 结语

城市道路应具备方便、安全、快捷的特点。若道路通行

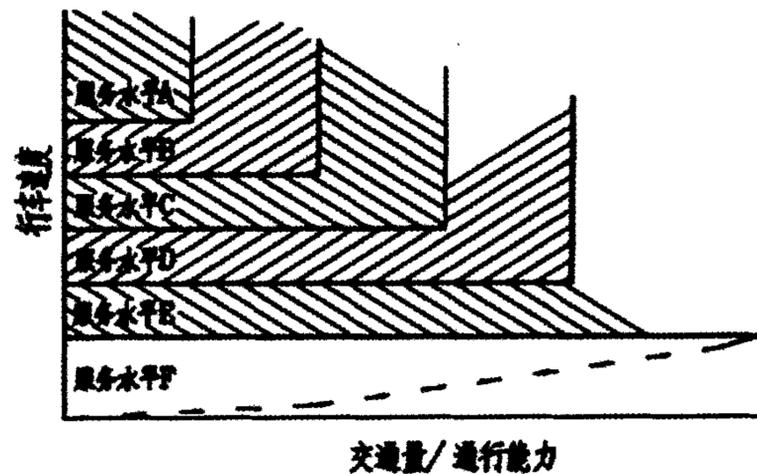


图5 各级服务水平与车速、交通量关系

能力低,便不能发挥道路的使用功能。因此,通过对影响城市道路通行能力因素的分析,可以发现要提高道路的通行能力,既要合理确定道路的技术要素,提高道路的设计水平,又要提高道路的管理水平。只有这样,才能最大限度地减少车辆行驶过程中的交通延误,从根本上提高道路的通行能力。

### 参考文献

[1] 任大任,冉绍军.现代道路交通管理词典[M].天津人民出版社,1993.  
[2] 任福田,肖秋生,薛宗惠.城市道路规划与设计[M].北京:中国建筑工业出版社,1998.

跨布置形式为左幅 5-40+25m, 右幅 5-40m, 全长 213.06m (240.06m), 左右半幅分修, 2、3、4# 墩处墩梁固接形成上下部结构连续, 在 1、5# 墩(台)处设置浅埋式型钢伸缩缝, 其它地方采用桥面连续结构, 最大墩柱高为 48.5m。40m 预应力混凝土 T 梁先简支后墩梁固接形成连续-刚构体系, 共一联, 本文选取该 4 跨 1 联单幅桥作为分析对象, 介绍简支 T 梁转墩梁固接的连续-刚构桥的设计思路和计算方法。

### 3 技术标准

道路等级: 高速公路

计算行车速度: 100km/h

车道数: 双向 4 车道

桥面宽度: 行车道净宽 2-11.75m, 中央分隔带宽 0.5m, 总宽 26.0m

设计荷载: 汽车超-20 级, 挂车-120

地震烈度: 地震基本烈度 VI 度, 按 VII 度设防

### 4 结构设计及分析

#### 4.1 结构体系

先简支再墩梁固接形成连续刚构体系, 按 A 类预应力结构进行结构分析和计算, 并按规范要求进行应力、强度值控制, 并对其关键部位进行变形、裂缝验算。

T 梁预制存梁期后吊装就位, 通过 T 梁底盖梁顶预埋钢板焊接成整体, 形成第一次体系转换——墩梁固接; 半幅桥横向连接后, 相邻跨 T 梁间缝与盖梁预埋钢筋共同浇筑, 形成第二次体系转换——T 梁间固接, 形成刚构体系; 最后完成 T 梁顶面混凝土现浇层二次截面, 以及桥面沥青混凝土铺装等二期恒载。

预制 T 梁在存梁期要求完成至少 75% 的收缩徐变, 形成行车时必需的拱度, 但不能过大, 并能满足临时施工荷载的强度要求, 架梁完毕形成简支体系。在安装支座浇筑梁端间缝混凝土达到强度, 形成连续刚构体系。由于 T 梁已经完成前期结构受力和变形, 并通过支座与盖梁固结, 在形成结构连续时本身自重不形成内力重新分配<sup>[7][8]</sup>, 仅仅因后期收缩徐变、预应力引起的二次应力重分配及现浇层、铺装等二期恒载阶段作用引起的内力、应力<sup>[9]</sup>。后期荷载作用于结构时结构为连续刚构体系, 按连续刚构桥进行结构计算, 整体受力, 该体系限制并协调墩顶的位移, 其位移变形主要通过柔性桥墩的变形以及联跨端伸缩缝来完成, 联跨长度根据计算确定, 可以达到 120m 以上, 甚至达 300m。

