

聚丙烯纤维混凝土的防水性能及其应用

朱江

(广东工业大学土木系,广州市 510090)

TU528.572

38-39

摘要:通过分析聚丙烯纤维混凝土的防水机理,说明在混凝土中掺加适量的聚丙烯纤维能有效地提高混凝土材料的抗裂防渗性能。文中还介绍了聚丙烯纤维混凝土在各类防水工程中的应用实例。

关键词:聚丙烯纤维;聚丙烯纤维混凝土;微裂缝;刚性防水

Abstract: By means of analyzing waterproof mechanism of polypropylene fiber concrete, the article explains that the cracking-resistance and percolating-proof properties of concrete material may be increased effectively by suitable addition of polypropylene fiber into the concrete. The article also offers application samples of polypropylene fiber concrete used for various waterproof engineering.

Key words: polypropylene fiber; polypropylene fiber concrete; microcrack; rigid waterproof

1 引言

现代高新混凝土工程中,混凝土的应用向着高强度、大流动度方向发展。随着混凝土强度和坍落度的提高,水泥的用量不断增加,由此带来的副作用是水化热加剧,混凝土的凝固收缩量加大,收缩应力增大,裂缝量增多。此外,随着建筑物构件向大体积、大面积、形状复杂多样的方向发展,向地下空间的发展,混凝土内的应力大而复杂,裂缝的出现亦较以往多得多。因此,从混凝土防水的角度看,除了注重混凝土抗渗性(密实度)外,更应注意由于混凝土抗裂性不足而引起的渗漏,特别是对高标号的混凝土。

近年来,国外发展了应用微纤维混凝土进行抗裂防水的新技术。美国于90年代初研制出微纤维混凝土,在随后的几年中得到迅速的发展,其中应用最多的是聚丙烯微纤维混凝土。如今,在美国新建建筑物中的地下室和屋面混凝土中大多采用了聚丙烯纤维混凝土,国内亦开始在防水工程中得到成功的应用。本文主要以美国希尔兄弟化工公司生产的聚丙烯纤维(杜拉纤维)为例,介绍聚丙烯纤维混凝土的防水性能及其工程应用。

2 聚丙烯纤维混凝土的防水性能及机理

2.1 聚丙烯纤维的物理性能

聚丙烯纤维的物理性能如下:

材料	聚丙烯	耐酸碱性	极高
相对密度	0.91	安全性	无毒材料
熔点	165℃	拉伸极限	15%
燃点	593℃	抗拉强度	276 MPa
含湿量	<0.1%	弹性模量	3793 MPa

吸水性 无 导热 低
细度 0.048 mm

2.2 聚丙烯纤维混凝土的防水机理

聚丙烯纤维混凝土的防水属于混凝土的刚性本体防水,在防水混凝土的抗渗和抗裂2个途径中,聚丙烯纤维主要是通过抗裂达到防水目的。聚丙烯纤维抗裂防水的机理是建立在对混凝土的固结、收缩的微观研究的基础上。

从微观的角度来看,任何密实的混凝土都存在微裂缝。这些微裂缝存在于相与相之间(石、砂、水泥胶体三相)和水泥微颗粒之间,只不过正常的微裂缝肉眼看不到而已。混凝土在硬化形成强度的过程中,初期由于水和水泥反应形成结晶体,这种晶体化合物的体积比原材料的体积要小,因而引起混凝土体积的收缩;在后期又由于混凝土内自由水分的蒸发而引起干缩。这些应力某个时期超出了水泥机体的抗拉强度,于是在混凝土内部引起微裂缝。这些微裂缝不可避免地存在于混凝土内的骨料和水泥凝胶体的局部接触面处以及凝胶体自身内部。混凝土在凝结和硬化过程中,微裂缝经历了出现和发展的过程。这一过程,宏观上认为是混凝土在固结收缩,一般混凝土的收缩率在 8×10^{-4} 左右。混凝土的微裂缝在发展过程中,是从无到有,从小到大向最薄弱方向定向发展。微裂缝向细裂缝的发展大多数(约占70%)在3~7d凝胶期内完成,此时混凝土的抗拉强度小于1 MPa,如果没有采取有效的抗裂措施,混凝土固有的微裂缝在内外应力的作用下将会发展为更大的裂缝以至最终形成贯通的毛细孔道及裂缝,从而导致防水失败,也造成结构设计强度远未能充分发挥,严重的甚至威胁到工程的安全及使用。

