

聚丙烯纤维砼在白溪水库Ⅱ期面板的应用

郭荣卿 劳俭翁(中国水利水电第十二工程局)

[摘要] 白溪水库钢筋砼面板堆石坝Ⅱ期面板总面积为 2.63 万 m², 浇筑聚丙烯纤维砼 1.1 万 m³。聚丙烯纤维砼比普通砼防裂、阻裂、增韧, 提高了砼的抗冻、抗渗、抗冲磨、抗冲击和抗老化性能。它首次在白溪水库Ⅱ期面板应用, 防裂效果明显, 填补了国内的空白。

1 概述

白溪水库是一座以供水、防洪为主, 兼顾发电、灌溉等具有综合利用效益的大Ⅱ型水利枢纽工程。拦河坝为钢筋砼面板堆石坝, 坝顶高程 177.4m, 最大坝高 124.4m, 坝顶长 398.0m, 顶宽 10m。上游坝坡 1:1.4, 下游坝坡 1:1.25。

面板共分 33 块, 除 1#、2#、33# 块板宽小于 12m 以外, 其余均为 12m; 厚由 66.1cm 渐变至坝顶 30cm。砼面板最大斜长达 206.41m, 面板总表面积 4.93 万 m², 砼设计总量 2.17 万 m³。

面板砼分两期施工, I 期面板砼设计高程 128.5m, 最大斜长 128.09m, 砼于 2000 年 1 月 10 日浇筑结束。Ⅱ期面板为高程 128.5m 以上部分, 最大斜长 78.33m, 砼于 2000 年 9 月 20 日开浇至 12 月 5 日结束, 历时 77d, 实际浇筑砼 1.1 万 m³。

聚丙烯纤维砼在国外军事、房建、水利等工程中已得到了广泛的应用。这一新材料的应用在我国刚刚起步, 尤其在水利水电工程中的应用有待进一步试验论证。为此, 宁波白溪水库建设指挥部委托南科院针对白溪大坝Ⅱ期面板砼进行室内试验研究。之后将阶段成果在溢洪道进水池底板进行施工试验, 把施工过程中存在的问题反馈给南科院, 然后进行配合比调整, 并于 2000 年 8 月提供最终配合比。为

验证聚丙烯纤维砼在大坝面板上施工适宜性, 于同年 9 月在Ⅱ期面板的少量板块上进行施工工艺性试验。先进行 1# 块施工, 在总结经验的基础上再进行 3# 块和 9# 块的施工。经专家组评定, 建议在Ⅱ期面板全面应用。

通过试验块的经验总结, 对试验块暴露出的问题, 如坍落度及砼运输时间控制、压面困难、工序衔接等问题在后续块施工中采取了相应的对策, 并对砼拌制方式进地改进, 既保证了砼质量, 又大大提高了工效。为进一步检验聚丙烯掺量多少对砼质量及施工工艺的影响, 于同年 11 月 30 日在 28# 块上进行了增加聚丙烯掺量的对比试验。

2 面板砼配合比

2.1 面板砼设计指标

砼强度等级为 C25, 抗渗标号 W8, 抗冻标号 F100, 含气量 4%~5%, 机口坍落度 6~8cm, 二级配, 最大骨料粒径 < 40mm。

2.2 面板砼配合比

在面板试验块施工前, 在工地试验室对南科院 A—3 配合比进行试拌, 拌制方量 0.0398m³, 测试砼坍落度偏小, 不能达到 6~8cm 要求; 加水 300mL 后, 重新拌制, 实测坍落度为 6.7cm。

通过试拌对 A—3 配合比进行了调整, 并经南科院复核, 调整后的砼配合比见表 1。

表1 聚丙烯砼设计配合比

编号	水灰比	砂率 (%)	坍落度 (cm)	单位材料用量 (kg/m ³)								
				水泥	粉煤灰	聚丙烯	砂	卵石 (mm)		Bly-I (1%)	NMR 0.75%	水
								5~20	20~40			
A-3	0.425	37	6~8	254	45	0.9	670	595	595	2.99	2.24	127

3 砼施工

3.1 现场施工准备

3.1.1 砼拌和系统布置 坝顶填筑至高程173.38m,宽约15m,长约400m,根据其长条形,采用一条龙布置方案,将100m的拌和系统布置在坝顶。本系统配置0.75m³拌和机3台、16m长皮带机2台、电子秤配料机4台、ZL30装载机1台。

3.1.2 坝面布置 坝坡上布置两台钢筋运输台车,2台3t卷扬机,2套无轨滑动模板(均为14m)和45t卷扬机。每套滑模采用2台卷扬机牵引。每台钢筋台车用1台卷扬机牵引。牵引系统由卷扬机、配重块和滑轮组成。坝面布置有砼卸料受料斗,后面连接溜槽,控制砼入仓。斜溜槽设置在钢筋网上,并用铁丝固定。每个仓面设置两条溜槽。

