

桩与桩帽连接节点受变特性的试验研究

张启明

荆亚丽

(郑州工业大学水环系)

(郑州市人防工程设计研究所)

摘 要 基于预应力混凝土管与桩帽连接节点的受弯试验,描述了连接节点试件的裂缝特征、破坏形态及其受力特点,对连接节点区的嵌固性能及延性性质进行了分析和探讨。

关键词 管桩 桩帽 连接节点 嵌固 延性

中图分类号 TV332

1 引言

随着大直径预应力混凝土管桩在全直桩码头结构中的实际应用,管桩与桩帽间连接节点的连接性能及其构造措施成为一项急待解决的研究课题。然而,国内外在这方面进行的课题研究还很少^{[1][2][3]}。本文通过十九个预应力混凝土管桩与普通钢筋混凝土方形桩帽连接节点试件的受弯试验,对连接节点的弯曲性能进行了分析和探讨。

2 试验设计

2.1 试件设计

(a)管桩

试验用桩为采用先张法预制的预应力混凝土管桩,其特征参数示于表1。

表1 管桩的主要特征参数

外径 mm	内径 mm	预应力钢筋	砼强度	砼有效预压应力(mpa)	开裂弯矩 (kN·m)	纯弯破坏弯矩 (KN·m)
550	350	12 Φ 12	C50	4.10	129	203

(b)节点连接型式

采用管桩直接伸入桩帽连接(A型)和通过桩芯钢筋伸入桩帽连接(B型)两种型式。管桩伸入桩帽内长度分别为0.25、0.50、0.75和1.00倍管桩外径,桩芯纵筋伸入桩帽35倍桩芯纵筋直径。

(c)管桩外包宽度

收稿日期:1996-10-11

管桩外包宽度,即管桩外边缘至桩帽边缘的最小距离,有 0.50、0.42 和 0.33 倍管桩外径三种。

(d)配筋率

桩帽纵筋配筋率按 0.15%、0.10% 和 0.05% 设计,桩芯纵筋配筋率按 1.25% 设计。

试件型式及尺寸示意于图 1。

试验中,对试验荷载,连接节点区的相对角变位和相对线变位、管桩挠度、钢筋和混凝土的应变,以及裂缝等进行了量测。本文仅就主要试验结果作一分析。

3 试验结果分析

3.1 裂缝

试验中,试件上主要出现以下几种裂缝:管桩与桩帽结合面的粘结裂缝①、管桩正裂缝②和斜裂缝③、桩帽辐射缝④和劈裂缝⑥以及管桩内壁与桩芯砼结合面的粘结裂缝⑤等,如图 2 所示。

3.1.1 管桩与桩帽结合面裂缝

当试验荷载增至 20~30% 极限荷载时,首先在桩与桩帽底面交界处上方出现环向裂缝。该缝随着荷载的增大而向两侧延伸,约在管桩的弯曲几何中面处趋于稳定。

3.1.2 管桩环向正裂缝

这类裂缝一般出现于距桩帽底面约 50~250mm 处的管桩上方。当管桩伸入桩帽深度较小或管桩外包尺寸较小或者桩帽配筋率较低时,这类裂缝极小且宽度也较小;对其它构件,约在极限荷载的 (35~65)% 时出现,且数量较多,随着荷载的增加而有较快的延伸和开展,裂缝宽度较大。

3.1.3 管桩斜裂缝

对于管桩外包尺寸和伸入深度均较大且桩帽配筋率也较高的试件,当荷载增至 (70~90)% 极限荷载时,斜裂缝出现并迅速发展。破坏时,斜裂缝宽度急剧增大。其它试件无此类裂缝。

3.1.4 管帽底面辐射缝

由于试件受荷后管桩顶部的内力扩散使桩帽砼产生的主拉应力超过砼的极限抗拉强

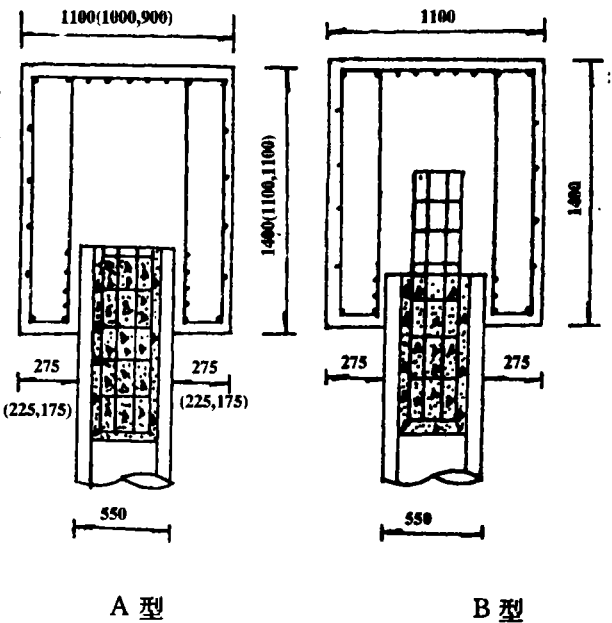


图 1 试件设计图(尺寸单位:mm)

