

桩与桩帽连接试件施工技术

赵广田

(郑州工业大学水环系)

摘 要 通过对大体积混凝土产生裂缝的原因的分析,确定了混凝土浇筑条件和防裂方法,为工程单位施工提供了依据。

关键词 裂缝;混凝土;膨胀;收缩

中图分类号 TV332

1 试件情况及要求

某海港 20 万吨级码头的桩与桩帽连接性能试验在我室进行,整个桩帽浇筑部分混凝土的体积达 23.62m^3 ,重量达 58 吨。浇筑前,工程单位对试件的制作提出如下具体要求:

1.1 桩帽尺寸、配筋、混凝土强度等级均须与工程实际完全一样。

1.2 必须采用与工程施工相同的工艺,将桩帽和预应力大管桩浇筑在一起。受弯试验时试件安装情况如图 1。

1.3 桩帽必须一次浇筑成型,而且不许有影响试验性能的裂缝。

1.4 在限定的 45 天内完成试验,并提出供工程单位实用的技术参数。技术要求就是除了试件的混凝土强度等级和几何尺寸必须符合要求外,更重要的是试件不能因水化热造成裂缝,也不能出现桩帽与管桩之间的连接缝。

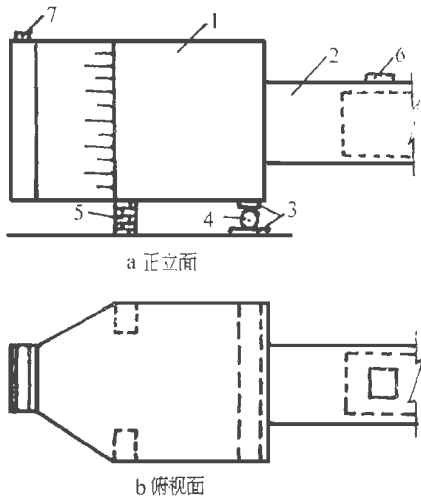


图 1 试件装制安装图

- 1、桩帽 2、预应力管桩
3、垫板 4、垫滚 5、支墩
6、受荷弧型垫板 7、反力架支承板

2 混凝土配合比的确定

根据工程单位的要求、混凝土强度设计等级为 C_{25} ,综合考虑混凝土的和易性以及水化热引起的体积变化,采用如下配合比。水泥:砂:石子 = 1 : 1.89 : 3.85;水灰比 $W/C = 0.53$;水泥用量为 330kg/m^3 。混凝土原材料情况分别为:

水泥:首先进行安定性等特性试验,最后选用上街水泥厂生产的 425# 普通硅酸盐水泥。

砂:取自舞阳县沙河的中粗砂。用前测定其含水率 6.6%,以严格控制水灰比。

收稿日期:1997-07-08

第一作者 男 1945 年生 高级工程师

石子:选用新密地区石料场的石料,其骨料粒径分别为:5~20mm 占 25%;20~40mm 占 30%,40~80mm 占 45%。用前经水洗、清除骨料中的粉末及夹泥。

混凝土的坍落度 2~2.5mm。

采用常用自来水。

钢筋配制如图 2^[1]。

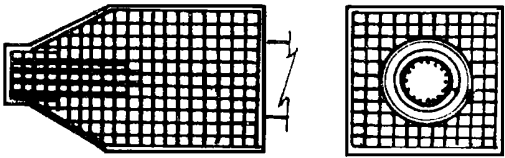


图 2 桩帽配筋图

3 抗裂性分析

3.1 裂缝成因分析

3.1.1 混凝土中的水化热 水化热主要

来自水泥在水化硬结过程中,其发生过程主要集中在早期 3~5 天内。而且温度越高,水化反应越快。我国生产的水泥一般在 28 天内,总的水化热为 209~335J/g,三天为 125.6~251.0J/g。绝热温升达 10~40℃。一般混凝土的最高温度可比浇筑时高出 7~35℃。由于混凝土是一种导热性极为不良的材料(导热系数为 27.4×10^{-4} m/h),若混凝土内外温度相差悬殊、温度变化梯度很陡时,就容易在混凝土表面引起巨大拉力和出裂现象。其次,气温也是影响混凝土温度的主要因素。通常所用材料暴露于室外,若周围温度很高,尤其是夏天,则入仓温度就会很高,加上水化热有时可达 80~90℃,当混凝土达到最高温度后开始下降时,体积开始收缩,如果受到基础或其它约束时会产生垂直裂缝^[1]。