在混凝土内掺入聚丙烯纤维,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,故比面积大,每公斤聚丙烯纤维连起来的总长度可绕地球10多圈,若分布在 1 m^3 的混凝土中,则可使每 1 cm^3 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。当微裂缝在向细裂缝发展的过程中,必然碰到多条不同向的微纤维,由于遭遇到纤维的阻挡,消耗了能量,难以进一步发展。因此,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和发展,极大地减少了混凝土的收缩裂缝,尤其是有效地抑制了连通裂缝的产生。从宏观上解释,就是微纤维分散了混凝土的定向拉应力,从而达到抗裂的效果。试验表明,与普通混凝土相比,美国杜拉纤维体积掺量为0.05% (约 0.5 kg/m^3)的混凝土抗裂能力提高了近70%。

另外,均匀分布在混凝土中彼此相粘连的大量纤维起了“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 $50\sim 100\text{ nm}$ 和大于 100 nm 的孔隙含量大大降低,由此可以极大地提高混凝土的抗渗能力。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 聚丙烯纤维混凝土在防水工程中的应用

由以上分析可知,聚丙烯纤维可以大大增强混凝土抗裂、抗渗能力,作为混凝土刚体自防水材料的效果显著,可以有效地解决混凝土渗裂问题的困扰。聚丙烯纤维加高效减水剂的防水方案,目前已为国内外众多防水专家所肯定,是防水效果较为可靠、施工最为便易、机理较完整的防水方案,可广泛应用于地下室工程、屋面、贮水池、腐化池等工程中。以下介绍聚丙烯纤维混凝土应用于防水工程的实例。

3.1 实例1:广州新中国大厦地下室工程

广州新中国大厦是一座集商业、娱乐、办公、旅游业于一体的面积约为17万 m^2 的综合大厦,结构总层数为56层,其中地下室为5层。地下室底板面相对标高为 -17.65 m ,是国内高层建筑中较深的地下室之一,地下室每层面积均为 $104\text{ m}\times 76\text{ m}$ 。另外,由于大厦主楼之下离地表约 40 m 处有人防坑道和拟建的地下缆车通道通过,为确保坑道和大厦的安全,设计上采用了 600 mm 厚的大面积底板,面积近 8000 m^2 ,并在核心筒下设置了面积为 $33\text{ m}\times 27\text{ m}$ 、厚度为 2.8 m 的厚筏板与短柱共同工作,厚筏板体积达 2500 m^3 。设计中考虑到底板作为地下室防水的重要构件,有必要形成刚性自防水体系。为了克服地下室底板因混凝土浇筑长度较长、体积较大所引起的收缩变形和温度变形而形成的裂缝问题,设计中比较了目前应用得最多的地下室底板防裂防渗的处理方法:微膨胀防水混凝土、聚丙烯纤维混凝土及在混凝土中加设钢网的

方案。最后选用了在C60混凝土中掺加0.08%的聚丙烯微细纤维的方案,并针对聚丙烯纤维混凝土的特点,施工中全底板均采用了这种混凝土。实际情况表明,整个大面积的底板未发现明显的裂缝,效果良好。

3.2 实例2:广州南方房产实业大厦地下工程

该大厦地下室底板及壁板混凝土均为C40S8,添加聚丙烯纤维,底板混凝土约为 3000 m^3 ,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,在整个浇筑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。

3.3 其它实例

广州50层高的中水广场大厦,每层地下室面积 4500 m^2 ,平均厚度 800 mm 的4层地下室的底板、侧墙、楼板等大量采用C40聚丙烯纤维混凝土。地下室完工后,极少发现明显裂缝及渗漏,取得了良好的效果。在广州棠下安居工程 8000 m^2 的地下室(底板厚 300 mm ,C35混凝土)、西安市南大街地下商业街、重庆市重点项目重庆世界贸易中心地下停车辆地坪工程和朝天门广场 $17\,000\text{ m}^2$ 观景台工程等众多工程中,聚丙烯纤维混凝土的使用都取得了成功。另外,聚丙烯纤维混凝土在屋面防水工程中应用的有:广州花园酒店保龄球馆屋面、深圳怡宝蒸馏水厂约 7000 m^2 厂房屋面防水、重庆嘉陵江黄花园大桥综合楼屋面防水等工程。

4 结 语

在混凝土中添加适量的聚丙烯纤维是克服混凝土开裂的有效途径。纤维在混凝土中所形成的乱向支撑体系,产生了一种有效的二级加强效果,能够有效地减少混凝土的早期泌水,降低混凝土中的孔隙率,并且减少混凝土的早期干缩、塑性裂缝,阻止混凝土发生沉降裂缝,因而能较大幅度地提高混凝土的抗渗性、抗裂性。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,采用聚丙烯纤维混凝土不失为一种较好的刚性本体防水方案。若在其中再掺用高效减水剂及粉煤灰,则可在改善混凝土泵送性能的同时,大大提高混凝土的抗渗防水性能。若需要亦可配合其它防水材料及手段一同使用,以期达到最佳的防水效果。

收稿日期:1999-11-22

作者地址:广州市东风东路729号

联系电话:020-85214649