

浅谈活性粉末混凝土技术

杨 辉

陕西建工新型建材有限公司 陕西 西安 712000

摘要: 活性粉末混凝土,是应用于中国高速铁路RPC盖板上的一种建筑材料,由于活性粉状混凝土的品质比较好,硬度更大,耐久性能也好,是一种比较先进的混凝土材料。目前,中国铁路施工企业使用全新的RPC电缆槽盖板构造形式,以取代常规的普通钢筋模板结构是一项创新。有效解决了目前普通钢砼电缆槽及盖板容易出现的硬度不足、体积沉重、表面粗糙、美观性较差、耐久性差、易缺棱落角、施工工作量大等问题,同时也可达到减少对桥梁的二次载重和后期养护的人、财、物力消耗的目的。

关键词: 配合比;RPC盖板;施工工艺

1 活性粉末混凝土(RPC)的产生

在19世纪20年代产生了大量职业水泥工人,并随之出现了许多新型材料水泥,用混凝土制作的建筑物更容易成型、取材简单,所以水泥在建筑工程上获得了更普遍的使用。随着时代的进步,建筑物构件的结构越来越趋向于高耐久性、大型化等方面变化由一般水泥制造的构件脆性大、硬度低、自重大、耐久性低、易断裂等缺陷也逐步存在,所以为了克服普通混凝土的这些问题,就发展出了高强混凝土(HSC),由于高强混凝土能够减小建筑构件的截面直径,与普通混凝土比自重大大减轻,耐磨性也获得了较好的提高,不过由于其抗弯拉强并不高需要通过使用配筋来提高;其次,由于配筋的提高,也会使结构中产生应力聚集,从而导致裂缝^[1]。为了解决了这些困难,一些规范把硅粉比例控制到了百分之十,甚至是把钢纤维体积含量添加到硅粉水泥中来抑制裂缝,也获得了一定效果。一九八二年,人们又提出了高温的致密水泥基均匀体,因为这些材料都是用了适当的颗粒级配方式,使粒子紧密聚集,耐压强度可以做到100~260MPa之间,而脆性材料却很多。根据上述情况,在一九九三年,这种水泥基复合材料就被法国巴黎的BOUYGUES集团公司最先研究了出来,这些水泥基复合材料已经基本解决了上述问题同时拥有着超高的抗拉强度、高韧性,由于这种物质大大提高了组分的化学反应活性和细度,被人们称之为活性粉末水泥(Reactive Powder Concrete),缩写为RPC。

2 活性粉末混凝土的特性

2.1 骨料的半径减小

材料中的粗骨料被剔除之后,会使得骨料的平均粒径减小,这些材料自身存在的缺陷也会减少,使得整个混凝土材料的稳定性更高。

2.2 减少骨料和水泥浆体的过渡范围

当原材料中有粗骨料的时候,粗骨料与水泥浆体之间的过渡范围会有所增加,也使得整个混凝土的稳定性变差,会出现很多较大的孔隙。活性粉末混凝土对粗骨料进行剔除之后,会相应地减少骨料与水泥浆体之间的过渡范围,抗渗性和耐久性都会有所提高,

2.3 混凝土中存在骨料对水泥石变形的约束作用

由实验结果可知,混凝土岩石的收缩性比不含百分之三十水泥岩石的混凝土收缩性大十倍以上,比含百分之五十混凝土岩石的水泥的收缩性大五倍,而实验结果证明,混凝土岩石的极限干缩性能为2000~3000微应变。通过试验可以证明,活性粉末混凝土的破坏强度和钢筋以及铝材都是处于同一数量级的,活性粉末混凝土的这种特性在受剪构件和取消构件的受力配筋方面有潜在的用途。

3 RPC 的原材料的选择

3.1 水泥

世界上的混凝土产品在各大水泥搅拌站中所采用的标准比较统一,并且一般使用低碱硅酸盐混凝土或低碱普通硅酸盐水泥,且一般都必须使用由大中型公司所制造的符合规范的混凝土,以确保产品性能一致、硬度等级不小于四十二点五,防止因水泥品质不良而降低了活性粉末水泥的产品稳定性。

3.2 石英砂

材应选择SiO₂二等浓度超过九七年%以上的石英砂,分为粗粒径石英砂(1.0~0.63mm)、中粒径石英砂(0.63~0.315mm)、细粒径石英砂(0.315~0.16mm)三个粒径,平均粒径为二百五十um的石英砂,含泥量不应大于百分之零点五,筛分析试验按TB10210-2001规定进行^[2]。采用三级配细石英砂可以取得如下效果 (1)能够降低内部微裂纹宽

