



改性聚丙烯纤维提高混凝土性能的作用机理

刘光云

(重庆大学城市学院,重庆 400030)

[摘要]改性聚丙烯纤维由于具有极强的耐酸耐碱等化学稳定性、在水泥基体中具有良好的自分散性、与水泥基体具有良好的粘附性能和对人体安全无害等优点,近年来在土木工程中的应用越来越广泛。本文对聚丙烯纤维提高混凝土性能的作用机理作一简要分析。

[关键词]改性聚丙烯纤维;混凝土性能;作用机理

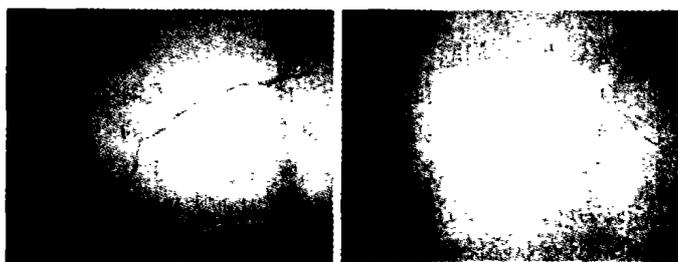
[中图分类号]TU528.043

[文献标识码]B

1. 聚丙烯纤维的作用

1.1 提高抗裂能力

在混凝土中加入聚丙烯纤维后,可以阻止水泥基体中原有微裂缝的扩展并有效延缓新裂缝的出现,这种阻裂效应主要是对混凝土早期塑性开裂起抑制作用。由于刚浇注的混凝土含水率较大,表面水分大量蒸发,尤其是在养护不当或经烈日照射或大风吹刮时,表面水分的蒸发更快,因而产生表层收缩。但这种收缩会受到内层混凝土的限制而使表层引起拉应力,由于处于塑性状态与初期硬化阶段的混凝土尚不具备足够的强度,故其表层极易产生大量不规则的无固定取向的裂缝,即塑性收缩裂缝。在这种情况下,若在混凝土中掺加适量聚丙烯纤维,并在其中形成均匀的三维乱向分布,则可承受因基材收缩而引起的内应力,从而抑制基材中微裂缝的生成与发展,并可大大减少甚至彻底消除宏观裂缝的产生(如图1)。



a. 未添加聚丙烯纤维的混凝土表面出现裂缝

b. 添加聚丙烯纤维的混凝土表面未出现裂缝

图1 聚丙烯纤维对混凝土的阻裂效果

1.2 提高抗渗性

掺入聚丙烯纤维有助于大幅度提高混凝土的抗渗性。这主要归功于均布于水泥基材中的数以千万计的细纤维,这些纤维在混凝土基体中起着如下作用:

①阻止混凝土的离析,提高浇注体的整体均匀性,不致发生各层的不均匀收缩,减少浇注体的内部裂缝。

②即使基材在限制收缩情况下因失水干缩而引发裂缝,但由于存在纤维的阻裂作用,亦可显著减少裂缝的数量、长度和宽度,降低生成贯通裂缝的可能性。试验表明,在很低的纤维掺率下,例如每 1m^3 混凝土掺加 $300\text{g} \sim 500\text{g}$ 聚丙烯纤维,混凝土表面的粗大裂缝即开始变得细碎。

③由于混凝土体内大量均匀散布的短纤维呈三维乱向分布,事实上可以起到阻断混凝土内毛细作用的效果,这也是纤维混凝土具有较高抗渗性能的一个原因。

由于掺入合成纤维的作用,混凝土的抗渗性能得到明显改

善,透水性降低,因此降低了混凝土内水分、氯离子、空气等的转移速率,从而起到延缓钢筋锈蚀的作用。

1.3 增强韧性、提高抗冲击及抗震能力

聚丙烯纤维可大大提高混凝土的韧性,提高抗裂变形能力,特别是对于改善高强混凝土的脆性有重要的意义。因为加入聚丙烯纤维有助于提高混凝土结构受冲击时吸收能量的能力,从而有效减少了应力集中的现象,阻碍了混凝土中裂缝的迅速扩展,因而增强了混凝土的抗冲击及抗震能力。这一特性对于受到冲击疲劳作用的一些混凝土结构如道路、停车场、停机坪、车库地面、国防设施等是非常有用的。

1.4 提高耐久性

在混凝土中掺入聚丙烯纤维后,可提高混凝土的抗冻融性、抗碳化性、抗碱—集料反应的能力,因而提高混凝土的耐久性。

①抗冻融性。在混凝土中加入聚丙烯纤维能够在混凝土内部引入微量空气,这样,因冻融循环导致混凝土膨胀收缩而破坏的游离水,可以进入这些微细气泡中,从而降低早期冻融损害。同时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,此外,混凝土抗渗能力的提高也有利于其抗冻能力的提高。

