

桩与桩帽连接节点偏压性能试验研究

朱海堂

(郑州工业大学水环系)

摘要 结合试验研究,分析了预应力混凝土管桩与桩帽连接节点在小偏心受压状态下的力学和变形特征及其连接性能。

关键词 管桩;桩帽;偏心受压;连接

中图分类号 TV332

0 引言

预应力混凝土管桩是一种新型的码头结构构件,已被应用于港口大泊位高直桩码头结构工程中。为减少直桩桩顶处的水平位移,管桩与桩帽连接节点必须满足嵌固连接要求。但如何确保管桩与桩帽之间嵌固连接,尤其是处于偏心受压荷载作用下的情况,目前尚缺乏必要的试验研究资料,有必要在这方面开展研究。

1 试验设计

为研究预应力混凝土管桩与桩帽连接节点在小偏心受压荷载下的受力特征,探讨管桩伸入桩帽内深度对连接节点偏压性能的影响,设计了四个试件。

1.1 试验用桩采用预制预应力混凝土管桩,其外径 $D=550\text{mm}$,壁厚 $t=100\text{mm}$,设计纯弯破坏弯矩 $M=203\text{kN}\cdot\text{m}$,设计轴压破坏荷载 4600kN 。

1.2 现浇钢筋混凝土方形桩帽,外形尺寸 $1100\times 1100\times 1400\text{mm}$,纵向受力钢筋配筋率为 0.15% ,环向箍筋按 $6@260$ 配置。

1.3 预应力混凝土管桩与桩帽的连接采用管桩直接伸入桩帽的连接型式。管桩埋入桩帽内深度分别为 0.25 、 0.50 、 0.75 和 1.0 倍管桩外径。桩芯混凝土浇至桩帽底面以下 1.0 倍桩外径处,配置桩芯纵向受力钢筋 $10\text{ }12$,沿桩芯混凝土圆周均匀布置。伸入桩帽内部分管桩周围按 $8@100$ 配置环向箍筋。

试件设计图示于图 1,试件主要特征值列于表 1。

1.4 偏心受压荷载距管桩中心处的偏心距 $e_0=130\text{mm}$, $e_0/D=0.236$,见图 2。试验测试内容主要为:荷载、节点区相对变位、钢筋和混凝土应变、裂缝等。

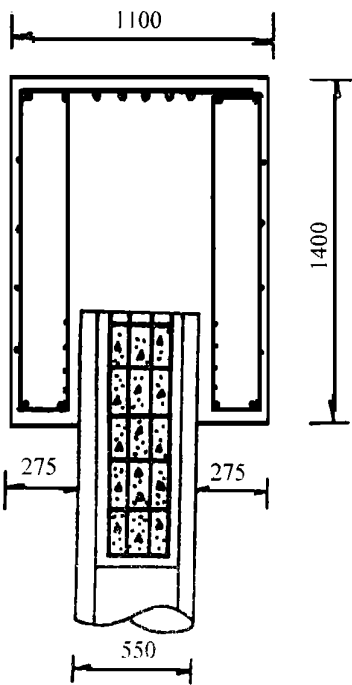


图 1 试件设计图(尺寸单位:mm)

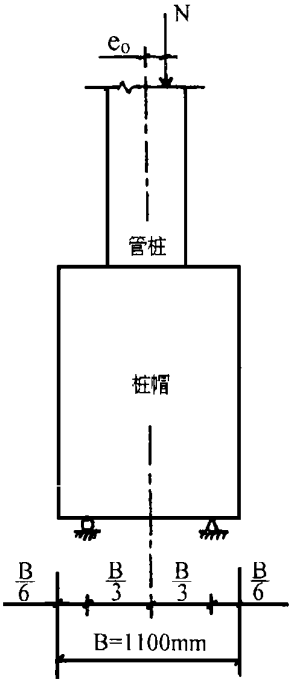


图 2 试验受力简图

表 1 试件主要特征值

试件名称	管桩伸 入深度	砼强度 f_{cu} (MPa)		纵向钢筋	
		桩帽	桩芯	桩帽	桩芯
PY-0.25D-A	0.25D	38.7	31.3	9_ ϕ 8	10_ ϕ 2
PY-0.50D-A	0.50D	31.5	38.2	9_ ϕ 8	10_ ϕ 2
PY-0.75D-A	0.75D	40.0	30.7	9_ ϕ 8	10_ ϕ 2
PY-1.0D-A	1.00D	36.5	41.7	9_ ϕ 8	10_ ϕ 2