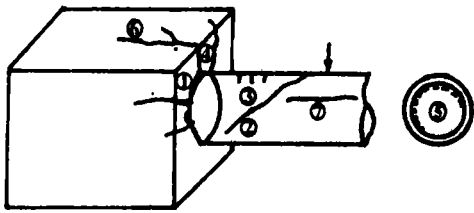


图 2 试件裂缝类型示意图

度;而在桩帽底面出现从管桩周边向四周发展的辐射状裂缝。对于管桩外包尺寸和伸入深度较大且桩帽配筋率较高的试件,这类裂缝数量较少且发展缓慢,宽度也较小。对于其它试件,这类裂缝的出现相对较早。约在极限荷戴的(50~80)%,数量也较多,而且逐渐向桩帽侧面延伸,将桩帽砼分割成数个块体,使桩帽砼对管桩的约束能力急剧降低,从而导致试件破坏。

所有试件裂缝开展宽度达 0.20mm 时的试验荷载值与极限荷载之比,管桩与桩帽结合面的粘结裂缝和管桩正裂缝不小于 0.60,管桩斜裂缝不小于 0.70,桩帽底面辐射缝不小于 0.80。

3.2 破坏形态

试验结果表明,连接节点试件在管桩承受集中荷载作用下的破坏表现为节点连接破坏和管桩弯剪破坏两类。当管桩外包尺寸和伸入深度较大且桩帽配筋率较高时,发生管桩弯剪破坏,其它试件则发生节点连接破坏。

3.3 受力特征

连接节点试件从开始加载至破坏的整个过程,可分为三个阶段:

(a)第Ⅰ阶段

从开始加荷至桩与桩帽结合面开裂,管桩挠度与连接节点区的相对转角均随着荷载的增加而呈线性增大,试件基本处于弹性工作阶段,如图 3 和图 4 中的“oa”段。

(b)第Ⅱ阶段

柱与桩帽结合面开裂以后,连接节点区的相对转角和管桩挠度随荷载的增加而逐渐增大且逐渐表现出非线性的变化特征,如图 3 和图 4 中的 ab 段。在这一阶段,试件上各类裂缝相继出现。若桩的外包尺寸和伸入桩帽内深度较大且桩帽配筋率较高,则桩上各类裂缝丰富发展,桩内钢筋应力增大迅速;否则,桩上裂缝很少且发展缓慢,而桩与桩帽结合面裂缝则逐渐增宽,桩帽底面辐射缝也在不断地增多、延伸并增宽,使桩帽对管桩伸入部分的约束能力逐渐减弱。

(c)第Ⅲ阶段

当荷载增至极限荷载的 90%以后,试件上具有破坏性的裂缝迅速增宽,荷载与管桩挠度和节点区相对转角的关系曲线如图 3 和图 4 的 bc 段。若连接节点受弯承载力不足,数条较宽的桩帽底面辐射缝将桩帽砼分割成数个砼块体,使节点失去承载能力而破坏;反之,若节点承载力足以抵抗外荷载的作用,那么,桩上的破坏性裂缝的宽度以及管桩挠度均急剧增大,使得管桩失去承载能力而破坏。

3.4 连接节点的嵌固性能

根据试验结果分析,管桩与桩帽连接节点区的相对转角基本上随着管桩伸入桩帽深度的增大而线性增大,所有试件在 65%极限荷载时节点区的相对转角 $\Delta\phi_{65}$ 的平均值约为 0.055°,最大值为 0.122°,如图 5 所示。通过实例计算表明,试件连接节点具有较好的嵌固连接

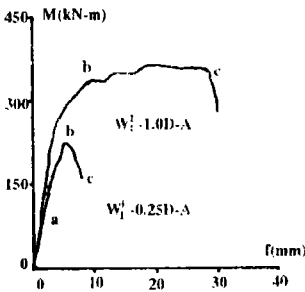


图 3 M~f 曲线

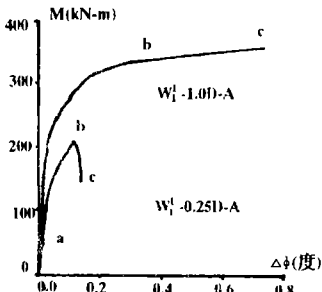


图 4 M~Δφ 曲线

性能,完全可以按嵌固状态考虑。

3. 5 连接节点的延性

延性是指构件在弹性变形后所具有的变形能力,通过采用构件达到屈服状态时的变形与根限状态的变形值之比来表示。试验结果表明,除了 A 型连接中管桩伸入桩帽内 0. 25D 的试件表现为脆性破坏延性较差之外,其它试件均呈现出不同程度的延性性质(参见图 3、4);从试验结果中还可以看出,B 型连接方式,可以通过伸入桩帽内桩芯钢筋与桩帽砼的粘结作用共同承受荷载和变形,从而在可以提高其节点承载力的同时,也可以大幅度地提高节点的延性性质。

