

免蒸压 PHC 管桩的试生产

詹镇峰¹ 陈峭卉² 李从波¹ 杨医博³ 黄红建⁴ 赖兆琼⁴ 陈应钦² 郝艳浩³ 何栋⁵

(1 广州大学土木工程学院; 2 广东省建筑材料研究院; 3 华南理工大学)

(4 江门市新三联管桩有限公司; 5 南宁鸿基水泥制品有限公司)

【摘要】管桩行业面临着节能减排的压力,免蒸压管桩将是管桩行业的发展方向。本文介绍了免蒸压 PHC 管桩的试生产,结果表明:以现有的工艺,生产的免蒸压 PHC 管桩产品外观和力学性能均满足产品质量要求。本次试生产试验将为免蒸压管桩生产推广应用奠定基础。

【关键词】免蒸压;PHC 管桩;试生产

PHC 管桩因其具有优异的力学性能、制桩周期短、价格低而在工业民用建筑、市政工程、港口码头以及跨海大桥等大型工程中得到广泛的应用^[1]。现有国内 PHC 管桩生产的养护工序基本上是采用两次蒸汽养护,即常压蒸汽养护与高压蒸汽养护(简称蒸压养护),通过两次蒸汽养护可以使 PHC 管桩在较短的时间内获得出厂强度,提高生产效率。但在实际生产和使用过程中,也发现采用二次养护工艺存在的一些问题^[2]:

(1)压蒸混凝土晶胶比过大,混凝土脆性变大,打桩时,混凝土易剥落,从而影响 PHC 桩的耐打性;

(2)生产工艺比较复杂,操作生产安全性低,生产成本高(每米桩压蒸成本增加 15~20 元);

(3)投资费用高,压蒸釜及锅炉造价很高,维护费用大。同时,通过燃油或燃煤获得蒸汽,必然排放出 CO₂、SO₂ 等气体,对环境造成一定的影响。

因此,在当今国家倡导节能减排的大形势下,管桩行业也面临着巨大的节能减排压力,免蒸压 PHC 管桩的生产将是管桩行业的发展方向。本文通过混凝土的配制技术,优化胶凝材料的组成,选用高减水率的聚羧酸减水剂,配制出免蒸压管桩混凝土,在工厂进行试生产试验,为下一步免蒸压管桩的推广应用积累经验。

1 试生产用的原材料及成型工艺

1.1 原材料

水泥:P·II 42.5R 硅酸盐水泥,华润水泥(平南)有限公司生产;掺和料 A:比表面积 400m²/kg,江门某企业生产;掺和料 C:比表面积 250m²/kg,深圳某新材料科技有限公司提供;聚羧酸减水剂:江门强力建材科技有限公司生产,固含量为 10%;砂:中砂,II 区,含泥量 0.7%,细度模数 2.8,产地:广西藤县;碎石:花岗岩碎石,新会大泽砂石厂生产,双级配 5~10mm、10~25mm,含泥量:

0.1%,压碎指标:9%。

1.2 离心工艺

工艺 1:按现有生产的成型参数。

工艺 2:高速离心转速降低约 100r/min,低速和高速离心时间延长 1min。

工艺 3:高速升速约 75r/min、时间不变。

2 免蒸压 PHC 管桩混凝土基准配合比

实现 PHC 管桩的免蒸压生产,其实质就是在常压蒸汽养护的条件下,配制出的混凝土强度满足管桩的脱模强度和出厂时的设计强度要求。实现这一目标的技术路线有:

(1)用活性掺和料代替磨细砂。采用活性掺和料,可以保障混凝土的早期强度,同时,活性掺和料可以与水泥水化形成的 Ca(OH)₂ 发生二次化学反应,提高混凝土的密实度,从而提高混凝土的耐久性;

(2)使用高减水率的聚羧酸减水剂,降低混凝土的水胶比,提高混凝土的早期强度;

(3)适当提高胶材用量。

基于以上的思路,本项目在实验室条件下进行了大量的试验,通过正交试验最终确定了由掺和料 A 和 C 组成的复合掺和料为本试验的掺和料,其质量比例为 (50~70):(30~50),通过不同水胶比试验,确定满足本项目要求的水胶比为小于 0.23;通过不同胶材用量试验,确定满足本项目要求的单方胶材用量≥470kg;此外确定了混凝土的砂率为 36%、聚羧酸减水剂掺量(10%浓度)3.2%~3.6%。表 1 为免蒸压 PHC 管桩试生产的混凝土基准配合比参数。

