

PVA 纤维对混凝土抗压强度和轴心抗压强度的影响

许有俊¹ 李明浩^{1*} 张治华¹ 刘志伟² 王建军² 孙瑞隆²

(1.内蒙古科技大学土木工程学院,包头 014000;

2.中交第一公路工程局有限公司第六工程有限公司,天津 300451)

摘 要 聚乙烯醇(PVA)纤维具有高弹性模量且与水泥基体的粘结强度很高。为预防和控制混凝土的早期塑性裂缝,将 PVA 纤维掺入混凝土可以提高混凝土的增韧性和抗冲击性。对纤维长度不同的 PVA 纤维混凝土试件进行抗压强度和轴心抗压强度测试,考察了 PVA 纤维对混凝土试件力学性能的影响。结果表明:掺入 PVA 纤维后混凝土试件抗压强度略微下降,混凝土试件轴心抗压强度未发生明显变化。

关键词 PVA 纤维,抗压强度,轴心抗压强度

Influence of PVA fiber on compressive strength and axial compression strength of concrete

Xu Youjun¹ Li Minghao¹ Zhang Zhihua¹ Liu Zhiwei² Wang Jianjun² Sun Ruilong²

(1.College of Civil Engineering,Inner Mongolia University of Science and Technology,
Baotou 014000;2.No.6 Engineering Co.,Ltd.of CCCC First Highway Engineering Co.,Ltd.,
Tianjin 300451)

Abstract Polyvinyl alcohol fiber(PVA) fiber has high elastic modulus and high bonding strength with cement matrix.In order to prevent and control the early plastic crack of concrete,adding PVA fiber into concrete can improve the toughness and impact resistance.The compressive strength and axial compressive strength of PVA fiber concrete specimens with different fiber lengths were tested.The results showed that the compressive strength of concrete specimens decreased slightly after adding PVA fiber,but the axial compressive strength of concrete specimens did not change significantly.

Key words polyvinyl alcohol fiber,compressive strength,axial compressive strength

聚乙烯醇(PVA)纤维是高强度的合成纤维,具有高弹性模量、耐酸碱腐蚀性强、降解周期长及无害环保等优点,其与水泥基体的粘结强度很高。PVA 纤维混凝土是一种新型复合材料^[1],可以提高建筑材料的性能、延长材料使用寿命并降低成本^[2],在建筑行业具有广阔的发展前景。为预防和控制混凝土的早期塑性裂缝,研究人员对 PVA 纤维改善混凝土的增韧性、抗冲性以及 PVA 纤维增强水泥基复合材料的物理性质进行了大量研究。研究结果表明:PVA 纤维可以均匀地分布在混凝土中^[3],其与混凝土的粘结程度明显优于其他建筑材料;砂浆强度增大,建筑材料抗冻害性能、溶解性能及耐酸碱腐蚀性能增强,抗冲击性能也得到提高。曹源文等^[3]

将 PVA 纤维加入到水泥稳定碎石中制备了 PVA 纤维增强混凝土材料并对材料性能进行了研究。结果表明,制备的 PVA 纤维增强混凝土既能降低成本,又能保证构件强度。李彩霞^[4]、Kanda 等^[5]将 PVA 纤维添加到水泥基复合材料中,分别制备了 PVA 纤维增强混凝土材料。

近年来,我国鼓励使用高强度高模量 PVA 纤维代替其他材料增强水泥基制品强度,PVA 纤维的应用及 PVA 纤维水泥稳定碎石拌合均匀性得到广泛研究^[6]。PVA 纤维在阻止水泥基材料断裂及增韧方面效果显著,同时可以提高水泥基材料的抗冻害能力、抗渗透能力、抗碳化能力等,因此 PVA 纤维增强混凝土材料备受关注。汪卫等^[7]采用国产高

基金项目:国家自然科学基金(51868062);内蒙古自然科学基金(2017MS(LH)0523);城市地下工程教育部重点实验室开放研究基金(TUE2017-02)

作者简介:许有俊(1979-),男,博士,教授,主要从事隧道、地下空间结构与新型材料研究工作。

联系人:李明浩(1993-),硕士研究生,研究方向为隧道、地下空间结构与新型材料。

强度高弹性模量 PVA 纤维制备了 PVA 纤维增强水泥基复合材料,考察了水泥/粉煤灰比、水胶比、PVA 纤维体积掺量对水泥基复合材料抗拉强度、弯曲韧性和抗压强度的影响。潘钻峰等^[8]对 PVA 纤维混凝土标准试件进行了劈拉实验。实验结果表明:在 PVA 纤维体积掺量较大的条件下,PVA 纤维增强混凝土试件的劈拉强度比基准混凝土试件有较大提高;在合适范围内,其劈拉强度明显提高。

