

董箐水电站水工高性能混凝土应用技术研究

何 芸¹, 吕笑笑²

(1.江西省宜春市水利局,江西 宜春 336000;2.江西省宜春市袁北灌区管理局,江西 宜春 336000)

摘 要: 通过对比聚羧酸高效减水剂和萘系减水剂在董箐水电站地下厂房中的试验研究,本文得出聚羧酸高效减水剂极大地降低了用水量,提高了高性能混凝土粉煤灰掺量,且力学性能和耐久性能优异的结论,为推动聚羧酸高性能混凝土在水工建筑物中的应用提供了科学依据。

关键词: 聚羧酸高效减水剂;粉煤灰;高性能混凝土

中图分类号: TU528.36

文献标识码: B

文章编号: 1004-4701(2015)02-0086-04

0 引言

高性能混凝土即为赋予新拌混凝土更高的工作性、赋予硬化混凝土一定的强度、赋予混凝土结构更高的耐久性,并兼顾节约能源、资源和环境保护的混凝土。1994年清华大学向国内介绍和发起高性能混凝土以来,它得到了较多的应用。但是在国内外发生了很多“高性能混凝土”结构开裂,特别是早期开裂的问题^[1],人们为此付出了惨痛的代价。矿物外加剂和减水剂是高性能混凝土材料中不可缺少的两大要素,但我国粉煤灰的利用率只有 40%左右^[2],且目前以萘系为主的减水剂在高性能混凝土中对粉煤灰的掺量所起的作用是很有限的。本次试验研究通过对比聚羧酸系高效减水剂和萘系减水剂的各项性能,验证高性能混凝土提高粉煤灰掺量、获得更好的工作、力学性能和耐久性的可能,旨在推动聚羧酸高性能混凝土在水工建筑物中的应用。

1 工程概况

董箐水电站位于贵州省镇宁县与贞丰县交界的北盘江干流下游,距红水河河口 102 km,距省会贵阳市 221 km,距上游马崖水电站 65 km。董箐水电站下游尾水变幅比较大,从尾水管底板到校核洪水尾水水位达 61.83 m,作用水头较高,厂房周边混凝土结构厚度为 2~5 m,混凝土强度等级为 C20 与 C25,电站在高尾水变幅作用下厂房周边混凝土结构需要满足防裂防渗要求。

2 原材料与试验方法

2.1 原材料

①水泥:采用贵州明达水泥有限公司生产的明鹰牌 P.O 42.5 MPa 水泥,28 d 抗压强度为 53.1 MPa; ②粉煤灰:采用贵州安顺电厂的Ⅱ级粉煤灰,45 μm 方孔筛筛余为 12.0 %,强度活性指数为 71.0 %,烧失量为 6.3 %; ③砂子:细度模数为 2.98 的人工砂,属中砂,石粉含量为 13.24 %; ④石子:采用粒径为 5~20 mm 和 20~40 mm 的碎石,两者比例为 55:45; ⑤聚丙烯纤维:采用江苏丹阳合成纤维厂生产的“丹强丝”聚丙烯纤维(混合纤维,长度为 11 mm、15 mm、19 mm),推荐掺量为 0.9 kg/m³; ⑥ MgO:采用辽宁海城生产的轻烧 MgO,推荐掺量为 3 %; ⑦混凝土外加剂:减水剂采用山西黄河新型化工有限公司生产的一种 LHPA 型聚羧酸缓凝高效减水剂,推荐掺量为 1.0 %,减水率为 27.8 %,另一种是 HJUNF-2H 型缓凝高效减水剂(萘系减水剂),推荐掺量为 0.8 %,减水率为 18 %;引气剂采用山西黄河新型化工有限公司生产的 HJAE-A 型引气剂,推荐掺量为 0.8 %。

2.2 配合比设计

混凝土配合比设计试验以用于地下厂房的 C25 混凝土来进行研究,共设计 4 组混凝土配合比,混凝土配合比及其工作性能见表 1。

2.3 试验方法

(1)力学性能试验方法:按照《水工混凝土试验规

表 1 混凝土配合比及其工作性能

注:C-1~C-3使用的是 HJUNF-2H 型缓凝高效减水剂(萘系减水剂),C-4使用的是 LHPA 型聚羧酸缓凝高效减水剂。

程 DL/T5150-2001》中的规定,进行抗压、轴心抗拉强度、极限拉伸值、抗压弹模试验。

(2)抗冻性能试验方法:采用快冻法进行试验,当混凝土的相对动弹模量降至 60 % 或重量损失达到 5 % 时,认为混凝土已经冻融破坏。

(3)抗渗性能试验方法:用逐级加压法进行试验,试验达到预定水压力后稳压 8 小时,以每组 6 个试件中至少 4 个未出现表面渗水现象为达到设计要求。最后卸下抗渗试件,劈开测量渗水高度,试件高度为 150 mm。

