

磷矿渣——新型混凝土掺合料的应用

70
61-63

曹庆明

(云南省水利水电勘测设计院 昆明 650021)

TV437
TV423

摘要 介绍磷矿渣在云南省昭通渔洞水库大坝混凝土工程中的实验及应用。工业废渣——磷矿渣掺入混凝土后,混凝土热峰值减小,后期强度增加,混凝土极限拉伸值增大,有利于减少混凝土温度裂缝,保证混凝土耐久性;同时可延长混凝土初、终凝时间,降低大体积混凝土施工强度,有利于新老混凝土层间结合。文中提出了推广运用磷矿渣掺合料的建议。

关键词 混凝土;磷矿渣;掺合料;热峰值;温度裂缝

磷矿渣作为水工混凝土掺合料,美国在 80 年代已开始对其进行试验研究。80 年代末,云南省水利水电勘测设计研究院开始进行磷矿渣作为混凝土掺合料的试验研究。90 年代初,研究成果开始应用于小型水利工程甲甸水库(砌石拱坝),并于 1994 年 7 月,正式应用于渔洞水库大坝混凝土工程。大量试验研究和生产实践表明:磷矿渣作为掺合料掺入混凝土后,可提高混凝土的抗拉强度和极限拉伸值,大幅度降低水化热,收缩小,耐久性提高,延长混凝土初、终凝时间,降低大体积混凝土施工强度,有利于新老混凝土层间结合。又因其料源广泛,单价低(废料利用),如能广泛应用,必将带来显著的经济效益和社会效益。

昭通渔洞水库为国家在建的大型水利工程,库容 3.55 亿 m^3 ,坝高 87 m,大坝为细骨料混凝土砌石重力坝,坝体四级配混凝土、三级配混凝土、二级配混凝土总回填量约 42 万 m^3 ,混凝土掺合料选择了粉煤灰和磷矿渣。粉煤灰作为混凝土掺合料在国内应用已司空见惯,而磷矿渣作为掺合料国内应用尚不多,已有的应用只是把磷矿渣掺入水泥原材料中,作为水泥熟料制成磷矿渣水泥。渔洞水库大坝工程选用的混凝土掺合料分别为:四川宜宾豆坝电厂风选法生产的粉煤灰(以下简称粉煤灰),昭通磷化工厂电炉法生产黄磷时排出的水溶性酸盐类工业废渣经磨细、烘干后的粉料(以下简称磷矿渣);水泥为贵州水泥厂生产的普通硅酸盐 525 号水泥(以下简称普硅 525 号);混凝土骨料采用渔洞白石岩料场湿法生产的母岩为石灰岩的砂石料(以下简称砂石料)。本文结合实验资料及实际工程观测资料,对普通混凝土、粉煤灰混凝土、磷矿渣混凝土各项性能进行对比

分析,从而说明磷矿渣混凝土的优越性,供继续深入研究及工程推广应用时参考。

1 掺合料比较

渔洞大坝应用掺合料的化学成分、矿物成分见表 1。

掺合料	表 1 化学成分比较									%
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	NaO	K ₂ O	SO ₃	P ₂ O ₅	
昭通磷矿渣	38.8	4.59	2.35	47.15	3.27					2.58
宜宾豆坝粉煤灰	48.9	19.58	16.8	8.17	0.62	0.20	0.89	0.64		

从表 1 中可以看出:

a. MgO 含量:磷矿渣 3.27%,粉煤灰 0.62%。粉煤灰的安定性优于磷矿渣,制成后的磷矿渣混凝土的微膨胀系数大,对混凝土补偿收缩有利,正好适用于大体积混凝土。

b. CaO/SiO₂ 值:磷矿渣与粉煤灰之比为 1.2:0.17,说明磷矿渣的活性明显优于粉煤灰。

c. 两种掺合料的成分指标均符合 GB125—92 的要求,可以作为掺入混凝土的掺合料应用。

2 混凝土性能比较

采用前述砂石料、普硅 525 号、粉煤灰(F)、磷矿渣(P)、减水剂 ZD-1 和引气剂(q),控制水胶比小于或等于 0.55,制成三组混凝土进行对比实验。

A 组:砂石料、普硅 525 号;

