

文章编号: 0451—0712(2006)12—0026—06

中图分类号: TU473. 16

文献标识码: A

软基超长灌注桩承载性能的试验研究

谭晓琦

(云南省公路科学技术研究所 昆明市 650051)

摘 要: 结合云南昆安高速公路高架桥建设工程,对沿线2~6合同段的5根大直径超长桩进行试验研究,探讨软基超长灌注桩桩身的轴力传递规律和桩侧摩阻力的发挥性状,确定有效桩长及经验公式,以期对软土地基中超长灌注桩的理论研究和工程应用提供一定的借鉴。

关键词: 大直径超长灌注桩; 软土地基; 荷载传递; 现场试验; 经验公式

大直径超长灌注桩已被大量使用,但这类桩的荷载传递机理目前还不清楚,桩的设计仍按普通桩的计算理论计算。因此,研究超长灌注桩荷载传递机理,不仅是桩基理论发展的需要,更是工程界的迫切要求。

为此结合昆安高速公路的修建,云南省公安厅于2005年初下达了《超长灌注桩承载性能研究》课题,由昆安高速公路建设指挥部、云南省公路科学技术研究所、云南省公路规划勘察设计院共同成立课题组,旨在研究探索钻孔灌注桩的承载性能,寻求解决既能减小桩长又能提高桩的承载能力的有效途径,达到节约工程成本,造福于人民的目的。

1 课题依托工程实例

课题依托工程选择在昆安高速公路上,昆安高速公路是国家高速公路昆明~上海高速公路的起点段,穿越我国著名的滇池超深软土地带,该段高速公路1~6合同段采用高架桥形式,沿线桥梁桩基长度设计为85 m左右,为西部地区少见。为了弄清楚西部地区超长桩复杂的承载性能,保证高架桥具有足够的安全度,课题组决定对2~6合同段的3根线内桩、2根线外桩进行超长桩的荷载机理试验,旨在为桩基设计理论和工程实践积累宝贵的试验资料。

2 试桩的基本情况及工程地质状况

2.1 试桩的基本情况

试桩的基本情况见表1和表2。

表1 竖向承载试验超长桩的基本情况

编号	桩径 m	桩长 m	加载吨位 kN	垂直静载试验 反力装置	备注
1	2.2	85	20 000	钢筋堆载平台	线外
2	2.2	85	20 000	钢筋堆载平台	线外
3	2.2	80	10 000	钢筋堆载平台	线内
4	2.2	84	10 000	钢筋堆载平台	线内
5	2.2	85	10 000	钢筋堆载平台	线内

表2 水平承载试验超长桩的基本情况

桩号	桩径 m	桩长 m	加载吨位 kN	水平静载试验 反力装置	备注
1	2.2	85	165	反力墙	线外
2	2.2	85	165	反力墙	线外

2.2 试桩的工程地质状况

限于篇幅,本文只列出5根桩沿桩长土层由上至下的大致分布情况。

1号桩:人工填筑—亚砂土—粗砂含砾石—兰灰色粘土—亚粘土—泥炭土—深灰色粘土—亚砂土—粉砂;

2号桩:人工填筑—有机质粘土—兰灰色粘土—褐色、兰灰色粘土—粉砂质土;

3号桩:含泥碎块—泥炭土—可塑性粘土—亚砂土—粉砂土—褐灰色粘土—亚砂土—粉砂;

4号桩:人工填筑—泥炭土—亚砂土—饱和状细砂—亚粘土—有机质土—亚粘土;

5 号桩:人工填筑—黑灰色泥炭土—有机质粘土—兰灰色粘土—灰色砾砂土—粉砂土—亚粘土—细砂土。

3 超长桩桩身传感器测点布置

根据桩基位置的土层地质状况及桩的受力特点,为保证必要的测试数据,同时还要考虑埋设传感器时施工的可操作性等,线内桩、线外桩分别在 6 个、8 个测试截面埋设传感器,每根桩桩底埋设压力盒。

4 加载装置

目前国内类似工程实例较为少见,省内还无工程先例。我们认为加载系统的成功与否决定桩基试验的成败。因此,根据加载吨位要求,我们对 10 000 kN、20 000 kN 加载系统进行了专门的设计。

