

软土中 PTC 预应力管桩打桩引起的孔压分布规律

杨武¹, 吴亚东¹, 余闯², 杜广印^{2,3}

(1. 连云港市高速公路指挥部, 连云港 222001; 2. 东南大学岩土工程研究所, 南京 210096;
3. 成都理工大学环境与土木工程学院, 成都 610059)

摘要:海相软土中 PTC 预应力管桩采用锤击法施工会产生较大的超孔隙水压力。管桩的桩径、桩长以及有无桩靴对孔压及其消散规律都有很大的影响。本文通过对单桩沉桩过程中孔隙水压力的观测, 得出了以下结论: 单桩施工引起的孔压在初期消散较快, 其后逐渐缓慢, 引起的最大孔压, 接近于上覆土压力的 1.5 倍。

关键词:孔压; PTC 预应力管桩; 软土; 消散

作者简介:杨武(1977.9—), 工程师, 安徽桐城人, 主要从事高速公路建设软基处理管理和试验工作。

0 引言

国内外对沉桩产生的超静孔隙水压力问题研究较早, 开展的工作也比较多^[1, 2]。测试及研究结果表明沉桩引起的超静孔隙水压力值较大, 最大值甚至超过土体有效上覆应力, 超静孔隙水压力值随距桩距离的增加而降低, Poulos 的研究还认为预制桩沉桩后产生的孔压与土体灵敏度有关, 灵敏度高孔压值也较大。国内在此方面也有诸多研究成果, 不少学者开展了相关试验及理论研究, 如唐世栋^[3]、谢世波^[4]等, 研究成果可汇总概括为: ①超孔隙水压力随离桩的距离的增加而降低; ②超孔隙水压力在浅部最小, 随深度的增加, 超孔隙水压力随之增大; ③超孔隙水压力的消散速度在靠近地表最快, 向下逐渐减缓, 靠近桩尖处速度有所加快; ④最大超静孔隙水压力一般超过土体有效上覆应力; ⑤单桩施工对桩周土的影响存在一临界范围; ⑥群桩施工引起的超静孔隙水压力是各单桩施工综合累加及消散的结果。另外姚笑青^[5]、王伟^[6]、徐永福^[7]还从解析解的角度研究了沉桩挤土效应, 给出了超静孔压的理论计算公式。以上的孔压研究多集中在对预制方桩和钢管桩的研究, 对 PTC 预应力薄壁管桩引起的孔压研究较少, 雷金波等^[8]对 PTC 预应力管桩采用静压施工

法下产生的孔压进行了现场试验。本文主要通过现场试验, 对连云港海相软土地区 PTC 预应力薄壁管桩采用锤击法施工所产生的孔压分布规律进行分析。

1 试验段介绍

连盐高速公路软基处理中共采用了 PTC 预应力薄壁管桩, 分两个试验段实施^[9]。其中 K32+759.6~K32+933.55 作为试验段 I, 设计采用的 PTC 管桩直径为 400 mm, 壁厚 70 mm, 桩长 24 m, 桩距为 2.0 m、2.5 m、3.0 m, 混凝土强度等级 C60, 每一根 PTC 管桩分上、下两节施工, 上、下节长度均为 12 m, 两节接头采用端板焊接, 底部开口。采用锤击法施工。

试验段位于新沂河特大桥桥头, 位于灌南县图河乡马屯南, 桥位区地貌上隶属于滨海平原区, 地势平坦。该标段所经区域主要为海陆交互沉积的滨海平原区, 新沂河为季节性泄洪通道, 其中常年河流主要为新沂河北偏泓、新沂河中泓、新沂河南偏泓。除两岸大堤外, 地势低平, 地面标高一般为 2~3 m。浅部新近沉积的软土分布较为普遍。主要土层分布如下所述。

1 层素填土: 黄灰色, 松软, 夹大量植物根茎。层厚 1.00 m。

2-1 层亚黏土:灰黄-黄灰色,流塑,见浅灰色斑快,层厚 0.70 m。

2-2 层淤泥:灰色,饱和,流塑,偶夹层面亚砂土、粉砂,见少量腐殖物,层厚 7.10~7.90 m。

2-3 层淤泥质黏土:灰色,饱和,流塑,含少量腐殖物,层厚 12.80 m。

4-2 层亚黏土:灰绿-灰黄色,软塑,层厚 2.50 m。

4-4 层亚黏土:灰黄色,硬塑,局部流塑,夹亚砂土、粉砂,局部含量高,呈互层状,见少量砂礓结核、贝壳碎屑。层厚 7.00~8.00 m。

本次试验分别在上述两个试验段地基土中埋设了孔压计,以测定打桩时桩间土产生的孔隙水压力变化。试验段 I 孔压计的布置如图 1、图 2 所示,共埋设了 24 只孔压计(分 4 孔,每孔 6 只),埋设的深度分别为 3 m、6 m、9 m、12 m、16 m 和 20 m,孔距为 1 m,该试验段孔压计于 2004 年 3 月 30 日全部埋设完毕。

