

聚丙烯纤维喷射混凝土的应用研究

杨 晖 国家电力公司昆明勘测设计研究院科研所 (650033)

摘要: 聚丙烯纤维在混凝土中的作用机理, 在小湾高边坡支护工程中试验研究结果, 聚丙烯纤维性能与钢纤维性能比较。

关键词: 聚丙烯纤维; 喷射混凝土; 力学性; 回弹损失; 钢纤维

中图分类号: TU528.53 文献标识码: A 文章编号: 1009-6078(2001)03-0040-01

1 前言

在水工建筑、交通设施、工业与民用建筑不断发展的今天, 对混凝土的要求越来越高。然而混凝土在水化作用时产生的收缩和水分的蒸发会造成混凝土内部应力集中。当应力超过混凝土内部极限应力时, 混凝土本身就会产生微裂缝, 微裂缝的产生势必影响混凝土整体性及抗拉强度和抗渗效果。聚丙烯纤维作为一种新型的材料掺入混凝土后, 能阻止微裂缝的产生和扩展。此种材料在国内的部分工程已采用, 并取得了良好的效果。聚丙烯纤维首次在云南小湾电站边坡支护工程中使用, 为了确保其工程质量, 并便于指导施工, 我们对此材料进行了试验研究。

2 聚丙烯纤维的作用机理和理化标准

2.1 作用机理

经过特殊处理的聚丙烯纤维同水泥石很强的结

合力。当纤维以 $0.9\text{kg}/\text{m}^3$ 加入混凝土后, 纤维丝随着搅拌, 受到水泥、砂石的冲击后散开, 1000多万根短纤维、均匀分布在混凝土中, 由于纤维以混凝土间握裹力很强, 可有效地控制混凝土晶体间的位移, 因而可提高混凝土的断裂韧性和抗拉强度。均匀分布在混凝土中的大量纤维起作分流和筛滤的作用, 降低了混凝土表面析水, 阻碍集料的离析, 使其微小的孔隙含量大大降低, 提高了混凝土的抗渗能力。

在水泥固化早期, 纤维混凝土比普通混凝土可保持更多水分, 水泥水化反应更彻底, 骨料离析减少, 级配更加稳定, 表面强度较普通混凝土更高。当微纤维混凝土受到拉伸和冲击力作用时, 均匀分布且数量巨大的微纤维起到吸收能量和分散拉力的加强筋作用。因此纤维混凝土具有耐冲击及抗震作用。

聚丙烯纤维是大分子结构, 当温度较高时 ($>$

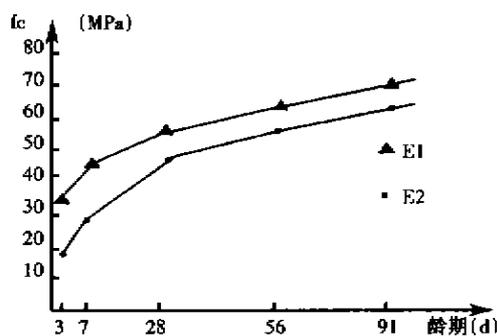


图5 强度发展情况

煤灰中的有效活性成份低于水泥, 另一个重要的方面是原状粉煤灰表面包裹了一层惰性物质, 阻碍了粉煤灰的水化, 同时在早期水泥中水化的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 也少, 碱度低, 从而使得粉煤灰在早期似乎没有反应, 仅生成很少量的 C-S-H, 如果采取粉磨加工工艺, 增加粉煤灰比表面能, 或通过加入粉煤灰激发剂, 可以有效地提高掺粉煤灰混凝土的早期强度。

8 结论

(1) 为了更好地节省资源、能源、保护环境, 利

用工业废料生产绿色建材产品是建材工业的发展趋势, 在混凝土中掺粉煤灰, 不仅可降低成本还能改善混凝土的多方面性能, 有着很好的应用前景。即使是原状 II 级灰也有较好的效果, 为了提高各龄期强度尤其是早期强度, 最好使用经粉磨的粉煤灰在粉煤灰中加入激发剂。

(2) 通过提高胶材总用量的方法来提高混凝土的强度不一定有效, 并且带来水化热大, 收缩变形大等不利影响, 对一具体的混凝土应通过试验确定最佳胶材总用量。

(3) 混凝土中粉煤灰 (II 级) 取代水泥量宜 $\leq 20\%$, 并控制用水量。

(4) 掺粉煤灰混凝土的后期强度稳步增长, 幅度大于普通混凝土。

参考文献:

- [1] 冯乃谦. 高性能混凝土. 中国建筑工业出版社, 1996.8
- [2] 杨伯科. 混凝土实用新技术手册. 长春吉林科学技术出版社, 1998.1

收稿日期: 2001-01-08

40℃)时,具有收缩性,当温度较低时($\leq -40^{\circ}\text{C}$)时,玻璃态和结晶态大分子具有抗收缩性,这种性能正好补偿混凝土的热胀冷缩性。

