

粉煤灰混凝土技术

李群炎,曾智阳,龚汉甫

(湖南省公路桥梁建设总公司,湖南 长沙 410007)

摘 要 粉煤灰作为混凝土掺合料,能使粉煤灰变废为宝,具有较好的经济效益。文中介绍了粉煤灰混凝土的特性及粉煤灰对混凝土性能的影响以及粉煤灰混凝土在工程实际中的应用情况。

关键词 :粉煤灰;粉煤灰混凝土;和易性;水化热*

1 前言

我国的粉煤灰起始于 30 年代燃煤工业,当时与其他国家一样,粉煤灰作为一种废料没有经过任何处理就排放到大气中,50 年代后逐渐被利用,但当时限于对粉煤灰效应的研究和应用不够重视,影响了粉煤灰资源的开发及其形成物资工业系统的进展。90 年代研究发现粉煤灰对提高混凝土性能具有潜力,它的使用不但取得了较好的经济效果,而且还可作为“功能组分”出现在高性能混凝土中,为混凝土技术研究作出更大的贡献。

粉煤灰作为混凝土掺合料,它不仅使粉煤灰化害为利,变废为宝,而且因材料来源广,生产成本低,可使企业获得很好的经济效益。湖南省公路桥梁建设总公司在湘江北大桥和铜陵长江公路大桥都应用了粉煤灰,并取得了较好的经济效益。在南京长江二桥粉煤灰得到了普遍应用,总用量超过 7 000 t,节约资金近 200 万元,可见经济效益显著,同时改善了混凝土拌和物的和易性,易于泵送,加快施工进度,且混凝土质量、强度及外观极佳,综合评分为优良。据美国有关资料报道:

60~70 号混凝土,每立方米混凝土水泥用量仅 380 kg,粉煤灰用量 220 kg,粉煤灰占胶凝材料总量的 37%,所以大掺量粉煤灰混凝土技术正在发展。配制泵送混凝土、大体积混凝土、水下工程混凝土及碾压混凝土等最宜掺粉煤灰,用于混凝土中的粉煤灰按质量标准,划分为三个等级(表 1)。

表 1 国家标准 GBJ146-90				%
粉煤灰 级别	细度 0.045 mm 方孔筛筛余率	烧失量	需水量比	三氧化硫
I 级	≤12	≤5	≤95	≤3
II 级	≤20	≤8	≤105	≤3
III 级	≤45	≤15	≤115	≤3

粉煤灰等级按下列规定应用:

- ① I 级多适用于钢筋混凝土和预应力钢筋混凝土;
- ② II 级多适用于钢筋混凝土和无筋混凝土;
- ③ III 级多适用于无筋低标号(15 号)混凝土。

2 粉煤灰混凝土的特性及对混凝土性能的影响

粉煤灰混凝土 3 天和 7 天强度低于普通

混凝土 ,特别在寒冷季节 ,而后期强度则高于普通混凝土。

粉煤灰混凝土的抗拉强度、抗折强度、弹性模量及其他力学性能与普通混凝土均无明显差异。

关于粉煤灰混凝土的收缩。从粉煤灰水泥浆体的组成可见其水化生物数量比纯水泥浆少很多。而收缩值的大部分是水化胶孔脱水形成的。从这点推断 ,粉煤灰混凝土的收缩值应小于普通混凝土 ,但后期孔的细化是收缩增大的一个因素。因此粉煤灰混凝土的收缩值与测量试件的养护龄期很有关系。养护 28 天试件的收缩值应小于或等于基准混凝土 ,大量实验室测试数据也证明了这点。

至于用低质量粉煤灰配制的混凝土 ,由于多孔粉煤灰颗粒和碳粒的吸附性大 ,有可能收缩值和徐变值均较大。

表 2 为粉煤灰混凝土与普通混凝土的性能比较。粉煤灰对混凝土性能的影响主要体现在和易性、泌水性和水化热等方面。

表 2 粉煤灰混凝土与普通混凝土比较表

项 目	掺入 25% 粉煤灰的混凝土	普通混凝土
初坍/cm	18	17
1h 后坍/cm	17	15
25 ~ 30℃	初凝/h	8
	终凝/h	10
强度/MPa	7 d	32.6
	14 d	35.6
	28 d	42.8
密度/t·m ⁻³	2.4	2.41
粘度	上	中
粘聚性	好	中
泌水情况	无	良好

1) 和易性

新拌混凝土和易性受浆体体积、水灰比、配比设定、骨料的级配、形状、孔隙率等的影响 ,掺用粉煤灰对新拌混凝土的明显好处是增大浆体体积 ,用粉煤灰取代等质量的水泥 (粉煤灰密度小 ,水泥密度大) ,粉煤灰的体积比水泥的约大 30%。按超量取代法取代水泥时多加的粉煤灰增大了细屑含量 ,因此增