4.1 10 000 kN 加载系统

试验加载装置采用混凝土承重墙和矩形钢梁组成堆载平台,油压千斤顶作为加载反力装置,在堆载平台上堆放配重钢筋。混凝土承重墙采用扩大基础,因 5 号桩地基承载力较差,在混凝土承重墙下采用长 15 m、直径 40 cm 的数根碎石桩作为承重墙基础。加载起顶装置由 4 个 400 t 千斤顶并联组成,使用前均对千斤顶进行了标定,根据标定的率定曲线换算成相应的分级荷载,由高压泵站加压。

4.2 20 000 kN 加载系统

对 20 000 kN 加载系统进行了专门的设计。在设计时,我们考虑了多种方案,并经结构计算分析及经济比较,最后决定采用现浇钢筋混凝土加载平台。钢筋混凝土加载平台是由主梁、次梁、配重块、护壁、基准杆、人行通道等组成,分多次浇注而成。加载平台上堆放施工用的钢筋线材,可以节约一部分租赁荷载的成本。

加载起顶装置由 8 个 320 t 千斤顶并联组成,使用前均对千斤顶进行了标定,根据标定的率定曲线换算成相应的分级荷载,由高压泵站加压。

试桩沉降测量采用数字百分表自动测量。固定和支承百分表的夹具及基准梁在构造上确保不受气温、振动及其他外界因素影响。

5 超长桩试验内容

5.1 桩身完整性检测

根据规范,对符合龄期要求的 5 根桩进行了桩身完整性检测,其检测结果符合规范要求,具备进行

静载试验的条件。

5.2 超长桩竖向及水平荷载试验

按《建筑基桩检测技术规范》(JGJ—2003)的规定,5 根桩的竖向静载试验采用“慢速维持荷载法”进行加载,2 根线外桩的水平荷载试验采用连续加载方式进行,且以通道护壁处 1 m×3.4 m 的混凝土墙作为反力系统,采用顶推方式对桩顶施加水平力。竖向及水平荷载的分级、加载速度及卸载等满足规范要求。

