

北方地区低温条件下扭王字块的预制

李松斌, 陈盛兜

(中交四航局第二工程有限公司, 广东 广州 510300)

摘 要: 低温条件下扭王字块预制的质量较常温下更加难以保证, 松顶、气泡多和裂缝多等质量“常发病”经常困扰着工程技术人员。文章介绍了辽宁红沿河核电厂护岸工程低温条件下预制扭王字块的施工过程和持续改进的施工方法等, 并对气泡、裂缝等质量问题产生的原因作了分析总结, 重点提出了在北方地区低温条件下扭王字块预制的主要工艺和质量控制要点及改进措施, 供类似项目参考。

关键词: 扭王字块; 低温; 气泡; 裂缝; 质量控制措施

中图分类号: TU528.52 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-3688(2008)01-0052-04

Prefabrication of Twisted Multi-Leg Blocks at Low Temperatures in Northern Regions

LI Song-bin, CHEN Sheng-dou

(No. 2 Eng. Co. Ltd. of CCCC Fourth Harbour Engineering Co. Ltd., Guangzhou 510300, China)

Abstract: It is more difficult to control the quality of the prefabrication of twisted multi-leg blocks at low temperatures than at normal temperatures and the “frequently encountered quality problems” like loose top, bubbles and cracks in the blocks often put the engineering personnel in a difficult position. This paper presents the process of prefabrication of twisted multi-leg blocks at low temperatures and the construction methods being incessantly improved for the construction of the revetments for Hongyanhe Nuclear Power Plant in Liaoning Province. A summary and analysis of the causes of the quality problems like bubbles and cracks is given. The major technological process, key points in quality control and measures for improvement for the prefabrication of twisted multi-leg blocks at low temperatures in northern regions are emphatically proposed for the reference of similar projects.

Key words: twisted multi-leg block; low temperature; bubble; cracking; measure for quality control

1 工程概况

1.1 概述

辽宁红沿河核电厂位于辽宁省瓦房店市东岗镇, 地处大连市西端渤海辽东湾东海岸温坨子。该核电厂建设规模为4台百万千瓦级压水堆核电机组, 一次规划, 分期建设。护岸工程作为厂区辅建区陆域形成的围堤, 最终成为辅建区的护岸。

护岸工程位于电厂的西南侧, 包括F-G、G-H、H-K、F和K端头变更延长段共5段, 总长1 752.25 m。护岸底标高+1.0~-6.0 m, 顶标高+9.5~+7.5 m; 护岸为抛石斜坡式结构, 堤心回填采用开山石, 外侧采用2 t、3 t扭王字块体及浆砌块石护面, 内侧铺设土工布和倒滤层, 堤顶采用混凝土及浆砌块石挡浪墙压顶。主要工程量有: 块石抛理54

万 m^3 , 扭王字块预制安装27 469件, 挡浪墙混凝土7 459 m^3 , 浆砌块石690 m^3 。

1.2 扭王字块情况

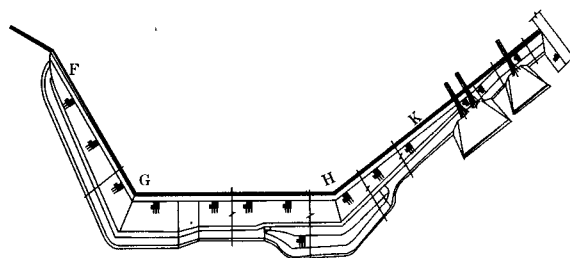
扭王字块分2 t和3 t两种, 其中2 t为18 762件, 3 t为8 707件, 需用混凝土量为27 133 m^3 , 混凝土强度等级均为C30、F250。

原设计扭王字块型号均为b型, 考虑到b型构件的中肢顶面处易产生气泡(b型构件的中肢顶面较a型平缓, 气泡不易排出), 以及市面上2 t、3 t的a、b型扭王字块模板数量极少, 综合质量及进度要求, 于是向设计提出将原来单一的b型变更为a、b型共用, 为此, 本工程实际预制的扭王字块共分成2 t-a、2 t-b和3 ta三种规格类型。