2 试验结果分析

2.1 裂缝

试验过程中,当管桩偏压荷载增至 3600~3800kN 时,由于偏心受压荷载的弯矩作用,

在距桩帽底面约 450~570mm 处的管桩受拉侧出现弯曲正裂缝,至 4000~4500kN 时,最大裂缝宽度增至 0.18mm。当管桩伸入桩帽内深度 $L \leq 0.50D$ 时,偏压荷载约增至 3600~4000kN,在管桩与桩帽底面结合面上出现环状粘结裂缝,但该缝在此后无明显开展;当管桩伸入桩帽内深度在 $0.75D$ 及其以上时,无此类粘结裂缝出现。

2.2 连接节点区相对转角

连接节点区相对转角 $\Delta\phi$ 随偏压荷载 N 的变化关系如图 3 所示。在管桩小偏压荷载作用下,节点区相对转角随偏压荷载的增大而增大,但其值较小,当荷载增至 4000~4500kN 时仅为 0.015~0.046。这表明,连接节点试件在小偏压荷载作用下具有良好的嵌固连接性能,即使管桩仅伸入桩帽内 $0.25D$ 时也是如此。

2.3 连接节点区相对线变位

2.3.1 桩顶与桩帽底面间的相对线变位

实测结果表明,在小偏压荷载作用下,管桩顶部与桩帽底面之间的相对线位移随荷载的增大而增大,在靠近荷载一侧的线变位大于远离荷载一侧的线变位,较好地反映了小偏心受压的性质。当荷载增至 4000kN 时,最大相对线变位为 0.309mm,数值较小,表明管桩与桩帽混凝土间的连接性能较好。

2.3.2 管桩与桩芯混凝土之间的相对线变位

当管桩伸入桩帽内深度小于或等于 $0.50D$ 时,管桩与桩芯混凝土之间有微小的滑移量产生,当荷载增至 4200kN 时,最大滑移量仅为 0.054mm;而当管桩伸入桩帽内深度在 0.75 倍管桩外径及其以上时,在 4500kN 偏压荷载之前无相对滑移产生。由此可见,管桩与桩芯混凝土之间在小偏压荷载作用下具有很好的粘结性能。

2.4 钢筋和混凝土应变

2.4.1 管桩混凝土应变

在小偏压荷载作用下,管桩混凝土表面轴向应变在管桩横断面上大致呈线性关系分布。在靠近荷载一侧的管桩混凝土产生压应变,而在远离荷载一侧产生拉应变,反映了小偏心受压的工作特性,如图 4 所示。当管桩混凝土拉应变达到 $160 \sim 220 \mu\epsilon$ 时,借助于放大镜可以观测到管桩正裂缝出现。

图 5 为管桩混凝土受压边缘最大压应变与偏压荷载的关系曲线。管桩混凝土最大压应变值随偏压荷载的增加而增大。当荷载小于 800kN 时,两者基本上呈线性关系,随后逐渐呈非线性关系变化。当荷载达到 4500kN 时,管桩混凝土受压边缘最大压应变值达 $1940 \mu\epsilon$ 已比较接近于小偏心受压构件混凝土受压边缘的极限压应变值,表明管桩已临近受压破坏状态。