(4)干缩变形试验方法:采用规格为 100 mm×100 mm×515 mm 的棱状体金属试模,两端埋设不锈钢的金属测头,试模放置在室内温度控制在 20 ℃±2 ℃、相对湿度

60 %±5 % 的恒温干缩室内,采用测量精度为 0.01mm 的弓形螺旋测微计进行测量,干缩龄期为 1 d、3 d、7 d、14 d、28 d、60 d、90 d、180 d 或指定的干缩龄期。

3 试验结果与分析

3.1 力学性能

混凝土的抗压强度、轴心抗拉强度、极限拉伸值和抗压弹模等力学性能见表 2。

(1)采用聚羧酸系高效减水剂,水胶比及用水量明显降低,高掺粉煤灰后使得水泥用量大幅度减少,且新拌混凝土的性能不次于萘系混凝土。在混凝土中加入磨

表 2 混凝土的力学性能

项目	龄期	试验编号			
		C-1	C-2	C-3	C-4
抗压强度/MPa	7 d	25.1	24.7	24.2	17.8
	28 d	35.9	35.6	33.8	33.4
	90 d	43.5	42.2	40.8	43.8
轴心抗拉强度/MPa	7 d	1.68	1.72	1.76	1.52
	28 d	2.72	2.85	2.92	2.65
	90 d	3.23	3.32	3.38	3.48
极限拉伸值/10 ⁻⁴	7 d	0.73	0.75	0.78	0.65
	28 d	0.89	0.98	1.03	1.01
	90 d	1.02	1.08	1.12	1.13
抗压弹模/GPa	7 d	31.5	31.9	31.2	29.2
	28 d	39.3	38.6	38.0	36.8
	90 d	42.8	42.5	41.6	43.5

细粉煤灰有利于改善混凝土的工作性,充分发挥粉煤灰的形态效应,降低混凝土的水胶比,提高混凝土强度^[3]。

(2)聚羧酸高性能混凝土早期强度虽略低于萘系混凝土,但仍能满足设计 C25 抗压强度要求,且随着龄期的增长,聚羧酸高性能混凝土的强度及强度发展明显优于萘系混凝土。

(3)掺聚丙烯纤维后的萘系混凝土抗拉强度、极限拉伸值要高,提高的幅度在 5 %~10 % 左右,说明掺纤

维后混凝土的拉伸性能有所提高。

3.2 抗冻性能

抗冻性能见表 3。抗冻试验结果表明,采用聚羧酸高效减水剂的混凝土同基本混凝土、掺 MgO、掺 MgO+“丹强丝”聚丙烯纤维的混凝土比较,均能满足抗冻 F100 要求。而聚羧酸系高效减水剂在未掺入引气剂的情况下就能有 2.5 %~3.5 % 的含气量,说明它引气的能力很强。虽然较掺入引气剂的萘系混凝土 3.5 %~4.5 % 的含气量

表 3 混凝土的抗冻性能

试验 编号	相对动弹性模量/%				重量损失/%				抗冻等级 (280 d)
	25 次	50 次	75 次	100 次	25 次	50 次	75 次	100 次	
C-1	96.5	94.2	91.8	90.0	0.32	0.60	0.87	1.12	F100
C-2	97.2	95.3	93.2	91.6	0.25	0.53	0.81	1.10	F100
C-3	97.0	94.8	92.6	91.0	0.29	0.62	0.90	1.15	F100
C-4	93.5	90.4	86.8	82.7	0.85	1.64	2.72	3.88	F100

少,但仍能满足设计要求,既减少了引气剂的掺量,使工程的成本大大降低,又改善了萘系需掺引气剂才能达到抗冻的性能。

3.3 抗渗性能

抗渗性能见表 4。抗渗试验成果表明:基本混凝土、

表 4 混凝土的抗渗性能

试验编号	水压力/MPa	试件渗水 高度/cm	抗渗等级(28 d)
C-1	1.1	2.8~6.2	W10
C-2	1.1	2.6~7.5	W10
C-3	1.1	3.5~8.0	W10
C-4	1.6	2.5~4.2	W15

掺 MgO、掺 MgO+“丹强丝”聚丙烯纤维的混凝土均能满足抗渗 W10 的要求,而聚羧酸高性能混凝土抗渗性能明显提高。这是因为聚羧酸高效减水剂和粉煤灰的双重作用,改善了影响混凝土耐久性的关键因素即混凝土内部结构中的裂缝和连通孔隙。聚羧酸高效减水剂是通过降低混凝土水灰比,减少硬化混凝土孔隙率,提高混凝土密实度,并可降低混凝土中界面区的结晶水化物取向度,改善界面区结构,提高混凝土耐久性^[4]。一般而言,积聚在水泥浆体与骨料界面区的水化产物 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 是混凝土