#### 4.2 计算模式

全桥共分为 130 个节点, 124 个单元。计算按照全桥宽建立模型, 全桥共有 5 片 T 梁, 实际建模采用形成一个大 T 形截面, 并且修正与大气接触的截面周边长度与实际截面相等。实际桥墩为双柱圆形墩, 按照截面面积与抗弯惯性矩相等的原则简化为矩形截面。不同的施工阶段梁体与桥墩的连接性质不同, 采用主从约束节点模拟节点连接性质。见图 2。

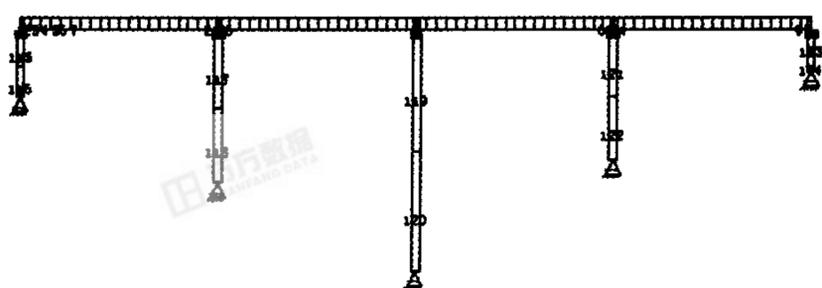


图 2 全桥整体式平面分析结构离散图

T 梁预制时不计入混凝土现浇层的结构高度, 落梁后则作为结构受力构造, T 梁下采用单向受压支座临时支撑, 形成结构连续并墩梁固接后予以拆除(焊接成永久支座), 固接处采用 3 对结点刚臂固接形成刚构体系, 全桥为连续刚构体系。

结构分析程序采用 GQJS9.0 平面杆系分析程序进行单片梁及整体平面杆系结构分析和计算, 采用桥梁博士 V2.9 按梁格法进行核算。

#### 4.3 结构设计

计算分析联跨为横向 5 片 T 梁布置, 预制 T 梁长 39.94m, 梁高 241cm, 梁顶现浇层为 10cm 防水混凝土, 组合梁高 251cm, 桥面铺装为 9cm 厚沥青混凝土。横向布置见图 3。下部结构采用双柱式桥墩, 构造形式见图 4。

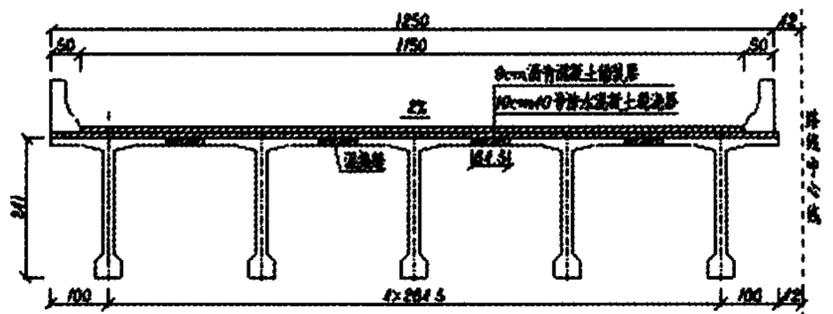


图 3 T 梁横向布置(单位: cm)

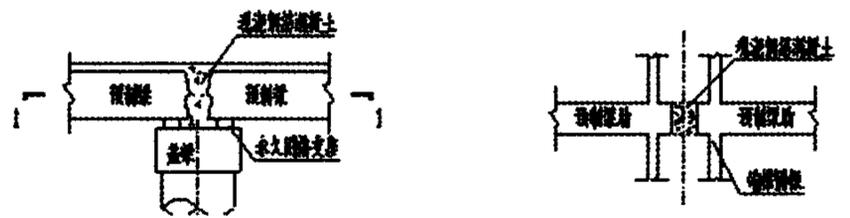


图 4 桥墩构造图(单位: cm)

