

晶须与聚氨酯改性水泥砂浆的性能研究

郑凯, 何树林, 赵宏远, 申天游

(中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司 监测及试验研究所, 四川成都 610072)

摘要:通过在普通水泥砂浆中掺入双组份聚氨酯、硫酸钙晶须、减水剂, 制备出和易性好、粘接强度高、耐久性优良的聚氨酯水泥砂浆。试验对比并分析了新砂浆的力学性能及耐久性。

关键词:混凝土; 双组份聚氨酯; 强度; 耐久性

中图分类号: TV7; TV42; TV41; TV43

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2017)01-0081-07

1 概述

普通的水泥砂浆因干缩变形大、抗渗性、抗裂性、耐腐蚀性差、密度大, 使其适用范围受到限制。随着工业与建筑技术的进步, 在抗渗、抗裂、粘接、变形、耐久性方面对砂浆性能提出了更高的要求, 因此而需要进一步提高砂浆性能, 对其胶凝体系进行一定程度的改善。

普通的水泥砂浆是非均质、多相无机脆性材料, 骨料之间的结构结合力低, 水泥在硬化过程中内部会产生许多空隙, 这些空隙易注入水; 随着硬化过程的完成、水分的消失, 在水泥固结体内这些空隙成毛细管状, 在外力作用下结构容易破坏。普通水泥砂浆虽然抗压强度较高, 但其具有脆性过大、粘结强度较低、弹性模量较高而变形能力很差等缺点, 并不能满足现阶段工程对砂浆性能的要求。从对现有的文献资料查询可知聚合物改性水泥砂浆已经成为提高水泥砂浆性能的一条重要途径。聚氨酯(PU)弹性体具有许多优异的性能, 如耐磨、耐候、综合力学强度较好; 其自身还可以通过各种助剂和原料改变软硬段相对含量使其具有不同的物理性能, 因此其应用领域十分广泛。

目前在建筑工程上主要是用作装饰油漆、防腐涂料、耐磨涂料等, 也有以树脂砂浆的形式用作处理混凝土活动缝、伸缩缝, 是一种很好的弹性密封止水材料。但的确很少看见有将其用作水泥基的改性材料。这可能是因为聚氨酯成本较高、种类繁多、性能差异太大而导致改性效果不理想的缘故。利用聚合物对水泥砂浆进行改进, 以期增强水泥砂浆的变形能力、抗渗性能、抗冻性能, 尽量保持水泥砂浆原有的抗压强度是我们研究的目的。笔者优选了一种性能较好的聚氨酯材料, 通过添加增强填料硫酸钙晶须来提高水泥砂浆性能, 有望通过试验获得一种综合性能良好的柔性砂浆材料。但是, 由于聚氨酯种类繁多、性能差异偏大、聚氨酯胶凝材料的筛选工作量太大, 故笔者仅优选了一种相对机械性能稳定的聚氨酯进行试验研究。

2 原材料

2.1 水泥

水泥采用嘉华P.HM42.5水泥, 其性能见表1。

2.2 砂

砂采用人工砂, 其性能见表2。

2.3 减水剂

表1 水泥物理力学性能表

水泥品种	密度/g·cm ⁻³	标准稠度/%	凝结时间/h: min		安定性	抗压强度/MPa			抗折强度/MPa		
			初凝	终凝		3 d	7 d	28 d	3 d	7 d	28 d
嘉华P.HM42.5	3.17	25.6	4:00	5:25	合格	24.7	31.6	48.5	6	7.5	10.7

表2 砂性能指标表

粒径/mm	堆积密度/g·cm ⁻³	干表观密度/g·cm ⁻³	饱和面干表观密度/g·cm ⁻³	空隙率/%	细度模数
小于5	1.6	2.71	2.65	41.4	2.37