B 组:砂石料、普硅 525 号、粉煤灰、减水剂、引气剂;

C组:砂石料、普硅 525 号、磷矿渣、减水剂、引气剂。

2.1 干缩变形性能

A、B、C 三组混凝土干缩性能测定结果见表 2。

表 2 混凝土干缩性能测定结果

组别	ZD-1 /%	q / $\times 10^{-4}$	掺合料 /%	最大干缩变形 出现时间/d	混凝土 干缩率
A	0	0	—	30~40	3.12
B	0.5	0.4	(粉煤灰)40	55	2.76×10^{-4}
C	0.5	0.3	(磷矿渣)40	45	3.00×10^{-4}

注:ZD-1、q 和掺合料的值为其掺量与水泥重量的比例。

由表 2 可知,混凝土中掺入粉煤灰和磷矿渣后,混凝土干缩性能明显变好,且粉煤灰优于磷矿渣。说明粉煤灰、磷矿渣掺入混凝土后,最大干缩出现时间延长,且干缩率变小。

2.2 力学性能

采用 A、B、C 三组混凝土进行力学性能测试,结果见表 3。从表 3 可知:①掺入磷矿渣的混凝土后期抗压强度明显提高,优于掺粉煤灰及不掺掺合料的,且不同龄期的磷矿渣混凝土的轴心抗压强度均高于同龄期的其它混凝土,时间越长差值越大,说明磷矿渣混凝土强度提高快;②磷矿渣拉压比为 $R_t/R = 0.12$,大于其它混凝土的拉压比($R_t/R = 0.11$),说明磷矿渣混凝土韧性强,抗裂性能提高,有利于应用在大体积混凝土工程中;③磷矿渣混凝土强度增长率明显高于其它混凝土,磷矿渣混凝土的 R_{90}/R_{28} 值为 1.303,粉煤灰混凝土的 R_{90}/R_{28} 值为 1.276,常规混凝土的 R_{90}/R_{28} 值为 1.159,表明磷矿渣混凝土后期强度高。

2.3 弹性模量和拉伸变形性能

A、B、C 三种不同混凝土的弹性模量测定及拉伸应变测试结果见表 4。从表 4 可知:①掺入磷矿渣能有效降低混凝土的早期弹性模量;②磷矿渣混凝土抗拉

伸值大,增长快,弹性模量低,表明该混凝土拉伸变形性能优于其它两种混凝土;③磷矿渣混凝土拉伸应变值大,表明该混凝土韧性好,抗裂性能高。

2.4 抗渗和抗冻性能

采用同一混凝土配合比,掺合料分别选用磷矿渣及粉煤灰,控制水胶比 0.55,分别测定混凝土抗渗标号及抗冻标号:磷矿渣混凝土抗渗标号大于 S_{12} ,循环冻融(快冻)标号大于 D_{200} ;粉煤灰混凝土抗渗标号大于 S_{12} ,循环冻融(快冻)标号大于 D_{100} 。说明该两种混凝土均能满足要求,且磷矿渣混凝土抗冻性能明显优于粉煤灰混凝土。

3 混凝土热峰值与凝结时间对比

将 A、B、C 三组混凝土进行测定热峰值与凝结时间试验,结果表明:①磷矿渣混凝土热峰值小,增长速度慢,热峰值出现时间比粉煤灰混凝土略早,但磷矿渣混凝土热峰值出现时间较常规混凝土推迟 14h 以上,水化热产生时间较晚,温升小,有利于混凝土的温控防裂;②磷矿渣混凝土初凝、终凝都比其它混凝土明显滞后,有利于大体积混凝土的连续浇筑,并有利于先浇筑混凝土与后浇筑混凝土的结合,相应减轻施工强度,保证浇筑后混凝土质量,提高混凝土整体性。