6 超长桩受力性状分析

本次试验最重要的是超长桩竖向承载力和桩顶位移是否满足设计要求,现场荷载试验数据如下。

6.1 轴力分布曲线

5 根桩的轴力分布曲线见图 1~图 5,5 根桩桩侧摩阻力分布曲线见图 6~图 10;5 根桩的沉降曲线见图 11~图 15。

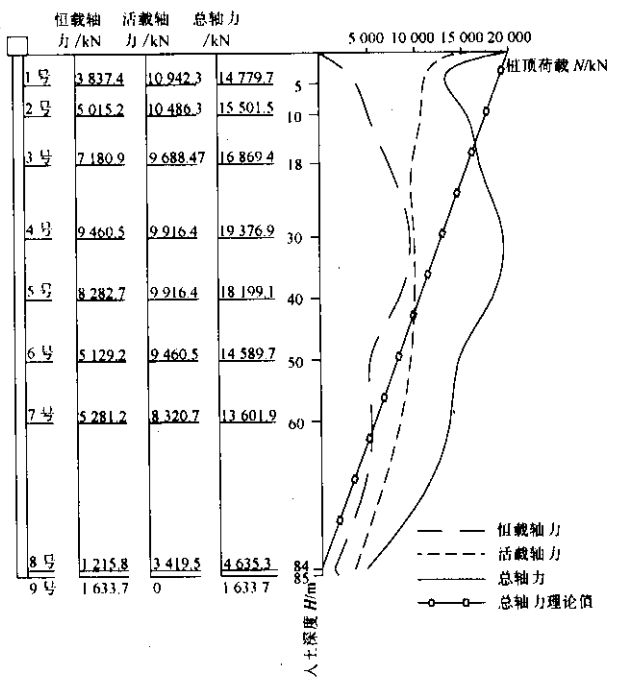


图 1 1 号桩 20 000 kN 超长桩的 N—H 曲线

6.2 单桩水平荷载试验

2 棵桩单桩水平荷载试验结果见表 3。

7 试验结果分析

7.1 竖向力及水平力结果分析

(1)1 号桩,根据图 1 可以分析出当桩顶荷载为 20 000 kN 时,桩身轴力沿着桩长衰减至 84 m,因此,认为该桩的有效桩长是 84 m。

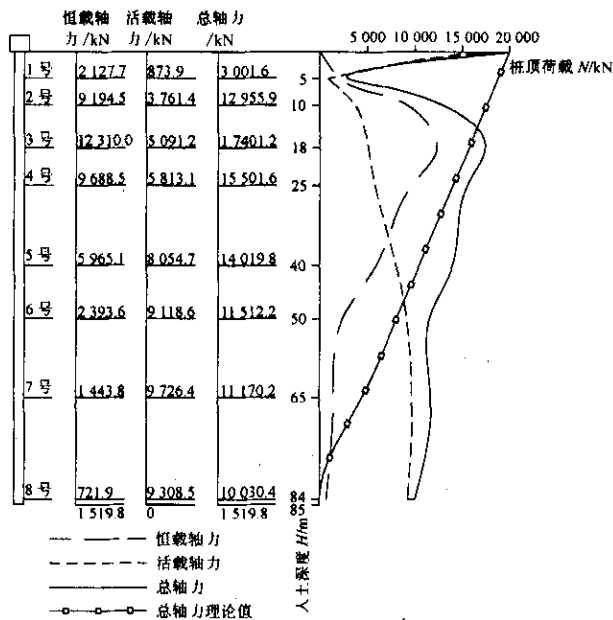


图2 2号桩 20 000 kN 超长桩 N-H 曲线

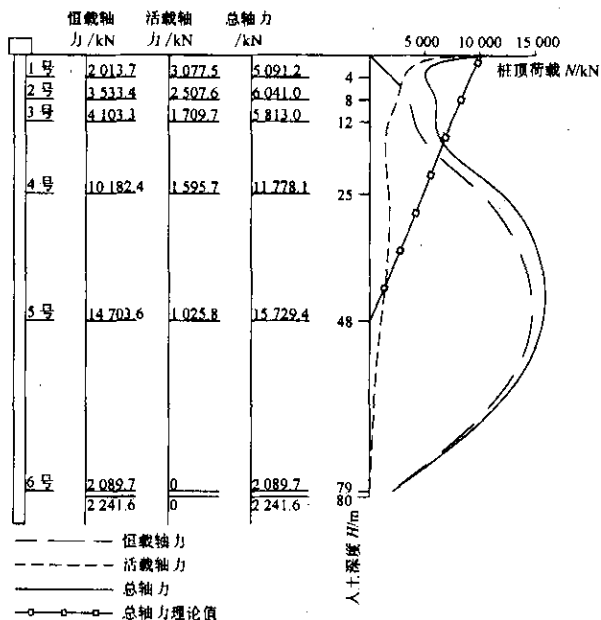


图4 4号桩 10 000 kN 超长桩 N-H 曲线

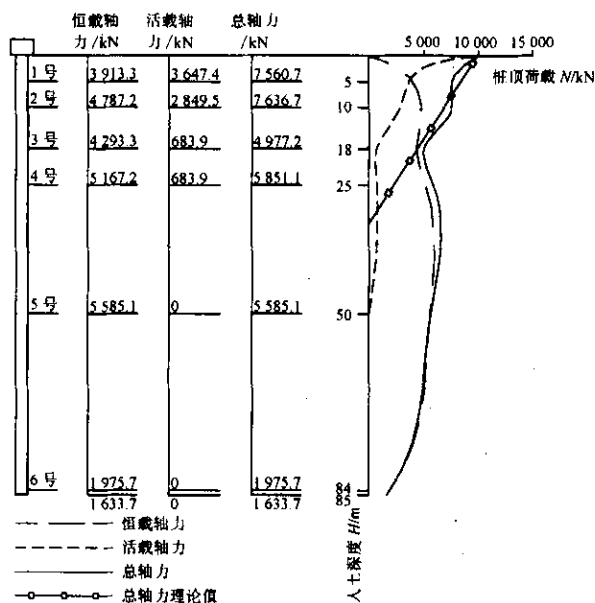


图3 3号桩 10 000 kN 超长桩 N-H 曲线

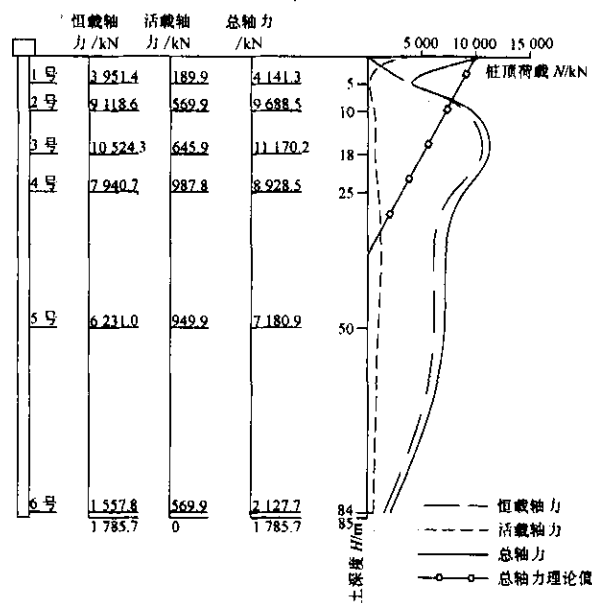


图5 5号桩 10 000 kN 超长桩 N-H 曲线