聚丙烯纤维改善混凝土的综合特性主要是物理作用,不改变混凝土中材料的化学性能构成,因此不会影响其的耐久性。同样混凝土对其包裹的聚丙烯纤维也不会改变其化学特性,因此也不会影响纤维的耐久性。故聚丙烯纤维混凝土有较强的耐久性。

2.2 聚丙烯纤维的理化标准

表1 聚丙烯纤维的物理性质

项目	单位	数值
密度	kg/m ³	900~1 000
熔点	℃	155~165
燃点	℃	≥ 550
导热系数	w/k.m	≤ 0.5
体积电阻系数	$\Omega\cdot\text{cm}$	≥ 600
抗酸碱系数		0.99~1.01
抗拉强度	MPa	≥ 500
杨氏弹性模量	MPa	$\geq 3 500$
断裂伸长率	%	10~20
分散性		均匀,不成团

表2

筛孔尺寸 mm	5.0	2.5	1.25	0.63	0.315	0.16	0.08	<0.08	F.M
分级筛余率%	5.34	12.36	13.46	25.66	15.43	21.72	4.16	1.85	2.59
累计筛余率%	5.34	18.7	31.16	56.82	72.25	93.97	95.13	100	

表3

筛孔尺寸 mm	10	5.0	2.5	1.25	0.63	0.315	0.16	0.08	<0.08
分级筛余率%	20.95	28.19	19.96	6.59	7.16	3.87	3.54	2.17	11.56
累计筛余率%	20.95	49.14	65.11	71.70	78.86	82.72	86.2	88.4	100

3.3 回弹试验条件

试验组喷射面符合喷射混凝土作业面要求。喷射时应尽量使工作面具有相同的表面平整度和岩体状态,将塑料布铺在受喷面下方收集回弹物。每组混凝土各用1 200kg物料进行喷射。喷射完毕后收集回弹物并称重。试验结果:未掺纤维混凝土回弹量222kg,回弹损失率为18.5%;掺纤维混凝土回弹量

表4

混凝土类别	强度(MPa)			静压弹模 ($\times 10^4$ MPa)	抗渗指标	
	抗压	抗拉	抗折		标号(MPa)	平均渗径(cm)
未掺纤维混凝土	10.8	1.12	2.53	1.49	0.4	/
掺纤维混凝土	18.6	1.84	3.52	1.54	0.8	12.6

结果分析,掺入适量聚丙烯微纤维可使喷混凝土的抗压强度增加72.2%;抗拉强度提高64.3%;抗折强度提高28.5%;静压弹模变化不大。说明微纤维作为加筋材料对提高混凝土的力学性和抗裂性有显著效果。掺入聚丙烯纤维混凝土的抗渗标号为W₈,未掺聚丙烯纤维混凝土的抗渗标号为W₄。将抗

3 聚丙烯纤维喷射混凝土试验

针对小湾电站进行公路边坡支护工程,进行聚丙烯纤维喷射混凝土试验研究。

3.1 原材料

(1)聚丙烯纤维采用四川华神化学建材有限公司生产的“好亦特”聚合物微纤维,纤维长度14cm。

(2)水泥:为弥渡水泥厂生产的425#普通硅酸盐水泥,28d实测强度48.5MPa。

(3)细骨料:小湾电站当地天然河砂。筛分结果见表2。小湾电站河砂细度模数2.59,属中砂;泥含量1.87%;小石含量5.34%;含水量5.6%。

(4)粗骨料:为花岗岩人工碎石,连续级配,最大粒径15mm。筛分结果见表3。

粗骨料中含有大量细骨料,含量达50.86%;<0.16粉料为13.74%;<0.08含量为11.56%。

3.2 试验研究

现场施工采用干喷法。进行不掺纤维混凝土与在原配比中加入0.9kg/m³聚丙烯纤维,对边坡锚喷支护,并用大板对两种混凝土成型,同时对回弹损失率进行检测。

河砂颗粒级配

83kg,回弹损失率为6.9%,比未掺纤维混凝土减少了11.6%。

3.4 力学与抗渗性能比较

两种混凝土在相同配合比的条件下,掺入聚丙烯纤维混凝土的抗压、抗拉、抗折强度都高于不掺纤维混凝土。抗渗试验采用逐级加压法进行。试验结果见表4。

力学与抗渗性能比较表

混凝土类别	强度(MPa)			静压弹模 ($\times 10^4$ MPa)	抗渗指标	
	抗压	抗拉	抗折		标号(MPa)	平均渗径(cm)
未掺纤维混凝土	10.8	1.12	2.53	1.49	0.4	/
掺纤维混凝土	18.6	1.84	3.52	1.54	0.8	12.6