本研究以水泥稳定碎石为基材,通过掺杂纤维长度不同的 PVA 纤维制备了 PVA 纤维混凝土试件,研究了 PVA 纤维对混凝土试件抗压强度及轴心抗压强度的影响。

1 实验部分

1.1 原料

PVA 纤维,内蒙古双欣高分子材料技术研究院有限公司生产;P. O42.5 型水泥,包头蒙西水泥厂生产;Ⅱ区中砂,细度模数 2.7,级配、含泥量及泥块含量符合规范要求,由中交第一公路工程局提供;Ⅱ级粉煤灰,东华热力有限公司;碎石(粒径 5~31.5mm),级配、压碎值、含泥量、泥块含量及针片状含量符合规范要求,由中交第一公路工程局提供;GL-JB3 型减水剂、GL-UEA 型膨胀剂,均由包头安顺外加剂厂生产;实验用水为自来水。

1.2 PVA 纤维混凝土试件的制备

以水泥稳定碎石为基材,通过掺杂长度 8mm、12mm 的 PVA 纤维,得到 PVA 纤维混凝土,实验配比见表 1。

表 1 PVA 纤维混凝土的实验配比

材料	水	水泥	粉煤灰	中砂	碎石	减水剂	PVA 纤维
掺量/(kg·m ⁻³)	169	353	67	712	1068	7.14	1.3

在保证实验准确性与操作可行性的前提下,将每次拌合的水泥稳定碎石用量控制在 150L 左右。PVA 纤维混凝土试件制备过程如下:

(1)按照实验配方准备材料和模具,在模具内壁均匀涂刷隔离剂;向搅拌机注入少量水,开动电机湿润筒壁,以减少拌合用水的损失。

(2)将称量好的中砂、碎石加入搅拌机,预留约 15kg 中砂,干拌 3min。

(3)加入称量好的 PVA 纤维与骨料一同搅拌,为了使 PVA 纤维分散性更好,可以在保证安全的前提下将纤维分成小股并快速分次投入,搅拌约 3min 至 PVA 纤维飘出搅拌机筒口。

(4)加入水泥、粉煤灰和预留的中砂,搅拌 1~1.5min,这样可以压制住较轻的胶凝材料,减少其因搅拌而飘散的损失。

(5)加入质量分数 80% 左右的水,搅拌 4min。

(6)将称量好的减水剂与剩余的水混合,加入搅拌机搅拌 4min,每次投入的位置尽可能不同,以使拌合物尽可能均匀。

(7)搅拌结束,反转搅拌机出料,盛入模具,得到立方体 PVA 纤维混凝土试件。

1.3 力学性能测试

采用电液式压力试验机(TSY-2000 型)对基准混凝土试件、纤维长度不同的 PVA 纤维混凝土试件分别进行抗压强度(标准养护 7d 和 28d)和轴心抗压强度(标准养护 28d)测试,每个试件测试 3 次,取平均值。

2 结果与讨论

2.1 抗压强度分析

抗压强度测试所用混凝土试件规格均为 150mm×150mm×150mm。基准混凝土试件、纤维长度不同的 PVA 纤维混凝土试件的抗压效果图见图 1。从图 1(a)可以看出,标准养护 28d 后,基准混凝土试件的横截面出现脱落现象,未出现明显裂痕。从图 1(b)看出,标准养护 28d 后,8mmPVA 纤维混凝土试件横截面出现断裂,但未出现混凝土脱落现象。从图 1(c)看出,标准养护 28d 后,12mmPVA 纤维混凝土试件断裂严重,且整体破坏明显。

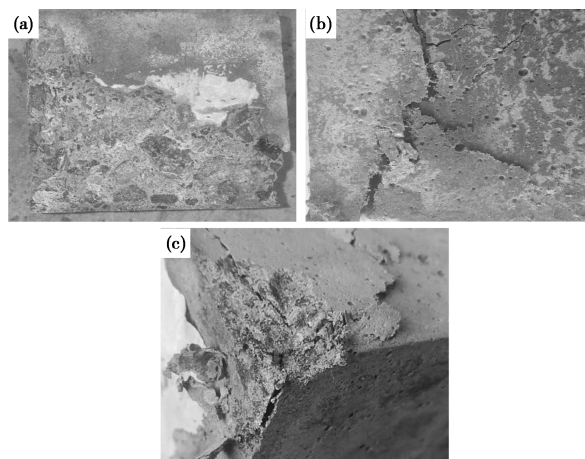


图 1 基准混凝土试件及纤维长度不同的 PVA 纤维混凝土试件的抗压效果图

[(a)基准混凝土试件;(b)8mmPVA 纤维混凝土试件;
(c)12mmPVA 纤维混凝土试件]

基准混凝土试件及纤维长度不同的 PVA 纤维混凝土试件的抗压强度测试结果见表 2。

表 2 基准混凝土试件及纤维长度不同的 PVA 纤维混凝土试件的抗压强度测试结果

样品	试件 编号	养护 7d		养护 28d	
		抗压 强度/ MPa	平均值/ MPa	抗压 强度/ MPa	平均值/ MPa
基准混凝土试件	1-1	42.8	43.9	54.9	58.2
	1-2	47.6		61.2	
	1-3	41.2		58.5	
8mmPVA 纤维混凝土试件	2-1	44.6	44.7	59.7	56.8
	2-2	40.9		54.2	
	2-3	48.5		56.4	
12mmPVA 纤维混凝土试件	3-1	42.4	44.1	61.0	56.3
	3-2	46.1		56.3	
	3-3	43.7		51.7	