(2)2号桩,根据图2可以分析出当桩顶荷载为20 000 kN时,桩身轴力沿着桩长不呈衰减态式,表明深部土层较软弱,在桩侧阻力作用下桩周土体整体向下位移,桩周土体没有稳定,因此,没有实际意义上的有效桩长,即桩长不足。

(3)3号桩,根据图3可以分析出当桩顶荷载为10 000 kN时,桩身轴力沿着桩长衰减至50 m,因此,认为该桩土系统的有效桩长是50 m。

10 000 kN时,桩身轴力沿着桩长衰减至70 m,因此,认为该桩的有效桩长是70 m。

(5)5号桩,根据图3可以分析出当桩顶荷载为10 000 kN时,桩身轴力沿着桩长衰减至84 m,因此,认为该桩的有效桩长是84 m。

7.2 桩侧摩阻力试验结果分析

(1)1号桩桩侧阻力分布与桩周土体性质密切相关(见图6),桩侧阻力主要分布在超长桩的下部和顶部,桩顶出现较大的侧阻力可能与桩顶扩大部分

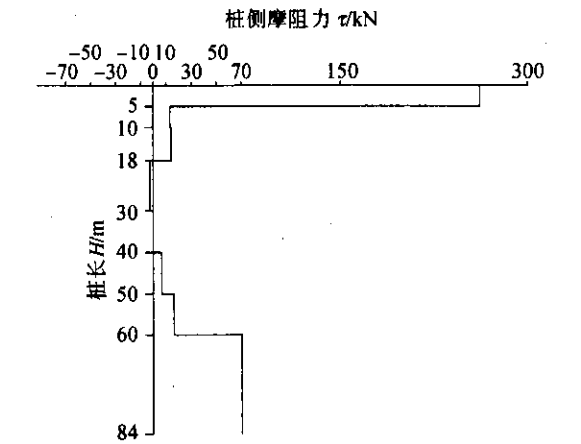


图 6 1 号桩 20 000 kN 桩侧阻力分布

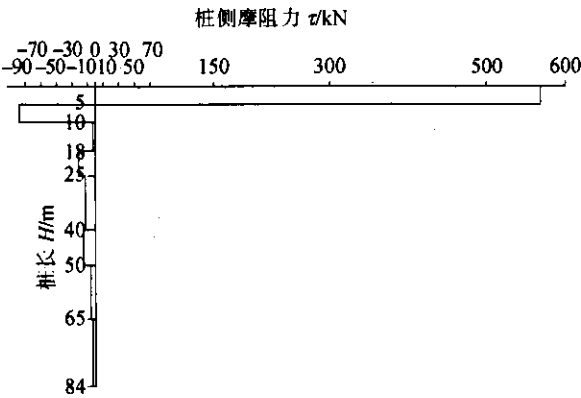


图 7 2 号桩 20 000 kN 桩侧阻力分布

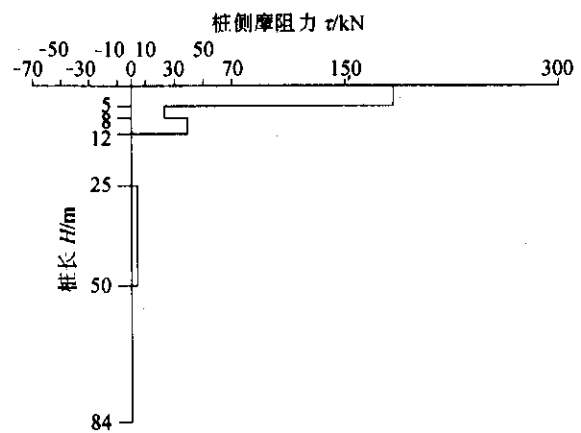


图 8 3 号桩 10 000 kN 桩侧阻力分布

有关。

(2) 2 号桩桩侧阻力主要分布在超长桩的顶部附近(见图 7), 深部桩侧阻力多为负摩阻力, 表明深部土层较软弱, 在桩侧阻力作用下桩周土体整体向下位移, 桩周土体没有稳定, 桩身轴力沿着桩长不呈衰减态式(见图 2), 因此, 认为该桩在深部存在负摩