联跨上下部结构材料为: 固接现浇块采用 50 号钢纤维微膨胀混凝土, 盖梁、垫石采用 40 号混凝土, 墩柱和柱间系梁采用 30 号混凝土, 桩基和桩间系梁采用 25 号混凝土。桩基础采用 30 号混凝土, 为钻(挖)孔桩基础, 基底嵌入砂岩微风化层不小于 3.0m。

#### 4.4 结构分析及计算

##### 4.4.1 施工(计算)步骤

本计算阶段按施工工序及荷载状况进行模拟计算。桥墩处采用全桥宽 5 片 T 梁整体计算, 并考虑活载横向分配, 故整体计算是可靠的。根据活载横向分配计算, 控制 T 梁受力为汽车荷载最不利状况平均分配值的 150%。

##### 4.4.1.1 计算阶段工序步骤

- (1) 下部及基础工程施工, 临时支承(台座模拟)及支座安装;
- (2) 立模板, 台座浇筑预制 T 梁混凝土, 多单向支承的简支体系;
- (3) T 梁预应力钢束张拉;
- (4) 拆除临时支承, 待强 120d(即存梁), 完成 75% 以上收缩徐变;
- (5) 进行跨梁及梁墩之间结构连续(墩梁固接), 永久支座为钢板支座焊接而成;
- (6) 临时支座拆除, 形成多跨墩梁固结的连续刚构体系;
- (7) T 梁二次截面(即桥面现注层浇注施工);
- (8) 上桥面铺装等二期恒载;
- (9) 收缩徐变 360d;
- (10) 运营。

##### 4.4.1.2 为对照计算考虑 3 种工况

工况一:基本工况-全桥面预制T梁阶段计入台座支撑;  
 工况二:单T梁计入活载横向分配,3车道偏载;  
 工况三:不计预加应力。

#### 4.4.1.3 基本工况的3种对比

为考虑多种情况,对墩梁固结刚构体系的基本工况进行以下3种对比:

工况一:T梁预制时是否设置临时支撑;  
 工况二:墩梁固结处单元是否考虑刚臂;  
 工况三:上二期恒载后进行结构连续。

#### 4.4.2 计算结果

(1)施工阶段内力图见图5。

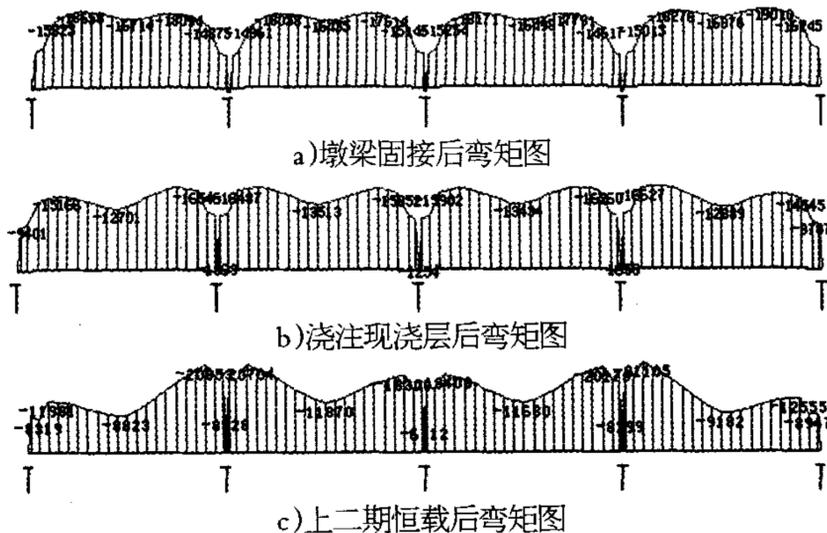


图5 施工阶段内力图

(2)运营阶段内力图见图6。

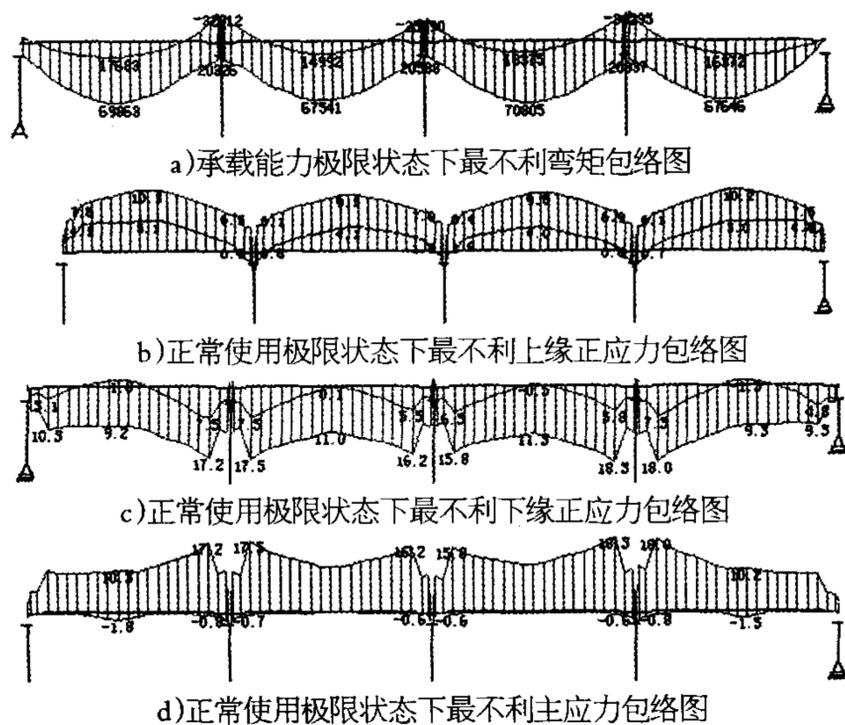


图6 运营阶段内力图

#### 4.4.3 计算结果分析

(1)工况计算分析结果显示:

- 全桥幅宽作为整体,结构是安全的;
- 第3种工况下内力图与连续刚构体系的内力图趋势是一致的,说明结构分析模式是正确的,且负弯矩绝对值小,反映了T梁在转换体系前的收缩徐变及变形的大部分完成对内力的影响很大,存梁措施是合理的;
- 第1种工况与第2种工况主要为整体与最不利单片T梁的对比,均说明此计算模式在墩梁固结处施工过程中为正弯矩,运营状况下为正弯矩与负弯矩的包络,负弯矩的绝对值大于正弯矩;
- 运营状况下墩梁固结处负弯矩相对预应力区负弯矩要小得多。

(2)对比计算结果显示:

- 是否模拟台座的支撑情况对结构的内力分配影响较大,跨中弯矩差不多大1倍,且该状况与实际施工不吻合,不采信;
- 墩梁固结处单元考虑与否刚臂对结构内力计算没有明显影响;
- 上二期恒载后进行结构连续的跨中弯矩要小15%,但由于T梁按简支计算有一定富裕度,能满足该工况要求,两种方案均可行。

#### 4.4.4 结构检算

墩梁固接部分采用的是普通钢筋混凝土构件,根据规范要求需进行裂缝验算,经计算,裂缝宽度为0.15mm,能满足规范要求,其它检算均满足规范要求。

#### 4.5 T梁相应处理措施

- 由于墩顶T梁负弯矩比较小,甚至为正弯矩,故桥面现浇层不作特殊设计,仅根据计算需要设置桥面连续的加强钢筋,即设置钢筋 $\phi 16$ 或 $\phi 20@15\text{cm}$ 即可;
- T梁根据计算配置的预应力钢绞线不作规格和数量的更改;
- T梁张拉端头应作成锯齿状,加强新旧混凝土的结合;
- T梁张拉端头下端间距最好在50cm以上;
- T梁张拉端头间结构连续的混凝土应填加微膨胀剂;
- T梁端横隔板最好加大尺寸,30~50cm为宜;
- T梁底和盖梁顶的预埋钢板在T梁吊装完成后采用侧边四周焊接,焊接质量要求优,在焊接完成后必须采取防护防腐措施;
- 桥台处T梁与搭板现浇层形成桥面连续。