减水剂采用某厂家提供的R550高效减水剂。

2.4 无溶剂双组份聚氨酯

无溶剂双组份聚氨酯由北京建科院提供, 是

其新开发的一种新型弹性聚氨酯材料(液体),为双组分:A组分为异氰酸酯半预聚体;B组分为固化剂(比例A:B=2:1)。

2.5 晶须

某厂家提供的硫酸钙晶须集增强纤维和超细无机填料二者的优势于一体,易与聚合物复合,具有高强度、高韧性、抗酸碱、抗腐蚀性能。

3 改性水泥砂浆力学性能试验

3.1 改性水泥砂浆试验方案

改性水泥砂浆性能试验:聚氨酯按照2:1的

比例混合后、依据DL/T5126-2001《聚合物改性水泥砂浆试验规程》进行。

试验通过4种情况分析了材料的抗折抗压强度,在0.5%的水灰比下不掺聚氨酯,用P-0表示;在同一水灰比情况下掺入聚氨酯,用Pu表示;复配材料在加入聚氨酯后粘度变大,为了保证水泥水化和材料的和易性,在Pu的基础上添加了0.5%的减水剂,用Pj表示;为了提高聚氨酯材料的力学性能,在配方中掺入了硫酸钙晶须,用Pz表示(表3)。

表3 改性水泥砂浆试验方案

试验编号	原材料用量/g				减水剂/%	晶须/%	聚灰比/%	水灰比/%
	水泥(C)	砂(S)	水(W)	聚氨酯(P)				
P-0	900	1 800	450	0	0	0	0	0.5
Pu-2	900	1 800	450	18	0	0	2	0.5
Pu-4	900	1 800	450	36	0	0	4	0.5
Pu-6	900	1 800	450	54	0	0	6	0.5
Pu-8	900	1 800	450	72	0	0	8	0.5
Pj-2	900	1 800	450	18	0.5	0	2	0.5
Pj-4	900	1 800	450	36	0.5	0	4	0.5
Pj-6	900	1 800	450	54	0.5	0	6	0.5
Pj-8	900	1 800	450	72	0.5	0	8	0.5
Pz-2	900	1 800	450	18	0.5	2	2	0.5
Pz-4	900	1 800	450	36	0.5	4	4	0.5
Pz-6	900	1 800	450	54	0.5	6	6	0.5
Pz-8	900	1 800	450	72	0.5	8	8	0.5

3.2 改性水泥砂浆抗折、抗压强度试验

改性水泥砂浆抗折、抗压强度试验结果见表4。

表4 改性水泥砂浆抗折、抗压强度结果表

试验编号	聚灰比	抗折强度		抗压强度	
		7 d	28 d	7 d	28 d
P-0	0	6.82	9.75	28.54	47.12
Pu-2	2	6.54	9.48	22.25	42.52
Pu-4	4	5.98	8.94	21.86	40.05
Pu-6	6	5.43	8.42	21.32	38.52
Pu-8	8	5.24	8.02	20.96	36.48
Pj-2	2	6.92	9.83	28.82	47.42
Pj-4	4	6.65	9.66	26.77	44.74
Pj-6	6	6.05	9.04	23.48	42.18
Pj-8	8	5.76	8.80	21.64	41.92
Pz-2	2	7.02	9.86	29.82	48.97
Pz-4	4	7.15	9.9	31.04	50.16
Pz-6	6	7.84	10.12	31.85	51.25
Pz-8	8	7.92	10.24	32.56	52.04