3.2 施工工艺

施工工艺流程见附图。

3.3 砼浇筑

3.3.1 拌和

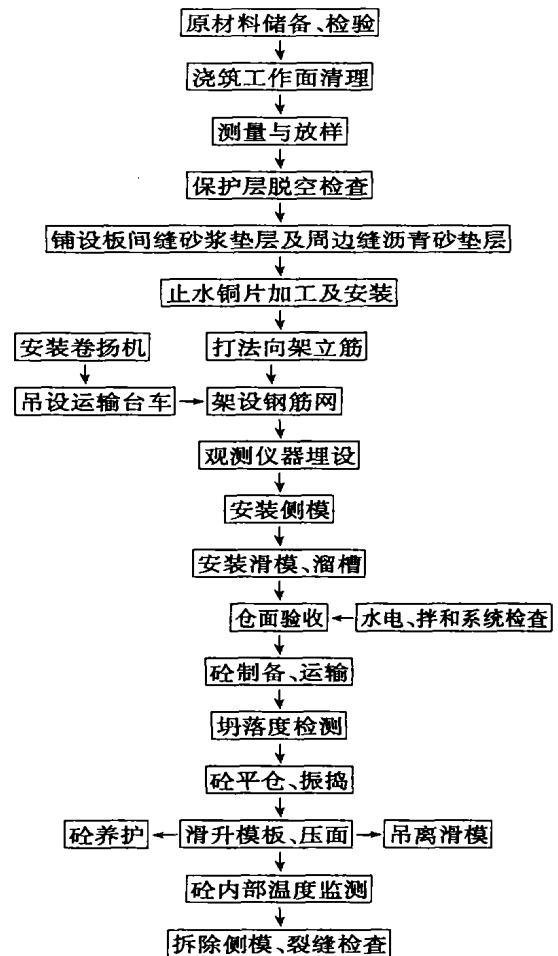
(1) 拌和方式的选择

根据级配报告,砼拌和时间为5min,先干拌1min,后湿拌4min,即先按中石、小石、水泥、粉煤灰、聚丙烯顺序进料干拌,然后加水及液体外加剂,再湿拌。

经过试验块和前期几块面板施工,发现先干拌、后湿拌的拌和方式存在以下问题:

- 1) 砼坍落度变化较大;
- 2) 环境污染严重;
- 3) 生产效率低。

针对上述问题,我局提出取消干拌程序,直接湿拌。为此作了对比试验,试验成果见表2。



附图 单块面板施工工艺流程框图

从表2试验成果看,湿拌4min能满足设计要求。为寻找最佳搅拌时间,在坝顶拌和系统做湿拌时间的对比试验,检测结果见表3。

经过上述试验,最终选择湿拌5min方式拌和砼。

(2) 坍落度调整

为寻求最佳坍落度,在施工过程中经常检测机口和仓面坍落度,并结合施工时振捣、滑模、压面等情况及时调整机口坍落度。最终选用机口坍落度控制在4~6cm范围内,比设计

值低2cm。

3.3.2 运输 场外运输采用0.4m³机动翻斗车(工程车)完全满足砼运输质量要求,途中运输在15min之内。仓面采用溜槽运输。

表2 干拌湿拌对比试验成果表

拌和形式与时间	抗压强度(MPa)		容重偏差 (kg/m ³)	坍落度(cm)		
	2d	28d		第一次	第二次	第三次
干拌 1min、湿拌 4min	24.2	39.5	0.905	6.9	5.3	3.2
湿拌 4min	24.1	42.7	0.89	6.4	6.1	6.5

表3 湿拌时间对比试验成果表

时间	拌和时间 (min)	气温 (℃)	水温 (℃)	砼温 (℃)	实测坍落度 (cm)	机口编号	容重偏差 (g/kg)	机尾编号	容重偏差 (g/kg)	抗压强度 (MPa)
14:18	4	28	24	25.5	4.5(目测)					41.4
14:30	4	28	24	25.5	4.2	1#	0.3276	2#	0.3403	
14:50	4	28	24	25.5	5.1	3#	0.3647	4#	0.3955	
15:00	5	27	24	26.5	3					43.4
15:10	5	27	24	26.5	3.2	5#	0.3608	6#	0.3774	
15:22	5	26	24	26.5	3.4	7#	0.3714	8#	0.3800	

3.3.3 浇筑

(1)入仓、振捣 由溜槽至浇筑仓面,辅以人工平仓。入仓后停留片刻,再进行振捣,用 $\phi 30\text{mm}$ 和 $\phi 50\text{mm}$ 两种振捣器,其数量比普通砼振捣多1~2台。