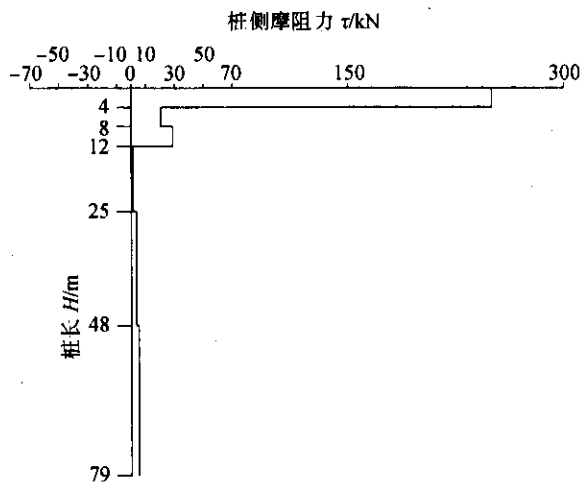


图 9 4 号桩 10 000 kN 桩侧阻力分布

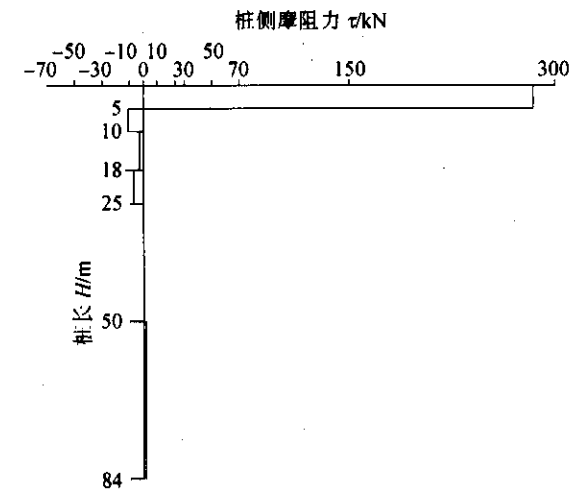


图 10 5 号桩 10 000 kN 桩侧阻力分布

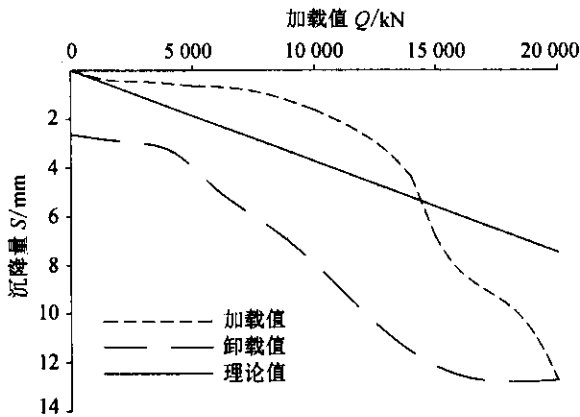


图 11 1 号超长桩 $Q \sim S$ 沉降曲线

阻力。

(3) 3 号桩桩侧阻力主要分布在超长桩的顶部附近(见图 8), 而桩身侧阻力较小, 桩顶出现较大的

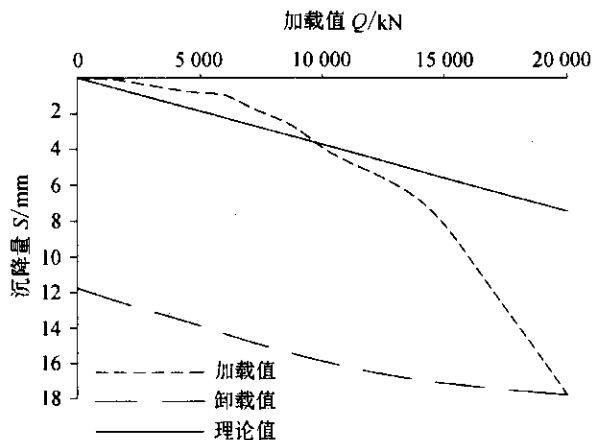
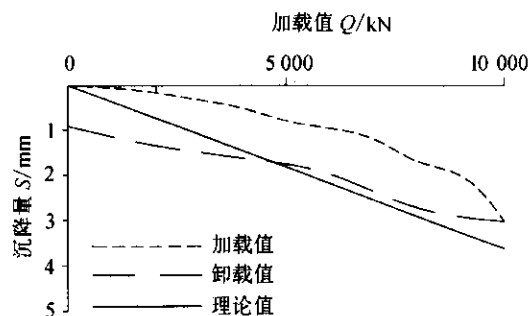
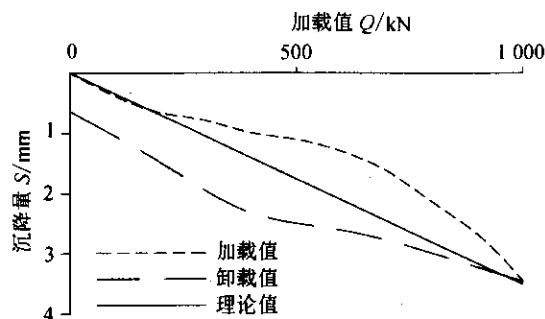
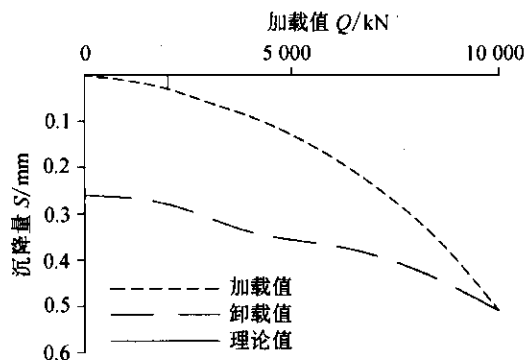
图 12 2 号超长桩 $Q \sim S$ 沉降曲线图 13 3 号超长桩 $Q \sim S$ 沉降曲线图 14 4 号超长桩 $Q \sim S$ 沉降曲线图 15 5 号超长桩 $Q \sim S$ 沉降曲线

表 3 2 组水平承载试验超长桩的主要结果

编号	桩径/m	桩长/m	水平极限荷载/kN	对应水平位移/mm
1	2.2	85	165	3.21
2	2.2	85	165	1.83

侧阻力可能与桩顶扩大部分及桩周土体性质密切相关。

(4) 4 号桩桩侧阻力主要分布在超长桩的顶部和下部(见图 9), 桩顶桩侧阻力大于桩底侧阻力。