4 渔洞大坝混凝土温度观测

经实验对比的磷矿渣混凝土和粉煤灰混凝土大量投入工程应用后,经混凝土抽样试验检测,大坝各部位各种混凝土的力学性能及抗渗、抗冻标号均满足和超过坝体的设计要求。为了解在 1995 年 7~8 月高温季节浇筑的混凝土的温升情况,在混凝土浇筑层厚 1.5m,最大仓面积 500 m^2 的边界条件下,分别在大坝 3、4、6、7、8 号坝段的砌筑块的中心位置埋

表 3 混凝土力学性能试验结果

序号	ZD-1 /%	q / $\times 10^{-4}$	掺合料/%		水胶比	抗压强度 R/MPa					抗拉强度 R_t/MPa			R_t/R	
			P	F		7d	28d	90d	180d	250d	28d	90d	180d	28d	90d
1	0.5	0.2	0	0	0.55	19	23.7	25.7	30.4	31.5		2.84			0.11
2	0.5	0.3	0	0	0.50	—	25.1	29.1	30.7		3.34	3.51	3.50	0.13	0.12
3	0.5	0.3	20	0	0.50		23.4	30.5	35.8		2.61	3.52	3.48	0.11	0.12
4	0.5	0.3	30	0	0.50		20.9	28.2	36.2		2.54	3.20	3.31	0.12	0.11
5	0.5	0.8	0	20	0.50		22.8	29.1	31.8		2.75	3.20	3.99	0.12	0.11

注:ZD-1、q 和掺合料的值为其掺量与水泥重量的比例。

表 4 A、B、C 三种混凝土的弹性模量和拉伸应变

序号	ZD-1 /%	q / $\times 10^{-4}$	掺合料/%		水胶比	$E_{28}/(\times 10^4 MPa)$			$\epsilon_p/\times 10^{-4}$			$E_{18}/(\times 10^4 MPa)$		
			P	F		28d	90d	180d	28d	90d	180d	28d	90d	180d
1	0.5	0.3			0.5	3.48	3.60	3.80	1.06	1.14	1.03	3.32	3.59	3.62
2	0.5	0.3	20		0.5	3.12	3.31	3.62	0.99	1.06	1.10	3.08	3.52	3.59
3	0.5	0.3	30		0.5	3.01	3.20	3.29	0.96	1.11	1.11	2.66	3.61	3.30
4	0.5	0.8		20	0.5	3.29	3.74	4.27	1.02	0.95	1.08	3.09	3.63	3.92

注:ZD-1、q 和掺合料的值为其掺量与水泥重量的比例。

表5 混凝土测试观测结果

仪器编号	埋入时间	气温/℃	入仓温度/℃	最高温度/℃	最高温度出现时间	最高温度历时/h	水化热温升/℃
T3—1	8月5日,08:05	23	21.0	28.9	8月12日,14:30	172	7.9
T4—1	7月30日,08:20	18	21.0	30.4	8月2日,16:20	104	9.3
T4—2	7月24日,21:20	21	21.0	30.0	7月26日,15:50	43	9.0
T6—1	8月6日,22:00	17	19.8	33.0	8月10日,22:30	96	13.2
T6—1	8月5日,21:30	20	21.9	31.0	8月7日,04:30	31	9.1
T7—2	8月10日,12:40	25	22.7	28.7	8月12日,14:10	50	7.8
T7—1	8月2日,00:20	18	23.6	31.9	8月4日,06:20	54	8.3
T8—2	8月17日,01:30	20	20.9	25.0	8月26日,11:30	226	4.1