## 5 体系优点

对高墩中大跨度多联跨的简支结构而言,如40m跨径T梁,墩高大于30m的2联或多联跨桥,采用预制简支T梁将墩梁固接形成连续刚构体系,结构简洁,安全合理,施工简单方便,造价经济节省,工期短,优点明显:

- 联跨长,伸缩缝少,行车平顺、高速、舒适。
- 墩梁固接,节省了支座;利用高墩的柔性适应顺桥向的水平位移;墩梁固接的约束,有利于高墩的稳定和受力。
- 不需设计临时支座,体系转换方便。
- 墩顶负弯矩区采用钢筋混凝土,施工工序少,施工快捷、方便。

## 6 结束语

粤赣高速公路(粤境段)于2003年底进行设计,2005年8月竣工,同年12月底通车,施工时间不到一年半。该墩梁固接连续-刚构桥在确保结构安全的前提下,简化了固接形式,墩梁固接处采用钢筋混凝土结构,降低了施工的技术难度,方便了施工,大大缩短了工期,增加了桥墩刚度和稳定性,提高了行车的舒适度,获得明显的社会、经济效益。证明了该桥型在山区高墩桥梁中的应用是个理想桥型,也为国内类似的山区高墩桥梁设计提供了较好参考,值得大力推广应用。

#### 参考文献

- JTJ 021-85,公路桥涵设计通用规范.北京:人民交通出版社,1994.
- JTJ 023-85,公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范.北京:人民交通出版社,1994.
- 刘效尧,赵立成.公路桥涵设计手册《梁桥》(下册)[M].北京:人民交通出版社,2000.

# 桥梁桩基设计中若干问题的探讨

刘宇晨

(广州市市政工程设计研究院, 广东广州 510060)

**摘要:**该文结合设计实践,参考相关规范及文献,针对现行公路桥梁地基与基础设计规范中关于桩基承载力设计计算的几个问题进行了初步探讨。

**关键词:**桥梁桩基;设计;桩基承载力计算;端承桩和摩擦桩

**中图分类号:**U443.15 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-7716(2006)03-0024-03

## 0 前言

我国交通事业的日益发展,为桥梁工程建设带来了良好的机遇。桥梁上部结构荷载通常较大,后期质量稳定、承载能力高的钻孔灌注桩往往成为绝大多数桥梁工程首选的基础形式。因此,其设计是否得当,对工程造价、质量、工期及使用影响很大。本文将针对设计过程中遇到的几个主要问题做初步探讨。

## 1 端承桩和摩擦桩的区分问题

通常认为,凡嵌岩桩必为端承桩,凡端承桩均不考虑土层侧阻力。实际上,大量现场结果表明:桩侧阻力、端阻力的发挥性状与上覆土层的性质和厚度、桩长径比、嵌入基岩性质和嵌岩深径比、桩底沉渣厚度等因素有关。

文献[1]认为,一般情况下,上覆土层的侧阻力是可以发挥的,而且随着长径比 $l/d$ 的增大,侧阻力也相应增大;只有短粗的人工挖孔嵌岩桩,端阻力先于土层侧阻力发挥,端阻力对桩的承载力起主要作用,属端承桩。对 $l/d > 15 \sim 20$ 的泥浆护壁钻(冲)孔嵌岩桩,无论是嵌入风化岩还是完整基岩中,桩侧阻力均先于端阻力发挥,表现出明显的摩擦型。对于 $l/d \geq 40$ ,且覆盖土层不属于软弱土,嵌岩桩端的承载作用较小,此时桩基受力状态为摩擦桩,桩端嵌入强风化或中风化岩层中即可。在某些地区,泥质软岩嵌岩灌注桩 $l/d > 45$ 时,嵌岩段总阻力占总荷载比例小于20%; $l/d > 60$ 时,嵌岩段端阻力占总荷载比例小于5%。究其原因,一方面由于嵌岩桩桩身的弹性压缩,导致桩顶沉降,这个弹性压缩量引发了桩周土体的剪应力,也即是土对桩的摩阻力。另一方面,钻孔桩的孔底残留的沉渣,形成一个可压缩的软垫,至使桩底也会产生沉降,这一沉降和上述桩本身的压缩导致桩身与土体、嵌岩段桩身与岩体产生相对位移,从而产生侧阻力。而这种桩身弹性压缩和桩底沉降是随着长径比 $l/d$ 的增大而增大的,因而导致摩擦力和侧阻力的增大。