3.3 聚氨酯对水泥砂浆抗折抗压强度影响分析

从图与表数据中我们可以看出:掺入双组份

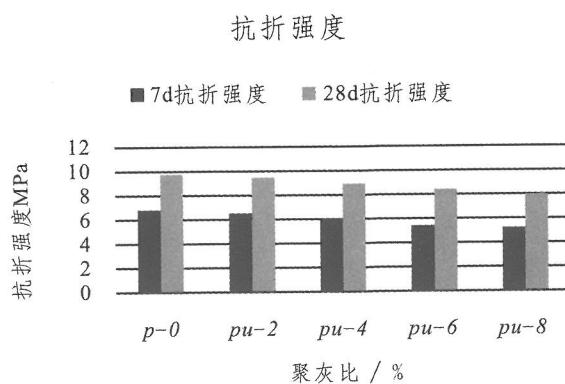


图1 抗折强度示意图

聚氨酯后水泥砂浆的抗折抗压强度都呈现出下降趋势。在相同的水灰比情况下,随着聚氨酯掺量的增加,其强度下降越明显。究其原因:聚氨酯和一部分水发生了聚合反应,消耗掉了原来与水泥砂浆反应的水,致使砂浆中水泥水化不充分,从而降低了强度;双组份聚氨酯属于柔性材料,而水泥

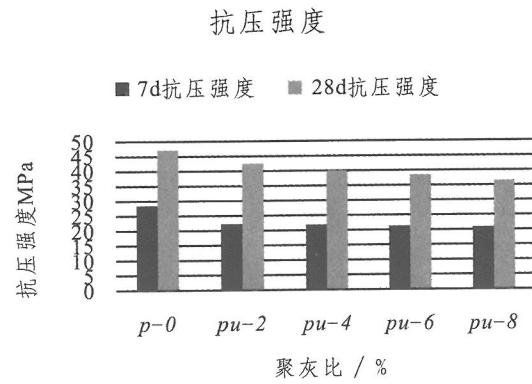


图2 抗压强度示意图

砂浆属于脆性材料,两者的弹性模量不一致,在受到外力作用时材料受力不均匀而导致其强度降低。在试验过程中,随着聚氨酯掺量的提高,砂浆稠度变大,导致其搅拌困难。为了改善其和易性,我们决定在原试验方案中加入减水剂。

