

HPP纤维聚合物改性混凝土正交试验

张 业 李晓川 黄志强

沈阳工业大学 建筑与土木工程学院 辽宁沈阳

摘 要: 在HPP纤维聚合物改性混凝土的基础配合比上,开展正交试验,通过正交试验对所得抗压强度和劈裂抗拉强度的数据进行分析,得出最佳的聚合物掺量,为之后的基本力学性能试验打下基础。

关键词: HPP纤维聚合物改性混凝土; 配合比; 正交试验; 聚合物; 抗压强度

Orthogonal test of HPP fiber polymer modified concrete

Zhang ye, Li Xiaochuan, Huang Zhiqiang

School of architecture and civil engineering, Shenyang University of technology, Shenyang, Liaoning

Abstract: Based on the basic mix proportion of HPP fiber polymer modified concrete, the orthogonal test is carried out. Through the orthogonal test, the data of compressive strength and splitting tensile strength are analyzed, and the best polymer content is obtained, which lays a foundation for the subsequent basic mechanical property test.

Keywords: HPP fiber polymer modified concrete; Mix proportion; Orthogonal test; Polymer; compressive strength

一、引言

确定混凝土材料的配合比是试验设计的重要环节。混凝土配合比优化对提高混凝土性能、延长混凝土构件使用寿命有着重要的影响^[1],将HPP纤维和聚合物掺到基准混凝土中后,得到的混凝土的韧性、耐久性能、收缩性能等会发生一定的变化。因此,确定HPP纤维、聚合物、水泥用量、水灰比、砂率、集料级配及添加剂的掺量,是混凝土能否发挥最佳性能的基础。本文首先进行基准混凝土的配合比设计,然后借助正交试验法对水灰比HPP纤维掺量和聚合物掺量进行了3因素3水平的正交优化设计,得到了9组试验方案。通过试验得到了28d抗压强度影响因素的分析结果,从而确定聚合物掺量,为HPP纤维聚合物混凝土的配合比设计提供了参考依据。

作者简介:

张业(1996-),女,辽宁大连人,汉族,沈阳工业大学大学硕士研究生,主要从事土木工程研究;

李晓川(1975-)男,辽宁北票人,汉族,沈阳工业大学硕士研究生导师,主要从事结构工程研究;

黄志强(1971-),男,黑龙江伊春人,汉族,沈阳工业大学硕士研究生导师,主要从事结构工程研究。

二、基准混凝土配合比

由于HPP纤维增强聚合物改性混凝土性能属于物理作用范畴,因此HPP纤维聚合物改性混凝土配合比在基准混凝土配合比基础上确定HPP纤维掺量和聚合物掺量即可,不需要进行其它改变。本试验配合比的设计参照《水工混凝土配合比设计规程》(DL/T 5330-2015)^[2]和《普通混凝土配合比设计规程》(JGJ55-2011)^[3]相关规定,具体如表1。

表1 基准混凝土配合比(kg/m³)

水泥	砂	碎石	水	水胶比
411	660	1124	185	0.45

三、正交试验

HPP纤维聚合物改性混凝土的性能与基体强度、纤维体积掺量、聚合物掺量(配合比中聚合物掺量均指环氧树脂相对水泥质量的占比)、是否加外加剂及外加剂用量有主要关系。本节在众多影响因素中选取三种,作为影响因子进行正交试验^[4],并通过对正交试验的结果分析确定最佳的聚合物掺量。

正交试验所用HPP纤维长度为30mm,影响因子为:A: HPP纤维掺量、B: 聚合物掺量、C: 水胶比,因素水平对应关系设计如下表2。

本试验通过预试验初步确定基准混凝土坍落度和

表2 因素水平设计

水平	因素		
	A 纤维体积掺量 (%)	B 聚合物掺量 (%)	C 水胶比
1	0.3	5	0.40
2	0.45	10	0.45
3	0.6	15	0.50

HPP纤维掺量范围0 ~ 0.6%，然后通过计算确定基准混凝土的配合比，并在此配合比基础上开展正交试验，得到了HPP纤维掺量、聚合物掺量、水胶比对混凝土的抗压强度（ f_{cu} ）的影响关系及两因素之间的交互作用关系，其试验结果见表3。