3.1.2 混凝土具的湿胀干缩特性 北方气候比较干燥,浇筑后若表面水分蒸发过快,内外涨缩不均匀,混凝土受到的收缩大于其膨胀值时,就会产生表面裂缝并有可能发展成更严重的裂缝。

3.1.3 自生体积变形 混凝土胶凝材料在恒湿和不受外荷载作用下,由于水化作用引起水化胶状生成物和晶体生成物而使体积发生变化,一般在 $(-5 \sim 5) \times 10^{-5}$ 范围内。影响因素有水泥品种、用量、水灰比大小、混合料掺量、混凝土的龄期等。

以上三种体积变形都是既有膨胀又有收缩并贯穿于整个成熟过程中,水化热是影响体积变化的主要因素。

3.2 施工实施方法

由于试件体积及重量太大,浇筑后不可能进行任何移动,通常将支承条件先安装好再吊装试件的方法无法采用,所以浇筑前必须顾及试验条件,也就是说,试件浇筑位置就是工作台面、包括受力支承条件都随试件的成型而一次确定。为此我们采用如下方法:

3.2.1 铰支座的安装 必须作到试件成型时牢固,加荷试验时能转动。为此先将支承垫块垫滚水平安装好,用细砂将垫滚、垫板位置固定,保证在混凝土浇筑及振捣过程中不发生倾翻或变位。但在试验时将细砂清除后垫滚又必须能滚动。垫板厚度及垫滚直径都经过验算,确保试件的简支状态。

3.2.2 根据试件投影面积,在其周围砌砖构成砂池,内装细砂并浇水使各处密实。前期安装的铰支座也埋入其中,沙层厚度正好等于垫滚加上垫板的厚度,以构成试件成型底模,保证试件浇筑时,混凝土能直接浇于垫板上。

3.2.3 在砂池上铺设油毡,划出试件轮廓,便于钢筋绑扎及模板安装。

3.2.4 砌预应力管桩支承台,借助水平仪安装预应力管桩成水平状,使管桩离油毡的高度等于桩帽外缘到管桩的距离(60cm)。

3.2.5 按预定工艺浇筑试件并养护。

3.2.6 试验前一星期拆去砖墙、清除沙池中的细沙,去掉预应力管桩支承台,使试件完全处于试验时的支承条件。

4 抗裂能力计算

4.1 混凝土的绝热温升计算

$$T_{max}=Q(1-e^{-\frac{\tau}{\tau+n}})=\frac{wq}{\rho c}\left(\frac{\tau}{\tau+n}\right)$$
 (1)

式中:

- T_{max} —— 混凝土在龄期 τ 时绝热温升($^{\circ}\text{C}$);
- Q —— 水泥最终发热量(kJ/kg);
- w —— 水泥用量 kg/m^3 ;
- q —— 单位质量水泥在单位时间放出的水化热($\text{kJ/kg},^{\circ}\text{C}$),应根据配料实际计算;
- ρ —— 混凝土密度(kg/m^3);
- c —— 混凝土比热($\text{kJ/kg},^{\circ}\text{C}$),根据配料确定;
- τ —— 混凝土龄期(d);
- n —— 水泥发热速率(d)。

将试验参数代入(1) 则

$$T_{max}=\frac{wq}{\rho c}\left(\frac{\tau}{\tau+n}\right)=\frac{330\times 420\times 10^3}{2390\times 0.95\times 10^3}\left(\frac{30}{30+0.7}\right)=59.59^{\circ}\text{C}$$
 (2)

