

京杭运河特大桥工程压力注浆扩底桩和普通混凝土灌注桩承载力试验

万毅

(江苏省工程勘测研究院, 江苏 扬州 225002)

摘要:以扬州市南绕城高速公路京杭运河特大桥为例,通过静载荷试验和桩体内埋设的钢筋应力计的观测,探讨压力注浆扩底桩竖向抗压内力分布,比较压力注浆扩底桩和普通混凝土灌注桩承载力变化状况。试验表明,压力注浆扩底桩桩侧摩阻力和桩端阻力较普通混凝土灌注桩有明显提高。

关键词:压力注浆;桩侧摩阻力;桩端阻力;灌注桩;扩底桩

中图分类号:TU473.1*6

文献标识码:B

文章编号:1006-7647(2001)07-0168-02

扬州市南绕城高速公路京杭运河特大桥位于扬州市城南,桥全长 716.16 m,跨径组合为 $9 \times 30 \text{ m} + (50 + 70 + 50) \text{ m} + 9 \times 30 \text{ m}$, 30 m 跨径为 I 型组合简支梁, $(50 + 70 + 50) \text{ m}$ 为预应力连续箱梁桥。该桥下部结构为肋板式桥台,柱式墩,基础拟为普通混凝土灌注桩或压力注浆扩底桩。为优化方案,这两种桩在现场各施工一根并进行静载试验,以比较承载力。

1 试桩方案

桥址区地貌为长江下游冲积平原,地形较为平坦,土层土质主要为:①亚粘土(表层),软塑-流塑,厚度 4.2 m;②亚粘土,软塑,局部夹薄层粉砂,厚度 5.0 m;③粉砂,稍密状,厚 5.5 m;④粉砂、细砂,中密状,厚 10.0 m。

1 号桩为普通混凝土灌注桩,桩径 $D = 1200 \text{ mm}$,桩长 $L = 32.5 \text{ m}$,设计单桩极限承载力 $Q = 5700 \text{ kN}$; 2 号桩为压力注浆扩底桩,桩径 $D = 800 \text{ mm}$,桩长 $L = 18.9 \text{ m}$,埋设 4 对钢筋应力计,分别距桩顶 1.1 m, 14.6 m, 16.2 m, 18.6 m,在混凝土初凝后进行压浆,压力稳定在 2 MPa,瞬时压力可达 3~4 MPa。

2 试验情况及结果

本次静载荷试验采用堆载装置进行,试验按规范^[1]附录 C 进行,两根桩 $Q-s$ 曲线均未明显陡降,为缓变形(图 1),但累计沉降量均超过 40 mm,根据规范^[1]可取最终荷载为极限承载力(表 1);2 号桩在每级荷载作用下都对钢筋应力计进行频率观测,根据频

率数值计算桩断面轴向力、侧阻力和端阻力(表 2)。

表 1 单桩竖向承载力静载荷试验成果

桩号	最终荷载 /kN	累计沉降 /mm	单桩极限承载力 /kN
1	7300	40.58	7300
2	6075	45.85	6075

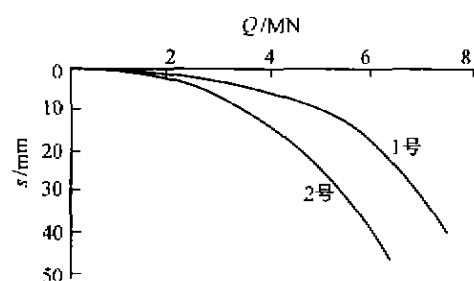


图 1 试桩 $Q-s$ 曲线

2.1 2 号桩竖向抗压内力分布

a. 桩身轴向力分布. 根据钢筋应力计频率值计算出在每级荷载下 4 个断面轴向力分担值(表 2),绘制桩身各断面轴向力分布图,各断面力分布趋势为上部较高,随着深度增加而逐渐减小,在最终荷载作用下桩端阻力为 1140 kN(图 2)。这是由于桩在注浆扩底后,底部与土结合较密实,施加荷载后,桩侧、桩底基本同时受力,因上部土摩阻力作用,桩下部及桩底受力略有滞后,而普通混凝土灌注桩在受力作用下,由于桩端虚土等原因,荷载在桩承载能力范围内主要集中在桩的上部(侧壁摩阻力发挥作用),在极限荷载作用下(即桩体与桩周土出现明显滑移),桩端阻力才完全发挥作用。由此可知,普通混凝土灌

表 2 2 号桩断面轴向力、桩侧阻力、桩端阻力(根据钢筋应力计频率值计算)