(5) 5 号桩桩侧阻力主要分布在超长桩的顶部附近, 而桩身 5~50 m 范围桩侧出现负摩阻力, 50 m 以下桩身有摩阻力分布, 其桩顶出现较大的桩侧阻力, 可能与桩顶扩大部分有关(见图 10)。

7.3 沉降曲线分析

(1) 从 1 号桩的 $Q-S$ 曲线(图 11)可以看出, 当荷载加至 10 000 kN 时, 桩顶位移较小, 该点位于曲线拐点的前面较多, 这表明如果设计荷载是 10 000 kN, 则安全储备量较大。当荷载加至 13 000 kN 时, 曲线开始下降, 表明沉降速度加快, 但沉降的绝对数值不大, 荷载加至 16 000 kN 时, 曲线又开始反弯, 表明桩承载力提高, 到 18 000 kN 时曲线又有一个加速下降的过程, 随着沉降的增加, 意味着极限荷载的到来。

(2) 从 2 号桩的 $Q-S$ 曲线(图 12)可以看出, 当荷载加至 10 000 kN 时, 桩顶位移约 4 mm, 表明如果设计荷载是 10 000 kN, 则可满足要求。但根据沉降随着时间的变化, 桩在荷载作用下随着时间的增加, 有变形加快的趋势, 因此, 从该意义上考虑, 桩的长度还不够, 即还应增加桩长。

(3) 从 3 号、4 号、5 号桩的 $Q-S$ 曲线(图 13、图 14、图 15)可以看出, 当荷载加至 10 000 kN 时, 桩顶位移较小, 仅为 3.07 mm、3.46 mm、0.51 mm, 这表明设计荷载为 10 000 kN, 3 根桩安全储备量均较大。

5 根桩的试验结果见表 4。

表 3 的 2 组水平荷载试验结果表明, 在 165 kN 的水平荷载作用下, 桩的水平位移均较小, 1 号试桩的水平位移相对较大, 但也只达到 3.21 mm, 远小于有关桩基规范意义下的 6 mm。说明水平承载力有较大的安全储备。