(2)模板滑升 模板滑升速度的控制要根据入仓强度、振捣质量、坍落度大小,是否抬模及出模后是否存在塌坍现象等因素确定。最大滑升速度1.898m/h,最小1.576m/h。后续块施工最大滑升速度3.12m/h,最小0.71m/h,平均1.92m/h。

(3)抹面 砼出模后立即进行一次抹面,待砼初凝结束前完成二次抹面。

3.3.4 养护 二次抹面结束后立即覆盖塑料薄膜,终凝后掀掉薄膜,覆盖草帘,并进行不间断的洒水养护。

4 28# 试验块施工

为进一步检验聚丙烯掺量多少对砼质量及施工工艺的影响,在28#块上进行了掺1.2kg/m³聚丙烯砼试验。

28#试验块采用A-4配合比,由南科院提供,见表4。

表4 设计配合比

编号	水灰比	砂率 (%)	坍落度 (cm)	单位材料用量(kg/m ³)								
				水泥	粉煤灰	聚丙烯	砂	卵石(mm)		Bly-I (1%)	NMR (0.75%)	水
								5~20	20~40			
A-4	0.41	37	6~8	253	45	1.2	686	610	610	2.98	2.24	123

5 砼检测成果

5.1 现场施工检测成果

Ⅱ期面板检测结果见表5。

表5 砼浇筑温度、坍落度、含气量测试汇总表

测试项目	设计值	实测 平均值	实测 最大值	实测 最小值	频数
气温(℃)		15.1	32.5	4.0	577
水温(℃)		16.7	28	7.5	576
砼温(℃)		18.8	29.5	10.5	575
坍落度(cm)	6~8	5.7	8.2	2.9	419
含气量(%)	3~5	4.56	6.0	3.6	81

5.2 纤维均匀性检测

在3#试验块浇筑时对纤维均匀性作了检测,含量约为 $0.88\text{kg}/\text{m}^3$,纤维在砼中分布较均匀。

5.3 砼力学性能检测

5.3.1 试验块砼力学性能检测 在1#试验块用A-3调配合比做一组掺与不掺纤维的对比试验。试验结果见表6。从表6中可以看出,掺纤维后的砼力学性能指标明显好于不掺纤维的砼。

在28#块做了增加纤维掺量的试验,纤维掺量由 $0.9\text{kg}/\text{m}^3$ 增至 $1.2\text{kg}/\text{m}^3$ (A-4),其力学性能指标见表7。

表6 1#块砼力学性能对比试验成果表

级配编号	坍落度 (cm)	抗压强度(MPa)			劈拉强度 (MPa)		抗冻标号	抗渗 标号
		3d	7d	28d	7d	28d		
A-3调级配	3.0	24.2	30.6	39.5	1.62	2.64	F>100	W16
A-3(不掺纤维)	3.6	20.0	25.9	34	1.41	1.70	F<100	W16

表7 28#块砼力学性能试验成果表

级配编号	抗压强度(MPa)					劈拉强度(MPa)		抗折 (MPa)	抗冻标号	抗渗标号
	3d	7d	28d	60d	90d	7d	28d			
A-4	20.7	30.0	37.5	39.4	42.7	1.6	2.25	3.4	F>100	W>8

5.3.2 Ⅱ期面板砼质量评定

Ⅱ期面板砼质量评定结果表见表8。

表8 Ⅱ期面板砼质量评定结果表

类别	抗压强度 (MPa)	抗渗 W	抗冻 F	劈裂抗拉 (MPa)	抗折 (MPa)
最大值	50.1	>14	>150	2.94	3.4
最小值	29.2	>8	>100	2.1	
平均值	38.8				
组数(n)	108	7	6	15	1

6 结语

(1)在Ⅱ期面板开浇前,进行技术交底,并对Ⅰ期面板施工工艺欠佳工序提出改进方案,及时解决施工问题。

(2)严把原材料质量关,钢筋、水泥、砂石料等原材料在使用前均进行检验。

(3)严把砼拌和计量关。

(4)精心施工,砼拌和均匀,振捣密实及时做好面板砼的养护及保护工作。

(5)纤维砼宜在 30°C 以下气温施工,坍落度最佳控制范围为:出机口 $4\sim 6\text{cm}$,仓面 $2\sim 3\text{cm}$ 。此值可保证运输、入仓、振捣、滑模及抹面的顺利进行。

(6)每 m^3 掺 1.2kg 纤维比掺 0.9kg 纤维对提高砼抗裂有好处,但出模后抹面比较困难。

(7)试验表明,掺入聚丙烯纤维后能减少砼干缩约7%,开裂指数约60%,提高极限拉伸约8%,降低弹性模量约9%,提高弯曲韧性系数35%,抗冻等级从F100提高到F200。掺入改性聚丙烯特种纤维可以明显减少砼收缩和开裂,改善砼的变形性能和提高耐久性。