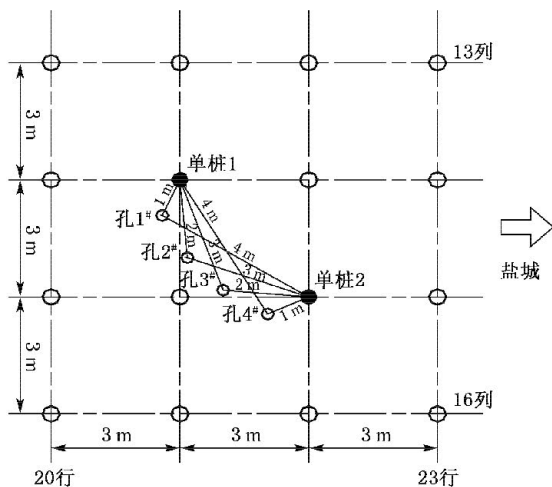


图 1 试验段 I 孔压计埋设平面布置图

2 沉桩引起的孔压现场测试

试验段 I 中 $\phi 400$ mm PTC 预应力管桩进行了 2 根单桩打桩时的孔隙水压力跟踪测试,本文选取一根来进行分析。孔压埋设完毕后,经过多天的观测孔压初始值稳定后开始桩的施工。其中单桩施工日期为 2004 年 5 月 7 日下午,下节施工时间 12 min,焊接和冷却时间 19 min,上节施工时间 12 min,送桩时间 8 min,总的打桩时间共约 51 min。单桩沉桩时各孔超静孔隙水压力变化曲线如图 3 所示。由图 3 可知,沉桩开始后各孔地基土中超静孔隙水压力逐渐升高并达到峰值,超静孔压较高的部位也发生在深度 12~20 m 的淤泥质土层范围,其中孔 4(距桩心 1 m)峰值较大为 195 kPa(深度 20 m 处),在送桩刚结束时取得;孔 3(距桩心 2 m)和孔 2(距桩心 3 m)峰值也有 40~57 kPa(深度 16 m 处),在上节施工时取得;孔 1(距桩心 4 m)较小仅 19 kPa(16 m 处),在施工结束后取得。

表 1 分别给出了各孔最大超静孔压与上覆有效应力的比值情况,可见超静孔压值最大可达上覆有效压力的 1.45 倍,在距桩 2.5 r_0 距离处 4 个深度处最大超静孔压均超过了其上覆有效应力。过高的孔压比能导致土体中产生裂缝,产生“水裂”作用,可加速超孔隙水压力的消散。

