

# 自平衡法在十二里河梁式渡槽桩基检测中的应用

黄芬, 杨桦

(中国水利水电第十工程局有限公司, 四川 成都 610072)

**摘要:**以南水北调南阳二标段十二里河梁式渡槽基础大直径、深基础灌注桩自平衡法静载试验为实例,介绍了桩基自平衡静载试验的原理及测试过程,并根据检测数据进行了计算分析,试验结果满足设计要求,解决了设计单桩大吨位承载力桩基检测的难题,值得在类似工程中推广使用。

**关键词:**大直径桩基;自平衡静载试验;载荷箱;极限承载力;梁式渡槽桩基

**中图分类号:**TV68;TV522;TV553;TV41

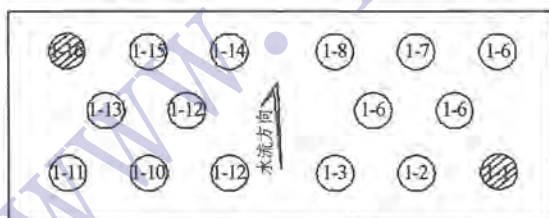
**文献标识码:** B

**文章编号:**1001-2184(2014)02-0021-03

## 1 工程概述

南水北调中线一期工程南阳段二标段十二里河涵洞式渡槽位于十二里河进口与姚湾东南公路桥之间,与总干渠轴线正交,其设计流量为340 m<sup>3</sup>/s,最大流量410 m<sup>3</sup>/s,设计水深7.5 m。工程主要由进口渐变段、进口闸室段、进口连接段、渡槽段、出口连接段、出口闸室段、出口渐变段等七部分组成。

进口段与上游渠道和槽身相连,渡槽尺寸(宽×高×长×槽数)为13 m×7.8 m×60 m×2。渡槽槽身形式为开口箱型,2孔—13 m×7.8 m,其中槽身分为两跨,每跨30 m。槽墩采用空心墩,壁厚0.8 m,墩顶和墩底各设1 m实体段。槽台采用双柱式墩身,柱径3 m。槽墩及槽台均为钻孔灌注桩基础,桩径1.8 m,平均桩长45 m,每个墩、台下设16根桩基,具体布置见图1。



图例: 本次检测桩位

图1 墩桩基布置图

## 2 桩基自平衡测试原理

自平衡测桩法是在桩尖附近安设荷载箱,沿垂直方向加载,即可同时测得荷载箱上下部各自的承载力。这是利用上段桩侧阻和下段桩侧阻与

端阻自相平衡的一种测桩法。有关测试原理见图2、3。自平衡测桩法的主要装置是一种经特别设计、可用于加载的荷载箱,主要由活塞、顶盖、底盖及箱壁四部分组成。顶、底盖的外径略小于桩的外径,在顶、底盖上布置有位移棒。将荷载箱与钢筋笼焊接成一体放入桩体后,即可浇筑混凝土成桩。荷载箱是该测试法的关键设备,测试前埋入桩的位置应根据设计图和专门的规范要求经计算确定。

试验时,在地面上通过油泵加压,随着压力增加,荷载箱将同时向上、向下发生变位,促使桩侧阻力及桩端阻力的发挥。由于加载装置简单,多根桩可同时进行测试。

荷载箱中的压力可用压力表测得,荷载箱的向上、向下的位移可用位移传感器测得。因此,可根据读数绘出相应的“向上的力与位移图”及“向下的力与位移图”,根据两条 $Q \rightarrow S$ 曲线及相应的 $s - \log t$ 、 $s - \log Q$ 曲线,可分别求得荷载箱上段桩及下段桩的极限承载力,将上段桩极限承载力经一定处理后与下段桩极限承载力相加,即为桩极限承载力。

## 3 自平衡静载试验的特点

自平衡静载试验和传统桩基试验相比较,具有以下特点:

(1)不受场地条件限制,不需要几百吨甚至几千吨重的载荷,也不需要锚桩及反力梁,对试验场地要求低,还适用于水上桩体试验、斜坡场地桩体试验及狭窄场地桩体试验。该方法还具有占地面积小,对施工干扰小,对工程进度影响小的优点。

