

公路产品



近代混凝土技术理论已证明,混凝土在细微和宏观尺度上是一种由骨料、水泥浆体以及两者之间的过渡区(界面)组成的多孔结构。多孔结构中包含了原生及次生微裂纹,这些裂纹影响混凝土的整体性、耐磨性和耐久性。在温度或外力的作用下,这些裂纹容易开裂、扩大,造成钢筋握裹力下降,影响混凝土结构性能和使用寿命。

用添加纤维来改善材料的使用性能和使用寿命是人类自古以来一直沿用的有效手段。在上个世纪70年代,美国用聚丙烯纤维作为混凝土的次增强筋有效地抑制了混凝土在塑性期及硬化初期(养护早期)由于施工、养护期间的离析、泌水、收缩等因素而产生裂纹,保证了材料介质的延续性,使硬化后的混凝土结构性能得到显著的改善。尤其是路面和桥梁混凝土,由于承受的载荷和反复冲击载荷对混凝土原生裂纹的数量和尺度的敏感性极高,用聚丙烯纤维改善混凝土的效果更为明显。

聚丙烯纤维在混凝土中的作用

聚丙烯纤维是由丙烯聚合物或共聚物制成的烃类纤维,比重0.91,抗拉强度620MPa~785MPa,弹性模量大于3500MPa,断裂伸长率8%,不吸水,为中性材料,与酸碱不起反应。

按聚丙烯纤维的结构形式,可分为聚丙烯网状纤维和聚丙烯单丝纤维。网状纤维其单丝的截面形状为不规则矩形。若干平行排列的单丝纤维聚合体组成纵向切有若干平行切缝的纤维网片,用力撕拉即成一根根单丝。单丝基面粗糙,握裹力很好。聚丙烯单丝纤维为圆形截面,由喷丝工艺加工制成,表面光滑,握裹力不如网状纤维。

混凝土是一种脆性复合材料,在混凝土硬化过程中,伴随着各种收缩(塑性收缩、温度收缩等)的增大,导致混凝土产生许多微裂纹,这种微裂纹是导致混凝土结构性能降低的主要原因。聚丙烯纤维掺入混凝土后,依靠纤维与混凝土界面的粘结,与混凝土共同承受各种收缩力,减少了微裂纹,提高了混凝土的整体性和结构性能。

聚丙烯纤维混凝土的应用

■ 北京特希达科技有限公司 杨良荣 杨荣林

混凝土这种性能的提高程度与聚丙烯纤维的四个因素有关。它们分别是：聚丙烯纤维本身的力学性能，也就是材料的力学性能有关；聚丙烯纤维与混凝土界面的粘结力（握裹力），也就是纤维截面的形状，粗糙程度以及与混凝土材料的亲和性；纤维的有效长度，单位体积内纤维的数量。

纤维的有效长度是由纤维的长径比来确定，短而粗的纤维将产生从混凝土界面被拔出的结果。这是一种材料未得到充分利用的结果。细而长的纤维会在混凝土出现裂纹处被拉断，置于两者之间的长径比称为临界长径比。不同纤维的临界长径比确定了各种纤维的临界握裹长度。试验证明，纤维的有效长度应是纤维临界握裹长度的两倍。同样材料的纤维，圆形、光滑表面纤维的临界长径比比不规则矩形、表面粗糙纤维的临界长径比要大。

单位体积内纤维的数量与纤维掺入量及纤维在混凝土体内分散的均匀程度有关。纤维在混凝土中混合，只有均匀分布才能在混凝土内部构成一种均匀乱向分布的网（支撑），试验研究证明，纤维的这种乱向分布形式有效地抵抗了混凝土的各种收缩应力，其抵抗力被分散到每立方米上数千万条单丝纤维上，有效地抑制了微细裂纹的产生和发展，在施工过程中，这种乱向分布的纤维可以有效阻碍混凝土骨料的离析，保证混凝土早期均匀的泌水性，减少了裂纹的形成。