渗试件劈开观察内部结构,可看出掺纤维混凝土胶结紧密,气孔分布均匀,未掺纤维混凝土内部胶结疏松,表明掺聚丙烯纤维显著提高了混凝土抗渗性。

3.5 技术经济效果分析

试验表明:在混凝土施工中不须改变原有混凝土配合比。当掺入纤维后原施工工艺并未改变。具

矿物质超细粉在泵送混凝土中的应用研究

葛婷¹ 熊军² 张爱萍³

1.2 云南建工混凝土有限公司 3 北京中实混凝土有限责任公司

摘要: 将超细粉煤灰、矿渣超细粉、超细沸石粉、硅灰等矿物质超细粉应用于泵送混凝土中。实验结果表明, 矿渣超细粉可明显改善泵送混凝土的流动性, 并可适当提高其强度及耐久性。

关键词: 矿物质超细粉; 泵送混凝土

中图分类号: TU528.53 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009—6078(2001)03—0042—02

泵送混凝土要求有很好的流动性、强度及耐久性。矿物质超细粉由于具有表面能高, 微集料填充效应和化学活性高的特点, 掺入混凝土中代替部分水泥, 有显著的流化和增强效果, 同时能够使混凝土获得较高耐久性。

研究超细粉煤灰、矿渣超细粉、超细沸石粉、硅灰适量掺入泵送混凝土中, 制备高强、高耐久性、可泵性好的泵送混凝土, 正是本文要讨论的内容。

1 试验材料

(1) 经 5kg 球磨机超细处理的矿物质, 见表 1。

(2) 水泥: 525[#]普通硅酸盐水泥

矿物质种类	SiO ₂ 含量(%)	比表面积(cm ² /g)
超细粉煤灰	45.8	4 200
矿渣超细粉	34.1	4 500
超细沸石粉	68.3	4 000
硅灰	96.0	20 万

	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SO ₃
525 [#] 普通硅酸盐水泥	23.80	62.40	5.80	4.10	2.20

(3) 细集料: 山砂(50%), 细度模数 1.4; 水洗人

工砂(50%), 细度模数 3.3

有关资料介绍, 聚丙烯纤维掺量在 0.9kg/m³ 时, 其中有 5% 的纤维起到润滑作用, 因而喷纤维混凝土对施工设备磨损较小。

由于聚丙烯纤维抗腐蚀, 所以不存在老化问题, 纤维耐久性与混凝土同龄。

聚丙烯纤维单价为 68 000 元/t, 每 m³ 混凝土中加入 0.9kg 纤维, 喷射混凝土单价上升 62 元。但由于回弹损失率减少 11.6%, 以小湾边坡喷混凝土控制单价 800 元/m³ 计算, 每 m³ 喷混凝土的单价下降约 30 元。以国内钢纤维每 t 的价格 5 000~8 000 元计, 每 m³ 混凝土中钢纤维的最小掺量 78kg, 单位成本价 400~620 元。聚丙烯纤维混凝土每 m³ 混凝土的掺量 0.9kg, 单位成本价 61.2 元, 表明用聚丙烯纤维作为喷混凝土的加筋料可大幅度降低工程造价。

4 聚丙烯纤维混凝土与钢纤维混凝土性能比较

4.1 混凝土加筋材料的耐腐蚀性

钢纤维作为喷射混凝土的加筋料, 腐蚀是最大影响。钢纤维在混凝土中增加了混凝土的导电性, 因而存在电化学腐蚀。聚丙烯纤维作为加筋材料, 体积电阻系数 $\geq 600\Omega \cdot \text{cm}$, 因而不存在电化学腐蚀。再则它的抗酸碱, 无机盐的系数为 0.99~1.01, 从而不存在酸、

碱、无机盐腐蚀, 表明聚丙烯纤维有较高的耐腐蚀性。

4.2 混凝土加筋材料力学性能

钢纤维混凝土虽然抗压强度高于聚丙烯纤维混凝土, 但聚丙烯混凝土的抗弯强度、耐磨强度、抗渗性能等均优于钢纤维混凝土, 有利于地下工程及边坡支护的应用。

4.3 混凝土加筋材料的施工性能

从施工角度来看, 钢纤维喷射混凝土对喷射设备磨损严重, 而且难以拌和均匀, 且喷射混凝土回弹损失率较高。聚丙烯纤维喷射混凝土对设备的磨损较小, 掺入的纤维中有 5% 起润滑作用, 其回弹率损失率较低, 便于施工作业。

4.4 混凝土加筋材料的运输与储存

由于聚丙烯纤维不易腐蚀, 化学性能稳定, 比钢纤维更易于运输储存。

5 结语

综上所述, 聚丙烯纤维作为新型建筑材料, 能提高混凝土的抗压、抗拉、抗折强度, 并有良好的抗渗性能和抗冲磨性能, 较低的工程造价和良好的施工性。因此在水工建筑、公路建设和工业与民用建筑中将会得到广泛的应用。

收稿日期: 2001—06—18