3.4 减水剂对聚氨酯水泥砂浆强度影响分析

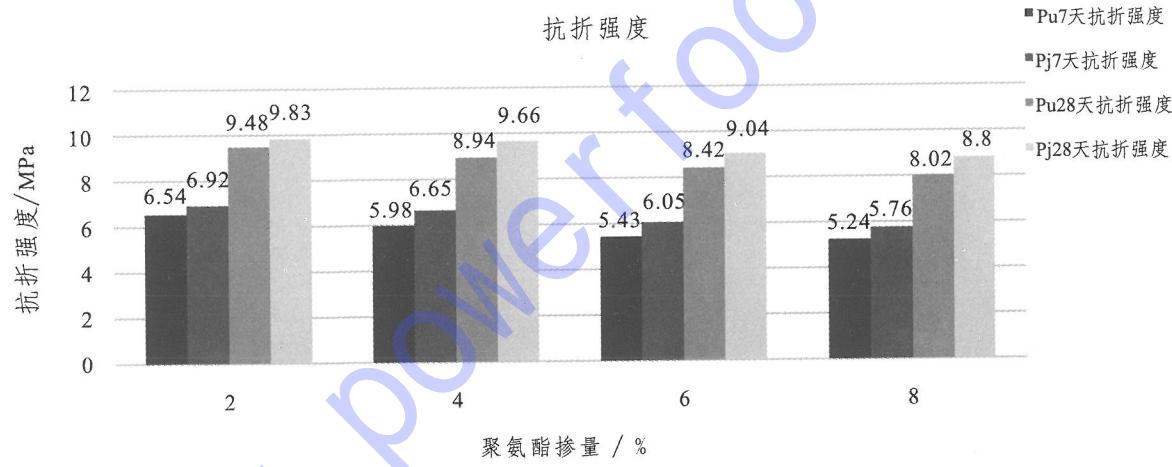


图3 抗折强度示意图

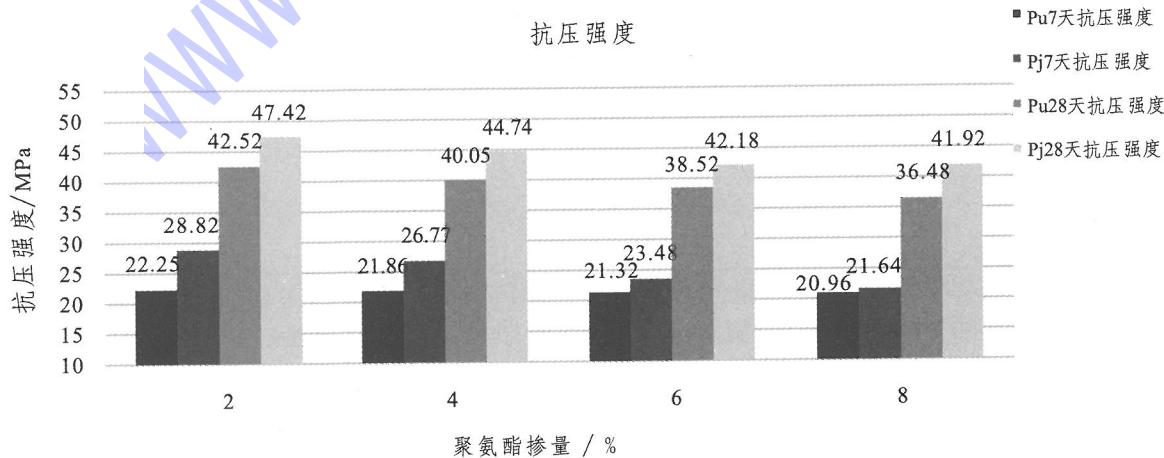


图4 抗压强度示意图

通过图中数据可以看出:在配方中掺入0.5%的减水剂后,P_j的7 d、28 d抗折、抗压强度比只掺入聚氨酯的水泥砂浆(P_u)强度有所增长,但并没有改变随着聚氨酯掺量增加带来的强度下降趋势,加入减水剂的作用主要是为了改善随着聚氨