②抗碳化性。混凝土碳化的关键因素是空气中的二氧化碳渗透到了混凝土体内,与其碱性物质发生化学反应。由于掺加了聚丙烯纤维,提高了混凝土的抗裂和抗渗性能,从而延缓了混凝土的碳化速率。

③抗碱—集料反应。碱—集料反应是导致混凝土耐久性丧失的一项重要因素。混凝土中发生碱—集料反应的必要条件是水的存在。因而,治理碱—集料反应的关键之一是阻水。掺入聚丙烯纤维后,减少了混凝土结构体中的各种裂缝,提高了混凝土的抗渗性,因而减轻了混凝土中的碱—集料反应。

1.5 改善混凝土外观质量

聚丙烯纤维是一种微细柔软的单丝纤维,不像其他一些刚性添加材料会露出混凝土构件表面而影响外观;相反,在混凝土中分布数量巨大的聚丙烯单丝纤维,它们和水泥基牢固地结合在一起,可以改善混凝土结构的外观质量,使其致密、细润、平整与美观。对于混凝土预制构件,由于聚丙烯纤维的存在,可以为预制构件的边、角提供有效的保护,抑制表面裂缝,提高抗冲击能力,从而明显减少制品的破损率,提高混凝土预制构件的质量。

1.6 增强混凝土的耐火性,提高抗爆裂性能

由于高强度的混凝土具有很高的密实度,在高温下因混凝土内部的自由水与化学水分解所形成的水蒸气难于溢出,会导致混凝土的爆裂。

在混凝土中掺加了聚丙烯纤维之后,由于聚丙烯纤维的熔点为 165°C 左右,当温度超过了聚丙烯纤维的熔点,混凝土内的聚丙烯纤维挥发逸出,并在混凝土中留下了相当于纤维所占体积的孔道,由于聚丙烯纤维均匀乱向分布在混凝土中,因此所留下的孔道也是均匀分布在构件中,这对于混凝土内由于温



度升高所产生的水蒸气和热量的排出都是很有利的,可以使孔内压力降低,因而对混凝土的抗爆裂性能有很大的改善作用。

通过以上分析可知,与普通混凝土相比,聚丙烯纤维混凝土性能的改善,主要是通过抗裂、抗渗能力的提高而使混凝土整体的耐久性能得以提高,从而减小维修费用,提高综合经济效益(如图2)。

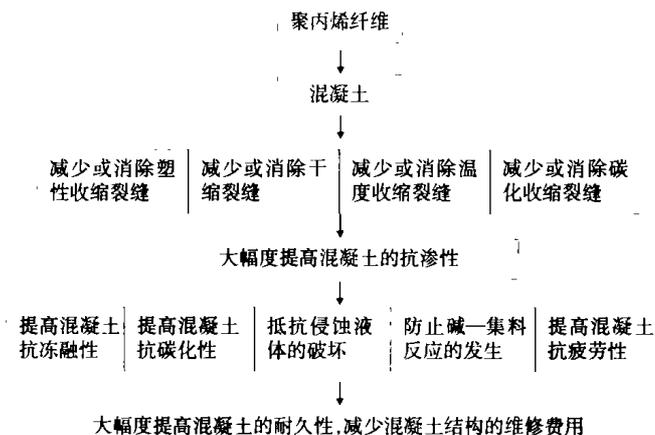


图2 聚丙烯纤维提高混凝土性能的综合效果

2. 聚丙烯纤维工程应用需注意的问题

2.1 不改变原混凝土的配合比

聚丙烯纤维在混凝土中的掺量一般为 $0.6\text{kg}/\text{m}^3 \sim 1.2\text{kg}/\text{m}^3$, 为低掺量的外掺加入, 因而对混凝土的配合比不需要作任何改变。同时, 由于改性聚丙烯纤维在混凝土中具有良好的自分散性, 所以在制备聚丙烯纤维混凝土时不必改变原来的

(上接第98页)

类型砌体结构和混凝土结构的住宅, 一般只有后者的 $1/3 \sim 1/2$ 。这样基础的处理就大大地简化了, 所承受的地震作用也就小了。而且, 钢材具有较好的延性, 有较好的耗能能力, 因此它具有抗震性能好, 结构安全度高。