序号	荷载 /kN	钢筋应力计断面轴向力/kN				桩侧摩阻力 q_s /kPa			桩侧总阻力	桩端总阻力
		1	2	3	4	I 段	II 段	III 段	/kN	/kN
1	1350	1350	340	140	110	29.7	49.3	5.1	1240	110
2	2160	2160	570	300	240	46.6	68.7	9.6	1920	240
3	2970	2970	780	490	320	64.3	73.9	27.0	2650	320
4	3510	3510	970	690	410	74.6	70.1	45.4	3100	410
5	4050	4050	1240	920	550	82.4	79.4	62.4	3500	550
6	4590	4590	1390	1100	690	93.9	75.6	66.8	3900	690
7	5130	5130	1640	1340	850	102.5	75.4	80.6	4280	850
8	5670	5670	1920	1580	980	110.1	85.6	98.8	4690	980
9	6075	6075	2130	1750	1140	115.8	95.0	101.3	4935	1140

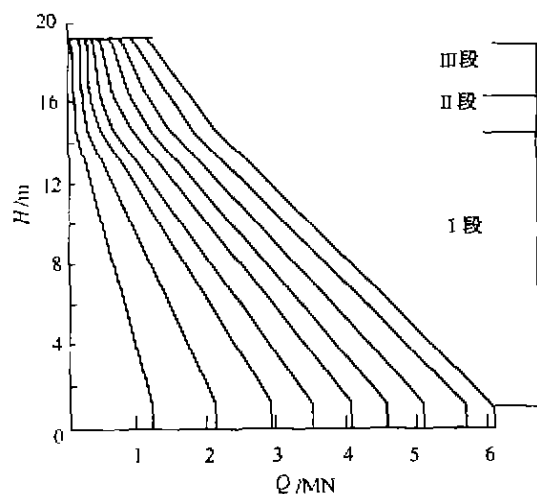


图 2 2 号桩承载力沿桩身分布

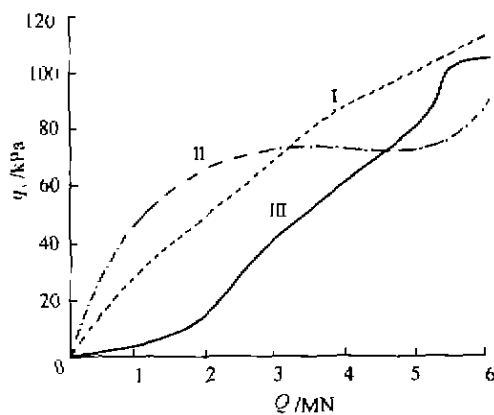


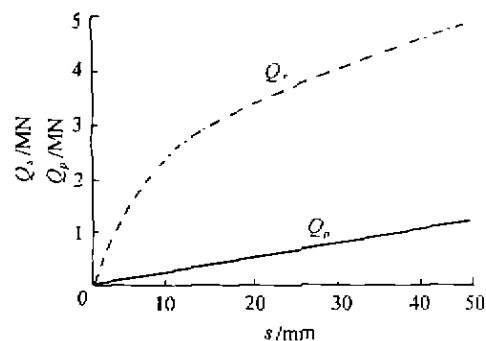
图 3 2 号桩桩侧摩阻力曲线

注桩和压力注浆扩底桩在荷载作用下对力的分配方式和对土的作用机理是不同的。

b. 桩侧摩阻力分布。将 2 号桩按钢筋应力计埋设的位置分为三段(I, II, III 段),由钢筋位置所对应的桩身轴向力,计算出各段桩侧平均摩阻力 q_s (表 2),由摩阻力曲线变化图(图 3)可知,桩顶施加荷载后,深度 16m(第 3 组钢筋应力计)以上桩侧(I、II 段)摩阻力率先发挥并迅速增长,下部桩侧摩阻力发挥较慢,随着桩顶荷载增加,桩身弹性压缩变形和桩顶沉降也增大,桩土之间位移相对增大,桩侧

摩阻力得以充分发挥,从 q_s 变化曲线看,在最终荷载作用下,摩阻力达到 95~120 kPa,仍有继续增长的趋势。

c. 桩端阻力的变化。由 2 号桩 $Q_s \sim s$ 和 $Q_p \sim s$ 曲线(图 4)可知,桩端阻力缓变上升,在最大荷载作用下可达 1140 kN,这与理论上先发挥桩侧摩阻力,桩端受力较小或基本不受力有了本质的变化,同时桩端阻力与桩侧摩阻力配合,使后者得以提高。

图 4 2 号桩 $Q_s \sim s, Q_p \sim s$ 曲线

2.2 压力注浆扩底桩承载力分析

a. 压力注浆扩底桩静荷载试验结果。单桩极限承载力 6075 kN,总极限端阻力 $Q_p = 1140$ kN,总极限侧摩阻力 $Q_s = 4935$ kN。参照规范^[1]给定的极限端阻力标准值(q_{pk})、极限侧阻力标准值(q_{sik})进行计算,同等条件下普通混凝土灌注桩单桩极限承载力为 2600 kN,两者比较,压力注浆扩底桩比普通混凝土灌注桩极限承载力提高 1 倍左右。

b. 对本次试验的普通混凝土灌注桩和压力注浆扩底桩进行比较。普通混凝土灌注桩单方混凝土提供的承载力为 189 kN,压力注浆扩底桩单方混凝土提供的承载力为 402 kN,两种桩型的单位桩体材料承载力比值约为 1:2。