考虑到混凝土只有顶面散热,四周有钢模板保护,散热系数为 0.3,则实际温升

$$T_1=0.3T_{max}=0.3\times 59.59^{\circ}\text{C}=17.88^{\circ}\text{C}$$
 (3)

4.2 环境温度影响

混凝土浇筑气温在 $18\sim 32^{\circ}\text{C}$ 之间,平均温差 $T_2=\frac{32-18}{2}=7^{\circ}\text{C}$ 。 (4)

4.3 混凝土因温度产生的最大变化值为

$$L_{(T)}=\alpha(T_1+T_2)$$
 (5)

式中 $L_{(T)}$ —— 温度变化时混凝土伸长值;

T_1 —— 混凝土表面温度;

T_2 —— 环境温度;

α —— 混凝土线胀系数($10^{-5}/^{\circ}\text{C}$)。

所以 $L_{(T)}=0.1\times 10^{-4}\times (17.9+7)=2.49\times 10^{-4}$ 。

4.4 混凝土在一个月 内最大收缩值见式(6) [2]。

$$L_{(t)}=K(1-e^{-0.01t})$$
 (6)

所以 $L_{(30)}=3.06\times 10^{-4}\times 0.2=0.612\times 10^{-4}$ (7)

混凝土总伸长变形

$$L_e=L_{(T)}+L_{(t)}=2.49\times 10^{-4}+0.162\times 10^{-4}=3.10\times 10^{-4}$$

4.5 混凝土湿养护条件下膨胀值,由于不是浸水养护,故取 $\epsilon_s=1.75\times 10^{-4}$

4.6 混凝土的极限拉伸值在($0.5\sim 1.2$) $\times 10^{-4}$ 范围内变化,如图 3。这里当 $t=1$ 个月时,可得 $\epsilon_t=1.12\times 10^{-4}$ 。

也可根据经验公式(8)

$$\epsilon_{11}^I=(a+bR_{11}) \tag{8}$$

式中 a, b 为常数,因具体条件而异,其数值见表 1^[2]。

$$\begin{aligned}\epsilon_{11}^I &= (a+bR_{11}^{\frac{2}{3}}) \\ &= (0.3+0.025R_{11}^{\frac{2}{3}}) \times 10^{-4} \\ &= 0.796 \times 10^{-4}\end{aligned}$$

对 ϵ_{11} 和 ϵ_{11}^I 之间取小值。试件的长向和短向伸长量取短向长度,则

$$\epsilon = 0.796 \times 10^{-4} \times 2.4 = 1.91 \times 10^{-4} \tag{9}$$

总允许伸长量

$$L_s = \epsilon_0 + \epsilon = 1.75 \times 10^{-4} + 1.91 \times 10^{-4} = 3.66 \times 10^{-4} \tag{10}$$