2.3 施工装配程度高

由于钢结构住宅的大部分构件是工厂化生产, 可以与各种建筑材料、装饰材料配套使用, 其材质坚固轻便、运输方便, 施工操作简便, 减少施工现场作业, 且减少施工临时用地, 与传统建筑材料相比, 对周围环境污染小。由于钢结构本身可作为刚性结构承担结构荷载, 施工时可以节省支模的材料, 由此降低成本、节省工期, 大大加快施工速度, 一般标准房屋的建造周期只需数星期即可完成。同时, 施工不受气候和季节影响。

2.4 综合经济效益好, 具有可持续发展性

由于钢结构住宅构件截面尺寸小, 与混凝土结构和砌体结构相比, 自重大大减轻, 基础的处理就比较简单, 使用一般条形基础即可, 可以建成跨度和开间较大的结构平面。新型材料的预制大板墙体代替了传统的机制粘土砖, 省去土壤使用费, 又可以避免耕地破坏, 保护有限土地资源, 防止水土流失。

3. 面临的问题及解决措施

虽然我国目前的钢结构住宅的研究和推广已进入一个新的阶段, 有关规范和标准正相继出台, 并且有能力生产高标准建筑钢材, 钢结构住宅的发展已具备了较好的物质技术基础。但是在推广和应用的实际操作中还存在一些问题, 如钢结构设计、施工技术力量薄弱, 规范不完善, 国家缺乏政策上的引导等

操作方法。可采用的具体做法是:

①按照设计要求的纤维掺加率和混凝土搅拌设备每次搅拌的混凝土方量, 计算出每次搅拌所要掺加的纤维重量。

②将称量准确的聚丙烯纤维和砂、石、水泥一起投入搅拌机, 然后按常规方法加水搅拌。

③搅拌完成后随机取样, 观察纤维在混凝土拌合物当中的分散情况。正常情况下所有纤维应均匀分布。若拌合物中仍有成束纤维, 则可延长 $30\text{s} \sim 2\text{min}$ 的搅拌时间。但搅拌时间也不宜过长, 以免因物料之间的过分摩擦而损伤纤维。

2.2 加强养护

聚丙烯纤维混凝土和普通混凝土一样, 要想获得优良的施工质量, 也需要加强养护。聚丙烯纤维混凝土的养护方法与普通混凝土施工养护的工艺要求完全相同, 虽然聚丙烯纤维混凝土在混凝土中有很好的抗裂作用, 但是如果养护不当, 混凝土结构仍然有可能开裂。因此混凝土中加入聚丙烯纤维后, 仍应严格按照国家有关规范和规程组织施工及养护, 以保证混凝土的质量。

2.3 注意操作安全

聚丙烯纤维是无毒无害的产品, 在搅拌过程中工人可以用手抓投放, 但有皮肤过敏者仍应尽量避免纤维与皮肤直接接触。如果因纤维触及皮肤而发生轻微不适, 可以用清水冲洗。另外, 施工时不宜从高空抛撒, 以避免纤维飞入眼睑造成刺激。

参考文献

1. 龚益 沈荣熹 李青海 杜拉纤维在土木工程中的应用[M] 北京 机械工业出版社 2002
2. 鞠丽艳 张雄 聚丙烯纤维对高温下混凝土性能的影响[J] 同济大学学报 2003(9)

等。要解决这些问题, 可采取下列措施:

①加大设计力量和施工技术力量。由于我国钢结构设计起步较晚, 目前国内 85% 的钢结构是由外国人设计的。而一些大跨度及高层钢结构建筑施工, 在国际招标中往往也是由外国中标的。为此, 我们要加强短期内对已有从业人员的培训, 长期内要求高等专业院校培养相关专业人才, 以弥补专业人员和技术力量的不足。

②完善钢结构住宅设计、施工的规范。一是从小范围试点建立区域性行业标准; 二是借鉴国外规范标准, 做好移植和国产化的工作。

③国家应在产业政策上加强引导。建设部 1999 年已经倡导使用钢结构住宅列入工作纲要。今后, 还应进一步结合建设部 1997 年出台的限制粘土砖的政策, 对钢结构住宅的开发给予鼓励和支持。

④引进成品钢材与国产钢材相结合。短期内可考虑从钢结构住宅技术相对成熟的国家和地区购买构件, 在国内有代表性的地区建造样品房。这样做可节省投资, 参照国外对钢材质量和钢材加工质量的控制标准, 考察和引进国外加工生产设备和技

术, 最终实现住宅钢材构件加工生产的国产化。如安徽省马钢钢结构住宅的 H 型钢生产与应用就是一个成功的例证。

尽管钢结构住宅在发展和推广过程中会遇到这样那样的困难, 但由于钢结构住宅有不可替代的优势性, 相信不久钢结构住宅将成为我国住宅发展的方向和趋势。