



TSC管桩受弯承载力有限元分析

富坤, 卓杨, 张洁, 傅一帆

(中交上海港湾工程设计研究院有限公司, 上海 200032)

摘要: 以 TSC 管桩本体结构和接头部位的抗弯试验为基础, 进行有限元模拟分析。计算不同荷载等级下管桩的挠度变化, 分析管桩受力过程, 并研究钢管壁厚对 TSC 管桩极限承载力的影响, 论证有限元模型的适用性。

关键词: TSC 管桩; 受弯承载力; 有限元

中图分类号: U 65; TU 473.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2016)07-0134-03

Finite element analysis for bending capacity of TSC pile

FU Kun, ZHUO Yang, ZHANG Jie, FU Yi-fan

(Shanghai Harbor Engineering Design & Research Institute Co., Ltd., Shanghai 200032, China)

Abstract: Based on the bending capacity test on the TSC pile and joint position, we carry out the finite element analysis. The TSC pile deflection under different load levels is calculated, and the TSC pile loading process is analyzed. Meanwhile, the influence of pipe wall thickness on the bending capacity of TSC pile is studied. All these prove the feasibility of finite element analysis in bending capacity calculation of TSC pile.

Keywords: TSC pile; bending capacity; finite element analysis

预制高强混凝土薄壁钢管桩(简称 TSC 管桩)为具有承受较大抗弯能力的基桩制品。与其它常用桩型相比, TSC 管桩具有适应性好、施工工艺简单、施工质量易于保证等优点, 解决了在复杂地质条件下, 断桩和桩头破碎等施工难题^[1-2], 而且用 TSC 管桩替代钢管桩和钢管混凝土灌注桩, 可降低单桩成本^[3]。

因其优异的性能和较低的成本, TSC 管桩已引起相关学者和工程研究人员的重视, 并对 TSC 管桩的抗弯性能进行了研究^[4-6]。为了研究 TSC 管桩本体和接头部位的受弯承载力, 本文在 TSC 管桩受弯承载力结构试验的基础上进行了有限元模拟分析, 分析了 TSC 管桩的受弯承载的过程以及

钢管壁厚变化的影响, 为进一步研究 TSC 桩抗弯性能奠定了基础。

1 TSC 管桩受弯试验

为了研究 TSC 管桩的受弯承载力, 分别对 TSC 管桩本体和管桩接头部分开展了受弯承载力结构试验, 试验的加载方式和破坏标准参考现有规范^[7-8]。试桩参数见表 1。

TSC 管桩受弯试验加载采用二集中力对称加载, 在跨中、加载点、支座和管桩两端布置百分表, 测量试验桩的挠度(图 1)。在试验桩体跨中顶部受压区和跨中底部受拉区粘贴应变片, 测试每一级荷载下的应变值。

表 1 试桩参数

编号	试验部位	管桩外径 D /mm	管桩内径 d /mm	桩长/m	钢管材质	混凝土等级	钢管壁厚/mm
SZ-1	管桩本体	1 000	740	10	Q235	C80	10
SZ-2	管桩接头	800	580	10	Q345	C80	10

收稿日期: 2016-02-25

作者简介: 富坤(1984—), 女, 硕士, 工程师, 从事港口结构研究。

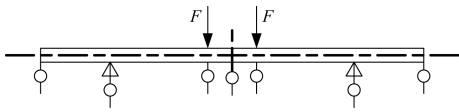


图1 管桩结构加载试验

试验采用分级加载，首先按桩身极限弯矩的20%级差分级由零加载至极限弯矩的80%，每级荷载的持续时间应为3 min，然后应按桩身极限弯矩的10%级差继续加载至极限弯矩的100%。若试件在桩身极限弯矩的100%时未达到极限状态，则应按极限弯矩的5%的级差继续分级加载至试件出现极限状态。