设8支温度计进行坝体温度观测,当时外部气温18~24℃,经观测整理,结果见表5。

从表5中数据可知:①最高温度(热峰值)出现时间比实验成果普遍滞后,说明大坝现场混凝土的温度防裂条件优于实验室的,更有利于大体积混凝土的散热;②混凝土水化热温升值不高,一般7~9℃,大坝段防渗面板处T6—1温度计显示,水化热温升13.2℃,是由于6号坝段处于中心位置,散热差和防渗面板混凝土水泥用量偏高所致;③由于混凝土初凝、终凝时间延长,坝体浇筑块先后混凝土结合较好,经后期打孔检查,未发现温度裂缝,混凝土质量较好;④关于磷矿渣的掺量问题,对比试验表明:掺量为40%以下时,强度-水灰比关系线十分接近,50%掺量线最高,当掺量超过50%时,强度-水灰比关系线又与50%接近,可以说明,对混凝土强度来说,磷矿渣的最佳掺量为40%~50%。

5 结 语

综上所述,磷矿渣作为混凝土掺合料具有以下优点:①磷矿渣掺入混凝土后,可大幅度减少水泥水化热,是避免和减少大体积混凝土温度裂缝的有效措施;②磷矿渣混凝土具有微膨胀性,可补偿混凝土温降收缩,是由于磷矿渣内MgO含量高所致;③磷矿渣混凝土后期强度高,且强度增长速率快;④磷矿渣混凝土热峰值小,增长速度慢;⑤磷矿渣混凝土抗拉强度高,极限拉伸值大,耐久性好;⑥磷矿渣对混凝土有较大的缓凝作用,能降低施工强度,保证混凝土结合完好;⑦磷矿渣混凝土性能价格比优越,单价低,生产成本低,有很高的经济价值。

随着科学技术的发展,磷矿渣作为混凝土掺合料的应用必将进一步推广。这种混凝土不仅适用于水工结构,而且也可广泛用于道桥、工业民用建筑、港口码头等。

(收稿日期:1998-10-06 编辑:张志琴)

征订启事

《长江年鉴》(原名《治江年鉴》)是由水利部长江水利委员会和三峡工程开发总公司共同主办,长江年鉴社编辑出版,国内外公开发行的流域性年刊。它兼有专业与综合年鉴的特点,是一部逐年系统、全面反映水利、电力、航运等长江治理开发业绩和长江经济带开发开放情况的资料性工具书。范围涉及长江流域青、甘、云、贵、川、渝、陕、豫、鄂、湘、桂、赣、皖、苏、浙、沪等16个省、市、自治区。

长江年鉴内容丰富,信息量大,发行面广,并具有权威性、综合性、存史性等特性。可以作为:各级政府部门决策的参考资料;科研、教学、计划等部门工作人员的案头工具;图书档案等部门的收藏对象;同时也为国内外想了解长江近况的人士提供了一个窗口。

《长江年鉴》1998年卷共19个篇目:特载、治江文献、三峡工程、南水北调工程、水政水资源、流域规划与治理、防洪治涝抗旱、农田水利与水土保持、水利水电工程、电网与电源、长江航运、长江经济带、流域水利工作、文摘、水利科学研究、治江机构、治江人物、统计资料、治江大事。为适应读者的需要,1998年卷栏目在1997年卷增加了“水政水资源”、“电网与电源”篇的基础上,又增加了“文摘”和“水利科学研究”篇,且增加了很多图幅,文图并茂,信息量更大。

本卷约130万字,彩色插页96页,16开本,正文系电脑激光照排,精美胶印,精装合订。国内订价:120元。凡欲订购者,请与武汉解放大道1155号长江水利委员会长江年鉴社联系。

邮政编码:430010 联系电话:(027)82828349,82828350 传真:(027)82828350

开户银行:武汉工行黄浦路办事处 账号:821968-249-0220005800 账户:长江水利委员会长江年鉴社

此外,尚有少量1992年卷至1997年卷共6年的《长江年鉴》余书,需要订购者可一并办理。