聚丙烯纤维混凝土物理力学性能

——抗压强度试验

试验结果分析：

(1)依照 ASTM C-39 标准进行抗压强度对比试验。超网增强混凝土在 7 天和 28 天龄期时，比未掺加纤维的试件各增加了 8% 和 9% 的抗压强度。（掺入量为：1.0kg/m³，纤维长度为 54mm）

(2)聚丙烯纤维混凝土抗压强度试验值的离散性明显小于普通混凝土。

从试验结果可以看出聚丙烯混凝土 7 天抗压强度的最大值与最小值之差为 2.3MPa。28 天抗压强度的最大值与最小值之差为 5.7MPa。普通混凝土 7 天抗压强度最大值与最小值之差为 4.7MPa，28 天抗压强度最大值与最小值之差为 13.3MPa。

(3)聚丙烯纤维混凝土早期强度高。

聚丙烯纤维混凝土 7 天的抗压强度要比普通混凝土提高 17.3%。

——抗折强度试验

1. 抗折强度试验结果见表 1。

2、试验结果分析

(1)聚丙烯纤维混凝土抗折性能比较稳定，试件之间的强度偏差少，比普通混凝土要小很多。聚丙烯纤维混凝土试件之间抗折强度的最大偏差为 0.34MPa，而普通混凝土试件之间抗折强度最大偏差为 1.24MPa。

(2)聚丙烯纤维混凝土的抗折强度比普通混凝土提高了 17%，而且在极限破坏后仍有相当于 (0.2MPa~0.5MPa)

荷载的持荷能力。

(3)通过表 1 及表 2 可以看出聚丙烯纤维混凝土试件从初裂到试件断裂，挠度增加了 0.065%，而普通混凝土试件初裂出现立即断裂。这是由于跨接在裂纹断面上的聚丙烯纤维阻止了裂纹的发展。当纤维的拉应力大于纤维与混凝土界面的粘结强度或大于纤维的抗拉强度时，纤维才可能被拔出或拉断。因此，这部分延续增加的挠度基本上是纤维发挥的作用，也就是纤维对试件材料韧性的提高。材料的韧性反映材料在破坏时吸收能量的能力。在混凝土内部形成网状组织结构的聚丙烯纤维，当混凝土内的拉应力自其界面传递给聚丙烯纤维时，纤维因变形而消耗能量，使混凝土试件达到初裂时的荷载及挠度增大。

——抗冲击试验

抗冲击对比试验结果见表 2。

试验结果分析：

(1)由试验结果可以看出，掺入了纤维网后，由于纤维网在混凝土中三维分布，能够有效地减缓混凝土中微裂缝的产生和发展，从而使混凝土的抗冲击性能有了较大的改善。

(2)在本试验中掺入了 54mm 的超网纤维的混凝土的破坏时的冲击次数比 0~20mm 粒径的普通混凝土提高了 37.8%，而掺有 38mm 经济网纤维的混凝土的破坏时的冲击次数比 0~16mm 粒径的普通混凝土提高了 23.3%。

(3)54mm 的超网纤维对提高混凝土的抗冲击性能的改善比 38mm 的经济网纤维要好得多。

聚丙烯纤维混凝土的优良性能正在不断被了解、应用，这是提高混凝土性能和质量的重要途径。纤维混凝土随着大量基础设施建设的需要会有迅猛发展，应用领域也会更加广泛。应该说高性能混凝土的研究是混凝土技术中的跨世纪课题。可以预料，纤维混凝土的品种将会越来越多、越来越纯、越来越专用，作用更加明确，将会有更多的纤维品种供用户选用。

表 1 水泥混凝土抗折强度试验结果 (MPa)

试验编号		1	2	3	平均值
骨料粒径 0~20mm	普通混凝土	7.02	5.78	6.87	6.56
	聚丙烯纤维混凝土	7.22	7.52	7.56	7.43

表 2 水泥混凝土抗冲击试验结果 (次)

证件编号		1	2	3	平均值
骨料粒径 0~20mm	普通混凝土	827	1465	1619	1303
	54mm 超网纤维混凝土	1740	1867	1780	1795
骨料粒径 0~16mm	普通混凝土	1290	2454	3270	2338
	38mm 经济网混凝土	1000	3250	4400	2883