大了浆体骨料比。大量的浆体填充了骨料间的孔隙 ,包裹并润滑颗粒 ,从而使新鲜混凝土具有更好的粘聚性和可塑性 ,粉煤灰的骨料颗粒可以减少浆体—骨料间的界面摩擦 ,在骨料的接触点起球轴承效果 ,从而改善了混凝土的和易性。

2) 泌水性

粉煤灰的掺入可以补偿细骨料中细屑的不足 ,中断砂浆基体中泌水渠道的连续性 ,同时粉煤灰作为水泥的取代材料在同样的稠度会使混凝土的用水量有不同程度的降低 ,因而掺粉煤灰对防止新拌和混凝土的泌水是有利的。

3) 水化热

通常情况下 ,粉煤灰活性材料在开始几天的水化热并不十分显著 ,所产生的水化热仅及水泥的一半 ,混凝土中温度主要取决于水泥的水化热 ,混凝土中掺入粉煤灰可以减少水泥用量 ,从而达到降低水化热(表 3)。

表 3 水化热能比试验 J

项 目	水化热			备注
	1d	3d	7d	
普通混凝土	123.5	557.3	896.4	P·S425
掺入 25% 粉煤灰的混凝土	74.9	322.0	820.6	P·S425

3 粉煤灰混凝土的应用

在工程中除地下大体积混凝土和水下混凝土外 ,一般结构混凝土的强度都是以 28 天为标准的 ,因此如在混凝土中以粉煤灰等量取代水泥 ,粉煤灰混凝土的 28 天强度都会小于基准的普通混凝土 ,而在 1 年的后期才能超过基准混凝土 ,这在工程中是不允许的。因此在按强度设计混凝土时 ,不能用粉煤灰等量取代水泥的配比设计方法 ,而要求“超量取代法”。

所谓“超量取代法”是以不掺粉煤灰的普通混凝土配合比为基准 ,在新拌和混凝土坍

落度和 28 天强度不变的前提下 ,以超量粉煤灰等取代一部分水泥的粉煤灰混凝土配合比设计的方法。

设基准混凝土中的水泥、砂、石和水的用量分别为 C_0 、 S_0 、 G_0 和 W_0 ,为保持坍落度不变 ,粉煤灰混凝土中的用水量也保持不变为 W_0 ,石子用量也不变为 G_0 ;而其水泥和粉煤灰用量分别为 C 和 F ,被取代 (减少) 的水泥量为 $C_0 - C$,也即用 F 来取代 $C_0 - C$, $F/(C_0 - C)$ 称为超量系数。所取超量系数的大小决定于粉煤灰的质量 ,对 I 级粉煤灰 ,超量系数可取 1.2 左右 ,II 级粉煤灰 1.5 左右。

超量的粉煤灰用以取代一部分砂 ,按等体积计算适当减少砂的用量。

被取代的水泥量一般为水泥用量的 10% ~ 15% ,优质粉煤灰取代水泥量还可多些 ,允许以 60 天或 90 天强度为基准的混凝土 ,粉煤灰取代量也可多些。当然 ,最后还得经过试验来确定配合比。表 4 为粉煤灰取代水泥的最大限量。

任何一种材料都有其特性 ,包括优点和缺点。某些优点本身也带来缺点 ,粉煤灰混凝土即是一例。粉煤灰水泥浆体孔的细化带来后期强度高及抗离子扩散性好的优点 ,而同时在抗冻性上却表现为缺点。工程技术人员应该充分认识粉煤灰混凝土的特点和原理 ,充分利用其优点 ,尽量避免其缺点。

表 4 粉煤灰取代水泥的最大限量(GBJ146 - 90) %

混凝土种类	粉 煤 灰 品 种			
	硅酸盐水泥	P·O	P·S	P·P
预应力钢筋混凝土	25	15	10	-
钢筋混凝土、高强混凝土、 抗冻性混凝土	30	25	20	15
中、低强混凝土、泵送混凝土、 大体积混凝土、水下混凝土、 地下混凝土、压浆混凝土	50	40	30	20
碾压混凝土	65	55	95	35

粉煤灰的品质是至关重要的。同样是粉煤灰 ,优质粉煤灰与劣质粉煤灰所制得的混凝土试件性能差别可能很大 ,这是在粉煤灰利用时应首先注意的。粉煤灰混凝土的突出优点是后期性能优越 ,应该充分利用它的长期耐久性 ,它特别适用于不受冻的海港工程。使用有碱活性集料时 ,掺粉煤灰是降低碱—集料膨胀的有效措施。在大体积混凝土中 ,如高层建筑的地下部分、大型设备基础和水工结构中应该优先考虑 ,使用粉煤灰混凝土 ,既能降低水化热 ,又能充分利用其后期强度。

为了充分发展后期强度 ,要特别注意浇水养护 ,养护时间适当长些。粉煤灰适用于采用蒸汽养护的混凝土制品和构件。

参考文献 :

[1] 杨伯科主编 . 混凝土实用新技术手册(精编) [M]. 吉林 :吉林科学技术出版社 ,1998.
[2] 许溶烈主编 . 近代混凝土技术[M]. 西安 :陕西科学技术出版社 ,1998.