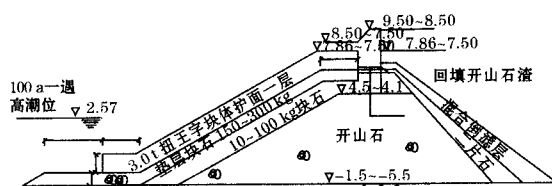
因工期紧张, 2005年11月底要完成18 000件的预制任务, 且2005年11月份的平均气温为6℃, 白天最高气温为11℃, 夜间最低气温为-6℃, 昼夜温差大, 所以有部分构件要在低温条件下进行施工。

收稿日期: 2007-06-08

作者简介: 李松斌(1976-), 男, 工程师, 从事港航施工及管理工作。



(a) 平面布置图



(b) 典型断面图

图1 护岸工程示意图

2 施工工艺

2.1 工艺流程

工艺流程见图2。

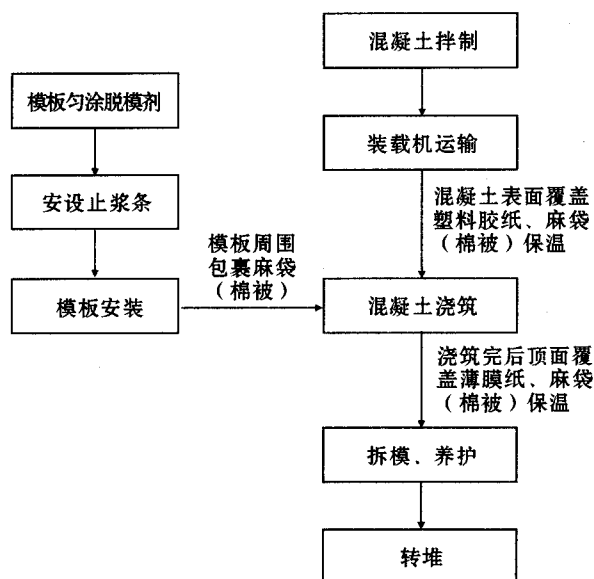


图2 施工工艺流程

2.2 模板工程

扭王字块体模板采用钢模板,按照立式预制工艺设计,a型模板沿顶面纵向对称轴分成2块,b型模板沿顶面纵、横对称轴分成4块,拼模时用螺栓紧固,在拼装口夹5 mm厚橡胶带。面板采用5 mm厚钢板,8 cm槽钢作围圈。在中间顶端设置对称的顶撑螺套出模。底模采用混凝土垫层作底胎模。接触部位采用三角木条和海绵止浆密封。

2.3 混凝土浇筑工艺

混凝土由搅拌站生产,用装载机运输至施工现场。

构件混凝土浇筑用装载机直接入仓,人工配合,以厚30~40 cm分层浇筑,用 $\phi 50$ 插入式振捣棒振捣密实。构件混凝土一次浇筑到顶,成型后,在混凝土初凝前,进行二次振捣和二次抹面。构件采用喷涂养护液进行养护。

3 产生的问题及原因分析

3.1 低温预制构件产生的问题

(1) 前期,典型施工浇筑的三批16件有代表性的扭王字块,其顶面和中肢根部都曾出现过深浅不一、长度不一的

非规则裂缝。

(2) 构件顶部均有15~20 cm厚的浮浆,有松顶现象。

(3) 2 t-b型的构件不同程度地出现局部的崩角。

3.2 原因分析

经对同等材料、同等工艺在常温与低温两种不同气候条件下预制的构件质量进行对比,分别对裂缝进行灌注彩色墨水并沿墨水对裂缝进行凿开研究,同时邀请大连理工大学的专家到现场进行原因分析,发现存在质量问题的16件扭王字块主要是由气候变化引起的,主要原因如下:

(1) 混凝土构件的内外温差过大,应做好混凝土的保温措施。

(2) 水泥用量过高。根据实验经验,每增减10 kg水泥,其水化热将使混凝土的温度相应升降1℃,通过降低混凝土内外温差可减少裂缝的产生。

(3) 混凝土砂浆量偏大,容易产生浮浆、松顶。

(4) 出现混凝土泌水,有时过多,二次振捣和抹面时间把握不足。

(5) 外加剂的品种及用量不理想,需调整。

4 低温预制质量控制措施

水泥的水化反应在低温条件下进行缓慢,在4℃~5℃时尤其明显,所以低温对混凝土的影响很大,特别是新浇的混凝土对温度非常敏感,其强度增长比常温下缓慢得多;在更低的温度下受冻害,不但影响工程进度,更严重的是混凝土强度、耐久性、水密性等性能全面下降,无法保证工程质量。

由于混凝土的强度等级为C30、F250,具有抗冻要求。混凝土中需掺用引气剂,引气剂的掺量决定了混凝土中引气量的多少,混凝土的质量和。由混凝土冻融破坏机理知,掺用引气剂所产生的无数微小和互不连续(封闭)的气泡具有缓解冻融过程中产生膨胀压力和渗透压力的作用,同时还具有可压缩性,可以改善混凝土的保水性、黏聚性及和易性,减小混凝土的泌水和沉降现象。

为此,专门委托大连理工大学试验检测室联合外加剂生产厂家根据送检的原材料及掺加不同比例的引气剂和防冻剂进行了多次专项试验,确定不同配合比引气量与坍落度、引气量与耐久性、抗压强度的关系,具体详见图3、图4。

很明显,掺用引气剂、防冻剂并使含气量达到一定要求

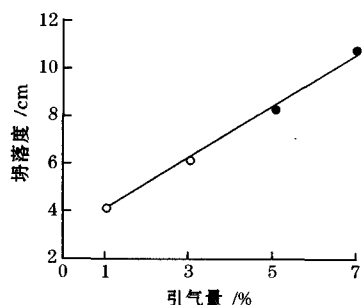


图 3 引气量与坍落度的关系图

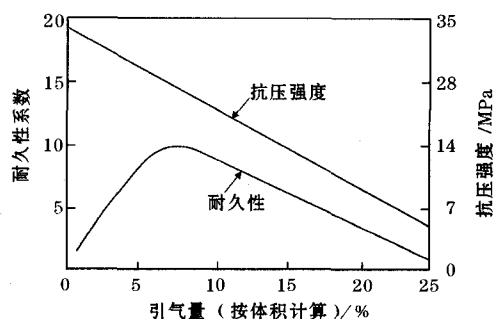


图 4 引气量与耐久性(抗冻性)、抗压强度的关系

情况下可使混凝土的抗冻性(耐久性)提高 8~10 倍,但混凝土含气量每增加 1%,抗压强度约下降 3%~5%。

通过现场多次试验和试用各种措施,低温预制构件的问题得到了解决。

4.1 调整配合比

为满足混凝土在低温气候下的初凝时间等要求,采用引气剂和防冻剂的混合外加剂,并将水泥用量由 439 kg/m³

调整为 404 kg/m³,砂率由原来的 39%调整为 35%,坍落度控制在 30~50 mm 之间。通过调整,水化热降低,浮浆减少,混凝土的和易性好。新配合比的抗冻试验 250 次循环重量损失 4.0%,相对动弹模 75%,结果完全符合设计要求。