从表 2 可知,混凝土中掺入 PVA 纤维后,养护 7d 的 PVA 纤维混凝土试件抗压强度未发生明显变化,养护 28d 的 PVA 纤维混凝土试件抗压强度略有下降。原因为 PVA 纤维混凝土试件中的水泥在早期成型期还处于水化阶段,PVA 纤维与水泥、粉煤灰、中砂、碎石等材料的粘结作用较弱,且阻隔了水泥网状晶体的形成。所以 PVA 纤维对混凝土试件早期的抗压强度影响不大。

2.2 轴心抗压强度分析

轴心抗压强度测试所用 PVA 混凝土试件规格均为 150mm×150mm×150mm。图 2 为遭到破坏的 PVA 纤维混凝土试件实物图。从图可以看出:PVA 纤维未被完全包裹,混凝土试件出现了空隙、裂缝和压碎现象。原因是 PVA 纤维混凝土试件养护超过一定时间后,试件的抗压强度和轴心抗压强度发生了变化,此时 PVA 纤维与混凝土的粘结和固定作用增强,逐渐形成了统一的受力体,改变了混合料的内部结构和应力场。当 PVA 纤维掺量较高时,水泥、粉煤灰、砂、碎石等材料不能完全包裹住 PVA 纤维,过量的 PVA 纤维不能与混合料充分结合形成统一受力体,出现了空隙和裂缝,导致 PVA 纤维混凝土试件力学性能未得到明显改善,甚至出现下降的现象。

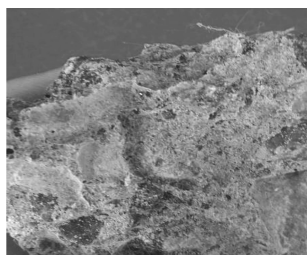


图 2 遭到破坏的 PVA 纤维混凝土试件实物图

基准混凝土试件及纤维长度不同的 PVA 纤维混凝土试件轴心抗压强度测试结果见表 3。

表 3 基准混凝土试件及纤维长度不同的 PVA 纤维混凝土试件轴心抗压强度测试结果

样品	试件 编号	养护 28d	
		轴心抗压强度/ MPa	平均值/ MPa
基准混凝土试件	1-1	39.0	37.9
	1-2	36.7	
	1-3	38.2	
8mmPVA 纤维混凝土试件	2-1	37.4	37.1
	2-2	36.2	
	2-3	37.8	
12mmPVA 纤维混凝土试件	3-1	41.9	38.9
	3-2	37.2	
	3-3	37.6	

从表 3 可知:PVA 纤维掺入混凝土后,对试件轴心抗压强度影响不大且没有明显的规律。

3 结论

(1)PVA 纤维掺入混凝土后,养护 7d 的 PVA 纤维混凝土试件平均抗压强度由 43.9MPa 提高到 44.7MPa,抗压强度未发生明显变化;养护 28d 的 PVA 纤维混凝土试件平均抗压强度由 58.2MPa 降为 56.3MPa,抗压强度略有下降。

(2)掺入 PVA 纤维对混凝土试件轴心抗压强度影响不大。

参考文献

- [1] 谭明轮,孙仁娟,周志东,等.PVA 纤维长度与掺量对工程水泥基复合材料性能影响试验研究[J].铁道建筑,2014,35(3): 115-117.
- [2] 林晖.掺 PVA 纤维混凝土的力学及变形性能研究[D].南京:南京航空航天大学,2006.
- [3] 曹源文,赵毅,王棋,等.PVA 纤维水泥稳定碎石拌合均匀性研究[J].重庆大学学报:自然科学版,2018,37(5):29-33.
- [4] 李彩霞.聚乙烯醇纤维增强水泥稳定碎石材料性能研究[J].交通科学与工程,2018,34(1):19-49.
- [5] Kanda T, Li V C. Interface property and apparent strength of high-strength hydrophilic fiber in cement matrix[J]. ASCE Journal of Materials in Civil Engineering, 1998, 10(1): 5.
- [6] 钱桂枫,高祥彪,钱春香.PVA 纤维对混凝土力学性能的影响[J].混凝土与水泥制品,2010(3):52-54.
- [7] 汪卫,潘钻峰,孟少平,等.国产 PVA 纤维增强水泥基复合材料力学性能研究[J].工业建筑,2014,44(增刊):958-964.
- [8] 潘钻峰,汪卫,孟少平,等.混杂聚乙烯醇纤维增强水泥基复合材料力学性能[J].同济大学学报:自然科学版,2015,43(1): 33-40.

收稿日期:2018-08-31

修稿日期:2019-09-14