酯掺量的增大带来的和易性变差与凝结变快。因此,为了提高聚氨酯水泥砂浆的强度,还应添加增强填料。

3.5 硫酸钙晶须对聚氨酯水泥砂浆抗折抗压强度影响分析

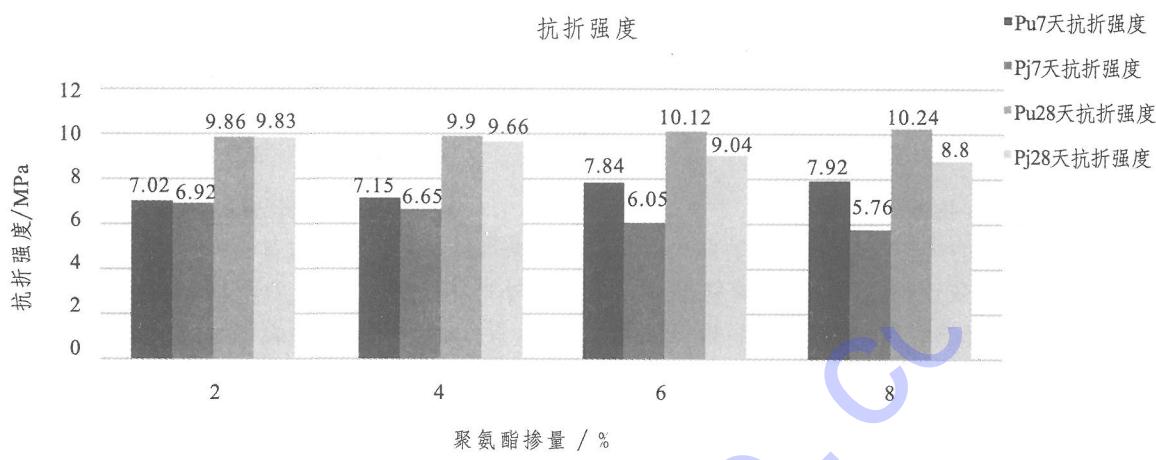


图5 抗折强度示意图

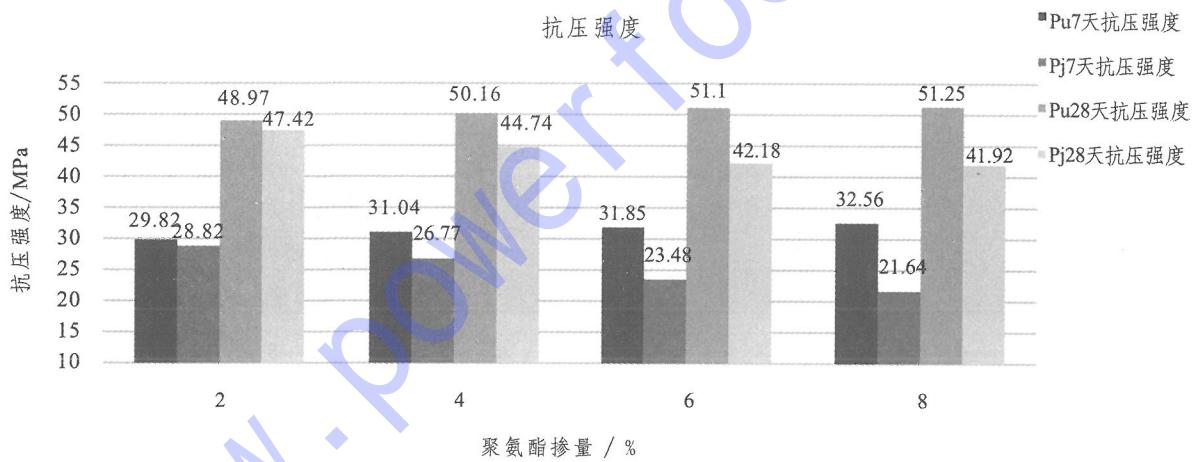


图6 抗压强度示意图

表5 改性水泥砂浆粘接强度配比表

试验编号	聚氨酯 / %	聚灰比 / %	水灰比 / %	晶须 / %
P-0	0	0	0.5	0
Pz-2	2	2	0.5	2
Pz-4	4	4	0.5	4
Pz-6	6	6	0.5	6
Pz-8	8	8	0.5	8

从图中数据可以看出:聚氨酯掺量的增加带来的强度损失趋势随着硫酸钙晶须的掺入得到了弥补。掺入晶须的聚氨酯水泥砂浆28 d抗折、抗压强度比只掺减水剂的聚氨酯水泥砂浆最高提升了约20%的强度。晶须掺量在达到4%时强度增长趋于平缓。抗折抗压强度的提升证明硫酸钙晶

须作为聚氨酯水泥砂浆增强填料来说是可行的。因为硫酸钙晶须以细微纤维状无序的分散在聚氨酯水泥砂浆中,起到了填隙增韧的作用且晶须促使聚氨酯聚合,从而提高了填料颗粒之间的粘接力,改善了聚氨酯水泥砂浆的结构强度。

4 改性水泥砂浆粘接强度试验

4.1 改性水泥砂浆粘接强度试验方案的制定

已有的研究结果表明:粘接强度试验采用不同的试验方法所得的结果有较大差异,试验结果相互之间缺乏可比性。笔者依据《水工混凝土试验规程》DL/T5150-2001,选择传统的“8”字型粘接试验方法进行试验。试验方案见表6。

4.2 改性水泥砂浆粘接强度试验结果分析

改性水泥砂浆粘接强度试验结果分析见表6。

表6 改性水泥砂浆粘接强度试验结果表

试验编号	聚氨酯/%	聚灰比/%	28 d 粘接强度/MPa
P-0	0	0	2.62
Pz-2	2	2	2.94
Pz-4	4	4	2.86
Pz-6	6	6	2.88
Pz-8	8	8	2.82