TSC管桩受弯极限承载力判定：

1) TSC管桩本体受弯时，当出现下列情况之一即认为TSC管桩本体已达到承载力极限状态：

①受压区钢管压屈或混凝土压碎；②继续加荷但荷载值不再增加；③后一级荷载对应的拉应变大于前一级荷载的5倍。

2) TSC管桩接头受弯时，当出现下列情况之一时即认为PHC管桩部分已达到承载力极限状态：

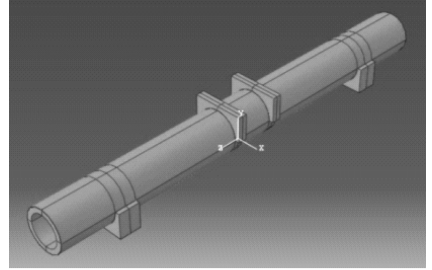
①受拉区混凝土裂缝宽度达到1.5 mm；②受拉钢筋被拉断；③受压区混凝土破坏。若此时接头部分未破坏，则满足规范要求。

2 TSC管桩受弯有限元分析

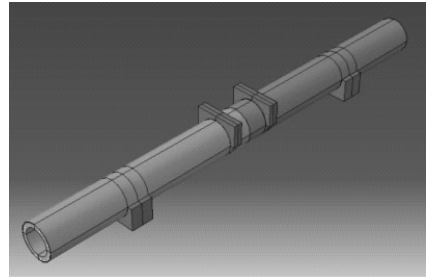
2.1 计算模型

为进一步研究TSC管桩的受弯承载力，采用有限元软件对试验桩进行非线性模拟分析，其截面尺寸与试验桩相同，有限元计算模型见图2。

对于TSC管桩中钢材的本构关系，由于钢管厚度较薄，有限元模拟时，一般将其假设为理想弹塑性模型进行钢材本构关系模型的建立。混凝土近似处于单向受力状态，在进行数值模拟时，离心混凝土的应力-应变关系选用《混凝土结构设计规范》^[9]中的表达式。假设钢管和混凝土之间不会出现相对滑动，采用tie约束。



a) 本体桩



b) 接头

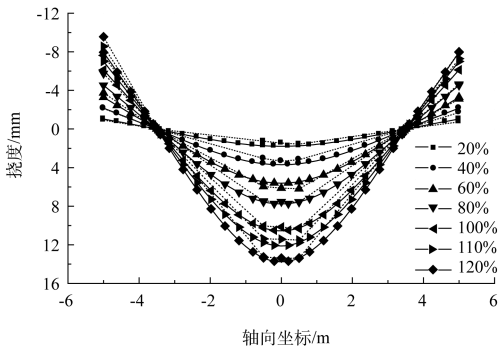
图2 TSC管桩有限元计算模型

2.2 计算结果分析

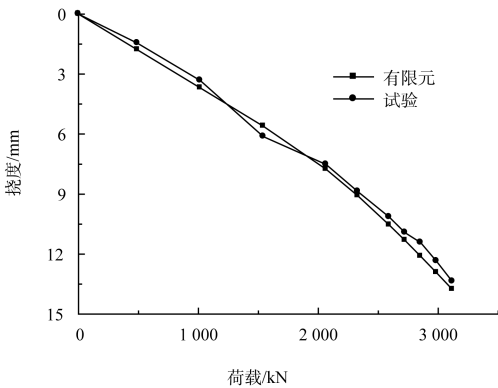
1) 管桩本体SZ-1抗弯试验。

图3是每级荷载下TSC管桩挠度试验与计算变化曲线及跨中在各级荷载下荷载-挠度对比曲线。图3a)中曲线分别为加载至极限弯矩的20%、40%、60%、80%、100%、110%、120%时的曲线，其中实线为有限元计算结果，虚线为试验结果。

