

文章编号: 0451-0712(2004)09-0035-03

中图分类号: U443.154

文献标识码: B

# 大乐大桥钻孔桩的检测与处理

林 娟<sup>1</sup>, 王松华<sup>2</sup>

(1. 海南公路公司第二公司; 2. 中交公路规划设计院 北京市 100010)

**摘 要:** 介绍海南省大乐大桥用超声波透射法检测钻孔桩混凝土灌注质量的方法, 并根据检测结果对桩身混凝土有质量缺陷的桩进行了处理。

**关键词:** 大乐大桥; 桩基检测; 处理

大乐大桥位于海南省琼海市万泉河的入海口, 是博鳌出口路上的重要桥梁, 主桥为  $45\text{ m}+5\times 75\text{ m}+45\text{ m}$  预应力混凝土变截面连续箱梁, 引桥为  $10\times 30\text{ m}+7\times 30\text{ m}$  的预应力混凝土等截面连续箱梁, 墩、台为钻孔桩基础。桥址处地质构造复杂、断裂发育、基岩面起伏较大, 覆盖层较厚, 为含砾中砂、粗砂。桩基础为隐蔽工程, 影响施工质量的因素很多, 难以全部预见, 稍有不慎就会产生诸如断桩、夹泥等严重缺陷。为确保桩基质量, 本桥施工实施了严格的监理制度并对桩基进行逐桩检测。

## 1 桩基检测

桩基是依靠桩—土相互作用提供承载力的一种深基础形式。钻孔桩的设计主要为单桩垂直承载力和单桩水平承载力。因此, 承载力是检验桩基是否合格的最终标志。近年来用于桩基质量监督中的无损检测技术发展非常迅速, 检测方法也呈多样化, 如应变动测法、反射波法、机械阻抗法、动力参数法、声波透射法、水电效应法及射线法等。公路桥梁钻孔桩检测常采用反射波法(低应力动测法)和超声波透射法(超声检测)。

反射波法的基本原理是用力锤敲击桩顶, 给桩一定的能量, 使桩中产生应力波, 波在传播过程中, 遇到弹性介质突然变化的界面时, 就会产生反射和透射, 检测时根据波反射时间和桩体中的波速分析桩内混凝土的完整性。该法具有经济、简单、高效的优点, 主要用于检测桩身混凝土的完整性, 判定缺陷类型及在桩中的位置。影响实测波形的主要因素有

测试系统、锤重和锤质、冲击方式和传感器的安装及桩头处理。对大直径长桩, 因激振能量小, 应力波传播距离不远, 桩身深部即使有缺陷也难以发现, 在测试曲线上无桩底反射波, 而会造成误判。

超声波透射法是基于超声波在混凝土中的传播速度、波幅、频率等声学参量与混凝土质量的相关性, 对于一定配合比的混凝土, 如质量越好, 则声速越快、波幅越大、频率越高。该法是在桩内预埋若干根声测管作为检测通道, 管内注入清水作为耦合剂, 将发射探头置于声测管中, 发射系统把信号转换成脉冲声波, 并向桩内辐射, 声波在桩内的混凝土中传播到达另一个声测管, 被安置在其中的接收探头接收, 接收换能器将声波再转换成电信号, 由接收放大器放大, 并由数据采集系统将数据离散后送入计算机。一方面储存数据信号, 另一方面在显示器上加以观察、判读。被储存的数据, 还能通过专用处理软件进行混凝土强度的推算及缺陷的判断。本法适用于直径大于  $0.6\text{ m}$  的钻孔桩, 它能直观而准确地检测出混凝土中因灌注质量问题所造成的夹层、断桩、空洞、离析等内部缺陷, 并能测出混凝土灌注的均匀性及强度等级, 是当前钻孔桩检测技术的重要方法之一。因此, 本工程从钻孔桩和技术要求及监理部门的设备条件考虑, 选用超声波透射法对全桥的钻孔桩混凝土进行检测。

### 1.1 超声波检测管的埋置

声测管可采用直径为  $50\sim 60\text{ mm}$  的下端封闭接头不漏浆的钢管、波纹钢管或塑料管制成。声测管的布置, 对于桩径小于  $1.0\text{ m}$  的, 需在桩内径向埋置

2 根;桩径为 1.0~2.5 m 的需埋 3 根并呈正三角形布置;当桩径大于 2.5 m 的桩,至少要埋 4 根,检测管呈正方形布置。本桥钻孔桩的直径为 1.2 m 和 1.8 m,声测管采用内径为 56 mm 的无缝钢管,套筒螺口连接,埋设时为保证管间平行,将钢管绑扎在钢筋笼上,随钢筋笼一起浇注在桩中。