从表6中可以看出:掺入聚氨酯的水泥砂浆比没有掺的粘接强度有所提高,其对比结果见图7。

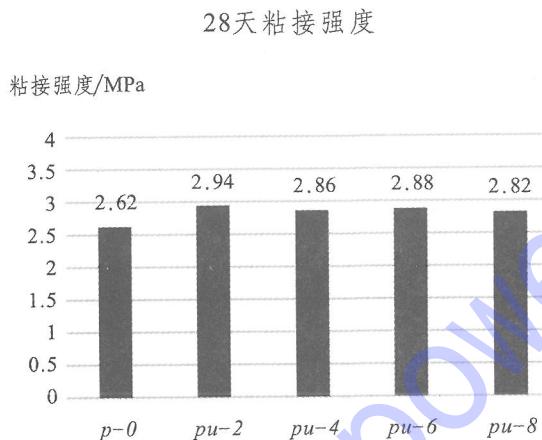


图7 28 d 粘接强度示意图

从图7中可以看出:掺入晶须和聚氨酯的水泥砂浆比普通水泥砂浆28 d 粘接强度最高提高了12%;随着聚氨酯掺量的增高,粘接强度变化不大。粘接强度提高的主要原因可能是聚氨酯和被粘接的基体有良好的胶结效果且聚氨酯粒子之

间粘接形成的聚合物薄膜强化了作为胶结料的水泥硬化体,从而改善了聚氨酯水泥砂浆的粘接性能。但从图表中可以看出:粘接强度的提高并不随聚氨酯掺量的提高而显著提升。其原因可能是聚氨酯掺量的提高使砂浆稠度变大、使其在水泥砂浆中没有充分的分散均匀而导致的。

5 改性水泥砂浆耐久性试验

5.1 改性水泥砂浆抗冻试验

冻融破坏是比较复杂的物理变化过程。一般认为:冻融破坏是在某一冻结温度下,水结冰、冰产生体积膨胀、融化后发生迁移这一过程引发的各种压力,当压力超过混凝土承受的应力时,内部孔隙及微裂隙逐渐变大、扩展并相互连通,强度逐渐降低而造成的混凝土破坏。因此,笔者对改性水泥砂浆进行了抗冻性能试验。试验参照《建筑砂浆基本性能试验方法》JGJ70-90进行,试验的具体配比见表7。

5.2 改性水泥砂浆抗冻试验结果与分析

改性水泥砂浆抗冻试验结果与分析见表8。

由表8可以看出:经过50次冻融循环后,普通水泥砂浆和改性水泥砂浆都没有质量损失,相反,其均有所增加,这可能是因为在称量时试件里还有少许未融化的冰块,说明改性水泥砂浆在冻融后质量损失和普通水泥砂浆在性能上没有多大区别。从表9中可以看出:掺入聚氨酯和晶须的试件其抗压强度损失率比普通水泥砂浆要低,随着掺量的增大,损失率变小。这主要是因为聚氨酯有引气填隙作用而且与水化产物相互贯穿分割大孔隙为小空隙,提高了砂浆的结构强度,再加上超细填料硫酸钙晶须进一步的填隙和其具有的易与聚合物聚合的特性的双重作用下使砂浆更加密实,进而阻止了水的迁移,提高了砂浆的抗冻性能。

表7 双组份聚氨酯水泥砂浆抗冻配比表

试验编号	原材料用量/g				减水剂/%	晶须/%	聚灰比/%	水灰比/%
	水泥(C)	砂(S)	水(W)	聚氨酯(P)				
P-0	1 200	2 400	600	0	0	0	0	0.5
Pz-2	1 200	2 400	600	18	0.5	2	2	0.5
Pz-4	1 200	2 400	600	36	0.5	4	4	0.5
Pz-6	1 200	2 400	600	54	0.5	6	6	0.5
Pz-8	1 200	2 400	600	72	0.5	8	8	0.5

