

【水利水电工程】

碳纤维混凝土断裂韧度影响因素正交试验

石林平, 杜应吉

(西北农林科技大学 水利与建筑工程学院, 陕西 杨凌 712100)

摘要:采用正交设计表确定试验方案,进行了碳纤维混凝土断裂韧度试验研究,结果表明,影响碳纤维混凝土断裂韧度的主要因素是水灰比,其次为初始缝高比,最后是碳纤维体积率。

关键词:碳纤维混凝土; 正交设计; 断裂韧度; 极差; 方差

中图分类号: TV431 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1379(2009)01-0087-01

目前国内对纤维混凝土的研究主要集中在钢纤维和合成纤维方面,对碳纤维混凝土的研究较少,对碳纤维混凝土断裂韧度影响因素的研究更少。笔者采用正交设计表确定试验方案,进行了碳纤维混凝土断裂韧度试验研究,并探讨了断裂参数与纤维含量之间的关系。

1 正交设计简介

正交设计是多因素多水平试验的一种有效的设计方法^[1],其工具是正交表。正交表是利用“均衡分散性”与“整齐可比性”两条正交性原理,从大量的试验点中挑选出适量的具有代表性的试验点,排列成有规律的表格。在试验前,有计划、有目的地安排试验方案。根据正交表确定试验方案,试验次数大大减少,如四因素三水平试验,若采用全面试验方法,需做 $3^4=81$ 次试验,但利用L9(3⁴)正交表安排试验,只需做9次试验就能得到与全面试验法基本相同的结论。

2 碳纤维混凝土断裂韧度试验

2.1 试验目的

在保持用水量、砂率不变的情况下,研究水灰比、碳纤维掺量及初始缝高比对混凝土断裂韧度的影响,以确定最佳配合比及断裂韧度影响因素的先后次序。

2.2 试验原材料

(1)水泥。水泥为陕西省天柱水泥制造有限责任公司生产的强度等级为32.5的普通硅酸盐水泥,其凝结时间、安定性等技术指标均符合国家标准。

(2)集料。细集料为渭河杨凌段河砂,表观密度为2.63 g/cm³,细度模数为2.7;粗集料为二级配碎石,大石子粒径为10~30 mm,小石子粒径为5~10 mm。

(3)减水剂。减水剂为西安红旗混凝土外加剂厂生产的ZQG早强高效减水剂,掺量一般为水泥用量的1.2%,减水率为14%~25%。

(4)碳纤维。采用日本东邦碳纤维公司生产的12 K碳

纤维。

2.3 试验方法

采用三点弯曲梁断裂试验方法,通过对带有预制裂缝的三点弯曲梁试件进行断裂试验,分析碳纤维掺量、基准水灰比和初始缝高比对碳纤维混凝土断裂韧度 K_{Ic} 的影响。由于断裂韧度无法直接从试验中得到,因此采用ASTM^[2]建议的公式计算:

$$K_{Ic} = \frac{P_{max} S}{ih^{3/2}} f\left(\frac{a_0}{h}\right)$$

$$f\left(\frac{a_0}{h}\right) = 2.9\left(\frac{a_0}{h}\right)^{1/2} - 4.6\left(\frac{a_0}{h}\right)^{3/2} + 21.8\left(\frac{a_0}{h}\right)^{5/2} -$$

$$37.6\left(\frac{a_0}{h}\right)^{7/2} + 38.2\left(\frac{a_0}{h}\right)^{9/2}$$

式中: S 、 h 、 t 、 a_0 分别为试件的跨度、高度、厚度和初始缝长; P_{max} 为试验测得的最大荷载。试验中采用 $h=100$ mm、 $t=100$ mm、 $S=300$ mm的三点弯曲梁进行参数测定。

2.4 试验方案设计

为寻求最佳(或满意)的配合比方案,采用正交试验方法,以期用尽可能少的试验次数获得较多的信息。对混凝土断裂韧度的主要影响因素有碳纤维体积率、水灰比和初始缝高比。碳纤维体积率取5个水平,其他2个因素各取3个水平,见表1。采用混合正交表安排试验,试验方案及结果见表2。

表1 各因素试验水平

水平	碳纤维体积率 A/%	水灰比 B	初始缝高比 C
1	0	0.30	0.3
2	0.1	0.35	0.4
3	0.2	0.40	0.5
4	0.3		
5	0.5		

(下转第89页)

收稿日期:2008-04-29

作者简介:石林平(1981—),男,河南济源人,硕士研究生,研究方向为混凝土耐久性。

E-mail:slpnhk@163.com

(上接第87页)

表2 试验方案及结果

方案编号	各因素水平组合			$K_{IC}/$ MPa
	A	B	C	
1	1	1	1	22.8
2	1	2	2	24.2
3	1	3	3	14.0
4	2	1	2	25.6
5	2	2	1	22.8
6	2	3	3	22.4
7	3	1	2	21.8
8	3	2	3	19.9
9	3	3	1	18.1
10	4	1	3	20.5
11	4	2	1	21.5
12	4	3	2	16.0
13	5	1	3	39.5
14	5	2	2	20.7
15	5	3	1	10.3

2.5 试验结果分析

(1) 极差分析。对表2中的数据进行极差(R)分析,极差最大的因素是最主要因素,计算结果表明 $R_B > R_C > R_A$,即影响混凝土断裂韧度的最主要因素是水灰比 B ,其次是初始缝高比 C ,最后是碳纤维体积率 A 。从表2可直接看出,13号方案是各因素的最优组合。

(2) 方差分析。对表2中的数据进行方差计算,并且分析方差来源,结果见表3。

表3 方差分析结果

方差来源	平方和	自由度	均方值	F 值
因素 A	50.39	4	25.20	0.32
因素 B	245.77	2	122.89	5.08
因素 C	44.04	2	22.02	0.55
误差	239.7	6	119.85	

从表3可以看出:因素A和因素C的 F 值小于1,不需要考虑其显著性;因素B的 F 值大于1,其临界值 $F_{0.05}(4,6) = 4.53$,明显较因素A和因素C的大,即水灰比对混凝土断裂韧度具有显著影响,这与级差分析所得结果一致。

3 结论

影响碳纤维混凝土断裂韧度的主要因素是水灰比,其次为初始缝高比,最后是碳纤维体积率。断裂韧度随水灰比的增大而降低,水灰比增大幅度越大,断裂韧度降低的幅度也越大;断裂韧度随着初始缝高比的增大逐渐提高;断裂韧度随着碳纤维掺量的增加而提高,但提高的幅度较小。

参考文献:

- [1] 袁志发,周静宇. 试验设计与分析[M]. 北京:高等教育出版社,2000.
- [2] 徐世琅. 三点弯曲梁法研究混凝土断裂能及其试件尺寸影响规律[J]. 大连理工大学学报,1991(1): 79-86.

【责任编辑 张智民】