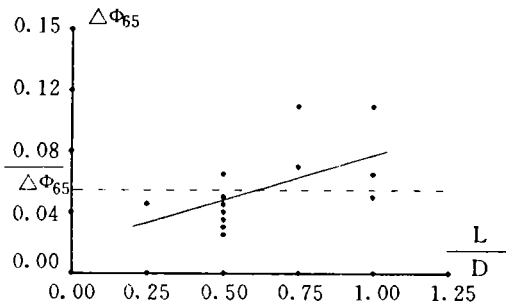


图5 ΔΦ₆₅ ~L/D关系图

3. 6 钢筋应变

3. 6. 1 桩心钢筋笼的钢筋应变

桩心内纵向钢筋的应变值依节点试件破坏形态的不同而异。对于发生管桩弯剪破坏的试件,在管桩与桩帽底面的交界处,桩芯纵筋的应变值为最大,试件破坏时,受拉侧纵向钢筋的应变值可以达到屈服点,但受压一侧的纵向钢筋应变值达不到;而对于发生节点连接破坏的试件,当为 A 型连接时,桩芯纵筋应变值一直都很小,而当为 B 型连接时,其伸入桩帽内部分的受拉侧纵向钢筋应变相对较大,甚至可以达到屈服点,其受压一侧纵向钢筋的应变值则亦然很少。

3. 6. 2 桩帽内纵筋应变

一般情况下,桩帽钢筋笼的钢筋应变无论受拉还是受压均较小。但对于管桩的外包尺寸或伸入深度不大或者桩帽配筋率较低的试件,在破坏前一级荷载下,在管桩伸入桩帽部分范围的桩帽内层纵筋应变值会由于管桩对桩帽砼的局部作用而突然增大,甚至可以达到屈服极限。试验结果还表明,桩帽处于明显的三向受力状态。

3. 6. 3 桩帽内箍筋应变

试验表明,伸入桩帽内管桩段周围的环向箍筋和桩帽钢筋笼的水平箍筋应变亦随试件破坏形态的不同而不同。一般情况下,发生管桩弯剪破坏的试件,从开始加载直至试件破坏,两类箍筋的应变测值均很小;而发生节点连接破坏的试件,虽在 60% 极限荷载以前,两种箍筋的应变测值也很小,但以后随着荷载的增加而较快的增长,临近破坏时还会急剧增大。这表明,两种箍筋对桩帽砼和管桩砼均具有明显的约束效应,从而可以大大提高连接节点的承载力及其延性。

4 结论

- 4. 1 连接节点受弯试件有管桩弯剪破坏和节点连接破坏两种形态,取决于连接节点和管桩之间抗弯能力的对比。
- 4. 2 桩帽在试验条件下处于复杂的三向应力状态。
- 4. 3 B 型连接方式和桩帽内两种箍筋对连接节点的承载力及其延性都有明显提高,在设计

时应给予高度重视。

4.4 文中所述连接节点试件具有较好的嵌固连接性能,设计时完全可以按嵌固状态考虑。

参 考 文 献

- 1 连竟等. 大管桩、桩帽、上部结构之间连接构造及其计算方法的研究,专题研究报告之三. 大连理工大学. 1990
- 2 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学研究所. 1990
- 3 P. H. Joen, R, Park • Sinulatdcl seismic loacl Tests on Prestressed concrete Piles and Pile-Pile cap connection. PCI Journal, Nov-Dle. 1990
- 4 朱海堂等. 桩与桩帽连接性能试验研究. 分报告之三. 郑州工业大学. 1994 年。

The Study of Flexural Property on The Connections Between Pipe Piles and Pile Capn

Zhang Qiming

(Zhengzhou University of Technology)

Jing Yali

(Zhengzhou city Engineering Design Institute of Air Defence)

Abstract Based on the flexurd tests on prestressed concrete pipe pile-pile cap connections, the cracks, failure forms and performance characteristics are described the rigid property and ductility are analyzed.

Keywords Pipe pile pile cap connections rigid property ductility.