表8 改性水泥砂浆抗冻质量损失率表

试验编号	冻前质量/g	冻后质量/g	聚氨酯掺量/%	晶须掺量/%	质量损失率/%
P-0	578.5	579.2	0	0	-0.12
Pz-2	574.54	575.4	2	2	-0.15
Pz-4	566.78	567.8	4	4	-0.18
Pz-6	579.51	580.5	6	6	-0.17
Pz-8	576.79	577.6	8	8	-0.14

表9 改性水泥砂浆抗冻强度损失率表

试验编号	对比抗折强度/MPa	对比抗压强度/MPa	冻后抗折强度/MPa	冻后抗压强度/MPa	抗压强度损失率/%
P-0	9.76	49.54	8.54	45.25	8.66
Pz-2	9.82	48.97	9.48	46.89	4.25
Pz-4	9.89	50.02	9.53	48.01	4.02
Pz-6	10.05	51.95	9.86	49.93	3.89
Pz-8	10.21	52.1	9.98	50.2	3.64

表10 双组份聚氨酯水泥砂浆抗渗配比表

试验编号	原材料用量/g				减水剂/%	晶须/%	聚灰比/%	水灰比/%
	水泥(C)	砂(S)	水(W)	聚氨酯(P)				
P-0	400	800	200	0	0	0	0	0.5
Pz-2	400	800	200	18	0.5	2	2	0.5
Pz-4	400	800	200	36	0.5	4	4	0.5
Pz-6	400	800	200	54	0.5	6	6	0.5
Pz-8	400	800	200	72	0.5	8	6	0.5

5.3 改性水泥砂浆抗渗性能试验

双组份聚氨酯水泥砂浆抗渗性能试验依照《水工混凝土试验规程》DL/T5150—2001进行,试验的具体配比见表10。

根据表10进行砂浆抗渗试验。在试验过程中,普通水泥砂浆试件在水压调至0.5 MPa、持续约6 h后顶面均渗水。而聚氨酯水泥砂浆在水压调至1.5 MPa后仍未透水。停止加压,持续5 h后停止试验,劈开试件测量渗水高度,试验结果见表11。

表11 双组份聚氨酯水泥砂浆抗渗试验结果表

试验编号	聚氨酯掺量/%	晶须掺量/%	渗水高度/mm
P-0	0	0	/
Pz-2	2	2	6
Pz-4	4	4	5
Pz-6	6	6	5
Pz-8	8	8	4

与普通水泥砂浆P-0相比,掺入晶须的聚氨酯水泥砂浆随着聚氨酯和晶须掺量的增加,渗水

高度逐渐减小。提高砂浆抗渗性能的原因是聚氨酯高黏附性的体系网状结构与水化水泥浆体相互交织再辅以易聚合超细短纤维状的硫酸钙晶须填料,从而使水泥砂浆结构更密实。因此,双组分聚氨酯改性水泥砂浆相比普通水泥砂浆的抗渗性得到了改善。

6 结语

笔者对晶须与聚氨酯改性水泥砂浆进行了试验研究。试验制备出了一种新型改性水泥砂浆,并对比了其与普通水泥砂浆的力学性能及耐久性,得出了以下主要结论。

(1) 在水泥砂浆中掺入聚氨酯后,砂浆的抗折抗压强度随聚氨酯的掺量增加而下降。聚氨酯会消耗一部分水,使其砂浆稠度增大进而阻碍了水泥水化。单纯的聚氨酯不能为水泥砂浆带来强度上的增长。

(2) 减水剂的加入,改善了聚氨酯砂浆的和易性和内部结构,提高了一定的强度,但是并没有改变掺入聚氨酯的水泥砂浆强度下降的趋势。

(3) 将硫酸钙晶须作为增强填料加入聚氨酯砂浆中,明显地阻止了聚氨酯水泥砂浆抗折抗压强度的下降且呈现增长趋势。因为硫酸钙晶须易于与水化水泥浆体和聚氨酯聚合且自身属于超细短纤维,能很好地填充砂浆空隙,使其结构密实。