1.2 检测步骤

- (1)布置超声检测仪及连接件,并进行仪器调试。
- (2)采集沿桩身自下而上各点的声速、波幅等数据并储存,通过接口输入计算机,分析计算。测量,发射换

能器和接收换能器可采用水平同步、高差同步和扇形测法三种方法。基本步骤是先采用水平同步或高差同步法进行全孔扫描,当发现桩身有缺陷疑问时,应用各种方法综合使用,进一步确定缺陷大小及性质。

(3)计算机对数据分析、计算并打印出声速、波幅曲线及 PSD 判据。

1.3 超声波检测成果

本桥桩基超声波检测成果见表 1,从检测结果统计,桩缺陷率为 12%。根据各桩的具体缺陷,施工中都做了相应处理。

表 1 超声波检测成果

墩台编号	钻孔桩布置	桩类型	设计桩长/m	桩底标高/m	缺陷桩位	缺陷性质	缺陷处理
1	4φ180	支承桩	18.13	-17.58		基岩抗压强度不满足设计要求	修改设计
2	4φ180	支承桩	38.67	-41.29	A-1	-22.5 m 以下约 60 cm 夹泥离析	注浆处理
3	4φ180	支承桩	42.71	-45.35	A-1	导管卡管,断桩	水下切割钢筋笼重新钻孔成桩
4	4φ180	支承桩	40.38	-43.00	A-2	-11 m 处离析,-24.6 m 处夹泥	取芯检查,混凝土不均匀,注浆处理
5	4φ120	摩擦桩	46.18	-47.80	A-2	桩头 2 m 范围混凝土离析	取芯混凝土较完整
6	4φ120	摩擦桩	48.94	-49.24	A-2	-44.4~-46 m 处混凝土严重夹泥、离析	加桩
7	4φ120	摩擦桩	52.93	-53.36	A-2	混凝土局部离析	
8	4φ120	摩擦桩	56.66	-56.51	A-2	桩头 2 m 范围混凝土夹泥离析	凿除混凝土后接桩
9	4φ120	摩擦桩	63.09	-62.29	B-2	-57~-58 m 处断桩	加桩
10	4φ120	摩擦桩	45.20	-44.97	A-1	桩底沉渣厚度 1 m 多	承载力验算基本上满足要求,不处理
11	2φ120	支承桩	38.24	-37.24	A-1	桩头局部混凝土离析	凿除松散混凝土后补损

注:本表仅列出超声波检测有缺陷的桩。

2 钻孔桩混凝土缺陷处理实例

2.1 钻孔桩的质量分类

所谓钻孔桩缺陷是指未能满足设计要求的桩存在有质量问题,主要有以下两种情况:

一种情况是桩身质量虽然达到设计要求,但桩的极限摩阻力和极限桩端承载力不能满足设计要求,或者说桩周和桩底的工程地质条件不能满足设计承载力要求;另一种情况是桩身有质量缺陷,如断桩、缩径、混凝土离析、桩底沉渣超厚、夹泥等。

对钻孔桩质量判定可分为以下 4 类。

- (1)优质桩:波形规则无异常,桩身完好,达到设计桩长,波速正常,混凝土强度符合设计要求。
- (2)合格桩:波形稍有畸变,桩底反射清晰,如桩

身有轻微缩径,混凝土局部轻度离析,对桩承载力没有影响,桩身波速正常,达到混凝土设计强度等级。

(3)严重缺陷桩:波形出现明显的不规则反射,对应桩身缺陷如裂纹、混凝土离析,缩径达 1/3 以上截面,桩身混凝土波速低,达不到混凝土设计强度等级,对单桩承载力有一定影响。

(4)不合格桩:波形严重畸变,对应桩身缺陷,如裂缝、混凝土严重离析、夹泥、严重缩径、断裂等。这类桩一般不能用,需做工程处理。

2.2 钻孔桩的缺陷处理

钻孔桩缺陷常用的处理方法:一是将缺陷部位凿除再重新浇注或加桩补强;二是注浆修补桩身缺陷,提高桩身强度,或是在桩周注浆改善桩—土界面

的相互作用,提高桩基承载力。

#### 例 1:修改桩基设计。

1 号墩基础为 4 根桩径为 1.8 m 的挖孔桩,设计桩长 18.13 m,桩底标高—17.58 m,支承桩  $R_a=9.3$  MPa。当施工达到桩底设计标高时,岩石破碎,弱风化砂岩强度不均匀,在现场的监理和设计代表都怀疑设计强度。为此,业主邀请了监理、设计、施工单位审查地质资料,并查核了保存的地质孔岩样,认为取用的岩石设计强度偏高,承载力不足,施工不能终孔。并决定由设计单位提供修改桩基设计图。

