

三峡第二阶段工程混凝土掺聚丙烯纤维性能研究

李海波

摘要 混凝土中掺适量聚丙烯纤维以提高混凝土的抗裂能力。为了将掺聚丙烯纤维混凝土运用于三峡工程中并取得较好的防裂效果,特对该混凝土进行了试验研究。本文主要介绍其研究成果。

关键词 三峡工程 聚丙烯纤维 混凝土 性能 研究

在普通混凝土中,在浇筑后的早期硬化阶段,会因混凝土中的水分散失而产生塑性收缩,使混凝土产生微龟裂,混凝土坍落度越大,塑性收缩越大;在硬化后期,还会出于混凝土材料的物理化学作用,产生物理收缩和化学收缩,混凝土标号越高收缩越大,导致混凝土产生收缩裂缝。这些混凝土内部的微裂隙,在外力及温度应力的作用下,将进一步发展,从而引起混凝土开裂。因此,混凝土内部存在的微裂隙将影响混凝土的整体力学性能和耐久性。

三峡二期工程导流底孔跨缝板,属于薄板型结构,且混凝土标号较高 $R_{28} = 400$ 号,若按普通混凝土的方法来施工,极易出现裂缝。为此,我们进行了掺聚丙烯纤维混凝土的性能研究,以期应用于导流底孔跨缝板混凝土中获得较好的抗裂性能。

本次试验研究主要进行了混凝土力学性能、变形性能和耐久性方面的试验研究。

1 原材料情况

水泥采用葛洲坝水泥厂的中热 525 号水泥,粉煤灰采用安徽平圩电厂的一级灰,成果见表 1 和表 2。

骨料采用古树岭人工碎石和下岸溪人工砂,砂细度模数为 2.63。骨料级配良好。

纤维均为 2cm 左右的短纤维,共有两个厂家的样品,分别为大连和江苏东翔,其中大连为网状纤维,东翔为单丝纤维。

2 力学性能研究

本次研究采用目前三峡二期工程使用的 $R_{28} = 400$ 号/D250/S10 配合比,水胶比为 0.30,考虑到三峡工程耐久性要求,混凝土中掺入适量引气剂。聚丙烯纤维的掺量为 $1.85\text{kg}/\text{m}^3$ 。力学性能对比成果见表 3 和图 1。

表 1 水泥检测试验成果表

水泥品种	抗压强度/MPa			抗折强度/MPa			安定性	凝结时间	
	3d	7d	28d	3d	7d	28d		初凝/min	终凝/min
中热 525 号	29.7	44.0	63.3	5.9	7.9	9.3	合格	243	5.60

表 2 粉煤灰试验成果表

厂家	密度 /(g/cm^3)	细度 /%	烧失量 /%	需水量比 /%	SO_3 /%	含水量 /%
安徽平圩	2.16	4.5	1.02	92	0.61	0.39

表3 混凝土力学性能试验成果表

纤维品种	纤维掺量 (kg/m ³)	坍落度 /cm	含气量 /%	抗压强度/MPa						劈拉强度/MPa					
				7d	10d	14d	21d	28d	90d	7d	10d	14d	21d	28d	90d
基准	0	5	4.2	33.8	37.2	39.1	43.8	47.4	58	2.38	2.43	2.62	2.91	2.96	3.14
东翔	1.85	4	5	36.2	39.1	40.7	45.6	46.3	52.6	2.26	2.29	2.29	2.69	2.71	2.75
大连	1.85	4.6	5.3	38	41	42.2	47.7	50.1	61	2.48	2.51	2.7	3.08	3.12	3.3