表 1 为使用前后不同配合比浇筑的混凝土构件质量情况。

表 1 不同配合比的构件质量比较

配合比编号		1	2	3
配合比情况	配合比 C:S:G:W:A	1:1.40:2.49:0.41:0.025	1:1.72:2.69:0.42:0.025	1:1.55:2.86:0.42:0.025
	水泥用量/kg	439	404	404
	砂率/%	36	39	35
	坍落度/mm	70	50	50
混凝土情况		砂浆很多,振捣后表面有一层约 10 cm 厚的浮浆。	浮浆较多	混凝土和易性好
扭王字块质量情况		块体表面有裂缝,部分块体甚至有通缝;中肢根部有收缩裂,斜面有较大大气泡。外观质量较差。 外观缺陷的原因分析:水泥用量较大,产生的水化热较高,浮浆太多。振捣不够。	块体表面有龟裂,斜面有很多小气泡。 出现龟裂的原因分析:浮浆太多。	块体表面光滑,外观质量较好。

4.2 原材料的质量控制

4.2.1 水泥

采用北方新虎牌 P·O32.5 水泥,经多次抽检,性能好,产品质量稳定。为防止温度低水泥易结块,保证每次进搅拌站水泥罐的水泥库存时间不得超过 5 h,把握好每次水泥进货的时间和数量,加大水泥的运输使用周转频率。水泥主要品质指标见表 2。

表 2 水泥技术指标

水泥 牌号	强度 等级	品种	初凝/终凝 /min	抗压强度/MPa		细度 /%	标准稠度用 水量/%
				3 d	28 d		
北方 新虎	32.5	P·O	185/290	17.1	40.6	1.1	28.0

4.2.2 细骨料

为复州河中段西瓦河砂,细度模数 2.5~2.8。

4.2.3 粗骨料

为仙浴湾政明石场的碎石。主要品质指标见表 3。

为保证砂、碎石等骨料中不能有冻块,且保证适当的含水率,在 11 月初低温前就预先在搅拌站的料场储备好砂、碎石,用帆布覆盖。并尽量选用含水率低的砂、碎石,最好是干砂和自然风干的碎石。

表 3 粗骨料技术指标

粒径 /mm	含泥量 /%	泥块含量 /%	针片状含量 /%	压碎指标 /%	表观密度 /(kg·m ⁻³)
5~31.5	0.3	0.1	8.2	10.7	2 730

4.2.4 水

为现场地下井水,中转的小型蓄水池埋入到地表以下 3 m 的位置,尽量缩短裸露的水管,裸露的水管须用厚棉进行包扎保温,保证入搅拌塔内的水温不低于 10℃。水的主要品质指标见表 4。

4.2.5 外加剂

采用大连西卡配置好的高效减水早强防冻剂 Sikament

HE 200C 和引气剂混合溶剂,可在 -10°C 以上的寒冷条件下施工,使混凝土能够在负温下凝结和硬化,早期强度增长明显且不影响后期强度增长。防冻剂的主要品质指标见表5。

表4 水的技术指标

pH 值	氯化物 ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	硫酸盐 (%)	不溶物 ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	可溶物 ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	凝结时间 差/min		抗压强度 比/%	
					初凝	终凝	3 d	28 d
7.0	76.6	0.007	33	212	15	15	97.3	101.7

表5 防冻剂的技术指标

减水率 /%	含气量 /%	流动度 /mm	固含量 /%	强度比/% (-10°C)			
				R_7	R_{28}	R_{7+28}	R_{7+56}
12.4	4.8	200	41.4	15.1	118	102	111

4.3 混凝土搅拌、运输控制

为保证低温情况下的混凝土骨料能充分搅拌均匀,要求控制搅拌时间比常温时延长50%。先倒入水和防冻剂搅拌10s,然后加入水泥和砂石料,再搅拌135s,总搅拌时间为145s。混凝土出机温度控制在 $10^{\circ}\text{C}\sim 14^{\circ}\text{C}$ 之间。

搅拌好的混凝土用装载机运至施工现场,路上不得停留。拌和楼距浇筑地点最远距离不超过80m,且采用薄膜胶纸和麻袋双层覆盖保温,经两地测试,温度损失一般控制在 1°C 之内。