表 1 免蒸压管桩试生产的混凝土基准配合比参数

胶凝材料 /kg/m ³	水胶比	砂率	减水剂掺量
470~490	0.20~0.22	35%~36%	3.2%~3.6%

注:胶材组成:水泥:复合掺和料=(50~60):(40~50)

3 无筋短管桩的试生产

3.1 无筋短管桩的第一次试生产

考虑到初次进行免蒸压管桩的试生产,可能会碰到一些预想不到的问题。从节约成本的思路出发,选用两根无筋短桩进行试验,桩的直径为 400mm,长度分别为 3.1m 和 2.4m,记编号为 DZ31 和 DZ24。通过试生产试验,目的是想了解该配比和生产工艺等各环节是否合理,以便做出相应的调整。

生产过程的工艺顺序与现有正常生产基本一致,即称料→投料→搅拌→入模布料→离心成型→蒸汽养护→脱模、成品。需要特别说明的是:

(1)称料:按两根试验桩的规格计算所需的混凝土用量为 0.6m^3 ,但由于搅拌机的搅拌容量为 2m^3 ,搅拌的量最少值不得低于 0.7m^3 ,否则会影响搅拌效果,因此,按 0.7m^3 用量进行称料;

(2)搅拌制度:先搅拌 120s,暂停 10s,然后继续搅拌 30s,暂停 10s,再继续搅拌 30s,结束。搅拌时间总共 180s。水分三次添加,分别在搅拌开始时和两次暂停时加入。

(3)离心成型:为考察离心的速率和时间等参数的影响,特别设计两条桩按不同的离心参数成型。编号 DZ31 ($\Phi 400 \times 3.1\text{m}$) 按工艺 1 进行离心成型;编号 DZ24 ($\Phi 400 \times 2.4\text{m}$) 按工艺 2 离心成型。

(4)混凝土配合比参数为:胶材用量 $470\text{kg}/\text{m}^3$,水胶比为 0.22,砂率为 36%,减水剂掺量为 3.6%。

生产过程出现的现象和问题:

(1)混凝土坍落度偏大。搅拌结束后,测试混凝土的初始坍落度为 170mm,拌合物的工作性良好,易布料,但由于混合料坍落度大,布料后出现泌水现象,需等待 20min 后才能合模,见图 1、图 2、图 3。

(2)离心成型后,管桩 DZ31 的余浆量较少,内壁有较多浮浆附着;管桩 DZ24 初始时内壁有挂浆,软浆层较厚,约有 2cm,流出的余浆粘稠,随着流出的余浆越来越粘稠,内壁的软浆层几乎全部流失致露石。见图 4、图 5。

(3)观察两条桩的外观,因两条桩的混凝土用量过多,两条管桩壁厚达 105mm,比要求的 95mm 多 10mm;外表面光滑无蜂窝孔洞,见图 6~图 8。

现场取样制成的混凝土试件,经同样制度的蒸汽养护后其抗压强度分别为:脱模强度:76.6MPa、1d:82.3MPa、5d:90.2MPa,强度满足 5d 大于 90MPa 的要求。

总结以上的试生产试验,认为在以下环节需要改进:

(1)单根管桩的用量偏多,减少混凝土用量,降低管



图 1 布料



图 2 20min 有泌水



图 3 20min 后合模



图 4 DZ24 离心后余浆

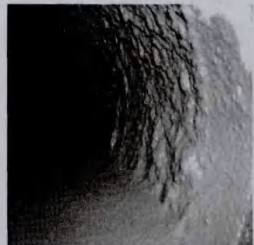


图 5 离心后 DZ24 的管壁

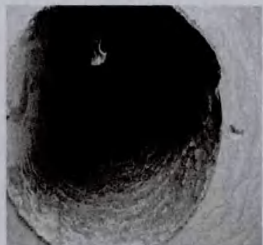


图 6 成品 DZ24 内壁



图 7 成品 DZ31 内壁



图 8 成品

桩壁厚;

(2)混凝土坍落度偏大,坍落度偏大会导致离心后的余浆增加,因此可适当调整加水量,降低混凝土的坍落度;

(3)搅拌制度需改进;

(4)离心高速速率降低后,余浆增多,不利于成型,需进一步考察离心工艺参数的影响。

3.2 无筋短管桩的第二次试生产

通过第一次的试生产,对混凝土配合比以及离心工艺参数的合理性有一直观的了解,针对第一次试生产碰到的问题,在第二次试生产中有目的地改进:

(1)考虑到混凝土搅拌量与管桩混凝土量的相匹配,

本次试生产成型三条短管桩,直径均为 $\Phi 400$,长度分别为 3.1m、2.4m 和 2.1m,记编号为 DZ31-1、DZ24-1 和 DZ21-1;

(2)调整加水量,控制混凝土的坍落度,在其它材料不变的前提下,减少用水量,水胶比为 0.21;

(3)搅拌时间仍 3min,但搅至 165s 时暂停 10s,后继续搅拌 15s,全部水在第一阶段 165s 内加完;

(4)3 条管桩分别在三种离心工艺下成型,分别为: DZ31-1 按工艺 1 离心成型;DZ24-1 按工艺 3 离心成型; DZ21-1 按工艺 2 离心成型。

第二次试生产得出以下的结论:

(1)通过调整混凝土配合比后,混凝土初始坍落度为 60mm,与实际生产的坍落度要求较为接近,13min 后合模时的坍落度为 20mm,35min 后离心时坍落度为 8mm,混凝土拌合物工作性较好,易布料。

(2)现场取样制成的混凝土试件,经同样的蒸汽养护后其抗压强度分别为:脱模强度:77.5MPa、1d:83.2 MPa、5d:92.3 MPa,强度满足 5d 大于 90 MPa 的要求。

(3)比较三种离心工艺,DZ24-1 按工艺 3 离心成型,成型后内壁坚硬无挂浆,基本无软浆层,流出的余浆比生产余浆较粘稠;DZ21-1 按工艺 2 离心成型,成型后内壁较坚硬,有轻微挂浆,软浆层较薄;DZ31-1 按工艺 1 离心成型,成型后的效果介乎于两者之间。三条管桩的壁厚为 95mm,与现有产品相符。从离心效果来看,工艺 3 的效果更好些。三条成品桩见图 9 和图 10。

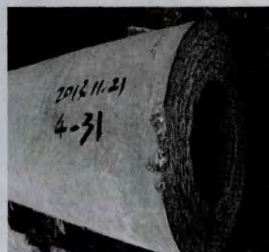


图 9 DZ24-1 和 DZ21-1 成品 图 10 DZ31-1 成品

通过两次的试生产,确定 PHC 管桩试生产的各工艺参数为:搅拌时间为 3min,离心参数按工艺 3,混凝土水胶比为 0.21。

4 PHC 管桩的试生产

以上的两次短桩试生产,为 PHC 管桩的试生产奠定了基础,按照以上确定的各工艺参数进行 PHC 管桩的试生产,管桩规格为 $\Phi 400 \times 9m$,取得满意的结果。

混凝土配合比参数选择与第二次无筋短桩试生产一样,搅拌时间为 3min,一次加水,采用工艺 3 离心成型。

图 11~图 14 为生产过程的部分照片和成品照片,现场取样制成的混凝土试件在同样蒸汽养护制度下,养护后 5d 的抗压强度为 91.4MPa,管桩成品经检测单位检测,结果为:产品的外观质量、尺寸偏差及钢筋保护层均符合标准要求,其抗弯性能为:抗裂弯矩达到 $75kN \cdot m$ (标准要求 $\geq 54kN \cdot m$),极限弯矩在 $90kN \cdot m$ (标准要求 $\geq 81kN \cdot m$) 仍未破坏;抗剪性能:荷载加至 210kN,剪跨内仍未发生斜拉裂纹(标准要求 $\geq 173kN$),产品性能满足 GB13476-2009《先张法预应力混凝土管桩》标准的质量要求。



图 11 放置钢筋笼



图 12 布料



图 13 余浆



图 14 成品

5 结语

通过两次无筋短桩的试生产试验,确定了免蒸压管桩混凝土的基准配合比和离心参数,在此基础上进行了免蒸压 PHC 管桩的试生产,效果良好,管桩的外观及力学性能满足产品的质量要求,无需改变现有的生产工艺。本次免蒸压管桩试生产试验证明了该技术的可行性,且为该技术的进一步推广奠定了基础。●

【参考文献】

- [1] 王成启,谷坤鹏,等.免蒸压 PHC 管桩的研制与工程应用[J].混凝土与水泥制品 2011,(4).
- [2] 蒋元海,陈志凡,等.非压蒸 C80 高强混凝土管桩的试生产研究[J].中国建材科技,1997,(6).

* 基金项目:南宁市科学研究与技术开发计划项目【20131290】广东省重大科技专项,2012A010800029