收稿日期:2014-03-22

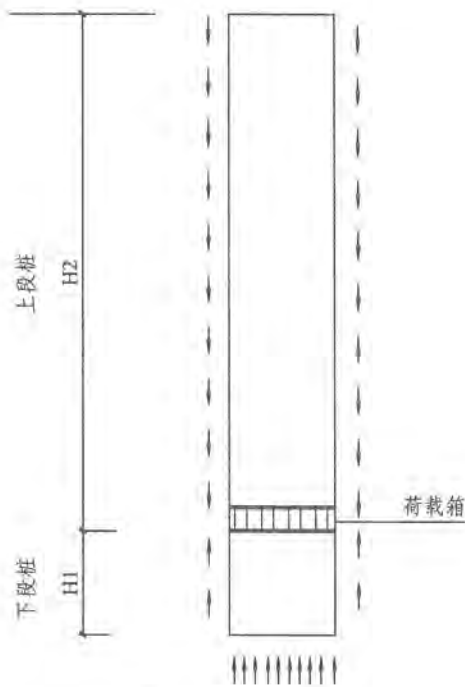


图 2 自平衡示意图

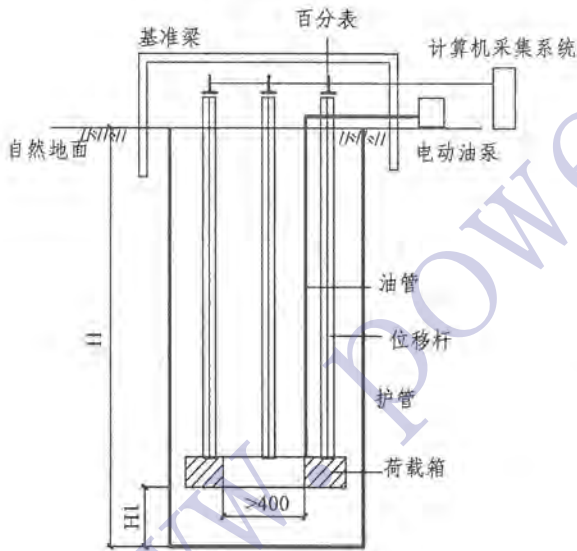


图 3 桩基自平衡测试系统图

(2)能够解决大承载力桩基试验问题。目前国内自平衡法桩基试验的单桩最大承载力高达 130 000 kN,最大桩径为 2.8 m,最大桩长为 125 m,远远大于传统试验的极限。

(3)重复试验方便,可以在不同的桩体深度(双荷载箱或多荷载箱)以及在同一桩体深度的不同时间(桩底压浆处理前后)在同一根桩上方便地进行试验。

(4)与其他测试元件相配合,能准确地确定桩侧土的侧阻系数和桩端土的端阻系数,与勘察设计取值相验证,可用于指导、优化勘察设计工作。

(5)试验后经过一定的处理,如利用预埋管对荷载箱部位进行压力灌浆处理,试验桩仍可作为工程桩使用。

#### 4 测试桩的基本参数

根据设计及相关规范要求,十二里河梁式渡槽桩基试验检测确定在 1#墩位置上选取两根桩进行自平衡法测试。所抽取的两根桩的有关设计参数见表 1。

表 1 自平衡测试的桩基设计参数表

序号	桩号	槽墩号	桩径 $D$ /mm	桩长 $L$ /m	设计竖向外 荷载 /kN	最大试验 荷载 /kN
1	1# 桩	1#墩	1 800	50 (有效)	12 078	24 160
2	16#桩			50 (有效)		

#### 5 测试方案及方法

##### 5.1 试验设备

试验仪器设备主要有囊式荷载箱、电子位移计、电动油泵、电脑及数据自动采集仪、精密压力表等。本工程选取的仪器设备及相关要求如下:

(1)环形囊式荷载箱加载值的率定曲线由计量部门标定。

(2)高压油泵的最大加压值为 60 MPa,加压精度为每小格 0.5 MPa,其压力表亦由计量部门标定。

(3)电子位移传感器由计量部门标定,量程 100 mm,每桩 6 只,2 只用于量测桩身荷载箱处的向上位移,2 只用于量测桩身荷载箱处的向下位移,2 只用于量测桩顶的向上位移。

##### 5.2 试验方法

(1)试验按照《《公路桥涵施工技术规范》(JTJ041 - 2000)和《基桩静载试验自平衡法》(JT/T738 - 2009)进行,采用慢速维持荷载法(自平衡法),加载装置依靠荷载箱上部桩的摩擦阻力和桩重与荷载箱下部桩的端阻力相互提供反力。

(2)荷载分级:以预估极限值 24 160 kN 的 50% 为依据,即 12 080 kN 为试验加载极限值,分为 10 级,每一级为 1 208 kN。采用逐级等量加载;其中第一级取分级荷载的 2 倍。当桩顶沉降



速率达到相对稳定标准时,再施加下一级荷载,卸载分 5 级进行,每级卸载量取加载时分级荷载的 2 倍,逐级等量卸载。

(3) 沉降观测:加载时每级荷载施加后按照第 1 h 内观察第 5、15、30、45、60 min 的位移值,以后每隔 30 min 测读一次,卸载时每级荷载卸载后前 30 min 内每隔 15 min 测读一次残余沉降,以后每隔 30 min 再读一次,全部卸载后,隔 3~4 h 再读一次。