沉桩引起的超静孔隙水压力的消散曲线如图 4 所示。由图 4 可看出,施工后超静孔隙水压力前期消散较快,后期消散稍慢,但也在一周时间内基本得到消散。

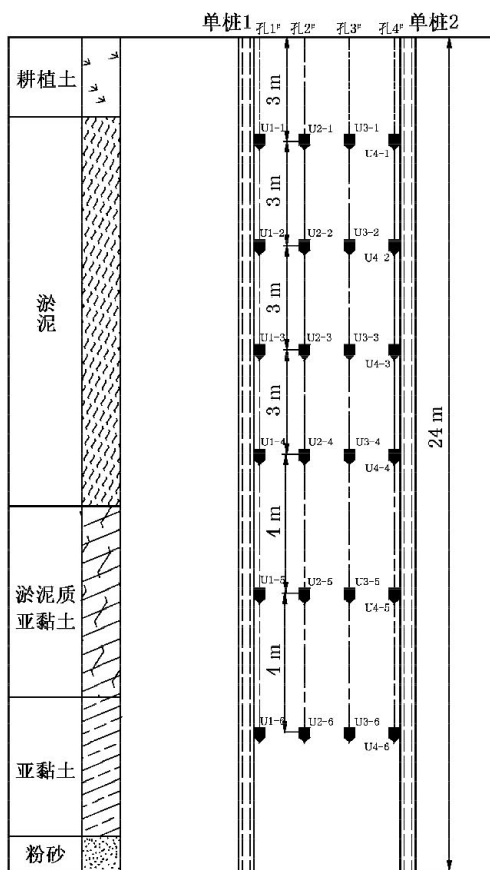


图 2 试验段 I 孔压计埋设剖面图

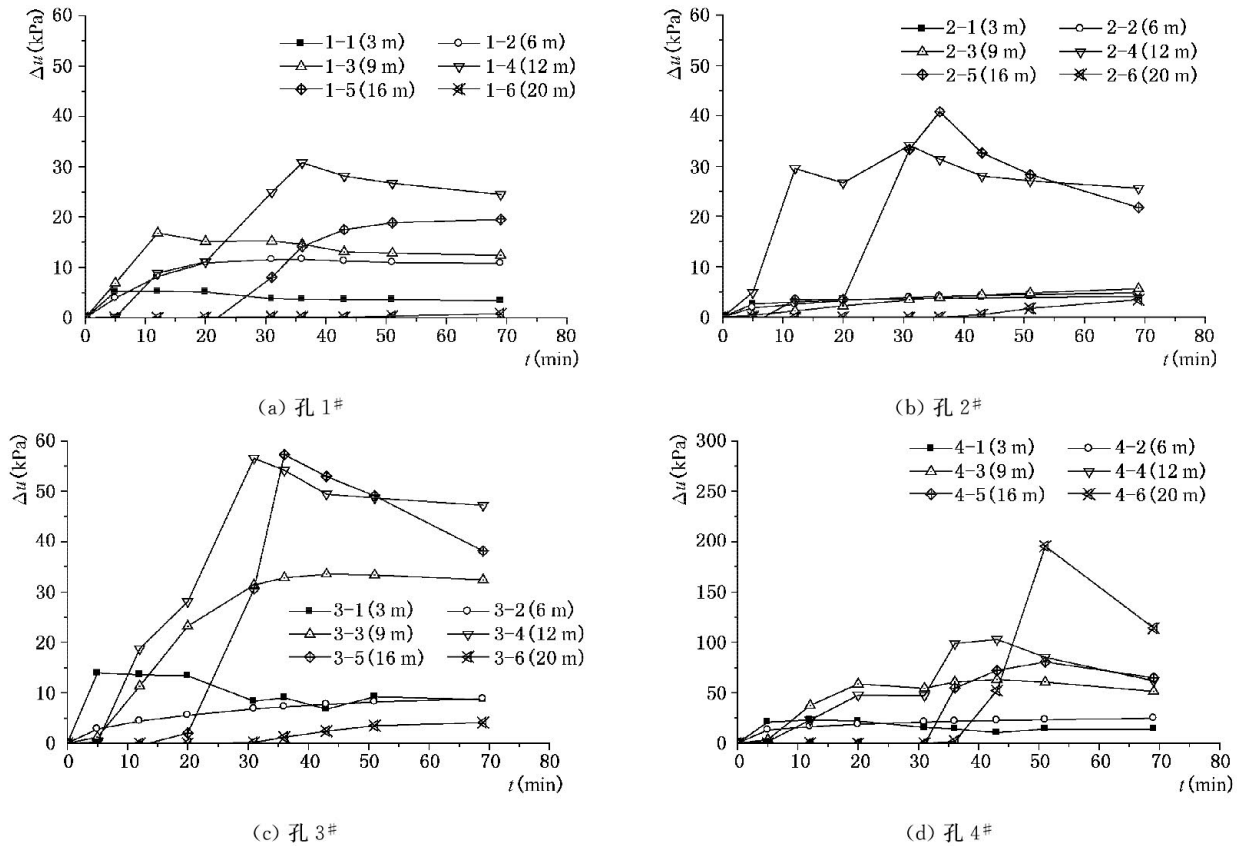


图 3 沉桩过程 Δu 变化曲线

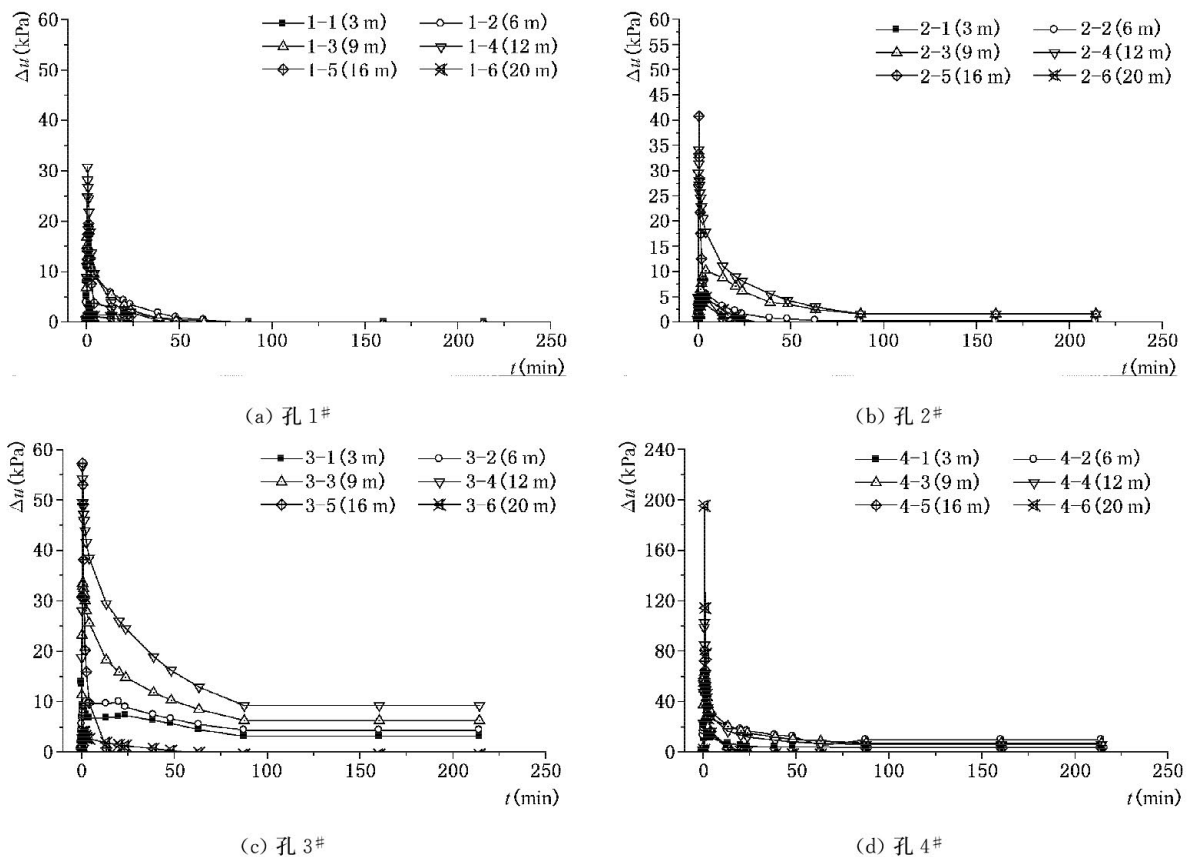


图 4 Δu 消散曲线

表 1 试验段各孔压计最大孔压比

$\frac{x}{r_0}$	最大孔压比 $\Delta u_{\max}/\sigma_{vi}$						3 m、6 m、9 m、12 m、16 m、20 m 处 竖向有效应力 (kPa): 21.87、39.79、 57.70、75.62、103.0、134.8
	3 m	6 m	9 m	12 m	16 m	20 m	
2.5	1.04	0.67	1.09	1.36	0.78	1.45	
5	0.64	0.25	0.58	0.81	0.67	0.03	
7.5	0.20	0.14	0.20	0.49	0.38	0.04	
10	0.24	0.29	0.29	0.41	0.19	0.01	

3 结 论

PTC 预应力管桩施工过程中的现场试验表明:海相软土中 PTC 预应力管桩采用锤击法施工会产生较大的超孔隙水压力。单桩施工引起的孔压在初期消散较快,其后逐渐缓慢;引起的最大孔压接近于上覆土压力的 1.5 倍。