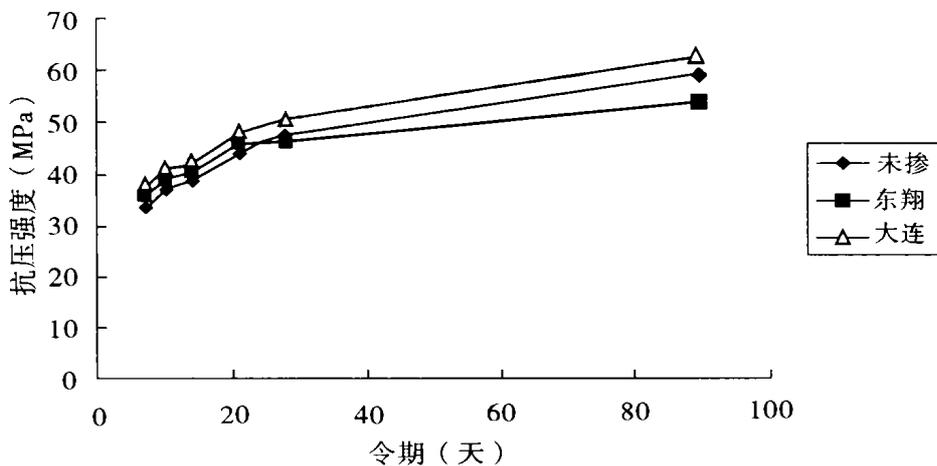


图1 抗压强度成果对比图

从抗压强度对比成果来看,在混凝土中掺加聚丙烯纤维后,对混凝土强度均有影响,这与不同纤维有一定关系。在掺东翔纤维的条件下,28d以前抗压强度略高于基准混凝土,28d以后抗压强度略低于基准混凝土,但差别在10%以内;在掺大连纤维的条件下,各龄期抗压强度均高于基准混凝土。从劈拉强度试验成果来看,掺大连纤维的混凝土劈拉强度略高于基准混凝土,而掺东翔纤维的混凝土劈拉强度比基准混凝土有所降低。

从力学性能的对比可以看出,网状纤维对混凝土的力学性能有一定提高,而单丝纤维对混凝土力学性能无明显提高。

3 变形性能

变形性能主要进行了混凝土极限拉伸、弹性模量、干缩和自生体积变形的研究。

3.1 极限拉伸及弹性模量

混凝土极限拉伸和弹性模量的成果如下表4。

由于混凝土中骨料分布的不均匀和极限拉伸试件断面较小(10cm×10cm),导致混凝土的极限拉伸成果有一定波动。但从总体成果来看,在混凝土中掺加纤维后,混凝土的极限拉伸值均有不同程度的增加。从弹性模量的成果可看出,在28d以前,掺纤维的混凝土弹性模量均低于空白混凝土,到90d龄期后,掺纤维的混凝土弹性模量与空白混凝土基本接近,对此,可认为在28d以前,由于混凝土抗压强度相对较低,在混凝土中掺加纤维后,能明显提高其变形能力,而到90d龄期后,由于混凝土强度较高,90d混凝土抗压强度在60MPa左右,这时纤维对混凝土的变形影响较小。

3.2 自身体积变形及干缩

混凝土自身体积变形和干缩率的成果见表5、表6和图2。

表 4 混凝土极限拉伸和弹性模量成果表

纤维品种	极限拉伸($\times 10^{-6}$)						弹性模量($\times 10^4$ MPa)					
	7d	10d	14d	21d	28d	90d	7d	10d	14d	21d	28d	90d
未掺	73	80	91	90	88	92	2.65	2.8	3.01	3.18	3.39	3.42
东翔	71	85	97	103	88	114	2.33	2.58	2.79	2.85	2.89	3.43
大连	77	87	86	98	86	102	2.11	2.09	2.31	2.61	2.74	3.53

表 5 混凝土干缩成果表

试验编号	干 缩 率($\times 10^{-4}$)						
	3d	7d	14d	28d	60d	90d	180d
未掺	-0.578	-1.292	-1.612	-2.304	-2.996	-3.153	-3.418
大连	-0.616	-1.310	-1.754	-2.470	-3.079	-3.251	-3.533
东翔	-0.624	-1.332	-1.688	-2.472	-3.128	-3.256	-3.549

表 6 混凝土自身体积变形成果表

试验编号	自身体积变形($\times 10^{-6}$)								
	1d	7d	14d	28d	60d	90d	120d	150d	180d
未掺	-8.0	62.0	67.4	70.0	53.6	55.1	55.4	55.9	57.8
大连	11.6	21.0	7.6	-3.8	-11.0	5.2	3.8	11.2	13.3
东翔	1.5	14.8	6.4	-8.4	-12.4	-2.9	1.0	4.8	5.2

