

聚丙烯纤维与高性能混凝土

朱江

(广东工业大学土木系,广东 广州 510090)

TU 528.31

摘要:通过分析聚丙烯纤维使混凝土高性能化的作用,说明在混凝土中掺入适量的聚丙烯纤维能有效地改善混凝土材料的物理力学性能,提高混凝土材料的耐久性。文中还介绍了聚丙烯纤维在高性能混凝土工程中的应用实例,以及这种材料在高性能混凝土中的应用发展前景。

关键词:聚丙烯纤维 高性能混凝土 耐久性

中图分类号: TU528.572

文献标识码: B

文章编号: 1008—1933(2000)04—0053—02

1 引言

混凝土的高强化是100多年来的努力方向。作为重要的结构材料,强度一直是混凝土的主要性能指标,高强度一直被认为是优质混凝土的特征。然而,人们在追求高强度的同时,却发现了不少混凝土建筑因材质劣化引起开裂破坏,甚至倒塌,它们的破坏往往不是强度不足,而是耐久性不够。因此,混凝土耐久性的重要地位已不亚于强度和其它性能,由此,也提出了混凝土高性能化的要求。

中国工程院院士吴中伟教授认为^[1],复合化是水泥基材料高性能化的主要途径,纤维增强是其核心。复合化的技术思路——超叠加效应,对材料高性能化有重要意义,可用公式 $1+2 \geq 3$ 表示。本文正是基于这种思路,介绍聚丙烯纤维在**高强、高性能混凝土**中的作用及其工程应用,以及应用发展前景。以下介绍的聚丙烯纤维主要是以美国希尔兄弟化工公司生产的混凝土专用聚丙烯纤维(杜拉纤维)为例。

2 聚丙烯纤维及高性能混凝土

2.1 聚丙烯纤维的物理力学性能

混凝土专用聚丙烯纤维的物理力学性能如下:

材料:聚丙烯	耐酸碱性:极高
密度:0.91g/cm ³	安全性:无毒材料
熔点:165℃	拉伸极限:15%
燃点:593℃	抗拉强度:276MPa
含湿量:<0.1%	弹性模量:3793MPa
吸水性:无	导电、导热:极低

2.2 高性能混凝土

高性能混凝土(HPC)的概念是1990年5月由美国国家标准与技术研究院(NIST)和美国混凝土协会(ACI)首先提出的。当时,高性能混凝土的定义^[2]为,具有所要求的性能和匀质性的混凝土。这些性能包括:易于浇注、捣实而不离析;高超的、能长期保持的力学性能;早期强度高、韧性和体积稳定性好;在恶劣的使用条件下寿命长。也就是说,HPC要求**高的强度、高的流动性与优异的耐久性**。

但是,对高性能混凝土的要求各国不尽相同。欧美国家认为,HPC的强度性能指标不应低于50~60MPa,而且有良

好的施工性与耐久性;日本则更重视混凝土的工作性和耐久性;在我国,目前多数专家认为:具有一定强度($\geq C30$)和高工作性及高耐久性(使用寿命 ≥ 100 年)的混凝土则可称之为高性能混凝土,其中,高耐久性最为重要。

由此可见,不管是哪一种学派的观点,高耐久性均被认为是高性能混凝土的最重要特性。

3 聚丙烯纤维在混凝土中的高性能作用及应用

高性能混凝土最重要特征是其优异的耐久性,耐久性可达100年以上,甚至可以达到500年,是普通混凝土的3~5倍。混凝土的高耐久性可以减少结构的维修与翻新、节约材料与人工费、节约资源,尤其对重要工程、纪念性建筑有重要意义。

与单一指标强度比较,耐久性是个非常复杂的问题,它涉及的内容和影响因素很多。但不管是由何种原因引起的混凝土的耐久性不合格而产生的破坏,其最终均表现为出现裂缝。因此,有效地提高混凝土的抗裂性无疑对提高混凝土的耐久性有重要的意义,由此,亦使混凝土高性能化。在混凝土内掺入聚丙烯纤维由于能有效地提高混凝土的抗裂、抗渗、抗冻性能,因而增强了混凝土的耐久性。

3.1 聚丙烯纤维在混凝土中的高性能作用

3.1.1 提高混凝土的抗裂性能

在混凝土内掺入专用的聚丙烯纤维并经搅拌后,由于聚丙烯纤维与水泥基集料有极强的结合力,可以迅速而轻易地与混凝土材料混合,分布均匀;同时,由于细微,故比表面积大,每公斤聚丙烯微纤维连起来的总长度可绕地球10多圈,若分布在1m³的混凝土中,则可使每cm³的混凝土中有近20条纤维丝,故能在混凝土内部构成一种均匀的乱向支撑体系,从而产生一种有效的二级加强效果。聚丙烯纤维的乱向分布形式可削弱混凝土的塑性收缩,收缩的能量被分散到无数的纤维丝上,从而有效地增强混凝土的韧性,减少混凝土