参 考 文 献

- [1] 史佩栋主编. 实用桩基工程手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1999.
- [2] Polos H G, Davis E H, Pile foundation analysis and design[M]. New York: John Wiley and Sons, 1980.
- [3] 唐世栋, 何连声, 傅纵. 软土地基中单桩施工引起的超

孔隙水压力[J]. 岩土力学, 2002, 23(6): 725 ~ 729, 732.

- [4] 谢世波, 陆林强. 大口径开口钢管桩打桩过程对桩周土体的影响[J]. 上海铁道大学学报(自然科学版), 1997, 18(2): 67~72.
- [5] 姚笑青, 胡中雄. 饱和软土中沉桩引起的孔隙水压力的估算[J]. 岩土力学, 1997, 18(4): 30~35.
- [6] 王伟, 宰金珉, 王旭东. 沉桩引起的超静孔隙水压力计算及其应用[J]. 岩土力学, 2004, 25(5): 774 ~ 777, 797.
- [7] 徐永福, 傅德明. 结构性软土中打桩引起的超孔隙水压力[J]. 岩土力学, 2000, 24(6): 16~19.
- [8] 雷金波, 姜弘道, 等. PTC 管桩施工中孔隙水压力规律分析与研究[J]. 工业建筑, 2005, 35(6): 56~60.
- [9] 余闯. 路堤荷载下刚性桩复合地基理论与应用研究[D]. 南京: 东南大学, 2006.