3 结 论

a. 压力注浆扩底桩与普通混凝土灌注桩相比,可大幅度提高桩的承载力,(下转第 178 页)

表的制作工作。

2 复杂报表的形成

为了具体说明上述过程的实现,以江阴长江大桥地基基础安全监测项目中的北锚前侧地基土内部水平位移观测孔的资料处理工作为例,说明如下:

a. 建立数据库.按时间与深度的关系,在 e:\江阴附属文件\excel 文件\目录下建立库文件名为水平位移库.xls 的工作簿,其中东西导槽方向的增量位移在 K01zd 工作表中。

b. 建立报表模板.在 e:\江阴附属文件\excel 文件\目录下建立文件名为测斜报表.xls 的工作簿,其中东西导槽方向的报表在 K01d 工作表中。

c. 建立可视化界面如图 1 所示。

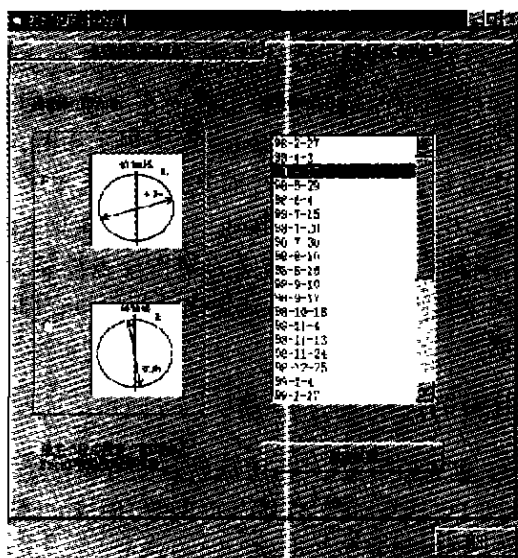


图 1 测斜孔数据处理可视化界面

d. VB 的 OLE Automation 编程.当单击形成报表按钮之后,其主要源代码如下:

```
Private Sub cmdk01_Click()  
Dim bookk As Excel.Workbook"测斜位移库"  
Dim k01zd As Excel.Worksheet  
Dim k01wd As Excel.Worksheet  
Set bookk = GetObject("e:\江阴附属文件  
    \excel 文件\测斜位移库.xls")  
Set k01zd = bookk.Sheets("k01zd")  
Set k01wd = bookk.Sheets("k01wd")  
Dim bookb As Excel.Workbook"测斜报表"  
Dim k01d As Excel.Worksheet  
Set bookb = GetObject("e:\江阴附属文件\excel 文件\测斜  
    报表.xls")  
Set k01d = bookb.Worksheets("k01d")  
Set k01n = bookb.Worksheets("k01n")  
Set k02d = bookb.Worksheets("k02d")  
Set k02n = bookb.Worksheets("k02n")
```

```
Dim col As Integer  
Dim row As Integer  
Dim a As Date  
Dim b As Integer  
"形成 k01 孔的东西向的报表"  
If Optionk01d.Value = True Then  
    //填写表头数据  
k01d.Cells(2,2).Value = CDate(Listk01.Text)  
k01d.Cells(2,6).Value  
    = CDate(Listk01.List(Listk01.ListIndex - 1))  
    //填写数值  
a = CDate(Listk01.Text)  
b = jslhk01(a)  
For row = 4 To 107  
    k01d.Cells(row,1).Value  
        = k01zd.Cells(row - 2, 1)  
    k01d.Cells(row,2).Value  
        = k01zd.Cells(row - 2, b)  
    k01d.Cells(row,3).Value  
        = k01wd.Cells(row - 2, b)  
Next  
k01d.Application.Visible = True  
bookb.Windows(1).Visible = True  
k01d.Activate  
End If  
End Sub
```

3 结 语

本文探讨了利用 VB OLE Automation 及 Excel 实现监测资料处理中复杂报表的自动形成技术,为固定格式批量数据的报表形成及相应的图形制作提供了一条快捷、安全的途径。

(收稿日期:2001-08-08 编辑:马敏峰)

(上接第 169 页)不仅提高桩端阻力,而且可以提高侧阻力。

b. 在上部结构相同条件下,采用压力注浆扩底桩比普通混凝土灌注桩节省工程造价,若计入因桩数减少相应桩承台混凝土量的节约,其经济效果显而易见。

c. 压力注浆技术具有造价低、施工简单、质量稳定等优点,适用于多种土质,同时压浆位置不仅在孔底,也可以在其它需要的部位,具有较强的灵活性和适用性。

参考文献:

- [1] JGJ94-94, 建筑桩基技术规范。
- [2] GBJ10-89, 混凝土结构设计规范。

(收稿日期:2001-08-22 编辑:马敏峰)