(4) 终止加载条件。①某级荷载作用下,桩顶沉降量大于前一级荷载作用下沉降量的 5 倍(注:当桩顶沉降能稳定且总沉降量小于 40 mm 时,宜加载至桩顶)。②某级荷载作用下,桩顶沉降量大于前一级荷载作用下沉降量的 2 倍,且经 24 h 尚未达到稳定标准。③已达加载装置的最大加载量。④当荷载-沉降曲线呈缓慢变形时,将加载至桩顶的总沉降量控制在 60~80 mm;在特殊情况下,可根据具体要求加载至桩顶累计沉降量不超过 80 mm。

(5) 单桩极限承载力的确定。依据《基桩静载试验自平衡法》(JT/T 738-2009),按照实测荷载箱上( $Q_u$ )、下( $Q_{ux}$ )位移计算承载力,计算公式如下:

$$Q_u = \frac{Q_u - W}{\gamma} + Q_{ux}$$

式中  $Q_u$  为单桩竖向抗压实测承载力; $Q_{ux}$  为荷载箱上部桩的实测加载值,按《公路桥涵施工技术规范》(JTJ 041-2000)附录 B“试桩试验办法”确定; $Q_{ux}$  为荷载箱下段桩的实测加载值,按《公路桥涵施工技术规范》(JTJ 041-2000)附录 B“试桩试验办法”确定; $W$  为荷载箱上部桩的有效自重; $\gamma$  为荷载箱上部桩侧阻力修正系数。对于粘性土、粉土  $\gamma=0.8$ ;对于砂土  $\gamma=0.7$ ;对于岩石  $\gamma=1$ 。

针对该工程,考虑到地质情况和工程的重要性,取  $\gamma=0.8$ ,偏于安全。

### 6 检测结果分析

(1) 本工程 2 根单桩静载荷试验数据见图 4、5。

(2) 2 根单桩静载荷试验最大加载量、最大位移量及残余位移量见表 2。

(3) 试验结果。

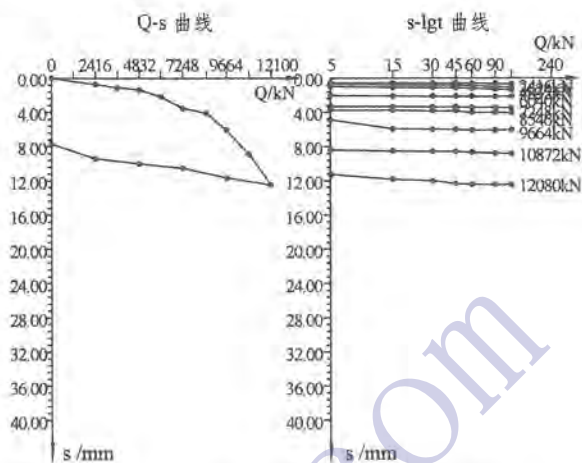


图 4 1-1#桩桩顶位移静载荷曲线图

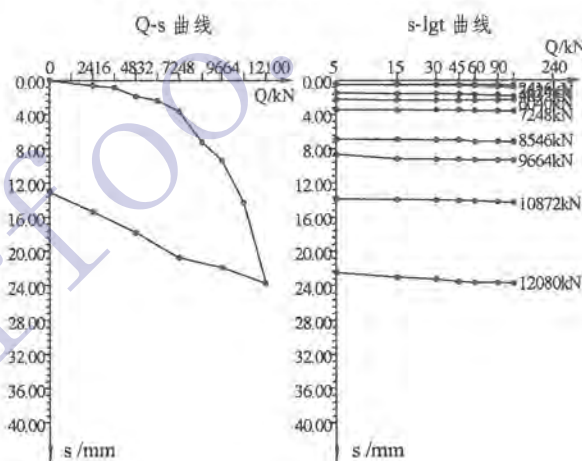


图 5 1-16#桩桩顶位移静载荷曲线图

表 2 自平衡静载试验数据汇总表

项目	桩 号	
	1-1#桩	1-16#桩
预定加载值/kN	2 × 12 080	2 × 12 080
最终加载值/kN	2 × 12 080	2 × 12 080
荷载箱到桩顶的距离/m	30.5	30.25
荷载箱处最大向上位移/mm	17.98	36.58
荷载箱处最大向下位移/mm	34.27	39.84
桩顶向上位移/mm	12.51	23.76
上段桩压缩变形/mm	5.47	12.82
荷载箱处向上残余位移/mm	12.72	21.66
荷载箱处向下残余位移/mm	20.76	25.18