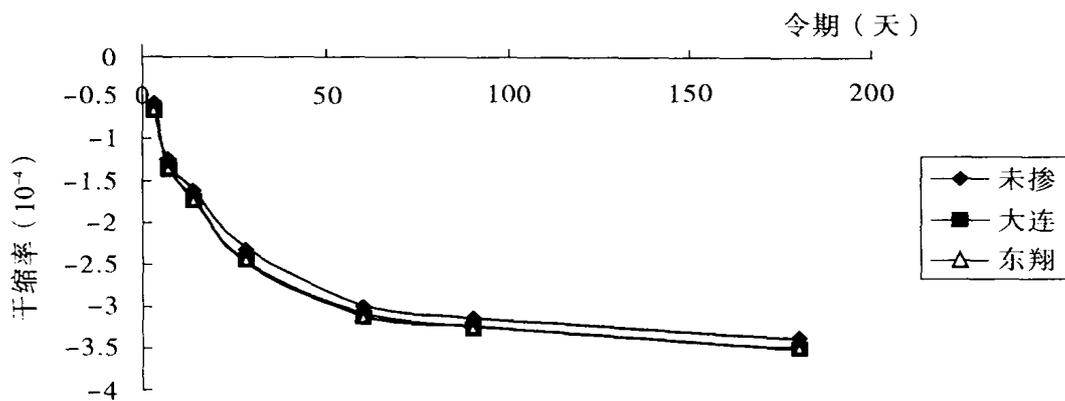


图 2 混凝土干缩成果对比图

从混凝土干缩成果可以看出,在混凝土中掺入纤维后,对混凝土干缩影响较小,掺纤维混凝土与基准混凝土同龄期干缩值基本接近。

从混凝土自身体积变形的试验成果可以看出,在混凝土中掺入聚丙烯纤维后,由于纤维在混凝土中的约束作用,混凝土自身体积变形较小,只有基

准混凝土的30%~10%,这是由于在混凝土中呈三维乱向分布的纤维,对混凝土起到一种二级加强作用,使混凝土的自生变形明显降低,使混凝土体积更加稳定。因此,从这方面来考虑,在混凝土中掺入纤维后,对混凝土的防裂有一定作用。

4 耐久性

耐久性主要进行了纤维混凝土抗冻和抗渗,抗渗成果见表7。

表7 纤维混凝土抗渗成果表

品 种	28d 抗渗
未 掺	S12
东 翔	S24
大 连	S24

从抗渗成果可看出,在采用纤维+引气剂的条件下,混凝土抗渗能力比采用引气剂的混凝土有较大提高。这主要是由于在混凝土中掺入纤维后,使混凝土内部微裂隙发育较少,同时纤维能有效阻止混凝土微裂隙发展成渗水通道,混凝土内部渗水通道较少;再者出于引气剂的作用,使混凝土内部的毛细通道被有效阻断,从而使得混凝土的抗渗能力得到大幅提高。

抗冻成果见表8,从抗冻试验成果可以看出,无论是基准混凝土或掺纤维混凝土均具有良好的抗冻性,在冻融循环达到475次时,混凝土重量基本无损失,混凝土动弹模量均在90%以上,这说明在高标号混凝土中采用引气剂或纤维+引气剂的条件下,引入适量含气量后,可获得优良抗冻性。

表8 抗冻试验成果表

检测 项目	冻 融 次 数																		
	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325	350	375	400	425	450	475
未掺	95.2	95.3	95.5	97.2	97.1	96.3	95.7	96.5	96.2	96.0	96.3	95.1	92.2	92.6	93.8	95.1	94.5	95.0	94.9
相对 动弹 模/%	96.1	96.1	96.5	98.4	98.0	98.3	98.5	98.5	98.5	98.4	98.9	99.0	97.2	98.7	98.4	98.4	98.4	98.8	99.0
东翔	95.7	95.9	96.1	97.1	97.5	97.1	97.2	97.5	96.6	97.6	97.8	97.9	97.0	96.9	97.3	97.1	96.9	96.9	96.7
未掺 重量 损失	+0.21	+0.36	+0.42	+0.47	+0.22	+0.10	+0.17	+0.24	+0.08	+0.01	+0.11	+0.06	+0.06	+0.05	+0.06	+0.08	+0.01	+0.01	0
大连 率/%	-0.05	-0.07	-0.07	0	-0.11	0	+0.04	+0.18	+0.07	-0.07	+0.11	0	-0.07	-0.23	-0.25	-0.22	-0.2	-0.25	-0.29
东翔	+0.03	+0.07	+0.07	+0.07	+0.04	0	+0.09	+0.15	-0.04	+0.11	+0.77	-0.09	-0.04	-0.09	-0.09	-0.03	-0.11	-0.15	-0.22

5 小结

根据以上的研究成果,可发现:

(1)在混凝土中掺加纤维后,对混凝土力学性能有一定提高,但提高得不是很明显;

(2)在混凝土中掺加纤维后,对混凝土的变形性能有较大改善,尤其是混凝土的自身体积变形明显减小,这主要是纤维在混凝土中形成一种三维二级加强体系,使混凝土体积更加稳定,混凝土内部应力传递更加均匀,从而使混凝土变形能力得到提高。

(3)在混凝土中掺入纤维后,混凝土抗渗有较大提高,这是由于纤维能阻止混凝土中微裂隙的扩展和新裂缝的出现,使混凝土内部的渗水通道减少。

通过本次研究,确定在导流底孔跨缝板中应用聚丙烯纤维,从而有效提高了混凝土抗裂能力,混凝土裂缝明显减少,保证了混凝土质量。

【作者简介】

李海波 男 葛洲坝股份有限公司试验中心 工程师
湖北宜昌 443002