度。(2)改善水泥石的力学性能。(3)大大降低了骨材在建筑的总体积中所占的比重。在RPC中,由于水泥浆体体积比松堆砂子的孔隙度要小大约百分之二十多,使得砂子在RPC中并没有完全形成骨架,而是只有一个被水泥浆体覆盖的、具有裂缝的混合物,虽然砂子会因为水泥浆体的影响而运动,但在砂子和水泥浆体之间并没有形成缝隙。

3.3 硅灰

是以SiO₂等为主体矿物元素的高活性超细粉,技术指标要求:SiO₂等的含量超过八五年%, Al₂O₃含量不足百分之四, SO₃含量不大于百分之零点八,最细率超过120000cm³/g,粒径大小在零点五μm以内的比例达到百分之六十八以上,活性指标超过百分之一百二十,总流动率则在百分之九十以上。在RPC中,通过添加适当的微硅粉,能发挥以下功能:(1)显著改善耐压、抗折、耐渗性、耐腐蚀、抗冲击和抗磨性能。(2)具有保持水性、防混凝土离析、泌水现象等的功能。(3)明显延长了混凝土的使用寿命。尤其是在氯盐污染腐蚀、硫酸盐侵蚀、高温潮湿等的不良条件下,更能使混凝土的耐久性增加一倍乃至数倍以上。(4)是高强砼的必要成份,查了一些资料,目前已有C一百五十砼的工程应用。(5)有约五倍混凝土的功效,并能增加耐久性。(6)可有效防止产生的硷碱骨料反应。硅粉在混凝土中也可以起到填充材料和火山灰的功能。但硅粉的掺入量也要根据所采用硅粉、混凝土类型和骨材特点而定,由于硅粉的掺入会形成干缩性。所以一般常用粒径仅为0.1~0.2μm的硅灰。

3.4 减水剂

减水剂在使用高活性粉剂水泥后具有很强的减水作

用,可以有效分散混凝土粒子,但必须保持含固率高于百分之三十一.五,减水分不能小于百分之二十九,硫酸钠浓度也不能超过百分之二。同时严禁加入氯盐类混凝土外加剂,使之能与所使用的混凝土特性相符,从而增加了混凝土与减水剂之间的兼容性,进而减少了新拌混凝土的坍落率和控制质量损失从而更好地使用活性粉末水泥。

3.5 短细钢纤维的选取

纤维是中活度粉末混凝土的最短细钢纤维体积含量,一般直径为0.18~0.22mm,最大孔径为12~14mm,最大抗拉强度不小于二千八百五十Mpa,其稳定性基本达到了《钢纤维混凝土》(JG/T3064-1999)中规范的要求,在增加最细钢纤维体积含量之后可增加弹性和延性。

3.6 粉煤灰

粉煤灰混凝土的粒径尺寸大小应位于硅灰与混凝土中间,能够很好的填补硅灰与混凝土之间的空隙,从而实现了优化组分粒径级配的目的,使与RPC混凝土结合得更为紧密,从而增加了耐久性。

4 活性粉末混凝土的试配

4.1 砂胶比的选择

砂胶质量比对砼强度的影响,涉及砼结构中的匀质性问题。RPC胶凝料数量较多时,对其体积稳定性可能产生不良影响,所以有必要调节砂浆体量,确定在RPC中最好的浆骨比以便改善RPC的容积稳定性。本实验是选取较为理想的砂胶比,采用表一的配合比实验来判断,试块是×胶砂试件。

表1 砂胶比的选择试验

编号	水胶比	水 /g	水泥 /g	粉煤灰 /g	硅粉 /g	石英砂/g			减水剂 /g	砂胶比	抗压强度 /MPa
						10~20日	20~40日	40~70日			
2-1	0.17	177.7	766	239	191	810	216	324	29.9	1.13	148
2-2	0.17	160.6	691	216	173	810	216	324	27.0	1.25	158
2-3	0.17	146.5	630	197	158	810	216	324	24.6	1.37	160
2-4	0.17	133.9	575	180	144	810	216	324	22.5	1.50	159
2-5	0.17	123.9	533	167	133	810	216	324	20.8	1.62	141

经过上述实验我们可以发现,在水胶比恒定的前提下,当砂胶比为1.25~1.50后强度就超过了峰值范围,而在砂胶比上升到一点六二之后则强度下降;另外,为降低胶凝材料用量尤其是减少混凝土使用,政府最终建议的砂胶比为一点五零。

4.2 水胶比的选择与钢纤维的掺量

一般而言,由于RPC的抗压强度随着水胶比的增加而降低所以对于RPC来说,如果水胶比一般是在0.16~

0.20。如果水胶比很小,则用RPC拌制物的水粘性就将较大,在施工过程中也就更不容易密实了,因为这将会降低RPC的抗压强度。在使用RPC过程中不需要单纯的要求最低水胶比,而需要更全面统筹的考虑最高水胶比,以及拌制料时对模具的可使用度,并在此基础上选取了最佳的最大水胶比以便于达到较高的质量。此外,为增加RPC的抗拉强度和韧性,还需要向RPC中添加钢纤维的体积元素。钢纤维的体积含量对RPC最大的作用,也正是由