本工程 2 点静载荷试验结果见表 3,1-1#桩的实测极限承载力的值为 24 755 kN,1-16#桩的实测极限承载力的值为 24 775 kN,均大于设计值 24 160 kN。

### 7 结 语

(下转第 35 页)

(Ram)模型解析的块度  $R-R$  分布曲线与爆破筛分累积曲线非常接近,见图 3;3A 和 3B 填筑料爆破试验参数见表 5、6。

表 5 试验参数和模型参数对比表

项 目	试验编号	
	3B-1	3B-2
台阶高度	10 m	10 m
孔距 $a$	2.5 m	2.5 m
排距 $b$	2.5 m	2 m
钻孔直径 $d$	90 mm	90 mm
单孔装药 $Q$	40 kg	40 kg
单耗 $q$	0.64	0.8
装药方式	连续耦合	连续耦合
坚固系数 $A$	10	10
炸药系数 $E$	100	100
$X_{50}$ 计算值	28.87 cm	24.15 cm
$X_{50}$ 实际值	15	12
$K_c$	0.519	0.49

表 6 试验参数和模型参数对比表

项 目	试验编号	
	3B-1	3B-2
台阶高度	10 m	10 m
孔距 $a$	2.5 m	2.5 m
钻孔直径 $d$	90 mm	90 mm
抵抗线 $W$	1.77	1.57
装药方式	连续耦合	连续耦合
间距系数	1.41	1.59
钻孔精度 $e$	0.5	0.5
计算 $n$ 值	1.335	1.38
实际 $n$ 值	1.01	1
$K_n$	0.749	0.724

## 6 结 语

库兹涅佐夫(Kuznetsov)-罗森拉姆(Rosin-Rammler)模型的数学计算相对比较简单,其计算成果可以绘制成块度分布曲线。通过爆破试验,对模型中的  $A$  值(岩石坚固系数)和  $n$  值(块度均匀性指标)的修正,可以使公式适应不同的岩石和爆破参数。通过修正后的公式,可以利用爆破参数(如最小抵抗线  $W$ ,孔距  $a$ ,排距  $b$ ,炸药单耗  $q$ ,炮孔直径  $d$  等)较为准确地对爆破块度进行量化分析,提供了一种较为成熟的、快速确定爆破料级配曲线的方法。通过块度模型的应用,可以提高爆破试验的效率,同时,当地质条件发生变化时,该模型可以用于快速调整爆破参数。

### 参考文献:

[1] 张正宇,等.现代水利水电工程爆破[M].北京:中国水利水电出版社,2003.

### 作者简介:

杨 尹(1982-),男,四川新都人,工程师,学士,从事水电工程建设施工技术与管理工作的;

蔡 云(1985-),女,四川攀枝花人,工程师,学士,从事水电工程建设施工技术与管理工作的;

尹 斌(1985-),男,宁夏吴忠市人,工程师,学士,从事水电工程建设施工技术与管理工作的。

(责任编辑:李燕辉)

(上接第 23 页)

表 3 自平衡静载试验结果表

桩号	上段桩的实测最大加载值	上段桩的自重	下段桩的实测最大	单桩竖向抗压实测承载力
	$Q_{uk}/kN$		加载值 $Q_{uk}/kN$	$Q_{uk}/kN$
1-1#桩	12 080	1 940	12 080	$(12\ 080 - 1\ 940)/0.8 + 12\ 080 = 24\ 755$
1-16#桩	12 080	1 924	12 080	$(12\ 080 - 1\ 924)/0.8 + 12\ 080 = 24\ 775$

(1)自平衡静载试验结果表明:1-1#、1-16#桩的桩端承载力特征值分别为 12 376 kN、12 388 kN,两根桩的单桩竖向抗压承载力特征值均满足设计要求(设计承载力特征值为 12 078 kN);在最大试验荷载作用下,桩身质量完好。

(2)桩基自平衡静载试验在桩身内部寻求加载反力,不再需要外部的加载反力,因而可以在某些试验环境困难时,完成传统桩基堆载试验方法不能完成或很难完成的试验,同时也是大承载力

桩基静载试验的一种发展方向。随着该检测技术的不断成熟和发展,桩基自平衡法静载试验必将受到越来越多人的认可和推广应用。

### 参考文献:

[1] 公路桥涵施工技术规范, JTJ041-2000[S].

[4] 桩基静载试验自平衡法, JT/T738-2009[S].

### 作者简介:

黄 芬(1971-),女,四川大竹人,工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作;

杨 桦(1983-),男,四川资阳人,助理工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)