4.4 浇筑入模温度控制

混凝土分层浇筑厚度控制在50cm以内,振捣完毕后马上用薄膜胶纸和麻袋进行覆盖保温。每一工作班组至少要测量10次混凝土的出仓和入模温度,确保混凝土的入模温度控制在 $8^{\circ}\text{C}\sim 14^{\circ}\text{C}$ 之间,最低不低于 5°C 。为缩短装载机的等待时间,采用多台装载机在相邻浇筑点交叉进行卸料。

4.5 拆模强度及方法的控制

当达到7MPa以上的拆模强度,一般需36~48h。此外,为防止构件出现崩角、断肢,拆模时,a型的必须将模板完全拆分成2块,b型的必须完全拆分成4块,减少拆模时模板过紧产生的外力挤压构件边角位置。

4.6 拆模后的养护控制

构件拆模后,且混凝土表面温度与大气温度差 $\geq 20^{\circ}\text{C}$,为防止冷击,要及早均匀地喷涂养护液,并包扎(套上)塑料胶纸或麻袋等进行防风保温。

4.7 加大混凝土试件的检测频率

每工作班除按规范要求留置28d的试块组数外,还增

做2组与构件同条件养护,1组用于检测拆模时的混凝土强度,另一组用于检测转堆时的混凝土强度。只有强度达到要求后才允许拆模和转堆。图5为同条件试块强度增长曲线图。

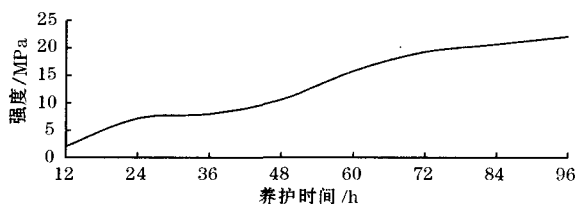


图5 混凝土同条件试块强度增长曲线

4.8 其它控制措施

此外,当混凝土内的水蒸发量超过一定程度,由于毛细管的收缩作用,就会在其表层产生塑性收缩;因砂石比重大于胶凝材料浆体,会发生不均匀沉降收缩。如果混凝土终凝前抹压不够和养护不及时,就会产生塑性裂缝。且清除多余的游离态水份,可降低混凝土的水灰比,提高混凝土的强度,增强抗冻性,并能缩短混凝土的抹面工作时间,从而能大大提高新浇筑混凝土的抗冻能力。在保证施工性能的前提下,还要尽量做到以下几个方面:

- (1) 尽量减少单位用水量,降低水灰比。
- (2) 搅拌时间要足够,控制混凝土输送过程中含气量的损失。
- (3) 严格控制混凝土的振捣时间,避免过振,振捣过程中出现的泌水应及时排除。
- (4) 掌握好二次振捣和抹面时间是预防表面裂缝的重要措施。低温期间的二次振捣时间控制在浇筑后的3.5~4.5h内进行,二次抹面时间控制在浇筑后5~6h后进行。
- (5) 因北方区冬天经常刮4~5级以上的大风,所以抹面后要马上覆盖塑料薄膜和麻袋并压住,用来保水和保温,防止混凝土表面因水分散失过快和混凝土内外温差过大而引起的裂缝。

5 结语

2005年11月低温季节,共预制扭王字块4022件,混凝土总方量为3500 m^3 。除前期20多件出现裂缝等问题外,随后的构件质量均比较正常、稳定。在此期间日平均气温为 6°C ,气温虽低,但通过选择优化后的配合比(其中最重要的是要掺防冻剂)、合格的原材料,并做好、做足混凝土施工过程中的振捣、及时排除泌水、二次抹面、覆盖保温和养护等一系列的工作,采取可靠有效的施工方法,及时发现问题进行总结、完善,是完全可以在低温环境中预制出高质量扭王字块构件的。