7.4 有效桩长的确定

基桩存在有效桩长, 虽然目前还没有有效桩长确切的定义, 但人们对这个概念的理解还是比较一

表 4 5 根桩竖向承载试验的主要结果

编号	桩长/m	现场试验数据		桩承载力取值			
		终止试验荷载 kN	沉降量 mm	单桩竖向承载力 极限值/kN	极限值所对应的 的沉降量/mm	单桩竖向承载力 设计值/kN	特征值所对应的 沉降量/mm
1	85	20 000	12.74	20 000	12.74	10 000	1.63
2	85	20 000	17.82	20 000	17.82	10 000	3.92
3	84	10 000	3.07	10 000	3.07	10 000	3.07
4	80	10 000	3.46	10 000	3.46	10 000	3.46
5	85	10 000	0.51	10 000	0.51	10 000	0.51

致的。根据有效桩长的概念,有效桩长是随着桩顶荷载或桩顶沉降变化而变化的,是个动态值。因此认为:对有效桩长的定义,应基于工程结构允许桩顶沉降量所对应的桩承载力与桩长的关系,或由桩基设计荷载确定桩顶荷载下桩顶沉降与桩长的关系来定义。这可用桩长与桩的割线刚度关系来定义,即当基桩其他条件桩的形状、截面积大小、桩身材料等和地基土的特性一定时,在工程结构允许某定量的桩顶沉降或由桩基设计荷载确定的定量桩顶荷载下,随着桩长的增大,桩的割线刚度逐渐增加,但渐趋缓慢,当桩长达到某一数值时,桩的割线刚度的增加几乎为零,即把这个数值的桩长称为基桩的有效桩长。这里桩的割线刚度也是指桩顶荷载与桩顶沉降的比值。这个对有效桩长定义,基本上较合理也较全面。

本次现场荷载试验共进行了 5 根足尺试桩的竖向承压试验,根据各桩的地质资料和试验数据分析,推导出有效桩长的经验公式(略),得出各试验桩位处桩的有效桩长,见表 5,其中的理论计算桩长是根据相关参数估算的。建议取值是考虑到现有桩周土体情况和桩底土体情况确定的数值,供参考。对有

效桩长的经验公式还将进一步进行验证。

表 5 试验桩的有效桩长

试桩编号	工程采用 桩长	试验确定的 有效桩长	理论计算的 有效桩长	建议取值
1	85	84	80	85
2	85	>85	76	95
3	84	50	43	55
4	80	70	55	75
5	85	84	65	85

参考文献:

[1] 谭晓琦,等. 超长灌注桩承载性能研究课题研究总报告[R].
[2] 谭晓琦,等. 超长灌注桩承载性能研究课题现场试验研究报告[R].
[3] 桩基工程手册编写委员会. 桩基工程手册[M]. 北京: 建筑工业出版社,1995.
[4] JGJ 106—2003,建筑基桩检测技术规范[S].
[5] 刘齐建,等. 茅草街大桥桩基试验研究[J]. 湖南大学学报(自然科学版).
[6] 陈凡、徐天平、陈久照、关立军. 桩基质量检测技术[M].

四川细化农村公路建设质量管理

为加强农村公路建设质量管理,四川省交通厅制定了《四川省农村公路建设质量管理实施细则》(简称《细则》),建立健全农村公路建设质量管理体系。《细则》明确提出农村公路建设质量管理必须按照“政府监督、业主负责、工程监理、企业自检、群众参与”和“分级管理、分级负责”的原则,要求所有农村公路工程质量合格率达到 100%,争创优良工程。

《细则》明确了通乡公路执行项目法人制度、招投标制度、工程监理制度和合同管理制度;实行最低评标价法和严格的保证金制度,招标选择的监理和施工单位应在当地公示。通村公路建设按照“村民自治”原则,由村民委员会根据群众意见决定工程实施方式,其工程建设质量管理要充分依靠当地群众加强现场监督,县(区)交通主管部门提供技术支持和帮助,免费提供简单设计。

《细则》明确了各级交通主管部门在农村公路建设中的职责,确定了业主单位、设计单位、施工单位、监理单位质量管理的具体内容。针对农村公路建设的特点,《细则》还详细规定了农村公路建设中路基、路面、挡防、桥涵及排水工程的质量控制要点。