收稿日期:2000-01-05

作者简介:朱江(1965—),女,广东工业大学土木系讲师,大连理工大学土木系博士研究生,主要从事纤维水泥与纤维混凝土的教学、科研和开发工作。

初凝时收缩引起的裂纹和裂缝。同时,无数的纤维丝在混凝土内部形成的乱向撑托体系可以有效阻碍骨料的离析,保证混凝土早期均匀的泌水性,从而阻碍了沉降裂纹的形成。试验表明,同普通混凝土相比,体积掺量 0.05% 的美国杜拉纤维混凝土抗裂能力提高近 70%。

3.1.2 提高混凝土的抗渗性能

在混凝土中掺入聚丙烯纤维,可以有效地抑制混凝土早期干缩微裂及离析裂纹的产生及发展,减少混凝土的收缩裂缝,尤其是有效地抑制了连通裂缝的产生;另外,均匀分布在混凝土中彼此相粘连的大量聚丙烯微纤维起了“承托”骨料的作用,降低了混凝土表面的析水与集料的离析,从而使混凝土中直径为 50~100nm 和 >100nm 的孔隙的含量大大降低。Mehta 认为^[2],只有 100nm 以上的孔才对抗渗性有害,小于 50nm 的孔数量的多少可能反映出凝胶数量的多少,水化产物多,则抗渗性好。由此可见,掺入聚丙烯纤维后,由于有效地降低了混凝土的孔隙率,避免了连通毛细孔的形成,因而,对于普通混凝土而言,提高了混凝土的抗渗性能。试验表明,0.05% 体积掺量的杜拉纤维混凝土比普通混凝土的抗渗能力提高了 60%~70%。

3.1.3 增强混凝土的抗冻性能

在混凝土中加入聚丙烯纤维,可以缓解温度变化而引起的混凝土内部应力的作用,阻止温度裂缝的扩展;同时,混凝土抗渗能力的提高也有利于其抗冻能力的提高。实践及研究都表明,在混凝土中加入聚丙烯微纤维,可作为一种有效的混凝土温差补偿抗裂手段。

3.2 工程实例

广州南方房产实业大厦工程的地下室底板及壁板混凝土均为 C40/S8 高性能混凝土,其中,添加了聚丙烯纤维。底板混凝土约为 3000m³,分南、北两段施工。混凝土在搅拌出槽后,纤维分散均匀,没有絮凝成团现象,拌和物表现出良好的保水性和粘聚性,混凝土的泵送性能优良,在整个浇注过程中几乎未发生过一次堵塞。该工程地下室底板属大面积、大体积混凝土构件,聚丙烯纤维混凝土的使用取得了令人满意的效果。目前,尚未发现一条可见的裂缝,业主对此十分满

意。

另外,在重庆世界贸易中心工程中,其特大型转换大梁(1500mm×4000mm,15跨)的大体积 C60 混凝土面临如何防止收缩裂纹及增强韧性的严峻问题。经慎重考虑,决定采用添加聚丙烯纤维来改善高性能 C60 混凝土的方案。经严格设计,严格施工,取得了满意的效果。

除此以外,聚丙烯纤维已成功应用在许多高性能混凝土工程中,并取得了较好的使用效果。

4 聚丙烯纤维在高性能混凝土中的应用发展前景

从现代建筑和可持续发展观点看,需要发展高性能混凝土,它是当前水泥基材料的主要发展方向,被称为“21 世纪混凝土”,更具有“绿色”意义。提高建筑物耐久性、延长建筑物的使用寿命是极其重要的。据报道,建筑业消耗世界资源能源近 40%,建筑物的寿命延长一倍,资源能源的消耗和环境污染将减轻一半。另外,由于耐久性不足而引起的结构破坏日趋严重,修复花费巨大,许多国家对混凝土的耐久性问题已非常重视。据专家预测,21 世纪初将是我国钢筋混凝土结构的破坏高潮,届时,每年所需的维修费用将高达数千亿元。混凝土专用聚丙烯纤维由于能积极有效地改善混凝土的耐久性,使混凝土高性能化,且工作机理简单,适用性广泛,使用效果显著,在工程界已受到越来越多的关注。从确保工程质量,施工便利,兼顾成本及长、短期效益等诸方面考虑,在混凝土中添加聚丙烯纤维不失为改善混凝土性能的有效途径。在北美和欧洲,经过 20 年来的大量工程实践,使用聚丙烯纤维混凝土的技术已日臻完善,聚丙烯纤维已成为改善混凝土性能最为广泛使用的手段之一。在我国,随着高强、高性能混凝土的广泛使用,聚丙烯纤维在现代建筑中亦将具有广阔的应用前景。

参考文献:

- [1] 吴中伟. 纤维增强——水泥基材料的未来[J]. 混凝土与水泥制品, 1999, (1), 5-6.
- [2] 冯乃谦. 高性能混凝土[M]. 中国建筑工业出版社, 1996.

The polypropylene fiber and high performance concrete

ZHU Jiang

(Dept. of Civil Engineering, Guangdong, Guangzhou 510090, China)

Abstract: Based on the reinforcing mechanism analysis of polypropylene fiber in high performance concrete, this paper presents the improvement of physical properties and durability of concrete material by adding polypropylene fiber. The applications of polypropylene fiber in many kinds of high performance concrete engineering are also introduced in this paper.

Key words: polypropylene fiber; high performance concrete (HPC); durability