从图3可以看出，采用有限元模拟计算的TSC管桩在各级荷载下的挠度曲线与试验实测曲线十分接近，其跨中荷载-挠度变化也是十分接近的，这在跨中各测点挠度值对比表中可以明显看出。从图3b)中可以看出，较之实测中TSC管桩在第3级荷载下挠度随荷载变化曲线斜率开始变化，有限元计算中TSC管桩第3级荷载下仍处于弹性阶段，第4级荷载下才进入塑性，这是因为一方面有限元中材料为均质，不会因材料缺陷产生应力集中破坏；另一方面，有限元模拟中将钢管和混凝土管桩之间界面设置为Tie接触，整个界面全部发挥作用，比结构实际状态更理想。第8级荷载时，达到混凝土开裂弯矩，与试验中类似，挠度曲线斜率变大，并在后面的荷载下呈现斜率持续增大趋势，直至钢管屈服，则TSC管桩达到极限状态。



a) 各测点挠度变化

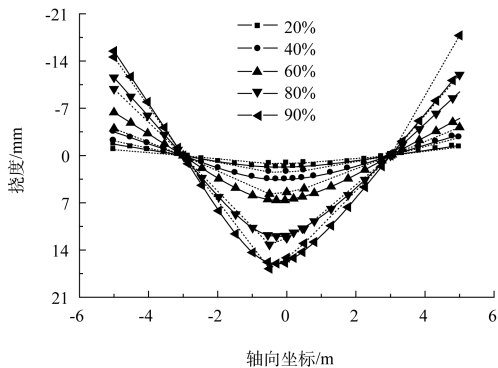


b) 跨中荷载-挠度

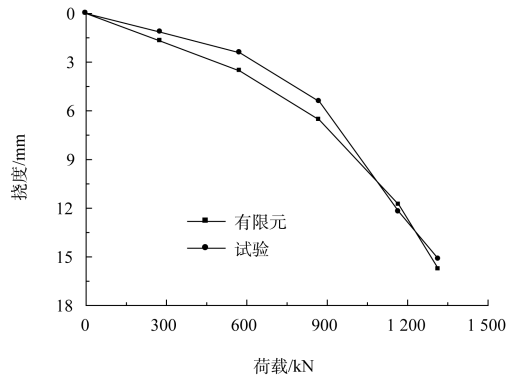
图3 SZ-1 试验与有限元结果对比

2) 管桩接头 SZ-2 抗弯试验。

图4为SZ-2在各级荷载作用下TSC管桩各测点挠度的试验实测值与有限元计算值的对比,以及跨中在各级荷载下荷载-挠度对比曲线。图4a)中曲线分别为加载至极限弯矩的20%、40%、60%、80%、90%时的曲线,其中实线为有限元计算结果,虚线为试验结果。



a) 各测点挠度变化



b) 跨中荷载-挠度

图4 SZ-2 试验与有限元结果对比

从图4可以看出,采用有限元可以有效模拟TSC管桩在不同荷载下的变形,试件在受力过程中经历了弹性变形到弹塑性变形。与试验测试结果相似,有限元计算中前2级荷载范围内,挠度随荷载呈线性变化,即桩处于弹性阶段,第3级荷载开始,桩挠度随荷载变化曲线的曲率逐渐增大,说明桩开始进入塑性阶段,试验中即开始出现裂缝。上述情况同样说明有限元计算结果与试验结果基本吻合,可以很好地反映TSC的受弯承载性能。

2.3 钢管壁厚对受弯承载力的影响

以上述有限元分析为基础,保持管桩壁厚不变,改变钢管的厚度,采用有限元模拟计算,研究TSC管桩的受弯承载力。表2是不同钢管厚度下TSC管桩极限弯矩的理论计算与有限元模拟结果的对比,图5是不同钢管厚度下TSC管桩计算的极限弯矩变化。

表2 不同钢管厚度下TSC管桩极限弯矩

钢管壁厚/mm	理论计算的极限弯矩/(kN·m)	有限元计算的极限弯矩/(kN·m)
8	3 238	3 877.6
9	3 592	4 039.6
10	3 939	4 309.0
12	4 616	4 736.8
14	5 275	5 159.1
16	5 918	5 577.0