的薄弱环节。而粉煤灰的化学成分中($\text{SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3$)含量一般在 75 % 以上,可与 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 反应生成水化硅酸钙和水化铝酸钙,这样就减少或消除了混凝土中薄弱的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 结晶,改善了界面的粘结强度。同时利用粉煤灰的颗粒球状形貌效应提高新拌混凝土的变形性能,改善混凝土的泵送性能。正由于粉煤灰具有“形态效应”、“微集料效应”和“活性效应”,大大提高了水泥水化产物的微观堆积密实度,降低了混凝土的空隙率,改变了孔结构,抗渗性得以提高。

3.4 干缩变形

干缩变形试验成果见表 5。混凝土的干缩变形试验成果表明,各配比混凝土均满足设计 28 d 干缩值 $<220\times 10^{-6}$ 的要求。其中掺入聚丙烯纤维后的干缩变形值最小,聚羧酸系高性能混凝土仅次之,且较萘系混凝土性能好。混凝土中聚丙烯纤维的微细配筋作用消耗了部分能量,有效减少了混凝土因化学收缩及失水干缩而引起的收缩裂缝。但掺纤维的混凝土存在拌制过程中易缠绕成团,不易均匀分散,影响混凝土的性能的缺点,另外效果好的纤维价格高,增加了混凝土的成本。而聚羧酸高性能混凝土则是利用聚羧酸高效减水剂来极大的降低单方用水量,使混凝土自密实填充性好,大掺量粉煤灰成为了现实,并且降低了混凝土的绝热温升,减少了由于振捣和水化热造成的开裂危险,避免了混凝土早期结构产生裂缝的缺陷。

表 5 混凝土的干缩变形

试验 编号	干缩变形/($\times 10^{-6}$)									
	1 d	3 d	7 d	14 d	28 d	60 d	90 d	120 d	150 d	180 d
C-1	36	69	108	167	210	256	290	316	325	332
C-2	34	72	114	165	206	258	292	313	326	333
C-3	33	70	108	163	203	255	286	310	322	330
C-4	32	71	107	164	205	256	287	311	323	331

4 结论

- (1)聚羧酸高效减水剂较萘系减水剂,可明显降低水胶比和用水量,具有较好的工作性能,能使粉煤灰用量增加至 50 %和 60 %,减少了水泥用量,并且随着龄期的增长,聚羧酸高性能混凝土的强度及强度发展明显优于萘系混凝土。
- (2)聚羧酸高性能混凝土较萘系混凝土的含气量小,但其抗冻等级仍能满足设计要求,且随着龄期的增长抗冻耐久性越好,降低了掺加引气剂的成本。
- (3)聚羧酸高效减水剂的减水性和粉煤灰的 3 大效

应使聚羧酸高性能混凝土具有较低的水胶比和密实的结构,不仅干缩变形值减小,而且具有极高的抗渗能力。

参考文献:

[1] 廉慧珍. 对“高性能混凝土”十年来推广应用的反思[J]. 混凝土,2003,(7):10-13.

[2] 钱觉时. 粉煤灰特性与粉煤灰混凝土[M]. 北京:科学出版社, 2002.

[3] 吴建华,蒲心诚,刘芳. 大掺量粉煤灰高性能混凝土配制技术[J]. 重庆大学学报(自然科学版),2005,28,(5):54-58.

[4] Gifford, Peter M., lanfan, Brian W., Ward, Michael A. Use of Fly Ash in Heat -Cured Concrete and the Effect of Post -Curing Storage Regimes on Strength, Modulus of Elasticity and Freezing -Thawing Durability : A Quantitative Model [J]. Cement and Concrete Composites,1998,20 (2-3): 113-119.

Application and research of high performance hydraulic concrete on Dongqing
Hydropower Station
HE Yun¹,LV Xiao-xiao²

(1.Yichun Municipal Water Resources Bureau of Jiangxi Province, Yichun 336000 China;
2.Yuanbei Irrigation Area Administration of Yichun City of Jiangxi Province, Yichun 336000,China)

Abstract: Through experimental study on contrast polycarboxylic high range water reducer and naphthalene superplasticizer in Dongqing Hydropower Station, the conclusion which is that polycarboxylic high range reducer can greatly reduce water using and improve fly ash content and mechanical properties and durability was drawn. This paper provided data for improving the application of polycarboxylates high range concrete in hydraulic structures.

Key words: Polycarboxylic high range water reducer; Fly ash; High performance concrete

编辑: 张绍付

欢迎投稿

欢迎订阅