于它可以抑制砼基体的微裂纹的形成、延伸,也从而显著增加了RPC的硬度、延性和抗弯强度也因此更有效的防止了毫无预兆的脆性材料破坏的出现。但不同钢纤维体积的含量,也对RPC的抗拉强度有影响,钢纤维体积含量掺度越高,混凝土的二十八d抗压强度也就高,抗弯强度也就越高。而钢纤维体积含量与外加的掺度,对抗弯强度的影响远比对抗压性能的影响更为突出这也正是由于钢纤维体积含量的提高作用,只有当在垂直变形后受力达到了一定抗压强度之后,使裂缝延伸到了水泥岩中才

可以进行加工,这也正是在垂直变形耐折弯后即使发生开裂之后,抗弯强度也还可以不断增大的缘故。当然,也不是钢纤维体积大的掺得越多就越好,掺得太多就会减少水泥的加工容易度、提高生产成本,但同时它也并没有完全发挥作用。考虑和易性以及温度上的差异后,可综合考虑所选择钢纤维体积的掺杂程度。所以,只要通过下表2~3中的配合比测试,即可选择合适的水胶比和钢纤维体积含量掺率。

表2 RPC160水胶比和钢纤维掺量的选择试验

编号	水胶比	水/g	水泥/g	粉煤灰/g	硅粉/g	石英砂/g			减水剂/g	钢纤维/g	抗压强度/MPa
						10~20目	20~40目	40~70目			
3-1	0.17	134	576	180	144	810	216	324	22.5	133.1	200
3-2	0.18	144	576	180	144	810	216	324	21.6	133.1	182
3-3	0.19	153	576	180	144	810	216	324	20.7	133.1	169
3-4	0.17	134	576	180	144	810	216	324	22.5	61.6	188

表3 RPC130水胶比和钢纤维掺量的选择试验

编号	水胶比	水/g	水泥/g	粉煤灰/g	硅灰/g	石英砂/g			减水剂/g	钢纤维/g	抗压强度/MPa
						10~20目	20~40目	40~70目			
4-1	0.17	126	378	360	162	810	216	324	31.5	133.1	183
4-2	0.18	136	378	360	162	810	216	324	30.6	133.1	167
4-3	0.19	146	378	360	162	810	216	324	29.7	133.1	142
4-4	0.17	126	378	360	162	810	216	324	22.5	61.6	170

通过上述试验,确定RPC160水胶比为0.17,钢纤维掺量为3.0%;RPC130水胶比为0.18,钢纤维掺量为1.5%。

5 活性粉末混凝土的配合比试验分析

采用控制变量的检验方式,最后我们可以知道:在水泥拌和料流动性稳定的状况下,由于砂胶比的提高,水泥的使用量也将逐渐增加,进而造成了混凝土水胶比的增加;硅灰砂浆比的提高,就会造成水泥材料使用量的提高;而在水性胶比大的情况下,因为钢纤维体积含量掺入对RPC砼的抗压性能改变并不明显,而在水性胶比为0.16-0.20下,因为钢纤维体积含量的增加就能够更大幅度地提高对RPC砼的抗拉强度和体积稳定性^[3]。此外,对各种施工方法下的RPC砼的抗压强度也有着不同效果。在最后还可以看到,在高温蒸养下生产的RPC水泥在砂胶比和硅灰水泥比重都非常低、并适当掺钢纤的情况下,可以实际使用的抗压能力,并且活性粉水泥的综合性能也比较高。通过上述实验可以发现,当粉煤灰的用量越多,当水胶比很低的时候,就能够促使混凝土的工作度和成型紧密程度都得以改善,在施工结束之后,也应该要进行适当的热养护,可以使得混凝土结构的强度和其他性

能得到有效的提升。

结语

综上所述,活性粉末混凝土的配合比设计、生产技术和性能技术的分析一直都处在实验研发阶段,不完善的设计方法也为现代土木工程的实际使用中带来了很多问题。期望通过使用较廉价的天然原料,能够借助生产工艺技术和测试方法的成熟来研究出施工经济性、和易度及动力学特性都能够满足施工需要的RPC,以此推广其运用于工程的研究成果,为同类研究提供一定的借鉴。

参考文献:

- [1]李思伟.成渝高铁RPC盖板项目质量管理研究[D].电子科技大学,2017.
- [2]王国荣.RPC盖板施工工艺与单价分析[J].价值工程,2014,33(16):143-144.
- [3]卜良桃,罗恺彦.型钢外包活性粉末混凝土(RPC)的界面黏结性能[J].科学技术与工程,2018,18(03):307-312.
- [4]邓建良.活性粉末混凝土的原材料及掺量选择探讨[J].住宅与房地产,2017(03):108.