表3 正交试验 f_{cu} 结果（MPa）

$A_1B_1C_1$	$A_1B_2C_2$	$A_1B_3C_3$	$A_2B_1C_1$	$A_2B_2C_2$	$A_2B_3C_3$	$A_3B_1C_1$	$A_3B_2C_2$	$A_3B_3C_3$
41.1	40.8	38.2	40.2	39.6	41.6	39.4	42.3	39.5

四、结果分析

（1）试验结果分析方法

正交试验结果指标的均值与均值的极差存在如式

（1）关系：

$$K1=\frac{\sum K_{1i}}{3}, i=(1,2,3), R=K_{\max}-K_{\min} \tag{1}$$

式中：K1—因素在水平1时的均值； K_{1i} —因素在水平1时的值；R—极差值； $K_{\max}$ —因素的各水平均值最大值； $K_{\min}$ —因素的各水平均值最小值。

（2）抗压强度（ f_{cu} ）的极差分析

由表2.8可知，HPP纤维聚合物改性混凝土的 f_{cu} 受各因素影响程度的大小关系为：水胶比 > 聚合物掺量 > HPP纤维体积掺量，最佳组合为：HPP纤维体积掺量0.45%、聚合物掺量10%、水胶比0.40。各因素对 f_{cu} 影响的变化规律见图4。

表4 f_{cu} 的极差分析表

f_{cu} （MPa）	指标	A	B	C
	K1	40.03	40.23	41.67
	K2	40.47	40.90	40.17
	K3	40.40	39.77	39.07
	R	0.44	1.13	2.60

HPP纤维聚合物改性混凝土试件的 f_{cu} 受各因素影响程度不同。在HPP纤维掺量0.3% ~ 0.6%变化范围

内，试件的 f_{cu} 先提高了1.10%，后又降低了0.17%。即HPP纤维掺量影响下，掺量为0.45%时 f_{cu} 达到最大。在聚合物掺量5% ~ 15%变化范围内，试件的 f_{cu} 先提高了1.67%，后又降低了2.76%。即聚合物掺量影响下，掺量为10%时 f_{cu} 达到最大。在水胶比0.4 ~ 0.45变化范围内，试件的 f_{cu} 先降低了3.60%，后又降低了2.74%。即水胶比影响下，水胶比为0.4时 f_{cu} 达到最大。从极差大小可以看出，水胶比对试件的 f_{cu} 影响起主导作用，聚合物掺量次之，HPP纤维掺量的影响最小，几乎不起作用。

综上所述，最终确定聚合物掺量为10%。且HPP纤维体积掺量为0.3%、0.45%、0.6%；聚合物（水性环氧树脂）掺量为10%；消泡剂用量为水性环氧树脂质量的1%；固化剂质量与水性环氧树脂质量比为1：4。根据性能指标可知，水性环氧树脂、固化剂、消泡剂溶剂均为水，其有效成分均为50%。

五、结语

利用正交方法对HPP纤维聚合物改性混凝土的配比进行选择优化，可以确定拟定的因素对强度影响的主次关系，便于选择各因素不同水平的最优组合，并确定出聚合物的掺量。该过程大大减少了试验量，节省了大量的时间和资源并取得了科学合理的结论。正交试验设计法对工程试验的优势总结起来为以下几点：（1）完试验要求所需的试验次数少；（2）数据点的分布很均匀；（3）可用相应的极差分析方法对试验结果进行分析，引出许多有价值的结论。

参考文献：

[1]王宁.掺特细铁尾矿砂混凝土的耐久性试验研究[D].沈阳：沈阳工业大学，2020。
[2]中华人民共和国国家发展和改革委员会.DL/T 5330-2005水工混凝土配合比设计规程[S].北京：中国电力出版社，2009。
[3]中华人民共和国住房和城乡建设部.JGJ 55-2011普通混凝土配合比设计规程[S].北京：中国建筑工业出版社，2011。
[4]刘博.高性能纤维混凝土力学性能试验研究[D].西安：长安大学，2012。
[5]汪洁.铁基非晶合金纤维混凝土轴压力学性能试验研究[D].沈阳：沈阳工业大学，2021。