由(7)和(10)可知 $L_s > L_e$,满足设计要求。

表 1 混凝土极限拉伸经验公式中的常数

提供部门	a	b
水利水电科学研究院	0.2~0.29~0.34	0.023~0.038
水利电力部第八工程局	0.46	0.0171

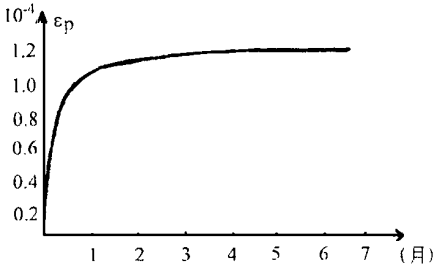


图 3 混凝土极限拉伸随龄期变化图

5 养护措施

- 5.1 试件浇筑完毕立即用草帘复盖,以防表面失水太快造成干裂。
 - 5.2 待混凝土初凝,即在草帘上洒水养护。由于最初几小时水化热引起温度上升很快,8小时后以流水注入草帘。既保持混凝土湿润加速水化反应;又由于水吸热性强,可降低试件的温度。
 - 5.3 养护过程发现:浇筑后6小时试件表面温升加剧,12小时温升达15℃。这时加大养护用水量,使草帘上的水发生流淌,可带走一部分热量。另外由于钢模板传热性很好,流水使得试件周围基本处于相同温度场中,便于试件内部的热量向外传导。72小时后,混凝土表面温度达到最高,比浇筑时高出约28℃,这时加强养护,仔细观察。
 - 5.4 7天后温度高峰过去,此时草帘上的洒水只保持湿润即可,以便试件温度和湿度逐步与表面气温和环境湿度相适应。并逐步减少养护用水,从而使混凝土表面由潮湿到干燥自然而平缓地变化。
 - 5.5 由于试件比较大,10天以后混凝土钢模板表面的温度基本一致才拆模,随即将拆模部位用草帘复盖并洒水养护15天左右。
 - 5.6 试验前8~10天将草帘去掉,使混凝土逐步自然干燥。
- 经仔细检查,未发现任何形式的裂缝,试件尺寸及混凝土强度完全符合设计要求。

6 预应力管桩与桩帽连结部分的密实浇筑

根据以往的经验,新浇混凝土与老混凝土(预应力管桩)结合部分很容易发生各种连接不良现象见图4。当振捣不实时,混凝土浇筑完毕后管桩下面混凝土因受重力作用而下

沉,使连接部位脱开如图 4(a)。另一种情况是由于粒径大的骨料在振捣过程中受到钢筋的阻挡,只有一部分灰浆通过钢筋与管桩接触、拆模后可看到结合部位呈蜂窝状、严重的可形成狗洞。如果不处理必将影响二者的连接性能如图 4(b)。另外尽管浇筑混凝土与管桩密实连接,但由于预应力混凝土管桩比较干燥,要吸收一部分水份,使混凝土收缩而致二者产生结合缝。泌水性大的水泥这种现象更严重如图 4(c)。缝的大小与浇筑条件(管桩干燥程度、振捣、混凝土的泌水及水泥用量等)有关。

为了避免上述现象发生,采取了如下措施:

6.1 浇筑混凝土前先将预应力混凝土管桩浸湿,稍敷以水泥净浆,以利于新老混凝土的结合,模板加固并严格堵缝,防止漏浆。

6.2 当混凝土浇筑高度达到管桩三分之一直径处时,进料使管桩周围稍高,这样混凝土下沉过程中向管桩底部产生挤压力;再将侧面模板打开两块,采用交叉双振法将振捣棒伸入管桩底部把混凝土振实。当肉眼看到管桩侧面出浆之后再慢慢将振捣棒抽出。注意桩底下不再加膨胀剂。因为工程中施工时是立浇而不是卧浇,而且也不加膨胀剂。

6.3 继续加料,待灰浆高度超过管桩轴线时再用振捣棒贴住管桩交叉振捣,直到混凝土不下沉并出浆,将模板复原。待进料能埋住管桩高度时,再按正常工艺浇筑完毕。

6.4 施工前对模板周围进行加固,保证刚度;而且堵缝密闭。

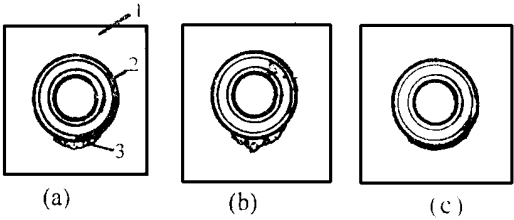


图 4 连接部位不密实示意图

1、桩帽 2、预应力管中心 3、缺陷

参考文献

1. 郑州业大学水利及环境工程系. 钢筋砼大管桩与桩帽足尺连接试验报告. 1992. 12
2. 潘家铮. 水工建筑物的温度控制. 1990. 11
3. 王异, 周兆桐. 混凝土手册. 吉林科学技术出版社. 1985. 10

Construction Technology on the Experimental Unit of
Pile-Pile Cap Connection

Zhao Guangtian
(Zhengzhou University of Technology)

Abstract In this article The author analyzed the reasons of cracking of large block conerete, And determined the concretete depositing conditions and the method of preventing cracks . It will porvide the basis for the constraction unit .

Keywords cracking ; concrete ; expansion ; shrink