(4) 粘接性能试验说明聚氨酯良好地与基体粘接的性能在新型砂浆中发挥了作用。

(5) 耐久性试验证明聚氨酯的引气与聚合对水泥砂浆的孔隙结构有改善作用。在加入硫酸钙晶须后,堵塞了孔隙的连通,提高了新型双组份聚氨酯水泥砂浆的密实性,使其抗冻、抗渗性能高于普通水泥砂浆。

(6) 从上述试验可以看出:聚氨酯与硫酸钙晶须的掺入制备出的水泥砂浆其综合性能高于普

通水泥砂浆。

参考文献:

- [1] 权刘权,李东旭.聚合物砂浆的研究进展[J].材料导报,2006,20(6):67~70.
- [2] 李汉堂.聚氨酯材料的发展前景[J].现代橡胶技术,2006,32(1):1~7.

作者简介:

郑凯(1988-),男,四川成都人,助理工程师,从事水工混凝土材料试验工作;
何树林(1989-),男,四川会东人,助理工程师,从事水工混凝土材料试验工作;
赵鸿远(1975-),男,四川成都人,助理工程师,从事水工混凝土材料试验工作;
申天游(1989-),男,重庆铜梁人,助理工程师,学士,从事水工混凝土材料试验工作.

(责任编辑:李燕辉)

(上接第49页)

表2 同部位土压力和孔隙水压力增量统计表

时间段 (年-月)	孔压增量 /kPa	土压增量 /kPa	平均日孔压增量 /kPa·d ⁻¹	平均日土压增量 /kPa·d ⁻¹
2014-04~2014-11	161.76	159.89	0.72	0.35
2014-12~2015-08	816.95	614.36	3.09	2.19
2015-09~2016-07	180.46	268.08	0.59	0.92

6 结语

(1) 在施工期,心墙土压力基本沿坝轴线呈对称分布,拱效应最强烈的部位大约在1/3坝高处坝轴线附近;存在拱效应的高程土压力呈驼峰状分布,坝轴线附近土压力最小。

(2) 在前期填筑过程中,由于超静孔隙水压力的作用,初期心墙中部孔隙水压力高于有效土压力;随着心墙固结沉降和孔隙水压力逐步消散,

有效土压力逐步大于孔隙水压力,上部荷载主要由有效土压力承担,孔隙水压力逐步平稳。

作者简介:

孙全(1985-),男,吉林和龙人,助理工程师,学士,从事监测设计工作;
李俊(1986-),男,云南宜良人,助理工程师,学士,从事监测设计工作.

(责任编辑:李燕辉)

西藏第二大水电站投产发电

日前,由中国电力建设施工的西藏第二大水电站——果多水电站全部投产发电,四台机组均圆满实现一次启动成功、一次顺利通过72小时试运行,直接投入商业运行。

果多水电站位于西藏昌都市境内的扎曲河上,为扎曲水电规划“两库五级”中的第二个梯级电站,工程规模为中型,大坝为碾压混凝土重力坝,坝高93米。

工程总投资38.3亿元,建设总装机容量16.5万千瓦,年发电量8.319亿千瓦时,为西藏仅次于藏木电站的第二大水电站。此前,3、4号机组已投运,有效缓解了昌都市生产生活用电短缺困难,2号机组的投运将进一步改善藏东电力不足的现状,为国家“西电东送”能源接续基地建设奠定基础。

果多水电站由中国电建集团所属贵阳院设计、水电七局施工。首台(4号)机组于2015年12月31日发电,成为水电七局创造“年装机突破600万千瓦”、“建局50年装机发电达3000万千瓦”历史的标志性机组。