同时,文献[1]中提及试验结果表明:传递到桩端的应力也随嵌岩深径比 $h_r/d$ 增大而减小。一般地,当 $h_r/d > 5$ 时传递到桩端的应力接近于零;但对泥质软岩嵌岩桩, $h_r/d = 5 \sim 7$ 时,

桩端阻力仍可占总荷载的5%~16%。

因此,端承桩和摩擦桩的区分,不能单纯从是否嵌岩来区分,还要考虑上覆土层的性质和厚度、桩长径比、嵌入基岩性质、嵌岩深径比和桩底沉渣厚度等因素。如何正确区分桩基类型,对桩基设计计算和施工是十分重要的。

## 2 桩基承载力计算公式的理解问题

### 2.1 规范对嵌岩桩计算的规定

《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTJ 024-85)<sup>[2]</sup>第4.3.4条规定:支承在基岩上或嵌入基岩内的钻(挖)桩,其单桩轴向受压容许承载力 $[P]$ ,可按下列公式计算:

$$[P] = (c_1 A + c_2 U h) R_a \quad (1)$$

式中: $R_a$ ——天然湿度的岩石单轴极限抗压强度(kPa),试件直径为7~10cm,试件高度与试件直径相等

$h$ ——桩嵌入基岩深度(m),不包括风化层

$U$ ——桩嵌入基岩部分的横截面周长(m),按设计直径计算

$A$ ——桩底截面面积( $m^2$ )

$c_1, c_2$ ——根据清孔情况、岩石破碎程度等因素确定的系数

公式(1)表明:嵌岩桩的单桩轴向受压容许承载力 $[P]$ ,仅取决于桩底处岩石的强度和嵌入基岩的深度,以及清孔情况、岩石破碎程度等因素。

### 2.2 对计算公式提出的问题

#### (1)公式(1)的使用范围

根据规范描述,通常认为只要是嵌岩桩,就是端承桩,就适用于公式(1)。实际上,只有在嵌岩桩在清孔绝对干净,桩底处于理想支撑,桩底岩石完整且强度很高时,桩的竖向位移很微小,桩基才表现为典型的端承桩,公式(1)的使用是无可争议的。实际工程中,只有当桩基长径比较小,土层侧阻力占比例不大时,桩基主要表现为端承桩的特征,公式(1)才可使用。

如前所述,实际工程中,当嵌岩桩的长径比越大,其荷载传递越具有摩擦型桩的特征。当长径比足够大时,桩基表现出摩擦型桩特征,此时桩基承载力不能用公式(1)来计算,这也是区分端承桩和摩擦桩的意义所在。根据《建筑桩基技术规范》(JGJ 94-94)<sup>[3]</sup>给出嵌岩桩单桩极限承载力标准值计算模式为:由桩周土总侧阻 $Q_{sk}$ 、嵌岩段总侧阻 $Q_{rk}$ 和端阻 $Q_{pk}$ 三部

收稿日期:2005-12-02

作者简介:刘宇晨(1977-),男,江西吉安,工学硕士,工程师,从事市政工程设计工作。

[4] 范立础.预应力混凝土连续梁[M].北京:人民交通出版社,1997.

[5] 项海帆.高等桥梁结构理论[M].北京:人民交通出版社,2001.

[6] 王文涛.刚构-连续组合连续梁桥[M].北京:人民交通出版社,1997.

[7] 谢亚宁,杨耀铨,雷丽萍.丹本高速公路T梁连续刚构通用图设计以及该桥型的理论分析[J].华东公路,2003(2).

[8] 宋随弟.预制-现浇连续梁桥的设计[J].中南公路工程,2002(3).

[9] 于学军,詹建辉,彭永利.简支转预应力结构连续T形梁桥设计计算[J].世界桥梁,2003(3).

[10] 方志,李艳,吴鹏扬.先简支后连续混凝土桥梁徐变影响的参数分析[J].桥梁建设,2003(4).