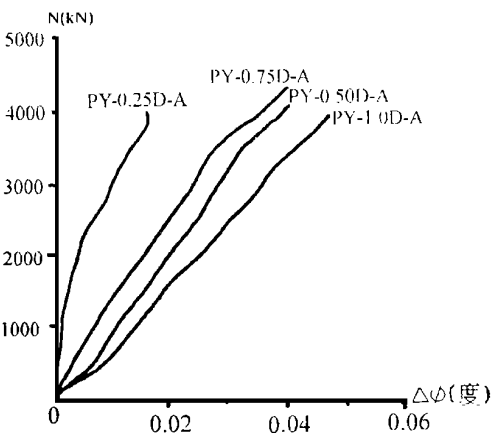


图 3 偏压荷载与节点区相对转角之关系

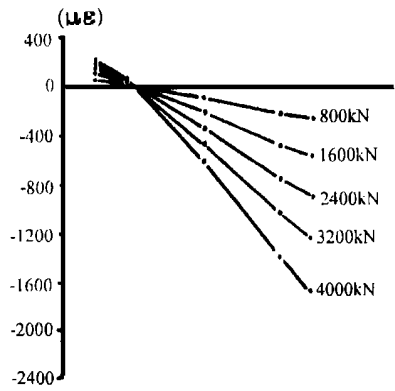


图 4 管桩桩轴向应变沿横截面分布

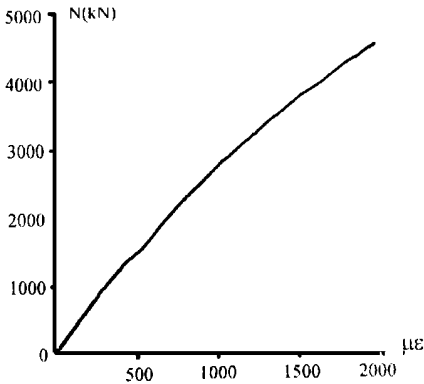


图 5 管桩桩最大压应变与偏压荷载之关系

2.4.2 桩芯纵向钢筋应变

在小偏压荷载作用下，桩芯纵向钢筋的应变在横截面上大致呈线性关系分布，如图 6。靠近荷载一侧的压应变相对较大，当试验荷载达到 4200kN 时，最大钢筋压应变达到 922 $\mu\epsilon$ 而远离荷载一侧的钢筋应变在零附近波动，反映出试件的小偏心受压性质，也表明桩芯混凝土能够参与管桩一起受力，管桩与桩芯混凝土之间具有较为可靠的粘结作用。

测试结果还表明，桩芯混凝土的强度是桩芯纵向钢筋应变值的一个重要影响因素。桩芯混凝土强度越高，桩芯内钢筋的应变值就越大，表明桩芯混凝土与预制管桩混凝土之间的

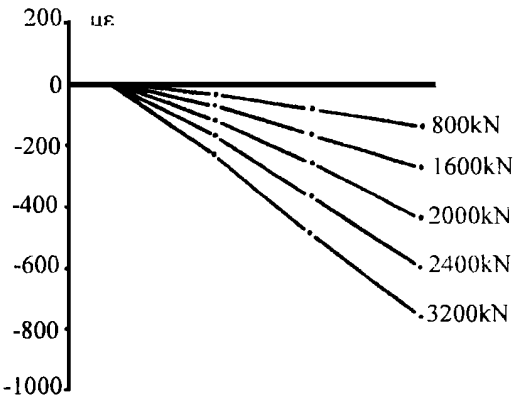


图 6 桩芯纵筋在管桩横断面上的应变分布

粘结能力就越强。因此，为增强桩芯混凝土与预制管桩共同工作的能力，充分发挥桩芯笼对管桩与桩帽间的连接作用，桩芯混凝土的强度不宜过低。

2.4.3 桩帽混凝土与钢筋应变

测试结果表明，在整个试验过程中，桩帽混凝土和钢筋的应变值始终均较小，处于低应力状态。可见，在试验条件下，桩帽还具有较大的承载潜力，相对于管桩来说还具有足够的强度储备。也就是说，试验中的桩帽尺寸还可以适当减小，以与管桩桩身及桩与桩帽连接节点的承载能力相适应。

3 结语

根据上述对预应力混凝土管桩与桩帽连接节点在偏心受压荷载作用下连接性能的试验分析，可以得到如下认识：

- (1) 在试验条件下，预应力混凝土管桩与桩帽连接节点的连接满足嵌固要求，连接节点的偏压承载力高于管桩桩身的偏压承载力。

- (2) 管桩混凝土与桩芯混凝土之间的粘结性能良好。为充分发挥桩芯笼在连接节点中的连接作用,桩芯混凝土强度不宜过低。
- (3) 桩帽内钢筋和混凝土均处于低应力状态中,其承载能力尚未充分发挥。实际工程设计中,桩帽尺寸及配筋量可在此试验条件下适当减小。

参 考 文 献

1 朱海堂,丁自强,张煜钦.预应力混凝土管桩与桩帽连接节点小偏心受压性能试验研究.研究报告:郑州工学院.1993.9

2 P·H·Joen , R· Park ·Simulated seismic load tests on prestressed concrete piles and pile — Pile cap connections :PCI Journal·Nov·Dec.1990.

3 D·H·Jing, S·P· Shah and A·T· Andonian ·Study of the transfer of tensile forces by bond·ACI Journal ·May·June , 1984

4 竺存宏等.大管桩、桩帽、上部结构之间连接构造及其计算方法的研究.专题研究报告之四:交通部天津水运工程科研所.1990.8

5 胡德鹿.钢筋混凝土结构和节点粘结破坏的特点及其研究现状:陕西建筑设计院.1984.5

Experimental Study of Eccentric Pressing Behaviours
on Pile — Pile Cap Connections

Zhu Haitang
(Zhengzhou University of Technology)

Abstract Based on experimental study,the mechanical and deformative behaviours of the connections subjected to small eccentric pressing load between the prestressed concrete pipe pile and pile caps are analyzed.

Keywords pipe pile;pile cap;eccentric pressing;connecting