重新设计的钻孔桩,桩底标高为—29.58 m,桩长 30.13 m,经对成桩超声波检测,判断承载力符合设计要求。

#### 例 2:注浆法处理。

2 号墩 A—1 号桩,混凝土灌注中,埋管太深,提管过猛,使下料斗与导管连接拉开,泥浆进入导管,又未彻底清理,继续灌注混凝土。经超声波检测,判断桩身混凝土有夹泥、离析严重缺陷。经设计、施工、监理单位研究,决定采用压浆处理。

##### 压浆处理步骤如下。

① 钻孔取芯:在声测管正三角边中部布 3 个  $\phi 110$  mm 地质孔取芯,深达缺陷下约 2 m。分析芯样,查明缺陷位置、范围。

② 压水清渣:利用取芯孔,以泵压大于 20 MPa 的高压水流冲洗夹泥段混凝土,压入清水利用水循环将夹泥和废渣排出桩身,当出水口水由浊变清时再换孔轮流处理,直至所有孔水流成清水,即可结束清理。

③ 注浆:浆液用 0.3 : 1 纯水泥配制,并掺入一定量的减水剂和膨胀剂。用压入的浆液置换清水,出浆口流出的浆液与注入的浆液比重相同时,封闭出浆口,继续补浆,使夹层部位得到水泥浆的充填,当浆液压力达到 2 MPa 时停止注浆。

④ 超声波检测:注浆处理后(7 d),经超声波检测,压浆处理效果明显,只有一个孔道发现波形稍差,存在局部离析缺陷,经过计算机对桩身混凝土截面拟合,断面大于 2/3,经承载力验算,基本上满足设计要求。

#### 例 3:断桩处理。

4 号墩 A—1 号桩,设计桩径为 1.8 m,桩长为

43.73 m 的支承桩。因水泥质量造成混凝土离析,在泵送过程中卡管,中断混凝土灌注,在桩底以上约 5 m 处断桩,钢筋笼拔不出来。

处理方法:派潜水工下到混凝土表面,水下切割钢筋笼,吊走钢筋笼后重新钻孔,成桩。

#### 例 4:补桩处理。

10 号墩 A—2 号桩,设计桩径为 1.2 m,桩长 49 m 的摩擦桩,桩底设计标高为—49.24 m。超声波检测在标高—44.4~—46 m 处混凝土有严重夹泥缺陷,分析缺陷的原因可能因首批混凝土储量不足,灌注混凝土下落后不能有效埋住导管口,以致泥水从管底进入。考虑到桩较长,缺陷发生在近桩底部,处理混凝土的夹泥可能有困难,决定采用补桩处理。

经计算,补桩采用桩径 1.2 m,桩长 28 m,持力层为卵砾中砂层。为方便施工和有利于桩的受力,桩位布置在 A2—B1 的对角线外侧。

#### 例 5:接长桩处理。

23 号墩 A—1 号桩,经超声波检测,桩头下约 2 m 范围内混凝土离析、松散。原因是灌注将近结束时,浆渣过稠,测深锤未能达到混凝土表面发生误判,以致过早终止灌注而造成桩头事故。此处受力复杂,水平承载力要求高,决定用人工凿掉缺陷桩段,重新浇注接桩混凝土。

### 3 结语

灌注桩的施工过程要分工明确,密切配合,统一指挥,做到快速连续高质量地灌注水下混凝土。纵观灌注桩的质量事故,多数与导管质量有关,因此,在灌注混凝土前应对导管按施工规范进行必要的水密、承压和接头抗拉等试验,杜绝导管漏浆、破裂等事故。并要有足够的备件。灌注中埋管要保持科学的深度,避免造成管底进泥浆或提管拔坏接头,引起桩身混凝土夹泥等缺陷的发生。

如果出现事故,应分析原因,采取合理的技术措施,及时设法补救。对确实存在缺陷的桩,应尽可能设法补强,不宜轻易废弃,造成过多的损失。

经过补救、补强的桩,须认真检验,合格后方可使用,对质量极差,确实无法利用的桩,应与设计单位研究用补桩或其他措施处理。